

全国高职高专建筑工程技术专业规划教材

JIANZHU SHIGONG JISHU

建筑施工技术

李念国

肖新华

主编



黄河水利出版社

全国高职高专建筑工程技术专业规划教材

建筑施工技术

主 编 李念国 肖新华

副主编 赵占军 周建华 黄小涛
侯正路 付国永

主 审 魏 军 成之密

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书内容包括土方工程、地基处理与基础工程、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、高层建筑施工、钢结构工程、防水工程、装饰工程等。本书在编写过程中,采用了我国最新的设计规范、施工规范和行业标准,汲取了建筑施工新理论、新技术、新工艺、新方法,内容简明扼要、重点突出、实用性强、便于自学。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校及成人教育学院建筑工程技术专业、工程监理专业、工程造价专业、建筑施工与管理专业等土建类专业的教学用书,也可作为土建工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术/李念国,肖新华主编. —郑州:黄河水利出版社,2009.9

全国高职高专建筑工程技术专业规划教材

ISBN 978-7-80734-671-5

I. 建… II. ①李… ②肖… III. 建筑工程—
工程施工—施工技术—高等学校:技术学校—教材
IV. TU74

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 122710 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslcbs@126.com

承印单位:河南新华印刷集团有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:27.5

字数:669 千字

印数:1—4 100

版次:2009 年 8 月第 1 版

印次:2009 年 8 月第 1 次印刷

定价:43.00 元

前言

建筑施工技术是建筑工程类专业理论与实践紧密结合的一门主要职业技术课程,它主要研究建筑工程各工种的施工工艺和施工方法。

本书是根据教育部《关于加强高职高专人才培养工作意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,依据高职高专建筑工程类专业指导教学计划和教学大纲要求编写的,编写主要依据《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002)、《砌体工程施工质量验收规范》(GB 50203—2002)、《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002)、《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2002)、《屋面工程质量验收规范》(GB 50207—2002)、《地下防水工程质量验收规范》(GB 50208—2002)、《建筑地面工程施工质量验收规范》(GB 50209—2002)、《建筑装饰装修工程质量验收规范》(GB 50210—2002)等。在编写过程中,编者结合长期教学实践经验,努力体现高等职业教育教学特点,力求理论联系实际,注重实践能力的培养,理论以实用、够用为度,以培养技能为重点构成课程体系。本书内容全面、重点突出、体系完整、知识新颖,力求反映建筑施工的新技术、新工艺、新方法。

本书共分 10 章,主要有土方工程、地基处理与基础工程、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、高层建筑施工、钢结构工程、防水工程、装饰工程等内容。由于本书涉及面广、实践性强、综合性强、技术发展快,学习时必须结合工程实际,综合运用理论知识和近代科学技术成果,对于操作性较强的内容,则主要通过生产实践、现场教学、教学参观等教学环节进行。

本书编写分工如下:绪论、第一章由山东水利职业学院李念国、青岛青房建安集团有限公司栾文涛编写,第二章、第六章由濮阳职业技术学院周建华、青岛一建集团有限公司朱俊华编写,第三章由山东水利职业学院侯正路、济南建设监理有限公司李昕编写,第四章、第五章由甘肃工业职业技术学院黄小涛、山东水利工程总公司牟晓燕、山东水利职业学院韩汝钊编写,第七章由石家庄职业技术学院赵占军、山东建设监理有限公司邵菲菲编写,第八章由石家庄职业技术学院付国永、临沂天顺钢结构工程有限公司季英文编写,第九章、第十章由濮阳职业技术学院肖新华、青岛新艺建筑装饰工程有限公司江艳丽、山东水利职业学院王延恩编写。本书由李念国、肖新华任主编,赵占军、周建华、黄小涛、侯正路、付国永任副主编。全书由李念国统稿并定稿。由天津保利集团一级建造师、教授级高级工程师魏军和日照市建筑设计研究院有限公司结构工程师、教

