

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

区域·环境·自然灾害地理研究



北方农牧交错带全新世湖泊演变特征

刘清泗 汪家兴 李华章

一、引言

北起呼伦贝尔，向南延伸，经内蒙东南、冀北、晋北、鄂尔多斯直至陕北的广阔地带，是从半干旱地区向干旱地区过渡的地带，也就是历史上农牧交错的地带。从地貌和沉积物判断，这一地带在第四纪地质历史时期曾经有过湖泊发育的极盛时代，但后来湖泊萎缩了，一些湖泊消失了；现存的少数湖泊也都处在萎缩和消亡过程中。由于它们所处的地区不同，所在的地貌部位不同，湖泊发展的阶段不同，湖泊大小悬殊，性质各异，其中有淡水湖、半咸水湖、咸水湖，还有已经干涸了的盐碱湖等。但是它们都表现出发展过程和发展趋势的一致性。

二、湖泊演变的一般过程

湖泊演变的标志主要是从野外地质、地貌和水文等方面的考察中获得，从岩性、岩相和沉积物的分析中获得古水文和环境演变的信息。其中对岱海、黄旗海、达来诺尔、泊江海子和红碱淖尔等湖泊作过较详细的分析研究。以岱海为例，作为古水文标志的古湖岸线、湖岸阶地，在湖区边缘多处发现。有人提出岱海有 4-5 级湖积阶地，经过多次野外调查，发现至少有三级阶地是有可靠证据的。经过 ^{14}C 年代测定，其中的一、二级阶地是全新世湖泊作用的结果。譬如，岱海东岸苜花河北岸的二级湖积阶地淤土堡剖面，其下部湖相层 ^{14}C 年代为距今 11615 年左右，该剖面大部分为早全新世沉积，上部有中全新世沉积。岱海西岸弓沟沿二级阶地剖面，中部 ^{14}C 年龄为距今 8000 年左右，也主要是早全新世沉积，其上部为中晚全新世沉积。岱海东岸苜花河口一级阶地剖面和北岸的老洼营芦苇场剖面为中晚全新世沉积。对这些剖面进行系统采样分析，根据岩性、岩相、孢子花粉组合、微体古生物组合(主要是介形类化石)、微量元素含量及扫描电镜石英颗粒表面形态分析等，发现岱海地区全新世以来的气候曾有 10-11 次温湿、干凉，凉湿、干温阶段的交替变化。用孢子花粉、微体古生物和微量元素的定性、半定量和定量分析，作出一条反映一万年以来气候变化的曲线(刘清泗等，1989)，如图 1 所示。这条曲线与史培军在 1988 年的博士论文中所作的岱海淤土堡剖面多年平均降水值曲线和鄂尔多斯地区干湿期频率距平值曲线有较好的对应相似性(图 1)，它们从不同角度证明了本区气候变化阶段的客观性。

研究湖区的气候变化是为了更好地研究古湖水文变化及其湖泊演变的原因。湖相沉积物提供了大量的气候变化证据，同时也提供了丰富的古水文信息，及古湖演变的证据。上述剖面中出现的浅湖相和湖边沼泽相层位的高程以及一、二级阶地的高程位置，可以认为它们是代表不同时期的湖面高程(没考虑全新世以来构造运动的影响)。又根据岱海周围的各主要剖面 ^{14}C 年代数据(淤土堡剖面下部距今 11615 年、弓沟沿二级阶地剖面顶部距今 8005 ± 100 年、东河沿剖面下部冻融褶曲层距今 6030 ± 85 年以及芦苇场剖面下部冻融褶曲层距今 1500 年左右)，用剖面对比和沉积速率推测的方法，确定了

各主要阶段相应的湖面高程的年代,建立起距今 11000-1000 年之间主要湖面高程序列。用所得到的各湖面高程数,在 1:50000 比例尺的湖区地形图上内插等高线,然后用 KP-80N 电子求积仪沿每条不同等高线进行量测,得到各个不同湖面高程的湖水面积。再结合湖底、湖岸地形特点,把整个湖泊分割成数十块大小不同的梯形,求其各块体积并累加而得到各时期古湖水的近似体积。用湖水体积除以湖水面积得到各时期的平均湖水深度。各时期的湖面高程与湖底最低点高程之差,便是最大湖水深度。根据这些计算而获得岱海湖区距今 11000-1000 年之间湖面变化数据(表 1)。

表 1 岱海距今 11000-1000 年湖面变化数据表

时期(年)	湖面高程(米)	最大深度(米)	平均深度(米)	湖水面积(平方公里)
距今 1000	1229	22.5	10.24	234.5
距今 1500	1227	20.0	9.22	189.6
距今 2000	1228	21.5	9.64	216.3
距今 3500	1227	20.0	9.22	189.6
距今 4000	1228	21.5	9.64	216.3
距今 5000	1227	20.0	9.22	189.6
距今 8000	1253	46.5	22.34	391.2
距今 9000	1250.5	44.0	21.52	333.6
距今 10000	1247	40.5	19.45	320.4
距今 11000	1245	38.5	18.06	311.6

根据考古资料和文献记载,获得 1880-1929 年各时期的湖面水位高程或湖水面积数值,又据水文观测资料查得 1935-1986 年之间各时期的湖面高程或湖水面积。利用这些湖面高程或湖水面积资料进一步推算出湖水平均深度和湖水最大深度等数据(如表 2)。

表 2 1881-1986 年岱海湖面变化数据表

从表 1 可以看出距今 11000 年以来岱海的水位变化情况:早全新世前半期为高水位期,湖面高程由 1245 米 1247 米 1250.5 米 1253 米,大约在距今 8000-9000 年达到全新世最高湖面。从距今 8000 年以后湖面高程急剧下降,大约在距今 7000 年左右湖面高程降低到 1228 米。此后在距今 7000-1000 年之间湖面高程又有若干次升降波动,但基本上都是在 1227-1229 米之间,变化幅度较小。大约在距今 1000 年以来湖面又一次明显下降,其波动幅度一般在 1212-1224 米之间,特别是近百年来湖面波动明显,下降较快。大致从 1881-1930 年湖泊水位下降,湖面明显收缩,1929 年湖面高程降到 1212.5 米,是历史上的最低湖面,当时岱海的面积仅有 50 多平方公里。从 1931-1970 年湖泊水位回升,湖面扩大;到 1970 年湖面回升到 169 平方公里。从 1971 年至今湖面又呈下降趋势,如图 1 所示。

与岱海相邻的黄旗海,它在全新世以来的变化情况与岱海相似。在黄旗海东岸八台沟剖面下部(根据本剖面中部 ^{14}C 年龄,推测大约距今 10000 年左右的)古湖面高程为 1349 米,可算出当时湖面达 690 多平方公里。在湖东南

岸小孤山上，海拔 1360 米处，发现一层在古湖水长期作用下形成的水平条带状的白色石灰华和盐类物质，分布于玄武岩岩块表面和岩石裂隙中，¹⁴C 年代测定为距今 7605 年左右，说明这一时期湖面高程曾达到 1360 米高度。根据这一高程求出当时湖水面积达 830 多平方公里，这是黄旗海地区发现的全新世最高湖面位置。此后湖面开始下降，在八台沟剖面中下部发现一层黑色淤泥质湖边缘相沉积物，推算当时湖面高程为 1352 米，¹⁴C 测定年代为距今 7175 年左右，求出当时湖水面积约为 750 平方公里。以后湖面继续下降，在黄旗海北岸赞达营剖面发现 1300 米的湖面高程(根据层位对比，推算年代为距今 4000-5000 年)，这时湖面已经缩小到 393.3 平方公里。1000 年以来湖面急骤下降，现在湖边至少有两级湖积阶地面比赞达营湖相层低 5-7 米。特别是近百年来黄旗海水面下降更快，1929 年前后黄旗海曾经干涸变为沼泽。从 30 年代到 50 年代黄旗海水面又表现波动回升，到 50 年代末黄旗海湖面扩展到 130 多平方公里，60-70 年代黄旗海已收缩到只有 70 多平方公里，但水质还较好，曾以盛产体肥肉美的“官村鲫鱼”闻名京津一带，官村鲫鱼运往北京作为国宴佳肴。1974 年以后黄旗海水位又开始下降，现在的湖面仅有 68 平方公里。由于湖面缩小，湖水迅速浓缩而咸化，并遭到严重污染水质日趋恶化，到 70 年代末，湖里的淡水鱼已全部死光。当地人到青海湖弄来鲤鱼放养，由于水质盐度高，又加人为污染，鲤鱼也只能生长而不能繁殖，几年之后鲤鱼也全部死光，现在的黄旗海已经成为一潭死水，仅在其北岸河口处有一些人工栽培芦苇。观测记录，1964 年黄旗海中的氯离子浓度为 1222.0 毫克/升，到 1979 年就升高到 4946.1 毫克/升，含盐量从 1972 年的 7.79‰ 上升到 1973 年的 9.040‰，1974 年的 11.68‰，1977 年的 18‰。

表 3 达来诺尔全新世演变数据

时 代	湖面高程(米)	湖水平均深度(米)	湖水面积(平方公里)	水面收缩率(%)
晚更新世晚期	1295	75.5	1547.92	—
B.P.7000 年	1262	42.5	770.06	49.75
B.P.3500 年	1241	21.5	428.88	55.69
50 年代	1227	7.5	266.70	51.19
80 年代	1226	6.5	< 200	91.10

注：据耿侃等，1988。

位于农牧交错带东部的达来诺尔全新世以来也是处在不断的收缩过程中(如表 3 所示)。整个农牧交错带各主要湖泊，如呼伦池、乌梁素海、泊江海子、红碱淖尔、库尔查干诺尔和吉兰泰盐湖等都表现出不断收缩和不同程度的咸化过程，特别是近代的变化趋势比较一致(如表 4、表 5)。

表 4 内蒙古自治区主要湖泊面积变化表

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
呼伦池	2667	—	1968
达来诺尔	266.7	245.5	210.8
乌梁素海	466.7	232.8	—
岱海	200	152.5	140.3
黄旗海	133.3	71.9	68.0
库尔查干诺尔	—	111.2	93.9

注：据王洪道等，1988。

表5 吉兰泰盐池全新世演化阶段

时期	湖泊水面积(平方公里)	湖泊水质	盐湖发展阶段
现代	55	晶间卤水	氯化物型盐湖阶段
全新世晚期	102.4	卤水	硫酸盐-氯化物型盐湖阶段
全新世中期	224	卤水-咸水	硫酸盐型盐湖阶段
全新世早期	600	咸水	咸水湖

注：据耿侃等，1989。

三、全新世以来本区湖泊演变的主要特征

(1)本区全新世以来湖泊演变特征，表现出总体发展趋势的收缩性，以及发展过程的波动性和阶段性特点。

上述各湖泊全新世以来的主要变化是水位高程不断降低、湖面不断缩小，多数湖泊向着咸化方向发展。但这种发展变化不是均匀的，也不是直线式的，而是表现出明显的阶段性和波动性特点，如图1中岱海水位高程曲线所示，大体可分为10000—8000年前的高水位阶段和7000—1000年前的中水位波动阶段以及1000年以来的低水位波动阶段，特别是近百年来水位波动变化更为明显。

据F·A·斯特里特等人的研究，非洲大陆地区湖泊水位的变化也具有明显的阶段性特点，大约距今11000—12000年前湖泊水位多数为中水位，少数出现高水位；距今8000—9000年前各湖泊普遍出现高水位；距今3000—4000年前湖泊多数为中水位或低水位；而目前的湖泊普遍为低水位。这种湖泊水位阶段性的变化与岱海和整个农牧交错带湖泊发展的阶段性比较一致。这种一致性不应是偶然的巧合，这可能是因为全球性气候变化在时间上的同步性间接地表现在湖泊水位变化阶段上的一致性。

(2)本区全新世以来湖泊演变的另一个突出特征是表现在湖面变化与气候变化的一致性。

从图1可以看出，岱海水位高程变化曲线与气候变化曲线、降水变化曲线和干湿期频率变化曲线具有很大的相似性，这说明本区湖泊发展演变的主要原因是气候变化引起的。值得注意的是岱海湖面高程变化曲线还与全球10000年来冷暖变化曲线(H.H.Lamb, 1972)有较好的同步性，与北非地区12000年以来¹⁴C测年频率分布干湿变化曲线(Gerh等, 1974)也有较好的相关性。这种不同地区远距离的变化相似性和可比性，也不是偶然的，这说明

农牧交错带的湖泊演变不仅受本区气候变化的直接影响，而且这种变化也与全球性大气气候变化背景相一致的。

参考文献

刘清泗等，1989，岱海盆地全新世环境演变及其开发利用，干旱区资源与环境，第3卷，第3期。耿侃等，1988，内蒙古达拉诺尔地区全新世湖群地貌特征及其演化，北京师范大学学报(自然科学版)，第4期。

王洪道等，1988，干旱、半干旱地区湖泊水资源及其保护，中国干旱半干旱地区自然资源研究论文集，科学出版社。

耿侃等，1989，吉兰泰盐湖的演化趋向，北京师范大学学报(自然科学版)，第3期。

F·A·斯特里特，A·T·格罗夫，1987，非洲第四纪晚期湖泊水位振动反映的环境和气候含义，国外地理资料(湖泊研究专辑)，第1期(总第6期)。

H.H.Lamb，1977，Climate：Present，Past and Future，Vol.2，Climatic History and the London。

Evolutional Characters of Holocene Lakes in the Transitional Agriculture-Animal Husbandry Zone in North China

Liu Qingsi Wang Jiaying Li Huazhang

ABSTRACT

Taking depositional lake terraces, shore bars, lake-cutclifs, shallow lake and swampy sediments as the paleohydrological indicators, We have deduced the lake levels of different stages during Holocene for the Daihai Lake, the Dalai NurLake, etc. Based on the terrain contours below and above the lake, the volume and the area of the Daihai Lake have been calculated. Al-so with the help of the hydrological records since 1880, along with the above mentioned data, figures and curves of the lake level schanges of the Daihai Lake during the Holocene were obtained. As showed in the table and the chart, the level of the lake ten ded to change as follows. It rose from 1245 to 1247 m.a.s.l. from 11000 to 10000 a.B.P. and rose again from 1250.5 to 1253 m from 9000 to 8000 a B. P. Afterwards, it fell obviously to 1228 m near 7000 a.B.P. and then changed between 1227 m and 1,229 m a.s.l. during the period from 7000 to 1000 a B.P. It fell again later on, especially quickly in the last 100 years. From 1881 to 1930 was the period when the lake level dropped and the lake area reduced. In 1929, the lake level reached its lowermost altitude (1212.5 m a.s.l.) with an area of only more than 50 km². From 1931 to 1968, the

level rose to increase the lake area to 169km². From 1971 on , the lake has tended to fall. The above situation indicates that the Holocene lakes as a total have contracted and fallen in altitude , with some fluctuations.

It is found that the Holocene climate in the Daihai area has undergone changes for eleven times between warm humid , cool dry , cool humid and warm dry, and accordingly, the curves of the Holocene change and the mean annual precipitation are plotted. These two curves correlate with the lake level curve quite well , showing the direct relation between the climatic changes and the lake evolution.

内蒙古农牧交错地带土地利用与土壤侵蚀研究

赵济 王静爱

内蒙古农牧交错地带(下称农牧交错带)是北半球环境危机带(Environment Critical Zones)的组成部分。它的范围大致相当于内蒙古自治区境内的半干旱地区,呈东北-西南延伸,东南-西北更替(图1),面积约有26万平方公里^[1]。其地貌以山地丘陵为主,间有高平原和平原,植被以森林-灌丛草原、草原为主,土壤则为黑钙土、栗钙土、黄绵土及潮土。本文在分析研究区的环境与资源特征基础上,着重讨论土地利用与土壤侵蚀的特征及其相互关系问题。

一、环境与资源特征

农牧交错地带正处在我国东部季风区与西北内陆干旱区之间,内蒙古高原与华北和东北山地,蒙古族居住区与汉族居住区,牧区与农区的过渡地带。年降水量450-250毫米,且由东南向西北更替,空间递变率8-8.5毫米/100平方公里。降水集中夏季,七、八两月降水占全年降水量的45-55%,年际降水变率20-50%。在降水主导下,地貌对水热再分配的作用,使得研究区的环境与资源具有如下特征。

(1)地理环境地域分异明显。宏观地理环境呈东北-西南延伸,东南-西北更替的带状分异规律,即由西北高原、丘陵牧农交错的地理环境,经中部山地丘陵林牧农交错的地理环境,向东南更替为丘陵、黄土台地、沙地农牧交错的地理环境。

(2)环境演变敏感。水分条件的不稳定性导致整个地区环境演变非常敏感,突出表现在气候、植被、土壤地带的空间分布不相吻合上,即显示出时间上的后滞现象。在研究区西端的鄂尔多斯高原,草原与荒漠草原的分界地段,土壤地带较相应的气候带偏西50公里以上。水分条件的不稳定,使第一性生产力具有明显的波动性,农牧交错地带空间摆动幅度达90-100公里^[2]。

(3)农牧交错的土地利用方式。土地利用现状表现为农田、草地、林地空间上交错,在时间上时农时牧,自仰韶文化以来,曾经历过5次明显的农牧交替。此外,民族也具有明显的蒙汉交错分布特征,研究区东部的哲里木盟和赤峰市蒙汉人口所占比例分别为36.39%和61.03%、11.10%和86.81%。

(4)生态环境脆弱,多灾,灾情严重。植物、动物群落单调,深受降水多寡影响,显示出不稳定的易变特征。研究区中西部(呼和浩特及邻近地区),1850-1950年的100年中,共发生各类灾害221次,灾情达到5-6级的占20%左右,在众多灾害中旱灾和水灾出现的频率最高,其次是霜灾和雹灾^[3]。

(5)地下资源相对丰富,地表资源相对不足。这一地带矿产资源以煤、有色金属为主,是我国重要的能源基地之一,业已大规模开发的有东胜、准格尔煤田,霍林河矿区和元宝山矿区等。其中东胜、准格尔煤田800米以浅保有储量达1212亿吨。水资源在东部地表径流相对多,赤峰市为31.02亿立方米,哲里木盟为8.18亿立方米,人均占有量前者825.2立方米,后者330

立方米，均低于全国人均占有量 2500 立方米的平均水平。土地资源中，河谷平原、河湖平原占有量赤峰为 24436.8 平方公里，人均 0.65 公顷，哲里木盟为 26300 平方公里，人均 1.06 公顷。

二、土地利用特征

农牧交错地带土地面积约 26 万平方公里，大致包括 43 个旗、县、市，人口约 1400 万。土地类型多样，例如哲里木盟和赤峰市山地、丘陵、台地、高平原、平原和沙地分别占各盟市面积的 12.6%和 23.59% ,7.75%和 25.36% , 1.46%和 6.50% , < 1.0%和 0.27% , 45.67%和 30.89% , 32.52%和 13.39% ; 土地类型分布具有水平方向的分带性和垂直方向的成层性 ; 土地自然生产力地带性差异和非地带性差异叠加十分突出。在长期的土地利用过程中，形成下述特征。

1. 不同空间尺度上农牧用地交错

图 2 概略地显示了研究区土地利用的宏观分布结构。由于受降水与土地类型条件的限制，一方面表现为西北部的牧农交错，中部的林牧农交错，东南部的农牧交错的带性分布；另一方面还表现出不同地貌单元，次一级的农牧用地的交错特征。图 3 分别显示出土石质山地丘陵(图 3a 赤峰地区)、黄土丘陵(图 3b 清水河地区)、高平原(图 3c 阴山北部地区)和沙地(图 3d 科尔沁地区)四种主要地貌类型区的土地利用交错分布特征。这种农牧交错特征在更次一级地貌部位上亦有明显反映。

研究区土地利用的空间结构，总体上看，是符合区域土地资源分布规律的，是长期以来人-地关系协调的结果。但黄土丘陵区连片过度开垦，造成不合理的空间结构。

2. 初步形成乔灌结合的防护林体系

“三北”防护林体系在研究区初见成效，形成了斑点状乔木林与条块分割的灌丛、草地交错的乔灌草相结合的防护体系，由东北向西南断续成带。该防护林带对耕地防护、水土保持和防风固沙有明显效果。

3. 旱耕地、放牧草地占优势，工矿用地甚少

研究区土地利用构成(见表 1)平均为 6 草 1 林 2 分田。耕地比例远远高于纯牧区，而低于纯农区；草地比例则低于纯牧区，而高于纯农区。整体看，林地比例偏小，其它用地中的工矿用地甚少，不足 0.1%。

表 1 内蒙古农牧交错地带土地利用数量结构

项目 地区	土地利用数量(%)				人均土地利用类型(公顷)			
	耕地	林地	草地	其它	土地	耕地	林地	草地
农牧交错区	31.15	11.72	51.20	5.93	1.24	0.39	0.15	0.64
牧农交错区	18.96	13.14	62.51	5.39	3.43	0.65	0.45	2.14
整个交错区	24.21	12.50	57.69	5.60	1.94	0.47	0.25	1.12

耕地、草地及林地的内部类型结构比例如表 2 所示。耕地中以旱地为主，水浇地比例甚小；草地中天然放牧草地和兼用(放牧与割草兼用)草地为主，割草地极少；林地中灌木林较多，乔木林较少。总体看，多旱地、多天然草地，这就回答了为什么研究区大农业生产的不稳定性受降水波动的制约关系。

表 2 内蒙古农牧交错地带土地利用内部结构

项目 数量 地区	耕地			草地				林地	
	总量 (平方公里)	水浇地所占比例 (%)	旱地所占比例 (%)	总量 (平方公里)	放牧草地所占比例 (%)	割草地所占比例 (%)	兼草用地所占比例 (%)	总量 (平方公里)	天然乔木所占比例 (%)
东部区 (赤峰)	17033.24	15	85	50713.37	49	< 1	48	14611.02	37
中部区 (商都县)	2024.3	7	93	1902.1	59	3.6	37.4	268	—
西部区 (准格尔旗)	1041.9	1	99	3588.1	82	8.5	9.5	130.2	—

4. 土地生产力低而不稳，土地生产力的提高取决于提高水分的有效利用

研究区土地生产力的高低，主要取决于有效降水的多少。研究认为^[4]，温带半干旱地区，旱作和乔木生长要求的基本降水量为 400 毫米，低于这个值就被草原放牧业所取代。研究区土地的气候生产力平均为 5250-10500 公斤/公顷，而土地的现实生产力平均为 750-1500 公斤/公顷。现实土地生产力东南大于西北，与降水量的地带差异相似。气候生产力与现实生产力相差 7 倍，这个值高于纯牧区和纯农区。现实生产力的区域差异极大，灌溉农田最高达 15000-30000 公斤/公顷，旱坡耕地最低不足 150 公斤/公顷，二者相差上百倍，这个值也高于纯农区和纯牧区。由此看到，本区土地开发潜力很大。在防治土地退化的基础上，实现土地生产潜力，提高土地生产力，其关键在于水分的有效利用和土壤肥力。

对清水河县的土地现实生产力研究表明^[5]，耕地利用中的粮食产量排序，水浇地最大，为 3.18 吨/年·公顷；梯田、坝地次之，为 1.16 吨/年·公

顷；坡旱地最小 0.63 吨/年·公顷。草地利用中可食鲜草人工草地最高 4.06 吨/年·公顷，天然放牧草地最低 0.83 吨/年·公顷。研究区内土地现实生产力的高值区是两大灌区，即西辽河灌区和呼包平原灌区；低值区在天然草地与旱坡地交错分布的地段。

5. 不同时间尺度上农牧交替频繁，地带摆动明显

研究区西北界是旱作农业的界限，随着降水量的年际变化，土地利用农牧更替十分频繁。在鄂尔多斯地区有“三年两种，三年两不种”的情况，反映出弃耕地、草地与旱耕地轮换的时变规律。在同一土地单元上农牧用地的轮换也比较频繁，一般是种一年歇一年，或种两年歇一年，或种一年歇两年，不同地区这种轮歇周期不一样。这充分表明，利用“丰欠互补”调整土地利用结构是符合时变规律的。

从更长时间尺度看，研究区历史上的农牧更替总的规律是：随着干湿气候段的更替，农牧交错带在空间上摆动，即表现为农牧区与牧农区的空间界线摆动。该界线在干燥段向东南移动，在湿润段向西北移动。鄂尔多斯地区第四纪全新世环境演变的研究表明，历史上的每一个干燥时期，物质文化以牧业为特色，而每一个的湿润时期，物质文化以农业为特色，而干湿转换时期为农牧交错文化。这种更替存在 2000 年的准周期。目前研究区正处在湿润段中由湿向干转换时期，据此认为，农牧交错带未来可能向东南方向移动。

三、土壤侵蚀特征

1. 土壤侵蚀现状

农牧交错地带土地退化相当普遍，主要有水土流失、风蚀沙化和草场退化等，集中表现为土壤的加速侵蚀，此外还有灌区的次生盐渍化。土壤侵蚀是影响本区现实土地生产力低而不稳的一个重要方面。从宏观上看，土壤侵蚀具有明显的地域分异，且与环境分异息息相关，自山地水力侵蚀向内、外依次为水力侵蚀为主、水、风复合侵蚀和风力侵蚀为主，风、水复合侵蚀相交错的格局(图 4)。土壤侵蚀强度分布见表 3^[6]。农牧区水力侵蚀强度大于风力侵蚀强度，牧农区则相反。对上述土壤侵蚀基本状况进行分析，可以概括为如下特征。

(1)、农牧区以风力侵蚀为主，风水两种侵蚀相交织

研究区的广大沙地、覆沙梁地或高平原地区，风力侵蚀相当剧烈，在一些严重地段风

表3 内蒙古农牧交错地带土壤侵蚀强度分布

地区	类型 等级 面积%	水力侵蚀 %						风力侵蚀 %				
		1	2	3	4	5	6	小计	1	2	3	4
		农牧交错区 (东胜)	—	10.75	20.02	25.13	16.42	2.20	74.52	—	2.54	2.80
牧农交错区 (察右后旗)	7.67	20.17	1.00	—	—	—	28.83	4.36	5.66	16.98	10.25	8
全部交错区	17.30	24.60	10.00	5.77	2.41	0.59	59.99	6.92	6.93	11.15	5.7	3

蚀模数可达 20000 吨/(年·平方公里以上)。在牧农区河谷两侧、低缓丘陵和坡丘则以风、水两种侵蚀为主,侵蚀模数一般大于 20000 吨/(年·平方公里)。例如阴山北麓的武川县水力侵蚀面积占 48%,且以中度、轻度侵蚀为主;风力侵蚀面积占 52%,且以强度、剧烈侵蚀为主;总的土壤侵蚀为强度侵蚀。图 5b 为牧农区典型地段土壤侵蚀状况。

2. 农牧区以水力侵蚀为主,水、风两种侵蚀相交织

在研究区的广大黄土丘陵及披砂丘陵,水力侵蚀相当严重;在一些严重地段,水蚀模数可达 18000 吨/(年·平方公里)以上,河谷阶地和覆沙丘陵则明显表现为水、风两种侵蚀,侵蚀模数一般大于 18000 吨/(年·平方公里)。例如准格尔旗水力侵蚀面积占 84%,且以强度、剧烈侵蚀为主;风力侵蚀面积占 16%,且以强度、剧烈侵蚀为主;总的土壤侵蚀是剧烈的,成为整个交错带土壤侵蚀最严重的地段。图 5a 是农牧区典型地段土壤侵蚀状况。

3. 土壤侵蚀危害严重

研究区内的沙带和南部黄土丘陵是风力侵蚀和水力侵蚀强度最大的地带,而在这两条带之间的广大低山丘陵是风、水两种侵蚀的严重地段,造成严重的危害。据内蒙古土壤侵蚀研究,农牧交错地带的土壤侵蚀危害程度是全自治区最高的地带,形成了明显的土壤侵蚀危害带,对工农业生产造成严重危害。

土壤水蚀危害主要表现在强烈的面蚀造成土地生产力下降。准格尔旗五步进沟观测资料表明,坡旱耕地上每公顷年流失土壤以最低值 10 吨计,一年将流失有机质和氮肥 20-30 千克,全旗水蚀坡耕地(6 万公顷)约损失有机质和氮肥 1500 吨,折合尿素 3000 吨,接近全旗年化肥用量的一半。土壤水分处于作物需水的临界状态,平均产量 592.5 公斤/公顷(1971-1980),坡地天然草量不足 750 千克/公顷。土壤风蚀最突出的危害是可资土地资源丧失。例如科尔沁沙地的科左后旗中长台一带,50 年代末期 4、5 级风蚀占该地的 55.2%,70 年代末期扩展达 70.5%^[7],乌兰察布盟后山一带,开垦 30-50 年之后,明显风蚀面积已占到开垦总面积的 43%^[8]。土壤侵蚀对河流泥沙、居民

及工矿用地、交通建设均有重大影响。严重的水土流失和风蚀沙化，在许多地段造成铁路与公路运输中断、居民地埋压、水利设施失效等危害。

四、土地利用与土壤侵蚀相关特征

从宏观上看，土地利用类型组合分异与土壤侵蚀类型组合分异相一致。山地西北侧为牧农土地利用交错带与风蚀为主、风水两种侵蚀交织相对应；山地林牧农交错用地与水力侵蚀相对应；山地东南侧则为农牧交错用地与水力侵蚀为主、水风两种侵蚀相交织对应。造成这一一对应关系的主要原因是水分条件与地貌条件综合的地域差异。从次一级的空间尺度看，土地利用类型与土壤侵蚀强度的对应关系为：坡旱地是同等侵蚀环境下水蚀最为严重的地段；而沙质旱地是同等侵蚀环境下风蚀最为严重的地段；天然林地和平原水浇地是土壤侵蚀最轻微的地段。对东部地区的研究表明^[8]，土壤侵蚀危害程度与旱耕地面积比例、人口密度、草场载畜量都有一定的正相关关系，而且复合侵蚀地段的相关曲线较单相侵蚀地段的相关曲线陡。因此，控制研究区的旱地数量、人口数量和载畜头数，是防治土壤加速侵蚀必须重视的问题。

为了表明土地利用和土壤侵蚀组合关系的地域差异，合理利用土地的同时防治土壤侵蚀，图 6 给出了二者相关的区域划分网格。各区域在土地利用与土壤侵蚀的空间结构、数量对比、时间对应性、开发与治理、形成与发展诸方面的关系是相辅相成的，只有在开发利用中加强治理，治理中促进开发，才能收到良好的经济、生态和社会三项效益。

土地利用与土壤侵蚀在时间上的相关关系，从年内变化看，水力侵蚀集中在夏、秋季，而风力侵蚀集中于冬、春季；前者主要对大秋作物种植带来危害，而后者主要对夏作种植带来危害，尤其对春播影响深刻，常常由于风蚀而毁苗露根，造成低产。此外，一年内如果偏干，不仅风力侵蚀增强，而且暴风雨常造成强烈的水力侵蚀，从而使土地生产力大大下降，酿成灾害；而遇偏湿，则不仅风力侵蚀减弱，也往往由于植被长势好，而使水力侵蚀得到控制，有利作物生长。

由以上特点可以看出，研究区土地利用与土壤侵蚀结构及利用水平与侵蚀强度，在时空两个方面均有相互对应的关系。

五、区域开发对策

1. 制定波动农牧业政策

研究区旱耕地和天然草地面积广大，降水的年内和年际波动性直接影响粮食产量和牧草生长的稳定性。因此，必须改过去的线性农牧业政策为波动农牧业政策。

在空间上应保证各类用地，特别是耕地和草地有基本稳定田和草场，以及有一定的随降水波动而利用上变化的地块，即有一定的空间摆动幅度的时农时牧土地。这样既可以有效利用土地，又不至使环境问题加剧。在时间上

土地利用数量结构也应视降水的波动，而保证每年的基本数量比例和随降水变化的浮动数量比例，以水定田，以草定畜。农业税收、农产品收购等一系列政策都应有相应的波动幅度。只有这样，才能在波动中求其稳定和增长，形成农牧互补，丰欠互补的经济模式。

2. 建立地下资源补地上资源的区域开发模式

研究区具有丰富的煤炭资源，是中国北方重要的优质煤产地。加强煤炭资源的开发，大力发展交通运输业，积累资金，以工补农，从而增加对旱作农业和放牧畜牧业的投资。改善交通条件以及转移部分靠天吃饭的人口，相对可以减低土地人口压力，利于农副产品转化，从而建立资源异地商品转化的产-供-销经济模式。另外，矿区的兴起相对加强了区域发展的“极核增长”因素，也有利于研究区农牧业经济的发展。

3. 分区开发与治理，建立不同土地类型单元的开发与治理模式

(1)在低山丘陵区，发展与完善喀喇沁旗模式，即以小流域为开发与治理基本单元，乔灌草长中短相结合，软硬相间并重的生物与工程技术。

(2)在黄土丘陵区，发展与完善清水河模式，以提高水分利用率为重点，建设三田，强化旱作农业的基础，发展放牧与饲养相结合的畜牧业。

(3)在沙区，进一步推广乌审旗模式，即建立以水为核心的、治理风蚀沙化土地的家庭牧场。

(4)在平原区，强化发展灌溉农业，以水定田，防治次生盐渍化，建立良好的排灌工程体系。

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，地域开发与研究，第1期。
- [2]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，第3期。
- [3]方修琦，1989，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，第3期。
- [4]李世奎等，1988，中国农业气候资源和农业气候区划，科学出版社。
- [5]王静爱，1989，内蒙古清水河县现实土地生产力研究，干旱区资源与环境(增刊)。
- [6]赵羽等，1989，内蒙古土壤侵蚀研究，科学出版社。
- [7]朱震达、刘恕，1981，中国北方地区的沙漠化过程及其治理区划，中国林业出版社。
- [8]金争平、王静爱，1989，内蒙古东部地区土地利用与土壤侵蚀，干旱区资源与环境，第3期。

Farming and Animal Husbandry in Inner Mongolia , China
Zhao Ji Wang Jingai

Abstract

The crisscross area of farming and animal husbandry in Inner Mongolia , China , is apart of the environmental critical zone in the northern hemisphere. In this area , the mean precipitation ranges from 250 to 450mm and more than 45-55% of it falls between June and July . The population in this area is about 14 000 000 people.

The results of this study show that :

1. The land use of this area is characterized by farming and animal husbandry. Two subregions can be classified in this area , i.e. , the western part where animal husbandry is the dominant form of production and the southeastern part where farming is the main form. Grassland takes up 57.69% and cultivated land 24.21% of the whole area , whereas the grassland and cultivated land constitutes 62.51% and 18.96 % respectively in northwestern part and the former constitutes 51.20 % , the latter 31.15% in the south eastern part.

2. In the study area , the climatic productivity is about 5250-10500kg/ha and the land productivity is about 750-1500kg/ha. Land productivity of irrigated farms is about 1500-3000kg/ha and that of non irrigated is less than 150kg/ha.

3. Due to the fluctuation of annual or seasonal precipitation, the boundary between farming area and animal husbandry area has been shifting frequently. Land degradation exists commonly. Wind erosion occurs over the northwest subregion and water erosion occurs in the southeast subregion. The soil erosion modules are about 10 000-18 000t/km².

4. Soil erosion intensity depends on the structure of land use and the carrying capacity of the land, whereas the land productivity in various parts of the study area depends on the intensity and type of soil erosion to a large extent.

内蒙古草原区风蚀灾害 危险性评价及防治措施

史培军 赵焯 王静爱 金争平

内蒙古草原区包括呼伦贝尔草原区、科尔沁草原区、锡林郭勒草原区、乌兰察布草原区、巴彦淖尔草原区及鄂尔多斯草原区，面积共计 430, 890 平方公里。该研究区是我国重要的畜牧业基地，所产畜产品名列全国前茅。气候生产力和土地生产力分析表明：畜牧业增产增值潜力很大。由于研究区严重的自然灾害影响畜牧业的发展，其中，不仅风暴、雪灾、干旱等困扰着草原畜牧业生产，而且与年俱增的生态灾害对草原畜牧业影响更为突出，特别是风蚀灾害，最为明显。土壤风蚀灾害不仅严重危害草场及畜牧业生产，而且对交通、城市建设及人民生活带来许多困难。因此，对研究区风蚀灾害进行深入研究，并进行危险性评价，从而寻找减灾途径，有着重要的理论意义和实践意义。

一、影响风蚀灾害的环境因子分析

风蚀灾害是生态灾害 (ecology hazard) 或环境灾害 (environment hazard) (非突发性灾害) 的组成部分。影响风蚀灾害的环境因子主要有侵蚀性风力、植被盖度、土壤抗蚀性状及土层厚度、地貌结构、人类开发利用方式和程度。本研究拟用下列参数定量(或半定量)地表征了这些环境因子对风蚀过程的影响：风力侵蚀力指数 T_e (即特定地面上一年内起沙风持续的时间) 表示侵蚀性风力；植被覆盖度 $F(\%)$ 表示植被状况；土壤机械组成和土壤层厚度 H 分别表示土壤抗蚀力及风蚀过程所作用的土壤体；应用地貌图和土地利用图的制图单元分别表征各种类型的地貌形态及土地利用方式和利用程度。

1. 风力侵蚀力指数 T_e

风力侵蚀包括风蚀和风积两个过程，它是风力与地表(面)物质相互作用的气-固两相流体系统的动态过程，而且风蚀灾害主要发生在松散沉积物分布地区。

冬春季在蒙古高压控制之下，研究区冷气团侵袭频繁，寒潮大风次数多，尤其春季平均 3-5 天就有一次大风过境，其中在呼伦贝尔草原西部、锡林郭勒、乌兰察布及鄂尔多斯草原西部风速较大，年平均风速超过 4 米/秒，不少地区还超过 5 米/秒。根据我们在大青沟地区进行的实地观测结果表明，在一般情况下起沙风速为 7.0-8.0 米/秒之间^[1]，这里以起沙风速 7.0 米/秒为标准估测，在大青沟地区风力侵蚀力指数 T_e 为 76 小时以上；在研究区中部地区 T_e 为 90 小时以上；在研究区中西部沙区 T_e 为 240-360 小时；在研究区西南部沙区 T_e 为 160-240 小时。由此可见，侵蚀性风力在大兴安岭、阴山山体

此项研究是霍英东教育基金会资助项目。

工作单位为内蒙古自治区水利科学研究所。

西北侧的广阔草原、荒漠草原区由东向西增强，在西辽河流域、鄂尔多斯高原区侵蚀性风力也较强。

2. 植被类型及土地利用现状

植被是控制风蚀灾害的主要因子之一，植被一是通过增加气-固界面粗糙度而减少侵蚀性风力，二是通过改变土壤水分状况，促使表层土壤稳固性结构体的形成而增加土壤抗蚀力，最终达到减轻风蚀灾害过程的目的。研究区包括干草原和荒漠草原两个亚带，其中呼伦贝尔草原及锡林郭勒东部草原区是以羊草、大针茅、克氏针茅为优势种群的高草草原，其特征是草群比较繁茂，植被覆盖度在 45-60%。在土地利用上以牧业为主，并有不同程度的过牧；锡林郭勒西部草原区、乌兰察布草原区是以戈壁针茅为主的草原，草群较稀，盖度一般在 20-35%之间，在利用上以牧业为主，并且草场超载较为严重；在乌兰察布南部及鄂尔多斯东部草原区是以本氏针茅、百里香为优势种群的草原，这里草群更为稀疏，植被覆盖度在 15-25%之间，在利用上以牧业为主，旱耕地交错分布，草场超载、土地开垦过度极为普遍；鄂尔多斯西部及巴彦淖尔草原区，是以小针茅和小半灌木组成的矮草草原，草群低矮稀疏，盖度在 10-25%之间，利用上以放牧山羊和骆驼为主。

连片分布的大面积沙地的出现是内蒙古草原区的景观特征之一，草原区的沙地以固定沙地和半固定沙地为主，多以蒿属沙生半灌木为建群植物。植被盖度受人为影响变化较大，固定沙地植被盖度一般在 50%以上，半固定沙地在 25-50%之间，半流动沙地在 5-25%之间，流动沙地小于 5%。在利用上以放牧(冬季牧场)为主，仅在部分沙区低湿滩地辟为农田。

土地利用方式及其强度也是影响风蚀灾害的重要因子之一。研究区土地利用方式以牧业为主，局部地区有旱耕地，过度地开垦导致地表裸露和土层松散，而过度放牧，导致秋后草场植被盖度降低，表土因牲畜过频践踏而松散，使易蚀性增强，而且此时正是强风盛行时期，结果增大土壤风蚀量。

3. 土被及其抗蚀力

风蚀灾害的直接对象是土壤个体(polypcdon)，因此，土被结构单元(土壤地貌单元)及土壤性状是影响风蚀灾害的重要因子，它们通过多种方式改变土壤抗蚀力来实现对风蚀灾害的增减作用。土壤层厚度影响风蚀灾害的抗蚀年限。土层厚度愈大，抗蚀年限愈长；土壤机械组成一方面反映被蚀体——土壤表层物质的粗细状况，因为在相似条件下，土壤粒径大小与风蚀速率有相关关系，另一方面土壤机械组成和有机质含量与表土层稳固性结构体的多少相关，从而与土壤抗蚀力相关。土被结构单元即与气候地貌单元相联系的土壤群体，其类型及其部位与风向的配合对风蚀灾害性质及强度有明显影响，据实地观测，一般在迎风坡的中上部以风力侵蚀为主，背风坡则以风积为主。

研究区广泛分布有栗钙土、棕钙土，其中呼伦贝尔草原区以层状覆沙高平原栗钙土、暗栗钙土、波状高平原栗钙土及起伏沙地风沙土单元为主；锡林郭勒草原广泛分布有覆沙低丘陵暗栗钙土、波状高平原栗钙土、低山丘陵栗钙土、丘陵淡栗钙土、层状覆沙高平原

注：巴彦淖尔草原区的粗骨土、石质土面积不包括在内。

淡栗钙土单元为主；乌兰察布草原区交错分布有：低山丘陵栗钙土、山地暗栗钙土、层状覆沙高平原淡栗钙土单元，及平原草甸土单元为主；巴彦淖尔草原区分布有山地栗钙土、波状高平原淡栗钙土、层状覆沙高平原棕钙土及淡棕钙土单元；鄂尔多斯草原区则交错分布有梁原栗钙土、起伏沙地风沙土、平原草甸土，以及层状覆沙高平原淡栗钙土、层状覆沙高平原棕钙土、层状高平原淡棕钙土等单元。

研究区土壤表层(0-20 厘米)有机质含量普遍较低，从东部的暗栗钙土、栗钙土向西过渡到棕钙土、淡棕钙土，有机质含量由 3.5-4.0%依次降低到 0.5%以下；研究区内土壤机械组成普遍偏砂壤或砂土质，在棕钙土带地表普遍砾质化或砾砂质化，而在淡栗钙土亚带则以砂化为主，东部暗栗钙土、栗钙土以轻壤、中壤质为主，局部地区以砂土、砂壤质为主；西部棕钙土以砂壤质、砂土质为主，表层大于 0.25 厘米的粗砂含量一般都在 35-40%以上，如表 1 所示[2]。从这些条件的分析可以看出，半干旱、干旱草原区的波状高平原淡栗钙土、层状高平原淡栗钙土及层状(覆沙)高平原栗钙土，以及风成砂地风沙土等土被结构单元是抗蚀性最差的土被结构单元，而西部棕钙土及淡棕钙土，因地表砾砂质化抗蚀性较强。而在低缓丘陵暗栗钙土、栗钙土及低平原草甸土，除部分地段有风力侵蚀堆积外，一般无风蚀现象。

二、风蚀灾害与灾情状况

1. 风蚀灾害现状与分布

研究区风蚀灾害面积(受灾面积) 375288.4 平方公里，占研究区总面积的 87.10%(表 2)，其中轻灾面积最大，剧烈灾害面积最小。从分布上来看，所占各草原面积的百分比自东而西逐渐增加。严重风蚀灾害带与晚更新世以来的古风成砂带及高风力区相一致，从而形成 5 条强风蚀灾害带[1]。

表 2 内蒙古草原区风蚀灾害各级强度面积统计表(单位：平方公里)

灾害级与 E_i (吨/平方公里) 地区	轻灾	中灾	强灾	极强灾	剧烈灾	合计
呼伦贝尔草原区	19,301.4	10,996.0	9,700.7	118.5	-	40,11
锡林郭勒草原区	69,785.3	63,345.7	25,707.0	7,457.6	-	166,2
乌兰察布草原区	14,673.6	18,546.5	11,629.7	5,965.9	2,967.1	53,78
巴彦淖尔草原区	18,491.4	14,816.8	9,541.7	1,904.4	1,620.1	46,37
鄂尔多斯草原区	18,790.7	18,088.9	11,189.6	10,213.3	10,436.7	68,71
共计	141,042.4	125,793.9	67,768.7	25,659.7	150,023.9	375,2

注： E_i 为平均风蚀模数，因统计原因，未包括科尔沁草原区。

2. 风蚀灾害灾情现状

研究区风蚀成灾面积极为广泛，而且灾情相当严重，它不仅使人类生存环境恶化，并直接危害当地牧农业生产及工矿、交通和城镇建设。总起来说，风蚀灾情主要表现在以下几个方面：

(1) 土地生产力衰减与土地资源丧失

由于风蚀灾害使研究区 213,000 平方公里的草场退化，占到本区草场面积的 49.4%，其结果使草场载畜量比非退化草场减少 30-50%。在农区，由于风蚀灾害的影响，使旱作耕地产量常年低而不稳。在鄂尔多斯准格尔地区和乌兰察布清水河地区，旱耕地产量因风蚀灾害减产平均达 25-40%，个别年份强风蚀使幼苗连根拔走，结果颗粒无收。至于由强烈风蚀地的扩大，使可资土地资源的丧失，造成的损失更难以估算。

(2) 居民地、工矿及交通遭受破坏

位于锡林郭勒草原区西北部的苏尼特左旗，因强烈的风蚀沙埋，使 500 多间房屋遭受破坏和埋压，旗政府所在地被迫搬迁；在鄂尔多斯草原区，因风蚀沙害，致使公路、铁路有时不能通行。如 1967-1971 年间因风蚀沙埋，使乌达-吉兰泰线火车脱轨 4 次，直接经济损失达 23 万多元。因风沙磨蚀钢轨，使其磨损速率加快 5-10 倍。在鄂尔多斯草原区东胜市通往杭锦旗、鄂托克旗、鄂托克前旗的县级公路每年冬春季节都因风蚀沙埋遇阻，有相当长的时间不能通行，需花费数十万元和大量劳力以清理积沙或填埋风蚀坑洼，使这些公路的造价、养护费用加大，通行能力减弱。

(3) 威胁水源与污染环境

黄河在内蒙古境内的干流段(乌海-托克托) 每年风力输沙量就达 3 亿多吨，以粗沙为主，为黄河粗沙的重要来源之一。使本段黄河航运受到很大影响，最严重的地段还要耗巨资清除航道内风运淤积粗沙。由于强烈的风蚀沙暴在冬春季节时而发生，不仅在城镇居民区出现飞砂走石现象，破坏各种建筑物的玻璃设备，而且大量粉尘随风飘荡，严重污染环境。据我们在 1986 年的考察，在鄂尔多斯草原区的鄂托克前旗、杭锦旗旗政府所在地，每年冬春季节沙尘的沉积量高达 5-10 厘米，给当地人民生活带来严重危害。在一些工矿区，一些具有毒性的重金属颗粒，随强风扩散，对矿区居民的身体健康影响极大。

三、风蚀灾害的危险性评价

在我们已进行的风蚀危害程度评价的基础上^[1]，以土壤发生学的观点，着眼于风蚀灾害的强度，在估算土壤形成速率($Q_{生}$)，现存土壤量(Q)和风蚀速率($Q_{蚀}$)等参数的基础上，本文对研究区进行了风蚀灾害的危险性评价。

(1) Q 、 $Q_{生}$ 与 $Q_{蚀}$ 参数的估算

根据表 1 的结果，利用下式即可求得 Q 值。

$$Q = \sum_{i=1}^n H_i \cdot S_i \cdot 10^{-5} \quad (1)$$

其中， S_i 是第 i 类土壤个体的面积(平方公里)， H_i 是第 i 类土壤个体的腐殖层的平均厚度(厘米)， Q 是该区域土壤腐殖质层总量(公里³)。据此，研究区各草原区 Q 计算结果如表 3。

根据 V. A. Kovda(1982)等人的研究^[3]，正常风蚀速率(地质风蚀速率)小

于土壤形成速率，假定最小土壤形成速率与正常风蚀速率相当，这样就可以把我们在本区实测得到的在整个风季没有明显风沙流(不造成危害)的侵蚀深度(0.1-0.22 毫米/年)的平均值 0.16 毫米/年作为本区土壤的形成速率，即 $Q_{生}$ 的估算值。

风蚀速率 $Q_{蚀}$ 以表 2 中的各级风蚀灾害强度级之平均侵蚀模数计算来代替，即分别为 1245 吨/平方公里(0.83 毫米/年)、3375 吨/平方公里(2.25 毫米/年)、6750 吨/平方公里(4.5 毫米/年)、13500 吨/平方公里(9.0 毫米/年)、18000 吨/平方公里(12.0 毫米/年)。

由以上分析，则可进行风蚀灾害的危险性评价。

(2)风蚀灾害危险性评价

由下列式可直接计算某计算单元的风蚀强度(Q)：

$$Q = Q_{蚀} - Q_{生}$$

$$= \sum_{i=1}^n (M_i \cdot S_i - Q_{生} \cdot S_i) \times 10^{-5} \quad (2)$$

式中： M_i 为第 i 级风蚀灾害的侵蚀模数， m 为风蚀灾害等级数， S_i 为第 i 等级风蚀灾害面积。计算结果如表 3。由表 3 可以看出，内蒙古草原土壤风蚀灾害危险的严重性以及这

表 3 内蒙古草原风蚀灾害危险性评价一览表

地区	呼伦贝尔草原	锡林郭勒草原	乌兰察布草原	鄂尔多斯草原	巴彦淖尔草原	全区
环境容量参数 (K_i)	0.64	0.51	0.57	0.58	0.36	—
现存土壤量 Q (公里 ³)	18.3862	65.9612	21.8404	16.6329	5.8268	128.6475
每年风蚀量 Q (公里/年)	0.7931	3.5793	1.8729	3.1316	1.1956	10.5728
土壤抗蚀年限 (Y_i)(年)	23.18	18.43	11.66	5.31	4.87	12.17
风蚀危险指数(f_i)	0.0431	0.0543	0.0858	0.1883	0.2053	0.0822
*风蚀灾害危险度 (D_i)	0.0673	0.1065	0.1453	0.3247	0.5703	—

*($D_i = f_i / K_i Y_i = Q_i / Q_i f_i = 1 / Y_i$)

种危害的地区差异性。鄂尔多斯草原、巴彦淖尔草原风蚀灾害已到了相当危险的程度，即已到了临界状态，若不加以防治，将出现毁灭性的灾害，使区域草地牲畜承载能力乃至人口承载力彻底破坏，带来严重的社会问题。此外，表 3 中 K_i 值的确定是依据各草原区环境条件(表 1)而综合通过模糊评价的方法来计算的。 K_i 值区域环境对风蚀灾害的容量(即区域环境中各要素制约或减轻风蚀灾害的能力或区域环境对风蚀灾害的缓冲性能)。在 K_i 的基础上，通过进一步计算，最后求得 D_i (风蚀灾害危险度值)：

$$D_i = f_i / K_i \quad (3)$$

D_i 值的地理意义是, 当风蚀灾害程度一定即 f_i 一定时, 环境容量 K_i 值越大, 风蚀危害程度 D_i 值越小, 即风蚀危害越小; 当环境容量 K_i 值一定时, 风蚀灾害危害程度与风蚀强度成正比。由此可见 D_i 值把风蚀程度和环境缓冲能力相联系, 综合地反映了风蚀灾害的危险程度, 用它作为评价区域风蚀灾害的综合指数是客观的量化的指标。从表 3 中, 我们可以得出呼伦贝尔草原(环境容量大, D_i 值小)风蚀灾害远不及巴彦淖尔草原和鄂尔多斯草原的危险程度, 从 D_i 值来, 仅为后者的 1/6 左右。

四、减轻风蚀灾害的途径

根据以上的分析, 提出如下防治风蚀灾害的措施。

(1) 拟定各区域灾害区划和制定减灾规划。灾害区划要根据区域灾害体系、灾害危害程度(灾情)、灾害强度、灾害危险性评价、综合分析, 进一步依据一定的原则和指标制定。减灾区划则应在灾害区划的基础上, 根据把防、抗、救灾相统一的原则, 充分顾及各区域对风蚀灾害的缓冲性能, 以获得最好的减灾效益为指标来制定。

(2) 规划减灾示范区和建设减灾示范工程。减灾示范区的选择应以区域环境质量、灾害地域分异规律、灾情地域分异规律、区域经济水平等方面来考虑; 示范工程则应该强调减灾整体效益, 把防、抗、救系统工程统一协调起来, 把减轻生态灾害与突发性自然灾害的灾情统一起来, 无论选择示范区, 还是示范工程, 均需真正能够起到示范意义。

(3) 把区域减灾规划要纳入各级行政区国民经济和社会发展战略规划, 把经济建设与减灾活动紧密结合起来, 从而实现减灾这项“守业经济”的经济效益, 即减灾增产增收, 把兴利与除害统筹安排、分步实施, 充分发挥减灾工程的生态和经济效益。

(4) 建立草原“波动畜牧业”的经济体系, 以草定畜, 从时、空两个方面实现草—畜动态平衡体系, 提高对草地生产力旬、季产草量的预测预报精度, 及时调整草地载畜量, 从而使草场得以永续利用。为此, 需逐步建立草地灾害信息系统(包括监测系统), 从而建立包括风蚀灾害在内的灾害预警系统。

(5) 继续进行区域土地利用合理结构的调整, 坚持人工植被的建设和自然植被的保护利用。要特别注重本区东南边缘风、水两相侵蚀交错地区的土地利用结构的调整, 提高旱作农业的水分利用率, 增加旱地农作物对牲畜的承载能力, 从而减轻研究区天然草地的载畜压力, 以利退化草场的恢复, 从而间接提高草场抗蚀强度, 拟制风蚀灾害等区域灾害的危险程度。

参考文献

- [1] 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。
- [2] Li Tianje, Zhao Ye, 1988, Soil Cover, Land Evaluation and Protection in Inner Mongolia, International Grassland Congress XVI. NICF-FRANCE.

[3]V.A.Kovda , 1982 , 土壤耕作与尘暴的关系 , 世界沙漠研究 , 第 2 期。

Wind Erosion Hazard Assessment and
Prevention in the Steppe of Inner Mongolia
Shi Peijun Zhao Ye Wand Jingai Jin Zhangping

Abstract

The study area consists of the steppes of Hulun Buir , Xilin Gol , Ulanqab , Bayannur and Ordos , which is about 430890km². Wind erosion is a hazard traditionally associated with semi-arid areas. The wind erosion and drought in Inner Mongolia Steppe have become the serious problem of ecological environment , and there is about 21 3000km², degraded grassland in the study area. In the first part of the paper , the factors (the wind erosivity , the nature of the soil cover , the soil erosion-resistance, the land use and the nature of the plant cover) which control the working of the wind-soil erosion system are discussed . And then , the present situation of the wind-erosion and the present condition of the wind-erosion disaster are analysed. The assessments of the wind erosion risk in Inner Mongolia Steppe is based on the following equations :

$$Q_i = \sum_{i=1}^n H_i \cdot S \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta Q_i = Q_{i \text{ erosion}} - Q_{i \text{ forming}}$$

then

$$D_i = \frac{\Delta Q_i}{Q_i \cdot K_i}$$

Where D_i is the wind erosion danger degrees , and K_i is the environment capacity.

