



高等教育“十三五”规划教材
高等学校土木工程本科指导性专业规范配套教材

土木工程施工

主 编 吴金荣 马芹永
副主编 张经双 方江华

Tumu Gongcheng Shigong

Tumu Gongcheng Shigong

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

“十二五”规划教材

高等学校土木工程本科指导性专业规范配套教材

土木工程施工

主 编	吴金荣	马芹永	
副主编	张经双	方江华	
参 编	林跃忠	袁兴信	宗 翔

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书为高等院校土木工程专业的专业基础课教材。全书共 13 章,内容包括绪论、土方工程、基础工程、混凝土结构工程、砌体工程、房屋结构安装工程、装饰工程、桥梁结构工程、道路工程、矿山建设工程、防水工程、施工组织原理和施工组织设计等。本书是根据我国新颁布的相关规范而编写的,内容符合高等学校土木工程专业指导委员会编写的高等学校土木工程专业本科教育培养目标和培养方案,同时符合课程教学大纲关于《土木工程施工》课程的基本要求。

本书可作为高等院校土木工程专业的教材,也可作为混凝土结构设计、施工、科研及管理人员的参考书。

土木工程施工/吴金荣,马芹永主编. —徐州:中国矿业
大学出版社,2016.6

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3127 - 7

I. ①土… II. ①吴… ②马… 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(2016)第115850号

书 名 土木工程施工
主 编 吴金荣 马芹永
责任编辑 杨 洋
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张 29.75 字数 736 千字
版次印次 2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷
定 价 39.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

土木工程施工是高等院校土木工程专业的平台课,本书是按照现行的土木工程标准、法规和《高等学校土木工程本科指导性专业规范》编写而成的,力求反映当前成熟的先进的施工技术,内容包括土方工程、基础工程、混凝土结构工程、砌体工程、房屋结构安装工程、装饰工程、桥梁结构工程、道路工程、矿山建设工程、防水工程、施工组织原理、施工组织设计等。本书内容符合高等学校土木工程专业指导委员会编写的高等学校土木工程专业本科教育培养目标和培养方案的基本要求,力求深入浅出,理论联系实际,培养学生解决实际工程的能力。

本书由安徽理工大学吴金荣和马芹永担任主编,安徽理工大学张经双和方江华担任副主编,山东科技大学林跃忠、华北科技学院袁兴信、安徽理工大学宗翔参编。具体分工为:吴金荣编写第8章、第9章,马芹永编写第4章,张经双编写第1章、第6章、第7章、第12章,方江华编写第2章、第10章,林跃忠编写第13章,袁兴信编写第3章、第5章,宗翔编写第11章。全书由吴金荣、马芹永统稿。

本教材不仅适用于土木工程专业的各专业方向(建筑工程、桥梁工程、地下工程、道路工程等),而且适用于其他相关专业,如工程管理、房地产等,也可供从事土木工程施工的科研及管理单位的工程技术人员参考。

编写过程中参考和引用了国内近年来正式出版的规范、教材等,在此向有关的作者表示感谢。由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2016.1

目 录

第一章 绪论	1
第一节 我国的土木工程施工发展简介	1
第二节 土木工程施工课程的研究对象、学习任务及学习方法	2
第三节 土木工程施工标准	3
第二章 土方工程	5
第一节 概述	5
第二节 场地平整	7
第三节 排水与降水	13
第四节 土方边坡与土壁支护	26
第五节 土方机械化施工与土方填筑	37
第三章 基础工程	44
第一节 钢筋混凝土预制桩	44
第二节 灌注桩	49
第三节 地下连续墙施工	56
第四节 墩基础、沉井基础、管柱基础	59
第四章 混凝土结构工程	61
第一节 模板工程	61
第二节 钢筋工程	78
第三节 混凝土工程	95
第四节 预应力混凝土工程	123
第五章 砌体工程	160
第一节 砌体材料与运输	160
第二节 砌筑用脚手架	166
第三节 砌体施工	176
第四节 砌体工程冬期施工	186
第六章 房屋结构安装工程	188
第一节 起重机械类型及使用要求	188
第二节 单层工业厂房结构安装	197