授级高级工程师成之密担任主审。

本书在编写过程中,引用了大量的规范、专业文献和工程实践资料,在书中未一一注明出处,在此向有关专业人士深表谢意,同时也向支持和帮助本书编写的其他人员表示谢意。

限于编者的理论水平和实践经验,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者和同行专家批评指正。

编 者

2009 年 5 月

目 录

前 言

绪 论	(1)
-----------	-----

第一章 土方工程	(4)
----------------	-----

第一节 土的分类与工程性质	(5)
---------------------	-----

第二节 土方工程量的计算	(8)
--------------------	-----

第三节 土方边坡与土壁支撑	(15)
---------------------	------

第四节 基坑排水与降水	(22)
-------------------	------

第五节 土方工程机械化施工	(27)
---------------------	------

第六节 土方的填筑与压实	(32)
--------------------	------

第七节 基坑(槽)施工	(36)
-------------------	------

第八节 土方工程冬期与雨期施工	(37)
-----------------------	------

第九节 土方工程质量标准与安全技术	(39)
-------------------------	------

小 结	(43)
-----------	------

习 题	(43)
-----------	------

第二章 地基处理与基础工程	(46)
---------------------	------

第一节 地基处理与加固	(46)
-------------------	------

第二节 浅基础工程施工	(55)
-------------------	------

第三节 钢筋混凝土预制桩施工	(61)
----------------------	------

第四节 钢筋混凝土灌注桩施工	(69)
----------------------	------

第五节 桩基检测与验收	(79)
-------------------	------

小 结	(83)
-----------	------

习 题	(84)
-----------	------

第三章 砌筑工程	(86)
----------------	------

第一节 脚手架工程	(87)
-----------------	------

第二节 垂直运输设施	(95)
------------------	------

第三节 砂浆的制备和运输	(97)
--------------------	------

第四节 砖砌体施工	(99)
-----------------	------

第五节 石砌体施工	(103)
-----------------	-------

第六节 砌块砌体施工	(104)
------------------	-------

第七节 框架填充墙施工	(108)
-------------------	-------

第八节 砌筑工程冬雨期施工	(110)
---------------------	-------

第九节 砌筑工程的质量标准及安全技术	(113)
--------------------------	-------

小 结	(119)
-----------	-------

习 题	(120)
-----------	-------

第四章 混凝土结构工程	(123)
第一节 模板工程	(123)
第二节 钢筋工程	(137)
第三节 混凝土工程	(151)
第四节 冬期施工和雨期施工措施	(174)
第五节 混凝土结构工程施工安全技术	(180)
小 结	(184)
习 题	(185)
第五章 预应力混凝土工程	(188)
第一节 概 述	(188)
第二节 先张法	(190)
第三节 后张法	(196)
第四节 无黏结预应力混凝土施工	(209)
第五节 电热法	(212)
第六节 预应力混凝土施工质量检查与安全技术	(214)
小 结	(220)
习 题	(221)
第六章 结构安装工程	(223)
第一节 索具设备	(223)
第二节 起重机械	(227)
第三节 单层工业厂房结构安装	(235)
第四节 多层装配式框架结构安装	(251)
第五节 结构安装工程质量要求及安全措施	(256)
小 结	(262)
习 题	(263)
第七章 高层建筑施工	(265)
第一节 概 述	(265)
第二节 高层建筑施工机具	(271)
第三节 高层现浇框架结构施工	(281)
第四节 高层建筑大模板施工	(283)
第五节 高层建筑液压滑升模板施工	(288)
第六节 高层建筑爬升模板施工	(292)
第七节 其他形式模板施工	(293)
第八节 高层建筑施工安全技术	(294)
小 结	(299)
习 题	(300)
第八章 钢结构工程	(302)
第一节 概 述	(302)
第二节 钢结构加工制作工艺	(308)

