

高等学校教学用书

建筑施工技术

● 王士川 主编

**JIANZHU
SHIGONG
JISHU**

冶金工业出版社

高等学校教学用书

建筑施工技术

王士川 主编

北 京

冶金工业出版社

2004

内 容 提 要

本书讨论建筑施工技术的基本原理,介绍建筑施工全过程的主要工种、工程的施工工艺和方法。内容包括:土方工程、桩基础工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、砌筑工程、混凝土结构吊装工程、建筑防水工程、建筑装饰工程、钢结构工程。

本书可供高等学校建筑类、工程管理类专业教学使用,亦可供相关专业的工程技术人员和工程管理人员参考,还可供企业培训之用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术/王士川主编. —北京:冶金工业出版社, 2004.5

高等学校教学用书

ISBN 7-5024-3176-4

I. 建… II. 王… 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 (2004) 第 013279 号

出版人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 宋 良 美术编辑 王耀忠

责任校对 符燕蓉 李文彦 责任印制 李玉山

北京兴华印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2004 年 5 月第 1 版, 2004 年 5 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 22 印张; 528 千字; 337 页; 1-5000 册

34.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010) 64044283 传真: (010) 64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号 (100711) 电话: (010) 65289081

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

“建筑施工技术”是建筑工程专业的一门主干专业课。

本课程研究建筑施工技术的基本原理，介绍建筑施工全过程的主要工种、工程的施工工艺和方法。书中所介绍的内容实践性强，涉及的专业知识面广，反映了近年来的技术发展成果。

学习本课程目的在于使学生综合运用有关学科的基本理论和专业知识，采用现代科学技术成果，去解决工程实践中的各种问题，培养学生独立分析问题和解决问题的能力。近年来建筑施工的新技术、新工艺不断涌现，并且取得了十分丰富的经验。本书按照我国现行标准、施工规范进行编写，力求系统完整，紧密结合实际，具可操作性，反映了国内外建筑施工技术的先进水平。为便于学生学习，每章末都附有复习思考题。

西安建筑科技大学王士川担任本书主编并编写第三、四、六章，西安建筑科技大学胡长明编写第一、五、七章，山西工程职业技术学院王治宪编写第二、八章，河南科技大学史轶珺编写第九章。由于编者水平有限，书中不足和错误之处在所难免，恳请读者指正。

在编写过程中，参考了大量同行的有关文献资料；得到了西安建筑科技大学继续教育学院领导的大力支持与帮助，李哲、陈冬虎为本书的校稿做了许多的工作，在此深表谢意。

编 者

2003年12月于西安

目 录

第一章 土 方 工 程

第一节 概 述	1
一、土方工程的施工特点	1
二、土的工程分类	1
三、土的可松性	2
第二节 土方量计算	3
一、基坑、基槽土方量计算	3
二、场地平整的土方量计算	4
第三节 基坑(槽)土方开挖准备与降排水	10
一、定位放线	10
二、集水坑降水	11
三、井点降水	11
第四节 土方边坡与土壁支护	21
一、边坡塌方	22
二、土壁支护	23
三、流砂	28
第五节 土方工程机械化施工	30
一、推土机	31
二、铲运机	32
三、单斗挖土机	33
四、土方机械的选择	37
第六节 土方的填筑与压实	38
一、影响填土压实因素	38
二、填土压实的质量控制	40
三、填土的压实方法	42
第七节 土方工程的质量标准与安全技术措施	43
一、土方开挖施工中的质量控制要点	43
二、填土的质量控制与检验	44
三、土方开挖与回填安全技术措施	44

第八节 爆破工程简介	45
一、爆破原理	45
二、药包及药包量的计算	46
三、起爆技术	48
四、爆破方法	49
五、爆破安全技术	53
复习思考题	56

第二章 桩 基 础 工 程

第一节 钢筋混凝土预制桩施工	57
一、预制桩的制作、起吊、运输、堆放	57
二、打(沉)桩的准备	58
三、打(沉)桩施工	59
第二节 混凝土、钢筋混凝土灌注桩施工	67
一、泥浆护壁成孔灌注桩	68
二、干作业成孔灌注桩	74
三、套管成孔灌注桩	75
四、人工挖孔灌注桩	77
第三节 桩基施工的安全技术措施与验收	79
一、桩基施工的安全技术措施	79
二、桩基验收	80
复习思考题	80

