

前 言

《石油地质学基础》是中等专业学校石油地球物理勘探专业地质课教科书。

本书是1987年全国石油中等专业学校教材会议上确定的统编教材。教材是按照全国石油中专地质学科组1987年审订的物探专业“石油地质学基础教学大纲”的原则和要求进行选材和编写的。编写提纲和主要内容由学科组审查通过。

本教材是石油物探专业的一门重要基础课，根据教学计划，按200学时的教学需要选材。在系统介绍地质学基础理论的前提下，考虑到近年石油物探解释的新理论和新方法，对沉积岩、沉积学、地层学和陆相盆地成油理论的研究成果等作了概括性的阐述。同时为了适应物探解释的实际需要，适当地增加了运用物探成果论述有关地质课题的内容。

全书共五篇。分别讲述地球概况及各种地质作用的过程与结果；简述矿物岩石的基础理论以及主要类型的基本特征，对沉积岩的形成环境和外部特征作了较系统的介绍；简述古生物化石的基本概念和主要门类的一般特征，介绍地史发展的基本轮廓；构造地质中简述了地壳运动和构造基本类型与分析方法，大地构造的一般概念；石油地质中简述了油气的基础知识，对圈闭类型和油气藏形成条件作了较详细的介绍，结合勘探实例提出成果解释方法，对主要类型油气藏作了概括性的介绍。全书内容较丰富，注意系统性、实用性，力求深入浅出、通俗易懂。

本书是由安延恺教授（审阅第一、二、三、四篇）和苏鸣钧副教授（审阅第五篇）主审。同时广泛征求了兄弟学校以及生产、科研单位的意见。经过多次修改补充，使其更加符合新的教学大纲和物探技术新方法的要求。

本书第一、二、三篇和绪论由姚长纲编写，第四篇由张明山编写，第五篇由张臻编写，最后由姚长纲汇总定稿。在编写过程中得到了许多单位和专家的热情支持，为教材提供大量的文字和图表资料。其中有石油物探局研究院、物探解释中心、海洋石油研究中心。特别是柴桂林总地质师对教材给予热情的指导，在此编者一并致以衷心感谢。

由于我们业务水平不高，书中一定有不少错误、缺点和不足之处，敬请使用单位和读者惠予指正。

编者

1988年7月11日

目 录

绪 论	(1)
第一篇 地质学导论	(6)
第一章 地球概况	(6)
第一节 地球在宇宙中的位置	(6)
第二节 地球的表面特征	(8)
第三节 地球的层圈构造	(11)
第四节 地球的物理性质	(14)
第五节 地壳	(16)
第二章 地质作用	(18)
第一节 地质作用概念及类型	(18)
第二节 内力地质作用	(20)
第三节 外力地质作用	(24)
第二篇 矿物岩石学	(40)
第三章 矿物	(40)
第一节 矿物的基本特征	(40)
第二节 矿物分类	(46)
第三节 矿物简述	(47)
第四章 岩浆岩	(64)
第一节 岩浆岩的基本特征	(64)
第二节 主要岩浆岩的岩石特征	(73)
第五章 沉积岩	(75)
第一节 沉积岩基本特征	(75)
第二节 碎屑岩	(91)
第三节 粘土岩	(96)
第四节 化学及生物化学岩	(99)
第五节 可燃有机岩类	(105)
第六章 变质岩	(108)
第一节 变质岩基本特征	(108)
第二节 变质岩的分类	(111)
第七章 沉积相	(123)
第一节 沉积相的一般概念	(124)
第二节 陆相组	(126)
第三节 过渡相组	(141)
第四节 海相组	(145)
第五节 浊流相	(149)

第六节 碳酸盐岩相	(153)
第三篇 地史学	(155)
第八章 地层古生物基础	(156)
第一节 古生物学基础	(156)
第二节 地层学	(167)
第九章 地史概要	(172)
第一节 前寒武纪	(172)
第二节 古生代	(175)
第三节 中生代	(179)
第四节 新生代	(184)
第四篇 构造地质学	(189)
第十章 地壳运动与地壳的成层构造	(189)
第一节 地壳运动	(189)
第二节 地壳的成层构造	(191)
第十一章 地质构造的力学基础	(205)
第一节 应力的概念及应力分析	(205)
第二节 岩石变形分析	(208)
第三节 形变的理论分析——应变椭球体	(211)
第四节 岩石的力学性质及其影响因素	(213)
第十二章 褶曲构造	(217)
第一节 褶皱的基本概念	(217)
第二节 褶曲的形态分类	(220)
第三节 褶曲的组合形态	(224)
第四节 同沉积背斜及其研究	(225)
第五节 褶皱构造的研究	(226)
第六节 表示褶曲构造的图件及其编制	(231)
第十三章 断裂构造	(233)
第一节 节理	(233)
第二节 断层	(235)
第十四章 大地构造学说简介	(247)
第一节 地槽——地台说	(248)
第二节 地质力学	(257)
第三节 板块构造说	(264)
第五篇 石油地质	(277)
第十五章 石油和天然气	(277)
第一节 石油的化学组成和物理性质	(278)
第二节 天然气的化学组成和物理性质	(283)
第十六章 石油的生成与生油层	(284)
第一节 石油生成的基本概念	(285)
第二节 生油层特征	(290)

第十七章 储集层和生储盖组合	(296)
第一节 储集层	(296)
第二节 盖层和生储盖组合	(310)
第十八章 油气运移	(311)
第一节 油气运移的一般概念	(312)
第二节 油气运移的动力	(313)
第三节 油气运移的通道和方向	(317)
第十九章 油气聚集	(319)
第一节 圈闭	(319)
第二节 油气藏	(335)
第二十章 含油气盆地	(345)
第一节 含油气盆地的概念	(345)
第二节 含油气盆地内油气聚集单元	(353)
第三节 含油气盆地内油气聚集的主要控制因素	(359)
第二十一章 中国含油气盆地概述	(360)
第一节 中国含油气盆地特征	(360)
第二节 我国主要含油气盆地概况	(363)
附: 我国油气勘探的一般程序	(379)
参考文献	(380)

