



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

（上册）

建筑施工技术

陈杭旭 彭根堂 主 编
沈万岳 杨惠忠 副主编
蔡祖炼 梁 群



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

（上册）

建筑施工技术

主 编	陈杭旭	彭根堂
副主编	沈万岳	杨惠忠
	蔡祖炼	梁 群
编 写	张小建	谢春江
	瞿 龙	陈 亮
主 审	沈克仁	项建国



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）。

本书取材力图反映较基础、较实用的建筑施工技术，融合了最新出版的施工技术规范、施工质量验收规范和设计规范，以够用、适度为原则，适应教学需要和社会普及需要。根据建筑节能的发展需要增加了较前沿的建筑节能内容。在每章的章首有本章学习要求，且每章均有独立成节的经典施工成败案例，一方面启发学生，另一方面便于现场施工技术人员参考。

本书由浙江建设职业技术学院、浙江诚达建设有限公司、浙江五洲工程项目管理有限公司、浙江亚厦装饰股份有限公司、杭州第四建筑工程公司、杭州绿谷建筑技术咨询有限公司等校企教授、高工合作编写，编者均为多年从事教育及具有施工实际经验的中高级职称人员，因此在内容上较贴近实际性和强调实用性。

本书主要作为高职高专院校土建施工类、工程管理类、市政工程类、建筑设备类专业教材。

图书在版编目（CIP）数据

建筑施工技术：全2册/陈杭旭，彭根堂主编. —北京：中国电力出版社，2015.2

普通高等教育“十二五”规划教材. 高职高专教育

ISBN 978-7-5123-6825-5

I. ①建… II. ①陈…②彭… III. ①建筑工程-工程施工-高等职业教育-教材 IV. ①TU74

中国版本图书馆CIP数据核字（2015）第026876号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015年2月第一版 2015年2月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 40印张 862千字 5插页

定价 78.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

一、《建筑施工技术》课程的性质

《建筑施工技术》是根据建筑工程技术专业或土木工程专业的人才培养定位及职业岗位的知识、能力、素质要求而设置的一门核心课程。它是以传授土建各主要分部分项工程的施工工艺、施工方法、施工质量验收知识和施工计算方法的一门课程。该课程具有较强的综合性及应用性，可培养学生综合应用先前学过的建筑材料、建筑测量、建筑力学、建筑构造与识图、建筑结构和地基基础课程知识，根据一般施工图和施工现场环境条件选择土建各主要分部分项工程的适当施工工艺和施工方法的能力，选择合适的建筑材料和施工机械能力，培养学生在土建各主要分部分项工程中必要施工计算能力和施工质量验收能力，这些能力多少也是建筑施工现场专业人员包括施工员、质量员、安全员、标准员、材料员、机械员、劳务员和资料员“八大员”所必须具备的基本知识和基本技能。

二、建筑工程施工质量验收的划分

任何一栋建筑物的施工都是一个系统工程，为了有效杜绝和防范质量安全事故，《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB 50300—2013）在基本规定的第一条就明确规定：在开工前的施工现场应具有健全的质量管理体系、相应的施工技术标准、施工质量检验制度和综合施工质量水平评定考核制度。施工现场质量管理可按附录 A 的要求进行检查记录，由总监理工程师下检查结论。同时，一栋建筑的施工也是一个复杂的过程，为了便于组织施工和验收，《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB 50300—2013）将单位工程的施工按工程部位和专业性质划分为十大分部（见附录 B）。这十大分部分别是地基与基础、主体结构、建筑装饰装修、建筑屋面、建筑节能、建筑给排水及采暖、建筑电气、智能建筑、通风与空调、电梯分部。前五大分部（俗称土建五大分部）主要由土建施工人员来完成，是本书所研究的对象；后五大分部（俗称安装分部）是由各专业工程技术管理人员配合协调施工完成的。分部工程一般较大或较复杂，通常按材料种类、施工特点、施工程序、专业系统及类别将其划分为若干子分部工程，如主体分部就是按材料分为混凝土结构、砌体结构、钢结构、钢管混凝土结构、型钢混凝土结构、铝合金结构和木结构 6 个子分部，其中量大面广的混凝土结构和砌体结构施工也是本书所研究的对象。为了进一步便于组织施工和验收的需要，在子分部下又按主要工种、材料、施工工艺、设备类别划分为各个分项工程，如地基与基础分部工程下的基坑支护子分部就是按基坑支护施工工艺分为灌注桩排桩围护墙、型钢水泥土搅拌墙、土钉墙、水泥土重力挡墙等各个分项工程；主体分部下的混凝土子分部则按主要工种和施工工艺分为模板、钢筋、混凝土、预应力、现浇结构、装配式结构 6 个分项工程。

另外，室外工程的划分见附录 C。

一栋建筑物的施工过程本身就是一个质量验收过程，过程控制必须贯穿始终，因此在建筑施工技术课程中两部分内容必须合并学习。分项工程一般划分为检验批进行验收，这样有助于及时纠正施工中出现的质量问题，确保工程质量符合施工实际需要。例如，多层及高层建筑工程中主体分部的分项工程是按楼层或施工段来划分检验批，单层建筑工程中的分项工程则按变形缝等划分检验批。检验批的施工质量验收表格具体实例见附录 D、E、F。

