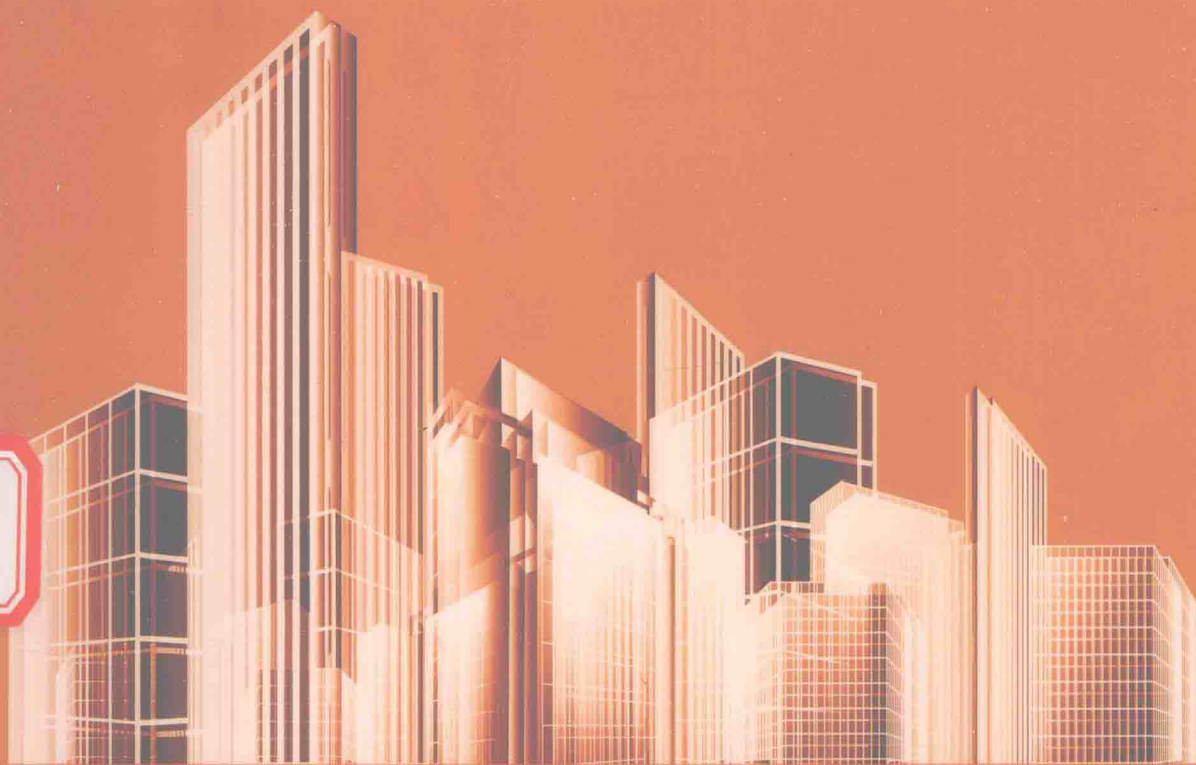


JIANZHU SHIGONG JISHU

建筑施工技术

主 编 贺晓文 陈卫东 孙 羽



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

建筑施工技术

主 编 贺晓文 陈卫东 孙 羽

副主编 张志英 郭永伟

参 编 杜雷鸣 李卫文



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书以最新建筑工程施工标准规范为依据,结合典型建筑工程施工实践进行编写。全书共分9章,重点讲述了土方工程、地基处理与桩基础工程、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、屋面及地下防水工程、装饰工程、冬期与雨期施工等内容。

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学习与参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术/贺晓文,陈卫东,孙羽主编.—北京:北京理工大学出版社,2016.8
ISBN 978-7-5682-3008-7

I.①建… II.①贺… ②陈… ③孙… III.①建筑工程—技术 IV.①TU74

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第206187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/15

字 数/375千字

版 次/2016年8月第1版 2016年8月第1次印刷

定 价/45.00元

责任编辑/孟雯雯

文案编辑/瞿义勇

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

前言

建筑施工技术是土木工程类相关专业的一门主要职业技术课程。它涉及的知识面广，实践性强，综合性大。且由于建筑工程施工技术发展迅速，所以，必须结合工程施工中的实际情况，综合解决工程施工中的技术问题。这门课程结合不同工种施工中不同的条件与设施，运用先进技术对其进行研究，选择最优的施工方案，确保了建筑工程的施工质量以及安全生产措施，并保证建筑工程能够按质按期的完成。

