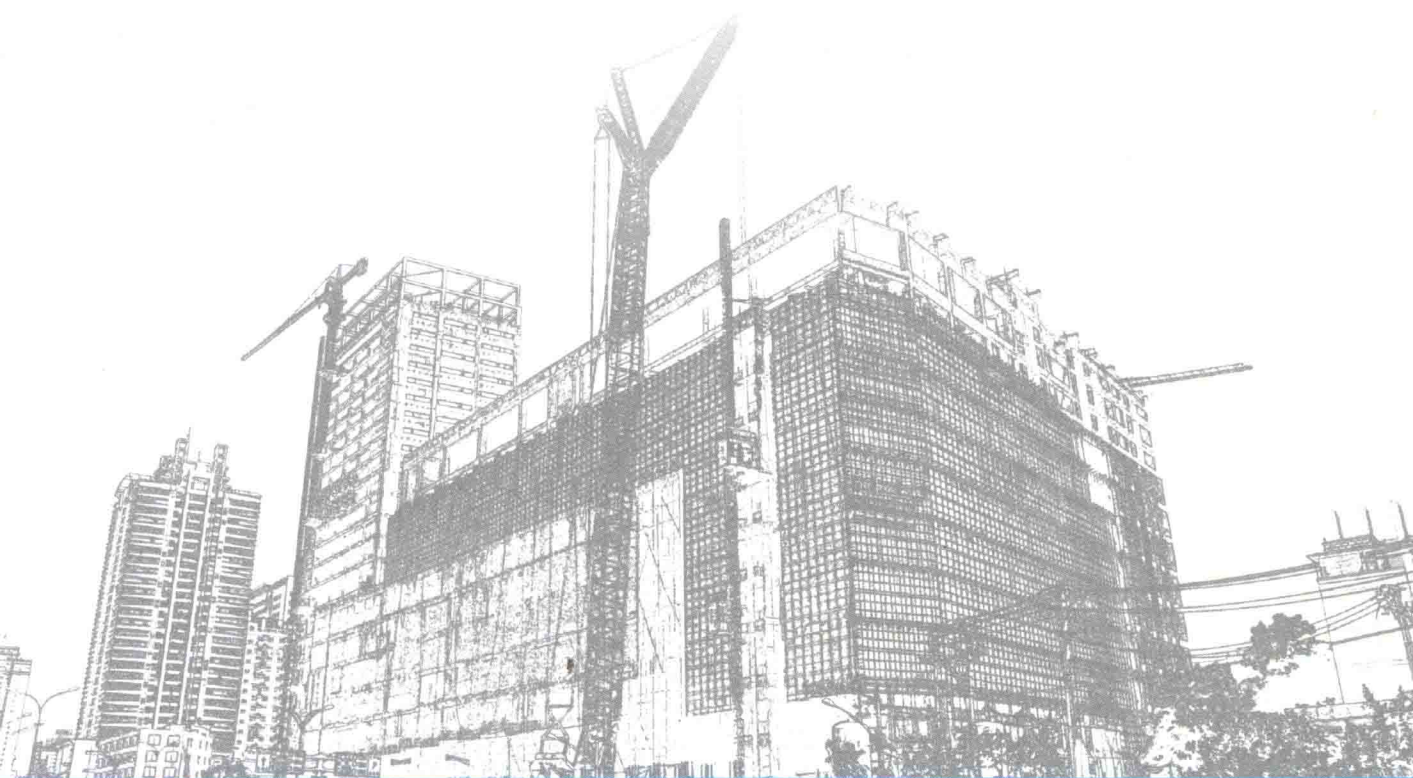




普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等学校土木工程专业精编系列规划教材

土木工程施工技术

主编 郭建营 宗 翔
主审 完海鹰



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等学校土木工程专业精编系列规划教材

土木工程施工技术

主 编 郭建营 宗 翔
副主编 李庆锋 乔 成 谢汝强
王顶堂 陈云钢
主 审 完海鹰



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工技术/郭建营,宗翔主编. —武汉:武汉大学出版社,2015.6
普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等学校土木工程专业精编系列规划教材
ISBN 978-7-307-15342-4

I. 土… II. ①郭… ②宗… III. 土木工程—工程施工—高等学校—教材
IV. TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 039977 号

责任编辑:邓 瑶

责任校对:薛文杰

装帧设计:吴 极



出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: whu_publish@163.com 网址: www.stmpress.cn)

