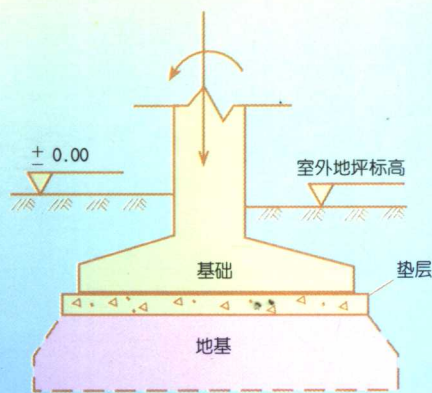




教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材



李延和 主编

地基基础

建筑施工与管理专业系列教材

中央广播电视大学出版社

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材
建筑施工与管理专业系列教材

地 基 基 础

李延和 主编



中央广播电视大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地基基础 / 李延和主编. —北京: 中央广播电视大学出版社,
2006.4

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材. 建筑施工与
管理专业系列教材

ISBN 7 - 304 - 03564 - 1

I. 地… II. 李… III. 地基—基础 (工程)—电视大学
—教材 IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 042568 号

版权所有, 翻印必究。

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材
建筑施工与管理专业系列教材

地 基 基 础

李延和 主编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 发行部: 010 - 58840200

总编室: 010 - 68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号 邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 何勇军

责任编辑: 申 敏

印刷: 北京宏伟双华印刷有限公司

印数: 0001 ~ 2000

版本: 2006 年 5 月第 1 版

2006 年 5 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 13.5 字数: 307 千字

书号: ISBN 7 - 304 - 03564 - 1/TU·78

定价: 26.00 元 (含 DVD-ROM 光盘 1 张)

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

**建筑施工与管理专业
教学资源建设咨询委员会**

主 任：李竹成 李林曙

成 员：(以姓氏笔画为序)

王作兴	王晓明	任 岩	刘其淑
旷天鑑	吴汉德	何勇军	何树贵
郝 俊	胡兴福	姚谨英	陶水龙

**建筑施工与管理专业
教学资源建设委员会**

主 任：杜国成

副主任：郭 鸿 张 明 魏鸿汉
 吴国平 傅刚辉 王 圻

成 员：(以姓氏笔画为序)

方绪明	刘 薇	刘 鹰	吕文晓
余 宁	李 峥	李永光	李自林
李延和	李晓芳	杜 军	陈 丽
沈先荣	张 卓	杨力斌	杨 斌
郑必勇	武继灵	徐道远	徐 悦
郭素芳	高玉兰	银 花	章书寿
彭 卫	董晓冬		

内 容 提 要

本书系根据中央广播电视大学主持审定的土建类统设专业——建筑施工与管理专业（专科）的地基基础课程教学大纲的要求编写。

本书介绍了地基基础三大内容：工程地质基本概念、土力学基本概念和地基基础设计基本方法。主要内容包括工程地质、土力学基本原理、基础设计、地基处理、基坑支护及地基工程监测与检测。

为了便于学员掌握地基基础设计方法，本书将基础设计基本概念独立成章。结合地基基础专业的发展需要，本书专列了基坑支护工程和地基工程检验与监测方面的内容。

针对开放专科学员以自学为主的特点，本书在章的开头和结尾分别编写了学习目标、重点、建议、内容回顾和拓展。同时，编写了大量的思考题和习题，并附参考答案。

本书具有内容精练、体系完整、便于自学的特点，可作为土建类专业（专科）教学用书、自学考试自学参考书和相关专业工程技术人员的简明工具书。

前 言

本教材是中央广播电视大学建筑施工与管理专业系列教材之一,是根据2005年制定的地基基础教学大纲编写的。

地基基础是土建类专业的一门主要专业课。它的主要任务是介绍工程地质基本知识、工程地质勘察基本方法、土力学基本原理、基础设计方法及地基基础的新技术、新方法。本教材按照专科层次的培养目标,结合开放专科的学员特点,理论部分叙述简明,以实用为目的重点介绍工程中常用的方法和技术。本教材以《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—94)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002)、《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)、《建筑基桩检测技术规范》(JGJ 106—2003)和《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—99)的相关条文为依据进行编写。力争做到:理论分析简明扼要;设计方法规范,公式完整;技术介绍实用性强;算例讲解清晰,便于参考理解。

