

普通高校土木工程专业系列精品规划教材

PUTONGGAOXIAOTUMUGONGCHENGZHUANYEXILIEJINGPINGUIHUAJIAOCAI



基础工程

JICHU GONGCHENG

JICHU GONGCHENG

◎ 徐长节 谭 勇 耿大新 主编



中南大学出版社

www.csupress.com.cn

基础工程

主 编 徐长节 谭 勇 耿大新
副主编 胡文韬 于 洋



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

基础工程/徐长节,谭勇,耿大新主编.

—长沙:中南大学出版社,2016.5

ISBN 978-7-5487-2164-2

I. 基... II. ①徐... ②谭... ③耿... III. 基础(工程)

IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 008488 号

基础工程

主 编 徐长节 谭 勇 耿大新

☐责任编辑 刘颖维

☐责任印制 易红卫

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙市宏发印刷有限公司

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 12.75 ☐字数 318 千字

☐版 次 2016 年 5 月第 1 版 ☐印次 2016 年 5 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-2164-2

☐定 价 32.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

0107121

普通高校土木工程专业系列精品规划教材

编审委员会

主 任 余志武

常务副主任 雷晓燕

副主任(按姓氏笔画排序)

王卫东	王有凯	龙志林	刘哲锋	祁 皓	杨 斌
吴国雄	陈振富	陈 淮	胡习兵	祝明桥	徐长节
崔 杰	彭立敏				

委 员(按姓氏笔画排序)

刁心宏	于向东	马飞虎	王 英	王星华	王晓光
王 薇	方 焘	甘元初	石钰锋	白明洲	乔建东
刘小明	刘 坚	刘根强	刘 靖	宇德明	孙 晓
孙翠羽	杨伟军	杨仲轩	杨建军	杨春霞	李长春
李东平	肖 潇	张 健	张维锦	张鹏飞	张燕茹
陈友兰	陈长坤	陈汉利	陈锐林	罗小勇	周小林
周书葵	周凌宇	周智辉	周德泉	郑明新	赵小平
赵国宇	胡文韬	胡晓波	耿大新	徐林荣	郭文华
黄海林	蒋丽忠	傅 纯	戴公连		

总 序

土木工程是促进我国国民经济发展的重要支柱产业。近 30 年来,我国公路、铁路、城市轨道交通等基础设施以及城市建筑进入了高速发展阶段,以高速、重载和超高层为特征的建设工程的安全性、经济性和耐久性等高标准要求向传统的土木工程设计、施工技术提出了严峻挑战。面对新挑战,国内外土木工程行业的设计、施工、养护技术人员和科研工作者在工程实践和科学研究工作中,不断提出创新理念,积极开展基础理论和技术创新,研发了大量的新技术、新材料和新设备,形成了成套设计、施工和养护的新规范和技术手册,并在工程实践中大范围应用。

土木工程行业的发展日新月异,对现代土木工程专业人才培养提出了迫切需求。教材建设和教学内容是人才培养的重要环节。为面向普通高校本科生全面、系统和深入阐述公路、铁路、城市轨道交通以及建筑结构等土木工程领域的基础理论和工程技术成果,由中南大学出版社、中南大学土木工程学院组织国内土木工程领域一批专家学者组成“普通高校土木工程专业系列精品规划教材”编审委员会,共同编写这套系列教材。通过多次研讨,确定了这套土木工程专业系列教材的编写原则:

1. 系统性

本系列教材以《土木工程指导性专业规范》为指导,教材内容满足城乡建筑、公路、铁路以及城市轨道交通等领域的建筑工程、桥梁工程、道路工程、铁道工程、隧道与地下工程和土木工程管理等方面的需求。

2. 先进性

本系列教材与 21 世纪土木工程专业人才培养模式的研究成果密切结合,既突出土木工程专业理论知识的传承,又尽可能全面反映土木工程领域的新理论、新技术和新方法,注重各领域内容的充实与更新。

3. 实用性

本系列教材针对“90”后学生的知识与素质特点,以应用型人才培养为目标,注重理论知识与案例分析相结合,传统教学方式与基于现代信息技术的教学手段相结合,重点培养学生的工程实践能力,提高学生的创新素质。这套教材可作为普通高校土木工程专业本科生的课程教材,还可作为其他层次学历教育和短期培训的教材和广大土木工程技术人员的专业参考书。

