



普通高等院校“十二五”
创新型精品规划系列教材

主编 吴晓燕 徐敏 朱斯钡

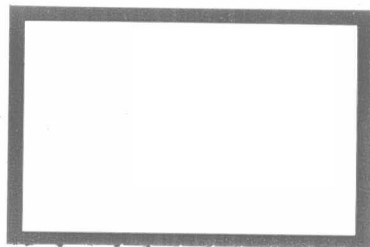
建筑施工技术

JIANZHU SHIGONG JISHU



中国地质大学出版社有限责任公司
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

普通高等院校“十二五”创新型精品规划系列教材



建筑施工技术

JIANZHU SHIGONG JISHU

主 编 吴晓燕 徐 敏 朱斯钊
副主编 朱 骏 熊金根 侯昌猛 胡典雄
参 编 许 玮 谭宝明 王 彤 张化俏 寇方洲



中国地质大学出版社有限责任公司
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术/吴晓燕,徐敏,朱斯钊主编. —武汉:中国地质大学出版社有限责任公司, 2012.5

ISBN 978-7-5625-2875-3

I. ①建…

II. ①吴…②徐…③朱…

III. ①建筑工程-工程施工-高等学校-教材

IV. ①TU74

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 097046 号

建筑施工技术

吴晓燕 徐 敏 朱斯钊 主编

责任编辑:胡 珞 兰

选题策划:刘 芳 芳

责任校对:张咏梅

出版发行:中国地质大学出版社有限责任公司(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传 真:67883580

E-mail: cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

http://www.cugp.cug.edu.cn

开本:787mm×1 092mm 1/16

字数:490 千字 印张:19.125

版次:2012 年 5 月第 1 版

印次:2012 年 5 月第 1 次印刷

印刷:武汉珞南印务有限公司

印数:1—3 100 册

ISBN 978-7-5625-2875-3

定价:42.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

“建筑施工技术”是建筑工程技术专业的主要职业技术课之一,它研究建筑工程各主要工种的施工工艺、施工技术和方法,具有实践性强、知识面宽、综合性大、发展快等特点。

本书结合现行规范,力求综合运用有关学科的基本理论知识,采用新技术和现代科学成果,解决生产实践问题,同时强调了保证施工质量、安全生产的措施。在编写中坚持“贴近学生,贴近社会,贴近岗位”的基本原则,保证了本书的科学性、思想性、实用性、可读性和创新性。

书中内容编排从建筑施工实际出发,按施工工艺的顺序分成土方工程施工、地基与基础工程施工、砌体工程施工、钢筋混凝土结构工程施工、预应力混凝土工程施工、结构安装工程施工、防水工程施工、装饰工程施工 8 个项目单元。

本书可作为土建类专业本科、高职高专、工程技术人员的通用教材。

本书由南昌工学院吴晓燕、江西理工大学徐敏、江西省城乡规划设计院朱斯钊主编;南昌市民用建筑设计院朱骏、南昌市第二建筑工程公司熊金根、江西生物科技职业学院侯昌猛、江西农业大学南昌商学院胡典雄副主编;参编人员有江西生物科技职业学院许玮,华东交通大学谭宝明、王彤,南昌工学院张化俏、寇方洲。

本书参考借鉴了其他学者的部分研究成果,在此向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥和疏漏之处,恳请广大读者和有关专家在使用过程中予以指正。

