




普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12.5" GUIHUA JIAOCAI

煤矿地质学

MEI KUANG DI ZHI XUE

主编◎杨德智 谷松 高茜

 冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

普通高等教育“十二五”规划教材

煤矿地质学

主 编 杨德智 谷 松 高 茜
副主编 李 丁 李 玲 梁 越
参 编 毕作庆 孙 鹏 李 英

北京
冶金工业出版社
2013

内容简介

本书共分为 14 章,包括与煤矿建设、生产相关的基础地质理论和煤矿应用地质工程技术两大部分内容。主要运用地质理论解决煤矿地质问题,与煤矿建设、开采紧密相关,书中列举了煤矿地质学研究的较新进展和近几年分布的相关国家和行业标准。

本书可作为普通高等学校采矿工程、测量工程、建井工程等非地质类专业的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿地质学/杨德智等主编. —北京:冶金工业出版社,2013.4

ISBN 978-7-5024-6275-8

I. ①煤… II. ①杨… III. ①煤田地质 IV. ①P618.110.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 066217 号

出版人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbbs@cnmip.com.cn

ISBN 978-7-5024-6275-8

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;北京明兴印务有限公司印刷

2013 年 4 月第 1 版,2013 年 4 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;19.5 印张;487 千字;311 页

38.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿信箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

中国是世界上煤炭资源最丰富的国家之一,成煤期多,资源分布广,煤种齐全,开发条件较好,储量和产量均居世界前列。随着世界能源形式的改变,我们应该紧跟时代步伐,加强煤炭资源的管理与开发,实现可持续发展。因此,对于从事煤炭工作的管理和技术人员,掌握必要的地质理论知识是十分必要的。本书可作为普通高等学校采矿工程、测量工程、建井工程等非地质类专业教学用书。

全书共 14 章,分为两部分:与煤矿建设、生产相关的基础地质理论和煤矿应用地质工程技术。基础地质理论部分包括:地球概况、地质作用、矿物岩石、古生物地史、地质构造、煤与煤系等。应用地质工程技术部分包括:影响煤矿生产的主要地质因素、矿井水文地质与防治水、煤矿环境地质、地质勘探、主要地质图件、储量管理、地质编录、地质报告与说明书等。其中,黑龙江科技大学杨德智负责编写第 6、12、13 章,辽宁地质工程职业学院谷松负责编写第 5、9、10 章,辽宁地质工程职业学院高茜负责编写第 4、11 章,阜新市工程质量检测中心李丁负责编写第 1、2 章,新疆工程学院李玲负责编写第 7、8 章,辽宁工程技术大学梁越负责编写第 3 章。

由于编者水平有限,书中难免存在问题,欢迎广大师生、读者批评指正!

编者

2013 年 3 月

目 录

绪论	(1)
第1章 地球	(4)
1.1 地球概论	(4)
1.2 地球的圈层构造	(5)
1.3 地球的物理性质	(8)
1.4 地质作用概述	(10)
第2章 矿物与岩石	(19)
2.1 矿物的概念及性质	(19)
2.2 矿物的分类及常见矿物	(23)
2.3 岩石的概念及其分类	(24)
2.4 岩浆岩	(25)
2.5 沉积岩	(34)
2.6 变质岩	(40)
第3章 地层与古生物	(46)
3.1 地层的划分和对比	(46)
3.2 地层单位、地质年代单位及地质年代表	(50)
3.3 古生物简介	(52)
3.4 地壳发展史概述	(54)
第4章 地质构造	(58)
4.1 地质构造概述	(58)
4.2 岩层产状及其测定	(59)
4.3 岩层、岩体的接触关系	(64)
4.4 褶皱构造	(68)
4.5 断裂构造	(73)
第5章 煤及含煤岩系	(82)
5.1 成煤作用和成煤条件	(82)
5.2 煤的物质组成、性质与分类	(86)
5.3 含煤岩系和煤田	(96)
第6章 影响煤矿生产的主要地质因素	(103)