D_i has been used to investigate regional variations in wind erosion risk in the study area .The results show : the wind erosion danger degrees(D_i) of the Bayannur and the Ordos Steppe are seven or eight times more than that of Hulun Buir Steppe , and the wind erosions of some areas are in critical state.

内蒙古地区近 30 年年平均温度 和年降水量变化的主要特征

巢俊民

本文所指的内蒙古地区是从内蒙古自治区的呼伦贝尔盟南部向东南沿伸，一直到阿拉善盟西侧，包括冀北、晋北和陕北的部分地区；南北跨 10 个纬度(38°N — 48°N)，东西跨 17 个经度(107°E — 124°E)；属干旱区向半干旱区的过渡地带。我国北方农牧交错带从其中间穿过，所以在该地区内不但有农有牧，而且有些地区时农时牧，是中国生产方式极不稳定的地区。该地区旱、雪、风等灾害频繁发生，植被受到破坏，生态环境退化，给农牧业生产造成严重影响。这种变化有人为因素的作用，但是气候变化是背景性的主导因素，因此研究该地区主要气候要素——年平均温度和年降水量的变化特点，是深入认识我国北方农牧交错带的近期特征以及拟定该地区资源合理开发和经济发展战略的重要前提。

一、基本情况

在该地区一共选用了 88 个站的气候资料，其中 80 个站具有 30 年(1959—1988 年)资料，8 个站具有 29 年(1960—1988 年)资料，基本上达到每个旗(县)一个站。计算了它们的年平均温度和年降水量的历年平均值、标准差、变差系数和距平异常年的特点等，其结果如下：

1. 平均值分布特点

图 1 为年平均温度 30 年平均值分布图。 114°E 以东，等温线走向近似东北到西南， 114°E 以西，近于东西走向。该地区等温线密集，水平温度梯度较大。图 2 为年降水量 30 年平均值分布图。等值线主要呈东北到西南走向，年降水量自东南向西北方向迅速减少，由每年 400 多毫米下降到 200 毫米以下。

2. 标准差和变差系数分布特点

年平均温度的标准差水平方向差异较小，大约都在 0.6 附近。图 3 表示年降水量变差系数的分布特点。年降水量变差系数水平方向差异比较大，等值线近似南北走向，自东向西年降水量的变差系数由 20% 增加到 40%。值得注意的是在中部白旗、克什克腾旗到沽源、张北一带有一个小于 20% 的相对低值区。

3. 各站两个气候要素异常年的特点

为了更好地反映该地区两个气候要素年际变化特点，我们统计了全地区 80 个站每年距平绝对值 > 1.3 倍标准差的次数，称达到这个标准的年为距平异常年。由于该地区大部分台站年平均温度的标准差在 0.6 附近，年平均温度距平异常年的年平均温度值一般高于或低于历年平均值 0.8 以上。该地区大部分台站年降水的变差系数在 20—30% 之间，距平异常年的年降水量可以比历年平均值增加或减少 30—40%。年平均温距平异常年在 5 次以上的共有 53 个站，占总站数的 67.5%，而年降水量距平异常年在 5 次以上的台站共计 63 个，占总站数的 78.8%。不论从时间还是从空间看，年降水量异常年出现的机会远大于年平均温度异常年的出现。图 4 绘制了各年平均温度距平异常和年降水量距平异常台站数曲线。由图 4 可以看出，30 年内大范围地区出现温度距平异常约 6 次，平均 5 年出现一次，而出现较大范围年降水量距平异常约 13 次，平均 2 年多就有一次。表明该地区年降水和年平均温度年际间变化频繁且振幅很大。从时间上看，年降水波动的频率显然高于年平均温度，但是从空间范围来看，发生大范围降水距平异常的地域(台站数)远小于发生大范围温度距平异常的地域。

4. 本区灾害发生频繁

由于温度和降水年际间变化频繁且振幅很大，造成该地区各种灾害发生频繁，而且严重，对生态平衡、植被和农牧业资源造成了很大的冲击和破坏，土地沙化严重，环境正在不断恶化。该地区主要灾害有六种：干旱、白(雪)灾、风沙、低温冷害、霜冻和雹灾，又以前三种危害最大。从气候学标准来划分，该地区主要属于干旱、半干旱气候区，据 30 年统计，属于大范围的干旱就有 8 次，平均 3 年多来一次，有些年造成的损失极为严重。例如 1965 年全内蒙从东到西降水量普遍很少，只有历年平均值的 60%，这一年除河套灌区以外，大都遭受旱灾，使全区粮豆总产减少 9 亿 6 千多万斤。白灾即雪灾，是指入冬以后降雪过多，草场上长时间积雪过深，使牲畜采食困难，饥寒而导致死亡。白灾易发区分布在大兴安岭以西、阴山以北的内蒙古草原的广大牧区。据统计，锡林郭勒盟 1988 年以前 35 年中共有白灾 16 次，占总年数的 45%，每 2 年多来一次，严重白灾 5 次，占白灾年 31.3%，平均 7 年一次。严重白灾造成的损失非常大，1977 年 10 月末锡林郭勒盟牧区大雪成灾，到次年 2 月总降雪量达到 70 多毫米，积雪深度 15—30 厘米，积雪日期长达 120 多天，全盟共损失牲畜达 300 多万头(支)。风沙灾是又一严重灾害，该地区处于南下冷空气前沿，经常出现大风天气，春季尤为严重，4—5 月份大风连续 3—4 天比较多见，个别地区连续大风日数可长达 10 天以上，且风力都在 8—9 级，最大风力可达 12 级，再加上本地区常年干旱，大风引起的沙暴对农牧业生产危害非常大。据测定从秋翻到次年春播前，每亩耕地可吹走表土 2—4 吨，流动沙丘每年向前移动 5 米以上，半流动沙丘每年向前移动 2—3 米，埋没农田和牧场，使土壤严重沙化，草原严重退化，再加上干旱与大风同期，引起大范围农牧资源的破坏。例如西辽河的科尔沁一带，解放初期有流沙 300 万亩，现在已扩大到 700 万亩以上。

二、主要准周期振荡的特点


对该地区满 30 年资料的 80 个台站作了功率谱分析，相关系数最大滞后时间为 10 年。计算结果表明，经过信度水平为 0.1 的白噪声检验，年平均温度序列有 66 个台站(占总数的 80.3%)有显著的 4—5 年准周期振动，而年降水量序列有 64 个台站存在周期为 2.5—3.3 年的主要准周期振荡。值得注意的是年平均温度的主要周期振动的周期大于年降水量的主要周期。

三、长期变化趋势的特点

我们计算了 80 个台站的每年年平均温度和年降水量的全地区平均值，用这两个平均值的 30 年序列表示整个地区年平均温度和年降水量的变化特点。对这两个时间序列进一步计算了 9 年滑动平均值，并根据它们绘出了全地区温度和降水长期变化趋势曲线，见图 5 和图 6。

由图 5 看出，该地区温度在 60 年代末以前变化趋势一直是明显下降的，以后到 80 年代初一直是在明显上升，进入 80 年代后上升趋势不太显著。Jones 等人在 80 年代初曾指出，北半球温度变化趋势从 40 年代开始一直是在下降，从 60 年代末到 70 年代初达到最低值，以后到 80 年代初一直是在上升的。我国内蒙地区温度变化趋势与 Jones 等人计算的北半球温度变化趋势是一致的。由变化趋势曲线估计，该地区温度由 50 年代末到 60 年代末约降低 0.57℃，而由 60 年代末到 80 年代初约上升 0.44℃，80 年代变化较小。由图 6 看出，该地区 30 年来降水变化的总趋势是下降的，具体说 50 年代末到 60 年代末降水变化趋势是明显下降，60 年代末到 1977 年略有增加，而以后又趋于下降。年降水和年平均温度变化的相互配置为，60 年代温度和降水都在明显降低向冷干型发展，70 年代开始降水减小虽然不太显著，但是温度升高明显，向暖干型发展，干燥程度仍在明显增加。

为了从另一个侧面反映该地区温度和降水的变化趋势，还分别计算了全地区三个十年(即 1959—1968, 1969—1978, 1979—1988)的平均值和标准差值。全地区三个十年的年平均温度平均值分别为 4.86℃、4.71℃ 和 5.01℃，变化趋势为先降后升，而三个十年年平均温度的标准差分别为 0.32℃、0.57℃ 和 0.44℃，在低温时期年平均温度年际间振动的幅度比高温时期要大。全地区年降水量三个十年的平均值分别为 356 毫米、350 毫米和 344 毫米，明显旱化。全地区三个十年的标准差分别为 67.9 毫米、36.6 毫米和 38.3 毫米，先明显降低，然后略有增加；降水量较多时期，其降水年际间振动幅度比降水量少的时期要大。

此外，我们还对 80 个站分别计算了它们各站的三个十年的年平均温度和年降水量的平均值和标准差，发现它们的变化特点具有明显的区域性特点。分界线在锡林郭勒盟和乌兰察布盟交界的二连、朱日和到化德一线附近。该线以东和以西两部分区域内变化特点虽有显著的一致性，但两个区域之间还有显著的区别。例如分界线以东三个十年年平均温度的平均值 95% 的台站是先升后降，呈“”型，而分界线以西 60% 以上台站为一直上升型。年平均温度三个十年标准差的变化，分界线以东 95% 的台站为先升后降型，而分界

线以西 65%的台站是一直下降型或先降后升型。年降水量三个十年平均值，分界线以东的锡林郭勒盟和赤峰市西部 79%的台站为先降后升型，分界线以西 50%的台站却为一直下降，25%台站为先升后降。年降水量三个十年标准差，在分界线以东 70%以上台站为先降后升型，而分界线以西 70%的台站为一直下降型。下面我们简称分界线以东的地区为“东部”，分界线以西的地区为“西部”。

四、东部和西部年平均温度和年降水量变化特点的对比

从上面的分析知道，东部和西部在温度和降水的变化上存在明显差异。我们在东部选了 44 个台站，在西部选了 36 个台站，分别进行了计算，对比两个地区温度和降水的变化特点。

1. 年平均温度变化特点的比较

东部 44 个台站 30 年年平均温度的总平均值为 4.36℃，西部 36 个台站 30 年年平均温度的总平均值为 5.52℃，东部冷于西部。但是东部 30 年全地区 44 个台站年平均温度的总标准差为 0.521℃，西部为 0.528℃，年际变化程度无显著差异。计算了东部 44 个台站年平均温度 30 年的每年平均值序列和西部 36 个台站年平均温度 30 年的每年平均值序列，用以上两个序列分别表示东部地区和西部地区 30 年的温度变化特点，还分别计算了两个序列的 9 年滑动平均值序列，参考这两个序列分别绘制了它们的长期变化趋势曲线。由图 7 看出，东部、西部温度变化趋势基本相同，60 年代末以前温度明显下降，60 年代末到 80 年代初温度明显上升，80 年代变化趋势不显著。但是两地区相邻两年间变化倾向并不完全相同，变化倾向完全相反的共有 8 次，占总数的 27%。东部和西部三个十年的平均值和标准差变化的差异就更加明显，详见表 1。

2. 年降水量变化特点的对比

我们分别计算了东部和西部年降水量全部台站平均值的 30 年序列，由这两个时间序列分别计算了东部和西部年降水量的总平均值和总标准差。东部总平均值为 358 毫米，西部为 327 毫米，东部总标准差为 75 毫米，西部却为 79 毫米，看出虽然东部降水多于西部，可是年降水量年际间变化的程度却是西部大于东部。图 8 分别绘制了东部和西部全地区每年降水量平均值曲线，以及根据 9 年滑动平均值绘制的年降水量长期变化趋势曲线。由图 8 看出两地区长期变化趋势是不同的，在 60 年代两部分降水都是明显减少，在 70 年代东部变化趋势不明显，西部略有增加；在 80 年代东部略有增加，而西部又明显减少。东部和西部相邻两年之间变化倾向相反的次数远多于年平均温度的次数，30 年一共 14 次，约占总数的 50%；60 年代仅 3 次；70 年代 5 次，从 82 年到 88 年连续 6 次相邻两年

表2 东部和西部三个十年年降水量平均值和标准差的对比

项目	平均值 (mm)				标准差 (mm)			
	1959 -1968	1969 -1978	1979 -1988	类型	1959 -1968	1969 -1978	1979 -1988	类型
东部	371	366	369	↘↗	54	39	52	↘↗
西部	337	333	314	↘	110	57	51	↘

变化倾向相反。表2给出了东部和西部三个十年的平均值和标准差的对比，差异很明显，东部都是先降后升型，而西部全是一直下降型。

从东、西部的对比分析可以看出，近30年来内蒙地区西部的干旱化趋势尤为显著。从三个十年的平均值来看，西部温度一直在升高而降水一直在减少；从水热的配合看，其干燥度一直在明显增加。60年代末以后西部地区进入明显的暖干时期。

五、内蒙古地区每年年平均温度距平场和年降水量距平场随时间变化的特点

整个地区选了40个站的30年年平均温度序列和年降水量序列，首先计算了各站的距平序列，再将距平序列标准化。把每年40个站的标准化距平值按台站位置由北到南、由西到东的固定顺序组成列向量，用它表示该年的距平场，按时间顺序把30个列向量组成矩阵，得到了两个矩阵，一个表示年平均温度距平场序列，一个表示年降水距平场序列，最后用斜交转动主因子分析法(Obligue R PFA)分别对它们进行计算和分析。采用不进行共性反复推测的PFA方法得到最初的典型场和时间权数，一共抽出三个典型场，年平均温度的前三个典型场对总方差的累积贡献率达到91%，年降水量前三个典型场对总方差的累积贡献率达到61%以上。它们之间满足以下关系式：

$$X = F T$$

$40 \times 30 \quad 40 \times 3 \quad 3 \times 30$

其中X为距平场阵，F为典型场阵，T为时间权数阵。然后用直接四次幂最小法(Direct Quartimin Method)作斜交转动主因子分析。最后得到新的典型场和相应的时间权数，它们满足以下关系式：

$$X = \dot{F} \dot{T}$$

$40 \times 30 \quad 40 \times 3 \quad 3 \times 30$

其中转动后的典型场阵 \dot{F} 满足

$$\dot{F} = FC$$

其中C为线性变换阵，转动后时间权数阵 \dot{T} 为

$$\dot{T} = GT$$

其中G为线性变换阵。在斜交转动下只要求G和C为非退化阵，且

$$G=C^{-1}$$

不要求为正交阵。

\dot{F} 的三个列向量表示三个新的典型场， $\dot{T}(t_{ij})$ 的三个行向量是

对应三个典型场的时间权数序列。每年的距平场 X_j 可

以近似地表示为三个典型场(f_1 , f_2 , f_3)以时间权数为系数的线性叠加, 即

$$X_j = t_{1j} f_1 + t_{2j} f_2 + t_{3j} f_3 \\ (j=1, 2, \dots, 30)$$

转动主因子分析技术近年来在天气气候分析研究中应用逐渐增多, 例如 Horel 用这个方法分析了 500hpa 高度场, Cohen 分析了北美 500hpa 冬季逐日天气图, Molteni 分析了意大利北部 3 天和 5 天降水总量, Richman 分析了美国中部地区生长季(5—8 月)的 3 天和 7 天降水总量等。Richman 在 1986 年还专门分析了这种方法的优点, 他指出与未转动的典型场比较, 抽样误差要小得多, 而且转动后的典型场更接近实际情况, 便于对结果进行分析和讨论。我们应用这一分析技术得到的结果, 也进一步说明了这一点。年平均温度前三个典型距平场的 VP 值分别为 16.925, 10.920 和 4.146, 它们很好地概括了年平均温度距平场三种最重要最典型的分布型。第一典型场的距平最显著区在西部(见图 9), 第二典型场距平最显著区在东部(见图 10), 第三典型场的距平最显著区在中部锡林郭勒盟一带。对这三个典型场的时间权数序列进行了功率谱分析, 第一典型距平场时间权数存在显著的准 5 年周期振动(置信度在 90% 以上), 第二典型距平场时间权数存在显著的准 4 年周期振动(置信度超过 90%), 第三典型场的时间权数有准 4 年的周期振动(置信度接近 90%)。

斜交转动后年降水量前三个典型距平场的 VP 值分别为 13.848, 7.307 和 2.899, 它们也较好地概括了年降水距平场最典型最重要的三种分布型式。第一典型场年降水距平最显著区在西部(见图 11), 第二典型年降水距平最显著区在东部(见图 12), 第三年降水典型距平场距平显著区有三个, 它们分别在该地区的东北部、东南部和锡林郭勒盟与乌盟交界一带, 强度依次减弱, 且前一个与后两个符号相反。对三个典型距平场相应的三个时间权数序列也进行了功率谱分析, 第一典型距平场时间权数存在显著的准 2.86 年准周期振动, 第二典型场时间权数存在显著的准 2.5 年周期振动, 第三典型场存在显著的准 3.3 年周期振动, 置信度都超过了 90%。

此外, 主要根据前两个典型距平场相应时间权数的大小, 我们把每年的距平场分成五个类型: 第一类, 东、西部都有相同符号的显著距平(两个时间权数绝对值都大于 1, 且符号相同); 第二类东、西部有符号相反的显著距平(两个时间权数绝对值都大于 1, 但是符号相反); 第三类西部有大范围显著距平(第一典型场时间权数绝对值大于 1, 第二典型场时间权数绝对值小于 1); 第四类, 东部有大范围显著距平(第一典型场时间权数绝对值小于 1, 第二典型场时间权数绝对值大于 1); 第五类, 全地区无大范围的显著距平(两个典型场的时间权数绝对值都小于 1)。从分类结果看出, 年平均温度距平场 1 类共 10 次, 2 类出现 2 次, 3 类 11 次, 4 类 3 次, 5 类 4 次。说明温度距

平大范围不显著的年较少，大范围距平显著年较多，而其中又以全地区有符号一致的显著距平和只在西部有大范围显著距平出现次数最多，而全地区有相反的显著距平和只在东部出现大范围显著距平的机会很少。可是年降水量距平场的变化特点与年平均温度距平场的变化特点有很大不同。

在 30 年中年降水距平场 1 类只出现 2 次，2 类 3 次，3 类 7 次，4 类 6 次，5 类 12 次。年降水量大范围无显著距平出现的次数较多，但是 1975 年以前的 17 年中第 5 类只出现 3 次，只占 18%，而 1975 年以后的 13 年中第 5 类就出现 9 次，约占 70%；大范围有显著距平的次数共 18 次，但是前 17 年就出现 14 次，占总数的 82%，1975 年以后的 13 年中只出现 4 次，只占总数的 30%，而且大范围距平异常 72% 的机会只出现在东部或者西部。

参考文献

- [1]Walsh, J.E. and Richman, M.B., Seasonality in the associations between surface temperatures over the United States and the North Pacific Ocean, Mon. Wea. Rev., 109, 1981.
- [2]张先恭、李小泉, 1982 年, 本世纪我国气温变化的某些特征, 气象学报, 第 40 期。
- [3]张林、王长根, 1985 年, 内蒙古气象, 48, 24—28。
- [4]Richman, M.B., 1986, Rotation of principal components, J. climatal, 6.
- [5]李世奎、王石立, 1988 年, 中国北部半干旱地区农牧气候界线探讨, 中国干旱半干旱地区自然资源研究, 科学出版社。
- [6]黄嘉佑, 1988 年, 转动主分量分析在天气气候分析中的应用, 气象, 第 14 卷, 第 9 期。

The Main Characteristics of the Annual Average Temperature and the Annual Precipitation's Change in the Neimenggu Region over the Latest 30 Years (from 1959 to 1988)
Chao Junmin

Abstract

In this paper, the Neimenggu region includes Inner Mongolia Autonomous Region,

Northern Hebei Province, Northern Shanxi Province and Northern Shaanxi Province. The crisscross zone of agriculture and animal husbandry of Northern China Passes through the region from northeast to southwest. The annual average temperature and the annual precipitations of 80 stations in the Neimenggu region from 1959 to 1988 are analysed. It shows the main characteristics of significance and periodicity of two climatic variable fluctuations and their long times varied trend in the region. The results also show that the Neimenggu

region is divided into two portions , the eastern portion and the western portion, by the line of Erlinhaote-Zhurihe-Huade , and that the difference of two climatic variable change between the eastern portion and the western portion is obvious. Thus the paper makes a comparative analysis to the annual average temperature and the annual precipitation s change between the eastern portion and the western portion. Besides , the varied characteristics of the climatic variable anomaly field are analysed by the method of oblique rotation principal factor analysis.

内蒙古河套及邻近地区近 250 年来的 气候变化与气候灾害

方修琦 张兰生 史培军 邹铭

灾害是施害之自然力与受害的社会因素相互作用的产物,因此灾害具有自然和社会经济双重属性。灾害的社会经济属性即灾情,是灾害造成的社会经济损失程度的刻划,它与一定的社会经济条件有关⁽¹⁾。灾害的自然属性是自然现象偏离平均状况程度的刻划,从时间过程的角度看,灾害与地理环境演变有密切的关系:环境要素变化本身可造成灾害;某一环境要素变化可诱发其它灾害;环境演变可延缓或加速其它灾害。基于以上认识,本文从气候变化、灾害到灾情的角度讨论内蒙中部的河套及邻近地区(以呼和浩特为代表)近 250 年来的气候变化与灾害问题。

一、资料与方法

本文所使用的基本资料为树木年轮和历史文献记载。

在研究区内呼和浩特市郊古路板附近的大青山南坡取得单株油松树木年轮样本,序列长 236 年;在大青山前洪积台上的美岱召院内取得单株的侧柏树木年轮样本,序列长 117 年。经分析发现,油松和侧柏树木年轮序列分别与研究区的年降水量和年平均温度显著相关,据此,建立起以呼和浩特站为代表的研究区 1753—1988 年的降水序列和 1867—1988 年的温度序列。虽然在单株树木年轮样品中,非气候因素的影响不易排除,但仍能反映气候变化的基本特征。

根据史料中有关内蒙中部地区的灾异记载,逐年统计 1731—1950 年每年中发生的灾害的类型及其对社会经济的影响程度。在此基础统计每五年中各类灾害出现的次数,从而建立该地区的历史灾害序列。把一年中各种灾害所造成的社会经济损害的总和作为该年的灾情,并用历史灾情等级或历史灾情指数来刻划灾情的轻重差别,灾情等级分为特大灾、重灾、中灾、轻灾、很轻灾和无灾,共六级(6—1 级),对应的灾情指数分别为 10、5、2.5、1、0.5 和 0^[1, 2],从而建立 1731—1950 年的历史灾情序列。

二、气候变化

1. 降水变化

从 1753—1988 年的降水变化曲线上看(图 1a),10 年滑动平均后降水变化的幅度在 140—150mm 左右,以序列的平均值为标准,可把 10 年滑动平均后的降水变化分为若干个多雨期和少雨期。多雨期包括:1753—1771 年、1834—1850 年、1875—1891 年、1916—1925 年、1957—1971 年、1978—1988 年。多雨期的降水一般比平均值高 10% 左右,最多高出 20% 以上。少雨期包括:1772—1789 年、1795—1833 年、1851—1874 年、1892—1915 年、1926—1936 年、1972—1977 年。少雨期一般比平均值低 10% 左右,最多低 15%。1790—1794 年的降水与平均状况接近。多雨期和少雨期内均存在次一级的波动,

本项研究为自然科学基金资助项目。

工作单位为国家民政部救灾救济司。

波动幅度一般小于 10%。

2. 温度变化

温度序列从 1873—1988 年，长 116 年(图 1b)。10 年滑动平均后温度的变化幅度约为 0.3，以 1873—1988 年的平均值为标准，可划分出相对高温期和低温期。高温期包括：1891—1912 年、1940—1954 年、1974—1988 年；高温期的温度可较平均值高 0.2 左右。低温期包括：1873—1890 年、1913—1923 年、1932—1939 年、1955—1972 年；其温度较平均状况低 0.1 左右。1924—1931 年的温度与平均值较接近。

上述变化的特征可与利用准格尔旗树木年轮建立的降水与温度变化曲线进行对比 [3]。

三、历史灾害体系与历史灾害序列

1. 灾害体系

灾害体系是一个地区内各种灾害的总和，它是区域自然环境特征的反映。

根据史料的记载，内蒙中部的河套及邻近地区(以呼和浩特地区为代表)的气候灾害体系由旱、水、雹、风、霜、雪、虫、疫等气候灾害和与气候状况密切相关的灾害构成。从 1731—1950 年共发生各种灾害 395 次，其中 1850 年以前 178 次，平均每年 1.5 次，1850 年以后 217 次，平均每年 2.7 次。1850 年前后灾害次数的差别不是自然原因造成的，而主要是记载的原因，这一方面是由于文献中所记载的灾异现象主要的是那些对社会经济造成影响的部分，而在 1850 年以前，该地区的开发尚处在发展之中，所开发的土地成灾的危险性相对较小，许多异常气候并未成灾，因而未予记载。此外，记载本身的不完全也是原因之一。为了更接近真实情况，本文对灾害体系的分析只限于 1851—1950 年。

在内蒙中部的河套及邻近地区的灾害体系中，以旱、水灾害为主，其次为霜、雹灾害，1851—1950 年间四者合计占灾害次数的 82.0%(见表 1)，出现的概率分别为三年二遇，约二年一遇，三年一遇和三年多一遇。雪灾较少，这主要是史料记载地区多为农区造成的。

表 1 1850—1950 年灾害的构成及出现概率

类 型	旱	水	霜	雹	其它	合计
次 数	59	55	33	31	39	217
占总数比例(%)	27.2	25.3	15.2	14.3	18	100
出现概率(年/次)	1.69	1.82	3.03	3.23	2.57	0.46

在一年当中，根据灾害对形成灾情的作用大小，可分为主导灾害和伴生灾害。对形成一年灾情作用最大的某一种灾害类型是主导灾害，它规定一年

的灾害属性。主导灾害以旱、水灾害为主，分别占成灾年份的 49%和 36%，其次是疫灾占 7%，其它合计只占 8%。

旱灾年份平均灾情指数为 3.05，57%的年份在中灾以上，全部的特大灾年和一半的重灾年均均为旱灾年，很轻旱灾年只占 6%。水灾年的平均灾情指数为 1.5，轻灾以下的水灾年占 63%，只有一年为重灾年。全部中灾年和 71%的疫灾年为重灾年。雹、霜、风、雪等灾害年一般在中灾以下。

伴生灾害，以霜灾、雹灾为主，分别约占伴生灾害的 25%，其次是水灾和旱灾，分别占 17%和 10%。其它灾害占 28%。

每一主导灾害伴生其它灾害的数量与类型，随主导灾害的类型与等级而变化。特大灾情年平均伴生灾害 3.6 种，重大灾年为 2 种，中等灾情年以下的年份伴生灾害在 1 种左右以下。1/3 以上的旱灾年中有霜灾发生，其中的 3/4 以上出现在中等灾情以上的年份中，特大灾年均均有霜灾。旱灾伴生水灾的概率约为 21%，伴生雹灾的概率为 15%。伴生疫灾为 63%，出现在重灾以上的旱灾年中。水灾年伴生霜灾、雹灾的概率分别为 29%和 23%，其中出现在轻灾年中的概率分别为 60%和 75%。水灾伴生旱灾的概率为 17%。

研究区气候灾害体系的特征反映了区域的气候特点。研究区属半干旱气候，水分是区内的主要限制因子，同时由于地处季风尾闾区，降水年内分配高度集中，年季变化大，水分不足导致旱灾发生；降水集中造成洪涝灾害，且有时旱、水灾害在一年中同时发生，因而，旱、水灾害是研究区内的主要灾害。旱灾一旦发生是大范围的，对整个地区的农牧业生产均产生不利影响。而水灾多为洪水灾害，一般只是局地受灾，对全区而言，多雨有利于农牧业生产，因此，若非人口密集的城镇地区受灾，水灾的灾情都不重。霜灾与强冷空气过早地南下有关，多为冬季风较强，夏季风较弱，降水较少，表现为一年中“雨迟霜早”。雹灾多是局地的，因而，一般成灾并不严重。虫灾、疫灾多与旱灾有关，属旱灾诱发灾害。

2. 历史灾害序列

图 1c-g 为旱、水、霜、雹灾害及灾害总数的时间序列。从中可以看出：

(1)旱灾序列的变化受主导旱灾的控制，水灾序列的变化受主导水灾和伴生水灾的双重影响。

(2)各种灾害均呈现多灾期和少灾期交替出现的特征，各灾害的重现期约为 55—60 年及 25—30 年，此外水灾还有 15 年左右的重现期。

(3)多水灾期出现在少旱灾期和多旱灾期向少旱灾期转化的时期，前者以主导水灾为主，后者受伴生水灾的影响较大。霜灾的多发期与旱灾的多发期基本一致，雹灾的多发期主要出现在多旱灾期与少旱灾期的相互转换时期。

(4)从灾害总数量看，多旱灾期，灾害的群发性大。

四、历史灾情序列

以 1850 年为界，整个历史灾情序列可分为两段，前段以灾情波动上升为特征，后者无明显的上升趋势。两段的平均灾情指数分别为 0.98 和 2.4，约相差一个灾情等级(图 1h)。这一特征是社会经济条件变化的反映。1850 年以前，是该地区开发逐步发展的时期，随着开垦面积的增大和人数的增加，区

域对灾害的敏感程度增加，灾害所造成的损失程度也增大。整个地区在 1830—1850 年前后开发达到最大规模后，社会经济条件再没有发生大的变化，因此 1850 年后灾害无明显的趋势性变化。

分别以 1850 年以前及以后的历史灾情指数平均值为标准，可把灾情变化分为若干阶段(表 2，图 1h)。从灾情指数值上看，1850 年以后各阶段的灾情指数值比 1850 年以前同阶段类型的灾情指数高一级。

表 2 灾情阶段划分及其对应的气候条件

时间	类型	降水	气温	时间	类型	降水	气温
1731-1772	偏重灾	1753-1772 年多雨 转少雨		1851-1872	偏轻灾	少雨	
1773-1780	偏轻灾	少雨		1873-1883	重灾	少雨转多雨	低温
1781-1893	重灾	少雨，少雨转多雨		1884-1891	偏轻灾	多雨	低温
1794-1812	轻灾	平均雨量，少雨期 相对多雨段		1892-1916	偏重灾	少雨，少雨 转多雨	高温
1813-1828	偏重灾	少雨		1917— 1924	偏轻灾	多雨	低温
1829-1850	重灾	少雨转多雨多雨		1925-1934	重灾	少雨	平均温
				1935-1950	轻灾	多雨	低温- 高温

五、气候变化与灾害的关系

对比降水、温度序列与历史灾害灾情序列可以看出：高温少雨期和少雨与多雨的转换期是两个灾害多发期；具体到各种灾害而言，旱灾在少雨期最多，其次是由少雨向多雨转换时期。水灾在少雨期的相对多雨段和转换期最多。霜灾与旱灾特点相近。雹灾在转换期最多。

灾情的变化与旱灾的变化相近。灾情重的时期旱灾多，其气候条件多是少雨高温，或少雨向多雨转化时期。灾情轻的时期多是多雨期或接近平均状况的时期。

上述对应关系说明，灾害和灾情变化确实与气候变化相联系，受气候变化的制约，对于研究区而言，少雨期加剧了水分不足，转换期气候的不稳定性增加，因而这两个时期是多灾期，相应的灾情也较重。

利用气候变化、灾害和灾情之间的这种关系，可以通过对气候变化规律的研究，预测未来灾害发生的危险性及相应的灾情，这对生产实践是有重要的指导意义。

参考文献

- [1]方修琦，1989 年，建立历史灾情序列方法的探讨，干旱区资源与环境增刊 2 号。
[2]方修琦，1989 年，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, 第3卷, 第3期。

[3]史培军、方修琦、赵焯、金争平, 1989年, 内蒙古“金三角”地区近500年来降水与温度变化的研究, 干旱区资源与环境增刊2号。

THE CLIMATIC CHANGE AND CLIMATIC HAZARDS
IN THE MIDDLE PART OF INNER MONGOLIA DURING
250 YEARS

Fang Xiuqi Zhang Lansheng Shi Peijun Zou Ming

Abstract

Based on the tree-ring of Chinese pine (*Pinus tabulaeformis* Carr) and Oriental arborvitae (*Platycladus orientalis* (L.) Franco), a 236-year series of precipitation and a 122-year series of temperature are obtained respectively.

According to the historical records about the kinds of disasters and their effects on the economy and society in the middle part of Inner Mongolia, the composition of the disaster system which is related to the climate is analyzed; and both the series of historical disasters and the series of historical disastrous condition is established respectively.

It is concluded that: (1) The precipitation is 10-20 percent higher and 10-15 percent lower than the average in the phases of full rainfall and less rainfall, respectively, after 10 years running means in the 236 years from 1753 to 1988. The temperature is 0.2 higher and 0.1 lower than the average in the warm phases and cold phases, respectively, after 10 years running means in 122 years from 1867 to 1988. (2) Drought is the main hazard in the region, next is flood, then frost and hail. All disasters are characterized by the recurrence of the more disaster phases and the less disaster phases in time. There are more kinds of disasters in the drier periods. (3) The fluctuation of historical disastrous conditions shows the recurrence of the heavy phases and the light phases. The uptrend from 1730 to 1850 mainly reflects the effects of land-use development on the region. (4) The changes of climate, disasters and disastrous condition in historical times have a close relation. In the warm and less rainfall phases and in the transition phases from low rainfall to full rainfall and vice versa, the occurrence of the disasters has a high frequency and the disastrous condition is serious.

内蒙古赤峰地区乡村聚落与土地利用 现状分析 王静爱

赤峰地区位于内蒙古自治区东南部，界于 $41^{\circ}30'N$ 与 $44^{\circ}00'N$ ， $118^{\circ}00'E$ 与 $121^{\circ}00'E$ 之间，面积 86,840 平方公里。自然区划上该区处于我国东部季风区域暖温带半湿润华北山地区与中温带半干旱内蒙古高原以及兴安、长白山区的交接带上。自然景观以“C”字型山地为骨架，西有内蒙古高原，东接松辽平原，分为四个小区，即达里诺尔高原与浑善达克沙地，大兴安岭南段山地、丘陵，燕山北麓丘陵与台地，科尔沁沙地与西辽河平原。历史上蒙汉民族迁移、融合，形成了农牧业交错生产。在这样的背景上，研究区的土地利用呈现多样性，而且乡村聚落的地域差异十分明显。本文试图从土地利用组合的区域差异出发，对乡村聚落进行分类，进而揭示乡村聚落结构、规模、腹地及其分布规律，为分析和评价聚落现状的合理性及研究区乡村规划提供科学依据。

一、研究方法与乡村聚落分类

1. 乡村聚落信息的提取与复合

乡村聚落规模较小，在卫星影像上往往与土地背景合为一体，很难直接目视解译全部信息。因此对乡村聚落信息，我们采用卫星像片、地面资料和地形图三种信息源复合，然后以乡村聚落与土地利用的相关分析法，目视提取聚落信息。表 1 是乡村聚落信息提取的主要内容和方法。

表 1 乡村聚落信息类型及其提取方法

信息源	乡村聚落信息特征	提取方法
卫星像片 (TM) 1:35 万	位置特征、系统结构、相对密度，与土地利用、环境等方面的相关特征；主要是宏观信息	目视解译：直接解译法、相关分析法(与土地利用、环境、人口、行为等相关)； 专题制图法：范围法、点法、质底法等； 系统分析法
地形图 1:10 万	内部结构模式、面积数据	图解法、称重法和统计计算
地面资料	微结构、数量(人口、村数等)	野外观察法、统计地图法和数量分析
复合	聚落数量、质量、结构和动态特征	综合与分析

2. 乡村聚落分类

乡村聚落分类由于依据标志的不同而各异，不同的分类有不同的用途。本文的乡村聚落分类是以土地利用组合区特点为标志。这种分类方法有利于研究乡村聚落的宏观分布与结构，揭示乡村聚落与土地利用的相关关系。

近几年，我们应用卫星影像对研究区土地利用进行过专门研究[1]，从中注意到，由于地貌及水热条件的地域差异，人类与自然长期相互作用，形成了不同的土地利用组合区，各组合区内的乡村聚落密度、排列方向、个体大小、结构以及腹地等方面存在良好的相关性。因此，我们认为，按土地利用组合区并结合聚落特征指标划分乡村聚落类型(表 2)有一定的现实意义。

表 2 聚落类型表

指标与标志 乡村聚落类型	土地利用数量 (%)	聚落面积与土地面积百分比	聚落密度 (个/100 平方公里)	群体结构
耕地为主利用区 乡村聚落	耕地 > 60	> 3	> 35	较密集 斑块状
草地为主利用区 乡村聚落	草地 > 80, 耕地 < 5	< 0.5	5—15	分散 星点状
林地为主利用区 乡村聚落	林地 > 70, 耕地 < 5	< 0.5	< 5	线性延伸 星点状
交错用地区 乡村聚落	耕地 15—45, 草地 35—55	0.5—3	15—35	较分散 小斑块状

二、乡村聚落与土地利用的相关分析

乡村聚落是大农业人口活动的中心，而土地利用是人类活动最直观的表现，二者关系极为密切。

1. 乡村聚落特征与土地利用组合区的关系

表 3 给出了研究区内不同地貌上土地利用组合区的乡村聚落特征。

由此我们得出如下分析：单位土地面积上的聚落面积、聚落密度和聚落规模，耕地区呈现最大，草地和林地区最小，交错用地区居中。这反映了不同土地利用组合区，其土地现实生产力和承载力的差异。乡村聚落在耕地利用区基本形成街区网格状内部结构；在草地利用区往往是孤立的蒙古包或房屋，而牲畜棚圈占地明显；在交错用地区聚落比较松散，一般有简单的街区和较多的牲畜棚圈。这种聚落结构规律，体现了聚落区域农牧更替和交错的历史发展特点。据史料记载，19 世纪以前，研究区为水草丰美的草原，以游牧业为主，聚落多为蒙古包，小而分散，且游动性很大。辽代曾在西拉木伦河沿岸设置京

表 3 乡村聚落特征表

土地 利用类型区	聚落 指征 特征值 与描述	样区 聚落面积	聚落密度 (个/100 平方公里)	聚落 平均尺寸 (平方公里)	结构特征	
		样区面积 (%)			内部结构	群体结构
耕 地 区	滩川地 (水浇地)	12.00	70.00	0.1714	有网格状街区, 且比较复杂	斑块状
	河川地 (水浇地)	8.10	110.00	0.1500	有简单格状街区 且有主街道	斑块状且条 带方向延伸
	黄土丘陵 (旱地)	3.54	35.42	0.1000	简单格状街区	斑块状且呈 树枝方向延伸
	黄土台地 (旱地)	3.67	52.08	0.0704	简单格状街区	斑块状
草 地 区	山前倾斜 平原	0.06	4.17	0.0150	无街区,较为独立 的房屋与牲畜棚圈相伴	斑点零星 散布
	玄武岩 台地	0.23	6.25	0.0367	无街区,蒙古包或 独立房屋与牲畜棚圈	斑点环形 散布
	波状 高平原	0.06	14.58	0.0043	无街区, 蒙古包与大型牲畜圈	斑点零星散布
	覆沙高平原	0.04	8.33	0.0050	无街区 几间房屋结成一体	星点群散布
	沙地	0.04	8.33	0.0050	较独立的房屋	同上
林 地 区	山地 (天然次生林)	0.04	4.17	0.0100	有短小道路分割 成小而分散的住宅	星点状,沿树枝 状延伸

农 · 牧 · 林 交 错 用 地 区	黄土丘陵 (农牧)	1.11	35.42	0.0314	有简单街区,且有牲畜棚圈 相伴	小斑点状呈树枝 状延伸
	黄土台地 (农牧林)	0.88	15.28	0.0577	有小而分散的街区,且有牲 畜棚圈相伴	小斑块状散布
	石质丘陵 (农林牧)	0.99	18.06	0.0550	有简单而集中的街区且有牲 畜棚圈相伴	小斑块状条带状 延伸
	山前倾斜平原 (农牧)	2.75	18.75	0.1467	有简单而集中的街区,主街 道明显,有牲畜棚	斑块状散布
	玄武岩台地 (牧农)	1.06	27.78	0.0383	有简单且不规则街区牲畜棚 圈大,偶有蒙古包	小斑块状散布
	高原 (牧农)	0.52	12.5	0.0417	同上,但街区分散且小	小斑块状群散布
	覆沙高原 (牧农林)	0.60	10.42	0.0580	街区不明显,住宅斑状相间, 牲畜棚圈明显	小斑块群散布
	山地 (林农)	0.46	19.79	0.0232	有主体街区,且多平行排列, 牲畜棚圈明显	小斑块状呈树枝 方向延伸
	沙地 (牧农林)	1.40	18.75	0.0744	无街区,住宅斑状排列无规 则,有牲畜棚	小斑块群散布

府,屯垦,增修边堡,聚落随人口增加而规模增大并且不断向外渗透。19世纪中叶以后,清实行放荒招垦,大量移民涌入,农业与牧业交错,聚落类型已明显地产生了农区、牧区和半农半牧区的差异。本世纪以来,特别是解放四十年,人口和经济的发展,农业政策的变化,聚落发展迅速,聚落结构趋于复杂化,农牧交错聚落类型分布较广。乡村聚落从展布方向来看,主要受地貌控制。平地为均匀分布,丘陵或山地为带状或树枝状分布,台地为环状分布,沙地为分散的小团块分布。研究区地貌类型复杂多样,但以沿谷地发展聚落比较普遍。此外,聚落大都与耕地伴随,只有草地区例外。乡村聚落的区位条件一般都是较好的。

2. 乡村聚落腹地与土地利用程度

乡村聚落腹地通常与土地利用程度成反比,与土地生产力成正比。在耕地利用区,聚落腹地较小,土地利用程度由中心向外降低,但变化幅度不大,土地经营水平普遍较高。交错用地区,聚落腹地增大,土地利用程度由聚落中心向外迅速减低,但向最外围又迅速增大。由于聚落腹地之间的交界带(如村界、乡界、旗县界、盟界等)无明显标记,活动可达边界,但缺乏边界管理的能力,加之人们为了扩大自己的土地范围而抢占、乱垦、乱牧土地,致使土地强烈退化。我们注意到聚落腹地的外围都存在着一个程度不等的土地退化带。由于研究区地处半湿润向半干旱的过渡地带,生态环境受降水变化影响深刻,而且不稳定。加之土地压力逐年增大,不合理的利用土地,致使土地退化加速。突出表现为草场退化、风蚀、沙化和水土流失。聚落腹地的外围,土地利用程度高但不合理,故土地退化严重,土地生产力低下。

卫星影像上将这类退化土地的空间分布及特征显示得十分清楚，而且与聚落关系密切。草地区聚落腹地很大，活动半径一般为 30—50 公里，土地利用程度在聚落中心地带有一个强度利用圈，通常是光板裸地。由于大群牲畜每日践踏、啃食，棚圈比较简陋，又管理不当，因而这种强度退化土地是很难恢复其地力。聚落腹地内草地的利用主要受水源限制，有水源的地方土地过度利用，草场退化严重，缺水草场利用不充分或很少利用。

3. 乡村聚落变迁与土地利用变化

乡村聚落随土地利用的动态变化，在卫星影像上显示得较为突出。乡村聚落迹地在草地利用区和交错利用区比较多。草地区游牧和半游牧(冬夏营地)的土地利用方式决定了聚落的游动性，草原上经常可以见到的圆形裸地，也就是聚落迹地。在沙区，由于风蚀沙化的危害，一些聚落被迫搬迁，形成斑点状裸沙地，这些迹地很难再利用。历史上的农牧更替以及蒙古民族统治的兴衰，遗留下许多古聚落，如边城堡、辽上都遗址等。乡村聚落随人口的增长和交通、经济的发达，迅速扩展，主要有四种趋势：第一，耕地区聚落向耕地入侵，在原有聚落体外围形成一些小型聚落群。第二，山地丘陵地区，聚落一般顺谷发展，部分向坡上伸展，对耕地有一定的威胁。第三，乡村聚落沿交通道路(特别是公路)扩展极为迅速，占用耕地和草场显而易见。第四，大型乡村聚落有向外扩散的趋势，小型聚落有凝聚的趋势。总之，土地利用与聚落发展相互作用，聚落面积不断增大，分布范围变广。研究区是内蒙古经济发达地区，矿产资源(主要是煤)丰富、交通和工矿业发展迅速，聚落发展相应较快，而且随着人的文化素质提高和科学技术的发展，乡村聚落布局得到规划。

三、几点认识

(1)研究区乡村聚落与土地利用的关系极为密切，是多年来人类与自然相互作用的产物。按土地利用组合区划分乡村聚落类型，可以反映乡村聚落的地域差异，对乡村聚落的宏观布局是实用的。

(2)乡村聚落的密度、规模、结构以及占地面积充分反映了人口的多少和人对土地利用的程度差异。乡村聚落布局的合理性，首先取决于大农业土地利用的合理性。

(3)乡村聚落的迅速发展是趋势。应按照利于生产、方便生活、节约用地的原则发展乡村聚落。特别在耕地建造聚落要严加控制，对有利于发展水浇地的原有聚落，可以逐步搬迁，发展水浇地。乡村聚落建设要与耕、林、草保护同步协调，要与城市、交通配合，逐步使乡村聚落结构最优化。

(4)研究区内的聚落分布现状基本是合理的。乡村聚落的宏观分布与土地利用组合区的宏观分布一致，与地貌及水热组合的宏观分布亦一致，即以中东部沙地草地利用区乡村聚落为中心，向北、西、南为低山丘陵、台地耕、草、林地区乡村聚落，再往外是高平原草地区乡村聚落，耕地区聚落呈条带或岛状镶嵌于各地区内，林地区聚落亦呈岛状分布于交错利用区的山地上。

主要参考文献

- [1]内蒙古草场资源遥感考察队, 1987。内蒙古草场资源遥感应用研究 2, 第 226—275 页, 内蒙古大学出版社。
- [2]李旭旦, 1985。人文地理学论丛, 第 126—143 页, 人民教育出版社。
- [3]金其铭, 1988。农村聚落地理, 科学出版社。

Characteristics of Rural Settlements and Landuse
in Chifeng Area, InnerMongolia

Wang Jingai

Abstract

Chifeng is located in the crisscross area of farming and animal husbandry and covers an area of 86 840km². The mean annual precipitation ranges from 400 to 450mm and the maingeomorphic types include sandy plains, hills, mountains and plateaus. In the paper, the characteristics of rural settlements of Chifeng have been studied in relation to Landuse forms and with the application of remote sensing techniques.

The results of this study show that :

1. According to the percentages of regional Landuse, the ratio of the area of rural settlements to area of various Land use, and density and structure of regional rural settlements, the rural settlements of Chifeng are classified as four types: i.e., farming(F), animal husbandry(AH), forestry (FO), and crisscross(C) of farming, animal husbandry and forestry settlements.

2. Relationships between rural settlements and regional land use are characterized as follows:

(1) The area of F is the largest among all types of rural settlements in the study area, and has blocks, the area of AH has yurt or house and shed.

(2) The rural settlements hinterland is inversely proportional to Landuse degree.

(3) The rural settlements are developed with the change of landuse forms and land use degree.

(4) It is very important that the types of rural settlements are classified by land use type and structure, which is objective. The rationality of the rural settlements is determined by the rational land use.

