



高等专科学校教学用书

GAODENG
ZHUANKE
XUEXIAO
JIAOXUE
YONGSHU

地质与矿山地质学

冶金工业出版社

前 言

《地质与矿山地质学》是根据“八五”冶金工业部高等专科学校教材规划和采矿、矿山测量专业的教学计划编写的。初稿完成后,在昆明召开了审稿会议,对初稿进行了讨论和审查。编者根据会议提出的意见,作了多次修改。

全书分三篇二十章,内容包括:地球、地质作用、矿物、岩石、地质构造和地质图等地质学基础知识以及有关矿床、矿床勘探、矿山地质、矿山环境地质和矿床水文地质等基本知识。结合专业和生产实际,重点阐述与专业较为密切的矿床勘探和矿山地质等内容。书中附有矿物、岩石、矿床实验;地形地质图的阅读以及矿山常用地质图件的编制和储量计算的课堂练习,突出基本知识的应用,加强理论与实际的联系。

本教材第一、二、三、四、五、十九、二十章由长沙冶金高等专科学校李显模编写;第六、七、八、九、十、十一、十八章由本溪冶金高等专科学校李志新编写;绪论、第十二、十三、十四、十五、十六、十七章由昆明冶金专科学校罗明扬编写。全书由罗明扬任主编。

在编写过程中,得到有关单位和本校领导、陈中经副教授、昆明工学院地质系胡泽宁副教授及许多同志的支持和帮助,在此表示衷心地感谢。

地质与矿山地质学内容涉及面广,综合性强,限于编者水平,书中缺点和错误之处在所难免,诚恳希望读者批评指正。

编 者

一九九一年十二月

目 录

绪论	(1)
----------	-----

第一篇 地质学基础

第一章 地球	(6)
第一节 地球在宇宙中的位置	(6)
第二节 地球概述	(6)
第三节 地球的构造	(7)
第四节 地球的主要物理性质	(11)
第五节 地壳的主要物质组成	(13)
第二章 地质作用	(15)
第一节 内力地质作用	(15)
第二节 外力地质作用	(19)
第三节 内外力地质作用的相互关系	(28)
第三章 矿 物	(29)
第一节 矿物及晶体的概念	(29)
第二节 矿物的形态	(30)
第三节 矿物的物理性质	(34)
第四节 矿物的化学性质	(38)
第五节 矿物的分类及研究方法	(40)
第六节 矿物各论	(42)
第四章 岩 石	(58)
第一节 岩石概述	(58)
第二节 岩浆岩	(58)
第三节 沉积岩	(71)
第四节 变质岩	(81)
第五章 地壳的发展简史	(91)
第一节 研究地壳发展历史的证据	(91)
第二节 确定地质年代的方法	(92)
第三节 地质年代及地层系统	(94)
第六章 地质构造	(96)
第一节 地质构造概述	(96)
第二节 岩层产状及其测定	(96)
第三节 岩层、岩体的接触关系	(103)
第四节 不同产状岩层的露头形态和宽度	(106)
第五节 倾斜岩层的厚度和埋藏深度	(110)
第六节 褶皱构造	(113)
第七节 断裂构造	(118)
第七章 地质图	(134)

第一节 地形图简介	(134)
第二节 地形地质图的阅读方法	(139)
第三节 不同产状岩层在地形地质图上的表现特点	(140)
第四节 不同地质构造在地形地质图上的表现特点	(141)
第五节 地质剖面图的剖制方法	(146)

第二篇 矿 床

第八章 矿床概述	(149)
第一节 有关矿床的基本概念	(149)
第二节 矿石的结构和构造	(150)
第三节 矿体的形状和产状	(151)
第四节 决定矿床工业价值的因素	(154)
第五节 成矿作用和矿床的成因分类	(155)
第九章 内生矿床	(157)
第一节 内生矿床概述	(157)
第二节 岩浆矿床	(158)
第三节 伟晶岩矿床	(162)
第四节 气化—热液矿床	(165)
第五节 接触交代矿床(矽卡岩矿床)	(168)
第六节 热液矿床	(173)
第七节 火山成因矿床	(179)
第十章 外生矿床	(185)
第一节 外生矿床概述	(185)
第二节 风化矿床	(187)
第三节 沉积矿床	(191)
第十一章 变质矿床	(199)
第一节 变质矿床概述	(199)
第二节 变质矿床的主要类型及实例	(200)
第三节 变质矿床的采掘特点	(203)

