



高等学校土木工程系列教材

JICHU GONGCHENG 基础工程

吴兴序 主编



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

高等学校土木工程专业系列教材

基 础 工 程

吴兴序 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

基础工程 / 吴兴序主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2007.9

(高等学校土木工程专业系列教材)

ISBN 978-7-81104-275-7

I. 基... II. 吴... III. 地基—基础 (工程)—高等学校—教材 IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 0044333 号

高等学校土木工程专业系列教材

基 础 工 程

吴兴序 主编

责任编辑	张 波
封面设计	本格设计
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮 编	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	四川锦祝印务有限公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	20.75
字 数	518 千字
版 次	2007 年 9 月第 1 版
印 次	2007 年 9 月第 1 次印刷
印 数	1—3 000 册
书 号	ISBN 978-7-81104-275-7
定 价	29.80 元

图书如有印装问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

我们正处于一个伟大的历史转折时期。新旧世纪的交替、经济体制的变革、科学技术的飞速发展，这一切集合在一起，为即将走出校门的大学学子们提供了施展才能的巨大机会，也对新时期的本科教育教学工作提出了更高的要求。

教师的天职是搞好教学。搞好教学也是教师和学生共同愿望。获得良好教学效果的基础是有好的教材、好的教师、好的学生和良好的教学条件。

近年来，国家对工程建设规范进行了较大规模的调整、修订和补充。然而由于时间的原因，现行的基础工程教材多数未能反映新规范的修订内容，给教师的备课、授课和同学们的学习带来了许多困难。教学工作迫切地需要新的教材。

本科教材应该具备方便教师授课和便于学生自学的特点。学生在校学习的时间是十分有限的，尤其是在大学期间，课程多而时间少是一个十分突出的矛盾。从这方面看，教材的内容不宜太繁太杂，它必须具备较强的系统性和逻辑性，重点应该突出，文字要简明易懂，除了介绍学科的基本知识体系外，还要能反映现行规范的基本精神、基本要求和学科发展的一些新成果。一部好的教材还应启发和引导学生去注意和思考一些具有理论价值和实践意义的问题。

教学工作的重要目标是培养学生的学习能力。因此教师的讲课不但是知识的传授，而且更应该注重对学生的学习方法和学习能力的培养，应该训练学生发现问题、分析问题和解决问题的能力。在课程内容多而学时少的情况下，教师在讲课时更应重视内容结构的严谨性、系统性和语言的逻辑性，这不但能吸引学生的注意力，而且对于启发和培养学生的辩证思维能力具有潜移默化的效果。

出于上述考虑，我们组织教研室具有多年本课程教学经验的教师编写了这本教材，希望能对任课教师的授课和同学们的学习提供方便。

本书由西南交通大学吴兴序主编，参加编写工作的有：西南交通大学岩土工程教研室吴兴序（第1章和第9章）、邓荣贵（第2章）、毛坚强（第3章）、彭雄志（第4章）、于志强（第5章）、富海鹰和冯君（第6章）、周立荣（第7章）、袁文忠（第8章）。

西南交通大学出版社的编辑同志为本书的出版付出了辛勤的劳动，在本书的编写和出版过程中还得到了西南交通大学土木工程学院和岩土工程教研室的领导和老师们的关心和帮助，在此致以衷心的感谢。

欢迎所有使用本书的老师和同学们对本书提出批评和建议。

编 者

2007.8

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 地基与基础的概念和特点	1
1.2 学科发展概况	2
1.3 本课程的主要内容、特点及学习要求	4
第2章 地基勘察	6
2.1 概 述	6
2.2 地基勘察的任务与基本方法	6
2.3 地基岩土工程勘察报告	20
2.4 验 槽	21
2.5 地基勘察报告实例	22
习 题	26
第3章 无筋扩展基础和扩展基础	27
3.1 概 述	27
3.2 浅基础的类型	27
3.3 浅基础设计的原则和方法	29
3.4 基础埋置深度的确定	31
3.5 荷载和荷载组合	34
3.6 地基计算	36
3.7 无筋扩展基础与扩展基础设计	54
3.8 独立基础及条形基础的施工方法简介	71
3.9 减轻不均匀沉降的措施	72
习 题	74
第4章 柱下条形基础、筏形和箱形基础	77
4.1 概 述	77
4.2 地基、基础与上部结构的共同作用	78
4.3 地基模型	80
4.4 文德勒地基上梁的分析	84
4.5 柱下条形基础	93
4.6 筏形基础	106
4.7 箱形基础	116
习 题	123
第5章 桩 基 础	124
5.1 概 述	124

5.2	竖向荷载下单桩的工作性能	131
5.3	单桩的竖向承载力	138
5.4	单桩的水平承载力	151
5.5	群桩基础的变形和桩顶内力计算	160
5.6	群桩基础的承载力和沉降检算	168
5.7	桩基础设计	180
	习 题	194
第 6 章	沉井基础及其他深基础	196
6.1	概 述	196
6.2	沉井基础的类型和构造	197
6.3	沉井的施工	201
6.4	沉井基础的设计与计算	204
6.5	地下连续墙基础	217
6.6	沉井基础设计算例	221
	习 题	235
第 7 章	特殊土地基上的基础工程	236
7.1	概 述	236
7.2	软土地基	236
7.3	湿陷性黄土地基	239
7.4	膨胀土地基	245
7.5	山区地基	253
7.6	其他特殊土地基	258
	习 题	265
第 8 章	深基坑的开挖与支护	267
8.1	概 述	267
8.2	基坑支护的设计原则	271
8.3	排桩支护结构设计	273
8.4	土层锚杆	288
8.5	土钉墙	292
8.6	地下水控制	295
	习 题	304
第 9 章	地基基础的抗震设计	306
9.1	概 述	306
9.2	地基基础的震害现象	307
9.3	地基基础的抗震设计	309
9.4	地基的液化判别与抗震措施	318
	习 题	324
	参考文献	325

第1章 绪 论

1.1 地基与基础的概念和特点

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。一个完整的建筑体系包含了上部结构、基础和地基三个组成部分，它们相互依存，在建筑体系中起着不同的作用。

上部结构是完成设计预定功能的主体结构。对于一幢房屋来说，上部结构是指正负零以上的楼层；而对于一座桥梁，则将墩、台以上的桥跨称为上部结构。

地基是指建筑物下方承受建筑物的荷载并维持建筑物稳定的岩土体。在地基中，又将受建筑物影响最大的那一部分称为地基持力层（也称为主要受力层），将位于持力层之下的地基称为下卧层。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，地基分为天然地基和人工地基两大类。天然地基是指未经人工处理和扰动并保持了天然土层的结构和状态的地基；而人工地基则是指经过人工处理而形成的地基。天然地基可根据其构成细分为土质地基，岩石地基和土、岩组合地基；人工地基则根据处理的方式不同而有不同的名称。

基础通常指建筑物最下端与地基直接接触并经过了特殊处理的结构部件。基础是建筑物的重要组成部分，在建筑体系中起着承上启下的作用。基础的主要功能是将建筑物承受的荷载传递到地基中去并保持建筑物的稳定，使之能够正常工作以完成预定功能。因基础位于建筑物的下部，工程中也将其称为下部结构，在桥梁工程中，则将桥墩、桥台等结构和基础一起合称为下部结构。

图 1-1 为房屋建筑体系和桥梁建筑体系的示意图。

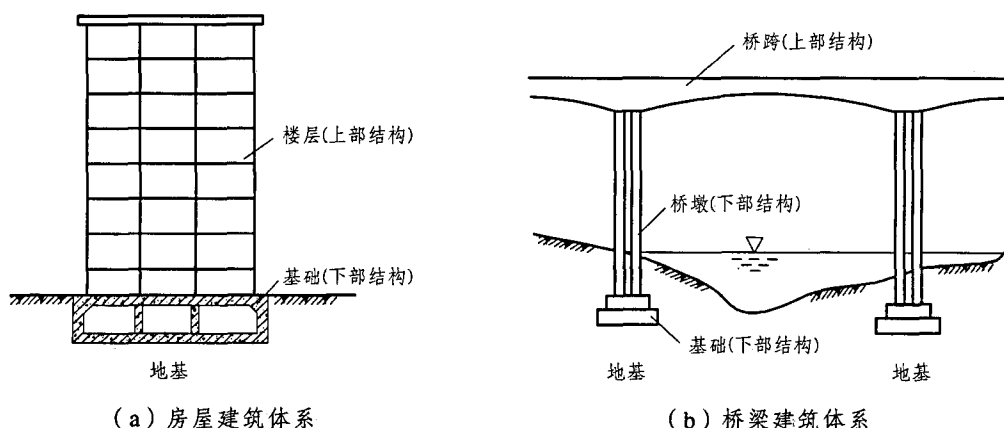


图 1-1 房屋建筑体系和桥梁建筑体系

由于地基通常比上部结构软弱，所以一般需要对基础做特殊处理，以协调上部结构和地基之间的关系。对基础进行处理的方式大致可以分为两大类：一类是扩展，即扩大基础与地基的接触面；另一类是深埋，即加大基础的埋置深度。两大类处理方式形成了两大门类基础，即浅基础与深基础。

浅基础是指埋置深度较小而且施工工艺比较简单的基础，通常包含独立基础、条形基础、筏形基础和箱形基础等。浅基础的共同特征是其水平投影面积大于墙、柱等上部结构体的横截面面积，其目的是要分散荷载，以适应地基的低强度和易于变形的特性。

深基础是指埋置深度比较大，而且需要采用特殊施工方法做成的基础。除此之外，深基础的荷载传递特征也和浅基础有较大差异。深基础一般包含桩基础、沉井基础、沉箱基础和地下连续墙基础等。

深基础的优势在于能够利用地基深部的良好土层，基础的整体性和抗变形能力一般也优于浅基础，而其代价则是基础的造价相对较高且施工相对复杂。在基础选型时，一般宜优先选用浅基础。

地基是由岩土体组成的，其特点受岩土体的基本特性所控制。概括地讲，地基具有下列基本特性：

- (1) 隐蔽性。地基位于基础之下，不具直观性，即使通过勘察手段也只能揭示其局部。
- (2) 离散性。地基由岩土体组成，而岩土体是自然历史的产物，由于其母体和生成条件的变化，各种岩（土）性指标的离散性很大，地域性很强。
- (3) 低强度。和其他建筑材料相比，岩土体（特别是土）的强度较低。
- (4) 变形复杂。和其他建筑材料相比，岩土体（特别是土）在荷载作用后易于变形且呈现出复杂的变形性质。

基础位于地下，也具有隐蔽性，同时基础的施工环境一般较差，所以其施工质量通常较难控制，容易成为建筑体系中的薄弱环节。另外，由于地基和基础都具有隐蔽性，发生问题时不易发现，纠正起来也十分困难。

基础工程的各个环节（勘察、设计、施工和检测）均将直接影响建筑物的安全、经济和正常使用。所以在工程中必须重视并严格控制各环节的工作质量。长期的工程实践表明，只有深入地了解和掌握地基情况，经过精心设计与施工并进行认真的质量检测，才能保证基础工程的经济合理与安全可靠。

1.2 学科发展概况

地球是人类的家园，而建筑则是人类悠久历史文明的物质见证。在漫长的历史年代中，人类为了生存与发展的需要，在广袤的大地上构筑了难以计数的建筑物，也创造了丰富多彩的基础形式。

在半坡文化遗址（今西安市半坡村）发现的土台和石础，在河姆渡文化遗址（今浙江余姚市河姆渡村）发现的木桩，记录了新石器时代人类的建筑水平；1982年在智利考古中发现的木桩，距今长达12 000年之久。在坚实的地基基础的支撑之下，壮观的金字塔和万里长城、巍峨的宫殿和宝塔以及香烟缭绕的寺院和祭坛在经历了千百年的风雨和地震的考验后还

能保存完好。可以说，我们在今天还能见到如此众多的古代建筑，还能如此真切地感受到灿烂的古代文化，在很大的程度上应该归功于当时的劳动人民对于地基基础的处理已经有了相当不错的水平。

中华民族有着悠久的历史文明，从古代丰富的文化典籍和众多的文物古迹中我们不但可以了解古代建筑的工艺水平，更能领略到我们祖先的聪明才智和处理复杂的地基基础问题的卓越能力。北宋初年，著名木工喻皓在建造开封开宝寺木塔时（公元 989 年），因当地多西北风而将建于饱和黏土地基上的塔身有意向西北倾斜，欲借风力的长期作用扶正塔身，以克服地基的不均匀沉降对塔的影响。上海的龙华塔建于北宋，距今已有 1 000 多年历史，该塔的塔基使用了大量的木桩，值得称道的是建塔者用三合土对木桩进行了很好的隔离防腐处理，木桩因此保存千年而不腐，使龙华古塔至今风光依然。隋朝工匠李春主持修建的赵州桥建于公元 595—605 年间，净跨为 37.02 m，矢跨比为 1 : 5，桥身造型典雅，拱曲线流畅自然，极具观赏价值。古人赞誉此桥为“奇巧固护，甲于天下”。美国土木工程师学会也于 1991 年将赵州桥选为国际历史土木工程第 12 个里程碑。尤其值得一提的是该桥的地基基础，据《中国大百科全书》土木工程卷，该桥的地基为较密实的砂黏土，在强大的拱圈推力作用下，在建成后的 1 000 多年中，该桥历经无数次洪水和地震的考验而屹立不倒。即使从现代技术的角度加以检验，能用黏性土作为地基修筑推力极大的拱桥，而且地基承载力的利用恰到好处，也确实令人叹服。在建桥史上独树一帜的还有建于北宋年间（公元 1053—1059 年）的福建泉州的万安桥，该桥桥位处水深流急，潮汐涨落频繁，基础修建极为困难，故采用特殊的修建方法，即先在桥梁的墩位处抛投大块石，再在其上移植蛎房（即蚝），利用蛎房的繁殖将抛投的块石胶结为整体，再在其上成功地修建了桥梁。

尽管人类在长期的发展过程中在地基和基础工程方面积累了丰富的经验，但直到 18 世纪才开始形成该门学科的理论基础。18 世纪 70 年代，法国工程师和物理学家库仑（C. Coulomb）提出了土的抗剪强度理论和土压力的滑动土楔理论，作为基础工程学的理论基石的土力学才开始逐步建立自己的理论体系。随后，在众多学者的长期努力之下，美国学者太沙基（K. Terzaghi）于 1925 年出版了《土力学》一书，奠定了土力学的理论框架，有力地促进了土力学与基础工程学科的发展。1936 年，国际土力学与基础工程学会成立并举行了第一次国际学术会议。从此，土力学与基础工程作为一个学科分支开始在世界范围内蓬勃发展。

在学科归属上，基础工程隶属于岩土工程学科，是岩土工程学科的重要组成部分。1948 年，英国《岩土工程》杂志（*Geotechnique*）创刊，岩土工程由此形成了一个相对独立的学科体系，从杂志的内容看，当时所发表的主要是土力学与基础工程方面的文章。

在我国，自新中国成立后，大规模的经济建设促进了基础工程学科在我国的迅速发展并取得了辉煌的成就。在公路、铁路、港口、房屋、大坝、电站和海洋石油等工程领域，为充分利用天然地基的承载力，改进和发展了多种结构形式的浅基础；为适应各种复杂条件下的桥梁和高层房屋的建设，大力发展了深基础技术。自 20 世纪 60 年代以来，随着工程经验的积累和技术的进步，桩基础尤其是钻孔灌注桩逐步成为我国最广泛使用的深基础，在保证成桩质量及质量检测、提高桩基承载力并减少沉降的工艺措施方面也取得了令人瞩目的成就。近年来我国的高等级公路发展迅速，铁路也在大力向高速和重载方向发展，与之相适应的是在长江、黄河等大江大河和近海区域的大型桥梁工程中大量使用了大直径灌注桩、预应力

管桩、管柱、钢管桩，多种形式的浮运沉井、组合式沉井等一系列新型深基础和深水基础，成功地解决了在地质和水文条件极为复杂的条件下修建大型桥梁基础的技术问题。“一桥飞架南北，天堑变通途”的壮观景象使祖国的大江大河更加绚丽多姿。近几十年来我国在地基处理方面的进步也很快，在吸收国外经验的基础上，发展了许多新的工艺，并在软土地基上的桥梁、高速公路、高速铁路和高层建筑等实际工程中取得了许多成功经验，获得了丰硕的成果。

在长期的工程建设中，人类在基础工程领域留下了众多工程典范，但同时也留下不少失败的教训，典型的有如下几例。

加拿大的特朗斯康谷仓建成于 1913 年，谷仓的平面为矩形，长 59.44 m，宽 23.47 m，高度为 31 m，由 65 个圆柱形筒仓组成，采用钢筋混凝土筏板基础。设计时对地基未作勘察，不了解基底下有厚达 15 m 左右的软黏土层，仅根据对邻近建筑的调查决定了地基承载力。建成后于当年 9 月开始均匀地向谷仓内装载谷物，至 10 月发现谷仓产生大量快速沉降，1 h 内的沉降量竟达到 30.5 cm，在其后的 24 h 内谷仓大幅度倾斜，倾斜后谷仓的西侧下沉达 7.32 m，东侧则抬高了 1.53 m，倾斜角达 $26^{\circ}53'$ 。因谷仓整体性很强，筒仓本身完好无损。事后在筒仓下设置了 70 多个支承于基岩上的混凝土墩，用了 388 个 50 t 的千斤顶才将其逐步扶正，但扶正后的高程比原来降低了 4 m。后经测算，谷仓倾斜前的基底实际压力达到了 330 kPa 左右，超出了地基的极限承载力，是一起典型的因地基发生整体滑动而丧失稳定性的实例。

世界著名的意大利比萨斜塔于 1173 年动工，1370 年竣工，塔身高约 55 m，建成后因地基压缩层产生不均匀沉降，使塔的北侧下沉近 1 m，南侧下沉近 3 m，塔身倾斜约 5.5° ，塔顶离开铅垂线的距离已达 5.27 m，为我国虎丘塔的偏斜值的 2.3 倍。幸亏该塔使用的大理石材质优良，在塔身严重倾斜的情况下尚未出现裂缝。比萨斜塔建成后曾经数次加固，但效果甚微。

我国于 1954 年动工兴建的上海展览中心馆由前苏联的专家设计，展览馆的中央大厅为框架结构，箱形基础共两层，埋深 7.27 m。因基底下约有 14 m 厚的淤泥质软黏土，兴建的当年就下沉 0.6 m，目前大厅平均沉降达 1.6 m，但已趋于稳定。这是地基发生严重沉降的典型事例，但因其沉降比较均匀，上部结构所受的影响不大，经局部修理后仍能正常使用。

改革开放以来，我国的经济建设步入新一轮的发展周期，新的历史机遇为基础工程学科的持续快速发展提供了一个广阔的舞台，各种新的结构形式和新的工艺层出不穷，但也存在不少因地基基础处理不当而导致事故，或者是造成大量浪费的工程实例。曾有学者激愤地写道：“一方面是庄严的工作，一方面是无知与浪费，这是当前基础工程领域的现实。”

基础工程既是一门古老的工程技术又是一门年轻的应用科学，发展至今在设计理论、施工技术及质量检测中仍有不少需要解决的重要问题，经济建设的发展也对本学科提出了更高的要求，但也正因为如此，基础工程学科还有着广阔的发展空间。

1.3 本课程的主要内容、特点及学习要求

本课程是土木工程专业的主干课程，主要内容是各类地基和基础的勘察、设计与施工。

本门课程的许多内容涉及工程地质学、土力学、结构设计与施工等课程，综合性、理论性和实践性很强。同学们应熟练掌握并善于应用上述已修课程的基本原理和基本方法，才能赢得本课程学习的主动权。

基础工程是一门十分贴近工程实际的课程，除了介绍相关设计和施工中涉及的一些基本理论和知识外，还要引入大量的相关技术要求和具体规定，所以教材的内容容易显得庞杂和繁琐，这给初学者的学习带来了一定困难。同学们在学习本课程的时候要注意掌握基本的原理和方法，具体的细致规定则不必强求记忆，否则会因小失大，得不偿失。另外，同学们在学习本课程的时候一定要勤于思考，多动手做题，通过习题和课程设计培养自己解决实际问题的能力。

由于生成条件不同，某些地基土类（如湿陷性黄土、软土、膨胀土、红黏土、冻土等）具有明显特殊的性质，一般天然土层的性质和分布也因地而异，即使在较小范围内也可能变化很大。因此，地基基础问题具有强烈的区域性特征，所以在基础工程领域除需要扎实的理论知识外，还需要丰富的工程实践经验，此外还必须重视通过勘探和测试手段取得可靠的地基土层的分布及其物理力学性质指标的资料。

基础工程建设不可避免地涉及许多规范、规程和规定。这些都是设计和施工中必须遵守的法定依据。但我国地域辽阔，自然条件差异极大，因而不同地区和不同行业制订了各自的地区和行业规范，不但在一些具体规定上存在差异，有的还形成了不同的体系。同学们在使用规范时务必加以注意，尤其是不要混用不同体系的规范。

第2章 地基勘察

2.1 概 述

地基是建筑体系的重要组成部分，建筑物的安全在很大程度上取决于地基的可靠性。地基的可靠性与地下岩土层的空间分布特征、土体的松密程度和压缩性的高低、岩体的岩性和结构、岩土体的强度、地下水的埋深和水质情况等因素密切相关。另外，建筑场地及其附近是否存在诸如滑坡、崩塌、泥石流和地面塌陷等不良地质现象也直接关系到建筑物的安危。因此，只有全面、深入和准确地了解、认识及掌握建筑场地的自然、地理、地质和水文条件，也就是必须以正确的岩土工程勘察资料为依据，才能做出安全可靠和经济合理的地基基础设计方案。

近年来，因建构物严重变形、开裂甚至倒塌等工程事故造成生命和财产巨大损失的事件时有发生。事故调查的结果表明，其中绝大多数是因为对地基的勘察工作马虎，或者认识不准确或不全面而造成的。例如，四川德阳市某综合楼坍塌造成 10 余人死亡，四川南充市某商住楼因大梁开裂而拆除重建等，都与没有做好地基的岩土工程勘察，盲目设计和施工有关。由此可见地基勘察工作在地基基础工程中的重要性。

地基勘察的目的是查明场地的工程地质条件和不良地质作用特征，提出地基岩土体的物理力学参数和承载力建议值，以及地基处理和不良地质条件治理的建议方案等，为地基与基础设计提供基本依据。

2.2 地基勘察的任务与基本方法

在地基勘察工作实施之前，应根据勘察工作的具体目的和要求制定勘察计划，对勘察范围、勘察内容、工作程序、采用的勘探手段、机器设备与人员配备、室内外测试试验方法和试验测试项目等进行设计，明确地基勘察的任务和基本方法，以指导地基勘察工作规范有序地进行。一般来讲，地基勘察工作属于岩土工程勘察四阶段划分中的后三个勘察阶段，若进行过初步勘察或有可供参考的地质勘察资料或建筑经验，则属于后两个阶段。地基勘察的任务和要求，要根据地基的勘察等级、对建筑场地研究及了解的程度和当地的建筑经验等综合确定。

2.2.1 地基的勘察等级

按国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(以下简称《勘察规范》)的规定，地基的勘察等级由工程的重要性等级和场地及地基的复杂程度等级综合确定。

1. 工程的重要性等级

《勘察规范》将建设工程按其破坏后果的严重性划分为三个等级，分别为一级工程（重要工程）、二级工程（一般工程）和三级工程（次要工程）。

一级工程是指出现病害或破坏造成的后果很严重的工程。一级工程包括具有重要政治意义和规模宏大的公共建（构）筑物、超重型工业厂房和高重心的高耸建筑物及高层建筑等。这些建筑物破坏倒塌后会造成严重的社会影响，可能造成重大人员伤亡和巨大的财产损失。例如，北京王府井大型商场、人民大会堂、京广大厦和上海金茂大厦等大型或超高层建筑，北京中央电视台电视塔和上海东方明珠电视塔等高耸建筑等均属一级工程。

二级工程是指出现病害或破坏造成的后果严重的工程。二级工程包括大型或高层建筑物，一般重型工业厂房和较高的建筑物等，这些建筑物破坏倒塌后可能造成较大的人员伤亡和财产损失。

出现病害或破坏造成的后果不严重的工程为三级工程。除上述一级和二级以外的工程属于三级工程。

2. 场地的复杂程度等级

建筑场地的复杂程度是按场地可行性研究资料和有关规范的规定确定的。场地的复杂程度分为三个等级。

一级场地（复杂场地）：对建筑抗震危险地段，或者不良地质强烈发育，或者地质环境已经或可能受到强烈破坏，或者地形地貌复杂，或者水文地质条件复杂或需要专门研究的场地，属于一级场地。例如，四川西南部的安宁河强震带的建筑场地属于一级场地。

二级场地（中等复杂场地）：对建筑抗震不利地段，或者不良地质一般发育，或者地质环境已经或可能受到一般破坏，或者地形地貌较复杂，或者基础埋置于地下水位以下的场地，属于二级场地。

三级场地（简单场地）：抗震设防烈度等于或小于 6 度或对建筑抗震有利的地段，不良地质不发育，地质环境基本未受破坏而且将来也不会受到破坏，地形地貌简单和地下水对工程无影响的场地属于三级场地。

3. 地基的复杂程度等级

建筑地基的复杂程度是按场地初步勘察资料和有关规范的规定确定的。地基的复杂程度分为三个等级。

一级地基（复杂地基）：分布的岩土种类多，很不均匀，性质变化大，需要进行特殊处理，或者分布有严重湿陷、膨胀、盐渍、污染的特殊性岩土的地基，需要作专门处理的地基属于一级地基。

二级地基（中等复杂地基）：分布的岩土种类较多，分布不均匀，性质变化较大，需要进行适当处理，或者分布有一般的湿陷、膨胀、盐渍、污染的特殊性岩土，需要作一般性处理的地基属于二级地基。

三级地基（简单地基）：分布的岩土种类单一，分布均匀，性质变化不大和无特殊性岩土的地基属于三级地基。

4. 地基勘察等级

《勘察规范》将地基的勘察工作分为三个等级，分别为：

甲级：在工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度等级中，有一项或者多项为一级的勘察项目属于甲级。

乙级：除勘察项目为甲级和下述丙级以外的勘察项目属于乙级。

丙级：工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度等级均为三级的勘察项目属于丙级。

《勘察规范》还规定，对于建筑在岩质地基上的一级工程，当场地复杂程度等级和地基复杂程度等级均为三级时，岩土工程勘察等级可定为乙级。

2.2.2 地基勘察任务

确定地基勘察等级后，可针对不同的勘察阶段确定地基勘察的目的和任务。

1. 地基初步勘察

初步勘察在场地确定后进行，其工作内容要满足初步设计阶段的要求。初步勘察的任务是对场地内拟建的各建筑地段的地基稳定性做出评价，为确定建筑总平面布置和主要建筑物地基基础方案提供资料，为不良地质现象的防治提供依据并提出建议方案。初步勘察的具体工作是，收集建筑工程的有关文件、前期工程地质和岩土工程成果资料、工程场地范围内的地形图；收集建设工程的上部荷载、功能特点、结构类型等方面资料；初步查明地基的地质构造、地层及其结构、岩土工程特性、地下水埋藏条件；查明场地不良地质作用的成因、分布、规模和发展趋势，并对场地的稳定性做出评价；对抗震设防烈度等于或大于 6 度的场地，要对场地和地基的地震效应做出初步评价；查明季节性冻土的标准冻结深度；初步判定地下水和岩土体对基础建筑材料的腐蚀性；对可能采取的地基基础类型、基坑开挖与支护、工程降水方案做出初步评价。

2. 地基详细勘察

详细勘察工作应根据建设工程技术设计或施工图设计阶段的要求进行。详细勘察的任务是对单体建筑物或建筑群的地基做出岩土工程评价，为设计和施工提出详细的岩土工程资料及所需的岩土物理力学参数，对地基类型、基础形式、地基处理、基坑开挖与支护、工程降水和不良地质作用的防治等提出建议。详细勘察的具体工作是，收集附有坐标和地形的建筑总平面图，场区的整平高程，建筑物的性质、规模、荷载、结构特点，基础的形式和埋置深度，地基的容许变形值等资料；查明不良地质作用的类型、成因、分布范围、发展趋势和危害程度，并提出整治方案；查明建筑范围内岩土层的类型、深度、厚度、分布和工程特性，分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力；提供地基变形参数，计算和预测建筑的变形特征；查明暗藏的古河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石、废弃的管道和构筑物等对工程安全不利的埋藏物；查明地下水位及其变化幅度和趋势；查明和确定季节性冻土地区场地土的标准冻结深度；判定地表水和地下水对基础材料的腐蚀性；论证地基土和地下水在建筑施工和使用期间可能产生的变化及其对工程和环境的影响，提出防治方案、防水设计水位和抗浮设计水位的建议。

3. 地基施工勘察

基坑或基槽开挖后要验槽。当开挖面特别是基底揭露的地层特征及岩土体特性与勘察资料不符，或者发现必须查明的异常情况时，或者对有特殊要求的建设工程等要进行施工勘察。施工勘察的任务是对开挖基坑或基槽局部范围内地基工程特性做出评价，查明地基是否与勘察资料相符，若与勘察资料不符，分析其变化程度和范围，提出是否需要加固处理及

处理方案，或者是否需要已设计的地基基础形式和参数进行设计变更的建议。施工勘察的具体工作是对基坑或基槽揭露的岩土层分布、厚度、结构、状态、工程特性、地下水特征、不良地质现象等情况进行编录，并与原勘察资料进行比较，分析其变化情况，必要时还要进行适当的勘探、测试或试验，发现明显的异常情况时，应提出地基基础形式和设计参数的变更建议。

2.2.3 勘探点布置

1. 初步勘察

(1) 要求。初步勘察对于勘探点、线、网的布置要求是，勘探线应垂直于地貌单元边界线、地质构造线和地层界线。勘探点宜按勘探线布置，并在每个地貌单元及其交接部位布置勘探点，在微地貌和地层变化较大的地段，勘探点应适当加密。在地形平坦及地层平面变化不大的地区，可按方格网布置勘探点。对岩质地基，勘探线和勘探点的布置、勘探孔的深度，应根据地基构造、岩体特性、风化情况和卸荷状态，参考当地经验或地方标准确定。

(2) 勘探线及勘探点间距。初步勘察阶段的勘探线、勘探点间距由岩土工程勘察等级参照表 2-1 确定。地形地貌或地质条件复杂时取低值，地形地貌或地质条件简单时取高值。

表 2-1 建筑物、构筑物初步勘察勘探线、点间距 m

地基复杂程度等级	勘探线间距	勘探点间距	地基复杂程度等级	勘探线间距	勘探点间距
一级（复杂）	50~100	30~50	三级（简单）	150~300	75~200
二级（中等复杂）	75~150	40~100			

(3) 勘探孔深度。第四纪地层较厚的场地，如平原、平坝、大型冲洪积扇等，需要钻探和动力触探、标贯或静力触探等原位测试手段相结合。对于山区第四纪地层浅、地层变化大的场地，常常在地层单元的边沿采用坑探和槽探方法进行勘探。探坑深度一般不大于 5.0 m，槽探深度一般不大于 2.0 m，超出此深度时一般只有采用钻探等手段。除进行波速测试、旁压试验和长期观测的钻孔外，初步勘察阶段的钻孔深度可按表 2-2 确定。

表 2-2 建筑物、构筑物初步勘察勘探孔深度 m

工程重要性等级	勘探孔类别		工程重要性等级	勘探孔类别	
	一般性勘探孔	控制性勘探孔		一般性勘探孔	控制性勘探孔
一级（重要工程）	≥15	≥30	三级（次要工程）	6~10	10~20
二级（一般工程）	10~15	15~30			

控制性钻孔的数量一般占勘探孔总数的 1/5~1/3，并且每个地貌单元或每栋重要建筑物均应有控制性勘探孔。

(4) 取样和原位测试。初步勘察阶段的取样和原位测试工作应符合下列要求：① 采取土样和进行原位测试的勘探点应结合地貌单元、地层结构和土体的工程性质布置，其数量可占勘探点总数的 1/4~1/2；② 采取岩体试样应结合地貌单元、岩性类别、岩体结构和风化带布置，每类岩体的每个风化带的取样点应不少于 1 个；③ 采取土样的数量和孔内原位测试的竖向间距，应按地层特点和土的均匀程度确定，每层土均应采取土样或进行原位测试，其数

量不宜少于 6 个；④ 建筑物或构筑物重要，斜坡上岩体节理发育，地基岩体破碎时，还应根据当地情况进行原位变形和剪切试验。

(5) 水文地质工作。初步勘察阶段需要进行的水文地质工作为：① 调查含水层的埋藏条件，地下水类型、补给排泄条件，调查各层地下水位的变化幅度及影响变化的原因，必要时应设置长期观测孔监测水位变化；② 当需要绘制地下水等水位线图时，应根据地下水的埋藏条件和层位，统一量测各观测孔的水位；③ 当地下水可能浸润基础时，应采取水试样进行腐蚀性评价。

2. 详细勘察

(1) 要求。详细勘察时对于勘探点的布置要求是，勘探点宜按建筑物周边线和角点布置，对于三级建筑物可按建筑物或建筑群的范围布置；同一建筑范围内的主要受力层或有影响的下卧层起伏较大时，应加密勘探点查明其变化；重大设备基础应单独布置勘探点，重大的动力机器基础和高耸构筑物基础的勘探点不宜少于 3 个，控制性钻孔一般为钻孔总数的 1/4~1/2；勘探手段宜采用钻探与触探相结合，在复杂地质条件、特殊的湿陷性土、膨胀性土、风化岩和残积土分布地区，宜布置适量的探井。对于单栋高层建筑物勘探点的布置，应满足对地基均匀性评价的要求，并且不少于 4 个点，对密集的高层建筑群，勘探点可适当减小，但每栋建筑物至少应有 1 个控制性勘探点。

(2) 勘探点间距。详细勘察时勘探点的布置应根据建筑物特性和岩土工程条件确定。对于岩质地基，应根据地质构造、岩体特性、风化情况、斜坡岩体的卸荷深度及程度等，结合建筑物或构筑物对地基的要求，按地方有关技术标准或当地经验确定。土质地基中的勘探点间距可按表 2-3 确定。

表 2-3 详细勘察勘探点间距 m

地基复杂程度等级	控制性勘探孔	地基复杂程度等级	控制性勘探孔
一级（复杂）	10~15	三级（简单）	30~50
二级（中等复杂）	15~30		

(3) 勘探孔深度。勘探孔的深度从基础底面算起，其深度值应满足下列要求：

① 勘探孔深度应能控制地基主要受力层，当基础底面宽度不大于 5 m 时，勘探孔的深度对于条形基础不应小于基础底面宽度的 3 倍，对独立基础应不小于 1.5 倍，且不小于 5 m；

② 对于高层建筑和需作变形计算的地基，控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度；高层建筑的一般性勘探孔应达到基底以下 0.5~1.0 倍的基础宽度，并进入稳定分布的地层中；

③ 对于仅有地下室的建筑或高层建筑的裙房，当不能满足抗浮设计要求，需设置抗浮桩或锚杆时，勘探孔应满足抗拔承载力评价的要求；

④ 当有大面积地面堆载或软弱下卧层时，应适当加深控制性勘探孔的深度；

⑤ 在上述规定深度内遇到基岩或厚层碎石土等稳定地层时，勘探孔深度应根据情况调整。

(4) 取样和原位测试。详细勘察阶段应采取岩土试样和进行原位测试，并应满足下列要求：

① 采取土样和进行原位测试的勘探点数量，应根据地层结构、地基土的均匀性和设计要求确定，一般为勘探孔总数的 1/3~1/2，对地基基础设计等级为甲级的建筑物或构筑物每栋不应少于 3 个；

② 每个场地的每一主要土层的原状土试样或原位测试数据不少于 6 组件；

③ 在地基主要受力层内，对厚度大于 0.5 m 的夹层或透镜体，应采取土样或进行原位测试；

④ 当土层厚度不均匀时，应增加取样的数量或原位测试工作量；

(5) 水文地质工作。详细勘察阶段应进一步调查核实各层地下水位的变化幅度及影响变化的原因，同时详细了解和评价地下水对基础工作状态的影响和对基础的腐蚀性。

3. 施工勘察

基坑或基槽开挖时所揭露的岩土工程条件与勘察资料不符或出现必须查明的异常情况时，应配合设计和施工人员进行施工勘察。施工勘察工作的布置视基坑或基槽开挖后岩土工程条件与勘察资料不符的程度和出现的部位，以及对地基基础安全的影响程度而定。若出现地层结构或地层厚度发生明显变化时，应采用坑槽探或触探，必要时还应采用钻探等查明异常地层结构的平面范围和深度。地层状态出现异常时，应进行取样试验或原位检测验槽，并提出处理建议。工程施工或使用期间，当地基土、边坡岩土体、地下水等出现未曾估计到的变化时，应进行监测，并就岩土工程条件的变化对工程本身和环境的影响进行综合分析评价。

4. 特殊情况下地基勘察的要求和内容

(1) 地基处理：

① 总体要求。当地基条件不能满足设计要求而必须进行处理时，在详细勘察中应专门或在一般详细勘察工作布置的基础上补充地基处理勘察，其要求如下：

a. 针对可能采用的地基处理方案，提供地基处理设计和施工所需要的岩土特性参数；

b. 预测所选地基处理方法对环境和邻近建筑物的影响；

c. 提出地基处理方案的建议；

d. 当场地条件复杂并且缺乏成功经验时，应对拟选方案进行试验和对比试验，检验方案的设计参数和处理效果；

e. 在地基处理施工期间，应进行施工质量和施工对周围环境和邻近工程设施影响的监测。

② 换填垫层处理法：

a. 查明待换填的不良土层的分布范围和埋深；

b. 测定换填材料的最优含水量和最大干密度；

c. 评定垫层以下软弱下卧层的承载力和抗滑稳定性，估算建筑物的沉降；

d. 评定换填材料对地下水的环境影响；

e. 对换填施工过程应注意的事项提出建议；

f. 对换填垫层的质量进行检验或现场试验检测。

③ 预压固结和排水固结处理法：

a. 查明土层在水平和竖直方向的分布，排水层和夹砂层的埋深和厚度，地下水的补给和排泄情况。

b. 提供待处理软土的前期固结压力、压缩性参数、固结特性参数和抗剪强度指标、软土预压过程中强度的增长规律、排水层的渗透系数。

c. 预估预压荷载的大小、分级荷载值、加荷速率、预压时间、地基强度的可能增长和可能的沉降特征。确定排水方式，排水体系的布置方案。

d. 对重要工程，建议选择代表性试验区进行预压和排水固结试验；采用室内试验、原位