

# 地球 与环境科学导论

孙立广  
杨晓勇 黄新明 编著

中国科学技术大学出版社

# 地球与环境科学导论

孙立广 杨晓勇 黄新明 编著

中国科学技术大学出版社

1995. 合肥

## 内 容 简 介

本书从地球科学的基本原理出发,从太阳系和宇宙背景谈起,探讨了地球内外圈层的结构、化学组成和物理特征;阐述了地球的内、外动力作用的发生、发展过程;论述了人类活动对地球环境的干预及其后果;重点考察了在地球科学与环境科学交叉点上的问题;大量介绍了当代地球与环境科学的研究动态和最新成果。

本书可作为高等学校地质、地球化学与环境等专业的基础教材,可供环境科研和环境保护工作者参考,也适合于高等学校理科专业的学生阅读。

## 图书在版编目(CIP)数据

地球与环境科学导论 / 孙立广等编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,1995年4月

ISBN7-312-00654-X/P·20

I 地球与环境科学……  
I 孙立广等编著  
II ①地球 ②环境 ③资源  
IV P

凡购买中国科大版图书如有白页、缺页、倒页者,由本社发行部负责调换

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路96号,邮编:230026)

合肥骆岗印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本:787×1092/16 印张:14.25 字数:366千

1995年12月第1版 1995年12月第1次印刷

印数:1—1500册

ISBN 7-312-00654-X/P·20 定价:12.20元

# 前 言

科学在走向今天的道路上是辉煌的,而关于明天的进展将不断地震撼着人类的想象力。首先是爱因斯坦,继而是杨振宁,用科学的创造性思维跨越了深邃的时空,人们只是在若干年后才艰难地证实了他们思想的坚实脚印。魏格纳远没有这样幸运,他用“大陆漂移”的思想启动了大陆阀,并推动它在洋底“耕犁”,可惜直到他的思想连同肉体被掩埋在格陵兰的冰天雪地中,仍然是一无所获。也许,在地球科学的领域,跨越时代的科学思维,难以及时地由观察所得到的资料解释或证实,“地学革命”只得姗姗来迟。这给了我们一个重要的启示:不要试图用研究理论物理学的钥匙去打开地球与环境科学的大门。我们在前进的道路上目光必须始终向下,注视着土地、水和矿产资源,尽量避免在我们的脚下留有遗憾。然而,另一方面,如果我们不用科学思维去洞察地球的未来,那么遗憾将是不可避免的。更糟的是,那将是整个人类的遗憾。

资源与环境作为两个独立的客体分别是地质学家和环境学家研究的对象,但是当我们把人、资源与环境联系起来的时候,它们的相互牵制和制约就使得三者之间形成了一个此消彼长的系统:资源的高度开发和对环境的高品质追求是人类的本能的需求,但是实际上,资源总量是有限的,而资源的开发如果不以牺牲环境为代价,就得拿出利润中的相当大的份额来“修补”环境。否则,资源开发量越大,环境损失也就越大。

“可持续发展”已成为一个重要的话题,它要求有足够的资源储备保证社会生活的正常运行,它要求良好的大气环境、水环境以保持人类的生存。

综上所述,以人为核心的关于地球资源与环境的科学正在形成一个横跨自然科学与社会科学并且受控于政府职能部门的巨大工程。撰写本书的目的即是为了跨进这座工程的门槛,使对地球与环境科学感兴趣的人们,尤其是大学生们能够在系统化的框架中更好地了解整个地球的去、现在及未来的行为,并考察人在参与这些行为中所产生的后果。这不仅仅是为了满足人们对知识的渴求,更重要的是利用这些知识去寻求更丰富的资源和能源,同时要维护生物圈和人类继续繁衍下去的环境。

本书从地质学的基本原理出发,从太阳系和宇宙背景谈起,探讨了地球内外圈层的结构、化学组成和物理特征,阐述了地球的内外动力作用的发生、发展过程;论述了人类活动对地球环境的干预及其后果;重点研究在地球科学与环境科学交叉点上的问题;大量介绍了当代地球与环境科学的研究动态和最新成果。

本书包含了普通地质学的基本原理,尽量避免冗长的描述和概念的罗列;本书引入了人类生态系统的基本原理,阐述了人类的工程建设正在以一种外动力难以比拟的速度参与着改造地球表面的过程,而人类的工农业建设和现代化进程正在更深刻的层次上改造着地球外部圈层及地球固体表层的物质组成,从而导致环境污染。

本书分别讨论了地球的内动力地质作用和外动力地质作用,并综合讨论了两种作用之间的联系和产物之间的相互转换,并进而把人作为一种重要的营力纳入地球动力作用的系统中。

如果说，传统的“普通地质学”是以自然的观点，用人的目光去视察地球的结构、组成和历史，那么本书则是以人与自然的观点，把人作为地球大舞台的成员来综合考察地球这颗宇宙中的生命行星。这样一来，地球的动力作用过程中就掺入了人的色彩。人作为一种外动力地质作用的因素改造着地球，同时又承受着外动力地质作用的恩惠与祸患。前者是资源和能源，后者是地质灾害。可以说，这是本书的一个重要特点。

本书是作者多年教学工作的总结，是在教学讲稿的基础上充实完善起来的，其中包含了两百多年来地质学家的学术遗产，包含了当代地学的最新成果；也包含了作者本人对地球、自然与人的领悟和理解。作者以感激的心情回顾老一辈地质学家在中国科学技术大学所讲授的普通地质学课程及进行的学术讲座，这为本书准备了重要的材料，他们中有：黄汲清、张文佑、陈国达、涂光炽、叶连俊、刘东生、郭令智等院士以及黎彤等教授；作者以欣喜的心情回顾本书成书过程中，我的学生们所做出的贡献，他们作为第一读者，从学生的角度提出了一些重要建议、并参与个别章节的初稿整理、编写工作。他们中有张兆峰、谢周清等高年级学生。