本书由李延和任主编。具体编写分工如下:第1章李延和,第2章王旭东,第3章杨斌、任亚平,第4章任亚平、李延和,第5章李延和,第6章李延和,第7章王旭东、杨斌,第8章任亚平、杨斌,第9章杨斌,第10章任亚平,第11章李延和。郑必勇、宗兰和樊有维参与了本书的审定。在本书的编写过程中还得到了中央电大、中国建设教育协会、江苏电大、杭州电大和天津电大有关领导和专家的大力支持。

本教材不仅适用于专科教学,也可供自学考试的考生和相关专业工程技术人员使用和参考。

由于编者水平所限,书中疏漏、错误和不足之处在所难免,恳请广大师生和读者批评指正。

编 者

2005年10月

目 录

1 绪 论	(1)
1.1 地基、基础及土力学的基本概念	(1)
1.2 地基基础在工程中的地位及重要性	(2)
1.3 本课程的特点和学习方法	(3)
2 工程地质	(5)
2.1 概 述	(6)
2.2 地质作用及地质年代	(6)
2.3 岩石成因、特征及分类	(8)
2.4 土的物理性质及工程分类	(10)
2.5 地下水及其侵蚀性	(22)
2.6 土中的渗流和渗透性	(23)
3 土力学基本原理	(27)
3.1 概 述	(28)
3.2 地基的应力	(28)
3.3 地基变形	(35)
3.4 土的强度指标	(46)
3.5 土压力及挡土墙设计	(53)
3.6 土坡稳定分析和计算	(61)
4 工程地质勘察	(65)
4.1 概 述	(65)

2 | 地基基础

4.2	勘探和取样	(69)
4.3	工程勘察的室内土工试验及测试	(71)
4.4	地质勘察报告	(72)
4.5	勘察报告的阅读与使用	(76)
5	基础设计基本概念	(79)
5.1	概 述	(79)
5.2	基本规定	(80)
5.3	基础分类	(83)
5.4	基础设计的几个重要概念	(88)
6	天然地基上浅基础设计	(95)
6.1	设计内容及基本参数确定	(96)
6.2	无筋扩展基础设计	(103)
6.3	扩展基础设计	(108)
6.4	柱下钢筋混凝土条形基础设计	(117)
7	桩基础设计	(124)
7.1	桩基概念及适应性	(124)
7.2	竖向荷载作用下的单桩工作性状	(126)
7.3	竖向荷载下单桩承载力的确定方法	(129)
7.4	桩基计算	(135)
7.5	桩基础设计	(137)
8	特殊地基设计	(154)
8.1	概 述	(154)
8.2	软土地基	(155)
8.3	膨胀土地基	(158)
8.4	山区地基	(162)

9	地基基础抗震设计简介	(167)
9.1	场 地	(167)
9.2	砂土液化	(169)
9.3	地基基础抗震验算	(173)
10	基坑工程简介	(177)
10.1	概 述	(177)
10.2	基坑支护结构设计依据及标准	(178)
10.3	支护结构的选型及布置形式	(179)
11	检验与监测	(185)
11.1	概 述	(186)
11.2	基槽检验	(187)
11.3	桩基检验	(189)
11.4	建筑物变形观测	(197)
11.5	基坑工程监测	(200)
	参考文献	(205)

1 绪 论

1.1 地基、基础及土力学的基本概念

1.1.1 地基定义及分类

建筑物的全部荷载最终由其下的地层来承担，承受建筑物全部荷载的那一部分地层称为地基（见图 1-1）。地基分为天然地基和人工地基。

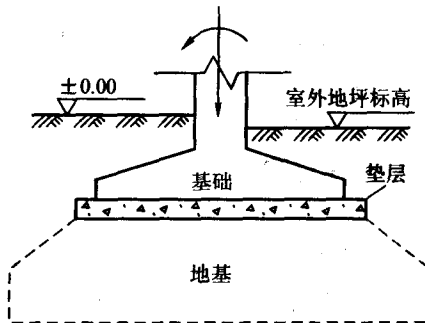


图 1-1 地基及基础示意图

1. 天然地基

力学性能满足建筑物的承载和变形能力要求的地层称为天然地基。建筑物的基础可直接设置在该天然地层上。

承载能力和抗变形能力是地层能否作为天然地基的基本要求。承载能力要求是指该地层必须具有足够的强度和稳定性以及相应的安全储备；抗变形能力要求是指该地层承受建筑物荷载后不能产生过量的沉降和过大的不均匀沉降。

