

U MU GONG CHENG SHI GONG JIAO CHENG

土木工程 施工教程

刘建民 主 编
张卫红



西北工业大学出版社

土木工程施工教程

刘建民 张卫红 主编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是依据全国高等院校土木工程专业指导委员会通过的《土木工程施工课程教学大纲》的要求,结合最新的各类施工规范及施工工艺标准编写而成的。

全书内容可分为施工技术和施工组织管理两大部分,共 13 章。第 1~9 章为施工技术部分,介绍了土方工程、桩基础工程、砌筑工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、脚手架与模板支架工程、防水工程、建筑装饰工程等的施工原理及方法;第 10~13 章为施工组织管理部分,介绍了流水施工原理、网络计划技术、建筑工程施工组织总设计、单位工程施工组织设计等内容。

本书可作为高等院校土木工程、工程管理等专业的教材,也可供土建类设计及施工人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工教程/刘建民,张卫红主编. —西安:西北工业大学出版社,2012.6
ISBN 978-7-5612-3354-2

I. ①土… II. ①刘…②张… III. ①土木工程—工程施工—教材 IV. ①TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 129470 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西兴平报社印刷厂

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:25.875

字 数:632 千字

版 次:2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月第 1 次印刷

定 价:48.00 元

前 言

“土木工程施工”是土木工程专业的一门主要专业课程,是研究土木工程施工技术和施工组织管理方法的科学。它主要介绍土木工程施工中各主要分部、分项工程施工工艺原理及方法、施工项目组织管理的基本原理,是将已学过的各专业类课程,如建筑材料、钢筋混凝土结构、钢结构、土力学与地基基础、工程测量等理论知识转化为实际建筑物的桥梁。

由于土木工程施工技术及管理方法更新得很快,最近几年又处于国家标准、规范的更新期,现有的大部分出版物在很多重要知识点上已跟不上国家最新标准、规范的要求,给教学工作带来困难。为此,编写一本能反映成熟施工技术最新进展的教材是土木工程专业教学中亟待解决的问题。

本书是依据全国高等院校土木工程专业指导委员会通过的《土木工程施工课程教学大纲》进行编写的。它阐述了土木工程施工的基本理论和实际应用方法。在内容上,力求符合国家最新颁布的各项规范、标准,反映土木工程施工技术及管理理论的最新进展;在编写过程中,参考了大量成熟的施工工艺标准及成功的施工方案案例;在知识点的取舍上,考虑到一般土木工程专业在本课程教学学时上的限制及实际从业范围的需要,重点放在讲述建筑工程所涉及的施工技术,对交通、水电等专业未做过多介绍。“土木工程施工”是一门操作性非常强的实践性课程,为方便学习,本书引入了大量的图表,并尽量采用了规范、简练、通俗易懂的语言,结合施工实际进行讲解。

本书共分为13章。第1~9章主要介绍了土木工程施工技术,第10~13章介绍了土木工程施工管理的基本理论及方法。本书可作为高等院校土木工程、工程管理等专业的教材,也可供土建类设计、施工及科研人员学习参考。

本书的编写分工如下:第5~7章、第10章、第12章由张卫红编写,其余各章由刘建民编写。全书由刘建民统稿。在读研究生葛刚等为本书的编写搜集了大量国家标准、规范及其他参考资料。

本书在编写过程中参考了大量国家标准、规范、施工工艺标准、教材、研究文献及专业著作,有些著作在参考文献中未能一一列举,在此谨对所有著作者表示衷心的感谢!

由于水平有限,加之时间仓促,书中难免存在各种不足,恳请广大读者批评指正。

编 者

2011年11月

目 录

第 1 章 土方工程	1
1.1 概述	1
1.2 土的工程分类及其性质	1
1.3 土方工程量的计算	3
1.4 土方调配	9
1.5 基坑工程排水与降水	13
1.6 土方边坡与坑壁支护	25
1.7 场地平整与土方开挖的机械化施工	32
1.8 土方的填筑与压实	41
习题	48
第 2 章 桩基础工程	50
2.1 预制桩施工	51
2.2 灌注桩施工	64
2.3 桩基工程的检查验收	78
习题	80
第 3 章 砌筑工程	81
3.1 砌筑材料	81
3.2 砖砌体施工	86
3.3 混凝土小型空心砌块砌筑施工	96
3.4 填充墙砌体施工	100
3.5 砌体工程冬期施工	103
习题	105
第 4 章 混凝土结构工程	106
4.1 钢筋工程	106
4.2 模板工程	135
4.3 混凝土工程	154
4.4 混凝土的冬期施工	181
习题	188