贺兰山与邻区全新世气候演变比较分析 刘敬中 降廷梅

贺兰山耸立于银川平原与阿拉善高原之间,呈 NE30° 方向延伸,南北长约 250km,主要山峰均在 2000m 以上,主峰俄博疙瘩海拔 3556.1m。西侧乌兰布和沙漠海拔为 1030—1050m,东侧银川平原海拔 1100m 左右。由于贺兰山正处于我国东南季风气候和北部西风带气候双向影响的过渡地区,加之突兀原面之上的地势,便构成我国中北部经向自然地带的重要分界线。因此,贺兰山及东西邻区全新世气候演变序列,经向波动变化特征远大于纬向变化特征,与同纬度其他地区比较则更具有典型意义。

一 全新世沉积与气候信息

陆地表面自然环境在时空域上所固有的差异,增大了跨越区域和自然地理单元进行气候变化对比分析的难度。从理论上分析,同一自然地理单元内,不同相域沉积物中,诸气候环境敏感要素获得的气候波动指标之间,应存在良好的对应性,非此亦受干扰。不同自然地理单元相同气候环境敏感指标间的差异,即反映区域间的定性或定量差异;不同敏感指标对比中,在未确定其量化参照系之前仅具有定性意义。贺兰山地、乌兰布和沙漠和银川平原在地貌和气候上都分属各自的地理单元,在对比分析中理应注重这些原则。于是,笔者选择贺兰山古拉本和干沟梁剖面,乌兰布和沙漠中吉兰泰盐湖剖面以及银川平原插旗口和水洞沟剖面作为全新世气候对比的参照剖面,从中筛选出可资比较的气候变迁信息。

1. 贺兰山地全新世沉积

贺兰山峰高坡陡,地势险峻,出露完整的全新统剖面难觅。古拉本剖面位于贺兰山中北部分水岭处,海拔 2236m,全剖面厚 4.10m,为一套坡积为主,夹有洪积和洼地沉积地层,分别在底部和埋深 1.05m 处测得 ^{14}C 年代数据为 $20050 \pm 345\text{a.B.P.}$ 和 $6200 \pm 95\text{a.B.P.}$,以二者间 $2.2\text{mm}/10\text{a}$ 的沉积速率推算,全新统底界应在剖面埋深 2.25m 处,剖面顶部沉积年代约为 $2_340 \pm 95\text{a.B.P.}$ 。干沟梁剖面位于贺兰山中南部山顶,海拔 2750m,为厚 90cm 的坡积剖面,底部 75cm 处 ^{14}C 年代数据为 $2135 \pm 75\text{a.B.P.}$,中部 50-52cm 处残木 ^{14}C 年代数据为 $250 \pm 70\text{a.B.P.}$,顶部 ^{14}C 年代测定结果为现代。二剖面正好上下叠置(图 1.H)。

古拉本和干沟梁剖面内含有丰富的孢粉组合(图 2.H)。乔木以松属(*Pinus*)为主,含量都在 66% 以上。6200a.B.P. 以后出现大量喜阴湿的云杉(*Picea*)分子。草本植物以蒿(*Artemisia*)、藜(*Chenopodiaceae*)占优势,两者含量虽占 1/2 以上,却互为消长变化;其次为麻黄属(*Ephedra*),葎草属(*Humulus*),并含少量的大戟科(*Euphorbiaceae*)、香蒲属(*Typha*)花粉。蕨类植物以水龙骨科(属)(*Polypodiaceae*, *Polypodium*)为主,并有少量卷柏(*Selaginella*)分子出现。

2. 吉兰泰盐湖全新世沉积

吉兰泰盐湖位于贺兰山西北，是乌兰布和沙漠西缘最大的干盐池。盐湖区 134/CK69 钻孔揭露了厚 8.89m 连续无间断的全新世盐湖沉积(图 1.J)。下部砂层中平卷螺测得 ^{14}C 年代数据为 $9959 \pm 130\text{a.B.P.}$ 。剖面自下而上有规律地沉积了碎屑层、石膏层、石膏芒硝层、石膏石盐层和石盐层。盐层偶而夹有薄层碎屑沉积。石膏结晶形态垂向变化显著，埋深 7.87—8.89m 的碎屑层含少量针状石膏；6.29-7.87m 夹于粘土中的石膏以鳞片状，针状形态为特征；3.83-6.29m 石膏多呈片状和聚片双晶产出，并有穿插镶嵌构造，其中 5.70-6.05m 处细砂粘土层中石膏呈粒状或针状；2.28m 以上石膏晶体又以片状和板状为主，多见燕尾双晶。

盐类化学特征是盐湖沉积的微观表现。分析图 2.J 主要盐类化学含量曲线，氯化物和硫酸盐呈负相关变化。 NaCl 和 MgCl_2 同步增长， NaCl 增量较大， MgCl_2 呈微量增加且有波动。 CaSO_4 和 MgSO_4 在剖面中部出现大幅度起落变化，向两端变化微弱。盐类化学特征的这些差异，反映了不同时期湖水性质的阶段性变化。

3. 银川平原全新世沉积

银川平原自西向东由贺兰山山前倾斜平原、冲湖积平原和鄂尔多斯台前堆积平原组成。区内黄河沉积受物源区原始剥蚀物影响，异地成分较多，非银川平原就地产物。山前倾斜平原和台前堆积平原沉积物亦属同一侵蚀-沉积单元内表生过程产物。发育于贺兰山插旗口洪积扇前缘的插旗口全新统剖面，由一套湖相和洪积前缘相组成，它与水洞沟河湖相全新世地层在孢粉组合和氧化物组合变化特征上具有很好的对应性[1]，反映了区域环境变化中的相似性。由于插旗口剖面上部为一套洪积过渡相砾石层的超覆沉积，物质粗化不宜作细微分析，故此将插旗口剖面上部 ^{14}C 年代值为 $5910 \pm 95\text{a.B.P.}$ 处与水洞沟湖相层剖面中 ^{14}C 年代值为 $5900 \pm 70\text{a.B.P.}$ 处相衔接，共同组成区内全新统综合剖面(图 1.Y)。

全剖面孢粉组合呈跳跃式间断分布，连续性较好的为灌木草本植物。总含量均在 62% 以上，蒿、藜和葎草属占绝对优势。藜属向上含量增多，全新世晚期开始便取代蒿属成为第一优势属。乔木以松为主，下部出现少量柳属 (*Betula*)，上部含有个别云杉属分子。孢子植物有水龙骨科(属)和卷柏，与贺兰山地组合相近。总之，孢粉除了组合单调的灌木草本外，乔木和蕨类的时间序列均不连续。为了弥补缺憾，选用该剖面地层全量氧化物因子分析的综合比值 f_1/f_2 作为判别相对干燥或湿润的指标[1](图 2.Y)，该曲线变化作为孢粉分析的进一步补充，可较好地反映银川平原全新世水分变化状况。

二. 全新世气候变化序列

贺兰山地、吉兰泰盐湖和银川平原全新世以来气候变迁序列各异，独具

殊途(图 2)。

贺兰山地地层中丰富的孢粉信息，揭示出 1 万年间气候变化的复杂过程。在 2000m 以上山地始终处于以松为优势种的针叶林，早期桦属分子的零星出现可代表山地气温较寒冷时期。耐旱的蒿类植物温度适应范围大，广布于北半球亚热带至高寒地区，温度指示性不足。但我国以蒿为优势成分的群落分布区却大量集中于干燥度为 1.5—2.0 的地区[2]，可作为指示干旱程度的指标。在广大半干旱地区，菊属多与蒿属伴生，蒿藜花粉又常与松杉花粉交替出现，往往作为气候冷暖波动变化的划分依据[3]。在贺兰山高海拔区域，藜与蒿花粉含量变化并不协调，却与松属花粉含量变化趋势一致。这一特征可能反映藜和蒿的生态异常：藜属耐旱性略不及蒿属，耐寒性则略高于蒿属。藜属对冷潮环境适应性较强，蒿属更适宜温干和冷干环境。在现代干沟梁表土花粉中仅有蒿属和菊科而无藜属，按贺兰山高山气象站(海拔 2904m)多年资料统计推算，在海拔 2750m 高度的年均温为 -0.25℃，年均降水量约为 350mm，干燥度 2.5—3。而在萨拉乌苏河晚更新世城川组代表温凉偏干环境的孢粉组合同样以蒿属菊科居多[4]，藜科寥寥无几。可见半干旱区蒿藜花粉组合特征及其气候指示性，不同于半湿润区的同类组合。具体到贺兰山高海拔区蒿属含量与水分变化间的联系，当蒿属含量在总量中的比例为 25—50% 时，可能代表着干燥度 1.5—2.0 的状况；> 50% 时干燥度增至 2—3.5。再以表土孢粉组合特征所反映的现代气温状况作为参照标准，可将贺兰山高海拔区全新世气候演变过程分为 6 个气候段(表 1)。

表 1 贺兰山地(2000m 以上)气候变化特征

时代(a.B.P.)	气候状况	干燥度	年均气温(℃)
2000-现代	温偏干	2 ±	-0.25
3000-2000	冷温	< 1.5	< -0.25
5500-3000	冷偏干	2 ±	< -0.25
7500-5500	冷干	2-3.5	< -0.25
8800-7500	温干	2-3	-0.25 ±
10000-8800	冷温	< 1.5	< -0.25

表 2 吉兰泰盐湖演化与气候特征

时代(a.B.P.)	盐湖发展阶段	湖水性质	气候基本特征
现代	干盐湖	晶间卤水	极干旱
2500-现代	氯化物型盐湖	卤水	持续干旱
4200-2500	硫酸盐-氯化物型盐湖	混合卤水	干旱，略有波动
8500-4200	硫酸盐型盐湖	卤水及盐水	干旱，有显著波动
10000-8500	咸水湖	咸水	偏干，向干旱转化

古兰泰湖进入全新世以后，在内陆封闭环境中，湖泊收缩肢解过程相应加快，水质从咸水向盐水，直至卤水方向转化[5]。吉兰泰盐湖区全新统剖面内自下而上出现的碎屑沉积和石膏、芒硝及石盐等盐类沉积，充分显示了该湖先后经历了咸水湖、硫酸盐型盐湖、硫酸盐-氯化物型盐湖、氯化物型盐湖和干盐湖等 5 个不同阶段(表 2)。盐湖演化历程证实了干旱气候持续加剧的总趋势。根据陈克造等对我国西部盐湖的研

究,石膏晶体形态具有一定的气候指示特征,片状和板状晶体常为干旱气候条件下的产物,粒状和柱状晶体多为相对湿润气候条件下的产物[6]。在吉兰泰盐湖剖面下部,碎屑层中的石膏晶体形态呈针状、粒状和短柱状,向上过渡出现3次韵律变化。在盐积层内片状、鳞片状和板状石膏晶体发育良好,并有聚片双晶和燕尾双晶出现。碎屑层与盐积层比较,前者沉积需要较多的水分条件,后者沉积则需有强烈的蒸发环境,这种特征正与石膏晶体的垂向变化相吻合,无疑反映了在干旱气候持续发展控制下的由水分差异性所导致的次一级波动变化,主要波动事件出现在5300—5600a.B.P.和4000a.B.P.左右的两个时段。

银川平原全新世地层孢粉组合中大量的蒿藜属代表着气候趋向干旱的总特征,喜湿的水龙骨科(属)含量变化与水分关系更为密切,以松为优势种的乔木组合为较凉时期。此外,若把地层全量氧化物 $f_1/f_2=1$ 和1.5分别作为常态指标的下限和上限,则可将其分为3段:即 $f_1/f_2 < 1$,表示干旱; $1 < f_1/f_2 < 1.5$,表示正常; $f_1/f_2 > 1.5$,表示湿润。综合这些特征分析,银川平原地区在10000—9100a.B.P.为温湿期;9100-8000a.B.P.为偏冷期,水分较适宜;8000—6400a.B.P.为温干期;6400—1200a.B.P.为温和期,水分适宜,但在5000a.B.P.左右存在一个偏干时段,在3000多a.B.P.有一个低温时段;1200a.B.P.以来持续干旱,并有加剧趋势,温度变化不明显。

三. 差异性气候特征分析

综观吉兰泰盐湖区、贺兰山地和银川平原区自西向东经向上的气候变化差异甚大,存在着各不相同的万年气候演变历程。西侧吉兰泰盐湖区在千年尺度内干旱化过程的持续加剧,抑制了区域温度波动变化对区域自然环境的影响效应,水量多寡成为区域气候变化的主导因素;东侧银川平原区虽然也表现出气候向干旱化方向发展的总趋势,但水分变幅大于西侧区,温度变化则显得较弱;中部贺兰山区冷暖干湿变化配置复杂,水分与温度间无明显的对应关系,二者同效影响山地局地气候的历史演化。比较这三地区短距离经向上气候演变的复杂性和差异性,若仅仅限于研究区则难以得到圆满而合理的解释。

我国东部季风区随着东亚季风环流的不断增强,南北向自然地带分异规律受到日益增强的东西向分异的干扰,而使地带性规律方向发生交汇偏转,呈现北西-南东向。东南季风区在盛夏时冷空气可沿110-115°E高空槽后南下直达川黔一带,表现出西半部夏季风稳定性和显著性都不如东半部[7]。影响东部季风区降水和温度时序变化的主导因素是东南季风的强度和稳定性,并受控于北半球主要气候形势的变化与波动,其中海气相互影响过程对长时期气候变迁有着重要意义。这些对处于季风区西部边缘的银川平原的降水和温度变化的影响尤为重要。全新世以来,气候演变过程尚未发生过如同晚更新世末次冰期那样的低温寒冷时期,虽有冷暖波动却都属于千年尺度变异事件,变异幅度要小得多。由此认为,全新世气候变迁不同于末次冰期时海陆分布轮廓对季风区的影响那么显著。众所周知,海温变化直接影响到季风气团性质和强度,进而关系到该气团西推经度和锋面性质,并对季风区西部银川平原降水和温度产生作用。在降水方面的影响,主要是通过夏季风来实现的。在温暖时期,海水表面温度相应升高,副热带高压位置比正常年偏

北,夏季风暖湿气团强度增大,稳定性和显著性增强,长驱直入可达内陆腹地,季风西部边缘区(含银川平原)水分增多。但在冷凉时期,白令海和鄂霍次克海海冰增多,区域冷效应增强,直接影响到夏季冷气团南进强度和锋面性质,往往阻碍夏季风暖湿气团西进,造成季风强度减弱,使季风西半部区出现变异性干旱。温度方面则受北半球降温或升温的影响,季风强弱主要影响区域年温较差的大小。这种在北半球气候背景控制下的季风环流是影响银川平原地区降水和温度波动变化且不同步的主要原因。

分析我国包括吉兰泰盐湖在内的西北干燥区盐湖形成的时间序列[8],有由青藏高原边缘向北向东呈辐射扩展的特征,分析盐湖成熟类型和蒸发程度有从西北向东南依次递减的特征。这与随着青藏高原不断隆起、高原屏障作用逐渐增强,高原季风区周边下沉气流区(夏季)向外扩展而导致环绕高原周围最小雨量带外展迁移、西北干旱区不断向东延伸的现象一致。因此正说明吉兰泰盐湖全新世演化是在我国西北干旱区统一的气候背景下完成的。但它与其它受西风带控制和影响地区的不同点是,由于湖区东南侧呈S形展布的贺兰山的阻挡,迫使低空西风气流爬坡越岭或北绕山体。北绕支流加强了西风气流路径上的旱化效应,使贺兰山西北地区干旱更加严重,从而掩盖了温度因子对区域气候变化所产生的作用。

贺兰山高海拔山地因地形影响始终处于较冷环境,温度变化主要取决于全球或大区域的波动性变化。降水变化则取决于季风气流和西风气流强度对局地地形雨同效影响程度的大小。虽然贺兰山因地势条件而成为区域降水中心,但水量多寡的差异同样受到夏季风强度和西进范围的控制,季风强度大而稳定时,山地雨量相应增加,进入相对湿润期;否则有所减少,气候偏干。同样,低空西风气流爬坡对贺兰山高海拔山地降水也可产生有利影响,尤其是在冬季。贺兰山成为夏阻季风冬隔西风的屏障。

总之,通过对研究区差异性气候特征的对比分析看出,不同大气环流相互重叠影响地区的气候变化更为复杂,分异特征更为突出。区内贺兰山的屏障作用是其重要环节,它不仅仅在于阻隔了东西两个性质不同的气团低空相遇,造成高海拔雨量增多,并导致西风气流北流分支加强,加剧山体西侧地区旱化趋势;而且还在于约束了过渡性气候区的经向变化扩展,增大了山地垂向上的分异特征,特别是双向气流影响下的多雨量带的区域特殊性。吉兰泰盐湖和银川平原分别代表着对应气候区环境变化的总特征。在温度上虽有局地差别,却都反映北半球温度变化的宏观控制作用。区域气候因素和全球气候因素的相互影响,导致降水和温度相匹配的复杂性和区域气候比较上的差异性。

参考文献

- [1]耿侃等,1989,银川平原全新世地层氧化物特征及其在气候上的意义,干旱区资源与环境,第3期。
- [2]李文漪,1987,论中国东部第四纪冷期植被与环境,地理学报,第4期。
- [3]罗宝信等,1984,河北第四纪孢粉与气候地层的探讨,国际交流地质学术论文集(一),地质出版社。
- [4]李保生等,1989,萨拉乌苏河地区晚更新世环境演化,地理研究,第

2 期。

[5]耿侃等,1989,吉兰泰盐湖的演化趋向,北京师范大学学报(自然科学版),第3期。

[6]陈克造等,1985,柴达木盆地察尔汗盐湖沉积特征及其古气候演化的初步研究,中国科学B辑,第5期。

[7]张兰生等,1988,我国气温变化的区域分异规律,北京师范大学学报(自然科学版),第3期。

[8]耿侃等,1989,吉兰泰地区第四纪湖泊的演变,干旱区资源与环境,第2期。

Comparative Analysis of Climatic Evolution during Holocene in Helan Mountain and its Neighbouring Regions

Geng Kan Liu Jingzhong Jiang Tingmei

Abstract

Helan Mountain is located in the transition region affected by the southeast monsoon climate and the continental climate in the north of China. In this paper, the sections of Gulaben and Gangouliang in Helan Mountain, the section of Jilantai Salt Lake in Wulanbuhe Desert which is at the north of the mountain, and the sections of Chaqikou and Shuidonggou on the Yinchuan Plain which is at the east of the mountain are chosen as reference sections to be analysed comparatively on the climate during Holocene. Furthermore the deposition, spore-pollen, salt chemical compound, the comprehensive ratio of oxide, etc. which reflected the climatic change, are analysed to restore preliminarily the climatic time process during the Holocene in Helan Mountain and the regions of its east and west parts.

Through the comparative analysis of different climatic characteristics, it is discovered that the regions from Jilantai Salt Lake, Helan Mountain to Yinchuan Plain differ greatly in climatic changes from west to east. There have been different climatic evolution processes since 10000 years ago. The time process of the climatic evolution of Jilantai Salt Lake reflects the basic character of climatic changes in northern arid area. The climatic time process of the Yinchuan Plain represents the character of climatic changes in Southeastern monsoon regions. The Helan Mountain has an obvious function of climatic barrier. It not only separates the different air masses from meeting at lower atmosphere layer on both sides of the mountain, causes an increase of rainfall in high latitude areas, but also leads to strengthening of the airflow of the northern branch of the westerlies and aggravate the trend of desiccation on both sides of the mountain, Such situation restrains the expanding of meridional

change of transition climate regions and enlarges the differential character of the mountain in vertical direction , especially the specific character which is affected by bidirectional airflow in excessive rain belt regions .The mutual effects between regional climate factors and global ones causc the complexity of the mate of rainfall and temperature , and the difference in regional climate comparison.

中国北方全新世洪积扇形态参数与气候复原

贾铁飞 李容全

一. 引言

洪积扇是干旱半干旱及半湿润地区山地河流在出山口堆积的特殊地形。在国内外的文献中,研究洪积扇发育与新构造运动之间关系的文章较多[1, 2],甚至用洪积扇变形来分析讨论新构造运动[3]。相比之下,分析与研究洪积扇与气候条件间关系的内容却比较少。一般只简要叙述为:气候湿润时,扇的范围扩大,坡度变缓;气候变干时,范围变小,坡度变陡,横剖面呈上凸形[2, 4]。然而,作为气候地形的洪积扇,它的形态及其变化同气候、气候变化应当具有极为密切的关系。因此,本文主要讨论洪积扇形态特征与降水条件之间的对应关系。鉴于对洪积扇这一术语的理解目前还不完全统一,这里先必须明确关于洪积扇的涵义。本文所指洪积扇为季节性山地河流在出口处所形成的扇状堆积地形,不包括大河冲积扇和一些在雨季中偶然形成的小型冲积锥。

二. 基本原理

现代洪积扇普遍发育于我国北方干旱半干旱及半湿润地区。在分布上,东西横跨十几个经度,造成了东西向洪积扇发育与建造条件的显著差异。在洪积扇的发育与建造过程中,除所必需的特定地形等条件外,其制约因素主要是新构造运动和气候。新构造因素主要影响洪积扇的平面形状和扇顶与扇缘间的高差。在建扇过程中,洪积扇位于沉降断块内,不同断块间的差异活动很少表现于同一个扇体上,却多反映在扇体与侵蚀区的交界线两侧断块地貌的差异上。在一般情况下,断块差异活动的速度都在 $0.1—1\text{mm/a}$ 的数量级上[3, 5],所以,全新世以来断块差异活动的影响量,在各地区洪积扇之间的差异比在任何一个同期同地区洪积扇上的影响值要小一个数量级或更多。在新构造与气候相同的条件下,洪积扇平面规模与侵蚀区面积大小存在确定的数量关系[6],所以在讨论洪积扇形态特征时,可以忽略侵蚀区大小的影响。这样,在考察与比较东西向洪积扇发育条件差异时,就有理由将新构造因素视为差异不显著的共同因素。作为洪积扇发育的气候条件,它的东西向差异却十分显著:由东部的半湿润季风气候向西逐渐过渡到西部的干旱内陆气候。这种气候的明显差异不仅影响东西部建扇物质的性质与数量,还通过降水量的多寡决定着过扇水流的数量和能量以及能量在侵蚀、搬运、堆积过程中的分配,从而直接决定了洪积扇横、纵剖面的堆积形态。可见,制约洪积扇发育的主要条件是气候,气候条件的东西向差异又主要体现在降水差异上。所以,东西向间同期洪积扇形态的差异应与其建扇期间降水的差异存在密切的关系。另一方面,在同一地区,不同时期扇间的形态差异,应当是这一地区气候变迁(即降水变化)的结果。因此,引入洪积扇的形态参数,并应用现代数据建立扇的形态参数与降水量的关系模型,且用这一模型推求不同时期、不同地区间的降水量变化和气候变迁是符合洪积扇发育原理的。

三. 洪积扇形态参数的引入与确定

洪积扇总的形态特征是：纵剖面呈下凹形，横剖面呈上凹形。为定量描述纵剖面的下凹程度，参考了河流纵剖面研究中下凹度的概念[7]，用纵剖面下凹度值来描述洪积扇纵向下凹程度。同理，用上凸度值来描述洪积扇横剖面的上凸程度[6]。一般认为，用面积比值法表示下凹度较为精确[7]。其作法是，沿洪积扇纵剖面以扇顶和扇缘为对角顶点作矩形，纵剖面线将矩形分割为上、下两部分，上、下部分的面积比值即为下凹度。用面积比值法求上凸度的方法是：在沿扇的纵轴方向上距扇顶 1/3 扇长处作扇的横剖面并作它的外切矩形，以横剖面线分割外切矩形后的剖面内、外面积比值为上凸度值[6]。

由于洪积扇的平面范围和高差都比较小，面积测量的误差大，在这里未采用面积比值法，而把下凹度(D)、上凸度(U)分别定义为：

$$D = \frac{1}{2}(A_1 / A_2 + B_1 / B_2) \quad (1)$$

$$U = H / L \quad (2)$$

式中， A_1 、 A_2 、 B_1 、 B_2 分别为矩形两条中位线被纵剖面线所截后的线段长(图 1.A)； H 、 L 分别为横剖面外切矩形的高和扇的半高宽(图 1.B)。(1)式中采用 A_1/A_2 和 B_1/B_2 的平均值，是为了消除扇表面的不规则所带来的影响。

四. 洪积扇发育地区的选择 与洪积扇分期

1. 地区的选择

在进行洪积扇发育地区的选择时，主要依据以下原则： 尽量选择有直接野外观察与分析资料的地区； 各地区间纬度大致接近； 各地区间东西向气候条件差异显著； 供研究的洪积扇形态保存完整； 有年代学数据可作分期参考。根据以上原则选择了下列洪积扇发育地区：北京地区(包括昌平和延庆、怀来盆地)，河北阳原盆地，内蒙古呼和浩特地区，乌拉山地区，宁夏石咀山地区，银川地区，甘肃山丹附近等。

2. 洪积扇分期

洪积扇的堆积过程虽然是连续的，但制约其发育的气候条件在地质历史上却有明显的周期性波动。这样，不同气候条件下所形成的洪积扇的形态特征也不同，这就能够将不同时期形成的扇进行划分。划分的依据是： 组成扇体的物质特征； 扇与扇之间的组合关系； 年代学数据； 区域间的对比。依照以上这些依据将中国北方全新世以来的洪积扇划分为三期(表 1)。

表 1 洪积扇分期及绝对年龄依据

期次	时 段	绝对年龄依据	地 区
3	现代		
2	5800-4500a.B.P	4514 ± 142a[3]	呼和浩特
		5050 ± 180a[8]	延庆
		4791 ± 90a[8]	昌平
		5800 ± 105a[9]	阳原
		4715 ± 95a[9]	阳原
1	8400a.B.P.以前	8400 ± 170a[3]	银川

五. 洪积扇形态参数的意义和气候复原

1. 形态参数的意义

从我国北方上述七个地区中选择出 35 个现代洪积扇，根据下凹度、上凸度以及各地区现代年平均降水量的统计(表 2)，分别建立了现代年平均降水量(P)与现代洪积扇下凹度(D)、上凸度(U)的回归模型，它们是：

$$P = -467.28 + 492.59D, (r = 0.959, \quad = 0.01) \quad (3)$$

$$P = 645.43 - 10100.19U, (r = -0.945, \quad = 0.01) \quad (4)$$

表 2 中国北方现代洪积扇形态参数与现代年均降水量统计

地区	统计个数	平均下凹度(D)	平均上凸度(U)	多年平均降水量(mm)
延庆	3	1.89	0.018	489.9
阳原	5	1.59	0.030	334.8
呼和浩特	5	1.82	0.025	414.7
乌拉山	3	1.39	0.036	228.7
石咀山	4	1.32	0.049	185.5
银川	3	1.51	0.038	205.4
山丹	12	1.29	0.048	190.5

(3)，(4)两模型均可通过 0.01 信度检验，且可以看出，洪积扇的形态参数与降水量具有良好的线性相关关系(图 2)。反映了洪积扇形态与形态变化决定于降水条件及其变化。由图 2 相关曲线可以推知，当下凹度取 1 时，这时的洪积扇纵剖面已无下凹特点，降水量的估计值将为 25 毫米。这说明，当年均降水量在等于或小于 25 毫米的极端干旱条件下，山前出山口处已不能形成洪积扇形态的堆积体。然而，在我国塔里木盆地周围的昆仑山北麓、天山南麓，气候极端干旱，年均降水量不足或接近 25 毫米。从这个意义上讲，已不具备洪积扇发育的条件，但实际上却分布着许多不同规模的洪积扇。这是由于当地不仅有微量的降水，而且在夏季还有大量的高山融冰雪水补给，使实际的地表水流量已远远地超过了降水所产生的地表径流量。其次，极端干旱的气候条件为建扇提供的松散物质十分丰富，为洪积扇发育提供了有利条

件。但在回归模型的建立过程中，只考虑了降水条件，未包含冰雪融水和建扇物质条件，所以模型无法对此进行鉴别。当上凸度值取 0 时，降水量估计值为 645 毫米。也就是，在大于并远离 650 毫米降水的地区，形成山前扇状堆积体的条件也就显著地变差。从这一点看，把洪积扇作为干旱、半干旱、半湿润地区的气候地形是不无道理的。从这个意义上说，该模型是可信的，模型与模型的极端值反映了降水与洪积扇形态特征之间的对应关系。

2. 气候复原

根据我国东西部全新世以来二期古洪积扇形态参数的统计，用(3)，(4)相关模型恢复了不同地区各建扇时期的多年平均降水量，该多年平均降水量的数值取了两个模型计算结果的平均值(表 2)。

为了便于进行我国北方东西向古今降水的比较分析，在地区选择时基本上选择了沿北纬 40° 线东西展布的地区。所以，按同经度古今纬向降水差值相同的原理，可以将 8400a.B.P. 以前和 5800-4500a.B.P. 期间各地区的降水恢复值均订正到 40°N 线上，并按照现代北纬 40° 线上降水分布趋势，采用每一相同经度段内古今降水量递变率一致的原理，复原了以上两个时期内北纬 40° 线上的降水量空间分布(图 3)。虽然地质历史时期高空大气流场与现代流场并不完全一致，但考虑到我国东部降水与季风气候密切相关的特点自晚更新世末就已形成，所以这样的恢复方法是不失科学性的。而且，图 3 还显示出，从任意一个恢复值起始，采用逐一经度段古今降水递变率一致的原理，作同纬度同时期古降水东西向变化曲线，其余各恢复值均能较好地落在曲线上或其附近，证明以上方法是可行的，前提条件是成立的。

对于我国北方来说，夏季风影响北限的波动与推移，是环境演变的一个直接原因和重要内容，尤其是影响了降水量的空间分布形式。如果以现代盛夏极锋所到达的最北位置为现代夏季风的北限[11]，那么其界线的西段则与现代年均降水量 150 毫米等值线相当(图 4)。如果以 150 毫米等降水线来作为夏季风沿北纬 40° 线所达到的西限位置，则根据图 3 即可确定全新世中夏季风沿北纬 40° 线的西限位置迁移及迁移幅度。在全新世初期(8400a.B.P. 以前)，夏季风的西限在北纬 40° 线上只达到了 109°E 左右，较现代位置东移了 2 个经距，大致相当于现代 350 毫米等降水线通过的位置，古今降水量变幅为 200 毫米。在全新世中期(5800-4500a.B.P.)，夏季风的西限沿北纬 40° 线则达到了 97-98°E

表 3 中国北方全新世降水量复原

项目	8000a.B.P. 以前.			5800-4800a.B.P		
	平均下凹度	平均上凸度	降水估计值 (毫米)	平均下凹度	平均上凸度	降水估计值
昌平	1.57	0.022	369.2	-	-	-
延庆	1.52	0.023	349.0	2.14	0.004	599.4
怀来	1.68	0.019	357.3	1.83	0.005	516.8
阳原	1.21	0.050	135.8	1.76	0.013	457.3
呼和浩特	-	-	-	2.08	0.006	573.7
乌拉山	-	-	-	1.76	0.028	425.1
石嘴山	-	-	-	1.74	0.029	378.5
银川	-	-	-	1.81	0.031	379.4

注：“-”表示因洪积扇的形态难以确定而无法进行形态参数测算和降水恢复。

左右的玉门附近，较现代夏季风西限西移了 9 个经距。由于全新世以来我国地势形式改变量很小，故暂且忽略地形对夏季风北限走向的影响，于是根据以上两个时期在北纬 40° 线上夏季风西限的复原结果，按古今夏季风北限大致平行且与相对应的现代等降水量线走向一致的假设，便可绘制出相应时期夏季风北限的大致位置图(图 4)。从图 4 中看出：现代夏季风北限居中；全新世中期时的北限在其北，相距约 200 公里；全新世初期时的北限位置居南，与现代位置相距 250 公里左右。南北最大变幅 450 公里左右。全新世中期(5800-4500a.B.P.)夏季风的北限已逼近现代极端干旱区的东缘，说明当时中国北方大部分地区气候环境曾得到很大改善。这一点应在古植被、古土壤、湖泊及沙漠变迁等方面得到证明。若与张兰生先生所复原的末次冰期最盛期时的 150 毫米等降水量线比较[12]，晚更新世末期以来，夏季风北限的北移并呈摆动式迁移的趋势是很明显的，反映了我国北方夏季风北限的迁移与全球冰期、间冰期气候的变化有关。

图 3 反映的另外一个问题是半干旱区空间范围的扩展与收缩问题。如果以 500 毫米、200 毫米降水量做为与半湿润、干旱区的划分界线[13]，那么全新世初期、中期与现代的我国北方半干旱区沿北纬 40° 线分别占据约 6 个、9 个和 7 个经距，证明半干旱区对气候波动的反应是非常敏感的，平面变幅是很大的。另外，半干旱区与干旱区和半湿润区界线的推移幅度，前者远大于后者。这便可以解释在现代自然地理环境中，为何半干旱与干旱区过渡带附近有气候波动幅度大、频率高和多灾易灾的特点。

六. 结 论

现代洪积扇横、纵剖面形态参数与现代降水量的相关分析所建立的相关模型，显示出不同降水量条件下，洪积扇的横、纵剖面形态特征不同。降水量与洪积扇上凸度值呈良好的负相关关系，而当下凹度值呈良好的正相关关

系。这一关系同时反映在同一时期不同地区的降水量与洪积扇形态参数的变化上,以及同一地区不同时间的变化上。可见,洪积扇的形态参数的变化是可以反映出各自建扇时期与地区的降水量变化的。由此出发,依据古洪积扇的形态参数就可以恢复其各自建扇时期的古降水量。

由于洪积扇堆积具有连续性,不同时期的扇的形态破碎程度不同,使得不可能依据绝对定年对洪积扇进行精确和详细时段的划分以及各详细时段内古洪积扇形态参数的恢复。这样,根据洪积扇形态参数恢复的降水量只反映了一个较粗的建扇时期内降水的平均状况,而不可能获得详细精确时段内的古降水量恢复值。

通过对我国北方7个地区全新世古降水的复原并订正到 40°N 上,依据古今 40°N 上降水量沿经度方向的变化,可以看出,在全新世以来,年均降水150毫米的位置具有随冰期、间冰期气候的变化而摆动,且摆动幅度大。这样,150毫米等降水线所代表的夏季风西限位置的变迁也具有相同特点。同时,半干旱区的范围也因冰期、间冰期气候的波动而缩涨,尤其是干旱与半干旱区的界限变迁的幅度在全新世以来达10个经度,使得干旱与半干旱过渡地带从历史上就具有环境变化频率高、幅度大、多灾易灾的脆弱性特征,也就成为了我国北方环境脆弱带的主要部分。

参考文献

- [1] Strahler A.N.等, 1983, 现代自然地理学, 科学出版社。
- [2] 杨景春主编, 1985, 地貌学教程, 高等教育出版社。
- [3] 国家地震局“鄂尔多斯周缘活动断裂系”课题组, 1988, 鄂尔多斯周缘活动断裂系, 地震出版社。
- [4] 北京大学地质地理系地貌教研室, 1965, 地貌学原理。
- [5] 丁国喻等, 1983, 华北地块新构造变形基本特征的讨论, 华北地震科学, 第2期。
- [6] 袁宝印、李容全等, 1989, 地貌研究方法与实践指南, 高等教育出版社。
- [7] 陆中臣等, 1986, 华北平原河流纵剖面, 地理研究, 第5卷第1期。
- [8] 张子斌, 1981, 北京平原地区13000年来自然环境的演变, 地质科学, 第3期。
- [9] 刘敬中、郑良美, 1988, ^{14}C 年代测定报告(SD), 北京师范大学学报(自然科学版)增刊, 第1期。
- [10] 《中国自然地理》编辑委员会, 1984, 中国自然地理·地貌, 科学出版社。
- [11] 张超等, 1989, 地理气候学, 气象出版社。
- [12] 张兰生, 1980, 我国晚更新世最后冰期气候复原, 北京师范大学学报(自然科学版), 第1期。
- [13] 盛承禹编著, 1965, 中国气候总论, 科学出版社。

Form Parameter of Holocene Proluvial Fan
in North China and Climatic Recovery

Jia Tiefei Li Rongquan

Abstract

On the basis of the definition of proluvial fan, the forms of proluvial fan in the Holocene within the dry, semi-dry and semi-moist regions near 40° N have been studied. First, by using the relations of fan's space construction during different stages and ^{14}C dates, the Holocene fan can be divided at least into three stages, that is, the stage before 8.4×10^3 a.B.P., the stage from 5.8×10^3 a.B.P. to 4.5×10^3 a.B.P. and modern stage.

The fan's form features of cross and vertical profile are used to put forward a concept of convexity (U) and a concept of down-concavity (D) and the following definition is presented.

$$U=H/L, \quad D=1/2(A1/A2+B1/B2).$$

With the modern mean annual precipitation (P) and value of U, D in the same regions, two regression equations are constructed:

$$P=-467.28+492.59D \quad (r=0.959)$$

$$P=645.43-10100.19U \quad (r=-0.945)$$

They recover the palaeo-precipitation at the stages before 8.4×10^3 a. B. P. and during 5.8×10^3 - 4.5×10^3 a. B. P. and give them a latitude correction to 40° N. Therefore, a curve of precipitation distribution along the line of 40° N is available. From the curve, it is indicated that the boundary line between dry and semi-dry regions changed most dramatically and its environment was most fragile. If the line of 150mm precipitation at present is taken as the limit of summer monsoon, the monsoon's western limit along the line of 40° N reached Yumen during 5.8×10^3 - 4.5×10^3 a.B.P., moving westward as far as 9° longitudes from the modern location and eastward as far as 2° longitudes compared with that before 8.4×10^3 a. B. P.

黄土高原综合气候区划

张如一 王勤学

客观的、正确的气候区划，将为各项专业区划及生产布局提供科学依据。气候是大气及其下垫面共同组成的一个复杂系统，而不是几个要素的简单组合，因而气候区划需要突出系统性原则，不论在区划指标的选取上或区划方法的采用上，都应体现系统性的特性，以反映地区气候的本质和整体的综合特性。为此，本文运用系统论的思想和方法对黄土高原地区气候进行客观的综合性区划。

一. 指标的确定

黄土高原位于我国第二个大地形阶梯上，其气候具有明显的过渡性、差异性和不稳定性。为了全面地反映本区气候属性，本文选取了 13 个指标：

- (1)日照时间，反映光照条件，间接地反映各地的日照强度；
- (2) > 0 积温；
- (3)年均气温；
- (4) > 10 积温，表示年内热量的集中程度；
- (5)平均最低气温，表示低温的数量和强度；
- (6)5cm 深地温，反映下垫面性质以及地-气间热量交换状况。
- (7)年均降水量；
- (8)年干燥度；
- (9)年蒸发量；
- (10)相对湿度；
- (11)4-10 月降水量，表示降水的年内集中程度，同时也反映了农作物生长期降水的补给情况。
- (12)极端最低气温；
- (13)无霜期。

以上 13 个指标基本上可以全面地反映出黄土高原地区气候系统的各种属性。

二. 方法的选择

主成分分析(PCA)是在反映原系统主要信息前提下将 m 个指标值转变成比 m 更少的几个综合的、互不相关的特征量的一种统计方法。具体地说，将资料阵 $X(100 \times 13)$ 标准化后，用公式

$$\hat{V}(x) = \frac{1}{N-1} (X'X)$$

求出协方差阵，然后计算它的特征根 $\lambda_i (i=1, 2, \dots, m)$ 和特征向量 $A_i (i=1, 2, \dots, m)$ ，得到各主成分的计算公式：

$y_i = A_i X$ 主成分的个数由前 $r (r < m)$ 个主成分对总方差的累积贡献率达

到 70-90% 来确定。

这里， $m=13$ 。我们对黄土高原 100×13 的资料阵进行了上属处理，计算得到前三个主成分的累积贡献率，如表 1。

表 1 三个主成分特征值及贡献率

项目	第一主成分	第二主成分	第三主成分
特征值	6.808	3.211	0.883
贡献率(%)	56.74	26.76	7.36
累积贡献率(%)	56.74	83.50	90.85

由表 1 可见，选用 3 个主成分就可以反映 90.85% 的信息量，用这三个综合指标作区划是完全可行的。从负荷系数阵(表 2)中可以看到，第一主成分主要与年均气温、年平均最低气温、极端最低气温、5cm 地温以及积温关系较大，故可称之为热量指标，但它与前人只用积温做热量指标有本质的不同，因为它是多种因子的复合体，不仅与热量因子关系密切，还与水分因子有一定的关系。第二主成分则主要与蒸发量、干燥度、4-10 月降水、年降水量以及相对湿度有关，故称之为水分指标。第三主成分则主要与日照时间有关，称之为光能指标，这一指标的方差贡献率只有 7.36%。可见，这一地区的气候状况主要与热量和水分有关，方差贡献率分别占到 56.74% 和 26.76%。它们的地区分布如图 1。

表 1 表 2 负荷系数表

因子	第一主成分	第二主成分	第三主成分	对应因子名称
数	-0.4976	0.5226	0.4633	日照时间
2	0.9037	0.3545	0.0133	> 0 积温
3	0.8763	0.3954	0.0173	> 10 积温
4	0.9557	0.2390	-0.0813	年均气温
5	0.9568	0.1803	-0.0336	年均最低气温
6	0.9396	0.1953	-0.1333	5cm 深地温
7	0.8772	0.2953	-0.0285	无霜期
8	0.6769	-0.6201	0.3727	年平均降水量
9	0.6284	-0.6538	0.3981	4-10 月降水量
10	0.2613	0.8089	0.3895	蒸发量
11	0.5399	-0.6069	-0.3667	相对湿度
12	-0.4696	0.7811	-0.2997	干燥度
13	0.9465	0.0668	-0.0882	极端最低温

由图可见，热量特征量大致呈东北西南向分布。这是纬度以及地势由东向西逐渐升高和冬季冷空气活动路径，使西部温度较低。同时，地形差异的影响也表现明显，如东部等值线受黄河谷地和吕梁等山地共同影响，呈现出槽脊性分布特征。根据这一综合指标可将黄土高原地区气候划分成四个大区。这样的划分法主要突出了热量的影响，当然也包括部分水分的影响。

水分特征量的分布，在北部地区大体呈径向分布，这是因为北部地势差

异相对较小,水分随距海距离增加而减少。南部受季风雨带和秦岭、中条山等纬向山脉影响,大体呈纬向分布。其中最南部的水分特征量线几乎与热量特征线相重合。这说明,这一区域的水热匹配非常一致,形成一个完全独立的气候区。另外,六盘山、吕梁山、管涔山区出现明显水分高值区。

综上所述,水、热、光等匹配的地区性差异产生了气候区。如果同时考虑以上三种指标,并用其划分气候区,目前常用的迭置法显然不能反应三维空间分布,而系统聚类方法(HCA)则是对多指标系统,按其内部样本点之间的亲疏关系用离差平方和法计算样本点间的距离,比较归类便可得到聚类图。本文利用这一方法将前面计算得到的三个综合特征指标的主成分矩阵(100×3)做为资料阵。因已作了标准化处理,不再进行数据处理,直接利用公式:

$$r_{ij} = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

式中, r_{ij} 为距离, x_{ik} 为第*i*个样本第*k*个因子值, x_{jk} 为第*j*个样本第*k*个因子值, $m=3$ 。求出距离,便得出如下聚类图(见图2)。

根据上图,可将黄土高原地区气候划分为四大气候区,10个气候亚区(如图3)。

三. 区划结果

利用以上方法,黄土高原地区区划出四个气候大区:中温带干旱区、中温带半干旱区、暖温带半干旱区和暖温带半湿润区。10个气候亚区:蒙宁北部重度干旱区、蒙宁中部中度干旱区、甘青轻度干旱区,宁甘中度半干旱区、陕甘轻度半干旱区、晋蒙半干旱区、晋陕中部半干旱区、晋陕甘中南部轻度半干旱区,关中盆地半湿润区、晋豫半湿润区。各气候区的指标和气候特征见表3。

四. 几点说明

(1)用主成分分析法和系统聚类法划分气候区,主要是以第一主成分和第二主成分为依据,虽然这两个主成分分别同热量指标和水分指标关系密切,但是不同于一般气候区划中所选用的积温和干燥度(或降水量)指标,它们更带有综合性和内在联系性,更能客观地反映各区气候的特征和属性。

(2)以黄土高原地区为对象的气候区划,在已有文献中尚未见到。本文所划分出的4个大气候区和10个亚气候区同全国气候区划中的黄土高原部分和有关省区的气候区划有许多类同之处,甚至有些大区界线基本相同。但是从总体来看,本区划更符合本区水分、热量因子及其匹配的特性,因而区划更加细致、具体,反映出了地区间地形和下垫面性质的差异。表明这种区划的思想和方法是可取的。

(3)区划中的温带干旱气候区(A)范围比其它区划略有扩大,主要是向南扩展,实际上把与半干旱区间的过渡带包括进来。这一方面可能同选用的气象资料有部分来自位于河谷或低地的城市,显然比广大黄土丘陵面上要偏旱、偏暖;另一方面可能同近30年来由于人类活动和自然因素作用加剧了地

表植被破坏和水土流失，以致降水的有效性降低，风沙向南漫延，致使地表和大气有缓慢变干的趋势。

(4)区划中青海东部地区同甘肃西部地区归于同类气候区，而并未划入青藏高原区。这是因为所选站点基本在青藏高原东部边缘，且位于河谷地带，与甘肃西部的地势相近。

表3 黄土高原

气候带	气候区		
	名称	指标	特征
中温带	干旱区	年均温 6.0-9.0 年均最低气温 0.0-3.4 5cm 深地温 8.0-11.0 > 0 积温 3100-3800 > 10 积温 2400-3200 无霜期 120-160 天 蒸发量 > 820mm 干燥度 > 2.5 4-10 月降水量 < 380mm 年降水量 < 400mm 日照时间 2200-3200 小时	光照充沛，日照时间长； 热量条件适中，年内集中程度大，无霜期短； 降水量最少，蒸发量大，干燥度指数最高，是黄土高原最干旱地区
	半干旱区	年均温 5.0-8.5 年均最低气温 -2.0-2.6 5cm 深地温 6-10 > 0 积温 2600-3500 > 10 积温 1900-2900 无霜期 110-160 天 蒸发量 690-890mm 干燥度 5-2.4 4-10 月降水量 340-480mm 年降水量 360-500mm 日照时间 2100-2900 小时	光照比较充沛，日照时间较长； 热量条件差，无霜期短，年内、区内温差较大，是黄土高原最冷区； 降水略有增加，蒸发稍有减少，干燥度略有减小

COMPOSITE CLIMATIC REGIONAL-ATION OF THE LOESS PLATEAU

Zhang Ruyi Wang Qingxue

Abstract

From the meteorological data (1951-1980) of 100 representative observing stations in the loess Plateau

region, 13 climatic factors which are related to local climatic characteristic have been selected, i.e. (1) sun shine duration; (2) > 0 accumulated temperature; (3) annual mean temperature; (4) > 10 accumulated temperature; (5) annual mean minimum temperature; (6) 5cm earth temperature; (7) annual evaporation; (8) annual mean precipitation; (9) annual mean aridity; (10) relative humidity; (11) precipitation between April and October; (12) extreme minimum temperature; (13) frost less season. With these factors, the authors make the climatic regionalization of the Loess Plateau using the Principal Component Analysis and the Hierarchical Clustering Analysis and get 4 climatic regions including 10 subdivisions.

A-Middle extratropical drought province

A11 serious drought subdivision of North Ningxia Inner Mongolia

A12 moderate drought subdivision of Central Ningxia Inner Mongolia

A13 Slight drought subdivision of Qinghai-Gansu

B-Middle extratropical semi-arid province

B11 moderate semi-arid subdivision of Ningxia-Gansu

B12 slight semi-arid subdivision of Gansu-Shaanxi

B13 semi-arid subdivision of Inner Mongolia-Shanxi

C-Warm extratropical semi-arid subdivision

C11 semi-arid subdivision of Central Shaanxi-Shanxi

C12 slight semi-arid subdivision of South and central Gansu-Shanxi-Shaanxi

D-Warm extratropical semi-humid province

D11 semi-humid subdivision of Guanzhong basin

D12 semi-humid subdivision of Henan-Shanxi

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

邬翎光 冯嘉苹

在 60 余万平方公里的土地上，覆盖着厚达几十到几百米以上的黄土，形成了独特的自然和人文景观，除了中国的黄土高原，在地球上找不到另外相似的地区。因此，对黄土高原的研究，一直是国内外地理学家关注的课题，特别是该地区蕴藏有丰富的煤炭资源，对于中国现代化建设至关重要，而该地区水土流失严重、环境不断恶化，也长期困扰着中国，影响到中国的建设事业。因此，黄土高原的兴衰，对中国人民和科学界就更为迫切和关注。我们仅就以下几个有争议的问题谈些看法：为什么过去有过灿烂文明的地区到近代又如此贫困落后？黄土高原地区主要是开发资源还是保护自然环境？重新振兴黄土高原，改变落后面貌有哪些有效措施？

一. 古代文明和近代衰落的原因剖析

我们认为，黄土高原地区孕育了中国古代文明，而近代又成为中国的贫困地区，实际上并不矛盾，而是相互关联的二个方面。黄土高原自然条件有其有利和不利的方面，如土质肥沃、气候温暖，古代曾是草丰林茂；西北部地区宜牧，东南部地区宜农耕；只要开发、利用适宜，是可以产生富饶的农牧业经济的。其不利的一面是黄土质地极为疏松，垂直节理发育，易侵蚀崩塌，加之多暴雨天气，造成大量水土流失，形成十分脆弱的生态环境，如果植物遭受破坏，就很难恢复生态平衡。

世界上很多文明古国，如中亚、非洲和拉丁美洲等一些古国先后都逐渐衰落，似乎这是有共性的历史规律。其中很重要的原因，是人类自身长期破坏自然的结果。在古代，人口不多、自然环境未被破坏的时期，上述地区都曾产生璀璨的文明；但正是由于历史悠久，开发很早，在长期落后生产力情况下，又违反自然规律，对自然环境长期破坏，结果使自然环境恶化，人类社会文明也必然衰落，这是一条规律。

黄土高原在人类大规模开发之前，天然植被茂盛。据史料记载，尧舜时期，到处草木丰茂、猛兽繁殖逼人；舜以火驱兽。《史记·货殖列传》中记述陕北，陇东盛产牛马，必然这些地区水草丰美。春秋在西汉陇山一带居民用木板建房，靖边白城子统万城北宋以前的遗址出土大量乔木灰烬等，都说明在 1000-1500 年以前，黄土高原确有大片森林和草原。植被破坏，自秦汉即已开始，随着人口增加、战乱频繁，这种破坏日益加剧，到清代已达彻底破坏的程度。在落后生产力条件下，人们不懂科学规律；区域开发历史越久远，对自然环境影响越深刻。黄土高原的历史演变证实了这一规律。可以想象，用简单的铁制农具，要恢复被破坏的大面积植被，是很困难的，但战乱中用火焚毁森林、草原，或是用刀耕火种的方法毁林垦荒，则能迅速破坏大面积自然植被。再一次重温恩格斯的教导是十分有益的：“但是我们不要过分陶醉于我们对自然界的胜利。对于每一次这样的胜利，自然界报复了我们。每一次胜利，在第一步确实取得了我们预期的结果，但是第二步和第三步却有了完全不同的、出乎意料的影响，常常把第一个结果又取消了。美索不达米亚、希腊、小亚细亚以及其它各地的居民，为了想得到耕地，把森林都砍

完了。但是他们梦想不到，这些地方今天竟因此成为荒芜不毛之地，因为他们使这些地方失去森林，也失去了积聚和贮存水分的中心。阿尔卑斯山的意大利人，在山南砍光了在北坡被十分细心地保护的松林，他们没有预料到，这样一来，他们把他们区域里的高山畜牧业的基础给摧毁了；他们更没有想到，他们这样做，竟使山泉在一年中大部分时间内枯竭了，而在雨季又使更凶猛的洪水倾泻到平原上。” /TITLE>在黄土高原地区创造出我国古代辉煌文明的祖先们，与恩格斯当年指出的美索不达米亚平原、希腊、小亚细亚和意大利的居民一样，破坏了黄土高原的自然环境，致使很多地区成为不毛之地，也使黄河泥沙日益增加，造成黄河洪水灾害加剧。据统计，历史上黄河下游曾决口改道 1575 次，其中商至隋代仅 29 次，唐至元代增加为 474 次，平均每十年 6.3 次，明清两代达 934 次，平均每十年多达 43 次。黄河为患，与黄土高原植被破坏、河水泥沙增多有直接关系。可见，黄土高原由经济繁荣到贫困落后，人类长期破坏是重要原因。

很遗憾，到目前，这种状况仍未能从根本上扭转。根据我们在黄土高原地区考察，黄土高原很多地区自然灾害较多，自然条件恶劣；但由于人口的压力、落后的文化水平，导致人类经济活动往往违反自然规律。黄土高原贫困地区的共同点是：人口膨胀 上山开荒 破坏自然 愈加贫困。例如，山西西山地区，解放初期仅 177 万人，人均耕地 6.2 亩，人均产粮 256 公斤。到 80 年代初期人口增加到 330 万，人均耕地仅 2.6 亩，人均产粮 245 公斤，反而低于解放初期。在这种人口不断膨胀的情况下，往往用毁林、毁草，不顾自然条件以扩大耕地面积，用广种薄收的办法维持简单再生产，从而走上了越穷越垦、越垦越穷，破坏生态环境的恶性循环。

二. 必须正确处理脱贫致富与保护环境的关系

任何地区的经济发展与保护环境都必须兼顾。对黄土高原地区来说，迫切要求摆脱贫困，也必须整治已经恶化的自然环境。只有科学地、全面地处理好这两个问题，黄土高原的开发整治工作才能收到良好的效果。

黄土高原煤炭资源丰富，山区土地面积广大。脱贫致富自然是“靠山吃山”，当地群众把矿、林、牧当成山区致富的捷径。在开放搞活的条件下，有煤地区，纷纷提出“上山挖宝、不能捧着金饭碗要饭吃”，“有水快流”等口号，于是私人和集体小矿山、小煤窑如雨后春笋迅速兴起。群众办矿，对提高人民生活水平确实起到一定作用，但这些小矿技术水平低，对资源造成巨大浪费，如小煤窑回采率仅 10-15%，且普遍采用土法炼焦，出焦率仅 30-40%，既浪费资源又污染环境；由于安全条件差，工伤事故层出不穷；更为严重的是这些小煤窑对国家资源的破坏，使本来可以大规模机械化开采的大煤田支离破碎，无法正常生产。这些遍布山区的小矿，常常造成生态环境的极大破坏，破坏大片森林、草场，使水土流失更为严重。导致岩石裸露、河川淤塞，加剧了水旱灾害。我们考察发现，发展矿业，是否注意了保护自然环境，其结果完全不同。如晋北左云、右玉地区，在开采煤矿时，严格禁止破坏植被，注意水土保持，山区植被覆盖率明显增加，昔日荒山秃岭，现在草茂林丰，群众生活水平逐步提高。过去有名的贫困县左云，集体化以来，

人均年收入一直在 40 元上下徘徊，由于兴办煤矿，用办矿盈利资金植树造林，用煤炭代替薪柴以封山育林，1983 年全县人均收入就达 614 元，并解决了口粮、饲料、燃料问题，成为山西的富裕县。但这样的典型不多，而多数地区是地下开矿、地面破坏，少数人可能因开矿致富，但广大群众则由于环境恶化，自然灾害加剧，反而陷入更大困境。

过去，在“以粮为纲”的方针指导下，片面发展耕作业，导致黄土高原地区毁林毁草垦荒，其结果是越垦越穷。现在，在承包政策条件下，群众吸取了过去片面发展耕作业的教训，开始积极发展牧业和林业。但是，如不注意自然条件的特点，同样收效甚微。我们考察时发现，由于近年来，羊毛、羊绒价格一再上涨，使畜牧业较种粮食获利甚多，宁夏西海固、陕北，晋西北地区普遍把畜牧业当成致富之路。很多地区也确实因重视牧业而改变了贫困面貌。但是，发展畜牧业必须与草场和饲料基地建设相适应，如果只顾增加牲畜头数，忽视草山、草原的牲畜承载量，必然造成畜草矛盾，使牧业经济效益下降，还破坏生态环境。例如：1985 年内蒙古每个羊单位的储草量仅 54 公斤，只能满足需要量的 27%，结果造成牲畜大量死亡，其损失相当于当年生长量的 1/3，或当年出栏头数的 3 倍。我们在全国著名的贫困区宁夏西海固地区调查发现，由于掠夺式的放牧，退化草场已占草场总而积的 97%，其中多数已处于中度或严重退化阶段。

又如在山区发展林业，本来是既保护自然环境，又能增加人民收入的脱贫致富途径。但是，如果不讲究科学，效果会适得其反。我们调查中发现失败的主要原因有二：一是在非宜林地发展林业；二是盲目选择树种。例如：在宁夏西海固地区，年降水量不足 300 毫米，根本不适宜发展林业，但在山上也普遍造林，结果成活率极低，即使成活也是低矮的“老头树”。这些地区种草放牧则收到良好效果，黄土高原西部和北部地区，属于半干旱地区，年降水量不足 400 毫米，且季节分配不均，植树造林，必须选择耐旱树种。但在宁夏、甘肃、陕北某些地区，都曾发生过未经科学选择树种，大面积造林，甚至用南方寄来的树种，播种造林，必然不会出苗，或出苗不能正常生长。造成人力物力极大浪费，使本来有限的扶贫基金付之东流。

由此可见，并非改变只重农耕的单一经营方针，走综合发展、多种经营的道路，就能脱贫致富。要达到从根本上摆脱贫困的目标，应注意以下几点：首先，应从思想上克服急躁情绪和短期行为，应充分认识到贫困地区的现实，一方面是自然条件较差，加之经济基础薄弱，抗灾能力差；而国家又不可能拿出更多资金在短期改变这样多年来形成的贫困状况。黄土高原要改变面貌。只能依靠群众长期艰苦奋斗。在政策上，也应着眼于全局、长远的利益，如建立长期的责任承包制，小流域综合治理承包制等，通过长期奋斗把恶性生态循环变为良性循环；其次，应在全面调查研究基础上，制订科学规划，合理安排开发利用和治理保护资源的措施。自然环境是一个相互联系、相互制约的有机整体，各社会生产部门也是互相配合的协作系统，所以各种资源的开发，农、林、牧、矿等经济的发展，应有综合观念、遵循系统工程原理，统筹兼顾，做到开发与保护相结合，用养结合，使再生资源永续使用，非再生资源得到充分、合理利用。只有搞好科学规划，并认真执行，才能权衡利弊得失，把局部与全局、眼前与长远利益融为一体，避免片面性和短期行为。

三. 必须正确处理能源基地建设与振兴地方经济的关系

黄土高原是我国正在建设的能源基地。能源基地的建设直接关系到全国现代化建设的成败。因为目前能源已成为我国经济建设的突出“短线”，很多省区由于缺煤少电而被迫停工停产，如江苏、上海有些工厂已实行停三开四，甚至是停五开二。能源匮乏已严重制约了我国经济建设。据估计，这种状况如不及时采取措施，将愈演愈烈。纵观我国能源状况，煤炭到本世纪末，仍将占能源生产结构和消费结构的70%以上，全国煤炭需求量要达到15亿吨，届时，由于东部地区很多老矿井衰竭，而黄土高原必须承担比现在更重要的煤炭供应任务，比现在供应40%的比重更要提高，晋陕蒙西地区将成为我国煤炭唯一替补区。这是黄土高原义不容辞的任务。本世纪末黄土高原地区煤炭产量必须从现在的4亿吨，再翻一番。才能保证全国经济对能源的需求。不然，则不仅谈不上本世纪末战略目标的实现，还将造成全国性经济大滑坡。

为了完成上述战略任务，首先应动员黄土高原地区人民完成这一重任。同时要把这一战略任务同改善当地人民生活、繁荣黄土高原地区经济有机地结合起来。并争取国家给予更灵活更优惠的政策，使黄土高原人民通过能源基地建设得到明显收益。从而全面改变黄土高原的生态环境和经济面貌。假如，一味片面强调多出煤，不注意改善当地生态环境和经济面貌。其后果是：必然引起黄土高原水土严重流失，加速黄土高原生态环境的破坏，使7000-8000万人民丧失赖以生存的基础，也就谈不上能源基地的建设；使黄河泥沙量大为增加，威胁到黄河下游成亿人民的生命财富安全和我国鲁、豫、冀等黄河下游工农业发达区经济建设。为了把能源基地建设与发展黄土高原经济二者有机结合起来，我们建议采取以下政策措施。

第一，必须逐步理顺原材料价格政策。长期以来，我国能源、原材料价格和价值严重扭曲，作为能源和原材料的主要输出区和工业制成品返销区的黄土高原各省区，除蒙受由于计划控制的低价原料输出损失外，还要承受市场调节的高价消费品输入的损失，据山西省测算，山西这二项双重损失每年达三十亿多元。拿煤炭和彩电价格比较就很清楚，国际市场上煤炭与彩电价格之比为1:8，而国内煤炭计划价格和彩电市场价格之比约为1:100，这种价格扭曲状况必然造成主要生产能源、原材料的黄土高原地区国民收入等经济指标低于全国水平，使黄土高原地区人民生活水平与沿海输入煤炭各省间的差距日益扩大，长此以往，必然影响人民群众对能源基地建设的积极性，必须引起高度重视。逐步进行调整，理顺能源、原材料价格。

其次，黄土高原以煤炭为主的能源、原材料产业在经济体系中的地位十分突出。整个产业体系呈现重型化、单一化的刚性特点，区内产业关联度低，产业转化能力和应变能力差；产品初级化、行业结构低效益特征显著；同时，农业、轻工业十分薄弱，消费品供给不足，使消费产品和工业设备严重依赖区外。农、轻、重比例不协调的现状影响黄土高原地区的经济效益和人民生活。因此，在抓紧能源基地建设的同时，必须制定合理的产业政策，加快产业结构和产品结构调整的步伐，国家在重视建设能源基地的同时，应扶持黄土高原地区发展一些接替产业和消费品产业，以增强经济活力，逐步提高当地经济效益和人民生活水平。这也是提高当地人民建设能源基地的积极性和巩固发展安定团结政治局面的必要措施；能源基地建设如果没有相应规模的农业、轻工业和其它基础产业和辅助产业的支撑，单打一的发展煤、电等原

材料工业，也是行不通的，是不可能顺利建设强大的能源基地，即使煤炭暂时上去了，也不能正常持久运转。因此，必须相应发展农业及其它加工工业，逐渐形成以能源为支柱，农业为基础，其他产业相应发展的综合性工业基地。