第三篇 矿床勘探及矿山地质

第十二章 矿床勘探	(208)
第一节 矿床勘探概述	(208)
第二节 矿产储量分级	(209)
第三节 矿床勘探类型的划分	(212)
第四节 勘探技术手段及其合理应用	(216)
第五节 勘探工程的总体布置形式	(221)
第六节 勘探工程的间距(密度或网度)	(225)
第七节 勘探工程的施工顺序	(230)
第十三章 生产勘探	(232)
第一节 生产勘探的目的及任务	(232)
第二节 生产勘探工程手段的选择	(232)

第三节 生产勘探工程的总体布置	(239)
第四节 生产勘探工程的间距	(241)
第五节 生产勘探的探采结合问题	(245)
第六节 生产矿山的找矿勘探工作	(248)
第十四章 生产矿山的取样	(256)
第一节 取样概述	(256)
第二节 取样方法	(257)
第三节 样品加工	(260)
第四节 样品的化学分析	(263)
第十五章 矿山地质编录	(266)
第一节 地质编录概述	(266)
第二节 原始地质编录	(266)
第三节 生产矿山综合地质编录及主要图件	(274)
第十六章 矿产储量计算	(303)
第一节 储量计算概述	(303)
第二节 矿体圈定	(303)
第三节 储量计算基本参数的确定	(311)
第四节 储量计算方法	(320)
第十七章 矿山地质管理	(330)
第一节 矿量管理	(330)
第二节 矿石质量管理	(335)
第三节 矿石的损失与贫化	(337)
第十八章 地质资料的评审及应用	(341)
第一节 矿床勘探资料的评审及应用	(341)
第二节 矿山地质资料的评审及应用	(347)
第十九章 矿山环境地质简介	(353)
第一节 环境地质概述	(353)
第二节 矿山环境污染和危害	(353)
第三节 矿区环境监测	(356)
第四节 矿山环境质量评价	(357)
第五节 矿山环境地质工作	(359)
第二十章 矿床水文地质	(361)
第一节 矿床水文地质工作的目的和任务	(361)
第二节 地下水概述	(361)
第三节 矿床水文地质图的阅读	(365)
第四节 矿床充水条件的分析	(367)
第五节 矿坑涌水量的预测方法简介	(368)
第六节 矿坑水的防治简介	(373)

绪 论

地质学研究的对象是地球。人类生活在地球上,并不断从地球表面索取各种资源,才得以生存和发展,而各种资源主要是从地球固体表层——地壳中索取。所以,地质学主要是研究地壳的科学。具体讲,它是研究地壳的组成、构造、变动和发展变化、矿产形成、分布规律以及找寻和查明地下资源的找矿、勘探方法等内容,从而为人类的生活和生产服务,这样,就形成了一门独立的科学——地质学。

矿山地质学是一门实践性、综合性很强的应用地质学,是地质科学中重要分支之一。它的主要任务是运用地质学原理、矿山技术经济理论,解决矿山开采过程中的地质经济问题。矿山地质学作为衔接地质学与采矿学之间的一门边缘学科,它的诞生与发展与找矿勘探、矿山地质工作及近代采掘工业的发展密切相关。它的理论与方法来自矿山地质实践,同时又指导矿山地质工作,为矿山开采服务。

我们伟大的祖国,幅员广大,有着近 9600000 平方公里的美好河山,在这辽阔的土地上,蕴藏着丰富的矿产资源。

解放前中国长期处于半殖民地半封建社会,社会生产力很低,经济十分落后,在本世纪 20~40 年代,全国只有 200 多名地质人员,十多台破旧钻机,仅对十几种矿产估算了部分储量。

新中国成立后,在党和国家的领导和社会主义制度下,我国的地质事业和地质科学得到了迅速发展,取得了辉煌的成就,全国地质队伍已发展成 100 多万人的地质大军,钻机为解放前的四、五百倍。世界已知的 160 多种矿产,在我国都已找到,探明储量的有 148 种。发现矿产地 20 多万处,探明储量的 1.5 万处。其中钨、铅、锑、锌、镁、稀土金属、锂、硫铁矿、硼、岩盐的探明储量居世界首位。汞、铝、金、铁、锰、镍、磷、石棉、石墨、萤石、煤和石油等 25 种主要矿产的探明储量居世界前列,我国铁矿已探明储量 400 多亿吨,煤炭资源约 30000 亿吨,居世界前列,这是我国的一大优势。

丰富的矿产资源,有效的地质工作,给我国的国民经济发展创造了极为有利的条件,目前有 130 种矿产正在开发利用。全国已建成国营矿山企业 8000 多个,乡镇集体矿山企业约 11 万个,从事矿业工作的人上千万,1988 年全国矿石总产量近 20 亿吨,普通砂石粘土开采量约 30 亿吨。现在我国煤炭和水泥的产量已跃居世界第一位,石油产量居第五位,有色金属及铁矿(精矿)产量居第七位,建材非金属矿产的生产也居世界前列,矿产资源基本保证了国民经济发展的需要。

