

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

中国北方资源开发与环境研究



中国北方资源开发与环境研究

周廷儒教授与新生代古地理学研究

任森厚 张宝民

周廷儒教授（1909—1989）是我国著名地理学家、教育家和我国新生代古地理研究的开拓者与奠基人。他在近60年的教学、科研生涯中，严谨治学、勤奋工作，先后发表五部专著和60余篇论文；他任北京师范大学地理系教授近40年和系主任30余年，长期讲授基础课、专业课和开设研究生课程，所培养的博士、硕士、本科生、专科生、函授生，分布遍及全国，已有许多成为我国地理学教学及其科学研究的学术带头人或骨干。在发展我国地理学方面，他提出中国地形三大区划分的思想，以后运用景观分带学说和专门方法研究了我国新生代时期自然地带分异的规律，重建了我国第三纪和第四纪的自然地带和自然区，为研究我国自然地理、人文地理奠定了基础。

周廷儒教授对我国地理学发展的贡献是多方面的，其中主要集中在地貌学、自然地理学、古地理学方面。限于篇幅，本文仅就周廷儒教授古地理学思想的产生与发展 and 这方面研究的建树与意义作一简要阐述。

周先生在他长期从事地貌、区域自然地理的考察和研究中发现，现代地表自然界的每一特征，都有它一定的发展历史，有它的继承性和演变过程。因而，只有查明现代自然地理环境的发展历史，才能对现代自然地理环境特征及其分布规律有深入的认识，而只有认识了现在，才有可能更科学地预测未来的发展趋势。在第三纪和第四纪时期，自然界给我们遗留下来许多和现代有关的痕迹，易于进行观察和对比。因此，周先生根据他长期对中国新生代古地理研究资料的积累和阅读了大量有关的中外古地理研究资料，于1960年在北京师范大学学报（自然科学版）第2期发表了《中国第三纪与第四纪以来地带性与非地带性的分化》一文。这篇论文运用地带性与非地带性理论系统地对中国第三纪和第四纪的自然地域分异规律进行了阐述。当时，这篇论文引起老一辈科学家竺可桢、杨钟键、尹赞勋教授等的高度重视，而且竺老、杨老、尹老等都建议周先生开展中国新生代古地理的研究。于是，周先生在1962年为北京师范大学地理系研究生和青年教师开设了古地理课程，随后于1963年创建了新生代古地理研究室。研究室成立伊始，即率领全室人员到内蒙古凉城岱海盆地及晋北大同、阳高等地开展第四纪古地理研究。于此同时，周先生在《地理学报》等刊物上发表了《新疆第四纪陆相沉积的主要类型及其和地貌气候发展的关系》（1963）和《关于新疆最近地球历史时期的古地理问题》（1965）等论文，并撰写了《古地理学教程》讲义（铅印出版，1965）。该讲义系统地对古地理学的研究对象、内容、目的和方法等进行了详尽的阐述。

1972年，根据周恩来总理关于“中国科学院应重视基础研究和加强基础理论研究”的指示精神，中国科学院决定以82岁高龄的竺可桢副院长为主任，成立了《中国自然地理》专著编辑委员会，组织各方面的专家从事此项专著的编辑工作，周先生受聘为编委会委员，并承担《中国自然地理·古地理》的编著任务。从1973年起，在当时极为艰难条件下，每天早出晚归，赴地质资料馆，地质图书馆，中国科学院情报所等单位查阅文献，收集资料，前后历时四年，案头手稿、草图盈尺，写出近40万字的专著文稿。

1977年以后，北京师范大学地理系古地理研究室重新开展工作，周先生

继续兼任研究室主任。因 60 年代初期的原有设备陈旧及部分散失，他又重新创建了孢粉分析室， ^{14}C 实验室，微体古生物分析室，粘土、沉积、岩矿实验室和地球化学实验室等。研究室以开展华北第四纪古地理和新疆塔里木盆地西南部晚白垩世—早第三纪海相地层古地理环境与油气生成关系的研究为重点，并恢复招收研究生。同时，周先生以自己 60 年代开设古地理课程时所编的教材为基础，吸收 70 年代国际上古地理学研究的新成就，编著了 26 万字的《古地理学》专著一书，该书于 1982 年由北京师范大学出版社正式出版。

70 年代以后，周先生除以专著阐述古地理学原理与研究方法，以及中国第三纪以来自然地理环境的发展演化过程和规律外，还特别致力于探讨华北第四纪古地理问题以及中国东部季风区第四纪冰期环境问题的研究，从环境整体协调的关系出发，周先生提出中国境内“第四纪寒冷期的地带性问题”和“冰期雪线问题”，从而判断，根据冰期冰缘永冻带的位置和地带雪线高度，当时中国东部黄土带或亚热带如要发生山地冰川，必须是在“高度 3000 米以上的山地”。并从冰蚀地貌与雪线地貌，真冰碛与假冰碛，网纹红土与古风化壳的关系等方面，对中国东部中低山地区曾被广泛认为是“冰川遗迹”的地貌现象提出质疑，这一见解的正确性，正在日渐为后人的工作所证实。

对我国黄土特征及其形成原因，中外学者众说纷纭。周先生以综合的观点提出：“黄土母质无疑是外生沉积物质，这种均匀细致尘状物，应是被风吹扬起来的粉砂，但其要形成典型黄土，不论其在何种地貌部位上，必须具备黄土化的钙质环境（即草原环境），典型黄土区外围，靠近荒漠带为砂黄土，靠近森林带为冲刷粘质黄土”。而且，第四纪黄土—草原位置的移动可使黄土层中出现多旋回性的“埋藏土”。周先生的这一见解，在 1982 年莫斯科召开的第十一届国际第四纪会议上发言后，当即引起与会学者的高度重视，波兰学者当即邀请周先生参加由波兰主持的“黄土地层与古地理”国际会议。

1984 年，周先生与张兰生先生在为原教育部直属高校制订 1986-2000 年基础研究规划的专题报告中指出：“为了争取做到比较合理地利用自然，比较有效地改造自然，不仅需要认识地理环境的现状，而且必须对地理环境的发展做历史的认识，研究地理环境自然演变的规律和在人类影响下的变化规律，从而了解它的演变前景”。于是，在 1986 年获得了国家自然科学基金资助项目“中国北方农牧交错带全新世环境演变及未来百年预测”的研究，周先生并主持了中国北方全新世环境演变的研究，这一研究成果已由地质出版社出版（1992）。

1988 年由教委组织的评估教委直属研究所室后，周先生提出古地理研究室的研究方向为：以地理学的观点，应用现代科学技术，重建最近地球历史时期（含：人类历史时期）不同时空尺度的地理环境及其演变过程的规律。主要为基础理论研究。鉴于我国目前为一个发展中的国家，科学研究尽量能为四化建设服务。由此，本室在做好基础理论研究的基础上，结合我国经济建设的需要，具体提出如下研究方向：

地理环境演变与区域开发（含环境演变预测）；

地理环境演变与自然资源开发；

地理环境演变、自然灾害评估与防治。

北京师范大学地理系周先生的学生们，正在继承周先生的遗志，遵循周先生提出的“了解过去，认识现在、预测未来”的方向继续努力前进。

内蒙古东部沙地针叶疏林生长量 与气候的相关分析

王春玲 贾 灵
贾 利

在内蒙古东部以草甸草原和典型草原为背景的中温性、半湿润半干旱地区，岛状分布着一些由常绿针叶树种为建群植物的疏林。赤峰中部松树山的油松（*Pinus tabulaeformis*）疏林和西北部白音敖包的云杉（*Picea myeri*）疏林是本区具有代表性的疏林类型，并与草原群落呈镶嵌分布。其中油松疏林林龄 40—140 年，云杉疏林林龄 80—190 年。作为一种隐域植被类型，这些疏林的分布更多地受土壤质地等特征影响，但在一定地段，其生长量的年际波动，仍与降水、气温等气候因素紧密相关。在森林与草原过渡的群落交错区，更是如此。（H. Walter, 1984）。本文试图根据树木年轮指数曲线来分析近 200 年来内蒙古东部的气候波动特点，并对未来 10 年的趋势做一预测。

一、气候的基本特征及年际波动分析

（一）气候的基本特征

本区属于中温带半湿润半干旱地区，具有明显的温带大陆性季风气候的特点。基本气候指标见表 1。

表 1 研究区各台站气候概况

Tabel 1. The features of the climate in the study area

| 台 站 | 乌 丹 | 海 金 山 | 大 板 | 林 西 | 白音敖包 | 景 峰 |
|---------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 资料年限 | 1957—1989 | 1957—1980 | 1959—1980 | 1953—12989 | 1959—1980 | 1959—1980 |
| 台 站 | 119° 02'E | 119° 27'E | 118° 39'E | 118° 04'E | 117° 13'E | 117° 32'E |
| 经 纬 度 | 42° 57'N | 43° 13'N | 43° 32'N | 43° 36'N | 43° 31'N | 43° 15'N |
| 台站海拔 | 631.9 | 490.0 | 622.2 | 799.0 | 1340.0 | 1002.9 |
| 年均温() | 6.0 | 6.2 | 4.9 | 4.3 | -1.6 | 2.5 |
| 年降水(mm) | 366.0 | 338.9 | 352.5 | 381.0 | 397.7 | 389.1 |
| 0 积温 | 3250.0 | 3464.8 | 3179.9 | 2910.0 | 2101.3 | 2692.6 |
| 1月气温 | -12.3 | -12.4 | -13.7 | -14.1 | -23.5 | -17.1 |
| 7月气温 | 22.5 | 23.2 | 22.3 | 21.0 | 17.4 | 19.8 |
| 1月降水 | 1.3 | 1.1 | 1.1 | 1.4 | 2.7 | 2.0 |
| 7月降水 | 109.5 | 115.3 | 117.8 | 126.0 | 119.4 | 118.9 |

本区气温年较差较大，平均达 36 ，极端温差可达 71.7 ， 0 积温大致在 2500—3500 之间。年降水量在 300—400mm 之间，且主要集中在 6—9 月份。

(二) 气候年际波动的周期性分析

本区降水和气温的年际变化均较大。以林西站为例，年降水的变幅为 116.7mm，年均温的变幅为 36 。年降水量距平的波动十分频繁，成为该区气候波动的重要特点。此外，年均温波动曲线与 0 积温波动曲线基本同步，只是后者的变幅较小，这表明气温的波动更多地体现在年内分配上。

采用功率谱分析方法，对研究区域内 3 个台站的年均温，降水量、 0 积温等因子进行周期性分析，结果表明，各站同一气候因子存在较为共同的准周期（表 2）由表看出：

表 2 周期性分析结果

Tabel 2.The results of analysis on the periodicity

| 指标 | 区域(台) | | 翁牛特旗(乌丹) | 林西县 | 白音敖包 | 共同周期 |
|------|-----------|--|-----------------|-----|------------|---------|
| | 检验水平 | | | | | |
| 年均温 | 0.05—0.01 | | 5.3 | 6.8 | 20 | 5.3—6.8 |
| | 0.1 | | 8 | 8.5 | 6.7 | |
| 年降水量 | 0.05—0.01 | | 5.3,10.7 | 4 | | 4, 10 |
| | 0.1 | | | 12 | 4, 10 | |
| 油松年轮 | 0.05—0.01 | | 8.2,11.6,145,58 | | | |
| | 0.1 | | 9.6 | | | |
| 云杉年轮 | 0.05—0.01 | | | | 10.5,29,38 | |
| | 0.1 | | | | 7.7 | |

1. 年均温存在 5.3—6.8 年的准周期，该周期通过了 $\alpha=0.05$ 的白噪声检验，较为显著。另外还存在一个 8.5 年的准周期，通过了 $\alpha=0.1$ 的白噪声检验。

2. 年降水量存在 4—5.3 年和 11—12 年的两个准周期，它们分别通过了 $\alpha=0.05$ 年 $\alpha=0.1$ 的白噪声检验。

3. 0 积温存在着 15—17 年的准周期，通过了 $\alpha=0.05$ 的白噪声检验。

从水热条件配置状态来分析，可以看出，本区气候在 50 年代为冷湿型，60 年代为温干型，70 年代到 80 年代初期以暖干为主。80 年代后期水热波动都较大，规律不明显。仍以林西站为例，1985—1986 年年降水量较大，达 490mm 和 603mm，年均气温则降至 3.5 和 4.1 ；而 1988—1989 年，年降水量减少为 208mm 和 271mm，年均温升高到 5.1 和 5.7 。由于气温影响蒸发量和降水的生理有效性，因而水热的不同配置产生不同的效果。

二、树木生长量与气候因子的相关分析

野外采得油松年轮钻芯 2 个，云杉 3 个。前者序列为 1950—1989(40 年)、1847—1989(143 年)，后者为 1911—1982(72 年)、1975—1982 年(108 年)和 1789—1982(194 年)。油松采自乌丹站附近的松树山，云杉采自白音敖包。林西站大致位于两样区中间。将年轮宽度序列进行生长量订正，并转换为树木年轮指数序列，年轮曲线见图 1。

(一) 树木年轮指数与降水量、气温、积温等单因子的相关分析

将相应时段的树木年轮指数序列同以下指标分别进行相关分析：

1. 年降水量(R_1)
2. 年降水量序列分别每两年混合值(R_2)
3. 生长季降水量(6~9月)(R_3)
4. 年平均气温(R_4)
5. 0 积温(R_5)

结果见表3，从中可以看出相关系数都很小，最大不超过0.34。显著性检验表明，均不能通过0.1的显著性水平。这说明以上因子，无论是降水还是积温，都不能成为影响沙地针叶疏林生长的主导因子。

表3 树木年轮与单一指标的相关性

Tabel 3. The relation coefficients

| between treering index and speperate factors | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| | R_1 | R_2 | R_3 | R_4 | R_5 |
| 油 松 | 0.18 | 0.34 | 0.13 | -0.07 | -0.33 |
| 云 杉 | 0.25 | 0.27 | 0.20 | 0.059 | |

通常在半湿润半干旱地区，降水量同树木年轮指数是存在一定的相关性的。但在本区，是什么原因产生这种情况呢？首先，由于本区降水年内分配严重不均，雨季降水强度大，造成植物对降水的利用率较低。其次，尽管由于春季降水少，前一年秋冬在土壤中和树木体内蓄积的水分对第二年春季树木生长有补充作用，表现出一定的滞后效应(R_2)，但因秋冬降水很少，这种滞后效应也很微弱。

在以往的许多研究中，多数学者都得出并同意这样一种论断：树木年轮的宽度与年降水量密切相关，并可以指示降水量的年际变化。这在生长季长短(通常以积温或无霜期表示)和年均温的年际变化较小的地区无疑是成立的。但热量因素也常常表现出较大的年际波动，而且其幅度可能超过降水量。这种情况下，降水的有效性和树木的水分平衡受到降水量和热量条件综合影响，使得树木年轮宽度不再与降水量这一单一因子同步变化，而它所反映的指标应该是树木生境的水热配置状况。

高的降水量如果与较高的积温和较低的蒸发量相配合，会使树木表现出较高的生长量，而如果配以较低的积温和较大的蒸发量，则树木会因缺水(生理的或生态的)而减缓生长。气温的升高可以使树木的蒸腾加强，同时使土壤温度上升从而增大根的活性和减低土壤水的粘滞性，这有利于树木生长。但是当气温继续升高，使得树木的蒸发和蒸腾超出土壤水分供应时，树木则会因水分亏缺而降低生长量。(武吉华等，1983)本区属于半湿润半干旱地区，又位于中温带北部，且海拔较高(1000m以上)，降水和气温对树木生长具有同等重要的意义。

(二) 树木年轮指数与水热条件的复相关分析

选取的指标为： x_1 ：年降水量；

x_2 ：0 积温；

x_3 : 温暖指数, $\sum_{i=k}^n (t_i - 5)$, $1 \leq k \leq n - 12$, $t_i \geq 5$;
y : 树木年轮指数。

其中, 温暖指数是日本吉良龙夫(1989)提出的积温指标, 是以一年中月均温 ≥ 5 的月份的温度值 t_i 各减去 5 的生长有效积温。

相关分析结果, 油松系列样本数 $N_{pN}=31$ (1957—1987), 复相关系数 $R_{pN}=0.9495$; 云杉系列样本数 $N_{pc}=23$ (1960—1982), 复相关系数 $P_{pc}=0.7515$ 。两者都通过了 $\alpha=0.01$ 的显著性检验。这样, 我们便可以得出结论: 本区沙地针叶疏林的年长量由年降水量、 ≥ 0 积温以及温暖指数共同决定, 这三个指标的不同配造成树木生长量的年际差异。进一步分析这 4 个变量的波动曲线(图 2), 可以看到这样一些情况。

1. 1960, 1979 两年, 降水量都达到较高的峰值, ≥ 0 积温大致接近平均值, 温暖指数处干略低于平均值的水平。在这两个时段树木生长量很大, 达到显著的波峰。

2. 1961, 1963, 1967, 1975 等年份, 降水量也较高, ≥ 0 积温略高于平均水平, 而温暖指数却达到较高的峰值, 远远超出水平线。在这 4 个年份树木生长量落入波谷。

3. 1962、1968、1970、1980 等年份, 降水量大幅度降低(仅为平均值的 66%—81%), ≥ 0 积温和温暖指数基本保持在平均水平, 此时树木的生长量较低。

4. 1977—1978, 降水量、 ≥ 0 积温以及温暖指数都大致接近平均水平, 其中降水量略显偏低, 而 ≥ 0 积温稍高于均值。在该时段树木表现出旺盛生长。

5. 1969, 1974, 1976 等年份, 降水量都比较高, 但 ≥ 0 积温和温暖指数远远低于平均水平, 树木生长量落入波谷。

三、过去气候的恢复及未来预测

(一) 过去近 200 年来气候的恢复

根据前面进行的复相关分析, 我们得出了针叶疏林树木生长量同水热配置状况紧密相关的结论。温度因素(≥ 0 积温和温暖指数)主要是通过调节树木对水分的吸收能力和控制蒸腾作用强度而影响树木体内的水分平衡, 同时对土壤水分粘滞性和地面蒸发产生影响, 从而使降水量中可提供给植物利用的部分的比例产生年际差异。因而, 可以认为, 年降水量、 ≥ 0 积温和温暖指数在配置上的年际变化, 产生了生理有效水分供应量的波动, 进而使树木生长产生旺盛和缓慢的起伏。在树木生长旺盛, 年轮指数曲线上处于波峰的年份, 一般也是树木有效水分供应良好的年份; 反之, 树木生长迟缓, 年轮指数曲线处于波谷的年份, 树木水份亏缺较大。

对云杉种群年龄结构的分析也能说明问题。样地的每木调查结果显示, 云杉种群在胸径上可分为七个径级: (1)60cm 以上, (2)40—50cm, (3)30—39cm, (4) 20—29cm, (5) 10—19cm, (6)5—10cm, (7)3cm 以下。各径级

的个体数很不平衡,以 1、2、3 三级的个体较多,它们分别对应 180 年以上、100 年左右和近十年内对几个年龄段。这表明群落内幼苗的萌发和天然更新在历史上波动很大,存在不连续性,在上述三个时段繁殖率较高,而其它时段则相对较低。从图 1(1)C 可以看出,在这三个时段,年轮曲线都处于持续较长峰部,连续几年的适宜的水热配置是幼苗繁殖存活的重要保证。(Craig G. Lorimer, 1988)

史料分析还表明,云杉的树木年轮曲线的起落规律同历史上的农业丰歉年有一定的关联。如 1885,1887,1909,1913 等年份为丰收年,树木年轮指数也较大;而 1890,1901,1922 等年份为欠收年份,树木年轮指数也较小。这在一定程度反映树木生长量与作物生长状况的同步性。

(二) 未来较短时段内气候变化趋势分析

根据前面谱分析的计算结果,应用谐波分析方法将主要周期进行叠加,得到下面的回归方程(以林西站为例):

1. 年降水量拟合曲线为:

$$y = 382.16 + (-27.46\cos\frac{2p}{12}t - 8.93\sin\frac{2p}{12}t) + (28.63\cos\frac{2p}{4}t + 44.33\sin\frac{2p}{4}t)$$

2. 年均温拟合曲线为:

$$y = 4.335 + (0.282\cos\frac{2p}{8.5}t - 9.96\sin\frac{2p}{8.5}t) + (0.256\cos\frac{2p}{6.8}t - 0.275\sin\frac{2p}{6.8}t)$$

预测结果表明,本世纪末以前,研究区的年降水量将在波动中呈缓慢下降趋势,而且波动也将加剧;气温则略有上升,波动减弱。将二者结合起来分析,反映出该区水热配置将向暖干型发展的趋势。气候的这种发展趋势,与亚洲中纬度内陆地区的气候变化预测结论是相符的(施雅风,1989)。

此外,从图 1 可以看出,未来十年内,树木生长量也将呈缓慢下降的势头,在较低的水平上波动。可以认为,在这一时期内,本区的第一性生产力将进一步受到水份相对不足的制约。只有大幅度增加劳动、技术和资金的投入,才有可能继续增产。气温升高,会提高灌溉的效果。

参 考 文 献

1. [德] H. 沃尔特著,1984,世界植被,科学出版社,北京。
2. 武吉华等,1983,植物地理学,高等教育出版社,北京。
3. 《河北森林》编委会,1989,河北森林,中国林业出版社,北京。
4. Craig G. Lorimer, 1988, Methodological consideration in the analysis of forest disturbance history, Can. J. For. Res., 15: 200—213。
5. 龚高法等,1983,历史时期气候变化研究方法,科学出版社,北京。

中国北方农牧交错带全新世环境演变

李容全

—

农牧交错带泛指有过时农时牧交替变化历史的地带。从地理学观点出发，农牧交错带是指曾因地理环境变化而在宜牧总背景下，发生宜农与宜牧环境条件交替变化的地带。从气候上，中国北方农牧交错带总与半干旱区地理位置摆动存在紧密联系，其界线变迁实质上是半干旱区地理位置变迁的结果，界线变动幅度可及半湿润区和干旱区乃至沙漠部分地带。由于农业社会生产力和人口增长，人类影响已足以达到加速或延缓上述变迁过程的程度。

半干旱区处于相邻气候区域的临界区间，环境脆弱，易变且多变。在全新世，以半干旱区界线迁移为标志的中国北方农牧交错带环境变化曾多次重复出现。农牧交错带环境脆弱性使这一地带环境变化的相对变幅要比其它地带显著得多。因此，周廷儒教授生前与张兰生教授都很重视这个地带环境演变的研究，并获准了中国北方农牧交错带全新世环境演变这一国家自然科学基金项目(1988—1991)，已由张兰生教授率领完成，取得了丰硕成果[1]。同时，他们还积极支持与鼓励本系和新生代古地理研究室其他教师开展对这一地区及与该领域有关的环境演变研究，也取得了可喜的一些成果。

Geikie(1905)把 Charles Lyell(1797—1875)生前的现实主义思想概括为“现在是过去的钥匙”(the present is the key to the past)。周廷儒教授自 1965 年以来提出过去是认识现在和预测未来的钥匙，并在其晚年对此做了进一步解释，“研究过去环境的发展与演变过程，是认识现代环境和预测未来环境发展趋向的前提与基础”。同周廷儒教授这一学术思想相似的提法是由 D.H.TARLING 在 1978 年提出的，表述为“the past is the key to the present and future”。周先生的学术思想与当今世界地学前沿课题之一的“过去全球变化”的核心思想完全一致，却比它早提出近 20 年。全新世是距现代最近的地质时期，现代地理环境的形成与未来发展都与全新世地理环境演变密不可分，同属于全新世环境演变的现代表现和演变发展的延续。所以，张兰生教授很强调全新世环境演变研究，同时着意于用环境演变研究成果去寻求各种自然灾害的地带性移动规律和各种灾害性事件发生规律，最终建立自然灾害与环境演变相互关系模型。可见，中国北方农牧交错带及其它地区全新世环境演变研究的理论意义及其在国民经济发展规划决策中的实际意义，都是十分清楚的，明确的和重要的。

二

中国北方农牧交错带全新世周期性环境变化极其显著。突出地表现在这个地带内的多年冻土与非多年冻土、沙丘活动期与固定半固定期、内陆湖泊湖面扩展期与收缩期以及自然植被的交替变化上。从而使这些交替变化留下地貌学、沉积学、孢粉学、古土壤学等方面的历史记录，以及细石器考古学、甚至部分有文字记载的历史记录。

周廷儒、张兰生等著，中国北方农牧交错带全新世环境演变及未来环境

演变趋势预测，地质出版社，1992。

多年冻土顶部活动层，由于重复性冻融作用形成冰泥卷(周廷儒 1982)(又称冰卷泥、冻融褶皱等)。1976—1977 年中国科学院地质研究所吴子荣先生等到泥河湾进行地震地质考察，在虎头梁西水地东侧的雀儿沟壁发现砾石层与其上覆马兰期底部黄土层、下覆的湖相层顶部物质同被搅揉在一起的褶皱现象，一时无法解释。所以，邀请周廷儒、王乃梁等几位教授同去虎头梁观察。周廷儒教授当场指出这一褶皱为典型冰泥卷，并推断马兰期黄土层在泥河湾盆地的实际堆积厚度不小于 3.5—4.0m，远厚于虎头梁此层的厚度(0.5—1.0m)(袁宝印 1986 年口述)。由于周廷儒教授对冰泥卷现象在虎头梁的讲述与分析，使华北乃至中国北方农牧交错带晚更新世以来多年冻土或冰缘的研究，才真正引起重视，并逐渐得到开展。北方农牧交错带全新世不同期冰泥卷在同一剖面迭覆出现，构成“剖面冰缘结构型”之一(李容全 1990, 1991)，虽非普遍存在，却也不乏遗存，成为编制系统与完整的中国北方农牧交错带全新世新冰缘阶的基本依据，为研究这个地带全新世气候演变骨架提供了多年冻土或岛状多年冻土标志和根据。

被沙丘覆盖了的干旱草原部分，吴正(1987)称其为沙地。这种沙地在中国北方农牧交错带有如毛乌素、浑善达克和科尔沁等著名沙地。历史地理学家认为它们是不宜农垦而农垦以及过度农垦的必然恶果之一，完全突出了人为因素的地位。然而，就在风成沙丘的天然剖面里可观察到风沙层彼此之间夹着砂土性的古土壤层，而且这种古土壤至少可以规纳出三层(陈永宗 1980)。在科尔沁沙、地古土壤层在同一剖面内迭覆交替出现，证明“飞沙层”与固定或封闭层的交替(史培军等 1988)。在浑善达克沙地这类地貌第四纪剖面分布就更广，它反映了沙地存在沙丘活动期与固定半固定期的周期性更迭(李容全等 1990)。沙地的这种自然现象存在的本身说明不仅仅有人为因素的影响，主要还是自然环境演变阶段是否适宜沙丘再活动。如果说全新世“剖面冰缘结构型”及其对比分析，为恢复中国北方农牧交错带全新世气候冷暖交替变化的骨架以及各时期相对变幅提供主要线素，那么，沙地中“沙丘剖面结构型”及其对比研究，将为恢复这个地区全新世冬季风强弱变化及这种变化的定量半定量研究，提供了可能性、途径和依据。

中国北方农牧交错带残存着全新世各不同时期的古土壤层。它常常是研究者采集 ^{14}C 测年实验样品的对象，以求解决全新世环境演变的时间标尺。把农牧交错带古土壤层作为冬季风减弱、夏季风增强导致湿润期出现的物质证据(武吉华等 1992, 李容全等 1990)。从古土壤剖面遗存的理化性状、粘土矿物等征和微量元素等所表现出的成土过程特点上的不同，讨论农牧交错带同期不同地域之间的环境差别，和不同时期之间环境的变化，已逐渐开展起来(武吉华等 1992, 赵焯等 1988)。从总的看，农牧交错带古土壤研究仍有待进一步深入，比如在这个地区与环境考古学对古土壤的研究有共同的需要，即区分自然古土壤层与农耕古土壤层，如何从土壤学和孢粉学解决这个难题，已经有人把它摆进研究日程。倘能解决，将对搞清全新世不同时期人为因素在环境演变中所占的比重，大有帮助。

从现代自然地理环境看，中国北方农牧交错带分布着规模有大有小、个体众多、成因各异的内陆湖泊。这些湖泊的水面位置，尤其是较大湖泊的湖面位置，在全新世因气候变化而变化，对气候反应十分灵敏。因此，在农牧交错带恢复全新世湖面变化过程，确定湖面变化曲线是研究这里环境演变所

必不可少的内容之一。在以下的前提下：(1)湖面位置未受新构造运动干扰；(2)与外流域之间未发生水系变迁，或者说流域范围在全新世始终保持不变；(3)地表与地下分水岭自始致终基本一致，这时内陆湖泊湖面变化反映湖泊水量变化，湖泊水量变化又是当时当地水热条件变化的结果。所以，同海面变化的意义相比，湖面变化更有地区或地带性气候变化的意义。这正是世界上很重视内陆湖泊研究的原因之一。湖面位置在全新世的升降变化遗留下丰富的地貌记录和沉积记录。根据这些记录系统地恢复了 1.2×10^4 aBP 以来湖面变化曲线(李容全等 1990)。同时，按照水文站湖水位观测记录和年均降水量记录在量值方面存在很好的相关性，在用类比法消除全新世温度变化影响的情况下，推算全新世不同时期岱海和达来诺尔两个内陆湖地区各自的年均降水量，并由此获得了两个地区各自的全新世年均降水量变化曲线(李容全等 1990)，使张兰生教授(1984)关于中国北方古气候变化研究的科学结论得到定量的佐证。湖泊内的沉积层，特别是内陆湖泊沉积层里，贮存了许多环境演变事件与环境演变过程的丰富记忆。由于现代测试技术的发展，沉积学、地球化学和微体古生物学等已有许多解译这些沉积记忆的分析测试方法，同时运用年代学(主要是 ^{14}C 方法)手段，使之服务于北方农牧交错带全新世环境演变研究。这些均已体现在北京师范大学地理系的那些与本领域有关的研究及研究成果之中。

从土壤—植被系统的演变观点来研究中国北方农牧交错带全新世环境演变，主要利用了全新世不同时期的植被的遗物—植物化石和分布普遍的孢子花粉；以及植被作用遗留下的间接痕迹—土壤。武吉华教授(1992)按“沙地是非显域性生境，上面生长的植被种类既取决于大气候背景，又和沙地特殊条件紧密相关”的特点，“参考现代沙地森林类型分布状况和群落属性，结合地层孢粉组合特征”等研究了小腾格里沙地和科尔沁沙地全新世环境演变。他认为，沙地最晚在更新世便已形成，并非近期人为活动产物；沙地土壤和植被良好发育过程对应于相对暖湿气候阶段，在 4000aBP 和 2000aBP 左右曾有两次风沙活动强烈期，对应于干冷气候，在 900aBP 与 300aBP 曾有短期降温多风气候出现。“显域生境在 500aBP 属于森林环境，其后转变为草原环境，仅在沙丘保存部分森林”，总体趋向干旱化，冷暖交替速度加快。足见，植被类型分布状况与群落属性以及它们的变化，既是自然环境的综合反映，又是环境演变灵敏的物质反应。

遥感技术的发展，已能够提供近 40 年来不同时相的影像，成为研究近期环境变化时不可缺少的获取各种影像证据的手段。倘若能够与历史地图结合，所研究的时限仍有可能延长。另外，对于环境未来变化趋势的监测，遥感手段有无法替代的优势。这些在我系都处于起步阶段，已有不少贡献。遥感手段与计算机技术结合，将可能对土壤侵蚀、河流演变、沙地演化等进行信息模拟，解决环境近期变化规律。

三

农牧交错带全新世环境演变规律主要表现在新冰缘阶与间冰缘阶、沙丘活动期与固定半固定期、湖泊水量增加与减少沿时间轴的交替变化以及植被类型的交替变化上。

对末次冰期而言，全新世属于冰后期。末次冰期当中，北方农牧交错带

地区广泛出现冰缘现象。据此，得出冰缘期及其内部详细划分得出的冰缘阶。为了区分，把全新世各冰缘发育阶段称为新冰缘阶。按冰泥卷在沉积剖面内的“剖面结构型”，北方农牧交错带全新世时期内先后有过四个新冰缘阶，即本带内曾发生四个明显降温阶段。其降温的程度已达到使农牧交错带出现岛状多年冻土的程度，而岛状多年冻土的东南界线在强盛的寒冷新冰缘阶也未曾达到北方农牧交错带的东南边界。四次新冰缘阶之间相比，以第一新冰缘阶降温程度最强，影响范围最大，其余三个新冰缘阶呈由老而新递弱的趋势。根据 ^{14}C 数据(郑良美、刘敬中 1988—19.92)四个新冰缘阶出现的时间顺序为： $(9-9.5) \times 10^3\text{aBP}$ ， $5.5 \times 10^3\text{aBP}$ 前后， $(1.97-2.395\text{aBP}$ 和 $455-500\text{aBP}$ ；在新冰缘阶与新冰缘阶之间插入间冰缘阶，为气候升温转暖时期，其出现时间顺序为： $(9.5-12) \times 10^3\text{aBP}$ ， $(5.5-9) \times 10^3\text{aBP}$ ， $(2.395-5.5) \times 10^3$ ， $(0.5-1.97) \times 10^3\text{aBP}$ 以及 455aBP 以来(李容全等 1990，李容全 1991)。可见，中国北方农牧交错带自末次冰期结束以来，有五个气温回暖，多年冻土或岛状多年冻土退出本带的阶段，有四个气温骤降期，按各期冰卷泥分布的南界，推得四次长期降温较今降低了： 8° 、 $5^\circ-6^\circ$ 、 $5^\circ \sim 6^\circ$ 和 1.7° ，并使部分地区发育了多年冻土和岛状多年冻土的阶段。这种变化大体上和欧洲全新世新冰期与间冰期的期次相同，与北美洲冰后期气候变化骨架相近(李容全等 1990)。从这个角度看，中国北方农牧交错带全新世气候变化的骨架反映了其变化受全球至少受北半球气候变化总程式的制约。

内蒙古拥有四大沙地，总面积达 $10.3 \times 10^4\text{km}^2$ (吴正 1987)，科尔沁居首，毛乌素次之，浑善达克第三，呼伦贝尔沙地最小。毛乌素沙地中所见被吹蚀残存的为钙铁质半胶结的古沙丘，其热释光年龄为 $(1.402 \pm 0.28) \times 10^4\text{aBP}$ (贾铁飞 1991)。浑善达克沙地的风沙进入达来诺尔湖内的最早年龄为 $3.7 \times 10^4\text{aBP}$ (李容全等 1990)。这两个有说服力的年龄数据证明各沙地形成历史久远，非人为因素影响所能及的时代就已存在。武弘麟、史培军(1988)在科尔沁沙地沙丘顶部测得上层古土壤的 ^{14}C 年龄 $(1.20 \pm 0.085) \times 10^3\text{aBP}$ 并获得同层火烧土 $(1.20 \pm 0.085) \times 10^3\text{aBP}$ 的佐证。他们把下部“黑沙层”归入全新世底部。李容全等(1990)获浑善达克沙地上部三层古土壤的年龄： $1.43 \times 10^3\text{aBP}$ ， $1.495 \times 10^3\text{aBP}$ 和 $3.21 \times 10^3\text{aBP}$ 。武吉华、郑新生(1992)在浑善达克和科尔沁沙地的风沙层中综合出六层古土壤层，其发育时期自幼而老顺序为： $(0.215 \pm 0.07) \times 10^3\text{aBP}$ ； $[(0.925 \pm 0.07)-(1.205 \pm 0.07)] \times 10^3\text{aBP}$ ； $[(1.605 \pm 0.07)-(1.85 \pm 0.07)] \times 10^3\text{aBP}$ ； $[(2.95 \pm 0.08)-(3.19 \pm 0.08)] \times 10^3\text{aBP}$ ； $(5.22 \pm 0.09) \times 10^3\text{aBP}$ ； $[(7.06 \pm 0.095)$ 、 (7.76 ± 0.105) 、 (8.22 ± 0.11) 、 $(8.595 \pm 0.11)] \times 10^3\text{aBP}$ 。古土壤生成于相对暖湿气候时期，是沙丘固定半固定的标志。从而由沙地全新世六层古土壤存在，证明沙地沙丘的固定半固定时段主要是因相对暖湿气候出现而出现的。人为因素固然不容忽视，却只能在脆弱背景下才能产生深刻环境影响。六层古土壤间相互比较，pH 值(7—8)均低于现代土壤的 pH 值(8—9)；无或仅有微弱 CaCO_3 反应，所以它们形成时期的气候均较今湿润。从腐殖质层深厚但其含量不高看， 5200aBP ， $2950-3190\text{aBP}$ 及 215aBP 是六个暖湿时期中三个相对较干旱的时期，也就是说六个相对暖湿时期每个暖湿程度并不完全一致。六个相对暖湿时期以外的全新世内各时期均为沙地沙丘活动或流动时期。

湖面变化代表内陆湖本身的水量变化，两者可以根据湖盆地形图互相换

算。利用湖水水位观测记录，降水记录，建立流域降水量增量 P 与岱海湖水量增量 w 的线性关系， $\bar{P} = -10.976 + 1.151\bar{w}$ ，($r = 0.728$ ， $\sigma = 0.05$)，导出维持现代湖面不升不降时的降水量 P_0 (零值降水量)。不同气候期 P_0 值不同， P_0 大小主要取决于气温，用类比法取修正系数 Re 修正全新世不同气候期时的 R_0 。于是在根据 $\bar{P} = -10.976 + 1.151\bar{w}$ 中不同时期的 w ，便可得不同时期 \bar{P} 的情况下，流域不同时期的年平均降水量 P_i 可由：

$$P_i = (P_{0i} \cdot Re) + \frac{3}{T} \bar{P}_i \text{ 计算恢复出来(李容全等1990, 李容全, 贾铁飞1992)。}$$

计算结果，岱海地区年均降水量最多时期在 $(6-8) \times 10^3$ aBP，比目前的年均降水量多 14.5% 左右；而 $(2.8-4.2) \times 10^3$ aBP 为次多时期，比现代年均降水量多 5% 略强。最高与最低年均降水量的最大差值达 200mm，次者为 80mm 左右，最小变幅 25—50mm。年均降水量最小值出现在 9000aBP 及其以前，当时年均降水量仅有现代的 67%；次小值出在 5200—5300aBP，为现代的 71%；2000—2200aBP 前后为现代年均降水量的 84%。

恢复古降水量的第二条途径，是建立现代洪积扇形态参数与年均降水量间的线性关系，其前提是排除新构造和纬度的影响。在全新世洪积扇分期定年的基础上，求得各期洪积扇的形态参数(下凹度、上凸度)，利用其与年均降水量的关系，计算出与洪积扇形成时期相应的年均降水量。由此推得在 $(6-8) \times 10^3$ aBP 季风作用或影响的西界，越过了贺兰山，可达嘉峪关，真是“季风不过嘉峪关”(贾铁飞，李容全 1990)。

四

以上所述中国北方农牧交错带全新世环境演变的几个典型方面充分证明：在新冰缘阶段沙地中的沙丘处于活动盛期，内陆湖泊处于水量锐减和水质进一步咸化时期、年均降水量减少，自然植被退化。从而体现出在农牧交错带具有冷与干同步，和冬季风势力强盛的特征。新冰缘阶时期的年均降水量仅有目前的 67%-84%，以 $(9-9.5) \times 10^3$ aBP 年均降水量最小，只有目前的 67%。由于由老而新，各新冰缘阶的降温幅度递次减小，年均降水量较今的减少比例也递次减少，由 33% 减少到 16%。在间冰缘时期，气温回升，年均降水量增加，内陆湖泊水量增加，水质咸化程度逐渐减弱，沙地中沙丘因植被逐渐恢复而被固定半固定，并形成相应的土壤层。又体现出中国北方农牧交错带在间冰缘期时的暖与湿同步，和夏季风势力显著增强的特征。在各间冰缘时期年均降水量均比目前水平为高，其中 $(6-8) \times 10^3$ aBP 比目前多 14.5%， $(2.8-4.2) \times 10^3$ aBP 比目前高 5%。

造成中国北方农牧交错带全新世环境演变的主要原因是古气候的变化。由于北方农牧交错带位于西风带东缘的外围地带，季风区西部边缘带上，因此，北方农牧交错带是冬季风和夏季风激烈争夺的地带，冬季风占主导地位时使北方农牧交错带变得冷干，夏季风取得优势时北方农牧交错带会变得暖湿。暖湿时期尽管植被得到恢复、表面上宜农，由于存在着更小于上述 10^3 年尺度的环境变化，潜在着更小尺度的变冷变干时段，所以对北方农牧交错带土地资源开发仍应以牧为主，不适合大面积农垦，尤其是对于北方农牧交

错带靠近干旱区的一侧。

五

综合以上,中国北方农牧交错带在全新世早期气候相对干燥而寒冷,冬季风作用强、每年持续时间可能相对延长。从而使沙地上的沙丘复活,重新开始流动,在此前沙丘固定半固定时期的植被和土壤层被逐步破坏。大致到 $(9-9.5) \times 10^3$ aBP 气温下降到约较今年均温低 8°C 的条件下,在潜水较丰富或埋藏不深的地段形成了多年冻土或岛状多年冻土。这时的多冻土活动层的冻融褶曲在最南部发现于山西五台山金阁寺南的水草滩。当时的干旱气候,使年均古降水量在岱海附近仅只 250mm 左右(李容全等 1990)。若与现代 250mm 年降水等值线相比,那时的等值线位置比现代的向南向东移动近 180—200km。干旱的气候使岱海在 $12 \times 10^3-9 \times 10^3$ aBP 期间湖面累计下降了 20m 还多一些(包括损失流域面积造成的影响部分),使达来诺尔湖面累计下降 16m 上下。在这样一种地理环境下,农业生产条件受到自然的抑制、适农环境的北界和西界大幅度向南向东推移,是必然的。对应于这个时期古代人类定居遗址很少发现,恐怕就是由于这种自然环境的原因。

自 9×10^3 aBP 开始,夏季风势力向北向西挺进,甚至在 $8 \times 10^3-6 \times 10^3$ aBP 增西抵嘉峪关附近(贾铁飞李容全 1990)。冬季风势力退缩,气温回升,使在此期之前的多年冻土或岛状多年冻土完全退出北方农牧交错带。气温回升的程度,在 $8 \times 10^3-6 \times 10^3$ aBP 达到比现在年均温高 2°C 。年均古降水量也与气温升高成比例,达到比现在年均降水高 14.5% 的幅度(李容全等 1990)。丰沛的降水使北方农牧交错带的众多湖泊水位上涨,岱海水位上涨达 8—25.8m; 达来诺尔湖水水位维持在 1238—1250m 之间(1988 年水位 1226m)。气温的回升和降水的增加,使农牧交错带植被得到迅速恢复,在植被下发育 pH 值较今低的土壤层。植被和土壤又造成流动已减弱的沙地沙丘得以固定半固定,一改沙地在前一时期的类沙漠景观,为这个带内农业生产发展提供了比较好的地理环境,进入农业早期历史上的盛期。胜州榆林附近和鄂尔多斯大量仰韶和细石器文化定居遗址与遗物的不断发现(侯仁之,袁懋方 1776,田广金),都反证了这样的自然环境的历史存在。

进入全新世第二个冷期,按照北方冰缘它大致在 5.5×10^3 aBP 前后(李容全 1990),按照孢子花粉组合的依据大约在 $(5.7-5.9) \times 10^3$ aBP(周昆叔 1991)。两种研究内容不同,结论基本一致,都认为这个冷期持续时间很短,仅有 2—300 年左右。该冷期的降温幅度比第一冷期(较今低 8°C)小 $2^\circ-3^\circ\text{C}$,降水年均值却比第一冷期多 50mm 上下。因此,在这个冷期尽管在北方农牧交错带重复发生了全新世第一冷期时的地理环境过程,强度却远不如第一个冷期时的强度,以多年冻土为例,这时的南界比第一冷期时要偏北 2—3 个纬度,垂直冻土带上要比第一冷期的下界高 500m 左右,因此在华北北部山地很难找到它的遗迹。尽管如此,风沙作用仍然是很明显的,沙丘在沙地内重又出现流动。造成不仅温度和水份条件对农业不利,沙土地的风沙对农牧业都构成威胁。

从 5.5×10^3 或 5.7×10^3 aBP 开始北方农牧交错带逐步进入全新世第二温暖湿润时期,这个时期大致结束在 2395aBP。与现代相比,这个时期温暖湿

润程度显得略高一些；若与 $(6—8) \times 10^3$ aBP 期间相比又略显得温度低一些水份干一些。因而在这个时期形成的埋藏古土壤虽然腐殖质深厚，可含量并不高；土体粘化弱，有微弱 CaCO_3 反应等特征。在这段期间曾有两次降温和变干的短暂时期，大约发生在 4.1×10^3 aBP 前后和 3.1×10^3 aBP 前后，从年均古降水复原曲线看，降温和变干已达到接近于现代的平均水平，而未低于现代平均水平。尽管如此，浑善达克沙地约在 3800aBP 和 3100aBP 以近均发生过沙丘流动阶段，中间为 3210aBP 时期的埋藏古土壤层隔开。这就历史地证明，北方农牧交错带里的各沙地虽然目前呈固定半固定状态，实际上是处在向固定半固定过渡的初始进程中。

从 2300 到 1970aBP 北方农牧交错带进入全新世第三个冷干时段。这时温度降幅大体与第二冷期相当，降水量比第二冷期多近 60mm，显示出从古而今全新世各冷干阶段干旱程度递次减弱的规律。这时的多年冻土的分布范围大致相当于第二冷干时段。

第三暖湿时段发生在公元初—公元 1350 年；第四冷干时段在 1350—1495 年；1495—今后的某个时间为北方农牧交错带第四温暖湿润时期。从总体看，北方农牧交错带温暖湿润时期长于冷干时期；各冷干时期的降水量大小相比有自古而今逐期增高的趋势；暖湿阶段的降水量却呈递次减少的趋势。

中国北方农牧交错带环境考古研究

史培军 田广金

前 言

中国北方农牧交错地带大致相当于长城沿线地带,是我国北方由半湿润向干旱区过渡的半干旱地区,是地理环境的过渡地带,亦是全球环境危机带(Global Environmental Critical zone)的组成部分。这一地带对全球变化的反映最为敏感,尤其是对降水多少的反映更为典型。表现在物质文化景观方面,最突出的是农业、牧业文化景观相交错,而且时农时牧,使整个大农业生产系统处在波动不稳状态。因此,探讨这一地区环境与考古文化的关系,对合理地制定这一地带生产建设方针,控制与年俱增的土地退化等都有重要的生产价值。此外,这一地带正处在我国北方能源开发基地,加强这一地带环境考古研究,对科学合理地制定这一地带地下资源补地上、农牧互补、丰、欠互补、城乡互补的经济运行机制均有重要价值。我们曾在《内蒙古中南部原始文化的环境考古研究》^[1]一文中指出,把地理环境演变研究的方法与考古学的区系类型和文化因素分析方法相结合,把环境演变的研究理论与考古学的理论相结合,是提高环境考古研究水平的关键。本文试图就我们近年在这一地带的一些研究结果,作概要论述,以期得到各位同行的指正,为建立我国环境考古学共同努力。

一、农牧交错带现代自然环境与物质文化景观的区域分异

认识现代为了更好地理解过去。全面分析现代自然环境与物质文化景观的相互关系,对正确分析历史时期环境与文化之间的区域特征有重要的价值。由于环境与文化之间的相互作用突出表现在人—地相互作用方面,这就从根本上决定了文化发展的“多中心”说的客观性,由于这种人—地相互作用的时空差异,必然导致这种文化发展“多中心不平衡”机制的存在,现代中国北方农牧交错带人—地相互作用的区域分异足以说明这一点。

(一)现代自然环境特征

1. 处在东南季风与西南季风作用的边缘地带,年平均降水量极不稳定,平均值在250—450mm,但年际变率较大,平均达25%以上。降水分布呈现出自东北—西南延伸,东南—西北更替的规律,空间递变率较大,一般为每10km减少8—8.5mm,西北边缘更大,高达15—20mm。年内降水量极不均匀,但集中在盛夏,一般七八两个月的降水量占全年降水量的45%—55%以上。这种降水量年际与年内的波动,是导致本区农牧业生产不稳固、农牧交错带空间摆动的根本原因。

2. 由于大兴安岭—阴山—贺兰山所组成的“ ”型山体的影响,山体西、北、西北侧为典型的牧区,山体的东、南、东南侧则为典型的农区,其间形成了典型的农牧交错地带,在河流阶地两侧、黄土丘陵地区、覆沙低丘陵及

国家教委博士点基金资助项目。

内蒙古文物考古研究所

覆沙波状高平原地区以及冲洪积平原上多辟为农田，并以旱作农业为主，部分地区发展为水浇地(20%以下)；在中低山地、陡坡丘陵地区、沙地则辟为牧区，这样就形成了宏观上的农牧交错带。由于受局部地貌的影响，在平原地区，低湿滩地因积水或盐分含量高，多作为草地利用，或因受洪水影响在高河漫滩阶地也辟为牧草地利用，形成局部农牧地与放牧地的交错。在丘陵地区，有黄土覆盖或薄层沙土覆盖地区多为农耕地，而基岩裸坡、或陡坡丘陵则为牧草地，也形成局部农牧交错。在沙地，丘间地部分辟为斑块农耕地，丘间地则多为牧草地，但在科尔沁东部沙地、毛乌素沙地曾一度把固定沙丘地也辟为农耕地，也形成农牧交错的局面。在中低山地，则多为林地，呈岛状展布在这一地带中间。由此可以看出，不仅因为水分使本区整体呈现农牧交错的土地利用，而且也因地貌条件，使水热再分配，导致更为复杂的农牧林交错分布的格局。

3. 本区正处在内、外流域的过渡地带，河流水文特征、湖泊变化多端，有些河流常年无水，但偶发洪流，形成灾害；有些河流虽然年流水不断，但流量变化甚大，高达平均值的几倍或低于平均值的几倍。正因为处在这一过渡地带，水蚀、风蚀、风水蚀交错，冻融侵蚀普遍发育，形成了严重的以水土流失和土地沙化为特色的土地退化过程。

4. 这一地带形成了中国北方独特的以灌木为草本相交织的灌丛草原地带，虽然植被类型有所差异，但以灌丛和草本相交织为特色，乔木林仅在局部水分条件较好的隐域地段(除中山山地)分布，构不成大面积的森林地带。这一方面取决于水分条件，另一方面与这一地带广泛覆盖晚更新世风成堆积物有关，使得灌木根系得以发展，受钙积层的影响程度降低。

5. 从自然环境来看，我们可以把这一带地划分为以下几个区域：

- (1) 西辽河流域丘陵—平原—沙地区
- (2) 张北—集宁台地—丘陵—覆沙地区
- (3) 岱海流域丘陵—台地—平原—覆沙地区
- (5) 呼市—包头平原—覆沙地区
- (6) 鄂尔多斯东部丘陵—覆沙地区
- (7) 长城沿线沙地—覆沙丘陵地区
- (8) 甘肃、宁夏中部平原—丘陵—沙地区

(二) 现代文化环境特征

1. 以少数民族与汉族杂居而组成人群特征，这条带北侧为蒙古族集中居住地区，南侧则以汉族居住为主，西侧以回族集中居住，反映出多民族居住的交错特征。由于多民族杂居，从而在生活、生产及居住习惯也各居特色，综合交织。在黄土丘陵区多为窑洞居住，在平原区多为土木建筑的房屋，在北部边缘有以蒙古包居住的蒙古族零星分布区。

2. 土地利用呈现出明显的农牧交错特征，偏西、西北、北部以牧农交错；中部山地以林牧交错，东、南、东南部则以农牧林交错。从土地利用结构来看，全带耕地占 25%—30%，林地占 10%—15%；牧草地占 45%—50%，其它用地所占比例较少。

3. 虽然这一地带开发历史悠久，但是以大农业开发为主，整体工业化水平较低，除这一地带的呼和浩特市、包头市、银川市，以及赤峰市、集宁市、榆林市、东胜市等城市外，基本上以地方加工工业为主体。因此，交通、通讯条件都不很发达，虽然近年在各方的支持下有所发展，但仍与农区相比，

相差较大。

4. 经济水平相对低，大部分地区为贫困地区，人均收入平均在 300—350 元左右；耕地单产水平较低，且深受自然环境的影响，仍然没有摆脱靠天吃饭的局面。此外受周围中心城市影响，呈现出环块状的经济水平分异。

5. 整个文化环境也具有明显的区域特征，除整体表现为农牧林区与牧农林区外，还表现自东北而西南的分异，这种分异可大体划分为以下几个区域：

- (1) 西辽流域农牧林交错文化景观区
- (2) 张北—集宁地区农牧交错文化景观区
- (3) 阴山—贺兰山地区林牧交错文化景观区
- (4) 岱海流域农林牧文化景观区
- (5) 呼包地区农林牧城镇文化景观区
- (6) 鄂尔多斯东部牧农林工矿文化景观区
- (7) 陕北长城沿线农林牧工矿文化景观区
- (8) 宁夏—甘肃中部农牧林文化景观区。

(三) 现代人—地关系地域结构分异

由以上分析，我们可以看出，我国北方农牧交错地带现代人—地关系地域结构显示出自然环境与文化环境相互对应的总体特征。受整个水热条件和大地貌结构的制约，自然环境从东北—西南延伸，东南—西北更替的条状分异决定了农牧交错带整体农牧林与牧农林的二级带状分异。在这一大的带状分异基础上，受地貌类型和西南、东南季风以及纬度的影响，又呈现出明显的块状分异。为了便于对比研究，现初步划分为以下几个人—地关系地域结构区。

A. 内蒙高原边缘牧农林地区；

A₁ 东部牧农林亚区；A₂ 南部牧农亚区；A₃ 西部牧农林亚区。

其中，中部与东部、西部的分界线以张—锡公路、大同—集宁—二连铁路为界。

B. 长城沿线农林牧地区

B₁ 西辽河流域农林牧亚区；B₂ 张北—雁北地区农林牧亚区；B₃ 岱海流域农林牧亚区；B₄ 呼包平原农林牧城镇亚区；B₅ 阴山—贺兰山地区农林牧亚区；B₆ 鄂尔多斯东部丘陵农林牧工矿亚区；B₇ 陕北长城沿线农林牧亚区；B₈ 宁夏—甘肃中部农林牧亚区。

(B₁ 的界线为分水岭线；B₂ 与 B₃ 的分界线大致以大同—集宁铁路线为界；B₃ 与 B₄ 分界线以平原与山地交界线为界；B₄ 与 B₅ 以黄河南部高原边缘为界，B₅ 为山体边缘界线；B₆ 与 B₇ 以长城为界，B₈ 与 B₇ 以靖—定—盐池公路为界。)

二、农牧交错带环境考古的几个问题分析

由于地区的差异及时空尺度的不同，这一地带环境考古有许多问题值得探讨。基于目前工作所限，仅就下列问题作一扼要分析，以期共同讨论。

(一) 长城是一条历史上重要的农区与牧区的分界线，其相间地区为广阔的农牧交错带

根据我们近年的野外调查、古土壤剖面孢粉、地球化学特征；沉积相分析，明长城基本与当时牧区和农区的分界线相当，大致相当当时年降水量 250

—300mm 的雨量线，正是雨养农业与灌溉绿洲农业的雨量分界线，今天这条界线(近 40 年平均值)大致与荒漠草原与草原分界线相一致。内蒙高原西部，秦长城基本与当时农区和牧区的分界线相当。由此可以看出，在这两期长城建筑之间，农牧交错带东西摆动有相当距离，这一摆动幅度与由年降水量复原所得到的中全新世高温期(6000aBP)非常一致。这就表明长城的修筑除了当时军事、政治、社会原因外，也反映了当时农业文化景观区与牧业分化景观区的分异。事实上这些文化景观区与当时的民族有很大关系；当时长城一线外侧，多以游牧民族居住为主，从事牧事活动；而该线内侧，则以汉民族居住为主，从事农业活动。从这个意义上来讲，长城是恢复这一地区农、牧区分界的重要考古证据；而由环境演变所重建的降水量分界线，恰恰又说明，长城亦是一条重要的自然地带的分界线。从长城的南迁，不仅说明历史上游牧文化的地区变迁，而且也证明了自中全新世暖湿期以后，这一地带向干旱化方向发展的总特征。

(二) 大同—集宁—二连浩特一线是历史农牧交错带东部与西部区的重要分界线

从现代水热条件分析表明，整个我国北方农牧交错带整体性摆动的年份约占统计(1950—1990)年份的 30%；东西相异摆动的年份约占 20%，其它形式的年份约占 45%。通过 EOF 分析，这一东西相异变化界线基本上与大同—集宁—二连浩特一线相当。进一步的分析表明，这条线大致与西南季风影响的东北边缘相一致。另外从对这一线两侧的古土壤层分析表明，这条线两侧古土壤发育的韵律明显不同。这条线以西古土壤发育基本存在约 2000 年的准周期，以鄂尔多斯高原为例，在 8500—7500aBP，6500—5500aBP，4500—3500aBP，2500—1500aBP 发育了四期古土壤，对应这四期古土壤，基本上与当时考古农业文化相当，除 8500—7500aBP 以外，在这一地区均有鄂尔多斯仰韶文化、龙山文化、秦汉农业文化(铁器文化)与此一一对应。在这四期古土壤发育期间，则普遍发育了代表干燥时间的风成沉积，如风成沙丘沙、覆沙层及沙黄土，相应的考古文化类型则以牧为主或牧农、农牧交错，如仰韶—龙山过渡期的农牧交错文化，鄂尔多斯青铜器(牧农)文化，秦汉以后的农牧交错文化等。在这条线以东，古土壤发育的序列与西部明显不同，测年结果表明，5500—6500aBP，3500—2500aBP，1500—500aBP 在这一地区均有古土壤的发育，其间则为干燥风成堆积，5500—6500aBP 的古土壤发育远不及西部，由此可以看出，虽然两区均存在中全新世温暖湿润环境，但在考古文化发展上似乎存在明显差异。这可以从两区史前考古文化的类型上找到区别。由此也可以认为，正是由于区域环境的差异，加之周围地区影响(渗透)的程度不同，从而形成了考古文化类型区系差异，这也再次说明对考古文化类型区系的划分正是环境考古文化的类型上找到区别。由此也可以认为，正是由于区域环境的差异，加之周围地区影响(渗透)的程度不同，从而形成了考古文化类型区系差异，这也再次说明对考古文化类型区系的划分正是环境考古研究的一项重要任务，通过区域环境考古研究必将能够促进考古文化类型区系分异原因的探讨。从已有资料来看，最为引人注目的是在 3500—2500aBP，1500—500aBP 时期，东、西部文化景观差异非常明显，西部这个期间基本以牧或农牧交错为特色，形成了东西明显的差异。认识这种差异，对我们分析这一地带考古文化发展有重要指导价值。

(三) 岱海流域是农牧交错带东、西部文化交汇地区，记录了农牧交

错带考古文化变化的详细过程

岱海流域正处在农牧交错带的中部地区，不仅因为现代环境条件复杂，即山地、丘陵、平原、沙地、台地均有，而且正处在农牧交错带的东西部转换地带。一方面该流域具有独特的环境演变过程，即突出表明暖干与凉湿的水热组合；由于地势与岱海湖的影响，文化景观在不同时代呈现出沿湖等高分析，充分体现了湖泊环境的同心带状影响。在这些自然环境条件下，气候的冷暖变化与干湿变化以及湖泊水位的变化都对本区文化景观变迁有明显影响。复杂的地貌形态、特殊的水热组合、湖泊的等高影响使这一地区考古文化变化表现出独特的性质，这就是为什么岱海流域发生发展了我国北方特有的连续的史前考古文化序列。另一方面岱海地区正处在中原文化与西北草原文化的过渡地带；农牧交错带西南向东北文化的过渡地带，因此程度不同地受到了南、北、东、西外来文化的影响，这在各个考古时期文化特征都有具体体现。这种影响并不是单向的，正因为岱海流域环境变迁具有东南—西北；东北—西南的多向摆动，因此与外来文化的影响并存，还发展了流域文化向四周的渗透，这也是为什么这一地区考古文化特征在邻区有所反映，邻区考古文化特征在本区也有记录的根本原因。除了环境演变原因外，另一重要原因就是岱海流域正处在东、西、南北历史交通通道的交汇处，因而也利于这种文化的渗透与传播，这一状况在秦汉以来更为突出。这也恰恰反映了在这以前各史前考古文化特征相对具有更明显的地方性，与当地环境有密切的关系。

(四)鄂尔多斯地区具有自萨拉乌素文化以来完整的考古文化序列，因此，可以认为鄂尔多斯文化与我国中原文化一样，是“中华文明多中心不平衡”发展的一个重要地区

根据我们近十年来的研究，在农牧交错地带的鄂尔多斯地区，发生发展了自萨拉乌素文化以来的一整套考古学文化，我们称之为“鄂尔多斯文化系列”^[2]（亦可称之为鄂尔多斯文化类型区系）。这个序列概括如下：

1. 萨拉乌素文化 [$(6—3.5) \times 10^4$ a. B. P.]，旧石器文化；
2. 水洞沟文化 [$(3.5—1.3) \times 10^4$ a. B. P.]，晚旧石器文化；
3. 鄂尔多斯中石器文化 [$(1.3—0.7) \times 10^4$ a. B. P.]，旧、新石器之间的过渡文化；
4. 鄂尔多斯仰韶文化 [$(0.7—0.5) \times 10^4$ a. B. P.]，初期农业文化；
5. 鄂尔多斯仰韶与龙山过渡文化 [$(0.5—0.45) \times 10^4$ a. B. P.]，早期农牧交错文化；
6. 鄂尔多斯龙山文化 [$(0.45—0.35) \times 10^4$ a. B. P.]，早期农业文化；
7. 鄂尔多斯青铜器文化 [$(0.35—0.22) \times 10^4$ a. B. P.]，牧业文化；
8. 鄂尔多斯铁器文化 [$(0.22—0.17) \times 10^4$ a. B. P.]，秦汉农业文化；
9. 鄂尔多斯魏晋南北朝时期的畜牧业文化；
10. 鄂尔多斯隋唐时期的农牧交错文化；
11. 鄂尔多斯西夏、元畜牧业文化，晚期农牧交错；
12. 鄂尔多斯明清以来的农牧业文化。

(五)由于局部地区环境及受邻近地区文化渗透程度不同的影响，表

现出次一级的考古文化类型区系的分异

1. 在东部西辽河流域，科尔沁沙地、辽西山地与赤峰黄土丘陵地区，不仅现代人一地关系地域结构不同，而且在考古文化类型中也有明显不同，一是表现出自山地 丘陵 台地 平原考古文化序列表现出由老到新的递度变化(亦可表现为自高台地 高阶地 低阶地 河谷地的变化)，这在敖汉期的文物分布图上表现非常突出。造成这种格局的一个重要原因就是西辽河平原在干湿波动中趋于干旱化，平原湖泊逐渐退缩，文明发展自周围高地逐渐向低地发展。到现代为此，以通辽市、赤峰市成为这一流域文明最为发展的地带。

2. 岱海流域，湖盆平原、黄土丘陵、玄武岩台地、石质山地，现代环境截然不同。仰韶文化与龙山文化的分布高度明显不同，前者分布较低，后者则分布较高，说明湖泊影响明显，前者处在相对暖干条件下，水分条件起了很大作用，湖泊不及龙山时期范围大(或水位高)，龙山时期，气候凉湿，湖面蒸发相对减弱，因而湖水面整体偏高，从而使人类居住向高台地发展，本区园子沟文化亦说明这一点。这与东部西辽河流域明显不同，在这一流域暖湿与凉干相交替，随着中全新世以来的凉干化趋向，人类从高逐渐向低地迁移是完全可以理解的。

3. 鄂尔多斯和呼包平原地区，丘陵、台地、高阶地、低阶地、平原，现代人一地关系地域结构差异甚大，因而在考古文化亚区系特征方面也有明显不同，普遍表现出自高而低，文化时代逐渐变新，其中考古文化以河流二三级阶地最为发育，一般在三级阶地或台地上，多为仰韶文化分布区，而在二级阶地多为龙山文化分布区，现代居住地集中分布在一级阶地或平原上。另外在鄂尔多斯地区，还表现出自西北向东南由老而新的整体规律，即仰韶文化远比龙山文化偏西。

由此可以看出，不仅农牧交错带与中原文化形成明显对照，成为长城沿线地区独特的考古文化类型区；而且其内部又可划分为东部、中部、西部的次一级文化类型区，在此基础上，还可进一步划分为更低一级的亚文化类型区。由此认为考古文化类型区的分异与区域古环境的分异有密切的关系。

以上我们从五个方面讨论了北方农牧交错带考古文化研究的几个重要问题，事实上还有许多问题需要分析讨论，诸如各区文化渗透的方式与路线？邻近地带文化影响的程度？各考古文化亚区系划分界线等。即使是上述五个方面的问题仍需更加深入分析。

结 语

环境考古研究正在兴起，需要多学科的协作攻关。我国是进行环境考古研究得天独厚的国家，其中北方农牧交错带更具有开展环境考古研究的良好基础。考古文化类型区系学说的建立为揭示环境与考古文化提供了理论基础，区域环境演变学与区域考古学则为环境考古提供了具体的方法和途径。

中国北方农牧交错带具有明显的现代与历史人一地关系地域结构的分异，这种分异主要是由于这一地带人一地相互作用系统自身所形成的，邻近地带的文化影响只起到渗透和影响作用，因此，这一地带与中原一带同样是我国史前物质文化发展的一中心地带。从环境演变来看，东南季风与西南季风的交互作用及空间移动，可能是这一地带考古文化相互渗透、影响的一重

要动力因素。本文所提出的这一地带考古文化亚区域的划分虽然是初步的，但与现代人—地关系地域分异非常一致，说明这一地带环境与人的相互作用历史悠久。从中吸取历史人—地关系的协调途径，对解决这一地带与日俱增的环境问题，特别是土地退化有重要价值。

主要参考文献

1. 田广金、史培军、1991，内蒙古南部原始文化的环境考古研究，海洋出版社，北京。
2. 史培军，1991，地理环境演变研究的理论与实践，科学出版社，北京。

我国西北五省区的水旱规律研究

梁旭 尚永生 方修琦

西北五省区指陕西、甘肃、宁夏的全部和青海省东部地区及内蒙古河套地区。这里是我国北方主要工农业(牧业)生产基地之一,又是一个降水资源极不富裕的地区。据统计,本区大部分地区年降水量为200—500mm,部分地区在800mm以上;属我国季风气候区西缘,降水年际变际变化很大,降水相对变率一般在15%—33%之间。一年之内,季节雨量分配极不均匀,夏季雨量集中,冬季雨雪稀少,水旱灾害频繁。

一、研究地区资料和方法

为研究本区水旱的历史变迁,本文根据文献^[1]的资料,选取了以鄂托克、西宁、格尔木、张掖、兰州、平凉、天水、银川、榆林、延安、西安、汉中、安康等13站自公元1470—1979年的旱涝等级资料,对1950—1989年有实测的降水量,重新利用降水百分位数,降水百分距平和主要降水期(5—9月)划分旱涝等级标准,确定了近40年的旱涝等级资料,序列总长度为520年。根据公式(1)—(5)^[2]计算了该区1470—1989年逐年干旱、雨涝、重旱、重涝和旱涝灾害指数。(1)、(2)式中的 D_1 和 D_w 分别为干旱和雨涝指数, D 和 W 分别为四五级和一二级的站数。 N 为总站数,(1)、(2)式反映的是受旱或受涝范围。 D_1 和 D_w 的变化范围为0—2.00。(3)、(4)式分别为重旱(A)和重涝(B)指数。式中的 n_5 和 n_1 分别为5级和1级的站数, N 为总站数。(3)和(4)式反映的是5级和1级站数在总站数中所占的比例。 A 和 B 的变化范围为0—1。(5)式中的 P 为旱涝灾害指数;式中的 C_i 和 C_{max} 为(1)、(2)式计算出的干旱或雨涝指数序列的某年值和最大值。 Z_i 和 Z_{max} 为(3)、(4)式算出的重旱或重涝指数序列的某年值和最大值。 W_1 、 W_2 分别为干旱或雨涝指数,以及重旱或重涝指数的权重。 W_1 的权重为0.4, W_2 的权重为0.6。

$$D_1=2D/N \quad (1)$$

$$D_w=2W/N \quad (2)$$

$$A=n_5/N \quad (3)$$

$$B=n_1/N \quad (4)$$

$$P=C_i/C_{max} \times W_1 + Z_i/Z_{max} \times W_2 \quad (5)$$

二、旱涝频率

为了分析干旱和雨涝的时间和空间变化规律及历年旱涝状况,根据文献^[1]资料,利用(6)式计算了西北五省区平均旱涝等级值。其近40年和历史

国家自然科学基金资助项目;

宁夏气候资料中心。

宁夏气候资料中心。

旱涝出现频率统计结果如表 1。由表可知，近 520 年中，151 年有干旱记录，占总年数的 29%，平均 3 年多出现一次旱灾；涝年出现 112 年，占总年数的 21%，平均 4 年出现一次涝灾。

$$L=1/n \quad NL \quad (6)$$

式中，NL 为各站各年的旱涝等级值，n 为总站数，L 为西北五省区各年平均旱涝等级值。当 $L < 3$ 时，表示雨水偏多； $L > 3$ 时，雨水偏少。因此各年旱涝等级值的大小，反映了旱或涝的程度。

三、西北五省区近 500 年的水旱

1. 水、旱灾的标准

根据(5)式的计算和该区 1950—1989 年实际水旱灾情比较，凡旱涝指数 P 大于 0.30 的年份(1952、1957、1965、1972 和 1982；1958、1961、1964、1967、1977 和 1983)都有不同程度的旱涝现象。据此，本文将 $0.30 < P < 0.50$ 、 $0.50 < P < 0.70$ 、 $P > 0.70$ 的年份分别定为轻旱(涝)、旱(涝)、大旱(涝)年。由此得出公元 1470—1989 年西北五省区旱涝灾害指数 > 0.30 的年表。根据计算，近 500 年来，西北五省区干旱最严重的年份是 1528 年(1.00)，雨涝最严重的年份是 1570 年(0.99)。自公元 1950—1989 年的 40 年间，干旱最严重的年份是 1972 年和 1965 年，雨涝最严重的年份是 1964 年。这一结果与实况是吻合的，可见(5)式是适用的。

表 1 近 500 年来西北五省区旱涝频率

Tab 1. Frequency of drought and flood in Northwest China since 1470

| 资料年代 年数和 频率 旱涝年型 | 520 年统计 | | 40 年统计 | |
|---------------------------|---------|--------|--------|--------|
| | 年数 | 频率 (%) | 年数 | 频率 (%) |
| 大 旱 | 35 | 7 | 2 | 5 |
| 旱 | 116 | 22 | 11 | 28 |
| 正 常 | 257 | 49 | 18 | 45 |
| 涝 | 84 | 16 | 6 | 15 |
| 大 涝 | 28 | 5 | 3 | 7 |

2. 极端水旱年

根据(5)式计算结果还表明，近 500 年西北五省区旱涝发生最严重的年份，大都发生在 1949 年以前，由表 2 可以看出，这些年份旱涝指数(P)都在 0.9 以上，涝年指数只有解放后的 1964 年(0.96)。

表 2 近 500 年西北五省区最严重的旱涝年份

Tab 2. The most severe drought

and flood years in Northwest China since 1470

| 年 | 旱 | | | | | 涝 | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1528 | 1928 | 1586 | 1929 | 1640 | 1570 | 1662 | 1964 |
| 灾害指数 | 1.00 | 0.95 | 0.95 | 0.92 | 0.90 | 0.99 | 0.96 | 0.96 |

从而表明，解放以来这一地区的旱涝灾情比较缓和，因此仅用 1950 年以来的降水资料讨论这一地区的旱涝灾害是远远不够的，只能看做是旱涝长期变化的一种短期现象。灾情调查和降水资料分析表明，近 40 年来本区最干旱的年份有 1957、1965、1972 和 1982 年，旱灾指数 0.45，降水量大部分地区都为近 40 年最少值。雨涝最严重的年份有 1958、1961、1964 和 1967 年，雨量为 40 年来的最多值。

表 3 是根据(5)式的计算，将旱涝年按灾害程度排列的顺序。表中的序号由小到大，表示灾害程度由重到轻。以此可以分析各年灾害程度以及灾害的时空变化规律。

3. 西北五省区的水灾

表 3 给出了公元 1470—1989 年西北五省区的 30 个涝年(雨涝指数

表3 西北五省区历史灾害程度排序

Tab 3. Order of disaster degree in Northwest China since 1470

| | | | | | | | | | | | |
|---|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 旱 | 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | 指数 | 1.00 | 0.95 | 0.92 | 0.90 | 0.82 | 0.80 | 0.78 | 0.77 | 0.73 | 0.72 |
| | 年代 | 1528 | 1928 | 1929 | 1649 | 1877 | 1759 | 1629 | 1900 | 1582 | 1965 |
| | | | 1589 | | | | 1484 | | | | |
| | 序号 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| | 指数 | 0.70 | 0.68 | 0.67 | 0.65 | 0.63 | 0.62 | 0.60 | 0.58 | 0.57 | 0.56 |
| | 年代 | 1531 | 1939 | 1616 | 1972 | 1521 | 1633 | 1720 | 1481 | 1721 | 1609 |
| | | | | | | | 1587 | 1892 | 1489 | | 1568 |
| | | | | | | | 1529 | 1485 | | | |
| | | | | | | | 1533 | | | | |
| 灾 | 序号 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| | 指数 | 0.55 | 0.54 | 0.49 | 0.48 | 0.45 | 0.44 | 0.40 | 0.38 | 0.37 | 0.36 |
| | 年代 | 1635 | 1532 | 1634 | 1483 | 1862 | 1636 | 1610 | 1833 | 1719 | 1500 |
| | | | 1638 | | 1916 | 1957 | 1690 | 1646 | | | 1764 |
| | | | 1639 | | | 1486 | | 1801 | | | |
| | | | | | | | | 1857 | | | |
| | 序号 | 31 | 32 | 33 | 34 | | | | | | |
| | 指数 | 0.35 | 0.33 | 0.32 | 0.30 | | | | | | |
| | 年代 | 1922 | 1490 | 1511 | 1509 | | | | | | |
| | | | 1504 | 1497 | | | | | | | |
| | | 1834 | 1482 | | | | | | | | |
| 涝 | 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | 指数 | 0.99 | 0.96 | 0.82 | 0.79 | 0.76 | 0.70 | 0.66 | 0.65 | 0.54 | 0.53 |
| | 年代 | 1570 | 1662 | 1889 | 1949 | 1933 | 1819 | 1806 | 1958 | 1943 | 1934 |
| | | | 1964 | | | | | | 1613 | | 1664 |
| | | | | | | | | | 1679 | | |
| | 序号 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| | 指数 | 0.52 | 0.49 | 0.48 | 0.46 | 0.42 | 0.40 | 0.39 | 0.36 | 0.32 | 0.30 |
| | 年代 | 1604 | 1745 | 1751 | 1661 | 1753 | 1698 | 1730 | 1823 | 1594 | 1775 |
| | | | | 1921 | 1887 | 1756 | | | | 1660 | 1885 |
| | | | | | | 1937 | | | | | |

1.50, 重涝指数 0.50, 涝灾指数 0.30)。公元 1662 年, 是西北五省区近 500 年来比较严重的一次大涝之年。根据史料记载, 这一年本地区均有严重的灾情和雨情。由于夏秋(6—10 月)长期淫雨如注, 连绵不断, 夏禾尽没, 淹没庄堡人畜(渭南、西吉等地); 大雨六十余日, 泾、渭、洛诸水猛涨, 平地水涌, 行旅尽绝, 人畜溺死者甚众(三原、周至等地), 有的大水漂没市集庐舍(天水、榆林、延安、汉中、安康等地), 冲决河堤沟梁, 诸谷皆溢, 以致出现大面积饥馑。

从各世纪的涝年标准统计，虽然本世纪尚有 10 年的时间还为过去，但是涝年已出现 9 个，成为公元 17 世纪以来雨涝次数最多的世纪，18 世纪出现涝年的年数最少，仅有 4 年，17、19 两个世纪涝年的年数大砂相同，分别为 6 年、7 年。从 17—20 世纪，平均每世纪有 7 个涝年；涝年与涝年之间的间隔最长为 57 年，最短为 1 年，平均为 15 年。

4. 西北五省区的旱灾

根据表 3 统计结果可知，近 500 年西北五省区的旱年共有 59 次(干旱指数 1.50，重旱指数 0.50，旱灾指数 0.30)。大旱年出现在公元 1528 年，它是西北五省区近 500 年旱灾最严重的一年。据记载，这一年全国大部分地区都出现了严重的旱情。该地区因大旱，造成农作物被毁现象十分普遍，陕西、甘肃 5—9 月不雨、旱荒、人相食、米斗三四钱，民流亡十之八，饿死无数；宁夏等地因旱灾免秋粮马草。干旱不仅造成饥荒、无禾、河水也干涸了，人畜饮水发生极大困难。

按各世纪的旱年标准统计，16、17、20 世纪是西北五省区出现的旱年年数最多的世纪，分别为 10 年、10 年和 9 年；15、18、19 三个世纪旱年的年数相差无几，分别为 7 年、7 年、6 年。按世纪出现年数统计，平均每个世纪有 8 个旱年。旱年间的间隔最长为 50 年，最短为 1 年，平均为 10 年。

5. 水旱的长期变化

由(6)式计算的各年平均旱涝等级值，经(7)式得出西北五省区公元 1470—1989 年逐年旱涝等级序列年表(表 4)。 $NLi-L < -2.4$ 严重的水灾

$$-2.4 < NLi-L < -1.1$$

水灾

$$NLi-L > 2.4$$

严重的旱灾

$$0.96 < NLi-L < 2.4$$

旱灾 (7)

式中 NLi 为西北五省区历年旱涝等级值， L 为西北五省区多年旱涝等级平均值， σ^2 为西北五省区旱涝等级均方差。据此做出旱涝次数及频率(表 4)

表 4 近 500 年来西北五省区旱涝次数及频率

Tab 4. Times of drought and flood in Northwest China per 50 years since 1470

| 年 代 | 大涝 | 涝 | 正常 | 旱 | 大旱 |
|-----------|-----|------|------|------|-----|
| 1470—1519 | | | 30 | 16 | 4 |
| 1520—1569 | | 12 | 24 | 9 | 5 |
| 1570—1619 | 4 | 4 | 25 | 12 | 5 |
| 1620—1669 | 4 | 7 | 22 | 10 | 7 |
| 1670—1719 | 2 | 6 | 29 | 13 | |
| 1720—1769 | 6 | 8 | 23 | 10 | 3 |
| 1770—1819 | 2 | 9 | 25 | 14 | |
| 1820—1869 | | 14 | 27 | 8 | 1 |
| 1870—1919 | 2 | 12 | 24 | 7 | 5 |
| 1920—1989 | 8 | 12 | 28 | 17 | 5 |
| 合 计 | 28 | 84 | 257 | 116 | 35 |
| 频率(%) | 5.4 | 16.2 | 49.4 | 22.3 | 6.7 |

按 50 年的间隔进行排列比较,从中可以看出前期旱(1470—1719 年,250 年),后期涝(1720—1989,270 年)。有人曾计算过我国北方(35N 以北)各个世纪(15—20)的旱涝指数,同样得到前三个世纪的旱涝指数均高于后三个世纪。

图 1 是公元 1470—1989 年西北五省区旱涝等级 20 年滑动平均,由此可发现它的阶段性比较明显,大体可分出 7 个旱段,6 个涝段。表 5 展示各段特点:由表看出,平均持续年数,涝段略比旱段长,在涝段一二级出现机率占优势,四五级出现机率小;旱段的情况则正好相反。如果干湿期的平均持续时间按 40 年计算,估计西北五省区的干旱还要持续下去。

表 5 近 500 年来西北五省区旱涝值特点
Tab 5.Characteristics in the phases of drought-flood in Northwest China since 1470

| 项 目 | | 旱段 | 涝段 |
|--------|------|----|----|
| 段 别 | | | |
| 平均持续年数 | | 38 | 42 |
| 最长持续年数 | | 79 | 70 |
| 最短持续年数 | | 19 | 20 |
| 各级占 % | 1, 2 | 16 | 27 |
| | 3 | 50 | 49 |
| | 4, 5 | 34 | 24 |

四、水旱的演变规律

旱涝的长期演变规律是气候变化的一个重要课题。研究这个课题,特别是研究灾害性天气的长期演变规律及未来灾害预报,对合理利用自然资源,最大限度地减少气象灾害影响,调整农业生产布局,确立最优农业生产结构,以获取农业的高产稳产是十分有益的。

根据上述分析,西北五省区旱涝发生演变大体有以下特征:

(1) 连续性

旱涝出现往往有连续性特点。据统计,520 年以来,连旱二年以上共出现 22 次,连旱三年以上出现 9 次,最长连旱达 7 年之久;连涝二年以上出现 10 次,连涝三年以上出现 4 次,最长连涝达 4 年。

上年旱次年连续出现旱的次数为 64 次,频率为 12.3%;上年为平年次年继续为平年的次数为 136 次,频率为 26.2%;上年为涝年次年继续为涝的次数为 36 次,频率为 6.9%。合计旱平涝年的连续出现次数为 236 次,频率为 45.4%(如表 6)。

表 6 近 500 年来西北五省区旱涝的连续性和交替性

Tab 6.Character of continuity and alternation of drought-flood in Northwest China since 1470

| 次年 次数 上年 频率 | 旱 | | 平 | | 涝 | |
|----------------------|----|-------|-----|-------|----|-------|
| | 次数 | 频率(%) | 次数 | 频率(%) | 次数 | 频率(%) |
| 旱 | 64 | 12.3 | 64 | 12.3 | 23 | 4.4 |
| 平 | 67 | 12.9 | 136 | 26.2 | 53 | 10.2 |
| 涝 | 20 | 3.9 | 56 | 10.8 | 36 | 6.9 |

(2) 交替性

西北五省区旱平涝年经常交替出现。据统计在 520 年中，旱平涝交替出现 283 次，频率为 54.5%，其中上年旱次年为平年或涝年的次数分别为 64 次和 23 次，频率为 12.3%和 4.4%；上年为平年次年为旱年或涝年的次数分别为 67 次和 53 次，频率为 12.9%和 10.2%；上年为涝年次年为旱年或平年的次数分别为 20 次和 56 次，频率为 3.9%和 10.8(如表 6)。

(3) 区域性

西北五省区旱涝特征还具有区域性特点，即在同一个时间里，可能产生大范围的干旱或洪涝；也可能在一个地区多雨成涝；而另一个地区又少雨干旱；或就整个地区大范围来说，雨水基本正常，但还有局部地区发生干旱或雨涝。

(4) 季节性

西北五省区干旱的季节性较为明显，本地区干旱主要出现在春季，初夏和伏秋季节，这些季节的干旱主要影响小麦等夏作物生长及糜谷等秋作物的播种、出苗和拔节。一旦发生干旱，不仅使当年作物因缺水而成灾减产(绝产)，而且造成秋作物生长困难。据兰州中心气象台 1950—1974 年的资料分析，春旱和初夏干旱出现的频率均为 28%，伏秋为 24%；据《陕西自然灾害史料》对全省从公元前 2 世纪到 20 世纪 40 年代后期有旱灾记载的 604 年的资料分析，全省或较大范围的旱灾中，仍以夏、春出现为最多，其频率分别为 36%、19%。

西北五省区的洪涝灾害主要由暴雨而引起，一般出现在 4—9 月的多雨季节，以 7、8 月份为最多，约占 70%以上。据陕西气象台对陕西省 1949—1985 年 37 年的气候资料分析，陕西省共出现 28 次雨涝，频率为 76%，主要以秋涝、夏涝为主，其频率分别为 43%、19%，春涝最少，频率为 14%。

(5) 突发性

旱与涝常以突然暴发的形式出现，这又是西北五省区的又一旱涝特征，其主要在夏秋之季，这与雨季有关。就全年而言，降水高峰期是旱涝的决定性阶段，对全年旱涝有定局作用。高峰期如果少雨则干旱，过了高峰期，雨量无论如何也没有高峰期充沛；若高峰期雨量过多，则涝成定局。降水高峰期正是各种作物旺盛的生长时期，需水量大，因此，降水过多或过少对作物生长和产量影响极大。其高峰期往往集中在一二次暴雨过程，这一二次暴雨过程出现的早晚和有无对全年旱涝有重大作用。这就是西北五省区突发性旱涝灾害的特点，尤其是由旱到涝转折很快，往往给农业生产带来很大危害，

给抗旱排涝防汛工作带来很大困难。

(6) 周期性

旱涝是大范围的灾害。周围地区各地旱涝规律基本是一致的，并有各种的旱涝演变周期。通过近五百年旱涝等级功率谱，简易方差分析发现，西北五省区 4、15 年周期较为明显。

旱涝周期性演变对农业的长远发展规划，水利建设均有很重要的指导意义。根据结果分析，从目前到本世纪末，估计气候趋于干旱少雨期，因此要防备大旱频发，同时在大的旱期也要注意出现小的涝期。

五、西北五省区近 500 年旱涝变化趋势

由西北五省区水旱灾害、变化分布规律及连续性的分析，不难发现该地区 500 年来最严重的大旱、大涝均出现在气候干旱时期里，连旱 2 年以上的水旱灾大多也出现在气候干旱的时期里，由此可见，西北五省区大的水旱灾害主要发生在气候干旱时期内。当前西北五省区处在第七段干旱时期内，估计干旱仍将持续下去，作为干旱地带的西北五省区即要注意大旱、大涝的年份发生，还要注意其它灾害(大风、冰雹、暴雨等)易发的可能性。

参考文献

1. 国家气象局气象科学研究所主编，中国近五百年旱涝分布图集，地图出版社，1981
2. 陈玉琼，旱涝灾害指标的研究，西安 灾害学 1989(4)
3. 冯佩芝等，1951—1980 年中国主要气象灾害分析，气象出版社，1985
4. 梁旭，宁夏气象灾害的初步研究，内蒙古干旱区资源与环境，1989 年第 3 卷第 3 期

中国北方农牧交错带环境退化初步研究

虞立红

环境退化是一种全球性的环境问题，在生态脆弱地区尤为严重，常常造成自然资源质量下降，甚至丧失自然资源、生态环境恶化等一系列问题。它是人类不适度经济活动、人与自然关系失调的必然结果，已引起人们的普遍关注。人们正力求通过对其成因，发生规律等方面的深入研究，掌握防止或减缓环境退化的方法。本文试图揭示研究区环境退化的实质、特征，为制定改善本区生态环境的政策提供依据。

一、环境退化的实质

引起研究区内环境退化的因素包括自然和人文两方面，即生态环境脆弱和人类长期强度经济活动。

1. 生态环境脆弱

研究区内自然条件具有显著的易变性，表现在时空两方面。在空间上，自东南向西北，气候由半干旱向干旱过渡，年降水量由 450mm 减至 250mm，空间递减率较大，一般为 8.0×10^{-6} - 8.5×10^{-6} ，西北边缘可达 15×10^{-6} - 20×10^{-6} ；优势植被由森林草原、干草原过渡到荒漠草原。在时间上，各自然因子波动频繁，变幅大。就降水而言，区内降水量的年变率大，一般在 20%—50% 左右。有的年份降水量可达 550—600mm，有时甚至超过 700mm，但有的年份降水不足 200mm。年降水量最大值与最小值之差有时可高达 5 倍。降水的年内分配不均。12—2 月为少雨雪季节，降水量约占年降水量的 1%—3%；6—8 月为多雨季节，降水量占年降水量的 65%—70%，此期雨量的年际变化较大，在 25%—40% 之间。降水在时间上的这种变化也具有明显的地域性，通常西北部降水的年际、年内变化均较东南部大。另外，本区自然条件还具有多风、干旱、土壤沙性大等特点。研究区中西部年降水量多在 300mm 以下，而年蒸发量达 2000—2900mm。且降水集中，暴雨强度大。这里大部分地区年平均风速较大，一般在 2—4m/s，春季可达 4—5m/s。大风日数多，大于 17m/s 的大风年平均日数在 40 天以上，西部一些地区超过 50 天。此外，本区地表沙质土广布，沙源丰富。以上这些反映出本区生态环境脆弱，具有环境退化的潜在可能性，极易受各种自然和人为因素的扰动。

2. 人类强度经济活动

研究区内人类强度经济活动主要表现为农牧业的频繁交替、农牧带的向北推进和过牧超载。本区自然条件的时空波动为可农可牧，甚至时农时牧提供了可能。加之，这一地区处在从事农业和从事游牧业的民族之间，这两个民族的进退、争夺，必然产生相应的农牧交替。此外，随着人口的增加，人们对农牧产品的需求必然增多，其结果，一方面导致农牧交错带的北移。据统计，从元代至今，北方农牧交错带向北约有六次明显的推进，总推进幅度最小处也有上百 km，最大处可达 300km 左右。另一方面导致过牧超载。据统计，内蒙古 29 个牧业旗中，过牧超载的旗有 11 个，占 37.7%，其中大多数旗的超载牧畜量比适宜载畜量高 1/3 左右，有的甚至高一倍。如内蒙古商都线西井子乡 1977—1979 年平均牲畜数为 30372 羊单位，而其系统最大载畜量