四. 必须解决人口问题

黄土高原人口问题主要是人口增长快、数量多和人口素质低。

黄土高原地区，人口增长快，人口数量已造成对资源和环境的巨大压力。根据在宁夏回族自治区考察资料，从 1976 年到 1985 年，连续 10 年，人口自然增长速度居全国首位，根据 1949 年到 1985 年的统计，36 年间，全自治区人口增长 246%，年平均增长 3.6%，远高于同期全国的 97% (全国同期年平均增长 1.9%) 的水平。人口高速增加的最主要原因是出生率极高，长期以来，宁夏总生育率居全国前列，从 1949 年到 1984 年的 35 年，全区年平均出生率在 25‰ 以上的有 29 年，其中在 30‰ 以上的有 23 年，在 48‰ 以上的有 9 年，1963 年更高达 58.52‰，远高于全国 (约 15‰) 水平。

黄土高原地区人口众多的原因固然有其历史原因，因为这里是中华民族发祥地之一，开发最早，人口历史发展也最早。人口分布是一种历史产物，有很大惰性，现在世界人口分布是历史上人口分布的延续和发展。例如：世界范围内，旧大陆的人口远多于新大陆，我国中原地区人口密度远高于边远地区，就是这种人口分布惰性的反映。

但黄土高原地区人口增长如此之快，有其复杂的社会经济文化原因。

传统观念浓重、文化素质低，处在信息闭塞的环境，认为多生比无子好；只求勉强维持最低生活水平，不追求较高生活水平。而我们的扶贫政策，也促进了这种落后思想发展；对边远地区，特别是对少数民族地区计划生育政策放松等等，由于上述综合原因，黄土高原人口增长过快，尤其以自然条件恶劣和生态环境脆弱的少数民族聚居的南部地区为甚，如 1949 年到 1985 年，人口增长海原县达 389%，同心县达 830%，盐池县达 464%。1982 年宁夏全区人口出生率平均为 28.95‰，贫困的固原地区为 39.52‰，其中海原县为 49.92‰，西吉县为 49.73‰。1982 年全国人口普查资料，宁夏平均总生育率为 4.06%，列全国首位，其中南部山区高达 6.32%，远高于全国平均的 2.9% 水平。全自治区终身生育率平均为 6 胎，南部山区为 8 胎。必须指出，这些统计是不完全的，我们实地调查，在西海固贫困山区，很多家徒四壁的家庭，10 多个孩子是常见的。

我们多年的扶贫政策，是“输血型”的救济，以保证众多人口的生存，也养成落后地区不少群众的心理：“反正政府不会让饿死”。其结果是持续保持高出生率。另外，由于文化水平低，信息闭塞，并不知道更多的要求，只求得最低限度的生存条件。导致了越穷越生的恶性循环。人口失控导致严重后果：首先，人口增长过快，影响生活水平的提高，有些贫困山区甚至降低，1949 年宁夏南部山区人均粮食 300.5 公斤，到 1982 年仅 88.3 公斤，而盐池、同心两县人均不到 30 公斤，甘肃黄土高原某些山区，农民人均口粮仅 100 公斤，每年国家需要救济四个月的口粮，衣、食、住都发生困难，很多贫困地区，每年国家要救济大量钱、粮、衣服等。其次，人口迅速增加，迫使过多的劳动力，上山开荒找出路，如甘肃黄土高原某些人口密度高的地区，人均耕地已降至最低程度，如秦安城关乡约 0.5 亩，武山县洛门乡为 0.8 亩，

天水中滩乡 0.9 亩。强大的人口压力，低下的生产力水平，迫使人们走大量开荒、广种薄收的道路，据统计，在黄土高原自然条件恶劣，而生产力水平低下的地区，平均每增加 1 个人，需要开 11 亩荒地作为生活基础。仅宁夏西海固地区 1979 年比 1949 年扩大了耕地 185 万亩，而 1949 年每个劳动力创造的农业产值为 346 元，1979 年不到 300 元，反而降低了大约 18%，像这样开荒，进一步加剧了植被破坏、水土流失、土壤沙漠化。据 1983 年普查，盐池县的沙化面积已从 60 年代初占全县总面积的 27.3% 扩大到 79%。

人口素质低是另一个严重社会问题。人口素质低表现在身体素质和文化遗产两个方面。

黄土高原山区，地方病相当严重。据甘肃省 1982 年统计，甘肃黄土高原大骨节病占全省的 92%，克汀病患者占全省 76%。在黄土高原贫困山区考察发现，呆痴和智力发育不全村村可见。

人口素质低引起文盲半文盲比例大，且有上升趋势。如宁夏南部山区文盲、半文盲人口占总人口 65.2%；甘肃省黄土高原地区文盲人数占全省 64%；有些县文盲率十分惊人，东乡县高达 85%，广河县高达 79%。

从上述可见，黄土高原贫穷落后、自然生态恶化与人口问题密切相关，互为因果，造成了如图所示的恶性循环。

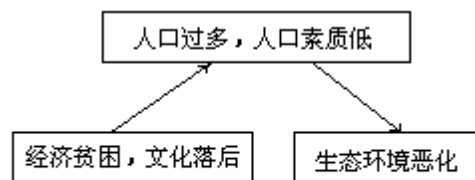


图 1 黄土高原恶性循环示意图

要改变这种恶性循环，必须采取综合措施，即改变输血式的单纯救济扶贫，实行造血型的扶贫政策，发展经济，提高人民文化水平，严格执行计划生育政策，保护和改善生态环境。

五. 政策和措施

党的十一届三中全会以来，为了促进能源基地建设和改变黄土高原地区落后面貌，曾制订了一些方针、政策，也取得一定成绩。但是，由于历史的原因，黄土高原地区基础差、底子薄，经济和文化都很落后，整个经济发展水平与其它先进地区比较，仍有很大差距，特别是与国家对能源的急需求和黄土高原环境生态迫切需要整治的情况相比。差距甚大，任务繁重。反思前一阶段对该地区开发和治理的历史教训，我们认为主要是政策问题：一是没有制定切实可行的政策，二是对已有方针、政策执行不利，甚至是有令不行，致使多年来对黄土高原的开发、治理说得多，做得较少，收效不大，导致该地区与沿海各省差距愈来愈大，环境生态仍向恶性循环方向发展。为了加速开发黄土高原丰富的资源，发展经济，有效地控制水土流失和生态破坏，全面地、有效地开发、治理黄土高原，并促进全国现代化建设事业，保证实现 2000 年和下世纪中期的宏伟战略目标。必须制订一系列针对黄土高原情况的特殊政策。

(1) 为了尽快克服全国性的产业结构过分向加工工业倾斜、经济建设过分向沿海地区倾斜的局面；首先，要采取向原材料、能源方向倾斜和向能源丰

富的地区倾斜的投资政策，大型的能源项目和高耗能项目应尽量安排在资源条件好的黄土高原地区。除优先发展国家急需的煤炭工业外，在有条件的地区，大力发展电力，形成强大的电站群，改输煤为输电，以减轻运煤的压力；对于其他轻重加工工业，应该按比例地发展，不应仅把着眼点放在能源上而多方限制其他轻重加工工业，如当地资源丰富的纺织、食品、建材、冶金等都应发展，其它如机械、电子也要加强，以克服其长期停留在原材料、能源单一产业结构的落后地位，而是应该积极引导和扶持加工工业，使其不断提高质量和经济效益，逐渐形成优势，振兴经济。

(2)黄土高原国土资源开发和整治的主要问题之一是缺乏资金。在资金上，可以采取多途径、多方式的办法解决，如引进外资、企业内部筹集。但主要是靠国家政策和国家扶持。

首先，应认识到建设和治理黄土高原已是关系全局、刻不容缓的大事，需要有一套特殊优惠政策和措施，才能保证开发和整治方案的实施。如由国家有关部门实行贴息、低息或无息贷款，在所得税税率上给予优惠，在引进外资、出口创汇等方面给予优先照顾等。过去煤炭引进外资由国家统借统还，后改为谁借谁还，对煤炭这种资金周期长的行业，十分不利。今后应将借款兴办煤矿首先纳入出口计划，用出口煤炭创汇还借款是十分可行的。

筹集资金的重点应立足国内，自力更生，主要是与沿海缺煤缺电省、市，实行跨省市联营、协作、征收煤炭建设和电力建设资金。李鹏为电力管理体制改革制定了“政企分开、省为实体、联合电网、统一调度、集资办电”的方针，是完全正确的，煤炭行业也可参照此方针，组织缺煤缺电而又富裕的沿海省、市集资，与黄土高原富煤省区合资办煤、办电，谁投资谁就有一部分用煤权、用电权、分利权，以充分调动缺能省市的积极性，征集能源建设基金。

解决资金来源的重要途径还是要下决心理顺能源价格，目前，我国能源价格严重扭曲，价格严重背离价值，煤炭价格仅相当国际市场五分之一，挖1吨煤不如挖1吨河砂值钱，电价也过低。这种不合理的价格政策，既不利于对煤电的投入，也不能调动能源生产单位的积极性，还不利于节能。因此，必须进行调整，逐步理顺。煤炭价格理顺的目标，应当使煤炭行业能够获得合理利润，还应使煤炭资源省区获得合理的资金，能够用于保护环境，振兴地区经济。当然，要达到这个目标需要有计划有步骤的进行，不能操之过急。当前，在不违背十三届四中全会精神。即物价上涨指数明显低于去年的基础上，积极采取措施扶植煤电工业发展。在理顺煤电价格中，必须由用煤用电企业承担理顺价格的一部分，主要靠用能企业提高经济效益、降低能耗等手段内部消化，不应将涨价部分转嫁到广大消费群体身上。国家和各省区要在物价指数明显低于去年的情况下，给煤电等行业以优惠政策。

另一个重要措施是必须下决心整顿煤炭流通环节，严厉打击各种官倒和私倒，减少中间盘剥，坚决纠正那种“挖煤不如运煤、运煤不如倒煤”的不合理现象，以维护国家和企业的利益。

(3)严格执行有关法规，并完善法规是合理开发、有效保护国土资源的保证。对于黄土高原地区尤其重要的完善矿产法、森林法和环境保护法等法规。

黄土高原是我国重要的煤炭、铝土等资源开发区，应严格执行矿产资源法。必须使各级领导和群众明确，一切矿产资源属国家所有，地方和私人开采矿产，要严格遵守国家法令，以不损害国家整体利益，不破坏国家资源为

原则。国家法律不允许私人或集体开采的矿种，如黄金、白银及其它稀有矿产，坚决禁止开采。对国家允许开采的某些矿产，如煤炭、建筑材料矿等，则应该统筹规划、合理开发，实行“大矿大开、小矿放开”的方针，兼顾国家、地方、集体和个人利益，处理好各方面关系。如煤矿，应严格划分国家统配矿区、地方矿区(包括集体和个人开采区)的界限，划分的原则一般应根据矿产资源储量、质量和矿体埋藏情况等决定，分别情况、区别对待，各得其所，既可以充分利用、保护资源，又能促进地方经济发展，照顾群众利益，使当地群众尽快能够脱贫致富。但将来私人小矿的发展方向应是：逐步合并、扩大规模、集体联营，既有利于广大群众集体富裕，又有利于技术改造和合理利用资源，才能逐步提高社会效益和经济效益，减少环境污染和工伤事故。对于那些违反国家法律、严重破坏国家重点矿区资源、严重破坏生态环境的乡镇或私人矿产企业，应坚决关停取缔。

保护现有森林、草场，并不断扩大绿化面积，是治理黄土高原、造福子孙后代、实现自然生态系统良性循环的第一位工作，必须制定切实有效的政策，以法治林、以法护草。还应在完善林业生产或草场管理责任制的基础上，制订乡规民约，关键是克服短期行为，树立全局观点、长远观点，如尽可能地延长承包责任制期限，运用经济手段，奖优罚劣，以加强管理。

对以能源开发为主的建设地区，必须十分注意环境因素。要从国民经济和全社会的综合效益出发，进行损益分析，据此确定体现环境目标的优化方案，并将有关措施纳入经济与社会发展计划。建立社会、经济、环境模型，对资源开发利用、工业生产的环境影响进行定量分析和预测，制订区域环境规划；制订和完善环境保护法规，对矿产开发、工业生产提出环境要求；根据各地区具体条件，制订科学的污染物分级排放标准；制定环境保护的各种规章制度和实施办法，最重要的是严格实行“三同时”(即生产与环境保护的规划、设计和开工生产同时进行)和谁污染谁治理的方针。在生产企业建设投资时，应相应拨出一定比例的基金用于水土保持和污染治理，其比例不应低于10%；或生产1吨煤，必须提交给地方一定数额(如1—2元)资金用于环境复原或治理；有些地区，如水土严重流失的准格尔、沙化严重的东胜，应收取更高的环境保护费。

The Rise and the Decline of the Loess Plateau Area: A Study
to the Population Problems and the Relations
Between the Nature, Environment and Economy

Wu Yiguang Feng Jiaping

ABSTRACT

1. An Analysis of the Causes of the Ancient Civilization and Its Modern Decline
The Loess Plateau was a prosperous area in ancient time and became a backward and poor area of China during recent time. Such change has the natural causes and also the human effects. For the long-time developments and the human economic activities violating the law of natu

re, the poor situation now was made.

2. In the Resources Exploitation Attention to Protecting Environment must be Paid There are rich mineral resources such as coal in the Loess Plateau, and the mountainous area is vast. Mining and development of forestry or stock raising are the ways of the people's enrichment. The resources should be suitably exploited, but nowadays, many small coal mines have damaged resources severely and excessive pasturing has also destroyed the vegetation.

3. Controlling the Population Number and Improving its Quality

Both of the population density and its natural increasing rate of this area are higher than the average level of the country. Especially in the poor mountainous areas, its population increases too fast to be born by the land. People there have to open up the mountain waste land and this causes the severe soil erosion. On the other hand, the illiteracy rate of the area, especially in the mountainous areas, is higher than the average level of the country. It must be related to the worse natural conditions and the economic poverty. It made a bad circle. We have to control the population and to improve its quality for changing this situation.

4. Policies and Measures

The industrial structure must be adjusted reasonably; the prices of raw and processed materials such as coal must be adjusted; the concerned laws and rules must be carried out strictly in order to open up resources reasonably.

黄土高原工业生产中的物质平衡研究

武吉华 程连生

黄土高原 是全国重要的煤炭资源富集区,截至 1987 年全区煤炭资源的探明储量约 5450 亿吨,约占全国的 63.4%。近年来许多地理工作者根据煤炭资源以及煤炭资源开发的水资源和运输条件,对黄土高原的能源基地建设进行了可行性研究,得出不少令人鼓舞的结论。但对能源基地的产业关联以及由此产生的环境问题研究甚少,而在一个经济基础尚很薄弱、生态环境又十分脆弱的地区进行如此宏大的基本建设,不考虑上述因素所得出的结论往往是不全面的。因为任何生产活动不仅受特定的自然和社会环境的制约,而且它本身也是多部门、多行业相互作用和影响的一个复合体。本文试图运用物理学的物质不灭定律和里昂捷夫的投入产出分析方法,研究能源重化工基地的产业关联及其对环境的影响问题,目的是为能源重化工基地的开发决策提供某些佐证资料。

一、生产过程的综合平衡

从产业关联的观点看,一个地区的生产部门是一个彼此联系和依存的整体。所谓的综合平衡,就是指这种依存关系的彼此满足。生产是在这种依存得到满足的条件下进行的,所谓的生产发展就是在对这种依存的追求中实现的。为了分析能源重化工基地建设对其它产业波及作用,我们在对黄土高原经济发展预测的基础上作出该区的 11×11 个纯部门投入产出综合平衡模型(见表 1)。模型的左上角代表黄土高原煤炭、食品、纺织、电力、化工、建材、石油、造纸、冶金、机械和其它部门等 11 个生产部门在生产过程所建立的技术经济联系;右上角表示包括积累和消费在内的最终产品的使用情况;左下角代表生产中的价值转移过程。如果以 X_i 表示第 i 部门的总产出, X_{ij} 表示第 j 部门生产过程所消耗的第 i 部门产品的数量, y_i 表示第 i 部门的最终产品,以 $C = \sum_{i=1}^{11} X_{ij}$ 表示生产资料的转移价值, V_j 表示第 j 个部门的劳

动力报酬, M_j 表示第 j 个部门的社会纯收入, D_j 表示第 j 个生产部门固定资产折旧。这样黄土高原产业部门的综合平衡模型便可表示出两个基本平衡关系式。第一,从水平方向看, $\sum_{j=1}^{11} X_{ij} + Y_i = X_i$, 即 $796.34 + 961.68 - 184.96 = 1573.06$ (亿元)表示某种产品的使用情况,即中间产品加上最终产品等于总产品;第二,从垂直方向看, $C_j = (\sum_{i=1}^{11} X_{ij}) + D_j + V_j + M_j = X_j$, 即 $796.34 + 97.63 + 180.2 + 481.67 = 1573.06$ (亿元),表示生产部门的价值构成,即生产部门的总产值等于生产资料(投入产品)的转移价值,固定资产折旧、劳动力报酬以及社会纯收入之和。以上投入产出模型可揭示黄土高原能源重化工基地开发过程产业综合平衡的某些特点。

本文黄土高原指黄土高原及其有关毗邻地区,包括内蒙古的河套和河南的三门峡市和洛阳地区各市县。

(1)总完全消耗系数低

完全消耗系数矩阵 B 是里昂捷夫矩阵(I-A)的逆矩阵(I-A)⁻¹与单位矩阵 I 之差,即 B=(I-A)⁻¹-I。它表示生产单位产品其它部门产品的直接消耗与间接消耗之和,能比较精确地判断各部门间通过产品流所建立的错综复杂的

联系和依赖程度。如果完全消耗系数之和愈大,即 $\sum_{i=1}^n b_{ij}$ 愈大,表示产品加工程度愈高,与其它产业的联系愈密切;反之,与其它产业联系愈松散。从黄土高原产业部门投入产出完全消耗系数矩阵 B 可知,多数部门的总完全消耗系数 $\sum_{i=1}^n b_{ij}$ 都比较小,除电子($\sum_{i=1}^n b_{ij} = 1.1511$)、化工($\sum_{i=1}^n b_{ij} = 1.849$)、纺织($\sum_{i=1}^n b_{ij} = 1.118$)、机械($\sum_{i=1}^n b_{ij}$)的完全消耗系数之和大于1外,其余部门

的完全消耗系数之和都小于 1,其中煤炭为 0.5579,食品为 0.6281,其它采矿业为 0.6982。这充分说明黄土高原粗加工产品所占比重较大,产品加工和增值次数较低。就是说,即使到 2000 年黄土高原的产业结构仍处于重工业化阶段,尽管精加工产品比重将与日俱增,但产业结构的重工业化的特点不会发生实质性变化。尽管黄土高原产业部门完全消耗系数之和比较低,但有些对偶部门间的完全消耗系数 b_{ij} 比较大,如煤炭与炼焦的 b 值为 0.4384,化工与化纤的 b 值为 0.6259,煤炭与电力和化工的 b 值分别为 0.2144 和 0.2120,化工与纺织的 b 值为 0.1531。说明上述对偶部门之间有较强的依赖性。

(2)中间产品率增长幅度较大

由于国家强化了能源重化基地建设,预计未来十多年内黄土高原的煤炭、电力、冶金、化工产品将成倍增长(见表 2),未来十年黄土高原的中间产品率除电力、冶金、纺

表 2 黄土高原中间产品率变化

时间(年)	1985	2000
部门		
煤炭	0.430	0.436
食品	0.1537	0.190
造纸	1.240	1.55
电力	0.6589	0.4751
石油	0.5549	0.5943
纺织	0.7755	0.6279
化工	0.7337	0.7295
建材	0.3203	0.4697
冶金	0.8471	0.7169
机械	0.3530	0.3368
其它	-	0.6162

织部门略有下降外,其它部门如煤炭、食品、造纸、石油、化工、建材、机

械的中间产品率均高于 1985 年水平，其中化工、石油等部门都超过了全国大中型企业的平均水平。作为补偿物质生产领域各部门生产消耗总和的中间产品，在投入产出表中起着双重作用，扮演着中间使用和价值转移的双重角色。中间产品率的增长对黄土高原地区的产业部门综合平衡有深刻影响。首先，由于投入产出平衡模型水平方向有中间产品加最终产品等于总产品的关系式，在总产品不变的情况下，中间产品率愈高，净产值率愈低；由于在垂直方向上有生产资料转移价值、固定资产折旧、劳动报酬、社会纯收入之和等于总产值的关系式，在总产值不变的情况下，中间产品率愈高，社会纯收入愈低。但是黄土高原地区的中间产品多为价值低廉的初级产品和半成品，黄土高原中间产品率的增长，不会导致产品利润率的大幅度下降。其次，由于中间产品率的增长会导致净产值和社会纯收入的下降，使用中间产品最多、增长最快的那些部门将对黄土高原地区的经济发展起带动作用。这些部门恰好是完全消耗系数矩阵 B 的行系数之和较大的哪

些部门，它对依次是化工($\sum_{i=1}^n b_{ij} = 3.8371$)，煤炭($\sum_{i=1}^n b_{ij} = 3.002$)，电力($\sum_{j=1}^n b_{ij} = 2.576$)，机械($\sum_{j=1}^n b_{ij} = 2.335$)和纺织($\sum_{j=1}^n b_{ij}$)。

3. 产业对外依赖性比较大

黄土高原地区的投入产出模型属地区性投入产出模型，其特点是产业部门不完全，有煤炭、电力、冶金、化工、机械、纺织等主导部门，产品的输出、输入量比较大。从表 1 中可看出，伴随黄土高原能源重化工建设，在向区外输出 118 亿价值的煤炭(约占总产品的 0.62)和 5 亿元价值的电力的同时，需从区外输入近 180 亿元的产品，其中输入最多的是冶金和纺织产品，其数量分别为 51 亿元和 49 亿元，其次为机械、化工和石油产品，其数量分别为 24.8 亿、24.6 亿和 20.5 亿元。产品的大进大出是商品经济和劳动地域分工深化的产物，对促进黄土高原地区的经济繁荣具有重要意义。但在商品经济和交通运输还不甚发达的今天，产业的过分对外依赖会带来某些竞争风险。

二、能源基地物质转换模型

上述黄土高原产业部门投入产出平衡模型是建立在煤炭和金属矿产等自然资源基础上的，它的发展又给自然环境以深刻的影响。黄土高原能源重化工基地的开发与自然环境之间存在一种类似物质能量守恒的物理关系，其中物质的输入与输出存在一种物理学的平衡模型(见图 1)。从图 1 可知，黄土高原的经济活动是一个人类生态系统，人与环境、人与生产和消费活动都有稳定的物质能量联系，可分为三个子系统：

(1)以能源重化工为主体的生产系统。它把自然界和其它生产资料提供的投入物 T_A 转化为产品 C 和废物 F_p ，即 $T_B + T_A = C + F_p$ 。

(2)最终消费系统。它把最终产品 C 转化为可以回收利用的废物 F_R 和不可回收利用的废物 F_D ，即： $C = F_R + F_D$ 。

(3)废物再循环系统。它把废物 F_R 转化为废物 F_C 和有用物 T_B ，其中 T_B 又以投入物的形式转入下一阶段的生产活动。

所以在黄土高原的人类态系统中有以下关系：

$$\begin{matrix} T_A+T_B & C+F_P & F_P+F_R+F_D & F_P+F_D+F_C+T_B \\ T_A & F_P+F_D+F_C & & \end{matrix}$$

即投入物 T_A 除热损耗外，最终都要转化为各种形式的废物。由于最终产品中有一部分是在区外进行的，所以废物 F_D 和 F_C 都可分区内和区外两部分。所以

$$I_A \equiv F_P + F_D^{\text{内}} + F_D^{\text{外}} + F_C^{\text{内}} + F_C^{\text{外}}$$

以上关系式说明，黄土高原的开发与自然环境有密切关系。它不仅依赖自然环境所提供的煤炭、金属矿产等各种自然资源，还从两个方面对自然环境施加影响。一方面通过投入资源的增加导致自然资源减少和矿山地貌的人工化(如大面积采空区的存在，会因重力作用导致地层的弯曲、断裂并产生一系列槽形凹地。如果断裂带贯通潜水层和采空区，会因地下水位的下降导致地表生态环境旱生化) ,另一方面通过生产和最终产品的消费向环境排放的各种废物会导致环境质量的恶化，严重时甚至会危及人类的生产和生活。从这个意义上说，黄土高原的社会生活与生产过程的资源投入总量和污染物的排放量直接相关联，其表达式可写为：

$$\text{黄土高原社会生活水平} = \frac{\text{资源} \times \text{回收率} \times \text{再循环资源} \times \text{取代资源} \times \text{资源输入}}{\text{人口数量} \times \text{增长率} \times \text{单位成本的资源消耗} \times \text{有害工艺}}$$

简单地说，未来黄土高原地区的社会生活水平与各种资源的投入总量成正比，与人口数量和增长率、单位成本的资源消耗和有害工艺成反比。所以黄土高原能源重化工基地建设，不仅不能超过自然环境所提供资源的最大可能性，也不能超过当地的环境容量。

三、能源基地开发与环境质量

(1)黄土高原投入产出污染模型

如果不考虑污染治理，黄土高原各种污染物的排放量总是与生产和消费规模呈正相关的。运用投入产出环境污染模型便能深刻揭示能源重化工建设与各种污染物排放量之间的依从关系。如果用 d_{ij} 表示污染物产生系数， P_i 表示消费领域产生的污染物， E_i 表示污染物总量，则存在：

$$\sum_{i=1}^n d_{ij} + P_i = E_i$$

的关系式，它表示能源重化基地开发过程污染物 CO 、 SO_2 、烟尘、废渣等的形成模型。表示第 i 种污染物的总量等于生产过程所产生的污染物与消费领域产生的污染物之和。如果用

$$D = (d_{ij}) = \begin{bmatrix} & \text{煤} & \text{食} & \text{造} & \text{电} & \text{石} & \text{纺} & \text{化} & \text{建} & \text{冶} & \text{机} & \text{其} \\ & \text{炭} & \text{品} & \text{纸} & \text{力} & \text{油} & \text{织} & \text{工} & \text{材} & \text{金} & \text{械} & \text{它} \\ \text{CO} & 204 & 54 & 312 & 1101 & 48 & 36 & 612 & 612 & 790 & 136 & 516 \\ \text{SO}_2 & 3022 & 700 & 4076 & 13269 & 608 & 434 & 7843 & 7770 & 9200 & 1850 & 6236 \\ \text{烟尘} & 11340 & 8520 & 14490 & 51030 & 2260 & 1700 & 28350 & 28350 & 38820 & 6930 & 23940 \\ \text{废渣} & 3636363 & 0 & 57971 & 0 & 0 & 192666 & 0 & 0 & 308261 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} X \\ X \\ \vdots \\ X \end{bmatrix}, \quad P = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{bmatrix}, \quad E = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \end{bmatrix}$$

分别表示污染物产生系数矩阵、总产品列向量、消费领域产生污染列向量和污染物总量列向量，则上述投入产出污染模型可改写为：

$$DX + P = E$$

只要掌握了污染物产生系数矩阵和最终消费过程产生污染矩阵，使可利用投入产出分析的成果求出未来黄土高原各种污染物总量，即：

$$\begin{bmatrix} & \text{煤} & \text{食} & \text{造} & \text{电} & \text{石} & \text{纺} & \text{化} & \text{建} & \text{冶} & \text{机} & \text{其} \\ & \text{炭} & \text{品} & \text{纸} & \text{力} & \text{油} & \text{织} & \text{工} & \text{材} & \text{金} & \text{械} & \text{它} \\ \text{CO} & 204 & 54 & 312 & 1101 & 48 & 36 & 612 & 612 & 790 & 136 & 516 \\ \text{SO}_2 & 3022 & 700 & 4076 & 13269 & 608 & 434 & 7834 & 7770 & 9200 & 1850 & 6236 \\ \text{烟尘} & 11340 & 8520 & 14490 & 51030 & 2260 & 1700 & 28350 & 28350 & 38820 & 6930 & 23940 \\ \text{废渣} & 3636363 & 0 & 57971 & 0 & 0 & 192666 & 0 & 0 & 308261 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{煤炭} & 189.09 \\ \text{食品} & 109.69 \\ \text{造纸} & 9.23 \\ \text{电力} & 141.36 \\ \text{石油} & 46.05 \\ \text{纺织} & 159.64 \\ \text{化工} & 176.88 \\ \text{建材} & 43.73 \\ \text{冶金} & 258.03 \\ \text{机械} & 382.56 \\ \text{其它} & 56.80 \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} \text{CO} & 258400 \\ \text{SO}_2 & 2838000 \\ \text{烟尘} & 11970000 \\ \text{废渣} & 2160000 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{CO} & 88.95 \text{万吨} \\ \text{SO}_2 & 1064.68 \text{万吨} \\ \text{烟尘} & 4305.4 \text{万吨} \\ \text{废渣} & 80011.9 \text{万吨} \end{bmatrix}$$

(2) 环境质量的变化

环境质量的变化可用计划期末废物排放量与基期废物排放量的比值表示。根据 1985 年的最终产品 y_i 和总产品 x_i 、污染物形成系数矩阵 D ，便可用同样的方法求出 1985 年各种污染物的排放量，它们是：CO 42.97 万吨， SO_2 505.27 万吨，烟尘 2054.4 万吨，废渣 25598.2 万吨。如果 CO 和 SO_2 除尘率按 63% 计算，废渣处理率按 28% 计算，1985 年污染物的实际净排放量为：CO 15.9 万吨； SO_2 为 168.95 万吨，烟尘为 760.13 万吨，废渣为 18430.7 万吨。2000 年的实际净排放量为：CO 为 32.91 万吨， SO_2 为 393.9 万吨，烟尘为 1592.9 万吨，废渣为 57608.58 万吨。与 1985 年相比较，2000 年 CO 增加 1.0698 倍， SO_2 增加 1.33 倍，烟尘增加 1.096 倍，废渣增加 2.125 倍。需要说明的是，上述污染物在黄土高原地区并非是均匀分布的，而是集中在太原、西安、兰州等几个重要的工业城市，使这些地区的环境质量极端恶化。例如兰州每年排放烟尘 85 万吨，占黄土高原的 4.1%； SO_2 9.4 万吨，占黄土高原的 1.88%。黄土高原风大沙多，降水稀少，生态环境脆弱，对污染物自净能力弱，要使污染物达到排放标准，绝非轻而易举之事，需要付出较大的经济代价。如果这样，势必影响到能源重化工开发的经济效益。

四、小结

通过上述投入产出和物质平衡模型分析，可得出以下几点意见和结论。

第一，黄土高原的产业结构的专业化，必须与商品经济和交通运输的发展水平相适应。因为生产活动是一个系统，各部门间通过商品流构成密切的技术经济联系。一个部门的生产活动通过产业之间相互联结的波及效果必然影响和受影响于其它产业的生产活动，根据表 1 给出的投入产出平衡模型计算，如果煤炭总产品增加 50%，其它产业必然发生变化，即食品要增加 0.1%，造纸要增加 14.2%，电力增加 3.6%，石油增加 1.5%，纺织增加 0.7%，化工增加 1.9%，建材增加 2.3%，冶金增加 1.4%，机械增加 8.0%，其它增加 8.4%。否则煤炭增加 50%的目的是不能实现的。产业之间的这种联系是以发达的商品经济和交通运输为前提条件的。专门化程度愈高对商品经济和交通运输的要求也愈迫切。在经济基础十分薄弱、交通运输尚很落后的黄土高原应该实行专门化与多样化相结合，即在能源重化工为主要部门的前提下，还应适当发展对能源重化工制约作用较大的机械和纺织工业。这样不仅能满足生产过程部门间的依从关系，还能为能源化工基地积累资金，并且能在市场竞争中减少风险。

第二，黄土高原能源重化工基地开发速度，必须与东部发达地区的生产水平相适应。黄土高原物质能量的转化是一个庞大的系统工程，必需有强大的经济实力启动才得以运行，据有关方面预测，如果工业产值由 1985 年的 569 亿元提高到 2000 年的 1500 亿元，需投资 1800 亿元。在黄土高原投入产出平衡模型中，中间产品率比较大，净产值率和社会纯收入比较低，经济结构仍处于完全消耗系数较低的粗加工为主的阶段，本身积累建设资金的能力是十分有限的。所需资金主要靠国家投资，而国家财政状况主要取决于东部发达地区的生产水平。

第三，黄土高原生产和社会生活水平是建立在物质平衡基础上的，资源供给量和环境质量是制约黄土高原开发和社会生活水平的重要因素。从图 1 中可看出，物质能量转换是联系自然环境与生产、消费和社会活动的桥梁，如果资源供给减少和环境中的废物增多，这种物质能量转换率便下降。所以资源利用强度、人口状况和排污较多的有害工艺制约着黄土高原的开发规模和社会生活水平。

第四，生产与生产过程排放的废物呈正相关，环境代价将困扰黄土高原开发的经济效益。根据黄土高原投入产出污染模型计算的结果，到 2000 年随着生产的增长，CO、SO₂、烟尘、废渣的排放量分别将比 1985 年增加 2.07 倍、2.11 倍、2.10 倍和 3.13 倍。黄土高原开发造成的这种环境后果，势必威胁黄土高原的生产和社会生活，为此必须进行必要的环境保护投资。作为环境后果 and 环境保护投资总和的环境代价，在黄土高原地区将是巨大的，因为重型经济结构和脆弱的生态环境将具有污染物排放量大和降解困难的特点。无论是环境后果还是环境保护投资都是很大的。这种环境代价无论是作为成本还是由国民收入中支付，都影响到它的经济效益。预计 2000 年黄土高原的经济效益仍处于全国中等水平。

第五，黄土高原要树立全局观点，努力满足国家对能源产品的需要。从能源生产的物质平衡模型(图 1)可看出，黄土高原输出的是温暖和光明(煤和电)，留下的却是生态环境的恶化和工业污染，而且能源产品加工深度低，增值少，再加上价格扭曲，所得利润是有限的。但煤炭和电力是国民经济发展

的动力，而且黄土高原是全国最大的、任何地方不能替代的煤炭资源富集区，是全国重要的能源基地，关系着全国四化大业的成败。从全国观点看开发黄土高原煤炭和电力，经济效益是最好的。

参考资料

陈锡康，1982年，经济数学方法与模型，中国财经出版社。

杨治，1985年，产业经济学，中国人民大学出版社。

The Research on the Material Balance of Industrial Production in the Loess Plateau

Cheng Liansheng Wu Jihua

Abstract

The human productive activity is a complex system of interaction of human being and natural environment. Using the law of mass conservation and method of input-output analysis, this paper expounds the industrial over-all balance of the exploiting bases of energy and heavy chemical industries in the Loess Plateau region and the transformation of material energy and the relative environmental problem. Finally, five proposals and conclusions are put forward concerning the base construction of energy and heavy chemical industry in this region.

山西煤炭开发的环境经济评价

程连生

山西省是全国最重要的煤炭资源富集区,截至 1987 年全省已探明的煤炭储量达 2423.9 亿吨,约占全国探明储量的 28.2%,是全国重要的煤炭生产基地。1988 年以大同、西山、阳泉、潞安、晋城、汾西六大煤矿为主体的山西省原煤总产量已达 2.42 亿吨。约占全国煤炭总产量的 25.6%。随着黄土高原能源重化工基地建设,山西省的煤炭产量将与日俱增。但是煤炭的生产和消耗之间存在一种物理学的平衡关系,即煤炭生产的投入物(资源和其它生产资料)最终都要转化为生产和消费过程所产生的各种废物。所以煤炭开采和消费量愈大,向环境排放的废物也愈多。本文试图利用投入产出分析方法探讨 2000 年山西省煤炭生产的环境问题以及由于环境保护投资的增加对煤炭开发的经济效益所产生的影响。

一、煤炭环境污染模型结构

投入产出环境污染模型的结构与普通的投入产出模型的区别在于:第一,在部门分类上除通常的生产部门外,在主栏里增加了几个污染部门,根据山西煤炭生产的特点,生产部门分为与煤炭生产关系密切的煤炭、电力、钢材、木材等 4 个部门,污染分为矽石、烟尘、CO、SO₂ 四种类型;第二,在宾栏里增加了相应的消除污染部门,它与上述的污染部门相同;即分为矽石(含固体废物)、烟尘、CO、SO₂ 四个部门;在宾栏下方增加了消除污染部门的污染产生部门。

表 1 山西煤炭投入产出环境污染模型

项目		中间产品		最终产品及 最终消费 产生的污染	总 产 品
		生产部门	消除污染部门		
		煤炭 电力 钢材 木材	矽石 烟尘 CO SO ₂ (含废渣)		
生 产 部 门	煤炭	$X_{11}X_{12}X_{13}X_{14}$	$G_{11}G_{12}G_{13}G_{14}$	Y_1	X_1
	电力	$X_{21}X_{22}X_{23}X_{24}$	$G_{21}G_{22}G_{23}G_{24}$	Y_2	X_2
	钢材	$X_{31}X_{32}X_{33}X_{34}$	$G_{31}G_{32}G_{33}G_{34}$	Y_3	X_3
	木材	$X_{41}X_{42}X_{43}X_{44}$	$G_{41}G_{42}G_{43}G_{44}$	Y_4	X_4
污 染 部 门	矽石(废渣)	$D_{11}D_{12}D_{13}D_{14}$	$H_{11}H_{12}H_{13}H_{14}$	P_1	E_1
	烟尘	$D_{21}D_{22}D_{23}D_{24}$	$H_{21}H_{22}H_{23}H_{24}$	P_2	E_2
	CO	$D_{31}D_{32}D_{33}D_{34}$	$H_{31}H_{32}H_{33}H_{34}$	P_3	E_3
	SO ₂	$D_{41}D_{42}D_{43}D_{44}$	$H_{41}H_{42}H_{43}H_{44}$	P_4	E_4

分类与污染产生部门相同(见表 1)。其中: X_{ij} 表示第 j 生产部门消耗的第 i 部门产品的数量; D_{ij} 表示第 j 部门在生产中产生的第 i 种污染物的数

量； G_{ij} 表示第 j 个消除污染部门在消除污染过程所消耗的第 i 部门产品的数量； H_{ij} 表示第 j 消除污染部门在消除污染过程所产生的第 i 种污染物的数量； X_i 表示第 i 部门的总产品； Y_i 表示第 i 部门的最终消费； P_i 表示最终消费产生的第 i 种污染物的数量； E_i 表示以实物计算的第 i 种污染物的消除量。污染现象是随人类生产、生活活动出现的。运用煤炭投入产出环境污染模型便能揭示山西省煤炭生产与各种污染物排放量之间的依存关系。在山西煤炭投入产出环境污染模型中存在两个重要的关系式：

$$\sum_{j=1}^4 X_{ij} + \sum_{j=1}^4 G_{ij} + Y_i = X_i \quad (1-1)$$

(1-1)式表示煤炭、电力、钢材、木材等生产部门产品的生产和使用过程的平衡关系，即第 i 个部门的总产品等于生产和消除污染过程使用的中间产品与最终产品之和。

$$\sum_{j=1}^4 D_{ij} + \sum_{j=1}^4 H_{ij} + P_i = E_i \quad (1-2)$$

(1-2)式表示煤炭、电力、钢材、木材生产过程所产生的矽石、CO、SO₂、降尘等污染物的形成关系，即山西煤炭生产所产生的第 i 种污染物的总量等于生产过程产生的污染物、消除污染过程产生的污染物与最终需求过程产生的污染物之和。

二、煤炭生产与环境污染

1. 煤炭投入产出污染模型的应用

我们的目标是要具体回答在未来既定生产规模下，山西省煤炭生产所产生的各种污染物的总量及其变化规律，为计算的需要，必须引入以下 4 个极其重要的系数：

(1) 山西省生产部门的直接消耗系数，代表式为 $a_{ij}=X_{ij}/X_j$ ；

(2) 煤炭生产过程污染物产生系数，代表式为 $d_{ij}=D_{ij}/X_j$ ；

(3) 消除污染部门的直接消耗系数，代表式为 $g_{ij}=G_{ij}/S_j$ (S_j 为以实物计算的第 j 种物质的消除总量，下同)；

(4) 山西省消除污染部门所产生的污染系数，代表式为 $h_{ij}=H_{ij}/S_j$ 。根据山西省煤炭生产过程对主要投入物煤炭、电力、钢材、木材等的消耗及其所产生的污染物，我们分别计算出各部门的直接消耗系数和污染产生系数，并使其构成相应的系数矩阵，即使矩阵

$$A=(a_{ij})= \begin{bmatrix} & \text{煤} & \text{电} & \text{钢} & \text{木} \\ & \text{炭} & \text{力} & \text{材} & \text{材} \\ \text{煤炭} & 0.035 & 5.986 & 0.287 & 0.013 \\ \text{电力} & 0.002 & 0.083 & 0.019 & 0.001 \\ \text{钢材} & 0.006 & 0.012 & 0.109 & 0.001 \\ \text{木材} & 0.007 & 0.001 & 0 & 0.04 \end{bmatrix} \quad D=(d_{ij})= \begin{bmatrix} & \text{煤} & \text{电} & \text{钢} & \text{木} \\ & \text{炭} & \text{力} & \text{材} & \text{材} \\ \text{矽石} & 0.20 & 0.50 & 7.0 & 0 \\ \text{烟尘} & 2.413 & 413.0 & 138 & 0.897 \\ \text{CO} & 0.048 & 8.14 & 2.72 & 0.018 \\ \text{SO}_2 & 0.568 & 97.08 & 32.0 & 0.211 \end{bmatrix}$$

$$G = (g_{ij}) = \begin{bmatrix} & \text{矸石} & \text{烟尘} & \text{CO} & \text{SO}_2 \\ \text{煤炭} & 0 & 0 & 0.001 & 0 \\ \text{电力} & 0 & 0.654 & 0.002 & 0.102 \\ \text{钢材} & 0.003 & 0.012 & 0.001 & 0.02 \\ \text{木材} & 0 & 0.001 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad H = (h_{ij}) = \begin{bmatrix} & \text{矸石} & \text{烟尘} & \text{CO} & \text{SO}_2 \\ \text{矸石} & 0 & 0.001 & 0.0003 & 0.0002 \\ \text{烟尘} & 0.004 & 0 & 0 & 0 \\ \text{CO} & 0.006 & 0 & 0 & 0 \\ \text{SO}_2 & 0.004 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

分别表示直接消耗系数矩阵、污染物产生系数矩阵、消除污染直接消耗系数矩阵和消除污染部门污染产生系数矩阵。在矩阵 A 中电力单位为万度，其余为吨；污染物排放量矸石为吨，其余皆为公斤。如果令

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} \quad F = \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ f_4 \end{bmatrix} \quad E = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \end{bmatrix} \quad P = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{bmatrix}$$

便可将山西煤炭投入产出环境污染模型改写为：

$$AX + GF + Y = X \quad (2-1)$$

$$DX + HF + P = E \quad (2-2)$$

(2-1)式表示山西省与煤炭开发有关的生产与使用的平衡模型，(2-2)式表示煤炭生产过程污染物的形成模型。只要掌握最终消耗产品向量 Y_i 以及消费过程产生污染向量 P_i ，便可预测山西煤炭、电力、钢材、木材等部门的总产量以及各种污染物矸石、烟尘、CO、SO₂ 的总产量，能使表 1 所示的山西煤炭投入产出环境污染模型具体化，并且可从中看出，山西省煤田污染物的产量，总是同生产规模呈正相关的。2. 煤炭生产的环境质量预测

尽管煤炭生产与污染物的排放量呈正相关，但是反映污染实际状况的环境质量，是随人类是否采取有效的环境对策而转移的。如果采取行之有效的保护环境措施，污染物减少，环境质量提高；若只管挖煤不重视环境治理，则环境质量将日趋恶化。若以 \hat{a} 表示 4×4 阶对角矩阵，对角线元素 \hat{a}_{ij} 表示山西省环境保护过程将对第 i 种污染物的治理比例，这样便可表示出污染物的消除总量为

$$F = \hat{a}E \quad (2-3)$$

将(2-3)式代入山西省煤炭投入产出环境污染模型，便可得到反映山西煤炭生产与环境治理状况的三个方程式：

山西省与煤炭生产有关的各生产部门总产量为

$$AX + G\hat{a}E + Y = X \quad (2-4)$$

山西省各种污染物产生总量为

$$DX + H\hat{a}E + P = E \quad (2-5)$$

采取保护环境措施后各种污染物的净增加量为

$$u = E - F = (I - \hat{a})E \quad (2-6)$$

以上三式中的字母含意与前相同，分别代表山西省煤炭生产和消费过程的各种矩阵和向量。

由以上公式可知，采取不同的环境对策，即采取不同的消除污染矩阵 \hat{a} ，各生产部门的总产量以及各种污染物的实际排放量将随之发生变化。所以山西省煤炭开发的环境质量可能有三种情况。

第一种为环境最糟情况。如果山西省煤炭开采不采取任何行之有效的消除污染措施，即当消除污染矩阵 $\hat{a} = 0$ 时，山西省煤炭生产的污染最严重，环境质量最差。此时与煤炭生产有关的产品生产向量 X 和污染产生向量 E 可表示为

$$\begin{bmatrix} X \\ \dots \\ E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} AX \\ \dots \\ DX \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y \\ \dots \\ P \end{bmatrix}, \text{即} \begin{bmatrix} X \\ \dots \\ E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (I-A)^{-1}Y \\ \dots \\ D(I-A)^{-1}Y + P \end{bmatrix} \quad (2-7)$$

如果煤炭、电力、钢材、木材等物资的最终消费在 1985 年的基点上分别以 6.5%、8.2%、6.5%和 6.0%的速度增加，煤炭工人在 1985 年 618400 人的基础上以 1.5%的速度增长，带着率以 2.0 计算，工人及其家属每人每天平均耗煤为 5 公斤，排放固体废物为 1.8 公斤，便可构成 2000 年的最终消费量 Y 和最终消费污染向量 P ，即：

$$Y = \begin{bmatrix} \text{煤炭} & 51914 \text{万吨} \\ \text{电力} & 40.7 \text{亿度} \\ \text{钢材} & 152 \text{万吨} \\ \text{木材} & 256 \text{万米}^3 \end{bmatrix} \quad P = \begin{bmatrix} \text{固体废物} & 126 \text{万吨} \\ \text{烟尘} & 26.5 \text{万吨} \\ \text{CO} & 0.52 \text{万吨} \\ \text{SO}_2 & 6.2 \text{万吨} \end{bmatrix}$$

将 y 与 p 代入(2-7)式，便可求出有关部门的总产出 X 与污染物总产出 E ，即：

$$X = \begin{bmatrix} \text{煤炭} & 54921 \text{万吨} \\ \text{电力} & 152.9 \text{亿度} \\ \text{钢材} & 537.3 \text{万吨} \\ \text{木材} & 632.6 \text{万米}^3 \end{bmatrix} \quad E = \begin{bmatrix} \text{固体} & 15055 \text{万吨} \\ \text{烟尘} & 296.1 \text{万吨} \\ \text{CO} & 5.27 \text{万吨} \\ \text{SO}_2 & 69.59 \text{万吨} \end{bmatrix}$$

由于消除污染矩阵 $\hat{a} = 0$ ，所以此时污染物的增加量等于污染物的排放量，环境质量最糟，而且煤炭开采所产生的污染物主要集中在大同、西山、阳泉、潞安、晋城、汾西、平朔等矿区。

第二种为环境最理想情况。如果山西有关当局对污染治理高度重视，并且有雄厚的技术和经济实力得以将各部门产生的污染物全部消除时，即使消除污染矩阵 $\hat{a} = I$ 时，污染最轻，环境质量最好。因为此时污染物产生量与消除量是相等的。若最终消费向量 Y 与最终消费所产生的污染向量 P 不变，则产品向量 X 与污染物向量 E 为：

$$\begin{bmatrix} X \\ \dots \\ E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & : & G \\ \dots & : & \dots \\ D & : & H \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ \dots \\ E \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y \\ \dots \\ P \end{bmatrix}, \text{即}$$

$$X = \begin{bmatrix} \text{煤炭} & 57381 \text{万吨} \\ \text{电力} & 192.1 \text{亿度} \\ \text{钢材} & 616.9 \text{万吨} \\ \text{木材} & 651.0 \text{万米}^3 \end{bmatrix} \quad E = \begin{bmatrix} \text{固体} & 16192 \text{万吨} \\ \text{烟尘} & 525 \text{万吨} \\ \text{CO} & 15.6 \text{万吨} \\ \text{SO}_2 & 111.5 \text{万吨} \end{bmatrix}$$

伴随各部门生产量与消除污染过程的二次污染物的增加，此时各种污染物的排放均较第一种情况为高，但此时 $\hat{a} = I$ ，山西省煤炭生产的污染净增加量等于零，故实际污染最少，环境质量最理想。但这种情形在目前的技术水平下是很难实现的。

第三种为环境可能情况。如果有关部门根据国家规定的排放标准消除污染和保护环境，它将决定山西省煤炭开采的实际环境质量，此时各部门的产品向量 X 和污染物向量 E 分别为：

$$\begin{bmatrix} X \\ \dots \\ E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & : & G \\ \dots & : & \dots \\ D & : & H \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ \dots \\ \hat{a}E \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y \\ \dots \\ P \end{bmatrix}$$

如果最终消费向量 Y 与最终消费污染产生向量 P 仍保持不变，消除污染对角矩为：

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} 0.28 & & & \\ & 0.63 & & \\ & & 0.63 & \\ & & & 0.63 \end{bmatrix}$$

便可计算出在历年平均处理水平下的山西煤炭开发的各部门总产量向量 X 与各种污染物向量 E 的实际状况，即

$$X = \begin{bmatrix} \text{煤炭} & 55609 \text{万吨} \\ \text{电力} & 177.59 \text{亿度} \\ \text{钢材} & 587.5 \text{万吨} \\ \text{木材} & 644.1 \text{万米}^3 \end{bmatrix} \quad E = \begin{bmatrix} \text{固体} & 10874 \text{万吨} \\ \text{烟尘} & 126 \text{万吨} \\ \text{CO} & 2.78 \text{万吨} \\ \text{SO}_2 & 29.67 \text{万吨} \end{bmatrix}$$

上述消除污染矩阵是根据山西历年平均环境对策工程计算的，是在当地经济承受能力范围之内，所以是可以实现的。但山西省生态环境脆弱，污染物自净能力低，某些污染物的积累效应在所难免，随着时间增长，环境质量的恶化是不可避免的，必须根据情况不断调整环境对策。

三、煤炭生产的环境代价

人类社会的生产活动，一方面把自然物变为社会财富，满足人类社会生产和生活的需要，另一方面也会造成一系列的环境后果，恶化人类生存环境，威胁人类生存。为了保护人类生存环境的清洁与优美，人类需要进行必要的环境保护投资，这种环境后果与环境保护投资的总和，就叫环境代价。它可分直接代价与间接代价两种。前者指环境对策投资、运行费以及环境危害支付的罚款和赔产等；后者指开发项目对所在地区造成的损失和消除这种损失

付出的代价。

1. 山西煤炭生产环境代价分析

煤炭开发的经济可行性要考虑它所付出的环境代价。为便于计算，此处所说的环境代价专指消除各种污染物所付出的成本。如果以 X_i 代表第 i 个方案的煤炭总产量， P' 代表单位煤炭产品的污染物排放向量， \hat{a} 代表消除污染对角矩阵， G 代表消除单位污染物的投入物资， \hat{a} 代表物资单价对角矩阵， C 代表环境代价向量，则

$$C = \hat{\Phi} G \hat{a} X_i P'$$

总环境代价 S 等于污染代价向量 C 各元素之和，即

$$S = \sum_{i=1}^4 C_i$$

第一种情况由于未采取任何消除污染的措施，环境工程成本等于零，但环境后果最严重。

第二种情况由于 $\hat{a} = I$ ，环境质量最好，但环境代价最高。因为煤炭产出 X 为 51,914 万吨，所以

$$\begin{bmatrix} \text{固体} \\ \text{烟尘} \\ \text{CO} \\ \text{SO}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 33 & & & \\ & 817 & 0 & \\ 0 & & 1232 & \\ & & & 145 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.001 & 0 \\ 0 & 0.654 & 0.002 & 0.102 \\ 0.003 & 0.012 & 0.001 & 0.02 \\ 0 & 0.001 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 57381 \times 0.2 \\ 57381 \times 0.0024 \\ 57381 \times 0.00005 \\ 57381 \times 0.0005 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0924 \\ 75964.7 \\ 45165.1 \\ 19.96 \end{bmatrix}$$

$$S = \sum_{i=1}^4 C_i = 121149.8 \text{ 万元}$$

第三种情况，由于消除污染对角矩阵对角线元素分别为 0.28、0.63、0.63 和 0.63，煤炭产量为 55609 万吨，所以

$$\begin{bmatrix} \text{固体} \\ \text{烟尘} \\ \text{CO} \\ \text{SO}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 33 & & & \\ & 817 & & \\ 0 & & 1232 & \\ & & & 145 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.001 & 0 \\ 0 & 0.654 & 0.002 & 0.102 \\ 0.003 & 0.012 & 0.001 & 0.02 \\ 0 & 0.001 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0.28 & & & \\ & 0.63 & & \\ & & 0.63 & \\ & & & 0.63 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 55609 \times 0.2 \\ 55609 \times 0.0024 \\ 55609 \times 0.00005 \\ 55609 \times 0.0005 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.058 \text{万} \\ 45212.8 \text{万} \\ 12147.5 \text{万} \\ 12.18 \text{万} \end{bmatrix}$$

$$S = \sum_{i=1}^4 C_i = 0.58 + 45212.8 + 12147.5 + 12.18 = 57372.5 (\text{万元})$$

以上说明，如果将煤炭开发的污染物全部消除，需投资 121149.8 万元，如果废渣处理 0.28，烟尘和废气处理 0.63，则需花费环境工程成本为 57372.5 万元，说明环境质量愈好，环境代价愈高。

2. 煤炭生产的环境系数

环境代价是个绝对数，它对煤炭开发的制约作用主要是通过影响环境系数和煤炭开采成本而实现的。煤炭开发的环境系数 W 在数值上等于煤炭总产值 X 与环境总代价 S 之比值，即 $W=S/X$ 。第二种情况的环境系数：

$$W_2 = S/X = 121149.8 / 33 \times 57381 = 0.064,$$

第三种情况的环境系数：

$$W_3 = S/X = 57372.5 / 33 \times 55609 = 0.031。$$

从上述两个环境系数可看出，山西省煤炭开发的环境系数并不很高，只要污染物处理技术能过关，在经济上应该说是不成问题的。

3. 环境代价对煤炭成本的影响

任何环境对策工程都要产生污染代价，这个代价对煤炭生产成本有深刻影响。它主要表现为由于要消除生产过程所产生的部分污染物，在煤炭生产成本中要追加一部分消除污染费用。如果以 V 代表煤炭生产成本列向量， A' 代表煤炭生产直接消耗列向量， \hat{B} 代表单位产品的价格对角矩阵， C 代表前述的环境工程成本，则煤炭生产成本列向量：

$$\begin{bmatrix} \text{煤炭} \\ \text{电力} \\ \text{钢材} \\ \text{木材} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 & & & \\ & b_2 & & \\ & & b_3 & \\ & & & b_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{bmatrix}$$

煤炭生产总成本

$$V = \sum_{i=1}^4 V_i = \sum_{i=1}^4 b_i a_i + \sum_{i=1}^4 c_i$$

在第一种情况下 $\sum_{i=1}^4 C_i$ ，项等于 0，煤炭成本表现为投入物与价格乘积

之和，如果生产过程单位产品消耗的煤炭、电力、钢材、木材分别为 0.035、0.002、0.006、0.007，相应的单位产品价格分别为 33 元、817 元、1232 元、145 元，则此时总成本：

$$V_1 = 33 \times 0.035 + 817 \times 0.002 + 1232 \times 0.006 + 145 \times 0.007 = 11.136 \text{ 元}$$

在第二种情况下， $\sum_{i=1}^n C_i$ 等于 2.11 元，此时煤炭生产成本

$$V_2 = \sum_{i=1}^4 b_i a_i + \sum_{i=1}^4 c_i = 11.136 + 2.111 = 13.247 \text{ 元}$$

在第三种情况下， $\sum_{i=1}^4 c_i$ 等于 1.032，煤炭开采成本为

$$V_3 = \sum_{i=1}^4 b_i a_i + \sum_{i=1}^4 c_i = 11.136 + 1.032 = 12.168 \text{ 元}$$

从以上计算结果表明，在充分考虑了环境工程代价的情况下，煤炭的生产成本将发生明显的变化，如果以第一种情况下的煤炭成本为基点，污染物全部消除时煤炭成本将提高 18.95%；废渣与烟尘和废气分别消除 0.28 和 0.63 时，煤炭成本将提高 9.3%。

四、结论与建议

从以上讨论中，可得出如下几点结论。

第一，山西省煤炭资源具有得天独厚的优势，它作为能源重化工基地是当之无愧的。在正常经营管理下，这种以资源为主的生产优势能尽快地转化为经济优势。按污染物全部被消除计算，到 2000 年除去 760 126 万元生产成本，煤炭净产值可高达 1133 447 万元。说明山西省煤炭开发在经济上是可行的。

第二，山西省巨大的资源优势与本省各矿务局雄厚的财力、物力以及训练有素的煤炭技术力量相结合，将产生巨大的生产力。它能有效地消化和掌握引进技术，大幅度地提高劳动生产率，在正常情况下到 2000 年完成 5—6 亿吨的煤炭生产目标是不成问题的。

第三，山西省煤炭开发的环境污染比较严重，但仍属一般污染，污染物中有害金属含量不高，主要的污染源是煤矿、烟尘和坑口电站的排气筒及生活区的居民炉灶。采取必要的环境对策，支付一定的环境代价后，即可收到良好的效果。当环境代价为 57 372.5 万元时，便可使废渣减少 0.28，烟尘、CO 和 SO₂ 减少 0.63。

第四，山西省的煤炭生产环境代价对环境系数和煤炭成本影响比较小，两个方案的环境系数分别为 0.064 和 0.031；两个方案的环境成本分别占煤炭成本的 15.9% 和 8.48%。如果成本中加入劳动力费用，环境代价在成本中所占比重还要下降。说明山西煤炭生产的经济效益是好的，只要下决心，环境质量是可以改善的。

几点建议：

第一，要加强环境监测，随时调整排放标准。山西气候干旱，雨量稀少，自然生态环境十分脆弱，污染物自净能力微弱，随着资源连续开发，环境中某些污染物的积累在所难免，要随时准备应变措施。

第二，要采取行之有效的措施制止生态环境的恶化，从目前情况看，矿区生态环境的破坏较为严重，要重视在水土条件适宜的地方种草种树，防止

水土流失和沙化现象的连锁反应。

参考资料

杨治，1985年，产业经济学导论，中国人民大学出版社。

沃西里·里昂捷夫，1980年，投入学术经济学(崔书香译)，商务印书馆。

The Environmental Economic Appraisal of Coal Exploitation
in Shanxi Province

Cheng Liansheng

Abstract

The exploitation of coal is an interactive process of human being and natural environment. Coal production has effects on natural environment in two aspects: One is to destroy the environment of production by resources exploitation and the other is to pollute the living conditions of mankind by draining waste to environment. This paper uses the pollution model of input-output to study the law of the changes of the environmental quality of coal exploitation in Shanxi Province and the problem of environmental cost from this. Besides, four results are obtained on the basis of the economic appraisal of environment.