印刷:武汉科源印刷设计有限公司

开本:850×1168 1/16 印张:28.75 字数:792 千字

版次:2015 年 6 月第 1 版 2015 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-15342-4 定价:49.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等学校土木工程专业精编系列规划教材

编审委员会

(按姓氏笔画排名)

顾问:干洪 朱大勇 任伟新 张伟林 程桦 颜事龙

主任委员:丁克伟 徐颖 高飞

副主任委员:戈海玉 方达宪 孙强 杨智良 陆峰 胡晓军

殷和平 黄伟

委员:马芹永 王睿 王长柏 王佐才 韦璐 方诗圣

白立华 刘运林 关群 苏少卿 李长花 李栋伟

杨兴荣 杨树萍 肖峻峰 何夕平 何芝仙 沈小璞

张洵 张速 张广锋 陈燕 邵艳 林雨

周安 赵青 荣传新 姚传勤 姚直书 袁文华

钱德玲 倪修全 郭建营 黄云峰 彭曙光 雷庆关

总责任编辑:曲生伟

秘书长:蔡巍

特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导的模式而成为一次建设性、发现性的学习,从被动学习而成为主动学习,由教师传播知识而到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,将逐步配备基本数字教学资源,其主要内容包括:

课程教学指导文件

- (1)课程教学大纲;
- (2)课程理论与实践教学时数;
- (3)课程教学日历;授课内容、授课时间、作业布置;
- (4)课程教学讲义、PowerPoint 电子教案。

课程教学延伸学习资源

- (1)课程教学参考案例集:计算例题、设计例题、工程实例等;
- (2)课程教学参考图片集:原理图、外观图、设计图等;
- (3)课程教学试题库:思考题、练习题、模拟试卷及参考解答;
- (4)课程实践教学(实习、实验、试验)指导文件;
- (5)课程设计(大作业)教学指导文件,以及典型设计范例;
- (6)专业培养方向毕业设计教学指导文件,以及典型设计范例;
- (7)相关参考文献:产业政策、技术标准、专利文献、学术论文、研究报告等。

 本书基本数字教学资源及读者信息反馈表请登录www.stmpress.cn下载,欢迎您对本书提出宝贵意见。

前言

本书为住房和城乡建设部高等学校土木工程学科专业指导委员会“2013 年度高等教育教学改革项目土木工程专业卓越计划专项”立项课题成果之一。

土木工程施工技术是土木工程专业的一门专业技术课,也是与现代工程技术的创新和进步结合最紧密的一门学科。本书结合国家最新颁布的《混凝土结构工程施工规范》(GB 50666—2011)、《混凝土结构工程施工质量验收规范(2010 年版)》(GB 50204—2002)、《钢结构工程施工规范》(GB 50755—2012)、《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001)、《屋面工程技术规范》(GB 50345—2012)、《地下防水工程质量验收规范》(GB 50208—2011)等,根据高等学校土木工程学科专业指导委员会颁布的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》的要求编写。

本书基于中华人民共和国教育部提出的“卓越工程师教育培养计划”的指导思想,以培养学生的工程实践能力为出发点,在阐述土木工程施工技术基本规律的基础上,突出了对学生知识面和应用能力的培养。根据“四节一环保”的理念,本书介绍了高性能混凝土的施工技术和建筑节能施工技术,钢结构施工技术也是本书的特色之一。

本书由合肥工业大学郭建营、安徽理工大学宗翔担任主编,合肥工业大学李庆锋、安徽理工大学乔成、安徽新华学院谢汝强、安徽建筑大学王顶堂、安徽工业大学陈云钢担任副主编。合肥工业大学完海鹰担任本书主审,对本书的编写提出了宝贵的意见。

具体编写分工为:

合肥工业大学,郭建营(前言、绪论、第 6 章、第 7 章、第 8 章);

安徽理工大学,宗翔(第 3 章第 3 节、第 4 节);

合肥工业大学,李庆锋(第 1 章);

安徽理工大学,乔成(第 3 章第 1 节、第 2 节);

安徽新华学院,谢汝强(第 9 章);

安徽建筑大学,王顶堂(第 2 章、第 5 章);

安徽工业大学,陈云钢(第 4 章)。

在本书编写过程中,编者还参考了国内外同行的著作、论文资料、教材等(详见各章参考文献),在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2015 年 2 月

