

# 基础工程

JICHU  
GONGCHENG

曹志军 孙宏伟 ● 主编

# 基础工程

曹志军 孙宏伟 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

## 内容提要

本书按照普通高等学校土木工程专业培养方案及《基础工程》教学大纲,采用国家及有关行业关于基础工程的最新规范和规程,如《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2012)等,兼顾房屋建筑、铁路工程、公路工程等不同专业方向,系统介绍了基础工程的设计、施工等内容。全书除绪论外共 10 章,包括天然地基上浅基础的设计、浅基础结构设计、天然地基上浅基础的施工、桩基础的基本知识与施工、桩基础的设计计算、沉井及其他深基础、基坑支护结构、地基处理、特殊土地基、地基基础抗震等内容,并精心选配了例题、思考题和习题。

本书是一本知识内容系统且适用性较强的教材,可作为高等学校土木工程专业教学用书,也可作为铁道工程、道路桥梁工程、交通工程及工程力学等相近专业不同层次的基础工程课程教学用书,亦可供从事基础工程设计和施工的技术人员参考。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

基础工程 /曹志军,孙宏伟主编. —成都:西南交通大学出版社, 2017.3  
ISBN 978-7-5643-5302-5

I. ①基… II. ①曹… ②孙… III. ①地基—基础(工程)—高等学校—教材 IV. ①TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 036397 号

---

### 基础工程

曹志军 孙宏伟 主编

责任编辑 孟苏成  
封面设计 何东琳设计工作室

---

出版发行 西南交通大学出版社  
(四川省成都市二环路北一段 111 号  
西南交通大学创新大厦 21 楼)  
发行部电话 028-87600564 028-87600533  
邮政编码 610031  
网 址 <http://www.xnjdcbs.com>

---

印刷 成都中铁二局永经堂印务有限责任公司  
成品尺寸 185 mm × 260 mm  
印 张 28.75  
字 数 792 千  
版 次 2017 年 3 月第 1 版  
印 次 2017 年 3 月第 1 次  
书 号 ISBN 978-7-5643-5302-5  
定 价 59.00 元

---

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

# 前 言

“基础工程”是土木工程专业的主干课程。本书按照普通高等学校土木工程专业培养方案及“基础工程”教学大纲，按照培养高级应用型人才的要求编写，适用于普通高等学校土木工程专业学生学习，也可作为相近专业教学用书，同时对土木工程技术人员也有一定参考价值。

近年来，基础工程学科取得了长足进步，新技术、新材料、新工艺层出不穷，国家对相关规范进行了较大规模的调整、修订和补充。然而，现有的基础工程教材很多未能反映全部新规范的修订内容，给教师备课、授课和学生学习带来困难，鉴于此，本书力图吸取近几年来基础工程学科的新进展，采用了国家及有关行业关于基础工程的最新规范和规程，如《建筑地基基础设计规范》(2011)、《建筑桩基技术规范》(2008)、《公路桥涵地基与基础设计规范》(2007)、《铁路桥涵地基和基础设计规范》(2005)、《建筑基坑支护规程》(2012)、《建筑地基处理技术规范》(2012)、《复合地基技术规范》(2012)、《建筑抗震设计规范》(2010)等，希望可以为高等学校基础工程教学略尽绵薄之力。

土木工程专业涉及房屋建筑、桥梁、公路、铁路、地下建筑、岩土工程等多个学科门类，本书在编写时，注重基础工程设计原理的综合性、系统性，同时尽量兼顾土木工程中各个行业的适用性，以利于学生综合能力的培养。在知识结构处理上，强调理论联系实际，坚持理论、设计和施工并举的原则，尽量选择经过工程实践检验又符合教学要求的内容，以更好地满足土木工程专业学生日后深造和实际技术工作的需求。为了便于学生复习和自学，本书精心选配了例题、习题和思考题。

本书可供40~60学时的本科教学使用，系统介绍了基础工程的设计、施工及监测等内容，其内容以地基和基础的设计原理和方法为主，同时简要介绍一些必要的施工知识。全书除绪论外共10章，包括天然地基上浅基础的设计、浅基础结构设计、天然地基上浅基础的施工、桩基础的基本知识与施工、桩基础的设计计算、沉井及其他深基础、基坑支护结构、地基处理、特殊土地基、地基基础抗震等内容。其中对重点的浅基础、桩基础，在房屋建筑、铁路和公路方面的实际应用都分别进行了介绍，对学时较少或专业性较强的院校可以根据需要选择有关内容讲授。

本书由曹志军、孙宏伟担任主编，具体编写分工为：绪论、第1章由曹志军（大连交通大学）编写，第2章由毕巧巍（大连交通大学）、曹志军编写，第3章由王洪德（大连交通大学教授）编写，第4章由孙宏伟（中铁建大桥工程局第一工程公司高级工程师）编写，第5章由杨公新（苏州建筑设计研究院高级工程师）、曹志军编写，第6章由孙宏伟编写，第7章由赵丽华（大连交通大学）编写，第8章由曹志军、孙宏伟编写，第9章由吴会军（大连交通大学）编写，第10章由刘军（大连交通大学）编写。

