

全国水利水电高职教研会规划教材

建筑工程技术专业适用

建筑施工技术

主编 钟汉华 董伟



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

全国水利水电高职教研会规划教材

建筑施工技术

主编 钟汉华 董伟



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 简 介

本书按照高等职业教育土建施工类专业的教学要求,以国家现行建设工程标准、规范和规程为依据,以施工员、二级建造师等职业岗位能力的培养为导向,根据编者多年工作经验和教学实践,在自编教材基础上修改、补充编纂而成。

本书对房屋建筑工程施工工序、施工方法等作了详细的阐述,坚持以就业为导向,突出实用性、实践性;吸取了建筑施工的新技术、新工艺、新方法,按照高等职业教育的特点把握教学内容的深度和难度,重点讲授理论知识在工程实践中的应用,培养高等职业学校学生的职业能力;内容通俗易懂,叙述规范、简练,图文并茂。全书共分9个单元,包括:土方工程施工,地基与基础工程施工,砌筑工程施工,混凝土结构工程施工,预应力混凝土工程施工,混凝土结构安装工程施工,钢结构工程施工,屋面与防水工程施工,装饰工程施工。

本书具有较强的针对性、实用性和通用性,既可作为高等职业教育土建类各专业的教学用书,也可供建筑安装施工企业各类人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术 / 钟汉华, 董伟主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2013.4
全国水利水电高职教研会规划教材
ISBN 978-7-5170-0773-9

I. ①建… II. ①钟… ②董… III. ①建筑工程—工程施工—高等职业教育—教材 IV. ①TU74

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第077426号

书 名	全国水利水电高职教研会规划教材 建筑施工技术
作 者	钟汉华 董伟 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	184mm×260mm 16开本 24印张 569千字
版 次	2013年4月第1版 2013年4月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	45.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

qianyan



本书根据高等职业教育土建类各专业人才培养目标,以施工员、二级建造师等职业岗位能力的培养为导向,同时遵循高等职业院校学生的认知规律,以专业知识和职业技能、自主学习能力及综合素质培养为课程目标,紧密结合职业资格证书中相关考核要求确定本书的内容。本书是根据编者多年工作经验和教学实践,在自编教材基础上修改、补充编纂而成。

建筑施工技术是一门实践性很强的课程。为此,本书始终坚持“素质为本、能力为主、需要为准、够用为度”的原则进行编写。本书对土方工程施工、地基与基础工程施工、砌筑工程施工、混凝土结构工程施工、预应力混凝土工程施工、混凝土结构安装工程施工、钢结构工程施工、屋面与防水工程施工、装饰工程施工等土建工程施工方法、施工技术做了详细阐述。本书结合我国建筑工程施工的实际内容,力求理论联系实际,注重实践能力的培养,突出针对性和实用性,以满足学生学习的需要。同时,本书还在一定程度上反映了国内外建筑工程施工的先进经验和成就。建议安排100~120学时进行教学。

本书由钟汉华、董伟担任主编,李翠华、余燕君、裴英安担任副主编,武汉市第四市政工程有限公司张亚庆、湖北卓越工程建设监理公司鲁立中主审。具体编写分工如下:

单元1由钟汉华、董伟编写;单元2由施艳平编写;单元3由李翠华、余燕君编写;单元4由王中发、邵元纯、张少坤编写;单元5由陈锋云编写;单元6由余丹丹、方怀霞编写;单元7由裴英安编写;单元8由宋文学编写;单元9由王廷栋编写。

在本书编写过程中,湖北水利水电职业技术学院王燕、罗中、沈小芹、范艳丽、金芳、段炼、侯琴、唐贤秀、胡蕾、曲炳良、徐欣等老师做了不少辅助性工作,在此对他们的辛勤工作表示感谢。本书参考和引用了有关专业文献和资料,未在书中一一注明出处,在此对有关文献的作者表示感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中存在错误和不足之处,诚请读者与同行批评指正。