本书的第五章是黄新明根据讲稿充实、整理编写的，第七章原稿是杨晓勇编写的，后经孙立广修改、重新整理，并将部分内容调整到其它章节中。另外，孙立广还编写了第一、二、三、四、五、六、八、九、十、十一、十二章及前言，并负责全书的总体构思和整理定稿工作。

本书在出版过程中得到中国科学技术大学学校领导及有关的系领导和同事们的支持，在此一并表示感谢。

本书涉及了自然科学的众多领域，书中若有错误和不当之处，敬请读者不吝批评指正。

孙立广

1995年1月于合肥

# 目 次

前言 .....	( 1 )
<b>第一章 绪论——当代的地球与环境科学 .....</b>	<b>( 1 )</b>
1.1 地球与环境科学的研究框架 .....	( 1 )
1.2 当代地质科学的研究领域和发展方向 .....	( 4 )
1.3 世界环境保护的战略转变与现代环境科学的研究方向 .....	( 7 )
1.4 地质科学与环境科学的关系 .....	( 10 )
<b>第二章 地球的宇宙背景 .....</b>	<b>( 12 )</b>
2.1 太阳系的基本事实 .....	( 12 )
2.2 太阳系起源假说及其发展 .....	( 19 )
2.3 宇宙模式 .....	( 22 )
<b>第三章 固体地球的物理概念 .....</b>	<b>( 24 )</b>
3.1 地球的物理性质 .....	( 24 )
3.2 地球的结构 .....	( 30 )
3.3 地壳均衡 .....	( 36 )
<b>第四章 地球的物质组成与时间尺度 .....</b>	<b>( 38 )</b>
4.1 地球的化学组成 .....	( 38 )
4.2 矿物 .....	( 39 )
4.3 岩石 .....	( 42 )
4.4 地球演化的时代概念 .....	( 47 )
<b>第五章 地球的内动力活动及其结果 .....</b>	<b>( 51 )</b>
5.1 构造运动 .....	( 51 )
5.2 岩浆作用 .....	( 64 )
5.3 变质作用 .....	( 73 )
5.4 地震作用 .....	( 81 )
<b>第六章 岩石圈的活动模式 .....</b>	<b>( 86 )</b>
6.1 槽台学说 .....	( 86 )
6.2 多旋回说 .....	( 88 )
6.3 地质力学 .....	( 89 )
6.4 地洼与壳体 .....	( 91 )
6.5 大陆漂移假说 .....	( 92 )
6.6 海底扩张说 .....	( 96 )
6.7 板块构造 .....	( 98 )

6.8	板块构造与内动力地质作用	(103)
<b>第七章</b>	<b>地球外圈中的化学循环</b>	<b>(107)</b>
7.1	生物环境及生物地球化学作用	(107)
7.2	储库及储库之间的传输	(109)
7.3	各种气体及其化合物的循环与平衡	(111)
<b>第八章</b>	<b>土壤圈与风化作用</b>	<b>(121)</b>
8.1	土壤是风化作用的产物	(122)
8.2	土壤是生物物理化学体系	(125)
8.3	土壤圈的亏损	(127)
8.4	土壤圈持续的可能性	(129)
8.5	土壤污染实例分析	(133)
<b>第九章</b>	<b>大气动力和大气污染</b>	<b>(140)</b>
9.1	大气环境	(140)
9.2	大气动力学基本概念	(143)
9.3	大气污染	(145)
9.4	风的地质作用	(152)
<b>第十章</b>	<b>水圈的地质作用与水环境</b>	<b>(155)</b>
10.1	水资源与水环境	(155)
10.2	地面流水的地质作用	(163)
10.3	海洋的地质作用	(168)
10.4	地下水的地质作用	(177)
10.5	冰川的地质作用	(181)
10.6	湖水的地质作用	(184)
10.7	沼泽的地质作用	(185)
10.8	水体污染	(185)
<b>第十一章</b>	<b>地球的内外动力地质作用及人与自然</b>	<b>(191)</b>
11.1	内外动力地质作用的相互关系	(191)
11.2	地质灾害	(193)
11.3	人类的工程地质作用	(196)
11.4	矿产资源与人类进步	(199)
<b>第十二章</b>	<b>古生物演化与古气候变迁</b>	<b>(204)</b>
12.1	生物的发展与化石的概念	(204)
12.2	古生物演化	(207)
12.3	探索古气候变迁的证据	(212)
12.4	地球历史中气候变迁的原因	(213)
12.5	地球历史中的气候变迁	(216)
12.6	关于地球未来的猜测	(219)
	<b>参考文献</b>	<b>(220)</b>

# 第一章 绪 论

## ——当代的地球与环境科学

地球与环境科学的目标是：了解整个地球系统的过去、现在及未来的行为。这种兴趣已从生命演化的地表环境到地壳及其流体外圈(大气圈和水圈)之间的相互作用,向下扩展到地幔和地核。我们面临的新的挑战是,要利用这种认识寻求更丰富的资源和能源,同时要维护生物圈和人类继续繁荣下去的环境。我们面临的机遇是从来没有过的,“只有一个地球”已成为人类的共识,要做的事是:“关心地球——为了持续性”。

当政治家们终于意识到一场核大战将毁灭全部的现代文明时,第三次世界大战随着冷战的结束变得遥远了。但是,在另外一个战场上,一场新的世界大战已迫在眉睫,人类正面临着两个强大敌人的联合威胁。它们是:资源枯竭、环境恶化。当我们意识到这两个紧密联系的问题将可能在人类短暂繁荣之后不战而胜,并把现代文明作为悲剧留给历史的时候,1992年各国的国家元首或政府首脑在巴西里约热内卢召开了环境与发展大会,制定了环境持续发展的共同战略,提出了“世界环境持续发展宣言”。地球和环境科学已作为一种战术武器将在这场人类生死存亡的“战争”中发挥主要的作用,而维护人类生态环境的持续与发展,正是地球与环境科学工作者的责任与光荣。