本书在编写过程中得到了王生午、巨建民、郭吉坦、白海峰、赵晶等教授的指导和帮助，马云勇、董丽君、邵晶、郑周磊等参加了文字校对等工作，编者还参阅了许多专家、学者在教学、科研、设计和施工中积累的相关资料和优秀教材，在此一并表示感谢。西南交通大学出版社的同志也为本书出版付出了艰辛的劳动，在此致以诚挚的谢意。

由于编者水平所限，书中难免存在疏漏和不妥之处，敬请专家和读者批评指正。



扫描二维码可获得本书的  
勘误与修订

编 者

2017年1月

# 目 录

绪 论	001
一、地基、基础的概念	001
二、基础工程的主要研究内容	003
三、基础工程重要性	003
四、基础工程课程的特点与学习注意事项	004
五、基础工程学科的发展概况	005
思考题与习题	005
第 1 章 天然地基上浅基础的设计	006
1.1 概 述	006
1.2 天然地基上浅基础类型	007
1.3 基础的埋置深度	013
1.4 地基承载力的确定	024
1.5 桥涵刚性扩大基础的设计计算	031
1.6 建筑工程浅基础的地基计算	050
1.7 减轻不均匀沉降危害的措施	063
思考题与习题	068
第 2 章 浅基础结构设计	070
2.1 概 述	070
2.2 建筑工程无筋扩展基础	078
2.3 建筑工程扩展基础	085
2.4 柱下条形基础	100
2.5 十字交叉条形基础	110
2.6 筏形基础与箱形基础	117
思考题与习题	126
第 3 章 天然地基上浅基础的施工	128
3.1 概 述	128
3.2 陆地浅基础施工基本内容	129
3.3 基坑排水和地下水控制	135
3.4 水中浅基础施工	142

3.5	深基坑工程的监测及环境监护	148
	思考题与习题	150
<b>第4章</b>	<b>桩基础的基本知识与施工</b>	<b>151</b>
4.1	概  述	151
4.2	桩和桩基础的类型	152
4.3	桩基础的构造	159
4.4	桩基础的施工	168
4.5	水中桩基础施工	184
	思考题与习题	190
<b>第5章</b>	<b>桩基础的设计计算</b>	<b>191</b>
5.1	单桩竖向承载力	191
5.2	单桩水平承载力和内力、位移的计算	215
5.3	多排桩基础水平承载分析和计算	236
5.4	群桩基础竖向分析及其验算	246
5.5	桩基础的设计	259
5.6	桩箱、桩筏基础与减沉复合疏桩基础	276
	思考题与习题	279
<b>第6章</b>	<b>沉井及其他深基础</b>	<b>282</b>
6.1	概  述	282
6.2	沉井的类型及一般沉井的构造	285
6.3	沉井的施工	291
6.4	沉井的设计计算	301
6.5	地下连续墙	323
	思考题与习题	334
<b>第7章</b>	<b>基坑支护结构</b>	<b>335</b>
7.1	概  述	335
7.2	重力式水泥土挡墙设计	338
7.3	排桩或地下连续墙支护结构设计	341
7.4	基坑稳定性验算	350
	思考题与习题	354
<b>第8章</b>	<b>地基处理</b>	<b>356</b>
8.1	概  述	356
8.2	换填垫层法	361

8.3	预压法 .....	366
8.4	密实法 .....	376
8.5	桩土复合地基法 .....	387
8.6	化学加固法 .....	400
8.7	加筋法与微型桩加固 .....	409
	思考题与习题 .....	412
<b>第 9 章</b>	<b>特殊土地基 .....</b>	<b>413</b>
9.1	概 述 .....	413
9.2	软土地基 .....	414
9.3	湿陷性黄土地基 .....	415
9.4	膨胀土地基 .....	420
9.5	冻土地基 .....	426
9.6	红黏土地基 .....	430
9.7	盐渍土地基 .....	432
	思考题与习题 .....	435
<b>第 10 章</b>	<b>地基基础抗震 .....</b>	<b>436</b>
10.1	地基基础的震害 .....	436
10.2	建筑地基基础抗震设计 .....	437
10.3	地基液化的判别与抗震措施 .....	443
10.4	桥梁墩台基础的抗震措施 .....	447
	思考题与习题 .....	448
<b>附 录</b>	<b>.....</b>	<b>449</b>
	弹性地基梁计算系数 $A_x, B_x, C_x, D_x, E_x, F_x$ 函数表 .....	449
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>450</b>



# 绪论

## 一、地基、基础的概念

人类在地表修筑的所有建筑物都与岩土体有着密不可分的关系。任何结构物都建造在一定的地层（土层或岩层）上，结构物的全部荷载都由它下面的地层来承担。

地基指直接承受建筑物全部荷载并维持建筑物稳定的那一部分地层。在建筑物荷载作用下，地基土会产生相应的应力和变形，其范围随基础类型和尺度、荷载大小及地层分布的不同而不同。在地基中，将与建筑物下部直接接触、受建筑物影响最大的那一部分地层称为地基持力层，将位于持力层之下的其他岩土层称为下卧层（见图 0-1）。特别地，当下卧层明显比持力层软弱时则将该层称为软弱下卧层。

