



高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型

土木工程施工技术

● 主编 韩俊强 袁自峰 主审 朱立冬



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型

土木工程施工技术

主 编 韩俊强 袁自峰
副主编 王君来 尚晓峰
主 审 朱立冬



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

土木工程施工技术/韩俊强,袁自峰主编. —武汉:武汉大学出版社,2013.12
高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型
ISBN 978-7-307-11839-3

I. 土… II. ① 韩… ② 袁… III. 土木工程—工程施工—高等学校—教材
IV. TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 229827 号

责任编辑:余 梦 责任校对:希 文 装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)
(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:荆州市鸿盛印务有限公司

开本:850×1168 1/16 印张:19 字数:520 千字

版次:2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-11839-3 定价:36.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

高等学校土木工程专业“十二五”系列规划教材·应用型

编审委员会

顾 问 王世庆 刘 华 杨家仕 戴运良

主 任 委 员 康志华 张志国

副主任委员 罗特军 李平诗 张来仪 何志伟 邹 皓 杨乃忠

王君来 周家纪 袁自峰 冯治流

委 员(按姓氏笔画排名)

王若志 王星捷 王晓明 王涯茜 白立华 刘 琛

李 然 李忠定 李章政 吴浙文 张士彩 尚晓峰

郝献华 胡益平 段 旻 韩俊强 蒲小琼 蔡 巍

魏泳涛

总责任编辑 曲生伟

秘 书 长 王 睿

特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导的模式而成为一次建设性、发现性的学习,从被动学习而成为主动学习,由教师传播知识而到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,将逐步配备基本数字教学资源,其主要内容包括:

课程教学指导文件

- (1)课程教学大纲;
- (2)课程理论与实践教学时数;
- (3)课程教学日历:授课内容、授课时间、作业布置;
- (4)课程教学讲义、PowerPoint 电子教案。

课程教学延伸学习资源

- (1)课程教学参考案例集:计算例题、设计例题、工程实例等;
- (2)课程教学参考图片集:原理图、外观图、设计图等;
- (3)课程教学试题库:思考题、练习题、模拟试卷及参考解答;
- (4)课程实践教学(实习、实验、试验)指导文件;
- (5)课程设计(大作业)教学指导文件,以及典型设计范例;
- (6)专业培养方向毕业设计教学指导文件,以及典型设计范例;
- (7)相关参考文献:产业政策、技术标准、专利文献、学术论文、研究报告等。

基本数字教学资源网站链接:<http://www.stmpress.cn>

前 言

本书为“高等学校土木工程专业‘十二五’系列规划教材·应用型”之一。

“土木工程施工技术”是高等学校土木工程类、工程管理类专业的一门重要的专业课。“土木工程施工技术”的内容包括土方工程、地基与基础工程、砌体工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、防水工程、装饰装修工程、道路桥梁施工九部分。

本书是按照高等学校土木工程学科专业指导委员会颁布的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》教学基本要求,根据新形势下教育改革趋势和土木工程类等院校的教学特点,结合国家新颁布的施工及验收规范、编写组教师的长期教学经验编写而成的。本书在内容上注意和后续课程的衔接,将对后续课程影响不大的或重复的内容进行了适当的压缩和精简,突出了新技术、新工艺、新方法等重点内容;在理论上力求简明,强调对学生工程技术实践能力的培养。

本书由成都理工大学工程技术学院韩俊强、中国矿业大学银川学院袁自峰担任主编;石家庄铁道大学四方学院王君来、成都理工大学工程技术学院尚晓峰担任副主编;石家庄铁道大学四方学院崔会芝、中国矿业大学银川学院兰文斌、成都理工大学工程技术学院郑清、宁夏理工学院刘文艳担任参编。

具体编写分工为:

成都理工大学工程技术学院,韩俊强(前言、第4章);

中国矿业大学银川学院,兰文斌(第1章、第3章);

中国矿业大学银川学院,袁自峰(第2章);

宁夏理工学院,刘文艳(第4章);

成都理工大学工程技术学院,郑清(第5章);

成都理工大学工程技术学院,尚晓峰(第6章);

石家庄铁道大学四方学院,崔会芝(第7章、第8章);

