



世纪高等学校土木工程类系列教材



土木工程施工

■ 主 编 杨和礼

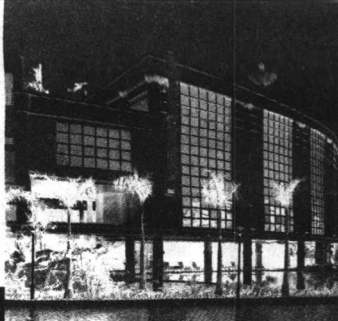
■ 副主编 何亚伯



全国优秀出版社
武汉大学出版社



世纪高等学校土木工程类系列教材



土木工程施工

■ 主 编 杨和礼
■ 副主编 何亚伯



全国优秀出版社
武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工/杨和礼主编;何亚伯副主编. —武汉: 武汉大学出版社, 2004. 9

21 世纪高等学校土木工程类系列教材

ISBN 7-307-04126-X

I. 土… II. ①杨… ②何… 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(2004)第 005176 号

责任编辑: 李汉保

责任校对: 黄添生

版式设计: 支 笛

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: wdp4@whu.edu.cn 网址: www.wdp.whu.edu.cn)

印刷: 华中科技大学印刷厂

开本: 787×1092 1/16 印张: 37.5 字数: 879 千字

版次: 2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7-307-04126-X/TU·44 定价: 49.00 元

版权所有, 不得翻印; 凡购我社的图书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请与当地图书销售门联系调换。

内 容 简 介

本书主要介绍了土木工程施工技术和管理方面的基本理论、方法和相关施工规律。全书共分十五章,分别为土方工程、深基础工程施工、砌体工程、混凝土工程、预应力混凝土工程、高层建筑主体工程施工、结构安装工程、地下工程施工、道路桥梁施工、防水工程、建筑装饰工程、流水施工、网络计划技术、单位工程施工组织设计、施工组织总设计等。

本书可作为高等学校土木工程专业或工程管理专业本科生的教材,也可作为土木工程施工技术人员参考用书。

前 言

土木工程施工是土木工程专业本科教育中重要的专业课程之一,本课程主要研究土木工程施工技术和管理方面的基本理论、方法和相关施工规律。通过本课程的学习,主要要求学生了解土木工程施工领域内国内外的新技术和发展动态,掌握土木工程施工中常用的施工技术和施工方法,掌握单位工程施工组织设计及施工组织总设计的编制步骤、方法,具有初步解决土木工程施工技术和施工组织设计问题的能力。

本书系武汉大学出版社组织出版的 21 世纪高等学校土木工程类系列教材之一,是按照国家教育部关于土木工程专业本科生的培养目标和土木工程专业指导委员会制定的课程教学大纲编写的。在本书编写的过程中,按照国家新颁布的土木工程设计规范和各种施工质量及验收规范进行编写,删除了规范中已经废除和已经过时的施工技术和施工方法,力求反映国内外的新技术、新工艺和新方法,力求扩大学生的知识面和知识面,以满足土木工程专业培养目标的要求。

本书可作为土木工程专业或工程管理专业本科生教材,可作为相关专业的教学用书,同时也可作为土木工程技术人员解决施工技术和施工管理方面问题的参考用书。

本书共分十五章,具体编写分工如下:陈悦华第一章、第九章;杨海红第二章、第三章;王望珍第四章、第十二章;何亚伯第五章、第六章;杨和礼第七章(李洪波负责单层工业厂房实例的编写)、第八章、第十章、第十一章;孔文涛第十三章;王传玺第十四章、第十五章。

本书编写的过程中参考了相关书籍及资料,其中主要资料已列入本书参考文献,在此谨向各位作者表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,书中的错误和不足之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见。

