



面向 21 世纪课程教材

Textbook Series for 21st Century

高校土木工程
专业指导委员会规划推荐教材

土木工程施工

(上册)

重庆大学 同济大学 哈尔滨工业大学 合编
天津大学 主审



中国建筑工业出版社

CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

面向 21 世纪 课程教材

高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材

土木工程施工

(上册)

重庆大学 同济大学 哈尔滨工业大学 合编
天津大学 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程施工. 上册/重庆大学等合编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2002

面向 21 世纪课程教材. 高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材

ISBN 7-112-04781-1

I. 土... II. 重... III. 土木工程-工程施工-高等学校-教材 N. TU74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 081441 号

面向 21 世纪课程教材

高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材

土 木 工 程 施 工

(上册)

重庆大学 同济大学 哈尔滨工业大学 合编

天津大学 主审

*

中国建筑工业出版社 出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市彩桥印刷厂印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 33 字数: 659 千字

2003 年 2 月第一版 2003 年 2 月第一次印刷

印数: 1—6,000 册 定价: 44.00 元

ISBN 7-112-04781-1

TU·4270 (10127)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本教材以全国高校土木工程学科专业指导委员会组织制定《土木工程施工课程教学大纲》为依据编写的。分上下两册。本教材为上册,主要讲述土木工程施工基础理论,其内容满足 21 世纪高等土木工程专业的宽口径及建设人才培养目标的要求。为土木工程各专业方向所必修的施工基础知识。主要包括土方工程、桩基础工程、砌筑工程、混凝土结构工程、结构安装工程、脚手架工程、防水工程、装饰工程等专业工种工程施工技术和施工组织概论、流水施工基本原理、网络计划技术、单位工程施工组织设计、施工组织总设计等施工组织原理。

下册为土木工程施工专业理论与实践,从综合运用各工种工程的施工工艺及施工组织原理出发,详细介绍了土木工程的施工设计原理及应用方法。为适应土木工程各专业方向的教学需要,特将土木工程设计划分为建筑工程施工设计、道路工程施工设计、桥梁工程施工设计、地下工程施工设计等部分。

前 言

“土木工程施工”是土木工程专业的一门主干课。其主要任务是研究土木工程施工技术和施工组织的一般规律;土木工程中主要工种工程施工工艺及工艺原理;施工项目科学的组织原理以及土木工程施工中的新技术、新材料、新工艺的发展和应用。

本教材是以全国高等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”为依据组织编写的。本教材是面向21世纪课程改革研究成果,按照21世纪土木工程专业人才培养方案和教学要求,在原《建筑施工》(国家九五重点教材)基础上作了重大的调整、加工和修改。鉴于我国经济建设快速发展及西部大开发的需要,工程建设愈来愈需要宽口径、厚基础的专业人才。因此,本教材在内容上涵盖了建筑工程、道路工程、桥梁工程、地下工程等专业领域,力求构建大土木的知识体系。

本教材阐述了土木工程施工的基本理论及其工程应用,在内容上力求符合国家现行规范、标准的要求,反映现代土木工程施工的新技术、新工艺及新成就,以满足新时期人才培养的需要;在知识点的取舍上,保留了一些常用的工艺方法,注重纳入对工程建设有重大影响的新技术,突出综合运用土木工程施工及相关学科的基本理论和知识,以解决工程实践问题的能力培养。本教材力求层次分明、条理清楚、结构合理,既考虑了大土木工程的整体性,又结合现阶段课程设置的实际情况,在土木工程的框架内,建筑工程、道路工程、桥梁工程、地下工程等自成体系,便于组织教学。本教材文字规范、简练,图文配合恰当,图表清晰,准确,符号、计量单位符合国家标准,版面设计具有鲜明的时代特征。由于水平有限,本教材难免有不足之处,诚挚地希望读者提出宝贵意见,以便再版时修订。