石家庄铁道大学四方学院,王君来(第9章)。

武汉理工大学朱立冬教授担任本书主审,并对本书的编写提出了许多宝贵的建议,特致谢意。

在本书的编写过程中参考了有关书籍,并从中引用了部分例题和习题,在此表示感谢。

书中如有不妥之处,敬请读者提出指正。

编 者

2013年5月

目 录

1	土方工程	(1)
1.1	土的工程分类和性质	(1)
1.2	场地平整	(4)
1.3	土方的机械化开挖	(13)
1.4	土方的填筑与压实	(18)
1.5	土方调配	(21)
1.6	降排水施工	(28)
1.7	土方工程案例分析	(38)
	本章小结	(41)
	习题与思考题	(41)
	参考文献	(42)
2	地基与基础工程	(43)
2.1	地基处理	(43)
2.2	桩基础施工	(54)
2.3	地下连续墙施工	(73)
2.4	沉井和逆作法施工	(77)
2.5	基础工程施工案例分析	(78)
	本章小结	(80)
	习题与思考题	(80)
	参考文献	(81)
3	砌体工程	(82)
3.1	建筑砂浆	(82)
3.2	砖砌体工程	(83)
3.3	砌块砌体工程	(87)
3.4	脚手架工程	(89)
3.5	砌体工程案例分析	(95)
	本章小结	(98)
	习题与思考题	(98)
	参考文献	(98)
4	钢筋混凝土工程	(99)
4.1	模板工程	(99)

4.2	钢筋工程	(108)
4.3	混凝土工程	(117)
4.4	钢筋混凝土工程案例分折	(134)
	本章小结	(138)
	习题与思考题	(138)
	参考文献	(138)
5	预应力混凝土工程	(139)
5.1	预应力混凝土的材料及分类	(140)
5.2	先张法预应力混凝土施工	(147)
5.3	后张法预应力混凝土施工	(153)
5.4	预应力混凝土工程案例	(163)
	本章小结	(165)
	习题与思考题	(165)
	参考文献	(166)
6	结构安装工程	(167)
6.1	起重机械	(167)
6.2	单层工业厂房结构安装	(177)
6.3	多高层建筑结构安装	(189)
6.4	结构安装工程案例	(191)
	本章小结	(197)
	习题与思考题	(198)
	参考文献	(198)
7	防水工程	(199)
7.1	屋面防水	(199)
7.2	地下防水工程	(214)
	本章小结	(219)
	习题与思考题	(219)
	参考文献	(220)
8	装饰装修工程	(221)
8.1	抹灰工程	(221)
8.2	饰面板(砖)工程	(225)
8.3	涂饰工程	(229)
8.4	吊顶工程	(232)
8.5	装饰装修工程案例	(238)
	本章小结	(239)
	习题与思考题	(239)

参考文献.....	(239)
9 道路桥梁施工	(240)
9.1 路基工程	(240)
9.2 路面工程	(252)
9.3 桥梁施工	(260)
9.4 桥梁工程案例	(281)
本章小结.....	(290)
习题与思考题.....	(291)
参考文献.....	(291)

1 土方工程

【内容提要】

本章主要包括建筑场地和基坑(槽)施工的基本理论知识和施工技术,即土的基本性质,土方的开挖、运输和压实,土方工程量的计算与调配,土方机械化施工,与基坑(槽)施工密切相关的施工排水,基坑边坡与支护等内容。本章的教学重点为土方调配,边坡稳定及土壁支护的方法,轻型井点降水,土方的填筑与压实;教学难点为表上作业法进行土方调配,轻型井点降水,边坡稳定及土壁支护,影响填土压实的因素。

【能力要求】

通过本章的学习,学生需掌握土方工程量的计算与调配,场地平整,基坑(槽)开挖;土方的机械化施工;土方工程的辅助工程;土方爆破施工等内容。

土木工程施工中,常见土石方工程内容有场地平整、基坑(槽)与管沟开挖、路基开挖、人防工程开挖、地坪填土、路基填筑和基坑回填等,以及排水、降水、土壁支撑等准备工作和辅助工程。

土方工程施工往往具有工程量大,施工工期长,劳动强度大,施工条件复杂且多为露天作业等特点;土方施工又受气候、水文、地质、场地限制、地下障碍等因素的影响,进一步加大了施工的难度。因此,在组织土方工程施工前,应详细分析与核对各项技术资料(如地形图,工程地质和水文地质勘察资料,地下管道,电缆和地下、地上构筑物情况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、经济上合理的施工设计方案。