仅为 15769 羊单位。以上都严重破坏了本区原本脆弱的生态环境。

二、环境退化特征

研究区脆弱的生态环境加之强度的人类经济活动无疑将产生一系列的，有的甚至是不可逆的环境退化过程，主要表现在湖泊的消退、咸化、土地退化、易灾多灾等方面。

1. 湖泊的消退和咸化

从地貌和沉积物的研究分析中可以判断出，在第四纪地质历史时期，本区曾出现过湖泊发育的极盛时代，此后湖泊萎缩了，一些湖泊消失了，现存的少数湖泊向收缩及咸化方向发展。在 10^4a 尺度上，研究区内湖泊改变具有以下特征：(1)湖泊改变与气候变化间存在着较好的相关，通常降水减少时对应湖面高程降低，湖水面积缩小。湖泊的改变受全球性大大气候变化的支配。(2)湖泊改变具有明显的波动性和阶段性。岱海在近 10^4a 中，湖面高程经历了五次大的波动，波动频率及幅度呈渐短渐小趋势。在距今 7000a 前，波动周期长达 3000 年以上，波动幅度为 30m 左右；而近 2000a 来，波动周期仅为 1500a 左右，波动幅度约为 10m。(3)湖泊收缩的趋势较一致。研究区内湖泊普遍呈加速收缩趋势。达来诺尔在晚更新世晚期，湖水面积为 $1547.92km^2$ ，到公元前 7000a，湖水面积缩至 $770.06km^2$ ，水面收缩率为 49.75%；到公元前 3500a，湖水面积为 $428.88km^2$ ，水面收缩率为 55.69%；50 年代不足 $200km^2$ ，水面收缩率高达 91.10%。岱海在近今 8000a，湖水面积为 $391.2km^2$ ，到距今 4000a，湖水面积为 $216.3km^2$ ，水面收缩了 44.7%，距今 1500a，湖水面积为 $189.6km^2$ ；1929 年湖水面积缩至最小，仅 $50km^2$ 。近几十年研究区内主要湖泊也呈加速收缩趋势(见表 1)。在 10^4a 尺度上，湖泊的收缩不是

表 1 近几十年研究区内主要湖泊面积变化(引自：刘清泗，1990)

Table1.The changes of major lake areas in the study region in decades

| 湖泊名称 | 湖泊面积变化(平方公里) | | |
|------|--------------|--------------|-----------------|
| | 50 年代统计面积 | 60—70 年代航测面积 | 70 年代以来卫星像片量测面积 |
| 达来诺尔 | 266.7 | 245.5 | 210.8 |
| 岱海 | 200 | 152.5 | 140.3 |
| 乌梁素海 | 466.7 | 232.8 | - |
| 黄旗海 | 133.3 | 71.9 | 93.9 |
| 呼伦池 | 2667 | - | 1968 |

直线发展的，存在波动。而且不同地区湖泊的波动频率、幅度各异。(4)湖泊水质咸化趋势明显。据观测记录，黄旗海中的氯离子浓度为 $122.0mg/L$ ，到 1979 年升至 $4946.1mg/L$ ；含盐量 1972 年为 7.79，1973 年为 9.04，1974 年为 11.68，到 1977 年为 18。湖面的收缩，湖水的盐化，使该湖生态环境恶化，原本以养“官村鲫鱼”闻名的黄旗海，如今已成为一潭死水，仅在其北岸河口处尚存少量人工芦苇。研究区各地湖泊咸化发展阶段有异，西部湖泊间向盐湖方向转化；而中、东部湖泊中，那些收缩幅度大，面积小的湖泊向盐湖方向发育。那些在收缩中，水域面积仍较大的湖则向咸水湖演化，如岱海、

达来诺尔等咸水湖。(5)湖泊演化的区域差异显著。不同地域湖泊演变的波动性和幅度各异。如达来诺尔在近 10^4 年来,湖面高程几乎呈持续下降趋势,下降幅度达 40 多米;而岱海的演化则以波动为主,波动频繁。

以上可以看出,本区湖泊环境的退化是显著的。它是干旱气候条件下湖水蒸发及人类长期强度经济活动共同引发的。例如,自 60 年代后期以来,由于人类盲目扩大盐湖区采盐规模,增加盐场工人采樵量,以及过渡放牧,导致大片梭梭林荒疏和消失,流沙侵湖,盐湖水面迅速缩小。李容全等人(1991)根据 1971—1986 年岱海水位观测记录,经公式计算得出:自然因素——降水量的减少,在湖面下降中只占 28.4%,而人为因素在湖面下降中则占 71.6%。从中可看到,如果人类合理开发利用湖泊资源,改善研究区内湖泊生态环境的潜力是可观的。

2. 土地退化

北方农牧交错带土地退化相当普遍,且现代呈加速趋势。主要有沙漠化、水土流失和草场退化等。沙漠化是在干旱气候条件下,人类不合理活动引起的环境退化。朱震达(1986)指出,沙漠化土地已占本区面积的 61.5%,其中严重沙漠化土地占 26.9%,强烈发展中的沙漠化土地占 25.7%,正在发展的沙漠化土地占 47.4%。特别是在半个世纪以来,沙漠化过程迅速发展。从严重沙漠化土地占该地区土地面积比重看,科左后旗满都附近地区,1958 年占 15.0%,1974 年占 4.2%,1974 年占 17.7%;盐池北部苏步井柳场堡等地,1956 年占 7.5%,1978 年占 12.1%。从强烈发展的沙漠化土地占该区土地面积的比重看,科左后旗满都附近地区,1958 年占 40.2%,1974 年占 49.8%;开鲁西北柴达木屯附近地区,1958 年占 7.5%,1974 年占 23.8%;盐池北部苏步井柳杨堡等地,1956 年占 28.0%,1978 年占 34.9%。初步估计,目前沙漠化土地正以 $1560\text{km}/\text{a}$ 的速度扩展。

本区土地退化过程并非直线发展的,也具有阶段性和波动性。胡孟春(1989)研究了科尔沁沙地的演变,提出科尔沁沙地自全新世后期形成以来,经历了三个稳定期和两个强烈发展期,目前正处在第三个发展期。它们受本区气候波动的支配,其三个稳定期与暖湿气候相对应,三个强烈发展期则与干旱气候相对应。

研究区内土壤侵蚀相当严重,以风、水两种侵蚀为主。一些地区风蚀模数可达 $2\text{万 t}/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$ 以上,水蚀模数达 $18000\text{t}/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$ 以上。在广大沙地、覆沙梁地或高平原地区以风蚀为主,而广大黄土丘陵及披砂丘陵以水蚀为主,其它地区二者兼而有之。强烈的土壤侵蚀产生了严重危害。一方面,造成土地生产力下降。据统计,准格尔五步沟坡旱地上,每公顷年流失有机质和氮肥达 20—30kg,全旗约损失有机质和氮肥 1500t,折合成尿素,接近全旗年化肥产量的半数。另一方面丧失可耕地资源。风蚀、水蚀造成的土地沙漠化范围在不断扩大。

3. 易灾多灾

研究区内灾害频繁。呼和浩特及邻区在 1851—1950 年的 100 年间,有 95 年成灾,其发生各类灾害 221 次,平均每年有两种以上灾害。这是本区处于东亚季风边缘气候不稳定,易变及人类不适度经济活动的必然结果。灾害发生频率具有显著的波动性。方修琦(1989)分析了 1851—1950 年 100 年间呼和浩特及邻区的灾情变化,划分出 4 个轻灾段:1851—1872 年,1884—1891 年,1910—1924 年,1935—1950 年;3 个重灾段:1873—1883 年,1872—1909

年,1925—1934年。它与气候变化密切相关。在气候相对稳定时期,灾害发生频率低;气候波动、转折期,则灾害多发。重灾段通常与高温少雨期相对应,轻灾段则对应低温多雨期。灾害发生频率总的呈增加趋势。这一方面受气候旱化趋势的影响,另一方面与人类强度经济活动密切相关。以上三个灾害发生高频期都与本区土地开垦高潮,沙漠化土地扩展相对应。其间在魏晋南北朝及西夏到元朝,由于游牧民族的进驻,退耕还牧,生态环境得到一定程度的改善,灾害发生频度明显降低。

研究区内灾害类型多样,其中尤以气象灾害所造成的损失最大,影响范围最广。严重影响本区经济发展的气象灾害主要有旱灾、水灾、霜灾、雹灾和白灾等。本区旱灾发生频率大,持续时间长。从对内蒙古近500年旱涝史料的分析,发现干旱年份占70%—75%,7年左右出现一次全区性大旱。且自50年代开始至今,呈增加趋势。据统计,50—60年代每3年出现一次全区性大旱,进入70年代,两年便有一次全区性大旱。干旱持续的时间长,中、西部干旱持续1年的占全部统计年数的50%—60%,持续2年的占20%—30%,持续3年及以上的占10%—30%左右。研究区水灾发生的频率仅次于旱灾,呼和浩特及邻近地区1851—1950年的100年间,水灾作为主导灾害发生频率为36%。这里水灾主要是高强度降水造成的。据水电部门的调查,1977年8月1日,乌审旗的呼吉尔特,24小时降雨量高达1400mm。1959年7月27日,呼和浩特及邻区6小时内最大降雨量达300mm,造成部分民房倒塌,京包铁路多处冲断,带来重大损失。白(雪)灾常常对本区畜牧业造成严重影响。对锡林郭勒盟自1958年后35年的统计分析,看出白灾发生频率为45%,即约2年有一次白灾,七年遇一次严重白灾。其变化具有10年周期。

三、对 策

1. 制定波动的农业规划

综上所述研究,本区环境的退化,在很大程度上与人类的不适度经济活动有关。环境的退化反过来又制约了农牧业经济的发展。形成恶性循环。因此,本区农牧业规划必须以自然条件为依据。这里处在季风尾部,半干旱向干旱过渡的广阔地区,生态环境脆弱,农牧业生产的限制因子—降水极不稳定,年际、年内波动显著,直接影响着农牧业生产用地的地域分布和产量。因此,必须将线性农牧业生产规划改为波动性农牧业生产规划。农牧业生产的安排必须由降水来决定。一般认为400mm降水是旱地农业的基本要求,250mm为其下限。根据年降水量的中短期预报,制定相应的农牧业生产规划,确定适当的农业用地和放牧数量。在降水条件不允许时,必须做到该退耕的退耕,该减少牲畜量则必须削减。允许农牧业经济有合理的波动和徘徊,以便经济得以长期发展。

2. 加强环境演变的预测研究

本区自然条件是确定其经济发展规划的依据。为此,必须深入研究环境演变的实质,演变的规律,才能对环境演变的未来趋势作出及时、准确的预测,才能制定切实可行的农牧业生产方案。这里自然环境演变极为复杂,即受大尺度演变趋势的制约,又受波动变化及人类长期强度经济活动的深刻影响。

3. 采取工程和非工程措施,减轻自然灾害

自然灾害已成为本区农牧业经济发展的一大障碍。减轻灾害，一方面要深入研究，提高预测预报、监测水平，制定防抗灾规划等。另一方面增强抗灾能力。即增强工程抗灾力和全民抗灾意识等。

4. 因地制宜，制定多种农牧业生产规划

本区在自然及人文两方面均呈现出明显的过渡性，从东南到西北，自然、人文条件有很大差异。为此，必须因地域不同，制定相应的农牧业发展规划，从而充分合理地利用自然资源。

5. 加强防护林体系建设，改善生态环境

参考文献

1. 崔读昌，干旱半干旱半湿润偏旱地区农林牧气候界限的研究，干旱地区农业研究，1986，(3)，60—69。
2. 朱震达，中国北方沙漠化现状及其发展趋势，中国沙漠，1985，5(3)，3—14。
3. 朱震达，刘恕，中国北部农牧交错地区沙漠化治理的途径，中国科学院兰州沙漠研究所集刊，1986，37，1—18。
4. 赵松乔，内蒙古东、中部半干旱区——一个危急带的环境变迁，干旱区资源与环境，1991，5(2)，1—9。
5. 朱震达，中国的脆弱生态带与土地荒漠化，中国沙漠，1991，11(4)，11—22。
6. 史培军，中国北方农牧交错地带降水变化与“波动农牧业”，干旱区资源与环境；1989，3(37)，3—9。
7. 张兰生，以农牧交错带及沿海地区为重点开展我国环境演变规律的研究，干旱区资源与环境，1989，3(3)，1
8. 刘清泗、汪家兴等，北方农牧交错带全新世湖泊演变特征，区域、环境、自然灾害地理研究，科学出版社，1990，1—7。
9. 李世奎，我国北方农牧过渡带沙漠化发生的气候原因及其防治对策，农业现代化研究，1987，(1)，24—26。
10. 杨泰远、陈广庭，农牧交错地带土地生产力退化的初步探讨，干旱区资源与环境，1991，5(3)75—83。
11. 王凤慧，生态环境脆弱地区自然景观的人为退化及人地系统合理调控的对策，干旱区资源与环境，1989，3(3)，21—27。
12. 姜鸿，半干旱生态系统的波动及其对策，干旱区资源与环境，1989，3(3)，28—36。
13. 陈广庭，内蒙古高原东部现代沙漠过程，中国沙漠，1991，11(7)，11—19。
14. 赵济、王静爱，内蒙古农牧交错带土地利用与土壤侵蚀研究，区域、环境、自然地理研究，科学出版社，1990，8—17。
15. 湖涛，内蒙古白(雪)灾及减轻其损失的对策，干旱区资源与环境，1989，3(3)，183—189。
16. 方修琦，内蒙古呼和浩特及邻区历史灾情序列的初步研究，干旱区资源与环境，1989，3(3)，204—213。
17. 王尚文，历史时期鄂尔多斯高原农牧业的交替及其对自然环境的影

响，历史地理，第五辑，1987，11—24。

18. 李容全，郑良美等，内蒙古高原湖泊与环境变迁，北京师范大学出版社，1990。

19. 赵业凡，论农牧交错地区土地沙漠化及其整治—以宁夏盐池县为例，地理学与国土研究，1986，2(2)增，53—59。

内蒙古农牧交错地带耕地现实生产力及其动态研究

王静爱

前 言

内蒙古农牧交错地带位于大兴安岭-阴山山地北麓及其东南部和南部地区，相当于内蒙古土地利用分区的农牧林交错区域(图 1)，面积 300506.6km²。本区是内蒙古旱耕地主要分布区，耕地的生产力随自然和社会环境的不同，表现出明显的空间分异和动态变化。因此，研究这一地区耕地生产力及动态，寻求“土地资源-环境-土地开发”空间与动态协调规律，具有重要的理论意义与生产实践价值。本文是在内蒙古土地利用总体规划专题研究基础上，根据 1979—1988 年农业部门粮食统计数据，对研究区耕地现状、耕地现实生产力、耕地生产力动态变化及成因、以及动态变化分区进行探讨，提出适应性的对策和措施。

一、农牧交错地带耕地分布及数量特征

内蒙古农牧交错地带土地利用的主要特点是农牧林用地交错分布，其数量结构中耕地占 15.44%、草地占 47.71%、林地占 23.19%、其它用地占 13.66%。与内蒙古的农区、牧区及林区相比(表 1)，研究区耕地比例远远高于牧区和林区，小于农区；草地比例小于牧区，大于林区和农牧；林地比例小于林区而大于其它两区。这三类主要用地中农牧交

表 1 内蒙古不同土地利用区土地利用现状

Tab1.Land Use Structure of different Land Use Region in Inner Mongolia

| 类型 区域 | 土地 面积 (km ²) | 耕 地 | | 园地 占土地 比例 | 林地 占土地 比例 | 草地 占土地 比例 | 居民、工 矿用地占 土地比例 | 交通用 地占土 地比例 | 水域 占土地 比例 | 其它用 地占土 地比例 |
|------------|--------------------------------|--------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| | | 水浇地占 耕地比例 | 耕地占 土地比例 | | | | | | | |
| 农 区 | 46640.96 | 59.55 | 28.00 | 0.20 | 14.78 | 38.05 | 3.09 | 1.48 | 5.37 | 9.03 |
| 牧 区 | 667478.69 | 11.33 | 0.98 | < 0.01 | 2.67 | 67.43 | 0.16 | 0.46 | 1.02 | 27.49 |
| 林 区 | 130025.31 | 0.85 | 1.83 | < 0.01 | 67.82 | 18.99 | 0.10 | 0.23 | 0.87 | 10.16 |
| 农牧林 交错区 | 300506.60 | 11.14 | 15.44 | 0.07 | 23.19 | 47.71 | 1.33 | 0.74 | 1.53 | 10.10 |
| 内蒙 全 区 | 1144651.56 | 21.02 | 5.97 | 0.03 | 15.89 | 55.47 | 0.58 | 0.42 | 1.32 | 20.33 |

错区所占比例既不是最高、也不是最低，均处于第二的地位，由此可见，研究区土地利用数量结构亦是农牧林交错并重。

研究区耕地的空间分布具有两个明显的特点：其一，分布受地貌控制，即在不同地貌类型上耕地分布各异；其二，分布受土质影响，即不同地表物质分布区的耕地分布不同。根据地貌及地表物质的分布特点，可将研究区划

分为四种典型土地资源区，即山地区、土石丘陵区、黄土丘陵区 and 沙区。各种地貌类型上的耕地均以小片状与草地和林地等镶嵌成一体，但不同土地资源区这种镶嵌方式差异很大^[2]。耕地布局于山地、丘陵资源区，关键是把握高度界(温度条件)和坡度界；耕地布局于沙地区，则主要取决于沙丘固定程度、丘间地水分状况以及防护林网的建设。从宏观上看，耕地空间结构仍以山地为界分异，分为阴山北麓、兴安岭西麓土石丘陵牧农林交错区、阴山及大兴安岭山地丘陵林牧农交错区和阴山前山、大兴安岭以东南黄土丘陵、土石丘陵农牧林交替区。研究耕地空间布局的主要目的是掌握耕地波动变化的空间摆动的可能性和最适空间位置，同时制定农田防护林网布局方案和建设措施。

研究区耕地的数量特征表现为耕地数量较多，面积为 683.38 万 hm^2 ，占土地面积的 15.44%；以旱耕地为主，占耕地的 88.00%；水浇地开发为重点，水浇地占耕地的 11.14%。受降水条件和地貌、地表物质以及人类开发历史影响，耕地数量及内部结构具有明显的区域差

表 2 内蒙古农牧交错地带耕地状况

Tab 2. Cultivated Land Distribution of the zigzage

Region of farming and stork-farming in linner Mongolia

| 项目 数量 区域 | 主要地貌 类型 | 耕 地 | | 各耕地类占耕地面积% | | |
|----------------|------------|---------------------|---------------|------------|-------|-------|
| | | 面积 (100 hm^2) | 占土地面 积比(%) | 水 田 | 水浇地 | 旱 地 |
| 大兴安岭东部区 | 山地、土石丘陵 | 7233.53 | 9.39 | 0.20 | 3.57 | 96.23 |
| 大兴安岭南南部区 | 山地、丘陵 | 6640.47 | 7.60 | 0.06 | 15.00 | 84.94 |
| 科尔沁沙地区 | 沙地 | 4851.60 | 13.40 | 0.14 | 19.14 | 80.72 |
| 燕山丘陵区 | 土石、黄土丘陵 | 5602.80 | 24.68 | 1.19 | 21.72 | 77.09 |
| 阴山后山丘陵区 | 土石丘陵、山地 | 11390.53 | 35.53 | 0 | 4.04 | 95.96 |
| 阴山前山丘陵区 | 土石、黄土丘陵 | 7077.73 | 37.20 | 0 | 10.03 | 89.97 |
| 鄂尔多斯东部区 | 丘陵、高原、沙地 | 3625.43 | 13.61 | 0 | 16.62 | 83.38 |

异(表 2)。黄土丘陵区耕地比例最大，一般占土地的 25%—35%；土石丘陵区次之，占 20%—25%；沙区多在 10%—15%，山地区最少，一般小于 10%。水浇地的多少还受到水热组合的影响，大兴安岭东部和阴山后山水浇地所占比例是各区中最少的(表 2)，分别占耕地的 3.57%和 4.04%。前者由于年降水量较多，通常 450—500mm，气温偏低，湿度条件好，旱作稳定且以旱地为主，但发展水浇地的潜力很大；后者则由于年降水量较少，通常 300—500mm，地表径流又不发达，水浇地发展受到限制，但因地势较高，增加了相对湿度，所以旱作相对较为稳定。从东西分异看，水浇地所占比例依次由东部、西部、中部减少。东部降水较多，不仅耕地比例大，而且具有发展水浇地的灌溉条件，除北部外，大部分地区水浇地占耕地的 20%左右；西部降水明显不足，耕地比例大大减少，旱作不稳定，充分利用黄河过境水资源，发展了水浇地，水浇地占耕地约 15%；中部降水介于以上两者之间，地表多为起伏不等的丘陵，径流不很发达，故水浇地开发受到限制，旱作相对于西部稳定一些。耕地数量多少和内部结构比例，深受地貌条件和水热组合的控制，尤其受水热

变化影响。因此，一个区域耕地数量和其内部结构不是固定不变的，而应有一个变化幅度。

二、耕地现实生产力及其空间分异

本文中的耕地现实生产力指的是耕地所提供的粮豆产量，以十年平均单产 kg/hm^2 计。研究区耕地现实生产力按播种面积算，平均单产为 $1215\text{kg}/\text{hm}^2$ ，按耕地面积算，平均单产更低，仅为 $530.25\text{kg}/\text{hm}^2$ ，与内蒙古的农区、牧区及林区相比(表 3)，单产水平大大低于农区和林区，与牧区接近，耕地现实生产力水平是相当低下的。在研究区内部，耕地现实生产力的东、中、西差异十分明显，表 4 给出了不同区域粮食单产。东部耕地现实生产力最高，播种面积单产在 $1900\text{kg}/\text{hm}^2$ 以上，耕地面积单产在 $900\text{kg}/\text{hm}^2$ 以上，两种单产相差 1 倍；西部耕地现实生产力次高，播种面积单产 $1800\text{kg}/\text{hm}^2$ 左右，耕地面积单产较低，为 $500\text{kg}/\text{hm}^2$ 左右，而且两种单产相差较大，约 3 倍；中部耕地单产最低，播种面积单产 $1200\text{kg}/\text{hm}^2$ 左右，耕地面积单产仅 $300—500\text{kg}/\text{hm}^2$ ，两种单产相差 2 倍多，而且耕地单产的区内差异很大。

表 3 内蒙古不同土地利用区耕地

现实平均生产力(1979—1988年)

Tab3. Present Productivity of Cultivated Land
(1979—1988) in Inner Mongolia

| 区 域 | 单产(kg/hm^2) | 总产量 |
|--------|-------------------------------|---------|
| | | 播种面积 |
| | | 耕地面积 |
| 农区 | 4575.45 | 1195.35 |
| 牧区 | 1487.85 | 433.05 |
| 林区 | 3094.95 | 647.40 |
| 农牧林交错区 | 1220.55 | 530.25 |
| 内蒙古全区 | 2046.60 | 700.35 |

表 4 内蒙古农牧交错地带耕地

现实平均生产力(1979—1988年)

Tab 4. Present Productivity of Cultivated Land
(1979—1988) in the study Area

| 区 域 | 单产(kg/hm^2) | 总产量 |
|---------|-------------------------------|---------|
| | | 播种面积 |
| | | 耕地面积 |
| 大兴安岭东部区 | 2607.15 | 1134.30 |
| 大兴安岭南部区 | 1918.20 | 921.30 |
| 科尔沁沙地区 | 2139.90 | 993.90 |
| 燕山丘陵区 | 1954.05 | 894.90 |
| 阴山后山丘陵区 | 849.00 | 327.45 |
| 阴山前山丘陵区 | 1222.50 | 557.40 |
| 鄂尔多斯东部区 | 1856.40 | 581.55 |

研究区耕地现实生产力高低和空间递变规律主要受降水条件控制，自西向东年降水量从 $300—450\text{mm}$ 递增，耕地现实生产力由西向东增高。根据研究

区平均气候生产潜力计算结果,目前的耕地现实生产力仅发挥出 50%左右,是丰年的 20%—50%,耕地生产力提高潜力较大。相同降水条件下,地貌造成的水热再分配加大了土地生产力空间差异,也决定了人类利用土地的方式和土地的变化方向。通常在一个区域内可以出现 3—4 级单产阶梯,即水田、水浇地、旱梯田、旱坡地,其耕地生产力比为 10 5 2 1,它们也反映了人工投入水平的差异。随着技术的进步和对土地投入的加强,耕地生产力会不断提高。目前,研究区耕地生产力低下的重要限制因子是土地退化,特别是水土流失和风蚀沙化,对农田危害极大。研究结果表明^[3]:研究区是内蒙古土地退化发生最广、程度最重的区域,属全国土地退化最严重的地区之一。水土流失面积 203 558.16km²,占土地面积的 67.73%;风蚀沙化面积 57 407.46km²,占 19.10%。前者中度以上退化面积占 22.14%,后者占 63.55%。例如阴山后山区,正处在伏沙带上,耕地开垦不当,极易造成土地沙化,历史上的农牧交错使得土地沙化的恶果影响至今,有 70%的土地已经沙化,而且沙化程度大都为中度以上,侵蚀模数 2000t/(a·km²)以上。又如鄂尔多斯东部区,是内蒙古水土流失最严重的地区,其中准格尔旗黄土丘陵区土壤侵蚀量高达 15000t/(a·km²)。强烈的面蚀造成耕地生产力下降,尤其对旱耕地影响极大。防治土地退化,特别是耕地的退化,是提高耕地现实生产力的重要途径,减少土壤侵蚀与增加土地肥力具有同等重要的意义。

三、最近十年耕地现实生产力动态变化规律

耕地现实生产力是自然和社会时空动态协调的产物,就总的趋势看,反映着社会、技术进步的作用,就其波动状况,则主要受气候波动影响。如何提高耕地的现实生产力,防治土地的加速退化,在研究其空间规律的同时,必须要加强其时间过程的研究,从而因地制宜、因时制宜,这对于内蒙古农牧交错地带的耕地开发具有特殊的意义。

根据内蒙古 1979—1988 年十年粮食单产变化曲线分析,我们选择了不同区域内典型旗县的动态变化曲线,把研究区与农区、牧区进行对比(图 2),并从东、中、西、的差异中寻找波动规律。主要结果如下:第一,所有区域,十年动态变化的总趋势都是:粮食单产在波动中增加,充分体现了气候波动下的人类技术进步的总趋势。单产提高的速度,农区最高,产量曲线呈指数形式增加,而波动幅度较小;牧区和农牧交错区虽然产量有上升趋势,但波动较大,这与 80 年代以来降水在波动中回升的结论吻合。第二,波动曲线的峰形规律区域差异较大。水浇地为主的地区,其动态曲线无明显的峰谷(如图 2 中的、);旱地为主的地区,峰型比较复杂,有单峰、双峰和多峰。这充分体现了水分条件的稳定性程度的区域差异。第三,从动态曲线过程的一致性看,东、中、西有明显的差异。东部大多为单峰型,(图 2 曲线、)、中部为双峰型(图 2 曲线、),西部亦为单峰型(图 2 曲线)。除 1980 年普遍为谷外,其它峰、谷有一定的相位差,而且变化较为复杂。典型地区的动态曲线变化规律在某种程度上可以反映与之密切相关的降水变化及其系

史培军、方修琦、侯乐峰,内蒙古环境演变及其对土地利用的影响,1991 年(铅印)。

统。据研究^[1]，大体以集二线为界(中部)，东部降水变化主要受东南季风环流影响，西部降水则主要受西南季风环流影响，中部正是这两个系统的相互影响区。动态变化曲线的东、中、西差异与这一结论相对应。第四，农牧交错地带的粮食单产动态变化曲线与农区和牧区相比要复杂的多，波动幅度更大，峰谷交替频繁，不仅深受降水变化影响，还与温度变化、政策变化等有关。

研究区内部粮食单产动态变化曲线，可以概括为表 5 所示的八种曲线图型。其空间分异表现为：西部比较简单，大多为单峰型；中部分为南北两种类型，前者为单峰型、后者为双峰型，单峰型是单、双峰的过渡类型；东部峰型复杂，其东北部大多为单峰型和型，东南部由东向西为由多峰型型型变形双峰型。较为详细区分峰型的目的是找出那些动态变化一致的区域，从而进行动态变化分区。

表 5 内蒙古农牧交错地带粮食单产波动曲线型划分(1979 — 1988 年)

Tab 5.The Fluculation Types of Grain Productivity in study Area(1979 — 1988)

| 峰型 | 编号与名称 | 旗、县 |
|----|---------|----------------------------|
| 单峰 | 标准单峰型 | 清水河、和林、东胜、固阳 |
| | 复式单峰型 | 淮格尔、凌城、丰镇、卓资、兴和、集宁、武川、伊金霍洛 |
| | 主(次)单峰型 | 突泉、科右中、科右前 |
| | 波式单峰型 | 阿荣、扎兰屯、莫力达瓦、达拉特旗 |
| 双峰 | 标准双峰型 | 察右中、察右后、商都、化穗、多伦、太仆寺、紫右前 |
| | 变形双峰型 | 赤峰、翁牛特、克什克腾、客喇沁、敖汉、宁城 |
| 多峰 | 平稳多峰型 | 巴林左、巴林右、林西、阿鲁科尔沁 |
| | 上升多峰型 | 科左后、库伦、扎鲁特、奈曼 |

根据研究区各旗县粮食单产十年变化曲线分析及它们表现出的 8 种不同波动曲线型，本文将研究曲划分为若干动态变化区域(图 3)，其中四个一级

区，即东北区、东部区、中部区和西部区，在东部区又划出三个二级区。北部区以波式单峰型为主，而且变化趋势有明显上升特征。东部区峰型虽然复杂，但其变化过程一致，而且由北向南复杂程度增加。中部区为标准双峰型，变化上升趋势不明显，峰谷变化幅度最大。西部区为单峰型，内部有一定的差异。动态变化区划与原有土地利用分区界线相比较，其二者界线重叠率为 40%，比较大的差异有三点：动态变化区划更突出东、中、西的降水差异，而土地利用分区偏重于地貌单元的差异。东部区内部分异不完全是地貌分异，而是由北向南、由东向西的水热分异。农牧交错带中的扎鲁特旗，其粮食单产动态曲线与农区相似，应划为农区。

耕地现实生产力动态变化区划，虽然所采用的时间尺度仅 10 年，但它可以从动态的角度完善土地利用分区，对土地利用结构调整和粮食生产的区际调配、实现时空动态协调，从而在土地利用规划，特别是耕地开发规划中，确定出不同区域空间上和数量上的动态变化临界值(线)达到丰、欠互补，使

侯乐峰，硕士论文，1991。

耕地生产力在波动中增长的同时，土地退化降低到自然临界状态。

综上所述，研究区耕地现实生产力动态变化规律的成因可以有以下方面。首先，研究区地处季风边缘地带，季风带来的降水本身就变率较大，加上季风来的迟早或位置偏差，就使得边缘地带降水更加波动不稳^[4]，所以造成耕地生产力，乃至土地生产力波动不稳。动态变化的区域差异则导因于不同环流系统的影响，东北部受西风环流影响，东部受东南季风环流影响，西部受西南季风影响，中部在这两种环流交互影响之下。第二，由于近十年持续增温，低温冷害逐年减少，加上人类技术的进步，各地区的耕地生产力都有增长趋势。又由于耕地开发的重点在东部，所以东部耕地现实生产力上升趋势更加明显。第三，由于研究区耕地以旱耕地为主，靠天然降水生长，因此产量波动与降水波动一致。第四，不稳定的降水，多斜坡的地形、黄土与风沙广布、以及历史上的农牧交错等多种因素，环境稳定性差，土地退化普遍而严重，所以耕地生产力不仅波动性大，而且水平很低。

四、对策与措施

根据研究区土地利用现状，特别是耕地现实生产力及其动态变化规律，进一步提高耕地生产力，并且在生态环境良性循环中，保持粮食产量在波动中增长，我们提出如下对策与措施。

1. 建立“波动”的土地利用规划。在有关研究中^[4]已提出“波动农牧业”的思想，即遵循降水变化规律、调整农牧业用地及生产比重，实现以丰补欠，获取整体效益。我们认为在制定土地利用规划时，特别是耕地规划，也应有波动发展的思想，制定出空间结构与时间互补的比例，即丰年耕地比例及内部结构、欠年耕地比例及内部结构，使耕地生产力不断提高，丰欠互补，最终粮食自给，甚至有余。

2. 开展适应性的监测与开发实验。农牧交错地带水热变化问题历来是环境演变学者们十分关注的问题之一，随着社会技术进步和生产实践发展，许多部门迫切需要预报未来环境变化状况。进行土地利用规划，调整用地结构，适时增减耕地面积等都要求以水热变化为依据。因此，加强水热状况的动态监测，进行水热变化影响评价研究，并且加强预报是十分必要的。与监测和预报同时，还要进行适应性开发实验，如偏干年份保留多少耕地，减少哪些土地上的旱地或水浇地；偏湿年份增加多少耕地，扩大哪些土地为旱耕地或水浇地，从而求取丰欠互补，整体效益最大的经验和指标，最终在研究区普遍实施。

3. 环境建设中，在加强防护林体系和治沙工程的同时，注意植被盖度的波动规律。降水波动变化直接影响第一性生产力变化，直接反映在植被盖度的变化上。我们曾对研究区植被建设的空间布局和利用遥感技术进行动态监测方面提出过一些看法^[5]，但如何适应植被盖度波动，还在研究中。研究区自然植被盖度规律大约为降水的 10%，降水波动，植被盖度波动很明显。植被建设中，林、草比例必须与耕地比例相协调，以求最佳生态和经济效益。

4. 相对稳定水浇地、波动发展旱耕地，以丰补欠，达到粮食自给或有余。研究区水浇地虽然面积不大，但产量较高，是最基本的口粮田。根据水资源计算，目前有效灌溉面积仅占有灌溉条件和要求灌溉土地的 40%左右，水浇地的稳定、发展及适时调整是可以做到的，而且进一步开发潜力较大。在成

片水浇地开发同时，要注意分散水浇地的开发，而且优先考虑东部地区的河流阶地地段。研究区旱耕地面积较大，生产力低而波动，是动态协调的重要部分。旱耕地现实生产力提高，一方面要顺应降水的波动规律，在空间上适时调整，另一方面是充分利用有效水分。据研究，未来十年研究区降水变化幅度为 25%—40%，我们认为，旱耕地面积比例至少应为 $\pm 20\%$ ，即多雨年较平年扩大旱地 20%，少雨年较平年减少旱地 20%。从耕地的人均占有量看，比较高，达 $0.4092\text{hm}^2/\text{人}$ ，远高于农区、牧区和林区，但现实生产力较低，且极不稳定，因而粮食自给率低而不稳，贫困问题经常发生。按目前耕地平均单产水平，达到温饱 $400\text{kg}/\text{人}$ ，现有耕地基本可以满足，但土地退化相当严重；若能达到播种面积平均单产，则可减少一半耕地面积就能解决温饱。从研究区整体环境和潜力看，提高现实生产力是解决粮食自给的关键。我们认为调整耕地面积数量和空间布局，是前提，即可按每人 0.2hm^2 基本农田、 0.2hm^2 波动农田，欠年自给，丰年有余。

结 语

本文分析的主要认识如下：

1. 研究区耕地现实生产力低下，耕地面积平均单产 530.25 公斤/公顷，大大低于内蒙古的农区。耕地现实生产力东部最高，西部次之，中部最低。
2. 最近十年耕地现实生产力变化呈波动上升趋势，波动幅度中部地区最大。波动曲线大致有八种类型，如单峰型(4 种)、双峰型(2 种)和多峰型(2 种)，它们分别反映出波动的时间和强度差异。
3. 耕地现实生产力动态变化的区域差异十分显著，可划分出四个动态变化相对一致的区域，即东北区、东部区、中部区和西部区。它与常规的静态土地利用分区相比，突出了水热组合的时间变化规律，可以使土地利用分区更加完善，便规划的适用性增强。
4. 耕地现实生产力动态变化成因主要是气候变化、特别是降水波动所致。动态变化分区则与环流系统影响的区域密切相关，形成西风环境影响的东北区、东南季风环流影响的东部区、西南季风环流影响的西部区和多种环类交互影响的中部区。在近十年持续增温和生产技术不断提高的影响下，耕地现实生产力在波动上升。
5. 研究区耕地、乃至土地利用总体规划，应坚持“动态协调”、“波动农牧业”的思想。开展土地与气候变化相联系的动态监测、预报和预测，并进行开发性实验研究，达到以丰补欠、粮食自给有余的目的。

本文资料整理由张引同学完成，特此感谢。

主要参考文献

1. 王静爱、史培军，1988，论内蒙古农牧交错地带土地资源利用及区域发展战略，地域研究与开发，7(1)，郑州。
2. 赵济、王静爱，1990，内蒙古农牧交错地带土地利用与土壤侵蚀研究，区域、环境、自然灾害地理研究，科学出版社，北京。
3. 赵羽、金争平、史培军、郝允充，1989，内蒙古土壤侵蚀研究，科学出版社，北京。

4. 史培军, 1989, 中国北方农牧交错地带降水变化与“波动农牧业”, 干旱区资源与环境, 3(3), 呼和浩特。

5. 李天杰、王静爱、贾旻、张亚立, 苏根成, 1991, 内蒙古农牧交错地带“三北”防护林生态效益的遥感分析与评价, 再生资源遥感研究, 万国学术出版社, 呼和浩特。

论浑善达克沙地的形成与演变

杨志荣__ 宋春青

序 言

浑善达克沙地位于内蒙古高原的中南部，东西横亘 300 余公里，南北宽 30—80 公里，面积约 2.14 万平方公里。为我国十大沙漠沙地之一。

由于华北地区气候向干旱化方向发展，再加上人类的不合理利用，近年来，沙地区流动沙丘面积增加，特别是沙地周围风沙在蔓延，残留湖泊迅速收缩，附近草场退化严重，给当地牧、渔业生产造成了很大威胁。探索沙地的形成与演变规律，无疑对客观、合理地利用和整治沙地是十分必要的。

关于浑善达克沙地的成因，一种看法认为，该沙地直接覆盖在太古界的片麻岩之上，浑善达克沙地与科尔沁沙地均属广义阿拉善沙漠向东再扩散的产物(李容全等，1990)。裘善文(1989)详细研究了科尔沁沙地，认为其主要是起沙风就地吹扬堆积而成，物质来源于下伏 100—200m 厚的第四系松散沉积物。本文作者自 1986—1988 年，对浑善达克沙地，特别是沙地东段，进行了多次野外考察，采集了大量样品，进行了室内实验分析及遥感影象判读。经过研究后，认为浑善达克沙地的成因和发展过程有如下述。

一、浑善达克沙地起源于拗陷古湖

受新华夏构造和东西向复杂构造的综合影响，内蒙中部西起 113°E 一线，东至克什克腾旗元宝山一线，形成一东西走向的拗陷带，其南北两侧分别受西拉木伦大断裂和康保大断裂控制，在地质学上称浑善达克拗陷或腾格尔拗陷。考察浑善达克沙地的分布，其范围和走向均与上述拗陷带十分吻合。

野外考察及钻孔揭示，浑善达克沙丘沙地直接覆盖在河湖相地层之上。东段为以湖相为主的第四系松散沉积，岩性为中、细砂及亚粘土等，灰绿、灰白色，厚度 150—250m(图 1)；西段拗陷深度较大，沙丘沙地之下出露上新世红层。局部为第四系松散沉积，位于赛汉乌力吉的连参 2 井(地质部第二石油普查勘探指挥部石油地质大队，1980)，钻透一套厚达 2000 余米的河湖相地层，于 505.5m 钻穿上第三系，1822m 钻穿白垩系巴彦花组，2313m 穿过侏罗系巴达拉胡组，下伏地层为上二叠统浅变质砂岩夹泥岩，其中上第三系以湖沼相为主，岩性为紫红、棕红色泥岩与灰白及杂色砂砾岩不等厚互层。由此可见，浑善达克沙地的前身为浑善达克拗陷古湖，浑善达克沙地起源于拗陷古湖。这样，两者在分布范围，走向上的吻合也就绝不是偶然的巧合了。

二、浑善达克沙地形成于中更新世末至全新世

浑善达克沙地既然起源于拗陷古湖，那么，浑善达克拗陷古湖的收缩消

亡，便成为沙地形成和发育的前提条件。

如前所述，浑善达克拗陷东、西两段发育的地层不同，湖泊发育演化具有不同的进程。东西两段的界线大致在巴彦郭勒—布尔都一线，这不仅在前述的地层钻孔中得到反映，而且也由物探和地震剖面显示的乌里雅斯太—翁贡乌拉的结构控制线得到证明。

(一) 沙地西段

浑善达克拗陷西段自晚侏罗世开始拗陷成湖，这与整个内蒙中部拗陷成湖的时代是一致的。所不同的是，东西向的西拉木伦大断裂在早第三纪强烈活动，表现为南降北升，从而产生了浑善达克新拗陷，因此，浑善达克拗陷内广泛分布 $N_1—N_2$ 的湖相沉积，其厚度超过 500m，远大于周围地区。

经过 $N_1—N_2$ 湖泊发育的鼎盛期，到上新世末，早更新世初，浑善达克拗陷西段随着整个内蒙中部一起抬升，湖泊收缩解体，在拗陷内及其边缘残留部分湖泊水体，如拗陷中部那仁宝力格等地，出露第四系湖相沉积；又如现存的查干诺尔等。此时由于湖相松散沉积出露地表，又适逢第四纪向干冷方向发展的气候，推测从早更新世起，已开始形成沙丘沙地的雏形。但由于缺乏地质地貌记录，目前尚无足够证据予以说明，然而至少可以推论，松散湖相沉积，特别是含砂丰富的地层，遭受风化剥蚀，为后期沙丘沙地的形成准备了丰富的物源。

到中更新世末至晚更新世初，浑善达克拗陷区整体进行自南向北的掀斜抬升运动(杨志荣, 1988)，地表水体向北侧一线汇集，湖泊迅速收缩消亡，松散沉积出露地表，加之气候向干冷方向发展，此时成为主要的起沙作用时期。简言之，西段沙地是经过长期发育演化而主要在晚更新世形成的。

(二) 沙地东段

如前述图 1 所示，东段拗陷内第四系河湖相松散沉积直接覆盖在侏罗系的火山岩或火山碎屑岩之上；或直接覆盖在古生界之上，其间缺失了侏罗、白垩、第三系的正常碎屑沉积，说明了西段拗陷成湖时，而东段长期保持低山丘陵的地表景观。相反，到上新世末、早更新世初，西段拗陷抬升时，东段却大面积拗陷，地貌演化进入了以湖泊发育为主的新时期。

现今沙地北侧，仍然残留一系列湖泊水体，它们是大湖发育演化的缩影。如达来诺尔、岗更诺尔、多伦诺尔、白银库伦诺尔等，当时均与大湖连成一片，到后期因收缩解体，才各自独立。其中多伦诺尔的湖岸结构如图 2 所示，此剖面揭示了其地质过程，即经过三期地质作用而

成：早期的湖积作用，中期的玄武岩作用和晚期的 T 风沙作用。作者取烘烤层上的玄武岩进行 K—Ar 法年龄测定，结果为 $0.8897 \pm 0.072\text{MaB.P.}$ ，此结果说明了在 89 万年前，大湖已经历了较长的发展过程，即拗陷内于早更新世初已开始发育湖泊，这一结论进一步证明了上述有关拗陷湖泊发育时代的推论。

东段拗陷湖泊经过早期的发育，到中期达到全盛期。关于湖泊发育全盛期的时代，可由残留湖泊达来诺尔的最高湖面推算。达来诺尔的最高湖面，海拔可达 1300m，比现今湖面(1227m)高 73m，在湖周的曼陀山，榛子山及第二级玄武岩台地边缘，都保留有清晰的高湖面痕迹，如湖蚀阶地、湖蚀柱、湖蚀崖等等。作为古湖岸线的第二级玄武岩台地(1305—1310m)，受到高湖面

期古浪的改造，局部在 1300m 高度还保留有湖相层，据此，高湖面期应在玄武岩台地形成之后。此级台地 1285m 处玄武岩 K—Ar 年龄为 $1.736 \pm 0.081\text{MaBP}$ ，1298m 处年龄已如前述，为 $0.8897 \pm 0.072\text{MaBP}$ 。据此，至少可推断，高湖面出现在 89 万 aBP 以后，如按塑造玄武岩台地的平均速率计算，1305—1310m 玄武岩台地全部塑造完成尚需 40—50 万年，因此，可推测，高湖面出现在 40 万 aBP 以晚。由于达来诺尔与沙地大湖属同一湖泊水体，因此，高湖面是同期的。

大量研究表明，我国东北的松辽盆地、西辽河下游也于中更新世发育了范围广阔的松嫩古湖(杨秉赓等，1983)，我国华北的泥河湾古湖、三门古湖等均在 22—25 万 aBP 年前后同时到达最高湖面位置(李容全，1990)。中更新世泛湖期的区域一致性十分引人注意，这种区域的一致性很可能与湿润气候有关。据此，浑善达克拗陷东段古湖的最高湖面，也很可能出现在 22—25 万 aBP 年前后。

显然，浑善达克拗陷东段起沙时期至少在 22 万 aBP 年以晚，即中更新世末以来。

中更新世末至全新世，在多种因素综合作用下，湖泊逐渐收缩、分离、消亡(杨志荣，1989)，为起沙准备了下垫面条件(图 3)。

三、浑善达克沙地是特殊环境下的产物

沙地的形成，一般应具有干旱的气候，达到起沙风速的稳定的风场及丰富的沙源物质。

作者曾对残留湖泊达来诺尔及其附近地区的气候，环境等进行过详细研究(1987，1988)，认为晚更新世的干旱气候，是导致拗陷区湖泊收缩消亡的重要因素之一。干旱气候一方面是降水减少，蒸发加强，造成湖区水量的负平衡；另一方面，晚更新世干冷气候也是导致西辽河水系变迁的主导因素，晚更新世的干冷气候，使东中国海面大幅度下降，渤海甚至干涸消亡，由此导致河流迅速溯源侵蚀，辽河水系先后沟通松嫩古湖、浑善达克拗陷古湖，使这些古湖迅速消亡。干旱气候不仅导致湖泊的快速退缩，同时也抑制了退缩出露的地表的植被生长，使湖相松散沉积长期裸露地表，为风沙作用准备了环境条件。

第四纪以来，特别是晚更新世以来，青藏高原的强烈抬升，逐渐改变了我国西北及华北的风场结构。据研究(耿宽宏，1985)，在浑善达克拗陷区，存在一个直进快速很稳定的风场，形成了一个狭长的风力强劲作用带，这无疑为裸露的松散物质起沙创造了外动力条件。野外考察中，我们发现，浑善达克沙地自晚更新世以来，起沙范围是逐渐向东、向南扩展的，恰与我国黄土分布范围的扩展相类似，这就提示我们，上述的风场和气候的干旱可能在逐渐加剧。尽管全新世全球气候背景有所好转，但上述的风场结构依然未变，因此，浑善达克沙地区仍然是一个容易起沙，受风沙作用威胁的环境脆弱地带。

在浑善达克沙地中，从东到西，均可见到图 4 所示的剖面结构，即湖相层、黑沙土层和风沙层组成的三层结构，沙丘后为一个风蚀洼地。取黑沙土层底部样品进行 ^{14}C 年龄测定，结果为 $7260 \pm 105\text{aBP}$ 。这一剖面结构，足以证明沙地为就地起沙，沙物质来源于下伏湖相松散沉积。同时也说明了全新世中晚期为一次重要的起沙作用时期。沙地中还可看到双层结构的剖面，在东段为湖相松散沙层与上覆风沙层，在西段为 N_2 红层与上覆风沙层，沙丘后往往为一个风蚀洼地。

综合上述，浑善达克沙地是在湖泊收缩消亡、湖相松散沉积出露地表的特殊地面条件下，在晚更新世及全新世晚期干旱气候作用及特定的风场结构中形成的，是特殊环境下的产物。

四、浑善达克沙地演化主要受气候条件控制

如图 3 所示，浑善达克沙地区拗陷古湖的收缩消亡具有明显的节奏性，其节奏与残留的内陆湖泊达来诺尔的湖面变化过程相吻合，这种节奏性的变化主要受气候波动性变化控制(杨志荣，1988)。浑善达克沙地就是在湖泊逐渐收缩、气候干湿波动的环境变化过程中发育起来的。

在残留湖泊达来诺尔的西南湖湾，浩来河两岸，都保留了因湖泊退缩、基准面下降形成的 3 级湖退阶地，其中第二、三级全由白色富钙化学沉积组成， T_2 底部(海拔 1262m)白色富钙土的 ^{14}C 年龄为 $8285 \pm 115\text{a.B.P.}$ ， T_3 顶面下 40cm 处(1265m)白色富钙土的 ^{14}C 年龄为 $6960 \pm 100\text{aBP}$ 。在达来诺尔东北的达里苗圃附近，还保留着由湖相沉积组成的湖岸阶地，阶地面标高 1263m，采挖剖面厚度为 2.5m，阶地下部湖相层中含丰富的腹足类、瓣鳃类化石：*Radix plicatuta* Benson, *Galba* Sp., *Sphaerium* sp. 等，采腹足类、瓣鳃类化石进行 U—系法年龄测定，结果为 $7020 \pm 340\text{aBP}$ 。这些测年成果都表明，到 8000—7000aBP 年前，达来诺尔湖面已从 1300m 下降至 1265—1270m，即下降了 30—35m。此外，达里苗圃采挖剖面从上到下，还含有丰富的微体介形类化石，其中湖花介(*Limnocythere dubiosa* Daday)表明湖水有了一定的盐度，即达来诺尔已从大湖中分离出来，演化成了一个内陆湖，经历了一个盐分积累的过程。

从浑善达克沙地东段现代地貌特点分析，沙地区南高北低，地势由南向北缓缓倾斜，海拔从 1450—1220 余米，使达来诺尔成为一个局部汇水中心。结合上述的研究成果，作为汇水中心的达来诺尔，到 8000—7000aBP，湖面已下降了 35m，且演化成了封闭的内陆湖，显而易见，从中更新世末的最高湖面到全新世早期，为浑善达克拗陷湖泊的主要退缩时期；同时也是浑善达克沙地的主要起沙时期。

在上述湖泊快速收缩的过程中，也具有一次停顿，这在遥感影象特征上

文中所用 ^{14}C 年龄均由北京师范大学地理系 ^{14}C 实验室鉴定；

腹足类、瓣鳃类化石由南京古生物研究所余汶同志鉴定；

—系年龄由中国科学院地质研究所 U—系实验室测定。

得到清楚的反映，晚更新世早期和晚期为两次湖泊收缩和重要的起沙作用时期，两次起沙的时间不同，形成沙丘的规模、沙丘固定程度。植被状况均有差别，晚更新世中期湖泊相对稳定，为沙丘固定时期。

表 1 苏隆呼都格黑沙土层孢粉分析成果

| Table 1. Sporo-pollen analyses of Paleo-soile at Sulonghuduge | | |
|---|--------|--------|
| 种属名称 | 花粉百分含量 | 类别百分含量 |
| Carya | 5.6 | |
| Ulmus | 9.8 | |
| Quercus | 1.4 | 乔木 |
| Betula | 4.2 | 26.4 |
| Acer | 1.4 | |
| Alnus | 2.8 | |
| Tilia | 1.4 | |
| Artemisia | 41.6 | |
| Chenopodiaceae | 8.4 | |
| Gramineae | 2.8 | 草本 |
| Compositae | 1.4 | 56.9 |
| Ranunculaceae | 1.4 | |
| Humulus | 1.4 | |
| Thalictrum | 1.4 | |
| Polypodiaceae | 2.7 | 其他 |
| Rugasphaera | 14.0 | 16.7 |

到全新世早、中期，沙地中许多洼地重新积水成湖，残留湖泊面积有所扩张。对达里苗圃剖面下部沉积物进行孢粉分析，结果为木本占 60% 以上，以松、云杉针叶树为主，并有少量桦树，草本占 30% 左右，代表的植被与我国现代寒温带植被类似，表明研究区全新世早期气候冷湿，气温比现今低 2—4℃，降水量增加 50—100mm。同样对图 4 中的黑沙土层进行孢粉分析，结果如表 1，孢粉组合反映的植被类型为典型的暖温性阔叶森林草原。相当于我国冀北山地 1100—1300m 和松嫩平原南部的植被类型，表明研究区气温比现今高 3—5℃，降水量增加 100—150mm。可见，全新世早、中期为湖泊淹没沙地及沙地的主要固定时期。

图 4 反映了最近的一次起沙过程大致在 6000aBP 以后，沙地中心的大水诺尔湖岸剖面更详细地反映了近 4000 年来沙地的演化过程(图 5)。4000—2500aBP 之间，气候干湿变化频繁，

为湖沼与沙地互为消长，频繁交替的时期；2500aBP 至今，气候干旱，沙地中大小湖沼基本消亡，出现以风沙作用为主的大面积起沙和古沙翻新过程。

总之，浑善达克沙地与湖泊互为消长，但从晚更新世以来，干旱气候的作用居于主导地位。在达来诺尔及白银库伦诺尔南岸，沙地逐渐向北推进，在大水诺尔等地，沙地逐渐向湖泊中心推进。全新世以来，又几经起沙与沙

丘固定的演化过程，从而形成了今天的面貌。

主要参考文献

1. 李容全等，1990，内蒙古高原湖泊与环境变迁，北京师范大学出版社，北京。
2. 杨志荣，1988，内蒙古达来诺尔地区新构造运动，湖泊发育与环境演变的初步研究，北京师范大学学报。增刊(2)
3. 杨秉赓等，1983，松辽水系的变迁地理研究 2(1)
4. 耿宽宏，1985，中国干旱地区自然地理，科学出版社，北京
5. 裘善文，1989，试论科尔沁沙地的形成与演变，地理科学，9(4)

内蒙古农牧交错地带土默特左旗土地资源初步研究

张亚立

土默特左旗位于，呼和浩特市西郊， $40^{\circ}26'N$ 至 $40^{\circ}54'N$ ， $110^{\circ}48'E$ 至 $111^{\circ}48'E$ 。全旗东西长87km，南北最宽55km，总面积2796.16km²，折合279615.80hm²；人口31.84万。本旗北部是大青山中低山区，占旗总面积的36%，南部为前套的土默川平原。土默特左旗处在半干旱区农牧交错地带内，是环境演变化敏感地区的一部分。本文就其土地资源的环境特征、适宜性评价及区域开发做初步分析，为在经济发展中合理利用土地资源提供科学依据。

一、土地资源的环境特征

土默特左旗北部与乌兰察布盟的武川县相邻，东侧为呼和浩特市郊区，南与和林格尔县、托克托县接壤，西侧是包头市的土默特右旗。境内主峰为金銮殿山，海拔2270.7m，最低点为哈素海，湖面海拔988.2m。年平均降雨量为400mm，山区降水较平原多12.5%。保证率为80%的年降水量为256.2mm，春夏两季降水量为180.0mm，不能满足主要农作要求，需人工灌溉补充。本地区山地以灰褐土为主，平原以草甸土为主，局部有沼泽、盐碱土和栗钙土分布。由于土默特左旗在农牧交错地带中的特殊位置，地区内部地貌结构的巨大差异和长期的开发历史等因素，本地区具有以下环境特征。

1. 位于农牧交错地带的切变切段

在地域结构上，从四子王旗向南经武川、本旗、到和林格尔做一个环境剖面。由北向南依次为乌兰察布高原牧业区、阴山北部丘陵山地农牧区、土默特平原灌溉农业区和阴山前山丘陵山地农牧林区^[1]。在内蒙古农牧交错地带土地利用的宏观格局上，本地区正处在牧农交错与农牧交错地带之间的特殊地理环境中^[2]。在内蒙古，大青山为岛状林牧农结构，土默特平原属集中连片农牧结构。由于地形南北差异巨大而引起的环境切变(Environmental Shear)是研究本地区土地资源重要的背景条件。大青山与土默川平原之间为环境的切变地段(Shear Section)。

2. 处于土地农牧交替利用的灌溉农业阶段

根据孙金铸(1978)史念海(1980)等对河套平原的研究^[3,4]本旗土地利用有着时农时牧的历史。笔者按各时段和土地利用形式进行综合整理，自战国前北方游牧民族在本地的活动到目前的灌溉农业，河套平原农牧交替有三个主要循环，历经2000多年。三个以牧为主时期是战国前、北魏后其至北朝、宋代至清代早期。三个以农为主时期为战国至北魏中期、唐代至宋初、清代中期至今。土地利用的农牧交替在历史上表现为战乱或行政管理措施变化所致。但地理环境的演变是本地农牧交替的背景条件之一。用竺可桢(1972)关于中国5000年来气候变迁研究的结果^[5]，来比较河套地区。以农为主的时期多为中国气温偏暖和回升时期。以牧为主的时期多为偏冷时期。根据邹铭(1989)对土默川地区降水变化的研究^[6]，与其农牧时期的交替进行对照。本地区最后一个农牧循环中，以牧为主时期的降水要明显少于以农为主时期。所以，在历史时期水热条件对本地土地利用形式有着很大的影响。

3. 地区环境分异明显

大青山山前陡直的断裂将土默特左旗的环境截然分成南北两部分。北部为落叶阔叶林灰褐土中山地和森林草原低山地，山前丘陵过渡地带不明显，沟谷切割深比降大，河流较短促。南部是土默特平原，地势东北高，西南低，海拔 990~1150m，整体镶嵌在阴山山地与鄂尔多斯高原之间。平原由北向南有三个地貌带：山麓洪积倾斜平原，海拔高度在 1200m 以下，长轴 300~800m。山前冲洪积平原，南缘可达到京包铁路以南 1~2km，海拔 1100m 左右。较大的冲洪积扇向南延伸 7~10km，其中下部为本地最好的大片耕地，如察素齐、毕克齐分别位于万家沟和水磨沟的冲洪积扇上。大黑河冲积平原占全旗总面积的 43%。哈素海为黄河变迁遗留下的牛轭湖，北部接受民生渠、美岱沟的补给，南边有退水渠与黄河相通。其西侧为黄河冲积平原。本地东南部沙尔沁有黄土台地与和林格尔丘陵相连。

山地与平原的环境切变加大了分异：本地区无连续成片的草原栗钙土地段，在断层南北 3~4km 范围内，10 活动积温相差 700，年降水相差 50mm。两地生态环境差异大，在开发利用上有着不同方向。

4. 地区环境波动性突出

本地区干旱和洪涝波动性很大，是影响生态环境的主要因素，以致造成自然灾害使农业欠收减产。前套地区降水年变率为 50.3%，是自治区中降水变率最大的地区之一。土默特左旗年均蒸发量 1870.3mm(蒸发皿)，是年降水量的 4.69 倍，特殊干旱年份为 8 倍。所以，这里是个易旱地区。据 1959~1979 的资料，本地有春早年 8 个，夏早年 14 个，秋早年 10 个。几乎每年都会发生不同程度的季节性干旱，其中频率最高，对农业危害最大的是夏季干旱。本地年降水量的 65%集中在 6~8 三个月间。由于降水多阵雨，山区坡度大产流快，山洪外泄造成洪涝。近 40 年来较大的洪水灾害有 10 年。近 240 年中大洪涝或局部洪涝年份有 73 年，占 30%。目前，全旗易洪涝面积为 34—488hm²，占全旗面积的 19.3%。1926 年 7—8 月连续四场暴雨使平原大面积积涝成灾，并造成了翌年土壤严重返碱。盐碱土扩展面积的波动性虽不如旱涝大，但各类盐碱土占平原面积的 59%，而且势头有增无减，也是突出影响农业发展的环境因素。

二、土地资源适宜性评价

对土默特左旗土地资源进行适宜性评价是查明该地区的土地质量、数量和分布状况，为协调农林牧用地关系及经济开发服务，评价采用的遥感信息源为 1:20 万 TM 标准假彩色卫星影像(1987)、1:20 万国土卫片(1985)和地区土壤普查资料(1983)等。调查与评价技术主要采用“三北”防护林遥感综合调查技术规程^[7]。

1. 评价系统

采用土地适宜类、土地质量等级、限制性因素型、土地资源评价单元这个系列作为评价的分类系统。土地适宜性划分为四类，再按土地质量分成九个等级。一至九等地质质量递降，利用广度降低。最后对同等地中，不同地段的土地分别找出它们各自的限制性因素及程度。多宜类()为宜农林牧土地类。双宜类()为宜农林牧土地类。单宜类()为宜牧土地类。不宜类()为

不宜农林牧及不作评价类。

2. 评价单元系统

土地评价单元是土地资源图的基本图斑和评价基本对象。它包括土地各组成要素相互作用及人类经济活动影响在内所形成的土地综合体。本地区的土地评价单元是在 1:20 万评价图基础工作上进行比较综合，为乌兰察布盟与呼和浩特市 1:50 万土地资源评价单元的一部分。表 1 列出本旗评价单元和各等地的面积，其中多宜类 15.5303 万 hm^2 ，双宜类 6.6698 万 hm^2 ，单宜类 3.2734 万 hm^2 。

3. 土地资源评价结果分析

(1) 土默特左旗的土地资源在数量上以多宜类土地为主，多宜类：双宜类：单宜类为 1:0.43:0.22。本旗人均耕地 7.32 亩/人，高于内蒙古全区人均 5.1 亩/人的水准。水浇地 40.42 万亩占播种面积的 42.41%，远高于全区的 28.89%。本地在自治区内耕地资源丰富，人均值高，并且有良好的耕作条件。在多宜类土地中一、二、三等地为 145.107 万亩，是当前的主要耕地。四等地复种指数小于 1，多为轮歇地。双宜土地中林地总面积 62.797 万亩，复被率为 14.97%。其中有林地 33.53 万亩以天然次生和人工白桦、山杨林为主。针叶树占 16.9%，树种有云杉、油松和落叶松。单宜类土地面积小只为全旗面积的 11.71%。

(2) 土地资源在分布上各等地相对集中在一定的地形区。一、二、三等地集中分布在山前

表 1 土默特左旗土地资源评价单元

Table 1. The Unit of Land Evaluation in Tumote-zuoqi

| 土地类 | 土地等 | 评价单元 | 限制型 | 面积(万 hm ²) |
|-----|-----|--|--|------------------------|
| | 一 | 1. 耕地草甸土平地 | | 0.122 |
| | 二 | 1. 沼泽化草甸低平地 2. 耕种草甸土低平地 3. 耕种草甸栗钙土平低 | t ₁ t ₁ , S ₁ m ₁ , d ₁ | 3.141 |
| | 三 | 1. 轻盐化草甸土低平地 2. 耕种草甸土平地 3. 耕利栗钙土平缓地 | S ₂ d ₂ , W ₂ w ₂ , m ₂ | 6.141 |
| | 四 | 1. 丛生禾草草甸土低平地 2. 耕种盐化草甸上平地 3. 耕种栗钙土平缓地 | S ₂₋₃ S ₂₋₃ W ₂₋₃ | 5.857 |
| | 五 | 1. 桦杨林淋溶灰褐土中山地 2. 中生灌丛淋溶灰褐土中山地 3. 人工林灰褐土中山地 | p ₃ p ₃ , d ₃ p ₃ | 2.054 |
| | 六 | 1. 中生灌丛灰褐土中山地 2. 山地灌草丛灰褐土中山地 3. 丛生禾草盐化草甸土低平地 | p ₃₋₄ p ₃₋₄ , d ₃₋₄ S ₃₋₄ | 1.746 |
| | 七 | 1. 山地灌草灰褐土中山地 2. 半灌丛风沙土平缓地 | p ₄ , d ₄ m ₄ , W ₄ | 1.746 |
| | 八 | 1. 盐生草甸盐化草甸土平地 2. 沼泽化草甸低湿地 | S ₄ h ₄ | 3.273 |
| | 九 | 盐碱土低平地 沟谷地 裸沙裸岩 水域、城镇用地等 | S ₅ m ₅ , d ₅ d ₅ | 2.488 |

注：t：积水程度 s：盐渍化程度 m：土壤质化 d：细土层厚度 w：水源保
证程度 p：地面坡度 h：沼泽化程度

冲洪积平原中及中下部，以察素齐和毕克齐最为典型。另有一部分在大黑河阶地及其冲积平原上。四等地多位于山前冲洪积平原与大黑河冲积平原的交接洼地及大黑河、黄河的河流故道处。双宜类土地集中在大青山山地。其中五六等地多在阴坡、半阴坡。单宜类土地分散分布在山区和集中分布在平原冲洪扇前缘等低洼处的盐化草甸和沼泽化草地区。

(3)土地资源在质量上总体水平高，土地生产潜力较大。土默特左旗是自治区十个商品粮生产基地之一，近年来年均上交粮食 3 万吨左右。全旗土壤有机质平均含量为 1.185%。大青山区除地势高、坡度大等不足外，土壤条件很好，具有良好森林立地条件。平原属中肥区，肥力水平由北向南递减。在养分结构上以磷素缺乏最为突出。一、二等地粮食均产为 408.86 斤/亩。由于本地区农业开发早，有一定基础和条件，加上水资源丰富，粮食产量的进一步提高是有保证的。农业生产除波动性灾害因素外，盐渍化与水土流失也是重要障碍性因素。全旗有各类盐碱土 162.72 万亩，水土流失面积 53.20 万亩，两项占总面积的 51.42%。水土流失地区的土壤侵蚀模数为 2000—5000t/km² a。这在很大程度上是由于不合理利用而造成的。根据乌学智(1987)计算，^[8]本地的土地资源对农业生产有较大潜力，气候的光热水比值(%)为 84 79 54，生产潜力为 682kg/亩，高于南部的托克托县与和林格尔的潜

力水平。

三、区域开发的建议

土默特左旗由水草丰美的沃野草原逐步发展成为以粮食生产为主农业旗。在今后区域经济开发无论山区还是平原都有其土地资源的优势和潜力，但也并存着以前利用不妥所造成的问题阻碍优势和潜力的发挥。同时，近年来本旗农业经济结构也在发生着变化。1985年与1982年相比，农业总产值增加了16.38%，农田种植业产值增加了25.22%，高于其它生产速度。由于种植业的发展，促进了资金与劳动力投向的多样化，而土地利用方向也在不断调整。土地的使用向耕种专业劳动者相对集中。因此，区域开发要综合考察自然环境、土地资源和社会经济水平诸条件。

1. 土地资源开发的基本原则

根据土默特左旗目前的条件，土地资源整体性开发宜遵循下述原则。

- (1)因地制宜开发山地、平原两地区。
- (2)综合利用土地资源优势。
- (3)发展农林牧生产的自然条件与近期社会经济条件的相对一致性。
- (4)土地开发的经济效益与生态效益并重。

2. 调整农业用地结构，协调土地生态环境

土地利用结构是农业生产结构和布局的基础。合理利用土地资源才能充分发挥出经济效益，使农、林、牧、副、渔和其它相关部门得到适宜开发。本旗于1985年完成了土地利用现状调查和近期(2000年)土地利用规划^[9]。结合遥感土地资源评价制成表2。本地区的土地利用方向需做如下研究。

表2 土默特左旗土地利用结构(%)

| 项 目 | 耕地比例 | 林地比例 | 牧草地比例 |
|--------------------|-------|-------|-------|
| 农业土地利用现状 (1985) | 39.60 | 14.97 | 22.68 |
| 土地资源适宜评价 (1989) | 34.60 | 23.85 | 32.65 |
| 农业区划调整目标 (2000) | 35.53 | 21.71 | 25.90 |

(1)根据资源调查与评价，用地的调整要按计划到位。土默特左旗农林牧三项用地的适宜性与农业区划目标在数量结构上是一致的。多宜类中一、二、三等地为基本农耕地，包括粮、豆、油、糖等生产用地。年均减少不宜耕地速度为0.27%。与区划目标相比，土地适宜性用地有0.93%的缺口。这可以通过扩大水浇地面积，以逐年增加总产量0.062%的速度调整到需求水平。林牧业用地年均增加速度分别0.45%和0.22%，其中调整幅度最大的林业用地在适宜性评价后表明该区划是合理可行的。牧业用地的适宜性面积比区划用地宽松，有一定的开发余地。因此，在土地开发中要掌握好用地调整速度，保证用地的宏观适宜性。

(2)各项用地的适宜性开发方向。在历史上，本地农耕地不适宜开发有两个方向。一是向高处发展，包括樵采迹地用于耕种、沿沟坡逐年向上开垦

耕种和占用草地耕种。加上当地广种薄收的习惯，坡地越种越高、越种越陡，有的甚至在>25°的山坡上播种。结果造成水土流失、土地瘠薄生产力下降。在生态环境上，向上过垦压迫了林牧过渡带，使之变窄上移，影响了林牧业的发展。另一方向是向低洼处发展，开发河滩地、河湖迹地。这些地段多为排水工程不配套，土地不平整、耕种后引起土壤次生盐渍化。这两个方向是调整压缩耕地面积的重点。

林牧业要利用农业区划成果，以开发适宜性土地资源为指导，进行综合发展。林业要在管理好现有次生林与人工林的基础上进行宜林荒山造林、前山浅山果树生产开发和农田地区林网林带种植、乔灌结合建设等项工程林业。在本地林业的全面发展是协调土地生态环境的关键。牧业要搞开发性牧业工程。要利用本地天然草场、舍饲圈养、粮食生产水平较高和距加工消费地近等优势建立半集约-集约型畜牧业工程。在区域间协作上可以与乌兰察布盟后山农牧交错地带土地战略布局结合^[10]，建立商品畜牧业协作区。

3. 加强农业用地建设，提高土地生态效益

对农业的投入要注重提高土地生态效益这一长远目标是开发本旗土地资源的重点。多年来的生产建设为提高土地生态效益已做出了贡献。如“五一”水库流域森林覆被率由20%提高到工程造林后的80%，其清水流出量增加了2倍。今后农业用地建设应加强如下方面。

(1)根据“三北”防护林地区总体建设的需要，本旗大青山上部中山地区以建设水源涵养林区为主，山下及前山以建设水土保持林区为主。兼顾用材林的发展。草灌乔相结合，积极恢复前山植被。保护天然次生林与人工营造针叶树种相结合。大力发展平原地区，特别是南部，农田防护林网体系。

(2)开发利用水资源、发展平原粮食生产。本旗地表水丰富并有多项水库和扬水站工程，地下水的开采量只占可利用量的48%。科学用水，井渠并举，以井助排是发挥水资源优势，提高单位面积产量和防止土壤盐渍化的关键。因此，与之相配合要进行农田基建投入，包括井、渠、林、田建设配套；土地生物改良；平整条田精耕细作保证土地生态效益的持久性。

(3)多种经营种植品种，生态与经济效益互补。改变单一粮食生产进行多种种植有利于提高两个效益。本旗是内蒙古糖、油料的适宜性生产基地。如甜菜在本地有40多年的种植历史，除主要制糖价值外，其副产品根、叶、头、根角料又是良好的多汁饲料。甜菜生态幅度较宽，耐盐能力强。土壤含盐0.5%时仍可生产。增加甜菜、胡麻(亚麻)、向日葵等播种面积，充分利用低产的盐化土地。在一、二等地提倡间作、套种提高土地复种指数。这在提高土地生产率的同时，也带动其它生产项目的开展。经济作物要科学教育先行保证技术投入，也要保证运输投入及时开榨加工。

4. 发挥本旗土地资源的优势，搞好各项产业

土默特左旗位于呼和浩特、包头两市之间，京包铁路横贯旗境，公路网联结准格尔矿区。本地区位条件好可以大力发展城郊农业生产。水资源丰富保证了蔬菜生产发展。蔬菜除可就近出售，还可以利用本地区生产季相晚于内地的特点，外销产品解决内地蔬菜淡季之缺。渔业生产要利用好哈素海等湖库塘坝水面。目前哈素海年均产鱼为134吨。为提高单产宜在其附近开挖渔池或进行网箱精养。发挥山水资源开辟立体旅游业，近期可开发的项目有哈素海水面旅游、喇嘛洞召民族文化旅游和大青山森林公园休憩旅游等。

参考文献

1. 内蒙古农业地理编辑委员会, 1982年, 内蒙古农业地理, 内蒙古人民出版社, 呼和浩特。
2. 赵济、王静爱, 1990, 内蒙古农牧交错地带土地利用与土壤侵蚀研究, 区域·环境·自然灾害地理研究, 科学出版社, 北京。
3. 孙金铸, 1978, 河套平原自然条件及其改造, 内蒙古人民出版社, 呼和浩特。
4. 史念海, 1980, 两千三百年来鄂尔多斯高原和河套平原农林牧地区的分布及其变迁, 北京师范大学学报(社会科学版), 第6期。
5. 竺可桢, 1972, 中国近五千年来气候变迁的初步研究, 考古学报, 第1期。
6. 邹铭, 1989, 十三世纪以来内蒙古土默川地区降水变化研究, 干旱区资源与环境, 第3卷, 第3期。
7. “三北”防护林遥感综合调查课题组, 1988, “三北”防护林遥感综合调查技术规程, 中国林业出版社, 北京。
8. 乌学智, 1987, 内蒙古农牧业气候生产潜力的探讨, 干旱区资源与环境, 第1卷, 第1期。
9. 云慧智, 1987, 土默特左旗综合农业区划, 内蒙古人民出版社, 呼和浩特。
10. 李孝芳等, 1985, 内蒙古乌兰察布盟后山农牧交错带土地利用结构的战略布局, 自然资源, 第3期。

中国古代生态环境的破坏与长城位置的移动

孔繁德

长城是中国古代劳动人民的伟大创造，是世界古代四大建筑之一。长城的修筑从战国开始，到明朝为止，前后延续了将近 200 年。中国历代所修筑的长城，其位置、规模、格式、材料均有变化，但是大部分都是汉族修筑的。战国时期的燕国、赵国、秦国各自修筑了北部防备匈奴族南侵的长城。当时各诸侯国之间也修筑了防御性的长城。秦始皇统一中国以后，毁掉了各诸侯国之间的长城，而将燕国、赵国、秦国的北部长城连接起来并加以完善扩充，形成了统一的“万里长城”。汉武帝时，又将秦朝修筑的“万里长城”加以修复、加固并延长扩展，使长城达到最大规模。汉长城中段沿阴山而筑，西段延伸整个河西走廊、直至罗布泊附近。汉朝以后，南北朝时北齐、北周等虽然也修筑了长城，但规模都较小，位置也开始南移，影响也不大。隋朝时修筑长城，又只是象征性的。金朝时修筑的长城在大兴安岭一带至河套附近，是女真族防备蒙古族的，规模和影响都不大。只有明朝面对北方蒙古游牧民族的严重威胁，才又大规模地修筑了统一的万里长城。明长城的主要部分东起山海关、西至嘉峪关，另外还有从山海关到鸭绿江口的简易长城。从秦朝至明朝之间所修筑的长城，除金朝长城以外，基本上是农耕和游牧的分界线。由于秦朝至明朝之间的盲目扩大农耕，造成了森林破坏，草原沙化，再加上战乱，引起了生态环境的破坏。因此，明长城的位置和汉长城相比有很大变化，其东段向南退了大约 100 至 300 公里，中段由阴山到榆林向南退了大约 500 公里，西段则由罗布泊至嘉峪关向东缩短了大约 600 公里。关于长城位置的移动的原因，历来有许多不同的观点。我认为，生态环境的破坏是主要原因之一。

一、秦汉时期长城附近生态环境开始破坏

中国春秋时期以前，人口稀少，铁器还未广泛应用，生产力还比较低，许多土地还没有开垦，农耕对生态环境的破坏还很轻微，生态环境还比较好。当时黄土高原是森林草原带，森林复盖率超过 50% (余文涛、袁清林、毛文永，1987 年)。战国时期，铁器广泛应用，生产力迅速提高，人口增多，土地开垦大幅度增加，农耕对生态环境产生了较大的压力，但还没有造成严重的破坏。

秦始皇统一中国以后，将燕国、赵国、秦国的北部长城连接起来并加以扩充，形成东起辽东，西至临洮的统一的“万里长城”，并在长城以南的草原地带，开始了大规模的垦荒，徙民几万户到河套地区屯垦实边。这对这一地区的生态环境产生了巨大的压力。

汉武帝时期，又将秦长城修复、加固、延伸及扩充，形成东起辽东、西至罗布泊的最大规模。这一时期又继续扩大垦荒规模，甚至达到阴山以北及黄河以西的草原地带。汉武帝元朔二年即公元前 127 年，曾“兴十万人给卫朔方”。朔方郡西部即现乌兰布和沙漠北部，当时还是沃野千里的草原。经过西汉时期的移民农垦，这里变成了富庶的农业区，《汉书》记载这里当时

“人民炽盛、牛马布野”，盛产“边谷米”。但是秦汉长城沿线大多是半湿润与半干旱的交界地带，也是季风区与非季风区的交界地带，生态环境脆弱，容易引起破坏。由于农垦和战乱破坏了植被，引起了强烈的风蚀，到东汉时这片富饶的农业区已经沙漠化，农耕被迫放弃。到了北宋太平兴国六年即公元 981 年，北宋王朝派遣王延德出使高昌(今吐鲁番)，道出鄂尔多斯高原，大约在今磴口以北渡过黄河，然后横穿乌兰布和沙漠西去。他记录这里已经“沙深三尺，马不能行，行皆乘囊驼”，土地“不育五谷，沙中生草日登相，收之以食。”可见当时这里已给完全沙漠化了。

在乌兰布和沙漠以西的巴丹吉林沙漠北部，秦汉时期是古居延海地区。这里是古弱水三角洲下部，秦汉时期生态环境还比较好，西汉中期即公元前 102 年在这里建立了居延塞，屯田戍边，发展灌溉农业，并达到相当规模。至今沿古弱水汇集区西岸仍保留着汉代的塞墙烽燧、废弃的城堡、渠道，还出土不少古墓和木简，反映了当时这里农业的繁荣和边防的坚固。后来由于植被破坏和战乱，风蚀加剧，渠道废毁，致使不少农田被放弃。由于缺乏植被的保护，废弃的农田、渠道和干涸的河床在强烈的风力吹扬侵蚀下逐渐沙漠化，使古居延海附近的绿洲变成了大片的沙漠。

在河西走廊西段的一些绿洲也开始出现了类似的现象，例如位于罗布泊西北岸的楼兰古城，在西汉时期十分繁荣，有灌溉农田 5000 顷。但是由于植被破坏和战乱，河流淤积改道，绿洲沙化，楼兰古城在公元 376 年就已废弃了。

二、隋唐及以后长城附近生态环境继续破坏

东汉末年至隋朝初年，中国北方战乱频繁，人口大为减少。在晋统一中国的武帝太康元年即公元 280 年，全国只有人口 1616 万。这一时期游牧民族南迁，北方农耕减少，中国北方牧区增加，草原扩大，森林也有所恢复，水土流失和沙漠化普遍减少，黄河下游较长时间处于安流状态。总之整个生态环境逐步好转。当时南方经济发展速度加快，人口增加。

隋朝统一中国以后，国力强大，但是在北方只是象征性地重修长城，与之相反却花费了巨大的人力、物力、财力修凿了大运河。这反映了北方经济已经落后于南方，而不得不依靠南方的粮食和财政供给。同时，隋唐两朝又加强了北方和河西走廊地区的农垦，大规模地破坏植被，再加上战乱，长城附近的生态环境继续恶化。

鄂尔多斯高原上的毛乌素沙区，据史料记载秦汉时期是“沃野千里仓稼殷积”，“水草丰美”，“群羊塞道”的农牧业兼为发展的地区。这里东南部年平均降水量达 400-500mm，原为森林草原带，土地肥沃。汉武帝驱逐匈奴，在这里设郡县屯垦，与河套地区共称“新秦中”，成为当时的重要农业区。公元 413 年赫连勃勃曾在现在毛乌素沙漠地区建造了夏王朝都城统万城。建统万城前，赫连勃勃来到这里，登上北部的契吴山，了望南面红柳河流域是肥沃的草原，周围环境很好。《太平御览》记载赫连勃勃曾：“北游

《汉书》卷九四下《匈奴传下》

《宋史》卷四九零《高昌传》

嘉庆《灵州志迹·艺芸文志》第一六上。

契吴，升高而以曰：美哉斯阜，临广泽而带清流；吾行地多矣，未有若斯之美。”于是他征集民工十万人建筑了统万城，做为都城。到了唐代，也曾曾在毛乌素地区南部增设州府进行屯垦。当时称统万城一带为夏州。由于多年盲目扩大屯垦，大面积地破坏植被，加上战乱，风蚀加剧，这里到唐朝后其出现了严重的沙漠化现象。《横山县志》记载：“(唐)长庆三年(公元822年)十月夏州大风，堆沙高及城堞。”唐宪宗(公元806年——821年)时诗人李益所做《登夏州城观送行人》诗中有“沙头牧马孤雁飞”的词句。唐咸通(公元860——874年)时诗人许棠所作《夏州道中》诗中有“茫茫沙漠广，渐远赫连城”的词句。许多唐宋文献中也有“夏之属土，广长几千里，皆流沙”及“夏州深在沙漠之地”的记载。总之，毛乌素地区由森林草原变为农田，再变为沙漠，其间仅有大约400年的时间，其主要原因也是人为因素。因此，有人说毛乌素沙漠是“人造沙漠”。

古弱水三角洲下部，早在汉代就已经破坏沙化，但整个三角洲并未完全破坏。隋唐时期仍在古弱水三角洲的中上部进行屯垦。公元十世纪开始，西夏王朝又在这里经营农耕。著名的古城黑城是西夏王朝(公元1038——1227年)在这里建造的。黑城规模宏大，城高墙厚，气势雄伟。著名的旅行家马可波罗曾到过这里，并对黑城大加赞誉。但是，由于植被破坏，从十三世纪起黑城周围就开始沙漠化。黑城最后是在元末明初的战乱中毁掉了。

河西走廊地区，是古代“丝绸之路”的必经通道，十分重要。汉长城一直延伸到罗布泊附近，并设酒泉、张掖、武威、敦煌等郡，主要是保护这条通道。汉代时期砍伐森林和盲目农垦引起了植被破坏，使河西走廊一部分地区沙漠化，但整个河西走廊地区的生态环境还比较好。唐朝国力强盛，疆域辽阔，通过丝绸之路进行对外贸易，商业很繁荣，因此又加强了对河西走廊地区的开垦，设凉、甘、肃、瓜、沙等诸州，都很繁华，其中凉州是“七里十万家”，牧马达30万匹。由于唐朝以后在河西走廊地区大规模砍伐森林，破坏了绿洲的水源涵养地，使河流逐渐由常年流水变为季节性洪水，接着泥沙淤积了河床、湖泊、渠道。所有这些都破坏了河西走廊地区绿洲灌溉农业的基础，使农业衰退。由于植被遭到破坏，风蚀作用加剧，土地沙化日益严重。敦煌石窟建于南北朝，到了唐朝后期逐渐为沙漠所包围。总之，河西走廊地区的生态环境隋唐以后明显恶化。

三、生态环境的破坏与明长城的位置

综上所述，明朝以前秦汉长城附近的生态环境已经遭到严重的破坏。明朝统一中国以后，仍然面对着北方元朝残余势力南侵的威胁。对此明朝一方面派军队追击攻打，另一方面又仿效秦汉修筑了大规模的统一的万里长城。明长城和秦汉长城相比，设计精密，用料坚固，全部用砖包砌，达到长城建筑史的顶峰。但是明长城的位置却比秦汉长城向南、向东明显退缩。明长城的位置不得明显退缩的原因，历来众说不一。我认为生态环境的破坏是重要原因之一。由于秦汉长城附近的生态环境已遭严重破坏，特别是沙漠化的影响，秦汉长城的阴山、黄河天险的军事价值已大大降低。另外长城是长久性军事防御设施，出于长期防守的需要，必须建筑在能够就地屯垦提供军粮

[唐]岑参：《凉州馆中与诸判官省集》，《全唐诗》三函八册。

而又易守难攻的地带。总之，秦汉长城的位置到了明朝初期已明显地不符合长久防御的需要。秦汉长城中段附近的大面积沙漠，既不利于屯垦，又不利于军队的调动。因此明朝将长城建筑在这些沙漠以南。明长城和汉长城相比，在中段向南后退了大约 500 公里；在东段也顺势向南后退了大约 100 至 300 公里。又由于河西走廊的西部生态环境的变化，明长城只修筑到嘉峪关为止，比汉长城的终点罗布泊附近，向东退缩了大约 600 公里。

由于人为的破坏，明长城附近的生态环境后来也遭到了破坏。明长城中段修筑在神木—榆林—靖边—定边—宁夏一线，当时距毛乌素沙漠尚有一段距离，不至于受到沙漠的直接威胁。但是由于明朝屯田垦耕和砍柴，又破坏了明长城附近的植被，于是土地受风力吹蚀而迅速沙漠化。明长城修筑后仅经过大约 100 年，到嘉靖二十五年(公元 1543 年)“边墙安久倾颓”，由于沙埋失去“篱藩之固”，边防城镇中有许多城镇周围已经沙漠化，受到沙漠化的危害，“四望黄沙，不产五谷”。清朝末年，清政府又以“借地养民”和“移民实边”等名义开垦长城沿线的荒地草原。由于进一步破坏植被，不但使明长城中段沿线沙漠化，而且甚至在明长城以南也产生了大面积的沙漠。陕北明长城沿线的重要城镇榆林城，也直接受到沙漠化的严重威胁。

明长城西段，仍在河西走廊地区。但在明朝以后，由于进一步砍伐森林，使祁连山几千万亩森林毁掉，于是破坏了水源涵养地，使河流平常断流，而洪水期又泛滥成灾，泥沙淤积河湖渠道，破坏灌溉，而缺乏植被保护的土壤经风力吹蚀，进一步沙化。总之明朝以后，明长城西段沿线的生态环境也继续恶化。

四、结 论

长城在修筑过程中对植被有轻微的破坏。战乱对长城附近的生态环境也有破坏作用。由于大部分长城是从事农耕的汉族所修筑，因此长城实际是成为农耕与游牧的分界线。长城附近地区又正好位于半湿润区与半干旱区、季风区与非季风区、森林带与草原带的交界地带，生态平衡比较脆弱。长城附近大面积砍伐森林、开垦草原，带来草原沙化，绿洲被毁，是生态环境恶化的主要原因。

生态环境的恶化，不仅破坏了长城附近的农牧业基础，而且使长城失去了长久性防御功能。这是中国明代长城的位置与汉长城相比，不得不迁移数百公里的重要原因之一。

长城沿线目前仍然是我国农牧业交错地带，生态环境已遭严重破坏，生态系统十分敏感而脆弱。因此必须根据生态条件，因地制宜，扬长避短，安排生产，保护和改善生态环境，促进经济稳定健康发展。

参考文献

1. 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会，1982 年，《中国自然地理

(历史自然地理)》，科学出版社，北京

2. 史念海，1981年，“黄土高原及其农林牧分布地区的变迁”，《历史地理》创刊号，上海人民出版社，上海

3. 史念海、曹尔琴、朱士光，1985年，《黄土高原森林与草原的变迁》，陕西人民出版社，西安

4. 华夏子，1988年，《明长城考实》，档案出版社，北京

5. 陈正祥，1983年，《中国文化地理》，三联书店，北京

6. 余文涛、袁清林、毛文永，1987年，《中国的环境保护》，科学出版社，北京

7. 吴正，1982年，《我国的沙漠》，商务印书馆，北京

8. 罗哲文，1988年，《长城》，北京旅游出版社，北京

9. 侯仁之，1987年，《历史地理学的理论与实践》，上海人民出版社，上海

10. 赵永复，1981年，“历史上毛乌素沙地的变迁问题”，《历史地理》创刊号，上海人民出版社，上海

11. 张维华，1959年，《中国长城建制考》，中华书局，北京

黄土高原农村经济建设与水土保持

武吉华

作为自然地理单元的黄土高原，东西横亘太行山与乌鞘岭之间，南北介于秦岭至长城附近，总土地面积约 41 万 km^2 ，人口 6300 万，位于黄河中游流域内的约 38 万 km^2 。其东和南部为晋陕豫盆地群，西为甘肃沿黄地带，中部为典型高土高原，主要由黄土丘陵和黄土两类土地组成，面积 27 万 km^2 ，人口 2280 万，是本文重点研讨范围。如将宁蒙河套、青海东部和其他毗邻地区统一研讨，称之黄土高原地区，总面积达 62.4 万 km^2 ，人口 8100 万。

黄土高原地区最突出的特点有：

1. 这里是世界上最严重的水土流失区，土地退化现象非常普遍。本地区水土流失面积 42.5 万 km^2 ，其中土壤侵蚀模数超过 $5000\text{t}/\text{km}^2$ 的有 5 万 km^2 。平均每年经黄河向华北平原倾卸悬移泥沙量 16.8 亿 t，最高时(1933)达 39.1 亿 t，使之长期饱尝黄害。近 40 年虽然力保下游大堤未曾溃决，河床却年淤 10cm 以上，威胁加剧治理更难。通过三门峡的泥沙中 91% 来自托克托以下黄土高原典型区(约 32 万 km^2)，本地区水土保持的影响在区内外都十分巨大。到 1985 年已治理 11.6 万 km^2 ，年平均进展 0.76%，尚有 78.3% 的流失面积亟待治理。此外，长城附近及以北地区有沙化土地 11.8 万 km^2 (含沙丘地 4.8 万 km^2)，集中成片的盐碱地 2 万 km^2 ，成为开发的障碍。

2. 黄土高原地区农村经济发展落后，是我国较大的贫困区。1985 年全地区农村居民人均纯收入 295 元，但人均不到 200 元的县分近 60 个，人口 1000 万，集中分布在黄土高原典型区，周围各县亦多低水平温饱，仅在大型河谷及铁路干线附近达到中等以上温饱水平。全区农业人口平均年产粮 362kg，各地差异非常悬殊。农村社会经济迫切需要做大幅度改革调整。

3. 黄土高原地区地下资源特别丰富：煤炭储量占全国 70% 以上，质优种全，开采便利；铝土资源占全国 58%，稀土储量占全国 95%，其他如铜、钼、铁、膏、芒硝天然碱等也占有重要地位，近期又发现天然气资源丰富。此外黄河水电资源亦是得天独厚的“富矿”。将本区建成我国最大能源基地和有色金属、化工原料生产中心，必将对我国社会主义生产力和经济效益的提高发挥极大的保证作用和推动作用。但地下资源的开发极易加剧本已严重的水土流失，并对当地农副产品生产提出更多商品要求。

一、黄土高原土壤侵蚀的制约因素

为了在本区开展保水护土工作，必须对形成土壤侵蚀的主要制约因素进行研讨。但当前学术界尚未对此取得完全一致看法，我们将从宏观角度提出自己意见。

(一) 关于自然侵蚀形成因素

黄土地貌形成和发育，是自然界内外营力相互作用的结果。黄土地层剖面结构特点显示，近 240 万年来本地区环境演变虽然南北有别，总体上可以区分两大类交替出现的自然环境(有时具过渡性)。一类环境气候偏旱，以风蚀风积过程为主，风沙土和黄土依次向南方外围扩展，黄土侵蚀一般较弱，

