学校的理想装备
电子图书·学校专集
校园网上的最佳资源
地理科学导论
BOOK
内部资料 非卖品

绪论

1991 年 6 月底到 7 月上旬，长江下游和淮河流域出现了第二次“梅雨”，洪水袭击了中国人口稠密、经济发达的地区。这次洪涝灾害中，降雨量并无 1954 年夏季大，但其灾害强度却是百年未遇的。地理学家陈吉余等在《解放日报》发表文章指出，经过计算，如果人们没有围垦太湖和阻塞河道，水位决不会超过 1954 年水位，太湖水位将比实际水位低约 20cm，在广袤的三角洲平原地区，如果水位下降 20cm，洪灾的强度将大大地缩小。难道人们不知道围垦湖泊、阻塞河道的危险后果吗？不。然而人口的不断增长加重了土地资源的农业承载，而经济的发展需要将土地转为非农用的，土地资源紧张，围垦能获得新的土地，可能的灾害性后果被暂时忘记了。资源、环境与发展之间，真是矛盾重重。如何来协调人口、资源、环境与发展的问题？这需要专门的知识，专门的科学。 十多年来，改革开放的大潮一次又一次地席卷中国大地，中国的经济与世界的经济已经发生了不可分割的联系，在这种形势下，经济投资的重点将趋向什么地方，各地区具有什么优势和劣势，资源在开发中占有何种地位，区域的经济政策怎样才是合理的，与之相应的环境将会发生何种变化，这种变化将会带来何种后果，这些问题也构成了一个学科的主题。

由于人类的活动，大气中的 CO■含量正在增加，CO■的增加将产生温室效应，温室效应将使气候发生变化，从而引起全球性的农业生产潜力、海平面、土地等等自然环境和生态系统的变化，并产生经济社会冲击。如何分析和评估这种变化，也构成了专门的学科问题。

所有上述问题，都有一个共同的特点，就是它们都发生于地球表层空间。不仅如此，它们也是地球表层空间特有的现象。离开了大气圈层和其他圈层如水圈的相互作用，也就没有了全球环境变化问题；离开了人类（人群圈）对水圈、生物圈的依赖，也就没有了我们前面提出的第一、第二个问题。要回答或研究这些问题，需要专门学科，这个学科旨在透彻地将地球表层系统及其内部现象作为对象，研究它们的运动和发展规律。这个学科就是地理学或称地理科学。地球表层就是“地”，我们要探索的就是这个“地”的“理”——地球表层系统、现象与过程的规律与法则。

地理学发展到现在，大约经历了三个阶段，古代景观分布知识的积累阶段、近代的物理观地理学阶段和现代的系统观地理学阶段。

地理学是一门古老的学科。在古代，地理学致力于各地的风土人情即自然特征和人文特征的观察记录。在中国，地理学发展很早。相传，夏禹时代铸有九鼎，鼎上分别绘有当时我国各地的山川地形。《诗经·周颂》已经提到了地图，这一证据表明，中国人发明地图至少已有 3000 年的历史。大约成书于春秋时代的《山海经》，是我国最早的地理经典。战国时代成书的《禹贡》，是我国最早的地理学学术著作，它已有了全国自然区划、人地关系以及土壤分类等重要地理概念。与中国古代地理学平行发展的是欧洲的地理学。大约公元前 600 年，希腊人阿那克西曼德绘制了以希腊为中心的世界地图。稍后，毕达哥拉斯学派提出了大地是圆形的概念。

地理学发展到了十五世纪，进入了地理大发现时期。哥伦布到达美洲，大大开拓了地理学的视野。为了适应经济、军事和殖民主义的要求，十六世纪开始，地理探险蓬勃发展，关于全球的地理知识迅速地丰富起来，许多知

识也变得准确了。大约经过了三个世纪，地理大发现和地理探险的辉煌成就，结束了古代地理学，地理学作为一个知识荟萃学科的功能结束了。

地理学的第二个发展阶段是它的近代阶段，这也可以说是地理科学开始的阶段。近代地理学的奠基人首推德国人亚历山大·冯·洪堡（1769—1859）。洪堡总结了地理大发现的丰富材料，结合自己的大量考察，研究了地形、气候、植物、土壤之间的关系。他还将地图发展成为一种研究工具，而不是地理学的研究目的。他首创了等温线，从而清楚地揭示了地带性现象。洪堡还提出了 physical geography 这个词，强调把地理学建设成为象 physics 那样的关于地球表层简单法则的学科。同时，他又强调地球表层的总体研究，并依据这种思想写成了巨著《宇宙》。这两项工作，使得地理学最终建立了自己的科学原则和目标。

近代地理学的另一位创始人是卡尔·李特尔（1799—1859）。李特尔一生担任过好几个教师职位。他一再强调他教的是“新的科学地理学”，与传统的关于国家和城市事实的“枯燥摘录”截然不同。李特尔一生写有巨著《地学通论》，又名《地球科学——它同自然和人类历史的关系》。李特尔强调人与自然的紧密关系，奠立了人文地理学的基本原则。与洪堡不同，李特尔认为地理学并不被要求象其他事物学科那样去追求事物原理，他的基本观念是追求“整合性”，并且强调以人类为中心。

洪堡（1769－1859）李特尔（1799—1859）

洪堡和李特尔奠定了近代地理学思想原则后，地理学成为了一门科学。此后，主要是沿着洪堡的思想路线，地理学得到了发展。两个世纪以来，地理学发展了自然地理学、人文地理学与区域地理学三个分支。自然地理学和人文地理学以解析地理事物运动的原因为主，努力去建立一些法则。人文地理学同时继承了李特尔关于人与环境关系的思想，注意了二者的整合性。区域地理学除了上述科学解析特点外，还继承了古代地理学作为知识学科的功能。地理学三足鼎立的局面持续了近一个半世纪。

近代地理学的一个发展特点是它不断地“抛弃”自己。沿着洪堡的物理主义思想，针对特定的地理对象发现规律，揭示法则，从地理学中发展了水文学、大气科学、海洋科学、人口学等等。这些学科的发展反过来丰富了作为母体的地理学。借助这些学科知识，地理学者试图从某一个角度“整合”地理学，或者从洪堡和李特尔的整体研究思想出发，地理学发展了一些新的分析观念，如“人地关系论”、“空间论”、“景观论”、“生态论”、“区域论”等。这些学科大抵都从一种“整合”观念来解析现象，并且具有自己特有的概念体系和分析方法。整个一个世纪中，地理学显示出强烈分化、百舸争流的局面。

地理学发展到了本世纪五十年代出现了新的特点。这一时期人类逐渐认识到人类社会的发展正在受到挑战：人口膨胀、资源贫乏、环境恶化，人口、资源、环境与发展的矛盾日趋突出。这些问题传统上属于地理学领域，因此地理学重新强调了洪堡提出的整体研究的原则，改造了李特尔的以人类为中心的思想，并且再次重视他的“整合”观念，从而注重研究以 PRED 为代表的一类综合问题。与此同时，地理学分支研究依然得到发展。分支研究力图从分化出去的侧面来分析整体问题，如从气候学角度研究全球环境变化，从地缘政治角度研究全球经济发展问题。另外一方面，新的专门对象被提出来，

如城市、山地、区域经济系统等。这些对象是以环境或区域的综合形式表现的，它们本质上是一个系统。城市地理学、山地学、海岸学、区域科学应运而生。现代地理学的综合是以新的分化形式表现出来的。类似于近代地理学分支气候学、水文学、经济地理学，现代地理学中，城市最终以一种特殊的地理现象从地理对象中分化出来，就象当年大气科学从地理学中分化出来一样，发展着自己的专门学科。不过城市从一开始就被认识为系统，因此，新的分化同时意味着综合，意味着洪堡“象物理那样”的观念和李特尔“整合性”观念的结合，城市环境中水文现象、气候现象的联系被发现并被加以细致研究，这种成果又被用于分析城市的人口分布、经济区位。现代地理学的综合以专门对象为基础，是对近代地理学分支学科内容的综合。车轮转了一周，没有回到原点，地理科学没有回到古代地理学作为知识汇编学科的位置上。

现代地理学以综合为主，但它并没有抛弃气候学、地貌学、经济地理学等经典学科，相反是以综合的原则给它们注入了新的精神，这就是两个问题：l）以 PRED 问题为中心，2）系统分析。气候系统、水文系统、地貌系统和区域经济系统的概念，迅速地建立起来，几乎所有学科都将 PRED 问题作为重点之一。这个过程中，近代地理学及其分支学科也就转变成为了现代地理学。PRED 与系统分析是现代地理学的标志。仅仅把现代地理学认识为综合地理学是不正确的。综合与分析共存于现代地理学。

现代地理学兴起，主要起因于社会需要，但是也与地理学本身的发展分不开。地理学长期重视整体研究，在系统理论发祥之前，地理学差不多已经发展了现代系统论的全部概念或观念，苦于没有数学工具，科学陈述和分析不能严密化从而发展迟缓。系统数学的发展和计算机的问世，为地理学分析和模拟复杂问题提供了可能，因此，地理学得到了长足的进步。五十年代以来，不断有人宣称“地理学革命”，反映了现代地理学正在完善化。现代地理学最终将建立什么体系，目前还不明确，但是 PRED 和系统分析这两个核心的存在，已经为地理学的现代发展奠定了基础。

你是在一个地理学的革命时代开始对地理科学的系统学习并且可能以此为契机进入地理学领域的。首先你必须学习必要的学科知识。在地理学科的学习中，你将开始了解地球表层系统是如何运动的，这个表层是怎样由大气圈、水圈、岩石圈、生物圈、土壤圈和你自己参与的人群圈构成。地理学从环境和区域的两个视角来观察和研究这种系统和它的过程，这种视角你需要逐步培养。

在地理学的专业训练中，你将懂得如何从复杂的地球表层现象中去找出解决问题的关键，你会从许多的理论、经验和例子的阅读中去不知不觉地形成地理思维，而分析方法训练、野外考察将进一步地把你培训成为地理学家。为了完成地理训练，你还需要学习数学、计算机、物理学、经济学等的基本知识，掌握它们的分析方法。学习是必要的，但是学习不能代替思考，在地理学的学习中，你决不可停止你的思考。

地理事物常有两个基本的特点，地域性和综合性，即它总是定义在某一地域或者说地球表层的某一部分的，它们之间发生紧密的联系并且总是以系统的形式呈现在你的面前，因而它们的运动规律与它们的相互联系密不可分。地理学就是研究地理事物的科学。地域性、综合性是你在分析地理问题时应该把握的准则，也是你观察的基本准则，在本书的学习中，我们希望能

培养你能从事地域分异分析、系统分析的初步能力，掌握初步的知识，认识环境与区域运动的基本规律。总之希望你形成初步的地理观念。景观与空间是地理学的最基本概念。最基本概念是不可定义的，如物理学中的“物质”，数学中的“集合”与“系统”，它们只能被感觉地理解。我们通常说的“地域”就是“地理表层”。空间是地域的几何抽象，我们一般把它处理为二维或三维，用以表征地理事物的相互几何位置和结构形态。景观“就是”结构化了的地理事物，它在外观上有相互可以区别的特征。由于运动规律密不可分的地理事物相互的紧密，使地理事物之间不能以任意形式共同组合在一起，它们只能形成特定的但富多样性的东西，即景观。空间与景观，我们只能在地理学的学习和研究中慢慢地感觉和理解。

这本书附了一部分思考题，它试图补偿正文叙述的不足，更主要的是促进你的思考。著名物理学家索末菲致信青年海森堡说，你必须认真地作习题，这样你才知道哪些你已经懂了，哪些你还未懂。后者后来成为了本世纪最伟大的物理学家之一。本书的材料是丰富的，许多材料是为了培养你的地理观念而添加的，如果你机械地去背诵这些材料，那将是十分不幸的事情；当然，你必须掌握基础的知识，因为思考问题需要知识。华罗庚讲学习需要先把书读厚，然后再把厚厚的书本“读薄”，你能把这本书“读薄”吗？试试看。

作者序

地理科学是一门内容广泛、分支众多并且在迅速发展的科学。经过几十年的分化和发展后，要求按新的科学视角、应用前景来撰写综合性的地理学引论教材是艰难的，特别是当我们考虑到课时限制和中国的国情时，这一任务就更富于挑战性。我们几个青年地理学工作者幸运地接受了这一挑战。

在过去的几十年内，地理学分支的发展已经形成了自己独立的体系和概念系统。在撰写综合性地理学著作时，首先碰到的是各分支学科概念的一致性问题，其次是如何从独立的体系中寻找彼此之间的有机联系。笔者在反复请教黄秉维先生、严钦尚先生后，确定了以地域分异规律、地理系统学说为基本线索，以环境和区域作为中心概念展开综合地理学体系。在此基础上，丁金宏、吴必虎、章可奇、孙胤社和笔者于 1991 年 5 月、6 月和 10 月就综合地理学的内容和本书的章节作了讨论。我们的专业分别是：丁金宏（人口地理及经济地理）、孙胤社（经济地理及数量地理）、吴必虎（人文地理）、周清波（大气物理与气候）、章可奇（地貌学及自然地理）、王铮（理论地理与遥感）。多学科作者的来源为我们完成本书提供了可能。

在我们手头，有好几本国外近年来出版的地理科学导论教材，它们的共同特点是涉及大量的科学知识，具有很大的篇幅，如果完全按照这种模式去撰写我国的教材，必然脱离我国的实际情况。我们在参考了卡列斯尼克的《简明自然地理教程》之后，确定尽可能反映地理全貌、主要问题、发展方向，注意精简正文内容，通过图表辅助说明的原则。书中附有的大量图表，它们基本上是补充性的、说明性的材料，但是，从完备科学体系和为学习者提供基本素材方面看，它们又是必要的，这也正是国外一些导论教材的特点。俗话说：千言万语不如一张图。但千错万错也常源于一张图。教师在教授本书时，对学生阅读图件给予适当指导是必不可少的。众所周知，即使国外那些大篇幅教材也未必能完好地介绍地理学的大部分内容，因此，我们在每一章后面附上了部分思考题，目的是补充正文的不足，引导学生去阅读进一步读物，同时更重要的是，试图启发学生深入思考和分析。

本书首先讲述地球系统。第二章讲述基本的地理过程，这部分内容是分支发展的结果，它们是现代综合地理的基础，又为学习后面的内容提供了必要的知识。本书第三章试图讲述地理学的普遍规律。什么是地理学普遍规律，众说纷纭。作为教材，在这里仅仅叙述了一些普遍被接受的观点，我们的一些看法并未包入，当然关于基本规律的叙述，渗入了我们的认识和模式。本书的前三章构成了本书的基础，它可以作为约 40 个课时的教材。最初我们拟仅编写这部分内容，后来在请教了黄秉维、严钦尚等学者后，我们感到了最初设想的不足，哲学的、抽象的研究不能代替实证研究，我们必须补充具体的科学内容，避免诱导学生向“吹牛家”的方向发展，而应注重培养他们坚实的善于处理具体问题的能力。本书重点放在叙述地理学基本概念、内容体系结构上，但注意到地理学的应用性，因为增加了第六章的内容。显然，地理学应用决不限于发展和规划，实际上，工程地理学等正在方兴未艾。

由于我国过去不强调知识产权问题，许多论文和书籍在引用别人的发现和创造时未注明出处。本书在引用这些材料时碰到的一个困难就是无法确定原作者，因此本书对有关材料的说明采用两种格式：“据某甲”，即有证据表明某甲是原作者；“取自某乙”，即从某乙的论文或著作中引用，作者不

能判断某乙是否为原作者。我们希望有关专家、读者对上述内容提供信息，以便再版时修正。对原作者说明错误的地方，请原作者鉴谅并提供证据以便再版时更正。

为完成本书的编写我们作了认真的努力。初稿撰写由多人完成，在初稿基础上，经王铮调整，分头开始了二稿写作，最后由王铮对二稿按共同的原则，统一风格修改、补充和重写，以保持本书的一致性和思想的连贯性。成稿后，由王铮、吴必虎、丁金宏、章可奇等共同讨论，反复修改而成为第三稿。在第三稿完成后，高等教育出版社委托北京大学地理系王恩涌教授主审了本书。参加审稿的还有中国科学院地理研究所所长郑度教授、副所长张丕远教授、华东师范大学地理系系主任许世远教授、北京师范大学地理系系主任邬翊光教授、北京大学城市与环境科学系副系主任黄润华教授、南京大学大地海洋科学系副系主任谢志仁副教授、兰州大学地理系伍光和副教授、东北师范大学地理系白光润副教授和高等教育出版社汪安祥编审。根据审稿意见，由王铮、丁金宏对本书作最后的修改。本书由王铮担任主编，吴必虎任副主编，第二稿撰写者如下：绪论，王铮，第一章，1·1 吴必虎；1·2 王铮、吴必虎；1·3 吴必虎、王铮；第二章，2·1—2·4 王铮；2·5 孙胤社、王铮；2·6 吴必虎；2·7、2·8 吴必虎、王铮；第三章，3·1—3·4 王铮；3·5 王铮、吴必虎；第四章，4·1—4.5 王铮；4·6 胡大鹏、刘岩；4·7 周清波；第五章，5·1、5·2，5·5，5·6 王铮；5·3 孙胤社；5·4 王铮、孙胤社；第六章，6·1 丁金宏、孙胤社、刘岩；6·2，6·3 丁金宏；6·4 王铮。提供初稿的还有赵荣、耿侃、余素明同志。书末的索引由刘历完成。

本书的写作过程中，作者请教了黄秉维先生、严钦尚先生、左大康先生。华东师大许世远教授、张超教授、刘树人教授，中国科学院地理所张丕远教授、陈建绥编审，都为本书的写作提供了指导，高等教育出版社黎勇奇副编审一直关心和帮助本书的写作，华东师范大学地理系为本教材的完成提供了许多支持。刘历、刘小玲帮助整理部分稿件和设计了部分图件，在此一并致谢。

王铮

1992 年 8 月 31 日于中关村

序

分工愈细，综合愈重要。中国科学院在 50 年代就已提出这一见解，用常识就可以判断这是有普遍意义的见解。

钱学森教授提出地理建设的概念，实际上也就是分工愈细，综合愈重要的概念。他着眼于对人类生存与发展息息相关的地球表层，着眼于中长期的建设。这是他在几十年间参与建立跨学科科学及解决重大建设问题中经过深思熟虑所孕育的真知灼见，代表着客观存在于许多人心目中的要求；但只有他进一步地考虑到不但有需要，而且有可能为此而建立一门综合性的科学。

从 60 年代起，有不少人研究大气中“温室气体”浓度不断增大并引致温度增高的问题，至 80 年代才逐渐认识到要解决这一问题必须综合研究物理的、化学的与生物的自然过程。由于社会公众和许多国家政府的重视，研究工作得到雄厚的资助，在综合的指导下分头进行，获得了迅速发展，至 80 年代后期，在分析基础上的综合已建立所谓地球系统科学的倡议，将全球自然过程的各个侧面融为一体，实际工作已涉及对人类社会的影响与所应采取的对策，人文科学的对象亦被囊括在内。在原则上，与钱老创见殊途同归。所不同的只在于钱老所针对的是地球表层的建设，而地球系统科学只集注于全球温室气体增暖一个问题。

从上述两则事实来看，以地球表层为对象，在综合指导下分析，又在分析基础上综合，是一个非常重要的研究领域。在传统的科学中，地理学与此最相近似。近代地理学自 19 世纪中期奠立以来，曾经有过好些不同的定义，但都没有否定其主旨是研究作为人类居所的地球表面，即地球表层。不过从 20 年代起，科学研究加速向纵深发展，分工愈细，综合虽愈重要，难度亦愈大，地理学界中，能掌握自然界各个侧面的已日趋寥落；企图驾驭自然与人文两方面的论著则往往流于空疏浮浅，见重于学术界的尤为罕见。我于 1930 年进入大学地理学系，此前一年，D.－Johnson，美国地理学家协会主席，任期届满，循例发表主席演词，题为《地理学前瞻》，长达 70 页，历述各国地理学在学术界中处境艰难，探讨如何能兼有博与深的对策。自此以后，复兴迹象未见，而第二次世界大战遽起，很多地理学家在参与战时工作之中，深切地体会到传统地理学的弱点，在战后亟谋更张。有人称战后地理学为现代地理学。英国是现代地理学发展比较好的国家之一，其主要趋势是各分支发展较快，偏重深入提高，离心倾向日益增强，危及地理学作为一门科学的存在，直至近十多年间，才出现为数有限的综合性著作。不少地理学家忧心忡忡，但亦有少数地理学家认为此乃情势之常，不足为虑。分支茁壮发展，终将为综合工作奠定基础。我同意后一观点，却不赞成坐待观成，而主张积极地探索综合的途径，不但可以避免水已到而渠未通，更可促进各分支的茁壮成长。

实现钱老的倡议，建立与健全地球系统科学，有赖于许多有关科学的通力协作，但地理学界必须不辞艰苦，奋力攀登。中国地理界当前的弱点之一是缺少地理学通论的修养。在 30 年代及以前，德国地理学系以此作为最重要的必修课程，由资望最隆的教授担任。而在中国则由资望最浅的教师讲授，也有不设此课程，而只设自然地理学（有时亦称地学通论，其内容亦以自然地理为限）。50 年代起，中国的大学地理学系已全废除地理学通论此一课程，甚至自然地理课亦由几位教师各讲授其中一部分；近年才有少数地理学系开

始设立地理学通论。地理学界中缺少这方面的修养，自然就很难产生有综合能力的人才。局限于一个或两个分支、更看不到他们的研究对象在整个作为人类居所的地球表层中居于何等地位。不弥补这一缺点，地理学者都坐井观天，离心倾向愈强，凝聚力愈弱，地理学要由混合物上升为化合物的阻力亦愈大。实现钱老的希望虽然为理势之所必至，时间上却要延滞许多。王铮同志等广征博引，编著此书，正符合当前的需要。如果以此为开端，能使有较多的学者有共同语言，至少可使一部分地理工作者从事综合的与研究各分支的逐渐形成指臂相使的队伍，更好地朝所悬的目的前进。凡事都是“作始难”、“作始简”，不可能一蹴而就。改进提高寄希望于作者与读者的共同努力。

黄秉维

1993.2

地理科学导论

第一章　地球系统

地理科学研究地球表层内的各地理圈层组成的系统。这一系统处于来自地球外部环境和地球内部环境的共同作用之下。何谓地球外部环境？地球首先是太阳系中的一颗行星。太阳系，乃至宇宙是它的外部环境，或天然环境。而所谓地球内部环境是指地球表层受到地壳内部各种过程的影响。地球的构造系统中，地球表层系统不过是它的一个子系统。这个子系统，涉及到大气圈、岩石圈、水圈、生物圈、人群圈，因此在物理意义上显得特别复杂，各圈层的相互作用，成为这一系统演化的内部动力。

第一节　行星地球

1.1.1 太阳与地球

我们生活的地球，是太阳系中的一颗行星，地球绕太阳公转，并且绕自己的轴自转。地球不是严格的正球体，它是一个旋转的椭球体，长半轴长6378.140km，短半轴长 6356.755km，扁率很小，约为 1/298.25，接近正球，习惯取地球半径为 6371km。它的平均密度为 5.5g/cm^3，质量为 5．976×10^{21}吨。

图 1.1.1 我们的太阳

日全食时日冕的形状十分不规则（Hal Observatory）

对地球影响最大的天体是太阳。太阳的形状是一巨大的光球，但如果把日冕也作为它的一部分，太阳则呈星云状，孤悬于太空之内，或圆形或椭圆形，边缘呈刷毛状。在日食时，这种形状最清楚。太阳表面平均温度高达 5497℃，其能量总输出达 3.86×10^{26}J/s，合 5×10^{23}马力。 太阳的磁场强度平均大于地球磁场 100 倍，其中最强部分大于地球 20 万倍，因此它的变化对地球磁场的变化有影响。太阳距地球约 1.5 亿公里（一个天文单位），并不太远，因此太阳辐射出的热量，到达地球一般只需约 8.3 分钟。当太阳的辐射热垂直到达大气层上部，日地又处于日地平均距离时，其能量约为 1.97carl/（cm^2·min），常称作太阳常数，但其中有 1/3 被大气吸收或反射，即只有 1.4carl/cm^2·min 到达地面。这些能量维持地球上一切生物的生存。

太阳光球是太阳的视表面，它是一个完整的球面。由光球辐射进入太空的光波，有可见光（波长 0.4—0.7 微米）和不可见光（波长小于 0.4 或大于 0.7 微米）两种。在太阳光球表面温度较低的地方（温度较光球低 1000℃），由于明亮光球的反衬，显得暗黑，这些暗黑的斑点称为太阳黑子。当黑子周围光球温度也变低时，黑子则演化为耀斑，耀斑会发射强大的光波；在太阳黑子所在的地方，正是太阳出现磁暴所在地。黑子的出现具有周期性，通常为 11 年。

图 1.1.2 太阳系

太阳不仅供给地球以能量，它的一举一动都会给地球上的环境带来很大的影响。例如，耀斑的出现，使紫外线、X 射线突然增强，使地球高层大气的气体分子电离后形成的电离层受到突然骚扰，电离层的离子浓度急剧增加。电离层能反射并吸收无线电波，使短波电讯中断。1982 年 6 月 14 日（北京时间） 14 时 20 分出现的耀斑就曾使地球上的短波通讯中断几乎达 1 小

时，对人类生活造成很大影响。

图 1.1.3 竺可桢（1890—1974）

对地球上的磁场、气候变化影响最大的是太阳黑子的活动。地磁活动量与太阳黑子相对数基本上同步起伏升降。大黑子群和大耀斑都能引起磁暴。磁暴会增强地球磁场的强度，并产生电流及其附加磁场，导致地面输电线感应出较大电流，造成过载或烧毁部件的事故；导致地球上罗盘导向失灵，造成航行事故。还有人认为，太阳黑子活动还与人类某些疾病的发生与流行有关。黑子活动与气候变化有很强的相关性，这一点已被多种事实证明。竺可桢认为，黑子多的世纪，也是我国历来严冬多的世纪。德国的柯本、美国的W.亨姆费莱也认为，黑子多的年份，欧美各国气温偏低，反之偏高。而太阳活动的 11 年周期，22 年周期被认为会引起气候、地震灾害的周期活动。此外，太阳还会产生向外辐射的粒子流，它们能引起地球上生物活动的异常。

总之，我们人类生活着的地球表层是个开放的系统，与宇宙间事物有着密切的联系。

太阳系中，除了太阳之外，还有九大行星。九大行星中，按离太阳由近及远的次序为水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星。从地球上看起来，水星、金星、火星、木星、土星等五大行星比较明亮，肉眼可见，而另几颗则不易看到，需借助于天文望远镜才能看到。除九大行星外，太阳系中还有无数的小行星，目前已发现并编号的超过 2700 多颗，这些小行星大多存在于火星轨道与木星轨道之间（图 1.1.2），目前已经能够断言，除地球以外的八大行星中没有适合人类居住的环境。“只有一个地球”，爱护我们的地球环境是人类的基本义务。

1.1.2 行星地球的地理特性

作为太阳系中的行星，地球与所有的行星一样，围绕太阳作旋转运动，这种绕日运行称为地球的公转。从地球北极上空向下看，地球公转呈逆时针方向，其轨道为椭圆形，但其偏心率很小，故轨道接近正圆（图 1.1.4），这个轨道可称为黄道。地球公转的周期为一年。一年的长度依参考点的变化而变化。地球连续两次通过太阳中心与另一恒星的连线同地球轨道交点的时间间隔，为一恒星年，其长度为 365 日 6 时 9 分 9.7 秒，这是地球公转的真正周期；若以春分点为参考点，则称为回归年。所谓春分点是指在天球上太阳一年一度经过的黄道与天赤道的升交点，它每年要向西（顺时针）移动一定距离，称为进动，所以回归年比恒星年短 20 分 24 秒。回归年与季节的变化密切相关。

地球公转有重要的地理意义，地球上的季节变化就是由于公转引起的，季节变化的原因是由于地球倾斜着围绕太阳旋转。地球公转轨道所在的平面为黄道面，地球的赤道面与黄道面存在约 23.5° 的夹角，即地轴倾斜 23.5°（见图 1.1.4）。在夏至点附近，地球北半球倾向太阳，遥远的太阳光平行地射到地球上，使北半球得到更多的热量，北极圈内出现“日不落”的极昼现象，北半球为夏季。南半球则出现相反情况，经历冬季，南极圈内出现极夜。在冬至点附近，南半球朝向太阳，出现相反的情况。在春分、秋分的位置，赤道正对太阳，不同的纬度经历同样的日照时间，图 1.1.4 地球公转

运动图 1．1．5 说明了不同纬度全年日照变化，由此形地轴与黄道面法线有23.5 度夹角成了地球上的季节变化。显然，低纬度的气温的季节性变化是不明显的。极昼和极夜出现在南北纬 66.5°以上的区域，这是因为地轴倾斜造成的。当地轴倾角有所变化时，地球上各纬度得到的太阳辐射分布也将发生变化，必然引起地球环境的改变。

地球不仅有公转，而且还有自转，自转象公转一样，具有重要的地理意义。地球的自转周期为日，自转一周的时间约为 23 时 56 分 4 秒，人们采用24 小时来规定日的长短，是出于使用 的方便。为了补偿这种误差，规定了“闰年制”。

为了描述太阳与地球的相对运动，定义了天球坐标系，如图 1.1.6 所示。天球坐标系以地心为原点。由于春分点在天赤道上有进动，太阳一个回归运动的时间短于恒星年。前面提到的“黄道”，准确地说是地球公转轨道在这个天球坐标系上的投影。

地球的自转引起的各种效应对人类生活和其他自然现象具有深刻影响。首先它引起日夜更替，太阳只能照射地球的一半，表现为白昼，另一半则为黑夜。这一变化引起许多现象的日周期变化。

第二，地球自转使全球不同经度上具有不同的时间，由于在地球上看起来太阳是从东向西运行的（因为地球自转从西向东运行），因此地球上某点的时间比其西边的某点要早些。为了便于交流，人们规定了不同的时区，以协调这种关系，在中学教材中包含的时区内容，我们已经熟悉。

第三，地球自转使气流和水流的路径发生固定的偏转，这种偏转效应在全球风系和洋流系统中都有明显反映。这种偏转力称为科里奥利力（Coriolisforce），用 F_c 表示。F_c 是地球上质量为 m 的物体在地球自转角速度ω和它自身运动线速度 v 的共同作用下产生的一种惯性力，其大小与纬度有关：

$$F_c = -2m v \omega \sin\phi \quad (1)$$

图 1.1.6 天球坐标系

其中φ为纬度，v 为物体运动速度，ω为地球自转的角速度，m 为物体质量，由式（1）知 F_c 的方向在北半球向右偏，在南半球向左偏。

科里奥利力对地球表层运动有重要意义。地球的大气运动，因此变得更为复杂；在海洋中，产生了洋流偏转。地理环境的发展演化也与科里奥利力密不可分。例如许世远等（1985）发现，由于科里奥利力的作用使长江口水道不断南偏，出现长江口北岸沙岛并岸，南岸平行淤长，在泥沙的充分供应下，发育了广阔的长江三角洲（图 1.1.7）。

潮汐是地球上另一种由于天文原因产生的自然现象，海水每天有规律涨落，称为潮汐。潮汐涨落前后相连的高低水位差称为潮差。相连两次高潮位或低潮位时间称为潮周期。潮汐主要起因于月球对地球的作用。根据万有引力定律，月球对地球表面的水质点将产生引力，引力的方向指向月球中心，引力大小为

$$F_p = G\frac{M \times 1}{R_2} \quad (2)$$

式中 R 为月球中心到某一单位水质点的距离，M 为月球的质量，G 为引力系数。图 1.1.8

从 a—d，长江口左岸不断发育沙洲、沙坝，由于河道右偏，北支水道不断淤塞，沙坝（岛）并岸，使三角洲不断得到发展

图 1.1.7 长江三角洲发育模式（据许世远等简化，1985）

中细实线为月球引力。与此同时，由于地球和月球还围绕两者公共质心 K 公转（由于地球比月球大，K 点位于地－月中心线上，距地心为 0.73 倍地球半径），地球上的水质点还受到离心力的作用。由于公转时所有的质点均以相同的半径和相同的速度作圆周运动，故离心力的大小和方向都是一致的，如图 1.1.8 中虚线所示。这一离心力与月球对地心 E 点单位质点的引力大小相等，方向相反，其大小为

$$F_E = G\frac{M \times 1}{D^2} \quad (3)$$

式中 D 为地球与月球之间的距离，其余符号同前。

F_C 与 F_E 的合力即为引潮力，如图 1.1.8 中粗实线所示。在地球上的各个地方，除地心 E 点引力和离心力相互抵消之外，其余各处都有大小不等、方向不同的引潮力，上述潮汐成因说，称为静力潮汐论。

静力引潮汐论假定地球表面全部为海水所包围，在引潮力的作用下，海水表面将形成椭球曲面形式的平衡面，如图 1.1.8 中点线所示。当引潮力背向地球方向时，海水向上运动，水位上涨；当引潮力指向地球中心时，海水向下运动，水位下降，形成潮汐现象。图中 B、D 两点相当于涨潮的高潮位，A、C 两点相当于落潮的低潮位。当然，宇宙中的其他天体（如太阳和其它星球）对地球上的水质点也会产生引潮力，但它们不是质量太小就是距地球太远，都不及月球带来的引潮力大，所以决定地球上潮汐变化的主要动力是来自月球的引潮力。静力潮汐论为潮汐理论打下了基础，能解释潮汐的一般现象，但是，它在理论上仍有较大的缺点，还不能解释实际中所发生的许多特殊的潮汐现象。

引潮力是由于天体与地球的相对运动来决定的，由于这种运动具有周期性，因此，潮汐变化也具有周期性，它的周期性变化有：日周期变化和半月周期变化等。由潮汐成因可知，地球各地在一个太阴日即 24 小时 50 分之内的涨落潮周期是不一致的，由此可将潮汐分为三种类型。即（1）半日潮。在一个太阴日内，发生二次高潮和二次低潮，相邻两次高潮或两次低潮的高度几乎相等，涨潮历时和落潮历时几乎相等（6 小时 12·5 分）。（2）混合潮。一个太阴日内发生的两次高潮或低潮的高度相差很大，涨落潮历时也不相等。较高的一次高潮叫高高潮，较低的一次高潮叫低高潮，较低的一次低潮叫低低潮，较高的一次低潮叫高低潮。（3）全日潮。在一个太阴日内，只出现一次高潮和一次低潮，潮位曲线为对称的余弦曲线，如图 1.1.9。潮汐半周期的变化起因于太阳、月球和地球的位置，当三者位于同一直线时引潮力加强，产生大潮，当日地连线与月地连线相垂直时，产生小潮。每月有两次这样的机会，因此产生了半月周期。此外由于天体运动的复杂性，潮汐还有月周期、年周期、8.85 年周期和 18.61 年的长周期等变化。

图 1.1.9 潮汐的类型（据 Dafant）

图 1.1.8 月球的引潮力

地球天文运动的最主要后果可能是天文气候带（也称温度带）的产生。由于地球是球形的，平行入射到地球上的一束太阳能量，在高纬度散布在更

大的面积上，即单位面积得到的能量低于低纬度的。能量入射的差异控制了地球表层的运动，因此形成了“ 天文气候带 ”。天文气候带由赤道带、热带、中纬度带、寒带和极地带组成。

赤道带位于赤道两边大约到北纬 10 度和南纬 10 度之间的地区，该带内的太阳的日照全年都很强烈，而白天和黑夜的时间大致相等。北回归线与赤道带之间是北热带，南回归线与赤道带之间是南热带，它们分别跨北纬 10—25 度的纬度带和南纬 10—25 度的纬度带。在这带中，太阳在某一至点时接近天顶，而太阳在另一至点时日照明显地减少。因此，存在一个明显的季节的周期，并伴随着有一个大的全年总日照。传统上热带这一词已广泛用来表示南北回归线之间 47 度纬度内的整个带。可能在许多字典中查到热带的这种定义。但是现代地理科学已经修改了这种定义，以适应新的发展。

热带向极地方向接着的过渡区一般称作亚热带，为了方便起见，人们指定这些带是北纬和南纬 20—35 度的纬度带，但要注意，“ 亚热带的 ”这个形容词用以描写向极地或赤道方向扩展几个纬度内出现的现象。

中纬度带也称温带，它处于北纬和南纬 35—55 度之间，在这一带内太阳的入射角的移动有一个相对较大的范围，因此日照的季节差异是明显的。与热带相比，在白天和夜间时间上有明显季节性差异。

向极地一侧紧接中纬度带的是北纬和南纬 55—60 度之间的寒带（或亚极地带），它是中纬度带和极地带之间的过渡带。

越过北纬和南纬 66.5 度的北极圈和南极圈是极地带，北半球的称为北极地带，南半球的称为南极地带。

我们特别规定了极地带的纬度范围是北纬和南纬 60—75 度，但是这些界线并不是不可改变的。极地带在白天和夜间的长短方面有着很大的年变化，这是二至点之间日照有着很大的不同而产生的。

北极带和南极带是纬度 75 度和极点之间的圆形地区，由于黄赤交角为 23.5 度，这里 6 个月的白天和 6 个月夜间的极地变律是很明显的，同时产生日照的季节性差异的极限。

1.1.3 地球定位系统

地球是球体，人类为交流需要而设计的定位系统，也就具有球面上的特征。这套定位系统首先是由地球的自转决定的，自转轴与球面的交点称为两极，分别称为南极和北极。极点以外的任何一点都随着地球旋转而运动，旋转一周形成一个整圆，即纬圈。沿纬线的方向是正东或正西方向。通过两极点的半圆称为经圈，通过地面上任何一点都可以作出一经圈。沿经线方向是正南或正北方向。纬线和经线共同构成地理经纬网，这个网络系统对我们来说非常重要，称之为地理坐标。为了精确地给出某点的坐标，经纬线需用某种数学方法表示其位置，纬线是用赤道向两极方向的角距离来表示的，在赤道上为 0 度，在北极（或南极）为 90 度。经线是以通过英国伦敦附近的格林尼治皇家天文台旧址的一根经线为准线，向东或向西的角距离来测定的，它的最大值为 180 度，有了经度和纬度，我们就可以为任何一个地球表层上的点定位。

经纬网定位方法是一种科学定位方法，在漫长的历史时期，人们还用地名来定位。地名定位虽然没有经纬网定位精确，但却更具有直观、易记的特

点。一般地，地名可分为地理事物名称和人群聚落名称两大类。前者如太平洋、东海、黄河、太湖等；后者如俄罗斯、上海市、陆良县、吴滩乡等。一个地名一般由专名和通名两部分组成，如海、山、河、省、市、县、乡等是通名，其前的称呼为专名。地名常常是演化的，它常常反映环境的变化、文化的过程和发展以及其他政治、历史因素。如“睦南关”改名“友谊关”等。关于地名的研究，兴起了所谓的地名学，它与地理科学有一定的联系。

第二节　地球的构造

上一节我们讨论了人类生活的地球表层之外的宇宙环境。除此之外，我们人类还受到岩石圈及其之下部分地球内部构造特点的影响。对这一范围的研究，构成了地质学和地球物理学的内容。

1.2.1 地球的结构

人们通过研究地震、火山活动等自然现象，初步了解了地球的内部构造。透过地球内部传播的地震波表明，地球的内核是固态物质，其外为液态的外核所环绕。地核中的这两部分可能主要是由铁和镍组成，温度都超过 4000℃以上，由于地球是旋转着的，因此液态的外核也在运动，人们认为这一运动是造成地球磁场的原因（图 1．2．1）。

地球磁场在地球上形成了南磁极和北磁极，磁极与地球极点并不重合，因此产生了磁偏角。在地史时期，地球的磁极是游移的，有时甚至出现磁极方向倒转，利用沉积物中铁介质记录的古地磁极位置研究环境的演化，是地质学和地理学的一种常见方法。

图 1.2.1 地球的结构

地核以上的部分为地幔，地幔的内壳是较厚的固体物质，外壳较薄，其最外层呈潜柔状态。地幔的外部主要由固体岩石组成，仅有一小部分为液态，就是因为有这一小部分软柔物质的存在，使地幔在一定压力下发生变形。

地幔又分为上地幔与下地幔，地下 410—1000㎞ 是上下地幔的过渡区。与地核、地幔相比，地壳的厚度是很薄的，其厚度在洋底仅达 5—10㎞，陆壳的平均深度为 35㎞，在高山地区可达 100㎞。地壳与地幔的界面称莫霍面。莫霍的名称是为了纪念它的发现者南斯拉夫科学家莫霍洛维奇。莫霍面是一个地震波传播速度不连续面，地震波波速的不连续反映了物质力学性质不连续，因此被确定为地壳和地幔的界面。洋壳由玄武岩组成，其矿物成分与地幔的成分相似，比重达 3.3，而大陆地壳则主要由花岗岩组成，主要矿物成分为硅和铝，其比重一般为 2.8。在大陆壳下部大多存在玄武岩，但在洋底却不会出现陆壳岩石，大洋壳与大陆壳具有完全不同的性质。大洋壳年龄一般不超过 1 亿年，大陆壳要比洋壳古老，有些古老的陆核（称地盾），年龄超过了 20 亿年。地壳表面大多为沉积物所覆盖，大陆上出露的沉积岩占据了 75%的面积。

图 1.2.2 洋壳与陆壳（取自威利，1971）

（a）洋壳，其数字为地震波传播速度（b）陆壳，特别表明了切穿石圈或地

壳的深大断裂

地面以下距平均地面约 50—200㎞ 处，也存在一个地震波传播速度不连续面，称作古登堡面。古登堡发现了这一界面。古登堡面以上的部分称岩石圈。岩石圈是固态的，岩石圈比地壳更具有地质意义。岩石圈下覆的上地幔 75—175㎞ 间，有证据表明存在所谓软流层。软流层内地幔物质的运动被用于解释最基本的地质现象，如认为软流层中存在“地幔对流”，引起岩石圈板块的运动，有证据表明，莫霍面并非是横向连续的，许多岩石圈深大断裂破坏了它的连续性，沿着这些深大断裂地幔的岩浆可能上升到地壳来。

地球上大陆的地质基础并非完全一致，大陆可以划分为若干地文省（图 1.2.3），它们具有重要的地理意义。地文省主要有三种类型，即（1）古老的地盾，为古老的陆核，加拿大地盾被认为是最古老的，这些地区发育了古老的平原。（2）地台地区，为一薄层平展的较年青的沉积岩所覆盖的地块。地盾和地台区形成平原地貌，如俄罗斯平原和华北平原。（3）褶皱山系，主要由新生代、中生代和古生代构造运动所形成。喜玛拉雅山系就是新生代以来构造运动形成的最年轻的褶皱带。地台（及地盾）与褶皱山系地带有不同的矿产资源，你可能在地质学的课程中学到。大洋则主要由年轻的大洋海盆、洋脊、洋隆、岛弧、洋沟等组成。

图例：粗线，大洋脊的活动裂陷体系；细线，大洋断层；点线，洋沟；浅阴影，大陆地台；散点，大陆地盾；网格，第三纪褶皱山链；黑色，新生代火山地区

图 1.2.3 世界的主要地文省（据威利，1971）

图 1.2.4 固体地球各个水平间的面积分配（据 H.Sverdrup 等，1942）

（a）频率分配（b）累积高深曲线

全球的大陆与大洋面积并不相等，分布也不均匀，地球表层 70%以上为大洋所覆盖，三个主要大洋中的每一个都大于最大的大陆——欧亚大陆。太平洋正好占全部大洋面积的一半多一点点，它比所有大陆面积的总和还大一些，它和相邻的海一共占据了地球表面的 35.4%。大陆不均匀地分布在地球上，65%以上的陆地在北半球，陆地面积的 81%左右位于一个“陆半球”上，它以东经零度、北纬 38 度为极（位于西班牙），它包含了 47%的陆地和 53%的海洋。相反的半球即“水半球”，这个半球总面积的 11%为陆地，89%为海水包围，它的极在新西兰。图 1.2.4 是固体地球上大洋与大陆面积的分配情况。

1.2.2 板块构造

岩石圈虽然只是薄薄的一层，但它上面发生的构造运动却最为人们深切地感受到。在大洋的中脊，地幔物质上升使其向两侧推移，形成所谓的洋底扩张作用。扩张的洋底岩石到达大陆架时，因其密度较大，将插入大陆壳下部向下俯冲。这种俯冲下沉的岩石逐渐被周围的软流层加热软化，一部分回复为软流层，而另有一部分熔成岩浆，并因其比周围物质轻而趋于穿过上

块状图把岩石圈、软流圈和中圈的轮廓和作用示意地表示在新全球构造的图式里。在图中，岩石圈（强度层）起关键作用。岩石圈中的箭头表示相邻块体的相对运动。软流圈中的箭头代表响应岩石圈段向下运动的可能补偿

性流动。一个弧对孤转换断层见于左侧面向相反的敛合带（岛孤）之间，两个脊对脊转换断层见于图中沿大洋脊一带，右侧为简单的孤结构

图 1.2.5 板块的相对运动（据伊萨克斯等，1968）

覆的大陆壳而上升，并形成沿俯冲带的海沟附近的火山（图 1.2.5）。只要注意一下便会发现，地球上的俯冲带、海沟、地震和火山活动带，实际上是沿某些线分布的。在这些线之间的地球表面，大部分是平静而稳定的地区，没有什么重大的岩石圈运动。所以，可以看出，岩石圈是由一些固体的稳定的板块（plate）组成的，例如，中国东部就是太平洋板块和欧亚板块的交接处，其东面的太平洋岛屿（日本和菲律宾）地区，火山地震活动十分频繁。在全球一共可以识别出十三个较大的板块（图 1.2.6），在板块消失的地方，可能出现板块的挤压，从而使大陆板块抬升褶皱，形成巨大的山系与高原。我国喜玛拉雅山及青藏高原是最年轻的大陆板块碰撞褶皱地带，约 7000 万年以来，它从海洋变成了世界的第三极，目前还在上升之中。

板块运动引起了大陆的漂移。奥地利地理学家、气候学家魏格纳最早发现了大陆漂移的现象。魏格纳认为距今约 2 亿 4 千万年的晚石炭纪时存在单一的“ 泛大陆 ”，后来这一大陆分裂漂移，形成了今天的局面。最初学者们根据冰川沉积、沙漠物质及风向、盐类沉积、煤沉积、古珊瑚礁以及大地测量学、地质学、地球物理学的证据，论证了大陆漂移，但遭到了一些著名学者的反对，反对者的一部分理由认为漂移缺少力源。由于缺乏新的证据而使人们对大陆漂移动摇起来，魏格纳本人也在北极地区探险中献身。20 世纪 50 年代人们陆续发现古地磁证据有利于大陆漂移学说。60 年代许多海洋地质学家、地球物理学家发现大洋沉积物比原来假定的少得多，大西洋中脊平行于大西洋边界，而且它的两侧沉积物年龄、古磁场极性转向记录是对称的， 图 1.2.6 世界的板块构造（多种来源）

图 1.2.7 魏格纳（奥地利，1880-1930）

图 1.2.8 重建的漂移前的大陆（据赫尔利和兰德，1969）

轻阴影，下伏岩石的表相年龄在 800-1700 百万年间；较重阴影示表相年龄>1700 百万年的地区。看来有两个（或一个）为较新岩石切载和完全包围的较老岩石中心区，说明在最后的大漂移幕以前，大陆核心没有发生过比较重要的分裂或分散。

由此赫斯和迪茨提出了海底扩张学说，并把它作为大陆飘移的原因。海底扩张学说得到了地球物理和深海钻探证据的多方证实，因此被普遍接受，从而发展起了板块学说。板块学说的提出，被称为本世纪地球科学最伟大的革命。

1.2.3 岩石与构造

地球岩石圈是由岩石构成的，岩石可以分为三大类，即火成岩，沉积岩和变质岩。火成岩

图 1.2.9（a）火成岩的形成过程（据威利，1971）

图 1.2.9（b）沉积岩的形成过程（据威利，1971）

是最主要的岩石，但是沉积层覆盖了地球（大陆）表面约 70%的面积。火成岩是从熔融状态的岩浆凝固所形成的岩石，主要由地幔的岩浆沿深大断裂上升凝结而成。沉积岩是由各种早已存在的岩石经过化学分解和机械破裂

产生的各种物质所组成。这些物质最终被流水携至海底等低洼处沉积成层状，并受上覆层重量的下压，硬化成致密的岩石。变质岩是早先存在的各种岩石被下降板块拖到地壳深处时受到围压、揉搓、加温而形成，也可能受构造运动挤压，上升的岩浆烘烤，并发生化学反应、物理化学变化而形成。图 1.2.9 是岩石形成过程示意图，可以细致地了解岩石的形成。

三大类岩石中的任何一种在高温下均能熔融成岩浆，并导致产生新一代的火成岩。另一方面，所有这三类岩石均能到达地表，在地表上破碎成沉积物并导致沉积岩的产生。沉积岩也能转化为变质岩，或者熔融成岩浆并形成新的火成岩。类似地，沉积岩还能成为另外的沉积物和另外的沉积岩的来源。火成岩假如碰到如大陆碰撞时所产生的高压及强烈变形应力的环境，便可能转化为变质岩。上述关系构成了岩石物质变化的循环体系。在地球表层系统中，这样的转化现象是经常的、必然的。图 1.2.9（d）简化地表述了三种岩石的转化机制。表 1.2.1 给出了三类岩石的主要类型和代表性矿物。

图 1.2.9（c）变质岩的形成过程（据威利， 1971）

由于地壳运动，使得地壳的结构处于不断变化之中。总体上讲，地壳运动都是十分缓慢的，必须用地质年代表衡量，你可以在任何一本初等地质学教材中查到地质年代表作为参考。

岩石圈不仅存在大尺度的板块运动，而且由于构成岩石圈的岩石或地层受到地应力的作用（这种地应力起源于地幔作用和板块运动），还会使岩石圈发生力学变形，形成各种地质构造。构造形态可能表现为褶皱和断裂，当断裂两侧的岩层有位移时称断层。褶皱和断裂对地貌发育、资源分布等都很有影响。例如，一些岩浆沿断裂上升到岩石圈中，在地下不同温度处结晶成不同矿物，形成矿产资源。关于地质学或岩石圈丰富的内容，我们将在地质学课程中学习，或者参考有关地质学著作。在后面，我们将会看到地质构造对地貌发育具有重要的意义。

图 1.2.9(d)三种岩石的转化过程

图 1.2.10 断层与褶皱

表 1.2.1 类岩石的基本类型及代表性矿物

岩石		代表性矿物	
		不含水的	水化的和碳酸盐化的
上地幔来源	橄榄岩	橄榄石	闪石
	榴辉岩	辉石	金云母
		石榴子石	斜硅镁石
		尖晶石	
火成岩	橄榄岩橄榄石闪石		
	辉长岩	辉石	黑云母
	闪长岩	长石	白云母
	花岗岩	石英	
沉积岩	砂岩	石英	高岭土
	长石砂岩	长石	粘土矿物
	杂砂岩	盐类	绿泥石
	页岩		碳酸盐类
	石灰岩		盐类
	蒸发岩		
变质岩	片岩	石英	白云母
	片麻岩	长石	绿泥石
大理岩	石榴子石	蛇纹石	
		辉石	黑云母
		铝硅酸盐类	绿帘石
		堇青石	十字石
			角闪石

第三节　地球表层

1.3.1 地球表层圈层

地球表层是指由大气圈、生物圈、人群圈、土壤圈、水圈和岩石圈等六大圈层基本上自上而下但又相互嵌合形成的地球圈层。人群圈有时也被称为智慧圈、文化圈、人类圈。人群圈的提法强调了人类形成的具有非生物学意义上的社会群体的地理学或地球科学意义，只有群体的人才能对地球发生有效的作用。地球表层是地理科学所研究的主要对象。地球表层是一个开放的复杂巨系统。因为这一圈层不仅与太阳、月球等宇宙环境有密切联系，也与地壳以下的地球内部环境有着千丝万缕的关联，例如，地球表层一方面接受从地球以外传来的光和其他各种波长的电磁波，另一方面又从地球表层辐射红外线，进行能量交换；又如，天体运动对地球产生引力，宇宙向地球发射高能粒子、尘埃粒子，而高层大气也有分子向外逸出。说它是巨系统，是指它的子系统非常之多，地球表层系统的空间范围，可以不严格地约定为上至

对流层上层（极地上空 8 公里，赤道上空约 17 公里，平均 10 公里），下至岩石圈上部（陆地下约 5—6 公里，海洋下平均 4 公里），但这种定义是不严格的，实际上它是由六大圈层相互作用涉及到的空间范围确定的，这个空间范围因作用不同，时间、地点有差异，是动态的、模糊的。在地球表层系统内部又有多种时间尺度的运动，有地理意义的地球表层系统有这样数量庞大、种类繁多的子系统，不能不是异常复杂的。

图 1.3.1 地球表层系统（据 NRC 修改）

地球表层系统中的第一级子系统就是六大圈层，其中人群圈子系统特别独特于外，因为它是一个社会系统，其余五大圈层属于自然系统。这些一级子系统永远处于相互作用之中。

大气圈的结构从地面到上空可以分为对流层（troposhpere）、对流层顶（tropopause）、平流层（stratosphere）、电离层、散逸层等几层。每层大气的化学组成有所不同。最下层的对流层包括地球上空主要的云系，水蒸汽和二氧化碳的含量也占较大的比例。其外的平流层空气较稀薄，所含的水蒸汽和二氧化碳也较少，但平流层的臭氧层却非常重要。平流层之外的电离层吸收了大量的太阳辐射，因此温度最高，向地面方向逐渐变低。对对流层来说，直接吸收太阳辐射的热量并不多，主要是从地面辐射吸收热量，这是因为对流层中的水蒸汽和二氧化碳对地面的红外辐射有较强的吸收能力。因此，对流层的受热过程是从下到上，所以其温度也是从地面向上逐渐降低。

由于地球赤道地区和极地地区的热量差异，地表大气将发生大气环流。在理想条件下，大气从赤道地区受热上升，流向极地后受冷下沉，并从极地补充流向赤道。但除了热力分异外，大气环流还受到其他许多因素的影响。首先，极地地区的面积要大大小于赤道地区的面积，也就是说，从热带来的热空气只有一小部分能够为极地所接纳，而大部分空气只能在低纬度地区循环（图 1.3.3）。另外，由于科里奥利力的作用，使北半球的风向右偏，南半球的风向左偏，尤其是在中纬度地区，这种影响更为显著，并产生了高空急流。

图 1.3.2 大气垂直分层结构、各层热力状态不同（多种来源）

图 1.3.3 全球大气循环示意图（据 A. Miller）

（该图可显示大气垂直变化和水平变化）

地球表层岩石圈的分布呈不均匀状态，在欧亚大陆、非洲、南北美洲和南极洲等陆地地区，岩石圈的厚度要大于太平洋、印度洋、大西洋和北冰洋等海洋洋底的岩石圈的厚度。大陆之间的海洋占据地球表面积 70%以上，水量占全球 96.5%，是地球水圈的主要组成部分。与海洋相比，地表中的河流、湖泊、沼泽、冰川等水体仅占其中一小部分，然而这部分水量最为活跃，与人类的关系最为密切，具有突出的地理意义。如河流为我们提供淡水资源、水力资源、改造地貌环境等。实际上，大气中的汽态水和地表之下的地下水，也以参与地球表层水循环的形式，对各圈层产生相互间的影响。

与大气、岩石和水圈不同的是土壤与植被、动物的分布，与有机过程有着更为密切的联系。土壤是由物理、化学和生物过程将矿物和有机成分组合成的某种层状的混合物。土壤的形成包括三个相对独立的过程，即（1）土壤母质的破碎（风化）；（2）动植物的腐化和混合；（3）土壤物质组合成土壤层。上述三个过程不同情况的系列组合，产生了不同的土壤剖面。现代科

学已发现，岩石圈、大气圈和水圈对土壤的形成有直接的影响，它们分别从母质、生物和化学过程等方面对土壤过程产生作用。土壤的形成离不开生物，尤其是植物的参与，实际上二者构成了密切的土壤-植物系统，在这个系统中，物质、能量的交换与循环周而复始，生生不息。例如，植物通过光合作用产生植物体，这一过程要从土壤中吸收营养元素。成熟的植物总有一部分还原土壤，被微生物分解，成为下一代植物的营养源。土壤中的养分，还可以从周围的岩石、水、人为施肥等形式得到补充。具体来说，土壤-植物系统的养分可有五种途径，实现输入和输出，即（1）矿物风化的输入，（2）大气中的养分输入，（3）淋溶作用的输出，（4）由动植物引起的养分循环，（5）容易为植物所利用的养分物质在土壤中的储存。地球表层中，各圈层之间有密切的联系，存在着强烈的相互作用，其中人群圈对其他圈层的干扰和改变，已引起注目的 PRED[①]问题。目前最为热门的话题是人类活动排放 CO2 和破坏大气臭氧层，可能引起全球性的灾难性的变化，而这又反过来引起粮食生产下降，影响经济持续发展。

1.3.2 环境与区域

地球的圈层之间，存在着经常性的、复杂的、不可忽视的相互作用。这种相互作用使地球表层的许多事物相互联系，产生了新的运动规律。

首先，我们观察一下人群圈之外的圈层的相互作用，大洋中的洋流是说明这种相互作用的极好例子。海洋由于吸收太阳辐射，成为大气的热源。大气在海洋与陆地下垫面作用下加热（大气一般不能直接吸收太阳的辐射，因为太阳辐射以短波辐射为主，大气分子难以吸收这些波段的辐射），形成了大气环流。大气环流的行星风带拖曳了海水，大洋海水随行星风运动，受科里奥利力作用，不断发生偏转（北半球右偏，南半球左偏），洋流流到大陆架附近，受岩石圈阻力作用，发生转向。由于地球上不同纬度得到的热量不一样，低纬度海水温度较高。在高纬地区，冰雪又加大反射率使海水得到的热量更少，由此造成的高低纬的温差被认为是大洋环流的原因。从低纬流向高纬的洋流为暖流，相反方向的洋流为寒流（图 1.3.4）。

洋流的形成始因于海陆分布温度和风，而洋流又反过来影响到沿途各地的气候。冷暖洋流的分布，直接决定了向对流层下部输入的热量的多少。例如，由北太平洋海水洋流系统（北赤道流）分出的黑潮，具有高温、高盐性质，不仅对中国近海的海水理化性质、海洋生物等有深刻影响，还给中国的气候打上深刻的烙印。夏季东南风从其上空经过，湿度增加使中国东部沿海地区的降水增加。洋流对气候的影响在欧洲和南美、澳大利亚西部等地也有明显反映。

第二，我们分析一下人群圈和其他圈层的相互作用。可从两方面来讲，一方面，各圈层对人群都有不同层次、不同方式的作用，这里我们以气候对人类的影响为例。地球上有面积很大的干热气候地区，在这些地区的干热环境下，人类的活动受到移动沙丘、爆发性洪水和供水等方面的严重限制性影响。对于生活在沙漠地带的人类生存来说，找到长期、可用的水资源，是个

[①] PRED 是英文 Population，Resource，Environment，Development 的缩写，意为人口、资源、环境、发展。——编者注

非常艰巨的任务。从其他地方把水输送到沙漠地区并非是件容易的事，尽管有不少地方，滚滚巨川流经沙漠地带（如科罗拉多河、尼罗河等），使沿途地区有可能依靠引水工程以供使用，但这些毕竟仅能供面积很小的地区使用，因此，我们只能靠开采地下水来解决这个问题。如何在沙漠地区发现水，也是一个复杂的工程问题，并且即使找到了水，还有可能是含盐度太高而需淡化的咸水，这些地下水一般是第四纪气候湿润时期的产物，总水量非常有限。

图 1.3.4 全球洋流示意图（多种来源）（该图可与图 1.3.3 相比较）

在寒冷地区，人们同样也受到地球表层的限制作用，在永冻层所在地区，地面看上去非常坚硬，但建筑在其上的房子受暖后，使地基融解，造成建筑物倒塌。修建在这些地区的公路受到汽车辗压亦会发生翻浆现象，对此人们几乎无法预防。冻土地区还会带来其他一些问题，例如，一般的排污管和自来水管、输电线、电话线等，都无法埋在地下，否则就会发生季节性热融破裂、折断。因此人们不得不将这些管道线架设在地面上的保暖管道内。

但人类与地球表层的关系并不完全是被动的，人对其他圈层的主动作用才使人类的文明水平不断提高，例如在沿海地区，海岸带在各种自然力的作用下处于不断的变化过程中。当人类生活在这一地区时，为了使海岸带动力过程有利于自己的生存，就会对海岸运动施加干扰，如种植防冲刷的植物，建筑防波堤，岸外疏浚等。这些人工措施，极大地改变了周围地区的自然条件（图 1.3.5），即改变了水圈、岩石圈、生物圈的局部状况。

无论全球的例子还是海岸带的例子都揭示，地球表层各圈层的构成元素可能存在相互作用，从而引起各圈层的相互作用，形成新的复杂现象（如洋流），这种复杂现象也常呈现出某种稳定性和随机性，如洋流的稳定有序的流动模式和随机变化，具有复杂有序现象。联系在一起的各地球表层单元，形成了一个新的整体，在这个整体中各圈层间具有不同的地位（在全球大气洋流系统中，水圈与大气圈居主要地位，在海岸带系统中，岩石圈、水圈居主导地位），但没有哪个圈层的作用可被忽视，它们的运动规律与各圈层的运动规律密不可分，同时又受制于构成单元的原来的物理、化学、生物、经济、文化特征，从而使这个整体具有新的内部过程和结构特征，我们称这个整体为环境或地理环境。环境与人类活动休戚相关，但这并不是说它完全以人类为中心，它也有自己特定的独立运动形式和内部过程。如沉积环境，指的是与沉积物相互作用的单元体系，在中国，人们常用生态环境来突出环境与人类的关系，其实环境一词包括了生态的意义，包括了系统的意义。显然，有不同尺度、不同类型的环境，如我们了解的全球环境和海岸带环境。由于相互作用的不同，同一地球表层单元，不同情况下参与构成不同的环境，水圈中的海水在前面的例子中就参与构成了两种环境，气候类型区和海岸带。

图 1.3.5 人类对海岸带的改造（据 B.Knapp，1986）

如果我们换一个问题的视角，可以发现，地球表层及其单元之间的相互作用，总是发生在一定的空间的，相互作用的差异使空间产生特化，特化的空间形成一种具有某种规定性的整体结构。如我国杭州湾以南海岸，以岩石岸线为主，面临强烈的热带气旋（台风）的作用；杭州湾以北海岸以泥沙沉积物为主形成的海岸，受到了黄河口排出的泥沙强烈作用。两个地区的海岸

带表现出不同的结构，地理过程的具体形式也有所不同。空间与空间之间存在差异，使这一空间范围区别于另一空间范围，这就是区域。区域最基本的性质是它既是整体的又是结构的，如区域具有特定的资源结构。空间分异规律使一区域区别于另一区域，这种分异使得区域对某种地理过程表现出统一性质。如上面的海岸地貌结构在两个区内各自趋向统一。显然区域与环境是同一事物的两个侧面，区域必然由某种或某些环境构成，环境必然圈定于一定的区域；区域与环境是地理事物的两种表现，因此，我们称地理事物具有环境区域二象性。环境与区域的一种共同载体是地方。环境、区域和地方构成了地理学的基本研究对象。值得一提的是，从这个角度看，传统的区域地理学是关于地方研究的学科。地理科学决不是关于“中国的人口有 12 亿”、“法国的首都是巴黎”这样的知识，这只是“地志学”。地志学是地理学的一个分支，但决不是全部。

本世纪以来，工业的持续发展和人口的膨胀，使得环境遭到不断的干扰和破坏，地球上的资源不断减少，有趋于枯竭的危险，区域社会经济的发展受到了越来越多的阻力，有些地方已经停滞。这个人口－资源-环境-（区域）发展（全球是个大区域）的问题，表现为人类面临的迫切问题。显然，人口-资源-环境-（区域）发展构成的 PRED 系统，是地球表层系统的一种特殊子系统，这个子系统的过程，显然是地球表层相互作用的过程，因此，关于 PRED 问题和 PRED 系统的研究，就成了现代地理学的中心。为了解决 PRED 问题，我们必须研究各圈层的相互作用和内部过程。仅以生态观点来研究 PRED 问题，在理论上和实践上都是软弱无力的；只有从环境、区域的运动特性，以地理系统和地理过程的观点来研究 PRED 问题，才能最终达到 PRED 协调的目的。这方面有很多的例子。实际上如果我们讲生态平衡，这也不想动那也不敢动，地球今天绝不可能养活如此之多的人口。农作系统，就是人类创造的打破旧生态平衡的具有积极意义的生态系统。农作系统为人类的生存和进步提供了可能。地理学与生态学的一个显著区别就是，地理学是主动积极，它提倡主动适应地球表层，建立新的生态平衡和生态结构。