第三节	钢结构构件的焊接	(313)
第四节	螺栓连接	(320)
第五节	单层厂房钢结构安装工程	(323)
第六节	多层及高层钢结构安装工程	(328)
第七节	钢网架结构安装工程	(332)
第八节	钢结构涂装工程	(336)
第九节	钢结构施工的质量控制和安全措施	(341)
小 结		(345)
习 题		(346)
第九章	防水工程	(348)
第一节	防水材料	(348)
第二节	防水工程的分类与等级	(354)
第三节	屋面防水工程施工	(356)
第四节	地下防水工程施工	(367)
第五节	卫生间防水施工	(377)
小 结		(381)
习 题		(382)
第十章	装饰工程	(384)
第一节	抹灰工程	(384)
第二节	饰面工程	(391)
第三节	楼地面工程	(397)
第四节	吊顶和隔墙工程	(404)
第五节	门窗工程	(410)
第六节	涂饰工程	(416)
第七节	墙体保温工程	(418)
小 结		(429)
习 题		(430)
参考文献		(432)

绪 论

一、建筑施工技术的研究对象和任务

建筑物的施工从基础工程、主体工程到装饰工程等是一个复杂的过程,为了便于组织施工和验收,通常将建筑物划分为若干个分部 and 分项工程。一般的民用建筑按工程部位和施工的先后次序将一栋建筑的土建工程划分为地基与基础工程、主体结构工程、屋面工程和装饰装修工程等分部工程。按施工工种不同可将一栋建筑物分为土石方工程、砌筑工程、钢筋混凝土结构工程、结构吊装工程、屋面防水工程和装饰工程等分项工程。一个分部工程由若干个不同的分项工程组成,如地基与基础工程由土石方工程、砌筑工程和钢筋混凝土结构工程等分项工程组成。

每一个工种的施工,根据不同的施工环境和工程特点,可以采用不同的施工方案、不同的施工技术和机械设备、不同的劳动组织和施工组织方法来完成。建筑施工技术就是以建筑施工中各分部、分项工程为对象,研究其在不同施工条件下的施工工艺原理和施工方法等施工规律,运用先进的施工技术,选择经济合理的施工方案和施工方法,保证工程质量和施工安全,做到技术和经济统一。

建筑施工技术是建筑工程技术专业一门主干专业课。其任务是培养学生掌握建筑施工的基本知识、基本原理和基本方法,了解我国的建设方针和政策以及各项具体的技术经济规范,了解建筑施工领域国内外的新技术和发展动态,掌握分部、分项工程和单个建筑物施工方案的选择,具有独立分析和解决建筑施工技术问题的初步能力。

二、建筑施工技术的特点和学习要求

建筑施工技术是一门综合性、实践性很强的职业技术课程。它综合运用建筑材料、建筑构造、建筑测量、建筑力学、地基与基础、建筑机械和工程经济管理等学科知识,以及应用有关施工规范与施工规程来解决建筑施工中的技术问题。建筑施工与工程实践联系密切,生产实践是建筑施工发展的动力,而生产的发展日新月异,给建筑施工提供了日益丰富的研究内容,使建筑施工技术在实践中得到创新。

由于本学科涉及的知识面广、实践性强,技术发展迅速,而每章内容相互联系不太紧密,系统性、逻辑性也较差,叙述性内容比较多,学习时看懂容易,但真正理解、掌握与正确运用比较困难。在学习时,必须坚持理论联系实际的学习方法,认真学习教材内容,深刻领会其概念实质、基本原理和基本方法,重视习题和课程基本训练,选择一些典型的正在施工的建筑工地现场参观学习,了解施工全过程,加深对理论知识的理解和掌握,做到学以致用,达到培养职业能力的目的。