6.1	煤层厚度变化	(103)
6.2	矿井地质构造	(112)
6.3	岩浆侵入煤层	(128)
6.4	喀斯特陷落柱	(131)
第7章	矿井水文地质与矿井水防治	(136)
7.1	地下水的基本知识	(136)
7.2	矿井充水条件	(144)
7.3	矿井水文地质观测及其水害的防治	(148)
第8章	煤矿地质勘查	(160)
8.1	煤矿地质勘查的技术手段	(160)
8.2	煤炭地质勘查阶段及其任务	(165)
8.3	煤矿地质勘探	(169)
第9章	煤矿地质图件	(178)
9.1	井田地形地质图	(178)
9.2	水平地质切面图	(187)
9.3	煤层底板等高线图	(193)
9.4	地质剖面图	(207)
9.5	煤层立面投影图	(210)
9.6	其他图件	(214)
第10章	煤炭资源/储量管理	(224)
10.1	煤炭资源/储量分类与计算	(224)
10.2	煤炭资源/储量动态管理	(234)
10.3	矿井“三量”管理	(241)
第11章	地质编录	(245)
11.1	原始地质编录的内容及要求	(245)
11.2	勘探工程地质编录	(247)
11.3	井巷工程地质编录	(258)
11.4	原始地质资料整理	(267)
第12章	地质报告与地质说明书的编制	(269)
12.1	地质报告编制	(269)
12.2	地质说明书的编制	(279)
第13章	煤矿环境地质与可持续发展	(285)
13.1	煤矿环境地质研究内容与环境污染因素危害	(285)
13.2	煤矿环境地质工作与煤矿可持续发展	(292)
13.3	煤矿环境污染治理与煤矿可持续发展	(300)
参考文献		(305)

绪 论

我国煤炭资源丰富、储量和产量均居世界前列。近年来随着国民经济的发展和综合国力的提高,石油、天然气、水利、核电等其他能源有了较大发展,但是煤炭仍然是我国的主要能源,预计在今后相当长的一段时期内这种状况不会有根本性改变。加强煤矿地质的理论研究、技术和方法创新,对促进整个煤炭科学技术的进步有着十分重要的意义。从事煤炭开采、测量、建井、环保等非地质类专业的工程技术人员,掌握扎实的地质理论基础知识、地质工作基本技术与方法,并在生产实践中不断汲取地质新理论、新技术,对煤矿现代化建设,煤矿安全生产和和谐社会经济发展,都是十分必要的。

0.1 煤矿地质学的研究对象及研究内容

煤矿地质学的研究对象主要是煤矿建设、生产过程中出现的各种地质问题,包括煤层赋存、地质构造、水文地质、工程地质、瓦斯地质、煤尘等方面的情况。煤矿地质学运用地质学的基础理论,查明影响煤矿建设、生产的各种地质因素及其规律性,研究相应的处理方案和措施,保证煤炭资源的正常开采与合理利用。

煤矿地质学主要研究内容包括:

(1)普通地质学:介绍地球概况,地壳的物质组成、结构及地表特征;着重阐述地球的内、外力地质作用及其对地壳的影响。

(2)构造地质学:研究构造运动和构造运动引起的岩石圈的构造变动及其发展演化规律。重点研究与煤矿关系密切的节理、断层、褶皱的形态特征、力学性质、发展规律及其对煤矿的破坏控制作用。

(3)矿物学、岩石学:研究岩石圈的物质成分、形成机理、时空分布特征和变化规律;重点研究与煤矿有关的造岩矿物和沉积岩。

(4)古生物学、地史学:研究生物起源、发展、演化的规律和地球形成、发展、演变的历史。重点研究含煤地层中有代表性的动物、植物化石,含煤地层在地质历史时期中的形成过程与演变规律。

(5)煤田地质与勘探:研究煤的物质组成、性质、分类,成煤作用,聚煤环境,含煤地层与煤田的时空分布特征,研究煤田地质勘探与矿井地质勘探的技术手段与勘探方法。

(6)水文地质学:研究地下水的赋存状态和分布规律;重点研究矿井水的来源、特征、涌水量变化规律与防治水措施。

(7)瓦斯地质学:研究煤层瓦斯的形成机理、赋存状态和分布特征。重点研究煤层瓦斯含量变化规律及其控制因素。

(8)矿井地质学:研究矿井地质编录、矿井地质制图、矿井地质报告及说明书的编制、矿井储量管理等。



0.2 煤矿地质学的研究任务

煤矿地质学的研究任务是从矿井基本建设开始直至开采结束为止全过程中的所有地质现象中找出其规律,解决煤矿建设、生产中出现的各种地质问题。

煤矿地质学的主要任务如下:

