

建筑施工技术

(第三版)

刘彦青 梁敏 刘志宏 主编



北京理工大学出版社



建筑施工技术

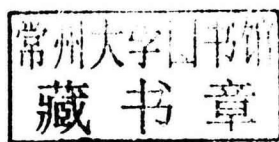
(第3版)

主 编 刘彦青 梁 敏 刘志宏

副主编 易 斌 沈新福 赵彦彦

吴海燕

参 编 徐文飞



内 容 提 要

本书根据高等院校人才培养目标以及专业教学改革的需要,依据建筑施工最新标准规范进行编写。全书共分为8章,主要内容包括土方工程、地基处理与基础工程施工、砌筑工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、建筑防水工程和装饰工程等。

本书可作为高等院校土木工程类相关专业的教材,也可供建筑工程施工现场相关技术和管理人员工作时参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术 / 刘彦青, 梁敏, 刘志宏主编. — 3版. — 北京: 北京理工大学出版社, 2018.8
ISBN 978-7-5682-6261-3

I. ①建… II. ①刘… ②梁… ③刘… III. ①建筑施工—技术—高等学校—教材 IV. ①TU74

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第201346号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)
(010) 82562903 (教材售后服务热线)
(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 16.5

字 数 / 391千字

版 次 / 2018年8月第3版 2018年8月第1次印刷

定 价 / 68.00元

责任编辑 / 李玉昌

文案编辑 / 李玉昌

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



第1版前言

“建筑施工技术”是以建筑工程施工中不同工种的施工为研究对象,根据其特点和规模,结合施工地点的地质水文条件、气候条件、机械设备和材料供应等客观条件,运用先进技术,研究建筑工程施工主要工种的施工工艺原理和施工方法、施工质量标准与安全技术措施的课程。通过对这些内容的研究,最终选择经济、合理的施工方案,以保证工程按质按期地完成,做到技术和经济的统一。

“建筑施工技术”是高等教育土建类相关专业一门综合性很强的基础性课程,其涉及面广、实践性强,而且由于建筑工程施工技术发展迅速,所以其时效性较强。要学好这门课程,应该坚持理论联系实际的方法,掌握建筑工程相关施工质量验收规范,并应边学边实践,综合运用所学的基本理论和相关知识,去解决实际工程中的施工技术问题。

本教材以国家现行规范《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)及与其配套的相关专业工程施工质量验收规范为依据,本着“必需、够用”的原则,以“讲清概念、强化应用”为主旨进行编写。本教材共分9章,主要内容包括土方工程、桩基础工程、地基处理及加固、砌筑工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、建筑防水工程、冬期与雨期施工等。本教材在阐述建筑施工技术的基本理论、各工种施工工艺、施工方法和技术措施的同时,突出针对性和实用性,力求反映建筑施工的新技术、新工艺、新方法,力求体现高等院校教育教学的特点,力求理论联系实际,注重对学生实践能力的培养。

为方便教学,本教材在各章前设置了【学习重点】和【培养目标】,【学习重点】以章节提要的形式概括了本章的重点内容,【培养目标】则对需要学生了解和掌握的知识要点进行了提示,对学生学习和老师教学进行引导;在各章后面设置了【本章小结】和【思考与练习】,【本章小结】以学习重点为框架,对各章知识作了归纳,【思考与练习】以问答题和应用题的形式,从更深的层次给学生提供思考和复习的切入点,从而构建了一个“引导—学习—总结—练习”的教学全过程。

本教材的编写人员,一是来自具有丰富教学经验的教师,因此教材内容更加贴近教学实际需要,方便“老师的教”和“学生的学”,增强了教材的实用性;二是来自建筑工程施工领域的工程师或专家学者,在编写内容上更加贴近建筑工程施工需要,保证了学生所学到的知识就是进行建筑工程施工技术管理工作时所需要的知识,真正做到“学以致用”。

本教材以现行建筑工程施工技术标准规范为依据进行编写,且编入了建筑工程施工领域的最新工艺及发展趋势,充分体现了“新”字,不仅具有原理性、基础性,还具有先进性和现代性。另外,本教材的编写还充分考虑了我国不同地域各高校的办学条件,淡化细节,强调对学生综合思维和能力的培养,尤其是在建筑施工技术实践能力的培养方面,更是进行了慎重考虑和认真选择。

本教材既可作为高等院校土建类相关专业的教材,也可作为土建工程施工人员、技术人员和管理人员学习、培训的参考教材。本教材在编写过程中,参阅了国内同行多部著作,部分高等院校老师提出了很多宝贵意见供我们参考,在此对他们表示衷心的感谢!