4. 严谨性

本系列教材的编写出版要求严格按照国家相关规范和标准执行,认真把好编写人员遴选关、教材大纲评审关、教材内容主审关和教材编辑出版关,尽最大努力提高教材编写质量,力求出精品教材。

根据本套系列教材的编写原则,我们邀请了一批长期从事土木工程专业教学的一线教师负责本系列教材的编写工作。但是,由于我们的水平和经验所限,这套教材的编写可能有不尽如人意的地方,敬请读者朋友们不吝赐教。编委会将根据读者意见、土木工程发展趋势和教学手段的提升,对教材进行认真修订,以期保持这套教材的时代性和实用性。

最后,衷心感谢全套教材的参编同仁,由于他们的辛勤劳动,编撰工作才能顺利完成。真诚感谢中南大学学校领导、中南大学出版社领导的大力支持和编辑们的辛勤工作,本套教材才能够如期与读者见面。



2016年5月

前 言

基础工程(foundation engineering)是土木工程相关专业的一门重要专业基础课。随着科学技术的发展及国内外高层建筑、高坝建筑、大跨度桥梁等的大量兴建,这些高大建筑物对其基础的要求越来越严格。因此本课程是相关专业必须掌握的一门专业基础课程。大学教科书不可能包罗万象,因此我们期望编写的教材简明扼要、深入浅出,便于学生学习、理解,能够对其将来的工作有所帮助。

本书是根据全国高等学校路桥及交通工程教学委员会制定的《基础工程》教材大纲编写而成的。本书力求使学生相关能够快速掌握基本概念、基本理论及一些简单计算,培养学生对基础工程的兴趣,同时着力使教材的思想性、科学性、教学性融为一体。在编写过程中,本书不仅注重理论的系统性,还注重与实践相结合,编入了相当数量的计算例题和国内外工程新技术及实例。本书在第1章绪论里面介绍了基础工程的一些概述及计算时所用的效应组合。之后的章节中分别介绍了浅基础、桩基础、沉井基础、基坑工程、特殊土基础、地基处理等目前工程上广泛应用的内容,并且结合了重难点及思考与练习,旨在帮助学生们理解所学知识及方便学生在自学时抓住重点内容。

本书紧密联系行业技术最新发展,相关技术标准采用《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、公路桥涵地基与基础设计规范(JTG D63—2007)与铁路桥涵地基与基础设计规范(TB 10002.5—2005)等新规范。

本书由华东交通大学/浙江大学徐长节教授、同济大学谭勇副教授、华东交通大学耿大新副教授担任主编,华东交通大学胡文韬博士、于洋博士担任副主编。书中引用了许多国内外学者的文献和资料,在此不能一一列出,谨表示深深的歉意和衷心的感谢。

限于时间和水平,书中难免出现错误和不当之处,欢迎读者批评指正。

编者
2016年5月

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 基础工程设计采用的作用效应及组合	(2)
1.3 基础工程学科发展	(4)
第2章 浅基础设计	(6)
2.1 浅基础的类型、构造及适用条件	(6)
2.2 浅基础的埋置深度	(8)
2.3 地基承载力的确定	(11)
2.4 地基变形及稳定性计算	(16)
2.5 扩展基础设计与计算	(19)
2.6 连续基础设计与计算	(26)
重点与难点	(28)
思考与练习	(28)
第3章 桩基础计算与分析	(30)
3.1 概述	(30)
3.2 桩与桩基础的分类	(31)
3.3 桩与桩基础的构造	(38)
3.4 单桩轴向承载机理及容许承载力计算	(42)
3.5 水平荷载作用下单排桩基桩内力与位移计算	(55)
3.6 水平荷载作用下多排桩基桩内力与位移计算	(77)
3.7 群桩的承载力与变形	(85)
3.8 承台的设计与计算	(88)
3.9 桩基础设计内容及步骤	(93)
重点与难点	(98)
思考及练习	(98)
第4章 基坑工程	(100)
4.1 围护结构形式及适用范围	(100)
4.2 基坑稳定分析	(107)
4.3 围护结构设计	(109)
重点与难点	(120)

