

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



JIANZHU SHIGONG JISHU

建筑施工技术

杨正凯 张华明 主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



JIANZHU SHIGONG JISHU

建筑施工技术

主编	杨正凯	张华明
编写	张 岩	姜卫杰
	韩 飞	郭念峰
	焦 红	张 新
	边广生	李湘云
	朱冬梅	靳同红
主审	张 岩	孙济生



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYI WU GUOJIANG GAOZHUO JIAOCAI

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”规划教材。全书共分九章，主要内容包括土方工程、桩基础工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、砌筑工程、钢结构工程、建筑防水工程、装饰工程以及起重机械。本书以应用为主，理论联系实际；符合新规范、新标准和有关的技术法规；紧密切合大纲，重点突出。全书按照建筑结构组成，依据各分部分项工程的名称和建筑施工顺序编写。

本书可作为高等院校土木工程等相关专业的教材，也可作为有关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/杨正凯，张华明主编. —北京：中国电力出版社，2009

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5083-8059-9

I. 建… II. ①杨…②张… III. 建筑工程-工程施工-施工技术-高等学校-教材 IV. TU74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 187320 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 1 月第一版 2009 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 23 印张 563 千字

定价 37.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
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

建筑业是国民经济的主导产业之一。随着国民经济的飞速发展,建筑业对建筑工程从业人员提出了更高的要求。高等学校也对原有专业进行了新的划分。特别是近几年,建筑类院校发展很快,数量和规模迅速扩大,增设并调整了某些专业的招生,更加科学合理地调整了课程结构、课时要求及教学内容。这一改革体现了建筑类院校专业教育的特色和水平,使课程建设工作更加符合社会发展的需要。为适应新的教学大纲的要求,针对有关的专业特点,我们根据新的教学内容、课时数、新的规范等编写了本书,从而更适应新的教学要求。

《建筑施工技术》是建筑工程类专业的必修课程,所有与建筑工程有关的人员,都必须掌握建筑施工方面的基本理论和基本原理,熟悉基本的施工工艺、施工方法、施工技术 etc 知识。本书内容理论联系实际、以应用为主;符合新规范、新标准和有关的技术法规;紧密切合大纲,重点突出。按照建筑结构组成,依据各分部分项工程的名称和建筑施工顺序,分九章进行编制,包括土方工程、桩基础工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、砌筑工程、钢结构工程、建筑防水工程、装饰工程以及起重机械。

本书由山东建筑大学杨正凯、张华明主编,参加各章编写的有:张岩、姜卫杰、韩飞、郭念峰、邵新、焦红、张新、边广生、朱冬梅、靳同红。

全书由山东建筑大学孙济生主审。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和不足之处,希望广大师生和读者批评指正,以便我们做进一步的修改和补充。

编 者

2008年8月

目 录

前言

绪论	1
第一章 土方工程	3
第一节 概述	3
第二节 场地平整	7
第三节 土方边坡与土壁支护	22
第四节 土方工程的排水与降水	32
第五节 土方机械化施工	43
第六节 土方的填筑与压实	46
复习思考题	49
第二章 桩基础工程	51
第一节 概述	51
第二节 钢筋混凝土预制桩施工	53
第三节 钢筋混凝土灌注桩施工	63
复习思考题	76
第三章 钢筋混凝土工程	77
第一节 概述	77
第二节 钢筋工程	78
第三节 模板工程	102
第四节 混凝土工程	116
第五节 混凝土的冬期施工	137
复习思考题	143
第四章 预应力混凝土工程	147
第一节 概述	147
第二节 先张法	149
第三节 后张法	159
第四节 无粘结预应力混凝土	181
复习思考题	184
第五章 砌筑工程	185
第一节 概述	185
第二节 砌筑材料准备与运输	185
第三节 砌筑用脚手架	189
第四节 砖砌体施工	198
第五节 中小型砌块砌体施工	201

