导言

需要全本请访问 www.ertongbook.com

山东省地处我国东部沿海地区，地质背景独特，矿产资源丰富，近代地质工作开展较早，矿业开发历史悠久。自 1949 年新中国成立后，省内外地质工作者在山东省开展了大量的基础地质调查和矿产勘查等多项地质工作，为山东矿产资源开发提供了丰富而系统的地质成果资料，在山东经济发展中发挥了极为重要的作用。

近十几年来，特别是《中华人民共和国矿产资源法》颁布以来，山东省地质矿产勘查和矿业开发工作取得了新的进展，并逐步走向规范有序的良性发展轨道。

矿产资源勘查与开发的管理工作，涉及到基础地质、矿产地质、矿山地质、地球物理和地球化学、水工环地质、矿床技术经济评价、矿产资源资产与矿业权评估等矿产经济学的许多专业，以及国家有关法律、法规制度等诸多方面。矿产资源管理工作是一项系统工程，同时又是一项科学工作。因此，它的工作前提是必须遵循地质学的基本理论、基本知识和基本工作方法；是山东地质矿产工作的一个重要组成部分，建立在半个世纪以来山东所取得的基础地质和矿产勘查成果基础之上；又是地质工作中的一项重要的矿产资源管理工作，它的工作程序和全部成果必须完全符合国家有关矿产资源法律、法规等要求的。

一

地质学是关于地球的物质组成、内部结构、外部特征、各圈层间的相互作用和演变历史的知识体系。在现阶段，由于观察、研究条件的限制，主要以岩石圈为研究对象，也涉及水圈、气圈、生物圈和岩石圈下更深的部位，以及某些地外物质。

地球自形成以来，经历了约 46 亿年演化过程，进行着错综复杂的物理、化学变化，同时还受到天文变化的影响。地球的各圈层均在不断演变。约在 35 亿年前，出现了生命现象。于是，生物作为一个地质营力，时时在改变着地球的面貌。最晚在距今 200 ~ 300 万年，开始有人类出现。地球成为人类栖息之所，衣食之源。人类为了生存和发展，一直在努力适应和改变周围环境。人类对地球及其演化规律的认识，经历了漫长的过程。

随着人口的剧增、资源的开发、经济的发展和科学技术的进步，人类面临人口、资源、环境、发展的压力也是前所未有的。地质学的任务是研究地球的发展，提供矿产资源；提供影响人类活动的地震、火山、滑坡以及使生物大量灭绝等地质事件的时间、地点和规模等方面的预测；研究评价环境对人类所造成的影响；研究地质学如何更好地为经济发展服务，为人类生活造福。

地质学研究的内容十分广泛，根据研究任务和内容的不同，地质学已分成许多相互联系而又各自独立的学科。研究地壳物质组成的有结晶学、矿物学、岩石学等；研究地壳发展历史以及古生物演化规律的有历史地质学、古生物学等；研究地壳运动、变化和发展规律的有动力地质学、构造地质学、大地构造学等 研究矿产的形成和分布规律的有矿床学；研究矿床的找寻和勘探方法的有找矿勘探地质学；研究地下水的形成、运动和分布规律的有水文地质学；研究地质条件与工程建筑之间关系的有工程地质学；研究地表形态的有地

貌学；研究地质环境与人类相互关系的有环境地质学等。另外，在地质学中还有研究某些方面问题的专门学科和与其他自然学科相结合、交叉形成的一些边缘学科，如海洋地质学、煤田地质学、石油地质学、地震地质学、火山地质学等 地球物理学、地球化学及农业地质学、医学地质学等。

地质学伴随着人类历史的发展而发展。在人类发展历史中，地质学与人类生态、环境、资源、技术、经济的关系更加密切。随着时代变化，根据经济、社会发展的需要，地质科学与高新科学技术相结合，工作手段更加先进，地质学理论研究不断得到补充、修正，地质学研究的领域和服务范围日益扩大。又衍生出许多前缘学科，如环境地质学、城市地质学、农业地质学、旅游地质学、医学地质学等等。所以说地质学是对地球和人类进行总体研究和应用研究的一门科学。

二

山东省域位于华北板块东南缘，地处华北板块与扬子板块结合部位，地质构造背景独具特色，地壳演化历程较为复杂。在这个古老而极富于特色的陆块上，记录着自 30 亿年前后的中太古代至百万年以来的新生代的沉积作用、火山活动、岩浆侵入和变形、变质等复杂的地质构造事件，蕴藏着多种能源、金属、非金属和水气矿产资源，历来为世人瞩目。

著名的沂沭断裂带纵贯山东中部。这个深大断裂带本身就具有较为复杂的演化历史，以其为界将山东陆块分为地质构造背景和成矿作用差异迥然的鲁西和鲁东两个地块。

鲁西地块内（包括沂沭断裂带及其以西的隆起区和拗陷区）分布着迄今所知山东陆块最古老的(大于 29 亿年）中太古代麻粒岩相变质沉积岩系（沂水岩群）、新太古代绿岩带(泰山岩群)、古元古代低级变质含铁岩系(济宁岩群)、早古生代海湖相沉积岩系和著名的寒武纪化石带、晚古生代海陆交互相含煤岩系及中、新生代断(拗)陷盆地陆相(含火山)含煤、油、盐、硫沉积岩系，以及太古宙一元古宙一中生代侵入岩系。此外，最重要的是在鲁西地块上还分布着煤、石油、天然气、铁、金、金刚石、石膏、自然硫、石盐、钾盐、蓝宝石、建筑饰材等多种矿产。

