

普通高等教育规划教材



# 工程地质与水文地质

(港口航道与海岸工程专业)

刘文白 蒋建平 编



人民交通出版社  
China Communications Press

# 工程地质与水文地质



策划编辑：黄兴娜

责任编辑：杨 川

美术编辑：孙立宁

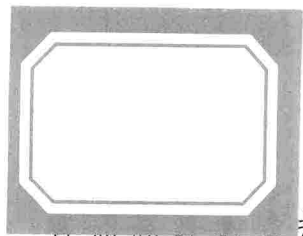
ISBN 978-7-114-09179-7



9 787114 091797 >

网上购书 / [www.jtbook.com.cn](http://www.jtbook.com.cn)

定 价：46.00 元



普通高等教育规划教材

Gongcheng Dizhi yu Shuiwen Dizhi  
**工程地质与水文地质**

(港口航道与海岸工程专业)

刘文白 蒋建平 编

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书在提炼整理工程地质、水文地质、岩土工程勘察的基础上,充分考虑港口航道与海岸工程的专业特性,并作为一个整体进行有机融合,形成具有港口航道与海岸工程应用特色的工程地质与水文地质。全书共分三篇十二章,第一篇工程地质学基础包括第一~第八章:矿物与岩石,地质构造,地貌与第四纪沉积物,岩体的稳定性分析,常见不良地质现象,不同工程类型的地质问题,地震,海洋工程地质;第二篇水文地质包括第九、第十章:地下水,若干地貌区的水文地质特征;第三篇岩土工程勘察包括第十一、第十二章:岩土工程勘察,水上与岸边岩土工程勘察。

本书重视基本概念、基本原理的讲授和基本方法的训练,兼顾工程实际应用和本学科发展的新成果和新趋势的介绍,可作为高等学校本科港口航道与海岸工程专业、水利工程、土木工程专业以及相近专业的教材,也可供上述专业的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

工程地质与水文地质 / 刘文白, 蒋建平编. —北京: 人民交通出版社, 2011. 7  
ISBN 978-7-114-09179-7

I. ①工… II. ①刘…②蒋… III. ①工程地质—教材②水文地质—教材 IV. ①P64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 106112 号

普通高等教育规划教材

书 名: 工程地质与水文地质

著 作 者: 刘文白 蒋建平

责任编辑: 杨 川

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 16.5

字 数: 405 千

版 次: 2011 年 7 月 第 1 版

印 次: 2011 年 7 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-09179-7

印 数: 0001—1000 册

定 价: 46.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 前言

本书是为适应水利工程类专业的教学需要而编写的,针对港口航道与海岸工程的专业特点,适用于水上工程建设的勘察、设计、施工和管理的专业学习。着重讲解工程地质与水文地质的基本概念、原理和方法,重点突出与工程建设相关的工程地质问题。鉴于目前我国海洋工程的大力发展,本书还介绍了海洋工程地质的基本概念。本书的编写,力求将基础知识与专业需要有机融合、理论与实际相结合。

根据工程地质与水文地质学科发展的要求,为适应工程建设的需要,编者学习和总结了国内外相关教学材料及其理论研究和工程实践,介绍了工程地质与水文地质的主要内容、方法及其最新进展,提出了具有港口航道与海岸工程应用特色的工程地质与水文地质。

本书共分三篇十二章,第一篇工程地质学基础包括第一~第八章:矿物与岩石,地质构造,地貌与第四纪沉积物,岩体的稳定性分析,常见不良地质现象,不同工程类型的地质问题,地震,海洋工程地质;第二篇水文地质包括第九、第十章:地下水,若干地貌区的水文地质特征;第三篇岩土工程勘察包括第十一、第十二章:岩土工程勘察、水上与岸边岩土工程勘察。