作为地球科学的一部分,地质学在应用的意义上奠定了20世纪现代文明大厦的基石——资源和能源。但是,随着资源和能源的无节制开发和利用,我们的星球已是满目疮痍。环境科学作为一门新兴的交叉科学正在承担起收拾这个烂摊子的重要使命。在这个过程中,一部分地质学家正在担负起新的责任,即应用新的思维、站在新的高度上去重新审视我们的任务并与环境科学家联盟,目的是:维护地球的持续发展。

如果说,“现在是了解过去的钥匙”打开了地球历史的宝库,那么“过去是了解未来的钥匙”将使我们从恐龙的灭绝、冰期的严酷中感受到人类面临的危险,将使我们从洋底的俯冲与分裂、大陆的分离与碰撞、物质世界在地球内外圈的更叠中去探寻人类未来的资源储备,将使我们从过去1/4世纪的经济繁荣和环境衰败的速率中去推算21世纪全球的饥渴与贫穷,以便督促我们倾注全部的才干和热情去关心和重建我们的星球。

显然,地球与环境科学将在人类这一共同战略目标中发挥不可替代的作用而成为21世纪的热门科学。

### 1.1 地球与环境科学的研究框架

地球和环境科学研究得以存在和发展有两个基本出发点:一个是满足人类对环境及人地关系的求知欲望——为了更好地了解我们赖以生存的行星地球;另一个是地球与环境科学研



究既可以保障也可以改善人类的生存条件。地球科学与社会之间的联系是这样地紧密,任何资源与环境法规、任何保护人类免受自然灾害的决策都离不开地球科学的理论咨询。

上述两个基本出发点阐述了基础理论研究和应用研究两个范畴。若干年前,人为的偏见曾使这两个领域在某些场合成为对手。某些理论家们以高深的学术建树去贬低野外调查的机械操作,而野外地质学家则反唇相讥,以辉煌的油田和矿山去蔑视莫测高深的理论。越来越多的学者们已经注意到:并非所有的理论研究都能立即应用,但正确的理论发现几乎没有是始终得不到应用的。今天的理论科学就是明天的应用科学,同样,应用研究保证了理论研究的存在地位,提供了理论思维的材料,并且对研究行星地球的结构、性质与历史作出了巨大的贡献。科学史已经表明:由理论与应用这两个出发点所形成的扇面正在越来越大的范围内彼此涵盖与重合,应用基础研究的领域正日益扩大。

地球科学家用 200 年左右的时间建立了广义地质学的理论体系,这个体系使我们可以从宏观的全球背景上去认识行星地球,可以使我们从分子和原子的尺度上去认识微观的物质存在与运动以及它们在地球整体框架中所表达的物理化学体系。

广义地质学是以固体地球的物质组成、结构和演化为研究对象的科学。地质学所讨论的范围包括地表地文特征和矿物、岩石的研究,并且努力阐明现在正在进行的、历史上曾经发生过的和将来要发生的地质作用及其对地球的改造的过程。