鲁东地块内(包括胶北隆起、胶莱拗陷和胶南造山带)分布着大于 29 亿年的麻粒岩相变质沉积岩系(唐家庄岩群)、新太古代绿岩带(胶东岩群)、古元古代变质碳硅泥岩系——孔兹岩系(荆山群、粉子山群、芝罘群)、新元古代低级变质沉积岩系(蓬莱群、朋河石岩组)及中、新生代陆相火山 -沉积岩系和含煤岩系，以及太古宙一元古宙一中生代侵入岩系。此外，最重要的是在鲁东地块内还分布着金(胶北隆起是我国金矿最富集的地区之一)、石墨、菱镁矿、滑石、萤石、重晶石、煤、膨润土、沸石岩、建筑饰材等多种矿产。

山东省矿产资源丰富，地质构造景观多彩，矿业开发历史悠久，近代地质工作起步较早，地质矿产研究程度较高。新中国成立以来，国家和山东投入了大量的基础地质调查、矿产地质勘查、物化遥、水工环地质调查及地质科学研究等地质工作。发现了如焦家式金矿、石油、金刚石原生矿等重要的能源、金属和非金属矿产 基本掌握了山东省主要矿产的区域分布规律；建立和厘定了全省地层系统和侵入岩岩石谱系划分序列及地质构造框架；建立了山东省数字化地质图库和区域化探、区域重砂及各类样品数据库 进行了 3 轮主要

矿种成矿远景区划和成矿预测。积累了系统而丰富的地质成果资料。到 2001 年底,山东省已累计发现 150种矿产,其中能源矿产 11种、金属矿产 45 种、非金属矿产 90种、水气矿产 4种。在这 150种矿产中，已探明储量的矿产有 81 种、探明各类矿产地 1346处。

山东省地质调查和矿产勘查工作的发展及地质成果的取得，促进了具有悠久开发历史的山东矿业的发展。特别是改革开放以来，山东矿业发展较快，尤其是采矿业的快速发展对国民经济建设和现代工业体系的形成，起到不可替代的支撑作用，促进了山东经济和社会的全面发展。在 2001 年度，全省各类生产矿山近万个，矿业从业人员约百万人，开发的矿产地约占全省已探明矿产地的 63%,开发利用的矿种多达 82种(含亚矿种),矿业总产值近 700亿元。矿业开发在山东省的经济发展中占有极为重要的地位。

三

人口、资源、环境是当今世界面临的三大问题,其资源、特别是矿产资源是人类社会赖以生存发展的重要物质基础，是人类生产和生活资料的源泉。矿业又是国民经济的基础产业，矿产资源的勘查开发利用直接关系到国民经济发展的全局和长远，与人民生活条件和生活质量的改善息息相关。珍惜矿产资源，“合理开发利用和保护资源”是我国一项基本国策。

我国从 20世纪 50年代起建立了一系列矿产资源管理法律法规及规章制度。 1986年颁布了第一部矿法——《中华人民共和国矿产资源法》及其配套法规。1996 年对矿法进行修改,国务院发布了相应的配套法规,我省颁布了《山东省实施〈矿产资源法〉办法》,建立了有关的规章制度，形成了一套完整的地质矿产法律法规体系，真正步入了矿产资源从勘查、开发到保护依法有序的管理轨道。

本书在概述了修改后的《矿产资源法》及其配套法规的基本内容的基础上，重点阐述了矿产资源国家所有的原则；矿产资源勘查和开发实行统一管理的原则；矿产资源勘查开采实行统一规划、合理布局的原则；综合勘查、合理开采和综合利用的原则；加强矿产资源和环境保护的原则；矿产资源实行有关资料的统一管理的原则；对勘查、开采矿产资源实行监督管理的原则等。突出强调了勘查开采矿产资源必须依法取得探矿权、采矿权制度；矿产资源勘查区块登记管理制度；矿业权有偿取得和经批准依法转（出）让制度；矿业权范围排他等重要法律制度。对矿业权法律规定、法律性质、矿业权主体、矿业权设立、取得，到矿业权行使、终结的法律要式行为，都进行了全面、系统的归纳及说明；对矿业权出让、转让的法定条件、方式、程序作了具体交待。本书下篇第四章，较全面具体地阐述了矿产资源勘查规划、地质勘查政策、地勘单位资格(质)、勘查区块登记、地质勘查监督等有关内容。同时，对矿产资源勘查区块登记管理和地质勘查监督管理，有关规定和制度做了阐述，从而使山东省地质勘查管理达到规范化、程序化、制度化、科学化的管理目标。

上篇

地质学基础知识

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第一章　宇宙与地球

第一节　宇　宙

一、宇　宙

宇是空间概念。宙是时间概念。宇宙是空间和时间的统一，即空间物质分布和变化发展的总称。宇宙是普遍的、永恒的、运动着的物质世界。早在战国年代，晋国尸佼在《尸子》一书中说"上下四方曰宇，往古来今曰宙"汉代张衡说"宇之表无极，宙之端无穷"。都说宇宙在空间上无边，在时间上无穷。地球和日、月、星、辰所散布和演化的无限太空的物质世界称之为宇宙。

宇宙在空间上是无限的，在时间上是无始无终的。在茫茫宇宙中，物质以各种各样的形式存在着，即有恒星、行星、卫星、流星、彗星等星体，也有以尘埃、气体、类星体、黑洞X射线源、Y射线源等形式存在，所有这些物质通称天体。每一种天体都处于永恒的运动之中，它们有形状和边界，也有起源和寿命。这些有限的物质组成了无限的宇宙，这就是辨证的统一。目前人们通过射电天文望远镜可以观测到距离地球 200 亿光年的天体，但那还不是宇宙的尽头，随着科学技术的发展，人类对宇宙的认识还会不断扩大。

