

建筑施工技术

(第2版)

主编 陈文建 汪静然



北京理工大学出版社



高等职业教育“十三五”规划教材

建筑施工技术

(第2版)

主 编 陈文建 汪静然
副主编 张 明
参 编 黄晓兰 季秋媛



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书包括土方工程、基础工程、脚手架工程及垂直运输设备、砌筑工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、防水工程、结构安装工程、装饰工程、冬期与雨期施工共10章内容。本书强调高职高专教育,注重培养应用型人才,强调实践性、实用性,系统介绍了建筑施工主要分项工程的工艺过程及其基本理论和基本知识,同时还介绍了国内外在施工技术方面的新工艺和科研成果,尤其是较全面地反映了国内现行施工质量验收规范的要求。

本书可作为高职高专院校建筑工程技术等相关专业的教材,也可供建筑工程施工技术人员参考使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术 / 陈文建, 汪静然主编. —2版. —北京: 北京理工大学出版社, 2018. 6
(2018. 7重印)

ISBN 978-7-5682-5703-9

I. ①建… II. ①陈… ②汪… 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116702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 / 17

字 数 / 459千字

版 次 / 2018年6月第2版 2018年7月第2次印刷

定 价 / 45.00元

责任编辑 / 钟 博

文案编辑 / 钟 博

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

本书是为贯彻落实教育部《关于深化职业教育教学改革 全面提高人才培养质量的若干意见》，进一步深化职业教育教学改革，全面提高技术技能人才培养质量，推进高等职业教育教学发展，按照高职高专土建类“建筑施工技术”课程的教学要求和国家现行的有关标准及相关专业施工规范编写。

“建筑施工技术”是一门实践性很强的课程，本书始终坚持以“素质为本、能力为主、需要为准、够用为度”的原则进行编写，编写中尽力吸取了建筑施工的新技术、新工艺、新方法；其内容的深度和难度按照高等职业教育的特点，重点讲授理论知识在工程实践中的应用，培养高等职业学校学生的职业能力，本书主要对土方工程、基础工程、脚手架工程及垂直运输设备、砌筑工程施工、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、防水工程、结构安装工程、装饰工程和冬期与雨期施工等施工工艺进行了详细的阐述。

本书内容可按照90学时左右安排。教师可根据不同的使用专业灵活安排各章学时。本书由四川职业技术学院陈文建、汪静然担任主编，由四川职业技术学院张明担任副主编，四川职业技术学院黄晓兰和季秋媛参与了本书部分章节的编写工作。本书具体章节编写分工为：第1、3、4、5章由汪静然编写；第2、10章由陈文建编写；第6章由黄晓兰编写；第7章由张明编写；第8、9章由季秋媛编写。

本书在编写过程中，参考和引用了国内外大量文献资料，在此谨向原书作者表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中难免存在不足和疏漏之处，敬请各位读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 土方工程 1