三、我国建筑施工技术的发展概况

我国是一个历史悠久和文化发达的国家,在古代,我们的祖先在建筑技术上有着辉煌的

成就。早在公元前 2000 年,我国劳动人民即已掌握营建宫殿等建筑技术。如商代用木结构建造的宫殿,秦代修筑的万里长城、建造的咸阳宫殿,唐代的山西五台山佛光寺大殿,辽代修建的山西应县 66 m 高的木塔及北京故宫建筑等,这都说明了当时我国的建筑技术已达到了相当高的水平。北宋的《营造法则》、清代的《工部工程做法则例》,显示了古代中国建筑的理论水平。

新中国成立后,随着社会主义建设事业的发展,我国的建筑业得到了不断的发展和提高。新中国成立初期为恢复生产力,我国建设了鞍山钢铁公司、长春第一汽车制造厂、洛阳拖拉机制造厂等 1 000 多个规模宏大的工矿企业。1958 ~ 1959 年在北京建造了人民大会堂、北京火车站、民族文化宫、中国历史博物馆和北京工人体育场等结构复杂、功能完备、装修标准高的十大建筑,其建筑面积达 70 多万 m^2 ,集中表现了我国的建筑业当时在设计、施工技术和施工组织方面已达到了相当高的水平。改革开放以后,我国工程建设再次呈现一派繁荣景象,建设了南京金陵饭店、广州白天鹅宾馆、上海新锦江宾馆、北京昆仑饭店等一批高度超过 100 m 的高层建筑。20 世纪 90 年代建成的上海金茂大厦,88 层,高 421 m,位居当今世界第四位。在工程构筑物方面,上海东方明珠电视塔高 468 m,位居世界第三位。这些工程的建设,对我国建筑业的技术进步起了很大的推动作用,大大加快了我国建筑工业化、现代化的步伐,同时也表明了我国建筑施工技术已发展到一个新的水平。

经过新中国成立以来大规模的经济建设,在建筑施工技术方面,我们不但掌握了大型工业建筑、多高层民用建筑与公共建筑施工的成套技术,而且在地基处理和基础工程施工中推广了钻孔灌注桩、旋喷桩、挖孔桩、振冲法、深层搅拌法、强夯法、地下连续墙、土层锚杆、“逆作法”施工等新技术。在现浇钢筋混凝土模板工程中推广应用了爬模、滑模、台模、筒子模、隧道模、组合钢模板、大模板、早拆模板体系。粗钢筋连接应用了电渣压力焊、钢筋气压焊、钢筋冷挤压连接、钢筋锥螺纹连接、各种钢筋直螺纹连接等先进的连接技术。混凝土工程采用了泵送混凝土、喷射混凝土、高强高效混凝土以及混凝土制备和运输的机械化、自动化设备。在预制构件方面,不断完善了挤压成型、热拌热模、立窑和折线形隧道窑养护等技术。在预应力混凝土方面,采用了无黏结工艺和整体预应力结构,推广了高效预应力混凝土技术,使我国预应力混凝土的发展从构件生产阶段进入了预应力结构生产阶段。在钢结构方面,采用了高层钢结构技术、空间钢结构技术、轻钢结构技术、钢 - 混凝土组合结构技术、高强度螺栓连接与焊接技术和钢结构防护技术。在大型结构吊装方面,随着大跨度结构与高耸结构的发展,创造了一系列具有中国特色的整体吊装技术,如集群千斤顶的同步整体提升技术,能把数百吨甚至数千吨的重物按预定要求平稳地整体提升安装就位。在墙体改革方面,利用各种工业废料制成了粉煤灰矿渣混凝土大板、膨胀珍珠岩混凝土大板、煤渣混凝土大板、粉煤灰陶粒混凝土大板等各种大型墙板,同时发展了混凝土小型空心砌块建筑体系、框架轻墙建筑体系、外墙保温隔热技术等,使墙体改革有了新的突破。近年来,激光技术在建筑施工导向、对中和测量以及液压滑升模板操作平台自动调平装置上得到应用,使工程施工精度得到了提高,同时又保证了工程质量。另外,电子计算机、工艺理论、装饰材料等方面,也开发和掌握了许多新的施工技术,有力地推动了我国建筑施工技术的发展。

