



高等院校“十二五”规划教材

基础工程

潘洪科 主编



中山大学出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

高等院校“十二五”规划教材·土木工程类

基础工程

主 编	潘洪科		
副主编	胡江春	徐福卫	
编 委	扬子胜	殷晓三	夏晓敏



中山大學出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

· 广州 ·

版权所有 翻印必究

图书在版编目(CIP)数据

基础工程 / 潘洪科主编. — 广州: 中山大学出版社, 2015.8
ISBN 978-7-306-05381-7

I. ①基… II. ①潘… III. ①基础(工程) IV. ①TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 173599 号

出 版 人: 徐 劲

责任编辑: 刘 丽

封面设计: 李芳芳

责任校对: 蔡 丹

责任技编: 黄少伟

出版发行: 中山大学出版社

电 话: 编辑部 020-84111996, 84113349, 84111997, 84110779

发行部 020-84111998, 84111981, 84111160

地 址: 广州市新港西路 135 号

邮政编码: 510275

传 真: 020-84036565

网 址: <http://www.zsup.com.cn>

E-mail: zdcbs@mail.sysu.edu.cn

印 刷 者: 虎彩印艺股份有限公司

规 格: 787mm×1092mm 1/16 15.5 印张 358 千字

版次印次: 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 元

如发现本书因印装质量影响阅读, 请与出版社发行部联系调换

前 言

《基础工程》为土木工程专业必修的基础课程，主要讲授常见的地基基础的设计理论和计算方法方面的内容。在以往的大学教材中，土力学与基础工程通常合成一门专业课进行讲授。根据 2002 年高等学校土木工程专业指导委员会编制的《高等学校土木工程专业本科教育培养目标和培养方案及课程教学大纲》的要求，土力学和基础工程设置为两门专业基础课程。自 1992 年起，我国在土木与建筑领域开始实施执业资格制度，对高校土木与建筑类专业的办学产生了很大的影响。2010 年，教育部联合有关部门和行业协（学）会，共同实施“卓越工程师教育培养计划”。因而，将执业资格制度与卓越工程师计划结合起来，培养“双证通融的土木工程高级应用型人才”，必将成为今后土木工程专业学生的重要发展方向。基于此，我们编写了此书，并在书中各个章节中选择融入了历年国家注册土木（岩土）工程师考试的部分案例与真题，包括章节后面供读者自习的练习与思考题。

本书在编写过程中，既重视基础理论及知识的阐述，又注重引入本学科的新进展、新技术和新工艺，力求知识的系统性与技术的新成就相结合。另外，本书部分章节融入了编者的最新研究成果，相信该书的出版将在一定程度上推动我国基础工程理论与技术的发展，以及推进我国实行“双证通融”的卓越工程师培养计划的改革与发展。

本书由湖北文理学院潘洪科担任主编，中原工学院胡江春与湖北文理学院徐福卫担任副主编，全书由潘洪科统稿。各章编写分工为：第 1 章由徐福卫编写；第 2 章和第 4 章由胡江春编写；第 3 章由中原工学院杨子胜与夏晓敏共同编写（其中，3.1~3.3 节由夏晓敏编写，3.4~3.12 节由杨子胜编写）；第 5 章由潘洪科编写；第 6 章由潘洪科与胡江春共同编写；第 7 章由中原工学院殷晓三编写。本书在编写过程中参考了许多专家、学者在教学、科研、设计和施工中积累的资料，在此一并表示感谢。

由于编者水平所限，书中如有不足之处敬请使用本书的师生与读者批评指正，以便修订时改进。如读者在使用本书的过程中有其他意见或建议，恳请向编者（bjzhangxf@126.com）踊跃提出宝贵意见。

