

深基坑工程 设计施工手册

(第二版)

龚晓南 主 编
侯伟生 副主编

中国建筑工业出版社

深基坑工程设计施工手册

主 编：龚晓南

(第二版)

龚晓南 主 编

侯伟生 副主编

简文彬 林功丁

刘国楠

刘忠旺

刘忠群

潘耀民

吴路焱 吴平春

严 浩

杨善斌

傅立伟

袁 荣

岳丰田 张耀年

曹文贵

朱 康

孙海江

王 强



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

深基坑工程设计施工手册/龚晓南主编. —2 版.

北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 9

ISBN 978-7-112-20808-1

I. ①深… II. ①龚… III. ①深基坑-建筑设计-手册②深基坑-工程施工-手册 IV. ①TU753-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 116483 号

本书全面、系统地总结了我国近年来各地应用于深基坑工程的各种围护结构形式、设计计算方法和施工技术等方面的经验。全书共分为 21 章, 主要内容包括: 总论、设计计算理论与分析方法、放坡开挖基坑工程、悬臂式支挡结构、水泥土重力式围护结构、内撑式围护结构、拉锚式围护结构、土钉及复合土钉支护、冻结法围护结构、其他形式围护结构、围护墙的一墙多用技术、基坑工程地下水控制技术、地下连续墙技术、加筋水泥土墙技术、渠式切割水泥土连续墙技术 (TRD 工法)、咬合桩支护技术、基坑工程土方开挖、逆作法技术、深基坑工程监测、深基坑工程环境效应与对策、动态设计及信息化施工技术。

本书可供从事基坑工程勘察、设计、施工、检测、监理及科研、教学人员使用参考。

责任编辑: 杨 允

责任校对: 焦 乐 李美娜

深基坑工程设计施工手册 (第二版)

龚晓南 主 编

侯伟生 副主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 66 $\frac{1}{4}$ 字数: 1649 千字

2018 年 5 月第二版 2019 年 5 月第六次印刷

定价: 199.00 元

ISBN 978-7-112-20808-1

(30449)

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)

《深基坑工程设计施工手册》(第二版) 编委会

主 编: 龚晓南

副主编: 侯伟生

秘 书: 应宏伟

委 员: (按拼音字母排序)

陈云彬 陈振建 龚晓南 侯伟生 黄集生 简洪钰

简文彬 林功丁 刘国楠 刘兴旺 刘忠群 潘耀民

吴铭炳 吴平春 严 平 杨学林 应宏伟 袁 静

岳丰田 张耀年 赵剑豪

会委编 (第二版) 第二版编者的话 《深基坑工程施工手册》

近年来随着城市建设的不断发展, 高层、超高层建筑日益增多, 地铁车站、铁路客站、明挖隧道、市政广场、桥梁基础等各类大型工程不断涌现、地下空间应用的发展, 推动了基坑工程理论与技术水平的高速发展。围护结构形式、地下水控制技术、围护结构计算理论、基坑监测技术、信息化施工技术以及环境保护技术等各方面都得到了很大发展和提高。高层、超高层建筑和城市地下空间利用的发展促进了基坑工程设计和施工技术的进步。为了总结近些年来基坑工程设计施工方面的经验, 在 1998 年出版发行的《深基坑工程设计施工手册》(中国建筑工业出版社) 的基础上组织编写《深基坑工程设计施工手册》(第二版)。

《手册》(第二版) 力求将我国工程技术人员正在应用的各种基坑工程围护形式、设计计算方法、基坑工程地下水控制技术、基坑工程施工技术介绍给读者, 供读者在基坑工程设计施工时参考。《手册》(第二版) 比(第一版) 增添了不少新的内容, 多设了 6 章, 共 21 章, 分别为总论、设计计算理论与分析方法、放坡开挖基坑工程、悬臂式支挡结构、水泥土重力式围护结构、内撑式围护结构、拉锚式围护结构、土钉及复合土钉墙支护、冻结法围护结构、其他形式围护结构、围护墙的一墙多用技术、基坑工程地下水控制、地下连续墙技术、渠式切割水泥土连续墙技术 (TRD 工法)、咬合桩支护技术、基坑工程土方开挖、逆作法技术、深基坑工程监测、深基坑工程环境效应与对策、动态设计及信息化施工技术。

基坑工程设计计算理论和方法处于不断发展之中。基坑工程没有统一的设计计算方法, 正在应用的计算方法很多, 较多是经验方法。事实上《手册》编写人员对基坑工程设计计算理论的认识也不是一致的, 特别是工程实例所采用的计算方法往往反映个人经验以及地区经验, 读者更应注意。不能简单搬用。

《手册》编写过程中得到全国各地许多专家的大力支持, 帮助组织编写工程实例, 提供资料, 提出宝贵意见; 浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心办公室陆水琴、黄海建、博士后周佳锦博士、博士研究生傅了一、朱成伟等参加了校稿工作。对以上为《手册》出版作出贡献的单位和个人, 在此一并鸣谢。

谢谢!

浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心

龚晓南

于浙江大学紫金港安中大楼 A419 室

第一版编者的话

高层、超高层建筑和城市地下空间利用的发展促进了基坑工程设计和施工技术的进步。近年来,基坑围护体系的种类、各种围护体系的设计计算方法、施工技术、监测手段以及基坑工程理论在我国都有了长足的发展。基坑工程综合性强,是系统工程。由于其复杂性,再加上设计、施工不当,各地工程事故常有发生。为了总结基坑工程设计施工方面的经验,受中国建筑工业出版社委托,由福建建工集团总公司主持,邀请浙江大学土木工程学系博士生导师龚晓南教授任主编,福州大学土建系高有潮教授任副主编,并邀请北京、上海、南京、杭州、武汉、福州、厦门、深圳、广州等地的从事科研、教学,设计、施工的28名专家组成《深基坑工程设计施工手册》编委会组织编写该手册。1996年3月15日在福州召开了第一次编委会,讨论了《手册》缩写原则、拟定了章节目录、确定了各章第一编写人,并决定邀请中国科学院院士、铁道部科学研究院卢肇钧研究员和浙江大学曾国熙教授担任《手册》编委会顾问。1996年8月7日至9日在福州召开第二次编委会,各章第一编写人报告了编写大纲和内容提要。会上对各章相互关系作了初步协调。为了使《手册》能反映各地的经验,决定在全国范围邀请深基坑工程专家担任各章审阅人,并邀请各地专家参加《手册》工程实例的编写。1997年5月15日至16日在福州召开第三次编委会,各章第一编写人提交了初稿,并报告了主要内容以及审阅人意见,会上协调了各章内容,并要求各章根据编委会意见再次修改。1997年11月16日至18日,在杭州浙江大学召开了《手册》统编审稿会,南京水利科学研究院魏汝龙,浙江省建筑设计研究院施祖元,浙江省机械化公司章履远,浙江大学龚晓南、潘秋元、俞建霖,中国建筑工业出版社常燕参加统编审稿会。会上确定对各章重复内容进行删减和合并,对部分章节内容进行补充。会后由龚晓南组织实施并进行统编定稿。

《手册》共分15章,分别为总论、设计计算理论与分析方法、放坡开挖基坑工程、悬臂式围护结构、水泥土重力式围护结构、内撑式围护结构、拉锚式围护结构、土钉墙、基坑围护的其他型式、深基坑工程施工、地下连续墙技术、逆作法技术、深基坑工程环境效应与对策、深基坑工程监测和控制、动态设计及信息化施工技术。书后附有索引。

《手册》力求将工程技术人员正在应用的各种基坑工程围护技术、设计计算方法、基坑工程施工技术介绍给读者,供读者在基坑工程设计施工时参考。浙江大学土木工程学系已研制与《手册》内容相应的基坑工程围护结构设计软件。基坑工程十分复杂、影响因素很多。基坑工程设计计算理论尚不成熟,正在发展之中。基坑工程没有统一设计计算方法,正在应用的计算方法很多,较多是经验方法。事实上《手册》编写人员对基坑工程设计计算理论的认识并不是一致的,特别是工程实例所采用的计算方法往往反映个人经验以及地区经验,读者更应注意,不能简单搬用。

《手册》编写过程中曾得到福建建工集团总公司、福建省建筑科学研究院岩土工程研究室、福州市土木建筑学会、中建七局三分公司、福建省建筑高等专科学校基础工程公

司、福州市建筑设计院、浙江大学土木工程学系等单位的支持和资助；得到全国各地许多专家的支持和帮助，帮助组织编写工程实例，提供资料，提出宝贵意见；浙江大学土木工程学系徐日庆副教授，博士生赵荣欣、黄明聪、鲁祖统、童小东、周建、黄广龙、谭昌明、张仪萍、陈福全、李大勇，硕士生项可祥、博士后肖专文、韩同春等参加了校稿和编排索引、符号表的工作。对以上为《手册》出版作出贡献的单位和个人，在此一并鸣谢。

希望读者对《手册》中的缺点错误能提出批评和指正，具体意见寄 310027，浙江大学土木工程学系 龚晓南。

谢谢！

编者

1998. 1. 8

（以下内容为模糊的倒置文字，疑似为另一页内容的透印，无法准确识别）

第一版序

近年来,随着高层建筑和地下空间利用的发展,我国基坑工程日益增多。基坑工程涉及岩土工程和结构工程,综合性强,影响因素多,其设计计算理论尚不成熟。由于其复杂性,再加上设计、施工不当,各地工程事故时有发生。在福建建工集团总公司的支持下,由福建、浙江、北京、上海、南京、武汉等地几十位专家编写的《深基坑工程设计施工手册》,总结了各地基坑工程设计施工方面的经验,系统地介绍基坑围护设计基本理论,详细介绍国内常用基坑围护体系的设计计算方法,基坑工程施工技术、基坑工程监测和控制技术,基坑工程环境效应,以及动态设计和信息化施工技术。《手册》还收录了全国各地许多工程实例。本书可供从事基坑工程设计、施工、监测和测试技术人员以及大专院校有关专业师生应用参考。相信该手册的出版能有助于我国基坑工程和施工水平的提高。

正如《手册》编写者指出的基坑工程设计计算理论尚不成熟,正在发展之中。基坑工程没有统一设计计算方法,正在应用的计算方法很多,较多是经验方法。事实上《手册》编写人员对基坑工程设计计算理论认识并不是一致的,特别是工程实例所采用的计算方法往往反映个人经验以及地区经验,因此本书虽可供读者参考,但不能简单搬用。希望读者对《手册》中的不足支出能提出批评建议,以便再版时增补订正。

