

清华大学土木工程系组织编写
土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列教材
中国土木工程学会教育工作委员会推荐教材

施工技术

穆静波 廖维张 侯敬峰 编著

清华大学出版社

土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列教材

施工技术

穆静波 廖维张 侯敬峰 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书依据施工技术最新发展及国家新规范新标准,按照工种工程,系统地阐述了土木工程施理论、工艺、方法和质量要求。在内容的编排上,突出综合性和实用性。全书共 13 章,包括土方工程、深基础工程、钢筋混凝土工程、钢结构工程、预应力工程、结构吊装工程、砌筑工程、防水工程、装饰装修工程、脚手架工程、道路桥梁及地下工程,以及课程实训、求职面试典型问题应对等。为了便于学习和掌握,每章附有学习重点要求、工程应用案例及习题。

本书简明扼要、重点突出、图文新颖、强调实用,可作为本、专科及成人高等教育的专业教材,也可供建设、设计、监理和施工技术人员参考或相关人员的岗位培训。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

施工技术/穆静波,廖维张,侯敬峰编著.--北京:清华大学出版社,2014
土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列教材
ISBN 978-7-302-34979-2

I. ①施… II. ①穆… ②廖… ③侯… III. ①建筑工程—工程施工—高等学校—教材
IV. ①TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 316716 号

责任编辑:秦 娜
封面设计:陈国熙
责任校对:赵丽敏
责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:24.75 字 数:601千字

版 次:2014年3月第1版 印 次:2014年3月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:49.80元

产品编号:050810-01

FOREWORD

前 言

施工技术是土木工程专业的专业课程,它主要研究土木建筑工程的施工工艺原理、施工方法和技术要求,是一门实践性强、涉及面广、发展迅速的学科。其目的是培养学生能够综合运用土木工程的基本理论与知识,具有指导施工实践、分析和解决施工中有关技术问题的初步能力,为今后胜任工作岗位和进一步学习有关知识打下基础。

本教材依据土木工程专业规范、新世纪应用型人才培养目标以及土木工程专业教学大纲编写。编写时,力求按照“体现时代特征,突出实用性、创新性”的指导思想,综合土木建筑工程施工的特点,将基本理论与工程实践、基本原理与新技术、新方法的发展紧密结合。并针对应用型人才特点及用人单位工作岗位需求,依据国家新规范、新标准,系统地阐述了建筑施工的理论、方法和技术要求。在内容上,以一般工种工程施工为基础,吸收较为成熟的新技术和新方法,列举了较多的工程案例,以利于提高学生解决工程实际问题的兴趣和能力。

在编写过程中,力求做到语言简洁、图文并茂、层次分明、条理清楚、结构合理,文字规范,图表清晰,符号、计量单位符合国家标准,密切结合现行的施工及验收规范。每章前提示学习要求,章后附有工程案例和习题,力求突出综合性和应用性。

为了便于教师更好地组织教学和利于学生理解、掌握本课程的主要内容和提高工程应用能力,针对教材和课程内容编制了多媒体教学课件。该课件是主编在获得中国建设教育协会教学课件一等奖、全国高校施工学科研究会二等奖的基础上,进行了进一步更新、调整和补充完成的。课件中包含了多个工程案例和大量工程图片、工程录像、动画演示等的内容。

本教材由北京建筑大学教师编写。穆静波教授任主编,廖维张、侯敬峰副教授任副主编。第1、6章由廖维张编写;第2、5章由侯敬峰编写;第3、8、9、12、13章由穆静波编写;第4章由曲秀姝编写;第7、10章及第6章部分内容由王作虎编写;第11章由张新天和王亮编写。全书由穆静波统稿。

在编写过程中参考了许多文献资料、工程施工案例、录像资料、动画演示、图片照片等,得到了业界朋友的热情帮助和大力支持。谨此对相关作者及友人表示诚挚的感谢。

由于时间和水平所限,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2013.1

CONTENTS

目 录

第 1 章 土方工程	1
1.1 概述	1
1.2 土方量计算与调配	4
1.3 排水与降水.....	11
1.4 边坡与支护.....	24
1.5 土方工程的机械化施工.....	35
1.6 土方填筑.....	43
工程案例	47
习题	51
第 2 章 深基础工程	54
2.1 预制桩施工.....	54
2.2 灌注桩施工.....	62
2.3 其他深基础施工.....	69
工程案例	73
习题	77
第 3 章 钢筋混凝土工程	78
3.1 钢筋工程.....	79
3.2 模板工程.....	90
3.3 混凝土工程	106
工程案例.....	121
习题.....	125
第 4 章 钢结构工程	128
4.1 钢结构构件的连接	128
4.2 钢构件组装	136

