

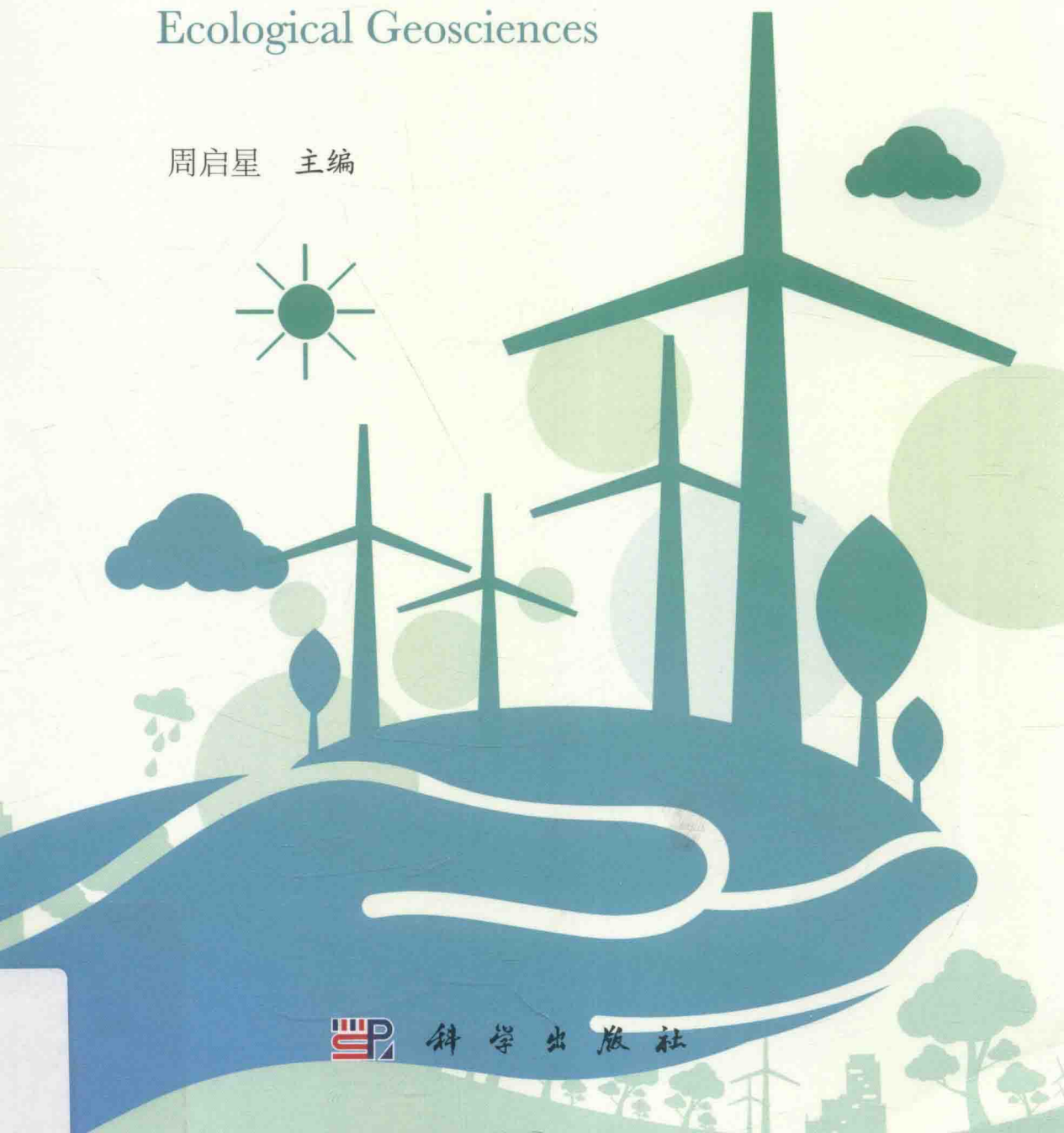


普通高等教育“十三五”规划教材

生态地学

Ecological Geosciences

周启星 主编



科学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

生态地学

Ecological Geosciences

主 编 周启星

副主编 鲍艳宇 刘维涛

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书比较全面地论述了生态地学的学科归属、基本概念、基础理论与研究方法,比较系统地阐明了生态地学的基本原理,并对生态地学今后的研究进行了展望。全书的主要内容有:生态地学的形成与发展、学科定义、基本概念、研究方法与手段;陆地圈及其生态过程,水圈及其生态过程,大气圈与气候变化,生物圈与生态地球化学;地球上的自然灾害及其地表生态效应,人类活动所致的地表生态效应;地圈生态疾病与地医学问题,全球性生态地学问题;地表生态修复与调控等。

本书论据充分、内容丰富、材料翔实、深入浅出,是国内外迄今为止第一本生态地学著作,也是迄今为止最为系统论述生态地学原理与方法的一本教学、研究参考书,可供地学、生态、资源、环保科技工作者与管理人員参考,也可供灾害防治、城建、工农业生产决策者,以及医学研究人員和卫生部門有关人員参考,并可作为高等院校地学、资源科学、环境科学与工程、生态学、医学、药學、安全工程、食品衛生和农學等专业本科生、研究生的教材,以及环保、防灾治灾人員培訓的教材。