四、施工规范与施工规程

建筑工程施工规范一般以“施工质量验收规范”或“施工及验收规范”表示,是为了提高

建筑施工技术水平,保证工程质量和安全,降低工程成本,对施工技术质量要求所作的一系列规定,是由国务院有关部委根据科学的建筑工程技术和实践经验综合的成果,经有关方面综合分析、研究、协商一致后制定的国家标准。这些规范是国家的技术标准,是我国建筑科学技术和实践经验的结晶,也是建筑界所有人员共同遵守的准则。

建筑工程施工质量验收规范通常按照分部工程分别制定。对建筑材料、成品与半成品的质量标准和技术条件,以及施工准备工作、施工工艺要求、施工技术要点、质量检查方法和质量检验标准等作了具体、明确的规定。凡是新建、改建、修复的工程,在设计、施工和竣工验收时,均应严格遵守相应的施工质量验收规范。

建筑施工规程比施工规范低一个等级,一般由各部委或重要的科研单位编制,报送规范的管理单位批准或备案后发布试行。它主要是为了及时推广一些新结构、新材料、新工艺、新技术而制定的标准,有时将设计与施工合并为一册,如《网架结构设计 with 施工规程》、《中型砌块建筑设计与施工规程》等。

施工规程的内容不能与施工规范相抵触,如有不同,应以规范为准。规范与规程中有关条目由其发布通知中指定的单位负责解释。随着设计和施工水平的提高,每隔一定时间,须对施工质量验收规范或规程进行相应的修订。

目前,我国建筑工程施工质量验收正在执行的标准主要有:《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002)、《砌体工程施工质量验收规范》(GB 50203—2002)、《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002)、《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2002)、《木结构工程施工质量验收规范》(GB 50206—2002)、《屋面工程质量验收规范》(GB 50207—2002)、《地下防水工程质量验收规范》(GB 50208—2002)、《建筑地面工程施工质量验收规范》(GB 50209—2002)、《建筑装饰装修工程质量验收规范》(GB 50210—2002)等 15 册。

第一章 土方工程

知识点

土的分类与工程性质,土方工程量的计算,土方工程机械化施工,土方的填筑与压实,基坑排水、降水措施与土壁支撑方法,土方工程冬、雨期施工,土方工程质量标准与安全技术。

学习目标

掌握土壁支撑的原理、方法和使用范围,轻型井点降水法施工工艺,土方填土压实方法和压实质量的检查,土方工程施工质量验收标准与安全技术要求,土方工程量的计算方法;熟悉土的分类和鉴别方法,土的工程性质及其对施工的影响,土方工程机械性能、特点和机械选择,土方工程冬、雨期施工措施;了解土方工程施工特点,流砂发生的条件及防止措施。



引例

某大厦为钢筋混凝土框架-剪力墙结构,平面布置呈矩形,建筑物总高度 120 m,占地面积约为 11 230 m²,总建筑面积 64 863 m²。地上 32 层,地下 3 层,基底标高 -14.28 m,基坑开挖深度为 14.3 m,基坑设计开挖尺寸为 148.6 m×103.5 m。基坑北面场地宽阔,西面距离二层热力站 3.5 m,南段距离银监会楼房 2.3 m,东面距离幼儿园约为 3.5 m。

根据岩土工程勘察报告,土层可分为两大层:人工堆积层和第四纪沉积层,土层计算参数如表 1-1 所示。拟建场区内地表以下地下水按含水层埋藏深度分为上层滞水(埋深 4.30~5.40 m,高程 40.96~41.90 m)、层间潜水(埋深 15.32 m,高程 30.9 m)和潜水(埋深 21.70~23.40 m,高程 24.40~24.66 m)三层。

表 1-1 土层计算参数

土层	层底标高(m)	层厚(m)	天然密度(kg/m ³)	摩擦角(°)	黏结力 c(kPa)
房渣土	-3.4	3.4	1 900	12	12
黏土	-6.2	2.8	1 900	30	12
细砂	-8.7	2.5	1 980	32	0
卵石	-12.8	4.1	2 000	45	0
细砂	-14.9	2.1	2 000	34	0
粉砂土	-16.6	1.7	2 000	37	11
细砂	-17.2	0.6	2 000	36	0
卵石	-23.3	6.1	2 000	42	0

思考:

(1) 基坑开挖土方量如何计算?