编 者

目 录

第1章 绪论	1	3.1.2 浅基础设计的基本原则和 内容	39
1.1 地基与基础的概念	1	3.2 浅基础的分类	40
1.2 基础工程设计等级及设计计算的 原则	1	3.2.1 按基础刚度分类	40
1.2.1 地基基础设计等级	1	3.2.2 按构造分类	41
1.2.2 设计计算的基本原则	2	3.3 基础埋置深度的选择	44
1.2.3 设计所需的资料	3	3.4 地基承载力特征值的确定	47
1.3 本学科发展概况	4	3.4.1 按理论公式计算确定	48
1.4 本课程的特点及学习要求	5	3.4.2 按现场荷载试验确定	49
1.4.1 课程特点	5	3.4.3 按经验方法确定	50
1.4.2 学习要求	5	3.4.4 地基承载力特征值的 修正	51
第2章 岩土工程勘察	7	3.5 基础底面尺寸的确定	52
2.1 概述	7	3.5.1 按地基持力层承载力计算 基础底面尺寸	52
2.2 地基岩土的分类和鉴别	7	3.5.2 软弱下卧层承载力验算	54
2.2.1 岩石	8	3.6 地基变形与稳定计算	57
2.2.2 碎石土	12	3.6.1 地基的变形验算	57
2.2.3 砂类土	13	3.6.2 地基稳定性验算	61
2.2.4 粉土	14	3.7 减轻不均匀沉降的措施	62
2.2.5 黏性土	15	3.7.1 建筑措施	62
2.2.6 人工填土	16	3.7.2 结构措施	64
2.3 岩土工程勘察的等级和阶段	17	3.7.3 施工措施	65
2.3.1 岩土工程勘察等级	17	3.8 无筋扩展基础设计	66
2.3.2 岩土工程勘察阶段	18	3.8.1 构造要求	66
2.4 岩土工程勘察方法	20	3.8.2 设计计算	67
2.4.1 测绘和调查	20	3.9 扩展基础设计	69
2.4.2 勘探	21	3.9.1 扩展基础的构造要求	70
2.4.3 原位测试	24	3.9.2 扩展基础的设计计算	70
2.4.4 室内实验	29	3.10 柱下条形基础	75
2.4.5 现场检验和监测	32	3.10.1 构造要求	76
2.4.6 土试样的采取	32	3.10.2 柱下条形基础的设计 计算	76
2.5 地基勘察报告	35	3.11 筏形基础	79
第3章 天然地基上浅基础设计	38	3.11.1 筏形基础的构造要求	79
3.1 概 述	38	3.11.2 筏形基础的设计计算	81
3.1.1 基础设计的等级	39		

3.12 箱形基础	85	5.2 沉箱	142
3.12.1 构造要求	86	5.2.1 适用范围和特点	142
3.12.2 内力计算	86	5.2.2 沉箱的基本结构	143
第4章 桩基础	89	5.2.3 沉箱施工	143
4.1 桩基础及其应用	89	5.2.4 质量检验标准	145
4.1.1 桩基础的概念	89	5.3 箱桩与墩基础	145
4.1.2 桩基础的适用范围	89	5.3.1 箱桩	145
4.1.3 桩基础的应用	90	5.3.2 墩基础	146
4.2 桩的分类	90	5.4 地下连续墙	150
4.2.1 按承载性状分类	90	5.4.1 地下连续墙分类	151
4.2.2 按桩的使用功能分类	91	5.4.2 地下连续墙的优缺点	152
4.2.3 按桩身材料分类	92	5.4.3 地下连续墙的施工工艺与 接头构造	152
4.2.4 按成桩方法分类	92	5.4.4 地下连续墙施工过程中的 主要问题及难点	157
4.2.5 按桩径大小分类	93	5.4.5 地下连续墙成槽机械 设备	160
4.2.6 按桩的施工方法分类	93	5.4.6 地下连续墙设计计算 简介	163
4.3 单桩竖向承载力	95	第6章 基坑工程	166
4.3.1 单桩竖向荷载的传递 机理	96	6.1 基坑工程特点	166
4.3.2 桩侧负摩擦力	97	6.2 基坑支护结构形式与计算	167
4.3.3 单桩竖向承载力的确定	100	6.2.1 被动式支挡结构	167
4.3.4 桩的抗拔承载力	107	6.2.2 主动式支挡结构	168
4.4 桩的水平承载力	108	6.2.3 支护结构设计计算	168
4.4.1 水平荷载下单桩的工作 特点	108	6.2.4 悬臂式支护结构设计 计算	169
4.4.2 单桩水平承载力	109	6.2.5 单(多)支点混合结构设 计计算	172
4.4.3 群桩水平承载力	113	6.2.6 重力式挡土结构设计 计算	176
4.5 桩基础设计	114	6.3 基坑稳定性分析	188
4.5.1 桩基设计原则	114	6.3.1 地基稳定验算法	189
4.5.2 桩基设计内容与步骤	115	6.3.2 地基强度验算法	189
4.5.3 桩基设计基本资料	115	6.3.3 管涌验算	191
4.5.4 桩型选择与布置	116	6.3.4 基坑周围土体变形计算	192
4.5.5 桩的设计与验算	118	6.4 基坑开挖地下水处理	193
4.5.6 承台设计	119	6.4.1 地下水处理方法与基本 要求	193
4.5.7 设计案例	123	6.4.2 基坑明沟排水设计施工	194
第5章 其他形式深基础	138	6.4.3 降水设计施工要点	194
5.1 沉井	138	6.4.4 隔渗设计	197
5.1.1 沉井的适用范围和 优缺点	138	6.5 基坑工程实例	199
5.1.2 沉井的分类与结构	139		
5.1.3 沉井设计与计算	139		
5.1.4 沉井施工	140		
5.1.5 沉井质量检验	141		

