

中央高校教育教学改革基金（本科教学工程）资助

土木工程施工

TUMU GONGCHENG SHIGONG

徐善初 董道军 王晓梅 编



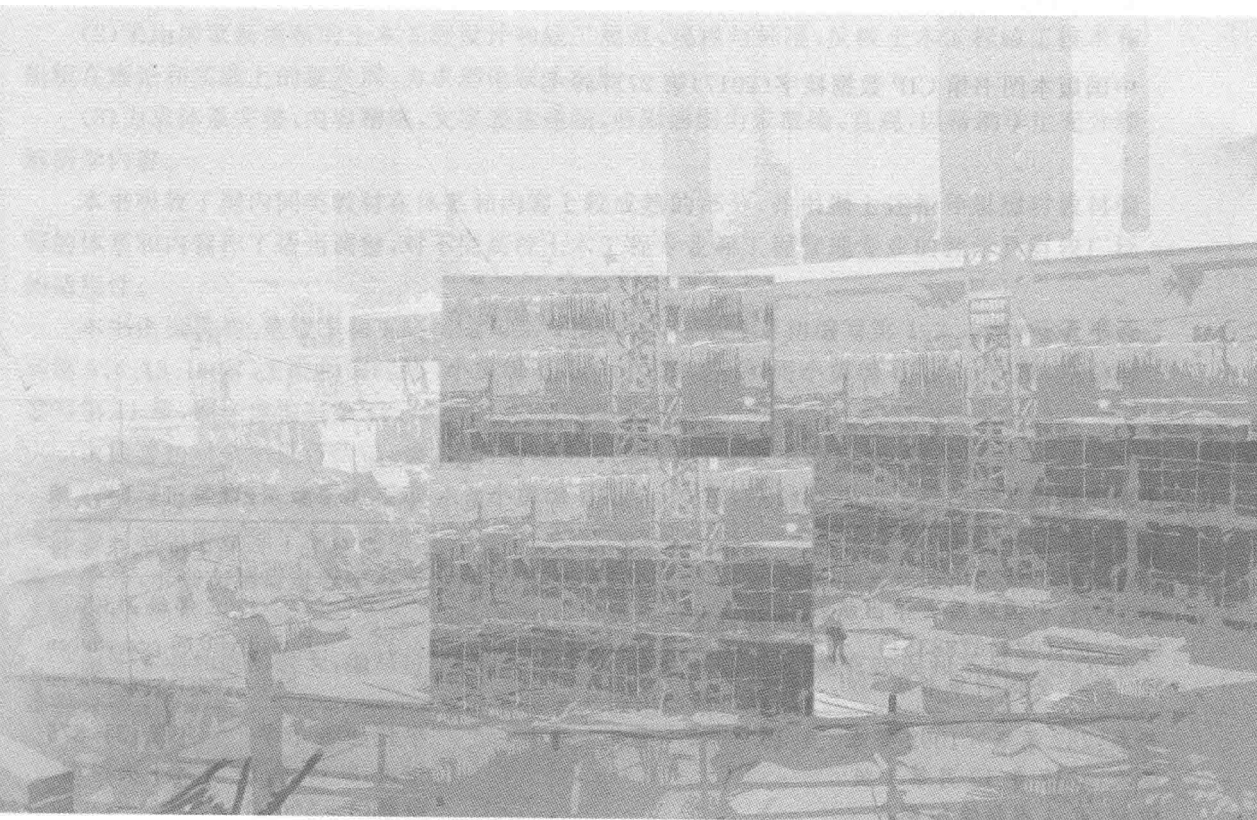
中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

校教育教学改革基金（本科教学工程）资助

土木工程施工

TUMU GONGCHENG SHIGONG

徐善初 董道军 王晓梅 编



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

内容摘要

本书是根据高等学校土木工程专业指导委员会指定的土木工程施工课程教学大纲、土木工程专业的培养目标和相关课程的基本要求编写的。全书以施工工艺为主线,主要介绍土木工程施工的基础理论和方法。全书共分 16 章,分别为土方工程、地基处理与桩基工程、砌体工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、防水工程、装饰工程、桥梁结构工程、路面工程施工、地下工程、施工组织概论、流水施工原理、网络计划技术、施工组织总设计、单位工程施工组织设计。