(2)为防止基坑开挖边坡坍塌,基坑开挖时边坡如何支护?

(3)为保证基坑施工时干燥,基坑开挖应如何降低地下水位?

土方工程是建筑工程施工中的主要工种之一。常见的土方工程有场地平整、基坑(基槽)与管沟开挖、地坪填土、路基填筑及基坑回填等。土方工程施工包括土(石)的挖掘、运输、填筑、平整和压实等主要施工过程,以及排水、降水和土壁支撑等准备工作与辅助工作。

第一节 土的分类与工程性质

一、土方工程的施工特点

(一)工程量大,劳动强度高

大型建筑场地的平整,土方工程量可达数百万立方米,施工面积达数平方千米,大型基坑的开挖,有的深达20多米,施工工期长,任务重,劳动强度高。在组织施工时,为了减轻繁重的体力劳动,提高生产效率,加快施工进度,降低工程成本,应尽可能采用机械化施工。

(二)施工条件复杂

土方工程施工多为露天作业,受气候、水文、地质条件影响很大,施工中不可确定的因素较多。因此,施工前必须进行充分调查研究,做好各项施工准备工作,制定合理的施工方案,确保施工顺利进行,保证工程质量。

(三)受施工场地影响较大

任何建筑物基础都有一定的埋置深度,基坑(槽)的开挖、土方的留置和存放都受到施工场地的影响,特别是城市内施工,场地狭窄,往往由于施工方案不妥,导致周围建筑设施出现安全稳定问题。因此,施工前必须充分熟悉施工场地情况,了解周围建筑结构形式和地质资料,科学规划,制定切实可行的施工方案,确保周围建筑物安全。

二、土的工程分类与鉴别方法

土的种类繁多,其分类方法也很多。根据土的颗粒级配或塑性指数可将土分为碎石类土(漂石土、块石土、卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土)、砂土(砾砂、粗砂、中砂、细砂、粉砂)和黏性土(黏土、亚黏土、轻亚黏土)等;根据土的沉积年代,黏性土可分为老黏性土、一般黏性土、新近沉积黏性土等;根据土的工程特性,又可分为特殊性土,如软土、人工填土、黄土、膨胀土、红黏土、盐渍土、冻土等。不同的土其物理力学性质不同,只有充分掌握各类土的特性,才能正确选择土方工程施工方法。

在土方工程施工中,根据土体开挖的难易程度将土分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石八类。前四类属于一般土,后四类属于岩石,其分类和鉴别方法,如表1-2所示。

土的开挖难易程度直接影响土方工程的施工方案、劳动量消耗和工程费用。土体越硬,劳动消耗量越大,工程成本越高。正确区分和鉴别土的种类,可以合理选择施工方法和准确套用定额,计算土方工程费用。

表 1-2 土的工程分类与现场鉴别方法

土的分类	土 的 名 称	可松性系数		现场鉴别方法
		K_s	K'_s	
一类土 (松软土)	砂土,粉土,冲积砂土层,种植土,泥炭(淤泥)	1.08 ~ 1.17	1.01 ~ 1.03	能用锹、锄头挖掘
二类土 (普通土)	粉质黏土,潮湿的黄土,夹有碎石、卵石的砂,种植土,填筑土及粉土混卵(碎)石	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)	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	1.24 ~ 1.30	1.04 ~ 1.07	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	整个用镐、撬棍,然后用锹挖掘,部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	硬质黏土,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	1.30 ~ 1.45	1.10 ~ 1.20	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,风化花岗岩,片麻岩	1.30 ~ 1.45	1.10 ~ 1.20	用爆破方法开挖,部分用风镐
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,微风化的安山岩、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

