

中高职衔接核心课程精品系列教材

建筑施工技术 (高职)

◎主 编 钟振宇

◎副主编 陈永高

 ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

建筑施工技术(高职)

主 编 钟振宇

副主编 陈永高

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术: 高职 / 钟振宇主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2016. 4

ISBN 978-7-308-15597-7

I. ①建… II. ①钟… 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 (2016) 第 024003 号

内容简介

本书是一本建筑施工技术教材,系统地阐述了建筑工程施工基本内容,包括土方工程、基础工程、脚手架工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、钢结构工程、防水工程、墙体保温工程以及冬雨期施工等九大部分内容。

本书采用理论和实践相结合的体例编写,各章首先提出了能力目标要求,同时每部分内容根据实际情况增加了实训部分。此外,每章还有详尽的历史沿革、注意事项、工程实例等供读者参考。通过对本书的学习,读者可以掌握建筑工程施工技术基本理论和施工专项设计能力,并具备工程质量检验的能力。

本书既可作为高等职业学校建筑工程技术及相关专业的课程教材,也可作为建筑施工员等的培训教材,还可作为从业人员的参考书。

建筑施工技术(高职)

主编 钟振宇

责任编辑 王 波

责任校对 余梦洁

封面设计 林 智

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州林智广告有限公司

印 刷 浙江省邮电印刷股份有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 20.5

字 数 500 千

版 次 2016 年 4 月第 1 版 2016 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-15597-7

定 价 40.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行中心联系方式: (0571) 88925591; <http://zjdxcs.tmall.com>

前 言

我国的职业教育正面临着深刻的历史变革,2014年全国职业教育会议上明确提出建立现代职业教育体系。由于种种原因,我国中高职专业教育缺乏必要的区分度,特别是中高职课程、教材内容和难易程度如何区分一直是一大难题。为适应21世纪土建类高等职业教育课程改革和发展需要,培养建筑行业不同层次应用型人才需要,我们多次召集中高职学校开研讨会,并多方征求企业专家意见。在土建类专业最重要的专业课——“建筑施工技术”课程上完成了定位和内容划分,并编写了本书。

在中高职一体化教材内容的制定上,我们采取了分层分类法,将中职教材定位为简明直观,内容上强调基础性,编写上要求通俗易懂;而高职教材定位为有一定理论性,内容上体现较新的施工技术。在实训上两本教材有一定的差异性,高职教材设置了以理论计算为主的课程设计,中职教材设置了以工种实训为主的操作项目。

本书为高职部分的教材,全书内容共分九章,主要包括土方工程、基础工程、脚手架工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、钢结构工程、防水工程、墙体保温工程以及冬雨期施工等内容。此外,为便于读者学习,每章都有相应的思考题和选择题。

本书内容可按照120学时左右安排,其中理论教学约80学时,推荐学时分配:第一章12学时,第二章8学时,第三章15学时,第四章8学时,第五章8学时,第六章12学时,第七章6学时,第八章8学时,第九章3学时,教师可根据不同的教学情况灵活安排学时,课堂重点讲解每章主要知识模块,章节中的知识链接模块可安排学生课后阅读。本书按理论和实践相结合的教学设计,实训教学部分共有4个项目,约40学时,教师可以根据本校教学资源配备情况,灵活组织实训教学,并选取适当的工程项目课题。

本书适合于高职院校开设理论实践一体化课程使用。书中采用新体例编写,内容丰富,案例翔实。

本书由浙江工业职业技术学院钟振宇担任主编,浙江工业职业技术学院陈永高担任副主编。第一章由贾汝达编写,第二章由李少和编写,第三章由钟振宇编写,第四章由单豪良编写,第五章由甘静艳编写,第六章由吕燕霞编写,第七章由张喜娥编写,第八章和第九章由陈永高编写。全书由钟振宇统稿。