中国科学院院士

卢肇钧

目 录

| | | | |
|--------------------------------|----|-------------------------------------|-----|
| 第 1 章 总论 | 1 | 2.3.1 土压力类型 | 35 |
| 1.1 基坑工程发展概况 | 1 | 2.3.2 静止土压力理论 | 36 |
| 1.2 基坑围护体系的作用与要求 | 2 | 2.3.3 朗肯土压力理论 | 38 |
| 1.3 基坑工程特点 | 3 | 2.3.4 库仑土压力理论 | 43 |
| 1.4 基坑围护结构及适用范围 | 5 | 2.3.5 关于朗肯和库仑土压力理论的 讨论 | 51 |
| 1.5 基坑工程地下水控制 | 7 | 2.3.6 水、土分算与合算对比 | 53 |
| 1.6 基坑围护体系设计 | 8 | 2.3.7 坑外超载引起的土压力计算 | 53 |
| 1.6.1 设计前的准备工作 | 8 | 2.3.8 考虑渗流效应的水、土压力的 计算 | 56 |
| 1.6.2 基坑围护体系设计原则 | 9 | 2.4 支挡式结构内力与变形分析 | 58 |
| 1.6.3 基坑围护体系设计内容 | 10 | 2.4.1 围护墙的变形性状 | 58 |
| 1.6.4 有关基坑围护体系设计的讨论 .. | 10 | 2.4.2 围护墙变形与内力影响因素 | 60 |
| 1.7 基坑工程施工要点 | 12 | 2.4.3 围护墙内力分析的古典方法 | 61 |
| 1.7.1 基坑工程施工内容 | 12 | 2.4.4 围护墙内力分析的解析方法 | 69 |
| 1.7.2 基坑工程施工前准备工作 | 12 | 2.4.5 平面弹性地基梁法 | 74 |
| 1.7.3 基坑围护结构体系施工要点 | 13 | 2.4.6 三维弹性地基板法 | 78 |
| 1.7.4 降、排水施工要点 | 13 | 2.4.7 数值分析方法 | 78 |
| 1.7.5 土方开挖要点 | 13 | 2.5 基坑稳定性验算 | 82 |
| 1.8 基坑工程监测 | 14 | 2.5.1 基坑稳定性分类 | 82 |
| 1.8.1 监测工作的重要性 | 14 | 2.5.2 整体稳定验算 | 84 |
| 1.8.2 监测方案的制定原则 | 15 | 2.5.3 抗踢脚稳定验算 | 92 |
| 1.9 基坑工程环境效应及对策 | 16 | 2.5.4 抗倾覆稳定验算 | 93 |
| 1.10 基坑工程事故及原因分析 | 17 | 2.5.5 抗隆起稳定验算 | 95 |
| 1.11 基坑工程发展与应重视的几个 问题 | 18 | 2.5.6 抗流土稳定验算 | 98 |
| 参考文献 | 21 | 2.5.7 抗突涌稳定验算 | 99 |
| 第 2 章 设计计算理论与分析方法 | 22 | 参考文献 | 99 |
| 2.1 概述 | 22 | 第 3 章 放坡开挖基坑工程 | 101 |
| 2.2 基坑工程勘察成果要求 | 24 | 3.1 概述 | 101 |
| 2.2.1 勘察工作方案制定 | 24 | 3.2 设计计算 | 102 |
| 2.2.2 勘探孔的布置要求 | 26 | 3.2.1 竖向开挖土坡的临界深度和地基 承载力分析 | 102 |
| 2.2.3 土样选取位置及取土要求 | 26 | 3.2.2 各类土边坡坡度允许值 | 105 |
| 2.2.4 土的抗剪强度指标 | 27 | 3.2.3 放坡开挖基坑设计计算 | 107 |
| 2.2.5 抗剪强度指标的室内试验方法 .. | 28 | 3.2.4 降水设计 | 113 |
| 2.2.6 抗剪强度指标的原位测试方法 .. | 30 | 3.2.5 土坡坡面的防护 | 113 |
| 2.2.7 抗剪强度指标的选定 | 33 | | |
| 2.3 土压力计算理论与方法 | 35 | | |

| | | | | | |
|------------|----------------------|------------|------------|--------------------------|------------|
| 3.3 | 放坡开挖的环境保护 | 114 | 5.1 | 概述 | 214 |
| 3.3.1 | 放坡开挖的环境要求 | 114 | 5.1.1 | 水泥土重力式围护墙的基本概念 | 214 |
| 3.3.2 | 基坑应急防护措施 | 115 | 5.1.2 | 水泥土的发展与现状 | 214 |
| 3.4 | 施工要点 | 117 | 5.1.3 | 水泥土重力式围护结构的应用 | 215 |
| 3.4.1 | 施工准备工作 | 117 | 5.2 | 水泥土重力式围护结构的类型与适用范围 | 215 |
| 3.4.2 | 基坑土方的开挖 | 117 | 5.2.1 | 类型 | 215 |
| 3.4.3 | 施工监测 | 118 | 5.2.2 | 特点 | 215 |
| 3.5 | 工程实例 | 120 | 5.2.3 | 适用条件 | 215 |
| | 参考文献 | 122 | 5.3 | 水泥土的工程力学特性 | 216 |
| 第4章 | 悬臂式支挡结构 | 123 | 5.3.1 | 水泥土的重度 | 216 |
| 4.1 | 概述 | 123 | 5.3.2 | 水泥土的力学性质 | 216 |
| 4.1.1 | 悬臂式支挡结构的定义 | 123 | 5.3.3 | 强度的影响因素及控制措施 | 218 |
| 4.1.2 | 悬臂式支挡结构的适用范围 | 123 | 5.4 | 重力式围护结构的设计与计算 | 220 |
| 4.1.3 | 悬臂式支挡结构的种类 | 124 | 5.4.1 | 设计基本参数及注意事项 | 220 |
| 4.1.4 | 悬臂式支挡结构的破坏模式 | 130 | 5.4.2 | 土压力计算 | 220 |
| 4.1.5 | 倾覆破坏 | 131 | 5.4.3 | 稳定性计算 | 221 |
| 4.1.6 | 整体失稳破坏 | 132 | 5.4.4 | 嵌固深度计算 | 224 |
| 4.1.7 | 支挡构件强度破坏 | 133 | 5.4.5 | 重力式围护结构宽度计算 | 227 |
| 4.1.8 | 变形过大引起的周边建筑物破坏 | 133 | 5.4.6 | 水泥土重力式围护结构正截面抗弯承载力及剪应力验算 | 228 |
| 4.2 | 悬臂式支挡结构的设计计算方法 | 134 | 5.4.7 | 提高水泥土重力式围护结构刚度及安全度的有效措施 | 228 |
| 4.2.1 | 经典板桩理论计算法 | 135 | 5.5 | 重力式围护结构的变形计算 | 229 |
| 4.2.2 | 土抗力法 | 154 | 5.5.1 | “刚性拦土墩”法 | 229 |
| 4.2.3 | 有限元法 | 164 | 5.5.2 | “m”法 | 231 |
| 4.2.4 | 《规程》计算方法 | 165 | 5.5.3 | “上海经验公式法” | 232 |
| 4.3 | 板桩式支挡结构设计要点 | 177 | 5.6 | 重力式围护结构的施工与检测 | 232 |
| 4.3.1 | 悬臂式钢板桩设计要点 | 177 | 5.6.1 | 施工机械 | 232 |
| 4.3.2 | 悬臂式钢筋混凝土板桩设计要点 | 181 | 5.6.2 | 施工工艺及施工参数 | 234 |
| 4.4 | 排桩支挡结构设计要点 | 184 | 5.6.3 | 施工质量控制措施 | 236 |
| 4.4.1 | 排桩的材料 | 184 | 5.6.4 | 质量检验 | 237 |
| 4.4.2 | 排桩的直径与间距 | 184 | 5.7 | 工程实例 | 238 |
| 4.4.3 | 排桩的嵌固深度 | 185 | | 参考文献 | 243 |
| 4.4.4 | 内力与变形计算 | 185 | 第6章 | 内撑式围护结构 | 244 |
| 4.4.5 | 圆形及圆环形桩配筋计算 | 185 | 6.1 | 概述 | 244 |
| 4.4.6 | 圆(环)形截面支护桩配筋计算实例 | 187 | 6.1.1 | 内撑式围护结构的组成 | 244 |
| 4.4.7 | 圆形与环形受弯构件正截面强度计算推荐方法 | 194 | 6.1.2 | 内撑式围护结构的优缺点 | 249 |
| 4.5 | 减少悬臂式支挡结构变形的措施 | 205 | 6.1.3 | 内撑式围护结构的适用范围 | 251 |
| 4.6 | 工程实例 | 209 | 6.2 | 内撑式围护结构的选型、设计控制要点 | 251 |
| | 参考文献 | 213 | | | |
| 第5章 | 水泥土重力式围护结构 | 214 | | | |