三、土的工程性质

土的工程性质对土方工程施工有着直接影响,也是确定土方施工方案的基本资料。土的工程性质有土的含水量、土的质量密度、土的可松性和土的渗透性。

(一)土的含水量

土的含水量是指土中水的质量占土的固体颗粒质量的百分比。

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

式中 ω ——土的含水量, %;

m_1 ——含水状态土的质量, kg;

m_2 ——烘干后土的质量, kg;

m_w ——土中水的质量, kg;

m_s ——固体颗粒的质量, 是指土经温度 105 °C 烘干的质量, kg。

土的含水量是反映土体干湿程度的重要指标, 一般采用“烘干法”或“酒精燃烧法”测定。含水量在 5% 以下的土称为干土; 在 5% ~ 30% 的土称为潮湿土; 大于 30% 的土称为湿土。土的含水量随气候条件、雨雪和地下水的影响而变化, 对土方边坡的稳定性及填方密实程度有直接的影响。

(二) 土的质量密度

土的质量密度分为天然密度和干密度, 它表示土体密实程度。

1. 土的天然密度

土的天然密度是指土在天然状态下单位体积的质量。它与土的密实程度和含水量有关。土的天然密度按下式计算:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-2)$$

式中 ρ ——土的天然密度, kg/m³;

m ——土的总质量, kg;

V ——土的体积, m³。

土的天然密度随着土颗粒的组成、孔隙的多少和含水量的变化而变化, 一般黏土的天然密度为 1 600 ~ 2 200 kg/m³, 密度越大, 土体越硬, 挖掘越困难。

2. 土的干密度

土的干密度是指土的固体颗粒质量与土的总体积的比值, 计算公式为

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1-3)$$

式中 ρ_d ——土的干密度, kg/m³;

m_s ——土的固体颗粒质量, kg;

V ——土的总体积, m³。

在一定程度上, 土的干密度反映了土体颗粒排列的紧密程度。土的干密度愈大, 表示土体愈密实。在土方填筑时, 常以土的干密度来控制土的夯实标准。

(三) 土的可松性

自然状态下的土经开挖后, 其体积因松散而增加, 虽经振动夯实, 仍然不能恢复到原状土的体积, 土的这种性质称为土的可松性。土的可松程度用可松性系数表示, 即

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-4)$$

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-5)$$

式中 K_s, K'_s ——土的最初、最终可松性系数;

V_1 ——土在天然状态下的体积, m³;

V_2 ——土挖后在松散状态下的体积, m^3 ;

V_3 ——土经压(夯)实后的体积, m^3 。

土的最初可松性系数 K_s , 是计算车辆装运土方体积及挖土机械生产率的主要参数; 土的最终可松性系数 K'_s , 是计算填方所需挖土工程量的主要参数。各类土的可松性系数见表 1-2。

(四) 土的渗透性

土的渗透性是指土体被水透过的性能。土的渗透性用渗透系数 K 表示, 它表示单位时间内水穿透土层的能力, 一般由试验确定, 以 m/d 为单位。渗透系数与土的颗粒级配、密实程度等有关, 是人工降低地下水位及选择各类井点的主要参数。土的渗透系数如表 1-3 所示。

表 1-3 土的渗透系数参考表

土的名称	渗透系数 $K(m/d)$	土的名称	渗透系数 $K(m/d)$
黏土	<0.005	中砂	$5.00 \sim 20.00$
粉质黏土	$0.005 \sim 0.10$	均质中砂	$35 \sim 50$
粉土	$0.10 \sim 0.50$	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	$1.00 \sim 5.00$		