作 者
2003 年 10 月

目 录

第一章 土方工程	1
§ 1.1 土的工程分类及性质	1
§ 1.2 场地平整	3
§ 1.3 土方调配	10
§ 1.4 施工排水	17
§ 1.5 土方工程的机械化施工	31
§ 1.6 爆破工程	44
第二章 深基础工程施工	54
§ 2.1 桩基础施工	54
§ 2.2 地下连续墙施工	76
§ 2.3 逆作法施工	83
第三章 砌体工程	91
§ 3.1 砌筑材料	91
§ 3.2 砌石工程施工	96
§ 3.3 混凝土小型空心砌块施工	102
§ 3.4 加气混凝土砌块施工	116
第四章 混凝土结构工程	121
§ 4.1 模板工程	122
§ 4.2 钢筋工程	131
§ 4.3 混凝土工程	144
第五章 预应力混凝土工程	169
§ 5.1 预应力钢筋	169
§ 5.2 预应力张拉锚固体系	172
§ 5.3 预应力张拉设备	185
§ 5.4 先张法施工	191
§ 5.5 后张法施工	199

§ 5.6 无粘结预应力混凝土结构施工	211
§ 5.7 预应力框架结构施工	216
第六章 高层建筑主体结构施工	227
§ 6.1 高层建筑滑模施工	227
§ 6.2 高层建筑大模板施工	244
§ 6.3 高层建筑爬模施工	254
§ 6.4 高层钢结构施工	260
第七章 结构安装工程	275
§ 7.1 起重机械	275
§ 7.2 单层工业厂房结构安装	287
§ 7.3 多层和高层建筑结构安装	317
§ 7.4 升板法施工	328
第八章 地下工程施工	336
§ 8.1 盾构工程施工	336
§ 8.2 沉管隧道	351
§ 8.3 沉井施工	371
第九章 道路桥梁施工	380
§ 9.1 路基施工	380
§ 9.2 路面施工	388
§ 9.3 常见桥梁施工	403
第十章 防水工程	417
§ 10.1 屋面防水工程	417
§ 10.2 地下防水工程	439
第十一章 建筑装饰工程	454
§ 11.1 抹灰工程	454
§ 11.2 饰面板(砖)工程	461
§ 11.3 涂饰工程	467
§ 11.4 吊顶工程	471
第十二章 流水施工	477
§ 12.1 流水施工的基本概念	477
§ 12.2 流水施工参数	480

§ 12.3	流水施工的基本方式	484
第十三章	网络计划技术	494
§ 13.1	双代号网络图的绘制	494
§ 13.2	双代号网络图的计算	502
§ 13.3	单代号网络图	512
§ 13.4	网络计划的工期—成本优化	518
§ 13.5	网络计划的资源优化	523
第十四章	单位工程施工组织设计	534
§ 14.1	概 述	534
§ 14.2	施工方案	537
§ 14.3	单位工程施工进度计划	550
§ 14.4	施工准备及资源供应计划	555
§ 14.5	单位工程施工平面图	558
§ 14.6	单位施工组织设计实例	562
第十五章	施工组织总设计	569
§ 15.1	施工组织总设计概述	569
§ 15.2	施工部署和主要项目施工方案	570
§ 15.3	施工总进度计划	572
§ 15.4	资源需要量计划	574
§ 15.5	全场性暂设工程	576
§ 15.6	施工总平面图	582
参考文献		586

第一章 土方工程

土方工程是各类土木工程项目开始施工的第一道工序,土方工程具有工程量大、劳动强度大、施工条件复杂等特点,在土木工程施工中占有重要地位。土方工程施工包括各类土的挖掘、填筑和运输等过程以及排水、降水和土壁支承等过程。

§ 1.1 土的工程分类及性质

一、土的工程分类

土的分类方法较多,如根据土的颗粒级配或塑性指数可将其分为碎石类土(漂石土、块石土、卵石土、碎石土、圆砾土、角砾土)、砂土(砾砂、粗砂、中砂、细砂、粉砂)和粘性土(粘土、亚粘土、轻亚粘土)等;根据土的沉积年代,粘性土可分为老粘性土、一般粘性土、新近沉积粘性土等;根据土的工程特性,又可分出特殊性土,如软土、人工填土、黄土、膨胀土、红粘土、盐渍土、冻土等。不同的土,其物理、力学性质也不同,只有充分掌握各类土的特性及其对施工过程的影响,才能选择正确的土方工程施工方法。