土方工程施工的原则是:组织土石方工程施工,尽可能采用机械化施工,在条件不够或机械设备不足时,则应创造条件,采取半机械化和革新工具相结合的方法,以代替或减轻繁重的体力劳动。另外,要合理安排施工计划,尽可能避免在雨季施工,否则,应做好防洪排水等工作。

1.1 土的工程分类和性质

1.1.1 土的工程分类

土的种类繁多,从不同技术角度,其分类方法各异。按土的开挖难易程度,土分为八类,见表 1-1。表 1-1 中一~四类为土,五~八类为岩石。

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,少许用脚踏
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	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	2700~3300	用爆破方法开挖

1.1.2 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数据。土的主要工程性质有土的密实度、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作如下说明。

(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,它与土的密实程度和含水量有关。在选择汽车运土时,可用天然密度将载重量折算成体积。土的天然密度用 ρ 表示,其计算公式为:

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

式中 m ——土的总质量;

V ——土的总体积。

(2) 土的干密度

土的干密度是指单位体积中固体颗粒的质量。它在一定程度上反映了土颗粒排列的紧密程度,可用来作为填土压实质量的控制指标。土的干密度用 ρ_d 表示,其计算公式为:

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

式中 m_s ——土中固体颗粒的质量。

(3) 土的含水量

土的含水量是指土中水的质量与固体颗粒质量之比。它随外界雨、雪、地下水的影响而变化。当土的含水量超过 30% 时,机械施工会很困难。一般土的含水量超过 20% 时就会使运土汽车打滑或陷轮。回填土夯实时若土的含水量过大,则会产生橡皮土现象而无法夯实。土的含水量对土方边坡稳定性也有直接影响。土的含水量用 w 表示,其计算公式为:

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-3)$$

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

m_s ——土中固体颗粒的质量,为烘干后土的质量,kg。

(4) 土的可松性

土的可松性是土经开挖后组织破坏、体积增加,虽经回填压实仍不能恢复成原来体积的性质。它可用最初可松性系数 K_s 和最终可松性系数 K'_s 表示,其计算公式分别为:

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-4)$$

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-5)$$

式中 V_1 ——土在自然状态下的体积;

V_2 ——土经开挖后松散状态下的体积;

V_3 ——土经回填压实状态下的体积。

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	体积增加百分比/%		可松性系数	
	最初	最终	K_s	K'_s
第一类(松软土)	8~17	1~2.5	1.08~1.17	1.01~1.03
第二类(普通土)	20~30	3~4	1.20~1.30	1.03~1.04
第三类(坚土)	14~28	1.5~5	1.14~1.28	1.02~1.05
第四类(砂砾坚土)	24~30	4~7	1.24~1.30	1.04~1.07
第五类(软石)	26~32	6~9	1.26~1.32	1.06~1.09
第六类(次坚石)	33~37	11~15	1.33~1.37	1.11~1.15
第七类(坚石)	30~45	10~20	1.30~1.45	1.10~1.20
第八类(特坚石)	45~50	20~30	1.45~1.50	1.20~1.30

(5) 土的压缩性

土的压缩性是土经运输、填压后体积会压缩的性质,用土的压缩率 P 表示,其计算公式为:

$$P = \frac{\rho' - \rho_d}{\rho_d} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中 ρ' ——土压实后的干密度。

一般土的压缩率见表 1-3,通常可按填方断面增加 10%~20% 的方数考虑。

表 1-3

土的压缩率参考值

土的类别	土的 名称	土的压缩值	每立方米松散土压实后的体积/m ³
一、二类土	种植土	20%	0.8
	一般土	10%	0.9
	砂土	5%	0.95
三类土	天然湿度黄土	12%~17%	0.85
	一般土	5%	0.95
	干燥坚实黄土	5%~7%	0.94

(6) 土的透水性

土的透水性是指当水力坡度等于 1 时水的渗透速度,用渗透系数 k 表示,其计算公式为:

$$k = \frac{Q}{AI} = \frac{V}{I} \quad (1-7)$$

式中 Q ——单位时间内渗透的水量;

A ——渗透水量的总横截面积;

V ——渗透水流的速度;