三、学好《建筑施工技术》这门课程的建议

《建筑施工技术》这门课程的特点是实践性强，综合性大，社会性广，施工工艺和施工方法发

展快、更新快,教材内容有时跟不上现场施工技术的变化。如何学好这门课程呢?笔者提出5条建议:第一,在保证安全的前提下,利用课余、节假日、寒暑假,深入工地进行认识和实践;第二,充分利用校内资源(如图书馆和精品课程网)和校外资源(如互联网包括筑龙网和一、二级建造师相关网站的大量视频与照片);第三,认真完成建筑施工技术精品课程网或资源库的习题库和二级建造师相关建筑施工技术部分的习题库作业,进一步加深理解各知识点;第四,伴随着课程的深入,精读相关建筑工程各专业施工质量验收规范、各专业施工技术规范的内容和设计规范的构造部分内容,特别是相关条款的解释说明部分会让人有受益匪浅、触类旁通之感;第五,加强学习相关重要课程知识,特别是建筑结构中的混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图11G101-1(现浇混凝土框架、剪力墙、梁、板)、11G101-2(板式楼梯)、11G101-3(独立基础、条形基础、筏形基础及桩基承台),当然还要学习一些重要标准图集,如预应力管桩和钻孔灌注桩标准图集、预应力吊车梁和屋架标准图集等,按图施工是施工的最重要原则,基坑支护施工图、建筑与结构施工图和相关各种标准图集是建筑工程施工的最重要依据,只有循序渐进读懂读通图纸表达内容和相关节点构造,才能为学习和掌握建筑施工技术打下坚实的基础。此外,每套施工图纸的建筑总说明和结构总说明也有大量的施工技术信息需要仔细阅读领会,如屋面与地下防水做法、各部位装饰工程做法、材料选择、抗震等级、各种特殊结构节点做法、过梁构造柱做法交代等,见附录G、H。

四、本书特点与教材的编审人员

本书在编写时,取材上力图反映较基础、较实用的建筑施工技术,融合了最新出版的施工规范、施工技术规范、施工质量验收规范和设计规范,以足够适用为原则,以适应教学需要和社会普及需要,由于建筑节能的发展需要增加了较前沿的第九章建筑节能内容。在每章的章首都有本章学习要求,且每章均有独立成节的住建部要求的经典施工成败案例,一方面启发学生,另一方面便于现场施工技术人员参考。

本书的编写人员均为多年从事教育及具有施工实践经验的中高级职称人员,因此在内容上较贴近实际性和强调实用性。本书由浙江建设职业技术学院陈杭旭副教授担任第一主编,彭根堂高工担任第二主编。教材编写人员:第一章由陈杭旭与浙江诚达建设有限公司谢春江高工编写,第二章由陈杭旭编写,第三章由彭根堂与浙江五洲工程项目管理有限公司瞿龙编写,第四章由陈杭旭和张小建教授级高工编写,第五章由蔡祖炼编写,第六章由杭州第四建筑工程公司梁群编写,第七章由彭根堂与浙江亚厦装饰股份有限公司陈亮编写,第八章由沈万岳高工编写,第九章由杭州绿谷建筑技术咨询有限公司建筑节能专家杨惠忠编写。本书由资深高级工程师沈克仁、项建国教授主审。

本书在编写过程中得到了原浙江宝业建设集团有限公司总工程师俞增民、浙江一建建设集团有限公司俞宏高级工程师、浙江建院资深高级工程师王云江的全程参与和指导,得到了浙江建院何辉院长、建工系副主任沙玲教授、浙江建院成教学院蔡昌辉院长和管雪妹副院长的大力支持,还得到了浙江宝业建设集团有限公司、浙江诚达建设有限公司、浙江明康工程咨询有限公司等知名企业的鼎力相助。在这里一并表示衷心的感谢!

编者

2014年10月

目 录

前言

上 册

第一章 土方工程	1
第一节 概述	1
第二节 土方与土方调配量计算	4
第三节 土方工程施工要点	17
第四节 土方工程的机械化施工	40
第五节 土方填筑与压实	57
第六节 土方工程质量标准与安全技术要求	59
第七节 工程实践案例	61
【案例1】 杭州天工艺苑工程地下室围护综合施工实录	61
【案例2】 某工程基坑支护施工失败案例	63
复习思考题	64
习题	65
第二章 地基与基础	67
第一节 地基处理施工	67
第二节 桩基工程施工	74
第三节 桩承台与筏形基础施工	107
第四节 工程实践案例	109
【案例1】 先张法预应力混凝土管桩施工案例	109
【案例2】 泥浆护壁钻孔灌注桩施工案例	112
复习思考题	114
习题	115
第三章 砌筑工程	116
第一节 砌体工程概述	116
第二节 砖砌体砌筑	124
第三节 砌块砌体砌筑	140
第四节 填充墙砌筑	148
第五节 砌筑工程施工质量通病及防治	153
第六节 工程实践案例	155
【案例1】 混凝土多孔砖砌体施工案例	155
【案例2】 填充墙砌筑施工案例	156
复习思考题	159
第四章 混凝土结构工程	160