本书为高等学校土木工程、工程管理专业教材,也可作为土木工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工/徐善初,董道军,王晓梅编. —武汉:中国地质大学出版社,2017. 12

ISBN 978-7-5625-4150-9

I. ①土…

II. ①徐…②董…③王…

III. ①土木工程-工程施工-高等学校-教材

IV. ①TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 271739 号

土木工程施工

徐善初 董道军 王晓梅 编

责任编辑:彭 琳

责任校对:张咏梅

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮编:430074

电 话:(027)67883511

传 真:(027)67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://cugp.cug.edu.cn>

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16

字数:816 千字 印张:31.875

版次:2017 年 12 月第 1 版

印次:2017 年 12 月第 1 次印刷

印刷:武汉市籍缘印刷厂

印数:1—500 册

ISBN 978-7-5625-4150-9

定价:58.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

土木工程施工是土木工程专业的一门专业课,主要研究土木工程施工中各主要工种工程的施工技术、工艺原理和组织管理的一般规律。通过该课程的学习,学生能够掌握土木工程施工的基本知识,具有解决一般土木工程施工技术与组织计划问题的能力。

本书是根据高等学校土木工程专业指导委员会指定的《土木工程施工》课程教学大纲、土木工程专业培养目标和相关课程的基本要求编写的。

本书以建筑工程施工为基础,同时兼顾地下建筑工程、道路与桥梁工程施工技术,并介绍了工程项目施工组织的基本原理与方法,力求做到:

(1)以施工工艺流程为主线,系统介绍土木工程施工的基本理论和知识;

(2)采用国家新颁布的土木工程设计和施工规范、规程与标准,反映土木工程施工技术和组织在理论和实践上的新发展,力求理论联系实际;

(3)力求体系完整,内容精练,文字表达通畅,所附插图力求准确、直观,以帮助学生充分理解所学内容。

本书吸收了国内同类教材在体系和内容上较成熟的部分,并根据上述指导思想对教材编写的体系和内容作了适当调整,对不同高校土木工程专业和工程管理专业的教学具有较广泛的适用性。

本书由徐善初、董道军和王晓梅主编。本书编写分工:徐善初编写第1、3、4章,董道军编写第5、6、13、14章,王晓梅编写第2、7章,张美霞编写第8章,周小勇编写第9、10章,左昌群编写第11章,魏光琼编写第12、15章,周云艳编写第16章。

由徐善初对全书进行统稿,徐善初、董道军和王晓梅对全书进行审阅、修改。

在编写过程中,陈建平教授审阅了编写提纲及书中部分内容,并提出了修改意见。同时本书的编写和出版得到了中国地质大学(武汉)工程学院和教务处的的大力支持,在此一并表示感谢。此外,本书在编写过程中参考了许多文献和资料,在此谨向有关作者及原出版单位表示衷心感谢!

由于本书的篇幅较大,编写过程中虽经过反复修改,但书中难免有错误和不足之处,请读者批评指正。

编者

2017年4月

目 录

1 土方工程	(1)
1.1 概 述	(1)
1.2 场地平整	(3)
1.3 基坑工程	(15)
1.4 土方填筑与压实	(35)
1.5 土方工程机械化施工	(38)
2 地基处理与桩基工程	(43)
2.1 基坑验槽	(43)
2.2 地基加固处理	(44)
2.3 桩基施工	(50)
3 砌体工程	(63)
3.1 砌体材料	(63)
3.2 脚手架及垂直运输设施	(66)
3.3 砖砌体施工	(72)
3.4 石砌体施工	(74)
3.5 混凝土小型空心砌块砌体施工	(76)
3.6 填充墙砌体工程	(77)
3.7 砌体冬期施工	(78)
4 混凝土结构工程	(81)
4.1 模板工程	(81)
4.2 钢筋工程	(97)
4.3 混凝土工程	(114)
5 预应力混凝土工程	(150)
5.1 概 述	(150)
5.2 先张法施工	(150)
5.3 后张法施工	(157)

