

GONGCHENG DIZHI

高等学校省级规划教材
——土木工程专业系列教材

工程地质

G O N G C H E N G D I Z H I

邵 艳 主 编

宛新林 副主编
殷和平

程 桦 主 审

合肥工业大学出版社

高等学校省级规划教材

——土木工程专业系列教材

工 程 地 质

邵 艳 主 编

殷和平 副主编
宛新林

程 桦 主 审

合肥工业大学出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了工程地质的基本原理、地质作用、土木工程及道路桥梁等工程中的工程地质问题及其勘察评价等,并附有工程地质实验内容。全书共 10 章,可分为两大部分:第一部分(前 4 章)系统地介绍了地质学的基本理论,包括:岩石及其工程地质性质、地质构造及其对工程的影响及地下水等;第二部分(后 6 章)主要阐述了工程地质理论,包括:土的工程性质与分类、不良地质现象及防治、建筑工程的工程地质问题、道路及桥梁工程地质问题、工程地质原位测试及工程地质勘察。

本书可作为高等学校土木工程专业的工程地质教科书,也可适用于勘察技术与工程、道路与桥梁等专业的教材或参考书,还可供相关专业的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质 / 邵艳主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2006. 12

ISBN 7-81093-529-1

I. 工… II. 邵… III. 工程地质—高等学校—教材 IV. P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 162171 号

工 程 地 质

主 编: 邵 艳

责任编辑: 陈淮民

出 版 合肥工业大学出版社
地 址 合肥市屯溪路 193 号
邮 编 230009
电 话 总编室:0551-2903038
发行部:0551-2903198
网 址 www.hfutpress.com.cn
E-mail Press@hfutpress.com.cn
版 次 2006 年 12 月第 1 版
2006 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 22.25
字 数 548 千字
发 行 全国新华书店
印 刷 合肥现代印务有限公司

ISBN 7-81093-529-1/P·7

定价: 34.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

安徽省高校土木工程系列规划教材

编 委 会

主 任：干 洪

副主任：王建国 汪仁和 沈小璞

委 员：（按姓氏笔画排列）

丁克伟	马芹永	戈海玉	卢 平
刘安中	孙 强	吴 约	完海鹰
邵 艳	柳炳康	夏 勇	殷和平
高荣誉	黄 伟		

前 言

工程地质是土木工程专业的基础课。本书作为土木工程专业系列教材之一,系统地介绍了工程地质理论、地质作用、土木工程及道路桥梁等工程中的工程地质问题及其勘察评价等,适合于土木工程专业本科教学,可用作勘察技术与工程、道路与桥梁等专业的教材或参考书,也可供各相关专业的工程技术人员参考使用。

工程地质是介于地质与工程学之间的一门边缘交叉学科,是研究与工程建筑活动有关的地质问题的学科,也就是研究土木工程中的地质问题即研究在工程建筑设计、施工和运营的实施过程中合理地处理与正确地使用自然地质条件和改造不良地质条件等地质问题。通过本课程的学习使学生能正确处理各种工程地质问题,合理利用勘察成果解决设计和施工中的地质问题。为此,本书在编写过程中注意学科本身的系统性,力求理论联系实际,反映工程地质学科的新理论及相关学科的新规范和新规定。

全书共10章,并附有工程地质实验内容,可分为两大部分:第一部分(前4章)系统地介绍了地质学的基本理论,包括岩石及其工程地质性质、地质构造及其对工程的影响及地下水等;第二部分(后6章)主要阐述了工程地质理论,包括土的工程性质与分类、不良地质现象及防治、建筑工程的工程地质问题、道路及桥梁工程地质问题、工程地质原位测试及工程地质勘察。

本书由安徽建筑工业学院邵艳担任主编,铜陵学院殷和平、安徽建筑工业学院宛新林担任副主编。具体分工如下:第1章、第4章、第5章及第9章由邵艳编写,第2章由宣以琼编写;第3章由游敏编写,第6章由马茂艳编写,第7章由徐士良、王桦编写,第8章由殷和平编写,第10章由宛新林编写,附录由施国栋编写。全书由邵艳、殷和平、宛新林负责修改、统稿。书稿由程桦教授主审并提出了宝贵的意见。