1.1 概述 1

1.1.1 土的工程分类 1

1.1.2 土的工程性质 2

1.2 土方工程量的计算与调配 3

1.2.1 场地平整土方量的计算 3

1.2.2 基坑、基槽土方量的计算 11

1.2.3 土方调配 12

1.3 土方开挖 12

1.3.1 土方开挖前的准备工作 12

1.3.2 基坑（槽、沟）降水 14

1.4 土方边坡与土壁支护 27

1.4.1 放足边坡 27

1.4.2 设置支撑 28

1.5 土方开挖机械 32

1.5.1 推土机 32

1.5.2 铲运机 34

1.5.3 单斗挖土机 36

1.6 土方填筑与压实 40

1.6.1 填料选择与处理 40

1.6.2 填筑方法 40

1.6.3 影响土壤压实的因素 42

1.6.4 填方工程的质量控制与检验 42

第2章 基础工程 45

2.1 概述 45

2.2 地基换填 45

2.2.1 砂（砂石）垫层 45

2.2.2 灰土垫层 47

2.3 灰土桩地基 48

2.3.1 特点及适用范围 48

2.3.2 桩的构造和布置 48

2.3.3 机具设备及材料要求 48

2.3.4 施工工艺要点 48

2.3.5 质量控制 50

2.4 局部地基处理 50

2.4.1 松土坑的处理 50

2.4.2 土井、砖井的处理 51

2.4.3 局部软硬地基的处理 52

2.5 桩基工程 52

2.5.1 概述 52

2.5.2 预制桩 53

2.5.3 混凝土灌注桩 58

2.5.4 桩基工程质量检查及验收	62	第4章 砌筑工程	83
2.5.5 桩基础检测	63	4.1 砌筑材料	83
思考与练习题	64	4.1.1 块体	83
第3章 脚手架工程及垂直运输设备	65	4.1.2 砂浆	84
3.1 扣件式钢管脚手架	65	4.2 砖石与小砌块砌体施工	87
3.1.1 扣件式钢管脚手架的构配件	65	4.2.1 施工准备工作	87
3.1.2 扣件式钢管脚手架的搭设构造	67	4.2.2 一般砖砌体砌筑工艺流程与方法要点	88
3.1.3 扣件式钢管脚手架的施工	69	4.2.3 一般砖砌体的质量要求及验收	91
3.2 碗扣式钢管脚手架	72	4.2.4 砌筑工程的质量通病及预防	91
3.2.1 碗扣式钢管脚手架的基本构造	72	4.2.5 构造柱、圈梁施工	92
3.2.2 碗扣式钢管脚手架的搭设要求	73	4.2.6 石砌体	95
3.3 门式钢管脚手架	73	4.2.7 混凝土小型空心砌块	97
3.3.1 门式钢管脚手架的基本构造	73	4.3 填充墙砌体	99
3.3.2 门式钢管脚手架的搭设要求	74	4.3.1 填充墙砌体施工的一般问题	99
3.4 升降式脚手架	75	4.3.2 加气混凝土砌块填充墙施工	102
3.4.1 自升降式脚手架	75	4.3.3 填充墙的质量要求	103
3.4.2 互升降式脚手架	75	思考与练习题	104
3.4.3 整体升降式脚手架	76	第5章 钢筋混凝土工程	105
3.5 悬挑式脚手架	77	5.1 模板工程	106
3.5.1 悬挂式挑梁	78	5.1.1 模板的基本要求与分类	106
3.5.2 下撑式挑梁	78	5.1.2 胶合板模板和钢模板	107
3.5.3 桁架式挑梁	78	5.1.3 现浇结构常见构件的模板施工	109
3.6 安全网的搭设	78	5.1.4 模板分项工程施工质量验收	114
3.7 垂直运输设施	79	5.2 钢筋工程	115
3.7.1 井字架	79	5.2.1 钢筋进场验收	115
3.7.2 龙门架	80	5.2.2 钢筋的下料、加工	117
3.7.3 塔式起重机	80	5.2.3 钢筋安装	127
思考与练习题	82	5.2.4 钢筋隐蔽验收	130
		5.3 混凝土工程	131

5.3.1	混凝土配料	131
5.3.2	混凝土的搅拌、运输	134
5.3.3	混凝土的浇筑、振捣	138
5.3.4	混凝土养护	142
5.3.5	混凝土质量检查	143
思考与练习题		146
第6章 预应力混凝土工程 148		
6.1	先张法	148
6.1.1	先张法施工设备——台座	148
6.1.2	先张法的施工工艺及施工要点	149
6.2	后张法	151
6.2.1	有粘结预应力施工	152
6.2.2	无粘结预应力施工	156
思考与练习题		159
第7章 防水工程 160		
7.1	屋面防水施工	160
7.1.1	卷材防水屋面	160
7.1.2	涂膜防水屋面	167
7.1.3	刚性防水屋面	167
7.1.4	其他屋面	169
7.2	地下防水施工	171
7.2.1	防水方案	172
7.2.2	防水混凝土自防水结构施工	173
7.2.3	附加防水层施工	176
7.3	厨卫间防水施工	179
7.4	外墙饰面防水施工	182
7.4.1	建筑物外墙拼接缝密封防水施工	183