本教材至此经历了三次修订,共四版,是从事土木工程施工教学、科研及出版工作的几代人不懈努力的结果。在此谨向参与前三版编写工作的卢忠政教授、毛鹤琴教授、赵志缙教授、江景波教授、关柯教授等致敬。

本教材由重庆大学、同济大学、哈尔滨工业大学三校合编,为保证教材编写质量,实行分主编负责制,全书由重庆大学林文虎教授、姚刚副教授统稿。具体分工如下:

重庆大学分主编:姚刚副教授。参与编写者有:姚刚、关凯(第1篇:第5、7章);李国荣、张宏胜(第1篇:第4章);华建民(第1篇:第8章);姚刚、关凯、李国荣、张宏胜、华建民、胡美琳(第3篇:第1章);朱正刚(第3篇:第2章、§3.4);杨春(第2篇:§3.1、§3.2、§3.3);华建民(第3篇:§4.1)、张利(第3篇:§4.2)、王桂林(第3篇:§4.3)、刘新荣(第3篇:§4.4)。

同济大学分主编:应惠清教授。参与编写者有:应惠清(第1篇:第1、2、3章);金瑞珏(第6章)。

哈尔滨工业大学分主编：张守健教授。张守健（第2篇：第1章）；许程杰（第2篇：第2章）；张守健、许程杰（第2篇：第3章）；杨晓林（第2篇：第4章）；李忠富（第2篇：第5章）；刘志才（第2篇：第6章）。

本教材由天津大学赵奎生教授主审。参加审稿的还有天津大学丁红岩副教授（第2篇），河北工业大学黄世昌教授（第3篇第2、3、4章）。

目 录

第 1 篇 专业工种工程施工技术

第 1 章 土方工程	1
§ 1.1 概述	1
§ 1.2 场地平整	3
§ 1.3 基坑工程	18
§ 1.4 土方的填筑与压实	46
思考题	50
第 2 章 桩基础工程	51
§ 2.1 预制桩施工	51
§ 2.2 灌注桩施工	61
思考题	67
第 3 章 砌筑工程	68
§ 3.1 砌筑材料	68
§ 3.2 砌筑施工工艺	69
§ 3.3 砌体的冬期施工	74
思考题	75
第 4 章 混凝土结构工程	76
§ 4.1 模板工程	76
§ 4.2 钢筋工程	97
§ 4.3 混凝土工程	122
§ 4.4 预应力混凝土工程	162
思考题	188
习题	190
第 5 章 结构安装工程	192
§ 5.1 起重机械与设备	192
§ 5.2 混凝土结构安装工程	211
§ 5.3 钢结构安装工程	226
思考题	240
习题	241
第 6 章 脚手架工程	242
§ 6.1 扣件式钢管脚手架	243
§ 6.2 碗扣式钢管脚手架	245
§ 6.3 门式脚手架	246
§ 6.4 升降式脚手架	248

§ 6.5 里脚手架	251
思考题	253
第 7 章 防水工程	254
§ 7.1 屋面防水工程	254
§ 7.2 地下防水工程	269
思考题	277
第 8 章 装饰工程	279
§ 8.1 抹灰工程	279
§ 8.2 饰面板(砖)工程	285
§ 8.3 涂料工程	291
§ 8.4 刷浆工程	297
§ 8.5 建筑幕墙工程	299
§ 8.6 裱糊工程	303
思考题	306

第 2 篇 施工组织原理

第 1 章 施工组织概论	307
§ 1.1 工程项目施工组织的原则	307
§ 1.2 建筑产品及其生产的特点	310
§ 1.3 工程项目施工准备工作	312
§ 1.4 施工组织设计	321
思考题	333
第 2 章 流水施工基本原理	334
§ 2.1 流水施工的基本概念	334
§ 2.2 流水参数的确定	339
§ 2.3 等节拍专业流水	351
§ 2.4 异节拍专业流水	354
§ 2.5 无节奏专业流水	360
思考题	364
习题	365
第 3 章 网络计划技术	367
§ 3.1 网络图的基本概念	367
§ 3.2 双代号网络计划	369
§ 3.3 单代号网络图	403
§ 3.4 单代号搭接网络计划	417
§ 3.5 网络计划优化	430
§ 3.6 网络计划的电算方法	443
思考题	445
习题	446

