

高等学校试用教材

旧书

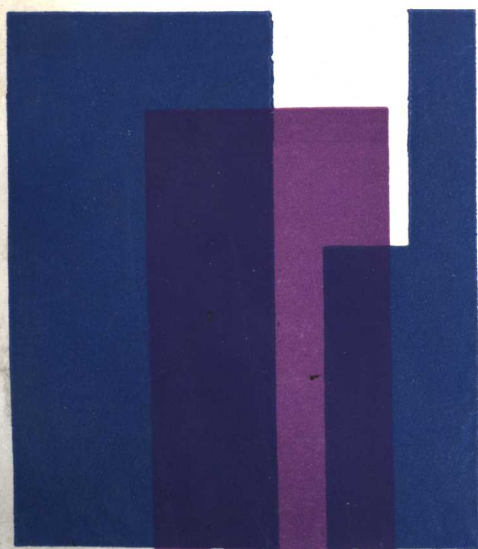
建筑施工

(第二版)

重庆建筑工程学院

同济大学

哈尔滨建筑工程学院



中国建筑工业出版社

高等学校试用教材

建 筑 施 工

(第 二 版)

重庆建筑工程学院

同 济 大 学

哈尔滨建筑工程学院

中国建筑工业出版社

本书系按照新教学大纲的要求，将原《建筑施工(一)》和《建筑施工(二)》合并、修订再版，以适应工业与民用建筑专业施工课程的教学需要。其内容包括：土方工程，打桩工程，砌筑工程，钢筋混凝土工程，预应力混凝土工程，单层工业厂房结构安装，多层及高层房屋主体结构施工，防水工程，装饰工程，施工组织设计，统筹方法在计划管理中的应用等十三章，并附有塔式起重机改装和桅杆式起重机设计等专题，以供学习和应用时参考。

本书从解决建筑施工中一些带综合性的技术问题出发，比较系统地阐述了施工技术的基本原理和施工组织的基本方法；比较全面地介绍了施工中各类问题的解决途径及其理论计算；同时，对国内外建筑施工的新技术、新工艺及其发展概况也做了简要的介绍。

本书除可用作高等院校工业与民用建筑专业教材外，也可供工程技术人员、科研人员及同专业中等技术学校师生参考。

高等学校试用教材
建 筑 施 工
(第 二 版)

重庆建筑工程学院
同 济 大 学
哈尔滨建筑工程学院

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京市平谷大华印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/16 印张：27¹/₄ 插页：1 字数：663 千字

1985年12月第二版 1985年12月第一次印刷

印数：1—79,200册 定价：3.95元

统一书号：15040·4907

第二版前言

“建筑施工”是工业与民用建筑专业的一门主要专业课程，它在培养学生具备独立解决建筑工程施工中有关施工技术和施工组织问题的基本知识方面，有着十分重要的作用。

作为一门学科，“建筑施工”主要研究建筑工程中各主要工种工程施工的工艺原理和方法，以及组织施工的一般规律。这些研究内容都是来源于丰富多彩、变化万千的建筑工程实践，涉及到力学、结构、材料、机电、运筹学、管理工程等学科的综合运用。因此，为要提高施工课的教学质量，就需紧密结合我国实际，从综合运用本专业基本知识和当代科技成果、适应现场施工需要出发，来考虑教材的取舍。我们于1980年和1982年相继编写出版的《建筑施工(一)》*和《建筑施工(二)》**，正是基于这一思路而从内容体系上进行了一些新的尝试。

但是原《建筑施工(一)》和《建筑施工(二)》毕竟是在当时教学计划、教学大纲均未制定的情况下编写而成的，几年来教学实践试用证明，原《建筑施工(一)》和《建筑施工(二)》在内容上存在着一些相互割裂的现象，不利于组织教学。因此，为使这本教材在内容上能符合教学大纲的要求，在体系上能更好地反映学科特点，我们于再版时，对初版在篇章结构上进行了较大的调整。将(一)、(二)两个分册合并成一册，并对某些章节的内容适量地进行了增删。同时，考虑到建筑施工中的实际需要，我们还保留了一些初版中超出教学大纲规定内容的章节(如“塔式起重机的改装”、“桅杆式起重机”等)，将它们列于附录中，以供教学和生产中运用参考。

本书第二版是由重庆建筑工程学院、同济大学、哈尔滨建筑工程学院施工教研室分工修改后共同讨论定稿。修改稿由重庆建筑工程学院施工教研室统一加工、整理。参加第二版修改的人员为：