编者

2013年3月

目 录

前言

单元 1 土方工程施工	1
课题 1.1 土的种类和鉴别	1
课题 1.2 土方工程量的计算	4
课题 1.3 土方开挖	12
课题 1.4 土方的填筑与压实	17
课题 1.5 基坑支护与降排水	19
课题 1.6 冬期施工和雨期施工的措施	41
课题 1.7 安全施工措施	43
复习思考题	43
单元 2 地基与基础工程施工	45
课题 2.1 地基处理	45
课题 2.2 砌体工程基础施工	56
课题 2.3 钢筋混凝土基础施工	61
课题 2.4 桩基础施工	64
课题 2.5 地下连续墙施工	82
课题 2.6 箱形基础施工	91
课题 2.7 安全施工措施	91
复习思考题	94
单元 3 砌筑工程施工	95
课题 3.1 脚手架	95
课题 3.2 垂直运输机械	102
课题 3.3 砂浆的制备和运输	103
课题 3.4 砌体施工	105
课题 3.5 墙体节能工程施工	113
课题 3.6 冬期施工和雨期施工的措施	124
课题 3.7 安全施工措施	127
复习思考题	128
单元 4 混凝土结构工程施工	130
课题 4.1 模板工程施工	130

课题 4.2 钢筋工程施工	144
课题 4.3 混凝土工程施工	166
课题 4.4 冬期施工和雨期施工的措施	184
课题 4.5 安全施工措施	187
复习思考题	195
单元 5 预应力混凝土工程施工	198
课题 5.1 先张法施工	198
课题 5.2 后张法施工	204
课题 5.3 无粘结预应力混凝土施工	220
课题 5.4 安全施工措施	225
复习思考题	225
单元 6 混凝土结构安装工程施工	227
课题 6.1 索具与起重机械	227
课题 6.2 混凝土单层厂房构件吊装	234
复习思考题	250
单元 7 钢结构工程施工	252
课题 7.1 钢结构加工机具	252
课题 7.2 钢结构制作	255
课题 7.3 钢结构连接	260
课题 7.4 钢结构安装	263
课题 7.5 钢结构涂装	271
课题 7.6 安全施工措施	274
复习思考题	278
单元 8 屋面与防水工程施工	279
课题 8.1 卷材防水屋面施工	279
课题 8.2 涂膜防水屋面施工	289
课题 8.3 刚性防水屋面施工	293
课题 8.4 屋面保温工程施工	294
课题 8.5 地下防水工程施工	298
课题 8.6 卫生间防水工程施工	316
课题 8.7 冬期施工和雨期施工的措施	319
复习思考题	321
单元 9 装饰工程施工	322
课题 9.1 抹灰工程施工	322
课题 9.2 吊顶工程施工	326
课题 9.3 轻质隔墙工程施工	331

课题 9.4 地面工程施工	336
课题 9.5 饰面板（砖）工程施工	344
课题 9.6 门窗工程施工	348
课题 9.7 涂料涂饰、裱糊、软包工程施工	352
课题 9.8 幕墙施工	364
课题 9.9 冬期施工和雨期施工的措施	367
课题 9.10 安全施工措施	368
复习思考题	373
参考文献	374

单元1 土方工程施工

课题1.1 土的种类和鉴别

1.1.1 土方工程施工的特点

1. 工程量大和劳动强度高

大型建筑场地的平整，土方工程量可达数百万立方米以上，施工面积达数平方千米，大型基坑的开挖深度超过二十米，施工工期长，任务重，劳动强度高。在组织施工时，为了减轻繁重的体力劳动，提高生产效率，加快施工进度，降低工程成本，应尽可能采用机械化施工。

2. 施工条件复杂

土方工程施工多为露天作业，受气候、水文、地质条件影响很大，施工中不可确定因素较多。因此，施工前必须进行充分的调查研究，做好各项施工准备工作，制定合理的施工方案，确保施工顺利进行，保证工程质量。

3. 受场地限制和影响大

任何建筑物基础都有一定埋置深度，基坑（槽）的开挖、土方的留置和存放都受到施工场地的影响，特别是城市内施工，场地狭窄，往往由于施工方案不妥，导致周围建筑设施存在安全稳定问题。因此，施工前必须充分熟悉施工场地情况，了解周围建筑结构形式和地质技术资料，科学规划，制定切实可行的施工方案，确保周围建筑物安全。

