



智慧图书·建筑书系

全国土木工程类实用创新型规划教材

JICHU GONGCHENG SHIGONG

# 基础工程施工

主审 / 胡兴福  
主编 / 马丽君



哈尔滨工业大学出版社





智慧图书·建筑书系

全国土木工程类实用创新型规划教材

# 基础工程施工

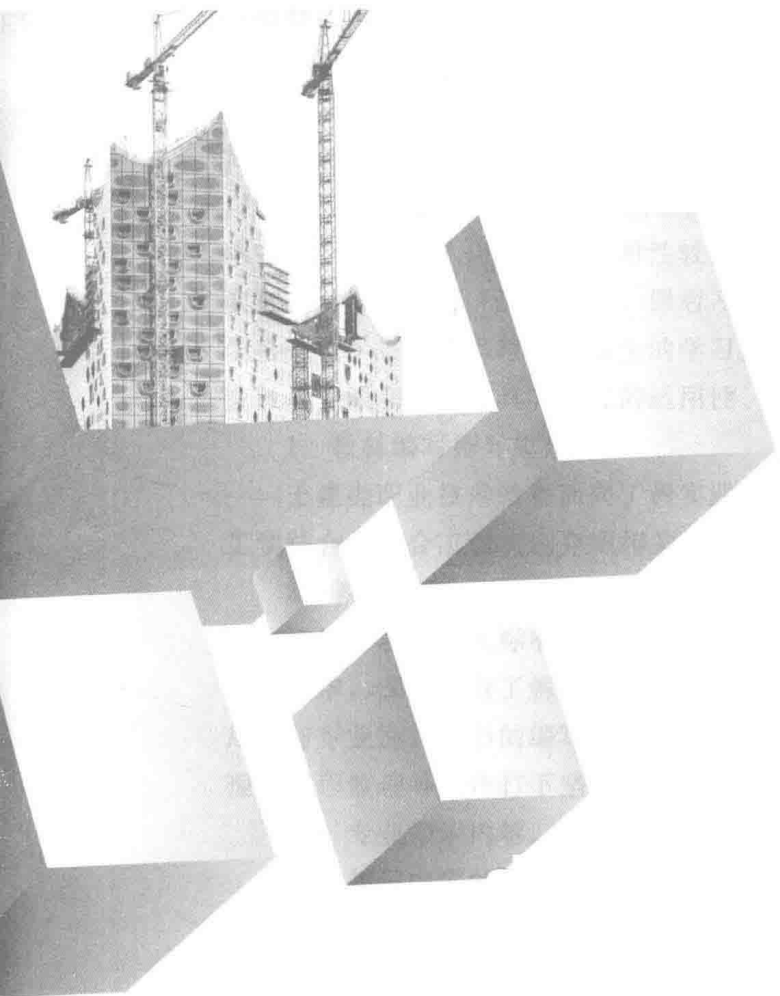
JICHU GONGCHENG SHIGONG

主审 胡兴福

主编 马丽君

副主编 王晓波 冯亚亚 孙建刚

编者 秦爽 姜峰 林伟



哈尔滨工业大学出版社



## 内 容 简 介

本书采用“模块教学法”的教材编写思路,围绕就业岗位需要、基于建筑工程基础施工的实际分别对桩基施工技术、地下连续墙、锚固技术、托换技术等常用的基础工程施工技术进行介绍。每个模块都是一个学习情境,是对一种施工技术的介绍,介绍其概念、应用、构造及施工方法。本书结合工程施工实例,引导学生掌握各种施工技术,结合工程实际情况选择相适应的施工技术,掌握解决地基基础施工和管理、处理地基基础一般问题的能力。

### 图书在版编目(CIP)数据

基础工程施工/马丽君主编. —哈尔滨:哈尔滨  
工业大学出版社,2014.7  
ISBN 978-7-5603-4770-7

I. ①基… II. ①马… III. ①基础施工—  
高等学校—教材 IV. ①TU753

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 121544 号

责任编辑 刘 瑶  
出版发行 哈尔滨工业大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006  
传 真 0451-86414749  
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>  
印 刷 天津市蓟县宏图印务有限公司  
开 本 850mm×1168mm 1/16 印张 12.5 字数 358 千字  
版 次 2014 年 7 月第 1 版 2014 年 7 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5603-4770-7  
定 价 27.00 元

---

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)



“基础工程施工”是一门理论性和实践性较强的土建类专业课程，是高职高专院校土建类专业学生以及从事工程设计、生产第一线的设计、质量管理和工程监理等岗位所必备的知识。本书介绍了建筑工程中常用的基础工程施工技术、常见的地基处理方法等，旨在培养建筑工程施工技术人员从事地基基础施工管理、施工、处理地基基础一般问题的能力。

本书基于实际建筑工程基础施工技术的应用，围绕就业岗位的需要，参考建筑施工的最新国家行业规范，采用模块式课程结构，以典型工作任务作为载体设计教学内容，注重与岗位能力的对接。本书每个模块编入应用性、针对性较强的工程实例，还附有拓展与实训、链接执考等，通过实例、课后习题、执考真题来综合运用本学科知识，方便教师教学与学生的学习。本书汇集了编者长期的专业教学实践和经验，具有较强的适用性、实用性与实践性。

#### 1. 教材编写指导思想

土建类职业技术教育面向工程实践是关键，本教材的编写力求工学结合，结合工程实例介绍相关理论知识。

#### 2. 教材内容

建筑市场的用人标准就是组织教学内容的标准，编者在教材编写过程中，深入调查了解企业的需要，让所编内容具有针对性、实用性与专业性。本书的编写力求为学生将来从事建筑施工、施工管理、工程监理等工作打下坚实的基础。

##### (1) 专业知识内容。

对于知识内容的组织，本教材编写以实现知识对技能的指导和转化为前提，将知识和技能直接联系起来，让专业知识系统化，以指导技能达到一定的深度、精度。

Preface

前言

本书的教学参考课时为 68 课时。各模块的内容及课时分配见下表：

模块序号	模块	建议学时	
		理论	实践
绪论	绪 论	2	0
模块 1	桩基施工技术	12	4
模块 2	地下连续墙	14	4
模块 3	锚固技术	6	2
模块 4	托换技术	6	2
模块 5	常见的地基处理方法	12	4
总 计		52	16

## (2) 技能内容。

本课程的教学目的是培养高技能型操作人才，这不仅仅是操作问题，还是知识与能力的统一。在这部分内容上，本书与市场需求内容相对应，在技能内容上做到“规则与实例结合”，以形成一个综合实体。

### 3. 教材内容与执考对接

本教材的内容密切结合国家建造师、造价师等专业考证制度与考试内容，为执业资格证考试提供切实的知识和技能。

本教材由马丽君担任主编并统稿。具体分工如下：绪论由姜峰编写；模块 1 由冯亚亚编写；模块 2 由王晓波、马丽君编写；模块 3 由马丽君、王晓波编写；模块 4 由秦爽编写；模块 5 由孙建刚编写。林伟老师参与了前期资料收集、部分稿件编写及稿件校核等工作。

本书在编写过程中参考了大量的文献资料，在此谨向原著者们致以诚挚的谢意。在本书编写工程中还得到有关单位和个人的大力支持，在此表示衷心感谢！

由于编写时间仓促和作者水平有限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

## 编 审 委 员 会

主 任:胡兴福

副主任:李宏魁 符里刚

委 员:(排名不分先后)

胡 勇	赵国忱	游普元
宋智河	程玉兰	史增录
张连忠	罗向荣	刘尊明
胡 可	余 斌	李仙兰
唐丽萍	曹林同	刘吉新
武鲜花	曹孝柏	郑 睿
常 青	王 斌	白 蓉
张贵良	关 瑞	田树涛
吕宗斌	付春松	蒙绍国
莫荣锋	赵建军	易 斌
程 波	王右军	谭翠萍
边喜龙		

# 本书学习导航

简要介绍本模块与整个工程项目的联系，在工程项目中的意义，或者与工程建设之间的关系等。

## 模块概述

包括知识目标和技能目标，列出了学生应了解与掌握的知识。

## 学习目标

建议课时，供教师参考。

## 课时建议

言简意赅地总结实际工作中容易犯的**错误**或者**难点**、**要点**等。

## 技术提示

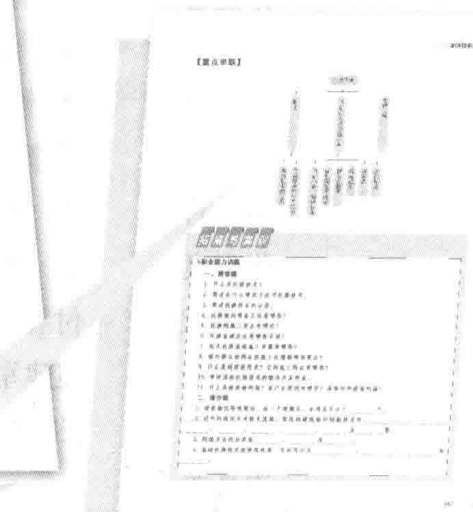
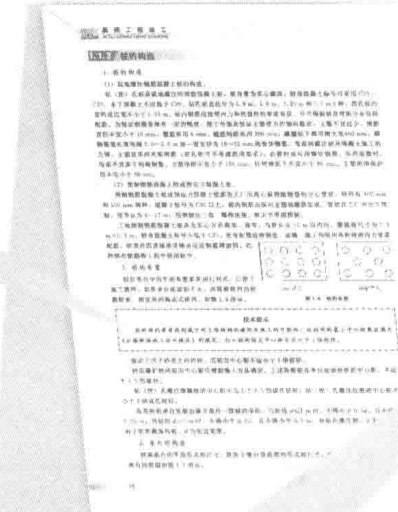
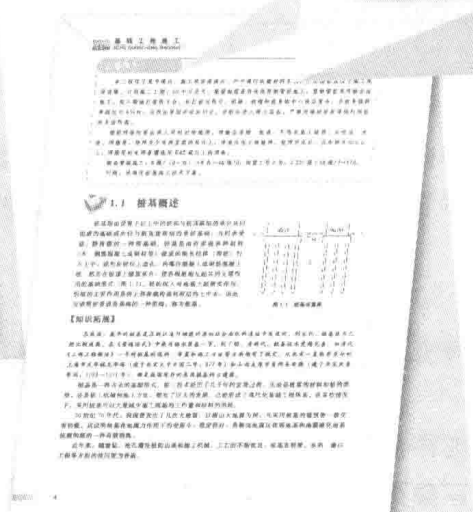
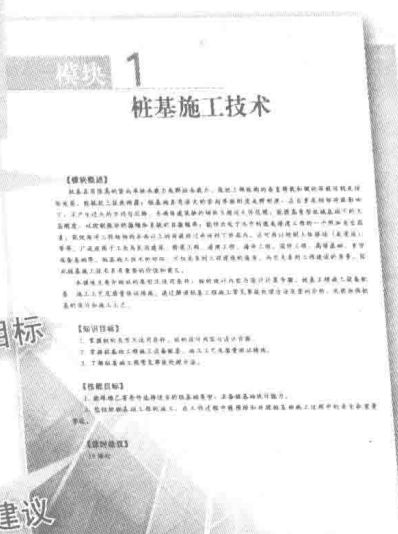
用结构图将整个模块的重点内容贯穿起来，给学生完整的模块概念和思路，便于复习总结。

各模块开篇前导入实际工程，简要介绍工程项目中与本模块有关的知识及与整个工程项目的意义，或者课程内容与工程需求的关系等。

## 工程导入

## 重点串联

包括职业能力训练、工程模拟训练和链接执考三部分，从不同角度考核学生对知识的掌握程度。



## 拓展与实训

## 绪 论

- 0.1 本课程的能力目标与知识目标/001
  - 0.1.1 能力目标/001
  - 0.1.2 知识目标/001
- 0.2 地基与基础的重要性/002
- 0.3 本课程的特点及学习要求/002

## 模块 1 桩基施工技术

- ☞ 模块概述/003
- ☞ 知识目标/003
- ☞ 技能目标/003
- ☞ 课时建议/003
- ☞ 工程导入/004

- 1.1 桩基概述/004
  - 1.1.1 桩基的特点/005
  - 1.1.2 桩基的分类/005
  - 1.1.3 桩的构造/010
- 1.2 桩基设计/012
- 1.3 桩基工程施工/015
  - 1.3.1 钻孔灌注桩基施工/015
  - 1.3.2 挖孔灌注桩基施工/029
  - 1.3.3 打入桩基施工/031
- 1.4 桩基质量控制要点/041
- 1.5 桩基工程施工常见事故处理方法/049
- 1.6 案例分析/051
  - ❖ 重点串联/055
  - ❖ 拓展与实训/056
    - ✱ 职业能力训练/056
    - ✱ 工程模拟训练/057
    - ✱ 链接执考/057

## 模块 2 地下连续墙

- ☞ 模块概述/059
- ☞ 知识目标/059
- ☞ 技能目标/059
- ☞ 课时建议/059
- ☞ 工程导入/060
- 2.1 地下连续墙概论/060
  - 2.1.1 常见基坑围护的形式/061
  - 2.1.2 基坑围护方案的选择/065
  - 2.1.3 地下连续墙的分类/066
  - 2.1.4 地下连续墙的特点/067
  - 2.1.5 地下连续墙的应用/067
- 2.2 地下连续墙设计/067
  - 2.2.1 荷载/068
  - 2.2.2 围护的计算方法/068
- 2.3 地下连续墙施工/070
  - 2.3.1 导墙的修筑/070
  - 2.3.2 泥浆的配制与废泥浆处理/072
  - 2.3.3 桩排式地下连续墙的施工/074
  - 2.3.4 槽段式地下连续墙的施工工艺/075
  - 2.3.5 槽段清底/081
  - 2.3.6 槽段的连接/082
  - 2.3.7 钢筋笼的制作与吊放/085
  - 2.3.8 混凝土的灌注/087
  - 2.3.9 接头管的起拔/089
- 2.4 地下连续墙施工组织/090
  - 2.4.1 施工方案的确/090
  - 2.4.2 施工顺序/091
  - 2.4.3 地下连续墙施工工艺流程/091
  - 2.4.4 地下连续墙施工方法/092
- ❖ 重点串联/101
- ❖ 知识链接/102



❖ 拓展与实训/102

✱ 职业能力训练/102

✱ 工程模拟训练/103

✱ 链接执考/103

### 模块3 锚固技术

▮ 模块概述/104

▮ 知识目标/104

▮ 技能目标/104

▮ 课时建议/104

▮ 工程导入/105

#### 3.1 概述/105

#### 3.2 锚杆的机理/105

3.2.1 土层锚杆的作用/106

3.2.2 土层锚杆的类型/106

3.2.3 土层锚杆的构造/107

3.2.4 土层锚杆的抗拔作用/108

#### 3.3 锚杆的施工技术/109

3.3.1 施工准备工作/109

3.3.2 施工机械/109

3.3.3 施工工艺/110

3.3.4 土层锚杆的拆除/113

#### 3.4 锚杆的测试/114

3.4.1 基本试验/115

3.4.2 蠕变试验/116

3.4.3 验收试验/117

#### 3.5 土钉的施工技术与测试/117

3.5.1 土钉支护概述/118

3.5.2 土钉支护的一般规定/118

3.5.3 土钉墙支护的结构/119

3.5.4 土钉墙支护施工/120

3.5.5 锚杆及土钉墙支护工程质量验收/120

#### 3.6 岩土锚固的应用领域与新进展/121

3.6.1 锚杆在工程中的应用/121

3.6.2 岩土锚固的新进展/123

❖ 重点串联/125

❖ 拓展与实训/126

✱ 职业能力训练/126

✱ 链接执考/127

### 模块4 托换技术

▮ 模块概述/128

▮ 知识目标/128

▮ 技能目标/128

▮ 课时建议/128

▮ 工程导入/129

#### 4.1 概述/129

4.1.1 托换技术的分类/130

4.1.2 托换技术的应用特点/130

#### 4.2 基础托换技术的施工/131

4.2.1 基础加宽、加深技术/132

4.2.2 锚杆静压桩技术/133

4.2.3 树根桩技术/134

4.2.4 桩式托换/134

4.2.5 灌浆法/135

4.2.6 纠偏托换/139

#### 4.3 工程实例/143

❖ 重点串联/147

❖ 拓展与实训/147

✱ 职业能力训练/147

✱ 工程模拟训练/148

✱ 链接执考/148

### 模块5 常见的地基处理方法

▮ 模块概述/149

▮ 知识目标/149

▮ 技能目标/149

▮ 课时建议/149

▮ 工程导入/150

#### 5.1 概述/150

#### 5.2 开挖换填施工/151

5.2.1 概述/151

5.2.2 换填垫层设计/152

5.2.3 换填垫层的施工与质量检验/154

5.2.4 工程实例/156

### 5.3 排水固结法/157

5.3.1 概述/157

5.3.2 堆载预压法的加固机理/158

5.3.3 砂井堆载预压的设计/158

5.3.4 施工与监测简述/160

5.3.5 真空预压法与降水预压法简介/162

5.3.6 工程实例/163

### 5.4 CFG 桩施工/166

5.4.1 概述/166

5.4.2 CFG 桩的加固原理/167

5.4.3 CFG 桩的施工/168

5.4.4 工程实例/172

### 5.5 水泥土搅拌桩施工/173

5.5.1 概述/173

5.5.2 加固机理/174

5.5.3 水泥土的性质/175

5.5.4 深层搅拌法(湿法)施工/176

5.5.5 工程实例/178

### 5.6 旋喷桩施工/180

5.6.1 概述/180

5.6.2 旋喷桩施工工艺流程及技术要求/180

5.6.3 质量检验及施工注意事项/182

5.6.4 工程实例/184

❖重点串联/186

❖知识链接/187

❖拓展与实训/187

✱职业能力训练/187

✱工程模拟训练/187

✱链接执考/188

参考文献/189



# 绪论



## 0.1 本课程的能力目标与知识目标

“基础工程施工”是一门理论性和实践性较强的土建类专业课程，是土建类专业学生以及从事工程设计、生产第一线的技术、质量管理和工程监理等岗位所必备的知识。“基础工程施工”课程主要培养建筑工程施工技术人员从事地基基础施工管理、处理地基基础一般问题的能力，课程主要讲授工程地质勘察报告的识读、基坑工程施工、浅基础工程施工、桩基工程施工、地基处理等内容。学生通过本课程的学习，要在知识和技能上达到如下目标，以适应建筑行业的岗位要求。

### 0.1.1 能力目标

- (1) 具有读懂地质勘察报告和根据地质勘察报告指导土方施工的能力。
- (2) 具有根据已知条件合理地选择基础工程类型的能力。
- (3) 具有编制基坑工程施工方案，并依据施工方案组织和指导施工的能力；具有进行设备选择配套及工艺设计的能力。
- (4) 能根据基础施工图纸和有关图集正确地进行独立基础、条形基础、筏形基础及箱形基础的图纸交底，并具有对基础工程钢筋配料进行计算、审查的能力。
- (5) 能够编制常见浅基础类型各分项工程施工方案，并具有组织和指导施工的能力。
- (6) 具有对浅基础施工各分项工程的检查、验收能力及处理常见事故和具有基础工程施工过程质量控制的能力。
- (7) 具有一定的桩基和地基处理的施工能力。
- (8) 具有较强的职业道德和职业素养。

### 0.1.2 知识目标

- (1) 能够正确识读地质勘察报告，选择相应的、正确的地基处理方法。
- (2) 掌握常见基础的平法表达和施工构造。
- (3) 掌握钢筋下料长度、基坑土方量计算方法。
- (4) 掌握基础钢筋工程、模板工程、混凝土工程施工要点和质量检查方法。
- (5) 掌握基坑降水、边坡支护、土方开挖、土方回填和基坑施工方案的编制等内容。
- (6) 掌握地基承载力、地基变形、基础底面积、基础截面高度和配筋安全计算等内容。
- (7) 掌握钻孔灌注桩成孔工艺、灌注桩成桩工艺、预制桩及钢管桩施工技术、桩基施工过程中质量控制的理论知识。
- (8) 掌握地下连续墙施工技术。
- (9) 掌握锚杆的施工技术及测试方法。
- (10) 初步掌握基础的托换施工方法和建筑物纠偏技术。
- (11) 初步掌握桩基施工工艺顺序和质量检查。
- (12) 初步了解地基处理方法、适用范围及施工要点。



## 0.2 地基与基础的重要性

随着我国经济持续快速增长,城市化建设发展的步伐加快,基础工程的比重逐渐增大,特别是深基坑工程越来越多,施工的条件与环境越来越复杂,工程难度越来越大,工程事故发生的概率也就越来越高。尽管绝大多数工程的技术人员严格按规范要求设计施工,但仍出现不少工程事故,究其原因主要有工程勘察失误、基坑设计失误、地下水处理不当、支撑锚固结构失稳、施工方法错误、工程监测和管理不当、相邻施工影响、盲目降低造价等。

地基和基础位于地面以下,属于隐蔽工程,一旦出现事故,轻则上部结构开裂、倾斜,重则建筑物倒塌,而且进行补强修复、加固处理极其困难。因此相关课程的学习就非常重要。



## 0.3 本课程的特点及学习要求

由于地基与基础课程内容具有较强的理论性和实践性,因此,要求在学习过程中,应注意本课程与其他课程的联系,如建筑力学、建筑识图与绘图、建筑结构基础、建筑材料检测与管理等相关知识。注重理论与实验相结合、理论与工程实践相结合,以提高分析问题与解决问题的能力,提高独立工作与实践能力。

**教学要求:**掌握地基、基础的概念、类型及应用特点,了解地基、基础与上部结构三者之间的关系。

**重点:**地基、基础的概念、类型及应用特点,地基、基础与上部结构三者之间关系。

**难点:**地基、基础与上部结构三者之间关系。

**教学建议:**结合多媒体,理论讲授。可以通过播放钻探录像,增加学生的感性认识。

# 桩基施工技术

## 【模块概述】

桩基具有很高的竖向单桩承载力或群桩承载力，能把上部结构的垂直荷载和侧向荷载传到或传给地层，能抵抗上拔或倾覆；桩基具有很大的竖向单桩刚度或群刚度，在自重或相邻荷载影响下，不产生过大的不均匀沉降，并确保建筑物的倾斜不超过允许范围；能提高重型机械基础下的土层刚度，以控制振动的振幅和系统的自振频率；能作为处于水中的墩或港湾工程的一个附加安全因素；能使海洋工程结构的水面以上的荷载经过水传到下卧层内，还可用以控制土体移动（或滑坡），等等。广泛应用于工业与民用建筑、桥梁工程、港湾工程、海洋工程、国防工程、高塔基础、重型设备基础等。桩基施工技术的好坏，不仅关系到工程建设的速度，而且关系到工程建设的质量，因此桩基施工技术具有重要的价值和意义。

本模块主要介绍桩的类型及适用条件；桩的设计内容与设计步骤、桩基工程施工设备配套、施工工艺及质量保证措施。通过解读桩基工程施工常见事故处理方法及案例分析，巩固加强桩基的设计和施工工艺。

## 【知识目标】

1. 掌握桩的类型及适用条件，桩的设计内容与设计步骤。
2. 掌握桩基工程施工设备配套、施工工艺及质量保证措施。
3. 了解桩基工程常见事故处理方法。

## 【技能目标】

1. 能根据已有条件选择适当的桩基类型；具备桩基设计能力。
2. 能组织桩基工程的施工，在工作过程中能预防和处理桩基施工过程中的安全和质量事故。

## 【课时建议】

16 课时

## 工程导入

本工程位于某市境内，施工现场范围内、外可通行运输材料车辆，水电接驳点位于施工现场边缘。计划施工工期：50个日历天。根据地质条件采用预制管桩施工，预制管桩采用锤击法施工，投入柴油打桩机8台。在打桩过程中，桩锤、桩帽和桩身的中心线应重合，当桩身倾斜率超过0.8%时，应找出原因并设法纠正。当桩尖进入硬土层后，严禁用移动桩架等强行回扳的方法纠偏。

接桩焊接时要由两人同时对称施焊，焊缝应连续、饱满，不得有施工缺陷，如咬边、夹渣、焊瘤等。烧焊至少有两层或两层以上，焊渣应用小锤敲掉。烧焊完成后，应冷却8 min以上。焊接用的电焊条需选用E42或以上的焊条。

锤击管桩施工： $6 \text{根}/(d \cdot \text{台}) \times 8 \text{台} = 48 \text{根}/d$ ；所需工作天为： $2\,230 \text{根} \div 48 \text{根}/d = 47 d$ 。

问题：试确定桩基施工技术方



## 1.1 桩基概述

桩基指由设置于岩土中的桩和与桩顶联结的承台共同组成的基础或由柱与桩直接联结的单桩基础，共同承受动、静荷载的一种深基础。桩基是由许多根各种材料（木、钢筋混凝土或钢材等）做成的细长柱体（即桩）打入土中，或先在桩位上造孔，再灌注混凝土或钢筋混凝土桩，然后在桩顶上修筑承台，使各根桩相互起共同支撑作用的基础形式（图1.1）。桩的沉入对地基土起密实作用，但桩的主要作用是将上部荷载传递到深层的土中去，因此应该将桩看成是基础的一种类型，称为桩基。

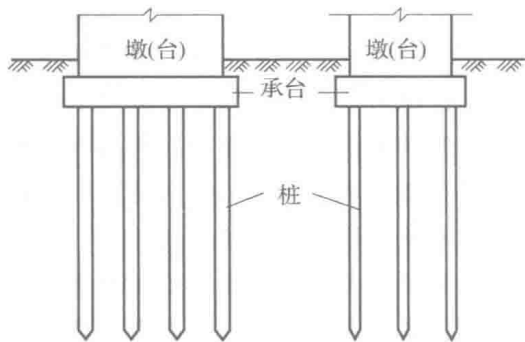


图 1.1 桩基示意图

## 【知识拓展】

在我国，最早的桩基是在浙江省河姆渡的原始社会居住的遗址中发现的。到宋代，桩基技术已经比较成熟。在《营造法式》中载有临水筑基一节。到了明、清两代，桩基技术更趋完善。如清代《工部工程做法》一书对桩基的选料、布置和施工方法等方面都有了规定。从北宋一直保存至今的上海市龙华镇龙华塔（建于北宋太平兴国二年，977年）和山西太原市晋祠圣母殿（建于北宋天圣年间，1023~1031年），都是我国现存的采用桩基的古建筑。

桩基是一种古老的基础形式。桩工技术经历了几千年的发展过程。无论是桩基的材料和桩的类型，还是桩工机械和施工方法，都有了巨大的发展，已经形成了现代化基础工程体系。在某些情况下，采用桩基可以大量减少施工现场的工作量和材料的消耗。

20世纪70年代，我国曾发生了几次大地震。以唐山大地震为例，凡采用桩基的建筑物一般受害轻微。这说明桩基在地震力作用下的变形小，稳定性好，是解决地震区软弱地基和地震液化地基抗震问题的一种有效措施。

近年来，随着钻、挖孔灌注桩的出现和施工机械、工艺的不断改进，桩基在桥梁、水利、港口工程等方面的使用更为普遍。

### 1.1.1 桩基的特点

桩基的作用是将上部建筑物的荷载传递到深处承载力较强的土层上,或将软弱土层挤密实以提高地基土的承载能力和密实度。桩可以承受压力、水平力,也可承受拉力。其特点如下:

(1) 桩支撑于坚硬的(基岩、密实的卵砾石层)或较硬的(硬塑黏性土、中密砂等)持力层,具有很高的竖向单桩承载力或群桩承载力,足以承担高层建筑的全部竖向荷载(包括偏心荷载)。

(2) 桩基具有很大的竖向单桩刚度(端承桩)或群桩刚度(摩擦桩),在自重或相邻荷载影响下,不产生过大的不均匀沉降,并确保建筑物的倾斜不超过允许范围。

(3) 凭借巨大的单桩侧向刚度(大直径桩)或群桩基的侧向刚度及其整体抗倾覆能力,抵御由于风和地震引起的水平荷载与力矩荷载,保证高层建筑的抗倾覆稳定性。

(4) 桩身穿过可液化土层而支撑于稳定的坚实土层或嵌固于基岩,在地震造成浅部土层液化与震陷的情况下,桩基凭借深部稳固土层仍具有足够的抗压与抗拔承载力,从而确保高层建筑的稳定,且不产生过大的沉降与倾斜。常用的桩型主要有预制钢筋混凝土桩、预应力钢筋混凝土桩、钻(冲)孔灌注桩、人工挖孔灌注桩、钢管桩等,其适用条件和要求在《建筑桩基技术规范》中均有规定。

#### 【知识拓展】

桩基的制作方法可以是工厂预制、工地预制,也可以就地灌注。桩基的长度可长可短,容易适应持力层面高低不平的地形变化,所以桩基适用于不同的施工条件和荷载情况。

桩基一般在下列情况下被采用:

(1) 荷载较大,地基上部土层软弱,适宜的地基持力层位置较深,采用浅基础或人工地基在技术上、经济上不合理时。

(2) 河床冲刷较大,河道不稳定或冲刷深度不易计算正确,如采用浅基础施工困难或不能保证基础安全时。

(3) 当地基计算沉降过大或结构物对不均匀沉降敏感时,采用桩基穿过松软(高压缩性)土层,将荷载传到较坚实(低压缩性)土层,减少结构物沉降并使沉降较均匀。另外,桩基还能增强结构物的抗震能力。

(4) 当建筑物受到较大的水平荷载,需要减少水平位移和倾斜时。

(5) 当施工水位或地下水位较高时,采用其他的深基础不合理或不经济时。

(6) 在地震区可增加建筑物的抗震性能,减少地震的危害。

上述情况有时也可采用其他深基础(如沉井),但是桩基材料用量少、施工快,同时桩在工厂预制和定型化质量较高,施工也可全部机械化。

### 1.1.2 桩基的分类

#### 1. 按承台的位置分类

桩基按承台的位置可分为低承台桩基(或称低桩承台)和高承台桩基(或称高桩承台)两种(图1.2)。通常将承台底面置于地面或局部冲刷线以下的桩基称为低桩承台,承台底面高出地面或局部冲刷线的桩基称为高桩承台。高桩承台的位置较高,可减少墩台的圬工数量,施工较方便。然而在水平力的作用下,由于承台及部分桩身露出地面或局部冲刷线,减少了承台及自由段桩身侧面的土抗力,桩身的内力和位移都将大于低桩承台,在稳定性方面也不如低桩承台。

当常年有水、冲刷较深,或水位较高、施工困难时,常采用高桩承台方案。另外,对于受水平力较小的小跨度桥梁,选用高桩承台很可能是较为理想的方案。处于旱地上、浅水岸滩或季节性河

流上的墩台，当冲刷不深，施工不是很困难时，选用低桩承台方案，有利于提高基础的稳定性。

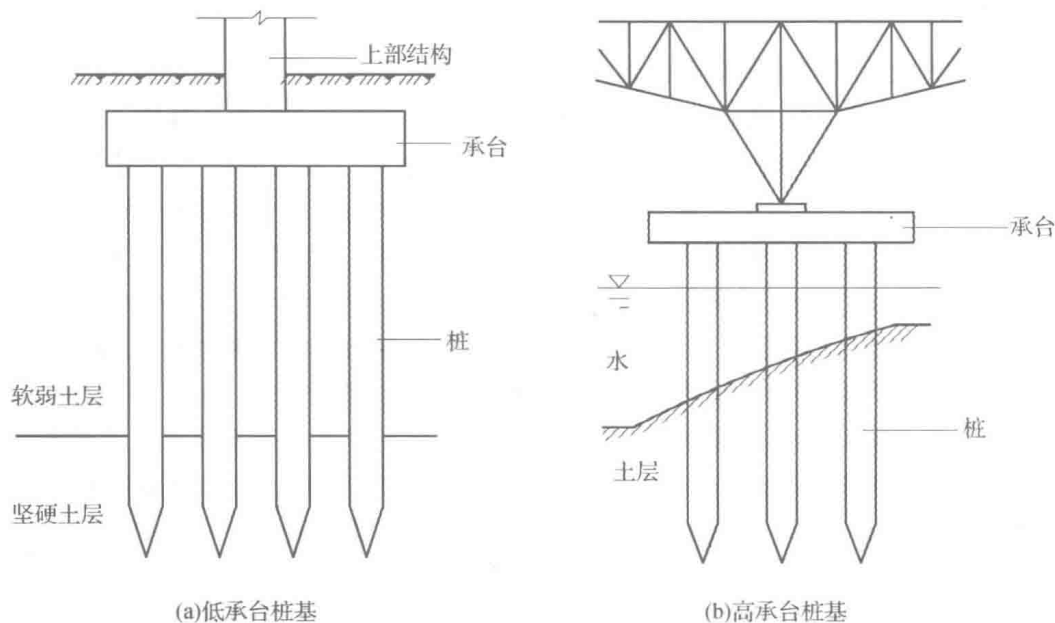


图 1.2 高低承台桩基示意图

## 2. 按承载性状分类

### (1) 摩擦型桩。

①摩擦桩。当软土层很厚，桩端达不到坚硬土层或岩层上时，则桩顶的极限荷载主要靠桩身与周围土层之间的摩擦力来支撑，桩尖处土层反力很小，可忽略不计，如图 1.3 (a) 所示。

②端承摩擦桩。在承载能力极限状态下，桩顶竖向荷载主要由桩侧阻力承受，如图 1.3 (b) 所示。

### (2) 端承型桩。

①端承桩（柱桩）。桩穿过软弱土层，桩端支撑在坚硬土层或岩层上时，在承载能力极限状态下，桩顶竖向荷载由桩尖处坚硬岩土层提供的反力来支撑，桩侧阻力小到可忽略不计，如图 1.3 (c) 所示。

②摩擦端承桩。在承载能力极限状态下，桩顶竖向荷载主要由桩端阻力承受，如图 1.3 (d) 所示。

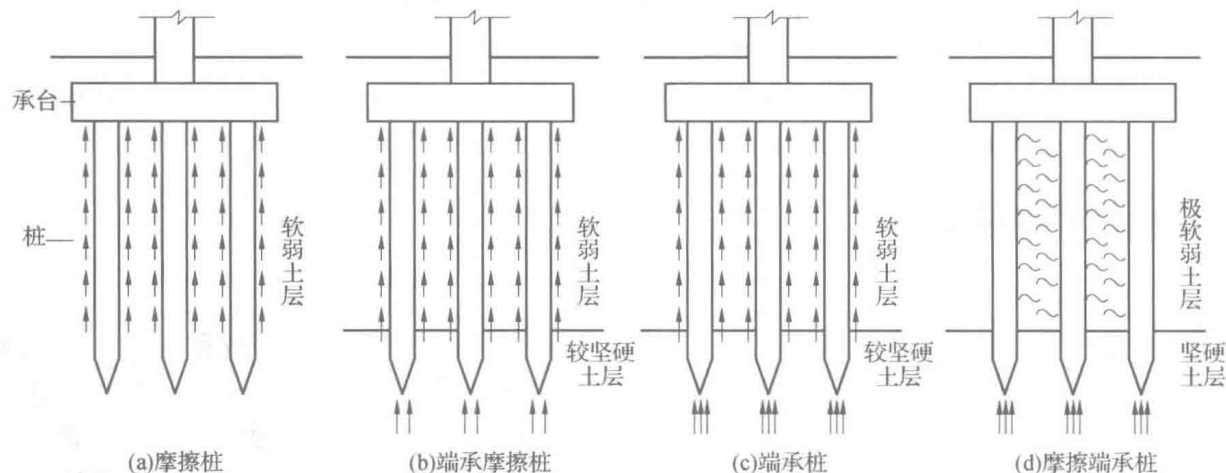


图 1.3 摩擦型桩和端承型桩



### 3. 按成桩方法分类

#### (1) 非挤土桩。

非挤土桩指成桩过程中桩周土体基本不受挤压的桩,如干作业法钻(挖)孔灌注桩、泥浆护壁法钻(挖)孔灌注桩、套管护壁法钻(挖)孔灌注桩等。

#### (2) 部分挤土桩。

在成桩过程中,只引起部分挤土效应,桩周围的土体受到一定程度的搅动。这类桩主要有长螺旋压灌灌注桩、冲孔灌注桩、钻孔挤扩灌注桩、搅拌劲芯桩、预钻孔打入(静压)预制桩、打入(静压)式敞口钢管桩、敞口预应力混凝土空心桩和H型钢桩。

#### (3) 挤土桩。

在成桩过程中,造成大量挤土,使桩周围的土体受到严重搅动,土的工程性质有很大改变的桩。这类桩主要有沉管灌注桩、沉管夯(挤)扩灌注桩、打入(静压)预制桩、闭口预应力混凝土空心桩和闭口钢管桩。挤土过程引起的挤土效应主要是地面隆起和土体侧移,导致对周边环境影响较大。

### 4. 按桩径(设计直径 $d$ )大小分类

#### (1) 小直径桩。

$d \leq 250$  mm。由于桩径小,施工机械、施工场地及施工方法一般较为简单。小直径桩多用于基础加固(树根桩或锚杆静压桩)及复合桩基。

#### (2) 中等直径桩。

$250 \text{ mm} < d < 800$  mm。这类桩长期以来在工业与民用建筑物中大量使用,成桩方法和工艺繁杂。

#### (3) 大直径桩。

$d \geq 800$  mm。单桩承载力较高。此类桩除大直径钢管桩外,多数为钻、冲、挖孔灌注桩。大直径桩通常用于高层或重型建(构)筑物的基础,并可实现柱下单桩的结构形式。

### 5. 按成孔方法分类

#### (1) 钻孔灌注桩。

在工程现场通过机械钻孔、钢管挤土或人力挖掘等手段在地基土中形成桩孔,并在其内放置钢筋笼、灌注混凝土而做成的桩。依照成孔方法不同,灌注桩又可分为沉管灌注桩、钻孔灌注桩和挖孔灌注桩等。

#### (2) 人工挖孔灌注桩。

以人工挖孔为施工方式的大直径灌注桩。其桩身直径大于等于800 mm,桩长不宜大于40 m,也不宜小于6 m。

#### (3) 沉管灌注桩。

直接在所设计的桩位上开孔,其截面为圆形,成孔后在孔内加放钢筋笼,灌注混凝土而成。其制作过程如图1.4所示。

#### (4) 爆扩灌注桩。

爆扩灌注桩又称爆扩桩,是利用炸药爆炸后,其体积急剧膨胀,压缩周围土体形成的桩孔。同时,桩孔壁土体密实度增大,从而增大桩的承载力。

### 6. 按施工方法分类

#### (1) 预制沉桩。

预制沉桩是将预制的木桩、钢筋混凝土桩、预应力混凝土桩及钢桩,用锤击、震动、射水等方法沉入土中,使该处的地基变得更密实,以增大其承载能力。