二、银　河　系

宇宙中各种天体之间既相互吸引又相互排斥，它们按一定的规律组合在一起，并按一定的速度和周期进行自转和公转。由上 10 亿颗恒星及星际气体、尘埃物质组成的庞大恒星体系，称为星系。太阳所在的星系叫银河系，太阳在银河系中只是一颗普通的恒星，它距银河系中心约 3 万光年；银河系以外的其他星系统称为河外星系。

在无云和无月光的晴朗夜空，可以在天空看到一条银灰色的光带，这就是银河。其实它是由 1 400 多亿颗恒星组成的一个天体体系——银河系。它是一个巨大的漩涡状星系，众多的恒星围绕着银河系的中心旋转。银河系呈透镜状，中间厚，四周薄，它的直径约为 10 万光年，中心厚约 15 000 光年，边缘部分的厚度约 1 000～6 000 光年。银河系质量为太阳系质量的 1 600 亿倍。银河系的年龄约为 100 亿年以上。

三、太　阳　系

太阳系是以太阳为中心、受太阳引力支配、并围绕它作旋转运动的天体组成的天体系统。包括恒星太阳、九大行星（按其与太阳距离的远近依次为水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星）和已编号的约 2 000 多颗小行星、50 颗卫星、已观测过的约 1 500 多颗彗星和 700 多个已知的流星群以及散布在行星际空间的流星物质和行星际物质。太阳系以太阳最大，质量为整个太阳系质量的 99.87%，它绕银河系中心轨道运

行的速度约为 250 km/s。最远的冥王星与太阳的平均距离为 59×10^8 km，相当于日地距离的39.44倍(表 1-1)。

在太阳系中还有数以万计的小行星，另外，还有彗星、冥外天体以及行星的卫星(如月球）等。所有这些星体都在围绕着太阳进行公转。

表 1-1 九大行星基本数据

行星	距太阳的平均距离(10^8km)	公转周期	自转周期（天）	赤道半径（km）	质量（地球 = 1）	体积（地球 = 1）	密度（g/cm^3）	卫星数量
水星	0.579	87.97 天	58.646	2 439	0.0553	0.055	5.43	0
金星	1.082	224.7 天	243.02(逆转)	6 052	0.815	0.878	5.24	0
地球	1.496	365.26 天	0.9973	6 378	1	1	5.52	1
火星	2.279	687 天	1.026	3 393.5	0.1074	0.15	3.94	2
木星	7.783	11.86 年	0.4101	71 400	317.833	1 316	1.33	16
土星	14.27	29.46 年	0.444	60 000	95.159	745	0.70	23
天王星	28.7	84.07 年	0.718(逆转)	25 600	14.5	65.2	1.60	15
海王星	44.97	164.8 年	0.768	24 300	17.204	57.1	2.27	8
冥王星	59.46	248.5 年	6.3867	1 150	0.0024	0.01	1.65	1

引自徐邦梁《普通地质学》，1998 年。

因为地球是太阳系中的一员，所以研究地球的起源是与太阳系的起源分不开的。

到目前为止，关于太阳系起源的假说已不下 40 余种，可以归纳为三大类：一类为星云说，是目前比较流行的假说，主要有康德星云说和拉普拉斯星云说两种。康德星云说认为，形成太阳系的物质微粒最初是分布于比现在的太阳系大得多的空间内，因万有引力，微粒彼此吸引，逐渐形成团块，较大的团块成为引力中心，又不断吸引四周的微粒和小团块而慢慢壮大，最后聚集成为太阳。有些微粒在向中心体聚集过程中，因相互碰撞而偏转，便围绕中心体作圆周运动 这些微粒又各自形成小的引力中心，最后聚集成为行星 行星周围的微粒按同样的方式和过程聚集成卫星。拉普拉斯星云说认为，太阳系最初是一个灼热而旋转的星云，因冷却而凝缩，旋转速度加快，使星云呈扁平状，赤道部分突出。当离心力超过引力时，逐次分裂出许多环状物。最后，星云中心部分凝聚成太阳，各个环状物则碎裂并凝结成为围绕太阳运行的地球和其他行星；月球和其他卫星以相同方式由行星分裂而成。后来，也有人把康德星云说和拉普拉斯星云说合在一起，称为康德-拉普拉斯星云说；另一类假说为灾变说，认为先有一个原始的太阳，后来在另一个天体的吸引或撞击下分离出大量的物质，这些物质后来形成为行星和卫星等天体；还有一类假说为俘获说，即先有一个原始太阳，以后太阳俘获了银河系中的其他物质，这些被俘获的物质形成了行星和卫星等天体。

对太阳系起源的各种假说，都有其不完善的地方，随着科学技术的发展，人们对宇宙的认识会逐渐加深，对地球和太阳系起源的认识也一定能更接近实际。

第二节　地　球

一、地球的形状、大小和表面形态

(一)地球的形状

地球的形状是指全球静止海面——大地水准面的形状。大地水准面既不考虑地球表面的海陆差异，也不考虑陆上、海底的地形起伏，它不但包括了现在的海面，也包括所有陆地底下的假想“海面”，它是计算地表高程的起算面。

通过精密的经纬度测量和重力测量表明，地球不是一个正球体，而是一个赤道半径长，极半径短的椭球体。这是由于地球自身旋转造成的，故又可视为旋转椭球体。由于大地水准球体与地球旋转椭球体相比，偏差很小，因此在大地测量中，就用旋转椭球体来代替大地水准球体进行计算。

(二)地球的大小

根据 1982 年自然地理统计资料，地球赤道半径为 6 378.140 km；两极半径为 6 356.755 km，平均半径为 6 371.004 km，扁率为 0.0 033 529，表面积为 5.101×10^8 km^2，体积为 1.083×10^{12} km^3。