图书在版编目(CIP)数据

生态地学/周启星主编. —北京:科学出版社, 2017.2

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-03-051628-2

I. ①生… II. ①周… III. ①生态学—高等学校—教材②地球科学—高等学校—教材 IV. ①Q14②P

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 006812 号

责任编辑:席慧刘晶/责任校对:刘亚琦

责任印制:张伟/封面设计:铭轩堂

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年2月第一版 开本:787×1092 1/16

2017年2月第一次印刷 印张:24 1/2

字数:627 000

定价:65.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《生态地学》编委会名单

主 编 周启星

副主编 鲍艳宇 刘维涛

编 委 (以姓氏汉语拼音为序)

安 婧 鲍艳宇 陈翠红 何康信 胡献刚

李琪琳(美国,特邀) 刘家女 刘维涛 滕 涌

佟 玲 王 鑫 吴启美 奚为民(美国,特邀)

张 彤 周启星

前 言

随着地学和生态学的相互渗透,二者交叉所产生的领域得到迅速发展,进而诞生了一门新兴的学科,即生态地学。可以说,生态地学是顺应人类解决重大生态、资源和环境问题,以及应对各种地球灾难和重大疾病而产生的,是在人类希冀摆脱这些困境却举步维艰的情况下形成的,是地学与生态学相互交叉的边缘学科。因此,它既是地学领域新兴的分支学科之一,也是生态学的重要组成部分。它必将在今后解决人类面临的重大生态、资源和环境问题,以及应对各种地球灾难和重大疾病中发挥日益重要甚至是不可替代的作用。

生态地学是研究生态系统特别是地球各圈层水平上受自然和人为影响的过程,陆地或土壤圈、水圈、大气圈、岩石圈与生物圈相互作用机制及其产生的各种效应与退化,以及预防、修复与调控的科学。本书作者将这些生态学与地学交叉的重大问题系统地结合在一起,进而从理论上、概念上甚至内涵方面给予系统阐述,特别是从更高的视野和不同角度对地球上发生的自然和人为因素影响生态系统的过程,以及地球各圈层之间相互关系给予了重点关注,并探寻解决问题有效的方法、手段和措施,从而为地学、生态学、环境科学甚至医学等相关学科的进一步发展找到了方向,为解决重大生态、资源和环境问题及应对各种地球灾难和重大疾病开阔了研究思路,具有重要的理论价值和鲜明的实践意义。本书用了整整五个年头进行提炼和完善,其提出的思想认识和理论体系新颖,内容较为完整、系统,对于今后生态学和地学两大学科及其交叉领域的深入研究必将产生积极的影响和全新的理论指导。

本书是国内外迄今为止第一本生态地学著作,共分 10 章。第一章介绍了生态地学的形成与发展以及相关理论、基本概念和研究方法与手段,阐述了该学科的定义、研究范畴,以及与相邻学科的关系和区别;第二章至第五章较为系统地论述了陆地圈、水圈、大气圈和生物圈等地球表层不同圈层的概念、内涵和相互关系,及其生态过程、循环、演变和效应;第六章至第九章从地学的角度分别阐述了地球上自然和人为两类灾害及其所导致的地表生态效应和全球性生态地学问题,还对地圈内所发生的重大疾病与地医学问题进行了论述;第十章从生态地学的角度提出了地表生态修复的方法和调控措施。各章作者分别为:第一章,周启星;第二章,鲍艳宇;第三章,刘维涛;第四章,佟玲;第五章,何康信、张彤、周启星;第六章,吴启美、滕涌、周启星;第七章,刘家女;第八章,滕涌、胡献刚、周启星;第九章,鲍艳宇;第十章,安婧、陈翠红、王鑫。本书主编周启星教授对全书的理论设计、结构框架、统一编排、文字校对、图表创意和内容增删,以及最后定稿等做了大量工作。此外,本书还特别邀请了美国莱斯大学李琪琳老师和德州农工大学奚为民老师对相关章节进行了审阅。