复习思考题	203
第六章 钢结构工程	205
第一节 概述	205
第二节 钢结构构件与材料	206
第三节 钢结构的制作与安装	223
复习思考题	257
第七章 建筑防水工程	258
第一节 概述	258
第二节 地下建筑防水工程	270
第三节 屋面防水工程	280
复习思考题	293
第八章 装饰工程	294
第一节 概述	294
第二节 抹灰工程	296
第三节 饰面板(砖)工程	302
第四节 涂饰工程	313
第五节 裱糊和软包工程	318
复习思考题	321
第九章 起重机械	322
第一节 自行杆式起重机	322
第二节 塔式起重机	334
第三节 桅杆式起重机	345
第四节 其他起重机械	352
第五节 起重索具和设备	353
复习思考题	359
参考文献	360

绪 论

一、建筑施工技术课程的研究对象和任务

建筑物或构筑物的生产过程称为建筑施工。一个建筑物或构筑物的施工,是由许多分部分项工程(如土石方工程、砌筑工程、混凝土结构工程、结构吊装工程、装饰工程等)组成的。而每一个分部分项工程的施工,可以采用不同的施工方案、不同的施工技术和机械设备以及选择不同的劳动组织和施工组织方法来完成。建筑施工技术就是根据施工对象的特点和规模、地质水文和气候条件、机械设备和材料供应等客观施工条件,在运用先进技术提高经济效益和确保施工质量的前提下,做到技术和经济统一,选择各分部分项工程最合理的施工方案和施工方法。

建筑施工技术课程的主要内容包括三大方面:一是各分部分项工程的施工工艺方法;二是各分部分项工程的施工工艺原理;三是各分部分项工程施工过程中保证施工质量和施工安全的措施。根据上述三大内容,按建筑物的结构组成和分部分项工程的施工顺序,本教材分别编制了:土方工程、桩基础工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、砌筑工程、钢结构工程、建筑防水工程、装饰工程以及起重机械共九章内容。

本课程的任务,是根据建筑工程专业培养目标的要求,使学生了解我国的基本建设方针和政策以及各项具体的技术经济政策,了解建筑施工领域内国内外的新技术和发展动态,掌握各分部分项工程的施工工艺方法、施工工艺原理以及保证施工质量和施工安全的措施。具有独立分析和解决建筑施工技术的初步能力,并为今后进一步学习相关知识和进行科学研究打下基础。

二、建筑施工技术课程的学习方法

建筑施工技术课程是一门综合性较强的应用学科,它要综合运用工程测量、建筑材料、建筑力学、建筑结构和经济管理等学科的相关知识,应用相关的施工规范和施工规程来解决建筑施工中的问题。因此,本学科涉及的理论面广、实践性和政策性强,而且技术发展迅速。在学习中必须坚持理论联系实际的学习方法。除了对课堂讲授的基本理论、基本知识加以理解和掌握之外,还需要随时注意党和政府颁布的有关基本建设的方针政策,以及相关的建筑施工规范和施工规程,随时了解国内外的最新发展,并对有关的实践性教学环节,如现场教学、习题和课程设计、教学参观、生产实习等给予足够的重视。

三、施工规范与施工规程(规定)

建筑工程施工的规范主要是相关的施工质量验收规范,它是国家标准,是按建筑工程的分部分项工程(如建筑地基基础工程、混凝土结构工程、钢结构工程等)分别制定,分册出版。另外,还有一本《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)。它们都是由国家建设部组织编写和颁发的重要法规。规范规定了各分部分项工程质量验收的标准、内容和方法,施工现场质量管理和质量控制要求,以及涉及结构安全的见证及抽样检测要求等。凡新建、改建、修复等工程,在施工竣工验收时均应遵守相应的施工质量验收规范。对隐蔽工程在隐蔽之前必须按规范要求进行检查和验收。

在规范中以黑体字标示的条文为强制性条文,必须严格执行。施工质量验收规范由国家建设部负责管理并对强制性条文作出解释,由各册的主编单位负责具体技术内容的解释。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进行相应的修订。

“施工规程(规定)”是比“施工质量验收规范”低一个等级的施工标准文件,多为国家行业标准,它一般由各部、委或重要的科学研究单位编制,呈报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、新工艺而制定的标准,如《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—1999)、《混凝土泵送施工技术规程》(JGJ/T 10—1995)等。有时将设计与施工合并为一册,制定设计与施工规程,如《液压滑升模板工程设计与施工规定》、《高层建筑箱形基础设计与施工规定》等,其内容主要根据结构与施工工艺特点而定。设计与施工规程(规定)一般包括总则、设计规定、计算要求、构造要求、施工规定和工程验收,有时还附有具体内容的附录。

