

地球科学概论

柳成志 赵 荣 赵利华 主编



石油工业出版社

地球科学概论

柳成志 赵 荣 赵利华 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

全书共分十八章,系统地阐述了有关地球的基本知识,各种动力地质作用的基本原理和过程,地壳或岩石圈的运动规律及其发展演化的基本概念等。在内容安排上注意了与当前地质科学发展相适应及与中国地质实际相结合。

本书可作为高等院校地质类专业基础课的教材,也是有关专业师生和科技人员必备的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

地球科学概论/柳成志,赵荣,赵利华主编.

北京:石油工业出版社,2006.8

ISBN 7-5021-5416-7

I. 地…

II. ①柳…②赵…③赵…

III. 地球科学

IV. P

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 041928 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.cn

发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 13.5

字数: 340 千字 印数: 1—1500 册

定价: 35.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

《地球科学概论》是高等院校地质类专业开设的一门专业基础课。

为满足教学要求,本书着重基本概念和基本理论的阐述,并注意与当前地质学发展相适应以及与中国地质实际相结合。

本书共分十八章,内容包括有关地球的基本知识、各种动力地质作用的基本原理和过程(包括其产物特征)、地壳或岩石圈的运动规律及其发展演化的基本概念等基本内容。本书注意加强基础理论、基本知识和基本技能等方面的内容,在内容的深度和广度方面,均符合教学大纲的要求,适用于资源环境专业及其他相关专业的使用。

本书以大庆石油学院过去使用的教材为基础,修订以往教材中存在的缺陷和不足,根据专业特点,参考其他地质院校此类书籍的有关内容编写而成。

本书由大庆石油学院地球科学学院基础地质教研室集体编写,其中柳成志、赵荣、赵利华任主编,参加编写的还有张雁、秦秋寒、文慧俭等多年从事教学和科研工作的有经验的教师,并由省骨干教师兼十佳优秀教师马世忠教授主审。

在编写过程中,李广伟、袁红旗、单敬福、张世广、李占东、李军辉、王志强等研究生参加了文字校对及图件收集和处理,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中可能存在一些缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者
2005年9月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 地球科学及其任务	1
第二节 地球科学在经济和社会可持续发展中的战略地位	2
第三节 21 世纪初我国地球科学发展的战略目标	3
第四节 地球科学概论课程的任务和基本要求	4
第五节 地质学研究的对象和任务	5
一、地质学的概念和研究对象	5
二、地质学的任务	5
第六节 地质学研究对象的特殊性	5
第七节 地质学的研究方法及思维方法	6
第八节 地质学的发展及现状	7
第二章 地球	8
第一节 太阳系	8
第二节 地球的物理性质	8
一、地球的形状和大小	8
二、地球的重力	9
三、地球的密度和压力	10
四、地球的温度	11
五、地球的磁性	12
六、地球的弹性	13
第三节 地球的结构	13
一、地球的内圈	13
二、地球的外圈	17
第三章 地壳	21
第一节 地壳表面的形态特征	21
一、陆地地形	21
二、海底地形	22
第二节 地壳的化学组成	25
第三节 矿物	25
一、矿物的概念	25
二、矿物的肉眼鉴定特征	26
第四节 岩石	29
一、岩石的概念	29
二、岩浆岩	29
三、沉积岩	32
四、变质岩	37

第四章 地质年代与地质作用概述	40
第一节 地壳演化的时代概念	40
一、相对年代及其确定	40
二、地层单位	41
三、同位素年龄（绝对年龄）及其测定	42
四、地质年代表	42
第二节 地质作用概述	45
一、地质作用概念	45
二、地质作用的能	45
三、地质作用的分类	45
第五章 构造运动与地质构造	47
第一节 构造运动的概念	47
第二节 构造运动的主要证据	47
一、地貌标志	47
二、沉积物标志	47
三、地质构造的标志	48
第三节 地质构造	49
一、水平构造	50
二、单斜构造	51
三、褶皱构造	51
四、断裂构造	56
第四节 构造运动的基本特征	59
一、构造运动的方向性	59
二、构造运动的速度和幅度	59
第六章 地震作用	62
第一节 地震的概念	62
一、震源、震中和震中距	62
二、地震震级和地震烈度	62
第二节 地震的成因类型	64
一、构造地震	64
二、火山地震	64
三、陷落地震	64
第三节 地震的分布特征	64
一、世界地震活动带的地理分布	64
二、我国地震活动带	65
三、震源的深度分布	65
第七章 岩浆作用	66
第一节 喷出作用	66
一、火山概述	66
二、火山喷出物	67
三、火山喷发的类型	69