根据施工中对地基的扰动和利用情况，地基可分为天然地基和人工地基（见图 0-2）两大类。天然地基指未经人工处理就可以满足设计要求，直接用作建筑物地基的天然岩土层，如图 0-2（a）所示。天然地基可根据其构成成分细分为土质地基、岩石地基和土、岩组合地基。如果场地基岩埋藏较深，地表覆盖土层较厚，建筑物经常建造在由土层所构成的地基上，这种地基称之为土质地基，简称土基。如果场地基岩埋藏较浅，甚至出露于地表，建筑物经常建造在由岩层所构成的地基上，这种地基称之为岩石地基，简称岩基。也有局部地区遇到的地基土土质特殊，如湿陷性黄土、多年冻土、压缩性强的软土等，这些地基均需做特殊的设计和施工，称为特殊土地基。人工地基是指经过人工处理和加固后满足建筑物地基基础设计要求的岩土层，如图 0-2（b）所示。人工地基根据处理的方式不同而有不同的名称。

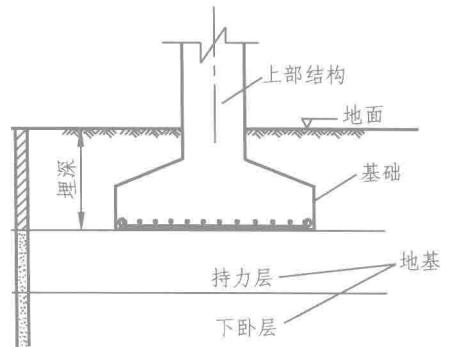


图 0-1 建筑工程地基与基础

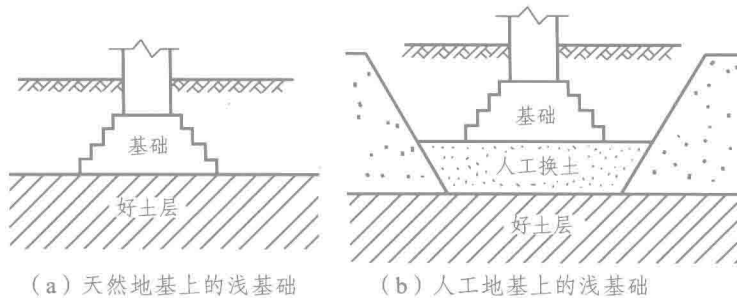


图 0-2 天然地基和人工地基

基础是指结构物最下端与地基直接接触并经过特殊处理的结构部件，其主要功能是支承上部结构，将上部结构承担的各种荷载传至地基中并保持建筑物的稳定。对于不同的结构物，基础的

意义略有不同。对于建筑工程，房屋及构筑物通常由上部结构与基础两部分组成，基础一般指室内地面标高（±0.00）以下的结构部分，如图 0-1 所示。公路、铁路桥梁通常由上部结构、下部结构组成（见图 0-3），上部结构为桥跨结构，而下部结构包括桥墩、桥台及其基础，基础为墩台底面以下的结构部分。而挡土墙等支挡结构物、涵洞和地下工程中的隧道等，通常由墙身或洞身和其下的基础组成（见图 0-4）。一般而言，基础常置于地面以下，但半地下室箱型基础、桥梁基础和码头桩基础等均有一部分置于地表之上。

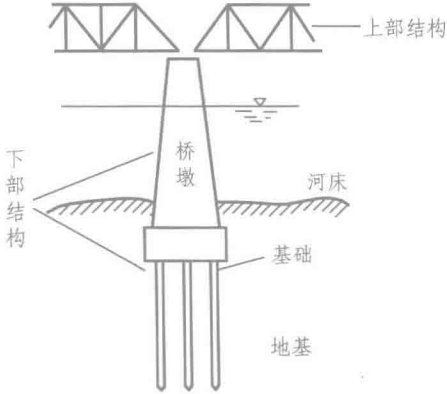


图 0-3 桥梁工程地基与基础

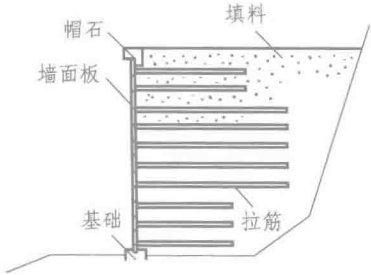


图 0-4 加筋挡土墙及基础

基础结构形式很多，习惯上常根据其埋置深度不同分为浅基础和深基础，如图 0-5 所示。当埋置深度不大（一般小于 5 m 或不大于基础底面宽度）时，如单独基础、条形基础、筏形基础、箱形基础等，这类基础统称为浅基础；反之，当埋置深度较大，且需要采用特殊施工方法和机具施工的基础，如桩基础、沉井基础、沉箱基础和地下连续墙基础等，则称为深基础。有些基础埋置在土层内的深度虽较浅，但位于水下的部分较深，如深水中桥墩基础，称为深水基础，在设计 and 施工中有些问题需要作为深基础考虑。

