

普通高等教育“十三五”规划教材

土木工程类系列教材

基础工程

邓友生 主 编
胡卫东 朱小军 靳军伟 副主编
杨 敏 主 审

清华大学出版社

— 普通高等教育“十三五”规划教材 —
—— 土木工程类系列教材 ——

基础工程

邓友生 主 编
胡卫东 朱小军 靳军伟 副主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书是遵照教育部关于拓宽专业知识面的指导方针,根据全国高等学校土木工程专业指导委员会制定的教学大纲编写而成的。在编写的过程中,注重对本学科基础理论知识的阐述,同时也强调工程实践的重要性,介绍了本学科的新进展、新技术和新工艺,并参照了我国现行的有关行业规范或技术规程,以便学以致用。

本书共 9 章,内容包括基础工程概述及课程特点、基础工程设计方法、浅基础、桩基础、沉井基础与地下连续墙、地基处理、挡土墙设计与护坡工程、基坑工程、地基基础抗震设计等。各章后附有相应的思考题与习题。

本书可作为土木工程本科专业及相关专业的基础工程课程教材,也可供从事土木工程设计、施工及科学研究的工程技术人员和自学爱好者参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

基础工程/邓友生主编. —北京:清华大学出版社,2017
(普通高等教育“十三五”规划教材. 土木工程类系列教材)
ISBN 978-7-302-48242-0

I. ①基… II. ①邓… III. ①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 207248 号

责任编辑:秦 娜 赵从棉

封面设计:陈国熙

责任校对:刘玉霞

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:17.25

字 数:417 千字

版 次:2017 年 11 月第 1 版

印 次:2017 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~2500

定 价:45.00 元

产品编号:070911-01

基础工程是土木工程专业的主干课程,也是“土力学”的后续专业课程。本书是根据土木工程专业教学的基本要求,并结合现代基础工程的技术进步和发展新趋势编写的。

随着我国现代化建设和科学技术的进步,高层建筑、城市地铁、高速公路、高速铁路、大跨度桥梁与特长隧道等大型工程的兴建,有关基础工程的各种设计与施工规范或规程等日臻完善,新的设计理念与技术促进了我国基础工程领域的不断创新。因此,本书编者依据我国现行最新《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2012)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)、《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—2012)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010,2016年局部修订版)、《给水排水工程钢筋混凝土沉井结构设计规程》(CECS 137—2015)等相关规范规程,主要介绍了地基基础的设计与处理、沉井及地下连续墙的设计与施工、挡土墙与护坡工程的设计、基坑支护的设计与稳定性分析、基础工程的抗震设计等内容。

本书为适应本科土建类专业教学的特点与要求,主要强调课程的基本概念、原理及方法,并结合实际工程施工要求与技术,使学生充分掌握该课程的理论与实践的学习。

本书共分为9章,具体编写分工为:西安科技大学邓友生编写第1章、第2章、第3章、第7章、第9章,湖南理工学院胡卫东编写第8章,扬州大学朱小军编写第4章和第5章,郑州大学靳军伟编写第6章。全书由邓友生统稿并修改。同济大学杨敏教授在百忙中仔细对全书进行了主审,同时提出一些宝贵意见。研究生王欢、周友、彭凯和梅靖宇对书中的制图、思考题与习题等方面做了大量工作,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正(dengys2009@126.com)。

编 者

2017年9月



第 1 章 绪论	1
1.1 地基与基础的基本概念	1
1.2 基础工程的发展概况	2
1.3 基础工程的课程特点与学习方法	3
思考题与习题	4
第 2 章 基础工程设计方法	5
2.1 地基基础设计原则	5
2.1.1 地基基础设计基本规定	5
2.1.2 概率极限状态设计法与荷载效应组合	7
2.2 地基和基础的主要类型	8
2.2.1 地基的主要类型	8
2.2.2 基础的主要类型	11
2.3 地基、基础与上部结构相互作用	14
2.3.1 上部结构刚度对基础受力的影响	15
2.3.2 基础刚度对地基反力的影响	15
2.3.3 地基条件对基础受力的影响	16
2.4 设计注意事项	17
思考题与习题	19
第 3 章 浅基础的设计	20
3.1 概述	20
3.1.1 浅基础的设计方法	20
3.1.2 浅基础的设计步骤	20
3.2 浅基础的类型	21
3.2.1 扩展基础	21
3.2.2 柱下条形基础	22
3.2.3 筏形基础	23
3.2.4 箱形基础	23
3.2.5 壳体基础	24