第二节 侵入作用	70
一、浅成侵入作用	71
二、深成侵入作用	72
三、岩浆的起源与演化	73
四、岩体与围岩接触关系及岩体年代的确定	75
第三节 岩浆活动的基本规律	75
一、火山的地理分布规律	75
二、岩浆活动性质在空间上的变化	76
第八章 变质作用	77
第一节 变质作用原理	77
一、变质作用的因素	77
二、变质作用方式和变质反应	78
第二节 变质作用的基本类型	80
一、接触变质作用	80
二、动力变质作用	81
三、区域变质作用	81
四、混合岩化作用	83
第九章 风化作用	84
第一节 风化作用类型	84
一、物理风化作用	84
二、化学风化作用	85
三、生物风化作用	87
第二节 影响风化作用的因素	88
一、气候因素	88
二、地形因素	88
三、地质因素	89
第三节 风化壳与土壤	90
一、风化壳的概念及研究意义	90
二、风化壳的主要类型	90
三、土壤	91
第十章 地面流水的地质作用	93
第一节 河流的基本特征	93
一、河流的概念	93
二、河谷	94
三、水质点的运动方式	95
第二节 地面暂时流水的地质作用	98
一、雨蚀作用与片流剥蚀	98
二、洪流地质作用	98
第三节 河流的侵蚀作用	99
一、河流的下蚀作用	99
二、侧蚀作用与侧向堆积作用	102

第四节 河流的搬运作用	103
一、泥沙起动与流速的关系	103
二、机械搬运力与搬运量	103
三、机械搬运与颗粒演变	104
第五节 河流的沉积作用	104
一、谷底的沉积作用	104
二、山口的沉积作用	105
三、河口的沉积作用	105
四、河流的化学沉积作用	107
第六节 河流地质作用与构造运动的关系	107
一、下蚀作用与侧蚀作用的关系	107
二、河谷阶地的发育及其意义	108
三、准平原化与大地回春	108
第十一章 地下水的地质作用	110
第一节 地下水的基本特征	110
一、地下水的储存及运动条件	110
二、地下水的运动特点	111
三、地下水的基本类型	112
四、地下水的温度与成分	113
第二节 地下水的剥蚀作用	113
一、地下水的溶蚀作用及其产物	113
二、地下水的机械剥蚀作用	115
第三节 地下水的搬运和沉积作用	115
一、地下水的搬运作用	115
二、地下水的沉积作用	115
第十二章 冰川的地质作用	117
第一节 冰川的形成、类型和流动	117
一、冰川的形成与类型	117
二、冰川的流动	119
三、冰川的前进与后退	120
第二节 冰川的剥蚀作用	120
一、冰蚀作用的方式	120
二、冰蚀作用的产物	120
第三节 冰川的搬运和沉积作用	122
一、冰川的搬运作用	122
二、冰川的堆积作用	122
第十三章 风的地质作用	123
第一节 风的剥蚀与搬运作用	123
一、风蚀作用的方式与特点	123
二、风蚀作用的产物	123
三、风的搬运作用	124