“建筑施工技术”是土木工程相关专业必修的基础型课程。本书以课程标准、国家现行《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB 50300—2013）以及相关专业工程施工质量验收标准规范为依据，将“内容全面新颖、概念条理清晰、强化巩固应用”作为主旨，以人才培养为目标进行编写，突出高等职业教育特点，面向生产高端技能型、应用型职业人才。本书注重理论联系实际，将学习与实践相结合，并且运用所学的知识去解决实际工程中的施工技术问题。使本书的学习者能在其中受益，不仅有理论知识装备，更能灵活运用到的实际建筑施工中去，真正做到“学以致用”。

本书着重实践能力、动手能力的培养，既保证了全书的系统性和完整性，又体现内容的实用性与可操作性，同时也反映了建筑施工的新技术、新工艺和新方法，不仅具有原理性、基础性，还具有先进性和现代性。本书语言通俗易懂、图文并茂，有很强的可行性与实用性。力求拓宽专业面，扩大知识面，以适应发展的需求。为方便教学，本书在各章前设置了知识目标和技能目标，目的是概括本章的重点内容、所要求达到的学习目标以及学生需要掌握的知识要点；在各章后均设置了本章小结和复习思考题，目的是对各章知识做出系统的总结和归纳，使学生可以完整无疏漏地复习整章学习内容。

本书由贺晓文、陈卫东、孙羽担任主编，张志英、郭永伟担任副主编，杜雷鸣、李卫文参与部分章节编写。具体编写分工为：贺晓文编写绪论、第一章和第九章；陈卫东编写第二章和第八章；孙羽编写第三章和第七章；张志英编写第四章；郭永伟编写第五章；杜雷鸣、李卫文共同编写第六章。

在本书的编写过程中，参阅了国内同行多部著作，具有很强的实用价值，在此对他们表示衷心的感谢！

由于编者能力水平有限，虽经推敲核证，难免有疏忽或不妥之处，恳请广大读者指正。

编者

目录

绪论	1	第六节 基坑(槽)施工	31
一、建筑施工技术发展概况.....	1	一、基坑开挖的方法.....	31
二、建筑工程施工的特点.....	2	二、基坑验槽的方法.....	35
三、建筑施工技术课程的研究对象、 主要内容及要求.....	2	第七节 土方工程质量标准与安全 技术	36
第一章 土方工程	4	一、土方开挖、回填质量标准.....	36
第一节 土方工程概述	4	二、土方工程安全技术.....	37
一、土方工程的内容.....	4	本章小结	38
二、土的工程分类.....	5	复习思考题	39
三、土的工程性质.....	5	第二章 地基处理与桩基础工程	40
第二节 土方工程量计算及土方调配 ... 8		第一节 地基处理及加固	40
一、场地平整计算.....	8	一、地基的局部处理.....	40
二、土方量计算.....	13	二、换填垫层.....	42
三、土方调配.....	14	三、压实、夯实、挤密地基.....	44
第三节 土方工程施工准备与辅助 工作	16	第二节 桩基础工程	48
一、土方工程施工准备.....	16	一、灌注桩施工.....	48
二、施工降水排水的编制.....	17	二、钢筋混凝土预制桩施工.....	56
第四节 土方机械化施工	22	本章小结	59
一、常用土方施工机械.....	22	复习思考题	59
二、土方机械的选择.....	27	第三章 砌筑工程	61
第五节 土方的填筑与压实	28	第一节 脚手架及垂直运输设施	61
一、土料的填筑要求.....	28	一、脚手架.....	61
二、填土压实.....	29	二、垂直运输设施.....	66

第二节 砌体施工的准备工作的	68
一、砂浆制备	68
二、砖的准备	70
第三节 砌筑工程施工	70
一、毛石基础与砖基础砌筑	70
二、砖墙砌筑	73
三、砌块砌筑	77
第四节 砌筑工程的质量要求及	
安全技术	81
一、砌筑工程的质量要求	81
二、砌筑工程的安全技术	82
本章小结	84
复习思考题	84