5.4	无黏结预应力混凝土施工	(172)
6	结构安装工程	(175)
6.1	起重机械	(175)
6.2	索具设备	(186)
6.3	单层工业厂房结构安装	(190)
6.4	装配式框架结构安装	(208)
7	防水工程	(217)
7.1	概 述	(217)
7.2	屋面防水工程	(218)
7.3	地下防水工程	(226)
8	装饰工程	(234)
8.1	装饰工程概述	(234)
8.2	抹灰工程	(234)
8.3	饰面板(砖)工程	(246)
8.4	裱糊工程	(254)
8.5	涂饰工程	(258)
8.6	玻璃(建筑)幕墙工程	(264)
9	桥梁结构工程	(270)
9.1	桥梁结构施工常用施工机具与设备	(270)
9.2	混凝土结构桥梁施工方法	(272)
9.3	钢桥施工	(300)
10	路面工程施工	(307)
10.1	路基工程施工	(307)
10.2	沥青路面施工	(324)
10.3	水泥混凝土路面施工	(329)
11	地下工程	(336)
11.1	概 述	(336)
11.2	矿山法施工	(337)
11.3	新奥法施工	(344)
11.4	盾构法施工	(346)
11.5	顶管法施工	(352)
11.6	沉管法施工	(357)

12 施工组织概论	(364)
12.1 工程项目施工组织原则	(364)
12.2 施工准备工作	(366)
12.3 施工组织设计	(372)
13 流水施工原理	(376)
13.1 流水施工概念	(376)
13.2 流水施工指示图表	(378)
13.3 流水施工的参数	(378)
13.4 流水施工组织方法	(382)
14 网络计划技术	(392)
14.1 网络图的基本概念	(392)
14.2 双代号网络计划	(392)
14.3 单代号网络计划	(403)
14.4 时标网络计划	(407)
14.5 搭接网络计划	(411)
14.6 网络计划的优化	(420)
14.7 网络计划的控制	(427)
15 施工组织总设计	(437)
15.1 施工组织总设计的程序	(437)
15.2 施工部署	(438)
15.3 施工总进度计划	(439)
15.4 施工总资源计划	(443)
15.5 全场性暂设工程	(445)
15.6 施工总平面图	(461)
15.7 技术经济指标	(464)
16 单位工程施工组织设计	(468)
16.1 概 述	(468)
16.2 单位工程施工方案	(470)
16.3 单位工程施工进度计划	(482)
16.4 单位工程资源需要量计划	(488)
16.5 单位工程施工平面图设计	(490)
16.6 施工措施与技术经济指标	(496)
参考文献	(500)

1 土方工程

1.1 概 述

在土木工程中,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。此外,排水、降水、土壁支撑等准备工作和辅助工程也是土方工程施工中必须认真设计与实施安排的。

土方工程施工往往具有工程量大、劳动繁重和施工条件复杂等特点;土方工程施工又受气候、水文、地质、地下障碍等因素的影响较大,不可确定的因素也较多,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,制定出技术可行、经济合理的施工方案。

1.1.1 土的工程分类

在土木工程施工和工程预算定额中,按土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(表 1-1)。

表 1-1 土的工程分类

土的分类	土的名称	开挖方法及工具	土的可松性	
			K_s	K'_s
一类土 (松软土)	砂,粉土,冲击砂土层,种植土,泥炭(淤泥)	能用锹、锄头挖掘	1.08~1.17	1.01~1.04
二类土 (普通土)	粉质黏土,潮湿的黄土,夹有碎石、卵石的砂,种植土,填筑土和粉土	用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松	1.14~1.28	1.02~1.05
三类土 (坚土)	软及中等密实黏土,重粉质黏土,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	1.24~1.30	1.04~1.07
四类土 (砂砾坚土)	坚硬密实黏土及含碎石、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	先用镐、撬棍,然后用锹挖掘,部分用楔子及大锤	1.26~1.37	1.06~1.09

续表 1-1

土的分类	土的名称	开挖方法及工具	土的可松性	
			K_s	K'_s
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	1.30~1.45	1.10~1.20
六类土 (次坚石)	泥岩、砂岩、砾岩、坚实的页岩、泥灰岩、密实石灰岩、风化花岗岩、片麻岩	用爆破方法,部分用风镐	1.30~1.45	1.1~1.20
七类土 (坚石)	大理岩、辉绿岩、玢岩、粗、中粒花岗岩,坚实白云岩、砂岩、砾岩、片麻岩、石灰岩,微风化安山岩、玄武岩	用爆破方法	1.30~1.45	1.10~1.20
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	用爆破方法	1.45~1.50	1.20~1.30