在工程中常根据土方施工时土(石)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、特坚石八类,称为土的工程分类。前四类属一般土,后四类属岩石,土的分类法及其现场鉴别方法,见表 1.1.1。

表 1.1.1

土的工程分类

土的分类	土的名称	土的密度 (t/m^3)	开挖方法
一类土 (松软土)	砂土、粉土、冲积砂土层、疏松的种植土、淤泥(泥炭)	0.5 ~ 1.5	用锹、锄头挖掘,少许用脚蹬
二类土 (普通土)	粉质粘土;潮湿的黄土;夹有碎石、卵石的砂;粉土混卵(碎)石;种植土、填土	0.11 ~ 6	用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松
三类土 (坚土)	软及中等密实粘土;重粉质粘土、砾石土;干黄土、含有碎石卵石的黄土、粉质粘土;压实的填土	1.75 ~ 1.9	主要用镐,少许用锹、锄头挖掘,部分用撬棍
四类土 (砂砾坚土)	坚硬密实的粘性土或黄土;含碎石、卵石的中等密实的粘性土或黄土;粗卵石;天然级配砂石;软泥灰岩	1.9	先用镐、撬棍,后用锹挖掘,部分用楔子及大锤

续表

土的分类	土的名称	土的密度 (t/m^3)	开挖方法
五类土 (软石)	硬质粘土;中密的页岩、泥灰岩、白垩土;胶结不紧的砾岩;软石灰及贝壳石灰石	1.1~2.7	用镐或撬棍、大锤挖掘,部分使用爆破方法
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、片麻岩及正长岩	2.2~2.9	用爆破方法开挖,部分用风镐开挖
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;微风化安山岩;玄武岩	2.5~3.1	用爆破方法开挖
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	2.7~3.3	用爆破方法开挖

二、土的工程性质

土的工程性质对土方工程的施工有直接影响,其主要性质如下。

(一)土的可松性

土的可松性指的是在自然状态下的土经开挖后组织被破坏,其体积因松散而增大,以后虽经回填压实,仍不能恢复为原来状态时的体积。土的可松性程度,一般用最初可松性系数 K_1 和最后可松性系数 K'_1 来表示,见式(1.1.1)与式(1.1.2)。

$$K_1 = \frac{V_2}{V_1} \quad (1.1.1)$$

$$K'_1 = \frac{V_3}{V_1} \quad (1.1.2)$$

式中: V_1 ——土在天然状态下的体积;

V_2 ——土经开挖后的松散体积;

V_3 ——土经回填压实后的体积。

(二)土的含水量

一般土的干湿程度用含水量表示,土的含水量(ω)是土中水的质量(m_w)与土的固体颗粒质量(m_s)之比,以百分比表示。即

$$\omega = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1.1.3)$$

一般土的含水量小于5%的称为干土;在5%~30%间的称为潮湿土;大于30%的称为湿土。含水量越大,土就越湿,对施工就越不利。含水量对挖土的难易、施工时的放坡、回填土的夯实等均有影响。

(三)土的透水性

土的透水性是指水流通过土中孔隙的难易程度。土体孔隙中的自由水在重力作用下会发生流动,当基坑土方开挖到地下水位以下,地下水的平衡被破坏后,地下水会不断流入基

坑。地下水的流动以及在土中的渗透速度都与土的透水性有关。地下水在土中渗流速度一般可按达西定律计算(见图 1.1.1),其公式为

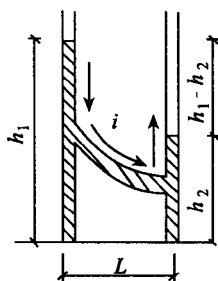


图 1.1.1 水力坡度示意图

$$v = K \cdot i = K \cdot \left(\frac{h_1 - h_2}{L} \right) \quad (1.1.4)$$

式中: v ——水在土中的渗流速度(m/d);