第三章 混凝土结构工程

第一节 模板工程	81
一、组合钢模板	82
二、模板的构造及安装	86
三、大模板	89
四、滑升模板	91
五、台模	95
六、隧道模	96
七、钢框胶合板模板	96
八、早拆模板体系	97
九、模板安装的质量要求	98
十、模板的拆除	99
十一、模板结构设计	99
第二节 钢筋工程	102
一、钢筋连接	102
二、钢筋配料	111

三、钢筋的加工	114
四、钢筋的绑扎与安装	115
第三节 混凝土工程	116
一、混凝土的制备	117
二、混凝土的运输	122
三、混凝土的浇筑	128
四、混凝土的养护	135
五、混凝土的质量检查	136
第四节 混凝土工程的冬期施工	141
一、混凝土冬期施工原理	141
二、混凝土冬期施工方法的选择	142
三、混凝土冬期施工的特点	143
四、混凝土的蓄热养护法	147
五、混凝土强度估算	149
六、综合养护法施工	150
七、混凝土的加热养护方法	150
八、外加剂的应用	152
九、负温混凝土	153
十、冬期施工混凝土质量检查	154
复习思考题	154

第四章 预应力混凝土工程

第一节 先张法	157
一、台座	157
二、夹具	159
三、张拉设备	159
四、先张法施工工艺	161
第二节 后张法	165
一、锚具	165
二、张拉设备	168
三、预应力筋的制作	170
四、后张法施工工艺	172
第三节 无粘结预应力混凝土	176
一、无粘结预应力筋	176
二、无粘结预应力筋锚具	177
三、无粘结预应力筋的布置及构造要求	178
四、无粘结预应力混凝土施工工艺	179
第四节 预应力混凝土工程的质量与安全技术	182
一、质量要求	182

二、安全措施	182
复习思考题	183

第五章 砌 筑 工 程

第一节 脚手架及垂直运输设施	184
一、脚手架	184
二、垂直运输设施	191
第二节 砌体的材料	192
一、块材	192
二、砂浆	193
第三节 砖砌体施工	194
一、砖墙的组砌方式	194
二、砖墙的砌筑工艺	194
三、砖墙砌体的质量要求	195
第四节 砌块砌筑	197
一、中型砌块施工	197
二、小型空心砌块砌体施工	199
第五节 石材砌筑	201
一、毛石砌筑施工	201
二、料石砌体施工	202
第六节 砌筑工程冬期施工	202
一、一般规定	202
二、外加剂法	203
三、冻结法	204
四、暖棚法	205
第七节 砌筑工程质量和安全技术	205
一、砌筑工程质量的基本要求	205
二、砌筑工程的安全与防护措施	207
复习思考题	207

第六章 混凝土结构吊装工程

第一节 起重机具	209
一、索具设备	209
二、起重机	213
第二节 单层工业厂房结构吊装	222
一、构件吊装前的准备	222
二、构件吊装工艺	224
三、结构吊装方案	229
第三节 多层房屋结构吊装	237

一、起重机的选择与布置	237
二、构件平面布置和堆放	238
三、结构吊装方法与吊装顺序	241
四、结构构件的吊装	243
第四节 结构吊装工程的质量要求及安全措施	249
一、混凝土结构吊装工程质量要求	249
二、混凝土构件安装的允许偏差和检查方法	251
三、结构安装工程的安全措施	252
复习思考题	253

第七章 建筑防水工程

第一节 防水材料	256
一、防水卷材	256
二、防水涂料	259
三、建筑密封材料	259
四、防水剂	260
第二节 屋面防水工程	260
一、卷材防水屋面施工	261
二、涂膜防水屋面施工	266
第三节 地下防水工程	267
一、卷材防水层	267
二、涂膜防水	269
三、水泥砂浆抹面防水	271
四、防水混凝土	272
第四节 楼面防水施工	275
一、楼面防水构造要求	275
二、柔性防水施工	276
三、刚性防水施工	276
第五节 防水工程质量要求与安全措施	277
一、屋面防水工程施工质量要求与安全措施	277
二、地下防水工程质量要求与安全措施	278
复习思考题	278