矿产资源是社会主义工业、农业和国防建设必不可少的物质基础,普查和探明丰富的矿产资源,提供正确的地质资料是加速实现我国四个现代化建设的重要保证。

工业建设需要大量的矿产资源,首先是冶炼和加工工业提供原矿石。例如,建设一个年产 100 万吨的钢厂,每年需要铁矿石 300 万吨,炼焦煤 200 万吨,锰矿石 20 万吨,石灰岩 75 万吨,萤石 3000 吨,菱镁矿 5000 吨,耐火粘土 10 万吨。制造各种性能的合金钢,需要钨、锰、铬、镍、钒、钛、钴、钼、铌等矿产。工业上所需要的各种有色金属及各种性质的合金也需要铜、锌、铝、铋、锡、锑、镁、汞等矿产。经过冶炼及加工后的金属原材料是建筑工业、运输工业、机械工业的主要材料。由于近代尖端科学技术的发展,需要各种稀有元素资源,例如原子能

工业除需要铀、钍外,还需要铍、锂等;锗和硅是半导体工业的重要材料;铍能制作宇宙飞船的隔热外壳,铍能制造高熔点、高强固性的合金;钨铍、钼铍合金已广泛用于制造导航技术、导弹、火箭、人造卫星的指挥系统的重要部件。随着工业发展的需要,非金属矿产也得到越来越广泛的应用。目前可利用的非金属矿物有 150 多种,岩石有 50 多种。例如电气工业需要的云母;可做隔热、保温、耐酸、绝缘、防腐材料的石棉;电子工业需要的压电石英;玻璃、陶瓷、水泥、建筑材料、工艺宝石原料等都是非金属矿产。

矿产资源对发展农业,实现农业机械化、化肥化、水利化都有着重要意义。氮、磷、钾是农作物的三大营养元素。要提高农作物的产量,除施用氮、磷、钾肥外,还要施用硼、锰、铜、钼、锌等微量元素肥料。这些矿质肥料以及许多农药都是直接或间接从矿产中提取制造出来的。兴修农田水利,改善农业生产的自然条件,如探测地下水的分布规律,研究岩石风化和土壤的成因,改良土壤,防止水土流失,植树防沙等都是与地质学分不开的。此外,在铁路、公路、港口、运河、水库等工程建筑方面,也需要应用地质学的原理与方法,在获得可靠的地质资料之后,才能设计施工。

矿产资源特别是金属矿产品是巩固国防的重要战略物资,这是人所共知的。制造飞机、大炮、坦克、军舰,需要大量的钢铁和各种镍、钼、钨、铬、钒、钛等金属及其合金;制造枪弹和炮弹需要黄铜、铅、砷、锑等合金;镁、锂、锆、铈是制造燃烧弹、照明弹的重要原料;压电水晶广泛用于制造自动武器、超音速飞机、核武器等导航与遥控设备;铌、钽、钽等合金及稀有金属和高岭土是制造火箭的重要材料;高速飞行的固体燃料需要硼、铯等;一秒钟运算几千万次至上亿次的电子计算机里的微型电路就离不开铂等等。所以,要巩固国防,实现国防现代化,也需要探明和开发更多的矿产资源。

我国人口众多,大部分矿产资源的人均拥有量仅为世界平均水平的一半,随着人口的增长和矿产开发规模的扩大,可供开发利用的矿产储量和人均占有量都感到不足,资源保证形势日趋严峻。

我国除煤炭、稀土、钨、钨等矿产储备丰富以外,在其它矿产中,石油后备资源严重不足;铬、铂、钾、金刚石等极为短缺;铜、铁、铅、锰、磷、硫等矿种贫矿多,富矿少;伴生和共生矿多;有的采、选、冶技术较复杂;特大型矿床少,中、小型矿床多;有些大型优质矿床位于交通困难的边远地区,近期难以开发利用。因此矿业工作者应加强资源忧患意识和珍惜资源意识。

地质工作在我国社会主义建设中占有十分重要的超前地位。地质工作不仅要为开发矿业寻找矿产基地,同时也要为矿山设计、基建和生产提供必要的地质资料。

地质工作贯穿在整个矿床开采过程的始终。在矿山企业设计之前,采矿工作者要详细、全面阅读和研究地质勘探报告,了解和分析矿区地质条件,包括矿床赋存条件,矿体的形状、产状、矿石储量、质量;矿区地质构造,矿床水文地质条件,开采技术条件等,以便做出合理的矿山设计,指导矿山基建和生产的进行。例如,在开采方式的选择上,是露天开采还是地下开采,地下开采中采用何种开拓方式及采矿方法等等一系列问题,都要依据地质条件论证合理的方案。在矿山投入基建和生产后,采矿人员应配合地质人员进一步查明矿床的地质条件,为开采设计、采掘进度、计划编制等工作提供更详细可靠的地质资料。

