



高等学校土建类专业**应用型本科**“十三五”规划教材
高等学校土建类专业**“互联网+”**创新教材

地下工程施工技术与案例分析 ::::

DIXIA GONGCHENG SHIGONG JISHU YU ANLI FENXI ▶

主编 高成梁 彭 第



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

高等学校土建类专业“互联网+”创新教材

地下工程施工技术与案例分析

主 编 高成梁 彭 第
副主编 赵传海 冷毅飞

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 简 介

《地下工程施工技术与案例分析》全书共分 11 章,主要内容包括地下工程勘察、钻爆法施工技术、新奥法施工技术、盾构法与隧道掘进机(TBM)法施工技术、基坑工程施工技术、地下连续墙工程施工技术、冻结法施工技术、注浆法施工技术、地下工程施工组织与管理、地下工程施工监测等。本书按照最新的技术规范编写,系统深入地介绍了目前广泛使用的地下工程施工技术、方法以及施工技术要点,并附以相关技术案例,理论与实践相结合,强调技术的应用价值。

本书可作为地下建筑工程、城市地下空间工程、市政工程、桥梁与隧道工程、地质工程等专业的本科生教材,也可供地下工程、岩土工程方面的研究生和技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

地下工程施工技术与案例分析/高成梁,彭第主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2018. 2
ISBN 978-7-5629-5555-9

I. ①地… II. ①高… ②彭… III. ①地下工程—工程施工—高等学校—教材 IV. ①
TU94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 319422 号

项目负责人:王利永(027-87106428)

责任编辑:王 思

责任校对:余世龙 张 晨

封面设计:许伶俐

出版发行:武汉理工大学出版社

地 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.wutp.com.cn>

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:荆州市鸿盛印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:26

字 数:612 千字

版 次:2018 年 2 月第 1 版

印 次:2018 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~3000 册

定 价:52.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87391631 87664138 87785758 87165708(传真)

· 版权所有,盗版必究 ·

高等学校土建类专业应用型本科“十三五”规划教材

编审委员会

顾问:马成松 江义声 杜月中 孟高头 郑毅 唐友尧 熊丹安

主任:李新福 杨学忠

副主任:(按姓氏笔画排列)

王琳 刘鹏 向惠生 许立强 许程洁 张伯平 张志国

张秀成 杨子江 杨和礼 沈建增 苏宝胜 邹建奇 陈升平

陈礼和 陈宜虎 陈俊杰 陈蓓 姚金星 姜袁 柳立生

胡铁明 荀勇 袁海庆 黄开平 蒋沧如

委员:(按姓氏笔画排列)

牛秀艳 王伟 王有凯 王晓琴 邓训 史兆琼 宁文峰

刘广杰 刘伟 刘江 刘红霞 刘芳 刘莉莎 刘富勤

刘斌 刘黎虹 吕丽平 孙艳 毕艳 许汉明 吴秀丽

宋平 宋非非 张敏 张淑华 张朝新 张端丹 张耀东

李永信 李武生 杜文学 杜春海 杨双全 沈中友 苏卿

邹祖绪 陈华菊 陈金洪 周文昉 周燕 罗章 郎秋玲

施鲁莎 柯于锴 胡忠君 赵元勤 赵亮 赵峰 徐中秋

徐珍 贾贞 高成梁 高洁 黄非 彭第 程瑶

董晓琳 韩东男 熊海滢 熊瑞生 赫桂梅

总责任编辑:于应魁

秘书长:王利永

前言

21 世纪是地下空间大发展的世纪。随着我国国民经济的快速发展和“一带一路”建设的深入推进,地下空间的开发和利用进入新的发展阶段,亟须大量的视野宽广、基础扎实、应用能力强的复合型、应用型工程技术人才。在培养高素质的地下工程应用型人才方面,不仅需要宽广、深厚的地下工程计算分析、设计等基础知识,更需要全面、扎实的地下工程施工技术等方面的知识,强调实践与理论的结合,努力培养学生的专业知识应用能力,加强地下工程专业在为地方经济建设和行业发展服务过程中的作用,为我国基本建设提供坚实的人才支撑和智力保证。基于上述思路和要求,编者编写了《地下工程施工技术与案例分析》这本书,供读者参考。