本书由上海海事大学刘文白、蒋建平主编。

本书的出版得到了上海市第四期本科教育高地建设项目(B210008G)、上海海事大学三年规划教材项目(2010)、上海海事大学港口、海岸及近海工程重点学科(第二期)建设项目(A2010030)、上海市教委科研创新项目(09YZ250)、上海市教委项目(07ZZ99)、上海海事大学科研基金项目(2009160)(2011000)的资助。书中还引用了许多科研、高校、工程单位及其研究人员的研究成果,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不当之处,敬请读者批评指正。

编 者  
2010年12月

# 目录

|         |   |
|---------|---|
| 绪论..... | 1 |
|---------|---|

## 第一篇 工程地质学基础

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第一章 矿物与岩石.....      | 9   |
| 第一节 造岩矿物 .....      | 10  |
| 第二节 岩浆岩 .....       | 16  |
| 第三节 沉积岩 .....       | 20  |
| 第四节 变质岩 .....       | 23  |
| 第五节 岩石的工程地质性质 ..... | 26  |
| 第二章 地质构造 .....      | 33  |
| 第一节 地质年代 .....      | 33  |
| 第二节 地层产状和岩层产状 ..... | 37  |
| 第三节 褶皱构造 .....      | 39  |
| 第四节 断裂构造 .....      | 41  |
| 第五节 地质图 .....       | 46  |
| 第三章 地貌与第四纪沉积物 ..... | 56  |
| 第一节 地貌概述 .....      | 56  |
| 第二节 山岭地貌 .....      | 59  |
| 第三节 平原地貌 .....      | 64  |
| 第四节 河谷地貌 .....      | 65  |
| 第五节 第四纪沉积物 .....    | 68  |
| 第四章 岩体的稳定性分析 .....  | 72  |
| 第一节 岩体的结构特征 .....   | 72  |
| 第二节 岩体的稳定性分析 .....  | 78  |
| 第五章 常见不良地质现象 .....  | 86  |
| 第一节 崩塌 .....        | 86  |
| 第二节 滑坡 .....        | 88  |
| 第三节 泥石流 .....       | 95  |
| 第四节 岩溶 .....        | 99  |
| 第五节 风沙.....         | 102 |