1.1.2 土的工程性质

1.1.2.1 土的含水量

土的含水量(ω)是指土中所含的水的质量与固体颗粒质量之比,以百分率表示

$$\omega=\frac{G_1-G_2}{G_2} \tag{1-1}$$

式中: G_1 ——含水状态时土的质量;

G_2 ——烘干后土的质量

土的含水量影响土方施工方法的选择、边坡的稳定和回填土的质量。

1.1.2.2 土的可松性

土的可松性是指自然状态下的土,经过开挖后,其体积因松散而增加,以后虽经回填压实,仍不能恢复其原来的体积的性质。土的可松性程度用可松性系数表示,即

$$K_s=\frac{V_2}{V_1} \tag{1-2}$$

$$K'_s=\frac{V_3}{V_1} \tag{1-3}$$

式中: K_s ——最初可松性系数;

K'_s ——最后可松性系数;

V_1 ——土在天然状态下的体积(m^3);

V_2 ——土经开挖后的松散体积(m^3);

V_3 ——土经回填压实后的体积(m^3)。

根据土的工程性质,相应的可松性系数参见表 1-1。在土方工程中, K_s 是计算土方施工机械及运土车辆等的参数, K' 是计算场地平整标高及填方时所需挖土量等的重要参数。

1.1.2.3 土的渗透性

土的渗透性是指土体被水透过的性质,一般用渗透系数 K 表示。从达西公式 $V=KI$ 可以看出渗透系数的物理意义:当水力坡度 $I=1$ 时,渗流速度 v 即为渗透系数 K 。渗透系数 K 值将直接影响土方工程的降水方案的选择和用水量计算的准确性,一般通过室内渗透试验或现场扬水试验确定。表 1-2 为土的渗透系数 K 的参考值。

表 1-2 土的渗透系数 K 的参考值

土的种类	$K/(\text{m/d})$	土的种类	$K/(\text{m/d})$
亚黏土、黏土	<0.1	含黏土的中砂及纯细砂	20~25
亚黏土	0.1~0.5	含黏土的细砂及纯中砂	35~50
含亚黏土的粉砂	0.5~1.0	纯粗砂	50~70
纯粉砂	1.5~5.0	粗砂夹砾石	50~100
含黏土的细砂	10~15	砾石	100~200

此外,土的工程性质还有密实度、抗剪强度、土压力等,这些内容在土力学中有详细介绍,在此不再介绍。

1.2 场地平整

场地平整前,要确定场地的设计标高,计算挖方和填方的工程量,确定挖方和填方的平衡调配方案,然后根据工程规模、施工期限、现有机械设备条件,选择土方机械,拟定施工方案。

1.2.1 场地设计标高的确定

对较大面积的场地平整,正确地选择设计标高是十分重要的。选择设计标高时,必须结合现场实际情况进行。一般应考虑以下因素:满足生产工艺和运输的要求;尽量利用地形,以减少挖填方数量;场地内挖填方平衡,土方运输费用最少;有一定泄水坡度($\geq 2\%$),满足排水要求;应考虑最高洪水水位的影响。

对于地形复杂的大型场地,可以设计成多个平面,设计时可以根据工艺和地形预先划分几个平面,分别设计,再在边界处作一个调整即可。

场地设计标高一般应在设计文件上规定,若设计文件对场地设计标高没有规定,可按下述步骤来确定。

1.2.1.1 挖填平衡法初步确定场地设计标高

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 10~50m 的方格网,见图 1-1,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。

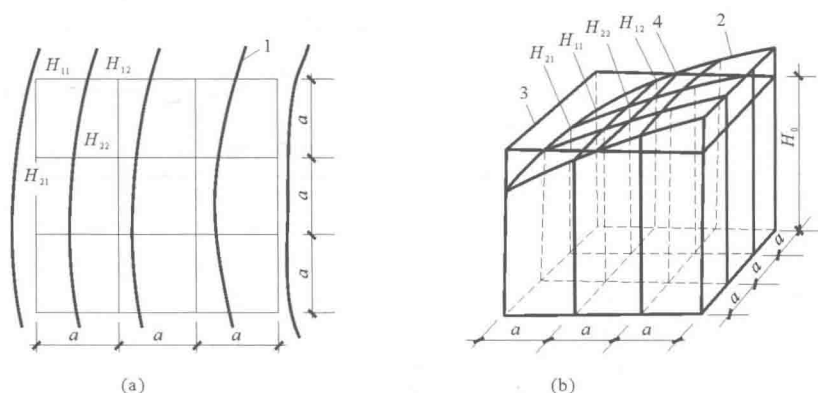


图 1-1 场地设计标高计算

(a)地形图上划分网格;(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

按照挖填方量相等的原则,如图 1-1 所示,场地设计标高可按下列式计算

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

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

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;