本书以地下工程施工技术为主线,全面、深入地介绍了地下工程勘察、钻爆法施工技术、新奥法施工技术、盾构法与隧道掘进机(TBM)法施工技术、基坑工程施工技术、地下连续墙工程施工技术、冻结法施工技术、注浆法施工技术、地下工程施工组织与管理、地下工程施工监测等技术。并在介绍相关技术后,附以相应的工程实践案例,这些案例内容有助于深化学生对地下工程技术知识的理解,有助于提高学生的知识应用能力。

本书注重培养学生解决实际工程技术问题的能力。本书内容丰富,信息量大,知识结构系统、完整,理论与实践并重,有助于学生掌握地下工程施工技术相关知识,增强学生利用专业知识解决实际问题的能力。

本书由长春工程学院高成梁、彭第任主编,长春建筑学院赵传海、廊坊师范学院冷毅飞任副主编。具体编写分工为:第 1 章由长春工程学院刘莉莎编写,第 2 章、第 10 章由赵传海编写,第 3 章、第 8 章由彭第编写,第 4 章、第 6 章、第 7 章由高成梁编写,第 5 章由冷毅飞编写,第 9 章由长春工程学院王伟、黄非、郎秋玲编写,第 11 章由长春科技学院郑莲婧编写。全书经过了多次重大的校核,主要由高成梁、彭第校正。全书由高成梁统稿。

武汉理工大学出版社的王利永、王思也对本书的完善提出了大量宝贵意见和建议,在此深表感谢!

本书在编写过程中,参阅了许多学者的著作,并吸纳了其中的一些成果,有些资料甚至出处不甚明了,在此对所有作者表示诚挚的谢意!

由于时间仓促和水平所限,如有错误或不妥之处,期望同行专家及阅读本书的读者提出批评意见和建议,以便在再版中得到改正和完善,在此表示衷心的感谢!

编者

2017 年 8 月于长春

目 录

1 绪论	(1)
1.1 地下工程的概念	(1)
1.2 地下工程的特点	(1)
1.3 地下工程建设意义	(2)
1.4 地下工程的发展方向	(3)
1.5 地下工程施工技术新进展	(4)
1.6 本门课程的学习方法	(5)
思考题	(5)
2 地下工程勘察	(6)
2.1 地下工程勘察的几个阶段	(6)
2.1.1 可行性研究勘察	(6)
2.1.2 初步勘察	(6)
2.1.3 详细勘察	(8)
2.2 地下工程勘察的主要方法和手段	(9)
2.2.1 收集与研究既有资料	(9)
2.2.2 工程地质调查与测绘	(10)
2.2.3 地质勘探	(11)
2.2.4 试验与长期观测	(14)
2.3 水文勘察	(14)
2.3.1 地下水涌水调查	(14)
2.3.2 枯水调查	(15)
2.3.3 地下水勘察	(16)
2.4 建筑环境评价	(16)
2.4.1 现有生态环境调查与保护	(16)
2.4.2 地下工程周围环境现状的调查	(18)
2.4.3 预测环境影响	(18)
2.4.4 环境影响的评价	(20)

2.4.5	环境保护措施的探讨	(20)
2.4.6	环境评估报告	(21)
2.5	某地铁车站勘察案例及分析	(21)
2.5.1	工程概况	(21)
2.5.2	工程勘察	(21)
2.5.3	区域地质概况	(24)
2.5.4	场地工程地质条件	(25)
2.5.5	场地水文地质特征	(28)
2.5.6	场地和地基的地震效应评价	(29)
2.5.7	地基土的冻胀性评价	(30)
2.5.8	围岩分级及土石可挖性分级	(30)
2.5.9	岩土工程评价与问题预测	(31)
2.5.10	主要参数分析与建议值	(33)
2.5.11	工程施工及监测建议	(36)
2.5.12	勘察结论	(38)
2.5.13	案例分析	(39)
	本章小结	(39)
	思考题	(39)
3	钻爆法施工技术	(40)
3.1	概述	(40)
3.2	钻爆法隧道开挖方法	(40)
3.2.1	开挖方法	(40)
3.2.2	开挖方法选择的影响因素	(48)
3.3	爆破破岩作用机理	(48)
3.3.1	炸药和爆炸概述	(48)
3.3.2	爆破破碎岩石作用机理	(49)
3.3.3	爆破作用圈形成机理	(50)
3.4	地下工程钻爆法施工技术	(51)
3.4.1	爆破常用炸药	(51)
3.4.2	爆破器材和起爆方法	(53)
3.4.3	地下工程爆破技术	(56)
3.4.4	钻爆法施工作业流程	(62)