第六章 不同工程类型的地质问题..... 106

第一节 城市规划和建设中的工程地质问题..... 106

第二节 道路桥基的工程地质问题..... 113

第三节 隧道地下建筑的工程地质问题..... 116

第四节 水工建筑物的工程地质问题..... 121

第五节 海港及离岸工程的工程地质问题..... 123

第六节 环境工程地质..... 125

第七章 地震..... 129

第一节 概述..... 129

第二节 地震震级和地震烈度..... 131

第三节 我国区域地震特点及地震地质分析..... 134

第八章 海洋工程地质..... 138

第一节 海洋工程地质的形成、发展与研究内容 ..... 138

第二节 海洋土的工程地质性质..... 142

第三节 海洋工程地质灾害..... 151

第四节 海洋工程地质工作中的试验与测试..... 161

第二篇 水文地质

第九章 地下水..... 169

第一节 地下水物理性质及化学成分..... 170

第二节 上层滞水及潜水..... 174

第三节 承压水..... 179

第四节 地下水天然露头——泉..... 182

第五节 地下水动态的概念..... 183

第十章 若干地貌区的水文地质特征..... 186

第一节 山区地下水..... 186

第二节 山前地带及山间盆地区地下水..... 190

第三节 平原地区地下水..... 191

第四节 黄土高原及沙漠地区地下水..... 193

第三篇 岩土工程勘察

第十一章 岩土工程勘察..... 197

第一节 岩土工程勘察的一般要求..... 197

第二节 工程地质测绘..... 199

第三节 工程地质勘探..... 202

第四节 工程地质野外试验..... 208

第五节 工程地质长期观测..... 216

第六节 勘察资料内业整理..... 218

第十二章 水上与岸边岩土工程勘察..... 220

第一节 水上工程岩土工程勘察..... 220

第二节 岸边工程岩土工程勘察..... 223

第三节 地基评价..... 229

第四节 岸边岩土工程..... 234

参考文献 ..... 253



# 绪 论

工程地质学、水文地质学是地质学的一个分支,主要研究与工程建设有关的地质理论,应用于工程规划、勘察、设计、施工与正常使用。因此,工程地质学是地质学与工程学科交叉渗透的产物。地质学是研究地球的结构、物质成分、形成过程及其发展历史的综合科学。我国的工程地质学从 20 世纪 50 年代开始起,随着地质科技人员的不断扩大,勘探、测试手段的逐渐完善,新技术、新方法、新理论在地质学研究的各个领域的广泛采用,而得到了蓬勃发展和日益完善。由于地质现象错综复杂,千变万化,只有用科学的态度,以唯物辩证的观点,深入实际,调查研究,分析和揭露地壳内部矛盾,认识和掌握其规律,才能主动地改造自然、利用自然,为我国的工程建设作出贡献。

## 一、地球概述

地球是太阳系的一个行星,是一个不标准的旋转椭球体,平均半径 6 371km,极地与赤道半径相差 22km。地球并不是一个均质体,具有圈层结构。以地表为界分为内圈和外圈,它们分别又分几个圈层,每个圈层都有自己的物质运动特征和物理、化学性质,对地质作用各有不同程度的、直接或间接的影响。

### 1. 地球外圈

地球表面以上,根据物质性状可以分为大气圈、水圈和生物圈。它们各自形成连续完整的外圈。

### 2. 地球内圈

根据地震波传播速度的突变,可以确定地球内部的分界面,地球物理学上称为不连续面或界面。地球内部有两个波速变化最明显的界面:第一个界面深度很不一致,在大陆区较深,最深可达 60km 以上;在大洋区较浅,最浅不足 5km,这个界面叫莫霍洛维奇不连续面,简称莫霍面,是前南斯拉夫莫霍洛维奇于 1909 年发现的。第二个界面在地表下约 2 900km 处,叫古登堡不连续面,简称古登堡面,是美国古登堡于 1914 年提出的。根据这两个界面把地球内部分分为三圈,即地壳、地幔和地核。地球内部的分层构造如图 0-1 所示。

(1)地核。古登堡面以下是地核,半径 3 471km,体积占地球总体积的 16.2%,平均密度超过  $10\text{g}/\text{cm}^3$ 。形成这么高密度的地核,最合理的物质是金属。对陨石(一般认为陨石是行星爆炸的遗留物,保留的太阳系原始成分较多,而地幔和地核也是地球的原始成分,故可进行对比)分析表明,构成行星的物质中最常见的是铁,在铁陨石中,铁与少量的镍形成合金。因此,大多数地质学家都认为,地核的成分很可能是铁—镍合金。根据地震波传播的变化,地核可分为内核、过渡层和外核三个次一级的圈层。

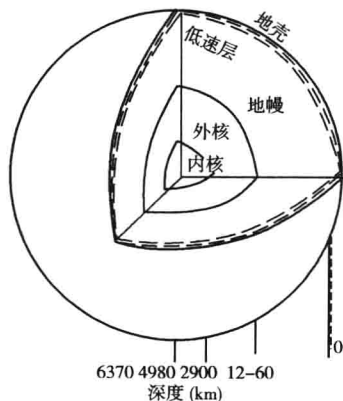


图 0-1 地球内部的分层构造图

①内核:研究穿过地核内部的纵波,肯定内核是固体。

②过渡层:波速变化复杂,并测到速度不大的横波,是液态向固态过渡的象征。

③外核:纵波速度急剧降低,横波不能通过;说明外核是液体。有人认为,地球外核熔融铁的运动就像一架巨大的直流发电机,它必定是地球磁场的来源。

(2)地幔。莫霍面与古登堡面之间为地幔,厚2800多km,占地球总体积的83%。地幔的平均密度为 $4.5\text{g/cm}^3$ ,说明地幔是由岩石组成,而不是由金属物质组成的。根据地震波速变化情况,可分为下地幔、过渡带和上地幔三个圈层。根据对陨石成分的比较,一般认为铁陨石相当于下地幔成分,而石陨石则相当于上地幔成分。