土壤发育很差；另一类环境具湿润气候，风沙土和黄土分布向北退缩，本区黄土上有明显成土过程，缓坡上发育黑垆土(南部为褐土类)，反映黄土大体稳定，而在汇水区有冲沟和河流沟谷发展，侵蚀较强、当自然环境再度变干旱时，由厚层黄土(北部为风沙土)掩盖前期土壤和填塞沟谷。

为了复原古气候特征，史培军等(1988)在对气候变迁最敏感的黄土高原北端，根据孢粉组合与埋藏土壤性质做了降水量变化的推测，即晚更新世干旱寒冷时间当地降水量比现代要少 100mm，约 300mm，为荒漠草原与草原交织地带，而中全新世湿润温暖期降水量又多出 100—150mm。为森林与森林草原过渡带。典型的黄土高原现代年降水量约 350—600mm，侵蚀最强烈地带的雨量多位于 400—500mm 之间，其中 400mm 左右又多暴雨的草原环境风蚀与水蚀并举，是输出泥沙量最多的场所。许多观测证实，降雨强度大产生径流同时出现侵蚀，而一两次暴雨产生的泥沙可能占年产沙量大部。

由于黄土高原多处经受大面积间歇抬升的新构造运动影响，侵蚀基准面降低而地形能量增加，导致河流下切侵蚀加快。约在 25—30 万年前黄河上中游各盆地湖泊突然消亡，黄河再度串通外流，侵蚀基准面猛降 20—70m，黄土高原从此进入强烈侵蚀阶段。首先黄河干流和一级支流在原有壮年期宽谷中急剧切蚀，更低层次支流随之产生强烈溯源侵蚀，冲沟迅速延伸，局地高差和地面坡度坡长不断增大，沟谷密度上升，侵蚀动能加强而且侵蚀(作用)面展开。因此黄土高原土壤侵蚀总体上处于自然加速状态，时间因素在此至为重要。黄河干流两侧谷坡基岩外露，黄土仅残存于梁峁顶部，临近的坡麓，塬面被蚀残破，属侵蚀衰减区，而黄河二级支流以下各流域则为侵蚀激增区，但位居其上游的塬地和壩地刚进入幼年强烈侵蚀区(李容全等，1990)。

侵蚀激增现象在陕北米脂县两个小流域研究中获得了定量数据(徐振溥等，1990；李容全等，1990)。这里的三级阶地形成年龄确定为 9000aBP、5500aBP 和 2300aBP。根据各级水道沟谷的宽、深和长度测算结果，可断定当地强烈的水土流失乃沟谷不断下切所致，两小流域三时段平均沟谷侵蚀量的比值为 1 5.1 250 与 1 4.8 20.7，表现出明显的加速趋势。榆林地区黄土高原的侵蚀模数大多超过 20000t/km²，而白于山至府谷为构造抬升最活跃地区，据估计年抬升量 3mm，第四纪期间黄河晋陕段两侧抬升总量高达 100—300 米，应是促进侵蚀的主导因素。

地面物质乃内外营力作用的承受体，黄土侵蚀特征显著不同于其他基岩。它的结构松散，水稳性差，垂直节理发育，抗蚀抗冲力很弱，尤以砂黄土最甚，上述土壤侵蚀传递模式更是黄土高原所特有，当下伏基岩出露后侵蚀方式与强度即全改变。黄土的重力侵蚀具有普遍性，在晋陕蒙接壤区、晋陕黄河峡谷，六盘山两侧和渭河上游等地最为剧烈。当下伏基岩为甘肃系红土层或三趾马红土层时，受到地震或暴雨激发容易发生滑坡、三川河流域滑坡总数的 68% 为红土床滑坡，沟谷切割强烈的支流上游冲沟的滑坡分布最为集中，占总数 88.9%(杨运恒等 1989)。

植被(严格说应指林草植被)既受气候等生态因素制约，又对土壤侵蚀施加有效缓冲作用，即减少雨滴溅蚀和地表径流侵蚀。在年雨量超过 500 - 600mm 地区无人干扰时植被一般发育良好，土壤侵蚀微弱，即使在土壤侵蚀较强的降水量 400—500mm 地区，林草覆盖度达到 70% 以上就可减少侵蚀到可接受水平。

(二)人为加速侵蚀问题

对大地形格局、降水特征和黄土属性，人都无力改变，起加速侵蚀作用的人为活动，集中表现为破坏原有天然植被，大幅度降低林草覆盖面积，使易蚀黄土直接暴露而丧失其保护伞。广泛开垦黄土坡地、倒山种植、广种薄收已沿袭几千年，自宋以后愈演愈烈。1949—1985年本区耕地由1.5亿亩增至1.9亿亩，其中坡耕地达到9269万亩占81.2%，坡度 $>15^\circ$ 耕地竟达56.7%。陕北、陇中、宁南各黄土丘陵区垦殖系数一般为45—60%或更高，实际上大部分土地已承受了多次重复开垦。

农耕地在其他条件相似时侵蚀强度至少高于非耕地1—3倍，并随坡度与坡长增加而增加。新开垦深翻的坡地和裸露的休闲地在一个雨季就可能蚀去表土5—6cm。

典型黄土高原的农村能源绝大部分是生物能。以陇中和陇东为例，农村生活能源消费量中秸秆占36%，畜粪占13%，茅草占15%，薪柴占12%。宁南和陕北贫困地区的农村能源结构均大体如此，燃料普遍十分短缺，刮挖草皮现象并不罕见。因饲料被挪用烧掉，草地多被破坏，大家畜和羊多被集中放养于偶存的和离村较远荒草坡，过度超载又加快草地衰退和土壤侵蚀。

农民为了解决吃、烧采取对植物资源、土壤资源掠夺式开发，实是人为加速侵蚀的主要祸根。挖窑、修路等虽然造成地层破坏和大量弃土，目前仍属局部的短暂的影响，不及前三类活动严重。

基于上述原因，一些学者认为，是人为破坏活动导致黄土高原发生严重土壤侵蚀。而许多史书方志描绘历史时期本地区山青水秀、环境优美，说明自然背景应是森林和森林草原，其后人们毁林开荒、轮荒滥垦、林草殆尽无法恢复，才落得目前破败景观。但据我们调查，恒山、吕梁山、六盘山各林区应属山地垂直带现象，是黄土高原草原带中的森林岛。低处则以黑垆土分布最广。虽然它是否全为当代产物尚有争议（其形成年代为3000—9000年前），但它的深厚腐殖质层和较高CH/CF值（0.9—1.5）、反映它受较强的多年生草类影响，而非森林环境产物。

至于何种侵蚀为主的问题不能凭主观臆断。对米脂县两小流域侵蚀最计算结果是，耕地分布最多的梁峁坡地仅占总侵蚀量15%—25%，推测人为加速侵蚀所占比重不超过20%。包含米脂在内的无定河流域在1950—1982年间平均年输沙量1.505亿t，而开荒、修路、挖窑、采矿等人为活动直接增加的产沙量年平均0.139亿t，也低于总量20%（姚文艺等，1987）。景可、陈永宗（1983）从黄河下游冲积扇变化反推黄土高原总侵蚀量，认为中全新世时为10.75亿t，到公元1194年净增7.9%，视为自然侵蚀加速度并长期保持不变，人为加速侵蚀分阶段的增加率分别为6.7%、18.4%与25%（后者为近30年数值）。我们将它转换成人为加速侵蚀所占侵蚀总量比重，分别为5.86%、14.58%、19.00%。

事实上黄河泥沙主要来源地是：年雨量400—500mm、新构造运动活跃、处于壮年期侵蚀激增阶段、风蚀水蚀剧烈的砂黄土——草原环境，尽管人们对人为加速侵蚀的估计有所差异，至少这个地带内自然侵蚀仍占主导地位。当然这丝毫不意味着人们对控制水土流失无能为力，相反，应当根据客观条件实事求是地采取积极治理措施。

（三）关于广种薄收的思考

治理黄土高原水土流失的关键，应是改变传统的土地开发利用原则和方式，这点已获得广泛公认。但仍有必要分析为何广种薄收的指导思想如此顽

固，尤其是治理已开展几十年的今天，边治理边破坏现象未能制止的原因何在。

1. 脆弱不稳定的自然条件下粮食生产难保证。全黄土高原地区有效灌溉面积仅 5538 万亩，占耕地总面积 21.8%，集中分布在汾渭谷地和宁蒙沿黄地带，在广大的黄土高原典型地区则普遍为雨养旱作农业，收成丰歉受降水状况控制。但雨季偏迟且雨量集中，与作物需水变化不很协调，更甚者年际降水变率多超过 30%，旱害频繁类型齐全，旱期长受旱面积大，各地降水变化有很明显一致性，存在准 3 年和准 10 年旱涝变化周期，所以本区农业收成有很大的波动(施尚文，1988)。

这里光温生产潜力多高于 1000kg/亩，却受降水限制气候生产潜力降低一半或更多。宁南山区春小麦在 6 月 6—30 日期间因降水不足导致的产量降低率为 42%—49%，是为对水分亏缺最敏感的关键期，雨量却经常稀少。初夏旱发生频率仅次于春旱。秋旱频率虽较小，一旦发生就连续影响秋收与次年农业，即所谓秋旱连根烂。1987 年陕北成灾面积的 80% 为旱害，风雹成灾面积占 14%，因灾减产粮食 53.28 万 t，造成缺粮 11.84 万 t，缺粮人口 200 万。甘肃平凉地区 1949—1984 年间平均年产粮 37.9 万 t 摆动于 60.2—25.2 万 t 之间，1973 年还低于 1949 年 1.5 万 t，丰歉平年次数为 12 11 13，其实丰年亩产也只有 117kg。受灾多和灾情重，广大农民处境十分困难。

在环境封闭、科技落后的黄土高原，粮食生产剧烈波动促使居民采取两种对策。一是扩大耕地面积，以多种求有收，特别是灾年后开荒面积猛增；二是扩大种粮面积，压缩其他作物面积，农业结构极其失调失衡。

黄土丘陵地块破碎，沟谷深可 50—100m，沟间地的坡田如远离居民点超过 2km 时，管理必然粗放，每个劳动力要负担数十亩耕地生产，更无力照顾细微，最后农田失水失土失肥也失去粮食，只能弃耕另行开垦借助自然弹性恢复一些肥力的撂荒地。这种原始的游荡式农业，能在此地持续千年，端赖深厚的黄土，一旦真正失去它时便无农业立足之地。

2. 贫困落后的农村社会经济条件，限制了改变现状的内在推动力。黄土高原广大农民为解决温饱付出艰辛劳动，但至今仍有许多农户没有脱贫。宁南陇中农村尤为贫困，1985 年农村人均纯收入 187.3 元，为全国 1985 年平均值 47%，人均粮食也只有 223kg，为全国同年平均值 61%。而粮食产值一般占农业产值 1/2 以上。农民仅能勉强维持生计，吃穿烧的开支占去大部分收入，自身没有多余财力物力改变农田低投入状态。

我们对宁夏西海固黄土丘陵区所做农田投入产出分析表明，每亩总投能不及全国平均值 1/2，无机能仅占总投能 15%，还不到我国平均数量的 1/5，产投比为 0.5—0.75，远低于全国平均值 1.06，故效率很低。氮素投入与输出也是负平衡。当转而计算价值产投比时，发现利用天然残林和天然草场的效益最高，达 18.9 与 7.0(种粮产投比略高于 2.0)。这是无偿地滥伐滥牧掠取生物资源的反映，农民所付代价仅劳力而已。即使如此粮食与燃料的社会满足率分别为 68% 与 80%，供求矛盾仍很尖锐。

黄土高原农业长期是在经济贫困条件下，采用低投入方式掠夺资源破坏资源来维持再生产的，它受波动剧烈的气候控制而极不稳定。多种粮食、多开荒地的策略未能扭转被动形势，却以加快土地退化过程代价换取低水平产出。

黄土高原经济发展停滞的另一主要原因是农村人口激增而素质改善缓

慢，极大程度上加剧了人地矛盾。黄土高原人口 1953—1985 年间由 3280 万增至 7160 万，超过 22 倍，人口自然增长率达 35.8%。以宁夏西海固三县为例，在 1980 年以前 30 年内人口净增 66.4 万(即 183%)，耕地净增 377 万亩(即 75%)，平均每增加 1 人要新开荒 5.67 亩，人均耕地却由 18.18 亩减少到 10.10 亩，而将耕地扩大到最不稳定的沟谷陡坡。人均产粮 1949 年时为 300.5kg，1980 年降到 249kg。实际所产粮食后者为前者 240%粮食增长量赶不上人口增长速度，且年际波动大。1982 与 1987 两年大旱，人均产粮仅 88.3 与 117kg，1985 年为平年人均 214kg。

水土流失严重与农村经济呆滞现象，常和居民文盲率关系密切。我们选固原县做初步分析，用中小小学生占人口比例，文盲率(X_3)，人均化肥施用量(X_2 ，表示重视投入程度)，各乡与县城平均距离(X_1 ，表示县城文化中心的综合影响)等作逐步回归因子，以人均产粮(Y_1)与农业人均收入(Y_2)分别为因变量，逐步回归结果是：

$$Y_1=299.755+2.0253X_1+115.47X_2, Y_2=432.1-0.514X_3$$

经检验方程显著，说明文盲多收入低为负相关。而文化水平也与生育率呈明显负相关。宁南文盲率多超过 60%，育龄妇女生育竟达 6 胎以上，人口数量显然已超越土地承载力。自然和经济状况受此社会因素牵制处于衰退状态。

二、农村经济发展与水土保持

(一) 总体战略

综上所述，在黄土高原治理水土流失绝不仅是纯技术问题，需要把它与经济发展、社会改革有效地结合起来。1980 年以前投入众多资金与智力于典型小流域治理，在理论上技术上都取得系统的良好的成果。唯独与广大农村经济发展联系薄弱，以致长期难以推广治理经验。现在要求水土保持工作全面实现生态效益、经济效益和社会效益的主张，已被各界接受。但前文已指出，水土保持是千家万户的事，本身就需要社会经济力量支持，需要农民思想认识的改变。粮丰人富的农村才有条件不断地保持治理投入，治理自然和社会环境才能有效开发。治理开发之间互相制约，必须将二者有机地统一起来。

目前已有许多文章提出各样治理方式方法，总结出了丰富的治理经验，都各有特色和长处。尤其是 1981 年后总结推广农户承包小流域综合治理经验，掀起群众性治理高潮，并逐渐发展到联户、联村、专业队与专业公司多种组织形式治理的局面，实际上在治理中进行着劳动组合的变革和开发土地模式的更新。

我系和其他单位联合在陕北最穷困县分之一的佳县，从事比小流域治理更高层次的县级经济发展研究，提出以下六个方面构成的经济发展战略：(1)完善政策(包括土地承包制度政策，财政优惠政策，重点项目倾斜政策)，(2)强化基础(包括强化农业生产基础、创造良好经济发展环境，强化科技、教育等社会基础)，(3)建设基地(即选择好优势产品，建设较高商品率生产基地)，(4)控制人口(控制人口自然增长，提高人口素质)，(5)科技兴县(科技致富，办好教育)，(6)稳步发展(量力而行，分段实施，龙头带动)。据此建立佳县经济发展模式，其实质精神为：加强以食品性生产为核心的基础农业解决农

民温饱，完善以商品性生产为内容的基地农业解决致富脱贫，以完善为生产服务的基础设施做为支撑与保障条件，最终达到改造传统小农自给经济成为现代化商品农业经济的目的。这些意见乃是各地实践的概括，符合黄土高原实际。

(二) 治理与开发工作的关键

黄土高原自然环境脆弱多变，农村经济单薄乏力，社会旧俗积习顽固，进行综合治理和合理开发时百废待兴，但又不能不分轻重齐头并举，必须抓住影响全局带动各面的关键环节有新突破，做到一通百通。

1. 多蓄降水。除大型河谷外，黄土丘陵区和黄土区普遍干旱缺水。其甚者如宁南山区地表水和浅层地下水资源人均 45m^3 ，耕地亩均 84m^3 ；陇东地区河川径流量人均 455m^3 ，亩均 103m^3 。典型的黄土高原境内一般人均水资源量 $700—1000\text{m}^3$ ，亩均 $130—140\text{m}^3$ ，而且有效性差，只能在局部发展灌溉。1986年水浇地面积 956 万亩，占耕地总面积 7.2%，但平均粮食亩产 300kg 上下，为旱地 3—6 倍，属于高产稳产类型，如果挖掘水资源潜力，渭北旱，甘肃沿黄区等地均可扩大电力提灌面积。

对广大旱作农田而言，只能多存蓄雨水于土壤水库，达到调节供水稳定收获的要求。其措施的关键是改变地面坡度，利用黄土深厚，松散易施工的特点，修筑水平梯田、条田、推行丰产沟种植法，逐步在有条件的地方实现梯田化。据观察，连续降雨 $100—120\text{mm}$ 时，质量好的梯田可全部拦住径流。陕北晋西的水平梯田一般可减少径流 70%—93%，减少土壤冲刷 92%—97%，达到保证粮食等作物生产稳定、防治水土流失的要求。坝淤地拦蓄流失的水土和养分，生产条件优于水平梯田旱作，在陕北亩产 $200—300\text{kg}$ ，比旱梯田高出 $50—100\text{kg}$ 。淤地一亩需要 3000t 以上泥沙，被认为是快速减少输沙量最重要措施，同时抬高局地基准面，减缓了坡面侵蚀强度，治理效果迅速，增产十分显著，应有系统地保质保量修筑。然而这仍是紧急措施，若无坡面整治保护，很难避免暴雨洪水冲击而造成零存整取后果，使多年辛苦毁于一旦。

基本农田(或称三田，即梯田、坝地和水浇地)的规模达到一定水平(如农民人均 2 亩)，就可能保证农民获得必要的粮食(可达 400kg 以上)，同时力争高产，以丰补歉。粮食单产水平提高后粮食种植面积有条件逐步减少，而扩大经济作物、绿肥饲料作物(或草田轮作)用地面积，更能促成陡坡首先是 $>25^\circ$ 坡地退耕种草或植树。黄土高原的治理与开发的转折主要取决于此。不过黄土高原各地条件差别很大，不可能强求一律，特别是短期内不宜将粮食自给做为统一要求勉为其难，否则反而造成某些破坏。而三田建设却无一例外不可放松，并争取实现生产潜力。当前急需刹住边治理边破坏，甚至破坏大于治理的歪风，做好这种地区的基本农田工作，解决农民具体困难和思想认识问题。

2. 增加投入。改变黄土高原自然—经济—社会系统面貌，需要增加对农田的肥料、劳力、机械诸方面投入，增加对大农业的技术(智力)投入，增加对农村经济和水保工程的资金投入。显然这些要求不是个体农户分散的力量所能全部承担的，它们程度不等地需要依靠外来支援完成。结构残缺、功能衰退的黄土高原必须输入适量负熵流来重建新结构、新秩序，增强自身活力和发展动力。

黄土高原地区大部土地贫瘠，耕地土壤含有机质一般低于 1%，林地草

地土壤有机质平均高于农田 1—2 倍。多数耕地缺氮，有效磷含量极低，锌、锰、铁、铜、钼等土壤微量元素有效含量低于临界值，作物生长受抑产量不高。故施肥的增产作用非常显著。据统计资料推算，宁南山区每亩施用 1kg 化肥平均增产粮食 6 - 10kg，但施用量超过 10kg 时边际产量下降。据黄土高原地区综考队土壤组统计，本地区粮食总产的 45% (1000 万 t) 靠肥料取得，其中 1/3 归功于有机肥，肥料产投比平均 1.5—10。但有机肥的积攒受燃料短缺影响而数量一时上不去。佳县经济研究指出，虽然依靠化肥能解决目前地力不足，从长远培植黄土肥力、改善土壤结构与功能出发，从耕地粮食生产的投入产出分析角度考虑，本区不适合走化肥农业道路。应以发展绿肥、农家肥为基础，同时确保必要的化肥施用量。我们认为，在气候波动条件下，土壤有机质含量的提高显著地增强土壤保土持水功能，实为良好的稳定因素。草田轮作可成为维持农田肥力平衡重要措施之一。

提高农业生产效益必须依靠现代科技。改良作物品种，引进农业新技术，加强农田管理，完善水保水利工程，乃至研制农副产品加工工艺和装备等，都是重要智力投入方式，都需要掌握科学技术的人去执行。我们认为，除急需对农民开展专项技术培训外，值得特别注意的是如何挖掘本地区科技人员潜力，充分调动他们的积极性。为此应建立他们与农户、农村、乡镇的合作关系，形式与内容多样化因地制宜，共同合理分享成果。

所有上述工作都需要资金支撑，但仅重点地区重点项目有较多国家资助，大部地区主要靠自己集资。适当集中各口对农业投资，可以发挥更大作用。晋西三川河流域治理创造的改革投资办法卓有成效，发人深思。其核心可理解为变新建基本农田为商品和引入竞争机制，即根据完成任务实绩调整资金拨放量，成立土地开发公司统一筹措资金并集中力量建设基本农田，再以出租或拍卖方式回收资金，用于新建设。治理资金集中用于晋陕黄河两侧输沙量最大的一级支流流域整治很有必要，应坚持下去，提高治理水平。但对已建成并使用多年的水利水保工程还要认真检修维护，给以充足的经费保证。

3. 调整结构。结构是系统各组分间相互联系的网络特征，与系统功能优劣关系密切。农林牧用地结构失调成为黄土高原系统衰退祸根。陇中宁南黄土丘陵区人均农林牧用地为 6.8 亩、1.56 亩与 3.15 亩，陕北晋西黄土丘陵区则为 7.86 亩、5.0 亩与 5.1 亩(但草被盖度很低)， $> 15^\circ$ 坡耕地占耕地 4 成以上，广种薄收的局面急需改变。在抓好三田建设和缓坡耕地管理基础上，陡坡退耕种草种树的任务相当艰巨。人工林地和人工草地每年每亩可拦蓄泥沙分别为 2—3t 与 0.5—0.8t，生态效益明显。问题一是成活率和保存率较低，二是经济效益一般不高。

在年降水量 400mm 以下地区的坡面上，各种林地耗水量超过土壤蓄存有效含水量，最多长成小老树，乔木只能在集流地形正常生长，适地适树原则特别重要。我们在西吉调查恰逢 1987 年大旱，发现 1982 年营造的丘陵坡地杨树林有 20—40% 植株枯死，而三年生柠条和沙柳等灌木长势良好，估计亩产薪柴 250kg 以上，效益高于乔木林。所以树种组成应考虑本地气候剧烈波动的特点，不能仅凭多年平均值安排，并应种类多样化增强总体的抗逆能力。

人工草地一般更不稳定，原因之一是农民没有从中增加收益，除早期出卖草籽和种草木樨用作柴草以外，草业和养畜发展不快，有时草地放在离村较远坡地而难以管理、保护和利用。但人工牧草适生环境要比乔木广阔多样，

并且生长快保护地面效果好，种植较简便投资低。本区人工种植苜蓿在良好条件下最高亩量可超过 1000kg，天然牧草生产力也可能达到 400—1000kg(张如一等，1988)。如能加强管理，草地提供的饲料、肥料和燃料将会大力促进牧业发展、保障种植业产量稳定，间接减少水土流失，本身也完全可以形成商品。

经济作物和经济林木的发展，尤其是建立其商品生产基地，对农村经济建设意义重大、收效迅速。各地都有优质农副产品生产的基础。佳县发展规划要求先抓好优势产品，分阶段进行，确立稳定基地规模和辅助基地规模，共同形成规模经营，防止面面俱到，更要与乡镇企业建设同步，形成一条龙配套体系。具体建成哪种产品生产基地，必须遵循因地制宜和市场导向原则，防止一哄而起一哄而散造成巨大浪费。当归等药材生产和肉兔等养殖业生产，都曾经受市场滞销干扰，给农民和地方带来严重损失，应引以为戒。加强市场信息分析、建立并完善农村政策和保险措施至关重要。

但仅仅依靠农副产品商品化，还不足以根本改变农村面貌。洛川县粮油人均产量高且有一定商品出售，烤烟和苹果成为农民经济收入也是县财政收入主要来源。却未摆脱种植业比重大(占农业总产值 80%)、工农业总收入不高和农民人均纯收入较低(269 元)的落后形势。乡镇企业的崛起才是农村经济发展的转折点。据黄土高原综合考察队统计，1985 年全黄土高原地区乡镇企业从业人员 527 万人，占农村劳动力 20.3%；总收入 181.9 亿元，农业人口从此人均获得 282.7 元，而从畜牧业中仅得到 42.8 元。乡镇工业总收入已发展到占总数的 73.2%，成为乡镇企业的核心。不过乡镇企业主要分布在东部南部大型河谷盆地，典型黄土高原区远较落后，尚处于发展初级阶段。因此把更多的农村劳动力转移到非农产业上来，减轻人口对土地压力，使农副产品价值增值、全面开发资源，形成商品优势等任务要求十分迫切。

乡镇企业发展的龙头，就大部黄土丘陵区而言应是农副、土特产品加工业，有矿产资源地方更可配合国营厂矿开采和进行系列加工。其他如建筑业，交通运输业、商店饮食等服务业都有良好的发展前途。必须充分利用大中城市和大工业的辐射能力，加强重点集镇建设，多方筹措资金，特别是力争品种丰富、适合需求、严格保证产品质量，才能使乡镇企业生产水平抬升到新的高度。

农村能源结构需要加快调整步伐。应从增加能源来源和提高利用效率着手，如开发太阳能、风能、矿物能，种植薪炭林和草木樨等，推广节能灶都是可行措施，已有许多成功经验。今后可减少国家补贴和加强管理维修，有条件地方可由附近能源生产基地给予支援。

结构多样化一定程度上强化了农村生产体系的总体稳定性。固原上黄村遭受 1987 年大旱，粮食减产 75%，种草产量受影响较小使畜牧饲养量仅减少 5%，增强了抗灾应变能力(辛业全等，1990)。皋兰县 1980 年人均纯收入仅 94 元，1985 年已有农村劳力的 24.5%从事乡镇企业，人均纯收入达 338 元，1987 年粮食减产，非农产值却增加 62.7%，农村社会总产值为 1985 年的 158.8%。

4. 少生优育。控制人口增长过快趋势是一项艰巨任务，在黄土高原尤其困难，却又急不可待。据我们在宁南所做土地生态规划，即使各项治理开发要求都能完成，所增加的人口容量将在 3—10 年内被新增人口填满或超过。近年来本区人口增长势头有所缓和，目前除继续强化执行落实人口政策，防

止乱开缺口外,更根本的措施是尽快提高居民文化素养,大力普及基础教育、政策教育和技术教育。提高广大农民优生优育自觉性和社会经济生产水平。

总之,建成现代化农业发展农村经济,是黄土高原人民殷切希望,但扭转环境恶化趋势、改变农村贫困面貌决非易事,为此应坚定信心,完善各种农村政策,改变农民传统生产习惯,加强治理和开发事业管理与地区间协作、部门间协作,调动各个方面积极性,有秩序地稳步开展治理和开发工作,在保证质量前提下争取加快速度,在21世纪初实现较全面的发展和转变。

参考文献

1. 史培军等(1988):鄂尔多斯高原晚更新世晚期全新世中期降水量的复原,北京师范大学学报(自然科学版),增刊第1期。
2. 李容全等(1990):黄河演变与水土流失区域扩散模式的关系,北京师范大学学报(自然科学版),第1期。
3. 李容全等(1990):黄土高原重力侵蚀与潜蚀的遥感分析,黄土高原遥感专题研究论文集,北京大学出版社
4. 张如一、李平(1988):黄土高原西部的气候条件与天然草场,黄土高原地区综合治理开发研究(宁甘青部分),科学出版社
5. 邬光、冯嘉苹(1990):从黄土高原地区的兴衰看人口问题与自然、环境、经济之间的关系,区域、环境、自然灾害地理研究,科学出版社
6. 辛业全等(1990):宁南山区旱地农业增产技术的研究,水土保持学报,第2期
7. 佳县经济发展系统研究项目组(1990):陕西省佳县经济发展研究,海洋出版社
8. 武吉华等(1988):宁夏生态环境问题与改善途径,北京师范大学学报(自然科学版),增刊第1期
9. 武吉华,姜鸿(1990):土地生态规划的理论与方法,自然地理学与中国区域开发,湖北教育出版社
10. 武吉华等(1990):黄土高原地区综合治理开发分区研究,中国经济出版社
11. 赵存兴等(1990):黄土高原地区土地资源,中国科学技术出版社
12. 姚文艺、郑合英(1987):人类活动对无定河流域产沙影响的分析,中国水土保持
13. 施尚文等(1988):黄土高原的降水变率与旱涝变化,北京师范大学学报(自然科学版),增刊第1期
14. 施尚文、刘家强(1988):宁甘青黄土高原地区的旱害,黄土高原地区综合治理开发研究(宁甘青部分),科学出版社
15. 徐振溥等(1990):黄土高原沟谷稳定性的遥感分析,黄土高原遥感专题研究论文集,北京大学出版社
16. 景可、陈永宗(1983):黄土高原侵蚀环境与侵蚀速率的初步研究,地理研究,第2期
17. 杨运恒、赵济(1989):三川河流域滑坡的发育与分布规律,水土保持学报,第4期

黄土高原工业结构和布局调整研究

程连生

黄土高原是全国重要的能源重化基地，又是全国最贫困的地区之一。工业发展的基本战略，应该是能源重化基地建设与兴地富民相结合，实现资源的有效配置，形成以优势部门为主体的有序有机的开放产业系统，提高工业的总体水平，形成一个协调运转的经济机制。核心问题是优化产业结构和布局，提高产业部门的经济活力。

一、产业部门选择原则

截至 1985 年，黄土高原的工业产值只有 586 亿元，其中能源占 17.9%，冶金、化工、建材分别占 10.7%、11.6%和 4.6%，机械和轻工分别占 27.6%和 25.6%，其它工业占 2.0%。从总体上看，本区工业结构具有如下特点：一是比较发达的重工业与比较落后的轻工业并存，产业间的关联度低；二是在重工业中以原材料工业为主体，制造业相对薄弱，工业内部结构的层次低；三是支柱产业单一，产品加工链短，主要是煤炭和少数有色金属产品，从而使原材料工业与区内加工工业之间出现了较大的产业断层。

这种建立在区内独特的资源优势 and 国内巨大需求基础上的资源型重型结构，从地域分工要求和比较优势的观点看，具有一定的合理性，在等价交换的前提下，也可以取得合理的效益。但是，在现行产品经济与商品经济并存、计划经济与市场经济并存的条件下，加之价格严重扭曲，能源、原材料工业与加工工业产品比价极不合理，造成产品交换中货币资本的双重流失，使地区工业经济陷入低效益恶性循环的困境。摆脱困境的出路，是调整和重组产业结构，使生产要素优化组合到总体效益最好的部门，提高产业部门的关联度，使区域经济持续协调发展。从产业关联的角度看，黄土高原产业结构的变动和主导部门的选择需要坚持如下原则：

1. 高中间需求与低中间投入相结合

产业选择的首要前提，是在资源供给和保证地域分工要求的基础上，既能满足地区需求，又能实现高效益。由于中间需求关联度(q)和中间投入关联度(T)在产业内部关联中居核心地位，与经济效益和需求具有密切关系，产业结构变动和主导部门选择，首先要处理好它们之间的关系。

中间需求关联度(q)可定义为中间产品与总产品的比值，即 $q = \sum_{j=1}^n (X_{ij} / X_i)_{(1)}$

，它反映该产业部门有多少产品作为原材料为其它部门所利用，q 值愈大，产业愈具有原材料性质。黑色冶金、化纤和化工的 q 值较高，分别为 0.838，0.684 和 0.683，缝纫和食品的 q 值较低，分别为 0.160 和 0.185；中间投

入关联度(T)可定义为中间投入价值与总产值之比，即 $T = \sum_{i=1}^n (X_{ij} / X_j)$ ，

表示原材料转移价值在总产值中所占比重，T 值愈大，净产值率愈高，各产业 T 值相差较大，T 值最高的是机械(0.806)和塑料(0.759)，最低的是食品(0.153)和采矿(0.178)(见表 1)。

表1 黄土高原地区产业的中间需求关联度与中间投入关联度

| 部 门 | q | W _s | T | W _T | 部 门 | q | W _s | T | W _T |
|-------|-------|----------------|-------|----------------|-------|-------|----------------|-------|----------------|
| 煤 炭 | 0.436 | 0.862 | 0.308 | 0.609 | 化 工 | 0.683 | 1.350 | 0.612 | 1.209 |
| 采 矿 | 0.534 | 1.053 | 0.178 | 0.352 | 医 药 | 0.232 | 0.458 | 0.586 | 1.158 |
| 电 力 | 0.475 | 0.939 | 0.234 | 0.462 | 化 纤 | 0.684 | 1.352 | 0.279 | 0.542 |
| 石 油 | 0.594 | 1.174 | 0.584 | 1.154 | 橡 胶 | 0.536 | 1.059 | 0.596 | 1.178 |
| 木材家具 | 0.369 | 0.729 | 0.545 | 1.077 | 塑 料 | 0.806 | 1.593 | 0.759 | 1.50 |
| 食 品 | 0.185 | 0.366 | 0.153 | 0.302 | 黑色冶金 | 0.838 | 1.656 | 0.569 | 1.125 |
| 纺 织 | 0.654 | 1.292 | 0.558 | 1.103 | 有色冶金 | 0.571 | 1.128 | 0.537 | 1.061 |
| 缝 纫 | 0.160 | 0.316 | 0.405 | 0.800 | 金属制品 | 0.624 | 1.323 | 0.601 | 1.188 |
| 皮毛皮革 | 0.311 | 0.654 | 0.516 | 1.020 | 机 械 | 0.272 | 0.538 | 0.806 | 1.593 |
| 造 纸 | 0.562 | 1.111 | 0.370 | 0.331 | 运输设备 | 0.521 | 1.036 | 0.591 | 1.168 |
| 文化用品 | 0.224 | 0.442 | 0.476 | 0.941 | 电子、电器 | 0.458 | 0.905 | 0.537 | 1.061 |
| 建 材 | 0.470 | 0.929 | 0.510 | 1.008 | 仪器、仪表 | 0.336 | 0.664 | 0.332 | 0.636 |
| 炼焦、煤气 | 0.451 | 0.891 | 0.475 | 0.939 | | | | | |

中间投入关联度(T)和中间需求关联度(q)是相对于总产值和总产品而言的，还不能回答各产业在整个生产系统中的需求关联和投入关联的地位，还不能作为产业部门选择的最终依据。为此，我们需要在此基础上引入一个关联商的概念。中间需求关联商 W_s 和中间投入关联商 W_T 可分别用以公式表示：

$$W_s = (\sum_{j=1}^n X_{ij} / X_i) / (\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} / \sum_{i=1}^n X_i)$$

$$W_T = (\sum_{i=1}^n X_{ij} / X_j) / (\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n X_{ij} / \sum_{j=1}^n X_j)$$

前者可定义为某产业中间需求关联度与总中间需求关联度之比，后者可定义为某产业中间投入关联度与总中间投入关联度之比值。利用上述公式计算的黄土高原各产业部门的 W_s 和 W_T 分别在表1的第2栏、第4栏给出。W_s 最高的是黑色冶金(1.656)和塑料(1.593)，最低的是缝纫(0.316)和食品(0.366)、W_T 最高的是机械(1.593)和塑料(1.50)，最低的为食品(0.302)和造纸(0.331)。如果用两条互相垂相交于1的数轴分别代表 W_s 和 W_T，然后将各产业相应的 W_s 值和 W_T 值标在适当位置，便可将黄土高工业部门划分为4个可供选择的产业关联类型(见图1)：

(1)中间需求基本关联型。特点是 W_s > 1, W_T < 1。属于此类型的产业有采矿、造纸、化纤，如果按区内需求计算，还应包括煤炭和电力。

(2)中间需求—投入关联型。其特点是 W_s > 1, W_T > 1。属于此类型的产业部门有化工，橡胶、塑料、黑色冶金和有色冶金、金属制品、运输机械、石油化工等部门。

(3)中间投入关联型。特点是 W_s < 1, W_T > 1。属于此类的产业部门有机械、电子、医药、建材、木材家具和皮毛皮革。

(4)最终需求基本关联型。特点是 W_s < 1, W_T < 1。属于此类型的产业有食品、文化用品、仪器仪表、炼焦煤气。

从以上计算可知，按高中间需求和低中间投入相结合的原则，可供选择

的产业部门有煤炭、电力、采矿、化纤和造纸等。

2. 感应波及与影响波及相结合

黄土高原工业结构变动和主要部门选择的第二个出发点，是产业部门有较大的波及效应，能有效地带动和促进区内其它产业部门的发展。我们知道，任一产业的生产活动，必然通过产业之间波及效果影响和受影响于其它产业的生产活动。如果把一个产业影响其它产业的程度叫影响力，把受其它产业影响的程度叫感应度，用来分析黄土高原产业结构变动和选择主导产业部门是有裨益的。若将黄土高原投入产出模型逆矩阵 $(I-A)^{-1}$ 的元素规定为 C_{ij} ，并分别以 g 和 y 代表产业的感应度和影响力系数，则

$$g_i = [(\sum_{j=1}^n C_{ij}) / n] / [\sum_{i=1}^n [(\sum_{j=1}^n C_{ij}) / n] / n],$$

$$y_i = [(\sum_{j=1}^n C_{ij}) / n] / [\sum_{j=1}^n [(\sum_{i=1}^n C_{ij}) / n] / n],$$

即感应度系数等于产业在逆矩阵 $(I-A)^{-1}$ 中行系数的平均值与全部行业行系数平均值的平均值之比， g_i 愈大，感应度愈大，主要以“推力”促进其它部的发展；影响力系数等于该产业纵列系数平均值与全部产业纵列系数平均值的平均值之比， y 愈大，影响力愈大，愈能以“拉力”带动其它部门发展。表2是用上述公式计算的黄土高原地区各工业部门的 g_i 和 y_i 。其基本特点是：能源、原材料等基础工业的 $g_i > y_i$ ，比如化工、煤炭、电力的 g_i 比 y_i 分别高1.34、1.23和1.10；大部分加工工业的 $y_i > g_i$ ，例如，机械、塑料、化纤的 y_i 比 g_i 分别高0.19、0.58和0.41。这充分说明，原材料工业与加工工业在波及效应中扮演着不同角色。前者主要以“推力”促进其它工业发展，后者则主要以“拉力”带动其它工业发展。如果以 g_i 和 y_i 分别代

表2 黄土高原工业部门的感应度系数和影响力系数

| 生产部门 | g | y | 生产部门 | g | y |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 煤炭 | 2.027 | 0.795 | 化工 | 2.411 | 1.068 |
| 采矿 | 0.918 | 0.836 | 医药 | 0.671 | 1.164 |
| 采掘 | 0.836 | 0.836 | 化纤 | 0.795 | 1.205 |
| 食品 | 0.781 | 0.630 | 橡胶 | 0.699 | 1.082 |
| 纺织 | 1.521 | 0.959 | 塑料 | 0.726 | 1.301 |
| 缝纫 | 0.575 | 1.000 | 建材 | 0.863 | 0.918 |
| 皮毛皮革 | 0.603 | 0.740 | 黑色冶金 | 1.808 | 1.096 |
| 木材家具 | 0.616 | 1.055 | 有色冶金 | 1.274 | 1.274 |
| 造纸 | 0.877 | 0.860 | 金属制品 | 0.753 | 1.014 |
| 文化用品 | 0.576 | 0.960 | 机械 | 1.205 | 1.397 |
| 电力 | 1.808 | 0.712 | 运输设备 | 0.767 | 1.068 |
| 石油 | 0.945 | 1.041 | 电子、电器 | 0.932 | 1.055 |
| 炼焦、煤气 | 0.575 | 0.904 | 仪器、仪表 | 0.575 | 0.849 |

表纵横轴，以 >1 和 <1 为单元，组成一个 2×2 阶矩阵，便可将黄土高原各产业划分为4个可供选择的波及类型：

(1)迟钝波及型()。特点是 $g_i < 1, y_i < 1$ 。属于此类的产业有食品、造纸、煤气、文化用品、仪器仪表和采矿等部门。

(2)感应波及型()。特点是 $g_i > 1, y_i < 1$ 。属于此类型的产业有煤炭、电力、纺织等部门。

(3)影响波及型()。特点是 $g_i < 1, y_i > 1$ 。属于此类的产业有缝纫、石油加工、医药、橡胶、塑料、金属制品、电子、木材家具、运输设备等部门。

(4)敏感波及型()。特点是 $g_i > 1, y_i > 1$ 。属于此类的有基本化工、黑色冶金、有色冶金和机械等部门。

按照感应波及与影响波及相结合的原则，类型 中各产业是可供选择的适合于黄土高原的工业部门，由于它的 g_i 和 y_i 都很大，促进工业发展的“推力”和带动其它产业发展的“拉力”都很大，它们上升和下降对黄土高原经济都产生极为敏感的影响。

3. 广就业和少投资相结合

黄土高原地区经济落后，建设资金短缺，但人口稠密，劳动力资源相对丰富，产业结构的变动和主导部门的选择需要坚持多就业和少投资相结合的原则。利用里昂捷夫逆矩阵 $(I-A)^{-1}$ ，不仅可以求出 g_i 和 y_i ，还可求出随各部门生产增长而产生的就业和资本需求的波及效应。如果以 E_i 和 S_i 分别代表综合就业系数(直接和间接劳动需求量)和综合资本系数(直接和间接资本需求量)， P 、 L 、 V 分别代表各产业部门的工业总产值、劳动就业数和资本占用量， C_{ij} 仍代表逆矩阵 $(I-A)^{-1}$ 的元素，则

$$E_i = (L_i / P_i) \sum_{j=1}^n C_{ij}, S_i = (V_i / P_i) \sum_{j=1}^n C_{ij}$$

前者代表单位产值的生产在本产业和其它产业直接和间接的就业人数；后者代表单位产值的生产在本行业和其它行业直接和间接的资本需求量。表 3 是利用以上公式计算的 E_i 和 S_i 。从表中可看出各产业 E_i 和 S_i 相差甚大。 E_i 最大的为煤炭(409)和化工(456)，最低的为医药(57)和电

表 3. 黄土高原地区综合就业系数和综合资本系数

| 部 门 | 直接就 业系数 | 综合就 业系数 | 直接资 本系数 | 综合资 本系数 | 部 门 | 直接就 业系数 | 综合就 业系数 | 直接资 本系数 | 综合资 本系数 |
|------|------------|------------|------------|------------|------|------------|------------|------------|------------|
| 煤 炭 | 141 | 409 | 102 | 295 | 化 纤 | 60 | 102 | 140 | 238 |
| 食 品 | 60 | 92 | 60 | 92 | 橡 胶 | 67 | 87 | 78 | 101 |
| 纺 织 | 95 | 285 | 90 | 270 | 塑 料 | 106 | 151 | 110 | 157 |
| 缝 纫 | 104 | 119 | 54 | 62 | 建 材 | 145 | 247 | 116 | 197 |
| 木材家具 | 153 | 197 | 129 | 116 | 黑色金属 | 64 | 154 | 133 | 332 |
| 造 纸 | 120 | 199 | 105 | 174 | 有色金属 | 47 | 118 | 98 | 247 |
| 电 力 | 24 | 60 | 196 | 490 | 金属制品 | 112 | 167 | 93 | 139 |
| 文化用品 | 116 | 135 | 127 | 159 | 机 械 | 159 | 379 | 108 | 257 |
| 石油加工 | 44 | 82 | 54 | 101 | 运输设备 | 245 | 373 | 128 | 195 |
| 炼焦煤气 | 117 | 134 | 245 | 280 | 电 子 | 123 | 224 | 36 | 102 |
| 化 工 | 163 | 456 | 89 | 249 | 仪 表 | 143 | 158 | 86 | 95 |
| 医 药 | 43 | 57 | 70 | 93 | | | | | |

就业系数的单位是人/百万元；资本系数的单位是万元/百万元。

力(60)； S_i 最大的为电力(490)和黑色金属(332)，最小的为缝纫(62)和食品(92)。根据综合就业区位商数 I_A 和综合资本区位商数 I_B ，可将黄土高原工业划分为 4 个可供选择的类型：

(1)劳动-资本需求型。特点是 $I_A > 1, I_B > 1$ 。属于此类型的产业有煤炭、化工、建材、纺织、机械和运输设备等部门。

(2)劳动需求型。特点是 $I_A > 1, I_B < 1$ 。主要有电子、机械、造纸和木材家具等部门。

(3)资本需求型。特点是 $I_A < 1, I_B > 1$ 。属于此类的有冶金、电力、化纤、炼焦和煤气等部门。

(4)最终需求型。特点是 $I_A < 1, I_B < 1$ 。属于此类的产业有食品、缝纫、医药、橡胶、塑料、文化用品、仪器仪表、石油加工等部门。

由以上计算可知，按多就业和少投资的原则，可供选择的产业是第二类型的电子、机械、木材家具、造纸等部门。

二、工业部门权重的确定

我们将以上原则选择到的适合于黄土高原发展的工业可以分析概括为煤炭、电力、冶金、化工、建材、机械、轻工等 7 个主要部门。但要优化工业结构。仅确定其部门组成还不够，还必须在此基础上确定它们的权重，即确定它们的比例关系。这个问题的解决，是借助于层次分析法完成的。

1. 确定产业部门权重的方法

具体操作可分以下两个步骤：

(1)建立目标层。根据实现黄土高原发展战略目标所涉及的因素以及它们之间的内在联系，可将工业发展问题概括为 4 个目标层次(见图 2)：第一层为黄土高原工业发展的总目标层，代表黄土高原能源重化工基地建设；第二层为分目标层，代表黄土高原能源重化工基地建设的三个具体目标，即：黄土高原工业发展的最终目的是促进区域经济繁荣，社会安定和环境改善，也就是追求社会效益、经济效益、生态效益三者的统一；第三层为分目标的子

目标层。其中经济繁荣包括两项具体目标，即既要服从全局利益，满足国家对黄土高原煤、电、等能源、原材料产品的要求，又要兴地富民，提高工业生产经济效益；社会安定包括增加就业机会和脱贫致富两项内容，它们互为因果，同是国计民生的重大问题。环境改良的目标是减少三废污染和改善生态环境并重。第四层为方案层，即在满足上述各层目标的情况下，获得黄土高原煤炭、电力、黑色冶金、有色冶金、化工、建材、机械、轻工等部门的综合权重。

(2)求综合权重。根据调查研究和专家打分，求得判别矩阵 $C_{3 \times 3}$ 中经济繁荣、社会安定、环境改善的权重分别为 0.4054、0.3915 和 0.2031，在判别矩阵 C_1 中，满足国家要求和经济效益的权重分别为 0.243、和 0.163；在判别矩阵 C_2 中，就业机会和脱贫致富的权重分别为 0.1956 和 0.1956；在判别矩阵 C_3 中，减少工业污染和生态环境改善权重分别为 0.0812 和 0.122。在

此基础上分别求出方案层的 7 个判别矩阵的单权重，各单权重与上一层对应因素权重相乘，便得到同一目标层的复合权重，各复合权重对应元素相加，就得出各工业部门的综合权重。

2. 工业部门结构及其特点

到 2000 年，黄土高原地区工业总产值预计可达到 1697.41 亿元。按层次分析法计算的优化的工业结构(权重)格局是：煤炭为 14.58%，电力为 12.91%，冶金为 17.76%，化工为 12.26%，建材为 1.91%，机械为 20.93%，轻工为 19.67%。调整后的工业结构特点是：

(1)突出了能源重化工地位。能源工业与高耗能工业比重达到 59.4% 以上，其中煤炭、电力工业的比重达到 27.5%，分别比调整前提高了 12.6% 和 9.8%。说明黄土高原的工业发展战略，重点放在了以煤、电为中心的能源重化工方面，并注意了能源工业与高耗能工业的配套问题。

(2)电力工业比重大幅度提高。煤炭和电力的比重分别达到 14.6% 和 12.9%，分别比调整前提高了 4.6% 和 7.9%。电力工业增长快于煤炭工业。重视了煤炭就地转化问题。

(3)冶金工业比重显著提高。比调整前提高 7.1%。应以钢铁工业为基础，积极发展具有显著资源优势的有色金属工业，稀有、贵金属工业，重点应放铝工业的系列产品上，并加快铜、镁、铅、锌、黄金和稀土工业生产，使有色金属工业成为黄土高原煤、电以外的第三个支柱产业。

(4)化学工业仍有相当比重。化学工业虽然耗水多，污染重，与严重缺水、生态环境十分脆弱的黄土高原的环境不甚协调。但它既是能源重化工基地的重点部门，又是重要的创利型产业，在产业结构中仍保持了 12.26% 的比重，比调整前提高 0.75%。发展重点应煤化、石化、盐化并举，以煤化为主。主要发展焦炭、电石、甲醇等传统煤化产品。

(5)机械、轻工比重相对下降，但绝对值仍有很大提高。机械工业由 27.6 调整到 20.9%，但产值新增 204 亿元；轻工业由 25.6% 调整到 19.7%，但产值新增 186 亿元。这些产业都是为能源重化工基地提供服务的，是重要创利部门，并且具有较高的波及效应，它们的升降，对黄土高原地区经济有极为敏感的影响。因此在工业结构中必须保留相当比重。在工业发达的汾渭谷地，它们应是主导部门之一。

三、产业建设时序与空间分布

到 2000 年，黄土高原能源产值将达到 442 亿元，冶金、化工、建材分别达到 297 亿、178 亿和 40 亿元，机械、轻工将分别达到 366 亿元和 336 亿元。合理的产业建设时序和空间布局也是保证经济效益的重要措施。

1. 产业部门的建设时序

工业建设的时序之所以作为一个问题提出，是因为我们所面临的时间是有限的，并且每一项工程在不同时间环境会有不同的效果。某项工程的实施，总是以牺牲其它项目为代价的。所以工业建设必须节省时间，或者在完成既定任务时提高速度，缩短时间，或者在既定时间在完成更多的任务。

(1)确定时序权重原则。时序权重侧重回答产业部门建设先后与缓急问题。时序权重确定须遵循如下原则：

工艺先后协调原则。工业部在生产过程通过产前、产后的商品交换紧

密联系在一起，并且具有一定的次序和方向，时序安排应优先安排为各部门提供原料、燃料的那些部门，以保证生产工艺的顺利进行。

工期长短协调原则。各部门建设工期长短悬殊，长的可达十年之久，短的只需一年左右。长工期项目应提前施工。

投资回收快慢协调原则。资金是制约工业建设的重要因素，而且资金来源主要靠工业自身积累。各部门投资回收期差别甚大，一般说轻工业投资回收期快于重工业。投资回收期快的工业应优先发展，以便通过它们积累的资金推动其它工业发展。

(2)确定时序的步骤。首先将黄土高原工业发展时间目标划分为三个层次：第一层为时间总目标，表示 1500~1800 亿元的工业产值必须在 2000 年实现；第二层为约束因素层，表示实现时间目标必须考虑长工期部门优先、粗加工工业优先、投资回收快的轻纺工业优先等三个因素。第三层为煤炭、电力、冶金、化工、建材、机械、轻工等 7 个部门的权重方案。其次利用判别矩阵 C 和 C_1 、 C_2 、 C_3 分别求出各部门的单权重和相应复合权重，最后求出的各部门的综合时序权重分别为：煤炭 0.1846，电力 0.1580，冶金 0.1377，化工 0.1402，建材 0.1527，机械 0.0746，轻工 0.1520。

(3)工业建设的时序安排。

从长远看，黄土高原工业工业建设可分三个阶段：一是从 1985~2000 年，为重工业化阶段，主要强化煤炭、电力、冶金、化工为主的能源重化工基地建设；二是从 2000~2050 年，为“重工业化”向“高加工化”发展时期；三是从 2050 年以后，黄土高原工业结构将表现出“技术集约化”趋势。根据以上计算的时序权重，黄土高原工业近期建设可分为以下几个时序类型：

第一类为能源工业。它基建任务重，工期长，既是服务于全国的专门化部门，又是黄土高原地区其它工业发展的动力来源，须优先安排 2000 年以后的能源供应项目。预计本世纪末，煤炭和电力产值分别达到 160 亿元和 140 亿元。

第二类为冶金和化学工业。它们既是原材料工业，本身又需大量原料、燃料和价值高昂的设备，只有在原材料保证和有一定经济实力前提下方能施工。

第三类为轻工业。它的工期短，资金回收快，利率高，是黄土高原建设资金不可忽视的来源。应在煤炭、电力、建材等工业陆续开工、建设资金略有缓解时，集中一部分资金搞短、平、快、建设项目，发展食品、纺织、缝纫、皮革等工业，积累资金，一方面支持在建中的煤电工业，另一方面为化学工业和机械工业筹集资金。预计 2000 年，食品工业产值达到 100 亿元，纺织工业达到 150 亿元。

第四类为机械工业。它属加工业，一方面要以能源和原材料工业为保证，另一方面又要大量的资金的技术，但工期短，可在煤炭工业建设开工后，在资金有保证的条件下安排建设。

2. 工业空间分布的调整

目前黄土高原已有的工业主要集中在沿黄土高原四周的几条铁路干线上，形成环状工业带。在环带内部，土地资源和能矿资源相当丰富，却很少有现代工业分布。这种典型的二元空间结构，造成劳动、技术、设备、资源等生产要素在地域上和数量上的不协调，一方面导致环带上用地、用水和环境压力，另一方面不能使全区的资源优势迅速转化为现实的经济优势。要发挥

黄土高原资源潜力，形成地区总体经济优势，必须逐步调整产业分布。

(1)工业布局框架。工业布局调整的原则是采取点轴延伸与工业综合体建设相结合，大分散与小集中相结合，主体工程与成组布局相结合。使产业由密集环带逐步向土地、水源、矿产、交通组合好的方向转移。为此，首先是原有轴线的加强、提高与延伸。在陇海—兰青轴上，重点强化三门峡、渭南、宝鸡、天水、海石湾和西宁外围的桥头；在包兰、包大轴上重点强化白银、青铜峡、银川、石嘴山、乌海、临河、达拉特、托克托；在同蒲—太焦轴上重点强化朔州、原平、霍县、洪洞、临汾、运城、永济、长治、晋城等。从二、三级开发点各自向吸引范围延伸，带动周围农业、乡镇工业发展。其次是新轴线的开发。为打破极化的环带分布特点，使工业逐步向黄土高原腹地土地、水源、矿产组合好的地方转移，拟建设两条南北纵轴线，一条在黄河以东，经托克托南下，经准格尔、河保偏兴、地区、离柳地区、河津地区到三门峡；另一条在黄河以西，从狼山地区经临河、东胜，南下进入神府榆地区、延安子长地区、黄陵地区，到渭南市。两条轴与已有轴线交织，形成未来工业布局框架。

(2)主导部门建设布局。煤炭重点建设雁同基地、晋中河东基地、晋东南基地、渭北基地、陕北蒙西基地、豫西等六大基地；电力一方面要加快黄河水电建设，除已建成的刘家峡、盐锅峡、八盘峡、青铜峡和在建中的龙羊峡外，在龙青段还可建拉西、瓦、李家峡、公伯峡、积石峡、寺沟峡、小峡、大峡、乌全峡、黑山峡等水电站，在北干流可建成万家寨、龙口和龙门梯级。火电主要建设贺兰山、渭北、晋北、晋南、晋中、豫西、蒙西、兰银等八大火电基地；铝工业布局的框架是重点建设河津、晋西北两大综合性铝工业基地；扩建和新建包头、青铜峡、连城、兰州、白银、青海、达旗、渭南、长治等电解铝厂；新建宁夏、陕西、青海铝材加工厂，三门峡、平陆氧化铝厂；重点扩建、新建孝义、兴保、滹陕、新安、巩县铝土基地。煤化工的焦化工业重点建设洪洞、介休、临汾、离柳、运城、太原、韩城、咸阳、澠池、大武等靠近焦煤区的焦化基地；电石重点建设乌海、渭南两大基地；甲醇主要有义马、原平，以及渭南、华亭、神府、长治等生产点。

参考文献

1. 武吉华等人：《黄土高原地区综合治理开发分区研究》，科学出版社，1991。
2. 刘再兴等：黄土高原地区工业发展与城市工矿区合理布局。科学出版社，1991。
3. 程连生：黄土高原产业关联分析，北京师大学报。
4. 内蒙古统计局：内蒙古自治区投入产出模型，1991，1985年。
5. 陕西统计局：陕西省投入产出模型；1985年。
6. 山西省统计局：山西省投入产出模型，1985。

甘肃及宁南黄土高原地区大气—作物—土壤系统分析

谢 云

一、概 述

研究区位于甘肃省东、中部及宁夏南部，东与陕西省交界，南临陇南山地，西北至乌鞘岭，是黄土高原向青藏高原的过度区，地貌形态因而具有过度性特点：东部以六盘山为西界，接近黄土高原沉积中心，黄土塬为主；中部以临夏自治州为西界，包括宁南山地和陇中丘陵区，地表切割严重，黄土丘陵为主；西部与青藏高原相邻，海拔增高，地形起伏增大。区内主要包括暖温带半湿润和半干旱二种气候类型，热量条件较好，水分明显不足，并具有极大的不稳定性，导致粮食产量的波动。

深厚覆盖的黄土具有抗冲性弱、湿陷性强、垂直节理发育等特点，这是造成区内水土流失严重、地表切割破碎的内在原因，不稳定的大陆性季风气候(降水变率大，强度大)及人类过度开发则是其外在原因，从该意义上说，本区以水土流失为主要特征，及由此造成的农业生产水平低而不稳的状况，实质上是自然环境演化过程中，人类不尽合理的干预使之向恶性方向加剧的结果。因而实现区域内良性生态循环，是改变上述状况的关键。应当看到黄土具有二重性：易被侵蚀，但蓄水性好；熟化程度好、易耕，但肥力大大降低。一旦给予投入，土壤的保肥、保水、抗冲性都会明显提高。值得注意的是，大气提供作物的光热能量，土壤提供作物的肥水物质构成了大气—作物—土壤系统的连续体，其中大气降水转化为土壤水可为作物所吸收，成为系统内的联系纽带。

二、大气—作物—土壤系统分析

确保任何年景人的温饱是目前本区农业生产的关键。而温饱只能建立于粮食自给基础上，于是粮食生产成为大气—作物—土壤系统的核心。

(一) 平均状态的大气—作物—土壤系统

1. 气候资源

气候资源是指光热水等因子及其匹配组合状况。本区太阳辐射强，日照丰富，年总辐射量 $5200 \sim 5800 \text{MJ}/\text{m}^2$ ，是我国仅次于青藏高原的辐射高值区。

10℃积温 $2000 \sim 3400$ ，日均温稳定超过 10°C 的天数为 $140 \sim 180$ 天，热量条件完全适合作物生长。较大的气温日较差还利于形成一些质量上乘的土特产品。全区多年平均降水量 $200 \sim 600 \text{mm}$ ，由东南向西北递减。降水年内分配不均，夏季降水占全年降水量的 $50\% \sim 70\%$ 。降水年际变化大，年平均变率 $16\% \sim 23\%$ ，多雨年降水量可达少雨年降雨量的二倍多。因此区内热量条件明显优于水分条件，而且相对稳定。水分不足，且波动性强。为综合反映光热水诸因子匹配状况，计算分析了农业气候生产潜力。

农业气候生产潜力是指土壤养分充足时，单位时间、单位面积上农作物的最大可能产量。其平均状况反映平均状态下气候各要素的匹配结果，其动态变化则揭示各因子的波动及其匹配的变化。有关气候生产潜力的研究和计算方法很多，本文采用目前使用较广的以光合潜力为基础，进行温度、水分

因子订正的方法。结果表明：区内平均气候生产潜力 4500 ~ 8000kg/hm²，由东南向西北递减，低于我国同纬度东部地区气候生产潜力。反映了气候资源有限，各因子匹配组合并非完全适宜。为进一步揭示因子间的作用，分别计算光合、光温潜力衰减系数(K)：

$$K_1=(Y_L-Y_T)/Y_L; K_2=(Y_T-Y_C)/Y_T$$

Y_L ：光合潜力； Y_T ：光温潜力； Y_C ：气候潜力。系数越大，表示由于该因子引起的潜力衰减幅度越大。计算结果 K_1 为 6% ~ 17%，由南向北递增； K_2 为 35% ~ 65%，由东南向西北递增。表明区内水热匹配由东南向西北变差，从全区看，水分限制作用更为突出，影响了光热资源的充分利用。综上大气系统最终在以下方面影响作物，并制约其产量的提高和稳定：水分供给不甚丰富；不足的降水具有很大的波动性；不足的降水能够被保存的量不多，致使有限降水的利用率不高。

2. 气候资源决定的作物系统

本区主要农作物是小麦、玉米、糜、谷等。以静宁—通渭—陇西—岷县一线为界，东南为冬小麦区，西北为春小麦区，反映出热量差异。冬春小麦播种期不同，主要发育期都集中在春夏(4 ~ 7月)；玉米、糜、谷等作物主要生长阶段也在此期。作物与水分关系的研究表明：作物都存在一个水分敏感期，此期作物对水分的需求量未必最大，但对缺水却最敏感。与其它时期相比，同样的缺水量会引起更大幅度的减产，如小麦在抽穗、开花期，玉米在花期。值得注意的是，本区以旱地农业为主，大气降水是作物生长依赖的唯一水源，因此作物需水能否得到满足，关键是看与大气降水在数量及时间上匹配是否合适。以春小麦为例，水分敏感期需水约 50 ~ 100 毫米，此期降水仅 15 ~ 25 毫米，满足程度只有 25% 左右，发育前期和后期满足程度分别为 30%、65%。后期小麦成熟，水分过多又易形成病害。冬小麦、玉米亦有类似情形。由此看出大气降水与作物需水匹配并非十分协调。水分的限制作用既表现在数量上不满足，又表现为时间分配上的不适应，此外降水的年际波动进一步导致作物产量不稳。降水与产量间关系的分析表明：二者波动的对应关系很好(图 1)，丰雨年产量较高，反之则低(表 1)。

表 1 作物产量与降水量的关系

Tab.1 The Relationship between Crop Yield and Precipitation

| | 粮食产量与生长季 (4—9月)降水量 | 冬麦产量与头年 9—11月降水量 | 玉米产量与当年 6—8月降水量 |
|------------|-----------------------|---------------------|--------------------|
| 相关系数 | 0.512 | 0.516 | 0.586 |
| 丰产降水指标(mm) | > 400 | > 150 | 200 ~ 300 |

降水除具有即时作用外，还表现为滞后效应，即前一年夏秋降水与来年作物产量呈正相关。这实质是土壤系统在发挥作用，从而在很大程度上缓解了春季降水不足，提高了有限降水的利用率。

3. 土壤系统

大气降水转化为土壤水并为作物吸收。大气降水是不可控的，但土壤接收体的蓄积量在一定程度上是可控的，从而可以提高降水的有效性。这正是土壤系统的重要功能。

本区从东南向西北分布有黑垆土、黄绵土、灰钙土，是不同水热条件下的产物，但它们都是发育于深厚覆盖的黄土母质，并经过了人类长期的耕种熟化过程，从而具有共性：土层厚，呈均质状态，易农耕；壤土为主，通透性好；孔隙度 40%~50%，结构疏松，垂直节理发育。形成大气—作物—土壤系统内重要的“土壤水库”功能：蓄积雨季降水，供作物旺盛生长期消耗，具有类似水库调节洪枯的效应，表现在时间和数量上的调配：从时间上看，土壤水分变化大致经历以下过程：夏秋(7~10月)土壤蓄水，墒情迅速增加；冬季(11月至翌年2月)土壤墒情稳定；春季到初夏(3~6月)土壤失墒，一般在5~6月土壤有效水含量达到最低值。因此时间上的调配作用表现在头年夏秋季降水被土壤吸收转化为土壤水后，供翌年春季初夏作物生长消耗，使大气降水具有时间上的滞后效应，弥补了春季降水的不足。从数量上看，区内主要农作物水分消耗期集中于春季和初夏，此期降水少，不足的水分主要由土壤蓄水提供。以小麦为例，3~6月小麦实际耗水420mm左右，此期降水只有225mm，约200mm水分由土壤提供。总之考虑土壤水分的作用后，小麦发育前期、中期、后期水分的满足程度分别达到50%~60%，30%~40%，50%~60%，除后期因土壤墒情很低，“土壤水库”功能不明显，以致水分的满足程度没有明显提高外，其它时期都比仅考虑大气降水时的满足程度提高。然而目前该功能效果并不显著，且有地区差异，主要受以下因素限制：一是从供水角度而言，受降水年型控制。若持续干旱，则土壤水恢复能力有限；多雨和少雨年交替时，作用显著。如1981年通渭县秋雨较多，虽然1982年干旱长达10个月之久全县小麦平均亩产仍达到51.5公斤(高于多年平均亩产)；二是从受水角度而言，受土壤持水能力限制。虽然理论上本区土壤持水能力较高，但目前严重的土壤侵蚀和土壤肥力下降，已大大降低了持水能力，并因地表形态、植被、土壤肥力等状况而有差异。表2是土壤水恢复状况，一般来说，区大于丘陵区，多雨区大于少雨区；三是总体利用程度不高。利用深度浅：5米土层往往只利用0~2m土层的有效水；利用强度低：最低土壤含水量4.5%~11.1%，高出凋萎湿度1.3%，尤其在热量不足的甘南高原区往往有1/3甚至一半有效水闲置于土体内。对比水分在大气—作物—土壤系统内的变化过程发现(图2)。作物需水量最大期对应于土壤有效水含量最低期(5~6月)，此期降水虽已开始增加，但无法立刻供给作物，容易形成卡脖子旱，导致大幅度减产。

表2 土壤水恢复状况(1985)

Tab.2 The Recovery of Soil Water (In 1985)

| 方向 | 地形 | 地点 | 恢复量(mm) |
|--------|----|----|---------|
| 南 北 | 谷 | 天水 | +0.8 |
| | 梁 | 庄浪 | -1.7 |
| | 丘陵 | 静宁 | -0.8 |
| | | 西吉 | -1.8 |
| 东 西 | 缓丘 | 海原 | -3.0 |
| | 梁 | 秦安 | +1.0 |
| | 丘陵 | 定西 | +0.2 |
| | | 榆中 | +1.1 |

针对“土壤水库”功能，着眼于水，着手于土——提高土壤蓄水能力，以缓解区内气候资源中水资源的不足，可以增产、稳产，在此基础上进一步解决卡脖旱问题，则可大幅度增产。后者主要依靠小水库或水窖存水，关键期一次性灌水。小水库建设既受经济、地形等条件限制，又因区内多暴雨、雨强大而增加风险性。水窖在黄土高原地区有普遍分布，适合劳动力资源丰富特点，经济易行，多用于解决生活用水。针对此种情况应以粮食基本自给为目标，在相对平坦地块附近建水窖(如平整后的梁峁顶部、丘陵顶部等)，在作物需水关键期灌水，从而保证相对稳产、高产田块，抵御气候波动的影响。

(二) 不稳定的大气—作物—土壤系统

该区气候要素年际变化大，尤其降水变率大，由此造成大气—作物—土壤系统的不稳定，表现为作物产量不稳定。在粮食亩产变化曲线中(图 3)，定西、固原代表西部、中部丘陵区，降水相对较少，水土流失严重，粮食亩产低，增长趋势不明显，且波动幅度大；庆阳代表东部黄

土区，降水相对较多，水土流失轻，系统功能好，粮食亩产较高，并有明显增长趋势，但随着亩产水平的提高，波动强度增大，反映出系统的脆弱性。进一步以农业气候生产潜力为综合指标分析发现，不同气候年景——即光热水等因子匹配组合状况不同的年份，气候生产潜力相差很大。以光热水因子匹配好的年份为优年，差的年份为劣年，一般年份为中年，其生产潜力见表 3，优劣年景相差 1~3 倍。显然平均气候资源所提供的气候生产潜力只反映某气候类型的平均状态(或背景值)，而将气候要素的波动平滑掉，与实际生产水平相比，优年可供挖掘的潜力大大高于劣年，因此从提高效益、增加产投比的角度出发，应将人类投入侧重于优年，即针对气候波动采取相应的波动政策，从而保证系统输出的稳定。

表 3 不同年景农业气候生产潜力(公斤/公顷)

Tab.3 The Agricultural Climatological Potential

Productivity in Different Years(kg/ha)

| 地 区 气候年景 | 定西 | 固原 | 庆阳 |
|-------------|------|------|------|
| 优 年 | 8730 | 6555 | 9638 |
| 中 年 | 5700 | 4500 | 6900 |
| 劣 年 | 3360 | 2535 | 5085 |

三、大气—作物—土壤系统增产途径

目前系统生产效率低，关键是水分的限制。上述大气—作物—土壤系统的分析表明，利用“土壤水库”功能及一定的人力投入，完全有可能在一定程度上解决作物与水分需求间的适时、适量问题，即实行着眼于水，着手于肥的农业增产模式。肥包括三方面内容：工程措施改变地形保土保水；人工肥；生物肥。由于受经济条件限制，大量人工肥投入有限，故生物肥是一种重要的补偿，甚至起主要作用。目前区内“三料”(燃、肥、饲料)相争问题突出，大量生物能燃烧浪费，形成系统内的恶性循环：饲料、绿肥燃

烧 饲料减少 粪便不足 地力下降 产量低 扩大耕地面积 水土流失加剧。因此改变燃料构成是实现“土壤水库”功能的基础。表4是三个代表县工程措施、部门生产结构及燃料构成比例。大量的基本农田建设、较为协调的部门结构及燃料比往往代表高产出系统(庆阳),反之则代表低产出系统(定西、固原)。

表4 某些指标

Tab.4 Some Indices

| 指 标 | 定西 | 固原 | 庆阳 |
|------------|---------|---------|---------|
| 基本农田比例(%) | 29 | 12 | 27 |
| 其中：灌溉田 | 4 | 5 | 5 |
| 梯田 | 15 | 2 | 4 |
| 水平旱田 | 10 | 5 | 18 |
| 桔杆作为燃料比(%) | 93 | — | 47 |
| 种植业、林业、牧业比 | 47 6 20 | 44 3 38 | 30 3 50 |

充分利用大气—作物—土壤系统特性,从土壤系统入手解决肥水问题(如工程、生物措施,改变燃料构成等),并在此基础上利用优劣年气候波动,采取时间、空间上的互补,达到以下目标是可行的:黄土区人均占有粮400kg,不仅可以粮食自给,而且略有剩余,发展多种经营;黄土丘陵区人均占有粮300kg,基本保证自给,维持系统内良性循环。

参考文献

1. 赵名茶等,1989年,黄淮海平原作物气候生产潜力,黄淮海平原综合治理论文集,科学出版社,北京。
2. 国家气象局,1985年,农业生产动态模拟(译文集)。
3. 李平,1990年,固原农田土壤水分动态模型,黄土高原数学模型文集,科学出版社,北京。

陕西省佳县经济发展研究

史培军 王凤慧 武弘麟 方修琦 王静爱

一、县情分析

佳县位于黄土高原与毛乌素、鄂尔多斯风沙高原之间的过渡地带，神府煤田的东南边缘。东临黄河，隔河与山西省临县相望，北连榆林市与神木县，西与米脂县、绥德县相邻，南边与吴堡县接壤。全县南北长约 85km，东西宽约 24km，面积为 2011km²，全县辖 20 个乡，4 个镇，653 个行政村，1989 年总人口 21.46 万人，其中农业人口 20.16 万人，占总人口的 93.9%，人口密度 107 人/km²。

佳县是“东方红”的故乡，解放 40 多年来在经济发展中已取得长足的进步。1988 年，全县国民生产总值为 8376 万元，工农业总产值为 6114 万元，其中农业产值 4831 万元，为 1949 年的 6.9 倍；工业产值 1284 万元，为 1949 年的 30.5 倍；全县财政收入 148 万元；人均占有粮食 344.5kg，为 1949 年的 3.2 倍；农民人均纯收入为 267 元；全县人均国民收入为 399 元。

根据对佳县资源与环境、经济与社会状况的全面而系统的研究(史培军主编，1989)，佳县县情的基本特点可概括为以下几个方面。

(一)生存环境脆弱，自然资源贫乏，土地现实生产力水平低而不稳

佳县是一个典型的生存环境脆弱县，主要是由于所处的地理位置、地貌、水热条件而决定的。佳县地处我国暖温带向中温带过渡区，东部季风的边缘不稳定地带，水热条件时空变异大，成为发展大农业的一个极不稳定的因素。一般情况，温度变幅达 1.5℃，降水年际变化也达 25%以上，水热条件的不稳定是生存环境脆弱的一个明显标志。地貌上处在风沙高原与黄土高原的过渡地带，地表富沙易蚀，成为水土流失、风蚀沙化双重环境灾害的频发地区和严重地区，365 个小流域就有 331 个流域为侵蚀模数达 5000t/km²以上的严重土壤侵蚀地区，沟网密度平均达到 5.9km/km²，25°以上的陡坡地达 587.96km²，占全县面积 28.21%。此外地表天然植被覆盖度低，人工植被覆盖度也不高，全县林地面积、灌草地面积分别只有 8.6%，1.04%，由此可见全县的生态系统是脆弱的。

从自然资源结构和丰度来看，佳县具有“双贫”的特点，即不仅地下资源十分贫乏，地表资源亦相对不足，人均土地面积仅约 0.1km²(1hm²)，人均耕地仅为 0.31hm²；人均地表水资源约为 713m³，且地区分布极不平衡，北部区人均是沿黄河及南部区的 3 倍以上。除了一些有开发利用的石料、陶瓷原料以外，几乎不具有可开采价值的矿产资源，虽然已发现有天然气存在，但其开发前景还是十分渺茫。地下水虽可采量为 7140 万 m³，但几乎无开采价

本项目研究由北京师范大学地理系与佳县人民政府主持，研究成果获国家教委科技进步三等奖(1991年)。

中国科学院地理研究所
北京大学地理系

值。

土地生产力水平低而不稳，是佳县农业生产发展中最大的障碍之一。最突出的表现为第一性现实生产力低而不稳。从玉米、谷子、土豆等几种主要农作物的现实生产力来看，分别仅为其气候生产力的 25.0%，15.9%，15.0%，全县低产田(亩产小于 150kg)占耕地的 71.3%，中产田(亩产 150—300kg)，占耕地的 26.40%，高产田(亩产 300kg 以上)仅占耕地的 2.30%。由于水热条件的波动幅度大，从而导致以农作物、草场为主体的第一性生产力波动不稳，波动幅度一般可达到 30%左右，个别年份可达到 50%以上。

(二)经济体区位极为不利，生产力水平低。

经济体区位极为不利，表现在自然、经济、交通三方面。自然区位上面已经谈到。从经济区位来看，佳县处地偏僻，距大中城市比较远；再加上山路崎岖，黄河的天然阻隔，交通极为不便。佳县不通铁路，它正位于北部京包线、东部同蒲线、西部包兰线、南部陇海线所形成的长方形铁路网的中部，距这四条线均有相当的距离，造成其对外联系的不便。公路是佳县对外主要通道，但其在陕西省内公路网中处于末梢。由县城向外只有三条路，一条到榆林，路面低于三级路面标准；一条到绥德，为新修的柏油路可达到三级路面的标准；一条到吴堡，路面质量远不及到榆林的路面。在这三条道路中，除佳米路外，佳榆、佳吴路均为晴通雨阻公路，通过能力甚低。佳县紧靠黄河，虽有水运之便，但其水路交通开发程度甚低；另外正因为黄河纵穿佳县东边，成为其向东经济往来的天然屏障。此外，行政区划的分割，中心城市的经济辐射很难到达这里，所以，佳县几乎不在任何一个中心城市的吸引范围之内，强化了其经济发展的半自然和半封闭特征。

佳县虽是解放较早的陕北革命老区县，但由于复杂的自然、经济、历史、政策等原因、经济发展非常缓慢，水平很低。在陕西省的十个地市中，榆林地区属经济水平最低的地区，而在榆林地区，佳县又落在后面，1988 年工农业总产值居地区第 8 位，其中工业产值则居第 11 位。若把人口因素考虑在内，1988 年佳县人均工农业总产值居地区第 10 位。从周围地区经济发展水平的空间形态看，佳县显然处于谷底。由上述分析可见，佳县自然区位偏僻，交通闭塞、经济落后、是经济、社会、文化、科技发展的主要障碍之一。

从生产力经济学的角度来分析，佳县经济落后，突出表现为其经济现状的三个特征，即自然型、自给型与封闭型。佳县是以农业为主体的自然经济，在工农业总产值中农业占 83%。农业中又以种植业为主体，种植业中又以粮食生产为主体。种植业与林牧副渔业比为 1.9 : 1；粮食作物与经济作物比为 14.7 : 1。由于粮食生产靠雨养维持，所以，靠天吃饭的自然型经济是佳县长期摆脱不了贫困的根源之一。佳县工农业产品的大多数是就地消费，商品率很低，是自我服务为主的典型的自给型经济。此外经济建设基本上还处于靠国家“输血”维持的状况，“造血”能力甚低，1988 年财政收入仅为同年财政补贴的 21%。由此可见，自给型经济转变为商品型经济，是脱贫致富的根本途径。经济的自然型、自给型决定其经济必然是封闭型的，与外界的物质、人员、信息交流都很少，经济体区位的封闭造成了经济的封闭性，而经济的封闭性又造成了人的思想的封闭性。人们的头脑中商品经济观念的淡薄，高质量人才缺乏，使得经济的发展缺少人为推动力。

(三)人口增长快，文化低，传统观念强、科技力量不足

佳县人口自然增长率高达 24%(1949—1989 年)，由于统计原因，实际增

长率要比此值还高，成为榆林地区人口密度的高值区。由于人口增长过快，使人均生活水平降低，其结果是越穷越生、越生越穷，导致恶性循环。“有人缺才”，其突出特征虽然解放以来文化水平有所提高，但全县文盲、半文盲占人口总数的 32.7%。由于长期游离于商品生产过程之外，观念比较陈旧。科技力量薄弱，全县各种科技人员仅占全县人口的 1.84%。人才缺乏、信息的传递、收集、筛选，开发利用水平很低。

(四)经济作物与林牧业产品相对具有发展潜力，剩余劳动力资源较为丰富

以上三点集中反映了佳县县情的不利方面，但我们也应看到佳县确实具有一些发展经济的有利条件，特别是发展基地农业的有利条件。

1.佳县位处农区向牧区的过渡地带，虽然农业生产条件差，但具有发展牧业良好条件。不仅北部沙区及风沙与黄土过渡地区具有发展改良草场和人工与半人工草场的条件，而且前景诱人的沿黄河及主要境内黄河一级支流两侧坡地具有大力发展改良和半人工草场的优势，据统计，这些地区可资开发的草地资源可达 130.71km²。正是因为有草场资源的优势，以养羊为首的畜牧业得到大力发展，1978 年羊只存栏数最高达 12.52 万只。在保持和发展肉羊生产的同时，近年兴起发展白绒山羊，生产羊绒羊毛，进一步提高了养羊的效益。

2.佳县正处于著名的陕晋交界黄河沿岸红枣带上，所产红枣色鲜、个大、肉厚、核小、含糖率高。全县现有枣林 9.1 万亩，成林枣林 5.3 万亩，年产鲜红枣 7000t 以上，红枣商品生产转化体系正在形成。

3.佳县流传有“二沙土、好种豆”的农谚。二沙土即细沙质沙黄土与粗沙质沙黄土过渡的地带，这一地表物质自县境东北刘国具乡呈向西北展开的弧形带状延伸到官庄乡南部，成为以绿豆生产为首的豆类生产集中分布区。全县豆类播种面积多年波动在 6000—10000hm²，年产量一般在 6500—8850t 左右。其中绿豆播种面积 1988 年已达到 4000hm²，亩产 60—75kg，经济效益很好，由于其用途广，市场需求大，可望成为优势商品生产基地。

4.佳县原产的“黑水坑旱烟”驰名县内外，近几年在充分科学试验的基础上，大力发展了烤烟生产，实践证明，佳县确实具有烤烟生产优势，所产烟叶，可达到优质烟叶的标准。1989 年栽培面积发展到 19953 亩。烤烟生产已经成为缓解县里财政困难、富县、富乡、富民的一条有效途径。

5.在我国“三北”防护林带的南边，有一条万里温带苹果林带，佳县正处在这条苹果林带上。一些丘陵背风向阳缓坡带，具有发展苹果生产的立地条件。所产苹果个头适中、色泽好、含糖率高、经济效益可观。若能统一规划，推广好的管理技术、营造“家庭苹果园”，定会形成较强的优势产品，从而带动加工业的发展。

6.洋芋不仅是当地农民的主要蔬菜之一，而且又是本县的优势产品，产量大质量好。全县人均播种面积达 0.04—0.07hm²，并不断引进推广洋芋高产品种，平均亩产在 600—750kg，全县年产 10 万 t 左右。

7.佳县农区是佳米驴的集中产地，不仅作为役畜，销北方各省区。近年市场对肉驴需求增加，驴肉富含蛋白质(54.4%)、瘦肉率高，民间自发兴起肉驴商品生产。1988 年末驴子存栏 1.5 万头，占大家畜饲养量的 82%，若能加强指导，开展加工业，必将发挥其优势。

以上 7 种优势产品，不仅具有较好的市场转化条件，而且除烤烟外，均

可作为食品生产，辅以解决粮食的不足。

佳县剩余劳动力资源较为丰富，到 1989 年，全县农村剩余劳动力为 3 万余人，年龄构成以 16—25 岁之间最多，这部分剩余劳动者通过技术训练，可望成为神府煤田建设中劳务输出的主力军。与此同时，全县农村劳动力乘目前商品经济还没有全面发展，集中劳动力资源，建设基本农田、修路、打坝，可为经济发展创造一个良好的基础设施条件。

从以上的县情分析，我们可以看出，佳县县情虽然优、劣势共存，但仍以劣为主，所表现出的问题与限制因素集中为：人地矛盾；财政困难；技术落后；联产承包制的政策机制还得完善；人的素质急待提高；宏观与微观经济管理体制不协调，深化改革势在必行。这些问题与限制因素必须在经济发展规划中加以妥善解决。此外，神府煤田的开发，对改变佳县不利的区位条件至关重要，这将是一个千载难逢的机遇。神府煤田是我国正在开发的大型煤炭基地，资源探明储量在 1500 亿 t 以上，以优质精煤、易开采为特点，将成为我国重要的能源基地。这将对佳县优势产品的商品转化、劳动力资源的开发具有重要意义。

二、经济发展战略与模式

佳县经济发展面临严峻的考验，邻区全面开发和经济崛起，加大了佳县优势发挥的难度和竞争压力；国家、省、地不平衡战略的实施与本县投资环境较差等因素的制约，使开发所需的大量资金面临重重困难。面对新的机遇和考验，全县必须正视现实，抓住机遇，迎接挑战，接受考验，以新的姿态投入“科技兴县”，加快开发，以开发求增长、求发展。

1. 经济发展战略

根据县情、机遇与挑战，佳县经济发展战略是：完善政策，科技兴县，强化基础，建设基地，控制人口，稳步发展，努力建立起一个具有自我增长机制的县域经济的新秩序(新模式)。

2. 经济发展模式

不同资源、环境、经济地区，经济发展的模式是不一样的，但每一模式均在相类似地区具有重要的示范推广价值。佳县县情代表了黄土高原贫困地区，“自然资源双贫型”、且在区位上与大规模开发矿区毗邻的贫困亚地区。根据经济发展战略，佳县经济发展模式为：控制人口增长，强化基础农业，建设基地农业，完善基础设施，简称“一控三基”模式，即“佳县模式”。这个模式的基本内容和依据如下：

1) 人地矛盾是由土地人口承载力所引发的，佳县资源本来就贫乏，由于与年俱增的人口压力，使资源人均占有量渐趋减少。因此，缓解资源贫乏所造成的人地矛盾，对佳县来说，最为有效的途径是严格执行计划生育政策，大力控制人口自然增长率。依土地人口承载力确定合理的地区人口密度；使资源人均占有量降低的速度放慢；提高人口素质，从长远来看，推动控制人口的基本战略得以实现。

2) 农业基础失稳，生态环境恶化，成为佳县农业发展的重要限制因子。因此积极改善生态环境，发展基本农田，努力提高粮食单产和复种指数，增强农业对经济发展的承受能力，至关重要。强化基础农业，核心包括水浇地、坝地、梯田的“三田”建设，即保障吃饭的基本农田建设。这是因为近年执

行“联产承包”，农民的短期行为，使曾经已具规模的农田基本建设成果大部分失去效益；“雨浇农业”始终没有摆脱靠天吃饭的被动局面，粮食生产波动不稳。所以，只有通过坚持不懈建设基本农田，才有可能稳定粮食生产，保障生存，稳定温饱。

3)贫困地区商品生产的基础是优质产品生产基地建设。建设基地则要选择优势产品生产的突破口，建设具有较高商品率的第一性生产基地，转化资源优势为商品优势；坚持以市场为导向，以效益为核心，转化商品优势为经济优势，形成“拳头”或支柱性产业。建设基地农业，核心是搞第一性基地建设，形成规模经营，提高商品率，获得经济效益。佳县几乎没有地下资源，因此资源优势的开发，只能立足于对地表资源的开发。在地表资源开发中，唯有依据水热条件、土壤及植被条件开发第一性商品生产，如红枣、绿豆、烤烟、苹果、洋芋、饲草饲料等。基地农业本身就要靠科学技术，实现科技开发，且要成龙配套，提高产品粗加工、精加工的能力，促进乡镇企业发展。基地农业发展如何，直接制约富县、富乡经济的发展，是财政收入扭补的重要途径。通过基地农业的建设，求取发展，图强致富。

4)要加快经济发展的基础设施建设，大力发展交通、电力、水利以及通讯、流通等产业，创造一个良好的发展经济的内外部环境。完善基础设施，其核心是水、电、路、肥的建设。水是农业的命脉，无论“二基”建设中如何发展，离开了水，则均难以实现。不仅粮食生产要水，而且第一性生产基地建设也需要水。因此，要加强水资源的保护利用，流域上、中、下游协调开发，重视植被建设，加强水土保持和水利建设，提高植被对水源的涵养能力，从本质上提高非常有限之水分利用率。电的使用，不仅在农电的应用上，而且更重要的是在乡镇企业的应用。电的用量亦是衡量区域经济水平的一个标准。普及全县农村用电还有相当的距离。路是商品生产的交换通道，佳县道路通过能力很低。因此，加速本县道路网的建设是关系到基础农业与基地农业建设的关键。肥则是包括粮食生产在内的全部第一性生产的核心。在全面加强绿肥、农家肥的生产方面，也要抓好化肥的保障供给。

5)教育是经济发展的潜在能力，是科技兴县的基础。提高人口素质，核心在加强教育，提高文化水平。只有这样，才能实现科技兴县的战略。科技兴县，就是充分重视科学技术在发展贫困地区经济中的作用，大力提倡科技脱贫致富，把科学技术有机地渗透到对广大生产者生产条件和技能的改善与提高，区域开发规划制定、示范工程与示范区的建设、作物品种改良、环境预报，以及生产经营管理，市场商品转化等各个方面。

6)政策是发展经济的保障，政策对路是经济稳定发展的基础。完善政策，就是要认真贯彻农村承包责任制，同时调整这一政策执行中不利于发展区域经济的各个方面，如对农田基本建设等的制约。从而完善联产承包责任制，推行“双田制”，实现适度规模经营。

7)佳县经济发展，必经以地表资源为依托，以农业经济为主体，以“稳定发展与波动调节”相依存，以“资源异地转化”为途径；这均是由于佳县县情所决定的，这就是因地制宜的具体化。

完善“佳县模式”，稳步发展。在总的规划目标下，量力而行，分步实现规划目标，以开发优势资源为龙头，逐渐系统地带动第一、二、三产业协调发展，带动物质文明与精神文明建设协调发展，带动社会环境与生态环境协调发展，建立一个具有自我增长机制的县域经济发展的新秩序。

三、经济发展规划

根据以上县情分析与经济发展战略和模式，提出如下经济发展规划

1. 土地利用规划

根据不同发展阶段的目标，在保证粮食生产目标的前提下，逐渐压缩耕地面积，扩大林地、特别是灌草混合的林牧兼用地面积，控制城乡居民用地。以 1988 年土地利用为基础，分别拟定出耕地、林地、灌草林牧兼用地、草地、城乡居民用地、轮耕地、荒草地、其它用地等在三个不同发展阶段的比例(表 1)。其中耕地有 20% 的年波动幅度，以用于旱耕地与林耕草轮用

表 1 佳县土地利用规划表

Tab.1 Landuse Planning(1990—2000)of Jiexie County (单位：%)

| 土地利用类型 规划时段 | 耕地 | 林地 | 灌草林 牧兼用地 | 草地 | 城乡居 民用地 | 其它用地 | 轮耕地 | 荒草地 |
|------------------------|-------|-------|-------------|-------|------------|-------|-------|-------|
| 1988 年现状 | 33.50 | 8.60 | 1.04 | 14.59 | 3.20 | 15.67 | 12.88 | 10.52 |
| 调整期 (1990—1992 年) | 30.00 | 9.00 | 2.00 | 27.50 | 3.50 | 14.00 | 5.00 | 9.00 |
| 重点发展期 (1993—1995 年) | 25.00 | 10.00 | 4.00 | 33.00 | 4.00 | 12.00 | 4.00 | 8.00 |
| 全面发展期 (1996—2000 年) | 20.00 | 12.00 | 8.00 | 35.00 | 5.00 | 10.00 | 3.00 | 7.00 |

地，即降水偏湿年份，旱耕地扩展原基数的 20%，相应缩小放牧草地与该比例对应的亩数；降水偏干年份则相反，旱耕地缩小原基数的 20%，相应增加放牧草地与该比例对应的亩数。这样实现粮食以丰补欠，保持自给有余；而用于畜牧业的在丰年草地不减，欠年通过增加休耕草地来补偿因草量波动对畜牧业的影响，这即为“波动农牧用地”的用地计划。