(三)地球的表面形态

地球的表面形状是高低起伏、多种多样的，位于中国、尼泊尔边境上的珠穆朗玛峰，是地球上的最高峰，1975 年经我国大地测量队测量结果为 8 848.13 m；西太平洋的马里亚纳海沟，是地球上的最低点，它在海平面以下 11 033 m，两者相差近 20 km，可见地球表面起伏是相当大的。

因为地球表面起伏不平，地表广大的低洼部分为海水所淹没，成为海洋；另一部分露出海面成为陆地。在地球的总面积中，海洋占 70.8%，陆地只占 29.2%。地球上的陆地并不是一个整体，而是被海水分隔成一些分离的陆块，其中大块陆地叫大陆，小块的陆地叫岛屿，但两者之间没有绝对的标准。

陆地的表面形态，根据其起伏状况，可大致分为以下几类：——①山地 地形起伏较大，相对高度和绝对高度大于 500 m 的地带称山地。山地的分布往往是成群的，很少单独存在。若干个组成条带状延伸的山地叫山岭；由若干条山岭组成的平行排列延伸很长的山地叫山脉；由若干条山脉组合在一起的山地叫山系。②高原：海拔较高、面积较大、顶面起伏较小的高地，称为高原。其海拔一般在 500 m 以上。我国的青藏高原是地球上最高的高原，平均海拔 4 500 m。③丘陵 地形起伏较小，相对高差常小于 200 m，海拔小于 500 m 的低矮山丘叫丘陵。④盆地：四周山岭或高地环绕，中间地势低平，外形似盆的地形叫盆地。如我国的四川盆地、塔里木盆地等。⑤平原：地形起伏不大，海拔一般小于 200 m 的广大平坦的地区叫平原。大的平原都是地壳沉降和外力堆积作用的结果。如我国的松辽平原、长江中下游平原等。

地球表面被海水覆盖的广大地区也是起伏不平的，根据海水覆盖的深浅、地形的起伏

特征及其与大陆的关系分以下几部分——①大陆架：又称陆棚，是围绕大陆的浅水平台，水深一般在 200 m 以内。它的宽度为几十到几百千米不等，平均为 75 km。其表面极为平坦,坡度不超过 1°。大陆架的地壳结构与大陆一致，是大陆向大洋的自然延伸部分。②大陆坡：是大陆到大洋底的过渡区。它的深度为 200～2 500 m,平均坡度为 4°～7°。大陆坡上的地形常崎岖不平，其明显的特点是存在着许多像大陆上的山谷似的“ V”字形峡谷,称为海底峡谷。③大洋底(大洋盆地)这是海洋的主体部分,其深度一般为 2 500～6 000 m。大洋底部也是起伏不平的，有海岭、海山，也有海沟和深海盆地，其相对高差不亚于陆地。

二、地球的圈层构造

地球不是均质体，其组成物质的分布呈同心圈层。大致以地壳表层为界可分为地球的外部圈层和内部圈层。

(一)地球的外部圈层构造

地球的外部圈层指包围着地球表层的地球组成部分，根据其物理性质和状态不同可分为大气圈、水圈和生物圈。

1.大气圈

大气圈是地球的最外圈,由空气、水气、尘埃组成,它的底界就是海、陆表面,但没有明显的上界，逐渐过渡到星际空间。它可分为以下几个圈层——①对流层：由于地心的引力,大气圈的下部(8～18 km)气体密度大，物质稠密，集中了整个大气圈约 3/4 的质量。对流层的气温随高度的升高而降低，平均上升 100 m,气温就下降0.65 ℃。该层温度、湿度分布不均匀，大气产生对流现象。它是地球上风、云、雨、雪等各种天气现象的发源地。它不仅与人类活动密切相关，而且是流水、风、冰川等各种外动力的源泉，对改变地表形态起着非常重要的作用。②平流层：在对流层之上至 50 km 高空的范围内,空气仅有水平流动。在平流层内，随着高度的增加，气温逐渐升高。在该层 20～30 km 的地方,有大量的臭氧，它能吸收大量的太阳辐射热和紫外线，因而对维护地表生态环境关系极为密切。如果臭氧层一旦被破坏，将会使地球表面的温度升高，环境恶化。③中间层：在平流层之上至 80～90 km 的范围内，空气极为稀薄，由于没有臭氧层，因而气温随高度的增加而降低。④热成层：从中间层顶至 500 km 的高空，空气质点在太阳辐射和宇宙射线的作用下被加热，气温随高度的增加而增加。该层中空气密度仅有几亿至上百亿分之一。自平流层以上空气极其稀薄，在宇宙射线和太阳紫外线的作用下，气体分子被电离为正离子和自由电子，因而平流层、中间层、热成层又统称为电离层。它不仅是极光的源地，也是无线电波的传播层。⑤扩散层：在热成层之上，随高度的增高，地球的引力已很小，而且随高度增加引力越来越小，一部分大气分子可以摆脱地球引力而逃逸到星际空间中去。它是大气圈的最外圈。

2.水圈

地球表面大多数地方为海水所覆盖，即使在陆地上也还有许多河流、湖泊、冰川以及普遍存在的地下水。由这些不同水体组成一个包围地球的连续水层，称为水圈。

3.生物圈

在大气层下部、地表及地下浅层，以及水圈内由于条件适合于生物的生存，繁殖了大

量的生物，这个由生物及其生命活动的地带所组成一个连续圈层构成了地球上的一个独特圈层——生物圈。

(二)地球的内部圈层构造

根据地震、磁法、重力法等地球物理测量的资料和地震波传播情况的研究，地球表面的密度为 2.6～3.0 g/cm^3，而地球的平均密度为 5.52 g/cm^3，这表明地球内部是不均匀的，地震波揭示地球内部存在两个界面，它将地球分为 3 个圈层，由外向内依次为 地壳、地幔和地核(图 1-1)。

