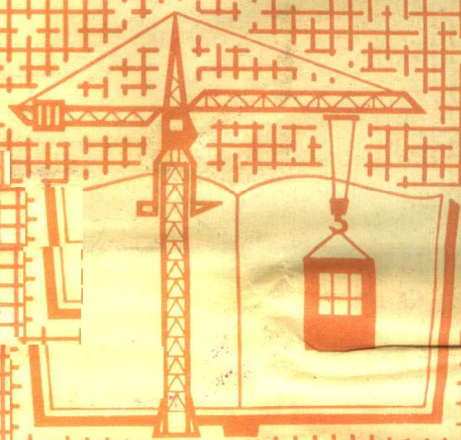


建筑 施 工

(二)

重 庆 建 筑 工 程 学 院
同 济 大 学
哈 尔 滨 建 筑 工 程 学 院



高等 学 校 试 用 教 材

中 国 建 筑 工 业 出 版 社

本书从综合运用工业与民用建筑专业基本知识、解决建筑工程施工中一些带综合性的技术问题出发,较为全面地介绍了施工中各类问题的解决途径及其计算原理与计算方法。学习、掌握本书内容,可以培养、提高读者独立解决施工中技术、组织问题的能力。

全书共分十四章,内容包括:场地平整的土方量计算与调配;边坡、土壁支撑与降低地下水位;爆破工程;混凝土、预应力混凝土施工工艺;大模板、滑升模板和升板法施工;桅杆式和塔式起重机的设计;施工组织设计;统筹方法在计划管理中的应用;预(概)算的编制等。

本书与《建筑施工(一)》互相补充,共同构成了工业与民用建筑专业施工课程的全部教学内容。除可用作高等院校工业与民用建筑专业的教材外,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
(二)

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
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 21 $\frac{1}{2}$ 插页: 1 字数: 517 千字

1982年12月第一版 1982年12月第一次印刷

印数: 1—36,700册 定价: 2.25元

统一书号: 15040·4352

前 言

“建筑施工”是工业与民用建筑专业的一门重要课程，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的施工工艺和组织建筑工程施工的一般规律。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、运筹等等学科的综合运用。因此，为要提高施工课程的教学质量，就须紧密结合我国实际，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，来考虑教材内容的取舍。我们共同编写的这本教材，正是基于这一思路而从内容体系上进行一些新的尝试的。

这本教材共分十四章，初步概括了现阶段我国建筑工程施工常见的一些带综合性的施工技术问题和施工组织问题。它与“建筑施工（一）”互相补充，构成了工业与民用建筑专业的全部施工教学内容。如限于课程教学时数，不能全部讲授完毕，也可将其中的个别章节，作为选修专题讲授。

“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写出的教材，其中的很多论点和内容，无疑是有待进一步商榷的。我们恳切地希望读者对教材中的错误和缺点，能随时给以批评指正，作为我们修改时的依据。