7.4.2	建筑物外墙面喷刷防水涂料防水施工	185
7.5 质量要求及常见质量问题防治 185		
7.5.1	防水工程的质量要求	185
7.5.2	常见质量问题及防治方法	185
思考与练习题		190

第8章 结构安装工程 191		
8.1	索具设备及起重机械	191
8.1.1	索具设备	191
8.1.2	起重机械	194
8.2	钢筋混凝土排架结构单层工业厂房结构吊装	200
8.2.1	安装前的准备工作	200
8.2.2	构件的安装工艺	202
8.2.3	结构安装方案	211
8.3	钢结构单层工业厂房的制作安装	219
8.3.1	施工准备工作	219
8.3.2	施工工艺	221
8.3.3	钢结构安装质量标准	226
8.4	结构安装工程的质量要求及安全措施	226
8.4.1	一般规定	226
8.4.2	操作中的安全要求	226
思考与练习题		227

第9章 装饰工程 228		
9.1	抹灰工程	228
9.1.1	抹灰工程概述	228

9.1.2 一般抹灰施工	229
9.2 楼地面工程	231
9.2.1 楼地面的组成及其分类	231
9.2.2 基层施工	231
9.2.3 垫层施工	232
9.2.4 面层施工	232
9.2.5 楼地面工程的质量要求	234
9.2.6 楼地面工程的质量问题及防治 措施	235
9.3 饰面工程	236
9.3.1 饰面工程施工	236
9.3.2 饰面工程的质量要求	238
9.3.3 饰面工程的质量问题及防治 措施	238
9.4 涂料工程	239
9.4.1 涂料的组成及分类	239
9.4.2 涂料工程的施工工艺	239
9.4.3 涂料工程的施工方法	240
9.5 吊顶工程	240
9.5.1 吊顶的施工	241
9.5.2 吊顶工程安装的注意事项	242
9.5.3 质量要求	243
9.6 幕墙安装工程	243
9.6.1 幕墙的组成与分类	243
9.6.2 常用的玻璃幕墙	243
9.7 门窗工程	245
9.7.1 铝合金门窗	245
9.7.2 塑钢门窗	247
思考与练习题	247

第10章 冬期与雨期施工 248

10.1 土方工程的冬期施工 248

10.1.1 地基土的保温防冻	248
10.1.2 冻土的融化及开挖	250
10.1.3 冬期回填土的施工	251

10.2 砌体工程的冬期施工 252

10.2.1 砌体工程冬期施工的一般 规定	252
10.2.2 砌体工程的冬期施工方法	252

10.3 混凝土结构工程的冬期 施工 253

10.3.1 混凝土冬期施工的原理	253
10.3.2 混凝土冬期施工的工艺要求	254
10.3.3 混凝土冬期施工方法的选择	256
10.3.4 混凝土冬期施工的质量控制及 检查	259

10.4 装饰工程的冬期施工 259

10.4.1 一般抹灰的冬期施工	260
10.4.2 其他装饰工程的冬期施工	260

10.5 雨期施工 260

10.5.1 雨期施工准备	261
10.5.2 土方基础工程的雨期施工	261
10.5.3 砌筑工程的雨期施工	261
10.5.4 混凝土工程的雨期施工	261
10.5.5 装饰工程的雨期施工	262
10.5.6 施工现场防雷	262

思考与练习题 263

参考文献 264

第 1 章 土方工程

1.1 概 述

1.1.1 土的工程分类

土的种类繁多，其分类方法各异。在土方工程施工中，按开挖的难易程度将土分为八类，见表 1-1。其中一至四类为土，五至八类为岩石。在选择施工挖土机械和套用建筑安装工程劳动定额时要依据土的工程类别。