编者

2012 年 3 月

目 录

项目 1 土方工程施工	(1)
1.1 土方工程概述	(1)
1.2 土方工程量的计算与调配	(4)
1.3 土方边坡与土壁支护	(13)
1.4 基坑施工排水与降水	(22)
1.5 土方工程的机械化施工	(33)
1.6 土方填筑与压实	(39)
1.7 深基坑工程土方开挖	(43)
思考题	(48)
习题	(48)
项目 2 地基与基础工程施工	(50)
2.1 地基处理方法	(50)
2.2 桩基工程施工	(63)
2.3 桩的检测	(83)
思考题	(86)
项目 3 砌体工程施工	(87)
3.1 脚手架和垂直运输机械	(87)
3.2 砌筑施工	(99)
思考题	(116)
项目 4 钢筋混凝土结构工程施工	(117)
4.1 模板工程	(118)
4.2 钢筋工程	(133)
4.3 混凝土工程	(151)
思考题	(172)
计算题	(173)
项目 5 预应力混凝土工程施工	(174)
5.1 先张法施工	(174)
5.2 后张法施工	(180)

5.3 无粘结预应力混凝土施工	(197)
思考题	(199)
项目6 结构安装工程施工	(200)
6.1 起重设备	(200)
6.2 钢筋混凝土单层工业厂房结构安装	(208)
思考题	(225)
项目7 防水工程施工	(226)
7.1 防水工程的基本知识	(226)
7.2 屋面防水工程	(232)
7.3 地下防水工程	(243)
7.4 楼面防水层铺设	(254)
思考题	(258)
项目8 装饰工程施工	(259)
8.1 抹灰工程	(260)
8.2 门窗工程	(267)
8.3 吊顶、隔墙工程	(270)
8.4 饰面工程	(276)
8.5 建筑地面工程	(283)
8.6 幕墙工程	(287)
8.7 涂饰、裱糊工程	(292)
思考题	(297)
参考文献	(298)

项目1 土方工程施工

项目描述:本项目主要介绍土方工程概述、土方工程量的计算与调配、土方边坡与土壁支护、基坑施工排水与降水、土方工程的机械化施工、土方填筑与压实、深基坑工程土方开挖等内容。土方工程量计算与调配是本项目教学的重点。

技能目标:通过本项目的学习,了解施工中土的相关性质,了解影响土方边坡稳定的因素,了解基坑排水方法及要求,掌握土方工程量计算方法,熟悉用线性规划进行土方调配的方法。

1.1 土方工程概述

1.1.1 土方工程分类与施工特点

1) 土方工程分类

土方工程主要包括土方的开挖、运输、填筑和压实等过程以及排水、降水和土壁支撑等准备和辅助工程。在土木工程中,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、基坑回填土等。

2) 土方工程施工特点

土方工程施工具有施工面广、工程量大、劳动繁重、施工条件复杂等特点。大型建设项目的场地平整,土石方施工面积可达数千平方米;大型深基坑开挖中,土方工程量可达几万立方米甚至几百万立方米以上;土方工程多为露天作业,在施工中直接受到地区交通、气候、水文、地质及邻近建(构)筑物等条件影响;且土、石成分复杂,难以确定的因素较多,有时施工条件极为复杂。因此,在组织土方工程施工前,应根据现场条件,制订出技术可行、经济合理的施工方案。

1.1.2 土的工程分类与工程性质

1.1.2.1 土的工程分类

在土木工程施工中,按土的开挖难易程度将土分为8类,见表1-1。

表 1-1 土的工程分类

土的分类	土的级别	土的名称	坚实系数 f	密度 (t/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)	0.5~0.6	0.6~1.5	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	0.6~0.8	1.1~1.6	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	0.8~1.0	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)	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	1.0~1.5	1.9	整个先用镐、撬棍，后用锹挖掘，部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	V~VI	硬质黏土；中密的页岩、泥灰岩、白垩土；胶结不紧的砾岩；软石灰及贝壳石灰石	1.5~4.0	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)	VII~IX	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	4.0~10.0	2.2~2.9	用爆破方法开挖，部分用风镐
七类土 (坚石)	X~XIII	大理石；辉绿岩；粉岩；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	10.0~18.0	2.5~3.1	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	XIV~XVI	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、粉岩、角闪岩	18.0~25.0 >25.0	2.7~3.3	用爆破方法开挖