| | | | |
|-----------------------------------|------------|------------------------|-----|
| 6.2.1 设计资料、依据与图纸内容 | 251 | 7.2 锚固的基本形式 | 338 |
| 6.2.2 内撑式围护结构的选型与方案 | 252 | 7.2.1 锚固式围护结构的基本形式 | 338 |
| 6.2.3 竖向围护结构设计控制要点 | 257 | 7.2.2 岩土锚固的分类 | 339 |
| 6.2.4 支撑系统设计控制要点 | 259 | 7.2.3 拉力型锚索的结构与抗拔力作用机理 | 341 |
| 6.3 内撑式围护结构的计算分析 | 267 | 7.2.4 压力型锚索抗拔力作用机理 | 344 |
| 6.3.1 主要岩土层的物理、力学指标的合理选择 | 267 | 7.3 锚固式围护结构的计算模式 | 347 |
| 6.3.2 主要分析内容: 强度、变形、稳定 | 267 | 7.3.1 拟梁法计算单拉锚荷载 | 347 |
| 6.3.3 分析方法与理论 | 267 | 7.3.2 多支点拉锚围护结构的土压力分配法 | 348 |
| 6.3.4 计算工况 | 278 | 7.3.3 弹性支点法确定拉锚荷载 | 349 |
| 6.4 支撑系统的计算分析 | 278 | 7.4 土层锚杆的勘察设计 | 351 |
| 6.4.1 支撑系统的计算分析要点 | 278 | 7.4.1 场地勘查 | 351 |
| 6.4.2 简化的计算方法 | 279 | 7.4.2 锚杆的选型 | 352 |
| 6.4.3 平面有限元计算方法 | 280 | 7.4.3 锚杆自由段长度设计 | 358 |
| 6.4.4 空间结构整体分析方法 | 281 | 7.4.4 锚杆锚固段设计 | 358 |
| 6.4.5 三维数值分析方法——三维连续介质有限元法 | 282 | 7.4.5 腰梁的设计计算 | 361 |
| 6.5 围护结构的截面(承载力)设计及构造 | 282 | 7.4.6 注浆固结体对拉杆的握固强度验算 | 362 |
| 6.5.1 围护结构的截面(承载力)设计原则 | 282 | 7.4.7 锚固式围护结构的稳定性分析 | 363 |
| 6.5.2 竖向围护结构的截面(承载力)设计及构造 | 283 | 7.4.8 锚固式围护结构的水平位移 | 365 |
| 6.5.3 混凝土水平支撑的截面(承载力)设计及构造 | 289 | 7.4.9 锚杆的蠕变 | 366 |
| 6.5.4 型钢水平支撑的截面(承载力)设计及构造 | 303 | 7.4.10 锚杆的设计工作程序 | 366 |
| 6.5.5 钢立柱(桩)的截面(承载力)设计及构造 | 308 | 7.5 锚碇的设计 | 367 |
| 6.6 内撑式围护结构的施工 | 315 | 7.5.1 锚碇拉拔力计算 | 367 |
| 6.6.1 竖向围护结构的施工技术 | 315 | 7.5.2 拉杆长度的确定 | 368 |
| 6.6.2 支撑结构的施工 | 322 | 7.6 锚杆的施工 | 368 |
| 6.7 工程实例 | 327 | 7.6.1 施工计划与准备 | 369 |
| 6.7.1 工程实例1——灌注桩与钢筋混凝土内支撑角撑、对撑、圆撑 | 327 | 7.6.2 钻进成孔工艺 | 369 |
| 6.7.2 工程实例2——型钢桩(SMW)与型钢内支撑 | 333 | 7.6.3 锚杆制作与组装 | 371 |
| 参考文献 | 336 | 7.6.4 锚杆的注浆施工工艺 | 372 |
| 第7章 锚固式围护结构 | 337 | 7.6.5 锚杆的张拉与锁定 | 375 |
| 7.1 概述 | 337 | 7.7 扩大头式锚杆 | 376 |
| | | 7.7.1 扩大头式锚杆的结构 | 376 |
| | | 7.7.2 扩孔钻头 | 377 |
| | | 7.7.3 旋喷扩孔 | 379 |
| | | 7.8 可回收式锚索 | 380 |
| | | 7.8.1 抽拉式可回收锚杆 | 380 |
| | | 7.8.2 可拆芯式锚杆 | 381 |
| | | 7.9 锚固试验与质量检验 | 382 |
| | | 7.9.1 锚杆试验的目的与种类 | 382 |
| | | 7.9.2 锚杆基本试验 | 383 |