本书在编写过程中,参考和引用了国内外大量文献资料,在此谨向原书作者表示衷心感谢。由于编者水平有限,本书难免存在不足和疏漏之处,敬请各位读者批评指正。

编 者

2015年10月

目 录

第 1 章 土方工程	1
1.1 土方工程量计算与调配	2
1.2 基坑土方开挖与支护	19
1.3 土方工程机械化施工	30
1.4 土方工程质量标准与安全技术要求	40
课程设计一：土方开挖方案与工程量计算	41
本章小结	42
第 2 章 基础工程	44
2.1 地基处理及加固	45
2.2 地下连续墙	66
2.3 土层锚杆和土钉支护	80
本章小结	82
第 3 章 脚手架工程	85
3.1 脚手架的种类与布置	86
3.2 脚手架安全设施辅件	91
3.3 脚手架结构计算	94
3.4 脚手架施工与质量管理	105
3.5 脚手架施工安全管理和安全措施	112
课程设计二：脚手架设计	115
本章小结	116
第 4 章 钢筋混凝土工程	120
4.1 模板工程	122
4.2 大体积混凝土施工	147
4.3 钢筋混凝土预制构件	150
4.4 混凝土工程施工质量标准与安全技术	162
课程设计三：模板及支撑设计	165
本章小结	166
第 5 章 预应力混凝土	169
5.1 预应力原理	170

5.2	无黏结预应力混凝土	177
5.3	预应力混凝土施工质量检验与安全措施	183
	本章小结	186
第6章	钢结构工程	188
6.1	钢结构的制作	190
6.2	钢结构单层工业厂房安装	214
6.3	钢结构高层建筑安装	226
6.4	钢结构网架安装方法	231
6.5	钢结构安装工程质量验收	235
6.6	钢结构安装工程安全技术措施	240
	课程设计四：某环型体育场钢结构安装方案设计	242
	本章小结	243
第7章	防水工程	245
7.1	地下防水方案及防水措施	247
7.2	结构主体防水工程施工	249
7.3	结构细部构造防水施工	257
7.4	地下工程渗漏及防治方法	260
	本章小结	264
第8章	墙体保温工程	266
8.1	外墙保温系统的构造及要求	267
8.2	外墙内保温施工	270
8.3	外墙外保温系统施工	275
	本章小结	290
第9章	冬雨期施工	294
9.1	概 述	295
9.2	土方工程的冬期施工	297
9.3	砌筑工程冬期施工	300
9.4	混凝土结构工程的冬期施工	303
9.5	装饰装修工程和屋面工程的冬期施工	309
9.6	雨期施工	311
9.7	冬期与雨期施工的安全技术	313
	本章小结	314
	习题答案	317
	参考文献	318

第1章 土方工程

土方工程是建筑工程中的一项重要分部分项工程,常见的土方工程有场地平整、基坑(槽)与管沟、路基、人防工程开挖、地坪填土、路基填筑和基坑回填等以及运输、排水、降水和土壁支撑、支护等准备和辅助过程。对具有较深基坑的工程,其施工的成败与否对整个建筑工程的影响甚大,有时甚至是关键性的。

学习目标

1. 熟悉土方工程量的计算与调配;
2. 掌握基坑(槽)土方开挖与支护方法;
3. 掌握土方工程的机械化施工方法;
4. 掌握土方工程的质量标准与安全技术要求。

学习要求

知识要点	能力要求
土方工程量的计算与调配	掌握场地平整施工方法
	掌握场地设计标高的确定方法
	熟悉土方工程量的计算方法
	掌握土方调配方法及步骤
基坑土方开挖与支护	熟悉基坑土方施工准备工作
	掌握基坑(槽)土方边坡与土壁支撑方法
土方工程机械化施工	了解土方机械的类型
	掌握常用土方施工机械的施工特点、作业方法及适用范围
	掌握挖土设备和运土设备数量的配套计算
	熟悉土方挖运机械的选择及机械化施工要点
土方工程的质量标准与安全技术要求	熟悉土方工程质量标准
	掌握土方工程安全技术要求

【知识回顾】 在中职阶段学习中,我们已经学习了土方工程的相关知识。对土方工程

有了一个初步的认识和了解。土方工程包括土方工程施工特点,土的工程分类、工程性质,土方施工,土方的填筑与压实等内容。

土方工程施工特点:土方工程具有工程量大、劳动强度高、施工工期长、施工条件复杂、露天作业多、受地质条件和地区气候条件影响大的特点。

土(岩)的工程分类:根据《建筑地基基础设计规范》分类法,土(岩)可分为岩石、碎石土、砂土、粉土、黏性土、人工填土等六大类。

土的工程性质:土是由固体颗粒(固相)、水(液相)和空气(气相)所组成的三相体系。土的基本指标有土的密度 ρ 、土粒相对密度(土粒比重) d_s 、土的含水量 w ;土的导出指标有土的孔隙比和土的饱和度等。

