



JIANZHU
SHIGONGJISHU

建筑 施工技术

主 编 陈文建 汪静然



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

建筑施工技术

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,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。全书适应高等教育需求,注重培养应用型人才,强调实践性、应用性。

本书可作为高校建筑类专业教材,也可供施工技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术/陈文建,汪静然主编. —北京:北京理工大学出版社,2014.8

ISBN 978-7-5640-9373-0

I. ①建… II. ①陈… ②汪… III. ①建筑工程—工程施工 IV. ①TU74

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第123479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)

82562903(教材售后服务热线)

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 / 18.5

字 数 / 438千字

版 次 / 2014年8月第1版 2014年8月第1次印刷

定 价 / 52.00元

责任编辑 / 王玲玲

文案编辑 / 王玲玲

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 FOREWORD

本书是为适应21世纪高等教育发展需要，按照高校土建类“建筑施工技术”课程的教学要求，根据国家现行的有关标准及相关专业施工规范编写而成。本书在编写时吸取了建筑施工的新技术、新工艺、新方法，在内容的编排方面力求体现高等教育的特点，重点介绍理论知识在工程实践中的应用，培养学生的职业能力。

本书内容按照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。本书由陈文建、汪静然担任主编。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，在此谨向原作者表示衷心感谢。由于编者水平有限，本书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 CONTENTS

第1章 土方工程	1
1.1 概述	1
1.2 土方工程量计算与调配	3
1.3 土方开挖	13
1.4 土方边坡与土壁支护	29
1.5 土方开挖机械	34
1.6 土方填筑与压实	42
第2章 基础工程	48
2.1 概述	48
2.2 地基换填	48
2.3 灰土桩地基	51
2.4 局部地基处理	54
2.5 桩基工程	56
第3章 脚手架工程及垂直运输设备	71
3.1 扣件式钢管脚手架	71
3.2 碗扣式钢管脚手架	79
3.3 门式钢管脚手架	80
3.4 升降式脚手架	81
3.5 悬挑式脚手架	84
3.6 安全网的搭设	86
3.7 垂直运输设施	86
第4章 砌筑工程	91
4.1 砌筑材料	91
4.2 砖石与小砌块砌体施工	95
4.3 填充墙砌体	108

第5章 钢筋混凝土工程	115
5.1 模板工程	116
5.2 钢筋工程	125
5.3 混凝土工程	143
第6章 预应力混凝土工程	163
6.1 先张法	163
6.2 后张法	167
第7章 防水工程	176
7.1 屋面防水施工	176
7.2 地下防水施工	188
7.3 厨卫间防水施工	197
7.4 外墙饰面防水施工	201
7.5 质量要求及常见质量问题防治	203
第8章 结构安装工程	210
8.1 索具设备及起重机械	210
8.2 钢筋混凝土排架结构单层工业厂房结构吊装	220
8.3 钢结构单层工业厂房制作安装	241
8.4 结构安装工程质量要求及安全措施	248
第9章 装饰工程	251
9.1 抹灰工程	251
9.2 楼地面工程	254
9.3 饰面工程	259
9.4 涂料工程	262
9.5 吊顶工程	264
9.6 幕墙安装工程	267
9.7 门窗工程	269
第10章 冬期与雨期施工	273
10.1 土方工程的冬期施工	273
10.2 砌体工程的冬期施工	277
10.3 混凝土结构工程的冬期施工	278
10.4 装饰工程的冬期施工	286
10.5 雨期施工	287
参考文献	290

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。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，要依据土的工程类别，选择施工挖土机械，套用建筑安装工程劳动定额。

表 1-1 土的工程地质分类 kg·m⁻³

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 ω 是土中水的质量与固体颗粒质量之比的百分率, 即

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

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。工程上常把土的干密度作为评定土体密实程度的标准, 用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:

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

即

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

3. 可松性

土的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、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
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
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. 渗透性

土的渗透性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 ——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 K 见表 1-3。

表 1-3 土的渗透系数 K $\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$

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 土方工程量计算与调配

1.2.1 场地平整土方量计算

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($\geq 2\%$)，使之能满足排水要求；
- (5)要考虑最高洪水位的影响。