本教材编写过程中,虽经推敲核证,但限于编者的专业水平和实践经验,仍难免有疏漏或不妥之处,敬请广大读者指正。

编者



第2版前言

本教材自出版发行以来,经有关院校教学使用,反映较好。根据各院校使用者的建议,结合近年来高等教育教学改革的动态,加之建筑工程施工领域大量新材料、新技术、新工艺、新设备广泛使用,建筑工程施工质量验收规范也陆续修订颁布实施,我们对本教材进行了修订。

本次修订对原有章、节结构未做大的改动,主要是在内容上进行了较大幅度的修改与充实,从而强化了教材的实用性和可操作性,能更好地满足高等院校教学的需要。本教材的修订坚持以理论知识够用为度,以培养面向生产第一线的应用型人才为目的,强调提升学生的实践能力和动手能力。

本教材的修订主要秉承第1版的编写主旨进行,力求理论联系实际,反映当前建筑工程施工领域主要的施工工艺和施工技术水平,充分满足高等院校学生毕业后工作的需要。本次修订情况如下:

(1) 根据各院校使用者的建议,在部分章节中增加了对相应施工质量验收标准规范的介绍。

(2) 为突出实用性,对一些具有较强实用价值但在第1版中未给予详细介绍的内容进行了补充,对一些实用性不强的理论知识或现阶段已较少使用的施工工艺进行了适当修改与删除。如在土方工程中补充了基坑(槽)土方工程量和场地平整土方工程量的计算方法、公式及土方调配原则等内容;在砌筑工程中新增加了框架填充墙施工的内容;在厨房、卫生间防水工程施工中新加厨房、卫生间渗漏及堵漏措施等。

(3) 结合最新建筑工程施工标准规范对有关内容进行了修订。本次修订主要依据的标准规范包括:《建筑地面工程施工质量验收规范》(GB 50209—2010)、《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质量验收规范》(GB 50204—2002)(2011年版)、《地下防水工程质量验收规范》(GB 50208—2011)、《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011)、《砌筑砂浆配合比设计规程》(JGJ/T 98—2010)等。

本教材修订后共包括土方工程、地基处理与桩基础施工、砌筑工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、建筑防水工程、装饰工程等八章内容。本版由刘彦青、毛颖、刘志宏统稿、定稿并担任主编,冉迅、陈晖、梁利生、周晓东担任副主编。

本教材在修订过程中参阅了国内同行多部著作,部分高等院校教师提出了很多宝贵意见供我们参考,在此表示衷心感谢!对于参与本教材第1版编写但未参加本次修订的教师、专家和学者,本版教材所有编写人员向你们表示敬意,感谢你们对高等教育教学改革所做出的不懈努力,希望你们对本教材保持持续关注并多提宝贵意见。

限于编者的学识及专业水平和实践经验,修订后的教材仍难免有疏漏或不妥之处,敬请广大读者指正。

编者



第3版前言

本书依据高等教育教学要求,土建类专业指导性教学计划及建筑施工技术教学大纲组织编写,突出专业人才技能培养,强调操作内容学习。本书遵循高等院校学生的认知规律,结合产教结合的人才培养模式,注重学生专业知识和专业技能的培养,侧重培养学生的学习能力、动手操作能力及创新思考的能力,如怎样编写施工方案,确定施工方法,怎样在施工过程中进行质量控制和质量检验等。

由于建筑施工技术实践性较强,涉及范围广,因此本书编写时始终坚持“能力培养、技能学习、知识使用”的原则组织内容。本次修订对原有章节未做较大改动,主要是在原有内容的基础上进行大幅度的修改与充实,从而强化了教材的实用性和操作性,更好地满足高等院校的教学需要。本书的修订坚持以理论知识够用为度,以培养面向生产第一线的应用型人才为目的,提升学生的实践能力和动手能力。

本书共分为8章,主要内容包括土方工程、地基处理与基础工程施工、砌筑工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、建筑防水工程、装饰工程等。本书在一定程度上反映了国内建筑工程施工的先进经验和成熟技术,并对建筑工程相关施工质量验收规范的内容进行了详细阐述,引导学生边学边应用所学知识去解决实际工程中的施工技术问题。

本书由刘彦青、梁敏、刘志宏担任主编,由易斌、沈新福、赵彦彦、吴海燕担任副主编,徐文飞参与了本书部分章节的编写工作。具体编写分工为:刘彦青编写第一章,梁敏编写第四章,刘志宏编写第二章,易斌编写第三章,沈新福编写第五章,赵彦彦编写第七章,吴海燕编写第六章,徐文飞编写第八章。

本书在编写过程中参阅了国内同行大量相关教材与著作,部分高等院校老师提出了很多宝贵意见,在此对他们表示衷心的感谢。由于篇幅较大,涉及内容较多,加之编者学识和经验有限,书中难免存在疏漏或不妥之处,敬请读者与同行批评指正。