第一节	混凝土结构概述	160
第二节	模板安装与拆除工程	161
第三节	模板及支架的设计	203
第四节	钢筋工程	219
第五节	混凝土工程	250
第六节	工程实践案例	297
	【案例 1】 楼板板面钢筋踩踏导致的板支座边严重裂缝	297
	【案例 2】 某剧场挑台柱子混凝土工程质量事故	298
	复习思考题	300
	习题	302
附录 A	施工现场质量管理检查记录	304
附录 B	建筑工程的分部工程、分项工程划分	305
附录 C	室外工程的划分	309
附录 D	模板、钢筋分项工程各子项目检验批质量验收记录	310
附录 E	混凝土、现浇混凝土分项工程各子项目检验批质量验收记录	316
附录 F	砌体工程检验批质量验收记录	321

下 册

第五章	预应力混凝土工程	323
第一节	概述	323
第二节	预应力钢筋	325
第三节	先张法施工	330
第四节	有黏结后张法施工	339
第五节	无黏结后张法施工	365
第六节	预应力工程相关规范规定	373
第七节	工程实践案例	380
	【案例 1】 有黏结后张法的施工案例	380
	【案例 2】 无黏结后张法的施工案例	382
	复习思考题	384
	习题	385
第六章	建筑施工机具与设施	386
第一节	塔式起重机	386
第二节	施工升降机	392
第三节	脚手架工程	396
第四节	工程实践案例	434
	【案例 1】 内爬式塔式起重机与施工电梯配置案例	434
	【案例 2】 塔式起重机与升降机配置案例	435
	复习思考题	435

习题	436
第七章 防水工程	437
第一节 防水工程概述	437
第二节 地下防水工程施工	441
第三节 屋面防水工程施工	459
第四节 厕浴间防水及建筑外墙防水施工	477
第五节 防水工程施工质量通病及防治	484
第六节 工程实践案例	489
【案例 1】地下室防水施工案例	489
【案例 2】屋面施工渗漏质量问题案例	491
【案例 3】外墙面施工渗漏质量问题案例	491
复习思考题	492
第八章 建筑装饰装修工程	493
第一节 建筑装饰装修工程概述	493
第二节 抹灰工程	494
第三节 饰面板(砖)工程	503
第四节 门窗工程	521
第五节 楼地面工程	525
第六节 轻质隔墙工程	537
第七节 吊顶工程	539
第八节 涂饰工程	545
第九节 裱糊工程	550
第十节 幕墙工程	552
第十一节 工程实践案例	560
【案例 1】干挂花岗岩施工案例	560
【案例 2】环氧树脂地坪施工案例	562
复习思考题	563
第九章 建筑节能工程	565
第一节 建筑节能概述	565
第二节 墙体节能工程材料、构造、施工工艺和质量控制	568
第三节 屋面节能工程	596
第四节 门窗节能工程	601
第五节 幕墙节能工程	606
第六节 建筑节能工程的检测与评估	609
第七节 建筑节能的防火	612
第八节 工程实践案例	614
复习思考题	622
参考文献	623

第一章 土方工程

本章学习要求

了解土的工程性质、边坡留设和土方调配的原则。

掌握土方量计算的方法、场地设计标高确定的方法和用表上作业法进行土方调配。

能熟悉深浅基坑的各种常用支护方法并了解其适用范围和基坑监测项目。

理解流砂产生的原因，并了解其防治方法；掌握轻型井点设计并了解喷射井点、电渗井点和深井井点的适用范围。

掌握基坑土方开挖的一般原则、方法和注意事项，了解常用土方机械的性能及适用范围并能正确地合理地选用。

掌握填土压实的方法和影响填土压实质量的影响因素。

掌握土方工程质量标准与安全技术要求。

第一节 概 述

一、土方工程的施工特点

常见的土方工程包括以下几个方面。

(1) 场地平整：包括确定场地设计标高，计算挖、填土方量，合理地进行土方调配等。

(2) 土方的开挖、填筑和运输等主要施工，以及排水、降水和土壁边坡和支护结构等。

(3) 土方回填与压实：包括土料选择，填土压实的方法及密实度检验等。

土方工程施工，要求标高准确、断面合理，土体有足够的强度和稳定性，土方量少，工期短，费用省。但土方工程具有工程量大、施工工期长、劳动强度大的特点，如大型建设项目的场地平整和深基坑开挖中，施工面积可达数平方千米，土方工程量可达数百万立方米以上。另外，土方工程的施工条件复杂又多为露天作业，受气候、水文、地质和邻近建（构）筑物等条件的影响较大，且天然或人工填筑形成的土石成分复杂，难以确定的因素较多。因此，在组织土方工程施工前，必须做好施工前的准备工作，完成场地清理，仔细研究勘察设计文件并进行现场勘察；制定严密合理和经济的施工组织设计，做好施工方案，选择好施工方法和机械设备，尽可能采用先进的施工工艺和施工组织，实现土方工程施工综合机械化。制订合理的土方调配方案，制定好保证工程质量的技术措施和安全文明施工措施，对质量通病做好预防措施等。

二、土的工程分类与现场鉴别方法

土的种类繁多，其分类方法各异。土方工程施工中，按土的开挖难易程度分为 8 类，见表 1-1。表中一至四类为土，五至八类为岩石。在选择施工挖土机械和套建筑安装工程劳动定额时要依据土的工程类别进行选择。