第 5 章 预应力混凝土工程	191
5.1 预应力混凝土施工用材料	191
5.2 先张法施工	195
5.3 后张法施工	202
5.4 无黏结预应力混凝土施工	211
习题	214
第 6 章 结构安装工程	216
6.1 起重机械与设备	216
6.2 单层厂房结构安装	222
6.3 多层装配式结构安装	236
6.4 钢结构安装	242
习题	262
第 7 章 脚手架与模板支架工程	263
7.1 扣件式钢管脚手架	263
7.2 门式钢管脚手架	273
7.3 碗扣式钢管脚手架	276
7.4 附着式升降脚手架	279
7.5 悬挑式外脚手架	283
7.6 模板支架	286
习题	290
第 8 章 防水工程	291
8.1 屋面防水工程	291
8.2 地下防水工程	299
习题	307
第 9 章 建筑装饰工程	308
9.1 抹灰工程	308
9.2 饰面板(砖)工程	314
9.3 吊顶工程	321
9.4 涂饰工程	325
9.5 门窗工程	328
习题	331

第 10 章 流水施工原理	332
10.1 流水施工的基本概念	332
10.2 流水施工参数	335
10.3 流水施工的组织方式	338
习题	346
第 11 章 网络计划技术	347
11.1 双代号网络图	347
11.2 单代号网络图	363
习题	366
第 12 章 建筑工程施工组织总设计	368
12.1 概述	368
12.2 工程概况	369
12.3 施工部署	370
12.4 施工总进度计划	371
12.5 资源配置计划及施工准备工作计划	372
12.6 主要施工方法	373
12.7 施工总平面图	374
12.8 全场性暂设工程需求量设计	376
习题	386
第 13 章 单位工程施工组织设计	387
13.1 概述	387
13.2 施工部署	388
13.3 施工进度计划和资源需要量计划	392
13.4 施工方案的编制	396
13.5 单位工程施工平面图	398
13.6 主要施工管理计划的编制	402
习题	403
参考文献	405

第1章 土方工程

1.1 概 述

土方工程是土木工程施工程序中的一个重要环节。建筑工程施工中涉及的土方工程施工通常包括场地平整、土方(基坑、槽)开挖、土方的运输、土方回填与压实;还可能涉及基坑降水、坑壁支护等内容。

相对于建筑工程施工的其他内容,土方工程施工具有如下特点:

(1)工程量大,工期长。大型的土木工程项目,如场道工程等,其土方工程所涉及平面范围可能有数十平方千米,涉及的土方工程量可达到上百万立方米。

(2)受天气、地下水、土层性质等自然因素的影响较大。恶劣的天气条件可严重影响土方工程的开挖、运输与回填作业;地下水位太高、存在承压水层等都可能严重影响基坑侧壁稳定。由于天气及地下自然因素导致的土方工程工期拖延是造成建筑施工工期延误最常见的原因之一。

(3)国家法规对土方工程安全施工有着严格的规定:当开挖深度在3 m以上时,应编制专项施工方案;当开挖深度大于5 m时,其专项施工方案应组织专家论证。

(4)随着我国城市化进程的快速推进,城市建筑施工中土方工程的弃土与购买费用在土方工程施工中所占比例越来越大。

因此,编制合理的施工方案、进行有效决策并有效组织施工对土方工程具有重大意义。

1.2 土的工程分类及其性质

1.2.1 土的工程分类

在土方工程施工中,按照土体开挖的难易程度,将土体分为8类,其中前4类为土,后4类为岩石。具体如表1.1所示。

表 1.1 土的工程分类

土的类别	土的名称	密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	开挖方法及工具
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)	600~1 500	用锹、锄头挖掘
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	1 100~1 600	用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松

续 表

土的类别	土的名称	密度/(kg·m ⁻³)	开挖方法及工具
三类土 (坚土)	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	1 750~1 900	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	1 900	先用镐、撬棍,后用锹挖掘,部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	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。	1 100~2 700	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、片麻岩及正常岩	2 200~2 900	用爆破方法开挖,部分用风镐
七类土 (坚石)	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	2 500~3 100	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	2 700~3 300	用爆破方法开挖