编 者

第一章 土方工程 1	堆放..... 66
第一节 土方工程概述..... 1	二、锤击沉桩（打入桩）施工..... 67
一、土方工程施工特点..... 1	三、静力压桩..... 72
二、土的工程分类..... 2	第四节 混凝土灌注桩施工 73
三、土的性质..... 3	一、干作业成孔灌注桩..... 74
第二节 土方工程量的计算与调配..... 6	二、泥浆护壁成孔灌注桩..... 76
一、基坑（槽）土方量计算..... 6	三、套管成孔灌注桩..... 79
二、场地平整土方工程量计算..... 7	四、人工挖孔灌注桩..... 82
三、土方调配..... 12	第三章 砌筑工程 87
第三节 基坑（槽）的施工..... 14	第一节 砌筑工具与材料..... 87
一、土方开挖..... 14	一、砌筑施工常用工具..... 87
二、土方边坡..... 17	二、砌筑材料..... 90
三、浅基坑（槽）支护..... 18	第二节 脚手架工程及垂直运输设施 93
四、基坑边坡保护..... 20	一、脚手架工程..... 93
五、深基坑支护..... 20	二、垂直运输设施..... 99
第四节 人工降低地下水水位..... 26	第三节 砌筑施工工艺 100
一、集水井降水..... 26	一、砖砌体施工..... 100
二、井点降水..... 28	二、石砌体施工..... 102
第五节 土方工程机械施工..... 34	三、小型砌块砌体施工..... 103
一、土方工程施工机械..... 34	四、框架填充墙施工..... 106
二、土方工程机械化施工选择..... 44	五、钢筋混凝土构造柱、芯柱施工..... 107
第六节 土方的回填与压实..... 45	第四节 砌筑工程冬、雨期施工 109
一、填方土料的选择和填筑要求..... 45	一、砌筑工程冬期施工..... 109
二、填土压实方法..... 46	二、砌筑工程雨期施工..... 111
三、影响填土压实的因素..... 47	第五节 砌筑工程常见质量事故与安全
第二章 地基处理与基础工程施工 51	防护措施..... 112
第一节 地基处理..... 51	一、砌筑工程常见质量事故及处理..... 112
一、特殊土地基工程性质及处理原则..... 51	二、砌筑工程安全防护措施..... 112
二、地基土处理方法..... 52	第四章 混凝土结构工程 115
第二节 浅基础施工..... 60	第一节 混凝土结构工程概述..... 115
一、浅基础的类型..... 60	一、混凝土结构简介..... 115
二、常见刚性基础施工..... 60	二、混凝土结构工程的种类..... 115
三、常见柔性基础施工..... 62	三、混凝土结构工程的组成及施工工艺
第三节 预制桩施工..... 66	流程..... 116
一、预制桩的制作和桩的起吊、运输、	



第二节 模板工程	116
一、模板工程的基本要求	116
二、模板的分类	117
三、胶合板模板	117
四、木模板	120
五、组合钢模板	123
六、模板的拆除	127
七、模板设计	128
第三节 钢筋工程	128
一、钢筋的分类及验收堆放	128
二、钢筋加工	129
三、钢筋连接	132
四、钢筋配料与代换	138
五、钢筋安装	142
第四节 混凝土工程	144
一、混凝土配料	144
二、混凝土搅拌	146
三、混凝土运输	149
四、混凝土浇筑与振捣	151
五、混凝土养护	156
第五节 混凝土结构工程冬期施工	157
一、混凝土冬期施工的一般规定	157
二、混凝土冬期施工方法	159
第五章 预应力混凝土工程	162
第一节 先张法施工	162
一、先张法施工设备	162
二、先张法施工工艺	166
第二节 后张法施工	170
一、锚具及张拉设备	171
二、预应力筋的制作	174
三、后张法施工工艺	176
第三节 无粘结预应力混凝土施工	181
一、无粘结预应力筋的制作	182
二、无粘结预应力混凝土施工工艺	182
第六章 结构安装工程	186
第一节 起重机械与设备	186
一、起重机械	186
二、索具设备	190
第二节 单层工业厂房结构安装	191
一、结构安装前的准备	192
二、构件的吊装工艺	192
三、结构安装方案	197
第三节 装配式框架结构吊装	202
一、吊装方案	202

二、安装方法	206
三、柱的吊装与校正	207
第七章 建筑防水工程	210
第一节 建筑屋面防水工程施工	210
一、卷材防水屋面	211
二、涂膜防水屋面	216
三、刚性防水屋面	218
第二节 地下建筑防水工程施工	220
一、地下工程防水混凝土施工	220
二、地下工程沥青防水卷材施工	224
三、水泥砂浆防水施工	227
第三节 厨房、卫生间防水工程施工	227
一、厨房、卫生间地面防水构造与施工要求	227
二、厨房、卫生间地面防水层施工	228
三、厨房、卫生间渗漏及堵漏措施	233
第八章 装饰工程	236
第一节 抹灰工程	236
一、抹灰工程的分类和组成	236
二、一般抹灰施工	237
三、装饰抹灰施工	239
第二节 饰面工程	240
一、饰面板安装	241
二、饰面砖安装	242
第三节 楼地面工程	245
一、楼地面工程组成和分类	245
二、整体地面	245
三、块料地面	247
第四节 涂饰工程	248
一、涂饰工程材料质量要求	248
二、涂饰工程基层处理要求	248
三、涂饰工程施工方法	248
第五节 门窗工程	249
一、木门窗安装	249
二、铝合金门窗安装	250
三、塑料门窗安装	250
第六节 吊顶工程	251
一、吊顶的构造	251
二、木龙骨吊顶施工	251
三、轻钢龙骨吊顶施工	251
四、铝合金龙骨吊顶	252
参考文献	256