(1)研究煤矿地质规律:根据地质勘探部门提供的原始地质资料和煤矿建设生产中暴露出来的地质现象,研究矿区煤系地层、地质构造、煤层和煤质的变化规律,查明影响煤矿建设、生产的各种地质因素。

(2)矿井地质工作:进行矿井地质勘探、地质观察、地质编录和综合分析,提交煤矿建设、生产各阶段所需的地质资料,处理采掘工作中的地质问题。

(3)矿井储量管理:计算和核实矿井储量,测定和统计储量动态,分析储量损失,编制矿井储量表。为提高矿井储量级别和扩大矿井储量提供依据,为生产正常接替、资源合理利用服务。

(4)水文地质调查:地面与井下相结合,开展矿区水文地质调查。查明矿井水的来源、涌水通道、涌水量大小及其影响因素与变化规律,研究和制定防治水措施与方案,同时为煤矿生产、生活寻找和提供优质水源。

(5)地质灾害预测预报:对危及煤矿建设生产的各种地质灾害,如瓦斯突出、水害、热害、煤尘、崩塌、滑坡等,查明其形成机理,对各类地质灾害的分布范围、突发时间及危害程度进行预测预报,提出防范措施与治理方案。

(6)环境地质调查:开展矿区(井)环境地质调查工作,查明污染矿区地质因素及其危害程度,研究环境地质的治理措施,配合环保部门提出矿区环境保护方案。

(7)矿产资源综合利用:调查研究煤系地层中伴生矿产资源的性质、特征、储量、分布规律和利用价值,为化废为宝、综合利用、保护环境、提高煤矿经济效益提供依据。

0.3 煤矿地质工作的特殊性及其方法

煤矿地质工作是在地下坑井直接调查、观测由井巷开凿出来的新地质资料,因而地质工作方法不同于地表地质工作方法,它具有以下特殊性:

(1)在煤矿地质工作中,要具备采煤、建井及矿测等各专业的基本知识。

(2)煤矿开采的煤层是蕴藏在地壳中,而地壳在地质历史时期曾经历了一系列的复杂变化过程,使煤层及其围岩均变形或破坏,造成构造的复杂化,给地质观测增加了困难。同时,在照明条件不良、观测又受巷道空间限制的矿井中,地质观测工作的困难程度较大。

(3)煤矿地质工作是与多工序、连续进行的井巷掘进及煤层回采同时进行,且工作地点经常改换,因此当有新的地质现象出现时,必须在井巷闭帮或喷浆前及时进行观测,收集地质资料,解决地质问题。

(4)煤矿井下存在不同程度的水、火、瓦斯、煤尘及巷道围岩变形等自然灾害。这些矿害的发生,都与煤矿地质有关。

为了保证煤矿安全、顺利的进行生产,根据上述特殊性提出煤矿地质的工作方法如下:

(1)根据煤矿地质学具有实用性及综合性较强的特点,煤矿地质工作者首先必须具有地质



学的基本理论及采煤、建井、矿测及制图等学科的基本知识；其次，必须掌握解决煤矿生产、建设过程中各类地质问题的方法和操作技能；第三，在矿井下做地质调查时，必须掌握由点到面、由简单到复杂、由个别到一般、由已知到未知的工作步骤，逐步深入，直到彻底解决问题。

(2)在地壳的不同部位有不同的物质基础和外界因素，也有不同的变化过程。各地区的地质发展有其一定的规律性，也有其差异性，故在研究不同地区的煤矿地质时，既要认识它们的共性，也要分析它们的差异性，才能正确解决问题。

(3)为了认识和掌握煤矿地质的规律，首先必须深入矿井，做细致的现场调查研究，积累原始资料；然后去伪存真地整理分析，综合归纳出规律，并提高其理论认识；最后再用这些理论去指导生产实践，同时在实践中检验、充实、丰富这些理论，只有这样，才可以逐步得出更深刻、更正确、更完善地反映矿井中地质情况的本质。

煤矿地质学是直接为煤矿生产建设服务的。它是通过各种地质手段，收集地质资料，研究井下地质情况，为煤矿生产建设提供地质情报。因此，煤矿地质学的研究关系到煤炭资源的合理开发和利用，对于促进煤炭工业的发展、充实完善煤矿地质学及培养煤矿地质人才，也都具有重要的意义。