| | | | |
|-------------------------|-----|-------------------------|-----|
| 7.9.3 锚杆抗拔力检测试验 | 385 | 8.7.2 质量检验与监测 | 431 |
| 7.9.4 锚杆的蠕变试验 | 387 | 8.8 工程实例 | 432 |
| 7.10 工程实例 | 388 | 参考文献 | 436 |
| 参考文献 | 398 | 第9章 冻结法围护结构 | 437 |
| 第8章 土钉及复合土钉支护 | 399 | 9.1 概述 | 437 |
| 8.1 概述 | 399 | 9.2 冻结原理 | 439 |
| 8.1.1 土钉及复合土钉支护的概念 | 399 | 9.2.1 冻结系统 | 439 |
| 8.1.2 土钉及复合土钉支护的发展概况 | 400 | 9.2.2 冻结法围护的工艺流程 | 440 |
| 8.1.3 土钉及复合土钉支护的应用领域 | 401 | 9.2.3 冻结法施工的阶段及工序 | 441 |
| 8.2 土钉及复合土钉的特点与适用范围 | 402 | 9.3 冻土物理力学性质 | 441 |
| 8.2.1 土钉支护的基本结构 | 402 | 9.3.1 冻土的形成 | 441 |
| 8.2.2 土钉及复合土钉支护的特点 | 402 | 9.3.2 冻土强度 | 444 |
| 8.2.3 土钉支护的适用条件 | 403 | 9.3.3 冻土的热物理参数 | 451 |
| 8.2.4 复合土钉支护的基本结构 | 403 | 9.4 土体冻结基本理论 | 453 |
| 8.2.5 复合土钉支护的特点 | 403 | 9.4.1 冻结温度场 | 453 |
| 8.2.6 复合土钉支护的适用条件 | 403 | 9.4.2 冻胀融沉 | 458 |
| 8.3 土钉支护与加筋土墙、锚杆的比较 | 404 | 9.5 设计计算 | 468 |
| 8.3.1 土钉支护与加筋土墙的比较 | 404 | 9.5.1 冻土墙上荷载的确定 | 468 |
| 8.3.2 土钉与锚杆的比较 | 405 | 9.5.2 冻土墙墙体嵌固深度的确定 | 471 |
| 8.3.3 土钉支护与重力式挡土墙的比较 | 405 | 9.5.3 冻土墙墙体厚度的确定 | 473 |
| 8.4 土钉及复合土钉支护的作用机理与工作性能 | 406 | 9.5.4 热工设计计算 | 478 |
| 8.4.1 土钉支护的作用机理 | 406 | 9.6 冻结法施工要点 | 481 |
| 8.4.2 土钉支护工作性能的试验研究 | 410 | 9.7 工程实例 | 482 |
| 8.4.3 土钉支护的工作性能 | 412 | 参考文献 | 486 |
| 8.4.4 复合土钉支护的作用机理与工作性能 | 414 | 第10章 其他形式围护结构 | 487 |
| 8.5 勘察要求 | 420 | 10.1 双排桩围护结构 | 487 |
| 8.6 设计计算 | 421 | 10.1.1 概述 | 487 |
| 8.6.1 确定土钉支护结构尺寸 | 421 | 10.1.2 双排桩支护结构的稳定性 | 488 |
| 8.6.2 土钉参数的设计 | 421 | 10.1.3 双排桩支护结构的内力和变形计算 | 489 |
| 8.6.3 内部稳定性分析 | 422 | 10.1.4 各种因素对双排桩内力与变形的影响 | 493 |
| 8.6.4 外部稳定性分析 | 427 | 10.1.5 结构设计 | 494 |
| 8.6.5 土钉墙变形分析 | 428 | 10.1.6 算例 | 495 |
| 8.6.6 面层设计 | 429 | 10.2 拱形围护结构 | 500 |
| 8.7 施工要点及质量检验 | 429 | 10.2.1 拱形围护结构简介 | 500 |
| 8.7.1 土钉墙施工要点 | 429 | 10.2.2 拱形围护结构设计计算方法 | 501 |
| | | 10.2.3 悬臂式拱形围护结构性状 | 507 |
| | | 10.2.4 单支撑拱形围护结构性状 | 512 |
| | | 10.2.5 工程实例 | 519 |
| | | 10.3 组合型围护结构 | 521 |
| | | 10.3.1 概述 | 521 |
| | | 10.3.2 工程实例 | 524 |