第一章 土方工程

知识目标

1. 了解土的基本性质，具有现场鉴别各种土的能力。
2. 掌握土方工程量计算方法、场地设计标高确定的方法，能用表上作业法进行土方调配。
3. 了解基槽，深、浅基坑的各种支护方法及其使用条件。
4. 了解降低地下水水位常采用的方法，并了解流砂产生的原因和防治方法；掌握轻型井点布置及施工。
5. 了解常用土方机械的性能及使用范围，并能正确合理地选用。
6. 掌握填土压实的方法和影响填土压实质量的因素。

能力目标

1. 能判别土的类别。
2. 能组织基坑(槽)开挖施工。
3. 能选择填土压实方法，并组织压实作业。
4. 能组织推土机、铲运机、单斗挖土机进行土方机械化施工。
5. 能组织人工降低地下水水位施工。

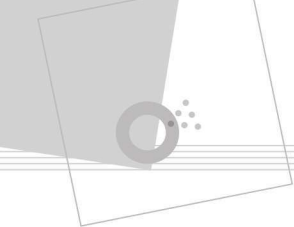
第一节 土方工程概述

土方工程是建筑工程施工的首项工程，主要包括土的开挖、运输和填筑等施工，有时还要进行排水、降水和土壁支护等准备与辅助工作。土方工程具有量大面广、劳动繁重和施工条件复杂等特点，受气候、水文、地质、地下障碍等因素影响较大，不确定因素较多，存在较大的危险性。因此，在施工前必须做好调查研究，选用合理的施工方案，采用先进的施工方法和机械施工，以保证工程的质量和安

一、土方工程施工特点

1. 土方工程的工程内容

常见的土方工程施工包括平整场地、挖基槽、挖基坑、挖土方、回填土等。



(1)平整场地。平整场地是指工程破土开工前对施工现场厚度 300 mm 以内地面的挖填和找平。

(2)挖基槽。挖基槽是指挖土宽度在 3 m 以内且长度大于宽度 3 倍时设计室外地坪以下的挖土。

(3)挖基坑。挖基坑是指挖土底面积在 20 m² 以内且长度小于或等于宽度 3 倍时设计室外地坪以下挖土。

(4)挖土方。凡是不满足上述平整场地、基槽、基坑条件的土方开挖，均为挖土方。

(5)回填土。回填土可分为夯填和松填。基础回填土和室内回填土通常都采用夯填。

2. 土方工程的施工特点

(1)土方量大，劳动繁重，工期长。因此，为了减轻土方施工繁重的劳动、提高劳动生产率、缩短工期、降低工程成本，在组织土方工程施工时，应尽可能采用机械化施工的方法。

(2)施工条件复杂。土方施工一般为露天作业，受地区、气候、水文地质条件的影响大，同时，受周围环境条件的制约也很多。因此，在组织土方施工前，必须根据施工现场的具体施工条件、工期和质量要求，拟订切实可行的土方工程施工方案。

二、土的工程分类

土的种类繁多，分类方法各异。在土方工程施工中，土的工程分类按土的开挖难易程度可以分为八类，见表 1-1。表中一类土至四类土为土，五类土至八类土为岩石。在选择施工挖土机械和套用建筑安装工程劳动定额时要依据土的工程类别进行选择。