3.3	基础埋置深度的确定	24
3.3.1	建筑物的上部结构及外部场地	24
3.3.2	工程地质和水文地质条件	25
3.3.3	地基冻融条件	27
3.4	地基基础的计算	29
3.4.1	地基承载力的确定	29
3.4.2	基础底面积的确定	34
3.4.3	地基变形的验算	39
3.5	扩展基础的设计	41
3.5.1	无筋扩展基础的设计	41
3.5.2	墙下钢筋混凝土条形基础的设计	43
3.5.3	柱下钢筋混凝土独立基础的设计	47
3.6	减轻建筑物不均匀沉降危害的措施	52
3.6.1	建筑措施	52
3.6.2	结构措施	55
3.6.3	施工措施	56
	思考题与习题	56

第4章 桩基础 59

4.1	概述	59
4.2	桩的类型及选用	60
4.2.1	桩的分类	60
4.2.2	桩型选用	66
4.3	桩竖向荷载的传递	67
4.3.1	单桩竖向承载力组成与荷载传递	67
4.3.2	桩侧阻力和桩端阻力	68
4.3.3	单桩的破坏模式	73
4.4	桩的竖向承载力	73
4.4.1	现场试验法	73
4.4.2	静力触探法	76
4.4.3	经验公式法	76
4.4.4	群桩基础	77
4.4.5	桩的竖向承载力验算	78
4.5	桩的抗拔力与负摩擦力	81
4.5.1	单桩抗拔承载力	81
4.5.2	桩的负摩擦力	82
4.6	桩的水平承载力	85
4.6.1	桩在水平荷载作用下的工作性状	85
4.6.2	单桩水平静荷载试验	86
4.6.3	弹性长桩在水平荷载作用下的理论分析	88

4.7	桩基沉降计算	91
4.7.1	桩基沉降变形控制指标	92
4.7.2	建筑桩基沉降变形允许值	92
4.7.3	桩基沉降计算	93
4.8	桩基础设计	96
4.8.1	桩基础设计原则	96
4.8.2	桩型、桩长和截面尺寸选择	97
4.8.3	桩的平面布置	98
4.8.4	桩身结构设计	99
4.9	承台的设计与计算	100
4.9.1	承台的构造要求	100
4.9.2	承台的内力计算	101
4.9.3	承台的强度计算	103
	思考题与习题	108
第5章	沉井基础与地下连续墙	110
5.1	沉井基础的类型与构造	110
5.1.1	概述	110
5.1.2	沉井类型	111
5.1.3	沉井基础构造	112
5.2	沉井基础的施工方法	114
5.2.1	制作过程	114
5.2.2	下沉施工	115
5.2.3	下沉问题及处理措施	116
5.3	沉井基础设计	117
5.3.1	设计的一般原则	117
5.3.2	荷载取值	118
5.3.3	下沉系数和稳定系数	120
5.4	沉井基础计算	121
5.4.1	沉井作为刚性深基础整体计算	121
5.4.2	抗浮验算	124
5.4.3	下沉计算	125
5.4.4	井壁受力计算	126
5.5	地下连续墙的类型与构造	132
5.5.1	地下连续墙概述	132
5.5.2	地下连续墙的类型	134
5.5.3	地下连续墙的构造	134
5.6	地下连续墙的设计与计算	135
5.6.1	受力特点	135

