



新世纪普通高等教育土木工程类课程规划教材

工程地质

GONGCHENG DIZHI

总主编 李宏男
主 编 张敏江 年廷凯
主 审 陈剑平



大连理工大学出版社



新世纪普通高等教育土木工程类课程规划教材

工程地质

GONGCHENG DIZHI

总主编 李宏男
主 编 张敏江 年廷凯
副主编 周林飞 于 玲
李培勇 程 健
主 审 陈剑平



大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程地质 / 张敏江, 年廷凯主编. — 大连 : 大连理工大学出版社, 2015. 8
新世纪普通高等教育土木工程类课程规划教材
ISBN 978-7-5611-9969-5

I. ①工… II. ①张… ②年… III. ①工程地质—高等学校—教材 IV. ①P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 158657 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84708943 传真:0411-84701466

E-mail: dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

大连日升彩色印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:14.75 字数:359 千字

印数:1~2000

2015 年 8 月第 1 版

2015 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑:王晓历

责任校对:张 胜

封面设计:张 莹

ISBN 978-7-5611-9969-5

定 价:33.00 元

新世纪普通高等教育土木工程类课程规划教材编审委员会

主任委员:

李宏男 大连理工大学

副主任委员(按姓氏笔画排序):

于德湖 青岛理工大学

牛狄涛 西安建筑科技大学

年廷凯 大连理工大学

范 峰 哈尔滨工业大学

赵顺波 华北水利水电大学

贾连光 沈阳建筑大学

韩林海 清华大学

熊海贝 同济大学

薛素铎 北京工业大学

委员(按姓氏笔画排序):

马海彬 安徽理工大学

王立成 大连理工大学

王海超 山东科技大学

王崇倡 辽宁工程技术大学

王照雯 大连海洋大学

卢文胜 同济大学

司晓文 青岛恒星学院

吕 平 青岛理工大学

朱伟刚 长春工程学院

朱 辉 山东协和学院

任晓菴 同济大学

刘 明 沈阳建筑大学

刘明泉 唐山学院

刘金龙 合肥学院

许成顺 北京工业大学

苏振超	厦门大学
李伙穆	闽南理工学院
李素贞	同济大学
李哲	西安理工大学
李晓克	华北水利水电大学
李恂昌	沈阳建筑大学
何芝仙	安徽工程大学
张玉敏	济南大学
张金生	哈尔滨工业大学
张鑫	山东建筑大学
陈长冰	合肥学院
陈善群	安徽工程大学
苗吉军	青岛理工大学
周广春	哈尔滨工业大学
周东明	青岛理工大学
赵少飞	华北科技学院
赵亚丁	哈尔滨工业大学
赵俭斌	沈阳建筑大学
郝冬雪	东北电力大学
胡晓军	合肥学院
秦力	东北电力大学
贾开武	唐山学院
钱江	同济大学
郭莹	大连理工大学
唐克东	华北水利水电大学
黄丽华	大连理工大学
康洪震	唐山学院
彭小云	天津武警后勤学院
董仕君	河北建筑工程学院
蒋欢军	同济大学
蒋济同	中国海洋大学

《工程地质》是新世纪普通高等教育编审委员会组编的土木工程类课程规划教材之一。

当前,复合型和应用型人才的培养已经成为当今社会的普遍要求,本教材正是在这一大背景下编写而成的。工程地质是土木工程专业和道路桥梁与渡河工程专业的一门重要专业基础课程,其教学的主要目的是使学生掌握或了解工程建设中涉及的地质学的基本知识,并能够正确运用这些知识解决或理解工程建设各个阶段中出现的地质问题。

本教材共 17 章:绪论;地球概况;矿物与岩石;地质构造;土的形成及工程性质;地下水;滑坡及防治;崩塌及防治;泥石流及防治;岩溶及工程地质问题;风沙及防治;冻土及工程问题;地震及工程防震;岩体结构与岩体稳定性分析;水的地质作用及工程地质问题;工程地质勘查技术和方法;各类工程地质勘查。

在教材内容拟定方面:考虑本科生地质基础知识较为薄弱,在“工程地质基础知识”篇介绍中增加一章“地球概况”的内容;另外考虑土力学为工程地质的后续课程,所以删减了与土力学重复的内容,在第 4 章重点介绍土形成的地质过程和基本工程性质,对于土的物理性质指标只做简单的描述;同时,考虑目前冻土的工程地质问题日渐突出,在“不良地质现象与常见工程地质问题”篇中的第 11 章增加了冻土的基本知识介绍。