图 1.1 显示了地质科学与其它科学学科的关系,反映了科学的交叉发展过程。最近又有

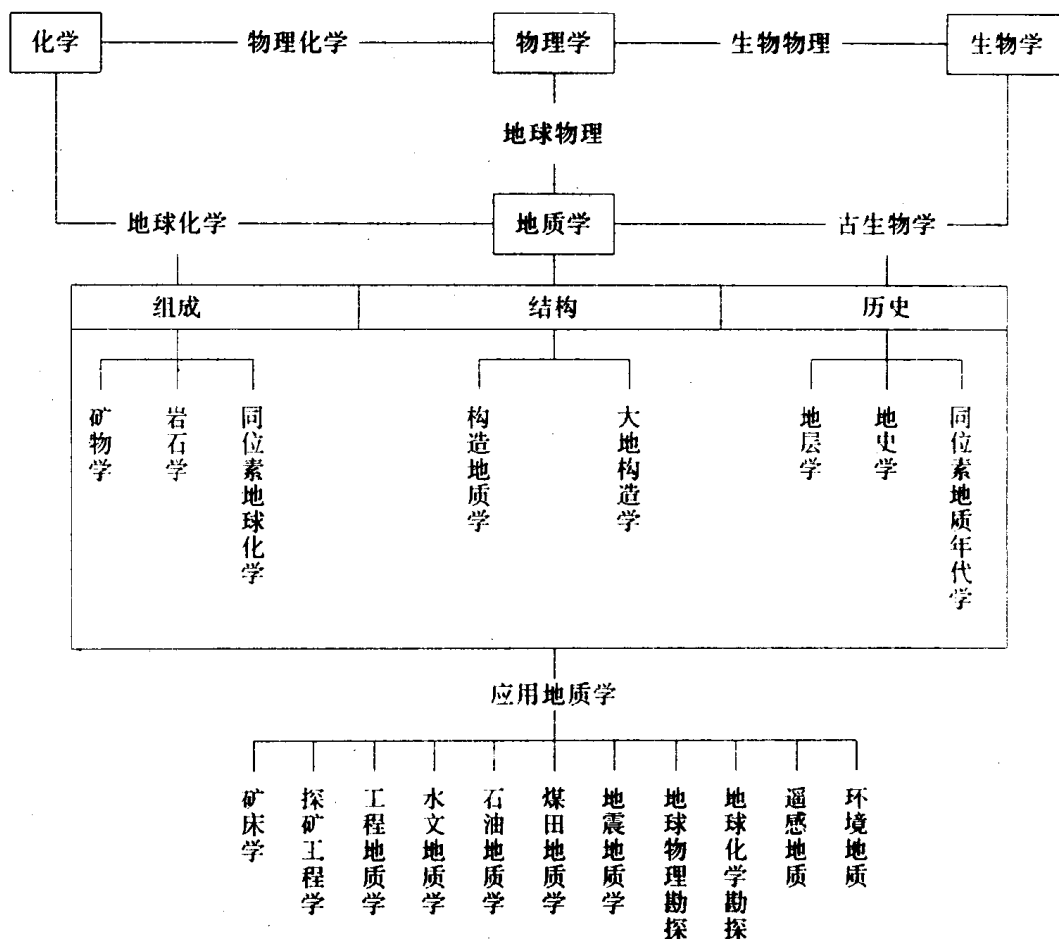


图 1.1 地质科学学科体系及其与其它科学学科的关系

人提出了地球物质科学这样一门综合性边缘科学,它是在矿物学、岩石学、矿物物理学、岩石力学、地球化学和地球物理学等学科基础上发展起来的。它正在把地球科学家联合起来,运用现代的物理学化学的理论和实验技术,从物质的角度去研究地球,以便对重大的地球演化和动力学问题作出回答。科学正在从越分越细的状况走向联合,形成逻辑上前后一致的系统。可以预言,这些多学科的结合研究成果,代表了一个富有活力的科学发展的新方向,将为新的革命性的地质学新观念、新理论的问世奠定基础。显然,新一代的地球科学家应当是用物理学和化学武装起来的、有系统地球科学知识的人才。

在学科综合的同时,在现代地质学中,学科的分化在纵向深入研究和横向交叉扩展中继续发展。其中,除传统的分支以外,还涌现出许多新的分支,如:环境地质、深部地质、地热地质、前寒武纪地质、海洋地质、空间地质、遥感地质、古地磁学、同位素地质、农业地质、生物地球化学等等。

科学的发展越来越依靠技术的进步,新技术新方法的使用曾经导致地质科学理论的萌芽和诞生。例如布莱克特的无定向磁力仪的问世,形成了古地磁学;岩石剩余磁场的研究成果又为大陆漂移假说的复活提供了依据。可以毫不夸张的说,板块构造这一地学革命性学说的形成与其说是建立在魏格纳大陆漂移假说的基础上,不如说是建立在古地磁技术、海洋和深部探测技术、同位素地质年代学方法、大地测量技术和空间遥感技术等新技术新方法的基础上。否则,岩石圈动力学只能停留在假说这个阶段上,而无法向前迈进一步。

80年代以来,地学领域引进了一大批新的技术方法,它们将在90年代乃至下个世纪对地球科学的发展发挥重大作用。其中最重要的有:加速器质谱仪(AMS)、同步加速器光源、全球定位系统(GPS)、陆地卫星、自动化多级质谱仪、可移动式地震网、可移动式红外光谱仪、巨型计算机等。目前,相互配套和补充的四大地质科学技术体系已经形成,它们是:观测和探测技术、测试与分析技术、模拟实验技术和计算与信息处理技术体系。这四大技术体系的形成和进一步完善,标志着地质调查、实验、处理等研究的技术装备和手段已进入现代化阶段。地质科学作为一门描述性科学的时代已经结束,地质科学正在逐步完善其从宏观向微观、从定性到定量、从浅部向深部、从局部向系统化发展的过程。

地学作为一门比较成熟的科学在学科划分、工作方法和研究目标上已形成了明确的概念,但是,对于什么是环境科学,不同专业的学者却有很不相同的看法,甚至对环境(Environment)也有不同的理解。

有的学者主张大环境的概念,即指包括人类在内的有生命的有机体赖以生存的环境,认为凡是与人类生存环境有关的问题都属于环境科学研究的范围,比如沙漠化、水土保持、自然资源保护等。另一部分学者则将环境问题作为一个重要的社会问题提了出来,主要是因为环境污染威胁着人类的健康和环境破坏影响着资源的可持续利用,从而认为环境科学的任务是解决三废污染造成的环境质量下降问题。

对环境和其研究任务的不同理解,导致“环境科学”在学科体系方面的不同认识:一种观点认为应该按理论与应用的关系分为理论环境学、应用环境学、综合环境学等;另一种观点认为可以从学科的角度划分成环境物理学、环境化学、环境地质学、环境地球化学、环境生物学、环境医学、环境美学、环境工程学、环境管理学、环境经济学、环境法学等;还有的认为可按环境的性质划分为大气环境学、水体环境学、土壤环境学等。

从不同角度得出的环境科学的学科分类方案各有其优点,重要的是必须首先明确环境科学的概念。目前,对环境科学的阐述大致有四种观点:(1)认为环境科学应局限于研究第二环境