5.6.2	设计内容	135
5.6.3	静力计算理论	136
5.6.4	地下连续墙的防渗设计	144
5.6.5	地下连续墙的接头设计	144
5.7	地下连续墙的施工	146
5.7.1	导墙施工	146
5.7.2	泥浆护壁	147
5.7.3	成槽施工	149
5.7.4	接头施工	150
5.7.5	钢筋笼制作与吊放	151
5.7.6	水下混凝土浇筑	152
	思考题与习题	153
第6章	地基处理	154
6.1	概述	154
6.1.1	常见不良土特性	154
6.1.2	不良地基的问题与加固基本原理	155
6.1.3	处理原则与注意事项	156
6.2	换填垫层	156
6.3	预压地基	159
6.3.1	加载系统	159
6.3.2	排水系统设计	160
6.4	压实地基和夯实地基	163
6.4.1	压实地基	163
6.4.2	夯实地基	165
6.5	复合地基	168
6.5.1	复合地基的分类	168
6.5.2	承载力及沉降计算	169
6.5.3	砂石桩复合地基	170
6.5.4	水泥粉煤灰碎石桩复合地基	171
6.5.5	水泥土搅拌桩复合地基	172
6.5.6	旋喷桩复合地基	173
6.5.7	灰土桩复合地基	174
6.5.8	柱锤冲扩桩复合地基	175
6.5.9	多桩型复合地基	176
6.6	注浆加固	178
6.6.1	水泥注浆	178
6.6.2	硅化浆液注浆	178
6.6.3	碱液注浆	180

6.7 微型桩加固	180
6.7.1 树根桩	181
6.7.2 预制桩	181
6.7.3 注浆钢管桩	181
6.8 检验与检测	182
6.8.1 处理后的地基承载力特征值	182
6.8.2 单桩与多桩复合地基承载力特征值	183
6.8.3 复合地基增强体单桩承载力特征值	184
思考题与习题	184
第7章 挡土墙设计与护坡工程	187
7.1 概述	187
7.2 挡土墙的种类	188
7.2.1 重力式挡土墙	188
7.2.2 悬臂式挡土墙	188
7.2.3 扶壁式挡土墙	188
7.2.4 加筋土挡土墙	189
7.3 挡土墙的设计	189
7.3.1 重力式挡土墙设计	189
7.3.2 悬臂式挡土墙设计	199
7.3.3 扶壁式挡土墙设计	207
7.3.4 加筋土挡土墙设计	209
7.4 护坡工程	212
7.4.1 设计原则	212
7.4.2 削坡开级	212
7.4.3 植被护坡	214
7.4.4 工程护坡	215
7.4.5 综合护坡措施	217
7.4.6 滑坡地段的防护措施	218
思考题与习题	219
第8章 基坑工程	221
8.1 概述	221
8.1.1 基坑工程的概念及特点	221
8.1.2 基坑支护工程设计要求	221
8.1.3 基坑工程设计内容	222
8.2 基坑支护结构形式及适用范围	222
8.2.1 放坡开挖与简易支护	222
8.2.2 悬臂式支护结构	222

8.2.3	重力式支护结构	223
8.2.4	内撑式支护结构	223
8.2.5	拉锚式支护结构	223
8.2.6	土钉墙支护结构	224
8.2.7	其他形式支护结构	224
8.3	支护结构上的荷载计算	225
8.3.1	土、水压力计算	225
8.3.2	附加竖向应力标准值计算	226
8.4	排桩与地下连续墙支护结构	228
8.4.1	悬臂式桩墙计算	228
8.4.2	单支点支护结构计算	230
8.5	重力式水泥土墙支护结构	233
8.5.1	概述	233
8.5.2	水泥土墙计算	233
8.5.3	构造要求	237
8.6	土钉墙	237
8.6.1	概述	237
8.6.2	土钉承载力计算	238
8.6.3	构造及施工要求	239
8.7	基坑稳定性分析	240
8.7.1	整体性稳定验算	240
8.7.2	抗隆起稳定性验算	241
8.7.3	抗渗流稳定性验算	242
8.8	地下水控制	243
8.8.1	概述	243
8.8.2	集水明排法	244
8.8.3	导渗法	244
	思考题与习题	245