思考与练习	(120)
第5章 沉井基础及地下连续墙	(121)
5.1 概 述	(121)
5.2 沉井的类型和构造	(122)
5.3 沉井的设计与计算内容	(125)
5.4 地下连续墙	(126)
重点与难点	(128)
思考与练习	(128)
第6章 特殊土地基上的基础工程	(129)
6.1 湿陷性黄土地基	(129)
6.2 膨胀土地基	(135)
6.3 冻土地基	(141)
6.4 地震区的基础工程	(146)
重点与难点	(153)
思考与练习	(153)
第7章 地基处理	(154)
7.1 地基处理方法分类	(154)
7.2 换土垫层法	(155)
7.3 挤密法及深层密实法	(156)
7.4 强夯法	(160)
7.5 排水固结法	(161)
7.6 其他加固方法	(165)
重点与难点	(168)
思考与习题	(168)
附录	(169)
附表1	(169)
附表2	(170)
附表3	(171)
附表4	(172)
附表5	(173)
附表6	(174)
附表7	(175)
附表8	(176)
附表9	(177)
附表10	(178)

附表 11	(179)
附表 12	(180)
附表 13	(181)
附表 14	(182)
附表 15	(183)
附表 16	(184)
附表 17	(185)
附表 18	(186)
附表 19	(187)
附表 20	(188)
参考文献	(189)

第1章

绪论

1.1 概述

基础工程是在建(构)物的设计和施工的过程中解决地基和基础相关问题的一门学科。

对于某一建筑结构而言,在岩土地层上的工程为上部结构工程,而基础工程为下部结构工程。建筑物一般都建在岩(土)层上,通常把直接承受建筑物荷载的岩(土)层称为地基。在建筑荷载下地基土会产生附加应力和变形,其范围由基础类型、尺寸、荷载大小以及土层分布决定。建筑物对于地基不仅有强度、变形和稳定的要求,还须考虑地质水文条件和气候环境情况。建筑物地基一般是由多层土组成的,直接与基础接触的土层称为持力层,持力层以下的土层称为下卧层。地基一般分为天然地基和人工地基。当上部结构承重不大,且地基范围内的土层为好土层时,基础可直接埋置在未进行加固处理的天然土层之上;当天然地基软弱,不能满足上部荷载的要求时,地基则需要人工加固处理(如采用换土垫层、深层密实、排水固结等方法),此地基称为人工地基。显然,在地质条件良好并满足基础工程要求的条件下,最经济的方式是选用天然地基。

建筑物底部与地基接触的承重物件称为基础,它将上部结构的荷载传给地基。根据埋置深度的不同基础可分为深基础和浅基础。若基础埋置深度不大(一般小于5 m),只需要挖槽、排水等普通施工程序就可以建造起来的称为浅基础。反之,若基础埋深较大、土质不良,需要将基础埋置在深度较大的土层,且要通过复杂的方法建造的称为深基础。

由于基础工程是隐蔽工程,其勘察、设计和施工质量将直接影响建筑物的使用和安危,一旦发生质量事故,往往很难采取补救措施。根据实践经验,许多建筑物产生质量问题的症结就在于地基基础有问题。随着大型、重型、高程建筑逐渐增多,在基础工程的施工和设计领域有很多成功的案例,然而也有不少失败的教训。在近现代建筑史上,国内外有很多由于地基沉降而引起建筑物严重倾斜甚至倒塌的案例。

例如,位于苏州市虎丘公园山顶的虎丘塔(图1-1),落成于宋太祖建隆二年(公元961年)。塔的四面呈八角形倾斜的虎丘塔历史悠久,全塔共七层,高47.5 m,目前观测塔的中心线是一条折线形抛物线,这是由于建造第一层时,塔发生倾斜;于是在建造第二层时重新校正铅直;当塔继续倾斜后,建



图1-1 虎丘塔

造第三层时又进行校正铅直……依此类推,逐渐成为目前的状态。目前塔身向东北方向严重倾斜,塔顶离中心线已达 2.31 m,底层塔身发生不少裂缝。从虎丘塔结构设计上看,存在很大的缺陷,虎丘塔的地基为人工地基,由大石块组成,但没有做扩大基础,砖砌塔身垂直向下砌八皮砖,即埋深 0.5 m,且直接置于大石块上。估算塔重约 64281 kg,远超过了地基承载力。塔倾斜后,使得东北部位的应力集中,砖体受力超过抗压强度而压裂。