I ——水力坡度,即高低水位之差与渗透距离的比值。

1.2 场地平整

在土方工程施工之前,必须计算土方的工程量。土方的工程量不仅影响施工的进度,同时也直接影响到工程造价的高低,因此快速、准确地计算土方量是必要的。土方工程量计算包括土方平整量、土方的开挖量和调配量计算。一般情况下,将土方划分成一定的几何形状,采用具有一定精度的方法进行计算。

场地平整土方量的计算有多种方法,如断面法、方格网法等。在此,主要介绍用方格网法计算土方量。

1.2.1 场地标高设计

场地平整通常是挖高填低,使场地平整。因此必须确定场地平整设计标高,作为计算挖填方工程量、进行土方平衡调配、选择施工机械、制订施工方案的依据。

对较大面积的场地平整,选择合理的场地平整设计标高十分重要。其原则是:满足施工工艺和运输的要求;尽量利用地形,以减少挖方量;场地内挖填方量力求平衡,使土方运输费用最少;有一定排水坡度,考虑最高洪水位的影响等。

场地设计标高通常采用“挖填土方量平衡法”来计算,其步骤如下。

(1) 场地设计标高 H_0 的初定

首先利用地形图的方格网或将场地划分成 10~40 m 的方格网(如图 1-1 所示),然后求出各方格角点的标高。地形平坦时,可依据地形图上相邻两等高线的标高,用插入法求得;地形起伏或无地形图时,可在现场打设木桩定出方格网,并用仪器测出。

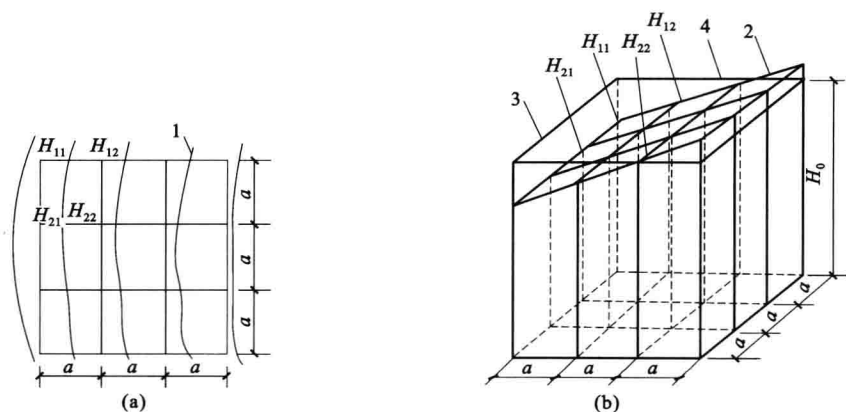


图 1-1 场地初步设计标高计算简图

(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

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 1-1 所示的场地, 初步设计标高可按式计算:

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

即

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

从图 1-1 可见, H_{11} 为一个方格的角点标高; H_{12} 、 H_{21} 为相邻两个方格公共角点标高; H_{22} 为相邻四个方格公共角点标高。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, 式(1-8)可改为:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4n} \quad (1-9)$$

式中 n ——方格数; a ——方格边长; $H_{11}, \dots, H_{22}$ ——任一方格四角点标高; H_1 ——一个方格仅有的角点标高; H_2 ——二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。

【例 1-1】 已知如图 1-2 所示方格网, 试计算场地平整初步设计标高 H_0 。

【解】 $\sum H_1 = 70.09 + 71.43 + 69.10 + 70.70$
 $= 282.13(\text{m})$

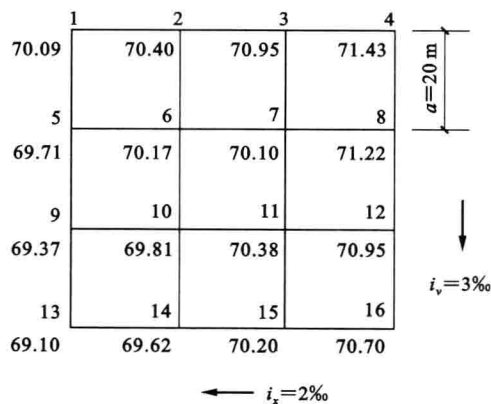


图 1-2 方格网地面标高

$$\begin{aligned}
 2 \sum H_2 &= 2 \times (70.40 + 70.95 + 69.71 + 71.22 + 69.37 + 70.95 + 69.62 + 70.20) \\
 &= 1125.84(\text{m}) \\
 3 \sum H_3 &= 0 \\
 4 \sum H_4 &= 4 \times (70.17 + 70.10 + 69.81 + 70.38) = 1121.84(\text{m}) \\
 H_0 &= \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4n} = \frac{282.13 + 1125.84 + 0 + 1121.84}{4 \times 9} \\
 &= 70.29(\text{m})
 \end{aligned}$$