表 1-1 土的工程地质分类 kg/m³

土的分类	土的级别	土的名称	密度	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)	600~1 500	用锹、锄头挖掘，少许用脚蹬
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	1 100~1 600	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	1 750~1 900	主要用镐挖，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	1 900	先用镐、撬棍翻松，后用锹挖掘，部分用楔子及大锤凿
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	1 100~2 700	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	2 200~2 900	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	2 500~3 100	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	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	2 700~3 300	用爆破方法开挖

1.1.2 土的工程性质

1. 天然含水量

土的含水量 w 是指土中水的质量与固体颗粒质量之比的百分率, 即

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

式中 m_w ——土中水的质量(kg);

m_s ——土中固体颗粒的质量(kg)。

2. 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:

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

式中 m ——土的总质量(kg);

V ——土的天然体积(m^3)。

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:

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

式中 m_s ——土中固体颗粒的质量(kg);

V ——土的天然体积(m^3)。

土的干密度越大, 表示土越密实, 其常用来控制填土工程的压实质量。工程上常把土的干密度作为评定土体密实程度的标准。土的干密度 ρ_d 与土的天然密度 ρ 之间有如下关系:

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

即

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w} \quad (1-4)$$

3. 可松性

土的可松性是指自然状态下的土经过开挖后, 其体积因土体的松散而增大, 以后虽经回填压(夯)实, 仍不能恢复其原来的体积的性质。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 ——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、平衡调配土方量、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。

4. 渗透性

土的渗透性是指水流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 。地下水在土中的渗流速度一般可按达西定律计算, 其计算公式如下:

表 1-2 各类土的可松性系数

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
五类~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

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

式中 v ——水在土中的渗透速度(m/d)；

i ——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 ——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 时的渗透速度 v 即渗透系数 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 K 见表 1-3。

表 1-3 土的渗透系数 K m/d

土的种类	渗透系数 K	土的种类	渗透系数 K
黏土	<0.005	中砂	5.0~25.0
粉质黏土	0.005~0.1	均质中砂	35~50
粉土	0.1~0.5	粗砂	20~50
黄土	0.25~0.5	圆砾	50~100
粉砂	0.5~5.0	卵石	100~500
细砂	1.0~10.0	无填充物卵石	500~1 000

1.2 土方工程量的计算与调配

1.2.1 场地平整土方量的计算

1. 场地设计标高的确定

涉及较大面积的场地平整时，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。确定场地标高时，一般来说，应遵循以下原则：

- (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)要有一定的泄水坡度($\geq 2\%$)，使之满足排水要求；

(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予以规定。当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使场地内挖、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 10~40 m 的方格网[图 1-1(a)]，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。

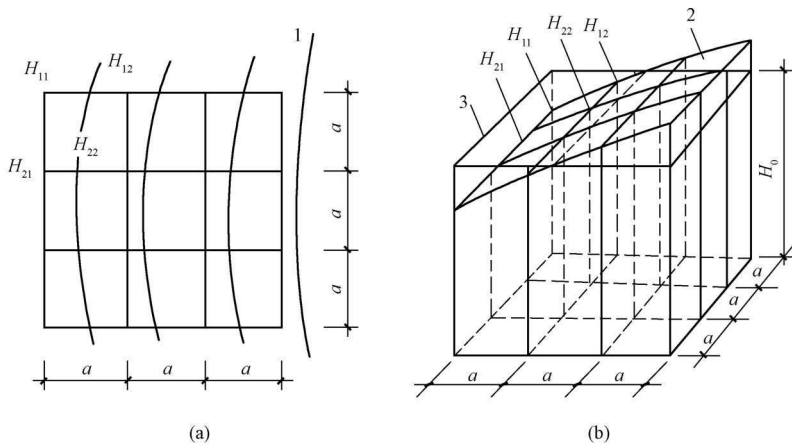


图 1-1 场地设计标高 H_0 计算示意

(a)方格网的划分；(b)场地标高计算示意

1—等高线；2—自然地面；3—场地设计标高平面

如图 1-1(b)所示，按照场地内土方挖、填方平衡的原则，场地设计标高可按下式计算：

$$H_0 n a^2 = \sum \left(a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right) \quad (1-8)$$