生产中常常出现各种技术性问题,例如矿床地质条件的变化,矿体的突然尖灭或错失;矿体形态和产状的急剧变化;矿石类型或质量的改变;可能出现的矿坑突然涌水、片帮、冒顶等。这些问题的合理解决,都需要地质工作先行,所以,地质工作在整个矿床开采过程也是十

分重要的。

在矿山生产过程中,采矿是主体,但它和矿山地质、矿山测量工作者三者间有着不可分割的关系。

矿山生产计划的安排必须有地质和采矿人员共同制定。采矿人员在编制开采块段的单体设计时,地质人员必须按生产的要求提供设计所需要的地质图件和必要的文字说明。而矿山测量人员又要为地质图件的编制,提供测量底图和必要的测量数据。

采矿过程中的生产管理工作,往往由地质、测量、采矿三方面人员共同进行。例如,矿量管理工作,地质人员计算地质储量,测量人员计算生产矿量,由地、测、采三方面人员共同管理;矿石的质量,贫化与损失率的计算管理,由地质人员提供计算的某些数据,测量人员根据矿山测量资料进行计算,地、测、采三方面人员共同管理;在各项工程施工管理中,采矿人员负责技术指导,测量人员验收工程质量(如工程规格,方向等),地质人员负责地质指导,地、测、采三方面人员共同管理验收;采矿生产的现场指挥工作,关系到矿产资源的合理开发利用,是否按设计要求施工,技术措施是否合理,是否能完成和超额完成国家下达的生产任务等,没有三方面人员配合,要指挥好矿山生产是不可能的。

贯彻国家的“矿产资源法”和采掘技术的方针政策,也是地、测、采三方面人员共同的职责。

综上所述不难看出,在矿山生产中,地质、测量、采矿人员在工作上,技术上和思想上的密切配合是非常重要的。因此,采矿工作者除应学好本专业的知识外,还应学习必要的地质及测量方面的知识;矿山测量人员也应在学好本专业知识的同时,学一些必要的地质及采矿方面的知识,这是矿山生产实践对我们提出的要求;只有这样,我们才能在加速采矿工业的发展过程中,做出贡献。

“地质及矿山地质学”是矿床开采专业和矿山测量专业的一门专业基础课。通过本课程的学习,其目的是使学生掌握必要的地质学基本理论知识和矿山地质工作的基本知识及基本技能,为学好专业课程和将来搞好本职工作打下基础。

本教材包括以下主要内容:

(1)地质学基础:主要介绍地壳的发展变化,矿物,岩石的特征,地质构造,地质图以及各类矿床的形成过程,形成条件和特征。

(2)矿山地质:主要介绍矿床勘探,矿山地质工作和方法,矿山环境地质及矿床水文地质等内容。

具体要求如下:

(1)能初步了解由地质作用所产生的主要地质现象。

(2)了解常见矿物、岩石的特征,掌握其肉眼鉴定方法,并能对常见矿物、岩石进行肉眼鉴定。

(3)能在野外及地质图上识别主要地质构造及其类型。

(4)了解主要金属矿床的形成过程、形成条件、特点及对采掘工作的影响。

(5)了解矿床勘探工作及矿山地质工作的主要内容及方法。

(6)了解影响矿山生产的主要地质因素(如,矿体形状、产状、围岩性质和水文地质条件等)并能和地质人员一起研究解决生产中所碰到的地质问题。

(7)能阅读、分析、评审和使用地质资料(主要是地质报告及图纸资料);掌握坑道素描图

的绘制方法并能根据已有地质图件切制采矿工作中所需要的地质剖面图及平面图。

(8)能进行局部(矿块)的储量计算。

地质学和其它自然科学一样,应以辩证唯物主义作为研究的指导思想。

如前所述,地质学的主要研究对象是地壳。在漫长的岁月里,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,而且变化规模也无比庞大。所谓沧海桑田就正是说明地质作用是永无止境地在进行着。因此,在学习中必须以唯物的观点,辩证的方法来观察和分析各种地质现象,才能得出正确的结论。

学习地质学必须掌握其研究对象的特点,地质学的研究对象具有以下特点:

(1)时间的漫长性 地球和地壳自形成以来演化的历史至少有 45 亿年。地壳上发生的一系列地质变化,往往要经过数百万年甚至数千万年才能完成。就是地球历史上的最近一个时期——第四纪,距离现在约有二、三百万年。有人打过这样的比喻:假如整个地球的历史是一部巨厚的书,那么,人类的历史只不过是其中的最后一卷、最后一页、最后一行而已。因此,学习地质学要充分考虑其时间漫长性这一特点,建立认识地质事件的时空观。