第7章 地基基础检测	207
7.1 概述	207
7.2 基本规定	208
7.2.1 一般规定	208
7.2.2 基桩检测规定	210
7.3 地基检测	211
7.3.1 标准贯入试验	211
7.3.2 圆锥动力触探试验	213
7.3.3 静力触探试验	214
7.3.4 十字板剪切试验	215
7.3.5 平板荷载试验	217

7.3.6 复合地基荷载试验	219
7.4 基桩承载力检测	220
7.4.1 单桩竖向抗压静载试验 ...	220
7.4.2 单桩竖向抗拔静载试验 ...	223
7.4.3 单桩水平静载试验	225
7.4.4 高应变法	227
7.5 桩身完整性检测	231
7.5.1 低应变法	231
7.5.2 声波透射法	233
7.5.3 钻芯法	236

参考文献	239
------------	-----

第 1 章 绪 论

1.1 地基与基础的概念

任何建筑物都是建造在一定的地层（岩层或土层）之上的，其全部荷载是由下面的地层来承担。受建筑物影响的那部分地层称为地基；建筑物与地基接触的部分称为基础，基础是将建筑物承受的各种荷载传递到地基上的实体结构。

地基是地层的一部分，分为天然地基和人工地基。对于那些未经处理就可以满足设计要求的地基，称为天然地基；对于那些较软弱的地基，需要经过人工加固处理后才能满足设计要求的地基称为人工地基。当地基由两层或两层以上土层组成时，通常把直接与基础接触的土层称为持力层，其他各层称为下卧层。

基础的埋置深度（简称埋深）是指基础底面至设计地面（一般指室内外设计地面）的垂直距离。根据埋深的不同，基础可分为浅基础和深基础。通常将埋深不大（一般在 5m 以内），且施工简单的基础称为浅基础，如条形基础、独立基础、筏板基础等；如果基础埋深较大，并需用特殊的施工方法和机械设备建造的基础，称为深基础，如桩基础、墩基础、沉井和地下连续墙等。

地基与基础是建筑物的根本，又属于地下隐蔽工程。它的勘察、设计和施工质量的好坏直接关系着建筑物的安全和正常使用。地基与基础设计不周或施工不善，轻则造成墙体开裂、房屋倾斜，重则引起地基滑移、建筑物倒塌。据统计，世界各国建筑工程事故中，以地基基础事故位居首位。

地基与基础在建筑物荷载作用下将产生附加应力和变形，其范围受基础类型、尺寸、荷载以及土层分布等因素的影响。为保证建筑物的正常使用和安全，地基和基础必须满足强度、变形和稳定的要求。

地基、基础和上部结构是建筑物的三个组成部分，虽然各自功能不同，但彼此联系，相互制约。目前，要将它们完全统一起来进行设计计算还有困难，但在处理地基、基础问题时，应该从地基—基础—上部结构相互作用的整体概念出发全面考虑，才能达到较为理想的效果。

1.2 基础工程设计等级及设计计算的原则

1.2.1 地基基础设计等级

土木工程结构设计时，应根据结构破坏可能产生的后果（危及人的生命，造成经济损失，产生社会影响等）的严重性，采用不同的安全等级，我国现行的《建筑地基基础设计规范》将地基基础设计分三个设计等级，见表 1-1。