地基土的现场鉴别

表 1-1 土的分类

土的分类	土的名称	坚实系数 f	密度/(t·m ⁻²)	开挖方法及工具
一类土 (松软土)	砂土、粉土、冲积砂土层、疏松的种植土、淤泥(泥炭)	0.5~0.6	0.6~1.5	用锹、锄头挖掘，少许用脚蹬
二类土 (普通土)	粉质黏土；潮湿的黄土；夹有碎石、卵石的砂；粉土混卵(碎)石；种植土、填土	0.6~0.8	1.1~1.6	用锹、锄头挖掘，少许用镐翻松
三类土 (坚土)	软及中等密实黏土；重粉质黏土、砾石土；干黄土，含有碎石、卵石的黄土，粉质黏土；压实回填土	0.8~1.0	1.75~1.9	主要用镐，少许用锹、锄头挖掘，部分用撬棍
四类土 (砂砾坚土)	坚硬密实的黏性土或黄土；含碎石、卵石的中等密实的黏性土或黄土；粗卵石；天然级配砂石；软泥灰岩	1.0~1.5	1.9	先用镐、撬棍，后用锹挖掘，部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	硬质黏土；中密的页岩、泥灰岩、自主土；胶结不紧的砾岩；软石灰及贝壳石灰石	1.5~4.0	1.1~2.7	用镐或撬棍、大锤挖掘，部分使用爆破方法
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；风化花岗石、片麻岩及正长岩	4.0~10.0	2.2~2.9	用爆破方法开挖，部分用风镐
七类土 (坚石)	大理石；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；微风化的安山岩；玄武岩	10.0~18.0	2.5~3.1	用爆破方法开挖



续表

土的分类	土的名称	坚实系数 f	密度/($\text{t} \cdot \text{m}^{-2}$)	开挖方法及工具
八类土 (特坚石)	安山岩；玄武岩；花岗片麻岩；坚实的细粒花岗石、闪长岩、石英岩、辉长岩、辉绿岩、玢岩、角闪岩	18.0~25.0 以上	2.7~3.3	用爆破方法开挖
注：坚实系数 f 相当于普氏岩石强度系数。				

三、土的性质

土一般由土颗粒(固相)、水(液相)和空气(气相)三部分组成，这三部分之间的比例关系随着周围条件的变化而变化。三者之间比例不同，反映出土的物理状态也不同，如干燥、稍湿或很湿，密实、稍密或松散。这些指标是最基本的物理性质指标，对评价土的工程性质，进行土的工程分类具有重要的意义。

土的三相物质是混合分布的，为阐述方便，一般用土的三相图表示，如图 1-1 所示。三相图中将土的固体颗粒、水、空气各自划分开来。

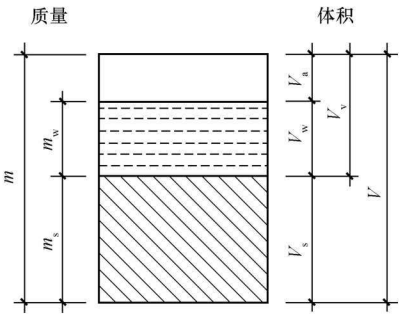


图 1-1 土的三相图

- 图中符号的意义
- m ——土的总质量($m=m_s+m_w$)(kg)；
 - m_s ——土中固体颗粒的质量(kg)；
 - m_w ——土中水的质量(kg)；
 - V ——土的总体积($V=V_s+V_w+V_a$)(m^3)；
 - V_a ——土中空气体积(m^3)；
 - V_s ——土中固体颗粒体积(m^3)；
 - V_w ——土中水所占的体积(m^3)；
 - V_v ——土中孔隙体积($V_v=V_a+V_w$)(m^3)。

1. 土的天然密度和干密度

土在天然状态下单位体积的质量，称为土的天然密度。土的天然密度用 ρ 表示，计算公式为

$$\rho=m/V$$

式中 m ——土的总质量(kg)；

V ——土的总体积(m^3)。

单位体积中土的固定颗粒的质量称为土的干密度，土的干密度用 ρ_d 表示，计算公式为

$$\rho_d=m_s/V$$

式中 m_s ——土中固体颗粒的质量(kg);

V ——土的总体积(m^3)。

土的干密度越大,表示土越密实。工程上常将土的干密度作为评定土体密实程度的标准,以控制填土工程的压实质量。土的干密度与土的天然密度之间的关系可表示为

$$\rho_d = \frac{\rho}{1-w}$$

2. 土的天然含水率

土的含水率是土中水的质量与固体颗粒质量之比的百分率,即

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\%$$

式中 w ——土的含水率;

m_w ——土中水的质量(kg);

m_s ——土中固体颗粒的质量(kg)。

3. 土的孔隙比和孔隙率

孔隙比和孔隙率反映了土的密实程度,孔隙比和孔隙率越小土越密实。孔隙比 e 是土中孔隙体积 V_v 与固体颗粒体积 V_s 的比值,可表示为

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

式中 V_v ——土中孔隙体积(m^3);

V_s ——土中固体颗粒体积(m^3)。

孔隙率 n 是土中孔隙体积与总体积 V 的比值,用百分率表示,可表示为

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\%$$

式中 V ——土的总体积(m^3)。

对于同一类土,孔隙率 e 越大,孔隙体积就越大,从而使土的压缩性和透水性都增大,土的强度降低。故工程上也常用孔隙比来判断土的密实程度和工程性质。

4. 土的可松性

土具有可松性,即自然状态下的土经开挖后,其体积因松散而增大,以后虽经回填压实,仍不能恢复其原来的体积。土的可松性系数可表示为

$$K_s = \frac{V_{\text{松散}}}{V_{\text{原状}}}$$
$$K'_s = \frac{V_{\text{压实}}}{V_{\text{松散}}}$$