第三节	多层装配式房屋结构安装	211
第四节	钢结构安装	221
第七章	装饰工程	237
第一节	概述	237
第二节	抹灰工程	238
第三节	饰面工程	243
第四节	涂料工程	248
第五节	吊顶工程	250
第六节	地面工程	253
第七节	玻璃幕墙	254
第八章	桥梁结构工程	256
第一节	桥梁结构施工常用施工机具与设备	256
第二节	混凝土结构桥梁施工方法	260
第三节	钢桥施工	286
第九章	道路工程	296
第一节	路基工程	296
第二节	路面工程	311
第三节	道路排水设计	327
第十章	矿山建设工程	334
第一节	水平岩石巷道工程	334
第二节	立井井筒工程	348
第三节	井底车场与硐室	360
第十一章	防水工程	363
第一节	卷材防水屋面	363
第二节	涂膜防水屋面	369
第三节	复合防水屋面	373
第四节	地下防水工程	374
第十二章	施工组织原理	387
第一节	流水施工基本原理	387
第二节	流水施工参数	392
第三节	流水施工的基本方式	397
第四节	网络计划技术	403
第五节	双代号网络计划	406
第六节	双代号网络图时间参数的计算	413
第七节	双代号时标网络计划	416
第八节	单代号网络计划	417

第九节 网络计划优化与具体应用.....	420
第十三章 施工组织设计.....	425
第一节 单位工程施工组织设计.....	427
第二节 施工组织总设计.....	446
参考文献.....	465

第一章 绪 论

第一节 我国的土木工程施工发展简介

人类出现以来,为了满足住、行和生产活动的需要,从构木为巢、掘土为穴的原始操作开始,到今天能建造摩天大厦、万米长桥,以至移山填海等宏伟工程,经历了漫长的发展过程。在我国五千年发展的历史长河中,我国劳动人民用自己的智慧和双手为人类的进步和发展做出了巨大的贡献,创造了许多灿烂的古代文明。土木工程中的无数伟大工程,是这些古代文明的重要组成部分。

从中国西安半坡村遗址(公元前 4 800 年~公元前 3 600 年)就可看到有条不紊的聚落布局,在浐河东岸的台地上遗存有密集排列的 40~50 座住房,有圆形房屋和方形房屋。圆形房屋,直径为 5~6 m,室内竖有木柱,以支撑上部屋顶,四周密排一圈小木柱,既是屋檐的承托结构,又是维护体系的龙骨;方形房屋,其承重方式完全依靠骨架,柱子纵横排列,这是木骨架的雏形。当时的柱脚均埋在土中,木杆件之间用绑扎结合,墙壁抹草泥,屋顶铺茅草或抹泥。在商代(公元前 16 世纪~公元前 11 世纪),人们就开始使用青铜制的斧、凿、钻、锯、刀、铲等工具。后来铁制工具逐步推广,并有简单的施工机械,也有了经验总结及形象描述的土木工程施工著作。公元前 5 世纪成书的《考工记》记述了木工、金工等工艺以及城市、宫殿、房屋建筑规范,对后世的宫殿、城池及祭祀建筑的布局有很大影响。秦汉时期,我国在砌筑技术方面取得了辉煌的成就。当时的工匠已经使用了规则的方砖、空心砖和刻有花纹的大理石砖建造宫殿、寺庙、墓穴等。到了北魏时期,砌筑技术已经相当成熟,建于河南登封县的嵩岳寺塔,是中国现存最早的密檐砖塔。北宋建筑师李诫所著的《营造法式》刊行于宋崇宁二年(1103 年),是北宋官方颁布的一部建筑设计、施工的规范书,集中说明了我国古代建筑技术已进入成熟阶段,它是我国古代最全面、最科学的建筑手册,也是世界上最早、最完备的建筑著作。工种分工日益细致,已分化出大木作、小木作、砖作、瓦作、泥作、雕作、旋作、锯作、竹作和彩画作等。清朝工部《工程做法则例》统一了建筑标准,已能绘制平面、立面、剖面和细部大样等详图,并且还使用了模型设计的表现方法。现今保存的大批古建筑,如北京故宫,外表气势磅礴,室内装饰绚丽美丽,表明了我国在当时已具备较高的技术水平。