最后,我们殷切希望广大读者和有关专家对本书提出批评指正,愿本书成为有关人员的良师益友,从而共同推动相关学科领域的向前发展,并付诸实践。

编 者

2016 年教师节于天津

目 录

前言

第一章 绪论.....1

第一节 地学及其学科体系.....1

一、地学学科定义与研究范畴.....1

二、地学分支学科.....2

三、地球系统科学.....17

第二节 生态学及其学科体系.....18

一、生态学学科定义与研究范畴.....18

二、生态学基本原理.....19

三、生态学分支学科.....21

第三节 生态地学的形成与其发展.....26

一、生态地学形成的学科基础.....26

二、生态地学的形成过程与其发展.....26

第四节 生态地学的学科定义与基本概念.....27

一、生态地学的学科定义与研究范畴.....27

二、生态地学涉及的几个重要概念.....34

第五节 生态地学的相关学科与其区别.....38

一、环境地学.....38

二、生态地理学.....38

三、生态环境地理学.....39

四、污染气象学.....39

五、环境海洋学.....40

六、环境土壤学.....40

第六节 生态地学研究方法与手段.....41

一、概述.....41

二、生态学方法.....41

三、地学方法.....42

四、相似学科方法.....45

思考练习题.....46

第二章 陆地圈及其生态过程.....48

第一节 陆地圈及其与其他圈层的关系.....48

一、陆地圈概述.....48

二、陆地圈与其他各圈层之间的相关关系.....51

第二节 土壤圈与地表生态系统.....53

一、土壤圈概述.....53

二、土壤圈的形成.....56

三、地表生态系统概述.....59

四、土壤圈在地表生态系统中的作用.....59

第三节 陆地生态过程.....64

一、陆地生态过程的概念.....64

二、陆地生态系统中的物质循环.....65

三、根际微生态过程.....74

四、陆地生态系统中的能量流动.....77

五、污染物的陆地生态过程.....79

六、陆地生态系统动态模型.....84

思考练习题.....88

第三章 水圈及其生态过程.....89

第一节 水圈与水生态系统.....89

一、水圈概述.....89

二、水循环.....93

三、水生态系统.....95

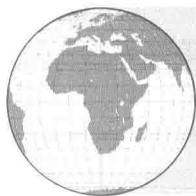
四、生态区划、水生生态分区和水生态功能分区.....98

第二节 湿地及其生态学意义.....102

一、湿地概述	102	一、基本概念	194
二、湿地生态系统	105	二、碳的生物地球化学循环	196
三、湿地生态系统生态过程	106	三、氮的生物地球化学循环	198
四、湿地生态系统健康	111	四、磷的生物地球化学循环	201
五、湿地生态系统退化与恢复	113	五、硫的生物地球化学循环	203
第三节 海洋生态过程	118	六、重金属的生物地球化学循环	206
一、海洋生态系统概述	118	七、生物对生源要素生物地球化学循环的影响	217
二、海洋生态系统服务	119	第三节 生态地球化学	219
三、海洋生态过程	120	一、生态地球化学形成的背景	219
四、海洋生态系统富营养化和赤潮	139	二、生态地球化学的学科定义	220
思考练习题	143	三、生态地球化学的研究对象	220
第四章 大气圈与气候变化	144	四、生态地球化学效应	221
第一节 大气圈及大气污染	144	五、生态地球化学评价与评估	221
一、大气圈组成及特征	144	六、生态地球化学预警	223
二、大气污染	145	思考练习题	225
三、大气污染的危害	147	第六章 地球上的自然灾害及其地表生态效应	226
第二节 局域性气候变化	158	第一节 地震、火山活动与海啸及其地表生态效应	226
一、概述	158	一、地震及其地表生态效应	226
二、局域性气候变化的影响	158	二、火山活动及其地表生态效应	231
三、应对变化的策略	162	三、海啸及其地表生态效应	235
第三节 全球气候变化	165	第二节 气象灾害及其地表生态效应	238
一、大气圈内的生态过程	165	一、概述	238
二、全球气候变化的成因	165	二、干旱灾害及其地表生态效应	239
三、全球性气候变化现象	166	三、洪涝灾害及其地表生态效应	241
四、对自然生态系统的影响	169	四、台风、飓风灾害及其地表生态效应	242
五、应对变化的对策	172	第三节 山地地质灾害及其地表生态效应	245
思考练习题	185	一、山地地质灾害概述	245
第五章 生物圈与生态地球化学	186		
第一节 生物圈	186		
一、生物圈是地球上最大的生态系统	186		
二、生物圈具有自我调节功能	190		
三、生物圈时刻处于演化中	191		
四、人与生物圈	193		
第二节 生物地球化学循环	194		

二、崩塌灾害及其地表生态效应	245	二、重金属化学品污染的地表生态效应	279
三、滑坡灾害及其地表生态效应	247	三、有机化学品污染的地表生态效应	281
四、泥石流及其地表生态效应	250	思考练习题	283
第四节 地面变形、沉降和塌裂及其地表生态效应	252	第八章 地圈生态疾病与地医学问题	284
一、地面变形与沉降及其地表生态效应	252	第一节 医学地理学	284
二、地面塌陷及其地表生态效应	253	一、概述	284
三、地裂缝及其地表生态效应	254	二、生态疾病的内涵	285
思考练习题	256	三、生态疾病发生的地学因素	286
第七章 人类活动所致的地表生态效应	257	第二节 地圈的生态疾病	289
第一节 矿产资源开发及其地表生态效应	257	一、地球化学性疾病	289
一、矿产资源开发及现状	257	二、环境污染病	296
二、矿产资源开发与重金属污染	259	三、致病机理	300
三、矿产资源开发导致的地表生态效应	260	第三节 地医学问题	305
第二节 能源开发及其地表生态效应	262	一、地医学的学科与分支问题	305
一、能源资源开发及现状	262	二、地医学的研究范畴问题	306
二、能源植物的概念及其开发	263	三、地医学研究的方法学问题	307
三、能源开发导致的地表生态效应	265	四、地医学研究展望	308
第三节 城市化及其地表生态效应	267	思考练习题	308
一、城市化与地表环境污染	267	第九章 全球性生态地学问题	309
二、中国城市化进程与生态效应机制	268	第一节 植被破坏与土地荒漠化	309
三、城市化人类与生态系统的交互作用	269	一、植被破坏	309
第四节 大中型水库建设及其地表生态效应	270	二、森林植被破坏	310
一、大中型水库生态效应特征	270	三、草原植被破坏	313
二、水库修建对生态系统的影响	273	四、土地荒漠化	316
三、水库工程生态效应评价	275	第二节 淡水与海洋的生物污染与危害	320
第五节 化学品生产及其地表生态效应	276	一、生物污染	320
一、化学品的生产	276	二、淡水的生物污染	323
		三、海洋的生物污染	325
		第三节 生物多样性锐减与生态耗竭	326
		一、生物多样性与生态系统的功能关系	326
		二、生物多样性锐减	327
		三、生物多样性的保护	329

四、生态耗竭	330	四、生态修复的理论基础	343
第四节 地圈生态退化	331	第二节 污染地表环境的生态修复	345
一、生态退化	331	一、被破坏地表场地的生态修复	345
二、地表生态退化	334	二、河流和湿地的生态修复	350
三、生态退化的原因	336	第三节 地理环境的生态调控	353
思考练习题	338	一、几个重要概念	353
第十章 地表生态修复与调控	339	二、自然地理环境的生态调控	354
第一节 生态修复的概念与理论基础	339	三、经济地理环境的生态调控	355
一、生态修复的概念	339	四、社会文化环境的生态调控	355
二、生态修复的发展过程	340	思考练习题	356
三、生态修复的实践与意义	342	主要参考文献	357