式中 K_s ——土的最初可松性系数;

K'_s ——土的最后可松性系数;

$V_{\text{原状}}$ ——土在天然状态下的体积(m^3);

$V_{\text{松散}}$ ——土挖出后在松散状态下的体积(m^3);

$V_{\text{压实}}$ ——土经回填压(夯)实后的体积(m^3)。

土的可松性对确定场地设计标高、土方量的平衡调配、计算运土机具的数量和弃土坑的容积,以及计算填方所需的挖方体积等均有很大影响。各类土的可松性系数见表 1-2。

表 1-2 各种土的可松性系数参考数值

土的分类	体积增加百分率/%		可松性系数	
	最初	最终	K_s	K'_s
一类(种植土除外)	8~17	1~2.5	1.08~1.17	1.01~1.03
一类(种植土、泥炭)	20~30	3~4	1.20~1.30	1.03~1.04
二类	14~28	1.5~5	1.14~1.25	1.02~1.05
三类	24~30	4~7	1.24~1.30	1.04~1.07
四类(泥灰岩、蛋白石除外)	26~32	6~9	1.26~1.32	1.06~1.09
四类(泥灰岩、蛋白石)	33~37	11~15	1.33~1.37	1.11~1.15
五至七类	30~45	10~20	1.30~1.45	1.10~1.20
八类	45~50	20~30	1.45~1.50	1.20~1.30
注：最初体积增加百分率= $(V_2-V_1)/V_1\times 100\%$ ；最终体积增加百分率= $(V_3-V_1)/V_1\times 100\%$ ； V_1 为开挖前土的自然体积； V_2 为开挖后土的松散体积； V_3 为运至填方处压实后土的体积。				

5. 土的压缩性

土的压缩性是指土在压力作用下体积变小的性质。取土回填或移挖作填，松土经运输、填压以后，均会压缩，一般土的压缩率参考值见表 1-3。

表 1-3 土的压缩率参考值

土的分类	土的名称	土的压缩率/%	每立方米松散土压实后的体积/ m^3	土的分类	土的名称	土的压缩率/%	每立方米松散土压实后的体积/ m^3
一至二类土	种植土	20	0.80	三类土	天然湿度黄土	12~17	0.85
	一般土	10	0.90		一般土	5	0.95
	砂土	5	0.95		干燥坚实黄土	5~7	0.94

6. 土的渗透性

土的渗透性是指土体被水透过的性质，通常用渗透系数 K 表示。渗透系数 K 表示单位时间内水穿透土层的能力，以 m/d 表示。根据渗透系数不同，土可分为透水性土(如砂土)和不透水性土(如黏土)。土的渗透性影响施工降水与排水的速度。土的渗透系数参考值见表 1-4。

表 1-4 土的渗透系数参考值

土的名称	渗透系数 $K/(m \cdot d^{-1})$	土的名称	渗透系数 $K/(m \cdot d^{-1})$
黏土	<0.005	含黏土的中砂	3~15
粉质黏土	0.005~0.1	粗砂	20~50
粉土	0.1~0.5	均质粗砂	60~75
黄土	0.25~0.5	圆砾石	50~100
粉砂	0.5~1	卵石	100~500
细砂	1~5	漂石(无砂质充填)	500~1 000

续表

土的名称	渗透系数 $K/(\text{m} \cdot \text{d}^{-1})$	土的名称	渗透系数 $K/(\text{m} \cdot \text{d}^{-1})$
中砂	5~20	稍有裂缝的岩石	20~60
均质中砂	35~50	裂缝多的岩石	>60

第二节 土方工程量的计算与调配

土方工程开工前,需要先计算出土方工程量,以便拟订施工方案,配备人力和物力,安排施工计划,控制施工进度,预算工程费用。

工程中需要挖掘或填筑的土方几何形状与大小,随工程种类、要求与地形不同而各异。对于不规则的土方几何体积,一般是先将其划分成若干较规则的形状,然后逐一计算,再求其总和,基本可以满足所需的计算精度。