第八章 建筑装饰工程

第一节 抹灰工程	280
一、一般抹灰施工	280
二、装饰抹灰施工	284
第二节 饰面工程	286
一、饰面砖镶贴	286

二、饰面板施工	287
三、金属饰面板墙面安装	290
四、玻璃幕墙施工	292
五、饰面工程质量要求	293
第三节 楼地面工程	293
一、楼地面的组成及分类	293
二、整体式楼地面	294
三、块材面层	296
四、木质面层	297
五、楼地面工程的质量要求	299
第四节 门窗工程	299
一、木门窗	299
二、铝合金门窗	300
三、塑料门窗	302
四、钢门窗	302
五、门窗工程质量标准	303
第五节 吊顶、隔墙工程	303
一、吊顶工程	303
二、隔墙工程	306
第六节 涂料及刷浆工程	308
一、涂料工程	308
二、刷浆工程	310
复习思考题	311

第九章 钢结构工程

第一节 钢结构加工工艺	313
一、放样、号料与切割下料	313
二、矫正、边缘加工和制孔	314
第二节 钢结构的拼装与连接	315
一、工厂拼(组)装	315
二、连接	316
第三节 钢结构单层厂房安装	322
一、钢结构吊装准备工作	322
二、钢结构吊装	326
第四节 高层钢结构安装	327
一、高层钢结构安装的基本要求	327
二、安装前的准备工作	328
三、钢柱、梁吊装与校正	328
四、安全施工措施	330

第五节 钢网架结构吊装	331
一、高空拼装法	331
二、整体安装法	331
三、高空滑移法	334
复习思考题	336
参考文献	337

第一章 土方工程

土方工程包括土的开挖、运输和填筑等施工过程，有时还要进行排水、降水和土壁支撑等准备工作。在建筑工程中，最常见的土方工程有：场地平整、基坑（槽）开挖、地坪填土、路基填筑及基坑回填土等。

第一节 概 述

一、土方工程的施工特点

土方工程的施工具有如下特点：

(1) 面大量大、劳动繁重、工期长。有些大型建设项目的场地平整，土方施工面积可达数平方公里，甚至数十平方公里；有些大型基坑的开挖深度达 20~30m；在场地平整和大型基坑开挖中，土方工程量可达几万甚至几百万立方米。

(2) 施工条件复杂。土方工程施工多为露天作业，土、石是一种天然物质，成分较为复杂，施工中直接受到气候、水文和地质、地上和地下环境的影响，且难以确定的因素较多。因此，有时施工条件极为复杂。

根据上述特点，在组织土方工程施工前，应详细分析和核对各项技术资料（如实测地形图、工程地质、水文地质勘察资料，原有地下管线和地下构筑物资料及土方工程施工图等），进行现场调查并根据现有施工条件，制订出技术上可行、经济上合理，既能保证工程质量，又能保证施工安全的方案。

二、土的工程分类

土的种类繁多，分类方法也有多种，例如按颗粒级配、塑性指数、沉积年代与工程特性等分类，但在土方工程施工中，一般按开挖难易程度（即土的坚实程度）将土进行分类，共分为八类十六个级别，如表 1-1 所示，据以确定施工手段和制订土方工程劳动定额。

表 1-1 土的工程分类

土的级别	土的分类	土 的 名 称	开 挖 方 法
I	一类土 (松软土)	砂、粉土，冲积砂土层，疏松的种植土、泥炭（淤泥）	能用锹、锄头挖掘
II	二类土 (普通土)	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	用锹、锄头挖掘，少许用镐翻松
III	三类土 (坚土)	软及中等密实黏土，重粉质土，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	主要用镐，少许用锹、锄头挖掘，部分用撬棍

续表 1-1

土的级别	土的分类	土 的 名 称	开 挖 方 法
IV	四类土 (砂砾坚土)	坚硬密实的黏土及含碎石、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	整个先用镐、撬棍，然后用锹挖掘，部分用楔子及大锤
V~VI	五类土 (软石)	硬质黏土，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	用镐或撬棍、大锤挖掘，部分使用爆破方法
VII~IX	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	用爆破方法，部分用风镐
X~XIII	七类土 (坚石)	大理石，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	用爆破方法
XIV~XVI	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、角闪岩	用爆破方法

三、土的可松性

土的工程性质对土方工程的施工有直接影响，这里仅介绍土的可松性。

自然状态下的土经开挖后土粒松散，体积增大，如再将其全部用以回填，虽经压实但仍不能恢复至与原状土相同的体积。土的这种经扰动而体积改变的性质称为土的可松性。土的可松性程度用可松性系数表示，即

$$K_s = \frac{V_2}{V_1}, \quad K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-1)$$