第9章 地基基础抗震设计 246

9.1	概述	246
9.1.1	地震	246
9.1.2	地震震害	246
9.1.3	地基基础震害	247
9.2	地基基础抗震设计原则	247
9.2.1	抗震设计的基本原则和目标	247
9.2.2	抗震设计的基本要求和方法	248
9.2.3	地基基础抗震设计原则	249

9.3 天然地基基础抗震设计	249
9.3.1 场地选择	249
9.3.2 天然地基抗震验算	251
9.3.3 地基土液化的判别	254
9.3.4 地基基础抗震措施	257
9.4 桩基抗震设计	258
9.4.1 桩基抗震验算	258
9.4.2 桩基抗震构造措施	260
思考题与习题	260
参考文献	262

1.1 地基与基础的基本概念

在土木工程中,地基与基础是两个不同的概念。通常把直接承受通过基础传来的各种荷载或作用并产生应力重分布的岩土体称为地基;而基础是将上部建筑物承受的各种荷载或作用传递到地基上的下部结构。也就是说,建筑物建于土体或岩层之上,所有的荷载或作用都是由基础传递给地基的,如图 1-1 所示。

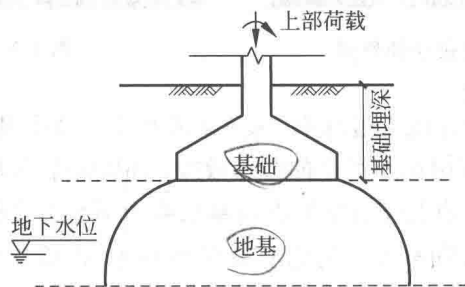


图 1-1 基础及地基示意图

当地基为良好土层时,基础可直接作用于天然土层之上,这种不经处理即可满足设计要求的地基,称为天然地基。对于地基软弱,承载力不足或变形较大,无法满足设计要求而人工处理的地基,称为人工地基。

根据基础的埋置深度和施工方法不同,将基础分为浅基础和深基础。通常把埋置深度不大(一般不超过 3~5m)、只需挖槽、排水等普通施工措施就可建造的基础称为浅基础。反之,若土层软弱、土质不良需要借助特殊施工方法,把基础埋在较深土层中,通过基础将荷载传递到深部良好土层,这样的基础称为深基础。

基础工程是研究基础或包含基础的地下结构设计与施工的一门学科。它既是结构工程当中的一部分,又是独立的地基基础工程。由于基础承载着上部结构,是建筑物的根本,如果基础出现质量问题,必然影响上部结构的正常工作甚至安全性。从整个工程造价来看,如果建筑场地地质复杂,基础工程的造价可达到 20%~30%。同时,基础工程作为隐蔽工程,施工条件复杂,影响质量因素众多,一旦出现事故,损失巨大,补救困难。

2009 年 6 月 27 日凌晨 5 点 30 分左右,上海莲花河畔景苑中一栋 13 层的在建住宅楼连根拔起,整体倒塌,却没有散架,如图 1-2 所示。倾覆的主要原因是,楼房北侧在短期内堆土

高达 10m, 南侧正在开挖 4.6m 深的地下车库基坑, 两侧压力差导致土体产生水平位移, 过大的水平力超过了桩基的抗侧能力, 导致房屋倾倒。

1904 年建成的墨西哥艺术宫至今已有 100 多年的历史了。该艺术宫地表层为 5m 厚的人工填土与砂夹卵石硬壳层, 下部为超高压压缩性淤泥, 天然孔隙比高达 7~12, 天然含水量高达 150%~600%, 淤泥层高达 25m。这座艺术宫建成之后的 100 多年间发生了严重下沉, 沉降量高达 4m, 临近公路下沉 2m, 公路路面至艺术宫门前高差达 2m。参观者需下 9 级台阶才能从公路进入艺术宫。过大的沉降造成室内外连接困难和交通不便, 如图 1-3 所示。