$H_{11}, \dots, H_{22}$ ——任一方格四个角点的标高(m)。

由图 1-1 可看出: H_{11} 只属于一个方格的角点标高, H_{12} 和 H_{21} 属于两个方格公共的角点标高, H_{22} 则属于四个方格公共的角点标高,它们分别在式(1-4)中要加 1 次、2 次、4 次。因此,式(1-4)可改写成下列形式

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4N} \quad (1-5)$$

式中: H_1 ——仅属于一个方格的角点标高(m);

H_2 ——两个方格共有的角点标高(m);

H_3 ——三个方格共有的角点标高(m);

H_4 ——四个方格共有的角点标高(m)。

1.2.1.2 场地设计标高的调整

按式(1-5)计算的场地设计标高 H_0 为一理论值,还需要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,一般填土会有多余,需要相应地提高设计标高。由图 1-2 可以看出,考虑土的可松性引起设计标高的增加值 Δh ,按式(1-6)计算。

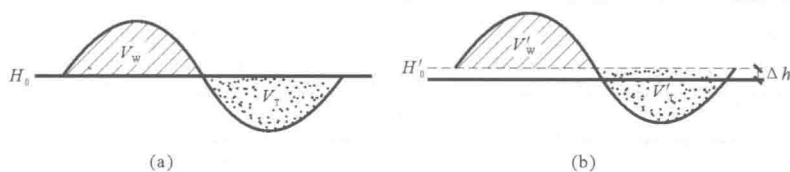


图 1-2 设计标高的调整示意图

(a)理论设计标高;(b)调整设计标高

$$\Delta h = \frac{V_W(K'_s - 1)}{F_T + F_W K'_s} \quad (1-6)$$

调整后的设计标高 H'_0 ,按式(1-7)计算。

$$H'_0 = H_0 + \Delta h \quad (1-7)$$

式中: V_W ——按理论设计标高计算出的总挖方体积(m^3);

T_W, F_T ——按理论设计标高计算出的挖方区、填方区总面积(m^2);

K'_s ——土的最后可松性系数。

2. 场内挖方和填方的影响

由于场内大型基坑挖出的土方、修筑路堤填高的土方,以及从经济观点出发,将部分挖方就近弃于场外,将部分填方就近取土在场外等,都会引起挖填方量的变化。必要时,也需要调整设计标高。

3. 场内泄水坡度的影响

当按调整后的设计标高 H'_0 (若没有进行调整,则设计标高为 H_0)进行场地平整时,平整后的场地还是一个水平面。但实际场地均应有一定的泄水坡度。因此,应根据泄水要求计算出实际施工时所采用的设计标高。

以 H'_0 作为场地中心的标高(图 1-3),则场地任一点的设计标高如下。

$$\text{单向泄水时: } H_n = H'_0 \pm li \quad (1-8)$$

$$\text{双向泄水时: } H_n = H'_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-9)$$

式中: H_n ——场地内任意一方格角点的设计标高(m);

l ——该点至设计标高 H'_0 的距离(m);

i ——场地泄水坡度(不小于 2‰);

l_x, l_y ——该点沿 X—X、Y—Y 方向距场地中心线的距离(m);