本书在编写过程中得到合肥工业大学出版社、合肥市勘察院的大力帮助,在此一并表示谢意。

由于编写时间仓促,本书如有不妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2006年8月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 工程地质课程简介	1
1.2 工程地质学的主要任务和研究方法	5
1.3 工程地质学的特点和学习要求	6
1.4 工程地质在土木工程中的作用	6
第 2 章 岩石及其工程地质性质	8
2.1 主要造岩矿物	9
2.2 岩石	15
2.3 岩石的物理性质	30
2.4 岩石的水理性质	32
2.5 岩石的力学性质	34
2.6 影响岩石工程性质的因素	37
第 3 章 地质构造及其对工程的影响	40
3.1 地壳运动的概念及地质年代的划分	40
3.2 岩层产状与地层接触关系	47
3.3 褶皱构造	51
3.4 断裂构造	59
3.5 地质图	71
第 4 章 地下水	79
4.1 地下水概述	79
4.2 地下水的类型	86
4.3 地下水的运动	96
4.4 地下水对建筑工程的影响	105

第 5 章 土的工程性质与分类	112
5.1 土的生成与基本特征	112
5.2 土的组成与结构、构造	115
5.3 土的物理力学性质及其指标	123
5.4 土的工程分类	143
5.5 特殊土的工程性质	148
第 6 章 不良地质现象及防治	168
6.1 风化作用	168
6.2 河流地质作用	174
6.3 滑坡与崩塌	180
6.4 泥石流	193
6.5 岩溶	197
6.6 地震	202
第 7 章 建筑工程的工程地质问题	210
7.1 地基工程地质问题	210
7.2 地下工程地质问题	223
7.3 地下工程围岩的分类	229
7.4 洞室围岩稳定性分析	236
7.5 边坡工程地质问题	249
第 8 章 道路及桥梁工程地质问题	263
8.1 道路工程地质问题	263
8.2 不良地质现象对道路选线的影响	266
8.3 桥梁工程地质问题	272
第 9 章 工程地质原位测试	280
9.1 静力载荷试验(CPT)	280
9.2 静力触探试验(DPT)	286
9.3 圆锥动力触探(DPT)	294
9.4 标准贯入试验(SPT)	297
9.5 十字板剪切试验(VST)	301
9.6 旁压试验(PMT)	304

9.7 波速测试	307
9.8 现场大型直剪试验	308
第10章 工程地质勘察	312
10.1 工程地质勘察的任务和内容	312
10.2 工程地质勘察技术与测试方法	313
10.3 工程地质勘察报告	319
10.4 各类工程的地质勘察	321
附录	332
实验1 主要造岩矿物的认识和鉴定	332
实验2 常见岩浆岩的认识和鉴定	335
实验3 常见沉积岩的认识和鉴定	338
实验4 常见变质岩的认识和鉴定	340
实验5 地质图的阅读与分析	342
参考文献	

第 1 章 绪 论

1.1 工程地质课程简介

1.1.1 地质学与工程地质学

1. 地质学

地质学(Geology)是一门关于地球的科学。地质学是对地球的起源、物质组成、内部构造、外部特征、各层圈之间的相互作用和演变历史进行研究的学科。

地球自形成以来,经历了约 46 亿年的演化过程,进行过错综复杂的物理、化学变化,同时还受天文变化的影响,所以各个层圈均在不断演变。约在 35 亿年前,地球上出现了生命现象,于是生物成为一种地质应力。最晚在距今 200~300 万年前,开始有人类出现。人类为了生存和发展,一直在努力适应和改变周围的环境。利用坚硬岩石作为用具和工具,从矿石中提取铜、铁等金属,对人类社会的历史产生过划时代的影响。

随着社会生产力的发展,人类活动对地球的影响越来越大,反之地质环境对人类的制约作用也越来越明显。如何合理有效地利用地球资源、维护人类生存的环境,已成为当今世界所共同关注的问题。

2. 工程地质学

工程地质学(Engineering Geology)是研究与工程建筑活动有关的地质问题的学科,也就是研究土木工程中的地质问题,即研究在工程建筑设计、施工和运营的实施过程中合理地处理与正确地使用自然地质条件和改造不良地质条件等地质问题。

工程地质学是介于地学与工程学之间的一门边缘交叉学科,是为了解决地质条件与人类活动之间矛盾的一门实用性很强的学科。

(1)工程地质条件

是指工程建筑物所在地区地质环境各项因素的综合。这些因素包括:

①地层岩性:是最基本的工程地质因素,包括它们的成因、时代、岩性、产状、成岩作用特点、变质程度、风化特征、软弱夹层和接触带以及物理力学性质等。

②地质构造:也是工程地质工作研究的基本对象,包括褶皱、断层、节理构造的分布和特征。地质构造,特别是形成时代新、规模大的优势断裂,对地震等灾害具有控制作用,因而对建筑物的安全稳定、沉降变形等具有重要意义。

③水文地质条件:是重要的工程地质因素,包括地下水的成因、埋藏、分布、动态和化学成分等。

④地表地质作用:是现代地表地质作用的反映,与建筑区地形、气候、岩性、构造、地下水和地表水作用密切相关,主要包括滑坡、崩塌、岩溶、泥石流、风沙移动、河流冲刷与沉积等

等,对评价建筑物的稳定性和预测工程地质条件的变化意义重大。

⑤地形地貌:地形是指地表高低起伏状况、山坡陡缓程度与沟谷宽窄及形态特征等;地貌则说明地形形成的原因、过程和时代。平原区、丘陵区 and 山岳地区的地形起伏、土层厚薄和基岩出露情况、地下水埋藏特征和地表地质作用现象都具有不同的特征,这些因素都直接影响到建筑场地和线路的选择。

(2)工程地质问题

已有的工程地质条件在工程建筑和运行期间会产生一些新的变化和发展,构成威胁影响工程建筑安全的地质问题称为工程地质问题。由于工程地质条件复杂多变,不同类型的工程对工程地质条件的要求又不尽相同,所以工程地质问题是多种多样的。就土木工程而言,主要的工程地质问题包括:

①地基稳定性问题:是工业与民用建筑工程常遇到的主要工程地质问题,它包括强度和变形两个方面。此外岩溶、土洞等不良地质作用和现象都会影响地基稳定。铁路、公路等工程建筑则会遇到路基稳定性问题。

②斜坡稳定性问题:自然界的天然斜坡是经受长期地表地质作用达到相对协调平衡的产物,人类工程活动尤其是道路工程需开挖和填筑人工边坡(路堑、路堤、堤坝、基坑等),斜坡稳定对防止地质灾害发生及保证地基稳定十分重要。斜坡地层岩性、地质构造特征是影响其稳定性的物质基础,风化作用、地应力、地震、地表水和地下水等对斜坡软弱结构面的作用往往破坏斜坡稳定,而地形地貌和气候条件是影响其稳定的重要因素。

③洞室围岩稳定性问题:地下洞室被包围于岩土体介质(围岩)中,在洞室开挖和建设过程中破坏了地下岩体原始平衡条件,便会出现一系列不稳定现象,常遇到围岩塌方、地下水涌水等。一般在工程建设规划和选址时要进行区域稳定性评价,研究地质体在地质历史中受力状况和变形过程,做好山体稳定性评价,研究岩体结构特性,预测岩体变形破坏规律,进行岩体稳定性评价以及考虑建筑物和岩体结构的相互作用。这些都是防止工程失误和事故,保证洞室围岩稳定所必需的工作。

④区域稳定性问题:地震、震陷和液化以及活断层对工程稳定性的影响,自1976年唐山地震后越来越引起土木工程界的注意。对于大型水电工程、地下工程以及建筑群密布的城市地区,区域稳定性问题应该是需要首先论证的问题。

1.1.2 我国工程地质学的发展历程

我国工程地质学是在新中国成立以后才发展起来的一门新的学科。它经历了从无到有,从知之甚少到内容丰富多彩、独具特色、跻身于国际先进水平的过程,成为一门有着自己的理论体系和一套技术方法,能够较好地解决工程建设与环境地质实际问题的应用科学。

现代工程地质学是前苏联介绍到中国来的。1952年院系调整,按照莫斯科地质学院的模式,成立了北京和长春两所地质学院,设立有水文地质与工程地质专业,开始培养这方面的人才。建国初期,一些老的地质学家为铁路的修建和水利水电工程建设担负起工程地质勘察的任务。主要是利用基础地质知识查明建筑地区的工程地质条件,能够做出正确的工程地质定性评价。1952年成立了地质部,其下设有水文地质工程地质局,起着领导专业工作的作用。此后,类似的机构也在其他部门建立起来。这方面的科研机构在原地质部、中科