1.2.2 土的可松性

自然状态下的土,开挖时其体积会因变松散而增大,以后虽经压实,但仍不能恢复到原来的体积,这种性质称之为土的可松性。土体可松性的程度通常用可松性系数来描述。

最初可松性系数为

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} = \frac{\text{开挖后的松散体积}}{\text{天然状态下的体积}} \tag{1.1}$$

最终可松性系数为

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} = \frac{\text{回填压实后的体积}}{\text{天然状态下的体积}} \tag{1.2}$$

各种土的最初可松性系数及最终可松性系数见表 1.2。

表 1.2 各种土的可松性系数

土的类别	体积增加百分率/(%)		可松性系数	
	最初	最终	K_s	K'_s
一类土(种植土除外)	8 ~ 17	1 ~ 2.5	1.08 ~ 1.17	1.01 ~ 1.03
一类土(植物性土、泥炭)	20 ~ 30	3 ~ 4	1.20 ~ 1.30	1.03 ~ 1.04

续表

土的类别	体积增加百分率/(%)		可松性系数	
	最初	最后	K_s	K'_s
三类土	14 ~ 28	2.5 ~ 5	1.14 ~ 1.28	1.02 ~ 1.05
四类土	24 ~ 30	4 ~ 7	1.24 ~ 1.30	1.04 ~ 1.07
四类土(泥灰岩、蛋白石除外)	26 ~ 32	6 ~ 9	1.26 ~ 1.32	1.06 ~ 1.09
四类土(泥灰岩、蛋白石)	33 ~ 37	11 ~ 15	1.33 ~ 1.37	1.11 ~ 1.15
五 ~ 七类土	30 ~ 45	10 ~ 20	1.30 ~ 1.45	1.10 ~ 1.20
八类土	45 ~ 50	20 ~ 30	1.45 ~ 1.50	1.20 ~ 1.30

1.2.3 土的最佳含水量与最大干密度

当土体回填压实时,其含水量对压实效果有很大影响。将回填土体的含水量控制在最佳含水量附近对保证压实质量、提高压实效率都有重要意义。最大干密度是衡量土体被压实程度的标准。土体被压实的程度通常用压实系数表示,即

$$D_y = \frac{\rho_d}{\rho_{d\max}} \quad (1.3)$$

式中 D_y ——土的压实系数;

ρ_d ——土在压实后现场实测的干密度;

$\rho_{d\max}$ ——土的最大干密度,通常由击实试验获得。

常见土体的最佳含水量及最大干密度如表 1.3 所示。

表 1.3 常见土体的最佳含水量及最大干密度

土的种类	最佳含水量/(%)	最大干密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
砂土	8 ~ 12	1.80 ~ 1.88
粉土	16 ~ 22	1.61 ~ 1.80
黏土	19 ~ 23	1.58 ~ 1.70
粉质黏土	12 ~ 15	1.85 ~ 1.95