目录

0 绪论	(1)
0.1 本课程的性质与任务	(1)
0.2 土木工程施工技术在我国的发展	(1)
0.3 本课程的内容、特点及与其他课程的关系	(2)
0.4 土木工程施工的规范、规程和标准	(2)
1 土方工程	(3)
1.1 概述	(4)
1.2 场地平整	(6)
1.3 土方边坡与基坑支护	(16)
1.4 排水与施工降水	(22)
1.5 土方开挖与填筑	(34)
知识归纳	(49)
思考题	(49)
习题	(50)
参考文献	(50)
2 基础工程	(51)
2.1 浅基础	(52)
2.2 桩基础	(61)
知识归纳	(102)
思考题	(103)
习题	(103)
参考文献	(104)
3 混凝土结构工程	(105)
3.1 模板工程	(106)
3.2 钢筋工程	(120)
3.3 混凝土工程	(135)
3.4 混凝土冬期施工	(157)
知识归纳	(162)
思考题	(162)
习题	(162)
参考文献	(163)

4 预应力混凝土工程	(164)
4.1 概述	(165)
4.2 先张法施工	(165)
4.3 后张法施工	(177)
4.4 无黏结预应力混凝土技术	(200)
4.5 预应力混凝土施工的质量要求	(204)
知识归纳	(215)
思考题	(216)
习题	(216)
参考文献	(218)
5 砌筑工程	(219)
5.1 概述	(220)
5.2 脚手架工程及垂直运输设备	(220)
5.3 砌筑材料	(242)
5.4 砌体工程施工	(253)
5.5 砌体工程冬期施工	(273)
知识归纳	(279)
思考题	(279)
习题	(280)
参考文献	(280)
6 钢结构工程	(281)
6.1 钢零件及钢部件的加工制作	(282)
6.2 钢结构的连接施工	(289)
6.3 钢构件的组装与拼装	(304)
6.4 钢结构的涂装	(311)
6.5 压型金属钢板施工	(316)
知识归纳	(321)
思考题	(322)
参考文献	(322)
7 结构安装工程	(323)
7.1 起重机械与设备	(324)
7.2 混凝土结构安装工程	(339)
7.3 钢结构安装	(361)
7.4 大跨度钢结构安装	(369)
7.5 施工安全及环境保护	(376)
知识归纳	(377)
思考题	(378)
习题	(378)

参考文献	(378)
8 防水工程	(380)
8.1 地下工程防水	(381)
8.2 屋面防水工程	(391)
8.3 厨卫防水工程	(400)
知识归纳	(402)
思考题	(402)
参考文献	(403)
9 建筑装饰与节能工程	(404)
9.1 抹灰工程	(405)
9.2 饰面工程	(408)
9.3 涂饰与裱糊工程	(415)
9.4 幕墙与门窗工程	(417)
9.5 建筑节能施工技术	(426)
知识归纳	(449)
思考题	(450)
参考文献	(450)

0 绪 论

0.1 本课程的性质与任务

本课程是土木工程专业的一门主要专业技术课。

土木工程施工技术和其他学科一样,有着其独特的方法和规律。本课程的任务就是研究土木工程从土石方地基基础到上部结构、内外装饰等各分部、各主要工种的技术方法和规律。通过本课程的学习,学生应掌握土木工程施工的基本知识、基本原理和基本方法,具备初步独立分析和解决土木工程施工中一般技术问题的能力,具备一名土木工程师所必须具备的基本素养以及基础理论和能力,为今后成为一名建造师,进一步学习有关知识及进行科学研究打下基础。

土木工程行业是国民经济的一个支柱行业。土木工程施工技术的水平影响着土木工程的质量和安 全,关系着国计民生。社会经济和生产技术的发展,会带来土木工程等行业的革新。伴随着新技术的发展和创新,以及土木工程规模的扩大和构造的复杂,施工难度也在增加,土木工程施工技术必须不断地创新和发展。

0.2 土木工程施工技术在我国的发展

在我国悠久的历史长河中,人类的智慧在土木工程行业中不断地发展。我国古代的建筑,虽多是砖木结构,土木工程材料只是土、石、砖、瓦,但其建造技术已达到相当高的水平。从古代建筑中的亭台、寺塔到城墙、拱桥,从地基处理的夯土技术到砌体的垒砌技术都是代表。新中国成立后,伴随着经济的发展,人民生活和工业生产、社会生产力发展的需求,土木工程施工技术有了根本的变化,人民大会堂、北京火车站、长江大桥等一些典型的代表性工程应运而生,标志着土木工程施工技术和施工质量达到了较高的水平。土木工程施工队伍也从新中国成立初期的几十万人,发展到改革开放初期的 1700 多万人;到 2012 年,土木工程从业人员已接近 4900 万人,成为国民经济中一支重要的生力军。