注：① 土的级别为相当于一般 16 级土石分类级别；② 坚实系数 f 为相当于普氏岩石强度系数。

1.1.2.2 土的工程性质

1) 土的可松性

土的可松性是土经挖掘以后，组织破坏，体积增加的性质，以后虽经回填压实，仍不能恢复成原来的体积。土的可松性程度一般以可松性系数表示(表 1-2)，它是挖填土方时，计算土方机械生产率、回填土方量、运输机具数量、进行场地平整规划竖向设计、土方平衡调配的重要参数。

表 1-2 各种土的可松性参考数值

土的种类	体积增加百分比(%)		可松性系数	
	最初	最终	K_P	K'_P
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	1.5~5	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
五类至七类	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

注:最初体积增加百分比 $\frac{V_2-V_1}{V_1} \times 100\%$;最后体积增加百分比 $\frac{V_3-V_1}{V_1} \times 100\%$ 。 K_P 为最初可松性系数, $K_P=V_2/V_1$;
 K'_P 为最终可松性系数, $K'_P=V_3/V_1$; V_1 为开挖前土的自然体积; V_2 为开挖后土的松散体积; V_3 为运至填方处压实后之体积。

2) 土的渗透性

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:

$$v=K \frac{H_1-H_2}{L}=K \frac{h}{L}=Ki \tag{1-1}$$

式中: v 为水在土中的渗透速度(m/d); i 为水力坡度, $i=\frac{H_1-H_2}{L}$,即 1、2 两点水头差(H)与其水平距离(L)之比; K 为土的渗透系数(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,一般土的渗透系数见表 1-3。

表 1-3 土的渗透系数

土的种类	$K(m/d)$	土的种类	$K(m/d)$
黏土、亚黏土	<0.1	含黏土的中砂及纯细砂	20~25
亚砂土	0.1~0.5	含黏土的细砂及纯中砂	35~50
含黏土的粉砂	0.5~1.0	纯粗砂	50~75
纯粉砂	1.5~5.0	粗砂夹卵石	50~100
含黏土的细砂	10~15	卵石	100~200

3) 原状土经机械压实后的沉降量

原状土经机械往返压实或经其他压实措施后,会产生一定的沉陷,根据不同土质,其沉陷

$$s = \frac{p}{c} \quad (1-2)$$
表 1-4 不同土的 c 值参考表

原 状 土 质	$c(\text{MPa}/\text{cm})$	原 状 土 质	$c(\text{MPa}/\text{cm})$
沼泽土	0.01~0.015	大块胶结的砂、潮湿黏土	0.035~0.06
凝滞的土、细粒砂	0.018~0.025	坚实的黏土	0.1~0.125
松砂、松湿黏土、耕土	0.025~0.035	泥灰石	0.13~0.18

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-3)$$
$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-4)$$
$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1-5)$$

1.2 土方工程量的计算与调配

1.2.1 基坑、槽和路堤土方量计算

— 4 —

一定精度而又和实际情况近似的方法进行计算。

1) 基坑土方量计算

基坑形状一般为不规则的多边形,其边坡也常有一定坡度,如下图 1-1 所示,基坑土方量计算可按拟柱体体积的公式计算,即:

$$V = \frac{H}{6}(F_1 + F_0 + F_2) \quad (1-6)$$

式中: V 为基坑土方工程量(m^3); H 为基坑的深度(m);
 F_1 、 F_2 分别为基坑的上、下底面积(m^2); F_0 为 F_1 与 F_2 之间的中截面面积(m^2)。