第1章 地球



学习目标

了解地球的圈层构造、地球的物理性质以及内力地质作用和外力地质作用。



能力目标

掌握地球的内部构造以及地质作用的分类及其特点、内力和外力地质作用的相互关系。

本章介绍了地球的圈层构造、地质作用的分类及其特点、内力和外力地质作用的相互关系。这一章概念比较多,是学习本书后续各单元必备的基本知识。

1.1 地球概论

1.1.1 地球在宇宙中的位置

地球是太阳系中的一员。太阳系是由太阳和绕其旋转的八大行星及其卫星、小行星和流星群组成的,如图 1-1 所示。

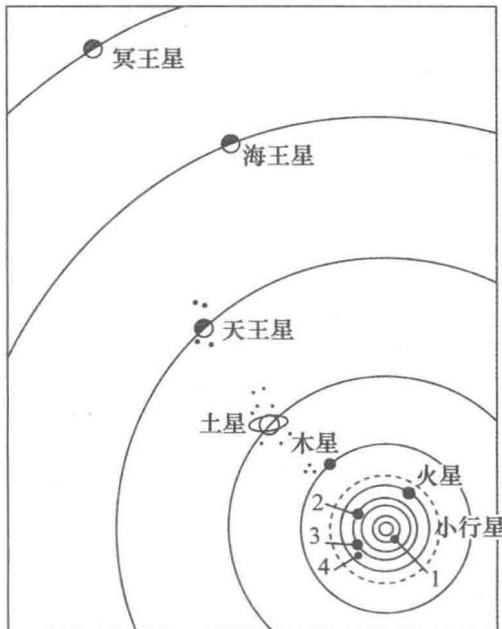


图 1-1 行星围绕太阳旋转示意图

1-水星;2-金星;3-地球;4-月亮



太阳系之外还有上千亿个恒星,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,它们与银河系合称为总星系。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。

1.1.2 地球概述

1.1.2.1 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,而是一个略呈扇形、不对称的梨形体,称为地球椭球体。图 1-2 所示是从地球卫星上测量的地球。

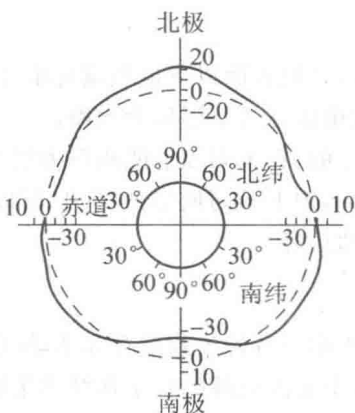


图 1-2 从地球卫星上测量的地球

1.1.2.2 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 29.2%,约 $1.48939 \times 10^8 \text{ km}^2$,平均海拔高度为 875 m;海洋占 70.8%,约 $3.61126 \times 10^8 \text{ km}^2$,平均海水深度为 3 795 m。陆地和海洋在地表分布很不规则,其中,大片陆地称为大陆或洲,大片海域称为海洋,散布在海洋或河湖中的小块陆地称为岛屿。陆地和海洋都是高低不平的,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)。地球上的最高点是珠穆朗玛峰,海拔 8844.43 m,大陆上最低处为死海,海拔为 -397 m,海洋中最深处为太平洋的马利亚纳海沟,1957 年测定其深度为 11033 m。地球表面的高差约 20000 m,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个圆球形。

1.2 地球的圈层构造

地球从产生到现在大约经历了 40 亿~45 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,地球的圈层可分为地球的内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。



1.2.1 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3个圈层,即大气圈、水圈和生物圈,统称地球的外部圈层。

1.2.1.1 大气圈

大气环绕、包围着地球,成为一个连续圈层。它的主要成分是氮气和氧气,此外有极少量的氦、氩、氖、氙等气体,地表附近的大气中还有少量的二氧化碳、水蒸气以及尘埃物质等。风、云、雨、雪等常见的气象现象均有发生,它们与地质作用的关系极为密切,对地壳的影响最大。

1.2.1.2 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。

地球上的水是不不断运动变化着的,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。

1.2.1.3 生物圈

陆地、海洋、空中和地下土层中都有各种生物存在和活动(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,称为生物圈。

地球的外部各圈层和地壳有密切的关系,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的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,产生强大的动能(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。