1.1.2 土的工程分类与鉴别方法

在土方工程施工中，根据土体开挖的难易程度将土分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石八类。前四类属于一般土，后四类属于岩石，其分类和鉴别方法见表1.1。

表 1.1 土的工程分类与现场鉴别方法

土的分类	土 的 名 称	可 松 性 系 数		现 场 鉴 别 方 法
		K_s	K'_s	
一类土 (松软土)	砂土，粉土，冲积砂土层，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)	粉质黏土，潮湿的黄土，夹有碎石、卵石的砂，种植土，填筑土及粉土混卵（碎）石	1.14~1.28	1.02~1.05	用锹、锄头挖掘，少许用镐翻松
三类土 (坚土)	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，压实的填筑土	1.24~1.30	1.04~1.07	用镐，少许用锹、锄头挖掘，部分用撬棍



续表

土的分类	土 的 名 称	可 松 性 系 数		现 场 鉴 别 方 法
		K_s	K'_s	
四类土 (砂砾坚土)	坚硬密实的黏土及含碎石、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	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)	硬质黏土, 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	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, 部分用风镐开挖
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、微风化的安山岩、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

土的开挖难易程度直接影响土方工程施工方案、劳动消耗量和工程费用。土体越硬, 劳动消耗量越大, 工程成本越高。正确区分和鉴别土的种类, 可以合理地选择施工方法和准确套用定额, 计算土方工程费用。

1.1.3 土的工程性质

土的工程性质对土方工程施工有着直接影响, 也是进行土方施工方案确定的基本资料。土的工程性质有土的含水量、土的质量密度、土的可松性和土的渗透性。

1. 土的含水量

土的含水量 (W) 是指土中水的质量与土的固体颗粒质量的百分比, 计算公式为

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1.1)$$

式中 m_1 ——含水状态土的质量, kg;

m_2 ——烘干后土的质量, kg;

m_w ——土中水的质量, kg;

m_s ——固体颗粒的质量, 是指土经温度 105℃ 烘干的质量, kg。

含水量表示土体的干湿程度。含水量在 5% 以下称为干土; 在 5%~30% 称为潮湿土; 大于 30% 称为湿土。土的含水量随气候条件、雨雪和地下水的影响而变化, 对土方边坡的稳定性及填方密实程度有直接的影响。

2. 土的质量密度

土的质量密度分为天然密度和干密度。它表示土体密实程度。

(1) 土的天然密度。土的天然密度 (ρ) 是指土在天然状态下单位体积的质量。它与



土的密实程度和含水量有关，计算公式为

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.2)$$

式中 ρ ——土的天然密度， kg/m^3 ；

m ——土的总质量， kg ；

V ——土的体积， m^3 。

土的天然密度随着土颗粒的组成、孔隙的多少和含水量的变化而变化，一般黏土的天然密度约为 $1600 \sim 2200 \text{kg}/\text{m}^3$ ，密度越大，土体越硬，挖掘越困难。

(2) 土的干密度。土的干密度 (ρ_d) 是指土的固体颗粒质量与土的总体积的比值，计算公式为

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1.3)$$

式中 ρ_d ——土的干密度， kg/m^3 ；

m_s ——土的固体颗粒质量， kg ；

V ——土的总体积， m^3 。

在一定程度上，土的干密度反映了土体颗粒排列的紧密程度。土的干密度愈大，表示土体愈密实。在土方填筑时，常以土的干密度来控制土的夯实标准。

3. 土的可松性

自然状态下的土经开挖后，其体积因松散而增加，虽经振动夯实，仍然不能恢复到原状土的体积，土的这种性质称为土的可松性。土的可松性程度用可松性系数表示，计算公式为

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1.4)$$

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1.5)$$

式中 K_s 、 K'_s ——土的最初、最终可松性系数；

V_1 ——土在天然状态下的体积， m^3 ；

V_2 ——土挖出后在松散状态下的体积， m^3 ；

V_3 ——土经压（夯）实后的体积， m^3 。

土的最初可松性系数 K_s ，是计算车辆装运土方体积及挖土机械的主要参数；土的最终可松性系数 K'_s ，是计算填方所需挖土工程量的主要参数，各类土的可松性系数见表 1.1。