第四章 混凝土结构工程 86

第一节 模板工程	86
一、模板的分类	86
二、模板的安装与拆除	87
三、模板质量验收	94
第二节 钢筋工程	97
一、钢筋的分类	97
二、钢筋的机械连接	97
三、钢筋的焊接	100
四、钢筋的加工与安装	102
五、钢筋安装质量验收	103
第三节 混凝土工程	104
一、混凝土配制强度的确定	104
二、混凝土的施工配料	105
三、混凝土的搅拌	105
四、混凝土的浇筑	107
五、混凝土施工质量验收	110
第四节 钢筋混凝土预制构件	111
一、钢筋混凝土预制构件的基本	
知识	111

二、构件制作的工艺方案	111
第五节 混凝土结构工程施工的	
安全技术	112
一、模板施工的安全技术	112
二、钢筋加工的安全技术	113
三、混凝土施工的安全技术	113
本章小结	116
复习思考题	116

第五章 预应力混凝土工程 117

第一节 先张法	117
一、台座	118
二、张拉设备及夹具	119
三、预应力筋的张拉	122
四、预应力筋的放张	124
第二节 后张法	125
一、锚具	126
二、张拉设备	130
三、后张法施工	132
第三节 无粘结预应力施工工艺	137
一、无粘结预应力筋制作	137
二、无粘结预应力混凝土楼板施工	139
第四节 预应力混凝土施工质量	
检查与安全措施	141
一、预应力混凝土施工质量控制	141
二、预应力混凝土施工安全措施	146
本章小结	146
复习思考题	147

第六章 结构安装工程 148

第一节 索具设备	148
一、吊具	148
二、索具	149

第二节 起重机械	150
一、桅杆式起重机	150
二、自行式起重机	151
三、塔式起重机	153
第三节 钢筋混凝土排架结构单层	
工业厂房结构吊装	155
一、单层结构的吊装	155
二、单层结构的安装方案	162
第四节 钢结构单层工业厂房的	
制作安装	166
一、一般规定	167
二、钢结构单层工业厂房的安装	167
第五节 结构安装工程质量要求及	
安全措施	171
一、结构安装工程质量要求	171
二、结构安装工程安全措施	175
本章小结	176
复习思考题	176

第七章 屋面及地下防水工程 177

第一节 屋面防水工程	177
一、卷材防水屋面	178
二、涂膜防水屋面	182
三、刚性防水屋面	183
第二节 地下防水工程	185
一、地下结构的防水方案	185
二、防水混凝土结构施工	185
三、卷材防水层施工	187
第三节 室内其他部位防水工程	188
一、卫生间防水施工	188
二、细部防水施工	191
本章小结	192
复习思考题	192

第八章 装饰工程 194

第一节 抹灰工程	194
一、一般抹灰施工	194
二、装饰抹灰施工	197
第二节 饰面工程	198
一、饰面板安装	198
二、饰面砖镶贴	200
第三节 墙体保温工程	202
一、聚苯乙烯泡沫塑料板薄抹灰	
外墙外保温工程	202
二、胶粉聚苯颗粒外墙外保温工程	204
第四节 楼地面工程	206
一、整体面层地面施工	206
二、板块面层铺贴施工	208
第五节 吊顶和隔墙工程	209
一、吊顶工程	209
二、隔墙工程	211
第六节 涂饰及裱糊工程	213
一、涂饰工程	213
二、裱糊工程	214
第七节 门窗工程	216
一、木门窗安装	216
二、塑钢门窗安装	217
本章小结	218
复习思考题	218

第九章 冬期与雨期施工 219

第一节 冬期施工概述	219
一、冬期施工期限划分	219
二、冬期施工的特点、原则	219
第二节 地基基础工程的冬期施工	220
一、土方工程冬期施工	220
二、桩基础冬期施工	221

第三节 砌体工程冬期施工·····	221
一、砌体工程冬期施工的一般要求··	221
二、砌体工程冬期施工的常用方法··	222
第四节 混凝土结构工程的冬期 施工·····	223
一、混凝土冬期施工工艺的要求····	223
二、混凝土冬期施工方法的选择····	224
第五节 装饰装修工程和屋面工程 的冬期施工·····	225
一、装饰装修工程的冬期施工·····	225
二、屋面工程的冬期施工·····	226
第六节 雨期施工·····	226

一、雨期施工的特点及要求·····	226
二、砌体结构雨期施工的规定·····	227
三、混凝土雨期施工的规定·····	227

第七节 冬期与雨期施工的安全 技术·····	228
一、冬期施工的安全技术·····	228
二、雨期施工的安全技术·····	229
本章小结·····	230
复习思考题·····	231