绪 论

地学是以研究地球为对象的一门自然科学，它和数学、物理学、化学、生物学、天文学一起组成近代自然科学六大基础学科。地质学是地学中的重要分科。

一、地质学的研究内容

地质学是研究地球的起源、演化、内部结构、物质组成及其在地质历史时期演变的科学。主要内容包括有地壳的形成和发展历史；地壳的地质作用和物质组成；地壳的构造及运动规律；各种矿产的形成及在地壳中的分布等。随着科学技术的日新月异和生产发展的需要，地质学逐渐发展起来，随之形成了一系列的学科，主要有：

矿物学：研究矿物的化学成分、物理性质、分类、成因和用途等。

岩石学：研究岩石的化学成分、矿物成分及其组合规律、成因和分类等。

矿床学：研究矿产资源的物质成分、规模大小及在地壳中的分布规律。

构造地质学：研究地壳的构造运动，岩层和岩体的各种构造形态，成因及其发展规律等。

大地构造学：研究地壳的构造运动及其在全球和区域范围内的发展和规律等。

地层学及古生物学：研究地壳的发展历史及古动物、古植物的演化和发展等。

20世纪以来，开始产生和发展了一些新的学科，如沉积学、岩相学、海洋地质学、同位素地质学、数学地质学、遥感地质学等。

根据研究的内容不同，在矿床学中又出现了诸如石油地质学、煤田地质学、金属矿产地质学等新的学科。

必须明确石油地质学是以研究石油天然气形成的各种地质条件及其在地壳中的分布规律为主要内容的一门科学。它是在岩石矿物学、构造地质学、岩相学和地层古生物学的基础上建立起来的，同时又与有机化学有着密切关系。

当前，地质学正沿着对地球进行整体研究的方向前进，因而研究的空间不断扩大，于是诸如深部地质、海洋地质、行星地质和宇宙地质必将迅速崛起，而且地质学将与其它自然科学进一步相互渗透，必然会有更多新兴边缘科学及交叉学科的出现。同时在研究方法上更与现代新的科学技术相结合。

地球物理学也是地质学的重要分支，以研究地壳及其各种组成部分的物理性质为主要内容。应用地球物理方法来研究地质构造，探寻矿产的称为地球物理勘探（简称为物探）。物探是近年来发展迅速，成效显著的一种地质调查手段。物探工作必须有一定的地质前题，而且，物探的成果又必须做出地质解释。因此，物探人员只有学习、掌握一定的地质理论知识，才能胜任工作，才能逐步提高物探工作的地质效果。因此，地质学是石油物探专业中一门重要的基础课。

二、地质工作在国民经济建设中的作用

地质学是一门具有重要理论和实践意义的自然科学，通过地质学的学习，为今后进行生产实践和开展科学研究奠定了基础。显然地质工作是社会主义建设中一项十分重要的工作。只有搞好地质工作，才能保证国家建设所必要的矿产资源和地质资料。建国39年来我国地

质工作有了较大的发展，在我国幅原广大的土地上，人类能够利用的 150 多种矿产已全部找到了，其中 137 种已探明储量。煤、铁、石油等重要矿产储量居于世界前列，各种地质理论不断得到完善。

发展工业，发展农业，发展国防工业，发展科学技术，都离不开矿产资源，如煤、铁、石油、有色金属、黑色金属、非金属以及各种盐类等。

地质工作还必须为国家建设提供可靠的工程地质资料。如建设桥梁、铁路、工厂、水库等，都必须有可靠的工程地质、水文地质、地震地质资料做为建设的依据。

总之，地质工作是发展国民经济的基础工作，在工业、农业、国防和科学技术的现代化进程中，地质工作必须先行。

三、石油地质工作和油气资源

石油和天然气是储藏在地壳内的一种沉积矿产，100 多年来，石油为人类社会的经济发展带来了繁荣，人类在工、农业的现代化过程中也迅速发展了石油工业。20 世纪初，世界石油年产量只有 24 万吨，到 1982 年已达到 38.8 亿吨（包括天然气产量的折算数字）。由于产量增长迅速，使石油已成为最重要的世界能源。现代油气的应用已渗透到人类社会的各个方面，国际上无论政治、军事、经济、外交等均受到它的影响。

现代地质科学研究证明，当今世界油气资源是丰富的。世界有利石油天然气生成的沉积岩分布区，包括陆地及近海有 7764 多万平方公里，水深 200 米内的大陆架有 2639 多万平方公里，目前勘探开发的不到其中的一半，此外还有广大的大陆坡尚未触及。粗略估计，世界油气资源（天然气按 1000 米³ 相当原油一吨折算），大致有 3539 亿吨，到 1985 年 120 多年间的累计采出量只 1065 亿吨，尚有剩余的探明可采储量 2474 亿吨，因此油气勘探远景是乐观的。

中国是世界上最早发现和利用油气的国家之一。公元前 256—251 年于四川钻盐井时就发现了天然气，公元 1835 年四川自贡就钻有深达千米的天然气井。以后 1867 年在台湾，1904~1907 年在陕西延长，1938 年在甘肃老君庙、新疆独山子、四川的隆昌等地，相继发现了油气田，但产量都很小。解放前，百年来，累计产油 308 万吨。解放前夕，1948 年只产油 7 万吨。

新中国成立后，大力发展石油勘探工作，在西北、东北、华北取得重大进展，使我国石油的储量和产量大幅度增长，到 1987 年已产油达 1.36 亿吨，跃居世界第 5 位。

近年来，我们开始了近海大陆架的海洋石油勘探工作，相继在渤海、东海、南海的北部湾和珠江口海域找到了工业性油流，预计今后将会有更大规模的发展。

现在我国已经在许多省市自治区找到了一批油气田或工业油流，石油和天然气已经有了较合理的布局，初步形成了七大油区：

东北油区：松辽盆地；华北油区：华北盆地；西南油区：四川盆地；鄂豫油区：南阳盆地、江汉盆地；西北油区：塔里木、准噶尔、柴达木、酒泉、吐鲁番等盆地；陕甘宁油区：鄂尔多斯盆地；南海油区：南海海域。