随着混凝土材料的发明及其在建设工程中的应用,实现了工程建设的第一次飞跃,使土木工程施工技术进入了新的阶段。由于清朝实行的闭关锁国政策,使得近代土木工程技术进展缓慢,直到清末出现洋务运动,才引进一些西方技术。当时,在沿海一些比较发达的城市也相继出现了一些钢筋混凝土高层建筑,但大多数由外国公司承建。我国私人创办的营造厂由于规模小和技术装备差,虽然也承建了一些小型的工程,但进步比较缓慢。

新中国成立后,为了适应国民经济恢复时期建设的需要,扩大了建筑业技术人员的规

模,引入了苏联的建筑技术,但在短时间内施工技术依然比较落后,仅能建造一些结构简单的建筑。经过几年的发展,我国在土木工程施工技术方面取得了长足的发展,先后完成了鞍山钢铁公司、长春汽车厂等一千多个规模宏大的建设工程项目。20世纪50年代在北京建设了人民大会堂、北京火车站、中国历史博物馆等结构复杂、规模巨大、功能要求严格、装饰标准高的十大建筑,标志着我国的建筑施工技术开始进入了一个新的发展时期。

20世纪后期,伴随着混凝土结构的发展和预应力混凝土结构的制造成功,我国工程建设取得了举世瞩目的辉煌成就,在施工技术方面已经达到了国际先进水平。1995年建成的“东方明珠”电视塔,为预应力混凝土结构,高达468 m;1996年建成的广州中天大厦,为混凝土结构,到铁塔顶高度近400 m;1998年建成的上海金茂大厦,高达420.5 m,地上88层,这些建筑技术已达到国际先进水平。

目前,土木工程施工技术使许多复杂的工程成为可能,如中国宝成铁路有80%的线路穿越山岭地带,桥隧相连;成昆铁路桥隧总长占40%;中国川藏公路、青藏公路直通世界屋脊;由于采用了现代化的盾构,隧道施工加快,精度也得到了很大的提高;土石方工程中广泛采用定向爆破,解决大量土石方的施工问题;结构方面,高强混凝土和超高强混凝土在国内外建筑工程中已经被广泛采用,将会使混凝土的应用范围大大拓宽,建筑高度也将大大增加。进入21世纪,我国的土木工程施工技术以发展社会生产力为动力,以现代科学技术为背景,以现代工程材料为基础,以现代工艺与机具为手段正在高速度地向前发展。

第二节 土木工程施工课程的研究对象、学习任务及学习方法

土木工程作为一门古老的学科,主要包括房屋建筑工程、道路工程、桥梁工程以及水利工程等。土木工程施工是指通过有效的技术途径和施工组织设计,按照设计图纸和有关要求,将设计者的构思意图转化为真实建筑物的过程。土木工程施工课程是土木工程专业的一门重要专业课,在内容上大致分为两个部分,即土木工程施工技术和施工组织设计。土木工程施工技术是以各工种工程的技术为研究对象,以施工方案为核心,结合具体施工对象的特点,选择最合理的施工方案,从而决定最有效的施工技术措施。施工组织设计是指导拟建工程项目施工全过程的组织、技术和经济的综合性设计文件,包括工程概况和特点、施工方案、施工进度计划、施工准备工作计划、资源需要量计划、施工平面图,保证工程质量,安全施工和降低工程成本以及冬季、暑期、雨季施工技术,组织措施等。