墨西哥城艺术宫(图 1-2)于 1904 年落成,至今已有一百多年的历史。该艺术宫处于四面环山的盆地中,古代原是一个大湖泊。由于周围火山喷发的火山沉积和湖水蒸发,经过漫长的年代,湖水干涸形成目前的盆地,因此产生了世界独特的地表土层。该地表层为人工填土与砂夹卵石硬壳层,厚度 5 m;其下为超高压缩性淤泥,其淤泥孔隙比高达 7~12,天然含水量高达 150%~600%,为世界罕见的软卧土,层厚达 25 m。因此,这座艺术宫严重下沉,沉降量竟高达 4 m。临近的公路下沉 2 m,公路路面至艺术宫门前高差达 2 m。参观者需步下 9 级台阶,才能从公路进入艺术宫。下沉量为一般房屋一层楼有余,造成室内外连接困难和交通不便。这是地基沉降最严重的典型实例。



图 1-2 墨西哥城艺术宫

1.2 基础工程设计采用的作用效应及组合

1.2.1 基础工程设计

根据《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)的规定,建筑结构应满足的功能要求,即安全性、适用性、耐久性等,在基础工程的设计中,这些要求也同样需要得到满足。在安全性方面,基础的安全隐患主要由地基土体的剪切和地基丧失稳定性产生,因此,要保证这两方面有足够的安全度;在适用性方面,应控制地基的特征变形量,使其不超过建筑物的地基特征变形允许值,以免引起基础和上部结构的破坏和影响建筑物上部结构的美观和功能;在耐久性方面,基础的形式、构造、尺寸,除了应适应上部结构、满足地基的稳定性

和变形要求外,还应该满足对基础结构的强度、刚度和耐久性的要求。

在进行基础工程的设计时,需要考虑多方面的因素才能统筹兼顾,才能将基础设计的方方面面都考虑周到。首先,需要充分掌握拟建场地的工程地质条件和勘察资料,例如,各土层的类别及工程特性指标,不良地质现象和断层的存在及分布情况,地基土层的分布是否均匀,软卧下卧层的位置和厚度。其次要充分了解当地的施工经验和条件,尽量就地取材,利用当地的人力资源及材料资源,并结合先进的施工技术和方法,确定经济可行的方案。再次,根据上部结构情况及地基承载力的情况确定地基尺寸大小,进行地基稳定性和特征变形验算,充分保证地基的稳定性,使地基的沉降不会引起建筑物倾斜和结构破坏。由于上述几个方面是紧紧相连,相互制约的,合适的设计方案不可能一次考虑全面,所以需要通过反复的工作才能得到合理、经济的设计方案。

1.2.2 作用效应及组合

结构上几种作用分别产生的效应的随机叠加称为作用效应组合。

基础工程设计应考虑整个结构上可能同时出现的作用(如除永久荷载外,可能同时出现可变荷载作用),按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行作用效应组合,并取其最不利效应组合进行设计。

在结构使用期间,其值不随时间变化,或其变化与平均值相比可忽略不计,或其变化是单调的并能趋于限值的荷载称为永久荷载,主要由结构重力、预加应力、土的重力及土侧压力等组成;反之,其值随时间的变化,且其变化与平均值相比不可忽略不计的荷载称为可变荷载,例如建筑物楼面活荷载、屋面活荷载、风荷载、雪荷载等。在进行荷载组合时通常有基本组合、标准组合和准永久组合这三种组合方式。基本组合指在承载力计算时,永久作用与可变作用的组合;标准组合指正常使用极限状态时,采用标准值或组合值为荷载代表值的组合;准永久组合指在正常使用极限状态时,对可变荷载采用准永久值为荷载代表值的组合。

荷载标准组合的效应设计值 S_d 由下式表达

$$S_d = \sum_{j=1}^m S_{G_{jk}} + S_{Q_{1k}} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{Q_{ik}} \quad (1-1)$$