表 1-1 地基基础设计等级

设计等级	建筑和地基类型
甲级	重要的工业与民用建筑； 30 层以上的高层建筑； 体型复杂，层数相差超过 10 层的高低层连成一体建筑物； 大面积的多层地下建筑物（如地下车库、商场、运动场等）； 对地基变形有特殊要求的建筑物； 复杂地质条件下的坡上建筑物（包括高边坡）； 对原有工程影响较大的新建建筑物； 场地和地基条件复杂的一般建筑物； 位于复杂地质条件及软土地区的二层及二层以上地下室的基坑工程； 开挖深度大于 15m 的基坑工程； 周边环境条件复杂，环境保护要求高的基坑工程
乙级	除甲级、丙级以外的工业与民用建筑物
丙级	场地和地基条件简单、荷载分布均匀的七层及七层以下民用建筑及一般工业建筑； 次要的轻型建筑物； 非软土地区的场地地址条件简单、基坑周边环境条件简单、环保要求不高且开挖深度小于 5m 的基坑工程

1.2.2 设计计算的基本原则

工程实践表明，地基与基础的设计和施工质量的好坏，关系到整个建筑物的质量和能否设计基准期内保持其安全性与适用性。基础工程位于地面以下，为隐蔽工程，如有缺陷较难发现，也较难弥补和修复，而这些缺陷往往直接影响整个建筑物的正常使用甚至安全；对于深大而复杂的桩基础和基坑工程，其设计与施工的难度较大，由于岩土体的非线性与黏弹性加上地下水的作用，使得往往需要对其某些问题开展专项的课题研究，因而成为整个建筑物的控制性工程；而基础工程的造价，在整个建筑物造价中通常占的比重也相当大。可见，地基与基础在整个建筑物中的重要性，对整个建筑物的影响巨大。因此，对于基础工程，必须做到精心设计、精心施工，以保证建筑物的质量和经济性。

地基与基础工程设计计算的基本原则及要求可总结如下：

1. 满足地基承载力要求

地基应具有较好的强度和稳定性。地基承载力包括持力层承载力、软弱下卧层承载力是否满足要求，使基础底面压力小于地基的容许承载力。除地基承载力满足要求外，基础尚应控制地基反力脱空面积，在地震效应作用下脱空面积不得大于 15%，在恒荷载与活荷载共同作用下不得出现脱空区。当地基强度无法满足要求时，应进行地基处理以增加其承载力。

2. 基础布置满足与周边设施不碰撞要求

基础设计首要满足的条件是建筑场地内基础平面布置要满足要求，合理避让碰撞问题，对已存在的基础或设施必须避让或采取其他措施。

3. 满足地基变形要求

地基变形包括地基沉降问题和地基稳定性问题。基础整体沉降、倾斜不仅影响建筑外

观及使用,对部分敏感建筑上部结构造成次生应力,造成上部结构应力重分布,可能影响部分构件承载力,严重的可能出现倾覆问题。基础的沉降或相邻基础的沉降差应在允许范围内,以保证上部结构的正常使用。对地基稳定性要求是由于所有的基础设计均建立在地基稳定的前提下。例如,建筑物在边坡附近时,首先是要保证边坡稳定,其次必须满足建筑基础埋深及距边坡距离要求。

4. 满足基础强度、稳定性要求

按承载能力极限状态设计,基础的抗冲切、抗剪切及抗弯承载力均应满足要求。受抗浮、抗拔、抗倾覆控制时也应满足稳定性要求。

5. 基础尺寸、埋深满足相关构造要求

除按照设计计算要求分别对地基与基础进行强度(承载力)、刚度(变形)与稳定性验算外,尚应使基础的尺寸、埋深及配筋等满足相关构造要求。

6. 防止地基土发生冻胀

当基础底面以下的地基土发生严重冻胀时,所产生的冻胀力可能会使基础向上抬起,而且冻土一旦融化,土体含水率很大,造成地基承载力突然大大降低,这些都将是建筑物非常有害的。所以尤其在寒冷地区不应忽略这方面的影响。

1.2.3 设计所需的资料

地基与基础的设计计算需要考虑的因素和收集的资料很多,应在事前通过详细的调查研究,充分掌握必要的、符合实际情况的资料。一般来说,除了必要的工程背景、建筑物情况及施工条件(如上部结构的形式、构造与尺寸、环境特点、施工方法、机具、技术水平、工地状况等)外,还应重点收集和调研掌握以下两方面的资料。

1. 荷载资料

应结合建筑物及工程环境特点详细分析地基基础的受力情况并进行计算。一般建筑物结构设计时,将上部结构、基础与地基三者分开独立进行。以平面框架柱下条形基础的结构分析为例:分析时首先求解荷载作用下框架柱底部的内力,将该内力作为基础结构承受的外荷载施加于基础顶面,根据静力平衡条件求解基底反力;此时以柱脚内力,基底反力作为基础结构承受的荷载求解基础内力。进行地基计算时,则将基底反力反向施加于地基,作为外荷载根据不同的地基模型求解地基的内力与变形,从而验算地基承载力和基础沉降。因此,基础工程设计的第一份资料是掌握按相关规范计算的传至基础顶面的荷载情况。