土方施工主要包括:施工前的准备工作(清理场地、排除地面水、修筑临时设施),土方边坡与土壁支撑,土方施工排水与降水,基坑(槽)支护等。

土方的填筑与压实主要包括土料的选用与处理、土方回填等。土方回填的方法有人工填土法与机械填土法两种。

中职阶段学习的土方工程相关知识,内容丰富,基本涵盖了土的基本性质、土方施工方法、土方回填等的相关知识,为本章及后期的学习打下了良好的基础。

【本章导读】 在土木工程中涉及的土方工程有:场地平整、路基开挖、人防工程开挖、地坪填土、路基填筑以及基坑回填。要合理安排施工计划,尽量不要安排在雨季,同时为了降低土方工程施工费用,贯彻不占或少占农田和可耕地并有利于改地造田的原则,要做出土石方合理调配方案,统筹安排。

土方工程施工具有面广量大、施工分件复杂的特点,应尽可能采用机械化施工,以加快施工进度。在施工之前应拟订专项施工方案,做好充分的准备和辅助工作,确保土方工程的施工质量和安全施工。

1.1 土方工程量计算与调配

1.1.1 场地平整

1. 场地平整的概念

建筑工程施工前,建筑场地应达到基本建设项目开工的前提条件——“三通一平”。“三通”指水通、电通、路通;“一平”指场地平整,即在施工区域内,对原有地形、地物进行拆迁清除、削高填洼,改造成设计要求的场地形状。场地平整工作主要包括确定场地设计标高,计算施工高度、挖填方工程量,选择土方施工机械,拟订施工方案。

场地平整通常是挖高填低。计算场地挖方量和填方量,首先要确定场地设计标高,由设计平面的标高和地面的自然标高之差,可以得到场地各点的施工高度(即填、挖高度),由此可计算场地平整的挖方和填方的工程量。

由于建筑施工的性质、规模、施工期限以及技术力量等条件的不同,并考虑到基坑(槽)开挖的要求,场地平整施工有以下3种方案:

(1) 先平整整个场地,后开挖建筑物基坑(槽)。这样,可为大型土方机械提供较大的工

作面,提高生产效率,减少工作间的相互干扰,但工期较长。适用于场地挖、填土方量较大的工地。

(2) 先开挖建筑物基坑(槽),待基础施工后再平整场地。这样,可减少土方的重复开挖,加快施工进度。适用于地形平坦的场地。

(3) 边进行场地平整,边开挖基坑(槽)。当工期紧迫或场地地形复杂时,可按照现场施工的具体条件和施工组织的要求,划分不同施工区,有的先平整场地,有的则先开挖基坑(槽)。适用于工期紧,工程能分段分区进行、互不干扰的场地。

2. 场地设计标高的确定

场地平整前,要确定场地的设计标高(一般由设计单位在总图竖向设计中确定),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,拟订施工方案。

场地设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据,也是总图规划和竖向设计的依据。合理确定场地的设计标高,对减少土方量、加速工程速度都有重要的经济意义。如图 1.1.1 所示,当场地设计标高为 H_0 时,填挖方基本平衡,可将土方移挖作填,就地处理;当设计标高为 H_1 时,填方大大超过挖方,则需从场地外大量取土回填;当设计标高为 H_2 时,挖方大大超过填方,则要向场外大量弃土。

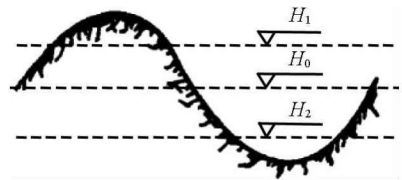


图 1.1.1 场地不同设计标高的比较

因此,在确定场地设计标高时,应结合现场的具体条件,反复进行技术经济比较,合理地确定场地的设计标高。选择设计标高时应遵循以下原则:满足建筑规划和生产工艺的要求;尽量利用地形(如分区或分台阶布置),以减少挖、填方数量;力求场地内挖、填方平衡,使土方运输费用降至最低;要有一定泄水坡度($\geq 2\%$),满足排水要求;考虑最高洪水水位的要求。

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,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“挖填土方量平衡法”的原理和步骤。