(2)区域的差异性 地球拥有巨大的空间。在不同的地区有不同的物质组成和外界因素,因而也有不同的发展、演化过程,在漫长的地质历史中,虽然有其统一的发展规律,但各个地区的发展过程仍有很大的差异。例如我国华北和华南,由于地质经历不同,地质特点就有很大区别,因而在研究这两个地区的地质过程时既要认识它们的共性,也要分析它们的差异性,才能深入全面地找到其发展的规律性。

(3)变动的复杂性 地球是一个非常复杂的天体,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,因而决定了地壳变动的复杂性。在研究任何地质问题时,必须考虑各方面因素的影响。

鉴于地质学的上述特点,在学习本课程时,应重视以下研究方法:

野外现场观察 为了认识地壳发展的客观规律,必须进行野外调查研究,以广阔的大自然作为实验室,在野外调查实践中搜集和积累丰富的原始地质资料,并收集各种岩矿标本或样品,为室内鉴定、化验及综合研究提供依据,这是研究地质学最基本的方法。

室内实验研究 为了研究矿物和岩石的物理性质、化学成分,必须采取各种手段进行实验和分析工作。对所学的矿物和岩石的特征、鉴定方法,理论联系实际进行实验。并对现场收集的矿物、岩石、矿石标本或样品进行鉴定和化验;另一方面还要对现场调查所搜集的文字资料和图纸进行综合整理,并结合室内岩矿鉴定和化验结果,综合分析归纳总结出规律性结论,提高到理性认识,然后用这些理论去指导生产实践,并在实践中检验、补充、丰富和发展理论。

随着生产和科学的发展与进步,愈来愈多的新方法、新技术在地质学研究中得到广泛应用。如在野外调查中目前已大量应用地球物理勘探、地球化学勘探和航空地质测量等新技术,在经济发达的国家已用深海钻探及大陆深钻、超深钻来研究地壳深部及上地幔的物质组成。又如发射地球资源卫星及遥感技术的应用,对研究地壳和寻找矿产资源也起了很大作用。在室内研究中电子探针、离子探针、电子显微镜等新技术、数学地质和同位素地质等新方法目前也已开始广泛应用。这些新方法、新技术的应用为地质学的研究和发展,开辟了广阔的前景,从而加快了地质科学前进的步伐。

矿山测量、矿山地质和采矿工作者的任务是光荣而艰巨的,这个伟大的使命落在我们青

年一代的肩上。我们未来的矿山工作者,必须以辩证唯物主义为指导,学好专业基础课——地质与矿山地质学。掌握地质学的原理,运用地质学的理论和方法,搞好采矿工作,为矿业的发展,为祖国的社会主义建设作出贡献。

第一篇 地质学基础

第一章 地 球

第一节 地球在宇宙中的位置

现代科学的发展使人们认识到,宇宙是广漠空间和其中存在的各种天体以及弥漫物质的总称。宇宙是由运动着的物质组成的,无论在时间和空间上,宇宙都是无穷无尽和无边无际的。

地球是太阳系中的一员。太阳系是由太阳和绕其旋转的九大行星及其卫星、小行星和流星群所组成(图 1—1)。

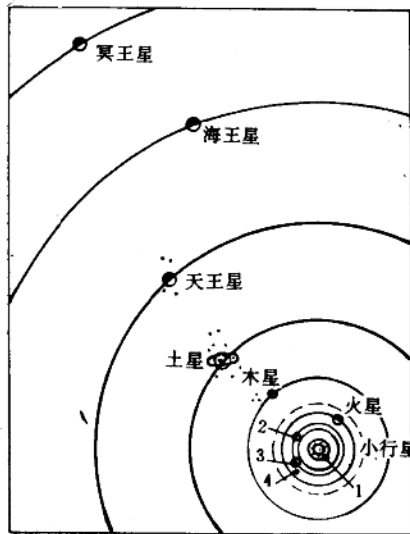


图 1—1 行星围绕太阳旋转示意图

1—水星;2—金星;3—地球;4—月亮

太阳系之外还有千亿个恒星,它们和太阳系一起组成银河系;银河系之外还有其他星系称为河外星系,目前已发现数量超过十亿个河外星系,它们与银河系合称总星系。可以断定,总星系仅仅是宇宙的一个角落,总星系之外还有更宏大的天体。