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 $10\sim 40\text{ m}$ 的方格网，如图 1-1(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。

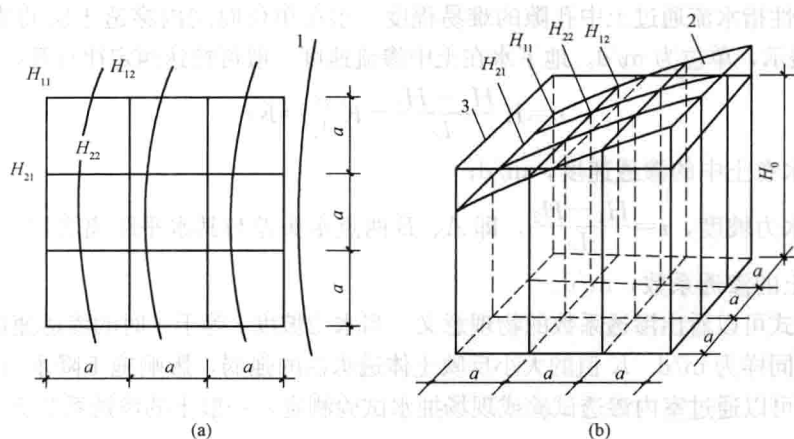


图 1-1 场地设计标高 H_0 计算示意

(a)方格网划分；(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)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。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)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

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

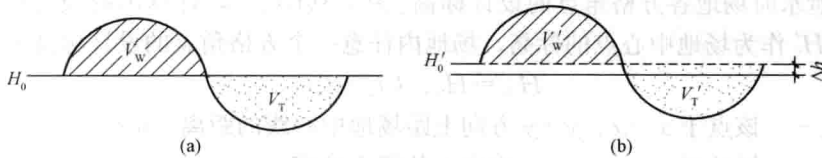


图 1-2 设计标高调整计算示意

(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, 亦需调整设计标高。

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, 即

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

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%);

$\pm$ ——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

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

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

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

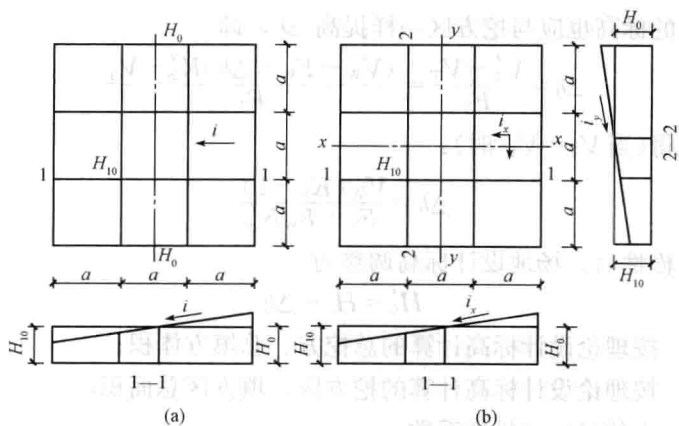


图 1-3 场地泄水坡度示意图

(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。

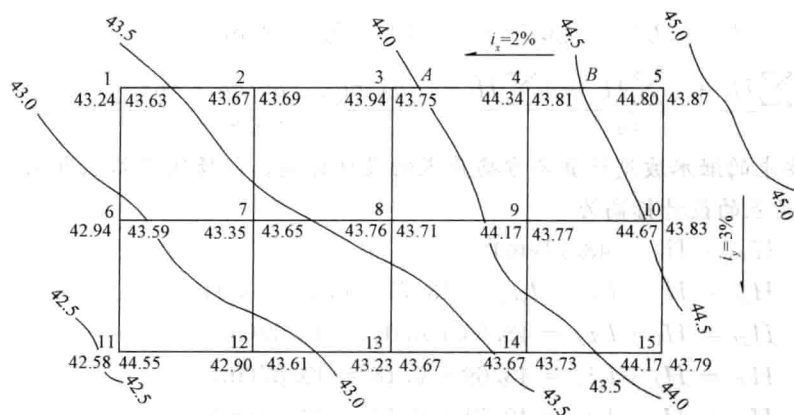


图 1-4 某建筑场地方格网地形图

【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 1-4 中可看出，角点 4 的地面标高(H_4)处于两等高线相交的 AB 直线上。如图 1-5 所示，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，便可算出 H_4 的数值。但是，这种计算是烦琐的，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，用一张透明纸，上面画出六根等距离的平行线(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，将六根平行线的最外两根分别对准点 A 与点 B，这时六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见图 1-4 方格网角点左下角。

