

**Engineering Construction
and Safety**



建设工程施工与安全

向伟明 雷 华 秦永球 主 编

梁妍妍 李德军 陈文伟 副主编

马伟民 李耀军 主 审

中国建筑工业出版社

建设工程施工与安全

向伟明 雷 华 秦永球 主 编
梁妍妍 李德军 陈文伟 副主编
马伟民 李耀军 主 审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建设工程施工与安全/向伟明等主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 9
ISBN 978-7-112-21199-9

I. ①建… II. ①向… III. ①建筑施工-安全技术-教材
IV. ①TU714.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 219975 号

本书以建设工程施工技术与相关的安全技术结合, 分别介绍了隐蔽工程与地面工程、市政与路桥工程的施工方法和应注意的安全技术。第一篇为隐蔽工程与地面工程, 分别是基坑工程、地下连续墙施工、盾构法施工技术、顶管法施工技术、沉管法施工技术、模板与脚手架工程、拆除爆破工程、钢筋和焊接工程、垂直运输工程、季节施工、高处作业。第二篇是市政与道路桥梁工程, 主要内容是市政工程基本知识、管道工程、道路工程、桥梁工程, 每章均列举了相关案例。

本书可作为土木工程施工技术人员和管理人员的参考书, 也可作为高等院校相关专业的学习教材。

责任编辑: 王 梅 杨 允

责任设计: 李志立

责任校对: 李欣慰 王宇枢

建设工程施工与安全

向伟明 雷 华 秦永球 主 编

梁妍妍 李德军 陈文伟 副主编

马伟氏 李耀军 主 审

*

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

北京科地亚盟排版公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17½ 字数: 432 千字

2018 年 2 月第一版 2018 年 2 月第一次印刷

定价: 48.00 元

ISBN 978-7-112-21199-9

(30839)

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)

编写委员会

主 编：向伟明 雷 华 秦永球
副主编：梁妍妍 李德军 陈文伟
主 审：马伟民 李耀军
参 编：向伟明 隆 敏 吴声扬 潘恩慕
傅明月 李枚洁 李广熙 雷 华
秦永球 梁妍妍 李德军 陈文伟
雷传章

前言

近 20 年来，我国在土木工程领域发展迅速，无论是施工规模还是施工速度都令世人瞩目，在建造过程由于材料、管理尤其是施工等方面的因素，造成工程质量事故并不鲜见，安全问题日益突出。为此作者组织编写了《建设工程施工与安全》一书，阐述施工技术与安全的关系，施工安全的措施等。作者在收集大量最新工程事故案例的基础上结合建筑工程施工方法阐述了安全的重要性。对土木工程施工领域的施工方法、安全作业等做了较详细的介绍。与其他相关工具书不同：本书除了常用的工业与民用建筑外，增加了市政工程、路桥工程的内容，可作为各类工程技术人员的参考资料，也可作为本科高年级学生的专业用书。

本书出版得到广州大学出版基金、广州城市职业学院、广东荣骏建设工程检测股份有限公司支持。广东荣骏建设工程检测股份有限公司、广东省高教建筑规划设计院对本书编写提供了大量的参考数据，广东省建设工程质量安全检测和鉴定协会参与编写并大力支持与参与。各章编写人员是：第 1 章：吴声扬、向伟明、李德军；第 2、3 章：吴声扬、向伟明、傅明月、雷传章；第 4 章：秦永球；第 5 章：吴声扬、秦永球、李枚洁；第 6、7、8 章：潘恩慕、雷传章、陈文伟；第 9 章：雷华、雷传章；第 10 章：潘恩慕、李枚洁；第 11 章：潘恩慕、傅明月、陈文伟；第 12、13 章：隆敏、雷华、梁妍妍；第 14 章：隆敏、李广熙。本书由向伟明等主编并统稿，由傅明月、李枚洁、吴天龙、陈庭霄等校核。