注:组合中的设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况。

荷载频遇组合的效应设计值 S_d 由下式表达

$$S_d = \sum_{j=1}^m S_{G_{jk}} + \psi_{f1} S_{Q_{1k}} + \sum_{i=1}^n \psi_{qi} S_{Q_{ik}} \quad (1-2)$$

注:组合中的设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况。

(3) 对于正常使用极限状态,应根据不同的设要求,采用荷载的标准组合,并按下列设表达式进行

$$S_d = C \quad (1-3)$$

式中:C——结构或结构件达到正常使用要求的规定限值,例如变形、裂缝、振幅、加速度、应力等的限值,应按各有关建筑结构设计规范的规定采用。

(4) 荷载准永久组合 S_d 表达为

$$S_d = \sum_{j=1}^m S_{G_{jk}} + \sum_{i=1}^n \psi_{qi} S_{Q_{ik}} \quad (1-4)$$

注：组合中的设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况。

式中： S_d ——荷载效应的效应设计值；

$S_{G_{jk}}$ ——按照第 j 个永久荷载标准值计算的荷载效应值；

$S_{Q_{ik}}$ ——按照第 i 个可变荷载标准值 Q_{ik} 计算的荷载效应；

ψ_{ci} ——可变作用 Q_i 的组合值系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》（GB 50009—2012）的规定取值；

ψ_{f1} ——第一个可变荷载的频遇值系数；

ψ_{qi} ——第 i 个可变荷载的准永久值系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》（GB 50009—2012）的规定取值。

地基基础设计时，所采用的作用效应与相应的抗力限值应符合下列规定：

（1）按地基承载力确定基础底面积及埋深或按单桩承载力确定桩数时，传至基础或承台底面上的作用效应应按正常使用极限状态下作用的标准组合。相应的抗力应采用地基承载力特征值或单桩承载力特征值。

（2）计算地基变形时，传至基础底面上的作用效应应按正常使用极限状态下作用的准永久组合，不应计入风荷载和地震作用。相应的限值应为地基变形允许值。

（3）计算挡土墙、地基或滑坡稳定以及基础抗浮稳定时，作用效应应按承载能力极限状态下作用的基本组合，但其分项系数均为 1.0。

（4）在确定基础或桩基承台高度、支挡结构截面，计算基础或支挡结构内力，确定配筋和验算材料强度时，上部结构传来的作用效应和相应的基底反力、挡土墙土压力以及滑坡推力，应按承载能力极限状态下作用的基本组合，采用相应的分项系数。当需要验算基础裂缝宽度时，应按正常使用极限状态作用的标准组合。

（5）基础设计安全等级、结构设计使用年限、结构重要性系数应按有关规范的规定采用，但结构重要性系数 γ_0 不应小于 1.0。

1.3 基础工程学科发展

基础工程既是一项历史悠久的工程技术，又是一门年轻的应用学科。

世界文化古国的先民们，在史前的建筑中就已经创造了地基基础建造工艺。他们在物质及技术极其匮乏的年代，建造出许多令现代人叹为观止的建筑。如我国的都江堰水利工程、举世闻名的万里长城、赵州石拱桥、隋朝的大运河以及遍布全国大大小小的宫廷寺院及高塔，这些建筑虽然经历过各种自然灾害，但是仍安然无恙。在我国，基础工程的发展伴随着华夏五千年的历史。考古工作者发现人类早在五千年前就有房屋了，当时基础很简单，如浙江省余姚河姆渡文化遗址，其房屋是直接架在埋于地下木桩基础上的；洛阳王湾仰韶文化遗址，其基础在墙下挖槽，槽内填卵石夯实，类似于近代换土填层处理人工地基。

作为本学科理论基础的土力学于 18 世纪起源于欧洲。大规模的城市道路的建设和水利、铁路的兴起促进了土力学理论的产生和发展。1773 年，法国库仑（Coulomb）根据试验提出了著名的砂土抗剪强度公式，创立了计算挡土墙土压力的滑楔理论。1869 年，英国朗金（Rankine）从另一途径提出了挡土墙的土压力理论，有力地促进了土体强度的发展。法国工程师 H. 达西（Darcy）在 1856 年提出了层流运动的达西定律；捷克工程师 E. 文克勒（Winkler）