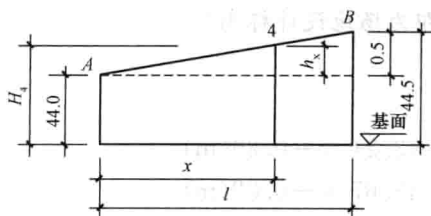


图 1-5 插入法计算标高简图

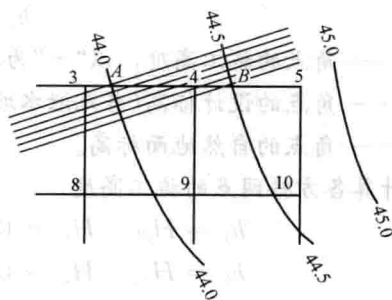


图 1-6 插入法的图解法

(2) 计算场地设计标高 H_0 。

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

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

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

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

(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1-4), 其余各角点的设计标高为

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

$$H_{d1} = H_0 - l_x i_x + l_y i_y = 43.71 - 0.12 + 0.04 = 43.63(\text{m})$$

$$H_{d2} = H_1 + l_x i_x = 43.63 + 0.06 = 43.69(\text{m})$$

$$H_{d5} = H_2 + l_x i_x = 43.69 + 0.18 = 43.87(\text{m})$$

$$H_{d6} = H_0 - l_x i_x = 43.71 - 0.12 = 43.59(\text{m})$$

$$H_{d7} = H_{d6} + l_x i_x = 43.59 + 0.06 = 43.65(\text{m})$$

$$H_{d11} = H_0 - l_x i_x - l_y i_y = 43.71 - 0.12 - 0.04 = 43.55(\text{m})$$

$$H_{d12} = H_{11} + l_x i_x = 43.55 + 0.06 = 43.61(\text{m})$$

$$H_{d15} = H_{d12} + l_x i_x = 43.61 + 0.18 = 43.79(\text{m})$$

其余各角点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。

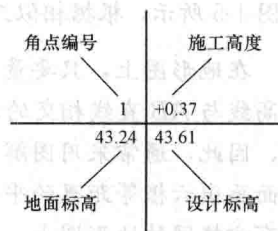


图1-7 角点自然地面标高和设计标高

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, 即为场地设计标高);

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:

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

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。

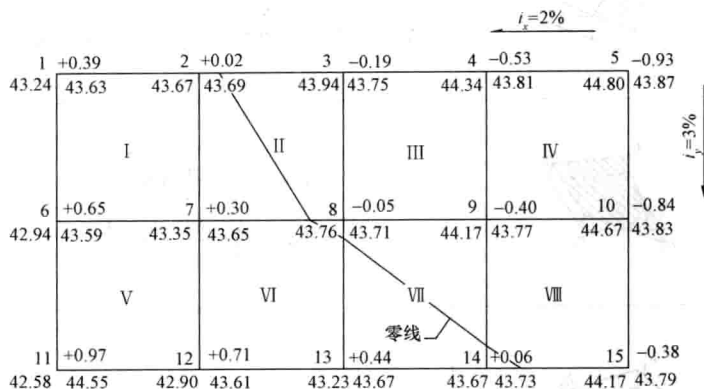


图 1-8 某建筑场地方格网挖填土方量计算图

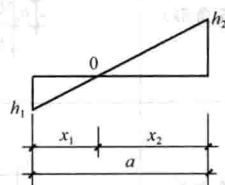


图 1-9 相似三角形原理

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：

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

同理

$$x_{78} = \frac{0.30}{0.30 + 0.05} \times 20 = 17.14(\text{m}) \quad x_{87} = 20 - 17.14 = 2.86(\text{m})$$