到了 21 世纪,土木工程已经涵盖建筑、水利、公路、铁路、港口、码头等多个领域,土木工程施工技术得到了飞跃式的发展。上海金茂大厦、环球金融中心,北京国家体育场“鸟巢”、国家游泳中心“水立方”,葛洲坝水利枢纽工程,三峡水利枢纽工程,杭州湾跨海大桥,高速公路,高速铁路等工程,都体现了我国的土木工程施工技术达到了很高的水平,有的甚至已达到国际领先水平。

土木工程施工技术包括:灌注桩后注浆技术、长螺旋钻孔压灌桩技术、复合土钉墙支护技术、地鉄等地基基础和地下空间工程技术;高耐久性混凝土、高强度高性能混凝土、自密实混凝土技术,轻骨料混凝土、超高泵送混凝土技术等混凝土技术;高强度钢筋应用技术、钢筋焊接网应用技术、大直径钢筋直螺纹连接技术、无黏结预应力技术、有黏结预应力技术等钢筋及预应力技术;清水混凝土模板技术、组拼式大模板技术、早拆模板施工技术、插接式钢管脚手架及支撑架技术、附着升降脚手

架技术等模板和脚手架技术;厚钢板焊接技术、大型钢结构滑移安装施工技术、空间钢结构整体安装施工技术、住宅钢结构技术、高强度钢材应用技术、钢与混凝土组合结构技术、吊装技术等钢结构技术;防水卷材机械固定施工技术、地下工程预铺反黏防水技术、预备注浆系统施工技术、聚氨酯防水涂料施工技术等防水技术;基坑施工封闭降水技术、基坑施工降水回收利用技术、预拌砂浆技术、外墙自保温体系施工技术等绿色施工技术;虚拟仿真施工技术、高精度自动测量控制技术、施工现场远程监控管理及工程远程验收技术、工程项目管理信息化实施集成应用及基础信息规范分类编码技术、建设项目资源计划管理技术、项目多方协同管理信息化技术等信息化应用技术。

0.3 本课程的内容、特点及与其他课程的关系

本课程包括土方工程、基础工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、砌筑工程、钢结构工程、结构安装工程、防水工程、建筑装饰和节能工程,共9章内容。

土木工程施工技术是一门理论面广、综合性强的专业技术课。它来自实践又应用于实践,工程施工中许多技术问题的解决是许多相关学科知识的综合运用。作为一名土木工程师,不仅要有理论基础,还要有解决具体问题的操作技能和能力,这也是卓越工程师素质的要求。学好土木工程施工技术,还要结合相关课程设计、施工生产实习、生产企业实习等实践教学环节,这样才能更好地理解 and 掌握土木工程施工技术。

土木工程施工技术与许多专业课、专业基础课有着密切联系,如土木工程测量、土木工程材料、房屋土木工程学、土力学与地基基础、结构力学、混凝土结构、砌体结构、钢结构、土木工程机械等课程的理论知识都会在土木工程施工技术中得到综合运用。

0.4 土木工程施工的规范、规程和标准

土木工程建设和施工要遵循相应的规范、规程和标准。涉及土木工程施工的规范包括施工技术规范 and 施工质量验收规范,它由国务院有关部委批准颁发,是全国土木工程行业共同遵守的行业准则。国家规范代号是GB,如2013年修订实施的《建筑工程施工质量验收统一标准》的代号为GB 50300—2013。规范给出 and 规定了相应的单位工程、分部工程、分项工程和检验批的划分与验收要求。对于强制性执行的条文,规范中用黑体字标识,必须严格执行。施工规程(规定)是比施工规范低一个等级的标准文件,是根据《中华人民共和国标准化法》的规定,由国家各主管部、委(局)批准发布,在该部门范围内统一使用的标准,称为行业标准。建筑业行业标准用JGJ表示,如《钢筋机械连接技术规程》的代号为JGJ 107—2010,交通业行业标准用JT表示,水利业行业标准用SL表示等。