◆特别提示

土的工程性质对土方工程施工有着直接的影响。土的可松性是进行土方工程量计算, 确定运输机具数量的重要参数; 土质、土的密度和土的渗透性影响基坑(基槽)开挖方案和降水方案的选择; 土的天然密度、干密度及含水量是决定土方边坡稳定的内因, 又是确定土体压实程度的重要物理量。

第二节 土方工程量的计算

在土方工程施工前, 通常要计算土方工程量, 根据土方工程量的大小, 拟定土方工程施工方案, 组织土方工程施工。土方工程外形往往很复杂, 不规则, 要准确计算土方工程量难度很大。一般情况下, 将其划分成一定的几何形状, 采用具有一定精度又与实际情况近似的方法计算。

一、基坑与基槽土方量的计算

(一) 基坑土方量

基坑是指长宽比小于或等于 3 的矩形土体。基坑土方量可按立体几何中拟柱体(由两个平行的平面作底的一种多面体)体积公式计算, 如图 1-1 所示。即:

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

式中 V ——基坑土方量, m^3 ;

H ——基坑深度, m ;

A_1 、 A_2 ——基坑上、下底的面积, m^2 ;

A_0 ——基坑中截面的面积, m^2 。

(二) 基槽土方量

基槽土方量计算可沿长度方向分段后,按照上述同样的方法计算,如图 1-2 所示。即:

$$V_1 = \frac{L_1}{6}(A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-7)$$

式中 V_1 ——第一段的土方量, m^3 ;

L_1 ——第一段的长度, m 。

将各段土方量相加,即得总土方量:

$$V = V_1 + V_2 + \cdots + V_n \quad (1-8)$$

式中 $V_1, V_2, \dots, V_n$ ——各段土方量, m^3 。

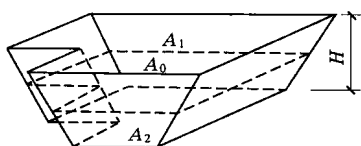


图 1-1 基坑土方量的计算

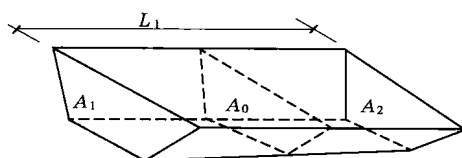


图 1-2 基槽土方量的计算

特别提示

引例中基坑土方工程量计算,可按照基坑开挖几何柱体体积计算。

二、场地平整土方量的计算

场地平整就是将天然地面平整成施工要求的设计平面。场地平整前,要确定场地的设计标高。场地设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据,合理选择场地设计标高,对减少土方量,提高施工速度具有重要意义。场地设计标高的确定应考虑以下因素:①满足生产工艺和运输要求;②充分利用地形,尽量做到挖填平衡,以减少土方量;③要有一定排水坡度($\geq 2\%$),满足排水要求;④要考虑最高洪水水位的影响。

场地设计标高属于全局规划问题,应由设计单位、甲乙双方以及有关部门协商解决。在工程实践中,设计标高由总图设计规定,在设计图纸上规定出各单体建筑、道路、区内广场等设计标高,施工单位按图纸施工即可。

场地平整土方量的计算有方格网法和断面法两种。断面法是将计算场地划分成若干横截面后逐段计算,最后将逐段计算结果汇总。断面法计算精度较低,可用于地形起伏变化较大、断面不规则的场地。当场地地形较平坦时,一般采用方格网法。

特别提示

当场地设计标高无设计文件特定要求时,可按场区内“挖填土方量平衡法”自行设计。设计时按照场地内挖填平衡原则,先计算理论设计标高,然后根据土的可松性、借弃土(挖方就近弃土,填方就近借土)以及施工场地对泄水坡度的要求,对理论计算设计标高进行调整,调整后的场地设计标高应使其场地挖填土方量少、费用低,造价合理。

(一) 方格网法

方格网法计算场地平整土方量步骤如下。