表 1-1

土 的 工 程 分 类

土的分类	土的级别	土的名称	密度 (kg/m ³)	开挖方法及工具
一类土 (松软土)	I	砂土；粉土；冲积砂土层；疏松的 种植土；淤泥（泥炭）	600~1500	用锹、锄头挖掘，少许 用脚蹬

续表

土的分类	土的级别	土的名称	密度（kg/m ³ ）	开挖方法及工具
二类土 （普通土）	Ⅱ	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	1100~1600	用锹、锄头挖掘，少许用镐翻松
三类土 （坚土）	Ⅲ	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；压实的填土	1750~1900	主要用镐，少许用锹、锄头挖掘，部分用撬棍
四类土 （砂砾坚土）	Ⅳ	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	1900	整个先用镐、撬棍，后用锹挖掘，部分用楔子及大锤
五类土 （软石）	Ⅴ	硬质黏土；中密的页岩、泥灰岩、白垩土；胶结不紧的砾岩；软石灰岩及贝壳石灰岩	1100~2700	用镐或撬棍、大锤挖掘，部分使用爆破方法
六类土 （次坚石）	Ⅵ	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；片麻岩及正长岩	2200~2900	用爆破方法开挖，部分用风镐
七类土 （坚石）	Ⅶ	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；微风化安山岩；玄武岩	2500~3100	用爆破方法开挖
八类土 （特坚土）	Ⅷ	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、角闪岩、玢岩、辉绿岩	2700~3300	用爆破方法开挖

三、土的基本性质

1. 土的天然含水量

土的含水量 ω 是土中水的质量与固体颗粒质量之比的百分率，即

$$\omega = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \tag{1-1}$$

式中： m_w 为土中水的质量； m_s 为土中固体颗粒的质量。

2. 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

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{1-2}$$

式中： m 为土的总质量； V 为土的天然体积。

单位体积中土的固体颗粒的质量称为土的干密度，土的干密度用 ρ_d 表示

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \tag{1-3}$$

式中： m_s 为土中固体颗粒的质量； V 为土的天然体积。

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。土的干密度 ρ_d 与土的天然密度 ρ 之间有如下关系

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_s + m_w}{V} = \frac{m_s + \omega m_s}{V} = (1 + \omega) \frac{m_s}{V} = (1 + \omega) \rho_d$$

$$\text{即} \quad \rho_d = \frac{\rho}{1 + \omega} \quad (1-4)$$

3. 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,但仍不能恢复其原来的体积。土的可松性程度用可松性系数表示,即

$$K_s = \frac{V_{\text{松散}}}{V_{\text{原状}}} \quad (1-5)$$

$$K'_s = \frac{V_{\text{压实}}}{V_{\text{原状}}} \quad (1-6)$$

式中: K_s 为土的最初可松性系数; K'_s 为土的最后可松性系数; $V_{\text{原状}}$ 为土在天然状态下的体积, m^3 ; $V_{\text{松散}}$ 为土挖出后在松散状态下的体积, m^3 ; $V_{\text{压实}}$ 为土经回填压(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 各种土的可松性参考值

土的类别	体积增加百分数		可松性系数	
	最初	最后	K_s	K'_s
一类土(种植土除外)	8~17	1~2.5	1.08~1.17	1.01~1.03
一类土(植物性土、泥炭)	20~30	3~4	1.20~1.30	1.03~1.04
二类土	14~28	2.5~5	1.14~1.28	1.02~1.05
三类土	24~30	4~7	1.24~1.30	1.04~1.07
四类土(泥灰岩、蛋白石除外)	26~32	6~9	1.26~1.32	1.06~1.09
四类土(泥灰岩、蛋白石)	33~37	11~15	1.33~1.37	1.11~1.15
五至七类土	30~45	10~20	1.30~1.45	1.10~1.20
八类土	45~50	20~30	1.45~1.50	1.20~1.30

4. 土的渗透性

土的渗透性是指水通过土中孔隙的难易程度,水在单位时间内穿透土层的能力称为渗透系数,用 k 表示,单位为 m/d 。地下水在土中渗流速度一般可按达西定律计算,其公式如下

$$v = k \frac{H_1 - H_2}{L} = k \frac{h}{L} = ki \quad (1-7)$$

式中: v 为水在土中的渗透速度, m/d ; i 为水力坡度, $i = \frac{H_1 - H_2}{L}$,即A、B两点水头差与其水平距离之比; k 为土的渗透系数, m/d 。

从达西公式可以看出渗透系数的物理意义:当水力坡度 i 等于1时,渗透速度 v 即为渗透系数 k ,单位同样为 m/d 。 k 值的大小反映土体透水性的强弱,影响施工降水与排水的速度;土的渗透系数可以通过室内渗透试验或现场抽水试验测定,一般土的渗透系数见表1-3。

表 1-3

土的渗透系数 k 参考值

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	$5.0 \sim 25.0$
粉质黏土	$0.005 \sim 0.1$	均质中砂	$35 \sim 50$
粉土	$0.1 \sim 0.5$	粗砂	$20 \sim 50$
黄土	$0.25 \sim 0.5$	圆砾	$50 \sim 100$
粉砂	$0.5 \sim 5.0$	卵石	$100 \sim 500$
细砂	$1.0 \sim 10.0$	无填充物卵石	$500 \sim 1000$