本书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。各单位编写分工及编写人员为：

同济大学（第一、二、九、十三章）——江景波、赵志缙、何秀杰、伍朝琛、林厚祥、丁根裕、周德泉、潘宝根、林知炎等同志；

哈尔滨建筑工程学院（第十、十一、十二章）——关荆、任玉峰、王长林等同志；

重庆建筑工程学院（第三、四、五、六、七、八、九、十、十一、十二、十三、十四章）——卢忠政、林文虎、毛鹤琴、何玉兰、丁于钧、杨劲等同志。

本书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、陆乃营、楼辛年、赵章汉、于俊英等同志。

编 者

一九八一年十月

目 录

第一章 场地平整的土方量计算与调配	1
第一节 场区竖向规划设计	1
第二节 场区平整土方工程量计算	9
第三节 土方调配	11
第二章 边坡、土壁支撑与降低地下水	20
第一节 边坡稳定	20
第二节 土壁支撑与板桩计算	23
第三节 降低地下水位	29
第四节 地下连续墙	42
第三章 爆破工程	50
第一节 爆破基础知识	50
第二节 几种主要爆破方法	56
第三节 起爆技术	64
第四节 爆破安全上的几个问题	68
第四章 混凝土施工工艺	71
第一节 混凝土施工工艺的分析	71
第二节 混凝土搅拌工艺参数的确定	73
第三节 混凝土的振捣密实	76
第四节 泵送混凝土	83
第五节 混凝土的养护原理	88
第五章 预应力混凝土施工中的几个问题	98
第一节 预应力值的损失	98
第二节 张拉应力的控制	105
第三节 锚具的性能及受力分析	108
第四节 台座的设计与计算	114
第六章 大模板及滑升模板的施工	121
第一节 大模板施工	121
第二节 滑模施工	137
第七章 桅杆式起重机	157
第一节 桅杆式起重机的载荷与材料	157
第二节 桅杆式起重机的受力分析	163
第三节 金属桅杆的结构验算	167
第四节 缆风绳与地锚的计算	173
第五节 起重钢丝绳与卷扬机的选用	178

第八章 塔式起重机的改装	181
第一节 附着式塔式起重机的改装验算	181
第二节 塔式起重机的转弯	186
第九章 升板法施工	190
第一节 升板法施工的特点和发展	190
第二节 升板法施工的几个问题	192
第三节 升板结构施工阶段的稳定验算	199
第四节 升板施工的柱子稳定验算示例	212
第十章 施工组织设计概论	215
第一节 施工组织设计的内容和分类	216
第二节 组织施工的基本原则	218
第三节 原始资料的调查分析	220
第四节 流水作业的原理及应用	224
第十一章 单位工程施工组织设计	231
第一节 施工方案的选择	232
第二节 施工进度、施工准备和物资资源计划	243
第三节 施工平面图	251
第四节 单位工程施工组织设计实例——某大模板住宅工程	255
第十二章 施工组织总设计（或大纲）	269
第一节 施工部署	269
第二节 施工总进度计划	270
第三节 暂设工程	273
第四节 施工总平面图	285
第十三章 统筹方法在计划管理中的应用	289
第一节 网络图的绘制	289
第二节 网络图的计算	298
第三节 网络图的优化	308
第十四章 预（概）算的编制	320
第一节 建筑工程定额	320
第二节 预算的种类和作用	325
第三节 建筑工程预算费用的组成	327
第四节 预（概）算的编制方法和步骤	331
第五节 应用电子计算机编制预（概）算简介	333

第一章 场地平整的土方量计算与调配

第一节 场区竖向规划设计

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。若平整前和平整后土方量相等，则：

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

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，其标高需加四次，某些角点系三个相邻方格的公共角点，其标高需加三次；而某些角点标高仅需加二次，又如方格网四角的角点标高仅需加一次。因此上式可改写成下列形式：

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

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）。

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、挖土方的数量；
- (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。

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,预先把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

交界处的标高,使场区平面的变化缓和且连续。因此,确定单平面的最佳设计平面是竖向规划设计的基础。

应用最小二乘法原理,可以求得最佳设计的平面参数(原点标高及地面坡度)。

场区竖向规划中的设计平面是一个三维问题,由解析几何学的理论可知,一个平面在空间中的具体位置,如果用直角坐标系来表示(图1-1),其方程为:

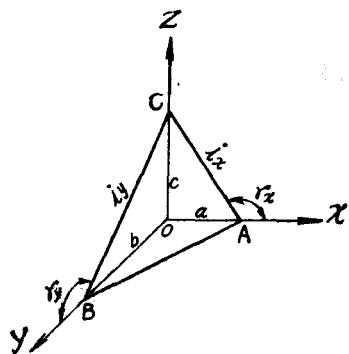


图 1-1 在空间中一个平面的位置

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} + \frac{z}{c} = 1 \quad (1-2)$$