参考文献·····	232
-----------	-----

绪 论

一、建筑施工技术发展概况

新中国成立初期,随着国民经济的恢复和发展,我国的建筑施工技术有了很大进步。第一个五年计划期间,我国进行了 156 项重点工程建设;在 1958—1959 年期间北京建造了人民大会堂、北京火车站、民族文化宫等十大建筑。二十世纪六七十年代,受国家经济困难及“文化大革命”的影响,建筑业出现低潮,企业发展萎缩。20 世纪 80 年代,我国实行改革开放政策,建筑业在我国出现了突飞猛进的发展,从而带动了施工技术的大发展。

改革开放 30 多年来,我国建筑业持续、稳定的发展,取得了举世瞩目的成就,建设了一大批规模宏大、结构新颖、施工难度大的建筑物,如鸟巢、水立方等北京奥运建筑,中国馆、世博中心等上海世博建筑,以及上海环球金融中心(高 492 m, 101 层,世界第三高楼)、南京紫峰大厦(高 450 m, 89 层,世界第七高楼)等世界著名超高层建筑,广州新电视塔(高 600 m, 世界第三高塔)、上海东方明珠电视塔(塔高 468 m, 世界第五高塔)等世界著名高塔,北京南站(建筑面积 420 000 m²)、南京南站(建筑面积 458 000 m²)、上海虹桥站(建筑面积 420 000 m²)、武汉站(建筑面积 355 000 m²)、广州南站(建筑面积 486 000 m²)等一大批高铁站房。它们在技术、质量、工期上,都可以与国外同类工程相媲美,同时也对我国施工技术的发展产生了巨大的推动作用,使我国施工技术水平上了一个新台阶。

目前,仅北京市每年在施工的建筑面积就超过 1 亿 m²,相当于新中国成立前全北京原有建筑面积的 6~7 倍,全国包括上海、广州、深圳等大城市及许多中型城市的建筑面积都发生了日新月异的变化,即使在一般县级城市,高层建筑和标志性建筑也都纷纷拔地而起。

我国施工技术、施工水平的发展,主要表现在以下几个方面:

(1)基础工程施工技术有了较大的进步。实现了土方机械化施工(包括挖运及回填);解决了桩基和大体积混凝土的施工问题;研究和开发了深基坑的多种支护新技术,如土钉墙、地下连续墙和逆作法施工等。

(2)模板技术推陈出新,有了较大的发展。如用于一般工程施工的中型组合钢模、钢框木(竹)胶合板,用于高层、超高层结构施工的大模板、滑模和爬模等成套模板工艺,以及用于现浇梁板结构施工的早拆模板体系等。

(3)粗钢筋连接技术有了新的突破。如闪光对焊、电渣压力焊和气压焊等焊接技术,以及套筒挤压连接和直螺纹连接技术等。

(4)混凝土施工机械化水平和预拌混凝土技术有了迅速发展。如混凝土搅拌运输车、混凝土输送泵和混凝土布料杆等施工机械和高强度、高性能混凝土的使用。

(5)装饰、防水工程得到迅速发展。如在装饰、装修工程中采用的玻璃幕墙、石材幕墙、金属幕墙、清水混凝土等施工工艺;在防水工程中采用的聚合物改性沥青防水卷材、合成高分子防水卷材、防水涂料等新材料和防水新工艺。

(6)钢结构施工技术接近或达到国际先进水平。如大型塔式起重机的使用,使 3 层一节

的钢柱得以吊装就位,高强度螺栓连接代替部分焊接,成为钢结构安装的主要手段之一。

(7)现代科学技术已在高层建筑施工中逐步得到应用。如采用激光技术作导向进行对中和测量;采用计算机技术进行土方开挖监测、大体积混凝土施工中的测温以及滑模施工中的精度控制等。

二、建筑工程施工的特点

建筑业是一个古老的行业。人类进入文明社会以来,建筑业不仅提供了人类“衣、食、住、行”四大基本需求中的“住”,也是实现“衣、食、行”的先导产业。及至现代,建筑业更是成为社会进步的标志性产业。目前,我国建筑业在国民经济五大物质生产部门中,年产值仅低于工业、农业,而高于运输业和商业,位居第三;建筑业年生产总产值达 135 303 亿元,占国内国民经济生产总值的 26%;从业人口达 3 800 万人,占全国总劳动力的 5%;加上建筑业的先导性与带动性,建筑业已成为我国社会的支柱型产业。建筑业的产品是庞大的建筑物,因此,建筑产品与工业产品相比,具有迥然不同的特殊性。