第二节 土方与土方调配量计算

一、基坑、基槽土方量计算

1. 土方边坡

在开挖基坑、沟槽或填筑路堤时,为了防止塌方,保证施工安全及边坡稳定,其边沿应考虑放坡。土方边坡的坡度以其高度 H 与底宽 B 之比(图 1-1)表示,即

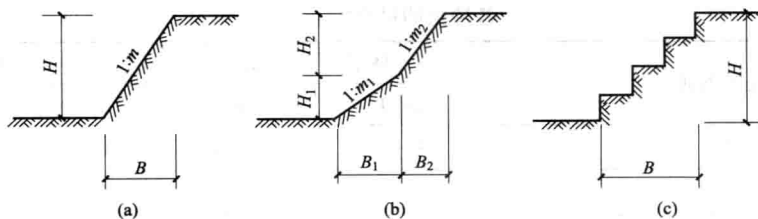


图 1-1 土方边坡

(a) 直线形; (b) 折线形; (c) 踏步形

$$\text{土方边坡的坡度} = \frac{H}{B} = \frac{1}{\frac{B}{H}} = 1:m$$

式中: $m=B/H$, 称为坡度系数。其意义为: 当边坡高度为 H 时, 其边坡宽度 B 则等于 mH 。

2. 基坑、基槽土方量计算

基坑土方量可按立体几何中的拟柱体(由两个平行的平面做底的一种多面体)体积公式计算(图 1-2), 即

$$V = \frac{H}{6}(A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-8)$$

式中: H 为基坑深度, m ; A_1 、 A_2 为基坑上、下的底面积, m^2 ; A_0 为基坑的中间位置截面面积, m^2 。

基槽和路堤的土方量可以沿长度方向分段后, 再用同样方法计算(图 1-3)

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

式中: V_1 为第一段的土方量, m^3 ; L_1 为第一段的长度, m 。

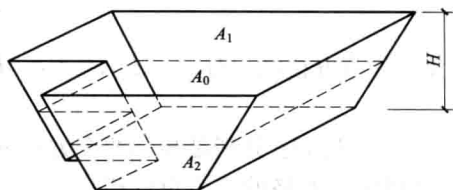


图 1-2 基坑土方量计算

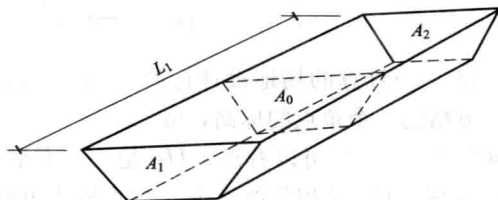


图 1-3 基槽土方量计算

将各段土方量相加即得总土方量

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n$$

式中： $V_1, V_2, \dots, V_n$ 分别为各分段的土方量， m^3 。

二、场地平整土方量计算

1. 场地设计标高的确定

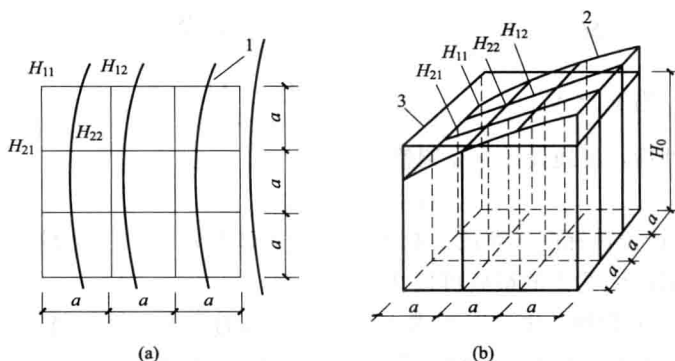
对于较大面积的场地平整，合理地确定场地的设计标高，对减少土方量和加快工程进度具有重要的经济意义。一般来说，应考虑以下因素：① 满足生产工艺和运输的要求；② 尽量利用地形，分区或分台阶布置，分别确定不同的设计标高；③ 场地内挖填方平衡，土方运输量最少；④ 要有一定污水坡度（ $\geq 2\%$ ），使其能满足排水要求；⑤ 要考虑最高洪水水位的影响。

场地设计标高一般应在设计文件上规定，若设计文件对场地设计标高没有规定时，可按下述步骤来确定。

(1) 初步计算场地设计标高。初步计算场地设计标高的原则是场地内挖填方平衡，即场地内挖方总量等于填方总量。计算场地设计标高时，首先将场地的地形图根据要求的精度划分为 $10 \sim 40\text{m}$ 的方格网，如图 1-4 (a) 所示。然后求出各方格角点的地面标高。地形平坦时，可根据地形图上相邻两等高线的标高，用插入法求得；地形起伏较大或无地形图时，可在地面用木桩打好方格网，然后用仪器直接测出。