图 1-2 上海某小区房屋整体倒塌



图 1-3 墨西哥艺术宫

因此, 在基础工程的设计施工过程中, 应注意满足以下 3 个基本条件。

(1) 地基强度要求: 作用在地基上的荷载效应(即基底净反力)不得超过地基容许承载力或地基承载力特征值, 以确保建筑物不因地基承载力不足造成整体破坏或影响正常使用。

(2) 变形要求: 基础沉降不得超过地基变形容许值, 以确保建筑物不会因地基变形而损坏或影响其正常使用。

(3) 稳定性要求: 挡土墙、边坡以及地基基础保证具有足够防止失稳破坏的安全可靠度。

建筑物通常是由上部结构、基础和地基三部分组成。三部分虽各自功能不同, 但彼此相互影响、共同作用。因此, 基础工程设计时, 应该从上部结构与地基基础共同作用的整体概念出发, 全面综合考虑, 才能达到比较理想的效果。

1.2 基础工程的发展概况

与其他应用技术学科一样, 基础工程是人类在长期的生产实践中不断总结、积累而发展起来的。据史料记载, 由于生产的发展和生活的需要, 人类很早就有了对地基基础工艺的使用。例如: 造福一方的都江堰工程, 隋朝大运河, 屹千年而无损的赵州桥, 举世闻名的万里长城及那些现存于世的寺院楼宇、宫殿教堂等, 都因基础牢固, 虽历经无数次地震、强风侵袭却根基稳固, 安然无恙。这些都是运用基础工程技术取得成功的典范。

据考古资料推算可知, 早期的基础主要有三类: 夯土基础、桩基础、铺石基础。通过对河姆渡文化遗址的考察发现, 早在 7000 多年前人们就知道了将木桩打入软弱沼泽地之中, 再把房屋的底层架设于木桩之上的道理。《水经注》中所记汾水上三十墩柱木柱梁桥、秦代

渭桥均是木桩基础。再如,隋朝超化寺打入淤泥的塔基木桩、杭州湾五代大海塘工程木桩都是我国古代桩基础运用的典范。只是限于当时的生产力发展水平,并未提炼出成熟的技术与系统的科学理论。直至18世纪中叶,人们对于基础工程的建设一直停留在感性阶段。

经历过欧洲工业革命之后,大规模的城市建设和水利、铁路的兴建使得基础理论的研究刻不容缓。库仑根据试验结果于1773年提出了砂土剪切强度公式,创立了计算挡土墙土压力的滑楔理论;大约100年之后,英国朗肯在库仑土压力的基础之上研究了半无限土体处于极限平衡状态时的应力情况;1885年,法国学者布辛奈斯克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。历经前人的不懈努力,美国科学家太沙基在归纳发展原有成果的基础上,出版了第一本土力学专著,较为系统全面地论述了土力学与基础工程中的基本理论和方法。这一专著的出版被公认为进入了现代土力学时代。此后土力学与基础工程就作为独立的学科而取得不断的发展。自1936年,国际土力学与基础工程协会成立至今,共举办了18次会议,期间交流和总结本学科最新的研究成果和实践经验,同时,出版了各类土力学与基础工程刊物,有力地推动了本学科发展。

新中国的成立,为解放和发展生产力开辟了更广阔的道路,也使土力学和基础工程获得了迅速的发展,成功处理了众多大型复杂的基础工程。如利用电化学加固处理的中国历史博物馆地基,解决了施工周期短、质量要求高的困难;特别是在湍急的万里长江之上采用管柱基础、气筒浮运沉井、组合式沉井、双壁钢围堰及大直径扩底墩基础,成功地建造了多座长江大桥,这些都为基础工程的理论与实践积累了丰富的经验。而三峡工程和小浪底工程基础的处理将我国基础工程的设计、施工、检测水平提到了一个新的高度。