4.3 钢结构安装	137
工程案例	146
习题	150
第5章 预应力工程	152
5.1 预应力混凝土的材料与机具	152
5.2 先张法施工	163
5.3 后张法施工	166
5.4 预应力钢结构施工	172
工程案例	177
习题	180
第6章 结构吊装工程	181
6.1 起重机械与设备	181
6.2 单层工业厂房结构吊装	191
6.3 多高层房屋结构吊装	204
6.4 大跨度空间结构吊装	211
工程案例	220
习题	226
第7章 砌筑工程	228
7.1 砌筑材料及垂直运输	228
7.2 砖砌体施工	235
7.3 砌块砌体施工	241
7.4 石砌体施工	244
工程案例	246
习题	249
第8章 防水工程	250
8.1 地下防水	250
8.2 屋面防水	266
8.3 楼地面与外墙防水	271
工程案例	277
习题	280
第9章 装饰装修工程	281
9.1 抹灰工程	281
9.2 饰面工程	287
9.3 门窗与吊顶工程	293

9.4 涂饰与裱糊工程	300
工程案例	306
习题	310
第 10 章 脚手架工程	311
10.1 脚手架的分类和搭设要求	311
10.2 脚手架的设置及构造	314
10.3 安全要求与措施	333
工程案例	334
习题	339
第 11 章 道路桥梁及地下工程	340
11.1 路面工程	340
11.2 桥梁结构工程	356
11.3 地下工程	370
工程案例	376
习题	379
第 12 章 课程实训	380
12.1 基坑开挖与回填	380
12.2 钢筋混凝土结构施工	381
12.3 单层厂房结构安装	381
12.4 地下防水施工	383
第 13 章 求职面试典型问题应对	385
13.1 问题与回答示例	385
13.2 求职面试的典型问题	386
参考文献	388

第1章

土方工程

本章学习要求：了解土方工程主要内容与施工特点，掌握土的工程性质；了解施工降排水的主要原理及意义，掌握主要方法及适用范围；了解边坡稳定的条件、影响因素，掌握边坡稳定及支护的方法与适用条件；了解常用土方施工机械作业特点及适用范围，掌握基坑开挖、土方填筑的方法与要求。

土方工程是建筑、道路、桥梁、水利、地下工程等各种土木工程施工的首项工程，主要包括平整、开挖、填筑等主要施工过程和排水疏干、降低水位、稳定土壁等辅助工作。土方工程具有量大面广、劳动繁重和施工条件复杂等特点，且存在较大的危险性，因此在施工前必须做好调查研究，选择合理的施工方案，制定可靠的措施，并采用先进的施工方法和机械化施工，以保证工程的质量与安全，获得较好的效益。

1.1 概述

1.1.1 土方工程的特点与施工要求

1. 工程特点

(1) 面广量大、劳动繁重。建筑工程的场地平整，面积往往很大，某些大型工矿企业工地面积可达数平方公里，机场可达十平方公里。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；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，劳动强度更大。

(2) 施工条件复杂。土方工程施工多为露天作业，土又是成分较为复杂的天然物质，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. 施工要求

- (1) 尽可能采用机械化或半机械化施工,以减轻体力劳动、加快施工进度。
- (2) 要合理安排施工计划,尽量避开冬、雨期施工;否则应做好相应的准备工作。
- (3) 统筹安排,合理调配土方,降低施工费用,减少运输量和占用农田、道路。
- (4) 在施工前要做好调查研究,了解土的种类、施工地区的地形、地质、水文、气象资料及工程性质、工期和质量要求,拟定合理的施工方案和技术措施,以保证工程质量和施工安全,加快施工进度。

1.1.2 土的工程分类及性质

1. 土的工程分类

土的分类方法较多,在施工中按开挖的难易程度,可将土分为八类,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/m ³)	可松性系数	
				K _s	K' _s
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	0.6~1.5	1.08~1.17	1.01~1.04
二类土 (普通土)	粉质黏土,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	1.1~1.6	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	1.24~1.30	1.04~1.07
四类土 (砾砂坚土)	重黏土及含碎石、卵石的黏土,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

