



住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材

土木工程施工技术

Civil Engineering

王利文 主 编

杨晓东 郁海军 副主编
连俊英 于 洋

郭正兴 主 审

中国建筑工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材

江苏高校品牌专业建设工程资助（项目编号 PPZY2015A041）

高等学校 住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材
江苏省高校品牌专业建设工程资助（项目编号 PPZY2015A041）

土木工程施工技术

王利文 主编
于洋 副主编
郭正兴 主审

杨晓东 郁海军 连俊英



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程施工技术/王利文主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 12

高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材
ISBN 978-7-112-21536-2

I. ①土… II. ①王… III. ①土木工程-工程施工-高等学校-教材 IV. ①TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 280799 号

本书为住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材, 是依据现行土木工程及工程管理专业相关规范、课程教学大纲、企业工法编制的立体化教材。本书采用校企融合的编写方式, 理论内容以高校教师为主编写, 实践案例、专利工法由江苏南通二建集团技术人员植入。本书密切结合现行规范, 并且注脚了大量土木工程施工中应用到的规范、规程、标准, 同时通过二维码的形式补充了大量的施工工法、教学视频课件、图文信息、施工视频, 方便读者在可视化情景中掌握施工技术知识。

本书针对应用型人才培养的特点, 强调理论联系实际, 以达到培养学生解决工程实际问题的能力; 同时反映了当前土木工程施工的先进水平, 增加了部分新技术、新材料、新设备、新工艺的内容。全书共分 12 章, 内容包括: 土方工程、地基与桩基础工程、砌体工程、模架与垂直运输设备、钢筋混凝土结构工程、装配式钢筋混凝土结构安装工程、钢结构与大跨结构工程、防水工程、建筑装饰与节能工程、地下工程、道路与桥梁工程、城市轨道交通工程。

本书可作为高等院校土木工程专业、工程管理专业及其他相关专业的教材, 非常适合卓越工程师、应用型人才的培养; 同时可作注册建造师及其他土木工程施工技术人员学习参考。

为更好地支持本课程的教学, 本书作者制作了多媒体教学课件, 有需要的读者可以发送邮件至 jiangongkejian@163.com 索取。

* * *

责任编辑: 仕 帅 吉万旺 王 跃

责任设计: 韩蒙恩

责任校对: 党 蕾

住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材
土木工程施工技术

王利文 主 编

杨晓东 郁海军 连俊英 于 洋 副主编

郭正兴 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

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 30½ 字数: 758 千字

2017 年 12 月第一版 2017 年 12 月第一次印刷

定价: 58.00 元 (赠课件)

ISBN 978-7-112-21536-2

(31165)

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)

高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材 编委会成员名单

(按姓氏笔画排序)

顾 问：吕恒林 刘伟庆 吴 刚 金丰年 高玉峰

主任委员：李文虎 沈元勤

副主任委员：华 渊 宗 兰 荀 勇 姜 慧 高延伟

委 员：于清泉 王 跃 王振波 包 华 吉万旺

朱平华 张 华 张三柱 陈 蓓 宣卫红

耿 欧 郭献芳 董 云 裴星洙

出版说明

近年来,我国高等教育教学改革不断深入,高校招生人数逐年增加,对教材的实用性和质量要求越来越高,对教材的品种和数量的需求不断扩大。随着我国建设行业的大发展、大繁荣,高等学校土木工程专业教育也得到迅猛发展。江苏省作为我国土木工程大省、教育大省,无论是开设土木工程专业的高校数量还是人才培养质量,均走在了全国前列。江苏省各高校土木工程专业教育蓬勃发展,涌现出了许多具有鲜明特色的应用型人才培养模式,为培养适应社会需求的合格土木工程专业人才发挥了引领作用。

中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会(以下简称江苏分会)是经中国土木工程学会教育工作委员会批准成立的,其宗旨是为了加强江苏省具有土木工程专业的高等院校之间的交流与合作,提高土木工程专业人才培养质量,促进江苏省建设事业的蓬勃发展。中国建筑工业出版社是住房和城乡建设部直属出版单位,是专门从事住房和城乡建设领域的科技专著、教材、标准规范、职业资格考试用书等的专业科技出版社。作为本套教材出版的组织单位,在教材编审委员会人员组成、教材主参编确定、编写大纲审定、编写要求拟定、计划出版时间以及教材特色体现和出版后的营销宣传等方面都做了精心组织和协调,体现出了其强有力的组织协调能力。

经过反复研讨,《高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材》定位为以普通应用型本科人才培养为主的院校通用课程教材。本套教材主要体现适用性,充分考虑各学校土木工程专业课程开设特点,选择20种专业基础课、专业课组织编写相应教材。本套教材主要特点为:抓住应用型人才培养的主线;编写中采用先引入工程背景再引入知识,在教材中插入工程案例等灵活多样的方式;尽量多用图、表说明,减少篇幅;编写风格统一;体现绿色、节能、环保的理念;注重学生实践能力的培养。同时,本套教材编写过程中既考虑了江苏的地域特色,又兼顾全国,教材出版后力求能满足全国各应用型高校的教学需求。为满足多媒体教学需要,我们要求所有教材在出版时均配有多媒体教学课件。