同济大学：赵志绍、何秀杰(第一、四、七章)，江景波、潘宝根、林知炎(第十三章)；

哈尔滨建筑工程学院：关柯、任玉峰、王长林(第十、十一、十二章)；

-
- * 《建筑施工(一)》，1980年2月由中国建筑工业出版社出版。本教材由重庆建筑工程学院施工教研室编写。主编：卢忠政，编写人有：毛鹤琴(第一、二、四、七章)，林文虎(第三、五章)，丁于钧、毛鹤琴(第六章)。由哈尔滨建筑工程学院施工教研室王学涵主审。参加审稿的有刘宗仁、郑耀伦、张铁铮。
 - ** 《建筑施工(二)》，1982年12月由中国建筑工业出版社出版。本教材由重庆建筑工程学院施工教研室(主编)和同济大学、哈尔滨建筑工程学院共同编写。参加编写的人员为：同济大学(第一、二、九、十三章)——江景波、赵志绍、何秀杰、伍朝琛、林厚祥、丁根裕、周德泉、潘宝根、林知炎，哈尔滨建筑工程学院(第十、十一、十二章)——关柯、任玉峰、王长林，重庆建筑工程学院(第三、四、五、六、七、八、十四章)——卢忠政、林文虎、毛鹤琴、何玉兰、丁于钧、杨劲。由天津大学施工教研室主审。审稿人有张忆森、赵铁生、陈章洪、赵奎生、林瑞铭、陆乃誉、楼辛年、赵章汉、于俊英。

重庆建筑工程学院：卢忠政、毛鹤琴、何玉兰、林文虎（第二、三、五、六、七、八、九章和附录）。

本书修改稿经原主审单位——天津大学施工教研室重审，参加审稿人有：张忆森、程作渭、林瑞铭、赵奎生、舒适、陆乃誉、楼辛年。

各院校在试用初版教材时，对教材的内容取舍和错误之处提出了许多十分中肯的意见，这对我们这次修改有很大帮助，谨此表示衷心的感谢。

“建筑施工”作为一门学科，尚处于新兴阶段，它所包揽的许多内容，尚有待我们穷毕生精力去上下求索。这本根据我们目前认识水平修改再版的教材，其中的很多论点和内容无疑尚有待进一步商榷，错误之处仍难免，我们恳切地希望读者予以批评指正，深为感谢。

编 者

一九八四年四月

目 录

第一章 土方工程	1	第二节 多层及高层房屋施工的起重机械	187
第一节 土方工程量的计算与调配	2	第三节 装配式框架结构施工	200
第二节 土方工程施工准备与辅助工作	20	第四节 装配式大板建筑施工	208
第三节 土方工程机械化施工	40	第五节 滑模施工	213
第四节 爆破工程	51	第六节 大模板施工	233
第二章 打桩工程	63	第七节 升板法施工	246
第一节 桩的作用及种类	63	第八章 防水工程	261
第二节 打入桩施工	63	第一节 地下防水工程	261
第三节 静力压桩和水冲沉桩	69	第二节 屋面防水工程	266
第四节 振动沉桩法	70	第九章 装饰工程	273
第五节 灌注桩施工	71	第一节 抹灰	273
第三章 砌筑工程	77	第二节 板块饰面	279
第一节 概述	77	第三节 壁纸饰面	280
第二节 砌筑用脚手架	77	第四节 油漆和刷浆	281
第三节 砌筑工程的垂直运输	82	第十章 施工组织设计概论	287
第四节 砖砌体施工	83	第一节 施工组织设计的内容和分类	288
第五节 中小型砌块施工	86	第二节 组织施工的基本原则	290
第四章 钢筋混凝土工程	88	第三节 原始资料的调查分析	292
第一节 钢筋工程	88	第四节 流水作业的原理及应用	296
第二节 模板工程	98	第十一章 单位工程施工组织设计	305
第三节 混凝土工程	102	第一节 施工方案的选择	306
第四节 混凝土冬季施工	117	第二节 施工进度、施工准备和物资资源计划	317
第五章 预应力混凝土工程	124	第三节 施工平面图	325
第一节 后张法	124	第四节 单位工程施工组织设计实例——某大模板住宅工程	330
第二节 先张法	149	第十二章 施工组织总设计（或大纲）	344
第三节 电张法	158	第一节 施工部署	344
第六章 单层工业厂房结构安装工程	162	第二节 施工总进度计划	346
第一节 准备作业	162	第三节 暂设工程	348
第二节 起重机械	165	第四节 施工总平面图	361
第三节 钢筋混凝土单层工业厂房的结构安装	173	第十三章 统筹方法在计划管理中的应用	365
第七章 多层及高层房屋主体结构施工	186		
第一节 多层及高层房屋主体结构施工特点与施工方案	186		

第一节 网络图的绘制	365	四、缆风绳与地锚的计算	413
第二节 网络图的计算	374	五、起重钢丝绳与卷扬机的选用	418
第三节 网络图的优化	385	附录二 塔式起重机的改装	421
附录一 桅杆式起重机	397	一、附着式塔式起重机的改装验算	421
一、桅杆式起重机的载荷与材料	397	二、塔式起重机的转弯	426
二、桅杆式起重机的受力分析	403	附录三 主要常用量的公制单位与国际	
三、金属桅杆的结构验算	407	单位换算表	430

第一章 土方工程

土方工程是建筑工程施工中主要工种工程之一，它包括一切土（或石）的挖掘、填筑和运输等主要施工过程，以及排水、降水和土壁支撑等准备和辅助过程。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等。

土方工程的工程量很大，如大型建设项目的场地平整，往往有几百万甚至上千万立方米的土方工程量。为缩短建设工期和减轻繁重的劳动强度，应尽量采用机械化或综合机械化方法进行施工。

土方工程的施工条件复杂，因为它受地质、水文、气候等条件的影响较大。因此在组织土方工程施工前，必须进行周详的调查，拟定合理的施工方案，作好必要的准备工作，以确保工程质量，并取得较好的经济效果。

土的工程分类

表 1-1

土的分类	土 的 名 称	可松性系数		开 挖 方 法 及 工 具
		K_s	K'_s	
一 类 土 (松软土)	砂，亚砂土，冲积沙土层，种植土，泥炭（淤泥）	1.08~1.17	1.01~1.03	能用锹、锄头挖掘
二 类 土 (普通土)	亚粘土，潮湿的黄土，夹有碎石、卵石的砂、种植土、填筑土及亚砂土	1.14~1.28	1.02~1.05	用锹、锄头，少许用镐翻松
三 类 土 (坚土)	软及中等密实粘土；重亚粘土，粗砾石，干黄土及含碎石、卵石的黄土、亚粘土；压实的填筑土	1.24~1.30	1.04~1.07	主要用镐、少许用锹、锄头挖掘，部分用撬棍
四 类 土 (砂砾坚土)	重粘土及含碎石、卵石的粘土；粗卵石，密实的黄土，天然级配砂石，软泥灰岩及蛋白石	1.26~1.32	1.06~1.09	整个用镐、撬棍，然后用锹挖掘，部分用楔子及大锤
五 类 土 (软石)	硬石灰纪粘土；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	1.30~1.45	1.10~1.20	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	1.30~1.45	1.10~1.20	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、风化痕迹的安山岩、玄武岩	1.30~1.45	1.10~1.20	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	1.45~1.50	1.20~1.30	用爆破方法开挖

注， K_s ——最初可松性系数，
 K'_s ——最后可松性系数。

土的种类繁多，建筑工程中作为地基的土分为五类：粘性土、砂土、碎石土、岩石和人工填土。按工程地质特征及土的性质不同，各类土又可分成几个细类：如砂土分为砾砂、粗砂、中砂、细砂、粉砂等；根据其孔隙比的大小，分为密实、中密、稍密和松散的各种砂土；根据含水的饱和度大小又分为稍湿、很湿和饱和的各种砂土。同样，粘性土也可分为各种粘土、亚粘土等。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的影响，才能选择正确的施工方法。

土又可按开挖的难易程度分类，称为土的工程分类。目前建筑预算定额中，分为八类：松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石。松软土及普通土一般能用铁锹直接开挖，或用铲运机、推土机、挖土机等施工。坚土与砂砾坚土主要用镐或撬棍开挖，或用机械施工，其中铲运机、推土机及部分挖土机施工前，通常需预先松土。石方施工多用爆破方法施工。土的工程分类法见表1-1。

本章重点叙述土方工程施工中可能遇到的主要技术问题，包括：土方工程量的计算，土方的调配，土方工程的准备及辅助工作，土方工程的机械化施工和爆破施工。

第一节 土方工程量的计算与调配

土方工程施工前，必须计算土方的工程量。在场地平整工程中，土方的填、挖量是根据场地设计标高与原地形标高确定的。确定场地最佳设计平面，对减少土方工程量有很大意义。因此，本节先叙述最佳设计平面的概念与计算方法。然后分别叙述场地平整土方量的计算，基坑土方量的计算以及土方调配的方法。

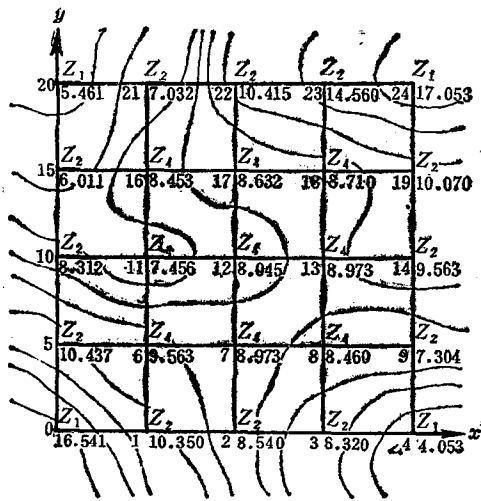


图 1-1 某广场方格网

图 1-1 所示为40米×40米的矩形广场，方格各角点的数字为原地形标高。若要使场地平整前和平整后土方量相等，按照平均断面法计算土方量时，可用下式求得场地设计标高 H_0 ：

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

$$\therefore H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4 M}$$

一、场地平整时设计标高的确定

(一) 小型场地平整时设计标高的确定

小型场地平整且对场地标高无特定要求时，一般可以根据在平整前和平整后的土方量相等的原则求得设计标高。但是这仅意味着把场地推平，使挖方量和填方量平衡，并不能保证总土方量最小。

计算前先将场地平面划成方格网，并根据地形图将每方格的角点标高标于图上。

式中 H_0 ——所计算场地的设计标高(米);

a ——方格边长(米);

M ——方格数;

H_{11} 、 H_{12} 、 H_{21} 、 H_{22} ——任一方格的四个角点的标高(米)。

由于相邻方格具有公共的角点标高,在一个方格网中,某些角点系四个相邻方格的公共角点,如图1-1中第6、7、8……等角点,在计算土方量时,其角点标高要用四次;某些角点系二个相邻方格的公共角点,如图1-1中第1、2、3、5……等角点,其角点标高要用二次;某些角点标高仅用一次,如图1-1中第0、4、20、24等角点;在不规则场地中,角点标高也有用三次的,在图1-1中不存在。因此上式可改写成下列形式:

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

式中 H_1 ——一个方格仅有的角点标高(米);

H_2 ——二个方格共有的角点标高(米);

H_3 ——三个方格共有的角点标高(米);

H_4 ——四个方格共有的角点标高(米)。

式(1-1)中 ΣH_2 、 ΣH_3 、 ΣH_4 前的2、3、4是计算土方量时,各角点标高的使用次数,它反映方格各角点特征,通常用 P 来表示,测量上的术语称为“权”。关于“权”的概念,在下面一节求最佳设计平面时也要用到。

图1-1所示的例子, M 等于16,各角点标高见图,根据式(1-1)计算结果,该场地的设计标高 H_0 为8.906米。

(二) 最佳设计平面的确定

当进行大型场区竖向规划设计时,要把天然地面改造成我们所要求的设计平面,就应该满足建筑规划和生产工艺方面的要求,并尽量使填挖方平衡,总的土方量最小。因此,正确地选择设计标高需考虑以下因素:

(1) 与已有建筑物的标高相适应,满足生产工艺和运输的要求;

(2) 尽量利用地形,以减少填、挖土方数量;

(3) 根据具体条件,争取场区以内的挖方同填方相互平衡,以降低土方运输费用;

(4) 要有一定的泄水坡度,以满足排水要求。

在上面一节用式(1-1)求设计标高的方法中,我们知道平整场地时填方与挖方的土方量是相等的,但不能保证总的土方工程量最小。应用最小二乘法的原理,就可以求得最佳设计平面,即同时保证填挖方平衡及总的土方量最小两个条件。如果工艺要求改变场地坡度或标高时,也可做到满足该条件的最佳设计平面。

当地形比较复杂时,场区一般需设计成多平面,此时可根据工艺要求和地形,预先将场区划分成几个平面,分别计算出最佳设计平面的各个参数。然后适当修正各设计平面交

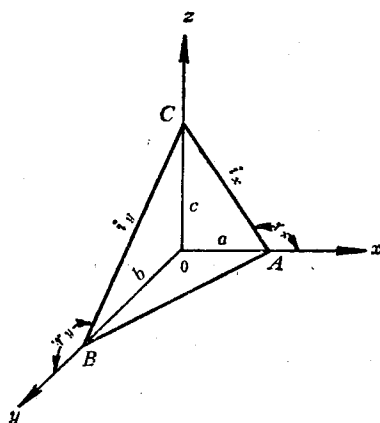


图 1-2 在空间中一个平面的位置

则该设计平面既能满足土方工程量最小, 并保证填挖方量相等的条件。这就是最小二乘法的基本原理。

现将公式(1-5)代入(1-7)得:

$$\sigma = P_1(c + x_1 i_x + y_1 i_y - z_1)^2 + P_2(c + x_2 i_x + y_2 i_y - z_2)^2 + \dots + P_n(c + x_n i_x + y_n i_y - z_n)^2 = \text{最小}$$

为使 σ 最小, 上式须对参数 c 、 i_x 、 i_y 分别求偏导数, 并令其等于0, 于是得:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \sigma}{\partial c} &= \sum_1^n P(c + x i_x + y i_y - z) = 0 \\ \frac{\partial \sigma}{\partial i_x} &= \sum_1^n P x (c + x i_x + y i_y - z) = 0 \\ \frac{\partial \sigma}{\partial i_y} &= \sum_1^n P y (c + x i_x + y i_y - z) = 0\end{aligned}$$

整理成准则方程则为:

$$\left. \begin{aligned}[P]c + [Px]i_x + [Py]i_y - [Pz] &= 0 \\ [Px]c + [Pxx]i_x + [Pxy]i_y - [Pxz] &= 0 \\ [Py]c + [Pxy]i_x + [Pyy]i_y - [Pyz] &= 0\end{aligned} \right\} \quad (1-8)$$

式中 $[P] = P_1 + P_2 + \dots + P_n$

$[Px] = P_1 x_1 + P_2 x_2 + \dots + P_n x_n$

$[Pxx] = P_1 x_1 x_1 + P_2 x_2 x_2 + \dots + P_n x_n x_n$

$[Pxy] = P_1 x_1 y_1 + P_2 x_2 y_2 + \dots + P_n x_n y_n$

其余类推。

解联立方程组(1-8), 便可求出最佳设计平面的三个参数 c 、 i_x 及 i_y 。然后即可根据方程式(1-6)计算出各点的施工高度 h_i 。用下述等式可检查上述计算工作是否正确。

$$[Ph] = 0, [Pxh] = 0, [Pyh] = 0 \quad (1-9)$$

(三) 场区设计平面的几种特殊情况

(1) 当已知 c 时, 用公式(1-8)的二、三式联解即可求出坡度 i_x 和 i_y :

$$\left. \begin{aligned}[Pxx]i_x + [Pxy]i_y &= [Pxz] - [Px]c \\ [Pxy]i_x + [Pyy]i_y &= [Pyz] - [Py]c\end{aligned} \right\} \quad (1-10)$$

(2) 当已知 i_x (或 i_y) 时, 用公式(1-8)中一、三 (或二) 式联解即可求出 c 和 i_y (或 i_x):

$$\left. \begin{aligned}[P]c + [Py]i_y &= [Pz] - [Px]i_x \\ [Py]c + [Pyy]i_y &= [Pyz] - [Pxy]i_x\end{aligned} \right\} \quad (1-11)$$

或

$$\left. \begin{aligned}[P]c + [Px]i_x &= [Pz] - [Py]i_y \\ [Px]c + [Pxx]i_x &= [Pxz] - [Pxy]i_y\end{aligned} \right\} \quad (1-12)$$

(3) 如要求场区为水平面 (即 $i_x = i_y = 0$), 由公式(1-8)中的一式得:

$$c = \frac{[Pz]}{[P]}$$

(4) 当 i_x 和 i_y 已知 (即必须保持 x 、 y 轴两个方向规定的坡度), 由公式(1-8)中的一式可求出 c :

$$c = \frac{[Pz] - [Px]i_x - [Py]i_y}{[P]} \quad (1-13)$$

因之即可求出各点的施工高度。

(四) 设计标高的调整

根据上述公式算出的设计标高，乃一理论值，实际上还需要考虑下述因素进行调整。

(1) 由于土壤具有可松性，即一定体积的土方开挖后体积会增大，为此需相应地提高设计标高，以达到土方量的实际平衡；

(2) 由于设计标高以上的各种填方工程（如场区上填筑路堤）而影响设计标高的降低，或者由于设计标高以下的各种挖方工程而影响设计标高的提高（如开挖河道、水池、基坑等）；

(3) 根据经济比较的结果，将部分挖方就近弃于场外，或部分填方就近取于场外而引起挖、填土方量的变化后，需增、减设计标高。

上述(2)、(3)两项可根据具体情况计算后加以调整。而(1)项中土的可松性程度用土的可松性系数来表示。

$$\text{土的最初可松性系数 } K_s = \frac{V_2}{V_1};$$

$$\text{土的最后一可松性系数 } K'_s = \frac{V_3}{V_1}。$$

式中 V_1 ——土在天然状态下的体积（米³）；

V_2 ——土开挖后的松散体积（米³）；

V_3 ——土经回填压实后的体积（米³）。

由于土方工程量是以天然状态的体积（或称实土体积）来计算的，在计算土方机械生产率，运土工具数量等时，经常要用可松性系数进行换算。场地平整时，修正设计标高也要用可松性系数计算。各类土的可松性系数见表1-1。

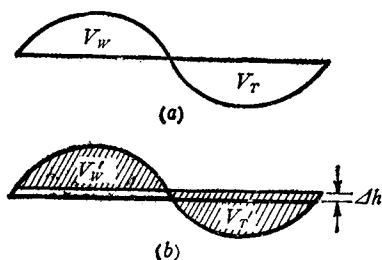


图 1-3 设计标高的调整计算示意图

(a) 理论设计标高；(b) 调整设计标高

由于土的可松性而调整设计标高的计算如下：

如图1-3所示，设 Δh 为因考虑土的可松性而引起的设计标高的增加值，则总挖方体积 V_w 应减少 $F_w \Delta h$ ，即：

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

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，总填方体积则变为：

$$V'_r = V'_w K'_s = (V_w - F_w \Delta h) K'_s;$$

式中 V'_r ——设计标高调整后的总填方体积；

K'_s ——土的最后一可松性系数。

此时，填方区的标高也与挖方区的标高一样提高 Δh ，即：

$$\Delta h = \frac{V'_r - V_r}{F_r} = \frac{(V_w - F_w \Delta h) K'_s - V_r}{F_r}$$

式中 V_r ——调整前的总填方体积；

表 1-2

点号	y	x	z	P	P _y	P _x	P _z	P _{yy}	P _{xy}	P _{xx}	P _{xz}	P _{yz}	施工高度h	P _h
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0	16.541	0.25	0	0	4.135	0	0	0	0	0	-8.459	-2.115
1	0	10	10.350	0.50	0	5	5.175	0	0	50	51.75	0	-2.095	-1.048
2	0	20	8.540	0.50	0	10	4.270	0	0	200	85.40	0	-0.112	-0.056
3	0	30	6.320	0.50	0	15	3.160	0	0	400	94.80	0	+2.281	+1.141
4	0	40	4.053	0.25	0	10	1.013	0	0	400	40.53	0	+4.722	+1.181
5	10	0	10.437	0.50	5	0	5.218	50	0	0	0	52.185	-2.116	-1.058
6	10	10	9.563	1	10	10	9.563	100	100	100	95.63	95.630	-1.069	-1.069
7	10	20	8.973	1	10	20	8.973	100	200	400	179.46	89.730	-0.306	-0.306
8	10	30	8.460	1	10	30	8.460	100	300	900	253.80	84.600	+0.380	+0.380
9	10	40	7.304	0.50	5	20	3.652	50	200	800	146.38	36.520	+1.710	+0.855
10	20	0	8.312	0.50	10	0	4.156	200	0	0	0	83.120	+0.248	+0.124
11	20	10	7.455	1	20	10	7.456	400	200	100	74.56	149.120	+1.277	+1.277
12	20	20	8.045	1	20	20	8.045	400	400	400	160.90	160.900	+0.861	+0.861
13	20	30	8.973	1	20	30	8.973	400	600	900	269.19	179.460	+0.106	+0.106
14	20	40	9.563	0.50	10	20	4.781	200	400	800	191.26	95.630	-0.310	-0.155
15	30	0	6.011	0.50	15	0	3.005	450	0	0	0	90.165	+2.787	+1.394
16	30	10	8.453	1	30	10	8.453	900	300	100	84.53	253.590	+0.518	+0.518
17	30	20	8.632	1	30	20	8.632	900	600	400	172.64	253.960	+0.512	+0.512
18	30	30	8.710	1	30	30	8.710	900	900	900	261.30	261.300	+0.607	+0.607
19	30	40	10.070	0.50	15	20	5.035	450	600	800	210.40	151.050	-0.579	-0.290
20	40	0	5.461	0.25	10	0	1.365	400	0	0	0	54.610	+3.576	+0.894
21	40	10	7.032	0.50	20	5	3.516	800	200	50	35.16	140.640	+2.178	+1.089
22	40	20	10.415	0.50	20	10	5.203	800	400	200	104.15	208.300	-1.082	-0.516
23	40	30	14.560	0.50	20	15	7.280	800	600	400	218.40	291.200	-5.004	-2.502
24	40	40	17.053	0.25	10	10	4.263	400	400	400	170.53	170.530	-7.323	-1.831
				16	320	320	142.496	8800	6400	8800	2891.47	2907.240		0.000
				[P]	[P _y]	[P _x]	[P _z]	[P _{yy}]	[P _{xy}]	[P _{xx}]	[P _{xz}]	[P _{yz}]		[P _h]=0

F_p ——调整前的填方区总面积。

移项并简化之：

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

调整后每个角点的设计标高均应增加 Δh 。

(五) 例题

仍以图1-1为例，用四方棱柱体法确定最佳设计平面。

场地方格为10米×10米，各角点的原地形标高及 P 值均见图。

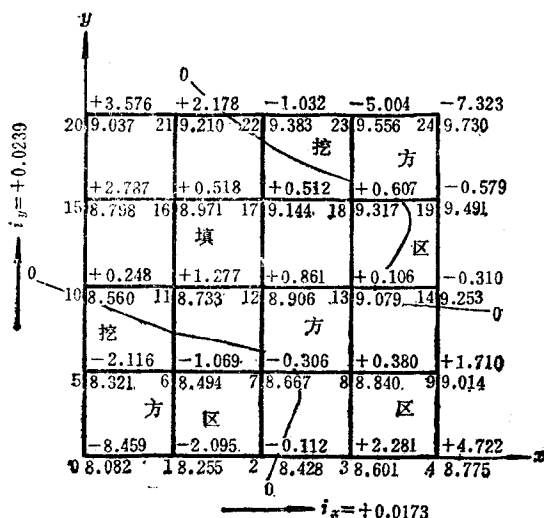


图 1-4 某广场场地设计标高与施工高度

注——横线上面数字为施工高度。

将这三个参数代入公式 (1-5)，即可求出各方格角点的施工高度，即：

$$h_i = 8.0820 + 0.0173x_i + 0.0239y_i - z_i$$

计算结果见图1-4。

为便于计算准则方程系数，可用表1-2的形式进行。表中第一栏为角点编号，第二、三、四栏为原地形各角点的坐标，第五栏为各角点的 P 值。为了便于计算，所有的 P 值都缩为 $\frac{1}{4}P$ 。第六栏到第十三栏为系数的运算部分。

计算后，将各系数总值代入准则方程组 (1-8) 得：

$$16c + 320i_x + 320i_y - 142.496 = 0$$

$$320c + 8800i_x + 6400i_y - 2891.470 = 0$$

$$320c + 6400i_x + 8800i_y - 2907.240 = 0$$

解方程组得三个参数为

$$c = +8.0820, \quad i_x = +0.0173,$$

$$i_y = +0.0239$$

二、场地平整土方工程量的计算

场区土方量的计算方法，有“四角棱柱体法”和“三角棱柱体法”。

(一) 四角棱柱体法

方格为全填或全挖时（图1-5），其体积公式是根据中断面法的近似公式推导出来的：

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

式中 V ——挖方或填方体积；

h_1, h_2, h_3, h_4 ——方格四个角点的施工高度；

a ——方格边长。

如方格中部分是挖方、部分是填方，则其体积公式为（图1-6），

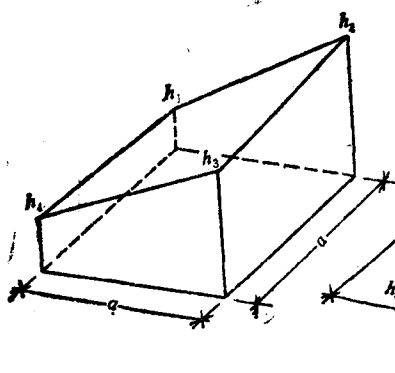


图 1-5 方格为全填或全挖

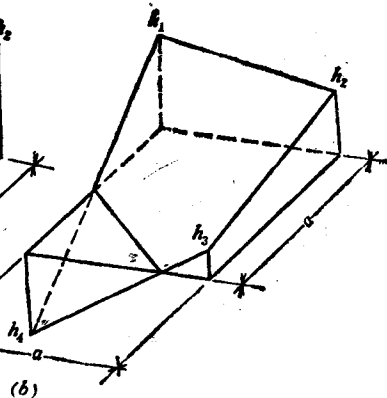
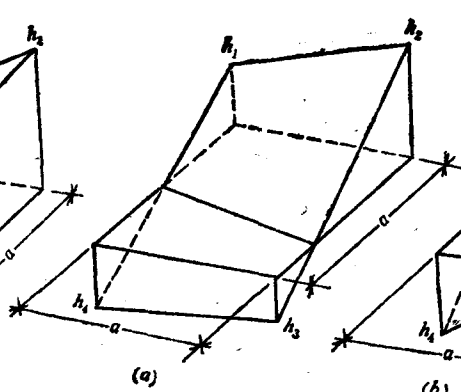


图 1-6 方格中部分为挖方、部分为填方

$$V_{挖(填)} = \frac{a^2 [\sum h_{挖(填)}]^2}{4 \sum h} \quad (1-16)$$

式中 $V_{挖(填)}$ ——挖方(或填方)的体积;

$\sum h_{挖(填)}$ ——方格角点中挖方(或填方)施工高度总和(均用绝对值相加);

$\sum h$ ——方格四个角点施工高度总和(均用绝对值相加);

a ——方格边长。

例如图1-4中第一个方格(0, 1, 5, 6)的挖方量为:

$$\begin{aligned} V_{挖} &= \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \\ &= \frac{100}{4} (8.459 + 2.095 + 2.116 \\ &\quad + 1.069) = 343.5 (\text{米}^3) \end{aligned}$$