第二节 地球概述

一、地球的形状和大小

地球由于自转运动,其表面形状并非理想的球形,也不是标准的旋转椭球体,而是一个

略呈扁形、不对称的梨形体,称为地球椭球体(图1—2)。

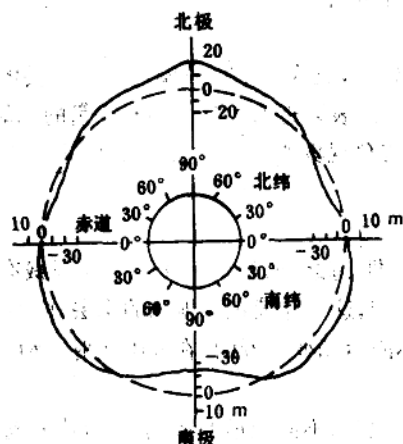


图1 2 从地球卫星上测量的地球

根据1979年国际大地测量和地球物理协会决议,有关地球形状、大小的数据如下:

赤道半径(a) 6378137m

极半径(b) 6356752m

平均半径 $2a+b/3$ 6371008m

扁平率 $a-b/a$ 1/298.257

当知道了地球的形状,并精确地测出地球半径和扁平率后,就可应用几何学的方法,计算出地球的体积和表面积。

地球体积为 $10833.2 \times 10^6 \text{ km}^3$

地球表面积为 $5.10083042 \times 10^6 \text{ km}^2$

二、地球表面的特征

地球表面可分为陆地和海洋两大部分,陆地占29.08%,约 $1.48329 \times 10^6 \text{ km}^2$,平均海拔高度875m;海洋占70.92%,约 $3.61743 \times 10^6 \text{ km}^2$,平均海水深度为3795m。陆地和海洋在地表分布很不规则,我们把大片陆地叫大陆或洲,大片海域叫海洋,散布在海洋或河湖中的小块陆地叫岛屿。陆地和海底都是高低不平的,陆地上有低洼的盆地、高耸的山脉;海底同样也有洼地(洋盆)和山脉(洋脊和海岭)。地球上最高点是珠穆朗玛峰,海拔8848.13m,大陆上最低处为死海,海拔为-397m,海洋中最深处为太平洋的马里亚纳海沟,1957年测定其深度为11033m。地球表面高差约20000m,这个差额仅仅是地球平均半径的1/320,所以地球表面尽管凹凸不平,但从宏观上讲,地球的表面形状仍不失为一圆球形。

第三节 地球的构造

地球从产生到现在大约经历了45~60亿年,在这漫长的历史时期中,地球经历了许多次沧桑之变,而且由于地球物质不断发生分异作用,地球内部分出了不同的圈层。若以地壳

表层为界,可分为地球的內部圈层和地球的外部圈层。根据其中不同部位的物质运动以及物理、化学特点,还可进一步划分为不同的圈层。

一、地球的外部圈层

大气笼罩着地球,地球上分布着水和生物,形成了各具特色的三个圈层,即大气圈、生物圈和水圈,统称地球的外部圈层。

1. 大气圈

大气环绕、包围着地球,成为一个连续圈层。它主要的成分是氮和氧,此外有极少量的氢、氦、氩、氖、氙等气体,地表附近的大气中还有少量的二氧化碳和水蒸气以及尘埃物质等。风、云、雨、雪等常见的气象现象均在这一层中发生,所以与地质作用的关系极为密切,对地壳的影响最大。

2. 水圈

地球上除了江、河、湖、海之外,陆地表面以下也埋藏有水,因此可以说地球被一个厚薄不匀的连续的水层包围着,这一连续包围地球的水层称为水圈。

地球上的水也是不断运动变化着的,在太阳辐射能和重力能的作用下,可以发生不断的转换,形成水的循环。

由于水的不断循环,加上不同地形的影响,所以在地球上形成了不同特征的水体,如海洋、河流、湖泊、沼泽以及冰川等。

3. 生物圈

陆地、海洋、空中和地下土层中都有各种生物的存在和活动(除了那些显而易见的动物和植物外,还有各种微生物、细菌等)。这个包围地球的几乎连续的生物活动圈,称生物圈。

地球外部各圈层和地壳有着密切的关系,它们具有强大的能量,是改造地壳的重要因素。它们可以在相对静止状态下使地壳上的矿物、岩石发生物理或化学变化,改变其成分和状态,产生一些新的物质;也可在相对运动的状态下,产生强大动能(例如各种水体),引起风化、剥蚀、搬运和沉积作用,强烈地改变着地壳的外貌。

二、地球的內部圈层

对于地球内部,目前能够直接观察到的范围有限,因此,对地球内部的研究,仍然只能依靠一些间接的方法来提供线索,例如利用地球物理的资料来进行分析,其中研究地震波在地球内部传播速度的变化是最重要的途径。