(1)人类社会对物质的需求是多种多样的,而一般的商品,如电视机、汽车等,总是可以组成若干类型后再统一规格大批量组织生产,唯独建筑产品具备特有的造型与风格。因建筑产品不是建筑商预先设计好再生产销售的,而是按业主对功能的要求设计的,故建筑产品的差异是一切产品之最,建筑物的单一性决定了建筑施工没有固定不变的模式。

(2)工业产品一般都是在固定的生产地点生产或组装成产品后运输销售给使用者的,唯独建筑产品是固定不动的,称为建筑物。它建造在一个选定地点,通过建筑施工过程,将物资与活劳动凝固成设想的建筑产品供人们使用。产品的固定性决定了建筑施工的从属地位,建筑施工不能自己设计一个理想空间,选定一套工艺稳定地组织生产,而是服从产品设定地点的需要,不断地按工程要求,流动设备与人员,使自己的生产最有效地适应工程特定的空间,包括环境、交通、气象、地质等。因地制宜是建筑施工的基本原则。

(3)没有一种工业产品可与建筑产品比较体型。比如,一幢大楼几百米高,几十万平方米的建筑面积,生产这样一个产品要动用成百上千台设备与成千上万名员工,从开工到竣工,时间跨度长达几年。建筑产品的生产过程是通过不断变换的人流将物资有机地凝聚成逐步扩大的产品,而最终产品是一个需要符合一系列功能的统一体,所以,建筑产品的生产是一个“多维”的系统工程。人、机、物在产品所给定的空间与时间中被调度安排,选择是否得当将直接影响着效率、效益与产品的质量。

建筑产品单一、固定与体型庞大的特性,决定了建筑工程施工的复杂性,没有统一的模式与章法。建筑施工技术必须兼顾天时、地利、人和,因时、因地、因人制宜,充分认识主客观条件,选用最合适的方法,经过科学组织来实现施工。所谓的建筑工程施工,就是施工技术与施工组织管理,其中,施工技术一般就是指完成一个主要工序或分项工程的单项技术,施工组织管理则是优化组合单项技术,科学地实现物料与劳动的结合,最终形成建筑产品。技术是生产力,管理也是生产力,两者同样重要。因为没有科学的组织管理,技术效果就不能得到发挥;而没有先进技术,管理也就没有了基础,两者是相辅相成的。

三、建筑施工技术课程的研究对象、主要内容及要求

1. 本课程的研究对象

“建筑施工技术”课程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、气候、机械设备和材料供应等客观条件,运用先进技术,研究其施工规律,保证工程质量,做到技术和经济的统一。

2. 本课程的主要内容

由于建筑物的施工是一个复杂的过程,所以,通常将一般民用建筑的施工过程按其施工工种的不同分为土方工程、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、屋面及地下防水工程、装饰工程门窗工程等分项工程。

“建筑施工技术”课程的主要内容是建筑工程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。通过对这些内容进行研究,最终选择经济、合理的施工方案,以保证工程按期完成。

3. 本课程的学习要求

“建筑施工技术”是一门综合性很强的施工技术课程,在学习过程中,要做到以下几点:

(1)建筑施工技术与建筑材料、房屋建筑构造、建筑工程力学等课程既相互联系,又相互影响。因此,在学好本课程的同时,还应学好上述相关课程。

(2)必须认真学习国家颁布的建筑工程施工及验收规范,因为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,也是我国建筑界所有人员应共同遵守的准则。

(3)由于本学科涉及的知识面广、实践性强,而且技术发展迅速,所以,在学习中必须坚持理论联系实际的学习方法,并能应用所学的施工技术知识来解决实际工程中的一些问题。

第一章 土方工程

知识目标

了解土方工程的简介,熟悉土的工程分类,掌握土的工程性质;熟悉土方工程的场地平整,掌握土方量的计算及调配;熟悉施工准备,掌握施工降水排水的编制;了解常用土方施工机械,熟悉土方机械的选择;了解土料的选择与填筑要求,熟悉填土压实的影响因素,掌握填土压实的方法;熟悉基坑开挖的方法,掌握基坑验槽的方法;了解土方工程有关质量标准与安全技术。