2. 人工地基

当天然地层无法满足承受建筑物全部荷载的承载能力和变形能力基本要求时，可对一定深度范围内的天然地层进行加固处理，使其能发挥持力层作用，这部分地层经过人工改造后成为的地基称为人工地基。

1.1.2 基础的定义

由于地层土的压缩性大,强度低而不能直接承担通过墙和柱等竖向传力构件传来的建筑物的上部结构荷载,所以只能在竖向传力构件(墙和柱等)等直接与地基的接触处设置一层尺寸大于墙或柱断面的结构,以将荷载扩散后安全地传递给地基,这种起到扩散墙柱等竖向传力构件荷载作用的建筑物最下部的结构称为基础(见图1-1)。

基础是连接上部结构与地基的结构构件,基础结构应符合上部结构使用要求,技术上合理,施工方便,能满足地基的承载能力和抗变形能力要求。基础按埋置深度和传力方式可分为浅基础和深基础。

1. 浅基础

相对埋深(基础埋深与基础宽度之比)不大,采用普通方法与设备即可施工的基础称为浅基础。浅基础按结构形式分为独立基础、条形基础、板式基础、筏式基础、箱形基础、壳体基础等。

2. 深基础

当建筑物荷载较大且上层土质较差,采用浅基础无法承担建筑物荷载时,须将基础埋置于较深的土层上,通过特殊的施工方法将建筑物荷载传递到较深土层的基础称为深基础。

深基础可分为桩基础、沉井基础和地下连续墙等。

1.1.3 土力学的定义和研究对象

建筑物的荷载使地基中原有的应力状态发生变化,这就需要运用力学的方法来研究。

利用力学的基本原理和土工测试技术来研究土的物理性质和土受力后的应力、强度、变形、稳定、渗透性及其随时间的变化规律的学科称为土力学。

土力学是工程力学的一个分支。

由于土力学研究的对象——“土”是散粒体,属于三相体系,其力学性质与一般材料不同,所以在解决土工问题时,土力学很难像其他力学学科一样具备系统的理论和严密的数学公式,它常常要借助于工程实践经验的积累、现场测试以及室内土工实验来进行分析。因此,土力学是一门依赖于工程实践,理论与实际紧密结合的学科。

1.2 地基基础在工程中的地位及重要性

地基和基础是建筑物的根基。地基的选择或处理是否正确,基础的设计与施工质量的好坏均直接影响到建筑物的安全性、经济性和合理性。

从安全性来分析,地基与基础的质量好坏对建筑物安全性的影响是巨大的。一旦发生地基与基础质量事故,对其补救和处理十分困难,有时甚至无法补救。因地基基础质量问题造成的建筑物倾斜或倒塌的工程实例非常之多。我国的虎丘斜塔、意大利的比萨斜塔是典型的建筑物倾斜例子;加拿大的特朗斯康谷仓整体失稳事故,我国武汉的某高层建筑因地基问题造成建筑物严重倾斜并最终拆除,均是地基失效的例子。

从经济性来分析,基础工程占整个建筑的建设费用的比例相当大。一般采用浅基础的多层建筑的基础造价占建筑造价的15%~20%,采用深基础的高层建筑基础工程造价占总建筑费用的比例为20%~30%。

从合理性来分析,建筑物基础形式的合理选择是保证基础安全性和经济性的关键。然而,如何做到合理选择基础形式还有许多工作要做。近20年来,国内外提出了许多新型的基础形式,这些工作为合理选择基础形式提供了技术支持。

1.3 本课程的特点和学习方法

1.3.1 本课程的特点

地基基础是一门理论性和实践性均较强的课程。不同地区的地质条件各不相同,除了常规的基础形式之外,各地区均有许多适应于该地区地质条件的基础形式。一个好的地基基础设计方案应是在充分了解地质资料,对地基土的特性进行仔细分析并结合土力学知识、基础设计方法和各地区的实践经验后才能得出。

本课程具有如下基本特点:

(1) 在规划、勘探、设计、施工及使用阶段,地基基础问题是一个最基本的,并且需要分析和解决好的问题。

(2) 地基基础属于隐蔽工程,其质量直接影响到结构安全使用,一旦发生质量问题,处理起来相当复杂和困难。

(3) 地基土的条件千变万化,建筑场地一旦确定,均要根据该场地的地质条件来设计基础,所以通过地质勘探来了解地质条件是必不可少的工作。

(4) 地基基础涉及的内容广泛,要有综合的知识。同时,理论知识与实践经验的结合是地基基础课程的又一大特点。地基基础课程与工程力学、建筑材料、建筑结构设计、施工技术、工程地质与土的力学性能等有着密切的关系,充分掌握上述学科的基本原理和相关关系是做好地基基础的设计与施工工作的基本保证。