中国自然灾害灾情及减灾对策

张兰生 史培军

随着人口增加、城市和经济的发展,灾害已愈来愈成为世界性的阻碍经济、社会发展,影响社会安定的重大因素。我国是世界上灾害种类齐全、灾害频发、灾情严重的国家之一,加强对我国自然灾害的研究,分析我国灾害的时空分布规律和灾害成因机制,寻求减灾对策,实现在灾害减值中获得相对增值的效益。与此同时,利用“国际减轻自然灾害十年(简称 IDNDR)”的机遇,加强国际合作,从而提高研究水平。本文就是基于上述认识,在对我国灾害(主要是自然灾害)分析的基础上,提出若干减灾对策。

一、中国自然灾害灾情特征

自然灾害是加害因素的自然力与受害方面的社会发生矛盾而产生的,同时也存在着许多由于人类社会因素的干扰而触发、加剧自然灾害的现象;广义的自然灾害即包括突发性自然灾害,例如地震、洪水等,也包括非突发性(缓变)灾害(国外近期的文献称为环境灾害(Environment hazards),例如水土流失、风蚀沙化等。各种自然灾害,相互之间不是孤立的,而常是相互关联的,某种灾害的发生常常触发或伴发另一种灾害,形成灾害系列。自然灾害的发生具有区域性特征,某些灾害经常发生在特定地区,不同地区常出现不同的灾害,同一地区的各种灾害也常常具有发生上的因果关系而构成灾害链。因而,除了对各种自然灾害分别进行研究外,还必须强调对灾害进行地区性的全面研究,以作出统一的区域性对策。此外,灾害的研究及减灾对策的制定牵涉到自然科学、社会科学、工程技术科学等多个领域,因而对灾害及减灾对策必须作多学科的综合研究。

1. 中国自然灾害特征

综合我国各方面研究及有关统计资料,我国自然灾害具有以下特征。

(1) 成因背景复杂

我国地形和地质构造都很复杂,新构造运动强烈。我国处在欧亚板块、太平洋板块、印度板块的交绥地区,新构造运动十分活跃,处在世界两大地震带之间。据研究认为,太平洋板块、印度板块每年分别以 10cm、7.5cm 的速度漂移。我国地势西高东低,且呈阶梯状下降;地貌类型复杂多样,尤其风沙、黄土、岩溶地貌分布地区,都成为各种地质、地貌灾害多发地区。

我国大部分领土位于受季风控制下的气候不稳定地带,冬、夏季风时空变异复杂;平均每年遭热带风暴侵袭次数达 6—7 次,寒潮入侵 3—4 次。

我国人口众多,开发历史悠久。区域经济水平相差甚大,防、抗、救灾能力各地不一。

(2) 种类多

我国突发性自然灾害主要有:洪涝、台风、冰雹、霜冻、雪灾等气象灾害;地震灾害;滑坡泥石流等地质地貌灾害;病虫害等生物灾害;森林、草

场火灾等。环境灾害主要有：干旱、低温冷害、高温热害；水土流失、沙化、盐渍化、草场退化；地面沉降、地裂缝；海水淹没；环境污染等。

(3)频率高、强度大

我国有史以来就是地震频发的国家。本世纪以来，全球共发生7级以上大地震1200余次，其中十分之一发生在中国，本世纪我国大陆地震占全球大陆地震的29.5%，三次8.5级特大地震，二次在我国。我国城市的46%及许多重大工程设施分布在地震带。登陆台风平均每年6—7次，居同纬度大陆东部首位。2155年中(公元前206—公元1945年)发生水旱灾害1750次，其中大旱灾1000多次，大水灾600多次，平均约81%的年份都经受不同程度的水、旱灾害。每年大小崩塌、滑坡数以百万计，有泥石流沟一万多条，现在全国受泥石流威胁的城市有70多个。我国有20多个城市包括天津、上海、宁波、常州、嘉兴、西安、太原、北京等都发生了不同程度的地面沉降，沉降速度最大(塘沽)可达188mm/a，有200个县、市发现了地裂缝。干旱威胁着我国大部分地区，现在我国已有236个城市缺水，今后全国缺水可能超过300亿方，部分农村饮用水也将面临危机。土地风蚀沙化面积局部控制，整体扩展，目前沙漠化土地扩展速率每年仍在1000km²以上。

(4)灾害群发

1877—1879年晋鲁冀豫四省连年大旱，虫、疫等灾害群发，使1300多万人死亡。旱震相关，同时造成灾害，如16—17世纪，地震频、低温冷害及干旱多发形成灾害群发期。此外，在历史上由于灾害群发，还导致严重的社会动荡，如1625—1658年，气候恶劣，灾害群发，大旱、大涝、地震频发，蝗灾遍地，瘟疫蔓延，……人民痛不堪生，终于导致了农民大起义，明朝灭亡。

(5)地域分异明显

根据历史和现代自然灾害发生的时空分布规律，虽然各类灾害在地区上交织发生，但相对以某一主导灾害为核心，伴生其它自然灾害。旱灾主要分布在黄淮海平原和黄土高原；水灾多出现在七大流域中下游沿河两岸；台风多见于东南沿海，雪灾、寒潮大风主要分布于青藏高原和内蒙高原；沙暴多发生在西北地区。地震主要发生在华北、西北、西南三大地震带上。滑坡、泥石流集中在地貌二级阶地上且以西南地区最盛。生态脆弱带(沿海、长江中上游、北方农牧交错带)环境灾害严重。

(6)灾害多发与少发交替，未来十年处在灾害群发与多发时期

我国50、80年代多水灾；60年代，水灾、寒潮、雪灾、霜冻多；70年代多旱灾。根据气候变化规律，20世纪末至21世纪初将是气象灾害与气候灾害相当严重的时期。唐山地震后我国大陆一度平静，但从80年代中期开始，地震活动又趋频繁。根据我国地震活动的时序规律推测，从1988年起至2020年左右，将有两个地震活跃幕发生。CO₂及其它气体含量的增高，使“温室效应”对环境的影响更加明显，未来气候变暖，不仅使海面上升，淹没沿海滩涂及其它资源，而且使区域水热配置关系重新组合，这样使一些地区的环境灾害必然加重。

2. 中国灾情特征

灾情指的是遭受某种自然灾害侵袭后，某个区域内生命和财产损失情况，是对自然灾害社会属性的度量。灾情的严重程度与自然灾害的强度有密切关系，但并不是严格的比例关系，因为灾情还受区域内抗灾、防灾设施、人口密度、经济发展状况等各方面条件的制约。我国遭受灾害之所以严重，是自然、社会多方面影响的综合结果。由于我国灾情基本数据零散、缺失且不规范，使用困难，故本文仅就全国农业灾情作较详细的分析，其它方面的灾情仅举例说明。

从宏观来看，我国灾情有如下特征：

(1) 受灾、成灾面广，且在波动中呈增长趋势

据统计，1960—1988年，平均每年农作物受灾面积4800万公顷，成灾1800万公顷，成灾人口2亿多。特别值得注意的是，随着我国经济建设的发展，人口迅速增加，城市扩大，生命线工程增多，灾害对我国的影响和带来的损失日趋严重。建国四十年来，我国农业受灾、成灾面积呈迅速增长的趋势。50年代农作物受灾面积1亿亩，成灾小于1亿亩；60年代受灾3亿亩，成灾1.5亿亩；70年代受灾5亿亩，成灾2.0亿亩；80年代受灾6亿亩，成灾3.0亿亩。

(2) 灾情严重。

1950—1989年，仅民政部拨出的救灾款一项达176亿元，平均每年4.4亿元，1988年达到10亿元，1989年也超过6亿元。新中国成立40年来，因地震死亡人数近40万，经济损失每年约16亿人民币。除地震外，每年因灾死亡人数5000—10000人。因灾少收粮食，一般年份200亿公斤，与40年来每年平均增产粮食一致；因灾倒塌房屋300万间，仅这两项损失就达100亿元，大灾年灾损达到400亿元，一般年份也达200亿元，接近每年新增国民收入(800—1000亿元)的1/4—1/2。从农业灾损看，以黄淮为轴、向北、向南依次减轻，并表现出自长江向南依次减少，自黄淮向西北也依次减少。森林病虫害和森林火灾，每年平均给国家造成20亿元的经济损失。以上仅是直接灾情状况，间接损失则难以精确估算。

(3) 重大灾害损失强度惊人

无论从历史上看，还是从现代看，我国重大灾害强度都是惊人的。1975年淮河流域洪水，死亡人数2万多，直接经济损失达100亿元；1976年唐山地震，死亡24.2万人，直接损失96亿元；1987年大兴安岭森林火灾，死亡193人，直接损失达500亿元；1986年8607号台风登陆，受灾人口500多万人，直接损失达16亿元。1931年长江流域大洪水淹205个县，死14.5万人，损失13.8亿银元；1026年长江赞皇山岩崩，使长江断航25年，1556年华县8级地震，死亡人数50多万。

(4) 灾情地域分异明显，与自然灾害分异规律有明显差别

通过对我国已有农业灾情统计资料分析，以受灾、成灾和绝收耕地面积比重所表示的各省、市、区的农业灾情表明，农业灾情是天、地、人三方面条件的综合体现。华北各省区是灾情最重的地区，与其它各省区比较，华北所处的天气、气候条件确有更为易旱、易涝的一面。但从绝收面积的比重来分析，南北差异之中又显示出了东西差异，从黄土高原到豫、鄂、湘西山地

以至贵州高原成为高比重带，这里正是地面条件不利于农田水利措施的地带。江、浙绝收面积比重最小，京、津、沪的灾情最轻。除了地面条件以外，更多的是人为因素在起作用，农田基本建设水平高，排、灌、肥料等方面条件都优越。新疆灾情轻，也是由于农业完全依靠人工灌溉系统。

二、减灾对策

我国灾情的现实，薄弱的经济基础对自然灾害的承受能力还比较低，而日渐严重的自然灾害必将对我国产生重大影响。为了保障社会安定，实现我国经济社会发展的战略目标，开展减灾对策研究，建立减灾系统工程是非常必要的。

1. 开展对自然灾害的多学科综合研究，揭示灾害发生发展规律

把自然灾害看成是天、地、生、人这个复杂巨系统中的不利于人类发展的子系统，采用地学、现代遥感监测、计算机、系统科学等的方法和理论，开展多学科的合作研究。从而揭示自然灾害形成发展的动力学机制、生态学机制；建立各类自然灾害、各个地区自然灾害预测模型，建立灾害信息库及其信息系统，开展灾害区划及减灾区划研究。

2. 规划国家减灾系统工程。“八五”急需开展减灾技术的科技攻关研究

减灾系统工程包括自然灾害的监测、观测子系统，信息处理与传递子系统，防灾、抗灾、救灾示范模拟子系统。根据我国现有基础，充分利用业已形成的与灾害有关的监测网络，逐步规划建立统一管理、统一指挥的国家减灾系统工程。当前至关重要，建议国家在编写“八五”科技攻关计划时，要把对灾害的研究和寻求减灾对策，作为保障我国基础农业、基础工业发展的重要科技攻关内容，组织全国各有关行业的科学技术人员，开展减灾科技攻关。近年急需的是掌握灾情，它是减灾工作取得成功的必要环节。灾害的防、抗、救规划与措施是应建立在区域灾情预评估(灾情预警系统)的基础之上的；必须建立灾害实时和准实时监测系统以及相应不同时空尺度的预测预报系统，及时了解 and 迅速传递灾情，防、抗、救指挥系统才能及时发挥最大效能；灾害发生后，救灾与重建工作更是必须以灾情的现实评估为依据。但我国灾情工作方面现有的基础极为薄弱，灾情评估缺乏统一的标准，基本数据迅速获取困难。建立全国统一的灾情监测系统、灾情传递系统与灾情信息中心，已成当务之急。

3. 把减灾工作纳入国民经济总体规划

进行社会主义建设，归根到底是发展生产力，增加社会财富，提高人民的生活水平。但是自然灾害是破坏生产力，毁坏和减少社会财富，降低人民生活水平的。有鉴于此，必须建立灾害经济学中的“守业经济学”概念，在灾害的减值中获得相对增值的效益。为此，在各级人民政府国民经济发展的

战略规划中，要把减灾工作作为一项重要内容，全面规划，使减灾工作与一切生产活动相结合，从而实现经济发展的整体效益。

4. 加强全民减灾教育，形成减灾意识

抗御自然灾害是涉及千家万户的工作，通过各种宣传和教育，传播人类业已认识到的对自然灾害了解的知识，提高全民减灾意识。要在中小学地理、自然常识、生物等课程中增加有关减灾的知识。此外，在各类成人教育的教材中，也要加强有关自然灾害知识体系的介绍。此外，在现行大、中专地学各专业、学科的教材中，要充实有关对自然灾害研究最新成果的介绍，从而提高自然灾害在地学研究中的地位。通过学校教育、成人教育、专门研究人员的教育，将有助于提高人们应变自然灾害的能力。

5. 根据灾害、灾情时空变化的规律，制定区域综合减灾体系

由于不同地区灾害体系、强度、频度、灾情不同，所以减灾体系也就不同。减灾体系应包括区域灾害、灾情预警系统；防、抗、救灾区划与措施；防灾、抗灾工程设计与工程建设；减灾工程与有关工程建设的衔接配套等。

三、结 语

以上简要地阐述了作者对自然灾害研究的认识；分析了我国自然灾害的特征，灾情的特征；提出了减灾对策，以期促进我国灾害的深入研究，尤其是加强灾害的地理学研究。虽然本文的工作是初步的，但提出进一步深入研究的内容也许是必要的，为此作为本文的结语，提出近期开展我国自然灾害基础研究的主要方面，供广大读者讨论。

- (1) 区域环境演变与自然灾害的相互关系；
- (2) 区域灾害、灾情信息系统建立的理论与方法；
- (3) 区域减灾预警系统建立的理论与方法；
- (4) 区域灾害、灾情预测预报模型；
- (5) 区域灾害危险性评价的理论与方法；
- (6) 中国历史灾害与灾情的评价；
- (7) 区域灾害区划理论与方法的研究；
- (8) 主要灾害的物理过程与生态过程；
- (9) 受灾土地再利用的评价与技术；
- (10) 区域灾害与灾情相互关系的分析；
- (11) 中国自然灾害地图、地图集的编制；
- (12) 灾情评定的理论、方法与技术；
- (13) 灾害学科体系划分的研究；
- (14) 区域灾害景观光学与景观地学分析模型；
- (15) 区域灾害遥感监测的方法与技术；
- (16) 减灾规划的理论与方法。

AND THE COUNTERMEASURE FOR DEDUCING THE DISASTERS

Zhang Lansheng ShiPeijun

Disaster, the result of the natural hazard, is an outcome of interaction of the natural process and the society.

The characteristics of disaster in China are multifarious kinds, frequently occurrence and caused serious damaged. It is decided by three major factors, that is intensive neotectonic movement, unsteady monsoon climate and human activity.

As a kind of natural process, the natural hazards in China show their differentiation obviously which closely related to the differentiation of the natural environment. Hazards in the critical zones of the environment in China are multifarious kinds and frequently happened. But as a result of the impacts of the natural hazards on the society, the disastrous condition reflects the influences of both the natural hazards and the society. The disastrous condition also shows obviously differentiation which is similar to, but not equal to, that of the hazards in spatial. The population density and the human activity play an important role to the formation and the degree of the disastrous condition.

It is shows that the frequency of the hazards and the damaged degree its caused are tending to increase.

It is necessary in China to unfold the research of countermeasure of deducing the disasters and to take the countermeasures into practice. This task includes, to research the occurrence and development pattern of the natural hazards, to research the technology for deducing disasters and to plan the system engineering of deducing disasters of China, to take the works of deducing disasters into the overall plan of national economy, and unfold the education of deducing disasters to the citizen.

中国生态灾害及其防治途径

耿侃 史培军

生态灾害将成为 21 世纪人类的最大威胁。我国正经受着历史上空前的、规模最大、涉及面最广、潜在损失巨大的生态灾害。如果不对我国生态灾害严重状况采取紧急措施加以改变,那么到下个世纪,伴随着未来人口的与年俱增,我国生存环境将对我国的经济的发展造成巨大的障碍,生态灾害将真正成为中国经济跻身于世界强国之林的最大桎梏。本文拟就我国生态灾害的现状、特征及其防治途径进行综合分析,以期为我国制定重大区域开发政策时,协调好国土整治与发展经济的关系,提供决策依据。

一.生态灾害类型与灾情

我国生态灾害主要有以下各种类型。

1.水土流失

据不完全统计,50年代初我国水土流失面积约为150万 km^2 ,30多年经过治理的约有46万 km^2 。目前,全国水土流失面积仍有约130万 km^2 ,占全国国土面积的13.5%[3]。年土壤侵蚀量50亿t,氮、磷、钾流失量每年达4000万t。黄河和长江是我国经济发展的命脉,其流域内水土流失和土壤侵蚀程度异常惊人。黄河流域是我国水土流失最为严重的地区,黄河含沙量和输沙量均居世界首位,汛期含沙量高达 $50\text{kg}/\text{m}^3$ 以上,年总输沙量达16亿t,且以粗沙危害为主。以内蒙古黄河流域为例,各级水土流失(土壤水力侵蚀)面积达5.8万 km^2 (表1)。由于严重的水土流失,使黄河流域中上游成为全国最为贫困的地区之一,下游则潜在着悬河危险。长江流域土壤侵蚀面积也在扩大,50年代土壤侵蚀面积约为36万 km^2 ,80年代扩展到56万 km^2 。人们发出了莫把长江变成第二条黄河的警告。

表1 内蒙古黄河流域水土流失面积和侵蚀模数

等级	代号	水土流失面积 (km^2)	侵蚀模数 ($\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$)	侵蚀深度 (mm/a)
微 度		21270	< 200,500,1000	< 0.16,0.4,0.8
轻 度		18390	200,500,1000-2500	0.16,0.4,0.8-2.0
中 度		6440	2500-5000	2.0-4.0
强 度		6350	5000-8000	4.0-6.0
极强度		4380	8000-15000	6.0-12.0
剧 烈		1660	> 15000	> 12.0

2.土地沙化与流沙扩展

土地沙化与流沙扩展是我国北方半干旱干旱地区最为严重的生态灾害。我国沙漠化土地自 50 年代以来，平均每年以 1560 平方公里的速度在扩展。据有关资料统计，我国北方沙漠面积已达 149 万平方公里，其中由各种因素引起的沙漠化土地面积达 33.4 万平方公里，分别占全国国土面积和北方国土面积的 15.9% 和 10.3%。如果加上我国(包括部分南方山地和沿海地区)130 万平方公里的土地沙化面积，问题更加严峻，二项之和竟占到国土面积的 29%。在沙漠威胁最严重的内蒙、新疆、青海三省区，20 年来新增沙漠化面积 11 万平方公里，以此为中轴的北方 11 省区还有 3500 万人口，近 5900 万亩农田和 7400 万亩草场正处于黄沙漫延的吞噬之中[2]。内蒙古西部吉兰泰盐湖，在 50 年代后期还是乌兰布和沙漠西缘难得的绿洲，盛产优质湖盐。但经过 60 年代末至 70 年代初滥采滥伐的掠夺性开发，使“百万亩梭梭林地”消失殆尽，沙漠西侵，覆盖盐湖。不到 10 年，盐矿北部三分之一面积已埋于沙下。依此下去，再需 33 年，吉兰泰盐湖将转变为沙下盐湖而不复存在。另外，从风力侵蚀角度分析，强烈的风蚀可使风蚀地区土壤的肥力减低，作物减产，甚至变成一片废地，如内蒙古内陆河流域(表 2)。

表 2 内蒙古内陆河流域的风蚀状况

等级	代号	风蚀面积 (km ²)	风蚀深度 (mm/a)	风蚀模数 (t km ² · a)	植被盖度 (%)
微 度		56130	< 0.16	< 240	> 70
轻 度		145430	0.16-1.50	240-2250	70-50
中 度		129380	1.5-3.0	2250-4500	50-30
强 度		78050	3.0-6.0	4500-9000	30-10
极强度		38350	6.0-12	9000-18000	10-1
剧 烈		69730	> 12	> 18000	< 1

3. 森林、草原退化

虽然至今尚未获得我国建国以来森林资源动态变化可资比较的科学方法。但我国在经历了 1958 年、1968 年和 1978 年每隔 10 年 1 次的大规模掠夺性开发和自然破坏之后，森林面积和森林质量大幅度下降趋势确实存在。现在森林覆盖仅 12% [3]，大大低于世界 22% 的平均水平。我国森林覆盖率最高的福建省为 37%，接近或高于世界平均水平的省份有 11 个，而低于 10% 的省(区)达 13 个之多，最低的青海省森林覆盖率仅为 0.3%，近 10 年来，我国 131 个主要木材生产基地的森林面积减少 21.3%，木材蓄积量减少 28.1% [2]。贵州省 40 年来因自然和人为火灾烧毁林 1288 万亩，每年经济损失至少达 4100 万元[4]。森林生态环境破坏最为严重的毕节地区，森林覆盖率由 50 年代初期的 25%，下降至 80 年代初期的 6.4%。生态失调造成各种自然灾害频率陡增，以中等程度以上灾害统计，50 年代发生 3 次，60 年代为 5 次，70 年代达 30 次，80 年代则年年数次。1982 年春季山洪暴发，淹没农田，损失夏粮 4000 多万斤，冲塌房屋 1.6 万余间，淹死牲畜 3000 多头，有 226 人丧失。

世界上每年草地沙化、退化和盐渍化的面积占世界草地总面积的千分之

一；我国草原退化面积高于此值，现已约达 7 亿亩[5]，而且还在加速发展。内蒙古草原退化达三分之一，东北草原退化程度高于内蒙古，退化速度每年约为 3%，超过建设速度(1.5%)一倍。在西南地区，山地草被退化速度也是惊人的，仍以毕节地区为例，80 年代中期草场面积比 1951 年减少 56%，出现整体退化，第一性生产力下降。梅花山草场 1963 年亩产鲜草 451 斤，80 年代下降到 135 斤。饲草供需比例失调，影响了牲畜产量和质量，更加剧了草场进一步恶化。

4. 环境污染

近年来，我国环境污染程度日益严重，前景令人担忧。据程声通、王华东等的研究，目前我国 SO₂ 排放量达 1520 万吨/年。西南、华南的酸雨已很严重，已经开始危害大面积森林、湖泊和农作物。在贵阳、重庆等城市的酸雨频率高达 90%，最低时酸雨 pH 值竟到 3.0-3.2。北方城市大气中总悬浮微粒年平均超过 800-1000 微克/米³，居高不下。1988 年全国废水排放量 368 亿吨，其中工业废水 268 亿吨，大部分未经处理直接排入江河。我国 82% 的江河湖水遭受不同程度的污染，严重污染的河川有 230 条。全国有 40 多个城市的地下水受到酚、氰、砷等有害物质污染。水污染更加重了我国北方水资源短缺的困难局面。据初步估计，全国每年由污染造成的直接经济损失达 900 亿元，按目前情况推算，到 2000 年，由污染造成的经济损失将占国民经济总值的 6.75%。

二. 生态灾害的基本特征

生态灾害不同于突发性灾害，它以生态过程为特征，而后者以物理过程为特征。因此，生态灾害表现出在性质上和时空差异上都较突发性灾害更为复杂，它与区域环境质量、环境演变过程及人为利用资源与环境的程度有密切关系。

从我国生态灾害的性质上看，具有以下几个特征：

(1)重灾迟滞性。生态灾害的重灾迟滞性是指生态环境破坏(或恶化)后，经过一明显的时间间隔才出现灾情明显加重的现象，也就是在生态破坏时与重灾发生时之间存在着较大的可度量的时间差。灾害的发生与发展本身就是一个由渐变到突变，或由量变到质变的过程。这个时间差的实质就是重灾潜育期，时间差的大小表明重灾潜育时段的长短。在实地调查中发现，即使是在人为活动干预下生境遭到空前破坏而出现多种重发性自然灾害的重灾区，重灾迟滞特征表现亦很明显。比如贵州草海流域森林草场过度采伐放牧始于 50 年代末，70 年代末达到高峰，破坏最为严重；草海排干涸田于 1972 年，草海生境发生空前规模的破坏，进入恶化发展时期。70 年代中、后期自然灾害开始出现，并与日俱增。80 年代中期(1983-1986 年)是洪涝灾害最为猖獗、水土流失最为严重、经济损失最大的重灾时期。重灾迟滞数年时间。自然生态系统都具有自调节功能，当破坏力未达到或超过环境自调节阈值临界水平时，环境单因子遭受破坏导致的灾害程度通常是较弱的，相关因子的环境调节作用抑制了灾害的恶性发展。但是当破坏力达到或超过环境自调节临界值时，一旦环境多因子同遭破坏，必然引起生态系统发生结构性功能障碍，环境系统解体并急剧恶化，灾害陡增，进入重灾期。因此，重大生态灾害的出现是生态系统恶化的标志。重灾迟滞性在时间上的长短差异与生态系统遭损

方式，致使生态系统恶性逆转的破坏力的强度和系统破坏突破口控制下的首发灾害类型均有密切关系。在生态环境脆弱区，因环境系统阈值狭窄，自身调节功能弱，生态系统平衡易遭破坏，重灾迟滞时段相应较短。此外，由于生态灾害重灾迟滞性的存在，人们在生态环境超负荷开发中往往忽视本已存在却被掩盖的灾难性后果。

(2)重复递增性。生态灾害的持续发展过程是环境恶性循环的灾害增长过程。如果随着生态系统破坏程度的不断加剧，生态灾害出现在程度上愈演愈烈，在规模上愈来愈大，在范围上不断扩展，在频率上不断增大，在灾情上不断加重的特征称为重复递增性。由于生态灾害过程存在着综合激发的多种灾害类型重叠致害的机制，因此，生境破坏积累导致灾害能量积累和灾害效应积累，并且在阶段积累和总积累上都存在着随时间而递增的现象，即往往后一灾害频发期的危害大于前一灾害频发期。但这并不意味着某单一灾种也表现出随时间的递增特征，单一灾种与其它自然灾害类似，呈现出随时间变化，灾害强度出现跳跃、涨落的不确定性，仅存在着增强趋势性。

生态灾害重复递增性本身就蕴含着灾害积累和扩展释放两个紧密相关的阶段。生态灾害的积累释放过程与生境破坏过程相联系。在生态系统破坏初期，各生态环境因子功能开始消弱，各因子间的维系联结力也开始减弱。这时因单因子或少量相关因子破坏所产生的灾害能便开始积聚，即使出现灾害，也仅仅是些局部或瞬间的单发性灾害。若生态系统破坏加剧，失调因子不断增加的同时，系统机能会迅速衰退。当破坏积累达到高峰时，环境系统中若干主导因子恶化而发生综合激发反应，系统结构瓦解，成灾条件成熟，大规模多发性的生态灾害不可避免。一旦致灾诱发因子出现，重灾便随即发生，在恶性循环中灾害事件与日俱增，受灾程度不断加重，灾害种类日益增多，受灾区域向外漫延，孤立灾区扩展成片，多种灾型迭发致害。

(3)生态灾害链。若把生态灾害纳入整个生态环境恶化过程中加以解析的话，便会注意到，在生态灾害的不同灾种之间往往不是孤立的，尤其是形成了灾害网络，主要灾害(特别是重灾)的发生，不仅会对生态环境加速恶化产生深刻影响，构成生境恶化曲线中的突变点或拐点；而且还会因先发灾害造成自然条件和自然因素的改变或转化，成为后发灾害孕育的温床和触发契机。这种因环境恶化，在时间和空间上相继发生的一系列具有内在成因和诱导联系的灾害现象称为生态灾害链。在我国盲目的超量开发行为所造成的森林(草原)退化 水土流失 洪灾肆虐 毁坏耕地的现象并非罕见，后种灾害多与前种灾害之间存在着因果或时序联系。如果生态灾害的发生是由多因子破坏所致，那么在整个致灾过程中就会存在多个致灾点，就有可能发展为同时并存的多个灾害链。各灾害链之间灾害的同期重迭，相互影响，交互出现，必然增加灾害破坏强度，造成灾情升级。

此外，生态灾害是突发性自然灾害灾情加重的一个重要因素。从我国突发性自然灾害灾情分布规律可以看出，我国三大生态环境区之间的过渡地带既是生态灾害频发带，又是突发性灾害灾情严重地区，这反映出区域生态环境的恶化，使抗御突发性自然灾害的能力下降，因而出现同等的灾害程度，造成不同灾情的后果。

从我国生态灾害的时空分布规律分析，具有如下特征：

(1)我国三大生态环境区之间的过渡地带，生态灾害最为严重。三大生态环境区之间的过渡地带，即为自然生态环境脆弱带，它们包括：海陆过渡的

沿海地带；北方农牧交错地带(水分条件过渡的半干旱地区)；西北水热条件过渡的干旱半干旱地区(西北温暖干旱区向青藏高原寒干区过渡的地区,以柴达木盆地、共和盆地及青海黄土分布区最为典型)；西南水热条件过渡区(东部暖湿季风区向青藏高原寒干区过渡的地区)。这些地区的共同特征是：生态环境各要素在空间上的递变幅度大,大都处在生态系统临界值附近；在时间上,变率大,变幅也大,因此生态系统的稳定系数低,生态系统脆弱,容易诱发生态灾害,同样的致灾过程在区内却可加速灾害发展。各种灾害共存,类型复杂。在半干旱的北方农牧交错带,强烈的风水两相物理过程使得水土流失和风蚀沙化大面积发展,遇到干旱年份更是严重。在土地加速退化的同时,草场退化、灌溉土地次生盐渍化也在蔓延,结果使整个生态系统失调,成为我国生态灾害最为严重的地区。这正是为什么要建设“三北”防护林体系的根本原因。同理,沿海地区海岸防护林体系的建设、长江中上游地区防护林体系的建设均是考虑到这些地区生态灾害严重而实施的巨大生态工程。

(2)我国生态灾害的重灾区在空间分布上,随着地理环境地带性和非地带性的变化而摆动。这一特征与区域环境演变导致的自然地带摆动相对应。在全新世气候寒冷时期,我国北方严重生态灾害地带曾一度向东南方向扩展。如5000a.B.P.和3000a.B.P.左右的干冷时期,内蒙古地区沙丘活化和古沙翻新区的东界,曾向东南推移了150多平方公里；而在暖湿时期,该区西界则向西北扩展了约100平方公里。另外,人类开发的盛衰期往往与生态灾害的强弱期相应。内蒙古河套及临近地区自汉代以来,农牧业的兴衰与生态灾害的强弱几乎一一对应。

三.生态灾害防治途径

(1)开展我国生态灾害区划及防治区划的研究,根据生态灾害的区域特征和规律,对症下药,建立系统的防御对策。

(2)把生态灾害与突发性自然灾害在区域减灾对策上统一考虑,以求区域减灾的整体效益。因为偏于哪一方均收不到整体减灾的规模效益。在防灾、抗灾、救灾的各种措施中,对生态灾害更应强调防御,从而改善生态环境质量,减低生态灾害强度,减轻突发性自然灾害的灾情。

(3)加强我国生态环境建设。在区域上,把环境整治的诸方面统一起来,寻求整体改善环境的地区模式。在目前经费紧张的情况下,可把各级各业务部门的经费(如水利部门的水土保持经费、农业部门的草原建设经费、林业部门的防护林体系建设经费)统一起来,作到统一规划,统一治理,由点到面,逐步提高我国生存环境的质量。

(4)继续重视我国四条水热性过渡带的植被建设,要把环境治理与区域开发同步考虑,在环境治理中促进经济发展,在经济发展中完善治理工程。要把生态环境治理成效作为各领导层的考核指标,全国上下,科技、经济、管理一条龙,加快改善我国生存环境的步伐,及早抑制生态灾害的蔓延。

(5)加强全民的生态灾害和环境保护意识的教育。在各级教育中,要加强生态灾害研究成果的宣传,可将有关生态灾害和其它灾害的内容充实到中学相关课程中。面对社会,可确定我国的“灾害防治节”,从而引起全民对灾害防治的重视,把保护环境作为自己的自觉行动。

参考文献

- [1]王先进, 1989, 我国耕地的现状、发展趋势及对策, 科技导报, 第4期。
- [2]陈国阶, 1989, 论中国的生态环境危机, 科技导报, 第6期。
- [3]张华龄, 1988, 中国森林资源的过去、现在与未来发展趋势, 自然资源学报, 第3期。
- [4]罗德富等, 1989, 贵州自然灾害对经济发展的影响及其防治对策, 灾害学, 第3期。
- [5]祝廷成等, 1989, 草地退化与草地生态工程建设, 中国草地科学与草业发展, 科学出版社。

Ecological Disaster in China and its Countermeasures

Geng Kan Shipeijun

Abstract

Ecological disaster in China, associated with growing population, increasing pressure of environment for existence and ecological environmental deterioration is getting more and more serious. If it cannot be controlled by some emergent steps, ecological disaster will be the greatest barrier to economic development in China.

The main types of eco-disaster in China include: a) loss of water and erosion of soil. According to incomplete statistics, the area of loss of water and erosion of soil in China is about 1.3 million km², about 13.5% of the total land; the amount of soil erosion is 5 billion tons per year (t/a), amount of washed away N, P and K is 40 million tons per (t/a) year; and the Huanghe (Yellow) River valley is one of regions of the most serious loss of water and soil. b) desertification of land and drifting sand encroachment. Since the 1950's, the land of desertification has been spreading at the speed of 1560 km²/a; the area of desert in the north has come to 1.49 million km²; the area of land of desertification has risen to 334 thousand km², and in the Southern mountainous regions and coastal regions it is 1.30 million km². The total is 3.124 million km², which makes up 29% of the nation's area. c) retrogression of forest and grassland. It is obvious indeed that the area and quality of forest in our country is declining year by year. The percentage of forest cover is 12% which is lower than the average level of the world (22%). The percentage of forest cover in Qinghai Province is only 0.3%. Since the latest 10 years, the forest area of 131 major wood-producing bases in our country has decreased

by 21.3% and the amount of growing stock has decreased by 28.1%. The retrograde grassland area has come to 700 million Mu. The retrograde degree in Inner Mongolia is 1/3, and in north east grassland area is higher than Inner Mongolia. The retrograde speed is about 3% each year, which exceeds the building speed by 1 times. d) environment pollution. Up to now, the exhausted SO_2 has come to 15.2 million t/a, and the drained water has come to 36.8 billion tons (1988a) in the whole country. 82% of rivers and lakes in China have suffered from pollution at different degrees. According to the elementary estimate, the direct economic loss caused by pollution is 90 billion yuan per year in the country.

The paper also analyses emphatically the ecological disaster's characteristics and its feature of time-and-space distribution, and advances the countermeasures against disaster in order to protect the ecological environment.

国内外自然灾害研究概况

虞立红

自然灾害已成为人类面临的一大威胁。本世纪以来,全球因自然灾害死亡的人数达 300 万,8 亿人的生活受到影响;仅最近 20 年中,自然灾害造成的直接财产损失达 1000 亿美元。本世纪以来,到 1985 年为止,直接死亡人数超过 1 万的自然灾害已达 30 次。自然灾害已引起各国政府和人民的高度重视。自本世纪后半叶,特别是近十余年,世界各有关国家都在积极开展灾害研究,寻求减灾的途径,并取得了一系列很有价值的成果。本文主要采用分类、统计等方法,对 80 年代以来,特别是近几年,国内外 50 余种刊物上刊载的 500 余篇论文和百余册书籍进行分析,指出当前国内外自然灾害研究的进展、主要研究内容及前沿性课题,并分析我国各种自然灾害研究水平的差异及与国际研究水平的差距,从而提出今后我国灾害研究应着重加强的方面和所采用的一些方法。

一. 国外自然灾害研究的进展与现状

某一学科文献的问世,是该学科研究发展的重要成果之一,它能及时、准确地反映出某学科研究的进展和现状,并能揭示学科发展的轨迹。本文收录了国外有关灾害的书籍 80 余册,综合性灾害研究期刊 8 种,及在期刊上刊载的论文 250 余篇。通过对以上文献的分析,可以看出:

(1) 国外自然灾害研究目前正处在发展的高峰时期。从所收录书籍的出版年代看,早在 40-50 年代就有少数综合性减灾研究的书籍问世。在 60 年代末期之前,文献数量十分有限。但自 60 年代末期开始,有关灾害综合研究的文献大量涌现。1969-1979 年出版的灾害研究书籍占 62.5%,1980-1987 年出版的占 25.5%。从 8 种以综合灾害研究为主的期刊创刊时间看,最早创刊的是日本京都大学防灾研究所的《防灾研究所年报》,它创刊于 1957 年。70 年代创刊的有 2 种,80 年代创刊的有 4 种,另一种创刊年不详。但有关单一灾害研究的期刊种类很多,且一般创刊时间早,都在 50-60 年代。由此可见,国外灾害研究起步较早,都在 50 年代。其后有一个较长的徘徊时期。到 60 年代末,人们对自然灾害的严重性有了更深的认识,并在与自然灾害斗争中总结出有效的防、抗、救灾经验,灾害研究也随之进入飞速发展阶段。到 80 年代,研究减灾书籍的增长势头有所减弱,但综合性灾害研究期刊的创刊量却大大增加,特别是 1989 年联合国第 44 届大会正式通过了“国际减轻自然灾害十年”计划,世界范围的灾害研究与减灾合作拉开了帷幕,表明灾害研究进入了新的发展高峰时期。

(2) 自然灾害研究具有明显的地域差异。从 7 种综合减灾期刊的主办国籍看,美国有 3 种,日本有 2 种,英国、荷兰、德国各一种。从书刊文献的数量看,美国、英国、日本、澳大利亚为数居多。

灾害研究的发展主要受三方面因素的影响。其一,灾害损失程度。灾害频繁。一方面造成严重损失,另一方面也为研究者提供实践机会;其二,科学技术水平;它决定了减灾的可能潜力。其三,经济水平,是减灾计划实施的重要保障。后二者在其中起着十分重要的作用。例如,美国、日本处在自

然灾害多发区，且经济和科学技术发达，因而其自然灾害研究起步早，水平高，代表了国际研究水平。

(3)自然灾害研究具有阶段性。自然灾害研究是建立在丰富的资料和经验基础之上的。通常依靠一定的资料基础，进行单一灾害的分析，其分析结果又为综合研究提供了基础。其阶段性差异是灾害研究本身的特点所决定的。

自然灾害研究大致可分为三个阶段：萌芽期。以单一灾害的灾后调查分析为主，通常是在灾害发生后，对有关灾害及其损失的资料进行收集、整理、分析，为今后的预报、防范研究提供信息。发展期。以进行单项自然灾害的系统研究为主要特征。在此期间在掌握大量灾害数据基础上，着重进行了灾害的监测，成因、预报、灾害特点等研究，在灾前制定出防、抗、救灾计划，并配有相应的法规，以保障各项计划措施的实施。成熟期。以区域灾害综合研究为主要特征。自然灾害的发生不是孤立的，而是相互联系的；有的甚至十分紧密，互为因果。一种灾害可诱发一系列次生灾害，后者往往造成更加惨重的损失。因而，只有对区域灾害进行综合研究，综合防治，才能最大程度地减轻自然灾害。在掌握了单项自然灾害系统研究的经验和技术之后，便会迅速开展区域多项灾害的综合减灾研究，主要有多种灾害损失调查、成因分析、特点、预报、监测，以及人类在减灾中的作用等多方面。在进行区域灾害综合研究的同时，还会不断加强单项灾害的系统研究。单项灾害研究成果的不断更新，会进一步推动区域灾害研究的发展。因而，此期单项灾害的系统研究往往与区域灾害的综合研究并存。

(4)灾害研究涉及内容广泛，实用性强，要求水平高。从所收录的文献看，以有关减灾的实用性文献占绝对优势。灾害研究的最终目的是为了最大限度地减轻灾害对人类的影响。目前，国外一方面着重对灾害本身的研究，如利用先进技术对灾害形成机制进行研究，并监测、分析灾害，以期对灾害进行准确的预报和及时报警。准确预报灾害，可为人类提供灾前避难和主动应灾的机会，从而在相当大的程度上减轻灾害所造成的经济及生命财产损失。对突发性灾害的预报尤为重要。另一方面侧重人在减灾中作用的研究。研究项目主要有灾害社会学、灾害心理学，灾害管理、减灾计划、团体、组织在减灾中的作用，灾害经济学，灾害保险，灾害立法和现代技术在减灾中的应用等。这些研究都是较高层次的，其中减灾计划是研究的重要内容，是减灾研究成果的集中体现。

目前，国外的灾害研究主要分两个方面，即单项灾害的系统研究和多种灾害的区域综合研究。

单项灾害的系统研究，主要研究以下几种灾害：地震灾害。由于地震的破坏或所造成的灾情重，所以各有关国家十分重视地震灾害的研究。目前对地震灾害研究也是最完善、系统，所采用的方法，技术手段也较先进，投入的财力、物力也较多。但由于地震灾害自身的不可确知性，尚不能准确预报地震，从而影响了减灾的效果。主要研究方面有地震发生机制，地震预报，报警，地震灾害的危险性评价、区划，多尺度区域范围的防、抗、救震计划，地震保险、立法等等。气象灾害。有干旱、暴雨等。暴雨是一种损失很大的灾害，每年造成的损失常居各灾害之首。目前，国外着重进行暴雨的预报、工程防护、灾后救助等方面研究。干旱是一种趋向性灾害，影响范围广泛；目前，主要就其监测、管理等方面进行研究。地质、地貌灾害。主要研究了火山、山崩、滑坡、泥石流、洪水等灾害。对山崩、滑坡的研究，侧重对

其形成机制、监测、预报和工程防灾等方面。洪水是一种分布广泛、损失严重的灾害之一，主要进行其监测、预报、工程防灾、灾后救援计划、土地规划等方面的研究。

区域灾害的综合研究主要有：城市灾害研究，特别是对大城市灾害的研究。主要研究方面有城市灾害的危险性评价，城市的防灾规划，包括建筑物的防灾设计、土地利用规划等，灾害迅速报警系统，以生命线工程为主的统一的抗灾计划，减灾立法和全民的减灾知识训练等。其中灾害危险性评价是基础，防、抗、救灾统一规划是减灾设计的集中体现。山地灾害研究。

海岸带灾害研究。某一区域灾害研究，主要有一定行政区域的灾害研究。它包括同一类多种灾害及区内多类灾害的综合研究。由于同一类灾害在成因上有一定的相似性，所涉及的学科有限，因而其综合研究较易开展。国外区域地质灾害、气象灾害的研究居多。不同类灾害的综合研究难度较大，涉及面广，但其深入研究可以提高减灾效率。因为，多种自然灾害的发生存在着一定的相关性，常常是群发或相伴发生，各灾害所造成的损失、破坏难以区分。这样，只有进行多种灾害的减灾研究，才可提高减灾的实效。

二. 我国自然灾害研究的发展及现状

基于对 30 余种杂志刊载的 300 余篇论文及书籍的分析，对我国自然灾害的研究有以下认识。

(1) 系统、综合灾害的研究起步晚，但发展迅速。从文献的出版年代看，1986 年为一明显的转折期，1986 年前文献量较少，1986 年后，特别是 1988、1989 两年，文献量剧增；不仅有《灾害学》杂志创刊，而且刊载有关灾害研究文献的刊物也增多，由不足 10 种，发展到目前的 30 余种。从研究内容上看，1986 年也为一明显分界。1986 年以前，我国也开展了地震、洪水、泥石流等多种灾害的研究，但以灾害的形成机制、预报、工程防范为主，灾害研究是单项的，内容不系统。自从 1986 年以后，我国已渐重视灾害社会学、人的减灾作用等方面的研究。如 1988 年，地震出版社出版的《地震对策》(郭增建)一书，可谓这方面研究成果的集中体现。因此，可以说，80 年代后半叶，中国真正进入了系统、综合灾害研究的飞速发展时期。

(2) 灾害研究内容广泛。我国幅员辽阔，新构造运动强烈，地形复杂，且处于中纬气候条件不稳定的季风气候区，人类活动历史悠久且影响深刻，有利于各类灾害的形成。我国是世界上灾害种类最多、损失最惨重的国家之一，这为中国开展内容广泛的灾害研究提供了实践机会。从文献看，中国主要开展了地震、洪水、泥石流、滑坡、干旱、暴雨、台风等 15 种灾害的研究，而且还开展了城市、山地、滨海等区域的综合灾害研究，和灾害理论、保险等方面的研究(如表 1)。

(3) 灾害研究水平较低。主要表现在：涉及以防、抗、救灾系统规划为主的高层次灾害研究较少。灾害研究的最终目的是提高人类抗御自然灾害的能力，减轻灾害所造成的损失，为此，必须加强灾害发生机制、预测、报警、危险性评价，人在减灾中的作用，制定一定区域范围的系统的减灾规划，并有相应的法律保障，这是灾害系统研究的主线。我国对一些灾害的形成机制、预报，灾后调查分析等方面的研究起步早，水平高，如我国地震、洪水的预报水平已达到国际先进水平，1975 年成功地预报了辽宁海城大地震。但对迅

速报警系统的研究较少。迅速报警包括预报成果和灾后的及时报警两方面，及时报警是减轻灾害损失的重要一环；危险性评价只有掌握大量信息的基础上方可进行。这对建国仅四十余年，灾害资料缺乏的中国来讲，难度较大，因而开展较少，但它是制定减灾计划的关键；人在减灾中的作用是极为复杂的，有积极的一面，也有消极、恐惧的一面。积极开展灾害社会学研究，可以充分发挥人的能动作用，提高其应灾能力。我国已开展了灾害社会学的研究，但内容不全面，尚处于初期阶段。由于基础灾害研究薄弱，影响了我国减灾计划的制定。大区域的灾害危险性评价和减灾计划少。目前，我国已有的灾害危险性评价和减灾规划多是小范围和单项灾害的。灾害的系统、综合研究较少。从文献内容看，仍有大量属于灾后分析性的。仅地震灾害研究较为全面系统。

表 1 中国自然灾害研究文献量一览表

项目 灾害名称	文献量(篇)	其中减灾对 策 文献量(篇)	书籍(册)	项目 灾害名称	文献量(篇)	其中减灾对 策 文献量(篇)
地震灾害	51	19	3	风蚀	1	
综合气象灾害	30	3	4	生物灾害		
暴雨	11	2	3	病虫害	5	
台风	4			火灾	7	
冰雹	2			区域灾害综合研究	7	1
干旱	12	2		海岸灾害	2	
降雪	8			山地灾害	8	3
龙卷风	2			森林灾害	1	
综合地质、地貌灾害	22	4		城市灾害	27	
洪水	30	8		灾害保险	13	
泥石流	36	4		灾害理论	55	7
崩塌	2	1				
滑坡	20	6				
火山	3	1				
断裂	4					

(4) 各类灾害研究水平差异很大。目前国内主要开展了地震、洪水、泥石流、滑坡等灾害的研究。以上灾害研究的内容较为广泛，研究水平相对较高，这与我国上述灾害发生频度高的情况相适应。但对减轻影响深刻的台风、干旱灾害的研究较少。我国海岸线长，沿海地带为经济发达区，台风所造成的生命财产损失巨大。同时，我国内陆广阔，地处季风气候区，不仅干旱区范围广，且湿润、半湿润区也深受伏旱、春旱的影响。每年干旱给我国经济，特别是农业带来重大损失。因而，今后需加强研究。

(5) 我国主要灾害的研究现状。地震：我国十分重视地震灾害研究，国家有国家地震局，各省市还有下属的地震管理系统，形成了多层次的地震研究体系。地震研究在我国开展最早，研究系统性最强，水平较高。其论文、书籍和有关期刊量均居各类灾害之首。从研究内容看，涉及监测、发生机制、

预报、地震区划、危险性评价、工程防震、地震社会学、救灾对策、地震保险等诸多方面。在以上研究中，地震预报工程防震的研究已具较高水平。但其它研究方面与国际水平还有一定的差距。主要表现为：震前的防、抗、救灾计划研究少，且范围小，没有足够重视提高人的灾害意识和应急反应能力，这将严重影响我国减轻震灾的效果。另外，我国是发展中国家，国家财力有限，且灾害损失惨重，需尽快发展地震保险。这样，灾害发生后，由保险部门给灾民以经济补偿，可以大大减轻国家的经济负担，有利于我国经济的发展和社会的稳定。

泥石流、滑坡灾害。我国为一多山的国家，滑坡、泥石流灾害分布甚广，发生频繁。全国有万条以上的泥石流沟，成千上万座滑坡体，时刻威胁着邻近的数百个中心城市和铁路线。成都山地灾害和环境研究所主要牵头，负责对泥石流的研究。主要研究方面有：滑坡、泥石流的形成机制、监测、预报、报警系统，工程防治对策，危险性评价、区划，现代遥感技术的应用等。研究内容较多，但尚欠系统。今后需加强这类灾害的软科学研究，包括区划、土地规划、灾前制定防抗灾计划和灾后的应急救助等。

洪水：建国四十年来，我国十分重视洪涝灾害的研究，主要开展了洪水发生机制、预报，江河工程治理，社会救灾及洪水保险等方面的研究，并取得了一定的成绩。江河的治理大大减少了洪水的发生次数。

区域灾害研究：主要开展了减轻城市、山地及以行政区为区域的灾害的综合研究。主要包括灾害类型分析和防治对策。区域范围一般较小，研究内容不深入。

灾害保险研究：保险是一种经济补偿手段，即具有分担灾害损失、保障灾民正常生产生活的的作用，又具有加强防灾防损的作用。因而在国外很受重视。我国灾害保险研究起步晚，经验不足，灾害信息有限，影响了灾害频度的预测，损失的评定，制约了灾害保险的发展。今后需加强灾害保险技术的研究，提高我国保险业的水平。

三. 结论

我国灾害研究尚处在发展时期，有些灾害的研究甚至还处于萌芽期，要想提高抗御灾害的能力还需做很大的努力。1990-2000年灾害发生的频度将在世界范围内增大，为此，全世界开展了“国际减轻自然灾害十年”活动。我国应利用这一大好时机，通过国际间的交流与合作，积极开展关键性课题的研究，大大提高我国灾害研究的水平，以适应今后十年灾害多发期减灾的需要。只要全民充分意识到减轻灾害的可能性及迫切性，积极开展灾害研究，我国的减灾水平会有很大的提高。

Review of the Researching Literature on Internal and Foreign Natural Disasters

Yu Lihong

Abstract

Natural disasters cause great damages to the human beings, so they attract great attention of many countries. A series of achievements

have been made during the second half of this century. Analysis of the literature of both China and other countries of over 600 pieces shows that re-researches in this aspect began earlier in other countries, which relates substantial content and has systematicity. The synthetic and systematic study of natural disasters has been made since the 1950's. Now, the damage evaluation and division of many disasters, and mitigatory disaster programs have aroused particular attention. There are evident different research levels between countries and obvious regional differences. Three stages, i. e. the embryonic stage, developing stage and ripe stage, can be divided from the developing period of disaster research. Such re-research has already begun in China at present and is at the developing stage. In comparison with international advanced level, there are certain differences in some research areas, which mainly include latter research beginning, not enough wide research contents involved, and lack of systematicity. The prediction and engineering prevention of many kinds of disasters except earthquake, are taken as the main areas of research. The contents of soft-scientific research on reducing damage are little and a single type of disasters is only studied at present in China. The damage evaluation and division of disasters and the program of hazard reduction have been made in small region. Disasters will occur frequently in the next decade. We should actively work for the action of An International Decade For Natural Hazard Reduction and exchange information of disaster research and co-operation with the countries, increasing the ability of hazard reduction in China.