2. 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

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施工方法的选择、边坡的稳定和回填土的质量,如土的含水量超过25%~30%时,就难以进行机械化施工;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。如砂土的最佳含水量为8%~12%,而黏土则为19%~23%。

(3) 土的渗透性

土的渗透性是指土体中水可以渗流的性能,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 (如图1-1中水头差 Δh 与渗流距离 L 之比)为1时地下水的渗透速度。 K 值大小反映了土渗透性的强弱。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。

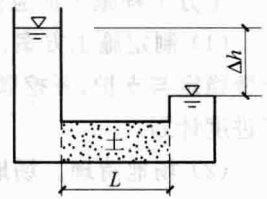


图1-1 水力坡度示意

在排水降低地下水时,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,也需根据不同土料的渗透系数确定铺填顺序。

(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:

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-2)$$

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-3)$$

式中: K_s ——最初可松性系数;

K'_s ——最终可松性系数;

V_1 ——土在天然状态下的体积;

V_2 ——土经开挖后的松散体积;

V_3 ——土经填筑压实后的体积。

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、确定预留回填料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。

1.1.3 土方边坡坡度

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 1-2 所示,边坡坡度常用 $1:m$ 表示,即:

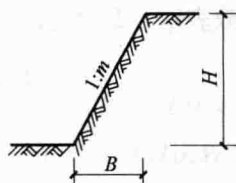


图 1-2 边坡坡度示意

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

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 。

土方边坡坡度确定一定要合理, 以满足安全和经济方面的要求。土方开挖时, 若边坡太陡, 容易造成土体失稳而发生塌方事故; 若边坡太缓, 则占用较多场地、增加开挖量, 甚至会影响到邻近建筑物的使用和安全。

1.1.4 土方施工的准备工作的

土方工程施工前应做好如下准备工作:

(1) 制定施工方案。根据勘察文件、工程特点及现场条件等, 确定场地平整、降水排水、土壁稳定与支护、开挖顺序与方法、土方调配与存放的方案, 并绘制施工平面布置图, 编制施工进度计划。

(2) 场地清理。场地清理包括清理地面及地下各种障碍。在施工前应拆除旧房, 拆除或改建通信、电力设备、地下管线及构筑物, 迁移树木, 做好古墓及文物的保护或处理, 清除耕植土及河塘淤泥等。

(3) 排除地面水。场地内低洼地区的积水必须排除, 同时应注意雨水的排除, 使场地保持干燥, 以利土方施工。地面水的排除一般采用排水沟, 必要时还需设置截水沟、挡水土坝等防洪设施。

(4) 修筑好临时道路及供水、供电等临时设施。

(5) 做好材料、机具、物资及人员的准备工作。

(6) 设置测量控制网, 打设方格网控制桩, 进行建筑物、构筑物的定位放线等。

(7) 根据土方施工设计做好边坡稳定、基坑(槽)支护、降低地下水位等辅助工作。

1.2 土方量计算与调配

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。工程中, 常采用具有一定精度的近似方法进行计算。

1.2.1 基坑、基槽和路堤的土方量计算

当基坑上口与下底两个面平行时(图 1-3),其土方量即可按拟柱体的体积公式计算。即:

$$V = \frac{H}{6} (F_1 + 4F_0 + F_2) \quad (1-5)$$

式中: H ——基坑深度(m);

F_1, F_2 ——基坑上、下两底面积(m^2);

F_0 —— F_1 与 F_2 之间的中截面面积(m^2)。

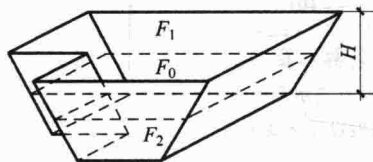


图 1-3 基坑土方量计算

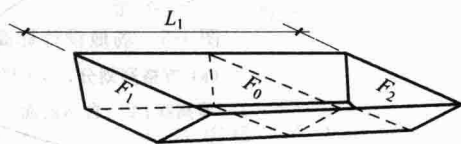


图 1-4 基槽土方量计算

当基槽和路堤沿长度方向断面呈连续性变化时(图 1-4),其土方量可以用同样方法分段计算。

$$V_1 = \frac{L_1}{6} (F_1 + 4F_0 + F_2) \quad (1-6)$$

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。

1.2.2 场地平整标高与土方量

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,选择土方施工机械,拟定施工方案。

对较大面积的场地平整,正确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“最佳设计平面法”确定。下面主要介绍“挖填量平衡法”的原理和步骤。

1. 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1-5(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,可在地面用木桩打好方格网,然后用仪器直接测出。