第一章 绪 论

第一节 地学及其学科体系

一、地学学科定义与研究范畴

20 世纪以来,人类面临许多日益严峻的挑战,包括地震、火山爆发、森林火灾、泥石流、台风和海啸等自然灾害,矿产与油气资源的开采与耗竭、森林的大规模砍伐和乡村城市化与超大规模城市群的发展等人为效应,以及生态失衡、生物多样性锐减等全球性问题。特别是 20 世纪 60 年代以来,地球科学获得了前所未有的迅速发展。20 世纪 80 年代,由于各种问题日益突出,地球科学开始采用一种系统的理念来开展研究,地球系统科学成为地球科学的前沿领域,从而使地球科学研究进入一个新的发展阶段。21 世纪,地球科学广泛采用观测、探测和遥测等先进技术手段,使得地球科学研究有了新的研究平台,不断取得新进展。

地学即地球科学的简称,是对以我们所生活的地球为研究对象的学科统称,通常有地理学、地质学、海洋学、大气、地震与地球物理、地球化学、古生物学和现代环境科学等学科。地球具有大气圈、水圈、陆地圈和生物圈等多个圈层,而且各个圈层之间不断进行着物质循环、能量流动和信息传递,各个圈层内部也时刻发生着相互作用,包括物理、化学、生物和生态四大基本过程,圈层之间及各圈层内部时刻发生着相互联系、相互制约和相互作用。因此,地球不是各个子系统的简单加合,而是一个非常复杂的耦合体系。地球表层作为人类的家园,是人类赖以生存和发展的基础。地球的状况直接关系到人类的生存和发展问题。为了最大限度地保护地球环境和开发地球系统的各项资源,以便于更好地为人类的生存和发展服务,需要不断地加深对地球系统的各种规律及其资源与生态条件等的认识,研究解决人类所面临的重大问题。随着人们对地球科学的重视程度不断提高,对地球科学的认识不断深入,并且加强对各种新技术和新方法的应用,地学也随之得到不断发展。

“地球系统过程与资源、环境和灾害效应”是《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》所提出的前沿问题之一,并且指出其主要研究方向包括:地球系统各圈层(包括大气圈、水圈、生物圈、地壳、地幔和地核)的相互作用,地球系统中的物理、化学、生物和生态学过程及其资源、环境与灾害效应,海陆相成藏理论,地基、海基、空基和天基地球观测与探测系统及地球模拟系统,地球系统科学理论等。总体来看,地球科学是以地球为研究对象,其研究内容包括地球系统整体及其圈层。此外,地球科学还研究解决人类生存

和发展的一些重大问题，如生态保全、环境保护、防灾减灾和资源可持续利用等。目前有几种不同的圈层划分方法，有的方法划分为水圈、大气圈、陆地圈和生物圈四大圈层；有的方法在此基础上加入了人类圈或智慧圈；更细的分为水圈、大气圈、土壤圈、岩石圈、生物圈和人类圈等六大圈层。本书主要以水圈、大气圈、陆地圈和生物圈作为主要研究和论述的圈层。具体来说，研究内容涉及系统整体及各圈层的特征、形成、发展与变化等的基本规律及其相互作用等，包括物质循环、能量流动和信息传递等动态过程，以及物理、化学、生物和生态学等基本过程；此外，还涉及地图、钻探和遥感遥测等技术手段在地球科学研究中的应用，以及解决一些人类生存和发展问题的科学方法与途径等。

地球科学的研究，在国际上，正在朝着“宏观与微观、行星地球和地外宇宙空间乃至太阳系、从单学科深入与学科交叉和系统集成研究相结合等”方向转变；在国内，总体上呈现出“具有地域和地方特色，紧密结合各时期国家和地方需求，学科交叉和综合，观测、遥感、勘探和分析等实验技术推动，加强国际合作研究”等特点。

地学是一个十分庞大的学科体系，其研究内容涵盖的时空尺度很大，因此，有众多的一级和（或）二级分支学科（图 1-1）。然而，值得一提的是，虽然它们统属于地学的范畴，但它们又具有各自的研究内容和任务分工，是比较独立的分支学科，因此各学科之间既相互联系又有所区别。为了较全面地了解地球，解决其复杂的重大地学问题，还需要各门独立学科在充分发挥各自优势的同时，不断加强学科间的交叉和整合来共同应对地球科学所面临的各种挑战。也就是说，地球科学不是孤立的学科，不仅需要物理、化学和数学等基础学科，还需要应用各种工程技术手段，通过各学科间的交融和配合，才能得到不断提升和发展。

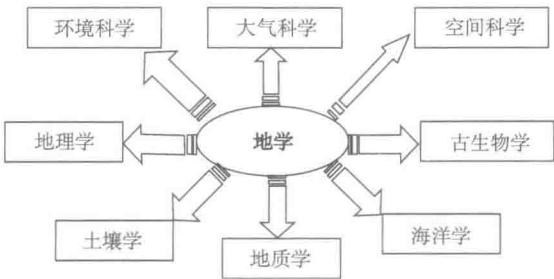


图 1-1 地学的分支学科

二、地学分支学科

（一）地理学

地理学（geography）是研究地球表面自然现象和人文现象，以及自然要素与人文要素之间相互作用及其形成演化的特征、结构、格局、过程、地域分异和人-地关系的学科。简单地说，就是研究人与地理环境关系的学科。地球表层及其人-地系统是地理学的研究对象，它主要包括三个方面的研究内容：①各种自然现象和人文现象，如气候变化、水文特征、水分循环、土地污染、聚落分布、产业集聚和地域经济模式等；②地球表层的自然景观和人文景观及其组成要素，如大气、水体、土壤、庙宇、民族和宗教等；③现象与要素的空间结构、格局及其形成与演化的特征等是地理学要探究的问题。整体性和人地性是地理学研究要遵循