1.地壳

地壳是由岩石组成的地球外壳，它的体积占地球总体积的 1.55%，质量只占地球总质量的 0.8 %。地壳的厚度在不同的地方差异很大，在大陆上平均厚度 33 km，在喜马拉雅山地区，厚度可达 70 km 在大洋中平均厚度 8 km，最薄处仅 3 km 左右。

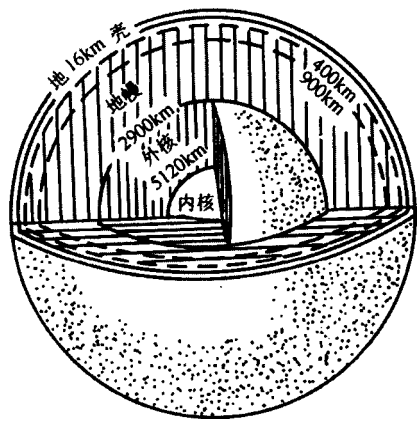


图 1-1　地球的内部构造

(引自徐邦梁《普通地质学》，1998 年)

地壳可分为上下两层，其间的界面叫康拉德面。上层主要由富含硅、铝的沉积岩、岩浆岩、变质岩组成，平均密度为 2.7 g/cm^3，其下部有大量的花岗岩类岩石，因此叫花岗质层，又叫硅铝层；下层由玄武岩类的岩石组成，平均密度为 3.3 g/cm^3，其化学成分中硅、镁丰富，称为玄武质层，也叫硅镁层(图 1-2)。在大陆上，地壳具有这种双层结构，称为大陆型地壳；但在大洋中，地壳只有硅镁层，而缺乏硅铝层，称为大洋型地壳。

地壳不仅具有各种复杂的地质现象，而且还蕴藏着人类所需要的各种矿产资源，因此地壳是当前地质学研究的主要对象。

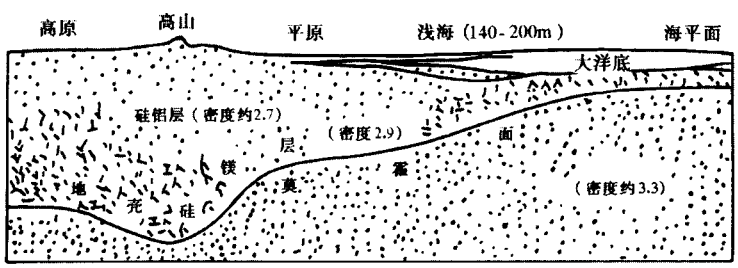


图 1-2　地球结构示意图

(引自徐邦梁《普通地质学》，1998)

2.地幔

地壳下面存在一个明显的界面叫莫霍洛维奇面，简称莫霍面。它是一个不连续的面。

莫霍面以上至地表为地壳，以下至 2 900 km 的深度为地幔。地幔的体积占地球体积的 82.3 %，质量占 67.8 %。地幔又可分为上地幔和下地幔两层。

从莫霍面到 650 km 以下为上地幔，由超铁镁质岩石组成。从莫霍面以下 60 km 处，仍为坚硬的岩石，它与地壳共同组成了地球的坚硬外壳，称为岩石圈。从岩石圈底部向下岩石处于熔融状态，被称为软流层。一般认为软流层是岩浆的发源地，也是地壳运动的动力源。下地幔化学成分与上地幔相似。随着深度的增加，密度越来越大。

3.地核

在地球内部 2 900 km 的深处存在一个界面叫古登堡面。界面以上为地幔，以下至地心为地核。地核的体积占地球体积的 16.2%，质量占 31.3%，平均密度 12.9%。地核可分为外核、过渡层和内核。地核的物质成分可能主要为铁和镍。

三、地球的主要物理性质

(一)地球的质量

地球的质量为 5.976×10^{21} t。

(二)地球的平均密度

地球的平均密度为 5.52 g/cm^3.

(三)地球的重力

理论上讲，地球的重力随纬度增高而增大，理论计算赤道标准重力为 978.3 cm^3/s^2；纬度 90 度为 983.3 cm^3/s^2。而实际测出的有差异，这就叫重力差异。

(四)地球的压力

从地表到地心，随着深度的增加，压力也不断增加。但由于物质密度和重力的不同，压力增加的数值也不同。在近地表，深度每增加 1 km，压力将增加 2.74×10^7 Pa，而在地心附近，深度每增加 1 km，压力估计要增加 6.1×10^7 Pa。

(五)地球的磁性

地球是一个磁性球体，它的周围形成了一个磁力作用的空间——磁场。按照地理学上的习惯，位于南半球的叫磁南极(S)，位于北半球的叫磁北极(N)。地球的磁南极吸引着罗盘磁针的北极 (N)，而地球的磁北极则吸引着罗盘磁针的南极 (S)。地磁磁极也是在不断变化的，因此在磁子午线与地理子午线之间存在一个夹角，叫磁偏角。罗盘测定的方位是磁方位。

(六)地球的温度

地球的温度一是来自太阳的辐射，二是来自地球内部。太阳辐射只能影响地表附近一定深度的温度变化，随着深度的增加影响逐渐减弱，在地下一定深度上，温度便不随昼夜和季节的变化而变化了，这一深度带叫常温层。常温层的温度一般相当于当地的年平均温度。

常温层以下的温度完全不受太阳辐射的影响，而是受地球内部热能的影响。火山、温泉、地下热水等许多自然现象表明地球内部的温度远远高于地表。在常温层以下，地下的温度随深度的增加而升高。一般每加深 100 m，温度平均约升高 3 度，这个数值称为地热增温率，或叫地温梯度。地温梯度只能在一定深度范围内使用，一般讲 50 km 深度以下就