K ——土的渗透系数(m/d);

i ——水力坡度,表示两点水头差($h_1 - h_2$)与其水平距离 L 之比。

§ 1.2 场地平整

一、场地平整前的施工准备工作

场地平整是将现场平整成施工所要求的设计平面。场地平整前需做好以下准备工作:

1. 了解施工现场技术资料。在组织施工前,施工单位应充分了解施工现场的地形、地貌,掌握原有地下管线或构筑物的竣工图、土石方施工图以及工程、水文地质、气象条件等技术资料,作好平面控制桩位及垂直水准点位的布设及保护工作,施工时不得随便搬移和碰撞。

2. 场地清理。将施工区域内的建筑物和构筑物、管道、坟墓、沟坑等进行清理。对影响工程质量的树根、垃圾、草皮、耕植土和河塘淤泥等进行清除。

3. 地面水排除。在施工区域内设置排水设施,一般采用排水沟、截水沟、挡水土坝等,临时性排水设施应尽量与永久性排水设施结合考虑。应尽可能利用自然地形来设置排水沟,使水直接排至场外或流向低洼处。沟的横断面尺寸可根据当地实际气象资料,按照施工期内的最大排水量确定,一般不小于 500mm × 500mm。排水沟的边坡坡度应根据土质和沟深确定,一般为 1:0.7 ~ 1:1.5,岩石边坡可以适当放陡。

在山区施工时,应在较高一侧的山坡上开挖截水沟,沟壁、沟底应防止渗漏。在低洼地区施工时,除开挖排水沟外,必要时应在场地周围或需要的地段修筑挡水堤坝,防止水流入施工区。

4. 修建临时道路、临时设施。主要道路应结合永久性道路一次修筑。临时道路除路面

宽度要能保证运输车辆正常通行外,最好能在每隔 30 ~ 50m 的距离设一会车带。路基夯实后再铺上碎石面层即可,但在施工过程中随时注意整平,以保证道路通畅。施工时为避免施工场地内的泥土被车辆轮胎带入市区道路造成城市环境污染,场地内一般可以用低标号混凝土浇筑一层混凝土路面,以实现城市内的文明化施工。

5. 制定冬、雨季施工措施。如果土石方工程的施工期中有冬季或雨季,在编制施工组织设计时尚应制定冬、雨季土石方工程施工安全、质量与进度的保证措施。如雨季施工中的防洪、土方边坡稳定措施,冬季施工中的冻土开挖、填方等措施。

二、场地平整土方量计算

场地平整前,要确定场地平整与基坑(槽)开挖的施工顺序,确定场地的设计标高,计算挖、填土方量,进行土方调配等。

场地平整与基坑开挖的施工顺序,通常有三种不同情况:

1. 对场地挖、填土方量较大的工地,可先平整场地,后开挖基坑。这样,可为土方机械提供较大的工作面,使其充分发挥工作效能,减少与其他工作的相互干扰。

2. 对较平坦的场地,可先开挖基坑,待基础施工后再平整场地。此方法可减少土方的重复开挖,加快建筑物的施工进度。

3. 当工期紧迫或场地地形复杂时,可按照现场施工的具体条件和施工组织的要求,划分施工区域。施工时,可平整某一区域场地后,随即开挖该区域的基坑;或开挖某一区域的基坑,并做好基础后进行该区域的场地平整。

场地平整一般是进行挖高填低。平整前首先计算场地挖方量和填方量,确定场地设计标高,由设计平面的标高和天然地面的标高之差,可以得到场地各点的施工高度(即填挖高度),由此可以计算场地平整的挖方和填方的工程量。

(一) 场地设计标高确定

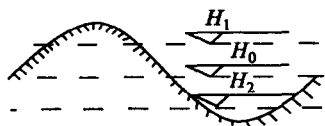


图 1.2.1 场地不同标高的影响

场地设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据,也是总图规划和竖向设计的依据。合理确定场地的设计标高,对减少土石方量、加速工程进度都有重要的经济意义。如图 1.2.1 所示,当场地标高为 H_0 时,填挖基本平衡,可将场地土

石方移挖作填,就地处理;当设计标高为 H_1 时,填方大大超过挖方,则需从场地外大量取土回填;当设计标高为 H_2 时,

挖方大大超过填方,则要向场外大量弃土。因此,在确定场地设计标高时,应结合现场的具体条件反复进行技术经济比较,选择其中相对最优方案。其原则是:满足生产工艺和运输的要求;满足设计时考虑的最高洪水水位的影响;充分利用地形,尽量使挖填平衡,以减少土方运输量。场地设计标高若无其他特殊要求,则可根据挖填方土方量平衡的原则加以确定。

1. 初步确定场地设计标高(H_0)

将场地划分成边长为 $d = 10 \sim 40\text{m}$ 的若干个正方形方格。每个方格的角点标高,在地形较为平坦时,可根据地形图上相邻两条等高线的高程,用插入法求得;当地形起伏较大,用插入法有较大的误差时,则可在现场用木桩打好方格网,然后用测量的方法求得。

根据场地内挖填土方量平衡的原则,若平整前后土方量相等,则(如图 1.2.2 所示)

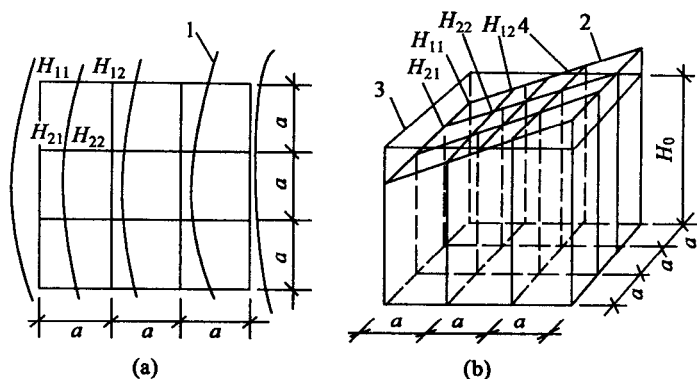


图 1.2.2 场地设计标高简图

(a) 地形图上划分方格; (b) 设计标高示意图

1—等高线;2—自然地坪;3—设计标高平面;4—自然地面与设计标高平面的交线(零线)

$$H_0 Na^2 = \sum_1^N \left(a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right)$$

即

$$H_0 = \sum_1^N \frac{(H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4N} \quad (1.2.1)$$

式中: H_0 ——所计算场地的设计标高(m); a ——方格边长(m); N ——方格数。 H_{11} 、 H_{12} 、 H_{21} 、 H_{22} ——某一方格的4个角点标高(m)。

从图 1.2.2 可见, H_{11} 是 1 个方格的单独角点标高, H_{12} 、 H_{21} 为 2 个方格共有的角点; H_{22} 为 4 个方格共有的角点标高。因此, 如果将所有方格的 4 个角点标高相加, 则类似 H_{11} 这样的角点标高加 1 次, 类似 H_{12} 、 H_{21} 的角点标高加 2 次, 类似 H_{22} 的角点标高加 4 次。此外还有三方格共有 1 个角点标高(加 3 次)的情况。因此, 式(1.2.1)可改写为

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4N} \quad (1.2.2)$$

式中: H_1 ——1 个方格所独有的角点标高(m); H_2 ——2 个方格共有的角点标高(m); H_3 ——3 个方格共有的角点标高(m); H_4 ——4 个方格共有的角点标高(m)。

2. 计算设计标高的调整值

按式(1.2.2)计算出的设计标高为一理论值, 而在实际施工过程中, 还需考虑下列因素的影响而对设计标高进行调整。

(1) 土的可松性影响

由于土具有可松性, 虽经回填压实, 仍然恢复不了原来状态的体积, 造成填土的多余, 因此相应地提高了设计标高。如图 1.2.3 所示, 设 Δh 为土的可松性引起设计标高的增加值,

则设计标高调整后的总挖方体积 V'_w 为

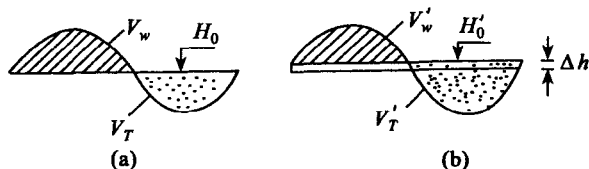


图 1.2.3 设计标高调整示意图
(a) 理论设计标高; (b) 调整设计标高

$$V'_w = V_w - F_w \cdot \Delta h \quad (1.2.3)$$

式中: V'_w ——设计标高调整后的总挖方体积;

V_w ——设计标高调整前的总挖方体积;

F_w ——设计标高调整前的挖方区总面积。

设计标高调整后,总填方体积变为

$$V'_T = V'_w K'_s = (V_w - F_w \Delta h) K'_s \quad (1.2.4)$$

式中: V'_T ——设计标高调整后的总填方体积;

K'_s ——土的最后可松性系数。

此时,填方区的标高也应与挖方区一样,提高 Δh ,即

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

式中: V_T ——设计标高调整前的总填方体积;

F_T ——设计标高调整前总填方区面积。

经移项整理化简得(当 $V_T = V_w$ 时)

$$\Delta h = \frac{V_w \cdot (K'_s - 1)}{F_T + F_w \cdot K'_s} \quad (1.2.5)$$

故考虑土的可松性后,场地设计标高的计算公式应调整为

$$H'_0 = H_0 + \Delta h \quad (1.2.6)$$

(2) 考虑泄水坡度对设计标高的影响

按上述计算出的设计标高进行场地平整时,是假设整个场地为一个水平面,实际上由于排水的要求,场地表面要有一定的泄水坡度。泄水坡度要符合设计要求,若设计无要求时,一般要求泄水坡度不小于 0.2%。设计时可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施施工时所用的设计标高,如图 1.2.4 所示。

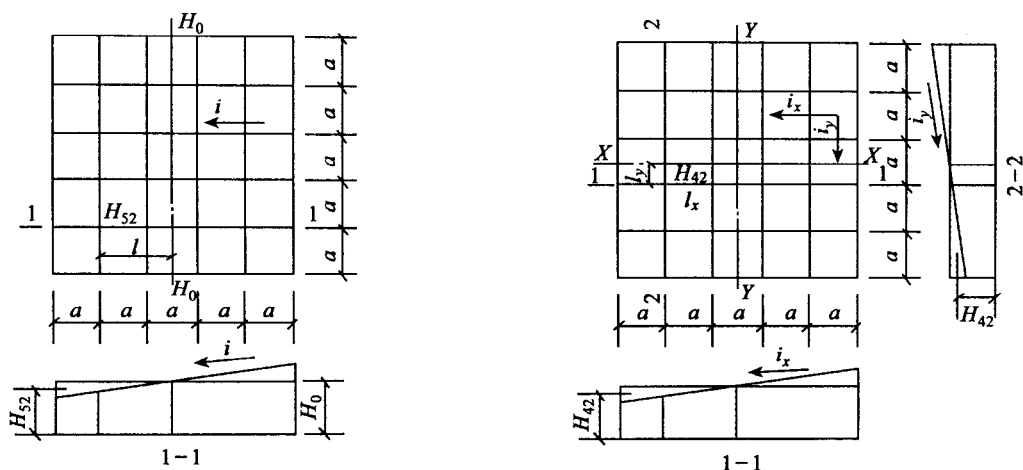
在进行双向泄水坡度设计标高计算时,考虑本场地土石方量的填挖平衡,将已调整的设计标高(H'_0)作为场地纵横方向的中心点的设计标高,则场地内任意一点的设计标高为

$$H_n = H'_0 \pm l_x \cdot i_x \pm l_y \cdot i_y \quad (1.2.7)$$

式中: l_x, l_y ——计算点沿 x, y 方向距中心点的距离;

i_x, i_y ——场地沿 x, y 方向的泄水坡度,当 i_x (或 i_y) 为零时,为单向泄水。

计算点比中心点高时,取“+”;计算点比中心点低时,则取“-”。



(a) 单向泄水

(b) 双向泄水

图 1.2.4 考虑泄水坡度对设计标高的影响

例如,在图 1.2.4 中,角点 H_{52} 、 H_{42} 的设计标高分别为:

①对于 H_{52} 点,属单向泄水, $H_{52} = H_0 - li = H_0 - 1.5ai$;

②对于 H_{42} 点,属双向泄水, $H_{42} = H_0 - l_x i_x - l_y i_y = H_0 - 1.5ai_x - 0.5ai_y$ 。

(二) 场地平整土方量计算

场地平整土方量的计算方法有方格网法和断面法两种,在场地地形较为平坦时宜采用方格网法;当场地地形比较复杂或挖填深度较大、断面不规则时,宜采用断面法。

1. 方格网法

(1) 方格网法的步骤

方格网法是利用方格网来控制整个场地,从而计算出土方工程量的方法,主要适用于地形较为平坦、面积较大的场地。场地宜划分为正方形方格网,通常以边长 10~40m 居多。

在求出场地各方格角点的自然地面标高和设计标高后,可按式计算各角点的施工高度(挖或填)

$$h_n = H_n - H \quad (1.2.8)$$

式中: h_n ——角点的施工高度(m),“+”号表示填方,“-”表示挖方;

H_n ——角点的设计标高(m);

H ——角点的自然地面标高(m)。

然后分别计算每一方格的填挖方量,并算出场地边坡的土方量,将挖方区(或填方区)的所有方格计算的土方量和边坡土方量汇总,即得出场地挖方和填方的总土方量。

计算挖填方土方量前先确定“零线”的位置。零线即挖方区与填方区的分界线,在该线上的施工高度为零。零线的确定方法是:在相邻角点施工高度为一挖一填的方格边线上(即方格边线角点的施工高度一正一负),用插入法求出各零点的位置,将方格网中各相邻边线上的零点连接起来,即为零线。

零点位置可通过式确定(见图 1.2.5):

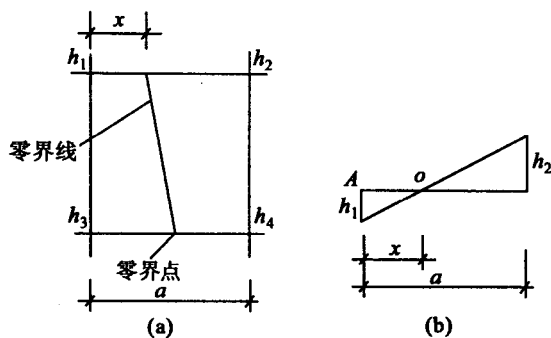


图 1.2.5 零点位置计算示意图

$$x = \frac{ah_1}{h_1 + h_2} \quad (1.2.9)$$

式中: x ——零点至 A 点距离;

h_1, h_2 ——施工高度;

a ——方格边长(m)。

零线确定后,便可进行土方量计算。

(2) 方格中土方量的计算方法

方格中土方量的计算可采用四角棱柱体法。计算时,根据方格角点的施工高度,分为三种类型:

①方格四角全部为挖或填时(见图 1.2.6),其体积为

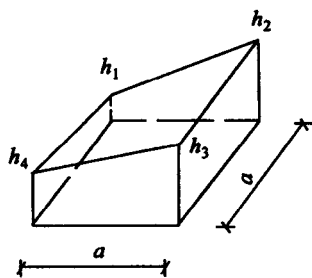


图 1.2.6 全部为挖或填的方格

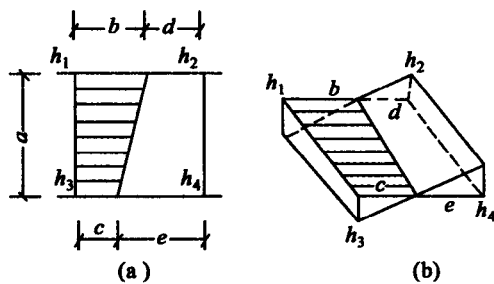


图 1.2.7 两挖和两填的方格

$$V = \frac{a^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1.2.10)$$

式中: V ——填方或挖方体积(m^3);

h_1, h_2, h_3, h_4 ——方格四个角点的施工高度(m);

a ——方格边长(m)。

②方格的相邻两角点为挖方,另两角点为填方(见图 1.2.7)时,则挖方部分土方量为

$$V_{挖} = \frac{b+c}{2}a \sum \frac{h}{4} = \frac{a}{8}(b+c)(h_1 + h_3) \quad (1.2.11)$$

填方部分的土方量为

$$V_{\text{填}} = \frac{d+e}{2}a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8}(d+e)(h_2+h_4) \quad (1.2.12)$$

式中: $\sum h$ ——填方或挖方施工高程总和,用绝对值代入;

b, c ——零点到一角点的边长。

③方格的3个角点为挖方(或填方),另一角点为填方(或挖方),如图1.2.8所示。

填方部分的土方量为

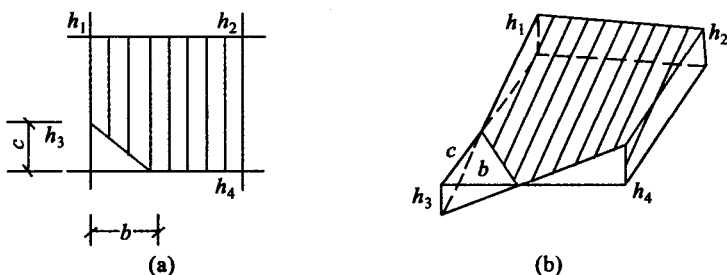


图 1.2.8 三挖一填的方格

$$V_{\text{填}} = \frac{bch^3}{6} \quad (1.2.13)$$

挖方部分的土方量为

$$V_{\text{挖}} = \left(a^2 - \frac{bc}{2}\right) \frac{\sum h}{5} = \left(a^2 - \frac{bc}{2}\right) \frac{h_1+h_2+h_4}{5} \quad (1.2.14)$$

2. 断面法

断面法是沿场地取若干个相互平行的断面(当精度要求不高时可利用地形图定出,若精度要求较高时,应实地测量定出),将所取的每个断面(包括边坡断面)划分为若干个三角形或梯形,如图1.2.9所示。对于任一断面,其三角形或梯形的面积计算为

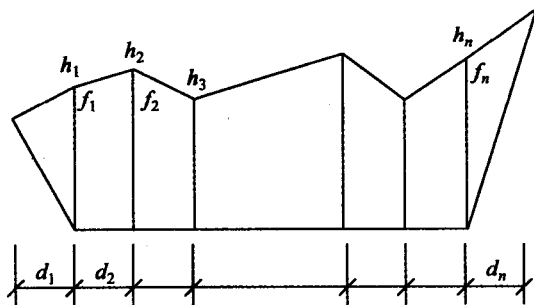


图 1.2.9 断面法示意图