本套《高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材》是中国建筑工业出版社成套出版区域特色教材的首次尝试,对行业人才培养具有非常重要的意义。今年正值我国“十三五”规划的开局之年,本套教材有幸整体入选《住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材》。我们也期待能够利用本套教材策划出版的成功经验,在其他专业、其他地区组织出版体现区域特色的教材。

希望各学校积极选用本套教材,也欢迎广大读者在使用本套教材过程中提出宝贵意见和建议,以便我们在重印再版时得以改进和完善。

中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会
中国建筑工业出版社
2016年12月

前 言

土木工程施工技术是一门综合性、实践性非常强的课程，笔者从事了二十多年施工教学，一直被如何在时间、空间、内容、进度上安排好实践性教学，如何把现场实践与课堂教学有机融合等此类问题所困扰。我们知道，这门课程必须联系实践，仅仅通过课堂教学是行不通的，土木工程建造过程中的许多施工流程、施工工艺特点、施工设备的选择与使用等，不可能仅仅在课堂的有限时间内讲明白。施工课程的现场教学虽然效果很好，但很难实现，而且安全问题一直困扰着课堂教学的实践延伸。

本书是一本立体、可视的“多媒体”教材，多媒体手段的参与，可以帮助读者身临其境地学习教材内容，在熟悉教材内容的同时，也能把理论融合到真实的实践案例中，解决了现场实践教学与课堂教学有机融合的问题，这个问题的解决得益于目前的信息化手段。本书利用二维码提供了与该书配套的微信公众平台 tmgcsjk 的图文信息、视频信息，这些信息扩展延伸了教材的知识，大量的施工图片、照片、动画演示、录像片段和工程案例，不仅使读者增加感性认识，而且易于理解和掌握课程内容，也利于加深印象、提高综合应用能力。

本书依据高等学校土木工程学科专业指导委员会编制的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》进行章节编排，针对应用型本科的特点及土木工程专业的培养目标进行内容的编写，涵盖了建筑工程、道路工程、桥梁工程、地下工程、城市轨道交通等专业领域，力求构建土木工程较全面的知识体系。在内容上苛求与我国现行规范、规程、标准吻合，适当注脚现行设计、施工规范的对应条文，理论、规范与实践应用无缝对接，具有内容新颖、结构完整、深入浅出、通俗易懂、实用性强的特点。

在编写过程中，为了加强教材的实践内容，我们与江苏南通二建集团有限公司进行了深入的校企合作，组建了两个编写组。理论部分由常州工学院、南京理工大学、江南大学、徐州工程学院、河北建筑工程学院从事多年土木工程施工专业课教学的老师组成；实践部分由江苏南通二建集团杨晓东董事长率领的技术中心的工程师组成。

本书由王利文担任主编，杨晓东、郁海军、连俊英、于洋担任副主编。具体分工为：连俊英编写第1章，郑显春编写第2章，郁海军编写第3章，包海蓉编写第4章，王利文编写第5章、第6章，李卫青编写第7章，李胜编写第8章，吴大群编写第9章，于洋、李鹏波编写第10章，任大龙编写第11章，宋杨编写第12章。参与本书实践部分编写的工程师有：杨晓东、钱晨、席海华、陈海华、姚远、朱帅帅、周晨、张立、王少臣、陆云峰等。

本书由东南大学郭正兴教授担任主审，江苏南通二建集团有限公司总经理王忠担任副主审。他们对本书提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。本书在编写过程中得到了广大业内人士的支持与指导，如本书介绍的装配式结构安装工艺内容得到信息产业电子第十一设计研究院上海分院俞一凡工程师的大力帮助，在此表示感谢。