4. 土的渗透性

土的渗透性是指土体被水透过的性能。土的渗透性用渗透系数 K 表示，它表示单位时间内水穿透土层的能力，一般有试验确定，以 m/d 表示。渗透系数与土的颗粒级配、密实程度等有关，是人工降低地下水位及选择各类井点的主要参数。土的渗透系数见表 1.2。



表 1.2

土的渗透系数参考表

单位: m/d

土 的 名 称	渗透系数 K	土 的 名 称	渗透系数 K
黏土	<0.005	中砂	5.00~20.00
粉质黏土	0.005~0.10	均质中砂	35~50
粉土	0.10~0.50	粗砂	20~50
黄土	0.25~0.50	圆砾石	50~100
粉砂	0.50~1.00	卵石	100~500
细砂	1.00~5.00		

课题 1.2 土方工程量的计算

在土方工程施工前,通常要计算土方工程量,根据土方工程量的大小,拟订土方工程施工方案,组织土方工程施工。土方工程外形往往很复杂、不规则,要准确计算土方工程量难度很大。一般情况下,将其划分成一定的几何形状,采用具有一定精度又与实际情况近似的方法计算。

1.2.1 基坑与基槽土方量的计算

1. 基坑土方量

基坑是指长宽比不大于3的矩形土体。基坑土方量可按立体几何中拟柱体(由两个平行的平面做底的一种多面体)体积公式计算,如图1.1所示。计算公式为

$$V = \frac{H}{6}(A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1.6)$$

式中 V ——基坑土方量, m^3 ;

H ——基坑深度, m ;

A_1 、 A_2 ——基坑上、下底的面积, m^2 ;

A_0 ——基坑中截面的面积, m^2 。

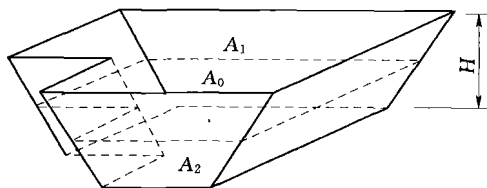


图 1.1 基坑土方量计算

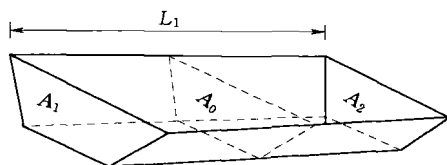


图 1.2 基槽土方量计算

2. 基槽土方量

基槽土方量计算可沿长度方向分段后,按照上述同样的方法计算,如图1.2所示。计算公式为

$$V_1 = \frac{L_1}{6}(A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1.7)$$



式中 V_1 ——第 1 段的土方量, m^3 ;

L_1 ——第 1 段的长度, m 。

将各段土方量相加, 即得总土方量, 计算公式为

$$V = V_1 + V_2 + \cdots + V_n \quad (1.8)$$

式中 V_1 、 V_2 、 $\cdots$ 、 V_n ——各段土方量, m^3 。

1.2.2 场地平整土方量的计算

场地平整就是将天然地面平整成施工要求的设计平面。场地设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据, 合理选择场地设计标高, 对减少土方量, 提高施工速度具有重要意义。场地设计标高是全局规划问题, 应由设计单位及有关部门协商解决。当场地设计标高无设计文件特定要求时, 可按场区内“挖填土方量平衡法”经计算确定, 并可达到土方量少、费用低、造价合理的效果。