按照场地内土方的平整前及平整后相等，即挖填方平衡的原则，如图 1-4 (b) 所示，场地设计标高可按式计算

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

图 1-4 场地设计标高 H_0 计算示意

(a) 方格网划分；(b) 场地设计标高示意

1—等高线；2—自然地面；3—场地设计标高平面

$$H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4n} \quad (1-9)$$

式中: H_0 为所计算的场地设计标高, m; a 为方格边长, m; n 为方格数; H_{11} 、 H_{12} 、 H_{21} 、 H_{22} 为任一方格的 4 个角点的标高, m。

从图 1-4 (a) 可以看出, H_{11} 是一个方格的角点标高, H_{12} 及 H_{21} 分别是相邻两个方格的公共角点标高, H_{22} 是相邻的 4 个方格的公共角点标高。如果将所有方格的 4 个角点相加, 则类似 H_{11} 这样的角点标高加一次, 类似 H_{12} 、 H_{21} 的角点标高需加两次, 类似 H_{22} 的角点标高要加四次。如令 H_1 为一个方格仅有的角点标高, H_2 为两个方格共有的角点标高, H_3 为三个方格共有的角点标高, H_4 为四个方格共有的角点标高, 则场地设计标高 H_0 的计算公式 (1-9) 可改写为下列形式

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4n} \quad (1-10)$$

(2) 场地设计标高的调整。按上述公式计算的场地设计标高 H_0 仅为—理论值, 在实际运用中还需考虑以下因素进行调整。

1) 土的可松性影响。由于土具有可松性, 如按挖填平衡计算得到的场地设计标高进行挖填施工, 填土多少有富余, 特别是当土的最后一可松性系数较大时更不容忽视。如图 1-5 所示, 设 Δh 为土的可松性引起设计标高的增加值, 则设计标高调整后的总挖方体积 V'_w 应为

$$V'_w = V_w - F_w \times \Delta h \quad (1-11)$$

$$\text{总填方体积 } V'_T \text{ 应为} \quad V'_T = V'_w K'_s = (V_w - F_w \times \Delta h) K'_s \quad (1-12)$$

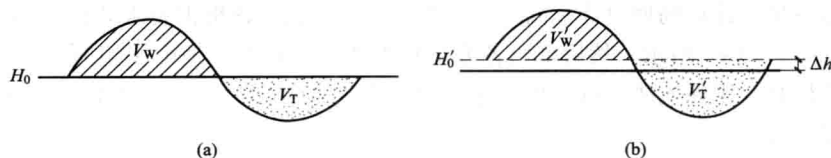


图 1-5 设计标高调整计算示意

(a) 理论设计标高; (b) 调整设计标高

此时, 填方区的标高也应与挖方区一样提高 Δh , 即

$$\Delta h = \frac{V'_T - V_T}{F_T} = \frac{(V_w - F_w \times \Delta h) K'_s - V_T}{F_T} \quad (1-13)$$

$$\text{移项整理简化得 (当 } V_T = V_w) \quad \Delta h = \frac{V_w (K'_s - 1)}{F_T + F_w K'_s} \quad (1-14)$$

故考虑土的可松性后, 场地设计标高调整为

$$H'_0 = H_0 + \Delta h \quad (1-15)$$

式中: V_w 、 V_T 为按理论设计标高计算的总挖方、总填方体积; F_w 、 F_T 为按理论设计标高计算的挖方区、填方区总面积; K'_s 为土的最后一可松性系数。

2) 场地挖方和填方的影响。由于场地内大型基坑挖出的土方、修筑路堤填高的土方, 以及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, 均会引起挖填土方量的变化。必要时, 也需调整设计标高。

为了简化计算, 场地设计标高的调整值 H'_0 , 可按下列近似公式确定, 即

$$H'_0 = H_0 \pm \frac{Q}{na^2} \quad (1-16)$$

式中: Q 为场地根据 H_0 平整后多余或不足的土方量。

3) 场地泄水坡度的影响。按上述计算和调整后的场地设计标高, 平整后场地是一个水平面。但由于排水的要求, 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 或经调整后的 H'_0 基础上, 要根据场地要求的泄水坡度, 计算出场地内各方格角点实际施工时的设计标高。当场地为单向泄水及双向泄水时, 场地各方格角点的设计标高求法如下。

① 单向泄水时场地各方格角点的设计标高 [图 1-6 (a)]。以计算出的设计标高 H_0 或调整后的设计标高 H'_0 作为场地中心线标高, 场地内任意一个方格角点的设计标高为

$$H_{dn} = H_0 \pm li \quad (1-17)$$

式中: H_{dn} 为场地内任意一方格角点的设计标高, m; l 为该方格角点至场地中心线的距离, m; i 为场地泄水坡度 (不小于 2‰); $\pm$ 表示该点比 H_0 高则取 “+”, 反之取 “-”。

例如, 图 1-6 (a) 中场地内角点 10 的设计标高: $H_{d10} = H_0 - 0.5ai$

② 双向泄水时场地各方格角点的设计标高 [图 1-6 (b)]。以计算出的设计标高 H_0 或调整后的标高 H'_0 作为场地中心点的标高, 场地内任意一个方格角点的设计标高为

$$H_{dn} = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-18)$$

式中: l_x 、 l_y 为该点于 $x-x$ 、 $y-y$ 方向上距场地中心线的距离, m; i_x 、 i_y 为场地在 $x-x$ 、 $y-y$ 方向上泄水坡度。