由于编者学识水平有限，书中难免存在不足之处，恳切希望读者、同行专家批评指正。

编 者

2017.10

目 录

第 1 章 土方工程	1	2.1.4 基础埋置深度	50
本章要点及学习目标	1	2.1.5 沉降变形观测	50
1.1 概述	1	2.2 地基处理	51
1.1.1 土方子分部的划分	1	2.2.1 地基处理深度	51
1.1.2 土方工程施工前准备工作	2	2.2.2 土木工程常用地基处理方法	52
1.1.3 土方工程施工安全	2	2.2.3 地基处理质量检验与检测	57
1.2 土的工程性质	3	2.3 桩基础	58
1.2.1 土的可松性	4	2.3.1 桩基础分类	58
1.2.2 土的渗透性	4	2.3.2 钢筋混凝土预制桩	59
1.2.3 土的含水量	5	2.3.3 混凝土灌注桩	66
1.2.4 土的密实度	5	2.3.4 灌注桩后注浆	76
1.3 土方量计算与土方调配	6	2.3.5 桩承台	77
1.3.1 基坑、基槽土方量的计算	6	2.4 工程案例	78
1.3.2 场地平整土方量计算	6	本章小结	80
1.3.3 土方调配	9	思考与练习题	80
1.4 土方的挖填与压实	12	第 3 章 砌体工程	82
1.4.1 土方的开挖	12	本章要点及学习目标	82
1.4.2 土方填筑与压实	17	3.1 砌体材料性能	82
1.5 土方边坡支护与降水	21	3.1.1 砌筑用块材	82
1.5.1 边坡种类	21	3.1.2 墙体节能技术	84
1.5.2 基坑支护	22	3.1.3 砌筑砂浆	86
1.5.3 地下连续墙	31	3.2 砌筑工程施工	89
1.5.4 基坑降水	34	3.2.1 砌筑用里脚手架	89
1.5.5 基坑监测	42	3.2.2 砌筑用垂直运输设备	90
1.6 工程案例	43	3.2.3 砌筑工艺	92
本章小结	44	3.2.4 砌体质量检查	107
思考与练习题	44	3.3 工程案例	110
第 2 章 地基与桩基础工程	47	本章小结	112
本章要点及学习目标	47	思考与练习题	112
2.1 概述	47	第 4 章 模架与垂直运输设备	113
2.1.1 建(构)筑物对地基的要求	47	本章要点及学习目标	113
2.1.2 地基验槽	49	4.1 概述	113
2.1.3 地基与基础施工环境保护	50		

4.1.1 脚手架	113	5.4 大体积混凝土	228
4.1.2 模板及支架	114	5.4.1 大体积混凝土概念	228
4.1.3 垂直运输设备	114	5.4.2 大体积混凝土施工要点	231
4.1.4 集成施工平台	115	5.4.3 大体积混凝土施工管理	235
4.2 脚手架工程	115	5.5 水下混凝土施工	236
4.2.1 承插型盘扣式钢管脚手架	116	5.5.1 水下混凝土	236
4.2.2 扣件式钢管脚手架	118	5.5.2 水下混凝土浇筑方法	236
4.2.3 悬挑式脚手架	122	5.5.3 导管法浇筑水下混凝土	237
4.2.4 附着升降式脚手架	123	5.6 钢管、型钢混凝土	238
4.2.5 其他类型脚手架	125	5.6.1 钢管混凝土结构施工要点	239
4.3 模板工程	126	5.6.2 型钢混凝土结构施工要点	241
4.3.1 模板体系的组成	126	5.7 工程案例	244
4.3.2 模板的种类	126	本章小结	244
4.3.3 模板支架	132	思考与练习题	245
4.3.4 模板系统设计	135		
4.3.5 模板系统的安装与拆除	139	第6章 装配式钢筋混凝土结构安装	
4.4 垂直运输设备	141	工程	247
4.4.1 塔式起重机	141	本章要点及学习目标	247
4.4.2 施工升降机	150	6.1 吊装起重机械	247
4.4.3 混凝土输送泵	151	6.1.1 桅杆式起重机	247
4.5 工程案例	155	6.1.2 自行式起重机	249
本章小结	155	6.1.3 索具设备	251
思考与练习题	156	6.2 民用装配式钢筋混凝土结构	
第5章 钢筋混凝土结构工程	157	工程安装	255
本章要点及学习目标	157	6.2.1 预制混凝土构件制作与运输	
5.1 钢筋工程	157	堆放	256
5.1.1 钢筋种类	157	6.2.2 装配式钢筋混凝土结构安装	
5.1.2 钢筋的加工	161	工艺	259
5.1.3 钢筋下料	173	6.3 单层工业厂房结构安装	277
5.1.4 钢筋的安装	187	6.3.1 起重机的选择	277
5.2 混凝土工程	191	6.3.2 构件吊装	279
5.2.1 混凝土的配料	191	6.4 工程案例	282
5.2.2 混凝土的制备与运输	196	本章小结	283
5.2.3 混凝土成型	200	思考与练习题	284
5.2.4 混凝土的质量检查	206		
5.2.5 混凝土冬期施工	208	第7章 钢结构与大跨结构工程	285
5.2.6 新型混凝土的应用	209	本章要点及学习目标	285
5.3 预应力混凝土工程	210	7.1 钢结构加工	285
5.3.1 先张法施工	210	7.1.1 钢结构加工	286
5.3.2 后张法施工	214	7.1.2 钢结构连接	290
5.3.3 无粘结预应力	225	7.1.3 总拼装	295