必须指出，地球表层问题是复杂的，既需要系统分析，也需要由物理学发展的过程分析或机理分析。地理学作为一个学科，既要研究 PRED 问题，也要研究其他与地球表层发生强烈联系的问题，地理学领域与方法是全面的、客观的和积极的。

复习思考题

1.试说明地球上不同纬度太阳辐射量全年的变化。

2.潮汐现象是地球表层相互作用的现象吗？为什么？那么海湾的潮流现象呢？

3.中国地块在全球板块构造体系中处于什么位置，由此推测中国地震带的可能分布。

4.褶皱与断裂有什么异同？

5.以河流为例，试说明地球表层各圈层的相互作用及其如何形成地理环境系统。

第二章　基本地理过程

在第一章中，我们学习过作为一个行星的地球的基本结构与运动规律。我们已经知道地球的基本物理结构与它的天文运动产生的地理效应。地理学并不关心地球的物理构造和内部过程，它所关心的是地球表面附近的圈层现象，如我们所知，这些现象形成的 PRED 问题最为地理学家所关心。这个圈层范围，有人称为地理壳，现代多称作地球表层。实际上，精确划分它的物理范围是毫无意义的，而且地球表面附近六大圈层相互作用所涉及的空间范围，会因问题不同而有差异。因此地球表面与地球表层具有同样的含义。在这个复杂的体系中，有各种各样的过程发生，有些并不依赖于地球表层，如大气湍流运动、战争（尽管地球表层提供了空间），故而不是地理过程。具有地理意义的过程主要有气候过程、地貌过程、水文过程、地生态过程、空间经济过程和其他的人文地理过程。显然，并非仅仅上述六种过程才有塑造地理景观的意义，但是上述过程确实是基本的地理过程，它们的一个共同特点是与地球表层密不可分，离开地球表层系统谈论气候过程、空间经济过程是没有意义的。

第一节　气候过程

气候就是平均的或统计的天气状况。如我们说昆明的气候好，四季如春，是指它的总的气候特征讲的；通过“统计平均”，忽略了个别的寒冷天气。1974 年在斯德哥尔摩召开的 WMO－ICSU（世界气象组织-国际科学联盟理事会）提出气候系统的概念。所谓气候系统是大气圈与水圈-冰雪圈、岩石圈和生物圈相互作用的整体，相应地气候是这个系统的较长时间的稳定状态或统计平均特征。图 2.1.1 是气候系统的基本结构示意图，图中数据为气候系统响应某种过程的估计时间。

图 2.1.1 气候系统中各子系统及其相互作用（据 Bach，1984）

从图 2.1.l 中我们可以看出，气候系统是个开放的复杂系统，由现代系统理论知道，决定开放系统内部结构状态的主要因子是系统与外界的交换。辐射是地球与外界空间的最主要的交换形式。

2.1.1 辐射与辐射平衡

在第一章中我们已经了解到，由于地球的球形及其绕日运动，地球的各纬度在每年的不同日子里，得到的太阳辐射是不一样的（参见图 1.1.5，该图反映了地球上不同纬度在不同时间内得到的日照时间分布的差异），如我们所知，太阳辐射的差异，决定了地球上的五个温度带或天文气候带。然而实际观察到的全球气候带却与天文气候带有明显差异，这与气候系统的内部过程有关。到达大气圈的太阳辐射，并不能全部到达地面，因为大气中的散射云层对太阳辐射有反射作用。最后到达地面的太阳辐射为地面吸收后，引起地面升温，或者说有一定温度。物理学研究表明，温度在绝对零度以上的物体，总会向外辐射能量，其大小与温度有关。来自太阳的能量，其波长主要为 0.1—0.2μ的短波，地球向外辐射的波长位于 4—40μm 之间，是比红

光波长长的长波。而大气几乎不吸收短波而吸收长波，所以大气主要是由地面辐射而增温的。我们知道，气候状态是一个稳定状态，地球表层的太阳-大气-地球辐射体系，或者说地球表层系统的能量收支应是平衡的。图 2.1.2 是地球表层系统能量收支示意图，图中标出了以太阳辐射为 100 个单位的各项能量转化形式的份量。值得注意的是，这些数据是在全球气候学意义上平均的结果，逐年的情况可能不同，对某一特定地点或时间，差异可能会更大。

各个地方的地面，大气和整个地气体系收入的总辐射量与支出的总辐射量之间的差值一般不为零，这个差额分别称作地面辐射平衡、大气辐射平衡和地气系统辐射平衡。辐射平衡 R（是气候形成的最主要因子），特别是地面的辐射平衡，在很大程度上决定着土壤上层温度和近地表的温度分布。地面辐射平衡方程可表作

$$R=S+q-A-U+G \quad (1)$$

式中，S 是太阳直达地面的辐射量；q 是太阳散射辐射量，散射是由大气引起的；A 是地面对太阳辐射的反射量；U 为地面长波辐射，G 为大气（对长波辐射的）逆辐射，定义太阳直达辐射和散射辐射之和为太阳总辐射 Q，地面辐射与大气逆辐射之差为有效辐射 E,注意到反射辐射为总辐射与反射率 a 的积，则地面辐射平衡（或辐射收支状况）为

$$R=Q(1-\alpha)-E \quad (2)$$

从（2）式可知，影响辐射平衡的因素通过 Q、E 和 a 起作用，局部地理环境的大气成分、地形起伏与高度都可以影响 Q。a 主要受地面地物性状影响。E 所受的影响与上述因素都有关系。我们可以通过全球辐射平衡来理解它的气候意义。影响全球辐射平衡量或收支的因素，首先当然是地理纬度与季节变化。总辐射 Q 是有地域差异的，其次下垫面条件因海陆分布、土被性质、积雪程度、植被覆盖等因素而不同，反射率和长波辐射等性质也有差异。再次，云量、湿度和大气成分对辐射平衡量影响也很大，如高纬干旱区，由于散射辐射和大气逆辐射减少，其辐射平衡值小于潮湿地区，等值线向赤道弯；在低纬干旱区，由于没有云层和水汽阻挡，直达辐射大为增强，辐射平衡值大于潮湿区，等值线向极地弯。因此，地球上最热的地方在低纬的大陆中心（撒哈拉沙漠处），最冷的地方是高纬干燥大陆中心偏东地方（西伯利亚的东北部）。图 2.1.3 是布德科根据 420 个大陆测站和 350 个海洋测站的辐射平衡值绘出的辐射平衡年总量分布图。

图 2.1.2 全球辐射平衡的能量流（取自 A.N.Strahler，1974）
（a）太阳辐射（b）长波辐射

观察表明，地面的辐射平衡基本上是正的，大气的辐射平衡基本上是负的。由此可知大气主要由地面长波辐射加热，这就是随高度上升气温下降的原因。对于全球来说，整个地气系统的辐射平衡量为零，图 2.1.4 是地气系统（地球表层系统）辐射平衡随纬度的变化。图中曲线 a 为地-气系统接受的太阳辐射，b 为放出的长波辐射，在图 2.1.4 中可以看出，从赤道到 30°N 的范围内，地气系统辐射差额为正值，高于 30°N 的地区为负值，这种辐射差额的分布，必然发生热量由低纬向极地的传输，这种传输作用，是由大气运动和洋流来完成的，可见大气运动和洋流是决定全球气候的另外两个重要因子。

图 2.1.3 地面辐射平衡的全年分布（据布德科等）单位：kcal/cm.a

图 2.1.4 北半球地气系统辐射平衡随纬度变化（取自陆渝蓉等，1987）

图 2.1.5 海拔高度对可照时间的影响（多种来源）

对于局部环境来说，同纬度不同海拔的地方，太阳可照射时间也不一样，如图 2.1.5 所示，海拔为 H 的 A 点，其处地平线为 EF，当 H=0 时，太阳高度角 h=0 ° 时即可照到 A 点。但由于 A 的海拔 H≠0，上午太阳高度角在地平线以下 h 度时就可以受到太阳照射，下午太阳高度角至地平线下 h 度时日照才为零，利用三角定理，当海拔 H 时，高度角 h 为

$$h = \arcsin 0.0177\sqrt{H}$$

然而，由于地球半径很大（6371km），h 很小，因地形海拔高度通常在 1.2km 以下，由其引起的高度角 h 折算成时间约 10 分钟，由于地形的遮蔽，在一个山地环境中，地形总的效应是减短日照时间。这个例子说明气候过程是可用数学模拟的，但它是复杂的。显然，不同的坡向，日照时间也有明显差异。其次，坡向的不同与太阳光的交角也不同，因此，不同坡向得到的太阳辐射是不一样的。图 2.1.6 是南京方山各个坡面太阳直接辐射的日变化图。从图中可以看出，坡向对太阳直接辐射的影响是很大的，在偏东的坡地上，上午的辐射量大于下午；偏西的坡地正好相反；南北坡地上下午辐射量是对称的。南坡的辐射量最大。从理论上我们可以导出不同坡向的直接辐射、散射辐射和有效辐射的表达式。除了地形，地面性状，如水面、森林等也对辐射有复杂的影响。气候下垫面性质的这种分异，也就导致了局地气候的分异。

辐射的差异导致了地面获得热量的差异。对于有稳定状态存在的地球表层系统，它的热量应该是平衡的，热量多余和热量不足的地方，要发生热输送。地球上的热量，主要依靠大气和水体的运动来传递。对于全球系统来说，大气和水体的运动，形成了大气环流和洋流，它们不仅传输热量，而且也传输了水分。水分状况图 2.1.6 南京方山各坡面太阳直接是气候的一个主要指标。干旱区与湿润区存在着完全辐射的日变化不同的地理过程。（取自陆渝蓉等，1987）

2.1.2 大气环流

地面上不同地区的辐射率平衡（值）并不同，空气受热程度不一样，这样不同地区地面对空气的加热程度也就不均匀，从而产生局地风。全球辐射平衡的不一致，也就产生了大气环流。当某一流体或气体相对受热较多，其密度将比周围流体来得小，密度小的流体受到浮力的作用而上升。当受热的气体或流体上升时，周围较冷的气体或流体将流进来补充，这样在上升区以外的某一地域必有下沉运动来补偿，其结果形成一个简单的垂直单圈环流，通常称为正环流。在赤道附近上升的气流，在对流层上部向极地流动，由于受到科里奥利力的作用，在北半球向右偏转（在南半球向左偏转），从而形成自东向西的信风，同时因科里奥利力和角动量守恒的原因，热带上升形成的环流在 30 ° N 或 30 ° S 附近形成涡流而下沉，形成了一个环流圈，称为哈德莱（Hardley）环流。哈德莱是十八世纪的地理学家和气候学家，他发展了 E.Halley 于 1735 年提出的全球单一环流的观点，用于解释信风现象。尽管哈德莱的解释是错误的，但他在确定大气运动呈环流形式具有不朽功绩。

1855 年，W.费莱尔（Ferel）利用科里奥利关于转动物体受力的理论和

实际的观测事实提出，每个半球有三个主要的垂直环流圈，分别是气流在赤道附近上升，30°附近下沉的哈德莱环流；30°附近下沉、60°附近上升的第二环流圈和 60°附近上升、极地下沉的第三环流圈。中纬度的逆向第二环流后来被命名为费莱尔环流。第三圈称为极地环流。南北半球两个哈德莱环流在赤道附近地区，气流辐合上升，形成热带辐合带；由于上升空气辐散，在地面附近形成了低（气）压带。上升的气流，有热带海洋的大量水汽，在一定高度冷凝形成降水，所以这一地带降水量很大，形成了热带雨林的景观。在南北纬 30°附近哈德莱环流下沉，在地面形成高压带，称副热带高压，由于地面地形与土被的分异，副热带高压并不连续，而形成分裂的高压，由于气流带来的水汽基本上在下沉前已经降落，所以副热带高压控制地区降水稀少，形成了相应的干旱沙漠景观。上述两大景观之间的过渡地区以稀树草原为特征，称作“萨王纳”。哈德莱环流中心位置每年在一个半球上南北移动一次，带来了降水变化，形成了它的季雨性气候。

中纬度的逆环流，因为上升气流位于环流较冷一侧，其低层空气流向极地，在科里奥利力的作用下发生偏转，产生了地面平均西风带。在北半球由于地形的阻拦和大陆下垫面的作用，西风并不如东南信风那样持久；而在南半球西风非常明显，被称作为“咆哮西风”（图 2.1.7）。

图 2.1.7 全球地面风与对流层气流的理想模式（取自 A.N.Strahler et al，1974）

三圈环流中的第三个环流是极地环流，它是由于极地附近的辐射冷却使极地空气冷而密度大，进而下沉形成，因此，极地附近为一高压带，在 60°附近随费莱尔环流的上升形成低压带，地面空气从极地向低纬流动。

大气环流除了经向的三圈环流外，还有在平均纬向运动的沃克（Walker）环流，它存在于赤道太平洋上空，它的形成与海陆分布有关，由于陆地的热惯量比海洋小，加热与冷却速度比海水快，因此夏季亚洲大陆加热比周围海洋要快，从而在亚洲大陆上空产生空气上升运动和大尺度的低压系统。夏天赤道辐合带（ITCZ）的北移又使这一系统增强，这样印度洋或太平洋上空的暖湿空气向南亚上空辐合，形成季风环流。在冬季，大陆的迅速冷却诱发并形成了高压中心（永久性的西伯利亚高压），干冷的空气从高压中心向外流动，结果使南亚每年冬季经历数月的干燥和晴朗天气。在我国，季风环流南退之后，伴随西伯利亚冷空气的南下，常常形成灾害性的“寒潮”天气。当冷空气与海洋来的暖湿气流相遇时，还会形成降水（降雪）。季风对中国气候的影响很大。现已查明，夏季影响中国的季风有三支，第一支季风气流是从非洲东部、南半球高压北侧跨赤道转向的偏西南气流，该支气流影响我国西南地区，甚至影响到西太平洋地区。第二支是从澳大利亚北部跨赤道到达华南地区的，有时与第一支汇合。第三支是西太平洋上副热带高压南侧的一支，是我国盛行的东南季风，有时与第二支汇合，对我国影响最大，形成我国 5—9 月份的雨季；降雨带 5 月在华南地区，6 月到达长江口中下游，7 月上旬达黄淮流域，7 月下旬达华北，8—9 月下旬迅速南撤。5 月下旬，西南季风突然爆发北进，在云南、川西降水迅速增加，一直到 10 月份，西南季风才撤退。

图 2.1.8 7 月份地球大气环流模式（取自 Meehl，1986）

东南季风与西南季风影响的范围，大致可以以 105—110°E 为界。季风气候形成了我国的雨热同期，使我国东部农业气候条件成为世界上最优越的国家之一。图 2.1.8 是北半球夏季的基本环流型和相应的西南季风，该图显示出，在北半球夏季，风带有明显北移。影响季风的沃克环流是不稳定的，它的强度变化产生大尺度的周期性不规则震荡，称为南方涛动，南方涛动破坏了平均的气候特征，故而是引起我国灾害性天气的主要原因之一。

需要注意的是，由于地轴偏角的存在，地球上的最热地带位置是有季节性变化的，这样，环流也有季节性变化，并引起了地球上各纬度降水的季节性变化，使得气候现象更为复杂。

2.1.3 水圈的作用

形成全球气候或气候带复杂化的另一个原因是海洋。海洋中的洋流对气候有重大影响。洋流就是大洋海水的全球尺度的确定性环流。图 2.1.9 是全球海洋表层的洋流情况。洋流被认为主要由行星风（带）拖曳形成的，由于科里奥利力的作用，它们与盛行风向有一定交角并在大陆阻拦的联合作用下形成环流，在第一章我们已作了讨论。

图 2.1.9 全球主要洋流（据 I.W.Duedall 等，1985）

从低纬向高纬流动的洋流称为暖流，它对沿岸带有增温作用，并为沿岸带来水气。从高纬向低纬流动的洋流为寒流，寒流促成了沿岸地区夏季气温下降，多雾和降水减少。受益于北大西洋暖流的影响，欧洲西北部冬季气温提高明显，暖流送来的水汽在西北风的作用下吹入欧洲大陆形成冬雨型气候特征。

除了洋流外，海水温度、海冰温度以及它们的成分等状况，都会影响全球气候。类似地，局地气候也受水体、冰体影响，图 2.1.10 表示世界各地的几种主要气候类型，可与图 2.1.7，2.l.8，2.1.9 对比理解气候过程与气候的形成。

2.1.4 气候变化

显然，辐射因子、大气成分、水圈状况等的变化必将引起气候的演变。在第四纪时期，由于太阳黄赤交角、地球绕日轨道的偏心率和春分点位置的变化，引起了地球上的气候变化，在过去的 150 万年内，地球至少经历了四次大的冰期。一般认为，地球的黄赤交角的变化的周期大约为 4.l 万年，如果考虑其它因子，则有 10 万和 40 万年的周期。

大气成分变化也将引起气候的变化，由于工业的发展，一般认为到 2050 年左右，大气中 CO_2 的含量加倍，将吸收更多的地球长波辐射，相当于太阳总辐射增加，这样将引起增温。增温的结果使海面得到更多的热量，增大海面使大气的水气增加。水气的增加又增加了大气对长波辐射的吸收能力，又进一步引起增温。这样全球气温将升高约 2℃。不仅如此，增温还引起冰雪的融化，引起地面反射的增长，其结果是长波辐射的增加，最后导致全球约增温 4℃左右。这种现象称作“温室效应”。温室效应可能引起陆地蒸发的不平衡，导致全球较多地区演变为干旱环境，引起农作物产量的下降。图

2.1.11 是温室效应的发生机制示意，尽管人们普遍认为 CO_2 的加倍引起全球性增温，但是各种数值模型模拟结果差异很大，可见气候过程是十分复杂的。

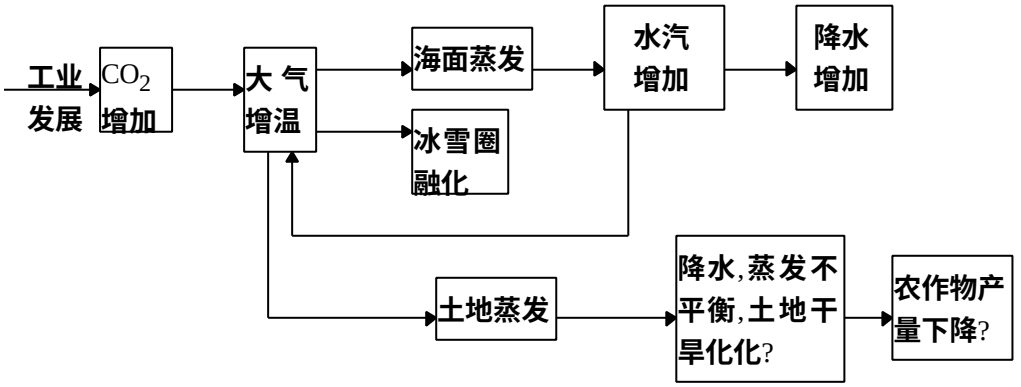

图 2.1.11 温室效应的机制

图 2.1.12 假设 CO_2 倍增后模拟得出的水文、热量和土壤含水量的变化，还有些学者认为，增温同时导致了降水与蒸发的增加，其总结果是令气候更湿润，有利于农业发展和粮食生产。

图 2.1.11 温室效应的机制

图 2.1.12 假设 CO_2 倍增后，北纬 35—55° 平均的环境变化（α）水文变化（b）热量变化（据 Gates 等，1990）

第二节 水文过程

水是地球表层最活跃的因素。地球上的各种水体，主要是海洋，从太阳获得能量，产生大量蒸发，蒸发的水汽被气流送到上空，在适当的条件下，凝结成液体或固体，形成降水，降落到地面，经过地面的产流、汇流、下渗等过程，形成地表或地下径流，返回海洋，这就是水分大循环。如果海洋上蒸发的水汽部分地形成海洋降水，就是海洋水分（小）循环。如水体或蒸发源地（如湿润的土壤）蒸发产生的水分形成陆地的降水，汇入湖泊、河流，就构成陆地水分（小）循环。

图 2.2.1 全球水循环（取自《世界资源 1987—1988》）

图 2.2.2 水文系统（据 White，有修改）

图 2.2.l 是水循环示意图，水分循环将地球表层的若干单元联结起构成系统，水文过程就是这个系统内水分的力学、热力学等过程。图 2.2.2 是水文系统示意图，它象气候系统一样，是地球表层系统的又一种（类）子系统，在这个系统示意图中未表示出陆地小循环。水文过程就是水文系统或水圈内部水分状态转化、运动过程。蒸发、降水、径流与渗透往往被用于狭义的水文过程。

表 2.2.1 全球水循环的储存和流动

	最佳估测值	已公布的估测值范围	驻留时间
海洋	13.5 亿	13.2 — 13.2 亿	2500 年
大气层	13000	10500 — 15500	8 天
陆地			
河流	1700	1020 — 2120	16 天
湖泊	100000	30000 — 177000	17 天
内陆海	105000	85400 — 125000	
土壤水	70000	16500 — 150000	1 年
地下水	820 万	7 — 33000 万	1400 年
冰川和冰盖	27500 万	1650 — 4802 万	
生物群	1100	600 — 50000	小时
流动（每年立方公里）			
陆地的蒸发作用	71000	63000 — 73000	
陆地上的降水作用	111000	99000 — 119000	
海洋的蒸发作用	425000	383000 — 505000	
海洋上的降水作用	385000	320000 — 458000	
自陆地向海洋的径流	39700	33500 — 47000	
河流	27000	27000 — 45000	
地下水直接径流	12000	0 — 12000	
冰川径流（水和冰）	2500	1700 — 4500	
自海洋向陆地大气的净水分传输	39700		

（据 D.H.Speidel 等； MAS/NRC ； R.K.Klige ； E.K.Berner 等； M.I.Budyko 汇编，取自《世界资源· 1987 — 1988 》）

2.2.l 基本水文过程

蒸发是水由液态或固态变为气态的过程，是大气圈与水圈水汽交换的主要形式，它发生在蒸发面与大气之间存在蒸发压力梯度的情况下。大气中水汽占的大气分压（即大气压中水汽份额）称水汽压，单位容积中水汽的分子数有一个最大阈量，这个阈量称为饱和水汽压，它表示大气中可以容纳的水汽份额。大气饱和压与气温有关：

$$e = 6.11 \times 10^{7.45/(235.16+t)} \qquad (1)$$

式中 t 为摄氏温度，当水面附近水气压 e_d 为 E，当大气的实际水气压为 e_d（$e_a < e_d$）时即发生水面蒸发。这时蒸发强度为

$$E = Bf(U)(e_s - e_a) \qquad (2)$$

式中 U 是蒸发面附近的平均风速。空气流动将水面附近的水气带走，有利于蒸发。实际上，在辐射热作用下，水不断地从液态转化为汽态，进入大气。大气中的水气压在水面与上层空气间形成一饱和层，只有饱和层不断地被风移开，蒸发才能有效地继续，不然仅靠垂向的水汽输送，蒸发将趋于停

止。不仅水面会发生蒸发，土壤也是一种重要的蒸发面。饱和土壤表面的蒸发率与邻近地区的等气象条件下的水面蒸发率几乎相等。当土壤逐渐干燥时，蒸发率随土壤含水量的下降而下降。植物的蒸发是近于蒸发的一种形式。植物生活需要水分，植物吸收的水分经过体内循环小部分留在体内，大部分通过叶面蒸发到空中，称植物的散发或蒸腾。植物蒸腾量与植物种类、生长期及供水条件有关。白天太阳辐射，植物气孔张开，因而蒸腾较大；夜晚，气孔闭合，蒸腾量较小。在干旱条件下，植物的蒸腾有变小的趋势，因为蒸腾量大的植物不能生存。一般情况下，在植被覆盖区很难区分蒸发与植物蒸腾，通常不加区别地称蒸散发。

当温度降低时，大气的饱和水汽压降低，蒸发到大气中的水汽，就将重新凝结成液态水滴或固态冰晶。在气流作用下，彼此碰撞，合并增大，当上升气流不足以支持这些点粒时，受重力作用，它们以雨、雪、雹、霰的形式降落到地面，这就是降水。产生降水的物理原因有：（1）锋面降水；当大气中冷暖气流（团）相对运动时，在其交界面上有一过渡带，称为锋；锋面附近，由于气流的辐合、辐散和锋面的抬升作用引起空气大规模的垂直运动。湿气团在上升过程中绝热冷却，其中的水汽发生凝结而形成云雨。（2）气旋降水：气旋就是中心气压比外围低的水平气流涡旋，在北半球作逆时针旋转（相反情况叫反气旋）。由于气旋中心气压低，并受地形和地面摩擦的影响，空气在气旋内产生辐合上升运动，有利于锋的生成并发生降水。（3）台风降水：台风是发生在热带洋面上的强烈的气旋式涡旋，它是一个强降水系统，强度大、范围大，降水机制复杂。（4）地形降水：山地的迎风坡由于地形强迫气流上升，造成水汽凝结降水，或者地形的摩擦作用引起大气动力扰动，发生气流强烈对流，气流垂直运动增强而降水。类似地，在喇叭口地形区，发生动力辐合也可导致降水。

降落到地面的水，部分地经过土壤表面垂直向下进入土壤，称水分的入渗。入渗的水分又渗入岩层中形成地下水，称下渗。入渗的水分运动，是在分子力、毛管力和重力综合作用下进行的。在干燥的土壤区的入渗初期，水分在分子力、毛管力和重力作用下迅速被表层土粒所吸收，入渗率最大。随土壤湿度的增加，分子力逐渐消失，入渗水分在毛管力及重力作用下，使入渗锋面下移，又因饱和层的延伸，毛管力也逐渐减小，入渗率逐步递减，最后趋于一定值。霍顿（1937）经实验发现入渗率随时间的变化关系为：

$$f = f_c + (f_0 - f_c)\, e^{-Kt} \qquad (3)$$

式中 f 是入渗率，f_0 是初始入渗率，f_c 是稳定入渗率，K 为与土壤性质有关的参数，t 是时间，f_0、f_c 都是土壤与植被的函数。入渗产生两种产流方式，其一是饱和产流；其二是超渗产流，当降水强度大于 f_0 时，虽然土壤并未饱和，但因降水强度大于入渗率，部分水不能渗入土壤，从而发生超渗产流。

入渗到土壤的水，部分蒸发入大气，部分为植物所利用，部分下渗岩层形成地下水。地下水也会向一定方向流动，形成地下径流。地下径流的速度满足达尔西定律：从地下水水头高的地方指向水头低的地方，并且与水头梯度（单位距离的水头降低值）成正比，并与含水的孔隙率及性质有关。

雨水落到地面，当降雨强度大于土壤入渗率时，降雨的多余部分就形成地面径流。径流形成的过程比较复杂，大致可分为三个阶段：（1）蓄渗阶段：

雨水到达地表，先由植物截留部分水量，这部分水量最后蒸发回大气（如图 2.2.4 所示），剩下的部分降落到地面，在降水强度超过土壤入渗强度时，产生地表积水，并填蓄于大小坑洼。蓄于坑洼中的水渗入土壤或被蒸发。(2) 产流、漫流阶段：当坑洼填满后，坡面即形成从高处向低处流动的时分时合的细流（股流），向坡脚流动。当降雨强度很大时，和在坡面平整的条件下，可成片状流，坡面漫流汇向河槽。（3）河槽汇流：坡面流汇入固定的河槽，使之纵向流动并流向固定的断面。汇流是沿程发生的，并且与地下水有不断的交换。

图 2.2.3 地下水分层结构（据 Bear，1979）

图 2.2.4 径流的产生（多种来源）

一个水文系统包含了从蒸发到径流的几个子过程，在整个系统过程中，水量应该是平衡的，即对任意水文系统来说，系统的水量收支平衡。水量平衡原理是水文学的基本规律，它的基础是质量守恒定律。水量平衡可以表达作水量平衡方程：

$I-O=\triangle S$ (4)

式中 $I\geq 0$ 为输入水量，$O\geq 0$ 为输出水量，$\triangle S$ 为系统内储存水量。对于全球系统来说，水量平衡方程为

$P_o+P_c=E_o+E_c$ (5)

式中 P 为降水量，E 为蒸发量，下标 o、c 分别表示大陆与海洋。对于大陆来说，有

$P-R-E=0$ (6)

式中 R 为多年平均入海径流量，E、P 也为多年平均值。相应地有下列各式：

大气系统：

$E-P+A_i-A_o=\triangle A$ (7)

流域系统：

$P-R-E=\triangle S$ (8)

土壤系统：

$P+Cm-R+Si-E=\triangle W$ (9)

地下水系统：

$\alpha P+U_1-U_o-E=\triangle U$ (10)

式中，P 为降水量，E 为蒸发量，R 为径流量，A_i 与 A_o 为除蒸发与降水外的其他大气收入水量与支出水量，$\triangle A$ 为大气蓄水量变化，C_m 为土壤凝结水量，S_i 为地下水与壤中流流入土壤的水量，S_o 为下渗水量，$\triangle W$ 为土壤层蓄水量变化量，α 为下渗补给系数，U_i 为地下水流入水量，U_o 为地下水流出水量，$\triangle U$ 为地下的蓄水量变化。水量平衡原理还被用于分析蒸发、下渗等的水量。

在河槽汇流后，河川接纳了新的水量。按水量平衡原理，局部河槽中水量将增加，水位抬高。水位的抬高，使流速加大，同时也使过水断面变大，从而单位时间内流经某一断面的总水量即流量加大，形成洪水。由于降雨量空间分布不均，河网水系密度与分布形状的差异，以及水流汇集速度的快慢，使河道沿程接纳的水量有差异。沿程水深的不均匀，易形成洪水型波体，称河道洪水波。洪水波的波高远小于波长，并在下游传播过程中不断地变形。

若不断地有水量汇入，则波体不断增大。在没有水量汇入时，洪水波变形的规律逐渐展开趋于平直。图 2.2.5 是河道洪水波变形图。图中 $h_1>h_2$，$B_1A_1<B_2A_2$，$B_1C_1<B_2C_2$。河槽的斜率称比降 s，洪水波的出现使河水出现附加比降△i。在一个固定断面观察洪水过程，总是发现先出现最大比降（i＝s＋△i），然后出现最大流速，再出现最大流量，最后出现最高水位。这种流速、水位等随时间变化　的流体运动称非稳定流。洪水波是一种非稳定流，需要用偏微分方程描述。不考虑洪水过程，一般情况下可以粗略地将河道中水流的运动处理作均匀流，它服从谢才－曼宁公式：图 2.2.5 河道洪水波传波与变形

$$U=\frac{R^{2/3}i^{1/2}}{n}$$ （11）式中 i 为水面比降，R 为水力半径，定义作河道断面面积与河水和河槽的交线湿周之比，河道一般为在宽浅的河道中，近似为水深，n 为河道的糙度，一般在 0.025—0.200 之间，无植物的平原沙质河道一般为 0.020—0.025，弯曲和有局部水草的河槽或大中河道的河滩为 0.05 左右，成片树林，原始森林河滩等可达 0.2，U 是流速，当 i 以千分之几率计时，其它单位为国际标准单位，洪水波的运动特点和均匀流的公式，在地貌分析中经常使用到。值得一提的是，这里的流速指的是断面平均流速，实际上，从河槽底的河床到水面，流速分布是不均匀的，一般认为，流速从上到下呈对数形式增长：

$V=V_{max}-K\ln\ [H/(H-h)]$　（h＜H）（12）式中 V 为水深 h 处的平均流速，H 为河深，K 为系数，V_{max} 为河水最大流速。

将河道视为一个系统，由水量平衡原理可以知道蓄水 S 满足微分方程

$ds/dt=I-Q$　（13）

式中 S 为河道段水量，I 为流入该河段的水量，Q 为流出该河段的流量，河道段水量变化是二者的差。一般认为 S 与 Q 之间有如下关系

$S=KQ^a$（a＞0）（14）通过式（13）、（14）我们可以计算河道、水库、湖泊的水量变化关系。

2.2.2 海洋

类似于河水在运动一样，海洋的海水也在运动。地球表面约 71%被海洋所覆盖，陆地只占 29%。海水运动将某一处的热量、盐分、营养物和动量输送到另一处。它的运动主要有四种形式，即大尺度的洋流、潮汐、波浪和沿岸流。潮汐是天文起因的，不属于地球表层圈层相互作用的产物。

洋流就是大洋内行星尺度的海水的有确定性方向的流动，它是由海气相互作用引起的。当风从水面吹过的时候，水面受到风的摩擦力作用，即拖曳引起流动，这种现象发生在行星风带的风与大洋之间，也就产生了洋流。理论分析发现，表面流向与风向右偏 45 度，这主要是由科里奥利力引起的，这个偏角与水流流速无关，并随深度增加，同时，流速随深度指数减少。大洋的表层环流，主要受控于海面风场。图 2.2.6 是大洋环流模式。洋流的基本型式如下：由东北信风和东南信风引起的强大的赤道漂流，受科里奥利力的作用，自东向西流动，横贯大洋。到达东岸后，大部分因受海底地形的作用，转向高纬北上。这种来自低纬的洋流较高纬温度高，称为暖流，其中最主要

的是大西洋的墨西哥湾流（简称湾流）和太平洋的黑潮。暖流所经海区，海水温度增高，空气垂直对流强烈，蒸发大，水汽充沛，故低纬大洋西部降水比大洋中部大得多。当湾流和黑潮到达中纬后，在强劲的西风作用下，沿纬向运动，到达大陆西岸，在北半球分别形成北大西洋洋流和北太平洋洋流，在南半球则形成连续的西风漂流。北半球的西风漂流到达大陆西岸附近后，又受地形反射，一支向南形成寒流，一支向北形成暖流。向南的寒流由于受大陆离岸风的影响，下层海水上翻，使近岸海水温度更低，形成了大洋东部的低温区，相应的大陆西岸降水极少，易形成干旱气候和沙漠景观。北太平洋寒流称亲潮。一般讲，洋流的流速很小。湾流的速度比较大，在北纬 36 度，西经 73 度处约为 1. 20m/s，在北纬 38 度，西经 69 度处可达 1.40m/s。

图 2.2.6 大洋环流模式（多种来源）

图 2.2.7 垂向洋流（多种来源）

海洋不仅存在水平方向的表层洋流，而且存在垂向的洋流，图 2.2.7 是垂向的洋流状况。如将南北半球的极流连接起来，就把海水分为两部分：在极锋线以下的冷水环流区和极锋线以上的温水环流区。温水环流区内扰动和对流作用都很强烈，水温和盐分都较大。冷水环流区，海水扰动极小，流动速度很缓慢。两层的界限，在中纬度和热带大致为 300—500 米，寒带更浅。实际上，表层水平流与垂向流之间构成统一的环流系统。表层水的辐合必然引起水团下沉，而表层水的辐散必然引起涌升流，重要的辐合带与下沉带出现在北极和南极附近，涌升对生物圈和气候都有影响。

波浪是海水的另一种运动形式，它不象洋流具有气候意义，但波浪作用于沿岸带泥沙，具有明显的地貌学意义，并且是一种海洋资源。波浪产生的原因有两种解释，其一认为，两种不同密度、不同流速的介质，界面上会产生振动，这就是波浪的起因。另一种观点认为，当水面不平整时，风与水的界面附近，风力的压强分布不一致，这样风力就促使波状水面形成，从而产生波浪。

海洋的波浪被分为风浪、涌浪、激浪等几种。风浪是指产生过程中的波浪，风浪的波长、振幅等是复杂而凌乱的。波浪一旦离开生成区，就会在大洋广阔的区域传播，并且由于不同波动周期的波浪有不同的传播速度而发生分离，这时波浪变得规则，波峰圆滑，称为涌浪。涌浪的水体横向位移为零，波浪通过质点的圆周运动而传播，如图 2.2.8 所示。涌浪的波长很长，而且连续的涌浪具有接近相等的波高。

当波浪传入近岸浅水区后，波浪发生变形进而破碎形成激浪。激浪具有向岸的横向位移，向岸线输送能量与水量。激浪输送的水量在沿岸地区形成积累，最后冲破波浪的阻拦形成“裂流”。裂流一般出现在固定的地貌部位，所以激流涌入近海地区后，以近岸流的形式流向裂流地区，如下节 2.3.7 所示。理论分析导出，在浅水地区波速与深度有关：

$$C_s = \sqrt{gh} \quad (15)$$

图 2.2.8 波浪的运动

式中 c_s 为浅水波的波速，g 为重力加速度，h 为水深。

虽然在波浪作用下，水质点返回到原来位置，不存在水体净位移，但波浪本身产生海面的能量传递，单位水面一个波长内的总能量为：

$$E=\frac{1}{8}\rho gH \quad (16)$$

式中 E 为单宽的一个波长内总能，ρ为海水密度，H 为波高。值得一提的是，潮汐也是一种波动，它引起了不同频率的潮波，潮波的巨大能量已被用于潮汐发电，成为一种资源。关于潮汐的其它内容，我们已经在第一章中有所讨论了。

2.2.3 冰雪圈

水圈的一种构成单元是冰雪圈，冰雪圈的“水文”运动，主要是冰川的运动。现代冰川环境占地球表面的范围并不大，约 3%。其中绝大部分分布在高纬和两极地区，少数分布在高山地区，如阿尔卑斯山和喜马拉雅山。但是在第四纪冰期时，冰川覆盖的范围比现在广得多。冰后期以来气候普遍变暖，冰川退却。冰川退却以后，冰川沉积遗留下来反映冰川作用的过程。

冰川环境中的主要动力因子是冰。作为稳定冰体的冰川存在于雪线以上，这里的年降雪量大于年消融量，因而冰雪得以常年累积。刚降下的新雪很松散，经冻融过程和后来雪层的压力，重结晶为致密的粒雪。粒雪再经过融化和再结晶，晶体不断增大，并相互结合，形成冰川冰。

当雪线以上的积雪积累到一定厚度而转化为冰川以后，只要地面有一定坡度，就可以在重力作用下沿坡向下流动，形成冰川。现代冰川可以分为以下几种类型：

（1）山谷冰川这是一种分布在山地槽谷中，循谷流动的冰体，就好象完全冰冻的河流一样，上游经常得到冰斗冰川的补给。山谷冰川的长度一般可达几十公里，厚几百米。

（2）山岳冰川由几条山谷冰川从山上流下，在山麓汇合成一片广阔的冰体，叫做山麓冰川。山麓冰川消融，又可以退缩为山谷冰川。当山麓冰川进一步增长时，可能发展成冰盖或冰帽。

（3）冰盖或冰帽发育在大陆或高原地区的巨大冰体，冰体表面的起伏与下覆地形无关，厚度超过千米。如格陵兰中部冰盖。此外在北极和南极地区还发育有覆盖于海水上的冰盖。

图 2.2.9 现代冰川类型（据任明达，王乃梁等，1981）

在山地冰川的山麓地区，每年春夏季，冰川冰融化，形成径流，补充或产生山谷沟道的径流，这种径流会形成季节性的洪灾。在干旱区，如我国的新疆，它们为区域提供了水资源，使区域农牧业得以维持。极地冰盖对气候影响很大。

2.2.4 人类的冲击

随着人口数量和人类经济活动的增加，全球水循环与其自然状态相比，已显著改变。自河流和蓄水层中抽取水、水库蒸发、自然生态系统遭到破坏以及修建城市等，都使水流动的实质状态发生变化，然而，这些变化是否会出现像降雨模式改变以后带来的反馈现象，现在尚不清楚。

人类的消费性利用是对水圈水循环产生的最为重要的影响。为生活、工业和农业目的自河流和蓄水层中抽取水，虽其中一部分水用毕还回河流（如工业设施冷却用水），而大部分则蒸发或溶入产品（如农作物），这种损失使河流流量减少。灌溉水在输送过程和在田地内大量蒸发，成为水的一大消

费用户。

人类对水文状况的其它影响，虽规模稍小，却也有重要的意义：靠筑坝形成的水库成为蒸发的丰富来源，它有助于形成大量稳定径流；城市中不渗漏的沥青和混凝土只使较少量的水渗入土地，并使更多的水转为洪水径流，而城市径流的水质也常常降低；森林砍伐和湿地疏浚改变了蒸发和径流状态，虽然特定的影响还要视取代的原有自然生态系统的位置和性质而定。

人类对水循环的干扰已经产生了明显的效益，受灌溉之利的农业占世界农田的 18%（1989 年数字），大地使供水的可能性增加，使严重的洪水发生率减少，并提供了水力发电。到目前为止，人类对水循环干预尚未带来类似于二氧化碳加倍那样的可能的全球性的后果，但是若干流域中水循环的改变，已经带来了水文学和环境的问题，随着人类用水量继续增大，也许会产生全球性的效应，对此，现在还不能评说。

第三节　地貌过程

大气圈、水圈的具体运动形式，如降水、风、径流、冰川、潮汐、波浪、海流、地下水作用于地表或准地表，必将引起地形的变化，地形变化的动态事件就构成了地貌过程。地貌，简单地讲，就是地形。其实太阳辐射引起的岩石崩裂、结晶体分解，地质构造运动引起的海面升降等也在塑造地貌。大气圈、水圈的作用，属于地球表层的内部作用，辐射与构造运动，则要放到更大的空间范围考虑。

大气圈、水圈的作用主要地是以连续介质变形的形式作用于地面，图 2.3.1 是各种地貌现象的力学性质示意图。容易发现，各种地貌现象或因子不能简单地归结为某种力学过程，不过从动因上讲，大量的地貌现象可以通过流体作用来分析其机制。

图 2.3.1 地貌现象的力学特征

2.3.1 泥沙运动

流体作用于地表塑造地貌，首先要启动地表的泥沙，这个过程从流体的动能传递给泥沙开始，泥沙在底床上滑动、滚动和跳动，构成流体中的推移质。跳跃形式的泥沙运动在风沙流、海岸波浪形成的泥沙流中占重要地位，因此，又区分出了跃移质。当流速进一步增大时，泥沙跳跃更高，最终悬浮于流体中形成悬移质。泥沙启动时的流体速度称启动流速。启动流速与泥沙的粒径有很大关系。事实上，泥沙粒径较大时，它的质量较大，质量是正比于体积的，而泥沙面对流体所获的动能，简单地讲是正比于它的截面积，所以从重力的角度看，大粒的泥沙需要的启动流速大。另一方面，细粒泥沙粒径之间由于静电极化作用而有粘结力。颗粒愈小，相对地讲，极化愈强，粘结力愈强。实验发现，当泥沙粒径大于 1㎜ 时，重力占支配地位。相比之下，当颗粒径小于 0.01㎜ 时，粘结力占支配地位，重力可忽略不计。当粒径位于 0.01—1㎜ 之间时，二者都占一定比重， d＝0.1㎜ 时，二者作用接近相等。因此粒径位于 0. 1㎜ 附近的泥沙最易启动。图 2.3.2 是泥沙启动流速的实验数据与理论曲线。在我国黄土高原的重点产沙区，地面组成物质以 0.05—0.1㎜ 为多，所以极易发生土壤侵蚀。

流体作用于流床，由于流体的非线性机制而不稳定，从而使流床形成沙纹，当推移达到一 定规模时，还形成波状的沙丘体，称沙波。沙波运动是推移质的主要运动形式，图 2.3.2 是沙波的纵剖面图，沙波的迎流面坡度较平缓，背流面坡度较陡。

图 2.3.2 泥沙启动流速（据谢鉴衡，1981）

沙波的迎流面属冲刷区，泥沙在这里启动，越过波峰后，由于水流分散发生涡旋，从而发生泥沙沉积。其次坡面的崩塌也构成泥沙前移，这样就发生沙波运动。沙波有许多形式，包括波峰线平行的带状沙波，波峰线不规则的蛇曲状沙波，新月形沙波和舌状沙波等。在沙漠地区，移动的沙丘多呈新月形，这就是新月形沙波。规模大的沙波，称为沙垄。水流床上的流体速度进一步增大时，可以破坏沙波，形成动平床，再进一步将出现逆（沙）波。迎流面变陡，流速更大时，则出现大冲大淤。图 2.3.4 是流床发展示意图，理论上分析一般认为，当流速满足 $U/\sqrt{gh}=1$ 时，水流为急流，相应地为动平床，实际上由于泥沙是不同于水质点的颗粒，动平床出现的条件约为 $U/\sqrt{gh}\approx 1.15—1.52$，这里 g 是重力常数，h 是水深，$U/\sqrt{gh}$ 称佛罗德常数。河流中，推移质的输沙量很难推算，一般认为，推移质移动速度与水流平均流速成正比，窦国仁据此导出单位宽度输沙率为：

$$g_b=\frac{K}{C^2}\frac{\gamma_s\gamma}{\gamma_s-\gamma}(U-U_c)U^3/gw \qquad (1)$$

图 2.3.3 沙波的纵剖面图

式中 $c=h^{1/6}/\sqrt{g}n$，g 为重力常数，n 为糙度，γ_s 为泥沙比重，γ 为水的比重，U 为水流流速，U_c 为启动速度，ω为半泥沙在水中的流速，一般与沉沙粒度或它的平方根成正比，K 为与粒径有关的参数。由（1）可见，当流速增加时，推移质输沙量不是简单地与流速成正比，当流速稍有增加时，输沙量会明显地增加，类似地可以从理论上导出水流中悬浮质含量与流速的关系

$$S=K\frac{U^3}{gR\omega} \qquad (2)$$

式中 S 称为含沙量，又称为挟沙能力，R 为水力半径，K 为参数。注意到输沙率为 SU，故而悬移质输沙率约与流速的四次方成正比；对流速的变化，极为敏感，从地貌学的意义上讲，泥沙启动、搬运，即可发生坡面、河槽、海滩的侵蚀。泥沙搬运到新的地方，淤积下来，称作沉积，由式（1）、（2）可见，流体的流速对侵蚀和沉积的意义是很大的。由于挟沙力对粒度（或沉速）的反比关系，不同粒度的泥沙发生沉积的阈值流速也不同，所以流体对泥沙有分选作用。当地貌部位或环境的变化导致水流速度发生改变时，发生泥沙的分选沉积。注意到不同沙波形成不同的沉积层面，这些层面在沉积物（沉积层）中形成不同的层理，可见粒径和层理是区分沉积环境的重要特征，图 2.3.4 是不同流速下的沙波与层理。

图 2.3.4 沙波与水动力条件（多种来源）

A—D：低流态；E—G：高流态；G—H：高速的不稳定流体状态；地貌过程中。

2.3.2 地貌类型

河流的水流，在河槽中受到河岸摩擦阻力，从而形成中间流速大，两岸流速小的结构。同时它一般又以螺旋流的形式进行，这样造成一岸冲刷一岸淤积，河流不断向冲刷岸迁移。此外水流又有蜿蜒流动的特征，这样又造成了河流的基本形态是蜿蜒的。关于河流蜿蜒的原因有多种学说，其中之一认为，如果最初河道是平直的，因为偶然的原因，局部河岸产生凹面，这时由于离心力的作用，水流流向并冲刷河岸使凹曲面发展，凹曲面又反射了前进的水流使它以螺旋流的形式冲向前方对岸，使前方河道也发生冲刷。这样河曲波不断生成，河流即发生蜿蜒。当蜿蜒过分发育时，水流流路过长，发洪期高水位就可能漫过凹岸发生切滩裁弯事件，发展成顺直的河道。蜿蜒和裁弯，使河流在地表摆荡起来，摆荡的结果形成了河流特有的沉积地貌结构，如图 2.3.5 所示，图中显示了河床不同的沉积特征。

海岸的水流形式，比河流复杂，表现为波浪、潮流、近岸流三种形式。波浪中涌浪一般不搬运泥沙，因为水质点呈圆周运动。当波浪传到浅海地区时，发生波浪破碎，形成激浪，它有净的横向运动分量，从而驱动泥沙运动，塑造海岸带地貌形态，如图 2.3.6。

图 2.3.5 平原河道的地貌与沉积（里丁据 Allen， 1964，修改）

波浪使泥沙向岸，重力使泥沙离岸，在某一深度二者达到平衡，形成所谓中立点（线），中立线以下向海一侧泥沙最终堆积形成沿岸沙坝（离岸坝），波浪破碎时扰动泥沙造成沙坝形成（见第四章）。

图 2.3.7 近岸流

潮汐的地貌作用是通过涨潮落潮、周期性高低潮引起海面变化实现的。首先形成涨潮时淹没、落潮时露出的海滩（潮间带），这一作用还引起潮间带和中立线位置的变化，所以大潮与小潮还引起不同的水下沙坝，在高潮位到达的潮坪位置上也可能形成水上沙坝。当海岸相对上升时，这些沙坝抬升残留陆地，称贝壳沙堤，贝壳沙堤往往被作为高海面存在的标志。近岸流包

图 2.3.8 风沙地貌（据金京模，1984）；

括向岸斜射波浪产生的沿岸流和沿岸流与分裂流共同形成的近岸环流。它的作用见第四章。

波浪在某些陡的海岸，具强烈侵蚀能力，因海滩陡面未能有效地消能，强烈的波浪可能侵入基岩海岸形成海蚀崖并夷平海底基岩,形成海蚀平台(见第四章）。

在河口地区，海水与河流相交，动力消失，同时和淡水发生絮凝作用，使河流泥沙沉积，形 成河口水下的沙堤，称为拦门沙，拦门沙往往是港口航道的主要障碍。

气流在沙漠的侵蚀沉积作用，类似于河流。沙波形成了活动的新月形沙丘、沙垄沙丘等景观。在植被较好的地区，沙丘固定，呈盾形。风还有侵蚀作用，风蚀形成地面的支离破碎，形态峥嵘的“ 雅丹地形 ”。

图 2.3.9 山岳冰川及其地貌（据 A.N.Strahler，1974）

不仅流体有侵蚀-沉积作用，冰川运动也有侵蚀沉积作用，一般讲冰本身并不具有力学侵蚀作用，冰川中混杂的角砾则对流床侵蚀强烈，冰川与坡面处的日夜融冻作用也发生侵蚀，冰川侵蚀从而搬运大量岩屑和砂砾，称作冰碛，当冰川前进到较温暖地带时，发生消融，粗大的砂砾就沉积在冰川到达的位置，形成外表象铁道路基似的终碛堤，而在它的前方，冰水挟带大量的泥沙流动，这些泥沙在平原地区形成砂砾平原。在山地发育的冰川，则往往形成冰川泥石流堆积，它们成为沟谷沉积物或山前冲积扇。图 2.3.9 是冰川地貌示意图。冰川的进退，往往反映了气候的变化，因此，冰碛堤，特别是在终碛堤的位置，往往反映了古气候的变化。在山岳地区，冰川侵蚀山谷，使谷呈 U 形，与河流的 V 形谷不一致。在沉积学发展以前，谷形往往成为判断有无冰川活动的主要标志，从而失之于偏。

泥石流为代表的二相流体，也是一种重要的地貌动力因子。泥石流沉积物经常填塞沟谷，物质组成粒径悬殊很大，从而很象冰川沉积物，因此古代沉积物中泥石流沉积与冰川沉积很难区分，要正确地区分两种古环境，往往需要一些地球化学证据。一般讲，非冰川泥石流发育在较湿热环境中。类似地，河流、海洋、沙漠沉积物也不一样，关于它们各自的特征，构成了沉积学的研究内容。

除了连续介质产生的侵蚀沉积作用之外，还存在别的地貌过程，例如在白天，坡面受热，土层颗粒膨胀，相互挤压从而使颗粒沿坡向伸长；当夜晚冷却时，颗粒虽然缩小，但由于重力作用，下移的颗粒不会再向坡上移动，从而形成土蠕。类似地对岩石来说，发生岩蠕。蠕动强烈的坡脚，一般有岩屑堆积。在寒冷地区，地下冰和含水土壤形成的冻土也具有特殊的地貌作用。在碳酸岩地区，岩石溶解于水，形成特殊的喀斯特地貌。这些内容在地貌学专著中都有论述。

2.3.3 地貌演化

不同的地貌过程作用于地表，也就形成了不同的地面的坡面形态，图 2.3.10 是坡面形态示意，图中的各种坡面认为满足某现象学公式：

$$h = H_0 \left[1 - (l/L)^{(1-m+n)/n}\right] \quad (3)$$

式中 H_0 是原始坡顶顶面高度，L 是横向坡长，l 是归一化特征量，m，n 取不同值时，表征出不同地貌过程产生的坡面。 Kirkby 认为， m＝0， n＝1 时，表征土层蠕动所产生的坡面； m＝0，n＝1.0－2.0 时，为雨滴溅蚀产生的坡面；m＝1.3－1.7，n＝1.3－2.0，为土壤侵蚀坡面；m＝2.0－3.0，n＝2.0－3.0，为河流纵剖面。

图 2.3.10 Kirkby 的特征坡度形式剖面（据 Kirkby，1970）

雨蚀，坡面漫流是造成土壤侵蚀的主要因素，一般认为当坡度小于 25 度左右时，土壤侵蚀量与降水强度、漫流量、坡度、坡长的不同次方的积量成正比。图中的坡面是理想的，实际上坡面又可以分为若干段，这将在以后的章节中讨论。值得一提的是，地貌学中坡面是一个抽象形态，并不专指山坡坡面，这一点是需要注意的。在本书第四章中的坡地系统中，坡面限于指山地、丘陵和隆起地形的坡。

图 2.3.11 地貌演化过程中坡面变化（取自《中国大百科全书·地理学》）

（A）戴维斯学说（B）彭克学说

a.幼年期 b.壮年期 c.老年期

坡面的演化在地球表层的演化中有着重要的意义。试想一隆起的山体，它的坡面不断地发生侵蚀，泥沙被搬运到坡面下部或坡脚堆积，在这个过程中，地形就不断地夷平。坡面夷平趋向的极限面就是所谓的侵蚀基准面。大陆相对海洋来说也是隆起面，因此从总的趋势上讲，大陆侵蚀、海洋沉积，海平面是全球性的侵蚀基准面。局部地区、山体、丘陵的侵蚀夷平作用，相对于局部干流河面、湖面等具有自己局部的侵蚀基准面。地貌的总体演化规律是相对于基准面的坡面的侵蚀后退。1889 年戴维斯提出，从表象统计特征看，坡面是顶部垂直侵蚀，下部水平侵蚀，形成坡面后退、坡顶同时下降的演化趋势。这种坡面呈上凸下凹的形态，如图 2.3.11 所示。最终形成有沉积物覆盖的大致平整的“ 准平原 ”。后来彭克提出了新的坡面演化学说，他认为，最初坡顶并不下降，坡面呈平行后退，坡面呈凹曲线形。这样形成的最终夷平面不是象戴维斯的准平原，而是有一定倾斜的山麓剥蚀平原，其上残留着一些“ 岛山 ”。坡面平行后退的地貌因子主要是重力产生的块体运动，如崩塌、滑坡和坡面水流的片状冲刷。现代研究发现，戴维斯的理论适合于湿润地区，而彭克的理论适合于干旱和半干旱地区。

图 2.3.12 反映了地貌发育的两种模式。尽管戴维斯最初建议的接近第一种模式。后来一些地理学家修改了他的模式，他们根据一些地区的情况，修改了关于青年期的特征，其基本观点是，最初抬升的是原始的平整地面，这在 A.N.Strahler 和 A.D.Strahler 的著作中推到了极点（可参见北大地理系的译本）。现在看来，第一种模式发生在两个大陆板块的碰撞带，第二种模式发生在海洋板块向大陆俯冲的地带，或者适合于描述一段时间内构造运动平息形成夷平面，下一阶段再次发生抬升。例如，我国青藏高原，从长时间的角度观察，适合于第一种模式，但是高原上升过程有间隙，形成夷平面，从一个阶段看又适合于第二种模式戴维斯的理论称为侵蚀旋回学说。按第二模式，地貌发育一般经历三个阶段：青年期、壮年期和老年期。在青年期，河流迅速下切，河谷深狭，谷坡陡峻，约大于等于 30 °。陡坡上也发生风化和滑坡等作用，但河流以垂直下切为主，河谷呈 V 形。

图 2．3．12 戴维斯地貌发育的三个阶段

Ⅰ.据 W.M.Marsh（1981）

Ⅱ.据 A.N.Strahler 等（1974）

但整个青年期阶段，原始地面大部保留在河间地段。随着时间的推移，由于主、支流河谷、谷坡的侵蚀后退，以及河流向源头的侵蚀——溯源侵蚀，原始地面的范围逐渐缩小，此时河流中有瀑布和湍滩，河床纵剖面很不规则。在壮年期，河流纵剖面逐渐变为平缓下凹的曲线，向侵蚀基准面逼近，河网已经发育并且更加完善，瀑布、湍滩已消失，大多数河流纵剖面达到动态平衡，河流的下切减缓以至停顿，河流以侧蚀为主，河间地不断地降低，坡面后退，在下游发育洪积冲积平原，河谷是宽阔张开的，河流平面上呈蜿蜒的形式。晚年期，河床比降继续下降，谷坡继续变缓，但速度变慢，地势起伏在一个基本水平线附近，形成准平原。准平原上，也可能残留一些小高地。从地面抬升到准平原形成，构成了一个侵蚀循回。如果构造运动多次抬升地面，就构成了多旋回侵蚀。一个旋回完成的时间是地质时间尺度的，它的时

间数量级是 10^7 年级的。值得一提的是，戴维斯的学说，是建立在早期地质理论基础上的。它正在面临板块学说的挑战。

2.3.4 人类的作用

人类对地貌的作用，主要表现为加速土壤侵蚀、沙漠化作用、工程改造等。以港口河道工程、海岸工程等为例可以看出，工程地貌学的内容是进取性的、主动的，对人类产生着明显效益。土壤侵蚀一方面在流失区形成荒漠化土地，对人类本身造成威胁，另一方面为河流带来大量泥沙，淤塞河道。不过泥沙运移到外海，加速了海岸滩涂的淤长。从目前情况看，人类对地貌干扰尚不足以造成全球性的影响，即使在不远的将来也是这样。但是全球气候变 化可能引起的地带性的地貌过程变化,则可能使各区域内出现地貌过程的变化，有些地区可能出现泥石流、沙漠化等地貌灾害，是值得注意的。

图 2.3.13W.M.戴维斯（美国，1850-1934）

第四节　生态-环境过程

气候过程、水文过程、地貌过程，基本上是以物理作用为主的，它们发生的主要范围也分别限定于大气圈、水圈和岩石圈。在地球表层中，还有一类自然过程，物理的、化学的、生物的作用“ 平分秋色 ”，也不可能限定于某一个物理上明确的地球圈层中,这就是生态-环境过程,或者称为狭义的‘ 自然地理过程 ”。一般讲，它们又包括景观生态过程和环境化学过程两类子过程。

2.4.1 生态与生态过程

生态学这个词来自希腊语 Oikos，它的意思是“ 家 ”或“ 生活的地方 ”。德国动物学家提出生态学（ecology）这个词，认为它是关于“ 动物和有机体与无机环境的关系 ”的学问，后来，进一步扩展为生物有机体与其环境之间联系的科学，或者说“ 研究有机体及作用于它们而又被它们所影响的全部生物的和物理的因素之间关系 ”的科学。因此生态学又可以恰当地称作“ 环境生物学 ”（Robet，L.Smith，1977）。

在生态学中最重要的概念是生态系统。我们可以森林生态系统来理解它。森林的林木和其它植物有光合作用的能力，它们获取日光并把它转化为化学能。森林食草动物，比如鹿以树叶和嫩叶为食，获得能量。蚯蚓和其它土壤生物则消耗落叶，昆虫以树叶和树汁为生，森林鼠吃种子与昆虫，而狮子、老鹰则分别以鹿和鼠为食物，在这过程中，能量在传递。类似地，植物从土壤中吸收营养成分，动物又从植物获得了它的营养。动植物死亡之后，营养成分又被细菌分解，重新回到土壤，构成一个物质循环。在森林中，如果其中的鹿变得过分多就会啃食森林，破坏更新的幼树并危及其它动物食物来源及庇护场所，鹿也会因食物不足而饿死或失去庇护环境而为狮子捕捉，最后森林内鹿的数量下降。当鹿变得过少时，狮子因捕食不足而饥饿死亡，

植物又茂盛起来，这样鹿的数量又增多，而当森林遭到外部的强烈破坏时，森林消失，代之以其它景观出现，出现新的生态系统。

一个生态系统，无论它是森林、池塘，或者更一般的陆生、水生系统，都具有下面的基本特点：（1）能量输入和循环维持了生态系统的运行，如果没有阳光，生态系统不存在，没有营养成分的循环，也不可能有生态系统。（2）生态系统包含了多种生物的物种，具有生物多样性，这些生物种之间相互依赖、相互制约。（3）生态系统具有自我维持和自我调节的能力，它可能稳定在一个平衡的状态附近。（4）当外界的干扰很强烈时，生态系统可能被破坏，出现新的物种，构成新的生态系统，即生态系统发生演替。（5）生态系统在物理上由环境（如土地），生产者（如林木），消费者（如鹿、狮）和分解者（如细菌）构成。生产者固定太阳能并利用简单的无机物质制造食物，它们是“自养”的，消费者和分解者利用自养生物储存的食物，重组它们或分解它们，是“异养”的。它们构成了生态系统的营养结构。“金字塔”是表征生态系统营养结构的一种模式（图 2.4.1）。

图 2.4.1 两个理论生态系统的金字塔

A 为生产量金字塔，

B 为生物体过程金字塔，请注意两种表示的不同和坐标度量是指数的。

P.生产者；C_1，C_2 和 C_3 是第一、第二和第三级消费者。（通过腐生的能量流被略）（取自 A.N.Stranhler，A.H.Strauhler，1974，资料）

种、种群和群落是生物生态学的重要概念。种，就是可以相互杂交产生新生物体的生物体集合，这是生物学的概念。种群就是一群占据某一特定地域的种，在生态学中，种群的个体被视为是相同的、不可区分的或者说不必区分的。群落是生存在特定地域同一环境条件下的彼此维持，相互依存的持续地固定、利用分配能量的种群的集合。如森林生态系统中的林木集合，它并不包括环境。在一个群落内，生物的常见种被称作群落的优势种，优势种影响着环境，如森林中，林木决定着土壤结构及其化学成分。生物学中优势种又可定义作决定群落演化特性的生物种，这种“优势种”生物量或数量不一定最大。地理学中使用的优势种一般指生物量丰富的种。生物种需要一定的生活环境。J.Liebig 1840 年提出“植物生长取决于处在最小状况的食物的量”，这就是 Leibig 最小因子定律.V.E.Shelford 1913 年提出耐性定律，耐性定律认为，生物种生活的环境条件如温度、湿度、土壤水分与盐分等有一定的范围，这就是生物的耐性。生物能对一个因子的耐性范围很广而对另一个因子耐性范围很窄，当一个种的某一因子不是处于最适度的状态时，另一些生态因子的耐性限度将会下降，如当土壤的氮有限时，草对干旱的抵抗力下降，因子之间有补偿作用。大量观察发现，生物实际上并不一定生活在最适合的范围内，因为更有竞争力的种群排挤了它们。其次，幼体的耐性比成体的耐性狭窄。优势种的出现可以用耐性定律来说明，读者不妨试一试。

2.4.2 景观生态过程

当生物圈与地球表层其它圈层作用时，出现了景观生态过程。在特定的地域内，生物群落和生态系统会发生特化，出现了独特的群落结构、生态系统结构和空间分布形态。生态系统的能量传递、地球化学循环空间占据是景观生态系统的基本形式。

每种独特的地理环境，给定一定的生态条件或称生境，由于耐性定律和生物竞争的作用，环境就会出现特定的生态系统，这种生态系统被定义在地域上，称作景观生态系统。景观生态中，一年内或别的生物生产周期内（如一季），尤其是绿色植物通过光合作用和化学合成活动，把辐射能可用于食物的有机体形式储存起来，这个总的单位面积储存率称作总初级生产力，当扣除植物呼吸被消耗的部分外，称净初级生产力，有时也称生产力。图 2.4.2 是不同生态环境的初级生产力。一个生态系统在最优良条件下的生产力被称作生产潜力。它在农业生产分析中特别地有意义。图 2.4.3 是我国黄淮海平原的光温生产潜力。生产力或生产潜力显然是地域状况的产物。黄秉维提出生产潜力可由下列近似公式表达：

$P_a = KQTWS$（1）

式中 P_a 是农业生产潜力，Q 是总辐射量，T，W，S 分别是温度、水分与土壤有效系数，K 是

图 2.4.2 初级生产力的全球分布

依据主要生态类型的年总生产、初级生产的世界分布。（据 E.P.Odum，1963）反映光能转化的系数。由（1）可见，生产力由辐射、温度、水分和营养成分等决定。

不仅能量输入对景观生态系统是重要的，质量流或地化循环也控制着景观生态系统的发展与变化。图 2.4.4 是全球（景观生态系统）碳循环的示意图，它与图 2.2.1 的水循环一样，是全球系统最基本的循环。图 2.4.5 是美国乔治亚州盐沼生态系统的磷循环，水中输入输出量并不平衡，地化循环使得景观生态系统内部化学元素发生迁移，从而使生物体得到营养供应，环境部分得到养分恢复，以维持生态系统。图 2.4.5 的景观生态系统过程模式已被用微分方程更精确地描述。大尺度尤其是全球生态系统尚无好的模式描述。