第 4 章 单位工程施工组织设计	448
§ 4.1 概述	448
§ 4.2 施工方案设计	451
§ 4.3 单位工程施工进度计划和资源需要量计划	464
§ 4.4 单位工程施工平面图设计	471
思考题.....	478
第 5 章 施工组织总设计	479
§ 5.1 施工部署	479
§ 5.2 施工总进度计划	481
§ 5.3 资源需要量计划	487
§ 5.4 全场性暂设工程	489
§ 5.5 施工总平面图	503
思考题.....	513
参考文献	515

第 1 篇 专业工种工程施工技术

第 1 章 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

土的分类繁多，其分类法也很多，如按土的沉积年代、颗粒级配、密实度、液性指数分类等。在土木工程施工中，按土的开挖难易程度将土分为八类（表 1-1-1），这也是确定土木工程劳动定额的依据。

土 的 工 程 分 类

表 1-1-1

类 别	土 的 名 称	开 挖 方 法	可 松 性 系 数	
			K_s	K'_s
第一类 (松软土)	砂，粉土，冲积砂土层，种植土，泥炭（淤泥）	用锹、锄头挖掘	1.08~1.17	1.01~1.04
第二类 (普通土)	粉质粘土，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
第三类 (坚土)	软及中等密实粘土，重粉质粘土，粗砾石，干黄土及含碎石、卵石的黄土，粉质粘土，压实的填筑土	主要用镐，少许用锹、锄头，部分用撬棍	1.24~1.30	1.04~1.07
第四类 (砾砂坚土)	坚硬密实的粘土及含碎石、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	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

类 别	土的名称	开挖方法	可松性系数	
			K_s	K'_s
第五类 (软石)	硬质粘土,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	用镐或撬棍、大锤,部分用爆破方法	1.30~1.45	1.10~1.20
第六类 (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	用爆破方法,部分用风镐	1.30~1.45	1.10~1.20
第七类 (坚石)	大理岩,辉绿岩,玢岩,粗、中粒花岗岩,坚实的白云岩、砾岩、砂岩、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
第八类 (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

土的工程性质对土方工程施工有直接影响,也是进行土方施工设计必须掌握的基本资料。土的工程性质如下:

1. 土的可松性

土具有可松性。即自然状态下的土,经过开挖后,其体积因松散而增大,以后虽经回填压实,仍不能恢复。由于土方工程量是以自然状态的体积来计算的,所以在土方调配、计算土方机械生产率及运输工具数量等的时候,必须考虑土的可松性。土的可松性程度用可松性系数表示,即

$$K_s = \frac{V_2}{V_1}; K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-1-1)$$

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)。

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'_s 是计算场地平整标高及填方时所需挖土量等的重要参数。

2. 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,其沉降量一般在 3~30cm 之间。可按下述经验公式计算:

$$S = \frac{P}{C} \quad (1-1-2)$$

式中 S ——原状土经机械压实后的沉降量 (cm);

P ——机械压实的有效作用力 (kg/cm^2);

C ——原状土的抗陷系数 (kg/cm^3),可按表 1-1-2 取值。

不同土的 C 值参考表

表 1-1-2

原 状 土 质	C (MPa)	原 状 土 质	C (MPa)
沼泽土	0.01~0.015	大块胶结的砂、潮湿粘土	0.035~0.06
凝滞的土、细粒砂	0.018~0.025	坚实的粘土	0.1~0.125
松砂、松湿粘土、耕土	0.025~0.035	泥灰石	0.13~0.18