地震波是一种弹性波,可分为体波、面波和自由震动等类型。体波又分为纵波(P波)和横波(S波)。纵波可在固态、液态和气态的介质中传播,而横波仅能在固态介质中传播。同一介质中,纵波传播速度为横波的1.73倍,当纵波或横波传播到介质界面时会产生反射和折射,同时还有一部分化为另一种波而传播。今将地震波在地球内部的传播速度列表如下(表1—1)。

表 1—1 地震波在地球内部传播速度

深 度(km)	波 速 (km/s)		地 震 界 面
	纵 波	横 波	
0	5.55	3.23	
30~80(上)	6.83	3.66	
			——级莫氏界面——
30~80(下)	7.75	4.35	
900	11.30	6.30	
2822	13.64	7.31	
2900	8.11	横波不能通过	
5000	10.44		
5200	9.72		
6371	11.37		

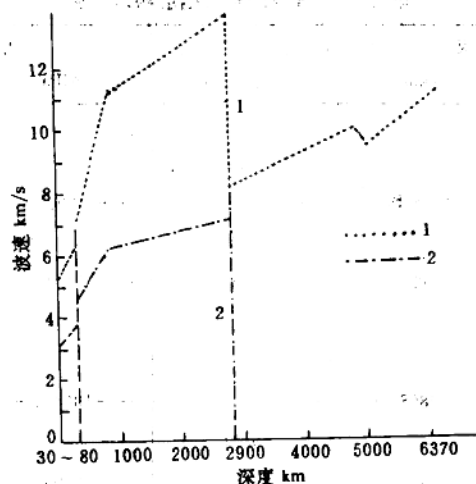


图 1—3 地震波在地球内部传播曲线图

1—纵波, 2—横波

利用表列数据,可编出在地球内部地震波传播速度曲线(图 1—3)。

从上述图表中,可以看出在地球内部存在着两个明显的分界面,一个在 30~80km 深处,在这个分界面处,纵波从 6.83km/s 增加到 7.75km/s,横波由 3.66km/s 增加到 4.35 km/s,这个界面称为莫霍洛维奇面(简称莫霍面或莫氏面),这也是地壳的下界面。地球内部另一个界面在 2900km 深处,在这个深度处,纵波从 13.64km/s,突然下降到 8.11km/s,而横波不能通过此面,此面称古登堡面(简称古氏面)。根据以上两个界面,可将地球内部分为

三个圈层(图 1—4),由外到内分为地壳—地幔—地核。它们处在不同的深度,具有不同的物理性质,如表 1—2 所示。



图 1—4 地球构造示意图
表 1—2 地球内部各圈层物理状况

圈层名称	深度 (km)	密度 (g/cm ³)	压力 (MPa)	温度 (℃)
地壳	33(平均)	2.7 2.9	900	
地幔	984	3.32 4.64 5.66	38200	1000 约 1500
地核	2898 6371	9.71 17.90	136800 360000	约 2000 约 5000

1. 地壳

地壳是由岩石组成的地球的外壳,位于地幔之上,平均厚度 33km,约为地球半径的 1/400,占地球体积的 1.5%,质量的 0.8%,平均密度为 2.8g/cm³。莫霍面是地壳与地幔的分界面,其下界起伏较大,故使地壳厚度变化较大,一般大陆区较厚,最厚可达 70~80km,海洋区较薄,最薄处仅几公里。

组成地壳的岩石,除地壳最表层有占岩石总量约 5%的沉积岩外,地壳上部岩石平均成分相当于花岗岩类岩石,其化学成分富含硅、铝,所以称“花岗岩层”或“硅铝层”;下部岩石平均成分相当于玄武岩类岩石,其化学成分除硅铝外,铁、镁相对增多,所以称“玄武岩层”或

“硅镁层”。海洋区地壳主要是硅镁层,有的地方只有很薄的硅铝层或者缺失此层。如图 1—5 所示。

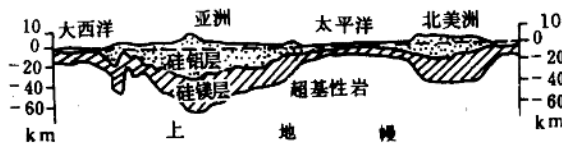


图 1—5 地壳结构示意图

2. 地幔

地幔是位于莫霍面以下,介乎地壳与地核之间的圈层,故又称中间层,即地壳以下至 2900km 深处的圈层。地幔下界为古登堡面,体积占地球的 82.3%,质量占 67.8%,是地球的主体部分,按其物质成分和所处状态的不同,可分为上地幔,主要由硅酸盐类物质组成,相当于橄榄岩成分。下地幔,主要由铁、镍金属氧化物和硫化物组成,二者分界面约在 900~1000km 处。