图 2.4．3 黄淮海夏玉米气候生产潜力（单位：kg/亩）（据左大康等，1987）（A）光温潜力（B）光温水分潜力

图 2.4.4 全球碳循环（取自《世界资源》，1987）

在景观生态系统中的地球化学循环不是任意的，图 2.4.6 是景观中元素循环示意图。从图中可以看出，生物生长要吸收大量的水、磷、硫、钾、钙、镁等。生物对元素的吸收能力是不一样的，表 2.4.1 是生物对元素的吸收强度序列，称元素生物吸收序列。

在景观中元素的循环，主要由水的运动来完成，水在径流、降水及沿岸流等过程中，同时带来化学元素的迁移。各种环境条件下元素随水的迁移强度是不一样的，一般讲，这与水的酸碱性、元素的化学性质有关。

图 2.4.5 盐沼系统的磷循环图框中的数量是储存量，箭号边的数为循环量（据奥德姆，1981）

图 2.4.6 景观中元素的循环示意图（取自李天杰、郑应顺、王云等，1979）

表 2.4.1 元素生物吸收系列

元素的特性	生物吸收	生物吸收系数					
		100xn	10xn	n	0.n	0.0n	0.00n
生物集聚的元素	强烈的	P，S，Cl					
	强度的		Ca，K，Mg，Na，Sr，B，Zn，As，Mo，Mn（Cu）				
生物摄取的元素	中度的		Si，Te，Ba，Rb，Cu，Ge，Ni，Co，Li，V，Cs，Ra，Se，Hg，Y，F				
	微度的				Al，Ti，Cr，Pb，Sn，U，La		
	极微的					Se，Zr，Nb，Ta，Ru，Rh，Os，Ir，Pt，Hf，w	

（取自《中国大百科全书·地理卷》）

表 2.4.2 天山草原带花岗岩风化壳中元素的水迁移序列

类别	水迁移系败			
	100 — 10	10 — 1.0	1.0 — 0.1	01
强烈迁移元素	Cl, S, Br, I			
易迁移元素		Ca, Mg, Na, Sr, F, Zn, U		
可迁移元素			Si, P, K, Cu, Ni, Co, V, Mn, Mo	
弱迁移元素				Fe, A1, Ga, Cr, Zr, Ti, Se, V, Te, Pt, Nb, Ru, Rh, Pb, Os, Ir, Sn, W, Th

（取自《中国大百科全书·地理卷》）

2.4.3 土被过程

在地球表层，我们可以观察到在水、气、生物和热力作用下，岩石发生崩落或化学变化，变得疏松，这就是风化作用。一般讲，风化过程是一种地

貌过程，但是由于它发生化学变化并且作为土壤发育的条件，所以它又是一种生态-环境过程。

风化过程一般分为物理风化和化学风化两部分。物理风化是岩石受温度变化的热力作用和孔隙、裂缝中水的冻涨作用引起岩石疏松和破碎的过程。物理变化不引起岩石化学成分的变化，它的效应是岩石的“脆性分崩解”。崩解后的岩石，表面积增加，以利于流水的侵入，促进化学风化。化学风化是岩石的化学成分和矿物成分在水-汽（主要为 CO_2、O_2）和生物活动影响下发生的结晶破碎，形成疏松物的过程。水在化学风化中作用重大，它带来溶解性的溶液，并且带走风化产物，同时也参与化学反应。化学风化的结果是产生“结晶体离析”。“晶析”过程中，岩石的原生矿物分解为比较简单的矿物，这些矿物还可在水的参与下形成次生矿物。

不同气候条件下，风化的程度和结果是不一样的。温热环境有利于风化的进行。图 2.4.9 是 Wilson（1968）提出的可能的气候与风化的关系。在寒温和寒冷气候区，物理风化特别是冻胀作用（冰冻风化）是风化的主要形式，风化物以碎屑为主。在气候温暖湿润的地区，冰冻风化消失，化学风化为主，风化物以黏土为主，并有铝和铁的氧化物。氧化物使土壤带有红色成分。在热带和亚热带，物理风化和化学风化都很强烈，矿物被彻底分解，氧化物富集，使土被呈砖红色。在荒漠区，由于缺少水，物理风化起主导作用，土被水分蒸发，使土被有盐类聚积。风化的结果在岩石圈产生所谓风化壳，其下界面为潜水面，图 2.4.8 是全球不同纬度（气候条件）下的风化壳特征。图 2.4.9 是气候与风化之间的可能关系。

风化形成了土壤的母质，植物一旦出现于这种母质中，就可把母质、水、大气中的营养元素选择性地吸收起来，利用太阳能制造有机物，这种有机物又在植物死亡之后富集于土被中，使风化壳表层最终发育起土壤层。土壤的形成过程是复杂的，我们可以在专门的著作中学习到。土壤是一种具有肥力的、含有可运动水分的并且有一定结构的由固相（有机质、矿物质）、液相（水分）和气相（土壤空气）构成的物质。自上而下，土壤的性质是有分异的，一般认为其分异

图 2.4.7 风化过程（据 White，1984）

图 2.4.8 不同气候带风化壳的深度与结构（原图据 Strakhov，1967，并据严钦尚，刘树人修改稿，1985）

图 2.4.9 气候与风化的可能关系

（a， b 据 Peltier， 1950；c，d 据 Wilson， 1968）

为 A、B、C 三层，分别称为腐殖质层、淀积层和母质层，它们构成真正的土壤。如图 2.4.10 所示。腐殖层含有丰富的有机质，其底部可以识别出有机质含量减少，钙质、铁质发生淋溶并淀积于淀积层。母质层已不是真正的土壤，它以风化的母岩角砾为标志。

土壤与植被构成了统一的景观生态系统,如图 2.4.11 表示了这个生态系统的物质迁移过程。这个生态系统的能量，主要是由太阳辐射输入的，土壤吸收了辐射热，提高地温和近地面层温度，形成作物生存的条件，植被则利用阳光进行光合作用，产生有机物，植被的有机物大

图 2.4.10　土壤层的基本结构（多种来源）（植被与土壤构成了统一的系统）

图 2.4.11　土壤-植被系统的物流（据 S.T.Trudgill，有修改）

图 2.4.12　世界干旱区与半干旱区分布（据 Sarre，1991）

量地返回给土壤，结果形成土壤特有的结构。植被与土壤是相互依存的，在半干旱干旱区，由于夏生植被的破坏使土壤发生土壤侵蚀，水分蒸发加大，最终发生土壤的沙漠化。土地沙漠化或荒漠化是本世纪人类面临的重大挑战。

2.4.4 环境污染

自然环境的污染过程是一种重要的环境过程，一般讲污染过程是纯物理、化学、生物现象，不依赖于各圈层相互作用。其要点介绍如下：

（l）环境污染的主要形成有大气污染、水污染、土壤污染、物理污染（噪声污染、电磁污染等等）。

（2）大气中、水中污染物的扩散是由流体的定向流动和湍流完成的。理论上导出高架点源大气污染扩散后的浓度分布为

$$C(x,y,z;H)=\frac{Q}{2\pi u\delta_y(x)}\exp[\frac{y^2}{2\delta_y^2(x)}]\left(\exp[-\frac{(z-H)^2}{2\delta_z^2(x)}]+\exp[-\frac{(z+H)^2}{2\delta_y^2(x)}]\right) \quad (2)$$

式中 H 为污染源高度，U 为平均风速，x 沿风向定义，y 为横向，z 为垂向，z＝0，为地面，？ y，？ z 为与湍流强度有关的参数，它的地面形式是，在污染源附近，浓度接近 0，然后逐渐增高，在某一距离达到最大，再缓慢减小，在 y 方向，浓度向两边减少的形式像古钟形。

类似地河流中水污染物的浓度分布为：

$$C(x)=C_0\exp[\frac{U}{2E}(1-\frac{2x}{U}\sqrt{KE})] \quad (3)$$

式中 C_0 为定常排污浓度，E 为扩散系数，U 为水流流速，K 为污染物反应速率，x 沿河向定义。

（3）环境对污染物有自净能力，自净能力定义了环境的“容量”，它指环境单元所能容纳的某种污染物或某类污染物的最大负荷量而不被破坏。自净的原因是污染物因扩散而稀释，通过化学反应而分解、降解、络合或被生物吸收、降解。

图 2.4.13 不同气象条件下污染物的扩散型（多种来源）

（4）地理环境结构对污染物的扩散和集聚有很大的作用。如图 2.4.12 所示，大气逆温层对大气污染物扩散有明显作用。在河口地区，生物与物理化学作用（絮凝作用）常常收集河流污染物。位于狭长谷地的城市，往往是污染最为严重的城市，因为山峡上部多存在逆温层并使气流扩散受到横向限制。

（5）大气污染物最终可能通过重力下沉，与地形、植被相遇而降落。降水也溶解污染物，尤其是近地面有气体污染时。例如 SO_2 溶于水最终形成 H_2SO_3 和 H_2SO_4，以酸雨的形式降落地面。近年来酸雨成为了世界性的公害。

（6）由于食物链的传递作用，轻度的污染可能最终在某些生物身上表现

为毒物集中，破坏生态平衡。

第五节　空间经济过程

经济活动是人类最重要的一项活动，是人类社会存在的基础。经济活动一方面有其自身的规律，另一方面它必须在地球表层进行，占据一定空间位置，并改变景观从而产生出它的空间效应。经济活动产生空间效应的过程，就是空间经济过程。空间经济过程的另一内容是为发展目的对地理空间（区域或环境）的开发、利用、改造，这种经济活动依赖于区域或环境的资源、文化、人口等特性，因而是空间经济过程。

2.5.1 经济活动

经济活动在现代经济学中被分为微观和宏观两个层次。微观经济活动是指以个体价格、市场为约束，以特定资源具体利用为特征的经济活动。宏观经济活动则是国民收入，总资源利用和总价格指数决定构成的过程。地理学将同时面对这两种经济过程，地方政府的经济管理属于宏观过程，而区域与区域的竞争属于微观过程。顺便说明，空间尺度不是划分经济活动宏-微观性的标尺，把区域尺度的问题统称为“ 中观经济学 ”的做法是对现代经济学的误解。

经济活动的一般过程包括四个阶段，即生产、分配、交换和消费，四个阶段相连接构成完整的经济循环。无论一个企业，一个地区，还是农业部门、工业部门，以至整个国民经济都以这种循环，日复一日，年复一年地运行着。在这个过程中，首要的环节是生产，作为生产的要素主要包括劳动、资本和资源。资源作为经济过程的操作对象，资本用以购买设备和原料，而劳动者的劳动则把原料加工成产品。经过利益分配后各得其所，资本获得利息，资源得到加工，劳动者获得工资，而企业所有者取得利润。而产品经过流通进入市场，通过购买（包括国家购买、企业购图 2.5.1 经济循环的简单模式买和个人购买）转入消费，从而完成经济循环（图 2.5.1）。

在经济循环中，供给与需求是决定经济循环的矛盾的基本方面。正常的经济循环，总是力求保持供给与需求的平衡。供给量和需求量总是动态的，因此二者达到的平衡——市场均衡也是动态的。图 2.5.2 显示了这种均衡的过程，显示当商品价格增加，资本倾向于增加商品数量。当商品价格增加时，需求量将会下降，需求与供应的这种特点，构成了市场均衡。在图 2.5.2 中供给从 S 变到 S′时，需求如果得不到刺激会降低自己的量，从而使均衡点从 A 移到 B，经过一段时间，需求又会作出调整，从而达到新的平衡点 C。图 2.5.2 所示的情况对宏观经济过程也是一样的，这时商品数量应为商品总量，商品价格应为物价水平。

从旧的均衡到新的均衡需要一个调整时期，因此经济学有短期均衡与长期均衡之区别。短期均衡过程以一个生产周期为时限，在这个过程中供给量与需求量趋于平衡。长期均衡除了需求等于供给外，还要求每个厂商的利润趋于零。对于宏观经济活动来说，短期均衡是一定时期内改变量或流量的均衡，长期均衡则是一个地区总的商品量的均衡，即不仅是改变量，而且是流量与存量的全体达到均衡。一般来讲，地理学重视长期均衡为代表的长期经

济活动。

图 2.5.2 供需平衡

供需均衡是在市场中达到的，而市场是竞争的，不同的竞争对供需均衡影响是不同的。从微观水平上可以区分出两种竞争：完全（自由）竞争和卖方垄断竞争。完全竞争的商品市场满足：(1) 厂商和消费者各自都是同类的、匿名的、不可识别的；(2) 厂商和消费者的数量，充分多，相对于交换总量，单个厂商或消费者的销售或购买是无足轻重的；(3) 对现行价格和现时出价，厂商和消费者可掌握完全的信息，他们都力图利用有利机会分别增加其利润和效用；(4) 在长期行为中，厂商和消费者进入和退出这个市场均是有自由的，短期中则可能受经济合同之类的约束。卖方垄断指的是只包括唯一的卖主的市场，卖方垄断者是价格的判定者，不是遵从者，但他认识到随着产出扩大，他的商品价格将下降，提价将引起需求下降，市场的需求曲线就是对它的需求曲线。垄断竞争是垄断与完全竞争的揉合，它指众多厂商出售相互之间密切相关、但又有差别的产品，使得每个厂商只占有市场的一部分，但他们对其出售价格有一定的控制能力。不同竞争行为往往产生不同的空间市场划分。在地理学中，常见的是考虑两种特殊的市场竞争或均衡，第一种是厂商的总体利润达到最大或者保持总的利润为零，对应于完全竞争情况，第二种是每一厂商各自追求其利润最大化。关于这方面的内容可以参阅区域科学专著。

生产活动是经济循环的重要过程，微观经济学研究了生产活动，提出了生产函数的概念，生产函数描写生产过程对应的投入与产出的函数关系，常见的生产函数有

线性生产函数：

$$y = \sum \lambda_i x_i \qquad (2.5.1)$$

这里 y 为产出，x_i 为第 i 种投入，λi 为产出系数。这一函数常用于描述资源的不同分配与组合形式产生的产出，如土地资源种植不同作物将有不同的单位收益 λi，对土地资源的分配 x_i，得到产出 y，这种分配决定于粮食的需求，水资源供给情况等。

柯布-道格拉斯生产函数：

$$y = \lambda x_1^{a} x_2^{\beta} x_3^{\lambda} \qquad (2.5.2)$$

或

$$y = \lambda x_1^{a} x_2^{\beta} \qquad (2.5.3)$$

这一生产函数是最常用的，它适合描写投入有相互作用的生产过程，如劳动力，土地和资本决定了农业产出，缺少任何一项，从经济学意义上讲农业产出为零。常常人们约定 $\alpha+\beta+\gamma=1$（或 $\alpha+\beta=1$），这时生产函数是一次齐次函数，它的数学性质常有重要的经济意义。

CES 生产函数：

$$y = A[ax_1^{-p} + (1-a)x_2^{-p}]^{-\frac{1}{p}} \qquad (2.5.4)$$

这里 $p>0$，$0<\alpha<1$。这个生产函数也是一次齐次的，由欧拉定律知

$$x_1 f_1 + x_2 f_2 = y \qquad (2.5.5)$$

这里 f_1 是 $y=f(x_1, x_2)$ 关于 x_i 的导数，经济学称为 f 的边缘生产，这就是说总的产出等于各项投入 x_i 乘于边缘生产 f_i 之和，这个性质非常重

要，利用它我们可以在一个生产平衡点附近利用线性规划调节生产过程，获得局部最大利润。

CES 函数的第二个性质是它有不变的替代弹性[①]，替代弹性是投入比变率变化引起的产出比率变化的比例。可以写作

$$\delta = \frac{\frac{f_1}{f_2} d(\frac{x_2}{x_1})}{\frac{x_2}{x_1} d(\frac{f_1}{f_2})} \qquad (2.5.6)$$

不变的替代弹性意味着在生产的每一个水平上，x_1，x_2 比例的变化，产生同样的比例效应。

更一般地有齐次生产函数

$y=f(x_1, x_2, \cdots x_n)$ （2．5．7）

它的一个特点是

$f(tx_1, tx_2, \cdots tx_n) = t^k f(x_1, x_2, \cdots x_n)$ （2.5.8）即投入扩大 t 倍，产出将扩大到 t^k 倍。这里 f 是 k 次齐次函数。不是所有一次齐次函数都是 CES 函数，例如函数 $Ax_1^a x_2^{1-a} + x$，是一次齐次的，但不是 CES 函数（读者可以验证），这就是说 CES 函数是更为特殊的函数。

在地理学中，不仅微观经济过程有重要意义，宏观经济过程更主动地改变地球表层，这里首推增长与发展。增长与发展是两个明显有别又密切联系的概念。前者意味着更多的产出，是生产的产品和劳务数量的增加，可用 GNP（国民生产总值）或国民收入 NI 来度量。发展专指地区或国家利用潜在资源和机会，走向发达的现代社会的过程，它意味着经济的增长和人民生活水平的普遍提高，更具有地理学意义。一些发展中国家的经验证实，经济增长并不一定带来发展。关于经济增长与发展的理论，我们将在第六章“发展与规划”中较详细地讨论。

2.5.2 区位

在地理学中，人们最关心的经济活动是空间经济活动，狭义的空间经济过程指以微观经济过程为基础的空间经济过程。必须指出的是，在地理学与经济学中对“微观”“宏观”有不同理解。在地理学中，统计上稳定的、大量个体综合的现象称宏观现象，而把个别行为特别是强烈地依赖于环境特性的现象作为微观现象。显然，这种观念直接来源于物理学的宏观、微观概念。这样区分宏观和微观，有助于从不同水平上认识地理现象。

狭义空间经济过程的第一种表现形式是区位作用。杜能是区位论的首创者。廖什（Losch）是区位论的集大成者。廖什于 1954 年提出，设商品的销售价格函数为 p，生产成本函数为 a，单位产品的运价为 f，从生产点到销售点的距离为 x，则销售单位商品可得的利润为

[①] 弹性是现代经济学的常见概念，一般讲，函数 y 的边缘指的是函数 y 的关于某变量 xi 的偏导数，弹性可定义为变量 xi 比率变化引起的函数 y 的比率变化。直观地讲，边缘就是某一 x 变化范围，x 与 y 的比例因子，弹性是 xi 变化的百分率与 y 变化的百分率之比。它们都旨在描述具有复杂行为的经济函数的局部线性性质。

$$r=(p-a) \qquad (2.5.9)$$

设想一个市场至少需要两种商品，两种产品的 p，a，f 不尽相同，于是距市场中心 C 为 x_b 的点 B 必有一种产品（不妨设第一种商品）的生产比另一种能获得更大的利润，由于（2.5.8）是 x 的单调降函数，所以小于 x_b 距离的以市场为中心的环内必然倾向于生产第一种商品，或者由于运输费用的增加，或者由于市场需求小于供给使 p 下降，空间必然有一点 D_1 使得在 D_1 以外的第一种商品生产利润小于第二种的，于是 D_1 以外形成第二种产品的产业带。如图 2.5.3 所示，从图中可以看出，区位是经济活动赖于进行的最优位置，它是统计的，宏观的，在产品 1 的区位带中，可能有个别具有较低生产成本的产品 2 的厂商存在，或者由于搬迁困难，位于产品 2 区位带的生产产品 1 的厂家，一段时间内维持在非自己最优区位的生产，所以是统计的，即宏观的。图 2.5.3 还告诉我们，区位带 1 并不是不能生产产品 2，而是产品 1 能带来更大利润，这种区位现象是由杜能研究农业问题时发现的，故又称杜能区位、古典区位或农业区位。

图 2.5.3 区位的形成（据 A.G.Wilson.1989）

另一种产业区位现象是霍特林于 1929 年和帕兰德 1935 年提出的，如图 2.5.4 所示，位于 A，B 两点的生产同一产品的两个厂家，由于（2.5.7）式的作用，其利润在空间的分布呈铃形分布，二者在空间分割了市场，C 点左侧是 A 的市场区位范围，右侧是 B 的市场区位范围，这种区位称 H－P 区位或市场区位。

图 2.5.4 H-P 区位

第三种区位问题是韦伯（1919）提出的工业区位，市场与资源分布于空间的不同点，空间对经济过程来说不是连续的，只有某些点才具有所需资源、市场和生产环境，问题在于选择某个生产点使得在综合平衡下可以得到最大利润。

第四种区位问题是廖什提出的，空间分布有市场、资源，市场范围给定时，中心厂家所吸收的资源范围可能允许的劳动力就业区位，也就明确下来。反过来我们还可以看出劳动力就业量还可能影响市场区位。问题在于如何确定市场区位（范围）和资源区位（购买资源范围）使中心厂家获得最大利润。

不同的区位作用，产生不同的空间结构，我们将在第五章中讨论。关于区位的原理，可以参考区域科学著作（杨吾扬，1987，王铮、丁金宏，1993）。

实际上经济活动的有利位置不能由区位所唯一确定，一般说来，在地理空间中具有中心位置、门户位置、发达交通条件或边境位置的地方，往往是经济活动的“最优区位”。

2.5.3 空间相互作用

空间经济过程的另一种表现是远离的两个城市或区域相互之间有贸易往来、商品交换等等经济联系。这就是空间相互作用。

早期的一些学者在研究空间相互作用时注意到，供应地和需求地的人口规模对作用的强弱有很大影响，因为人口可以作为商品生产者，也可以作为消费者，所以人口规模与相互作用量成正比，而距离的摩擦作用则与相互作用量成反比，因而便借用了物理学中的牛顿万有引力公式来表述空间相互作

用。若以 P_i 和 P_j 分别代表 i 地和 j 地的人口规模，d_{ij} 和 b 分别代表 i 地和 j 地的距离及距离衰减指数，K 为经验常数，则两地间的空间相互作用量 I_{ij} 可以表示为

$$I_{ij} = K\frac{P_i^{a1}P_j^{a2}}{d_{ij}^{b}} \qquad (2.5.10)$$

这一模式通常被称为引力模式（gravity model）。这一模式因缺少理论根据而受到了挑战。1969 年威尔逊（A.G.Wilson）假设空间系统是封闭的，长期均衡下，供需达到平衡，因此物质流动的结果将使系统达到熵最大，由此得出最大熵模式：

$$I_{jk} = O_j A_j B_k D_k \exp(-\beta r_{jk}) \qquad (2.5.11)$$

式中 r_{jk} 表示地点 j 与 k 之间的距离或广义距离或流动费用，O_i，D_k 分别为 j 地方的供应量和 k 地方的需求量，A_j，B_k 为其它局域地方对局域 j，k 的竞争能力，在供给和需求均有总量约束时：

$$A_j = \frac{1}{\sum_k B_k D_k f(r_j k)} \qquad (2.5.12)$$

$$B_k = \frac{1}{\sum_j A_j O_j f(r_j k)} \qquad (2.5.13)$$

当仅有供给约束时，B_k 可取为 1；当仅有需求约束时，A_j 取为 1；无约束时，A_j，B_k 均可取为 1。A_j，B_k 也可由规一化决定。这里 f（x）为 exp（—βx），显然（2.5.11）的计算结果只能在相应的系统中考虑，只有用同组系数 A_j，B_k 计算结果才具有空间可比性。日本与中国一衣带水，但在华投资很少，而在大洋彼岸的美国投资很大，所以在分析球观问题时，一般不能引用空间相互作用模型。在分析城市内部投资时，也常发现对距离衰减率的偏离，这就是地理学微观、宏观与球观的差别所在，空间相互作用随距离衰减是一种宏观统计现象。

空间相互作用模式的两个重要用途是分析空间竞争（复习题 9）和分析空间动态。

2.5.4 空间动态

区位导引和空间相互作用将引起人口等的空间运动，它可能使一些地点或地区人口呈现净迁入，而另一些地区呈现净迁出，经过一个较长的阶段后，前者可能因此从一个小聚落逐渐演进为城市，甚至成为大都市；而后者可能逐渐呈衰落，甚至消亡。投资的集中、企业的布局等经济要素的空间动态与人口迁移都具有同样的效果。一般意义上的空间经济集聚是指在布局条件有利的区位，由于外部经济引起的经济要素的集中，是现代工业和城市发展的最有意义的空间组织形式。

与空间集聚共生的是空间反聚集和扩张。发展中的城市，由于其集聚了人口和产业，必然引起土地资源紧张，因此城市必然占据更大的紧邻空间即发生扩张。反聚集最主要的动力因素是集聚的资本（厂家）的空间竞争。如图 2.5.4 所示，如果位于 A，B 两点的厂家均位移到 C 点，则只要一个厂家略

为降低成本，另一个厂家必然处于极不利的竞争地位，并且从长期来看，这个厂家要被吞并，因此厂家必须在空间保持一定距离。资源紧缺和空间竞争促使发生空间反聚集。逆城市化就是反聚集。反聚集使邻域区域发展，聚集区相对停滞。

在一些学者的著作中将扩张、反聚集和扩散作为同一概念，近年来人们发现必须严格区别这三个概念。反聚集与扩张是一种宏观表现，而扩散是一种地理微观过程，是在空间有差异的情况下产生的地理现象，它的机理往往不能认为是地理学的，追求利润、追求高收入以及投亲靠友等引起了资金、人口扩散，而文化的扩散，更多地归结为心理的、政治的原因。扩散是一种普遍的地理现象，我们将结合文化扩散污染物扩散来讨论。

第六节 人口过程

人是地球表层最积极的因素。作为种群的人口有自己的运动。一般地讲，人口过程包括人口增长过程、人口结构变化、人口空间过程（迁移与流动）和人口集聚与转化。有的学者将人的文化过程也作为人口问题的一个方面。本书顺应习惯，将其单独列出。狭义的人口过程指人口的自然增长过程，在这方面有若干生物学意义上的概念，在本节附录中我们介绍了这些概念的科学定义。

人口的地理学意义，主要是指其消耗资源，占用环境，并且改造和塑造了地理景观。人口运动很难与资源、环境分开，地理学研究人口的意义也集中于这一方面。

2.6.1 人口增长自然过程

人口生育及由此带来的人口增长是最基本的人口运动，如果我们以λ（t）表示人口的出生率，以μ（t）表示人口的死亡率，则人口增长过程最简单的情况下有下列关系：

$dn/dt=(\lambda-\mu)n$ （2. 6. l）

在上式两边积分并注意到初始人口数为 n_0，则有

$n(t)=n_0\exp[(\lambda-u.t]$ （2.6.2）

式中 n（t）为 t 时刻人口数。当λ＞μ时，这一公式表明人口增长以指数形式上升，这就是著名的“马尔萨斯（Malthus）人口恶魔”。马尔萨斯人口恶魔的出现是由于马尔萨斯假设忽视了资源限制将会反馈给人类，从而迫使人类产生节省要求。实际上，由于人口增长，资源短缺，人类将有一种自我调节的倾向，于是一些学者提出，人口增长满足：

$$n(t)=\frac{n_{max}\exp[(\lambda-\mu)t]}{1+(n_{max}/n_0-1)\exp[(\lambda-\mu)-t]} \qquad (2.6.3)$$

式中 n_{max} 为最大允许人口。在这个模型中，人口增长是有限，称为 Logistic 人口增长模型。

现代研究表明，随着人类文明的发展和社会福利的改善，人口增长一般经历如图 2.6.1 所示的四个阶段。在第一阶段，社会生产率低，社会福利水平低，人口生育率和死亡率都处于高水平。随着工业化的兴起，人口过程进

入第二阶段，死亡率下降，生育率居高不下，形成增长逐渐增大的局面。随着社会福利的发展，人口期望寿命延长，老年生活得到了更多保障，同时在社会生活中少子女小家庭显示出明显优势，妇女的地位也得到提高，控制生育的技术措施普遍推广，人们自发地节制生育，从而使全社会的人口生育率下降，这是第三阶段。第四阶段，人口趋近一个稳定水平。上述第二、第三阶段又可以分成三个时图 2.6.1 人口变化模型（据 p.Haggett，1975）期,A.增长率上升。B.人口快速增长。C.增长速度下降。我国目前正处于第二阶段的 B 向 C 过渡时期，人口控制的任务仍是十分艰巨的。

人口生育与死亡，形成了人口在时间轴上的分布，我们可以用人口金字塔的形状反映人口变化，以分析人口的状态。图 2.6.2 是 1985 年和 2025 年（预测的）发展中国家和发达国家的人口年龄金字塔。据专家估计，如果第三世界人口增长趋势得不到控制，到 2025 年，新增加的 30 亿人口中的 90%以上，将处于低收入的贫困水平

图 2.6.2 1985 年世界人口金字塔（据 T.W.Meich，1986）

显然，人口金字塔是随出生率和死亡率的变化而变化的。当各年龄组出生率和各年龄组死亡率保持不变时，人口会达到一种不变的年龄分布，各年龄组的人口以相同比率增长，这时就形成所谓的稳定人口。稳定人口不是指人口数量稳定，而是指金字塔的形状稳定。当人口数量和结构均趋于稳定时，称为静止人口。这两个概念在许多情况下被引用，必须注意它们的区别。另一重要概念是适度人口，阿·索维（1983 中译本）认为“适度人口是一个以最令人满意的方式达到某项特定目标的人口。”这里既强调了目标，又强调了方式。适度人口被看作是针对某些目标的适宜而最优的人口分布和过程序列。

最高人口与最低人口是一对有联系的概念。最高人口是指一定时期内能维持人类最低生存或生活水平的人口数；最低人口是指维持一个人口群体生存所必需的最低人口规模。索维认为，可以从经济、社会和生物学三种角度去理解最低人口，例如，在一定的时期一定的生产力水平下，需要一定的劳动力维持基本的生产活动，需要一定的人口产生消费需求。消费需求不足，会造成投资需求不足、失业和经济萧条。显然，要确定最低人口数是困难的。

2.6.2 人口空间过程

人口不仅有年龄分布，还有其空间分布。地理学中，为了描述人口的空间分布，常用劳伦兹曲线表示。如图 2.6.3，以累计人口数为纵坐标，以累计面积数为横坐标，以人口密度为序排列面积单元，则可以作出一种劳伦兹曲线。在人口均匀分布时，劳伦兹曲线与 x 轴呈 45 度曲线；当人口分布不均匀程度越大时，劳伦兹曲线对直线 y＝x 的偏离越大。在 x－y 空间（0，0）—（1，1）范围内，常用曲线与 y＝x 所包的面积作为人口分布不均匀性的指标。

图 2.6.3 胶东地区人口分布的劳伦兹曲线（据丁金宏，1989）

人口的另一重要过程是人口迁移。人口迁移是人口持续一定时间的空间位移。不能把人口“日出而作，日没而息”的空间位移看作迁移，迁移常与居住地移动联系在一起。不仅如此，居住地的移动还必须超出一定的地理范围，在一层居民楼内，从一楼搬到二楼，或者在一片住宅区内，从甲楼搬到

乙楼，也无迁移意义。当人口离开原定居时间超过一年或者与当地社会发生户籍、固定工作与居住等联系时，一般才被作为迁移看待。季节性的寻找工作，一般称为人口流动。当然二者的区别是很难严格标定的。

产生人口迁移的力来自两个方面，一种是迁出地的推力，这种推力常表现为资源压力，如人口密度、土地承载力、就业职位压力等。另一种是迁入地的拉力，高收入、就业机会、亲友关系等都可能成为拉力。人口迁移“推-拉机制”已被普遍地接受，并发展了若干模型，这些模型实际上就是空间相互作用模型。在这里，推资源因子和拉资源因子替代了上节公式中的“供给”、“需求”的位置，如

$$M_{ij} = A_i B_j \exp(-\beta D_{ij}) \qquad (2.6.4)$$

式中 M_{ij} 为从 i 地方到 j 地方的迁移流，A_i，B_j 分别为推因子和拉因子，D_{ij} 为距离，β 为阻尼因子。

图 2.6.4 人口迁移模式（据 H.Sergeant 修改）

实际上人口迁移是非常复杂的，因此人们提出了所谓“迁移法则”，如：

①大多数人的迁移距离仅局限于短途内。例如从郊区迁移到附近的城市，农村人口婚嫁迁移。

②迁移呈阶段性。一群人离开某个地区，留下一定大小的空间，其后便为另一群人的移入而填补。因此，迁移是以“波”的形式发生的，并形成一个逐步迁移链。

③在发生长距离迁移的情况下，目的地往往会发展成为大城市地区，而紧靠移民产生地的小城市却不为移民所理睬。例如，50 年代我国苏北的农民并不把靠近他们自己的盐城作为迁移目标，而长途跋涉迁移到上海。目前上海城市居民中有很大一部分产业工人来自苏北。

④城市居民比农村居民更易发生远距离迁移，因城市居民对远离他们的地方和环境得到的信息更多。但总的讲，农村居民迁移率高于城市居民。

⑤主要迁移方向是从农村向工商业中心（城市）。

⑥迁移方向带有地方性倾向。例如解放前河北人“闯关东”，广东、福建人“下南洋”。

⑦迁移倾向和迁移方向与社会状况有很大关系。特别是国际迁移。

⑧迁移的主要因素是经济因素。

⑨每次迁移都可能引起对流，迁入人口多的地方，往往迁出人口也多。

⑩一般来讲，国内迁移率女性高于男性，国际迁移则相反。

(11)随着工商业发展和交通改进，迁移强度也不断增长，并且流动性迁移的成分在增加。

图 2.6.5 人口迁移的年龄剖面（据多种来源资料综合。实线代表西方，虚线代表中国）

人口迁移与年龄有很大关系，迁移者主要是成年人。图 2.6.5 是迁移率的年龄剖面，其中第一个峰是孩子随父母的被动迁移，第二个峰是青年人外出谋职和婚嫁形成的 迁移高峰，第三个峰是退休人口返乡或向适宜休养地的迁移。在我国由于婚后夫妻不易外出谋职，老年人不愿放弃城市户口，基本上不出现第一、第三个峰。由于我国农村事实上存在的早婚现象，曲线上升

的转变点比国外略早。

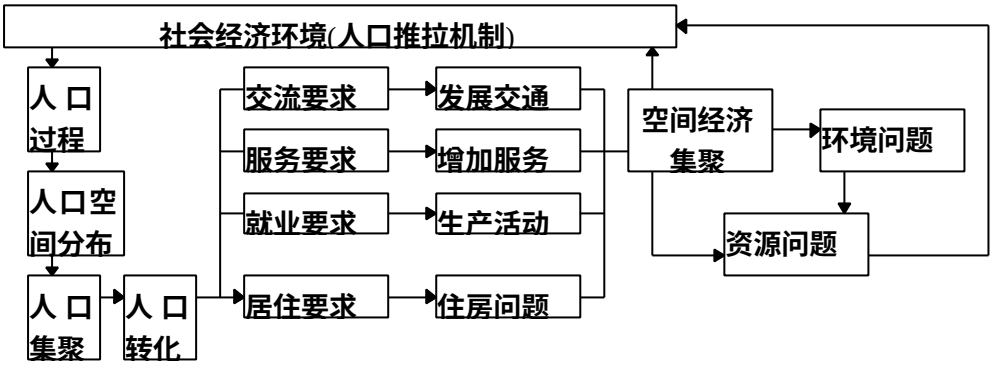

图 2.6.6 人口迁移、转化模式（据 Wilcon，1978，并据王铮、丁金宏，1992 修改）

人口迁移的必然后果是人口在城市地区的集聚，集聚的人口不可能再以农村的生活方式生活下去，于是发生人口的转化：非农化。其实很多人迁移的原因是向往城市的工资收入与生活。非农化使人口发生质变转移，从而改变了对资源的依赖性，改变了它的环境行为，使人口的地理性质发生变化。显然，这个过程也可以称作人口的城市化。人口的城市化使人口迁移具有关于经济发展的积极意义。图 2.6.6 是关于人口空间迁移与转化的模式，是对人口的迁移转化过程的一种说明。人口集聚带来了区域的城市化，引起复杂的 PRED 问题，我们将在以后的章节不断地加以讨论。

2.6.3 附录：人口学的若干指标

生育率：描述生育水平的指标很多，最普遍的一种是生育率，也称普通出生率，是指某地区某年度内平均每单位人口中出生的活产婴儿数，即

$$b_s(t) = \frac{2y(0)t}{N(t) + N(t+1)}$$

式中的 b_s（t）为出生率，y（0） t 为第 t 年度内的活产婴儿数，N（t）为第 t 年年初人口数，N（t＋1）为 t＋1 年年初（即 t 年末）人口数。

人口出生率多用于计算人口增长。由于分母中含有所有人口，其中的男性以及妇女中的儿童、老人不是生育者，所以这个指标没有确切反映出人口生育机制。

育龄妇女生育率是指某地某年度之内平均每位育龄妇女出生的活产婴儿数，即

$$b'_s(t) = \frac{2y(0)t}{\sum_a x_a(t) + \sum_a x_a(t+1)}$$

a＝15，16，17，…49 岁

平均死亡率可用下式表达

$$d_s(t) = \frac{2D(t)}{N(t-1) + N(t)}$$

式中 d_s（t）为平均死亡率，D（t）为 t 年内死亡总数，N（t）为 t

年末的人口数， N（t－l）为 t－l 年末（即 t 年初）人口数。

如果排除战争、灾害和传染病等突变因子的干扰，死亡率在长时期中总是遵循一个很有规律的适当的趋势，即使是短期内的死亡率，对社会环境的反应也不会象生育率那样敏感。

死亡率可能会由于经济的发展，技术的进步，人群健康状况的改善，寿命延长而出现长期的下降趋势，但这种下降趋势是有极限的，而且通常随着人口年龄结构的老化，死亡率会不可避免地回升。

人口年龄结构：人口出生和死亡过程作用下的人口瞬间状态，通常用各年龄组人口占总人口的比重指标来描述，也可用“金字塔”图来表示。较有典型意义的年龄组为

（1）0—6 岁	学龄前儿童
（2）7—14 岁	小学适龄儿童
（3）16—55 岁（女）	劳动适龄人口
16—60 岁（男）	
（4）65 岁以上	老年人口
（5）15—49 岁（女）	育龄人口

上述各组人口占总人口的比重是人口年龄结构的基本指示参数，它们既表示了人口的年龄分布状态，也暗示了人口增长所处的阶段。

第七节　文化过程

2.7.1 狭义文化过程

人群圈是地球表层系统的重要圈层，人类的生物特性和文化特性构成了人群圈的基本要素，其中，作为人类与其他生物的重要区别的文化，在地理系统的形成演化中，具有举足轻重的能动作用。地理学关于文化的理解是较宽广的，它包括思想观念、社会组织形式、工艺技术等等。广义地，它是人们的行为与活动方式的总和及形成这种行为与活动方式的潜在背景。显然，文化通过人类与地球表层各圈层的相互作用而表现为地理过程。早在 1882 年，李特尔便对人类文化与环境之间的关系加以注意，后来拉采尔发展了文化要素分析与文化扩散的概念，奠定了文化地理现象研究的基础。

在地球表层，文化表现为文化丛、文化模式和文化过程。文化丛是指文化现象在一定地域的特定聚集，这种聚集表现出各种文化特质（即文化最小单元，如某一风俗、某一工具）的相互依赖；并且具有某种物质表现形式，如有人称东亚为稻米文化。文化模式是具有相近特征的文化丛的共同的抽象特征。维持生命活动及与经济结构有密切联系的文化成分为它的核心文化，其次为次生文化。具有同一文化模式的文化丛（群落）可以在地域上不连续。文化丛与文化模式刻画了区域的文化特征，形成了狭义的文化景观。文化景观是动态的，它的变化和演替是由文化过程完成的。

基本的文化过程包括发现、发明、演化和文化扩散。所谓发现（discovery），用 Spencer 和 Thomas 的话说“是人类认识自然环境的方式。例如，煤和石油可以燃烧，疾病由某种病毒引起的，就可以视为某种发现。”人类的文化发现，改变着人类的行为和活动方式，扩大了人类的活动空间和

工艺文化，使得人类能够更主动地更大范围地作用于地球表层。西方殖民者对美洲的“发现”，改变了全球的环境结构和政治结构。资源的发现引起区域的增长。“发现”在地理学中有重要的意义。发明（invention）是人类创造出的某种自然世界或生物世界尚未出现过的新事物。发明可以指明显事物，如钢、计算机，也可以指抽象事物，如国家、政体乃至于思想观念。发明象发现一样，会通过人类作用于地球表层。发现与发明的功能使人类在文化上经历了四个阶段：(1）仅仅依靠自身能源，被动地适应环境的阶段；(2）通过驯化植物和动物，能动地通过光合作用把太阳能变成食物，并把它储存起来的阶段。这个阶段，人类能主动地适应并小规模地利用环境；（3）通过动力革命，发现了地下资源作为能源，大规模地使用并改造地球表层环境的阶段；(4）正在开始的以计算机应用为代表的信息革命和力求与地球表层环境保持协调的阶段。在这个阶段中，PRED 问题成为重要的科学问题。

图 2.7.1 F.拉采尔（德国，1844—1904）

演化 (evolution) 是指随时间逐步变化的过程。物质文化有其演化过程，社会文化也有其演化过程。生活在现代社会的人，可能体验过计算机的演化过程，从计算机发明时庞大而噪音很高的机器，到轻巧灵敏的高效微机，其间经历了非常迅速的演化。但有些文化的演化却经历了数千年。例如汉字系统，从殷商时的甲骨文，经过秦篆、汉隶，演变到今天的现代汉语简化字，就经过了漫长的历史时期。

不同发达程度的文化互相接触时，较发达的文化将占一定的优势，欠发达社会的文化将产生某种程度的改变、调整、甚至完全转化。在缺少与其它文化接触的情况下，文化本身也会演化，不过这个过程使文化趋于保守。例如封建时代中国实行闭关锁国政策，又因自然环境限制而缺少与其它文化的接触，演化出了比儒学落后的理学及八股文、妇女缠足等形式。在封建科举制度的压制下视科学为雕虫小技，以士为代表的知识分子，或“志于道”，或“吟诗作对”。科学家和技工为代表的知识分子地位卑微，缺少研究和发明的经济条件和社会保障，使得技术进步在中国变得越来越迟缓，中国因此最终从领先于欧洲变得落后于欧洲。

在文化的演化中，文化区的核心文化往往具有很大的惯性，如封建文化在明、清二代表现为阻扰社会进步的强烈因子和杀害维新派志士的思想基础，在辛亥革命后，它并没有全部退出历史舞台，而在中国长时期地存在。相对地讲，次生的文化是容易演变的，如妇女缠足被逐步废除了，社交跳舞被视为一种社会进步，为越来越多的人所接受。识别文化类型区主要依靠特征文化（它很可能是核心文化）。一些学者认为，核心文化受环境的制约。这种观点带有地理决定论的色彩。事实证明，地理环境对文化模式及其演化决定性的影响，出现在人类生产力（技术文化）落后的早期社会。

2.7.2 文化扩散

文化扩散具有强烈的地理意义。扩散（diffusion）是一个物理术语，它指的是粒子从原地向邻域空间无规则运动的总体过程。地理扩散表现出多种形式，其中包括扩展，它使文化影响的范围越来越大，例如，汉语方言的分布，从中原的北方方言到江淮地区的江淮方言，向南逐渐演变为吴方言、闽

方言、客家方言和粤方言。这种局势的形成，就是长期以来北方人口南移，语言逐步向南扩展形成的（图 2.7.2）。其二是迁移，指文化中心发生空间移动；迁移常常表现为孤立波在空间的传播。例如佛教文化在其发源地印度已经被其它文化替代，其最初的扩散地中国西域，目前也被代之以伊斯兰文化与中国传统文化的混型，而在中国东部，佛教颇具影响，在东瀛日本则占有重要地位。第三种文化扩散形式是跳跃扩散，如西方某些文化在靠近它的前苏联、中国并不流行，但在日本却十分流行。一般地讲，扩展受距离和时间的影响，离源地越远，文化被接受的可能性越小。随时间变长，革新物影响范围变大。文化中心的迁移，使源地发生“空心化”。

图 2.7.2 汉语言的圈层扩展（据吴必虎等修改，1987）

文化的扩散随距离而衰减，有学者因此而提出“距离衰减规律”是地理学的基本规律。但跳跃扩散过程则不满足距离衰减规律。关于跳跃过程的理论，是最近数学、物理学、地理学的热门话题。常用某种文化模式在总人口中所占比重来度量文化扩散在地域上的强度。图 2.7.3 是

图 2.7.3 文化扩散过程在时间上的增加和空间上的衰减（据 K.Chapman，1979，有修改）

文化扩散波在时间上的增加和在空间上的衰减曲线示意，这里忽视了空间的地域差异。

2.7.3 其他文化过程

区域文化的重要表现是政治和经济活动，关于经济过程及其地理意义，地理学习惯将其独立地归入经济地理学分支，我们在第五节已经讨论过经济过程。政治过程作为有地理学意义的文化活动，可从空间分割和地缘政治等方面分析。

人类为了自己的存在与发展，需要将地表空间分割划分为不同的地域并希望保持利用划分出的地域。产生这种政治分区的动力机制，学者们有不同的解释。 M.Hechter（1975）提出了政治区域形成的“内部拓殖理论”，他认为之所以能形成的分割空间，是因为这个空间内存在一个占统治地位的中心或核心种族集团，其统治过程构建并结成了一个空间政治单元。边缘区则长时期处于受控状态，其文化也受优势集团的影响。Hechter 的理论属于一种结构理论，它指出了文化、经济统治的客观条件与政治分区的主观反映之间的联系。因此，用结构论的观点来说，种族认同和政治活动是受生态过程和生态约束条件的制约的。

另外，还有人提出一种政治分区的辩证论（dialectical theory）。这种理论认为，边缘区或特征种族区的人们对政治意识具有矛盾心理。应该区分出不同集团人们的政治观的性质和关系，并与其背后的客观条件和利益特征联系起来。也就是说，辩证论是一种强调过程分析的理论。它认为人们总是根据他们所处的情况，为有利或不利的“象征”利益和“物质”利益的目的，而表现出政治行为（J.A.Agnew，1981）。因此，政治分区的原因，在于人们在各种生态条件的约束下，为达到社会利益的目的而表现出的选择行为，而不在于某种“集体意识”的表达（M.Billig，1976）。

政治分区在景观上表现为边界。边界过程在理想状态下经历三个阶段

（H.J.deBlij，1982）。即定界、划界和标界过程。定界过程，在两个政治单元之间确定边界位置，以协约形式加以法律意义上的规定。划界过程，在大比例尺地图上表示出边界。标界过程，用标志物（围墙、绳网、界柱等）在地面确定边界。

政治边界中，一般来说，最有意义的是国界。在民族、国家出现之前，并无明确国界，相应的政治集团、民族集团的边疆地区一直处于政治真空，人类活动与联系以自然界限为“准国界”。现代的国界一般在自然界限的基础上，结合军事的、文化的、历史的、经济的等原因形成。次级的省界、州界等的形成基础，更多地与经济活动联系在一起，但也常以历史上诸多的小国国界为基础。如我国中原地带省界与诸侯国的国界有关，美国的一些州界亦然。

边界实际上是一种空间障碍。一般来说，在没有边界的情况下，政治效应呈正常距离衰减，而在原来不存在边界的地区设置边界后，不仅对政治效应，而且对整个空间相互作用，都有一个明显的中断，实际上是把距离扩大了（图 2.7.4）。

图 2.7.4 政治边界对作用强度的影响（据 J.D.Nystuen，1967）

世界上的政治经济制度、资源条件、宗教、文化差异，必然引起各国对世界利益的分享和世界责任的承担采取不同的态势（这种态势可以是自然的、客观的，也可以是主观的、感觉上的），从而产生国家之间的盟约关系，形成国家政治集团，这些盟约与政治集团，构成地缘格局。另一方面，全球资源分布和国家间的空间分布关系，又可能使不同国家处于不同的战略地位，有的重要，有的次要，这种战略地位与地缘格局的配合，构成了地缘结构。我们称这种全球性的地缘格局和构造作用为地缘作用。显然，地缘作用既有地理成分，也有政治、种族、军事等成分。

地缘格局可分为地缘政治格局和地缘经济格局两类，它们是密切相关的。第二次世界大战后，东欧国家与西欧-北美国家的对立，形成了一种地缘政治格局，而西欧共同市场，OPEC（石油输出国组织）等实际上就是一种地缘经济格局的产物。无论任何种地缘格局，都不是稳定的，它们只是暂时的地缘组织，如拉美国家在二百海里经济专属区上具有的一致性。不同的世界利益在变幻莫测的世界中重组、排列着地缘格局。

特定的集团利益和资源条件，引导着全球各地区处于不同的战略地位，它们是地缘格局的具体化，又是空间特性的必然表现，称之为地缘结构。全球是个大区域，地缘结构实际上是区域的一种复杂的巨型体系的结构，在区域一章中我们将作较多的讨论。

在本世纪初，出于大英帝国控制世界的政治理想，麦金德提出了一种地缘政治学说，他将世界作了特定的地缘结构构建。他认为，欧亚大陆是世界岛。德国至俄国东部是世界岛的心脏地（至此尚不失为一种科学学说），他告诫大英帝国：谁控制心脏地谁就控制世界岛，谁控制世界岛，谁就控制世界。这一学说后来为希特勒德国所利用，变得臭名昭著。1970 年代以来，越来越多的科学家试图重新认识其合理成分。实际上，无论政治的地缘结构还是其它的地缘结构，都可能有其心脏地，这一地带相当于可产生“文化革新地”的中心，它可以影响周围的边缘区。当然欧洲中心论的观点不一定正确，例如中东油气资源地带在世界地缘经济结构中，可能就是心脏地带，中东的

许多问题由此产生。

以心脏地—边缘区构成的地缘结构，不能包揽全球地缘格局，可能有一些地缘独立区存在。如由于自力更生的原因，中国相对于世界的地缘经济结构，就具有一定的独立性。

必须注意的是，由地缘结构引出的地缘政治、地缘经济学说，很难变为世界普遍接受的科学理论，因为世界是唯一的，这些学说没有实证基础；同时，国家利益明显地影响着科学家的思维，有多少出发点，就可能产生多少地缘政治学说。

第八节　资源及其特性

资源是人类赖以生存、发展的基础。资源的涵义非常广泛而众说纷纭。一般而言，资源是指具有社会有效性和相对稀缺性的物质材料、物质形式或者某些非物质的环境事物。没有社会性的利用价值的事物并不能成为人类生存与发展的基础；没有相对稀缺性也不能视为资源，如人口，当从生产需求角度讲时，它是一种资源，但人口过多时，它就成了负担。又如阳光，一般不把它作为资源，当将它与农业生产联系起来时（缺少日照，农业生产潜力条件下降）才能表现为资源，在干旱区，阳光过剩成了环境最大的“破坏因子”。故有些学者认为资源是人类的一种约定或选择。

习惯上将资源分成自然资源和人文资源（或社会经济资源）。政府部门倾向于将资源分为矿产资源、生物资源、土地资源、水资源、海洋资源、气候资源、旅游资源等，这一分类有利于管理。经济学家从学科出发，倾向于把资源分作土地（包括地表与地下的矿产、森林、水等），劳动力、资本等种类。应注意各种分类并不是绝对的。

2.8.1 资源种类及其特性

一、矿产资源

矿产资源是指“天然赋存于地壳内或地壳上的固态、液态或气态的富集物。以其作为一种商品化的经济开采在目前是可行的或潜在可行的”（美国内政部）。矿产资源可以以岩石（如石炭石等）、固态矿物、气体和液体形式存在。

矿产资源具有下列特征：

（l）储量有限性与耗竭性：矿产的储量总是有限的，在不断开采的情况下，一个个矿藏有耗竭的趋势。不过矿产的储量是个发展的概念，储量由下列条件确定：经济上达到合理可行、品位标准合格，而且这种品位对于当今的采选工艺技术和利用水平是可行的。随着人类的技术进步，矿产的储量也在变化，原来因品位低、开采困难而被认为耗竭了的资源，可被认为并未耗竭而重新开采。

（2）矿产资源基本上赋存于地下，并且在空间上分布不均匀。矿产资源是地质运动（包括地貌与沉积过程）的产物。它们赋存于地球岩石圈中，有的出露地面而易于开采。在地球上矿产资源分布于成矿带和地史上的沉积盆地中。因地质构造和地史过程不一样，地球上各种矿产资源分布并不均匀，各地资源各具特色。

（3）矿产资源的开采和加工易具污染性。

（4）矿产资源具有可运输性。

二、生物资源

生物资源包括农产品、畜产品、森林、海洋鱼类等。农产品和海洋鱼类等作为人类的食物，森林资源在现代的主要功能是作为建筑、化工和造纸原料，但在发展中国家，尤其是它的广大的农村地区，又作为燃料使用。

生物资源的特征如下：

（1）可更新性：生物具有繁殖的能力，所以它是可以再生的。但是再生能力有一定限制，如不保持一定的活生物量，生物群落便不能维持一个稳定的生产水平，从而使资源日趋减少。世界上的森林和林地，一度曾达约 60 亿公顷，但 1954 年后因人口迅速增长，农业、牧业和人类生活的需要，使森林降至 40 亿公顷。现在森林资源约以 610 万公顷/年的速度被砍伐。世界海洋鱼类资源的捕捞量，目前已接近仅能维持稳定再生能力的水平。

（2）世界生物资源分布极不均匀。这种分布与气候带或气候类型区有关，如森林资源集中于热带雨林地区（热带常绿林）和温带（针叶林）。作为工业性木材的针叶林，83%集中于北美洲和俄罗斯，我国的森林资源储量居于较低水平。

三、土地资源

土地资源也是一种自然资源。土地的含义较广，但土地资源一般限于指地面及其土被乃至水文地质结构。土地资源一般具有下列特征：

（1）土地资源具有一定的生产力，是土壤-植被系统的基础，同时土地资源又具有空间承载力，是建筑、道路的地基或者说是人类经济活动、日常生活的场所。

（2）土地资源具有类型分异，在自然地理环境中土地分异为各种自然土地类型，如坡地、河滩地、石质小丘等，在城市环境中，土地分异为有不同地价的土地单元，如商业用地、居住用地等。如图 2.8.1 所示。

图 2.8.1 城市土地地价分异（据 C.W.Hammond，1985）

（3）土地资源的功能依赖于其地理位置，同样质地的土地位于不同经济地理位置，其功能便不一样。如市中心的土地与郊区的土地，尽管其自然基础一样，但进行土地评价时，首要原则却是其区位特性，同样的土地可能被评价为完全不同等级的土地资源。

（4）土地资源具位置不变性和区位不可替代性。土地不能被搬走，是不可移动资源，土地的不可移动性还产生了区位不可替代性。尽管市中心土地资源紧张，但不能由郊区的土地替代它，区位是不可替代的。

（5）土地是一种可更新资源。农用土地一般发生季节性更新。土地的长期使用可能发生退化。土地的更新不象生物资源是自发的，而是要借助人类的投入，不然土地的更新期可能变得十分漫长，以致于土地成为不可能更新资源。历史上退化的土地大部分都是未能恢复，土地上原有的生态系统被破坏使得土地自发更新的能力几乎趋于零。试图恢复退化的土地，必然要花巨大的代价。

（6）全世界土地资源正在受到沙漠化、盐碱化的威胁，荒漠化土地的增长，一方面是由于人类的不合理利用，另一方面是自然环境的演变。目前，人类与荒漠化的斗争取得了局部的进展，各种行动计划表现了三个目标：①阻止和扭转荒漠化的环境进程；②提出生态上的生产性和持久性的土地利用

方式；③使受荒漠化影响的人们得到社会与经济的进步。

（7）农用土地的资源量不能简单地用面积来评价，土地所处的气候类型区对土地的农业生产潜力有很大影响。例如俄罗斯虽然土地辽阔，但气候条件恶劣，其土地的农业生产潜力很低。

我国东部雨热同期，一般可达一年两熟，甚至三熟，所以能用有限土地养活大量人口。图 2.8.2

图 2．8．2 世界可利用的农用土地（据 Sarre，1991）

是世界可资农业利用的土地分布情况。表 2.8.l 是世界土地利用模式。

表 2.8.1 世界土地利用模式(1985，单位：百万公顷)

地区	土地面积(%)	农用土地	草场	森林	其它
北美洲	1838 (100)	236 (12.8)	272 (14.8)	591 (32.2)	732 (40.2)
欧　洲	472 (100)	139 (29.4)	84 (17.8)	155 (32.8)	94 (20.2)
大洋洲	842 (100)	50 (5.9)	453 (53.8)	159 (18.9)	179 (21.4)
苏　联	2227 (100)	232 (10.4)	374 (16.8)	935 (42.0)	687 (30.8)
非　洲	2964 (100)	184 (6.2)	788 (26.6)	697 (23.5)	1295 (43.7)
拉丁美洲	2054 (100)	180 (8.8)	553 (27.0)	984 (47.9)	337 (16.3)
亚　洲	2678 (100)	454 (17.0)	644 (24.0)	562 (21.0)	1018 (38.0)
世　界	13075 (100)	1475 (11.3)	3168 (24.2)	4083 (31.2)	4345 (33.2)

资料来源：FAO(1987)ProductionYearbook1986，V，140，罗马

四、水资源

水资源，习惯上指的是淡水资源，因为这一部分水与人类生活、生产密切相关，而且表现出了稀缺性。水资源的基本性质如下：

（1）水是可更新资源：这种更新是通过水—汽循环和水体流动实现的。所以，水资源的储量只考虑绝对量是不够的，必须考虑水循环的速度。作为水资源，这个速度就是径流量（地表水）或动储量（地下水）；作为能源，这个速度就是它所蕴藏的功率当量（由流速和落差共同决定）。

（2）水资源储量具有时间波动性：在一年内一般有洪枯的周期性波动；不同年份也有丰欠之别。所以在评价水资源时，时间变量是重要指标。

（3）水资源的空间分异也极明显：既有由大气环流因素作用而形成的地带性分异，又有由海陆热力学差异导致的非地带性分异。在我国，水资源的分布在相当程度上影响了生产力布局。

（4）水资源具运输导体功能：由于水形成海洋、河流，产生了水资源的运输导体功能，这时决定水资源运输能力的除了正常径流量等资源特性外，主要是水文、地貌特征。所以严格讲资源论不研究水资源这一功能。

（5）水资源是易污染的资源，污染物会随水的运动游向下游、湖泊、海洋或渗入地下，污染更大范围内分布的水资源。

在全球范围内，不同地区水资源分布有很大的差异，图 2.8.3 是全球水资源分布的相对余缺情况，它仅从蒸发与降水角度来考虑，未涉及对水的生产与生活消耗。

图 2.8.3 世界水的余缺分布（据 M.Falkenmark，1977）

实际上，全世界淡水的实际利用数量估计在 2600—3500 立方公里之间。

一人一年内维持生命所需饮水量少于 1 立方米，但是，根据大多数发达国家所规定的维持充裕生活标准，每人每年用于生活的水量至少要达到 30 立方米。生活和娱乐需水量仅占世界用水量的 6%，农业灌溉占 73%，工业占 21%。然而这种用水结构各地不一样。在东欧工业用水达该地区可利用淡水量的 80%，而一些国家则少于 10%，如土耳其（9%），墨西哥（7%），加纳（3%）。可是，即使是在那些许多方面具有完备统计资料的国家里，关于水的资料并不总是适用的。

这种分析忽略了一个严峻的事实，地球上的淡水分布常常与人们的居住地方不一致。一些国家淡水相对丰富，因为每人用水量与每人可得到的水量相比差别很小。例如，加拿大在 1980 年每人年拥有 122000 立方米水，而每人年用水仅约 1500 立方米。另一方面，在埃及 1976 年每人取水量为 1180 立方米，已接进每人年可利用水量约 1470 立方米的极限。

就全世界水平而言，根据欧洲经济合作与发展组织资料，北美每人用水量居领先地位，每人每年为 2230 立方米（1980 年）。另一方面，欧洲经济合作与发展组织的国家每人每年用水 656 立方米，日本、澳大利亚和新西兰平均每人每年 945 立方米。

五、能源

能源的主要形式是矿物性燃料，石油，天然气和煤。在其它国家，能源以石油、天然气为主，我国目前以煤为主要燃料，再生性能源指生物能源以及潮波能源等。由于世界上大多数国家石油需要进口，而核能源的安全性受到了挑战，再生性能源正在受到重视。

矿物性能源在世界的分布是很不均匀的，中东国家是世界上最大的石油净出口国，其次是拉丁美洲和俄罗斯、中亚地区。石油的三个主要进口国与地区是美国、日本与西欧，英国与挪威由于发现了北海油田，成为了石油净出口国。图 2.8.4 是全球石油资源和水电资源分布状况。

图 2.8.4 全球能源和水电资源分布（据 C.W.Hammond，1985）

能源是耗竭性资源，其中矿物性能源是不可再生的，虽然它是能源中最主要部分。核能可能是今后能源的主要来源，但它的安全性受到了越来越多的怀疑，有的国家已被迫放弃原有的雄心勃勃的核电计划。矿物燃料和核能开发、利用都存在污染的危险。

能源与矿产资源对人类经济活动影响很大，特别是对现代工业化国家。因此主要的石油出口国在世界政治中占了重要地位，围绕争夺油气资源，形成了突出的地缘政治结构。这一类问题为地理学家们所关注。

六、气候资源

气候资源指的是区域的光、热、水分条件，这光热水分条件决定了区域特定的农业生产潜力和决定了特殊的生境，从而使某些生物品种可以生存。当局部地区内地貌引起的小气候分异产生了特殊的气候条件，可以使局部地区生产该区域稀缺的物产，气候的资源性表现得更为强烈。

与其它资源不同，气候资源是一种条件性资源，它限定了生产条件，提供了生产可能性，它还具有明显的流动性。一段时期的光热输入，不能为下一时期利用。

七、海洋资源

海洋资源是一种复杂资源，它可分解为矿产资源（以锰铁结核为主）、

生物资源、潮汐能资源和水资源等。由于其特殊的地理景观特性和待开发性，被列为一类。

八、社会经济资源

社会经济资源主要为资本和劳动力。资本是国民生产中的货币投放，其表现形式为房屋、机器设备等固定资本和原材料半成品、成品、商品、存款、现金等的流动资本。资本被普遍认为是可更新资源，资本参与生产活动而具有再生性。

劳动力即具有劳动技能和能力的人口，是人能够用于物质资料生产的体力和脑力的总和，劳动力也是可更新资源。除此之外劳动力还具有下列特性：

（1）个人作为劳动力是有条件的，必须经过抚养和技术培训才能成为劳动力。

（2）只有就业岗位充分时，劳动力才呈现资源优势，相反，劳动力一旦失业就是一种“负”的资源。

（3）劳动力具类型分异，并且作为一个总体存在。类型配置合理的劳动总体具有高的效率性。不合理地配置劳动力，特别是对具复杂劳动能力的劳动力的浪费，是生产低效率的原因之一。在西方资产阶级国家，有些学者十分强调企业家的重要性，并把它列成与劳动力并行的另一类资源。

市场也可以视为一种资源，似乎市场的存在可以诱发产业和不同资源的开发。市场作为资源与其它资源不同，由于它是带有与其它资源相反“电荷”的资源，它吸引资源，决定资源开发的可行性，影响资源开发技术的发展，因此它具有比其他资源更重要的意义，没有市场的资源开发，缺少现代经济学意义。

九、旅游资源

旅游资源可能是自然资源也可能是人文资源。人类在满足自身的基本生活要求后，趋向于更高层次的消费——旅游。它包括旅行、观景、游憩、消遣、购物、寻求新奇刺激等。凡是满足上述种种需求并被经营者利用来获得经济效益的事物，都可称之为旅游资源。这样的定义，可以说无所不包，因此旅游资源的类型也就无所不包了。

旅游资源的性质因具体的资源形式而不同。一般自然风景、人文景观点、娱乐设施等，存在环境容量限制，在常见的情况下，即使环境容量允许，过多的旅游者的拥挤，不文明的吵闹声等也破坏了旅游者的心境，使得游客失去旅游的愿望，造成旅游资源效益下降。如何确定旅游者的阈值，是一个发挥着许多人想象力的问题。

在许多情况下，技术、民俗、民间文艺、信息等都表现为资源，我们称这类资源为软资源，相应地称前述各种资源为硬资源，因为它们一般均具有某种物质形式。关于它们的理论问题，可以参考有关理论地理学专著。这些理论问题主要是开发、利用或配置，一般说来第一类硬资源（耗竭性资源和可再生的生物资源），存在一个合理的开发过程问题，例如生物资源，“竭泽而渔”，一时间得到最大利润，但一次性的开发破坏了资源再生能力，从而使资源趋于消失，因此存在一个最优开发的问题。而第二类硬资源（它们常具有位置固定性），主要问题是配置问题，同一块土地，如何布局作物合理，这是最简单的配置问题，这里也有一个最优化配置的问题。要深入讨论这些问题，涉及较多的数学内容，超出了本书的范围。