| | | | |
|-----------------------------|-----|-------------------------|-----|
| 参考文献 | 530 | 12.4.3 喷射井点 | 616 |
| 第 11 章 围护墙的一墙多用技术 | 531 | 12.4.4 管井 | 618 |
| 11.1 围护墙一墙多用技术的应用及发展概况 | 531 | 12.4.5 真空井点 | 622 |
| 11.1.1 排桩围护墙的一墙多用技术概述 | 531 | 12.4.6 电渗井点 | 625 |
| 11.1.2 排桩围护墙的一墙多用半逆作技术概述 | 535 | 12.4.7 深井井点 | 626 |
| 11.1.3 地下连续墙的一墙多用技术概述 | 536 | 12.5 疏干井设计与施工 | 628 |
| 11.1.4 一墙多用技术的深化应用及应研究的问题 | 536 | 12.5.1 概述 | 628 |
| 11.2 排桩围护墙的一墙多用技术 | 539 | 12.5.2 设计 | 629 |
| 11.2.1 排桩围护墙的一墙多用技术做法 | 539 | 12.5.3 施工 | 634 |
| 11.2.2 排桩围护一墙多用技术的设计计算方法 | 548 | 12.6 减压井设计与施工 | 635 |
| 11.3 排桩围护墙的一墙多用半逆作施工技术 | 571 | 12.6.1 概述 | 635 |
| 11.3.1 排桩围护墙的一墙多用半逆作施工技术的做法 | 571 | 12.6.2 设计 | 639 |
| 11.3.2 一墙多用半逆作施工技术的设计计算 | 583 | 12.6.3 施工 | 640 |
| 11.4 工程实例 | 596 | 12.7 集水明排设计与施工 | 641 |
| 11.4.1 工程概况 | 596 | 12.7.1 集水明排法 | 641 |
| 11.4.2 技术应用概况 | 597 | 12.7.2 导渗法 | 641 |
| 11.4.3 实测分析 | 598 | 12.7.3 集水井的设置 | 643 |
| 11.4.4 应用效果 | 600 | 12.7.4 截排水沟的设置 | 643 |
| 参考文献 | 601 | 12.8 止水帷幕 | 644 |
| 第 12 章 基坑工程地下水控制技术 | 602 | 12.8.1 概述 | 644 |
| 12.1 概述 | 602 | 12.8.2 止水帷幕的类型 | 644 |
| 12.2 地下水渗流 | 602 | 12.8.3 止水帷幕的施工 | 644 |
| 12.2.1 地下水类型 | 602 | 12.9 基坑降水对周边环境的影响与控制 | 650 |
| 12.2.2 地下水渗流原理 | 606 | 12.9.1 降水引起地面沉降机理 | 650 |
| 12.2.3 地下水渗流分析方法 | 608 | 12.9.2 降水引起地面沉降的分析计算方法 | 652 |
| 12.3 地下水控制 | 612 | 12.9.3 减少与控制降水引起地面沉降的措施 | 657 |
| 12.3.1 地下水控制方法选择 | 612 | 12.10 工程实例 | 660 |
| 12.3.2 集水明排法 | 612 | 12.10.1 工程概况 | 660 |
| 12.3.3 降水 | 613 | 12.10.2 工程地质及水文地质概况 | 660 |
| 12.3.4 截水 | 614 | 12.10.3 降水工程难点分析与对策 | 661 |
| 12.4 基坑降水井 | 614 | 12.10.4 降水井设计 | 666 |
| 12.4.1 概述 | 614 | 12.10.5 减压降水设计 | 667 |
| 12.4.2 轻型井点 | 615 | 12.10.6 基坑降水数值模拟 | 667 |
| | | 12.10.7 常规风险及技术措施 | 669 |
| | | 12.10.8 施工过程中水位监测 | 670 |
| | | 参考文献 | 672 |
| | | 第 13 章 地下连续墙技术 | 673 |
| | | 13.1 概述 | 673 |
| | | 13.1.1 地下连续墙的特点和适用条件 | 673 |
| | | 13.1.2 地下连续墙的结构类型 | 674 |

| | | | |
|--|-----|------------------------------------|-----|
| 13.2 地下连续墙的设计 | 675 | 15.3.3 材料 | 766 |
| 13.2.1 墙体的厚度与槽段宽度 | 675 | 15.3.4 设计 | 769 |
| 13.2.2 地下连续墙的入土深度 | 676 | 15.4 施工和检测 | 773 |
| 13.2.3 混凝土和钢筋笼的设计 | 676 | 15.4.1 施工机械 | 773 |
| 13.2.4 地下连续墙的施工接头 | 678 | 15.4.2 施工流程 | 776 |
| 13.3 地下连续墙的施工 | 680 | 15.4.3 施工关键问题 | 778 |
| 13.3.1 地下连续墙成槽机械 | 680 | 15.4.4 TRD工法特点 | 783 |
| 13.3.2 地下连续墙的施工控制要点 | 686 | 15.4.5 检测与检验 | 784 |
| 13.4 特殊形式地下连续墙的设计与 施工 | 699 | 15.5 工程实例 | 786 |
| 13.4.1 预制地下连续墙 | 699 | 参考文献 | 788 |
| 13.4.2 圆筒形地下连续墙 | 702 | 第16章 咬合桩支护技术 | 789 |
| 13.4.3 格形地下连续墙 | 703 | 16.1 概述 | 789 |
| 13.5 地下连续墙工程问题的处理 | 703 | 16.1.1 国内外咬合桩支护技术应用与 研究现状 | 789 |
| 13.6 工程实例 | 708 | 16.1.2 全套管咬合桩支护结构的 特点 | 792 |
| 参考文献 | 715 | 16.1.3 咬合桩支护常见形式 | 793 |
| 第14章 加筋水泥土墙技术 | 716 | 16.1.4 咬合桩适用范围 | 795 |
| 14.1 概述 | 716 | 16.2 咬合桩支护结构设计 | 795 |
| 14.2 加筋水泥土桩锚 | 717 | 16.2.1 咬合桩按灌注桩设计 | 795 |
| 14.2.1 加筋水泥土桩锚的设计要点 | 718 | 16.2.2 咬合桩按等效连续墙厚度 设计 | 797 |
| 14.2.2 加筋水泥土桩锚的计算内容 | 723 | 16.2.3 咬合桩咬合厚度设计 | 800 |
| 14.3 型钢水泥土搅拌墙 | 725 | 16.2.4 咬合桩咬合时间设计 | 801 |
| 14.3.1 型钢水泥土搅拌墙的技术经济 特点 | 727 | 16.3 咬合桩施工工艺和施工技术 | 801 |
| 14.3.2 型钢水泥土搅拌墙的设计 要点 | 728 | 16.3.1 咬合桩施工工艺 | 801 |
| 14.3.3 计算分析内容 | 733 | 16.3.2 咬合桩施工机械设备 | 805 |
| 14.3.4 型钢水泥土搅拌墙的构造 | 738 | 16.3.3 咬合桩超缓凝混凝土试验 研究 | 811 |
| 14.3.5 施工要点 | 740 | 16.3.4 咬合桩施工技术措施 | 818 |
| 14.3.6 质量控制与检测 | 745 | 16.3.5 咬合桩常见问题处理方法 | 821 |
| 14.4 工程实例 | 747 | 16.4 工程实例 | 823 |
| 参考文献 | 752 | 参考文献 | 830 |
| 第15章 渠式切割水泥土连接墙技术 (TRD工法) | 753 | 第17章 基坑工程土方开挖 | 831 |
| 15.1 概述 | 753 | 17.1 基坑工程土方开挖分类 | 831 |
| 15.2 TRD工法原理 | 755 | 17.2 基坑工程土方开挖基本要求 | 831 |
| 15.2.1 TRD主机 | 756 | 17.2.1 基本原则 | 831 |
| 15.2.2 刀具系统 | 756 | 17.2.2 基本规定 | 832 |
| 15.2.3 工艺原理 | 761 | 17.2.3 软土基坑开挖要求 | 832 |
| 15.2.4 刀具起拔 | 764 | 17.2.4 基坑开挖期间维护要求 | 832 |
| 15.3 设计 | 765 | 17.2.5 基坑预警 | 833 |
| 15.3.1 基坑围护类型和选型要求 | 765 | 17.3 基坑工程土方开挖机械 | 833 |
| 15.3.2 适用的范围 | 765 | 17.3.1 基坑工程土方开挖机械类型及 | |