鉴于本书作者水平有限，难免存在一些不足，敬请读者原谅指正。

目 录

第一篇 隐蔽工程与地面工程

第 1 章 基坑工程	3
1.1 概述	3
1.2 基坑开挖与安全技术	3
1.2.1 基坑开挖方式	3
1.2.2 基坑施工与支护选型	4
1.2.3 深基坑施工	5
1.3 支护桩及锚杆施工与安全	7
1.3.1 钢板桩的施工	7
1.3.2 挖孔桩的施工	8
1.3.3 土层锚杆施工	10
1.3.4 锚杆施工中的安全原则	12
1.4 基坑施工的监测	12
1.4.1 基坑监测等级	12
1.4.2 基坑监测的内容	14
1.5 事故案例	15
第 2 章 地下连续墙施工	17
2.1 概述	17
2.2 地下连续墙的施工与安全技术	17
2.2.1 单元槽段的划分	17
2.2.2 地下连续墙的施工与安全	18
2.2.3 导墙修建	19
2.2.4 泥浆的制备和废泥浆处理	21
2.2.5 桩排式地下连续墙施工	23
2.2.6 槽段式地下连续墙的施工	24
2.2.7 槽段清底	25
2.2.8 槽段的连接	26
2.2.9 钢筋笼的制作与调放	28
2.3 地下连续墙安全事故及预防措施	30
第 3 章 盾构法施工技术	32
3.1 盾构法施工技术的要点及其使用范围	32
3.1.1 盾构法施工的定义	32
3.1.2 盾构法施工的技术要点	32

3.1.3 盾构法施工的优点及其适用范围	35
3.2 盾构选型	36
3.2.1 盾构类型	36
3.2.2 盾构选型	37
3.3 盾构法施工	38
3.3.1 施工准备工作	38
3.3.2 盾构施工管理	42
3.3.3 盾构施工地面沉降的防治	45
3.4 盾构施工安全措施	46
3.5 事故案例	47
第4章 顶管法施工技术	49
4.1 顶管施工原理	49
4.2 顶管法施工	49
4.2.1 基本程序	49
4.3 顶管机及其选型	52
4.3.1 按管前挖土方式分类	52
4.3.2 根据工作面的稳定程度分类	54
4.4 常用顶管施工技术	54
4.4.1 人工式顶管施工技术	54
4.4.2 泥水平衡式顶管施工	55
4.4.3 土压平衡式顶管施工	58
4.5 顶管法施工的主要技术问题	59
4.5.1 方向控制	59
4.5.2 顶力问题	59
4.5.3 承压壁的后靠结构及土体稳定	59
4.5.4 穿墙管与止水	60
4.5.5 测量与纠偏	60
4.5.6 管段接口处理	62
4.5.7 触变泥浆减阻	62
4.6 顶管施工的安全问题	63
4.7 事故案例	64
第5章 沉管法施工技术	66
5.1 基本原理	66
5.2 沉管隧道结构	66
5.3 沉管隧道施工工艺	69
5.3.1 沉管法施工前期调查工作	69
5.3.2 临时干船坞的构造与施工	70
5.3.3 管段制作	71
5.3.4 沟槽浚挖	73

5.3.5 管段沉放	75
5.4 沉管施工中的安全问题	76
5.4.1 沉管施工安全隐患	76
5.4.2 沉管施工安全预防措施	76
5.5 事故案例	76
第6章 模板与脚手架工程	78
6.1 模板工程	78
6.1.1 模板工程的概念	78
6.1.2 模板工程的分类与组成	78
6.1.3 模板工程安装的安全事项	79
6.1.4 模板工程拆除的安全事项	80
6.1.5 模板工程施工安全技术要求	81
6.1.6 模板架施工安全注意事项	82
6.2 脚手架工程	83
6.2.1 脚手架工程的概念	83
6.2.2 脚手架工程种类划分	83
6.2.3 典型脚手架工程施工要求	85
6.2.4 脚手架工程的安全要求	86
6.2.5 脚手架工程的安全事项	87
6.3 工程案例	90
第7章 拆除爆破工程	93
7.1 拆除工程	93
7.1.1 拆除工程施工准备和注意事项	93
7.1.2 工程常见的拆除方式	94
7.1.3 拆除工程安全事项	95
7.2 拆除爆破工程安全防护措施	96
7.2.1 爆破工程防护措施	96
7.2.2 爆破工程安全管理	97
7.3 工程案例	100
第8章 钢筋和焊接工程	101
8.1 钢筋工程	101
8.1.1 钢筋加工技术	101
8.1.2 钢筋工程施工链接技术	102
8.1.3 钢筋工程施工要点及质量控制	107
8.1.4 钢筋工程施工安全规定	111
8.1.5 钢筋机械使用安全措施	111
8.1.6 施工过程安全控制措施	113
8.2 焊接工程	116
8.2.1 焊接的基本原理与分类	116