i_x, i_y ——场地沿 X—X、Y—Y 方向的泄水坡度。

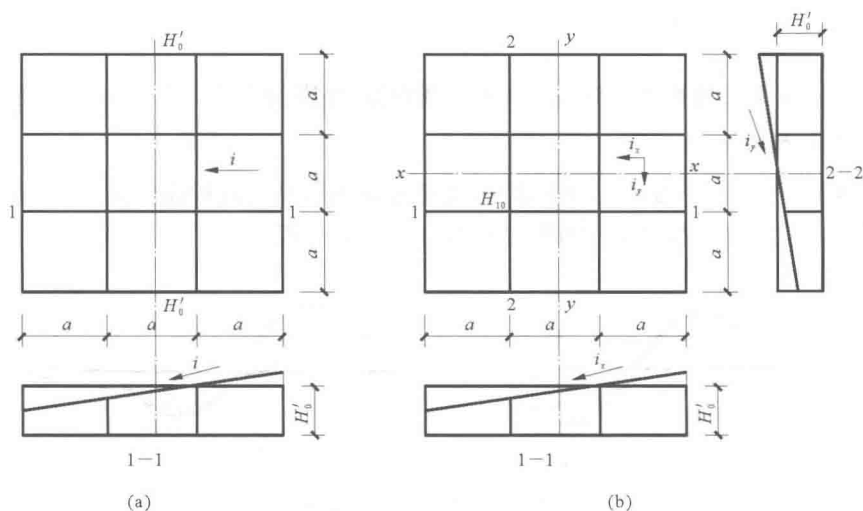


图 1-3 场地泄水坡度示意图

(a) 单向泄水; (b) 双向泄水

1.2.2 场地平整土方量计算

场地平整土方量的计算一般采用方格网法,计算步骤如下。

1.2.2.1 计算场地各方格角点的施工高度

各方格角点的施工高度(即挖、填高度)按下式计算

$$h_n = H_n - H'_n \quad (1-10)$$

式中: h_n ——角点施工高度(m),以“+”为填方高度,以“-”为挖方高度;

H_n ——角点的设计标高(m);

H'_n ——角点的自然地面标高(m)。

例如:图 1-4 中,已知场地方格边长 $a = 20\text{m}$,根据方格角点的地面标高求得 $H_0 = 43.48\text{m}$,按单向排水坡度 2% 已求得各方格角点的设计标高,于是各方格角点的施工高度,就为该点的设计标高减去地面标高。

1.2.2.2 确定“零线”

“零线”位置的确定方法:先求出方格网中边线两端施工高度有“+”“-”中的“零点”,然后将相邻两“零点”连接起来,即为“零线”。

确定“零点”的方法如图 1-5 所示,设 h_1 为填方角点的填方高度, h_2 为挖方角点的挖方高度,0 为零点位置。则由两个相似三角形求得

$$x = \frac{ah_1}{h_1 + h_2} \quad (1-11)$$

式中: x ——零点到计算基点的距离(m);