式中 K_s ——最初可松性系数；

K'_s ——最后可松性系数；

V_1 ——自然状态下土（原状土）的体积；

V_2 ——土经开挖后的松散体积；

V_3 ——土经回填压实后的体积。

各种土的可松性系数列于表 1-2 中。

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（种植土除外）	8~17	1~2.5	1.08~1.17	1.01~1.03
一类（植物性土、泥炭）	20~30	3~4	1.20~1.30	1.03~1.04
二类	14~28	2.5~5	1.14~1.28	1.02~1.05
三类	24~30	4~7	1.24~1.30	1.04~1.07
四类（泥灰岩、蛋白石除外）	26~32	6~9	1.26~1.32	1.06~1.09
四类（泥灰岩、蛋白石）	33~37	11~15	1.33~1.37	1.11~1.15
五类~七类	30~45	10~20	1.30~1.45	1.10~1.20
八类	45~50	20~30	1.45~1.50	1.20~1.30

土的可松性是一个非常重要的工程性质。它对于场地平整、土方调配、土方的开挖、运输和回填，以及土方挖掘机械和运输机械的数量、斗容量的确定，都有很大影响。应注意式 (1-1) 中 V_1 、 V_2 、 V_3 的密实性不同，自然状态下的体积 V_1 的密度最大，土经开挖后的松散体积 V_2 的密度最小，土经回填压实后的体积 V_3 的密度介于两者之间。

工程场地内挖填土方的调配，一般原则是移挖做填。当场地的挖方量不敷平整填筑时，需要从场外运入差量，称其为借土；如场内的挖方量经利用后仍有余额需要运出场外，称其为弃土。在计算借土或弃土量时，应注意运用上述可松性系数。

$$\text{弃土量} = \left(V_w - V_t \frac{1}{K'_s} \right) K_s \quad (1-2)$$

$$\text{借土量} = (V_t - V_w K'_s) \frac{K_s}{K'_s} \quad (1-3)$$

式中 V_w ——场内的全部挖土体积， m^3 ；

V_t ——场内的全部填方体积， m^3 。

第二节 土方量计算

土方工程施工之前，需要先算出土方工程量，以便确定工程造价，拟定施工方案，安排施工计划。各种土方工程的外形有时很复杂，一般情况下，都将其假设或划分成为一定的几何形状，并采用具有一定精度而又和实际情况近似的方法进行计算。

一、基坑、基槽土方量计算

1. 基坑

当自然地面比较平整时，可按立体几何中似柱体（图 1-1）体积公式计算：

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

$$\text{或} \quad V = \frac{h}{3} (A_1 + \sqrt{A_1 A_2} + A_2) \quad (1-5)$$

式中 V ——基坑土方体积；

A_1 、 A_2 ——基坑上下两底面积；

A_0 ——基坑中部横截面面积；

h ——基坑深度。

如果自然地面不为水平面，尤其是当开挖大型基坑，各角的高差较大时，则取基坑的平均深度，按似柱体的体积计算其近似值。

2. 基槽和路堤

纵向延伸较长的基槽或路堤（图 1-2）的土方量计算，常用断面法。当地面不平时，

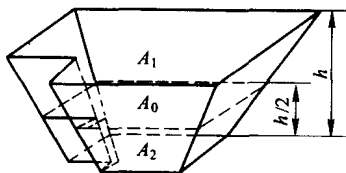


图 1-1 基坑土方量计算

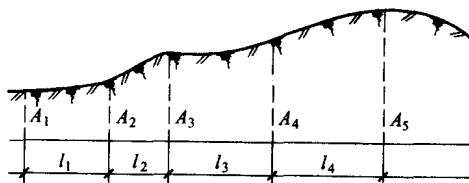


图 1-2 基槽或路堤纵断面

先沿长度方向分段,各段的长短是按长度方向的地形变化特点及要求计算精度而定,取10m或20m不等。然后根据地形图或现场实测标高,分别绘制各段的两端断面图,逐一计算出断面面积和各段土方量体积,即得总土方量:

$$\begin{aligned} V &= V_1 + V_2 + \cdots + V_{n-1} \\ &= \frac{A_1 + A_2}{2} l_1 + \frac{A_2 + A_3}{2} l_2 + \cdots + \frac{A_{n-1} + A_n}{2} l_{n-1} \end{aligned} \quad (1-6)$$

式中 V ——基槽或路堤的土方总体积;

$V_1, V_2, \cdots, V_n$ ——基槽或路堤各段的土方体积;

$A_1, A_2, \cdots, A_n$ ——各段端部的横断面面积;

$l_1, l_2, \cdots, l_{n-1}$ ——各段的长度。

例 1-1 某矩形基坑底面积为 $30\text{m} \times 15\text{m}$,基坑深度10m,土质为黏性土,边坡坡度为1:0.33,土的可松性系数 $K_s = 1.24$, $K'_s = 1.05$,试求:

(1) 基坑的挖方土方量?

(2) 使用斗容量为 3m^3 的汽车将土外运,需多少车次?

(3) 若将全部土方填于 $50\text{m} \times 50\text{m}$ 的场地上,其填筑高度(不考虑放坡)是多少?

解: (1) 利用公式(1-4)计算,其中

$$\text{底面积 } A_2 = 30 \times 15 = 450\text{m}^2$$

$$\text{中部横截面积 } A_0 = (30 + 10 \times 0.33)(15 + 10 \times 0.33) = 609.39\text{m}^2$$

$$\text{上口面积 } A_1 = (30 + 2 \times 10 \times 0.33)(15 + 2 \times 10 \times 0.33) = 790.56\text{m}^2$$

$$\text{挖方量为 } V = \frac{10}{6} (790.65 + 4 \times 609.39 + 450) = 6130.20\text{m}^3$$

(2) 利用公式(1-1)计算松散土体积

$$V_2 = VK_s = 6130.20 \times 1.24 = 7601.448\text{m}^3$$

$$\text{需用汽车的车次为 } n = \frac{V_2}{3} = 2534 \text{ (车次)}$$

(3) 设填筑高度为 x ,挖填的虚土体积相等,则

$$V \cdot K_s = \frac{50 \times 50 \times x}{K'_s} \cdot K_s$$

$$x = \frac{V \cdot K'_s}{50 \times 50} = \frac{6130.20 \times 1.05}{50 \times 50} = 2.75\text{m}$$

若将全部土方填于 $50\text{m} \times 50\text{m}$ 的场地上,其填筑高度(不考虑放坡)是2.75m。

二、场地平整的土方量计算

场地平整就是将天然地面改造成工程上所要求的设计平面,由于场地平整时全场地兼有挖和填,而挖和填的体形常常不规则,所以一般采用方格网方法分块计算解决,其计算步骤如下。

(一) 划分方格网

划分方格网的步骤是:(1)在地形图上将施工区域画出方格网,如图1-3所示;(2)根据地形变化程度及要求的计算精度来确定方格网的边长,一般取10~40m;(3)在各方格的左上逐一标出其角点的编号。

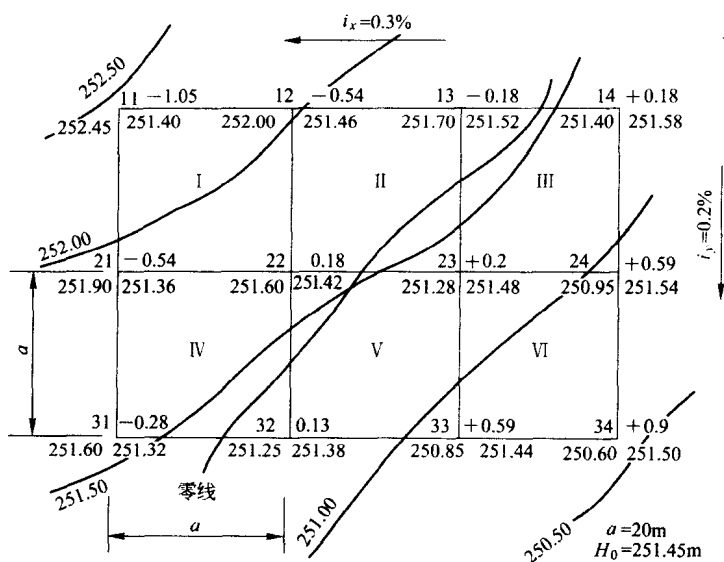


图 1-3 场地平整方格网法计算图

(二) 计算各角点的地面标高

角点的地面标高也称为角点的自然地面标高, 可根据地形图上相邻两等高线的高程, 用插入法求得。

(三) 计算各角点的设计标高

首先, 确定场地设计标高。场地设计标高一般由设计单位按竖向规划给定, 或根据城市排水总管标高确定, 或施工单位自行确定。单纯平整性的场地设计标高确定原则, 一般是按场内挖填平衡计算, 如图 1-3 所示。设场地方格网数为 N , 各角点的自然地面标高分别为 $H_{11}, H_{12}, \dots$, 方格网边长为 a , 则场地平整前从自然地面标高计算至海平面的土方体积总和为:

$$V = \left(\frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right) a^2 + \left(\frac{H_{12} + H_{13} + H_{22} + H_{23}}{4} \right) a^2 + \dots$$

$$= \left(\frac{\sum H_{1-i} + 2\sum H_{2-i} + 3\sum H_{3-i} + 4\sum H_{4-i}}{4} \right) a^2 \quad (1-7)$$

场地平整后, 从场地设计标高 H_0 计算至海平面的土方总体积为

$$V' = H_0 a^2 N \quad (1-8)$$

因为挖填平衡, 所以 $V = V'$, 即

$$H_0 = \frac{\sum H_{1-i} + 2\sum H_{2-i} + 3\sum H_{3-i} + 4\sum H_{4-i}}{4N} \quad (1-9)$$

式中, $H_{1-i}, \dots, H_{4-i}$ 分别表示在各方格网中所共有的角点地面标高。

其次, 考虑泄水坡度对角点设计标高的影响, 当按以上确定的设计标高 H_0 进行场地平整时, 则整个场地表面均处于同一水平面。但实际上由于排水的要求, 场地表面需有一定的泄水坡度, 一般取 $0 \sim 0.005$ 。因此, 还需根据场地泄水坡度的要求, 计算出场地内各

方格角点实际施工所用的设计标高。

以 H_0 作为场地中心点的标高, 则场地任意点的设计标高为:

$$H'_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-10)$$

式中 l_x 、 l_y ——分别为计算角点至场地中心线 $y-y$ 和 $x-x$ 的距离;

i_x 、 i_y ——分别为 $x-x$ 、 $y-y$ 方向的泄水坡度;

式中的 $\pm$ 号, 视坡度方向高低位置而定。

如 i_x 或 i_y 为零, 则场地为单向泄水坡度; 如 i_x 、 i_y 均不为零, 则场地为双向泄水坡度; 如 i_x 、 i_y 均为零, 则 $H'_n = H_0$ 。

(四) 计算各角点的施工高度

角点施工高度即角点需要挖或填方的高度, 由角点的设计标高减去地面标高而得, 即

$$h_n = H'_n - H_n \quad (1-11)$$

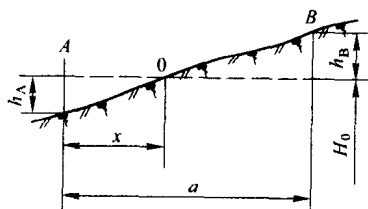
式中 h_n ——角点施工高度 (即挖填高度), 以 “+” 为填, “-” 为挖;

H'_n ——角点的设计标高;

H_n ——角点的自然地面标高。

(五) 计算零点及绘出零线

在场地某方格的某边上相邻两个角点的施工高度出现 “+” 与 “-” 时, 则表示该边从填至挖的全长中存在一个不挖不填的点, 称为零点或不挖不填点, 如图 1-4 所示。零点的位置可按下式计算:



$$x = \frac{ah_A}{h_A + h_B} \quad (1-12)$$

式中 x ——零点到计算基点的距离;

a ——方格边长;

h_A 、 h_B ——分别为方格相邻两角点 A 与 B 的填、挖施工高度, 以绝对值代入。

图 1-4 零点位置

将方格网中的各零点连接起来, 即形成不挖不填的

零线 (图 1-3)。零线将整个场地分为挖方区域和填方区域。

(六) 计算各方格内的挖或填方体积

1. 场地土方量计算

由图 1-3 方格网各角点的施工高度可知, 各方格挖或填的土方量, 一般可按下述四种不同类型 (如图 1-5 所示) 进行计算:

(1) 方格四个角点全部为挖或全部为填, 如图 1-5 (a) 所示, 其土方量为:

$$V_i = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-13)$$

式中 V_i ——挖方或填方体积;

h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 ——各方格角点挖填高度 (用绝对值);

a ——方格边长。

(2) 方格的相邻两个角点为挖方, 另两个角点为填方, 如图 1-5 (b) 所示, 其挖方部