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

式中 H_0 ——所计算的场地设计标高(m)；

a ——方格边长(m)；

n ——方格数；

$H_{11}, H_{12}, H_{21}, H_{22}$ ——任一方格的四个角点的标高(m)。

从图 1-1(a)中可以看出， H_{11} 为一个方格的角点标高， H_{12} 及 H_{21} 为相邻两个方格的公共角点标高， H_{22} 为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相加，则类似 H_{11} 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。若令 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[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)对场地设计标高进行调整。按上述公式计算出的场地设计标高 H_0 仅为理论值，在实际运用中还需考虑以下因素再进行调整：

1)土的可松性影响。由于土具有可松性，如仅按挖、填方平衡原则计算得到的场地设计标

高进行施工, 填土量必然多于挖土量, 特别是当土的最后可松性系数较大时, 多余的填土量更不容忽视。

如图 1-2 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 V'_w 应为

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

总填方体积 V'_T 应为

$$V'_T = V'_w K'_s = (V_w - F_w \times \Delta h) K'_s \quad (1-12)$$

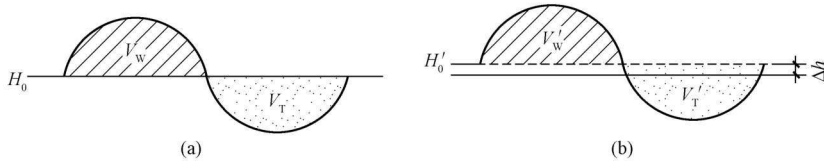


图 1-2 设计标高调整计算示意

(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

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

移项整理简化得(当 $V_T = V_w$ 时)

$$\Delta h = \frac{V_w (K'_s - 1)}{F_T + F_w K'_s} \quad (1-14)$$

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 ——按理论设计标高计算的总挖方、总填方体积;

F_w, F_T ——按理论设计标高计算的挖方区、填方区总面积;

K'_s ——土的最后可松性系数。

2) 场地挖方和填方的影响。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于场外或将部分填方就近从场外取土等做法均会引起挖、填土方量的变化。必要时, 需调整设计标高。

为了简化计算, 场地设计标高调整值 H'_0 可按下列近似公式确定:

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

式中 Q ——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。按上述场地设计标高平整后的场地是一个水平面, 但实际上出于排水的要求, 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, 无设计要求时, 一般应向排水沟方向做成不小于 2% 的坡度。因此, 在计算的 H_0 或经调整后的 H'_0 的基础上, 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。具体的计算方法如下:

①单向泄水时场地各方格角点的设计标高[图 1-3(a)]。以计算出的设计标高 H_0 或调整后的设计标高 H'_0 作为场地中心线的设计标高, 场地内任意一个方格角点的设计标高为

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

式中 H_{di} ——场地内任意一点方格角点的设计标高(m);

l ——该方格角点至场地中心线的距离(m);

i ——场地泄水坡度(不小于 2%)；

±——该点比 H_0 高则取“+”，反之取“-”。

例如，图 1-3(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 1-3(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 ——该点于 $x-x$ 、 $y-y$ 方向上距场地中心线的距离(m)；