在1867年提出了铁轨下任一点的接触压力与该点的接触土的沉降成正比的假设;法国学者J.布辛奈斯克(Boussinesq)在1885年提出了竖向集中荷载作用下半无限弹性体应力和位移的理论解答;瑞典的峰兰纽斯(Fellenius)提出了土坡稳定分析法,这些古典的理论和分析方法,至今仍不失理论和实用价值,这些先驱者的工作为土力学的建立奠定了基础。然而,土力学作为一个完整的工程学科的建立,则以太沙基1925年出版的第一本比较系统完整的著作土力学《土力学》为标志。太沙基与R.佩克(Peck)在1948年的《工程实用土力学》中,将理论、测试和工程经验密切结合,推动了土力学和基础工程学科的发展。1936年成立了国际土力学与基础工程学会,并举行了第一次国际学术会议,从此土力学与基础工程成为一门独立的现代科学并取得不断发展。许多国家和地区也定期开展各类学术活动,交流和总结本学科新的研究成果和实践经验,出版各类土力学与基础工程刊物,有力地推动了本学科的发展。

中华人民共和国成立以来,大规模的社会主义经济事业的兴起促进了我国基础工程学科的飞跃发展。我国在桥梁、水利及建筑工程中成功地处理了许多大型的基础工程问题,取得了辉煌的成就。例如,利用电化学加固处理的中国历史博物馆地基,解决了施工工期短、质量要求高的困难;万里长江上建成的十余座长江大桥及其他巨大工程中,采用管柱基础、气筒浮运沉井、组合式沉井、各种结构类型的单壁、双壁钢围堰、大直径扩底墩等一系列深基础和深水基础,成功地解决了水深流急、地质复杂的基础工程问题;上海钢铁总厂以及全国许许多多高层建筑的建成,都为土力学及基础工程的理论和实践积累了丰富的经验。我国自1962年以来,先后召开了八届全国土力学与基础工程会议,并建立了许多地基基础研究机构、施工队伍和土工实验室,培养了大批基础工程方面的人才。

随着岩土工程学科的不断发展,理论体系也越来越完善,基础工程的设计、施工和机械设备等方面都有了长足的进步。20世纪90年代以来,颁布实施的现行规范、规程有《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)、《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—2012)等。这些现行的行业规范是基础工程各个领域取得的科研成果和工作经验的高度总结,反映了基础工程的发展水平。

在21世纪,信息化浪潮遍布全球,电子技术和软件技术愈加成熟。随着电子信息技术及各种数值计算方法对各学科的逐步渗透,土力学及基础工程的各个领域也发生了深刻的变化,许多复杂的问题通过工程软件得到了很好的解决,试验技术也日益提高。这为我国基础工程设计与施工做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量提供了充分的理论与实践依据。我们相信,随着社会主义建设的发展、信息产业程度的不断提高,基础工程这门学科会有更大的发展。

第 2 章

浅基础设计

当天然地基土质良好时, 建筑物基础可直接落在天然地基上, 按照上部基础荷载传导到地基的方式以及埋置深度的不同, 基础可以分为浅基础和深基础。一般说来浅基础比深基础更为经济, 当结构荷载引起地基沉降满足设计要求时, 浅基础为首选方案。本章仅介绍具有普通土质的天然地基上的浅基础的相关内容。浅基础分类如图 2 - 1 所示。



图 2 - 1 浅基础分类示意图

2.1 浅基础的类型、构造及适用条件

浅基础多用砖、石、混凝土或钢筋混凝土等材料做成, 其中仅钢筋混凝土在一定条件下具有良好的抗拉性能。常用浅基础类型如图 2 - 2 所示。通过合理配置截面形式, 保证基础在受力时即使不配置钢筋也能保证刚性变形要求, 这类基础称为刚性基础; 采用钢筋混凝土浇筑的基础材料的抗拉、抗压和抗剪性能良好, 抗弯刚度较大, 采用大尺寸可形成较为灵活的截面形式, 但基础本身的变形较大, 此类基础属于柔性基础。常见的刚性基础形式有柱下独立基础、刚性扩大基础、条形基础等; 常见的柔性基础形式有柱下扩展基础、筏板基础和箱形基础等。