1.2.2 地球的内部圈层

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获得线索,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。在同一介质中,纵波的传播速度为横波的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。

地球内部存在两个明显的分界面:一个界面在30~80 km深处,在这个分界面处,纵波的传播速度从6.83 km/s增加到7.75 km/s,横波的传播速度由3.66 km/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。另一个界面在2900 km深处,在这个分界面处,纵波的传播速度从13.64 km/s下降到8.11 km/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3个圈层(见图1-3),由外到内依次为地壳—地幔—地核。



图 1-3 地球内部构造示意图

1.2.2.1 地壳

地壳是由岩石组成的地球外壳,位于地幔之上,平均厚度约为 30 km,约为地球半径的 1/400,其体积占地球的 1.5%,质量占 0.8%,平均密度为 2.88 g/cm^3 。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 70~80 km,海洋区较薄,最薄处仅为几千米。

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,地壳上部岩石的平均成分相当于花岗岩类岩石,其化学成分富含硅、铝,所以称为“花岗岩层”或“硅铝层”;下部岩石的平均成分相当于玄武岩类岩石,其化学成分除硅和铝外,铁、镁相对增多,所以称为“玄武岩层”或“硅镁层”。海洋区地壳主要是硅镁层,有的地方只有很强的硅铝层或者缺失此层。地壳结构示意图如图 1-4 所示。

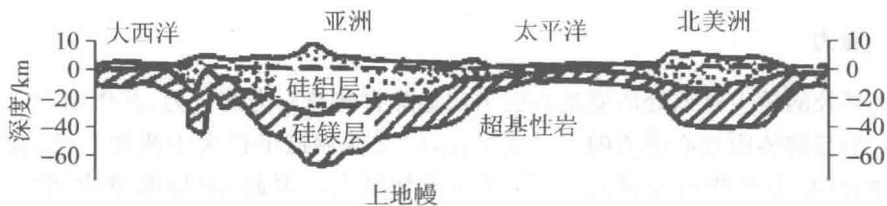


图 1-4 地壳结构示意图

1.2.2.2 地幔

地幔是位于莫霍面以下,介于地壳与地核之间的圈层,故又称为中间层,即地壳以下至 2900 km 深处的圈层。地幔下界为古登堡面,其体积占地球的 82.3%,质量占地球的 67.8%,是地球的主体部分。按其物质成分和所处状态的不同,地幔可分为上地幔和下地幔。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。两者的分界面在 900~1000 km 处。



近年来,科学家发现地震波的速度在100~250 km深处明显降低,横波则不能通过,说明这里的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,所以又称为软流层(圈),一般认为这可能是地下岩浆的发源地。软流层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,这圈岩石(70~1000 km)连同地壳一起称为岩石圈。岩石圈构成了一个地球的刚性外壳,“浮”在具有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。

1.2.2.3 地核

从古登堡面直至地心的这一部分称为地核,其体积占地球的16.48%,质量占32%。根据地震波的资料,以4620 km和5155 km两个深处为次级界面,地核可以分为外核、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。

地球的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。

1.3 地球的物理性质

1.3.1 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 5.98×10^{27} g,再除以地球的体积,则得出地球的平均密度为 5.52 g/cm^3 。地壳表层中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 g/cm^3 和 2.8 g/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,据地震波的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,地幔物质的密度为 $3.32 \sim 5.66 \text{ g/cm}^3$,地心物质的密度可达 $16 \sim 17 \text{ g/cm}^3$ 。

地球内部的压力是由上覆物质的质量产生的,并随着深度的增加而加大,估计地壳底部的压力约为900 MPa,地球中心的压力可达 3.6×10^5 MPa。

1.3.2 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,这种偏差称为重力异常。重力可用于找矿(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。

1.3.3 地球的磁性

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,两线之间有一个夹角,称为磁偏角(θ),如图 1-5 所示。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,称为磁倾角(φ)。地球上某一点单位磁极所受的磁力大小,称为该点的磁场强度。磁场强度一般随纬度增高而增强。

磁偏角、磁倾角和磁场强度合称为地磁三要素。根据地磁三要素的分布规律,可以计算出某地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,这种现象称为地磁异常。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动。利用地磁异常来寻找和勘探矿产的方法,称为磁法勘探。

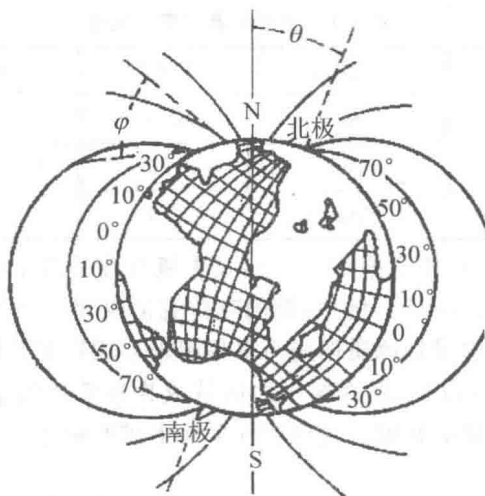


图 1-5 地磁要素及地球周围磁力线分布示意图

θ —磁偏角; φ —磁倾角

1.3.4 地热

地球热力的来源,外部主要来自太阳的辐射热,至于地球内部热量的来源,至今还没有一个公认的结论,一般认为主要是来自岩石中所含放射性元素蜕变产生的热能。此外,由于地球本身的重力能转化成热能,以及地球自转动能和地球物质的化学反应所放出的热能也不能忽视。

地面的温度主要受太阳辐射热的影响,因此有季节和昼夜的温度变化,但这种变化只限于距地表几米至三十几米深的范围,这个范围称为可变温度带(或称为变温层)。再往下地温不受季节影响渐趋于稳定,当到达一定深度时,地温稳定,且等于当地年平均气温,这个深度带称为常温带。从常温带以下每加深 100 m,温度将升高 3°C 左右,这种每加深 100 m 温度增加的数值称为地热增温度(或地温梯度),而温度每增加 1°C 深度所需增大的数值称为地热增温级(地热增温级的平均数值为 33 m),两者合称为地热增温率。值得注意的是:

(1) 地热增温率的情况各地不同,同在一地又随深浅而有所不同。例如:亚洲平均约 40 m 增加 1°C ;欧洲多数地区为 28~36 m 增加 1°C ;我国大庆地区为 20 m 增加 1°C ;北京房山地区为 50 m 增加 1°C 。



(2)上述地热增温率并非往地下一直不变化,此规律只适用于地表以下 20 km 深度范围内,再往下,地热增温率便逐渐减小,据科学家推测,地壳底部温度为 900~1000 °C,地心温度不会超过 3 000~5000 °C。

在研究地球内部构造时已经知道,地壳是由岩石组成的,岩石是由矿物组成的。那么矿物又是由什么组成的呢?通过对矿物的化学分析得知,矿物是由各种化学元素组成的。所以说,化学元素是组成地壳的基本物质。

根据岩石和陨石的化学组分分析,进一步得知组成地壳的化学元素以氧(O)、硅(Si)、铝(Al)、铁(Fe)、钙(Ca)、钠(Na)、钾(K)、镁(Mg)、氢(H)等为主,并计算出各种化学元素在地壳中的平均质量百分比,称为克拉克值。主要元素的克拉克值见表 1-1。

表 1-1 主要元素的克拉克值

元素名称	克拉克值	元素名称	克拉克值	元素名称	克拉克值
O	49.13	Si	26.00	Al	7.45
Fe	4.20	Ca	3.25	Na	2.40
K	2.55	Mg	2.35	H	1.00

上面几种元素占了地壳总质量的 98.13%,其中氧气几乎占了一半,硅占了 1/4 强,而其他 90 多种元素加在一起只占 1.87%。例如,铜的克拉克值仅为 0.01%,可见,元素在地壳中的含量是极不均匀的,但它们可因受到地质作用而富集起来形成有工业价值的矿床。在某些特殊条件下,铜可富集起来达到 1%以上,那么这个地区就成为有希望的铜矿区。认识和掌握元素在地壳中的分布和富集规律,能更好地去发现和开采地下矿产资源。

1.4 地质作用概述

地球自形成以来,在漫长的地质历史中,一直在不断地运动、发展和变化着,今天所看到的地球,只是它全部运动和发展过程中的一个阶段。尤其是地壳既受到地球自身发展而引起的变化,又受到地球以外的力量引起的变化,使地壳的物质成分和内部构造以及外貌特征都处于不断变化之中,人们常说的“海枯石烂、沧海桑田”等,就是这种变化的一个侧面写照。所有引起地壳变化和发展的自然作用,统称为地质作用,引起这些作用发生的动力,称为地质营力。引起地质作用的能源,有的来自地球内部,有的来自地球外部。据此,地质作用可分为内力地质作用和外力地质作用两大类。

1.4.1 内力地质作用

由地球内部的能量(如转动能、重力能、放射性元素蜕变的热能等)所引起的地质作用,称为内力地质作用。根据内力地质作用的动力和作用方式,内力地质作用可分为地壳运动、岩浆作用、变质作用和地震作用 4 种类型。

1.4.1.1 地壳运动

由于地球自转速度的改变等原因,使组成地壳的物质不断运动,其相对位置和内部构造也



发生改变,称为地壳运动。它是一种重要的内力地质作用,在改变地壳面貌中起主导作用。地壳运动就表现形式和运动方向而言,可以分为水平运动和升降运动两种形式。

A 水平运动

水平运动是指地壳物质在水平方向上相对位移的运动。这种运动使地壳受到挤压、拉伸或者平移,甚至旋转,其结果可使岩层发生褶皱、断裂而形成山脉。

显然,水平运动的产生和地球是一个急速旋转的椭球体这一基本特征有关,这是由于当地球高速旋转时,将产生巨大的离心力,它和地球的重力都对地壳起作用,它们相互抵消后,还会产生一种指向赤道的水平方向的挤压力,从而使赤道一带稍为突出,故地球略为变扁。当地球的自转角速度发生变化时,这些力的大小和方向也随之变化,同时将产生一种与自转方向相反的力量,称为惯性力。所有这些力都对地壳施加影响。另外,地壳各圈层的物质成分、物理化学状态等都存在差异,运动时的速度、方式以及相对方向都不可能一致,这一切都会导致水平运动的发生与发展。

水平运动一般都是很缓慢的,要经过精确的大地测量才能观察到。现代水平运动最典型的例子是美国旧金山地区的戴阿佛罗和摩柯两地之间的测量三角网,在1882~1964年中做了4次定时测量,获得圣安德列斯断裂两侧的几个三角点的水平位移矢量,其水平位移速度平均每年为35~50 mm。产生在地壳上的上述大断裂,据研究是在一亿五千万年前形成的,由于长期以来水平位移的不断进行,根据大断裂两旁同一岩层的对比,其位移已达300~400 km。

B 升降运动

升降运动是地壳演变过程中表现得比较缓慢的一种形式。在同一时期内,地壳在相邻的两个地区表现出差异性的上升或下降,即一个地区上升隆起,相邻地区则下降沉陷。升降运动主要引起地表海陆变化和地势高低的改变,也可以形成高地、山岭和盆地、凹陷以及岩层中大型平缓的弯曲等。

在同一地区,升降运动频繁地进行升与降的最有名的例子是意大利那不勒斯之西18 km的海边,有一座地狱神古庙的废墟,是1742年从火山灰中发掘出来的。据考证,该庙建于公元前105年古罗马帝国时代,现残存3根高12 m的大理石柱,柱子的下部现在还淹在海水中,中间一段留有海生介壳动物(穿石蛤等)的蛀孔,说明当时海水已淹没到石柱中央,柱子上端由于一直未被淹没,遭受风化,所以远没有下部光滑。由此无须详细描述古庙历经的沧桑,即可看出古庙地区地壳升降运动的端倪。

必须注意,升降运动和水平运动是有密切关系而且不能截然分开的,只是在同一地区和同一时间内以某一方向的运动为主,而另一方向运动居次或不明显而已。同时,在运动过程中两者可以互相转化,如水平运动可以引起升降运动,甚至转化为升降运动,反之亦然。因此,绝不能孤立地来研究水平运动或升降运动。

1.4.1.2 岩浆作用

岩浆是地壳深处一种富含挥发分和处于高温高压状态下的复杂硅酸盐熔融体。硅酸盐是岩浆的主要成分,其中还含有一定量的氧化物和金属硫化物。在氧化物中以 SiO_2 最多。岩浆的黏度与岩浆的成分、挥发分以及岩浆的温度、压力有关。通常,岩浆中 SiO_2 含量越多,溶解于岩浆中的挥发分越少,岩浆的温度越低,所受压力越大,则岩浆的黏度就越大;反之,则黏度就