3.4.5	光面爆破	(68)
3.4.6	爆破说明书及爆破图表	(68)
3.5	装渣和运输	(71)
3.5.1	装渣	(71)
3.5.2	运输	(73)
3.6	支护工作	(77)
3.6.1	锚杆支护	(77)
3.6.2	喷射混凝土支护	(86)
3.6.3	锚喷联合支护	(95)
3.6.4	衬砌支护	(99)
3.7	某隧道工程采用钻爆法施工案例分析	(102)
3.7.1	工程概况	(102)
3.7.2	开挖方案	(103)
3.7.3	爆破方案	(103)
3.7.4	装渣运输与支护	(105)
3.7.5	案例分析总结	(105)
	本章小结	(106)
	思考题	(106)
4	新奥法施工技术	(107)
4.1	概述	(107)
4.2	施工方法分类	(108)
4.3	岩石地层的新奥法施工	(109)
4.3.1	光面爆破与预裂爆破	(109)
4.3.2	爆破振动速度要求	(109)
4.3.3	初期支护	(110)
4.4	松散地层的新奥法施工(浅埋暗挖法)	(111)
4.4.1	概述	(111)
4.4.2	浅埋暗挖法的施工技术	(112)
4.5	某隧道工程采用新奥法施工案例分析	(125)
4.5.1	隧道概况	(125)
4.5.2	工程地质及水文地质条件	(125)
4.5.3	施工方案	(125)

4.5.4	施工准备	(126)
4.5.5	施工过程	(126)
4.5.6	初期支护	(128)
4.5.7	案例总结与分析	(130)
	本章小结	(130)
	思考题	(130)
5	盾构法与隧道掘进机(TBM)法施工技术	(131)
5.1	盾构法施工概述	(131)
5.1.1	盾构法	(131)
5.1.2	盾构的分类及适用条件	(133)
5.1.3	盾构法施工对地层的影响和防治	(140)
5.2	盾构机始发与接收施工技术	(142)
5.2.1	盾构始发的工艺流程	(142)
5.2.2	盾构始发的施工技术	(143)
5.2.3	盾构接收的工艺流程	(153)
5.2.4	盾构接收的施工技术	(153)
5.3	隧道掘进机法施工	(156)
5.3.1	隧道掘进机法	(156)
5.3.2	掘进机类型	(157)
5.3.3	敞开式掘进机基本构造	(159)
5.4	隧道掘进机掘进施工	(164)
5.4.1	破岩机理	(164)
5.4.2	施工管理	(165)
5.5	隧道掘进机施工案例与分析	(167)
5.5.1	秦岭Ⅰ线隧道掘进机施工	(167)
5.5.2	引黄入晋水工隧洞掘进机施工	(167)
5.5.3	引大入秦隧道掘进机施工	(169)
	本章小结	(170)
	思考题	(170)
6	基坑工程施工技术	(171)
6.1	概述	(171)
6.1.1	基坑工程发展简况	(171)

6.1.2	基本要求	(172)
6.2	放坡开挖基坑施工技术	(175)
6.2.1	概述	(175)
6.2.2	适用范围	(176)
6.2.3	放坡要求	(176)
6.2.4	建议放坡开挖坡率值	(177)
6.3	重力式水泥土墙支护施工技术	(178)
6.3.1	概述	(178)
6.3.2	适用范围及破坏形式	(179)
6.3.3	水泥土墙布置形式	(180)
6.3.4	施工要点与检测	(181)
6.4	土钉墙施工技术	(187)
6.4.1	概述	(187)
6.4.2	土钉分类和选型	(188)
6.4.3	施工技术	(191)
6.4.4	检测与监测	(194)
6.5	排桩支护施工技术	(198)
6.5.1	概述	(198)
6.5.2	排桩支护体系选型和适用范围	(199)
6.5.3	排桩支护的施工	(200)
6.5.4	混凝土灌注桩检测和验收标准	(206)
6.5.5	锚杆(索)施工	(207)
6.6	基坑支护内支撑系统	(214)
6.6.1	内支撑选型与布置注意事项	(214)
6.6.2	内支撑结构的优缺点及适用范围	(215)
6.6.3	内支撑结构的类型	(215)
6.6.4	钢筋混凝土结构支撑施工方法	(216)
6.6.5	钢结构支撑施工方法	(218)
6.7	地下连续墙施工技术	(221)
6.8	基坑降水与隔渗施工技术	(221)
6.8.1	概述	(221)
6.8.2	地下水的基本类型	(222)