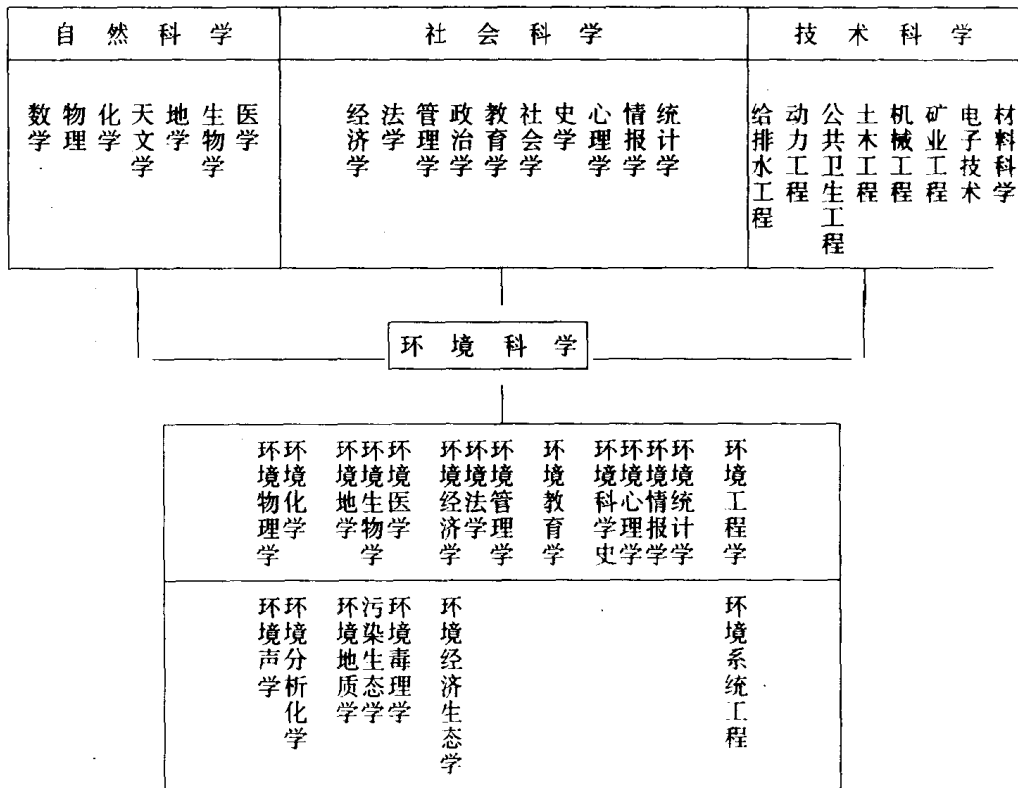
问题,即有人类参与的环境问题;(2)认为环境科学是研究环境中污染物质运动规律及其防治途径的科学;(3)认为环境科学是研究由于人类活动所造成的环境影响及其变化规律的科学;(4)认为环境科学是研究人类与环境的相互关系,特别是人体健康与环境的相互关系的科学。在这里有必要回顾什么是科学的概念,这同样是个有争议的问题。但是,爱因斯坦关于科学的定义显然是言简意赅的。他认为:“设法将我们杂乱无章的感觉经验加以整理,使之符合逻辑上一致的思想系统,这就叫做科学”。这个概念明确了科学与技术之间的界线。

从这个科学概念出发,我们认为:环境科学的研究对象是与人类活动有关的自然环境质量的变化,环境科学是探讨人类社会生态与自然生态的相互作用与平衡的科学。

环境科学涉及到自然科学、工程技术和社会科学的许多方面,因此,可以说环境科学是源于自然科学、技术科学与社会科学的各个领域,并向这些科学的各个领域全方位开放的研究系统。下表展示了环境科学及其与其它学科之间的关系。

从表 1.1 中可以看出:环境科学的学科划分与广义地质学的学科划分(图 1.1)有相似之处。与地质学一样,环境科学应用在解决实际的环境问题中与工程技术相结合,逐步形成了应用环境学的各个分支,如环境工程学、环境医学以及环境保护、环境治理、环境评价等。

表 1.1 环境科学及其与其它科学学科之间的关系



## 1.2 当代地质科学的研究领域和发展方向

地质科学在板块构造学说与行星探测技术双重革命的推动下取得了飞跃进展之后,地质学家已有能力研究和解决下列重大问题:较完整地阐明各大陆 42 亿年以来的演化历史;确定

在当前工业开采的浅部层位以下主要矿产和能源的分布;研制出对固体地球进行更深层次穿透和取样的新技术和新材料;利用地震层析成象及其它新技术调查地幔和地核的深层结构;模拟板块运动的动力学过程;准确描述并追溯保存在沉积物、树木年龄和永久性冰体中的全球环境演化过程的地质记录;解释行星地球的化学和生物演化;弄清在地球深部的压力和温度条件下物质的物理化学性质的变化等。为了满足社会发展对地质科学提出的越来越高的要求,必须全面而深入地了解地球的资源与环境满足人类需求的“承载”能力以及人类破坏地球环境的程度。这种了解已成为当代地质科学领域中最富挑战性也最热门的研究课题。

表 1.2 列举了美国国家研究委员会(NRC)制定的固体地球科学的研究机会。表 1.3 列出了各主题的优先研究课题。

1991年,我国国家自然科学基金委员会提出了中国地质科学的发展战略及其目标是:“争取到下世纪中叶,中国地质科学总体上赶上世界先进水平”。这个目标反映了当前我国的研究水平与国际研究水平上的巨大差距。当然,这并不意味着我们不可在某些研究课题方面达到国际水平。从我国的国情和现实需要出发,在未来5~10年内我国地质科学界将优先开展下列重大领域的研究:

表 1.2 美国国家研究委员会制定的固体地球科学的研究课题

目 研 究 领 域	A、了解过程	B、维持充足的资源(水、矿产及燃料)	C、减轻地质灾害(地震、火山及滑坡)	D、使全球和环境变化减到最小(评价、减轻、补救)
I. 全球古环境和生物演化	<ul style="list-style-type: none"> <li>土壤形成和污染</li> <li>冰川冰及其包裹体</li> <li>第四纪记录</li> <li>近代全球变化</li> <li>古地理学和古气候学</li> <li>古海洋学</li> <li>环境变化的驱动力</li> <li>生命史</li> <li>化石的发现和修补</li> <li>突变和灾变</li> <li>有机地球化学</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各时代矿床</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>采煤对环境的影响</li> <li>过去全球变化</li> <li>过去的灾变</li> <li>全球变化中的固体地球过程</li> <li>现今测量的全球数据库</li> <li>火山喷发物与气候改变</li> </ul>
II. 全球地球化学和生物地球化学循环	<ul style="list-style-type: none"> <li>地球化学循环:大气圈和海洋</li> <li>来自地幔的地壳演化</li> <li>沿大洋扩张中心和大陆裂谷系的通量</li> <li>会聚板块边缘的通量</li> <li>地球化学中的数学模拟</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>有机地球化学和石油的成因</li> <li>微生物学和土壤</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水库的防震安全</li> <li>火山前兆现象和喷发</li> <li>体积正在变化的土壤</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地球科学/材料/医学研究</li> <li>有机化学反应的生物学控制</li> <li>废物处理的地球化学</li> </ul>
III. 地球内部和地球上面的流体	<ul style="list-style-type: none"> <li>汇水盆地分析</li> <li>矿物-水界面的地球化学</li> <li>孔隙流体和活动构造</li> <li>岩浆的产生和运移</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水-岩相互作用的运动学</li> <li>汇水盆地分析</li> <li>水质和污染</li> <li>模拟水流</li> <li>来源-搬运-堆积模型</li> <li>沉积环境的数值模拟</li> <li>矿产资源的原地开采</li> <li>地壳中的流体</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>放射性废物的隔离</li> <li>地下水的保护</li> <li>废物处理</li> <li>有害废物的原地净化</li> <li>新的采矿技术</li> <li>采矿活动的废物处理</li> <li>核反应废物的处理</li> </ul>