近年来,随着城市化进程和地下空间开发的需求增大,我国基础工程技术面临着新的研究方向和课题。利用有限的建筑面积建设更多的高层建筑或多层建筑的地基基础设计方法、基础变刚度调平设计方法,深大基础环境影响、回弹以及再压缩变形特征及计算方法;基础结构抗浮设计、桩基工程新技术;地铁交通枢纽工程的地基基础加固改造等技术方面取得了丰硕成果。此外,新材料、新工艺与新设备的使用是目前基础工程研究的重点。

例如,以塑料、化纤、合成橡胶等为原料,制成各种产品,埋于土体内部、表面,可起到加强或保护土体的作用。它可以分散土体的应力,增加土体模量,传递拉应力,限制土体的侧向位移,提高土体的稳定性。因此,土工合成材料在地基处理方面得到了广泛的应用。

在大量理论研究与实践经验积累的基础上,有关基础工程的各种设计与施工规范或规程等也相应问世,且日臻完善,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。

1.3 基础工程的课程特点与学习方法

基础工程课程涉及土力学、工程地质学、土木工程材料、弹塑性力学、结构力学、工程结构抗震、混凝土结构等学科领域,是一门理论性与实践性均较强的土木工程专业核心课程之一。另外,基础工程涉及行业规范、规程多。基础工程常常处于地下隐蔽状态,不同国家的不同行业有不同的专门规范或规程,例如我国的建设部、交通部、国防部、航空航天、核工业等部门对基础工程的要求等级不同,其设计规范标准就自然存在差异。故学好该课程对于将来从事地基基础工程的设计、施工、检测与加固等都是非常重要的。

由于基础工程涉及土体或岩层,而各地的土性与岩性都存在或多或少的差异,再加之各地的气候条件也不尽相同,如同样的土层在常温下与冰冻下其力学行为是显著不同的,故学习该课程必须注意以下几点:

首先,必须掌握基本理论和清楚基本概念。如浅基础、深基础、基坑支护和地基处理、直接承受上部荷载的钢筋混凝土灌注桩与地基加固的碎石桩、粉煤灰桩、锚杆支护与土钉支护的区别。

其次,注重场地的勘察与现场原位测试技术的进步。工欲善其事,必先利其器。基础工程是直接与地下土体与岩层接触的地下隐蔽工程,只有掌握和利用先进的地基的勘察与现场原位测试技术,才能准确把握其物理力学特性参数,为基础工程提供可靠的设计依据。

再者,因为各地地基的工程地质条件存在差异,故必须重视与学习区域性基础工程设计与施工经验。

最后,注重地基、基础与上部结构共同作用。建筑物的地基、基础与上部结构是相互依存、相互作用与影响的一个整体,不同地基条件与基础类型的差异沉降对调节上部结构变形与位移的功能是不相同的;同理,上部结构形式不同,其节点连接的传力可靠性就不同,这对基础传递荷载或作用也是有差异的,进而影响地基应力重分布的形态。故必须考虑三者的共同作用,才能满足建筑物的强度、变形和稳定性的要求。

思考题与习题

1-1 什么是地基?什么是基础?二者有何联系?

1-2 试列举国内外基础工程的成功范例与事故案例,并分析其原因。

1-3 基础工程的课程特点有哪些?