2. 岩土工程勘察及原位测试资料

(1) 岩土工程勘察报告应提供下列资料:

- ① 有无影响建筑场地稳定性的不良地质条件及其危害程度。
- ② 建筑物范围内的地层结构及其均匀性,以及各岩土层的物理力学性质。
- ③ 地下水埋藏情况、类型和水位变化幅度及规律,以及对建筑材料的腐蚀性。
- ④ 在地震设防区应划分场地土类型和场地类别,并对饱和砂土及粉土进行液化判别。
- ⑤ 对可供采用的地基基础设计方案进行论证分析,提出经济合理的设计方案建议;提供与设计要求相对应的地基承载力及变形计算参数,并对设计与施工应注意的问题提出建议。

⑥ 当工程需要时, 尚应提供深基坑开挖的边坡稳定计算和支护设计所需的岩土技术参数, 论证其对周围已有建筑物和地下设施的影响; 基坑施工降水的有关技术参数及施工降水方法的建议; 提供用于计算地下水浮力的设计水位。

(2) 地基评价宜采用钻探取样、室内土工试验、触探并结合其他原位测试方法进行。

甲级建筑物应提供荷载试验指标、抗剪强度指标、变形参数指标和触探资料; 乙级建筑物应提供抗剪强度指标、变形参数指标和原位测试资料; 丙级建筑物应提供触探及必要的钻探和土工试验资料。

(3) 各级建筑物均应进行施工验槽, 如地基条件与原勘察报告不符时, 应进行施工勘察。

1.3 本学科发展概况

同其他技术科学一样, 基础工程是人类在长期的生产生活实践中不断发展演化而来的。远在新石器时代, 人类已建有原始的地基基础, 西安半坡村遗址的土台和石础即为代表。但是, 由于受当时社会生产力和技术条件等因素的限制, 在相当长的时期内, 基础工程的设计与工艺发展缓慢。

18 世纪产业革命以后, 城市建设、水利工程和道路桥梁建设规模的扩大, 推动了人们对基础工程的重视和研究。土的抗剪强度理论和土压力理论就是在这种情况下创立的, 土的渗透理论也取得局部突破。这些古典的理论和方法, 直到如今, 仍不失其理论和实用价值。

1925 年, 太沙基 (Terzaghi) 归纳发展了以往的成就, 发表了《土力学》一书。自 1936 年起, 每隔四年召开一次国际土力学和基础工程会议, 土力学与基础工程 (包括地基处理) 作为一门独立的学科取得不断的发展。世界各地也都开展了类似的专业会议, 交流和总结了本学科新的研究成果和实践经验。20 世纪 50 年代起, 现代科学新成就的渗入, 使基础工程技术与理论得到更进一步的发展与充实。

我国是一个具有悠久历史的文明古国, 古代劳动人民在基础工程领域也早就表现出高超的技艺和创造才能, 许多宏伟壮丽的中国古代建筑逾千百年仍留存至今安然无恙的事实就说明了这一点。例如, 公元前 2 世纪我国修建的万里长城、后来修建的南北大运河、黄河大堤以及众多宏伟的宫殿、寺庙、宝塔等建筑都有坚固的地基基础经历岁月侵蚀留存至今。又如, 隋代李春于公元 595—605 年建造的河北赵州安济桥, 是世界上首创的石砌敞肩平拱桥, 其跨径为 37.02m, 宽 9m, 矢高 7.23m, 采用扩大基础, 基础平面尺寸为 5.5m × 10m, 高 4.4m, 建在较浅的密实粗砂地基上。反算拱的最大推力为 24kN, 基底压力约为 500 ~ 600kPa, 即使按照现在的规范验算, 地基承载力和基础后侧的被动土压力均能满足设计要求。再如, 我国于 1053—1059 年在福建泉州建造的万安桥 (也称洛阳桥), 桥址水深流急, 潮汐涨落频繁, 河床变化剧烈, 根据当时条件建桥基很困难。但建筑者采用先在江底抛投大石块, 再在其上移植蚝使其繁殖, 将石块胶结成整体, 进而形成坚实的人工地基, 再在其上建桥基, 这种独特的施工方法, 实为世界创举。北宋著名木工喻皓在建造开封开宝寺木塔时, 考虑到当地多西北风, 便特意使建于饱和土上的塔身稍向西北倾斜, 设想在风力长期作用下可以慢慢复正可见古人在实践中早已试图解决高耸建筑物地基