此外,土的工程性质还有:渗透性、密实度、抗剪强度、土压力等,这些内容在土力学中有详细分析,在此不再赘述。

§ 1.2 场 地 平 整

大型工程项目通常都要确定场地设计平面,进行场地平整。场地平整就是将自然地面改造成人们所要求的平面。场地设计标高应满足规划、生产工艺及运输、排水及最高洪水位等要求,并力求使场地内土方挖填平衡且土方量最小。

1.2.1 场地竖向规划设计

1. 场地设计标高确定的一般方法

对小型场地平整,如原地形比较平缓,对场地设计标高无特殊要求,可按场地平整施工中挖填土方量相等的原则确定。

将场地划分成边长为 a 的若干方格,并将方格网角点的原地形标高标在图上(图 1-1-1)。原地形标高可利用等高线用插入法求得或在实地测量得到。

按照挖填土方量相等的原则(图 1-1-2),场地设计标高可按式计算:

$$na^2z_0 = \sum_{i=1}^n \left(a^2 \frac{z_{i1} + z_{i2} + z_{i3} + z_{i4}}{4} \right)$$

$$\text{即} \quad z_0 = \frac{1}{4n} \sum_{i=1}^n (z_{i1} + z_{i2} + z_{i3} + z_{i4}) \quad (1-1-3)$$

式中 z_0 ——所计算场地的设计标高 (m);

n ——方格数;

$z_{i1}, z_{i2}, z_{i3}, z_{i4}$ ——第 i 个方格四个角点的原地形标高 (m)。

由图 1-1 可见,11 号角点为一个方格独有,而 12, 13, 21, 24 号角点为两个

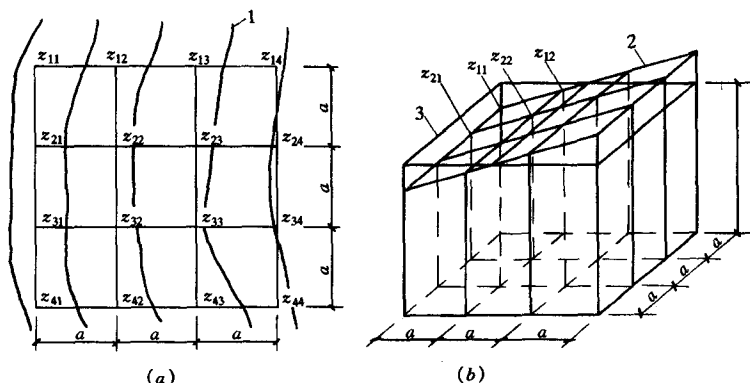


图 1-1-1 场地设计标高计算示意图

(a) 地形图方格网; (b) 设计标高示意图

1—等高线; 2—自然地面; 3—设计平面

方格共有, 22, 23, 32, 33 号角点则为四个方格所共有, 在用式 (1-1-3) 计算 z_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 号角点的标高则加四次, 这种在计算过程中被应用的次数 P_i , 反映了各角点标高对计算结果的影响程度, 测量上的术语称为“权”。考虑各角点标高的“权”, 式 (1-1-3) 可改写成更便于计算的形式:

$$z_0 = \frac{1}{4n} (\sum z_1 + 2\sum z_2 + 3\sum z_3 + 4\sum z_4) \quad (1-1-4)$$

式中 z_1 ——一个方格独有的角点标高;