非常明显，石油工业的发展，为建设四个现代化创造了极为有利的条件。因而如何指导石油勘探工作，尽快的为国家提供更多的石油天然气储量，是石油地质工作者的重要任务。石油是地壳的组成部分，是地壳发展过程中一定地质条件下的产物，是受地壳发展演变规律所控制的。我们要认识和掌握客观地质规律，必须具备从事这方面工作和研究的基本知识和方法。因此，要求我们在数、理、化知识基础上，首先学好这门专业基础课——石油地质学

基础。

四、地质学的特点和学习方法

地质学和其它自然科学一样，应当以辩证唯物主义做为学习的指导思想。这是因为地壳是物质的，凡物质就有运动，有运动就有变化和发展的缘故。

大家都知道，在漫长的地史时期里（大约有45亿年时间），地壳经历了一系列极其复杂的变化过程。不但引起变化的条件和因素极为复杂，而且变化的规律也无比庞大。所谓沧海变桑田，就是说明地质现象是永无止境地变动着。因此，在学习中必须以唯物的观点，辩证的方法，观察和分析种种地质现象，才能得到正确的结论。

应当说，地质学的研究对象具有以下特点：

1.时间的悠久性

地球表层的硬壳——地壳自形成迄今，已有45亿年的历史。各种变化，地质作用和地质现象的产生，往往要经历数百万年甚至数千万年才能完成。就是地球历史上距今最近的一个时期——第四纪（Q）距离现在也有300万年。因此学习地质学要充分考虑时间悠久性这一特点。

2.地区的差异性

地球拥有巨大的空间。在不同的地方有不同的物质基础和外界因素，因而也有不同的变化过程。因此，各个地区的地质发展历史就有很大的差异。例如我国华北和华南，地质发展经历不同，地质特点就会有很大区别。在研究这两个地区的地质演变过程时，必须认识地区间的差异性，才能找出地壳的发展规律。

3.变动的复杂性

地球是一个复杂的星球，既包括有机界，又包括无机界；既有漫长的历史，又有广阔的空间。这就决定了地壳变动的复杂性。因此，对任何一种地壳现象，都要充分研究、分析，并综合考虑各种因素所造成的复杂性。

对地质学来讲，完全按照物理、化学等基础学科的学习方法，即用一般的实验来解决和验证有关的问题，显然是不行的，这是由于实验室目前还无法满足自然界那样复杂的条件。而野外实地进行地质观察则是地质学的一种行之有效的的重要方法。

显然，学习地质学必须充分考虑这些特点，既要有系统的理论知识，还要注重野外地质观察研究的结果并熟悉掌握大量的地质资料，这才能真正地探索地质科学的奥妙，得出反映客观事物本质的结论，这就是地质学最基本的学习和研究方法。

五、学习地质学应注意的几个问题

自然科学的研究方法，一般都是运用观察、实验、综合分析和理论推导等方法。地质学也不例外，由于地质学研究的对象是地球，主要是对从地表到地下约100km深处的物质组成、运动状况和长达45亿年历史的发展规律进行多方面的研究。但是，人们能直接观察到的事物是很有限的，所经历的时间是极短暂的，而我们今日所见的地球表面各种地质现象，不过是地球演变过程中极其短暂的一个侧面。因此，地质学的研究方法既有一般自然科学的通用方法，也有其特殊的研究方法。首先最基本的方法是利用大自然进行直接的观察、描述和搜集必要的资料。通过直接观察和现场研究，初步认识各种地质体的物理性质，组成、结构、构造，了解它们之间的相互关系和在空间上的分布规律，进而对它们的成因做出一定的结论。这些资料毫无疑问都是地质工作极宝贵的第一手资料。另外，为了合理地解释许多地质体的形成过程，地质学家们经常运用现实主义原则，即“将今论古”原则。也就是通过认识

现今正在进行的一些地质作用及其产物的特征，将其与古代的各种地质现象进行对比，从而推论出来有关地质现象的形成过程。例如，通过系统地研究现代沼泽、湖泊与河流的特征，可以知道砾石、砂、粉砂、粘土、以及富含有机质的淤泥等产物的特征和分布规律。通过研究一些煤系地层中煤层、页岩、砂岩、砾岩的特征，我们会发现两者间有很大的相似性。再经过一些必要的实验和模拟。就可以得出结论：地质历史上一些煤层的形成条件是陆地上一些湖泊沼泽地区，在生物长期繁殖过程中，大量的有机质的积累与河流带来的泥、砂、砾等物质相间堆积，再经过成煤作用、物质凝结和负荷压力等作用而形成的。又如，根据对现代河口三角洲的研究，并通过对近海石油的普查和勘探工作，发现古三角洲的岩相分布特征对石油的生成、运移、储集条件有着密切关系。因而，人们重视并越来越深入地研究河口三角洲的沉积作用。这些不仅说明“将今论古”原则的重要作用，而且更说明即使科学发展到现代，也离不开对大自然界的直接观察和认识。当然“将今论古”原则是不可机械地运用的。因为，地质历史发展具有阶段性和不可逆性，地质历史上某阶段的产物具有当时相应的条件。今天发生的地质作用所具有的条件，不可能和历史任何阶段完全等同。例如，现代的火山喷发系以中心式为主，喷溢的熔岩量不大。而在地质历史的较早期阶段，裂隙式喷发却占主要地位，且喷溢的熔量极大，有的可覆盖几万至几十万平方公里。一些地质学家认为，这可能与当时地壳的原始厚度，结构以及地壳及下面的地幔的活动状况有关。