续表 1.2

目的研究领域	A、了解过程	B、维持充足的资源(水、矿产及燃料)	C、减轻地质灾害(地震、火山及滑坡)	D、使全球和环境变化减到最小(评价、减轻、补救)
N. 地壳动力学:大洋和大陆	<ul style="list-style-type: none"> <li>地貌对变化的响应</li> <li>地貌反馈机制的量化</li> <li>地貌变化的数学模拟</li> <li>层序地层学</li> <li>大洋岩石圈的产生和增生</li> <li>大陆裂谷</li> <li>沉积盆地和大陆边缘</li> <li>大陆规模的模拟</li> <li>岩石圈的交代和变质作用</li> <li>地壳的状态:热、应变、应力</li> <li>会聚板块边缘的岩石圈</li> <li>造山带的历史:深度—温度—时间</li> <li>地震破裂的定量了解</li> <li>近代地质过程的速率</li> <li>实时板块运动和近地表变形</li> <li>地质预测</li> <li>现代地质图</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>沉积盆地分析</li> <li>地表和土壤同位素年龄</li> <li>矿产资源赋存的预测</li> <li>隐伏矿体</li> <li>矿体的中等规模寻找</li> <li>新油气藏的勘探</li> <li>提高产量和回采率的方法</li> <li>提高煤的利用率及其方法</li> <li>煤岩学和质量</li> <li>隐伏地热场</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震预测</li> <li>古地震学</li> <li>火山的地质制图</li> <li>火山的遥感探测</li> <li>第四纪构造学</li> <li>压实的土壤物质</li> <li>滑坡危险性图</li> <li>预防滑坡</li> <li>测年技术</li> <li>实时地质学</li> <li>研究地貌的系统方法</li> <li>改造地貌的极端事件</li> <li>地理信息系统</li> <li>土地使用和再使用</li> <li>灾害干扰问题</li> <li>新构造特征的探测</li> <li>风化岩石的承受能力</li> <li>城市规划:地下空间</li> <li>地下地球物理勘查</li> <li>地下空间的探测</li> </ul>	
V. 地核和地幔动力学	<ul style="list-style-type: none"> <li>地磁场的成因</li> <li>核—幔边界</li> <li>地球内部的成象</li> <li>高温高压实验</li> <li>地球化学动力学</li> <li>地球动力学模拟</li> </ul>			

### 1. 中国大陆及大陆边缘岩石圈的结构、组成、演化及其与矿产的关系

其学术方向是:建立适用于我国并适用于全球的岩石圈构造演化模型,为今后研究东亚和亚洲的岩石圈构造演化模型奠定基础,为预测我国矿产资源、预测和减轻地质灾害、改善人类生存环境提供科学依据,为建立和发展中国地质理论体系进行必要的理论储备。

### 2. 大型和超大型矿床(包括油气矿床和水)的全球背景、成矿条件和成矿理论研究

### 3. 全球变化——现代地质作用过程和地质环境变迁

其学术方向是研究我国人类生存环境变化的分布、形成和发展规律,建立环境的变化和预测的科学原理和方法,研究灾害预测及减灾对策,发展环境地质学理论。

全球变化研究是把地球作为一个整体,全面研究大气圈、生物圈、水圈、土壤圈、岩石圈和人类活动的相互作用、相互影响的全过程,优先研究现代几十年到几百年时限内将发生的过程,重建 250 万年来的演化历史。要对当代环境有深入了解,并对未来作出预测,就要研究环境的历史,而全球大气、水文、地形的变化均可以从岩石、土壤、沉积物等地质记录中找到答案。未来的谜底只能从历史的烟云中去寻找,这便是地质学家对环境科学研究的独特贡献。

地质科学在社会发展中的作用已从找矿拓展到为解决社会面临的重大问题服务。

比较美国和中国优先课题的选择,可以发现:经济和科学发展的层次上的差别决定了研究领域次序上的差别。我们依然把基础理论的研究与资源的开发利用放在优先位置,而美国在基本查明矿产资源的分布状况之后,将环境变化的研究放到了首要位置。美国地质教育的招生和就业范围都在萎缩,而环境地质的教育与就业面则大大扩展了,这种趋势已在我国开始出现。因此,我们必须在传统地质学的教材中补充地球系统的科学知识(包括生物圈中的地球化学知识),应当强调整个地球相互关联和反馈的过程。

表 1.3 各主题最优先和优先研究机会

研究主题 \ 研究机会	最 优 先	优 先
A-I 全球古环境和生物演化	最近 2.5 百万年	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 最近 150 百万年</li> <li>• 150 百万年以前</li> </ul>
A-II 全球地球化学和生物地球化学循环	各时代生物地球化学和岩石循环	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 建立各循环之间相互影响的模型</li> <li>• 确定现今世界地球化学循环如何进行</li> </ul>
A-III 地球内部和地球上面的流体	地壳中的液体压力和流体成分	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 沉积盆地中的流体流动</li> <li>• 微生物对流体化学组分的影响</li> </ul>
A-IV 地壳动力学:大洋和大陆	活动地壳的变形	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 气候、构造和水文事件对地貌的影响</li> <li>• 认识地壳演化</li> </ul>
A-V 地核和地幔动力学	地幔对流	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 磁场的成因和变化</li> <li>• 核幔边界的性质</li> </ul>
B 维持充足的自然资源	改善对国家水质和水量的监测和评价	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 沉积盆地研究</li> <li>• 水岩相互作用和矿物-水界面地球化学的热力学和运动学认识</li> <li>• 能源和矿产资源勘查生产和评价战略</li> </ul>
C 减轻地质灾害	确定并说明地震灾害区	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 确定并说明滑坡灾害区</li> <li>• 确定并说明潜在的火山灾害</li> </ul>
D 调节全球和环境变化的影响并使其降到最低程度	提高补救污染地下水的的能力,强调微生物方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 有毒和放射性废物的隔离</li> <li>• 地球化学和人类健康</li> </ul>