7.1.4 喷涂	296
7.2 钢结构单层厂房安装	296
7.2.1 单层厂房钢结构吊装准备工作	297
7.2.2 单层厂房钢结构吊装	298
7.3 多层、高层钢结构安装	299
7.3.1 安装前的准备工作	299
7.3.2 钢柱、梁吊装及校正	300
7.3.3 钢结构构件连接	302
7.3.4 钢结构安全施工措施	303
7.4 大跨空间结构吊装	303
7.4.1 大跨空间结构的分类和特点	303
7.4.2 大跨空间结构施工特点	304
7.4.3 空间结构安装方法	307
7.4.4 空间结构的新型施工方法	313
7.5 索结构施工	314
7.5.1 钢索与锚具	314
7.5.2 索结构施工要点	315
7.6 工程案例	317
本章小结	319
思考与练习题	319
第8章 防水工程	320
本章要点及学习目标	320
8.1 屋面防水工程	320
8.1.1 卷材防水屋面	321
8.1.2 涂膜防水屋面	328
8.1.3 复合防水屋面	330
8.1.4 屋面接缝密封防水	330
8.2 地下防水工程	334
8.2.1 地下工程防水	334
8.2.2 地下工程主体结构防水	336
8.2.3 地下工程细部构造防水	341
8.3 外墙防水工程	344
8.3.1 外墙整体防水	344
8.3.2 外墙细部防水构造	345
8.3.3 外墙防水防裂砂浆施工要点	346
8.4 室内防水工程	347
8.4.1 室内防水要求	347
8.4.2 楼、地面防水要求	347
8.4.3 室内墙面防水要求	349

8.4.4 室内细部防水构造	349
8.4.5 室内防水成品保护	350
8.5 工程案例	351
本章小结	352
思考与练习题	353
第9章 建筑装饰与节能工程	354
本章要点及学习目标	354
9.1 建筑装饰与节能	354
9.1.1 建筑装饰	354
9.1.2 建筑围护系统节能	355
9.1.3 保温装饰一体化	358
9.1.4 夹心保温外墙板	358
9.2 墙体装饰工程施工	359
9.2.1 建筑抹灰工程	359
9.2.2 外墙外保温墙体抹灰	361
9.2.3 建筑饰面工程	365
9.3 幕墙工程施工	368
9.3.1 玻璃幕墙的构造和分类	369
9.3.2 玻璃幕墙的施工工艺	370
9.3.3 金属与石材幕墙	371
9.3.4 幕墙节能	372
9.4 门窗工程施工	373
9.4.1 门窗节能综述	373
9.4.2 节能门窗施工	375
9.5 楼地面工程施工	376
9.5.1 基层施工	378
9.5.2 面层施工	379
9.6 屋面工程施工	381
9.6.1 板状保温材料保温屋面施工要点	382
9.6.2 其他隔热屋面简介	383
9.7 吊顶工程施工	384
9.7.1 吊顶的构造	384
9.7.2 吊顶施工工艺	385
9.8 轻质隔墙、裱糊与软包工程施工	387
9.8.1 轻质隔墙工程	387
9.8.2 裱糊工程	388
9.8.3 软包工程	389
9.9 工程案例	390

本章小结	391	11.3.2 梁式桥施工	437
思考与练习题	391	11.3.3 拱桥施工	444
第10章 地下工程	392	11.3.4 钢桥的施工	448
本章要点及学习目标	392	11.3.5 斜拉桥施工	449
10.1 地下工程概述	392	11.3.6 悬索桥施工	451
10.2 地下工程施工方法的选择	393	11.4 工程案例	454
10.3 地下工程明挖施工技术	394	本章小结	454
10.3.1 明挖法	394	思考与练习题	455
10.3.2 盖挖法	397	第12章 城市轨道交通工程	456
10.3.3 沉管法	399	本章要点及学习目标	456
10.4 地下工程暗挖施工技术	405	12.1 混凝土整体道床施工	457
10.4.1 矿山法	405	12.1.1 短轨枕式整体道床	457
10.4.2 盾构法	409	12.1.2 长轨枕式整体道床	462
10.4.3 隧道掘进机法	414	12.2 弹性整体道床	463
10.4.4 顶管法	416	12.2.1 弹性整体道床支承块	464
10.5 工程实例	417	12.2.2 弹性整体道床施工	465
本章小结	418	12.3 浮置板式整体道床	467
思考与练习题	418	12.3.1 浮置板轨道结构	467
第11章 道路与桥梁工程	419	12.3.2 浮置板轨道施工	468
本章要点及学习目标	419	12.4 高速客用铁路的轨道结构	472
11.1 路基工程施工	419	12.4.1 CRTS I型板式无砟轨道	473
11.1.1 路堤与路堑	419	12.4.2 CRTS I型双块式无砟轨道	473
11.1.2 路基压实	422	12.4.3 CRTS II型板式无砟轨道	474
11.1.3 路基排水设施	423	12.4.4 CRTS II型双块式无砟轨道	474
11.1.4 路基防护	425	12.4.5 岔区轨枕埋入式无砟轨道	474
11.2 路面工程施工	426	12.4.6 CRTS III型板式轨道	475
11.2.1 路面基层(底基层)施工	427	12.5 案例	475
11.2.2 沥青路面面层施工	428	本章小结	476
11.2.3 混凝土路面施工	431	思考与练习题	476
11.3 桥梁工程施工	435	主要参考文献	477
11.3.1 桥梁墩台施工	435		