“施工规程(规定)”试行一段时间后,条件成熟时也可以升级为国家规范。“施工规程(规定)”中有关质量验收的内容不能与“施工质量验收规范”抵触,如有不同,应以“施工质量验收规范”为准。

第一章 土方工程

第一节 概 述

土方工程主要是指土的挖掘、填筑和运输等土方施工过程,以及在土方施工中必要的施工排水、降水、土壁支撑等施工准备工作和辅助工程。在土木工程施工中,较常见的土方工程主要包括:场地平整、基坑(槽)开挖、地坪填土、路基填筑及基坑回填土等。

一、土方工程的施工特点

1. 土方工程的工程量大,劳动强度高

对于一个一般的建筑工程来说,其土方工程量通常在几千立方米,有时甚至达几万立方米,而对于大型的工业企业或民用建筑群体来说,其土方工程量可达几百万立方米。这决定了土方工程施工工期长,劳动强度高且繁杂。为此,在组织土方工程施工时,应尽可能采用机械化施工手段,合理选用施工新技术,以减低施工人员的劳动强度,提高劳动生产率,缩短施工工期,降低工程成本。

2. 土方工程施工的质量要求高

土方工程施工涉及的内容广,如管沟、基坑、基槽、地下工程等的土方开挖;基础、路基等土方的填筑等。在土方施工中,既要保证土方工程顺利实施,同时又要为后续工程的施工提供工作面。如基坑土方的开挖,应严格控制开挖的位置、高程以及基坑的长、宽、高尺寸等;同时应注重土方施工的边坡稳定以及基坑底的承载力是否满足设计要求等。为此,在土方工程施工中应严格按设计要求和施工规范的规定进行质量检查和检验,以保证土方施工的工程质量,为垫层和基础施工提供保障。

3. 土方工程的施工条件复杂

土方工程施工大多为露天作业,必然受环境以及气候等因素的影响,尤其是冬期或雨期施工,施工条件更为困难。另外,土石方的种类多、组成复杂,且其施工对象主要为天然土,施工中受地质、水文、地下障碍物等因素的影响较大。因此,在组织土方工程施工前,应进行详细的现场调查,了解和分析各项技术资料,如地形图、工程地质和水文地质勘察资料、原有地下管道、电缆和地下构筑物等资料以及土方工程施工图等,依据这些资料和分析作出土方工程施工组织设计。

土方工程施工组织设计主要解决以下几个方面的问题:

- (1) 选择适宜的施工方案和施工机械;
- (2) 合理确定土方调配方案,使总的土方工程量最少;
- (3) 合理组织施工机械,保证机械发挥最大的使用效率,降低机械使用费用;
- (4) 安排好运输道路、排水、降水、土壁支撑等一切施工准备及辅助工作;
- (5) 合理安排施工计划,尽量避免雨期施工;
- (6) 保证施工质量,对施工中可能遇到的问题,如流沙现象、边坡稳定等进行技术分析,并提出解决措施;

(7) 有确保安全施工的措施。

二、土的工程分类

土的组成成分复杂,种类繁多,分类的方法亦较多,如按土的沉积年代、按土的颗粒级配、按土体的密实度等多种分类方法。在建筑工程施工中,土方的开挖是土方工程施工的主导施工过程,为合理选择土方开挖施工方法,根据土的开挖难易程度,将土分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石和特坚石八种类型。其中,前四类属于一般土,后四类属岩石。该分类既明确了土方的施工方法和施工机具,又为确定建筑安装工程劳动定额提供了依据。