z_2, z_3, z_4 ——分别为二、三、四个方格所共有的角点标高。

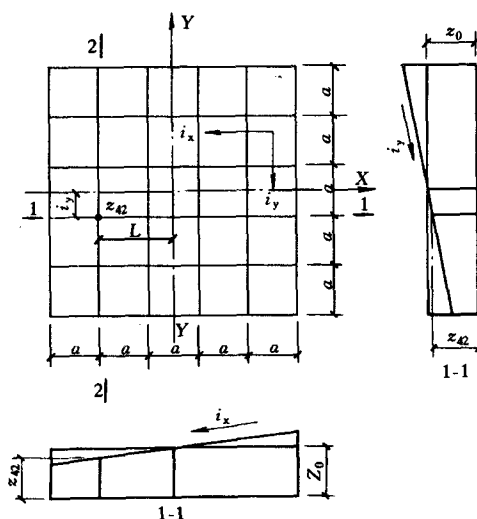


图 1-1-2 场地泄水坡度

按式 (1-1-4) 得到的设计平面为一水平的挖填方相等的场地, 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 z_0 作为场地中心的标高 (图 1-1-2), 则场地任意点的设计标高为

$$z'_i = z_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-1-5)$$

式中 z'_i 是考虑泄水坡度的角点设计标高。

求得 z'_i 后, 即可按下式计算各角点的施工高度 H_i :

$$H_i = z'_i - z_i \quad (1-1-6)$$

式中的 z_i 是 i 角点的原地形标高。

若 H_i 为正值, 则该点为填方, H_i 为负值则为挖方。

2. 最佳设计平面

按上述方法得到的设计平面, 能使挖方量与填方量平衡, 但不能保证总的土方量最小。应用最小二乘法的原理, 可求得满足挖方量与填方量平衡, 又满足总的土方量最小这两个条件的最佳设计平面。对大型场地或地形比较复杂时, 应采用最小二乘法的原理进行竖向规划设计, 求出最佳设计平面。

由几何学可知, 一个平面在直角坐标体系中都可以用三个参数 c, i_x, i_y 来确定 (图 1-1-3)。在这个平面上任何一点 i 的标高 z'_i , 可以根据下式求出:

$$z'_i = c + x_i i_x + y_i i_y \quad (1-1-7)$$

式中 x_i —— i 点在 x 方向的坐标;

y_i —— i 点在 y 方向的坐标。

与前述方法类似, 将场地划分成方格网, 并将原地形标高 z_i 标于图上, 设最佳设计平面的方程为式 (1-1-7) 形式, 则该场地方格网角点的施工高度为:

$$H_i = z'_i - z_i = c + x_i i_x + y_i i_y - z_i (i = 1, \dots, n) \quad (1-1-8)$$

式中 H_i ——方格网各角点的施工高度;

z'_i ——方格网各角点的设计平面标高;

z_i ——方格网各角点的原地形标高;

n ——方格角点总数。

由场地土方量计算式 1-1-14~式 1-1-19 可知, 施工高度之和与土方工程量成正比。由于施工高度有正有负, 当施工高度之和为零时, 则表明该场地土方的填挖平衡, 但它不能反映出填方和挖方的绝对值之和为多少。为了不使施工高度正负相互抵消, 若把施工高度平方之后再相加, 则其总和能反映土方工程填挖方绝对值之和的大小。但要注意, 在计算施工高度总和时, 应考虑方格网各点施工高度在计算土方量时被应用的次数 P_i , 令 σ 为土方施工高度之平方和, 则

$$\sigma = \sum_{i=1}^i p_i H_i^2 + p_1 H_1^2 + p_2 H_2^2 + \dots + p_n H_n^2 \quad (1-1-9)$$

将式 (1-1-8) 代入上式, 得

$$\begin{aligned} \sigma = & p_1 (c + x_1 i_x + y_1 i_y - z_1)^2 + p_2 (c + x_2 i_x + y_2 i_y - z_2)^2 + \dots \\ & + p_n (c + x_n i_x + y_n i_y - z_n)^2 \end{aligned}$$