院和一些产业部门也建立起来。这是我国工程地质发展的最初阶段。

第二阶段是60年代。工程地质的实践,积累了大量资料和一定的实际经验,学科进入独立发展阶段,各建设部门制定自己的勘察规范,以山区工程建设为主,对工程地质提出更高的要求,岩土测试技术提高,定量评价有所发展。工程地质教育质量提高,已编出了专门的教材,强调工程地质问题分析。60年代后期,工程建设有所削弱,工程地质勘察也不正常,主要是“三边”(即边勘察、边设计、边施工)导致了工程上的浪费。这种情况一直延续到70年代后期。

第三阶段是1978年至今。以经济建设为中心和改革开放的时代,各方面的建设蓬勃发展,工程地质在已往基础上取得了重大发展:勘察质量提高,新的勘察规范制定,向着工程领域拓展。新型、巨型工程向工程地质勘察提出了新的要求。科学研究工作取得丰硕成果,创立了自己的新的理论,引入有关科学的新理论、新方法;学术活动频繁。教育方面,许多学校增设了工程地质专业,提高教学质量,大量培养研究生,编写系列教材,并形成了具有中国特色的我国工程地质学的理论体系,它以工程地质条件的研究为基础,以工程地质问题的分析为核心,以工程地质评价为目的,以工程地质勘察为手段。随着环境工程地质学和地质灾害研究的迅速发展,由此推动着我国工程地质学不断前进,走进国际先进行列。

中国工程地质学从建国初期的一片空白,发展到今天成为一门内容丰富、理论体系严谨、具有中国特色的综合性学科,发展之迅速是惊人的。50年来的科研成就如下:

(1) 岩体工程地质力学的建立与岩体力学研究

与土力学相比,岩体力学直到60年代还是知之甚少。谷德振与其同事们在治淮工程、武汉和南京长江大桥以及三峡工程等一系列工程地质勘察中发现:岩体中的裂隙发育情况不同,对岩体的力学性质影响很大,而岩体的变形破坏实际上是受其中的软弱结构面的控制,包括层面、断层面、裂隙、片理、劈理等,也称不连续面,使岩体成为非均质、各向异性的不联系介质。结构面之间的岩石体称为结构体。总体上来说岩体就是由结构面和结构体组合而成的。结构面按其延续的长短可以分级,但其形成则受岩石成因和后期地质构造变动的控制,因而其分布规律和形状、宽度等可以通过地质力学加以分析。这样他们就把地质力学与岩石力学结合起来对岩体结构加以分析,创立了一门新的分支学科——岩体工程地质力学。把岩体结构分为块状结构、镶嵌结构、碎裂结构、层状结构、层状碎裂结构、散体结构等类型。不同结构类型的岩体其力学性质和变形破坏规律是不同的。在谷德振所著的《岩体工程地质力学基础》一书中对上述论点做了深刻的分析,这代表了我国岩体工程地质力学的特色。此后孙广忠在《岩体结构力学》中对岩体结构类型及其变形破坏机理做了更加系统、全面的论述。

我国在软弱、破碎岩体的研究方面也取得较大进展,例如:断层岩的分类及其物理力学特性和稳定性评价的研究,泥化夹层的物质与结构特征及其力学性质的研究,膨胀岩的膨胀机理和处理措施的研究等。

(2) 土体研究

在土的微观结构方面我国开展了广泛研究,取得较大进展。但是土的微观结构与土的物理学性质的关系研究还不够充分。海洋土的研究进展显著,与陆相土的区别在于其 Na^+ 、 Mg^{2+} 氯化物含量较高,并具有絮凝蜂窝状结构。南海土中石英含量较少而硅质和钙

质沉淀物较多,因而其工程性质有所不同。膨胀土的研究成绩突出:这些年来对其分布范围、判别方法、土的干容重对膨胀性的影响等方面取得了新的认识。其他特殊土的研究进展也较明显,如西北内陆盆地的盐渍土、黄土高原的黄土、华南的红土,以及沿海地区的淤泥软土等均取得大量研究成果。有关它们的特性、物理力学性质指标、建筑稳定性评价以及处理措施等都取得了更深入的研究。

(3)区域工程地质研究

早在 50 年代末,刘国昌、姜达权等就曾开展我国区域工程地质研究,出版了专著,编制了全国区域工程地质分区图(因分区原则有争议,分区图没有出版)。80 年代初,大河流域的部分地段和各省市在编制环境地质图册时也曾编过工程地质图。1986 年任国林在前人研究和各方面资料的基础上编制了 1:40 万《中国工程地质图及说明书》,此书于 1990 年正式出版。按照大地构造和大地貌将我国分为 37 个工程地质区,又根据次级构造和地貌,划分出 83 个亚区,有一幅分区图放在说明书中,比例尺 1:2000 万。北京地质学院等校曾讲授“区域工程地质学”这门课程。