例如, 图 1-6 (b) 中场地内角点 10 的设计标高为

$$H_{d10} = H_0 - 0.5ai_x - 0.5ai_y$$

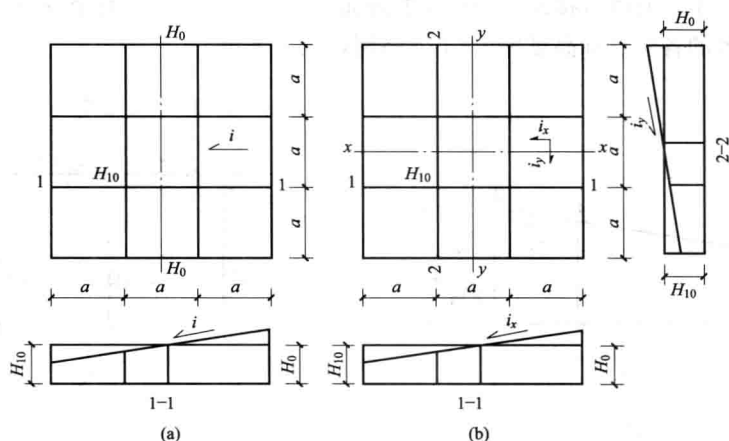


图 1-6 场地泄水坡度示意图

(a) 单向泄水; (b) 双向泄水

【例 1-1】 某建筑场地的地形图和方格网如图 1-7 所示, 方格边长为 $20\text{m} \times 20\text{m}$, $x-x$ 、 $y-y$ 方向上泄水坡度分别为 3‰ 和 2‰ 。由于土建设计、生产工艺设计和最高洪水位等方面均无特殊要求, 试根据挖填平衡原则 (不考虑可松性) 确定场地中心设计标高, 并根据 $x-x$ 、 $y-y$ 方向上泄水坡度推算各角点的设计标高。

【解】 ① 计算角点的自然地面标高。根据地形图上标设的等高线, 用插入法求出各方格角点的自然地面标高。由于地形是连续变化的, 可以假定两等高线之间的地面高低是呈直线变化的。如角点 4 的地面标高 (H_4), 从图 1-7 中可看出, 是处于两等高线相交的 AB 直线上。由图 1-8, 根据

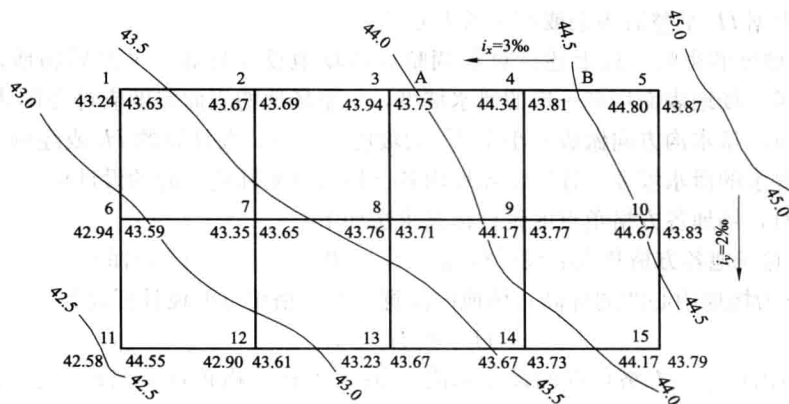


图 1-7 某建筑场地方格网布置图

相似三角形特性,可写出: $h_x : 0.5 = x : l$, 则 $h_x = \frac{0.5}{l}x$, 得 $H_4 = 44.00 + h_x$ 。

在地形图上,只要量出 x (角点 4 至 44.0 等高线的水平距离) 和 l (44.0 等高线和 44.5 等高线与 AB 直线相交的水平距离) 的长度,便可算出 H_4 的数值。但是,这种计算是烦琐的,所以,通常是采用图解法来求得各角点的自然地面标高。如图 1-9 所示,用一张透明纸,上面画出 6 根等距离的平行线 (线条尽量画细些,以免影响读数的准确), 将该透明纸放到标有方格网的地形图上,将 6 根平行线的最外两根分别对准点 A 与点 B, 这时 6 根等距离的平行线将 A、B 之间的 0.5m 的高差分成 5 等份, 于是便可直接读得角点 4 的地面标高 $H_4 = 44.34$ 。其余各角点的标高均可类此求出。用图解法求得的各角点标高见图 1-7 方格网角点左下角。