一个建设工程的施工,包括许多工种工程,如土方工程、桩基础工程、混凝土结构工程、防水工程、结构安装工程和装饰工程等,各工种工程的施工都有其自身的特点,需要根据不同的施工对象及自然与环境条件采取相应的施工技术、选择不同的施工机械。本课程研究的对象之一是各工种工程的施工工艺以及相应的施工方案设计原理。土木工程施工是一个多专业、多工种协同工作的系统工程。在土建施工的同时,需要与有关的水、电、暖、风及其他设备的施工组成一个有机整体,各工种工程之间也需合理的组织和协调,并需要做好进度计划及劳动力、材料、机械设备等安排,以便保质保量并按期完成工程建设,更好地发挥投资效益。因此,土木工程各工种工程之间的施工组织和管理也是本课程研究的对象。

土木工程施工课程具有实践性、综合性、政策性强等特点。通过本课程的学习,应初步掌握土木工程施工的基本知识、基本理论和决策方法,养成独立分析和解决土木工程施工技

术和施工组织计划等基本问题的能力,为毕业后从事土木工程设计、施工和管理等工作奠定基础。本课程涉及测量、材料、力学、结构、机械、经济、管理、法律等多个学科知识,并需要应用这些知识解决工程中的实际问题。本课程又是以工程实践为背景的,其内容均与工程有着直接或间接的联系,需要有一定的工程概念。随着科学技术的发展,土木工程在技术与组织管理两个方面都有日新月异的发展,新技术、新工艺、新材料、新设备的不断涌现,故其内容也在不断地发展和更新。

根据本课程的任务及特点,在学习过程中应注意与基础课、专业基础课及有关专业课知识的衔接与贯通,同时应配合施工现场的生产实习,使理论联系实际,加深对该课程的理解,通过对该课程的学习和实践,更好地理解与掌握本课程的内容,提高对土木工程施工技术、施工管理、施工质量、施工安全的理解和认识。除对课堂讲授的基本理论和基本知识的理解和掌握外,还需要随时注意有关基本建设的方针政策,随时了解国内外的最新发展。因此,除了学习本教材之外,还要阅读参考书籍及科技文献、专业杂志,吸取新的知识、了解新的发展动向、扩大视野,为进一步的发展打好基础。

第三节 土木工程施工标准

土木工程施工标准是以建筑科学、技术和实践经验为依据而编写的标准、规范与规程等,由政府有关部门或行业协会、企业等批准颁发的,它是建筑施工时应遵守的准则和依据。根据适用范围不同,可分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准等四个层次。

新中国成立以前没有自己的工程建设标准,在施工过程中采用外国的相关标准进行设计与施工。建国以后,我国开展了大规模的工程建设,在起步阶段,全盘引进苏联的规范标准,并在消化吸收的基础上开始自己编制标准。到了今天,我国已拥有了具备自己特色的工程建设标准体系,基本满足了我国规模宏大的建设需求。工程建设从业人员对标准规范高度重视,已成为指导一切工程建设活动的依据和标准。这对我国基本建设的工程质量无疑起到了巨大的保证作用。

在土木工程的施工过程中,必须依照有关施工规范进行操作。各种标准、规范或规程是具有约束性和立法性的文件,其目的是使工程建设在符合国家经济政策的条件下,加强对土木工程施工的技术管理和统一验收标准,保证工程质量和工程项目的安全可靠。在学习的过程中,应当注意把有关施工工艺要求及建筑工程施工质量验收标准最终落实到标准的具体要求上,逐步熟悉和正确运用我国颁布的一些质量验收标准和施工规范、规程。

土木工程施工质量验收规范的内容一般包括材料、成品、半成品等的质量标准和技术条件、施工准备工作与质量要求、施工技术要点以及质量控制与检查方法。如《建筑工程施工质量统一验收标准》(GB 50300—2013)、《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001)、《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2015)、《砌体结构工程施工质量验收规范》(GB 50203—2011)等,这些都是国家级标准。

随着工程技术的进步,土木工程施工规范也在不断的补充、调整 and 改革。因此,在施工过程中不但要用创造性的思维去使用规范,还应关注规范的调整,积极地进行科学研究和工程试验,开发新技术,为规范的修订提供理论和实践依据,更好地推进新技术的应用,建造更多的符合实际的精品工程。

土木工程施工虽然是一门古老的学科,但其领域随着各学科的发展在不断发展扩大。因此,对土木工程技术人员的知识面要求更为宽广,学科间的相互渗透和相互促进的要求更为迫切,而且所要求的知识在不断更新。因此,信息科学和国际交流对土木工程技术人员极为重要,对专业的掌握应更为深入,实践和科学研究的联系更加密切。现代的土木工程施工不仅要求保质保量按计划完成,而且要求必须按最佳的施工组织方案进行施工,作为未来的建设者,我们的任务光荣而艰巨。

第二章 土方工程

第一节 概 述

土方工程是土木工程施工的主要工种工程,包括土的挖、填和运输等过程以及准备工作和辅助工程,如排水、降水、土壁支护等。最常见的土方工程包括场地平整、基坑和基槽的开挖以及回填工程等。

施工工程量是土方工程施工的一个特点。一些大型工程,包括场地平整的土方工程量仅依靠人工完成是难以想象的,因此,合理地选择和组织机械化施工,对于降低人工劳动量、缩短工期和降低工程成本具有重要的工程意义。露天作业,施工条件复杂是土方工程施工的另一个特点。露天作业受气候、水文地质和地下障碍等因素的影响较大,不确定性因素较多,有时施工条件极为复杂。因此,在组织土方工程施工前,应进行现场调查,详细分析与核对地形图、工程地质和水文地质勘察资料、地下管道、电缆和地下构筑物资料及土方工程施工图等各项技术资料,制订出合理的施工方案。

一、土的工程分类

土的分类方法很多,可按土的沉积年代、颗粒级配、密实度、液性指数等进行分类。在土方工程施工和工程预算定额中,按开挖难易程度可将土分为八类,见表 2-1。土的工程分类影响到施工方法的选择、劳动量计算和工程费用。

表 2-1 土的工程分类

类 别	土 的 名 称	开 挖 方 法
第一类(松软土)	砂,粉土,冲积砂土层,种植土,泥炭(淤泥)	用锹、锄头挖掘
第二类(普通土)	粉质黏土,潮湿的黄土,夹有碎石、卵石的砂,种植土,填筑土和粉土	用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松
第三类(坚土)	软及中等密实黏土,重粉质黏土,粗砾石,干黄土及含碎石、卵石的黄土,粉质黏土,压实的填筑土	主要用镐,少许用锹、锄头,部分用撬棍
第四类(砾砂坚土)	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	先用镐、撬棍,然后用锹挖掘,部分用楔子及大锤
第五类(软石)	硬石炭纪黏土,中等密实的页岩、泥灰岩、白垩土,胶结不紧的砾岩,软的石灰岩	用镐或撬棍、大锤,部分用爆破方法
第六类(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	用爆破方法,部分用风镐

续表 2-1

类 别	土 的 名 称	开 挖 方 法
第七类(坚石)	大理岩,辉绿岩,玢岩,粗、中粒花岗岩,坚实的白云岩、砾岩、砂岩、片麻岩、石灰岩,风化痕迹的安山岩、玄武岩	用爆破方法
第八类(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	用爆破方法

二、土的工程性质

土的工程性质对土方工程施工有直接影响,也是进行土方施工设计必须掌握的基本资料。土的主要工程性质有土的可松性、土的压缩性、原状土经机械压实后的沉降量等。此外还有土的密度、含水量、渗透性、密实度等,这些内容可参考土力学中的有关阐述。

(一) 土的可松性

自然状态下的土,经过开挖后,其体积松散、增大,经回填压实仍不能恢复到原来的体积,土的这种性质称为土的可松性,用可松性系数表示,即:

$$K_s = \frac{V_2}{V_1}, K'_s = \frac{V_3}{V_1} \tag{2-1}$$

- 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 ——土经开挖后松散状态下的体积, m^3 ;
 V_3 ——松散土经回填压实后的体积, m^3 。

土方工程量是以自然状态的体积来计算的,在确定土方调配方案、计算土方运输量时,必须考虑土的可松性。土的可松性系数见表 2-2。在土方工程中, K_s 是计算土方施工机械及运土车辆等的重要参数, K'_s 是计算场地平整标高及填方时所需挖土量等的重要参数。

表 2-2 土的可松性系数

类 别	K_s	K'_s
第一类	1.08~1.17	1.01~1.04
第二类	1.14~1.28	1.02~1.05
第三类	1.24~1.30	1.04~1.07
第四类	1.26~1.37	1.06~1.09
第五类	1.30~1.45	1.10~1.20
第六类	1.30~1.45	1.10~1.20
第七类	1.30~1.45	1.10~1.20
第八类	1.45~1.50	1.20~1.30

(二) 土的压缩性

用于土方回填的松土经填压以后,随着时间的增长均会产生压缩现象,称为土的压缩性。土的压缩率 K 可用下列公式计算:

$$K = \frac{\rho - \rho_d}{\rho_d} \times 100\% \quad (2-2)$$

式中 ρ ——土压实后的干密度, g/cm^3 ;

ρ_d ——原状土的干密度, g/cm^3 。

一般土的压缩率见表 2-3。在松土回填时应考虑土的压缩率,一般可按填方断面增加 10%~20% 计算土方数。

表 2-3 土的压缩率 K 的参考值

土的类别	土的名称	土的压缩率	土的类别	土的名称	土的压缩率
一、二类土	种植土	20%	三类土	天然湿度黄土	12%~17%
	一般土	10%		一般土	5%~10%
	砂土	5%		干燥坚实黄土	5%~7%

(三) 原状土压实后的沉降量

原状土在机械等压实功的作用下将产生沉降,其沉降量一般为 3~30 cm。原状土压实后的沉降量可按经验公式计算:

$$S = \frac{P}{C} \quad (2-3)$$

式中 S ——原状土经机械压实后的沉降量, cm;

P ——机械压实的有效作用力, MPa;

C ——原状土的抗陷系数, MPa/cm, 可按表 2-4 取值。

表 2-4 不同原状土质的 C 值

原状土质	$C/(\text{MPa}/\text{cm})$	原状土质	$C/(\text{MPa}/\text{cm})$
沼泽土	0.010~0.015	大块胶结的砂、潮湿黏土	0.035~0.06
凝滞的土、细粒砂	0.018~0.025	坚实的黏土	0.100~0.125
松砂、松湿黏土、耕土	0.025~0.035	泥灰石	0.130~0.180

第二节 场地平整

大型工程项目通常都要确定场地设计平面,进行场地平整。场地平整就是将自然地面改造成人们所要求的平面。场地平整前要确定场地的设计标高,计算挖方和填方的工程量,确定挖方和填方的平衡调配方案,然后根据工程规模、施工期限、现有机械设备条件,选择土方机械,确定施工方案。

一、场地设计标高的确定

对较大面积的场地平整,正确选择设计标高是十分重要的。选择设计标高时应考虑以下因素:

- ① 满足生产工艺及运输;

- ② 尽量利用地形,以减少挖填方数量;
- ③ 尽量使场地内挖填方平衡,以使土方运输费用最少;
- ④ 有一定泄水坡度,满足排水要求。

场地设计标高一般应在设计文件上规定,如设计对场地标高无特殊要求,根据场地内挖填方平衡的原则,先初步确定场地设计标高,然后根据土的可松性、泄水坡度等实际情况进行调整。

(一) 初步计算场地设计标高

首先根据场地的地形图划分方格网,如图 2-1(a)所示,利用地形图上的等高线用插入法或在实地测量得到各方格角点的原地形标高。

按照场地平整前后土方相等,即挖填方平衡的原则,如图 2-1(b)所示,场地设计标高可按式(2-4)计算:

$$H_0 n a^2 = \sum a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4}$$

$$H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4n} \quad (2-4)$$

式中 H_0 —— 初步计算的场地设计标高, m;

a —— 方格边长,取 10~40 m,一般取 20 m;

n —— 方格数量;

$H_{11}, H_{12}, H_{21}, H_{22}$ —— 方格 4 个角点的原地形标高, m。

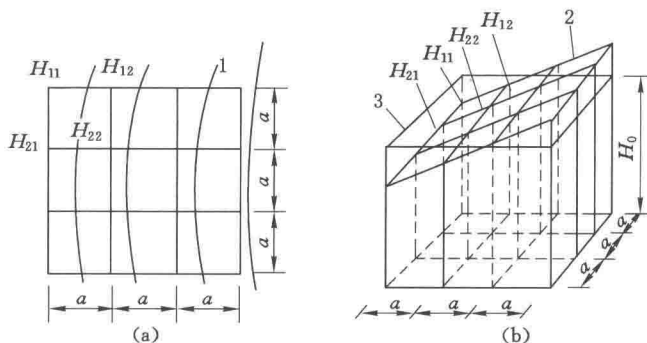


图 2-1 场地设计标高 H_0 计算示意图

(a) 方格网划分; (b) 场地设计标高示意图

1——等高线; 2——自然地面; 3——场地设计标高平面

如图 2-1 所示,对于整个场地,由式(2-4)可知, H_{11} 会被计算 1 次, H_{12} 和 H_{21} 会被计算 2 次, H_{22} 会被计算 4 次,因此,式(2-4)可以写成:

$$H_0 = \frac{\sum (H_1 + 2H_2 + 3H_3 + 4H_4)}{4n} \quad (2-5)$$

式中 H_1 —— 1 个方格仅有的角点标高, 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。

(二) 场地设计标高的调整

按式(2-5)计算的场地设计标高 H_0 尚需根据下列因素进行调整:

① 由于设计标高以上的各种填方工程的用量而引起设计标高的降低,或者由于设计标高以下的各种挖方工程的挖土量而引起的设计标高的提高。

② 经过经济比较而将部分挖方就近弃土于场外或将部分填方就近从场外取土,从而引起挖方量变化,导致设计标高的提高。

③ 由于土具有可松性,按理论计算出的 H_0 进行施工,填土有剩余,需相应地提高设计标高。

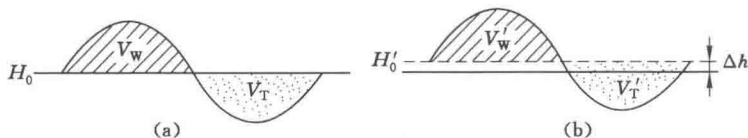


图 2-2 设计标高调整计算示意图

由图 2-2 可看出,考虑土的可松性引起设计标高的增加值 Δh ,按下式进行计算:

$$\Delta h = \frac{V_w(K'_s - 1)}{F_T + F_w K'_s} \quad (2-6)$$

调整后的设计标高值按下式进行计算:

$$H'_0 = H_0 + \Delta h \quad (2-7)$$

式中 V_w ——按理论标高计算出的总挖方体积;

F_w, F_T ——按理论设计标高计算出的挖方区、填方区总面积;

K'_s ——土的最终可松性系数。

④ 考虑到场地排水的需要,场地表面均有一定的泄水坡度,平整场地的表面坡度应符合设计要求,如无设计要求时,一般应向排水沟方向做成不小于 2‰ 的坡度。所以,在计算的 H_0 (或调整后的 H'_0) 基础上,要根据场地要求的泄水坡度最后计算出场地内各方格角点实际施工时的设计标高。当场地为单向泄水或双向泄水时,各方格角点的设计标高按下列方法计算。

a. 单向泄水时场地各方格角点的设计标高——如图 2-3(a)所示,以计算出的 H_0 (或调整后的 H'_0) 作为场地中心线的标高,场地内任意方格角点的设计标高 H_n 为:

$$H_n = H_0 \pm li \quad (2-8)$$

式中 H_n ——场地内任意一方格角点的设计标高, m;

l ——该方格角点至场地中心线的距离, m;

i ——长度泄水坡度(不小于 2‰)。

该点比 H_0 高则公式中取“+”,反之取“-”。

b. 双向泄水时场地各方格角点的设计标高——如图 2-3(b)所示,以计算出的 H_0 (或调整后的 H'_0) 作为场地中心线的标高,场地内任意方格角点的设计标高 H_n 为:

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (2-9)$$

式中 l_x, l_y ——该点在 $x-x, y-y$ 方向上距场地中心点的距离, m;

i_x, i_y ——场地在 $x-x, y-y$ 方向上泄水坡度。

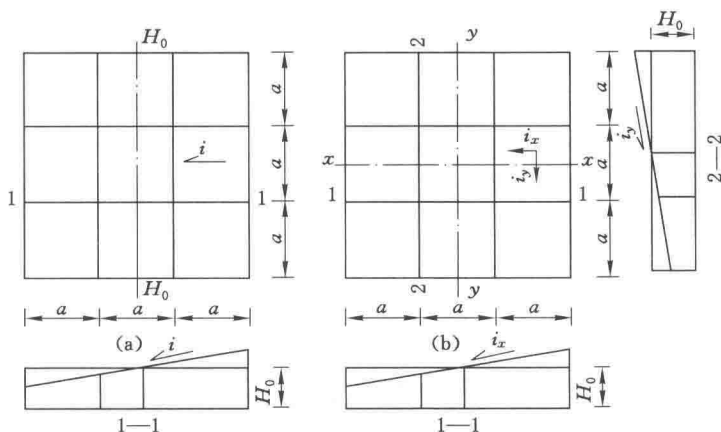


图 2-3 场地泄水坡度示意图

(a) 单向泄水;(b) 双向泄水

二、土方量计算

在土方工程施工之前,通常要计算土方的工程量。在工程实践中,土方工程的外形往往很复杂,要得到精确的计算结果比较困难。考虑工程的精度需要,可将其假设或划分成一定几何形状进行计算。

(一) 基坑、基槽和路基土方量

基坑、基槽和路堤的土方量可按图 2-4 所示的拟柱体进行计算,即:

$$V = \frac{H}{6} (F_1 + 4F_0 + F_2) \quad (2-10)$$

式中 V ——土方工程量, m^3 。

H, F_1, F_2 ——对基坑而言, H 为基坑的深度, m 。 F_1 和 F_2 分别为基坑的上下底面积, m^2 。对基槽或路堤, H 为基槽或路堤的长度, m ; F_1 和 F_2 为两端的面积, m^2 , 如图 2-4 所示。

F_0 —— F_1 与 F_2 之间的中截面面积, m^2 。

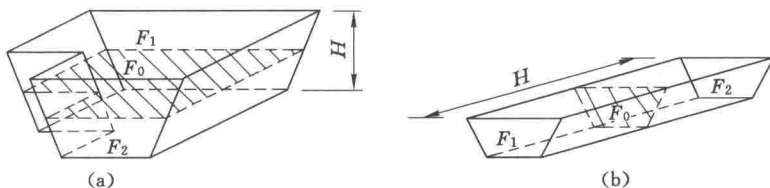


图 2-4 土方量计算

(a) 基坑土方量计算;(b) 基槽、路堤土方量计算

(二) 场地平整土方量计算

1. 场地平整土方量的计算步骤

① 场地设计标高确定后,计算得到平整的场地各角点的施工高度 H_i 。

② 确定“零线”的位置。零线即挖方区与填方区的交线,在该线上的施工高度为 0。确定“零线”的位置有助于了解整个场地的挖、填区域分布状态。