本教材编写过程中主要参照国家颁布的最新规范有《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)、《公路工程地质勘察规范》(JTG C20—2011)、《土工试验方法标准》(GB/T 50123—1999)和《公路土工试验规程》(JTG E40—2007)。

本教材由沈阳建筑大学张敏江和大连理工大学年廷凯任主编,沈阳农业大学周林飞、沈阳建筑大学于玲、大连交通大学李培勇和青岛理工大学程健任副主编,青岛理工大学苑田芳、

沈阳建筑大学于保阳、辽宁科技大学张铁志、沈阳建筑大学张丽萍、扬州工业职业技术学院赵乃治、辽宁师范大学郑德凤、河北工业大学肖承志、中国海洋大学张其一和上海大学武亚军参加了编写。具体编写分工如下:张敏江负责编写绪论和第9章;年廷凯负责编写第6章和第14章;周林飞负责编写第1章和第2章;于玲负责编写第3章;李培勇负责编写第8章;程健负责编写第13章;苑田芳负责编写第12章;于保阳负责编写第7章;张铁志负责编写第11章;张丽萍和赵乃治负责编写第15章;郑德凤负责编写第5章;肖承志负责编写第16章;张其一负责编写第10章;武亚军负责编写第4章。吉林大学陈剑平教授审阅了书稿并提出了修改意见,在此谨致谢忱。

本教材在编写过程中,参考、借鉴了许多专家、学者的相关著作,对于引用的段落、文字尽可能一一列出,谨向各位专家、学者一并表示感谢。

限于水平,书中也许仍有疏漏和不妥之处,敬请专家和读者批评指正,以使教材日臻完善。

编者

2015年8月

所有意见和建议请发往:dutpbk@163.com

欢迎访问教材服务网站:<http://www.dutpbook.com>

联系电话:0411-84708445 84708462

目 录

第0章 绪 论	1
0.1 工程地质学及其任务	1
0.2 工程地质的研究内容及分支学科	1
0.3 本课程的学习要求	2

第1篇 工程地质基础知识

第1章 地球概况	5
1.1 地球特征	5
1.2 地球构造	8
1.3 地质作用	11
第2章 矿物与岩石	14
2.1 造岩矿物	14
2.2 岩浆岩(火成岩)	22
2.3 沉积岩	28
2.4 变质岩	33
第3章 地质构造	38
3.1 地质年代	38
3.2 岩层产状	42
3.3 水平构造和单斜构造	43
3.4 褶皱构造	43
3.5 断裂构造	47
3.6 不整合	54
第4章 土的形成及工程性质	56
4.1 风化作用	56
4.2 土按成因分类	59
4.3 土的工程分类	62
4.4 特殊土的工程性质	67
第5章 地下水	73
5.1 地下水概述	73
5.2 地下水的类型	78
5.3 地下水运动的基本规律	83
5.4 地下水与工程	85

第2篇 不良地质现象与常见工程地质问题

第6章 滑坡及防治	91
6.1 滑坡的形态和特征	91
6.2 滑坡的分类	93
6.3 滑坡的力学分析及影响因素	95
6.4 滑坡的野外识别和稳定性初判	99
6.5 滑坡防治技术措施	101

第 7 章 崩塌及防治	106
7.1 崩塌产生条件	107
7.2 崩塌形成过程及岩堆	108
7.3 崩塌防治技术	108
第 8 章 泥石流及防治	110
8.1 泥石流的形成条件	110
8.2 泥石流的分类	111
8.3 泥石流的防治	112
第 9 章 岩溶及工程地质问题	114
9.1 岩溶的形成及发育规律	114
9.2 岩溶形态及岩溶地貌	116
9.3 岩溶的工程地质问题	119
第 10 章 风沙及防治	122
10.1 风沙地貌特征	122
10.2 风沙运动	125
10.3 风沙的防治	127
第 11 章 冻土及工程问题	129
11.1 冻土概述	129
11.2 冻土的分类与工程性质	130
11.3 冻土的工程地质问题	134
第 12 章 地震及工程防震	136
12.1 地震概述	136
12.2 地震震级与地震烈度	138
12.3 工程震害与防震原则	142
第 13 章 岩体结构与岩体稳定性分析	144
13.1 岩体的结构特征	144
13.2 岩体稳定性分析	150
第 14 章 水的地质作用及工程地质问题	157
14.1 河流地质作用及工程地质问题	157
14.2 海岸带地质作用及工程地质问题	165
14.3 渗透变形及工程地质问题	174