土的工程分类及开挖方法见表 1-1。

表 1-1

土的工程分类及开挖方法

序号	土的类别	土 的 名 称	密度 (kg/m ³)	开挖方法及工具
1	一类土 (松软土)	砂;亚砂土;冲积砂土层;种植土;泥炭(淤泥)	600~1500	能用锹、锄头挖掘
2	二类土 (普通土)	亚粘土;潮湿的黄土;夹有碎石、卵石的砂;种植土;填筑土及亚砂土	1100~1600	用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松
3	三类土 (坚土)	软及中等密实粘土;重亚粘土;粗砾石;干黄土及含碎石、卵石的黄土、亚粘土;压实的填筑土	1750~1900	主要用镐,少许用锹、锄头挖掘,部分用撬棍
4	四类土 (砂砾坚土)	重粘土及含碎石,卵石的粘土;粗卵石;密实的黄土;天然级配砂石;软泥灰岩及蛋白石	1900	整个用镐、撬棍,然后用锹挖掘。部分用楔子及大锤
5	五类土 (软石)	硬质粘土;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	1100~2700	用镐或撬棍、大锤挖掘,部分使用爆破方法
6	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	2200~2900	用爆破方法开挖,部分用风镐
7	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	2500~3100	用爆破方法
8	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	2700~3300	用爆破方法

三、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。土体的性质与土的组成有直接的关系,通常认为土体的基本构成主要由三相组成,即固相(土体的固体颗粒含量)、气相(主要是空气)、液相(主要是水分)。

在进行土的成分分析时,土的性质较多,如土的密实度、孔隙率、抗剪强度、土压力、可松性、含水量、渗透性等。在这里仅对土方施工中常用的基本性质说明如下。

(一) 土的天然密度和土的干密度

1. 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,用 ρ 表示,计算公式为

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

式中 m ——土的总质量, kg;

V ——土的体积, m^3 。

土的天然密度随着土的颗粒组成, 孔隙多少和水分含量的大小而变化。一般粘土的密度约为 $1.6 \sim 2.2 \text{ t/m}^3$, 天然密度大的土较坚实, 挖掘困难。

2. 土的干密度

单位体积内土的固体颗粒质量与土的总体积的比值称为土的干密度, 用 ρ_d 表示, 计算公式为

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1-2)$$

式中 m_s ——土的固体颗粒质量。

土的干密度愈大, 表明土愈密实, 在土方填筑时, 常以土的干密度来控制土的夯实标准。一般干密度在 1.6 t/m^3 以上。如果已知土的天然密度 ρ 和含水量 ω , 可按下式求干密度

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + \omega} \quad (1-3)$$

(二) 土的含水量

土的干湿程度, 用含水量表示, 即土中水的质量与土的固体颗粒质量之比, 用百分率表示, 土的含水量用 ω 表示, 计算公式为

$$\omega = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% = \frac{m - m_s}{m_s} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 m_w ——土中水的质量, kg, 为含水状态时土的质量与烘干后的土质量之差;

m_s ——土中固体颗粒的质量, kg, 为烘干后土的质量。

土的含水量对土方边坡稳定性及填土压实的质量都有影响。通常含水量在 5% 以下的土称为干土, 含水量在 5%~30% 之间的土称为湿土, 大于 30% 的土称为饱和土。

(三) 土的可松性

土具有可松性, 即自然状态下的土, 经过开挖后, 其体积因松散而增大, 以后虽经回填压实, 仍不能恢复到原来的密实度。土的可松性程度用可松性系数表示, 即

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-5)$$

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-6)$$

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 ——土经开挖后的松散体积, m^3 ;

V_3 ——土经回填压实后的体积, m^3 。

由于土方工程量是以自然状态的体积来计算的, 所以在土方调配、计算土方机械生产率及运输工具数量等的时候, 必须考虑土的可松性。如在土方工程中, 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土方量等的重要参数。

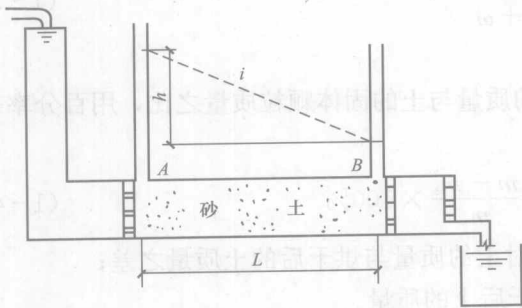
各类土的可松性系数见表 1-2。

表 1-2 土 的 可 松 性 系 数

土 的 类 别	可 松 性 系 数	
	K_s	K'_s
第一类（松软土）	1.08~1.17	1.01~1.04
第二类（普通土）	1.14~1.28	1.02~1.05
第三类（坚土）	1.24~1.30	1.04~1.07
第四类（砾砂坚土）	1.26~1.37	1.06~1.09
第五类（软石）	1.30~1.45	1.10~1.20
第六类（次坚石）	1.30~1.45	1.10~1.20
第七类（坚石）	1.30~1.45	1.10~1.20
第八类（特坚石）	1.45~1.50	1.20~1.30