2.1 地基基础设计原则

建(构)筑物基础是连接上部结构(如房屋墙、柱,桥梁墩和台)与地基之间的过渡结构,它将上部结构承受的各种荷载或作用传递给地基,并使地基在建筑物允许沉降变形值、允许地基承载力内正常工作。因此,在进行基础工程设计时,必须根据地基土的物理力学性质,上部结构传力体系的特点,建筑物对地下空间使用功能的要求,结合实际施工能力,综合考虑经济、环境各方面要求,合理选择地基基础设计方案。

基础工程设计包括基础结构内力分析、截面高度和配筋设计。同时需校核地基承载力、地基变形和地基基础稳定性。以我国现行国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)(简称《基础规范》)为例,地基设计使用结构工程极限状态设计法(limit state approach),包括承载能力极限状态(ultimate limit state)和正常使用极限状态(serviceability limit state)双控设计。当利用承载能力极限状态设计时,根据材料和基础结构对作用的响应,可采用线性、非线性或塑性理论计算;当利用正常使用极限状态设计时,可采用线性理论计算,必要时可采用非线性理论计算。

2.1.1 地基基础设计基本规定

按照现行国家《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153—2008)规定:土木工程结构设计时,应根据结构破坏可能产生的后果(如危及人的生命、造成经济损失、产生社会影响等)的严重性划分不同安全等级。现行《基础规范》根据地基的复杂程度、建筑物规模和功能特征及由于地基问题可能造成建筑物破坏或影响正常使用的程度,将地基基础设计分为三个等级,见表 2-1。

甲级、乙级建筑物均按地基变形设计。对于设计等级为丙级的建筑物,满足表 2-2 所列范围可不进行变形验算,但若有下列情况之一时应进行变形验算:

- (1) 地基承载力特征值小于 130kPa,且体型复杂的建筑;
- (2) 在基础上及其附近有地面堆载或相邻基础荷载差异较大,可能引起地基产生过大的不均匀沉降时;
- (3) 软弱地基上的建筑物存在偏心荷载;
- (4) 相邻建筑距离过近,可能发生倾斜;
- (5) 地基内有厚度较大或厚薄不均的填土,其自重固结未完成。

表 2-1 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物 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的建筑物 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 除甲级、丙级以外的基坑工程
丙级	场地和地基条件简单、荷载分布均匀的 7 层及 7 层以下民用建筑及一般工业建筑物 次要的轻型建筑物 非软土地区且场地地质条件简单、基坑周边环境条件简单、环境保护要求不高且开挖深度小于 5.0m 的基坑工程

表 2-2 可不作地基变形验算的设计等级为丙级的建筑物范围

地基主要受力层情况	地基承载力特征值 f_{ak} /kPa			$80 \leq f_{ak} < 100$	$100 \leq f_{ak} < 130$	$130 \leq f_{ak} < 160$	$160 \leq f_{ak} < 200$	$200 \leq f_{ak} < 300$
	各土层坡度/%			≤ 5	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10
建筑类型	砌体承重结构、框架结构(层数)			≤ 5	≤ 5	≤ 6	≤ 6	≤ 7
	单层排架结构 (6m 柱距)	单跨	吊车额定起重量/t	10~15	15~20	20~30	30~50	50~100
			厂房跨度/m	≤ 18	≤ 24	≤ 30	≤ 30	≤ 30
		多跨	吊车额定起重量/t	5~10	10~15	15~20	20~30	30~75
			厂房跨度/m	≤ 18	≤ 24	≤ 30	≤ 30	≤ 30
	烟囱		高度/m	≤ 40	≤ 50	≤ 75		≤ 100
	水塔		高度/m	≤ 20	≤ 30	≤ 30		≤ 30
			容积/m ³	50~100	100~200	200~300	300~500	500~1000

- 注：1. 地基主要受力层系指条形基础底面下深度为 $3b$ (b 为基础底面宽度)，独立基础下为 $1.5b$ ，且厚度均不小于 5m 的范围(2 层以下一般的民用建筑除外)；
2. 地基主要受力层中如有承载力特征值小于 130kPa 的土层时，表中砌体承重结构的设计，应符合《基础规范》中第 7 章的有关要求；
3. 表中砌体承重结构和框架结构均指民用建筑，对于工业建筑可按厂房高度、荷载情况折合成与其相当的民用建筑层数；
4. 表中吊车额定起重量、烟囱高度和水塔容积的数值系指最大值。