①下地幔:由地球内700km深度延伸到古登堡面为下地幔。平均密度 $5.1\text{g/cm}^3$ 。下地幔能传播S波,说明其组成物质基本上是固体。

②过渡带:地球为400~700km深为过渡带。带内波速的变化可能与成分的变化无关,而与晶体结构的变化即相变有关,故亦称相变带。

③上地幔:莫霍面以下到400km深为上地幔。这一层对研究地球表面的地质非常重要,因为它的运动和历史与地壳的运动和历史有关;上地幔的平均密度为 $3.3\text{g/cm}^3$ 。上地幔能传播S波,因此它的成分大部分必定是固体。

根据陨石成分,得出上地幔地震波速度和密度的数据,经与实验室对各种硅酸盐矿物按不同比例组合并在高温高压下测得的波速和密度数据对比,推测上地幔主要由橄榄石、辉石和石榴石组成。上地幔最显著的特点是其低速层,该层的纵波、横波速度要比其上、下的物质的速度都低。低速层顶部的深度各地不同,一般是从80km到120km,其厚度大约为100~200km。低速层波速低,说明其物质接近于熔融。低速层内有些区域不传播横波,表明那里已形成液态区,可能是岩浆发源地。由于低速层岩石塑性较大,给其上固体岩石的活动创造了条件,所以在构造地质学中把低速层也叫做软流圈。

(3)地壳。地壳由固体岩石构成,平均密度 $2.8\text{g/cm}^3$ ,下界面为莫霍面,表面在陆地上直接暴露于地表。整个地壳平均厚度约为16km,只有地球半径的1/400,体积只有地球体积的0.8%。地壳的厚度变化很大,大洋地壳较薄,大陆地壳较厚。由于海洋和陆地下面的地壳各有特色,故可分为大洋壳和大陆壳两种基本类型。

①大洋壳:海洋约占地壳面积的65%,大洋壳上平均覆盖4km深的海水。有些地方大洋壳的岩浆岩基底裸露在海水中,在另一些地方,特别是在大陆边缘,大洋壳的岩浆岩基底被很厚的沉积物深深地埋在下面。一般说来,大洋壳上平均覆盖着0.5km左右的松软沉积物,洋壳平均厚6km,最厚约为8km,最薄处不到5km。大洋壳的主要组成成分是铁镁质的物质,相当于玄武岩或辉长岩。

②大陆壳:大陆壳与大洋壳不同,大陆壳平均厚35km,最厚处可达70km(青藏高原),最薄处不到25km。最高的珠穆朗玛峰海拔高度超过8.8km,但是大陆地表的平均海拔高度大约只有800m,因此大陆壳的构造不是简单和均匀的。能直接观察到的地壳上部是由沉积岩、岩浆岩和变质岩组成的复杂混合物。大陆壳下部的地震波速度要比上部高,这种情况可能反映了成分上的变化,也可能是成分大致不变而发生了相变的结果。大陆壳和大洋壳不仅在高程、厚度和构造等方面很不相同,它们的总成分也有很大的差别。大陆壳与大洋壳相比,硅和钾较多,而铁、镁和钙较少。大陆壳具有与安山岩、花岗闪长岩类似的中性成分,而不是大洋壳的玄武岩成分。

## 二、地质作用

地球一直处在不停的运动 and 变化之中,因而引起地壳构造和地表形态不断地发生演变。

在地质历史发展的过程中,促使地壳的组成物质、构造和地表形态不断变化的作用,统称为地质作用。地质作用按其能源的不同,可分为外力地质作用和内力地质作用两类:

### 1. 外力地质作用

外力地质作用简称外力作用,是由地球外部的动力引起的。它的能源主要来自太阳的热能、太阳和月球的引力能及地球的重力能等。外力作用的方式,可以概括为以下几种:

(1)风化作用。风化作用是在温度变化、气体、水及生物等因素的综合影响下,促使组成地壳表层的岩石发生破碎、分解的一种破坏作用。风化作用使岩石强度和稳定性大为降低。

(2)剥蚀作用。剥蚀作用是将岩石风化破坏的产物从原地剥离下来的作用。它包括除风化作用以外的所有方式的破坏作用,诸如河流、大气降水、地下水、海洋、湖泊以及风等的破坏作用。

(3)搬运作用。搬运作用是岩石经风化、剥蚀破坏后的产物,被流水、风、冰川等介质搬运到其他地方的作用。

(4)沉积作用。被搬运的物质,由于搬运介质的搬运能力减弱,搬运介质的物理化学条件发生变化;或由于生物的作用,从搬运介质中分离出来,形成沉积的过程,称为沉积作用。

(5)成岩作用。沉积下来的各种松散堆积物,在一定条件下,由于压力增大、温度升高以及受到某些化学溶液的影响,发生压缩、胶结及重结晶等物理化学过程,使之固结成为坚硬岩石的作用,称为成岩作用。

外力地质作用,一方面通过风化和剥蚀作用不断地破坏了露出地面的岩石;另一方面又把高处剥蚀下来的风化产物通过流水等介质,搬运到低洼的地方沉积下来重新形成新的岩石。外力地质作用总的趋势是切削地壳表面隆起的部分,填平地壳表面低洼的部分,不断使地壳的面貌发生变化。

### 2. 内力地质作用

内力地质作用简称内力作用,是由地球的转动能、重力能和放射性元素蜕变产生的热能所引起,主要是在地壳或地幔内部进行。内力地质作用包括以下几种:

(1)地壳运动。地壳运动引起海陆变迁,产生各种地质构造。因此,在一定意义上又把地壳运动称为构造运动。发生在晚第三纪末和第四纪的构造运动,在地质学上称为新构造运动。伴随地壳运动,常常发生地震、岩浆作用和变质作用。

(2)岩浆作用。地壳内部的岩浆,在地壳运动的影响下,会向外部压力减小的方向移动,上升侵入地壳或喷出地面并冷却凝固成为岩石的全过程,称为岩浆作用。岩浆作用形成岩浆岩,并使围岩发生变质现象,同时引起地形改变。

(3)变质作用。由于地壳运动、岩浆作用等引起物理和化学条件发生变化,促使岩石在固体状态下改变其成分、结构和构造的作用,称为变质作用。变质作用形成各种不同的变质岩。

(4)地震。地震是地壳快速震动的现象,是地壳运动的一种表现形式。地壳运动和岩浆作用都能引起地震。

内力作用总的趋势是形成地壳表层的基本构造形态和地壳表面大型的高低起伏。一方面起着改变外力地质过程的作用,另一方面又为外力作用的不断发展提供新的条件。内力作用与外力作用紧密关联、互相影响,始终处于对立统一的发展过程中,成为促使地壳不断运动、变化和发展的基本力量。

### 三、工程地质学研究任务与内容

人类的工程活动都是在一定的地质环境中进行的,两者之间有密切的关系,并且是相互影响、相互制约的。

工程活动的地质环境亦称工程地质条件,一般认为它应包括:岩土类型及其工程性质、地质构造、地形地貌、水文地质、物理地质现象和天然建筑材料等。

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,这就是工程地质学的基本任务。而在大规模的改造自然环境的工程中,如何按地质规律办事,有效地改造地质环境,提出保证建筑物的稳定性和正常使用的有效措施,则是工程地质学面临的主要任务。

工程地质学是把地质科学应用于工程实践,通过工程地质调查及理论性的综合研究,对工程区的工程地质条件进行评价,解决与工程建筑有关的工程地质问题,预测并论证工程区内各种物理地质现象的发生、发展,提出改善和防治措施,为工程建筑的规划、设计、施工、使用和维护提供所需的地质资料和数据。