涉及建筑工程方面的工程施工规范有《土方与爆破工程施工及验收规范》(GB 50201—2012)、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002)、《砌体结构工程施工质量验收规范》(GB 50203—2011)、《混凝土结构工程施工规范》(GB 50666—2011)、《混凝土结构工程施工质量验收规范(2010年版)》(GB 50204—2002)、《钢结构工程施工规范》(GB 50755—2012)、《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001)等。随着工业技术的发展和提高,规范经过一定阶段使用后应进行相应的修订。

土方工程

课前导读

内容提要

本章主要内容包括土方工程、场地平整、土方边坡与基坑支护、排水与施工降水及土方的开挖与填筑等分项工程。土方工程包括土的工程分类、土的工程性质、土方工程施工特点等内容, 场地平整包括场地设计标高的确定、场地平整土方量计算和土方调配等内容, 土方边坡与基坑支护包括土方边坡、基坑支护等内容, 排水与施工降水包括场地排水、施工降水等内容, 土方的开挖与填筑包括土方开挖、土方的回填与压实、土方机械与施工、填土压实的质量检查等内容。

能力要求

通过本章的学习, 学生应熟悉土的工程分类、土的工程性质、土方工程施工特点、场地排水施工技术、土方调配以及土方的回填与压实、土方机械与施工、填土压实的质量检查等内容, 掌握场地设计标高的确定、场地平整土方量的计算和土方调配, 土方边坡、基坑支护施工技术, 施工降水的设计计算与施工技术。

1.1 概 述

土方工程是大多数土木工程项目开始施工后的第一道工序,在土木工程施工中占重要地位。它不仅包括各类土的挖掘、填筑和运输等土方施工过程,还包括各类准备与辅助施工过程,如排水、降水和土壁边坡及支撑等的施工过程。土木工程中最常见的土方工程是场地平整,基坑、基槽、管沟、隧道和路基的开挖与填筑。

1.1.1 土的工程分类

土的种类繁多,从不同的角度对其进行分类的方法也很多,如可按土的沉积年代、颗粒级配、密实度、液性指数等进行分类。土木工程施工中,根据土体开挖的难易程度将土体分为 8 类。这种分类方法直接影响开挖施工方案的选择和劳动量消耗定额的确定,进而影响施工工期及工程建设费用的控制等。土的工程分类如表 1-1 所示。

表 1-1 土的工程分类

土的分类	土的名称	土的可松性系数		现场开挖方法
		K_s	K_s'	
一类土 (松软土)	砂,亚砂土,冲击砂土层,种植土,泥炭(淤泥)	1.08~1.17	1.01~1.03	用锹、锄头挖掘
二类土 (普通土)	亚黏土,潮湿的黄土,夹有碎石、卵石的砂,种植土、填筑土及亚砂土	1.14~1.28	1.02~1.05	用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松
三类土 (坚土)	软及中等密实土,重亚黏土,粗砾石,干黄土及含碎石、卵石的黄土,压实的填筑土	1.24~1.30	1.04~1.07	主要用镐挖掘,少许用锹、锄头挖掘,部分用撬棍挖掘
四类土 (砂砾坚土)	重黏土及含碎石、卵石的黏土,粗卵石,密实的黄土,天然级配砂石,软泥灰岩及蛋白石	1.26~1.32	1.06~1.09	整个先用镐、撬棍,然后用锹挖掘,部分用楔子及大锤挖掘
五类土 (软石)	硬石灰纪黏土,中等密实页岩,泥灰岩,白垩土,胶结不紧的砾岩,软的石灰岩	1.30~1.45	1.10~1.20	用镐和撬棍、大锤挖掘,部分使用爆破方法开挖
六类土 (次坚石)	泥岩,砂岩,砾岩,坚实的页岩,泥灰岩,密实的石灰岩,风化花岗岩,片麻岩	1.30~1.45	1.10~1.20	用爆破方法开挖,部分用风镐挖掘
七类土 (坚石)	大理岩,辉绿岩,玢岩,粗、中粒花岗岩,坚实的白云岩,砂岩,砾岩,片麻岩,石灰岩,风化痕迹的安山岩,玄武岩	1.30~1.45	1.10~1.20	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	安山岩、玄武岩、花岗片麻岩、坚实的细粒花岗岩,闪长岩,石英岩,辉长岩,辉绿岩,玢岩	1.45~1.50	1.20~1.30	用爆破方法开挖