(四) 土的渗透性

土的渗透性是指土体被水透过的性质。土体孔隙中的自由水在重力作用下会发生流动，当



基坑开挖至地下水位以下时，施工中的排水破坏了地下水的平衡，形成基坑周围的地下水与基坑底面的水位差，地下水会不断地流入到基坑中。地下水在土中渗透时受到土颗粒的阻力，其大小与土的渗透性及地下水渗流路线长短有关。法国学者达西根据图 1-1 所示的砂土渗透试验，发现渗流速度 (v) 与水力坡度 (i) 成正比，即

图 1-1 砂土的渗透实验 $v=Ki$ (1-7)

式中 K ——土的渗透系数，m/d；
 v ——水的渗流速度，m/d；
 i ——水力坡度。

由图 1-1 可以看出，水力坡度 (i) 是 A、B 两点的水位差 (h) 与渗流路程长度 (L) 之比，即 $i=h/L$ 。显然，水在土中的渗流速度 (v) 与土的渗透系数（由土质的组成确定）以及水位差成正比，与渗流路程的长度成反比。

土的渗透系数与土质的组成有关，其大小反映出土的透水性的强弱，通常由实验确定，表 1-3 的数值仅供参考。

表 1-3 土的渗透系数 K 参考值

土 的 种 类	K (m/d)	土 的 种 类	K (m/d)
粘土、亚粘土	<0.1	含粘土的中砂及纯细砂	20~25
亚粘土	0.1~0.5	含粘土的粗砂及纯中砂	35~50
含粘土的砂土	0.5~10	纯粗砂	50~75
纯粉砂	1.5~5.0	粗砂夹砾石	50~100
含粘土的细砂	10~15	砾石	100~200

第二节 场地平整

建筑工程施工之前,特别是比较大型的建设项目,如厂房、体育场、火车站、飞机场等占地面积广的工程项目,首要的工作就是场地平整。所谓场地平整就是将自然地面改造成人们所要求的设计平面的施工过程,即在施工区域内对原有房屋、道路、河渠等建筑物或构筑物进行拆迁;清除树墩、草皮、耕植土及淤泥等;并将天然地面削高填洼,改造成设计要求的平面,使大型土方机械有较大的工作面,能充分发挥其工作效能,并可以减少与其他工作的相互干扰。在进行场地平整施工前,要确定场地设计标高,计算挖填方工程量,确定挖填方的平衡调配,并根据工程规模、工期要求、现有土方机械设备条件等因素,拟定土方施工方案。

场地平整土方量的计算可用多种方法,如断面法、方格网法等。在此,主要介绍方格网法土方量计算。

一、场地平整设计标高的确定

场地平整设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据,也是总图规划和进行竖向设计的依据。合理地确定场地的设计标高,对于减少挖填方数量,节约土方运输费用,加快施工进度等都具有重要的经济意义。

确定场地设计标高时,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,使场内挖填方平衡,以减少土方运输费用;
- (3) 有一定泄水坡度(一般 $\geq 2\%$),满足排水要求;
- (4) 考虑最高洪水位的影响。

在工程项目建设中,特别是大型的建设项目,如工矿企业等,场地设计标高通常由总图规划设计确定,施工单位可按图施工。若设计文件没有规定,或设计单位要求建设单位提供场地平整的标高时,施工单位可根据挖填土方量平衡的原则自行设计。基本设计步骤和方法如下。

(一) 划分场地平整方格网

在已有的地形图(通常地形图的比例尺为 $1:500$)上,根据地形的起伏变化和建设用地的范围,划分若干边长相等的方格网,方格网应尽量与测量的纵横坐标方格网对应,方格网边长一般取 $10\sim 40\text{m}$,较常用的为 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 的方格。