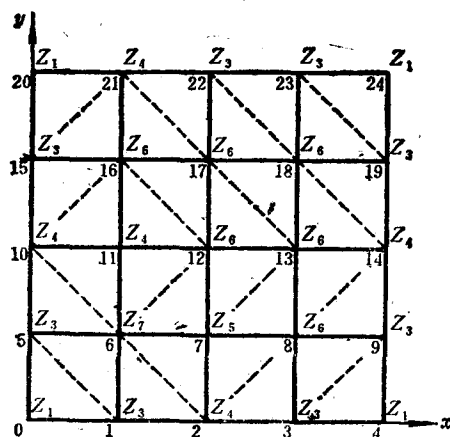


图 1-7 各方格划分为三角形

图1-4中第五个方格(5, 6, 10, 11)的挖方量和填方量分别为:

$$\begin{aligned} V_{挖} &= \frac{a^2 [\sum h_{挖}]^2}{4 \sum h} = \frac{100}{4} \frac{(2.116 + 1.069)^2}{2.116 + 1.069 + 0.248 + 1.277} \\ &= 53.844 (\text{米}^3) \\ V_{填} &= \frac{a^2 [\sum h_{填}]^2}{4 \sum h} = \frac{100}{4} \frac{(0.248 + 1.277)^2}{2.116 + 1.069 + 0.248 + 1.277} \\ &= 12.344 (\text{米}^3) \end{aligned}$$

四角棱柱体法计算方法简便, 但当方格中地形不为平面时误差较大。

(二) 三角棱柱体法

系沿地形等高线再将每个方格的对角点连接起来, 把每个方格划分为两个等腰直角三

角形再计算土方量的方法(图1-7)。

根据各角点施工高度符号的不同,零线(即方格边上施工高度为零的点的连线)可能将三角形划分为两种情况:三角形全部为挖方或全部为填方,以及部分挖方和部分填方。

三角棱柱体法的计算公式是根据立体几何体积计算公式推导出来的,比较精确。其计算方法如下:

全填或全挖的体积公式(图1-8):

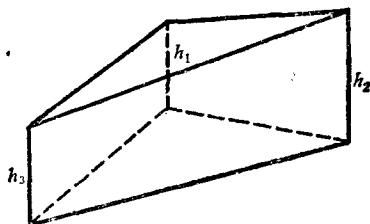


图 1-8 三角棱柱体法全填或全挖

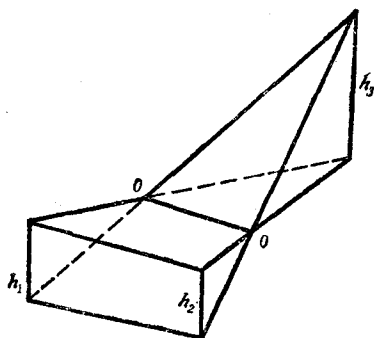


图 1-9 三角棱柱体法部分填方,部分挖方

$$V = \frac{a^2}{6} (h_1 + h_2 + h_3) \quad (1-17)$$

式中 a ——方格的边长;
 h_1, h_2, h_3 ——三角形各角点的施工高度。

部分挖方和部分填方的体积公式(图1-9),由于零线将三角形划分成底面为三角形的锥体和底面为四边形的楔体。锥体的体积为:

$$V_{\text{锥}} = \frac{a^2}{6} \frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} \quad (1-18)$$

楔体的体积为:

$$V_{\text{楔}} = \frac{a^2}{6} \left[\frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} - h_3 + h_2 + h_1 \right] \quad (1-19)$$

式中 $V_{\text{锥}}$ ——锥体的体积(挖方或填方);
 $V_{\text{楔}}$ ——楔体的体积(填方或挖方);
 h_1, h_2, h_3 ——三角形各角点的施工高度(均用绝对值代入),但 h_3 恒指锥体顶点的施工高度。

例如图1-4中第一个方格(0, 1, 5, 6)的挖方量为三角棱柱体0, 1, 5与1, 5, 6体积之和,即:

$$\begin{aligned} V_{\text{挖}} &= \frac{100}{6} (8.459 + 2.095 + 2.116) + \frac{100}{6} (2.095 + 2.116 + 1.069) \\ &= 299.2 (\text{米}^3) \end{aligned}$$

图1-4中第五个方格(5, 6, 10, 11)的挖方量与填方量,需分别计算三角棱柱体5, 6, 10与6, 10, 11的挖方量与填方量,然后再相加。

三角棱柱体5, 6, 10的填方量与挖方量为:

$$V_{\text{填(挖)}} = \frac{100}{6} \frac{(0.248)^3}{(2.116 + 0.248)(1.069 + 0.248)} = 0.003 (\text{米}^3)$$