工程地质学包括:工程岩土学、工程地质分析、工程地质勘察三个基本部分,它们都已形成分支学科。工程岩土学的任务是研究土石的工程地质性质,研究这些性质的形成和它们在自然或人类活动影响下的变化;工程地质分析的任务是研究工程活动的主要工程地质问题,研究这些问题产生的地质条件、力学机制及其发展演化规律,以便正确评价和有效防治它们的不良影响;工程地质勘察的任务是探讨调查研究方法,以便有效查明有关工程活动的地质因素及各种地质条件。

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。

随着建设的发展和科学研究的深入,一些新的分支学科正在形成。如环境工程地质学、海洋工程地质学与地震工程地质学等。

各类工程(交通、港口航道与海岸工程,矿山,水利水电,工业与民用建筑等)对工程地质条件有不同的要求,主要工程地质问题亦不同,由于各地工程地质条件复杂多变,决定了工程地质问题千差万别。由于港口航道与海岸工程是一种既延伸很长又有一定的宽度,而且与河海紧密相连的建(构)筑物,它会遇到各种各样的自然条件和地质问题,并易受频繁变化的大气物理作用的影响,因此,港口航道与海岸工程所涉及的工程地质和水文地质无论在研究对象和研究方法上都有自己的特点。

水文地质学是研究地下水的数量和质量随空间和时间变化的规律,以及合理利用地下水或防治其危害的学科。它研究在与岩石圈、水圈、大气圈、生物圈以及人类活动相互作用下地下水水量和水质的时空变化规律以及如何运用这些规律兴利除害。

工程地质与水文地质是相互联系的、相互交叉的,工程地质中包含水文地质的内容,同样,水文地质中包含工程地质的内容,故本书将工程地质与水文地质放在一起进行分析。

### 四、工程地质与水文地质的发展前景

工程地质与水文地质的理论还很不完善,很多问题如岩质边坡的稳定性、各种特殊地层的工程性质、不良地质的处理措施等都有待进一步研究。当前,大量采用先进技术、提高工程地质勘探和测试质量是重要的努力方向。近十几年来,在地质勘探方面,发展了一系列地球物理

勘探方法,如电探、触探、地震勘探、声波探测、重力勘探、磁力勘探、放射性勘探等,其中有的已经取得了较好的成果。此外,航空工程地质勘探、遥感技术和电子技术的进展极为迅速,它们的应用将为工程地质学的研究开辟更为广阔的前景。

随着科学技术的进步,以下各方面都得到了很大的发展:在港口航道与海岸工程方面,应用先进的电子计算技术,目前已考虑对土的特殊性质采用有限元法来计算路基的强度和稳定性;在改良和加固不良土质方面,已开始应用化学加固、电硅化加固、塑料排水板排水、真空法排水、土工布铺垫法等;在支挡建筑物方面,逐步向新型、轻型结构发展,如采用轻型挡土墙、柔性挡土墙等。

港口航道与海岸工程,随着其等级标准的提高,其各类工程建(构)筑物的工程地质条件要求会更高,其新理论、新方法、新技术应用也会更为广泛。

## 五、学习方法与要求

工程地质与水文地质应以严肃认真的科学态度,善于综合应用地质学理论及 20 世纪 80 年代发展起来的各种新技术、新方法、新理论(包括试验、计算),相互核对,相互验证,客观地反映各种地质现象,正确、全面地评价工程地质条件,为选择线路和各种建筑物方案的工程设计提供可靠的地质依据。

本课程是港口航道与海岸工程专业的一门专业基础课,它结合我国自然地质条件和港口航道与海岸工程的特点,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和水文地质的基础知识;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,能对一般的工程地质问题进行初步评价。学习本课程最重要的不是死记硬背某些条文,而是学会具体问题具体分析。作为港口航道与海岸工程专业的工程师,更必须具备一定的工程地质和水文地质的科学知识。