第1章 土方工程

本章要点及学习目标

本章要点：

- (1) 土方工程量计算及调配；
- (2) 土方挖填施工的要点；
- (3) 土方工程机械化施工；
- (4) 基坑降水及基坑支护施工技术；
- (5) 地下连续墙、逆作法的施工工艺；
- (6) 基坑监测与基坑周边环境保护。

学习目标：

- (1) 掌握土方工程量计算及调配；
- (2) 掌握土方挖填施工要点及土石方工程质量和检验标准；
- (3) 熟悉基坑支护、基坑降水的类型，并能够编制基坑支护、基坑降水的专项施工方案；
- (4) 熟悉地下连续墙施工工艺；
- (5) 熟悉逆作法的施工流程；
- (6) 熟悉基坑监测及基坑周边环境保护内容；
- (7) 了解常用土方机械的性能及适用范围，能正确合理地选用土方配套机械。

1.1 概述

在土木工程施工中，常见的土方工程施工包括：开挖、运输、填筑与压实等主要施工项目，以及排水、降水和土壁支撑等辅助土方施工准备工作。在实际施工中，辅助土方施工准备工作决定着土方工程施工的可行性。

1.1.1 土方子分部的划分

土方工程是地基与基础分部的子分部，它包括土方开挖、土方回填、场地平整三个分项工程。土方工程由总监理工程师^①组织施工单位项目负责人和技术质量负责人等进行验

^① 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300—2013 规定：

6.0.1 检验批及分项工程应由监理工程师（建设单位项目技术负责人）组织施工单位项目专业质量（技术）负责人等进行验收；

6.0.2 分部工程应由总监理工程师（建设单位项目负责人）组织施工单位项目负责人和技术质量负责人等进行验收，地基与基础、主体结构分部工程的勘察、设计单位工程项目负责人和施工单位技术、质量部门负责人也应参加相关分部工程验收。

收。勘察、设计单位工程项目负责人和施工单位技术、质量部门负责人也应参加相关分部工程验收，在施工实践中主要体现在地基验槽工作中。

1.1.2 土方工程施工前准备工作

1. 收集建设单位提供的实测地形图、原有地下管线或构筑物竣工图、规划部分提供的控制点位置以及其他技术资料。

主要有：

- (1) 附有坐标和等高线的地形图；
- (2) 拟建建（构）筑物的总平面布置图、基础形式、尺寸和埋置深度；
- (3) 场地及其附近已有的勘察资料；
- (4) 拟建场地的标高和土方平衡情况；
- (5) 基坑开挖深度、基坑平面尺寸、基坑地质勘查；
- (6) 环境条件、场地的水文地质、场地的排水等。

2. 根据工程条件编制的土石方施工安全技术方案

方案包括：

- (1) 编制挖、填土石方施工方案（土方调配方案、施工机械选择、场地内机械行走的道路修筑、场外运输道路方案选择等）；
- (2) 基坑排降水、基坑边坡支护等专项方案论证；
- (3) 编制施工计划，尽量避免雨期施工；
- (4) 妥善保护施工区域内的已有的土木工程、树木、通信、电力设备，施工前妥善处理施工区域内的其他障碍物；
- (5) 落实土方施工的技术安全工作。如流砂、管涌、边坡稳定、基坑边缘荷载控制等。

3. 其他准备工作

现场供水、供电、临时生产和生活用的设施，以及施工机具、材料进场等准备工作。

1.1.3 土方工程施工安全

土方工程必须单独编制附具安全验算结果的专项施工方案，经施工单位技术负责人、总监理工程师签字后实施，由专职安全生产管理人员进行现场监督。土方工程施工安全包括：

1. 基坑开挖前，土方工程施工安全工作

随着城市建设加快，各种地下管网、电缆交叉密布，因为盲目的基坑开挖而挖坏地下管网，造成停水、停气、通信中断等事故频繁发生，严重影响了人民群众生命财产安全和城市运行秩序。所以基坑开挖前必须做好以下工作：

- (1) 做好基坑周边建筑物、构筑物、道路设施的沉降观测准备工作；
- (2) 认真调查取证场地地下管线、设施的原始资料，根据地下设施情况制定专项地下工程及设施的防护方案；
- (3) 优化外运土方路线，合理避开交通繁忙线路和穿越主要通道，做好环境保护工作；

- (4) 施工现场临时供水、供电管线埋设时,采取必要的防冻、防压、防渗措施;
- (5) 施工现场警示灯、警示标牌的设置要醒目,施工防护围挡要坚固;
- (6) 有预防突发恶劣天气的避险预案。

2. 土石方施工机械安全

土石方施工的机械设备应有出厂合格证书,严禁超载作业或任意扩大范围。遇到下列情况之一时应立即停止作业:

- (1) 填挖区土体不稳定、有坍塌可能;
- (2) 地面涌水冒浆,出现陷车或因下雨发生坡道打滑;
- (3) 发生大雨、雷电、浓雾、水位暴涨及山洪暴发等情况;
- (4) 施工标志及防护设施被损坏;
- (5) 工作面净空不足,难以保证安全作业;