的两条基本原理。由于现象、要素和关系等研究内容的分工，地理学也具有多个分支学科（图 1-2）。

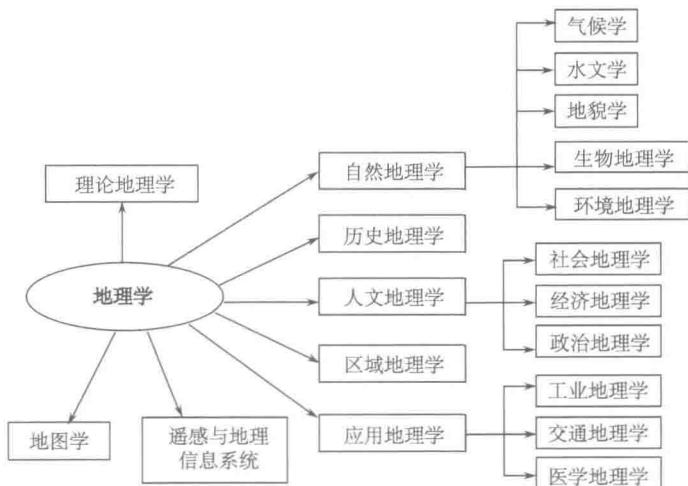


图 1-2 地理学分支学科

理论地理学是研究各种地理现象、地理事件、地理结构、地理过程在力求统一基础上所遵循的总体规律的学科。其研究内容涉及：地理有序性，地理系统的结构、功能和动态特征，地理过程的节律性与地理过程变化的预测，地理现象的组合规律及作用与影响，地理的时空耦合，空间行为理论，地理哲学与地理学方法。它遵循地理系统的整体性、地理要素在功能上的最小限制、地理成分互相作用的自组织、地理现象在空间上的连续过渡、地理相似性与差异性、地理环境演变的趋稳性、地理过程的震荡节律等 7 条原则。理论地理学以地理环境中自然因素和人文因素相互作用为前提，既承认研究对象的客观性、又承认“人-地系统”的协调性，以物质、能量和信息在地理系统中的运动和行为作为地理学哲学内涵及研究方法论探讨的脉络。

自然地理学是综合研究自然地理环境的各种组成要素及其相互联系的学科，以阐明自然地理环境各组成要素及其之间的结构、功能、物质迁移、能量转换、动态演变及地域分异规律。其研究对象为自然地理环境，包括未受到人类影响的天然环境和受到人类影响后的人为环境。自然地理学又包括气候学、水文学、地貌学、生物地理学和环境地理学等。其中，气候学是研究气候的特征、形成和演变及其与人类活动相互关系的学科，研究内容包括一般性原理，以及气候特征的时空分布、演变及其分类等；水文学是研究存在于大气层中、地球表面和地壳内部各种形态水在水量和水质上的运动、变化与分布，以及与环境 and 人类活动相互关系的学科，其研究内容涉及地球上水的起源、存在、分布、循环与运动等变化规律及其运用以达到为人类服务的目的；地貌学是研究地球表面的形态特征、成因和分布及其演变规律的学科，又称地形学，它对工程建设、农业生产、矿产勘查、军事、自然灾害防治和环境保护等多个方面都有比较实际的意义；生物地理学则是研究生物（包括动物、植物和微生物等）在时空上分布的学科，即生物群落及其组成成分在地球表面的分布情况和形成原因；环境地理学则是以人-地系统为对象，研究其发生与发展、组织与结构、调节与控制、改造与利用

的科学,着重研究各种人类活动与地理环境之间的相互作用和相互影响,涉及:环境质量的区域差异,环境的历史发展、演化与预测,环境污染物质的发生、分布、迁移、转化和自净规律,自然资源的合理利用和保护等。

历史地理学是历史学和地理学交叉产生的一门新兴学科,也是现代地理学的一个重要组成部分。它主要研究在历史时期由于人类活动而产生或影响的一切地理变化。这些变化,依旧是按照自然规律进行的,但不因人类活动而发生变化,应该属于自然地理学的研究范畴,具体来说,涉及历史时期自然人文地理现象及人-地关系发展演进规律。因此,按其研究对象不同,历史地理学可分为历史自然地理学和历史人文地理学。在中国,历史地理学研究有着悠久的历史传统,其发展经历了以沿革地理学为主体的传统中国历史地理学、“地理化”逐步加强的近代中国历史地理学及研究历史时期地理环境变化的现代中国历史地理学三个主要阶段,但只是到了20世纪50年代初才得以确立。因此,历史地理学是较年轻的学科。