a ——方格边长(m)。

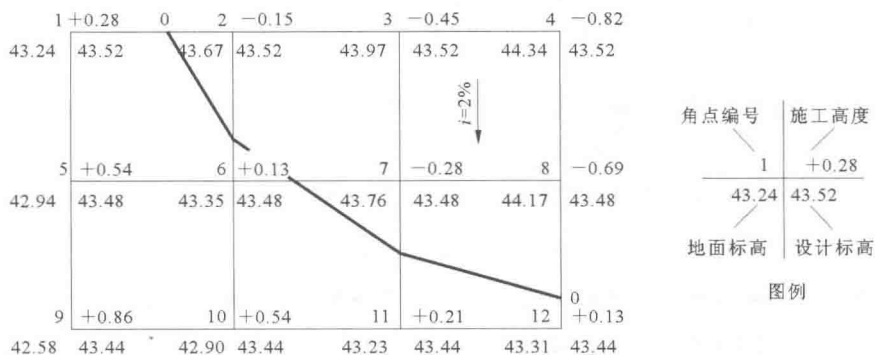


图 1-4 方格网法计算土方量图

1.2.2.3 场地土方量计算

场地土方量计算的基本方法主要有平均高度法和平均断面法两种。

1. 平均高度法

(1) 四方棱柱体法。用四方棱柱体法计算时,根据方格角点的施工高度,分为三种类型,如图 1-6 所示。对应的计算方法如下。

当方格角点全挖或全填时

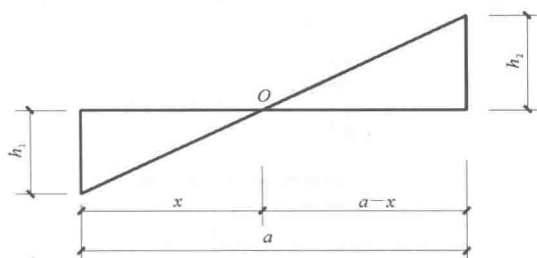


图 1-5 确定“零点”的方法

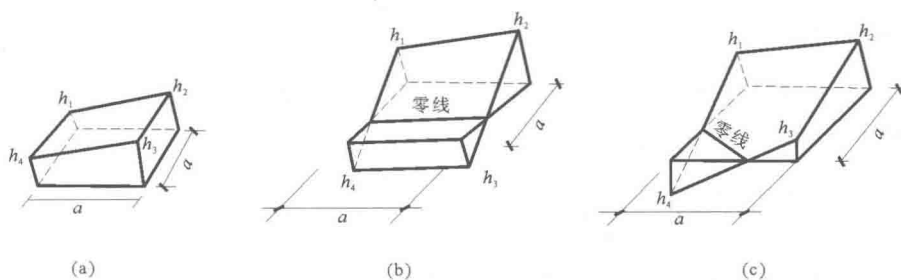


图 1-6 四方棱柱体的体积计算

(a) 角点全挖或全填; (b) 角点二填二挖; (c) 角点一填(挖)三挖(填)

$$V = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-12)$$

式中: V ——挖(或填)方体积(m^3);

a ——方格边长(m);

h_1, h_2, h_3, h_4 ——方格四个角点的挖、填高度,均取绝对值(m)。

当方格四个角点部分为挖,部分为填[图 1-7(b)],[图 1-7(c)]时

$$V_{\text{填}} = \frac{a^2}{4} \frac{(\sum h_{\text{填}})^2}{\sum h} \quad (1-13)$$

$$V_{\text{挖}} = \frac{a^2}{4} \frac{(\sum h_{\text{挖}})^2}{\sum h} \quad (1-14)$$

式中: $\sum h_{\text{填(挖)}}$ ——方格角点中填(挖)方施工高度的总和,均取绝对值(m);

$\sum h$ ——方格四个角点施工高度的总和,均取绝对值(m)。

(2)三角棱柱体法。用三角棱柱体法计算场地土方量,是将每一方格顺地形的等高线沿对角线划分为两个三角形,然后分别计算每个三角棱柱(锥)体的土方量(图 1-7)。

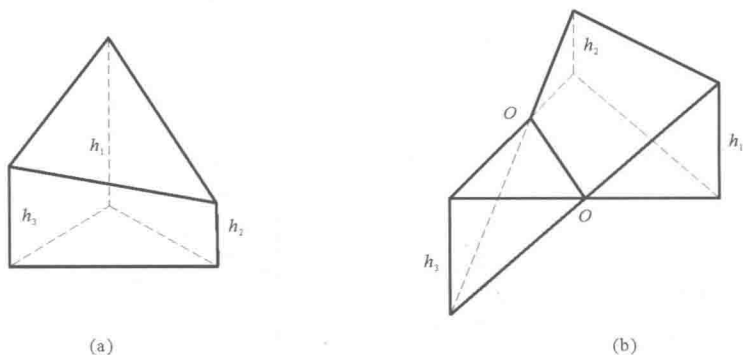


图 1-7 三角棱柱体的体积计算

(a)全填或全挖;(b)有挖有填

当全填或全挖[图 1-7(a)]时

$$V = \frac{a^2}{6} (h_1 + h_2 + h_3) \quad (1-15)$$

当有挖有填[图 1-7(b)]时

$$V_{\text{锥}} = \frac{a^2}{6} \frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} \quad (1-16)$$

$$V_{\text{楔}} = \frac{a^2}{6} \left[\frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} - h_3 + h_2 + h_1 \right] \quad (1-17)$$

2. 平均断面法

平均断面法(图 1-8)可按近似公式和较为精确的公式进行计算。

(1)近似计算

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} L \quad (1-18)$$

(2)较精确计算

$$V = \frac{L}{6} (F_1 + 4F_0 + F_2) \quad (1-19)$$

式中: V ——土方体积(m^3);

F_1, F_2 ——两端的断面面积(m^2);

F_0 —— $L/2$ 处的断面面积(m^2)。

基坑、基槽、管沟、路堤、场地平整的土方量,都可用平均断面法计算。

计算场地土方量的公式不同,计算结果精度亦不相同。当地形平坦时,采用四方棱柱体,并将方格划分的大一些,可以减少计算工作量;当地形起伏变化较大时,则应将方格网划分的小一些,或采用三角棱柱体法计算,以使结果准确些。