8.2.2	焊接作业安全事项及预防方法	117
8.2.3	焊接工程各类危险的防治措施	118
8.3	工程案例	120
第9章	垂直运输工程	123
9.1	物料提升机	123
9.1.1	分类	123
9.1.2	龙门架式物料提升机	123
9.1.3	井架式物料提升机	124
9.1.4	物料提升机安全事项	125
9.2	常用索具和吊具	129
9.2.1	麻绳	129
9.2.2	钢丝绳	129
9.2.3	吊索	130
9.2.4	卡环	130
9.2.5	横吊梁	130
9.3	桅杆式起重机械	131
9.3.1	桅杆式起重机	131
9.4	自行式起重机	132
9.4.1	履带式起重机	132
9.4.2	汽车式起重机	134
9.4.3	轮胎式起重机	134
9.5	塔式起重机	135
9.5.1	塔式起重机的种类介绍	136
9.5.2	塔式起重机的安全保护装置	139
9.6	索具设备及锚碇	142
9.6.1	卷扬机	142
9.6.2	锚碇	142
9.6.3	千斤顶	143
9.7	工程案例	144
第10章	季节施工	147
10.1	冬期施工	147
10.1.1	冬期施工的特点及要求	147
10.1.2	冬期施工技术要点	150
10.1.3	分项工程冬期施工安全措施	151
10.2	雨季施工	156
10.2.1	雨季施工的特点及要求	156
10.2.2	雨季施工技术要点	157
10.2.3	分项工程雨季施工安全措施	159
10.3	工程案例	161

第 11 章 高处作业	165
11.1 高处作业须知	165
11.1.1 高处作业的种类及划分	165
11.1.2 高处作业安全要求	166
11.1.3 高空作业安全技术措施	167
11.1.4 高处作业安全检查	167
11.1.5 高处作业安全技术规定	168
11.2 临边作业与洞口作业	169
11.2.1 临边作业安全防护措施	169
11.2.2 临边作业基本技术规定	171
11.2.3 洞口作业安全防护措施	171
11.2.4 洞口作业基本技术规定	172
11.3 攀登与悬空作业	172
11.3.1 攀登作业安全防护措施及要求	172
11.3.2 攀登作业基本规定	173
11.3.3 悬空作业安全防护措施及要求	173
11.3.4 悬空作业基本规定	175
11.4 操作平台与交叉作业	175
11.4.1 操作平台安全防护措施	175
11.4.2 操作平台基本规定	176
11.4.3 交叉作业安全防护措施	176
11.4.4 交叉作业基本规定	178
11.5 工程案例	178

第二篇 市政与路桥工程

第 12 章 管道工程	185
12.1 市政管道系统的分类	185
12.1.1 给水排水管道系统	185
12.1.2 城镇燃气管道系统	185
12.2 给排水管道安装施工安全技术	186
12.2.1 管材吊装与运输	186
12.2.2 给水管道安装	188
12.2.3 排水管道安装	199
12.2.4 管道附属构筑物	201
12.3 燃气管道施工安全技术	201
12.3.1 管材吊运	201
12.3.2 附件加工	203
12.3.3 附件防腐	204
12.3.4 供热管道安装	205