沉降问题了。

近年来,我国在工程地质勘察、室内及现场土工试验、地基处理的研究和应用方面,都取得了很大的进展。基础工程的设计理论得到进一步完善,各种新型基础工程体系及新施工方法与设备得到开发与应用,取得了较好的经济技术效果。例如,在基础工程计算理论与施工工艺、现代化基础工程体系、复合地基处理技术及自凝型高分子聚合物泥浆护壁技术等方面都有新的创新与发展,因此有必要对其进一步总结和推广。作为一项古老的工程技术和一门年轻的应用科学,基础工程发展至今,在设计理论、施工技术及测试工作中还存在不少热点和难点问题有待进一步解决和完善。随着高层与复杂结构的不断涌现,城市地下空间的充分利用,势必会给基础工程提出更新更高的要求,同时也将为基础工程的发展提供更有利更广阔的空间,进一步推动基础工程学科的发展。

1.4 本课程的特点及学习要求

1.4.1 课程特点

本课程主要是研究建造在岩土层上建筑物基础及有关结构物的设计与建造技术的工程学科,具有内容多、系统性强、重点突出、难易适当的特点,既重视基础理论的阐述,又反映了我国当前的工程实践。

我国地域辽阔,由于自然地理环境的不同,分布着各种各样的土类。某些土类(如湿陷性黄土、软黏土、膨胀土、冻土等)作为地基具有其特殊性而必须针对此采取一定的工程措施。因此,地基基础的设计、施工与研究具有明显的区域性特征。由于地质条件的复杂性和建筑功能与类型的多样性,基础工程几乎找不到完全相同的实例。故基础工程的设计,除需要丰富的理论和知识外,还需要有较多的工程实践知识,并通过勘察和设计取得可靠的资料。因而学习本课程应注意理论联系实际,积极将所学理论知识紧密联系工程实践,提高认识和处理问题的能力。基础工程涉及的相关学科较多,应掌握一定的基础知识。课程的知识更新周期较短,随着科技的发展,必将涌现大量新的基础形式、设计理论方法和地基处理新技术,因此课程讲授也应与时俱进、不断更新。

1.4.2 学习要求

基础工程课程涵盖内容较多,涉及面较广,需要工程地质学、土力学和材料力学、结构力学、建筑材料等相关先修知识,本书在涉及这些学科的相关内容时仅引述其结论,要求理解其意义及应用条件,而不应把注意力放在公式的推导上。读者在学习过程中,不仅要掌握和灵活运用基础工程方面的知识和技能,还要注重理论联系实际,增强分析和解决实际工程中出现问题的能力。

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。学习中主要注重对基本理论知识点的理解和掌握。

2. 采用综合的思维方式来学习

要注意到本学科和其他学科的联系,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. 理论与实践密切联系

教学环节要按理论教学与实践教学分开进行，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密切联系与比较才能逐步提高认识、提高地基基础的设计与施工能力。

习 题

1. 简述设计计算的基本原则。
2. 简述设计所需的资料。

第2章 岩土工程勘察

2.1 概 述

按照工业与民用建筑、交通土建、水利建设等基本建设工程的要求，其前期应该进行测量测绘、工程地质、水文地质以及其他有关内容等的岩土工程勘察工作，以获取建筑场地自然条件的原始资料，制定技术上正确、经济上合理和社会效益上可行的设计和施工方案。

岩土工程勘察的释义来源于2000年9月25日国务院293号令《建设工程勘察设计管理条例》。其总则第二条有关的原文：“本条例所称建设工程勘察，是指根据建设工程的要求，查明、分析、评价建设场地的地质地理环境特征和岩土工程条件，编制建设工程勘察文件的活动。”“岩土工程勘察”内涵较其他行业的“工程地质勘察”稍窄。

岩土工程勘察的对象是“地质、环境特征和岩土工程条件”，主要是指岩土的分布和工程特征，地下水的赋存及其变化，不良地质作用和地质灾害等。其技术手段包括工程地质测绘和调查、勘探和取样、原位测试、室内试验、检验和监测、分析计算、数据处理等；不同的工程要求和地质条件，采用不同的技术方法。