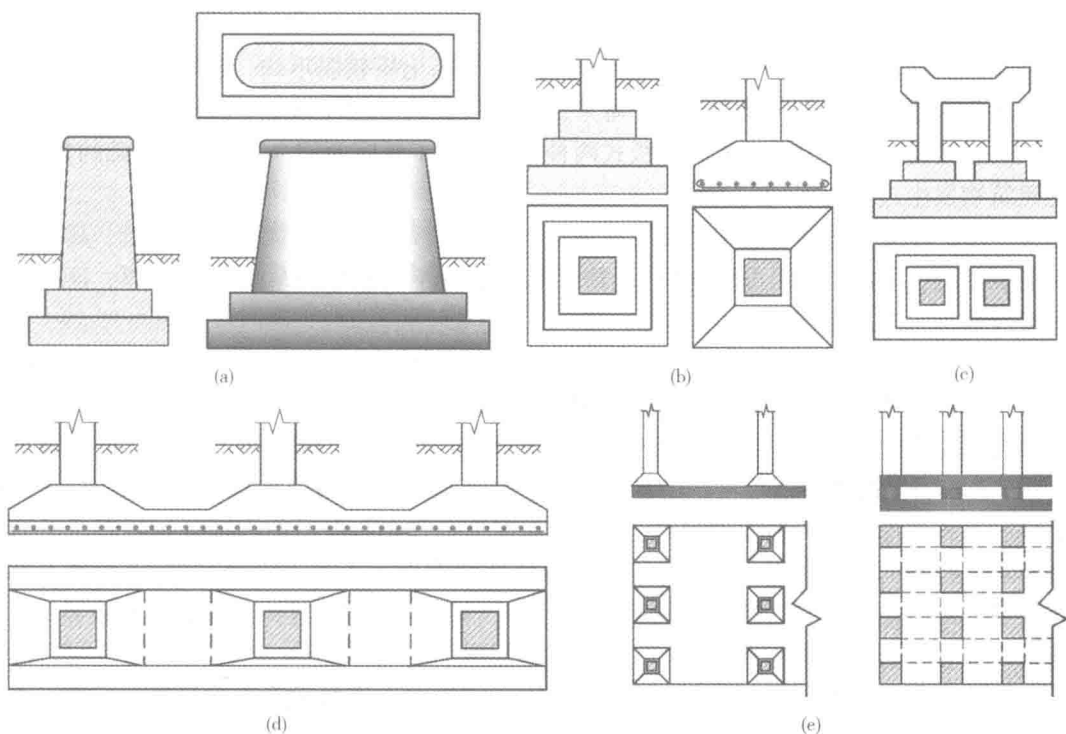


图 2-2 常用浅基础类型

(a) 刚性扩大基础；(b) 阶梯型独立基础和钢筋混凝土扩展基础；
(c) 联合基础；(d) 柱下条形基础；(e) 筏板基础和箱形基础

各种浅基础的构造要求如下所述。

1. 柱下独立基础

独立基础是立柱式桥墩和房屋建筑常用的基础形式之一，其纵横剖面可砌筑成台阶形（砖石砌筑）和锥形（混凝土浇注）两种。在软弱地基上，当基底面积扩大，直到相邻基础在平面上重叠时，可以将它们组成联合基础。

2. 刚性扩大基础

一般而言，地基强度较墩台的强度低，因此常需要将基础平面尺寸扩大以满足地基的强度要求，这种扩大的基础称为刚性扩大基础。根据土质、基础厚度、埋深等因素，每侧的扩大尺寸可取为 $0.2 \sim 0.5 \text{ m}$ ；每边的扩大尺寸需要满足材料刚性角的限制。当基础较厚时，可在纵横两剖面上均做成台阶形，以减少基础自重，节约材料。

3. 条形基础

条形基础包括墙下条形基础和柱下条形基础，是挡土墙或涵洞常用的基础形式。当上部结构很长，有可能沿基础长度方向发生不均匀沉降而致破坏，可根据土质和地形增设沉降缝。在桥梁基础中多为柱下条形基础形式，一般做成刚性。

当地基基础强度很低，基础在宽度方向需要进一步扩大面积，同时要求基础满足空间刚