当 σ 的值最小时, 该设计平面既能使土方工程量最小, 又能保证填挖方量相等

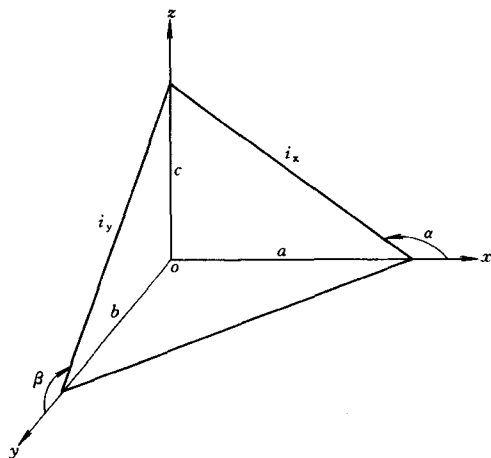


图 1-1-3 一个平面的空间位置

c —原点标高; $i_x = \tan \alpha = -\frac{c}{a}$, x 方向的坡度;

$i_y = \tan \beta = -\frac{c}{b}$, y 的方向坡度

(填挖方不平衡时, 上式所得数值不可能最小)。这就是用最小二乘法求设计平面的方法。

为了求得 σ 最小时的设计平面参数 c, i_x, i_y , 可以对上式的 c, i_x, i_y 分别求偏导数, 并令其为 0, 于是得

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \sigma}{\partial c} &= \sum_{i=1}^n p_i (c + x_i i_x + y_i i_y - z_i) = 0 \\ \frac{\partial \sigma}{\partial i_x} &= \sum_{i=1}^n p_i x_i (c + x_i i_x + y_i i_y - z_i) = 0 \\ \frac{\partial \sigma}{\partial i_y} &= \sum_{i=1}^n p_i y_i (c + x_i i_x + y_i i_y - z_i) = 0 \end{aligned} \right\} \quad (1-1-10)$$

经过整理, 可得下列准则方程:

$$\left. \begin{aligned} [P]c + [Px]i_x + [Py]i_y - [Pz] &= 0 \\ [Px]c + [Pxx]i_x + [Pxy]i_y - [Pxz] &= 0 \\ [Py]c + [Pxy]i_x + [Pyy]i_y - [Pyz] &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1-1-11)$$

式中 $[P] = P_1 + P_2 + \dots + P_n$

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

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

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

余类推。

解联立方程组 (1-1-11), 可求得最佳设计平面 (此时尚未考虑工艺、运输等要求) 的三个参数 c, i_x, i_y 。然后即可根据方程式 (1-1-8) 算出各角点的施工高度。

在实际计算时, 可采用列表方法 (表 1-1-3)。最后一列的和 $[PH]$ 可用于检验计算结果, 当 $[PH] = 0$, 则计算无误。

最佳设计平面计算表

表 1-1-3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
点号	y	x	z	P	P _x	P _y	P _z	P _{xx}	P _{xy}	P _{yy}	P _{xz}	P _{yz}	H	PH
0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
				[P]	P _x	[P _y]	[P _z]	[P _{xx}]	[P _{xy}]	[P _{yy}]	[P _{xz}]	[P _{yz}]		[PH]

3. 设计标高的调整

实际工程中, 对计算所得的设计标高, 还应考虑以下因素进行调整, 这工作

在完成土方量计算后进行。

(1) 考虑土的最终可松性, 需相应提高设计标高, 以达到土方量的实际平衡。

(2) 考虑工程余土或工程用土, 相应提高或降低设计标高。

(3) 根据经济比较结果, 如采用场外取土或弃土的施工方案, 则应考虑因此引起的土方量的变化, 需将设计标高进行调整。

场地设计平面的调整工作也是繁重的, 如修改设计标高, 则须重新计算土方工程量。

1.2.2 场地平整土方量的计算

在场地设计标高确定后, 需平整的场地各角点的施工高度即可求得, 然后按每个方格角点的施工高度算出填、挖土方量, 并计算场地边坡的土方量, 这样即得到整个场地的填、挖土方总量。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交线, 在该线上, 施工高度为0。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(0)的位置(图1-1-4), 将各相邻的零点连接起来即为零线。