第 3 篇 工程地质勘察

第 15 章 工程地质勘察技术和方法	187
15.1 工程地质测绘	187
15.2 工程地质勘探	190
15.3 工程地质原位测试	195
第 16 章 各类工程地质勘察	207
16.1 工程地质勘察任务和勘察等级划分	207
16.2 建筑工程地质勘察	210
16.3 公路工程地质勘察	215
16.4 桥梁工程地质勘察	219
16.5 隧道与地下工程地质勘察	222
参考文献	227

第0章 绪论

学习目标

1. 了解工程地质的基本任务；
2. 了解工程地质的研究内容。

0.1 工程地质学及其任务

工程地质学(Engineering Geology)是地质学(Geology)的一个分科。它是调查、研究、解决与兴建各类工程建筑有关的地质问题的科学。

工程地质的基本任务是查明工程建设环境内的工程地质条件,发现工程建设过程中潜在的工程地质问题。工程地质条件是指与工程建设有关的地质因素的综合。这些因素包括岩土的工程地质特征、地质构造、地貌、水文地质、不良地质现象和天然建筑材料等方面。工程地质条件直接影响到工程的安全、经济和正常使用。所以查明建设场地的工程地质条件是兴建任何类型的工程所要完成的首要任务。由于不同地区的地质环境不尽相同,因此影响工程建设的地质因素有主次之分,工程地质工程师应对当地的工程地质条件进行具体分析,明确影响到工程建设的安全、经济和正常使用的主次因素,并进一步指出对工程建设有利和不利方面。

0.2 工程地质的研究内容及分支学科

在很多情况下,在建筑物的施工和运营当中,即在人类建筑工程活动的影响下,初始条件将发生很大的变化,如地基土的压密、结构和性质的改变、地下水位的上升或下降及新的地质作用的产生,等等。由人类建筑工程作用而引起的工程地质和水文地质条件的变化,在工程地质学中用“工程地质作用(现象)”这一专门的术语来表示。工程地质作用(现象)势必反过来对建筑物施加影响,而有些影响则是很不利的。因此,预测工程地质作用(现象)的发展趋势及可能危害的程度,提出控制和克服其不良影响的有效措施,也是工程地质学的主要任务之一。

研究人类工程活动与地质环境之间的相互制约关系,以便做到既能使工程建筑安全、经济、稳定,又能合理开发和保护地质环境,这是工程地质学的基本任务。而在大规模地改变

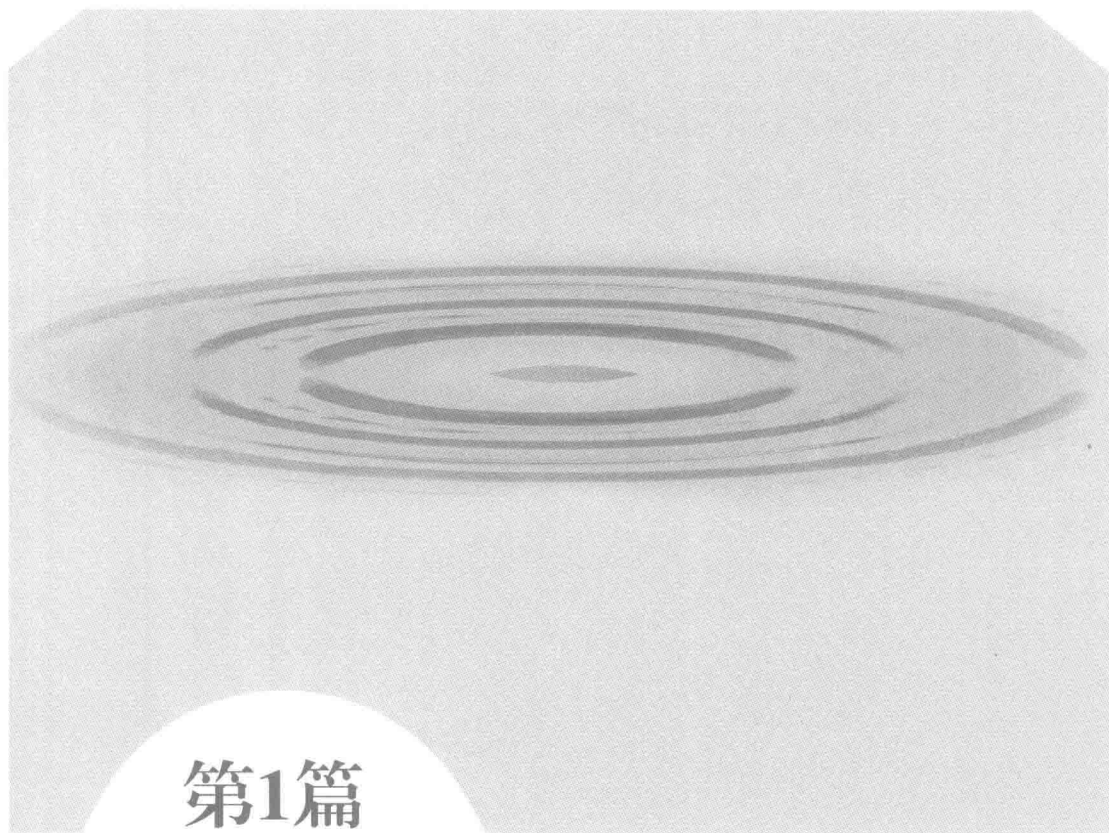
自然环境的工程中,如何按地质规律办事,有效地改造地质环境,则是工程地质学将要面临的主要任务。