人文地理学是研究人类活动和地理环境相互关系的地域体系的形成过程、结构、特点和发展规律的学科。它包括社会地理学、经济地理学和政治地理学。其中,社会地理学是从地理学的观点研究各种人类社会现象、社会特征和社会集团区域分布及差异,并比较各种社会集团类型形成过程与空间结构的学科。传统社会地理学由于涉及社会生活中人口、聚落、经济、交通乃至政治文化问题,因而研究内容较为广泛。经济地理学则是研究经济活动区位、空间组织及其与地理环境相互关系的学科,其研究内容包括经济活动的内容、区位、空间组织及与环境的关系等。政治地理学是研究人类社会政治现象的空间分布与地理环境关系及其发展变化规律预测的学科,其研究内容涉及:政治疆界、政治区域的形成与演变,政治地区类型的划分及其相似性与差异性,国际关系和政治集团的形成、发展和变化,以及其对当代世界政治趋势与国际关系的影响等。

区域地理学是研究各地理要素在区域内的组合及其相互联系和相互作用关系的学科。在地理学发展进程中,区域地理学曾是最古老的核心部分,但是其科学理论和体系的形成却是处在近代地理学发展的时期。区域地理学所要研究的区域是具有一定地理位置和可度量的实体,各要素之间具有本质的联系和相似的外部形态特征,因此是地理学的区域性研究。区域地理学对揭示地理区域规律、建立地理学基础、表征地理学特点和确立地理学在现代科学体系中的地位具有不可替代的作用和极为重要的意义。

应用地理学是根据地理学的概念、理论、原则和方法,在基础地理资料的支持下,为直接或间接解决地域实体的发展目标和具体问题提供可行的手段和途径,要求最终获取可以估算、比较、重复、检验的效果或评价的学科。它主要研究如何消除特定空间的地理区域的对立、维持平衡、协调关系和调控系统等。其又细分为工业地理学、农业地理学、交通地理学、军事地理学和医学地理学等。其中,工业地理学是研究工业活动空间分布规律的学科,它的理论基础是工业区位理论,传统的工业地理学以研究工业区位的因素、工业地域的形成和发展为主要内容,它关心企业的区位决策,研究各种不同的工业区位因素对各类不同工厂影响程度的差异,从而探求选取最优工业区位的方法。现代地理学不仅关心物质流,而且注意信息流,不仅要研究工厂的生产区位,而且要注意研究与开发活动有关的区位。在实践上,工业地理学可以为乡镇企业的布局 and 区域发展提供决策依据。交通地理学是研究交通运输在生产地域组合中的作用、客货流形成和变化的经济地理基础,以及交通网和枢纽的地域结构的学科,在飞机的最佳飞行路线、高速公路布局及高铁走向等现代交通的规划与建设中起着

重要的指导作用。医学地理学则是研究一定地理区域内的各种自然因素、社会经济条件以及地区生活习惯与人类健康关系的科学，它的主要研究对象是地理环境和患者，研究内容包括人群疾病和健康的地理分布与地理环境的关系等。

在遥感(RS)与地理信息系统(GIS)中，RS是1960年发展起来的，是应用探测仪器，不与探测目标相接触，从远处把区域目标的电磁波特性记录下来，通过分析，提示出物体的特征、性质及其变化的综合性探测技术。在实践中，电磁波是主要的探测与研究对象。RS研究内容包括被测目标的信息特征、信息获取、信息传输与记录、信息处理与信息应用5个部分。GIS是在计算机软、硬件系统支持下，对整个或部分地球表层的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。GIS处理、管理的对象是多种地理实体、地理现象数据及其空间关系数据，包括空间定位数据、图形数据、遥感图像数据和属性数据等，用于分析和处理在一定地理区域内分布的地理实体、现象及过程，解决复杂的规划、决策和管理问题。总体来说，GIS的核心是空间分析，地理学是其分析的理论基础，RS是GIS数据更新的可靠和快速的数据源。RS和GIS相互联系，为地理学研究提供了强有力的技术支持。

地图学是研究地理信息的表达、处理和传输的理论与方法，以地理信息可视化为核心，探讨地图制作技术和使用方法的学科。它分为两个发展阶段：前一阶段是研究制作地图的“地图制图学”；后一阶段是在20世纪70年代以后形成了完整的地图学概念。总之，地理环境是地图表示的对象，而制图人员又是基于地理学自然和人文地理规律的知识制图。因此，地图学也是地理学研究的重要工具。

(二) 地质学与地球化学

传统上，地质学(geology)和地球化学(geochemistry)都是研究岩石及其矿物的科学，两者相互联系。其中，地质学是关于地球物质组成、内部构造、外部特征及各圈层之间相互作用与演变历史的学科，它的主要研究对象是地球系统的岩石圈，具体来说，主要分为4个方面的研究内容：①岩石圈中的物质组分及其形成、分布和变化的规律，基于此，地质学又可细分为矿物学、岩石学、矿床学和地球化学等；②岩石圈的结构、构造和地表形态的变化特征及发展规律，因此，也包括构造地质学、大地构造学、地质力学、地貌学和动力地质学等分支学科；③岩石圈的形成历史、发展规律及其中古生物的演化特征，故还可分为地史学、古生物学和地层学等；④前三个方面是对岩石圈的自身特点进行科学了解和掌握，但为了开发利用其相关资源，更好地服务于人类的生存与发展，还涉及矿产资源的调查及勘探的理论与方法等方面的研究，包括地质矿产调查勘探、地球物理探矿、控矿工程、遥感地质、水文及工程地质等。

总体来看，地质学的分支学科(图1-3)主要包括矿物学、岩石学、地球物理、地球化学、工程地质学、动力地质学、构造地质学和地史学等。其中，矿物学是关于地球和部分宇宙天体物质形态及运动形式的基础学科，它以矿物和准矿物为主要研究对象，也研究人工合成和部分工业产物中成分及结构上与矿物或准矿物相似的物质。岩石学是研究地壳及上地幔各种岩石的分布、产状、成分、结构、构造、分类、命名、成因、演化及相关矿产等问题的科学。岩石学是地质学科领域的基础学科之一，同时也是理论性和实践性都很强的一门学科。地球物理学是利用物理学的原理、方法研究地球的观测及应用理论的学科，它是应用地球物理观