需要全本请访问 www.ertongbook.com

不能使用。而且，经实地测量，各地的地温梯度是不同的，海底的地温梯度高于大陆。

一般推测地心的温度为 4 000～6 000 ℃ 。

(七)地球的弹性

当地球某处受力冲击时，会产生振动，并以地震波的形式传向四面八方，说明了地球具有一定的弹性。地震波主要有两种：纵波和横波。当地震波在不同的弹性介质中传播时，波速便会产生变化。

四、地球的运动

(一)地球的公转

地球公转是地球围绕太阳的旋转运动。公转一周的时间是 365 日5 时 48 分 45.6 秒。公转轨道呈椭圆形，太阳位于椭圆的一个焦点上。地球在公转轨道上运行。

(二)地球的自转

地球自转指地球绕地轴的旋转运动。由于地球自转，因而就出现白昼黑夜和天体东升西落的现象。地球相对太阳自转一周为 24 平太阳时，相对恒星公转一周为 23 时 56 分 04.1 秒（平太阳时）。经长期观测表明，地球自转速率是不均匀的。有不规则变化和长期变慢，日长每世纪约增千分之一至二秒。

第二章　地质作用

第一节　地质作用分类

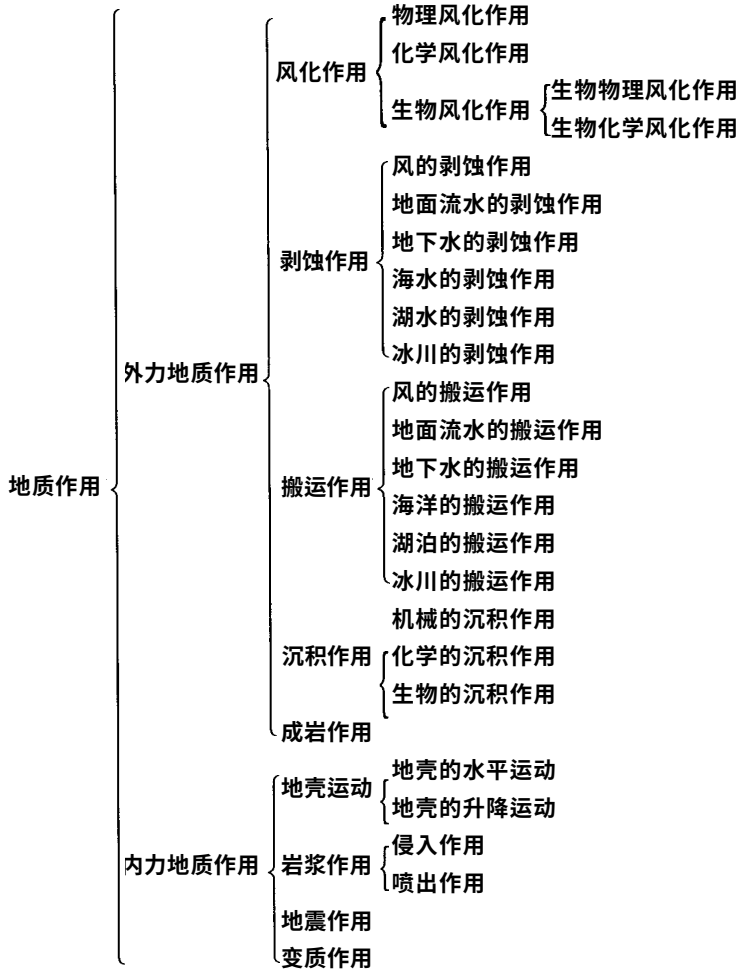
一、地质作用及其能源

地球表面有耸立的高山和低洼的平地，有植物繁茂的绿洲和浩瀚无垠的海洋。乍看起来，它们似乎是平静不变的。其实，从地壳形成到现在的几十亿年历史来看，它和自然界的所有物质一样，都是处在不断运动、变化和发展之中。根据科学的统计，每年地壳中要发生约五百万次地震。有些火山至今还喷射着火焰，涌泻出熔岩。许多生活在海洋中的生物，今天已成为高山上岩层中的化石。原来沉积形成的水平岩层，今天已发生了倾斜或弯曲。再从地表的一些自然现象来看，许多河流从山区携带碎石、泥沙奔向海洋；汹涌澎湃的海浪冲击着岸边的岩石；从数十米高的悬崖上倾泻着瀑布；从岩石裂缝中涌冒出清泉。根据这些事实不难理解，地壳确实不是平静不变的，而是无时无刻不在受着各种作用，促使其产生运动和变化。地质学中把产生这种作用的力量称为地质营力（即地质动力）。由地质营力引起地壳的物质成分、地壳构造和地表形态等方面发生变化的作用，称为地质作用。

产生地质营力的能源有两种：一种是地球内部的能量，称为内能，主要有地内热能、重力能、地球旋转能、化学能和结晶能等；另一种是地球外部的能量，称为外能，主要有太阳能、潮汐能和生物能等。由内能产生的地质营力为地质内营力，由外能产生的地质营力为地质外营力。因此，按照引起地质作用的营力的不同，地质作用可分为两大类：由地质外营力引起的地质作用，称为外力地质作用（简称外力作用）；由地质内营力引起的地质作用，称为内力地质作用(简称内力作用)。

二、地质作用的分类

根据外力地质作用和内力地质作用的性质、方式和结果的不同，将外力作用分为风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用和成岩作用 5种类型；内力地质作用可分为岩浆作用、地壳运动、变质作用和地震作用 4种类型。地质作用分类列于下。



第二节　外力地质作用

一、风化作用

地表及接近地表的岩石,在大气、温度、水和生物的联合影响下,使原来的岩石在物理性质或化学成分上发生改变的作用，称为风化作用。风化作用产生的现象称为风化现象。引起岩石风化作用的因素是很复杂的。风化作用的性质和形式很多，一般可分为物理风化作用、化学风化作用和生物风化作用 3 种基本类型。