随着生产力的发展和研究的深入,一些新的分支学科也已形成,如:环境工程地质、海洋工程地质与地震工程地质等。20年前工程地质界提出了环境保护及其合理利用,现在已由方向性探讨发展到实质性研究。环境工程地质学开始向工程地质科学各领域渗透。环境工程地质学的基本观念就是人类工程活动可显著地影响环境,既可恶化环境,亦能改善环境。人类工程活动作为环境演化的积极而活动的因素及工程 and 环境的密切关联性已成为当今研究的重要方向。

由于工程地质条件有明显的区域性分布规律,因而工程地质问题也有区域性分布的特点,研究这些规律和特点的分支学科称为区域工程地质学。而工程地质问题则是指研究地区的工程地质条件由于不能满足某种工程建筑的要求,在建筑物的稳定、经济或正常使用方面常常发生的问题。概括起来,工程地质问题包括两个方面:一是区域(地区)稳定问题;二是地基稳定问题。不同工程对工程地质条件的要求各不一样,即使是同一类型的建筑,其规模不同,要求也不尽相同。当我们谈论工程地质问题时,必须结合具体建筑类型、建筑规模来考虑。例如,工业建筑与民用建筑常遇到的工程地质问题主要是地基稳定问题,包括地基强度和地基变形两个方面,此外,溶岩、土洞等不良地质作用和现象都会影响地基稳定;铁路、公路等工程建筑最常遇到的工程地质问题是边坡稳定和路基稳定问题;水坝(闸)常遇到的是坝(闸)基的稳定问题,其中包括坝基强度、坝基抗滑稳定、坝基和坝肩的渗漏与稳定以及坝肩稳定问题;隧道及地下工程常遇到的工程地质问题是围岩稳定和突然涌水问题等。工程地质问题,除与建筑工程类型有关外,尚与一定的土和岩石的类型有关,如黄土的湿陷问题、软土的强度问题、岩石的风化和构造裂隙的破坏问题等。

0.3 本课程的学习要求

本课程是土木工程、道路桥梁与渡河工程专业的一门技术基础课,它结合我国自然地质条件和公路、桥梁与隧道、房屋建筑工程的特点,为学习专业和开展有关问题的科学研究,提供必要的工程地质学的基础知识;同时,通过一些基本技能的训练,懂得搜集、分析和运用有关的地质资料,并正确运用勘查数据和资料进行设计和施工,对一般的工程地质问题能进行初步评价和采取处理措施。学习本课程最重要的是学会具体问题具体分析。



第1篇

工程地质基础知识

第 1 章 地球概况

学习目标

1. 了解地球的主要物理性质；
2. 掌握地球的圈层构造及地壳的基本特征；
3. 掌握地质作用的概念、能量来源及分类。

1.1 地球特征

在浩瀚的宇宙中,在数以亿计的星系中,有一个普通的旋涡星系,我们称之为银河系。银河系有多大呢?即便是光这种传播速度最快的物质,以光速(约 300 000 km/s)穿越银河系也得花费 10 万年。银河系中约有 3 000 亿颗恒星,其中有一颗不起眼的、有行星环绕的恒星,称为太阳。太阳吸引着太阳系中的天体,其中包括八大行星(图 1-1)、几十颗卫星以及无数的小行星和彗星。1930 年美国天文学家汤博发现冥王星,当时错误地估计了冥王星的质量,认为冥王星比地球还大,因此将其归为大行星。然而,经过近 30 年的深入观测,发现其直径仅为 2 300 km,比月球还要小,等到冥王星的大小被确认,“冥王星是大行星”早已被写入教科书,以后就将错就错了。2006 年 8 月 24 日,国际天文学联合会大会投票通过 5 号决议,冥王星被排除在行星行列之外,降级为“矮行星”。

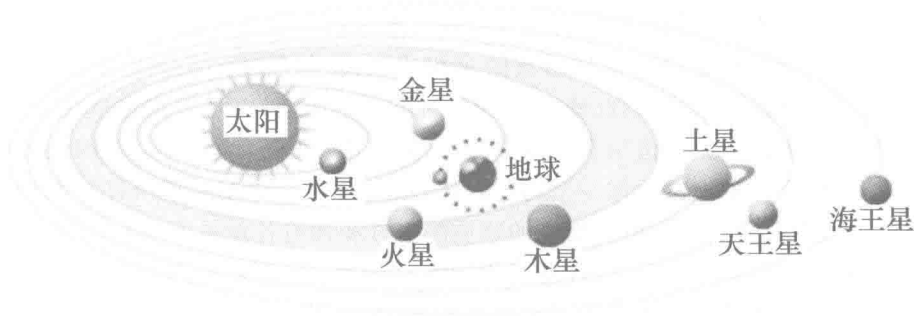


图 1-1 太阳系八大行星的位置图

地球是太阳系的第三颗行星。宇宙中的地球极其渺小,只能用“沧海一粟”来形容。但她孕育了生命,孕育了人类,这在我们已知的宇宙范围内是独一无二的。

1.1.1 地球的形状和大小

地球是一个绕着地轴高速旋转的椭球体,赤道部分略为膨大,两极略微收缩。地球的主要参数如下:赤道半径:6 378.137 km;极半径:6 356.752 km;平均半径:6 371 km;地球扁度:1/298.3;赤道周长:40 076.6 km;表面积:5.1 亿 km^2 ;质量: 5.98×10^{19} t;平均密度:5.517 g/cm^3 ;体积: 1.08×10^{12} km^3 。

*地球表面海洋面积为 36 100 万 km^2 ,约占地球总面积的 70.8%,多集中于南半球;陆地总面积为 14 900 万 km^2 ,仅占地球总面积的 29.2%,多集中于北半球。陆地平均海拔高度是 840 m,海洋平均深度是 -3 800 m。地球表面起伏很大,世界最高峰珠穆朗玛峰海拔 8 844.43 m^①,最深的海沟马里亚纳海沟是 -11 033 m。地球上的最大高差将近 20 km。

1.1.2 地球的物理性质

地球的物理性质包括地球的密度、压力、重力、地热、磁性、电性、放射性和弹性等。现将主要物理性质简述如下。

1. 地球的密度

地球质量除以地球体积,可得地球的平均密度为 5.517 g/cm^3 ,实际测出地壳的平均密度为 2.7~2.9 g/cm^3 。这说明地壳内部密度必然大于 5.517 g/cm^3 ,而且是随着深度的增加而增加的,通过对地震资料的分析也证明了这一点。地震资料还表明:在深度 984 km、2 900 km 和 5 125 km 三处,密度飞跃式增加,说明地球内部的物质不均匀,成分可能也发生了变化,地核的物质可能处于高密度状态。

2. 地球内部的压力

地球内部的压力受上覆盖物质质量的影响,基本规律是随着深度的增加而递增,但这种增加是不均匀的。从地表到地下约 33 km,地球内部的压力随深度的增加而均匀地增加;地下 33 km 到 984 km,从 $9\,000 \times 10^5$ Pa 迅速增加到 38.2×10^9 Pa;地下 984 km 之后,随着深度的增加又缓慢地增加,2 900 km 深处可达到 136×10^9 Pa;然后向着地心缓慢地增加,地心压力达到 360×10^9 Pa。

3. 地球的重力

地球上任一物体的重力是指该物体在地面处所受的地心引力和该处的地球自转离心力的合力。地心引力与物体的质量和地球质量的乘积成正比,与距地心距离的平方成反比。地球两极的半径小于赤道的半径,因此地心引力在两极大于赤道;离心力在赤道最大,两极接近于零。但是离心力值在重力值中只占 1/300,比例很小,对重力影响不大,因此地球的重力随纬度增加而增大。把地球看作一个均质球体,根据重力与纬度关系所计算出的各地重力值,叫作正常重力值。实际上组成地壳的物质的成分和构造各地是不同的,用重力仪测定的重力值与正常重力值常不符合,这种现象称为重力异常。比正常重力值大的称正异常,比正常重力值小的称负异常。存在一些密度较大物质(如铁、铜、铅、锌等)的金属矿区,通常

^① 经国务院批准并授权,国家测绘局于 2005 年 10 月 9 日公布了 2005 年中国珠峰高程测量的结果:珠峰峰顶岩石面海拔高程为 8 844.43 m,精度为 ± 0.21 m,峰顶冰雪深度为 3.50 m。与 1975 年公布的 8 848.13 m 的数据相比,少了 3.70 m。

表现为正异常;存在一些密度较小物质(如石油、煤、盐类以及大量地下水等)的地区,通常表现为负异常。重力探矿就是利用这个原理,即通过寻找地壳中局部重力异常区域,来了解地质构造和找矿。因此测定和分析重力,是找矿的好办法。

4. 地球的磁性

地球好像一个巨大的磁铁,在它的周围形成了地磁场。早在两千多年前,我国汉族劳动人民就已经会利用磁性了,并在长期实践的基础上发明了指南针,据《古矿录》记载,指南针最早出现于战国时期的河北磁山(今河北省邯郸市磁山一带)。到17世纪初期,人们又进一步证明这个磁性来自地球,并且发现地磁场的南北极与地理的南北极不重合。而且地磁极所处的位置是不断改变的,1970年测出磁北极在北纬 76° 、西经 101° ,磁南极在南纬 66° 、东经 140° 。地磁子午线与地理子午线之间的夹角叫磁偏角;地球某一点所受的磁力大小称为该点的磁场强度;磁针与水平面的夹角称磁倾角,磁针在地磁赤道附近是水平的,越移向磁两级,倾斜程度越大,在磁极区,磁针直立。磁偏角、磁倾角、磁场强度称为地磁三要素。根据地磁的分布规律,计算出某地地磁三要素的正常值(理论值),实测数值与正常值不一致的叫地磁异常。引起地磁异常一般和地下存在带磁性及反磁性的物体有关。地球物理探矿就是利用这个原理寻找磁力异常区,从而发现地下隐伏的磁铁矿等高磁性矿床。

5. 地球的电性

大地电流是指地球所具有的较弱的自然电流。大地电流是不稳定的,其强度和方向在时间上都有周期性的变化,自低纬度向高纬度,电流强度逐渐增大。电流的主要方向在赤道及两极自东向西,在中纬度与子午线成 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 角。地球上有自然电流分布的区域称为自然电场。自然电场的产生有两个原因:由局部金属矿体同水溶液相互作用而产生,分布范围较小;可能与大气圈的电离作用或电磁场有关。区域性自然电场分布范围较广。大地电流的强度和方向还与地下深处的地质构造有关,当地下有金属矿物时,附近电流强度增大,方向也会出现变化,物探中采用的电法勘探就是以此为依据的。