如不需计算零线的确切位置, 则绘出零线的大致走向即可。

零线确定后, 便可进行土方量的计算。方格中土方量的计算有两种方法: “四方棱柱体法”和“三角棱柱体法”。

1. 四方棱柱体的体积计算方法

方格四个角点全部为填或全部为挖(图1-1-5a)时:

$$V = \frac{a^2}{4}(H_1 + H_2 + H_3 + H_4) \quad (1-1-12)$$

式中 V ——挖方或填方体积 (m^3);

H_1, H_2, H_3, H_4 ——方格四个角点的填挖高度, 均取绝对值 (m)。

方格四个角点, 部分是挖方, 部分是填方(图1-1-5b和c)时:

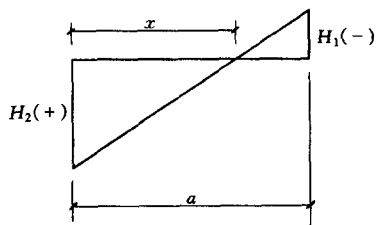


图 1-1-4 零点计算示意图

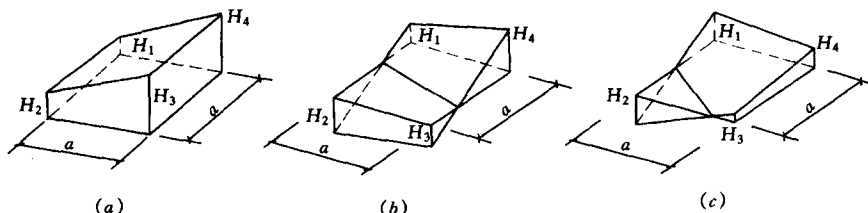


图 1-1-5 四方棱柱体的体积计算

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

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

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

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

$\sum H$ ——方格四角点施工高度之总和, 取绝对值 (m);

a ——方格边长 (m)。

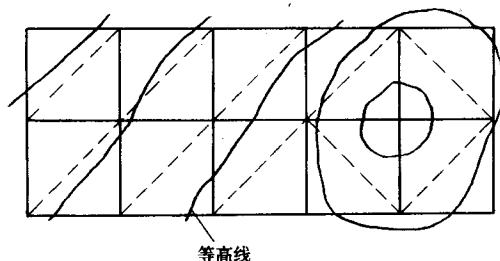


图 1-1-6 按地形将方格划分成三角形

2. 三角棱柱体的体积计算方法

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 1-1-6)。

每个三角形的三角点的填挖施工高度, 用 H_1, H_2, H_3 表示。当三角形三个角点全部为挖或全部为填时 (图 1-1-7a):

$$V = \frac{a^2}{6} (H_1 + H_2 + H_3) \quad (1-1-15)$$

式中 a ——方格边长 (m);

H_1, H_2, H_3 ——三角形各角点的施工高度 (m), 用绝对值代入。

三角形三个角点有填有挖时, 零线将三角形分成两部分, 一个是底面为三角形的锥体, 一个是底面为四边形的楔体 (图 1-1-7b)。

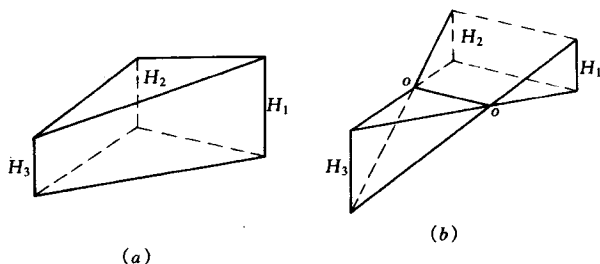


图 1-1-7 三角棱柱体的体积计算

(a) 全填或全挖; (b) 锥体部分为填方

其中锥体部分的体积为:

$$V_{\text{锥}} = \frac{a^2}{6} \frac{H_3^3}{(H_1 + H_3)(H_2 + H_3)} \quad (1-1-16)$$

楔体部分的体积为