(一)物理风化作用

物理风化作用是指岩石在风化过程中，只改变其物理状态，不改变其化学成分的破坏作用。它使坚硬的岩石崩裂，使块状的变成粒状或碎屑，它是一种机械的破坏作用。

引起物理风化作用的因素很多，但主要的因素是温度和水，此外还有雷电、闪击等。

1.剥离作用

地表温度变化的幅度很大,特别是在干旱地区,其变化幅度可达 150 ℃左右(-70 ℃ ~80 ℃)。冬季和夏季,白天和黑夜,地表温度是不断变化着的。我国西北地区某些季节昼夜温差可达 40 ℃以上，在非洲大沙漠中，有些地方地面的昼夜温差更高，可达 60 ~ 80 ℃.

暴露在地表附近的岩石，由于地面的温差变化以及岩石中各种矿物的膨胀系数的不同，就产生了膨胀与收缩的差异，天长日久，岩石中便产生许多裂隙。岩石中矿物颗粒由原来紧密镶嵌变为松散，最后岩石外层改变了原来的物理性质，变成松散的风化产物，并逐渐与内层分离,这种现象称为剥离(图 1-3)。引起岩石剥离的作用称为剥离作用。由于岩石的突出棱角部分最易遭受风化，经过长期风化剥蚀棱角容易消失，使岩石表面变成椭圆形或球形,这种现象称为球状风化(图 1-4)。

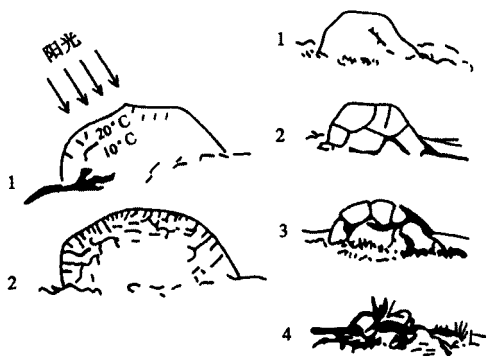


图 1-3 岩石剥离作用发展示意图

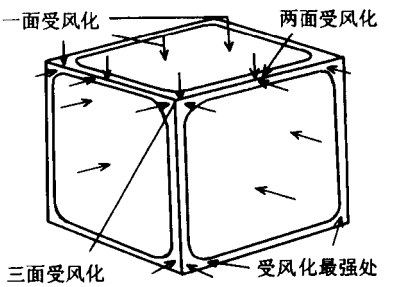


图 1-4 岩石的球状风化

2.冰劈作用

岩石孔隙和裂隙中的水,在温度降至 0 ℃ 以下时,就会结冰。水在结冰时,体积膨胀,约增大 1/10 左右，可对裂隙周围产生很大的挤压力。在零下 22 ℃时,每平方厘米面积上可产生 108 kg的压力，因而可使岩石的裂隙不断扩大，以致使其破裂成碎块，这种作用称为冰劈作用。在高山地区,初春和晚秋季节里,气温在 0 ℃上、下变化,白天冰化为水,晚上水又结成冰,这种反复的溶、冻作用,可使岩石崩裂,特别是裂隙发育的岩石,冰劈作用进行得最为强烈。在山坡较陡的地区经冰劈作用破裂成岩石碎块，在重力或流水的影响下,可沿着山坡滚落而成岩锥(岩屑锥)。

(二)化学风化作用

化学风化作用是指岩石在大气、水以及水中溶解物质的作用下，使岩石发生化学变化，改变其化学成分，从而使岩石分解破坏，并能产生新的矿物。温度与化学风化作用关系很大,温度升高能促进化学反应的进行,温度每升高 10 ℃ ,化学反应速度大约要增快一到两倍。

1.氧化作用

空气和水中的游离氧是地表最重要的氧化剂。大气中含有 21%左右的游离氧。水中约能溶解占其体积 3% 的空气。氧在地下所达到的深度各处不一，随着深度的加大含氧量逐渐减少，一般在地下水面以下，就几乎无氧化作用了。

氧化作用是自然界中最常见的化学作用，在水的帮助下，氧化作用进行得更加激烈。氧化作用可使矿物氧化，使低价离子变为高价离子，还可影响各种元素及其化合物的溶解度。矿物和岩石经过氧化作用后，不仅改变了其原来的化学成分，而且还会改变其物理性质，使其容易遭到分解和破坏，并形成新矿物。

最易被氧化作用破坏的是硫化物、有机化合物和含有氧化亚铁、氧化亚锰、钒、钴的矿物。由硫化物组成的矿床，在地表经过氧化作用以后，常常形成以褐铁矿为主要成分的疏松多孔的堆积体，这种堆积体称为铁帽。在铁帽的下部，往往可以找到较富的原生矿床。

2.二氧化碳的化学风化作用

空气中 CO_2 的含量约占 0.03%，CO_2 比其他气体易溶于水，在河水和地下水中，CO_2 的含量为大气圈中的 1 700～2 700 倍。水中 CO_2 的溶解度决定于温度和压力条件，当温度上升到 30 ℃时，CO_2 含量大约要减少 1/2 当压力加大时，CO_2 的溶解度增加。自然界水中所含的 CO_2 与水结合形成碳酸（H_2CO_3），离解为 $H^+ + HCO_3^-$。这种离子对矿物和岩石的溶解与分解起着重要的作用。富含游离碳酸的水比纯水对碳酸盐和原生铝硅酸盐矿物的破坏更为剧烈。