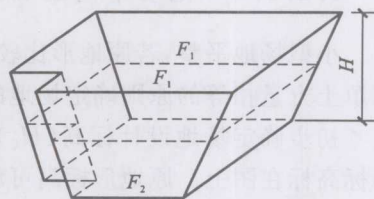


图 1-1 基坑土方量计算

2) 基槽和路堤土方量计算

基槽和路堤可根据其形状划分成若干计算段,分段计算土方量,然后再累加求得总的土方工程量,如图 1-2 所示。

$$V_1 = \frac{L_1}{6}(F_1 + F_0 + F_2) \quad (1-7)$$

式中: V_1 为第一段基槽(路堤)的土方量(m^3); L_1 为第一段基槽(路堤)的长度(m); F_1 、 F_2 分别为第一段基槽(路堤)两端的面积(m^2); F_0 为 F_1 与 F_2 之间的中截面面积(m^2)。

将各段土方量累加得基槽(路堤)总土方量:

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

式中: V_1 、 V_2 、 $\dots$ 、 V_n 为各分段的土方量。

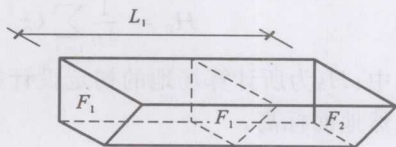


图 1-2 基槽土方量计算

1.2.2 场地平整土方量计算

1.2.2.1 场地设计标高确定的原则

场地平整就是将自然地面改造成人们所要求的平面。计算场地挖方量和填方量,首先要确定场地设计标高,由设计地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),由此可计算场地平整的挖方和填方的工程量。

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。合理地确定场地的设计标高,对减少土石方量、加速工程速度都有重要的经济意义。如图 1-3 所示,当场地设计标高为 H_0 时,填挖方基本平衡,可将土石方移挖作填,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,选择其中最优方案。其原则是:①应满足生产工艺和运输的要求;②充分利用地形(如分区或分台阶布置),尽量使挖填方平衡,以减少土方量;③要有一定的泄水坡度($\geq 2\%$),使之能满足排水要求;④要考虑最高洪水位的影响。

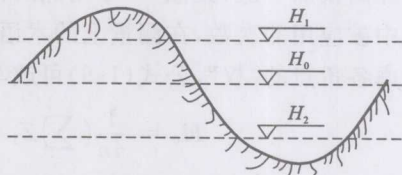


图 1-3 场地不同设计标高的比较

1.2.2.2 挖填平衡法确定场地设计标高

小型场地平整,若原地形比较平缓,对场地设计标高无特殊要求,可按照场地平整施工中挖填土方量相等的原则确定场地的设计标高。具体步骤如下。

初步确定场地设计标高(H_0):将场地划分成边长为 a 的若干方格,将方格网角点的原地形标高标在图上。原地形标高可利用等高线由插入法求得或在实地测量得到。

按照挖填土石方量相等的原则,场地设计标高可按式计算:

$$H_0 na^2 = \sum_{i=1}^n (a^2 \frac{z_{i1} + z_{i2} + z_{i3} + z_{i4}}{4}) \quad (1-8)$$

即
$$H_0 = \frac{1}{4n} \sum_{i=1}^n (z_{i1} + z_{i2} + z_{i3} + z_{i4}) \quad (1-9)$$

式中: H_0 为所计算场地的初定设计标高; n 为方格数; z_{i1} 、 z_{i2} 、 z_{i3} 、 z_{i4} 为第 i 个方格 4 个角点的天然地面标高。

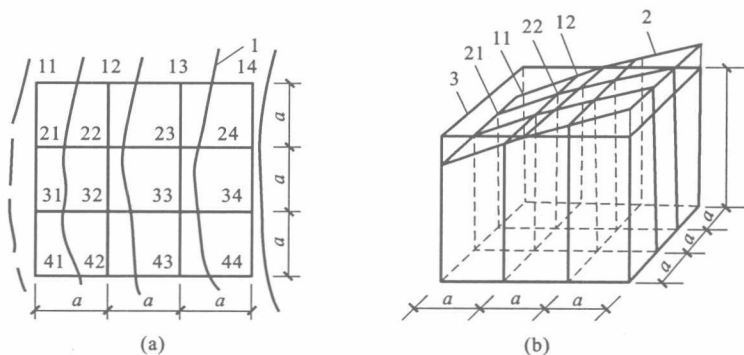


图 1-4 场地设计标高计算示意图

(a) 地形地图方格网; (b) 设计标高示意图

1. 等高线; 2. 自然地面; 3. 设计平面

由图 1-4 可见, 11 号角点为一个方格独有的, 而 12、13、21、24 号角点为两个方格共有, 22、23、32、33 号角点则为 4 个方格所共有, 在用公式(1-9)计算 H_0 的过程中, 类似 11 号角点的标高仅加一次, 类似 12 号角点的标高加两次, 类似 22 号角点的标高加 4 次, 这种在计算过程中被应用的次数, 在测量上的术语称为“权”, 它反映了各角点标高对计算结果的影响程度, 考虑各角点的“权”, 公式(1-9)可改写为如下计算式:

$$H_0 = \frac{1}{4n} (\sum Z_1 + 2 \sum Z_2 + 3 \sum Z_3 + 4 \sum Z_4) \quad (1-10)$$

式中: Z_1 为一个方格独有的角点标; Z_2 、 Z_3 、 Z_4 分别为 2、3、4 个方格所共有的角点标高。

1.2.2.3 场地设计标高调整

初步确定场地设计标高(H_0)仅为—理论值, 其得到的场地设计平面为一个水平的挖填土方量相等的场地。实际上, 施工中还需要考虑以下因素对初步场地设计标高(H_0)值进行调整。

1) 土的可松性影响

由于土具有可松性, 会造成填土的多余, 需相应地提高设计标高。如图 1-5 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 应为:

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

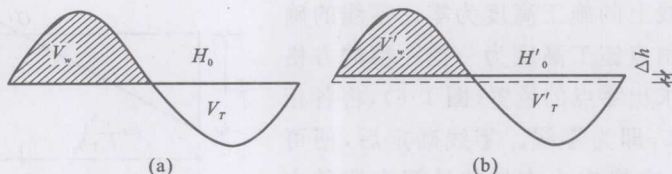


图 1-5 设计标高调整计算示意图

(a)理论设计标高;(b)调整设计标高

总填方体积为:

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

此时,填方区的标高也应与挖方区一样,提高 Δh ,即:

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

经整理简化得(当 $V_T = V_w$):

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

故考虑土的可松性后,场地设计标高应调整为:

$$H'_0 = H_0 + \Delta h$$

式中: V_w 、 V_T 为按初定场地设计标高(H_0)计算得出的总挖方、总填方体积(m^3); F_w 、 F_T 为按初定场地设计标高(H_0)计算得出的挖方区、填方区总面积(m^2); K'_p 为土的最后可松性系数。

2) 借土或弃土的影响

由于场地内大型基坑挖出的土方、修筑路堤填高的土方,以及从经济角度比较,将部分挖方就近弃于场外(简称弃土)或将部分填方就近取土于场外(简称借土)等,均会引起挖填土方量的变化。因此,也需重新调整设计标高。

3) 考虑泄水坡度对设计标高的影响

按调整后的同一设计标高进行场地平整时,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。因此,还需根据场地泄水坡度的要求(单向泄水或双向泄水),计算出场内各方格角点实际施工所用的设计标高。

1.2.2.4 场地平整土方量计算

场地土方量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

场地宜划分为 $10 \sim 40$ m 的正方形方格网,通常以 20 m 居多。将场地设计标高和自然地面标高分别标注在方格角点上。场地设计标高与自然地面标高的差值,即为各角点的施工高度(挖或填),并习惯以“+”号表示填方,“-”号表示挖方,也将施工高度标注于角点上。然后分别计算每一方格的填挖土方量,并算出场地边坡的土方量,将挖方区(或填方区)所有方格计算的土方量和边坡土方量汇总,即得场地挖方和填方的总土方量。

计算前先确定“零线”的位置,有助于了解整个场地的挖填区域分布状态。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,用插入法求出零点的位置(图 1-6),将各相邻的零点连接起来,即为零线。零线确定后,便可进行土方量计算。方格中土方量的计算有两种方法,即四角棱柱体法和三角棱柱体法。

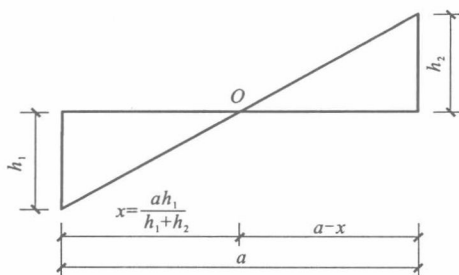


图 1-6 求零点方法

x 、 $a-x$ 为角点至零点的距离; h_1 、 h_2 为相邻两角点的施工高度(均用绝对值)(m); a 为方格网的边长(m)

(1) 四角棱柱体的体积计算方法。方格 4 个角点全部为填或全部为挖[图 1-7(a)]时,其挖方或填方体积为:

$$V = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-15)$$

式中: h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 为方格 4 个角点挖或填的施工高度,均取绝对值(m); a 为方格边长。

方格 4 个角点中,部分是挖方、部分是填方[图 1-7(b)、(c)]时,其挖方或填方体积分别为:

$$V_{1,2} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_1^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_2^2}{h_2 + h_3} \right) \quad (1-16)$$

$$V_{3,4} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_3^2}{h_2 + h_3} + \frac{h_4^2}{h_1 + h_4} \right) \quad (1-17)$$

方格中的 3 个角点为挖方(或填方)另一角点为填方(或挖方)如图 1-7(c)。其填方部分的土方量为:

$$V_4 = \frac{a^2}{6} \frac{h_4^2}{(h_1 + h_4)(h_3 + h_4)} \quad (1-18)$$

其挖方部分的土方量为:

$$V_{1,2,3} = \frac{a^2}{6} (2h_1 + h_2 + 2h_3 - h_4) + V_4 \quad (1-19)$$

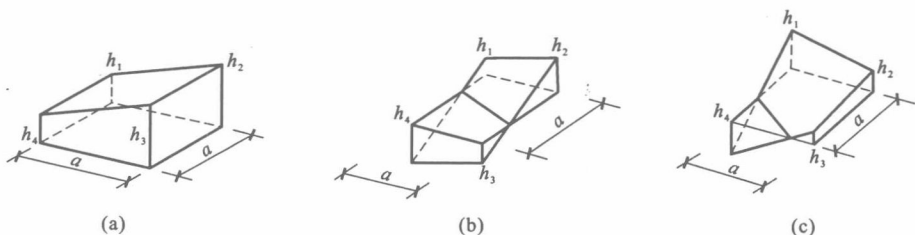


图 1-7 四方棱柱体的体积计算

(a) 角点全填或全挖;(b) 角点二填或二挖;(c) 角点一填(挖)三挖(填)

(2) 三角棱柱体的体积计算方法。计算时先把方格网顺地形等高线将各个方格划分成三角形(图 1-8)。每个三角形的 3 个角点的填挖施工高度,用 h_1 、 h_2 、 h_3 表示。当三角形 3 个角点全部为挖或全部为填时[图 1-9(a)],其挖填方体积为:

$$V = \frac{a^2}{6} (h_1 + h_2 + h_3) \quad (1-20)$$

式中: a 为方格边长(m); h_1 、 h_2 、 h_3 为三角形各角点的施工高度, 用绝对值(m)代入。

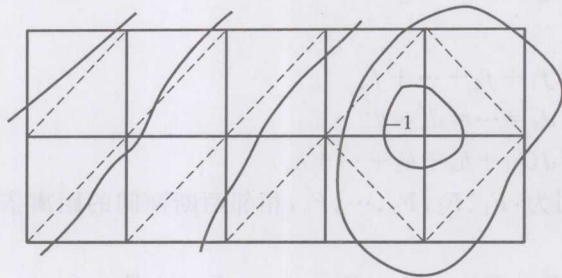


图 1-8 按地形方格划分成三角线

当三角形 3 个角点有填有挖时, 零线将三角形分成两部分, 一个是底面为三角形锥体, 一个是底面为四边形的楔体[图 1-9(b)], 其锥体部分的体积为:

$$V_{\text{锥}} = \frac{a^2}{6} \cdot \frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} \quad (1-21)$$



图 1-9 三角棱柱体的体积计算

(a) 全填或全挖; (b) 锥体部分为填方

楔形部分的体积为:

$$V_{\text{楔}} = \frac{a^2}{6} \left[\frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} - h_3 + h_2 + h_1 \right] \quad (1-22)$$

式中: h_1 、 h_2 、 h_3 为三角形各角点的施工高度, 取绝对值(m); h_3 指的是锥体顶点的施工高度(m)。

必须指出, 四方棱柱体的计算公式是根据平均中断面的近似公式推导而得的, 当方格中地形不平时, 误差较大, 但计算简单, 宜于用手计算。三角棱柱体的计算公式是根据立体几何体积计算公式推导出来的, 当三角形顺着等高线进行划分时, 精确度较高但计算繁杂, 适宜用计算机计算。

2) 断面法

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和梯形, 如图 1-10 所示。则面积为:

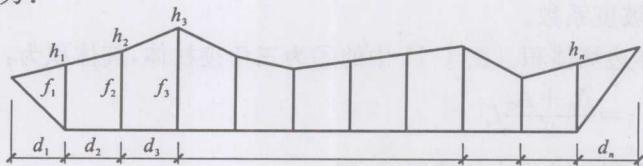


图 1-10 断面图

$$f_1 = \frac{h_1}{2} d_1 f_2 = \frac{h_1 + h_2}{2} d_2 \quad (1-23)$$

某一断面面积为:

$$F_1 = f_1 + f_2 + \cdots + f_n$$

若干 $d_1 = d_2 = \cdots = d_n = d$

则 $F_i = d(h_1 + h_2 + h_3 + \cdots + h_n)$

设各断面面积分别为: $F_1, F_2, F_3, \cdots, F_n$, 相邻两断面间的距离依次为: $l_1, l_2, \cdots, l_n$, 则所求土方量为:

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} l_1 + \frac{F_2 + F_3}{2} l_2 + \cdots + \frac{F_{n-1} + F_n}{2} l_n \quad (1-24)$$

用断面法计算土方量时, 边坡土方量已包括在内。

3) 边坡土方量计算

当用方格网法计算土方量时, 还要另外计算边坡土方量, 其方法是: 首先根据规范或设计文件上规定的边坡度系数 m , 把挖方区和填方区的边坡画出来, 然后把这些边坡划分为若干个几何形体, 如三角棱锥体或三角棱柱体(图 1-11), 再分别计算其体积。

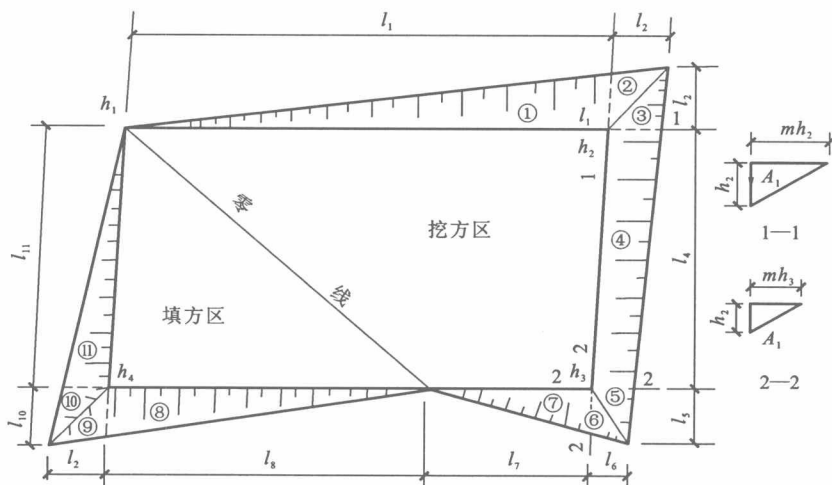


图 1-11 场地边坡平面图

(1) 三角棱锥体边坡体积。图 1-11 中的①边坡为三角棱锥体, 其体积为:

$$V_1 = \frac{1}{3} A_1 l_1 \quad (1-25)$$

式中: l_1 为边坡①的长度(m); A_1 为边坡①的端面积(m^2), 即 $A_1 = \frac{h_2(mh_2)}{2} = \frac{mh_2^2}{2}$; h_2 为角点的挖土高度(m); m 为坡度系数。

(2) 三角棱柱体边坡体积。图 1-11 中的④为三角棱柱体, 其体积为:

$$V_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} l_4 \quad (1-26)$$

当两端横断面面积相差很大的情况下, 则:

$$V_4=\frac{l_4}{6}(A_1+4A_0+A_2) \tag{1-27}$$

式中： l_4 为边坡④的长度(m)； A_1 、 A_2 、 A_0 为边坡④两端及中部的横断面面积(m^2)，算法同 A_1 。

1.2.3 土方调配

1.2.3.1 土方调配区划分原则

土方调配的目的是在使土方总运输量最小或土方总运输成本最小的条件下，确定挖填方区土方的调配方向和数量，以达到缩短土方施工工期和降低土方施工成本的目的。

土方调配区划分原则：①调配区的划分应该与工程建(构)筑物的平面位置相协调，并考虑其开工顺序、工程的分期施工顺序；② 调配区的大小应该满足土方施工主导机械的技术要求；③ 调配区的范围应该和土方工程量计算用的方格网协调，通常可由若干个方格组成一个调配区；④ 当土方运距较大或场地范围内土方不平衡时，可根据附近地形，考虑就近取土或就近弃土，这时一个取土区或弃土区都可作为一个独立的调配区。

1.2.3.2 土方调配步骤

(1) 找出零线，画出挖方区、填方区。

(2) 划分调配区，找各挖、填方区间的平均运距(即土方重心间的距离)。可近似以几何形心代替土方体积重心。

列挖、填方平衡及运距表调配方法：最小元素法，即就近调配。

顺序：先从运距小的开始，使其土方量最大。

平均运距的确定：当用铲运机和推土机平土时，挖方调配区与填方调配区土方重心之间的距离，通常就是该挖、填调配区之间的平均运距；当挖、填方调配区之间距离较远，采用汽车、自行式铲运机和其他运土工具沿工地道路或规定线路运土时，其运距应按实际情况进行计算。

1.2.3.3 表上作业法进行调配方案优化

图 1-12 为某矩形场地，图中小方格的数字为各调配区的土方量，箭杆上的数字为各调配区之间的运距。试求土方调配最优方案。

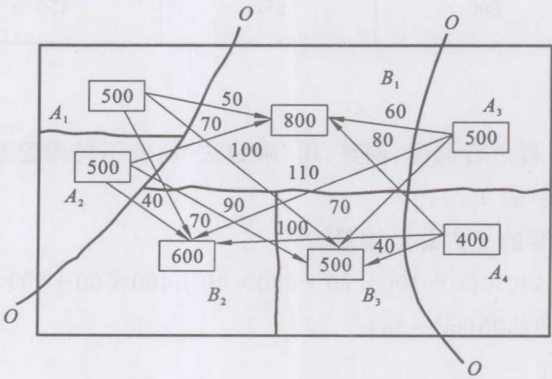


图 1-12 各调配区的土方量和平均运距