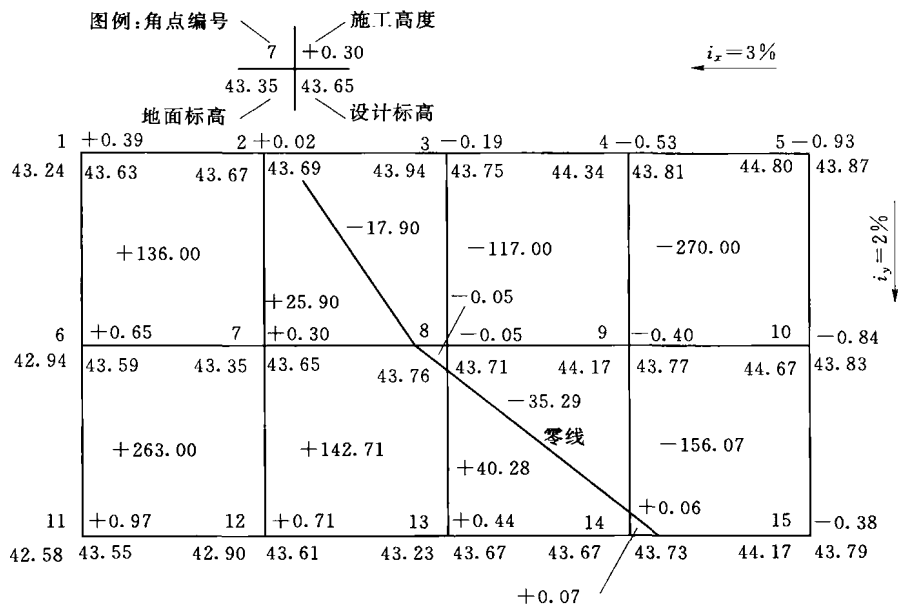
场地平整土方量的计算有方格网法和断面法两种。断面法是将计算场地划分成若干横截面后逐段计算, 最后将逐段计算结果汇总。断面法计算精度较低, 可用于地形起伏变化较大、断面不规则的场地。当场地地形较平坦时, 一般采用方格网法。

1.2.2.1 方格网法

方格网法计算场地平整土方量包括以下步骤。

1. 绘制方格网图

根据地形图 (一般比例为 1:500), 将建筑场地划分为若干个方格网, 方格边长主要取决于地形变化复杂程度, 一般取方格边长 $a=10\text{m}$ 、 20m 、 30m 、 40m 等, 通常采用 20m 。方格网与测量的纵横坐标网相对应, 在各方格角点规定的位置上标注角点的自然地面标高 (H) 和设计标高 (H_n), 如图 1.3 所示。





2. 计算场地各方格角点的施工高度

各方格角点的施工高度为角点的设计地面标高与自然地面标高之差，是以角点设计标高为基准的挖方或填方的施工高度。各方格角点的施工高度按下式计算：

$$h_n = H_n - H \quad (1.9)$$

式中 h_n ——角点的施工高度，即填挖高度（以“+”为填，“-”为挖），m；

H_n ——角点的设计标高，m；

H ——角点的自然地面标高，m；

n ——方格的角点编号（自然数列1, 2, 3, ..., n ）。

3. 计算“零点”位置和确定零线

当同一方格的四个角点的施工高度同号时，该方格内的土方则全部为挖方或填方，如果同一方格中一部分角点的施工高度为“+”，而另一部分为“-”，则此方格中的土方一部分为填方，另一部分为挖方，沿其边线必然有一不挖不填的点，即为“零点”，如图1.4所示。

“零点”位置按下式计算：

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= \frac{ah_1}{h_1 + h_2} \\ x_2 &= \frac{ah_2}{h_1 + h_2} \end{aligned} \right\} \quad (1.10)$$

式中 x_1 、 x_2 ——角点至零点的距离，m；

h_1 、 h_2 ——相邻两角点的施工高度，均用绝对值表示，m；

a ——方格网的边长，m。

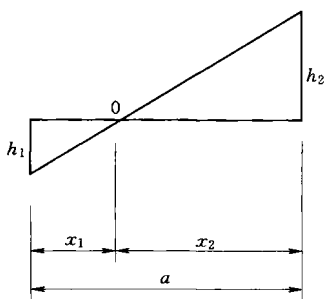


图 1.4 零点位置计算示意图

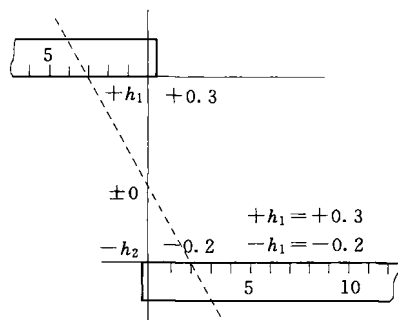


图 1.5 零点位置图解法

在实际工作中，为省略计算，也可以用图解法确定零点，如图1.5所示。方法是用尺在各角点上标出挖填施工高度相应比例，用尺相连，与方格相交点即为零点位置。此法甚为方便，同时可避免计算或查表出错。将相邻的零点连接起来，即为零线。它是确定方格中挖方与填方的分界线。