12.3.5 燃气管道安装	208
12.4 事故案例	212
第13章 道路工程	213
13.1 城市道路的性质、作用与组成	213
13.1.1 城市道路的性质	213
13.1.2 城市道路的作用	213
13.1.3 城市道路的组成	213
13.2 道路工程施工	214
13.2.1 路基	214
13.2.2 道路路基施工技术	214
13.2.3 路面	222
13.2.4 道路路面施工技术	223
13.2.5 环境管理	230
13.3 事故案例	231
13.3.1 公路边坡坍塌事故	231
13.3.2 隧道坍塌事故	232
第14章 桥梁工程	234
14.1 桥梁基本组成与分类	234
14.1.1 桥梁的基本组成	234
14.1.2 桥梁的分类	235
14.2 桥梁施工方法	238
14.3 桥梁架设安全技术	240
14.3.1 混凝土梁桥	240
14.3.2 拱桥	246
14.3.3 钢桥	249
14.3.4 斜拉桥与悬索桥	258
14.4 顶进桥涵施工安全技术	261
14.5 事故案例	265
参考文献	267

第一篇

第1章 基坑工程

1.1 概 述

近年来,城市高层建筑愈来愈多。大多数高层建筑的基础埋置较深,以满足使用等要求,同时利用地下空间,建造地下车库、商场、仓库和满足人防设施等,因此,建筑深基坑的开挖和支护便成为一个突出的问题。

本章所述的深基坑,是指深度大于7m的基坑。深基坑的支护,不仅要保证基坑内能正常安全作业,而且要防止基底及坑外土体移动,保证基坑附近建筑物、道路、管线的正常运行。我国深基坑工程迅速发展,在工程的实践中有成功也有失败,深基坑中还有很多问题需要我们进一步去解决。

1.2 基坑开挖与安全技术

1.2.1 基坑开挖方式

根据土层条件和周边环境,基坑开挖可分为4种类型:

(1) 无支护开挖。它又分为垂直开挖和放坡开挖,不需要支撑,费用低、工期短,是首先考虑的方式。

(2) 支护开挖。根据制作方式划分的常用的围护结构类型如下:

1) 简易支挡。一边依靠土体,一边用木挡板和纵梁控制地层坍塌。可用于局部开挖,工期短的小规模工程。其特点为:刚性小、易变形、透水。

2) 钢板桩。用锤击打入或振动打入法就位,施工简便,工程结束后钢板桩可回收,重复使用。

3) 钢管桩。截面刚度大于钢板桩,在松软地层中开挖深度较大。需有防护措施相配合。

4) 钢筋混凝土板桩。具有施工简便、现场作业周期短等特点,在基坑工程中广泛应用,但由于钢筋混凝土板桩的打入一般采用锤击方法,振动与噪声大,同时沉桩过程中挤土较为严重,在城市基础工程中受到一定限制。其制作成本较灌注桩等略高。

5) 地下连续墙。其刚度大,开挖深度大,可适用于所有地层,强度高,变形小,隔水性好,同时可兼作主体结构的一部分,环境影响小,但造价较高。

6) SMW工法。SMW工法是Soil Mixing Wall的简称,它是一种劲性水泥搅拌桩法,即在水泥桩内插入H型钢等,将承受荷载与防渗挡水结合起来,充分发挥水泥土混合体和受拉材料的力学特性。其强度高、隔水性好,内插的型钢可拔出反复使用,经济性好。

(3) 逆作法或半逆作法开挖。借助地下结构的支撑作用，节约坑壁的锚拉结构，其施工顺序是先做混凝土灌注桩，再做混凝土顶板，然后再做竖井开挖排土，利用箱基结构作为侧向挡土结构的支撑点。

(4) 其他形式。除以上介绍的几种外，还有综合法支护开挖（基坑部分放坡开挖，部分支护开挖）及坑壁、坑底土体加固开挖等。

1.2.2 基坑施工与支护选型

当建筑物地下部分施工时，就必须开挖基坑、进行降水和对坑壁进行围挡，选择合适的支护类型关系到整个工程的正常安全施工。

工程地质的多样性决定了基坑的复杂程度，工程上并没有相同的基坑，基坑支护结构的选型主要应考虑以下几方面的因素：

1. 工程地质与水文条件

- (1) 不同的水土环境决定了不同的施工方案，而设计施工前则应做好详细的地质勘察。
- (2) 土层环境的环境中的含水率、抗剪强度、密度、压缩量等技术参数，是对基坑土体最直接的特征。