测仪器，观测各种地球物理场，采用地球物理正演和反演技术，以揭示地球内部介质的物理性质和物理参数，具体包括重力场、磁场、电场、地震波场、热场、放射性场和行星际物理等物理场，涉及海洋、大陆和空间等方面的学科内容，它的主体是固体地球物理学。

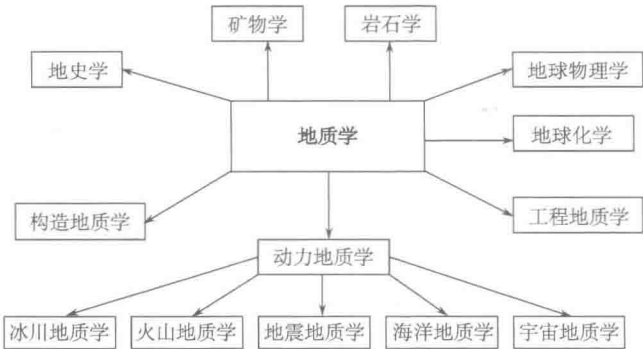


图 1-3 地质学分支学科

工程地质学是研究桥梁、机场和道路等与人类工程建设活动有关的地质问题的学科，主要研究内容包括：建设地区和建筑场地中的岩体、土体的空间分布规律和工程地质性质；控制这些性质的岩石和土壤的成分、结构；这些性质在自然条件和工程作用下的变化趋势；确定岩石和土壤的工程地质分类等。

动力地质学是研究地表及地球内部发生的各种动力地质作用的科学，着重研究引起地壳的物质组成和结构形成与变化的地质作用的一般原理和基本规律，探讨其发生原因、发生条件及其相互关系，具体包括：各种动力改造地表与物质循环等规律，地球各种动力类型和来源，各种动力是如何驱使地球不断运动、它的运动过程和产生条件又是什么等。动力地质学又可分为冰川地质学、火山地质学、地震地质学、海洋地质学、海啸地质学、台风地质学和宇宙地质学等。其中，冰川地质学是以鉴定古代冰川遗迹为基础，研究古冰川的发育规律和特征、冰期与间冰期的气候变迁及其起源，进而了解它的地质作用与影响的科学；火山地质学是研究地球历史上由火山作用形成的地质体的学科，主要是运用地质学和火山学的原理与方法，来研究地球历史上早已形成的古火山岩及有关地质现象；地震地质学是一门查明地震发生的地质构造背景，探讨地震活动规律，寻求未来可能发生地震的地区、地带和地点的学科，它运用的是地质学的理论与方法来研究地震的成因和地震的活动规律；海洋地质学是研究全球地壳被海水淹没部分所发生的各种地质作用的学科，这些地质作用包括海岸和海底地形的动力学、海底沉积作用、海底火山活动、海底地质构造、大洋地质历史和海底矿产资源等；海啸地质学是一门查明海啸发生的地质构造并从地质学的角度研究海啸的成因及其活动规律的学科；宇宙地质学是研究太阳系各天体的物质组成、地质构造、内部结构和地质演化历史的学科，又称空间地质学，它的研究内容包括行星地质、卫星地质、小行星地质、陨石、宇宙矿物和宇宙年代等。

构造地质学是研究岩石圈内地质体的形成、形态和变形构造作用的成因机制及其相互影响、时空分布与演化规律的学科，它的研究对象主要是岩石圈的地质构造，研究内容包括由内力地质作用所形成的诸如褶皱、断层和节理等各种地质构造的形态、产状、规模、形成条

件、成因机制、分布规律与演化历史。

地史学也称历史地质学，是研究地球发展历史与发展规律的科学，其研究对象为地史时期形成的地层（包括沉积岩地层、火山岩地层和变质岩地层），研究内容涉及地球的形成、生命的起源、生物的演化、古地理的变迁、板块的离合，以及地球不同圈层的相互作用等。它可进一步细分为三个方面：一是研究地层的形成顺序和时代、划分地层单位、建立地层系统和进行地层时空对比；二是根据地层的沉积组分、沉积相及其时空分布特征研究地层形成的古环境、古地理及其演化；三是根据地层的沉积组合、沉积古地理、古生物地理、古气候、古地磁及其他构造标志恢复地层形成的古构造背景、古板块分布格局及其离合史。

地球化学（geochemistry）是研究地球的化学组成、化学作用和化学过程及其制约因素、化学演化及其成因与机理的科学，它是地质学与化学相结合而产生和发展起来的边缘交叉学科。地球化学主要研究地球乃至宇宙的化学组成、化学演化，以及运用现代物质科学的理论与方法研究元素和同位素的分布、迁移、富集与分异演化规律。也就是说，地球化学是用化学和地质学的理论与方法来认识自然作用形成的产物、过程及其演化，其研究对象仍然是整个地球及其圈层与分室。因此，它属于地球科学的范畴，也是与化学相交叉的一门新兴学科。与地质学等传统学科相比，从原来的定性描述向量化研究的转变是地球化学的一个显著特点。特别是，随着地球化学的发展与研究的拓展，其本身也具有多个分支学科，如元素地球化学、天体化学、生物地球化学、环境地球化学、生态地球化学、应用地球化学、矿产地球化学、有机地球化学等，见图 1-4。