在等式的左、右两边均乘以 c , 可得

$$x \frac{c}{a} + y \frac{c}{b} + z = c$$

由图1-1可以看出,设计平面同坐标平面 xoz 及 $yo z$ 相交于A点和B点,设计平面在 x 轴及 y 轴处的夹角为 γ_x 和 γ_y , 而

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \gamma_x &= i_x = -\frac{c}{a} \\ \operatorname{tg} \gamma_y &= i_y = -\frac{c}{b} \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

式中 i_x 及 i_y ——设计平面沿坐标 x 及 y 的坡度。

因而:

$$z = c + x i_x + y i_y \quad (1-4)$$

如果知道了坡度 i_x 及 i_y , 那么设计平面各点的标高可按上式计算。

今假设需平整场区上有若干点, 它们的坐标分别为:

$1(x_1, y_1, z_1), 2(x_2, y_2, z_2), \dots, n(x_n, y_n, z_n)$, 当参数 c, i_x 及 i_y 已知时, 则场区上相应点的设计标高为:

$$\left. \begin{aligned} z'_1 &= c + x_1 i_x + y_1 i_y \\ z'_2 &= c + x_2 i_x + y_2 i_y \\ &\dots\dots\dots \\ z'_n &= c + x_n i_x + y_n i_y \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

由此可得设计平面各相应点的施工高度(即填挖深度)为:

$$\left. \begin{aligned} h_1 &= c + x_1 i_x + y_1 i_y - z_1, \\ h_2 &= c + x_2 i_x + y_2 i_y - z_2, \\ &\dots\dots\dots \\ h_n &= c + x_n i_x + y_n i_y - z_n. \end{aligned} \right\} \quad (1-6)$$

方程式(1-6)中的施工高度 h_i , 如为正值则表示该点的设计标高大于地面标高, 即该点应是填土(填方); 如为负值则应是挖土(挖方)。

根据最小二乘法的原理可知,当各方格顶点的填挖深度的平方和最小时,并考虑反映方格各顶点特征的符号 P (测量上的术语称为“权”, P 的大小取决于该点在土方量计算中出现的次数),则该设计平面能满足土方工程量最小和保证填挖方量相等的最佳条件,即:

$$\sigma = \sum_{i=1}^n P_i h_i^2 = P_1 h_1^2 + P_2 h_2^2 + \dots + P_n h_n^2 = \text{最小} \quad (1-7)$$

将公式(1-6)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:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma}{\partial c} &= \sum_{i=1}^n P(c + x_i i_x + y_i i_y - z_i) = 0 \\ \frac{\partial \sigma}{\partial i_x} &= \sum_{i=1}^n P x_i (c + x_i i_x + y_i i_y - z_i) = 0 \\ \frac{\partial \sigma}{\partial i_y} &= \sum_{i=1}^n P y_i (c + x_i i_x + y_i i_y - z_i) = 0 \end{aligned}$$

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:

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

如用四方棱柱体法计算土方量,则:

$$[Pz] = P_1 z_1 + P_2 z_2 + \dots + P_n z_n = \Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + 3\Sigma H_3 + 4\Sigma H_4$$

$$[P] = 4M$$

$$\therefore H_0 = c = \frac{[Pz]}{[P]} = \frac{\Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + 3\Sigma H_3 + 4\Sigma H_4}{4M} \quad (1-13)$$

此式即式(1-1)。

如用三角棱柱体法计算土方量, 则:

$$[Pz] = P_1 z_1 + P_2 z_2 + \dots + P_n z_n = \Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + \dots + 8\Sigma H_4$$

$$[P] = 6M$$

$$\therefore H_0 = c = \frac{[Pz]}{[P]} = \frac{\Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + \dots + 8\Sigma H_4}{6M} \quad (1-14)$$

式中 H_0 ——为水平面时场地的设计标高;

H_1 ——为一个方格共有的角点标高;

余类推;

M ——方格数。

(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 ;

$$c = \frac{[Pz] - [Px]i_x - [Py]i_y}{[P]} \quad (1-15)$$

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)项则按下述方法计算:

如图1-2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:

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

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, 填方区的标高也与挖方区的标高一样提高 Δh , 即:

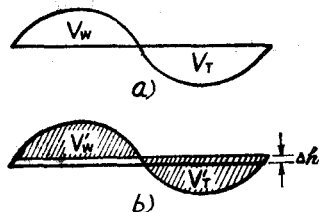


图 1-2 设计标高的调整计算示意图

a) 理论设计标高; b) 调整设计标高

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

式中 V_T ——调整前的总填方体积；

F_T ——调整前的填方区总面积。

移项并简化之，

$$\Delta h = \frac{V_w(K'_s - 1)}{F_T + F_w K'_s} \quad (1-16)$$

故考虑土的可松性后，场区的设计标高经调整后改为，

$$H'_0 = H_0 + \Delta h \quad (1-17)$$

五、例题

【例 1】图 1-3 所示为 40×40 米的矩形广场，试用四方棱柱体法确定其最佳设计平面各方格顶点的施工高度。

【解】首先确定场区的坐标及方格网（10×10 米）各顶点的标高及 P 值。

接下来计算准则方程的系数，为便于计算可用表 1-1 的形式进行。表中第一栏为点号，第二、三、四栏各为顶点的坐标，第五栏为各顶点的 P 值。为了便于计算，

所有的 P 值都缩小 $\frac{1}{4}P$ 。从第六栏起至第十三栏止为系数的运算部分，将系数的总和写在表中的最下一行中。

计算后，系数总和代入准则方程组（1-8）中，即：

$$\left. \begin{aligned} 16c + 320i_x + 320i_y - 142.496 &= 0 \\ 320c + 8800i_x + 6400i_y - 2891.470 &= 0 \\ 320c + 6400i_x + 8800i_y - 2907.240 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

联解方程组求得设计平面的三个参数为：

$$c = +8.082080; i_x = +0.0173125; i_y = +0.0238833.$$

将这三个参数代入公式（1-6），即可求出各方格顶点的施工高度，即：

$$h_i = 8.082080 + 0.0173125x_i + 0.0238833y_i - z_i$$

并把计算结果写进表 1-1 的第十四栏内。

最后进行检查，将第五栏的 P 值和第十四栏的 h 相乘所得数字填在表 1-1 的第十五栏内。[Ph]=0，说明整个计算过程无误。

图 1-4 所示为根据各顶点施工高度确定的广场填、挖方区示意图。

如用三角棱柱体法定其最佳设计平面各方格顶点的施工高度，则计算过程如下述：

首先根据图 1-3 的地形图将各方格划分为三角形，并注明各顶点的 P 值（图 1-5），其原则是顺着等高线的方向划分，尽量不切割或少切割等高线，这样计算出的土方量比较符合实际。

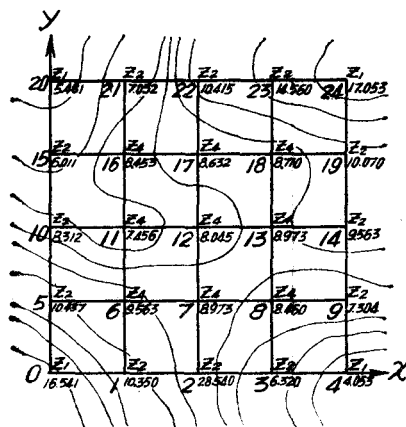


图 1-3 确定各方格顶点的施工高度

表 1-1

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	Ph
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	10.950	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	6.920	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	+1.131
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	146.08	36.520	+1.710	+0.855
10	20	0	8.912	0.50	10	0	4.156	200	0	0	0	83.120	+0.248	+0.124
11	20	10	7.456	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	258.960	+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	0.28	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	-1.032	-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]	[Py]	[Px]	[Pz]	[Py _y]	[P _{xy}]	[P _{xx}]	[P _{xz}]	[P _{yz}]		[Ph]=0