1.1.2 土的工程性质

土的工程性质有很多,其中一些对土方工程施工有直接影响,是进行土方工程施工设计时必须掌握的基本资料。此类工程性质主要有土的可松性、渗透性、密实度,还有一些性质(如土的抗剪强度、土压力等)在土力学中有详细分析,这里不再详述。

1.1.2.1 土的可松性

土的可松性对土方平衡调配,基坑开挖时计算挖方土方量,弃土区容积及运土机械工具数量的选择均有直接影响。

土的可松性是指土体自然状态下体积最小的性质,即自然状态下的土体经开挖后,其体积因松散而增加,以后虽经回填压实,仍不能恢复到原来的体积。

土可松性的大小用可松性系数表示,分为最初可松性系数 K_s 和最终可松性系数 K'_s 。

$$K_s = \frac{V_2}{V_1}, \quad K'_s = \frac{V_3}{V_1}$$

(1-1)

式中 V_1 ——土在自然状态下的体积;

V_2 ——土开挖成松散状态下的体积;

V_3 ——土经回填压实后的体积。

不同土的可松性系数可参考表 1-1。

1.1.2.2 土的渗透性

土的渗透性是确定各种人工降水方案和计算涌水量的基本依据之一。

土体孔隙中的自由水在重力作用下会发生缓慢的流动。当基坑(槽)开挖至地下水位以下时,地下水会不断流入基坑(槽)。若不经处理,则会对土方工程施工的可行性和安全性造成严重影响。土的渗透性就是指这种土体被水透过的性质,或者说是水在土中渗流的能力。土的渗透性的大小通常用渗透系数 $k(\text{m/d})$ 表示,它同土的颗粒级配、密实度等有关,通常由扬水试验确定,表 1-2 中的数值可供参考。

表 1-2 土的渗透系数参考值

土的名称	渗透系数 $k/(\text{m/d})$	土的名称	渗透系数 $k/(\text{m/d})$
黏土	<0.005	中砂	$5.00 \sim 20.00$
亚黏土	$0.005 \sim 0.10$	均质中砂	$35 \sim 50$
轻亚黏土	$0.10 \sim 0.50$	粗砂	$20 \sim 50$
黄土	$0.25 \sim 0.50$	圆砾石	$50 \sim 100$
粉砂	$0.50 \sim 1.00$	卵石	$100 \sim 500$
细砂	$1.00 \sim 5.00$		

地下水在土中的渗透速度与土的渗透性及地下水渗流路径有关。法国学者达西根据砂土渗透试验(图 1-1),发现水在土中的渗透速度 v 与两端水面间的水位差成正比,而与渗流路径长度成反比。这就是著名的达西定律,即地下水在土中的渗透速度与水力坡度 i 成正比,用公式表达为: $v=ki$ 。

水力坡度 i 是两端水面间的水位差 h 与渗流路径长度 L 之比。

比例系数 k 为渗透系数。

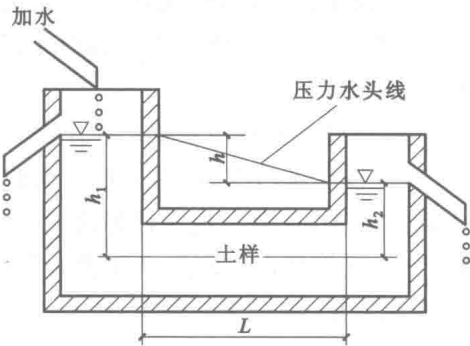


图 1-1 砂土渗透试验

1.1.2.3 土的密实度

土的密实度是指土的紧密程度,通常用干密度表示,并用来作为填土压实质量的控制指标。

土的天然密度是指土在天然状态下单位体积的质量,它与土的密实度、含水率有关。它会影响土的承载力、土压力和边坡稳定性等;选择运土机械时往往要将载重量折算成体积,也需要用到土的天然密度。

土的干密度是指单位体积土中固体颗粒的质量,即土体孔隙内无水时的单位土重。干密度在一定程度上反映了土颗粒排列的紧密程度,可用作填土压实质量的控制指标。土的干密度用环刀试验或灌砂(或灌水)试验测定。

1.1.3 土方工程施工的特点

土方工程施工主要有以下特点:施工面积广,工程量大,劳动繁重,施工条件复杂。

土体本身是一种天然物质,其种类繁多。土方工程施工时多为露天作业,易受工程水文地质条件及地区气候条件的影响;在地面建筑物密集的城市闹市区进行土方工程施工,还会受到施工环境及地下障碍物等因素的影响。