【例 1-1】 绘制方格网。

解 图 1-2 为某建筑场地地形图和方格网,方格边长为 20m 。

(二) 确定方格网各角点的自然地面标高

在上述设定的方格网上,首先确定方格网各角点的自然地面标高。当场地起伏较大,为计算准确,常根据地形图先将方格网测设到地面上,用木桩标好方格网各角点的位置,然后根据水准点用水准仪实地测量出来。如场地没有地形图时,也可根据场地的边线,实测方格网各角点的自然地面标高。

当场地较平坦时,常根据地形图上等高线,用插入法求得方格网各角点的自然地面标高。如例 1-1 中,若要求 4 号点标高,可作出 A4B 的剖面,如图 1-3 所示。

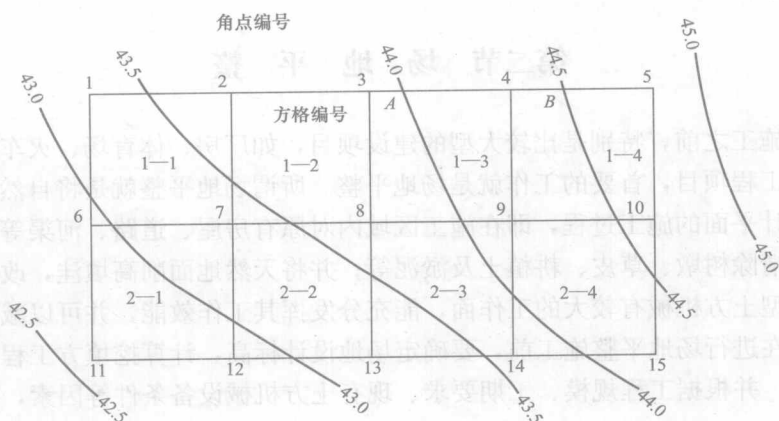


图 1-2 某建筑场地地形图和方格网

$$h_4 = h_A + h_x = 44.0 + h_x \quad (1-8)$$

$$h_x : 0.5 = x : l$$

$$h_x = \frac{0.5}{l} x \quad (1-9)$$

为了避免繁琐的计算,通常采用图解法,如图 1-4 所示。用一张透明纸,上面画 6 根等距离的平行线。把该透明纸放到标有方格网的地形图上,将 6 根平行线的最外边两根分别对准 A 点和 B 点,这时 6 根等距的平行线将 A、B 之间的 0.5m 高差分成 5 等份,于是便可直接读得角点 4 的地面标高 $H_4 = 44.34\text{m}$ 。其余各角点标高均可用该方法求出。