(5) 本课程的知识更新周期较短。随着科技的发展,涌现了大量新的基础形式和地基基础新技术,这就要求不断学习,求真务实。

1.3.2 学习方法和建议

1. 掌握基本理论和方法

学会运用土力学等基本原理和概念, 结合结构设计方法和施工技术, 提高分析问题和解决问题的能力。

2. 采用综合的思维方式来学习

要注意到地基基础学科与其他学科的联系, 特别是结构设计、抗震设计等。这些学科中有许多概念和方法在地基基础设计时必须用到。

3. 理论与实践必须相结合

教学环节要分理论教学和实践教学, 必要时可组织现场教学, 参观施工现场。只有通过理论与实践的比较才能逐步提高认识, 提高地基基础的设计与施工能力。

2 工程地质

学习目标

1. 掌握地质作用的基本概念；
2. 了解主要的成岩矿物、火成岩、沉积岩与变质岩的特点和常见岩石种类；
3. 熟悉地质年代的基本概念；
4. 掌握土的定义、土的成因和按成因分类；
5. 掌握土的三相指标换算和土的工程分类；
6. 了解地下水的分类和土的渗透性概念；
7. 了解渗透变形和地下水的侵蚀性。

学习重点

1. 地质年代，岩石分类；
2. 土的分类，土的物理性质指标；
3. 土的三相简图，土的三相物理指标换算图。

学习建议

1. 以理论学习为主，结合室内试验和野外实习，熟悉常见矿物和岩石，了解常见地质现象；
2. 熟记土的三相简图和土的三相物理指标换算图。在掌握基本概念和例题的条件下再做习题。

2.1 概 述

地球是宇宙中的一颗行星,自形成以来已经历了漫长的地质演变时期,地质作用自始至终贯彻在这一演变过程中。地球是一个旋转的椭球体,赤道半径为 6 378.4 km,两极半径为 6 365.9 km。地球内部物质的密度随深度增加而增加,并呈同心圈层结构,地球内部由地壳、地幔、地核组成,如图 2-1 所示。地壳由各种岩石组成,表层多为沉积岩,其下层为变质岩,密度约为 $2.7 \sim 2.9 \text{ g/cm}^3$,大陆地壳平均厚度约 33 km,高山区可达 70~80 km,位于大洋底部的大洋地壳,由玄武岩组成,平均厚度较小,为 7~8 km。地壳以下至大约 2 900 km 深处为地幔,密度为 $3.32 \sim 4.64 \text{ g/cm}^3$ 。地幔以下直到地心的部分称为地核,地核由液态外核和固态内核组成,密度为 $11.0 \sim 16.0 \text{ g/cm}^3$ 。

由地表岩石圈构成的地壳,其内部构造复杂,岩石圈具有较强的刚性,在自然动力作用下分裂成若干块体,称为板块,板块运动是构造运动发生的根源。由于岩石的成因、时代、岩性的不同,加之地质作用形成不同的地质构造、地形地貌以及地下水类型,这就造成场地的工程地质条件存在明显的差异,直接影响工程建设。系统掌握工程地质基础知识和理论,有助于全面分析和评价建设场地的工程地质条件,制定合理的不良地质问题防治对策,以保证工程建设的顺利开展。

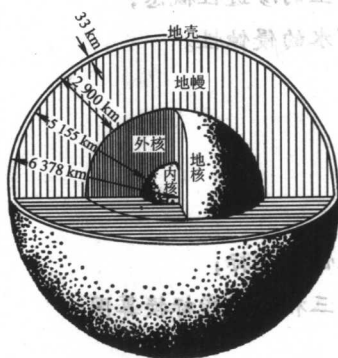


图 2-1 地球的内部圈层构造

2.2 地质作用及地质年代

2.2.1 地质作用

地球形成以来,一直处于不断地运动和变化之中。地球在其形成 46 亿年的历史中逐渐

发展和演化成今天的面貌。

由自然动力引起地球和地壳物质组成、内部结构和地壳形态不断变化和发展的作用，称为地质作用。地质作用实质上是组成地球的物质以及由其传递的能量发生运动的过程，地质作用的发生常常引发灾害。