2. 人口发展规划

控制人口增长，缓解人地矛盾，是实现上述各项人均经济指标关键。要下大决心严格控制人口自然增长率在 15×10^{-3} 以下(调整期)， 12×10^{-3} - 15×10^{-3} 之间(重点发展期)， 12×10^{-3} 以下(全面发展期)，据此，1992 年年末、1995 年年末、2000 年年末，在不考虑迁移变动情况下，全县总人口分别为 22.1 万、23.6 万和 25.0 万。

3. 基础农业发展规划

加强基本农田的建设，保障基本粮食的生产是基础农业规划的核心。在补修已有“三田”的基础上，基本农田的建设重点是把中低产缓坡地改造为梯田，同时加强北部宽谷型坝地建设和毛国川水浇地的改造，逐渐开发黄河河岸高河漫滩土地资源。粮食生产中，在推广优良品种的同时，以提高单产为核心，以推广“二法”种田为基础，以提高水分利用率为目标，达到各规划期的粮食需求量。基于以上考虑，在 1988 年平均亩产量 71kg 的基础上，在三个规划期期末，相应各项指标达到 100kg，150kg，200kg，要特别重视毛国川稳定水浇地与调节发展比例，即在水浇地中，也要因地表水资源波动而相应确定稳定水浇地与波动水浇地，根据水资源波动幅度，将现有该区水

浇地的 20%，以及据此原则将全县水浇地的 30%作为波动水浇地。这是枯水年滩川旱地与丰水年水浇地之间的转换数，平水年则保留平均基数。

4. 基地农业发展规划

简言之，基础农业保证吃饭问题，而基地农业则解决致富问题。基地农业要从类型上先发展优势产品，后发展次优势产品，即在第一阶段主要抓好红枣、烤烟叶、绿豆、草场改良(白绒山羊)四个基地的建设，做好苹果、洋芋、秸秆饲草转化(役、肉用佳米驴)示范基地工程的试验建设；在第二阶段则要以稳定第一阶段四个基地建设为基础，逐渐发展第一阶段的三个试验基地。基地农业从发展规模上，要确立稳定基地规模与辅助基地规模，二者相互配合，形成规模经营。在空间布局和用地上，基地农业要相对集中，每个乡要以一种至多二种为主导基地产品切莫面面俱到，不成优势，更形不成规模效益；而且要给予基地建设适当比例的“三田”用地，万万不能把基地建设置于“三田”用地之外。在基地农业第一性优势产品生产的同时，要与各经济区中心镇企业建设同步，形成资源商品转化和市场销售相结合的“一条龙”生产配套系统。基于以上考虑，拟定各规划期各项基地建设指标如表 2 所示(不包括非基地建设面积)。

表 2 基地农业规划表

Tab.2 Base Agriculture Planning(1990 — 2000)of Jiaxie County

单位：万亩(万头、只)

| 基地类型 规划期 | 红枣 | 烤烟叶 | 绿豆 | 草场改良 (白绒山羊) | 苹果 | 洋芋 | 秸秆饲草转化 (佳米驴) |
|-------------|-----|-----|-----|----------------|-----|------|-----------------|
| 现状 | 3.0 | 1.2 | 2.0 | 5.0(1.0) | 0.5 | 8.0 | (0.1) |
| 调整期 | 4.0 | 1.5 | 2.5 | 10.0(2.0) | 0.8 | 10.0 | (0.2) |
| 重点发展期 | 8.0 | 3.0 | 5.0 | 20.4(4.0) | 1.6 | 20.0 | (0.5) |
| 全面发展期 | 8.0 | 3.0 | 5.0 | 30.0(6.0) | 2.0 | 20.0 | (1.0) |

在宏观控制上，基地生产建设面积要达到全县总面积的 30—50%，上表中，红枣 50%，烤烟 50%，绿豆 45%，草场改良 50%。苹果 30%；洋芋 40%，佳米驴 8.0%；基地生产量，要达到当时平均生产水平的中高水平，即红枣成林后，每棵产 40 - 60kg；烤烟叶亩产 75—100kg；绿豆亩产 65—70kg；改良草场，亩产鲜草 250—300kg；苹果每棵产 30—40kg；洋芋亩产 750kg 左右。基地生产所占“三田”的数量全县平均要达到人均 0.5 亩，基地集中产区，烤烟、绿豆、苹果人均要达到接近 1.0 亩水平，谓之基地产品生产专业户，否则均为非基地生产的基地产品种植户。

5. 基础设施建设规划

基础设施的建设是稳定基础农业与基地农业的后盾。没有基础设施保证的基础农业与基地农业则都将难以持久发展下去。因此，佳县经济规划必须把基础设施放在重要地位。尤其值得指出的是，改革十年来，由于联产承包责任制的全面推行，佳县农村经济发展中基础设施的建设受到影响，乃至遭到程度不同的破坏。这就更加加重了基础设施建设的任务。根据前述基础农业与基地农业建设的要求，佳县基础设施必须把水、电、路、肥作为重点老抓。

(1)水利建设中，必须把完善全县水浇地的库坝、渠道建设工程分期分批

抓好，重点抓好毛国川灌区的水利设施的配套；15亩以上坝地防洪设施的配套；抓好阎家寺自引灌溉工程的建设，南部强烈土壤侵蚀流域的治理。

(2)电力建设中，要把农用电线的架设放在首位，特别是要尽快解决未通民用电压的乡镇所在地的线路建设，尤其是乌镇到金明寺、官庄、下高寨三条高压线路的架设。与此同时，要确保四个经济区内乡镇企业基地即佳芦镇、王家砭、通镇、乌镇，坑镇的用电。

(3)道路建设中，以打通榆林—佳县—山西省临县—岚县—静乐—忻州市的东西大通道为主攻目标，作为晋陕黄土高原北部贫困区的“脱贫致富干线公路”，简称榆—忻公路。这一道路建设的关键工程就是连接佳县与临县的黄河公路桥的修建。此项工程应该成为晋、陕贫困区的一项重点工程，与此同时，也要进行榆佳公路柏油路面的建设，力争在调整期完成此项工程。另一道路建设的攻关目标就是佳县佳芦镇—王家砭—上高寨—神木，这是实现佳县资源异地转化的重要通道，亦是通过神府煤田改变其经济区位不利的重要途径。拟一期工程达到榆—佳公路的水平(争取在调整期实现)，二期工程实现三级油路面(争取在重点发展期完成)。第三条道路的建设是改造佳县到吴堡的佳吴公路，调整期以铺设砂石路面为目标，一定程度地改变“晴通雨阻”的通过能力，力争重点发展期实现三级油路面。第四条交通要道的建设是提高黄河水运能力。第五条道路的建设是打通由米脂—清泉—兴隆寺—王家砭的乡级公路，在调整时期，力争实现土路面，重点发展时期实现砂石路面，全面发展时期实现三级油路面。以上五条交通大道的建设，必将对佳县商品生产有一个大的推动，从而使信息闭塞、不利的交道区位有大的改观，成为晋陕蒙干线公路网中的一个节点。

(4)肥料的生产中，以发展绿肥、农家肥为基础，确保基地生产与基本农田的化肥供给量。千方百计提高土壤肥力，稳定第一性生产的持续发展。通过各种新炭林的建设，从而改变广大农村烧火用料的结构，使作物秸秆、牲畜、人粪便绝大部分还田。通过各种渠道，尽量多购一些化肥，从而提高地力。但需特别重视的是，要依据土壤性状，因地施肥，把增施有机肥作为提高地力的重要措施，而把化肥投入作为短期辅助培肥的一种途径，切莫重走“化肥农业”的路。此外，加强全县植被建设，大力搞好水土保持，使土壤肥力流失的严重局面得以扭转。

6. 乡镇企业发展规划

佳县乡镇企业虽然起步晚、水平低，但其在佳县经济中已占有举足轻重的地位。实践证明，要走上脱贫致富的道路，就必须大力发展乡镇企业，大量的农业剩余劳动力也要从乡镇企业中寻找出路。根据佳县乡镇企业现状、存在问题，特别是佳县境内不具有大规模开采价值的矿产资源，工业的发展必须建立在农业基础上，具体说就是经济作物与农林牧业产品。因此发展乡镇企业的指导思想应是立足基地农业，面向县外市场；个体经营为主，重视人才培养，打开流通渠道，积极稳步向上。具体发展道路为：原料由资源型向市场型转变；加工由初加工向深加工转变；市场由内向型向外向型转变；体制由个体向股份制转变；重点发展行业如下：

(1)毛皮加工，重点发展地毯编织。抓好销售、提高设计水平，增加花色品种，逐渐由本县提供原料，力争建设毛线厂。

(2)红枣加工。大抓销售，丰富品种，个体粗加工与集体深加工相结合。完善改造红枣食品工业公司。

(3)洋芋、绿豆加工。增加品种，个体，集体共同加工，打开销售局面，首先面向北部矿区，逐步向外扩散，在办好环状糊精厂的基础上，要特别加强绿豆加工品的市场转化。

(4)兴办建筑企业。培养一技之长的建设工匠，面向神府煤田，转化剩余农业劳动力，大力发展劳务输出。

7. 瓷窑湾煤矿发展规划

抓住神府煤田开发契机，大力发展“异地”经济，实现资源异地转化。立足合资经营，争取股份体制，输出剩余劳动力。一期工程建成年产45万t、1000从业人员的小型半现代化生产煤矿；二期工程建成年产90万t、1500从业人员的中型现代化生产煤矿。此外要充分利用现已购买的840亩土地使用权，大力创办佳县腹地与矿区相依发展的窗口经济，真正成为佳县基地产品之商品销售的市场。要把瓷窑湾煤矿建设作为“佳县模式”中资源异地转化的重要组成部分。

8. 白云山庙观开发规划

全面规划白云山庙观，逐步建成名符其实的西北、特别是晋陕蒙接壤地区的宗教信仰中心及旅游胜地。以此带动佳县、特别是佳芦镇第三产业的快速发展，提高佳县的知名度，疏通商品经济发展信息通道，并以此作为佳县商品生产的信息源。尽快明确风景区土地使用权属和风景区保护与建设范围，在保持特有风貌的基础上，加强风景区的建设，强化庙观的多种功能，完善其管理体系，争取调整期完成改造建设，重点发展期完善功能系统，全面发展期展现新貌，成为佳县发展的支柱产业，成为富县经济的一个重要组成部分。

9. 经济发展分区

在农业区划基础上，根据上述规划，保持乡(镇)行政界线的完整性，以及组织管理上的有效性，充分考虑基础农业、基地农业以及人口控制与基础设施建设的地域差异，以经济功能分异为出发点，把全县划分为四大经济区，作为今后经济发展的地域控制框架。

(1)沿黄佳芦镇经济区。以佳芦镇为经济发展中心，包括佳芦镇、峪口、木头峪乡，以红枣、薄层覆土坡草地畜牧业生产为主，大力发展行政边际交往，尽快建设黄河大桥，促进以红枣与畜产品为原料的乡镇企业及第三产业的开发。

(2)北部王家砭经济区。以王家砭为经济发展中心，包括刘国具、上高寨、王家砭、方家塌乡。以风沙地畜牧业、绿豆、沿河水浇地生产为主，尽快修通王家砭—神木公路，发展以畜产品、绿豆为原料的乡镇企业，灌溉水浇地的开发以及植被建设、改良草场。

(3)中部通乌经济区，并可进一步划分为中北部通镇经济亚区，以通镇为经济发展中心，包括朱家、通镇、西山、朱官寨、兴隆寺乡。以绿豆、沿河水浇地、覆沙地畜牧业生产为主，强化以绿豆基地、畜产品为依托的乡镇企业，灌溉水浇地，覆沙地植被建设；中南部乌镇经济亚区，以乌镇为经济发展中心，包括神泉、刘家山、金明寺、官庄、楼家坪、下高寨乡、乌镇。以苹果、洋芋、绿豆生产为主，发展以苹果、洋芋、绿豆加工为主的乡镇企业，加强坡旱地中低产田的改造。

(4)南部坑镇经济区。以坑镇为经济发展中心，包括店镇、坑镇、大佛寺、康家港乡、螳镇。以烤烟、红枣、坡地梯田粮食生产为主，发展以烤烟、红枣加工为中心的乡镇企业，大力加强坡地低产田的改造，加强农村剩余劳动力的转化，大力控制人口自然增长率。

三川河洪水沟水土流失规律的研究

刘改有

黄土高原水土流失的定量研究始终是个难解的课题。在三川河洪水沟，采用了以库区淤积量反推库区以上小流域水土流失量的方法，结果发现一些特点和规律，供同行们讨论。

一、洪水沟流域概况

洪水沟位于山西省吕梁地区中阳县和柳林县境内，南川河以西并与南川河下游河谷大致平行，自南而北汇入三川河(图 1)，属于三川河的一级支流。

洪水沟流域南北长 14.4km，东西最大宽度为 4.35km，流域面积为 36.3375km²(合 54506.2 亩)。主沟长 16.8km。本流域全部被黄土覆盖，塬面残破，沟壑纵横，面蚀、沟蚀、崩塌泻溜等重力侵蚀都十分活跃，水土流失严重，平均每年有 40 万吨左右的泥沙通过三川河进入黄河。

为了控制本流域的水土流失，山西省水土保持部门作了大量水土保持治理工作，修建了库坝多座，在 1981 年 1:2 万比例尺的彩色红外航片上判读出 50 座，在 1988 年 1:1.8 万比例尺全色航片上判读出 60 座，实况调查 65 座，其中，主沟坝 17 座，支沟坝 48 座(图 2)，平均每平方公里 1.8 座。在流域侵蚀模数计算中，65 座库坝大体分三种类型：(1)水沙不出流，能起控制作用的库坝 10 座；(2)部分清水出流，能起参考作用的库坝 39 座，其中能起重要参考作用者 11 座；(3)完全被洪水冲毁或水库内常年积水，仅起推测依据作用者 16 座。

自 1987 年 10 月至 1990 年 5 月，对流域内 65 个库坝内的淤积量进行了四次野外调查，分别统计计算出 1987、1988、1989 年各库坝内的淤积量，对一些典型库区的沉积韵律进行了分析和测算。对一些典型地段的重力侵蚀状况也进行了野外实地测量。

二、库区当年淤积底面之诊断

在 36.3375km²的流域范围内，有 65 座主沟坝和支沟坝，形成较典型的“小流域治理试验示范区”。各库坝内的泥沙淤积量，是该坝控制的流域范围内各种自然因素和人文经济因素综合作用的结果，这一组数据是反推侵蚀模数、研究该区侵蚀规律、分析综合治理效益和进行预测预报工作的基础。

坝内淤积量的测算精度取决于坝内淤地面积、淤积厚度和土壤容量的测定。根据各坝内淤地范围的大小和形状，布设若干(3—12)条测线，每条测线上再布置若干(3—6)个测点。测线将库区分成若干个几何图形，求各几何图形面积再求和，即得水库淤地面积。调查表明，由于各坝内黄土淤积量大，库面已被淤高淤平，四周边坡坡度较大，因而淤积厚度的增加，不会使淤地面积有较大变化。测量表明，淤积厚度变化范围很大，从几厘米到几米不等。

当淤积厚度增加 1m 时，淤坝地的平均宽度和平均长度只增加 2m 左右。

测线上的测点处进行淤积厚度测量。年淤积厚度的测量，主要取决于该年淤积的底面(亦即头一年淤积的顶面)位置确定是否正确。笔者确定底面位置的主要根据有：(1)玉米气根的位置。淤坝地内的泥沙，集中在汛期来临，此时玉米等农作物已长到一定高度，气根位置与当时的地面非常接近，所以当玉米的一部分或大部分被后来的泥沙掩埋时，顺玉米向下挖至气根，即可认为已到达头一年的淤积顶面。高粱、向日葵情况类似，均挖至根上部；(2)有些淤坝地内种植大片杨树林，枯枝落叶被第二年的泥沙掩埋，随着泥沙的堆积加厚，树叶逐渐腐烂，形成颜色灰兰的特殊层次，这是鉴别第二年泥沙淤积底面之标志；(3)草地被泥沙掩埋之后，也形成颜色灰兰的腐殖质层；(4)沉积韵律与降水的匹配情况，一般情况下，一场较大的降水将泥沙送入库区，颗粒较粗颜色偏黄的泥沙首先沉积下来，细颗粒颜色偏红的粘土，在静水中再慢慢沉积。所以与一场较大降水过程相对应的沉积序列为两层：上层为红色粘土，下层为黄色沙土。(5)植物根系分布。库坝地的农作物在汛期被泥沙掩埋后，茎叶腐烂变黑，但根系尚存，而当年沉积的泥沙层内根系很少。此外还可根据土壤团粒结构等因素诊断。

三、黄土区侵蚀量影响因素分析

在黄土母质上发育的土壤，团粒结构少，遇水易分散，故抗蚀力微弱，极易水蚀。同时，黄土垂直节理发育，所以黄土地区面蚀、沟蚀、重力侵蚀(包括崩塌、泻溜、潜蚀等)都很发育，这是发生在黄土地区土壤侵蚀的内在原因。影响土壤侵蚀量的因素主要是降水因素、下垫面因素和人类经济活动。人类经济活动主要表现为对下垫面性质的改变，亦即通过下垫面条件的变化影响土壤侵蚀量。

黄土地区年平均降水量为 350—500mm 并且集中在汛期(特别是七八月)以暴雨形式降落。暴雨强度大、历时短、雨滴击溅强烈。同时，黄土地区沟谷多，坡度陡，集流快，河川径流暴涨暴落。所以从宏观上看，侵蚀量与流域降水量特别是汛期降水量关系密切(表 1)

表 1 汛期雨量与土壤侵蚀量之间的关系

Table 1. relationship between
reinfall in flood season and soil rosion amount

| 调查年份 | | 1987 | 1988 | 1989 | 1989 年占 1988 年 的百分比 (%) |
|--------------------------|-----|--------|--------|--------|----------------------------|
| 汛期(5-9 月) 降水量 (mm) | 沟底村 | 268.2 | 345.7 | 252.5 | 73 |
| | 交口镇 | 307.3 | 488.6 | 223.5 | 46 |
| | 平均 | 287.8 | 417.2 | 238.0 | 57 |
| 土壤侵蚀量 (t) | 四 坝 | 52615 | 61286 | 11791 | 19 |
| | 五 坝 | 7662 | 9192 | 3064 | 33 |
| | 全流域 | 398617 | 610993 | 166840 | 27 |

表 1 中沟底村位于流域中部。交口镇虽然位在流域之外，但距流域下游出口断面不到 1km，可代表流域下游的降水情况。从表中还可看出，在三个

调查年份中，由于汛期降水量差别很大，因而总侵蚀量差异显著。例如偏枯的1989年流域平均降水量仅为1988年的57%；流域侵蚀量1989年仅为1988年的1/4。

土壤侵蚀模数的年际变化主要取决于降水量的年际变化(表2)，在实地调查的三年中，侵蚀模数最高值发生在丰水的1988年，最低值出现在偏枯的1989年。1988年，洪水沟各小流域侵蚀模数普遍高于 $10000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ，最高值出现在4坝以上地区，为 $31340\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。1989年，各小流域侵蚀模数都在 $10000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 以下，最低值只有 $3000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。在8至10坝控制范围内，侵蚀模数相差6倍(表2)。

表2 侵蚀模数的年际变化

Table 2 Variation of modulus of soil-erosion in every year

| 库坝编号 | 流域面积 (km^2) | 侵蚀模数 ($\text{t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$) | | | |
|------------|---------------------------|--|-------|-------|-----------|
| | | 1987年 | 1988年 | 1989年 | 1988/1989 |
| 4 | 1.9555 | 26906 | 31341 | 6030 | 5.2 |
| 5 | 0.4425 | 17315 | 20772 | 6924 | 3.0 |
| 62 | 0.1180 | 13203 | 12814 | 7763 | 1.7 |
| 63 | 0.0995 | 8944 | 11075 | 4684 | 2.4 |
| 64 | 0.0951 | 7687 | 8959 | 7865 | 1.1 |
| 6+61+7 | 1.4935 | 8175 | 11334 | 3336 | 3.4 |
| 81 | 0.3049 | 6084 | 15162 | 1748 | 8.7 |
| 82+83+84+8 | 1.0620 | 13225 | 10479 | 4316 | 2.4 |
| 93 | 2.3173 | 13157 | 14289 | 3456 | 4.1 |
| 8+9+10 | 1.1162 | 10865 | 24040 | 3988 | 6.0 |
| 118+119 | 2.1239 | 7647 | 8923 | 3042 | 2.9 |
| 1110 | 1.4998 | 19134 | 28001 | 9594 | 2.9 |
| 16+17 | 2.8817 | 6880 | 11494 | 4460 | 2.6 |
| 184 | 0.0991 | 6428 | 14601 | 12856 | 1.1 |

降雨强度对土壤侵蚀的重要作用，众多学者已作过大量分析工作。本文主要分析降雨强度与沉积厚度的对应关系。选择日降水量作降水强度指标，这种资料各雨量站都有，得来容易，因而具有普遍意义。实践证明，一年之中的土壤侵蚀量，主要取决于几次大暴雨的强度。笔者选取大于 $25\text{mm}/\text{d}$ 作为降水强度指标。1988年沟底村观测到5次大暴雨：(1)6月5日 45.5mm ，(2)7月15日 50mm ，(3)7月20日 59mm ，(4)8月6日 31mm ，(5)8月14日 34mm 。这几场大暴雨正好与库坝内泥沙沉积序列相对应(表3)，充分说明，降水强度是影响土壤侵蚀量的主要因素。观测表明，这种对应关系并非线性关系，而且有不少库坝二者并不对应。笔者认为，下列情况二者不对应：(1)两次大暴雨发生日期接近，头一场暴雨之积水尚存，又来第二场暴雨，表层粘土沉积会被搅起而重新漂浮，直到静水环境重新出现后，才能形成粘土沉积层。(2)积水时间较长的水库，往往只有一个沉积序列。同一水库，坝前积水时间长，沉积序列少，距坝较远的地区，沉积序列多。(3)清水出流的水库，大部分粘性物质被水流带走，结果本水库缺失表层粘土层，接收清水的水库表层粘土厚度加大。

表 3 沉积厚度与降水强度之关系

Table 3. Relations between rainfall intensity and sediment thickness

| 降水强度 | | 沉积类型与沉积厚度 | | | | | | |
|------------------|---------------|-----------|----------|-----|-----------|------|------|------|
| 日最大降水量 (mm/d) | 发生日期 (月、日) | 沉积 类型 | 沉积厚度(cm) | | | | | |
| | | | 3 坝 | 4 坝 | 5 坝 | 63 坝 | 10 坝 | 12 坝 |
| 34.0 | (8.14) | 粘土 | 9 8 9 | 25 | 6 5.5 7 | 10 | 15 | 3 |
| 31.0 | (8.6) | 砂土 | 14 12 14 | 55 | 11 9.5 13 | 13 | 11 | 36 |
| 59.0 | (7.20) | 粘土 | 6 8 9 | 10 | 3 2.5 2 | | 9 | 2 |
| 50.0 | (7.15) | 砂土 | 10 10 7 | 13 | 5 2.5 3 | | 9 | 23 |
| 45.5 | (6.5) | 粘土 | 13 14 13 | | 3 8 2 | | 9 | 8 |
| | | 砂土 | 6 6 6 | | 10 2 2 | | 7 | 27 |

小流域侵蚀模数的空间变化主要受制于下垫面因素。为了定量研究侵蚀量与下垫面诸因子的关系，有人利用逐步回归分析方法建立了由坡度、梯田、林地、流域高差和流域面积 5 个影响因子组成的指数型多项式：

$$Y = \exp(-0.3254 + 0.06197I - 0.1046T + 1.4479T^{0.5} - 0.0115L + 1.2209 \times 10^{-5}L^2 - 8.8519 \times 10^{-5}L^3 + 0.01504H + 0.0435S)$$

式中：Y 为侵蚀量(t/a)，I 为坡度大于 35° 的面积百分比(%)，T 为梯田面积百分比(%)，L 为林地面积百分比(%)，H 为流域高差(m)，S 为流域面积(km²)。F 检验值为 3.2193。公式以洪水沟实测资料为基础而建立，可作为利用下垫面条件预测侵蚀量、描述侵蚀量空间分布的数学模型。

本流域基岩出露面积很小，主要分布着黄土和红土。水库沉积中的砂土和粘土的比例关系，在一定程度上反映出水库沉积物的来源以及黄土和红土的侵蚀强度。就土结构而言，红土比黄土粘重，浸水易崩解的是黄土而不是红土。然而，它们分布面积的比例与在水库淤积中的比例却极不相称。例如 5 坝，积水面积 0.4425km²，其中黄土占 88.7%，红土占 5.42%。在水库淤积中，黄土仅为红土的 2.6 倍。可见，红土出露面积虽然不大，但它们在水库沉积的比例却提高了近 14 倍。说明红土比黄土更容易冲刷流失。显然这与红土分布位置较低，一般在坡麓处，坡度较大有关。黄土坡的冲刷下部大于上部。

重力侵蚀在黄土地区非常活跃。崩塌、泻溜随处可见。重力侵蚀在总侵蚀量中究竟占多大比重，各地条件千差万别，难以准确确定。1989 年 5 月对洪水沟典型地段(流域面积为 1.9555km²的 4 坝以上库区)现场实测，重力侵蚀(崩塌和泻溜)量为 2466t，若不计 5 月以后的重力侵蚀，它仅占全年总侵蚀量的 20.9%。重力侵蚀的规模有时很大，有的地方一次泻溜量可以超过该流域一年的总侵蚀量。如 81 坝(流域面积 0.3049km²)，1989 年 5 月 10 日实测到一次泻溜量达 4900t(使其上生长的树木形成醉汉林)，它比丰水的 1988 年侵蚀量还多 300t。

四、结论

1. 用库坝淤积最反推该坝控制的小流域侵蚀模数，在没有观测资料的情况下是个简单易行的方法，精确度较高。

2. 黄土高原侵蚀模数的年际变化主要取决于降水因素，特别是降水强度。库区沉积序列往往与几场大暴雨相对应就是明证。侵蚀模数的空间变化主要取决于下垫面因素，特别是坡度。分布在坡麓粘重的红土在沉积中比例大大提高可为佐证。

3. 人类经济活动主要通过改变下垫面性质影响侵蚀模数。田洼村(71 坝)水土保持最有成效，侵蚀模数全流域最低。

参考文献

1. 贾志军 晋西黄土丘陵沟壑区侵蚀性降雨分析，山西水土保持科技 1987.1(p8-12)

2. 李容全等 黄土高原重力侵蚀与潜蚀的遥感分析，黄土高原遥感专题研究论文集。北京大学出版社 1990(p114-120)

陕北旱灾历史变化规律

方修琦 史培军 梁旭

在一定时期内，一个地区的社会经济结构是与该地区自然环境的平均状况相适应的，这其中也包括对一定水平的灾害的抗御能力。但是如果灾害的状况(如强度、频率等)发生变化，并且超出了社会的承受能力，就会带来灾难性的后果。因此，对灾害变化的研究是灾害学研究的一个重要领域。

旱灾是陕北最主要的自然灾害，它导致作物不同程度的欠收乃至绝产，在历史上曾多次造成该地区的严重饥荒，给区域社会经济造成重大的影响。本文根据《陕西省自然灾害史料》中有关榆林、延安地区的灾害记载，建立该地区历史旱灾序列^[1]，讨论其变化特征。

一、历史旱灾频率变化

灾害频率与强度是刻划一个灾害的最基本的指标，由此二者建立起来的灾害序列是刻划单一灾种变化规律的基本序列。

历史灾害频率序列以某一给定时间段为基本时间单位，以该时段内灾害发生的频数(或频率)为指标，它是一个低频的连续时间序列，能够反映灾害多发与少发的变化，但不能反映灾害轻重程度的差别，也不易揭示所选取时间段内的高频变化。图1为以每10年中旱灾发生的年数为指标建立的1601—1990年陕北历史旱灾频率序列。规定在研究区内有旱灾记载的年份即为旱灾年，一年中发生多次旱灾仍按一次计。从图1中可以看出，尽管有记载和统计方面遗漏的影响，旱灾的变化仍呈现出明显的多发期与少发期交替出现的特征。1601年以来，陕北的旱灾可分为8个多旱期和7个少旱期。旱灾多发期包括：17世纪初年~30年代、60~70年代，18世纪20~30年代，18世纪80年代~19世纪初年。19世纪30~40年代、70~80年代，20世纪10~40年代。及70~80年代。多旱灾期内每10年中至少有一半以上的年份为旱灾年，17世纪30年代、19世纪40年代及本世纪20年代这3个10年中几乎每年都有旱灾发生。少旱灾期包括：17世纪40~50年。17世纪80年代~19世纪10年代，18世纪40~70年代，19世纪10~20年代、50~60年代，19世纪90年代~20世纪初年，20世纪50~60年代(表1)。

多旱期与少旱期的变化具有准周期性。以140~150年、40—50年的波动周期最为显著。

二、历史旱灾强度变化

以历史灾害强度为指标建立起来的时间序列为历史灾害强度序列，其基本时间单位可以为年。历史灾害强度可以用表征灾害强度相对差异的强度等级作参数，也可以用区域内遭灾范围所占的比重作参数，根据选取参数的不同，会得到离散的或连续的历史灾害强度序列。历史上灾害轻重程度的变化及持续性等特征可以从历史灾害强度序列中反映出来。

表 1 陕北 1601 年以来旱灾变化的阶段划分

Tab 1 Phases of drought since 1601 in Northern Shaanxi

| 阶段分法 | 按频率划分 | 按强度划分(至 1950 年) |
|---------|----------------------|----------------------|
| 多(重)旱灾期 | 1600—1630, 1660—1670 | 1601—1670, 1701—1750 |
| | 1720—1730, 1780—1800 | 1781—1800, 1830—1850 |
| | 1830—1840, 1870—1880 | 1870—1950 |
| | 1910—1940, 1970—1980 | |
| 少(轻)旱灾期 | 1640—1650, 1680—1710 | 1671—1700, 1751—1780 |
| | 1740—1770, 1810—1820 | 1801—1829, 1851—1869 |
| | 1850—1860, 1890—1900 | |
| | 1950—1960 | |

图 2 为以旱灾相对强度等级为指标建立的 1601 ~ 1950 年陕北历史旱灾强度序列。共分为旱、大旱、特大旱三个强度等级，各级别的评定标准如表 2 所示。该序列为一离散时间序列。

表 2 陕北历史时期旱灾强度等级的划分标准

Tab 2 Standard for grades of historical drought intensity in Northern Shaanxi

| 等级 | 史料记载举例 |
|-----|--------------------------------------|
| 旱 | 旱饥、雨泽愆期、禾不登、收成欠薄 |
| 大旱 | 大旱、夏大旱、大饥、收成无望 |
| 特大旱 | 春夏连旱、一岁无雨、赤地千里、禾尽枯、大饥、大相食、食草根树皮、饿声载道 |

从图 2 中可以看出，陕北的旱灾强度呈显著的阶段性变化，并具有显著的群聚性。1601 ~ 1670 年、1701 ~ 1750 年、1781 ~ 1800 年、1830 ~ 1850 年、1870 ~ 1950 年为重旱灾期(表 1)，一般每 10 年中有一次以上大旱灾年发生。1781 ~ 1800 年及 1830 ~ 1840 年间虽无大旱灾年出现，但连续发生旱灾的年份达 4 年以上，其中 1830 年 ~ 1840 年的 11 年中有 9 年发生旱灾。1626 ~ 1644 年、1720 ~ 1730 年、1877 ~ 1878 年、1900 ~ 1945 年为大旱灾集中期，特大旱灾年均出现在此几个时期内。17 世纪 20 ~ 30 年代及本世纪 20 ~ 30 年代为两个特大旱集中期，约 300 年一遇。1671 ~ 1700 年、1751 ~ 1780 年、1801 ~ 1829 年、1851 ~ 1859 年为轻旱灾期，无大旱灾年出现，且连续旱灾年一般不超过 3 年。

对比图 1 和图 2 不难看出，旱灾强度大的时期一般旱灾的频率也较高。但灾害频率的变化与强度的变化并不完全一致。它们各自从一个侧面反映了灾害的变化特征。

三、二维时间坐标系上的旱灾分布

不同年代之间旱灾特点的差异，不仅表现在旱灾的频率与强度方面，同时也表现在旱灾年份在年代内的分布形式方面。即使是频率与强度都相同的两个年代，其旱灾年份的分布可能完全不同，那么，旱灾的发生是否是一种完全随机的现象呢？为了回答这一问题，统计了陕北地区自公元 1300 年以来各年代中旱灾发生的年份，发现在一个时段内，旱灾集中发生在尾数为某几个数的年份，而在另一个时段内则集中在尾数为另几个数的年份，并且从前一时段到后一时段，旱灾发生年份的尾数是依次变化的，呈现出一定的规律（表 3）。如 1780~1849 年的旱灾多发生在尾数为 3、4、5、6 的年份，1850~1879 年多发生在尾数为 6、7、8 的年份 1880~1950 年则多发生在 9、0、1 的年份。

上述现象说明，旱灾发生在哪一年份并不是完全随机的现象，而是与该年份所处的年代有密切的关系。以一个年份的十位数字为横坐标（年代、 10^1 年），以个位数字（年）为纵坐标，建立起一个二维的时间坐标系，当纵坐标的取值范围限定为 0~9 年时，任何一个以公元纪年的年份均可以在该坐标系中唯一的确定其位置。

环境演变存在着从 10^0 年到 10^8 年尺度的多个时间谱，各个时间尺度上的变化之间既彼此独立又相互联系，每个时间尺度上的变化在过程或成因机制上都有别于其它尺度，一种时间尺度上的规律性变化对于另一个时间尺度来说可能是随机的扰动过程，某些变化过程可能只属于特定的时间尺度。长时间尺度的变化是短尺度变化的背景。现实的环境变化是各种尺度变化的综合反映。上述坐标系中的横坐标和纵坐标分别代表了不同的时间尺度（ 10^1 年和 10^0 年），在该坐标系上所揭示的规律是不同时间尺度之间内在联系的反映。

旱灾往往是由于降水量偏少或降水失时引起的，是环境演变对社会经济所造成的影响的一种表现形式。在上述二维时间坐标系上旱灾年份的分布特点可以反映出旱灾发生年份与其所处年代之间的内在联系。

在具体研究工作中，对纵坐标的取值范围可以不加限制，有时可将下一个年代中的前几年记在上一个年代之上，或将上一个年代中的后几年记在下一个年代之上。这样虽然每个事件在坐标系中的位置不唯一，但可以根据实际情况选定某位置，以便更好地反映变化规律。

表 3 陕北不同时段内旱灾集中出现的年份

Tab 3 Concentrate years of occurrence of drought in different time phases in Northern Shaanxi

| 时段 | 旱灾多发的年份的尾数 |
|-----------|------------|
| 1300—1339 | 5、6 |
| 1340—1389 | 9、0、1 |
| 1390—1459 | 7、8、9、0 |
| 1460—1539 | 0、1、2 |
| 1540—1599 | 2、3、4、5 |
| 1600—1659 | 7、8、9、0 |
| 1660—1729 | 9、0、1 |
| 1730—1779 | 7、8 |
| 1780—1849 | 3、4、5、6 |
| 1850—1879 | 6、7、8 |
| 1880—1950 | 9、0、1 |

将陕北地区 1300 年以来的旱灾年份不分轻重均点给在上述二维时间坐标系中，对于个别年代初年或末年的旱灾年份根据情况适当调整到上一年代或下一年代之上，即纵坐标的取值不局限为 0~9(图 3)。从图 3 中可以看出，在上述坐标系中，旱灾年份呈有规律地集中分布的特点。其集中分布中心位置的连线近似地为一波长 290~300 年、振幅为 10 年左右的正弦曲线。按曲线的变化趋势从公元 1300 年向前延伸到公元 600 年，在这段时期内零星记载的旱灾年份也出现在该曲线附近。

旱灾年份在曲线附近的分布具有相对集中的特点，主要出现在曲线到达波峰或波谷之前或之后，集中期的重现周期约为 50 年左右，旱灾集中出现的时期与旱灾变化频率图中的多旱灾期相对应。

自公元 1300 年以来，持续 10 余年的长旱灾期共出现 5 次，它们是：

- .14 世纪 20 年代，
- .15 世纪 80 年代，
- .17 世纪 30~40 年代，
- .19 世纪 80~90 年代，
- .20 世纪 20~30 年代。

长旱灾期的重现周期为 150 年左右，其中 、 、 三个长旱灾期均出现在曲线到达波峰之前，彼此间隔约 300 年，与曲线波动周期一致，其重灾段均出现在每个年代的前期。 、 两个长旱灾期的间隔也为 300 年，均出现在曲线到达波谷之前，其重灾段出现在每个年代的后期。单数长旱灾期的旱灾强度大于双数长旱灾期。

在上述坐标系中。陕北旱灾发生年份有规律分布的现象说明，一个年份是否发生旱灾并不是完全随机的现象，而是在很大程度上决定于该年份所处的年代。从环境演变的角度来看，就是长时间尺度的环境演变对短时间尺度的变化起支配作用。环境演变并不只是不同时间尺度的简单迭加。

上述方法在其它地区的适用性及坐标单位的选择等有待进一步讨论。利

用该方法对贵州省历史时期的旱灾变化进行分析，其旱灾年份亦集中分布在以 300 年左右为周期的正弦曲线附近，但位相与陕北相反”。

四、水旱灾害变化与降水变化的关系

统计 1601—1950 年陕北地区水灾发生的频率，并与旱灾频率序列对比，可以看出，水灾变化的周期比旱灾短。多水灾的阶段一般出现在多旱灾与少旱灾的转换期，少旱阶段的水灾一般也少。从 1601—1950 年各个年代水旱灾频率对应关系上看，多水多旱、少水少旱、少水多旱等三种情况出现的机率相近，分别为 31.4%、31.4%和 28.6%，而多水少旱的年代只占 8.6%。另外，从水旱灾害的逐年变化上看，一年中水旱灾均有发生的年份占全部成灾年份的 26.7%。

以上对应关系说明，虽然水旱灾害均与水分条件有关，在其它条件不变的情况下，水旱灾害的发生与否取决于降水的多少及分配方式，但由于水旱灾害的成因机制不同，不论在一年当中还是在一段时间内非旱即涝的关系是不成立的，至少在陕北地区是这种情况。

陕北黄陵侧柏的树木年轮宽度变化与降水变化显著相关，该树木年轮的指数序列可以作为陕北地区降水的代用序列^[2]。将陕北的水旱灾害频率序列与黄陵侧柏年轮指数序列相对比，可以看出，多旱灾期一般出现在少雨期，但多水灾期并不出现在多雨期，而是多出现在少雨期与多雨期的转换期，多雨期的水旱灾均少(图 1)。这种对应关系说明，陕北的旱灾主要是由于降水减少引起的，旱灾的多少变化与降水的多少有很好的对应关系，在陕北地区，降水增多并不是造成水灾的主要原因，水灾主要是年降水过于集中或年际变化过大造成的。水灾的变化与降水的变化有一定的关系，主要出现在降水的不稳定阶段。但水灾的多少不能反映降水的多少。因此，可以认为。在陕北地区，用水旱的频率变化来反映降水变化并不十分合适。

参考文献

1. 陕西省气象局气象台 1974 陕西省自然灾害史料
2. 李兆元等 1989 中国黄帝陵古柏与陕西近五百年(1470 - 1974 年)的气候变化，《气候变化研究》，90—98，气象出版社

1.方修琦，史培军；1991，贵州历史时期的旱水雪灾变化，青年地理学家，6期 2.方修琦，史培军：1991 贵州历史时期的旱水雪灾变化，青年地理学家，

黄河中游夏季风活动特点与黄河年输沙量关系

巢俊民

黄河是我国第二大河，黄河流域面积广阔，约 75 万 km^2 ，再加上与它紧密联系的下游黄淮海平原沿黄防洪保护区 12 万 km^2 ，以及需要调用黄河水的平朔、大同、河北、天津等地区，其流域治理开发直接影响范围可达 100 万 km^2 。这一广大地区处于我国东部夏季风的影响范围，每年夏季风活动的降水量可占到全年降水量的 70% 以上，所以夏季风活动对该地区水、旱和水土流失等都有密切关系。本文将在过去我们对北方夏季风研究工作(参考文献 [1]、[2]、[3])基础上，根据 1960 年到 1989 年期间该地区 850hPa 的高度、温度、湿度、风向、风速等资料和一些地面水文气象资料，研究该地区近 30 年的夏季风活动，例如每年的起止日期、持续时间和强度等的基本特点，并在此基础上进一步探讨该地区夏季风活动与黄河年输沙量的关系。

一、该地区夏季风活动的基本特点

在黄河流域附近我们选用 11 个高空站的 1960 年到 1989 年每年 6 月到 9 月 850hPa 每日 08 点的温度、露点、风向、风速纪录，作为分析计算的基础资料。这 11 个站分别为 35°N 附近自东向西的徐州、郑州、西安、平凉， 37°N 到 38°N 附近自东向西的济南、太原、延安、银川，以及 40°N 附近自东向西的北京，呼和浩特，临河。计算了各站每年每天 08 时 850hPa 处的 θ_{se} 、南风分量以及它们的 5 天滑动平均值。我们根据 θ_{se} 5 天滑动平均值开始大于、等于 332°K ，以及开始小于 332°K 的日期，并参考南风分量的 5 天滑动平均值来确定夏季风开始和终止的日期、持续时间。用 θ_{se} 5 天滑动平均值 340°K 的天数表示该年夏季风期间其气团的高温高湿的强度。因为较高的 θ_{se} 表示这时影响该地区的热带海洋气团底层具有较强的高温高湿特性，含有较大的不稳定能，可以产生较强的对流性降水。

图 1 标绘了各站夏季风起止日期，持续天数和 850hpa08 时 θ_{se} 5 天滑动平均值 340°K 天数的近 30 年(1960—1989)平均值。由图 1 可以看出：夏季风开始日期由南向北逐渐推迟，同纬度比较东部略迟于西部；夏季风终止日期由南向北逐渐提前，同纬度比较东部略早于西部；夏季风持续天数自南向北逐渐变少，同纬度比较西部略长于东部；夏季风期间 850hpa08 点 θ_{se} 5 天滑动平均值 340°K 天数自南向北逐渐减少，同纬度比较大约在中部 109°E 附近略多于东西两侧。

为了看清该地区夏季风活动的年际间变动特点，我们还计算了各站近 30 年夏季风开始日期、终止日期的标准差和夏季风持续天数、 θ_{se} 5 天滑动平均值 340°K 天数的变差系数，根据这些值标绘了图 2。由图 2 看出夏季风开始日期年际间变动程度为北部大于南部，同纬度比较东部略大于西部；夏季风终止日期的年际变动程度为南部大于北部、西部大于东部；夏季风持续天数的年际变动程度为北部大于南部， 38°N 以南同纬度比较东部大于西部； θ_{se} 5 天滑动平均值 340°K 天数的年际间变动程度的最显著特征是北部大于南部。

此外，在夏季风影响期内由于较强的北方极地大陆冷气团的南侵，各站常出现数段 \bar{s}_e 5 天滑动平均值小于 332°K 的现象，我们称之为夏季风的暂时中断现象。我们计算了各站每年夏季风中断天数及其 30 年平均值，以及中断天数平均值与持续天数平均值之比，在图 2 上标注了各站的这个比值。由图 2 看出夏季风中断现象北部比南部明显，同纬度比较西部较东部显著。

二、夏季风活动与黄河年输沙量的关系

我们选取 1960 年到 1989 年龙门和花园口的年径流量和年输沙量序列，表示近 30 年黄河的水沙特点。两站之间的年径流量和年输沙量相关都较密切，前者两站相关系数为 0.8811，后者达到 0.7881。但是各站自己的年径流量与年输沙量的相关性却较差，龙门站年径流量与年输沙量的相关系数为 0.4674，而花园口站仅达 0.3830。

对两个站年径流量、年输沙量与 11 个站反映夏季风特点的 4 个参数，我们分别作了相关分析。计算结果表明，两站的年径流量与 11 个站反映夏季风活动特点的 4 个参数的相关性都较差，相关系数的绝对值没有超过 0.4 的。但是，相关分析结果表明两站年输沙量与某些站、主要是 850hPa \bar{s}_e 5 天滑动平均值 340°K 的天数有着非常密切的关系。例如，与龙门年输沙量相关系数绝对值在 0.55 以上仅为：

龙门年输沙量与济南夏季风期间 \bar{s}_e 5 天滑动平均值 340°K 天数的相关系数等于 0.7540；龙门年输沙量与太原夏季风期间 \bar{s}_e 5 天滑动平均值 340°K 天数的相关系数等于 0.6356；龙门年输沙量与呼和浩特夏季风持续天数的相关系数为 0.6140；龙门年输沙量与郑州夏季风期间 \bar{s}_e 5 天滑动平均值 340°K 天数的相关系数为 0.5731；龙门年输沙量与郑州夏季风期间 \bar{s}_e 5 天滑动平均值 340°K 天数的相关系数等于 0.5529。

图 3 标绘了 1960 年到 1989 年龙门年输沙量和太原夏季风期间 850hPa08 时 \bar{s}_e 5 天滑动平均值 340°K 天数曲线，由图看出两条曲线的起伏形势、极大和极小值的位置都是非常吻合的。又如花园口年输沙量与 11 个站表示夏季风活动特点 4 个参数的相关系数绝对值大于 0.5 的仅有：

花园口年输沙量与平凉夏季风期间 \bar{s}_e 5 天滑动平均值 340°K 天数的相关系数为 0.7052；花园口年输沙量与延安夏季风期间 \bar{s}_e 5 天滑动平均值 340°K 天数的相关系数为 0.5997；花园口年输沙量与太原夏季风期间 \bar{s}_e 5 天滑动平均值 340°K 天数的相关系数为 0.5158；花园口年输沙量与呼和浩特夏季风期间 \bar{s}_e 5 天滑动平均值 340°K 天数的相关系数为 0.5060；花园口年输沙量与郑州夏季风期间 \bar{s}_e 5 天滑动平均值 340°K 天数的相关系数为 0.5052。

图 4 标绘了花园口年输沙量曲线和平凉 850hPa08 点 \bar{s}_e 5 天滑动平均值 340°K 天数曲线。由图 4 看出，除 1961 年外两条曲线的起伏形势、极大、极小值位置也是非常吻合的。只是 1961 年 \bar{s}_e 5 天滑动平均值 340°K 天数是个极大值，按理花园口年输沙量是个极大值，可实际却是一个极小值。我

们认为产生这种现象主要是由于三门峡水库 1960 年到 1962 年 5 月的初期蓄水阶段，水库排沙甚微、淤积却十分严重，这时水库的淤积泥沙约 19.93 亿吨，就使花园口 1961 年输沙量原应是一个高值年，结果变成低值年。

综上所述，可以得出以下结论，黄河年输沙量的大小与黄河流域夏季风活动特点密切相关，但是其中与夏季风起始时间、终止时间和持续天数的相关都不明显，只与黄河泥沙主要来源地区夏季风期间 850hPa_{se}5 天滑动平均值 340 ° K 天数相关非常显著，两者存在很好的正相关，相关系数可达 0.7 以上。极大、极小值位置上几乎完全一致。这是因为黄河泥沙主要靠强度较大的对流性降水从源地冲进黄河，而强度较大的对流性降水要靠大气底层大量潮湿不稳定能的释放而形成。因此，要产生能使水土明显流失的强对流性降水，必须大气底层含有大量潮湿不稳定能，就是要求大气底层处于比较显著的高温高湿状态。根据_{se}的物理意义，也就是要求_{se}比较高。夏季风活动期间 850hPa_{se} 340 ° K 的天数越长，说明大气底层具有充沛的潮湿不稳定能的天数也就越长，所以产生强对流性降水的次数越多、累积时间越长，由泥沙源地冲进黄河的泥沙也就越多，黄河年输沙量也就越大；反之，850hPa_{se}5 天滑动平均值 340 ° K 天数越少；说明大气底层具有充沛潮湿不稳定能的天数也就越短，产生强对流性降水的次数也越少、累积时间也越短，由泥沙地冲进黄河的泥沙也就越少，所以黄河的年输沙量也就越小。

参考文献

1. 施尚文、巢俊民，我国北方地区的夏季风，全国热带夏季风会议文集，云南人民出版社，1982，72—85
2. 巢俊民、施尚文，我国北方夏季风期间降水的若干气候特征，北京师范大学学报(自然科学版)，1983(4)，75—84
3. 巢俊民，我国七八月等压面位势高度准两周振荡特点及其与夏季风强度和北方降水的关系，地理学报，46(4)，1991，470—479
4. 吴致尧，黄河流域经济发展和治黄战略，1990 年 4 月 19 日在黄委会 1990 年第二次会议上的报告
5. 熊贵枢、支俊峰等，黄河的水沙变化(1919 年—1989 年)，1990 年 12 月(待发表)

宁夏引黄灌区水资源和生态环境关系的研究

刘改有

一、引黄灌区概况

宁夏引黄灌区又叫银川灌区，位于宁夏东北部，分布在黄河干流两岸，南北长 320 余 km，东西宽 30—50km，呈狭长葫芦形。地属西北干旱气候区，年降水量平均 192mm，无论年降水总量还是降水季节分配，都远不能满足作物正常需要。这里蒸发能力强，水面蒸发量最高达 1960mm，没有灌溉就没有农业。银川灌区有两千余年的灌溉历史，已发展成我国巨型自流灌区，是宁夏回族自治区的主要农业经济区和商品粮基地。

银川灌区以青铜峡水库为界分为两部分：青铜峡水库以南为(中)卫(中)宁灌区，卫宁灌区地面坡度较大，为 1/1000—1/3000，土质透水性好，地表及地下径流通畅，地下水埋深一般大于 2m，地下水矿化度低，为 1—3g/L，或小于 1g/L。除局部洼地外，盐碱危害不大。

青铜峡水库以北的青铜峡灌区又分为河西灌区和河东灌区。河西灌区包括青铜峡、永宁、银川、贺兰、平罗、石咀山等县市，地势自西南向东北方向倾斜，地面坡度越北越平缓。其中银北灌区包括永宁县北部、银川郊区、贺兰县、平罗县、石咀山郊区和农垦系统的七个国营农场，地面坡度极为平缓，南北向约为 1/6000—1/8000。而高庙湖、燕窝池等封闭洼地，其中心低于黄河正常水位 3—5m，西大滩之西沿地面，普遍低于黄河水位 1—3m。所以银北灌区地表地下径流条件都差，排水困难，地下水埋深浅(1—1.5m)，矿化度高(1—5g/L，部分地区可达 10g/L)。土壤盐渍化现象普遍而且严重。截止 1985 年，全灌区有不同程度的盐碱耕地 129.5 万亩，银北地区占 99.2 万亩，为整个平原区盐碱地面积的 77%。银北地区还分布有大片荒地，水资源和环境生态问题特别突出。河东灌区包括青铜峡县东部、吴忠、灵武和陶乐。地势自黄河向东逐渐升高，除局部洼地外，一般排水条件良好。陶乐县为高阶地，自成灌溉系统，为电力灌区。

二、灌区水平衡与灌区农业生态环境

黄河过境水量的一部分积极参与了本区水循环，这是本灌区水文方面的突出特点(表 1)。在灌区各项水量收入中，引黄水量占 84%，因而引黄水量的变化，对灌区农业生态环境有决定性影响。由本区降水产生的地表水资源量很少，仅 $0.123 \times 108\text{m}^3$ ，远不能满足工农业生产发展的需要。在干旱气候区，没有灌溉就没有农业，但引水量要合适，引水量太小会使土地沙化范围扩大，使农业生态环境恶化；引水量也不能过大，由于银北灌区地势平坦，排水不畅，引水量过大会造成引排关系失调，抬高地下水位，加重土壤盐渍化，同样会使农业生态环境恶化。所以改善银川灌区农业生态环境的杠杆，应放在控制引黄水量，合理利用水资源这个基点上。

表 1 银川灌区水量平衡表

| | 水量收支项目 | 水量(108m ³) | 所占百分比(%) |
|-------------|----------|------------------------|----------|
| 收 入 项 | 各渠年引水量 | 61.6 | 83.5 |
| | 灌区降水量 | 10.9 | 14.8 |
| | 山区河川径流补给 | 0.75 | 1.0 |
| | 工业取用黄河水量 | 0.53 | 0.7 |
| | 总 计 | 73.78 | 100 |
| 支 出 项 | 各沟年排水量 | 28.7 | 38.9 |
| | 地区总蒸发量 | 36.38 | 49.3 |
| | 深层渗漏量 | 6.73 | 9.1 |
| | 工业排水量 | 0.37 | 0.5 |
| | 其他泄黄水量 | 1.6 | 2.2 |
| | 总 计 | 73.78 | 100 |

银川平原和卫宁平原均属断陷盆地，由冲积湖积物交替组成，表层主要是粉细砂或亚砂土，是两个最富水各成系统的地下水储水盆地。地下水是土壤盐分迁移媒介，地下水的运动和均衡(表 2)，对农业生态环境特别是土壤盐渍化有直接影响。由表 2 可见，地下水主要来自地表水体渗漏，占 93.6%，其中又以渠系和渠灌田间渗漏居绝对优势，占地下水总补给量的 93%。说明地下水的动态变化主要受制于灌区引水量的大小，与气候条件变化关系不大，这也是本区水文方面的突出特点。所以，为控制地下水位，必须减少渠系渗漏。在地下水各支出项中，潜水蒸发占 56.6%，在蒸发过程中水去盐存，加重土壤盐渍化。因此，降低地下水位，减少潜水蒸发，是改良盐碱地的根本措施。在地下水的支出项中，河道排泄占 40.1%，盐分随河道水流排出灌区之外。观测表明，河道排泄的盐分大于引黄带来的盐分，引黄灌溉起洗盐作用。

表 2 银川灌区地下水均衡表

| 收 支 项 目 | | 水量(108m ³) | 所占百分比(%) | |
|------------------|----------------|------------------------|----------|------|
| 各 收 入 项 | 降雨入渗 | 1.03 | 4.8 | |
| | 山前侧渗 | 0.32 | 1.5 | |
| | 地表 水体 渗漏 | 河道 | 0.13 | 0.6 |
| | | 渠系 | 13.85 | 64.1 |
| | | 渠灌田间 | 6.24 | 29.9 |
| | | 合计 | 20.22 | 93.6 |
| | 井灌回归 | 0.03 | 0.1 | |
| 总补给量 | 21.60 | 100 | | |
| 各 支 出 项 | 浅层地下水实际开采量 | 0.64 | 2.9 | |
| | 潜水蒸发 | 12.36 | 56.6 | |
| | 河道 | 8.84 | 40.5 | |
| | 总排泄量 | 21.84 | 100 | |

引自黄委水文局《黄河流域片水资源评价》，1986 年

三、灌区农业生态系统存在问题和改善途径

宁夏引黄灌区的生态系统是一种人工的农业生态系统，它是人对自然环境条件干预和调整之后形成的。自然条件对生态系统可以有相反的作用：自然条件及其组合可能成为自然资源，使农业生态系统受益；也可能变成自然灾害，危害农业生态系统。必须用技术经济力量对农业生态系统进行调整，使系统的物质和能量转化率提高，使环境处于良性循环状态。宁夏引黄灌区特别是银北地区，农业生态系统的主要问题是引黄水量过大，地势低平，地表地下水排泄不畅，从而导致地下水位抬高，潜水蒸发强烈，土壤盐渍化严重，大大降低了系统内物质和能量转化的效率。对于上述问题经人工长时间调解，引黄灌区生态环境基本处于稳定状态，并向良性方向发展。主要表现在：(1)盐量超排，每年进入青铜峡灌区的盐量为 190 万 t，排出 206 万 t，超排 16 万 t。进入灌区的是碳酸盐型水，排出的是硫酸盐和氯化物型水。(2)地下水矿化度降低，高矿化度地下水分布范围缩小。银北地区是灌区地下水矿化度高值区和盐碱土的主要分布区。地下水矿化度由 60 年代中期的 3.1g/L 下降到 80 年代初的 1.7g/L。石咀山地区则由 60 年代中期的 3.9g/L 下降到 80 年代初的 1.9g/L，地下水水质得到明显改善(图 1 和表 3)。1962 年在银北地区，矿化度高于 3g/L 的地下水广泛分布于银川市、石咀山市、尾闸、姚伏等地所圈定的范围内，其中西大滩到平罗铁路两侧，地下水矿化度高达 10g/L 以上。另外，在吴忠东南，也有高矿化度地下水分布区。经治理后 1981 年时高矿化度地下水分布范围缩小，矿化度降低，在银北灌区，高于 10g/L 的地区，仅局限在尾闸以南庙台附近。在吴忠东南高矿化度地下水分布区，不仅 10g/L 分布区消失，6g/L 以上的地下水也不复存在。相反，矿化度小于 1g/L 的地下水分布范围明显扩大。(3)盐碱土面积缩小。例如平罗，盐渍化耕地 1958 年占 52.6%，1962 年达最高峰，占 73.6%，经过 20 年艰苦努力，到 1984 年，盐渍化耕地降为 44.9%。农业生态系统是一个生态经济系统。引黄灌溉是维持宁夏平原农业生态系统的因子。统计表明，水浇地为旱地单产的 5 倍，说明在这个系统内，物质和能量的循环效率由于灌溉而被大大提高。从建立中华人民共和国到 80 年代初，以水利排灌为主的综合经济效益为水利工程投资的 6 倍，说明这个系统的经济效益明显。

表 3 银川平原潜水矿化度分布面积对比

| 年度 | 1962 年 | | 1981 年 | |
|-------|----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|
| | 分布面积 (km ²) | 占平原面积 百分比(%) | 分布面积 (km ²) | 占平原面积 百分比(%) |
| < 1 | 2400 | 35.76 | 3342 | 49.79 |
| 1—3 | 2568 | 38.25 | 2041 | 30.41 |
| 3 - 6 | 1057 | 15.75 | 1108 | 16.51 |
| 6—10 | 387 | 5.77 | 194 | 2.89 |
| > 10 | 300 | 4.47 | 27 | 0.40 |

解决排水问题是缩小银北地区盐渍化面积、改善灌区农业生态条件的重要途径。清朝乾隆年间，宁夏引黄灌区有耕地 222.2 万亩，其中盐碱地 97.8 万亩，占 44.5%，其中 85.5%分布在银北，结果使该区生态条件恶化，湖沼连绵，碱滩遍布，农田撩荒，人口锐降。本世纪 50 年

代，一度大量开荒，因排水系统不健全，形成大片弃荒。1960年前后，银北地区曾扩大水稻种植面积40万亩，因排水无出路，导致地下水位普遍抬升，结果水田浸了旱地，土壤次生盐渍化加剧，盐渍化面积扩大(表3)，粮食连年减产，不得不大量压缩水稻种植面积。近二三十年来，由于重视了排水问题，特别是井排，才使银北地区生态环境稳定下来，并逐渐向良性循环过渡。正反经验都说明，应当把引黄灌区特别是银北地区的排水看作与引水具有同等重要地位。然而仅仅认识到排水的重要性还远远不够，还必须解决引水、灌溉方式和排水出路等一系列问题。据1967—1984年统计，年引黄水量达62.9—77.5亿 m^3 ，已超过黄河过境水量的1/5。毛灌溉定额达1498—1962 m^3 /亩，引水量过大。从引水量与粮食产量的关系来看，总趋势是引水量增加，灌溉面积扩大，粮食总产增加。但分段对照则出现失调情况。例如1956—1964年，引水由45亿 m^3 增加到58亿 m^3 ，排水由15亿 m^3 增至23.5亿 m^3 ，年产粮由4亿kg缓慢增至5亿kg。1965—1969年，年引水由58.1亿 m^3 增至77.5亿 m^3 ，排水量也由25.4亿 m^3 增至39.4亿 m^3 ，粮食产量却由4.85亿kg下降到4.3亿kg。1970—1978年，引水量由73.6亿 m^3 下降到62.9亿 m^3 ，排水量由40.5亿 m^3 下降到30.5亿 m^3 ，粮食产量则由4亿kg直线上升到7.75亿kg。可见，过量引水有害无益，大引必然得大排，使灌排比失调，造成恶性循环。

宁夏引黄灌区渠系水有效利用系数为0.47，比国内外平均水平都低。渠系渗漏对地下水补给量占地下水总补给量的64.1%，成为决定地下水动态变化的主要因素。因此，加强渠系科学管理，防止渠道跑水、渗水，提高渠系水利用系数，不仅可以大量节约水资源，而且对缩小盐碱土分布范围，改善农业生态环境条件都有良好作用。

在灌溉制度上，采用大水漫灌，既浪费水又影响产量。试验和计算说明，改进灌溉制度，例如采取浅深浅的灌溉方式，即在分蘖期浅灌，水层厚度为5cm，拔节到灌浆期深灌，水层厚度为15cm，乳熟期浅灌，水层厚度为5cm。结果，每亩耗水量降至650 m^3 (中肥区)—658 m^3 (高肥区)，每亩实际耗水量1411.5 m^3 。银川灌区有水稻100万亩，仅通过改革灌溉制度这一项措施，就可能节水7.5亿 m^3 。

宁夏引黄灌区农业生态系统靠引黄建立，也靠黄河水维持。地表水和地下水不断进行循环转化，形成统一整体。所以要利用好水资源，还要保护好水资源。到2000年，黄河分配给宁夏的水资源是40亿 m^3 ，宁夏早已达到这个指标，再从黄河多引水已属不可能。要根治百万亩盐碱地，新垦百万亩荒地，水资源都要由本地解决，这一方面靠节约用水、科学用水，防渗防漏改造渠系，靠开发利用地下水，井灌井排，以灌代排来解决；另一方面，要重视水资源的保护，防止污染，使有限的水资源都能得到利用。

参考文献

1. 宁夏农业地理 宁夏农业地理编写组，科学出版社，1976。
2. 宁夏地表水资源 宁夏回族自治区水文总站，1985。

我国灰钙土带重金属环境基准的区域特征

许嘉琳，杨居荣，徐红宁

土壤环境质量基准是指在维持土壤正常的生产功能、代谢功能以及维持物质良性循环的前提下，土壤中容许某种污染物存在的最高剂量或浓度。科学地制定环境基准对于保护土壤资源，充分利用自然净化能力，防治污染，协调经济发展与环境保护的关系具有重要作用。

各种污染物的土壤环境质量基准除受其本身的物理、化学性质影响外，还受自然地理条件、土壤类型、土壤肥力水平、农业生产状况的制约。风化、淋溶、腐殖质化等自然地理过程的影响尤为明显。因此，环境基准具有明显的区域特征，必须因地制宜地确定和推广。

一、研究地区概况

灰钙土带属温带半干旱大陆型气候。年平均温度在 6—9 左右，积温达 2800—3100 。夏季短促温热，冬季漫长严寒。甘肃省内灰钙土分布区，7 月平均温度多在 20 左右或 20 以上，1 月为 -7 — -9 。灰钙土带年平均降水量稀少，仅 200—350mm，而且降水量季节分配不均匀，年际变化也很大。带内热量比较充足，蒸发旺盛，干燥度在 1.8—4.0 之间。水分缺乏是土地利用与农业发展的主要限制因素。

灰钙土所处地形大部分为丘陵、平缓塬地、排水良好的古老阶地、山前倾斜平原。地表普遍为黄土层复盖，黄土下伏不同形态的基岩古地形没有影响黄土分布的延续性。黄土与黄土性物质是灰钙土的主要成土母质。其性质对灰钙土的组成与性状有深刻影响。

灰钙土带植被为荒漠平原，主要由多年生丛生杂草与灌木、半灌木组成。

灰钙土带受水分条件制约，与我国东部季风区相比，物理风化较显著，化学风化强度相对较弱，在深厚的黄土层上发育了呈碱性或强碱性的石膏—碳酸盐风化壳。受风化特征与黄土性物质影响，土壤中粒径 < 0.001mm 粘粒占比重较低，而粗粉粒所占比重较高(表 1)。机械组成属于砂粉土、粉土或粉壤土。从土壤的次生粘土矿物组成看，伊利石的比率可高于 50%，其次为蒙脱石，含量约 7%—32%，绿泥石、高岭石均低于 10%。

研究地带内在荒漠草原植被影响下，生物生长量低，有机质合成过程微弱。另一方面，干旱条件促使好气性微生物分解强烈，因此，地表有机质含量不高，大致变化于 0.3%—3.4% 之间。土壤腐殖质化过程的特征是形成以富里酸为主的组成，胡敏酸/富里酸的比值在 0.7 左右。富里酸能与多种金属离子结合形成络化物或螯合物。

表 1 代表性灰钙土的机械组成

| 土壤亚类 | 1-0.25 mm (%) | 0.25-0.05 mm (%) | 0.05-0.01 mm (%) | 0.01-0.005 mm (%) | 0.005-0.001 mm (%) | < 0.001 mm |
|-------|------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|---------------|
| 灰钙土 | 6.54 | 25.91 | 35.00 | 8.34 | 12.33 | 11.88 |
| 淡灰钙土 | 0.44 | 20.35 | 49.16 | 28.84 | 0.66 | 0.55 |
| 草甸灰钙土 | 19.18 | 19.27 | 34.00 | 10.00 | 8.67 | 8.88 |

上述各种灰钙土的性质对于重金属的迁移、转化有显著影响，从而制约着其环境基准的区域特征。

二、研究方法

由于土壤是一个多组分、多功能的复杂体系，其基准的制定必需以综合研究土壤中各有关元素的农作物效应、微生物效应以及它们对于地表水、地下水环境质量的影响为基础。

为考察各种重金属的作物效应，进行了栽培当地主要农作物——春小麦和玉米——的试验，试验中分别投加铜($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)50—400($\times 10^{-6}$)、铅($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)50—150($\times 10^{-6}$)、镉($\text{CdCl}_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$)1—100($\times 10^{-6}$)。在收获期，根据测定、分析结果用回归方程计算出使作物减产 10% 或使作物籽粒中重金属含量达到食品卫生标准时土壤中重金属的临界含量。

为研究土壤中重金属的微生物效应，以上述盆栽试验为基础，进行了不同 Cu、Pb、Cd 浓度下，主要微生物生理群(细菌、真菌、放线菌、固氮菌)的计数测定，水解酶系(脲酶、蛋白酶、磷酸酶等)和氧化还原酶系(脱氢酶、多酚氧化酶、过氧化氢酶等)的活性测定，以及几种生化强度(呼吸强度、固氮强度、纤维分解强度)的测定。综合测试结果，选取代表性指标，得出使微生物现存量减少 50% 使酶活性或生化强度的抑制率相当于 25% 时土壤中重金属的临界含量。

在研究中，进行了土柱淋灌试验和田间往流模拟试验，根据试验结果，分别计算了地下水及地表径流中重金属含量与土壤中重金属含量的关系。确定使地下水达到饮用水卫生标准(铜:1.0mg/L, 铅:0.05mg/L, 镉:0.01mg/L)以及使地表水质量符合地面水环境质量标准时，土壤中重金属的临界含量。

在研究过程中，土壤、作物中重金属均采用加强酸消化处理，用原子吸收分光光度计或电感耦合等离子体光谱仪测定。

综合各项试验结果，在所得出的灰钙土中各种重金属各单体系临界含量的基础上，根据“最小限制性原则”和以农作物效应为主导的原则，确定出重金属的土壤环境质量基准。

三、主要研究结果

(一) 土壤中重金属的作物效应

当土壤中存在过量金属时，作物各部位的累积量一般相应增长。以铜为例，在不同投加量下，春小麦根部、籽粒、茎叶中的含量水平如表 2 所示。

农作物体内重金属含量超过正常水

表 2 春小麦对铜的吸收和累积(单位: $\times 10^{-6}$)

Table 2 Uptake and Accumulation of Cu for Spring Wheat($\times 10^{-6}$)

| 投加量 | | 对照 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 |
|---------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 作物 中 含量 | 籽粒 | 2.144 | 5.168 | 5.860 | 6.976 | 6.774 | 6.919 | 7.335 | 8.757 |
| | 茎叶 | 2.841 | 5.556 | 4.580 | 9.487 | 8.068 | 11.428 | 11.753 | 39.696 |
| | 根部 | 26.311 | 37.514 | 88.847 | 124.66 | 112.18 | 149.54 | 219.30 | 286.70 |

平会使其代谢过程受干扰, 生长发育受阻滞, 农产品的产量下降。在所研究的重金属元素中, 以铜的危害最明显。过量铜使作物根系受损害, 根系的发展延伸受抑制, 以致在有限根系分布范围内营养元素逐渐贫瘠, 使地上部分也发育不良。由于土壤环境中铜、铁间的竞争吸收, 还会使根系对铁的吸收受到抑制, 引起叶绿素含量下降, 而且过剩的铜还可能改变叶绿素的结构, 阻止光合作用中电子转移。在本研究中, 根据实际分析测定, 可以看出: 春小麦叶绿素含量与土壤中铜含量间呈极显著负相关($p < 0.01$)。同时, 体内铜积累过高, 还会使作物体内酶的活性受抑制。在试验中已测出在土壤投加铜, 使根部的过氧化氢酶和茎部的蔗糖酶都比对照降低。在土壤中投加铅、镉也会使春小麦、玉米减产。三种重金属对春麦产量的影响如表 3 所示。

表 3 重金属对春小麦产量的影响

Table 3 Effect of Heavy Metals on the Production of Spring Wheat

| | | | | | | | | | |
|----|-----------------------------|-----|-------|------|------|------|------|------|------|
| Cu | 投加量 ($\times 10^{-6}$) | 对照 | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 |
| | 相对产量 (%) | 100 | 92.7 | 72.0 | 57.8 | 59.0 | 52.4 | 26.9 | 5.3 |
| Pb | 投加量 ($\times 10^{-6}$) | 对照 | 50 | 100 | 300 | 500 | 700 | 1000 | 1500 |
| | 相对产量 (%) | 100 | 105.1 | 92.6 | 87.8 | 85.6 | 78.6 | 41.2 | 52.8 |
| Cd | 投加量 ($\times 10^{-6}$) | 对照 | 1 | 3 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
| | 相对产量 (%) | 100 | 110.9 | 90.3 | 87.0 | 90.4 | 84.0 | 82.1 | 81.6 |

(对照中含量, Cu : 36.25×10^{-6} , Pb : 26.92×10^{-6} , Cd : 0.229×10^{-6})

根据上述结果可以得出: 当土壤中铜含量为 110×10^{-6} , 铅含量为 300×10^{-6} 或镉含量为 11×10^{-6} 时, 春小麦减产 10%。与玉米产量减低 10% 相应的土壤中重金属含量, 铜为 150×10^{-6} , 铅为 480×10^{-6} , 镉为 38×10^{-6} , 也就是说: 玉米的耐受性比小麦强。因此, 根据“从严要求”的原则, 在制定基准时, 以春小麦的试验结果为主要依据。

土壤中重金属对农作物的危害还表现在使农产品中一些元素的含量过高, 甚至超过食品卫生标准, 以致通过食物链威胁人群健康。根据试验结果, 得出表征 Cu、Pb、Cd 在土壤中含量和在春小麦籽粒中含量间相关关系的回归方程, 列于表 4。

表 4 土壤——农产品中重金属含量的回归方程

Table 4 Regression Equations for

Concentrations of Heavy Metals in Soil and in Crops

| 元 素 | 回 归 方 程 | n | r | p |
|-----|-----------------------------------|---|--------|--------|
| Cu | $y=3.4013+0.0131x$ | 8 | 0.8892 | < 0.01 |
| Pb | $y=0.2437+0.8584 \times 10^{-3}x$ | 8 | 0.9944 | < 0.01 |
| Cd | $y=0.0452+0.0645x$ | 6 | 0.9889 | < 0.01 |

x : 土壤中重金属含量 ($\times 10^{-6}$)

y : 春麦籽粒中重金属含量 ($\times 10^{-6}$)

根据方程, 可以计算出在土壤中铜、铅含量达到使春麦减产 10% 的水平时, 其籽粒中含量尚未达到食品卫生标准。(铜、铅的食品卫生标准依次以 20×10^{-6} 、 1×10^{-6} 计)。然而, 镉的特征有所不同。当土壤中含镉量为 2.4×10^{-6} 时, 春麦籽粒中含量已达到食品卫生标准 (0.2×10^{-6})。根据试验结果, 玉米籽粒中重金属富集系数低于春麦籽粒, 因此, 在以此为依据制定基准时, 主要根据春小麦的试验结果。

综上所述, 可以看出: 土壤中过量铜、铅对作物的危害主要表现为使产量减低, 而过量镉的危害主要表现为在农产品中累积量过高。摄入过量镉可能对人、畜健康产生严重影响, 对此应予以高度重视。

(二) 土壤中重金属的微生物效应

土壤中微生物现存量及其各种生物化学反应的强度是土壤中生命活动、代谢功能的表现, 对于土壤肥力水平和物质循环有重要影响。因此, 重金属的微生物效应是制定其环境质量基准的重要依据之一。

土壤中存在过量的铜、铅、镉对微生物的数量、酶的活性都会产生抑制作用, 但其间关系比较复杂, 特别是由于受重金属污染的土壤中, 微生物不断接触这些元素, 在对它们适应过程中, 可能会诱导出一定量的抗性或耐性菌株, 以致土壤中重金属含量与若干微生物种群的数量或若干生化强度间可能不呈显著相关关系。因此, 在制定土壤环境质量基准时, 需要广泛进行多种试验, 从中选择具有代表性的指标。

在对灰钙土进行研究中, 通过大量微生物试验, 选定以固氮菌数量和呼吸强度为代表性指标。它们可以在一定程度上反映土壤肥力水平、生命活动总强度。同时, 在典型农田土壤环境调查中观察到固氮菌数量和土壤中 Pb、Cd 含量间可分别建立回归方程, 它们均在 0.05 水平上呈显著相关; 呼吸强度与土壤中 Cu、Pb、Cd、Zn、As 的有效态含量间可以建立多元回归方程, 具体相关式如下:

$$y=31.07-0.80x_1+1.68x_2-1.497 \times 10^{-2}x_3-8.91 \times 10^{-1}x_4-0.125x_5$$

式中, y=农田土壤呼吸强度($\text{mgCO}_2/20\text{g 土} \cdot 48\text{ 小时}$)

x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 依次为 As、Cd、Cu、Pb、Zn 的有效态含量

由此可见, 这两种指标在相对稳定状况下, 对土壤重金属污染有一定的指示作用。

根据试验结果, 若以固氮菌现存量抑制 50% 为指标, 土壤中重金属的临界值, 铜为 136×10^{-6} , 铅为 $> 1500\text{mg/kg}$, 镉为 50×10^{-6} ; 若以呼吸强度抑制率 25% 为指标, 则临界值分别为铜 $> 300 \times 10^{-6}$, 铅: 327×10^{-6} , 镉: 10×10^{-6} 。

(三) 土壤中重金属的环境效应

本研究中所进行的室内土柱淋灌试验表明：用相当于当地降水量与灌溉水量的水进行淋灌，即使表层土壤中铜含量为 600×10^{-6} ，镉含量高至 60×10^{-6} ，铅含量达 1000×10^{-6} ，在 20cm 以下淋出液中重金属浓度仍可低于生活饮用水标准，反映土壤对这些元素具有高度的吸持性。

田间模拟径流试验结果表明：在土壤中各种重金属含量相当于以农作物效应为基础确定的临界值时，未使地表径流中铜、铅、镉的含量超过地面水环境质量标准。

(四) 土壤环境中重金属基准的确定

在多体系多层次综合研究基础上，依据相对稳定的“最低限制性含量”作为灰钙土中各元素的环境质量基准，结果是：铜： 110×10^{-6} ，铅： 300×10^{-6} ，镉： 2.4×10^{-6} 。

四、土壤环境质量基准的区域特征

土壤环境质量基准是多种因素的函数。通过区域内复杂的自然地理过程形成的风化壳与土壤的特征以及在区域自然地理条件影响下，重金属的存在形态、迁移的方向和强度，都对环境基准值具有重要的制约作用。

在灰钙土带的气候、水文条件影响下，通过风化形成的石膏—碳酸盐壳及其上发育的土壤呈碱性至强碱性反应，pH 为 8.0—9.0，中位值大致在 8.5—8.6 左右。环境的酸碱性质对重金属的形态、迁移有显著作用。由于 pH 值较高，使铜、铅、镉等的沉淀态以及为胶体牢固吸持的形态在总量中所占比例增大，它们的迁移能力和生物可给性减弱，从而减低其毒性效应。因此，我国西北灰钙土带与东南温暖、湿润气候条件下发育的红壤带相比，重金属基准值增高。例如：据中国环境科学研究院研究，红壤土铜的土壤环境质量基准是 53×10^{-6} ；根据中国科学院南京土壤研究所的工作，红壤土铅的基准是 230×10^{-6} ，镉的基准低于 1×10^{-6} 。红壤的 pH 值一般在 4.5—6.0 左右，随着酸性加强，主要呈阳离子态存在的重金属溶解度增高，为胶体牢固吸持的部分减少，因此，对作物的可给性与危害程度均提高(表 5)。

表 5 灰钙土带与红壤带、黑土带环境质量基准比较

Table 5 Environmental Criteria of Heavy Metals of Sierozem, Chernozem and Red Loam ($\times 10^{-6}$)

| 土 壤 | 环 境 基 准 ($\times 10^{-6}$) | | |
|-----|---------------------------------|-----|------|
| | Cu | Pb | Cd |
| 灰钙土 | 110 | 300 | 2.4 |
| 红 壤 | 53 | 230 | < 1 |
| 黑 土 | 230 | 500 | 1.28 |

另一方面，若将灰钙土带镉的环境基准与我国东北黑土带的基准相比较，则可以明显看出：其数值在灰钙土带高于黑土带。根据中国科学院应用生态研究所的工作，在 pH 为 7 左右的黑土上，镉的基准为 1.28×10^{-6} 。如前所述，土壤中镉基准的制定是根据该元素在农产品中的累积量达到食品卫生标准时，土壤中镉的含量水平。形成镉环境基准的区域分异的主导因素还是

在不同生物、气候条件影响下土壤酸碱状况的差别。然而，这两个地带铜、铅基准的变化却呈现相反的趋势。在黑土上，铜的基准为 230×10^{-6} ，铅的基准为 500×10^{-6} ，显然高于灰钙土上相应元素的基准值。这两种元素土壤环境质量基准的制定是以重金属对农作物产量的影响指标为依据的。黑土发育于温带半湿润气候条件下的草原化草甸，气候条件适宜，腐殖质含量高达 2.7—5.6%，胡敏酸/富里酸的比值在 1.4—2.5 之间，再结合粘粒含量较高的特征，其阳离子代换量可高达 29.8—37.7m.e./100g 土，保水保肥能力强，肥力水平高，对各种不利因素的抗性可能增强，可使农作物对重金属污染有较强的耐受能力，减缓其因铜、铅含量过高而减产的幅度。灰钙土带水分缺乏，荒漠草原植被下腐殖质化过程微弱，土壤质地粗疏，粘粒矿物含量偏低，阳离子代换量仅 4.8—11.2m.e./100g 土，保水保肥能力较差，生态系统具有明显的脆弱性与不稳定性，农作物对重金属污染敏感，抵抗干扰的能力较低，从而使铜、铅的基准值明显偏低。

我国面积辽阔，自然地理条件复杂多样，自然地理过程的方向与强度具有明显的区域分异，受其影响，土壤环境质量基准也有显著的地域差别。科学的基准值必需建立在对一定区域内重金属生态效应及环境效应的综合研究基础上。根据灰钙土带的情况，土壤受重金属污染后，对作物生长发育的危害相当明显。应重视充分合理利用水资源，增施有机肥料，提高土层中有机胶体含量，改善土壤结构。在提高土壤肥力水平的同时，也能在一定程度上减缓重金属危害，增加其允许容纳量。今后，应在已有环境质量基准研究成果的基础上，制定区域性土壤质量标准，防治污染，保护自然资源。

参考文献

1. 张学询等，黑土镉的环境容量，土壤环境容量及其信息系统，15—21，气象出版社，1991
2. 夏增禄等，土壤环境容量及其应用，气象出版社，1988
3. Lepp, N. W., Effect of Heavy Metal Pollution on Plants, 111—143, Applied Science Publishers, London and New Jersey, 1981
4. Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. Trace Elements in Soils and Plants, 75 - 164, CAC Press, Inc. Florida, 1984.

黄土高原露采矿复垦

郭 英

中国正开发以山西省为中心的能源基地，该地区位于黄土高原，地面植被稀疏，水土流失严重。煤炭开采，特别是露天开采，势必占用大量耕地，不可避免地破坏生态平衡，使本来就比较脆弱的生态环境进一步恶化。在煤炭开采既不能停止又不能减少的情况下，我们认为露采矿复土还田是协调能源开发与环境保护的关键。自 1983 年以来，我们以位于雁北地区的平朔露天煤矿为试点，探讨复土还田和再种植的方法和技术。通过实地考察和模拟试验，提出了关于黄土高原露采矿复垦的建议和措施。

一、能源开发与复田

回顾近代能源开发史可以发现，从大规模的采矿活动到工业化的发展，在相当长的时间内，人们只注意开采活动的经济效益，却忽视了它对自然生态系统的破坏和给子孙后代造成的影响，其结果是将污染破坏的山川河流和废弃的土地留给后代。在印度，到了下一代的时候，由于露天煤矿的开采，将产生 200km² 的劣地。美国每年因煤炭露采而破坏的土地达 6 万 hm²，苏联露采每年破坏 3—3.5 万 hm² 农田。这些数字仅说明了占用和破坏土地的数量，实际上由此引起的污染和影响远远超出矿山边界。在我国，由于开采技术和设备比较落后，矿山环境污染和破坏十分严重。据有关调查，仅矿山、电力建设每年破坏的耕地就达 30 万亩，目前被破坏土地的总数已达 3000 万亩，其中恢复利用的还不到被破坏土地的 2%。

我国的煤炭资源多集中于黄土高原，证实储量超过 100 亿吨的特大型煤田共有 16 个，位于黄土高原的有 10 个，特别是陕西、山西，内蒙交界的地区，是全国最大的优质动力煤富集区，煤层质量好，埋藏浅，许多地方可露天开采。但该地区是黄土高原水土流失和土地沙化最严重的地区之一。区域内水资源缺乏，地面植被稀疏，沟壑纵横，波谷起伏，支离破碎，致使土壤侵蚀模数每平方公里达 10000—30000t/a。据估计，到 2000 年因能源开发活动增加的水土流失数量足以将本区 30 多年来治理水土流失的成果抵消殆尽。因此，在煤炭开采既不能停止又不能缩减的情况下，必须强调露采煤矿复土还田，这是协调该地区能源开发和环境保护的关键。

我国的黄土有着独特的形成机理，它是在温带草原地理环境下，风、水两相双重选择之物质，在风、水两相介质的搬运和沉积下，自中新世以来形成与发展起来的。从化学组成看，黄土物质中 CaCO₃ 含量很高，水溶性很强，再加上黄土分布地区的气候干燥多风，所以水蚀、风蚀均很严重，这给矿区复田和再种植带来很大困难。我们结合环境影况评价科研项目，自 1983 年开始研究平朔安太堡煤矿的复田并进行了追踪调查，目的是给黄土高原地区露采煤矿的复田和绿化工作提供经验和科学依据。

二、安太堡煤矿的复田与绿化

平朔安太堡煤矿位于雁北地区平鲁县安太堡村附近，总面积 17.7km²，

由中国煤炭开发公司和美国西方石油公司合资开发，采用目前美国使用较多的捣堆开采复田法。所谓捣堆法，即先用铲运机将表土层剥离贮存，然后边开采边充填前面的堑沟，使采矿与复田同时进行。前五年外排，以后采用内排。外排剥离物运外排土场，不再运回采空区复田。所以该矿的复田既包括采空区的复田与再种植，也包括排土场的整治与再种植，绿化包括生活区绿化，也包括矿山绿化。

(一)关于采空区的复田

我们采集了矿区表层土壤样品，典型土壤剖面样品和风化壳土壤样品；分析测定了各种土壤的理化性状、重金属含量和典型土壤剖面中有益微生物的种类和数量；对不同质地的土壤进行了盆栽模拟试验。分析实验结果表明：

表 1 开采区土壤剖面的理化性状

| 土壤类型 | 土层深度 (cm) | pH | 有机质 % | 阳离子代换量 me/100g 土 | CaCO ₃ (%) | N | | P | |
|------|-----------|------|-------|------------------|-----------------------|---------|---------------------------|-------|---------------------------|
| | | | | | | 全 N (%) | 水解 N ($\times 10^{-6}$) | 全 P % | 速效 P ($\times 10^{-6}$) |
| 黄绵土 | 0 ~ 18 | 7.65 | 1.10 | 6.05 | 11.31 | 0.25 | 23 | 0.035 | 1.5 |
| 黄绵土 | 18 ~ 35 | 7.65 | 0.78 | 7.11 | 11.38 | 0.03 | 23 | 0.035 | 痕 |
| 黄绵土 | 35 ~ 55 | 7.63 | 0.85 | 6.05 | 11.35 | 0.19 | 11 | 0.035 | |
| 黄绵土 | 55 ~ 89 | 7.62 | 0.62 | 6.05 | 11.35 | 0.07 | 7 | 0.037 | 4.5 |
| 黄绵土 | 89 以下 | 7.65 | 0.48 | 5.54 | 11.35 | 0.06 | 16 | 0.039 | 3.0 |

1. 矿区土壤中 Cu、Pb、Zn、As、F、Cr、Ni 等元素的含量不高，属于自然背景值水平(见表 2，3)。

表 2 开采区黄绵土中重金属含量 ($\times 10^{-6}$)

| 土层深度(cm) | Cu | Pb | Zn | Hg | As | F | Ni |
|----------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 0 ~ 18 | 9.66 | 10.00 | 40.10 | 0.0097 | 8.67 | 300.0 | 21.0 |
| 18 ~ 35 | 9.66 | 10.00 | 36.00 | 0.0124 | 9.19 | 345.0 | 15.00 |
| 35 ~ 55 | 10.26 | 10.00 | 61.00 | 0.0116 | 9.49 | 360.0 | 12.50 |
| 55 ~ 89 | 9.66 | 11.00 | 96.00 | 0.0112 | 8.99 | 387.0 | 15.00 |
| 89 以下 | 11.88 | 12.00 | 51.10 | 0.0120 | 10.24 | 277.0 | 7.50 |

表 3 风化壳土壤中重金属含量 ($\times 10^{-6}$)

| 土壤 | Cu | Pb | Zn | As | F | Cr | Ni |
|-----|------|------|-------|--------|-------|------|-------|
| 黄土 | 18 | 9.8 | 50.80 | 8.136 | 402.5 | — | 17.8 |
| 红土 | 36.9 | 20.0 | 88.0 | 16.796 | 602.5 | 0.40 | 36.8 |
| 黄红土 | 26.8 | 14.4 | 57.00 | 12.334 | 515.0 | 0.20 | 28.00 |

2. 矿区土壤肥力水平偏低，耕层有机质平均含量 1%左右，下层含量更低，氮、磷养分明显不足，尤其缺磷(见表 1)。

3. 风化壳土壤样品的理化性状明显不同，红土粘重，黄土疏松；红土阳离子代换量为 23.43me/100g 土，黄土只有 5.75me/100g 土；黄土中 CaCO₃ 含量高达 11.35%，红土仅有 5.18%(见表 4)。在地形、植被、降雨条件基本一致的情况下，红土抗蚀能力较黄土强。

表 4 风化壳土壤的理化性状

| 土壤 | pH | CaCO ₃ | 阳离子代换量 me/100g 土 | N | | P | |
|-----|-----|-------------------|---------------------|-------|-------------------------|-------|-------------------------|
| | | | | 全 N % | 水解 ($\times 10^{-6}$) | 全 P % | 速效 ($\times 10^{-6}$) |
| 黄土 | 7.5 | 11.35 | 5.75 | — | 23 | 0.037 | 4.3 |
| 红土 | 7.5 | 5.18 | 23.43 | — | 19 | 0.025 | 6.0 |
| 黄红土 | 7.0 | 5.08 | 12.60 | — | 12 | 0.026 | 7.3 |

4. 开采区不同深度的土层中的有益微生物的种类主要有细菌、真菌、放线菌、自生固 N 菌、纤维分解菌等，其数量和分解强度随土层深度的增加而减少。表层土壤有机质较下层丰富，适宜微生物的繁殖和生长(见表 6)。

5. 混合土种植的苜蓿的总干重为黄土种植的 8.6 倍，沙打旺为 4.5 倍(见表 5)。实地考察发现排土场周围以黄土为主的地面冲蚀沟明显，混合土或红土较多的地方水土流失较轻。

表 5

| 土壤类型 | 紫花苜蓿 | | | | 沙打旺 | | | |
|-------|------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|
| | 株数 | 总干重 | 根干重 | 根/总 | 株数 | 总干重 | 根干重 | 根/总 |
| 黄土 | 10 | 0.5 | 0.3 | 0.6 | 11 | 1.2 | 0.34 | 0.28 |
| 红土 | 50 | 5 | 2.9 | 0.58 | 23 | 5.2 | 1.5 | 0.29 |
| 黄红土 | 28 | 0.7 | 0.4 | 0.57 | 8 | 2.8 | 0.7 | 0.25 |
| 黄红混合土 | 44 | 4.3 | 2.2 | 0.51 | 27 | 5.5 | 1.5 | 0.27 |

表 6 开采区不同土层深度微生物数量(个/g 干土)及纤维分解度和固 N 强度

| 土层深度(cm) | 细菌总数 | 真菌总数 | 放线菌总数 | 自生土 N 菌数量 |
|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|--------------------|
| 01 ~ 8 | 1.31×10^7 | 1.11×10^5 | 1.11×10^6 | 1.72×10^4 |
| 18 ~ 55 | 3.46×10^7 | 0.45×10^5 | 2.52×10^6 | 0.18×10^4 |
| 55 ~ 100 | 0.36×10^7 | 0.021×10^5 | 0.47×10^6 | 0.19×10^4 |
| 100 以下 | 1.40×10^7 | 0.24×10^5 | 1.83×10^6 | 0.21×10^4 |
| 亚硝酸细菌数量 | 纤维分解菌数量 | 纤维分解强度分解纤维 mg/h | 固 N 强度/nM.d ⁻¹ | |
| 0.23×10^3 | 1.41×10^4 | 5.28 | 0.1358 | |
| 0.13×10^3 | 1.13×10^4 | 5.08 | 0.1947 | |
| 0.018×10^3 | 0.41×10^4 | 4.03 | 0.2091 | |
| 0 | 0.42×10^4 | 3.30 | 0.1531 | |

安太堡煤矿属于黄土丘陵沟壑区，地形破碎，气候干燥多风。一般风蚀模数为 220—10000t/km²，水蚀模数 4000—5000t/km²。因此以上分析数据和试验考察结果对黄土高原地区具有较普遍的意义。建议该地区采空区复田应注意以下几方面：

1) 在回填复土过程中，应特别注意紧实度，防止潜蚀和塌陷，为避免回填土体与底床坡面呈顺坡平滑面，可采取开挖锯齿槽的办法增大摩擦系数。

2) 复田土壤厚度不小于 1.5m，尽可能创造上沙下粘的土体结构。表土层单独堆放，恢复时仍覆盖于表层。铺覆表土的过程中可掺入少量红土，以改

善表土的理化性状，增强其抗蚀能力。

3)采空区复田后地势平缓，较开采前高度有所降低，应发展果林或农田生态系统，周围较高地区可种草种树，增强对农田的防护性能。

4)复田初期，应大量增施有机肥和化肥，迅速播种牧草，提高土壤肥力。豆科植物草木樨、野豌豆、沙打旺、红豆草等皆适于播种。由于黄土高原地区水源缺乏，矿区生活污水可用于灌溉，但必须经过一级或二级污水处理。灌溉技术以发展喷灌、滴灌为宜。

(二)排土场的复田

排土地势高，剥离物疏松裸露，混杂堆积。所以复田的第一步是整治排土场，使之符合工程要求和复田要求。排土场上部虽平坦，但不宜发展农田，应播种生成迅速、覆盖率高，固土性好，耐瘠耐旱的一、二年生的草、灌木，以防止水土流失，改善矿区生态环境。为防止边坡滑塌和冲沟发育，可垂直于边坡种植酸柳(酸刺)、柠条与多年生牧草相间成带，总之以草、灌木为主。

(三)生活区绿化

安太堡煤矿自 1986 年开始生活区的绿化工作，经三年多的艰苦努力，共栽植绿化观赏树木 9 万多棵，草坪 12 万平方米，花坛、花池 20 多亩，人均绿化面积 57 平方米。由于绿化工作成绩显著，时间短、效率高，连年被评为绿化先进单位。他们的经验主要有四点：领导重视，资金保证。有一支强有力的绿化队伍。建立严格的管理制度。绿化工作科学化。他们采取的措施是先试验驯化而后推广。针对土壤贫瘠的特点，采取挖坑扩穴更换肥土的方法；针对干旱多风的气候特点，要求起壮苗、好苗，落叶树要求根系完整，常绿树则要求根系土球保持完好，随起苗随假植，确保苗木成活率达 90% 以上。在选种方面，强调在发挥乡土种优势的同时引进其他优良品种，但必须通过试验或在苗圃中栽培驯化。1987 年引种了常绿阔叶树“朝鲜黄杨”，试验表明这种树基本上能经受住该地区的严寒和风沙。这一成功对黄土高原地区的绿化工作具有重要意义。

三、展 望

安太堡煤矿采用美国 80 年代最先进的露采设备，使煤炭开采与复土还田同时进行，实现了洗煤水闭路循环，碎煤系统密封，生活污水经二级处理，与旧式煤矿相比，几乎把环境污染和破坏减到了最低程度。但由于黄土的特点和干旱多风、雨量集中的气候特征，该矿在开采和复田过程中的水土流失和植被恢复仍然是一个严重问题。黄土高原地区的露采煤矿能否成功地复田和绿化是我国能源开发中的大问题，关系到能源重化工基地的环境建设，关系到土地资源的保护和利用。安太堡煤矿的经验虽然对黄土高原地区的露采矿具有借鉴意义，但关于复田和再种植的研究还是初步的，必须通过田间试验进一步探讨复田土壤的改良方法，找出该类土壤的肥力指标，根据田间栽培种植试验结果，选择最佳的牧草种类和乔、灌木树种。在此基础上进一步确定在一定的水、热、土壤条件下的投资费用。例如单位面积的费用、效益以及在目标函数确定的情况下，复田费用与经济效益及环境效益的关系。在强调复田的同时还应对一些露采旧矿进行有计划的复垦，宜林则林，宜牧则牧，因地制宜地重建矿区生态系统。

晋西黄土高原区土地资源遥感研究及信息管理

刘慧平

一、引言

位于黄河峡谷段的黄土高原重点治理区包括晋陕蒙 33 个县的约 82665km² 的面积，是国家“七五”期间重点调查研究的区域之一。其中属晋西治理区的约 19948km²，占整个重点治理区的 24% 左右。包括山西省西部的兴县、临县、柳林、离石、方山、中阳、石楼、永和、吉县、大宁、乡宁和河津，共 12 个县的范围。其北至北纬 38° 44′，东经 110° 33′，与山西省保德县相连，南到北纬 35° 29′，东经 110° 15′，与山西省万荣县相接，西邻黄河，东抵吕梁山。全区为黄土覆盖区，水土流失十分严重。

本区地貌类型以黄土丘陵为主，仅有北部临县的紫金山，茶山、棋盘山、南部的四十里山、人祖山等土石丘陵立于广大黄土之中，以及东部部分地区处于吕梁山西麓形成较为独特的自然景观，其它大部分地区都为黄土地貌的塬梁、峁地区。从北至南呈规律性变化：北部黄土梁峁丘陵区。以石楼县中北部为界以北的地区。地貌以黄土梁为主，其南部的三川河流域黄土梁较狭，呈梁峁相间的地貌形态，沟谷切割深度较深，密度较大，沟壑密度可达 4.4—5.8km/km²。中南部黄土残塬区。石楼县南部到河津县北部的地区以小片黄土残和黄土梁为主要地貌形态，沟谷切割深度较大，相对切割深度为 150—200m，切割密度略小于北部为 3.4—5.8km/km²。南部黄土台地区。河津县的大部分地区为黄土台地区，土地平整，土层深厚，沟谷切谷很弱。

全区年平均降水为 450—600mm，雨量集中于夏季，且多暴雨。东部吕梁山地略高，西部黄河沿岸略低。河流主要为七条黄河一级支流，从北到南为岚漪河、蔚汾河、湫水河、三川河、屈产河、昕水河和清水河，均发源于东部吕梁山地，每年携大量泥沙入黄河。由于气候和水文的影响，使本区自然条件呈东西向的空间分异。东部吕梁山麓为土石山区，黄土厚度较薄，降水量高于西部黄土区，为广大林区所在。西部黄河沿岸，沟谷切割深度可达 230m。黄土仅盖在岩石顶部，厚度小。中部广大地区为黄土覆盖区，为本区广大农业种植区所在，也是本区重点治理区。

本区以农业为主，并且种植业比重较大，由于长期的开荒及广种薄收，造成土地生产力的急剧下降，现人均耕地 5.3 亩，人均粮食仅 345.2kg，人均收入只有 330 元左右。

“七五”期间，利用遥感手段对本区的自然条件、资源情况和水土流失状况进行了调查和研究。编制了 1：10 万的土地利用图，森林分布图，草场类型图，土地类型图，土地资源图和土壤侵蚀图等六种图件，以及量测统计各种资源数据清单。基本查清了区域自然资源状况，为本区的治理开发打下了基础。

二、土地资源遥感研究

晋西土地资源遥感研究的信息源为 TM3，4，5 波段的合成片，比例尺 1：10 万，时间是保德幅(126—33)、绥德幅(126—34)1986 年 6 月 8 日及延长幅

(126—25)1986年6月24日。另外,兴县北部的1987年8月19日1:6万彩红外航片,三川河流域的1981年9月的1:2万彩红外航片,以及1:10万MSS图象做为补充信息源。TM图象的底片经几何精纠正,合成片影象清晰。

在研究分析中,以多信息源,多层次,系列制图为原则,以常规目视解译为主要解译方法,并与计算机图象处理、光学分析以及地学—光学—数学模型分析相结合,使晋西土地资源研究达到了各专题图件协调,精度高的研究目标。TM图象具有较好的宏观控制性,对于晋西大地貌类型界线以及地形控制线(如谷缘线及坡脚线)均有较好的反映,但对于地表的细微差异,如利用状况等则表现欠缺。采用彩红外航片进行样区分析,找出各研究要素的相互关系及与影象光学特征的相互关系,对于各专题要素的解译和精度提供了保证。例如晋西地区的自然要素及资源的分布主要受控于地貌类型,其中谷缘线和坡脚线则直接影响着土地利用、土地类型以及土壤侵蚀状况,因此在研究中建立了一系列谷缘线——坡脚线与专题要素的分析模型和光学特征(影象)——谷缘线、坡脚线分析模型以确保判读的准确性。对于特殊要素的判读则通过计算机数字图象处理进行,如黄河治岸及川地中枣树的解译,由于与其它果树在合成片上难以区分,通过TM3,4,5波段计算机合成,并经均衡化等处理进行提取。

为确保最终成果图件,即土地利用图,土壤侵蚀图,森林类型及分布图,草场类型图以及土地类型图,土地资源图的协调统一,在成图时采用系列制图方法,并进行系列图件关系的确定和制图程序的确立,各系列图件的关系及编制顺序如图1所示。谷缘线图是编制各专题

图件的基础,为各专题图件提供基本控制线——谷缘线和坡脚线。利用谷缘线图作控制并经过进一步解译出土地利用图,土壤侵蚀图和土地类型图。土地类型图是进行土地资源研究和评价的基础,由土地类型图进行类型的归并和派生对土地资源进行评价,通过土壤侵蚀,地貌及土地利用的进一步分析,对土地资源的各评价等级提出主要的限制因子并编制土地资源图。森林图和草场图的编制是在土地利用图的基础上通过多时相分析,并参考气候及地形资料进一步解译完成的。各专题图编制的程序如图2所示。

各专题图的分类原则及标准为:

(1)土地利用图:采用二级分类:一级以全国农业区划委员会制定的土地利用现状分类系列的一级分类;二级是从黄土高原实际出发,依据土地经营特点和利用方式进行。共8个一级类型,16个二级类型。

(2)草场类型图:按三级进行,第一级类,为反映水热状况的气候和植被特征,如地带或大范围的隐域特征;第二级组,为反映中地形条件下植被生境或经济价值的差异;第三级型,由草场植被的相同建群种或优势种组成。本区共有15种草场类型。

(3)森林类型分布图:采用四级分类,第零级,反映森林覆盖现状;第一级以组成的生态型或生境特征为主要指标,反映森林的经济价值和环境意义;第二级以种群为主要依据;第三级以建群种或优势种组合进行。本区主要有12种森林类型。

(4)土地类型图:采用三级分类,以大中地貌划分土地类,共5类;以地貌部位和地表组成物质划分土地亚类,共16亚类,以土地利用状况划分土地

单元，共划分 51 个土地单元。

(5)土地资源图：土地资源采用二级分类，一级为土地类型中的土地类和亚类；二级为土地单元。土地资源评价参照美国农业部的潜力评价系统和区域具体情况，对农、林、牧的适宜性及水土保持情况进行八级分类，其评价因素共 10 个。

(6)土壤侵蚀图：首先将侵蚀按水力，风力和重力—水力进行划分。之后按坡度，植被盖度，地貌和地表物质综合进行侵蚀强度的划分，共分七级，再以上述四指标进行各强度内的进一步划分。

总之，各专题图的分类都遵循了主导因子与综合分析相结合的原则，影像可解译性和区域实用性原则。各分类标准的选择充分体现了晋西黄土高原的特殊性，水土流失的严重性；人类影响的深刻和经济发展的落后性的特点。

三、土地资源的空间分布特征

晋西土地资源遥感研究从土地类型、利用状况、土壤侵蚀情况以及土地质量上揭示了晋西土地资源数量和质量的分布特征。

1. 数量分布特征

全区土地类型主要包括河谷地、黄土地、黄土丘陵地和山地四种类型。黄土丘陵地是主要部分，占全区 63.09%；山地占 31.79%，黄土地和河谷地各为 1.57%和 1.22%。黄土丘陵区是本区水土流失最严重的地区，也是农耕地分布最广，面积最大，人类影响最深刻的区域。在黄土丘陵区内，沟间地占 47.94%，沟坡地占 54.4%，沟谷地仅占 1.63%。沟间地和沟谷地(包括沟坡地)在空间上存在着差异，见表 1。其分布主要受地貌演化阶段，自然条件及人类活动等诸方面影响，并反映了水土流失的空间差异。

表 1 沟间地和沟谷地之比例

Tab.1.The ratio of two kinds of main land type 's area

| 比例 | 县名 | 兴县 | 临县 | 柳林 | 方山 | 离石 | 中阳 | 石楼 | 永和 | 大宁 | 吉县 | 乡宁 |
|--------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 沟间地(%) | | 41.9 | 46.2 | 45.1 | 47.4 | 46.0 | 46.2 | 46.8 | 43.1 | 43.4 | 48.0 | 40.4 |
| 沟谷地(%) | | 58.1 | 53.8 | 54.9 | 52.6 | 54.0 | 53.8 | 53.2 | 56.9 | 56.6 | 52.0 | 59.6 |

本区土地利用方式以农耕地为主，占全区总面积的 38.5%，林地占 25.7%，牧草地占 24.5%，未利用地占 7.2%，水域仅占全区总面积的 1.45%，交通及居民工矿用地总和不足 2.3%。因此全区土地利用以农林牧用地为主。农林牧用地面积比例平均为 42.2：29：27.8。在空间分布上存在较强的差异(见表 2)。农业用地主要分布于黄土覆盖区，与区域黄土区面积的大小有较强的相关性。农耕地内部，水浇地比例很小，仅占耕地的 7.7%。森林的覆盖率为 24.24%，但林地集中分布于东部吕梁山地和中部的岛状土石山地，而黄土沟壑区仅为散布的人工林，并且连片面积很小，多分布于居民地周围，其森林覆盖率仅为 12.54%。

本区为水土流失严重区，土壤侵蚀强度为强度侵蚀以上的占总面积的 65.5%，都分布于黄土沟壑区，并存在空间差异(见表 3)。以临县、柳林、石楼、永和、大宁的侵蚀模数较高，以此为中心，向南向北侵蚀模数逐渐降低，东部林区因植被状况较好，水土流失降低。临县至大宁沿黄河峡谷一段

是本区水土流失最严重的区域。这一区域内沟坡地所占地比例均在 40% 以上。(见表 4)并且各县中林业用地比例很低(见表 2),是除河津县以外林业用地最低的地区(林业用地比例 < 20%)。是晋西治理区中的重点所在。

表 2 土地利用结构与黄土区比例

Tab2. Structure of land use

| 项目 县名 | 土地利用结构(%) | | | 黄土区占全县 |
|----------|-----------|------|------|--------|
| | 农 | 林 | 牧 | % |
| 兴 县 | 44 | 29 | 27 | 77 |
| 临 县 | 55 | 16 | 29 | 92 |
| 方 山 | 30.3 | 51.7 | 18 | 27 |
| 离 石 | 36.3 | 45 | 18.7 | 59 |
| 中 阳 | 28.8 | 47.5 | 23.7 | 49 |
| 柳 林 | 66.4 | 5 | 28.6 | 98 |
| 石 楼 | 48.8 | 15 | 36.2 | 96 |
| 永 和 | 41.7 | 16.9 | 41.4 | 100 |
| 大 宁 | 42.8 | 19 | 38.2 | 86 |
| 吉 县 | 36.8 | 37.9 | 25.3 | 80 |
| 乡 宁 | 34 | 40.6 | 25.4 | 44 |
| 河 津 | 71.3 | 8.7 | 20 | 74 |

表 3. 侵蚀模数

Tab.3.Soil Erosion Index

| 县 名 | 兴县 | 临县 | 方山 | 离石 | 中阳 | 柳林 | 石楼 | 永居 | 大宁 | 吉县 | 乡宁 | 河津 |
|--------------------------|------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 侵蚀模数(t/km ²) | 8106 | 12477 | 4028 | 7620 | 7121 | 11151 | 12601 | 13781 | 10413 | 7503 | 6234 | 3170 |

表 4. 黄河沿岸各县沟坡地占全县比例

Tab 4. The ratio of gully-hillside land

| 县 名 | 兴县 | 临县 | 柳林 | 石楼 | 永和 | 大宁 | 吉县 | 乡宁 | 河津 |
|----------|------|-------|------|----|------|------|-------|-------|-----|
| 沟坡地比例(%) | 39.3 | 45.98 | 50.3 | 44 | 44.1 | 42.0 | 29.57 | 20.77 | 7.4 |

2. 质量分布特征

经对土地资源各要素的进一步研究,选出十大主要评价因素:土壤侵蚀、坡度、灌溉条件、土层厚度、表土质地、盐碱程度、土壤养分、土壤水分、温度和洪水威胁。晋西土地资源的质量等级中,以 4—8 等地为主占土地总面积的 91.56% ,其中以 5 等地比重最大 ,占全区 46.65% 4 等地次之 ,占 27.64 %。土地质量较低的主要原因是土壤侵蚀严重,坡度大。受这二者限制的土地占总量的 86.14% ;其次是受土层厚度和土壤养分限制,占 8.02%。各县土地质量仍存在差异(见表 5)。除最南部河津县以宜农地为主,本

表 5. 各县主要等级地分配情况

Tab 5. Ratio of evaluated land level.

| 县 名 | 兴县 | 临县 | 柳林 | 石楼 | 方山 | 离石 | 中阳 | 吉县 | 乡宁 | 大宁 | 永和 | 河津 |
|---------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| 四等地 (%) | 30.45 | 32.7 | 40.1 | 37.4 | 12.38 | 27.1 | 22.5 | 23.37 | 25.09 | 20.16 | 30.9 | 8.9 |
| 五等地 (%) | 40.5 | 42.97 | 30.6 | 36 | 64.5 | 58.6 | 59.5 | 48.2 | 61.8 | 45.36 | 42.7 | 16.69 |
| 六等地 (%) | 18.75 | 11.74 | 4.2 | 15.79 | 10.98 | 6.48 | 10.44 | 11.49 | 2.7 | 11.2 | 15.1 | 1.7 |

区各县土地主要为边际宜农地(四等地)和宜林牧地(五等地和六等地)。但现在土地利用状况,又是以农业用地为主,这与土地资源的适宜性存在着矛盾,因此调整土地利用结构,加强农田基本建设,退耕还林木,是本区治理改造的根本途径。为保证退耕还林的顺利进行,进行水土保持工作和发展多种经营,提高经济发展是关键。针对区域内部的分异性提出本区分治理开发,如图 3 所示,根据地貌、土壤侵蚀、土地资源评价为主要分区指标,共划分五个大区,为本区进一步治理开发提供依据。

四、土地资源信息管理

晋西土地资源的遥感研究成果为资源信息的管理提供了基本的信息保证,并由于遥感系列成图法和解译过程中模型的建立,使系列图件相互协调,重要的要素界线一致,数据结果的组合类型等具有可比性,这些都为成果的系统管理创造了条件。

为了对晋西土地资源深入研究,建立了晋西土地资源数据库管理系统。其目的有二,一是对晋西现有土地资源数据进行贮存、检索、更新等管理,二是为进一步治理和开发晋西水土资源进行基础数据和基本图形资料的建立,以进行深入研究和建立地理信息系统。因此本系统为一个开放性系统,可进行数据的管理、分析、运算等,也可加入和更新数据和图件,并具有简单的输出功能。

本系统采用中文菜单式进行,全部工作由屏幕中文显示,提示选择进行。其主菜单为:

晋西土地资源数据库系统

1. 系统说明;
2. 系统查询;
3. 系统维护;
4. 系统应用;
5. 输入新库;
6. 退出

现已将遥感调查的各项数据输入建库、分别建成土地利用数据库、森林分布类型数据库、草场类型数据库、土地类型数据库、土地资源评价数据库和土壤侵蚀数据库。系统可对这六种数据库进行查询,维护和应用。分别以整库、字段和县名进行。其功能如图 4 所示。系统说明模块是对整个数据库系统及各个模块和数据库文件进行说,使用户对数据库的管理和结构体系全面了解和掌握,便于对系统进行操作。系统查询和维护模块是对数据库进行

查询和编辑。信息输入模块是接受用户输入的新的信息库，并将其纳于系统管理操作系统内，以提示引导方式，使用户将其信息以本数据库系统接受的规范方式输入。系统应用模块是实现数据库数据的统计分析、图形分析等运算分析，并以统计图，或表格的形式产生结果。

本系统以微型计算机(SUN 286)为操作机型，以 DOS3.0 为其操作系统，以 Foxbase 和 Turbo Pascal 为其系统实现语言。

五. 结 论

1. 利用遥感手段进行黄土区土地资源研究，可在短时期内，有效地进行大面积，多项目研究，并便于土地资源各要素的综合分析。通过遥感系列制图，提高了要素间的联系，并减少了工作量，使界线准确，精度高。在建立解译标志时，建立各系列图件的地学—光学模型，为解译精度和系列图间的协调提供了保障。

2. 晋西土地资源的数量和质量存在较强的空间分异性。晋西土地资源分布研究从土地类型、土地利用状况、土壤侵蚀三大方面进行，反映出晋西水土流失最为严重为中北部地区，这里土壤侵蚀模数高，沟坡地比重大，林地覆盖率最低。以此为中心向南向北和向东水土流失情况略为减轻。晋西土地资源的空间差异使治理开发分区进行。

3. 建立晋西土地资源数据库管理系统是深入研究的有力工具，为进一步建立晋西土地资源信息系统，对水土资源进行监测和动态研究打下基础。晋西土地资源数据库管理系统采用中文菜单式，操作简单方便，并以微机为主要机型，硬件造价便宜，具有普及价值。

参 考 文 献

1. 《晋西黄土高原遥感应用研究》编写组：黄土高原遥感调查与系列制图系列丛书，晋西黄土高原遥感应用研究。北京师大出版社、1992 年。

2. 刘慧平等，1990，地理信息系统在小流域治理规划中应用研究，黄土高原三川河流域区域与开发信息系统研究，测绘出版社。

土壤侵蚀信息系统应用性问题的探讨

于 芳

土壤侵蚀信息系统是 GIS 技术应用于土壤侵蚀研究的专题型地理信息系统。“七五”期间有多加单位开展了有关的研制工作。其技术思路都是在 GIS 基本软件工具的支持下,模拟土壤侵蚀机制进行数据处理,输出有关土壤侵蚀现状和趋势预测的结果并提出治理决策方案。这种研究方法已被证明是十分有效与可行的,它不仅大大缩短了水土流失研究的时间段,而且也是方法论上的一大突破。

在完成了土壤侵蚀信息系统建立与应用的初级实验之后^[1],我们总结经验教训并综观各家之长,发现该项工作的差异主要体现在土壤侵蚀应用模型的不同,它的成效则主要取决于三方面:土壤侵蚀应用模型的科学性、GIS 专题应用潜力开发的程度以及处理流程与方法的优劣。因此作者认为进一步优化土壤侵蚀信息系统这一研究手段重点就在于增强系统的应用性,使数据库、模型库、方法库彼此协调形成灵活处理机制。为具体实现这一设想,以下将从总体设计、模型库和方法库三个方面加以讨论:

一、总体设计的改进

土壤侵蚀是多因子相互制约相互影响的发展过程,其特点可简要归纳为二点:一是空间上相互作用;二是时间上演变发展。土壤侵蚀信息系统作为专题型的应用 GIS,它的总体设计也应反映土壤侵蚀大系统的复杂性。

由于当时的技术环境与知识储备的有限,前期工作的总体设计多沿循通用 GIS 数据输入、数据管理、模型分析及结果输出的模块框架与内容组合,对土壤侵蚀度量这一专题问题仅表现为单一或有限的土壤侵蚀定量模型。这种总体设计过多偏重于 GIS 基础软件的优化研究,而相对忽略了 GIS 应用潜力的开发,使土壤侵蚀信息系统易流于表面文章。

改进型的土壤侵蚀信息系统则应变换总体设计思路,从土壤侵蚀研究的角度设计 GIS 体系,扩展原有的 GIS 基本功能并赋以全新的应用含义,进行系统功能重组。土壤侵蚀专题特点应渗透影响至总体设计的各部分,主要表现在:

(一)土壤侵蚀因子的空间相关性要求系统的处理要环环相扣,需要有土壤侵蚀因子专题分析的连续性与灵活性

1.单因子空间分析需补充后续专题研究。如 DTM 对地形因子的处理,在沟谷密度等基本分析之后,尚需增加沟谷稳定性的专题评价。

2.多因子空间叠置分析中需增设专题选项。如地形因子与土地利用状况的专题叠置分析。

3.信息提取中应增加特征参数与特殊信息的获取。如宽深比与坡长信息等。

4.检索查询中更注意多信息多向性的特点。如自然因子情况与人为因子情况的多专题查询、画面灵活切换与多通道快速转换等。

5.增补多因子匹配精检验模块。如坡度因子与土地利用因子的协调检验等。

(二)土壤侵蚀随时间演变发展的复杂性要求系统具备很强的模拟功能,可以得出过去、现在和未来三个时间段的土壤侵蚀状况

1.建立通用模型库,使之具有模型调节再生、检验反馈机制,同时使用模型库和参数库相匹配,从而达到对土壤侵蚀度量与预测的目的。

2.建立方法库,汇总通用作业流程和最佳应用处理方法,并可输出综合分析报告,以便为决策实践服务。

总之,土壤侵蚀信息系统总体设计的基本点是联系数据库、模型库和方法库,突出土壤侵蚀的专题性。其中,数据库的管理与应用方面工作积累丰富,技术已近成熟,相比之下,模型库和方法库的建立则很少涉及,因此后者将是我们研究的重点。

二、模型库思想

我们把模型库形象化地描述为三层面的结构,它包括基础层,核心层与成果层。这三层在内容上相互独立,而在应用中却是紧密相连的。其特点如下:

(一)核心层是模型库生命力之所在

应用模型是专题GIS的灵魂,对于土壤侵蚀信息系统,它的主驱动力是土壤侵蚀定量模型、如USLE,PSL^[3]及侵蚀信息熵模型^[1]等等^[4]俱各有千秋。它们的差别仅在于从不同的角度采用了不同的定量模拟方法,其目标一致都是为了量化地反映土壤侵蚀综合过程的实质。

由于我们所面对的土壤侵蚀这一决策专题属于大自然决策范畴,不确定的影响因素很多。如何将不确定的因素转化为确定式的描述,只有一些基本准则,而如何把握这些基本准则科学地模拟其变化发展的过程则大多取决于应用专家的经验智慧。

对于一个具体的应用领域——土壤侵蚀的度量,其基本准则与基本方法都是可以定量地归纳与总结的,那么形成一个构模工具库便是可行的。进一步,通过对构模工具一系列的操作组合模拟专家思维也是可望实现的。这便是我们模型库核心层形成的基本思路,可简要图示如下(图1)。

在核心层的基本思路中有二个重要的机制即检验机制与反馈机制。检验机制可调动原有的GIS图形分析比照和数量统计等等手段,适当通过人机对话及智能化等方式介入具体应用思想,判断是否需进行模型重构工作,这一机制保证了土壤侵蚀定量模型的科学性。反馈机制体现了核心层的主要思想,只有经过这种模型的不断调整再生,才能构成真正符合具体环境特质的最佳模型。

(二)成果层是土壤侵蚀研究领域成果的集成

土壤侵蚀研究领域经多年积累已有很多宝贵的成果,它们可以转化为子模型,集成为模型库的成果层。凡是具有相同环境条件的地区,均可选用相应的土壤侵蚀应用模型。

成果层主要包括二大内容:一是子模型的管理,如模型的增删及查询选取等,方法大体类似于属性数据的管理体系;二是模型的运行,分为直接调用与改进型调用二种方式,在模型选调的同时还需进行参数匹配,因此在成果层中与各子模型相匹配的参数说明库也是必不可少的。

(三)基础层囊括了GIS基本的空间操作模型，它是产生应用模型的辅助工具

基础层汇集了数学分析与逻辑分析这二大GIS基本空间操作模型。数学分析模型即基于一定的空间分析算法，建立空间函数，以一个或多个原始数据平面作为输入，运算产生新的结果数据平面。如类型叠置分析，空间聚合分析、动态分析和数量统计等。逻辑分析模型即运用布尔代数原理提供图形叠置和信息提取等方法对模糊性的问题进行逻辑图形操作。如几何分析，网络分析和地形分析等。

(四)基础层、核心层和成果层三者相辅相成，才能科学地建立土壤侵蚀定量模型，模拟实际的水土流失过程

三、方法库思想

土壤侵蚀信息系统的应用效果不仅受制于系统的运转能力也很大程度上依赖于用户的使用水平。同一系统由于用户专业素质的不同，其具体实践结果也会相差很大。部分原因也是由于在系统设计中忽略了研制人员与应用人员的思想交流通道的建设，因而造成在实际应用中无法发挥系统的正常潜力。所以建立一个系统应用的方法库是很必要的。在方法库中推荐并接纳通用与最佳的作业流程与处理思想，若同时附设有关土壤侵蚀的专题文献库，则应用导向效果将更佳。

四、结束语

作者认为，土壤侵蚀信息系统深化研究的一个重要方向是在系统设计方面增强其土壤侵蚀专题的应用性，主要体现在总体设计，模型库和方法库三方面内容的改进。上述设想尚待完善，付之实现也需长时间的摸索实验。初步的研究(张犁，1991)业已证明该方法可行且很有应用价值。

参考文献

1. 1991，黄土高原感专题研究论文集，北京大学出版社
2. 黄杏元主编，1990，地理信息系统概论，高教出版社，北京
3. 崔伟宏等，1988，在信息系统支持下黄土地区PSL模型的实验研究，黄土高原遥感调查试验研究，P290—299，科学出版社，北京
4. 张宝金等，1988，黄土地区土壤侵蚀模型及土壤侵蚀因子计算机提联的初步研究，黄土高原三川流域城区治理与开发信息系统研究，P46—49，测绘出版社，北京

内蒙古凉城县资源环境的遥感分析

李天杰 赵 济

内蒙古凉城县位于东经 112° 02'—113° 02', 北纬 40° 10'—40° 50', 典型的中温带半干旱草原地带, 以复杂多样的环境结构, 及拥有内陆湖泊岱海而著称。同时, 它是内蒙古重要的粮食生产县, 亦是环境敏感地区, 吸引了众多学者对它的兴趣。对其资源环境(特别是可更新资源)进行更加深入与广泛的研究, 不仅对本地区或相似区具有重要的理论与实际意义, 而且对全球变化研究也将提供有价值的科学佐证。

遥感技术的兴起和发展为资源环境研究提供了强有力的现代化技术手段。1983—1986 年国家“六五”重点科技攻关项目《遥感技术在内蒙古草场资源调查研究中的应用》, 在内蒙古首次应用卫星遥感资料对内蒙古草场资源及其自然条件进行了全面的综合性研究, 完成了全区 1:35 万—1:150 万草场资源系列制图(包括草场、植被、气候、土壤、地貌、土地利用和水资源图)。1986—1990 年凉城县作为《“三北”防护林遥感综合调查》国家“七五”重点科技攻关项目的典型试点县, 应用 1:10 万 TM 遥感影像结合地面实况调查, 完成了中比例尺(1:10 万—1:20 万)的森林动态分布, 森林立地条件、土地资源、土地利用和草场资源等遥感系列制图任务, 为凉城提供了一整套最新的资源环境数据, 以及森林资源和森林立地管理信息系统的试验研制。

一、自然环境结构特征的遥感分析

遥感影像是自然环境最直观的综合反映。李刚(1988)从研究土地资源的角度划分土地类型, 土地类型组合结构及农业综合自然区划等对本区的自然环境结构特征进行了遥感剖析。其自然环境结构特征是:

1. 山地南北差异大。北部蛮汉山由古老的片麻岩构成, 山体高大, 土地类型垂直分异明显。北坡海拔 1600m 以下为灌丛灰褐土低山, 1600—1800m 为森林灰褐土中山, 1800—2200m 为淋溶灰褐土中山, 2200m 以上顶部为山地草甸土。南坡海拔 1700m 以下为栗钙土草原中低山, 1700m 以上为灌丛草本灰褐土中山。南部马头山为上覆黄土的玄武岩台地, 植被状况较差, 农业土地利用比重较大。土地类型由北向南依次出现栗褐土丘陵、低台地和低山, 灰褐土高台地和中山, 呈典型的阶梯状结构。南坡气候干旱, 坡度大, 垂直谱带结构简单, 海拔 1750m 以下为栗钙土低山, 1750m 以上为灰褐土中山。

2. 东西差异明显。西部丘陵山地黄土覆盖较厚, 侵蚀强烈, 坡耕地占很大比重, 应以水土保持为主; 东部丘陵山地黄土厚度薄, 侵蚀减弱, 山地多基岩裸露, 以林草为主; 而中部盆地地带东西亦不同, 西部由东西走向的猴山把西部盆地分为永兴和缸坊窑南北两个小盆地; 土地类型组合结构为栗钙土低山和栗钙土平地复合结构, 土地利用上以农林牧综合发展为主要方向; 东部为岱海盆地, 岱海面积大对环境有较大的影响。其环境结构和主要利用方面与西部都有很大不同。

3. 同心园环状结构。岱海盆地土地类型的分布由湖滨向四周呈有规律的变化, 构成以岱海为中心的不均等的同心环状结构。由于岱海西部地形平坦

开阔，这种结构表现的最为明显而完整，由内向外，依次为沼泽低湿洼地—沼泽草甸低平地——草甸、盐渍草甸低平地—草甸栗钙土和盐碱化栗钙土平地—栗钙土高平地。其中草甸和草甸栗钙土低平地占岱海滩川地的 57%，而盐渍土约占 30%。这是本区发展农牧及多种经营综合发展中需重点治理与管理的重要环节。

4. 山地丘陵面积大。从各土地类型面积的数量结构看，平地系统占 37%，山地系统占 63%。根据本区的景观结构和自然环境特点，应把农林牧渔综合发展作为合理安排用地结构的指导思想。

根据发生学、系统性、综合性和为大农业服务的自然区划原则，土地类型的组合关系，区域的相似性和差异性，将本区划分为五个综合农业自然区。作为因此制宜制定大农业规划管理决策的依据。(见图 1)它们是：

土默川冲积平原农业区
蛮汉山变质岩水源涵养林、林牧结合区
岱海断陷盆地冲积湖积平原农经渔区
黄土丘陵水土保持林牧农区
马头山玄武岩农牧林区

二、可更新资源的遥感分析与评价

(一) 土地资源

1. 土地资源遥感评价与制图

对本区的土地资源评价从两个不同的侧重点进行研究。一是在土地类型研究的基础上，对土地的自然属性进行农林牧适宜性程度的综合评价。即研究土地综合体的自然特征，评定土地作为农林牧利用的适宜性和适宜程度，查清区域内各等级土地数量结构。其特点是：(1)土地类型研究是土地质量评价的基础，土地质量评价是土地类型研究研究的继续；(2)土地类型的等级系统与土地质量评价的等级系统相互对应；(3)土地类型划分的指标分级与质量评价的指标分级体系是统一的。另一土地资源评价是依据《“三北”防护林遥感综合调查技术规程》制定的评价原则和评价系统进行的。《规程》制定的土地资源分类原则是：

- (1)土地适宜性与土地生产力水平、生产性能和生态效应一致；
- (2)土地限制性主导因素及其强度与土地改造措施相协调；
- (3)为“三北”防护林体系规划建设服务；
- (4)土地评价单元在遥感影象上可判读性。

土地评价系统：土地资源评价系统实质是确定不同土地单元在某种利用方式下土地质量等级序次的分类系统。它由土地适宜类、土地质量等级、限制性主导因素及其强度型三个评价层次所构成。其中限制性主导因素及其强度是确定土地质量等级的重要依据。评价结果两者基本相同。

表 1. 凉城土地资源适宜性类型和质量等级统计(据张亚立)

Table1. The Suitability Types and Quality Classes of Land Resource in Liangcheng County

| 土地适宜类 | 土地质量等级 | 面积(万亩) | 占总面积(%) |
|----------------|--------|--------|---------|
| 宜农林牧类 (多宜类) | 一等地 | 4.82 | 0.93 |
| | 二等地 | 43.55 | 8.40 |
| | 三等地 | 63.39 | 12.23 |
| | 四等地 | 62.99 | 12.15 |
| | 小计 | 174.75 | 33.75 |
| 宜林牧类 (多宜类) | 五等地 | 44.86 | 8.66 |
| | 六等地 | 31.25 | 6.03 |
| | 七等地 | 40.07 | 7.73 |
| | 小计 | 116.18 | 22.42 |
| 宜牧类 | 八等地 | 160.58 | 30.99 |
| 不宜类 | 九等地 | 66.73 | 12.88 |

遥感资料为土地评价单元划分及其自然属性，土地质量等级的评定、土地利用现状等提供了丰富的信息。依据 1:10 万 TM 遥感影像及国土卫星资料、野外调查，解译，检验修正，编制了 1:10 万土地资源图，并进行面积量算，提供了土地资源数据。

2. 土地资源结构分析

土地资源结构分析是指不同类型和等级的土地资源质和量的对比关系，其土地资源的结构特征如下：

(1)主要宜农的多宜类土地，占土地总面积的 33.75%，其中质量较好的一二等地占 9.33%，而质量中等或较差的三四等地占 24.38%。

(2)宜林牧的双宜类土地数量与质量中等或稍差，占总面积的 22.42%。其中较好的宜林地五、六等地为 14.69%，而稍差的七等地为 7.73%。

(3)单宜类(宜牧)土地面积比重大，占总面积的 30.99%，超过双宜类土地面积。

(4)不宜农林牧类土地面积占总面积的 12.88%。其中重盐碱滩、裸岩、风沙地改造利用难度大。

(5)岱海水域面积为 4.3%是发展渔业和旅游业的良好基地。

3. 土地利用结构的遥感分析

土地资源利用合理与否、土地退化都和土地利用结构密切相关。而对土地利用结构适时监测和动态变化及其数据的不断更新是研究土地利用的重要关键。土地利用属于多目标综合信息的提取与研究，因而研究遥感影像最佳波段的组合和时相选择，并应用遥感影像特征分析和地学分析相结合的方法，建立土地利用的“地貌模型”，才能提高土地利用解译的精度，使制图更能表达和反映它的地学规律。

土地利用类型结构特征，本区属农牧林用地结构，但农牧林结构不合理，据土地资源适宜性评价宜农林牧地的面积比为 3.4 : 2.3 : 3.1，而土地利用结构农林牧地比为 3.9 : 1.5 : 2.1。即耕地面积超过了宜农地面积。它表明某些不适宜农业的土地，如重盐渍地，黄土丘陵陡坡地、土壤瘠薄土地被开

垦，从而加剧了土壤侵蚀和沙化；林业用地尚有较大发展潜力；牧业用地一方面表现出尚未得到充分利用；另一方面因天然草场质量低，超载过牧情况严重，人工草地需要发展(图 1)。

(二) 森林资源及森林立地条件遥感分析

1. 森林资源种类与数量

本区的天然林，以山杨、白桦次生林为主，有少量矮生辽东栎林，主要分布于西北部蛮汉山地区；人工林阔叶林以杨树分布最为广泛面积最大，柳、榆较少；人工针叶林以油松和华北落叶松较多、主要分布于山地；天然灌木林主要有虎榛子、线菊、金露梅、沙棘、锦鸡儿；人工灌木林以沙棘和锦鸡儿为主；疏林大多属人工种植的片林；农田防护林以盆地北缘西缘最为集中。林地面积据统计资料解放初期仅有 8.3 万亩，解放后逐渐增加，但速度缓慢。1977 年有林地面积增加到 50.31 万亩，森林覆盖率 9.7%；1983 年底森林资源经清查达到 69.97 万亩，森林覆盖率为 13.5%。应用 1989 年 9 月 1:10 万 TM 图象解译制图、量算面积结果，林地面积为 71.43 万亩，森林覆盖率 13.78%。若包括幼林地(15.64 万亩)在内则林地占地面积达到 16.8%。

2. 三北防护林工程效益遥感评价

凉城三北防护林工程成就显著。十年累积造林成活 14080ha.，林地面积(含幼林地)增加 24507ha.。森林覆盖率增加 4.08%，林业用地面积增加 7.09%。因而凉成三北防护林工程已取得等重要的社会、经济和生态效益。对调节气候、减少土壤侵蚀、防止土地沙化和提高土地生产力都产生明显效应，突出表现如下：(1)风沙危害严重的流动沙地在 1960 年前为 1067ha.，另有半固定沙地 3000ha.，70 年代末，流动沙地减至 667ha.，半固定沙地 2733ha.；80 年代中流动沙地全部被固定为半固定沙地 2900ha.；1989 年遥感调查解译结果半固定沙地仅存 846ha.，其它已为牧场所代替，(2)平原农田林网化使农田生态得到很大改善，抗御自然灾害能力提高，作物稳步增产。特别岱海盆地西、北部地区，林网带占土地总面积 17%—20%以上，六苏木乡粮食总产较林网建成前增长 30%。(3)黄土丘陵区由于植被覆盖度增加，有效的控制了水土流失、据初步估算该县土壤侵蚀模数平均降低 15%左右；(4)山地天然林的保护与更新，森林覆盖率的提高，如蛮汉山已达到 30%左右，已起到明显的水源涵养作用；(5)统一的复合的防护林体系向良性方向发展，如逐变纯林为多层结构复合林，引进适地适生树种，华北落叶松，油松，樟子松，沙棘，淘汰“小老树”，抗逆性增加，病虫害减少，提高成活率，都具有良好的经济和生态效益。

通过三北防护林遥感调查研究，为提高其生态效益还明确了如下几点：(1)根据本县的生态地带特点，本区造林类型为林灌草复合体系，需增加灌木林比重非常重要。(2)林网结构—在农牧交错带，林地如何与农田和草地交错，是关系到防护林效益能否发挥的重要问题。平原农田林网化，林带森林覆被率达到 15%—20%以上即可产生明显的生态与经济效益；但本区坡旱耕地比例较大，其林网化更具生态意义，依据丘陵区地貌特点灌木林网的布局、结构都不同于平原区模式，应采取环状，平行状或交叉等多种结构。并加大灌草比重，四旁植树对提高森林覆盖率的作用亦不容忽视。(3)三北防护林建设具有明显的区域性，要因地制宜因害设防，如山地水源涵养林、沙地防风固沙林、低山和黄土丘陵水土保持林，平原农田防护林都有各自的生态效应。最后应用遥感对防护林进行宏观的和动态监测，不但是可行的而且为其它技

术手段所不能替代。

3. 森林立地条件遥感分析

森林立地为林木环境条件的总称。依据《规程》要求，对本区森林立地进行遥感分析，立地分类、立地质量评价和制图是重要内容。

(1)立地分类：包括立地分区和类型划分。从立地区划看，本区属半干旱温性草原立地带；分属三个不同立地区，西北部山地属阴山山地森林草原立地区；崞县窑，程家营河谷平原属呼包平原栽培植被立地区；东南属察哈尔熔岩高原立地区。依据 1:10 万 TM 影象解译制图和面积量算，以及立地类型的适地适生树种研究，共分出七个立地类型区和 19 个立地类型小区(见表 2)。

(2)宜林地面积的估算方法有两种：一种是依据森林立地类型的图斑量算，但去掉低湿沼泽，重盐碱地，山地丘陵陡坡、裸地和薄层粗骨土地等非宜林地，以及水域、交通和城镇工矿占地；另一种是据土地资源评价结果计算宜林地面积。两者研究结果相近，宜林地总面积约 284—290 万亩，占总土地面积的 54%—56%左右。但实际的宜林地面积还需要从本区合理的土地利用结构考虑，若按林业用地面积比例平均为 15%—18%计算，则实际宜林地面积约为 78—93 万亩左右。

表 2 凉城森林立地类型及适地树种(据杨汝坤、苏根诚)

Table 2 The Types of forest Sites and the Suitable Tree Species

| 立地类型 | 面积(万亩) | 占总面积% | 适地树种 |
|----------------------------|--------|-------|--------------------------------|
| 1. 湖积冲积低平原草甸土 盐渍草甸农田类型区 | 21.73 | 4.19 | 沼泽、重盐碱地为非宜林地、 青杨、柳、柺柳、白榆、枸杞 |
| 2. 洪积冲积平原栗钙土 风沙土农林间作类型区 | 119.19 | 22.98 | 杨树、白榆、油松、樟子 松，柠条、沙棘、沙枣 |
| 3. 沟谷地、黄绵土、栗钙土 农田类地区 | 29.22 | 5.63 | 杨、榆、柳、油松、樟 子松、沙棘、柠条 |
| 4. 台地栗钙土、栗褐土 草原、农田类型区 | 36.00 | 6.94 | 油松、樟子松、山杨 柠条、沙棘 |
| 5. 丘陵黄绵土、栗褐土 灌丛草原类型区 | 45.86 | 8.84 | 油松、樟子松、山杨 柠条、沙棘 |
| 6. 低山栗钙土、灰褐土 灌丛草原类型区 | 139.10 | 26.81 | 油松、樟子松、华北落 叶松、山杨、山杏、山桃 |
| 7. 中山灰褐土森林 灌丛类型区 | 104.61 | 20.17 | 山杨、桦、华北落叶松 油松、山杏、山桃、黄刺玫 |

(三) 草地资源

草地资源遥感调查与制图曾先后两次在不同比例尺的范围内进行。一是小比例尺 1:35 万的草场资源图的解译和制图；另一是中比尺 1:10 万的草场图的编制。后者是内蒙古草原牧场防护林区的重要组成部分。其目的是对本区草地资源的数量、质量、分布规律、利用现状及存在的问题进行研究，为今后本区三北防护林工程的总体建设和规划，草地资源的经营和开发提出科学依据。它以 1989 年 9 月 TM 影象为主要遥感信息源，结合地面抽样实测

对草地植被组成，草群质量获取必要的数据库，结合遥感影像特征进行了分析和面积量算，共划分7个草地类，21个草地型(见表3)。

从草地资源现状看存在不同程度的退化，表现为草场生产力降低，草群质量变坏，利用价值下降，环境趋于恶化。根据这次遥感调查某些草场退化面积在扩展，低山和黄土丘陵区水土流失严重，粗糙度在增加，草原灌丛化，冷蒿在某些地段成为建群种，草群覆盖度降低，盐化草甸土壤板结，盐碱斑扩大。草场退化的主要原因是草场利用不合理，载畜量过大，草场负担重造成的。因此，如何保护天然草场，合理利用草场，不适宜开垦的土地退耕还牧，以及掌握农牧交错带波动农牧业的特点，因地因时的管理草场，防止草场进一步退化，使其向良性方向发展是本区草地资源利用面临的迫切问题。

表3. 凉城草地资源种类与面积量算(据贾灵)

Table 3 The Types of Grassland Resources and the Calculation of Areas

| 草地类型 | 面积(万亩) | 占总面积的% |
|-----------------------|--------|--------|
| A. 中温草原区山地草甸、草甸草原 | 7.26 | 1.4 |
| (1)金露梅、苔草中生杂类草高寒灌丛化草甸 | | |
| (2)中生杂类草、苔草林缘草甸 | | |
| (3)羊茅、苔草、杂类草草甸草原 | | |
| (4)线叶菊、杂类草草甸草原 | | |
| B. 中温型禾草草原 | 64.07 | 19.15 |
| (5)克氏针茅、冷蒿杂类草草原 | | |
| (6)冷蒿、糙隐子草草原 | | |
| (7)克氏针茅、短花针茅草原 | | |
| (8)山杏、克氏针茅杂类草草原 | | |
| (9)铁棒蒿、克氏针茅石生杂类草草原 | | |
| C. 暖温型禾草草原 | 44.05 | 8.77 |
| (10)本氏针茅、百里香丛生禾草草原 | | |
| (11)百里香、达乌里、胡枝子丛生禾草草原 | | |
| (12)芨芨草、本氏针茅草原 | | |
| D. 草原区沙地草场 | 1.29 | 0.25 |
| (13)小叶锦鸡儿、沙蒿、冰草沙地草场 | | |
| E. 草原区河谷及低湿地草甸、沼泽 | 5.70 | 1.13 |
| (14)芨芨草、马蔺、盐生杂类草草甸 | | |
| (15)羊草、碱茅草甸 | | |
| (16)寸草、金戴戴沼泽化草甸 | | |
| (17)芦苇、香蒲沼泽 | | |
| F. 人工草地 | 7.86 | 1.52 |
| (18)华北骆驼藜人工草地 | | |
| (19)沙打旺人工草地 | | |
| (20)半人工草地 | | |
| G. 农隙地及轮歇地草地 | 5.56 | 1.07 |
| (21)狗尾草、一、二年生杂类草 | | |

三、资源环境的动态遥感监测与预测

资源环境的动态遥感监测与预测，特别对农牧交错带敏感地区是当前研究的热点之一。但具体对本区来说，它正是有待进行深入研究的重要课题。例如再生性森林、草场资源，土地利用结构的动态变化，数据更新都是它的重要研究内容。除社会经济因素影响之外，还有着更为人瞩目的自然因素——气候全球性变化背景。据研究，岱海全新世(11000年)以来湖泊水位变化随气候干湿的波动有数次较大变动：距今8000—9000年达到全新世最高湖面，湖面高程海拔1247m；随后急剧下降，距今7000年左右下降到1228m，距今1000年又一次下降。特别近百年来，湖面波动明显，1929年降到1212.5m，是历史上最低湖面，岱海水面面积仅50km²；1931—1970年湖面水位回升，1971年后又呈下降趋势，反映了气候向干旱方向发展的趋势。不同时相的遥感图象将是资源环境例如湖泊水位及其历史变迁遗迹——特殊地形地貌类型湖岸岸堤，湖蚀崖和湖滩等最好的记录。

总之，遥感技术在资源环境研究中的应用的时间还不长，但它已为这一领域研究的深化和拓展开创了一新局面，展示了进一步发展的前景。

参考文献

1. 李天杰、王静爱等，内蒙古农牧交错地带“三北”防护林生态效益的遥感分析与评价——以乌兰察布盟凉城为例，《再生资源遥感研究——内蒙古草原牧场防护林区》，万国学术出版社，1991，5
2. 杨汝坤、苏根成、李天杰，内蒙古凉城典型县造林立地条件类型与立地质量评价的遥感分析，《再生资源遥感研究——内蒙古草原牧场防护林区》，内蒙古“三北”防护林遥感调查队编，万国学术出版社，1991，5
3. 陈钦峦等，内蒙古草原牧场防护林区土地资源评价遥感调查分析报告，《再生资源遥感研究——内蒙古草原牧场防护林区》，内蒙古“三北”防护林遥感调查队编，万国学术出版社1991，5
4. 贾炅、王天胜，内蒙古凉城林草资源及防护林布局的遥感分析，《再生资源遥感研究——内蒙古草原牧场防护林区》，内蒙古“三北”防护林遥感调查队编，万国学术出版社，1991，5

岱海盆地的水文化学地理特征及其区划

刘培桐 王华东

摘 要 本文对岱海盆地的水文化学地理特征进行了分析,并进行了水文化学地理区划。岱海盆地自边缘山地向盆地中部过渡,地表水及地下水的矿化度明显增加,水的化学组成和水的化学类型呈现相应变化。根据该区天然水的水文化学特征及其形成过程的性质和条件将之分成了四个带即:山地化学侵蚀带、洪积—冲积平原累积剥蚀带、冲积——湖积平原剥蚀累积带及岱海累积带,并进一步根据该区天然水的离子组成和化学类型划分出 10 个区。

岱海盆地是一个西南西——东北东向的陷落盆地,属于温带干草原粟钙土地带。岱海水系流域面积为 2084.4km²,其中山地面积约占 2/3 强,平原部分不足 1/3。岱海本身水面面积约占总面积的 7%左右。汇入岱海的河流共有 20 余条,经常有水汇入湖中的河流有弓坝、五号、目花、天成、步量等河,其余诸河多为间歇性河流。

岱海盆地属于温带半干旱季风气候,水资源在该地区十分宝贵。因此研究其水文化学地理特征及其形成过程,进行水文化学地理区划,可为合理有效地利用当地水资源提供科学依据。

(一)

岱海盆地地表水及地下水的化学性质自盆地边缘向中心呈现有规律的变化,地表水及地下水的矿化度自盆地边缘向盆地中心明显递增。

河水的矿化度多在 250—400mg/L 之间,在盆地周围山区多为 250—350mg/L,至盆地内部为 300—400mg/L,盆地西部弓坝河下游、五号河下游、南部步量河口、天成河口及东部的目花河下游则大于 400mg/L,而弓坝河口及九股泉下游河水矿化度则超过了 500mg/L(见图 1)。

盆地地下水矿化度多在 300—1000mg/L 之间,在盆地周围的山地均小于 300mg/L,至盆地内部迅速上升,玉滨湖区则超过 1000mg/L,有的则接近 1500mg/L(见图 2)。

岱海本身矿化度达 2000mg/L 以上,最高处则超过 2500mg/L。岱海盆地易溶盐的淋溶累积规律十分明显,岱海盆地的主要水文化学地理过程如下:

岱海盆地中的化学地理过程包括天然水对母岩、风化壳和土壤的淋溶过程;天然水的蒸发浓缩过程;天然水中碳酸盐系统的平衡过程;天然水中的胶体吸附及凝聚过程和天然水的混合过程。其过程如下:

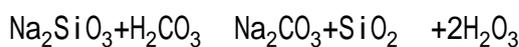
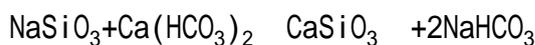
1. 天然水对母岩、风化壳及土壤的淋溶过程

在盆地周围地区风化壳和土壤较薄,土壤和风化壳中的易溶盐从难溶盐

均遭强烈淋溶。盆地北山顶部的土壤和风化壳，易溶盐含量较少，硫酸钙和碳酸钙等淋溶殆尽，该区河水及渗水的矿化度比大气降水增加 2—3 倍。自山顶而下，随着气候的干暖，淋溶过程减弱，至洪积-冲积平原，土壤和风化壳中形成厚达数十厘米到 1 米的上的钙积层。到洪积冲积扇扇缘以下的冲积-湖积平原，进入以盐类堆积为主的地区。

2. 天然水的蒸发浓缩过程

该区气候干旱，蒸发浓缩过程十分强烈。它对渗水变质的影响，愈向盆地中部愈显著，到洪积—冲积扇扇缘水力坡度变小，组成物质变细，径流条件变坏，蒸发浓缩过程的影响显著增加，渗水急剧矿化变质。随着矿化度增加，天然水的离子组成和化学类型也发生相应的变化，首先由重碳酸钙组水转变为重碳酸盐钠组水。



继续蒸发浓缩部分石膏将与 Na_2CO_3 相作用，而使渗水由重碳酸盐钠组水转变为硫酸盐钠组水。



继续蒸发浓缩致使潜水转变为氯化物钠组水，其过程主要是在 NaCl 、 CaCl_2 、 Na_2SO_4 同时存在而继续浓缩的情况下，发生如下的反应：



CaCl_2 主要是直接由母岩、风化壳、土壤淋溶而来。经蒸发浓缩过程，其含量逐渐增加，也可以由以下反应而来。



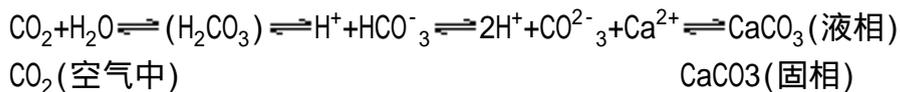
蒸发浓缩过程是岱海湖水矿化度变质的极其重要的过程。这一过程进行的方向是难溶盐自湖水中析出和易溶盐在湖水中的累积。即在湖水浓缩过程中 NaCl 相对富集，而 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 均以碳酸盐和硫酸盐的形式自水中析出，一部分 HCO_3^- 转变为 CO_3^{2-} 。湖水中 CaCO_3 呈过饱和状态，其过饱和度向湖心逐渐降低；湖底淤泥中 CaCO_3 及 CaSO_4 含量的分布是自湖岸向湖心增加的。在淤泥的全量分析中， CaO 、 MgO 、 K_2O 、 Al_2O_3 的含量都是自湖岸向湖心增加的（见图 3）。而 SiO_2 的含量则是自湖岸向湖心减少的。这些事实说明：上述物质自湖水中析出的地点和淀积出来的地点是不一致的，前者是按化学分异规律进行的，而后者则是按机械分异规律进行的。亦即 CaCO_3 、

CaSO_4 等虽然已过饱和而自湖水中析出了，但并未立即自湖水中淀积出来，它们和 Fe 、 Al 等胶体以及为胶体所吸附的 K 等一样是愈向湖心受振动愈小的静水区，才逐渐增加而自湖水中淀积出来。

3. 天然水中碳酸盐系统的平衡过程

碳酸盐系统的平衡过程是经常地影响本区天然水化学组成的重要因素之一，特别是对低矿化度的大气降水、河水和潜水更具有决定性意义。天然水

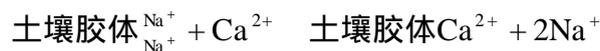
的碳酸盐系统平衡可概括地用以下的反应来表示：



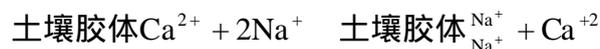
上述化学方程包括了三个平衡：(1)水中CO₂与空气中CO₂的平衡，相当于式中第一部分；(2)碳酸的离解平衡，相当于式中第二部分；(3)水中溶解CaCO₃与固相CaCO₃平衡，相当于式中第三部分。在一定的温度和压力条件下这些平衡都有固定的平衡常数，依据这些常数可以计算天然水中碳酸盐系统的平衡情况，并判断其平衡移动的方向。根据我们计算的结果：平衡CO₂和游离CO₂均为大气降水 < 河水 < 潜水，侵蚀CO₂及侵蚀强度则有相反的趋势。岱海中CaCO₃处于过饱和状态，一般来说不含有侵蚀CO₂，对于碳酸盐(主要是CaCO₃)无侵蚀能力，但实际上由于温度和CO₂分压的变化，此平衡反应还是经常进行的。

4. 天然水中的胶体吸附与凝聚过程

胶体的吸附主要表现为极性吸附，即天然水与土壤和风化壳中胶体间的离子代换过程。在山区及洪积冲积平原的河水和潜水都是钙组水，土壤和风化壳中胶体基本上也为钙所饱和，水土之间的离子代换基本上是平衡的，但从总的趋势来看，在这些地区水土间的离子代换主要是按照以下反应进行的：



到洪积—冲积扇扇缘以下的平原地区和岱海湖区，则河水、潜水及湖水均转变为钠组水而土壤中仍含有丰富的钙，因而水土之间的离子代换过程主要是按以下反应进行的：



胶体的凝聚主要表现在两种矿化度较悬殊的水体相接触的地区。在岱海盆地最明显地表现在河水与湖水相遇的地区。河水所携带的胶体物质骤然遇到含电解质较多的湖水即发生凝聚，而有助于胶体从水中淀积出来。

5. 天然水的混合过程

岱海盆地各种水体——河水、潜水和湖水都不是孤立的，而是整体的天然水水分循环的各个分支和阶段，彼此之间保持着不可分割的联系。

从河山和潜水的联系来看，在山地区河水是地表和地下水的排泄者，在洪积—冲积平原河水补给潜水，在洪积—冲积扇扇缘则潜水溢出补给河水，但到了冲积—湖积平原各河流的下游段，河床远远高于自然堤外的洼地，河水又成为潜水的补给来源。在洪积——冲积扇扇缘带以上，河水与潜水的矿化度都很低，化学组成和类型也相似，因而它们之间相互的补给，水体混和，并不引起水质显著的变化。这可以凉城西北的九股泉河水作为河水的代表，以旧堂潜水作为潜水的代表。

在洪积——冲积扇扇缘潜水溢出补给河水，使河水由重碳酸盐钙组水转变为重碳酸盐钠组水，其反应主要是由潜水中NaHCO₃的补给以及Na₂SO₄与河水中的Ca(HCO₃)₂相作用的结果。



在冲积——湖积平原河水补给潜水，使潜水发生淡化。如以盆地西部豪欠村附近的河水和潜水为例：由图 4 可以看出，各离子连线倾斜较大，而且有交叉现象，这说明混合后离子组成顺序和化学类型均发生了改变。从假定盐来看(见表 1)，河水及受河水补给的潜水含有 NaHCO_3 ，而未受河水补给的潜水则不含 NaHCO_3 。未受河水补给的潜水含有 MgSO_4 ，而河水及受河水补给的潜水均不含 MgSO_4 。这说明在混合过程中发生了如下的反应：



表 1 豪欠村附近河水、潜水的假定盐

| 水 体 | 地 点 | 盐 类 | | | | | |
|-----------|---------------|-------|---------------------------------|--------------------|-------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | | NaCl | Na ₂ SO ₄ | NaHCO ₃ | MgSO ₄ | Mg(HCO ₃) ₂ | Ca(HCO ₃) ₂ |
| 河 水 | 豪欠村旁 | 0.412 | 0.559 | 1.041 | 0.00 | 1.579 | 1.740 |
| 未受河水补给的潜水 | 豪欠村中 | 0.733 | 1.764 | 0.00 | 0.757 | 2.662 | 3.856 |
| 受海水补给的潜水 | 豪欠村附近 河外洼地 | 0.691 | 1.263 | 0.017 | 0.00 | 2.968 | 2.339 |

由于河水中 NaHCO_3 的含量远高于潜水中 MgSO_4 的含量，所以受河水补给的潜水中不含有 MgSO_4 ，而含有 NaHCO_3 。

潜水与湖水的差异远小于河水与湖水的差异，故湖水受河水的冲淡作用较为明显，但也只影响到型的变化，在受河水冲淡作用影响较大的范围内均为 $\text{Cl}_{\text{II}}^{\text{Na}}$ 型水，反之，均为 $\text{Cl}_{\text{III}}^{\text{Na}}$ 型水。

(二)

根据岱海盆地的水文化学地理变化可进行分区研究，按天然水水文化学特征形成过程的性质和条件，首先将之分出以下四个带，再根据天然水的离子组成和化学类型进一步划分出 10 个区。

1. 山地化学侵蚀带

分布于盆地边缘的山地区，地貌条件有利于化学侵蚀的进行。化学淋溶过程是本带水文化学特征的主要形成过程。河水是地表和地下径流的排泄者，因而河水与潜水的水文化学差异不大，矿化度均低于 300mg/L，离子组成均以 HCO_3^- 和 Ca^{+2} 为主，属于重碳酸盐钙组水，水质优良，但因基岩的不同，

本带内部也有较显著的差别。大致在玄武岩区矿化度较高，属 $\text{C}_{\text{II}}^{\text{Na}}$ 型水，化学侵蚀较强，根据凉城县 1954—1955 年统计的流量资料计算的结果，化学淋溶率均在 $20\text{t}/\text{a}\cdot\text{km}^2$ ，化学剥蚀力均在 $8\mu\text{m}/\text{a}$ 以上，高者将近 $14\mu\text{m}/\text{a}$ 。在片麻岩区矿化度较低，属 $\text{C}_{\text{I}}^{\text{Ca}}$ 型水，化学淋溶率为 $13\text{—}20\text{t}/\text{a}\cdot\text{km}^2$ ，化学剥蚀力为 $5\text{—}8\mu\text{m}/\text{a}$ 。凝灰岩区矿化度、化学淋溶率、化学剥蚀力均与片麻岩区相似，但离子组成与玄武岩相近，均属 $\text{C}_{\text{II}}^{\text{Ca}}$ 型水。据此可进一步划分为：(1) $\text{C}_{\text{I}}^{\text{Ca}}$ 型水弱剥蚀区；(2) $\text{C}_{\text{II}}^{\text{Ca}}$ 型水中剥蚀区；(3) $\text{C}_{\text{III}}^{\text{Ca}}$ 型水弱剥蚀区。

2. 洪积—冲积平原累积剥蚀带

分布于盆地内部自山麓到洪积—冲积扇扇缘之间，本带河水是地表径流的排泄者、地下径流的补给者，因而既有化学剥蚀也有化学累积，但地貌和地质组成条件均有利于地表和地下径流的排泄，且潜水埋藏较深，蒸发浓缩过程较弱，所以河水与潜水的矿化变质过程均不强烈。矿化度、离子组成和化学类型变化不大，基本上均属于重碳酸盐钙组水。仍以化学剥蚀为主，化学淋溶率小于 14t/a.km^2 ，化学剥蚀力小于 $5\mu\text{m/a}$ 。但因受邻近山区的影响，本带内部稍有差异，一般邻近玄武岩区的部分均为 C_{II}^{Ca} 型水，邻近片麻岩区的部分均为 C_I^{Ca} 型水。本带进而可划分为：(1) C_I^{Ca} 型水累积剥蚀区；(2) C_{II}^{Ca} 型水累积剥蚀区。

3. 冲积—湖积平原剥蚀累积带

分布于洪积—冲积扇扇缘到湖底之间。本带地势低平，潜水面接近地表，蒸发强烈，潜水矿化变质过程剧强进行，矿化度迅速升高，一般均在 750mg/L 以上，离子组成有显著改变，自扇缘到湖滨依次由重碳酸盐组水转变为硫酸盐水和氯化物水，全部均为钠组水。河水在本带边缘受潜水补给，矿化度也显著升高，但多在 $400\text{—}500\text{mg/L}$ ，很少超过 500mg/L 。离子组成和化学类型也有明显改变，但在岱海南北两侧仍多为重碳酸盐钙组水，仅于岱海东西两端依次出现重碳酸盐钠组水和硫酸盐钠组水。在本带内部河水补给潜水，潜水因强烈蒸发，水质显著变坏，土壤出现盐渍化现象。故在本带以化学累积过程为主，仅在雨后地表有化学剥蚀的进行，但因地表径流量不大，化学剥蚀力也很小。

潜水在本带内的空间分异较完善，对其他自然因素如土壤、植被等的影响也较大，故可主要根据潜水的离子组成和化学类型进一步划分为：(1) C_I^{Na} 型水剥蚀累积区；(2) C_{II}^{Na} 型水剥蚀累积区；(3) 西部 S_{II}^{Na} 型水剥蚀累积区；(4) 东部 S_{II}^{Na} 型水剥蚀累积区；(5) Cl_{III}^{Na} 型水剥蚀累积区。

4. 岱海累积带

岱海是盆地中地表和地下径流的最后汇集场所，为一化学累积带，水质低劣。湖水的离子组成和化学类型在空间上也有一定的差异，但均属渐变性质，无明显的界限，不再作进一步的区划(见图 5)。

结 语

综上所述，岱海盆地水文化学地理规律显著，自盆地边缘的山地向盆地中部过渡，地表水及地下水的矿化度明显增加，水的化学组成和水的化学类型呈现相应变化。根据该区天然水的水文化学特征及其形成过程的性质和条件，可将之如分成四个带，并按天然水的离子组成及化学类型进一步如分出 10 个区。可做为该区今后经济开发中合理有效利用水资源的科学依据。

参考文献

- 1.刘培桐、王华东、潘宝林、张丽君、刘桂贞，岱海盆地的水文化学地理特征及其在农业生产中的意义，北京师范大学学报，1964年第1期
- 2.中国科学院《中国自然地理》编辑委员会，中国自然地理，地表水，科学出版社，1981年

防护林空间配置与防护效果分析 ——以内蒙古凉城县为例

贾 灵 张亚立

一定密度和配置方式的木本植物(这里包括有林地、疏林、灌丛、林带以及零散生长的木本植物),具有减低风速,阻止土壤侵蚀(风蚀或水蚀),进而调节局地水热状况,改善土壤——植被系统的物质循环,提高土地生产力的作用。这正是我国进行“三北”防护林建设的理论基础。“三北”地区大多处在干旱和半干旱的气候条件下,由于降水量相对于地面蒸发的严重不足,这些区域主要由草本植物和低矮的灌木所覆盖,只有一些局部环境(如山地阴坡、谷地等)适于大片的乔木林生长。在大面积营造乔木林屡遭失败后,人们逐渐接受了这样的认识,即,在保护好当地原有林草植被的基础上,根据因地制宜、因害设防的原则,实行乔、灌、草结合,网、片、带结合,多林种结合,营造人工林,种植优良牧草,最终使“三北”地区所有的林草植被形成一个完整的体系。(汪愚,1983)

在“三北”地区,气候因素限制着森林覆盖率水平,同时,人口的压力也造成了农林牧之间在土地利用上的矛盾,使得我们不可能把大量的土地用来营林。在一定的木本植物实有量内,合理调整防护林的空间配置和群落的密度、组成,将防护林与草场和农田有机地结合起来,更有效地提高防护效应和土地的利用率,应该是可能的。这里将以内蒙古凉城县防护林的防护效应为例作一探讨。

一、防护林体系的空间布局分析

凉城县位于内蒙古乌兰察布盟东南部,地理座标 $112^{\circ}02' \sim 113^{\circ}02' E$, $40^{\circ}10' \sim 40^{\circ}50' N$,中温型半干旱气候。县境内西北部为中低山地,中部为岱海盆地,南部为黄土丘陵和石质低山。1978年该县被列为“三北”重点县,在造林上做了一些新尝试。

图1是依据TM影象解译、综合和编绘的凉城县森林分布图。从图上看,凉城县的防护林大致呈东北——西南走向的条带状。第一条带在西北部,处于蛮汗山地,大致包括了程家营南部和崞县天南部,宽约8—10km,带内森林覆盖度约35%—45%,斑块间平均距离不超过500m,防护效果很明显。主要由天然的山杨、白桦林和灌丛构成,也有人工的针叶林及针阔叶混交林。它们兼有水源涵养、用材和防风的作用。林下和林缘草本植物具有较高的放牧价值。该条带以北,零散分布一些人工阔叶林的(杨属为主)和人工灌丛,块间距离达4—7km。第二条带大致围绕岱海,是农田林网集中分布的地方,此外还有一些人工阔叶林、疏林和灌丛。带宽15—20km,平均覆盖度在25%—30%,林斑平均空隙为1—3km。较大的空隙主要出现于岱海西端的盐碱地和一些覆沙地上。在一、二两条带之间,约5—10km宽的地段,以石质低山为主,森林覆盖不及10%。这里土层较薄,农业产量低,草场退化也很严重,种植稀疏的柠条灌丛将起到一定效果(后面详细讨论)。第三条带出现于东南部土石丘陵和低山,林带宽约8—10km,以人工针叶林和阔叶林为主,并有一些人工灌丛,覆盖率在30%左右,斑块间距离不超过1km。二、三两

条带之间宽约 15—20km 的少林地带内，分布大面积的柠条稀疏灌丛，盖度 8%—15%，其防护效果将在后面讨论。

二、防护林群落结构与防护效应

(一) 农田防护林林网

在凉城县岱海盆地及附近平原区，营造了连片的农田防护林林网，面积为 17040ha。其分布大致沿岱海湖盆形成一环带，并且以西南角的六苏木、厢黄地和北端的麦胡图营造面积最大。从 1:10 万的 TM 影象上可以清楚地看出，林网呈连续的矩形网格。量测结果，主林带间平均间隔为 200m，副林带为 450m。主林带的走向较复杂，在西南端和北缘，多为东北—西南走向，而在东北端却大致呈南—北走向。现存林带多为 70 年代末到 80 年代栽植的，树龄在 6—12 年，树高为 5.1—12.0m，平均为 8.6m，郁闭度多在 0.6—0.8 之间，偶尔也有 0.6 以下的情况(见表 1)。

表 1 农田防护林群落特征表

Table 1. Main features of the shelterbelts

| 编号 | 级/龄 | 树高(m) | 胸径(cm) | 郁闭度 | 蓄积量(m ³) |
|----|------|-------|--------|-----|----------------------|
| 1 | /6 | 8.1 | 10 | 0.7 | 1.45 |
| 2 | /6 | 7.4 | 6 | 0.8 | 1.24 |
| 3 | /6 | 5.1 | 4 | 0.6 | 0.60 |
| 4 | /7 | 8.2 | 6 | 0.8 | 0.87 |
| 5 | /7 | 7.8 | 10 | 0.6 | 1.81 |
| 6 | /8 | 7.3 | 10 | 0.6 | 1.24 |
| 7 | /8 | 7.1 | 12 | 0.7 | 1.36 |
| 8 | /8 | 8.3 | 4 | 0.8 | 1.36 |
| 9 | /9 | 6.9 | 12 | 0.6 | 2.13 |
| 10 | /9 | 8.2 | 10 | 0.7 | 2.58 |
| 11 | /10 | 6.0 | 14 | 0.5 | 1.56 |
| 12 | 1/10 | 7.8 | 14 | 0.7 | 1.54 |
| 13 | /11 | 8.4 | 10 | 0.8 | 1.42 |
| 14 | /11 | 12.0 | 16 | 0.7 | 1.94 |
| 15 | /11 | 12.1 | 16 | 0.8 | 2.35 |
| 16 | /11 | 10.5 | 16 | 0.6 | 2.00 |
| 17 | /11 | 10.2 | 10 | 0.7 | 1.50 |
| 18 | /12 | 12.0 | 16 | 0.7 | 2.65 |

从防护效果看，根据中科院应用生态中心的资料(1973)，疏透结构的林带(凉城县的林带因保留侧枝较多，可看作是疏透结构)通常在林带背风面的 2—4 倍树高处使风速降到最低点，以后逐渐加大，到 19 倍树高处风速为旷野的 80%，到 45 倍树高处林带便不再起作用。这样，当地的林网如果按平均树高 8.6m 计算，主林带可以使带间风速降低至 85% 以下，而副林带则在林带背风面约 380m 处便失去防护作用了。如果是仅仅作为副林带，应该说这

也可以了，但凉城县的风玫瑰图显示，那里全年几乎不存在占很大优势的风向，尽管西南风、西风和北风的频率稍稍大一些(内蒙古气象局资料)。因此，主副林带几乎同等重要，林网应设计为正方形，走向可以不受约束。若按目前的最大成林高度 12.1m 计算，带间距可定为 230m 左右。

从土地利用的效率来看，林带一般由 5—7 行乔木组成，宽为 10—15m，按上面的林网标准，每一网格内林带占地约 10%，而在 70%左右的郁闭度下，11—12 年的林带高可达 12m，胸径 16cm，每亩蓄积为 2m³ 以上。这些指标都远远高于人工杨片林(见表 2)。按一定周期进行采伐更新，可收取数量可观的木材。如假设以 12 年为一轮伐期，全县 17040ha. 的农田林网可提供 51120m³ 木材。而这，是在并没有占据专门的林业用地的情况下获得的。

表 2 杨林群落特征表

Table 2. Main features of the planted poplar woods

| 编号 | 面积(亩) | 令级/令 | 高度(m) | 胸径(cm) | 郁闭度 | 蓄积(m ³) |
|----|-------|------|-------|--------|-----|---------------------|
| 1 | 270 | /11 | 5.8 | 4 | 0.3 | 1.4 |
| 2 | 169 | /11 | 2.4 | 1 | 0.6 | 0.37 |
| 3 | 60 | /15 | 7.9 | 12 | 0.4 | 1.1 |
| 4 | 81 | /16 | 10.3 | 10 | 0.4 | 1.4 |
| 5 | 63 | /20 | 6.2 | 6 | 0.7 | 0.8 |
| 6 | 73 | /20 | 8.0 | 10 | 0.4 | 1.2 |
| 7 | 488 | /21 | 5.0 | 4 | 0.6 | 0.9 |
| 8 | 1270 | /25 | 6.1 | 6 | 0.5 | 0.9 |
| 9 | 152 | /25 | 8.2 | 12 | 0.4 | 1.3 |
| 10 | 38 | /25 | 9.8 | 12 | 0.3 | 1.4 |
| 11 | 385 | /27 | 6.7 | 6 | 0.6 | 1.0 |
| 12 | 1410 | /28 | 5.5 | 6 | 0.5 | 1.1 |
| 13 | 225 | /28 | 8.3 | 9 | 0.4 | 0.7 |

(二) 杨树片林与疏林

在平原和黄土丘陵的平缓部位，杨树片林和疏林仍是当地的主要林种。这里的杨树林(*Populus simonii*, *P. pseudo-simonii* etc.)主要是六七十年代营造的；树龄在 11—28 年。目前主要有以下两种情况，一是生长密集，郁闭度在 50%以上，生长量很低，20 年的树木高度仅为 6m 左右，树干纤弱，弯曲，枝叶稀疏。另一类呈疏林状，生长较为正常，自然整枝良好，枝叶繁茂。表 2 是在平原区随机抽样调查结果。

从表中可以看出，树木平均高度、胸径和每亩蓄积量大致与郁闭度呈负相关，尽管由于样本太少而无法进行统计分析，但还是可以粗略地看出这样的规律。郁闭度为 0.5—0.7 的紧密林分，高度在 2.4—6.7m，平均 4.6m，胸径在 1—6cm，平均 3.5cm，蓄积量在 0.37—1.1m³，平均 0.74m³；而郁闭度为 0.3—0.4，胸径在 4—12cm，平均 8cm，蓄积量在 0.7—1.4m³，平均 1.05m³。高郁闭度的林分，由于植株密度过大(相对于当地水分供应状况而言)，树木在无机盐、水分和空间方面严重不足。而由于遗传上的原因，杨树的自然疏丛能力不足，从而形成一种生长缓慢，结构不良的林分。树干纤细，枝叶特

别是侧枝稀疏，防风效果在很远处才表现出来，而且较弱，林下则风速降低很少，加上养分竞争，草本植物十分稀疏(见图 2)。从高度、胸径和蓄积量的数据来看，这种林分很难期望成材，因而经济价值也不大。相反，稀疏林分，由于密度降低，养分、水分和空间的不足得到缓减。树干变得挺直，自然整枝良好，防护效果较前者加强(见图 2)。在乔木的蔽护下，草本植物生长繁茂，林下粗略调查表明，在表 2 的样地 8、10 以及旷野中，草群盖度分别为 20%，55%和 30%；高度为 10cm，28cm，10cm。在这种情况下便形成了由稀疏乔木和下面繁茂的草本层构成的紧密而有机的结合——疏林草场。在疏林草场群落中，乔木和草本的共同作用，改善着局地的水热条件和土壤性况，而后者又为它们的生存提供了条件。在夏秋季节这里可以作为放牧场地，适度的放牧同时可以减少竞争，促进乔木生长；冬春季节草枯之后，乔木的落叶一方面可以充作为饲料，同时可以减小地表热量和水分的散失，有利于草本植物的萌发。在平原上，25 年的郁闭度为 0.3 疏林草场，乔木可以长到 9.8m 高，胸径 12cm，蓄积量可达 1.4m^3 ，提供一定量的木材是可能的。疏林草场在国外已有一些栽培试验的例子(J.R.Tustin, 1976)，但在我国尚未从理论的高度认识它，试验研究也很少。如果能从栽植密度、抚育方式和放牧强度等方面开展一些试验研究，将是很有意义的。

(三)人工灌丛

凉城县的人工灌丛主要分布南部黄土丘陵和覆沙地上。以柠条(*Caragana micro-phylla*, *C. intermedia*)为主，沙棘、山杏等亦有一些分布，但不多。除去切割谷坡上盖度较大以外，柠条的盖度常在 10%—25%之间，平均 17.5%；高度 60—110cm，平均 85cm；丛幅 $70 \times 70\text{cm}^2$ — $210 \times 190\text{cm}^2$ ，平均 $140 \times 130\text{cm}^2$ 。这样算得平均丛间距为 320cm 左右。

人工灌丛的防护效应虽不象林带那样可以影响数百米以外，但在上述的密度下群落内部的防护效果还是十分显著的。样地对照的结果表明：在 20% 盖度的柠条灌丛的丛间空隙上，草本植物的盖度为 40%，鲜草产量为 $483\text{g}/\text{m}^2$ ，组成植物有 14 种；而附近做为对照的天然草场，盖度仅为 25%，鲜重为 $190\text{g}/\text{m}^2$ ，记载种类仅 9 种。草本层的良好发育，间接地反映了灌丛存在的作用，而同时，发育良好的草本层大大增强了防护效果。草本层的产草量，加上灌丛的嫩枝叶，使得这种半人工的灌丛草场的载畜能力远远超过了天然草场。

在稀疏的柠条灌丛间进行旱作，是当地土地利用上一种特殊形式。灌丛的盖度一般在 10%—15%，丛间以种植土豆为主。虽没有关于粮食产量方面的数字资料，但众多的研究都表明，灌丛的存在可以为农田补充一部分因收获而移走的养分。如果每隔 3—5 年平茬一次压作绿肥则效果会更好。柠条的叶中营养物质的含量为，粗蛋白占干重的 24.44%，全磷 0.17%，钙 1.32%，锰 0.29%，无机氮浸出物 15.57% (杨瑞英等，1984)，其分解后释放的营养物质是可观的。柠条作为豆科植物，具有生物固氮作用，可以为作物提供氮肥。此外，灌木通过其根部以及相关的菌根系统捕捉原本会因淋浇而失去的养分，这样便使植物——土壤系统更加紧密，提高营养元素循环的效率，以提高产量。

三、结 语

农田林网、人工疏林草场、人工灌丛草场以及灌丛间旱作的组合形式，是将农林牧有机结合的尝试。对凉城县防护林体系效果分析表明，这种组合可以更有效地提高植被的防护能力，可以较大幅度地提高土地利用率，增加总的第一性生产力，同时可以缓减农林牧之间在土地分配上的矛盾。实现这种农林牧的复合需要各部分的协调行动，而实现最佳的复合效果则需要大量试验研究。

参考文献

- 1.汪愚，1983，灌木、灌木林在“三北”防护林体系建设中的重要性及发展意见，农业现代化研究，(5)
- 2.沈阳林业土壤研究所，1973，农田防护林，农业出版社，北京
- 3.H.科纳普著，郑慧莹译，1974，实验植物群落学，科学出版社，北京
- 4.陶大立，1984，牧场防护林、疏林草场和三度林业(文献译述)，内蒙古东部地区风沙干旱综合治理研究，内蒙古人民出版社，呼和浩特
- 5.杨瑞英，叶仕生等，1984，三北地区木本饲料的营养分析，内蒙古东部地区风沙干旱综合治理研究，内蒙古人民出版社，呼和浩特

岱海地区旅游资源与开发

张亚立 李容全

岱海位于内蒙高原中南部，属于内蒙古自治区乌兰察布盟凉城县。东距丰镇县约 60km；东北 80km 为集宁市；西北至呼浩特约 92km；东南去大同约 100km。岱海大致位于上述三市组成三角形地区的中心位置，并与三市一县有公路连接，交通较为便利，三市一县分别有铁路或航线与区外各省市联系，这种良好的地理位置，为开发岱海地区丰富的旅游资源提供了游客来源和交通条件。

岱海盆地平面轮廓犹如菱形，东北——西南方向长，总面积 1940km²，占凉城县土地面积的 56%。湖面形状与盆地轮廓相仿，最长达 20km，最宽处为 14km。湖面形状与盆地轮廓相仿，最长达 20km，最宽处为 14km。湖水平均深 9m，最深处达 18m，为内蒙高原上仅次于呼伦池、达里诺尔的第三大内陆湖泊。湖内放养有青鱼，鲫鱼、鲤鱼。湖滨有芦蒲丛和十余种鸟类栖息。

岱海地区是个多民族聚居的地方。凉城县 23.34 万人口中，汉族占 97.44%；蒙古族占 0.46%；满回、苗等其它少数民族占 2.1%。清代时，这里以蒙古族为主，随着垦植业发展，蒙古族涉足岱海游牧日渐减少。1949 年以后，蒙包在此地已再不复见。如今仅有一些蒙古族地名仍在延袭使用，例如麦胡图，三苏木、小召……它们都是蒙语地名的音转。

一、岱海地区旅游资源

早在清代光绪初期，岱海就已成为丰镇名景。此外，明代长城、挺拔高耸的蛮汉山，以及可资专业旅游的内陆湖泊地貌与沉积。冰缘地貌、火山与熔岩景观等，使岱海地区拥有独具一格的旅游资源，现分述如下。

1. 岱海

岱海盆地底部平原，是绿草如茵的平滩旷野，高出湖面近 20m。岱海是蒙语岱哈的音转。相传岱海原是一个大坑，有位六太子路径此地，远望兰城一座，畏止不前，乃命随臣往探。臣见是深坑，坑底有水并无城，即返回禀告。于是六太子下令导周围所有的河流入坑，始成岱海。事实上，岱海是漫长地质历史中自然环境演化的产物。大约在二二百万年前，当地周围山地发生火山喷溢和强烈的地壳活动。在上新世末，由于玄武岩的喷发活动导致地下物质的重新调整和想构造运动的加剧，在继承老构造的基础上，开始形成岱海构造盆地。^[1]山地地块被抬升，中间部分陷落成为地堑盆地，使岱海成为典型的内陆湖泊。故在此地不见水流干条归大海，但见各河入湖泊，水蓝湖旷，独成一景。

湖水除蒸发之外，只入不出。年复一年，使河流带进湖内的化学物质聚集，湖水变咸。目前湖水总硬度为 18.2—22.7；矿化度 2.74—2.85g/L；总盐度 6.3—9.8，为低盐半碱度湖泊。《汉书·地理志》中称代绝海为盐泽；北魏郦道元著的《水经注》中称它为盐池，并有“池水微蓝，渊而不流，东西三十里，南北二十里。池北七里即凉城……”的记述。辽代易其名为奄遏下水；金代称它为昂阿下水；元代称之为下水；明代复用辽代名称；清初称谓它为岱哈，光绪初年才正式用了岱海这个名字。利用岱海咸水熬制食盐开

始于 19 世纪，1929 年出现了葫芦玉、八苏木、十八儿泰等十四处制盐场。食盐自给有余，还销往大同，张家口及锡林郭勒盟等地区，足见当时本地盐业之盛。

岱海又名鸳鸯湖。据《绥远通志稿》记述，以前蒙古族首领几乎每年春季都要到鸳鸯湖观赏风光。可见岱海在内蒙古地区很早就以独秀闻名。把岱海作为观赏对象，见诸文字记载的当以光绪七年(1881)德溥所撰的《丰镇厅志》为最详。文中记为：“碧海风涛在岱海，与察哈尔镶红族连界，周围数百里深不可测，一望无际。每当春秋之交风涛大作，浪高丈余，若林立，若云垂，峻岭奇峰，重见迭出，倾刻万变、莫可名状、洵塞外奇观也”。他把丰镇厅属地区内的云门古洞、烟浦灵泉、牛心独秀，马脊双流、海楼夜月、山寺朝霞、大同总兵李如柏修建的关帝财神祠，再加上岱海的碧海风涛、合称丰镇八景。

2. 蛮汉山

蛮汉山是凉城县境内最高的山峰，海拔 2305m。它座落在县城西北，与南部的马头山相峙。两山系均为大青山的分支。很多革命先辈在蛮汉山附近打过游击，李井泉、陆平同志曾参加这里的抗斗争。指挥部和地方人民政府曾设在山下的二龙宿太。

蛮汉山雄伟巍峨，极富林木之盛。树种以白桦、山杨为主，林下有绣绒菊、山刺玫，金露梅灌丛。山地有野生中草药材 105 种。每逢春季，二龙宿太附近山泉叮咚，芍药、山丹等百花争艳，遍山青翠，十分清幽。峰峦之间有国营林场种植的云杉、华山松、樟子松等，各类林木铺绣叠翠；有养鹿场饲养的梅花鹿、马鹿供游客欣赏。蛮汉山顶平坦宽阔，有一佛爷洞，洞内供有泥塑佛像。山顶上生长有嵩草、羊茅杂类草草甸，犹如绿色织毯。站立在绝顶之上极目远眺，可见西北方由黄河及大黑河冲积而成的土默川沃野，即前套平原；东北方是碧波万顷的岱海。夜幕之下可西望呼市万家灯火；晨曦可观赏日出如轮。蛮汉山气象有变、秀景宜人，吸引了不少城市青年来此攀登娱乐。

3. 温泉

在三苏木乡中水塘村东南有温泉流淌。相传清代康熙皇帝巡边来到岱海，过此地时马口渴思饮便用前蹄刨地，遂得一泓温泉。泉名就称为马刨泉。原在泉北曾修一座单进三室小庙，名为永祥寺。同时泉口也被条石砌护成马蹄形。于今寺已无存，泉口为一四米见方的水塘。温泉大致坐落在北东走向的小山子——元山村活动断层线上。这条章性断裂勾通了深层地下垫水，使之溢成泉。泉水温度终年在 24~27 左右，昼夜出水量为 80m³左右。水质呈中性，内含 17 种化学元素，有硫化物气味。属微温硫化矿泉。

4. 锅巴山

锅巴山在凉城西南 38km²的和林格尔县境内，海拔 1588m，相对高度 300m 左右，是一座保存好、形态美观、海拔较高的典型第四纪火山。火山口呈盆地状地形向东北敞开，平面形状为马蹄形。火山口直径约 300m，深约 70m，外壁完整，内有一二万年前堆积的马兰期次生黄土，厚十余米。火山终止喷发的时间是在马兰期次生黄土覆盖之前。从火山的熔岩熔渣互层中可以看出其五次喷发旋回。

锅巴山的南部有东、西浮石山。在那里可见山顶上有厚厚的火山喷出物——“浮石”。浮石五颜六色，或铁灰、或绛红……优质浮石是良好建筑用

轻质骨料。锅巴山附近还有更老的马蹄形火山口。有的火山口曾成为火口湖，有灰绿色沉积。火山再次喷发后，湖泊消亡。在湖口的地方玄武岩柱状节理发育，侵蚀后呈石柱或石竹状嵌在崖壁之上。

5. 明长城

在岱海以南共有两道长城。明长城保存较好，是长城的主线，蜿蜒起伏于凉城和山西左云、右玉之间，为内蒙古自治区与山西省的分界线。杀虎口位于凉城西南方，是这道主长城上的重要关口。另一道长城沿岱海南山分布。马头山为南山主干部分相对高度 500-600m。前山带北坡多陡崖，为一条顺直的断层崖；而坡为台地状地形，谷地开阔。长城被建造在陡缓交界处。自北向南望，长城下衔峭壁横垣，烽火台和敌楼沿岭脊错落分布，甚为雄伟。反向观之，长城和墩台则似挺立于缓破平岭之上，真可谓古时军事家巧用地形的一个典型实例。

6. 大庙

大庙村因原有座大庙而得名。大庙名叫汇祥寺，为三进两殿式建筑，茶房百余间，占地 26 亩。大庙于 1939 年 11 月 21 日被烧毁。庙内原 1—0.8m 高低不等的铜佛像，万余册经卷等文物也毁于一炬。大庙建于康熙年间。遗址仍残留一些石雕、砖雕等建筑装饰，雕刻的线条明快，景、形逼真，具有清代的特征。清朝时，蒙古族被鼓励信奉喇嘛教，到了乾隆时代甚至规定除长子外七岁的男儿都须入召、庙当喇嘛。汇祥寺正是这种历史背景下的产物。被毁前，寺内有喇嘛千余人，曾为绥远地区较大的庙宇之一。

7. 水库

凉城水利建设发达，拥用中小型水库 11 座。其中最具有旅游开发价值的石门水库在岱海东南侧，建于天成河临近注入岱海的河段上，坝址距湖面不足 1km。库岸曲折，为山前平原河道型水库，库容 718 万 m^3 。库水清澈洁净，目前仅用于灌溉和养殖，年捕鱼量达一吨左右。石门水库交通方便可与岱海构成水面游览区。

8. 专业旅游资源

岱海地区可以进行专业旅游的资源很多，其中包括岱海本身，这样一个典型的内陆湖泊可资从事高原湖泊研究，近年已经被中、外科学家进行研究；岱海西部与南部新生代火山及其喷发物可供开展古火山探险旅游。23000 年以来，本地区曾出现三期多年冻土，并遗留下相应的冰卷泥迭置层，加上蛮汉山顶残留的古石海景观，可以开展冰缘地貌旅游。蛮汉山还可以开展自然植被与土壤垂直生态考察旅游等等。

二、岱海地区康乐气候分析

岱海地区有一定的自然与人文旅游地理资源，除上述几种外，夏季凉爽宜人，能够提供避暑的康乐气候休憩地也是一项宝贵的旅游资源。分析地区性旅游康乐气候，目前多采用生理气候指标的方法。[2] 本文采用舒适指数(CI)和风效指数(WEI)两项指标浅析岱海地区康乐气候。

1. 岱海地区舒适指数

人体通常由皮肤的幅射、对流、排汗和呼吸系统的作用与周围大气进行

热量交换,使人体生理上得到热量平衡;同时也会感受到大气环境的冷热舒适程度。用气温和相对湿度构成的舒适指数体系可以有效地反映旅游地的康乐气候条件。舒适指数采用有效温度(ET)-, $ET=0.4(T_d+T_w)+15$ (式中 T_d , T_w 分别为干、湿球的温度,用 °F 表达),来划分大多数人的感觉状况。舒适指数共被分为由极冷(-6)到极热(+3)11类,其中“零区”最为舒适,“-1”、“+1”区分别为凉、暖,亦属良好的康乐气候条件。

图1是根据岱海地区的多年气温与相对湿度资料所绘。它反映了岱海地区的旅游气候条件。岱海地区的康乐气候以凉——舒适为主要特征,具备凉爽适宜的游览、娱乐、休养等活动旅游气候条件。在时间分布上,康乐气候季节为6月至9月中、上旬。

2. 岱海地区地区风效指数

大气环境对人的影响是综合的。除以温度、湿度为主的条件影响人们的感受外,风对人的感觉也起重要作用。一般情况,气温低于人体温度,风会加速人体热量输出使人们感到环境温度下降。因此,就出现了用温度和风速构成的风效指数来反映风对旅游康乐气候的影响。风效指数反映了一定风速和气温条件下皮肤冷却或增温的速率,用 $J/m^2 \cdot h$ 作单位,可由外露皮肤冻伤(< -1400)到皮感炎热不舒适风(> 160)划分为12类。一般人们感觉良好的舒适风指数范围为-200~300为; -50~-200为暖风; -300~-600为凉风。

图2是根据岱海地区的多年风素与气温资料所绘。本地区的康乐气候季节就风效指数而言要比舒适指数长,一般5,6,9月为凉风,7,8两月为舒适风;适宜旅游的时间在6月至9月。最佳期为7至8月间。

3. 岱海地区康乐气候分析

在旅游康乐气候分析中,以舒适指数为主,风效指数为辅。同时,也要参考其它地理要素综合了解本地区的旅游康乐气候。

岱海地区属于温带半干旱气候。平均年降水量为428mm,年蒸发量却达1748~2215mm。60%的降水集中在7、8、9三个月。年平均气温5.1,1月平均气温-13.6,7月平均气温20.6。夏暑时平均气温比北京低6.5。经过对本地区的舒适指数与风效指数研究,最佳的旅游康乐气候季节为7、8两个月。此时,我国大部分地区正值高温酷暑。利用这段时间开办旅游活动是开发本地康乐气候的黄金时期。

岱海地区的海拔高程在1258m以上,具有高原气候特点,夏季凉爽气候条件稳定。岱海地区与北京、大同和呼和浩特三市比较,夏暑时节逐日高温持续时间短,气温日较差大。一日当中惟有午间在户外阳光直射下显得有几分炎热,早晚却十分凉爽。然而,炎热之时正是旅游者下海嬉水的海时光。岱海地区的盆地地形和附近山地产生山风与古风使当地早晚宜人。室外很少蚊虫,更免受叮咬之患。这些独特的地方康乐气候更能吸引旅游者流连忘返。

三. 岱海地区旅游资源开发

岱海地区丰富的旅游资源仍处于刚正式开发利用的阶段。如建设岱海温泉疗养院、规划岱海-蛮汉山游览地区兴建渔场越冬池、开辟农贸与牲畜交易市场等。但是,作为区域性开发旅游资源要提出发展战略设想。

1. 重点开发内蒙中部明珠——岱海

岱海旅游近期开发以水面活动为主。根据海滨浴场条件 [3]，岱海 7、8 月水面平均温度 20 以上，上午 9 点至下午 5 点水温 24 以上，月最高水温为 27 左右，与秦皇岛海面条件相似，基本符合水温 23 以上的国标天然浴场标准。水深超过跳水深度要求，水质无污染，边岸环境良好。岱海有良好的水域和岸线条件开辟为标准的水面娱乐活动中心。从山水自然美学的角度考察岱海，它有内蒙高原的背景，湖水烟波浩渺、宽阔坦荡，充分展示了“五百里旷景敢当东海”的形象水景美。作为浴场，岱海比海洋浴场具有无原油污染、无鲨鱼、无台风等优点。按目前高占地标准计算，岱海西北岸适宜水域的浴场总客容量为 3048 人。参照北戴河浴场吸收游人容量系数的 1/2，岱海近期最大浴场游人数可发展到 1021 人。湖面可以开辟垂钓区、摆渡、游船、快艇娱乐、滑水；空中跳表演、龙舟赛、环湖铁人竞技运动和品鱼野餐等多项活动。这样既可以丰富旅游内容，又可以向中心水域发展。

2. 发展夏季营地旅游

随着现代旅游的发展，预测未来到岱海地区的旅游者以消暑度假为主要目的之一，其身份以青年学生占有很大比例。他们在度假的同时要水面娱乐、领略异地文化、猎奇山水名胜、品味乡土民情，而非追求单一的高档食宿条件。所以，岱海近期开发要侧重于体现乡土特色的营地式旅游 (Camping Tourism)。目前，岱海地区有旅店、招待所 12 处，床位九百余张，完全能满足近期开发之需。在少投资的情况下，改建一部分店、所为蒙古包式旅馆、农舍旅馆、青年旅馆，并具有一定的卫生条件。在活动形式上，可开展蒙古族风情旅游，水面船游等项目。岱海年产鲜鱼近 200 吨，蔬菜及农副产品丰富，为特色旅游餐饮业提了丰厚的条件。

3. 发展多层次的旅游项目

岱海地区具备基本层次，游览观光；提高层次，娱乐、消遣、购物；专门层次，休养疗养、举办会议、商业活动和科学考察，实习等三个层次的旅游资源条件。因此，在开发初期，多层次的旅游内容要兼而有之。在岱海地区宜建立蛮汉山自然森林生态保护区，禁止猎鸟拾鸟蛋，在岱海西南芦蒲地建立鸟类生态保护区。在形式上，可在地区内开辟地学科学、历史文化、自然生态等系列科学旅游，提高旅游消费的文化档次。

4. 发展岱海地区特色的旅游商品

旅游商品与旅游区、旅游服务设施和旅游交通共同构成旅游业的四大支柱。 [4] 就旅游商品的资源条件，本地区并不缺乏，但需亟待开发出有特色的品种。岱海地区可开发的旅游商品大类有工艺美术品；轻(手)工日用品；农副土特产品和中成药；旅游纪念品；旅游食品和风味餐饮。在近期可以开发的有莜麦(裸燕麦)健康食品、野生中草药加工品、名贵鹿茸保健药品、凉城鸿茅系列佳酿、裘皮制品和芦蒲编织工艺品、水产食品等。发展旅游商品、使游客不空手而归，具有经济效益，也有旅游宣传效益。

5. 加强旅游宣传和区域旅游协作

创办旅游业没有宣传媒介的帮助很难成功。宣传的内容要突出岱海、蛮汉山和康乐气候等地方性特点。力争将岱海办成首都西部的“渤海”，缓解秦皇岛地区的旅游旺季压力，满足岱海容量。目前，岱海年旅游总人数已达到 1 万人。进一步开发客源要搞好旅游销售的同时，搞好区域旅游协作。近期协作范围为北京、呼和浩特及大同。协作内容可以彼此提供客源信息，协

商旅游价格政策与宣传计划，跨行政区开辟旅游路线等。以呼和浩特市为例，1989 年以来国际旅游人数以每年平均 53.4% 的速度递增，1991 年达到了 11747 人。但到岱海地区的只有个别研究环境的科学家。若争取在近期开发协作中将 5% 的国际旅游客人安排到本地区，凉城就可以有 3.5 万元左右的收入。

岱海地区旅游资源丰富要开发好，利用好和保护好。旅游业的总体发展目标 and 近期开发目标要与凉城县发展相协调。凉城县的城镇建设宜解决交通、通讯和基本服务设施等项目的配套。旅游部门要搞好旅游服务业的人员培训。岱海地区将来是一个风景秀丽，活动丰富多采的旅游胜地。

参考文献

1. 宋春青等, 1986, 岱海地区的玄武岩及火山活动, 北京师范大学学报(增刊)
2. 刘继韩, 1988, 我国东部若干名山康乐气候的初步分析, 旅游学刊(增刊)。北京
3. 丁文魁, 1988, 风景区规划编制, 风景名胜研究, 同济大学出版社, 上海
4. 贾春生, 1989, 发展北京旅游商品, 增强旅游业创汇能力, 北京旅游发展战略, 北京燕山出版社, 北京

内蒙古岱海盆地新生代古地理研究

李容全 朱国荣

—

岱海盆地位于内蒙古高原，在呼和浩特东约 90km。岱海盆地为典型内陆盆地。四周河流向盆地中部汇集，组成向心水系，河水在盆地注入湖泊，湖水有进无出，仅有蒸发损失，和与地下潜水维持水量平衡关系，这些就是岱海最直观的湖泊陆地水文特点。因有岱海湖泊，随之盆地也被称之为岱海盆地。岱海盆地总流域面积 2621.6km²，多年平均降水量 436.8mm。

在 60 年代初，周廷儒教授创立了新生代古地理学学科，并随后不久组建了新生代古地理研究室。紧接着在 1963 年拟议开展区域新生代古地理研究，这时首先选中了岱海盆地进行新生代区域古地理研究。

为何选择岱海盆地呢？首先，新生代内陆盆地是遗留古地理环境变迁记录最丰富的宝库。在短距离内，可以观察到侵蚀、堆积和过渡三种不同环境的变迁记录。在消除水系变迁干扰的情况下，封闭的内陆盆地少有物质与能量向外流域输出的现象。其次，在岱海地区出露的新生代地层相对比较齐全，从早第三纪玄武岩到全新世河湖相沉积几乎都有分布，对获得与恢复古地理环境演变事件及其演变序列，十分有利。再者，在岱海盆地曾发生过火山喷发、河流作用、湖泊、风沙、冰缘、风成黄土堆积等过程，几乎包括了华北地区曾经发生过的所有自然地理过程。

系统与综合是周廷儒教授长期坚持如一的研究方法。在考察岱海时，他组织了本系自然地理各分支学科共同研究岱海盆地。在考察过程中，他强调对侵蚀、搬运和堆积三种不同环境同等进行研究。如此得到的各种现象所说明的自然环境变迁，彼此印证，多过程的辐聚，结果才真正可靠和可信。

1963 年 8 月下旬，周廷儒率领地质、地貌、植物地理、水文地理、化学地理等各专业教师和生物系邢其华先生一行十余人，对岱海盆地进行系统考察，历时一个半月。由于“四清”和“文化革命”干扰，这次珍贵的考察成果，仅有少数发表。

1979 年，周廷儒教授率先把地质学大断面研究方法引入新生代古地理学研究，西取岱海、经泥河湾盆地虎头梁、昌黎、秦皇岛，东至烟台，用这个近东西向大断面来分析研究“华北更新世最后冰期以来的气候变迁”(1982)。当时新生代古地理研究室有四位教师参加了该项研究的样品采集和野外考察。

1984 年，宋春青教授的硕士研究生邱维理研究了：“岱海地区新生代火山活动与新构造运动”，并在 1986 年联名发表了“岱海地区的玄武岩及火山活动”。1986 年开始的“三北”防护林遥感综合调查是“遥感技术开发”“七五”攻关项目中的重点课题。其中李天杰教授和赵济教授对岱海地区自然环境现状特征和未来趋势进行了遥感分析研究。1986 年张振春副教授获准“内蒙古高原内陆湖泊与环境演变”的国家自然科学基金资助项目。在总结期间李容全等把他们 1984 年以来对岱海地区考察的结果，也作为重要内容之一总结到“内蒙古高原湖泊与环境变迁”之中(1990)。岱海位于农牧交错带内，

因此，在张兰生教授指导下完成的周廷儒教授获取的“中国北方农牧交错带全新世环境演变”国家自然科学基金资助项目里，岱海盆地仍是重点研究的地区之一(1992)。

二

在岱海地区新生代火山活动强烈。火山活动造成大规模玄武岩喷出，使岱海地区分布近 1500km² 的玄武岩。岱海地区玄武岩喷出以第三纪规模为最大，且以裂隙喷发为主，为喜马拉雅构造活动的结果之一。进入到第四纪，玄武岩活动接近尾声，并由小规模裂隙喷发转入为数不多的中心式喷发活动。玄武岩活动结束于马兰期黄土堆积之前。玄武岩活动的起始年代在(46.2061 ± 0.8256)MaBP 略前。岱海地区玄武岩的岩性主要有：橄辉玄武岩，方沸粗玄岩、碱性玄武岩、伊丁玄武岩、橄辉粗玄岩、玻基伊丁玄武岩等，与华北其它地区新生代玄武岩岩性大致相同或相似。以上是宋春青等(1986)关于岱海地区玄武岩与火山活动研究的主要结论。

三

按宋春青教授(1986)玄武岩喷发始于 46.2MaBP 略前，相当于渐新世(E₃)，则岱海地区因玄武岩直接覆盖在上白垩统助马堡组河湖相沉积层之上，而说明自助马堡组沉积形成到 E₂ 始新世末长期处于剥蚀状态，而无沉积。

在岱海南山的拉贵沟(海拔 1340m)见地层剖面由下而上(图 1)。

砂砾层，圆度 3；粒径 0.5~4cm；砾石岩石成分为石英岩、伟晶花岗岩和石榴石片麻岩。出露厚度 3m。

中砂层，黄灰、灰绿色互层；具槽状交错层理，厚 2.5~3.0m。

粘土岩，兰绿、绿、棕黄色；厚 1m。

油页岩，夹灰白色含 CaCO₃ 粘土薄层，油页岩色黑；页理清楚；产状近水平，与其下覆变位层(<10° ±)呈角度不整合；厚 1m。

玄武岩。

红色粘土风化壳。

玄武岩。

根据油页岩与其下覆层呈角度不整合，以及油页岩层含丰富的皂角、合欢化石，判断油页岩层可能沉积在喜马拉雅构造活动使助马堡组地层变位之后，又略早于玄武岩喷发之始，即相当于古新世~始新世。倘此说成立，油页岩层中所含植物化石，显然能够说明早第三纪岱海地区的自然环境。

油页岩层中的植物化石，比较完整的有皂荚属的皂角(*Gleditschia japonica*)和合欢属的合欢(*Albizia julibrissin*)。以茎、叶化石为主，尚有少量的花和果实化石。在现代，这两种植物生长在暖温带及暖温带以南地区。现代的岱海却远离暖温带北界以北近 200Km，处于中温带。由此证明在早第三纪时期岱海地区要比现代温暖。

从风化壳看，在猴山花家窑太古界变质岩系——石榴子石片麻岩顶面上发育了早第三纪古风化壳，原 5~6m，上部棕红，下部紫红(李华章 1979)。该红色风化壳粘粒部分的硅铝率为 2.90；硅铁率 7.69；硅铝铁率为 2.08；脱硅现象明显； R_2O_3 相对累积；次生粘土矿物为蒙脱石和伊利石。这些化学和粘土矿物特征，说明它相当于中性硅铝风化壳，其形成环境相近于暖温带森林草原。因而这个风化壳的次生粘土矿物中不见高岭石，却是蒙脱石和伊利石。由风化壳分析的结果与油页岩层中植物化石所代表的生态环境是一致的。从而，这不仅印证了岱海地区早第三纪属于暖温带森林草原环境，同时反证了对油页岩层沉积时代(古新世或始新世)的推论是可信的。

四

穿越岱海盆地南山，便进入丰镇盆地。丰镇盆地的西北边缘为太古界片麻岩组成的剥蚀平原。这个剥蚀平原向北被玄武岩直接覆盖(图 2)，所以被玄武岩覆盖的古地面有两种：其一是前面提到的变位了的白垩纪助马堡组所构成的地形面，由于助马堡组沉积层与上覆水平层油页岩呈角度不整合关系，所以说这个地形面是伸过了地质构造的地形面——准平原面。另一部分地形面是由太古界变质岩系构成的剥蚀准平原面。这个剥蚀准平原面在岱海南山与助马堡组地层构成的剥蚀准平原面一起，被 46.2MaBP 略前开始。喷发的玄武岩覆盖，显然这两个地形面都是经历了晚白垩世晚期至始新世长期剥蚀夷平的产物。

从岱海玄武岩分布看，以南山分布最广最厚，东部和西部山地区有玄武岩分布。独有北部山地不见玄武岩，广泛出露的却是太古界变质岩系，岩性以片麻岩为主。

在岱海北部片麻岩山地，从形态上能够明显区分出一级准平原面(图 3a)，两级侵蚀面(图 3b)。它们分布的高度，准平原面在 1950~2200m；高侵蚀面在 1600~1400m；低的则在 1350m 左右。两级侵蚀地形面上仍局部残留着红土砾石层，由凉城去呼和浩特的公路旁可以见到这层红土砾石。单纯从沉积颜色上这些红土砾石层与第四纪灰杂色砾石层有明显区别，就是同一沟谷内这种差别也很显著，证明红土砾石层的红色不能简单以继承色来解释，或者说它不是第四纪的沉积层，而是早于第四纪的沉积物。至于准平原地形面，根据前面在风化壳的论述中提到的，它是与早第三纪风化壳相对应的地形面，所以岱海北部片麻岩山地各平坦山顶所组成的准平原面是早第三纪始新世末或渐新世初形成的，它相当于华北在晚白垩纪初到渐新世初的长期剥蚀下形成的北台期准平原面，它们是同期异地的同类型地形。

岱海盆地南北山地都有北台期在暖温带森林草原环境下形成的准平原地形面残存地，但南北山地的北台期地形面却有明显差别。南部山地的因有厚层玄武岩保护，而且玄武岩喷发的起始与准平原地形面形成几乎衔接，所以准平原地形面会十分完整，基本保持了原始地形面的特点与面貌。北部山地的准平原古地形面，由于后期抬升了千米或略高，被后期乃至地日的侵蚀分割；变得肢离破碎，仅残存于山顶部分。从现代分布高度上，南山的北台期地

形面比北山的低 800 ~ 1000m, 南山的在 1340m 或略低一些, 北山的在 1950 ~ 2200m。同期地形面在相对较短距离内不等高, 自然是古地形面形成后断块差异升降造成的, 上升比下降断块的古地形面要高。同期古地形面高度在南北山地间的差值, 代表从古地形面形成至今相对抬升与下降断块之间累积的相对总幅度(800 ~ 1000m)。这种断块活动起于何时? 唯一线索是玄武岩。玄武岩在渐新世开始喷发, 是裂隙式喷发(宋春青等 1986)。熔岩溢流时就低不就高, 无边界限制时熔岩层中央厚边缘薄。岱海南山从马头山、脑包山至十九号均为厚层玄武岩, 其北界在兰旗窑——土城村东西向长条形黄土盆地的南缘, 更北则为太古界变质岩组成的低山。这里玄武岩北缘的厚度多在 100m 以上(如厂汉营、雷劈山)。所以推断, 在断块活动的同时伴随着早期玄武岩裂隙式喷发, 这时断块的边界断层大致在兰旗窑——土城村黄土盆地附近, 其北部断块抬升, 阻止了玄武岩向北伸展, 使这里的太古界变质岩免被玄武岩覆盖; 南部断块相对下降, 使玄武岩熔岩流停滞或滞留在该断块内。引导玄武岩熔岩上溢地表的主断裂当在玄武岩中心, 其走向大体与玄武岩东北——西南分布方向一致, 与断块边界断层走向平行。

五

岱海盆地平面形状近似菱形。菱形长边走向北东—南西(近 45°), 短边走向北西——南东。岱海南山北麓山麓线在平面上平直, 与菱形长边走向一致并重合。南山北麓的山坡, 普遍发育着断层崖(图 4), 断层崖由太古界变质岩系组成。分布断层崖的低山与玄武岩山地之间被兰旗窑——土城村黄土覆盖的长条形地堑盆地分隔开。说明岱海盆地南部边界断层对岱海盆地平面形状起控制作用的虽有明显的只有一条, 实际上有一组走向彼此平行的断层组存在, 它们的产状在兰旗窑——土城村盆地两侧倾向相反。

岱海北山南麓, 在东营子以东可见到被后期修饰的断层崖, 在大庙以东存在断层三角面。这就证明岱海北山南麓同样存在盆地边界断层, 岱海南山北麓和北山南麓盆地边界断层限定了现代岱海盆地的范围。岱海盆地本身的基底埋藏得很深, 松散层厚度在大土台钻孔 241.82m 尚未见基底。于是, 判断岱海盆地属于断陷盆地, 周围山地为上升断块, 盆地为下降断块。盆地发生断陷的时间, 李华章副教授(1979)认为在上新世末到第四纪初。根据新生代华北有两大时期是盆地生成时期, 一个在早第三纪, 岱海大量早第三纪开始喷发的玄武岩并未展布到岱海盆里, 因此否定了岱海在此时发生断陷的可能。另一个盆地形成时期在上新世保德期末, 静乐期之始(周廷儒 1980 年口述), 这个时期也正是华北各大古湖的成湖时期, 岱海断陷盆地很可能就在这个时期形成的。

六

在岱海盆地内出露的第四纪沉积层, 根据 ^{14}C 测年数据和沉积速率推算, 最古老的仅有 7 万年略远(李容全等 1990), 更古老的都埋藏于地下。在盆地周围的侵蚀区, 特别是侵蚀与搬运的过渡区仅有少量薄层第四纪早中期沉

积，由于测年数据极少，测年样品也难获得，很少对第四纪沉积层进行全面研究。薛纪瑜等(1964)研究了岱海盆地周围的第四纪风化壳的地球化学特征。结果认为：早更新世发育了中性硅铝风化壳，其胶体部分 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 值较低，有明显 Fe_2O_3 累积现象，难溶与易溶盐淋洗均较彻底，反映当时当地处于森林草原环境。中更新世黄棕色中性硅铝风化壳，其性质虽与早更新世者类似，颜色却显著变深变暗，说明气候有转向暖湿变化趋势。晚更新世和现代风化壳，都属于硅铝碳酸盐风化壳类型，气候明显向干旱方向变化。

七

岱海湖泊自 $(20 \sim 25) \times 10^4 \text{aBP}$ 以来明显大幅度缩小，并在晚更新世从以天城为出口的外流湖泊转变为内陆湖泊。大致在距今一万年前后，田家镇盆地流出的水流不再注入岱海，变为浑河的上游支流，从而使岱海损失近 335km^2 的汇流面积。这样，促使岱海湖面迅速降低，在岱海与浑河的分水岭原田家镇河的故道局部洼地上形成汗海小型分水岭湖泊。

岱海湖面变化代表湖水量变化。对内陆湖湖泊；其水量变化(W)与流域年均降水量的改变量(P)呈函数关系。所以，在消除新构造运动、沉积增量和不同气候时期气温变化(用类比法采用系数修正)影响的前提下，恢复了岱海地全新世年均古降水量(李容全等 1990，李容全、贾铁飞 1992)。发现近 1 万年来岱海地区年均降水量最大变幅 250mm 左右，最大年均降水量出现在 $(6 \sim 7.50) \times 10^3 \text{aBP}$ ，现代年均降水量仅有那个时候的 87% 左右。

按湖泊湖面变化，岱海自 1881 年以来在 1900 年出现高水位，1960 年出现高水位，1990 年前后湖面应当是最低水位时期，未来湖面将逐步回升。但是湖面回升的速度将受到人为修筑水库。即水库蓄水的影响而变得十分缓慢，因为目前推算得出在湖面持续下降的近 30 年当中人为因素占了 71.6% 的比重。(李容全等 1990)。

论九十年代北京市工业结构进一步优化

邬翊光

建国 40 年来，首都工业获得了巨大发展，建立了以机械、化工、钢铁、煤炭、电力、建材、纺织、食品、轻工等一系列部门，形成了一个实力雄厚的工业基地，是我国仅次于上海市的第二大工业中心，在支援国家社会主义建设，满足首都功能和人民生活多方面需要发挥了重要作用。

但也必须看到，在改革开放新时期，全国各地经济都在迅速发展，要求北京市工业结构进一步调整，以迎接国际国内技术革命和激烈竞争的新形势。

一、北京市工业结构现状分析

当前，北京市工业结构主要有以下三个问题：

第一，重工业比重偏大。1989 年，在全市工业中，重工业的总产值占 56%，净产值高达 65.58%，职工人数占 59.66%，工业结构偏重型的程度不仅超过上海、天津、广州等沿海城市，在其他计划单列的大城市中也仅次于沈阳市。重工业较轻工业，一般属耗能高、耗水多、运量大、污染重的工业部门，与首都政治中心、文化中心的城市性质要求不符，用北京市的自然、经济条件衡量也不尽合理。由于工业结构偏重，北京的工业单位产值的能耗远高于上海和天津(见表 1、表 2)。

表 1 1986 年京、津、沪三市工业能耗比较

| | 每吨能源实现工业产值(元/吨煤) | | | 每度电实现工业产值(元/度) | | |
|-----|------------------|------|------|----------------|------|------|
| | 工业 | 重工业 | 轻工业 | 工业 | 重工业 | 轻工业 |
| 北 京 | 2197 | 1442 | 6303 | 3.43 | 2.31 | 8.32 |
| 天 津 | 2777 | 1802 | 5073 | 4.06 | 2.68 | 7.16 |
| 上 海 | 4113 | 2590 | 7758 | 4.77 | 2.91 | 9.73 |

表 2 1988 年京、津、沪每亿元工业总产值能源、电力消费量

| | 能源消费量(万吨标准煤) | | | 电力消费量(万千瓦小时) | | |
|-----|--------------|------|------|--------------|------|------|
| | 工业 | 重工业 | 轻工业 | 工业 | 重工业 | 轻工业 |
| 北 京 | 3.66 | 5.62 | 1.28 | 2488 | 3597 | 1153 |
| 天 津 | 3.09 | 4.46 | 1.92 | 2127 | 3064 | 1330 |
| 上 海 | 2.17 | 3.32 | 1.24 | 1893 | 3019 | 975 |

第二，原材料工业比重偏大，深加工产品比例小。北京市的原材料工业比重偏大，而加工工业比重偏小，特别是重工业内部，采掘和原材料等能耗高，污染重的部门比重偏高，而制造工业比重偏低。1989 年采掘和原材料工业在重工业中占 42%，制造工业占 58%，这一比例也远高于天津、上海、广州等市。北京市能源、基本原料缺乏，需要从外地调入。而高科技优势又未充分发挥，其结果是相当大量调入的基本原料，又以初级产品的形式调出。目前，北京每年运进 1800 多万吨动力煤、600 多万吨原油、400 多万吨精矿粉及其它物资，这些原料有些只在北京加工成初级产品，相当一部分是运往

外地进行深加工，每年调出几十万吨生铁和钢坯，100 多万吨焦炭及大量化工原料。特别突出的是大量调入一次能源，同时又调出相当多的二次能源。据统计，1989 年调入一次能源总量高达 2511.8 吨，占全市一次能源消耗量的 89%，同时，又调出二次能源 440.7 万吨，占二次能源产量的 23.6%。北京有相当雄厚的工业基础，强大的技术力量，却未能在产品的深度加工上充分发挥优势。由于产品的加工深度低，北京以大量的能源、水资源运输能力及环境质量为代价，却未能从相应地提高工业生产水平和改善人民生活方面得到足够的补偿。当然，北京不可能把现有的原材料都搞成深加工产品，根据全国物资平衡的需要，调出部分初级产品也是应该的。但是，在 90 年代，北京应尽快控制原材料工业规模，逐步减少外调初级产品比例，迅速发展高附加值的深加工工业。

第三，以工业品为原料的轻工业比重偏低。40 多年来，北京市工业迅速发展，而以工业品为原的轻工业却发展缓慢，以农产品为轻工业主要原料的状况在 1989 年仍占 63%，这与北京雄厚的原材料工业基础不相适应。

北京的农业原料供应保证程度不高。本市及其周围地区农业虽较发达，但在满足自身消费外，不能提供足够的农业原料，北京轻工业所需的农产品原料很大一部分需靠远距离运输，甚至需国外进口，如羊毛等，就农产品原料保证程度而言，北京远逊于上海、广州等南方城市。

北京的轻工业应主要立足于工业原料，这不仅因为工业原料在生产工艺上优点较多，诸如受自然条件影响较小，生产周期易于计划管理；可广泛采用化学合成方法，不断研制新材料；较易于按照人们生活需要设计和制造出新产品；而北京的工业基础雄厚，完全有可能为轻工业提供多种原材料，特别是化学工业较发达，应大量发展各种有机合成材料，以替代棉花、皮革、羊毛等农产品原料，将有利于轻重工业相互促进，共同发展。

二、北京工业结构调整的依据和建议

北京工业结构进一步优化的原则是：第一，北京工业的发展必须充分体现全国政治中心和文化中心这一城市性质特点，有利于使北京建设成为全国最优美、最清洁、具有第一流水平的现代化城市，成为社会主义祖国对外的橱窗；第二，有利于工业与国民经济各部门之间，工业内部各行业之间，工业建设与城市建设之间、生态环境之间协调一致、互相促进，使社会再生产得以顺利进行；第三，有利于经济效益不断提高，科学技术不断进步，人民生活较快改善，以实现经济运转的良性循环；第四，全面考虑北京工业发展的有利条件和制约因素，扬长避短、发挥优势，充分利用现有的工业基础和有利条件，以达到最大的宏观效益。

据此，在本世纪的最后十年，面对着新的技术革命挑战和激烈的市场竞争的严峻形势，必须依靠科技力量雄厚的优势，有计划有步骤地采用新技术、新工艺、新设备、新材料改造现有企业和传统工业，提高工业的集约化程度；同时大力开发适合首都特点的新技术领域，发展物质消耗少，价值高的新尖工业，在高精尖和第一流产品上下功夫。尤其要注意从北京自然资源和社会经济条件出发，凡是适应首都特点的工业就大力发展，凡是同首都特点既相矛盾又相适应的部门，就应调整其产品结构，控制发展规模；凡不符首都特点的工业部门，则坚决限制，甚至撤消或转产。

根据上述原则，对北京工业调整提出以下具体建议：

1. 优先发展的工业部门

(1)电子工业。电子工业是新技术革命的主要部门，其发展水平和应用程度是衡量一个国家现代化水平的重要标志之一，北京应该优先发展；

(2)汽车工业。特别是小型汽车和轿车；

(3)食品工业。这是北京传统的优势领域，今后应加以改进和发扬：首先，在产品方向上，要注意高中低档产品的比例，既要注意适应旅游业和打入国际市场的具有北京特色的高档食品，也要发展各地风味食品；同时，也不能忽视居民需要的大众化食品，特别要着眼于提高人民生活水平的营养食品、疗效食品；第二，应提高产品质量，在品种和精细加工上下功夫；第三，注意解决原料来源，加强同周围地区协作，建立食品工业原料基地。

(4)机械工业。机械工业的特点是技术密集，产值高，能耗和用水不多，对环境影响较小，故除少数重型机械外，比较适应在北京发展。可以重点发展精密仪器仪表，高精度的数控机床、精密机床、印刷机械、机械手和机器人等，利用北京机械工业门类齐全的优势，发展大中型成套火电设备，成套加工设备；

(5)轻纺工业。面对全国各地，特别是东南沿海的优质产品大量涌入，北京应迅速改进产品质量，并在产品结构上作较大调整，着重发展优质、适销、技术密集和出口制成品。如大力发展毛纺织品、室内装饰及工业用纺织品，针织品和无纺织物，并大力加强印染后整理和服装行业。

2. 调整改革，适当发展的工业部门

主要指建筑材料工业、化学工业和冶金工业，该类工业都已有一定规模，但由于其资源消耗多，污染较严重，同北京城市性质有一定矛盾，不应继续扩大规模，然而它们是首都建设的基础，应加以改造，调整产品方向，重点发展首都需要的行业。

(1)新型建筑材料。预计本世纪内北京新建建筑面积将增加 1.5 亿 m^2 以上，要求建材工业在质量上有提高今后应发展轻质、高强、多功能的新型建筑材料，并使产品标准化，通用化、系列化，还可发展以工业废渣为原料的建筑材料。

(2)新型化工材料。新型材料是计算机、通讯、宇航、生物工程等新技术的物质基础，化工新材料用水少、耗能低、效益高、污染较轻，北京可减少污染重用水多的普通化学工业，而向精细化工、新型材料和深度加工转移，优先发展新型有机合成化工和高分子化工。

(3)优质钢材和特殊钢材。本市钢铁工业基础雄厚，但在用水、用地、环境污染方面都不宜扩大规模，应发展优质产品，以满足市场需要。

3. 限制发展的工业部门

根据北京城市性质和条件，我们认为：污染严重和耗水量大的部门是属于严格限制之列。北京要求环境质量高，这是毋庸置疑的。不宜发展耗水量大的部门是根据北京水资源状况的分析。在平水年，北京可利用的水资源仅 43 亿 m^3 ，目前供需勉强平衡，如遇编枯水年或枯水年，矛盾十分突出。水是不可替代的资源，且北京地区现有可开发资源所剩无几，从外流域调水，2000 年以前难以实现(表 3、表 4)。

表3 北京市实际用水量 (单位: 亿 Ma)

| | 1984年 | 1987年 |
|------|-------|-------|
| 工业 | 11.25 | 9.39 |
| 农业 | 26.24 | 21.30 |
| 城镇生活 | 4.87 | 5.69 |
| 河湖 | 0.38 | 0.48 |
| 总计 | 43.34 | 36.86 |

表4 1989年北京市工业耗水量

| 行业 | | 万元产值耗水量(m ³) | 复用率(%) |
|-----------------|---------|--------------------------|--------|
| 高耗水工业 | 电力工业 | 1675.68 | 59.69 |
| | 铁矿采选业 | 664.44 | 51.21 |
| | 造纸工业 | 507.9 | 57.90 |
| | 煤炭工业 | 427.51 | 8.05 |
| | 钢铁工业 | 302.62 | 88.88 |
| | 炼焦和煤气工业 | 277.17 | 82.11 |
| 中耗水工业 | 基本化工 | 245.85 | 85.53 |
| | 建材工业 | 243.14 | 57.33 |
| | 食品工业 | 143.05 | 42.53 |
| | 纺织工业 | 141.59 | 67.37 |
| | 机械工业 | 88.50 | 46.37 |
| | 塑料制品 | 79.40 | 56.96 |
| 低耗水工业 | 仪器仪表 | 71.53 | 44.24 |
| | 文教体育用品 | 55.75 | 38.14 |
| | 印刷业 | 55.75 | 36.55 |
| | 汽车制造 | 44.87 | 53.13 |
| | 电气机械 | 41.60 | 48.50 |
| | 工艺美术制品 | 32.41 | 9.45 |
| | 电子及通讯设备 | 20.64 | 60.79 |
| | 缝纫业 | 15.39 | 4.54 |
| 全国工业平均 不包括电厂用水量 | | 133.4 | |

根据各部门耗水量和污染状况分析, 电力、煤炭、炼焦、造纸、木材等工业应严格限制规模, 不宜再发展。

尽管北京供电不足, 今后供需矛盾可能更尖锐, 但电力工业耗水量大, 且污染严重, 选煤发电对铁路运输压力很大, 不宜再在北京建火电厂, 今后主要由山西能源基地输电和华北、西北电网并网后调剂解决; 煤炭及炼焦工业: 北京煤炭大多为无烟煤, 不适宜工业用, 应限制产量, 炼焦规模应严格控制, 不能再扩大, 城市煤气供应可考虑建煤制气工厂, 或输入天然气和利用炼铁焦炉、高炉煤气来解决; 造纸工业因用水多、污染严重, 北京又缺乏造纸原料, 应限制生产规模。

三、主导工业部门的选择

地区经济的振兴与持续发展战略的角度，主导产业应当是在今后相当长的时期内能够广泛带动本市经济稳定发展，促进经济协调的关键性产业部门，并能对全国社会经济发展战略目标作出较大贡献的重点部门。它不仅具有较好的基础，对本市资源、环境约束，以及市场变化具有较强的适应性。而且对于未来新技术、新产业的开发和形成也有较强的兼容性。总之，整体带动效应的导向性，以及在全国劳动地域分工中的作用，决定了主导部门的性质和内容。

根据上述分析，电子工业和汽车工业应是首选的北京市主导工业部门，它们既符合首都的城市性质，又具备发展的条件，也能够起到促进其它产业发展和推动技术进步的作用。

电子工业是一门新兴产业，是世界新技术革命的主要部门，为了推进北京及全国科技向更高层次发展，必须重点扶植电子工业。

北京市发展电子工业的有利条件是：北京市拥有雄厚的科技实力，集中了全国最多的科研机构与大学，特别是拥有全国最高层次的科研、教学机构和科技人才。据统计：1989年，在北京地区的中央和北京市属各单位的工程师以上的科技人员约35万，约占全国的10%，高等学校教师3.7万人，约占全国9%。

北京是全国最重要的信息情报中心，拥有完善的基础设施和相关配套产业，为电子工业引进吸收国内外先进技术和外资，了解国外动态，开展协作，扩大进出口提供了十分有利的条件；特别重要的是经过40多年的建设，北京已建立了雄厚的电子工业基础，拥有较强的研究开发力量，特别是在微电子、计算机领域的应用开发力量雄厚；全市拥有电子工业方面的厂所30个，科技人员2万多，集中了较多的CAD、CAT科技力量；现有计算机生产线14条，计算中心30多所，研制开发单位40多个，科技人员7000多人，其中软件人员占1/5。本市生产的计算机，特别是微型计算机已进入国际市场，联想公司、中科院及北大、清华等科研院校开发的产品和软件在国际市场上颇有声誉。

北京汽车工业的优势主要以下几点：

第一，原有基础好，经济效益较高。经过调整改革，北京已形成以小型车为主体的汽车工业体系，1989年底拥有企业30个(其中有两家合资企业)，工业产值22.8亿元，职工5.7万，固定资产原值11.5亿元，工业产值占全部工业产值的5.1%，年产汽车8万5千多辆，占全国汽车总产量的15%，仅次于湖北省，居全国第二位；其中小型车44000多辆，约占全国的1/5，是我国目前最重要的小型车和轿车生产基地之一，1989年全市汽车工业实现利税4.6亿元，质量也居全国领先地位，在全市重点考核的20种主要产品中，质量稳定率达100%；近年来，以市场为导向，开发新产品20种；

第二，协作配套条件好。汽车工业的产业关联性很强，协作条件好坏是影响其竞争力的重要因素。北京是一个多部门综合发展的工业基地，电子、机械、化工、冶金等工业部门都有相当规模，北京又是全国最重要的交通枢纽，具有良好的协作条件。

第三，首都要求有便捷的交通工具保证各部门之间，市内市外的通畅联系，轻型汽车在首都地区有广阔市场。

北京平原区晚更新世以来古地理综合研究

李华章

一、前言

人类赖以生存的自然环境面临着严重的挑战，自然环境的恶化已引起国际上广泛的注意。自然环境自身演变并叠加人类活动的影响对未来环境演变起着重要的作用，因此研究环境演变规律及采取相应的对策成为当前急待解决的问题。

由于科学技术的突飞发展，特别是星际探测、极地考察、深海钻探、板块构造理论、分析测试手段的发展、测年技术以及大容量计算机的应用和环境模拟等，使人们有可能对环境演变研究和预测成为可能。

当前，国内外对环境演变研究，主要集中于晚更新世以来，特别是晚更新世末期至全新世时期，因为现代环境是上述时期一系列演化过程的继续与发展，过去曾经发生过的变化在未来有可能重现。

对晚更新世以来各种地表自然过程记录的获取、样品测试、正确解释和综合分析是一项重要的基础工作。在我国黄土地区、湖盆地区和沉积平原地区的地层中，储存有大量的自然环境演变信息，我们大量地、系统地提取有关信息，并与相邻地区进行对比，才能得出环境演变过程和预测今后演变趋势。

北京地区地处半湿润向半干旱地区过渡带，属环境变化的灵敏地区之一。本区在地质、地理方面研究程度较深，但对环境演变缺乏系统综合研究。本文拟对北京平原区晚更新世以来的自然环境演变及人类活动对环境的影响，以不同时间尺度进行综合分析，并对其地理景观进行复原。

二、北京地区自然地理概况

北京平原位于华北平原西北隅，北倚燕山，西邻太行，东南为广阔的华北平原。

北京位于北纬 39° ，东经 116° ，气候属暖温带大陆性季风气候，冬季受强盛的蒙古高压控制，多西北风，寒冷干燥；夏季处于大陆低气压控制，多东南风，天气炎热多雨。北京平均温为 11.8°C ，7月均温为 26.1°C ，1月均温为 -4.7°C ，年平均雨量为 634mm 。本区植被属暖温带落叶阔叶林及草原植被成分，因受人类活动影响，原生植被保存甚少。乔木以落叶阔叶树为主如栎、槐、桑、槭、榆、核桃、泡桐等，针叶林中有油松、侧柏，可稀疏散布或局部成林，草本植物以菊科、禾本科、豆科、百合科、莎草科、伞形科、毛茛科、十字花科、石竹科等占优势。云杉、冷杉仅在西灵山、小五台山海拔 $1600\text{—}2000\text{m}$ 才有分布。此外，北京还保留一些南方热带起源的种属，反映出不同时期植被演替的特征。

三、北京平原地貌发育及其演化

1. 平原区地貌形成因素：地貌是地质发展历史中现阶段地表起伏的表现。地貌形成及其演化主要受地质构造及新构造活动方式所制约，并受外力侵蚀强度及其堆积过程控制，特别是水系变迁对造成平原区地貌组合具有重要意义。

2. 第四纪以来地貌演化：第四纪初受北东向与北西向断裂活动及地块的差异升降运动的作用。北京地区西部、北部及东部形成断块隆起山地和以沉降为主的平原区。平原区又可划分出若干次一级构造单元，如沙河凹陷、顺义凹陷带、北京微隆起地块等。隆起区被剥蚀，缺失第四纪沉积物，凹陷区则广泛发育坡、洪积物、冲积物，局部地区尚有湖沼沉积。

我们利用平原区大量钻孔资料进行岩性、岩相分析，依据钻孔资料进行地层划分与对比，利用第四纪等深度图及基底构造图，恢复不同时期古水文网及古地貌景观。

早更新世时，北京微隆起地块及二十里长山隆起区呈低山缓丘形态，处于剥蚀状态，其边缘坡积、洪积十分发育。沙河凹陷地区呈开口式盆地形态，八达岭古道和高崖口古道在盆地中形成巨大扇形地，扇地前缘有湖沼形成，该盆地经北七家——古城与顺义凹陷带相连。顺义凹陷带主要接受古白河及其周边山丘地区短小河流挟带物质堆积在凹陷之中，古白河在龙王头附近出山后形成大型冲积扇地，位于扇缘的平家疃和通县一带有湖沼形成。平谷凹陷北有石峨古河流入，形成冲积扇地，东有古河从靠山集一带流入盆地，后经门楼庄的狭窄出口流入顺义凹陷。

中更新世初期，构造活动加强，幽州—八达岭一带抬升，使八达岭古道改道，形成风口地形。南口隆起台地受南口山前断裂及南口—马驹桥断裂的向东掀斜作用，在台地上发育了洪积相砾石层。北京微隆起地块沿断层不断向东南掀斜，使低缓丘陵区不断缩小，此外受黄庄—高丽营及永定河断裂的作用，使门头沟、石门营、昆明湖等出现洼地，并有洪积扇及浅湖沼形成。古白河出山后，受十三陵—通县断裂向东掀斜的影响，使白河冲积扇向东迁移。二十里长山隆起地块向西掀斜，使丘陵前缘不断缩小，移至木林—李各庄一带。平谷凹陷不断下沉，河、石峨古河继续沉积，与早更新世相比，盆地出口扩大，地表沉积物由卵石粗砂变为细粒砂土。中更新世中期，与早期相比剥蚀低山丘陵区进一步缩小，冲积平原区不断扩大，昆明湖洼地顺黄庄—高丽营断裂向东北延伸与沙河凹陷联为一体。古白河继续东移，二十里长山隆起被沟谷切割成岛山。由于当时气候温暖湿润，在扇缘洼地、废弃河道及构造沉降区有湖沼形成。中更新世晚期，由于气候变冷变干，湖沼相继消失，而坡洪积、冲洪积物广泛发育。

晚更新世早、中期是北京地区地壳强烈活动时期，受此影响平原区古地理面貌发生重大改变，是现代地貌的形成时期。突出表现在现代水文网基本成型，永定河上下贯通，出三家店形成以石景山为顶点的冲积扇，其前缘达到清河、通县一带，从石景山到通县钻孔剖面中，沉积物粒度有明显的由粗变细的变化。古潮河沿北东向断层于焦家务附近袭夺了石峨古河的上游地段，形成古潮河，出山后形成潮河冲积扇。平谷盆地的错河沿续石峨古道发育而成并与河汇合成完整的水文网及河冲积扇。温榆河基本成型，流向与今相似，是永定河支流之一。由于永定河、潮河、白河、河等冲积扇的形成，使大兴丘陵区大大缩小，仅限于八宝山以南，南苑以西的地区。晚更新世晚

期,受前期堆积作用永定河逐渐向西南迁移,冲积扇前缘达到清河、通县、南苑一带,形成巨大的冲积扇。白河出山后,向西流经西智到神山,折向西南经北房村于龙王头入小中河,沿途接纳雁栖河、怀河,顺小中河南流至通县古城村,折向东南流入渤海。潮河出山后,向西南至河南寨折向南,经木林和孤奴山东流经小店村、荆坨村注入今鲍邱河。古温榆河沿永定河扇缘东南流,与永定河汇流后至通县北注入古白河。晚更新世晚期,由于气候干冷,沉积物以黄褐色、黄灰色、棕黄色为主,为黄土夹砂砾层,上部具有风成黄土沉积特点。

全新世时,全球气候变暖,极地及高山冰川消退,海平面迅速回升,自然环境明显变化。早全新世时,永定河由石景山沿清河入温榆河,此乃清河故道,沉积了与永定河沉积相一致的砂砾石,在洼里地下 4m 砂砾石中采得古树, ^{14}C 测年为 $7220 \pm 110\text{aBP}$,说明早全新世时永定河曾沿清河故道流过。白河弃小中河东移,潮河弃鲍邱河西行,白河、潮河切割山前冲积扇而在现今潮白河宽广的谷地中摆动,而小中河、鲍邱河等开始形成独立的水系。温榆河切割了晚更新世黄土台面,形成浅槽形河床,堆积了砂、淤泥和泥炭。在上庄地下 5m 古河道砂层中找到木头, ^{14}C 测年为 $9515 \pm 230\text{aBP}$ 。位于山前地带有洪积扇群发育,在扇缘地带有时形成扇缘洼地,有地下水溢出并有泥炭堆积(房山坟庄泥炭 ^{14}C 测年为 $10750 \pm 150\text{aBP}$ 、海淀高里掌地下 4.65—5.8m 的泥炭 ^{14}C 测年为 $9930 \pm 150\text{aBP}$)。中全新世时,永定河由石景山南下,形成以衙门口为顶点的新期冲积扇,南苑一带位于新扇与老扇之间,形成一系列扇间洼地,发育成大小湖沼。潮河、白河在今潮白河宽谷中摆动,汇流于通县东,后沿北运河方向流入渤海。河流摆动留下众多的废弃河道,形成牛轭湖型的湖沼地,其中有泥炭堆积。通县尹各庄地下 1.7m 处泥炭 ^{14}C 测年为 $4990 \pm 120\text{aBP}$,地下 4m 处为 $5110 \pm 150\text{aBP}$;顺义西府泥炭层,1.8—2.6m 处 ^{14}C 测年为 $4730 \pm 115\text{aBP}$,1.4—1.8m 处为 $3490 \pm 110\text{aBP}$,由此说明中全新世时期潮河、白河改道频繁。晚全新世时,在我国已进入春秋时期,人类活动对古地理环境影响越来越大。根据记载公元 2 世纪前,潮白河汇流于通县之东,此后逐渐向北移动,公元 9—10 世纪汇流点移至牛栏山北大胡营附近,白河基本沿旧道而行,潮河走小东河河道,两河汇合后沿白河故道南下。公元 1555 年(明嘉靖 35 年),为了漕运之便,引白壮潮,人工开挖白河新河道,使潮河、白河汇流于河槽村东,之后,潮白河夺箭杆河向东南单独入海。永定河在晚全新世时沿漯水故道由衙门口经南苑、采育东南流。公元 205 年“导高粱河,造戾陵遏,开车箱渠”引水渠灌。公元 608 年开永济渠直抵蓟城南郊。明、清代时,由于大兴土木,森林破坏严重,再加上当时气候干冷,河流泛滥更加频繁,成为名符其实的“无定河”。公元 1699 年(康熙 38 年)在芦沟桥以下修筑堤坝,康熙赐名“永定河”,但由于水土流失严重,河流泛滥仍很频繁,在大兴县境内留下多条决口大溜和决口扇,受风的吹扬形成多种形态的沙丘和沙地。

四、晚更新世以来古地理环境演变

1. 晚更新世时期古地理特征

中更新世末晚更新世初(距今约 15 万年左右),北京地区构造活动强烈,受此影响平原区古地理面貌发生重大变化,主要表现为水文网基本成型并奠

定现代地貌格局。

晚更新世早期气候温凉偏干，植被以云杉、松为主并有冷杉、雪松和落叶松，落叶阔叶树以桑为主，伴有栎、栗和灌木麻黄，草本植物有蒿、菊科、藜、禾本科等属针阔混交林—草原景观。

晚更新世中期(距今约 10 万年左右) 位于清水河的斋堂黄土层中有灰褐色古土壤发育，古地磁测年为 BP11 万年，当时气温比现代稍高。黄培华等对周口店新洞石笋作氧同位素测定，认为距今 7.6 万年时气温应为 13.7°C ，比现今约高 2°C ；距今 6.7 万年时气温下降至 7.3°C ，比现今低 5°C ；距今 5.7 万年时气温又升高为 14°C ，比现今高 2°C ，随后气温又趋下降。孢粉分析表明，周口店第 15 地点乔灌木花粉约占孢粉总量的 52.5%，主要由栎、榆、松、柏、榛、桦、蔷薇、豆科、麻黄组成，草本植物花粉约占 46%，以蒿、菊科、禾本科为主。平原区通 13 孔孢粉组合中乔灌木花粉占 55%，其中有榆、椴、桤木、麻黄等，草本花粉占 40%，以藜科、菊科、蒿属和禾本科为主，表明当时植被属温带森林草原类型。在牛河晚更新世中期沉积层中发现古菱齿象化石，该层孢粉组合乔木花粉占孢粉总数的 37.3%，其中以桦、栎、榆为主，榛、桤木、柳、胡桃、槭次之，松、柏仅占孢粉总数的 5.6%，反映当时温度较高，降水也较现今多。

晚更新世晚期，由于山麓地带抬升，良乡台地和南口台地形成，永定河逐渐向西南迁移，使冲积扇体扩展到南苑一带。在距今约 5 万年左右，北京地区气温下降，降水减少，标志着进入玉木冰期。周口店山顶洞堆积了较厚的灰岩角砾层，其间充填黄土，说明气候干冷，物理风化强烈。山顶洞下室热释光年代为 BP3.25—5 万年，上室骨化 ^{14}C 测年为 $18300 \pm 410—10200 \pm 360\text{aBP}$ ，氨基酸外消旋反应法测得 18000 年前后，年平均温为 $5.6—8.5^{\circ}\text{C}$ ，比现今低 5°C 左右。新北京饭店地下 12m 的粘土层中发现冻融褶曲；百花山顶发现被黄土掩埋的古石海；平谷县上镇村东发现古冰楔群；阜城门地下 17m 及西直门地下 8—9m 的砂层中发现披毛犀化石，上述情况证实，晚更新世晚期北京平原气候干冷，冰缘作用盛行。孢粉分析亦有类似的结论，在坟庄和新北京饭店的剖面中均发现有云杉、冷杉花粉，表明当时平均温比现今低 $7—8^{\circ}\text{C}$ 。

2. 全新世时期古地理特征

距今 1 万年左右，全球气候变暖标志着进入全新世。北京地区也于 1.2 万年前后古地理环境发生明显变化。

(1)早全新世时(12000—8000aBP) 北京平原地区的地貌格局与晚更新世时基本相似，但是由于气候开始转暖，海平面上升，河流侵蚀基准面升高，使河流侵蚀减弱，普遍进行加积。晚更新世晚期强烈的物理风化形成的砂砾石被河流携带并在平原堆积，形成许多钻孔中的粗颗粒堆积物质。在山前洼地中积水并形成泥炭，由此说明早全新世泥炭湖沼的形成与地貌部位密切相关。

孢粉分析表明，早全新世气候逐渐变暖。高里掌剖面距地表 4.65—5.8m 的泥炭层， ^{14}C 测年为 $9930 \pm 150\text{aBP}$ ，孢粉组合以蒿属、菊科为主，反映气候干冷，植被为温带旱生草原类型，在 3.0—2.9m 处冷杉含量最高达 7.8%，表明当时降水量有所增加，山前地带有利冷杉林生长，除此之外还有落叶阔叶林和沼生或喜湿植物生长，反映当时是温凉湿润，其时代为 $8930 \pm 120\text{aBP}$ 之后。自此向上孢粉以草本和灌木花粉占优势，反映气候又向干旱演变。(2)

中全新世时(8000—3000aBP) :由于早全新世的快速沉积及第四纪以来的剥蚀夷平,使八宝山一带高度相对降低,永定河沿冲积扇北缘形成古清河故道,根据 ^{14}C 测年得知在7200aBP前后永定河曾流经此地。大约在5000aBP之后,永定河由石景山直泻南下,形成以衙门口为顶点的新期冲积扇,其上发育有古河道及湖沼洼地并有泥炭堆积。根据左安门地下7m泥炭层 ^{14}C 测年为 $4420 \pm 90\text{aBP}$ 、右安门鹅凤营地下4.5m处淤泥 ^{14}C 测年为 $4530 \pm 90\text{aBP}$ 、大郊亭垡头地下5m处泥炭 ^{14}C 测年为 $4685 \pm 100\text{aBP}$,说明永定河新期冲积扇形成于中全新世中期。潮河、白河在今潮白河宽广的谷地中摆动,于通县东汇合,然后沿北运河方向流入渤海。由于河流改道频繁,在废弃河道中有泥炭生成,其形成时代为5000—4000aBP之间。

孢粉组合表明中全新世气候温暖湿润,但气候波动明显,可划分出三期:

中全新世早期:据尹各庄钻孔分析,距今8000—6500aBP之间以落叶阔叶树为主,其中有桦、榛、栎、朴、榆等,还有少量针叶树松粉,草本植物中有蒿属、禾本科、蕨草等,属森林草原类型。随后,乔木植物花粉数量减少,草本植物花粉增加显示气候向干转化。

中期:尹各庄钻孔距地表7.8m处冷杉、云杉、落叶松花粉大量出现,约占孢粉总数的63%,而落叶阔叶树桦、栎、椴等花粉减少,中华卷柏消失,水龙骨减少,说明当时气候较现今寒冷。据延庆大王庄西剖面孢粉谱显示,大约在 $5620 \pm 110\text{aBP}$ 时是以云杉、冷杉组成的暗针叶林,表明北京地区有一次短期降温过程。由于这次降温,降水量减少,使湖沼面积缩小,泥炭停止发育。

晚期:根据尹各庄(地下1.7m木头 ^{14}C 测年为 $4990 \pm 120\text{aBP}$)、顺义西府(地下1.8—2.6m泥炭 ^{14}C 测年为 $4510 \pm 110\text{aBP}$)的孢粉组合中以落叶阔叶树栎、榆、桑、榛等为主,并有湿生、沼生的菱、莲子、香蒲和软体动物背角无齿蚌等,说明距今5000—4500年时气温升高,降水增加。根据怀柔桃山($3530 \pm 100\text{aBP}$)、顺义西府($3400 \pm 100\text{aBP}$)剖面的孢粉组合中松属花粉含量较高,并有较多的草本花粉,反映气候转凉偏干,泥炭停止堆积。距今3000年左右气候发生明显变化,逐渐向凉干转化,从而进入晚全新世时期。

(3)晚全新世(距今3000年以来)距今3000年以来气候温凉偏干,虽有冷暖干湿波动,但波动幅度不大而频率加强。根据辛力屯、东高村、普贤屯剖面的孢粉组合,反映出距今3000年时植被为针叶林—草原类型,气候冷干;距今2100年前后植被为松、栎为主的针阔混交林—草原环境,气候较前有所好转;距今1400年前后为草原环境,气候干旱。由于气候干旱河流流量减少,但雨量集中,流量变率增大,对山前洪积扇及冲积扇地面进行侵蚀,在切割的出口处形成新的冲洪积扇及泛滥平原,使平原上古河道极易迁徙,沼泽洼地相继消失,喜水、喜湿的动物大量减少。人类已由山前台地逐渐向冲积平原迁移,为人类生存提供了更广阔的天地。

晚全新世以来,我国已进入有文字记载的历史时期,有关环境变化的过程可从考古及文献记录中获得。据历史文献记载,距今3000多年前(西周初期)出现一次相对低温期,从发掘的文化遗址及其器物分析,应属龙山文化晚期,具有鲜明草原游牧民族的特点,如在昌平白浮村发掘的西周墓群出土有鹰首和马头的青铜短剑等。公元前770—公元25年(春秋—西汉末)为一温暖湿润期,当时农业有较大发展,北京已有种稻的记载,特别是在战国的中后期,铁器的广泛应用促进燕国的农业发展。公元25—581年(东汉至南北朝)

为一寒冷期，比现在约低 1—2℃，文献中有人马冻死和大旱、水旱灾的记载。公元 581—907 年(隋唐时期)为一温暖期，由于社会相对稳定，气候适宜，人口增长，促进农业大发展。公元 960—1276 年(辽金时期)为寒冷期，据竺可桢推算比现今低 1—2℃，此时期自然灾害频繁，农业受到较大影响，当时以牧业为主。到了元代有一短暂的温暖期，农业有所恢复，但受游牧民族生活习惯的影响，牧业仍受到重视。公元 1618—1700 年(明末清初时期)为寒冷期，而清初时是我国历史上最冷的时期，估计冬季比现代低 2℃，自然灾害频繁。综上所述，不难看出自然环境条件的变化对平原区植被有影响，同时对当时社会经济及生活方式有着密切的关系。

五、几点结论

1. 环境演变是自然界发展规律所决定。引起环境演变的原因包括自然与人为因素两方面，自然因素主要包括因构造运动而引起的下垫面的变化以及受全球性气候的周期变化；而人为因素主要指人类的生产活动对环境施加的影响。只有深刻而全面的认识上述两大因素的变化规律及其相互影响，才能正确了解环境演化机制和基本规律，为未来环境预测服务。

2. 地貌是重要的环境要素之一，是内外营力相互作用下形成的。引起平原区古地理分异，主要表现在剥蚀区和沉积区范围的变化上，造成这种变化原因是与外力作用方式和程度以及河流变迁有关。

3. 全球性气候变化是引起环境演变的主导原因，根据众多剖面的孢粉分析，生物演化、地球化学分析数据并附以年龄测定，可以得出第四纪以来的气候变化的规律和冷暖、干湿变化周期，通过与周围地区和深海岩芯的分析与对比，得到相似的结论，表明气候变化大体上是同步的，但是由于区域性差异，在程度及时间上有微小的不同。

总之，北京平原的环境演变是在全球性气候变化的控制下以及地貌发育过程中，逐渐演变成现在的状态，并向着未来不断的变化着。

参考文献

1. 周廷儒，1984，中国自然地理(古地理)，科学出版社。
2. 李华章，1989，北京地区新构造运动特征与地震的关系，北京师范大学报(自然科学版)第 4 期。
3. 李华章等，1984，关于北京平原地貌几个问题的初步看法。中国地理学会第一次构造地貌学术讨论会论文选集。科学出版社。
4. 李华章等，1988，北京平原第四纪环境演变初议。第四纪冰川与第四纪地质论文集。第五集。地质出版社
5. 孙秀萍，北京地区全新世以来自然环境和人类活动的关系。第四纪冰川与第四纪地质论文集。第五集。地质出版社。
6. 刘清泗等，1985。第四纪沉积物中碳酸钙含量及孢粉组合的变化探讨北京平原地区古气候的演变。中国第四纪冰川冰缘学术讨论会文集，科学出版社。
7. 周昆叔，1978，北京平原第四纪晚期花粉分析及其意义。地质科学。1 期。

- 8.周昆叔等,1984。第四纪孢粉分析与古环境。科学出版社。
- 9.孔昭宸等,1980,北京地区距今30000—10000年的植物群发展和气候变迁。植物学报。第22卷第4期。
- 10.孔昭宸等,1982,北京地区10000年以来的植物群发展和气候变化。植物学报,第24卷,第2期。
- 11.张英礼等1984,北京平原地区晚更新世晚期地层,地层学杂志,第8卷第1期。
- 12.赵希涛等,1984。北京平原30000年来的古地理演变。中国科学B辑。第6期。

北京城市化对太阳辐射的影响

张如一

一、引言

近年来北京经济建设得到迅速发展,不仅建筑物增多、增密、改变着下垫面自然性质,影响着太阳辐射的传输、吸收和反射过程,而且人为活动向空气中排放着大量各种污染物消弱着到达地面的直接太阳辐射量,影响着城市大气环境质量。太阳辐射是城市中热量的主要来源,它的数量和质量的变化的直接影响着城市中的热量平衡和气候状况,进而引起城市生态系统的变化。为了定量地确定城市化对太阳辐射的效应,本文利用城区(西单西侧北京实验中学)、近郊(北京观象台)、远郊(昌平气象站)三站 1988 年 1、4、7、10 月同步观测的太阳辐射、湿度等资料和北京观象台 1957—1979 年(1、2 月)和 1980—1986 年(1 月)逐年太阳辐射资料,进行了城郊对比分析和逐年变化分析。在资料处理中尽量选用晴朗天气以排除云层对直接太阳辐射和散射辐射的影响。

二、城市化消弱着太阳辐射

太阳辐射穿过大气层到达地表面。在大气层中发生着复杂的能量转换,使地表面得到的太阳辐射分为直接太阳辐射和散射辐射,而且太阳辐射的数量和质量(波段)也发生着变化。

(一)直接太阳辐射

晴天时,太阳辐射在大气层传输过程中受到大气中理想气体分子、水汽、混合污染物的散射、吸收而衰减。经计算,北京晴天中午(12:30)大气分子、混合污染物、水汽对太阳辐射的衰减量和直接太阳辐射量如表 1。

表 1 北京晴天中午太阳辐射衰减量和直接太阳辐射量(单位 W/m^2)

The direct radiation and solar radiation
by various components at midday of sky clear in the Beijing urban area

| 月份 | 1 月 | 4 月 | 7 月 | 10 月 |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 成分 | | | | |
| 大气分子 | 237.3 | 237.3 | 237.3 | 237.3 |
| 水汽 | 97.3 | 146.1 | 201.3 | 160.5 |
| 混合污染物 | 421.2 | 347.3 | 237.5 | 337.1 |
| 直接太阳辐射 | 612.0 | 637.1 | 691.7 | 632.9 |

表 1 说明:大气分子消弱的太阳辐射量值达 $237.3W/m^2$,约占太阳常数 17%,它很稳定,没有季节性变化。空气中混合污染物是消弱太阳辐射的主要因子,它消弱的数量最多,尤其冬季(1 月),空中污染数量最多,大气条件又比较稳静,利于污染物积聚,消弱量达 $421.2W/m^2$,约占太阳常数的 30%;夏季时,空中污染量虽然有所减少,消弱量仍有 $237.5W/m^2$,占太阳常数的 17%。水汽是消弱太阳辐射的另一重要因素。由于北京处于温带季风区,空中水汽含量有季节变化,1 月份含量很少,绝对湿度只有 1—2hPa(平

均值 1.9hPa), 对太阳辐射的消弱量不大, 仅有 $97.3W/m^2$; 而 7 月份经常被暖湿气团控制, 雨日、雨量明显增多, 空中水汽含量迅速增大, 绝对湿度平均值达 25.4hpa, 对太阳辐射消弱作用随之增大, 消弱值 $201.3W/m^2$, 几乎同混合物消弱量相近。

城区地面获得直接太阳辐射值大约占太阳常数的一半, 而且随太阳高度角的增减而有大小变化。1 月份只有 $612.0W/m^2$; 7 月份增多, 达 $691.7W/m^2$; 4 月和 10 月介于其间。

同时计算了各月份地面获得的直接太阳辐射月总量。为了数据的代表性, 从各月中选用 10 个晴日(日光为 2)求其平均值。1、4、7、10 月的日平均值分别是 $5.57MJ/m^2$ 、 $14.77MJ/m^2$ 、 $22.46MJ/m^2$ 和 $9.75MJ/m^2$ 。直接太阳辐射是太阳总辐射组成中的主要部分, 是城区热能的重要来源, 它的数值大小和季节变化是城市中的热力转换和气候变化的基础。

(二) 散射辐射

地表获得的散射是直接太阳辐射经空中物质多次散射形成的。因而散射辐射的数量多少和时间变化既同直接太阳辐射基本相一致, 又同空气中的散射源——主要是混合污染物的含量相关联, 污染物数量多时, 散射辐射增多, 反之则减少。因而城区散射辐射量同郊区相比, 既随直接太阳辐射减少(污染物消弱)有所减少, 又随污染物增多而有所增加, 由于减少的数量大于增多的数量, 结果成区的散射辐射值一般小于郊, 只是在城区总辐射组成中占有的比重略大于郊区, 见表 2。

表 2 北京城郊太阳总辐射、直接太阳辐射、散射辐射日平均值 (单位 MJ/m^2)

Daily average value of the global radiation, direct solar radiation and diffuse radiation in the Beijing urban area and the suburbs

| 项目 测站 \ 月份 | 太阳总总辐(Q) | | | | 直接太阳辐射(S) | | | | 散射辐射(D) | | | |
|---------------|----------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|---------|------|------|------|
| | 1月 | 4月 | 7月 | 10月 | 1月 | 4月 | 7月 | 10月 | 1月 | 4月 | 7月 | 10月 |
| 城区 (实验中学) | 8.18 | 21.67 | 27.06 | 13.01 | 5.57 | 14.77 | 21.14 | 9.75 | 2.61 | 6.9 | 5.92 | 3.25 |
| 近郊(北京 观象台) | 11.24 | 22.91 | 27.62 | 14.08 | 8.19 | 15.75 | 22.46 | 10.57 | 3.05 | 7.29 | 5.16 | 3.51 |
| 远郊(昌 平气象站) | 12.10 | 25.42 | 31.81 | 17.87 | 8.86 | 17.77 | 27.76 | 12.19 | 3.24 | 7.65 | 8.04 | 5.68 |
| 城区—近 郊差值 | 3.06 | 1.24 | 0.56 | 1.07 | 2.62 | 0.98 | 1.32 | 0.82 | 0.44 | 0.39 | 0.76 | 0.26 |
| 差值占近 郊百分比 | 27.2 | 5.4 | 2.0 | 7.5 | 31.9 | 6.2 | 5.8 | 7.7 | 14.4 | 5.3 | 14.7 | 8 |
| 城区—远 郊差值 | 3.92 | 3.75 | 4.75 | 4.86 | 3.29 | 3.0 | 2.63 | 2.44 | 0.63 | 0.75 | 2.12 | 2.43 |
| 差值占远 郊百分比 | 32.3 | 14.7 | 14.9 | 27.1 | 37.1 | 16.8 | 11.1 | 2.0 | 19.4 | 9.8 | 26.3 | 42.7 |

(三) 太阳总辐射

太阳总辐射通量是太阳直接辐射和散射辐射的总和。在碧空条件下其通量大小取决于太阳高度角和大气透明度。从总体来看, 太阳高度角起着决定

性作用，因而太阳总辐射的数量和时间变化规律基本上同太阳高度角的大小和变化相一致。大气透明度既可消弱太阳直接辐射，又可增加散射辐射，其综合影响是使太阳总辐射量减弱。结果城区小于郊区。

三、城区太阳辐射小于郊区

郊区太阳辐射的数量同城区一样也取决于太阳高度角和大气透明度。城郊太阳高度角相同，而大气透明度城区一般小于郊区，结果城区消弱的太阳辐射量大于郊区。见表 2。

从表 2 看出：城区各月份获得的直接太阳辐射都小于郊区。1 月份城郊差值最大，比近郊区小 $2.62\text{MJ}/\text{m}^2$ (约占 31.9)；比远郊区小 $3.29\text{MJ}/\text{m}^2$ (约占 37.1%)。7 月份城郊差值并不是最小，但差值占百分数最小，比近郊区小 5.8%；比远郊区小 11.1%。

城区散射辐射各月份也都小于郊区，只是差值小于直接太阳辐射。城区太阳总辐射小于郊区，年平均值比近郊区约小 10%，比远郊区约小 22%。

城郊下垫面性质的不同，引起了对太阳辐射反射过程和反射能力的差异。城区和近郊区近年来相继建成高大、连片的建筑物，改变了原有下垫面自然性质，组合成屋顶、墙壁、路面、广场以及绿地等立体面，它们对于太阳辐射具有着不同的反射特性。高大、密集的建筑群往往形成对太阳辐射的多次反射，减少着太阳辐射反射数量；低矮平房区以及郊外田野反射过程简单，反射过程中损失的辐射能量较少。同时，地表面的反射能力还同地表物质组成、颜色干湿程度有关系。城区建筑物多由砖瓦、砂石、水泥、沥青等物质构成，虽然它们反射太阳辐射能力不尽相同，但都小于农作物、树木和土壤，因而，城区平均反射能力小于地势比较平坦、多农作物的郊区。根据观测资料和实验数据，计算出了城区、近郊和远郊区 1、4、7、10 月(各取 10 日)的日平均反射辐射和反射率，见表 3。

表 3 北京城郊反射辐射和反射率的日平均值(单位 MJ/m^2)

Daily average value of reflected radiation and reflective index in the Beijing urban area and the suburbs

| 月份 站点 \ 项目 | | 1月 | | 4月 | | 7月 | | 10月 | |
|---------------|--|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| | | 反射辐射 | 反射率 (%) |
| 城 区 | | 0.0217 | 15.8 | 0.0301 | 12.0 | 0.0446 | 11.1 | 0.0295 | 12.0 |
| 近郊区 | | 0.0368 | 21.3 | 0.0476 | 19.2 | 0.0508 | 19.2 | 0.0447 | 20.1 |
| 远郊区 | | 0.0501 | 29.1 | 0.0548 | 22.4 | 0.0567 | 22.4 | 0.0545 | 24.2 |

由表 3 可知，城区反射能力最小，年均反射辐射值为 $0.0314\text{MJ}/\text{m}^2$ ，反射率为 12.8%；近郊年均反射辐射值为 $0.0449\text{MJ}/\text{m}^2$ ，反射率 20.1%；远郊区年均反射辐射值为 $0.0449\text{MJ}/\text{m}^2$ ，反射率为 24.8%，比城区大 12%。城郊反射辐射差异表明，城区少反射的太阳辐射量可能补偿了因空气中污染物数量多而多消弱的太阳辐射量。城区实际获得的太阳总辐射量等于或略多于郊区。

四、城区太阳辐射的逐年变化

从 1957 年—1979 年(1、2 月)和 1980—1986 年(1 月)太阳辐射资料可以看出,北京城区的太阳辐射值发生着年际变化,变化的总趋势是直接太阳辐射和太阳总辐射值在逐年减少,而散射辐射值却在逐渐增多,虽然其间有着不同形式、不同幅度的起伏波动,见图 1(a、b)。

图 1 表明,城区太阳辐射 30 年的变化历程大体经历三个阶段: 60 年代初期是 30 年中直接太阳辐射、总辐射数值最大的时段,都在平均值以上,尤其 1960 年达到最高值;而散射辐射却处于最低值。从 60 年代中期以后直到 1983 年是直接太阳辐射和总辐射波动减少时段,各年基本上都处于平均值线以下,到 1983 年下降到 30 年间的最低点;散射辐射处在波动上升时段,都位于平均值线之上,1983 年升到最高点。1983 年后,直接太阳辐射、总辐射呈波动性缓慢上升,散射辐射则有缓和的下降变化。

城区太阳辐射年际变化可能是人为活动引起的,也可能是自然(气候)变化引起的或者是两者共同作用的结果。从 30 年来气候变化形式来看,空气中水汽含量虽然有年际变化,但是变化幅度很小,而且是波动式的、不是趋势性的,说明气候变化引起的空中水汽量变化不是或不主要是导致城区太阳辐射逐渐减少的原因。根据统计资料,30 年来北京城区向空中排放污染物数量在逐渐增多,污染物成为消弱直接太阳辐射和增加散射辐射的主要因子。在 60 年代污染物平均消弱直接太阳辐射约 $0.0159\text{MJ}/\text{m}^2$,70 年代消弱量增为 $0.0184\text{MJ}/\text{m}^2$ 。80 年代(1980—86 年)消弱量达到 $0.0214\text{MJ}/\text{m}^2$ 。可见,北京城区规模扩大、人口增多、经济建设迅速发展所引起的空中污染物数量不断增多是影响太阳辐射年际变化的重要原因。

五、结束语

(1)北京城市化引起了直接太阳辐射量的减少,约比近郊区减少 10%,比远郊区减少 16%左右。影响太阳辐射减少的主要因子是城市空气中的混合污染物和水汽含量。

(2)从 1957 年到 1986 年期间。北京城区空气中污染物含量虽然有年际间波动变化,但总的变化趋势是逐渐增多,结果引起城区太阳辐射量呈现逐年减少趋势。但是 1983 年以后,太阳辐射量减少的趋势有所减缓或逆转(个别年份),这可能是治理大气环境的结果。这个现象表明,城市空气中的污染物主要是人类活动中排放的,也可以通过人类活动加以影响和控制,那种认为城市规模愈大、经济愈发达,城市环境质量愈差、城市太阳辐射愈少的论点是不确切的,静止的。应该积极的利用人类的科技成就,根据城市气候的规律来改善城市的辐射条件和环境质量。

参考文献

- 1.朱志辉,北京地区城市化对太阳辐射的影响—趋势分析,环境科学学报,1983:3(3):194
- 2.潘根娣,北京地区的太阳辐射与空气污染,环境科学,1983;4(1):

3. 张如一等, 北京师范大学学报(自然科学版), 1988: 增刊: 131

北京城市辐射平衡对夏季热岛形成的效应

涂美珍

一、前言

关于城市热岛的研究,过去主要偏重于热岛强度、特征和时空变化规律上,对热岛形成的机制研究得不多。

本文在原有热岛研究工作基础上,根据1988年6月15—18日城区(实验中学)和远郊(昌平)站的四昼夜温度、净辐射及白昼的辐射观测资料,进一步从城市下垫面辐射收入与支出的角度,探讨了对北京城市夏季热岛形成的作用。

所用温度、辐射、净辐射观测资料,白昼由6点到18点,每隔1小时观测一次;夜晚温度及净辐射每隔2小时观测一次。四天中以晴天为主,但某时段出现多云的状况,为了便于研究将多云的时段用曲线图的方法订正到晴天的状况,然后再进行各项计算。

二、北京城、郊辐射平衡差异

关于城市热岛效应的形成是个复杂问题,它与诸多因素有关,现仅从下垫面辐射收支项,分析城、郊辐射平衡的差异及对热岛效应的影响。

辐射平衡也称净辐射,是指一定时间间隔内,地表面的辐射收入项与辐射支出项的差额。其表达式为:

$$R_g = (Q - R) - F \quad (1)$$

式中 R_g 为地面辐射差额; Q 为太阳到达地面的总辐射; R 为地面的反射辐射; $(Q - R)$ 为地面吸收辐射项; F 为有效辐射,是地面支出项。下面分析各收支项的城、郊差异。

1. 城区吸收辐射大于郊区

太阳辐射在大气传输过程中,除被大气吸收、散射和反射大部辐射外,其于的太阳辐射被地面吸收。地面吸收辐射大小决定于总辐射与地面反射辐射的差值。

$$A = Q - R \quad (2)$$

A 为吸收辐射; Q 总辐射; R 反射辐射。

从城、郊总辐射分析,城区由于受大气污染影响。总辐射量受到削弱,尤其冬季削弱得比较多,一般在20%以上,而夏季削弱得少,为4%左右。^[1]。根据1988年6月15—18日总辐射的实际观测数值(表1),四天日总量平均,城区为 25.94 MJm^{-2} , 郊区为 27.06 MJm^{-2} , 城区比郊区小4%,而且各天平均量值也均小于郊区。

表 1 北京城、郊区日总辐射量(MJm⁻²)

Tab.1 The radition sum of urban and suburbs in Beijing

| 站名 \ 日期 | 6月15日 | 16日 | 17日 | 18日 | 平均 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 城区 | 25.21 | 27.83 | 25.48 | 25.24 | 25.94 |
| 郊区 | 26.27 | 29.87 | 26.33 | 25.79 | 27.06 |

地面反射辐射强弱决定于地表反射率大小。城区下垫面性质和结构同郊区相比有很大不同。城区地表绿地很少，大多为柏油和水泥路面，地表比较粗糙，又因高大楼群构成鳞次栉比相互掩映的“立体下垫面层”，影响了下垫面的反射辐射。城区反射面是由垂直面和水平面共同构成的，造成城区的多次反射现象，这就意味着城区对太阳辐射吸收的次数增多，被反射的能量减少，又由于城区地表面热容量比较大，影响城区下垫面对反射辐射的减弱。而郊区建筑物非常少，大部分地表被绿地所覆盖，并把下垫面视为水平面，增大了地面反射辐射。根据实际反射辐射的观测资料(表 2)，看出城区各时平均反射辐射量值均小于郊区。城区日平均反射辐射为 3.8MJm⁻²，郊区为 5.8MJm⁻²，城、郊相差 2.0MJm⁻²。

表 2 北京城、郊各时平均反射辐射值(MJm⁻²)

Tab.2 The mean reflexive radition of urban and its suburbs in Beijing

| 站名 \ 时间 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 平均 |
|---------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| 城区 | 1.01 | 2.9 | 3.9 | 4.8 | 5.2 | 5.6 | 5.9 | 5.7 | 5.5 | 3.8 | 2.5 | 1.9 | 0.67 | 3.8 |
| 郊区 | 3.4 | 5.5 | 6.7 | 7.7 | 8.4 | 8.1 | 8.1 | 7.5 | 5.6 | 6.3 | 4.9 | 2.6 | 0.74 | 5.8 |

在城、郊总辐射差异不明显，而城区地面反射辐射比较小的情况下，城区下垫面吸收太阳辐射数量增多。根据公式计算所得数据列表 3。

表 3 北京城、郊各时平均吸收辐射量值(MJm⁻²)

Tab.3 The absorbing radition of every time of urban area and its suburbs in Beijing

| 站名 \ 时间 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 平均 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| 城区 | 8.09 | 20.8 | 31.2 | 40.4 | 45.9 | 46.4 | 47.9 | 45.6 | 39.5 | 33.7 | 25.3 | 6.5 | 3.8 | 30.4 |
| 郊区 | 12.4 | 19.7 | 24.5 | 37.8 | 41.4 | 43.8 | 46.8 | 44.7 | 39.2 | 32.7 | 24.2 | 12.8 | 3.9 | 29.5 |

6月15—18日城区日平均吸收辐射量值为 30.4MJm⁻²，郊区 29.5MJm⁻²，城区比郊区增加了 3.1%。

2. 城区有效辐射小于郊区

辐射平衡大小除与辐射收入部分有关外，还看地面有效辐射大小。地面有效辐射随着地面温度、空气湿度、云和空气污染状况而变化。由于测站没有地面有效辐射的直接观测资料，采用经验公式计算：

$$F = 5.5528 \times 10^{-8} [T^4 (0.39 - 0.058\sqrt{e}) + (T_0^4 - T^4)] \quad (3)$$

式中 F 为有效辐射；T 为气温绝对温度；T₀ 为地面绝对温度；e 为水汽压。公式计算结果列于表 4。

由计算的数值看出，四天平均日总量城区为 4.59MJm^{-2} ，郊区 6.44MJm^{-2} ，城区地面净失的热量比郊区少。原因是城区地温高，长波辐射强，大气逆辐射又比郊区大，使得城区地面净失的热量比郊区小，有多余的热量储存在地表以下。

表 4 北京城、郊白昼有效辐射日总量 (MJm^{-2})

Tab 4 The daytime sum of effective radition of urban and suburbs in Beijing

| 站名 \ 日期 | 6月15日 | 16日 | 17日 | 18日 | 平均 |
|---------|-------|------|------|------|------|
| 城 区 | 4.48 | 5.56 | 4.94 | 4.85 | 4.95 |
| 郊 区 | 6.45 | 6.52 | 6.57 | 6.23 | 6.44 |

3. 城区净辐射大于郊区

计算出的城区、郊区净辐射和实际观测的净辐射值列于表 5，并绘制了四昼夜的城、郊日变化曲线(图 1)。

从表中列的数据看出，白昼、夜间无论是计算出的净辐射以及实测出的净辐射值，城区均大于郊区。从表 5 看出实际观测白昼净辐射平均日总量城区比郊区大 15%，有更多的辐射热量供给城市，使大气增温。

表 5 北京城、郊净辐射平均值 (MJm^{-2})

Tab.5 The mean values of radition balance of urban and its suburbs in Beijing

| 站名 \ | 白昼计算值 | 白昼实测值 | 夜间实测值 |
|------|-------|-------|-------|
| 城 区 | 17.75 | 19.4 | -1.51 |
| 郊 区 | 13.6 | 16.8 | -2.41 |

由日变化曲线图 1 上看，白昼城区比郊区增大得快，中午前后差值较大，日落以后到日出前城、郊净辐射均减弱为负值，但城区仍大于郊区，且城郊差值比较稳定，但由 22 点到次日 5 点左右差值相应增大。日落后净辐射由正值转为负值时，城区比郊区推迟 1 小时为 20 点左右，而郊区提前一小时在 19 点左右。

根据以上三方面分析，白昼城区吸收辐射大于郊区；有效辐射又小于郊区，结果城区净辐射量强于郊区。夜晚城、郊净辐射都转为负值，但城区仍然大于郊区。这种辐射平衡差异的存在，必然会影响城、郊热状况的差异。

三. 辐射平衡对夏季城市热岛形成的效应

城、郊净辐射的差异直接影响地温和气温的差异及变化。

1. 夏季城区热效应特点

根据 1988 年 6 月 15—18 日 4 个昼夜的气温逐时日变化曲线(图 2)，看出城区增温效应有以下几个特点：

(1) 城区的气温无论白昼和夜间均大于郊区，但夏季城区的增温效应明显比冬季弱，热岛强度较小^[2]。其热岛强度在一天中有两个峰值：最强出现

在 5 点左右，城、郊差值平均 3.3 左右；次高值出现在中午以后 14—16 点，其差值平均为 1 左右。

(2) 城区一天中升温和降温的幅度小于郊区。5 点到 9 点城区气温上升 8—10 左右，郊区上升幅度 10—12 ；傍晚前后 19—23 点，城区气温下降比较缓慢，大约 5 左右，郊区气温下降迅速约 7 左右。

(3) 城区最高气温出现在 15—16 时之间，有时甚至出现在 17 点，比郊区最高温度推迟 1 小时左右。

2. 辐射平衡对热岛形成作用

北京城市热岛形成受多种因素制约，空气污染及人为热释放是形成热岛的重要因素之一，尤其冬季比较明显。夏季成市热岛受这一因素的影响明显减弱，以污染物对太阳辐射的削弱量看出，由冬季 20% 减小到 4%。相应影响热岛形成的其它因素有所增强，其中城、郊辐射平衡的差异对夏季热岛形成起到一定的作用。

根据前面城、郊辐射平衡差异的分析，白昼随着太阳高度角的增大，地表面吸收太阳短波辐射大于支出的长波辐射能，因此城郊净辐射均为正值，城区比郊区增大得快，白昼总净辐射量大于郊区。中午前后净辐射城、郊差值较大，与白昼城市次热岛出现的时间是一致的，但与热岛强度最大值不一致。因为夏季中午前后风速比较大，对流和乱流交换较盛，引起了空气的垂直方向和水平方向能量交换显著，致使白昼热岛强度不是最大。但是，白昼城区地表因净辐射量大，地面贮蓄的热量多，且将热量向下传输，这对夜晚城市热岛形成将会产生一定的影响。

日落之后到日出之前，地表辐射支出大于收入，净辐射转为负值，城区净辐射仍然高于郊区，且城、郊差值由 22 点到次日 5 点增强与热岛强度最大 (5 点) 左右出现的时间是一致的。但为什么日出前热岛最强呢？除净辐射是热岛形成的热量基础外，还有其它原因。

其中与地表长波辐射能力有关。地表面辐射能力强弱是由地表性质及储存热量多少决定的。地表温度愈高，地面长波辐射能力愈强。城区地表面大多为水泥和柏油路面，其导热率和热容量比郊区大，多数情况下城市下垫面的导热率比郊区大 3 倍，而热容量则比郊区大 1/3 倍。^[3] 白昼城区地表储存的热量比郊区多，入夜之后，将这些能量释放出来，并以长波形式提供给城市大气，部分补偿了由于长波辐射而失去的热量。

其次，城区夜晚大气逆辐射强于郊区，地面有效辐射小于郊区，净辐射比郊区大，有多余的热量通过长波辐射途径传给大气，使得空气温度下降缓慢。则郊区相反，地面有效辐射大，失热多，地温及气温下降迅速。再由于夜晚风速小，乱流活动弱，使城、郊气温差值逐渐增大，直至日出前达最大，热岛也最明显。

四、结 论

1. 白昼，城、郊净辐射均为正值，城区净辐射平均比郊区大 15%，尤其 13—16 点差值较大；夜间，地面净辐射为负值，城区净辐射仍高于郊区，且城区净辐射由正值转为负值推迟 1 小时左右。

2. 白昼，中午前后城、郊净辐射差值大，但由于对流和乱流的作用，城、郊气温增温的速率相差不大，热岛不是最强。但城区因辐射量大，地表储存

的热量比郊区多，为夜晚的热岛形成奠定了能量基础。

3.北京城区夏季热岛最强出现在日出以前。其原因，除夜间净辐射大于郊区外，还由于白昼城区净辐射量大，地表贮蓄的热量多，入夜后将热能以长波辐射方式传给大气，使城区气温降温速度缓慢，又因夜间乱流弱，加大了城、郊减温速率的差值，这是城市热岛强的直接原因。

参考文献

- 1.张如一、涂美珍，北京城市的辐射效应，北京师范大学学报，1988年增刊 1
- 2.张如一、涂美珍，北京城市的温度效应，城市气候与城市规划，1985年
- 3.周淑贞，城市气候学导论，华东师范大学出版社，1985年
- 4.高国栋，中国地表辐射平衡与热量平衡，科学出版社，1983年
- 5.张华林，北京地区的辐射气候特征，北京气象，1986年
3

北京地区喀斯特洞穴与旅游开发体系研究

卢云亭 朱国荣

一、影响北京地区喀斯特洞穴差别发育的空间因素及其规律

(一)影响洞穴发育差异的空间因素

北京地区喀斯特洞穴在空间上的发育具有很大的差别，主要表现在：西山地区比北山地区溶洞数量多、密度大、规模雄伟、景物多姿，特别是化学堆积景观，西山地区洞穴一般比北山发育好。据不完全统计，西山洞穴数量约占北京已知全部洞穴总数的 61.8%；北山地区仅占 38.2%。这是北京地区两个一级构造单元间的差异。若再分析一下同一构造单元内的喀斯特洞穴，其空间分布密度及景物发育程度也有明显差别，如西山百花山向斜两翼，沿大石河、周口店河、永定河洞穴多发育于厚层质纯，节理粗大的易溶的奥陶系灰岩中，比拒马河雾迷山组不易溶的燧石条带灰岩一带洞穴发育好，拒马河流域虽然也有不少洞穴，但一般规模小，洞景发育远不如石花洞、孔水洞、白塔林洞、银狐洞等。北京地区溶洞所以有上述空间差异，其基本控制因素是构造和岩性，其它因素如地貌、气候、植被、土壤等，虽然也有所影响，但对范围不很大的北京来说，其空间差异作用则不很明显。所以本文着重从地质构造和岩石性质两个方面加以分析：