6. 地热

地壳表层的温度常随外界温度的变化而变化,主要受太阳辐射的影响,温度有日变化和年变化,纬度高低和海陆分布情况使地壳表层温度也有变化。这种温度变化只影响地壳地表不深的地方,平均约为15 m。再往深处20~25 m的地段就是常温层,该层由于太阳辐射影响不到,不受外界影响,因此,保持当地常年平均温度。常温层以下地层温度随深度的增加而有规律地增加,增加情况各地不同。这种增加规律可用地热增温级来表示,即地温每升高 1°C 而往下增加的深度,单位是 $\text{m}/^{\circ}\text{C}$,如黑龙江大庆为 $20\text{ m}/^{\circ}\text{C}$,北京房山为 $50\text{ m}/^{\circ}\text{C}$ 。地热增温级一般平均为 $33\text{ m}/^{\circ}\text{C}$ 。 $33\text{ m}/^{\circ}\text{C}$ 并不适合整个地球内部,温度增加到一定深度时,越往深处升温越慢,据推测地心温度不会超过 $2\,000\sim 5\,000^{\circ}\text{C}$ 。这主要是因为地球深处的物质成分、密度、压力和状态等各不相同。地球是一个庞大的热库,其能量主要是由放射性元素衰变释放而产生的,其次是构造变动的机械能、重力能、化学能、结晶能和地球旋转能等。地热是最廉价的能源之一,也是一种举世瞩目的新能源,对它的开发利用已成为一个新研究领域。地热会在未来发挥巨大的作用。

1.2 地球构造

大约 46 亿年前,一团由灼热气体和尘埃组成的巨型星云塌缩而形成了太阳系,接着在太阳这颗年轻的恒星附近,行星出现了。大量尘埃聚集在一起,行星体积逐渐增大。有证据显示,在距离太阳 1.5 亿 km 的地方至少形成了两颗行星:年轻的地球和一颗被称为忒伊亚德的小行星。后来两者相互撞击,发生融合,产生的碎片便形成了月亮。地球形成之初曾无数次遭受小天体的撞击,使其质量不断增大。地球起初是一颗炽热、熔融状态的行星,后来逐渐冷却,形成外部坚硬的岩石地壳。外围的大气层也形成了,从火山及地球其他地方喷发出的气体,融入大气层中。地球受到太空的影响越来越小,逐渐变得稳定,其内部形成了地幔和地核。天空中大量的水蒸气开始凝结,产生连续的大暴雨,于是海洋形成了。地球为新生命的诞生做好了准备,早在约 38 亿年前,地球上就已有生命出现。

从以上的论述我们可以看出,地球不是一个均质体,而是一个由不同物质和状态组成的呈若干个同心圈层构造的椭球体。地球固体表面以上的各层圈为外部圈层,包括大气圈、水圈和生物圈;地球固体表面以下的各层圈为内部圈层,包括地壳、地幔和地核。

1.2.1 地球的外部圈层

1. 大气圈

美国宇航员乘坐阿波罗号飞上月球,当他站在月球上眺望时,发现其他星球都是黑漆漆的、死气沉沉的,只有人类居住的地球是一个美丽的蓝色星球,充满生机。这是因为我们居住的星球周围有大气圈,阳光透过大气圈时,遇到灰尘,蓝色光被散射回太空的缘故。大气圈是由包围在地球最外面的气态物质所组成的圈层。大气的主要成分为氮、氧、氩、碳、氢和氦等元素。它自下而上可分为:对流层(0~15 km),在对流层中,温度、湿度和压力等分布很不均匀,故大气常发生强烈的对流,产生风、云、雨、雪等,从而调节和促进水圈的循环;平流层(15~50 km),这里的臭氧层保护我们免受宇宙射线的伤害;中间层(50~80 km);热层(电离层)(80~500 km);外逸层(500 km 以上)。越过大气层的上部边界,便是寒冷黑暗的太空。

大气分布极不均匀,受地球引力作用,约有 79% 的质量集中在平均厚度 11 km 范围内的对流层中。大气层与地球大小相比,就如同一层薄薄的膜,总质量约为 513×10^{13} t,虽然约为地球的百万分之一,但对地面的物理情况和生活环境却有决定性的影响。

2. 水圈

在我们所知道的整个宇宙中,地球是唯一适合生命生存的地方。水圈对一切生命来说至关重要。地球表面能有液态水存在,是因为地球与太阳之间保持着适当的距离,光从太阳抵达地球需要 8 分钟,如果再近一些,地球上的河流与海洋就会沸腾蒸发,如果稍远,地球将会是一片冰天雪地。

水圈是由海洋水和陆地上的水和冰所组成的,其中海洋水占总体积的 98.1%,陆地水只占 1.9%。水圈覆盖面积广,地球表面的 70% 被水覆盖,故有“水的行星”之称。水圈质量 1.41×10^{17} 吨,约 14 亿 km^3 ,若地球表面完全没有起伏,全球将被深达 2 745 m 的海水所覆盖。若地球上的冰川、冰盖全部融化,则海洋水位将升高 70 m。水在太阳辐射热的影响下