其次，应建立起地质过程的时空概念。诚然，有一些地质作用可在短期显现出来，如地震的发生，火山喷发，洪水对松散物质的冲蚀和搬运作用。但是更多的地质作用过程则非常漫长，往往需要几十万年到几百万年才能显现出一定的规模。如喜马拉雅山脉的形成，仅从该地带结束海槽状态转变成陆地算起，至少要经历 1500 万年的历程。再以火山喷发来论，人们见到火山从喷发到停熄也许只有几天、几月、几年，然而岩浆从地下深处的“岩浆源”向上运移，直到开始冲出地表这一过程（火山喷发），则需要几万年到几十万年。更如人们可以见到在河滩上每次洪水泛滥过后留下一层沙和泥的堆积现象，这是一种常见的沉积作用。但是，在湖里，特别是在海洋里，沉积作用则更是大规模地、不间断地进行着。然而，要形成目前看到的一米厚的岩层，则需要上万年的时间。所以，地质学中通常以“百万年”作为地质演化史或发展史的时间单位。

地质学研究的对象从地球、大陆、大洋、山区、平原或者某区域的地质构造直到某块岩石、某种矿物、某块化石的内部结构等等。从宏观到微观都要给予注意，大的需要从卫星照片上观察，小的则需要采集样品在显微镜甚至电子显微镜下观察。地质学家们思考问题必须要有全局观念，不能“以点代面”“一叶障目，不见泰山”，但也不能“事无巨细”、“不分主次”。在谈论某种地质作用或某次地壳运动的影响范围时，应从宏观尺度考虑，使用的尺度单位常是“km”或“km²”，如一次造山运动其影响的范围通常达几百万平方公里，然而在讨论某块岩石的结构、构造或矿物的内部结晶构造时，则是从微观尺度考虑，其使用的尺度单位为 mm 甚至是 μm 和 \AA ($\text{\AA} = 10^{-7}\text{mm}$)。

再次，必须认识到，地质作用是个极其复杂的地质过程。同样，地质体的形成和发展也是个极其复杂的过程。既要受地球内部力量和外部力量的综合作用的制约，又要受物理、化学和生物等多种因素的影响，同样的花岗岩，在干旱而寒冷的气候条件下进行的风化作用，基本上是物理风化作用，岩石仅遭受机械破碎，形成灰色的岩屑堆积物；而在潮湿炎热的气候条件下，花岗岩可以发生物理风化，但占主导地位的则是化学风化和生物风化，其中大量溶解物被水带走，残留在原地的主要是铝和铁的氧化物（红土）。

最后，由于人们观察范围和能力的局限性，不仅地下深处的物质和地质构造无法直接认识，就是在地表的许多地质现象人们也不可能逐一加以查明。地质学中经常使用的则是相似现象的对比分析法，即通过深入研究一些直接观察到的地质现象，得出规律性的认识，然后运用到条件大致类似的无法直接观察到的地质事件上。例如在野外进行地球物理勘探工作，常常需要在某一地区的地质勘探钻井内，用多种手段测量不同地质体的物性反应（磁性、导电性、重力值、地震波速、放射性等），或采集该地区地面出露的各种岩石样品进行测试，得到某一种岩石或矿石的物性数据以及某些岩石的组合特征，用来解释物探剖面上的数据或曲线，并结合区域地质情况进行核对。经过多次的对比和修订，就可以比较可靠地解释不同地区物探资料所反映的地下地质情况。当然在一般的地质工作中，无论是地层、构造或矿床的普查与勘探，也都广泛地运用对比分析法来认识一些未知地质现象，以期对已知事物的认识更加深入。例如，一层层迭置起来的沉积岩层，在未遭受强烈构造变动，岩层上下关系未倒转的情况下，底层应先形成，顶层后形成。另外，通常靠岩层内保存的古生物化石来确定岩层形成的地质时代，然而并不是各处的地层中都很容易发现化石的。在一些地层出露较完全、其中化石又发现较多地区，对地层进行精确丈量、详细描述岩性并寻找化石，按岩层所反映的古地理情况和地壳运动情况以及古生物发育的阶段性等标志划分出若干小层（即建立“标准地层剖面”）。同时，在邻近地区进行地层工作时，同样测制地层剖面，并与标准地层剖面进行逐层对比。通常只要基本情况相似，特别是一些大的地壳运动的特征一致时，即使没发现多少化石，也可以根据成套地层的对比关系，大致确定各小层的形成时代，形成时的古地理状况以及地壳运行的规律性。

应当明确，在学习《石油地质学基础》过程中，需要逐步树立起上述四种基本观点和思想方法，这就是一般所说的形成“地质思维”的过程。从本质上说，就是要求地质工作者，逐步习惯于运用辩证唯物论和历史唯物论的基本观点和方法，观察地质现象，研究地质课题。当然，上述四点并不是地质科学中的全部观点和方法，而是针对初学地质学和不太了解地质学的特殊性的人提出的一些基本观点和思想方法。由于地质学是从实践中总结出来的理论，必须将这种理论运用于指导生产实践，它与数学、物理学和化学等基础学科有着很大的差异，绝不能完全按照数学、物理和化学的学习方法去学习地质学。但是，只要理解地质学的研究任务，灵活地运用辩证唯物论和历史唯物论的基本观点和方法，就能学好地质学，并在实际勘探工作中取得良好的成效。

第一篇 地质学导论

第一章 地球概况

地质学是研究地球的一门科学，地球本身有许多内容，它的物质成分，分布规律以及发展演化历史等等，都是人们所要研究的内容。因此，在学习地质学时，首先应当对地球有所了解。

地球是宇宙中无数天体中的一员。地球本身的各种变化规律，不仅与内部运动有关，而且还与周围其它天体物质有着密切联系。因此，我们从地球在宇宙中的位置开始，简略地介绍地球概况。

第一节 地球在宇宙中的位置

一、太阳系

地球是银河系中太阳系里的一颗行星。宇宙无边无际，有着数不清的天体。由于不断有新的天体形成和衰老的天体毁灭，所以，宇宙在不断地运动发展演化着。银河系是宇宙中众多的星系之一，太阳系位于银河系的中部侧方，太阳只是银河系里面的一个小星体。

太阳系中最大的星体是太阳，以太阳为中心，由行星、卫星、彗星和星际尘埃等物质组成太阳系。

太阳是太阳系里的中心，整个太阳系只有太阳这个星体能自己发光，它的表面温度可以达到 5500°C 。宛如一个大火球，照亮了周围其它星球。由于它与行星相对位置近似于固定的，又把它叫作恒星。

太阳每时每刻都向四周辐射出巨大的光和热。到达地球的太阳能量，成为创造和维持生命以及各种外力地质作用的基本能源。

行星有九颗，又称为九大行星，最近不少人推测可能有第十颗行星存在。它们以太阳为中心，向外依次为水星、金星、地球、火星、土星、天王星、海王星、冥王星。并且都以各自的速度自转，并分别以一定的轨道围绕太阳公转。

已经发现有 50 个绕行星运转的卫星；在火星和木星之间还发现有数千个小行星，彗星总数可达 10 万个以上；此外还有象流星、陨石等那样的大量星际尘埃物质。

地球是太阳系中九大行星中较小的一个星体。地球的体积比木星小 1312 倍，只大于金星、水星和冥王星。

地球是一个接近球形的行星，它围绕着地轴自西而东旋转，称做自转。地球自转的速度是很快的，最大的线速度在赤道，每秒 464m，并向两极递减，极点近似于零。由于地球高速度自转，必然会产生惯性离心力，这种力不仅能影响地球表面的水体运动，改变大气、岩石圈的运动状态，而且还会造成地球表面物质的分布发生变化。

地球围绕着太阳，以椭圆形的轨道，自西而东转动，称做公转。地球的公转使太阳光直射到地球表面上的位置发生变化，这样就出现了一年四季的不同气候，也必然会影响着地球表面的水体和大气的运动。

太阳系中的星际尘埃物质是由许多小星体组成的，当它们运动到地球大气层时，由于摩擦而发光、发热，这就是流星。落到地球表面上的流星叫陨石，陨石是宇宙中的小星体，研究陨石对于了解宇宙和了解地球有着极为重要的意义。

根据成分可以把陨石分为石陨石、铁陨石和铁石陨石三大类。

其中为数最多的是石陨石，它大体相当于地球上的岩石成分，特别是岩浆岩，有大量硅酸盐类矿物存在。1976年3月8日在吉林降落了大量的石陨石，形成了举世闻名的陨石雨，已收集到的200多块陨石中，最大的一块竟然达1770kg。

铁陨石成分是铁、镍。1965年在新疆准噶尔盆地东北部发现了一块铁陨石，竟达300t。

铁石陨石是由铁镍和硅酸盐组成的混合物质，这种陨石较为少见。

尽管陨石中所含的成分大部分在地球上都能找到，但是绝大多数石陨石中所含的直径1~2mm的玻璃质小球粒（陨石球粒），却至今在地球上未能发现。由于这种成分可能是太阳系形成初期形成的，且未经过后来地质作用的改造，因而对了解地球原始成分意义很大。另外，还可以通过陨石来研究地球的起源和演化。

在太阳系中，地球的位置与其它星体的关系如图1-1所示，星体的主要数据可看下表（表1-1）。

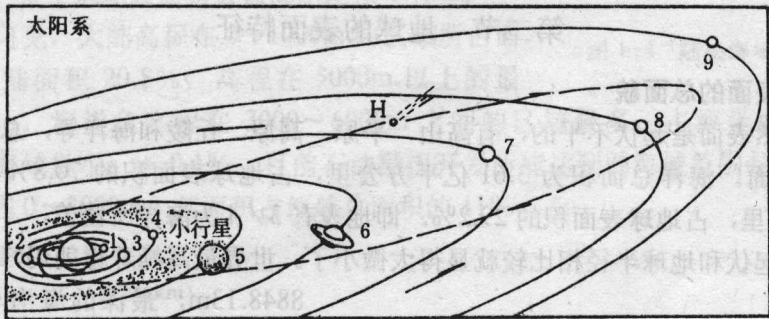


图 1-1 太阳系结构示意图

- 1—水星；2—金星；3—地球；4—火星；5—木星；
- 6—土星；7—天王星；8—海王星；9—冥王星；H—哈雷慧星轨道

表 1-1 太阳系星体数据

星 体	平均半径与地球半径之比 (地球为1)	体积与地球体积之比 (地球为1)	密度与地球密度之比 (地球为1)	
恒 星	太 阳	109.230	1303150.000	0.256
行 星	水 星	0.382	0.056	0.955
	金 星	0.948	0.087	0.952
	地 球	1.000	1.000	1.000
	火 星	0.532	0.149	0.719
	木 星	11.200	1312.500	0.242
	土 星	9.380	763.000	0.125
	天王星	4.230	49.990	0.291
	海王星	3.950	45.320	0.379
	冥王星	0.570	0.720	0.252
卫 星	月 球	0.270	0.020	0.606

二、银河系

太阳系对人类来说是一个巨大的空间，但它在银河系中只不过是一个中等大小的星系。晴朗的夏夜，我们从天空中可以看到，从南到北有一条宽窄不均的亮带，这就是银河系，俗称天河。太阳也象太阳系内的行星围绕太阳旋转那样，围绕着银河系中心旋转。太阳围绕银河系中心转一周大约需要 2 亿年，因此说太阳也在运动，说它不动只是相对于行星而言，根本没有绝对不动的物体。

银河系也不是宇宙中独一无二的天体。宇宙中还有许多象银河系的天体，人们称为河外星系，它们组成了更为庞大的空间，称为总星系。显然，总星系不知要比太阳系大多少倍。宇宙之大，可以说在空间上是无边无际的，在时间上也是无始无终的。地球作为宇宙中的一员，只不过是沧海一粟。

宇宙中一切天体物质都在不停止的运动，月球围绕地球旋转，地球绕太阳转，太阳又围绕着银河系中心旋转，银河系又绕总星系运转。它们的运动虽然是错综复杂的，但它们又相互制约，并且按着一定规律运动着、发展着。地球就是在这种天文背景中形成和发展。因此在研究地球的形成和发展时，不仅只研究地球上各种地质作用，而且还应当重视地球在宇宙中的位置这一客观因素。

第二节 地球的表面特征

一、地球表面的总面貌

地球的自然表面是起伏不平的，有高山、平原、高原、丘陵和海洋等，总体看是海洋和大陆并存的局面。海洋总面积为 3.61 亿平方公里，占地球表面积的 70.8%，陆地面积为 1.495 亿平方公里，占地球表面积的 29.2%。即地表有 3/4 为海洋所覆盖。

地表高低起伏和地球半径相比较就显得太微小了。世界最高峰珠穆朗玛峰高出海平面是

8848.13m，最深的海沟马里亚纳海沟在海平面以下 11022m，这些只相当于地球半径的几百万分之一。因此，把地表起伏变化忽略不计，以一个假想的大地水准面代表地球表面，就可以认为地球是一个近似的椭球体（图 1-2）。



图 1-2 地球表面、大地水准面与地球椭球体比较

地球表面的总面貌可以归纳为以下几个方面：

1. 统计结果

地球表面海洋面积和大陆面积的比例是 2.5 : 1。大陆和海洋之间的大陆架（陆棚）占地表总面积 11%，它属于海洋范围，但其基底却是属于大陆性质。大陆集中分布在北半球又叫陆半球，海洋主要分布在南半球又叫洋半球（图 1-3）。

2. 陆块——大陆的划分

地球表面分为自然的六大陆块。有欧亚大陆、非洲大陆、北美洲大陆、南美洲大陆、南极洲大陆、澳洲大陆。其中欧亚大陆最大，占陆地总面积 37%，澳洲大陆最小，仅占 5%。

海洋可以按区域划分为四大洋区。有太平洋、大西洋、印度洋、北冰洋。其中太平洋最

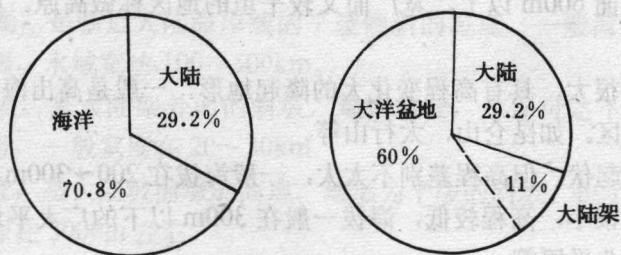


图 1-3 大陆海洋面积百分比

大, 占海洋面积 49.1%, 北冰洋最小, 占 2.4%。各大陆块和海洋区域占地球总面积百分比可参看图 1-4。

3. 大陆表面起伏变化

从大陆最高点到海底最低点, 不同高度所占地球面积百分比, 称做地球表面频率, 如图 1-5 所示。

大陆平均高程为 840m, 海洋平均高程为 -3800m, 海洋深度平均值大约是大陆高度平均值的 4.5 倍, 如果把大陆填入海洋, 整个地球表面将会被海水淹没 2.6km。

由图 1-5 可见, 大陆高程在 0~1000m 的区域所占面积最大, 占大陆面积 20.8%, 高程在 5000m 以上的最少, 只占 0.1%。海洋负高程在 3000~6000m 之间的区域最多, 占海洋面积 37%, 负 7000m 以下的海域最小, 占 0.1%。目前石油勘探开发所能达到的海域范围是大陆架, 其海域海深为负高程 0~3000m, 其面积占地球总面积的 11%。

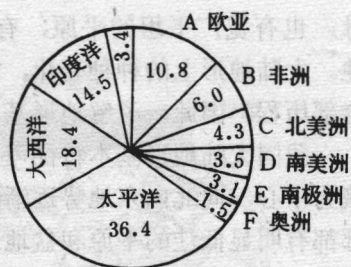


图 1-4 陆块海域面积百分比

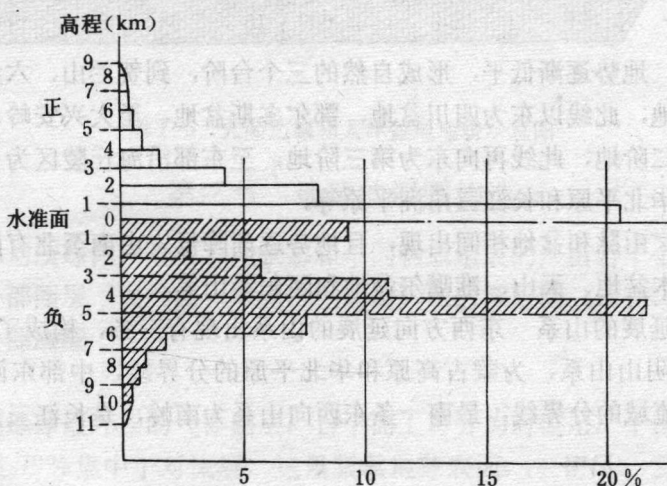


图 1-5 地球表面频率百分比

二、大陆表面基本形态

1. 大陆地形单元

依据大陆表面的起伏特点, 划分以下几个地形单元。

高原：高出海平面 600m 以上，宽广而又较平坦的地区称做高原。如我国青海高原、西部黄土高原等。

山地：地形起伏很大，具有高程变化大的隆起地形。一般是高出海平面 500m 以上，地形狭长而又陡峻的山区。如昆仑山、太行山等。

丘陵：地形虽有起伏，但高程差别不太大，一般海拔在 200~300m 以内都归属丘陵。

平原：地形起伏很小，高程较低，海拔一般在 300m 以下的广大平坦地区，都归属于平原。如松辽平原、华北平原等。

盆地：中间低平，四周群山环绕，河川内注，宛若盆形。如四川盆地、塔里木盆地等。

2. 中国大陆地形基本特征

我国大陆地形起伏变化多种多样，是个地形单元十分齐全的国家。有地形狭长陡峻的山脉，也有宽广平坦的平原；有高差不大而又连绵起伏的丘陵，也有群山环绕中央低平的盆地。大陆地形上的种种变化，明显的反映了我国地质构造的基本轮廓，以及地质发展历史的全部历程。因此，了解地形基本特征，是研究地质学的一个重要基础。