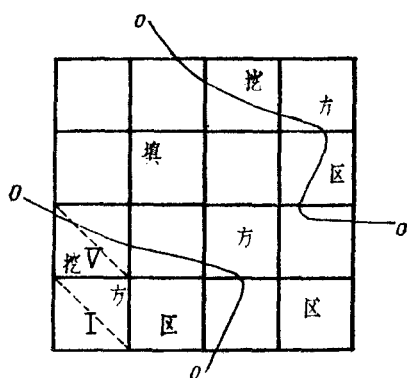


图 1-4 广场填、挖方区的划分

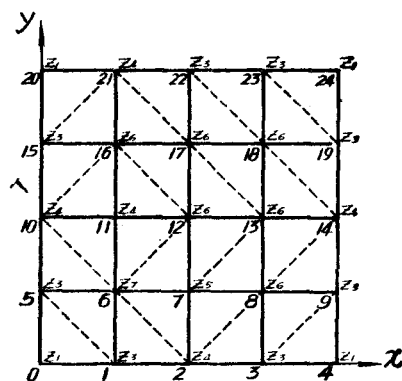


图 1-5 各方格划分为三角形

其次按表1-2的形式进行准则方程系数的计算，然后将各系数总和值代入准则方程组(1-8)中，即：

$$96c + 1920i_x + 1920i_y - 852.565 = 0$$

$$1920c + 52800i_x + 38300i_y - 17317.390 = 0$$

$$1920c + 38300i_x + 52800i_y - 17339.600 = 0$$

联解方程组求得设计平面的三个参数为：

$$c = 8.105515, i_x = 0.0186184, i_y = 0.0201501.$$

其余计算步骤同四方棱柱体法，计算结果如表1-2所示。

【例 2】 同例 1，要求广场的坡度 $i_x = 0.010$ ， $i_y = 0.010$ ，试用三角棱柱体法确定各顶点的施工高度。

【解】 由公式(1-15)求 c ：

$$\begin{aligned} c &= \frac{[Pz] - [Px]i_x - [Py]i_y}{[P]} \\ &= \frac{852.565 - 1920 \times 0.01 - 1920 \times 0.01}{96} \\ &= 8.4808854 \end{aligned}$$

代入公式(1-5)，求各顶点的设计标高：

$$\begin{aligned} z'_0 &= 8.481, & z'_1 &= 8.581, & z'_2 &= 8.681, \\ z'_3 &= 8.781, & z'_4 &= 8.881, & z'_5 &= 8.581, \\ z'_6 &= 8.681, & z'_7 &= 8.781, & z'_8 &= 8.881, \\ z'_9 &= 8.981, & z'_{10} &= 8.681, & z'_{11} &= 8.781, \\ z'_{12} &= 8.881, & z'_{13} &= 8.981, & z'_{14} &= 9.081, \\ z'_{15} &= 8.781, & z'_{16} &= 8.881, & z'_{17} &= 8.981, \\ z'_{18} &= 9.081, & z'_{19} &= 9.181, & z'_{20} &= 8.881, \\ z'_{21} &= 8.981, & z'_{22} &= 9.081, & z'_{23} &= 9.181, \\ z'_{24} &= 9.281. \end{aligned}$$