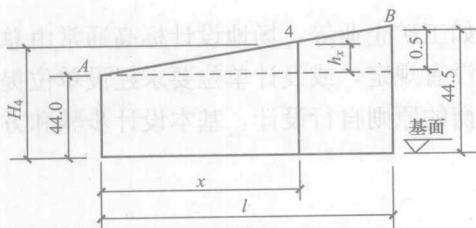


图 1-3 插入法计算简图

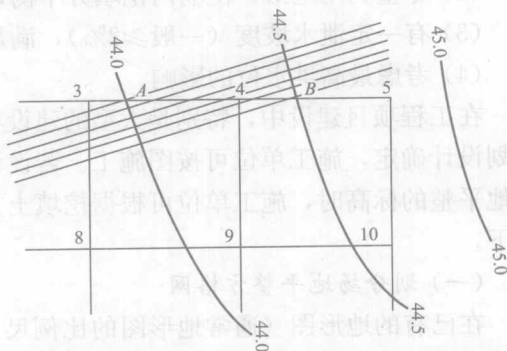


图 1-4 插入法的图解法

【例 1-2】 如例 1-1 所示方格网,求各方格角点标高。

解 各方格角点标高见图 1-5 中地面标高各值。

(三) 计算场地平整初步设计标高 H_0 。

场地平整初步设计标高的计算原则是场地内挖填方平衡,即场地内的挖方土方体积与填方所需土方体积相等。如图 1-6 所示场地,初步设计标高的可按下式计算

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

即

$$H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4N} \quad (1-10)$$

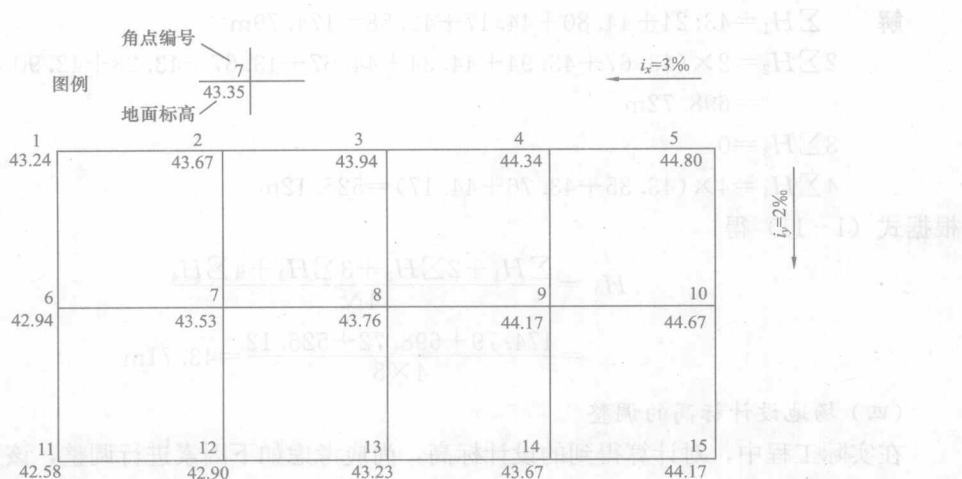


图 1-5 方格角点地面标高

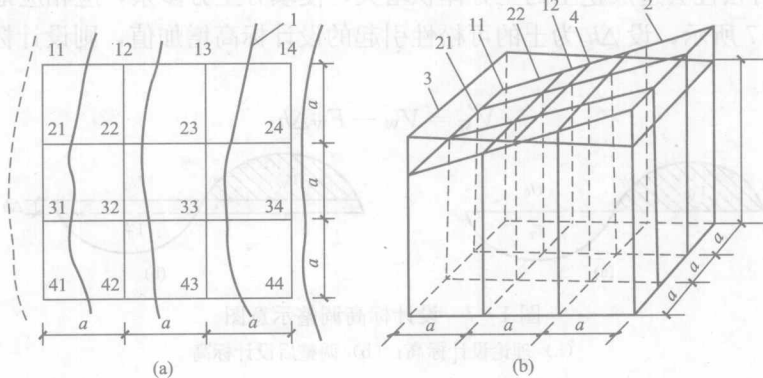


图 1-6 场地初步设计标高计算简图

(a) 地形图上划分的方格网; (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

从图 1-6 可见, H_{11} 系一个方格的角点标高; H_{12} 、 H_{21} 系相邻两个方格公共角点标高; H_{22} 则系相邻的四个方格的公共角点标高。如果将所有方格的四个角点标高相加, 则类似 H_{11} 这样的角点标高加一次, 类似 H_{12} 的角点标高加两次, 类似 H_{22} 的角点标高要加四次。因此, 上式可改写为

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4N} \quad (1-11)$$

式中 H_1 ——一个方格独有的角点标高;

H_2 ——两个方格共有的角点标高;

H_3 ——三个方格共有的角点标高;

H_4 ——四个方格共有的角点标高;

N ——方格数。

【例 1-3】如例 1-1 所示方格网, 计算场地平整初步设计标高 H_0 。

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

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

$$3\sum H_3 = 0$$

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

根据式 (1-11) 得

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4N} \\ = \frac{174.79 + 698.72 + 525.12}{4 \times 8} = 43.71\text{m}$$

(四) 场地设计标高的调整

在实际工程中, 对计算得到的设计标高, 尚应考虑如下因素进行调整, 该工作通常在完成土方量计算后进行。

1. 土的可松性影响

由于土的可松性会造成挖土的土方体积增大, 使填方土方多余, 应相应地提高场地设计标高。如图 1-7 所示, 设 Δh 为土的可松性引起的设计标高增加值, 则设计标高调整后的总挖方体积为

$$V'_w = V_w - F_w \Delta h$$



图 1-7 设计标高调整示意图

(a) 理论设计标高; (b) 调整后设计标高

总填方体积为

$$V'_T = V'_w K'_S = (V_w - F_w \Delta h) K'_S$$

此时, 填方区标高也应提高 Δh , 保持与挖方区一致, 即

$$\Delta h = \frac{V'_T - V_T}{F_T} = \frac{(V_w - F_w \Delta h) K'_S - V_T}{F_T}$$