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

例如，图 1-3(b)中场地内角点 10 的设计标高为

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

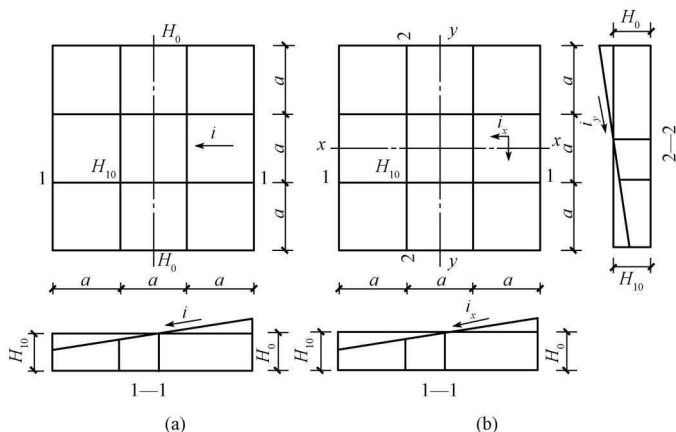


图 1-3 场地泄水坡度示意

(a)单向泄水；(b)双向泄水

【例 1-1】 某建筑场地的方格网地形图如图 1-4 所示，方格边长为 20 m×20 m， $x-x$ 、 $y-y$ 方向上的泄水坡度分别为 2‰和 3‰，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 $x-x$ 、 $y-y$ 方向上的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线性变化的。从图 1-5 中可看出，角点 4 的地面标高(H_4)处于两等高线相交的直线 AB 上，根据相似三角形特性可得： $h_x : 0.5 = x : l$ ，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，便可计算出 H_4 的数值。但是，这种计算十分烦琐，因此，通常采用图解法来求得各角点的自然地面标高。如图 1-6 所示，在一张透明纸上画出 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)，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 2 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 0.5 m 的高差分成五等份，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，如图 1-4 所示的方格网角点左下角。

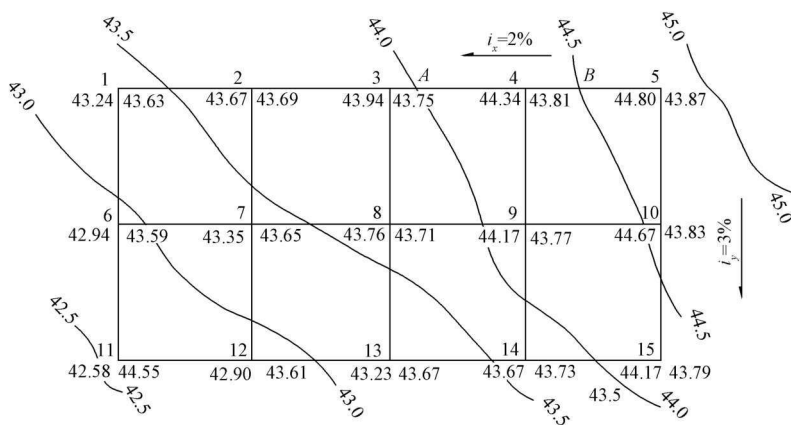


图 1-4 某建筑场地方格网地形图

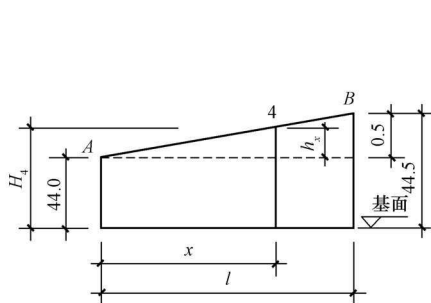


图 1-5 用插入法计算标高简图

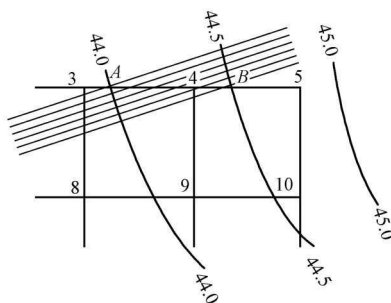


图 1-6 插入法的图解法

(2) 计算场地设计标高 H_0 。

$$\begin{aligned}\sum H_1 &= 43.24 + 44.80 + 44.17 + 42.58 = 174.79(\text{m}) \\ 2\sum H_2 &= 2 \times (43.67 + 43.94 + 44.34 + 43.67 + 43.23 + \\ &\quad 42.90 + 42.94 + 44.67) = 698.72(\text{m}) \\ 4\sum H_4 &= 4 \times (43.35 + 43.76 + 44.17) = 525.12(\text{m}) \\ H_0 &= \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 4\sum H_4}{4n} = \frac{174.79 + 698.72 + 525.12}{4 \times 8} = 43.71(\text{m})\end{aligned}$$

(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 1-4), 其余各角点的设计标高为

$$\begin{aligned}H_{d8} &= H_0 = 43.71(\text{m}) \\ H_{d1} &= H_0 - l_x i_x + l_y i_y = 43.71 - 0.12 + 0.04 = 43.63(\text{m}) \\ H_{d2} &= H_1 + l_x i_x = 43.63 + 0.06 = 43.69(\text{m}) \\ H_{d5} &= H_2 + l_x i_x = 43.69 + 0.18 = 43.87(\text{m}) \\ H_{d6} &= H_0 - l_x i_x = 43.71 - 0.12 = 43.59(\text{m}) \\ H_{d7} &= H_{d6} + l_x i_x = 43.59 + 0.06 = 43.65(\text{m}) \\ H_{d11} &= H_0 - l_x i_x - l_y i_y = 43.71 - 0.12 - 0.04 = 43.55(\text{m}) \\ H_{d12} &= H_{d11} + l_x i_x = 43.55 + 0.06 = 43.61(\text{m}) \\ H_{d15} &= H_{d12} + l_x i_x = 43.61 + 0.18 = 43.79(\text{m})\end{aligned}$$

其余各角点的设计标高均可类此求出，详见图 1-4 中方格网角点右下角标示。

2. 场地土方工程量的计算(方格网法)

【例 1-2】 试计算例 1-1 中的场地土方工程量。

【解】 例 1-1 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，方格的规格为 10 m×10 m~40 m×40 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，如图 1-7 所示。

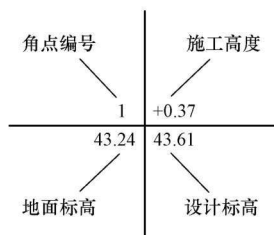


图 1-7 角点自然地面标高和设计标高

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 ——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} ——角点的设计标高(若无泄水坡度，即场地设计标高)；

H_n ——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 1-8 所示的各方格网点右上角。

(3)计算零点位置。在一个方格网内同时有填方或挖方时，要先算出方格网边的零点位置(即不挖不填点)，将其标注于方格网上，由于地形是连续的，连接零点得到的零线即成为填方区与挖方区的分界线(图 1-8)。根据相似三角形原理(图 1-9)，零点的位置按下式计算：

$$x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} \times a; x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} \times a \quad (1-20)$$

式中 x_1, x_2 ——角点至零点的距离(m)；

h_1, h_2 ——相邻两角点的施工高度，均用绝对值(m)；

a ——方格网的边长(m)。

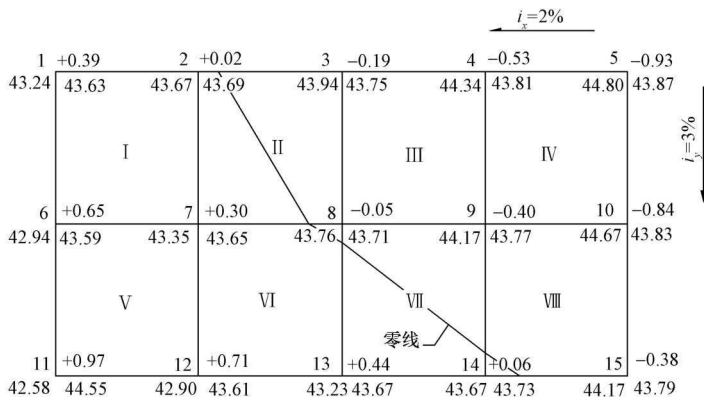


图 1-8 某建筑场地方格网挖、填土方量计算图

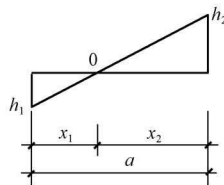


图 1-9 相似三角形原理

图 1-8 中，2—3 网格线两端分别是填方与挖方点，故中间必有零点，零点至角点 3 的距离：

$$x_{32} = \frac{h_3}{h_3 + h_2} \times a = \frac{0.19}{0.19 + 0.02} \times 20 = 18.10(\text{m}), x_{23} = 20 - 18.10 = 1.90(\text{m})$$