(4)区域地壳稳定性研究

在三峡和二滩等巨型水利水电工程和苏南、大亚湾等核电站的工程地质勘察中,区域地壳稳定性成为重要因素,这方面的研究取得巨大进展。谷德振、刘国昌、胡海涛等利用地质力学理论,对断层发育情况、活动性,地壳升降速度、地应力状况、地球物理特征值,以及区域地震危险性分析等进行全面研究。基于这些因素的分析和定量指标,做出区域地壳稳定性评价,做出稳定性分区。并把稳定区视为“安全岛”,适于进行工程建筑的区域。

(5)环境工程地质与地质灾害研究

80 年代以来,环境问题日益严重。为了合理利用和保护地质环境,我国开展了环境工程地质研究。1982 年,召开了第一次全国环境工程地质学术讨论会。会上明确了概念、研究范畴、研究方向等,提出了在我国加强环境工程地质研究的建议,推动了这门新的学科的发展。几十年来在一些重点地区和大型工程地区做了不少研究工作,以工程建筑所引起的地质环境研究为主,包括对人类生存和生产造成损失和威胁的各种地质灾害,诸如地面沉降、地面塌陷、地裂缝、滑坡、崩塌、泥石流、水库诱发地震、沙漠化、水土流失等。1989 年底成立了地质灾害研究会,1990 年起创办了《中国地质灾害与防治学报》,还编制了中国地质灾害图,出版了段永侯的专著《中国地质灾害》。

1.2 工程地质学的主要任务和研究方法

1.2.1 工程地质学的主要任务

工程地质在经济建设和国防建设中应用非常广泛。其工程地质研究的主要任务是：

(1)评价工程地质条件,阐明地上和地下建筑工程兴建和运行的有利或不利因素,选定建筑场地和适宜的建筑形式,保证规划、设计、施工、使用、维修顺利进行;

(2)从地质条件与工程建筑相互作用的角度出发,论证和预测有关工程地质问题发生的可能性、发生的规模和发展趋势;

(3)提出及建议改善、防治或利用有关工程地质条件的措施,加固岩土体和防治地下水的方案;

(4)研究岩体、土体分类和分区及区域性特点;

(5)研究人类工程活动与地质环境之间的相互作用与影响。

1.2.2 工程地质学的研究方法

工程地质学的研究对象是复杂的地质体,所以其研究方法是包括地质分析法、实验和测试方法、计算方法和模拟方法等方法的密切结合——即通常所说的定性分析与定量分析相结合的综合研究方法。

(1)地质分析法:即自然历史分析法。是运用地质学理论,查明工程地质条件和地质现象的空间分布以及它在工程建筑物作用下的发展变化,用自然历史的观点分析研究其产生过程和发展趋势,进行定性的判断。它是工程地质研究的基本方法,也是其他研究方法的基础。

(2)模拟方法:可分为物理模拟(也称工程地质力学模拟)和数值模拟。它们是在通过地质研究,深入认识地质原型,查明各种边界条件,以及通过实验研究获得有关参数的基础上,结合建筑物的实际作用,正确地抽象出工程地质模型,利用相似材料或各种数学方法,再现和预测地质作用的发生和发展过程。

(3)实验和测试方法:包括为测定岩、土体特性参数的实验、对地应力的量级和方向的测试,以及对地质作用随时间延续而发展的监测。即通过室内或野外现场试验,取得所需要的岩土的物理性质、水理性质、力学性质数据。通过长期观测地质现象的发展速度也是常用的试验方法之一。

(4)计算方法:包括应用统计数学方法对测试数据进行统计分析,利用理论或经验公式对已测得的有关数据,进行计算,以定量地评价工程地质问题。

电子计算机在工程地质学领域中的应用,不仅使过去难以完成的复杂计算成为可能,而且能够对数据资料进行自动存储、检索和处理,使计算过程变得简单。

1.3 工程地质学的特点和学习要求

1.3.1 工程地质学的特点

工程地质学是地质学的重要分支学科,是把地质学原理应用于工程实际的一门学科,它是介于地质学与工程学之间的一门边缘交叉学科,是为了解决地质条件与人类活动之间矛盾的一门实用性很强的学科。