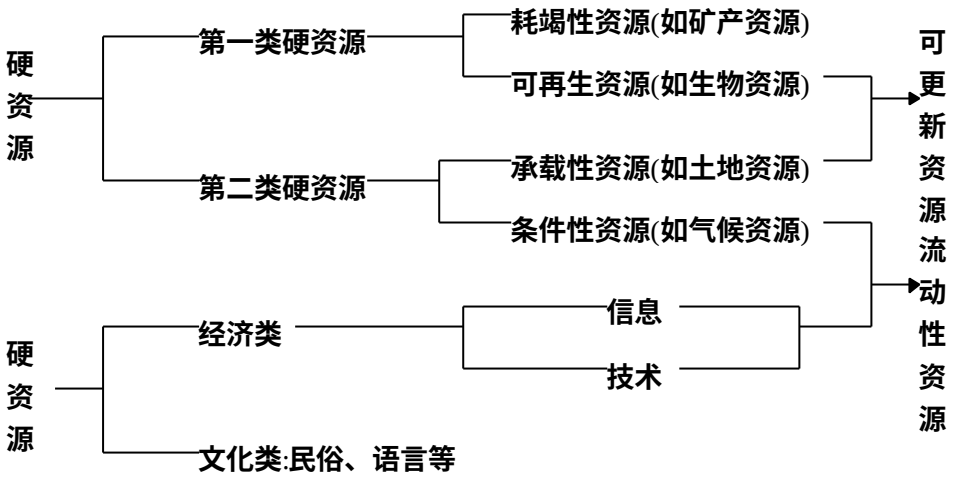

图 2.8.5 资源的技术分类

2.8.2 资源管理

在我们面临的 PRED 问题中，资源问题主要表现在短缺与区域不匹配上。而这两个问题又和人口、环境与发展密切相关。供与求之间的矛盾，越来越突出，资源管理的目的在于合理地开发利用各种资源，并从保护的角度对资源加以开发利用，保持 PRED 协调。

地球上的资源，尤其是作为基本资源的自然资源还可供人类使用多长时间？人们的回答并不一样。乐观的看法认为，自然作为动力原料的自然资源日渐减少，但现代科学技术可以寻找到新的替代物弥补这一缺乏。例如，人们最初用木柴作为燃料，随着燃料消费呈指数增长，人们找到了一系列的其它资源以供所需。这些包括煤、石油、核燃料等等。表 2.8.3 反映了能源消费结构随时间的变化。

另外，现代科学技术还使开采技术水平大大提高，使原来无法使用的低品位资源得到了开发利用。例如，二十世纪初，含铜量至少在 3%以上的铜矿才值得开采，而到了 70 年代，品位在 0.6%左右的铜矿就已可开采了。低品位资源的利用，大大改变了对资源储量的评价。可开采储量的增加，改变了人们的恐慌心理。如图 2.8.6 所示，随着品位水平要求的降低，储量将增加。

图 2．8．6 资源品位与储量的关系（据 P Haggett）

表 2.8.2 能源消费的重点变化

能源结构	占所消费能源的百分比					
	1875	1900	1925	1950	1975 （估）	2000 （估）
木柴、其它植物	60	39	26	21	13	5
煤	38	58	61	44	27	21
石油	2	2	10	25	40	39
天然气	<1	1	2	8	15	15
其它（电、核等）	<l	<1	1	2	5	20

来源：联合国材料，转引自 P.Hagget ， 1975 ， P．20

绝大多数学者认为，从长远看，我们不容乐观。世界上的人口增长，将给资源带来巨大压力。如果依目前的人口增长速度，只需 500 年，地球上的人口每个人只能拥有地球陆地表面（包括南极洲和撒哈拉沙漠）上的 1 平方米左右的地方了！我们可以这样认为，资源的消费是人口增长的函数。以每个人消耗的能量比率来说，每人每天为保持基本生存条件，所吃的食物相当于 100 瓦的能量，再加上供暖所需，每人所需水平将达 1000 瓦。随着煤（大约从 800 年前开始）和石油（约 100 年前开始）的不断开采，现在人均能耗已达 100000 瓦。依这种水平下去，大自然花了 1 亿年沉积才形成的自然资源，只需 100 年的功夫，就会被工业化的世界消费掉。悲观主义的著名成果是罗马俱乐部的“增长的极限”。梅多斯等假定世界体系发展的自然、经济和社会没有重大变化，人口和工业的增长肯定最迟会在下一个世纪以内停止，世界因资源危机而崩溃，世界末日将来临。图 2.8.7 就是他们所作的数值模拟结果，其方法是“系统动力学仿真技术”。

图 2.8.7 修改过的世界模型（据《增长的极限》， 1974，第 140 页，图 42）

无论是乐观的前景，还是悲观的前景，在目前加强资源管理、保护资源、开发新资源是唯一正确的资源政策，受到国际社会的普遍重视。要对资源实行有效的管理，最重要的是进行资源立法。如何运用法律手段正确处理自然资源的开发利用与经济、社会发展的关系，以求得社会经济稳定持续的发展，是各国普遍关心的重大问题。各国政府和有关机构近年来出钱出人，资助资源发现与立法的研究，并相互制定了有关法律和政策。

在资源管理中，“生态学管理”的观念是目前最为流行的观念，但是缺少理论。特别是生态学的某些“保守主义”的作法与发展相冲突，遭到了处于贫困地区或发展中国家的抵制，这一问题甚至引发地区性的、世界性的政治冲突。关于资源管理与 PRED 协调问题，是近年来地理科学、环境科学、经济学、生态学的热门话题，在本书的第六章和其他有关章节，我们将继续讨论这一问题。

复习思考题二

1.如图 1 所示的海陆分布，试在图 1 中标出气候、土壤、植被情况。并简要说明理由。

2.讨论全球大气增温会引起海岸发生的变化。

3.水圈的一部分称冰雪圈，包括极地冰川和山岳冰川。讨论冰雪圈的地理效应（试从气候作用、水文作用、地貌作用及对区域经济发展的影响四个方面着手）。

4.总结地貌过程中泥沙运动的普遍规律。

5.试讨论“土地生态系统”的内部循环特性和全球分异特征。

6.区位的意义是什么，它们怎样引导空间结构。

7.定义人口不均匀分布的量度分别为：

Wrigh 系数：$G_W=A+B$，

和 Gini 系数：$G_E=1-2A/(A+B)$

讨论两个系数的差别。在人口发展的三个阶段中（设城市化程度越来越高），G_W，G_E 分别会有什么变化（式中 A，B 分别表示 A 区与 B 区面积，如图

2 所示）。

8.文化扩散有什么规律，能称一般的地理扩散服从这种规律吗？

9.如果 A 点竞争能力为 P_a，B 点为 P_b，A，B 相距 d，利用（2.5.9）式证明，A、B 竞争的空间平衡点为

$$d_e = \frac{d}{1+(P_b / P_a)^{1/2}}$$

如果采用（2.5.10），会有什么结果？

（提示：取（2.5.9）$a_1=a_2=1$， b=2 并令 A、 B 对 e 点的相互作用相等）

10.试给：“聚集”、“反聚集”和“扩张”下定义。

图复 2.1　　图复 2.2

第三章 基本地理规律

在第二章中，我们讨论过各种地理过程，它们驱动着景观的动态变化。这些复杂的各不相同的地理过程，统一作用于地球表层，形成了统一的景观现象或地理现象。现象之间的统一性，表现为基本的地理规律，它们在地理学各分支领域普遍地存在。今后，我们以“基本地理规律”这一概念来指称这类现象的普适规律，以“地理基本规律”指称各分支领域中特有的规律，后者不能一般地推广到整个地理学中。当然广义地讲，二者都属于地理学基本规律。关于地理学基本规律的研究，构成了地理学的理论分支。

第一节 地带性

在第一章中，我们讨论过由于太阳辐射的纬度差异，形成了地球上的温度带。在第二章中我们知道，太阳辐射不仅给地球表层输送来热量，而且引起了大气的环流运动，大气环流引起热量和水汽的输送，使得地球上不同地方得到不同的水汽，保持不同的气温，形成不同的气候。

3.1.l 纬度带系统（多种来源）

以太阳辐射为动力，气候过程、水文过程导致了地球上形成平行或近平行纬度的景观分异，这图种现象就是纬度地带性。

仅考虑太阳辐射的地球纬度地带如图 3.1.1 所示，它是地球上的基本地带。实际上由于气候过程的复杂性及地形的影响，纬度带是变形的，每个气候带也并不严格地限定在图中标定的范围内。例如，“亚热带”往往可向极地或赤道方向扩展几个纬度，并且“避开”高原地区。关于各带划分的标准，各国科学家常有差异。高纬度国家的学者，与我国学者相比，往往把亚热带、温带（中纬度带）的位置定得较北。表 3.1.1 是地球上的气候分带与类型。尽管辐射决定了气候带沿纬度的基本分异，但是气候过程不仅取决于辐射，而且与地貌、水文的过程与分布有关，是地球表层各圈层相互作用的结果。在低纬和高纬地区纬度地带性较明显，如图 3.1.2、3.1.10 所示非洲植被产量分布图。高纬的冰原地带、泰加林地带和低纬的热带雨林地带、萨王纳地带都表现出大致沿纬线横跨大陆的特点。在中纬度，气候景观受海陆分布、地质地貌影响较大，地带不能横跨整个大陆，且与纬线相偏离，但纬度地带性仍然是基本特征，在纬度地带内形成地带段。在中纬度大陆东岸，植被景观地带段从南到北依次为亚热带雨林、阔叶林、针阔叶混交林；在大陆西岸依次为地中海常绿硬叶林、阔叶林、针阔叶混交林；在大陆内部则表现为以大陆干旱区为中心的马蹄形分布，由内向外为荒漠—半荒漠地带段、温带草原地带段和森林草原地带段。

图 3.1.2 非洲植被产量分布（据 H.A.叶菲芙娃， 1977）（单位：公担/公顷）

气候、植被景观具有纬度地带性，作为气候与植被形成的土壤也具有纬度地带性，图 3.1.3 是全球土壤地带分布模式。

图 3.l.3 欧亚土壤地带性分布（据马溶之， 1957）

图 3.1.4 世界农作系统（据 B.Knapp，1986）

由于人群圈是与地球表层其它圈层相互作用的，所以人类活动的分布特点也受到纬度地带性的调控。例如人口分布，以中纬度地区人口密度最大，因为这一地带不象热带那样疾病类型多，又较高纬度有更好的农业生产资源，最为适合生产力水平低下时期的人类生存和农业发展，从而形成人口分布的历史性局面。其它人文现象，也有纬度地带性的特点。图 3.1.4 是世界农作系统的分布，我们可以发现它基本上受纬度地带性的调控。图 3.1.5 是世界主要农作物的纬

度分布图，从中可以看出，在人文因素共同作用下，农作物的分布不能不受到纬度地带性的调控。

图 3.1.5 世界主要作物的纬度分布（据 P.Sarre,1991）

地球的黄赤交角变化，或者全球气候系统的演化，可引起地带位置的变化。在第四纪时期，尽管全球的气候变化引起地带位置的变化，但纬度地带性仍然存在。在第四纪冰期，每次大陆冰盖扩张的范围控制在一定的纬度范围，植被景观带的变化也基本上沿经向迁移。远古地质时期的植被等记录，表现了明显的偏离现代纬度地带特点。板块学说认为，这正是大陆飘移、板块运动的证据。

图 3.1.6v.v.道库恰耶夫

纬度地带性，也被称作水平地带性或地带性，最初由近代地理学奠基人德国人洪堡提出，1893 年，俄国学者道库恰耶夫总结了俄国的土壤地带分异，最终完成了纬度地带性学说。同时，道库恰耶夫还发展了垂直地带性学说。所谓垂直地带性，描述的是山地或高原地区，随高度的增加，景观结构也发生地带性变化，并且(俄国，1846—1903）在一定程度上重现纬度地带序列。在山体底部地下水位适中的平原地，一般出现相应的水平地带景观结构，称为它的基带。基带以上，随辐射平衡的变化和水分的分异，则出现类似于从低纬景观向高纬景观过渡的现象。图 3.1.7 是乌拉尔山脉西坡垂直地带性略图。

图 3.1.7 乌拉尔山脉西坡垂直地带性略图

1.秃山； 2.高山冻土带； 3.高山桦林和草甸； 4.高山森林冻土带和疏林；5.高山暗针叶泰加林；6.高山亮针叶泰加林，7.高山亚泰加林；8.高山阔叶林；9.高山森林草原；10.冻土带；11.森林冻土带；12.北泰加林带；13.中部和南部泰加林带；14.亚泰加林；15.森林草原；16.草原（取自伊萨钦科，1971）

垂直地带性虽然与纬度地带性有一定的对应性，但二者有显著差异。首先，山地的温度梯度约为—0.6℃/100m，这个值相当于纬度梯度的 1000 倍，因此每一地区的垂直地带性不可能有纬度地带性丰富。再者，每个山体或高原总是位于一定的纬度，所以它的基带不可能总是从纬度带的热带雨林景观开始。更为重要的是，由于山地的屏障作用，气流发生上升，在迎风坡的一定高度，降水达到最大；在背风坡与封闭盆地内，形成了干旱的环境，出现了不同于迎风坡的以干旱为特征的垂直地带分异。在有些山间盆地，由于逆温层的存在，可能出现带谱倒置的现象。事实上每一纬度地带、每一大的地貌类型区内，都有自己特定的垂直地带类型即带谱，其特点是有一定的带数

和特定的变化序列，图 3.1.8 是中国山地植被的垂直带谱。

除了纬度地带性和垂直地带性外，人们还发现从沿海向内陆，地理景观特征呈带状分布。例如，阔叶林带等地带性植被群落，仅发生于湿润的大陆东岸，而在大陆腹地出现草原和荒漠景观。在许多地方，尤其是中纬度地区，景观序列的更替表现出近于平行经线方向。这种现象称作经度地带性。经度地带性的起因在于大气环流对水汽输送的沿程分异。在迎风海岸，离海越远，气流中水汽愈少，降水愈少，气候趋于干旱；在背风海岸，呈现相反序列。总之，景观呈现随经度的序列变化。图 3.1.8 是美洲大陆西岸自然植被类型的变化，它显示出经度地带性规律。值得一提的是，经度地带性很不规则，受大地地貌结构（地文省）的影响很大，例如我国东北—西南向的地貌台阶与我国气候类型区关系很大，成为我国半干旱—半湿润地区的分界地带，这种现象还带来了人文景观的分异，中国人口的重要分界线——胡焕庸线，基本上平行于地质地貌界线，这可解释作环境的极大差异，引起了该线两侧农业生产潜力的巨大差异，进而引起人口和民族生活方式的分异。经度地带性这种因海陆分布及大气环流原因引起的变异是普遍存在的，但也有并不平行于经度线的，因此有的学者主张称其为非地带性或干湿度地带性。为对称起见，称这种由于大气环流引起的、以水分分异为直接形式、并在世界上大多地区近平行于经线的分异为经度地带性。尽管它有时不是垂直经向的，如南亚季风引起的分异。

多数学者将非地带性用于专指经度地带规律以外的主要由大地地貌（地文省）引起的大尺

图 3.1.11 平亢地与非平亢地（据 W.M.Marsh，1981，略有修改）

度地域分异。如图 3.1.9 中澳大利亚的环境分异表现了典型的非地带性。大地貌结构作为下垫面引起大气环流的变形，产生了非地带性。这种地带性现象形态更为复杂化。一些学者认为，由于地貌结构引起的非地带性，可以解释作纬度地带性、经度地带性和高度地带性的复合物。青藏高原总体上看具有非地带性分异特点，然而它的年均温从南向北降低，年降水量从东南向西北递减，垂直方向依海拔变化，非地带性在三个方向上被分解（郑度，1979）。图 3.1.9 的非地带性，实际上可分解为纬度地带性与经度地带性。图 3.1.10 是全球植被群落的分异,你可以从中体会到每种分布都受到几种地带性规律的作用。图 2.1.10 的气候类型分布，将有助于解释地带性分异。地球上任何一个地方，几种地带性因子都不同程度地起作用。

地理现象的地带性规律是普遍存在的，其起因是地理过程，但地理过程的作用是复杂的和递阶的，太阳辐射的纬度分异和受地球表层各圈层相互作用形成的大气环流是地带性分异的首要因子。

值得注意的是，地带性规律是统计性规律。自然地理学约定平亢地上发育的土壤植被景观，可作为一个自然地带的标志性土壤植被景观。所谓平亢地是指那些地面高而平坦，排水良好，没有强烈侵蚀与强烈堆积，地下水距地表较深，不影响土壤发育，土壤颗粒粗细适中的地域。在平亢地上发育的

土壤植被是“显域”的。在自然带中，由于地貌、岩性差异或地下水深等影响而造成的与平亢地不同的土壤植被，称为“隐域”景观，这样的地貌部位称隐域部位。有人进而提出地带性规律包括隐域性。可以认为，地域中与基本统计特征有明显偏离的景观为隐域景观。隐域性不属于地带性现象，而属于下节将讨论的更一般的地域分异现象。

第二节　地域分异性

作为地带性规律的发展，地域分异规律被认为是地理学中更基本的规律。由地带性现象可知，某个地区、全球或地球表层分异为带状序列。这就是一种地域分异现象。所谓地域，是地理学中的一个抽象概念，它把地球表层表达成二维空间，在这个空间上有各种地理过程发生并且可以定义一个景观结构。简单地讲地域分异律，它的意义是地域由于地理过程的作用，可以识别为具有不同景观结构和地理性质的单元或区域，这些单元之间既有一定的共性又可互相区别。

图 3.2.1 池塘（湖泊）环境的地域分异

（在图中，植物生长平行于岸线，不仅如此，当生态系统发生演替时，也是按带推进的。由此可见分异性之强烈）

地域分异律在地理学中是普遍存在的。首先全球分异为大陆与海洋，大陆分异为各自然地带、自然亚地带、自然区等等。在一个局部环境或区域中，地域分异也是存在的，如图 3.2.1 所示，温带湖泊内部沿岸带存在地域（或空间）分异，其生物群落和沉积物特征与空间位置有特定的关系。在空间经济现象中，区位现象也是一种地域分异现象。如图 2.5.2 所示，在一个空间范围内，只有一个中心市场，空间产业形成环状的区位带。有的学者（如景贵和）认为，地域分异可分为四级规律：①全球性分异，如全球热量带；②大陆、大洋的分异，如大陆纬度自然带；③区域性分异，如干湿度分异和带段性、垂直带性；④地方性分异，主要是土地的分异。原则上我们可以把这种认识推广到全部地理现象。第一、第二种分异，是全球尺度的分异，第三种是区域尺度的，第四种是局地尺度的。分异的地域在空间过渡关系上，或多或少地带有突变性。

图 3.2.2 不同观察意义下的地域类型变化

土地是占有一定空间的地理景观，它的分异可以显示出地域分异的基本特点。首先，一定的土地具有一定的水文、地貌、土壤与生物群落及气候特征，所以土地在地理过程的驱动下分异为各种土地类型。早在战国时代，《管子·地员》就认识到地域分异的普遍性，将全国土地分为 5 类 25 型。基于地域分异，现代土地类型分类一般按植被、土壤、地貌特征将土地分为由低至高的三级：相（土地元素）、限区（土地单元）和地方（土地系统）。由此可见，地域的差异是递阶的，每一级的分异保持一定的地理过程一致性；不仅如此，地域分异不是无限制的，相是土地分异的最小单位，它具有一致的地貌、岩性、土质、植被丛。一个相中可能有几种植物，它们以随机的方式生长在一个土地环境中。继续划分相以下的土地类型是没有土地学意义的，因为它内部的差异不足以标志植物群丛或土质等方面在自然地理过程方面有什么稳定的差异。相的存在表明地域分异相对于特定的地理观察来说，是有最小极限的，如城市内部土地利用分异为中心商业区（CBD）、混合区、居住

带；居住带又分异为不同阶层的亚区（Sector），亚区之间的人口迁移，具有人口社会学上的意义，但大量的经常发生的从一个居民楼到另一个居民楼的搬迁，不具有人口学的意义，虽然对搬迁者来说可能是十分重要的。我们一般地把地域分异的最小单位称作相。如在遥感观察下，一个像元就是相，它构成从遥感图像识别景观的基础。

地域分异的单元会形成有序的组合，这种组合构成了空间结构，也构成了空间结构的各种类型。图 2.5.2 中的环形地域结构称杜能型，它是杜能首先提出的。图 3.2.3 是常见的另一种空间结构——克里斯特勒型，也称中心地结构。图 3·2.4 是常见的土地类型空间结构。现代地理学和景观生态学将空间结构组成单元划分为葩嵌（Patch，也译作嵌块、镶嵌块等），廓道（Corri-dor）和基底。葩嵌是空间结构中较小的均质单元，它对空间结构的性质有引导活化作用,如城市对区域空间结构的引导作用是空间结构中的‘ 红花 ”。廓道是空间中的线性的或带状的部分，它具有通道作用或障碍作用，是空间中的“ 绿叶 ”，它与葩嵌共同构造了空间结构的格局。基底是连续的空间背景条件，是空间结构的“ 土壤 ”。对杜能型来说，中心市场是葩嵌，环形和扇形是廓道，余下的是基底。对于克里斯泰勒结构来说，中心是葩嵌，多边形是廓道，余下的是基底。在第五章中我们将看到，忽视廊道的韦伯结构和更为特殊的廖什结构。必须指出的是，葩嵌、廓道和基底往往是相对而言的，不同的地物，在不同的观察下表现为不同的空间单元。在第五章中我们会进一步理解这一问题。

尽管分异地域从统计的尺度看带有某种突变性，但细致地观察会发现分异的地域之间存在着界限过渡现象。引用物理学观点，也可以叫作景观界限测不准。我们知道，生物生活有一定的耐性范围，当生境条件有变化时，生物仍然能生存。所以当我们以某几种植物或植物群丛作为地域标志时，就会发现由于耐性定律的作用，不同地域的标志植物生活于同一地域（带）中，观察者不能发现一条界限将两种地域依标志植物分开。如果我们严格地定义地域空间界限，我们就不能严格地定义标志植物群丛、水文、土壤等特征，地域界限也就测不准。类似的现象，也存在于人文地理现象中，城市与农村的界限，产业带界限测不准，产生了地域之间的过渡带，这种过渡带被称作“ 生态环境脆弱带 ”（ecotone）、“ 交错带 ”等等。本书称“ 缘带 ”（图 3.2.5）。缘带的地理过程不稳定，如气候类型区的边缘带，因大气（圈）运动的波动，在气候类型区的交界地带，不同气候类型区的天气系统交替出现，从而出现景观现象不稳定，并且表现为多自然灾害区。如我国的淮河是一条气候界限，淮河流域成为灾害多发区与之不无关系。在城市与农村的交接部，形成的缘带称“ 城市边缘带 ”，这一带人口流动最为频繁，在西方形成特有的贫民区，出现许多社会问题。在我国，流动的农村人口一般也集聚于这一地带，带来许多特殊问题。关于缘带的研究，正在成为现代地理学的热点之一。

必须指出，地域界限测不准，决不意味着地理界线都是模糊的。如国境线、时区线等都是图 3.2.3 克里斯特勒结构（多种来源）

图 3.2.4 土地的空间分异与结构（取自陈传康等，1986）

a.土地类型的分异与结构 b.土地结构组合的空间分异与结构

明确的。界线是一种人为的约定，我们可以严格的规定它，测量上的困难并不能制约理论的约定，一般地讲地理界线模糊是没有意义的。地域景观

界限测不准，并且形成缘带，有其特定的含义。

图 3.2.5 耐性范围与缘带（图中阴影区为缘范围。——为种势生活的最适宜范围）

第三节　系统性

系统性是事物所普遍具有的规律，地理事物或景观的系统性特征表现得十分强烈。传统上地理学家用“综合性”来称呼地理事物的这种特性。我们知道，地球表层各圈层之间和各内部成分之间相互联系与作用，构成了最大的地理系统——地球表层系统。按系统科学家钱学森的意见，地球表层系统（狭义的地球系统）是开放的复杂的巨系统。所谓开放，就是它与外界有物质能量的交换。太阳辐射是最主要的输入流，长波辐射则是主要的输出流。复杂指的是系统内部单元多，类型极不统一，这样一个系统是巨系统。它有别于统计规律占优势的大量同类型粒子组成的宏系统。理论上，巨系统是最为复杂的。

图 3.3.1 草地环境系统（据 Sarre，1991）

（A）较简单描述（B）较复杂描述

不仅整个地球表层是系统，而且作为地球表层个别表现形式的环境和区域也具有系统性，图 3.3.1 中我们表述了一个草地环境的各单元相互联系和作用形成的系统结构图。各圈层单元构成了地理系统的单元，地理过程联系了系统的内部单元。大量的研究致力于单元相互作用的具体形式。

象所有的系统一样，地理系统是有特征和状态的。状态是一个具有特殊含义的系统科学用语，它是足以刻划系统过去、现在和未来状况的特征或特征量的集合。一个系统的状态描述，并不意味着对系统所有特征的罗列。其实这种罗列的特征可以无限多。例如，图 3.3.1 中对草地环境选取了不同的状态集合，这样系统内部联系也有所不同。值得注意的是，增加系统的复杂程度，未必能有效地改进系统描述，因此系统科学家卡曼指出：状态是描述系统性状的最小特征集合。

地理系统在许多情况下是个热力学系统，它满足能量守恒，质量守恒的要求，因此联系地理系统的状态特征或单元的状态描述量之间会达到某种力学上的、物质量之间的平衡。如一个空间系统，包含有若干资源需求的城市和资源供应的城市，城市与城市之间有若干物资流的联系。显然，长期地看，实际供给出的总资源量，等于实际总需求的资源量，在空间资源各路径的流量达到某种平衡，如图 3.3.2 所示，这时系统成某种平衡的地理空间（流量）结构。在这个过程中，资源不能创生也不能被消灭，系统依质量守恒律确定状态量之间的平衡（当输送的是电能等，由能量守恒律确定）。

图 3.3.2 空间系统的空间流结构

在图 3.3.2 中，供应城市为 B、D、F，相应的供应量分别为{5，9，7}，需求为{3，9，6，3}，城市为 A、C、E、G，需求量分别有多种系统平衡结构。我们可以设想，由于运费和杂税消耗等，必然有一种或几种空间结构可能使运费最少或消耗最小，这类结构在给定的地理原则下是最优的，而人类的主动或被动的自我调节会使资源分配的空间流结构趋向于某种关于空间市场需求量、空间道路利用率的状态集合。

总之，我们看到地理单元之间会因热力学守恒律的存在而形成某些平衡状态或结构，而这些允许的状态中又可能存在某种给定的地理原则下最优的

状态或结构，地理过程有驱动地理系统趋向于这种最优状态或结构的可能性。我们称这是地理系统的平衡特性。

实际的地理系统往往是动态的，它们的状态会发生变化。特别是当外界有输入时，系统会有自己特定的状态动态过程（或称状态响应）与输出。如一段河流，上游来水来沙是它的输入，约定河流对下游的输沙量、含沙分布为输出，取河流横断面形式，河槽深泓线深度与蜿蜒形态、弯道水流结构等为状态，当来水量、来沙量变化时，河流有自己特定的状态响应，结果有对下游特定的泥沙量及分布输出。同样的可能，来水来沙量对另一河段可能给出另外的状态响应和输出形式。显然，决定对下游输沙状况的不是河道断面，也不是深泓线，而是作为一个整体的河流系统。地理系统表现为统一的功能体，系统输入与系统功能特性共同决定了输出，这就是地理系统的功能特性。

地理系统的另一种特性是它的自组织特性。系统论认为系统的平衡有两种可能，如图 3.3.3 所示，当把小球放于 A 点时，如果不受到干扰，小球是不会滚走的；如果一个干扰加上去，小球将滚向 B 点或 C 点，与干扰有关。位于 C 点的小球在受到 A 干扰后最终回到 C 点。A、B、C 均为平衡点，但 A 为非稳定平衡点，a 图中 B、C 是（局部）稳定平衡点，b 图中 C 是（全局）稳定平衡点，a 图和 b 图表示了不同的系统数学结构，数学结构不一样，系统可能的状态集合和演化行为是不一样的。偏离稳定平衡状态的状态，会以衰减的形式或衰减波动的形式趋向平衡状态。由数学分析证明，状态还可以趋近某一周期运动，似周期非周期的混沌运动等。

图 3.3.3 平衡点与系统结构

地理学中早就发现地理系统趋向于某一稳定状态的现象。在河流地貌学中，提出了均衡剖面的概念，认为河流系统状态（地貌系统状态）存在某一稳定状态——均衡剖面，系统状态演化到均衡剖面附近时，在小的干扰下，只要系统的结构不改变，河流就能通过冲淤等地貌过程消除干扰，保持均衡剖面不变。均衡剖面就是局部稳定平衡态。戴维斯的准平原实际上相当于地貌系统演化的全局稳定平衡点。

不仅地貌系统有自组织特性，一般的地理系统也有自组织特性，在景观生态系统中，景观生态被认为存在稳定态。在城市系统中，稳定态的观点也被普遍的引用。图 3.3.4 显示了一个森林生态系统从皆伐到趋向于稳定态的过程。一个生态系统的稳定态被定义为第一性生产力与呼吸量的平衡，景观生态的稳定态可以理解为群落结构与格局保持不变。从图中可以看出，趋稳过程是复杂的，认识各种趋稳过程阶段，是地理学的一个方向。

图 3.3.4 森林生态系统从皆伐趋向稳定（据鲍尔曼，1981）

当系统受到大的干扰或系统的条件改变时，地理系统会发生突变。突变有两种情况，一种是大的干扰，将处于图 3.3.3（a）中 C 点附近的状态强迫改到 B 点附近，系统趋向不一样；另一种是系统的条件发生变化，这时系统基本结构发生变化，发生类似于从图。3.3.3（a）向（b）的变化。对于生态系统来说，突变的形式为生态系统的演替，生物种群、群落及其格局都发生变化。气候的演变常常是生态系统突变的动因。类似地，在地貌系统中构造运动往往改变系统的结构，引起地貌部位发生突变。在地球的发展史中，大气圈、岩石圈的演化从来没有停止过，因此生态系统、地貌系统的突变是经常的。突变现象是地理系统的普遍现象。有的学者认为，由于银河系、太阳系、地球系统的演化从来没有停止过，因此真实的地球系统（地球表层系统）

从来没有达到过任何真意义上的稳定状态，缓变与突变构成了地理系统的演化系列。

地理系统的一种表现是地理现象的节律性，也就是说节律性是地理事物系统性的一种表现形式。地球绕日运动过程中，出现太阳辐射输入的周期性变化，地理系统的功能特性，使之发生状态响应，于是，出现地理景观的年周期节律现象。在一个地理系统内部状态调整过程中，当系统趋向于稳定的周期运动形式或混沌运动时，我们可以观察到地理现象的周期性节律或伊萨钦科所谓的旋回性节律。如在若干个城市之间迁移的人口，在一定的政策条件下，就可能出现人口在城市之间周期性的或混沌性的流动。关于节律性，我们在下一节专门讨论。

值得一提的是，由于实际的地理系统总是开放的，来自宇宙的，以及人类行动的干扰不断地作用于地理系统，因此我们可以断言，地理系统的非稳定的平衡几乎是不可能的，地理系统的可观察平衡，总是稳定平衡。同时，由于干扰的存在，地理系统也不可能出现严格的周期运动。又由于混沌运动是一种对初始值敏感的运动，处于混沌状态的地理系统受到小的干扰时，会出现与未受干扰时完全不同的演化行为。因此历史过程对地理系统的演化有时显得十分重要。从这一点看，“必须历史地理解地理现象”，如河流的改道可能引起区域系统完全不同的发展。

地理系统有时还表现出对时间的滞后效应和继承性。例如，气候变化并不能引起森林生态系统的同步变化，一般讲，生物圈变化总是滞后于大气圈变化的，地理系统对输入有一定的滞后交应。当气候突变时，只要这种突变不是太大，一般讲土壤-植被系统并不发生相应的变化，原生的植被可以残存下来。地理现象表现出了继承性，这是因为地理系统的突变要求干扰达到一定的阈值，这个阈值对各个地理子系统可以不一样。滞后现象和继承现象都要求我们“必须历史地理解地理现象”。总之，在地理学中，历史主义的分析方法是基于地理事物系统性的，是十分有价值的。

地理事物经常表现为宏系统（marco－system），宏系统就是由大量不可区分的粒子构成的系统，这些粒子或单元有相同的随机性质，宏观上对这些“微观”的粒子或单元可以作统计分析，而且统计分析得出的平均状态可看成宏观上可测的状态。例如人口构成了宏系统，它的特征由统计的人口金字塔、生育模式、迁移模式来表述，不必也不可能追溯个别人或人群的生死过程、迁移过程；在这种宏观分析中，人口不可区别或区分个体无意义。又如第二章所述，气候是统计特征，地貌坡面是统计单元，地域的范围、缘带的性质也是统计的。地理事物的宏系统性保障了地理现象可作统计分析，统计分析在地理学中一直占有重要的地位。

地理事物还更多地表现为巨系统，巨系统是由大量的类型复杂的单元构成的系统。

关于地理事物的宏系统性和巨系统性的其它讨论，可参考有关现代理论地理学的专著，限于本书的职能，我们就不再讨论了。可以说地理系统都是开放的。常见的有形成层次结构的巨系统（如城镇体系）、形成链结构的巨系统（如一系列断面相互作用的河道系统），巨系统的数学理论还是初步的。

第四节　节律性

大多数地理学家认为，地理现象在时间和空间上存在着节律性。节律性

不完全等同于周期性，怎样来理解节律性？我们来看一些地理事实。

由于地球的绕日运动，地球上自然景观出现了周期性变化。这就是节律性的一种表现。景观的年周期变化，在时间间隔上大致是确定的，但我们决不能断言某年 5 月下旬副热带高压达到北纬 20°，而在次年同一天重复这一现象。更复杂一点的，某年 5 月 30 日江南地区入梅（进入梅雨期），并不能断言次年 5 月 30 日入梅。历史上入梅日期最早为 5 月下旬，最晚可至 7 月上旬，有些年出现“空梅”（没有梅雨），有些年二次入梅（出现两次梅雨），即一个周期到来时，没有出现对应的现象。事实上，无论何种由气候驱动的地理现象，周期之间不会出现绝对重复。然而却在平均的水平上，大量统计的意义上出现重复，这就是节律性的一种表现，它是准周期的、统计意义上的现象重复。

准周期性现象大量地出现在时间序列中，尤其是气候现象中。太阳黑子活动具有约 11 年、约 22 年的周期变化，引起地球上气候的 11 年、22 年准周期变化。更长的有 10 万年左右的第四纪冰期-间冰期的节律，2—3 亿年左右的大冰期。这类准周期变化，可能起因于外部的周期性强迫因子（如周期性的绕日运动），由于地球表层系统的复杂性，出现了准周期性。有的强迫因子，本身可能是准周期的，如太阳黑子运动，但是它的气候后果，准周期性更明显。总之，地球表层系统的响应特征，使得地理现象出现更复杂的准周期节律。

图 3.4.1 全球自然环境的节律（Holdridge 分类，取自 J.Climate Vol.3. P.22）

上面的例子中，节律性起因于外源的周期性干扰，这是节律性的一种起源。其实节律性也可能完全是地球表层系统内部起因的。最著名的例子是 ENSO 现象，在秘鲁海岸，每隔三五年出现上涌流消失，即厄尔尼诺现象，同时大气环流运动发生异常，称南方涛动。这种复杂的现象既没有天文原因，也没有地质原因，完全是地球表层系统内部起因的。节律性的复杂性在于，准周期性既有地球表层系统外部动因，又有地球表层系统内部动因。

仅仅把节律性理解为时间现象是不正确的，地理空间也存在节律性。最简单的例子是海滩上的沙波，空间上就表现出准周期的统计重复现象。其实地域分异现象往往也是节律性的，如一片山地，各山岭之间出现高度地带现象的重复。更大的范围，全球性的自然环境也存在节律变化。图 3.4.1 和表 3.4.1 有细节上的差别，表明地理现象的节律性没有门捷列夫周期那样严密。

表 3.4.1 自然地带的空间节律

（据 A.A.格里哥里耶夫和 M.M.布德科）

湿润条件一辐射干燥指数

附注：根据确定湿润的辐射指数的方法，编制本表所用的辐射平衡值是代表湿润下垫面条件的，对于干燥气候区，这些数值同代表下垫面实际情况的辐射平衡值有极大差异，这些值要小得多。

准确地讲，自然地带节律是“拟周期递变重复”的，即在重复空间（或时间）现象时伴随单调的变化，现象之间象同族的化学元素一样，既有相似性，也有演化性，它不同于准周期重 复，后者的周期具有随机性而不具有明确的演化。“准”的现象是无方向性变化的、平稳的。“拟”的现象是非平

稳的、有方向性变化的。

总之，地理学中至少存在两种节律性现象，准周期统计重复与拟周期递变重复。是否还有更复杂的节律现象，我们还不能断言。注意，不能因受这里的例子限制，就说前者是时间现象，后者是空间现象。实际的地理现象，可能同时具有两种节律性。

与一般的物理周期运动不同，地理现象的节律性还包含了序列可能从一种周期突变为另一种周期的意义。例如，张丕远等发现中国气候在 1600 年前具一种主周期（准周期），1600 年后可能又具另一种主（准）周期。再如山地环境迎风坡以一定的“带谱”重复着地带景观，背风坡又以另一种“带谱”重复着地带景观。到了山前平原，两种带谱都消失了，景观过渡是突然的节律转换，转换的位置是随机发生的，比如背风坡与迎风坡具有不同长度的坡长，具随机性。

在下一节中，我们将讨论历史主义的地理观。节律现象，往往需要历史主义观的理解，不能仅视其为一种物理现象。地理节律性与地理系统性的本质关系，涉及到混沌概念等的深入理解，它已经超出了本书的研究范围。

第五节　尺度观念与历史观念

尺度观念在地理学分析中是十分重要的。例如我们要选择一个对国家工业有支柱意义的钢铁企业，假设它的铁矿石是来自国外的，从全球角度看，它的位置宜放在沿海经济发达地区，特别是工业比重大、技术条件先进的重点城市。从区域角度看，选择这个企业的位置，应考虑如下因素：区内产业带的分布、这个企业可能产生的污染、运输条件及与之有关的航道、建港条件等，因此，应把这个企业的位置选择在对中心城市有一定偏离并靠近深水道的附近。在最后确定企业的具体位置，特别是企业各单元，如码头、生产区、生活区的位置时，就要进一步考虑航道的滩、槽变化规律、局部的工程地质条件，污染的扩散方向与衰减情况。如果在最初的工作中就考虑最后的细节问题，就会在分析中陷入困境。在企业选址中，我们经历了三级尺度观念：全球尺度的地缘观念、区域尺度的区位观念和局地尺度的规划观念。

地理现象是复杂的，它涉及的时间尺度和空间尺度都很大。在图 3.5.1 中，我们给出了各种常见的地理现象尺度分异。显然，从分子扩散、泥沙运动机理直接去推导大气圈演变和板块运动是不可能的。地理学的分析思维是：从不同的尺度特别是空间尺度观念出发，寻求在相应尺度观念下的物质景观单元——相（phase，尽管相在更小尺度观念下是异质的）和可统计的时间段，从而进行地理分析。例如，在河道演变分析中，常用的空间尺度是滩、槽中央位置，时间尺度是季节量级的。在人口迁移现象的分析中，空间尺度是城市为点，时间尺度是年。尺度的选择中，时间尺度与空间尺度是不独立的，而且因地理位置不同会有所差异。在第二节图 3.2.3 中，我们图示了不同观察角度下的地域分异，实际上是随观察与分析目的不同，对对象的空间尺度的一种选择。一景观单元在小尺度上是异质的，在大尺度上可以是同质的，观察重视对象的本来属性被有目的地选择了。分析总是针对某一层次的属性展开的。如前面的全球竞争、区域效应、环境与工程效应引导的地缘观念、区位观念和规划观念。

在地理学分析中，尺度选择并非是任意的。我们认为可以分为四级，第

一级是球观的，如地球表层系统、地缘问题、全球环境演变等。球观问题是唯一的，一般讲它的时间尺度≥10^2年，空间尺度≥10^3公里。球观问题一般只能发展学说，因为没有第二个例证来检验“模型”或“理

图 3.5·1 地球系统问题与地球表层系统问题

本图初图取自 WMO/UNEP 报告（1990），据鲍尔曼（1981）， Embleton（1979）等资料修改（现代季风环流按青藏高原最终隆起算），实线内为地球表面系统问题，实线与虚线间为过渡问题。

论”。第二级是宏观的，如区位现象、景观生态现象，这一级现象是大量的可重复的，因此尽管个体之间有差异，但可以有统计规律，可以忽视细节。它的时间尺度约为 10^{-1}—10^2 年，空间尺度为 10—10^2 公里。地理学的理论，如区位论、景观生态学说主要是针对这一层次的。局地观的时间尺度约为旬到年，空间尺度约为 10^1—10^3 米，但也不尽然，其主要特征是认为对象既有统计性也有唯一性，如土地问题，景观系统分带现象、河道演变、海岸的年周期性侵蚀进退。它的系统性特别是巨系统性（复杂类型大量单元构成）显著地突出，因此，系统分析最适合于这一层次的现象。

微观的地理分析本质上已经不针对或不完全针对地理现象，如大气湍流及其产生的污染扩散、地气系统热交换、人口增长与就业问题，但这类现象又是局地地理现象的基础，同时正确的局地系统模型必须借助微观分析才能科学地建立。因此，地理学家不得不朝前跨出一步，注意纯物理、纯化学、纯生物、纯经济性质的现象。诚然，这种注意更多地是从地理系统性或综合性的角度去抽取特性和动力机理，识别局地观的模式。没有微观的观念，可能给其它层次的地理学分析带来不可越逾的障碍。微观观念带来了地理学理论的开放性，因为微观分析的理论或定则，几乎全部来自其它专门的学科，地理学者仅在应用它们时起到了综合提纯的作用。

除了尺度观念外，历史观念对地理学分析也是十分重要的。英国地理学家乔利提出的“必须历史地理解地理学”强调了历史观念的必要性。大量事实表明，离开历史观念，我们不可能理解最基本的地理现象。例如，一个没有药材的小城镇居然会形成全国的民间药材批发中心，一个“晒鱼网的村子”，除了交通条件外别无资源，竟发展为工业重镇。历史的原因在起作用。

在上两节中，我们已经提到，处于混沌状态的地理系统，对历史干扰是敏感的，然而大量的干扰存在于地球系统及其环境中，如岩浆运动，地震，战争，革命等，因此，处于混沌状态的地理系统未来状态变得不可预料。历史主义的观念力图把这些现象作为随机现象，对找它们的统计规律，如前面状态序列与后面序列概率关系，即甲状态发生了，历时△t 后，有多大百分率可能发生乙状态……。这种分析方法数学上称时间系列分析。在地理学中，时间系列可以是一个状态，一幅空间图像或情景，也可以是一段状态系列等。

历史主义观念的第二种分析方法主要是相律。地貌沉积学发展了瓦尔特相律，它认为空间出现的沉积序列在时间上有可能保持空间原有的序出现。如河流河床相邻为边滩，再过渡为河漫滩，再过渡为牛轭湖，在河流沉积剖面中有可能出现河床蚀余沉积相、边滩相、河漫滩相和牛轭湖相。实际上如果环境演化是渐变的，环境就可能向它邻近的环境演化，接着再向下环境演化。原来的河床位置首先要形成边滩才可能露出水面，发展成河漫滩的一部分。然而牛轭湖则可能是突变结果，所以空间系列与时府系列不可能严格的一一对应。相律还包括了历经各种状态的内容。由于各种环境系统本身具有

特定的子环境集合，如果没有大的突变，某一子环境位置将来或过去可能经历的状态总是现在空间分布的子环境中的一种。例如，大城市可能经历了与邻近的中等城市、小城镇的类似的发展过程，或全球城市环境中各种类型中的某些单元的发展过程。河床占据的空间，可能经历的状态为边滩、河漫滩、牛轭湖和阶地。大的地质运动显然会改变这种可能性，海水入侵可能使陆地环境成为浅海环境，从而破坏原来的系列。显然，瓦尔特相律是地理系统在一定稳定条件下的产物（参见第四章图 4.3.5）。

历史主义分析的第三个观点可称为“ 继承特性 ”。在上一节中，我们已经从系统性的角度讨论过滞后现象和继承（残存）现象。另一种现象是“ 种子现象 ”。地理学研究发现，一个区域内如果没有最初的对某个点的扶持，区域永远不会出现明显的变化。当对一个点进行重点开发时，就会出现新的区域结构和区域增长动态。大量的数学分析表明，“ 种子 ”是必要的。图 3.5.2 模拟了流域的演化，如果没有凹陷和断裂的存在，就不可能引起地面波状的演化。在实际观察中发现湿润区的沟谷常常为断裂或背斜的顶部拉张部位所在，所以“ 种子 ”的引导作用是十分重要的。在第二节中，我们介绍了杜能型与克里斯泰勒型空间结构，不同的格局都围绕作为“ 种子 ”的葩嵌展开，葩嵌的功能不同，或为市场，或为资源，结果引发不同的结构。断裂现象和投资都是非地理现象，它们是作为一种历史的契机引入地理过程的。物理分析承认“ 种子 ”的先验性，历史观点则试图从历史角度来解释地理过程，判断演化的方向。

总之，在地理学中，历史的观点占有不可忽视的地位。

由于人类对地理过程的参与，人类的行为对地理景观的演化有着重要作用。基于这种认识，20 世纪 60 年代兴起了所谓地理学的“ 行为革命 ”，出现了所谓“ 行为地理学 ”。行为主义的分析方法在今天被接受为地理学的一种基本分析观念。“ 行为地理学 ”认为人本身在地理环境中是一种积极的作用者，而且表现为受环境影响或控制的东西。人的行为对地理景观有主动的意义，而人的行为不完全是理智的和科学的。人们对环境的感应所得到的感应世界并不一定与真实世界相一致，因而人的地理行为带有偏好、价值观、心情等非理智的成分。图 3.5.3 是人感觉、感应和学习世界、产生行为的过程。由于人类对信息的认识有种种不足和偏好，并受价值观和心情的影响，人类对空间关系的认识形成了对真实世界偏离的意境地图。意境地图因人而异，随

图 3.5.2 流域演化的数字模拟

设坡面漫流速度为 $V=\beta q^{0.4}S^{0.4}$，q 为单宽流量，S 为坡降，a－d 代表不同的阶段在最初有一凹陷“ 种子 ”的情况下流域面的演化。在此，河道将沿某些薄弱环带发展，没有“ 种子 ”，斜面将是平行后退的。（据 G.Willgoose 等， Water Resouce Res.，1991）

时间变化，它的产生使得人类参与的地理过程发生对“ 正常的 ”地理过程的偏移。地理学的研究表明，这种“ 偏移 ”主要表现在以下几个方面：

图 3.5.3 行为的形成

图 3.5.4 空间-成本曲线与区位惯性（据鲍尔曼，1981，稍作修改）

（1）产业区位对最优区位的偏离。人类由于信息占有不同、经营能力差异，在产业区位选择中，不是选择最优的区位，而是选择“ 最满意 ”的区位。此外，产业区位有惯性。当企业发现自己的区位偏离最优区位时，由于企业

搬迁需要费用，员工不愿转换环境等原因使企业的移位困难，从而宁愿放弃最优区位。由于企业盈利处于一定的范围而不是一点上，所以区位惯性得于存在。图 3.5.4 是空间-成本曲线，经营者水平不同，产业区位惯性的范围又不同。事实上，由于产业最优区位的偏离，常常引发技术革命。

（2）人口迁移的集中性。人们为追求高经济收入而迁移时，他们知道的最适合迁入点往往靠亲友来传递，或者由于政策原因，一般迁移必须借助亲属关系或者凭借迁移者投亲靠友的安全感等。在这种情况下会形成甲地主要地迁入乙地的人口迁移现象。例如 1949 年前河北人闯关东、山东人迁向日本等。又由于思想情绪、就业可能等原因，使迁移的人口中各阶层也会在迁移区域上有分异。其次文化的、种族的偏好也影响着迁移者的集中性。

（3）居民出行行为如旅游是按意境地图进行的。

（4）人们对地理过程产生的灾害威胁认识一般不依照对地理过程的认识，而是依赖于人们对环境与经济生活的感应和认识。

在分析人们的地理行为方面，除了意境地图外，决策模型也被普遍引用。P.L.Huff（1960）研究了消费者空间偏好的模型，该模型被普遍用于分析行为地理现象。这个模型认为地理行为由五项内容决定：

（1）目的欲（desiraderatum），这种愿望产生于生理需求或刺激性动机，使人希望达到某一特定目的。

（2）价值系统（value system），该价值系统的意义在于，在其目的与最终决策之间起一个过滤器（权衡）作用。

（3）感应（percetion），这是一个筛选过程，通过这个过程，使人们在不同选择当中，对有关区位和可达性的信息作出选择甚至歪曲。

（4）移动映像（movement imagery），主要是指人们对其克服距离的摩擦效应的能力的感应。

（5）外部行为（overt behaviour）对各种变量评价之后形成的具体空间行为。

行为主义分析有许多长处，但是过分地强调人的主动作用和心理作用是不正确的，尤其在自然地理现象和长期大量统计的现象分析方面，行为主义分析方法基本上是不恰当的。

复习思考题三

1.什么叫地带性规律？什么叫地域分异规律？

2.地理系统有些什么类型？地理系统的类型与尺度有关吗？举例说明。

3.试举一例说明地理学中历史主义分析的必要性。

4.森林也象草地一样是一种地理环境。就你的知识范围，划出类似于图 3.3.1a 那样的森林系统联系框图。

5.什么是缘带，它是怎么形成的。试举一例说明缘带的不稳定性。

第四章　环境

地球表层各圈层单元相互作用，形成一个整体，并且产生新的现象，这种整体就是环境。环境中各要素相互作用的结果必然塑造地球表层特别是地球表面，使得各种环境形成特有的景观，因此环境以景观为其特征标志。环境景观的空间分布不是任意的，它服从于地域分异规律。环境内部结构具有地域分异性，这是环境的第一个特性。环境的第二个特性是它的系统性。系统性是各单元相互作用的直接产物。作为系统，环境具有一系列的内部状态，如海岸带环境中岸线位置、植被分布、人类聚落位置与规模等。

常见的环境有以地貌特征命名的山地、流域、河流、海岸带等，也有以气候-水文特征命名的干旱区、湿润区、冷区、热带等。城市是一种重要的环境，它有自己的气候、水文、经济带、产业区位等特征。环境具有不同的尺度范围，例如，湿地是一种环境，但同时它又作为海岸带环境或流域环境的内部单位。环境究竟有几级，尚无定论，我们认为，可以从三个层次上来认识环境，详细内容可参见作者的《理论地理学概论》。作为地理科学导论教材，我们不讨论这个容易引起争论的问题。值得注意的是，全球是个大环境，也是一个大区域。地球是唯一的，找不到第二个例证来估计地球可能的演化。所以，全球环境在规律上不象山地、干旱区、城市有普遍的地理规律存在，它的规律都是“个别”的。三圈环流是个别的，大洋环流是个别的，高地分布也是个别的，因此，了解环境需要特别的认识。

环境不是一成不变的，它处于不断的变化和演化中。变化是内部状态的调节和波动，如年周期的山地植被的波动。演化则是长期的，倾向性的，所谓沧海桑田描述的就是环境的演化。环境的演化，是二战以后越来越受重视的问题。

本章扼要介绍常见的环境，不能认为只有我们这里列举的环境才存在。

第一节　山地

山地是一种典型的地理环境，在空间上由若干山体构成。不把单一的山头称作山地。一般认为我国国土的五分之三为山地，因此山地研究在我国具有重要意义。另一方面由于垂直地带现象存在，一个山地范围表现出多种大尺度的地域现象，山地有时表现得象个“浓缩的地球”，从而使得山地研究具有一定的理论意义。

4.1.1 山地的地域分异

山地环境在直观上首先表现出垂直地带性规律。沿海拔变化，一个山地范围内依次出现不同气候带的景观，这种气候特征，决定了山地的基本地理特征，诸如植被、土壤、人口分布等。

山地环境的垂直变异，首先是由于随着高度的变化，气温也发生变化。由于大气主要依靠地面的长波辐射加热、乱流传热，高度增加，大气得不到乱流热量，长波辐射也相应减少，因此气温下降。在仅以地面为热源的假定下，温度变化递减率理论上被认为约 6℃/㎞，对于不饱和气团来说，被证明递减率不会大于 9.8℃/㎞。在山地，高空气团从平原运移而来，由于山地地

面的长波辐射，乱流传热等，使得山地实际气温递减率小于纯大气环境得到的理论值递减率与水汽量、地面覆盖均有关系。山地中气温变化的另一特点是谷底逆温层的存在，由于夜间冷空气下沉，在谷底形成了一个逆温层，这样在坡面上形成一个坡面温暖带。图 4.1.1 是山地气温的一个实际观察资料。坡面温暖带的存在也就使得垂直地带性发生倒谱现象。

图 4.1.1 阿尔卑斯山地西北西坡的温度剖面（据 Aulitzky ，1967）
a.月平均最大值 b.月平均最小值

山地降水也随高程变化。图 4.1.2（B）是不同纬度带降水的变化情况。容易看出在中纬度地区降水有向上递增的趋势。一些理论表明山地降水的变化与地形、风速和云层厚度有密切的关系。山地降水随高度的变化，起因于山地抬升了气流，由于气温自下而上降低，气流中的水汽在一定高度时就会凝结进而形成降水。著名的黄山“云海”就是水汽在一定高度凝结又不足以形成降水所致。在我国山地，降水以海拔 2000—3000 米附近最为丰沛。表 4.1.1 为秦岭山区的气候特征。

表 4.1.1 秦岭山区不同坡向和海拔的温度及水份条件（取自赵松乔，1983）

地点	地理位置	海拔高度 (m)	1月平均气温 (℃)	7月平均气温 (℃)	年降水量 (mm)
西安	北坡麓	398	-1.3	26.7	604.2
太白	北坡上部	1543	-5.2	19.3	736.7
华山	北坡上部	2063	-7.0	17.7	925.1
凤县	山间盆地	970	-1.2	22.9	644.7
安康	南坡(迎风坡)麓	327	3.1	27.7	779.6
汉中	南坡麓	509	2.0	25.9	889.7
佛坪	南坡麓	1192	0.2	22.4	938.5

由于地形和高度的影响，山地气温也发生变异，其中最为突出的是焚风效应。从山地一侧来的气流，受山地抬升，在迎风坡水汽凝结而降水，这样越过坡顶的气流变得干热以致在背风坡形成局部的荒芜环境（图 4.1.2A）。在普遍天气条件下（也就是没有气旋时），在山区，夜间冷空气沿山谷下沉，形成山风，白天空气由地面加热上升，形成谷风。在气象特征上，山地风的流场不稳定，与大尺度盛行风向很不一致，风场中有明显的垂直气流分量，风场的这种特点加上谷底逆温层的存在，往往加重了山地大气污染的程度。

图 4·1·2 山地降水的变化
（A）山地降水变化的机理及焚风的形成（据 White 等，1984，Barry，1981）（B）不同纬度带山地年均降水剖面（据 Lauscher，1976）
E：赤道，T：热带，M：中纬度，P：极地 Sp：斯匹次卑尔根群岛，Gr：格陵兰 Tr：30°—40°N

山地辐射和降水等的垂直分异，引起了土壤、植被的分异。由谷底向坡顶，土壤与植被发生地带性变化。图 4.1.3 是梅安新提出的山西省植被与农作物随海拔的变化，它生动地反映了农业活动受地带规律的影响。梅安新指

出由于当地不同坡向使气候条件发生分异，土地利用形式也产生了变异。这种现象在中、高纬地区普遍存在。图 4.1.4 是山地自然环境分异的一个综合模型。图 4.1.5 是青藏高原自然环境分异的情况。在迎风坡（地区），降水增多，冰川前端位置较低，树线位置较高；在背风坡（地区）由于焚风效应，常出现荒漠环境。在中纬度地区，对个别山地来说，由于南坡得到的辐射量大，增加了蒸发量，土壤变干也可形成荒漠环境，出现山地的阴阳头（图中表示的是区域尺度的）。山地的这种环境分异，本质上就是垂直地带现象，热量平衡随高度的改变是垂直地带性的动力因子，而水分差异、气流与气团的特殊运动，则驱使垂直地带性与水平地带性不能简单地一一对应，特别是导致了基带与相应的纬度地带不对应，产生基带偏移。牛文元（1981）提出了一个山地地带位置的经验公式，这个公式被蒋信忠（1982）修改作

$$H_n = a_n \exp[-b_n(\varphi - d)^2] - c$$

式中 H_n 为地带 n 的高度，? 为纬度，d 为基带偏移参数，a_n，b_n，c_n 为与 n 有关的参数。程国栋发现北半球多年冻土的下界为

H=3650 exp [—0.003（? —25.37）^{2}] ＋1428 反映了牛-蒋模型有一定的合理性。这一模型，是定量分析地域分异规律的一种探索，它是表象的，缺少机理说明，这正是它的弱点也是它的优点。

图 4.1.4 山地分异的综合模型（假设基带为亚热带）

4.1.2 山地系统

山地由其山体、植被、土壤、河谷等构成一个地理系统，在这个地理系统中，水是最活跃的生态因子，水改变山地的植被、土壤和动物群分布，水引起土壤侵蚀和诱发某些自然灾害，所以山地系统的水循环特别引起人们的重视。图 4.1.6 是作者据一些资料综合的山地系统水循环模式。在这个框图中，蒸发未被列入，因为它是普遍存在的。

除了水文过程，山地自然系统还包括非生物的地貌过程、土壤-生化过程、气候过程以及自然灾害活动。它们也存在类似图 4.1.6 的结构流图。山地不仅是个自然系统，而且还是个生态系统，因此生物量的循环在山地具有突出意义。山地一般具有四种资源，即土地资源、草场资源、森林资源和旅游资源，有人类活动的山地，生物量循环主要是在前三种资源与人类之间进行的，野生动物，放牧动物和农作物作为中间环节而存在。图 4.1.7 是一个山地系统生物（量）循环模式。在这个模式中，山地的人地生态系统有了一种初步的显示。从这里我们看出，资源利用，是人地关系的一种重要形式。同时我们也看到，一个地理系统内部除了人文关系外，还有别的物理的、生物的关系，总之地理系统是复杂的，不是由一种关系确定的。

图 4.1.5 青藏高原自然环境的分异

（据赵松乔、郑度、杨勤业等，《中国自然地理总论》1985）

喜马拉雅山南翼为热带-亚热带环境，基带为北热带北缘森林景观。喜马拉雅山脉北翼的景观，与南翼迥然不同，为半干旱的山地灌丛草原与高山草原。

请注意图中杂多一地连接了两张图，并注意与综合模式比较。

在上述流图中，我们没有标出相互之间关联的函数关系或数学关系，这

些关系随不同地域、不同资源利用形式而不同，确定这些关系成了各部门地理学的重要任务。图 4.1.6 山地系统的水循环

图 4.1.7 山地人地系统的生物循环

（据 M.Moench 和 J.Bandyopadhyay，1986，有修改）

在山地分异和山地系统的自然人文过程引导下，山地系统一般形成某种特定的空间分布格局，图 4.1.8 是山地土地利用空间格局的一种典形模式。在这个模式中我们可以看到地带性规律与区位规律共同决定了山地系统的土地利用空间格局。在人类活动不强烈的地区，土地类型按地带性规律展开，在人类活动强烈的谷底，地带性植被完全消失了，代之以人文景观。由于区位作用和地带性影响，沿谷坡出现了各种人文景观的分异，引导活动的交通条件，决定了不同地区的区位差异。

图 4.1.8 山地土地利用模式（据 MAB－6 报告，1989）

1.传统的，交通困难的粮食自给型村落。2.现代的，交通可达中心市场的农村。3.交通方便的高生产水平村落，它的市场与服务者在城市。4.发展中的市场与服务中心。5.由于缺少交通条件而形成的谷底自给型村落

在图中一个重要的现象是沿河谷聚落呈现发达形式，一般地讲谷底有较发达的农业经济，因气候资源、水资源条件较好，从而有利于农业利用。而谷坡上由于受侵蚀而不利于发育完好的土壤，土层薄，肥力差，从而不利于农业的发展。此外，在谷底由于河流提供的交通条件（水运和河流阶地提供的平整地面利于修建道路），进一步可促进谷底地区的经济发展。这一现象表明自然条件对经济发展有着重要的意义，尤其是在人类文明的初期，具有某种决定作用。在上述模式中，2，3 类村落的出现，借助了交通条件和电力供应，反映了人类文明对环境的改造作用，但环境不可能唯一决定文明的发展。

4.1.3 山地开发

山地作为一种地理环境，其内部蕴藏着多种资源，因此利用山地环境开发山地资源，发展山区经济已成为人类的一种有目的的经常的活动，这种活动简称山地开发。

山地开发本质是人类社会经济系统与山地自然系统的相互作用，这种相互作用一般是通过资源利用相联系的。在一般情况下，山地资源包括土地资源、森林资源、草场资源、水资源（冰雪资源），以及旅游资源和矿产资源。通过这种开发活动，山地自然系统和人类社会经济系统构成了一个复合的新的地域系统。图 4.1.9 就是联合国教科文组织的人与生物圈计划提出的山地系统的模式，在这个模式中，土地利用被认为是最重要的关联环节。需要指出的是，这个模式是原则性的，它的细节并未被确定。人们总是要根据具体的山地开发来确定具体的地域系统。在这个模式中，系统是开放的、复杂的。外部作用被分解为对自然子系统和社会经济子系统的作用。各内部单元的性质，在具体情况下由地方的实际条件描写决定。在这个开发模式中，社会经济系统被认为影响土地利用的强度和类型，如果土地利用的强度能为自然系统所吸收，或者说不破坏原有的稳定性，那么将有一个从土地利用系统到社会经济系统的正常反馈，自然系统可按原有过程运行。如果自然系统不能吸

收利用强度，系统稳定性被破坏，那么开发者不得不去考虑自然系统的演化以及它对土地系统、社会经济系统的效应，这时开发问题显得更为复杂。这时，土地退化、水土流失、泥石流等自然灾害可能出现或加剧，从而破坏人类的开发目标。在图 4.1.9 中，各子系统之间的关系，需要借助地理学、生态学、经济学、社会学等的理论和实验来确定。MAB－6 提供了一些更为细致的模型，可参见进一步的读物或文献。

图 4.1.9 山地开发的系统分析模式（据 MAB－6，有修改）

山地开发，一般来说是多目标、多阶段的。 MAB－6 提出，山地开发目标的制定受到下列六个基本内容的约束：l）山区应该保持作为人类的生存空间，人类在这一地区保持着迁入与迁出的动态平衡；2）在利用区域经济潜力时必须树立自信心；3）地方性景观区的保存是经济活动，特别是旅游业的先行需求；4）必须保护特有的生物种群和生物多样性；5）在保护、利用方面，当地部门应有一定的自治权利；6）开发应尊重地方文化并获得地方当局的支持。

山地开发在阶段上表现了从自给自足的农牧业封闭系统逐步走向商业化生产的开放系统。在这个过程中，山地的自然环境和传统文化都将受到冲击。例如一个农业山地转变为一个旅游区，当地的产业类型也从粮食种植转化为以第三产业为主。这个过程中，劳动力就业类型，居民对旅游者的态度和关系以及家庭结构等等都发生变化。山地开发的规划者和政府部门必须作出有关的阶段目标和政策。图 4.1.10 是山地旅游业发展引起的山区文化的变化示意。这一过程不仅反映了西方社会山地文化在旅游业冲击下的变化过程，而且可以作为区域开发后，文化景观变化的一种模式，它的基本模块不仅适应于山地，而且适应于一般的区域从欠发达向发达的转化过程。

山地是一种条件较为恶劣、灾害多发的环境。在山地开发中，有一系列的技术问题需要注意。

首先，山地开发的具体工程，不能不受到山地地理特征的影响。我们知道山地谷底常形成

图 4.1.10 旅游业对山地文化的影响过程（据 H.G.Kanel，1989，略有修改）

逆温层，风向也不稳定，如果在山地谷地布局排放污染气体的企业，就会造成山地的空气污染。在山地内部，交通线的修建受到限制，耗资大，并常被泥石流、滑坡等山地灾害破坏，所以在山地中建设大型工业企业也必然受到直接的交通约束。其次，山地较大的地面坡度和水资源贫乏等条件也对农牧业有直接的影响，山地不利农业机械的作业，也难于进行有效的灌溉。例如在 8 度的耕地上作业，拖拉机效率降低 14%，当坡度大于 15 ° 时，大中型拖拉机已无法作业。同时降水会引起水土流失。在我国怒江河谷的少数民族地区，有的耕地坡度大于 25 ° ，过去每年都有耕牛跌入江中和人员伤亡事故，农业生产条件十分恶劣。因此山地开发要适应垂直地带性变化，山区经济应从低海拔的农业区逐步转化为牧业区直至自然保护区（郭来喜，1991）。表 4．1.2 是山地不同坡度条件下土地合理（农业）利用的方向。