(6) 出现其他不能保证作业和运行安全的情况;例如:在电力管线、通信管线、燃气管线 2m 范围内及上下水管线 1m 范围内挖土时;拉铲或反铲作业时;挖掘机履带到工作面边缘的安全距离小于 1.0m 时。

3. 边坡安全^①

边坡施工应坚持“先设计后施工、边施工边治理、边施工边监测”的作业原则。例如:基坑支护结构必须在达到设计要求的强度后,方可开挖下层土方;严禁提前开挖和超挖;施工过程中,严禁设备或重物碰撞支撑、腰梁、锚杆等基坑支护结构,亦不得在支护结构上放置或悬挂重物。

土方挖掘过程中和降低地下水位时,要对毗邻的建筑物、构筑物、管线采取有效的加固措施,并进行有效的沉降监测。防止基坑底部隆起并防止危害周边环境。开挖深度超过 2m 的基坑周边必须安装防护栏杆,防护栏杆高度不应低于 1.2m,立杆间距不宜大于 2.0m,立杆离边坡坡顶距离宜大于 0.5m。

1.2 土的工程性质

土的工程性质对土方工程的施工有直接影响。在进行土方量的计算、确定土方挖运机

^① 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202—2002 规定:

7.1.7 基坑(槽)、管沟土方工程验收必须确保支护结构安全和周围环境安全为前提,当设计有指标时,以设计要求为依据,如无设计指标时应按表 7.1.7 的规定执行。

基坑变形的监控值 (cm)

表 7.1.7

基坑类别	围护结构墙顶位移监控值	围护结构墙体最大位移监控值	地面最大沉降监控值
一级基坑	3	5	3
二级基坑	6	8	6
三级基坑	8	10	10

1. 符合下列情况之一,为一级基坑:

1) 重要工程或支护结构做主体结构的一部分; 2) 开挖深度大于 10m; 3) 与邻近建筑物、重要设施的距离在开挖深度以内的基坑; 4) 基坑范围内有历史文物、近代优秀建筑、重要管线等需严加保护的基坑。

2. 三级基坑为开挖深度小于 7m,且周围环境无特别要求时的基坑。

3. 除一级和三级外的基坑属二级基坑。

械的类型和数量时,需考虑到土的可松性;在确定基坑降水方案时,需考虑到土的渗透性;在分析边坡稳定性、进行土方填筑时,要考虑到土的含水量和密实度。

1.2.1 土的可松性

土的可松性是指自然状态下的土,经过开挖以后,其体积因松散而增加后虽然振动夯实,仍不能恢复原状。土方工程量是以自然状态的体积来计算的,而土方挖运则是以松散体积来计算的,同时,在进行土方的平衡调配,计算填方所需挖方体积,确定基坑(槽)开挖时的留弃土量以及计算挖、运土机具数量时,也需要考虑土的可松性。土的可松性程度可用可松性系数表示,即:

$$\text{最初可松性系数: } K_S = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-1)$$

$$\text{最终可松性系数: } K'_S = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-2)$$

式中 K_S ——最初可松性系数;

K'_S ——最终可松性系数;

V_1 ——土在天然状态下的体积 (m^3);

V_2 ——土挖出后的松散状态下的体积 (m^3);

V_3 ——土经回填压实后的体积 (m^3)。

1.2.2 土的渗透性^①

水在土孔隙中渗透流动的性能称为土的渗透性,用渗透系数 k 表示。施工中,主要渗透系数计算地下水的涌水量,一般宜通过现场抽水试验测定,现场测试方法如下:

沿垂直与地下水流动方向,设置三眼水井,距抽水井 X_1 与 X_2 处为两个观测井(三井在同一直线上,见图 1-1),抽水稳定后,观测井内的水深 Y_1 与 Y_2 及抽水孔相应的抽水量 Q ,依据式 (1-3) 计算渗透系数值。

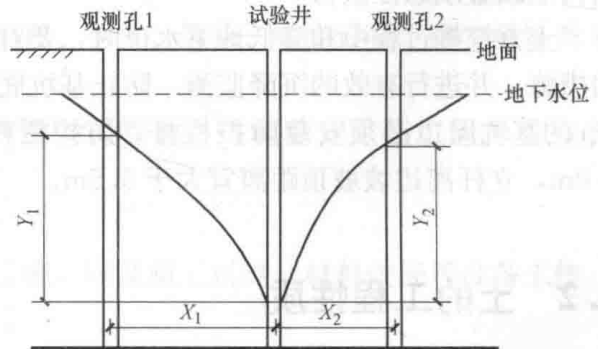


图 1-1 施工现场渗透试验

$$k = \frac{Q \lg \frac{X_2}{X_1}}{1.366(Y_2^2 - Y_1^2)} \quad (1-3)$$

① 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120—2012 规定:

7.3.12 含水层的渗透系数应按下列规定确定:

1. 宜按现场抽水试验确定;
2. 对粉土和黏性土,也可通过原状土样的室内渗透试验并结合经验确定;
3. 当缺少试验数据时,可根据土的其他物理指标按工程经验确定。

式中 k ——渗透性系数, 又称水力传导系数 (m/d);
 X_1 、 X_2 ——试验井与观察井水平距离 (m);
 Y_1 、 Y_2 ——试验井抽水稳定后, 观察井与试验井的地下水位差 (m)。

1.2.3 土的含水量

土的含水量是土中水的质量与固体颗粒质量之比, 以相对百分比表示。

$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 m_1 ——含水状态下土的质量;
 m_2 ——烘干后土的质量。

土的含水量随气候条件、雨雪和地下水的变化而变化, 土的含水量对挖土的难易、土质边坡的稳定性、填土的密实程度均有影响。所以在制定土方施工方案、选择土方机械和决定地基处理方案时, 均应考虑土的含水量。

1.2.4 土的密实度

土的密实度是指土被固体颗粒所充实的程度, 反映了土的紧密程度, 土的密实度用土的压实系数表示。填土压实后, 必须要达到要求的密实度, 现行的《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 规定, 压实填土的质量以设计规定的压实系数 λ_c 的大小作为控制标准, 压实系数按式 (1-5) 计算确定。

$$\lambda_c = \rho_d / \rho_{dmax} \quad (1-5)$$

式中 λ_c ——土的压实系数, 见表 1-1;

ρ_d ——土的实际干密度, 干密度越大, 表明土越坚实, 在土方填筑时, 常以土的干密度作为土的夯实控制标准;

ρ_{dmax} ——土的最大干密度, 由实验室击实实验测定。

压实填土地基压实系数控制值

表 1-1

结构类型	填土部位	压实系数 λ_c	控制含水量 (%)
砌体承重及框架结构	在地基主要受力层范围内	≥ 0.97	$\omega_{op} \pm 2$
	在地基主要受力层范围以下	≥ 0.95	
排架结构	在地基主要受力层范围内	≥ 0.96	
	在地基主要受力层范围以下	≥ 0.94	

注: 1. 压实系数 (λ_c) 为填土的实际干密度 (ρ_d) 与最大干密度 (ρ_{dmax}) 之比; ω_{op} 为最优含水量。

2. 地坪垫层以下及基础底面标高以上的压实填土, 压实系数不应小于 0.94。

土的实际干密度一般在现场临时实验室测定。细颗粒黏性土的干密度, 可以用“环刀法”进行测定。粗颗粒砂石填料的干密度, 可以用现场“灌砂法”进行测定^①, 施工现场

① 《土工试验方法标准》GB/T 50123—1999 规定:

3.1.4 第 2 条根据试验要求用环刀切取试样时, 应在环刀内壁涂一薄层凡士林, 刃口向下放在土样上, 将环刀垂直下压, 并用切土刀沿环刀外侧切削土样, 边压边削至土样高出环刀, 根据试样的软硬采用钢丝锯或切土刀整平环刀两端土样, 擦净环刀外壁称环刀和土的总质量。

5.1.5 试样的干密度应按式 $\rho_d = \rho / (1 + 0.01\omega)$ 计算。

5.1.6 本试验应进行两次平行测定, 两次测定的差值不得大于 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$, 取两次测值的平均值。

5.4.6 灌砂法试验应按下列步骤进行:

1. 按本标准第 5.3.3 条 1~3 款的步骤挖好规定的试坑尺寸, 并称试样质量。

2. 向容砂瓶内注满砂, 关阀门, 称容砂瓶漏斗和砂的总质量。

3. 将密度测定器倒置 (容砂瓶向上) 于挖好的坑口上打开阀门, 使砂注入试坑。在注砂过程中不应振动。当砂注满试坑时关闭阀门, 称容砂瓶、漏斗和余砂的总质量, 准确至 10g, 并计算注满试坑所用的标准砂质量。

无标准砂时,也可采用灌水法。

1.3 土方量计算与土方调配

1.3.1 基坑、基槽土方量的计算

1. 基坑土方量计算

基坑土方量是按立体几何拟柱体体积公式(即由两个平行的平面做底的一种多面体)来计算的(图1-2)。

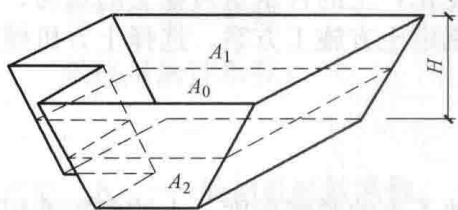


图 1-2 基坑土方量

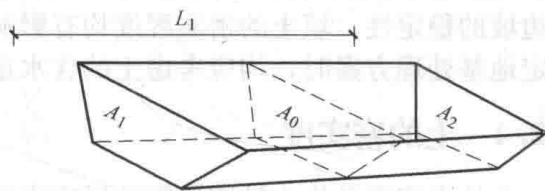


图 1-3 基槽土方量

计算公式为:

$$V = \frac{H(A_1 + 4A_0 + A_2)}{6} \quad (1-6)$$

式中 H ——基坑深度(m);