中国夏季旱涝研究 ——转动主优势型展开方法在气候研究中的应用

李晓东 刘强 张如一

一. 引言

传统经典的降水研究和近几十年的降水研究都或多或少地提出了“降水型”的问题。例如，“南涝(旱)北旱(涝)”、“华中涝(旱)、华北和华南旱(涝)”[1, 2]等即是不同的降水型，显然，如此简单的降水型并不能回答我们很有必要探究的下列问题：我国夏季降水究竟有哪些降水型？其旱涝分布界线如何？旱涝分布的量级、大小如何？各种降水型的年际变化如何？所以，很有必要对各种降水型进行更进一步的研究，以便解释上述问题，并为与之有关的其它研究(如季风、长期天气预报等)提供依据。

二. 方法

本文主要采用主优势型展开的方法。主优势型展开就是把实际二维场向量用按某些准则所限定的主优势型向量的线性组合去逼近。主优势型向量的分布能反映实际场的特点，反映实际场的主优势型向量的线性组合系数描述实际场的变化。即

$$F_{ipxnt} = X_{ipxip} \cdot T_{lnfxnt} \quad (1)$$

式中， F 为原始资料阵， X 为优势型向量组成的矩阵， T 为各优势型对应的系数矩阵； ip 和 nt 分别为空间、时间格点数。 X 阵有三种，求法如下：

(1)原始正交优势型阵 X_1 ：是由协方差阵 $A(A_{ipxip}=FF^T)$ 的特征向量构成。求得 A 的各个特征值和特征向量，依 North 判据[3]确定主优势型个数 nf ，则 A 的前 nf 个特征向量构成主优势型向量阵 X_1 。这样，(1)式可近似地表达成：

$$F_{ipxnt} = X_{lipxnf} \cdot T_{lnfxnt} \quad (2)$$

(2)方差极大正交转动主优势型 X_2 ：对 X_1 阵中的两两优势型向量进行方差极大转动[4]的循环反复足够次，使得(3)式成立，则转动后的矩阵便是 X_2 阵， X_2 阵的元素的方差已极大化。

$$\sigma^2 = ip \sum_{i=1}^{nf} \sum_{j=1}^{ip} (X_{ji} / h_i)^4 - \sum_{i=1}^{nf} \left(\sum_{j=1}^{ip} X_{ji}^2 / h_i^2 \right)^2 = \max \quad (3)$$

式中， X_{ji} 为由 X_1 阵转动后得出的 X_2 阵中第 j 行第 i 列的元素， h_i 是第 i 列的公因子方差， σ^2 为 X_2 阵的元素的总方差。

(3)斜交转动主优势型阵 X_3 ： X_3 阵的求法有三种：promax 方法[5]，Haris-Kaiser 方法[6]，B 准则方法。Haris-Kaiser 方法是通过将 X_1 阵进

工作单位为西北师范大学地理系。

工作单位为国家教委教学仪器研究所。

行线性变换实现[6]；promax方法和B准则方法是通过通过对 X_2 阵的斜交转动实现，二者结果基本一致。B准则方法就是使得斜交转动后的 X_3 阵的元素满足B准则((4)式被满足)：

$$\alpha \cdot \sum_{i < s=1}^{fx} \sum_{i=1}^{ip} X_{it}^2 X_{is}^2 - \left[\sum_{t < s=1}^{nf} \left(ip \sum_{i=1}^{ip} X_{it}^2 X_{is}^2 - \sum_{i=1}^{ip} X_{it}^2 \sum_{i=1}^{ip} X_{is}^2 \right) \right] = \min \quad (4)$$

式中， α 、 β 为比例系数，一般取 $\alpha = \beta = 0.5$ ；

$$X_{it} = \sum_{j=1}^{nf} S_{ij} \lambda_{jt}, \quad X_{is} = \sum_{j=1}^{nf} S_{ij} \lambda_{js},$$

S_{ij} 为 X_3 阵的元素； λ_{jt} 为正交轴和斜交轴之间的夹角方向余弦，它满足

$$\sum_{j=1}^{ip} \lambda_{jt}^2 = 1.$$

对于这一条件极值问题，在实际计算时用迭代法来实现。

对转动后的主优势型的系数矩阵按最小二乘解的正规方程用回归方法求得。

转动主优势型展开对时空场分解有其独特的优点：适用于任务性网格点的结构；收敛速度快；和未转动的主优势型相比较，抽样误差小[5]；

对大范围场向量分区展开和拼区展开的结果一致[4]；接近实际场，便于结果分析和讨论[5]。

本文对我国夏季降水(100个站,1951—1985共35年)的斜交转动主优势型展开结果表明，有五个主优势型(即 $nf=5$)具有显著意义，总拟合率达51.4%；可以认为，这五个主优势型反映了夏季降水的最基本信息。

三.夏季降水型分析

为了便于进行夏季降水型的研究，图1列示了我国的季风区划[7]。

Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ区分别为西风带区、副热带季风区、热带季风区、高原季风区。Ⅰ区和Ⅱ区的交界(a线)是青藏高原东缘的地形锋线；Ⅱ、Ⅲ区之交界(b线)为夏季赤道辐合线抵达的北界；Ⅲ、Ⅳ区之交界(c线)为盛夏极锋抵达的北界；d线是盛夏副高脊线抵达的北界。Ⅴ区按照季风现象的显著情况分为五个亚区：A为东北区；B为河套区；C为华北区；D为四川盆地区；E为长江中下游区。

夏季平均降水场(平均值以月值为准)，总趋势是东南高、西北低；等值线的分布在南部基本呈东西向。Ⅴ区内有 $>200\text{mm}$ 的平行于海岸线的高值带。150mm等值线基本和d线吻合，此线以南，D、E和Ⅴ区的交界有一较低值区，反映了处于东南季风的雨影区的南岭山地西部降水偏少的基本事实。d线以北的Ⅴ区的降水由南向北递减。 V_A 、 V_B 区是降水最少的地区，这和深居内陆、水汽稀少有关。高原季风区的东南部 V_B 区却有较多的降水，旁证了横断山脉及其以南的南北向山谷充当水汽通道的事实。

夏季降水的方差场(单位为 10^{-4}mm^2)。由此可知，夏季降水变化的敏感区有两个：一个在长江以南的东部和南部沿海地区，另一个在以长江为轴线的狭长带状区域里。等值线为5的线大致区分出了季风现象明显和较明显的区

域,即 C、E 两区季风现象较 A、B、D 三区明显。此线在秦巴山地和四川盆地一带的明显西凸,证实了喇叭型谷地对东南季风降水的促进作用,该线在 35°N 以北的沿伸基本和山前多雨带的西缘吻合。

结合夏季降水的平均场和方差场可以认为,我国夏季降水具有明显的季风性。相对于东部和南部地区来讲,I 区和 V_A 区之降水量及其变化对我国夏季降水的贡献是次要的,以后的讨论不再详细考虑这两区的降水变化;季风降水的敏感区不但在 I 区存在,而且在 V_A 区也大范围地存在着;季风降水还受复杂地形的影响。

由转动主优势型展开得到的我国夏季降水的五种斜交主优势型之间接近正交(相关系数小于 0.20)且各个主优势型(以下简称 MAM)的敏感区(以 0.10 为界)均出现在季风现象明显或较明显的地区,即 I、V_A 区为主。表 1 列示了各个 MAM 的名称和主要特征等,以下做逐个 MAM 分析。

MAM1 和 MAM2 都显示了我国夏季降水的南北三带差异的驻波型,即南北涝、中部旱或南北旱、中部涝。二者之差异主要表现在中部正值区的范围及敏感区的分布上。MAM1 的中部正值区的范围及量级比 MAM2 大,且南部界线偏南,北部界线二者基本一致,都在 B 和 C 区的中部。正值区之北的负高值敏感区都在渤海湾沿岸;MAM1 的南部负值带较偏南,负高值敏感区在 E 区;而 MAM2 的南部负值带包括了长江以南的绝大部分地区,负高值敏感区以南岭山地为中心向四周展开。MAM1 和 MAM2 都以南北差异为主,东西差异不明显,因而这两个 MAM 主要描述降水带在南北方向上的变化特征。若在中部地区的降水带稳定维持的时间长,则南部和北部的降水带稳定维持的时间短;在中部地区由于降水造成的水汽损失多,则在南部和北部地区可用于降水的少汽较少,反之亦然。降水带稳定于中部地区的范围也有差异,一种是南北方向上很宽的降水带(MAM1),另一种则较小(MAM2)。造成这两种 MAM 的原因有二:其一是我国东部地区夏季雨季的时间长度稳定(除非有全球尺度的大气环流异常);其二是,如若在雨带北推或南退时,长江及周围地区的冷暖空气交绥的趋势稳定,一般来讲,在其北部的冷空气也比较强大,且活动频繁,降水偏少;其南部冷空气难以抵达,没有冷暖空气交绥的机会,降水也少(相反的情况不再解释)。或许这两种 MAM 和行星环流(以南北差异为其主要特征)异常有关。MAM1 和 MAM2 的时间系数(以下简称 TC)TC1 和 TC2 年际变化剧烈,分别具有准两年和 2.4 年的周期变化;可以推测,MAM1 和 MAM2 的变化或许和以“QB0”模式为理论基础的大气环流的准两年振荡有关[10]。另外,TC1 和 TC2 平滑后具有 8—10 年的周期。1980 年和 1972 年分别是 MAM1 和 MAM2 的代表年份,这两年也是全球尺度的环流异常表现较突出的年份。

表 1 中国夏季降水的主优势型

MAM/名称/第一周期/第二周期/主要特征描述/可能机制/代表年份
MAM1/南北三带差异型 1/2*/10/南北三带差异,中部带范围广大,驻波性明显/行星环流异常/1980
MAM2/南北三带差异型 2/2.4*/8/南北三带差异中部带范围狭窄,偏北,南部变化明显/行星环流异常/1972
MAM3/地形优势型/4**/4.8**/不规则“C”形,南岭山地及东部为敏感区/地形对特定季风环流异常响应/1955
MAM4/南北二带差异型/3*/3.4*/南北二带差异,华北,东北南部与华南

的反相变化明显/行星环流异常/1968

MAM5/东西差异型/2.7*//河套地区， 区与长江下游的反相变化，东西差异显著/季风环流异常/1975

注：*为 0.10 的置信水平；

**为 0.05 置信水平。

MAM3 是一种不太规则的，描述显著季风区和非显著季风区的过渡地带的降水异常变化的(与其它地区反相变化的)MAM。负高值敏感区在南岭山地及其东部沿海地区。105°E 以东的零值线分布和地形有明显关系。第一条零值线由南到北沿云贵高原东缘-秦巴山地东缘-淮河一线分布；第二条零值线从北往南沿内蒙古高原东缘-太行山东侧-黄土高原中部。可以认为 MAM3 是与大地形有关的 MAM。正值区的形状和东南季风的山前多雨带(北部)一致，或者和迎风坡山地多降水带(南部)一致，而且与副高(夏季)西南部、西北部边缘的水汽通道(呈“C”形)吻合。所以，MAM3 只有在某种特定的环流形势下才会有较好的表现。TC3 具有显著的 4-4.8 年周期变化，当 TC 为正高值时，这种 MAM 体现所谓的“旱一片、涝一线”的情形。

MAM4 为南北二带差异型，零值线的分布几乎沿着长江河道。这种型即“南涝(旱)北旱(涝)”。MAM4 中，显著季风区几乎都被高值敏感区所覆盖，A 南部、C 大部为负高值敏感区；华南中部有一正高值区。当副高第一次北跳较早，且南撤也较晚的情况下，若有适当的高纬度环流配置，则雨带偏北且维持时间长，造成南旱北涝，反之亦然(1968 年)。TC4 具有 3-3.5 年的周期变化，可能这和具有 3.5 年周期变化的南方波动有关。

MAM5 为东西差异型，正值区在 E 东部，范围较小；负值区广大(包括 A、B、C、D 区等)，负高值区一个在河套附近(B、C 区中部)，另一个在西江流域(F 区中部)。当副高偏西、偏北、强大时，降水带可达河套地区，此时，长江中下游被稳定的高压中心所控制，少雨；南部由于热带辐合带活动活跃，降水较多。反之，副高偏东，降水带位置也偏东，北方负值区被强大稳定的冷空气控制，少雨。TC5 具有 2.7 年的周期变化，可能这是季风环流的東西异常周期。

总之，中国夏季降水有五个 MAM。其中，以行星环流的季节变化为主造成的南北差异是最基本的(有三个 MAM)，且具有 2-3.5 年的准周期变化；地形对特定环流的(主要是季风环流)响应产生具有 4-4.8 年周期的地形优势型；东西差异型相对而言是次要的(仅有一个 MAM)，具有 2.7 年的准周期变化。

四. 主要结论及讨论

(1)我国夏季降水的敏感区在 42°N 以南的东部地区。夏季降水有五种主优势型。其中，和行星环流异常有关的南北差异是最普遍的，有三个主优势型，具有 2-3.5 年的准周期变化；另外还有一个具有 4-4.8 年周期的地形优势型——是地形对特定环流的响应造成；东西差异型相对而言是次要的，具有准 3 年周期变化。

(2)热带辐合带的降水异常并不和夏季风北部的降水带的异常活动一一对应，有时甚至表示出各自的独立性。

(3)以往的许多研究都是把长江流域作为整体看待。展开分析表明,在许多MAM中长江中下游被分割为南北两部分,即南部和北部的降水趋势并不一致。

(4)究竟是地形对何种环流的响应造成4—5年的周期变化,有待于进一步研究。

参考文献

- [1]章基嘉等,1983,中长期天气预报基础,气象出版社。
- [2]王绍武等,1987,长期天气预报基础,上海科学技术出版社。
- [3]North, G.R., T. L. Bell and R. F. Cahalan, 1982. Sampling errors in the estimation of empirical orthogonal function, Mon. Wea. Rev., 110, 699 - 706。
- [4]黄嘉佑,1989,转动主分量分析在天气气候分析中的应用,气象,第14卷,第9期。
- [5]Richman, M. B., 1986, Review article, rotation of principle components, J. climatol, 6, PP.293—355。
- [6]Harman, H. H., 1976. Modern Factor Analysis, The University of Chicago Press, Chicago and London, 487。
- [7]高由禧等,1962,东亚季风的若干问题,科学出版社。
- [8]国家气象局北京气象中心气候资料室,1985,中国东部地区旱涝分析汇编,气象出版社。
- [9]施尚文、周玉孚、林春育、陆菊中等,1983,全国热带夏季风学术会议论文集,云南人民出版社。

A Study on Summer Drought--Flood in China
An Application of Rotational Main Advantage Model
Function in Climatic Study

Li Xiaodong Liu Qiang Zhang Ruyi

Abstract

The study of the summer rainfall in China is closely connected with the monsoon study, and it has great influence on industry and agriculture. In this paper with the help of Main Advantage Model (MAM) Function, the summer rainfall data of 100 stations of China in recent 35 years (1951-1985) were used to study the summer rainfall model.

Firstly, five MAMs are found in the summer rainfall. Among them, three south-north difference MAMs are very general, which are linked with the seasonal variation of the planetary circulation; Another one is topographic MAM, which reflects topographic response to specific circulation; The last one is east-west difference MAM, which

is related to the monsoon.

Secondly, the period of the time-coefficient is two-five years. Especially, the time-coefficient of topographic MAM has a distinct period of four-five years.

Finally, it is found that the rainfall in the subtropical monsoon region, which is between the northern region (i. e. western lies) and the tropical monsoon region and also controlled alternately by cold and warm air mass, shows the features of complexity, transitivity and alternation.

气候界线的变动及其预测研究 ——以中国暖温带与亚热带东段气候界线为例

刘强 李晓东 张如一

一、引言

我们在以前的工作[1]基础上,将中国亚热带与暖温带东段气候界线(以下简称“界线”)资料延长到1988年,依据类似的方法得出1980年—1988年暖温带和亚热带东段气候界线的演变资料,根据这些资料,本文探讨了下列问题:

- (1)界线的空间分布模式;
- (2)各种空间分布模式的时变特征;
- (3)80年代以来的界线演变特征;
- (4)未来5—10年界线的变化趋势预测。

二、一般结果

图1a为近30年(1959—1988)来界线的平均场分布。由此可知,界线的平均位置在 $32^{\circ}40'N$ — $33^{\circ}02'N$ 之间,且在 $111^{\circ}E$ 附近其平均位置最偏北,而在 $113.5^{\circ}E$ 和 $120^{\circ}E$ 附近其平均位置比较偏南。图1b为界线变化的方差场,由此可知,界线西段(西峡以西)变化很小,这是秦岭、大巴山对冬季寒潮南侵和夏季偏南风北进的阻挡所致。由西往东,变幅呈波动增大,在 $119^{\circ}E$ 附近有一极高值段;另外,在 $111.5^{\circ}E$ 和 $116.5^{\circ}E$ 附近有二次高值段,二者之间有一相对低值段。最东段的江淮平原(包括部分丘陵区)的高值段,距海近,冷暖空气交换频繁;地形平坦,季风性得到充分的表现;冬夏季风的活动时间、强度在此段也有较大差异,因此气候特性变化较大。中部的次高值段不象秦岭段那样其南北两侧有大山体作屏障。虽然其周围也有较小山体,但南北方向上都有通道;这种地形分布可能造成冬季寒潮南侵时,因路径不同,或被北边的山体所阻挡,或由通道长驱直下;同时夏季偏南风盛行时,可能也因其径流、强弱等不同而造成南阳盆地及其周围地区的温、热、光、水等气候要素有较大的变化。

三、界线的空间分布模式及其时变特征

1. 界线的空间分布模式

我们依据North准则[2]取前三个主要的界线空间分布模式作为讨论对象。三个模式的相对解析方差分别为33.08%、23.81%和20.01%,累积解析方差达76.90%,可以认为,前三个空间分布模式概括了界线的最基本信息。如图2所示,界线的空间分布模式有三种:东西差异型、全区一致型和不规则型。

工作单位为国家教育委员会教学仪器研究所。

工作单位为西北师范大学地理系。

以下分别讨论。

第一空间分布模式(图 2a)为典型的的东西差异型,以 117°E 为界,东为负值区,负高值区在 119.5°E 附近;西部为正值区,正高值区主要在 116°E 周围;另外,在 110°E 左右有一次高值区。第一空间分布模式反映了界线东部和中部的南北反相变化(西部相对稳定,以下同),即: 117°E 以东若界线位置偏南,则 117°E 以西其位置偏北,反之亦然。

第二空间分布模式为全区一致型(图 2b),即界线东部和中部一致地偏南或偏北也是界线变动的一种主要型式。界线偏南偏北的幅度在 117°E 以东较大,尤其是 119°E 附近,变幅最大。

第三空间分布模式为不规则的东西差异型(图 2c),由西往东模式分布呈“+—+—+—+”型。但 110.5°E 以西和 117°E 以东均接近零值;正高值区范围较小,在 116°E 附近;负高值区范围较大,在 111°E - 113°E 之间。第三分布模式实际上是反映 116°E 以西的南北反相变化型的。

和 1959—1980 年的界线分布模式相比较[1],第一、二模式仍然是东西差异型和全区一致型,但前两个模式的累积解析方差和相对解析方差都有所减少,即 1981 年以后界线的空间分布模式并不是由以前的模式可描述的;并且前两个空间分布模式的场分布也和以前有所差别,主要表现在高值区的分布上。除第一、二空间分布模式外,近 30 年的界线第三空间分布模式相对解析方差高于 20%,已提高为一不能被忽略的模式,和第一、二模式具有同量级的重要性;该模式也是前 22 年的界线模式所没有的。

2. 各空间分布模式的时变特征

各空间分布模式的时间系数如图 3 所示。第一空间分布模式对应的时间系数(图 3a, TC1)和 TC2, TC3 相比较,振幅较大;且具有较明显的长期变化趋势。从 50 年代末到 80 年代初逐渐变小,但进入 80 年代后,其振幅突然加大。和 TC1 类似地,TC2 和 TC3 在 80 年代其振幅都有较大的增加。这说明 80 年代以来,界线的演变过程变得越加剧烈,这和 1980 年以来世界气候异常高频发生是一致的。

对各空间分布模式的时间系数进行功率谱分析,结果表明,TC1 没有明显的周期振动,这和 1980 年以前的第一空间分布模式的演变是不同的[1]。TC2 具有明显的准 4 年周期(通过 $\alpha=0.05$ 的信度检验);TC3 则为准 6 年周期(通过 $\alpha=0.02$ 的信度检验)。

四、80 年代以来的界线演变特征

80 年代以来界线的演变更加剧烈,不仅表现在各空间分布模式的时间系数的振幅加大上,而且在界线的空间分布的南北跨度、极端位置等方面也有明显表现。80 年代以来界线的最北位置达 $33^{\circ}40' \text{N}$ (1986 年,西峡附近),界线最南位置达 32°N (1983 年,镇江附近);南北纬距达 $1^{\circ}40'$ 。最北位置比 1980 年以前偏北 $20'$,而最南位置却偏南 $8'$,南北纬距增大 $28'$ 。

表 1 列示了 1981—1988 年各年的界线分布类型。比较时间系数的叠合界线和实际界线分布,我们发现,它们之间的吻合程度是较好的。在这 8 年中,

每年都有一些地区界线位置偏北，而几乎没有全区界线偏南的年份；中部偏北而东部和南部偏南的界线分布类型共出现三年(1982、1983、1987年)，这是前22年的空间分布模式所没有的。另外，值得注意的是，1980年以后各年界线的空间分布模式的叠合情况都比较复杂。

表1 1981 - 1988年的界线分布类型*

年份	界线类型
1981	西部、中部偏北，东部偏南
1982	西部、东部偏南，中部偏北
1983	同1982年
1984	全区偏北
1985	全区偏北
1986	同1981年
1987	同1982年
1988	西部偏南，中部、东部偏北

*：这里的中部、东部、西部是指111°E—121°E而言(下同)。

五、未来5—10年(1989—1993, 1989—1998年)界线变化趋势预测

我们依照各空间分布模式的时间系数TC值的时变序列，对其平稳化后，用Marquardt阻尼最小二乘法[3]建模，得出各时间序列的ARMA模型，再用ARMA模型预报的逆函数方法进行预报，最后将各预报序列5年、10年平均后进行空间模式加权，求得未来5—10年(1989—1993, 1989—1998年)的预报粗估计值，主要结论如下：

(1)按照AIC、BIC准则[4]，各个TC的最佳ARMA模型的阶数为ARMA(2, 0)或ARMA(2, 1)。(即自回归阶数为2，滑动平均阶数为0或1)。这说明，气候界线的变化消去趋势项(即平滑过滤)后是可用ARMA模型描述的随机过程。

(2)未来5年界线的平均位置相对于近30年平均而言，有继续向北移动的趋势，但其南北跨度稍有减小。

(3)未来10年界线的平均位置大致和近30年的平均位置相仿，不再北移；极端位置也在近30年界线的极端位置之内；南北跨度基本在33°35'N—32°10'N之间。

六、主要结论

(1)中国东部亚热带与暖温带气候界线共有三种空间分布模式。其中第一种为东西差异型；第二种为全区一致型；第三种为不规则的东西差异型。

(2)界线的各个空间分布模式对应的时间系数在80年代振荡幅度变大；第一空间分布模式无周期变化，第二、三空间分布模式分别具有显著的准四年和准六年周期。

(3)80年代以来界线的极端北界和南界比以前更偏北和偏南，南北跨度

增大。

(4)未来5年气候界线的平均位置稍偏北,而未来10年的平均位置和近30年的平均位置大致相仿。

参考文献

- [1]刘强,1989,中国暖温带与亚热带东段气候界线及其动态变化研究,干旱区资源与环境,增刊1期。
- [2]North G.R., 1984. Empirical Orthogonal Functions and Normal Modes, J.A.9, vol.41, No.5, pp.789—887.
- [3]杨位钦、顾岚,1986,时间序列分析与动态数据建模,北京工业学院出版社。
- [4]H.Akaike, 1979. A Bayesian Extension of the Minimum AIC Procedure of Autoregressive Model Fitting, Biometrika 66, pp.237—242.

Research on Evolution of the Climatic Boundary Line and Calculation

-- Taking the Chinese Eastern Climatic Boundary Line Between the Warm Temperate Zone and the Subtropics for Example

Liu Qiang Li Xiaodong Zhang Ruyi

Abstract

On the basis of differentiating the Chinese eastern climatic boundary line between the temperate zone and the subtropics (hereinafter "boundary line") and analysis of its variations in 22 years (1959-1980) by mathematical quantitative analysis methods, this paper takes further steps to analyse the climate data in researching districts during the recent eight years (1980-1988). A series of quantitative analyses show that: since the 1980's, compared with the past, the spatial distribution models and the time variation regulations of the "boundary line" have had some different variations. The main expressions are in its location, the range of its north and south vibration etc. Moreover, the vibration range of the corresponding time-coefficient has increased and the period has changed.

From the above mentioned research, the calculation of the variation tendency of the

" boundary line " in the future 5-

10 years came to some significant conclusions about the future space distribution models and the time variation regulations of the "boundary line".

中国中、新生代古地理条件与大油气区的形成与分布

任森厚 张宝民

解放以来，我国石油天然气工业得到了迅猛发展，先后发现 260 余个油气田，探明数百亿吨石油地质储量，建成年产原油 1 亿多吨的生产规模，跃居世界第五位。这一举世瞩目的成就彻底否定了“中国贫油论”的偏见。

石油天然气是一定时间、一定地区古地理环境的产物。我国的油气资源，在时间上主要形成于中生代；在空间上主要分布在“三北”地区和东、南沿海一带；在成因上主要为陆相油气田，生油环境是大、中型古湖泊，与世界性生油气环境——海相生油气迥然不同，这是由我国中生代的特殊古地理条件所决定的。而且，决定我国油气资源量的根本问题是油源问题。因此，应用古地理学原理勘探油气资源并对其进行远景预测，不仅可以进一步丰富陆相成油理论，而且可以合理高效地勘探和科学正确地评价油气资源，避免曾出现的“寻找十来个大庆”的盲目乐观论。

一、古湖盆的形成、分布和演变

古生代我国大部分地区被海水淹没，没有形成完整的陆相沉积。晚海西运动导致海水大规模向南退出，从此开始了我国陆相生油气湖盆的形成演化。

二叠纪

海水退到华南，北方大陆逐渐形成，由此奠定了南海北陆的古地理格局。在濒邻天山、蒙古海槽的准噶尔洼地形成了近海湖盆，堆积了较厚的湖相砂泥岩，盆地中心的玛纳斯湖区、阜康和五彩湾地区形成了有利于生油的暗色泥岩与油页岩沉积，构成了克拉玛依、阜康等油田的主要油源。

此外，在塔里木盆地西南部也形成了近海陆相盆地，在吐鲁番、鄂尔多斯和开封形成了内陆盆地，堆积了河湖相碎屑岩夹暗色泥岩，推测具有一定的生油潜力(图 1)。

三叠纪

基本继承了南海北陆的古地理轮廓。早期山川起伏多为粗碎屑沉积，晚期山岳夷平，北方大陆面迎古南方大海的陕、甘、宁、晋近海地带，形成了面积达 32 万平方公里的巨大近海湖盆，在湖泊发育极盛期的晚三叠世，湖水面积可达 10 万平方公里以上，沉积了厚达 300—550 米、分布面积达 5 万平方公里的生油岩，形成了鄂尔多斯大油气区——长庆油田。

准噶尔盆地因天山、蒙古海槽隆起成陆而转化为内陆盆地，湖泊缩小，

沉积了山麓洪积相粗碎屑岩和浅湖相砂泥岩，具有一定的生油潜力。此外，库车盆地和郑州盆地三叠系也具有一定的生油潜力(图 2)。

晚三叠世，中印支运动导致华南变为海陆交互相含煤碎屑沉积，成为该地区的重要造煤期。四川、楚雄盆地开始形成并转化为内陆湖盆，在湖盆的中心部位为深湖相沉积，具有一定的生油潜力。末期，晚印支运动使海水彻底退出，与北方大陆连成一片，结束了南海北陆的对峙局面，并由此开始了我国古地理环境的東西分异。

侏罗纪

全球性海侵发生，而我国陆相湖盆却继续增长。由于块断沉降活动加剧所导致的大陆块体进一步解体和全球性气候较为温暖湿润，使我国大陆植被茂盛、湖沼星罗棋布，西部为大型稳定的含煤盆地，东部为小型活动的含煤盆地，成为我国重要的造煤期。但在某些含煤盆地中，湖沼相可横向相变为深湖相，形成一些小型油气田，如库车、吐鲁番、准噶尔、民和、陕甘宁、阜新、四川、二连盆地等(图 3)。

值得指出的是，在那些被上覆巨厚沉积物掩埋的含煤盆地中，可能蕴藏了丰富的煤成气资源，是未来寻找勘探天然气田的重要地区。

白垩纪

东西分异的古地理格局进一步发展，大陆面积继续扩大，但西部、中部湖盆变浅收缩，大型湖泊迁移至我国东北。西部库车、准噶尔等湖盆面积虽大体与侏罗纪相似，但湖水变浅而不具备生油能力；中部鄂尔多斯、四川湖盆收缩，演变为河湖相红色碎屑岩沉积，仅在酒泉、六盘山等地区发育局部性湖沼或谷地湖，形成酒泉等小型油气田。

我国东北由于断陷强烈和亚洲东北部海侵向南伸展的影响，形成巨大的松辽近海湖盆，早白垩世湖盆发育极盛期的湖水面积达 20 万平方公里，堆积了厚度巨大、分布面积达 10 万平方公里的生油岩，形成了我国特大油气区——大庆油田。松辽以西的海拉尔、二连等湖盆，水域面积和水深比侏罗纪扩大，沉积了很厚的生油岩，形成了二连等油气田(图 4)。

第三纪

早第三纪，我国西部湖盆收缩变浅，多演化为河流——浅湖环境；中部鄂尔多斯、四川湖盆消失；东北和内蒙一带演变为河流—浅湖环境。而濒邻古太平洋的华北、华南和东、南沿海大陆架上，断陷作用强烈，湖泊星罗棋布，形成特大型分隔状近海湖盆。如华北盆地面积 31.3 万平方公里，在沙河街期的湖泊全盛期，除隆起和高凸起外，均为湖水所淹没，呈现群湖环山的古地理景观，沉积了分布广泛、厚度巨大的暗色生油岩。从而造就了下辽河、

大港、胜利、任丘、中原、江汉、渤海、苏北-南黄海、东海、珠江口、北部湾、莺歌海等油气区。仅渤海湾几个油气区的产储总量就超过了大庆油田，成为我国第二个特大油气区(图 5)。

此外，在华南还分布有小型山间断陷湖盆，沉积了油页岩和暗色泥岩，如百色小油田。

晚第三纪陆相沉积遍及全国，但古地理环境演变为河流-浅湖，沉积厚度除华北、柴达木、塔里木和准噶尔盆地大于 2,000 米外，其余均小于 1,000 米，多不具备生油能力。柴达木盆地西部继承了早第三纪渐新世的深湖环境，连续沉积了厚达 1,000 米的暗色泥岩，形成渐-中新世高产油田。此外，已探明云南景谷盆地中新世小型生油区(图 6)。

二、古湖盆区地貌特征及其演化

从上述看出，我国湖盆是伴随海退或海侵影响下形成的。因此，湖盆区地貌既受到大陆解体的作用，又受海陆分异的影响。二叠纪以来我国湖盆区地貌演替经历了如下阶段：二叠纪地势为中部高、南北两侧低；三叠纪为北高南低，东高、中部西部低；侏罗纪盆岭相间，地势向南和东北倾斜；白垩纪华北、东北分异明显，地势南高北低；早第三纪地势中部高，东西两侧低；晚第三纪以来才逐渐形成西高东低、三级阶梯地势和黄海、东海、南海等大陆边缘海。这种地貌特征对生油湖盆特别是大型近海生油湖盆的形成极为有利。其原因是：海洋水汽可以长驱直入，调节气候，带来丰沛降水，使径流发育；近海地区地势低洼，径流易汇集并带来大量陆生有机质，水源充足，加上快速沉陷，容易长期积水；近海湖盆均与古海洋发生过某种联系，海水泛入带来大量生物，使其生物种类增多，数量更加丰富。

就单个湖盆地貌讲，均具有早期山川起伏，地势分异强，湖盆呈分割状态，河流带来的大量陆源碎屑注入湖盆，形成超补偿型-补偿型沉积；中期地势分异变弱，湖盆连成为统一的大湖，湖泊的沉积速度小于沉降幅度，形成非补偿型暗色生油岩沉积；晚期因湖泊淤浅，为河流——三角洲砂泥岩所漫覆，形成良好储、盖层。在平面上，均具有单断式箕状或不对称地堑状形态，湖泊的最深部位和沉降中心、沉积中心相吻合，有利于保持持续的还原环境和巨厚的生油岩沉积。而且，湖盆的陡岸带分布有洪积扇、扇三角洲，缓岸带分布有大型三角洲和各种砂体，以及湖盆中央隆起的存在，均成为油气运移指向和良好储集场所。

三、古湖盆区气候特征

分析二叠纪-第三纪湖盆形成分布与气候类型的关系表明：气候是制约湖泊发育规模和湖水盐度、pH 值、Eh 值等诸项物理化学指标的主要因素之一，并由此决定了湖盆的沉积物类型和生油气性。在湖盆的时空发育和分布上，之所以会表现出湖盆规模、沉积物类型和生油气性的差异，其主要原因之一

就是古气候。例如，三叠纪我国北方为大陆性亚热带气候，早-中三叠世因气候干旱，湖盆发育规模较小，多为河流-浅湖相沉积；晚三叠世因潮湿气候带扩大才使鄂尔多斯等盆地进入大型湖泊发育期。白垩纪，我国气候分化为东北潮湿亚热带-暖温带和西北、南方干旱亚热带，东北的气候最有利于形成大型湖泊。

总体看来，二叠纪-第三纪的湖盆区气候以温暖湿润的暖温带和亚热带为特征，且西部主要受特提斯海水汽的影响，东部主要受太平洋水汽的调节，从而为湖泊特别是大型近海湖泊的形成和大陆植被的繁盛提供了良好的气候降水条件，进而为湖生生物的繁盛提供了良好的水介质环境。

四、古湖盆形成的热-动力学背景

湖盆的发育史实际上是其上地幔——地壳的热力-动力演化史。我国二叠纪-第三纪的湖盆发育均具有早期断陷、晚期拗陷的特点，其原因就在于早期上地幔上隆，热对流强烈，使地壳破裂形成单断式箕状或不对称地堑盆地；晚期则由于上地幔隆升减弱、热力衰减而使地壳冷却，形成大面积沉降。

我国沉积盆地的构造类型存在东西向的明显差异：西部以挤压沉降带为特征，其成因是盆地地壳向造山带方向弯曲下沉，在山前或两个山系之间形成山前断陷盆地和山间断陷盆地，具有大陆碰撞俯冲带的性质；东部则以扩张沉降带为特征，其成因是库拉-太平洋板块对欧亚板块东缘的剪切或俯冲，于亚洲大陆东缘形成安第斯型弧形山系和山弧后的一系列单列式或三联式大陆裂谷盆地，并伴随强烈的基性喷发活动，具有弧后拉张的性质。至晚第三纪演化为岛弧-裂谷海盆-边缘海；而中部鄂尔多斯和四川盆地则具有东西部的过渡性质。

晚始新世以前，我国西部湖盆的形成主要受亚洲大陆板块内部的相互作用，东部则主要受亚洲板块东缘与库拉-太平洋板块的相互作用。晚始新世以来才出现了亚洲、太平洋、印度三大板块的相互作用。受控于板块的多旋回运动，我国湖盆也经历了多旋回的发育，由此造就了巨厚的湖盆沉积和多套生储盖组合，从而有利于生油岩的保存和向油气转化，上覆地层的巨大静压力促进了生油岩的排烃，并使之运移到相邻储集构造中去，形成油气田。

五、结论

我国主要为陆相油气田，生油环境为大、中型古湖泊，其形成分布是构造、地貌、气候等诸项古地理因素综合作用的产物。在二叠纪-早第三纪近海地带形成的准噶尔、鄂尔多斯、松辽、华北、东南沿海等大型近海湖盆，是最有利的生油气盆地，为大油气区所在。油气区的这种分布规律，必将对我国工业布局 and 21 世纪经济发展产生深远影响。

参考文献

- [1]中国科学院《中国自然地理》编辑委员会，1984，中国自然地理·古地理(上册)，科学出版社。
- [2]石油工业部石油勘探开发规划研究院，1977，石油地质研究报告集。

- 中国陆相盆地石油地质特征及油气田分布规律。
[3]黄第藩、李晋超主编，1982，中国陆相油气生成，石油工业出版社。
[4]王尚文主编，1983，中国石油地质学，石油工业出版社。

The Relationship of Chinese Paleogeographic
Conditions During Meso-Cenozoic Era to the Formation
and Distribution of Great Oil-Gas Area

Ren Senhou Zhang Baomin

Abstract

The petroleum and natural gas were the results of paleogeographic environments controlled by paleotectonics, paleotopography and paleoclimates in the geological history and specific areas. The Chinese oil-gas resources were chiefly formed during Meso-Cenozoic Era and are widely dispersed over Northeast China, North China and Northwest China, as well as Southeast China Sea area. Their cause of formation was mainly terrestrial facies environments which large-middle type paleo-lake produced oil, and differs greatly from universal petroleum and natural gas that was produced by marine environments. In a word, it is Chinese distinctive paleogeographic conditions during Meso-Cenozoic Era that determine the formation and distribution of oil-gas fields.

In Paleozoic Era, most parts of China were occupied by paleo-ocean and integrated terrestrial sediments did not occur. From Permian to Tertiary Period, great geographical changes took place in China by Hercynian, Indosinian, Yanshanian and Early Himalayan Movements. The sea water withdrew gradually from most parts of China and the terrestrial sedimentary areas expanded. Because inner Asian Plates interaction on each other in Western China and interaction between Eurasia Plate and Kula-Pacific Plate in East China caused upper mantle uplifting, crust thinning and rupturing, a large number of down-faulted lake basins were formed. Especially in the near-sea regions, a series of giant onshore lake-basins such as Junggar basin in Permian, Ordos basin in Triassic and Songliao basin in Cretaceous, as well as Bohai Gulf and Southeast China Sea terrestrial basins in Early Tertiary occurred, which were linked with Tethys ocean in Western China and Paleo-Pacific ocean in East China for a certain period of time at that time. Under the humid climatic conditions of warm temperate to subtropical zone, huge thick oilshales and dark-colored mudstones favourable to oil-producing were accumulated widely in the central sections of the basins in both giant onshore areas and mid-

little intermontane regions. For this reason, five great oil-
gas provinces consisting of Junggar, Ordos, Songliao, Bohai Gulf and
Southeast China Sea were formed.

中、新生代板块运动与中国东部 大陆边缘裂谷系的形成演化

张宝民 任森厚

一、中国东部大陆边缘裂谷系的分布和证据

大陆边缘裂谷系位于大洋壳与大陆壳交界部位的靠陆一侧，是地球表面上与挤压造山带相对立的规模宏伟的狭长张性构造带，是大洋板块与大陆板块相互作用的产物。分布在中国东部(大兴安岭—太行山—武陵山以东、琉球群岛以西)的一系列 NE、NNE 向的中、新生代陆相沉积盆地，即属于亚洲大陆东缘濒太平洋带的巨型板内大陆裂谷系(图 1)。它们都具有大陆裂谷的典型标志：拱起的地幔和减薄的地壳；较高的地温梯度和大地热流；断裂活动始终以同生盆倾张断裂为特征，断裂面具有上陡下缓的犁形形态，组合为深而窄的阶梯状地堑—地垒；频繁的基性岩浆活动；沉积建造具有纵向序列的双层结构，巨大的厚度、厚度梯度和剧烈的相变，成熟度很低的碎屑岩；一系列串珠状凹陷、洼陷和湖泊被周围山地所挟持的地貌；互为反向的双水体系；以及伴随裂谷不断向两侧扩张而产生的断裂—岩浆活动和沉积中心自盆地边缘向盆地中心的横向迁移现象。它们又都在特定的基底性质、特殊的大地构造——地貌背景下和大陆边缘性质由中生代晚期的安第斯式向晚第三纪的西太平洋式转化过程中，分别经历了燕山期和早喜马拉雅期短暂而完整的大陆裂谷演变旋回，形成了别具一格、具有独到特色的中国型裂谷特点和丰富的油气、地热资源。

因此，应用新全球构造(板块构造)学说和古地理学思想对中国东部沉积盆地和大陆边缘性质、演变及其成因机制进行系统深入的研究，不仅对复原地理环境演变过程有重要的理论意义，而且对预测和勘探矿产资源、特别是油气资源有着重要的实际意义。

二、中国东部中、新生代大陆边缘裂谷系的发育基础

海西构造期的主要标志是古亚洲形成并拼合为一完整的大陆板块。当时，亚洲内部的各个小板块碰撞缝合，使中亚—蒙古地槽系全部封闭，昆仑地槽也大部褶皱，西伯利亚的陆壳与中国境内的陆壳相连，北起黑龙江、南到南沙群岛、西起帕米尔、东至沿海的大部分中国领域成为巨大的古亚洲的一部分[1]。古亚洲的形成使中国及其邻区的古构造面貌和古地理景观呈现出一派全新的景象，为中国东部中、新生代大陆边缘裂谷系的发育奠定了基础。

古生代，亚洲东部濒太平洋带基本为一大西洋型地槽，中国东部大陆壳边缘表现为稳定的大西洋式边缘，它们对中国东部影响不是很大。但是，随着印支—燕山期库拉—太平洋板块产生并与亚洲大陆板块相互作用，中国东部濒太平洋地区变成活化带，形成类似于今日南美海沟—安第斯弧形山系的安第斯式大陆边缘，从而导致中国古地理格局南北分异的结束和东西分异的形成，以及中国东部中、新生代大陆边缘裂谷系的形成演化。

三、中、新生代库拉—太平洋板块运动与中国东部大陆边缘及其裂谷系的形成演化

1. 印支—燕山期

距今 1.9 亿年前后的印支期，太平洋板块在库拉、法拉隆和特提斯三联点处开始形成[2, 3]。以后不断增生扩张，至早白垩世演化为库拉、法拉隆、太平洋和菲尼克斯四大板块。由于库拉—太平洋扩张脊的 S—N 向增生扩张和太平洋板块南部没有俯冲消减带，便推动库拉板块—太平洋扩张脊以两倍的速度沿横切该扩张脊的 S—N 向转换断层向 NNW 快速运动，推挤亚洲板块东北缘并向西潜没于亚洲大陆之下。因此造就了太平洋相对向北、亚洲大陆相对向南的左行直扭应力场，形成了东亚大陆边缘北起苏联远东锡霍特阿林—西南日本—我国东南沿海及台湾—菲律宾的钙碱性安山岩、花岗岩带并与中生界沉积岩、前中生界变质岩一起构成规模宏伟的安第斯式弧形山系。该山系东侧北起西南日本中生代双变质带—济州岛—黄海与东海交界处—东南(浙闽粤)沿海 40 米等深线处为库拉板块与亚洲板块东缘的转换—敛合边界，其西侧为一系列 NE, NNE 向的褶皱系、左行剪切—挤压断裂体系和山弧后沉积盆地(图 2)[5, 6]。

三叠纪，由于库拉板块以转换断层方式对亚洲板块东缘的剪切转换，使中国东部地区上地幔拱起、壳—幔物质产生对流、地面呈现近椭圆形穹形隆起状态，而此时中国中部地区的鄂尔多斯断陷湖盆却处于演化的极盛期，从而造就了地势东高中低、东水西流的古地貌和古水文格局。到了三叠纪中、晚期，中国东部的局部地区才发生断陷沉降，沉积了中、上三叠统河流、浅湖、沼泽相地层。

侏罗纪—晚白垩世早期，伴随安第斯式弧形山系的逐渐形成和库拉板块—太平洋扩张脊向西潜没于亚洲大陆东缘之下，于山弧后产生扩张，在区域性左行直扭应力场与弧后拉张的联合作用下，中国东部的华北、华南和东南沿海一带进一步解体为分割状小型山间盆地，沉积了下、中侏罗统含煤陆相碎屑岩和上侏罗统、下白垩统的杂色、红色陆相碎屑岩及巨厚的中—酸性火山岩、火山碎屑岩建造。其大地构造性质属于安第斯式弧后同造山期小型箕状断陷山间盆地，与晚白垩世—早第三纪的大地构造性质和沉积—岩浆建造迥然不同。

中国东北地区靠近库拉板块北部的俯冲消减带，由于库拉板块向亚洲大陆板块东北缘下的剧烈俯冲消减，导致安第斯式山弧后扩张而产生 NNW-SSE 向引张应力场并与左行剪切应力场联合，从而使东北地区成为巨大的松辽裂谷湖盆。其演化经历了晚侏罗世区域隆张、早白垩世登娄库期初始拉张裂陷、早白垩世泉头期—嫩江期强烈拉张裂陷、晚白垩世四方台期—明水期晚期拉张裂陷和衰亡、早第三纪拗陷漫覆六个阶段，沉积了巨厚的河湖相和过渡相砂泥岩、生油岩，由此造就了中国第一大油气区——大庆油田。早第三纪初，由于日本地区漂离亚洲大陆而形成日本岛弧，中国东北地区的大陆边缘由安第斯式转化为西太平洋式，在日本岛弧与中国东北大陆边缘之间形成边缘海裂谷海盆——日本海并强烈扩张，便向西挤压使松辽裂谷消亡而转化为拗陷盆地。

此外，库拉板块的向北俯冲消减在中国东北地区还引起燕山期上黑龙江地槽的扩张和向西俯冲，使大兴安岭成为火山弧。位于该火山弧西侧的二连盆地也演化为侏罗—白垩纪的弧后裂谷盆地，堆积了巨厚的河湖相碎屑岩、泥岩、油页岩和基性火山岩等大陆裂谷建造，形成了二连油田，并伴随松辽裂谷的消亡也于早第三纪转化为拗陷盆地[7]。

2. 早喜马拉雅期

库拉板块之库拉(Kula)，在美洲印第安语中是“消失”的意思。中生代晚期库拉板块—太平洋扩张脊的主体向 NNW 俯冲，潜没于阿留申和日本等海沟下，取而代之的是扩张增生的太平洋板块[4]。早第三纪，特别是距今 0.4 亿年的始新世，以 NW 向夏威夷、土布艾、土阿莫土火山链分别转为 NNW 向的天皇、吉尔伯特、莱恩群岛火山链为标志，太平洋板块在原来 S—N 向转换断层所在的岩石圈薄弱部位转化为向西俯冲之消减带，其位置大致在日本四万十带—东海中央隆起带—台湾大纵谷(见图 2)[4, 5, 6, 7]。从而使太平洋板块边界由印支—燕山期的剪切—俯冲型转化为俯冲型，中国东部的区域构造应力场由以前的左行直扭—弧后拉张转化为右行剪切—弧后拉张，原来的一系列左行剪切—挤压断裂体系(如郯—庐断裂等)转化为右行剪切—拉张，由此推动中国东部、东南部大陆边缘由安第斯式向西太平洋式转化和安第斯式山弧后裂谷盆地的形成演变。

早喜马拉雅期，除日本地区与亚洲大陆彻底裂离而形成我国东北濒太平洋带海沟—岛弧—边缘海式大陆边缘外，邻近中国大陆的台湾—菲律宾地区尚未完全与大陆分离，中国东部、东南部仍继承了中生代的安第斯式大陆边缘，并与古太平洋之间存在巨大的高差。在太平洋板块快速增生的构造背景下产生安第斯式山弧后扩张，于晚白垩世晚期在距离安第斯式山弧较近的苏北—南黄海、南襄、江汉、东海西部、珠江口、北部湾和莺歌海地区初始拉张裂陷，形成大陆边缘裂谷盆地。始新世，由于太平洋板块转为向西的剧烈俯冲消减和中国东部大陆边缘的向洋蠕散，中国东部地区的壳—幔物质强烈对流，大量的沉积同生断裂产生并组合为断阶—地堑—地垒系，从而使上述裂谷盆地先后进入发育的极盛期——强烈拉张裂陷阶段。与此同时，在由下辽河、黄骅、济阳所构成的三叉式地幔隆起带上产生初始拉张裂陷，形成类似于今日东非、红海、亚丁湾裂谷展布格局的渤海湾裂谷系，并很快进入发育的极盛期。

由此看出，与安第斯式山弧距离远近的不同决定了上述裂谷初始形成时间的不同。但是，它们又都具有共同的特点：始新世太平洋板块转为向西俯冲消减使它们几乎同时进入裂谷发育的极盛期，并于渐新世末期同时衰亡和伴随早、中新世中国东部—东南部濒太平洋带岛弧—海沟—边缘海的出现，而同时转化为拗陷盆地；都经历了相同的演化阶段——前裂谷期裂谷孕育、裂谷期初始拉张裂陷、强烈拉张裂陷、晚期拉张裂陷、衰亡和后裂谷期拗陷漫覆，只是演化各阶段所经历的时间略有不同而已；都堆积了巨厚的河湖相、过渡相砂泥岩、暗色生油岩和基性火山喷发岩建造，从而造就了中国第二大油气区——渤海湾油气区和东南沿海大陆架含油气远景区。

3. 晚喜马拉雅期

在中国东部大陆边缘裂谷系形成演化的机制中，就包含了使之消亡的机制。前述燕山期和早喜马拉雅期大陆裂谷系的形成演化是库拉—太平洋板块向亚洲板块下俯冲拖曳和亚洲大陆东缘向洋蠕散联合作用的结果。随着这种作用的持续进行，原与亚洲大陆东缘在一起的日本、台湾和菲律宾地区逐渐向洋漂移，日本在早第三纪初、台湾和菲律宾在早中新世彻底与大陆裂离，先后形成日本岛、台湾岛和菲律宾群岛并进一步向洋漂移，在其后拉张裂开而形成边缘海裂谷海盆——日本海、东海和南海，从而使西太平洋式大陆边缘最终形成，并由于边缘海盆形成和强烈扩张所产生的向陆挤压力而导致中国东部大陆边缘裂谷系先后消亡。

早中新世，太平洋板块俯冲带位置仍继承早第三纪洋—陆板块间的俯冲—敛合边界，之后逐渐向东迁移，至早更新世其位置已位于日本—琉球—菲律宾海沟一线，演化至现代其主要俯冲带又东迁至伊豆—马里亚纳海沟一线（见图 2）〔5, 6, 7, 8〕。由此导致中国东部、东南部受太平洋板块的作用不断变小，上地幔停止拱起、热对流、拉张裂陷作用和基性岩浆活动迅速减弱，岩石圈冷却、密度加大，特别是早中新世东海、南海边缘海盆的形成和急剧扩张而产生向西、向北的强大挤压力，两者的联合作用便使中国华北—华南—东南沿海大陆裂谷系消亡，取而代之的是大面积整体沉降而产生的拗陷盆地的形成演化。在其演化进程中，黄海、渤海湾地区沉降最强烈，分别于晚第三纪初和第四纪初沦为大陆架浅海和海湾；中国东北—华北—华南则逐渐相连而成为今日的大平原和滨海平原。与此同时，东海西部盆地、东海东部盆地和南海盆地却逐渐分别成为叠加于早喜马拉雅期大陆裂谷之上的冒地槽、具有边缘海性质的弧间优地槽和具有新生洋壳的典型边缘海盆地，至今仍在强烈扩张裂陷，是正在发展中的裂谷海盆。

4. 晚始新世以来印度板块作用对中国东部大陆边缘类型和沉积盆地性质演化的影响

晚始新世以来，印度—亚洲板块相互作用对中国东部地区的影响有多大？尚是至今没有解决和地学界正在争论的问题，笔者试简要探讨如下〔1, 6, 9〕。

晚始新世—渐新世初，印度板块向北运动并最终与亚洲板块碰撞缝合在一起，导致喜马拉雅地槽封闭和海水退出，特别是印度板块向北挤压使中国东部相对于西部向南运动，从而形成了具有右行直扭性质的滑线场〔10〕。这个滑线场叠加于中国东部右行剪切—拉张应力场之上，便加速了中国东部大陆边缘的向洋蠕散和由安第斯式向西太平洋式的转化，使一系列大陆裂谷盆地全部进入发育的极盛期。

渐新世晚期—中新世中期，喜马拉雅地区发生褶皱、辗掩、大规模岩浆侵入和变质，使地壳增厚，由此产生了与此相对应的重力均衡作用，使中国东部地壳整体变薄，改变了渐新世晚期以前的中国东部上地幔差异性拱升和地壳的差异性减薄，从而导致中国东部大陆裂谷系进入晚期拉张裂陷阶段。之后，这种重力均衡作用又继续叠加在中国东部因西太平洋式大陆边缘出现、东海—南海边缘海盆急剧扩张所产生的向陆挤压力之上，便使中国东部大陆裂谷系很快衰亡并向后裂谷期拗陷漫覆阶段演化。

上新世晚期—早更新世，印度板块强烈冲撞亚洲板块并叠置于其下，致使喜马拉雅地区地壳急剧增厚，青藏地区剧烈隆起抬升，由此所引起的中国东、西部重力均衡作用尤为突出。这种重力均衡作用又叠加在中国东部地区由于太平洋板块俯冲带向洋迁移所产生的区域构造背景之上，便使中国东部地区逐渐演化为今日的自然地理景观。

综上所述，晚始新世以来中国全境及其邻区出现了太平洋、亚洲、印度三大板块的相互作用，但对中国东部地区则以太平洋—亚洲板块的相互作用为主，印度板块作用仅表现为间接的影响——滑线场和重力均衡作用叠加在中国东部构造应力场之上，其结果是加速了中国东部大陆边缘类型和沉积盆地性质的转变与演化，缩短了它们的演化周期。

四、中国东部大陆边缘裂谷系的类型和特点

中国东部大陆边缘裂谷系是在特定的基底性质和前述大地构造—地貌背景下形成演化的，因而其类型和特点明显区别于世界其它地区的裂谷，总体特征既不同于东非型，又不同于西部美洲型，而是具有独到特色的中国型，从而决定了其所含资源的类型和数量。

1. 类型

就其地理位置讲，它位于濒临西太平洋的亚洲大陆东缘，故为大陆边缘裂谷系；就其地貌位置讲，它位于古安第斯式弧形山系之后，故为安第斯式大陆边缘型和山弧后裂谷系；就其大地构造位置讲，它位于太平洋洋壳板块与亚洲大陆壳板块交界部位的亚洲板块内部，故为板内裂谷；就其形成—演化—衰亡时代讲，分别属燕山期和早喜马拉雅期裂谷；就其发育程度讲，仅仅处于裂谷演化的早期阶段——大陆裂谷，具有典型的大陆壳性质，与美国西部盆地山脉省(Basin and Range Province)地壳性质(具有从大陆地壳向大洋地壳过渡的色彩)相比明显不同；就其基底性质讲，分别属后地台型(如渤海湾裂谷系)和后造山褶断带型(如松辽裂谷)；就其形态讲，既不同于东非的穹窿—火山型，又不同于贝加尔的细缝型，而是一头宽、另一头窄的“牛头”型。

总之，中国东部裂谷系属于燕山期或早喜马拉雅期大陆边缘的板内(陆内)大陆裂谷。

2. 特点

(1) 剪切—拉张型的成因机制

裂谷发育期的构造应力场，既不是简单的剪切转换，又不是简单的拉张，而是太平洋海底扩张导致库拉—太平洋板块向亚洲板块下俯冲消减和亚洲大陆东缘向洋蠕散联合作用下产生的剪切转换—弧后拉张。其特点为：燕山期是左行剪切—弧后拉张；早喜马拉雅期是右行剪切—弧后拉张，并被晚始新世—渐新世印度—亚洲板块相互作用的右行剪切滑线场所叠加。由此决定了中国东部大陆边缘及裂谷系的一系列特点。

(2) 演化时间短、发育程度低

中国东部大陆边缘裂谷系是在大陆边缘性质由安第斯式向西太平洋式转化过程中和地势不断降低的地貌背景下发生—发展—消亡的，这一点又明显区别于西部美洲型裂谷(如盆地山脉省)。并因而使其表现出下列特点：演化时间短，仅一个纪左右，构成完整的大陆裂谷旋回，某些裂谷(如渤海湾裂谷系)在强烈拉张裂陷阶段虽有向红海型陆间裂谷转化的趋势，但终因西太平洋式大陆边缘出现、边缘海盆急剧扩张产生向陆的挤压力而没有演化出陆间裂谷并使之夭折；在其形成演化的机制中就包含了使之消亡的机制；其发育程度低于红海—亚丁湾裂谷、高于东非和莱茵裂谷，所含矿产资源的类型和数量介于它们两者之间。

(3) “牛头”状平面形态和箕状横剖面形态

由于中国东部大陆边缘裂谷系的成因机制是剪切转换与弧后拉张的联合作用，区域外张应力场方向与盆地长轴呈大角度斜交而不是直交，因而使其平面形态呈“牛头”状而不同于世界其它地区裂谷的平面形态。

中国东部各裂谷盆地的初始形成都是通过前燕山期或前喜马拉雅期基底断裂转化为同生盆倾断裂而实现的，因而受前中生代构造格局或中生代箕状断陷盆地的控制，特别是受库拉—太平洋板块对亚洲板块俯冲拖曳和亚洲大陆东缘向洋蠕散的作用，而使它们整体上表现为不对称的箕状横剖面形态，强烈拉张裂陷阶段所产生的同生断阶——地堑系也呈现西部、西北部规模大，东部、东南部规模小的不对称形态。从陆向洋，张性断裂构造节节去掉，使整个中国东部构造面貌呈阶梯状。

(4) 较厚的地壳、较低的地温梯度和大地热流

中国东部大陆裂谷系的地壳厚度为 29—40 公里，自西向东逐渐减薄，比世界上典型大陆裂谷区的大；地温梯度为 3.2—5.29 /100 米，大地热流为 1.22—2.24HFU，平均 1.5—1.8HFU，均略低于世界典型大陆裂谷区。这是由其奠基于大陆壳—地台或加里东、海西褶皱带之上和演化时间短所决定的。

(5) 中国东部大陆边缘裂谷系为巨大的串珠状近海湖泊所占据

之所以其为巨大的串珠状近海湖泊所占据，原因是位于洋—陆交界处的安第斯式弧形山系阻挡了中国东部地区的地表、地下径流并使之在山弧后汇集，又加上气候温暖湿润、降水丰沛，以及分别受到白垩纪和早第三纪太平洋海侵的影响——使气候湿润、降水增多和海水泛入湖盆形成过渡相环境。这些湖泊的持续时间较长，经历了初始形成、最大深湖期、最大湖面期和收缩干涸四个演化阶段，从而沉积了分布广泛、具有多旋回特点的巨厚暗色生油岩，使中国东部大陆边缘成为举世瞩目的巨大油气聚集带。此外，裂谷期的频繁基性岩浆活动热、剧烈的断裂摩擦热、高地温和高热流被后裂谷期拗陷漫覆沉积所埋藏封存，以地下热水的方式赋存在各种储集空间之中，又使其成为巨大的地热聚集带。

正是由于中国东部裂谷湖盆是在安第斯式山弧后发育的，所以决定了古太平洋对其影响只能是周期性的短暂海泛，而不可能有持续的海侵，从而造就了其中的过渡相沉积和与欧洲莱茵裂谷、我国攀西裂谷海侵层相比海相性弱的特点。海泛机制较为复杂，可能是裂谷湖盆自身的互为反向的双水流体系和太平洋海面升高联合作用的结果，但以前者为主。即在裂谷的强烈拉张裂陷阶段和晚期拉张裂陷阶段，因盆地基盘强烈沉降而导致湖面低于海面，造成内流系统的某些大河迅速切穿分水岭——安第斯式山弧，从而使外流系统的某些河流转向而流入裂谷湖盆和海水沿该河道的周期性泛入。这可以从

这两个阶段的湖泊深度、面积最大和海泛层仅发育在这两个阶段的深湖—半深湖相沉积中来得到证明。

也正是由于中国东部裂谷湖盆发育在安第斯式山弧之后，故当时地势较高、分异较强，从而使湖泊的分割性较强，所含生物群具有浓重的地方色彩，难于进行大区域或与世界其它地区对比。笔者综合各方面证据对渤海湾裂谷系的研究结果表明：早第三纪其两侧和附近山地的高程较大，可能为 500—1000m，局部存在大于 1000m 的中山，古新世可能为—高原，始新世初—渐新世末地面高程逐渐变低；盆缘山地与湖盆水面间高差大于等于 500m，这种地热分异也随裂谷湖盆的演化而逐渐变小。

应予指出的是，中国东部自晚第三纪特别是第四纪以来，湖泊逐渐萎缩甚至干涸。对其原因人们从气候方面进行了深入细致的研究并取得了大量成果，但忽视了大陆边缘性质这一重要的制约因素。笔者认为，造成这种现象的原因是上述两个因素的联合作用，后者的作用表现为：晚第三纪初中国东部濒太平洋大陆边缘由以前封闭的安第斯式海沟—弧形山系转为开放的西太平洋式海沟—岛弧—边缘海，使各条河流直接入海而不能在近海陆区汇流成湖，从而导致大区域侵蚀基准面的降低，由此所产生的强烈溯源侵蚀便逐渐切穿中国东部、中部、乃至西部的湖泊，使之泄流、萎缩直至干涸，以及逐渐形成滔滔东流的辽河、黄河、长江、珠江等水系。

参考文献

- [1]黄汲清、任纪舜等，1980，中国大地构造及其演化，科学出版社。
- [2]Hilde D. , 1977 ,
The Evolution of Western Pacific Plate and its Margin, Tectonophysics, vol. 38.
- [3]翁世劫、黄海，1983，中国东南部侏罗—白垩纪板块构造活动与相关的岩浆活动，地质学报第 2 期。
- [4]金性春，1984，板块构造学基础，上海科学技术出版社。
- [5]郭令智等，1983，西太平洋中、新生代活动大陆边缘和岛弧构造的形成及演化，地质学报第 1 期。
- [6]张正坤、任纪舜，1981，喜马拉雅运动及其在中国大地构造发展中的意义，见《中国及其邻区大地构造论文集》，地质出版社。
- [7]王尚文主编，1983，中国石油地质学，石油工业出版社。
- [8]王鸿祯等，1983，中国东部及邻区中、新生代盆地发育及大陆边缘区的构造发展，地质学报第 3 期。
- [9]Molnar P. & Tapponnier P. , 1975 ,
Cenozoic Tectonics of Asia: Effects of a Continental Continental Collision. Science, vol. 189 , pp. 419 - 426.
- [10]Tapponnier P. & Molnar P. , 1976, Slipline Field Theory and Large-scale continental Tectonics. Nature, vol. 264 , No. 5584 , pp. 314—324.