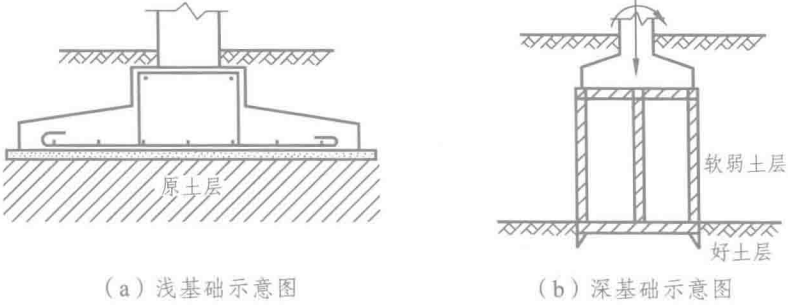


图 0-5 浅基础与深基础示意图

另外，交通土建工程界常把基础分为平基和桩基两大类。其中平基的基底一般为一平面，即使有些基础建筑在倾斜的岩面上，需将基底做成台阶状，也属平基之列。平基按其基底埋置深度，又分为浅平基和深平基两类。浅平基一般是在露天开挖的基坑内直接修筑基础，也称为明挖基础。而用沉井和沉箱等特殊施工方法修筑的基础，可称为深平基。

工程上常用的地基基础设计方案可归纳为 3 大类：天然地基浅基础、天然地基深基础、人工地基浅基础。

天然地基上的浅基础施工简单，造价低，一般地基条件较好时应首选天然地基上的浅基础。对于某一较差的地基条件，可以在基础上做文章——扩大基础底面尺寸或做成深基础，也可以直接对地基进行处理，形成人工地基。所以地基和基础的方案是密切配合、相辅相成的，设计上常称为地基基础设计，而不是单纯地称为基础设计或地基设计。

不仅如此，地基基础的设计作为整个建筑设计的一个重要组成部分，还必须考虑上部结构、基础和地基的共同工作。在荷载作用下，地基、基础和上部结构 3 部分彼此联系、相互制约。设计时应根据地质勘察资料，综合考虑地基、基础、上部结构的相互作用、变形协调与施工条件，进行经济技术比较，选取安全可靠、经济合理、技术先进、环境保护和施工简便的地基基础方案。

## 二、基础工程的主要研究内容

基础工程的研究内容为各类建（构）筑物（如房屋建筑、桥梁结构、水工结构、近海工程、地下工程、支挡结构等）的基础与岩土地基相互作用而共同承担上部结构荷载所引起的变形、强度与稳定问题。基础工程包括地基基础的勘察、设计、施工和监测。基础工程中的一些内容，如地基勘察、部分基础的內力和配筋计算、基础的施工方法和技术等，在工程地质学、混凝土结构学、土木工程施工课程中已有所涉及，本课程主要介绍地基和基础的设计原理和方法，同时也简要介绍一些必要的施工知识。

基础工程的研究对象为地基与基础两个方面，基础工程设计包括基础设计和地基设计两大部分。基础设计，包括基础形式的选择、基础埋置深度及基底面积大小的确定，基础內力和断面计算等。地基设计，包括地基土的承载力确定，地基变形计算、地基稳定性计算等。当地基承载力不足或压缩性很大不能满足设计要求时，需要进行地基处理。

基础工程必须满足建筑物安全性、适用性、耐久性等功能要求，表现为如下 3 个方面基本要求：① 地基应具有足够的强度和稳定性，以保证建筑物在荷载作用下，不至出现地基的承载力不够或产生失稳破坏；② 地基的沉降不能超过其变形容许值，以保证建筑物不因地基变形过大而毁坏或影响建筑物的正常使用；③ 基础结构本身应具有足够的强度、刚度和耐久性，以保证其正常工作。

## 三、基础工程重要性

基础工程的设计和施工是土木工程建设中非常重要的环节，直接影响建（构）筑物的使用与安危。实际工程中地质条件和土性条件往往是十分复杂的，包含有很多不确定性，因此建筑事故的发生，许多与地基基础有关，主要反映在地基的承载力不够、基础失稳或产生过大的沉降。基础位于地面以下，属于隐蔽工程。一旦发生事故，损失巨大，补救和处理十分困难，甚至是不可能的。故基础工程经常会成为工程中的热点和难点问题。而且基础工程施工常在水下进行，往往需要挡土挡水，施工难度大，工程造价较高。据统计，一般高层建筑中，基础工程造价占总造价的 20%~30%，相应的施工工期占建筑总工期的 25%~30%。如果采用人工地基，其造价和工期所占比例更大。所以，既要求基础工程的设计和施工必须保证建（构）筑物的安全和正常使用，同时也要求能选择最合适的设计方案和施工方法，以降低基础工程部分的造价。

近年来，随着高层建筑、重大交通及水电工程设施的建设和地下空间的开发利用，超高层的大楼、高速铁路和公路、大型水电站、大坝、海港码头、大型地下商场、地下铁道等不断涌现。它们对地基土质条件的要求很高，而我国的人均土地资源有限，特别是耕地面积逐年减小，必须

充分利用各种不良地基,最大限度地提高土地利用率,因此建筑物的地基愈加复杂。另外,建(构)筑物向高、大、重及密集型方向发展,其基础的形式及功用愈加多样复杂,对地基和基础的承载能力、沉降及变形的要求愈加严格;深基础的施工不单要保证自身的稳定与安全,还应考虑对邻近建筑物的影响及对周边地下的煤气、上下水、电线、电缆等管线的影响。随着人们环保意识的提高,对控制施工所带来的环境污染的要求越来越高,因而基础工程设计和施工技术难度均会进一步加大。这些因素给从事基础工程设计和施工的工作人员带来了严峻的挑战。

大量的工程实践表明,建筑物的安危在很大程度上取决于基础工程的成败。而影响基础工程的因素多且复杂,稍有不慎,就会给整个工程带来隐患,引发地基基础事故,造成上部结构无法正常使用,甚至倒塌和毁坏。所以基础工程的成功与否,直接影响到上部结构的安危,基础工程的重要性是显而易见的。

## 四、基础工程课程的特点与学习注意事项

基础工程是阐述建筑物设计和施工中有关地基和基础问题的学科,是土木工程专业课程设置体系中的一门主干课程。在学科体系上,基础工程既是土木工程学科中岩土工程、结构工程、桥梁与隧道工程几个二级学科的重要组成部分,也与地下工程等学科紧密相关,它是用岩土工程的基本理论和方法去解决地基基础方面工程问题的一门课程。在学习中,应勤于思考,理解问题的实质,多掌握原理,搞清方法步骤,其中对天然地基浅基础、桩基础等应全面掌握其设计基本理论和具体计算方法。

基础工程以材料力学、结构力学、弹性力学为基础,与工程地质、土力学、钢筋混凝土结构、桥梁工程、建筑材料、建筑施工等课程配合教学,涉及的学科较多,内容广泛,综合性强,因而要求有广泛、扎实的先修课基础,尤其是土力学,它是本课程的重要理论基础。

基础工程是一门有着较强实践性和经验性的学科。由于地基土层是自然历史的产物,复杂多变,影响因素多,各类基础工程都有其自身特点,各种技术要求和规定较多。在设计和施工中,为使基础工程问题得到切合实际的、合理完善的解决,除需要丰富的理论知识外,还需要丰富的工程实践经验,此外还必须重视通过勘探和地基原位测试手段,取得可靠的地基土层分布及其物理力学性质指标的资料。在学习时应注意理论联系实际,因地制宜,灵活应用,增强处理基础工程问题的能力。

基础工程设计应注意以下几方面。

### 1. 基础工程荷载的确定原则

为保证地基与基础满足强度、变形及稳定性的要求,应对使用过程中结构物可能同时出现的荷载进行组合,按“最不利荷载组合”进行设计。所谓“最不利荷载组合”是指组合后的荷载对某一项验算内容产生相应的最大力学效应。对于作用在基础与地基上的荷载及其组合,不同行业的相应规范中可能有不同的荷载组合定义和荷载组合方式。

### 2. 基础工程的设计方法

根据设计中对上部结构、基础和地基之间相互关系的处理方式不同,出现了以下几种设计理论:① 只满足上部结构、基础和地基三者间静力平衡的设计方法;② 在满足静力平衡的基础上同时考虑地基与基础间变形协调的设计方法;③ 在满足静力平衡的基础上同时考虑上部结构、基础和地基三者间变形协调的设计方法。

基础工程设计所对应的状态可分为允许状态、极限状态和概率极限状态，相应的评价指标有整体安全系数、分项安全系数和可靠性指标等。目前，在基础工程领域大多是按允许状态设计，部分采纳极限状态的概念，但都是以工程允许的工作状态为设计依据，以安全系数为评价标准的设计方法，统称为定值设计方法。

### 3. 有关规范的协调和使用

基础工程的设计和施工必须遵循法定的规范、规程，不同行业有不同的专门规范，如《建筑地基基础设计规范》(后文简称《地基规范》)、《公路桥涵地基与基础设计规范》(后文简称《公桥基规》)、《铁路桥涵地基和基础设计规范》(后文简称《铁桥基规》)、《建筑桩基技术规范》等等。在采用上述规范时，还必须注意遵循相应的有关规范规定，如采用《地基规范》时，则荷载取值应符合《建筑结构荷载规范》，基础的计算应符合《混凝土结构设计规范》和《砌体结构设计规范》的规定。而采用《铁桥基规》时，荷载应按《铁路桥涵设计基本规范》规定采用，基础结构设计应按《铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范》及《铁路桥涵混凝土和砌体结构设计规范》的有关规定进行。所以，学习本课程必须注意相关规范的协调使用。

由于各个行业的规范出于不同的考虑和习惯，某些方面相互之间差别比较大。例如，各个规范对土的工程分类和名称就有差异。有的规范采用定值设计法，有的则采用结构可靠度设计方法，于是在设计表达式和计算公式中采用的专业性术语不尽相同。书中引用有关规范时，一般只好沿用其原来的符号，必要时加以注释以免误解，学习时应注意了解和区别不同规范各自的规定和特点及相关术语。

鉴于上述情况，学生在学习中，应以基础工程学科知识体系为指南，弄清地基及基础的基本设计原理、方法，同时兼顾不同的专业方向，对各自的行业有所侧重。尤其应注意各行业规范必须配套使用，不能混用和错用，在应用各种理论和公式时，要注意其基本假定及适用条件。值得一提的是，各种设计规范随着工程实践经验的积累及技术的进步，会不断地修订和完善，此时应注意规范的时效性。

## 五、基础工程学科的发展概况

详情请扫描二维码。



基础工程学科的  
发展概况

### 思考题与习题

- 0—1. 基础工程的主要研究内容是什么？
- 0—2. 试述地基、基础的概念及分类。
- 0—3. 基础工程必须满足那些要求？

# 第 1 章 天然地基上浅基础的设计

## 1.1 概 述

一般而言,当基础底面的埋置深度小于基础短边宽度的尺寸,或从施工角度考虑,当埋置深度不超过 5 m 时,可以用比较简单的施工方法施工,如最常用的明挖法,这样的基础在设计计算时可以忽略基础侧面土体对基础的影响,基础结构形式也较简单,统称为浅基础。而采用桩基、沉井和地下连续墙等特殊施工方法修建的基础称为深基础,其埋置深度较大,设计计算时需考虑基础侧面土体对基础的影响,基础结构形式和施工方法也较复杂。

天然地基上浅基础由于埋深浅,结构形式简单,施工方法简便,造价也较低,在满足地基承载力和变形要求的前提下,应优先选用,由此,天然地基上浅基础也成为建筑物最常用的基础类型。本章将介绍天然地基上浅基础的设计原理,这些原理也基本适用于人工地基浅基础。

### 1.1.1 地基基础设计资料

地基与基础的设计方案的确定、计算中有关参数的选用,都需要根据当地的地质条件、水文条件、上部结构形式、荷载特性、材料情况及施工要求等因素全面考虑。施工方案和方法也应该结合设计要求、现场地形、地质条件、施工技术设备、施工季节、气候和水文等情况来研究确定,因此,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。

工业与民用建筑基础设计前必须收集的有关资料如下:

- (1) 建筑场地的地形图。
- (2) 建筑场地的工程地质勘察报告。
- (3) 建筑物平、立、剖面图,荷载、设备基础、设备管道布置与标高。
- (4) 建筑材料供应情况、施工单位的设备和技术力量。

在设计桥梁墩台基础时,应首先收集如下几方面原始设计资料:

- (1) 线路情况(包括线路等级、中心标高、平面、立面上线型等)。
- (2) 地形情况(主要指沿桥梁中轴线的河床断面,墩台位处地形和水流方向等)。
- (3) 水文条件(指高水位、低水位、施工水位、流速、冲刷深度等)。
- (4) 工程地质(即钻孔柱状图和地质剖面图,图上应标明各土层厚度及其物理力学性质、土中有无大孤石之类,岩面标高及其倾斜度、基岩中有无断层、溶洞、破碎带等)。
- (5) 桥跨和墩台的构造形式(包括跨长、全长、梁高、支座形式、墩身尺寸等)。
- (6) 施工力量情况(包括人力、物力及其技术水平等)。
- (7) 当地情况(如当地有何建筑材料可供使用、地方交通、电力供应、水源如何等)。

对这些资料的要求,按不同的需要应有所区别。对大型建筑物可能需要比较多的资料,对一般中、小型建筑物只需要较少的资料,地震区还需掌握相关地震资料。

### 1.1.2 天然地基浅基础的常规设计方法和内容

对于一般天然地基上的浅基础,常规的设计方法通常把上部结构、基础和地基作为独立的单

元分开考虑，把上部结构看成是底端固定的结构进行内力计算，把求得的固定端支座反力作为外荷载作用于基础之上对基础进行结构设计；在进行地基计算时，将基底压力视为施加于地基上的外荷载对地基进行承载力验算及必要的变形和稳定性验算。

这种常规方法满足静力平衡条件，但是没有考虑上部结构、基础和地基之间的共同工作和协调变形条件，使得得到的计算结果与实际情况存在一定误差，但在沉降较小或较均匀、基础刚度较大时，常规方法可以认为是可行的。所以，目前在浅基础中的一般扩展基础设计中广泛采用这种常规方法，对于大型或复杂的浅基础，宜用常规方法做初步设计，并在此基础上，根据具体情况考虑上部结构、基础与地基之间的相互作用。

设计天然地基上浅基础时，应阅读分析建筑场地的地质勘察资料和上部结构的设计资料，进行现场勘察和调查，考虑各方面因素，遵循上述设计要求，按下列内容进行设计：

(1) 初步选择基础的材料和结构形式。

(2) 确定基础的埋置深度。

(3) 确定地基土的承载力。

(4) 根据地基土承载力和作用在基础上的荷载，初步确定基础的底面尺寸。

(5) 初步确定基础高度并确定剖面形状。

(6) 进行地基计算，包括地基持力层和软弱下卧层（如果存在）的承载力验算，以及按规定需要进行的必要的地基变形验算，对建在斜坡上或有水平荷载作用的建筑物，必要时验算地基基础的稳定性等，根据验算结果修改基础设计方案直至全部满足要求。

(7) 进行基础细部结构和构造设计，包括必要的基础内力分析和截面验算，使之满足构造要求。

(8) 绘制基础设计施工图，并编制工程设计说明书。

上述各个方面是密切相关、相互制约的，设计时可按上述顺序逐步进行设计与计算，如果发现前面的选择不妥，尚需修改尺寸或埋深，甚至修改结构形式和基础方案再行验算，直至基础设计满足安全、经济、合理的原则。对规模较大的基础工程，宜对若干可能的方案作出技术经济比较，然后选择最优方案。

## 1.2 天然地基上浅基础类型

浅基础按照所用材料的性能分为无筋扩展基础和钢筋混凝土基础，旧称刚性基础和柔性基础；按照基础结构形式分为刚性扩大基础、单独基础和联合基础、条形基础（包括十字交叉条形基础）、筏形基础、箱形基础及壳体基础等类型。以下介绍工程实践中常用的几种浅基础类型。

### 1.2.1 无筋扩展基础

无筋扩展基础是由砖、石、素混凝土、毛石（片石）混凝土、灰土和三合土等材料建造的基础。

#### 1. 砖石基础

就砖的强度和抗冻性来说，不是优良的基础材料，在干燥而较温暖的地区较为适宜，在寒冷潮湿的地区不甚理想。但砖可以就地烧制，价格较低，所以应用较广泛。6层和6层以下的一般民用建筑和墙承重的轻型厂房经常使用砖基础。

料石（经过加工，形状规则的石块）、毛石和大漂石有相当高的强度和抗冻性，是砌筑无筋扩展基础的良好材料，特别在山区，石料可以就地取材，应该充分利用。毛石砌体接缝的结合力不

如料石砌体高，但料石加工很费劳动力，所以使用不如毛石砌体广泛。此外，小桥涵也采用片石基础。石料基础一般不宜用于地下水位以下。

### 2. 混凝土和毛石混凝土、片石混凝土基础

混凝土是修筑基础最常用的材料。它的优点是抗压强度高、耐久性好、抗冻性较好，可浇筑成任意形状的砌体，等级一般不宜小于 C15。凡当基础遇到有侵蚀性地下水时，对混凝土的成分要严加选择，不然可能会影响基础的耐久性。

对于大体积混凝土基础，为了节约水泥用量，可以在混凝土中掺入毛石（不多于砌体体积 30%）或片石（不多于砌体体积 25%），称为毛石混凝土或片石混凝土，虽然强度有所降低，但仍比砖石砌体高，所以也获得广泛使用。

### 3. 灰土基础和三合土基础

灰土是用热化后的石灰和黏性土或粉土混合而成，在我国已有千年以上的使用历史，我国华北和西北地区广泛使用灰土做基础。灰土早期强度虽不高，但用于普通民用房屋基础，完全能满足要求，并且年代越久，强度越高，一般多用于 5 层和 5 层以下的民用建筑和小型砖墙承重的单层工业厂房。在干燥或稍湿环境下，灰土具有一定抗冻性，宜在比较干燥的土层中使用，灰土还由于其抗渗性能好而在湿陷性黄土地区得以大量应用。但在有补给水源及灰土早期强度不高的情况下，灰土会产生冻胀现象。

三合土基础由石灰、砂和骨料（炉渣、碎砖或碎石等）加水混合而成，其强度与骨料有关，矿渣因其水硬性强度最好，碎砖次之，碎石及河卵石因不易夯打结实质量较差。三合土基础在我国南方有一定历史，一般多用于 4 层和 4 层以下的建筑。

以上这些材料虽有较好的抗压性能，但抗拉、抗剪强度却不高。所以，在设计时必须保证在基础内产生的拉应力和剪应力都不大于相应材料强度的设计值。为满足这一设计要求，可以要求基础的外伸宽度和高度的比值在一定限度之内，或者通过限制刚性角  $\alpha$  小于刚性角限值  $[\alpha]_{\max}$  来实现。在这样的限制下，基础的相对高度一般都比较小，几乎不会发生弯曲变形，所以，此类基础习惯上称之为刚性基础，它是房屋、桥梁、涵洞、挡土墙等建筑物常用的基础类型。

刚性基础的特点是稳定性好，能就地取材，造价不高，设计施工简便，但其强度不高，截面尺寸较大，埋深受限制，荷载较大时难以采用，某些材料受地下水影响其承载力和耐久性变化较大。当持力层为软弱土时，由于扩大基础面积有一定限制，需要对地基进行处理或加固后才能使用。刚性基础用于房屋建筑时可用于 6 层和 6 层以下的民用建筑和砌体承重的厂房，有墙下刚性条形基础（见图 1-2-1）和柱下刚性单独基础（见图 1-2-2）。对桥涵基础，只要地基强度和水文条件满足，刚性基础是首选考虑的基础形式，如图 1-2-3 所示的重力式墩台下的刚性扩大基础和图 1-2-4 所示的挡土墙下的条形基础，都是十分常见的基础形式。

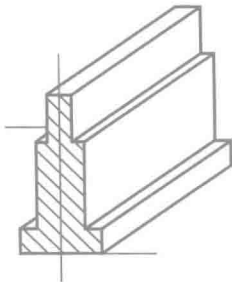


图 1-2-1 墙下条形基础

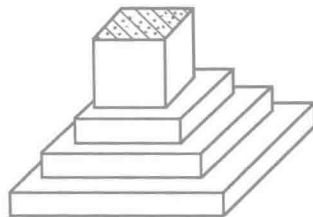


图 1-2-2 柱下单独基础



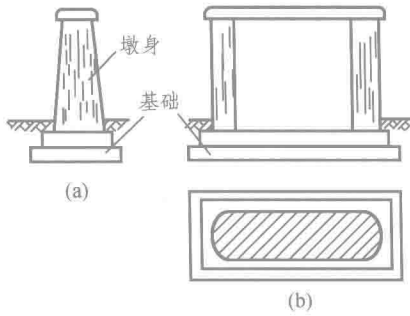


图 1-2-3 刚性扩大基础

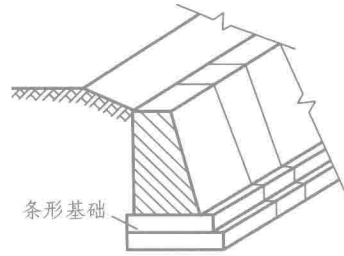


图 1-2-4 挡土墙下的条形基础

## 1.2.2 钢筋混凝土基础

当外荷载较大且存在弯矩和水平荷载，同时地基承载力又较低，无筋扩展基础的尺寸不能同时满足地基承载力和基础埋深的要求时，则需采用钢筋混凝土基础。钢筋混凝土基础用扩大基础底面积的方法来满足地基承载力的要求，由于其依靠钢筋承受拉力使基础弯曲时不致破坏，所以这种基础不受刚性角的限制，可将底面尺寸在较小的基础高度内扩展较大，能得到合适的基础埋深，因此，钢筋混凝土基础也称作扩展基础，具有较好的抗剪能力和抗弯能力，通常也称为柔性基础或有限刚度基础。

钢筋混凝土是建筑基础的较好材料，其强度、耐久性和抗冻性都很好，且能很好地承受弯矩。在相同的基础宽度下，钢筋混凝土基础的高度远比砖石和混凝土基础要小得多。钢筋混凝土的单价比其他基础材料要高，但因基础构造高度小，可以浅埋，从而可以节省开挖基坑所用的支撑材料、排水费用以及土方工程量，因此总造价有可能降低，应当注意因地制宜，根据实际情况加以选择。目前钢筋混凝土基础多在较大的建筑中或地基土层软弱时采用。

钢筋混凝土基础主要有独立基础、条形基础、筏形基础、箱形基础和壳体基础等结构类型。

### 1. 单独基础和联合基础

钢筋混凝土单独基础，也称独立基础，主要是柱下基础。小跨度桥梁墩台下、单层工业厂房排架柱下或公共建筑框架柱下经常采用。如图 1-2-5 (a)、(c)、(d) 所示，其立面形式通常有台阶形和锥台形。轴心受压柱下的基础底面形状一般为正方形，而偏心受压柱下的底面形状一般为矩形。由于每个基础的长、宽可以自由调整，因此框架柱荷载不等时，通常可以采用该类型基础，调整相邻柱的基础底面积，控制不均匀沉降的差值达到允许值。

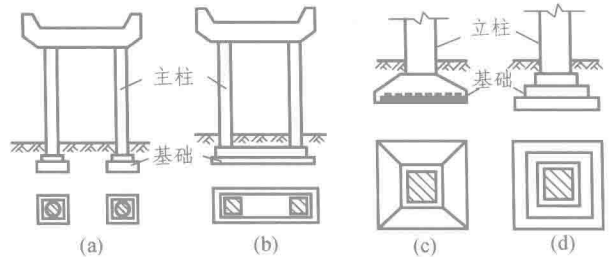


图 1-2-5 单独和联合基础

对于烟囱、水塔、高炉等构筑物，则通常采用钢筋混凝土圆板或圆环基础，或者混凝土实体基础，这类基础是位于整个建筑物下的配筋单独基础(采用实体基础时也可不配筋)，与上部结构连成一体，具有较大的整体刚度。

有时为了满足地基强度要求，必须扩大基础平面尺寸，而扩大的结果使相邻的单独基础在平面上相接甚至重叠，则可将它们连在一起成为联合基础，如图 1-2-5 (b) 所示。