我国大陆地形基本特征可以归纳为四点：一是东西两部分地势有较大的差别；二是以西藏为中心，向北向东地势逐渐降低；三是自北向南有几条东西向延伸的山脉；四是东部和西部都有明显低洼的平原和盆地。

(1) 东西分区 我国东部和西部有着完全不同的地形特征，大致以贺兰山、六盘山、龙门山和横断山为界，分为东西两部分。

西部地区以高山和盆地并列的地势为特征。山脉的延展方向和盆地长轴方向相一致，基本上是北西西方向。

东部地区是以盆地、平原和丘陵为主，山脉丘陵和平原盆地的延展方向，基本为北东方向。

(2) 以西藏为中心向北向东逐渐降低 地势总特点是西高东低，而西部地区又有南高北低的特点。

西藏高原向东，地势逐渐低平，形成自然的三个台阶，到贺兰山、六盘山、龙门山一线为止，构成第一阶地；此线以东为四川盆地、鄂尔多斯盆地，至大兴安岭、太行山和雪峰山一线为止，构成第二阶地；此线再向东为第三阶地，至东部沿海丘陵区为止，这个阶地由北而南有松辽平原、华北平原和长江三角洲平原等。

西藏高原向北，山脉和盆地相间出现，且地势逐渐降低。由南至北有昆仑山、柴达木盆地、祁连山、塔里木盆地、天山、准噶尔盆地和阿尔泰山等。

(3) 东西方向延展的山系 东西方向延展的山系出现有三条，构成了南北分区的特点。北部有东西延展的阴山山系，为蒙古高原和华北平原的分界线；中部东西延展的为秦岭山系，是长江和黄河流域的分界线；最南一条东西向山系为南岭，是长江三角洲平原与珠江三角洲平原的分界线。

(4) 西部和东部的盆地和平原 西部为内陆盆地或高原，形状明显的呈菱形，延长方向近于东西向；东部为宽广的平原，呈现出长方形的特点，延长方向近于南北向。

三、海底地形

地球表面的海洋，其底面的地形也是连绵起伏、高低不平的，比大陆还要复杂。同样，也有不同的地形单元。一般来讲，海底地形变化较大，高差均超过大陆地形。因此，根据地形变化可以把海底划分为大陆架、大陆坡、大陆基和深海平原等四个部分。

大陆架也称陆棚，是临近大陆海岸线的平缓倾斜的海域，一般海水深度在 200m 以内。我国大陆架宽广辽阔，水域宽达 100~500km。

大陆坡也称陆坡，是大陆架外面的斜坡，地形较陡，水深可达千米。大陆坡的宽度较小，是一个狭长地带，一般宽度在 20~30km。

大陆基或称陆隆，是大陆坡前缘的高地。地形为平缓的斜坡。位于大陆坡和大洋底之间过渡地带，一般水深在 3000m 左右。

深海平原又称大洋盆底，范围广阔，占地球面积 50% 以上，大部分水深在 4000~6000m。洋底起伏不平，有海沟，海底山脉（洋中脊）和火山岛弧等。

海底地形的复杂变化，反映了它们所属的大地构造的特征和海洋盆地地貌特征（图 1-6）。

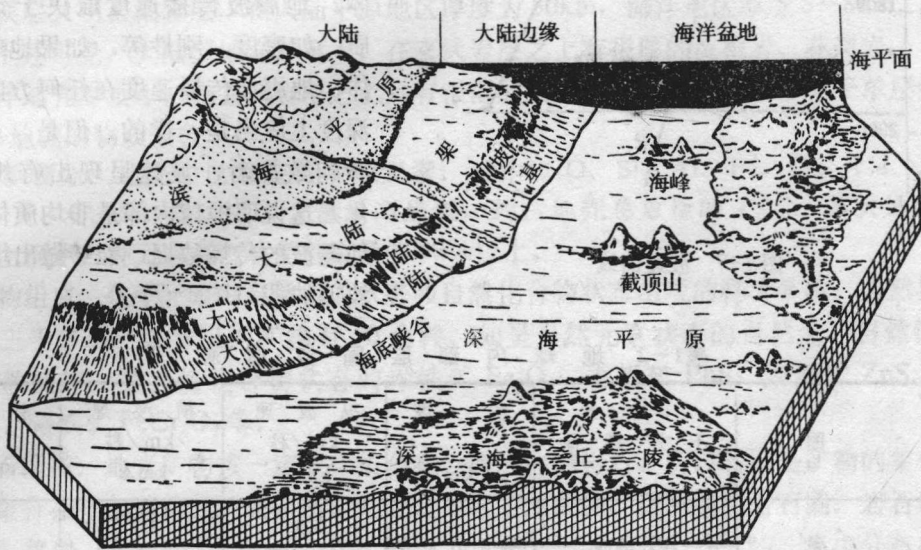


图 1-6 大陆边缘和大洋盆地地貌示意图

第三节 地球的层圈构造

地球是一个非均质球体，是由不同状态和不同物质组成的，由若干个同心层圈构成。这个球体可以分为外部圈层（大气圈、水圈、生物圈）和内部层圈（地壳、地幔、地核）。

一、地球的外部层圈

1. 大气圈

大气圈是环绕地球最外层的气体圈层，自下而上可分为对流层，平流层、电离层以及外大气层。大气质量 79% 集中于对流层，这里紧靠地球表面，一切风、云、雨、雪的变化也都在这里发生。因为大气中有水汽、酸汽、氧以及温度的变化和风雨的作用等，这对地球表面的岩石均有较大的影响。

2. 水圈

地球表面 70.8% 为海水所复盖，大陆上又有湖泊和河流等，它们都可以看成是包围地球的一个水层，称为水圈。水在太阳能的影响下，进行自然循环，水有动能和化学能，是改变地球表面的重要因素之一。

3. 生物圈

地球表面生物活动的范围称做生物圈，生物活动是不断改变地壳物质成分和结构状态的重要因素。

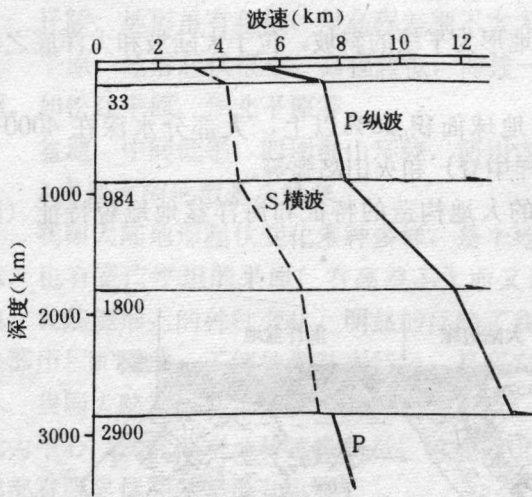


图 1-7 波速曲线

二、地球的内部层圈

地球内部层圈是根据地球物理研究的结果确定的，由地震波在地球内部传播情况来划分地球的内部圈层。

地震波可分为纵波和横波，纵波传播的速度快，并能通过固体、液体、气体介质。横波传播速度慢，只能通过固体。地震波传播速度取决于介质的性质。如密度，刚性等，如果地球为均质体，地震波传播速度在任何方向和任何深度上应当是一样的。但是，从表 1-2 所列数据看，波速呈现出有规律的变化，这说明地球内部是非均质体。根据地震波的传播数据，能够做出地球内部波速曲线（图 1-7）。

表 1-2 地球内部层圈波速表

层 圈		不 连续 面	深 度 km	纵 波 速 km/秒 km/s	横 波 速 km/秒 km/s	密 度 g/cm ³
地 壳	— 康拉德面 —		20	5.5	3.2	2.7
	— 莫霍面 —		33	7.6	4.2	2.9
地 幔	上 地 幔			8.1	4.6	3.4
		— 雷波蒂面 —	984	12.5	6.8	5.1
	下 地 幔	— 古登堡面 —	1800	13.6	7.3	5.7
地 核			2900	8.1	—	9.7
				11.3	—	17.9

由上述图表可以看出，在深度 33km、984km、2900km 有三个不连续面，分别叫莫霍面、雷波蒂面和古登堡面，将地壳分为地壳、地幔、地核三个大的层圈。此外根据波速变化还可以分出次一级层圈来。如地幔分为上、下地幔，地核分为外核、内核等。

1. 地壳

位于莫霍面以上部分称地壳，它主要由富含硅、铝的硅酸盐类岩石组成，所以又叫做岩石圈。它是地球表层坚硬的固体外壳，表面凹凸不平，和大气圈、水圈、生物圈直接接触。

1) 地壳的厚度

根据地球物理资料，地壳厚度各地有很大差异，大约变化在 5~70km 之间。地壳又基本可分为大陆型和大洋型两种类型。大陆型地壳厚度大，平均为 33km，越往高山地区厚度越大，我国青藏高原及天山地区可厚达 70km，而大洋型地壳厚度较小，大西洋、印度洋厚度 10~15km，太平洋最小厚度只有 5km，整个大洋型地壳平均厚度为 7.3km。整个地壳平均厚度为 20km（据罗诺夫，1967）。

2) 地壳的结构

在地壳内部有次一级的不连续面，叫康拉德面，将地壳分为两层，上层叫硅铝层，下层叫硅镁层，如图 1-8 所示。

硅铝层包括沉积岩层和花岗岩层。在大陆山区厚度可达 40km，在平原地区为 10km。海洋地区则明显变薄并逐渐消失。

硅镁层又叫玄武岩层，在大陆平原地区厚度为 30km，海洋地区厚度 5~8km。

由上述可见，大陆型地壳厚度大，在玄武岩层之上有很厚的沉积岩、花岗岩，为双层结构。大洋地壳厚度小，在玄武岩层之上只有很薄的或根本没有花岗岩层，属于单层结构。

3) 地壳的物质成分

化学成分：地壳中已发现百余种元素，其中以 O、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg、H、Ti、P、C、Mn 等为主，含量最高是氧，约占地壳总重量的 1/2，其次是硅，约占 1/4，上面十三种元素共占地壳总重量的 99% 以上。

矿物组成：化学元素以自然单质状态和自然化合物状态出现的称为矿物，自然界已经发现矿物三千多种，最常见的矿物有 50 余种。如呈自然元素状态的自然金、自然铜、金刚石、自然硫等；呈自然化合物状态的赤铁矿 Fe_2O_3 、方铅矿 PbS 、闪锌矿 ZnS 、黄铜矿 $CuFeS_2$ 、铬铁矿 $FeCr_2O_4$ 等。

岩石组成：地壳矿物按一定规律集合在一起的称做岩石。所以岩石是矿物的集合体。各类岩石集合在一起而构成地壳，所以地壳是由岩石组成的，即所谓的岩石圈。岩石可分为三大类：岩浆岩（火成岩），在地壳中占 95%；沉积岩（水成岩）占 1%，集中分布在地壳表层，地壳表面积有 3/4 被沉积岩所覆盖；变质岩是由岩浆岩、沉积岩经过地质作用变质而来的一种岩石，仅占 4%。

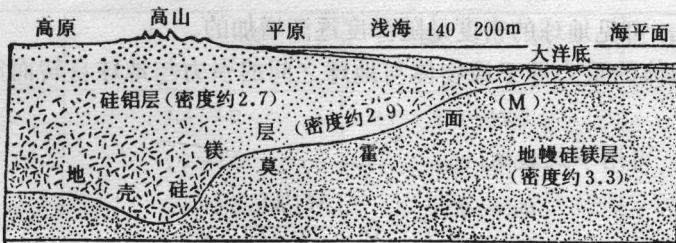


图 1-8 大陆和海洋地壳示意剖面图

2. 地幔 (中间层)

由地壳下界莫霍面到深度 2900km 的古登堡界面，称为地幔。在深度 984km 有次一级不连续面（雷波蒂面）将地幔分为上地幔和下地幔两层。

上地幔叫榴辉岩层，或叫橄榄岩层，震波数值与地壳中的橄榄岩相近，但化学成分有所