# 第一篇 工程地质学基础





# 第一章 矿物与岩石

地球的外层称为地壳。它是各种工程建筑的场所,人类生存和活动的地方。因此,了解地壳的组成、结构以及变化规律等,具有十分重要的意义。

根据地球物理勘测资料推断,地球的内部结构大致可以分为地核、地幔和地壳三大层。它是按一定规律分布的。位于不同的深度,具有不同的物质组成和物理性质。例如地球内部的密度、压力、温度和各种化学成分,都随着深度的增加而变化。

地球最内部的核心部分,称为地核。多数人认为地核的成分主要是由含铁、镍量很高、成分很复杂的物质组成的。地核的密度约  $16.0\text{g}/\text{cm}^3$ ,温度可达  $4\,000 \sim 5\,000^\circ\text{C}$ ,中心压力可达 360 万个大气压。由于温度高、压力大,物质的熔点高,所以地核处于一种特殊状态。

地幔是介于地核和地壳之间,也称为中间层。地幔和地壳之间有一不规则界面叫做莫霍分界面,或称莫霍面。地幔是以铬、铁、镁及二氧化硅等物质组成,其厚度自地壳以下约为  $2\,900\text{km}$ ,密度接近地球的平均密度,约  $5.52\text{g}/\text{cm}^3$ 。在深度为  $50\text{km}$  以内是固体状态的物质,再向下即逐渐变为熔融状态。这种熔融状态的物质称为岩浆。

莫霍面以上的部分即为地壳,地壳的厚度各地有很大的差异性,变化于  $20 \sim 30\text{km}$  之间,在大陆范围内一般厚  $30 \sim 40\text{km}$  之间,而我国西藏高原及天山地区则厚达  $70\text{km}$  左右。大洋地区厚度最小,大西洋和印度洋地区厚度为  $10 \sim 15\text{km}$ ,在太平洋中央部分厚度只有  $5\text{km}$ 。地壳与地球半径相比,只不过是地球上层极薄的一层硬壳而已。组成地壳的基本物质是化学元素,其中最主要的元素有下列几种(按百分比计算):

|   |       |   |      |   |      |   |      |   |      |
|---|-------|---|------|---|------|---|------|---|------|
| 氧 | 49.13 | 铝 | 7.45 | 钙 | 3.25 | 镁 | 2.35 | 氢 | 1.00 |
| 硅 | 26.0  | 铁 | 4.20 | 钠 | 2.40 | 钾 | 2.35 |   |      |

其次是钛、磷、锰、氮、硫、钡、氯等。

地壳中的化学元素,往往是聚集成各种化合物或单独产出,形成矿物。矿物的自然集合体又构成岩石,按岩石的成因类型可分为岩浆岩(火成岩)、沉积岩和变质岩。地壳的表层就是由各种岩石所组成。

地壳处在经常不断的发展和演变之中,这种变化主要表现在两个方面:一种表现为短暂而迅速的突变;另一种表现为长期缓慢的渐变。前者如火山喷发、地震、山崩、地陷等;后者如在漫长的地质时间内,湖泊逐渐被河流携带的泥沙所淤积;高山逐渐被风化侵蚀所夷平等。地表上连绵不断的山脉和纵横交错的河流,也都是地壳运动的产物。这种引起地壳的物质成分、内部构造和外表形态等不断变化和发展的各种作用,称为地质作用。

在地质作用下,地壳的改变对工程建筑的影响很大。因为一切工程建筑都是修建在地壳上,组成地壳的岩石则是建筑物的地基及常用的建筑材料。地壳各部分的岩石,由于形成条件、矿物组成、结构和构造等因素的差异,各有不同的物理力学性质,直接关系到建筑物的地基稳定和石料质量的好坏。因此,在港口航道与海岸工程建设中,就必须对组成地壳的主要矿物和常见岩石以及它们的工程地质性质等方面进行研究。