(2) 调整计算所得设计标高

在实际工程中,对计算得到的设计标高,还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。由图 1-3 可知,考虑土的可松性引起设计标高的增加值 Δh 及调整后的设计标高 H'_0 按下式计算:

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

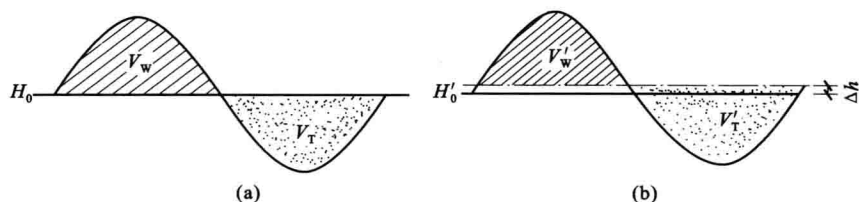


图 1-3 设计标高调整示意图

(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:

$$\begin{aligned}
 \Delta h &= \frac{V'_T - V_T}{F_T} \\
 \Delta h &= \frac{(V_w - F_w \Delta h) - V_T}{F_T}
 \end{aligned}$$

因 $V_T = V_w$,整理上式得:

$$\Delta h = \frac{V_w (K'_s - 1)}{F_T + F_w K'_s} \quad (1-10)$$

式中 V_w, V_T ——按 H_0 算出的总挖方、总填方体积;

F_w, F_T ——按 H_0 计算出的挖方区、填方区总面积;

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:

$$H'_0 = H_0 + \Delta h \quad (1-11)$$

② 弃土、借土的影响。设计标高以上的各种填方工程(如修筑路堤填高的土方)会导致设计标高的降低;设计标高以下的各种填方工程(如场地内大型基坑挖出的土方)会导致设计标高的提高;

考虑经济因素而将部分挖方就近弃土于场外或将部分填方就近从场外借土也会导致设计标高的降低或提高。调整后的设计标高 H'_0 按下式计算：

$$H'_0 = H_0 \pm \frac{Q}{na^2} \quad (1-12)$$

式中 Q ——场地按 H_0 平整后多余或不足的土方量；

n ——场地方格数；

a ——方格边长。

(3) 排水坡度的影响

调整后的设计标高是一个水平面的标高，而实际施工中要根据泄水坡度的要求（单坡泄水或双坡泄水）计算出场地内各方格网角点实际设计标高。

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 1-4(a) 所示。场地内方格任意一角点的设计标高为：