The Relationship of Paleo-plate Movements during
Mesozoic and Cenozoic Era to the Formation and Evolution

of the Epicontinental Rift-Trough Systems in Eastern China

Zhang Baomin Ren Senhou

Abstract

A series of Mesozoic and Cenozoic Era NE-NNE trending terrestrial sedimentary basins in eastern China (to the east of Xing An-Taihang-Wuling ranges) constituted the giant epicontinental rift-trough systems on the east edge of Asian Continent near the Pacific Ocean zone. Their formation and evolution resulted from the interaction between Kula-Pacific Plate and Asian Plate. They were characterized by mantle uplifting and crust thinning, high geothermal gradient and heat flow, deep and narrow step graben-horst combination, frequent basic magmatism, miogeosynclinal sedimentary constructions with a double-layered structure, beads-shaped depressions, hollows and lakes clipped between mountains and hydrologic trait with double-drainage system.

As the Kula Plate was subducted northwards in the Yanshanian subcycle, the continental margin in the eastern part of Asian Continent was transferred from Atlantic-type in the Hercynian subcycle to Andean-type which constitutes trench-mountain arc system similar to that of the present western coast of south America, Songliao rift lake-basin was also formed by back-arc spreading in Northeast China, and a lot of intermontane faulted basins in dustpan shape were formed in North China, South China and Southeast China Sea. Because the Pacific Plate was subducted westwards and the East Asian continental margin crept eastwards in the Early Himalayan subcycle, a series of rift lake-basins including Bohai Gulf, North Jiangsu-South Yellow Sea, Pearl River Mouth, Beibu Gulf and Yinggchai Sea were produced, and the continental margin started to change from Andean-type to the open Western Pacific-type which consists of trench-island arc-marginal sea. But in Northeast China the continental margin has already been changed to Western Pacific type and Songliao rift to

depressional basin at the beginning of Early Tertiary by Japan Sea spreading which produced pressure stresses westwards. Because of the oceanward migration of the subduction zone in the Late Himalayan subcycle, the Western-Pacific type continental margin took place at last, and the above-mentioned rifts changed to depressional basins at the beginning of the Late Tertiary. Moreover, it is worth while pointing out that the effects of intense collision between the Indian and the Asian Plate in the western part of China since the Late Eocene had caused that the evolutionary processes of the epicontinental

rift-trough systems and the changes of continental margin nature, and the development of depressional basin was accelerated in the eastern part of China near the Pacific Ocean during Tertiary Period.

应用微量元素分析重建早第三纪 临邑湖盆古盐度和古环境

肖宗峰 王晓岚

临邑洼陷属于山东济阳盆地惠民凹陷的一部分，是胜利油田的远景开发区之一(图 1)。由于油气的形成和分布规律严格受构造和古地理环境所控制 [1]，所以开展对古环境的研究，必能为预测油气的分布和勘探提供科学依据。

济阳盆地属近海裂谷型，它经历了几个强弱不同的拉陷阶段(张宝民，1989)。它形成于早第三纪始新世孔店期，发展于始—渐新世沙河街期，消亡于渐新世的东营期。此间的强烈拉张裂陷阶段，由于盆地底盘深陷，导致地势低于东邻古太平洋，造成海水时而注入[2]。此外，早第三纪该地区属北亚热带，气候以暖湿为主，但也间夹干湿交替[1]。在构造、气候以及海水注入三大因素控制下，湖盆水体的理化性质等发生演变，导致其产物出现差异，沉积物中微量元素的类型和含量也发生改变。因此，根据微量元素分析并结合岩矿古生物等资料，就能重建当时湖盆的古盐度和古环境及其演变过程。

前人在地球化学方面积累的资料是我们工作的基础，我们与胜利油田微量分析室又对临邑洼陷十几口井的一百来个样品作了微量元素及同位素分析。在此基础上，结合本课题组其他同志所得地质古生物资料，并参照前人的某些相关成果，对临邑洼陷沙河街组的古盐度和古环境探讨如下。

一、古湖泊盐度变化特征

随着气候的干湿交替和不同程度的咸、淡水混合等的影响，湖泊盐度会发生变化，从而引起一些敏感元素的含量随之改变。

1. 古盐度的地化标志及变化特征

(1) Sr^{2+} 、 Ba^{2+} 含量及 $\text{Sr}^{2+}/\text{Ba}^{2+}$ 比值变化与古盐度和古环境的关系 Sr^{2+} 、 Ba^{2+} 盐类的溶解度差异大，迁移能力大不相同。当含 Sr^{2+} 、 Ba^{2+} 的淡水与海水混合后，因 BaSO_4 溶解度小，会很快沉淀，而 SrSO_4 则因溶解度大会迁移至远海，后再通过生物和类质同像等作用沉积下来。所以海水中 Ba^{2+} 少 Sr^{2+} 多，从而可利用 Sr^{2+} 、 Ba^{2+} 含量及 $\text{Sr}^{2+}/\text{Ba}^{2+}$ 比未划分海陆相和指示咸淡水环境。不同水体中 Sr^{2+} 、 Ba^{2+} 和 SO_4^{2-} 含量列于表1。根据各已知沉积相的样品分析，归纳出划相指标(表 2)。

表 1 淡、咸水中 Sr^{2+} 、 Ba^{2+} 和 SO_4^{2-} 含量*

离子类型	淡水(河湖)中	咸水(海水)中	S(海水)/F(淡水)
Sr^{2+}	$1.3 \times 10^{-6} \%$	$1.3 \times 10^{-3} \%$	1.4×10^{-2}
Ba^{2+}	$1.7 \times 10^{-4} \%$	$5.0 \times 10^{-6} \%$	3.2×10^{-1}
SO_4^{2-}	低(21mg/l)	高(2657mg/l)	2.4×10^2

*据胜利油田地质科学院，李成凤，1981。

表2 划相指标

沉积环境	海相(咸水)	过渡相(半咸水)	陆相(淡水)
Sr ²⁺ 值(ppm)	> 800	800—400	< 400
Sr ²⁺	Ba ²⁺	较大(一般大于1)	较小(一般小于1)

笔者对临邑洼陷 Sr²⁺、Ba²⁺和 Sr²⁺/Ba²⁺比分析结果(表3)表明,沙四段(ES⁴)、沙三段(ES³)和沙一段(ES¹)的 Sr²⁺含量均 > 400ppm, Sr²⁺/Ba²⁺ > 1, 东营组(Ed)Sr²⁺ < 400ppm, Sr²⁺/Ba²⁺略大于 1; 而孔店组(E_k)和沙二段(ES²)的 Sr²⁺含量均 < 400ppm, Sr²⁺/Ba²⁺ < 1。依划相指标判断,沙四、沙三和沙一期为半咸水—咸水的过渡相环境,东营期为半咸水—淡水环境,孔店和沙二期为淡水环境(表3)。

(2)B、Ga 含量及 B/Ga 比与古盐度和古环境的关系

由于多硼酸盐易溶,Ga 的化合物难溶,故其迁移力不同,硼可迁至远海,而镓则难。另外,Ga³⁺与 Al³⁺、Fe³⁺、Si⁴⁺的晶化性质相似,淡水中 Al³⁺、Si⁴⁺相对较多,在它们沉积时,Ga³⁺易被类质同晶而沉淀,造成淡水沉积物中 Ga 含量较多,而硼除了咸水湖中含量较大外,淡水湖泊中含量甚微。因此,可用 B/Ga 比来区分海陆相、咸淡水。此外,沉积物尤其是粘土矿物中所吸取的硼含量主要与水中硼含量有关,分析证明,水中硼含量与盐度呈线性关系。故可用沉积物中的硼含量来推测水体盐度、判断古环境。划相数据综合于表4。

表3 临邑洼陷 Sr²⁺、Ba²⁺和 Sr²⁺/Ba²⁺比值表

层位 组份	E _k	ES ⁴	ES ³ 下	ES ³ 中上	ES ²	ES ¹	Ed
取样数	1	7	18	18	14	24	6
Sr ²⁺ 值区间(ppm)		70-2200	70-1100	73-2820	36-410	170-4000	70-460
Sr ²⁺ 平均值(ppm)	70	496	487	465	240	1356	292
Sr ²⁺ /Ba ²⁺ (平均值)	0.64	4.6	2.7	2.67	0.89	9.1	2.44

表4 环境指标

环境 组份	淡水相(陆相)	半咸水(过渡相)	咸水(海相)
B(ppm)	< 40	40-80	> 80
当量硼(ppm)	< 200	200-300	300-400
B/Ga	< 3.0	3.0-4.5	> 4.5-5.0

临邑洼陷的 B、当量硼及 B/Ga 比分析结果(见表5)表明,沙四、沙三和沙一段及东营组的 B 含量介于 89—150ppm 之间,当量硼为 254—356ppm B/Ga 比为 3.7—15.0,也表明它们当时为半咸水—咸水环境;而沙二段的 B/Ga 比为 1.7,《3,其 B 和当量硼值虽比一般规律稍高,但从沙四到沙一的总变化趋势看,它的值最低,表明沙二期为淡水环境(表5)。

表 5 临邑洼陷的分析值

层位		Ek	ES ⁴	ES ³ 下	ES ³ 中上	ES ²	ES ¹	Ed
取样数		1	7	14	10	8	18	3
B 值 (ppm)	区间		50-140	50-175	28-140	12-115	113-187	65-109
	平均值		100	112	99	79	150	89
当量硼 (ppm)	区间		260-290	280-310	240-270	230-270	340-380	200-360
	平均值		275	295	254	250	356	273
B/Ga	区间		4.2-12.5	3.0-50.0	2.6-13.5	0.01-5.4	5.0-20.0	
	平均值	3.5	4.7	15.4	4.7	1.7	12.0	3.7

(3) 其它微量元素及比值与古盐度和古环境的关系

除了上述 Sr²⁺、Ba²⁺、B、Ga 可直接指示环境外，下列一些元素及比值也可辅以指示环境，一般 Mn、V、Cd、Li 及 Mn/Fe、Ca/Mg、V/Ni 等海相环境含量高、陆相低，而 Zn/Cd 是陆相环境含量高。

临邑洼陷的分析结果(表 6)表明，沙四、沙三和沙一段的 Mn/Fe、Ca/Mg 和 V/Ni 比值较高，而 Zn/Cd 比较低，反映过渡相的咸水-半咸水环境；反之，沙二段的 Zn/Cd 却明显地高，Mn/Fe、Ca/Mg、V/Ni 比除个别数值偏高外，其余均偏低，指示陆相淡水环境。

表 6 临邑的分析值

层位 组份	ES ⁴	ES ³	ES ²	ES ¹
Mn/Fe	1.85	1.72	1.16	1.84
Ca/Mg	4.87	4.97	8.44	9.50
V/Ni	1.11	1.23	1.15	2.13
Zn/Cd	1.97	2.82	3.27	1.84

(4) 同位素与古盐度和古环境的关系

由于 ¹²C、¹³C 及 ¹⁶O、¹⁸O 在质量上的差异，经自然界的分馏作用后，使其含量在海、陆相沉积物中彼此不同，从而成为划相标志。侏罗纪以来，海、陆相灰岩的氧碳同位素值可根据经验公式

$$Z=2.048(^{13}\text{C}+50)+0.498(^{18}\text{O}+50)$$

求得，当 Z 值大于 120 的指示海相环境，小于 120 的示陆相环境。

临邑洼陷下第三系灰岩的分析值(表 7)表明，除沙一段(ES¹)Z 值 > 120 外，其余均小于 120，指示了该区早第三纪以陆相湖泊为主体的环境。沙一期(ES¹)为过渡相半咸水-咸水环境，海泛较强；沙四段(ES⁴)z 值为 113，< 120，但比沙二段(ES²)的 98.2 大得多，也说明沙四期为半咸水-咸水环境，海泛对临邑洼陷影响较弱；沙二段(ES²)的 Z 值最低，属于淡水湖泊环境；东营组 Z 值介于上述两者之间，环境为半咸水湖泊，均无海泛影响。

表 7 临邑洼陷的氧碳同位素分析值

层位	ES ⁴	Es ³	ES ²	ES ¹	Ed
Z 值	113.0		98.2	140.6	112.5

注：胜利油田同位素室分析。

2. 古盐度的岩矿古生物标志及变化特征

水体盐度的变化，不仅会反映在微量元素及同位素类型和含量的变化上，也会反映在岩矿古生物组合上。因此，对岩矿古生物组合的研究，既能验证地化分析结论，还能深化对古盐度和古环境的探讨。

岩芯观察与室内沉积学研究得知，沙四中、晚期为浅-半深湖相砂泥岩夹含大量海相化石的灰岩沉积，灰岩氧碳同位素值在 120 以上[3]。这与地化所得水体咸度较大、碱性较强结论完全一致。

沙三期，沉积了半深-深湖相黑、深灰色泥岩、油页岩，富含有机质，并见黄铁矿晶粒，这显示环境的强还原性；矿物分析证明高岭石含量较高[2]，又不见灰岩夹层，这指示水体咸度比沙四期减小、酸度增大，与地化结论也吻合。

沙三末至沙二期为浅-滨湖相和冲积平原相棕褐色砂泥岩沉积，含输藻、鲤科化石，Ep 也验证了地化所得的淡水环境结论。

沙一期，为浅-半深湖相泥岩夹大量生物灰岩沉积。多种技术分析表明，这些灰岩系注入了海水的湖泊经蒸发浓缩而成(韩春雨，1989)。这个证明湖水盐度较高、碱度较大的沉积学结果连同戈亚生测得湖水盐度为 24-30‰，均与地化所得结论完全一致。此外，伊利石在本地地层中含量的显著增加，也是盐度升高的标志之一。

东营期，湖泊萎缩，沉积了一套以氧化色为基调的浅湖-河流相砂泥岩，内含半咸水-淡水的藻类化石，反映了半咸-淡水的环境，仍与地化分析结果一致。

同步取样所作的孢粉藻类分析(刘秋芳，1989)证明，沙四中、晚期气候温暖干燥，沙三早、中期气候湿热，沙三末到沙二期气候又转向温干，沙一期时气候又复湿热，且湿度较沙三还大；沙四中、晚期、沙三早、中期和沙一期，均含海生或与海有关的藻类化石，证明环境为海-陆过渡相、水体为咸水-半咸水湖泊，只有沙二期为淡水环境。东营期水体是继承沙一期咸水湖泊形成演化的，因而表现出半咸水-淡水特征。

二、古湖泊盐度变化的主要控制因素

湖泊盐度变化的控制因素较多，具体到临邑近海裂谷湖盆，其控制因素则主要为构造、气候和海泛。

早第三纪临邑洼陷的构造运动经历了由弱—强—弱的变化，由此决定了湖盆的形成—演化—消亡过程及海泛的发生与中断，而气候与海泛的综合作用则控制了水体盐度的变化。在干旱气候条件下，B、Sr²⁺的盐类因蒸发浓缩以致水体咸度增高而结晶析出，Ca²⁺、Mg²⁺碳酸盐因水体碱化而生成沉淀。相反，在湿热气候条件下，因腐植酸和 CO₂ 等酸性物质增多易使水体酸化，Ca²⁺、Mg²⁺碳酸盐易遭淋溶而使其含量减少。亦即沉积物中 B、Sr²⁺、Ca²⁺、Mg²⁺含

量增多，意味着环境向干旱和水体咸化、碱化方向发展，反之示环境向湿热和水质淡化、酸化方向演化。自然，海水的注入，则会增加湖水的咸度与碱度。沙四期，湖水咸度碱度较大，是干燥气候与海泛共同作用的结果；沙三期，因湿热气候条件下丰沛降水的注入，带来了大量淡水和酸性物质，削弱了海泛的影响，促使水体咸度比沙四减小、酸度增大；沙二期，尽管气候温干，但因无海水注入，故为淡水；沙一期，虽然气候特征及其影响效应与沙三期相同，但因海泛规模较大而使湖水咸度、碱度剧增，淡水和酸性物质对海泛影响的削弱作用并不明显。

总之，从盐度变化特征可以看出，早第三纪时，临邑洼陷这个近海裂谷湖盆，确有海水进入，只不过海泛在时空上存在差异，其中以沙一、沙四时期比较强烈，沙三较弱。

三、 结 论

综上所述，本区从沙四段—沙二段和沙一段—东营组，其 B、Sr²⁺等和氧碳同位素值均呈下降趋势，反映出水体咸度变化经历了由咸—半咸—淡水两个亚旋回，水体的酸碱度则分别由碱性—酸性—碱性的演化；并表明在沙四—沙三期和沙一期有海水泛入。古气候则经历了沙四—沙二期和沙一—东营期的两个温干—湿热—温干交替过程。

在构造、气候和海泛三大因素的综合作用下，本区古环境经历了如下阶段的演变：孔店期为干热陆相环境，局部有湖泊；沙四期为较干热的过渡相咸水湖环境；沙三期为湿热气候条件下的过渡相半咸水环境，湖深最大；沙二期为干热的陆相浅湖—河流淡水环境；沙一期为湿热的过渡相咸—半咸水湖环境；东营期为温干气候下的陆相半咸—淡水浅湖—河流环境。

参考资料

- [1]周廷儒，1982。古地理学，北京师范大学出版社。
- [2]黄家宽等，1985。岩石学报，第2期。
- [3]戈亚生，1985，山东地质，第2期。

Application of Trace Elements analysis to reconstructing
Paleosalinity and Paleoenvironment in
Linyi Lake Basin during Early Tertiary

Xiao Zongfeng Wang Xiaolan

Abstract

Paleogeographical studies provide important evidence for evaluating oil and gas resources ,because petroleum and natural gas are formed in certain paleogeographical environments and their distributions are controlled by paleotectonics and paleoenvironments.

In this paper, the varieties of paleosalinity and sedimentary

paleoenvironments at different stages of the Lower Tertiary strata in Linyi Depression of Huimin Basin are discussed, mainly based on the results of trace elements and isotope analysis, also with the aids of paleontological , petrological and mineralogical data from other researches.

The conclusions are as follows. From Kongdian epoch of the Early Eocene to Dongyingepoch of the Late Oligocene, the tectonismwasfromweaknesstoshength, thentoweakness. The hot, arid climate changed to be hot and humid, then to be dry, which may be dirided into two subcycles, namely, from Kongdian epoch to shahejie 2 time (Early Oligocene) and Shahejie2 to Dongying epoch. In Shahejie4-3 times (Middle and Late Eocene) and Shahejie 1 time(Middle Oligocene), the inflow of sea water into Linyi Lake-basin occurred periodically ,making the water more saline and increasing its alkali. Because of the effects associated with tectonics, climate and ingression, the Lake-basin water chmical properties turned to be acid(shahejie 2 time) from being alkaline (Shahejie 4-3 times), then to be alkaline again (Shahejie 1time). In Shahejie4-2 times the semi-saline water turned to be fresh, and so was from Shahejie1 time to Dongying epoch else.

Under the above-mentioned paleogeographical conditions, huge thick oilshales and dark colored mudstones favourable to oil-producingwereaccumulated with in this depressionduring Shahejie4-3timesandshahejie1time, which madeLinyiDepression be one of the oil-bearing perspective areas in shengli Oilfield, Shandong Province.

中国文化中心的迁移与地理环境

任森厚 韩旭

文化(Culture)的概念,众说纷纭,概括起来有两种:一为广义的文化;一为狭义的文化。本文所述的文化是指广义的文化。它包括知识、信仰、艺术、道德、法律、风俗等等,以及其它能力与习惯。也就是说,它不仅仅是指一个社会的音乐、文学和艺术,还包括社会生活方式的所有其他特征,如流行服装款式、日常生活习惯、饮食嗜好、房屋和公共建筑风格,以及教育、政府和法律制度等,即包括人的整个生活方式,也包括人们主要的观念和信仰。

地理环境(Geographical Environment)是指人类赖以生存的社会和物质条件,即地球表层不同空间尺度的社会物质体系。

中国是世界四大文明古国之一,它有世界上延续最久、影响最大的文化,它在世界文化史上写下了光辉的篇章。

中国文化以汉文化为主体,也称华夏文化或中华文化。汉文化最先发祥于黄河中游的黄土谷地,包括汾河、渭河、泾河、洛河、沁河等大支流的河谷,以仰韶文化分布为核心的地区。仰韶文化其遗址最著名的除河南渑池仰韶外,还有陕西的西安半坡和临潼姜寨。仰韶文化时期(距今6000年前后),不仅农业、畜牧业达到较高水平,还出现了早期手工业。这些地区当时已成为中国历史上最早的人口稠密区。当时该地区生产力水平在全国范围内处于显著的领先地位,而其北部、西部的边远地区长期以畜牧经济占绝对优势,而东南地区农业虽有发展,但仍以渔猎为主。之所以会形成这样的分布特点,各地不同的地理环境对其影响很大。黄河流域的气候条件比较适中,地处森林草原地带,地形以平原河谷为主,水源丰富,黄土质颗粒均匀疏松易开垦,黄土中含有大量作物营养元素,适合农耕文化发展。原生黄土有垂直的节理,便于穴居。其地理位置又居南北之中,有利于同四周地区的交流。黄河流域成为中华民族的摇篮。

春秋时代,由于黄河下游流域的水、热条件较中游为佳,农耕地区向东扩充。这时中国文化圈由黄河中游逐渐扩展到下游流域,扩展迁移的方向基本上是对黄河中下游地区的“离心”状运动,即由此向四周扩散,开始和少数民族接触,在接触地带,先进的汉文化拥有较大的融和力量,于是文化圈继续扩大。战国时期,已开拓到华北大平原,农耕线北移,经济和文化相继迅速发展。交通路线逐渐开辟,邯郸和临淄等地已形成颇具规模的城市。从当时汉民族的政治和文化活动来看,似以黄河及其最大支流渭河的河谷为轴线,呈东西向,长安、洛阳、开封等古都都分布在这一轴线上(陈正祥,1982)。

秦汉统一帝国建立后,都定都于关中。当时淮河以南的南方地区尚属“地广人稀,火耕水耨”。东汉末年由于政局混乱和匈奴南侵,汉民族开始向南作大规模的扩展。而且南方较佳的农业生产条件也具有较大的吸引力。三国建立后,南方出现了吴、蜀两大政权,对南方的开发发展有一定的作用,但此时中国的文化中心仍在北方,邺(今河南安阳北)和洛阳之间形成中原文化的核心地带。在南北朝时期,北方战乱频繁,而南方靠长江“天堑”作屏障,使江南人民没有受到象北方那样连绵惨烈的战祸蹂躏,同时也没有受到北方

游牧民族落后生产方式的干扰，因此，江南地区的多数时间内保持一个相对安定繁荣的局面，北方大批流民为避战乱而渡江南移，这些流民同原住居民结合起来，把北方较为先进的生产力予以推广，为我国经济重心自北向南的历史性转移奠定了基础。这里应特别指出的，南方不但水热条件好，在当时生产力水平的条件下，水利建设的成效高，而且河川密布，便利交通运输，对于经济开发和文化发展都有重要作用。

唐朝时期，北方大片地区特别是黄河中下游地区的经济和文化得到明显的恢复，广大南方经济和文化在唐代继续发展。但经唐末安史之乱和北宋靖康之难，北方少数民族南侵，造成中原地区的混乱，逼使汉族作大规模的迁移，促成中国经济和文化中心的南移。北宋末年，文化中心已趋向东南，北宋末年除了首都开封外，其余重要城市如杭州、苏州、成都、江宁、越州、荆州、泉州、广州等，全在南方。北宋政权的毁灭，加速了文化中心的迁移，从黄河流域的中原一下子跳到了长江流域的江南。即从开封、洛阳的轴心，转移到杭州、苏州。江南不仅经济发达，而且人材聚集。南宋首都临安(即现在的杭州)是江南的核心，南宋的政治经济和文化中心都在此。北宋王朝的毁灭是中国文化中心南移的真正分野。在空间上，淮河曾成为南北文化的界线。

明代人口和财富集中东南；全国的商业逐渐集中到长江下游和大运河两条线上。而清代经济、文化中心从东向西逐渐递减，重心全部放在东部地区。

1840年鸦片战争之后，帝国主义势力的入侵，西方文化的东移，沿海地区更便利与海外文化的交流，沿海地区经济文化发展更为迅速，在中国沿海出现了一系列的沿海城市与港口。中国文化中心由内地迁移至沿海，中国的文化由“河谷文化”逐渐转变为“沿海文化”。

新中国成立后，解放初期和第一个五年计划期间，东北和华北是建设的重点地区，这些地区的经济文化发展迅速。50年代末60年代初，自然灾害期间，西部广大地区损失较大，经济文化发展受阻，这样加速了沿海与内地经济文化的分化。

党的十一届三中全会后，我国实行了对外开放政策。沿海地区建立了经济特区和沿海开放城市，沿海地区与海外有了更多的联系。随着沿海地区经济的发展，与此相应的文化也有了更多的发展，从此，中国文化的中心将在一定历史时期稳定在中国东部地区及沿海一带。

上述“河谷文化”，主要指农耕文化及与手工业有关的蚕丝、纺织、陶瓷、茶叶、鱼盐、矿产等及其相应的信仰、道德、法律、风俗、观念、教育、音乐、文学、艺术等。而“沿海文化”，在中国除传统的中国文化外，另又吸收了部分西方的先进文化。

当今世界政治局势正趋缓和。霸权主义者越来越意识到，战争不仅遭到世界人民的反对，而且在经济上也会给发动战争的狂人造成巨大损失。美国支持中国国民党发动的内战，美国发动的朝鲜战争、越南战争，……，苏联发动的入侵阿富汗战争及支持越南侵略柬埔寨的战争等等的失败就是最好的例证。而发展经济和文化的竞争，已成为当前国际斗争的主要方面。欧洲文艺复兴开始的近代西方文化，形成于大西洋两岸，并扩散至全世界。东方的中国、日本、亚洲的“四小龙”(系指台湾、南朝鲜、香港、新加坡)正在崛起。汉文化是很优美的文化，特别是在精神感召方面。日本和亚洲的“四小龙”以中国传统文化与西方文化相结合迅速的发展了自己的经济文化。汉文化圈正在走向一个新的发展阶段。下一世纪东西方文化将汇合于太平洋及其

沿岸，人们正迎接 21 世纪由世界五大洲环绕的太平洋世纪。

随着科学技术的发展，东西方文化的互相渗透、吸收、融合，文化中心将逐渐扩散、淡化，全球文明将出现在全人类面前。

参考文献

陈正祥，1983。中国文化地理，生活、读书、新知三联书店。

H.J.de Blij,1982.HumanGeography-Culture、societyand space2/e ,
Johnwiley & sons.

胡焕庸等，1984。中国人口地理，华东师范大学出版社。

白寿彝主编，1989。中国通史，第一卷，导论，上海人民出版社。

The Movement of Chinese Cultural Centre and Geographical Environment

Ren Senhou Han Xu

Abstract

China is one of the four countries with ancient civilization in the world. It has a long-lasting and greatly influential culture. China recorded the glorious chapter in cultural history of the world. Chinese Han culture originated from the valley of loess situated in the middle reaches of the Huanghe River (Yellow River). Then the cultural centre moved to the lower reaches of the River, moving eastward from Chang'an (Xi'an) to Luoyang in the middle plain area. The origin and development of Chinese Han culture was in connexion with the environmental conditions in Huang he Valley. At that time the climate was moderate and there widely stood the forest and grass land areas. There was plentiful resource of water and the texture of loess was easy to open up. The topography of the area showed mainly plains and valleys of rivers and the natural conditions were suitable for development of agriculture. The Huang he River region became the cradle of Chinese nations.

Afterwards, a large number of people constantly migrated to the south, because the Changjiang River valley had more favourable natural conditions and the Huang he River valley was invaded by foreigners from the north. During the northern Song dynasty the cultural centre tended to southeast area, then a political, economic and cultural centre stood near Hangzhou lying to the south of the Changjiang River in the southern Song dynasty. The movement of the cultural centre turned southwards from the Huang he River valley to Changjiang River valley.

Since Ming and Qing dynasties, the western advanced culture was gradually introduced into China. The imperialists invaded China after

the Opium War. Because of the geographical location it was more convenient for the coastal areas to conduct exchanges with foreign cultures, and the economy and culture of this area had developed more rapidly. Chinese cultural centres then moved from inland to the coastal area. Consequently, Chinese valley culture was gradually turning to coastal culture.

At present, the political situation in the world is gradually moving to relaxation. It is expected that the culture centre will remain in the coastal areas for a fairly long time. People are preparing to meet the Pacific Era in the twenty-first century.

The culture centre will gradually extend and disperse along with the development of science and technology. A global civilization will emerge in front of all mankind.

用遥感图像进行土壤侵蚀系列制图的方法与实践

朱启疆 甘大勇 于芳
郭学军、 陈敦善

根据遥感数据进行土壤侵蚀研究,在我国已普遍展开。水电部天津设计院首先对永定河上游地区进行了土壤侵蚀类型进行制图[1] 稍后山西省也于太原附近进行了类似的工作[2]。1983 年水电部根据国家计委的要求,在全国 10 大流域片开展了 1:500000 到 1:1000000 的土壤侵蚀强度的综合制图。这一巨大工程原拟按系列图的方案进行,后因经费限制未能如愿。

为了更好地指导水土保持工作,各级管理人员渴望能有定量的土壤侵蚀强度等级图,以指导水土保持规划和实践。以定量的土壤侵蚀强度制图为中心的土壤侵蚀系列制图研究,只有在获得研究区土壤侵蚀的深刻的本质认识以后,才能确定一个科学的成图系列。本研究即为这方面的首次尝试,并选择三川河的一级支流洪水沟进行了实验。洪水沟流域面积 36.5 平方公里,大部分处于中阳县境内,是典型的黄土丘陵沟壑区。

一、土壤侵蚀系列图的成生关系结构框架

1. 研究区土壤侵蚀主导因子分析

众所周知,影响土壤侵蚀形式与数量的环境因子是大气降水、植被覆盖状况、土地利用方式以及土壤本身的抗蚀力[5,6]。对于范围有限的地区(如本试验区),可近似地认为降雨在空间上的分布是均匀的,时间进程一致。对于较大范围,可先划分为若干个子区,然后再做类似处理。由于本试验区位于晋西黄土丘陵沟壑区,黄土土层深厚,土壤抗蚀性在空间上也可近似地认为是相近的。经过这样的侵蚀因子降阶处理,剩下的影响因子仅为植被、地形和土地利用方式了。特别值得指出的是,本区土地利用方式与地形结构特征上的关系极为密切。地形的结构特征不但影响土地利用方式,而且在一定程度上决定了植被的覆盖情况。因此,本区土壤侵蚀系列制图中,地形结构特征图便成为系列图中的主控图,它在土壤侵蚀强度等级的判定中处于最上层地位。

2. 土壤侵蚀制图的结构框架

基于上述主导因子分析,土壤侵蚀系列制图的结构框架如图 1 所示。我们理解的系列制图,一是要有统一的基础底图;二是要有确定的成图系列,即各专题图的制作有一定的顺序,专题图之间有一定的成生联系。黄土丘陵沟壑区的地形结构特征是指二条结构线及其划分出的三个结构单元(塬、梁、峁面,坡面及沟谷)。二条地形结构线,一是峁边线,另一则是沟边线。与通常的资源清单制图的基础底图不同,在以土壤侵蚀为中心目标的系列制图中,其基础底图应包含二条地形结构线以作为控制。另外,由于地面实况

调查是以小流域为基础进行的，在基础底图中还加绘了小流域界线。

在以彩红外航空像片(摄影比例尺 1:20000)和地形图为基本信息源条件下，划分地形结构单元并不困难。塬、梁、峁面有着在高度上相近的缓起伏的特点，反映了侵蚀-堆积发育的一定阶段。划出塬、梁面一般没有问题，关键是关于峁的判断。我们把在高程上与梁、塬近似的黄土丘划为峁。

塬、梁、峁面的边界线，习惯上称为峁边线。塬、梁、峁边缘在有明显坡折的情况下，坡折线即为峁边线；在无明显波折时，可采用塬(或梁、或峁)边的侵蚀沟沟头联线作为峁边线[3]。沟谷与坡面之间一般均存在明显的坡折，沟谷线不难确定。在制做包含地形结构线的基础底图的同时，根据土地利用图对坡地划分的原则制做流域的坡度图。基础底图和坡度图描绘了基本的地形结构特征。

在完成地形结构图的基础上，可先做土地利用图，再做植被分布图。制图中要尽量考虑各专题要素间固有联系，做到图斑面积尽可能一致，这对以后建立信息系统是十分重要的。

3. 专题图的分类系统

以土壤侵蚀为核心的系列制图，要根据土壤侵蚀强度分级的需要，制订各专题图的分类系统。这种分类系统可不同于一般的专题图分类系统。

首先，地形结构特征图中的坡度图在与土地利用图中坡耕地范围一致的区域，坡度等级及其界线保持完全一致。这对其后建立土壤侵蚀信息系统是非常有利，可避免在图形输入中众多的窄多边形处理的问题。坡度划分的等级系统如表 1 所示。地形的坡度等级决定了土壤侵蚀的动力类型。

表 1 坡度划分等级

坡度(度)	0—5	5—10	10—15	15—25	25—35	35—45	45—60	> 60
等级								
类型	面蚀			沟蚀			重力侵蚀	

其次，为了反映对降水能量的削减程度，植被图的内容特别强调植被的空间结构特征——成层性及覆盖度(或郁蔽度)，而不在于植物种属上的差异。植被的分类系统参考联合国教科文组织所制定的体系，但在覆盖度上做了较细的划分(表 2)。

表 2 植被分类系统

林地 1	11	中密林地(郁蔽度 > 50%)
	12	低密林地(郁蔽度 30-50%)
	13	疏林地(郁蔽度 0-30%)
	14	幼林地
	15	未成林造林地
	16	果园
草地 2	21	中覆盖草地(覆盖度 > 50%)
	22	低覆盖草地(覆盖度 30%-50%)
	23	疏草地(覆盖度 10-30%)
	24	荒草地(覆盖度 < 10%)
裸地 3	31	裸土地
	32	裸岩、石砾地

二、土壤侵蚀强度分级图的生成

纵观各土壤侵蚀因子系列图，通过比较、分析、判断，可获得粗线条的土壤侵蚀空间分布轮廓。分析与判断当然利用了专家固有的知识。然而，要获得一幅完整的土壤侵蚀图，还需一块一块图斑进行判定。一幅侵蚀图便是由圈定图斑和给图斑定性这二步工序完成的。

1. 侵蚀图图斑的圈定

一幅专题图是由一块块图斑构成的。土壤侵蚀图图斑的圈定是整个制图工作中的第一步。根据彩红外航空像片及各种因子专题图，我们采用地形条件一致和植被条件一致(或土地利用一致)的原则，来圈定土壤侵蚀图的每块图斑。图斑的最小空间尺寸定为 $2 \times 2\text{mm}^2$ 。地形条件、植被条件(或土地利用)一致的地区有着相同的侵蚀类型和侵蚀强度。根据这条原则，研究区被圈成一块块大小不等、形状各异的斑块。土壤侵蚀图便是所有图斑的集合。

2. 图斑定性

根据影响土壤侵蚀的各个制约因子，我们采用多层逐步判别分类法，来给每块图斑确定土壤侵蚀相对强弱等级。土壤侵蚀相对强弱等级设计为由 0 到 9 的 10 个等级，按由弱到强的顺序排列。

多层逐步判别分类的第一层系按岩性进行的分类，采用二分法，分为基岩与黄土两大类。如为基岩，把图斑定性为“0”类，侵蚀等级最低。如为黄土，则进入第二层分类。第二层是按地形结构单元划分的，为三分法，划为塬、梁、峁顶部，坡面和沟谷。塬、梁、峁顶部坡度较小，侵蚀微弱，归

入“1”类。沟谷地切割破碎，且有重力侵蚀发生，归入“7”，“8”，“9”类。沟谷地如植树造林，或已淤地视情况可归“1”，“2”类。坡面情况最为复杂，先判断是耕地、林地还是草地，接着再进一步划分。其中坡耕地按坡度大小分为缓、中、陡、急四种情况并将之归入相应的强度等级。林地、草地则按覆盖度(或郁蔽度)分级并考虑与地形坡度的组合关系，将它们逐一归入不同的类别。这种归类参照了许多水土保持站的试验资料。

多层逐步判别分类是一块图斑一块图斑进行的。当最后一块图斑归类定级后，应在面上检查一遍，看看有否矛盾或不协调之处，从而结束图斑定性工作。至此，我们得到的是土壤侵蚀强度的相对等级图，需经绝对定标才能获得土壤侵蚀强度图。

三、土壤侵蚀分级图的地面定标

土壤侵蚀分级图只是规定了每个图斑土壤侵蚀相对强弱等级，是个定性图。为了获得有定量意义的土壤侵蚀强度图，还需要有地面实况调查相配合。我们把根据地面调查所获得的土壤侵蚀数据来确定侵蚀分级图图斑的绝对等级的过程叫做土壤侵蚀分级图的地面定标。

1. 土壤侵蚀强度的等级系统

我国目前采用的土壤侵蚀强度等级系统(表3)是1983年由水利电力部组织国内专家制定的，经过几年的实践，该分类系统已被国内广大同行所采用。该系统既考虑到国外的经验，又照顾到国内的广大黄土高原存在这一特殊情况，因此，与国外相比有较大的差异。这表现在：微度侵蚀的起算点高，而且不同地区采用不同的起算值，表明我国侵蚀状况复杂而且普遍严重；

侵蚀强度动态范围以及每一等级的设置范围都很宽，反映了我国复杂多变的土壤侵蚀差异。这一系统是为全国1:4000000比例尺土壤侵蚀图制定的，对任一局部地区可以其为基础加以补充。考虑到研究区为大比例尺制图，又处于侵蚀严重的黄土丘陵沟壑区，我们把侵蚀模数大于15000吨/年·公里²剧烈侵蚀，又细分为剧烈侵蚀(15000-25000吨/年·公里²)和极剧烈侵蚀(大于25000吨/年·公里²)两级。

2. 土壤侵蚀强度的地面定标

根据地形-植被一致性原则圈定的土壤侵蚀图斑只具有定性的意义，要使它转换成土壤侵蚀强度图，还必须有地面实况调查数据作支持。为获取洪水沟的土壤侵蚀实测数据(侵蚀模数)，于1988年、1989年进行了两次(恰好为枯水年)淤地坝的泥沙堆积测量，得到了43个汇水范围的侵蚀模数。当然，每个汇水范围包含了若干个侵蚀图斑。有了这些数据，便有可能对每块图斑确定侵蚀强度等级。我们采用一种称之为试错迭代法来确定每个汇水范围内每一图斑的侵蚀强度等级[4]。试错迭代的结果应使每一汇水范围计算的平均侵蚀模数与实测结果相一致，否则就继续这个过程，直到二者相近为止。具

体步骤为：

表 3 土壤侵蚀强度等级系统

侵蚀强度	侵蚀模数 M(吨/年·公里 ²)	侵蚀深度 e(毫米/年)
. 微度侵蚀	< 200 ; 500 ; 1000	< 0.16 ; 0.4 ; 0.8
. 轻度侵蚀	200 ; 500 ; 1000—2500	0.16 ; 0.4 ; 0.8—2
. 中度侵蚀	2500—5000	2—4
. 强度侵蚀	5000—8000	4—6
. 极强度侵蚀	8000—15000	6—12
. 剧烈侵蚀	> 15000	> 12

(1) 根据淤地坝位置把研究区划分成若干个小流域(D_k), $k=1, 2, \dots, p$;

(2) 根据每个图斑的土壤侵蚀因子组合情况, 并参照所在小流域的实测侵蚀模数 M_k , 给每块图斑确定侵蚀强度 m_{ik} ;

(3) 计算小流域的侵蚀模数

$$M_{ck} = \frac{\sum m_{ik} f_{ik}}{\sum f_{ik}}$$

式中, f_{ik} 为第 k 个小流域内第 i 个图斑的面积, $i=1, 2, \dots, n$;

m_{ik} 为第 k 个小流域内第 i 个图斑的初设侵蚀模数

(4) 比较计算的和实测的侵蚀模数, 如果计算值与实测数值相差在 10% 以内, 即 $M_k(1-0.1) < M_{ck} < M_k(1+0.1)$, 结束该小流域的试错迭代进程并转入下一个小流域, 否则就重复(2)到(4)的进程, 直到满意为止(图 2)

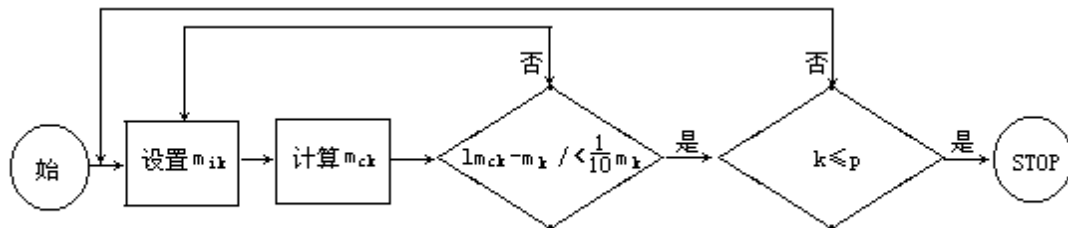


图 2

(5) 对每个小流域进行试错迭代并最终计算出全流域的平均侵蚀模数 M_0

$$M_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p m_{ik} f_{ik}}{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p f_{ik}}$$

在每个小流域做好试错迭代以后, 要进行面上检查, 解决那些在局部上认为合理的而在整体上则是不合理的定标, 使各个侵蚀因子的作用在整个流域上不致出现矛盾。这样, 我们最终得到了一幅反映各侵蚀因子综合作用的且有充分的地面侵蚀实测数据支持的洪水沟流域土壤侵蚀强度分布图。

四、结论和讨论

根据我们制定的土壤侵蚀图成图系列, 完成了洪水沟流域的土壤侵蚀强

度图的系列制图。在制图过程中,根据黄土丘陵沟壑区的特点,采用地形结构特征图作为主要控制,按地形-植被条件(或土地利用)一致性原则圈定图斑。根据多层逐步判别归类方法并参照各小流域实测土壤侵蚀资料,运用试错迭代法把定性的土壤侵蚀分级图转化为定量的土壤侵蚀强度图,完成全流域的侵蚀等级的地面绝对定标。这种途径在我国是首次尝试,它需要对研究区土壤侵蚀规律性有深刻的了解,并要求足够的地面调查数据的支持。这种方法推广到整个黄土高原地区也许是不合适的。但是,按这样途径做出的流域侵蚀强度图,图中每个图斑、每个小流域所标示的侵蚀模数,对条件相近而又缺乏研究的地区肯定会有参考价值。并且,这样做对建立以土壤侵蚀预报为目的的信息系统是非常顺手的。可是,严格地说,采样点的侵蚀测量数据系列是远远不符合统计学要求的。

通过这一研究以及其它研究也使我们深深感到,在全国有设立土壤侵蚀观测站网的必要。站网布点要全国规划,要有代表性,确实能起到对全国土壤侵蚀状况的监控作用。侵蚀量测要全国统一规范。经过长时间资料的积累,土壤侵蚀规律性的研究程度才能进一步提高。

参考文献

- [1]夏夫川,1983。卫星图像目视解译在永定河上游水土流失调查中的应用,第三届遥感技术学术交流会论文汇编(下册),pp.131—135。
- [2]中国科学院地理研究所编,1981。陆地卫星像片太原幅农业自然条件目视解译系列图,科学出版社。
- [3]龚时旻,1989。黄河流域黄土高原土壤侵蚀的特点,中国水土保持,第九卷,第四期。
- [4]朱启疆,1986。土壤侵蚀因子的遥感信息与侵蚀量预报方法,北京师范大学学报。
- [5]朱启疆,1983。通用土壤流失方程及其应用,水利电力。
- [6]Wischmeier, W. H. and D. D. Smith, 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses, Agriculture Handbook, No. 537, Washington, D. C.

Method and Practice of Seriation Mapping for Soil Erosion Factors by Remote Sensing Image

Zhu Qijiang Gan Dayong Yu Fang

The research area, about 36.5 km², is located in Hongshui goudrainage, Zhongyang County, Shanxi province, which is a typical billy land and ravine. Base do nits role on soil erosion on the drainage could be divided into three parts: loess tableland-ridge-hill level surface, hill side and gully bodies. It is known that the factors affecting soil erosion are precipitation (intensity), vegetation cover, land form, erosion durability of soil and land use pattern. The precipitation was treated as well-

distributed in this limited area.

The acculation of mud for 43 dams in the research area was measured, and the erosion modulus for each drainage area from 1987 to 1989 was calculated by the authors. In the mean-time the thematic seriation mapping of soil erosion factors was made on scale 1:10000 by interpreting color infrared air photograph and how to generate a quantitative soil erosion map of Hongshuigou drainage from the seriation maps and erosion modulus was discussed.

We distinguished the different-land boundary on the basis of consistent principle of land form-vegetation distribution and determined the relative grades of soil erosion by comparison. Finally the relative grade map of soil erosion was transformed into quantitative soil erosion map by trial and test method according to the measurement data of soil erosion. This work improves the knowledge of soil erosion regularity in this area.