表 4.1.2 不同坡度条件下合理的土地利用方向（据赵松乔，1983 修改）

坡度级别	水土流失状况	合理土地利用方向和改造措施
平地(0 — 3 °)	水土流失轻微	不必采取工程措施即可农作。
缓坡 (3 — 15 °)	除黄土地母质坡耕地外，水土流失不严重	梯田农业或种果木及牧草，其中 3 — 7 ° 只采用等高耕作技术，可机械化作用。 7 ° 以上需筑梯田，并不适合机械化作业。
斜坡 (15 — 23 °)	植被遭破坏时，水土流失严重。	修筑梯田种果木或牧草，梯田已狭窄到不适用犁。
陡坡 (23 — 38 °)	一般有水土流失，植被破坏严重时，水土流失非常严重。	加强自然保护，以牧业林业为主，不适用于农耕和果木经营
险坡 (> 38 °)	水土流失特别严重，多基岩裸露	天然封育及水源涵养林为主，不适应农牧业及果木经营

第二节　流域

从水文上看，流域就是河流的集水区域，在该区域内的地面径流经过坡面汇入河网。然后经过流域出口汇出流域，或者在流域内全部蒸发。流域的周界称作分水岭，分水岭可能是山脊，也可能是一般的高地，它的两侧水流流向不同的盆地。流域内部的河道形成水系。从地貌上看，流域是由分水岭一侧的山体或高地围成的盆地，流域盆地的基本元素包括坡面、河道。流域与山地有重复的部分；大的流域包括若干山地，小的流域包含在某一个山地内。这种现象告诉我们地理系统是一种抽象构造，尽管地理单元是实际存在的，这是地理系统的一个特点。

流域的分水岭分地表分水岭和地下分水岭。地下水的分水岭不一定与地表分水岭重合。当地下分水岭与地表分水岭不重合时，流域的地下水流就有可能与其它流域交换，这时的流域称作非闭合流域，当两种分水岭重合时，流域的水流除出口外与其他流域没有交换，这时流域被称作闭合流域。分水岭不一定必是山岭，高原和平原的局部地貌隆起甚至湖泊都可能成为分水岭。平时称的流域，一般指地面集水区。

一个大流域可以按照水系等级划分为若干小流域，小流域又可分成更小的流域（见图 4.2.l）。另外，也可以取河道的一段，单独划分成一个流域环境，如长江中下游（流域）地区就是这样的部分流域，这时的流域不再是一个封闭的盆地。水文上不是严格的流域，但是它具有一般的环境意义。在湿润地区，流域一般都有一个水流的出口，在干旱区由于强烈的蒸发，河流可能最后消失，形成一个岛状的孤立流域。

图 4.2.l 流域盆地的水系

4.2.1 流域的地域分异

流域是一种地理环境，必然发生地域分异。与山地的分异不一样，流域的分异主要是地貌分异，而山地分异则主要是气候分异。流域从单元上首先分异为坡面与河道，图 4.2.2 是流域环境的空间分异结构。从图中我们可以看出坡面和河道是流域的最基本单元，土壤与植被是流域的次生单元。自然的流域系统由四个亚系统：坡面亚系统、河道或河流亚系统、生态系统、土壤系统构成。在流域的山地与平原之间常有冲（洪）积扇和坡积裙发育。冲（洪）积扇是由于山地洪水携带了大量泥沙到平原地区因地势展开，流速下降以致于携沙力下降，发生泥沙沉积而形成的扇形沉积。坡积裙是地面崩塌、冲刷以及土层蠕动在坡前地带形成的锥状堆积。它们可以认为是属于坡面系统的。

流域在横向上被认为分异为九种地貌单元，如图 4.2.3 所示，其中 1—6 是属于坡面的，7—9 属于河流形成的冲积平原的。图 4.2.3 是流域横剖面的分异结构，关于各分异的坡元（slopefacet）的地理过程特征，请见表 4.2.1。值得注意的是，并非所有坡元均能在一个地区的坡面上出现。在湿润区，坡元组合为 1，2，3，5，7，8，9，半干旱地区坡元组合为 1，4，5，6，7。在干旱区和冰川地区坡面偏离这种模式。图 4．2．2 流域系统的空间构成（据 White，1984）

图 4.2.3 流域（坡谷）的横向分异（坡面单元）（据 Dalrymple 等，Z.Geomorph.12： 60—76）

表 4.2.1 流域的九种坡元的特性

坡　元	主　导　过　程
1.分水岭	成土过程，准地表垂向运动
2.渗出段	侧向水流运动产生准地表的机械和化学淋溶
3.凸蠕段	土层蠕动
4.坍落段	岩崩，岩滑，化学与物理风化
5.过渡段（或中间运移段）	由块体运动、蠕动和冲刷产生的物质逅过本段向下运移。
6.坡脚崩积段	块体运动、蠕动和冲刷产生的物质沉积，蠕动、冲刷和准地表水的输运受限
7.冲积层顶	冲积沉积，准地表面水过程
8.河岸	侵蚀、滑坍、崩坍
9.河床	由地表水流过程（化学的和力学的）产生的沿河谷向下游的物质输运

流域不仅在横向上发生分异，从流域干流河道的分水岭向下游河口，流域纵向上也发生分异，图 4.2.4 是流域纵向地域分异图示。

图 4.2．4 流域的纵向分异（据 E Derhy Shire et al，1979）

在湿热地区发育的流域，不包括间歇性河流，其他类型单元都可能出现。在干旱半干旱地区，更多的单元可能缺失，漫流、暂时性流、间歇河流通常终止在冲积扇或一个岛状的封闭流域中。在副热带和中纬度地区，漫流与暂时性河流之间有股流发生，它流动在并非是河道的地面呈凹陷状的冲沟中。流域的地域分异，还表现在流域的土地利用形式上。如图 4.2.2 所示，流域的分水岭附近一般为森林或草场。流域的土地利用既与土地的自然类型有关，更与人类活动有关。一般讲在气候条件给定时，流域地貌条件确定了土

地类型的一级分异。坡地不同部位，坡前的洪积扇、冲积平原发育不同的土壤，其水文特征也不一样。坡向和局部小气候引导的水分、日照变化进一步引起土壤亚类和植被群系的差异。表 4.2.1 是冲积平原的地域分异特征，冲积平原的分异，很大部分取决于平原的沉积类型。实际上，沉积类型对于冲积平原工程地质性质及水文地质结构均有影响。一般说，人类首先在水资源条件好、地势平坦的流域下游冲积平原地区发展大的居民点。在冲积平原上不易为洪水淹没的地区、冲积扇的前沿是城市形成的主要部位。河流提供良好的建港条件，尤其是河口地区，往往发育成重要的商业城市。人类居民点的建立，同时还产生了区位作用，这样也就形成了以城市为中心，向分水岭方向逐渐由环状向带状过渡的流域-山地土地利用形式。如图 4.1.8 所示。

在流域的居民点附近，流域灾害的风险特征也是引导土地利用的因素。流域灾害风险包括洪灾、边坡不稳定、地下水位高等。人们趋向于洪灾风险小，避开山地边坡、地下水位适中的地方建立居民点。总之，在流域的人文现象分异方面，形式十分复杂，自然与经济因素同时在起作用。

表 4.2.2 冲积平原地上河的地域分异（取自伍光和讲义，1992，有修改）

地貌部位	河谷	天然堤	堤外平地	河间洼地
地貌特点	低凹状谷地，由河床、河漫滩和河堤阶地等地貌部位组成	地势高出河床数十米，有时有风沙地貌	低平地	低洼地、牛轭湖
地质土壤性状	河床由砂砾冲积物组成，河漫滩冲积层通常底部为河床相，上为细料沉积，呈二元结构	偏沙性或沙壤质土	壤土为主，沉积结构包含河床相、漫滩相和冲积扇相等	淤泥质或偏粘性，无淹水部分，盐碱化严重
水文状况	常年或季节性流水	排水良好	排水中等	潜水位接近地面，或常年积水
植被类型	河漫滩上有少量湿生或中生性植物	人工植被或沙生植被	人工植被或天然植被	沼泽、盐碱植被或水生植被
土地利用特点	河漫滩阶地可适当开垦，作季节性耕地，河道可利用作航道、水库等	适种花生、棉花，沙荒地宜封育林地，常为居民集中地	可开垦种植作物，但应注意排水系统建设	改良盐碱土或开沟排水，发展水稻田，或发展芦苇与水产养殖

4.2.2 流域系统

我们已经知道，一个流域主要由坡面系统和河道系统构成，它们相互作用形成了总的流域系统。流域中的河谷平原，部分由河流形成的冲积平原构成，部分由坡面产生的洪积、坡积物

图 4.2.5 流域系统结构简图（据 I.D.White 等，1984） 构成，一般并不把它单独划出进行机理分析。图 4.2.5 是流域系统的基本构成。

在湿润地区，流域的水文过程是流域系统的基本过程。根据水量平衡原理，流域内部水流运动满足下列方程：

P＝R＋（E＋T）＋△S＋△G.（4.2.1）式中 P 为降水量，R 为径流量，E 为蒸发量，T 为蒸腾量，△S 为土壤水改变量，△G 为地下水改变量。图 4.2.6 是流域系统基本的水文过程流图。这个图中没有考虑人类对水资源的利用。

在深层地下水中标出了地下水的流入流出，反映了地下水流域与地表水流域不一定完全重合。这里的流域水流图是概念性的，实际的流域水文过程要比这一流图结构要复杂得多。60 年代发展了大量的流域水文模型，如斯坦福大学发展的斯坦福-Ⅳ ，我国发展的新安江流域模型。

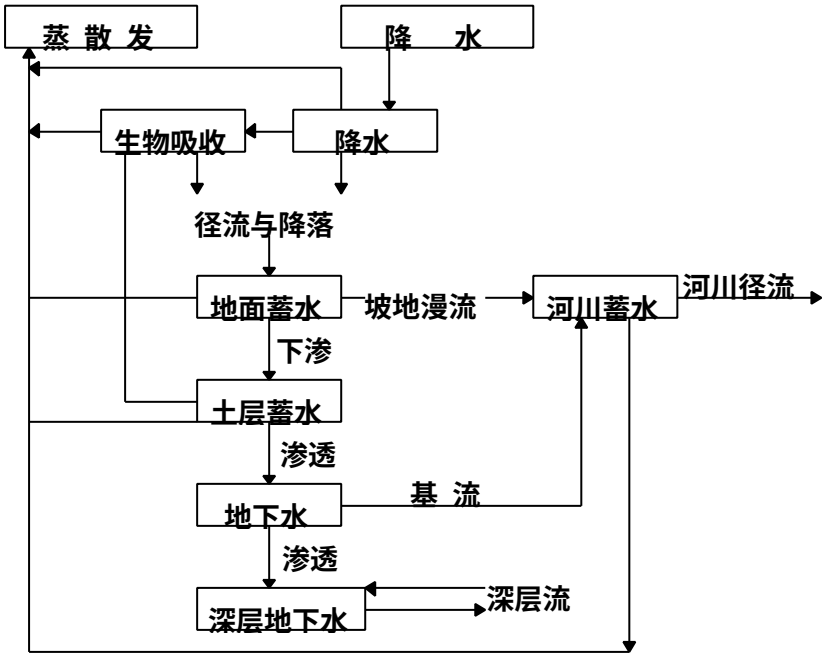

图 4.2.6 流域系统水文过程流图

流域中还发生着其他地理过程。一般说来流域地貌过程是由相对独立的坡面过程和河道（河流）过程构成的，坡面发生流水侵蚀、块体运动和风化，它产生的沉积物提供给河流，河流携带这些沉积物塑造河流地貌。流域中的气候过程和生态过程属于一般的地理过程，并不因位于流域中而分异成特殊的子系统过程，因此我们不单独讨论流域的这类过程。

我们前面讨论的流域系统特性，属于正常流水地貌类型，在冰川区、干旱区和喀斯特区必须作适当修正。冰川景观发育的地区，降水的主要形式是降雪，径流的形式是冰雪构成的冰川的缓慢运动，在下游地区出现融冰形成的河流。冰川内部包含了大量的沉积物，它们的大小悬殊。包含有大量沉积物的冰川本身覆盖了流域的坡面，从上面观察到的实际是冰川面。冰川的底部对坡面有强烈的侵蚀作用，因此谷底形态和坡面形态也与流水地貌类型区有显著不同。

在干旱区，蒸发量很大，常常达到 100%，其结果是表面没有净地面径流，从而形成完全封闭的没有水流出口的流域盆地。在这种类型区，河流可能变成季节性的或者是没有固定河道的。干旱区也形成特殊的气候和生态环境，关于这个方面的内容请见第五节。

喀斯特区是另一类特殊类型区。由于构成喀斯特的碳酸类盐的可溶性，喀斯特区充满了各 种溶洞、地下水道，因此地表径流显著减少，地下水成为系统水循环、物质循环的主要因子。在这类地区，由于地表土壤瘠薄，还成为一种恶劣的生态环境、严重制约农业生产的发展。在个别喀斯特地貌发育

的典型地区，则因独特的地貌景观形成旅游区，这时区域的生态系统特性完全偏离了一般的陆地生态系统特性，其问题落入了旅游地理学领域。

4.2.3 坡面系统

坡面是流域盆地的重要的构成单元，地面上主要发生四种地貌过程：流体运动（如坡面漫流），块体运动（如滑坡），流变体运动（如冰川、泥石流）和热力作用引起的土溜。图 4.2.7 是各种坡面质量过程的具体形式。不同的地理条件，坡面的地貌过程是有差异的，因此坡面的形态也有差异。实际的坡面可能由九种坡元组成，当每种坡元出现一次时，我们称其为单坡，不然为复坡（如图 4.2.8）。复坡的出现常反映了不同的洪水淹没范围或者季节性地下水位的影响。

从沉积学的角度看，坡面又可分为二种单元：侵蚀单元和沉积单元。图 4.2.3 中，l—4 是侵蚀单元，5 是过渡带，6、7、8、9 是沉积单元。由于地貌部位和沉积特征的不同，坡面的各种自然地理特征都有差别。图 4.2.9 是湿润地区坡面的水文特征和土被特征。在干旱地区一般由土、岩石和粗碎屑组成。在半干旱地区，泥石流沉积则常常出现。它们的土壤发育不完整。在湿润地区坡面中水是坡面系统的最重要的流。土壤中的水流引起坡面化学物质的迁移和化学风化。在寒冷地区，昼夜变化引起的水在液态与固态之间的转化又促进基岩的物理风化，水的存在促进了土壤层的发育。在降水发生时，当下渗量达到土层的下渗率或土层饱和时，发生坡地漫流。我们知道漫流是坡面的主要地貌动力，坡面大量产流时，也就发生了坡面洪灾。

在水和其它物质的联系作用下，坡面与其它流域单元联结成系统，图 4.2.10 是坡面系统与它的外部联系，它们共同构成了以坡面为中心的地表系统。

坡面系统的生态问题，主要是水土流失。水土流失是坡面正常的地貌过程，从地质的时间尺度看，它具有夷平山地的作用，但对人类的生产、生活活动周期却是一种灾害。它使坡地土壤层破坏，土层含水性下降，引起土地退化。在我国半湿润半干旱地区，水土流失是最大的地貌灾害。

水土流失的基本过程是由雨点溅蚀和坡地漫流引起的。溅落的雨点破坏了土壤的粘结，流动的水流又启动和搬运泥沙使土壤发生侵蚀，同时由于土层冲刷，土层的含水能力下降引起水分流失。一般以满宁公式来近似描述漫流过程

$$V = \frac{1}{n} h^{2/3} i^{1/2} \qquad (1)$$

式中 n 是地面糙度，h 是径流深，i 是坡度。糙度是一个地面综合因子，与裸露的土地相比，植被大大增加了地面的糙度。由于水流的挟沙能力正比于流速的高次方，所以保持植被、降低坡度是防止坡地水土流失的有效办法。我国人民千百年来发展了种草种树、修建梯田的方式，是人类自觉地减少自然灾害，保持生态系统良性运行的范例。增加植物，被普遍地认为有利于防止水土流失。大量的研究表明，植物对水土流失的主要作用可分为四个方面：（1）植被冠层对降雨截留，使雨点能量损失，减少溅蚀；（2）增加糙度，降低坡面水流流速；降低水流的挟沙图 4.2.7　坡面运动类型(多种来源)

图 4.2.8 坡面类型

图 4.2.9 坡面的土被和水文特征（据 White 等，1984）

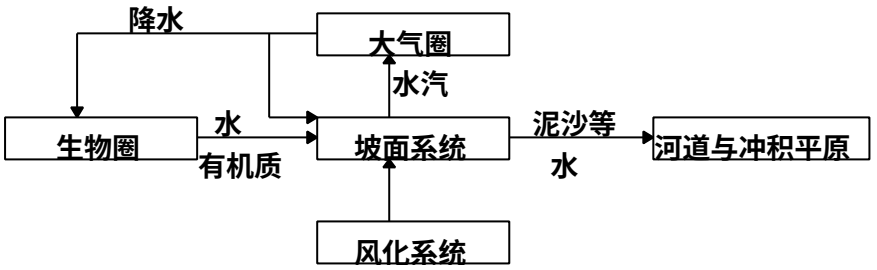

图 4.2.10 坡面系统和它的外部联系（据 White 等，1984，修改）

能力；（3）根系在营养生长的同时对土壤团粒作用、孔隙度和生物活性都有促进，根系对土壤形成机械的把持作用，实验证明不同的作物对土壤的作用是不一样的；（4）植物的蒸腾作用使土壤变干，从而有利于降水下渗，减少径流量。虽然植物有这些防止水土流失的功能，但是一些观察证明，一定条件下植被有助于泥石流和滑坡的发生。人们猜想这种情况与植被促进水分下渗，湿润了土层与基层或岩体与基层接触面，有利于滑坡滑动或者促成岩屑生成泥石流。植被与水土流失的关系表明，地理现象在机制上往往是复杂的，简单的分析会失之偏颇。实际上，在地面草被、落叶层被破坏的情况下，林地枝叶雨滴集中侵蚀，有助于土壤侵蚀（黄秉维，1991）。

流域内分布有各种城市，人类必然地利用坡面土地建设自己的家园，布设生产设施。一般来讲，人类总是要利用坡面稳定、洪水不可淹没的地带建设自己的生产生活设施。规划工作一般把不稳定地带、河漫滩和坡度大于 30°的地带划作非林牧业利用的地带。

4.2.4 流域开发

流域开发至少涉及三项内容：1）流域水土资源的再利用，其目的是产生更大的经济效益；2）流域内人口的再分布以及与区域外人口的交流；3）流域环境受到某种冲击，改变原来的自然系统，引起或减少某些自然灾害。所以流域开发是一项综合性工作，需要地理工程（见第六章）。著名的田纳西河流域是一个成功的范例。

图 4.2.12 流域开发系统分析模式

二战前夕到二战期间美国开展的田纳西河流域工程通过技术工程和区域特殊政策的手段，在工程完成后，使田纳西河流域水灾趋于消失，人均收入增加了 9 倍。

在流域开发方面，有一些模式被提了出来，它们是基于系统分析的。图 4.2.11 是美国俄亥俄州的 Plank 河流域开发的一个关于流域系统的分析模式。它只能被看作一个实例，不应作为最基本的模型。一般的流域开发模式由图 4.2.12 所示。环境影响的具体内容可参见表 4.2.3。

表 4.2.3 流域开发的环境评价角度

单　元	内　　容
社会经济	人口状况，工农业，交通，水资源需求量，土地利用，就业
地质地貌	地貌类型，工程地质，重点水利工程的水文地质问题，水系变化
水文与水化学	水文特征量，泥沙含量，洪涝灾害，上下游影响，有机物质，营养物质与有害物质含量，洪涝灾害，上下游影响
气候条件	一般的气候特征，气象灾害，大气污染特征，气候资源特性
生态环境	土壤肥力与类型，植被类型与分布，陆生与水生动植物种型变异与生存影响，城市生态系统，污染危害
文化环境	风景与名胜，疗养区，人群的文化娱乐，健康状况及其环境需求
政策效应	投资动态，人口流向，就业倾向，环境质量，社会犯罪等

（据多种资料汇编整理）

在流域开发方面，联合国教科文组织认为，下面的一些经验适合发展中国家：

1）流域开发是多目标的，不能仅仅集中于某一个水电目标。流域开发又是涉及社会制度、社会发展和技术问题的综合决策、管理过程，不能离开系统分析来确定流域开发目标与步骤。

2）不同的方法具有不同的准则。计划方法有助于防止某些强制性的发展计划和管理，开发型流域机构应以较松散的方式接受地方参与。

3）比较灵活的、多目标的较完整的规划和评价方法是适合的。一个完善的公共事业机构同时处理许多目标，包括从国家经济的完整性到有利于地方生产体系强化，有助于减少流域开发工作及各层次机构工作的困难。

4）新的技术和广泛而有根据的社会、经济、环境信息分析有助于获得正确的决策和评估信息。而管理技术可用以改善流域开发的许多方面。

5）流域具体研究和专门的流域研究机构有益于指导流域开发。

图 4· 2· 13 流域盆地的城市化（据 J.G.Beale， 1980）

流域的开发，必然引起流域的城市化，在这个过程中，流域的植被、土地、资源分布和利用形式将发生变化或遭到破坏，引起整个流域环境的下垫面、资源分布与结构、上下游关系的变化，进而引起流域系统的全面变化（如图 4.2.13 所示），这些变化，可能使我们对流域的早期认识显得陈旧和苍白无力，一些自然灾害和社会问题将突出起来，因此，流域开发中，必须注意对流域环境进行实时评价，以调控流域开发的评价角度，供在流域开发分析中参考。

第三节　河流

河流是流域的重要构成单元，同时又是活跃的地理环境。河流不是简单的水道，而是平面与剖面形态复杂的发生有地貌水文、生态等地理过程的环境。图 4.3.l 是示意性的河流（河道）平面形态特征，仅从几何形态上看河流也是十分复杂的。

图 4.3.1 河流形态

图 4.3.2 河流系统空间构成这是加里福尼亚的一条河流的实际情况，下图中给出了河道轴线的摆动情况

河流系统（fluvial system）不仅是河流水道，而且还包括由于河流沉积形成的冲积平原。在河流下游地区，河流与海洋的共同作用形成了三角洲平原，三角洲具有重要的地质地理意义。图 4.3.2 是河道系统的空间构成。从图中我们可以看出，在流域中基底上沉积了一层河流沉积物，这些沉积物间或是由与河流伴生的湖泊沉积的，并构成了冲积平原。在河道的两侧有略高的地貌部位，称作天然堤。天然堤外能被洪水淹没的部分称河漫滩，滩两侧高的平整单元称阶地，它们是早期的河漫滩，由于河流下切或山体构造上升使它们不再为洪水所淹没。许多地区可以观察到不止一级阶地，反映了河流的下切和构造上升是经常的。

4.3.1 河流过程

河流过程主要是地貌过程与水文过程。河流的地貌作用不仅在于它的下切，更重要的在于它的侧蚀，即横向侵蚀和沉积。自然界中的河流一般都是蜿蜒的，河流由局部的曲流和局部较为顺直的河道组成。水流在河道中以螺旋流的形式运行。由于上层水流含沙量小，流速大、在水流向下运行时具备较大的侵蚀力，形成侧向侵蚀。在水流螺旋向上时，挟沙力降低，泥沙发生沉积。这样河流就向弯顶不断地弯曲，在弯内不断堆积沉积物，最终发育植被并露出水面。由于沉积部位的中心位置相对于弯顶稍偏下，沉积形成的浅滩迫使水流聚集向对岸，使得弯顶下移。河流蜿蜒的结果导致了河道不断地摆动和拓宽，把原始的河谷改造成冲积平原。在河道蜿蜒中，当河弯达到一定程度时，使流水不畅，洪水发生时，很可能造成水流漫过河岸，冲刷出新的水道，达到下游河道。这时旧的河弯就被废弃了，从而发生所谓的裁弯事件。裁弯后的旧弯顶河道形成了所谓的牛轭湖。牛轭湖逐步发育为沼泽并最终淤塞而消失。

在洪水期间，河道水流漫过河堤把细粒的泥沙带上滩面，洪水上滩后，流速降低，发生沉积。河床沉积、漫滩沉积和牛轭湖沉积等共同构成了冲积层，形成冲积平原。

实际的河道形态是复杂的。在河道中心有时会形成心滩，心滩淤积露出水面称为江心洲。河道岸边形成的滩地称作边滩。河道的形态也可划分作多种类型，常见的有顺直型、蜿蜒型、分叉型和游荡型。顺直型的河道较为平直，一般发育在上游山区，河谷较深。蜿蜒型的弯道发育强烈，在平原地区多见，我国下荆江地区发育了典型的蜿蜒河型。在平原地区宽阔的河道中有江心洲发育时，把水流分成两道，这种河型是分叉型。我国的黄河中下游地区，水流含沙量多，心滩很不稳定，水道变幻不定，这就形成了最典形的游荡型河流。

图 4.3. 3 河流水流的蜿蜒及其地貌作用

河流的地貌-沉积过程，形成了冲积平原。在河道底部即河床，沉积的泥沙显然较河漫滩上的沉积物来得粗，尤其是河床底部沉积的泥沙一般含有砾石，而边滩、河漫滩则沉积淤泥。同时在河道中也残留下一些水流侵蚀后不能带起的粗沙、砾石等，最终加入冲积平原，形成河床蚀余堆积。图 4.3.4

是冲积平原沉积结构、沉积环境的图示。在这个模型中，从下而上可以识别出不同的沉积剖面。左侧的典型剖面反映了早期有河流发育，后来河道摆荡形成河漫滩和边滩沉积。在某种特别沉积环境下形成的沉积单元称为相，一个相有特定的沉积标志。河漫滩环境形成漫滩相，边滩环境形成边滩相，河床沉积形成河床相。把整个河流作为整体环境与别的环境如海滩环境相比较时，河流沉积统称作河流相。

图 4.3.5 发育弯曲河道的冲积平原的沉积岩相与层序（据里丁，1986）

河流地貌过程的长时间效应就是它的溯源侵蚀作用。溯源侵蚀是一种河谷向分水岭方向延伸的现象。在河源附近，由于河道坡面凹入地面，流水作用和块体侵蚀都较强烈，这就形成了河源强烈的侵蚀作用。开始河源在坡面上形成浅凹地，形成汇水单元，由于河流引导定向水流，所以平行于河向的流水侵蚀将更为强烈，其结果造成河流的伸长，河谷向分水岭方向延伸。实际上在河源区往往有临时沟谷、断裂带存在，河流的溯源侵蚀是沿这些沟谷或断裂带发展的。溯源侵蚀的结果往往切穿分水岭，使不同的河流连通。当被切断的河流下游较溯源河流高时，会发生水流改道，当被切断的河流较低时，还会发生溯源河流局部段水流倒流入被切河流的现象，二者都引起河流袭夺。图 4.3.6 是河流袭夺的图示。

图 4.3.6 河流袭夺（据 Chorley 等，1984）

由于河流系统的自组织性，当河流的侵蚀基准面变化时，就会引起河流剖面自河口向源头的溯源侵蚀或堆积，以调整剖面。第四纪时期海平面变化引起了河流剖面的普遍调整。当海平面下降时，一般认为发生自河口的溯源侵蚀，实际上由于气候同时变干冷，上游地区风化物增多，在溯源未达到的河段，反而表现了下游溯源上游堆积的倾向，类似地温暖期海平面上升，河口地区发生溯源淤积，在上游区由于气候变湿润，降水增多，河流得到更多的水量，反而会表现出河道侵蚀下切和溯流侵蚀。河道侵蚀下切过程中，河流有阶地发育。可见，阶地不一定是构造运动的标志，气候变化也会产生阶地。

河流系统不仅有其它地貌过程，它的水文过程也是重要的。降水发生后，在产流条件满足时，坡面水流以漫流、股流及壤中流形式流入河道形成河川径流。由于降水是一段时间内发生的，每一次降水必然形成阶段性的自坡面向河道的汇流，这样抬高了河道的水位，增加了河道的流量。由于降水量空间分布不均匀，河网水系密度与分布形状的差异以及水流汇集速度的快慢，使河道接纳的水量沿程不同，水量多的地方较之水量少的地方水位高流量大，使沿程水深分布有变化，形成波体，称作河道洪水波。洪水波的波高远小于波长。在一个固定水位断面上观察洪水波的运动可得到如图 4.3.8 的水文过程线。沿程观察洪水波可以发现洪水波缓慢变形，最终趋于消失。

图 4.3.7 河流阶地类型（曲折线表示切割与沉积历程，据 Horley，1984）

洪水过程可以看成是暴雨径流和基流合成的，基流就是由地下水汇入形成的流量。河道洪水不仅可能因降水引起，在高纬或高寒地区，坡面上的季节性积雪或高山上的冰川融化，产生融雪径流，汇入河道，也能在这些地区形成洪水。洪水过程一方面冲刷河道，另一方面为下游地区尤其是河口地区

带来营养物质。洪水也常常泛滥成灾，洪灾是流域中最主要的灾害。关于洪水波的运动特性，可以用圣维囊方程作数学分析。第二

图 4.3.8 洪水过程特征

每次大的降水，在河道中形成一次洪水，降水是随机现象，洪水也就成为随机现象，多年统计的结果，可以发现某一河段洪水出现的频率（概率）曲线。在实际生活中我们常常听到五十年一遇，一百年一遇的说法，其意义是,从长期的 统计看五十年或一百年的一个阶段内可能出现一次这样的洪水流量（但不能肯定于哪一年），并不是指正好隔五十年或一百年发生一次相应规模的洪水。

在河流系统中环境生态过程也是重要的，山溪性河流、平原河流与河口在生态过程中是有差异的。山溪性河流，水流急，一般形成石质河床，形成两种生境，湍急的浅滩和宁静的小水坑。在浅滩环境中，附着生物占优势，它们包括硅藻、蓝绿藻等，大部分是短命的，水流冲刷常将它们带到下游。小水坑则是有机体汇集地，这里水流结构缓慢，足以使部分泥沙沉积，春秋两季还是游离 CO2 产生的地方，并为浅滩生物光合作用提供碳酸氢盐。缓变的平原河流中发生腐性有机物和淤泥的沉积，它们为生物提供了食物和营养成分。底栖生物，有根水生植物甚至浮萍大量出现在江边缘带，沿江边缘的滩地，形成丰富的植物带，生物种类显著地多于急变的山溪性河流。河流还具污染与自净行为，我们第二章中已作了简要地介绍。

4.3.2 水系

流域中的河流往往不是单一的，众多的河流组成水系。构成水系的河流具有递阶性关系，霍顿（Horton，1954）引入水系递阶的概念。他认为无支流的水道是第一级的，当两个不同级别的水道汇合时新水道级别取原来最高级别水道的级别。这样以 K 级水道的平均长度 l_h，平均分叉数 n_k 和平均支流面积 A_k 为特征量可有

$$RB = n_k / n_{k+1} \qquad (4.3.1)$$

$$R1 = 1_{k+1} / 1_k \qquad (4.3.2)$$

$$RA = A_{k+1} / A_k \qquad (4.3.3)$$

霍顿认为，对特定的水系来说， R_B、R_1 和 R_A 是常数，并且有 $R_1 < R_B < R_A$。近年来一些学者发现水系总长度 L 与流域面积之间有下列关系：

$L \sim A^a$

这里 a 是 0.5 附近的参数，大多数作者发现 $\alpha > 0.5$，因此认为水系现象是分维现象。新的理论分析还发现随着流域的演化，流域中水系密度（即单位面积的水系总长）趋于一稳定值。实际观察发现不同气候条件下不同岩性基底的水系形状、密度都有差异，理论研究也证实了这一结论。水系密度趋向于稳定值的原因可以解释作河流或水道发育到一定程度时如果太密会互相切穿，发生河流袭夺，使一些河道不再成为水道。同时区域的降水条件也使流域总可能保持一定的水道，不然水量不足，一些河道干涸，风化与块体运动等地貌

图 4.3.9 水系的不同形态（取自《中国大百科全过程使得河道由坡积物逐渐填积而消失。书·地理学》，1990）

流域的形态和水系的形状对雨季洪水的汇集及径流情势有一定的影响。一般认为圆形的流域比条形的流域汇水快，河流洪峰也高，水网发达的水系主干道的汇水慢于水网不甚发达的水系，水系不发达区，汇水过程快，这是造成一些干旱区遇雨便成洪灾的主要原因之一。但是汇水慢的流域的洪水过程退水也慢，可能造成持续的涝灾。在下游平原地区，水系发达，河流坡降小，湖泊对河道洪水的调节作用甚为重要，当径流量超过湖泊的调节能力时，流域也就发生洪灾和涝灾。所以维持湖泊的蓄水功能是维护流域生态系统良性运行的重要条件。

4.3.3 河口

河流最终汇入海洋或湖泊的河段称作河口。河口地区冲积平原演变成三角洲平原，后者是河流与海洋或湖泊共同作用形成的巨型沉积地貌体系。海洋作用的潮汐河口是主要的河口类型。

图 4.3.10 河口水文过程（取自谢鉴衡等， 1981）

河口是河流与海洋的连接部位，潮汐河口既受内陆径流作用又受外海潮汐波影响。潮波在狭窄的河湾中形成周期性转向运动的潮流，涨潮时可使河水流向上游；受潮波作用，河口河水受到顶托，还产生水位周期性壅高现象。显然由于受到河床阻力作用，潮波能量向上游逐渐消耗，潮流流速愈来愈低，潮差愈来愈小，在河流中涨潮流速恰好等于河水下泄流速的地方，潮水停止倒灌，此处称潮流界。潮流界以上，受潮波作用，水位仍有周期升降，潮波能耗尽，潮差为零的河段称为潮区界。图 4.3.10 是潮流界与潮区界示意图，图 4.3.10（b）是一个涨落潮过程中，潮流界以下水流流动情况的四个阶段。由图中可以看出，由于潮波变形，河口中，最大流速提前于最高水位一段时间。感潮河口水位的升降，一般在河口近海洋的河段两岸形成广阔的特殊的地貌单元潮坪。在河流中，海水灌入河流，由于海水比重大，形成了河口中的盐水楔，当海水河水混合强烈时，盐水楔并不明显，但仍然可以有沿河向的含盐量的变化，存在一个咸水界。在咸水界附近，河流的悬移质由于受到海水离子的絮凝作用而变大，从而发生沉积，同时推移质受潮流的顶托也停留下来，这样在河水下形成隆起的地形——拦门沙，它一般具鞍型，中间的凹陷为水流通道。拦门沙是航道的障碍，影响河流通航。在拦门沙等水下沉积的基础上，进一步沉积，可以形成河口江心洲-河口沙坝，沙坝不断接受洪水沉积，使其逐步抬高、扩展，露出水面成为河口沙岛，例如上海崇明岛。同时形成汊道水流，汊道口又形成沙坝，新的河口沙坝在水流越顶加积作用下，它又不断生长。在科里奥利力、海水顶托等作用下，水流可向沙岛一侧集中，这样沙岛的另一侧发生淤塞，形成湖沼洼地、天然堤，最终发生沙岛并岸和汊道废弃淤塞，岸线淤长，同时河口向海延伸，并有新的汊道-沙坝形成。这样只要来沙量不断和海平面基本稳定，最终将发育成巨型的三角洲沉积体系。三角洲的这种发育模式，是最为常见的，如长江三角洲、密西西比三角洲（据许世远，1989）。三角洲是一种十分重要的地理环境，它的资源丰富，人类活动频繁，地理学对它的研究颇多，但限于篇幅，本书不再讨论，可参看有关著作。

河口还是一种重要的生态类型区。由于河流带来的大量营养物质受絮凝

作用而沉淀，底栖生物把营养物质保持下来并迅速再循环，同时微生物作用使沉积物中的营养物质还原，植物和穴生动物得于大量吸收，就形成了河口的“自我富养化”。与此同时，潮坪的水生植物、浮游生物在营养成分充分的条件下，整年内都在进行光合作用，形成高的初级生产力系统。在潮坪与水环境之间，潮汐起着输送食物和营养物质、移走废物的作用，加速了生态系统的循环。所有这些条件，促使河口象热带雨林和珊瑚礁一样，成为地球上最具有生产能力的景观生态系统，使得河口生态系统生物繁多、生物量大。正是这一特征为三角洲人类生产活动和沉积物中有机物的增加（最终形成油气资源）提供了有利条件，也使得河口和三角洲成为资源丰富的环境。图 4.3.11 是河口生态系统的营养物循环图。图 4.3.12 是潮坪环境的分异状况。

图 4.3.11 河口营养物质循环的主要途径（据 Head，1976）

图 4.3.12 潮坪的分异（据严钦尚、许世远， 1989， Head 1976 资料和野外观察资料绘制）

河口和三角洲由于它们具有丰富的资源，良好的交通（通航）条件以及三角洲平原平坦的地貌条件，成为人类活动的中央地带。三角洲一般为大城市富集地区，人类文明活动最早，现代人类开发活动强烈。河口地区一般有商业大城市发育，河口地区建成港口，成为商业中心城市的交通依托，而三角洲地区则形成商业城市的经济腹地，二者构成了统一的经济地理单元。

第四节　海洋与海岸

4.4.1　海洋

海陆分异是地球上最大的地域分异。地貌上大西洋以大洋中脊为轴，太平洋以大洋中隆为轴，两侧逐渐过渡到海底平原，海底平原上有一些隆起的海岭，向陆方向过渡为陆坡与陆架，陆坡与陆架已经具有大陆壳的性质。陆架上一般发育有第四纪冰川最盛期形成的陆相沉积物，如我国黄海、东海大陆架上的古河道和古三角洲沉积，它们常常是富含油气资源的地带。横穿太平洋的海底地貌剖面图（图 4.4.1）显示出，在太平洋两侧的俯冲板块边缘形成深海沟，西太平洋海沟的向陆侧是岛弧。再过渡为边缘海或与内侧的岛弧之间的弧间盆地，再向陆为大陆架，西太平洋陆架较宽。全球大陆架平均宽 75km，其平均坡度约为 0.07°，陆架的前沿是陆坡，其坡度较大。如图 4.4.2 所示，阿留申群岛，日本琉球群岛，台湾，菲律宾群岛就是岛弧。在自然地理尤其是地质上，岛弧与相邻陆区之间的界限并不总是分明的，如阿留申的地质构造可以延伸到阿拉斯加半岛。按普遍接受的板块构造学说，海沟是岩石圈板块沉入地幔的标志场所，岛弧是由于板块俯冲消亡而形成，东太平洋则岛弧缺失，板块俯冲于大陆之下，如图 4.4.2 所示。而大西洋两岸板块不发生俯冲，既无岛弧也无海沟，它的大陆架比太平洋西岸窄，陆坡过渡为陆隆，陆隆过渡为洋壳。一般称太平洋边缘为不稳定大陆边缘，大西洋边缘为稳定大陆边缘。

图 4·4.1 太平洋海底地形（据 Wyllie，1976）（注意陆架与陆坡都具有古陆壳性质）

海底扩张为海洋带来了矿产资源尤其是丰富的猛铁矿石，它们富集在大陆中脊（隆）的附图 4.4.2 西南太平洋岛孤(据 E.斯宾塞,1991)

图 4.4.3 上图:东太平洋海隆型的快速扩张洋脊上沉积物的分布

下图:大西洋型慢性扩张多裂谷洋脊上沉积物的分布

近，在海底平原中，沉积硅质软泥和碳酸盐软泥的资源价值相对较小。在边缘海和陆架上，由于陆源碎屑沉积物的沉积，受到板块俯冲或地幔柱上升的热力作用，使得有机质沉积物转化为烃类，形成油气资源。图 4.4.3 是洋脊两侧沉积物的分布。

海洋盐水环境与陆地淡水环境有十分明显的区别。开阔海洋的含盐量是十分恒定的，约为 3.5%，海水中盐分主要是钠和氯，大约占海洋盐分的 86%，加上硫、镁、钾与钙构成海洋盐分的 99%。由于海水中阳离子比阴离子多，约 2.38 毫克当量，海水是弱碱性的，pH8.3，这一特性在生态学上具有很重要的意义。海水中溶解的盐分数量常用氯度或盐度表示，在局部的潟湖或河口地区，氯度或盐度有较大变化。氯度或盐度以千分度表示，二者可有下列关系换算：

S（‰）＝1.80655×氯度

盐度使生活在海洋中的生物受到一定限制，大多数海洋生物适应于高盐度。盐度下降，生物数量下降。但是总的来讲，由于海水中养分稀少，阳光能透射的表层水的体积和海水的总体积有限，海洋的生产量受到很大限制，一般认为海洋生物生产力最高不足河口的 1/10 或更少。表 4.4.1 是不同海洋环境的有机碳，它表现出海洋地域的分异限制了生物量。

表 4.4.1 海洋与河流的有机碳含量(据 Head ， 1976)

	开阔海洋		海岸带海	河口	河流
	表层	深层			
溶解碳(DOC)	1-1.5	0.5- 0.8	1-5(20)	1-5(20)	10-20(50)
颗粒碳(POC)	0.01-1.0	0.003-0.01	0.1-1.0	0.5-5.0	5-10

在海洋表面，海水温度表现了明显的纬度地带性，北极地区水域温度一般为－0.9℃，热带水域约为 25℃。当暖流或寒流穿过这些地区时，它的水体温度不同于周围水体温度，使纬度地带性发生偏离。海洋的分异还表现在垂向上，在海洋底层，海水的温度一般在 2℃左右，甚至在热带地区，超过 l 英里深的海底温度为 3℃。海洋环境的垂向分异还表现在压力上，从海面压力的一个大气压到最深处可达到 1000 个大气压。压力分布对生物分布有明显影响，使一些生物限于表层水体，另一些限于较大深度，一些海洋生物，如抹香鲸和一些海豹，能潜入深水并毫无困难地回到表层。

海洋表层海水由于水气相互作用和波浪海流作用，富含氧分子和有机碳，其下层则为少氧层，再下层在很大范围溶解氧增多，这可能是由于海底火山喷发物带来的氧分子所致。在某些深海盆，存在停滞的底水，它们几乎没有运动，有证据表明，在南极韦德尔海的底层，高密度的水大约与大气隔绝了 500—2000 年。图 4．4．4 表示了海洋物理特征的垂向变化和生物分层

现象。请注意垂直分异的地带性分异。其次深海中保持着高的碳含量，每年大约有 30 亿吨碳进入深海，它源于大气 CO_2 向海水扩散和海洋腐烂生物的下沉。一旦这种“泵”的作用被破坏，全球气候将会发生灾变。

海洋的海水，尤其是表层海水是运动的，其基本运动形式是波浪、海流和潮汐，不仅表面有波浪，在表面以下，海洋可以形成内波，内波出现于不同密度水层的分界面邻域内。关于波浪，潮汐和洋流在第一、第二章中作过较多的讨论。洋流不仅具有重要的气候意义，而且有重要的生物意义，表层洋流及其引起的上涌流影响世界海洋渔场的位置与生产潜力。洋流和上涌流常常带来富含养料的下层水，这种水维持浮游生物和其他海洋生物的生长，因而形成在生物方面的富饶地区。特别丰富的上涌水流在秘鲁、加利福尼亚和西南非洲等地。最为著名的上涌流在秘鲁的近海岸处，每过 3 或 4 年，上涌流消失，这种现象称作“厄尔尼诺”（El Nino）。当 El Nino 出现时由于表层营养物的减少而引起海洋鱼类大量死亡。更为重要的是当它出现时，通常使温暖的海水转向东流，覆盖在寒冷的上涌水流上面，从而破坏了正常的海气过程，引起气候波动。现代研究发现 El Nino 与南方涛动有同时性二者统称 ENSO，ENSO 发生年被作为气候异常年，ENSO 年出现全球性的气候异常，在我国 ENSO 年冬季寒潮强度大，夏季在江淮流域降水增多形成洪涝灾害，而在黄河、华北和江南地区降水偏少，易发生干旱。气候异常和渔场的破坏，使得 ENSO 年成了人类的灾害年份。

图 4.4.4 海洋的垂向分异（多种来源）

根据自然地理条件和生物学特征，肯尼思·谢尔曼确定出世界海洋中 20 个区域，称作“大海洋生态系统”（LMEs），LMEs 一般大于 20 万平方公里，它具有独特的洋流、海底地貌和在一个食物网中相联系着的生物群体。对于 LMEs，谢尔曼划分出两大类型，其一是鱼类补充周期主要决定于环境力量，其二是补充周期决定于掠夺行为，或者被天然捕食者所掠夺（澳大利亚堡礁），或者受制于人类捕获压力。决定于掠夺行为的 LMEs 是较易经营的，因为掠夺行为特别是捕鱼，是比环境力量易于控制的。图 4.4.5 是大海洋生态系统的分布。大海洋生态系统是从渔场经营的角度划分的，它大多靠近海岸洋流和上涌流，或者是被陆地包围的海，如波罗的海和地中海。在波罗的海的 LMEs 中，主要的影响是污染。

海洋与大气层间有复杂的海气相互作用，我们已在第二章有了初步认识。近年来海气相互作用已经成为地球科学各分支研究的重点。

图 4.4.5 大海洋生态系统（取自《世界资源 1989》，据 K.Sherman，1988）

a.亲潮 b.黑潮 c.黄海 d.泰国湾 e.大堡礁 f.塔斯里海 g.孤立的太平洋 h.东白合海 i.阿拉斯加湾 j.加利福里尼亚洋流 k.洪堡洋流 l.南极区 m.墨西哥湾 n.东南大陆架 o.东北大陆架 p.东格陵兰海 q.巴伦支海 r.波罗的海 s.北海 t.伊比利亚沿海 u.几里西湾 v.本格拉洋流

4.4.2 海岸带

陆地和海水的交界是海岸。实际上它是一个地带，称作海岸带。海岸带有更加形式的定义：海岸带是陆地环境与海洋环境相互影响的空间。海岸带宽度在时间上是变动的，确定这个带的绝对边界一般是不可能的，要经常地

由环境梯度或强度来限定它。在一个具体的地方，海岸带可能根据物理的、生物的或文化的标志来划分。不同地方几乎不可能也不需要按同一标准来划分。全球海岸可以识别出不同的类型，图 4.4.6 是世界海岸的构造分类，中国的海岸或者为岬湾型，或者为三角洲型，其界限大约位于钱塘江。

从地貌学的角度出发，海岸可以分为侵蚀型海岸和堆积型海岸。在滨外水较深的海岸，波浪破碎后的能量损耗很小，使波浪能对岸上的基岩发生侵蚀，形成侵蚀海岸。这类海岸发生在地壳明显下沉或水面升高的地段，即海平面相对明显上升的地段，因为滨岸线向岸推移，海水作用范围达到了原来陡峭的山坡上。图 4.4.7 表示了侵蚀海岸的发展系列。这个系列可以这样来理解：海岸迅速沉降产生新的海滨线，由于“ 海滩 ”变陡，波浪击岸的能量较大，最初在坚硬的基岩上冲浪沿裂隙切割出的小的悬崖与海蚀穴，随着海蚀穴的加深，上部岩石崩坍，并被冲浪搬运，这样岩石碎屑又成为了海蚀工具，这样发展了垂直的海蚀崖和倾斜的海蚀平台。在海蚀平台上，坚硬的岩石以海蚀柱的形式耸立，在罕见的情况下，波浪切入岩岬而产生海蚀拱桥（穹）。岩屑则以卵石、砾石的形式堆积在海蚀平台上。海蚀作用最终因岬角侵蚀掉、海岸后退、滩面角度变小，从而使波浪耗能增大而停止，这时形成海滩的均衡剖面。

图 4.4.6 世界海岸的构造类型（据 R.Carter，1989）

现代侵蚀海岸的发育与第四纪冰川的活动有关。冰期，大陆壳在冰盖负荷下下沉，冰后期冰盖的融化引起海平面上升，在不同的地方分别表现为海岸下沉，引起海岸侵蚀。在有些地方，构造活动使早期的海蚀平台升起，形成新海蚀崖和平台上的海洋阶地。在东北太平洋沿岸，许多地方存在这种阶地，它们是城市和道路建设的合适位置。

侵蚀型海岸形成独特的生境。海洋动植物依附于岩石表面或藏身于岩隙水洞，各种海洋哺乳动物，如海豹和海狮生活在岩岸上，而海蚀崖可供大量沿岸的鸟类栖息，它们以海洋为食并栖居于崖壁的裂隙里。有些发育成以卵石、中砾、巨砾为物质组成的海滩，形成三条基本的生态区带，居住三条区带的生物有显著的不同。悬崖型海岸很少有海滩，但优美的海岸风光构成了具有游憩价值的自然资源。

图 4.4.7 侵蚀海岸的演化（据 A.N.斯特勒拉和 A.H.斯特勒拉）

B 图中：S，海蚀柱；A，天生桥；N，海蚀穴；B，海滩，R，岸的特征如图 4.4.8 所示。这些地貌特征的形 海蚀岸；C，基岩

另一种海岸类型是堆积型海岸，堆积型海成与沿岸流（或近岸流）有很大关系。如图 4.4.9（a）所示，波浪斜交海岸入射，波浪破碎后冲流将砂砾带上滩面，回流由于受重力作用垂直岸线沿滩而下，这样泥沙就被拉向海洋方向，停留在它们开始移动的地点一侧。这个过程的不断进行，使得沉积物沿滩移动，称沿滩漂移。类似于沿滩漂移，还存在沉积物的沿岸漂移。当波浪涌向海岸，使海岸增水时，水的空间分布平衡被打破，涌入的海水必将在沿岸的某一地段返回海洋，这样就形成了平行于海岸的沿岸水流。沿岸水流使海流泥沙发生沿岸漂移。沿滩漂移和沿岸漂移形成了沿岸物质流，简称沿岸流。图 4.4.9（c）图示了沿岸流及其相应的地貌特征。沿岸流的功能是凹岸冲填、凸岸冲刷。一些较平直的岸段在突然转向海湾的情况下，在转角处

形成沙坝（沙嘴）（图 4..9（d） ）。沙坝可能封闭局部海湾，使得湾内海水与海洋水缺少交换，因蒸发面盐度变大，发育成潟湖。在两股方向相对的沿湾流集中的海滨，形成两条沙坝，发育出三角岬或连岛沙洲，如图 4·4 .8 所示。

图 4.4.8 堆积型海岸的地貌类型（据 P.柯尔玛，1985）

图 4.4.9 沿岸流及其塑造的地貌（据 A.N.斯特拉勒，1974）

波浪在海滩耗能不足的岸段，沿岸流具有较大的动能，它们从陆岬或滩角处侵蚀海岸，并向凹湾汇集，这使凹湾水位增高而不时向滨外射流形成裂流，沿岸流与裂流共同构成了近岸环流系统，环流将泥沙带到破波带附近沉积，形成与海岸对称的韵律地形。当波浪耗能特别不足时，形成波浪反射，反射波与入射波形成驻波，这时也有裂流发生，裂流出现于波腹上并且射流到破波线以外，且不发展韵律地形。

海岸带各种分异的环境生态功能有很大差异，表 4.4.2 给出了海岸各种生态系统的生产力水平。

表 4.4.2 海岸各生态系统生产力水平（据 R.W.G.Carter， 1989）

子系统	g/cm^2， year
海水	
大洋	5 — 50
上涌带	50 — 220
窄陆架	50 — 120
海湾	50 — 120
激浪带	20 — 30
潮下带	800 — 1500
海藻（Seaweeds）	1700 — 2500
珊瑚礁	120 — 350
海草（Seagrasses）	
潮间带	
岩藻	100-250
软体动物	10
沙滩	10 — 30
河口潮坪	500 — 750
牡蛎群落（Commerical oyster beds）	400
潮上带	
盐沼（温热的）	700 — 1300
盐沼（极地的）	100 — 150
红树林	350 — 1200
沙丘（前部）	400 — 500
沙丘（后部）	150 — 175

（全部数据为净生产力）

在海岸带环境中，滩涂（海岸湿地）具有高的生产力，滩涂包括潮坪盐沼、红树林沼泽发育于热带、亚热带海岸的海岸植物群落，其中栖息鸟类、鱼类和小牡蛎）甚至包括三角洲河口的河漫滩。来源于近海和河流的养分和

微粒有机质，集中于海岸湿地和河口湾，为生物提供了丰富的营养物质，也为鱼类、甲壳动物提供高度生产性的产卵地、发育地和喂养地，同时也为近岸水产提供食物链支持，为家畜提供放牧地，为水禽和其它野生动物提供栖息地，还可以为人类提供薪柴，以及控制洪水的保护物，甚至还起着作为污染物天然过滤器和稳定岸线的作用。因此，滩涂是一种重要资源。

图 4.4.11 海岸带系统（据 C.W.Carter，1988）

（a）海岸带物理结构与灾害（b）海岸带生态系统

海岸带构成了统一的地理系统，图 4.4.11a、b 分别给出了这一系统的物理结构和常见的生态结构，通过它们可以认识海岸带环境的整体性或系统性。

4.4．海滩与近岸带

海滩或近岸带是海水变动最为频繁的地带，它大致包括从波浪破碎的地带到岸上的沙丘环境。日常生活中，狭义的海岸带常指这一地带，这时海滩变得专指滩面。图 4.4.12 是海滩剖面各单元的示意图。

图 4.4.12 海滩剖面和近岸带水力状况示意图（图中未给出沙丘等，多种来源）

实际的海滩剖面是有季节性变化的，季节性变化起因于入射波浪的季节性变化。风暴季节（在中国为夏半年，美国西海岸为冬半年）形成的“ 冬季 ”剖面几乎没有滩肩，原来滩肩的泥沙已离岸转移而形成一系列平行于岸线的沙坝。涌浪季节（在中国为冬季，美国西海岸为夏季）形成具有宽阔滩肩的“ 夏季 ”剖面，除了在相当深的水中可能有沙坝外，在近岸剖面上不存在平行于岸线的沙坝。风暴剖面和涌浪剖面的断面面积不尽相同，沉积物在滩肩与沙坝间来回运移。总的剖面坡度是风暴剖面小于涌浪剖面。约翰逊（1949）发现，当波陡（＝深水波高/深水波长）大于 0.03 时，则形成风暴剖面，如波陡小于 0.025 时，则形成涌浪剖面。 Rector（1954）和瓦茨（1954）则把这个临界值定在 0.016。许多研究者发现这种临界波陡值的差异，至少部分是由海滩沉积物的粒度决定的，部分则是由于实验的波槽规模尺寸造成的。用大波槽的大波浪所测得结果，远比上述值小。萨维尔（1975）实验证实这个值为 0．0064。理论上解释剖面变化的说法是，风暴浪条件下，破碎带的海侧泥沙向岸运移，而激浪带内的泥沙离岸运移，于是泥沙将会聚在破浪带内侧形成沙坝。在较平坦的涌浪条件下，各部位泥沙都向岸运动，从而堆积为滩肩。

海滩的一个特征是沉积物自海向陆变粗，从而与潮坪形成鲜明对比。海滩的这种沉积特征起因于波浪在滩面上的运动,图 4.4.13 表示了一次海滩波浪过程。在激浪和溅浪向岸运动过程中，波浪能量较大，速度大，可以启动的颗粒较大，当水流返回激浪带时，能量消耗了一部分，速度变小，已经不能启动粗粒泥沙，而细粒泥沙则可以返回海洋，久而久之，就形成了海滩上自下而上的粒径变粗现象。实际的海滩，组成物质越粗的滩面越陡，泥滩延伸可达数公里。实际海滩的粒度分 图 4·4·13 海滩上波浪的分选作用布更为复杂一些，尤其是砾石滩，自陆向海为大扁圆砾石带、叠瓦状砾石带、沙

移动带和球状、棒状卵石充填骨架带。潮汐的作用使海滩粒度分布趋于复杂化。现代沉积学研究表明，海滩沉积物可分为四组：悬移组、跃移Ⅰ组、跃移Ⅱ组和滚动组。由于潮汐和风暴的作用，各种成分均可能出现于海滩剖面的各个部位。

狭义的海滩是缺少生物的，但如果包括潮坪、沙丘和盐沼湿地的海滩，则生物是十分丰富的。相对来讲沙滩比角砾滩和砾滩生物丰富。在大多数生态著作中把海滩分为潮下带、潮间带和潮上带，其分类标准与地貌学上海滩的定义有所区别。

海滩的种群数和生物量与海滩粒度有明显关系。粒度通过孔隙度和沉积物中可能的包裹体来影响生物活动，其实，粒度的分异也反映了水动力条件的分异，波能差异影响着水生物的生活条件。有证据表明，粒度变细，生物量变大，而种群数以沙滩为多。图 4.4.14 是不同海滩（海岸）类型的生物群落分异状况。

沙滩具有优良的生境条件，近年来关于“沙滩生态系统”被给予了更多的注意。近岸及沙滩环境由于海水动荡而捕捉到氧气，沿岸流输送矿物质、氮及溶解氧，这些都有利于水中生物的发育。图 4.4.15 是沙滩生态系统氮循环模式。一般认为海滩环境生产力平均变化在 6—30g/cm^2·a（极端值约为 0.02g/cm^2·a 和 400g/cm^2·a）。高能海滩，生产力降低到了最低值，最高的生产力环境是位于闭塞海湾和河口的泥滩（亦即潮坪），其生产力一般约为 80—100g/cm^2·a，甚至更大。

海滩后部的陆地环境，形成了以海岸沙丘为标志的景观。沙丘一般具有较高的生产力，在风暴潮期间，海水可能越过沙丘淹没其后的陆地，位于这一地带的建筑物，因此受到威胁。在海岸沙丘及其毗邻地域内生活的种群面临较恶劣的生境：贫瘠的土壤、暴雨、海水吞没等灾害性冲击。沙丘植被常呈现两种特征：1）在空间形成复杂的植被相嵌结构，2）在时间上的演替是迅速的，随海水的灾害性侵入，形成周期性顶极群落结构。图 4.4.16 是加利福尼亚海岸的顶极群落。我国渤海南戴河海岸，形成了高大的沙丘，海水难于侵入，经过人工培植，生长有榆树为主的先锋植物群落。

图 4.4.14　海滩的常见生物分带

a)沙滩,b)砾石滩 c)红树林泥滩(海岸,海南省文昌县)

图 a,b 取自 L.史密斯，1987,图 c 据《中国植被》（1962）

图 4.4.15 沙滩物质的生态循环（据 C.W.Carter，1988）

图 4.4.16 加利福尼亚海岸的土壤顶极群落（据 L.史密斯，1987）

4.4.4 开发与管理

海洋具有丰富的生物资源，特别是渔业资源。在目前已知的 20000 个鱼种中，约有 9000 个目前已被开发利用，其中 22 个年捕获量超过 10 万吨，鲱鱼、鳕鱼、幼雄鲑鱼、海鳍和鲐鱼大致占总捕获量的一半。联合国粮农组织（FAO）认为，从一般资源数量来看，世界的海洋不能长久维持一个每年一亿多吨的最大商业捕获量，但维持这个开发量也不会明显减少某些有价值的鱼种，如鲱鱼和鳕鱼。从理论上讲，如果可以维持的最大产量被超过，渔场就会衰败，同样的捕捞努力只能得到较小的捕获量。在本书“资源及其性质”

一节中，我们已经讨论过可更新资源的这种性质。1986 年，世界上海洋鱼类捕获量大致为 8400 万吨，如果按 1986 年的速度上升，则 1 亿吨的最大维持量在 1991 年就会被超过（目前还缺少 1991 年捕鱼量的估计数）。总之，人类对海洋渔业资源的利用强度已经达到了合理利用的极限。FAO 预计，到 2000 年，人类对鱼类的需要将超过 1 亿吨。为此，FAO 建议 5 种方略以对付海洋渔业资源面临的困境：1）扩大人工水产养殖；2）扩大柔鲁、章鱼和其他“非普遍鱼种”市场；3）扩大对沿海上中层鱼类的捕获，用来作为人类而不是作为动物的饲料；4）转移一些作为动物饲料而出售的鱼类到人类消费市场去，而不是扩大总的捕获量；5）把通常在海上抛弃的鱼类运到岸上进行销售。

海洋受到人类的第二个挑战是海洋污染。海洋是几十亿吨社会废弃物的最终去处，这些污染海洋的废弃物有：主要来自于城市和工业废物排放所带来的污染物，农业和化肥的径流污染，以油类为主的航运和近海钻探活动产生的污染物，倾倒到海里的有毒或有害废物，如放射性废物，以及各种人类引起的或自然过程引起的大气或陆地迁移物，如地中海西部岩石风化产生的汞。海洋污染物中，具有持久效应的有多氯联二苯、DDT、塑料、重金属。其次，油污染也是重要的，海洋生物吸收油类可以致命，但目前还缺少令人信服的证据表明油能够在生物体内积累。放射性废物具有长久的威胁，虽然目前各国倾倒的放射性废物一般是低强度的，并且倾倒深度较深，但是随着废物的积累，废物的放射性强度增加，这种排放将具有潜在的威胁性。

海岸侵蚀及滩涂资源的破坏是海岸带管理的主要问题。大陆上河流上游修建大型水库往往引起海岸（及滩涂）的侵蚀。海平面上升也是海岸侵蚀的主要动因。据国际环境与发展研究所和世界资源研究所（1988）估计，在欧洲、北美洲和印度－太平洋区域，滩涂的破坏在加速。在第三世界，大规模的滩涂损失发展步伐大得惊人，波多黎各的红树林面积只有 1/4 保存了下来，泰国在过去的 10 年中已损失其 20%的红树林。滩涂湿地的损失常与对湿地的不合理利用有关，为防洪和消灭疾病滋生地而对它们进行消极破坏及缺少湿地保护、经营的财政支持都是其损失的重要原因。

海洋与海岸带的政治地理问题是复杂的，大陆架拥有丰富的石油、天然气、砂矿资源，其主权属所领海域的国家所有。目前，12 海里领海 200 英里专属经济区的概念已被普遍接受。但美国、俄国等海军大国不承认沿海国家对其 200 英里以内的捕鱼拥有主权。有些国家甚至主张更小的领海范围，有的国家则干脆宣布 200 海里领海权，如果这样将有大部分海域不能通行。领海与海洋专属经济区的争论至今仍在进行。1982 年联合国提出了海洋法公约，但该公约还未经必要数目的国家批准使其具有国际法的充分效力。

第五节　干旱区

不仅地貌过程可以分异出地理环境，气候过程、水文过程、人文过程均可分异出地理环境，干旱区、城市就是由气候-水文过程、人文过程分异出的典型的地理环境。

4.5.1 环境特征

由于气候-水文过程的分异，地球上各地区的蒸发与降水不平衡。简单地

讲，当蒸发超过降水，形成“缺水的干旱地区”，反之形成“富水的湿润地区”。水循环过程是复杂的。通常将年降水量在 200㎜ 以下的地区称为干旱区，年降水量在 200—500㎜ 之间的地区称为半干旱区。一般研究的干旱区（arid area）是二者的总称。中国科学院自然区划工作委员会以干燥度定义干旱区，干燥度是由经验公式得到的。1977 年联合国粮农组织等机构提出的荒漠化图以干旱指数 P/E_{tp} 来确定干旱区。这里 P 为降水，E_{tp} 为由彭曼方法计算得到的蒸腾。它综合反映了气温、风和太阳辐射。$P/E_{tp}<0.03$ 的地区为极端干旱区，$0.03\leq P/E_{tp}<0.20$ 为干旱区，$0.20\leq P/E_{tp}<0.50$ 为半干旱区。

干旱区在地貌特征方面常以风沙地貌或荒漠地貌为主，形成沙漠、戈壁和雅丹地形。赵松乔（1985）把中国沙漠、戈壁为主体的荒漠地区归纳成两种模式，一是内陆盆地式，如图 4. 5. 1 所示，从盆地中心开始，依次为流动沙地→固定半固定沙地，土质平地及绿洲→堆积戈壁→剥蚀－侵蚀戈壁→侵蚀－剥蚀山地。其空间结构以盆地中心作同心状分布。二为蒙古高原式，空间结构从高原本部向外缘山地及外沿地区作放射状排列，可分两个亚型，在干旱区为广阔剥蚀戈壁（高原中心）→流动或固定、半固定沙地→边缘山地→黄土堆积（外沿地区）。