再根据公式(1-6)，求得各顶点的施工高度为：

$$h_0 = -8.060, \quad h_1 = -1.769, \quad h_2 = 0.141, \quad h_3 = 2.461,$$

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	Ph
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0	16.581	1	0	0	16.541	0	0	0	0	0	-8.435	-8.435
1	0	10	10.350	3	0	30	31.050	0	0	300	310.500	0	-2.058	-6.114
2	0	20	8.540	4	0	80	34.160	0	0	1600	633.200	0	-0.062	-0.248
3	0	30	6.920	3	0	90	18.960	0	0	2700	568.800	0	2.344	7.032
4	0	40	4.053	1	0	40	4.053	0	0	1600	162.120	0	4.797	4.797
5	10	0	10.437	3	30	0	31.311	300	0	0	0	313.110	-2.130	-6.390
6	10	10	9.563	7	70	70	66.941	700	700	700	669.210	669.410	-1.070	-7.490
7	10	20	8.973	5	50	100	44.865	500	1000	2000	897.300	448.650	-0.294	-1.470
8	10	30	8.460	6	60	180	50.760	600	1800	5400	1522.800	507.600	0.466	2.436
9	10	40	7.304	3	30	120	21.912	300	1200	4800	876.480	219.120	1.748	5.244
10	20	0	8.312	4	80	0	33.248	1600	0	0	0	664.960	0.197	0.788
11	20	10	7.456	4	80	40	29.824	1600	800	400	298.240	596.480	1.239	4.956
12	20	20	8.045	6	120	120	48.270	2400	2400	2400	965.400	965.400	0.836	5.016
13	20	30	8.973	6	120	180	53.838	2400	3600	5400	1615.140	1076.760	0.094	0.564
14	20	40	9.563	4	80	160	38.252	1600	3200	6400	1530.080	765.040	-0.310	-1.240
15	30	0	6.011	3	90	0	18.033	2700	0	0	0	540.990	2.699	8.097
16	30	10	8.453	6	180	60	50.718	5400	1800	600	507.180	1521.540	0.443	2.658
17	30	20	8.632	6	180	120	51.792	5400	3600	2400	1035.840	1553.760	0.450	2.700
18	30	30	8.710	6	180	180	52.260	5400	5400	5400	1567.800	1567.800	0.559	3.354
19	30	40	10.070	3	90	120	30.210	2600	3600	4800	1208.400	908.300	-0.615	-1.845
20	40	0	5.461	1	40	0	5.461	1700	0	0	0	218.400	3.451	8.451
21	40	10	7.032	4	180	40	28.128	6400	1600	400	281.280	1125.120	2.066	3.264
22	40	20	10.415	3	180	60	31.245	4800	2400	1200	264.900	1249.800	1.131	-3.393
23	40	30	14.560	3	180	90	43.680	4800	3600	2700	1310.400	1747.200	-5.090	-15.270
24	40	40	17.053	1	0	40	17.053	1600	1600	1600	682.120	682.120	-7.397	-7.397
				96	1920	1920	852.565	52800	38300	52800	17317.390	17339.600		0.005
				[P]	[P _y]	[P _x]	[P _z]	[P _{yy}]	[P _{xy}]	[P _{xx}]	[P _{xz}]	[P _{yz}]		[Ph]=0

$$\begin{aligned}
h_4 &= 4.828, & h_5 &= -1.856, & h_6 &= -0.882, & h_7 &= -0.192, \\
h_8 &= 0.421, & h_9 &= 1.677, & h_{10} &= 0.369, & h_{11} &= 1.325, \\
h_{12} &= 0.836, & h_{13} &= 0.008, & h_{14} &= -0.482, & h_{15} &= 2.770, \\
h_{16} &= 0.428, & h_{17} &= 0.349, & h_{18} &= 0.371, & h_{19} &= -0.889, \\
h_{20} &= 3.420, & h_{21} &= 1.949, & h_{22} &= -1.334, & h_{23} &= -5.379, \\
h_{24} &= -7.772.
\end{aligned}$$

第二节 场区平整土方工程量计算

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1-6），其体积公式是根据中断面法的近似公式推导出来的：