$$x_{138} = \frac{0.44}{0.44 + 0.05} \times 20 = 17.96(\text{m}) \quad x_{831} = 20 - 17.96 = 2.04(\text{m})$$

$$x_{914} = \frac{0.40}{0.40 + 0.06} \times 20 = 17.39(\text{m}) \quad x_{149} = 20 - 17.39 = 2.61(\text{m})$$

$$x_{1541} = \frac{0.38}{0.38 + 0.06} \times 20 = 17.27(\text{m}) \quad x_{1415} = 20 - 17.27 = 2.73(\text{m})$$

连接零点得到的零线即为填方区与挖方区的分界线(图 1-8)。

(4) 计算方格土方工程量。按方格网底面积图形和表 1-4 所列公式，计算每个方格内的挖方或填方量。

表 1-4 常用方格网计算公式

项目	图示	计算公式
一点填方或挖方(三角形)		$V = \frac{1}{2} b \times \frac{\sum h}{3} = \frac{b \times h_3}{6}$ 当 $b = c = a$ 时，$V = \frac{a^2 h_3}{6}$

续表

项目	图示	计算公式
二点填方或 挖方(梯形)		$V_+ = \frac{(b+c)}{2} a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8} (b+c)(h_1+h_3)$ $V_- = \frac{(d+c)}{2} a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8} (d+c)(h_2+h_4)$
三点填方或 挖方(五角形)		$V = \left(a^2 - \frac{bc}{2}\right) \frac{\sum h}{5}$ $= \left(a^2 - \frac{bc}{2}\right) \frac{h_1+h_2+h_3+h_4}{5}$
四点填方或 挖方(正方形)		$V = \frac{a^2}{4} \sum h = \frac{a^2}{4} (h_1+h_2+h_3+h_4)$
注: a 为方格网的边长, m; b、c 为零点到一角的边长, m; h ₁ 、h ₂ 、h ₃ 、h ₄ 为方格网四角点的施工高程, m, 用绝对值代入; $\sum h$ 为填方或挖方施工高程的总和, m, 用绝对值代入。		

(5) 计算方格土方量。

方格 I、III、IV、V 底面为正方形, 土方量为

$$V_{I+} = \frac{20^2}{4} \times (0.39 + 0.02 + 0.65 + 0.30) = 136(\text{m}^3)$$

$$V_{III-} = \frac{20^2}{4} \times (0.19 + 0.53 + 0.05 + 0.40) = 117(\text{m}^3)$$

$$V_{IV-} = \frac{20^2}{4} \times (0.35 + 0.93 + 0.40 + 0.84) = 252(\text{m}^3)$$

$$V_{V+} = \frac{20^2}{4} \times (0.65 + 0.30 + 0.97 + 0.71) = 263(\text{m}^3)$$

方格 II 底面为两个梯形, 土方量为

$$V_{II+} = \frac{x_{23} + x_{78}}{2} \times a \times \frac{\sum h}{4} = \frac{1.90 + 17.14}{2} \times 20 \times \frac{0.02 + 0.30 + 0 + 0}{4} = 15.23(\text{m}^3)$$

$$V_{II-} = \frac{x_{32} + x_{87}}{2} \times 20 \times \frac{\sum h}{4} = \frac{18.10 + 2.86}{2} \times 20 \times \frac{0.19 + 0.05 + 0 + 0}{4} = 12.58(\text{m}^3)$$

方格 VI 底面为三角形和五边形, 土方量为

$$V_{VI+} = \left(a^2 - \frac{x_{87}x_{813}}{2}\right) \times \frac{\sum h}{5}$$

$$= \left(20^2 - \frac{2.86 \times 2.04}{2}\right) \times \left(\frac{0.30 + 0.71 + 0.44 + 0 + 0}{5}\right) = 115.15(\text{m}^3)$$

$$V_{\text{II-}} = \frac{x_{87} x_{13}}{2} \times \frac{\sum h}{3} = \frac{2.86 \times 2.04}{2} \times \frac{0.05 + 0 + 0}{3} = 0.05 (\text{m}^3)$$