A_1 、 A_2 ——基坑上、下两底面积(m^2);

A_0 ——基坑中截面面积(m^2)。

2. 基槽土方量计算

基槽或路堤的土方量计算,可以沿长度方向分段,分段后用前面的方法进行计算(图1-3),土方量计算方法同上述基坑土方量计算方法,只需将式(1-6)中的基坑深度变为基槽的分段长度。把各段体积的土方量计算出来后累加,即得到总的基槽土方量。

1.3.2 场地平整土方量计算

场地平整土方量计算方法有两种:方格网法和断面法,其中断面法计算精度较低,只适用于地形起伏变化较大地区;对于地形较平坦地区,一般采用方格网法,方格网法计算步骤为:

划分方格 \Rightarrow 拾取方格网角点的自然标高 \Rightarrow 确定角点设计标高 \Rightarrow 计算角点施工高度 \Rightarrow 计算场地平整的土方量

一、场地设计标高的确定

(一) 场地设计标高的确定原则

场地设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据,也是总体规划和竖向设计的依据。在确定场地设计标高时,需考虑以下因素:

- (1) 建筑规划、建筑功能、生产工艺要求;
- (2) 场地内土方挖填平衡且土方量最小;
- (3) 利用地形因地制宜,尽量减少挖、填土方量;
- (4) 设计基准期内的最高洪水水位;

(5) 满足场地地表水的排水要求,泄水坡度不小于 2‰。

(二) 场地设计标高的确定方法和步骤

1. 确定场地平均高程 H_0

(1) 在地形图上将施工区域划分为若干方格 (边长 $a=10\sim 40\text{m}$) (图 1-4)。

(2) 拾取各方格的角点高程。可根据地形图上相邻两等高线的高程,用插入法计算求得,见图 1-5, $H_{13}=252.00-0.6\times(252.00-251.50)=251.7\text{m}$ 。

(3) 计算平均高程 H_0

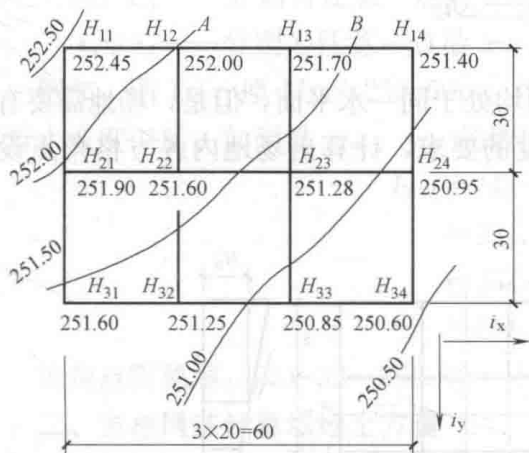


图 1-4 在等高线地形图上划分方格

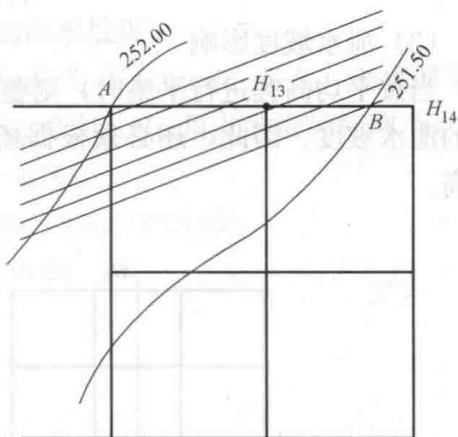


图 1-5 插入法计算方格角点高程

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4N} \quad (1-7)$$

式中 H_1 ——方格仅有的一个角点标高 (m);

H_2 ——两个方格共有的角点标高 (m);

H_3 ——三个方格共有的角点标高 (m);

H_4 ——四个方格共有的角点标高 (m);

N ——方格数。

如图 1-4 所示,场地的平均高程为:

$$\begin{aligned} H_0 &= [(252.45 + 251.4 + 250.6 + 251.6) + 2 \times (252 + 251.7 + 250.95 + 250.85 + \\ & 251.25 + 251.9) + 4 \times (251.6 + 251.28)] / 4 \times 6 \\ &= 251.453\text{m} \end{aligned}$$

2. 场地平均高程调整值 H'_0

平均高程 H_0 , 只是一个理论值,实际上还应该考虑一些其他因素,对 H_0 进行调整,这些因素有:

(1) 土的可松性影响

由于土具有可松性,所以挖出一定体积的土,不可能等体积回填,出现多余。因此,应该考虑由于土的可松性而引起的设计标高增加值 Δh_1 ,如图 1-6 所示。

(2) 规划场地内挖、填方及就近取、弃土影响

由于场地内大型基坑土方开挖、场内修路、场内筑堤,以及从经济角度考虑,部分土方就近弃土或就近取土,都会引起挖、填土方量的变化。因此,应该考虑由于就近弃土或