4. 计算方格土方工程量

按方格底面积图形和表1.3所列计算公式，计算每个方格内的挖方量或填方量。



表 1.3

常用方格网点计算公式

项 目	图 示	计 算 公 式
一点填方或 挖方 (三角形)		$V = \frac{bc}{2} \frac{\sum h}{3} = \frac{bch_3}{6}$ 当 $b=a=c$ 时, $V = \frac{a^2 h_3}{6}$
二点填方或 挖方 (梯形)		$V_{+} = \frac{b+c}{2} a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8} (b+c) (h_1+h_3)$ $V_{-} = \frac{d+e}{2} a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8} (d+e) (h_2+h_4)$
三点填方或 挖方 (五角形)		$V = \left(a^2 - \frac{bc}{2} \right) \frac{\sum h}{5}$ $= \left(a^2 - \frac{bc}{2} \right) \frac{h_1+h_2+h_3+h_4}{5}$
四点填方或 挖方 (正方形)		$V = a^2 \frac{\sum h}{4} = \frac{a^2}{4} (h_1+h_2+h_3+h_4)$

注 1. a —方格网的边长, m; b 、 c —零点到一个角的边长, m; h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 —方格网四角点的施工高度, 用绝对值代入, m; $\sum h$ —填方或挖方施工高度总和, 用绝对值代入, m; V —填方或挖方的体积, m^3 。

2. 本表计算公式是按各计算图形底面积乘以平均施工高度而得出的。

5. 计算边坡土方量

场地的挖方区和填方区的边沿都需要做成边坡, 以保证挖方土壁和填方区的稳定。边坡的土方量可以划分成两种近似的几何形体进行计算: 一种为三角棱锥体, 另一种为三角棱柱体。

(1) 三角棱锥体边坡体积, 如图 1.6 中①~③、⑤~⑦所示, 计算公式为

$$V_1 = \frac{A_1 l_1}{3} \quad (1.11)$$

式中 l_1 ——三角棱锥体边坡的长度, m;