一个大型的建设工程,其场地平整、房屋及设备基础、道路及管线埋设的土方量往往可达到几十万乃至数百万立方米以上。施工中要依据实际施工地质、气候和环境条件,解决开挖前降水、保持土方边坡稳定、确定土方开挖方式、选择和组织土方开挖机械以及土的填筑与压实等问题。因此,为了减小劳动强度,提高劳动生产效率,确保土方在施工阶段的安全,加快工程进度,降低工程成本,在组织土方工程施工时,应根据工程特点和周边环境制订合理的施工方案,尽可能采用先进的施工工艺和施工组织,采用高新技术组织机械化施工。

1.2 场地平整

大型工程项目通常要进行场地设计平面的确定,进行场地平整,即将拟建场地范围内高低不平的天然地形改造成满足人们生产、生活需求的平面。

1.2.1 场地设计标高的确定

大面积的场地平整应首先正确选择设计标高。设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据,对控制土方工作量和加快施工进度均具有重要的技术、经济意义。选择合理的设计标高应当着重考虑以下因素:满足规划、生产工艺和运输的要求;力求挖、填平衡,尽量利用地形,以尽可能减少挖、填土方工程量,使土方运输费用最少;有一定的泄水坡度,以满足排水要求;还要考虑最高洪水位的影响。

场地设计标高应根据具体工程的实际情况进行合理设计,一般有以下两种方法。

① 按照场内挖、填土方量平衡的原则确定场地设计标高:适用于小型场地平整,拟建场地的高差起伏不大,且对场地设计标高无特殊要求的情形。

② 应用最小二乘法原理求最佳设计平面:可应用于大型场地或复杂地形的场地,不仅可满足场内土方挖、填平衡的要求,还可使土方的总工程量最小,得到最优化的场地设计平面。

1.2.1.1 按照场内挖、填土方量平衡的原则确定场地设计标高

按照场内挖、填土方量平衡的原则来确定场地设计标高是因为:当场内填方量超过挖方量时需要从场外取土回填,当场内挖方量超过填方量时需要向场外大量弃土,取土量或弃土量较大时会极大地影响工程费用与进度。因此,在确定场地设计标高时,应结合现场的具体条件,“削峰填谷”,将土方移挖作填,就地处理,使得场内填、挖土方量基本平衡,无须从场外取土或向场外弃土,确定出技术性、经济性比较好的场地设计标高。

因为场内填、挖土方量基本平衡,没有场外取土或弃土,所以场地平整之前和之后的场内土方绝对总量是一样的。如果不考虑土的可松性,则可视为场地平整之前和之后的场内土方体积是相等的。据此,我们可以采用方格网法来计算并确定场地的设计标高。

先将整个施工场地划分为边长为 a (一般采用 $10 \sim 50$ m, 结合场地特点与求解精度综合确定) 的若干个方格,再将方格网中的每一个角点作为计算控制点进行标号并标注高程。这里的标高可以实际现场测量得到或在地形图上利用等高线插值求得。这样就将连续的地面离散化成为方格网,其相邻两个控制点(即小方格角点)之间的高程可近似认为是线性变化的,所有的计算即可通过方格网控制点的数据开展。

场地平整之前,场内一个方格[图 1-2(a)]内的土方体积为:

$$V = a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \quad (1-2)$$

场地平整之前,场内土方体积为场内 N 个方格($V_1, V_2, \dots, V_n$)的土方体积之和:

$$V_{\text{总}} = \sum_1^N \left(a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right)$$

场地平整之后,场内土方体积为标高均为 H_0 的 N 个方格的土方体积之和:

$$V'_{\text{总}} = Na^2 H_0$$

所以,计算得到场地设计标高为:

$$H_0 = \sum_1^N \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4N} \quad (1-3)$$

式中 H_0 ——计算场地的设计标高, m;

a ——方格边长, m;

N ——方格数;