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \quad (1-13)$$

式中 l_x ——该点至设计标高 H_0 的距离；

i_x ——场地泄水坡度（不小于 2‰）；

H_n ——场地内各方格任一角的设计标高。

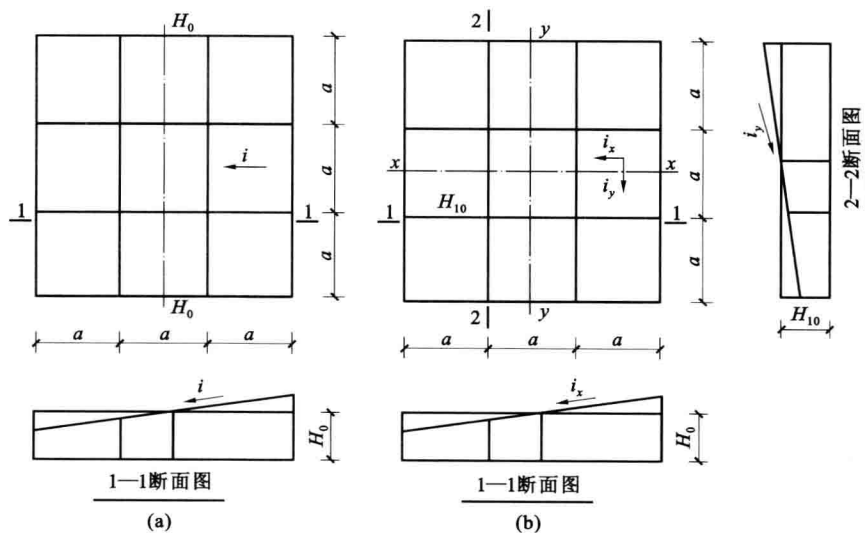


图 1-4 场地泄水坡度示意图

(a) 单向泄水坡度的场地；(b) 双向泄水坡度的场地

② 双向泄水时，场地方格中各角点设计标高的计算方法。

场地用双向泄水时，以计算出初步设计标高 H_0 作为场地中心点的标高，如图 1-4(b) 所示。场地内方格任意一角的设计标高为：

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-14)$$

式中 l_x, l_y ——分别为该点沿 $x-x, y-y$ 方向距场地中心线的距离；

i_x, i_y ——分别为场地沿 $x-x, y-y$ 方向的泄水坡度。

1.2.2 场地土方量计算

采用方格网法计算场地平整的土方量时,应根据方格网各方格角点的自然地面标高和实际采用的设计标高,算出相应的角点填挖高度(施工高度),然后计算每一方格的土方量,并算出场地土坡的土方量。经汇总便可求出整个场地的填、挖方总量。其具体计算步骤如下。

(1) 计算场地各方格角点的施工高度

场地各方格角点的施工高度计算式为:

$$h_n = H_n - H \quad (1-15)$$

式中 h_n ——角点施工高度,即填挖高度,以“+”为填,“-”为挖;

H_n ——角点的设计标高;

H ——角点的自然地面标高。

(2) 计算零点位置

在一个方格网内同时有填方或挖方时,应先算出方格网边上的零点的位置,并标注于方格网上,连接零点即得填方区与挖方区的分界线(零线)。零点的位置可用插入法按下式计算(如图 1-5 所示):

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= \frac{h_1}{h_1 + h_2} \times a \\ x_2 &= \frac{h_2}{h_1 + h_2} \times a \end{aligned} \right\} \quad (1-16)$$

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,取绝对值, m;

a ——方格网的边长, m。

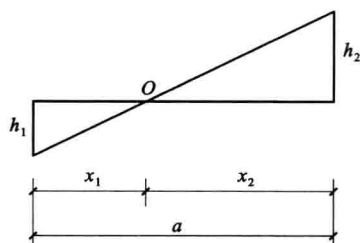


图 1-5 插入法求零点位置

(3) 计算场地挖填土方量

场地挖填土方量的计算,应先计算方格网中各方格的挖填土方量,然后进行汇总得到整个场地的挖填土方量。各方格的土方量计算,应根据方格角点的施工高度按四棱柱法或三棱柱法计算。用四棱柱法计算时可将方格分为三种情况:全挖全填方格、两挖两填方格、三挖一填(三填一挖)方格。

① 全挖全填方格。

这种方格是方格四个角点全部为挖(或填)的方格,如图 1-6 所示,为全挖方格,其土方量为:

$$V = \frac{a^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-17)$$

式中 V ——挖方或填方的土方体积, m^3 ;

h_1, h_2, h_3, h_4 ——方格角点的施工高度,取绝对值计算, m。

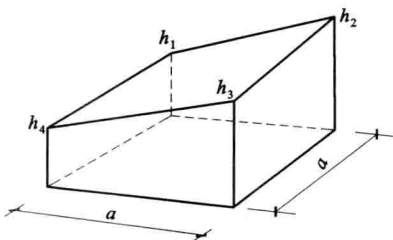


图 1-6 全挖方格

② 两挖两填方格。

这种方格是方格相邻两角点为挖,另两点为填,如图 1-7 所示,其土方量计算公式如下。

挖方量:

$$V_{1,2} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_1^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_2^2}{h_2 + h_3} \right) \quad (1-18)$$

填方量:

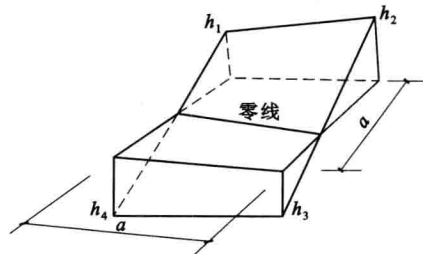


图 1-7 两挖两填方格