第二节 风的沉积作用	125
一、沙丘与沙漠	126
二、黄土	126
第十四章 海洋地质作用	128
第一节 海水的动力	128
一、海水的运动	128
二、海水的化学性质和物理性质	130
三、海洋生物	131
四、海洋的环境分区	132
第二节 海洋的剥蚀作用	133
一、海蚀作用的概念	133
二、基岩海岸的海蚀作用	134
三、砂质海岸的改造	135
四、潮流和洋流的剥蚀作用	136
五、海平面的变动与海岸线变迁	136
第三节 海洋的搬运作用	137
一、海洋搬运作用的方式	137
二、海水的各种搬运作用	138
第四节 海洋的沉积作用	138
一、海洋沉积物的来源	138
二、滨海的沉积作用	139
三、浅海的沉积作用	142
四、半深海的沉积作用	146
五、深海的沉积作用	146
第五节 浊流及其地质作用	149
一、浊流的形成和分布	149
二、浊流的侵蚀和搬运作用	149
三、浊流的沉积作用	150
第十五章 湖泊与沼泽的地质作用	151
第一节 湖盆的成因和湖水状况	151
一、湖盆成因	151
二、湖水状况	151
三、湖水的动力	152
第二节 湖泊的地质作用	152
一、湖水剥蚀和搬运作用	152
二、湖水的机械沉积作用	152
三、湖水的化学沉积作用	153
第三节 湖泊和沼泽的生物沉积作用	153
第十六章 负荷地质作用	155
第一节 负荷地质作用的原理和类型	155
第二节 崩落作用	156

一、崩落作用发生的因素	156
二、崩积物	156
第三节 潜移作用	157
一、土层潜移	157
二、岩层潜移和岩溶潜陷	158
第四节 滑动作用	158
一、滑坡的基本形态	158
二、滑坡形成的因素	158
三、滑坡的发育过程	159
四、水底滑动作用	159
第五节 流动作用	160
一、泥石流的特征	160
二、泥石流的形成条件	160
三、泥石流的地质作用	161
第十七章 岩石圈板块构造	162
第一节 概述	162
第二节 大陆漂移说	162
一、早期大陆漂移学说	162
二、大陆漂移的证据	163
第三节 古地磁和海底扩张的概念	166
一、古地磁和极游移	166
二、海底扩张的理论	170
第四节 岩石圈板块构造学说	174
一、板块构造的概念	174
二、板块的边界类型及其划分	175
三、板块运动	179
四、板块构造与内力地质作用的关系	181
五、板块运动的驱动力	185
第十八章 地壳的演变	186
第一节 地球圈层结构的形成	186
一、原始地球的形成	186
二、地球内圈的形成	186
第二节 地壳形成后的演变特征	189
一、原始地壳的演变	189
二、地壳的演变	190
三、地壳运动和岩浆活动的演变	193
四、古气候的变化	196
五、古生物的演化	198
参考文献	202

第一章 绪 论

现代自然科学的体系结构，一般认为是由基础科学、技术科学和专业技术 3 个部分组成的。基础自然科学是直接以自然界物质运动为研究对象，探索自然界的发展规律，其他两类学科是研究如何利用自然规律为人类服务的。根据现代科学材料，人类认识到自然界物质运动有许多不同层次，每一个层次之间既有共性又有特性，因此可以把基础自然科学分为数学、物理学、化学、生物学、地球科学和天文学六大门类。

地球科学是研究地球结构、组成、演化和运动规律的一门基础自然科学。地质学和地理学等均属于地球科学范畴。

地球科学是一门全球性科学已为大家所公认。地球知识对所有人都十分重要，因为人类生活在地球上，人类的一切活动都与地球的相互作用有关。

第一节 地球科学及其任务

地球是人类赖以生存和发展的空间。很早以来，人类就开始执著地对地球进行探索，除地质学之外，还导致数学、物理学、化学的诞生。地亩与河道的丈量出现三角学和几何学，进而有数学思维体系；地球上多种现象如万有引力、南北磁极以及声、光、电等的认识成为物理学的发轫；岩石、矿物的元素分析则是化学的开端。物理学和化学分别建立起各自的理论、方法与技术，形成独立的基础科学之后，又分化出研究地球的地球物理学与地球化学。因此，现代地球科学包括地质学、地球物理学、地球化学以及其他有关的学科。

地球科学的基本任务是认识地球，同时为矿产资源勘查、环境保护、灾害防治以及国民经济建设中提出的广泛需求服务。应该指出，只有不断地加深对地球规律性的认识，才能更好地为国民经济建设服务，而各种实际问题的解决又将积累资料，推动地球科学的发展。

地球是一个处于运动和变化之中的巨系统，它不仅体积庞大、结构和成分复杂，而且有漫长的演化历史。因此，对地球的认识必须分层次进行，而且宏观的规律性认识对微观实际问题的解决将会起指导作用。

地质学家踏遍千山万水，从地球表面出露的岩石露头、矿坑中的地层展布来认识断层、褶皱和岩脉，确定其时代，推断构造运动，认识其发生、发展的历史。这样，地质学家从野外实际观测出发，积累大量资料，再进行综合与概括，以寻求对有关地质体的认识。物理学家在实验室内对力、热、声、光、磁、电和放射性等物理现象进行实验和观测，建立数理方程并寻求其解答。这是在特殊条件下，通过分析与推理来认识自然规律。地球物理则将物理实验从实验室搬到野外，在陆地和海洋条件下，甚至在空中，进行数据采集（正演问题），再对所采集的数据处理和解释（反演问题），来取得对地质体的几何形态与物理性质的认识。地球化学家将野外采集的样品拿到实验室进行化验和分析，以了解元素的富集与分布并作出地质解释。

地球科学应该是地质学、地球物理学、地球化学的高层次综合研究。三者是从不同的

角度来认识地球, 综合研究能取得比较全面的、更加深刻的认识, 而这种认识既是对理论上的宏观规律性总结, 又是对微观实际工作的具体指导。

第二节 地球科学在经济和社会可持续发展中的战略地位

基础科学的发展是人类文明进步的动力。基础科学研究是科学技术和经济发展的源泉和后盾, 是新技术、新发现的先导。基础研究的重大突破往往能带动新兴产业群的崛起, 引起经济和社会的重大变革。现代地球科学在研究地球及其各圈层的起源、结构、演化和运动规律等方面, 经过几个世纪的努力, 已经取得了基础理论上的突破性进展, 同时取得了公认的经济、社会效益。以 20 世纪为例, 1905 年揭示了电离层的存在, 为无线电通讯提供了前提条件; 石油科学领域的一系列重要进展, 使化石能源成为世界经济发展的“血液”; 固体地球科学的新成就, 进一步推动了金属和非金属矿业的巨大发展; 大气科学与新技术的结合, 使天气预报成为人类每天生活的必需; 遥感技术与地理信息系统为许多科学技术领域和军事应用开拓了新的方向, 并已经开始具有产业化的趋势; 海洋科学的成就还预示着海洋产业在新世纪的崛起。尤其应当指出的是, 20 世纪 60 年代后期, 板块构造理论的提出, 为认识地球岩石圈的演化历史和运动规律提供了坚实的基础。

地球科学通过资源问题、能源问题、环境问题、自然灾害问题和地球信息问题的研究和解决, 在现代经济和社会的可持续发展中占有举足轻重的地位。到 20 世纪, 人类活动已经开始对地球系统中的一些过程产生不可忽视的影响, 这种影响有时已经达到可以威胁人类自身生存的程度。如何协调人与自然的关系成为 20 世纪地球科学研究中一个重要的方面。用系统的观点研究地球, 为人类的生存、发展、生活质量的提高提供知识和技术基础, 将是 21 世纪地球科学发展的主要目标。地球科学的重要性随着现代化经济社会的迅速发展而变得越加突出。与其他一些社会公益事业和基础研究领域不同, 地球科学兼具全球性和地域性。许多地球科学问题的宏大空间尺度和漫长时间尺度要求国际地学界的广泛合作研究, 使得最近 50 多年来全球性科学计划急速兴起, 从 20 世纪 50 年代的国际地球物理年计划, 到目前的国际岩石圈计划、国际减灾十年计划、世界气候研究计划、国际地圈—生物圈计划、国际地质对比计划、大洋钻探计划和日地能量计划等等。解决本国一定区域的基本地球科学问题, 以及资源、环境和灾害问题, 这是任何一个国家发展地球科学的主要目的之一。同时地球科学对于维护国家利益和国家安全具有重要的实际意义。全球性与地域性二者是不矛盾的, 一些全球性的模式是从地域性研究发展起来的。值得注意的是, 冷战结束后, 能源问题和全球环境问题成为国际政治和外交斗争的焦点。从这个意义上说, 地球科学的发展, 既是一个国家综合国力的明显标志, 也是这个国家维护国家主权和权益的必要措施。

我国拥有 $960 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的陆地和 $300 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的管辖海域, 这是中华民族的生存空间。对这一生存空间的认识、利用、开发和保护, 是中华民族独立自强的基础。20 世纪初, 近代地理学、地质学和气象学首先在中国植根; 新中国成立后, 地球科学的各个新兴领域迅速发展, 中国地球科学事业从小到大, 不断发展, 目前已经形成学科门类齐全和比较完备的高等教育体系和科研体系。地球科学在中国经济社会的发展和现代化的过程中发挥了重要作用。我国地球科学的一系列理论成就, 从北京人的发现到东亚大气环流的研究, 从陆相生油理论的提出到青藏高原和黄土高原的研究, 都是我国科学技术事业的宝贵财富; 地

球科学的研究成果为寻找大型矿床、大型油气田和大型水源地以及工程建设提供了理论依据,这些资源的开发和利用为工业的现代化和农业的发展奠定了坚实的基础;气象灾害、地震灾害、地质灾害的研究和预测为工农业的发展和自然灾害的减轻提供了必要的保证;对我国国土和管辖海域的了解和研究,成为维护国家主权的重要内容。

第三节 21 世纪初我国地球科学发展的战略目标

21 世纪中叶,我国将基本实现现代化,建成富裕、民主、文明的社会主义国家。地球科学主要在资源环境方面,为实现这一宏伟目标提供科学和技术支撑。在目前我国经济和社会的发展中,我们面临资源能源储量不足、自然灾害频发和环境恶化的严峻挑战,今后的矛盾将更加尖锐。我国国民经济的 17% 直接来自同能源和矿产相关的产业,但石油、天然气、铜、铁、锰、铬、贵金属及磷钾盐等矿产后备储量严重不足;耕地及水资源形势严峻,人均耕地不及世界的 1/3,一半以上城市缺水。自然灾害是自然变异对人类社会可造成危害的作用过程,它们往往是一些很快速的运动过程(如旱涝、地震、风暴、滑坡、泥石流等),但也有的一些是缓慢过程的累积(如地面沉降等)。我国是世界上自然灾害最为严重的少数国家之一,尤以旱涝及地震灾害为甚。每年自然灾害造成的直接经济损失相当于国家财政收入的 1/6~1/4、国民生产总值的 3%~6%,死亡人数约 $(1\sim2)\times 10^4$ 。随着我国经济建设的不断发展和人民生活水平的不断提高,灾害问题将越来越成为社会所关注的最重要问题之一。我国环境恶化日趋严重,全国 1/2 以上的河流受到污染,酸雨面积已占国土面积的 20%,垃圾占地已达 75×10^4 多亩^①,因污染造成的经济损失每年达 2000×10^8 元,随着城市化的进一步加强,上述环境问题将更加突出。我国是一个人口众多的国家,又处于社会主义初级阶段,经济实力还不够雄厚,因此解决上述问题的难度更大,对通过基础研究开创新途径的需求更为迫切。

世纪之交我国地球科学要更加致力于解决面向国民经济和社会发展需要的科学问题。地球科学的基础研究通过对资源、能源、环境、生态、自然灾害等重大问题的系统研究和预测,将为经济和社会发展提供综合指导意见,为国家宏观决策提供科学依据。地球科学基础研究的重大突破应为解决我国面临的资源环境等重大问题开辟新的道路。

世纪之交的我国地球科学,要遵循“统观全局、突出重点、有所为、有所不为”的原则,加强地球科学重大理论问题的研究。地球科学的理论研究,是获取地球自然规律的新认识,有很强的探索性和不确定性,而且要求较长期的积累和稳定的支持。因此,持续不断地推动这类理论研究的发展,是地球科学为国民经济建设和社会发展做贡献的新知识的源泉和先导。

1 年多来的讨论认为,地球科学在新世纪的发展趋势,以学科间的大跨度综合与交叉、高新技术的广泛使用、定量化和动力学研究以及和经济社会可持续发展的紧密结合为特征。发展我国地球科学要抓住机遇,迎接挑战,要抓住那些具有“带动性”的科学问题,例如,在资源、环境与自然灾害方面有:大陆水圈演化规律和水资源合理利用研究,陆海含油气盆地、油气成藏机理及探测新技术的基础理论研究,大型、超大型矿床、重要成矿带和新型矿产资源的成矿机理、成矿背景及探测新技术的基础理论研究,土地类型、土壤质量的

① 1 亩 = 666.7m²。

演变与土地资源的可持续利用研究,气候动力学与气候变化研究,环境污染机制与修复理论研究,陆地和海洋生态系统的结构、功能与利用、保护研究,产业布局与城市化问题研究,地球表层各圈层的相互作用及其环境效应研究,重大气象灾害的形成机理与预测研究,大陆强震的发震机制与预测研究,区域综合减灾技术的基础研究,区域可持续发展理论研究,以及工程建设的地球科学问题的研究等;在重要地球科学理论与方法方面有:地球系统科学,大陆动力学,近海海洋动力学及其资源环境效应研究,青藏高原形成演化与资源环境研究,地球生物演化(特别是早期演化)与早期古人类研究,晚近地史时期的古环境演变研究,日地系统整体变化过程与灾变空间环境预测研究,地球深部结构、组成和运动及高压研究,地球演变过程中的复杂性与非线性,以及遥感技术(RS)、全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、地学层析成像技术等。

我们认为,跨世纪的中国地球科学发展的基本目标应该是,贯彻科教兴国和可持续发展的战略,坚持改革开放,从中国地球科学发展的实际出发,本着“有所为、有所不为”的原则,以提高我国地球科学研究的科学质量和社会效益为重点,通过一系列脚踏实地的、可操作的、有远见的具体措施的实施,将我国由一个地球科学大国发展成一个地球科学强国。

中国是一个地球科学大国,主要表现在学科门类比较齐全,高等教育体系比较完备,有一支相当规模的科学研究队伍,依靠自己的力量基本上可以解决国家经济建设和社会发展中的有关地球科学问题。中国目前还不是一个地球科学强国,主要表现在各学科的发展很不平衡,只有少数学科领域处于国际先进和领先水平,学术创新不够,相当多的论文在国际上缺乏影响。所谓地球科学强国,就是指不但能依靠自身的力量解决自己的资源、环境、自然灾害等重大科学问题,而且在科学理论创新、技术方法创新和研究思路创新等方面都应对世界地球科学有所贡献。并不是所有的国家都需要和能够成为地球科学强国。中国之所以能够成为地球科学强国,是因为中国不仅拥有辽阔的疆域和独特的地球科学问题,而且有一支献身发展中国地球科学事业的优秀科学家群体;中国之所以需要成为地球科学强国,是因为中国和世界都要求中国地球科学家能够做出应有的贡献。

然而我们清醒地看到,要实现地球科学强国的目标任重道远。它需要我国地球科学界做出艰苦卓绝的努力,从重视规模转向重视质量,并采取得力的政策措施。从当前的实际情况来看,我们不妨设想到21世纪初首先实现中等地球科学强国的目标。

第四节 地球科学概论课程的任务和基本要求

地球科学概论课程的主要任务是讲授地质学的基本概念和基本知识,包括全面介绍地球知识;研究地球的动力类型和来源、各种动力如何驱使地球不断运动以及运动的过程和产物;研究各种动力改造地表以及物质循环规律等。

通过这门课程的学习,要求学生掌握地质学的一般基础理论和基本知识;初步具备地质学分析、推断问题的能力(或地质思维);初步了解地质学的一般工作方法;了解地球物理学和地球化学的基本知识。

学习地质学首先要弄懂各种地质概念的含义,要善于总结、对比和领会地质思维方法的要领,才能取得“事半功倍”的效果。

地质学是实践性很强的学科,许多理论和概念都要通过实践来验证和深化,因此,要

重视各种实践环节，以提高独立分析问题和解决问题的能力。

第五节 地质学研究的对象和任务

一、地质学的概念和研究对象

地质学 (geology) 是研究地球的一门自然科学，它主要研究固体地球的物质组成、构造、形成和演化规律。当前研究的重点是地壳和与它有密切关系的部分。

地球的外部层圈有大气圈、水圈和生物圈；固体地球部分则分为地壳、地幔和地核 3 个层圈。其中地壳是与人类生产和生活最有直接关系的部分，也是相对较易观测和研究的部分，因此是当前的研究重点。然而，地壳的发展演化与其下面的地幔和地核以及其外部的大气、水和生物等均有密切关系。因此，随着科学技术的发展，地质学的研究领域在不断地深入和扩大。