图 4.5.1 中国大陆盆地的沙漠、戈壁分布模式（据赵松乔，1985）

我国干旱区外缘山地，由于其高大的山体截取高空气流中的水汽，因此获得较多降水，在我国西部地区的迎风坡，年降水量可达 700—800㎜，甚至更多，因此在山地可形成河流，河川径流出山口以后，分散流经于由戈壁构成的极易渗漏的冲积扇上，河水即强烈渗漏而损耗殆尽，如格尔木河出山口后流行十几公里即全部渗入地下，即使较大的河流，其渗漏量也可达河水的 30—60%。从山地向盆地中心过渡，可以明显地划分出径流形成带与径流散失带，在盆地核心的荒漠部分，无径流存在。径流形成带与散失带的衔接点一般不是发生在出山口处，而是在荒漠化程度向山地推进处，一般讲，荒漠化程度越高的山地，高程亦高。在径流形成带内，河川径流量随水面积的增加而增加，地下水补给河流，地貌过程以水蚀为主，在径流散失带，出现相反的水文学特征。

山前冲积扇是我国干旱区的重要地理单元（图 4.5.2），干旱区农业主要发展于冲积扇的细土带。如图 4.5.3a 显示，冲积扇在山前形成了广阔的山前平原，其分带自山区向盆地依次为山地、粗粒带、细土带。图 4.5.3b 显示了我国干旱区另一种类型的山前冲积扇，由于山体坡度很陡，规模很小，洪积、坡积形成的冲积扇一般从山麓向平原延伸数公里即告结束，这一类冲积扇常被称为“洪积锥”。由洪积锥连接形成洪积裙。在冲积扇前缘，地下水丰富，形成干旱区中的绿洲。由较大河流形成的冲积扇，沉积物粒度结构上有类似三角洲的地方，有人称之为陆地三角洲。这类三角洲型冲积扇地下水埋藏浅，水量丰富，是供水优良的冲积扇，图 4.5.3 实际上就是天山山麓冲积扇的三种类型，第三种冲积扇在细土带发展了绿洲农业，特别具有生态意义。

干旱区土壤和植被与相应纬度湿润地区有显著不同。干旱－半干旱区土壤一般薄，处于干燥状态，成土作用微弱，母质较粗。表层有机质含量普遍

很低，整个剖面均含有碳酸盐。图 4.5.4 是干旱区土壤全氮含量、有机磷、有机碳的分布特征作为对比，图中还给出湿润区、半湿润区的营养成分分布特征。在干旱区，植物有富集土壤各种营养成分的作用，这种现象在世界各干旱地区可观察到。

图 4.5.2 冲积扇的典型结构（据 Bull，1977）（冲积扇并不是干旱区特有的，干旱区的冲积扇为山前的洪积扇，可能含蒸发沉积）

在我国干旱区的荒漠地带，地带性土壤为灰漠土、灰棕漠土和棕漠土，它们的共同特征是具多孔状结皮、有机质含量低、碳酸钙表聚性、石膏和易溶性盐分在剖面下部积聚。灰漠土的发育多与细土结构相联系，土层较厚，是良好的宜农土地资源。灰棕漠土和棕漠土具较强的粗骨性（母质较多），农耕有困难，牧业利用价值也低。非地带性的风沙土和绿洲土是两种重要的土类。风沙土发育于砂质母质，剖面分异差，明显表现出母质性状，土壤有机质含量很低，石膏和易溶性盐分较少累积。绿洲土和水稻土是灌溉绿洲中的最主要土地类型。绿洲土的腐殖质累积比较明显，并表现为沿剖面的均匀分布，耕作层有机质含量可达 1—2%，土壤中磷、钾含量丰富，剖面表现出明显的脱盐现象，含盐量可在 0.2—0.3%以下，pH 值在 8.0 左右。盐土是这种环境区表征性的隐域性土类，广泛分布在平原地下水位高（1—3m），径流排泄作用弱的地带，其上生长的植物多属盐生和耐盐生的灌木和草类。另外，还有龟裂土、草甸土、沼泽土等非地带性土壤。

干旱区植被以旱生草类和灌木为主。干旱区植物的特点是根部的生物量大，通常干旱群落中生物量的 50%以上在它的根系中。干旱种的根干比在 1 到 2 之间均有报道。干旱群落具有高氮含量的枯枝落叶层，平均为 1.5%，较之草地的 1.2%和森林的 0.6%高。图 4.5.5 显示了干旱区群落中氮循环的一个实例，这里可以看出根系生物量的庞大和降尘在营养物质循环中的重要性。这个例子中考虑系统是封闭的，实际上通过地面侵蚀和动物传递，氮的损失是高的。干

图 4.5.3　天山山麓冲积扇的类型（取自赵松乔，1985）

旱区植被动态受降水影响大，一些观察表明，在一般情况下，干旱区植被生物量或密度持一个常量，降水后生物量上升，季节性茂盛与降水期相比有滞后性。

图 4.5.4 不同类型区土壤中的营养成分分布，实线-干旱区，断线-半湿润区，点线-湿润区（据 West,1981）

图 4.5.5 干旱区植物群落中的氮循环（据 West 等， 1977.）

(据美国西部干冷荒漠生态系统数值，单位为 kg/ha)

（A：生物固氮， B：降水与降尘， C：地上生物量， D：地下生物量，F：枯枝落叶层，G：地上落叶，H：植物吸收，I：地下枯枝落叶层，J：反硝化，K：挥发）

据中国植物地理学家们的研究，中国典型荒漠草原群落的优势种分为三类，第一类矮丛禾草，第二类丛生杂类草，第三类小半灌木。典型荒漠植物以灌木占优势，在石质、砾质和石膏区的极严酷的生境中，植被非常稀疏，在地下水溢出带和河流、盆地附近以及绿洲周围，有时有生长繁茂的胡杨、灰杨、榆等。与草甸草原相比，干旱区植被主要成分的营养价值较高，但较低矮，不便刈割或牛马的放牧；其中大多粗糙具刺，仅适于山羊和骆驼，放

牧地的载畜量一般很低。据估计，草原、荒漠草原和荒漠的鲜草年产量分别为 1500—4000kg/ha，800—1500kg/ha 和 400—800kg/ha，季节性变化可达 50—75%，秋季牧草干重最高。

4.5.2 沙漠化

干旱、土地盐碱化和沙漠化是干旱－半干旱区主要的自然灾害。沙漠化规模大，影响长远，是人类面临的最为严重的环境挑战。所谓沙漠化，在我国指的是北方干旱－半干旱地区，由于气候变化、环境演变和人为的破坏，在原来不是沙漠或沙地的地方出现沙漠、沙地或类似沙漠、沙地景观的过程，在有些地方，表现为原来固定的沙丘活化，周围的草场出现流沙，植被破坏，灌溉农地出现水渍化和次生盐渍化。

产生沙漠的原因有自然因素和人为因素。干旱缺水是最基本的原因，沙漠化地区在第四纪时期一般为松散的湖相或河湖相沉积，物质疏松。它们为土地沙漠化提供了物质基础。其次区域的风力条件也是沙漠化的原因。某些地方，草场中猖獗的鼠类破坏植被，使土地蒸发加大，也是沙漠化的原因之一。人为的因素包括过度农垦、放牧和樵采，以及水资源的不合理利用。例如陕北榆林、靖边一带的毛乌素沙地，在唐代以前，还是水草丰美的地方，后来气候趋于干旱，宋以来流沙记载渐多，到了明初成化年间（15 世纪 70 年代），中原王朝为阻止游牧民族南下掠夺，在这一带修筑长城，移民驻军，大肆开垦，加剧了沙漠化。18 世纪以来，清政府以“移民实边”的名义，移民垦种，终使长城以外宽达几十公里的地带草原破坏，形成流沙遍布的景象。图 4.5.6 是沙漠化的一种理论模式。

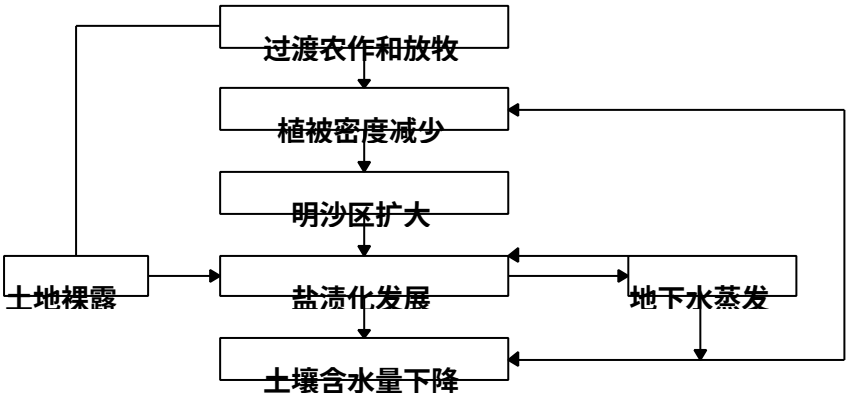

图 4.5 6 沙漠化的过程（多种来源综合）

朱震达认为风力吹蚀下的沙漠化过程有下列的地貌－植被景观特征：

l）发生阶段：仅存在发生沙漠化的条件，如气候干燥，地表植被开始被破坏，即存在潜在沙漠化。

2）发展阶段：地面植被已被破坏，出现风蚀、粗化、斑点状流沙和低矮灌丛沙堆。随风沙活动加剧，进一步出现流动沙丘或吹扬的灌丛沙堆，包括发展中的沙漠化（沙漠化土地占土地面积 20%以下）和强烈发展的沙漠化（沙漠化土地占地面积 20—50%）。

3）形成阶段：地表广泛分布活动沙丘或吹扬的灌丛沙堆，其面积占土地面积的 50%以上，为严重沙漠化。

沙漠化治理的主要方式是生物措施。植物有很好的保水作用，因此，恢

复草原植被是主要的治理方法。当然，为防风，乔木种植也是必要的。但造林大量耗水，所以树必须种在必需的地方。张翼认为，以防护为目的的林带，一般 1—2 行就足够了。如何恢复植被，习惯认为必须“退耕还牧”，然而过分的人口压力使退耕还牧极为困难。例如我国半干旱区的内蒙古高原东部，农业人口人均占有耕地 8—13 亩，按正常年份亩产 50 公斤计，每人可生产粮食 400—650 公斤，灾年也可以自给自足。如果退耕还牧，按我国目前的牧业水平，相当的土地仅能养活一只羊。人类生活的基本物质条件不够，除非移民，但这又加重了其它地区的负担（不考虑城市化的人口转移）。由此可见，除了严重的沙漠化地区，退耕还牧是不现实的，必须寻找新的生态平衡。在我国出现的草田轮作制和林网化建设的治理方式，收到了一定成效。

干旱区水资源缺乏，因此水资源合理利用至关重要。除了尽可能利用山地径流、地下水外，近年来微咸水的利用受到重视。以色列的实验表明，很多农作物对微咸水是适应的。干旱区水资源的利用和沙漠化的防治，已成为现代地理学的研究热点。

第六节　城市

城市是人类文明的产物，也是人类活动最频繁的地方。由于城市中的自然过程、生态过程、经济过程和文化过程异常活跃，因此它构成了一个综合的、特殊的地理环境。城市的综合性不仅表现在它拥有河流、阶地、海滨、山丘等自然景观和建筑、园林绿地、服饰潮流、饮食习惯、语言特点、音乐风格等人文景观，更体现在城市问题所包括的诸多方面，如城市水资源、城市气候问题、城市污染、城市灾害、城市土地利用、城市规划、城市管理、城市犯罪等等。城市环境的特殊性在于：(1）人是城市环境的能动主体；(2）城市是人类对自然环境干预和改变最强烈的地区；(3）城市也是对自然环境变化最敏感的地区，城市生态链通常是很脆弱的，1987 年上海甲肝的流行就是很好的例证；（4）面积小，拥有高密度的人口和建筑，高强度的经济社会活动，是一定区域的凝聚核心。

什么是城市，各学科理解不一，而且政府往往从行政管理中定义城市，从而使城市的含义变得更为复杂。拉采尔从城市形态入手，认为城市“是指地处交通方便，覆盖一定面积的人群和房屋的密集结合体”。前苏联的经济地理学家巴朗斯基则从城市的作用和发生学角度考察，认为“城市是靠那些从农村经济中分化出来的非农业经济部门——工业、商业、运输业以及行政、文化部门而成长起来的”。周一星定义“城市是历史上形成的以非农业活动为主体的高度聚集的人口、经济、政治、文化的社会物质系统”。王铮、丁金宏等则认为：“判断一个居民点是否为城市的标志是双重的：

（1）大多数居民从事非农产业；（ 2）地域上存在作为中心的商务区”。

4.6.1 城市的地域分异

作为地理环境，城市服从地域分异规律。城市地域分异，强烈地表现在土地利用方向、人口分布等方面。然而，在自然地理学特征方面，城市的地域分异又是明显的。

城市的土地利用分异，产生了城市的地域结构，关于这种结构，有几种

模式。美国芝加哥大学社会学教授伯吉斯（E.W.Burgess）于 1925 年最早提出了如图 4．6.1 的同心带模式。

（1）中心商务区（Central Bussiness District，简称 CBD）：以集中的高层、超高层建筑为景观特点分布着大银行、股票市场、大百货商场以及高级文化娱乐场所；

（2）中心边缘带：围绕 CBD 而存在，以批发商业、运输业、铁路客站等为主；

（3）过渡带：零售商业、轻工业小厂、贫民窟分布较多，也是第一代移民的落脚处；

（4）工人家庭带：就近上班的工人家庭，其经济状况要好于过渡带居民，第二代移民较多；

（5）高级居住带：有高收入的公寓建筑、独户房屋和花园；

（6）通勤带：近郊区或卫星城，多为中上层居民沿铁路或高级公路居住的地段。

美国学者霍伊特（H·Hoyt）在 1939 年对 142 个

图 4.6.1 伯吉斯模式（取自 H·德伯里， 1988）

北美城市研究后提出了一种扇形模式（图 4.6.2）。扇形模式在基本构成上与同心带模式差别不大，但它更强调交通线的作用，认为城市是交通线支撑起来的扇面组合。

图 4.6.2 霍伊特模式（取自 H.德伯里）

图 4.6.3 哈里斯—乌尔曼模式（多种来源）

图 4.6.4 杨吾扬模式（据杨吾扬，1989）

1945 年，美国学者哈里斯（C.D.Harris）和乌尔曼（E.L.Ullman）提出了多核心模式，他们认为城市有时具有两个或两个以上的中心，如双城、三城等。多核心模式是在城市化进一步发展、城市地域结构进一步复杂化的背景下提出的，比较符合 40 年代美国和战后欧洲、日本的情况。

以上三种模式不断得到一些发展，如肯迪森对欧洲城市提出的三地带学说（中央带，中间带和外围带），日本学者木内信藏提出的针对日本的三地带学说，杨吾扬（1989）用图 4.6.4 概括了现代西方城市的一般描述模式，此外还有星状模式等。

上述城市的地域分异特点，主要是指大都市。一般城市，可识别出环形的作为商业中心的 CBD、商业-居住混合带、居住带，间或存在分异为各种功能扇区的外缘。

城市的基域（Urban Realm）是随着城市空间结构复杂化而提出的一种新模式。美国学者万斯（J.E.Vance）在 1964 年提出并于 70 年代发展了这一思想。基域模式认为，人口向郊外的扩散不仅产生了远处的核心，而且减少了市中心与这些郊区城市相互作用的广度和深度，从而加强了外城的独立性，外城逐渐开始代替城市中心的某些功能，甚至超过中心的功能。因而现代大城市由一系列的城市基域组成，这些基域各有自己的经济、社会、政治影响力，每一基域的内部结构与市中心的一样复杂。马勒于 1981 年对洛杉矶的实证研究说明了这些问题。如图 4.6.5，他把洛杉矶分为西部基域、西北基域、东部基域、东南基域、西南基域，而中央洛杉矶则是高速公路网的枢纽。

图 4.6.5 洛杉矶的基域结

城市不仅存在土地利用形式上的地域分异，而且存在人口构示意图（自

H.J.德伯里，分布的地域分异。从人口密度来看，中心商务区人口密度较小，向外逐渐变大，在中间带呈峰值，然后较缓慢地变小。在城市与农村之间出现了城市边缘区，这里以流动人口为主。城市人口分异更重要地表现在社会性质方面的分异，不同的社会阶层趋向居住于不同的地带，一般地讲，高收入者居住距中心较远的区内，而城市中心居住者收入较低。在自然地理特征分异方面，主要表现在由于人口的集中而导致的城市热岛、城市雨岛等方面。图 4.6.6 给出了城市自然地理特征分异的一个实例。

城市的地域分异，特别是土地利用分异，使得城市内部各地域的土地产生了不同的潜在商业利用价值力，产生了城市地价问题，我们将专题讨论。

4.6.2 城市系统（1）

城市不仅存在地域分异，而且还构成了一个独特的地理系统。在城市环境中，由于各种地理过程和地域集中，表现出某些大尺度空间才呈现的地理现象。城市系统的第一个特征是产生了特殊的城市气候和城市水文过程。

城市气候的最显著特征就是存在城市热岛。由于人类的聚集，产业的聚集，城市下垫面显著地不同于毗邻地区，成为一个热源，形成热岛（图 4.6.6）。城市热岛的存在，使城市中心形成弱的上升气流，远郊地面的风因之向城市中心补充，形成乡村风，乡村风出现在近地面的数百米气层内，往上，空气以相反的方向从市区向郊外流出，构成城市热岛环流，从而相对于城市中心呈现出两个对称的环流圈。城市煤烟和尘粒在这个局地环流作用下，集聚在城市上空，形成烟幕。这些气溶胶粒子的存在使得城市上空的水汽易于凝结，在日落前后，气温下降，形成降水，产生城市雨岛（图 4.6.6）。雨岛的中心在盛行风作用下，一般并不位于城市热岛的中心位置而是偏于盛行风向的下方，中心一般位于郊区地带，这与城市中心存在垂向上升的较高温度的气流有关。

图 4.6.6 城市的热岛和雨岛

周淑贞（1989）通过研究上海城市热岛效应，发现上海热岛效应的形成及其强度的变化，既受城市人为因子（人为热、CO_2 的排放、下垫面性质的改变等）的影响，又受天气形势和气象条件的制约。随着上海城市的发展，能源消耗量与建筑面积的递增，城市热岛效应有逐渐增强的趋势。但由于城市大气污染日趋严重，污染物大多数是善于吸水的凝结核，在热岛湍流的作用下，有利于低云量的增多，导致直接太阳辐射减少，这又有抑制城市热岛强度增大的作用。但从目前来看，这种负反馈作用尚不如人为热和下垫面增温效应显著。

城市的存在不仅改变了气候的下垫面条件，而且改变了地表径流条件，在城市小气候（城市雨岛）的配合下，往往形成特殊的城市水文。图 4.6.7 表示了城市对水文系统的影响。城市地区敷设地面使不透水层增加，为了生产、生活需要引水入城，所有这些都增加了地表径流和地表蒸发。又由于人类活动，径流被污染的可能性提高了。图 4.6.8 给出了城市水文的一般性变化，这种变化意味着城市灾害的增加。决不能说暴雨增加意味着增加犯罪等，城市系统的复杂性就在于此，各环节是相互影响的，但难于确定它们的关系。

城市进一步构成了一个生态系统，但与一般的生态系统不同，城市生态

系统中人是主体。大量的物质能量（生产资料和生活资料）输入这个系统，经过人的作用又产生大量的物质淀积。据计算，东京每年约有 2100 万吨物质积累。城市生产与生活的集中化产生了大量废弃物，而城市本身的自净能力又无法消化它们，因而使城市成为环境污染最重的地方。从空间上看，城市联 系毗邻地域形成一个超城市生态系统。这个系统包括（1）聚居区，这一地带仅发生经济与社会活动，是污染物产生的中心；（2）支持区，包括城市及其毗邻的郊区和地带，为城市提供自然资源，如水、食物和能量；（3）功能影响区，包括城市影响的每一个地区。一般讲三者呈环状结构，并有从外向里依次包含的特点，即支持区也是功能影响区的一部分，但它不是聚居区地域。城市生态系统问题一般包括：

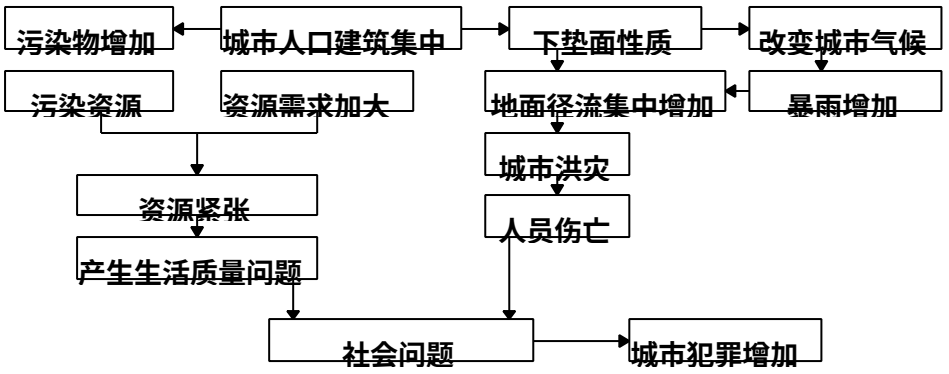

图 4.6.7 城 市系统的一种可能模式

图 4.6.8 城市对地表水文与地下水文的影响（据 D.N.Lerner，1990）

1）城市工程地质。主要研究城市建设中的地基承载力、地震烈度、地面沉降和海水倒灌等问题。

2）城市地貌。主要从对地形改造利用的角度，研究不同地貌对建设的影响和限制。

3）城市水文与水资源。主要研究城市特殊下垫面上的产流特征、城市地下水运移规律、城市水污染、给排水以及水资源合理利用问题。

4）城市气候。主要研究热岛效应、雨岛效应、污染物运移等气象学问题。

5）城市植被与生态。涉及这一范围的有植被对城市环境的影响及其评价，城市防护林体系的作用及其建立，城市园林绿地、水面的合理分布等。

6）城市污染及环境保护。城市污染主要来自人为污染源，如燃料燃烧（CO_2，SO_2， Pb 等）、化学反应、原子核聚变和裂变、矿石粉碎和冶炼、采矿、汽车尾气排放等。城市垃圾和污水问题也正变得日益严重，在世界各地受到普遍的关注。

7）城市灾害。城市具有高密度的人口与资产及高强度的经济活动，所以城市灾害造成的损失要比其他类型环境地区的强度大。城市灾害，主要有洪灾、火灾、地面下沉、环境污染、地震等，前四者都与城市系统的形成过程分不开。

8）城市社会生态。一般地说，城市文化、城市就业和城市犯罪等，已不再属于地理学。

图 4.6.9 给出了一个城市（生态）系统的示意性结构，它可以帮助我们理解城市问题的复杂性。

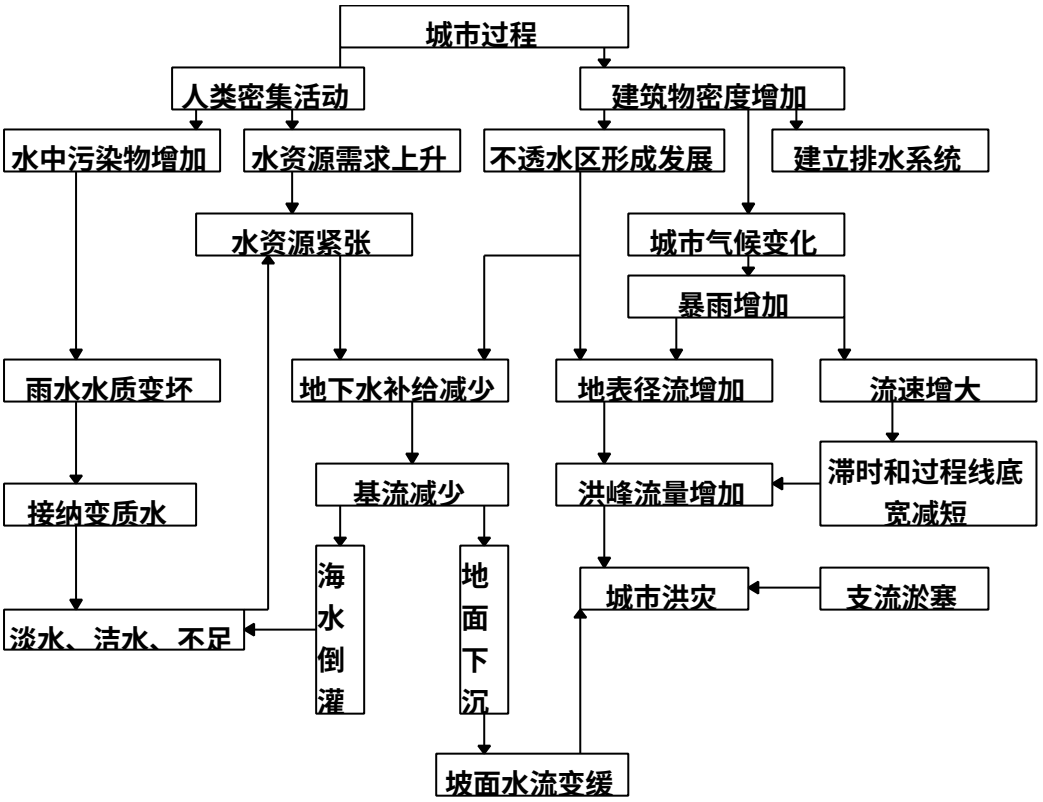

图 4.6.9 城市系统的水文过程与水文灾害（据 Hale，1983，修改）

4.6.3 城市系统（2）

作为一个动态的、发展的地理系统，城市系统的发展不仅与其自身的发展，而且也与区域的发展密不可分。城市的发展是由区域社会经济、文化过程决定的，但又有其地理特征。因为城市是作为一个经济系统而存在的。

最初城市的形成，是农业定居的产物，较大城市一般产生在大河下游地区，尤其是河口地区，这里地貌条件平坦，水源充足，土地肥沃，流域生态系统和河口生态系统为人类提供了丰富的物质资源。大约在公元前 3500 年，地中海与印度河之间的广大地区已经出现了城市。有证据表明，中国至少在商代就已出现了城市，最早的城市分布在黄河、渭河阶地，大约形成于公元前 2700 年。商代城市规模已有进一步的发展，洹水沿岸的殷，已有青铜器冶炼、陶器制造等产业活动。现代城市的发展多依托于良好的通商条件并集中于平原地区，另外资源的发现与开采也是现代城市发展的基础。

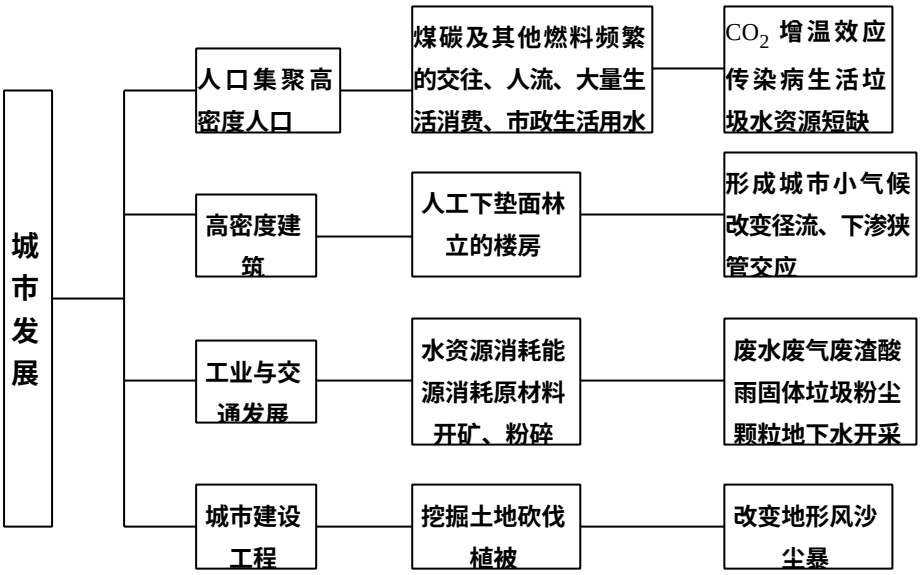

图 4.6.10 城市发展对环境影响机制图

城市化是现代意义上的社会经济现象，它意味着大量人口和资金的空间聚集，自然环境遭到不断的破坏和干扰，同时以人为主体的城市生态系统将取代自然生态系统。城市的这种发展产生了一系列的环境问题。图 4.6.10 表明了这种环境问题产生的途径。图 4.6.11 则给出了城市发展引起水文变化的一个例子，它生动地说明了城市系统的出现与演变，强烈地改变着环境的基本特征。

作为经济系统的城市的发展，首先表现为其内部的演化过程。短期内，影响城市内部结构与状态演化的因素是资金和人口的流动，政策、交通设施的改进。而人口的迁移（有一定的规模）则是中期的影响因素。从长期来看，区域的经济发展状况，科学技术的进步，尤其是交通和通信技术的提高，以及工业化等则是根本改变城市形态的动因。表 4.6.1 是各种因素的反应过程。它说明了城市内部人文变化的各种特征。正是这种人文过程，引导着城市系统发生演变。地理学研究城市的一个重点就是对这种内部变化进行分析，并且发现城市系统特别是它的人文部分的演化趋向，再根据不同阶段的演化特点提出对策。

表 4.6.1 城市变化过程的响应

变化速度	变化过程	被响应的现状	响应时间（年）	响应时段（年）	响应速度	可逆性
慢	工业建设	工业建筑	3 — 5	50 — 100	低	很小
	住宅建设	住宅建筑	2 — 3	60 — 80	低	小
	运输建设	运输系统	5 — 10	＞100	低	几乎不可逆
中	经济变化	就业\失业	2 — 5	10 — 20	中	可逆
	人口变化	人口\家庭	0 — 70	0 — 70	低\高	部分可逆
	技术变化	运输设施	3 — 5	10 — 15	中	很小
快	劳动力流动	厂房占地	＜1	5 — 10	高	可逆
	日常流动	交通	＜1	2 — 5	高	可逆
	居民移动	住房占地	＜1	5 — 10	高	可逆

据张启人，1990

图 4.6.11 加拿大安大略省城市化引起的水文变化（据《世界资源》1988/1989）

根据著名的城市发展“铃形”理论，城市的演化经过图 4.6.12 所示的四个阶段。1）工业化，2）分化出交通亚区和服务亚区，3）生活环境趋向美化与舒适，4）分化出信息亚区。四个阶段的特征是：

阶段 1.经济发展放在显著优先地位。大型工业移动到这一地区。地方公共交通发展起来。

阶段 2.迅速地繁荣，小汽车拥有者迅速增加，政府政策把扩张的城市内部交通问题放到显著的优先地位。商业和管理职能单位迅速增长。

阶段 3.能源价格上涨迅速。一般家庭变小，政府政策对公共交通、老城市更新、空间规划给予较多重视。

阶段 4.社会广泛的计算机化，小型工业日愈受到关注，居民空闲时间结构复杂化。

从地域演化角度看，第一阶段（工业化阶段）是空间向心聚积的阶段。在向心阶段，职工和人口在中心地区迅速聚结，加工主要是对原材料进行的。在第二阶段，职工和人口从大型企业“渗出”，在近郊区形成加工业，构成城市的“硬环”（hard ring）。这一阶段是离心发展的主要阶段。在第三阶段，在硬环内形成就业中心 E_R（如图 4.6.13），它将发展形成一个新的城市功能区 FUR（Function Urban Region），FUR 会不断形成自己新的环，一直到空间竞争均衡为止。在第四阶段，分化出信息亚区，信息亚区的出现主要是适应对高技术、高技能职工的需要和劳动力的休息。在城市的这种发展过程中，能源和水资源趋向紧张，环境问题也日益严重。在人口可以自由迁移的国家，人口出现倒“U”形过程。城市在空间的演化，还使城市内部紧密相联，还可能形成城市群。

图 4.6．12 城市演化阶段（王铮，丁金宏，据 Van Berg，Van Meer，1988，修改 1991）

杨吾扬研究了大量中外城市，总结出城市空间发展过程的规律（杨吾扬，

1989），并认为城市发展存在四个演化阶段：

1）城市膨胀阶段：按照经济人口集聚趋势，城市市区由小到大，向四周或沿江河海岸及主要交通线逐渐膨胀。在这一阶段，地域结构表现为向心环带状，城市形态为向心团块状，说明城市中心对市区周边上任何一点均具有吸引力。

2）市区蔓生阶段：随着城市膨胀，边缘距中心越来越远，加上交通网分布不均匀，造成了边缘向心内聚倾向减弱，并开始出现了近郊职能区的兴起和附近小城镇的市区化。城市亚中心的大量出现和边缘市区集团的多元化发展是这一阶段的特征。在这一阶段，城市在地域结构上表现为多扇形或多核模式，其形状则由团块状变为星形。

3）城市向心体系的形成阶段：市区蔓生的后果是距离原城市近的小城镇被并入，但市区对边缘引力的进一步减小也会导致远郊区出现有相对独立性质的卫星城，这些卫星城同母城保持着相当的联系，甚至会成为反磁力中心，这时的地域结构更接近于万斯的城市基域模式，而形态则更加不规则化。

4）城市连绵带的形成：两个同量级的大城市由于距离较近，市区的蔓生达到了地域上的衔接，如巴尔的摩和华盛顿，或者由于向心体系的发展逐渐增大了卫星城本身向母城以及向其它邻近城市的引力，两个或多个大城市间的卫星环带会日益扩展，直到连成一体，如美国东部的超大城市带。图 4.6.13 说明了上述规律。

图 4.6.13 城市（群）的发展阶段（据杨吾扬，1989）

箭号文字说明了城市间关系，星状城市即城市群空间分布呈海星状

4.6.4 城市地价

由于城市地域分异，在城市的不同地带进行着不同的经济、社会活动。这些活动的性质和强度差别，使得城市地域产生职能分异，引发不同的地价，一般可按职能将城市土地分作六种类型：

图 4.6.14 城市地价的分异（据芝加哥大学地理系）

1）商业用地。大抵必须位于地形平坦、交通方便、行人众多或主要交通交会点上。零售、批发和专业性服务又有个自不同的要求和偿付租金的能力。其中零售业的付租能力最大，一些较高级的专业性服务如律师事务所等也有很高的付租能力，它们都趋向于中心区位。

2）工业用地。一般来讲，工业用地对地形地质条件有较多要求。此外对动力、上下水及交通条件要求也很高。由于工厂占地大，污染多，付租能力低，因而多趋向于外围或郊区。小型工厂则有较大的弹性。

3）行政地域。往往处于交通方便和邻近其服务对象的区位，由于行政用地可以较少考虑租金制约，因而其分布较灵活。

4）住宅用地。几乎每一个城市中一半以上的土地都是住宅用地。不同收入的居民对居住消费有不同的追求，因而对住宅的选择也有不同的考虑。常被考虑的有关费用主要有生活费、居住租金和交通费，而其效用则常常包括居住面积、环境质量、方便购物和上下班方便程度等。

5）园林绿地。主要受居民关心程度和要求的影响，较少受租金能力的制约。但作为一项消费，它也有一定的适宜性地段。

6）公用事业和其他用地，如道路，机场等。

土地职能的不同，地价也将不一样。以中心商务区为最高点，城市地价表现为向外递减的趋势，即形成所谓级差地租。

图 4.6.15 城市土地供需平衡图中 s 为供给曲线，d 为需求曲线，由 P_1—P_1，地价在不断地提高。

现代经济学更多地把地租视为盈余。在自由竞争条件下，地租是由投标地租决定的。地租就是土地的边际产量。不同的企业或土地利用方式，土地的边际产量是不同的，即其盈余不同，因而也就有不同的土地报价。

虽然短期、静态的分析中，城市土地普遍被认为是缺乏供给弹性的，但从较长期看，情况并不是这样。随着经济的发展、城市在不断蔓延，土地的有效供给量会不断增加，地价也将会不断增加。城市的平均地价是在供需平衡中实现的。

城市地价是调节城镇土地利用效能的一个有力手段。图 4.6.16 显示了丹佛市的分布变化规律。它调节了城市的内部结构。在这个图中我们还可以看到，地价结构的复杂性，空间地价分布的不对称，在中央地带，地价上升很快，并在局部地区出现极大值。

艾萨德（Isard，1954）提出了两个假定，以支持对地价进行模拟：（1）企业力图实现利润最大化，（2）职工使自己非工作时间最多。 Kutuy（1988）把城市土地分为商务区（BD）和居住区（RA），并利用下述两项规则，建立了地价模拟模型：

图 4.6.16 美国丹佛市地价分布立体图（据 Van Cleef，1949）

1）对企业：利润=销售额－经营费（地租）－付出工资；

2）对个人：工资收入≥地租＋日常生活费＋上下班交通费。

根据一些假设和边界条件,他求解了单中心和双中心的城市地价分布(图 4.6.17）。这个图形与图 4.6.16 的实测地价分布相比，中心部分未能显著地向上，这是因为其假设了商品是匿名的、无地点差异的，竞争是完全自由的。而实际上，同种产品在中心部分可能以更高的价格售出，从而使商业倾向于中心地段。

图 4.6.17 Kutuy 模型计算的地价（据 Kutuy，1988）

第七节　环境的演变

地理环境，无时无刻不在发生变化。一般讲城市那样的人文环境，变化或发展的速度较快，相比之下，自然环境的变化则相对缓慢。地理学的环境演变专指自然环境有规律的具有一定方向性和随机性的长期变化，特别是全球性的环境变化。

图 4.7.1 漂移的大陆（据古地磁资料推算）（据 Smith Briden 和 Drewry，1973）

（a）约 5 亿年前，寒武纪后期—奥陶纪早期。（b）约 3 亿 4 千万年前，石炭纪早期。（c）约 2 亿 5 千万年前，二叠纪。（d）约 5 千万年前，早第三纪（始新世）。这些图是球极平面投影。北半球在左边，南半球在右边，每张图的圆周为赤道，而且标志出纬度 30°和 60°，经度是任意的。

引起环境演变的因素有两个，一是地质运动，二是气候变化。在漫长的地质时期，大陆板块运动到不同的地理纬度时，得到的热量和水分不同，形成了不同的气候条件。大约在距今 7 亿年的前寒武纪时期（中国称震旦纪），约 5 亿年前和 2.5 年时，有证据表明，地球上一部分陆地漂移到极地附近，使地球经历了三次大的冰期。另一方面，在板块运动过程中，发生相互碰撞，内部拉伸、分裂等也引起环境的变化。诸如褶皱隆起形成高原、山地，分裂形成海湾，发育新的大陆。图 4.7.1 是最近 5 亿年地球上板块运动模式。图中虚线部分是未确定的边界。板块运动引起的环境演变，至今仍然影响着人类。例如在最近的 10 万年中，由于印度板块的俯冲作用，喜马拉雅山隆起约 500—2000m，终成印度洋季风北上难以逾越的障碍，致使高原内部强烈变干，内部的冰川规模相对减小，多年冻土广泛发育（据李吉均等 1979）。人类在这一高原上的生存变得十分艰难。

对人类有更重要意义的环境演变，是气候变化。地质运动引起的气候变化，是长期的。狭义的气候变化指的是天文因素、大气成分等改变引起的气候变化。地球在长期的天文运动中，黄赤交角是有变化的，在第四纪时期，地球黄赤交角约在 22—25 ° 间变化，米兰柯维奇计算发现，当黄赤交角与地球绕日轨道的偏心率、春分点位置适当配合时，地球上出现第四纪冰期。引起冰期的原因被解释为当高纬地区冬季较为温暖时期降雪较多，冬季地温较低，引起更多的降雪结冰，相应地夏季变得温度较低而不足以使冬季新形成的冰融化，如此反复，冰川即向低纬扩展。一般认为，地球上的第四纪冰期周期为 40 万年、10 万年和 4.2 万年等。地质记录表明，第四纪以来，至少经历了四至五次较大的冰期。表 4.7.1 是世界上各冰期的对比。

表 4.7.1 第四纪冰期与间冰期（多种来源）

图 4.7.2 是基于米兰柯维奇理论计算的气候变化曲线，可与大陆冰盖运动、深海沉积物氧同位素变化曲线对比，在氧同位素曲线中，气候变化存在明显的 10 万年周期。米兰柯维奇曲线也存在这一周期，但理论计算的变幅偏小，这是这一理论受到的最大挑战。

图 4.7.2 基于米兰柯维奇理论计算的过去 60 万年在 65 ° N 上夏季辐射量的变化（基于 Milankovitch，据 Zeuner，1959）

图 4.7.3 1 万年来挪威雪线高度（实线）和近 5000 年来中国气温（虚线）变迁图（据竺可桢，1973）

最末一次冰期以来称为冰后期，即全新世，它大约开始于距今 1 万 2 千年前。全新世以来，气候存在若干次波动。距今约 1 万年—1 万 2 千年的前北方期，气候干冷，距今约 5—7 千年前的大西洋期是一个湿热的气候适宜期，有学者认为，在中国这一时期可能会延续到距今 3.1 千年（如竺可桢，施雅风），欧洲人认为只延续到距今 4000 年。在历史时期气候经历了多次变动，图 4.7.3 是竺可桢提出的中国 5000 年气候演化模式。近年来张丕远等研究了中国气候状态的稳定性，他们发现（1992），近约 2000 年来气候转变由若干突变控制，其最大一次发生在 1230—1260A.D.，而且近 2000 年来，中国南北气候分异上由“秦岭-淮河”线表征的特征方向是稳定的，而东北-西南向的干湿界限“黑河（瑷辉）-腾冲”线表征的气候分异特征方向不稳定，如在隋唐温暖期，北端西偏而呈近南北向，它的变动在气候学上有重要意义，并且由此引起景观的

图 4.7.4　胡焕庸人口线和中国的生态过渡带

系列变化。（黑河-腾冲线，最初作为中国人口地理界线被胡焕庸 1932 年提出，国外称为胡焕庸人口线。这一界线的形成有它深刻的地理环境背景。近年张丕远等（1990，1993）发现这条界线附近是中国自然地理的重要过渡带，称为生态脆弱带，并在环境演化上具有重要意义，它的位置推移标志着气候的波动和环境的变迁。由于本界线地理位置不稳定，本书顺应国际命名习惯，称其为胡-张线（图 4.7.4）。胡-张线的存在，表明地理环境的演变过程伴随着地域分异。另外一些原因，如大气成分、地球随同太阳在银河系的运动、火山灰在大气层的扩展等都可能引起气候变化。

气候系统作为地球表层系统的子系统，它的变化必然引起地球表层系统内部子系统的调整和反馈。气温的升高，必然引起极地冰川的融化和海水的热膨胀，从而引起海平面的变化。冰后期的海平面在升高，对此有三种不同的观点，一种认为海平面一直在升高，今天的海平面是最高海面；另一学说认为，海平面约在 5000 年前已达到今天的水准，此后保持稳定；还有一种学说认为 5000 年前有一高于现在约 2m 的高海面，后来海面逐渐降低到现在的水平。最令人关心的是今后 50 年到 100 年内，随着全球可能的增温所引起的全球海平面的变化。一般认为海面可能上升 30—50cm。这可能淹没许多沿海低地，引起海岸侵蚀后退，使沿海地区遭受到更大可能的风暴潮威胁和破坏若干海岸工程设施。海平面的变化还可能引起河流调整自然的均衡剖面，沿程发生溯源淤积，引起下游水流不畅，使洪涝更多地发生。

图 4.7.5 全新世海平面变化曲线（据默耐尔，1969）

气候变化引起环境变化的另一表现是土壤-植被的变化。土壤与植被是气候的产物，气候变化引起区域热量、降水的变化，从而引起区域内风化作用、成壤作用的变化，生物也因适应气候条件而发生变化。值得注意的是，由于生物生态的耐性定律，植被气候或环境变迁引起的演变有滞后性，在某些情况下，出现非地带的“遗子生物”。当人为的破坏施加于滞后的植被时，原来景观的恢复就成了不可能。气候与土壤和植被间存在着复杂的关系，这个问题，正在引起大量的研究。

气候变化引起的环境演变是复杂的，在冰期，大气的三圈环流可能不同于现代的形式，副高向低纬退缩，干旱环境蚕食热带雨林，而在低纬的干旱环境，出现了雨期，植被得以发展。同期在我国北方地区出现了间雨期，其间干冷，西风加强，据刘东生等（1978）研究，黄土高原的黄土就是在此期间经风力吹运而沉积的。冰期的洋流也可能移动位置，有证据表明冰期的墨西哥湾暖流极可能流向西班牙而不是英格兰（据 CLIMAP 组织），而使区域气候发生更大变化。

环境的演变是复杂的，未来环境的变化更引起人类的重视，近年来发表了大量的文章讨论这方面的内容。多数学者认为，一个世纪以来人类活动所排放到大气中的 CO_2 所引起的全球变暖已经明显可见，而且这种变暖的可能不仅比当前的自然起伏大，而且比过去的自然变化要快 15—40 倍（Gleick，1990）。另外，森林砍伐、土地的过度利用都将导致沙漠化的扩大。因此，未来环境将趋于更大变化。

图 4.7.6 用两种不同模型模拟的 CO_2 倍增后全球气温效应，显示 6—8 月均气温变化（据 Gares 等，1990）

由于大气圈对人类活动的响应较快，并对其它环境子系统的变化产生重大的影响。故而估计未来的气候变化都是假定全球 CO_2 的排放量按目前这种“正常排放”趋势进行的。如果这种假定成立的话，那么，大气中的 CO_2 含量将在 2025 年至 2050 年期间增加一倍。采取大气环流模式和古气候相似法分析，未来全球气候变化的趋势可能是这样的（图 4.7.6 图 4.7.7）：

l）全球平均温度相应增加在 1.5—4.5℃之间。

2）这种增温在全球分布不均匀，在热带地区增温较小，等于全球平均增温的一半；而在两 极地区增温较大，等于全球平均增温的一倍。

图 4.7.7 两种不同模型模拟的 CO_2 倍增后全球降水效应，显示 6—8 月均降水变化（据 Gares 等，1990）

3）季风降雨将向极地推进。在全球变暖的情况下，热带辐合带（ITCE）有可能由于海陆气压梯度加大（季风季节之前地表变热的结果）而进一步朝极地方向推进。这样，非洲、亚洲和澳洲某些季风区的降雨可能增加，降雨强度也可能更大，因此洪水和土壤侵蚀都有可能增强。

研究表明，气候变化对农业和家畜将有重要影响。就区域性生产而言，由于与气候变化相关的天气变化和虫害，以及与污染物排放有关的近地表臭氧含量的变化，可能会减少生产。在某些地区，特别是在今日生产下降的高度脆弱的地区，可能会产生剧烈的影响，如巴西、秘鲁、非洲的撒哈勒地区、东南亚中亚地区和中国。在高纬和中纬地区，种植作物的热量界线可北移，延长农作物生长期，各地带生产能力有所提高。

预计的温度和降水的变化表明,气候带在下一个 50 年内可能向两极方向移动数百公里。动植物区系将滞后于这些气候带的移动。因而可以在不同的气候区系内发现它们。

图 4.7.8 全球增温引起海平面变化的几种预测（多种来源）

这些气候可能比较有利于生物生存，因而某些物种的生产率增加，另一些则减少。Leomans (1989) 利用温度和降水状况的构想讨论了生物带的变化，提出气候变化对 12 个植被带的影响，结果得到植被分布型有如下变化：

1）在高纬度可以看到植被带有最大的减少，在那里，极地荒漠、苔原和泰加林的土地总面积减少了约 700 万平方公里（20%）。

2）在低纬地区，主要是亚热带森林、稀树草原和热带雨林的减少。

3）在当前气候条件下，被划分为郁闭林生物带的 5700 万平方公里地域中预计将有 35%位于条件变得不适合的地区。

4）可能发育郁闭林的地区，可以保持面积增减的动态平衡，即减少的面积等于增加的面积。

较小的气候变化能引起许多地区水资源的大问题，特别是在干旱和半干旱地区以及由于水需求或水污染引起水短缺的湿润地区，如东南亚等地区，分析表明，在某些特殊的区域内，如降水减少 10%和增温 l—2℃，则可能引起年径流减少 40—70%。

另外，随着全球气温的升高，准地面永冻层也将变化。永冻层（目前占

北半球陆地面积的 20—25%）在今后 40—50 年内可能出现重大的衰退。在永冻层之上的解冻层（活动层）厚度预计将增大，以及永冻层向较高纬度和较大高度的退却，都可能导致包含永冻层的这些地区内地形的不稳定、侵蚀和发生滑坡。因此，位于其上的生态系统可能发生重大变化。

全球增温将加速海平面的上升，改变海洋环流和海洋生态系统，因而造成重大的社会经济后果。预计在 2050 前后海平面将上升 30—50cm，这将危及低的岛屿及海岸带；到 2100 年左右，海平面将上升 1m，使某些岛国不能居住，数以千万计的居民要迁移，同时将严重危及地势低洼的城市区域，洪水淹没生产的土地，海水浸染地下的淡水资源。海平面的迅速上升将会改变海岸生态，并危及许多重要的鱼类资源。这些影响将随地理位置而异，它将造成生境变化，生物多样性减少。关于海平面变化问题，正引起越来越多的关注，成为地理学研究的一个热点。

当然，并非所有的学者都赞同这种认识。布德科（Budyko，1989）认为，CO_2 增加将带来的“温室效应”，因为中全新世以来，气候的自然趋势是气温下降，由于温室气体的作用人类才不受寒冷之苦，而且温室气体使大陆内部降水增多，使干旱化地区得以利用。黄秉维（1991）认为，气温增高 3℃，对中纬度地区植物生产无疑是利大于害的，同时也有利于节省冬季取暖的燃料等。另外一些学者则认为 CO_2 的增加，并未引起增温效应，那种担心 CO_2 排放而引起全球变化是“杞人忧天”。

总之，地理环境系统是复杂的，地理环境系统的演化就更为复杂了，有待于我们继续探索。

复习思考题四

1.山地地域分异对经济发展有什么影响？（提示：试从交通、资源以及迎风-背风坡角度讨论）。

2.试讨论山地流域系统与平原流域系统的异同？

3.坡地系统有什么特征，这些特征对土地利用有什么影响？

4.河流从上游到河口，其泥沙运动和沉积作用有什么变化，为什么？

5.山地、流域、河流之间有什么联系，并由此说明坡面系统在地理学中占有重要地位。

6.海洋资源主要有哪些？它们的空间分布特征如何？

7.在海平面上升的情况下，海岸、河口、三角洲会有什么自然变化？

8.从干旱区地理过程特征出发，试讨论防止沙漠化的原理。

9.城市地域分异的基本特点是什么？

10.从图 4.6.9 所示的城市水文灾害过程,讨论城市减灾防灾的策略。(提示：注意与河流一节内容结合）。

11.城市发展过程中,地域结构是怎样演化的？由此可能造成的地价变化如何？（提示：图 4.6.18）。

第五章　区域

区域类似于环境，是地理学的基本分析范畴。直观上讲，区域就是地方或地区的泛指。如我们讲“黄淮海地区农业发展战略”、“区域发展战略”，这里的“地区”与“区域”二词分别用于具体地方或泛指。本质上讲，区域是地理空间的一种分化。分化出来的区域一般具有结构上的一致性或整体性。这里的结构包括空间结构，城乡结构，资源-环境结构乃至于行政结构、文化结构等。

在实际应用区域概念时，区域在不同场合具有三种意义，这就是均质区域、节点区域（节点系区域）和区域系统。

均质区域被认为是个无结构的处处具有统一特征或者至少具有同样的平均状况的面状单元，如美国的冬小麦区，我国的黄土高原重点产沙区。前者各组成部分都种植同一主要作物，某种外部变化，如某种新的农产品价格支持或贷款计划、世界小麦需求变化、气候波动等都将同样影响全区；凡是对区内某一部分适用的理论、模型，对其它部分也同样适用。后者对气候与人类活动有共同或相似的输入输出功能，在区内各个亚区侵蚀模数显然有所差别，但相对于其它地区来说各亚区更为相似，对于黄河来说，各亚区有相同的性质。节点区域是区域的另一种理论模式。节点区域被认为是个无结构以资源-环境为荷的点，类似于物理学的质点。在空间分析中，各区域单元常被视为节点。节点区域相互联系可形成一个节点系区域，或结节区域。一个节点系区域不是均质的，而是由某种相互关系或共同对外的响应特征（如经济利益，气候响应）所关联着的节点集。节点区与节点系区是不可分割的。

近年来，区域系统的概念被广泛地应用，系统区域或区域系统是区域的第三种理性概念，它更接近实际的区域，我们将专门讨论。

第一节　区域的一般性质

尽管“区域”一词在分析中至少有三种含义，但区域作为一个实在的地理现象，有其本质的而非人为赋予的性质。分析概念实际上是对区域的某些侧面的抽象。

区域的第一个性质被称作整体性，李春芬（1959）发展了这一观点。运用现代系统论的观点，区域的整体性首先是指区域有一致特性或对某几种地理过程有一致的响应特征，这种一致性是由于区域内部单元强烈的联系造成的。按对地理过程的响应特征，空间上可以识别出不同的区域。前面我们介绍过冬小麦区可视为均质区，实际上它是对气候过程和农业经济过程表现了一致的响应特性，表现了统一的系统功能。整体性不等于均质性，从地貌的角度来观察同一区域，可以识别出河流、山地、丘陵、平原等多种类型；从聚落形态来看，一个区域又有大、中小城市、集镇和村落，它们并不是均质的。区域的一致性也是相对而言的，实际的地域空间，包含有若干地理性质，对于特定的地理过程来说地域性质在空间递变发生缓慢变化或小起伏时，地域可以认为是同一区域，当这种性质发生突变或者说明显变化时，发生区域过渡。实际工作中，还常用某些人为选定的指标来划分区域，如自然区的划分常是这样的。一般说来，无论是真实的还是人为的区域划分，区域的某些景观有统计上的一致特性。

区域的整体性有时表现得非常强烈，以致形成一个控制系统，当对区域的某一局部实行某一干扰时，会出现整个区域的变化。例如在流域上游地区修建一大型水利工程，整个下游地区都将受到影响。又如区域中心城市发生某种经济变化，比如出现某种新兴产业，或新的开发政策，那末，整个区域都可能因此出现产业结构和资源消费结构的调整。

区域的第二个基本性质是区域的结构特性，可称为区域的结构性或差异性。区域包含有若干景观单元，景观单元在空间相互配合形成一定的结构，这种结构的数学形式通常称为空间格局。从自然地理角度、经济地理角度、文化地理角度观察，区域的空间结构是不一样的，但有其共同的规律。

区域结构特征的一个重要表现是区域的层次性。我们知道，由于地域分异规律的作用，自然带常可以划分为亚地带，亚地带又可划分为不同的自然大区、自然区等等。一个自然区，又可以划分出不同的水热结构单元及低级的土地类型单元，形成一个层次系列。地域分异中，层次性的存在使我们可以根据不同的原则来划分区域的层次。这些原则是由地理过程的一致性确定的，例如自然（生态）区的划分，第一原则是地理环境结构的一致性，这种一致性由气候、地貌等条件决定。第二原则是区域生态系统的稳定性，特别是环境灾害状况。对于农业自然区来说，就是气候生产力的分异。出发点不同，可以识别出不同的区域层次结构来。把区域的层次性仅仅理解为地域分异的层次性是错误的。一个区域或经济区，包含有若干居民点，这些居民点构成区域的城乡结构，称城镇体系。区域城镇体系是有层次的，这种层次是非空间的。如长江三角洲，上海是特大城市，作为全国的经济中心，是第一级城市，苏州、无锡、常州、杭州等属于第二层次，更小的城市还有嘉兴、湖州、绍兴、宁波等。

区域的层次性是一种近似的性质，实际上区域内部单元规模上或层次上是逐渐过渡的，这种过渡现象有突变性，从而形成了近似的层次关系。在严格的情况下，我们称区域具有准层次性。

自组织性是区域的第三种特性。区域自组织性的一种强烈表现形式是区域的状态稳定性，如中国西北干旱区中引水灌溉可以出现绿洲农业，一旦发生灌溉困难，绿洲农业就会自动地被干旱荒漠的天然状态所取代。区域的这种稳定性特征起因于全球系统，在物质能量稳定输入的情况下，全球系统——地球表层系统也将是稳定的。局部单元——区域对稳定性的偏离必然引起全球性的调整，全球稳定状态不变，则区域的稳定状态也不会变。区域的稳定性如此突出，以致于有些学者建议，将区域的稳定性独立地提出（韦省民，1990）。

在人文地理方面，我们常观察到区域的结构或状态集合趋于复杂化，这也是一种自组织性，但现在还缺乏理论说明。可以粗略地说，区域在自然状态或物理结构方面是稳定的，而在人文状态或结构方面是演化的，当然也不尽然。值得一提的是，这里的“结构”一词，指的是地理意义上的，系统论中“结构”一词有更特定的意义。地理学的“结构”可以抽象为数学系统的状态或结构，因模型而异。数学上的“结构”，需要进一步学习数学才能理解。在第三章中，我们图示了结构稳定性的意义。

第二节　资源-环境结构

区域总是地球表面的一部分，它可能包含有若干地理环境，也可能是环境的一部分，前者 如我国的粮食基地黄淮海平原，包含有黄河下游流域、淮河、海河流域，其中又包括若干城市。后者如我国工业基地上海，它位于长江三角洲，是一个大城市系统。包含有地理环境内容的区域，必然有其环境结构，而这种环境又为区域提供了最基本的资源，如土地、气候资源、劳动力、矿产等，构成了区域特有的资源-环境结构。区域具有资源，从而与外界发生空间作用。

黄淮海平原可以成为我们理解区域资源-环境结构的一个范例。黄淮海平原是在华北构造盆地基础上发育的由山前洪积平原、冲积平原和海积平原形成的大平原，冲积平原是它的主体。坦荡的冲积平原由黄、淮、海三大水系的河流作用形成，对平原形成影响最大的黄河具有善淤、善决、善迁的特点，已成为地上河，黄河多次泛滥，破坏了淮河水系、海河水系的正常发育，形成了大量的高于现地面的河道或遗弃的河流故道，似蛛网般将平原分割为无数大小不一的、闭流或半闭流的坡洼地，地面主导坡降为 $\frac{1}{6000}-\frac{1}{8000}$，降水产流后水流极不流畅，形成了本区易受洪涝灾害的基本环境背景。本区气候类型属于北温带（中纬度带）湿润气候。气候温和，冬季气温不太低，最冷月平均气温由北向南从-5℃升到 2℃，南北相差 7℃左右；多年平均极端气温-19—8℃，南北相差 11℃。多年平均极端最低气温-16—-18℃以下的地区，以种植强冬性品种为宜；极端温度在-16—-12℃的地区，以种植弱冬性品种为宜；极端温度高于-12℃的地区，可种植春性品种，总之，冬季气温能保证冬小麦安全越冬。夏季热量丰富，全区最热月平均气温 26—28℃，南北相差仅 2—3℃，可满足喜温作物（棉花、玉米、大豆、薯类等）生长的需要。本区降水集中于夏季，6—8 月三个月的降水量占全年降水量的 55—70%，年际变化很大，年降水变率在 25%以上。因此，自古以来这里是我国旱涝灾害最为频繁的地区。雨季在春播和夏播作物的生育期中，基本上雨热同期，形成基本的优势气候条件。然而本区降水过分集中，雨季有部分弃水，降水季节分配不均，年际变化又大，有必要作补充灌溉才能保证高产稳定。在黄河以北，小麦、玉米两熟约缺水 400㎜；黄河以南，小麦、水稻两熟约缺水 200㎜（丘宝剑，1985）。由于本区的旱季长、雨季短，在蒸发量大于降水量的情况下，盐分逐渐积累，引起土壤的盐渍化。本区的旱涝受 6 月夏季行星风强烈影响，6 月夏季风强时，多雨而易涝，当夏季风弱时，少雨而易旱（林贤超，1987）。在特定的气候、地貌、水文、土壤与地质条件下，形成了区域特定的农业资源特征。表 5.4.1 是黄淮海平原光、温生产潜力（也称气候潜力，是气候资源的一种度量）的地区分异。

在上面的讨论中，我们仅从农业生产角度分析了区域的资源-环境结构，由此可见，在讨论区域的资源-环境结构时，我们常常给定特殊的观察角度，不然大量的区域地理特征使我们可能坠入烟海而难以分析。不过，区域的其它资源-环境结构仍然是存在的，对区域的发展有所影响的。例如，黄淮海平原，文化历史悠久，人口密集，交通发达，构成了区域丰富的劳动力资源、文化资源、交通资源。利用这些资源以及其沿海地区的对外通商条件，本区近年来发展了大量的外向型乡镇企业（农村工业）和小型国营企业，对吸收资金，解决人口就业，刺激本区经济文化的发展，具有重要意义。如果要深入分析黄淮海地区的社会、经济问题，我们不能不考虑这种社会的、经济的、

文化的资源-环境结构。总之，资源-环境结构包括自然环境、人文环境及其所产生的资源特征。

资源，对一个地区的性质具有基本的意义，区域的许多性质是由资源决定的。中东地区，由于具有丰富的石油资源，使得该地区成了世界上最富裕的地区，又成为当今世界的地缘政治热点。在我国一些经济区的形成，也是依赖资源条件的。在引导区域与区域相互独立又相互作用方面，第一类硬资源（即矿产资源、生物资源、资金等）起了主导作用，而在形成区域环境-资源结构方面，第二类硬资源（即土地、气候、水资源等）往往是主导的。简单地讲，第二类硬资源决定了区域的内部环境-资源结构，第一类硬资源决定了区域与其它区域的空间联系，而二者都可能决定区域在大区域中的地位，或区域区别于其它区域的特性。如山西省地下富含煤层，引导其成为了我国的能源基地，黄淮海平原的土地、气候资源条件，决定了它成为我国的农业基地。上海的特殊地理位置（可以视为第二类资源）和资金、技术条件，决定着它成为中国的经济中心。软资源在引导区域性质方面，我们还不能够明了。

与资源配合的市场条件（当然也可以看作一种资源）对区域的性质和发展往往起着决定性作用。如果没有中国众多的人口，尤其是没有中国东部众多人口形成的粮食市场，黄淮海地区就不可能成为我国的粮食生产基地（当然可能与世界市场联系而成为粮食基地）。在我国西部某些落后地区，虽有丰富的自然资源，但是由于本地的需求不足，又远离内地市场，这些区域没有因资源丰富而成为某些产业的特定地区或形成具有全国分工意义的地域生产单元，从而停滞不前。区域落后起因于缺少市场而不是缺少资源。诚然，当资源优势特别突出时，它将强烈地吸引开发者，从而创造出市场来。资源与市场的关系，目前还缺乏完整的理论。

以资源-环境结构为基础，形成了区域的生态联系，而对区域的资源开发、环境干扰与利用改变着区域生态系统。如何理解区域生态系统，目前还没有统一的模式。图 5.2.1 是对区域生态系统的一种理解，它显然在基于一般的生态系统原理上，从生产者、消费者和分解者角度，从物质流、能量流角度试图给出区域生态系统的一种分析模式，而这种模式离不开区域的资源、环境及人口结构。

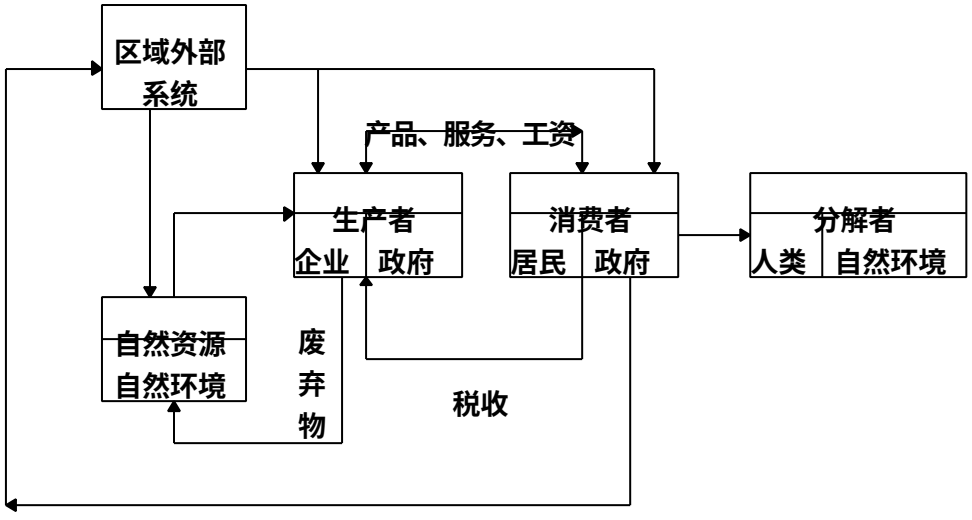

图 5.2.1 区域生态联系的一种理论模式

在有的情况下，区域的生态联系限指自然意义上的生态联系，如上游地区对下游地区的作用，可能对种群和生物多样性的影响；大型工程对区域的作用对区域生态系统的改变；城市内部生态系统等等，与具体的环境类型和区域的内部环境单元有关。区域与环境是一个事物的两个方面，不能截然分开。