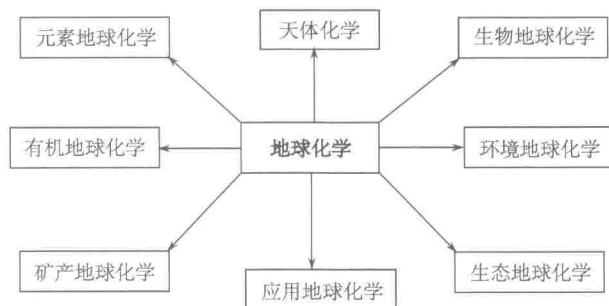


图 1-4 地球化学分支学科

元素地球化学是研究自然界元素的组成及其运动规律的科学。它是地球化学领域最古老的分支学科，早期的地球化学就是元素地球化学。元素地球化学的研究内容包括：元素的物理、化学和晶体化学性质，元素在宇宙、星体、陨石、月球和地球各圈层的分布与分配，元素在各种地质体分布量差异，元素的赋存状态、生物有效性及迁移形式，元素的演化和循环历史，元素的富集规律及主要矿床类型，元素在环境中的运移与转化规律以及与人类的关系，不同区域元素的稀缺情况与人体健康的关系等。

天体化学是研究天体和其他宇宙物质的化学组成及化学过程的学科，属于地球化学的分支学科。其研究的介质与地球化学的一般研究对象有所不同，地球化学是研究地球的化学成分、变异和演化的学科，而天体化学则是研究天体化学成分、变异和演化的学科。此外，天体学也是一门独立的学科，它研究各层次天体化学成分与化学演化规律，是地学、天文学和

空间科学交叉的产物。

生物地球化学以研究地球表面生物参与下的化学过程为主,包括大气层、地表水及海洋、土壤和地壳内各种矿物,以及有机体所发生的各种化学反应、过程及其机理。其中,生物地球化学循环是生物地球化学的主要研究内容。具体来说,即要研究化学元素和化学物质在大气、海洋与陆地之间,以及它们内部各层次之间的生物地球化学循环过程,以此来明确生命系统在进化过程中对地球化学环境的影响,并且预测未来会对土壤、地表水及海洋与大气的组成成分、陆地生物圈的物质循环和全球环境产生何种影响等。

环境地球化学是地球化学与环境科学相互渗透而产生的一门新兴边缘学科,是研究化学元素和微量物质在人类环境中的含量、分布和迁移,以及与人类健康关系的科学。环境地球化学的主要任务是研究人类活动与地球化学环境的相互作用及其机制。它基于地球环境的整体性和相互依存性理念,在地球科学的基础上,综合研究化学元素在地-水-气-人(生)环境系统中的地球化学行为,揭示出受人为活动干扰的区域与全球环境系统的变化规律,从而达到合理开发利用资源、有效控制环境质量及维护人类健康的目的。

生态地球化学是一门研究地球化学元素及外来有害物质在地球各圈层循环与迁移转化规律、不同生态因子的作用与影响、所产生的生态效应及其调控的一门新兴的边缘学科,是生态学与地球化学相互交叉的结果。它的理论基础是元素地球化学循环原理、生态学物质循环与能量流动及信息传递原理,研究对象是地球表层系统或地球各圈层及区域生态系统,研究方法包括地球化学调查/勘查方法、多目标区域地球化学填图法、同位素示踪法、数学模型法、地球化学预测方法、生态学整体方法等,其技术路线是以土壤圈为中心评价地球系统,即它着重研究不同生态系统中地球化学元素及外来有害物质的空间分布、循环规律和影响范围,研究尺度包括全球、区域和局部水平。其在地球化学问题的发现、主要元素成因与来源、迁移转化、生态效应、变化趋势全过程,以及污染环境的修复等方面的研究具有极其重要的指导意义。它的应用领域涉及生态保护、污染防治、土地利用、农业生产和城市建设等。

应用地球化学是地球化学的实践应用,是运用地球化学基本理论、方法与技术来研究地球物质成分及其分布、分配与人类的利害关系,以及通过调控来解决地球上的生态环境问题,并能产生一定的经济效益和社会效益的学科。其研究对象为地球表层系统的物质组成。研究内容涉及:成矿元素及其伴生元素的空间分布规律与矿产的联系,以及利用此规律探明埋藏于地下的矿产资源;人类生存与发展、对人类健康有影响的化学元素的分布、分配及其存在形态与生物有效性;对作物生长有益或必需元素在土壤中的丰缺程度,以及有毒、有害元素在土壤及地下水中的富集程度;污染土壤和地下水的生物修复、化学修复及其强化;一切化学元素及其化合物在地球表层系统中的分布分配、活动演化可能给人类生存带来的直接或间接影响等方面的研究。

矿产地球化学是基于现代地球化学理论和技术方法,研究地质矿产资源的形成与演化过程的学科,涉及成矿物质源区、成矿过程中成矿元素的迁移富集规律、矿床形成机制、成矿时代等方面的研究,并且针对不同类型矿床的特征,研究矿床形成过程,创建矿床成因理论和矿床地球化学勘查模型,预测新的矿产勘查靶区,指导找矿勘探实践。

有机地球化学主要研究地球有机圈和其他宇宙体中有机物质形成、演化和聚集规律,以及它们在理论上和实践上应用的科学。其研究内容包括:地质体内有机质的成因和演化规律,有机物与无机物之间相互作用的实质和聚集条件,各种生物标准化合物对沉积环境、有机质