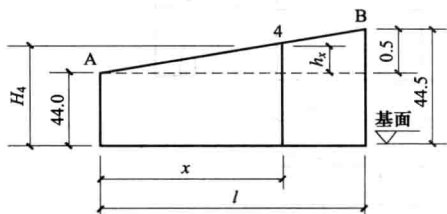


图 1-8 插入法计算标高简图

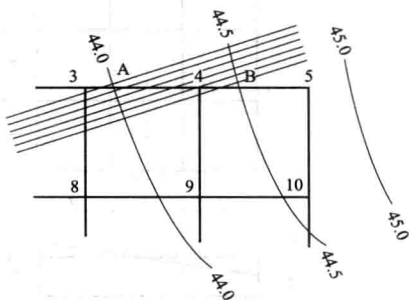


图 1-9 插入法的图解法

② 计算场地设计标高 H_0 。具体计算如下

$$\sum H_1 = 43.24 + 44.80 + 44.17 + 42.58 = 174.79(\text{m})$$

$$2\sum H_2 = 2 \times (43.67 + 43.94 + 44.34 + 43.67 + 43.23 + 42.90 + 42.94 + 44.67) = 698.72(\text{m})$$

$$4\sum H_4 = 4 \times (43.35 + 43.76 + 44.17) = 525.12(\text{m})$$

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 4H_4}{4n} = \frac{174.79 + 698.72 + 525.12}{4 \times 8} = 43.71(\text{m})$$

③ 按照要求的泄水坡度计算各方格角点的设计标高。以场地中心点即角点 8 为 H_0 (图 1-7), 其余各角点的设计标高为

$$H_{d8} = H_0 = 43.71(\text{m})$$

$$H_{d1} = H_0 - l_x i_x + l_y i_y = 43.71 - 40 \times 3\text{‰} + 20 \times 2\text{‰} = 43.71 - 0.12 + 0.04 = 43.63(\text{m})$$

$$H_{d2} = H_{d1} + 20 \times 3\text{‰} = 43.63 + 0.06 = 43.69(\text{m})$$

$$H_{d5} = H_{d2} + 60 \times 3\text{‰} = 43.69 + 0.18 = 43.87(\text{m})$$

$$H_{d6} = H_0 - 40 \times 3\text{‰} = 43.71 - 0.12 = 43.59(\text{m})$$

$$H_{d7} = H_{d6} + 20 \times 3\text{‰} = 43.59 + 0.06 = 43.65(\text{m})$$

$$H_{d11} = H_0 - 40 \times 3\text{‰} - 20 \times 2\text{‰} = 43.71 - 0.12 - 0.04 = 43.55(\text{m})$$

$$H_{d12} = H_{11} + 20 \times 3\text{‰} = 43.55 + 0.06 = 43.61(\text{m})$$

$$H_{d15} = H_{d12} + 60 \times 3\text{‰} = 43.61 + 0.18 = 43.79(\text{m})$$

其余各角点设计标高均可类此求出, 详见图 1-7 中方格网角点右下角标示。

2. 场地土方工程量计算

场地土方工程量的计算方法, 通常有方格网法和断面法两种。

方格网法适用于地形较为平坦、面积较大的场地, 断面法则多用于地形起伏变化较大或地形狭长的地带。

(1) 方格网法。仍以前面【例 1-1】为例, 其分解和计算步骤如下。

1) 划分方格网并计算场地各方格角点的施工高度。根据已有地形图(一般用 1/500 的地形图)划分成若干个方格网, 尽量与测量的纵横坐标网对应, 方格一般采用 $10\text{m} \times 10\text{m} \sim 40\text{m} \times 40\text{m}$, 将角点自然地面标高和设计标高分别标注在方格网点的左下角和右下角(图 1-10)。角点设计标高与自然地面标高的差值即各角点的施工高度, 表示为

$$h_n = H_{dn} - H_n \quad (1-19)$$

式中: h_n 为角点的施工高度, 以“+”为填, 以“-”为挖, 标注在方格网点的右上角; H_{dn} 为角点的设计标高(若无泄水坡度时, 即为场地设计标高); H_n 为角点的自然地面标高。

2) 计算各方格网点的施工高度

$$h_1 = H_{d1} - H_1 = 43.63 - 43.24 = +0.39(\text{m})$$

$$h_2 = H_{d2} - H_2 = 43.69 - 43.67 = +0.02(\text{m})$$

⋮

$$h_{15} = H_{d15} - H_{15} = 43.79 - 44.17 = -0.38(\text{m})$$

各角点的施工高度标注于图 1-11 各方格网点右上角。

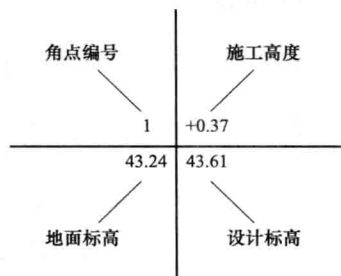


图 1-10 方格网点

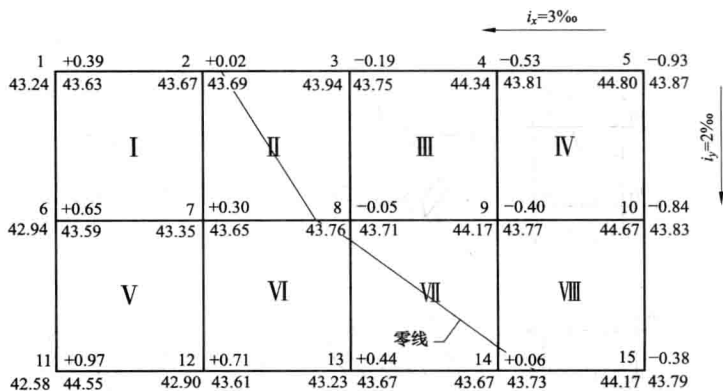


图 1-11 某建筑场地方格网挖填土方量计算图