二、地质学的任务

地质学的研究任务概括起来有以下 4 个方面：

- (1) 地球的物质组成以及这些物质在自然界中的存在状态和形式；
- (2) 地球的运动规律以及运动的产物——地球的结构和构造；
- (3) 地球的历史和演化规律；
- (4) 研究合理开发和利用地球资源、地球环境以及保护地球的理论和方法。

地质学的内容包罗万象，它广泛运用数学、物理学、化学、天文学、生物学等自然科学的理论以及现代科学技术手段，并针对不同的任务和内容进行研究，因而出现了很多分科，而且越来越细。研究地球物质组成的分科有地球化学、矿物学、岩石学等；研究地球运动规律的分科有动力地质学、地球动力学、构造地质学、地震地质学、区域地质学、板块构造学等；研究地球历史的分科有地层学、古生物学、地史学、同位素地质学等；研究地球资源和环境的分科有矿床学、石油地质学、煤田地质学、水文地质学、工程地质学、探矿工程学、环境地质学等等。随着科学技术的高度发展，新的任务需要与其他学科渗透及联合，从而形成了许多边缘学科，如遥感地质学、宇宙地质学、数学地质学、地球物理学、旅游地质学等。

第六节 地质学研究对象的特殊性

地质学的主要研究对象是固体地球。当前，它的研究重点是固体地球的表层——地壳（或岩石圈）。

作为地质学研究的对象——地球具有以下四方面的特殊性：

(1) 人类历史与地球历史有巨大差距。人类在地球上出现大约是 3Ma 前的事，而人类有记载的历史只有数千年，地球已有 46×10^8 a 的历史了，人类的历史与地球的历史相比犹如百年之中的闪电瞬间。人类历史是以“年”(a) 为时间单位进行研究的，而地质历史是以“百万年”(Ma) 作为时间单位的。

(2) 人类能触及的范围与地球庞大空间有相当大的差距。地球的半径为 6371km，表面

积约 $5 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，今天的交通工具虽能使人类涉足整个世界，但对地质学家而言，仍有许多人迹无法到达的地方，更不能步履全球。对于地球内部的直接观察和了解更存在着不可超越的障碍。到目前为止，人类开凿的最深矿井仅数千米，最深的钻井也仅 1 万多米，地下更深的地方人类始终不能达到，这对地质学家来说是一个最大的难题。

(3) 地质过程的复杂性。地球是个异常复杂的物体，地球中的物质运动包括了无机界的物质运动和有机界的物质运动。地质过程包括了化学、物理、生物等多种运动方式，是一个非常复杂的过程。同时，地球内部各部分的物理状态存在着复杂的变化。如地表处于常温、常压状态，但地球内部温度可逐渐增至 $4000 \sim 6000^\circ\text{C}$ ，压力也可逐渐增至 3MPa 。显然，这些变化会使地球表面和内部的物质运动和物质状态产生巨大的差异。此外，各种地质过程还会受地域因素的影响，因而地质过程是相当复杂的。

(4) 地质记录的不完全性。现今地球上存在的各种物质以及它们千姿百态的形式，都是在地球的历史演化中由各种地质作用创造的。这些自然作用的产物称之为地质记录。大量的地质记录遭到了后来发生的地质事件的改造和破坏，而且年代越老改造和破坏的越严重，甚至完全消失，使地球历史的某些阶段成为永久性难解的谜。年代越新的地质记录被破坏的机会越少，保存越为完整。正因为如此，地质学对地球 600Ma 以来的历史了解得比较详细，对 600Ma 前的历史认识较差，对 2000Ma 以前的历史了解得极为模糊。

第七节 地质学的研究方法及思维方法

地球历史久远、空间博大、地质事件的反复进行和变化的复杂性，使地质学在发展中逐步形成了“获取资料”、“科学实验”、“综合分析得出规律和理论”的特殊研究方法和思考方法。

(1) 开展地质考察和调查。大自然是地质学家的实验室。占有实际地质资料越多最后得出的结论就会越正确。专题性地质考察和综合性地质调查是获取翔实的第一手资料的两种基本方法。