技能目标

能够辨别土类别及性质;能够平整场地、进行土方工程量计算及土方调配;能够根据工程的具体情况选择合理的排水与降水方法;能够选择合理的机械土方开挖;能够合理地填筑、压实土方;能够组织基坑(槽)开挖施工;能利用土方工程质量验收标准进行现场土方开挖,并进行质量和安全验收。

第一节 土方工程概述

一、土方工程的内容

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工作。土方工程包括平整场地、挖基坑、挖基槽、挖土方和土方回填等。

(1)平整场地。平整场地是指厚度在 300 mm 以内的挖填、找平工作。

(2)挖基坑。挖基坑是指挖土底面积在 20 m^2 以内,且底长小于或等于底宽 3 倍者。

(3)挖基槽。挖基槽是指挖土宽度在 3 m 以内,挖土长度等于或大于宽度 3 倍以上者。

(4)挖土方。挖土方是指挖土宽度在 3 m 以上,挖土底面积在 20 m^2 以外,平整场地厚度在 300 mm 以外者。

(5)土方回填。土方回填包括基础回填、室内回填和管道沟槽回填。

土方工程的特点主要有:土方工程具有量大面广、劳动繁重和施工条件复杂等特点。建筑工地的场地平整,土方工程量可达数百万立方米以上,施工面积达数千平方米,大型基坑的开挖,有的深达 30 多米。土方施工条件复杂,又多为露天作业,受气候、水文、地质等影响较大,难以确定的因素较多。因此,在组织土方工程施工前,必须做好施工组织

设计，选择好施工方法和机械设备，制订合理的土方调配方案，实行科学管理，以保证工程质量，并取得好的经济效益。

二、土的工程分类

在建筑工程施工中，根据土的坚硬程度将土分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石和特坚石八类。其中，前四类属一般土，后四类属岩石。土的工程分类方法及现场鉴别方法见表 1-1。

表 1-1 土的工程分类方法及现场鉴别方法

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，亚砂土，冲积砂土层，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)	粉质黏土，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)	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	整个用镐、撬棍，然后用锹挖掘，部分用楔子及大锤
五类土 (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	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，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
注： K_s 为最初可松性系数， K'_s 为最终可松性系数。				

三、土的工程性质

1. 土的含水量

土中水的质量与固体颗粒质量的比值称为土的含水量，用下式表示，即

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

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)。

土的含水量表示土的干湿程度，含水量在 5% 以内的土，称为干土；含水量在 5%~30% 的土，称为潮湿土；含水量大于 30% 的土，称为湿土。

在施工中，通常采用最佳含水量的土。最佳含水量是指能使填土夯实至最密实的含水量。现场判定的方法就是“手握成团，落地开花”。

含水量对于挖土的难易、施工时，边坡的稳定及回填土的夯实质量都有影响。

2. 土的天然密度

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

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

式中 m ——土的总质量(kg)；

V ——土的总体积(m^3)。

3. 土的干密度

单位体积的土中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

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

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。工程上常把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。

4. 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

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1-4)$$

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

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad (1-5)$$

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。

5. 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，用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 1-2。

$V=KI$

(1-6)

式中 V ——渗透速度(m/s)；
 K ——渗透系数(m/d)；
 I ——水力坡度，指两点的水位差 h 与渗流路径长度 L 之比，即 $I=h/L$ 。

表 1-2 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
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

6. 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

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

(1-7)

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(m³)；
 $V_{\text{松散}}$ ——土挖出后在松散状态下的体积(m³)；
 $V_{\text{压实}}$ ——土经回填压(夯)实后的体积(m³)。

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、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 1-3。

表 1-3 土的可松性系数

土的类别	K_s	K'_s	土的类别	K_s	K'_s
一类土	1.08~1.17	1.01~1.04	五类土	1.30~1.45	1.10~1.20
二类土	1.14~1.28	1.02~1.05	六类土	1.30~1.45	1.10~1.20
三类土	1.24~1.30	1.04~1.07	七类土	1.30~1.45	1.10~1.20
四类土	1.26~1.37	1.06~1.09	八类土	1.45~1.50	1.20~1.30

【例 1-1】 某基坑体积为 800 m^3 ，其基础体积为 200 m^3 ，试计算取土挖方的体积。如果运土车容量为 5 m^3 一车，回填后剩余土需运多少车次？已知： $K_s=1.30$ ， $K'_s=1.15$ 。