1. 构造和岩性对北京地区喀斯特洞穴发育的控制作用

北京喀斯特洞穴的发育受整体和局部两种构造格局的控制。所谓整体构造格局是指大范围的全局性的地质构造系统。北京溶洞主要发育于西山百花山向斜两翼。在漫长的地质历史中，北山和西山既经历过大幅度的下降，接受了可造就喀斯特溶洞的巨厚的碳酸盐岩，又产生过剧烈的造山运动，使溶洞能够在下降和上升两种构造运动中，获得物理、化学性质的侵蚀和堆积条件。特别是中生代以燕山运动为主的构造变动，形成了以百花山-髻髻山-妙峰山向斜，走向大约为 $NE70^{\circ}$ 左右，两翼为由新到老依次排列的沉积岩层。其中可发育为喀斯特洞穴的可溶性岩层，见表 1：

表 1 列出的可发育为溶洞的碳酸盐岩，包括灰岩、白云岩和白云质灰岩、灰质白云岩等，在北京出露总面积约 $2900KM^2$ 。其中以燕山沉降带向斜构造东南翼面积最广，因此北京喀斯特溶洞大体沿着东南和西北两条碳酸盐岩出露带而呈带状分布格局。如东南翼中著名溶洞云水洞、猿人洞、石花洞、孔水洞、银狐洞、西洞、仙人洞和密云县白道峪神仙洞等；西北翼由于远离京城交通不便，没有人进行专门系统考察，所以至今发现的溶洞不多，目前已知的有门头沟龙门涧的藏剑阁、遁佛阁、张公洞、龙门石窟、千佛崖等，规模均较小。

局部构造因素指某些小规模断裂构造。地下水沿这些局部性断层破碎带溶蚀、侵蚀和崩塌，造成喀斯特溶洞。如云水洞，就是沿一条大体南北走向的断层线发育而成的大型溶洞。

岩性对喀斯特溶洞发育的空间差异影响也很大。一般而言，北京地区下古生代奥陶系灰岩、白云岩，由于岩层厚度大，质纯，含泥质、硅质和燧石条带杂质少，节理粗大，流通条件好，

表 1 北京地区可发育为溶洞的可溶性岩层

| 碳酸盐岩地层系统 | | | 厚度 | 岩性 | 成洞实例 |
|--------------------|-------------------|-----------------------|----------|------------------------|-----------------------------|
| 系 | 统 | 组 | (cm) | | |
| 奥陶系 | 中统 O ₂ | 上马家沟组 O _{2s} | 182 | 灰黑色厚层灰岩为主 | 石花洞 白塔林洞 仙人洞 清土洞洞群 |
| | | 下马家沟组 O _{2x} | 222 | 白云质灰岩为主 | |
| | 下统 O ₁ | 亮甲山组 O _{1l} | 168—252 | 白云质灰岩、豹皮灰岩、纹带状灰岩、夹竹状灰岩 | |
| | | 冶里组 O _{1y} | 46—93 | 泥质条带灰岩、豹皮灰岩、竹页状灰岩及页岩 | |
| 寒武系 | 上统 3 | 凤山组 3 _s | 79—97 | 竹页状灰岩为主，泥质条带灰岩 | |
| | | 长山组 3 _c | 29 | 竹叶状灰岩、泥灰岩、页岩 | |
| | | 崮山组 3 _g | 59 | 紫色竹叶状灰岩为主 | |
| | 中统 2 | 张夏组 2 _z | 33—267 | 灰岩为主 | |
| | | 徐庄组 2 _x | 21—108 | 灰岩、紫色页岩、夹泥灰岩 | |
| | 下统 1 | 毛庄组 1 _{mo} | 50-185 | | |
| | | 馒头组 1 _m | | | |
| 昌平组 1 _c | 14—70 | 豹皮状灰岩 | | | |
| 青白口系 | Z _q | 景儿峪组 Z _{qi} | 76—204 | 灰岩、白云质灰岩、白云质泥灰岩等 | |
| | | 长龙山组 Z _{qc} | 20-191 | | |
| | | 下马岭组 Z _{qx} | 116—458 | | |
| 蓟县系 | Z _j | 铁岭组 Z _{jt} | 39—252 | 灰质白云岩、白云质灰岩(夹燧石、泥质) | 云水洞 神仙洞 坡头洞 |
| | | 洪水庄组 Z _{jh} | 38—142 | 含白云质页岩、有砂岩、板岩、千枚岩 | |
| | | 雾迷山组 Z _{jw} | 204—3315 | 以巨厚层燧石条带或团状白云岩为主 | |
| | | 杨庄组 Z _{jy} | 29—81 | 白云质石英砂岩、砂质白云岩等 | |
| 长城系 | Z _c | 高于庄组 Z _{cg} | 1438 | 硅质白云岩、板状硅质含锰白云岩 | |
| | | 大洪峪组 Z _{cd} | 67—285 | 硅质白云岩、硅泥质白云岩 | |
| | | 团子山组 Z _{ct} | 76—356 | 以硅质白云岩为主 | |
| | | 串岭沟组 Z _{ch} | 31—105 | 硅质页岩、白云质页岩 | |
| | | 常州沟组 Z _{cc} | 35—329 | | |

注 岩性一栏中空白部分为不属可溶性岩类

溶蚀侵蚀作用比较充分、强烈，因此形成的溶洞不仅洞体规模大，而且有多种类型的化学堆积景观，如石花洞、银狐洞、白塔林洞等。而含杂质较多的中、上元古界可溶性岩类则景观发育不太好，洞的数量也比前者少得多。这种溶洞空间格局，表明岩性的因素对溶洞发育具有明显的影响。可溶性岩类厚度越大，组成成分越纯，再加之其它因素的综合作用，洞穴的喀斯特化过程和现象最强烈，溶蚀率也最大，因此洞穴发育也最充分，反之则较差。

2. 北京地区洞穴喀斯特化过程分析

根据上述构造和岩性对洞穴喀斯特过程的影响，对照北京大量溶洞的空间发育部位，我们大体把喀斯特作用所产生的溶洞分为四个时期：

北台期溶洞：时代大约相当于老第三纪北台期，距今约有 2000 多万年。这类洞穴多为残留的穿山洞形式，位于海拔 700~800m 高度。如上方山

摘星坨峰上的朝阳洞，洞口海拔 778m；密云金山岭长城下的两个穿山洞，海拔约 800m 左右；房山区史家营乡莲花山圣米石塘穿山洞等。

唐县期溶洞：时代大约相当于新第三纪的唐县期，这时由于地壳抬升，侵蚀基准面下降，在地表形成稳定的夷平面，地下则形成以水平洞穴为主要形式的溶洞群，海拔高度一般为 600~700m 左右，如上方山云水洞，清土涧东、西洞，密云县番字牌乡朝阳洞，门头沟区戒台寺西诸洞等。

晚上新世和早更新世溶洞：时代大约距今 500~200 万年左右，这时由于地壳的继续抬升，随着侵蚀基准面下降，形成了一系列海拔约 200~300m 的溶洞，如密云白道峪神仙洞，昌平下庄洞，房山白塔林洞、银狐洞、猿人洞、石花洞、孔水洞、清土涧新洞和仙人洞等。

更新世中晚期至全新世：这一阶段除少部分洞穴，如孔水洞、银狐洞的最下层洞等处于侵蚀基准面上，为饱水洞外，其余洞穴都已变成饱气带洞。岩层中的裂隙水在洞穴不同部位渗出，形成了多种多样的堆积景观。据中科院地质研究所赵树森等进行 $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ 年代测定，上方山云水洞中的石笋发育年龄为 30 万年左右，其中笋心、笋中、笋边年龄分别为：

$$\text{笋心} : 31.949 \times 10^4 \text{a} \begin{matrix} +5.218 \times 10^4 \text{a} \\ -3.995 \times 10^4 \text{a} \end{matrix}$$

$$\text{笋中} : 29.892 \times 10^4 \text{a} \begin{matrix} +3.337 \times 10^4 \text{a} \\ -2.726 \times 10^4 \text{a} \end{matrix}$$

$$+7.727 \times 10^4 \text{a}$$

$$\text{笋边} : 28.750 \times 10^4 \text{a} - 2.159 \times 10^4 \text{a}$$

$$\text{石花洞流石铀系年龄分别为 } 33.499 \times 10^4 \text{a} \begin{matrix} +6.244 \times 10^4 \text{a} \\ -4.498 \times 10^4 \text{a} \end{matrix}$$

$$36.674 \times 10^4 \text{a} \begin{matrix} +4.757 \times 10^4 \text{a} \\ -5.015 \times 10^4 \text{a} \end{matrix}$$

$$\text{周口店第四地点石笋铀系年龄分别为 } 6.475 \times 10^4 \text{a} \begin{matrix} +0.266 \times 10^4 \text{a} \\ -0.267 \times 10^4 \text{a} \end{matrix}$$

$$7.054 \times 10^4 \text{a} \begin{matrix} +0.362 \times 10^4 \text{a} \\ -0.328 \times 10^4 \text{a} \end{matrix}$$

$$5.486 \times 10^4 \text{a} \begin{matrix} +0.216 \times 10^4 \text{a} \\ -0.239 \times 10^4 \text{a} \end{matrix}$$

$$8.068 \times 10^4 \text{a} \begin{matrix} +0.318 \times 10^4 \text{a} \\ -0.314 \times 10^4 \text{a} \end{matrix}$$

由此推测，北京喀斯特溶洞的石灰华发育年代大部分在 40 万年以内。

二、北京地区主要喀斯特洞穴历史开发特点

北京地区喀斯特溶洞数量很多，我国古代人民很早对它们就进行了观察和研究。据史志记载，仅大房山一带就有大小溶洞 90 多个。记录和开发较早的洞穴有万佛堂、石佛洞(今称石花洞)、云水洞、藏经洞等。位于房山区磁家务东矿的万佛堂洞(又称孔水洞)，在距今 1500 年前的北魏时代，著名地理学家郦道元就在《水经注》中写道：“(孔水洞)东北洞开，高广四五丈，入穴转更崇深。穴中有水，耆旧传言，者有沙门释惠弥者，好精物隐，傍水入穴三里有余。穴分为二，一穴殊小，西北去；一穴西南出，入穴经五六日方还，又不测穷深。”表明即时佛界人士已考察过孔水洞。后来又在隋唐时期修建了“仙人玉堂”——万佛堂。1981 年北京文物局考察该洞，发现孔水洞卷洞尽头石壁上有两尊石雕佛像，并有《莲花经·观世音普门第二十四品》刻经。1982 年又在孔水洞龙潭中发现 1200 年前的青铜“金龙”7 条。这些长约 20 厘米、造型古朴刚劲的金龙，完好无损，光彩夺目。据鉴定可能为唐代皇帝曾崇尚道教，派人三次入穴投放金龙玉璧，用以祈福。孔水洞口依山而建的宏伟建筑乃唐大历年间，由比丘号溪老人创建，现在堂内还存有长方形汉白玉石雕引块“文殊普觉万菩萨法令图”。石佛洞地处河北庄乡南车营村，据传此洞在明代就已发现，并在洞口处建庙雕佛，一度香火很盛。后来庙宇被火焚毁，仅在洞口留一石佛，故名石佛洞。云水洞在上方山兜率寺西南，其开发历史也很悠久。据史载它发现于 1200 年前，后来又在洞口处修建了大悲庵殿，其内遗存的明代壁画，笔调细腻，色彩明快，具有一定的艺术研究价值。藏经洞位于房山区云居寺石经山上。此山原名白带山，后因山洞藏有大量石经而更名石经山。山上有 9 个藏经洞，内藏隋唐石经 4000 多块。这些石经与云居寺南塔地穴内发掘的辽金石经 10082 块，共同构成我国唯一的一部石刻大藏经，经文包括《华严经》、《法华经》、《涅槃经》等。这些空前绝后举世无双的佛经巨著，从隋代至明清，前后共刻 1000 多年，成为我国宝贵的历史文化遗产和学术资料。现在这里被国务院定为全国历史文物重点保护单位。石经山藏经洞是在白云岩层发育的天然岩洞基础上，经人工开凿而成的，实际上是天然溶洞与人工开凿相结合的洞穴利用典范。

除了上述开发历史古老的喀斯特溶洞外，北京地区还有众多的洞穴，较早地利用历史或传说性人物加以命名，每个溶洞都有一部传奇性的典故。这类溶洞最有代表性的是戒台寺西侧一组洞群，它们分别取名为：观音洞、纯阳洞、庞涓洞、孙膑洞、太古洞等。这 5 洞曾传说有一个“海眼”，可通永定河。过去曾有一头毛驴掉进了海眼，十几天后从永定河上飘来了尸体。观音洞的洞口曾供过观音像，传洞体深达二里多长，从前有人下去探测，“因阴风凛冽，体不可支，遂退出。”人言所探者尚不及半。诗云：“古洞深深不计年，掌燎结伴费搜研，龟龙虎像皆其绝，冷冷阴风接地泉”。

近十多年来，随着现代旅游产业的建立和人们对洞穴旅游资源利用的需求，北京地区喀斯特溶洞发现的数量越来越多(见表 2)，同时对以往已利用的溶洞进行了全面探测，结果发现一批景观品位很高的洞体，如石花洞、云水洞、银狐洞、白塔林洞、神仙洞、仙人洞、西洞等。其中一些洞穴进行了首期旅游开发。喀斯特溶洞的旅游观光功能，给北京地区洞穴利用开辟了广

阔的前景。现代旅游不仅把大量游客的观赏视线引入地下洞府，而且对开发洞穴文化、科学考察、宗教朝观、探险娱乐等潜能提供了释放市场。

由上可见，北京地区喀斯特溶洞的利用有如下特点：

(1)利用功能由单一性到多样性 北京溶洞最早是作为古人类的居室加以利用，后来发展到在洞口建立宗教寺观，以增强佛界的神秘氛围和山川形胜，再后又增加贮藏石经板、保护佛经不被毁灭的利用功能。现在又开辟了旅游观光这一利用方向。于是洞穴的利用功能就由单一性逐渐变为多样性。

表 2 北京地区主要喀斯特洞穴表

| 所属区县 | 洞穴名称 | 位置 | 围岩性质 | 备注 |
|--------|------------------|--------------------|----------------|------------|
| 房山区 | 石花洞 | 河北庄乡南车营村 | 奥陶系灰岩 | 明代在洞建有寺庙 |
| | 下朝阳洞 | 河北乡三福村北 1000m | 同上 | |
| | 张良洞 | 河北乡三十亩地西北 7500m | 同上 | |
| | 东洞 | 史家营乡清土涧南 1000m 东山上 | 奥陶系灰岩 | 为穿山洞 |
| | 西洞 | 史家营乡清土涧南 1000m 西山上 | 同上 | 为水平洞穴 |
| | 东石塘 | 史家营乡清土涧南 1500m | 同上 | |
| | 仙人洞 | 史家营乡金鸡台南 | 同上 | 阶梯状下延 |
| | 新洞 | 史家营乡清土涧南 800m 沟内 | 同上 | 有地下瀑布 |
| | 横岭圈洞 | 霞云岭乡北直河东南 1500m | 雾迷山组燧石条带灰岩 | |
| | 银狐洞 | 东班各庄乡下英水村 | 奥陶系灰岩 | |
| | 白塔林洞 | 周口店乡黄院 | 奥陶系灰岩 | |
| | 蝙蝠洞 | 霞云岭乡西合村南 1500m | 雾迷山组燧石条带灰岩 | |
| | 老道洞 | 霞云岭乡四马台村北 2000m | 雾迷山组燧石条带灰岩 | |
| | 宇洞 | 霞云岭乡北堂口村西南 2000m | 雾迷山组燧石条带灰岩 | |
| | 圣米石塘洞 | 史家营乡柳林河村西北莲花山 | 奥陶系灰岩 | 穿山洞 |
| | 蝙蝠站石堂 | 蒲洼乡芦子水村南 2000m | 雾迷山组燧石条带灰岩 | |
| | 小青塌石堂 | 蒲洼乡芦子水村南 2000m | 雾迷山组燧石条带灰岩 | |
| | 溶洞 | 蒲洼乡义和村东 5000m | 雾迷山组燧石条带灰岩 | |
| | 老矿洞 | 十渡乡东太平村里北湖 | 雾迷山组燧石条带灰岩 | |
| | 三青洞 | 六渡乡王春铺村北 500m | 雾迷山组燧石条带灰岩 | |
| | 西一洞 | 六渡乡王春铺村北 | 雾迷山组燧石条带灰岩 | |
| | 黄老洞 | 六渡乡王老铺村西 2000m | 雾迷山组燧石条带灰岩 | |
| | 水连洞 | 六渡乡黎元厂村东北 500m | 雾迷山组燧石条带灰岩 | |
| | 云水洞 | 岳各庄乡圣水峪村北 | 蓟县雾迷山组灰岩 | 洞口建有明代大悲庵殿 |
| | 孔水洞 | 磁家务房山东矿 | 奥陶系灰岩 | 隋唐时在洞口建万佛堂 |
| | 猿人洞 | 周口店村西南龙骨山 | 同上 | |
| 山顶洞 | 周口店村西南龙骨山上 | 同上 | 山顶洞人文化遗址 | |
| 仙人洞 | 门头沟区军庄乡灰峪北 1000m | 同上 | | |
| 观音洞 | 永定乡秋坡南 500m | 同上 | 洞口曾建观音菩萨像 | |
| 片晃岔人洞 | 色树坟乡菲菜园 | 同上 | | |
| 龙王庙山洞 | 色树坟乡王单村西南 1300m | 同上 | | |
| 臭水坑大洞 | 妙峰山乡桃园 | 同上 | | |
| 立石窟银洞 | 青白口乡珠窝村东北 1700m | 同上 | | |
| 东港沟大石堂 | 齐家庄东南 2700m | 同上 | | |
| 太古洞 | 永定乡秋坡西 | 同上 | | |
| 庞涓洞 | 永定乡秋坡村西 | 同上 | | |
| 孙臆洞 | 永定乡秋坡村西 | 同上 | | |
| 纯阳洞 | 永定乡秋坡村西 | 同上 | | |
| 龙门涧诸洞 | 清水乡燕家台村北龙门涧 | 雾迷山组燧石条带灰岩 | 有藏剑阁、张公洞、千佛崖等洞 | |
| 昌平区 | 龙骨洞 | 昌平北 | 蓟县系雾迷山组灰岩 | |
| | 仙家洞 | 老峪沟禾子涧 | 同上 | |
| | 清凉洞 | 崔村乡八家村 | 同上 | |
| | 观音洞 | 十三陵乡德胜口 | 蓟县系雾迷山组灰岩 | |
| | 潮源洞 | 上苑乡上西市 | 同上 | |
| | 下庄洞 | 上庄乡下庄村南西沟 | 同上 | |
| 怀柔县 | 龙牙洞 | 黄坎乡黄坎村西 5000m | 同上 | |

续表 2

| 所属区县 | 洞穴名称 | 位 置 | 围岩性质 | 备 注 |
|------|------|--------------|------|---------|
| 密云县 | 神仙洞 | 卸甲山乡白道峪村南小山洞 | 同 上 | |
| | 坡头沟 | 新城子乡坡头村 | 同 上 | |
| | 溶 洞 | 卸甲山乡小石尖村 | 同 上 | |
| | 朝阳洞 | 番字牌乡 | 同 上 | 洞中有一通天洞 |
| 平谷县 | 金银洞 | 乐政务乡杨家会 | 同 上 | |
| | 孟良洞 | 峪口乡胡营 | 同 上 | |
| | 溶 洞 | 靠山集乡将军关 | 同 上 | |
| | 天门洞 | 韩庄乡郭家屯北 | 同 上 | |
| | 魏家湾洞 | 熊耳寨乡魏家湾 | 同 上 | |
| | 地 穴 | 镇罗营乡北小峪村北 | 同 上 | |
| | 溶 洞 | 熊耳寨乡东长峪村东 | 同 上 | |
| | 溶 洞 | 黄松峪乡大东沟村北 | 同 上 | |

(2)洞穴利用意识由被动到主动：在人类出现早期，洞穴的利用多是被动的、不自觉的。原始人类在学会平地造房之前，曾经历了一个很长的穴居生活时期。他们为了生存，御寒避兽，不得不利用洞穴作为居室，因此那时的利用具有被动的性质。到了人类历史时期，宗教界认为洞窟是修身养性的好地方，所以就有意识地选择洞穴来修建寺观庙堂，洞穴的利用开始由被动到主动。至今天，洞穴资源更成为旅游观光、贮藏库、冷库、战备洞等多种利用场地。洞穴资源的利用比以往任何时代都要广泛、主动。

(3)洞穴利用的技术水平由低到高：北京地区洞穴开发利用虽然很早，但由于照明、机械工具、建筑材料等技术局限性，洞穴利用一般限于洞口部分。洞穴深部只能举着火把进行短暂的观光探险，而不能象现在这样可以运用声、光、电技术以及现代交通工具、道路设施、安全设施进行高技术开发，利用范围也可触及洞穴各个部位。

(4)洞穴开发与保护意识在同步增强：北京许多洞穴在历史上破坏很严重，当时人们要入洞赏景基本方式是以火把作为照明工具，对洞中景物的窃掠也无法规保护。因此许多洞穴近口部分被烟火熏黑，钟乳石景被游人敲打带走。现代旅游洞穴，虽然游人入洞量比过去大大增加，但可采取现代技术保护措施，使景观不受或少受破坏。如对游人带入的大量二氧化碳和废弃物，可以通过通风设备和污物处理手段，进行洞穴全面保护和监测。

表3 北京地区主要洞穴规模及特征表

| 洞名 | 规模 | 特征 |
|----------------|---------------------------|---|
| 石花洞 (见图1) | 分6层,全长3000余m | 规模大,层数多 沉积类型齐全,造型奇特,大小景点80多处 大竖琴,月奶石居全国之冠 |
| 云水洞 (见图2) | 分7个洞厅,全长613m | 为串珠状水平洞; 有全国溶洞中最高的石笋(38m高) 洞壁有含碎骨化石的洪冲积层 |
| 白塔林洞 (见图3) | 主洞全长250多m | 洞体发育受两组节理控制, 白塔状的石笋林较多 |
| 清土涧洞群 (见图4) | 东洞长93m,西洞260m,仙人洞,长230m | 分层性明显 洞体宏伟、高大、有北京地区最大的穿山洞和最深的落水洞, 洞口相对,形胜奇险 |
| 白道峪洞 (见图5) | 最大洞厅长宽高分别为70m × 40m × 30m | 差别侵蚀溶蚀景观发育; 重力崩落堆积为主, 洞厅规模居北京溶洞之冠 |
| 银狐洞 | 已探明水旱洞2000多m | 重力崩塌、地下水侵蚀和溶蚀、堆积景观并存 发现华北地区最大的地下河; 方解石结晶体、球状吊挂钟乳石、盘状石葡萄、光彩闪烁的石质舞室等奇景在全国溶洞少见,号称本洞“四大绝景”。 |

北京地区著名的喀斯特洞穴有石花洞、云水洞、白塔林洞、清土涧洞群、神仙洞、银狐洞等。它们共同的特点是：洞道规模大，景物类型多，科学研究价值高，有较大的开发价值。现就它们的特点简略列成下表，其中部分洞穴还绘制了平面或剖面图：

三、北京喀斯特溶洞旅游开发体系

喀斯特洞穴景观不外乎物理和化学的崩塌、溶蚀、堆积等景观，在旅游开发上容易造成雷同性和替代性、排他性。为了避免这种消极的替代效应，我们建议对北京洞穴进行统一规划，建立一批各具特色和功能的旅游洞穴，使之形成满足不同游人需求层次的喀斯特溶洞旅游开发体系。据笔者一孔之见，该体系可包括5种利用功能：

(1)观光功能：洞穴观光是旅游开发的一种基本类型。这是因为洞穴的环境氛围和独特景观所决定的。洞穴的环境气氛与地表上各类旅游资源不同，其魅力就在于“地下深处”这一被人们称为“仙宫洞府”的意境。洞穴的另一种魅力是其景物的自然杰作。这些鬼斧神功性的景物按沉积的部位可分为垂直悬挂型、洞壁型、洞底型、水洼型四大类，它们造型优美，千妖百媚，似人似物，似鸟似兽，几乎天下美景，在洞府中都能“仿造”，游人临之，可以尽情揣摩和遐想。喀斯特溶洞的这种观赏功能是地面上其它景观无法替代的，所以其吸引力一般是长久之不衰的。北京地区的溶洞其观赏功能最好的是石花洞、云水洞、银狐洞等。

(2)文化功能：北京地区的溶洞不少都具有文化价值。如历史上开发为庙观的孔水洞、石花洞、云水洞等。它们保存的古建筑、古石刻、古造像、古壁画等，在今日都具有较高的文物保护价值。如孔水洞的隋唐石刻雕像、青铜“金龙”；石花洞的“十五地藏”大理石佛像；云水洞的大悲庵明代壁画、石经山藏经洞的经板等。除了这些历史文化功能外，还有象猿人洞那样的古人类文化遗址和出土石器、古人类化石等。

(3)探险功能：人们参加旅游活动，一个重要的吸引因素就是探险。旅游者一般把求奇、历险视为一种精神享受和阅历。而喀斯特溶洞则可为他们提供一个探险佳境。洞穴本来就有一种神秘莫测的意境，再加上那些阴森可怕的险景，如清土涧西洞的竖洞、落水洞等，其探险功能就会更加突出。我们认为清土涧溶洞群的人工洞间索桥、深达几十米的落水洞以及地下瀑布等，可以列为北京市最佳的洞穴探险项目。

(4)娱乐功能：娱乐旅游是一种具有参与性、体验性的旅游活动形式，对游客有巨大的招徕力。娱乐旅游项目在北京地面、空中，水上已建有多处，但在地下利用喀斯特溶洞尚无先例。我们拟在密云县白道峪神仙洞建立北京第一个洞穴娱乐世界，此洞面积大，仅有一个很小进口，若通过建筑一套人工娱乐设计系统可把该洞变为“地下迷宫”，让游人在内摸黑寻人、寻门、寻物等竞技性活动或在洞穴开展观看录像活动，我们认为其吸引潜能还是很大的。

(5)组景功能：洞穴开放过多，容易产生雷同、替代效应，失去对游人的招徕力量。但是把洞穴组合到另一个具有主体旅游项目的游览区内，那么这个洞穴就有了开发利用的价值。它可作为主景的配景，使主景区增大旅游容量和新型内容。北京地区可列为组景功能的最佳例子是白塔林洞和云水洞。白塔林洞可作为游览世界级的旅游项目——猿人洞的配景游览点，云水洞作为上方山名山寺群旅游的一个配景。这样，它们既增强了猿人洞、上方山等主景的招徕功能，又能使自身潜能得到释放的机会。

上述五大旅游功能可构成北京地区洞穴旅游开发的完整体系。在这个体系内，各个洞穴都有其独特的开发项目和招徕力，彼此既不会因景观雷同而互相排斥、替代，而且还有互相补充和促进，形成北京洞穴旅游“一条龙”的开发结构系列。

北京城市用地租金的研究

胡 江 王 军

一、问题的提出

北京市城市规划范围达 750km²，建成区面积 395.4km²，城市人口近 700 万，是中华人民共和国的政治、文化、交通与经济活动的中心。

城市中的一切社会经济活动都是以城市土地作为基础，合理地使用城市土地资源是保证城市健康发展的重要一环。

城市发展需要最大地发挥城市土地资源的作用。能否最大地发挥城市土地资源的作用，要看它的社会经济价值的实现程度，这个价值在一定程度上也左右着城市土地资源的利用，要充分实现土地的社会经济价值，就要了解这种价值的特点，在土地利用制度逐渐向有偿使用过渡的今天尤其重要。

城市土地社会经济价值是土地的自然属性和长期社会经济投入共同作用下形成的。每一块土地价值的决定除了它自身特性起作用外，还在相当程度上决定于其所在的土地利用环境，决定于其在城市土地经济价值结构中的地位。本文就是为合理利用城市土地提供依据，通过对用地租金的调查分析，初步探讨了北京市的商业用地租金的空间分异规律。

二、调查的范围与方法

为了准确了解北京市的城市土地特性，于 1991 年 4 月到 5 月间，我们对北京市三环路以内 85 个主要路口的 355 个商业网点进行了调查。调查采用直接询问的方法，内容包括网点的租金额，营业面积、服务性质等材料。

为了使调查结果有明显的市场特点，调查对象全部选择了个体与集体性质的网点。

三、北京市商业用地租金的特点分析

(一)、北京市城市商业用地租金的空间分布趋势

(1)调查数据的简单统计分析

极值及其分布：平均每平方米最高月租金值是王府井东安市场内服装销售点，租用营业面积 3m²，平均租金为 6000 元。

数据分布特点：据调查数据分析，平均租金 1000 元/m² 以上的仅占调查网点总数的 8.3%；500—1000 元的占 4.5%；100—500 元的占 20.7%；100 元以下的占 66.5% 数据呈明显的偏态分布(见表 1，表 2，图 1)。

(2)商业用地租金与主要商业中心的空间关系分析

趋势分析：选择各调查路口商业网点用地租金的平均值与该路口距一般公认的北京市最主要商业中心王府井的直线距离回归分析。

本文是在北京师大地理系程连生老师指导下完成的。

参加调查的有勾双宝、许俐俐、李曼、刘完尧、杜铁屹、吴昌明、钟高焦、程春涛、鲍振葵、周业芳、彭磊、黄瑞民、梁勇等。

按一般商业用地的效益与该地距主要商业中心的距离呈下述关系：

$$Y=Ae^{Bx}$$

(1)

表 1 月平均租金的数据分布

Tab1.Averaged month rent feature

| 组 别 | 起止点(元) | 多 度 | 所占比例(总数=363) |
|-----|-----------|-----|--------------|
| 1 | 6000-2000 | 12 | 3.3 % |
| 2 | 2000-1000 | 18 | 5.0 % |
| 3 | 1000-900 | 0 | 0 |
| 4 | 900-800 | 4 | 1.1 % |
| 5 | 800-700 | 2 | 0.6 % |
| 6 | 700-600 | 6 | 1.7 % |
| 7 | 600-500 | 4 | 1.1 % |
| 8 | 500-400 | 5 | 1.4 % |
| 9 | 400-300 | 9 | 2.5 % |
| 10 | 300-200 | 18 | 5.0 % |
| 11 | 200-100 | 43 | 11.8 % |
| 12 | 100-90 | 3 | 0.8 % |
| 13 | 90-80 | 27 | 7.4 % |
| 14 | 80-70 | 20 | 5.5 % |
| 15 | 70—60 | 21 | 5.8 % |
| 16 | 60-50 | 36 | 9.9 % |
| 17 | 50-40 | 25 | 6.9 % |
| 18 | 40-30 | 40 | 11.0 % |
| 19 | 30-20 | 31 | 8.5 % |
| 20 | 20-10 | 29 | 8.0 % |

表 2 月平均租金频率

Tab 2. Averaged month rent of frequency

| 组 别 | 起止点(元) | 频数(V _i) | 频率 $f_i = \frac{v_i}{n}$ (n = 363) | P(x)=f(i)/起点终点差 |
|-----|-----------|---------------------|------------------------------------|------------------------|
| 1 | 6000-2000 | 12 | 0.033 | 0.825×10^{-5} |
| 2 | 2000-1000 | 18 | 0.050 | 0.5×10^{-4} |
| 3 | 1000-800 | 4 | 0.011 | 0.55×10^{-1} |
| 4 | 800-600 | 8 | 0.022 | 0.11×10^{-3} |
| 5 | 600-400 | 9 | 0.025 | 0.125×10^{-3} |
| 6 | 400-200 | 27 | 0.074 | 0.37×10^{-3} |
| 7 | 200-100 | 43 | 0.118 | 1.18×10^{-3} |
| 8 | 100-80 | 30 | 0.083 | 4.15×10^{-3} |
| 9 | 80-60 | 41 | 0.113 | 5.65×10^{-3} |
| 10 | 60-40 | 61 | 0.168 | 84×10^{-3} |
| 11 | 40-20 | 71 | 0.196 | 9.8×10^{-3} |
| 12 | 20-0 | 39 | 0.107 | 5.35×10^{-3} |

其中：Y 为平均租金值，x 为距离，A、B 为待定常数

将(1)式线性变换为： $Y' = A' + Bx$ ，其中 $Y' = \ln Y$ $A' = \ln A$ 经一元回归计算得出：

$$Y' = 4.883 + (-0.000167)x$$

$$R = -0.42828$$

经检验： $R_{0.001, 70} = 0.3799 < |R|$

可以认为样本之间呈极显著负相关。

经还原最终方程为： $Y = 132.02e^{-0.000167x}$

北京市各主要路口商业用地租金与该路口距王府井的距离呈负指数相关，随着距离的增加，租金值指数递减(见图 2)。

分布空间的分析：北京市商业用地租金在空间上呈类似同心圆状分布，由市场中心向周围高到低递减，在一定范围内(0.5km 左右)，距离高等级商业中心愈近，租金越高，呈明显环带状。当超过这一范围后，虽然租金递减的大趋势依然存在，但其分布的形状就不如前述地点的规则。随距离的进一步增加(2km 左右)，出现次一级的商业中心之后，环带状又变得明显起来(见图 3)。

北京市商业用地租金的高峰区分别是王府井、前门-大栅栏、西单、东单以及双榆树地区。以王府井商业区的租金额最高，最低值达 830 元/m²。最高每月 6000 元/m²。西单、东单商业区顺南北向主干路，租金额在由市中心向边缘降低的大趋势下，出现了一系列较低的峰值(见图 4)。商业用地租金额的降低在整体上是沿北京市的几个交通轴呈星状由市区向郊外扩展，最低值

一般在三环地区附近。在一些占地面积大，对公众有吸引力的公共建筑，公园古建等周围，也形成租金的峰值区(见图 4)。

2. 空间分布趋势产生的原因

商业租金由两个因素组成：转换收益与经济(稀缺)租金。转换租金是一种机会成本，表示土地持有者如将土地供其它用途所能获得的最大收益。经济租金代表高于转换收益的溢价。所以能获得溢价是因为经常存在着竞争以要求取得稀缺土地。由于城市土地供应无弹性，越接近城市中心越是如此。随着与商业中心趋于接近，经济租金在总租金中所占的比例越来越大。所以对商业中心区土地需求的任何增加，就会反映为商业租金的大幅度上升^[1]。商业中心区由于其区位优势、交通便利，基础设施完善商业用地的需求远远大于其它地区，形成了商业租金的高峰区。如王府井地区，自明代作为商业街以来，已有四五百年历史，多年前就是京城最繁华的地区之一。后又新建了一些大型商店，并改善了交通环境，配备了良好的公共设施，逐渐成为北京最大的商业中心，顾客如云，寸土寸金，表现为极高的商业用地租金。可以说，商业用地租金的高低体现了区位的优劣和地区经济活力的强弱。

城市土地供应的固定性决定了城市中心区高额的经济租金，即商业用地的高额租金。而某些非高等级商业地区的租金也十分昂贵，则是由于特殊的区位及环境优势所导致的。双榆树地区形成的商业租金高峰区，就是因位于中国科学文化最发达的海淀区中关村附近，其有信息与科技优势，随着电子计算机等一系列高技术、高产值产业和商业的兴起，这里形成了高技术产品的交易中心，这种产业的高额利润导致了区位竞争中的高租金。所以这里形成了一个和市区的规律有一定例外的租金高值区。

北京市商业租金形成环带状分布的原因是城市土地利用方式的选择，受到地块的自然要素、城市建设政策、城市社会经济结节点的分布、地块在城市经济活动中的区位特点等众多因素影响。在这些因素影响下，导致了特定地块的土地利用方式的不同。而在不同的利用方式下，地块在城市内部发挥的作用以及所产生的价值是不同的，这种不同反过来又影响土地利用方式的选择，并在空间上表现为各种不同利用方式在城市不同地区的集聚分布。在距市中心近的地方，交通便利，是城市物资与人员的集聚地，具有明显的区位优势，许多商业经营者都竞争这里的有利可图的土地的使用权，使叫价地租(bidrent)不断上涨。只有能付出相当数量的租金的经营者，才能在这一地区立足。相应的，那些难以担负高额租金的商业类型，被迫迁移到距市中心较远，地租相对较低的地区。正是这些影响，就出现了商业租金的环带状分布特征。由于城市建筑物的影响，这种环带状分布呈现不规则的多边形或沿主干道路延伸的星状，在三环路附近形变为伸长状或其它异形(参见图 3)。

在多种因素影响下，城市地租的分布区位往往很复杂，偏离理论曲线。在象北京这样的大城市中，容易形成多级不同规模层次的商业中心，城市土地利用及地租呈现多中心等级结构模式，形成波浪式衰减曲线(见图 5)。

多级商业中心形成多级商业租金额，各个不同的商业中心分别形成自己的经营范围。克里斯塔勒^[2]。北京大学杨吾扬^[2]对这一现象都有专门研究。

由于消费者的多元购买行为，使彼此连接成线或成片的商业区，对消费者有更大的吸引力。在这些繁华的商业街区经营比零星散落的商业点，更易

形成高效益。东单、西单就是这样的高租金的商业街区。

据趋势面图的分析，商业用地租金峰值区的分布，和北京市交通道路的等级分布体系紧密相关，体现了交通便捷程度对商业用地区位影响极大。

四、讨 论

1. 据对北京市城市商业用地租金空间分布趋势的分析，在租金的峰值区，土地可以获得很高的租金收益，有很高的社会经济价值。在城市土地利用结构中，必须充分重视商业租金的峰值地区，进一步完善商业租金峰值地区的土地利用结构，充分合理利用这部分土地。

城市商业用地租金的分布很不平衡，在距离商业中心较远的地区，租金值低，吸引商业布局的引力弱。为了方便人民群众生活，繁荣这些地区的经济，应改善该地的区位条件，即改善交通、基础设施的投入，增强对商业的引力。

2. 级差地租分析，同一面积、同一质量的房屋所提供的效用是相同的，不同地点的房屋因位置的差异而导致的建筑差价是有限的，而由土地位置、集体投入产出所造成的土地社会生产力的差异会带来显著的地租差额，这就是级差地租。调查结果产生的用地租金空间结构，一定程度上反映了北京市城市土地级差地租的变化趋势。

在一级地段调查了约 900m² 营业面积，如果级差地租按房租的 80% 计算^[3]，这个被调查的面积每月将产生约 39 万元的租金损失。而实际的商业用地面积比我们所调查的面积要大得多。

在二、三级地段上，虽然租金额稍低，但面积要大得多，加算起来，也是一笔巨大的资金(见表 3)。

表 3 级月平均租金对比表

Tab 3 comparison of Averaged month rent

| 级 别 | 加收百分比 | 标准平均租金(元/m ²) | 调查得月平均租金(元/m ²) |
|-----|-------|---------------------------|-----------------------------|
| 1 | 150 % | 7.7 | 546.6 |
| 2 | 100 % | 6.16 | 55 |
| 3 | 30 % | 4 | 30 |

如果级差地租可以用来还原地价，那么，根据前面的计算，一级商业用地的平均地价以年利息率 7.2% 计算：

$$\text{一级地平均 } V=737 \times 12/0.072=122-832 \text{ 元} \cdot \text{m}^2$$

$$\text{二级地平均 } V=87.5 \times 12/0.072=6252 \text{ 元} \times \text{m}^2$$

若商业：工业：住宅地价水平约为 10 2 1，则第二级地段的工业用地地价约为 1500 元，住宅约为 625 元。北京市有关单位前几年算出的土地级差收益值有大大偏低的可能。

3. 北京市房地产管理局房租等级的对比研究。房租和地租有一定相关关系，房租中包括地租、建房费用及各项管理支出，后两者在同一区内是相等的。一所相似构造、规模、质量的房子，在市中心区和郊区都用作商业用房，而它们各处所能获得的利益会有天壤之别。在土地有偿使用的前提下，因为市中心获得的效益高，所以房主在这里占有地皮所付出的代价远远高于郊区同样面积地皮的代价。房主的高价房租正是为了补偿他所付出的高额地

租。因此，地租高的地方，房租一定高。

北京市房地产管理局 1988 年公布的工商企业租用公房租金的标准。月平均标准房租 3.08 元每建筑平方米，同时按地段等级加收一定百分比的级差租金，一级地段加收 150%，二级地段加收 100%，三级地段加收 30%。北京市房地产管理局所划分的地段等级和调查的数据大致相吻合。但该等级划分稍嫌粗糙，没有考虑商业区内部的差异，三级地段的划分过于笼统，忽略了低等级商业中心的作用。没有考虑非传统商业区地方的高租金的出现，如双榆树地区。

另外，北京市房地产管理局所规定的租金额偏低了(见表 3)。由于调查的有一部分仅是营业面积，假定租用总面积的平均租金是调查结果的 1/3，从而计算出表 3 的数值。从表中可以看出，调查所得出的租金额分别为该等级划分租金数的 7.1 倍，9 倍，7.6 倍，这个差值的总额是巨大的。

本研究是在国家土地管理局定级处胡存智、廖永林、岳小武、王嘉玲等同志大力支持赞助下完成的，谨向他们致谢！

参考文献：

1. K. J. 巴顿(英)，《城市经济学》，商务印书馆，1984，6。P34
2. 杨吾杨，《区位论原理》，甘肃人民出版社，1989，133-134
3. 转引自《中国地产信息》，1990 年 6 月 25 日刊。

城效生态过渡带的景观格局 ——以北京东郊为研究实例

杨居荣 张红梅

前 言

70年代后期,景观生态学在国际上成为异常活跃的领域,其理论探索已取得很大进展。在实际应用方面,也显示出它是一门有强烈应用意义的学科。景观生态学理论在指导土地规划和管理,自然保护、资源开发与利用,城市生态,旅游规划等方面,都能发挥其独特的作用。随着我国经济大幅度发展,城市化进程十分迅速,不仅原有城市的规模逐渐扩大,新的城市也在不断产生。城市化活动,人为开发影响不断增强,从而对以城市为辐射中心的郊区景观生态产生严重干扰。使处于城市和农村间的生态过渡带形成了独特的结构和功能性质,它具有城市化,工业化过程中典型的复合边缘特征,也突出地表现出农村生态系统向城市生态系统转变和演化过程中发生了一系列问题,为解决这些问题,研究掌握过渡带景观结构特点、发展趋势及其与开发的关系,对于促进城区和农村持续协调发展,制定合理的发展规划与对策,具有重要指导意义。

本文以我国北方具有代表性的大型城市——北京市东郊为研究实例,应用景观生态学理论,对城郊过渡带的景观格局及其动态进行分析,估价人类开发与建设活动对景观结构、功能的影响,以期为北京市城郊发展规划提供一定依据。

一、研究区自然地理条件及社会经济简况

研究区位于北京市东郊小区,行政区划属朝阳区,包括东风、平房、高碑店、南磨房、将台、王四营、太阳宫等乡,面积约 100km^2 。地处永定河冲积扇的中下部,地势平坦,为冲积平原地貌类型。海拔高度平均约 34m ,以 $1/1000$ — $1/2500$ 的坡度自西北向东南倾斜。

该区属季风气候区,冬季盛行干燥寒冷的西北风,夏季盛行温暖湿润的东南风,四季分明,冬干夏湿,高温与湿润同时发生。年平均降雨量约 640mm ,年内分布不均匀,年际变幅也较大。

主要土壤类型为褐土和潮土。质地以轻壤、中壤为主,呈弱碱性或碱性反应。农垦历史悠久,在多年人为经营下,土壤较肥沃,适宜北方一般农作物栽培。大部分土地已被开垦为农田,是市区粮食和蔬菜的生产基地。由于土地利用强度的加剧,自然植被已基本无存,代之以人工林地和农田植被。主要农作物有水稻、小麦、玉米、薯类及各种蔬菜。野生动物资源十分稀少,主要是猪、鸡、鸭等农畜。

随城市化的发展,该区社会、经济状况也有很大改变、经济产值大幅度上升,产业结构明显变化,已由解放初期的农、林、牧、副、渔五业结构发展为工、建、运、商、服十业俱全的综合经济发展结构。在人口的行业构成

上,由以农业为主变为以工业为主。据 1989 年调查,人口行业的构成状况是:建筑业占 44.61%,农牧渔业仅占 14.44%,建筑业 8.53%,商业、饮食业占 6.79%,国家机关占 5.66%。人均收入也有较大幅度上升。由于乡镇企业和第三产业的发展,较原来只靠种植业的收入提高了约 200 倍。

随着经济的发展,城市规模的扩展,使景观格局发生明显变化,天然景观趋于简化,而人工景观则趋于复杂,土地利用的经济效益不断提高。

二、研究方法

1. 航片的判读与转绘,取 1959 年、1975 年 1983 年及 1989 年四个时期,时间间隔为 6—8 年的遥感航片和地形图,选择北京市东郊约 100km² 覆盖范围为研究样地,以目视解释法,在立体镜下判读,利用相似形网格法,转绘为 1:25000 的土地利用图,以此作为划分景观格局的基础。

2. 景观嵌块体类型划分。采用国内常用的土地利用现状分类的一级系统,并根据当地具体情况,作了必要改动,将景观组分划分为旱地、水田、水浇地、菜地、林地、苗圃果园、城镇工矿用地、农村居民点用地、水域、荒地、十种类型。宽度较窄的廊道如公路、铁路、沟渠等由于在 1:25000 地形图上不易量算,分别划于相应景观组分中。

用求积仪量算景观图中每个图斑的面积,并汇总计算出 10 类景观组分的总面积,作为研究景观格局的基本参数。

三、城郊生态过渡带的景观格局现状及其变化。

1. 过渡带景观格局特征

根据 1989 年航片转绘的景观生态图(图略),10 类景观组分的面积和分配比例如表 1. 调查

表 1 1989 年各嵌块体面积(hm²)和分布比例

Tab.1 the size(ha) and distributed propotion patches in 1989

| 嵌块体类型 | 旱地 | 水田 | 水浇地 | 菜地 | 林地 | 苗圃果园 | 农村居民点 | 城镇工矿 | 水域 | 荒地 |
|---------|-------|-------|--------|--------|-------|------|-------|--------|-------|------|
| 面积 | 111.4 | 313.9 | 1834.0 | 1346.7 | 121.5 | 52.5 | 20.7 | 6070.4 | 135.9 | 18.5 |
| 分布比例(%) | 1.11 | 3.13 | 18.3 | 13.4 | 1.21 | 0.52 | 0.21 | 60.6 | 1.36 | 0.18 |

区内可以看到二种景观结构和一个过渡带,即基质为城市工矿用地的城市景观,以水浇地为基质的农村景观及其间的过渡带,城市景观自市区向外延伸,嵌块体以城镇工矿用地为主,间有稀少绿色林地斑块。农村景观已外推至调查区边缘,分布范围已很小,基质为水浇地,分布有菜地、旱地、水田、林地等嵌块体。从各嵌块体组分占整个景观的比例可见,城镇工矿用地已占据很大比例,达 60.5%,而旱地、水田、水浇地、菜地及农村居民点等农村景观组分的合计仅约占 36%,可见该调查区的景观格局已由原来的农村景观,逐渐过渡到城市景观。

为定量(半定量)表征过渡带的景观特征,采用多样性指数这一指标。多样性指数是一种基于信息论的计测指数,其计测原理是借用了信息论中不定性的研究方法。在景观结构分析中,多样性指数可用来指示景观的多样性和均匀性。土地利用类型越丰富,破碎程度越高,其信息含量的不定性也就越

大，多样性指数也就越高。因此，多样性指数可以反映不同类型的资源管理和开发形式，其计测公式为：

$$H = -\sum_{k=1}^n P_k \log_2 P_k$$

其中 n 为景观类型数， P_k 表示第 K 种景观类型的面积占整个区域面积的比例，H 值越大，表明在调查区域内景观类型越多。

对过渡带中三种景观类型的多样性指数计算结果，城市景观的多样性指数为 0.61，过渡带为 1.92，农村景观为 0.69，显然在城区及农村单位面积内景观类型的数目是少的，这两处多样性指数都很低，过渡带土地利用类型最丰富，景观信息量最大。

2. 过渡带景观格局动态

表 2 列示了同一样地 1959 年、1975 年、1983 年和 1989 年四个时期 10 种景观组分的面积，其结果表明，该过渡带在 30 年间，景观格局发生了明显改变。各类嵌块体的面积和数目随时间而明显变动，有不同程度增减。

表 2 不同年代各类景观嵌块体面积 (hm²)

Tab.2 the size(ha) of different lanscape patches of the some time

| 嵌块体类型 | 1959 年 | 1975 年 | 1983 年 | 1989 年 |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| 旱地 | 1699.5 | 120.0 | 102.1 | 111.4 |
| 水田 | 326.7 | 723.4 | 663.0 | 313.9 |
| 水浇地 | 46.9 | 2197.9 | 1667.1 | 1834.0 |
| 菜地 | 1554.0 | 1822.7 | 1926.8 | 1346.7 |
| 林地 | 85.2 | 106.1 | 116.9 | 121.5 |
| 苗圃、果园 | 41.5 | 49.8 | 88.7 | 52.5 |
| 城镇、工矿 | 3230.9 | 4408.9 | 5178.1 | 6670.4 |
| 农村居民点 | 656.6 | 242.5 | 40.5 | 20.7 |
| 水域 | 91.3 | 112 | 111.7 | 135.9 |
| 荒地 | 1868.5 | 426.9 | 134.7 | 18.5 |

(1) 基质发生明显变化，从 1950 年的景观生态图(图略)看出，城郊过渡带的景观基质为旱地，占据景观面积的绝大比例，至 1959 年，旱地面积已减少，但仍占农村景观面积的 39.3%，到 1975 年已锐减到 2.7%，基质已由旱地变为水浇地。水浇地占据农村景观组分的比例已从 1959 年的 1.1%，升高到 49.8%。此后虽然由于城市用地的扩展和水资源限制等原因，水浇地面积略有减少，但大体呈稳定水平。从过渡带整体看，自 1975 年后即明显呈现城市化现象，基质已成为城市工矿用地。

(2) 各类嵌块体面积的变化规律，除以上所述水浇地大幅度上升，城市工矿用地增加之外，水田面积在 70 年代上升最高，此后又呈减少趋势，呈现一峰形。至 1989 年基本回恢到 50 年代水平。这主要与城市化发展，郊区职能变化有关，同样原因，菜地面积在 1983 年以前逐渐上升，到 1989 年开始下降。如将菜地、果园、渔塘用地作为衡量近郊供应城市菜、果等副食的职能指标，其变化率(见表 3)逐年下降，说明城市外延，近郊逐渐向远郊发展。农村居民点也由于农转非的变化，面积明显减少，更为突出的是荒地面积在

70年代即大幅度减少，绝大部分被开垦利用，开发殆尽，到1989年已很少保留，预示着土地承载能力的饱和，此外，林地、苗圃和水域面积也呈增加趋势。

采用下式计算各类嵌块体面积的增长率

$$K = \sqrt[n]{\frac{A_n}{A_0}} - 1$$

其中 A_n 为嵌块体在 n 年的面积， A_0 为调查始期的面积， n 为年限，计算得到各类嵌块体年增长率变化如表 3，可以看到城市工矿用地一直呈增加趋势，且增长率逐年增大。

表 3 各类嵌块体的变化趋势

Tab.3 the changes of patches

| 嵌块体 类 型 | 1959-1975 | 1975-1983 | 1983-1989 |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| | 年变化率(%) | 年变化率(%) | 年变化率(%) |
| 水 田 | +5.09 | -10.90 | -13.27 |
| 旱 地 | -15.30 | -0.50 | +1.47 |
| 水 地 | +1.30 | - | +3.31 |
| 水浇地 | +27.2 | -3.40 | - |
| 菜 地 | +1.00 | +0.70 | -5.80 |
| 林 地 | +1.56 | +0.86 | +0.64 |
| 苗圃、果园 | -1.14 | +7.5 | -8.4 |
| 荒 地 | -8.9 | -13.43 | -28.00 |
| 城市、工矿 | +1.96 | +2.03 | +2.68 |

图 1 为从景观生态图中摘录局部区域内城市景观及农村景观的变化状况图，从中可窥见该地区城市化的急速扩展。城市化过程对外围地区景观产生明显影响，在城市和农村的交接地带，自然景观嵌块体逐渐被人文景观嵌块体所取代。这表明城市规模的扩大，用地的扩展，除靠自身用地的调整外，主要通过占用城市外围农田、荒地、林地等进行外延发展。

(3)作为联系城市和农村的道路——景观组分中的廊道变化也十分显著。自 1959 年后，新建京秦、京承铁路及京津、京榆、京承公路干线，加上水路运输，使得承担联系各景观组分的廊道逐渐增加，对景观整体功能的实现起重要作用。

四、城市开发与过渡带景观格局

如前所述，北京东郊小区的景观结构经 30 多年的演化过程，发生了根本变迁。这种演化与人为的开发、建设活动密切相关。为分析其间的相关趋势，以调查区各乡(及全区平均)为点，绘制了 70、80、90 年代的城区扩展，土地经济密度及人口密度的发展趋势图(见图 2)。其中城市扩展是以城市工矿用地面积为指标。经济密度以单位土地的经济产值(工农业总产值)万元/ km^2 为指标。人口密度取单位面积的人口数(人/ km^2)。从图中结果可见，自 70 年代以来，城市逐渐向外扩展，尤以高碑店、南磨房及平房乡扩展迅速。城市建设和经济的发展，使土地利用类型发生改变，与此相应景观功能也产生明

显变化。使原有的土地经济密度较低的农村景观被经济密度较高的城市景观所取代，三者之间呈现较一致的发展趋势。其中人类的开发利用是造成景观结构改变的主体。随着城市的扩展，土地的经济密度不断提高，人口密度也呈增加趋势，然而，土地的承载能力是有一定限度的。本调查区 30 年来，荒地几乎开垦利用殆尽，如城区继续扩展，势必继续占用更大范围的农田。

城郊生态过渡带是由众多的嵌块体、廊道、基质组成的大系统它的和谐运转主要依靠景观组分及功能的相互作用和协同配合。城区、郊区、农村生态良性循环的形成，也是这些组分

间相互作用，协同有序的结果。组成该地区的景观要素，对城市经济发展的意义，不仅在于作为某种土地资源或用地类型，它还具有维持生态稳定的功能。因此，在考虑城市发展的经济效益的同时，也应注重城市生态效益的提高，合理配置城郊过渡带的景观格局，才能使城市和农村生态系统持续协调发展。

五、急变带的划分及其特征

以上城郊生态过渡带景观结构的整体变化反映了城市化的发展过程，从时间动态看，其变动是渐进的。从空间范围看，在城市生态系统与农村生态系统的交错带，由于两个系统各自的能流、物流特征都可能在带内出现，于是集中了两个系统的信息，故出现了信息量最大，景观结构最复杂的急变带。从物质生产上看，过渡带以外主要生产农副产品(有机物)，并输往城市。过渡带内侧主要生产工业品(无机物)，销往农村。在过渡带上两种生产方式都可能是主要的，故兼具农村景观和城市景观物质生产和流通特点，与过渡带内外发生双向交流。而过渡带中的急变带则是信息流从两侧集中和汇集的焦点，是景观生态的最活跃地带，其异质性最强。对该急变带位置及其动态进行分析，有助于研究城市化进程和预测发展趋势。为此尝试采用景观多样性指数法，对整个过渡带的景观结构信息进行搜索，并大体划分急变带。作法是以市中心为辐射中心点，计算不同辐射面积内景观多样性指数。本文由于资料所限，仅以市区西部边缘的中点为辐射中心点，将调查区划分为 10 个环带(见图 3)，计算各环带的多样性指数，以便大体指示急变带位置。

由于农村和城市景观组分都较简单，故这两种景观多样性指数较低。而从城区向外和从农村向内两个方向上的景观多样性都增加，使得在城郊生态过渡带内的某一环带上景观多样性达到最大值，可确认该带为急变带。以 1983 年为例，将各环带的多样性指数计算结果示于表 4。从该结果看到，第 7 环带的景观多样性指数最高。

表 4 各环带的景观多样性指数(1983 年)

Tab.4 the diversity index of landscape of clitellum in 1983

| 环带 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 多样性指数 H | 0.64 | 0.71 | 0.97 | 1.23 | 1.57 | 1.84 | 2.14 | 1.62 | 1.24 | 0.75 |

表 5 为四个年代不同环带景观多样性指数的计算结果，可以看出，多样性指数变化呈峰型，城市及农村景观多样性保持低水平，说明景观具有较高的同质性，景观格局的水平分异很小，而在急变带内多样性指数最高，异质性最强，急变带将整个过渡带一分为二。

从时间动态可见，30 年间，该过渡带景观结构发生明显改变，急变带随时间延续而明显向外推移，即随城市化的发展，急变带逐渐向外延伸，如果城市化继续发展，在急变带内侧一定范围内，历史的变化将可于未来重现在此带外侧。因此，虽然不能具体预见哪一种斑块出现在哪一地点，但从整体而言，研究过去若干年代急变带外推的历史，就可以使我们预见未来景观结构的某些方面，从而为城市发展规划提供依据。

表 5 不同年代城郊过渡带的多样性指数

Tab.5 the diversity index of the landscape pattern in the suburban ecotone in different times

| 景观类型 | 1951年 | 1975年 | 1983年 | 1989年 |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 城 区 | 0.79 | 0.76 | 0.64 | 0.61 |
| 急 变 带 | 2.81 | 2.40 | 2.14 | 1.92 |
| 农 村 | 0.99 | 10.88 | 0.75 | 0.69 |
| 急变带位置 | 2 环 | 5 环 | 7 环 | 8 环 |

参考文献

1. 笃宁等 沈阳西郊景观格局变化的研究 应用生态学 > 1990.Vik No.1 75-84
2. 陈昌笃 景观生态学的理论发展与实际应用 中国生态学发展战略研究 > 中国经济出版社 1991.232-250

胶东半岛北部沿岸 7000 年以来的植被 演化与气候变化

李 强 马俊红 赵 济

胶东半岛北部沿岸包括蓬莱县城至成山头沿岸地区及庙岛群岛。胶东半岛地处华北地区最东部，受海洋影响，气候温和湿润，地带性植被为暖温带落叶阔叶林。半岛北岸受海陆轮廊和地形的影响，较之半岛南岸冬季风强于夏季风，气候略偏凉偏干。

孢粉组合及其变化在很大程度上代表植物群的变化，植物对环境变化，尤其是气候变化反应极为敏感，因此，孢粉分析是研究古植被、古气候变化的有效方法。本文拟通过对胶东半岛北部沿岸三个钻孔样品系统的孢粉分析，研究这一地区植被演化的基本过程，以揭示古气候变化过程及变化规律。

一、钻孔地层简述

胶东半岛属基岩港湾海岸，只在滨岸狭小的海积——冲积平原和海湾泻湖内分布有海相沉积地层。为取得沉积样品在半岛北岸设置了三个钻孔(图 1)，它们是小海钻孔、北王绪钻孔和月牙湾钻孔。

(一)小海钻孔(图 2-a)

小海钻孔位于威海与成山头之间的小海泻湖内。这是一仍在发育的泻湖，通过长约 1.1km 开口向北的狭长水道与海水沟通。钻孔深 5.1m，地层自上而下为：

- (1)灰棕色淤泥，含大量苇根，厚 0.25m。
- (2)黑色淤泥，含大量苇根，厚 0.16m。
- (3)黑灰色粉砂质淤泥，向下变黑色，含苇根和植物碎屑，厚 0.59m。
- (4)黑灰色、黑色砂质淤泥互层，含少量植物碎屑，厚 0.75m。
- (5)黑色砂质淤泥，向下变为灰黑色，厚 0.85m。
- (6)暗灰绿色淤泥，下部为灰绿色砂质淤泥，含大量植物碎屑，有螺、贝壳碎屑，厚 0.64m。
- (7)灰棕色淤泥，下部为砂质淤泥，含大量贝壳、螺壳碎屑，厚 0.43m。
- (8)灰绿色淤泥，夹砂质淤泥薄层，贝壳、螺壳碎屑向下逐渐增多，含植物碎屑，厚 1.50m。

据钻孔底部 ^{14}C 年龄 $4790 \pm 90\text{aBP}$ ，小海钻孔是一套 5000 年以来的细颗粒为主的泻湖相沉积。

(二)北王绪钻孔(图 2-b)

北王绪钻孔位于蓬莱县北王绪村滨海平原上，地表高于现今海面 7m，钻孔深 3.87m，地层自上而下为：

- 棕黄色、棕色砂，含有小砾石，结构松散，厚约 1m。
- 黑色中粗砂，夹锈红色砂层，向下含水量增加，厚 0.42m。

灰绿色、灰棕色中粗砂互层，向下粘粒增多，含贝壳、螺壳碎屑，厚 0.85m。

黑灰色粉细砂，含贝壳、螺壳碎屑，厚 0.17m。

灰绿色砂质粉砂，夹黑灰色砂质淤泥层，含贝壳、螺壳碎屑，厚 0.68m。

灰绿色砂质淤泥，含贝壳、螺壳碎屑，厚 0.60m。

灰绿色粘土，含贝壳、螺壳碎屑，厚 0.20m。据钻孔 ^{14}C 年龄，北王绪钻孔下部为 6500aB.P.—5000aB.P. 以来的泻湖相沉积，5000aB.P. 以来泻湖逐渐郁闭，为湖沼相沉积，最终泻湖被掩埋，沉积以海相砂坝砂层、陆相冲积砂层为主。

(三) 月牙湾钻孔(图 2—c)

月牙湾钻孔位于北长山岛月牙湾内路旁未填充的人工洼地，钻孔地表周边有 0.76m 的现代沉积物，其上至路面为 1.3m 厚的夹有砾石层的堆积物。钻孔深 4.45m，地层自上而下为：

黄色粉砂，厚 0.26m。

黄色亚粘土，含螺壳，厚 0.22m。

灰绿色粉砂，含螺壳及植物残体，厚 0.13m。

黄绿色淤泥，下部为砂质淤泥，中间夹灰白色粉细砂薄层，含植物残体，厚 0.50m。

灰棕色淤泥，含较完整螺壳及贝壳碎屑，少量植物残体，厚 0.28m。

灰绿色粉砂，含大量螺壳及贝壳碎屑，厚 0.76m。

灰绿色淤泥，夹灰绿色粉砂薄层，含大量螺壳及贝壳碎屑，厚 0.58m。

黑棕色粉砂，螺壳及贝壳碎屑减少，厚 0.47m。

灰绿色粉细砂，向下为粉砂，含少量螺壳贝壳碎屑，厚 0.44m。

灰绿色粉砂质淤泥，含少量螺壳、贝壳碎屑，厚 0.93m。

月牙湾钻孔底部 ^{14}C 年龄为 $7035 \pm 95\text{aBP}$ ，表层 ^{14}C 年龄为 $3585 \pm 80\text{aB.P.}$ ，这是一套距今 3000—7000 年的泻湖相沉积。

二、孢粉谱分析

(一) 小海钻孔孢粉谱(图 3)

小海钻孔孢粉含量丰富，共鉴定出 64 个科属的植物。乔木花粉以松属、栎属为主，其次有桦属、榆属、鹅耳枥属、桤木属等。草本及灌木花粉主要有蒿属、香蒲属、藜科、禾本科等。孢子有里白属、水龙骨科及硅藻、环纹藻、刺球藻等。

依据孢粉类型组合及含量变化，小海钻孔孢粉谱中可分出三个带：

带 (深 5.10—2.70m) 孢粉组合为栎-松-蒿-藜。其中乔木花粉平均占 43.4%，以栎属、松属为主，兼有多种阔叶树花粉。松属自下而上由 16% 增加到 19.7%，栎属则由 26.7% 减少到 17.4%。草本及灌木花粉略多于乔木花粉，平均为 47.3%，以旱生盐生的蒿属、藜科为主。本带下部多湿生、中生的草本花粉各类孢子，如香蒲属、莎草科、水龙骨科、刺球藻、环纹藻。

带 (深 2.70—0.90m) 孢粉组合为松-蒿-藜-水龙骨科。带中以草本及灌木花粉为主，平均占 51.6%，主要为蒿属、藜科和禾本科植物。乔木花粉自下而上逐渐减少，平均只占 35.9%，其中以松属为主，阔叶树花粉极少。孢子在带中呈增加趋势，以水龙骨科、里白属为主。

带 (深 0.90—0m)孢粉组合为松-禾本科-香蒲-蒿。草木及灌木花粉继续增加,达 58.4%,以香蒲属、禾本科、蒿属为主。乔木花粉减至 32.6%,松属占绝对优势,其它种属少见。

小海钻孔孢粉组合分带性反映本区植被类型变化经历了三个阶段,结合钻孔地层 ^{14}C 年龄,第一阶段为 5000aBP—2500aBP,以松栎为主的针阔混交林及旱生、盐生草本为主的滨岸草原,第二阶段为 2500aBP—1600aBP,以松为主的针阔混交林、滨岸草原,第三阶段为 1600aBP。目前,森林面积缩小,为针叶林、滨岸草本沼泽及草甸。

(二)北王绪钻孔孢粉谱(图 4)

北王绪钻孔共鉴定出 40 科属的植物花粉,乔木花粉以栎属、松属为主,次为桦属、栗属、胡桃属。草本及灌木花粉以蒿属、藜科、禾本科为主,次为菊科、麻黄属、毛茛科、莎草科。孢子主要为卷柏属和水龙骨科。

北王绪钻孔孢粉谱中可划出三个带和两个亚带:

带 (深 3.87—2.23m)孢粉组合为栎-松-蒿-藜。乔木花粉平均占 38%,其中松属含量为 11.5%,栎属略多于松属,为 15.6%。自下而上松属逐渐增加,栎属、桦属逐渐减少。草本及灌木花粉占 57.8%,以旱生盐生的蒿属、藜科为主。本带下部多湿生、中生的香蒲属、毛茛科、莎草科等。

带 (深 2.23—1.11m)与带 相比,乔木花粉继续减少,以松属为主,栎属含量较少,草本及灌木花粉仍以旱生盐生科属为主。本带又可分出两个亚带:

带 ₁(深 2.23—1.61m)孢粉组合为松-蒿-藜-栎。乔木花粉只占 30%,松属为 18.4%,栎属 6%,桦属 1.1%。草本及灌木花粉以蒿属、藜科为主,旱生中生的菊科、莎草科逐渐增多。

带 ₂(深 1.61—1.11m)孢粉组合为松-蒿-藜-卷柏。乔木花粉减至 20%以下,松属占 6%,阔叶树花粉极少。草本及灌木花粉以藜科、蒿属为主,旱生的禾本科、菊科、麻黄属含量大增。孢子种类、含量也逐渐增加,主要为卷柏属、水龙骨科、水龙骨科及膜蕨属。

带 (深 1.11—0.56m)孢粉组合为松-桦-藜-卷柏。乔木花粉含量有所回升,约占 20%,仍以松属为主,出现少量桦属。卷柏属孢子约占 10%左右。

北王绪钻孔孢粉组合分带规律表明本区植被类型经历了四个阶段的变化,第一阶段对应于钻孔地层 ^{14}C 年龄揭示的 $6435 \pm 95\text{aBP}$ — $5165 \pm 90\text{aBP}$ 一段,为以松栎为主的针阔叶混交林及广大的草原、滨岸草本沼泽,第二阶段为以松为主的针阔混交林及滨岸草原,第三阶段为针叶林、草原,第四阶段为松栎林及滨岸草原。根据钻孔地层沉积速率推测,并对比小海钻孔孢粉带谱,第二阶段对应的时间为 5000aBP—2500aBP,第三阶段为 2500aB-P—1600aBP,第四阶段为 1600aB.P.—至今。

(三)月牙湾钻孔孢粉谱(图 5)

月牙湾钻孔共鉴定出 47 个科属的植物花粉,乔木花粉以栎属、松属为主,次为榆属、桦属、鹅耳枥属、胡桃属,草本及灌木花粉以蒿属占优势,次为禾本科、藜科、香蒲属、莎草科等,孢子主要为水龙骨科,次为卷柏属。

月牙湾钻孔孢粉谱可以分出三个带及两个亚带:

带 (深 4.45—2.50m)带中乔木花粉占优势, 平均含量达 50%以上, 包括两个亚带:

带₁(深 4.45—4.03m)孢粉组合为栎-榆-香蒲-水龙骨科。自下而上植物科属由 8 种上升为 15 种, 乔木花粉中栎属含量由 12%增加到 64%, 榆属由 7%上升至 14%, 表现出植被类型增多、阔叶树花粉增加的特征。草本及灌木花粉以湿生、水生的科属为主, 香蒲占 20%以上, 蒿属约占 10%。

带₂(深 4.03—2.50m)孢粉组合为栎-榆-蒿-香蒲。乔木花粉中仍以栎属、榆属为主, 松属开始出现, 含量较少。自下而上松属、桦属逐渐增多, 榆属逐渐减少。草本及灌木花粉以湿生、中生的科属为主。

带 (深 2.50—1.46m)孢粉组合为栎-松-桦-蒿。乔木花粉含量达到 80%, 其中栎属仍占主要地位, 含量为 46.5%, 松属、桦属含量大增, 分别达到 25.8%和 7.2%。草本及灌木花粉以旱生、中生的蒿属、禾本科、藜科为主, 湿生成分较少。

带 (深 1.46-0.50m)孢粉组合为松-栎-蒿-藜。本带以草本灌木花粉为主, 平均含量 70%, 主要为蒿属、藜科、禾本科、麻黄属等旱生植物。乔木花粉含量大减, 以松属为主。孢子含量增加, 达 5%-20%, 以水龙骨科、卷柏属为主。

月牙湾钻孔孢粉组合分带特征揭示本区植被类型变化的阶段性明显, 第一阶段对应于钻孔地层 ¹⁴C 定年的 7035 ± 95aBP—4570 ± 90aBP 时段, 为以栎为主的阔叶林及滨岸草本沼泽, 植被逐渐增多, 并走向繁盛。第二阶段针叶树逐渐增多, 为以栎为主的针阔混交林及滨岸草原, 第三阶段为以松为主的针阔混交林及滨岸草原。二、三阶段大致对应于 4570 ± 90aBP—3585 ± 80aBP 时段。

综合上述钻孔孢粉组合特征, 并参考各钻孔地层 ¹⁴C 年龄, 胶东半岛北部沿岸 7000 年来共有 5 个孢粉组合带, 自下而上为:

: 栎-榆-香蒲-水龙骨科孢粉带, 距今 7000-6500 年, 以月牙湾钻孔₁孢粉亚带为代表。

: 栎-榆-蒿-香蒲或栎-松-蒿-藜孢粉带, 距今 6500—5000 年, 以月牙湾钻孔₂孢粉亚带和北王绪钻孔的₁孢粉带为代表。

: 栎-松-蒿-藜孢粉带, 距今 5000-2500 年, 以月牙湾钻孔的₁孢粉带和北王绪的₁孢粉亚带、小海钻孔的₁孢粉带为代表。

: 松-蒿-藜-卷柏孢粉带, 距今 2500—1600 年, 以北王绪钻孔的₂孢粉亚带和小海钻孔的₁孢粉带为代表。

: 松-桦-藜-卷柏或松-禾本-香蒲-蒿孢粉带, 距今 1600 年至今, 以北王绪钻孔的₁孢粉带及小海钻孔的₁孢粉带为代表。

三、植被演化与气候变化

流水和风是孢粉传播的主要载体。胶东半岛河流多源自半岛的低山丘陵, 流程较短, 它携带的孢粉多是由半岛上生长的植被产生的; 半岛北部沿岸受夏季风影响小, 虽处于冬季风的迎风面, 但偏北风吹到这里经过了渤海、

黄海，它携带的大陆孢粉难以到达半岛。因此，半岛孢粉以本地成分为主，北部沿岸各钻孔孢粉分析能够反映本区植被演化和气候变化的过程和规律。

对应于前述的五个孢粉带，本区 7000 年来植被和气候演化经历了五个发展阶段。

第一阶段：7000aBP—6500aBP，植物种属、数量逐渐增加，森林面积逐渐扩大，以阔叶栎林为主的针阔混交林--滨岸草原逐步形成。这一时期阔叶树大量增加，林下和滨岸多喜湿的草本植物反映气候逐渐变暖，温和略湿。

第二阶段：6500aBP—5000aBP，以阔叶栎林为主的针阔混交林-滨岸草本沼泽或滨岸草原生长繁盛。这一时期的植被特征及各钻孔中均有少量喜暖湿的南方树种，如：漆树、榉树和胡桃等的花粉出现，反映当时胶东半岛北部沿岸的气候特征类似于现今淮河流域北部地区，年平均气温为 14℃，高于现今 2℃，气候温暖湿润。

第三阶段：5000aBP—2500aBP，以栎松共同占优势的针阔混交林向以松为主的针阔混交林过渡。这一时期松和旱生盐生草本植物增多反映气候趋向凉干，温和略干。

第四阶段：2500aBP—1600aBP，以松为主的针阔混交林-滨岸草原。这一阶段草本植物生长茂盛，以旱生的蒿藜为主，乔木以松为主，阔叶树极少的植被特征反映气候更趋于干燥，表现为温凉干燥的特点。

第五阶段：1600aBP 以来，针叶林-滨岸草本沼泽及草原。这一阶段湿生草本和桦树的出现反映气候有小幅度的变暖、变湿，表现为温和略干的特点。

胶东半岛北部沿岸 7000 年来气候变化过程揭示出：

1. 本区 6500aBP—5000aBP 气候变化与我国东部沿海同期的气候变化有很大的一致性。其时，辽南年均温高于现今 2—3℃^[2]，黄海高 3℃左右^[3]，渤海湾高 2—3℃^[6]，青岛地区高 2—3℃^[1]。

2. 本区 5000aBP 以来气候趋向干旱化，而胶南沿岸的青岛地区晚全新世气候为温凉略湿，两者间存在的差异与胶东半岛现代气候特征是吻合的，北部沿岸气候干燥与其所处位置、海陆轮廓和地形等因素有关。同时，华北地区是古文化的发祥地，胶东半岛地处华北地区最东端，依山傍水的环境及北部沿岸厚层的黄土、与辽东便利的联系均为人类生存提供了条件，北部沿岸许多剖面中形成于 4000—5000aBP 的古文化层反映本区 5000aBP 以来就开始有人类活动。人类活动的影响也是气候趋向干旱的一个重要因素。

四、结 论

1. 胶东半岛北部沿岸 7000 年来植被演化、气候变化经历了五个发展阶段。

2. 胶东半岛北部沿岸现代植被为暖温带赤松麻栎林，北部沿岸 7000 年来孢粉组合带中乔木始终以松栎为主的特征说明现代植被特征 7000aBP 以前就已形成，7000 年以来植被演化以植物群内部波动交替为特征。

3. 胶东半岛北部沿岸 5000 年来气候趋向干旱，这一特点与其所处地理位置有关，也是气候自身演化发展的结果，人类活动也是一个重要的影响因素。

致谢文中小海、月牙湾钻孔的孢粉鉴定由本系孢粉室绛廷梅老师等完成。北王绪钻孔孢粉鉴定由中科院地质所周昆叔先生完成。¹⁴C 测年数据由本系 14C 实验室郑良美老师等提供。本系徐振溥老师、李容全老师、邱维理老

师、贾铁飞同学及烟台师院的杨志荣、张振克、杨运恒老师等均参加了野外采样工作，在此一并致以诚挚的谢意！

参考文献

1. 韩有松、孟广兰，1986，青岛沿海地区 20000 年以来的古地理环境演变，海洋与湖沼，17 卷 3 期
2. 中国科学院贵阳地化所，1977，辽宁省南部 1 万年来自然环境的演变，中国科学，6 期
3. 国家海洋局第一海洋研究所三室，1979，黄海晚更新世末期以来古地理环境的演变，科学通报，12 期
4. 徐家声，1989，山东半岛北部全新世后期砂坝——泻湖发育与岸线演变形式，黄渤海海洋，7 卷 4 期
5. 刘敏厚、吴世迎、王永吉，1987，黄海晚第四纪沉积，海洋出版社，北京
6. 段万倜等，1978，我国第四纪气候变迁的初步研究，全国气候变化学术讨论会文集，科学出版社
7. 中国植被编辑委员会，1980，中国植被，科学出版社。

土壤盐渍化模型分析的实验研究

彭望琮 王昌佐 李天杰

地理信息系统(GIS)与遥感结合,解决遥感应应用中的各种复杂问题,已成为一种趋势。利用地理信息系统作为工具,输入多种信息源,建立识别模型进行分析,从而达到专题应用的目的。在这一较为普遍的工作流程中,如何建立好分析模型成为解决问题的关键。

研究土壤的盐渍化,国内外采用的方法很多。由最初的纯地学分析到近几十年发展起来的遥感地学分析;由卫星影像的目视判读到卫星数字图象处理;由单一卫星图象遥感源处理到遥感与非遥感信息源的分步分析;以及逐步发展到以地理信息系统作为工具,做多种信息源的模型分析,以达到定量分析的目的。本文将重点讨论土壤盐渍化的模型分析方法及在典型实验区的应用,并说明从地理环境条件入手,研究区域地形、水文、水文地质和土壤关系,以及适当改变模型参数的重要意义。

二、遥感与非遥感信息综合分析模型框架

土壤盐渍化模型是基于土壤发生学原理,对盐渍土进行遥感定量分析。在本模型中以 TM 卫星遥感信息为主要信息源,但这种信息只是一种地表光谱信息,反映的是土被结构和土壤类型多种因素的综合特征。因此尚不理想。而盐渍土的发生及其分布规律跟地形、地貌,水文地质等有密切的相互关系。为了宏观分析盐渍土的发生规律,将这些非遥感信息与遥感信息一起,建立数学模型,综合分析,从而达到提高分析可信度的目的。

地理信息系统方法,即把所有的数据:遥感数据与非遥感数据,均以相同坐标投影叠置、存贮在地学数据库中。如原为图像数据,则以栅格形式按波段分层存贮,如原为地图数据,则以矢量形式按图幅分层存贮,并在模型分析前将矢量形式转化成栅格形式与其他数据层叠置(overlay)、所有的层面均作到位置配准。

设所有层面对应的栅格单元为 X , 则:

$$X = [x_1, x_2, \dots, x_s, \dots, x_n]^T$$

n 为层面个数,按照广义的统计模式识别理论,设 w_j 为盐渍化等级,建立一个函数关系:

$$F_j = (1 - m) \ln[p(\omega_j)] + \sum_{s=1}^m \left\{ \ln \left[r_s \cdot P(\omega_j / x_s) \right] \right\} \quad (1)$$

这里: m 为信息源个数,由于遥感信息源往往由多个波段组成,故 $m > n$, P 为概率, r_s 为第 s 信息源的权重因子。这样 X 的所属级别 w 即可得到,只要满足:

$$F = \max[F_j(X)] \quad (j=1, 2, \dots, M)$$

M 为总级别个数

本文为中国科学院长春净月潭遥感实验站资助项目。

本文为中国科学院长春净月潭遥感实验站资助项目。

由于遥感信息可以用统计方法加以识别,并以此作为模型分析的预处理过程,因此函数 F 可简化为:

$$F_j(X) = P^{RS} + \sum_{q=1}^{m-k} \left\{ \ln \left[r_p \cdot P(\omega_j / xq) \right] \right\} \quad (3)$$

k 代表遥感信息源个数, r_q 只考虑非遥感信息, P^{RS} 为所有遥感信息的后验概率^[2]

三、研究区域特点

为了使模型分析带有普遍性,选择若干个地理环境不同的实验区,重点放在吉林省长岭县,并以山西省阳高地区作为比较区。

长岭县地处北纬 44° , 东经 124° 附近。这里土地资源和草场资源比较丰富,以农业为主。属北温带季风气候,春季干燥多风,夏季温热多雨,冬季严寒,年平均降水量为 470.6mm 。地质构造上,属于松辽拗陷盆地和东部隆起的一部分,地势东高西低,东部为高台地,中部为平原区,西部为起伏沙垄及沙垄间洼地。区域内无天然河流,地表水流通不畅,受地形影响,其地表水和地下水呈自东向西的运移趋势,而西部低洼地带则为内流区域,地下水埋深比较浅,经蒸发浓缩,矿化度比较高,长年积水区形成盐水泡子,而土壤则受到不同程度的盐渍化。

从盐分组成上看,长岭县盐碱土属于苏打盐渍化土,局部地区有硫酸盐和氯化物盐渍土分布。而从盐渍化程度上划分则分为盐碱土、重度盐碱化土、中度盐碱化土、轻度盐碱化土。受季风气候影响,其盐渍化程度有季节性变化规律。春季和秋季因蒸发作用大于降水,盐分累积大于淋洗,为积盐高峰期。夏季降水集中,淋洗作用为主,为脱盐期,冬季冰冻结果,为盐分相对稳定时期。

无论是从理论上,还是野外考察验证的结果都表明:长岭县盐渍土的分布规律主要受地貌、地下水状况等条件制约。故选择地貌,地下水埋深和地下水矿化度作为辅助信息,与遥感信息结合对盐渍化的类型进行综合分析,以便消除纯遥感信息分析中因植被,土壤水分等因素造成的同物异谱或同谱异物的不利影响,补充遥感信息之不足。

作为比较区的山西阳高盆地,位于东经 $113^\circ 50'$ 北纬 $40^\circ 20'$ 附近。属温带半干旱季风气候。土壤类型主要是草甸土和盐化草甸土。根据 6 月下旬的实地考察:植被种类和长势同盐渍程度密切相关。非盐渍化地区:或是种植的小麦长势较好、植被覆盖度高,或是属于河岸滩地、低洼、水分充足,矿化度不高,作物长势也良好。在其它地区则有不同程度的盐渍化,植被覆盖度不高,重盐渍化地区是一片白滩地。

分析阳高地区和长岭县,其盐渍土的成土条件具有相似之处。最主要的因子仍为地下水埋深和地下水矿化度,故选择地下水埋深和地下水矿化度作为遥感数据的补充因子。

四、地理信息系统方法

为了实现模型分析,为了方便地使用遥感数据和非遥感数据。采用地理信息系统方法,其流程如图 1 所示。数据输入部分主要输入遥感数据与非遥

感数据，包括卫星磁带的输入，选择子区并以栅格形式存贮；地下水埋深、地下水矿化度、地貌分级图等非遥感数据的输入，矢量格式转变成栅格格式，图斑上色并以图象形式显示出来。预处理通过几何校正完成不同层面的叠置；根据野外考察选择典型区域，作典型区域的统计分析，建立统计文件；建立各种非遥感信息源与盐渍化关系的参数文件等一系列的工作。模型分析利用所有存贮数据代入模型运算，并将运算后的结果分别以图象和统计表格形式显示于监视器或终端上。对结果进行分析，当结果不够理想时。研究输入参数的合理性，修改并重新完成模型工作，直到满意后将运算的图像、图形或表格结果以硬拷贝形式输出。

五、应用参数与模型实现

根据野外考察和地学分析，给出地貌，地下水埋深和地下水矿化度因子对不同程度盐渍化影响的概率参数。由于计算机存贮量有限，分析时只取其中一个样区实验。经多次比较选择，长岭县试验样区位于县城西南，区内不同盐渍化层次较多，还包括长岭县最大的水库——龙凤山水库。样区地貌特点为长岭县中部平原区内的一个封闭洼地，按相对高度和展布方式将地貌类型细分为：洼地，局部地势最低处；低平原，相对洼地，相对高度略高，地势相对平坦的低地地带；平原，相对高度更高的地势平坦的地带；缓倾斜平原为由平原向低平原过渡的地带，另外样区内平原之上还分布有少数的孤立固定沙丘。在搜集到的长岭县地下水矿化度图中，因等值线非常稀疏，提供的信息量有限，故以地下水埋深和地貌条件为主。见表 1、2、3，则式 3 可简化为：

$$F_j(X) = P^{RS} + P^{Potention} + P^{DIMAO} + P^{dgree}$$

P^{RS} 为 TM 影像得出的概率值

$P^{Potention}$ 为地下水埋深的概率参数

P^{DIMAO} 为地貌类型的概率参数

D^{degree} 为地下水矿化度概率参数

表 1 长岭县样区地下水埋深概率参数

| 分级 编号 | 地下水埋深 (米) | 水域 (%) | 非盐渍化 (%) | 轻度盐渍化 (%) | 中度盐渍化 (%) | 重度盐渍化 (%) | 盐碱土 (%) |
|----------|--------------|-----------|-------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| 1 | 0 | 100 | | | | | |
| 2 | 0 0.5 | 5 | | | 5 15 | 35 45 | 45 55 |
| 3 | 0.5 1 | | | | 5 15 | 65 75 | 15 25 |
| 4 | 1 1.5 | | | 5 | 45 55 | 15 25 | 20 30 |
| 5 | 1.5 2.5 | | 5 15 | 75 85 | 5 15 | | |
| 6 | > 2.5 | | 85 95 | 5 15 | | | |

表 2 长岭县样区地貌类型概率参数

| 分级 编号 | 地貌类型 | 水域 (%) | 非盐渍化 (%) | 轻度盐渍化 (%) | 中度盐渍化 (%) | 重度盐渍化 (%) | 盐碱土 (%) |
|----------|-------|-----------|-------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| 1 | 水 体 | 100 | | | | | |
| 2 | 洼 地 | 5 | | 5 | 10 15 | 60 70 | 10 15 |
| 3 | 低平地 | | | | 5 15 | 15 25 | 65 75 |
| 4 | 缓倾斜平原 | | | 65 75 | 10 20 | 5 15 | 5 |
| 5 | 平 原 | | 60 70 | 25 35 | | | |
| 6 | 沙 丘 | 100 | | | | | |

表 3 长岭县样区地下水矿化度概率参数

| 分级 编号 | 地下水矿化度 (mg/L) | 水域 (%) | 非盐渍化 (%) | 轻度盐渍化 (%) | 中度盐渍化 (%) | 重度盐渍化 (%) | 盐碱土 (%) |
|----------|------------------|-----------|-------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| 1 | < 500 | | 65 75 | 20 30 | 5 | | |
| 2 | 500 1000 | | 30 40 | 25 35 | 10 20 | 5 15 | 5 15 |

作为比较区，阳高地区地下水埋深和地下水矿化度的概率参数根据区域特点的差异，在参数值上有所变动，见 4.5。

表 4 阳高地区地下水埋深概率参数

| 分级 编号 | 地下水埋深 (米) | 非盐渍化 (%) | 轻度盐渍化 (%) | 中度盐渍化 (%) | 重度盐渍化和碱土 (%) |
|----------|--------------|-------------|--------------|--------------|-----------------|
| 1 | 1.0 1.4 | 0 | 10 | 20 30 | 60 70 |
| 2 | 1.4 1.8 | 0 | 20 30 | 60 70 | 10 |
| 3 | 1.8 2.0 | 15 | 60 70 | 10 20 | 5 |
| 4 | 2.0 2.4 | 50 60 | 30 40 | 5 10 | 0 |
| 5 | > 2.4 | 70 80 | 20 30 | 0 | 0 |

表 5 阳高地区地下水矿化度概率参数

| 分级 编号 | 地下水埋深 (米) | 非盐渍化 (%) | 轻度盐渍化 (%) | 中度盐渍化 (%) | 重度盐渍化和碱土 (%) |
|----------|--------------|-------------|--------------|--------------|-----------------|
| 1 | < 600 | 80 90 | 10 20 | 0 | 0 |
| 2 | 600 800 | 30 40 | 60 70 | 0 | 0 |
| 3 | 800 1000 | 5 10 | 70 80 | 10 20 | 0 |
| 4 | 1000 3000 | 0 | 0 | 70 80 | 20 30 |
| 5 | 3000 6000 | 0 | 0 | 20 30 | 70 80 |
| 6 | > 6000 | 0 | 0 | 10 20 | 80 90 |

则式 3 可简化为：

$$F_j(X) = P^{RS} + P^{Potertion} + P^{degree}$$

六、结 论

本实验利用了 GIS 方法，在识别卫星遥感数据模式的基础上，充分考虑地理条件，实现 TM 影象与水文、地貌等专题图叠置基础上的统计模型分析，并根据不同地区特点适当改变模型参数，可以提高分析可信度。表 6、表 7 分别列出了两个地区的分析结果。表中可以看出，以目视解译 1：10 万土壤盐渍度图作为参考数据，与模型分析结果比较，相对正确率可分别达到 91.7% 和 94.1%。

表 6 阳高地区实验区分析结果

| 方法 \ 占总面积的比例 | 分级 | 水域 (%) | 非盐渍化区 (%) | 轻度盐渍化区 (%) | 中度盐渍化区 (%) | 重度盐渍化区 (%) | 盐碱土区 (%) |
|--------------|----|--------|-----------|------------|------------|------------|----------|
| 参考数据 | | 2.7 | 4.5 | 52.1 | 30.7 | 7.5 | 2.5 |
| 模型分析 | | 3.2 | 4.0 | 48.3 | 30.9 | 10.5 | 2.8 |
| 相对正确率 | | | | | | | 91.7% |

表 7 长岭县实验区分析结果

| 方法 \ 占总面积的百分比 | 分级 | 水域 | 非盐渍化土 | 轻度盐渍化土 | 中度盐渍化土 | 重度盐渍化土 | 盐碱土 | 村镇 | 相对正确率 (%) |
|---------------|----|------|-------|--------|--------|--------|-------|------|-----------|
| 参考数据 | | 2.95 | 40.4 | 5.33 | 11.43 | 20.32 | 17.53 | 2.03 | |
| 仅遥感信息分析 | | 2.6 | 34.7 | 6.1 | 17.8 | 20.8 | 18.8 | 4.3 | 88.5 |
| 模型分析结果 | | 2.6 | 38.1 | 5.8 | 11.9 | 20.4 | 17.3 | 4.0 | 94.1 |