地质作用按照动力来源的不同，可划分为内力地质作用、外力地质作用及工程地质作用。内力地质作用由地球内部放射性元素蜕变产生的辐射热能，以及地球旋转能和重力能引起。外力地质作用主要由地球以外的太阳辐射能引起。工程地质作用实际上是人为地质作用，例如，采矿移动大量岩体，引起地表变形、崩塌、滑坡，石油、天然气和地下水开采，因岩土层内疏干排水造成地面沉降，土木工程建设中，开挖引起的滑坡、洞室围岩塌方、地基失稳。

2.2.2 地质年代

1. 绝对年代的确定

自 20 世纪 30 年代发现了元素的放射性后，同位素地质年代测定方法得到越来越广泛的应用。其基本原理是基于放射性元素具有固定的衰变系数（衰变系数是代表每 1 年每 1 克母体同位素能产生的子体同位素的克数），测出矿物中放射性同位素蜕变后剩余的母体同位素含量与蜕变而成的子体同位素含量，由此可以计算出该矿物从其形成到现在的实际年龄，即代表岩石的绝对年代。

2. 地质年代表

通过对全球各个地区地层划分和对比以及对各种岩石进行同位素年龄测定，按年代先后进行系统性的编年，列出“地质年代表”。它的内容包括地质年代单位、名称、代号和绝对年龄值等。

地质年代表使用不同级别的地质年代单位和年代地层单位。地质年代单位包括宙、代、纪、世，与其相对应的年代地层单位分别是宇、界、系、统。

宙是地质年代的最大单位，根据生物演化，把距今 6 亿年以前仅有原始菌藻类出现的时代称为隐生宙，距今 6 亿年以后称为显生宙，显生宙是地球上生命大量发展和繁荣的时代。与宙相对应的年代地层单位为宇。

代是地质年代的二级单位。隐生宙划分为两个代：太古代和元古代。显生宙划分成三个代：古生代、中生代、新生代。与代相对应的年代地层单位为界。

纪是地质年代的三级单位。古生代分为六个纪，中生代分为三个纪，新生代分为两个纪。与纪相对应的年代地层单位为系。

世是纪下面的次一级地质年代单位。一般一个纪分成三个或两个世，称为早世、中世、晚世或早世、晚世，并在纪的代号右下角分别标出 1, 2, 3 或 1, 2 表示之。比较特殊的是新生代划分为七个世。与世相对应的年代地层单位为统，它们相应地称为下统、中统和

上统。

表 2-1 为地质年代表的节选,表中仅列出了显生宙的新生代和中生代的内容。

表 2-1 地质年代表 (节选)

相 对 年 代				距今年龄/ Ma	生物开始 出现时间	主要地壳 运动	
宙 (宇)	代 (界)	纪(系)	世(统)代号				
显 生 宙 (宇)	新 生 代 (界) K ₂	第四纪(系)Q	全新世(统)Qh	0.01	← 现代人	喜马拉雅运动	
			更新世(统)Qp	2.0			
		晚第三纪(系)N	上新世(统)N ₂	5.3	← 古猿		
			中新世(统)N ₁	24.6			
		早第三纪(系)E	渐新世(统)E ₃	38.0	燕山运动		
			始新世(统)E ₂	54.9			
			古新世(统)E ₁	65			
		中 生 代 (界) M ₂	白垩纪(系)K	晚(上) K ₂ 白垩世(统) 早(下) K ₁	144	← 被子植物	印支运动
	侏罗纪(系)J			晚(上) J ₃ 中(中)侏罗世(统)J ₂ 早(下) J ₁	← 哺乳类		
			三叠纪(系)T	晚(上) T ₃ 中(中)三叠世(统)T ₂ 早(下) T ₁		213	

2.3 岩石成因、特征及分类

2.3.1 造岩矿物及岩石定义

矿物是指地壳中具有—定化学成分、内部构造和物理性质的自然元素或化合物,它是各种地质作用的天然产物,是岩石的基本组成部分。矿物是影响岩石工程性质的主要因素。已发现的矿物种类有 3 000 多种,但其主要造岩矿物只有 100 多种,最常见的仅十几种。绝大部分矿物为固态,少数为液态和气态。

岩石是由矿物或岩屑在地质作用下按—定规律凝聚而成的自然地质体。