(2) 室内综合研究。地质学家在野外由点到线、由线到面逐步开展实地的地质调查，对各种地质现象一一描绘和记录，将采集到的矿物、岩石、古生物、矿产以及各种分析化验样品带回室内进行测试和研究，进行综合分析得出合理的规律和结论，最后查明工作区域的地质特征。

需要指出的是，在开展地质考察和调查或综合研究之前，要注意收集前人研究成果，作为自己的间接经验资料。

地质学的研究是根据保留在地层和岩石中的各种痕迹和现象并结合现代正在发生的地质现象来分析和推断地质历史时期各种地质事件的存在和特征的。这种思维和逻辑推理的方法称为“历史比较法”，即通常所说的“将今论古”的原则。“将今论古”的原则是由地质学创始人之一的英国地质学家 C. 莱依尔 (Lyell, 1797—1875) 提出并广泛应用于地质研究中的，在一定程度上推动了早期地质学的形成和发展。在他所著的《地层学原理》(1830—1833) 一书中就提出：“现在是了解过去的一把钥匙”，就是“将今论古”(或“推今及古”)的思维方法。我国北宋学者沈括(1031—1095)很早就运用这种原理认识到太行山区过去曾是一片大海。此原则曾被地质学家认为是地质学的根本思维方法。然而，这种简单的地质学思维方法，是建立在地球环境始终不变的假设之上的。现代地质学的研究资

料表明，地球历史中无论内部结构或外部圈层都有过重大的改变，古代和今天的地质作用可能处在完全不同的地质环境之中。这样一来，“将今论古”原则在某些方面就成为阻碍地质学发展的某种思想桎梏。现代沉积学中的“碳酸盐理论”以及“板块构造学说”等就是在突破了上述“原则”之后，在全新的研究思路中得到了突飞猛进的发展。

人类对物质世界的认识永无止境。今天我们继承前辈的遗产、总结他们的经验，比古人的认识大大提高了。但是，地质事件超乎人类经历的复杂性，随时都有可能使我们步入迷途。

第八节 地质学的发展及现状

人类在认识地球这个庞大的天体的历史长河中，正是一个由表及里、由现象到本质不断深化的过程。地质学的建立和发展已有 200 多年的历史，资产阶级的兴起和资本主义社会的建立，以及工业革命的洪流促进了生产的发展和对矿物资源的需求，以寻找和开发矿产为自己研究目的的地质学也得到了相应的发展。当时的地质学是指研究地球现状和发展历史的科学，其研究对象是整个地球的自然界，包括现代地理学、地质学、气象学、海洋学等在内的全部内容，研究地球的物质组成、分布和构造。由于生产水平和自然科学发展的不完备性，以及人们在认识论上的局限性，只能从宏观方面去认识大陆部分的地质构造情况。随着人类生产实践知识的积累和丰富，科学分工越来越细，对问题的研究越来越深入，地质学为了适应和满足工农业建设和国防建设的需要，研究对象就逐渐地局限于地球的表层——地壳或岩石圈。最近数十年来，随着科学技术进步和国际交流，地质学获得了突飞猛进的提高，特别是海底调查和空间探测成果，使地质学的所有理论受到了检验，极大地开放了人们的眼界，将地质的时空观念扩大到空前限度。其中最重要的成果就是地质学认识到不仅有研究和开发地球的任务，而且还必须有保护地球和人类生存的使命。

近代地质学的研究和发展的总趋势是：从宏观研究地球进入直接观察原子空间排列的微观世界；向海洋和地球深部，向月球和宇宙空间的广度进军；地质学与其他基础科学的相互渗透、相互促进，开拓并建立了许多新的边缘学科和新的理论；对新资源的探索和对自然环境的控制及改造；同时，涌现出新的思潮，正在向许多传统观念提出越来越多的挑战。作为一个整体地球的研究包括各个方面，概括起来就是地质学、地球化学、地球物理学和大地测量学，共同为了解决地球的起源和演化、地球层圈构造的形成和物质组成以及岩石圈（主要是地壳）的特点、构造、组成（包括矿产）和发展历史等重大课题。地质学则侧重于地壳的研究。可见，近代地质学的研究是综合进行，宏观与微观同时深入，大陆地壳和大洋地壳同时并举。近代科学技术的发展和成就，为地质学的研究和发展提供了强有力的物质基础和理论基础。