岩土工程勘察的任务是查明场地或地区的工程地质条件，为规划、设计、施工提供地质资料，结合工程设计、施工条件，进行技术论证和分析评价，提出解决岩土工程问题的建议，并服务于工程建设的全过程。

岩土工程勘察是以地质学、岩土力学、结构力学等为基础的边沿学科和应用技术，其内容远超出本课程的范围，这里只着重介绍与地基基础设计有关的勘察工作。

2.2 地基岩土的分类和鉴别

地基岩土的合理分类具有重要的实际工程意义。自然界的岩土是经历一定地质历史的产物，岩土的成分、结构及其性质千变万化，表现的工程性质也各不相同。把工程性质接近的岩土归为一类，就可以大致判别这类岩土的工程特性，评价这类岩土作为建筑物地基或建筑材料的适用性，结合其他物理性质指标确定由该类岩土组成地基的承载力。对于岩体而言，岩体基本质量是岩体所固有的，影响工程岩体稳定性的最基本属性，因此表示岩体基本质量的两个指标：岩石坚硬程度和岩体完整程度是岩石工程分类的依据和标准；而无黏性土，颗粒级配对其工程性质起着决定性的作用，因而颗粒级配是无黏性土工程分类的依据和标准；对于黏性土，由于它与水作用十分明显，土粒的比表面积和矿物成分在很大程度上决定这种土的工程性质，而体现土的比表面积和矿物成分的指标主要有液限和塑性指数，所以液限和塑性指数是对黏性土工程分类的主要依据。

本节以最新《建筑地基基础设计规范》的规定，把作为建筑物地基的岩石和土分为六类，即岩石、碎石土、砂土、粉土、黏性土和人工填土，结合其他规范进行描述。对于不

同行业规范规定上的差异，要辩证的分析 and 理解，在实际工程中，应因地制宜，合理选用。

2.2.1 岩石

岩石应为颗粒间牢固联结，呈整体性或具有节理裂隙的岩体。

岩石的分类是根据岩体的基本质量指标：岩石坚硬程度和岩体完整程度。并采用定性划分和定量指标两种方法，其中定性划分可以作为野外鉴别岩石类别的一种手段。

岩石的坚硬程度，按照表 2-1 进行定性划分和鉴别。

岩石坚硬程度定性划分时，其风化程度应按表 2-2 确定。

表 2-1 岩石坚硬程度的定性划分

名称		定性鉴定	代表性岩石
硬质岩	坚硬岩	锤击声清脆，有回弹，震手，难击碎，基本无吸水反应	未风化~微风化的花岗岩、闪长岩、辉绿岩、玄武岩、安山岩、片麻岩、石英岩、硅质砾岩、石英砂岩、硅质石灰岩等
	较硬岩	锤击声较清脆，有轻微回弹，稍震手，较难击碎，有轻微吸水反应	1. 微风化的坚硬岩； 2. 未风化~微风化的大理岩、板岩、石灰岩、钙质岩等
软质岩	较软岩	锤击声不清脆，无回弹，较易击碎，浸水后指甲可刻出印迹	1. 中风化的坚硬岩和较硬岩； 2. 未风化~微风化的凝灰岩、千枚岩、砂质泥岩、泥灰岩等
	软岩	锤击声哑，无回弹，有凹痕，易击碎，浸水后手可捏成团	1. 强风化的坚硬岩和较硬岩； 2. 中风化的较软岩； 3. 未风化~微风化的泥岩等
	极软岩	锤击声哑，无回弹，有较深凹痕，浸水后手可捏成团	1. 全风化的各种岩石； 2. 各种半成岩

表 2-2 岩石按风化程度分类

风化程度	特征	参数指标		
		波速比 K_v	风化系数 K_f	标贯实测击数 N'
未风化	岩质新鲜，偶见风化痕迹	0.9~1.0	0.9~1.0	
微风化	结构基本未变，仅节理面有铁锰质渲染或矿物略有变色，有少量风化裂隙	0.8~0.9	0.8~0.9	
中风化	结构部分破坏，沿节理面出现次生矿物，风化裂隙发育。岩体被切割成块状。用镐难挖掘，岩芯钻方可钻进	0.6~0.8	0.4~0.8	

续表

风化程度	特征	参数指标		
		波速比 K_v	风化系数 K_f	标贯实测击数 N'
强风化	结构大部分破坏，矿物成分显著变化，风化裂隙很发育，岩体破碎，用镐可挖掘，干钻不易钻进	0.4 ~ 0.6	< 0.4	≥ 50
全风化	结构基本破坏，但尚可辨认，有残余结构强度，可用镐挖，干钻可钻进	0.2 ~ 0.4		30 ~ 50
残积土	组织结构全部破坏，已风化成土状，锹镐易挖掘，干钻易钻进，具可塑性	< 0.2		< 30

注：1. 波速比为风化岩石与新鲜岩石压缩波速度之比；
2. 风化系数为风化岩石与新鲜岩石饱和单轴抗压强度之比。

1. 岩石完整程度的定性划分和鉴别

岩体完整程度按表 2-3 进行定性划分。

表 2-3 岩体完整程度的定性划分

名称	结构面发育程度		主要结构面的结合程度	主要结构面类型	相应结构面类型
	组数	平均间距/m			
完整	1 ~ 2	> 1.0	结合好或结合一般	节理、裂隙、层面	整体状或巨厚层状结构
较完整	1 ~ 2	> 1.0	结合差	节理、裂隙、层面	块状或厚层状结构
	2 ~ 3	1.0 ~ 0.4	结合好或结合一般		块状结构
较破碎	2 ~ 3	1.0 ~ 0.4	结合差	节理、裂隙、层面、小断层	裂隙块状或中厚层状结构
	> 3	0.4 ~ 0.2	结合好		镶嵌碎裂结构
			结合一般		中、薄层状结构
破碎	> 3	0.4 ~ 0.2	结合差	各种类型结构面	裂隙块状结构
		< 0.2	结合好或结合一般		碎裂状结构
极破碎	无序		结合很差		散体状结构

结构面的结合程度，应根据结构面特征，按表 2-4 确定。

表 2-4 结构面结合程度的划分

名称	结构面特征
结合好	张开度小于 1mm，无充填物
结合好	张开度 1 ~ 3mm，为硅质或铁质胶结； 张开度大于 3mm，结构面粗糙，为硅质胶结
结合一般	张开度 1 ~ 3mm，为钙质或泥质胶结； 张开度大于 3mm，结构面粗糙，为铁质或钙质胶结
结合差	张开度 1 ~ 3mm，结构面平直，为泥质或泥质和钙质胶结； 张开度大于 3mm，多为泥质或岩屑充填
结合很差	泥质充填或泥夹岩屑充填，充填物厚度大于起伏差

岩石坚硬程度应根据岩块的饱和单轴抗压强度 f_{rk} 分为坚硬岩、较硬岩、较软岩、软岩和极软岩，见表 2-5。当无条件取得实测值时，也可采用实测的岩石点荷载强度指标($I_{s(50)}$)的换算值，并按下式换算：

$$f_{rk} = 22.82I_{s(50)}^{0.75}$$

(2-1)

表 2-5 f_{rk} 与定性划分的岩石坚硬程度的对应关系

坚硬程度	坚硬岩	较硬岩	较软岩	软岩	极软岩
f_{rk}/MPa	$f_{rk} > 60$	$60 \geq f_{rk} > 30$	$30 \geq f_{rk} > 15$	$15 \geq f_{rk} > 5$	$f_{rk} \leq 5$

2. 岩体完整程度的定量指标

岩体完整程度采用岩体完整性指数 (K_v) 表示，见表 2-6。

表 2-6 K_v 与定性划分的岩石完整程度的对应关系

完整程度等级	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
K_v	> 0.75	$0.75 \sim 0.55$	$0.55 \sim 0.35$	$0.35 \sim 0.15$	< 0.15

注：完整性指数为岩体纵波波速与岩块纵波波速之比的平方。选定岩体、块岩测定波速时应有代表性。

3. 岩体基本质量分级

岩体基本质量分级，应根据岩体基本质量的定性特征和岩体基本质量指标 (BQ) 两者相结合，按表 2-7 确定。

表 2-7 岩体基本质量分级

基本质量级别	岩体基本质量的定性特征	岩体基本质量指标 (BQ)
I	坚硬岩，岩体完整	> 550
II	坚硬岩，岩体较完整； 较坚硬岩或软硬岩，岩体完整	$550 \sim 451$
III	坚硬岩，岩体较破碎； 较坚硬岩或软硬岩互层，岩体较完整； 较软岩，岩体完整	$450 \sim 351$