### 1.3 世界环境保护的战略转变与现代环境科学的研究方向

当前,对环境的关注已超越了国界、意识形态和社会的不同阶层,同时也打破了学科的界线。如果说地质学家以其得天独厚的对自然的深刻领悟而为环境科学的发展作出了贡献,那么天文学、物理学、化学、生物学甚至社会科学的研究者们都从不同的角度用不同的方法开展了对环境科学的研究。作为一门系统科学和交叉科学,环境科学的研究领域扩大了。

目前的形势是一系列的环境问题已越过了国界,并引发了争议。例如尼泊尔的毁林与孟加拉的洪水泛滥之间的关系;日本的氯氟化碳制品生产引起阿根廷的皮癌发病率增加问题;中国的燃煤中的  $\text{SO}_2$  是否可能通过远距离传输造成日本酸雨的问题等。发达国家在工业化时期以全球环境破坏为代价获得了发展,而在现代,它们一方面向发展中国家转移了污染环境和劳动力密集型产业从而转嫁环境危机,一方面又要求以同样的环境标准限制发展中国的经济活动。国与国之间、发达国家与发展中国家之间的环境争端将形成新的热点问题,从而成为一个新的国际政治问题,已经引起了越来越多的政治家和各国领导人的关注。

而在一个国家的内部,环境问题也已成为不同社会利益集团之间争论的焦点,比如最近,巴西国内就发出了反对开矿的抗议;在我国,一些不能有效控制污染的企业与附近居民之间的矛盾已相当尖锐(1994年淮河的严重污染就影响到数百万人的饮水)。环境问题已经成为一个严重影响社会安定的问题,并逐步演化成威胁人类生存的问题,在这种情况下,80年代的环境保护战略已不再适应新的形势了。

对环境问题重要性的认识有一个过程。第二次世界大战以后,环境问题越演越烈,导致1972年在瑞典斯德哥尔摩召开了第一次联合国人类环境会议并发表了《联合国人类环境宣言》,这个宣言开始了在世界范围内讨论环境维护和改善的战略问题。

1980年,联合国环境规划署(UNEP)提出了《世界自然资源保护大纲》,强调了维护生态的目标,同时提出了把环境保护与社会、经济发展结合起来的方针,各国开始制定本国的自然环境保护战略。在整个80年代,尽管一些国家区域性、局部性环境问题得到缓解和改善,但是,由于发达国家对自然资源和能源的过度消耗以及向发展中国家转移有害环境的落后生产技术,全球性环境仍在继续恶化,如温室效应、臭氧层空洞、酸雨、沙漠化、物种加速度灭绝等问题正在加剧。因此,作为解决环境问题的新对策,联合国环境署等国际组织相互合作制定了名为“关心世界——为了持续性”的90年代的世界环境维护战略。这里所说的持续性包括生态持续、经济持续、社会持续,并视这三个方面为一个整体。这意味着,以单纯对自然环境的保护转为将环境与社会、经济全面有机地结合起来,从而获得生态、经济、社会的持续性。持续性的获得不是靠被动的“回归自然”,而是要求持续发展(Sustainable Development),即不断改进一定自然资源的使用效率以此满足人们日益更新的需求过程,同时要求持续利用(Sustainable Use),即对可更新资源的使用速率保持在其再生速率限度之内。这个新的战略认为质的发展能长久维持,而量的增长则很有限。尽管人类所能获得的自然资源数量有限,但其利用潜力可以通过科技作用而长久增加。

为了获得持续性必须遵循以下原则:

I. 将人类对生物圈的冲击限制在生物圈的承载力以内,“承载力”是生物圈向人类提供资源和净化废物的能力。

II. 维持地球生物资源,这就要求维护地球生命支持系统、维护物质的多样性、保持可更新资源使用速率在其再生速率极限之内。应将生态系统的退化降至最小程度。

III. 不可更新资源的耗竭速率不应超过作为代用品的可更新资源的速率。

IV. 资源利用和环境保护两者的费用—效益的公平负担和分配。现在普遍存在的情况是:资源利用者获得效益,却没有承担在资源利用过程应承担的环境费用,而未破坏环境者却遭受环境质量下降的影响。

V. 鼓励发展增加资源使用效率的技术,鼓励对已有废物进行综合利用。

VI. 要用新的经济政策来维护资源。商品加成本概念要更新,除常规的成本以外,还应包括“环境成本”——牺牲环境招致的治理费用,和“消费成本”——对后代丧失消费机会的补偿。

VII. 采用有预见的、有远见的各行业协调的决策方式。包括发达国家在内的现行环保政策需要改进,其症结主要在于不良的决策:往往只注重短期效果而忽略了长期目标。

VIII. 促进与环境协调的文化意识,摒弃一切与持续性不相容的价值观、道德观。

实施新战略将面临巨大困难,新战略的成功有赖于各国人士积极主动的参与,需要创造力、想象力,需要吸收最新的科技成果,需要用理性去严密地计划和组织,需要各种地区性组织发挥巨大的作用。从单纯对环境进行保护转向与社会经济全面结合以获得生态、经济、社会可持续性发展为最终目标,有人认为这是继农业革命、工业革命之后的第三次意义巨大、影响深远的革命,这种提法不是没有道理的。