因 $V_T = V_w$, 整理上式得

$$\Delta h = \frac{V_w (K'_S - 1)}{F_T + F_w K'_S} \quad (1-12)$$

式中 V_w 、 V_T ——按初步场地设计标高计算的总挖方、总填方的土方体积;

F_w 、 F_T ——按初步场地设计标高计算的挖方区、填方区的土方总面积;

K'_S ——土的最终可松性系数。

根据计算的 Δh , 场地平整的设计标高应调整为

$$H'_0 = H_0 + \Delta h \quad (1-13)$$

2. 考虑借土或弃土的影响

由于边坡挖填土方量不等, 或进行大型基坑、修筑路基等, 或经过经济比较, 将部分挖土方就近弃于场外或部分填方土方就近取土于场外, 从而引起挖填土方量的变化, 需相应

地增减设计标高。

为简化计算,场地设计标高调整可按下式近似确定,即

$$H'_0 = H_0 \pm \frac{Q}{na^2} \quad (1-14)$$

式中 Q ——按初步场地设计标高平整后多余或不足的土方体积;

n ——场地方格数;

a ——方格边长。

3. 考虑泄水坡度对角点设计标高的影响

按上述计算及调整后的场地设计标高进行场地平整时,则整个场地将处于同一水平面。但实际上由于排水的要求,场地表面均应有一定的泄水坡度。因此,应根据场地泄水坡度的要求(单向泄水或双向泄水),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,场地方格中各角点设计标高的计算方法。

场地用单向泄水时,以计算出的初步设计标高 H_0 作为场地中心线(与排水方向垂直的中心线)的标高,如图 1-8 所示。场地内方格任意一角点的设计标高为

$$H_n = H_0 \pm li \quad (1-15)$$

式中 H_n ——场地内方格任一角点的设计标高;

l ——该角点至场地中心线的距离;

i ——场地泄水坡度(一般不小于 2‰)。

如图 1-8 中, H_{52} 点的设计标高为

$$H_{52} = H_0 - li = H_0 - 1.5ai$$

(2) 双向泄水时,场地方格中各角点设计标高的计算法。

当场地采用双向泄水时,以计算出的初步设计标高 H_0 作为场地中心点的标高,如图 1-9 所示。场地内方格任意一角点的设计标高为

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-16)$$

式中 l_x, l_y ——该角点至场地中心线 $x-x$ 、 $y-y$ 的距离;

i_x, i_y ——场地相对于 $x-x$ 、 $y-y$ 方向上的泄水坡度。

如图 1-9 中, H_{42} 点的设计标高为

$$H_{42} = H_0 - 1.5ai_x - 0.5ai_y$$

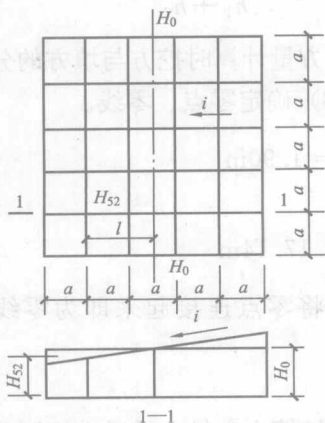


图 1-8 单向泄水坡度的场地

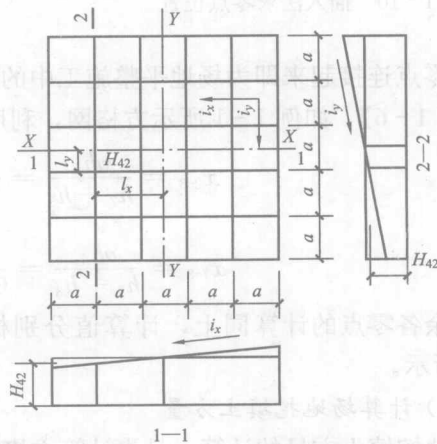


图 1-9 双向泄水坡度的场地