



劳动和社会保障部职业技能鉴定推荐教材

21世纪 规划教材
高等职业教育 双证系列

建筑施工与组织

郑文新 王金圳 李伙穆 等编著

上海交通大学出版社



建筑施工与组织

郑文新 王金圳 李伙穆 等编著

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书以最新施工及验收规范为依据,对土木工程各主要分部分项工程的施工方法、机械化施工原理,以及单位工程施工组织设计,进行了比较全面的介绍。在内容上既吸收了传统的施工方法,也包括了最近几年土木工程施工发展的新技术、新工艺。

本书的基本特点是内容与实际工程相对应,全面系统,并以实际工程作为案例,易于为学生及读者掌握。

本书的读者对象为高职及中专建筑类各专业的学生,以及建筑施工企业、建筑监理、管理单位基层技术人员及技术工人。

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工与组织 / 郑文新等编著. - 上海: 上海交通大学出版社, 2007

ISBN 978-7-313-04954-4

I. 建… II. 郑… III. 建筑工程 - 施工组织 IV. TU721

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 141615 号

建筑施工与组织

郑文新 王金圳 李伙穆 等 编著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话: 64071208 出版人: 韩建民

上海交大印务有限公司印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 29.5 字数: 730 千字

2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 3 050

ISBN 978-7-313-04954-4/TU · 075 定价: 45.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

改革开放以来,我国建筑业蓬勃发展,已成为国民经济的支柱产业。随着城市化进程的加快、建筑领域的科技进步、市场竞争的日趋激烈,急需大批建筑技术人才。人才紧缺已成为制约建筑业全面协调可持续发展的严重障碍。

为配合技能性紧缺人才培养培训工程的实施,满足教学需要,我们编写了本教材。本书编写,体现了教育部、建设部大力推进职业教育改革和发展的办学理念,有利于职业院校从建设行业人才市场的实际需要出发,以素质为基础,以能力为本位,以就业为导向,加快培养建设行业一线迫切需要的高技能人才。

本书以最新施工及验收规范为依据,对土木工程各主要分部分项工程的施工方法、机械化施工原理,以及单位工程施工组织设计,进行了比较全面的介绍。在内容上既吸收了传统的施工方法,也包括了最近几年土木工程施工发展的新技术、新工艺。

本书根据教育部、建设部联合制定的“高等职业教育建设行业技能型紧缺人才培养指导方案”中的专业教育标准、培养方案及主干课程教学基本要求,并按照国家现行的相关规范和标准编写。

本书由黎明大学郑文新、王金圳、李伙穆主编,华侨大学土建学院院长张云波教授主审。郑文新高级工程师编写第一、六、七章,王金圳一级注册结构工程师编写第二、三、四章,李伙穆副教授编写第五、八章,王金选讲师编写第九章,王广利讲师编写第十章,卓玲讲师编写第十一章。林晓星、王玫、潘朝杰老师参加了本书的编写工作。

本书的出版得到泉州市社会科学界联合会的资助(项目编号:2005C—ZZ03),在此深表谢意。”

限于作者水平,加之时间仓促,书中有缺点和不当之处敬请专家、同仁和广大读者批评指正。

编者

2007年3月

目 录

第一章 土方工程	1
第一节 概述	1
第二节 土方工程量计算与调配	4
第三节 土方工程的机械化施工	15
第四节 土方填筑与压实	21
第五节 基坑工程施工	24
第二章 基础工程	48
第一节 浅基础工程	48
第二节 预制钢筋混凝土桩施工	49
第三节 灌注桩施工	58
第四节 桩基础的检测与验收	77
第三章 砌体工程	80
第一节 砌体工程材料	80
第二节 砌筑施工常用施工机械及工具	83
第三节 砌体结构的施工方法	94
第四节 砌体结构的质量标准及检验	107
第四章 混凝土结构工程	123
第一节 模板工程	123
第二节 钢筋工程	133
第三节 混凝土工程	149
第四节 预应力混凝土工程	164
第五节 混凝土结构质量标准及检验	184
第五章 结构安装工程	205
第一节 起重机械	205
第二节 钢筋混凝土单层工业厂房结构吊装	211
第三节 多层装配式房屋结构安装	219
第六章 防水工程	225
第一节 地下防水工程	225