将挖方区(或填方区)所有方格计算土方量汇总,即得该场地挖方和填方的总土方量。

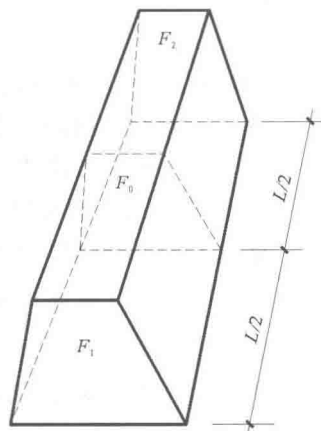


图 1-8 平均断面法

土方调配是场地平整施工设计的一个重要内容。土方调配的目的是在使土方总运输量($m^3 \cdot m$)最小或土方运输成本(元)最小的条件下,确定填挖方区土方的调配方向和数量,从而达到缩短工期和降低成本的目的。

土方调配的工作包括:①划分调配区;②计算土方调配区之间的平均运距(或单位土方运价,或单位土方施工费用);③确定土方最优调配方案;④绘制土方调配图表。

1.2.3.1 土方调配区的划分、平均运距和土方施工单价的确定

1. 调配区的划分原则

土方调配的原则:应综合考虑工程实际情况、有关技术资料、工程进度要求和施工方案等,力求挖填平衡、运距最短、费用最省;考虑土方的利用,以减少土方的重复挖填和运输。因此,在划分调配区应注意下列几点:

- (1) 调配区的划分应该与工程建(构)筑物的平面位置相协调,并考虑它们的开工顺序、工程的分期施工顺序,使近期施工和后期利用相结合;
- (2) 调配区的大小应该满足土方施工主导机械(铲运机、挖土机等)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。

2. 平均运距的确定

调配区的大小和位置确定之后,便可计算各填、挖方调配区之间的平均运距。当用铲运机或推土机平土时,挖土调配区和填方调配区土方重心之间的距离通常就是该填、挖方调配区之间的平均运距。

当填、挖方调配区之间距离较远,采用汽车、自行式铲运机或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。

对于第一种情况,要确定平均运距,先要确定土方重心。为便于计算,一般假定调配区平面的几何中心即为其体积的重心。可以取场地或方格网中的纵横两边为坐标轴,按式(1-20)计算。

$$X_0 = \frac{\sum V \times x}{\sum V}; Y_0 = \frac{\sum V \times y}{\sum V}$$

(1-20)

式中： X_0, Y_0 ——挖、填方调配区的重心坐标；

V ——每个方格的土方量；

x, y ——每个方格的重心坐标。

当地形复杂时，也可以用作图法近似地求出行心位置以代替重心的位置。

重心求出后，平均运距可通过计算或作图，按比例尺量出标于图上。

3. 土方施工单价的确定

如采用汽车或其他专用运土工具运土时，调配区之间的运土单价，可根据预算定额确定。

当采用多种机械施工时，确定土方的施工单价就比较复杂，因为不仅要考虑单机核算问题，还要考虑运、填配套机械的施工单价，确定一个综合单价。

1.2.3.2 用线性规划方法进行土方调配时的数学模型

在划分调配区和计算调配区之间的平均运距的基础上，建立土方平衡与运距表，见表 1-3。其中 c_{ij} 为 A_i 到 B_j 的单位土方施工费或运距， x_{ij} 为 A_i 到 B_j 的土方量。

表 1-3 土方平衡与运距表

填方区 挖方区	B_1	B_2	...	B_j	...	B_n	挖方量 /m ³
A_1	c_{11} x_{11}	c_{12} x_{12}	...	c_{1j} x_{1j}	...	c_{1n} x_{1n}	a_1
A_2	c_{21} x_{21}	c_{22} x_{22}	...	c_{2j} x_{2j}	...	c_{2n} x_{2n}	a_2
...	...	...	...	...	...	...	...
A_i	c_{i1} x_{i1}	c_{i2} x_{i2}	...	c_{ij} x_{ij}	...	c_{in} x_{in}	a_i
...	...	...	...	...	...	...	...
A_m	c_{m1} x_{m1}	c_{m2} x_{m2}	...	c_{mj} x_{mj}	...	c_{mn} x_{mn}	a_m
填方量/m ³	b_1	b_2	...	b_j	...	b_n	$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$

土方调配的数学模型为：求一组满足下列约束条件的 x_{ij} 的值，使目标函数