【解】 挖土体积： $800 \times 1.30 = 1040 (\text{m}^3)$

回填土天然体积： $200 / 1.15 = 174 (\text{m}^3)$

回填土松散体积： $174 \times 1.30 = 226.2 (\text{m}^3)$

弃土体积： $1040 - 226.2 = 813.8 (\text{m}^3)$

运土车次： $n = 813.8 / 5 = 163 (\text{车次})$

第二节 土方工程量计算及土方调配

一、场地平整计算

1. 场地平整

建筑场地通常按照平面图竖向设计要求，设置在一个高程或几个不同高程的平面上。所以土方工程施工时，必须对建设场地进行平整。场地平整就是将高低不平的天然地面改造成我们所要求的设计的平坦地面。当场地对高程无特殊要求时，一般可以根据在平整前和平整后的土方量相等的原则来确定场地的设计高程，使挖土土方量和填土土方量基本一致，从而减少场地土方施工的工程量，使开挖出的土方得到合理的利用。

2. 确定场地设计标高时应考虑的因素

场地设计标高一般由设计单位确定，它是进行场地平整和土方量计算的依据。合理地确定场地设计标高，对减少土方量、节约土方运输费用以及加快建设速度都具有十分重要的经济意义。选择设计标高时，需考虑以下因素：

(1) 满足建筑规划、生产工艺和运输的要求。

(2) 尽量利用地形，以减小挖填土方量。

(3) 场地内的挖方、填方尽量平衡且土方量最小(面积大、地形又复杂时例外)，以便降低土方工程的施工费用。

(4) 场内要有一定的泄水坡度($i \geq 0.2\%$)，以满足排水的要求。

(5) 考虑最高洪水水位的要求。

(6) 满足市政道路与规划的要求。

3. 初步确定场地设计标高

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，使土方量和填方量保持平衡，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 a 为 $10 \sim 40 \text{ m}$ 的方格网，如图 1-1(a)所示，然后标出各方格角点的自然标高。各角点的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。

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

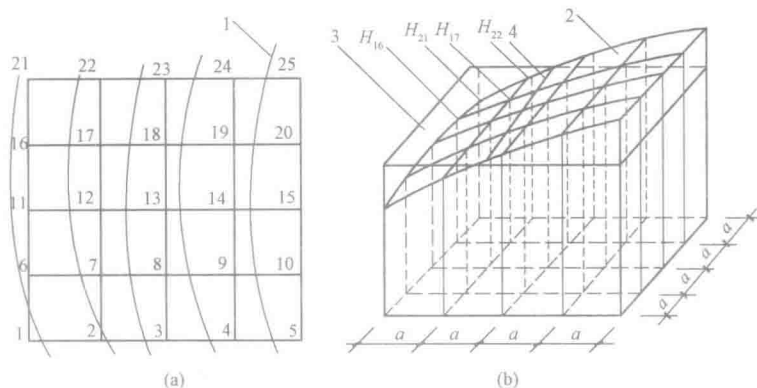


图 1-1 场地设计标高计算简图

(a)地形图上划分方格网；(b)设计标高示意图

1—等高线；2—自然地面；3—设计标高平面；4—零线

均值。可按下式计算：

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

所以

$$H_0 = \frac{\sum (H_{16} + H_{17} + H_{21} + H_{22})}{4M} \quad (1-8)$$

式中

H_0 ——所计算场地的设计标高(m)；

a ——方格边长(m)；

M ——方格网个数；

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，某些角点是四个相邻方格的公共角点，其标高需加四次；某些角点是三个相邻方格的公共角点，其标高需加三次；而某些角点标高仅需加两次；又如方格网四角的角点标高仅需加一次，因此，上式可改写成

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4M} \quad (1-9)$$

式中 H_1 ——一个方格仅有的角点标高(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)。

4. 场地设计标高的调整

(1)由于土的可松性，按 H_0 进行施工，会使填土有剩余，为此需相应地提高设计标高，以达到土方量的实际平衡。

(2)场地泄水坡度对角点设计标高的影响。

(3)由于设计标高以上的各种填方工程(如场区上填筑路堤)需降低设计标高，或者由于设计标高以下的各种挖方工程(如挖河道、水池、基坑等)需提高设计标高。

(4)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。