2. 基坑开挖深度

- (1) 基坑侧壁的土压力随着开挖深度增加而增大，深度越大的基坑越复杂，深基坑的开挖必须经过专家论证方可实施。
- (2) 基坑开挖要遵循科学的施工顺序，宜结合不开的开挖方法来降低深基坑引起的失稳问题。

3. 降排水条件

- (1) 为保证坑底良好的作业面，应做良好的降排水措施。
- (2) 防止管涌流砂的危害，应对土层中水文条件进行实时监测。

4. 周边环境对基坑侧壁位移影响

- (1) 基坑周边原则上不能随意堆载土料以及其他大型机械，容易对基坑侧壁造成过大的侧压力，当附近有大型建筑物等重大荷载时，应对支护作严格要求并论证可行性。

5. 季节与气候

- (1) 雨季大量降水容易造成基坑侧壁荷载增大，应考虑排水及防渗措施。
- (2) 无法避免时，应做好排水措施。

以下介绍基坑支护的类型和选型的原则，如表 1.1 所示。

常用支护结构形式的选择 表 1.1

类型、名称	支护特点	适用条件
挡土墙灌注排桩或地下连续墙	刚度大，抗弯性能好，变形小，适用性强	1. 适用各基坑侧壁安全等级； 2. 软土地深度不宜大于 5m； 3. 适用于逆作法施工； 4. 对于变形较大基坑可选用双排桩
排桩土层锚杆支护	能与土体结合承受很大拉力，变形小，适应性强； 无须大型机械，工作量小，省钢材，费用低	1. 适用于各基坑侧壁安全等级； 2. 适用于大面积深基坑； 3. 不宜使用于地下水层，含化学腐蚀物土层

续表

类型、名称	支护特点	适用条件
排桩内支撑支护	受力合理，易于控制变形、安全可靠；但需大量支撑材料	1. 适用各基坑侧壁安全等级； 2. 适用于各种不易设置锚杆的松软土层； 3. 地下水位高于基坑底面时应采取降水或止水措施
水泥土墙支护	具有挡土、截水双重功能；施工机具设备相对较简单；成墙速度快，适用材料单一，造价低	1. 基坑侧壁安全等级一、二级； 2. 水泥土墙施工范围内的地基土承载力不宜小于 150kPa； 3. 基坑深度不宜大于 6m； 4. 基坑周围具备水泥土墙的施工宽度
土钉墙或喷锚支护	结构简单，承载能力较高；可止水，变形小，安全可靠，适应性强；施工机具简单，施工灵活，低噪声，低污染，对周边环境影响小，支护费用低	1. 基坑侧壁安全等级二、三级； 2. 土钉墙深度不宜大于 12m；喷锚支护适于无流砂、含水率低、非流塑土层基坑，开挖深度不大于 18m； 3. 地下水位高于基坑底面时应采取降水或止水措施
钢板桩	承载力高、刚度大、整体性好、锁口紧密、水密性强，适应各种平面形状土质，打设方便，施工快、可回收使用，但需大量钢材，成本较大	1. 基坑侧壁安全等级二、三级； 2. 基坑深度不宜大于 5m； 3. 当地下水位高于基坑地面时，应采用降水或截水措施

1.2.3 深基坑施工

在软土地区，支护体系的插入深度除满足稳定要求外，当有较好下卧土层时，支护体系的根部宜插入土层。当坑底土层比较软弱时，宜对被动区土体进行加固。被动区土体加固应在基坑开挖前进行，并应有足够的养护期，保证加固土体的强度达到设计要求时，方可开挖基坑。