1.3 土方工程量的计算

土方工程量的计算可以分为两类:基坑(槽)开挖工程量计算和场地平整工程量计算。

1.3.1 基坑(槽)开挖工程量计算

基坑(见图 1.1(a))形状通常为上大下小的棱台体,其体积通常按照棱台体积的计算公式计算,即

$$V = \frac{H}{6}(F_1 + 4F_0 + F_2) \quad (1.4)$$

式中 H ——基坑开挖深度；

F_1, F_2 ——基坑上、下底面面积；

F_0 ——基坑中部截面面积。

基槽的形状多为棱柱体，若各截面尺寸逐渐变化，其体积也可用式(1.4)进行计算，只是 F_1, F_2, F_0 及 H 的含义如图 1.1(b) 所示。

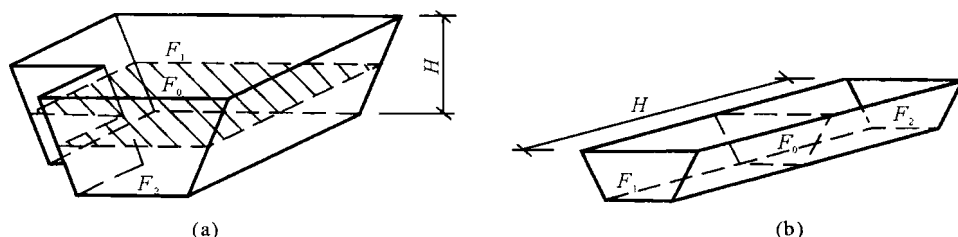


图 1.1 基坑与基槽的土方量计算

(a) 基坑；(b) 基槽

1.3.2 场地平整设计标高的确定

场地平整施工是建筑工程施工的第一步，它为施工场地上建筑物及室外工程规划放线、临建设施建设等提供条件。场地平整应按照设计要求的场地标高进行。

场地设计标高是进行场地平整土方量计算的依据。合理确定场地设计标高，对减少土方量和加快工程进度具有重要意义。一般情况下，场地标高的确定应考虑下列因素：

- (1) 满足生产工艺和运输要求；
- (2) 尽量利用现有地形；
- (3) 场地内挖、填土方平衡，土方运输量最小；
- (4) 有一定排水坡度，能满足排水要求（一般应向排水沟方向作成不少于 2‰ 的坡度）。
- (5) 考虑最高洪水位影响。

场地设计标高一般在设计文件上有所规定。如果设计文件没有规定，则按照挖填平衡原则，通过以下所述的步骤确定。

1. 划分方格网

在地形图上，根据要求的计算精度及地形起伏情况，将场地地形图划分为 10 ~ 40 m 的方格网，如图 1.2 所示。

2. 确定方格各角点的标高

当地形平坦时，可根据地形图上相邻两等高线的标高，用插入法求得方格各角点的标高；当地形起伏较大或没有地形图时，可在地面上用木桩打好方格网，再用仪器直接测出方格各角点的标高。

3. 初步确定场地的设计标高

根据挖填平衡原则，场地的设计标高为

$$H_0 n a^2 = \sum \left(\frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right) a^2 \quad (1.5)$$

式中，等号左侧为平整后的土方体积，等号右侧为平整前的土方体积；

H_0 ——场地的设计标高；

a ——方格边长；

n ——方格数；

$H_{11}, H_{12}, H_{21}, H_{22}$ ——分别为方格网4个角点标高。

所以

$$H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4n} \quad (1.6)$$

由图 1.2 可以看到, H_{11} 是 1 个方格的角点标高, H_{12}, H_{21} 是 2 个方格公共的角点标高, H_{22} 是 4 个方格公共的角点标高, 它们在式(1.6)的等号右边分子部分的相加中分别要加 1 次、2 次和 4 次。因此, 式(1.6)又可写为

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 4 \sum H_4}{4n} \quad (1.7)$$