2 建筑施工与组织

第二节 屋面防水工程·····	246
第三节 厨房和卫生间防水工程施工·····	270
第七章 建筑装饰工程·····	276
第一节 抹灰工程·····	276
第二节 饰面工程·····	291
第三节 楼地面工程施工·····	301
第四节 门窗工程·····	321
第五节 其他装饰工程·····	334
第八章 施工组织概论·····	351
第一节 概述·····	351
第二节 施工准备工作·····	354
第三节 施工组织设计·····	360
第九章 建筑工程流水施工·····	367
第一节 流水施工基本概念·····	367
第二节 流水施工的基本参数·····	371
第三节 流水施工的分类·····	377
第四节 流水施工的组织方法·····	378
第五节 流水施工的应用·····	391
第十章 网络计划技术·····	393
第一节 概论·····	393
第二节 双代号网络图·····	394
第三节 单代号网络图·····	418
第十一章 单项(位)工程施工组织设计·····	427
第一节 概述·····	427
第二节 施工方案的编制·····	430
第三节 施工进度计划的编制·····	445
第四节 施工平面图设计·····	455
参考文献·····	465

第一章 土方工程

第一节 概 述

土方工程是土木工程施工中首先进行的一项重要内容,它主要包括场地平整、基坑及沟槽开挖、路基填筑及基坑回填等主要工程,同时往往还需进行排水、降水、土壁支撑等辅助性工程加以配合。

一、土方工程的特点与施工要求

1. 土方工程施工的特点

(1) 面广量大、劳动繁重。建筑工地的场地平整,面积往往很大,某些大型工矿企业工地,土方工程面积可达数平方公里,甚至数十平方公里。在场地平整、大型基坑开挖中,土方工程量可达几百万立方米以上;路基、堤坝施工中土方量更大。若采用人工开挖、运输、填筑压实时,劳动强度很大。

(2) 施工条件复杂。土方工程施工多为露天作业,土又是一种天然物质,成分较为复杂,且地下情况难以确切掌握。因此,施工中直接受到地区、气候、水文和地质等条件及周围环境的影响。

2. 组织土方工程施工的要求

(1) 在条件允许的情况下应尽可能采用机械化施工;在条件不够或机械设备不足时,应创造条件,采取半机械化和革新工具相结合的方法,以代替或减轻繁重的体力劳动。

(2) 要合理安排施工计划,尽量避开冬季、雨季施工;否则,应做好相应的准备工作。

(3) 为了降低土石方工程施工费用,减少运输量和占用农田,要对土方进行合理调配、统筹安排。

(4) 在施工前要做好调查研究,了解土壤的种类和工程性质,工期要求、质量要求及施工条件,施工地区的地形、地质、水文、气象等资料,拟定合理的施工方案和技术措施,以保证工程质量和安全,加快施工进度。

二、土的工程分类与鉴别

自然界的土类众多,工程性质各异,土的分类体系就是根据土的工程性质差异将土划分成一定的类别,其目的在于通过一种通用的鉴别标准,以便在不同土类间作出有价值的比较、评价,土的工程分类如下:

1. 按岩土的主要特征分类

为了评价岩土的工程性质以及进行地基基础的设计与施工,《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)根据岩土的主要特征,按工程性能近似的原则把作为建筑地基的岩土分为岩石、碎石土、砂土、粉土、黏性土和人工填土六大类。

2. 按岩土坚硬程度分类

在施工中按岩土的坚硬程度和开挖方法及使用工具,将土分为 8 类,如表 1-1 所示。

表 1-1 土的工程分类

类别	土的名称	开挖方法	密度 $/(t \cdot m^{-3})$	可松性系数	
				K_s	$K_{s'}$
一类土 (松软土)	砂,粉土,冲积砂土层,疏松的种植土,泥炭(淤泥)	用锹、锄头挖掘	0.6~1.5	1.08~1.17	1.01~1.03
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,填筑土和粉土	用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松	1.1~1.6	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,压实的填土	主要用镐,少许用锹、锄,部分用撬棍	1.75~1.9	1.24~1.3	1.04~1.07
四类土 (砾砂坚土)	重黏土及含碎石、卵石黏土,粗卵石,密实的黄土,天然级配砂石,软泥灰岩及蛋白石	主要用镐、撬棍,部分用楔子及大锤	1.9	1.26~1.37	1.06~1.09
五类土 (软石)	硬石炭纪黏土,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,部分用爆破方法	1.1~2.7	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,密实的石灰岩,风化花岗岩、片麻岩	用爆破方法,部分用风镐	2.2~2.9	1.30~1.45	1.10~1.20
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、砾岩、砂岩、片麻岩、石灰岩,风化痕迹的安山岩、玄武岩	用爆破方法	2.5~3.1	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	2.7~3.3	1.45~1.50	1.20~1.30

三、土的工程性质

土有各种工程性质,其中对施工影响较大的有土的质量密度、含水量、渗透性和可松性等。

1. 土的质量密度

分天然密度和干密度。土的天然密度,是指土在天然状态下单位体积的质量,用 ρ 表示;

它影响土的承载力、土压力及边坡的稳定性。土的干密度,是指单位体积土中固体颗粒的质量,用 ρ_d 表示;它是检验填土压实质量的控制指标。

2. 土的含水量

土的含水量 ω 是土中所含的水与土的固体颗粒间的质量比,以百分数表示:

$$\omega = \frac{G_{\text{湿}} - G_{\text{干}}}{G_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中: $G_{\text{湿}}$ ——含水状态时土的质量;

$G_{\text{干}}$ ——烘干后土的质量。

土的含水量影响土方的施工方法选择、边坡的稳定和回填土的质量,如土的含水量超过25%~30%时,机械化施工就难以进行;含水量超过20%时,一般运土汽车就容易打滑、陷车。而在填土中则需保持“最佳含水量”,方能在夯压时获得最大干密度。每种土质的最佳含水量是不同的,如砂土的最佳含水量为8%~12%,粉土为9%~15%,粉质黏土为12%~15%,而黏土则为19%~23%。

3. 土的渗透性

土的渗透性是指水在土体中渗流的性能,一般以渗透系数 K 表示。从达西地下水流动速度公式 $v=KI$,可以看出渗透系数 K 的物理意义,即:当水力坡度 I (水头差与渗流距离之比)为1时,水在土中的渗透速度。不同土质,其渗透系数有较大的差异,如黏土的渗透系数小于0.1m/d,细砂为5~10m/d,而砾石则为100~200m/d。

在降低地下水时,需根据土层的渗透系数,确定降水方案和计算涌水量;在土方填筑时,也需根据不同土层的渗透系数,确定其铺填顺序。

4. 土的可松性

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

$$\text{最初可松性系数 } K_s = \frac{\text{土经开挖后的松散体积 } V_2}{\text{土在天然状态下的体积 } V_1} \quad (1-2)$$

$$\text{最后可松性系数 } K'_s = \frac{\text{土经回填压实后的体积 } V_3}{\text{土在天然状态下的体积 } V_1} \quad (1-3)$$

土的可松性对土方量的平衡调配,确定运土机具的数量及弃土坑的容积,以及计算填方所需的挖方体积、确定预留回填用土的体积和堆场面积等均有很大的影响。

土的可松性与土质及其密实程度有关,其相应的可松性系数可参考表1-1。

【例1-1】某建筑物外墙为条形毛石基础,基础平均截面面积为 2.5m^2 。基槽深1.5m,底宽为2.0m,边坡坡度为1:0.5。地基为粉土, $K_s=1.25$; $K'_s=1.05$ 。计算100m长的基槽挖方量、需留填方用松土量和弃土量。

$$\text{【解】 挖方量 } V_1 = \frac{2 + (2 + 2 \times 1.5 \times 0.5)}{2} \times 1.5 \times 100 = 412.5\text{m}^3$$

$$\text{填方量 } V_3 = 412.5 - 2.5 \times 100 = 162.5\text{m}^3$$

$$\text{填方需留松土体积 } V_{2\text{留}} = \frac{V_3}{K'_s} \cdot K_s = \frac{162.5 \times 1.25}{1.05} = 193.5\text{m}^3$$

$$\text{弃土量(松散) } V_{2\text{弃}} = V_1 K_s - V_{2\text{留}} = 412.5 \times 1.25 - 193.5 = 322.1\text{m}^3$$

四、土方边坡坡度

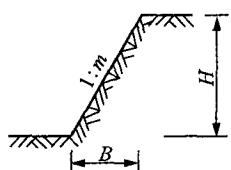


图 1-1 边坡坡度示意

多数情况下,土方开挖或填筑的边缘都要保留一定的斜面,称土方边坡。边坡的形式如图 1-1 所示,边坡坡度常用 $1:m$ 表示,即:

$$\text{土方边坡坡度} = \frac{H}{B} = \frac{1}{B/H} = 1:m \quad (1-4)$$

式中: $m=B/H$,称坡度系数。其意义为:当边坡高度已知为 H 时,其边坡宽度 B 则等于 mH 。

第二节 土方工程量计算与调配

土方工程施工之前,必须进行土方工程量计算。但施工的土体一般比较复杂,几何形状不规则,要做到精确计算比较困难。工程施工中,往往采用具有一定精度的近似的方法进行计算。

一、基坑、基槽的土方量计算

当基坑上口与下底两个面平行时(图 1-2),其土方量即可按棱柱体的体积公式计算。即:

$$V = \frac{H}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-5)$$

式中: H ——基坑深度(m);

A_1, A_2 ——基坑上下两底面积(m^2);

A_0 —— A_1 与 A_2 之间的中截面积(m^2)。

当基槽和路堤沿长度方向断面呈连续性变化时(图 1-3),其土方量可以用同样方法分段计算。

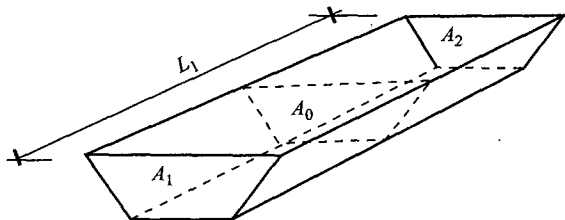


图 1-2 基坑土方量计算

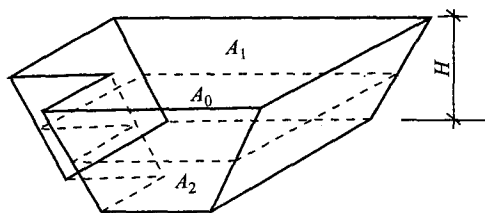


图 1-3 基槽土方量计算

$$V_1 = \frac{L_1}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-6)$$

式中: V_1 ——第一段的土方量(m^3);

L_1 ——第一段的长度(m)。

将各段土方量相加即得总土方量,即:

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (1-7)$$

式中: $V_1, V_2, \dots, V_n$ ——为各分段土的土方量(m^3)。

二、场地平整土方量计算

场地平整是将自然地面通过人工或机械挖填平整改造成设计要求的平面。场地设计平面通常由设计单位在总图竖向设计中确定。通过设计平面的标高和自然地面的标高之差,可以得到场地各点的施工高度(填挖高度),由此可计算出场地平整的土方量。

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,然后确定挖方和填方的平衡调配方案,再根据工程规模、施工期限、现有机械设备条件,选择土方机械,拟定施工方案。

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。选择设计标高时应遵循以下原则:要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;争取场地内挖填方平衡,使土方运输费用最少;要有一定泄水坡度,满足排水要求。

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时,对中小型场地可采用“挖填土方量平衡法”确定;对大型场地宜作竖向规划设计,采用“最佳设计平衡法”确定。下面主要介绍“挖填土方量平衡法”的原理和步骤。

(一) 确定场地设计标高

1. 初步设计标高

初步确定场地设计标高的原则是场地内挖填方平衡,即场地内挖方总量等于填方总量。计算场地设计标高时,首先将场地划分成有若干个方格的方格网,每格的大小根据要求的计算精度及场地平坦程度确定,一般边长为 10~40m,见图 1-4(a)。然后找出各方格角点的地面标高。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。当地形起伏或无地形图时,可在地面用木桩打方格网,然后用仪器直接测出。

按照场地内土方的平整前后相等,即挖填方平衡的原则,如图 1-4(b)所示,场地设计标高即为各个方格平均标高的平均值。可按下式计算:

$$H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4N} \quad (1-8)$$

式中: H_0 ——所计算的场地设计标高(m);

N ——方格数;

$H_{11}, \dots, H_{22}$ ——任一方格的四个角点的标高(m)。

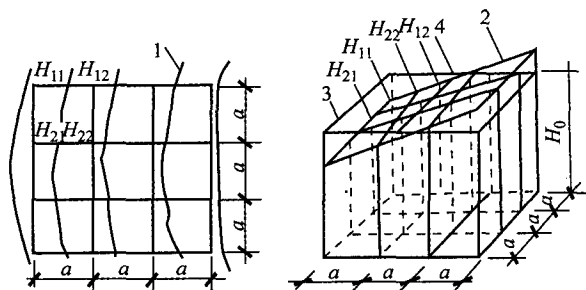


图 1-4 场地设计标高计算简图

(a)地形图上划分方格;(b)设计标高示意图

1—等高线;2—自然地坪;3—设计标高平面;4—自然地面与设计标高平面的交线(零线)

从图 1-4(a)可以看出, H_{11} 系一个方格的角点标高, H_{12} 及 H_{21} 系相邻两个方格的公共角点标高, H_{22} 系相邻四个方格的公共角点标高。如果将所有方格的四个角点全部相加, 则它们在上式中分别要再加一次、两次、四次。

如令: 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_3 ——3 个方格共有的角点标高;

H_4 ——4 个方格共有的角点标高。

则场地设计标高 H_0 可改写成下列形式:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4N} \quad (1-9)$$

2. 场地设计标高的调整

按公式(1-9)计算的场地设计标高 H_0 为一理论值, 尚需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, 一般填土会有剩余, 需相应地提高设计标高。由图 1-5 可看出, 考虑土的可松性引起设计标高的增加值 Δh , 得:

$$\Delta h = \frac{V_w(K'_s - 1)}{F_t + F_w K'_s} \quad (1-10)$$

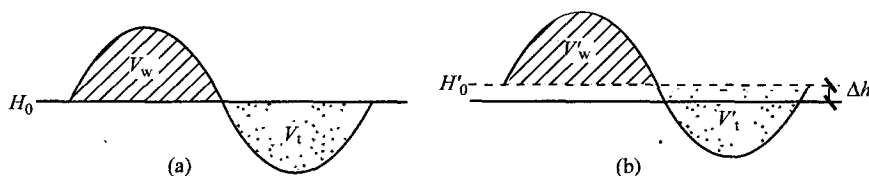


图 1-5 考虑土的可松性调整设计标高计算示意图

调整后的设计标高值, 见公式(1-11)。

$$H'_0 = H_0 + \Delta h \quad (1-11)$$

式中: V_w ——按理论标高计算出的总挖方体积;

F_w, F_t ——按理论设计标高计算出的挖方区、填方区总面积;

K'_s ——土的最后可松性系数。

2) 场内挖方和填土的影响

由于场内大型基坑挖出的土方、修筑路基填高的土方、场地周围挖填放坡的土方, 以及经过经济比较, 而将部分挖方就近弃于场外或将部分填方就近从场外取土, 均会引起场地挖方或填方量的变化。必要时也需调整设计标高。

3) 场地泄水坡度的影响

按上述计算和调整后的设计标高进行场地平整时, 场地将是一个水平面。但实际上由于排水的要求, 场地表面均需有一定的泄水坡度。因此还需根据泄水要求, 最后计算出场地内各方格角点实际施工时的设计标高。

(1) 单向泄水时各方格角点的设计标高

当场地只向一个方向泄水时(图 1-6(a)), 应以计算出的设计标高 H_0 (或调整后的设计标高 H'_0) 作为场地中心线的标高, 场地内任一点的设计标高为:

$$H_n = H_0 \pm li \quad (1-12)$$

式中: H_n ——场地内任意一方格角点的设计标高(m);

l ——该方格角点至场地中心线的距离(m);

i ——场地泄水坡度(不小于 0.2%);

$\pm$ ——该点比 H_0 高则用“+”,反之用“-”。

例如图(1-6(a))中,角点 10 的设计标高为: $H_{10} = H_0 - 0.5ai$ 。

(2) 双向泄水时各方格角点的设计标高

当场地向两个方向泄水时(图 1-6(b)),应以计算出的设计标高 H_0 (或调整后的标高 H'_0) 作为场地中心点的标高,场地内任意一点的设计标高为:

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-13)$$

式中: l_x, l_y ——该点于 $x-x, y-y$ 方向上距场地中心点的距离;

i_x, i_y ——场地在 $x-x, y-y$ 方向上的泄水坡度。

例如图(1-6(b))中,角点 10 的设计标高: $H_{10} = H_0 - 0.5ai_x - 0.5ai_y$ 。

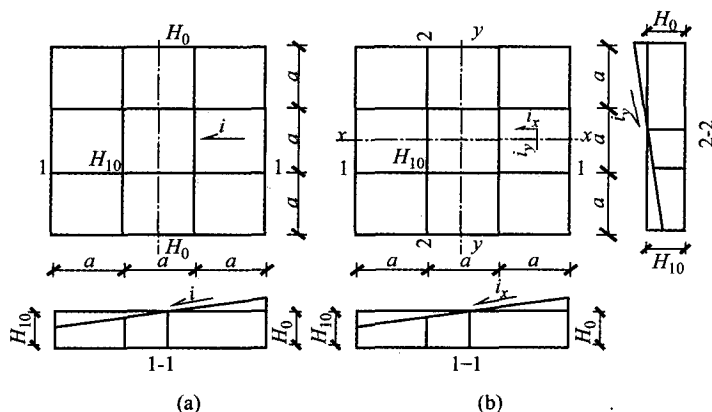


图 1-6 场地泄水坡度示意图

(a) 单向泄水; (b) 双向泄水

【例 1-2】 某建筑场地方格网、自然地面标高如图 1-7 所示,方格边长 $a=20\text{m}$ 。泄水坡度 $i_x=2\text{‰}$, $i_y=3\text{‰}$,不考虑土的可松性及其他影响,试确定方格各角点的设计标高。

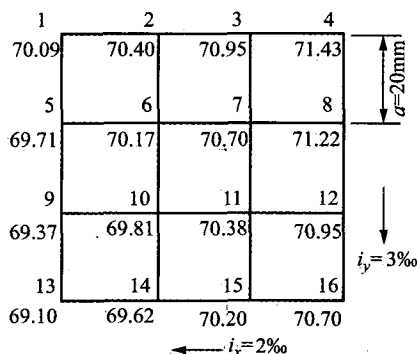


图 1-7 某场地方格网

【解】 (1) 初算设计标高

$$\begin{aligned}
 H_0 &= (\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4) / 4N \\
 &= [70.09 + 70.43 + 69.10 + 70.70 + 2 \times (70.40 + 70.95 + 69.71 + 69.37 + 69.62 \\
 &\quad + 70.2 + 70.95 + 71.22) + 4 \times (70.17 + 70.70 + 69.81 + 70.38)] / (4 \times 9) \\
 &= 70.29(\text{m})
 \end{aligned}$$

(2) 调整设计标高

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y$$

$$H_1 = 70.29 - 30 \times 2\text{‰} + 30 \times 3\text{‰} = 70.32(\text{m})$$

$$H_2 = 70.29 - 10 \times 2\text{‰} + 30 \times 3\text{‰} = 70.36(\text{m})$$

$$H_3 = 70.29 + 10 \times 2\text{‰} + 30 \times 3\text{‰} = 70.40(\text{m})$$

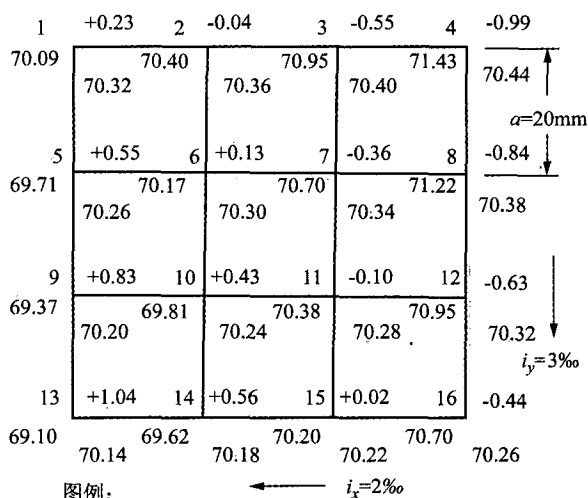


图 1-8 方格网角点设计标高及施工高度

其他见图 1-8。

(二) 场地土方量计算

场地平整土方量的计算方法通常有方格网法和断面法两种。方格网法适用于地形较为平坦、面积较大的场地；断面法多用于地形起伏变化较大的地区。

用方格网法计算时，先根据每个方格角点的自然地面标高和实际采用的设计标高，算出相应的角点填挖高度，然后计算每一个方格的土方量，并算出场地边坡的土方量，这样即可得到整个场地的挖方量、填方量。其具体步骤如下：

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、填方高度） h_n

$$h_n = H_n - H'_n \quad (1-14)$$

式中： h_n ——该角点的挖、填高度，以“+”为填方高度，以“-”为挖方高度(m)；

H_n ——该角点的设计标高(m)；

H'_n ——该角点的自然地面标高(m)。

2. 绘出“零线”

零线是场地平整时,施工高度为“0”的线,是挖、填的分界线。确定零线时,要先找到方格线上的零点。零点是在相邻两角点施工高度分别为“+”、“-”的格线上,是两角点之间挖填方的分界点。方格线上的零点位置见图 1-9,可按式计算:

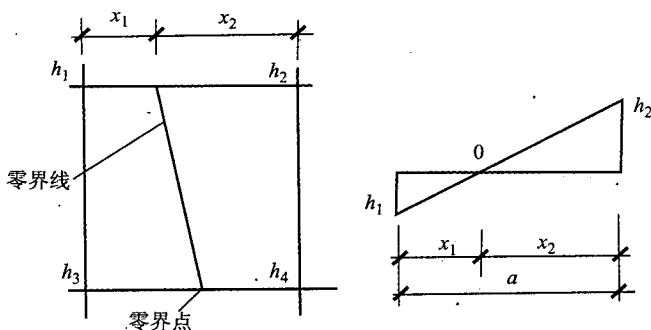


图 1-9 零点位置计算

$$x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} \times a; \quad x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} \times a \quad (1-15)$$

式中: h_1, h_2 ——相邻两角点挖、填方施工高度(m)(以绝对值代入);

a ——方格边长(m);

x_1, x_2 ——零点距角点的距离(m)。

参考实际地形,将方格网中各相邻零点连接起来,即成为零线。如不需要计算零线的确切位置,则绘出其大致走向即可。零线绘出后,也就划出了场地的挖方区和填方区。

3. 场地土方量计算

计算场地土方量时,先求出各方格的挖、填土方量和场地周围边坡的挖、填土方量,把挖、填土方量分别加起来,就得到场地挖方及填方的总土方量。

各方格土方量计算,有“四方棱柱体法”和“三角棱柱体法”两种方法。

1) 四方棱柱体法

(1) 全挖全填格。方格四个角点全部为挖方(或填方),如图 1-10 所示,其挖或填的土方量为:

$$V = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-16)$$

式中: V ——挖方或填方的土方量(m^3);

h_1, h_2, h_3, h_4 ——方格四个角点的挖填高度,以绝对值代入(m)。

(2) 部分挖部分填格。方格的四个角点部分为挖方、部分为填方(图 1-11 和图 1-12)时:

$$V_{挖} = \frac{a^2}{4} \frac{(\sum h_{挖})^2}{\sum h} \quad (1-17)$$

$$V_{填} = \frac{a^2}{4} \frac{(\sum h_{填})^2}{\sum h} \quad (1-18)$$

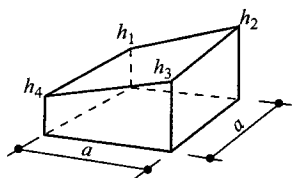


图 1-10 全挖(全填)格

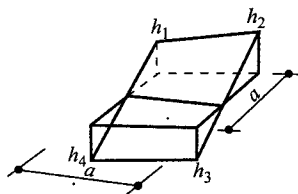


图 1-11 两挖两填格

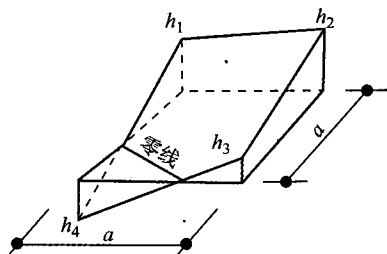


图 1-12 三挖一填格

2) 三角棱柱体法

该法是将每一个方格顺地形等高线方向,沿对角线划分成两个三角形(图 1-13),然后分别计算每一个三角棱柱体、锥体或楔形体的土方量。

(1) 全挖全填。当三角形三个角点全部为挖或全部为填时(图 1-14(a)),挖或填的土方量为:

$$V = \frac{a^2}{6} (h_1 + h_2 + h_3) \quad (1-19)$$

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。

(2) 有挖有填。当三角形三个角点有挖有填时,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 1-14(b))。

其中锥体部分的体积为:

$$V_{\text{锥}} = \frac{a^2}{6} \cdot \frac{h_3^3}{(h_1 + h_2)(h_2 + h_3)} \quad (1-20)$$

楔体部分的体积为:

$$V_{\text{楔}} = \frac{a^2}{6} \left[\frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} - h_3 + h_1 + h_2 \right] \quad (1-21)$$

式中: h_1, h_2, h_3 分别为三角形各角点的施工高度(m),取绝对值,其中 h_3 指的是锥体顶点的施工高度。

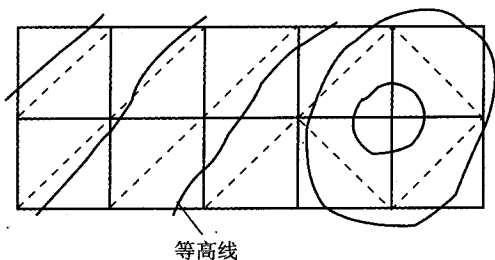
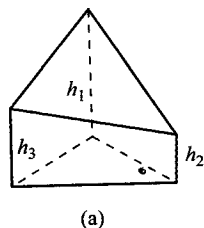
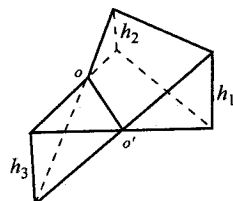


图 1-13 按地形将方格划分成三角形



(a)



(b)

图 1-14 三角棱柱体法

(a)全挖全填;(b)有挖有填

三、土方调配与优化

土方调配是大型土方工程施工设计的一个重要内容。其目的是在使土方总运输量最小或

土方运输成本(元)最低的条件下,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。其步骤如下。

(一) 划分土方调配区,计算平均运距或土方施工单价

1. 调配区的划分

进行土方调配时,首先要划分调配区。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、分期施工的要求,使近期施工与后期利用相协调。

(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,这时每个取土区或弃土区都应作为一个独立的调配区。

(5) 调配区划分还应尽量与大型地下建筑物的施工相结合,避免土方重复开挖。

例如,某场地调配区划分如图 1-15 所示。

2. 平均运距的确定

平均运距一般是指挖方区土方重心至填方区土方重心的距离。因此,求平均运距,需先求每个调配区的重心。其方法如下:

取场地或方格网中的纵横两边为坐标轴,分别求出各区土方的重心位置,即:

$$X = \frac{\sum V_i \cdot x_i}{\sum V_i} \quad Y = \frac{\sum V_i \cdot y_i}{\sum V_i} \quad (1-22)$$

式中: X 、 Y ——挖方调配区或填方调配区的重心坐标(m);

V_i ——每个方格的土方量(m^3);

x_i 、 y_i ——各方格的重心坐标(m)。

每对调配区之间的平均运距 l_0 为:

$$l_0 = \sqrt{(X_w - X_T)^2 + (Y_w - Y_T)^2} \quad (1-23)$$

式中: X_w 、 Y_w ——挖方区的重心坐标(m);

X_T 、 Y_T ——填方区的重心坐标(m)。

也可用比例尺在图上量出每对调配区之间的平均运距。当填、挖方调配区之间距离较远,采用汽车等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。

3. 土方施工单价的确定

如果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,因为不仅是单机核算问题,还要考虑运、填配套机械的施工单价,确定一个综合单价。

将上述平均运距或土方施工单价的计算结果填入土方平衡表内。

(二) 最优调配方案的确定

确定最优调配方案,是以线性规划为理论基础,常用“表上作业法”求解。现结合示例介绍

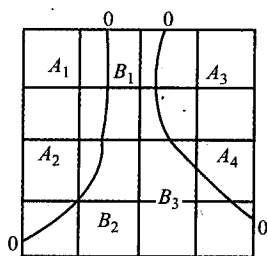


图 1-15 调配区划分示例