利用地理信息系统方法进行 数字土壤图的显示和分析 彭望录

J. B. Campbell
J. M. Agnello

一、地理信息系统方法

最近 20 年来,新技术随着计算机设备性能的提高和价格的降低而逐步进入到一般的办公机构。新技术向传统地理学的冲击使人们开始改变许多传统的人工方法,特别是人工读图,分析图件的繁锁劳动开始用新的工具所代替。地理信息系统是在计算机软、硬件支持下,空间数据的输入,存贮、检索、管理、运算、显示和综合分析应用的技术系统。它的核心是计算机,因此这个系统离不开计算机硬件、软件、地理空间数据及管理操作人员。地理空间数据包括位置特征和属性特征,不论是什么地理数据,所有位置特征都可以抽象概括为点特征、线特征和多边形特征(面特征)。这些地理空间数据在计算机内可以用矢量数据结构也可以用网格数据结构或其它数据结构表示。这些数据以不同的方式表示位置和属性,各有其特色。地学数据库要管理的正是这些空间数据,因而较为复杂,在检索、管理、运算、显示和综合分析的过程中,要保持数据空间关系不变。

地理信息系统方法是把地理数据送入计算机内,用较简单的空间分析来代替一系列传统的复杂人工计算和量测分析。它用于专门的目的时,不必设计全套系统,仅采用地理信息系统的思想和方法,实现起来将十分简单,易于普及。这里,一般的地图或专题图用数字化方法输入后,为了方便地使用分析模型,常常转换成网格数据,不同的专题图形成不同的图幅层面,层面之间进行运算十分简单。例如:地图的综合,地图的测量和统计,地图间的布尔重叠模型运算,图斑的再设置,专题图再分类等等。本文介绍的美国弗吉尼亚州哥瑞(Greene)县数字土壤地图研究采用的正是这种方法。它一改传统地理学的作法而代之以全新的面貌,并以省力、省时、省钱、简单、准确等多种优越性逐步为政府人员、行政人员、科学工作者所接受而进入到县级计划办公室、县级发展办公室或县土壤保护、环境保护、水土保持、土地规划等多种办公室,实现广泛应用,具有生产意义。

二、研究区域

弗吉尼亚州位于美国东部,哥瑞县在弗吉尼亚的中北部。东部约三分之二地区属于彼得玛特(Piedmont)高原,大约海拔 200 米,地表形成波状地形,起伏约 45—60 米。西部约三分之一地区有伯路(Blue)峰,这一区域有陡峭的山坡,狭窄的沟谷,地形险峻,最高的尖峰可达 1100 米。主要由云母片岩、千枚岩、砂岩、花岗岩以及玄武质熔岩等岩石组成。东部的低山区在冬季较

为美国弗吉尼亚理工学院地理系。

为美国弗吉尼亚理工学院森林系。

为温暖潮湿，年降雨量约 1168mm；春季最长，夏季平均气温大约 24℃，冬季约 3℃。西部的山区气候比较寒冷和湿润，温度偏低。县内有向北和向南的两条河流，这一地区土壤是排水良好的粘质底土，河间地一般覆盖着老成土，而沿着河漫滩则是新成土。东部彼得玛特区域大部分土地用于农牧业，主要种植庄稼，饲养家畜，家禽等。西部伯路峰区域局部起伏可大到 630 米。这里通常是石质的碎屑和过量排水的土壤。主要是新成土和始成土，山脊上多是森林，土地很少作其它用途。

全县由于地形复杂，其土壤类别也非常复杂。按照美国的分类标准，本县除一、二个类别覆盖面积较大以外，多数类别只占 5% 以下甚至更少。土壤资料是以航空摄影为主编绘的土壤图，其分幅是以美国地质调查局 (USGS) 1:24000 (7.5 英寸) 地形图为准的标准土壤调查产品，边界位置完全与地形图配准。整个哥瑞县跨了九幅，每幅按照幅中区域所包括的土壤类别设置图例。其中一幅为 Standardville，所占面积最大，包括土壤类别最多，是我们工作的重点。

三、土壤图的计算机显示过程

为了快速显示各种土壤的位置分布并便于分析，计算机中的土壤图文件——一幅图对应于一个文件——记录成按行扫描的网格数据结构，网格地面分辨率可以根据需要任意选取，为了保证数据的精度，一般地，数字土壤图的比例尺不大于原土壤图数据源的比例尺。这一过程为：

- 数字化分幅土壤图；
- 指定精度的网格化；
- 显示土壤图像图。

1. 数字化

使用数字化板跟踪所有土壤和水域的边界，并记录每一类别的多边形区域的类别代表符号。数字化板的位置精度可达 0.01 英寸。图廓线和行政界也同样被数字化，并可作为靠近图边的类别封闭线。空间特性的基本要素均由数字化板的 x、y 坐标记录，这种 x、y 记录基本原则如表 1 所示。但为了记录属性，即表示各土壤类别的符号，和计算经纬度的便利，又在上述原则基础上作一修正，采用一种带有拓扑记录特点的位置属性 x、y 记录法。这种记录方式与一般拓扑方式不同。每幅图的全部数据记录在以下三个文件上：

表 1 坐标及记录原则

基本要素	坐标	记录原则
点	x, y	点本身
线	$x_1y_1, x_2y_2, \dots, x_ny_n$	从一个线与线交叉点到另一个交叉点
多边形	$x_1^1y_1^1, \dots, x_n^1y_n^1; x_1^2y_1^2, \dots, x_n^2y_n^2; \dots, x_1^my_1^m, \dots, x_n^my_n^m; x_1^m y_1^m; x_1^1y_1^1$	从一个交叉点开始，绕界一周又回到该点，由若干条线组合而成

<

(1) 头文件。共有六个记录。记录 1：图名，比例尺，州和地区名；记录

2：实行数字化的单位名和时间；记录 3：图廓西南角点的 x, y 坐标值 $x_{SW}y_{SW}$ ，经度值，纬度值；记录 4-6 依次为图廓西北角点、东北角点和东南角点的 x, y 坐标值 $x_{NW}y_{NW}, x_{NE}y_{NE}, x_{SE}y_{SE}$ 及经度值和纬度值。这一文件给出全图的坐标定位控制点和图幅数字化的基本信息。

(2)土壤线数据文件。包括了所有土壤界线的数据，也包括水和图廓、行政界，均以线为基本单元。每条线如包括 N 个点，则有 $N+1$ 个记录；记录 1：线左边土壤类别字符，线右边土壤类别字符，本线包括点的数目；记录 2— $(N+1)$ 依次记录每个点的 X 坐标值， Y 坐标值。从 $(N+2)$ 个记录开始第二条线的的数据，与第一条线类似，但点数不同。依次记录下去，直到全图各条线全部记录完毕。本文件是恢复原图最重要的文件。这种记录方式包括了位置和属性二方面。每条线的第一个记录内容已带有拓扑性能，但其它仍以 x, y 坐标为主，因而关系清楚，容易恢复，缺点是排列松散，所用存贮空间较大，如哥瑞县土壤图数据共有 90819 个记录。

(3)土壤名称数据文件。每一图斑(多边形)中心处加一标号点，注明这一图斑的土壤名称，并给出这一标号点的位置以便恢复。若全图有 N 个图斑，则有 N 个记录，每一记录包括土壤(或水域)名称的字符及标号点 X 坐标值、 Y 坐标值。这一文件主要用于恢复图形线，或以绘图仪输出时给出图斑的属性，若以矢量数据转换成网格数据显示时可以不用。

2. 数字地图的图像化

图像化的特点是可以任意选择比例尺来显示地图，主要根据需要的地面分辨率及比例尺决定数字地图所选 X 与 Y 的大小。利用头文件参数计算显示地图(图像地图)的大小。其行数：

$$I = \text{INT} \left[\frac{\frac{1}{2}(Y_{NW} + Y_{NE}) - \frac{1}{2}(Y_{SW} + Y_{SE})}{\Delta Y} \right]$$

列数：

$$J = \text{INT} \left[\frac{\frac{1}{2}(X_{NE} + X_{SE}) - \frac{1}{2}(X_{NW} + X_{SW})}{\Delta X} \right]$$

也可以类似地由已有显示设备条件，先设计所需图像地图大小(I, J)再计算 X, Y 的值。

根据 X, Y 的值，利用各点坐标依次计算其在图像中的行列位置(i, j)。为了使下面填充图斑的工作省时，只写入从南向北方向的左边土壤类别值，或从北向南方向的右边土壤类别值。所有原土壤类别的字符表示全部用数字值代换，以便显示不同灰度或不同颜色。这样便形成土壤图的边界线图像(图 1)。最后，同行像元“向左看齐”，完成全图所有图斑的填充。全部转换过程并不复杂，但经验表明，由于该土壤图极为复杂，有 55 个土壤类别加上水域和县外部分共 57 种，图斑大小不均，在转换时必须考虑多种情况。例如，若 X, Y 过大，会出现多个点落在一个像元内，或者像元包括几类交

叉处及一个象元“吃”掉了小多边形等情况，这时应以保留大数目点类别为原则。这类似于“长度占优法”。若 X Y 过小，点间距大于一个像元，应用线变换方法补充中间像元。否则都会使变换后的土壤图与原图相比而失真。表 2 列出了 Standardsville 图幅各类型土壤所占公顷值和所占总面积的比例，其中 0 表示面积不到 1 公顷。

表 2 Standardsville 图幅中各土壤类型所占面积

类型	面积 (公顷)	比例 (%)	类型	面积 (公顷)	比例 (%)	类型	面积 (公顷)	比例 (%)
Water	214	1.4	ChD	77	0.5	Kn	320	2.1
AsC	143	0.9	CmC	131	0.9	LeC	112	0.7
AsD	838	5.4	CmD	541	3.5	LeD	123	0.8
AsE	83	0.5	Cn	193	1.3	LeE	230	1.5
AvD	225	1.5	Cs	157	1.0	MvB	863	5.6
AvE	247	1.6	Cv	277	1.8	MVB	0	0.0
AxD	1	0.0	DkB3	26	0.2	MxC	36	0.2
BaB	151	1.0	DkC3	35	0.2	MyD	164	1.1
BcB	188	1.2	EIB	777	5.1	MyE	308	2.0
BcC	271	1.8	EIC	794	5.2	PrE	768	5.0
BcD3	129	0.8	EnC3	1852	12.0	Sc	234	1.5
BdD	8	0.1	EnD3	629	4.1	ThC	36	0.2
BdD3	27	0.2	GIC	60	0.4	ThD	20	0.1
BuC	240	1.6	GID	77	0.5	TvD	16	0.1
BuD	349	2.3	Hb	328	2.1	Ud	12	0.1
CaE	0	0.0	H ₂ C	5	0.0	UnA	91	0.6
CcE	111	0.7	H ₂ D	255	1.7	UnB	149	1.0
CgB	258	1.7	HZD	3	0.0	UnC	101	0.7
ChC	40	0.3	HZE	68	0.4	Blank(界外)	2009	13.0
						合计	15400	100

3. 显示

将代表类别的数字赋予灰度或颜色则显示出所需比例尺的土壤图像地图(图 2)

四、空间分析

利用简单的操作运算可以节省大量的手工劳动，并产生新的图像地图产品以供关心土壤资料的专家或行政人员使用。其中有些工作若用传统的方法需要繁琐的过程。

1. 解译分析

土壤图中每一类型定义为一个土壤类别实体，并带有数字标号特征。对于不同的使用者，例如土壤学家、森林学家、农学家及规划人员，感兴趣的部分不同，因而他们需要根据不同的目的，寻找适当的土壤区域给以有意义的解释。这里所做的解译实例主要是土壤适宜性解释，利用对土壤类别的各种适宜性评价，作出对应的图像地图，使人一目了然，直观、清晰，显然优于表格、文字形式。用计算机工具连接了土壤内容，增强了解译的作用。

例如，图 3(左)用黑色表示比较适合建设带有地下室的建筑物的地区，面积占 52%，图 3(右)用黑色表示不大适合建造带有地下室的建筑物的地区，面积占 33%。图 4 则用黑色表示较好的农田区域，那里是利于净化和吸收的肥沃土壤单元，面积仅占 13%。可以看出，这一地区农业条件不大好，而建筑条件比较适中。

2. 综合

将子类合并或同种性质的类别合并成大类，去掉过多的中间分界线的过程就是综合化分析。原来的土壤图过于详细，复杂的空间模式使人不能一目了然，当需要展示以及作规划作分析时，有必要将模式简单化，合并类型以突出土壤模式的重要特征。

例如，以土壤分类学的相似性为基础作综合分析，将地图中的类型用其所属土纲来标号。本实验区采用新成土、始成土、淋溶土和老成土四种土纲。图 5 中黑色为老成土区域，约占总面积 56%。类似地，也可以以亚纲或土类为准作综合，或将所有带有前缀“潮土”(Aqu-)的主要土壤亚类合并，或所有带有前缀“薄层”(Hapl-)的主要土壤亚类合并等等。

3. 派生

新数据在需要时从已存贮的数据中派生出来，是地理信息系统中常用的方法之一。这样做便于节省存贮空间，并以人工计算难以实现的速度产生出新图。

本工作中采用以横轴墨卡托投影(UTM)为基础的 200 米分辨率网格 DEM，并派生出坡度和坡向等图。为了使土壤图与其配准，可形成分辨率完全相同的图像地图，方法不变。这样便可形成一套位置完全配准的系列图。

派生图的产生是个值得研究的问题。例如，从 DEM 产生流域边界，可以采用地形描绘方法[11]，经过离散余弦变换后提取山脊线连接流域边界。但对于高差起伏很大的地区，如西部山峰区，这种方法有其局限性，需要改进，可以用数字化方法作补充得到流域界限。

4. 叠加

完全配准的几个不同图幅的层面可以叠加产生出新的模式。叠加有二种类型：一种是“视叠加”，二个层面只是表面地结合并一起显示，实际在机内还是分层存在。例如，使用流域图导出每一流域内的土壤模式，使用高程图导出高程段的土壤模式等。另一种是“逻辑叠加”，将两幅地图完全变成

一幅地图，利用逻辑关系“与”、“或”、“非”等和数量关系，建立新的类别标号。如：地质、土地利用、地形的综合，形成新产品图，可与原土壤图比较。

5. 子区抽取

分离图幅中的某一特定区域并表示出该区域的各种特征。这一工作首先要确定特定区域的依据层面，以分离的图像表示特定区域并报告区域内的土壤成分。

例如，研究某一行政区内的多种特征，只保留这一行政区内的多种叠加层面，删除所有区外内容。在这里，特定区域的选择比较随便，可利用地质信息、地形类别的某个特征区，区域比较集中；也可以选择某类土壤分布区这样较为分散的区域。

五、总 结

全部工作只是以规划和决策为目的的全美环境模型研究的一部分——州数据库地理

信息系统数字土壤数据分析。这些基本方法同样可用于其它数据(如人口调查)，以及作其它分析(如非点源水污染的研究等和用于世界其它地区)。

数字土壤数据空间分析方法容易被办公人员所掌握，而使这些工作代替繁琐的人工方法，成为地区办公室的工作一部分，例如区域规划办公室等。数字土壤数据软盘可由美国州地质调查局、大学或州级数据处理中心提供。整个工作的目的为了说明地理信息系统的基本分析方法对于某个方面的应用具有生产意义。

当前，对于地理信息系统的研究与生产水平相比属超前研究。特别在中国，推广起来实有困难，购买整套系统常是许多单位财力所不可及的，但如果省级或专区、县级单位使用一台小型微机，做一些本区的空间分析工作却并不困难，比起人工量算面积、作比较和合成要简单方便得多，而对于随时产生的派生地图就更显示出地理信息系统方法的优越性了。

参考文献

- [1] Campbell, J. B. 1979. Mapping the Land; Aerial Imagery for Land Use Information. Washington: Association of American Geographers. P. 96.
- [2] Burrough, P. A. 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Development. Oxford University Press.
- [3] Burrough, P. A. 1987. Mapping and Map Analysis: New Tools for Land Evaluation. Soil Use and Management. Vol. 3, pp. 20-25.
- [4] Burrough, P. A., and S. W. Bie (eds.) 1984. Soil Information Systems Technology. Wageningen, The Netherlands: PUDOC.
- [5] Clark, K. C. 1985. A Comparative Analysis of Polygon to Raster

- Interpolation Methods. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol. 51, pp. 575-582.
- [6] Ellassal ,A. A., and V. M. Caruso. 1983. USGS Digital Cartographic Standards: Digital Elevation Models .Geological Survey Circular 895-B. Washington, DC. p.40.
- [7] Hole, F. D., and J. B. Campbell. 1985. Soil Landscape Analysis. To tawa, NJ: Rowman and All an held. p.196.
- [8] Nichols, J. D. 1975. Characteristics of Computerized Soil Maps. Soil Science Society of American Proceedings. Vol.39, pp. 927-932.
- [9] Rude forth, C.C. 1982. Handling Soil Survey Data. Chapter 4 in Principles and Applications of Soil Geography. E. M. Bridges and D. A. Davidson , eds. New York :Longman, pp.97-131.
- [10] Thomas, S. K., and E. D. Crawford. 1986. Soil Survey of Greene County, Virginia. USDA Soil Conservation Service and Virginia Polytechnic Institute and State University. 131 p. with map at 1:15 840.
- [11]彭望录, 1989, 地形描绘方法在黄土丘陵沟壑地区的应用, 环境遥感, 第4卷第1期。

Display and Analysis of Digitized Soil Maps by Using Methods of Geographic Information Systems

Peng Wanglu J.B.Campbell J.M.Agnello
Abstract

This paper describes geographic information system methods in there search of digitized soil maps within Greene County, Virginia, U.S.A. There are five parts in the paper: methods of geographic information system, study area, procedure of computer display for a soilmap, spatialanalysis and summary.

This study examines some of the products that can be generated by manipulation of digitized soil maps and changes them from vector files to raster files and then the image maps are displayed on the computer monitor. The digitized soil map can register other data. The combined data can then form the basis for extraction of new information. Examples of spatialanalysis include interpretations, generalizations,

derivations, superimposition; rationalization and so on.

Once digital data are available, such products can be produced with speed and economy. These operations play an important role in the soil analysis, and can be introduced to many local offices and agents for local use.

小流域水土保持规划 地理信息系统的初步研究

刘慧平 彭望录 赵济

80年代以来,随着科学技术的发展和社会经济的需要,各种地理信息系统如雨后春笋般地建立起来。我们在自己设备条件允许的情况下,以山西省柳林县杨家峪沟水土保持系统为例,在小型机-微机系统上作了尝试性的工作。

一.系统结构

我们以小型机和微机联机完成系统的建立和应用。既发挥了微机的作用,又可以小型机的优势来弥补微机的不足。

设计的指导思想是以微机为主,在逻辑结构上包括地理信息系统应具备的各个部分,输入子系统、存贮和分析子系统和输出子系统。输入子系统由VAX计算机完成。数据采集的主要部分由VAX计算机的外部设备完成,并可直接送入微机。存贮和分析子系统由微机IBM-PC/XT完成。输出子系统主要由微机自动制图完成,同时也可由VAX外部设备直接输出。

数据采集部分主要是将模拟量转换成数字量或直接将数字量送入计算机内。可送入的信息资料包括地形图、专题图等地图资料;航空像片、卫星像片等遥感资料;测点或统计等非图像数据资料。进入计算机后,需经过整理加工,包括格式变换、编辑等。预处理的工作较灵活,可由用户根据需要自行扩展。所有的图像全部并入图像数据库备用。这个子系统由于计算机功能较强,可以输入较大工作区域的数据。对于存取,分析所需的子区域的数据,经过VAX机到PC机的数据传输,可进入图像子数据中,与属性数据库管理系统中贮存的属性数据库一起送入应用分析程序。这一步也是用户可自行扩展的部分,如基本统计软件、预测软件和各种规划模型。最后实现硬拷贝输出,在微机上进行计算机自动绘图。通过小型机与微机的联接,将输入小型机的数据传到微机上使用,又可通过微机软盘,使数据被其它微机系统所接受,从而为数据共享提供了条件。

二.系统的实施

研究区是山西省柳林县,位于三川河流域的西部。北川、东川、南川汇集后的三川河流经本县,在石西乡汇入黄河。从地形上看,以黄土丘陵为主,地形起伏,沟壑纵横。全县地势由东北向西南倾斜,地形坡度都大于 15° 。降雨多以暴雨形式出现,加上农耕地占总面积的近一半,自然植被极少。在水力和重力侵蚀作用下,水土流失相当严重。目前,由于土地利用不合理,更加剧了水土流失的严重性。因此,在全县进行区域治理和开发,制定水土保持规划十分重要。根据这一目标,我们第一阶段的任务是在全县范围内建立地形数据库和遥感影像等数据库,并选择杨家峪沟作为区域治理和开发的实验小区,建立小沟流域水土保持信息系统,解决各种形式的数据输入、格式转换、存贮、数据传输、显示输出等一系列技术问题。

研究区杨家峪小沟，其面积约 2.34km²，主沟长 2.93km。其自然条件与全县相同，对研究全县具有典型意义。

作为试验，建立柳林县小沟流域水土保持系统。框图如图 1 示。全系统分为县级和小沟流域子区二部分。县级数据库以 VAX 机存贮为主，利用其外设输入；小沟流域水土保持系统作为子区主要以微机为主，在微机上运行和输出，其大部分数据是从 VAX 库中抽取传输到微机而得到。

建立县级数据库时，数字高程模型采用 1:1 万地形图读取高程点，分辨率为 50 × 50mm，所有数据被预处理成整幅文件；遥感影像采用 1986 年 6 月 TM 影像及 1981 年 6 月 1:2 万彩红外航空像片，通过图像放大、解译，最后转绘成 1:1 万各种专题图件，经数字化进入输入子系统。原图和派生图一起成为小沟流域系统的一组信息源。另一组信息源是由全县数字高程模型取流域子区后再派生而成。

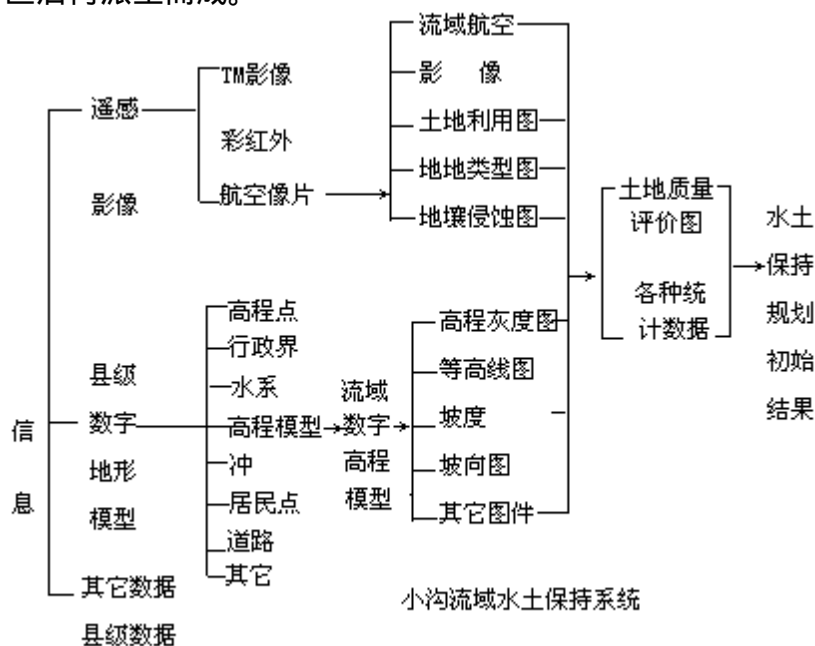


图1 柳林县和小沟流域水土保持系统框图

水土保持规划是以地学模型方式实现，采用具有约束条件的目标函数方法，用图件资料和关系数据库 DBASE 中存贮的统计资料得到 1986-1990 年，1991-1995 年，1996-2000 年规划的初步结果。

系统中所有图件均可既在 VAX 子系统监视器上显示，也可在微机子系统监视器上显示，并在微机外设绘图仪上绘出图件。

三. 输入和输出

1. 输入子系统的建立

为了完成各种数据(包括遥感影像数据、专题图数据、高程数据以及磁带记录的矢量数据等)的读入工作，在计算机原有操作系统的支持下，用 FORTRAN 语言编写了一系列程序及系统命令，以实现系统对各种数据的要求。

(1) 输入子系统的主要功能

有些数据资料可以键入方式进入计算机。预处理功能块将这些文件逐步

处理，经过格式转换，行列拼接，检查修改，内插加密，取小沟流域子图等一系列步骤，送入微机数据库。

地图信息包括地形图等高线、行政区界线、遥感解译的专题图如土地利用图、土地类型图，这些图件用数字化仪手扶跟踪的方式输入，以矢量文件方式记录，并在图形终端上进行编辑、加点加线、删改平滑等工作。最后把矢量文件变换成网格文件，为进行图形间的运算做准备。

遥感信息是 GIS 中重要的一部分，在输入子系统中设计了读取不同记录格式磁带数据的功能块，包括拷贝、转换格式、重采样、取子图等一系列预处理功能。

预处理分析程序是编写的各种功能块，可以由用户根据自己的需要继续编写程序添加功能以扩大系统。

(2) 实现微机对数据的任意抽取

数据向微机传送时要考虑微机的接收能力和处理显示成图等能力，文件不能过大。以数字高程模型为例，具体作法是：

第一步，以全柳林高程图中取 92×50 大小的子图；

第二步，与土地利用图配准，配准后长宽各扩大 8 倍，并进行插值；

第三步，以土地利用图流域边界为准抽取数据；

第四步，送入微机。

类似作法，可以实现对任意范围内数据的抽取以达到不同目的的使用要求。

2. 输出子系统

由于微机系统便宜、方便，研究微机 GIS 具有较大的普及和推广意义。这里着重探讨微机如何接收幅面较大的图像数据文件，解决存贮和输出问题。

(1) 输出前的编辑处理

与地面对应的网格大小反映了数据的精度。对同样面积的区域，提高数据的精度即提高空间分辨率必然导致数据量的大大增加。对于那些很难数据压缩的图件如高程网格数据，航空航天图像等，将导致文件编辑和输出上的很多问题。

以杨家峪沟为例，网格大小对应地面 $10 \times 10\text{m}$ ，图像大小为 512×256 ，共 131 072 个象元值。由于在微机中每个象元值按整型存贮，占内存较多。为保证原图像的制图精度，采用分幅的办法，将文件分为两个 256×256 的数据文件进行处理和显示。按这种方式，若图像范围继续加大，必须减小地面分辨率，扩大像元面积，也可以采用数据压缩的办法，对此本文不作讨论。

(2) 利用 Auto-Cad 进行输出

采用 Auto-Cad 机助绘图软件包输出图件，有些问题需要注意。

首先是所占内存、运算时间、显示速度和绘图笔耗之间的关系。Auto-Cad 绘图的基本制图单位为点、线、面。若图像文件是网格数据，则只采用点和线，即：点、水平线、垂直线三种基本制图单元。上述四者的关系如表 1。

表 1

内容 基本单元	内存	运算时间	显示速度	笔耗
点	较大	最短	较慢	较费
水平线	较小	中等	较快	较省
垂直线		最长		

其次，根据对制图单元的选择和设计，杨家峪小沟输出图件在图形文件生成的运算速度、生成绘图文件速度和绘图速度三方面比较如表 2。

表 2

内容 图件	类型数量	生成命令文件 速度(小时/文件)	生成绘图文件 速度(分/文件)	绘图速度 (分/幅)
土壤侵蚀图	12	0.5	12	25
土地利用图	17	0.75	15	30
土地类型图	23	1.0	20	40

为了节省时间和减少笔耗，必须综合考虑图件类型数，绘图单元，屏幕分辨率，颜色种类等诸因素的相互关系，从而确定出输出的最佳方案。

四. 小流域水土保持规划

小流域水土保持规划是在调查流域内自然状况和社会经济情况的基础上，查清水土流失现状及其危害程度，摸清进行生产建设的有利因素和限制因子，有针对性地提出水土保持措施和治理规划。这是充分利用水土资源，促进开发治理，改善生态环境，提高人民生活水平的一项基础工作。

小流域水土保持规划所提出的方案，需要有一个不断完善的过程。这是由于进行小流域治理规划所涉及的方面较多，影响因素较复杂且因素具有可变性，所提出的方案在实施时又要受到社会其它因素(如领导和群众的可接受性等)的影响，因此要对规划方案不断进行调整。小流域水土保持是一个长期的过程，规划方案也要根据不同时期的具体情况不断完善。

小流域水土保持规划所需的资料可分为以下几大方面。

(1)自然条件图表。包括地形坡度分级图及各级坡度等级面积，土地类型图及其面积；土壤类型图及面积；各月多年平均降水量；土壤质地、养份等实验数据表格等。

(2)社会经济条件图表。主要包括：土地利用图及其面积，各地类粮食及经济作物产量产值表；人口劳力及收入现状表；农林牧副各业产值表；粮食作物及经济作物种植情况及收成表；各类农林牧副产品价格表等。

(3)治理投资表格。主要包括：坝地，梯田，水地，滩地，沟头防护，谷坊，涝地等工程投资定额表；造林种草等综合投入定额表；各治理措施中劳力投入定额表；可能的治理经费来源及数额表等。

应用 GIS 进行小流域水土保持规划，就要在 GIS 中的存贮和分析子系统中，进行针对小流域水土保持规划的模型、设计，使规划可在 GIS 中实现，并根据模型的要求调整和加强 GIS 的其它子系统功能。

进行小流域水土保持规划需要以下几个相互关联的模型。

这是进行水土保持规划必不可少的步骤，在分析土地生产适宜性与土地利用的限制因素，以及生产潜力与利用价值研究的基础上进行的。黄土高原地区影响土地质量的因子主要有：地貌类型、地形坡度、土壤侵蚀强度、土壤水分状况、养分含量、土层厚度、质地，水源条件等。在小流域治理中，如果区域面积较小，则地貌类型、地形坡度、土壤侵蚀强度是土地利用的主要限制因素。其它因素则与地形坡度和侵蚀强度因子具有较强的相关性，在一定条件下可选用主要影响因素进行土地质量评价。

目前对土地质量进行评价的方法可分为定量和定性两种。定量方法是在占有大量观测和实验数据的条件下，通过统计运算和模型运算产生评价等级。它在评价中减少了主观因素的影响，使评价等级比较客观，但要求数据精度高、野外工作和实验工作量大。定性法是在缺少大量实验数据条件下，根据各评价因子的相互关系，通过地学相关分析确定评价等级。它在评价中加入了人的作用，常受评价者主观的影响。

定量评价土地质量的方法很多，其过程为：选择参评因子；给参评因子以不同权重，确定权重系数；通过计算产生评价等级。常规进行土地质量评价则以定性方法为主。目前也有将定量评价方法的部分运算引入定性评价中形成半定量的方法。

(2)治理规划模型

土地资源是农林牧生产的主要约束条件，在一定条件下表现为生产力，其投入和产出在农业生产中存在着线性关系。因此选用线性规划的理论和方法对土地利用的结构和治理工作进行规划。

1)线性规划的数学模型

求 X_j ($j=1, 2, \dots, n$) 满足约束条件：

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i \text{ (或 } \geq b_i), (i=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

$$\text{使 } f(x) = \sum_{j=1}^n C_j X_j = \max(\text{或 } \min), x_j > 0$$

方程组(1)为约束条件， $f(x)$ 为目标函数， a_{ij}, C_j, b_i 为已知函数， X_j 为可行解集。

2)土地利用和水土保持规划模型

土地利用—水土流失—经济效益有着紧密的联系。水土流失使土地瘠薄，农业生产水平降低，经济收入减少。剧烈的水土流失又是由于土地利用不合理造成的。所以，改变农业生产条件和农业生态环境，首要条件是合理利用土地，搞好水土保持，把小流域治理和脱贫致富结合起来。

选择经济收入或生产总值作为水土保持规划的目标函数，将土地利用、土壤侵蚀、状况、以及社会生产条件、农业生态平衡条件等作为规划的约束条件进行规划。

(3)派生图生成模型

进行小流域水土保持规划，各科专题图件是必不可少的。派生图生成模型是以图件作为输入信息建立GIS中不可缺少的模型。它是通过一幅或几幅图派生新图。派生的新图无新增界线，只是原图中类型的归并或叠加，通过一幅图的类型选择归并实现，也可通过几幅图进行叠加产生新的类型图。

上述模型是 GIS 中进行小流域治理规划的特殊模型，通过对这些模型以及对 GIS 其它子系统调用实现水土保持规划。由于其输入数据具有多样性，运算具有复杂性，规划过程中要进行图形间的运算，因此需调用 GIS 各种功能才能进行，其关系如图 2 示。

在 GIS 中进行小流域水土保持规划，需要各大子系统的支持，并是各子系统间不断反馈、反复调试的过程。

下面以杨家峪小沟流域为例，将应用 GIS 进行小沟流域水土保持规划的调试过程所做的工作做一个简单介绍。

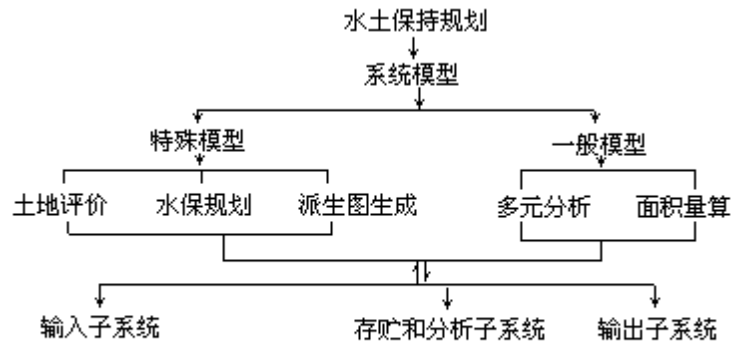


图 2 水土保持规划与GIS各功能的关系

(1)小沟流域土地质量评价。在编绘土地质量评价图时，一般以土地类型图为基础，参考土地利用情况和坡度状况，分析影响土地质量的各因素，产生土地质量评价等级。在进行小沟土地类型的编制过程中已考虑地表植被、地形坡度等因子，因此，在评价时，借用派生图生成模型的功能，以土地类型直接归并进行。

(2)土地利用方式的结构分析。在规划之前还要对小沟流域土地利用方式的结构进行分析。小沟流域土地利用以农用为主，林地面积较小，草地为天然草被，生产力水平很低。各类土地结构如表 3 所示。

表 3 小沟流域土地利用结构表

内容 类型	决策变量	产量 (斤/亩)	建立用费 (元/亩)	产值 (元/亩)	侵蚀量 (吨/亩)
坡耕地	X_1	75	0	21.09	2.05
梯田	X_2	175	123.49	84.35	0.02
坝地	X_3	250	158.27	126.53	0
经济林	X_4		21.6	171.7	0.81
乔木林	X_5		21.0	22.0	0.81
人工草地	X_6		7.4	30.0	1.05
水域	X_7		0	0	0

(3)目标函数的确定和约束条件分析。小沟流域治理规划遵循的原则是：力图做到使土地利用在经济效益、社会需求和水保效益方面达到最优；以最小的投入取得尽可能大的产出。据此，将生产总值作为目标函数，把土壤侵蚀量、土地生产力及农业生态平衡等作为约束条件，对表 3 中 8 个决策变量

进行规划。这样目标函数为：

$$\max f = 21.09x_1 + 84.35x_2 + 126.53x_3 + 171.7x_4 + 22.0x_5 + 30.0x_6$$

约束条件从以下几方面考虑：

土地总面积约束：各类土地利用面积之和为小沟流域总面积；

粮食生产约束：在水土保持中要保证一定量的粮食生产以满足人均口粮和粮食生产指标的要求；

治理比率约束：从全县或发展规划和可提供的经费出发，推算小沟流域在各规划时期内治理面积达到一定比例；

侵蚀量约束：土壤侵蚀量控制于一定范围内；

用地面积约束：如坝地和水域均分布于沟底，且水域淤干需一定时间；

人口约束：按现行规划、人口增长率应限制于一定范围之内，则劳力增长也相应在一定范围内，从而约束了治理中劳力的投入。

上述约束条件还需在规划过程中不断完善。

(4)建立反馈系统调试规划模型。对于小沟流域水土保持规划需要使模型具有反馈功能，并设立可调参数，使规划不断完善。

五. 结 论

柳林县杨家峪小沟流域水土保持系统是一项尝试性的研究工作。本文只是这一项工作的初步总结。本研究表明，在小型机微机上建立 GIS 对我国现有条件是可行的，通过一些研究单位的小型计算机采集各种数据，然后传到微机上供其它单位使用，既发挥了两种机型的优势，又解决了微机外部设备昂贵、接收多种信息难的困难，对于我国现有条件有一定的实用价值。

应用 GIS 进行小流域水土保持规划较好地解决了遥感信息和图形数据的输入问题，为数据更新提供了保障。

本研究使用了许多由遥感信息解译所得的专题图件。这些专题图件无论在精度上和可信度上都较好。如果这些专题图可在计算机内通过图像处理直接得到，那么系统的数据更新和动态监测就会大大提高。这正是我们今后努力的方向。

参考文献

- [1] Mable D. F. , Calkins , Hugh. W , Pengnet , Doma. J , 1984. Basic Reading in Geographic Information System , SPAD System .Ltd.
- [2] Ross T. Newkirk , 1976 , Environmental Aplaning for Utility Corridor.
- [3] 陈国良等 , 1985 , 微机应用与农业系统模型 , 陕西科技出版社。

A GIS for Water and Soil Conservation
in a Small Drainage Basin

Liu Huiping Peng Wanglu Zhao Ji

在一般均衡框架内建立冯·杜能模式

梁进社

一、引言

杜能模式被认为是建立在以下基本假设之上(Wilson, 1987)：

- (1)划一的土壤肥力条件；
- (2)划一的运输成本；
- (3)划一的生产成本；
- (4)在给定价格下无限的弹性需求；
- (5)单一的市场中心。

用新古典生产函数来描述生产要素的投入和产出关系(Beckmann, 1972, 1987; Visser, 1982)能使我们放弃假设条件(3)。本文的目标是在一般均衡的框架内建立冯·杜能模式，这样，我们不仅可以更好地理解给定价格的含意，取消第4个假定，而且还能据此进行比较静力分析。

为了使问题简单起见，我们除保留第1、2和第5假设外，还约定劳动力是可以自由流动的，并且是充分就业的，人口全部居住在城区内。土地为农场主经营，不存在联合生产和外部经济与外部不经济的可能性。工人的工资率是 W ，资本的利息率是 I 。

以下，我们将要通过建立对各种农产品的供给和需求以及供求平衡来完成此理论。

二、建立供给

假设可供选择的农产品有 n 种，第 k 种的柯布-道格拉斯生产函数是

$$\tilde{Z}_k = A_k \tilde{L}_k^{\alpha} \tilde{K}_k^{\beta} \tilde{M}_k^{\gamma} \quad (1)$$

式中， \tilde{Z}_k 是产量， \tilde{L}_k 是劳动的投入量， \tilde{K}_k 是资本的投入量， \tilde{M}_k 是土地的投入量， α 、 β 、 γ 是常数，并且

$$\alpha + \beta + \gamma = 1 \quad (2)$$

A_k 是生产系数。如果取

$$\tilde{Z}_k = Z_k \tilde{M}_k$$

$$\tilde{L}_k = L_k \tilde{M}_k$$

$$\tilde{K}_k = K_k \tilde{M}_k$$

即 Z_k 是单位面积的土地上第 k 种产品的产量， L_k ， K_k 分别是单位面积土地上劳动和资本的投入量，则有

$$Z_k = A_k L_k^\alpha K_k^\beta \quad (3)$$

记 p_1, p_2, \dots, p_n 分别是 n 种农产品的市场价格, 设 h_k 是运输第 k 种单位产品在单位距离上的运输成本, r 是距市场的距离。土地经营者在距离市场 r 公里处单位面积的土地上最优地投入劳动和资本的量可据下二式确定, 即

$$(p_k - h_k) \frac{\partial Z_k}{\partial L_k} = W \quad (4)$$

$$(p_k - h_k) \frac{\partial Z_k}{\partial K_k} = I \quad (5)$$

这就是说, 劳动的价格等于它的边际收益产品, 资本的利息也等于它的边际收益产品。把

$$\frac{\partial Z_k}{\partial L_k} = \alpha A_k L_k^{\alpha-1} K_k^\beta \text{ 和 } \frac{\partial Z_k}{\partial K_k} = \beta A_k L_k^\alpha K_k^{\beta-1}$$

分别代入式(4)和式(5), 得

$$(p_k - h_k) \alpha A_k L_k^{\alpha-1} K_k^\beta = W \quad (6)$$

$$(p_k - h_k) \beta A_k L_k^\alpha K_k^{\beta-1} = I \quad (7)$$

如果把 p_k, r 固定, 则式(6)、(7)只有 L_k, K_k 是未知的, 故可把此二式联立求解, 即得 L_k, K_k 的值, 记作 \hat{L}_k, \hat{K}_k 。然后再把 \hat{L}_k, \hat{K}_k 代入式(3), 即是单位土地上第 k 种产品的最优产量, 记作 \hat{Z}_k 。

*用式(6)的两边分别除以式(7)的两边得:

$$\frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{K_k}{L_k} = \frac{W}{I}$$

$$\text{即 } K_k = \frac{\beta}{\alpha} \cdot \frac{W}{I} L_k \quad (7^*)$$

代入式(6)得:

$$(p_k - h_k) \alpha^{1-\beta} \beta^\beta A_k L_k^{\alpha+\beta-1} = i^\beta \cdot W^{1-\beta}$$

$$\text{即 } L_k^{\alpha+\beta-1} = \frac{I^\beta W^{1-\beta}}{(p_k - h_k) \alpha^{1-\beta} \beta^\beta A_k} \quad (6^*)$$

据式(6*)可求得 \hat{L}_k , 代入式(7*)便求得 \hat{K}_k 。

这样, 我们就得出了由于生产第 k 种产品, 土地使用者的地租出价函数:

$$R_k = (p_k - h_k) \alpha^\beta A_k \hat{L}_k^\alpha \hat{K}_k^\beta - W \hat{L}_k - I \hat{K}_k \quad (8)$$

此时, r 是变数。

我们说, 可能有许多农场主在生产同一产品, 处在完全竞争状态, 式(8)描述了他们的聚合行为。

土地所有者会把土地租给租价最高的经营者，那么，地主所得的地租是：

$$R = M_k^{\alpha x} \left[(p_k - h_k \gamma) \hat{Z}_k - W \hat{L}_k - I \hat{K}_k \right] \quad (9)$$

它实际上确定了从城市边缘向外，在各个不同距离的地块上农作物经营种类。换言之，我们可以据式(9)来确定农作物的空间分布。

这个原理可由图 1 说明之， i, j, k 分别代表经营 3 种不同农作物的地租出价函数。它们理应是三条曲线，只是为了简单起见，我们才用直线表示。 i 的 AB 段， j 的 BC 段， k 的 CD 段出价最高。这样，它们分别对应的 OS、ST、TD 段分别种植 i, j, k 作物。将坐标系统旋转一周即是相应的杜能环，如此就确定了各种农产品的空间分布。

现在，我们记第 k 种农作物的空间分布是 \sum_k ，则其上的作物产量是：

$$S_k = \int \int \hat{Z}_k ds \quad (10)$$

为面积分表达式。

我们从公式(9)知道， \hat{Z}_k 仅是 $(p_1, p_2, \dots, p_n, r)$ 的函数，从式(6)、

(7) 知 \hat{L}_k, \hat{K}_k 也仅是 $(p_1, p_2, \dots, p_n, r)$ 的函数。通过式(10)的面积分后， S_k 则变成仅是 (p_1, p_2, \dots, p_n) 的函数。这样，我们就建立了各种农产品的供给函数。

$$S_k = S_k(p_1, p_2, \dots, p_n) \quad (11)$$

还有另一种方法来确定各种作物空间分布和相应的产品产量及生产要素的投入量。那就是求解下面的非线性规划模式；

$$\text{Max}_{x_k(\gamma)} \left[(p_k - h_k \gamma) Z_k x_k - W \sum_k x_k L_k - I \sum_k x_k K_k \right] \quad (12)$$

其中 x_k 是第 k 种作物的土地使用量，它们的总和不能超过区域内的土地总量 C ，即

$$\sum_k x_k \leq C \quad (13)$$

根据库恩-塔克条件，上述非线性规划的有效解条件是：

$$0 = \frac{\partial \text{式}(12)}{\partial L_k} = \left[(p_k - h_k \gamma) \frac{\partial Z_k}{\partial L_k} - W \right] x_k \quad (14)$$

$$0 = \frac{\partial \text{式}(12)}{\partial K_k} = \left[(p_k - h_k \gamma) \frac{\partial Z_k}{\partial K_k} - I \right] x_k \quad (15)$$

整理后即是式(4)、(5)。如此可确定 \hat{L}_k, \hat{K}_k 。

进一步的条件是

$$x_k \begin{cases} = \\ < \end{cases} 0 \Leftrightarrow (p_k - h_k \gamma) \hat{Z}_k - W \hat{L}_k - I \hat{K}_k \begin{cases} < \\ = \end{cases} R \quad (16)$$

其中的 R 即是式(9)中的 R ，确定了的 x_k 就是前面的 x_k 。

需要指出的是，投入的劳动和资本不再是常量了，它们都随着距市场中心的远近而变化。据式(4)和式(5)有：

$$\frac{d\hat{L}_k}{dr} = \frac{h_k \frac{\partial Z_k}{\partial L_k}}{(p_k - h_k \gamma) \frac{\partial^2 Z_k}{\partial L_k^2}} < 0 \quad (17)$$

$$\frac{d\hat{K}_k}{dr} = \frac{h_k \frac{\partial Z_k}{\partial K_k}}{(p_k - h_k \gamma) \frac{\partial^2 Z_k}{\partial K_k^2}} < 0 \quad (18)$$

因为 $Z > 0$ ， $Z < 0$ 是新古典生产函数的基本特性。

上二式指出，劳动的投入和资本的投入随 r 的增加而减少。

三、需求

我们考虑一个收入为 Y 的住户，把他的开支划分为在各种农产品上的消费和其它一般消费，包括住房、工业产品、交通以至储蓄。令 q_1, q_2, \dots, q_n 表示他对 P 种不同农产品的消费分量，则一般消费支出是：

$$G = Y - p_1 q_1 - p_2 q_2 \dots - p_n q_n$$

$$\text{即 } G = Y - \sum_i p_i q_i \quad (19)$$

住户的效用函数是：

$$u = U(G, q_1, q_2, \dots, q_n)$$

$$= U\left(Y - \sum_i p_i q_i, q_1, q_2, \dots, q_n\right) \quad (20)$$

$$\text{取 } \frac{\partial u}{\partial q_k} = 0, k = 1, 2, \dots, n \quad (21)$$

$$\text{即 } p_k \cdot \frac{\partial U}{\partial G} = \frac{\partial u}{\partial q_k} \quad (22)$$

便得到消费者的均衡条件。我们选择对数效用函数近似它，

$$u = a_0 \ln\left(Y - \sum_i p_i q_i\right) + a_1 \ln q_1 + a_2 \ln q_2 + \dots + a_n \ln q_n \quad (23)$$

$$R_0 + a_1 + a_2 + \dots + a_n = 1$$

与式(22)相对应的关系式是：

$$\frac{a_0 p_k}{Y - \sum_i p_i q_i} = a_k / q_k \quad (24)$$

整理后得：

$$a_k Y = a_0 p_k q_k + a_k \sum_i p_i q_i \quad (25)$$

$$(R_0 + a_k) p_k q_k + a_k \sum_{i \neq k} p_i q_i = a_k Y \quad (26)$$

$k=1, 2, \dots, n$

写成矩阵的形式：

$$\begin{bmatrix} (a_0 + a_1)p_1 & a_1 p_2 & a_1 p_3 & \dots & a_1 p_n \\ a_2 p_1 & (a_0 + a_2)p_2 & a_2 p_3 & \dots & a_2 p_n \\ a_3 p_1 & a_3 p_2 & (a_0 + a_3)p_3 & \dots & a_3 p_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n p_1 & a_n p_2 & a_n p_3 & \dots & (a_0 + a_n)p_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \\ \dots \\ q_n \end{bmatrix} = Y \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \dots \\ a_n \end{bmatrix} \quad (27)$$

用B表示左边的矩阵， \vec{q} 表示左边的列向量， \vec{a} 表示右边的列向量，那么，上边的方程式可写成

$$B \vec{q} = Y \vec{a} \quad (28)$$

$$\vec{q} = B^{-1} Y \vec{a} \quad (29)$$

如果用克莱姆法则对式(28)求解，则有：

$$q_k = \frac{|B_k|}{|B|} \quad (30)$$

其中， B_k 是把B的第k列换成Y a 所成的n阶方阵。

$$\text{但是, } |B| = p_1 p_2 \dots p_n |B| \quad (31)$$

$$\bar{B} = \begin{bmatrix} a_0 + a_1 & a_1 & a_1 & \dots & a_1 \\ a_2 & a_0 + a_2 & a_2 & \dots & a_2 \\ a_3 & a_3 & a_0 + a_3 & \dots & a_3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n & a_n & a_n & \dots & a_n \end{bmatrix} \quad (32)$$

$$|B_k| = Y p_1 p_2 \dots p_{k-1} p_{k+1} \dots p_n |\bar{B}_k|$$

\bar{B}_k 是把 \bar{B} 的第k列换成 a 以后所成的n阶方阵，这样

$$\begin{aligned} q_k &= \frac{Y p_1 p_2 \dots p_{k-1} p_{k+1} \dots p_n |\bar{B}_k|}{p_1 p_2 \dots p_n |B|} \\ &= \frac{Y |\bar{B}_k|}{|B|} \cdot \frac{1}{p_k} \end{aligned} \quad (34)$$

对于给定的k， $\frac{Y |\bar{B}_k|}{|B|}$ 是Y， $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ 的代数式的

值，也是一常数，用 b_k 代之，得

$$q_k = \frac{b_k}{p_k} \quad (35)$$

以上是我们对一个住户的讨论，如果他是具有代表性的，那么，我们可用住户总数乘以式(35)，否则，把所有住户在各价格上的需求加起来，便得到全区域对第 k 种产品的需求函数

$$D_k = D_k(P_k) \quad (36)$$

$$k=1, 2, \dots, n$$

四、供求平衡

令 $S=(S_1, S_2, \dots, S_n)$ ，为对几种农产品的供给向量，意味着存在一个映射： $(P_1, P_2, \dots, P_n) \rightarrow S$ 。

给每一个 $P_i (i=1, 2, \dots, n)$ 一个增量 ΔP ，据式(6*)有

$$L_k^{\alpha+\beta-1} = \frac{I^\beta W^{1-\beta}}{(p_k - h_k \gamma) \alpha^{1-\beta} \beta^\beta A_k} \quad (37)$$

$$\Delta L_k^{\alpha+\beta-1} = \frac{dL_k^{\alpha+\beta-1}}{dp_k} \Delta p_k$$

$$= \frac{-\alpha^{1-\beta} \beta^\beta A_k I^\beta W^{1-\beta}}{\left[(p_k - h_k \gamma) \alpha^{1-\beta} \beta^\beta A_k \right]^2} \Delta p$$

从此便知，当 $\Delta p > 0$ 时， $L_k^{\alpha+\beta-1} > 0$ 。亦即当 $\Delta p > 0$ 时， $\hat{L}_k(p_k + \Delta p) < \hat{L}_k(p_k)$ 。再据式(7*)知，当 $\Delta p > 0$ 时， $\hat{K}_k(p_k + \Delta p) > \hat{K}_k(p_k)$ 。这意味着

$$\lim_{\Delta p \rightarrow 0} \hat{Z}_k(p_k + \Delta p) = \hat{Z}_k(p_k) \quad (39)$$

从式(8)有

$$\Delta R_k = \frac{dR_k}{dp_k} \Delta p = A_k \hat{L}_k^\alpha \hat{K}_k^\beta \Delta p + (p_k - h_k) A_k \alpha \hat{L}_k^{\alpha-1} \hat{K}_k^\beta \Delta L_k$$

$$+ (p_k - h_k \gamma) A_k \beta \hat{L}_k^\alpha \hat{K}_k^{\beta-1} \Delta K_k - W \Delta L_k - I \Delta K_k \quad (40)$$

结合前面的分析，显然，当 $\Delta p > 0$ 时， $\Delta R_k > 0$ 。这样，我们从式(9)便知，当 $p_i > 0 (i=1, 2, \dots, n)$ 时， $R(p_1 + \Delta p_1, p_2 + \Delta p_2, \dots, p_n + \Delta p_n, r) > R(p_1, p_2, \dots, p_n, r)$ 。这也意味着，当 $p_i > 0 (i=1, 2, \dots, n)$ 时， $\hat{K}_k(p_1 + \Delta p_1, p_2 + \Delta p_2, \dots, p_n + \Delta p_n) > \hat{K}_k(p_1, p_2, \dots, p_n)$ 。

现在，我们把以上分析用几何图形简单说明之(如图 2)。

式(38)表示当 $\Delta p > 0$ 时，最优的劳动投入无限地接近 \hat{L}_k 。同样，

资本的投入量也是如此。推论出的式(39)、式(40)说明，与价格($p + \Delta p$)相应的 i, j, k 的地租出价曲线，当其增量 $\Delta p > 0$ 时，无限地接近与价格 P 相应的地租出价曲线。进而，它们的地租无限地接近折线 $ABCD$ ，作物的分布无限地接近与 (p_1, p_2, \dots, p_n) 相对应的空间图形。

我们把以上的分析综合到式(10)，可得如下结论：

$$\lim_{\Delta p_i \rightarrow 0} \vec{S}(p_1 + \Delta p_1, p_2 + \Delta p_2, \dots, p_n + \Delta p_n) = \vec{S}(p_1, p_2, \dots, p_n) \quad (41)$$

$$(i=1, 2, \dots, n)$$

即 $\vec{S}(p_1, p_2, \dots, p_n)$ 在 $p_i > 0 (i=1, 2, \dots, n)$ 上连续。

$$\text{记 } \vec{D} = (D_1, D_2, \dots, D_n) = \vec{D}(P_1, P_2, \dots, P_n) \quad (42)$$

从式(35)我们便可知道 \vec{D} 在 $P_i > 0 (i=1, 2, \dots, n)$ 上连续。

同时当 $P_i \rightarrow 0$ 时， $D_i \rightarrow -\infty$ ；而且 $P_i \rightarrow +\infty$ 时， $D_i \rightarrow +\infty (i=1, 2, \dots, n)$ 。

从式(6)、(7)、(8)、(9)、(10)可知，当 $p_i \rightarrow 0$ 时， $S_i > 0$ ；当 $p_i \rightarrow +\infty$ 时， $S_i \rightarrow -\infty (i=1, 2, \dots, n)$ 。

综合上述分析，可以得出：

$$\lim_{p_i \rightarrow 0} (\vec{S} - \vec{D}) = -\infty \quad (43)$$

$$(i=1, 2, \dots, n)$$

$$\lim_{p_i \rightarrow +\infty} (\vec{S} - \vec{D}) = +\infty \quad (44)$$

$$(i=1, 2, \dots, n)$$

由于 S, D 的连续性，一定存在 $p_i^* > 0 (i=1, 2, \dots, n)$ ，使 $S(p_1^*,$

$p_2^*, \dots, p_n^*) = D(p_1^*, p_2^*, \dots, p_n^*)$ ，并且在 $(p_1^*, p_2^*, \dots, p_n^*)$ 下，对应一个杜能式的土地利用空间图式，即杜能环。

最后，我们要指出，在一般均衡框架内建立的杜能模式，可用于进行比较静力分析。分析的因子范围包括工资率的改变、利息率的改变、农业生产技术的改变和收入的改变。但不能分析一般消费中某因子改变所导致的农业土地利用模型的变化。

参考文献

- [1] Alonso, W. 1964. Location and Land Use, toward a general theory of land rent, Harvard University Press.
- [2] Beckmann, M. J. 1987, The Economic Activity Equilibrium Approach in Location theory, in C. S. Bertuglia, G. Leonardi, S. Occelli, G. A. Rabino, T. Tadei, A. G. Wilson (eds). CROOM HELM, 1987.
- [3] Beckmann, M. J. and Puu, T., 1985. Spatial Economics: Density, Potential, and Flow. North-Holland-Amsterdam. New York, Oxford.

[4] Visser.S. ,
1982.OnAgriculturalLocationTheory.GeographicalAnalysis ,
14 , pp.167—76.

[5] Wilson. A. G. and M. Birkin , 1987.
Dynamic Models of Agricultural Location in a Spatial Interaction
Framework .Geographical Analysis 19 , pp.31—56.

The Von Thünen model in the Framework of General Equilibrium

Liang Jinshe

Abstract

The objective of this paper is to put the von Thünen model, which is a paradigm of the commercial agriculture, into the framework of general equilibrium analysis. Thereby, not only some presumed conditions are rejected but also some comparative static studies could be born. A typical characteristic of our model is that the supply of agricultural products is related to both their prices and spatial context. The income of households is divided into the expenditure for each agricultural good, and the expenditure for one composite good (including industrial, housing, commuting, savings, etc). Its utility is expressed by logarithm, maximization of which subject to the budget constraint yields demand functions. The continuity of the functions of supply and demand is also studied, and by the balance of them the equilibrium prices are determined.