式中 n ——方格数；

H_1 ——1 个方格仅有的角点标高；

H_2 ——2 个方格共有的角点标高；

H_4 ——4 个方格共有的角点标高。

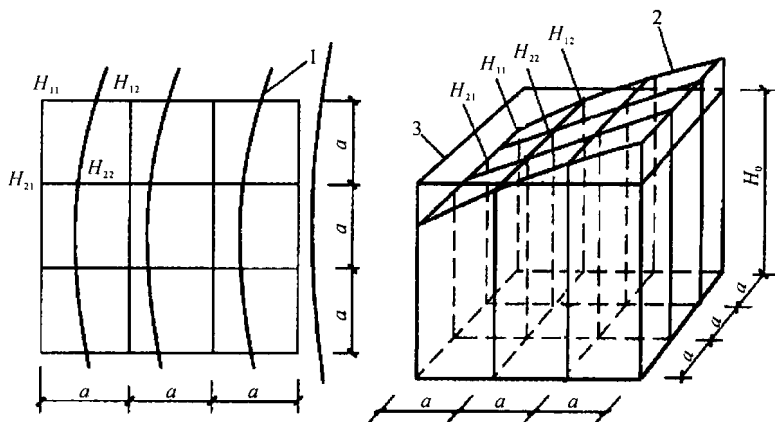


图 1.2 场地设计标高计算示意图

1—等高线；2—自然地面；3—设计标高平面

4. 场地设计标高的调整

式(1.7)中, H_0 仅是一个理论值, 实际中还须考虑土的可松性、场地排水坡度、挖填方量不等、弃土或借土等因素, 来对设计标高进行调整。

(1) 土的可松性的影响。由于土具有可松性, 按照式(1.7)计算的设计标高施工, 土方会有剩余, 为此, 应适当提高设计标高。

如图 1.3 所示, 设 Δh 为土的可松性引起的设计标高增加值, 那么设计标高调整后的总挖方体积为

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

总填方体积为

$$V'_f = V'_w K'_S = (V_w - F_w \Delta h) K'_S$$

由于设计标高提高,需要增加的填方体积为

$$\Delta h F_t = V_t' - V_t = (V_u - F_u \Delta h) K_s' - V_t \quad (1.8)$$

式(1.8)即为考虑土的可松性后挖填平衡表达式。

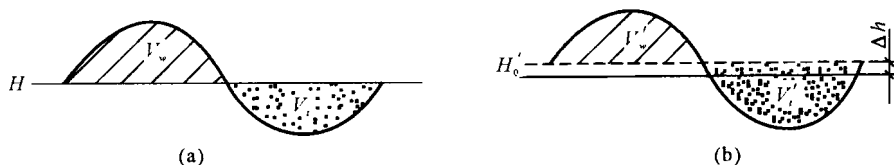


图 1.3 设计标高调整计算简图

(a) 理论计算标高; (b) 调整设计标高

考虑到初始设计计算中 $V_t = V_u$, 整理式(1.8), 即可得到场地设计标高的调整值为

$$\Delta h = \frac{V_t (K_s' - 1)}{F_t + F_u K_s'} \quad (1.9)$$

故考虑到土的可松性后, 场地设计标高调整为

$$H_0' = H_0 + \Delta h \quad (1.10)$$

(2) 弃土或借土的影响。当在场地内修筑路堤等时, 若按场地设计标高 H_0 施工, 会出现用土不足, 须降低设计标高; 反之, 当场地内有基坑开挖时, 则有多余土方, 为防止土方外运, 就须提高设计标高。故考虑弃土或借土后, 场地设计标高降低或提高值为

$$\Delta h' = \pm \frac{Q}{na^2} \quad (1.11)$$

式中, Q 为根据场地 H_0 平整后多余或不足的土方。

(3) 场地排水坡度的影响。按上述方法确定的场地实际上是一个水平面。实际中由于场地自然排水的要求, 通常将场地表面设计成具有一定排水坡度的斜面。为此, 通常采用下面的方法进行调整。

1) 单向排水时设计标高的确定。如图 1.4 所示, 如果将已调整的场地设计标高 H_0' 作为场地中心线标高, 则场地内任意点的设计标高为

$$H_n = H_0' \pm li \quad (1.12)$$

式中 H_n ——场地内任一点的设计标高;

l ——该点距场地中心线的距离;

i ——场地排水坡度 ($i \geq 2\%$)。

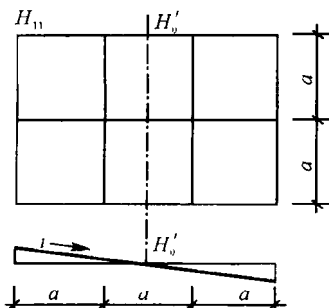


图 1.4 场地单向排水坡度示意图

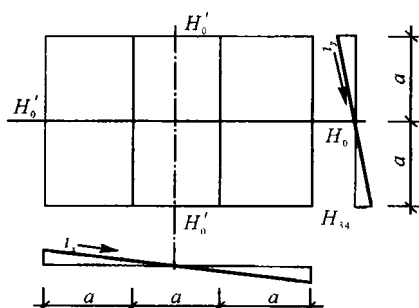


图 1.5 场地双向排水坡度示意图

2) 双向排水时设计标高的确定。如图 1.5 所示,如果将已调整的设计标高作为场地中心点的设计标高,则场地内任意点的设计标高为

$$H_n = H'_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1.13)$$

1.3.3 场地平整土方工程量的计算

场地平整土方工程量的计算步骤如下所列。

1. 确定网格角点的施工高度

$$h_n = H_n - H \quad (1.14)$$

式中 h_n ——网格角点施工高度,“+”为填;“-”为挖;

H_n ——各角点的设计标高;

H ——各角点的自然地面标高。

2. 求“零点”、绘“零线”

“零点”即施工高度为零的点,其连成的曲线称为“零线”。零点及零线仅出现于施工高度有正有负的网格单元中。

“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“+”有“-”中的零点,再将相邻 2 个零点连接起来,即为“零线”。