近年来,科学家发现地震波速度在 100~250km 深处明显降低,横波则不能通过,说明这里物质状态局部可能呈熔融状态,据分析,其原因是由于放射性元素大量集中,蜕变生热使局部物质熔融,所以又称软流层(圈),一般认为这可能是地下岩浆的发源地。软流圈之上的地幔顶层为固体岩石,成分与橄榄岩类超基性岩相当,人们把这圈岩石(约 70~100km)连同地壳一起,称之为岩石圈。岩石圈构成了一个地球的刚性外壳,“浮”在具塑性状态的软流圈上,各种地质作用,绝大多数均发生在岩石圈里。

3. 地核

从古登堡面直至地心的这一部分为地核,占地球体积的 16.48%,质量的 32%,根据地震波的资料,以 4620km 和 5155km 深处的两个次级界面,可以把地核分为外核、过渡层和内核三个次级圈层。一般认为地核主要由铁、镍和少量的硫、硅等组成。

地球内部各圈层的物质运动,是产生各种地质作用的内动力的源泉。

第四节 地球的主要物理性质

一、地球的质量、密度和压力

根据万有引力定律,计算出地球的质量为 $5.98 \times 10^{27} \text{g}$,再除以地球的体积,则得出地球的平均密度为 5.52g/cm^3 。地壳表层各种岩石的密度均可直接测出,其平均密度为 $2.7 \sim 2.8 \text{g/cm}^3$, (如花岗岩和玄武岩的密度分别为 2.7 和 2.8g/cm^3),因此可推论,地球内部肯定存在密度更大的物质。这一推论已为今天的地球物理资料所证实,据地震波传播速度与密度的关系,计算出地球内部密度随深度的增加而增加(表 1—2),地幔物质的密度约为 $3.32 \sim 5.66 \text{g/cm}^3$,地心物质密度可达 $16 \sim 17 \text{g/cm}^3$ 。

地球内部的压力是由上覆物质的重量而产生的,并随着深度增加而加大,估计地壳底部的压力约为 900MPa,地球中心的压力可达 360000MPa。

二、重力

地球上某处的重力是该处所受地心引力和地球自转离心力的合力,其作用方向大致指向地心。引力大小与物体距地心距离的平方成反比,因为地球赤道半径大于两极半径,故引力在两极比赤道大;而离心力在两极处接近于零,在赤道处最大。因此,地球的重力随纬度的增高而增大。

根据万有引力定律,可以计算出地球上任何地区的重力值,凡一地区理论重力值与实测重力值相一致,称为正常重力值。但由于地壳内物质不均匀,密度大小不同,地形有起伏,因此,各地重力实测值往往与理论值不一致,这种偏差称重力异常。可利用重力异常找矿(重力探矿法),还可以用于查明地下岩层断裂等地质构造现象。

三、地球的磁性

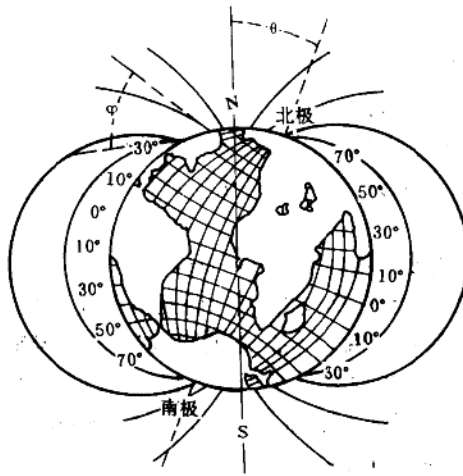


图 1—6 地磁要素及地球周围磁力线分布示意图

θ —磁偏角; φ —磁倾角

地球是一个大磁体,它吸引着磁针指向南北。但地磁两极的位置和地理上两极的位置并不在一起。因此,地理子午线与地磁子午线不一致,两线之间有一夹角,称磁偏角(θ)(图 1—6)。磁针在赤道附近(地磁赤道)才能保持水平状态,向两极移动时逐渐发生倾斜,此时磁针与水平面的夹角,称磁倾角(φ)。

地球上某一点,单位磁极所受的磁力大小,称该点的磁场强度。一般其随纬度增高而增强。

磁偏角、磁倾角、磁场强度合称地磁三要素。根据地磁三要素的分布规律,可以计算出某地的地磁三要素的理论值。但是,由于地下物质分布不均,往往造成某地地磁三要素的实测值与理论值不一致,这种现象称地磁异常。产生地磁异常的原因,往往是地下有磁性矿(岩)体的存在或地下岩层产生剧烈的构造变位。利用地磁异常来寻找和勘探矿产的方法,叫做磁