| | | | |
|------------------------------|-----|----------------------------|-----|
| 特点 | 833 | 17.10.3 塔吊设置 | 867 |
| 17.3.2 基坑工程土方开挖机械主要技术性能及适用范围 | 834 | 17.10.4 安全文明设置 | 870 |
| 17.3.3 基坑工程土方开挖机械的作业方法 | 837 | 17.11 工程实例 | 870 |
| 17.4 基坑土方开挖施工前准备工作 | 842 | 17.11.1 福州中旅城环形内撑基坑土方开挖 | 870 |
| 17.4.1 基坑土方开挖施工前准备工作的内容 | 842 | 17.11.2 福州地铁黄山站基坑土方开挖 | 875 |
| 17.4.2 编制专项施工方案 | 843 | 参考文献 | 877 |
| 17.4.3 基坑土方开挖施工前准备工作的检查 | 844 | 第18章 逆作法技术 | 878 |
| 17.5 基坑土方开挖基本施工方法 | 844 | 18.1 概述 | 878 |
| 17.5.1 放坡开挖 | 844 | 18.1.1 逆作法技术应用与发展概况 | 878 |
| 17.5.2 岛式开挖 | 846 | 18.1.2 逆作法分类与选型 | 881 |
| 17.5.3 盆式开挖 | 848 | 18.1.3 既有建筑地下逆作开挖增层 | 884 |
| 17.5.4 岛式与盆式相结合的开挖 | 849 | 18.2 逆作基坑支护结构内力变形分析 | 886 |
| 17.5.5 分层分块基坑土方开挖 | 849 | 18.2.1 逆作基坑支护结构的受力特点 | 886 |
| 17.6 不同支护类型的基坑土方开挖 | 850 | 18.2.2 逆作基坑支护结构内力变形分析方法 | 886 |
| 17.6.1 土钉、土层锚杆或锚索支护基坑土方开挖 | 850 | 18.2.3 逆作基坑支护结构分析计算中的相关问题 | 888 |
| 17.6.2 水泥土重力式或悬臂式支护基坑土方开挖 | 851 | 18.3 逆作法竖向支承结构设计 | 888 |
| 17.6.3 水平十字正交内撑式基坑土方开挖 | 851 | 18.3.1 竖向支承结构的选型和布置原则 | 888 |
| 17.6.4 圆环形内撑式基坑土方开挖 | 851 | 18.3.2 竖向立柱设计计算 | 894 |
| 17.6.5 竖向斜撑式基坑土方开挖 | 852 | 18.3.3 立柱桩设计 | 897 |
| 17.6.6 对撑式狭长基坑土方开挖 | 852 | 18.3.4 连接与构造设计 | 902 |
| 17.7 采用特殊工艺的基坑土方开挖 | 854 | 18.4 逆作法水平结构设计 | 906 |
| 17.7.1 逆作法土方开挖 | 854 | 18.4.1 水平支撑结构的选型与布置原则 | 906 |
| 17.7.2 盖挖法土方开挖 | 858 | 18.4.2 水平内支撑结构设计计算 | 910 |
| 17.8 基坑土方开挖质量控制 | 859 | 18.4.3 水平结构与外围护结构的连接节点构造 | 910 |
| 17.8.1 一般要求 | 859 | 18.4.4 水平结构与竖向立柱的连接节点处理 | 912 |
| 17.8.2 土方开挖工程的质量检验标准 | 859 | 18.4.5 顺逆交界处节点构造措施 | 913 |
| 17.9 基坑土方开挖常见问题的预防应急措施和注意事项 | 860 | 18.5 逆作法周边围护结构设计 | 914 |
| 17.9.1 预防措施 | 860 | 18.5.1 逆作法周边围护结构选型 | 914 |
| 17.9.2 应急措施 | 861 | 18.5.2 二墙合一地下连续墙设计与构造 | 914 |
| 17.9.3 注意事项 | 863 | 18.5.3 临时性周边围护结构设计 with 构造 | 914 |
| 17.10 基坑土方开挖的现场设施 | 866 | 18.6 逆作法施工 | 915 |
| 17.10.1 施工道路设置 | 866 | | |
| 17.10.2 施工栈桥平台和栈桥道路设置 | 866 | | |

| | | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----|---------------------------------|--------------------------|------|
| 18.6.1 | 逆作法竖向结构施工 | 915 | 19.4.1 | 监测频率 | 964 |
| 18.6.2 | 逆作法水平结构施工 | 917 | 19.4.2 | 基坑及支护结构预警值 | 965 |
| 18.6.3 | 地下连续墙二墙合一施工 | 920 | 19.4.3 | 基坑周边环境监测预警值 | 967 |
| 18.6.4 | 降排水 | 920 | 19.5 | 数据处理与信息反馈 | 968 |
| 18.6.5 | 土方开挖 | 920 | 19.5.1 | 一般规定 | 968 |
| 18.6.6 | 通风和照明 | 921 | 19.5.2 | 数据处理 | 968 |
| 18.7 | 逆作法基坑工程实例——杭州武林 广场地下商城项目 | 922 | 19.5.3 | 信息反馈 | 969 |
| 18.7.1 | 工程概况 | 922 | 19.6 | 工程实例 | 971 |
| 18.7.2 | 基坑周边环境及水文地质 条件 | 922 | | 参考文献 | 974 |
| 18.7.3 | 基坑特点及支护方案 | 924 | 第 20 章 深基坑工程环境效应与 对策 | | 975 |
| 18.7.4 | 逆作流程与典型工况设计 | 926 | 20.1 | 概述 | 975 |
| 18.7.5 | 竖向支承结构设计 | 928 | 20.2 | 降排水环境效应 | 976 |
| 18.7.6 | 水平支撑结构设计 | 930 | 20.3 | 支护桩、基桩施工环境效应 | 977 |
| 18.7.7 | 基坑监测 | 932 | 20.4 | 土方开挖环境效应 | 988 |
| | 参考文献 | 933 | 20.5 | 截水帷幕渗漏水环境效应 | 990 |
| 第 19 章 深基坑工程监测 | | 935 | 20.6 | 主体支护结构失效环境效应 | 994 |
| 19.1 | 概述 | 935 | 20.7 | 其他工程事故的环境效应 | 995 |
| 19.1.1 | 基坑工程监测的重要性 | 935 | 20.8 | 支护结构位移与变形控制 | 999 |
| 19.1.2 | 实施深基坑工程监测的前期 准备工作 | 935 | 20.9 | 风险评估 | 1002 |
| 19.1.3 | 深基坑监测要求 | 936 | 20.9.1 | 概述 | 1002 |
| 19.1.4 | 深基坑监测项目 | 936 | 20.9.2 | 基坑工程风险分析评估的 方法 | 1003 |
| 19.2 | 深基坑监测点的布置 | 938 | 20.9.3 | 目前存在的问题 | 1004 |
| 19.2.1 | 一般要求 | 938 | 20.9.4 | 基坑工程风险分类 | 1004 |
| 19.2.2 | 基坑及支护结构 | 938 | 20.9.5 | 基坑风险等级 | 1005 |
| 19.2.3 | 基坑周边环境 | 940 | 20.9.6 | 基坑工程风险评估流程及风险 控制措施 | 1007 |
| 19.3 | 监测点的埋设、观测方法及精度 要求 | 941 | 20.10 | 防治对策与展望 | 1008 |
| 19.3.1 | 变形观测的一般要求 | 942 | 20.11 | 工程实例 | 1010 |
| 19.3.2 | 水平位移监测 | 942 | 20.11.1 | 概况 | 1010 |
| 19.3.3 | 垂直位移监测 | 944 | 20.11.2 | 周围环境与施工监测 | 1010 |
| 19.3.4 | 深层水平位移监测 | 948 | 20.11.3 | 基坑开挖过程 | 1011 |
| 19.3.5 | 支护结构内力监测 | 950 | 20.11.4 | 基坑开挖对周围的影响 | 1011 |
| 19.3.6 | 土压力监测 | 955 | 20.11.5 | 对周围影响大的原因分析 | 1012 |
| 19.3.7 | 孔隙水压力监测 | 956 | | 参考文献 | 1013 |
| 19.3.8 | 地下水位监测 | 958 | 第 21 章 动态设计及信息化施工 技术 | | 1014 |
| 19.3.9 | 锚杆及土钉内力监测 | 959 | 21.1 | 概述 | 1014 |
| 19.3.10 | 土体分层竖向位移监测 | 960 | 21.2 | 深基坑工程安全影响因素及信息化 必要性分析 | 1014 |
| 19.3.11 | 倾斜监测 | 962 | 21.2.1 | 深基坑工程安全影响因素 | 1014 |
| 19.3.12 | 裂缝监测 | 963 | 21.2.2 | 信息化监测必要性分析 | 1019 |
| 19.4 | 深基坑监测预警值及频率 | 964 | | | |

| | | | | |
|--------|--------------|------|--------|----------------|
| 21.3 | 深基坑工程中的信息化技术 | 1020 | 分析 | 1031 |
| 21.4 | 反分析原理及方法 | 1022 | 21.5.2 | 施工全程监测及信息的反馈处理 |
| 21.4.1 | 反分析法的原理 | 1022 | 21.5.3 | 围护体系性状的全程动态分析 |
| 21.4.2 | 反分析基本方法 | 1024 | 21.5.4 | 动态设计工程实例 |
| 21.4.3 | 优化方法 | 1028 | 21.6 | 深基坑工程信息化施工技术 |
| 21.4.4 | 反分析工程实例分析 | 1029 | 参考文献 | 1041 |
| 21.5 | 深基坑工程动态设计 | 1031 | | |
| 21.5.1 | 围护方案的优化设计及预测 | 1031 | | |