一、基坑(槽)土方量计算

1. 边坡坡度

土方边坡用边坡坡度和边坡系数表示。

边坡坡度以土方挖土深度 h 与边坡底宽度 b 之比来表示(图 1-2),即

$$\text{土方边坡坡度} = \frac{h}{b} = 1:m$$

边坡系数以土方边坡底宽度 b 与挖土深度 h 之比来表示,用 m 表示,即土方边坡系数为

$$m = \frac{b}{h}$$

式中 h ——土方边坡高度;

b ——土方边坡底宽。

边坡可以做成直线形边坡、折线形边坡及阶梯形边坡,如图 1-3 所示。

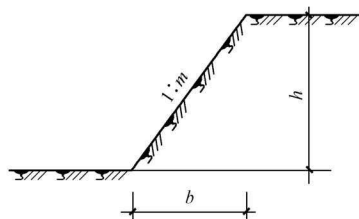


图 1-2 土方边坡

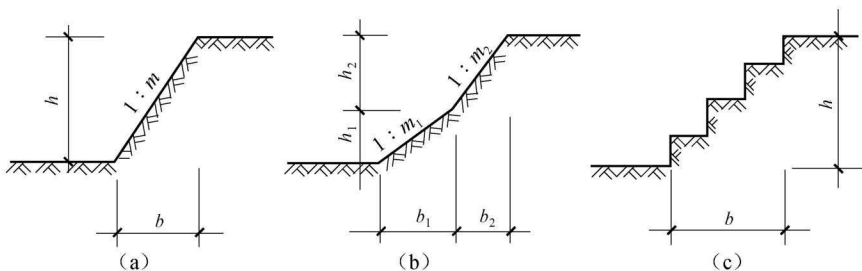


图 1-3 土方边坡

(a) 直线形; (b) 折线形; (c) 阶梯形

若边坡高度较高,土方边坡可根据各层土体所受的压力,其边坡可做成折线形或阶梯形,以减少挖填土方量。土方边坡的大小主要与土质、开挖深度、开挖方法、边坡留置时间的长短、边坡附近的各种荷载状况及排水情况有关。

2. 基槽土方量计算

基槽开挖时,两边留有一定的工作面,分放坡开挖和不放坡开挖两种情形,如图 1-4 所示。

当基槽不放坡时 $V=h(a+2c)L$

当基槽放坡时 $V=h(a+2c+mh)L$

式中 V ——基槽土方量(m^3);

a ——基础底面宽度(m);

h ——基槽开挖深度(m);

c ——工作面宽(m);

m ——坡度系数;

L ——基槽长度(外墙按中心线,内墙按净长线)(m)。

如果基槽沿长度方向断面变化较大,应分段计算,然后将各段土方量汇总即得总土方量。

3. 基坑土方量计算

基坑开挖时,四边留有一定的工作面,分放坡开挖和不放坡开挖两种情况,如图 1-5 所示。

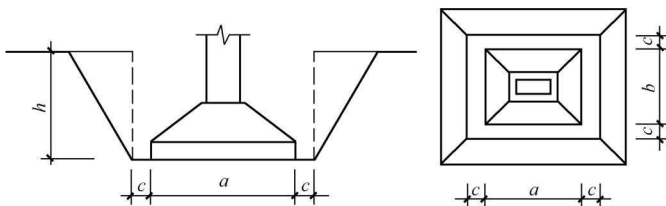


图 1-4 基槽土方量计算

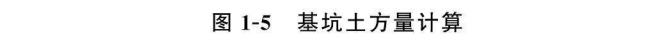


图 1-5 基坑土方量计算

当基坑不放坡时 $V=h(a+2c)(b+2c)$

当基坑放坡时 $V=h(a+2c+mh)(b+2c+mh)+m^2h^3$

式中 V ——基坑土方量(m^3);

h ——基坑开挖深度(m);

a ——基础底长(m);

b ——基础底宽(m);

c ——工作面宽(m);

m ——坡度系数。

二、场地平整土方工程量计算

场地平整就是将自然地面改造成人们所要求的平面。场地设计标高应满足规划、生产工艺及运输、排水及最高洪水水位等要求,并力求使场地内土方挖填平衡且土方量最小。建筑工程项目施工前需要确定场地设计平面,并进行场地平整。

1. 场地设计标高的初步确定

小型场地平整如对场地标高无特殊要求，一般可以根据平整前后土方量相等的原则求得设计标高，但是这仅仅意味着把场地推平，使土方量和填方量相等、平衡，并不能从根本上保证土方量调配最小。

计算场地设计标高时，首先在场地的地形图上根据要求的精度划分边长为 10~40 m 的方格网，如图 1-6(a)所示，然后标出各方格角点的自然标高。各角点自然标高可根据地形图上相邻两等高线的标高，用插入法求得，当无地形图或场地地形起伏较大(用插入法误差较大)时，可在地面用木桩打好方格网，然后用仪器直接测出自然标高。