1.3.2 工程地质学的学习要求

工程地质学是土木工程专业的专业基础课,学习要求如下:

(1)系统掌握工程地质的基本理论和知识、能正确运用工程地质勘察资料进行土木工程的设计与施工;

(2)了解不良地质现象的形成条件和机制,根据勘察数据和资料进行防治设计;

(3)掌握对工程地质问题的分析方法及对不良地质条件应采取的措施,了解各种地质作用的形成机理、影响因素以及对工程的影响和治理方法,并对土木工程中可能遇到的工程地质问题做出分析评价;

(4)了解工程地质勘察的内容、方法和过程,各个工程地质数据的来源、作用以及应用条件,对一些中小型工程能够进行一般的工程地质勘察;

(5)把学到的工程地质学知识与专业知识密切联系起来,去解决工程实际中的工程地质问题。

1.4 工程地质在土木工程中的作用

工程地质工作在土木工程建设中是很重要的,是设计之先驱。如没有足够考虑工程地质条件而进行设计,则是盲目的设计,将会导致建筑费用增高、工程量增大、施工期限拖长,甚至引起破坏。大量工程实践证明,凡是重视工程地质的工程,在施工前都进行过周密的工程地质勘察工作。工程地质勘察的目的是为了取得有关建筑场地工程地质条件的基本资料 and 进行工程地质论证。

我们以成(都)昆(明)铁路为例。该铁路沿线地形险峻、地质构造极为复杂、大断裂纵横分布、新构造运动十分强烈。其中有约 200km 的地段位于八、九度地震烈度区,岩层十分破碎,加上沿线雨量充沛,山体不稳,各种不良地质现象充分发育,被称为“世界地质博物馆”。中央和铁道部对成昆线的工程地质勘察十分重视,提出了地质选线的原则,动员和组织全路工程地质专家和技术人员进行大会战,并多次组织全国工程地质专家进行现场考察和研究,解决许多工程地质难题,保证了成昆铁路顺利建成通车。

反之,解放前修建的宝(鸡)天(水)铁路,当时根本不重视工程地质工作,设计开挖了许多高陡路堑,发生了大量崩塌、落石、滑坡、泥石流,使线路无法正常运营,被称为西北铁路线中的“盲肠”。以上实例说明,土木工程建筑必须重视工程地质工作。进行高质量的工程地

质勘察工作,应用勘察成果做出合理的规划、设计和施工,才能保证土木工程建筑经济合理、安全可靠。

思考题

1. 何谓地质学、工程地质学? 它们之间有何关系?
2. 试说明工程地质学的主要任务与研究方法。
3. 什么是工程地质条件和工程地质问题? 它们具体包括哪些因素和内容?
4. 试解释工程地质学在土木工程中的作用。

第2章 岩石及其工程地质性质

地球是不规则的椭球体,它是一个沿着近似圆形的轨道绕太阳公转的行星。根据大地测量和地球卫星测量可知,地球平均半径约为 6 371 km。地球表面积约为 $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$,大陆面积约为 $1.48 \times 10^8 \text{ km}^2$,约占 29%;海洋面积约为 $3.6 \times 10^8 \text{ km}^2$,约占 71%。地球的体积为 $1.083 \times 10^{12} \text{ km}^3$,平均密度为 5.52 kg/m^3 。

地球的内部构造是具有同心圈层构造的球体,根据不同的圈层特点地球从地表到地心可分为地壳、地幔和地核(见图 2-1)。

1. 地壳

地壳是地球体的表层,是人类赖以生活和活动的场所。水圈和生物圈的大部都分布在地壳上。在太阳光、大气、水、生物和地球内部岩浆活动作用下,地壳也是各种地质作用进行的场所。人类开采的矿产资源均埋藏于地壳上部的岩石圈中,所有工程建筑物、构筑物也都建筑在地壳上,同时地壳也是建筑材料的主要来源地。

所以说地壳是地球科学研究的主要对象,它是人类生存和工程建设的物质基础。

地壳的平均厚度约为 33 km,由地表所见的各种岩石组成。一般的工程活动大多在地壳的表层 1~2 km 的深度范围内进行,也有在较大的深度进行的工程活动,如一些石油和天然气项目的钻探深度可达 7 km 以上。

2. 地幔

介于地壳和地核之间的构造层,也称中间层或过渡层,是地球的主体部分。地幔厚度约为 2 900 km,根据物质成分和所处的状态,可将地幔分为上地幔和下地幔。上地幔主要由富含铁、镁的硅酸盐物质组成,而下地幔主要是由金属氧化物和硫化物组成。

3. 地核

位于地幔以下,其半径约为 3 500 km,是地球的核心部分。物质成分以铁为主,以铁镍合金的方式存在。靠近地幔的外核主要呈现液态状态,而内核则由于极高压的原因呈现结晶的固体状态,且刚性很高。

地壳和地幔顶部的固态物质称之为岩石圈。岩石是由矿物组成的,而矿物则是由化学元素和化合物组成。美国地质学家和化学家克拉克(F. W. Clarke)用了数十年的时间,从世界各地采集了大量的、有代表性的岩石标本进行化学分析,于 1889 年首次提出地壳中所含的 50 多种元素的含量值。

国际上为了纪念克拉克所作的巨大贡献,就把各种元素在地壳中含量的百分比称为克拉克值。地壳中主要元素的含量(或克拉克值)见表 2-1。

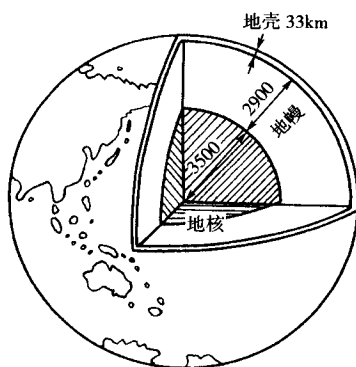


图 2-1 地球内部构造

表 2-1 地壳主要化学元素含量表

元 素	含 量	元 素	含 量	元 素	含 量
氧(O)	49.13	铁(Fe)	4.20	钾(K)	2.35
硅(Si)	26.00	钙(Ca)	3.25	镁(Mg)	2.35
铝(Al)	7.45	钠(Na)	2.40	氢(H)	1.00

2.1 主要造岩矿物

矿物是自然界中的化学元素在一定的物理化学条件下生成的天然物质,具有一定的化学成分和物理性质。矿物除少数是由单质元素组成外,大多是由化合物构成。它是各种地质作用的产物,是岩石的基本组成部分。

迄今为止,自然界中已发现的矿物大约有三千多种,除个别以气态(如碳酸气、硫化氢气等)、液态(如水、自然汞等)出现外,绝大多数均呈固态。矿物受其所处的地质条件制约,当地质条件变化到一定程度时,矿物的稳定性遭到破坏,原有的成分、结构和性质会发生变化,衍生出在新条件下稳定的次生矿物。因此,研究矿物有助于了解地球的演化史。

主要造岩矿物是指构成岩石的主要成分、对岩石性质有较大影响的矿物。常见的主要造岩矿物有 20 多种。

2.1.1 矿物的形态

绝大多数造岩矿物是晶质矿物,其内部质点(原子、分子、离子)在三维空间呈有规律的周期性排列,具有各自特定的晶体结构(图 2-2)。不同的矿物具有不同的晶形和形态特征;而同一种矿物在不同的地质条件下,也会呈现出不同的结晶习性。故矿物的形态不仅是鉴别矿物的依据,也是推断其形成时所处地质条件的依据。

一般说来,当生长条件合适如生长速度较慢、周围有自由空间时,结晶质矿物才能形成有规则的几何外形(图 2-3),具有良好固有形态的晶体称为自形晶体或单晶体。但由于生长空间的局限,矿物晶体往往发育不良,形成不规则外形的晶体称为他形晶体。岩石中的造岩矿物多为他形晶体的集合体。

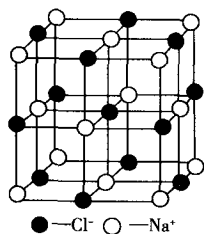


图 2-2 食盐晶体构造

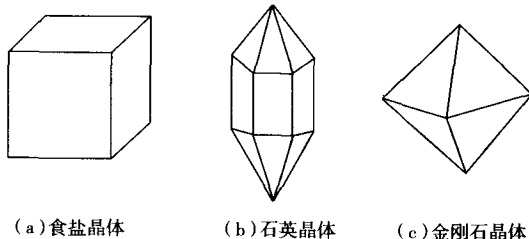


图 2-3 矿物晶体