$H_{11}, H_{12}, H_{21}, H_{22}$ ——一个方格各角点的原地形标高, m。

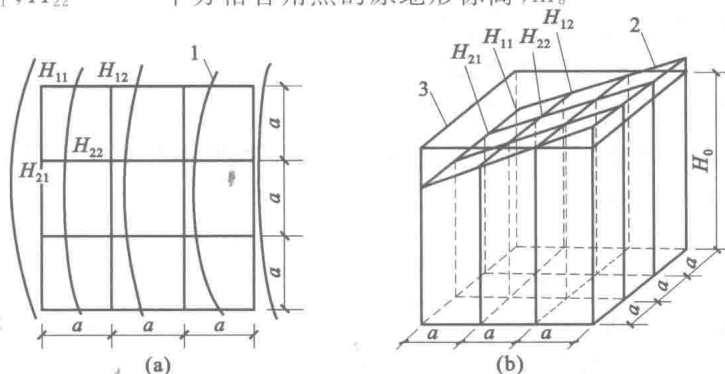


图 1-2 场地设计标高简图

(a) 在地形图上划分方格; (b) 设计标高示意图

1—等高线; 2—自然地坪; 3—设计标高平面

由图 1-2 可知,相邻方格有公共的角点。在计算时,其角点标高的使用次数不同: N 个方格共有角点的标高会在计算时被加 N 次(如 H_{11} 是 1 个方格独有的角点,只用 1 次; H_{12} 是 2 个方格共有的角点,使用 2 次; H_{22} 是 4 个方格共有的角点,使用 4 次)。因此,式(1-3)可简化为便于计算的如下形式:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4N} \tag{1-4}$$

式中 H_1 ——1 个方格所独有的角点标高,m;
 H_2 ——2 个方格共有的角点标高,m;
 H_3 ——3 个方格共有的角点标高,m;
 H_4 ——4 个方格共有的角点标高,m。

1.2.1.2 应用最小二乘法原理求最佳设计平面

应用挖方量与填方量相等的挖、填平衡原则可以避免场外取土和弃土,但挖方量与填方量的绝对值之和并不一定最小,即总的土方量不一定保证最小。利用每一控制角点挖方或填方的施工高度平方后再相加的最小二乘法求解,可以避免挖、填抵消,反映挖、填方绝对值的大小,求得最佳设计平面,同时可满足挖、填平衡和土方量最小的要求。

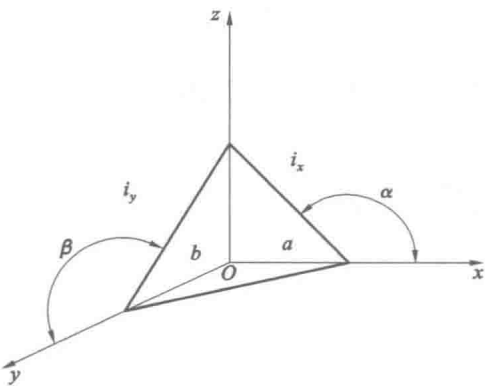


图 1-3 直角坐标系中的平面位置

如图 1-3 所示,任何一个平面在平面直角坐标系中都可以用三个参数(c, i_x, i_y)来确定。在这个平面上,任何一点 i 的标高 H'_i 都可根据下式求出:

$$H'_i = c + x_i i_x + y_i i_y \tag{1-5}$$

式中 x_i —— i 点在 x 方向的坐标;
 y_i —— i 点在 y 方向的坐标;
 i_x, i_y ——设计平面在坐标轴 x, y 方向的坡度;
 c ——原点标高。

采用前述方法中同样的方格网角点作为控制点,假设最佳设计平面为式(1-5)的形式,则该场地方格网角点的施工高度为:

$$h_i = H'_i - H_i = c + x_i i_x + y_i i_y - H_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \tag{1-6}$$

式中 h_i ——方格网各角点的施工高度;
 H'_i ——方格网各角点的设计平面标高;
 H_i ——方格网各角点的原自然地面标高;
 n ——方格网各角点总数。

计算施工高度平方总和时,应考虑方格网各角点施工高度在计算土方量时被应用的次数 P_i , 则土方施工高度的平方和 σ 为:

$$\sigma = \sum_{i=1}^n P_i h_i^2 = P_1 h_1^2 + P_2 h_2^2 + \dots + P_n h_n^2 \tag{1-7}$$

将式(1-6)代入式(1-7),则有:

$$\sigma = P_1(c + x_1 i_x + y_1 i_y - H_1)^2 + P_2(c + x_2 i_x + y_2 i_y - H_2)^2 + \dots + P_n(c + x_n i_x + y_n i_y - H_n)^2 \tag{1-8}$$

应用最小二乘法原理求最佳设计平面的方法是:当土方施工高度的平方和 σ 最小时,则该设计