$$V = \frac{a^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-18)$$

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1-7）：

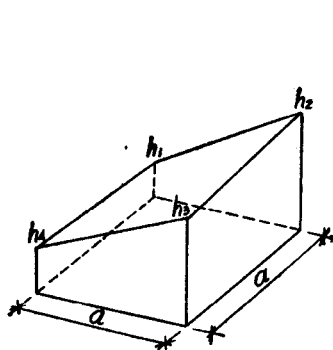


图 1-6 方格为全填或全挖

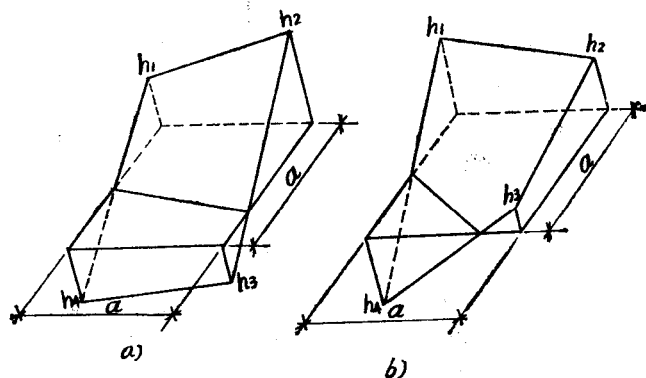


图 1-7 方格中部分为挖方、部分为填方

$$V_{挖(填)} = \frac{a^2 [\sum h_{挖(填)}]^2}{4 \sum h} \quad (1-19)$$

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中方格I的挖方量为：

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

图1-4中方格V的挖方量和填方量分别为:

$$V_{\text{挖}} = \frac{a^2 [\sum h_{\text{挖}}]^2}{4 \sum h} = \frac{100}{4} \frac{(2.116 + 1.069)^2}{2.116 + 1.069 + 0.248 + 1.227} = 53.846 (\text{米}^3)$$

$$V_{\text{填}} = \frac{a^2 [\sum h_{\text{填}}]^2}{4 \sum h} = \frac{100}{4} \frac{(0.248 + 1.277)^2}{2.116 + 1.069 + 0.248 + 1.227} = 18.255 (\text{米}^3)$$

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划分为两个等腰直角三角形。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、不填不挖的点的连线)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):

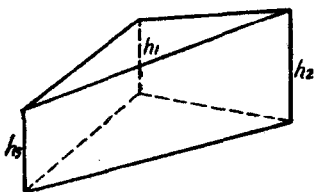


图 1-8 三角棱柱体法全填或全挖

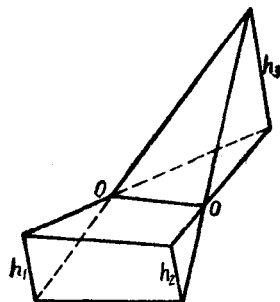


图 1-9 三角棱柱体法部分填方, 部分挖方

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

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:

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

楔体的体积为:

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

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中方格I的挖方量为

$$V_{\text{挖}} = \frac{100}{6} (8.459 + 2.095 + 2.116)$$

$$+\frac{100}{6}(2.095+2.116+1.069)=299.2(\text{米}^3)$$

图1-4中方格V的挖方量和填方量分别为

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

$$V_{\text{挖(挖)}}=\frac{100}{6}\left[\frac{(0.248)^3}{(2.116+0.248)(1.069+0.248)}-0.248+1.069+2.116\right]=48.953(\text{米}^3)$$

$$V_{\text{填(挖)}}=\frac{100}{6}\frac{(1.069)^3}{(0.248+1.069)(1.277+1.069)}=6.680(\text{米}^3)$$

$$V_{\text{挖(填)}}=\frac{100}{6}\left[\frac{(1.069)^3}{(0.248+1.069)(1.277+1.069)}-1.069+1.277+0.248\right]=14.28(\text{米}^3)$$

$$\therefore V_{\text{挖}}=48.953+6.680=55.633(\text{米}^3)$$

$$V_{\text{填}}=0.003+14.28=14.283(\text{米}^3)$$

根据上面的计算结果可知,用四方棱柱体法和三角棱柱体法计算所得土方体积是不相同的,根据理论分析,有时相对误差可达33%或更大。因此,在场区竖向规划中应该用三角棱柱体法,虽然计算比较繁杂,但目前我国已有相应的电算程序,可以应用电子计算机进行计算,既快速又准确。

第三节 土方调配

土方调配工作是土方规划设计的一个重要内容。土方调配的目的是使土方总运输量(米³·米)或土方施工成本(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。