3.水的化学风化作用

水的化学风化作用，对地表岩石的破坏也是极为剧烈的。由于自然界中的水，常存在着化学活动性强的自由离子 H^+ 和（OH）$^-$，同时水中常常溶解有碱类或酸类物质，因而增强了水的化学风化作用。此外在化学风化作用过程中，如果没有水的参与，许多化学作用则很难进行。①水解作用：水中含有少部分离解的离子（$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$），有些矿物与自由离子 H^+ 和（OH）$^-$ 作用，形成易溶于水的氢氧化物，从矿物中解脱出来，因而可使矿物和岩石破坏。如，正长石与水作用，可使正长石中的钾解脱出来形成易溶解于水的 KOH 而流失，正长石最后变为高岭石。②水化作用：有些矿物与水起反应，吸收水分子形成新的矿物。如，硬石膏（$CaSO_4$）与水作用后形成石膏（$CaSO_4 \cdot 2H_2O$）。硬石膏形成石膏后其体积增大 60%，对周围岩石产生很大压力，因而又能促使岩石发生物理破坏作用。经过水化作用形成的石膏，较硬石膏的溶解度要大，因而加速了石膏被水的溶解。③含硫酸水的作用：硫化矿物氧化后，可产生大量的硫酸。有些火山温泉的泉水酸度很大（$pH = 1 \sim 2$）有些沼泽水的酸度也较大（$pH = 4$）。含硫酸的水对矿物和岩石的化学风化作用能力很强，能与它们进行化学反应，从而破坏它们。如含硫酸的水与石灰岩作用，产生溶解度小的硫酸钙（$CaSO_4$），也使石灰岩产生溶蚀现象。④含碱质水的作用：长石经过化学风化后，可产生碱金属的碳酸盐类（如 Na_2CO_3 和 K_2CO_3），它们都易溶解于水，使水呈碱性。海水呈弱碱性（$pH = 8 \sim 9$）。含碱质的水能加大对 SiO_2 的溶解度，促进硅酸盐矿物和硅质岩石化学风化作用的进行。

（三）生物风化作用

地壳中生物有机体的总重量约为 $n \times 10^{14}$ t，约等于地壳总重量的十万分之一，它们大

部分在海洋中，主要为浮游生物。现已知植物和动物多达数百万种。有人曾研究过细菌的繁殖速度，发现某些细菌一昼夜可繁殖 64 次，如果在适宜条件下，这种细菌经过 36 小时的繁殖后，可把整个地球表面盖上一层。

对地壳重量来讲，生物有机体的重量虽然很小，但它们所引起的地质作用却十分巨大，而且也极为复杂。生物有机体的活动对地表的风化作用起着直接和间接的影响。

生物的风化作用按其作用性质不同可分为两类：一是生物物理风化作用，例如生长在岩石裂缝中的植物，随其长大，根部可逐渐把岩石胀裂开来，使岩石崩裂破碎；二是生物化学风化作用，例如微生物分离出的氧和放出的 CO_2, O_2, H_2S 等气体，为新陈代谢而汲取矿物中的某些元素等活动，对矿物、岩石进行强烈的化学风化作用。

(四)风化壳

各种岩石经过不同类型和方式的风化作用以后，形成的风化产物残留在基岩的表面上，这些残留在原地的风化产物叫残积物。残积物上部常生长着植物，发育成富含有机质的土壤。在大陆地壳的表层由风化残积物组成的一层不连续的薄壳称为风化壳。它的厚度各地不一，寒冷干旱地区比湿热地区厚度要小。在易风化的岩石上部风化壳较厚，最厚处可达 100 ~ 200 m，通常不超过几米或几十米。如果地壳下降，后来沉积物沉积在风化壳之上，把风化壳埋藏在地层之中，这种风化壳称为古风化壳。在地质历史时期中，我国华北地区就有中奥陶世至早石炭世的古风化壳。

根据风化产物的不同，可将风化壳分成几个层（图 1-5）。A 和 B 为土壤层，A 层处在氧化环境和酸性条件下，矿物风化得彻底，生成各种粘土矿物，B 层化学风化进行得较轻，C 层为碎屑层是由岩石风化成的大小不均的碎屑组成，D 层是半风化的岩石，D 层以下是未风化的母岩。

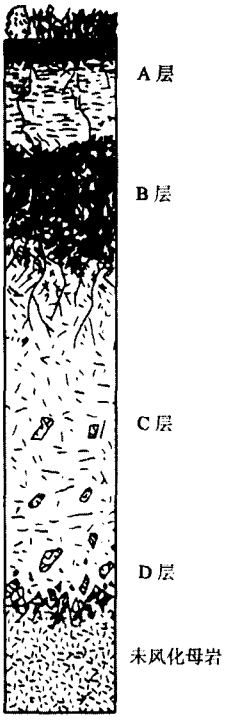


图 1-5　风化壳剖面构造
(引自徐邦梁《普通地质学》，1998 年)

二、地面流水的地质作用

地面流水在重力作用下，在斜坡上以薄水层向低处流动的水，称为坡流；坡流向小沟和山涧汇集，形成一股股快速奔腾的水流，称为洪流；坡流和洪流都是暂时性流水。当它继续向低洼的地方流去，并切穿地下含水层，直接取得地下水的补给，从而获得比较稳定的水源，便形成常年性流水，这就是河流。可见，地面流水可分为暂时性流水和常年性流水两类。

(一)暂时性流水的地质作用

1. 坡流的地质作用

坡流(或称片流)无固定流槽，沿坡面呈薄层状或网状流动，仅能对斜坡上岩石的风化表层或松散土层进行破坏。它往往使地面均匀降低，就像从山坡上剥去一层皮一样，这种对坡面的破坏作用称为洗刷作用。洗刷作用使斜坡由陡变缓并逐渐降低。洗刷下来的物

需要全本请访问 www.ertongbook.com