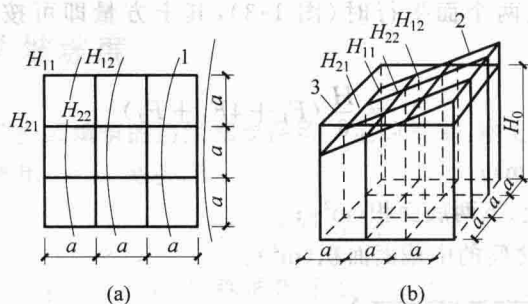


图 1-5 场地设计标高 H_0 计算示意图

(a) 方格网划分; (b) 场地设计标高示意图

1—等高线; 2—自然地面; 3—场地设计标高平面

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1-5(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:

$$H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4N} \quad (1-7)$$

式中: H_0 ——所计算的场地设计标高(m);

a ——方格边长(m);

N ——方格数量;

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

从图1-5(a)可以看出, H_{11} 是一个方格的角点标高, H_{12} 及 H_{21} 是相邻两个方格的公共角点标高, H_{22} 是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加一次、两次、四次。

如令 H_1 表示1个方格仅有的角点标高, H_2 表示2个方格共有的角点标高, H_3 表示3个方格共有的角点标高, H_4 表示4个方格共有的角点标高,则场地设计标高 H_0 可改写成下式:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4N} \quad (1-8)$$

2) 场地设计标高的调整

按式(1-8)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1-6可看出,考虑土的可松性引起设计标高的增加值 Δh ,得

$$\Delta h = \frac{V_w (K'_s - 1)}{F_T + F_w K'_s} \quad (1-9)$$

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。

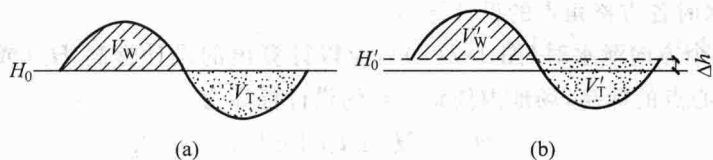


图 1-6 考虑土的可松性调整设计标高计算示意图

调整后的设计标高值如下：

$$H'_0 = H_0 + \Delta h \quad (1-10)$$

(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 1-7(a))，应以计算出的设计标高 H_0 (或调整后的设计标高 H'_0) 作为场地中心线的设计标高，场地内任一点的设计标高为

$$H_n = H_0 \pm li \quad (1-11)$$

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 1-7(a)中，角点 10 的设计标高为

$$H_{10} = H_0 - 0.5ai$$

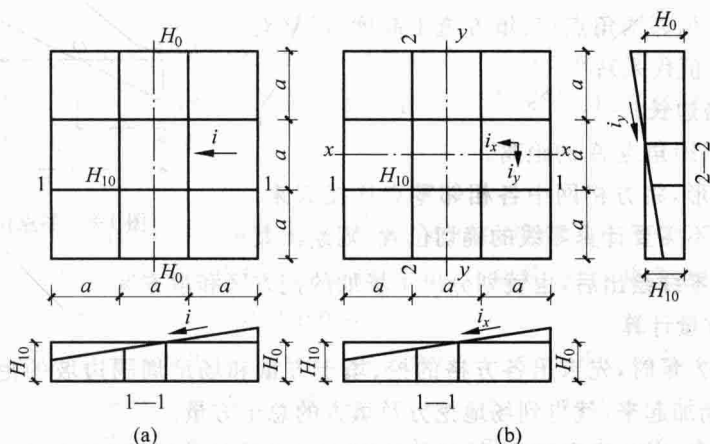


图 1-7 场地泄水坡度示意图

(a) 单向泄水；(b) 双向泄水

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 1-7(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

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-12)$$

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 1-7(b)中,角点 10 的设计标高:

$$H_{10} = H_0 - 0.5 a i_x - 0.5 a i_y$$

2. 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

$$h_n = H_n - H'_n \quad (1-13)$$

式中: h_n ——该角点的挖、填高度,“+”为填方高度,“-”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 1-8,可按下列式计算:

$$x = \frac{a h_1}{h_1 + h_2} \quad (1-14)$$

式中: h_1, h_2 ——相邻两角点挖、填方施工高度(以绝对值代入);

a ——方格边长;

x ——零点距角点 A 的距离。

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,也就划分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,常用“四方棱柱体法”和“三角棱柱体法”两种方法。下面仅介绍四方棱柱体法。