进行土方调配,必须综合考虑工程和现场情况、有关技术资料、进度要求和土方施工方法。特别是当工程为分批分期施工时,先期工程与后期工程之间的土方堆放和调运问题应当全面考虑,力求避免重复挖运和场地混乱。经过全面研究,确定调配原则之后,即可着手进行土方调配工作:划分土方调配区、计算土方的平均运距(或单位土方的施工费用)、确定土方的最优调配方案。当用同类机械进行土方施工时,可以用总的土方运输量最小作为土方调配的目标;当使用多种机械进行土方施工时,由于各种机械的使用费及生产率都不一样,最好以土方施工总费用最小作为土方调配的目标,因为它可以比较正确地反映土方调配的综合效果。

一、土方调配区的划分,平均运距和土方施工单价的确定

进行土方调配时首先要划分调配区。划分土方调配区应注意下列几点:

(1) 调配区的划分应该与房屋和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;

(2) 调配区的大小应该满足土方施工用主导机械(铲运机、挖土机等)的技术要求,例如调配区的范围应该大于或等于机械的铲土长度,调配区的面积最好和施工段的大小相适应;

(3) 调配区的范围应该和土方的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区范围内土方不平衡时, 可考虑就近借土或就近弃土, 这时一个借土区或一个弃土区都可作为一个独立的调配区。

调配区的大小及位置确定之后, 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, 挖方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。在一般情况下, 为便于计算, 都是假定调配区平面的几何中心即为其体积的重心, 这样计算是近似的。当填、挖方调配区之间的距离较远, 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路线运土时, 其运距应按实际情况进行计算。

当采用多种机械施工时, 土方施工单价的确定就比较复杂。不仅是单机核算问题, 还要考虑挖、运、填配套机械施工单价。为了简化计算, 影响不大的因素可予以剔除。首先可以根据土壤的工程性质, 调配区之间的运土距离和土方机械的技术性能等, 从现有机械中选择每个调配区之间最合适的施工机械(包括挖、运、填整套作业机械)。这套机械施工时的生产率由其中最小的生产率确定(综合施工过程中, 配套机械的生产率应尽量协调)。用简略方法计算土方施工单价时可用下式计算:

$$c_{ij} = \frac{\sum_1^n E_i}{P} + \frac{E_0}{V} \quad (1-23)$$

式中 c_{ij} ——由挖方区 i 到填方区 j 的土方施工单价(元/米³);

E_i ——参加综合施工过程的各土方施工机械的台班费用(元/台班), 包括与年工作状态有关的第一类费用和与机械使用有关的第二类费用, 但不包括一次性费用;

n ——参加 i 挖方区到 j 填方区的土方综合施工过程的所有机械台数(台);

P ——由 i 挖方区到 j 填方区的综合施工过程的生产率(米³/班);

E_0 ——参加综合过程的所有机械的一次性费用, 包括机械进出场运输费, 安装拆除费, 临时设施费等(元);

V ——该套机械在施工期内应完成的土方量(米³)(由定额估算)。

二、用“线性规划”方法进行土方调配

1. 方法简介

表1-3是土方平衡与施工单价表。

表1-3说明了整个场地划分为 m 个挖方区 $A_1, A_2, \dots, A_m$, 其挖方量相应为 $a_1, a_2, \dots, a_m$, 并有 n 个填方区 $B_1, B_2, \dots, B_n$, 其填方量相应为 $b_1, b_2, \dots, b_n$ 。并假定填挖平衡, 即

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (1-24)$$

从 A_i 到 B_j 的单位土方施工费或运距为 c_{ij} , 调配的土方量为 x_{ij} ; 故一般地说从 A_i 到 B_j 的单位土方施工费或运距为 c_{ij} , 调配的土方量为 x_{ij} , 则土方调配问题就化做这样一个数学模型, 即要求求出一组 x_{ij} 的值, 使得目标函数 $Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$ 为最小值, 而且 x_{ij} 满足下列约束条件: