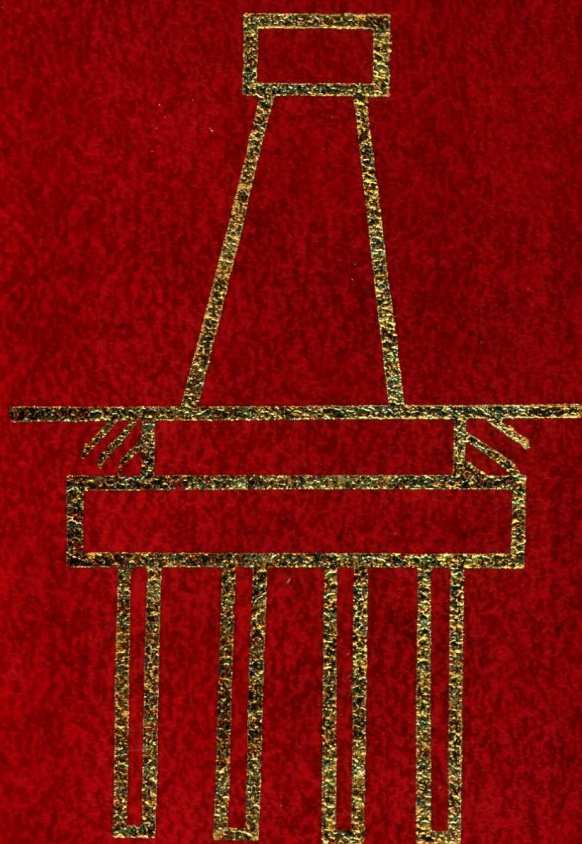


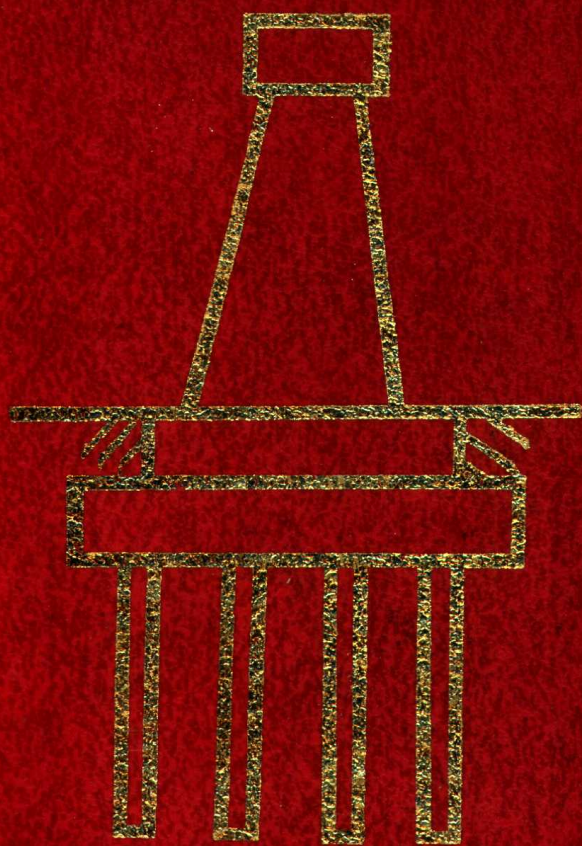
《桩基工程手册》编写委员会
中国建筑工业出版社

桩基工程手册



《桩基工程手册》编写委员会
中国建筑工业出版社

桩基工程手册



(京) 新登字 035 号

本书系统全面介绍了我国桩基工程设计计算理论与方法, 施工工艺, 载荷试验与测试技术, 反映了我国桩基工程的当前水平, 同时兼蓄国外先进经验。书中附有大量工程实例。全书由约 20 位专家、学者参加编写, 是一部有份量的工具书。

全书共分 15 章, 内容包括: 总论, 竖向荷载下单桩和群桩的承载力, 单桩和群桩的沉降计算, 水平荷载下单桩和群桩承载力和变位, 被动桩, 桩基的结构设计, 桩基的设计原则, 预制钢筋混凝土桩的施工, 钢桩的施工, 桩基水上施工, 非挤土灌注桩的施工, 挤土和部分挤土灌注桩的施工, 桩的现场静载试验, 桩的质量检验和动力法测定竖向承载力, 桩基工程的原型观测。

本书可供从事桩基工程设计和施工人员参考使用, 亦可供土木工程领域其他技术人员和大专院校有关专业师生参考。

责任编辑 石振华

桩基工程手册

《桩基工程手册》编写委员会

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 58¹/₂ 字数: 1424 千字

1995 年 9 月第一版 1995 年 9 月第一次印刷

印数: 1—15,200 册 定价: 64.00 元

ISBN 7-112-02552-4

TU·1957 (7633)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

《桩基工程手册》编写委员会

核心组: 曾国熙 (召集人) 叶政青 冯国栋 周 镜
刘金砺 陈竹昌 彭大用

秘 书: 龚晓南

委 员: 冯国栋 卢世深 卢肇钧 石振华 叶政青 刘金砺
刘祖德 刘兴录 沈保汉 陈竹昌 周 镜 张咏梅
黄绍铭 高宏兴 龚一鸣 龚晓南 彭大用 蒋国澄
曾国熙 潘秋元 魏汝龙