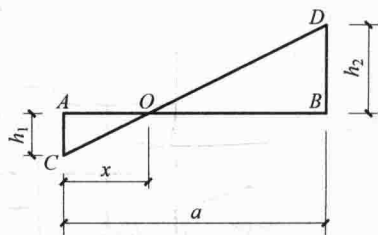


图 1-8 零点位置计算

(1) 全挖全填格

方格四个角点全部为挖方(或填方),如图 1-9 所示,其挖或填的土方量为

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

式中: V ——挖方或填方的土方量(m);

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

方格的四个角点中,有的为挖方、有的为填方(图 1-10,图 1-11)时,该格的挖方量或填方量为

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

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

式中: $V_{挖}$ 、 $V_{填}$ ——挖方或填方的土方量(m);

$\sum h_{挖}$ 、 $\sum h_{填}$ ——挖方或填方各角点的施工高度之和(m);

$\sum h$ ——方格 4 个角点的施工高度绝对值之和(m)。

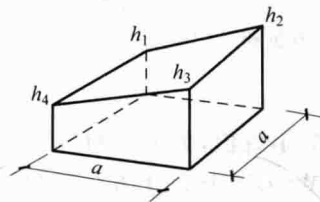


图 1-9 全挖(全填)格

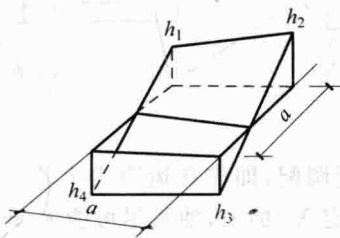


图 1-10 两挖两填格

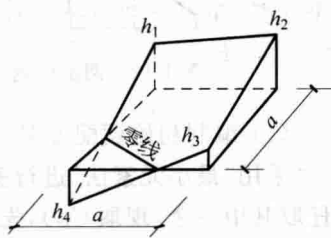


图 1-11 三挖一填格

1.2.3 土方调配

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($m^3 \cdot m$)最小或土方运输成本最低的条件下,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。

1. 划分调配区

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(如铲运机、推土机等)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 1-12 所示。

2. 确定平均运距

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。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。将上述平均运距的计算结果填入土方平衡表内。

3. 确定调配方案

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。

已知某场地有四个挖方区和三个填方区,各区的挖填土方量和各调配区之间的运距如图 1-13 所示。利用“表上作业法”进行调配的步骤如下。

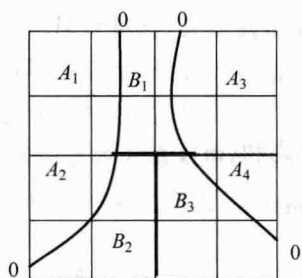


图 1-12 调配区划分示例

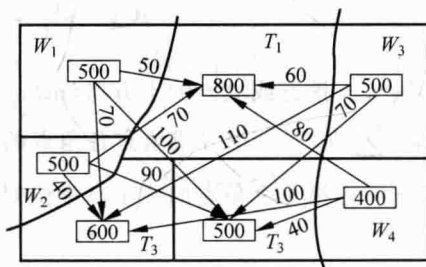


图 1-13 各调配区土方量和平均运距

(1) 编制初始调配方案

采用“最小元素法”进行就近调配,即先在运距表中找一个最小数值,如 $C_{22} = C_{43} = 40$ (任取其中一个,现取 C_{22}),先确定 X_{22} 的值,使其尽可能大,即将 W_2 挖方区的土方全部调到 T_2 填方区,所以 X_{21} 和 X_{23} 都等于零。此时,将 500 填入 X_{22} 格内,同时将 X_{21} 、 X_{23} 格内画上一个“×”号。然后在没有填上数字和“×”号的方格内再选一个运距最小的方格,即 $C_{43} = 40$,便可确定 $X_{43} = 400$,同时使 $X_{41} = X_{42} = 0$ 。此时,又将 400 填入 X_{43} 格内,并在 X_{41} 、 X_{42} 格内画上“×”号。重复上述步骤,依次确定其余 X_{ij} 的数值,最后得出表 1-2 所示的土方初始调配方案。

表 1-2 土方初始调配方案

填 挖	T_1	T_2	T_3	挖方量
W_1	500 50	× 70	× 100	500
W_2	× 70	500 40	× 90	500
W_3	300 60	100 110	100 70	500
W_4	× 80	× 100	400 40	400
填方量	800	600	500	1900