表 5.2.1 黄淮海平原光温生产潜力（单位：公斤/亩）（中国农科院资料）

地名 \ 作物 \ 要素		冬小麦	春玉米	夏玉米	高粱	春谷	夏谷	水稻	棉花
北京	光温生产潜力	582	708	458	583	513	401	624	191
	降水生产潜力	235	543	451	503	462	399	259	146
沧州	光温生产潜力	550	730	528	605	529	416	613	196
	降水生产潜力	222	552	497	513	454	404	249	131
石家庄	光温生产潜力	540	703	504	593	510	399	593	189
	降水生产潜力	267	455	457	441	405	389	220	125
德州	光温生产潜力	540	701	512	582	515	405	596	191
	降水生产潜力	242	448	482	474	429	394	218	112
荷泽	光温生产潜力	583	687	479	582	513	395	565	193
	降水生产潜力	353	338	461	423	373	370	232	149
徐州	光温生产潜力	561	656	459	556	494	384	549	184
	降水生产潜力	471	505	457	494	467	383	347	164
蚌埠	光温生产潜力	488	585	450	539	482	376	502	181
	降水生产潜力	431	573	441	480	435	371	317	160
安阳	光温生产潜力	579	676	494	565	498	391	579	165
	降水生产潜力	233	428	465	459	423	383	247	122
商丘	光温生产潜力	571	678	474	574	507	396	563	189
	降水生产潜力	467	410	452	443	429	373	239	150

第三节　城镇体系

共存于一个区域中的城市和村镇，相互之间不是独立的，而是在人口、经济、社会等方面密切联系着的。核心城市影响整个区域，甚至成为区域的经济命脉，而一些中小城市又控制着更低层次的城镇和乡村聚落，形成一个递阶的相互联系系统，即城镇体系。在中国，严重敏（1964）最早研究了城镇体系，确定了城镇体系的意义。

5.3.1 城镇体系的一般性质

城镇体系是以若干城镇作为主要组成要素的地理系统，是指在一定地域范围内具有不同规模等级、职能分工明确、相互联系紧密、空间分布有序的

城镇群体。作为一种特殊的地理系统，城镇体系具有明显的特点：

首先，城镇体系是一个开放性的区域范畴。城镇是区域的缩影，城镇体系的形成发展离不开区域的资源、自然条件、经济基础及农业、工业和交通运输的布局状况，并作为经济区的一个基本骨架，构成某一等级的经济区结构。以中心城市为核心的城镇体系，其范围相当于城市的直接吸引范围或腹地，我们把这一范围又称为城市经济区。从某种意义上讲，城镇体系构成 了（经济）区域。城镇体系的地域完整性并不是说它是一个封闭的系统，每个城镇和整个城镇只有对外开放，才能存在和发展，所以，它是一个开放系统。

其次，城镇体系具有明确的递阶结构。城镇体系的递阶反映在城镇的规模和职能两个方面。在一个相对完整的城镇体系中，不同规模的城镇总是按一定的规模分布组合，其规模等级的高低与城镇的数量具有一定的关系；同样，城镇职能等级的差异，也决定着其影响范围和作用的大小，例如首都、省会城市和地方中心城市，虽然都是具有行政管理职能的“政治中心”，但职能层次相差甚远。

城镇体系间也具有多种层次，级别较低的城镇体系总是包含在高一级的体系之中，例如，济宁市域城镇体系是山东省城镇体系的一部分，而后者又从属于全国的城镇体系。在 5.3.2 中我们将进一步讨论城镇体系的递阶性质。

最后，有地理学意义的是，城镇体系的空间分布具有有序性。作为一个地理系统，城镇体系的各要素必然要分布于一定的地理区位，在人们经济行为的导引下，并受城镇间联系的重要影响，由不同类型区位构成的城镇空间地域结构总是具有一定的规律性。具体地说，城镇的空间分布受人口、工业、交通运输、科技文化、商业金融和信息等生产力要素分布的制约，而后者又取决于资源、地理位置、经济基础等，这些因素在空间分布上的不连续性和不均匀性，形成了城镇网络的基本构架。一般而言，位置适中的交通枢纽区位往往成为城市的生长点，而城镇间职能分工和腹地的非重叠性，使之在空间上既要便于联系又要保持一定距离。例如在资源和人口比较均一的地区，往往形成中心地结构，而在有主要交通干线或河流的地区，地域结构变得复杂化，形成沿交通线集中分布的形式，呈点轴结构。

城镇体系的空间分布格局对区域具有重要意义，它对区域的结构及其演化起着主导作用。它导致了区域的空间范围和复杂结构。

城镇体系产生于一个相对完整的区域中，作为主要社会经济活动交聚点的城镇，则成为这一区域的主宰，特别是处于最高等级的中心城市，不仅具有政治、科技、文化等多种职能，也是这一区域内生产、交换、分配和消费等经济活动最集中的场所，通过经常性的直接和间接联系，对这一区域的其它城镇和乡村经济活动起到组织和领导作用，我们把这一空间范围称为中心城市的腹地（hinterland）或城市经济区。因此，可以说城镇体系的空间范围相当于同等级别的城市经济区。

由于中心城市具有多种职能，必然与其腹地间发生多方面的联系，有经济的，社会的，也有科技、文化和信息方面的，又可以分为人口和劳动力的流动，原料、产品及资金的流通等。每个中心城市的这些联系在空间上可以延伸很远，它的一些产品甚至销往全国，乃至其它国家，但这并不是该市的腹地范围，在上述各种联系的综合叠加形成的复合联系中，只有其作用占主导的地域才是中心城市的腹地。

决定城市腹地大小的因素主要有：(1) 中心城市经济活动能力。一般来说，城市经济实力愈大，其直接影响并起主导作用的区域也愈大。城市经济能力不仅表现为社会总产值或国民收入，更集中地表现为对市场的影响，经济技术水平和对区域的投资能力等；(2) 空间距离。中心城市的影响作用也随距离衰减，这不但是因为运行路程加长和城乡联系代价的提高，而且由于可达性降低，时间拖长等，使城市与周围区域之间的物质流和信息流等联系明显减少；(3) 中心间的竞争。当两个以上城市对毗邻地区同时产生影响时，同级城市间各自形成其势力范围，由于经济联系的共享，限制了各中心在相对方向上的推进。如在京津之间，北京腹地至今向东未能延伸至渤海之滨，天津向西的影响也难以越过廊房市。城市腹地与城市等级一样，具有明显的层次性，低级别城市的腹地，可以包含在高一级城市的腹地之中。北京与天津位于同一层次，所以地域竞争表现出稳定的结构。在第三章图 3.2.3 中我们可以看到不同层次城市之间腹地复合的理论解说。

在现实世界，城镇体系的空间范围或中心城市腹地受多方面因素影响，既有现实的和历史的社会经济联系状况，也有交通网络的格局和运输联系的合理性，甚至行政区域的界线也影响到这个范围。在实际工作时，首先通过调查分析周围地区与中心城市相互联系的强度，按照中心城市经济社会影响的主导作用范围，即可划定这一地域单元。

必须强调，城镇体系是一个动态系统，受区域经济发展和其它原因（如城市、政治、瘟疫）的影响，城镇体系的空间范围、等级规模、内部递阶结构都可能发生变化，这种变化又会引起区域的变化，改变区域的空间分布、职能，尤其是经济职能。城镇体系的演化，主导着区域的演化，区域的其它结构演化，也必然影响城镇体系的演化。

城镇体系的形成，象城镇本身一样是历史过程的产物，最初城市“种子”由某种原因聚集而成，此后区域的经济活动、军事活动等引导着城镇体系的发展。城镇体系具有历史的继承性，这是区域历史继承性的一种表现形式。

5.3.2 递阶结构

城镇是有规模差异的，这种规模差异性导致了一个城镇体系中存在复杂的层次、等级关系或联系，形成城镇体系内部递阶的基础。实际上规模差异往往很大，既有几千人的居民点，也有百万人口的大都市，主要由社会生产方式所决定，在生产方式相同的情况下，地理条件的差异就显得非常重要。对每个城镇来说，影响其人口规模的地理条件既有自然的、经济的、社会的因素，也有历史背景。例如孙胤礼等（1988）对中国泰安市城镇（体系）所作的数学分析，发现在泰安市域内，影响城镇规模的因素主要是矿产资源、基础工业、交通条件和旅游资源，从单个城镇看，其规模与发展条件具有很大关系。然而这种规模又作为区域城镇体系中特有的一环，基础工业、交通条件又是城镇体系的产物。

在理论方面，众多的地理学者对城镇体系内部各城市的规模及其递阶关系作了研究，最为著名而又简单的是 Zipf 关于同一体系或区域中城市（城镇）递阶的位序-规模理论。按这一理论，在一个城镇体系中，各城镇的规模与其在体系中的位序有关，即

$P_R=P_0/R^a$ 其中 P_R 为位序为 R 的城镇规模，P_0 为首位城市规模。 Etting，

Archer〔1987〕对世界大城市统计发现，α取值约在 0.6-0.7 之间，近 0.68。图 5.3.1 是日本城市的位序-规模分布，从回归式结果可以看出，其规模分布与 Zipf 理论具有较高的一致性。

通常人们认为，Zipf 理论对发达市场经济的城镇体系是比较适用的。R.H.Stoddard 根据人口普查资料，对 1970 和 1980 年美国前 10 位大城市的规模作统计分析，发现 1970 年的城市为良好位序规模分布。在此之后由于地区发展的差异，人们从老工业区迁往阳光地带，使休斯顿、达拉斯位序上升，芝加哥等城市人口规模下降，几乎与洛杉矶相当，1980 年的分布规模则较差（见表 5.3.1）。许学强等曾对我国前 100 位城市规模作统计，并对 1953，1963，1973 和 1978 年 4 个时段作比较发现，我国城市规模呈序列大小分布（α＜1），且α有减小趋势，这种现象在国外也有人发现，可能表明序列的中下部城市规模增长较快，城市递阶体系逐趋完善（图 5.3.2）

图 5.3.1 日本主要城市的位序规模分布（据赤羽孝之，1989）

图 5.3.2 我国城市大小序列与规模的双对数回归直线（据许学强 1988）

城镇递阶体系是很重要的，因为它不仅能综合地反映城镇的等级层次和职能结构，而且能对城镇的空间分析及其联系产生影响。城镇规模的扩大实际上是对城镇职能的加强，而较高的职能层次需要较大人口规模的城镇才能承担。因此，与城镇所影响区域的大小及其经济发展和城镇化的水平相对应，其城镇人口的集聚也应达到一定的规模。然而，城镇不同层次的职能对所影响区域的阈值（Threshold）规模要求不同，例如，一些城镇所具有的特殊职能的服务人口规模和服务范围比一般职能的要大得多，因此，应根据区域人口对城镇各种层次职能的需求，建立相应的城镇等级规模体系图 5.3.3 是日本国主要城市的等级规模体系，从图可见，城镇规模的大小决定了城镇在这个体系中所处的层次和位置，也可以反映其与不同等级城镇间的相互联系状况。一般来说，区域的范围越大，经济发展和城镇化水平越高，城镇的递阶体系就越复杂，反之则越简单。

图 5.3.3 日本主要城市的规模等级体系（赤羽孝之，1989）

（实线表示人口联系率＞10%；虚线表示联系率 5—10%）

表 5.3.1 美国最大城市的人口规模（1970 — 1980）

1970 年				1980 年			
位序	城市	人口（百万）	期望人口（百万）	位序	城市	人口（百万）	期望人口（百万）
l	纽约	7.90	7.90	1	纽约	7.07	7.07
2	芝加哥	3.37	3.95	2	芝加哥	3.01	3.54
3	洛杉矶*	2.81	2.63	3	洛杉矶*	2.97	2.36
4	费城	1.95	1.97	4	费城	1.69	1.77
5	底特律	1.5l	l.58	5	休斯顿*	1.60	1.41
6	休斯敦*	1.23	1.32	6	底特律	1.20	1.18
7	巴尔的摩	0.91	l.13	7	达拉斯*	0.90	1.01
8	达拉斯*	0.84	0.97	8	圣地亚哥*	0.88	0.88
9	华盛顿	0.76	0.88	9	凤凰城*	0.79	0.79
10	克利夫兰	0.75	0.79	10	巴尔的摩	0.79	0.71

R.H.Stoddard， etc.Human Geography， Prentice-Hall， Englewood Cliffs.（1985）* 为阳光地带城市。

5.3.3 职能结构

城镇体系中各城镇处于不同的功能地位，因而具有各自特定的职能，图 5.3.4 是美国各城市的职能分布。同一城市可能具有两个或两个以上职能，但职能不会很多。

城镇的职能实际上并不是单一的，而是依赖于所处的城镇体系。A.K.Phibrick 提出了“中心职能学说”，他将城镇的中心职能分为 7 类或 7 个等级（见图 5.3.5）。最低层次是作为消费者的存在（consumer），其次是由消费所引致的零售业（retail），再次是批发（wholesale），转换（transhipment），交换（exchange），最高两个层次是控制（control）和领导（leadership）。

图 5.3.4 美国城市的职能（Harris，1943，资料来源 H.德伯里《人文地理学》）

城镇之所以有这些不同层次的职能，地理学家认为是由于集聚经济和通讯经济两方面的因素引起的。集聚经济是指人们的各种活动在城镇产生地理上的集中，其结果使人们或相联系的企业产生节约或平均费用降低。例如，零售商业中，商店分布在一起可导致商店竞争，使消费者降低了支出及提供了相同或相近商品的比较，从而进一步吸引消费者购物活动的集中。批发和转换是城镇商品输入和输出所起的节点作用，也属于集聚经济。通讯经济是指城镇在信息的收集、分类和传播过程中起到的中心地作用以使经济活动更廉价、更高效地运转。城镇的集聚提供了积累信息的区位，一些大公司的总部通常分布在大城市，其原因是它可以广泛收集影响经济活动的信息，从而作出决策。通常城镇的规模越大，它的这种收集，转换和传播信息的“交换台”作用就越强，它也就越具有更强的管理和领导职能。

城镇职能可以分为一般职能和特殊职能，也可以分为基本职能与非基本职能。所谓基本职能，是指城镇为了生存，必须把它创造的商品或服务出售到其地域边界以外地区的活动；与此同时，为了满足本城镇居民的消费需要，部分产品或服务还须留在城内，这些活动则构成其非

图 5.3.5 中心职能说（据 A.K.Phibrick 1975）

图 5.3.6 山东淄博市城镇体系的职能结构及空间分布（据董黎明，1982）

基本活动。从城镇成长的观点看，一个城镇基本职能越强，即为外地服务的越多，就可以赚得越多的收入，就越有实力进一步投资发展经济，由此导致城镇迅速成长和繁荣，这种学说被称为城市经济基础理论。但城镇的一些非基本活动也不容忽视，如一般商店、市镇设施、中小学校等，则是城镇生活不可缺少的。

在城镇的众多职能中，有些是每个城镇都具有的一般职能，如为居民服务的商业、服务业等，另一些则是少数城镇才具有的，如加工业、科学研究、旅游观光等，后者即是特殊职能。特殊职能是一个城镇对其他城镇和地区产生的特殊作用，最能体现该城镇的特色和性质，它也是与其他城镇进行生存竞争的基础和识别标志。一般来说，特殊职能都是城镇的基本职能。

在城镇体系中，城镇的职能不是独立的。由于区域的自然条件和社会经济条件的差异性，城镇所在的地理位置不同及发展历史有别，因此，各城镇

的职能优势也不同，每个城镇在竞争中按照劳动地域分工的规律，形成了各具特色、分工明确的城镇类型，如综合性城市、工业城市、交通枢纽、旅游城市等。职能类型差异和等级性，共同构成了城镇体系的一个侧面。在职能方面，城镇体系不仅有递阶性，而且更强烈地表现为互补性。在递阶与互补的联系下，一个区域的城镇体系对大区域或其城镇体系表现了统一的职能特征和地位。区域的职能，特别是它的经济职能，往往是由这种城镇体系的整体职能表现的、确定的。

第四节　空间结构

地域分异是地理学的基本规律。地域分异导致了空间特化，进而形成空间结构。空间结构不是简单的几何分布，后者可以用空间格局（spatial configuration）表述。区域的空间结构，常指以资源、人群活动场所为载荷的产业区位（带）为中心问题的空间分异与组织关系。

在现实的地理空间内，地理事物总是以实体形式存在于其中的。它们构成了空间要素，如城市、河流、洪积扇、宗教区等，依赖不同的分析目的和原则，这些空间要素单元被描述成葩嵌、廓道和基底，从纯几何学或拓扑学关系来看，它们可以简单地视为点、线、面，这时我们可能仅从点、线、面形成的空间格局来把握空间结构的基本特征。地理学抽象点、线和面的原则大致如下：

点：要素本身的大小与其存在的空间相比可不予考虑时，抽象为点。当这种点要素具有活化整个空间结构或主导空间结构时，它具有葩嵌的意义。

线：当要素的分布横向宽度与纵长相比可以不予考虑时，抽象为线。廓道强调了要素的通道作用、障碍作用或元分割作用，不然它可能只具基底的意义。

面：点和线赖于存在的空间基础，它们的大小与所考虑的地理空间尺度在数量级处于不可忽视的地位。基底强调面具有特殊的地理性质，并且作为空间结构的背景。

点、线、面构成数学意义上的空间格局，而葩嵌、廓道和基底三要素在特定区域上的组合，就形成了地理意义的空间结构。由于观察的尺度不同，实际区域空间结构的类型也不同。比如一个城市，若从宏观尺度考虑，它往往被视为一个点，而若从较小的空间尺度观察，它则表现为不同功能区组成的空间，其内部又有空间结构，如 4.6 节所讲述的扇形结构、星形结构。空间结构的理论目前还不完善，本章介绍一些初步的内容和空间结构类型，这些内容显然不是空间结构学说的全部。

5.4.1　基底连续的空间结构

空间结构的第一种类型是基底连续的空间结构，市场、资源分布可能构成这种基底。企业或市场、城市等作为葩嵌活化基底形成点面结合的空间格局。最早阐述这种结构的是被誉为区位论鼻祖的杜能（J.H.Von Thünen），他提出农业区位即是由中心市场（点）和周围均质地域（面）构成的这类空间结构。杜能假定的地域空间是封闭均质的，市场呈点嵌于其中，而生产者在均质空间内呈连续状分布，构成基底，由于生产者与市场的距离对利润的

影响，使均质空间产生分异，形成杜能环。关于杜能结构形成机理请见本章第二节。

在本世纪早期，一些市场学派的工业区位论学者考虑了不同于杜能结构的工业市场区位问题。如费特尔（F.A.Fetter）提出的贸易区边界区位理论，帕兰德（T.Palander）的市场区竞争区位等，但与杜能区位论的情况不同，它们设定的空间是一种企业呈离散点分布，市场为连续面分布的情形，因而，市场竞争和地域分异即随企业生产成本和产品运输成本而变化，显然其地理意义与前者是不同的，意味着存在不同于杜能结构的其它空间结构。

三十年代，克里斯泰勒（W.Christaller）以聚落分布的研究为出发点，首创了著名的中心地理论，这是一种新的空间结构学说。克里斯泰勒把不同规模的聚落视为具有不同级别服务职能的中心地，通过调查发现，这些中心地对周围一定的地区具有服务的功能，这个地区即是该中心地的市场区，他在对德国南部观察研究结果的抽象演绎后，发现了理想地理空间中最完美的点面结合的空间结构。

虽然中心地结构具有多种形式，其基本的形式可以概括为三角形聚落分布和六边形市场区。中心地结构是在均质空间中，由多中心的市场竞争而形成的。克里斯泰勒认为，中心城市力图最大范围地控制自己的市场区，由于空间均质，运价相等，所以城市的市场域呈圆形。众多的相同城市分布于空间，圆形域相交，使得交点的弦两侧分属于不同市场域，这样就形成了以中心城市为核的正六边形、正四边形和正三角形结构，并以六边形最为常见。

图 5.4.l 克里斯泰勒（德国，1893—1969）

区位理论发展到廖什阶段，可谓集前贤之大成。廖什（A.Losch）对工业区位的分析，不局限于离散点的分析或仅有连续市场的情况，而是考虑了更接近实际的生产地和消费地相对连续的空间结构，廖什把寻求最大利益作为工业区位决策的出发点，在此前提下，对每一假定离散的生产和消费点，分别建立消费分布和资源分布连续的距离函数，构成了非均质的生产-市场基底，而每个企业（即葩嵌、点）的生产-市场范围是由资源供应范围（与资源分布有关）和消费市场需要范围（与消费空间分布有关）共同决定的。特定的市场需求确定了可能吸收的劳动力即其它资源的空间分布范围，特定的资源范围也可以确定特定的市场范围。这两个范围就是企业的生产区位（范围）和市场区位（范围），两个范围可能并不重合，并可能沿不同方向发展。

尽管点面结构具有不同的地理意义，但点要素和面要素的相互影响确具有一致性。点葩嵌作为特定的功能中心，对面基底的影响一般具有随中心距离增加而衰减的趋势，在均质地域上，点周围的通达性是各向同性的，但现实中这一假定往往不具备，因为廓道和基底的变异在干扰

图 5.4.2 基底连续的空间结构

图 5.4.3 一个商业中心的空间结构（一种变形的杜能结构，据 Johston 和 Kissling， 1971）

它们。例如，道路交叉点对零售商业的影响。图 5.4.3 生动地显示了廓道对空间结构的影响，原始的杜能环沿廓道发展，从而形成街区商业活动的空间结构。

5.4.2 基底分散的空间结构

区域的一种类型是节点系区域，这时区域依托的空间散布于若干具有资源、市场意义的节点，这些节点构成空间特化的基底。节点间发生联系也就产生了基底不连续或分散的空间结构。这类结构中，某些节点活化为葩嵌，具有主导空间结构的意义。目前认识的这种基底分散的结构大致有两种：网络结构和韦伯结构。

网络是由廓道要素的连接和交叉而产生的，其连接处形成结点。有些学者将地理网络定义为，在一个地理系统中，通过无数通道互相联结的一组地理空间位置。一个网络空间结构，不仅具有自身的几何学意义和地理学意义，还能反映出点群之间，区域之间，点与区之间的联系状况，因此，网络结构的研究具有重要的价值。例如，通过对运输网络的分析，可以得出以下的结果：运输通道中的最短路径和最经济路径，必须补充或修建的新通道；全部通道中流均衡运转的最佳选择；某个通道因事故堵塞时重新布置联系各点的最优选择；这个网络中各种运输方式的效率和成本评价等。

从几何或拓扑学的角度分析，地理网络可以分为环网型、树枝型和栅栏型，若按网络的地理意义区分，则有河流网络（道）、道路网络（道）和界线网络（廓）。河流网络是比较简单的一类，从河源经过沟谷、小支流、大支流、干流，直到河口，是典型的树枝型结构。其特点是，网络中的点和线具有明显的功能等级，这种等级既不容颠倒，也不能穿插，构不成完整的环圈，因此它是一种无环网的连接图。划分区域的界线，如行政区界等，也构成一种网络，它类似栅栏，将空间划分为若干小区，其作用不象河流网络作为流通的系统，而是作为界线。

最常见的是道路型网络，如公路网、铁路网、输油管线、电话通讯网、电力网等。在自然地理系统中，如果某个能量或物质流路径中出现反馈圈，或者状态变量间具有交互作用时，也构成这种网络，其特点是，网络中的结点、连线没有等级，点间的关联函数或流没有方向性。人们分析这种网络的目的是为了解其通达程度，对于道路网络常用 β 指数和联接度指数 C 两个指标，前者为环网的线（边）点比，后者为实际边数与最大可能边数之比。其中 β =e/n，e 为网络的边数，n 为结点数。联结度指数公式为 C= 2e/〔n（n — l）〕网络的 β 指数越高，联接度指数越大，则网络的通达程度越好。

由于网络的联接特性，不同结点间及周围地区的可达性会有很大差异，形成可达性不同的地域分异，而任何结点间联接状况的改变也都将引起各结点可达性不同程度的变化。在区域分析的实践中，人们通常应用图论方法来分析这种网络的最短路径和最大的方向，为区域交通运输规划服务。

韦伯设想的区位问题，提出了另外一种空间结构的存在性。设想空间有若干资源点和市场点，这些点作为空间的“ 基底 ”（由此可见基底与面，葩嵌与点并非一一对应）。当一个企业要布局于空间时，它处于什么地方或位置最佳，也就是它的区位在那里。显然，韦伯的结构是一种“ 点对点 ”的结构，这种结构，演化不出特殊的形式模式来，但空间的资源点、市场点与企业（或服务）之间必然产生一种空间联系或结构，这种结构理论上讨论起来较复杂，本书就不予讨论了，可参考有关专著。

图 5.4.4 网络结构的类型

图 5.4.5 韦伯结构（图中）

5.4.3 空间结构的形成与演化

区域的空间结构不是偶然的，它由构成区域的资源、城市、环境、市场、人口等派生，随这些因素的发展，区域的空间结构必然发生演化。

一般来说，空间结构受到两方面的影响，一是区域的自然地理状态，尤其是资源条件的影响；二是以人类经济活动为主的人类活动的影响。在自然地理条件均质区，人类的经济活动如无强烈的经济区位引导，如港口作用，在空间上也会表现出一致性，从而形成规范的空间结构形式。例如长江三角洲南侧的杭嘉湖平原地区，河网密布，人口稠密，地理条件相对均一，在明清时代，以嘉兴市为中心的地区则形成了良好的城镇中心地分布（图5.4.6）。当上海被辟为商港并迅速发展后，这种结构有了很大变化。

资源的分布，对形成最初的城市和后期经济发展常常具有重要意义。最初的城市趋于利用资源，资源的发现，对于区域发展具有重要意义。由于资源的区位作用，新的城市总是在市场和资源的某种平衡过程下，就韦伯的区位过程下发展起来，新城市的形成改变着空间结构。图 5.4.7 中，Haggett 等设想了资源分布对城镇或市场的影响，各种变形的克氏结构出现了。

图 5.4.6 明清嘉兴府城镇分布中心地结构图（据高松凡，1986）

由区域地理条件决定的空间结构不是静止的，随着经济的发展和城镇化水平的提高，它将不断演化。在城镇化初期，区域空间结构比较简单，多表现为单中心的进一步增长和区域联系的加强，逐渐形成点轴分布的空间结构，在经济发展水平较高时，则形成城镇体系的空间网络结构。Vance 从商业贸易的角度对北美洲大陆殖民化空间网络结构形成过程的研究，说明了这种空间结构演变的规律（图 5.4.8）。Vance 把整个过程分为五个阶段：（ l）探险开发阶段，（ 2）初期沿海聚落阶段，（3）城镇网络的伸展和区内贸易开发阶段，（4）区内贸易发展阶段，（5）网络完善阶段。当然，Vance 的模式是北美洲大陆特有的区域背景和开发历史条件下产生的，对于开发历史悠久的国家和地区来说，这种模式并不适合。例如中国城市体系空间结构的演化，主要是随着区域开发的不断扩展，由最早开发的核心地区的城镇逐渐向外扩散而形成和发展的，现代工业和交通体系的建设，使其空间网络更趋完善。计算机模拟计算还表明，如果空间是均质的，无论最初城市分布如何，空间的克氏结构最终趋于中心地结构。在一些理论中，又区分出了中心结构的不同方式，对应于商品贸易要求、交通要求与行政要求，这些内容我们可以在专著中找到。

不仅克里斯泰勒结构是演化的，其它结构也是演化的。杜能结构的演化受到人们较多的重视。以市场为中心形成的杜能结构，在经济水平很低或人口极其稀少的地区，市场葩嵌呈现分散和相互孤立的情形，随着经济的发展和人口的增多，各葩嵌点的服务区相继扩展，出现粘连，但仍存在一些空档地段；各点之间相互竞争，市场区重叠和瓜分；点葩嵌的差异性增长而形成中心地等级体系，与此相对应，市场区网趋于形成和完善，在均质空间最终形成中心地空间结

图 5.4.7 资源对空间结构的影响（据 Haggett et al.19677）

图 5.4.8 区域（城镇体系）空间结构的演变（据 Vance，1970）

构，艾萨德（W.Isard）在此基础上提出了非均质空间的模式。在图 5.4.9

中，显示了空间结构演化模式。中心的市场范围在扩大，在发展区出现了空档地地带，图 5.4.9b，C，表示了一个城市空间结构的演化。

图 5.4.9 空间结构的演化方式

复杂空间结构演化的研究是近年来的热点，E.Tacffe 等对西非交通网络演变作了研究，提出运输网络模型。他将全过程分为地方港口（城市）阶段、纵深线型发展阶段和高度联通阶段。P.Haggett（1965）提出，区域空间结构形成过程可划分为五个阶段，后在其名著《区位模式》中增划为六个阶段。我们总结为：①聚落与周围地域的空间不稳定相互联系；②人口、物资和信息流的稳定的交通网络形成；③中心分布的形成与网络次生；④中心递阶体系的形成；⑤中心系共同的作用域出现，⑥中心的扩张过程。六个阶段构成了区域空间结构演变的系统模式。请注意图 5.4.8 与 5.4.10 的一致性。这种学说被称为城市经济基础理论（the theory of urban economic base）。但城镇的一些非基本活动也不容忽视，如一般商店、市镇设施、中小学校等，则是城镇生活不可缺少的。

图 5.4.10 区域空间结构的演变过程（据 P.Haggett，1977 修改）

第五节　区域的巨结构

前面几节讨论的区域结构都是仅从某一角度出发的，相对来说比较简单。现实的区域空间联系是多方面的并且是同时发生的，表 5.5.l 列举了区域内部及区域之间可能发生的空间联系，显然各种联系又有强弱上的不同，有些联系在时间上是不连续的，如每当灌溉的季节，上下游地区间就会发生水资源的矛盾，而在其它季节这种经济上的联系变弱以致不存在。在文化、经济领域，这种不连续性更为常见，整个区域系统内部关系变得极不确定，这种复杂的联系产生的一类结构，我们称为区域的巨结构。区域巨结构包括区域呈现的中心-腹地结构、地缘结构、区域经济结构等。其实，资源-环境结构、城市体系也可视为巨结构，不过由于这类结构具有一定的封闭性，内部关系也较稳定，因而我们不将其列入“巨”的行列。

表 5.5.1 区域空间联系的主要类型（据蒂姆昂温，地理译报，1991，1，有修改）

联系形式	因　子
物能联系	能量网络、交通网络、生态依赖网络
经济联系	市场及资本流动、原材料及中间产品流动收入流动、生产的交叉联系和链
人口联系	人口迁移、人口流动、旅游
技术联系	访问关系、亲戚、宗教、文化习俗、社会群体
政治、行政联系	政党集团、机构联系、政府预算流向、权力—批准—监察模式、组织相互关系、非正式政治决策链
服务传递联系	信用金融网络、教育体系、健康服务体系、交通服务体系、商业与特殊职业服务体系

5.5.1 中心-腹地结构

空间范围内，由于地域分异规律的普适性，资源条件、市场条件是处处有别的，因此必然会在某些地方，人口和资源优先集聚起来。区域的资源-环境结构，如河流等可能是导致这种集聚的因子。集聚促成了这些地方在经济上、文化上或政治上强大于毗邻地区，成了一个中心。中心的存在使毗邻地区的集聚受到了压抑，从而使毗邻区形成相对落后而不得不依赖于它的腹地。中心之间空间竞争的存在又形成了腹地的划分。中心与腹地的关系如果仅如上述，则充其量仅是一种空间结构或空间格局，我们在本章第四节中已经讨论过，中心的意义在于它在许多经济、政治和社会方面比腹地占有优势，从而将区域按一定的递阶关系（城市体系就是一种）组织起来。中心区在这种体系中具有产生和吸收上级变革的功能，并且通过这种递阶关系扩散到下级组织中。第三章图 3.2.3 表示了一种简单的中心-腹地关系，图中 C 表示城市，它们划分了空间，镇作为递阶的二级关系对空间作了新的划分，村庄（V）和小村落又不断地递阶。在图 3.2.3 中，经济上的联系使递阶体系不封闭，这并非是最常见的区域中心-腹地递阶的形式，政治体系形成的区域中心-腹地结构是趋于封闭的，政治权力的作用，最终使经济递阶体系、文化递阶体系呈现出很大程度上的独立性。

递阶关系仅仅是区域结构的一种较为明瞭的形式，区域巨结构在它对变革响应方面表现出动态的空间层次形式。一般认为以变革中心为核，可以划分出空间上的四个地域：（1）核心地带。具有变革的源，如具有高的经济增长潜力的大城市或具有某种依赖于政治的、宗教权力的（未必是最高权力）的大型组织。对于经济中心来说，核心地带资本、技术和政策上都具有明显的优势，人口趋于饱和或已经饱和，在政治、文化方面，政治斗争、宗教斗争可能使一派已经基本胜利或者已经胜利。（2）向上转换带 以经济为例，受核心影响，区位条件好，投资会不断增加，资源利用的集约化程度增加、人口迁移量不断上升，农业集约化程度也不断增加。在文化方面，表现为信奉该种新思潮的人增加，并有大批的人到核心地带“ 朝圣 ”和学习，新旧思潮的冲突在这里白热化，一种革命的恐怖气氛迷蒙在大多数守旧群众的心头。（3）向下转化带。这一地带具有一定的历史的传统的聚落。经济向下转换带的表现形式是区内赖以生存的农业呈停滞状态，甚至下降，整个产业结构呈现老化，效率降低，集约化生产方式艰难而不可能，人口负迁移。文化的向下转换带表现为传统势力的强烈反扑，镇压事件不断发生，一些新的禁锢被以法律的形式颁布出来，本来已松动的旧禁律被重申和延伸。（4）前沿区。在经济结构中称资源前沿带，本区具有丰富的待开发的资源，而且这种资源对区域发展具有潜在的极大价值，它可能位于向上带与向下带之间，也可以位于向下地带。往往向上带最先达到这一地区，在空间上它们并不连续而形成地带。在文化结构上，前沿带表现为传统势力较松散而人口众多的地区，或经济上占区域重要地位的地区。众多的人口和经济活动使它与外界尤其是与中心有较多于毗邻地区的联系，因此变革可能以较快的形式达到本区，而本区的变革也会以自己的人口、经济优势而产生链锁反应。显然变化使区域的中心-腹地结构不断地改变形式，使得区域本身在空间发生变化。

依据区域的中心-腹地结构，发展了增长极理论、非平衡增长学说，在第六章中我们将要讨论这些内容。在理论方面，近年来发展了空间动力学，主

要是针对类似于中心-腹地这样的巨结构的。

显然，不同的地理类型区，如文化区、经济区，可以具有不同的中心-腹地结构，但是由于经济活动是人类的主要活动，而文化、政治对经济又有不可忽视的影响，许多不同性质的中心-腹地结构有重合性，使得由此确定的区域显得更为独立或完整。

5.5.2 地缘结构

地缘结构是全球性区域结构。全球作为一个大区域也具有中心-腹地结构，当这种结构与全球的地缘格局配合时，也就形成全球特有的地缘结构，显然这是一种巨结构。

早期的地缘结构仅划分全球为心脏地与边缘区，新近的发展丰富了地缘结构的细节。S.Co-hen（1991）认为，地缘结构是一种层次结构，第一层次的是地缘战略域（geostrategic realms）。他划分全球为两个域：海洋域与欧亚陆域。低于域的是地缘政治区。域是战略的竞争势力单元，区是由空间连续性和政治、文化、军事、经济相互作用分划出来的，它的形成受到历史的强烈影响。图 5.5.2 是 Cohen 提出的全球地缘结构，有三个区未包括在域内：南亚、中东和中东欧，它们被认为是独立于域的区。第三级水平是国家。破碎带（shatte rbelt）也就是冲突带，他认为 1990 年代的破碎带在中东，这些地带由于两大域的作用使各国之间分裂突出而成为冲突区。通道（gateway）区是域的和平过渡地带，通道区平衡两个域，在这种区内发生两个域的经济传递，社会文化传递，它对两个域是开放的，成为两个域的交接点。在上述体系以外， Cohen 又划分出边缘区世界（quartershere of marginality），边缘区世界在经济上独立于前面的现代经济体系，而且不能从两个域利益的变动中受益。

显然我们不能认为 Cohen 的观点是符合马克思主义的，但是他提出的地缘结构学有合理的部分，即地缘结构是层次的，依次划分为域、区、国家。在域之外存在着边缘区世界，域之间存在过渡性质的通道和破碎带，这种分析模式可以为我们所利用和发展。目前世界上一种可能的情况是以依据经济上的某种心脏地（如石油资源富集区、资本富集区、例如中东地区、欧美）而形成对立的地缘政治战略域，因为两者在经济利益上有明显冲突，而宗教信仰可能强化这种域的内部联系和外部冲突。在苏联解体、冷战结束后，以经济因素为潜在动力的宗教冲突正在划分世界。而我国由于文化上对宗教多样化上的宽容，以及经济上的独立自主，可能成立相对独立的地缘政治区。

图 5.5.1 Cohen 的地缘政治观点（1991，AAAG.N04）注意这仅是一种学术观点，原图两条界线标志与正文相反，从正文

然而，地缘结构学说不是科学理论，只能作为一种学说来看待，必须谨慎地应用。

如果考虑大区域内亚区域也有利益冲突和分享问题，也可能形成区域的政治、经济盟约关系，如我国内部的经济协作区等，也可以视为一种类似的“地缘结构”。习惯上“地缘”一词专指全球问题，区域内部这种带有盟约关系、政治色彩的结构，还缺少适当的专业术语来描述，特别是关于地缘研究的一套术语，是否适合于表达“区域的地缘结构”是值得推敲的。这些问

题正引起地理学家们新的研究。

5.5.3 区域经济系统

区域内部包括有一定的人类活动，当区域的人类活动主要是经济活动时（南极洲就不具有这样的活动），区域内部的各经济单元就构造出区域经济系统，在前苏联的理论中，这种经济系统被称为地域生产综合体，有人认为后者是一种中央计划经济体制下特有的区域经济系统，然而也有学者认为这种硬性约定没有意义。

区域经济系统的构成，与区域内部的经济单元有关，而经济单元的形成，又依赖于区域的对外功能和自身的资源环境结构，因此，不可能象环境系统那样，划分出若干确定的单元来。图 5.5.2 是一些学者在研究中国黑龙江省的宏观经济体系时提出的经济模型，它部分地反映了区域经济系统。必须提及的是，这个模型是个例子而不是范式。类似的模型很多。描述这样的模型最终要求大量的数学关系，框图仅是说明性的。图 5.5.2 的模型最终为 177 个方程所描述，其中 71 个是随机的，288 个参数需要估计，由此可见深入的分析区域经济系统是一项繁杂、艰巨的工作。

图 5.5.2 一个简化的区域经济系模型框图

（图中箭头表示可调控量，据“黑龙江省宏观经济模型课题组”，系统工程的理论与实践 Vol.7（7） 1987）

通过这个模型我们可以看出区域经济系统的构成单元包括资源、人口、原材料、资本、中间产品、最终产品、消费需求、财政因素等，并与外部发生联系。有时人们也用产业部门或企业来描述区域经济系统。按经济学习惯，前者叫区域（宏观）经济系统，后者叫区域（微观）经济系统。近年来发展了大量的数学模型来研究宏观经济系统，微观系统由于与具体区域有关而难以发展统一模型。这些模型中包括列昂节夫投入产出模型、地区宏观经济模型、多区域系统模型、小区域工业区配合模型等等。叙述它们要涉及到诸如矩阵、微分-差分方程这样的数学内容，在今后的学习中，我们会学到这些内容，也可以参考有关专著。无论这些模型如何复杂，其基本原理是区域内容的各经济单元是相互联系的，物质能量方面达到动态的或静态的平衡，区域政策（包括技术上的）可以调节或控制这类系统。列昂节夫的投入产出模型可以帮助我们来理解这样的经济系统。设区域内一共有 n 个部门，各生产一种产品，产品之间有互为“原料”的关系，于是我们可以列出表 5.5.2 所示的投入产出关系表，它反映区域经济系统的内部关系，是对区域经济系统的一种描述方式，可供分析应用，例如导求区域产品的内部平衡状态。

表 5.5.2 列昂节夫表（简化形式）

产品	产品 1	产品 2	…	产品 n	最终产品量
产品 1	a_{11}	a_{12}		a_{1n}	b_1
产品 2	a_{21}	a_{22}		a_{2a}	b_2
		……	……		
产品 n	a_{n1}	a_{n2}		a_{nn}	b_n

表中的 a_{ij} 是产品 j 所需要产品 i 的数量，这样 $b_i=\Sigma a_{ij}$，不然生产系统的平衡就被破坏了。可见各产品部门之间形成了一个经济系统，互相关联。为了分析这个问题，已经发展了大量的理论。表的内容也有各种变化。这里我们仅作理解性的说明，必须注意，列昂节夫模型不是巨系统模型，可见，巨结构可能通过普通系统来逼近。

最后我们要注意区域的人口、资源、环境与经济、文化等构成了统一的更为复杂的巨系统。它们的性质更为复杂，然而，现在还缺少这方面的理论或学说来描述这样的区域巨结构，在第六章中，我们将会结合发展问题来讨论这类巨结构。

第六节　区域的划分

区域是对空间的充填或划分；区域的划分是按空间的地理属性进行的，按地理属性的一致性，可以将空间划分为不同等级的区域，依据属性的不同，我们可以把空间划分为不同种类的区域，如自然区、经济区、文化区、气候区、农业类型区、地貌区、生态区等。这种区划的基础是地域分异性，不同地域（或地方）对某种地理特征有不同的或相同的属性表现，我们据此可将它们划分（或归类）为不同或相同的类型区。不同类型的区域可能有不同的边界，也可能有相同的边界，依地域分异的性质而定。例如文化区与气候区一般并不重合。图 5.6.1 是世界文化区划分，读者可与第二章的气候类型区划相比较。但是植被类型区、生态类型区就可能与气候类型区相重合，实际上最初的柯本世界气候区划就是依据植被与土被特征作出的，因为它们具有统一的地理过程基础，即使不是这样，岩石圈、大气圈的基本作用也在一定程度上控制着地理事物的基本分布。例如贯穿中国南北的以爱辉—腾冲相连的胡焕庸线两侧、气候、地貌、人口、经济、农业类型、植被状况、生态条件、民族成分，甚至地方病等有明显的差异。胡焕庸线的存在，说明了地域分异受到某些更基本的因素的控制，而人类活动又一定程度受制于自然背景。

区划是地理学的一个重要研究手段，通过区划，人们将空间或全球、大区域划分为某种性质相同，在某种原则下的均质区，从而研究特定性质区的地理特性，研究一种区域与另一种区域的关系，研究一类区域与另一类区域的联系。

几乎所有的著名地理学家都作过区划研究，洪堡是地理学区划研究的创始人，道库恰耶夫的地带性理论同时也为区划研究奠定了基本的理论基础。在中国，竺可桢、翁文灏、胡焕庸、罗开富、黄秉维、任美锷、林超、罗来兴等都创造性地对中国气候、中国地貌、中国人文区、中国人口、中国农业、中国自然环境和中国综合自然地理特征作过区划研究；1959 年以来，区划被更细致地更全面地开展。一般地，根据某一系列地理属性的一致性，按某一等级系统递阶地将空间或大区域划分到一定级别的地理类型区。《中国综合自然区划（初稿）》（黄秉维等，1959）将中国综合自然环境划分成三个自然区。《中国自然地理·总论》（竺可桢、黄秉维、赵松乔等）将中国划分为三个自然大区（即黄秉维的自然区），7 个自然地区，33 个自然区（这里自然大区、自然区等是分类单位名称，注意与前文的自然区、文化区相区别）。图 5.6.2 就是这一自然区划分方案。

图 5.6.1 世界文化区（多种来源）

图 5.6.2 中国综合自然地理区划（据《中国自然地理·总论》，1985）

由于地理问题的复杂性，区划按一定的原则才能进行。常用的原则有综合因子原则、主导因子原则两种。综合因子原则同时考虑若干因素，某一地方，同时满足某一些指标，如降水量、气 温、地貌、海拔、土壤等特征被纳入一种类型区。主导因子原则则考虑不同层次的区划时，以主导该层次地域分异的因子指标划分该层次区域，如以气候、地貌、植被、水文等因子。实际工作中，总是综合利用上述两个原则，综合因子按层次不同选择若干个主导因子，如地貌、气候为第一级因子，植被、土壤为第二级因子等等。空间人文地理区划的方法也类似。区划的原则还有区域共轭性原则等等，在专门的著作中可以了解这些内容。

简单地讲，区域具有结构，是区域具系统性的反映，区域可以区划，是地域分异性的反映。与环境一样，地域分异性和系统性是区域的两个基本特征。本书中讨论的区域结构，基本上是从经济、自然角度出发的。从文化角度出发可以发现另外的区域结构，但总的来讲，中心-腹地结构一般为各种类型人文的区域所具备。本书就经济地理性质讨论的原则，具有良好的推广性。

复习思考题五

1.区域与环境有什么联系和差异，由此说明地理事物的区域-环境二象性。

2.区域的资源-环境结构、城镇结构、空间结构在构成区域方面各有什么重要地位，它们互相有什么联系

（提示：可以以长江三角洲为例）。

3.试用廖什公式讨论杜能结构的形成和帕兰德亚型结构。

4.根据国际形势的变化，讨论当今世界的地缘政治结构和我国应该采取的策略。

5.试以你的学校所在城市为例，讨论这一城市所处的城镇体系中的位置并画出毗邻城市的克里斯泰勒结构

（泰森多边形）（仅就同级和高级城市而论）。

第六章　发展与规划

“发展”的意义是社会经济水平得到提高，人民生活得到普遍改善。发展是各国人民，特别是发展中国家人民对未来的寄托。地理学关注发展问题，主要因为它们在三个方面的密切联系：

（1）区域资源环境对发展的作用；

（2）经济、社会发展中的 PRED 关系运动；

（3）发展的地域差异和空间结构。

发展已不再仅指那些不以人的意志为转移的自然而然的过程，而是人类积极参与、努力奋斗的行为的总和。因此，引导社会经济行为的各种计划、规划及其实施构成发展问题的研究核心。以区域为研究对象的地理科学，要实现从“描述”、“解释”扩展到“规范化、工程化”领域的目标，就必须一如既往地投身到发展规划，特别是区域规划的研究和实践中去。

发展问题可以粗略地划分为两个层次，第一个层次是关于某个国家或某类国家乃至全球的发展问题。这类问题主要涉及国家的政治经济制度、国际政治经济环境等根本性问题，是宏观经济学，尤其是发展经济学的研究内容，也是地理学研究国家与全球问题的基础，与政治地理学以及发展中的“发展地理学”也有极其亲近的“学缘关系”，因此，本章第一节将介绍有关发展经济学的发展观。

第二个层次是国家内部的区域发展问题，在这里，国家的政治经济制度被作为当然的背景。区域发展是人文地理学，尤其是经济地理学的研究核心之一，本章第二节将安排这方面的内容。

战略规划是区域发展研究的归宿，第三节将论述区域规划的基本原理和内容。

第四节我们将讨论发展过程的 PRED 协调问题。

第一节　发展的意义

6.1.1　经济增长与发展

区域发展离不开经济的增长，它是以经济增长为中心的区域生产，生活水平的普遍提高。在严格的意义上，一些经济学家把发展概括为几个基本方面：收入持续增长、技术进步、产业结构变化、资本积累、国际经济关系的发展和扩大、需求结构的变化、制度结构的变革和人们价值观的改变。

经济发展首先是经济增长。影响经济增长的因素很多，但在作为经济学主流派的凯恩斯经济学中，首先对资本给予了高度重视。凯恩斯在 30 年代出版的著作中就论述了投资、储蓄和国民收入决定的关系，之后他的追随者在此基础上进一步导出了国民收入增长率等于储蓄率除以资本投入的增长方程，被称之为哈罗德-多马模型：

$\triangle Y=\triangle I/S$（6.1.1）式中 Y 和 I 分别表示产出或收入和储蓄投资，其实，除了储蓄外，还可以吸收其它资本，储蓄的分配和有效利用也是一个问题。但是，如果没有一定的资本积累，增长则难以实现，所以它是 增长的必要条件。

现代经济增长分析表明，除资本投入的增加因素外，增长还取决于劳动、技术进步等要素投入量的增加。这时产出与投入间的关系可用柯布-道格拉斯（Cobb－Douglas）生产函数表示：

$Y=AK^{\alpha}L^{\beta}$

$\alpha+\beta=1$（ 6.1.2）式中 Y 代表产出量，K 和 L 分别为资本和劳动投入量，A 代表一定的技术状况，这时为正常数，α，β 为小于 1 的正数，分别为资本和劳动的产出弹性。实际上，技术条件总是发生变化的，对于时间 t 是连续的情况，t 时期的技术水平 A_t 可表示成：

$$A_t=A_0e^{rt} \qquad (6.1.3)$$

r 是技术进步率，假定为不变的，则生产函数为：

$$Y=A_0e^{rt}K^{\alpha}L^{\beta} \qquad (6.1.4)$$

对上式求全微分即可得出：

$$\frac{dY}{Y}=\alpha\frac{dK}{K}+\beta\frac{dL}{L}+rdt \qquad (6.1.5)$$

这就是说，国民生产总值（或国民收入）的增长率 dY/Y 由三个因素组成；（ 1）资本增长率 dK/K；（2）劳动增长率 dL/L；（3）技术进步率。技术进步对经济增长的影响可以从美国的实例中清楚地看出。美国 1909－1949 年的四十年间，私营非农业企业产值增长 216%，其中劳动投入增长 54%，资本投入增长 102%，而技术进步增长率达 146%，其在产值增长中的贡献占 68%。更有甚者，在劳动生产率的提高中，技术进步的作用高达 90%。

技术进步对经济的促进作用，除了使土地和资本等物质生产要素的质量发生改变之外，还特别地增进了一种特殊的生产要素——劳动力的质量，使劳动者的工作技能、技术水平、熟练程度不断地得到提高，如果把教育和培训等方面的支出视为一种投资的话，那么由此形成的具有一定工作技能、技术水平和熟练程度的劳动力，就是一种资本，一种体现在劳动者身上的、以劳动者的数量和质量表示的、最耐用的资本，舒尔兹称之为人力资本。一些南美国家只重视物质资本投入，而人力资本短缺造成了其过高估计的经济发展能力难以实现。相反，亚洲的韩国、菲律宾和我国台湾地区，大力投资教育，形成了技术密集型产业的相对优势。

增长中存在着两种重要的增长概念，一种是均衡增长，即每一个时期的产量增量，恰好等于该时期的生产能力产量增量。另一种是同步增长，即保持产量增量与消费增量的同步发展。均衡增长的目的是保持生产的持续发展，而同步增长的目的在于保持市场供需平衡，不至于生产过剩而引起经济危机。保持同步、均衡增长通常是区域发展的关键。

研究人类社会经济增长，众多的学者发现了经济增长存在周期性现象。现代经济学把经济周期理解为两种类型，一是古典的，生产水平存在周期性波动；二是增长的，经济增长速度存在周期性波动。1949—1970 年资本主义国家共经历了四次古典周期，七次增长周期。增长周期比古典周期更为常见。发展的意义就是要把握经济周期赐予的机会，使区域在经济的上升半周期上有迅速的提高，并能抗拒经济衰退可能带来的冲击。关于经济增长的详尽理论可参阅有关的宏观经济学著作。

较早研究经济（区域）发展问题的是美国人罗斯托（W.Rostow），他主要以英国和美国的经济发展过程为依据，吸收历史学派的观点，将人类社会

的发展过程划分为五个阶段：传统社会，“起飞”前准备阶段，“起飞”阶段，趋于成熟阶段和高额群众消费阶段。其中的核心是“起飞”。罗斯托的“起飞”是指在工业化初期较短的时间内（20—30 年）实现基本经济和生产方法上的根本转变，突破不发达经济的“恶性贫困循环”困境和停滞状态。实现“起飞”，要具备两个条件，一是要有较高的资本积累率；二是必须建立主导产业部门，这个产业发展快，又能带动其它产业，形成主导产业部门的综合体系。

另一个开创性的发展理论是由著名经济学家刘易斯（W.A.Lewis）提出的两部门模型。刘易斯认为，由于不发达经济是依赖建立在土地等非再生性资源基础上的传统农业，因而持续增加的人口趋势必对其经济形成不可逆转的巨大压力，造成整个经济收益的递减趋势。因此，贫困乃在于不发达经济内部劳动力相对于土地等资源的过剩，部分的劳动力处于隐蔽失业或不充分就业状态。与此不同，以现代工业为主体的现代经济，大量使用的是诸如厂房、设备等可更新资源，其规模随资本积累而扩大的速度可以远远超过人口增长。因此，经济发展就是要扩大现代经济部门，实现经济活动由农业到工业、人口由农村到城市的转移，即工业化过程。

经济发展过程的结构变化还表现为产业结构的规律演替。通常经济学家将经济活动分为三个产业部门。第一产业是对自然界存在的劳动对象进行收集和初步加工的部门，如农业、牧业、狩猎、渔业、井业和矿业；第二产业是对第一产业部门的产品进行加工的部门，又称制造业；第三产业是为前两个产业部门提供生活性服务和生产性服务的部门。克拉克（C.G.Clark）整理了若干国家按年代顺序劳动力在第一、二、三产业间转移的资料后得出结论：随着经济的发展，即随着人均国民收入水平的提高，劳动力首先由第一产业向第二产业转移，当人均国民收入进一步提高时，劳动力便向第三产业转移。胡兆量在分析 1970 年世界各国就业类型后,将此进一步分为三个发展阶段六种类型。若第一、二、三产业分别以 P、S、T（Primqry、Secondary、Tertiaryindustry）代表，则

第一阶段，P 占首位

（1） P＞T＞S 如印度、埃及

（2） P＞S＞T 如伊朗、保加利亚。

第二阶段，S 占首位。

（3） S＞P＞T 如波兰

（4） S＞T＞P 如捷克

第三阶段，T 占首位

（5） T＞P＞S 如古巴

（6） T＞S＞P 如美国、日本等

6.1.2 几种国家发展战略模式

第二次世界大战后，关于经济发展战略的研究掀起了热潮，联合国也在 60—80 年代连续制订了三个国际发展十年计划，这些研究和实践揭示了发展中国家落后的根源，增强了落后国家人民的发展信心，也实质性地推动了这些国家的经济发展和自立。

经济发展的战略模式一般可归纳为以下几种：

（1）经济增长战略这一战略以国民产值或国民收入的最大增长率为主要发展目标，是一种朴素的“追赶战略”。该战略模式的出发点是认为发展中国家与发达国家的经济差距无非就是 GNP 的差距，只要以最大的增长率奋力追赶，差距就可以缩小，有朝一日接近发达国家的经济水平。

经济增长战略是仿效发达国家历史过程的传统模式。发达资本主义国家历来强调资本的积累和集中，实行扩大再生产；强调高产值商品的生产。但作为发展中国家，要照搬发达国家的模式，就会面临各种困难，诸如资金短缺、技术落后、经济结构畸形等。更为严重的是，今日发展中国家所处的国际经济环境已与资本主义上升时期完全不同，资本主义（帝国主义）垄断和瓜分了世界工业产品市场，它们对发展中国家数百年的殖民统治造成了这些地区民族经济极端落后、畸形、极端依赖于发达国家。况且，发达国家在垄断加工品市场的同时，对国内的初级产品生产实行高额补贴和贸易保护政策，致使发展中国家农业和资源产品的发展也遇到强大竞争压力，经济增长忽冷忽热，无法摆脱工业化国家的影响。

另一方面，国民总产值的增长往往意味着“国民总污染”的增长和不可再生资源的消耗。发达国家已经走过了一段“先污染后治理”的弯路，发展中国家今天的经济增长主要是为世界上最贫困的阶层谋求最基本的生存权利，在人口增长、外债高筑等内外压力下，何时才能腾出手来认真对待经济增长的环境后果，何处取得经济增长的资源补偿，完全是个不确定因子。

尽管增长战略可能过于单纯、难以奏效，但无论哪一种更新的发展战略仍然不得不将经济增长作为基本内核。对发展中国家而言，“不增长的发展”会比“不发展的增长”更令人失望。

（2）满足基本需求战略鉴于发展中国家广泛存在的“不发展的增长”，一些学者提出了一种“变通”的发展战略，即满足基本需求战略。美国学者克拉伦斯认为，“对于那些人民的生活水平还没有提高的国家来说，发展显然是要改变贫困、失业和不平等的状况，而不是提高人均国民生产总值”。当然这并不是说变通战略不欢迎国民产值的增长，但是要求这种增长必须来自人民大众的基本需求的有效增长，而不是以大多数贫困者的赤贫化为基础的高层阶级的消费膨胀。

联合国在其第二个十年（1970—1980）发展战略中，也明显地注意把社会目标集中于教育、保健、营养、住房、收入分配、土地制度等方面，而不像前一个十年计划那样把目标集中在国民生产总值的增长上。

变通战略强调全体人民的基本需求和贫困阶层的社会福利，强调经济结构与经济总量并重，强调因地制宜地采取多样化的区域政策解决本国本地的经济问题，与经济增长战略相比，更趋成熟、全面。但这种战略仍然无法摆脱既定的国际经济格局对国内经济发展的巨大影响，在具体实施中同样存在许多难以逾越的障碍。

（3）自主发展战略这种战略模式旨在摆脱发达国家对发展中国家的种种不良影响，由政治独立逐步走向经济独立。其视角与前两种发展战略迥然不同，被称为“激进”模式。

激进的发展经济学家，揭露了发达国家与不发达国家间存在的依附性和不平等性，认为“造成不发达状态的正是造成经济发达（资本主义本身的发展）的同一历史过程”，提出了建立国际经济新秩序，以解决发达国家与不发达国家之间的结构性关系问题的带有政治性、革命性的新主张。激进战略

倡导者们还积极主张进行国内的政治经济改革，以增强民族经济的独立性，消除收入分配上的不公平。

激进战略虽然正确揭示了发展中国家贫困落后的根源，但发展中国家的政府同样清楚，完全等待、依靠罗曼蒂克的“国际经济新秩序”来解决国内经济问题是十分天真的。因此，自战后以来，许多发展中国家立足于国内的发展，来调整和改善自身在国际经济体系中的位置，创造 了以下两条新的工业化途径。

（4)进口替代战略这种模式主要通过建立和发展本国的制造业和其它工业，以其产品替代过去必须进口的那些制成品，用以带动国民经济的增长，实现工业化。

这一战略具有内向性特点，产业和产品主要指向国内市场，以期逐步摆脱对发达国家的依赖。为了替代进口，国家担负起阻止进口、保障市场和资源的责任，民族工业在这一保护伞下得到发展，风险性较小。

但这种战略往往要从轻纺工业起步，重工业的发展会受到一定的抑制，引起新的结构畸形。同时，由于国家阻碍了国际竞争，工业技术的进步难以实现，民族经济与世界经济的关系可能由依赖走向脱节。

（5）出口替代战略这一战略又叫出口导向型战略，也就是让本国的工业生产面向国际市场，以制成品出口逐步取代过去的初级产品出口，借以带动经济增长，实现工业化。

采取这一战略的一般是已有一定工业化基础的沿海国家，如巴西和亚洲“四小龙”。出口替代战略具有外向性特点，工业发展的牵引力主要是外需，以本国的廉价劳动力与发达国家的资金、技术相结合，发展国际贸易中具有比较优势的部门或产品，因而其对发达国家的依附性仍然很大，但毕竟已由初级产品市场依附转变为制成品市场和技术、资本依附。

70 年代以来，发达国家对发展中国家的制造业产品也采取了贸易保护主义政策，因此，出口替代战略也处于越来越不利的地位，尤其是尚未来得及实施出口替代的开放发展战略的发展中国家，要进入世界产成品市场已相当困难。

有人将与上述两种“替代”战略相对的初级产品出口也作为一种战略。这实际上是一些发展中国家无可奈何的“卖血”的选择，没有多少战略意义可言，只有少数资源天赋极丰的国家才用得起这种“战略”。

6.1.3 城市化的意义

世界各国经济发展的经验无一例外地表明，经济的发展与城市化是同步进行的。事实上，城市化已经成为了 20 世纪世界范围内最强有力、持续时间最长的世界发展趋势之一，成为社会进步的代表，是各国、各地区社会经济发展的共同道路。

城市化过程的基本标志是，大量的农村人口转变为城市人口，并集中地进行工业生产、服务等专业化的高效率劳动。

城市经济形态与农村经济形态之间在劳动生产率方面有着根本差别。以受制于自然条件的农业为主导产业的农村，生产规模的扩大受到硬性约束，劳动生产率较低，因而农业的发展最终将收敛到一个特定水平。与其相反，以工业生产为主体的城市，生产规模的扩大呈现出发散的特性，有着广阔的

发展空间，劳动生产率大为提高。

城市和农村劳动生产率的较大差异使单位劳动的投入所带来的产出就有着很大差异。随着农村社会分工的深化和机械动力的广为使用，发达农村开始存在剩余劳动者。虽然这一现象在农村表现为隐蔽失业，但仍引起产出的下降，这时就存在着大量劳动力资源的浪费。城市非农产业的产出高于农业，这种产出之差就形成了劳动力转移的动力，它推动劳动力由低产出部门向高产出部门转移，并在增加社会总产出的同时使转移的劳动力也获得较原来高得多的收入，从而形成了城市的吸引力。生产率的持续进步，保证了劳动力转移“力场”的存在。

在劳动生产率提高导致城市化进程的同时，消费结构的倾斜也对促进城市化进程起了重要的决定性作用。并带有普遍的共同规律。

在城乡人口职业结构中，工业、服务业劳动者是城镇人口的主要成分，其职能是为城乡人口提供生产生活资料；农牧业劳动者是农村人口的主体，其职能是为城乡人口提供大量农副产品。城镇人口规模主要取决于工业服务业劳动者的数量，又取决于城乡人口对工业消费品和劳务的需求；农村人口规模的变化由城乡人口对农副产品的需求所决定。

不论哪种需求都将随着劳动生产率的提高和收入的提高而提高，但如果对工业品、服务业和农副产品的需求呈等量扩大，则城镇人口和农业人口的比例关系也将不发生大的变化。然而事实却是随着需求水平的提高，人们的消费结构发生倾斜，人们用于工业品和服务业的消费比例提高，用于农副产品的消费比例则下降。这样，工业品和服务业的需求增长就取决于农副产品需求的增长，使城镇人口比例相对地或绝对地提高。

由此可见，人口由农村流向城市，形成城市化的过程中，劳动力实现了以农业到非农业的职业转换，并伴随有依存于职业转移的空间转移，这两个转移使得规模经营与专业化协作成为可能，转移的深层次的含义是劳动力由低产出部门转移到高产出部门，由消费比例相对下降的部门转移到消费比例相对上升的部门。从而使经济得以发展，使社会总财富大为增加，使人类的倾斜性的消费需求得以满足。总之，劳动力的两种转移是合理的、必然的。

城市化的另一个效应是资源的节省。城市中由于人口集中居住，工厂商店成组分布，可以共享道路、供电、供水设施，建筑用地比农村地区也大为节约。城市化同时还带来了文教娱乐设施和市政设施高效率使用。试想一个百户人的农村需要一个小学，从一年级到六年级配备必要的教师、教学用具和设备，而一个年级的学生可能尚达不到 20 人（以每户人有一个孩子估计）。也有几个班级共用一个教室，由一个教师讲课的情况，但往往牺牲了教学质量。城市化后，每个城市居住区可配备一套完全中小学，一个班可达 60 人，资源（教师和教室）大大节约。1991 年中国江淮流域发生了特大洪涝灾害，农村工业因缺少抗洪能力而损失惨重，而对城市的重点防护保护，众多的骨干企业得到了保护，城市堤防的防护效率远高于农村地区。类似的集中产生的资源利用率倍增的效应是普遍存在的。表 6.1.1 是我国不同规模城市人均用地的比较，它表明城市化驱使资源效率有效地提高。

表 6.1.1 中国不同城市规模用地比较

城市规模 (万人)	人均用地 (m^2)	地均工业产值 (万元/km^2)	地均利税万 (元/km^2)	人均生活用地 (m^2)
200 以上	55	877	178	21.7
100 — 200	78.9			26.0
50 — 100	84	138	26.5	31.8
20 — 50	86	84	12.1	30.6
20 以下	104	12	1.95	42.0

据胡兆量（1988），张秉忱（1988）资料

目前，世界上发达国家是以高度城市化为标志的。在 1925 年，北美洲城市化人口约为 54%，半个世纪之后，这一比例上升到 77%，这个过程正是美国成为世界头号强国的过程。在苏联，甚至经历了更为惊人的城市化加速过程，城市人口从 1925 年的 18%，经半个世纪达到 61%，这个过程就是苏维埃国家工业化的过程。表 6.1.2 是日本人口城市化的过程。从表中可以看出，日本经济起飞的五十年代是其城市人口增加最快的时期，1955—1960 年的日本战后经济高速发展时期中，城市人口增长率为 3.31%。从 1973 年以后，经济增长率递减，城市人口增长率也随之下降为 1.67%。发展中国家的经济发展与城市化密切相关，朝鲜战争结束时，韩国的人均收入仅为 83 美元，70 年代开始，经济迅速发展，目前已达到人均年收入一万美元。这个过程也是它的城市化过程，1991 年韩国的城市人口已占总人口的 70%左右，并准备发展城市群。

表 6.1.2 日本城市人口增长

年份	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980
城市人口比重	14.9	18.1	24.1	37.7	37.3	63.3	72.1	76.2

对人口城市化的一个忧虑是城市人口增长是否会使农民数量过低，以致人类处于粮食供应不足的状态。事实证明，由于农村劳力的转移，必将引起农业的集约经营和农业技术的提高，粮食生产并没有出现下降，例如美国是世界上主要的农产品输出国。20 世纪实际是城市化的世纪，本世纪中叶，城市人口比重达 80%的国家只有两个，1960 年为 4 个，1970 年为 9 个，1980 年为 12 个。在本世纪，许多农业国转化为工业国，但世界的粮食供应仍然不断趋于改善。事实上，农业人口不可能以很低的比例存在。世界上一些先进国家的经验表明，大约农业人口占总人口 1/4 时，人口城市化过程达到动态平衡。而当农民收入达到城市居民收入的 1/2 时，农民已不愿意转向城市生活，这可能是农村良好的环境质量，平静的社会生活和日常生活中的自给自足，从心理上和经济上补偿了收入的偏低。著名区域经济学家埃德加·胡佛指出，过低估计人口迁移和流动性提高所具有的对于发展的潜在作用，是“政治的、经济的偏见”。

尽管城市化具有重要的经济意义，但城市化可能带来环境退化和社会纷扰等消极后果，因此城市化及区域发展，必须注意与人口、资源、环境的协调，即 PRED 协调。

第二节 区域发展模式

6.2.1 经济区（划）模式

经济区域即经济区，是社会化生产专业化分工的地域表现，而经济区划就是根据社会生产地域分工的特点和要求，对国家或地方土地的划分，揭示各地区专业化发展的方向和经济结构特征，为充分开发资源、发挥地区优势、优化生产布局、编制地区计划和区域规划提供依据。

五十年代起，我国地理学者由农业区划入手，研究和编制了我国及各地方的许多部门性经济区划，如交通运输区划、能源区划、人口区划等，并进行了综合经济区划的尝试。近年来区划研究转向局域经济区的研究，这种局域经济区主要有以下几种类型：

（1）基地经济区 所谓基地经济区，就是以某种或某类有区际或国际意义的资源或产品的生产为龙头而组织配套的经济区。比如以煤炭生产为龙头的山西能源基地经济区，以粮食生产为主要方向的黄淮海粮食基地经济区，以钢铁生产为主的攀西—六盘水经济区等。基地经济区一般以矿体或产品的空间关系为纽带，不强调以综合性大中城市为经济区的中心，是一种专业化的生产地域综合体。

（2）中心城市（群）经济区 以特大城市或大城市群为中心，按其直接腹地的范围形成的经济区称为中心城市（群）经济区。如上海经济区是以上海市为中心，包括江苏的宁、镇、扬、苏、锡、常、通和浙江的杭、嘉、湖、宁、绍等地级市范围的综合性经济区；京津唐经济区是以北京、天津和唐山三市为中心，包括河北廊坊等地区的经济区；此外还有以沈阳为中心的辽中南经济区，以广州（及香港）为中心的珠江三角洲经济区，以厦门、漳州、泉州为中心的厦漳泉经济区，以武汉为中心的武汉经济区，以重庆为中心的重庆经济区等。

中心城市经济区强调以中心城市组织社会化生产协作，对提高我国经济建设的规模效益、均衡我国的生产力配套起了重要作用。中心城市经济区划在理论和方法上也有较多的新突破，如中心地理论、空间相互作用理论等都有了不同程度的实践应用，在区域分析、“流量”（物资、信息、资金等）研究方面有所创新。

（3）行政经济区 我国各级行政区实质上也是一种相对独立的经济区。因为，首先，政府是经济决策、指挥和指导者，行政联系极大地影响着经济联系，因此以行政区域组织经济区有更强的可操作性；其次，行政中心基本上也是该级行政区的经济中心，因此，有人也称我国的行政区为“行政—经济区”。当然，行政经济区也有它的缺陷，首先是它的固定性，行政边界往往有历史继承性和延续性，难以适应经济联系范围的客观动态变化，容易造成行政区与客观经济区的空间背离；其次是它的封闭性，由于政府工作实行“岗位责任制度”，往往使政府对本辖区经济发展的外向联系受到不合理的选择性限制，形成诸如‘肥水不流外人田”、“远交近攻”等行为模式，影响正常的市场发育。

尽管这种经济区没有得到经济学家及地理学家的一致认可，但它的现实

意义是不容低估的。目前我国绝大部分中长期区域发展计划都是以单个行政区为基本单元组织实施的。针对上述两点缺陷，只要在行政管理体制上作深刻的改革，做到适当地政企分开，就可能打破区域封锁，使行政经济区适应市场开放化、网络化的要求。

（4）流域经济区 以综合开发一个水系或一段河流、一个湖泊而组织的经济区称为流域经济区，比如长江上游正在酝酿的三峡经济区、黄河上游水能开发经济区、乌江流域经济区等等。流域这一自然地理区域之所以能成为一种经济区，主要因为：

①同一流域的自然条件特征趋同；

②上、下游关系密切，在防洪、发电、航运、渔业、灌溉等诸方面需要相互协调，统筹安排；

③河流构成流域内交往的天然介质，分水岭形成经济区的天然边界。

流域经济区开发的主要特征有三：

①投资大周期长：流域开发通常以大型工程项目为里程碑，水坝、电站、水库、航道、堤防等的建设都需要较大的投资和相当长的建设工期，我国的三峡工程预计要 18—20 年才能竣工。

②梯级性：河流的开发通常采用自下而上的梯级建设，这样可以使工程开发的基础设施得以延续利用、逐段推进，节省一次性投资。

③外在效益大：流域经济区的开发，其经济效益远不止所在河段本身，对上游及下游的影响十分重大。例如三峡经济区的建设最大的外在经济效益将在长江中游，荆江大堤和分洪区的安全将使沿岸大片土地得到稳定开发。

当然河流本身对于经济活动的空间联系既有加强的一面，也有阻隔的一面，因此不一定所有的流域都可以组成一个完整的自然经济区。比如长江下游的苏南和苏北，虽自然条件差别不大，但长江干流的阻隔却使上海对外的经济辐射难以越江深入苏北腹地，使大江南北的经济水平呈现强烈反差，不宜作为一个流域经济区。

（5）生态经济区 这是近年来强调经济与生态协调发展而兴起的一种新型经济区，一般设在生态环境脆弱地区，以共同的环境治理对象及措施为纽带，发展的主要目标是在经济建设的同时保护和改善生态环境。属于这类经济区的目前有黄土高原经济区、南方山地经济区，以及一些重要的自然保护区。

一些经济区，特别基地经济区和行政经济区，常以地域生产综合体为经济系统的基础。地域生产综合体是由苏联人创造的一种科学的区域开发模式，在前苏联的国家建设特别是远东和西伯利亚开发中得到了广泛而成功地应用。

“生产综合体”一词最早由苏联学者舒什金 1925 年提出，1941 年科索洛夫斯金正式提出了“地域生产综合体”的概念，其涵义是：（1）地域生产综合体是一定地域内一系列企业或集团之间，以及企业与居民点之间彼此联系、相互结合形成的有机统一体；企业与企业的结合准则是生产的技术经济特点上的共性及工艺流程上的联系性。（2）它是通过动力生产过程，即动力生产“链”——地域生产综合体——全国经济区体系，来组织国民经济活动的，是全国劳动地域分工的产物，体现了良好的系统性和整体性。（3）它是以地域内自然资源的有机组合为物质基础的。（4）集中体现了地域专门化与多样化相辅相成的关系。综合体经济一般由代表地区资源与经济特点的专门

化部门、与专业化部门协作配套的辅助性生产部门和只为本地区服务的自给性生产部门组成。专业化生产能充分地利用当地发展生产的有利条件，并广泛地参加全国的劳动地域分工，因而可以通过商品交换、互通有无，达到发挥地区经济优势的目的。辅助性生产部门依专业化部门而生存并为其服务，是专业化部门的外延。自给性产业部门一般是利用“遍在性”资源而建立的一些日常需求产业，主要为区内服务。

按地域生产综合体模式组织地区开发具有多方面优越性：(1）有利于地区和企业的生产专业化与协作发展，以利于全社会资源的充分开发，提高总体经济效益；(2）可以使从自然资源的开发，原材料和中间产品的加工到最终产品生产的全过程在地域生产综合体内合理组合，减少中间产品的不合理周转；(3）对当地的资源可以进行区域性的多目标开发和综合利用，既可充分合理地利用当地的自然资源，又有利于区域污染的综合防治，从而通过地区经济的综合发展，把合理开发利用自然资源与环境保护结合起来。(4）地域生产综合体内拥有多种生产部门，有利于安排不同年龄、性别、具有不同专业的劳动者就业，充分利用当地的劳动力资源。(5）可以共同利用基础设施，减少投资、节约土地。(6）有利于配套项目同步建设，统筹进度，尽快、连续地形成和扩大生产能力，提高投资效率。(7）有利于在全域进行科技、经济、社会全面规划，生产、生活与生态综合相协调。

地域生产综合体的模式似乎只适用于社会主义计划经济体制。由于它对个人价值观念、地区局部利益、经济决策信息滞后等客观存在的经济行为因子考虑不足，实际执行中也有很多不够理想甚至事与愿违的地方，但战后四十年在苏联的实践取得了巨大成就。今天，苏维埃国家联盟及其社会主义经济制度已不复存在，地域生产综合体的战略模式也将面临严峻考验。

以经济区划方式组织区域发展的模式，基本上是一种中央计划经济的模式，但在市场经济国家也产生了一定的影响，如美国的田纳西流域开发，事实上取得了很好的成就，但战后受“麦卡锡主义”的反对，这种模式在西方发达国家未得到发展，在一些发展中国家却受到了不同程度的重视。

6.2.2 非平衡模式

非平衡模式是源自西方的一种区域发展模式。这种模式认为，对大区的一定区域或城市进行重点投资或实施优惠政策，这个区域会超前发展。中心区域的发展将迅速增强区域的经济实力，同时由于中心区域的激烈竞争和资源限制，必然有一些资金和熟练劳动力闲置起来，它们为了“生存”，必然“滴漏”到原来落后的邻区，宏观上形成扩散效应，与扩散同时进行但方向相反的过程是大量就业人口和产业涌入中心区域使得土地资源紧缺，从而必然地促进其空间扩张。非均衡模式的地理学基础是本章所述的“中心—腹地”结构。

非均衡结构中的中心，一般被认为具有五个特点从而使它可能引发区域增长：(1）从事骨干性生产、贸易活动，这种活动能推进区域技术和结构专业化基础上的持续发展即形成空间特化的区域经济系统；(2）能将区域各主要产业联系成为互补互惠的交换体系；(3）在全局空间经济中处于有利的区位并可引发区域集聚；(4）本身起推动作用的主要产业和与之联系的产业可能出现足够的增长；(5）生产要素可向中心流动并且由于空间竞争等，会出

现向中心外的“滴漏”（trickle down）和中心扩展（spread）。

根据近年来的发展，非均衡模式有三种亚型：

一、增长极模式

这是由法国经济学家 F.帕鲁于 1950 年提出的一种经济增长理论。增长极的最初含义是指围绕某个或若干个推进型工业而组成的工业群体，它们构成推动经济增长的极核。推进型工业具有规模大、增长快，与其它工业投入—产出联系广泛而密切，创新能力强，可诱导和带动其它工业发展，能产生极化和扩散效应等特点。

1966 年，法国学者保德维尔将这一理论加以空间化，提出了都市—工业增长极战略，并由此衍生出中心城市作为增长极的概念。

增长极理论强调以中心城市为极核，带动区域经济的发展。帕鲁认为，在同一时间内，增长并不是在各地都会出现，而是以不同强度发生于一定的点或极上，并通过不同渠道向外扩散。从区域发展的角度看，应当努力加强位于落后地区的这些“焦点”，以启动经济的自增长过程，由不平衡增长带动区域的平衡发展。

二、点轴模式

点轴模式是对增长极理论的一种发展，最初由陆大道（1988）提出。这一模式认为，经济增长除需要中心城市来推动外，还需要有增长轴或增长“脊”作为骨架。

区域经济增长轴一般是交通干线、通航河流或海岸线。以我国为例，就全国范围来看，学者们提出的增长轴有：（1）沿海岸线；（2）京广线；（3）京沪线及京杭运河线；（4）哈大线；（5）长江干流；（6）陇海线；（7）宝成—成昆线；（8）黄河线等等。南北向轴较多，东西向轴线少而长。从地方区域来看，一个区域能具备一二轴线已经很好，一些没有铁路、大河、海港海岸的区域，苦于缺少增长轴，往往发展较慢，比如江苏北部淮阴、盐城地区。

点轴模式中的点一般是轴上的区位优势点，特别是轴线交叉点，例如上海是海岸、长江、铁路及国道公路的交会点，区位优势无与伦比，已成为全国乃至东亚的经济中心之一。增长轴开发到一定程度后可引致横向扩展，形成“增长带”或产业带。

三、对称型非均衡模式

一般的非均衡模式隐含了人口自由扩散的假设，在类似中国这样的社会主义国家，出于多种原因，人口扩散受到了限制。技术的传播不是靠熟练工人的迁移，而主要是由落后地区向发达地区派出工人进行培训，培训的工人一般只能达到半熟练水平。同时因为资金有限，基本上由国家和地方政府控制，地区保护主义及中国众多人口形成的就业队伍迫使地方政府尽可能投资于本地来解决就业问题，因此，资金的原始积累不是市场导向的，在发展过程中也没有资金的有效扩散。这种基本条件，将会使区域间经济差异加大，出现穷者愈穷，富者愈富的“马太效应”。针对这种情况，王铮（1989）提出所谓“对称型的非均衡模式”，而称正常非均衡模式为非对称的。

对称型非均衡模式的要点在于对全国工业支柱区或经济发达地区重点投资，实行优惠政策，对落后的腹地选择若干重点地区建立次级发展中心。在时序上，进行增长极地区和腹地（或滞区）的交替重点扶植。关于滞区的次极选择，应为资源基地和交通枢纽。象中国这样的发展中大国，其产业发展

的资源条件基本上只能依赖国内，加快滞区的资源开发，有利于向发达地区提供必需的资源，使增长极得到资源上的集中优惠，同时使滞区（或腹地）的有利条件能够吸引发达地区的资金促进本地区的资金积累，从而使得自身也得到发展。如果不对滞区实行阶段性的优惠和扶植，可能最终开发不出增长极（轴）地区所需资源，出现资源涨价，进而引发产品涨价，涨价的产品又使资源区购买高价生产设备而进一步唤起资源涨价，如此出现“轮番涨价”，影响全局经济稳定、协调和增长。

6.2.3 区域发展的规划模式

前面的模式是宏观上的，对具体区域发展，通常要求微观意义上的规划模式。

1.资源导向式：根据区域的自然环境与资源种类、储量和开发条件，制订区域发展的主要方向。实际上，资源常是经济发展的基础，对区域经济发展起着重要的定向作用。如我国许多资源开发型经济区都是以围绕该类资源的开发利用展开的产业活动为主要目标方向的。大庆油田地区、山西煤炭基地、内蒙牧业区、兴安林业区、舟山渔业区等等就是这样发展起来的。

资源导向式是一种传统的发展模式，经验证明，它不完全适应现代经济发展。以我国为例可以说明这一观点。由于我国自然资源分布的重心西偏而资源加工重心东偏，广大中西部地区的资源开发利用程度一般都不深，大多以原材料向东部输送，致使生产量受运输能力的很大限制。同时，资源产地与加工地的这种背离倾向，使资源产地对市场变化缺乏适应力，往往造成经济发展的低而不稳波动。

2.市场导向式：根据市场需求而组织产、供、销，产品以日用消费品为主，市场一般在区外。这一模式主要流行于没有明显的自然资源优势，而占据有利的工业生产区位、拥有一定的技术力量和资金、享有通畅的市场信息网络的沿海地区。

对市场导向模式，不能理解为永远没有主攻方向的“随风转”战略，而是依据本地区的优势条件，在市场引导下逐步确定优势行业，稳定产品的市场覆盖率。

我国目前的二元经济结构尚有不适应市场导向模式的地方，以致国营大中型企业不如中小型集体企业、乡镇企业那么有活力，这是今天经济体制改革中所要解决的主要问题。

3.实力导向式：根据现有经济体系中各产业、行业、部门的实力状况，决定今后的主要发展方向，让实力强的行业进一步形成一个“拳头”，实力差的行业适当抑制。这一模式多少有点“存在即合理”的价值倾向，追求规模效应，对短期发展具有较强的可行性。

这一模式的逻辑严密性受到怀疑，现状的优势产业不一定就能成为未来的优势产业；相反，现状的不起眼的行业，也许代表了未来的方向。因此，实力导向模式对制订中长期发展计划有一定的风险性。

4.综合平衡式：根据资源、市场、效益、实力等因素的综合，确定区域发展的主、辅产业。

这种模式是当前区域规划中经常采用的，它追求的主要目标是建立具有地方特色的经济结构，达成物资、资金、人力的综合平衡，稳定经济增长速

度，提高经济效益。

在经济部门综合平衡分析中，投入产出模型得到了越来越多的应用。投入产出模型是三十年代由美国经济学家列昂节夫提出的，是描述各经济部门之间平衡关系的数量化模型，其基本关系式为

$(I-A)\ X=Y$ 或 $X=(I-X)^{-1}Y$

式中，Y 为最终需求向量；X 为总产品向量，A 为生产系数矩阵，I 为单位矩阵（所谓矩阵，就是一张表）。

因此，可以根据技术、工艺（A）的变化，在最终需求（Y）已知的条件下，预测社会总产品的数量（X）；也可以根据最终需求（Y）的变化，推算在一定技术、工艺（A）条件下社会总产品的供应量（X）；还可以根据一定的总产品（X）和技术、工艺条件（A），推算实际可以获得的最终产品（Y）。对于区域发展分析，X、Y 和 A 可以赋予各经济部门的投入、产出与生产系数，构成部门间平衡模型。

列昂节夫这一模型 1964 年被美国政府采用作为国民核算体系的组成部分，1968 年被联合国推荐为新的国民核算体系的组成部分。现已有一百多个国家和地区采用此模型作为国民核算体系。

投入产出模型与现行的传统平衡分析相比，具有以下特点：（1）把每个部门产品的生产和分配都放在国民经济的有机整体中来考察，能够全面而集中地反映它们之间相互依存的数量关系以及重要的比例关系；（2）通过表明产品的分配比例和各部门的价值构成，反映社会生产和社会需要之间的平衡关系；（3）可以有效利用现代数学方法和计算技术来模拟和推演复杂的经济过程和经济关系。

第三节　区域发展规划

发展是一个长期过程，盲目地对待发展可能出现经济混乱，环境、资源与发展的冲突激化，因此，无论计划经济的社会主义国家还是非计划经济的资本主义国家，都提出了区域发展规划的问题。有时这种规划被称为国土规划，国土规划似乎更强调对资源利用、环境控制和城市布局的规划。丁金宏最早于 1986 年提出国土=资源+环境+空间结构的观点。将国土规划理解为全国规划是狭义的。区域发展规划的含义更广，它是关于一定地区的资源开发利用，环境治理保护与控制，生产建设布局，城乡发展以及区域经济、人口、就业政策的综合性规划。国土规划或区域发展规划不是一成不变的，在日本，国土规划的时间为十年，但每三年调整一次，以适应经济发展，全球变化（政治的与自然的），社会进步的新形式。我国的规划也是不断调整的，不过还缺少定期化特点。另外，区域规划是递阶的，即国家规划指导地区规划，地区规划指导地方规划，地方规划再与工程项目计划相衔接。

6.3.1 特点

区域发展规划具有战略性、综合性、地域性三大特点。

一、战略性

区域发展规划是区域发展的方向性规划，重点是从宏观着眼，对社会经济发展中的资源开发、环境整治和建设布局等有决定意义的问题做出决策。

区域规划的战略性决定了在规划内容上的粗线条特征，也就是说区域规划并非越具体越好，规划目标不一定都要精确量化，关键是找准方向、把握基本尺度。

区域发展规划是区域发展的中长期计划，规划期限多在 10 年以上，一般在 20 年左右，在这样大的时间跨度中，不确定因子的作用不可排除，因此，区域规划应与五年计划、年度计划等相互配合，使区域规划的目标逐步地化为近期计划的成果，同时也要根据客观形势的变化，不断地滚动修改规划，调整目标，形成时间上的永续过程。

区域发展规划的空间尺度较大。区域规划的“区”比居住区、工业区等概念要大，比单个城市的规划区也要大。在我国具有一定战略意义的最基层区域规划是县域规划，其地域范围一般在几万公里以上，这也是区域规划的宏观性、战略性的一个表现。

二、综合性

区域发展规划的综合性也叫系统性，这一方面指规划的内容广泛，是人口、经济、资源、环境等问题的综合，也是速度、效益、平衡等问题的综合。另一方面是指区域规划的思想方法上的系统性。区域规划要统一安排产业结构、生产性与非生产性建设布局、环境整治等对策，尽量使各部门、各地区在发展中相互协调。同时，区域规划需要多学科和多种专业的配合，并加强对规划方案的综合分析和综合协调工作。

三、地域性

区域发展规划的地域性也有两方面含义。

第一，区域规划要有鲜明的地方特色。地域分工是社会化大生产的客观要求，针对地方特点、发挥地区优势是实现生产地域分工的可靠途径。因此多地区的区域规划要灵活运用发展模式，防止“千区一面”。

第二，区域规划以空间布局为主要研究对象，是我国国民经济计划体系的有机组成部分。

传统的国民经济计划多是按部门、按条条进行的，这类规划主要重视纵向和侧向的平衡，即

（l）生产、流通、交换、消费四大环节的平衡；

（2）工业、农业、交通、第三产业等行业和部门间的平衡。

国民经济体系是多维的，因此仅有上两种平衡是不够的，空间布局的失误将给经济建设造成损失和障碍。60 年代，我国迫于国内外形势，生产布局中较多得强调“准备打仗”，建设重点向“三线”转移。“三线”建设对改变我国内地的落后面貌起了一定的作用，但是在当时的国力下显得操之过急，花了大量投资取得效益不大，反而影响了沿海经济优势的发挥。

区域规划强调了空间布局问题，可以说是国民经济计划的“第三平衡系统”，对推进我国及各地区的均衡开发，充分利用全社会的自然、人文资源，发挥各地优势具有重要意义。

6.3.2 内容

一、区域发展基础评价

（l）自然资源与自然条件评价对经济发展有重要影响的自然资源有土地、水、矿产、生物、海洋及自然风景等，其中土地和水是共性资源，也可

以称为“本底资源”，其优劣、丰歉程度表现了一个区域的基础素质。

矿产、生物、森林等和海洋资源为个性资源，这些资源往往是决定经济发展区域差异性的关键因子，其中尤以矿产资源的作用为最。

自然资源的评价一要看其丰度，特别是人均占有水平；二是看其赋存条件，即可开发性；三要看多项资源的配合情况，即综合开发前景。

经济发展的自然条件主要包括地貌和气候两大因子。这些因子不象自然资源可以进行开发并投入生产过程，但对经济活动过程有着重要的影响，地貌主要影响资源和市场的可达性，气候主要影响农业的生产率与水土资源。

（2）经济发展现状分析 经济现状分析的主要内容是总量结构和效益的分析，以明确区域经济发展的优势和问题。

经济总量是区域经济实力的标记，GNP 及其人均水平表明了区域在国家及地方经济发展的地位。经济结构分析主要看其是否已形成特色行业、是否已构成协调成熟的比例关系、是否与区域自然资源及自然条件特色相匹配。经济效益分析主要是找出经济发展中的激励因子、启动因子和限制因子，揭示经济发展的潜在优势和危机。

（3）经济发展的软、硬环境分析 区域发展的软环境又被称为人文资源或社会条件，包括人口（劳动力）的数量和质量、管理干部的业务素质、企业技术装备水平、社会文化教育状况等。这类环境因子对企业的经济效益至关重要，是经济模式（技术密集、劳动密集与资源密集）选择的一个重要依据。

区域发展的硬环境主要是指基础设施建设水平和经济发展的区位条件。

基础设施主要包括交通、通讯、供水、供电等工程设施和承载情况。这是决定投资效益的关键，通常又称投资环境。经济发展区位条件主要包括自然区位和经济区位两方面，自然区位就是区域之于自然地理单元的位置，比如沿海区位、沿河区位、河口区位、山区区位等。经济区位就是区域之位于重要交通干线、经济中心等的位置，比如铁路沿线区位、城市中心区位、城市边缘区位。区位条件是厂址选择、工业布局的重要依据。

二、区域发展的方向目标与战略布局

（1）明确区域经济发展的主导方向，也就是择定区域经济发展的产业模式，诸如资源开发型、深加工型、技术密集或高技术型、外向型等等。

（2）确定区域经济发展的主要目标，包括目标年的国民生产总值，三次产业结构比例、经济效益、人均收入、资源开发利用水平、环境保护标准指标。

（3）建设总体布局，也就是区域发展空间模式的选择。从全国角度来看，可以分为东、中、西三个地带，各带的产业模式和开发时序有所区别。对于地方性区域规划，建设总体布局的任务主要是选择区域经济中心、发展轴、产业集聚带以及重点开发基地和重点防护地区等。

在总体规划之后，还需要进行有关的专题性规划。

三、工业布局规划

工业布局规划的任务，一是要进行重要矿产资源开发利用方向、目标和途径的论证，使资源开发具有良好的效益、合理的年限。二是要对计划布点的骨干工业企业进行厂址选择，要在全面分析原料与燃料来源、产品销售方向、基础设施配套条件等的基础上，进行技术论证和多方案比较。三是要在新开发的工业区、工业点和产业带内搞好工业企业的协调组合，使工艺技术

上密切联系的企业成组布局，既利于分工协作，又利于形成规模。

四、农业布局规划

农业布局规划首先要进行土地利用规划，这一规划可以农业区划为基础，因地制宜地安排农、林、牧、渔业用地，对于既宜农、又宜林宜牧的土地，应从全局利益出发，把需要与可能、经济效益与生态效益结合起来具体论证。此外还要为城市、工矿、交通等建设留有足够的余地。

其次要合理调整农作物布局，安排农副产品生产基地，包括粮食基地、林业基地、渔业基地、牧业基地以及城市郊区的蔬菜、水果、禽蛋奶类基地等。

五、人口与城镇体系规划

人口规划一是根据现状人口结构和人口增长政策进行人口增长预测；二是根据人口结构变动趋势确定就业、就学、养老等对策；三是根据经济发展目标分析区域人口压力确定人口承载措施。

城镇体系规划的主要任务一是确定主要中心城市的性质，形成合理的职能结构；二是确定中心城市的空间结构，形成合理的带点网络；三是确定各级城市、城镇的数量和规模，形成合理的序位—规模结构。

六、基础设施规划

基础设施规划的内容包括骨干交通运输网及重要港站的选线定点，电站及输变电线路选择、跨流域调水工程论证及选线等等。

七、环境治理保护规划

环境整治规划的主要内容有：自然灾害，包括水、旱灾害、山地灾害、地震灾害等的防治规划；工业三废污染处理规划；防护林带及自然保护区规划；生态经济系统规划。

第四节　PRED 协调与地理工程

6.4.1　PRED 问题与协调

经济发展必然引起人口转化和再分布、引起资源的更大规模开发利用，对环境进行干扰和改造，人口、资源、环境与发展的矛盾会更加突出。本世纪以来，由于全球的经济发展和人类对自然资源的过分掠夺，一些物种绝灭了，全球正面临 CO_2 加倍增加而增温的威胁。而发达国家与第三世界差距却在拉大,同时,PRED 问题显的更突出。图 6.4.1 是一个区域经济发展产生 PRED 问题的说明图。其实具体的区域，具体的发展目标需要具体的分析，而各种具体目标会引起不同的重点问题。

例如我国长期酝酿的南水北调，目的在于增加华北水资源，改善华北经济发展的条件。但是，长江水北调以后可能引起长江口拦门沙上移，岸线后退、滩涂资源破坏、海水侵染，进而引起上海地区地下水矿化度增加甚而演化成水资源紧缺问题。同时这一工程还可能引起华北供水区土壤局部次生盐碱化，以及南方血吸虫病寄生体钉螺的北上，即可能引起血吸虫病北移。此外还有局部移民（就业）问题的发生。

图 6.4.1 PRED 问题说明性图

（图中“ + ”表示前项增加，引起后项增加，“ - ”表示相反效应）

为了协调 PRED 问题，王铮、韦省民等（1987）提出“ 地理工程 ”的理论。所谓地理工程就是对基于工程的观点对地理环境开发、保护利用和改造，以期引起区域的经济发展。例如，美国 30—40 年代对田纳西河流域开展的“ 流域工程 ”，就是一个成功的范例。以流域治理和水利工程兴建为龙头的田纳西河流域工程，目的在于解决大批失业工人就业和减少区域常发生的洪涝灾害，1933 年 5 月建立了田纳西河流域工程局（TVA），负责建筑水坝和电站，发展流域内田纳西、北卡罗来西、肯塔基、弗吉尼亚、密西西比、乔治亚和亚拉巴马七个州的经济和福利事业。通过投资、特殊投资政策及税收政策，到 1944 年 9 月，沿河建立起主坝和许多其它工程，给军需工业、制铝工业以及橡树岭原子弹生产提供了所需电力，使 300 万英亩农田得以免受水灾，农业生产水平有了较大提高，整个流域居民平均收入增加九倍。在外延上，地理工程可以简单地表作：

地理工程＝区域发展经济战略+生态工程+区位分析

地理系统工程是地理工程的基本方法。

一般来说，为协调 PRED 问题，地理工程包括四项任务：区域优化任务、生态环境任务、大区域适应任务和实施区的区域自校正任务。

区域优化任务，指的是提高区域的社会经济文化水平，提高国民经济收入，或者改变区域环境条件，减少自然灾害，改善人民生活。这一项任务的操作，必然会引起原有生态环境的破坏，而生态环境破坏的影响，将是长远的难以估计的，因此区域开发的地理效益，不能仅从目前的社会经济效果来评判，要有历史眼光。最优是历史的概念，竭泽而渔，局部是最优了，但从长远的角度看，是最劣的，因此地理工程必须包括生态环境的改善（或设计在一定的控制水平下），这就是生态任务。地理工程不是在孤立“ 宇宙 ”完成的，而是在一个区域体系背景下完成的，空间（经济）相互作用，环境的系统性，必然干扰目标区的发展路线。因此要确定地理工程实施区在大区域经济结构和环境结构中的地位，一方面寻找可能的发展前途，如区位条件给定的区域功能，另一方面，使更大区域达到一个新的优化水平，这就是“ 区域适应任务 ”。最后，必须确定目标区的改造路线、估计可能在各阶段面临的困难，进行地理工程改造的代价评估，以期达到预定的发展目标，这就是“ 自校正任务 ”。

6.4.2 PRED 问题的分析

为了协调 PRED 问题，必须对具体的 PRED 问题进行分析。在 6.1.4 中我们已经讨论过，区域发展常是以城市化为中心环节的，所以为协调 PRED，一般应进行城市化代价估计。所谓城市化代价估计就是对区域发展必然出现的城市化过程作出评估，选择优良的、可行的、可以达到预期目标范围的城市化方案，图 6.4.2 是城市化代价评估的一种模式，这个评估模式是以人口问题为中心，以区域经济发展为目标的。

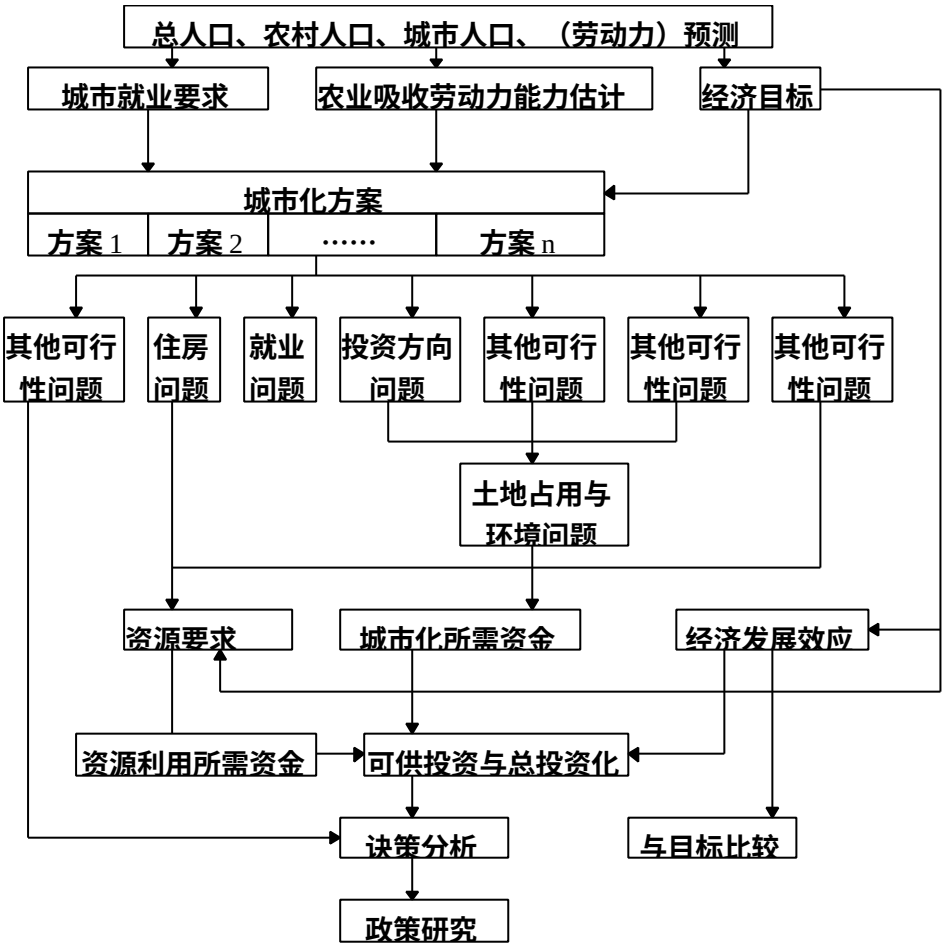

图 6.4.2 城市化代价估计（据王铮、丁金宏，1993）

与区域发展不同，大型地理建设如水利工程，引出与城市化不同但又有类似内容的人口问题，主要包括移民安置和再就业问题。

资源与环境问题联系得更为密切。一般地讲，为发展目标必须进行资源供给和需求分析，环境评估。资源供给与需求分析，属于一般的资源分析，我们在前面已经讨论过。广义的环境评估，即区域开发引起的环境演化效应分析，需要利用地球表层过程理论和一般物理、化学、生物过程的原理进行。狭义的环境评估，一般指环境质量评估，评估的内容一般包括污染状况与影响、环境灾害风险和经济代价评估。评估首先要有针对性，即抓主要污染物或生态环境后效；其次，评估要有实用性，能对治理环境污染或环境退化提出可能的技术措施和意见；再次，评估必须具有科学性，要从足够精度的采样数据出发，结合多学科理论方法，模拟和推断环境变化和影响，并已注重现场监测。

关于环境评价的具体方法可以参看有关专著。

资源环境问题相一致的分析内容是资源承载力评价。资源承载力是承载性资源的特性，这类资源常以环境的形式表现自己，如土地、河流（污染物的受体）。常见的资源（承载力）评价主要有土地承载力评价和环境容量评价两种。土地承载力评价习惯于用人和土地的比来评判资源环境的结构优化水平。而环境容量评价，则需要借助原理性的或经验的公式，估计环境自净能力和环境后效。Bruce Mitchell（1989）提出资源承载力评价还包括生物物理承载力和社会承载力两方面。生物物理承载力考虑生物体污染及环境改

变的承受能力，确定生物体或生态系统得以正常维持的土壤、水、植被、野生物等的临界指标。社会承载力是从经济、社会、生物和一般的变化角度，给出安全指标，保障区域系统或社会经济系统不断发展的能力。显然环境承载力、生物物理承载力和社会承载力评价，是 PRED 协调的多角度控制方式。

图 6.4.3 和图 6.4.4 分别是一个环境影响评价和土地承载力评价的实例，读者可从中感受环境、资源分析及评价的思想和步骤。

人口与发展的问题，众多的学者从宏观的水平作了分析。一般认为人口的过速增长是经济发展的主要障碍。例如新马尔萨斯主义者认为，人口增长速度超过食物的供应“ 是永恒的自然规律 ”，大多数地方“ 人口增长已以最大速度超过资本积累 ”（普莱斯，1963）。他们举出了大量例子说明，世界人口过剩，资源面临枯竭，环境加剧恶化、人类生活面临饥饿的边缘，增长已经接近自己的极限。另一些学者则对人口问题持乐观态度，他们认为悲观论者低估了科学技术进步对经济发展的意义，人口增长有其积极的一面，它提供经济增长必要的劳动力和消费者，如果没有一定的人口增长，社会的‘ 有效需求 ” 将不足，将引起增长的停滞。作为二者的分析中，有的学者提出“ 适度人口 ” 的概念用于确定合适的人口量。适度人口就是尽可能适应的或适中的人口数量及其增长过程。强调过程，指的是各阶段的适宜。阿·索维认为适度人口的确定，一般应从 9 个方面着手（1983）：个人福利、福利总和、财富增加、就业、各种能用于集体目标的实力、健康水平、期望寿命、文化知识、居民数量。但是具体如何确定适度人口，却始终是众说纷坛。

对于一般的区域 PRED 问题，人口分析主要围绕适度人口及人口的城市展开，在国家宏观的人口政策和区域文化的双重控制下，应用地理学者应作好人口数量预测和人口过程预测，从人口的就业要求、居住要求、教育要求和劳动力供应、市场需求多角度来评估人口问题。图 6.4.1 可以说是人口评价的具体实例。

近年来系统动力学的方法被广泛用于分析 PRED 问题研究。系统动力学方法（不是动力系统理论）是一种计算机仿真技术，在不明人口过程的复杂数学关系的情况下，仿真者往往不得不用一些经验的、估计的简化关系代替，这样就可能带来对长期问题分析的严重失误。所以对这种方法的结果必须谨慎。但以系统动力学方法为代表的系统模拟方法可能是今后一段时间内 PRED 问题分析的主要方法。

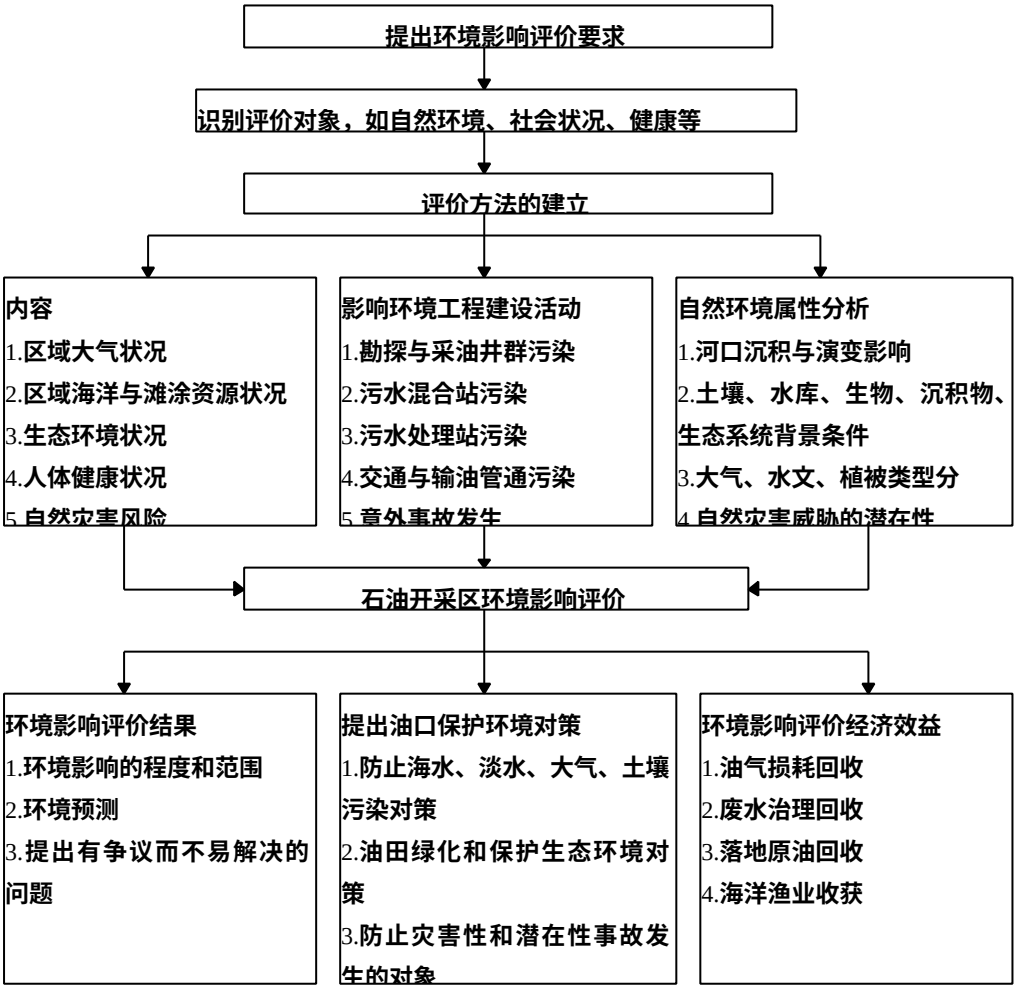

图 6.4.3 滨海油田区域环境影响评价程序（据王景华等，1989，修改）

6.4.3 地理工程的设计原理

地理工程旨在解决 PRED 协调问题，因此它的设计和开展，只能基于系统工程。由系统工程原理出发，结合地理系统的特性，地理系统工程的设计步骤如下：

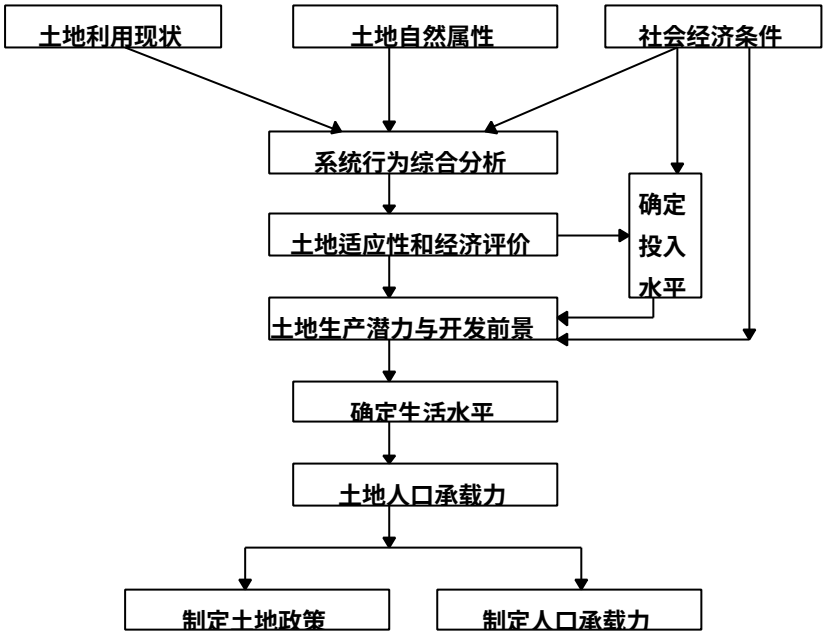

图 6.4.4 土地人口承载力评估流程（据傅伯杰，1991，修改）

1.系统设计：它是从地理工程目标、构成和协调方面来完成地理工程的设计。它大致又包括下面三个方面：

（1）总体目标的确定和方案选择 对一个地理环境开发、保护、利用和改造，首先要确定这项工作的目标，即要达到什么样的社会经济生态效益（地理效益）。目标确定后，应用地理学家应该提出多种达到总体目标的方案。然后对这些方案进行可行性研究和优化分析，找出实际上可行而在我们确认的优化公理下最优的方案。比如我们确认实现某一地理效益的原则是经济费用最省而不考虑生态结果，我们可选择最省费用的方案。显然如果考虑生态结果，即确认另外的优化公理，则我们可能采用别的方案。

（2）总体结构确定与子项目确定 系统设计的第二步，是要对整体地理工程的构成进行设计。例如省级的国土开发战略研究，存在着几种方案：重点发展东部地区，重点开发西部地区，重点开发热带以及亚热带南方地区，重点开发铁路沿线地区等等。假设通过第一步的工作，选定了重点开发东部地区，第二步的工作就应该研究东部地区工农业各部门的发展比重，能源、水资源、运输量需求预测、中心城市的配置、以及相应的社会文化的发展计划和生态环境保护计划，等等。总体内部结构确定的同时，也就对各个子项目提出了明确的目标，同时也要求明确实现各个子目标的时间要求。

（3）系统反馈 在第二步完成后，有两种可能：一是总体目标可以实现，总体方案既可行又达到最优或接近最优。二是与总体设计不协调，或者达不到目标，或者不可行，不优化，或者兼而有之。出现第二种可能就要调整总体目标和方案，然后在新的目标和方案条件下，开展第二步的工作。第二步完成以后，又可能出现两种可能，如果出现第一种可能则执行下面的工作计划，不然返回第一步，如此反复，直至差不多达到第一种可能时，就开展下面的工作。

在第二步和第三步中，最主要的内容是主体方案的设计、确定或反馈。主体工程指的是区域地理建设的关键性项目。必须通过反复建模、预测、反

馈来确定主体工程的作用。如区域的电网建设是项地理建设，涉及工业布局，劳动力转移，土地占用等，电网建设的地理布局就是地理工程的主体工程，必须对电网建设的地理意义建模—预测—反馈模拟，寻找最优方案。其它项一般适应主体项目，但也必须系统考虑。

2.“参数”设计：我们这里指的是各个确定的子项目，提出科学的、语义清楚的、可供实施的措施来，尤如工程上各个装置的参数选定那样，明确、细致、毫无疑义。在地理学中，选址问题应该属于这个范畴。“生态设计”就属于“参数”设计，它的结论可以为实施部门直接引用。过去我们对黄土高原水土流失问题总讲“种草种树”、“宜农则农、宜林则林、宜牧则牧”。这很难付诸实施。种草，种什么草，种在什么部位，什么季节种，什么地方宜农，什么地方宜林，什么地方宜牧，适宜程度究竟如何，都必须明确。不提出具体措施的规划。将会为实施部门拒绝或者被放置一边，因为实施部门的领导者不知如何实现这种规划，只能停留在“纸上画画，墙上挂挂”的阶段。

要做好参数设计，必须有科学根据，必须基于对对象的深度研究上，这种深刻研究的结论，一方面可以从其它学科吸取而来，这当然是大量的。另一方面由于地理问题，有区域性特点，所以本学科也必须在这方面下功夫。现在的许多国土开发与整治的项目研究，缺乏对区域地理特征的深入研究，缺乏对区域地理系统的科学模拟，所以使问题深入不下去。没有做过深入研究，就会在提出措施和作决策时，缺少根据而产生“瞎指挥”现象。地理学研究要深入，就要把注意力放到中小尺度地理问题上，得到科学的“参数”，使我们在实施地理工程时，可以实现“参数”选择和“参数”设计。

3.立法研究：地理工程实施的同时也就对地理状况进行了改造。为了保证工程得以完成和保待，必须研究必要的符合宪法和国家法令以及人类共同精神的保障地理工程的政策和法令。政策和法令，往往起着“硬操作”所不能完成的作用。国外区域科学，特别强调政策研究，已为实践证明是正确的，所以地理工程需要立法。

立法一般要由当地人民代表大会作出，政策由政府控制。科学工作者的任务是提出、分析具体的法令、政策内容，并供有关部门最后确定。

地理工程的设计和开展需要一些基本原则，关于这方面可以参看有关专著。

6.4.4 地理信息系统

为了保障 PRED 协调，指导或辅助区域管理，近年来广泛发展了地理信息系统技术。地理信息系统简称 GIS（Geographic Information System），是在计算机硬件与软件的支持下，对环境与区域进行管理，动态评估，政策分析的技术系统。发展阶段的不同，它被称为不同的系统，如

Geo－date System， Resource－environment Information System 和 Spatial Information System。

数据与信息是 GIS 的基本内容。所谓数据是指用于刻划表征人物、组织、实体、事件或概念的符号，它可以是数字、文字、符号、图形、图象以及它们转换成的数码形式。而信息则是数据所包含的意义，是向人们或机械所提供的关于现实世界的事实和知识。二者是不可分离而又有一些区别的概念。

数据是用于载荷信息的物理符号，具体形式可以多种多样，也可以由一种数据形式转换成另一种数据形式，但其中包含的信息内容不变。数据是信息的载体，而不是信息本身。只有理解了数据的含义，对数据作出解释，才能得到数据中所包含的信息。并非任何数据都能表示信息，信息是结构化了的数据所代表的意义。只有对数据进行分析处理（通过模型、组织和转换）才能得到数据所包含的信息。

地理信息是指表征地理圈或地理环境固有要素或物质的数量、质量、分布特征、联系和规律的数字、文字、图象和图形的总称。早年强调地理信息是空间信息，这是一句不够明确的语句。为分析环境的演化和控制，要求数据的时间序列，当全球变化问题提出后，对地理信息的旧有理解显得十分不足了，简单地讲，地理信息是关于环境与区域的信息，由于地理学的特征，这些信息带有空间特征。由于这种空间特征，产生了 GIS 中针对空间信息的特殊算法，数据结构，这些问题需要专门的课程学习。

作为一般的信息系统，GIS 有它的硬（件）构成和软（件）构成。图 6.4.5 和图 6.4.6 分别是它的硬构成和软构成。

由于地理信息带有空间特征，GIS 的硬件构成需要数字化仪、绘图仪，有时还需要遥感图像输入输出系统，如磁转鼓等。

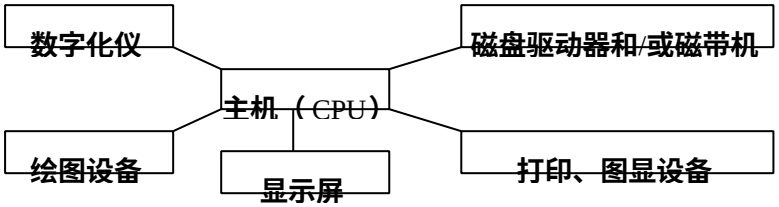

图 6.4.5 简化 GIS 的硬构成

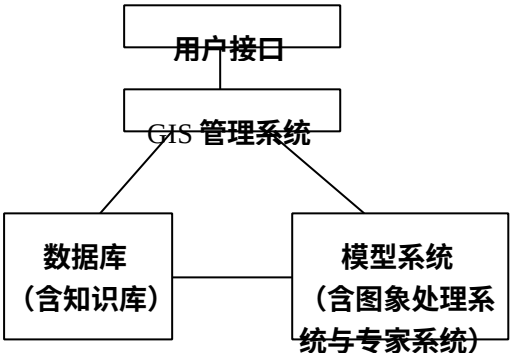

图 6.4.6 简化 GIS 的软构成

在 GIS 的软构成中，数据库就是数据的存储与管理部分，数据库以数据文件的形式存储管理数据。模型系统有时也被相应地称作模型库，它包括若干对数据进行分析，提取信息，作出决策推断的应用程序块或子系统。它的主要功能是统计、模拟、预测和反演。决策分析。显然这一分析工作需要一些模型。知识库与专家系统是密切相关的部分，它将知识以一定的逻辑模式表达并存储，基于这些知识，具于推断和自我学习的软件系统即专家系统可以作出决策分析（严格讲专家系统包含了知识库、知识表示与推断规则等的联系，超过数据与数学分析模型间的联系）。图像-图形处理系统是 GIS 所倚重的，因为许多地理问题以图形或图像的形式表达，如地形图与遥感图像，

图像-图形处理，包括插值、绘图、图像增强、图像恢复，图像识别等，图像识别常常借助专家系统方法。

尽管 GIS 问题是复杂的，但是由于地理信息普遍带有空间色彩，因此 GIS 一般均要求具有空间数据处理子系统，在 GIS 发展的早期，这一子系统常被理解为 GIS 本身。现在我们称它为 GIS 的基础构成，图 6.4.7 就是 GIS 的基础构成。关于它的有关概念，可以查阅专业文献。

随着 GIS 的广泛应用，专门处理空间信息的 GIS 已不适应于实际要求。GIS 已应用到了基础研究、建设服务（国土整治、环境保护、资源开发）、专题制图、遥感图像处理、区域规划与（环境）动态预报方面。对我们所可能面临的任务，地学工作者需要作 GIS 的信息需求分析（IRA，Informational Requirment Analysis）。由于地理信息是大量的，地理系统是复杂的， GIS 的建立只能针对一定的目的或问题范围，在大致确定的问题范围内，对 GIS 作 IRA，拟定 GIS 的模式。图 6.4.8 是王铮（1990 年）建议的 GIS 分析模式。其中任务特征、组织特征和区域特征的研究

图 6.4.7 GIS 的基础构成
（据黄杏元、汤勤， 1990，略修改，有关术语，请查专业文献， DTM 为数字地图模型）

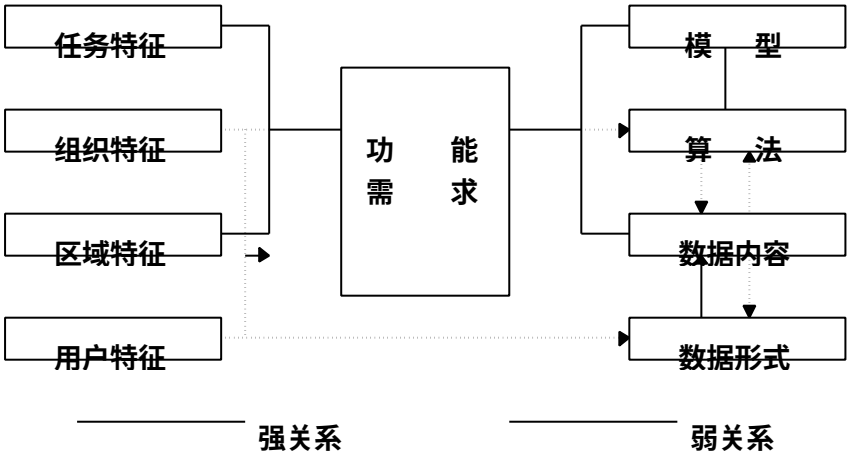

图 6.4.8 GIS 的 IRA 分析模式
（据王铮，1990，有修改）

或确定，可以合称作定义问题。这里组织特征主要指的是问题的内部联系，问题所涉及的地理学系统的组织结构。在这个模式中，强调功能要求作为中间环节，这是一种工作方式，在计算机学科中也称方法论。例如我们试图建立研究洪涝灾害的 GIS，则要求有灾害模拟、灾情评估、救援决策等功能，或者进一步要求作灾害预测（一般讲这部分内容由气象部门作出）。因此要求有区域地形地貌、水文、地质、植被、人口、财产、交通网络、交通设备信息，要求有坡面漫流

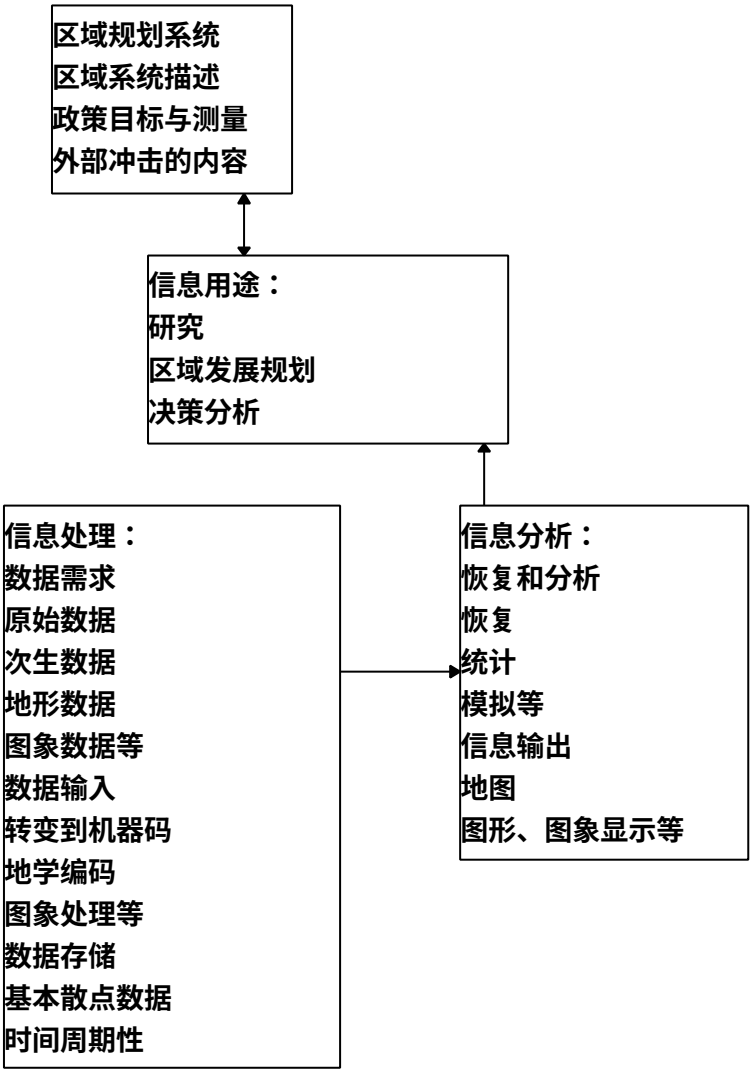

图 6.4.9 区域规划目的的 GIS 内容构成（据 P.Nijkamp，P.Rietreld，1986）

过程、入渗、汇流、河川径流的模型、救援仿真模型，而生态模型、地质信息、历史气候信息等一般并不需要。由功能需求作 GIS 的 IRA，可以帮助我们更有效地设计 GIS。应用工作者有必要向 GIS 工作者提出问题定义和功能要求。

为了处理 PRED 问题和区域规划任务，其功能要求一般是明确的，归纳 P.Dujnic 等（1986）的意见，区域规划的功能要求大致如下：

1）评估区域的经济社会状况；

2）根据区域特定的资源和环境、市场条件发展提出发展政策；

3）调控生产区和非生产区的社会和经济平衡并且提出寓所规划；

4）规划各生产区和产业分布，并与国土规划、区域协作、生产管理协调；

5）保障劳动力资源平衡，特别是规划职业年龄、性别结构和人口迁移。

进一步的国土规划包括环境保护、土地、水资源利用、城乡发展、特定区经济和社会发展方案，区内优势资源开发规划等。P.Nijkamp 和 P.Rietreld，建议一个区域规划目的的 GIS 具有图 6.4.9 的结构。

利用 GIS 技术，我们可以更有效地进行资源管理、环境模拟与治理，在 PRED 协调原则下，提出区域发展的辅助决策，制定地理工程方案。GIS 在地

理学中应用正方兴未艾。

复习思考题六

1.经济增长与区域发展有什么关系：哈罗德-多马理论有什么不足？

2.评述本书中关于城市化的观点，指出它的不足？

3.区域发展模式有哪些？它们对区域规划模式有什么影响？

4.试讨论区域发展与规划模式的地理学基础（提示：从区域、环境角度出发）。

5.讨论地理工程的观点，评述它的优缺点。参考文献

Abler, R., Adams, J. S. and Gould, P. (1971), Spatial Organization

Perspectives, Burnett A.D.and Taylor, P.L. (ed.) Barry, R.G. (1981), Mountain Weather and Climate, Methuen & Co.Ltd, London and New YorkBorman, F.H. & Likens, G.E. (1981), Pattern and Process in a Forested Ecosystem, Springer—Varlag, New

York

Carter, R. W. G. (1988) ,Coastal Environments, Academic Press, San DiegoChorley, R.J., Schumm, S.A. & Sugden, D.E. (1984), Geomorphology, Methuen & Co.Ltd, New YorkEmblemton, C. & Thornes, J. (1979), Process in Geomophology, Edward Arnold LtdGates, W. L., Rowntree, P. P. & Qingcun Zen (1990), Validation of Climate Models, Climate Change—The IPCC

Scientific Assessment

Haggett, P. (1983), Geography：A Modern Synthesis, Harper & Row Publishers, New YorkHarm, J., de Blij,H.J. (1982), Human Geography：Culture, Society and Space, John Wiley & Sons, Inc.Harris, K. D., Norris, R. E. (1986), Human Geography：Culture, Interaction and Economy Head, P. C. (1976), Organic Process in Estuaries, in Burton, J. D. and Liss, P. S. (ed) Estuarine Chemistry,

Academic Press, London

Hoover, E. M. (1975), An Introduction to Regional Economics, Alfred A. Knopf Inc, New York

Huggett, R. (1980), System Analysis in Geography, Clarendon Press, London

Ives J. & B.Messerli, (1990), Progress in Theoretical and Applied Mountain Research, 1973-1989, and Major

Future Needs, Mountain Reseach and Development.Mangelsdorf, J., K · Schewrmann & F.H · Weib, (1987), River Morphology, Springer—Verlag, Berlin.Mclusky, D.S. (1989), The Estuarine Ecosystem, (2nd edition), Blackie & Son Ltd, New York.

Nijkamp · P · & P.Rietvld, (1984), Information Systems for Integrated Regional Planning, North—Holland, Ams—terdam.

Shrre, P. (edited), (1991), Environment, Population and

Development， Hodder＆Sroughton， London.Strahler，A.N.＆Strahler，A.H.(1974),Introduction to Environmental Science,Hamilton Publishing Company.Truett,L.J.＆ Truett,D. E.Microeconomics,imes Mirror,Mosby Collegen Publishing.Washington，W.M.＆Parkinson，C.L.（1986），An Introduction to Three－Dimensional Climate Modeling，Oxford University Press

C.B.卡列斯尼克，普通自然地理简明教程，商务印书馆，1960.

A.N.斯特拉勒，A.H.斯特拉勒，环境科学导论，科学出版社，1983.

A.T.伊萨钦科，今日地理学，商务印书馆（胡寿日，徐樵利译校），1986.

E.P.奥德姆，生态学基础，人民教育出版社（孙儒泳等译），1981，北京

R.L.史密斯，生态学原理和野外生物学，科学出版社，（李建东等译，原书 1977） 1988，北京威利，动力地球学，地质出版社（朱夏译，原书 1978）1978，北京

H.G.里丁主编，沉积环境和相，科学出版社（周明鉴等译，1986，原书）

J.T.霍顿，全球气候，气象出版社（方金奎译，原书 1984），1986.

A.叶菲莫娃，植被产量的辐射因子，气象出版社，1983，北京

S.T.特鲁吉尔，土壤植被系统，科学出版社（赵磊译，） 1985.

D.A.罗斯，海洋学导论，科学出版社（李允武译，陈宗镛校，） 1984.

P.E.詹姆斯，G.J.马丁，地理学思想史，商务印书馆，1989.

A.赫希曼，经济发展战略，经济科学出版社，1991.

A.夏皮罗，宏观经济分析，中国社会科学出版社，1985.

胡焕庸，康淞万，蔡吉，世界气候的地带性与非地带性，商务印书馆，1981，北京.

林超主编，中国大百科全书，地理学，中国大百科全书出版社，1990.

严钦尚主编，海洋地质学，人民教育出版社，1981.

赵松乔主编，中国自然地理总论，科学出版社，1985.

吴传钧，侯锋，国土规划的原理与方法，江苏教育出版社，1989，南京

杨吾扬，区位论原理，甘肃人民出版社，1987.

王恩涌，文化地理学导论，高等教育出版社，1990.

于洪俊，宁越敏，城市地理学概论，安徽人民出版社，1983.

许学强，现代城市地理学，中国建筑工业出版社，1985.

陆大道，区位论与工业布局，科学出版杜，1989.

谭崇台，发展经济学，人民出版社，1985.

徐启刚，黄润华，土壤地理学，高等教育出版社，1991.

谢鉴衡主编，河流泥沙工程（上），水利出版社，1981.

胡方荣、侯宇光，水文学原理，水利电力出版社，1988.

王洪文，地理思想，明文书局，1989，（台北）

王铮、丁金宏、吴必虎、沈建法等，理论地理学纲要，见王铮、吴必虎主编《理论地理学进展》，山东地图出版社，1990.

王铮、丁金宏，理论地理学概论，科学出版社，1993.