各章编写人和审阅人名单

第1章 总 论

编写人 周 镜

第2章 竖向荷载下单桩和群桩的承载力

编写人 刘金砺

审阅人 周 镜

第3章 单桩和群桩的沉降计算

编写人 陈竹昌 洪毓康

审阅人 朱百里

第4章 横向荷载下单桩和群桩的承载力和变位

编写人 卢世深

审阅人 杨克己

第5章 被动桩

编写人 魏汝龙

审阅人 冯国栋

第6章 桩基的结构设计

编写人 黄绍铭

审阅人 许惟阳

第7章 桩基的设计原则

编写人 冯国栋 陈晓平

第8章 预制钢筋混凝土桩的施工

编写人 彭大用 袁相瑞

审阅人 龚晓南 施鸣升

第9章 钢桩的施工

编写人 彭大用 张功英

审阅人 龚晓南 秦玉琪

第10章 桩基水上施工

编写人 高宏兴 周 浩

审阅人 彭大用 龚晓南

第11章 非挤土灌注桩的施工

编写人 沈保汉

审阅人 陈竹昌 蒋国澄

第12章 挤土及部分挤土灌注桩的施工

编写人 沈保汉

第13章 桩的现场静载试验

编写人 龚一鸣 叶万灵

审阅人 张咏梅 周 镜

第 14 章 桩的质量检验和动力法测定竖向承载力

编写人 刘兴录

审阅人 唐念慈

第 15 章 桩基工程的原型观测

编写人 魏汝龙

审阅人 唐念慈

序

城市建设立体化，交通高速化，以及改善综合居住环境已成为现代土木工程特征。现代土木工程建设对地基基础提出了更高的要求，桩基础在高层建筑、桥梁、港口以及近海结构等工程中正在广泛应用。新的桩型、新的施工工艺、新的桩材被采用，桩基工程设计计算理论、方法，施工工艺，原型试验及检测方法发展很快。新中国成立以来，特别是改革开放以后，我国城市高层建筑和道路桥梁的地基基础大量采用了桩基，在设计和施工的过程中研究解决了不少特殊问题并积累了许多实践经验。为了总结我国在桩基工程领域的理论和实践，供土木工程技术人员在从事桩基础设计、施工、监测工作，以及土木类大专院校有关专业师生应用参考，中国土木工程学会土力学及基础工程学会地基处理学术委员会应中国建筑工业出版社委托，邀请全国桩基工程专家，学者，组成《桩基工程手册》编写委员会，负责《桩基工程手册》的编写组织工作。在建筑、交通、铁道等各部门桩基工程同行的大力支持下，完成了《桩基工程手册》编写工作。它反映了我国目前桩基工程的先进水平，希望《桩基工程手册》的出版能进一步推动我国桩基工程的发展。

中国科学院院士

卢肇钧

1995年8月

编 者 的 话

中国土木工程学会土力学及基础工程学会地基处理学术委员会受中国建筑工业出版社委托组织编写《桩基工程手册》。

《桩基工程手册》的对象是以从事桩基工程设计和施工的中等以上工程技术人员为主，内容结合实际工程需要，着重反映我国在桩基工程中的实践经验，也包含科研工作中较系统的成果。并适当介绍国外先进技术和经验，尽可能附有工程实例。

桩基工程的质量和承载能力，不仅与地层条件和工程性质有关，而且与施工程序和施工队伍的经验有密切关连。因此，读者在使用《桩基工程手册》中介绍的方法、试验数据、计算参数和工程实例时，应结合当地的经验和施工条件全面考虑，不宜盲目套用。《桩基工程手册》主要针对工业与民用建筑的桩基，兼顾桥梁及港口码头用桩。

《桩基工程手册》共分十五章，包括：总论、竖向荷载下桩基的承载力，单桩和群桩的沉降计算，水平荷载下单桩和群桩的承载力和变位，被动桩，桩基的结构设计，桩基的设计原则，预制钢筋混凝土桩的施工，钢桩的施工，桩基水上施工，非挤土灌注桩的施工，挤土和部分挤土灌注桩的施工，桩的现场静载试验，桩的质量检验和动力法测定竖向承载力，桩基工程的原型观测。

《桩基工程手册》由中国土木工程学会土力学及基础工程学会地基处理学术委员会和《桩基工程手册》编写委员会组织编写工作。编委会核心组由浙江大学曾国熙、上海市建工局 **叶政青**、武汉水利电力大学冯国栋，铁道部科学研究院周镜、中国建筑科学研究院刘金砺、同济大学陈竹昌、上海市建工局工程咨询公司彭大用组成，曾国熙为召集人，浙江大学龚晓南任编委会秘书，负责具体组织工作。参加各章编写工作的有：周镜，刘金砺，陈竹昌，洪毓康，冯国栋，彭大用，交通部公路科学研究所卢世深、武汉水利电力学院陈晓平、上海市民用建筑设计院黄绍铭，交通部三航局科研所高宏兴、周浩、张功英、叶万灵，上海基础工程公司袁相瑞，北京市建筑科学研究院沈保汉，福建省建筑科学研究院龚一鸣，中国建筑科学研究院刘兴录，南京水利科学研究院魏汝龙，武汉水利电力大学陈晓平等。

本手册得到全国各有关同志的支持，提供了大量资料，各章还邀请一些专家教授负责审阅。可以说编写《桩基工程手册》动员了全国桩基工程方面的许多专家。因此它是集体辛勤劳动的产物。编者借此向所有为本手册作出贡献的同志致以衷心感谢。

《桩基工程手册》编写委员会

目 录

各章编写人和审阅人名单

序

编者的话

第1章 总论	1	2.4 静力法计算单桩承载力	36
1.1 桩基的作用	1	2.4.1 桩端阻力的计算	36
1.2 桩基发展简史	1	2.4.2 桩侧阻力的计算	40
1.3 桩的分类	2	2.5 原位测试法确定单桩承载力	42
1.3.1 按成桩方法对土层的影响分类	2	2.5.1 静力触探试验 (CPT) 确定	
1.3.2 按桩材分类	2	单桩承载力	42
1.3.3 按桩的功能分类	3	2.5.2 标准贯入试验 (SPT) 确定	
1.3.4 按成桩方法分类	3	单桩承载力	47
1.4 桩型和成桩方法的选择	4	2.5.3 旁压试验确定单桩承载力	
1.4.1 预制桩的类型、特点和适用条件	4	(SETRA-LCPC 1985)	49
1.4.2 灌注桩的类型、特点和适用条件	5	2.6 经验方法确定单桩承载力	51
1.4.3 钢桩的类型特点和适用条件	7	2.6.1 建筑桩基技术规范 JGJ94—94 中	
1.4.4 其它类型的桩	7	的方法	51
1.4.5 桩型和成桩方法的选择	8	2.6.2 铁路桥涵设计规范 TBJ2—85 中	
第2章 竖向荷载下单桩和		的方法	53
群桩的承载力	9	2.6.3 波兰 PN-83/B—02482 桩和桩	
2.1 综述	9	基承载力规范中的方法	56
2.1.1 竖向承载桩基的应用	9	2.6.4 前苏联建筑法规—桩基础 СНиП	
2.1.2 竖向承载桩基的工作原理	11	2.02.03—85 中的方法	59
2.1.3 桩基的竖向极限承载力	12	2.7 大直径灌注桩的承载力	63
2.1.4 影响单桩竖向承载力的因素	13	2.7.1 概述	63
2.1.5 单桩竖向承载力的确定方法	14	2.7.2 大直径桩的承载性状	63
2.2 竖向荷载下单桩的性状	15	2.7.3 大直径桩承载力的确定	64
2.2.1 桩侧阻力的性状	15	2.8 嵌岩灌注桩的承载力	68
2.2.2 桩端阻力的性状	23	2.8.1 概述	68
2.2.3 桩、土体系的荷载传递	25	2.8.2 嵌岩灌注桩的承载性状	68
2.2.4 单桩的荷载—沉降特性	27	2.8.3 嵌岩灌注桩承载力的确定	72
2.3 桩端阻力和桩侧阻力的深度效应	30	2.9 钢管桩的竖向承载力	74
2.3.1 端阻力的深度效应	31	2.9.1 钢管桩的应用	74
2.3.2 考虑深度效应极限端阻力		2.9.2 钢管桩的承载性状	75
的计算	34	2.9.3 钢管桩单桩竖向承载力计算	79
2.3.3 桩侧阻力的深度效应	36	2.10 竖向荷载下群桩的性状与	
		群桩效应	80
		2.10.1 承台、桩群和土的相互作用	80
		2.10.2 群桩效应	81

2.10.3 砂土中的摩擦型群桩	84	3.1.1 概述	139
2.10.4 粉土中的摩擦型群桩	85	3.1.2 荷载传递法	140
2.10.5 粘性土中的摩擦型群桩	93	3.1.3 弹性理论法	144
2.10.6 群桩的桩顶荷载分布	97	3.1.4 剪切变形传递法	156
2.11 承台土反力和承台分担荷载 的作用	102	3.1.5 其它方法	157
2.11.1 概述	102	3.2 群桩沉降的性状	164
2.11.2 承台土反力与桩、土变形 的关系	103	3.2.1 概述	164
2.11.3 承台土反力分布特征	104	3.2.2 打入群桩性状的试验研究	164
2.11.4 承台荷载分担比随有关因素 的变化	107	3.2.3 钻孔群桩沉降性状的试验研究	170
2.11.5 承台土反力的时间效应	109	3.2.4 影响群桩沉降性状的因素	171
2.11.6 承台土反力及承台分担荷载值 的计算	113	3.3 等代墩基法计算群桩的沉降	173
2.12 群桩极限承载力计算	117	3.3.1 等代墩基法计算群桩的沉降	173
2.12.1 以单桩极限承载力为参数的群桩 效率系数法	117	3.3.2 按 Mindlin 解确定地基土附加 应力	177
2.12.2 以土强度为参数的极限平衡理论 法	118	3.4 非粘性土中群桩的沉降	195
2.12.3 以侧阻力、端阻力为参数的经验 计算法	120	3.4.1 采用原位测试估算群桩沉降	195
2.12.4 考虑承台、桩、土相互作用分项 群桩效应系数计算法	121	3.4.2 沉降比法	197
2.13 群桩软下卧层的承载力计算	126	3.5 弹性理论法计算群桩的沉降	199
2.13.1 概述	126	3.5.1 两根桩的相互作用	199
2.13.2 按冲剪破坏极限状态计算	126	3.5.2 群桩沉降的弹性理论解	199
2.13.3 按线弹性理论验算软下卧层的容许 承载力	129	3.5.3 土参数的确定	219
2.14 桩基承载力的时间效应	130	参考文献	222
2.14.1 饱和粘性土中挤土桩承载力的时 间效应	131	第 4 章 水平荷载下单桩和群桩的承 载力和变位	225
2.14.2 粘性土中非挤土灌注桩承载力的时间 效应	133	4.1 概述	225
2.14.3 饱和粘土中挤土型群桩承载力 时效	133	4.2 刚性短桩的计算分析	230
参考文献	135	4.2.1 简述	230
第 3 章 单桩和群桩的沉降计算	139	4.2.2 极限地基反力法	232
3.1 单桩的沉降计算	139	4.2.3 地基反力系数法	232
		4.3 弹性长桩的计算分析	236
		4.3.1 简述	236
		4.3.2 地基反力系数沿深度为常数的计算 分析方法	240
		4.3.3 地基反力系数沿深度按线性增大的 计算分析方法	241
		4.3.4 地基反力系数沿深度按凸抛物线增 大的计算分析法	269
		4.3.5 $p-y$ 曲线法	271
		4.4 群桩承载力和变位	281

4.4.1 简述	281	7.1.1 建筑物的桩基	367
4.4.2 高承台群桩基础的计算分析	285	7.1.2 桥梁的桩基	369
4.4.3 低承台群桩基础的分析计算	296	7.1.3 港工的桩基	371
4.5 提高桩的水平承载力的措施	306	7.1.4 近海平台的桩基	372
4.5.1 提高桩的刚度和强度	306	7.2 布桩与桩的几何尺寸的确定	
4.5.2 提高桩周土抗力	308	原则	374
参考文献	309	7.2.1 桩径、桩长的确定	374
第5章 被动桩	310	7.2.2 桩脚持力层的选择	378
5.1 定义和机理	310	7.2.3 桩的平面布置与桩距的确定	380
5.2 被动桩与土体相互作用的研究		7.3 桩基按概率极限状态设计的有关	
现况	310	问题	384
5.2.1 工地试验	310	7.3.1 概述	384
5.2.2 室内试验	311	7.3.2 基本概念	385
5.2.3 计算分析	311	7.3.3 桩基设计的概率特征	392
5.3 阻滑桩的设计原则	312	7.3.4 概率极限状态的设计方法	395
5.3.1 塑性变形理论法	312	参考文献	405
5.3.2 散体极限平衡理论法	317	第8章 预制钢筋混凝土桩的施工 ...	407
5.4 码头桩基与岸坡的相互作用	321	8.1 预制桩的制作及养护	407
5.4.1 现场观测	322	8.1.1 普通钢筋混凝土桩	407
5.4.2 土工离心模型试验	324	8.1.2 预应力钢筋混凝土桩	410
5.4.3 计算分析	328	8.2 预制桩的起吊、堆放及运输	412
5.4.4 结语	330	8.2.1 桩的起吊	412
参考文献	331	8.2.2 桩的运输	412
第6章 桩基的结构设计	333	8.2.3 桩的堆放	413
6.1 桩基的构造要求	333	8.3 锤击法沉桩	414
6.1.1 桩身的构造要求	333	8.3.1 锤击法沉桩机理	414
6.1.2 承台的构造要求	339	8.3.2 锤击法沉桩机械设备及衬垫	
6.2 桩身的结构计算	346	的选择	415
6.2.1 施工阶段预制混凝土桩的桩身结构		8.3.3 锤击法沉桩施工	435
计算	346	8.3.4 送桩及接桩	443
6.2.2 使用阶段桩顶荷载及桩身结构		8.3.5 沉桩阻力及停打标准	444
计算	351	8.3.6 锤击法沉桩常见问题及处理	450
6.3 承台的结构计算	358	8.3.7 质量检验	457
6.3.1 荷载及桩顶反力的计算	358	8.4 振动法沉桩	461
6.3.2 承台结构承载能力和正常使用		8.4.1 振动法沉桩机理	461
状态计算	359	8.4.2 振动法沉桩适用范围	461
参考文献	366	8.4.3 振动法沉桩机械设备的选择	462
第7章 桩基的设计原则	367	8.4.4 振动法沉桩施工	468
7.1 各类桩基的设计原则	367	8.5 静压法沉桩	469

8.5.1 静压法沉桩机理	469	9.5.1 桩的偏位	523
8.5.2 静压法沉桩适用范围	469	9.5.2 桩的扭转	524
8.5.3 静压法沉桩机械设备	470	9.5.3 桩的损坏和折断	524
8.5.4 静压法沉桩施工	471	9.6 工程实例	526
8.6 辅助沉桩法	476	参考文献	528
8.6.1 预钻孔辅助沉桩	476	第 10 章 桩基水上施工	530
8.6.2 冲水辅助沉桩	478	10.1 概述	530
8.6.3 振动辅助沉桩	480	10.1.1 桩基水上施工的特点	530
8.7 预制桩施工对环境影响及其防治		10.1.2 桩基水上施工的应用范围	530
措施	481	10.1.3 桩基水上施工常用的桩型和	
8.7.1 施工噪音及防护	481	桩材	531
8.7.2 振动影响及防护	483	10.1.4 桩及桩材制作	531
8.7.3 挤土影响及防护	491	10.1.5 打桩船打桩锤及衬垫的选择	531
参考文献	495	10.1.6 桩的起吊、堆放、装船及水上	
第 9 章 钢桩的施工	497	运输	537
9.1 概述	497	10.2 桩基水上施工准备	540
9.1.1 钢桩的特点及应用范围	497	10.2.1 水文、气象条件对上桩基施工的	
9.1.2 钢桩的桩型及构造	497	影响	540
9.1.3 钢桩的接头及附件	498	10.2.2 水上桩基施工组织设计的基本	
9.1.4 钢桩的材料质量控制及验收		内容	541
标准	501	10.2.3 施工水域探摸及障碍物的清理;	
9.2 钢桩施工机械设备	503	水深地形复测	541
9.2.1 打桩机及桩锤、桩帽	503	10.2.4 申请抛锚证及施工许可证	543
9.2.2 焊接设备及材料	506	10.2.5 水上桩基施工测量	543
9.2.3 送桩管	508	10.2.6 施工警戒区的确定和安全防护	
9.2.4 钢管桩的地下内切割机	509	措施	545
9.3 沉桩施工	510	10.2.7 锚缆平面布置	545
9.3.1 沉桩施工流程要点	510	10.3 锤击法水上沉桩	547
9.3.2 测量及样桩控制	510	10.3.1 锤击法水上沉桩施工顺序及	
9.3.3 施工流水顺序安排原则	512	工艺	547
9.3.4 沉桩施工及施工记录	512	10.3.2 水上沉桩施工水位的确定	547
9.3.5 电焊接钢桩	515	10.3.3 水上沉桩桩位控制	548
9.4 施工质量控制及标准	518	10.3.4 锤击法水上沉桩施工管理及	
9.4.1 平面位移	519	记录	550
9.4.2 垂直度	519	10.3.5 水上接桩及送桩	551
9.4.3 打入深度控制、沉桩阻力及停打		10.3.6 沉桩阻力和停打标准	553
标准	520	10.3.7 水上沉桩的质量控制及质量	
9.4.4 焊接质量控制及检测	522	检验	555
9.5 钢桩施工常见问题及处理	523	10.4 水上静压法沉桩	555

10.4.1 水上静压法沉桩的实用意义	555	11.6.1 适用范围及原理	628
10.4.2 水上压桩设备	556	11.6.2 施工机械及设备	628
10.4.3 压桩适用条件与桩的设计、施工 要点	560	11.6.3 施工工艺	632
10.5 水上辅助沉桩法	563	11.7 潜水钻成孔灌注桩	637
10.5.1 振动沉桩法	563	11.7.1 适用范围及原理	637
10.5.2 水冲辅助沉桩法	563	11.7.2 施工机械及设备	638
10.5.3 其他水上辅助沉桩法	565	11.7.3 施工工艺	641
10.6 特殊桩型的水上施工	566	11.8 钻孔扩底灌注桩	646
10.6.1 预应力混凝土管桩	566	11.8.1 基本原理及分类	646
10.6.2 超长桩的施工	566	11.8.2 干作业钻孔扩底桩	646
10.6.3 板桩水上施工	567	11.8.3 水下作业钻孔扩底桩	651
10.7 水上桩基施工常见问题及其 处理	567	11.9 钻斗钻成孔灌注桩	658
10.7.1 钢管桩的防腐蚀措施	567	11.9.1 适用范围及原理	658
10.7.2 水中斜坡上打桩的岸坡稳定 问题	568	11.9.2 施工机械及设备	659
10.7.3 水上桩基施工的其他问题	568	11.9.3 钻斗钻成孔灌注桩施工	662
参考文献	569	11.10 水下混凝土灌注	669
第 11 章 非挤土灌注桩的施工	570	11.10.1 概述	669
11.1 概述	570	11.10.2 导管灌注的主要机具	670
11.1.1 分类	570	11.10.3 水下混凝土灌注	674
11.1.2 灌注桩施工的一般规定	570	参考文献	681
11.2 干作业螺旋钻孔灌注桩	578	第 12 章 挤土及部分挤土灌注桩的 施工	683
11.2.1 适用范围及原理	578	12.1 沉管灌注桩	683
11.2.2 施工机械及设备	579	12.1.1 适用范围及原理	683
11.2.3 干作业钻孔灌注桩施工	588	12.1.2 施工机械及设备	684
11.3 贝诺特灌注桩	592	12.1.3 沉管灌注桩施工	697
11.3.1 适用范围及原理	592	12.2 冲击钻成孔灌注桩	705
11.3.2 施工机械及设备	593	12.2.1 适用范围及原理	705
11.3.3 施工工艺	601	12.2.2 施工机械及设备	705
11.4 人工挖(扩)孔灌注桩	606	12.2.3 施工工艺	710
11.4.1 适用范围及原理	606	12.3 其它灌注桩	714
11.4.2 人工挖(扩)孔灌注桩施工	607	12.3.1 打孔灌注桩	714
11.5 反循环钻成孔灌注桩	614	12.3.2 福兰克桩	715
11.5.1 适用范围及原理	614	12.3.3 夯扩桩	717
11.5.2 施工机械及设备	616	12.3.4 阿尔法桩	719
11.5.3 施工工艺	620	12.3.5 干法振动成孔灌注桩	721
11.6 正循环钻成孔灌注桩	628	12.3.6 爆扩成孔灌注桩	722
		12.3.7 孔底压力注浆桩	728
		12.3.8 小桩	730

12.3.9 PIP 法、MIP 法和 CIP 法灌注桩	733	14.2.4 混凝土预制桩	792
12.3.10 桩端压力注浆桩	737	14.3 成孔质量检验	792
12.3.11 旋转挤压式灌注桩	740	14.3.1 孔形声波法检测	793
参考文献	742	14.3.2 井径仪	796
第 13 章 桩的现场静载试验	743	14.3.3 孔底沉渣测定	797
13.1 概述	743	14.4 成桩质量检验	799
13.2 轴向承压荷载试验	744	14.4.1 开挖检查	799
13.2.1 试验的目的和意义	744	14.4.2 钻芯法	799
13.2.2 试验装置、仪表和测试元件	744	14.4.3 闭路电视法	800
13.2.3 试桩制备、加载与测试	748	14.4.4 γ 射线法	800
13.2.4 试验成果整理	749	14.4.5 声波透射法	801
13.2.5 单桩轴向极限荷载的确定	751	14.4.6 动力检测法	805
[实例 13—1]大直径钻孔灌注桩测试实例	752	14.5 动力试桩若干问题讨论	863
[实例 13—2]400mm $\times$ 400mm $\times$ 35m 钢筋混凝土试验桩测试实例	757	参考文献	866
13.3 水平荷载试验	764	第 15 章 桩基工程的原型观测	869
13.3.1 试验的目的和要求	764	15.1 概述	869
13.3.2 试验装置	765	15.2 桩基原型观测的目的及仪器	869
13.3.3 加载与测试	766	15.2.1 桩基原型观测的目的	869
13.3.4 试验成果整理	768	15.2.2 仪器埋设	870
[实例 13—3]码头试桩实例	778	15.2.3 几种仪器类型及其特点	870
[实例 13—4]上海 S 工程实例	783	15.3 桩基性状及其监测	871
参考文献	784	15.3.1 桩基中的荷载分布	872
第 14 章 桩的质量检验和动力法测定竖向承载力	786	15.3.2 桩基中的负摩擦力	877
14.1 概述	786	15.3.3 桩基与土体的相互作用	879
14.2 桩基施工容易发生的质量问题	790	15.4 工程实例	881
14.2.1 沉管灌注桩	790	15.4.1 高层建筑下的桩基	881
14.2.2 冲、钻孔灌注桩	790	15.4.2 大面积堆土或堆载附近的桩基	894
14.2.3 人工挖孔灌注桩	791	15.4.3 岸坡上的码头桩基	903
		15.5 结语	909
		参考文献	909
		索引	911

第 1 章 总 论

周 镜 (铁道部科学研究院)

1.1 桩基的作用

桩是深入土层的柱型构件，桩与连接桩顶的承台组成深基础，简称桩基。其作用是将上部结构的荷载，通过较弱地层或水传递到深部较坚硬的、压缩性小的土层或岩层。

在一般房屋基础工程中，桩主要承受垂直的轴向荷载，但在河港、桥梁、高耸塔型建筑、近海钻采平台、支挡建筑、以及抗地震等工程中，桩还需承受来自侧向的风力、波浪力、土压力和地震力等水平荷载。

桩基通过作用于桩尖（或称桩端、桩底）的地层阻力和桩周土层的摩阻力来支承轴向荷载，依靠桩侧土层的侧向阻力支承水平荷载。

1.2 桩基发展简史

桩基的发展过程，主要可从两个方面来探讨，即桩的材料和成桩工艺方法。

最早使用的是木桩。早在新石器时代，人类在湖泊和沼泽地里，栽木桩搭台作为水上住所，汉朝已用木桩修桥。到宋朝，桩基技术已比较成熟，今上海市的龙华塔和山西太原的晋祠圣母殿，都是现存的北宋年代修建的桩基建筑物。在英国也保存有一些罗马时代修建的木桩基础的桥和居民点。

19 世纪 20 年代，开始使用铸铁板桩修筑围堰和码头。到本世纪初，美国出现了各种型式的型钢，特别是 H 型的钢桩受到营造商的重视。美国密西西比河上的钢桥大量采用钢桩基础，到 30 年代在欧洲也被广泛采用。二次大战后，随着冶炼技术的发展，各种直径的无缝钢管也被作为桩材用于基础工程。上海宝钢工程中，曾使用直径为 90cm，长约 60m 的钢管桩基础。

本世纪初钢筋混凝土预制构件问世后，才出现厂制和现场预制钢筋混凝土桩。我国 50 年代开始生产预制钢筋混凝土桩，多为方桩。1949 年美国雷蒙德混凝土桩公司最早用离心机生产了中空预应力钢筋混凝土管桩。我国铁路系统于 50 年代末也生产使用预应力钢筋混凝土桩。

以混凝土或钢筋混凝土为材料的另一种类型的桩，是就地灌注混凝土桩。本世纪 20 到 30 年代已出现沉管灌注混凝土桩。上海在 30 年代修建的一些高层建筑的基础，就曾采用沉管灌注混凝土桩，如 Franki 桩和 Vibro 桩。到 50 年代，随着大型钻孔机械的发展，出现了钻孔灌注混凝土或钢筋混凝土桩。在 50 年代到 60 年代，我国的铁路和公路桥梁，

曾大量采用钻孔灌注混凝土桩和挖孔灌注桩。

从成桩工艺的发展过程看,最早采用的桩基施工方法是打入法。打入的工艺从手锤到自由落锤,然后发展到蒸气驱动、柴油驱动和压缩空气为动力的各种打桩机。另外还发展了电动的震动打桩机和静力压桩机。

随着就地灌注桩,特别是钻孔灌注桩的出现,钻孔机械也不断改进。如适用于地下水位以上的长、短螺旋钻孔机,适用于不同地层的各种正、反循环钻孔机,旋转套管机等。为提高灌注桩的承载力,出现了扩大桩端直径的各种扩孔机,出现了孔底或周边压浆的新工艺。目前,桩基的成桩工艺还在不断发展中。

1.3 桩的分类

在钻孔灌注桩出现之前,由于打桩机械能力的限制,桩的直径较小,钻孔灌注桩出现后,桩的直径日益增大。从名词定义上,目前很难对桩(pile)、柱(cylinder)和墩(pier)之间给出明确的界限。我国50年代修建的武汉长江大桥,已采用了1.5m直径的管柱基础。铁路桥涵设计规范中,将1.5m直径以上的预制空心钢筋混凝土柱基称为管柱基础。但国外有些文献中提到的大直径桩,其直径达3.6m。因而,本节中对桩的分类暂不考虑尺寸的影响。

桩的分类,根据不同目的可以有不同的分类法,现扼要分述如后。

1.3.1 按成桩方法对土层的影响分类

不同成桩方法对周围土层的扰动程度不同,将影响到桩承载能力的发挥和计算参数的选用。一般可分为挤土桩、部分挤土桩和非挤土桩三类。

一、挤土桩。也称排土桩,在成桩过程中,桩周围的土被压密或挤开,因而使周围土层受到严重扰动,土的原始结构遭到破坏,土的工程性质有很大改变(与原始状态比较)。这类桩主要有打入或压入的预制木桩和混凝土桩;打入的封底钢管桩和混凝土管桩;以及沉管式就地灌注桩等。

二、部分挤土桩。也称微排土桩,在成桩过程中,桩周围的土仅受到轻微的扰动,土的原状结构和工程性质的变化不明显。这类桩主要有打入小截面的I型和H型钢桩,钢板桩;开口式的钢管桩(管内土挖除);和螺旋桩等。

三、非挤土桩。也称非排土桩,成桩过程中,将与桩体积相同的土挖出,因而桩周围的土较少受到扰动,但有应力松弛现象。这类桩主要有各种型式的挖孔或钻孔桩,井筒管桩和预钻孔埋桩等。

1.3.2 按桩材分类

根据桩的材料,可分为木桩,混凝土桩(含钢筋混凝土桩和预应力钢筋混凝土桩),钢桩和组合桩。

一、木桩。天然原木是最早被用作桩的材料,也有经加工后的方型等截面木桩。单根木桩的长度一般为十余米,不利于接长。

二、混凝土桩。混凝土桩是当前各国使用最广泛的桩,它又可分为预制混凝土桩和就地灌注混凝土桩两大类。

预制混凝土桩多为钢筋混凝土桩,可以在工厂集中生产,也可在场地附近预制。桩断

面尺寸一般为 400×400 或 $500 \times 500\text{mm}$ ，单节长十余米。桩基要求用长桩时，可将单节桩连接成所需桩长。为减少钢筋混凝土桩的钢筋用量和桩身的裂缝，又发展了预应力钢筋混凝土桩。我国现用的预应力钢筋混凝土桩多为圆型管桩，外径为 400 和 500mm 两种，标准节长为 8 和 10m，法兰盘接头。

就地灌注混凝土桩可根据受力的需要，放置不同深度的钢筋笼，其直径可根据设计需要确定。

三、钢桩。如前所述，早期使用的铸铁板桩。现使用的钢桩主要为型钢和钢管两大类。型钢有各种型式的板桩，主要用作临时支挡结构或永久性的码头工程；H 型和 I 型钢桩则亦用做支承桩。钢管桩则由各种直径和壁厚的无缝钢管制成。

四、组合桩。组合桩是指一根桩用两种材料组成。较早采用的水下桩基，泥面以下用木桩而水中部分用混凝土桩。这种组合桩上海在 30 年代就曾用过，现在已很少使用了。

1.3.3 按桩的功能分类

桩在基础工程中，可能主要承受轴向垂直荷载，或主要承受横向水平荷载，或两种荷载都有。在高耸塔形建筑物和水中的高桩承台基础中，桩还要承受风和浪所引起的往复拉和压的荷载。因此，按功能桩可分为抗轴向压的桩，抗横向压的桩和抗拔桩。

一、抗轴向压的桩。一般工业民用建筑物的桩基，在正常工作条件下（不考虑地震），主要承受从上部结构传来的垂直荷载。抗压桩进一步从桩的荷载传递机理又划分为：

1. 摩擦桩。外部荷载主要通过桩身侧表面与土层的摩阻力传递给周围的土层，桩尖部分承受的荷载很小，一般不超过 10%。如打在饱和软土地基和松砂地基中的桩。这类桩基的沉降较大。

2. 端承桩。通过软弱土层桩尖嵌入基岩的桩，外部荷载通过桩身直接传给基岩，桩的承载力主要由桩的端部提供，一般不考虑桩侧摩阻力的作用，如武汉长江大桥的管柱基础。如果桩的细长比很大，由于桩本身的压缩，桩侧摩阻力也可能部分地发挥作用。

3. 端承摩擦桩。即在外荷作用下，桩的端阻力和侧壁摩阻力都同时发挥作用。这也是最常用的桩，如穿过软弱地层嵌入较坚实的硬粘土或砂、砾持力层的桩。这类桩的端阻和侧阻所分担荷载的比例，与桩径、桩长、软土层的厚度，以及持力层的刚度有关。

二、抗侧压的桩。港口码头工程用的板桩，基坑的支护桩等都是主要承受作用在桩上的水平荷载。桩身要承受弯矩力，其整体稳定则靠桩侧土的被动土压力，或水平支撑和拉锚来平衡。

三、抗拔桩。主要抵抗作用在桩上的拉拔荷载，如板桩墙后的锚桩。拉拔荷载依靠桩侧摩阻力承受。

显然，从桩的功能看，许多建筑物的桩要求同时承受轴向荷载和水平荷载，或同时要考虑拉和压的作用。

1.3.4 按成桩方法分类

成桩的方法和工艺，随科学技术和施工机械的发展，不断出现一些新的成桩方法和工艺，本节仅介绍常用的成桩方法形成的桩。

一、打入桩。将预制桩用击打或振动法打入地层至设计要求标高。打入的机械有自由落锤、蒸汽锤、柴油锤、压缩空气锤和振动锤等。遇到难于通过的较坚实地层时，可辅之