这种分析方法不仅用于盐渍化土壤的监测，只要改变因子和参数也可以推广到其它专题目标，实现多种因素的综合分析。因此本文所采用方法带有普遍意义。

参考文献

1. Swain, P.H. Richards, J. A. and Lee, T., Machine Processing of remotely sensed data Symposium(1985)PP211-218.
2. Peng, wang Lu and Li, Tian jie, Proceedings of the 11th Asian Conference on Remote Sensing, P-13-1 ~ 13-6

我国河流水环境风险容量研究

邓春朗 王华东

摘要：本文简述了水环境容量研究的意义及近年的进展。提出了环境风险容量的概念及计算方法，通过对全国某些河流的一些特定河段的有关断面的 COD 环境风险容量的计算，揭示了我国河流水环境稀释容量的区域差异及其地带性变化。

一、引言——河流水环境容量研究的意义

众所周知，环境容量是指某一环境或环境系统某一组成要素在人类生存和自然生态不致受害的前提下，所能承受外加的某种(类)污染物的最大负荷量^[1]。或者是相对于环境标准某一环境单元所能容纳的污染物数量，从某种角度看，环境容量是环境系统平衡关系、反馈机制、和自我调节能力的表征。可作为环境稀释与同化能力的测度。环境容量是由污染物质的特性(内因)和自然环境的特性(外因)共同作用所产生的结果^[2]。

环境容量是一种自然资源。开展环境容量的理论研究，不仅可以揭示自然环境的内在属性，而且对于制定污染物的地方性环境质量标准、开展区域环境污染的综合整治、实现新经济区的合理开发和工农业的合理布局，以及环境影响评价和战略分析等，都有直接的、重要的作用、而且为协调经济发展与保护环境的关系，为制定区域环境规划提供了科学依据。

因此，开展环境容量研究，在理论上，促进了环境地学、环境化学、环境系统工程学以及生产力布局等多学科的交叉和渗透；同时，在实践上，为实现总量控制规划提供了必要条件，从而对工业污染源排放的污染物作出优化分配决策。在城市发展过程中根据环境容量对工业生产布局可作出合理发展规模的判断，从而使环境管理、规划更加科学化。

正因为如此，近年来环境容量在我国环境科学界日益引起人们的重视和兴趣，它的研究也越来越深入，就水体环境容量而言，其类型可按下列原则划分为：

- 1. 按水体类型分 {
 - 河流与河口环境容量
 - 湖泊(水库)环境容量
 - 海域环境容量
 - 地下水环境容量
- 2. 按自净规律(作用机理)分 - 稀释容量 {
 - 稀释容量
 - 风险容量
- 3. 按污染物种类分 {
 - 可降解有机物环境容量
 - 难降解有机物环境容量
 - 重金属环境容量
- 4. 按利用状况分 {
 - 理想环境容量
 - 剩余环境容量

在上述四组类型之间,还可进行各种组合而产生若干亚型,例如,河流难降解有机物稀释风险容量,即为本文将要探讨的一类容量。

二、水体环境容量研究进展

自从日本学者提出“环境容量”这个概念以来,已有 20 余年的历史,环境容量在日本得到了广泛的应用。以环境容量研究为基础,逐渐形成了日本环境总量控制制度 [1]。

环境容量概念于 70 年代末引入我国之后,很快就在环境科学界广泛流行和迅速应用起来,许可(1982)首先在水体环境容量方面做了研究工作,使环境容量向定量化和实际应用方向前进了一步 [2]。随后被纳入了我国“六五”国家科技攻关计划。在沱江、湘江等一些河流(河段)的研究中深化了环境容量的理论,取得了不少令人可喜的成果 [3]。“七五”期间,“全国代表性水域环境容量开发利用研究”攻关课题的进行,伴随着总量控制制度和排污许可证制度的实施和推广 [4],使环境容量在我国的研究推向一个新的高潮。

然而,环境中污染物浓度是排放污染物数量、排放位置、排放方式、接纳区域环境特点等因素的一个复杂函数。由于以上这些因素具有明显的时空不均匀性,在它们制约下,污染物排入环境后,其变化过程(如自净作用)和浓度也具有明显的时间和空间的不均匀性 [5]。

自净——环境固有的特性,其强度和变化规律具有明显的区域性,即时空不均匀性。环境容量为自净作用的结果,故亦有明显时空不均匀性。

三、河流水环境风险容量计算模型

通常,在考虑河流的稀释作用来计算环境容量(即稀释容量)时,一般是用代表性枯水条件的设计流量和排放量,对保守性污染物用物质平衡原理来推求河流的环境容量。

尽管这种方法所求算出的环境容量可以对水质提供足够的保护,但不能定量刻划水质受保护的程度,也不能反映因流量和浓度的随机波动所带来的影响,而这种波动在河流流量和污染源排放量中都是客观存在的。

有鉴于此,本文将利用点源概率稀释模型(PDM-PS)来计算河流水环境风险容量,令人满意地解答了随机波动这一复杂的问题。至于 PDM-PS 模型及环境风险容量计算方法的详细介绍,请参阅“概率稀释模型及其应用”一文 [6]。

所谓环境风险容量,是指在满足某一水质标准及其某一超标概率的情况下,由影响河流稀释作用的各随机变量的联合概率分布(即 PDM-PS 模型)所确定的容许纳污量(或容许排放总量)。而给定的超标概率就是按照该容许排放总量执行时所承担的环境风险。

四、计算实例

此处将选择我国一些大小不同的河流(或河段)的断面对 COD 的计算作为实例,来分析我国河流风险容量的基本特征。

在选择河流与断面时,遵从以下几点:

(1)符合模型的使用条件与适用范围,即保守性(或难降解)污染物,完全

混合的一维河流；

(2)属于河网较密集，工业发达或较发达的地区；

(3)具有水文资料的河段；

(4)排污去向为同一河流(河段)的城市；

(5)具有水质监测资料的断面。

基于上述原则,在除了内陆诸河片和西南诸河片外的八个流域片(黑龙江流域片、辽河流域片、海滦河流域片、黄河流域片、淮河流域片、长江流域片、珠江流域片、浙闽台诸河片)中,选择了一些可获得资料的河段的某些断面(城市),共23个河段,26个断面(城市)(详见表1)。因资料来源问题所限,我们只能计算这些断面COD - 类环境质量标准的不同环境风险的容量。

(一)输入数据表(见表1)

表1 输入数据表(COD)

| 数据项 | | | V_{QS} | V_{QE} | V_{CE} | Q_s (m^3/d) | Q_E (m^3/d) | C_E (mg/L) | C_s (mg/L) | C (mg/L) | | |
|-------|-----|-----|----------|----------|----------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|-----------------|----|----|
| 河流与断面 | | | | | | | | | | | | |
| 黑龙江流域 | 松花江 | 佳木斯 | 0.808 | 0.20 | 0.80 | 160331000 | 430868 | 304.8 | 19 | | 20 | 25 |
| | 松花江 | 哈尔滨 | 0.791 | 0.40 | 0.80 | 104870000 | 2164 | 392.3 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| | 二松 | 吉林 | 0.512 | 0.10 | 0.70 | 38908000 | 1200000 | 284.0 | 12.5 | 15 | 20 | 25 |
| | 牡丹江 | 牡丹江 | 0.820 | 0.20 | 0.20 | 11838500 | 235260 | 1427.4 | 16 | | 20 | 25 |
| 辽河流域 | 太子河 | 本溪 | 4.268 | 0.15 | 1.20 | 4182710 | 561726 | 92.2 | 14 | 15 | 20 | 25 |
| | 浑河 | 沈阳 | 2.536 | 0.15 | 0.80 | 4188950 | 730685 | 478.3 | 21 | | 20 | 25 |
| | 浑河 | 抚顺 | 1.694 | 0.20 | 0.80 | 4743780 | 461096 | 424.2 | 13 | 15 | | 25 |
| | 小凌河 | 锦州 | 2.222 | 0.20 | 0.10 | 1474020 | 290110 | 2161.3 | 23 | | 20 | 25 |
| 海滦河 | 陡河 | 唐山 | 2.266 | 0.20 | 0.80 | 185355 | 443014 | 454.7 | 18 | | | 25 |
| | 洋河 | 张家口 | 1.284 | 0.20 | 0.20 | 1295700 | 127644 | 1068.9 | 14 | 15 | 20 | 25 |
| 黄河流域 | 黄河 | 兰州 | 0.669 | 0.20 | 0.90 | 90959688 | 320493 | 356.9 | 5 | 15 | 20 | 25 |
| | 湟水 | 西宁 | 0.971 | 0.25 | 0.70 | 1957130 | 79534 | 536.9 | 6 | 15 | 20 | 25 |
| | 渭河 | 咸阳 | 1.738 | 0.20 | 1.00 | 9315770 | 153600 | 213.0 | 24.7 | | | 25 |
| | 安阳河 | 安阳 | 1.094 | 0.20 | 1.10 | 608964 | 244284 | 161.6 | 4.7 | 15 | 20 | 25 |
| 淮河流域 | 淮河 | 淮南 | 1.231 | 0.10 | 1.20 | 62379200 | 191283 | 76.7 | 9.1 | 15 | 20 | 25 |
| | 淮河 | 蚌埠 | 1.311 | 0.20 | 0.50 | 75608200 | 182346 | 774.8 | 8.3 | 15 | 20 | 25 |
| | 沙河 | 平顶山 | 4.616 | 0.20 | 1.10 | 782785 | 259200 | 139.7 | 2.7 | 15 | 20 | 25 |
| 长江流域 | 金沙江 | 渡口 | 0.878 | 0.20 | 0.70 | 141317000 | 170630 | 500.9 | 6 | 15 | 20 | 25 |
| | 汉江 | 襄樊 | 0.825 | 0.20 | 1.20 | 135554000 | 205973 | 25.3 | 9 | 15 | 20 | 25 |
| | 湘江 | 湘潭 | 2.839 | 0.20 | 1.00 | 631138000 | 411428 | 130.3 | 10.7 | 15 | 20 | 25 |
| | 青弋江 | 芜湖 | 0.253 | 0.20 | 0.80 | 6994080 | 148060 | 456.0 | 5 | 15 | 20 | 25 |
| 浙闽台 | 沙溪 | 三明 | 1.094 | 0.15 | 1.10 | 27126800 | 613616 | 199.9 | 6 | 15 | 20 | 25 |
| | 晋江 | 泉州 | 1.339 | 0.20 | 1.00 | 11694400 | 106262 | 278.0 | 5 | 15 | 20 | 25 |
| 珠江流域 | 柳江 | 柳州 | 1.739 | 0.20 | 1.10 | 109117000 | 454767 | 174.4 | 6 | 15 | 20 | 25 |
| | 漓江 | 桂林 | 1.225 | 0.25 | 0.40 | 11138400 | 102055 | 872.9 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| | 邕江 | 南宁 | 1.277 | 0.20 | 0.10 | 115121000 | 225479 | 2150.6 | 9 | 15 | 20 | 25 |

(1) V_{QS} , V_{QE} , V_{CE} ——分别为河流日流量变差系数、污水排放量变差系数和排放浓度变差系数(COD)；

- (2) \bar{Q}_s ——河流多年日平均流量；
- (3) \bar{Q}_E ——废水日平均排放量；
- (4) \bar{Q}_E ——平均排放浓度(COD)；
- (5) \bar{Q}_s ——上游来水浓度(COD)；
- (6) C_L ——COD水质标准；仅取大于 \bar{C}_s 的那几类标准。

(二) 环境风险容量计算结果

根据计算机屏幕的提示信息,将表 1 的数据分别输入 PDM-PS 环境风险容量计算机程序进行计算,便可获得不同水质标准条件下的一系列环境风险容量(见表 2 至表 4)。在计算每个断面各项水质标准的风险容量时,风险均取从 0%到 100%的一系列特征值。只是考虑到篇幅及实际意义,本文表中所列的险容量仅摘取一些代表性的数值。

表 2 水质标准为 15mg/L (COD) 的环境风险容量

| 河流与控制断面 | | 风险 (%) | | | | | | | | |
|---------|-----|----------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | 容量(kg/d) | 0 | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| 黑龙江流域 | 松花江 | 佳木斯 | | | | | | | | |
| | 松花江 | 哈尔滨 | 6741 | 48200 | 103500 | 148900 | 199300 | 246700 | 280800 | 347700 |
| | 二松 | 吉林 | 4027 | 17770 | 30240 | 40210 | 48750 | 56830 | 64820 | 72960 |
| | 牡丹江 | 牡丹江 | | | | | | | | |
| 辽河流域 | 太子河 | 本溪 | 24.82 | 181.7 | 397.5 | 570.2 | 756.1 | 951.3 | 1164 | 1400 |
| | 浑河 | 沈阳 | | | | | | | | |
| | 浑河 | 抚顺 | 135.2 | 699.4 | 1322 | 2244 | 2493 | 2990 | 3583 | 4331 |
| | 小凌河 | 锦州 | | | | | | | | |
| 海滦河 | 陡河 | 唐山 | | | | | | | | |
| | 洋河 | 张家口 | 98.56 | 192.8 | 276.7 | 404.4 | 411.9 | 492.7 | 571.1 | 641.6 |
| 黄河流域 | 黄河 | 兰州 | 32050 | 206300 | 404100 | 587500 | 740400 | 923200 | 1066000 | 1326000 |
| | 湟水 | 西宁 | 697.6 | 3720 | 6964 | 9897 | 12590 | 15270 | 18130 | 22150 |
| | 渭河 | 咸阳 | | | | | | | | |
| | 安阳河 | 安阳 | 302.4 | 2047 | 3998 | 5742 | 7346 | 8948 | 10610 | 12380 |
| 淮河流域 | 淮河 | 淮南 | 48620 | 54000 | 118600 | 191500 | 275300 | 359800 | 428400 | 510400 |
| | 淮河 | 蚌埠 | 10670 | 67510 | 148200 | 216200 | 292300 | 365000 | 418500 | 521200 |
| | 沙河 | 平顶山 | 143.0 | 883.6 | 1710 | 2451 | 3139 | 3823 | 4560 | 5345 |
| 长江流域 | 金沙江 | 渡口 | 18550 | 116400 | 238000 | 343800 | 427200 | 530500 | 606100 | 752000 |
| | 汉江 | 襄樊 | 6471 | 62310 | 139600 | 215900 | 290200 | 363100 | 450800 | 559500 |
| | 湘江 | 湘潭 | 1577 | 25850 | 85040 | 149600 | 231900 | 312900 | 420500 | 564500 |
| | 青弋江 | 芜湖 | 3720 | 15250 | 25690 | 35260 | 41620 | 48860 | 57100 | 60770 |
| 浙闽台 | 沙溪 | 三明 | 1700 | 15510 | 34350 | 71840 | 91180 | 112600 | 134700 | 160000 |
| | 晋江 | 泉州 | 542.1 | 5162 | 12160 | 25280 | 27310 | 34870 | 44240 | 51820 |
| 珠江流域 | 柳江 | 柳州 | 2067 | 25450 | 68330 | 116000 | 171000 | 216500 | 293900 | 367900 |
| | 漓江 | 桂林 | 791.6 | 3853 | 7331 | 10770 | 13530 | 16770 | 19660 | 23660 |
| | 邕江 | 南宁 | 9194 | 38280 | 83240 | 128200 | 145600 | 192000 | 241200 | 268000 |

三、结论

1. 由于决定环境风险容量的主要因素——水文条件具有地带性的分布差异，所以环境风险容量也具有地带性变化。但又由于水文条件在一定地域内的非地带性及人类活动的影响，而使环境容量的大小出现了一非地带性的复杂变化。环境容量的这种空间地理规律性也是环境容量区划的理论基础。

从表 1 至表 4 所示的结果来分析；我国淮河以南，河网密集，总流量比淮河以北地区大得多，而流量变差系数比淮河以北小些，所以对污染物(COD)的容纳量大。同一水质标准(如 15mg/L)，同一风险(如 10%)容量，从北到南趋于增大，而且淮河以北的较小河流(或河段)多因河水背景浓度(上游来水浓度)较高，而“不存在”容量；即使“存在”剩余容量，也比淮河以南的小河流的容量小一个数量级；当水质标准为 25mg/L(表 4)时，所选择的试算河流(河段)尚有剩余容量“存在”，而且清楚地看出，淮河以南的河流水环境容量一般比淮河以北的大。但其中某些大中城市附近的局部水质环境容量已达到饱和的程度，剩余容量无几，水污染严重。

表 3 水质标准为 20mg/L(COD)的环境风险容量

| 河流与控制断面 | | 风险(%) | | | | | | | |
|---------|-----------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | | 0 | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| 黑龙江流域 | 松花江 佳木斯 | 2370 | 15600 | 31490 | 44530 | 57130 | 69580 | 82430 | 96040 |
| | 松花江 哈尔滨 | 13460 | 97470 | 209300 | 301100 | 402900 | 498900 | 567900 | 651500 |
| | 二 松 吉 林 | 12080 | 53310 | 90730 | 120600 | 146300 | 170500 | 194500 | 218900 |
| | 牡丹江 牡丹江 | 2374 | 7178 | 11700 | 15110 | 18000 | 20920 | 23730 | 26380 |
| 辽河流域 | 太子河 本 溪 | 148.9 | 1090 | 2277 | 3421 | 4537 | 5708 | 6982 | 8402 |
| | 浑 河 沈 阳 | | | | | | | | |
| | 浑 河 抚 顺 | 493.7 | 2531 | 4759 | 8197 | 8715 | 10690 | 13140 | 15270 |
| 海滦河 | 小凌河 锦 州 | | | | | | | | |
| | 陡 河 唐 山 | 65.48 | 264.4 | 434.0 | 566.2 | 678.1 | 783.0 | 886.1 | 990.8 |
| 黄河流域 | 洋 河 张 家 口 | 591.4 | 1157 | 1661 | 2426 | 2472 | 2957 | 3427 | 3850 |
| | 黄 河 兰 州 | 24040 | 154800 | 303000 | 440700 | 555300 | 692400 | 799200 | 994300 |
| | 湟 水 西 宁 | 514.0 | 2741 | 5131 | 7293 | 9276 | 11250 | 13290 | 15450 |
| | 渭 河 咸 阳 | | | | | | | | |
| 淮河流域 | 安阳河 安 阳 | 240.5 | 1542 | 3012 | 4325 | 5533 | 6740 | 7992 | 9321 |
| | 淮 河 淮 南 | 3333 | 37020 | 81310 | 131300 | 183700 | 240400 | 287000 | 368300 |
| | 淮 河 蚌 埠 | 7484 | 47330 | 103900 | 151500 | 204900 | 255900 | 293400 | 365400 |
| 长江流域 | 沙 河 平 顶 山 | 204.7 | 1271 | 2465 | 3538 | 4535 | 5542 | 6600 | 7740 |
| | 金沙江 渡 口 | 28850 | 181100 | 370200 | 534800 | 664600 | 825200 | 942800 | 1170000 |
| | 汉 江 襄 樊 | 11480 | 112700 | 271500 | 393700 | 529100 | 710300 | 817100 | 1014000 |
| | 湘 江 湘 潭 | 3436 | 55880 | 178400 | 331800 | 481000 | 695600 | 934700 | 116100 |
| 浙闽台 | 青 弋 江 芜 湖 | 5571 | 22840 | 40710 | 52630 | 62130 | 72950 | 85260 | 91040 |
| | 沙 溪 三 明 | 2645 | 24120 | 53430 | 82910 | 111800 | 142100 | 184500 | 218600 |
| 珠江流域 | 晋 江 泉 州 | 813.2 | 7744 | 19010 | 29110 | 40550 | 51800 | 65740 | 82990 |
| | 柳 江 柳 州 | 3215 | 39590 | 104600 | 177700 | 261900 | 356900 | 448200 | 561400 |
| | 漓 江 桂 林 | 1583 | 7707 | 14660 | 22110 | 28390 | 33340 | 39340 | 45930 |
| | 邕 江 南 宁 | 16860 | 70470 | 144500 | 235000 | 267000 | 351900 | 442200 | 491400 |

2. 由于环境风险容量是用一系列连续数值来表示的，故克服了试图用一个(或有限个)数值来表示环境容量的弊端，实现了环境容量“时空不均匀性”的综合表达方式。

3. 从一系列风险容量计算结果可以看出，当风险为 0%时容量是相当小的，而当风险从 0%略有增加时，容量即可突增，这说明 100%水质达标率对一般情况来说过严了，是不经济的。所以，环境风险容量概念的提出，为合理开发、充分利用有限的环境容量资源提供了科学依据，避免了环境“保护过度”或“保护不足”的两种极端行为；同时，也为水质管理规划的风险决策开辟了新的道路。

表 4 水质标准为 25mg/L(COD)的环境风险容量

| 河流与控制断面 | | | 风险(%) | | | | | | | |
|---------|-----|-----|----------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | | | 容量(kd/d) | | | | | | | |
| | | | 0 | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| 黑龙江流域 | 松花江 | 佳木斯 | 14190 | 98710 | 194400 | 282200 | 351900 | 438400 | 501500 | 577900 |
| | 松花江 | 哈尔滨 | 20220 | 144600 | 310500 | 446600 | 597700 | 740100 | 842400 | 1043000 |
| | 二松 | 吉林 | 20140 | 88850 | 151200 | 249300 | 298700 | 325200 | 385100 | 414800 |
| | 牡丹江 | 牡丹江 | 5340 | 16150 | 26330 | 34000 | 40500 | 47080 | 53900 | 61410 |
| 辽河流域 | 太子河 | 本溪 | 273.0 | 199.8 | 4175 | 6272 | 8318 | 10460 | 12800 | 15400 |
| | 浑河 | 沈阳 | 305.2 | 1414 | 2521 | 3485 | 4371 | 5264 | 6202 | 7216 |
| | 浑河 | 抚顺 | 811.4 | 4196 | 7932 | 13460 | 14960 | 17940 | 21500 | 25980 |
| | 小凌河 | 锦州 | 451.0 | 603.9 | 709.7 | 797.3 | 878.7 | 997.1 | 1116 | 1203 |
| 海滦河 | 德河 | 唐山 | 229.2 | 925.5 | 1519 | 1982 | 2373 | 2740 | 3101 | 3468 |
| | 洋河 | 张家口 | 1077 | 2096 | 2996 | 4401 | 4484 | 5180 | 6077 | 6874 |
| 黄河流域 | 黄河 | 兰州 | 16020 | 103200 | 202000 | 293800 | 370200 | 461600 | 532800 | 662900 |
| | 湟水 | 西宁 | 330.4 | 1762 | 3299 | 4688 | 5963 | 7232 | 8544 | 9931 |
| | 渭河 | 咸阳 | 12.03 | 119.6 | 255.3 | 413.2 | 575.7 | 754.8 | 959.5 | 1205 |
| | 安阳河 | 安阳 | 161.7 | 1037 | 2025 | 2908 | 3720 | 4532 | 5373 | 6267 |
| 淮河流域 | 淮河 | 淮南 | 1806 | 20040 | 44050 | 71110 | 99480 | 126400 | 158700 | 189200 |
| | 淮河 | 蚌埠 | 4293 | 26980 | 59260 | 86460 | 116900 | 146000 | 167400 | 208500 |
| | 沙河 | 平顶山 | 259.2 | 1602 | 3101 | 4444 | 5691 | 6948 | 8268 | 9690 |
| 长江流域 | 金沙江 | 渡口 | 39520 | 245800 | 502500 | 725900 | 902100 | 1120000 | 1279000 | 1587000 |
| | 汉江 | 襄樊 | 16700 | 164000 | 394900 | 572600 | 769600 | 1033000 | 1189000 | 1475000 |
| | 湘江 | 湘潭 | 5210 | 86000 | 264600 | 492300 | 763100 | 1034000 | 1890000 | 1865000 |
| | 青弋江 | 芜湖 | 7422 | 30710 | 52150 | 67760 | 86870 | 101800 | 108700 | 126700 |
| 浙闽台 | 沙溪 | 三明 | 3690 | 32740 | 72520 | 112500 | 153700 | 201900 | 241500 | 286500 |
| | 晋江 | 泉州 | 1084 | 10320 | 24680 | 40090 | 55770 | 71180 | 90260 | 104900 |
| 珠江流域 | 柳江 | 柳州 | 4364 | 53730 | 144400 | 245100 | 361200 | 457100 | 620400 | 776800 |
| | 漓江 | 桂林 | 2375 | 11560 | 22430 | 31590 | 40640 | 51850 | 60550 | 70450 |
| | 邕江 | 南宁 | 24520 | 102500 | 210200 | 341800 | 388300 | 511900 | 643300 | 714800 |

参考文献

- 1.周密等，环境容量，东北师范大学出版社，1987
- 2.许可，水体环境容量的理论研究，环境科学论文集，北京师范大学环境科学研究所，1982
- 3.中国环境科学研究院，第二届环境科学学术报告会论文集，中国环境科学出版社，1988
- 4.夏青等，水环境综合整治规划，海洋出版社，1989
- 5.郭震远等，环境容量与自然净化能力概念探讨，环境保护科学，9(3)：57~60，1983
- 6.邓夫朗，概率稀释模型及其应用，北京师范大学学报(自然科学版)，1990(增刊1)：102~108

^{14}C 年代测定报告(SD)

刘敬中 郑良美

摘 要

发表 ^{14}C 年代数据 104 个, 供地貌学、第四纪地质学、古地理学、古湖泊学、沉积学、古气候学等学科研究中判断年代时参考。

本实验室建成于 1982 年, 是地理系古地理研究室的一个科研实验室。十年来结合各项科研任务已做出 ^{14}C 年代数据数百个, 在此之前已两次发表正式数据报告。这次发表数据 104 个。其中大部分是近几年来我系教师在我国干旱及半干旱地区所做工作取得的, 也有少量其它地区的样品。本实验室采用镁法制备样品, 有关样品的处理、制备及制定过程已经在前两次报告中叙述。采样地点及层位根据采样者提供的资料整理。距今年代以 1950 年为起点, 计算年代采用国际通用半衰期值 5568 ± 30 年。年代偏差采用 1 标准偏差。

北 京 市

北京师范大学地理系(孙秀萍)提供标本:

1986 年 5 月采自北京市大北窑国际贸易中心工地($116^{\circ} 27.2'E, 39^{\circ} 54.4'N$)

SD-130 北京 大北窑 23000 ± 490

淤泥, 地下 8.30-8.33m。原编号: 原 5。

SD-131 北京 大北窑 23880 ± 540

淤泥, 地下 8.40-9.00m。原编号: 原 6。

SD-132 北京 大北窑 > 40000

淤泥, 地下 12.00-12.10m。原编号: 原 10。

北京师范大学地理系(王康友)提供标本:

1986 年 11 月采自北京市延庆县城关王庄腐殖酸厂($115^{\circ} 57'E, 40^{\circ} 28'N$)

SD-149 延庆 王庄 5585 ± 90

淤泥, 地下 1.65-1.75m。原编号: 1004

SD-150 延庆 王庄 9085 ± 120

黑色草炭, 距 SD-149 北 40m, 地下 1.85-2.00m。原编号: 1005。

河 北 省

北京师范大学地理系(李容全)提供标本:

1988 年 8 月采自河北省张北县安固里淖钻孔($114^{\circ} 27.5'E, 41^{\circ} 22'N$)

SD-192 张北 安固里淖 8850 ± 110

灰色淤泥, 地下 0.40-0.50m。原编号: AC-1。

- SD-193 张北 安固里淖 9220 ± 120
 淤泥，地下 0.75-0.85m。原编号：AC-2。
 北京师范大学地理系(邱维理)提供标本：
 SD-242 张家口 辛庄子 5605 ± 90
 古，土壤，1989 年 8 月采自河北省张家口地区辛庄子洋河右岸砂丘(115° 10'E, 40° 31'3 N)，地下 1.55—1.60m。原编号砂。

山 西 省

- 北京师范大学环科所(杨胜天)提供标本：
 1987 年 5 月采自山西省天镇县党校东 1 公里处(114° 5'E, 40° 12'N)
 SD-179 天镇 党校东 5360 ± 95
 白干土，地下 0.41-0.90。原编号：B2.2。
 SD-1.78 天镇 党校东 9830 ± 130
 白干土，地下 0.90-1.00。原编号：B2.2

内 蒙 古 自 治 区

- 北京师范大学地理系(李容全)提供标本：
 1986 年 9 月采自内蒙古自治区凉城县瓦匠沟(112° 25.5'E, 40° 28'N)
 SD-133 凉城 瓦匠沟 > 40000
 亚粘土，距地表 6.32-6.42m。原编号：瓦
 SD-134 凉城 瓦匠沟 > 40000
 粘土，距地表 5.62-5.67m。原编号：瓦。
 SD-135 凉城 瓦匠沟 36865 ± 2295
 古土壤，距地表 4.42-4.52m。原编号：瓦。
 SD-136 凉城 瓦匠沟 8605 ± 110
 粘土，距地表 2.47-2.77m。原编号：瓦。
 SD-137 凉城 瓦匠沟 1910 ± 70
 古土壤，距地表 0.77-0.97m。原编号：瓦
 北京师范大学地理系(李容全)提供标本：
 1986 年 9 月采自内蒙古自治区凉城县岱海锅巴山(112° 11'E, 40° 21.3'N)
 SD-138 凉城 锅巴山 > 40000
 粉砂质亚粘土，地下 10.75-10.85m。原编号：锅大
 SD-139 凉城 锅巴山 3785 ± 80
 古土壤，地下 0.55-0.65m。原编号：锅
 北京师范大学地理系(李容全)提供标本：
 SD-140 凉城 汗海 1030 ± 70
 淤泥，1986 年 9 月采自内蒙古自治区凉城县汗海(112° 22.5'E, 40° 25.8'N)地下 2.08-2.20m。原编号：汗海。

- 北京师范大学地理系(李容全)提供标本：
 SD-141 凉城 石门村 5950 ± 95
 有机粘土，1986 年 9 月采自内蒙古自治区凉城县岱海东南石门村西二级

阶地(112° 44.8'E, 40° 31.8'N)地下 1.80-1.85m。原编号: T11-

北京师范大学地理系(李容全)提供标本:

SD-142 凉城 和凉公路 4345 ± 90

亚粘土, 1986年9月采自内蒙古自治区凉城县和凉公路 62km 处(112° 12.5'E, 40° 27.7'N), 地下 0.95-1.10m。原编号: 毛安石沟

北京师范大学地理系(李容全)提供标本:

SD-142 凉城 乌拉阿达山 1540 ± 70

古土壤, 1986年9月采自内蒙古自治区凉城县蛮汉山系乌拉阿达山(112° 19.5'E, 40° 35.5'N)地下 0.30-0.40m。原编号: 乌拉阿达山

北京师范大学地理系(杨志荣)提供标本:

SD-151 克什克腾 苏隆呼都格 7260 ± 105

含炭质中细砂, 1986年8月采自内蒙古自治区克什克腾旗苏隆呼都格西南 1 公里处(116° 43'E, 43° 10'N)地下 1.00-1.30m。原编号: 苏隆呼都格。

北京师范大学地理系(史培军)提供标本:

SD-159 东胜 珀江海子 610 ± 70

湖底腐泥, 1987年7月采自内蒙古自治区东胜县珀江海子(109° 35'E, 39° 50'N), 地下 1.40-1.60m。原编号: 87-72。

北京师范大学地理系(史培军)提供标本:

1987年7月采自内蒙古自治区乌审旗陶利乡(108° 50'30 E, 38° 32'50 N)。

SD-161 乌审 陶利 4345 ± 90

古土壤, 地下 0.80-1.00m。原编号: 87-19b

SD-160 乌审 陶利 6475 ± 95

古土壤, 地下 1.80-2.00m。原编号: 87-29d

北京师范大学地理系(史培军)提供标本:

SD-162 准格尔 柳家也 6425 ± 95

古土壤, 1987年7月采自内蒙古自治区准格尔旗柳家也(111° 8'10 E, 39° 46'N)地下 3.20-3.40m。原编号: 87-5b

北京师范大学地理系(史培军)提供标本:

SD-164 乌审 巴图湾 4625 ± 90

古土壤, 1987年7月采自内蒙古自治区乌审巴图湾(108° 47'2 E, 37° 58'45 N), 地下 1.10-1.30m。原编号: 87-30b

北京师范大学地理系(史培军)提供标本:

SD-165. 伊金霍洛 新庙。 4580 ± 90

古土壤, 1987年7月采自内蒙古自治区伊金霍洛旗新庙(111° 17'20 E, 39° 25'10 N)地下 2.70-2.80m。原编号: 87-24b

北京师范大学地理系(史培军)提供标本:

SD-166 准格尔 杨四咀 4450 ± 90

古土壤, 1987年7月采自内蒙古自治区准格尔旗杨四咀(110° 17'50 E, 39° 39'15 N), 距顶部 2.20-2.30m。原编号: 87-1

北京师范大学地理系(史培军)提供标本:

1987年7月采自内蒙古自治区乌审旗滴哨沟湾(108° 30'50 E, 37° 43'20 N)

- SD-167 乌审 滴哨沟湾 6155 ± 95
砂质泥炭, 地下 1.80-2.00m。原编号: 87-41a
- SD-169 乌审 滴哨沟湾 10490 ± 135
砂质泥炭, 地下 3.00-3.20m。原编号: 87-41b
- 北京师范大学地理系(耿侃)提供标本:
- SD-176 克什克腾 鲁王城 8050 ± 110
白色富钙土, 1987年6月采自内蒙古自治区克什克腾旗鲁王城东南浩来河二级阶地上(116° 27'E, 43° 16'N), 地下 1.70-1.90m。原编号: 白塔子
- 北京师范大学地理系(耿侃)提供标本:
- SD-177 克什克腾 鲁王城 6765 ± 95
白色富钙土, 1987年6月采自内蒙古自治区克什克腾旗鲁王城东南浩来河三级阶地上(116° 27'E, 43° 16'N), 地下 0.40-0.60m。原编号: 白塔子
- 北京师范大学地理系(李容全)提供标本:
1987年12月采自内蒙古自治区凉城县马则地东(112° 30.7'E, 40° 30.5'N)
- SD-180 凉城 马则地东 7655 ± 105
灰色粘土, 地下 1.18-1.25m
- SD-181 凉城 马则地东 2055 ± 75
灰色粘土, 地下 0.75-0.80m。
- 北京师范大学地理系(李容全)提供标本:
- SD-182 凉城 马则地北 2370 ± 75
粘土, 1987年12月采自内蒙古自治区凉城县马则地北(112° 30.7'E, 40° 30.5'N), 地下 0.48-0.52m。
- 北京师范大学地理系(李容全)提供标本:
1987年12月采自内蒙古自治区凉城县三苏木岱海最高湖岸堤(112° 38.5'E, 40° 36'N)
- SD-184 凉城 三苏木 545 ± 70
粘土, 地下 0.25-0.32m
- SD-183 凉城 三苏木 1930 ± 70
粘土, 地下 0.40-0.44m 北京师范大学地理系(耿侃)提供标本:
1987年6月采自内蒙古自治区克什克腾旗萨林河桥东侧(116° 50.2'E, 43° 18.2'N)
- SD-187 克什克腾 萨林河 1575 ± 70
灰黑色粘土, 地下 1.16-1.21m。原编号: 萨林河 5 号
- SD-186 克什克腾 萨林河 1655 ± 70
灰黑色砂粘, 地下 1.56-1.61m。原编号: 萨林河 3 号
- 北京师范大学地理系(魏永明)提供标本:
1988年7月采自内蒙古自治区克什克腾旗三义乡义成元西 2 公里处马架河南岸二级阶地(117° 20'E, 43° 12'N)
- SD-188 克什克腾 义成元 1400 ± 70
黑色泥炭, 地下 1.10-1.20m。原编号: 义成元 2
- SD-189 克什克腾 义成元 1725 ± 70
黑色泥炭, 地下 5.80-5.90m。原编号: 义成元 1
- 北京师范大学地理系(魏永明)提供标本:

1988年7月采自内蒙古自治区克什克腾旗经棚镇山湾子东南800m处一级阶地(117°32'E, 43°14'N)

SD-190 克什克腾 经棚 3565 ± 80

含泥炭砂土, 地下8.00-8.30m。原编号: No.18.1

SD-191 克什克腾 经棚 1565 ± 70

含泥炭砂土, 地下4.20-4.30m。原编号: No.18.2

北京师范大学地理系(耿侃)提供标本 1988年8月采自内蒙古自治区阿拉善左旗贺兰山干沟梁顶(105°49'E, 38°34'N)

SD-194 阿拉善 干沟梁 2135 ± 75

黑色粘土, 地下0.60-0.70m。原编号: 干

SD-195 阿拉善 干沟梁

黑色粘土, 地下0.30-0.40m。原编号: 干

北京师范大学地理系(李容全)提供标本:

1988年8月采自内蒙古自治区克什克腾旗达来诺尔湖海宴钻孔(116°38'E, 43°23'N)

SD-196 克什克腾 海宴 15695 ± 210

淤泥, 地下4.40-4.55m。原编号: ¹⁴C-1

SD-197 克什克腾 海宴 21045 ± 370

淤泥, 地下5.00-5.20m。原编号: D¹⁴C-2

SD-198 克什克腾 海宴 22820 ± 460

淤泥, 地下5.80-6.00m。原编号: D¹⁴C-3

SD-201 克什克腾 海宴 29620 ± 1010

淤泥, 地下8.10-8.30m。原编号: D¹⁴-6

北京师范大学地理系(李容全)提供标本:

1988年8月采自内蒙古自治区克什克腾旗达来诺尔湖第十一道岸堤(116°10'E, 43°24'N)

SD-204 克什克腾 达来诺尔 6725 ± 95

钙板, 岸堤上层, 地下0.15-0.20m。原编号: D-3-C7

SD-205 克什克腾 达来诺尔 6195 ± 95

钙板, 岸堤下层, 地下0.33-0.40m。原编号: D-3-C8

北京师范大学地理系(李容全)提供标本

SD-206 克什克腾 达来诺尔 6075 ± 95

钙板, 1988年8月采自内蒙古自治区克什克腾旗达来诺尔湖第十三道岸堤(116°39'E, 43°24.5'N)地下0.20-0.30m。原编号: D-3-C9.

北京师范大学地理系(李容全)提供标本

SD-207 克什克腾 达来诺尔 8265 ± 110

碎钙板, 1988年8月采自内蒙古自治区克什克腾旗达来诺尔湖第十四道岸堤(116°39'E, 43°24.5'N), 堤岸顶部。原编号: D-3-C10

北京师范大学地理系(李容全)提供标本;

SD-208 克什克腾 浩来河 825 ± 70

亚粘土, 1988年8月采自内蒙古自治区克什克腾旗浩来河一级阶地(116°29'E, 43°14.5'N)地下1.20-1.23m。原编号: D-3-C1。

北京师范大学地理系(李容全)提供标本:

SD-209 克什克腾 浩来河 6130 ± 95

白垩状富钙土,1988年8月采自内蒙古自治区克什克腾旗浩来河三级阶地(116°26.7'E,43°15.3'N)地下0.70-0.73m。原编号:D-3-C2。

北京师范大学地理系(李容全)提供标本:

SD-210 克什克腾 绍和木 4525 ± 90

古土壤,1988年8月采自内蒙古自治区克什克腾旗绍和木(116°34.5'E,43°20.1'N)地下0.15-0.19m。原编号:D-3-C3。

北京师范大学地理系(李容全)提供标本:

SD-211 克什克腾 达来诺尔 1495 ± 70

淤泥质粉砂土,1988年8月采自内蒙古自治区克什克腾旗达来诺尔湖第四道岸堤(116°40'E,43°23.3'N)地下0.10-0.20m。原编号:D-3-C4

北京师范大学地理系(李容全)提供标本:

1988年8月采自内蒙古自治区克什克腾旗达来诺尔湖第十至十一道岸堤之间(116°40'E,43°24'N)

SD-212 克什克腾 达来诺尔 1765 ± 70

淤泥质粉砂,地下0.18-0.30m。原编号:D-3-C6。

SD-213 克什克腾 达来诺尔 1785 ± 70

淤泥质粉砂,地下0.33-0.40m。原编号:D-3-C11

北京师范大学地理系(李容全)提供标本:

1988年8月采自内蒙古自治区锡林浩特市宾馆西侧(116°3.5'E,43°56.7'N)

SD-215 锡林浩特 宾馆 2330 ± 75

棕褐色砂土,地下0.38-0.45m。原编号:S¹⁴C-2

SD-214 锡林浩特 宾馆 26045 ± 725

淤泥,地下1.75-1.78m。原编号:S¹⁴C-1

北京师范大学地理系(李容全)提供标本:

1988年8月采自内蒙古自治区克什克腾旗锡林郭勒河谷左岸一级阶地(116°37'E,43°35.5'N)

SD-216 克什克腾 锡林郭勒河 1325 ± 70

淤泥,地下2.58-2.62m。原编号:T₁-C₁

SD-217 克什克腾 锡林郭勒河 1155 ± 70

淤泥,地下1.74-1.76m。原编号:T₁-C₂

SD-218 克什克腾 锡林郭勒河 440 ± 70

淤泥,地下0.24-0.27m。原编号:T₁-C₆

北京师范大学地理系(李容全)提供标本:

1988年8月采自内蒙古自治区克什克腾旗达尔罕乌拉砂地(116°4.5'E,43°16.5'N)

SD-220 克什克腾 达尔罕乌拉 1390 ± 70

古土壤,地下0.16-0.19m。原编号:乌拉砂2号-C₁

SD-219 克什克腾 达尔罕乌拉 1455 ± 70

古土壤,地下0.20-0.25m。原编号:乌拉砂1号-C₁

SD-221 克什克腾 达尔罕乌拉 3115 ± 80

古土壤,地下0.40-0.50m。原编号:乌拉砂3号-C₁

北京师范大学地理系(邹统纤)提供标本：

SD-228 凉城 苇场 1935 ± 70

淤泥质粉砂，1988年7月采自内蒙古自治区凉城县岱海苇场(112° 34'E, 40° 34'N)地下1.95-2.00m。原编号：No.15

北京师范大学地理系(李华章)提供标本：

1988年5月采自内蒙古自治区凉城县弓沟沿村南(112° 20'30" E, 40° 36'N)

SD-230 凉城 弓沟沿 4515 ± 90

灰黑色淤泥，地下1.50-1.60m，原编号：11#

SD-229 凉城 弓沟沿 8490 ± 110

黑色淤泥，地下2.60-2.70m，原编号：7#

北京师范大学地理系(李华章)提供标本：

SD-231 察佑前 大河湾 8795 ± 110

泥炭，1988年7月采自内蒙古自治区察佑前旗黄旗海大河湾东侧(113° 20'E, 40° 20'N)地下3.20-3.25m。

北京师范大学地理系(李华章)提供标本：

SD-232 察佑前 八台沟 7175 ± 105

黑灰色泥炭，1988年7月采自内蒙古自治区察佑前旗八台沟村东冲沟(113° 27'E, 40° 19'N)地下4.80-5.00m

北京师范大学地理系(郑新生)提供标本：

SD-233 克什克腾 热水塘 5220 ± 90

黑褐色古土壤，1988年7月采自内蒙古自治区克什克腾旗热水塘(117° 48'E, 43° 28'N)地下1.56-1.96m。原编号：热⊗1

北京师范大学地理系(郑新生)提供标本：

SD-234 翁牛特 苞米营 3190 ± 80

古土壤，1988年7月采自内蒙古自治区翁牛特旗巴嘎敖包哑(苞米营)(119° 40'E, 43° 3'N)地下4.50-4.90m。原编号；苞⊗1

北京师范大学地理系(郑新生)提供标本：

SD-235 乌丹 少郎河 2380 ± 70

古土壤，1988年7月采自内蒙古自治区乌丹西偏南约10公里少郎河北岸(118° 59'E, 42° 53'N)地下1.55-2.00m。原编号：乌⊗1。

北京师范大学地理系(李华章)提供标本：

SD-236 察佑前 孤山 7605 ± 105

钙膜，1988年7月采自内蒙古察佑前旗黄旗海孤山(113° 24'E, 40° 25'N)高出平地约40m。原编号：孤山

北京师范大学地理系(邹统纤)提供标本：

SD-237 凉城 目花河口 4790 ± 90

螺壳，1988年7月采自内蒙古自治区凉城县岱海目花河口(112° 48'E, 40° 36'N)地下1.35-1.55m，原编号：No.7

北京师范大学地理系(耿侃)提供标本：

1989年8月采自内蒙古自治区阿拉善左旗古拉本(106° 03'E, 39° 2.7'N)

SD-244 阿拉善 古拉本 6200 ± 95

黑灰色亚粘土，地下0.95-1.05m。原编号：古拉本(13)

SD-243 阿拉善 古拉本 20050 ± 345

黑灰色亚粘土, 地下 4.05-4.10m, 原编号: 古拉本(11)
北京师范大学地理系(耿侃)提供标本:

SD-246 乌海 雁门山 29400 ± 1020
含钙亚粘土, 1989 年 8 月采自内蒙古自治区乌海市雁门山北 500m 处(107° 50'E, 39° 16.5'N)地下 2.50-2.65m。原编号: 雁门山 17-1。

北京师范大学地理系(王涛)提供标本:

SD-251 察右前 白土湾 10040 ± 130
古土壤, 1989 年 7 月采自内蒙古自治区察右前旗白土湾(113° 5'E, 40° 50'N)地下 1.70-1.80m。原编号: B4。

北京师范大学地理系(杨志荣)提供标本:

1987 年 7 月采自内蒙古自治区克什克腾旗大水诺尔(116° 54'E, 42° 50'N)。

SD-272 克什克腾 大水诺尔 3415 ± 80
植物残屑, 地下 2.40-2.50m。

SD-273 克什克腾 大水诺尔 3300 ± 80
植物残屑, 地下 1.40-1.50m。

山 东 省

中国科学院地理研究所(高善明)提供标本: 1983 年 7 月采自山东省利津县黄河三角洲钻孔(118° 50'E, 37° 55'N)

SD-154 利津 黄河三角洲 3850 ± 80
淤泥, 地下 15.30-15.60m。原编号: 河 96

SD-153 利津 黄河三角洲 8420 ± 110
淤泥地下 20.10-20.25m。原编号: 河 104

SD-152 利津 黄河三角洲 9260 ± 120
草炭 地下 26.30-26.56m。原编号: 河 116

陕 西 省

北京师范大学地理系(史培军)提供标本:

SD-163 靖边 芦西 4770 ± 90
古土壤, 1987 年 7 月采自陕西省靖边县镇靖乡芦西一队(108° 46'45 E, 37° 30'45 N)地下 1.70-1.90m。原编号: 87-35。

北京师范大学地理系(徐振溥)提供标本:

SD-241 米脂 无定河 7785 ± 105
沙质黑土, 1989 年 8 月采自陕西省米脂县无定河二级阶地(110° 10'E, 37° 45.4'N)地下 5.00-5.50m

宁夏回族自治区

北京师范大学地理系(李容全)提供标本:

SD-155 同心 清水河 3535 ± 80
棕红色古土壤, 1987 年 5 月采自宁夏回族自治区同心县县城西北 900m

清水河边(105°53.2'E, 36°50.5'N)地下约1m处。

北京师范大学地理系(李容全)提供标本：

SD-156 灵武 水洞沟 > 40000

灰绿色淤泥,1987年5月采自宁夏回族自治区灵武县水洞沟剖面北部河对岸(106°20'E, 38°08'N)距底部约0.5m。

北京师范大学地理系(李容全)提供标本：

SD-157 固源 三营 4515 ± 90

棕褐色淤泥,1987年5月采自宁夏回族自治区固源县三营乡东400m(106°10'E, 36°17.5'N)一级阶地,地下1.00-1.10m。

北京师范大学地理系(耿侃)提供标本：

SD-203 银川 插旗口 5910 ± 95

钙质砂土,1988年8月采自宁夏回族自治区银川市插旗口山前公路27公里碑(106°09'E, 38°46'E)地下0.4m。原编号：插口5。

北京师范大学地理系(耿侃)提供标本：

SD-245 石嘴山 石炭井 29760 ± 1060

黑棕色亚砂土,1989年7月采自宁夏回族自治区石嘴山市石炭井农贸市场前(106°20.5'E, 39°14'N)距剖面顶部3.78-3.82m。原编号：石¹⁴C。

北京师范大学地理系(耿侃)提供标本：

SD-247 灵武 水洞沟 29410 ± 1020

亚砂土,1989年7月采自宁夏回族自治区灵武县水洞沟剖面对岸山坡上(106°20'E, 38°08'N)距地表5.50-5.70m。原编号：水-17。

北京师范大学地理系(耿侃)提供标本：

1987年7月采自宁夏回族自治区灵武县水洞沟剖面北部(106°20'E, 38°08'N)

SD-248 灵武 水洞沟 > 40000

黑色亚砂土,距底部0.5m。原编号：水18-1

SD-249 灵武 水洞沟 6505 ± 95

浅黑色亚砂土,距顶部4.60-4.70m。原编号：水19。

新疆维吾尔自治区

北京师范大学地理系(方修琦)提供标本：

1986年10月采自新疆维吾尔自治区阿克苏市台兰河苏小堤(80°23'E, 41°44'N)

SD-144 阿克苏 苏小堤 715 ± 80

碳屑,距地表0.40-0.50m。原编号：22-1

SD-145 阿克苏 苏小堤 3545 ± 80

碳屑,距地表1.00-1.10m。原编号：22-2

SD-146 阿克苏 苏小堤 4810 ± 90

碳屑烧土,距地表1.40-1.80m了原编号：22-3

SD-147 阿克苏 苏小堤 5735 ± 95

碳屑烧土,距地表2.15-2.30m。原编号：22-4

SD-148 阿克苏 苏小堤 6580 ± 95

碳屑烧土，距地表 2.55-2.70m。原编号：22-5

南 极 洲

北京师范大学环境科学研究所(赵俊琳)提供标本：

1987 年 2 月采自南极洲乔治王岛长城站西湖湖底 (58 ° 57'51.9 W , 62 ° 12'59.3 S)

| | |
|-----------------------|-----------|
| SD-175 乔治王岛 西湖 | 1445 ± 70 |
| 淤泥，湖底地下 0.00-0.21m | |
| SD-173 乔治王岛 西湖 | 2265 ± 75 |
| 淤泥夹草屑，湖底地下 0.63-0.87m | |
| SD-172 乔治王岛 西湖 | 3930 ± 80 |
| 淤泥夹草屑，湖底地下 1.93-2.14m | |

On Producing and Developing of Professor Zhou Ting-ru's Research Thought in Palaeogeography

Ren Senhou Zhang Baomin

Key words: Professor Zhou Ting-ru, Palaeogeography, the Cenozoic Era

Abstract

The late Professor Zhou Ting-ru, a distinguished geographer and educationalist, was the enterpriser and founder of the palaeogeography researches of China during the Cenozoic Era. During his lifetime, Prof. Zhou worked enthusiastically for our motherland and socialist economic construction, dared to bear heavy burdens and had made contribution in many aspects, such as geomorphology, physical geography, human geography and palaeogeography as well as many important branches of geosciences. He was very well-known both in China and in the world for his excellent work and contribution to geography, especially topalaeogeography. Moreover, he had been concerned about the growth of younger generation of geosciences. He had trained many geographers with his active ideas, wide background of sciences and deep insight in geosciences, and was a supervisor of many postgraduates for Master and Doctor degree. Some of his assistants and students are now either in charge of institutes or become leading scientists in special research areas.

It had been nearly 60 years that Prof. Zhou was engaged both in teaching and scientific research of geography, and half of it was held the director of Geography Department, Beijing Normal University. He worked his heart out for the development of geographical sciences of our country and Geography Department. His theoretical achievements include five monographs and sixty papers or more. In 1950's, he advanced a theory about dividing the Chinese topography into three natural regions. Afterwards, he reconstructed systematically natural districts of China during Tertiary and Quaternary on the basis of his achievement of field investigation and study on land forms and regional physical geography. He considered the contemporary geographic conditions as a continuation of the pastgeologic conditions, especially Tertiary and Quaternary. Therefore, only by ascertaining the past can you make a thorough recognizing the now, and then proceed to scientifically forecasting the future. In 1963, he founded the first Palaeogeography Research Office of the Cenozoic Era. Since then he led there search office to explore new fields one after another. For example, he led the study of " environmental palaeogeography " ,

“ petroleum-gas palaeogeography ” and “ natural calamity palaeogeography ” . He led the compilation of “ Physical Geography of China (Palaeogeography) ” and the writing of “ Palaeogeography ” .The former won the 2nd National Prize of Natural Sciences. Looking back on Professor Zhou Ting-ru ’ s life in geographical sciences is of important significance in developing our Geography Department and palaeo-geo-graphy researches, facing the needs of economic construction in our country.

Analysis on the Relation between Climate and the Productivity of Sandy Sparse Woods in the East of Inner Mongolia

Wu Jihua Wang Chunlin Jia Jiong
(Beijing Normal University)

Jia Li

(Natural Resources Institute of Heilongjiang)

In the temperate semiarid regions dominated by meadow steppe and truesteppe in the east of Inner Mongolia, there scatter some sparse woods formedmainly by evergreen conifers. The presentive types are Form. *Pinus tablaeformis* that distributes in the middle of Chifeng and Form. *Picea myeri* in the northwestof the region. The sparse woods mainly inlaid with steppe on sandy soil, and have their age of 40-190 years. As a type of azonal vegetation, the distribution of the sparse woods is usually affected by soil texture and water supply, but at a certainsector of the area, the fluctuation of its productivity closely relates with localclimate. Based on the analysis of the relation between treering index and localclimate, the paper discusses the feature of the climate in the area for last 200years, and predicts the trend in next 10 years. Our study district is the Chifeng Prefecture in Inner Mongolia.

First, a relation analysis between treering index and each single factor that include: 1) precipitation, 2) the mixed rainfall for every two adjacent years, 3) the rainfall in green seasons, 4) annual mean air temperature, 5) accumulatedtemperature (>0) is done. It is shown in the result that the relation coefficientsare less than 0.34, and they can't pass 0.10 examining level. That is, there isn't adominant factor to affect the productivity of the trees in the area. This is partlybecause of the great intensity of rainfall and its monthly unevenness, and partly of the interacting between rainfall and air temperature. So, a multi-relation analysisbetween treering index and three factors (precipitation, >0 accumulatedtemperature, and

the warmth index) is done. It is shown in the result that the multi-relation coefficient for the treering of *Pinus tabulaeformis* is 0.9495, and that of *Picea myeri* is 0.7515. Both of them pass 0.01 examining level. It is concluded that the productivity of the sandy sparse coniferous woods is determined by the coordination of water supply and air warmth. The warmth factors chiefly affect the balance between the absorption and transpiration of trees. On the meantime, they also affect the effective water content of soil and the evaporation of ground, thus regulate the balance between water supply and demand.

The conclusion is supported by the age-structure of the conifer population in the sparse and by the historical data for the fluctuation of crop yield.

Holocene Environmental Evolution of Farming and Stock-Raising Transitional Area in Northern China

Li Rong quan

Abstract

In northern China, the change of boundary of farming and stock-raising transitional area is in accordance with that of the geographical location of semi-arid area. The research on farming and stock-raising transitional area follows the academic thought, namely "Past is the key to understand today and forecast tomorrow" which Professor Zhou Tingru had emphasized since 1965. The type of profile structure of Holocene permafrost and island permafrost in farming and stock-raising transitional area in northern China reveals that this region underwent dramatic changes of temperature. Dropping four times, temperature are respectively 8 , 5--6 , 5--7 lower than that of today in chronological order. Around the period which corresponds to new periglacial stage, sand dune flow stage, semifixed stage of sand dune corresponding to in interperiglacial stage and palaeosoil development stage appear in sand field. The water volume change of inland lake in this area reflects the average paleoprecipitation per annum was only 67% to 84% of that of today in new periglacial, average paleoprecipitation per annum increased in interperiglacial stage, average paleoprecipitation per annum in $(6-8) \times 10^3$ aB. P. and $(2.8-4.2) \times 10^3$ aB. P. is respectively 14.5% and 5% higher than that of today.

Key words: northern China,

farming and stock-raising transitional area,
Holocene

Research into Environmental Archaeology in the Zagzage Region
of Farming and Stock-Farming of Northern China

Shi Peijun

(Department of Geography, Beijing Normal University, Beijing, 100875
China)

Tian Guangjin

(Institute of Cultural Relic and Archaeology of Inner Mongolia, Huhhot
010010, China)

Abstract

The Study area is a sensitive region of environmental change. Based on investigation and sedimental analysis, this paper puts forward conclusions as follows:

(a) The Great Wall was the line of demarcation between farming and stock-farming region during historical periods, the area surrounded by the Great Wall of different periods is the Zigzage region of farming and stock-farming.

(b) The narrow region from Datong-Jining to Erlian city was the line of demarcation between eastern region and western region in the zigzage region of farming and stock-farming during historical periods.

(c) Daihai drainage basin was the cultural zigzage region between eastern and western region of the zigzage region of farming and stock-farming, this area recorded the change of archaeology cultural character restricts.

(d) Ordos region is provided with a systematic archaeology cultural process since Salawusu Culture [(6—3.5) × 10⁴a.B.P].

Research on the Drought and Flood in Northwest China

Liang Xu Sheng Yongsheng Fang Xiuqi

Abstract

According to the grade data of historical drought-flood in Northwest China since 1470, historical disastrous indexes of drought and flood are calculated in the region. The index is a reflection of the annual disastrous degree of drought or flood. Using the indexes, six characteristics for changes of the drought-flood are analyzed.

Preliminary Research on Environment Degradation
in the Farming and Stocking Raising Crisscross of Northern
China

Yu Lihong

Abstract

Environment degradation is serious in the farming and stocking raising crisscross of Northern China. There are two major reasons inducing environment degradation. The first is the vulnerable ecological environment. The natural features of the region are transitional, frequent natural hazard, drought, strong wind and widespread sandy land, etc. Climate changes from semi-arid to arid and annual precipitation from 450mm to 250mm from southeast to northwest of the region. There is potential of environment degradation here. The second is human heavy economic activities for long time. Human unrational economic activities, which include the frequent replace of the farming and stocking raising, the moving of the Crisscross to north, and overgrazing, etc., have destroyed the inherent vulnerable ecological environment and caused a series processes of environment degradation. The main forms of their expression are as following:

(1) Lake areas have shrunk, some even disappeared, and water of the lakes salinized after the Quaternary Period when the lakes developed well. (2) Land degradation is serious, such as rapid sandifying of land, and soil and water erosion is serious. The modulus of wind and water is up to $20000\text{t}\cdot\text{y}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ and $18000\text{t}\cdot\text{y}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ respectively. (3) natural hazards happened frequently: The average kinds of natural hazards are more than two every year. There are many kinds of natural hazards among which metrological hazards cause the highest loss and widest effect, and drought is the major hazard. Some suggestions have been discussed in this paper: the plans of fluctuation agriculture and husbandary must be made in the region in future to adapt the fluctuation changes of natural conditions and coordinate the relation between human and nature. Natural hazards must be studied thoroughly and the plans of preventing and controlling natural hazards should be made to reduce the loss as little as possible. Shelter-forest should be built up quickly in order to improve ecological environment.

Present Productivity and Change of Cultivated Land in the
Zigzage
Region of Farming and Stock-Farming in Inner Mongolia of China

Wang Jingai
(Department of Geography, Beijing Normal University, Beijing, 100875,
China)

Abstract

The study area is located in the southeastern part of Inner Mongolia of China, with the area of 300,506.60km². This paper mainly analysed a distribution and quantitative structure of the cultivated land, distribution and change (1979-1988) of the present productivity of cultivated land. The regionalization of change of the present productivity was put forward in this paper by identical dynamics of the present productivity from 1979 to 1988. The study area was divided into the northeastern region, eastern region, middle region and western region.

On the Formation and Evolution of Hunshandake Desert

Yang Zhirong Song Chuqing
(Geography Department)

Abstract

On the basis of field work, the authors use the technology of remote sensing and dating such as K-Ar, U-system and ¹⁴C method to study the geological background of Hunshandake Desert, relic lakes and the modern geomorphic characteristics of the Desert and inquire into the forming age, material resources and forming cause as well as the process and law of Hunshandake Desert evolution. The main conclusions are as follows.

The formation and changes of Hunshandake Desert are closely related to the lake evolutions in Hunshandake Depression which can be divided into two parts by the line from Bayanguole to Burdu. The lake emerged in J in the western part of the Depression, and then shrank to dry up in the end of N₂, and the result was that the lacustrine deposits were exposed into the air. Because of arid climate in the Quaternary and the influence of straight, fast and stable wind field, the lacustrine loose deposits were blown and evolved gradually into the desert or sand-land in the long periods.

The eastern-part of the Depression subsided and changed into a lake in the early Q₁. The lake developed in full bloom during Q₂. In Q₃ during

which the tilting movement towards the north took place in the Depression, the Xilamulun River cut the lake basin and the climate was arid, the lake contracted and disintegrated fast with rhythm. Meanwhile, the exposed lacustrine loose deposits were blown and changed into desert or sand-land. Since Q_4 , the sand-land has still undergone several evolution processes from dune shifting to fixed dune.

Key words: Hunshandake Desert, paleo-lake in the Depression, relic lakes, formation and evolution.

A Tentative Research on Land Resources of Tumote-zuoqi in the Farming and Stock-raising Crisscross Area of Inner Mongolia

Zhang Yali

(Department of Geography, Beijing Normal University)

Abstract

Tumote-zuoqi, with the area of 2796.16 km², is located in the western part of Hohhot, the capital city of Inner Mongolia, and in middle of the farming and stock-raising crisscross area of Inner Mongolia. It is composed of two parts, the Daiqingshan Mountain area and the Hetao Plain. It has been shown that this area is an environmental shearing section of the Crisscross area, since the great and sharp difference in geographical factor between its mountain and plain area.

It is concluded that:

(1) In recent 2500 years, there are three main circles of stock-raising to farming in land use form. The first farming period began in the Warring States Dynasty (475-211 B.C.). The earliest larger scale immigration in this area began in the Qin Dynasty (221-207 B.C.). The last of stock-raising period ended in the middle of Qing Dynasty (1644-1911). Each of farming period corresponded with a warm or changed to warm period, and the stock-raising period corresponded with an arid period.

(2) There are 34.60% of total land resources for developing farm, 23.85% for forest, and 32.65% for stock-raising, according to the land use evaluation by remote sensing study. It has rich water resource to irrigate the large plain area. But, the saline and salinization of soil are two of serious problems to be faced in future.

(3) The main purpose of the land use planning is to reduce the area of farm and enlarge the area of forest and stock-raising. It is important to enhance the investment in agriculture, so as to set up an advanced ecological system.

The Damage of the Ecological Environment in Ancient China and the Change of the Great Wall Locations

Kong Fande
(Environment Management College of China, Qinhuandao)

Abstract

The damage of the ecological environment in ancient China was one of major causes for the relocation of the great walls in each dynasty. The middle part of the great wall built in Qin and Han dynasties lay in the range of Yinshan Mountain while the western part stretched as far as Lop Nur. But after Qin and Han dynasties, large stretches of grassland, south of the middle part of the wall, became deserts, and many oases in the Hexi Corridor where the western part of the wall was located were destroyed, due to the destruction of forests, casual cultivation of the grassland, and wars. As a result, the location of the walls built after the Han Dynasty was far from the old walls. Compared with the walls of the Han Dynasty, the walls built in Ming Dynasty receded 500 kilometers southward in the middle part, about 100 to 300 kilometers southward in the eastern part, and around 600 kilometers northward in the western part.

Rural Economic Construction and Soil Conservancy on the Loess Plateau

Wu Jihua

Abstract

The Loess Plateau is the most serious erosion region in the world, and its land has been increasingly deteriorated. But the explanation of the causes is controversial. The author considers that the region with the most erosive intensity is under the rigid natural conditions, such as active crustal uplift, 400-500mm rainfall per year and grassland with sandy loess which is easier to be eroded. Also, the soil erosion of the region has the specific transferring model. For example, the erosion on both sides of the Yellow River has weakened after long period of denudation. Meanwhile, most of the second order of tributaries are in the stage of erosion increasing. The flat lands within the upper reaches of tributaries are now subject to serious erosion, and the gully incision is the major erosion model. All of this indicate that the natural erosion is prevailing in the region. It is analyzed that the amount of erosion caused by human activities is about

20% and increasing rapidly.

Human activities, including wasteland reclamation, forest cutting and overgrazing, have destroyed the vegetation which protected the soil. This is the major man-made cause of accelerating erosion. Due to the local closed small-scale agricultural production and unfavourable conditions such as little flat lands, long period of drought and frequent disasters, the grain yields are lower and fluctuating greatly. The areas of cultivated land continue to increase. This leads to the poverty of the rural region. Therefore, the water and soil conservation is not simply of technology, and the environmental management should be combined with the social and economic transformation of the rural areas.

The key to the question of managing the loess plateau is to abolish the nomadic way of agriculture, establish basic farmlands and store rainfall in quantities, in way of which the agricultural production potential can be brought into full play and the farmers' worry will be relieved by the resultant higher and more stable yields. On this base, the enlargement of grass land will improve the environment and solve the energy shortage problem in the countryside. And the establishment of commercial agricultural bases with the local characteristics and advantage will increase farmers' income and free them from poverty.

The initiating of town and township enterprises is the turning point of economic development in the countryside. Recent years, the employees have occupied 20% of the total labor force in the countryside and the economic revenues are five times more than that of livestock farming. Such enterprises should rely on the local resources and ensure the advantage of quality and variety. In particular, the enterprises of industry, construction, transportation and services should be developed, which can achieve the benefits radiated from the large industries and cities.

Since the water and soil conservation is a large-scale project which takes much time, it is necessary that the countryside and even cities should be mobilized and given play to their overall strength. At the same time, the population growth should be controlled to reduce the pressure on the land and increase people's quality. Thus, the water and soil conservation is related to the social transformation in the countryside.

Key words: the Loess Plateau, water and soil conservation, rural economy

The Research of the Industrial Structure and Allocation
in the Loess Plateau Region

Cheng Lianshang

Abstract

Proceeding from the view of the relation to industry and the spread effect of production, this paper goes further into the selecting principle on industrial department and determinate method of the weight of industrial structure in the loess plateau region. On the basis of this, the time sequence on the construction of industrial department and the question of rational distribution in the space are analyzed. Key words: the Loess Plateau Region, industrial structure, relation to industry

Analysis of the Atmosphere-Crop-soil System
in the Loess Plateau (Gansu and Southern Ningxia)

Abstract

This paper deals with the system of the Atmosphere-Crop-Soil, based on the agriculture of nonirrigated farmland and the core of food self-supply in the loess plateau. It shows that there is the restriction and unstability of the climatical resources from the atmosphere, especially in the supply of water (precipitation), and this results in the low and unstable output of the system. But the thick cover of loess has the function of adjusting flood and low water like the reservoir, which changes the water supply for needs of growing crops. This is the foundation of realizing the model of increasing yields of crops by starting in the soil (or fertilizer), according to the restrictive water (precipitation) supply.

Research into Economic Development of Jiaxian County,
Shaanxi Province

Shi Peijun Fang Xiuqi Wang Jingai
(Department of Geography, Beijing Normal University,
Beijing, 100875, China)

Wang Fenghuai
(Institute of Geography, Chinese Academy of Science)

Wu Honglin
(Department of Geography, Beijing University)

Abstract

Jia xian County, Shaan xi Province, is a poor region of the middle

zone of China. It is very important to study the economic development of the poor region.

This paper puts forward conclusions as follows:

(a) Based on the natural resources and physical environments of Jiaxian County, the strategy of economic development is that regional policy should be perfected with the developing economy based on science and technique. The basic construction must be strengthened, the agriculture bases must be constructed, the population must be controlled and the economic development should progress steadily.

(b) Based on the strategy of economic development, the model of economic development in Jiaxian County was put forward, such as controlling population, strengthening basic agriculture, constructing base agriculture, perfecting basic construction. In short this strategy is called "one control and three bases"

(c) The planning of economic development from 1990 to 2000 is also put forward.

Study of Soil Erosion in Hongshuigou of Sanchuan River

Liu Gaiyou

(Geography Department, Beijing Normal Univ.)

Abstract

In the hilly-gully regions on the loess plateau, northwest of China, the soil erosion amount of small watershed in the upper area of a reservoir can be calculated by deposition amount in reservoir area and then factors causing the change of erosion amount in time and space can be analyzed.

Key Words: Loess Plateau, deposition amount of reservoir area, erosion modulus.

Drought in Historical Period in Northern Shaanxi

Fang Xiuqi Shi Peijun Liang Xu

Abstract

Based on the historical disaster records, features of drought in Northern Shaanxi are analyzed. Since 1601, 8 high frequent drought phases and 7 low frequent drought phases are divided. From 1601 to 1950, 5 severe drought phases and 4 light drought phases are divided. Fluctuation of drought frequency is not all corresponding to that of drought intensity. On the 2-dimensional time coordinate system that the

unit of abscissa is in decade and the unit of the ordinate is in annual, the drought years in Northern Shaanxi concentrate to a sine curve with a 290-300 years period and an about 10 year is not all by random, but is to a large extent decided by the decade that the year belonged to.

Key words: Northern Shaanxi,
historical period,
drought frequency and intensity,
time scale

The Characteristics of the Summer Monsoon Activities over the Huanghe River Valley and Its Relationship with the Annual Total Silt Discharge of the Huanghe River

Chao Junmin
(Department of Geography, Beijing Normal University)

Key words: the Huanghe River, the summer monsoon, Pseudo-equivalent Potential Temperature (T_{se}), Annual Total Silt Discharge

Abstract

In this paper, the data of 850hpa isobaric surface temperature, dew-point temperature, wind direction, wind velocity at 08h of 11 upper air observation station from June to August over the Huanghe River Valley and of the annual total silt discharge of 2 hydrometric stations (Huayaunkou and Longmen) at the Huanghe River during the latest 30 years (1960—1989) are available. Also the characteristics of the summer monsoon activities over the Huanghe River Valley and its relationship with the annual total silt discharge of the Huanghe River are analysed, which show that the very high positive proportion exists between the annual total silt discharge of the Huanghe River and day's number of T_{se} 5 day-moving mean 340° K over the area.

Research of the Relationship between Water Resource and Ecological Environment in the Irrigated Area of the Yellow River In Ningxia

Liu Gaiyou
(Geography Department, Beijing Normal University)

Abstract

In Ningxia irrigated area by water diverted from the Yellow River, solving the relationships between diverting water and drainage,

increasing the water utilization coefficient, improving the irrigation system and preventing water pollution, are the important methods of ameliorating agricultural-ecological environment in this area.

Key Words: Irrigated area of the Yellow River, Water balance, Agricultural-ecological environment.

R

Regional Characteristics of the Criteria for Heavy Metals In the Sierozem environment

Xu Jialin Yang Jurong Xu Hongning
(Institute of Environmental Sciences, Beijing Normal University)

Abstract

In this paper, the effects of physical geographical processes in the sierozem zone on the levels of the criteria for Cu, Pb and Cd are analyzed. Based on the research of the influence of heavy metals in soil on crops, microorganisms, and water quality, environmental quality criteria of sierozem are determined. Moreover, the criteria of these elements in the zones of sierozem, red loam and black soil are compared. Regional differentiation of the criteria is clarified in relation to the regional physical geographical conditions and the characteristics of weathering, leaching as well as the humification processes.

Key words: environmental quality criteria; heavy metals; regional differentiation; physical geographical process.

Reclamation on Opencut Coal Mine in the Loess Plateau

Guo Ying

Abstract

China is now developing a new energy resource base with Shanxi as its centre situated in the Loess Plateau area. This paper discusses how to handle the relation between exploitation of energy resources and conservation of environment. Also the approaches and techniques for reclamation and replanting in the opencut coal mining area on the Loess Plateau are put forward.

Remote Sensing Application on Land Resources and Data in the Western Shanxi Province in the Loess Plateau

Liu Huiping

(Dept. of Geography, BNU)

The study area, in the western Shanxi Province in the Loess Plateau, covers about 19948km², including twelve counties. This paper focuses on the application of remote sensing in investigation of land use, forest and grassland, land type and soil erosion, as well as on the land evaluation by evaluating the suitability and restrictiveness. The series thematic mapping was proposed on the remote sensing analysis through various images and methods. As a result, six kinds of thematic maps with high accuracy were compiled: Map of Land use, Map of Forest Type and Distribution, Map of Grass Land Type, Map of Land Type, Map of Soil Erosion and Map of Land Resources Evaluation, scaled on 1:100000. The research shows the spatial distribution pattern of the land resources on quality and quantity. In addition, to manage the data of the investigation by using remote sensing technique, we established a land resources data base in western Shanxi Province. This paper shows the methods of setting up the data base, and the functions of it.

A Discussion on How to Develop the Application Function in Soil Erosion Information System

Yu Fang

(Dept. of Geog, Beijing Normal Univ.)

One of the trends to study soil information system is to develop its application functions. in terms of soil erosion. The paper describes how to improve overall design, and the important need to establish model base and method base is also discussed. key words: Soil erosion information system, overall design, model base, method base.

Tab.1: The basic idea to establish kernel level of model base

An Experimental Research of Model Analysis for Soil Salinity

Peng Wanglu, Wang Changzuo, Li Tianjie

(Dept. of Geography institute of Environmental Sciences)

Abstract

This paper reports a mathematical model operation for analysis of soil salinity. Two experimental areas are selected: one is ChangLing region, Jilin Province, for test, the other is Yanggao Basin, Shanxi Province, for comparing.

According to generalized statistical pattern recognition theory, a model has been built. Main data source is remotely sensed TM data,

and various ground data such as topography, buried depth and mineralization rate of ground water, etc. are used for the operation of two areas.

The technological procedure is GIS frame. Both remotely-sensed data and non-remotely-sensed data are input into computer disk. A series of preprocessing functions—uniforming of formats, geometric rectification, overlay, building the parameter documents, etc. are used. Then a generalized Bayes model calculation has been done from overlaid raster data and probability parameter tables. If the result is reasonable, it should be output with hard copy.

The experiment indicates that based on recognition of patterns of satellite data, considering geographic environmental condition and adjusting parameters of the model, the reliability of result would be raised. Comparing the areas of different salinity of soil after model analysis with a soil salinity map from the interpretation of the TM image in Yanggao region, the relative validity is 91.7%.

The analysis method described in this paper can be not only used for soil salinity, but also for other thematic objects. It will be of general significance.

Hydrological Chemical Geography Characteristic and Regionalization in Dai Hai Basin

Liu Peitong Wang Hua-dong

(Institute of Environmental Sciences, Beijing Normal University)
Dai Hai basin is located in south-west part of Inner Mongolia.

Hydrological chemical geography characteristic of Dai Hai basin is discussed in the paper. Surface water mineralization rate is 200—500mg/l. In mountainous region it is 200—350mg/l and chemical type is C_I^{Ca} , C_{II}^{Ca} . In the plain it is 300—500mg/l and chemical type is C_I^{Na} , C_{II}^{Na} . Groundwater mineralization is 300—1000mg/l. Dai Hai Lake mineralization rate is over 2000mg/l and chemical type is C_{II}^{Na} , C_{III}^{Na} .

Based on the hydrological chemical geography characteristic, the basin can be divided into four belts: mountain chemical erosion belt, pluvial fluvial plain accumulation denudation belt, fluvial lacustrine deposit denudation accumulation belt and Dai Hai accumulation belt. Ten regions can be divided further in accordance with ion composition and chemical type of natural water.

Analysis on the Disposition and Efficacy of Shelterforests

Jia Jiong Zhang Yali

Restricted by the lack of water supply and the contradiction in land use, it is impossible for large areas of forest or thick shrub to be built in the arid and semi-arid regions in north China. So, an effective way is to dispose the distribution and adjust the structure of shelterforests rationally, and this will raise the efficiency of land use and increase the capacity of sheltering as well. This is the focus of the paper. Our study area is Liangcheng County that is located on the middle of Inner Mongolia.

It is shown on the TM image that shelterforests in the area roughly concentrate on three macroscopic belts with their direction of NE-SW. The first belt is located on northwest mountain part, with its mean coverage of 45%. The belt is mainly formed by natural deciduous broad-leaf forests (*Populus davidiana*, *Betula platyphylla*, etc), natural shrubs and some planted mixture forests. The second is on the plain in the middle part, and its characteristic is shelterbelts for cropping. The last one, which is on the hills in the south part, scattered shrubs and poplar trees were planted. Out of the belts, the coverage of forest and shrub is much lower.

In the plain part with relatively plenty of water supply, many shelterbelts were constructed in the last decade. The shelterbelts chiefly took on rectangular form. Since the frequency for each wind direction is almost the same, it is suggested that the shelterbelts should be adjusted to square form. The adjusted shelterbelts can not only greatly reduce the speed of wind behind them but also provide plenty of wood.

Planted poplar woods are important sheltered forests in the hills and plains. The condition of the trees is mostly bad. Because of the competition for space, water and nutrition, the closed forests with their coverage over 0.5 are thin, short, crooked, lack of leaves and branches, and grow slowly. On the contrary, sparse woods grow well, and can reduce the speed of wind effectively. The sparse woodsteppe formed by scattered planted trees and the lush grasses under their canopy form is usually used as grazing land in summer and autumn, and provide livestock dead leaves in winter and spring. On the meantime, a great deal of wood can be cut every 15-20 years. It is meaningful to make a series of tests to search the suitable density of the scattered trees, the best management and reasonable grazing intensity. Many deep researches have been done in New Zealand and can be used for reference (J.R. Tustin, 1976).

In the loess hill and sandy soil, a large area of scattered shrubs is planted to prevent wind erosion. The shrub steppe formed by shrubs and the herb layer under them is able to load more livestock and more protecting activity.

It is prominent to plant crops in the gaps of xeric shrubs (mainly *Caraganamicrophylla*) in the area. In the multiple cropping system, the shrub with its coverage of 10-15% is mainly interplanted with potato.

The Tourism Resources of Daihai Area and Its Development

Li Rongquan Zhang Yali
(Department of Geography, Beijing Normal University)

Abstract

Daihai area is located in the eastern of Hohhot, the capital city of Inner Mongolia. It has advanced condition and position to develop the tourist business, leisure and recreation activity.

(1) Tourism of Daihai area began in the Qing Dynasty. It has eight scenic spots. They are the famous Daihai Lake; Manhanshan Mt; a forest resort; Hotspring; Guobashan Mt, a Quaternary volcano crater; the Great Wall, built in Ming Dynasty (1368-1644); Sites of big temple; Reservoir, with fish-farming; and scenic spots.

(2) Daihai area has advanced restorative climate for a summer resort and health resort. The comfortable index and the wind efficiency index show that the best season for recreation is in July and August.

(3) According to the criterion of seasite resort, the Daihai Lake could be built a standard lake resort. The camping tourism is good for this area to develop in early tourist business.

Cenozoic Era Paleogeographic Study of Dai Hai Basin in Inner Mongolia

Li Rong Quan Zhu Guo Rong

Abstract

When the late Professor Zhou Ting-Ru founded the Cenozoic Era paleogeography, he first selected inland basin of Dai Hai, which is weak in environment, for the comprehensive study of Cenozoic Era paleogeography. From this, we can comprehend some learning thinking about the late Professor Zhou Ting Ru's study of paleogeography of Cenozoic Era.

Geomorphically there was a peneplain on Dai Hai basin from Paleocene Epoch to early of Eocene Epoch. When the environment was forest-grasslands as recent warm temperate zone. Little early at the 46.2 Ma.B.P. fault and volcanic activity occurred in south Dai Hai along strike NE, volcanic activity and basalt erupt was continuing in the

mid Pleistocene Epoch all the time or before the Ma Lan loess deposit. The time of Dai Hai fault basin was in the Late stage of Neogen Period, ending the Bao De, early Jing Le. Basin showed the deposits since 7x10⁴a B. P. Residua around the basin show that the climate was relatively warm and wet at the mid Pleistocene Epoch and since the Late Pleistocene Epoch it became dry again.

Key words: Cenozoic Era paleogeography, Inner Mongolia, Dai Hai Basin.

Suggestions for the industrial Structure

Wu Yiguang

(Department of Geography, Beijing Normal University)

Key words: Beijing industrial structure, Industrial distribution

Abstract

The most remarkable superiority of Beijing's industrial development is its rich intellectual resources, with the No.1 status of scientific and technological forces. The main limiting factors are a shortage of water resources, and the requirement of a high quality environment. The characteristics of the distribution of Beijing's industry spread eccentrically from the urban districts to the outskirts, and then to the outer suburbs. According to the advantages and problems of industrial development in Beijing, the author suggests: the emphasis ought to be on industries that are clean, technologically intensive and conserve water and land. Based on this principle, the present industrial structure ought to be adjusted to develop new industries.

A Comprehensive Study on Paleogeography of Beijing Plain since the Late Pleistocene

Li Huazhang

Abstract

1. Beijing Plain belongs to a part of North China Plain. The tectonic setting of Beijing Plain has changed clearly since the Quaternary, epitomizing elevation and subsidence of massifs caused by the action of NE and NW faults, which control the formation and development of the topography of the region.

2. The formation of the current geomorphology of Beijing Plain is related to changes of neotectonism and hydrologic network since the

late Pleistocene.

3. Based on sedimentary facies, sporopollen analysis and dating of samples in a set of cross-sections, paleogeographic and paleoclimatic developments of the region are reconstructed as follows: temperately cool and slightly arid in the early late Pleistocene; warm and humid in the middle; cold and arid of epiglacial epoch in the late; temperately cool in the early Holocene; warm and moist in the middle, with a short-term catathermal epoch around 5600-5000aB.P.; and temperate toward arid in the late. There were slightly climatic fluctuations in above epoches.

4. The environmental evolution since the late Pleistocene is influenced mainly by physical and man-made factors. The physical factors mainly include geomorphological development and universal climatic changes; the man-made factors are chiefly shown as human interferences with their surroundings. Forecasting of the tendency of environmental evolution can be made only when the regular pattern of the physical environmental development and the affecting degree of human activities have been mastered.

Key words: Beijing plain, Late Pleistocene, Holocene, Paleogeography.

Influence of Urbanization in Beijing on Solar Radiation

Zhang Ruyi

Abstract

It is indicated by calculating the observational data of solar radiation in the urban area and suburbs that, to the quantity of direct solar radiation, the alternations by the particulate pollutant and water vapour are 24.4% and 11% separately. The daily average value of the obtained global radiation in the urban area is 10.5% and 22.3% less than the suburbs and outskirts, and the daily average value of the directly obtained solar radiation in the urban area is 12.9% and 16.8% less than the suburbs and outskirts. The direct solar radiation of urban area is decreased gradually.

Key words: direct solar radiation, total solar radiation.

The Effect Of Beijing Urban Radiation Balance On Summer Heat Island Formation

Tu Meizhen

Abstract

By the observation information of temperature and radiation balance of day and night and daytime time radiation in Beijing urban and suburbs, and calculating surface radiation balance of urban and suburbs, it is indicated that the absorbing radiation of urban is 3.1% more than that of suburbs; but the effective radiation is less than suburbs; the radiation balance is 15% more than that of suburbs. This difference of radiation balance is one of important causes for formation of summer heat island in urban.

Key words: Heat island, absorbing radiation, effective radiation, radiation balance.

Mechanism of Karst Cave's Evolution and Tourist Development in Beijing

Yunting Lu Guorong Zhu

Abstract

(Department of Geography, Beijing Normal University)

This essay gives a summary about the evolution of Karst caves and its tourist development system.

1. The special elements and regularity, which infect the evolution of Karst caves in Beijing. First, the difference between the West and North Mountains' structure in amount, density, size, scenery development, and also the spacial distribution of the development of Karst caves in the same structure area is discussed. Then, they in the evolution of Karst caves. It is demonstrated that it is controlled by two kinds of geological structure--whole and part. It is found that the more developed caves are all lying in the west side of the Yan Shan sinking belt. During geological times, it has been sunk greatly, so it contains the thick carbonate rock which can form the Karst caves. Then the active movement of Yan Shan in Mesozoic took place and formed the NE syncline, the ridges of which are Bai HUA, Diao Ji, Miao Feng, Jun Du, Wu Ling mountains. They trend about $NE70^{\circ}167^{\circ}$. On both sides of the ridge, sedimentary rock, from new to old, arranged in proper order. The soluble rocks which can develop into Karst caves are mainly limestone of the Ordovician period and the Cambrian, and the magnesian limestone, Magnesian limestone, limestone magnesian spar of the middle and late Proterozoic Era. The total area has about 2900 square kilometers. The biggest in it is the two sides of synclines. So the distribution structure of Beijing Karst caves is mainly along the SE and NW carbonate rock, showing like a zonal distribution. The

influence of rocky property to the development of Karst caves is mainly due to its thickness and composition. For example, the limestone and magnesian limestone of Ordovician period in early Paleozoic Era formed the caves because of the thickness and little impurity, and the solubility rock are strong. So both the caves and depositional form are better than those solubility rocks which contain more impurity in upper Proterozoic Subera. Those caves in the area of Da Shi River, Zhou Kou River, Yong Ding River are like this. On the basis of this analysis, and comparing to the position of many caves' development, the four developed periods of Karst caves in Beijing are put forward: Caves of Bei Tai, Tang Xian, Late Pliocene and early Pleistocene and middle / late Pleistocene to Holocene period and depositional period.

2. The history exploitive character of some major Karst caves. The authors mainly talk about the detail of how the caves of Kong Shui, Shi Fo, Yun Shui, Cang Jing are exploited since they were discovered. The foundation and development of Modern Travelling estate made a social need to the natural resources of caves. Over the past few years, we have found many high grade caves, such as Shi Hua, Yun Shui, Bei Ta Lin, Yin Hu, Shen Xian, Qing Tu Jian. Meanwhile, we throw a history review of the use of some caves, and summarize the four characters of these of caves in Beijing. First, from one-sided to many-sided. Second, passive regaining the initiative in the use of caves. Third, the technology of using caves is from low to high; Fourth, thinking that the development and protection are all increasing. Besides above, the essay also deals with character of some major caves, thus gives the science basis of further use and development of caves.

3. The travel and development system of Karst caves in Beijing. According to the character of caves' traveling and development, it is suggested to establish a batch of travel which contains different functions. So they can fit for all kinds of travellers. This system mainly contains sightseeing, culture, exploiting, entertainment and organizing form of five scene traveling functions. Tentatively the deputy of caves to each function is worked out. The purpose is to overcome the duplication and replacement of cave development, increase the superb view of cave travelling and help to make a strategic decision of how to increase the quality and benefit.

The Research of Commercial Land Rent in Beijing

Hu Jiang Wang Jun

Abstract

The structure of urban commercial land rent affects the structure of the urban land use. This article analyses the trend of the spatial spread of Beijing commercial land rent, as well as the causes of it. It is considered that the change of this trend interprets that of urban land differential rent. So the practical problem between urban land use and management is discussed,

Key words:

urban commercial land use rent, differential rent, spatial structure.

The Landscape Pattern in the Suburban Ecotone
--by using the research in the east suburbs
of Beijing as an example

Yang Jurong Zhang Hongmei

Abstract

In the last 30 years, apparent changes have taken place in the east suburbs of Beijing. Land matrix has changed. The suburbs are urbanized remarkably and the economical benefits of land use have increased.

By using the diversity index of landscape, we can define the zone of sharp changes. The result shows that during the 30 years, the gradually moving outside of the zone of sharp changes reflects the process and trend of urbanization.

Evolution of Vegetation and Climate since 7000aBP in the
Northern Coastal Zone of Jiaodong Peninsula

Li Qiang Ma Junhong Zhao Ji
(Department of Geography, Beijing Normal University)

Abstract

This paper discusses the evolution of vegetation and climate since 7000aBP in the northern coastal zone of Jiaodong peninsula, according to the analysis of spore-pollen of three cores in this studied area. Needle-broad-leaf fixed forest and coastal steppe have been the principal vegetation characteristics of this area since 7000aBP. With regard to the distributions of coniferous trees and broad-leaf trees, it may be divided into five stages of vegetation evolution. Meanwhile climate change reflected by vegetation evolution has five periods, (1) 7000aBP-6500aBP, humid temperate climate, (2) 6500aBP-5000aBP, hot and

moist climate, (3)5000aBP-2500aBP, temperate and a little dry climate, (4)2500aBP-1600aBP, cool and dry climate, (5) 1600aBP-present, temperate and a little dry climate. There has been a drought tendency of climate since 5000aBP in this studied area. It's a result of climate change, but also connected with its geography situation. At the same time, the activity of human beings is an important factor which influenced climate to become dry.

Key words: Jiaodong peninsula, spore-pollen analysis,

evolution of vegetation, climate change,
7000aBP

The Application of Remote Sensing to the Analysis of Resource
and Environment of Liangcheng County, Inner Mongolia

Li Tianjie Zhao Ji

(Institute of Environmental (Department of Geography,
Sciences, Beijing Normal University) Beijing Normal University)

Abstract

In this paper, the structure of natural environment, the recoverable natural resource and land resource, the structure of land use, the resource and site conditions of the forest and the resource of grassland in Liangcheng County, Inner Mongolia are analyzed and evaluated with the application of the Landsat data. The map series is compiled and the data are calculated. The design for monitoring and predicting resource and environment by means of remote sensing techniques is put forward.

Key words: remote sensing analysis, site conditions; recoverable natural resource. environmental structure.

A Study of Environmental Risk Capacity of Rivers in China

Deng Chunlang, Wang Huadong
(Institute of Environmental Sciences,
Beijing Normal University)

Key words: environmental dilution capacity, environmental risk capacity, probabilistic dilution model for point source.

Abstract

The concept and computational method of environmental risk capacity are presented in this paper. Based on the computation for COD

of some river reaches all over China, the results state that spatial differentiation of environmental dilution capacity is obvious, and of zonality from the north to the south.

THE RADIOCARBON AGE DETERMINATIONS (SD)

Liu Jingzhong Zheng Liangmei
(Department of Geography)

Abstract

The 104 radiocarbon ages altogether are published. These results can be used as the reference for the scientists studying in the field of geomorphology, Quaternary geology, palaeogeography, palaeolake, sedimentology, palaeoclimatology, etc. Key words: Radiocarbon age, Beijing, Hebei, Shanxi, Inner Mongolia, Shandong, Shaanxi, Ningxia, Xingjiang, Antarctica.