A_1 ——三角棱锥体边坡的端面积, m^2 。

(2) 三角棱柱体边坡体积, 如图 1.6 中④所示, 计算公式为

$$V_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} l_4 \quad (1.12)$$

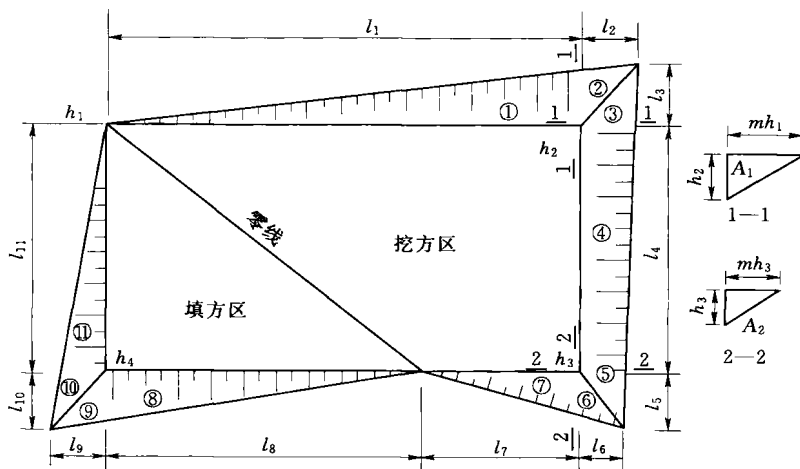


图 1.6 场地边坡平面图

当两端横断面面积相差很大的情况下，边坡体积按式 (1.13) 计算：

$$V_4 = \frac{l_4}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1.13)$$

式中 l_4 ——三角棱柱体边坡的长度，m；

A_1 、 A_2 、 A_0 ——三角棱柱体边坡两端及中部横断面面积。

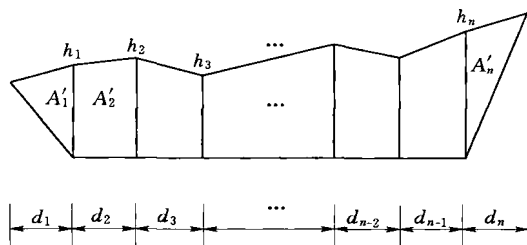


图 1.7 断面法示意图

角形和梯形，如图 1.7 所示，则面积为

$$A'_1 = \frac{h_1 d_1}{2}, \quad A'_2 = \frac{(h_1 + h_2) d_2}{2}, \quad \dots$$

某一断面面积为

$$A_i = A'_1 + A'_2 + \dots + A'_n$$

若 $d_1 = d_2 = \dots = d_n = d$ ，则

$$A_i = d(h_1 + h_2 + \dots + h_{n-1})$$

设各断面面积分别为 $A_1, A_2, \dots, A_m$ ，相邻两断面间的距离依次为 $L_1, L_2, \dots, L_{m-1}$ ，则所求的土方体积为

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} L_1 + \frac{A_2 + A_3}{2} L_2 + \dots + \frac{A_{m-1} + A_m}{2} L_{m-1} \quad (1.14)$$

用断面法计算土方量，边坡土方量已包括在内。



【例 1.1】 某建筑施工场地地形图和方格网布置,如图 1.8 所示。方格网的边长 $a=20\text{m}$,方格网各角点上的标高分别为地面的设计标高和自然标高,该场地为粉质黏土,为了保证填方区和挖方区边坡稳定性,设计填方区边坡坡度系数为 1.0,挖方区边坡坡度系数为 0.5,试用方格网法计算挖方和填方的总土方量。

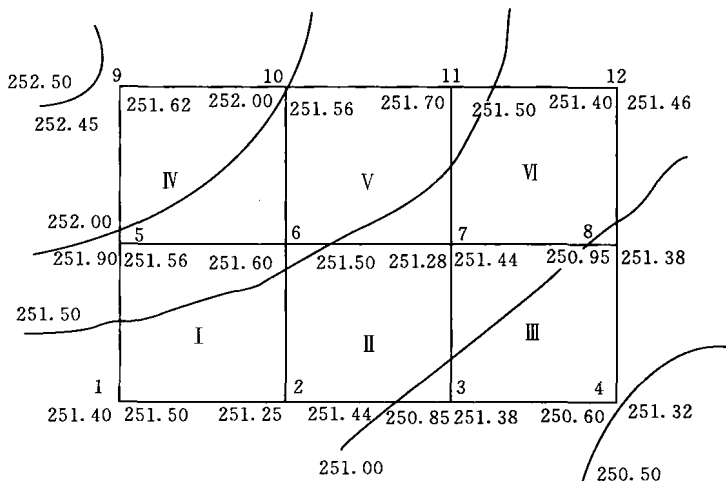


图 1.8 某建筑场地方格网布置图

解:

1. 计算各角点的施工高度

根据方格网各角点的地面设计标高和自然标高,按照式 (1.9) 计算得

$$h_1 = 251.50 - 251.40 = 0.10 \text{ (m)}$$

$$h_2 = 251.44 - 251.25 = 0.19 \text{ (m)}$$

$$h_3 = 251.38 - 250.85 = 0.53 \text{ (m)}$$

$$h_4 = 251.32 - 250.60 = 0.72 \text{ (m)}$$

$$h_5 = 251.56 - 251.90 = -0.34 \text{ (m)}$$

$$h_6 = 251.50 - 251.60 = -0.10 \text{ (m)}$$

$$h_7 = 251.44 - 251.28 = 0.16 \text{ (m)}$$

$$h_8 = 251.38 - 250.95 = 0.43 \text{ (m)}$$

$$h_9 = 251.62 - 252.45 = -0.83 \text{ (m)}$$

$$h_{10} = 251.56 - 252.00 = -0.44 \text{ (m)}$$

$$h_{11} = 251.50 - 251.70 = -0.20 \text{ (m)}$$

$$h_{12} = 251.46 - 251.40 = 0.06 \text{ (m)}$$

各角点施工高度计算结果标注如图 1.9 所示。

2. 计算零点位置

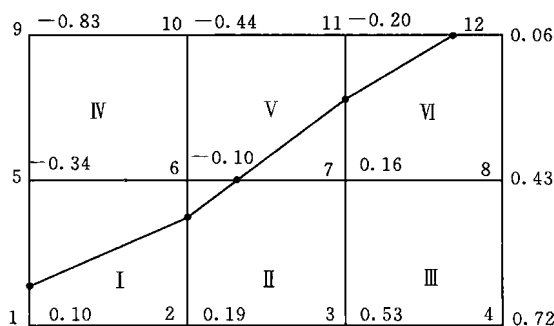


图 1.9 施工高度及零线位置

由图 1.9 可知, 方格网边 1—5、2—6、6—7、7—11、11—12 两端的施工高度符号不同, 这说明在这些方格边上有零点存在, 由式 (1.10) 求得

1—5 线: $x_1 = 4.55\text{m}$; 2—6 线: $x_1 = 13.10\text{m}$; 6—7 线: $x_1 = 7.69\text{m}$; 7—11 线: $x_1 = 8.89\text{m}$; 11—12 线: $x_1 = 15.38\text{m}$ 。

将各零点标于图上, 并将相邻的零点连接起来, 即得零线位置, 如图 1.9 所示。

3. 计算各方格的土方量

方格Ⅲ、Ⅳ底面为正方形, 土方量为

$$V_{\text{Ⅲ}}(+)=20^2/4 \times (0.53+0.72+0.16+0.43)=184 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{\text{Ⅳ}}(-)=20^2/4 \times (0.34+0.10+0.83+0.44)=171 \text{ (m}^3\text{)}$$

方格Ⅰ底面为两个梯形, 土方量为

$$V_{\text{Ⅰ}}(+)=20/8 \times (4.55+13.10) \times (0.10+0.19)=12.80 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{\text{Ⅰ}}(-)=20/8 \times (15.45+6.90) \times (0.34+0.10)=24.59 \text{ (m}^3\text{)}$$

方格Ⅱ、Ⅴ、Ⅵ底面为三边形和五边形, 土方量为

$$V_{\text{Ⅱ}}(+)=65.73 \text{ (m}^3\text{)}; V_{\text{Ⅱ}}(-)=0.88 \text{ (m}^3\text{)}; V_{\text{Ⅴ}}(+)=2.92 \text{ (m}^3\text{)};$$

$$V_{\text{Ⅴ}}(-)=51.10 \text{ (m}^3\text{)}; V_{\text{Ⅵ}}(+)=40.89 \text{ (m}^3\text{)}; V_{\text{Ⅵ}}(-)=5.70 \text{ (m}^3\text{)}$$

方格网总填方量为

$$\Sigma V(+)=184+12.80+65.73+2.92+40.89=306.34 \text{ (m}^3\text{)}$$

方格网总挖方量为

$$\Sigma V(-)=171+24.59+0.88+51.10+5.70=253.26 \text{ (m}^3\text{)}$$

4. 计算边坡土方量

如图 1.10 所示, 除④、⑦按三角棱柱体计算外, 其余均按三角棱锥体计算, 由式 (1.11)、式 (1.12)、式 (1.13) 计算可得

$$V_{\text{①}}(+)=0.003 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{\text{②}}(+)=V_{\text{③}}(+)=0.0001 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{\text{④}}(+)=5.22 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{\text{⑤}}(+)=V_{\text{⑥}}(+)=0.06 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{\text{⑦}}(+)=7.93 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{\text{⑧}}(+)=V_{\text{⑨}}(+)=0.01 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{\text{⑩}}=0.01 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{\text{⑪}}=2.03 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{\text{⑫}}=V_{\text{⑬}}=0.02 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{\text{⑭}}=3.18 \text{ (m}^3\text{)}$$