如图 1.6 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, O 点为零点位置,则

$$x = \frac{ah_1}{h_1 + h_2} \quad (1.15)$$

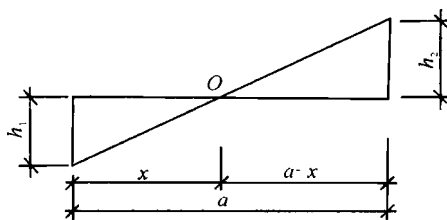
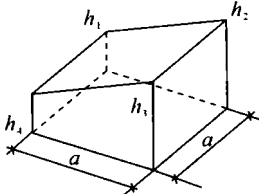
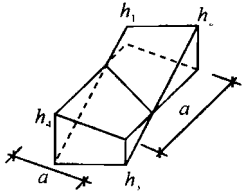


图 1.6 零点计算示意图

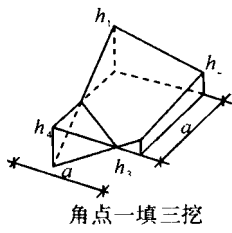
3. 计算场地挖填土方量

(1) 四棱柱法。按照划分的正方形方格网,根据零线的位置可能有表 1.4 中所列的几种情形。

表 1.4 四棱柱法土方量计算表

正方形网格形式	计算公式
 角点全填或全挖	$V = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4)$
 角点二填或二挖	$V = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_1^2}{h_2 + h_4} + \frac{h_2^2}{h_2 + h_3} \right)$

续 表

正方形网格形式	计算公式
	$V_4 = \frac{a^2}{6} \frac{h_1^3}{(h_1 + h_4)(h_3 + h_4)}$ $V_{1,2,3} = \frac{a^2}{6} (2h_1 + h_2 + 2h_3 - h_4) + V_4$

(2) 三棱柱法。以划分的正方形网格为基础,顺等高线的走向,将正方形网格再划分成三角形网格,如图 1.7 所示。若每个三角形三个角点的施工高度分别为 h_1, h_2, h_3 , 则其土方量计算公式如表 1.5 所列。

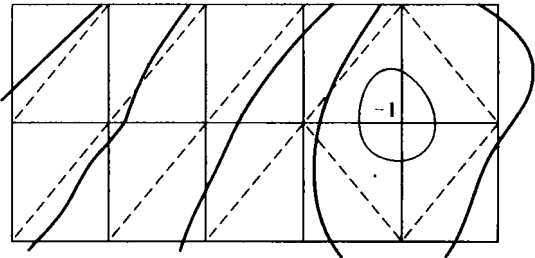
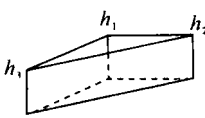
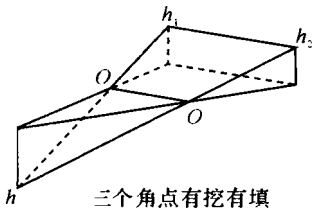


图 1.7 三角形网格划分图

表 1.5 三棱柱法土方量计算表

三角形网格形式	土方量计算公式
 三个角点全部为挖或填	$V = \frac{a^2}{6} (h_1 + h_2 + h_3)$
 三个角点有挖有填	$V_{\text{挖}} = \frac{a^2}{6} \frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)}$ $V_{\text{填}} = \frac{a^2}{6} \left[\frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} - h_3 + h_2 + h_1 \right]$

四棱柱法是根据平均中断面的近似公式而得的,当方格网中地形不平时,误差较大,但计算简单。三棱柱法是根据立体几何体积计算公式得来的,计算精度较高,但计算烦琐。

1.4 土方调配

在大型场地平整施工中,通常有若干个挖方区和若干个填方区。将各挖方区的土方以最经济的方式运送至相应的填方区,是土方调配需要解决的问题。

1.4.1 土方调配原理

当调配土方时,应按照下列步骤进行。

(1) 土方调配区的划分。在场地平面图上先划出挖、填区的分界线,然后在挖方区和填方区适当划出若干个调配区。划分时应注意以下问题:

- 1) 调配区应与建筑物平面位置相协调,并考虑他们的开工顺序、分期施工顺序;
- 2) 调配区的大小应满足主导施工机械的技术要求;
- 3) 就近取土或弃土。

(2) 计算各调配区的土方量,并标于图上。

(3) 计算各挖填调配区之间的平均运距。平均运距即是指挖方区重心和填方区重心之间的距离。为此,应先求出每个调配区的重心位置。

若某一调配区由若干个方格网组成,则该调配区的中心坐标为

$$x_0 = \frac{\sum V_i x_i}{\sum V_i}, \quad y_0 = \frac{\sum V_i y_i}{\sum V_i} \quad (1.16)$$

式中 x_i, y_i ——方格 i 的重心坐标;

x_0, y_0 ——调配区的中心坐标;

V_i ——方格 i 的土方量。

各调配区之间的平均运距为

$$L = \sqrt{(x_{0t} - x_{0w})^2 + (y_{0t} - y_{0w})^2} \quad (1.17)$$

4. 确定调配方案

确定调配方案最基本的思路是用最优化方法。为此,需要先建立目标函数,再列出约束条件,然后求解该方程即可。

设整个场地可划分为 m 个挖方区,其挖方量分别为 $a_1, a_2, \dots, a_m$; n 个填方区,其填方量分别为 $b_1, b_2, \dots, b_n$ 。按照最优化法,可建立目标函数为

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

式中 c_{ij} ——挖方区 i 到填方区 j 之间的运费单价(元/ m^3)或运距(m);

x_{ij} ——将挖方区 i 运到填方区 j 的土方量。

该目标函数的约束条件为

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^m x_{ij} = a_i & (i=1, 2, \dots, m) \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} = b_j & (j=1, 2, \dots, n) \\ x_{ij} \geq 0 \end{cases}$$

通常,该线性规划问题用一些软件很容易求解。

1.4.2 土方调配表上作业法

土方调配表上作业法是一种基于运筹学原理的土方工程手工调配计算方法。由于其计算过程较为简单,且概念清晰,在工程中应用较广。

下面应用土方调配表上作业法对工程实例设计最优土方调配方案。

某矩形场地,其挖方区为 w_1, w_2, w_3, w_4 , 填方区为 t_1, t_2, t_3 , 其填挖方量及各填挖区之间的运距(单位为 m) 如图 1.8 所示。

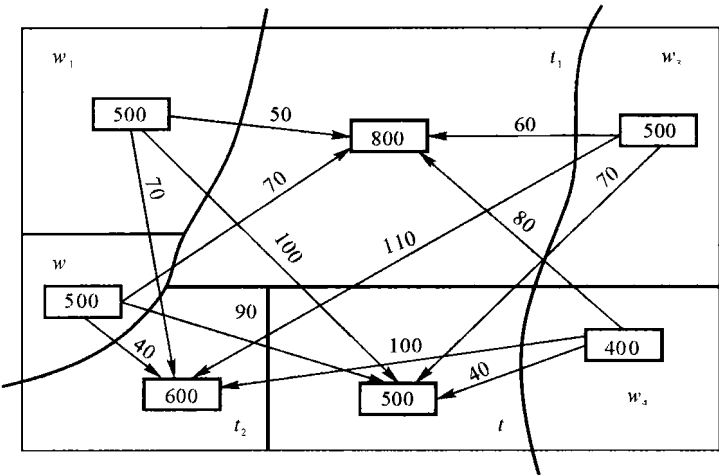


图 1.8 各调配区土方量及平均运距情况

具体设计过程如下:

1. 编制初始调配方案

编制初始调配方案一般采用最小元素法,即优先对运距(或运费)最小的调配区最大限度地供给土方。根据图 1.8 所给出的条件,可编制土方调配表见表 1.6。

表 1.6 土方调配表

挖方区 \ 填方区	t_1		t_2		t_3		挖方量/ m^3
	x_{i1}	c_{i1}	x_{i2}	c_{i2}	x_{i3}	c_{i3}	
w_1	x_{11}	$c_{11}=50$	x_{12}	$c_{12}=70$	x_{13}	$c_{13}=100$	500
w_2	x_{21}	$c_{21}=70$	x_{22}	$c_{22}=40$	x_{23}	$c_{23}=90$	500
w_3	x_{31}	$c_{31}=60$	x_{32}	$c_{32}=110$	x_{33}	$c_{33}=70$	500
w_4	x_{41}	$c_{41}=80$	x_{42}	$c_{42}=100$	x_{43}	$c_{43}=40$	400
填方量/ m^3	800		600		500		1 900