6.8.3	地下水控制方法及其适用条件	(222)
6.8.4	降水井类型和适用条件	(227)
6.8.5	降水设计	(229)
6.8.6	降水井施工	(236)
6.8.7	隔渗帷幕形式及设计	(239)
6.8.8	工程降水引起的地面沉降及控制措施	(242)
6.9	施工案例及分析	(244)
6.9.1	土钉墙支护施工案例	(244)
6.9.2	钻孔灌注桩支护结构施工案例	(248)
6.9.3	基坑排水降水工程施工案例	(251)
	本章小结	(256)
	思考题	(256)
7	地下连续墙工程施工技术	(258)
7.1	概述	(258)
7.1.1	地下连续墙的优缺点及适用性	(258)
7.1.2	地下连续墙的类型与选型	(259)
7.2	地下连续墙施工	(265)
7.2.1	施工准备	(266)
7.2.2	导墙施工	(266)
7.2.3	施工设备选型	(267)
7.2.4	泥浆护壁	(270)
7.2.5	钢筋笼制作与安装	(272)
7.2.6	混凝土灌注	(274)
7.2.7	地下连续墙施工中的质量控制措施	(275)
7.3	地下连续墙检测	(277)
7.3.1	成槽质量检测	(277)
7.3.2	墙体质量检测	(277)
7.3.3	接头质量检测	(278)
7.4	地下连续墙施工案例及分析	(279)
7.4.1	工程概况	(279)
7.4.2	施工方法	(279)
7.4.3	案例总结与分析	(288)

本章小结	(288)
思考题	(288)
8 冻结法施工技术	(289)
8.1 概述	(289)
8.1.1 冻结法原理	(291)
8.1.2 冻结制冷方法	(292)
8.1.3 冻结法制冷及设备	(293)
8.2 立井冻结法施工	(296)
8.2.1 冻结法方案设计	(296)
8.2.2 冻结法施工	(301)
8.3 某地下铁路工程冻结法施工案例	(306)
8.3.1 工程概况	(306)
8.3.2 工程地质条件	(306)
8.3.3 冻结方案设计	(306)
8.3.4 冻结施工	(307)
8.3.5 案例总结	(308)
本章小结	(308)
思考题	(308)
9 注浆法施工技术	(309)
9.1 概述	(309)
9.1.1 注浆法	(309)
9.1.2 注浆法原理	(310)
9.1.3 注浆材料及选择	(311)
9.1.4 注浆设备	(314)
9.2 注浆方案设计	(315)
9.2.1 工程调查	(315)
9.2.2 注浆浆液设计	(315)
9.2.3 注浆标准	(316)
9.2.4 注浆扩散半径	(317)
9.2.5 注浆压力	(318)
9.2.6 浆液注入量	(319)
9.2.7 注浆段高	(320)

9.3	注浆施工	(320)
9.3.1	注浆方法施工分类	(320)
9.3.2	注浆顺序	(322)
9.3.3	注浆质量检验	(323)
9.3.4	地面预注浆	(324)
9.3.5	超前小导管注浆	(325)
9.3.6	高压喷射注浆	(325)
9.4	施工案例及分析	(328)
9.4.1	工程概况	(328)
9.4.2	工程地质条件	(330)
9.4.3	注浆支护方案	(331)
9.4.4	案例总结	(337)
	本章小结	(337)
	思考题	(337)
10	地下工程施工组织与管理	(338)
10.1	施工准备	(338)
10.1.1	技术准备	(338)
10.1.2	物资准备	(339)
10.1.3	人力准备	(339)
10.1.4	工程准备	(340)
10.2	施工组织设计	(340)
10.2.1	各阶段施工组织设计及内容	(340)
10.2.2	初步施工组织设计	(340)
10.2.3	指导性施工组织设计	(341)
10.2.4	实施性施工组织设计	(341)
10.2.5	施工组织设计的编制依据、原则及程序	(342)
10.3	施工方案	(342)
10.3.1	施工机具、机械设备的选择	(343)
10.3.2	施工顺序的安排	(344)
10.3.3	施工方案的技术经济评价	(344)
10.4	施工场地布置	(344)
10.4.1	施工场地的布置原则	(345)