世界环境发展新战略是探讨环境科学研究方向的主要依据。从80年代以来中国科学院环境科学的研究方向来看,主要侧重于基础研究,研究方向主要包括以下几个方面:

**全球性气候变化对生态环境的影响** 突出研究温室效应、酸雨和臭氧层空洞三大环境问题,同时研究第四纪以来海平面的变化、全球冰期与间冰期的对比、结合南极考察计划讨论现代南北极冰缘随时间的纬度变化。人类的对气候变化的影响正在成为普遍关心的重点课题。

**资源开发与环境保护之间的关系问题** 其间关系到经济区产业带的合理布局、经济发展与持续性之间的平衡、能源结构对环境的影响和能源结构的改造等方面。

**污染物迁移转化规律的研究** 对这个方面的研究,特别重视污染物在自然界面之间的聚集、分散及其转化规律。这方面的综合性研究工作涉及到中国科学院的19个研究所和部门,研究领域包括地球化学、土壤学、生态学、水文学和大气科学。

**建立了50个野外观测台站,形成了遍布全国的生态网络系统** 建立这些生态网络系统目的在于长期系统地收集和积累科学资料,以作环境对比研究。现在这些台站正在发挥越来越大的作用,并与国外不少研究计划和组织建立了密切的联系。

国家及地方的环保部门及其研究机构则更偏重于环境评价、环境保护与管理及污染的综合防治技术研究,尤其是三废治理和综合防治技术的研究。这方面的研究工作在科学院和高等学校的有关专业和学科中正在得到加强。

80年代以来,我国在环境研究工作中已取得了相当的成就,围绕90年代世界环境发展新战略,根据《全球21世纪议程》提出的全球可持续发展的战略框架,我国已率先制定出《中国21世纪议程》,将改善环境质量作为可持续发展的一个基本目标写入了中国人口、环境和发展白皮书。议程考虑实施的优先项目计划为:①可持续发展的总体战略;②社会可持续发展;③经济可持续发展;④资源与环境的合理利用与保护。在农业方面,发展生态农业;在工业方面,推行清洁生产。在促进自然界良好循环的前提下,充分发挥资源潜力,保持资源和环境的整体协调,保证资源的开发、利用、再生、循环不受破坏,防止环境污染,达到经济效益与生态效应同步发展。这是科技政策方面的一个重大转变。譬如,发展清洁煤技术,就是在这时期逐渐被接受并成为中国能源技术政策的一个重点,同时清洁生产技术也开始得到重视。今后,对清洁技术的开发、推广和清洁产业的研究必将成为我国科技政策研究领域的重要课题。当今“绿色”产品



日益增大的市场表明,把对环境的关注纳入到产品和工艺的技术创新全过程中去将是一个极好的思路。环保产业将成为我国下个世纪的重要支柱产业。

我国政府关于将《中国 21 世纪议程》逐步纳入我国各级国民经济和社会发展规划的决定,必将把我国国民经济和社会发展引向可持续发展的道路,必将进一步全面推进中国参加环保领域的国际合作。

## 1.4 地质科学与环境科学的关系

综上所述,作者认为,环境科学与地球科学之间有着天然的紧密联系,可以毫不夸张地说,在环境科学尚未形成独立的科学理论体系之前,地球科学(包括地质学、地球化学、地球物理学、大气科学等)的理论和研究方法完全可以适用于环境科学,应用地球科学的理论和方法解决环境科学提出的问题是—条捷径。尤其是当代地球科学更侧重于把地球看成是一个统一的物理作用下的化学体系的时候,更应当把地学作为环境科学的一个出发点(或基点),尽管生物学、物理学和化学的方法和技术可以在一些专门的应用领域中发挥重大作用(比如用物理方法防治城市噪音,用化学方法治理三废,用生物技术取代农药以保护土壤)。

作者明确提出地学作为环境科学的一个出发点是基于以下考虑:

### 1. 环境系统的相互作用与平衡

环境系统实质上就是土壤圈、大气圈、水圈、岩石圈与生物圈的相互作用与平衡的系统。在人类未参与或有限参与这种作用的情况下,地球和环境问题就已经存在。地质学家早已探讨了古气候、古地理的演变以及生物界的演化、兴盛与衰亡,处于鼎盛的生物一代代地绝灭正是环境演变的结果。人类对环境变化的有效参与,本质上仍是一种生物行为,它的作用并不比元古代、早古生代藻类和蕨类植物对大气成分的改造作用更加强大。所不同的是人类用太短的时间不恰当地改造了环境,同时,地球的自我调节系统正在逐步失去对人类环境行为的控制作用,而且,被人类行为所改造的地球环境正在对整个生物圈构成威胁。环境科学正是在深层次上认识地球系统对人类行为的承载能力并把人类的行为控制在这个承载能力之内,以免生态环境系统、社会生态系统出现多米诺骨牌式的崩溃。

### 2. 环境科学与地球科学关系紧密

环境科学在近一个世纪已经完善了与其它学科的交叉,难以想象不理解地球科学知识的人可以成为真正的环境科学家。环境科学的研究队伍已经在地学与其它学科的交叉中形成了。

环境科学与地球科学在逻辑上是相互关联不可分割的。地球科学中环境问题举不胜举,如冰期与间冰期、古气候演化与海平面变化、大气氧的积累与消耗、生物物种的演化与更叠、地球外圈和内圈的物质与能量的转移等。地球科学提供了环境研究的基本理论和方法,因此,把地球科学的基本原理作为环境科学的部分理论基础是十分必要的,这正是本书着意的宗旨。

同样,在环境科学中,尤其是在建立独立的环境科学理论体系中,根本不可能避开地球科学的问题。比如地质灾害实质上就是地震、火山、泥石流与滑坡等的灾害问题。又比如巢湖水体的富营养化来源,化学分析只能了解 P、N 的含量,却不能解释其来源于前寒武纪地质体的