对被保护的建筑物采取加固措施时，应考虑加固施工过程中土体强度短期降低的影响；必要时采取保护措施。

基坑工程施工，必须以缩短基坑暴露时间为原则，减少基坑的后期变形。

基坑开挖前应做好以下准备工作：

1. 做好地下水处理

(1) 基坑施工常遇地下水，尤其深度施工处理不好不但影响基坑施工，还会给周边建筑造成沉降不均的危险，此时需要采取防水措施。

开挖深度较浅时，可采用明沟排水。沿槽底挖出两道水沟，每隔 30~40m 设置一集水井，用抽水设备将水抽走。有时深基坑施工，为排除雨季的暴雨突然而来的明水，也采用明排；开挖深度大于 3m 时，可采用井点降水。在基坑外设置降水管，管壁有孔并有过滤网，可以防止在抽水过程中将土粒带走，保持土体结构不被破坏。井点降水每级可降低水位 4.5m，再深时可采用多级降水，水量大时也可采用深井降水。当降水可能造成周围建筑物不均匀沉降时，应在降水的同时采取回灌措施。回灌井是一个较长的穿孔井管，和井点的过滤管一样，井外填以适当级配的滤料，井口用黏土封口，防止空气进入。回灌与降水同时进行，并随时观测地下水位的变化，以保持原有的地下水位不变。

(2) 基坑隔渗是用高压旋喷、深层搅拌形成的水泥土墙和底板而形成的止水帷幕,阻止地下水渗入基坑内。隔渗的抽水井可设在坑内,也可设在坑外。

1) 坑内抽水:不会造成周边建筑物、道路等沉降问题,可以坑外高水位、坑内低水位干燥条件下作业。但最后封井技术上应注意防漏,止水帷幕采用落底式,向下延伸到不透水层以内对坑内封闭。

2) 坑外抽水:含水层较厚,帷幕悬吊在透水层中。由于采用了坑外抽水,从而减轻了挡土桩的侧压力。但坑外抽水对周边建筑物有不利沉降影响。

(3) 做好止水堵漏的准备工作。

1) 围护体系有渗漏时,必须及时采取有效的堵漏措施。基坑开挖后,必须及时铺筑垫层,必要时可在垫层中加钢筋。

2) 严格控制基坑周边的堆载。在载重车辆频繁通过的地段,应铺设走道板或进行地基加固。

① 坑边堆置土方和材料包括沿挖土方边缘移动运输工具和机械不应离槽边过近,堆置土方距坑槽上部边缘不小于1.2m,弃土堆置高度不超过1.5m。

② 大中型施工机具距坑槽边距离,应根据设备重量、基坑支护情况、土质情况经计算确定。规范规定“基坑周边严禁超堆荷载”。土方开挖如有超载和不可避免的边坡堆载,包括挖土机平台位置等,应在施工方案中进行设计计算确认。

③ 当周边有条件时可采用坑外降水,以减少墙体后面的水压力。

2. 边坡放坡

开挖时,坡度和坡高应通过计算确定,当分级放坡时,应同时验算小坡和大坡的稳定性,并考虑卸荷回弹、雨季施工、土壤扰动等影响。控制在坡顶堆放弃土或其他荷载。保持坡体干燥并做好坡面和坡脚保护措施。

3. 作业环境

建筑施工现场作业条件,往往是地下作业条件被忽视,坑槽内作业不应降低规范要求:

(1) 人员作业必须有安全立足点,脚手架搭设必须符合规范规定,临边防护符合要求。当基坑施工深度达到2m时,对坑边作业已构成危险,按照高处作业和临边作业的规定,应搭设临边防护设施;基坑周边搭的防护栏杆,从选材、搭设方式及牢固程度都应符合《建筑施工高处作业安全技术规范》的规定。

(2) 交叉作业、多层作业上下设置隔离层。垂直运输作业及设备也必须按照相应的规范进行检查。

(3) 深基坑施工的照明问题,电箱的设置及周围环境以及各种电气设备的架设使用均应符合电气规范规定。

4. 深基坑施工安全技术

(1) 基坑周围的地面应进行防水处理,严防雨水等地面水侵入基坑周边的土体。

(2) 基坑边坡开挖时边开挖边支护。

(3) 基坑边缘堆置土方或沿挖土方边缘移动运输工具和机械,一般应距基坑上部边缘不少于2m,堆置高度不应超过1.5m。

(4) 山坡上进行基坑开挖前,将坑口上坡山体的松动石块清理干净,如有松软的浮土或者不稳定土层,需将其全部清理干净,坑口上方留不小于2m宽的工作平台,在平台上