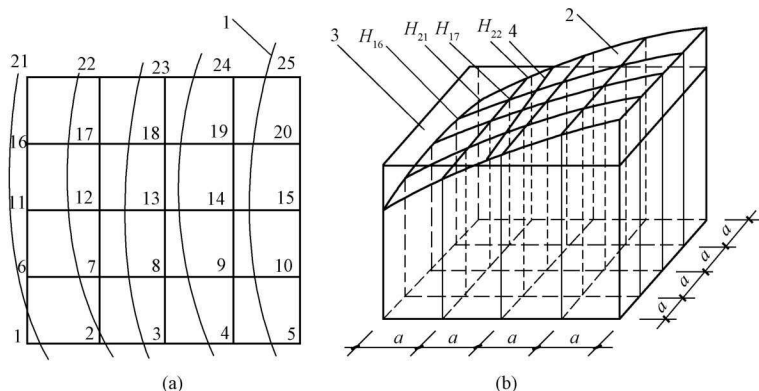


图 1-6 场地设计标高计算简图

(a)地形图上划分方格网；(b)设计标高示意

1—等高线；2—自然地面；3—设计标高平面；4—零线

按照挖填方平衡的原则，如图 1-6(b)所示，场地设计标高即为各个方格平均标高的平均值，可按式计算：

$$H_0 \cdot M \cdot a^2 = \sum \left(a^2 \cdot \frac{H_{16} + H_{17} + H_{21} + H_{22}}{4} \right)$$

所以

$$H_0 = \frac{\sum (H_{16} + H_{17} + H_{21} + H_{22})}{4M}$$

式中 H_0 ——所计算场地的设计标高(m)；

a ——方格边长(m)；

M ——方格数；

H_{16} 、 H_{17} 、 H_{21} 、 H_{22} ——任一方格的四个角点的标高(m)。

由于相邻方格具有公共的角点标高，在一个方格网中，某些角点是 4 个相邻方格的公共角点，其标高需加 4 次；某些角点是 3 个相邻方格的公共角点，其标高需加 3 次；而某些角点标高仅需加 2 次；又如方格网 4 角的角点标高仅需加 1 次，因此上式可改写成

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4M}$$

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)。

2. 设计标高的调整

根据上述公式计算出的设计标高只是一个理论值,实际上还需要考虑以下因素进行调整:

(1)由于土壤具有可松性,即一定体积的土方开挖后体积会增大,为此需相应提高设计标高,以达到土方量的实际平衡。

(2)设计标高以上的各种填方工程(如场区上填筑路堤)会影响设计标高的降低,设计标高以下的各种挖方工程会影响设计标高的提高(如开挖河道、水池、基坑等)。

(3)根据经济比较的结果,将部分挖方就近弃于场外,或部分填方就近取于场外而引起挖、填土方量的变化后,需增、减设计标高。

3. 考虑泄水坡度对设计标高的影响

如果按照上式计算出的设计标高进行场地平整,那么整个场地表面将处于同一个水平面;但实际上由于排水要求,场地表面均有一定的泄水坡度。因此,还需根据场地泄水坡度的要求(单面泄水或双面泄水),计算出场地内各方格角点实际施工时所采用的设计标高。

(1)单向泄水时,场地各点设计标高的求法(图 1-7)。在考虑场内挖填平衡的情况下,将上式计算出的设计标高 H_0 ,作为场地中心线的标高,场地内任一点的设计标高为

$$H_n = H_0 \pm Li$$

式中 H_n ——任意一点的设计标高(m);

L ——该点至 H_0 的距离(m);

i ——场地泄水坡度,不小于 0.2%;

$\pm$ ——该点比 H_0 点高则取“+”,反之取“-”。

(2)双向泄水时,场地各点设计标高的求法(图 1-8)。 H_0 为场地中心点标高,场地内任意一点的设计标高为

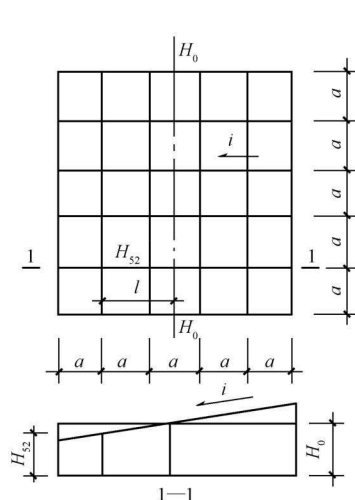


图 1-7 单向泄水坡度的场地

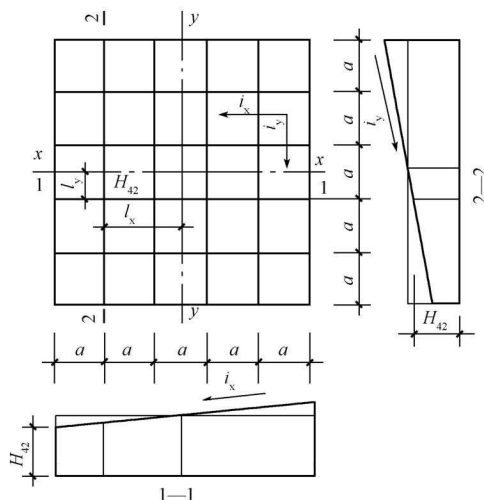


图 1-8 双向泄水坡度的场地

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y$$

式中 l_x, l_y ——该点于 $x-y$ 、 $y-y$ 方向距场地中心线的距离;