10.4.2	主要施工设施布置要求	(345)
10.5	施工进度计划	(346)
10.5.1	施工进度计划表现形式	(346)
10.5.2	施工进度计划编制	(348)
10.6	施工案例及分析	(349)
10.6.1	工程概况	(349)
10.6.2	施工现场用水、用电及现场布置	(350)
10.6.3	施工设备	(351)
10.6.4	施工队伍安排、劳力设备、机械配置	(354)
10.6.5	总体施工计划安排	(356)
10.6.6	施工方法及施工工艺技术措施	(359)
10.6.7	冬季施工措施	(362)
10.6.8	雨季施工措施	(363)
10.6.9	施工进度保证措施	(363)
10.6.10	质量保证措施	(364)
10.6.11	安全目标和安全保证体系及措施	(367)
10.6.12	安全制度及保证措施	(368)
10.6.13	环保保证	(368)
10.6.14	通风排烟措施	(371)
10.6.15	文明施工保证措施	(371)
10.6.16	案例总结与分析	(371)
	本章小结	(372)
	思考题	(372)
11	地下工程施工监测	(373)
11.1	概述	(373)
11.2	施工监测内容	(373)
11.3	施工监测方法与技术	(375)
11.3.1	地表沉降	(375)
11.3.2	建筑物监测	(377)
11.3.3	地下管线变形监测	(379)
11.3.4	净空收敛监测	(379)
11.3.5	拱顶下沉监测	(380)

11.3.6	围护结构顶水平位移监测	(381)
11.3.7	围护结构与土体深部水平位移监测	(383)
11.3.8	深层土体位移监测	(384)
11.3.9	水位计监测	(386)
11.3.10	孔隙水压力监测	(387)
11.3.11	岩土压力监测	(388)
11.4	施工案例及分析	(389)
11.4.1	工程概况	(389)
11.4.2	监测项目及控制基准	(389)
11.4.3	监测结果分析	(390)
11.4.4	监测信息反馈	(394)
11.4.5	案例总结与分析	(395)
	本章小结	(395)
	思考题	(395)
	参考文献	(396)

数字资源目录

1	绪论	
	(1) 亚洲最大地下高铁站	1
2	地下工程勘察	
	(2) 岩心钻探	12
	(3) 岩心钻探岩心样品	12
3	钻爆法施工技术	
	(4) 钻眼爆破	63
4	新奥法施工技术	
	(5) 新奥法隧道施工	108
	(6) 二衬施工模板台车	121
5	盾构法与隧道掘进机(TBM)法施工技术	
	(7) 盾构施工概述	131
	(8) 长江隧道工程盾构机工作原理	131
	(9) 伦敦某盾构法隧道施工	134
	(10) 土压平衡盾构(一)	138
	(11) 土压平衡盾构(二)	139
	(12) 机械盾构管片拼装	152
	(13) 盾构机进洞	153
	(14) 单护盾	158
	(15) 双护盾	158
	(16) TBM 施工	164
	(17) 秦岭隧道(上)	167
	(18) 秦岭隧道(下)	167
6	基坑工程施工技术	
	(19) 挂网喷混凝土	193
	(20) 桩锚支护与降水	198
	(21) 螺旋钻施工	201
	(22) 旋挖钻机成孔施工(一)	202
	(23) 旋挖钻机成孔施工(二)	202
	(24) 预制桩施工	204

(25)钢板桩围堰施工	205
(26)锚杆钻机	207
(27)锚杆钻孔施工(一)	210
(28)锚杆钻孔施工(二)	210
(29)锚索施工(一)	210
(30)锚索施工(二)	210
(31)锚索注浆	211
(32)基坑内支撑系统	214
(33)腰梁架设	219
(34)明沟排水	227
(35)基坑降水	228
(36)轻型井点降水	228
(37)万亨大厦基坑倒塌录像	244
7 地下连续墙工程施工技术	
(38)地下连续墙动画(一)	258
(39)地下连续墙动画(二)	265
(40)地下连续墙	266
(41)挖槽施工(一)	267
(42)挖槽施工(二)	267
(43)地下墙体浇筑	274
8 冻结法施工技术	
(44)冻结法施工演示	301
9 注浆法施工技术	
(45)高压旋喷注浆(一)	326
(46)高压旋喷注浆(二)	326