(1) 设计标高 H_0 的初步确定

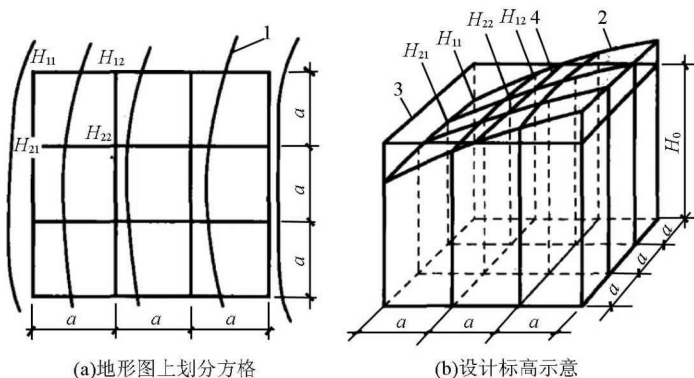
初步确定场地设计标高的原则是场地内挖填方平衡,即场地内挖方总量等于填方总量。

① 划分方格网

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 $10\sim 40\text{m}$,如图 1.1.2(a)所示。

② 计算各角点的地面标高

角点的地面标高也称为角点的自然地面标高。当地形平坦时,可根据地形图上相邻两等高线的高程,用插入法求得;也可用一张透明纸,上面画 6 根等距离的平行线,把该透明纸放到标有方格网的地形图上,将 6 根平行线的最外两根分别对准 A、B 两点,这时 6 根等距离的平行线将 A、B 之间的高差分成 5 等份,于是可直接读得 C 点的地面标高(见图 1.1.3)。



(a)地形图上划分方格 (b)设计标高示意
1-等高线;2-自然地面;3-场地设计标高平面;
4-自然地面与设计标高平面的交线(零线)

图 1.1.2 场地设计标高计算简图

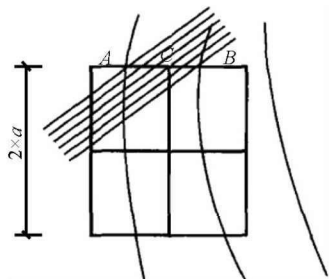


图 1.1.3 插入法图解

当地形起伏大(用插入法有较大误差)或无地形图时,可在现场地面用木桩或钢钎打好方格网,然后用仪器直接测出方格网角点标高。

③ 计算各角点的设计标高

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 1.1.2(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:

$$na^2 H_0 = \frac{1}{4} a^2 (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}) + \frac{1}{4} a^2 (H_{12} + H_{13} + H_{22} + H_{23}) + \dots$$

$$H_0 = \frac{\sum_i^n (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4n} \quad (1.1.1)$$

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。

从图 1.1.2(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,则类似 H_{11} 的角点标高加 1 次,类似 H_{12} 和 H_{21} 的角点标高需加 2 次,类似 H_{22} 的角点标高要加 4 次。则场地设计标高 H_0 的计算公式可改写为下列形式:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4n} \quad (1.1.2)$$

式中: H_1 ——一个方格独有的角点标高, m;

H_2 ——两个方格共有的角点标高, m;

H_3 ——三个方格共有的角点标高, m;

H_4 ——四个方格共有的角点标高, m。

(2) 场地设计标高的调整

按公式(1.1.2)计算的场地设计标高 H_0 为理论值,在实际工作中还需考虑以下因素并

进行相应的调整。

①土的可松性影响

由于土具有可松性,按 H_0 进行施工,一般填土会有剩余,必要时可相应地提高设计标高,如图 1.1.4 所示。若 Δh 为土的可松性引起设计标高的增加值,则设计标高调整后的总挖方体积应为

$$V'_w = V_w - F_w \Delta h$$

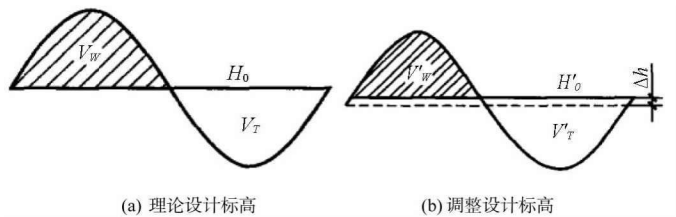


图 1.1.4 设计标高调整计算

总填方体积应为

$$V'_T = V_T + F_T \Delta h$$

而

$$V'_T = V'_w K'_s$$

所以

$$V_T + F_T \Delta h = (V_w - F_w \Delta h) K'_s$$

则

$$\Delta h = \frac{V_w K'_s - V_T}{F_T + F_w K'_s}$$

当 $V_w = V_T$ 时,上式化为

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

故考虑土的可松性后,场地设计标高应调整为

$$H'_0 = H_0 + \Delta h \quad (1.1.3)$$

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,都会引起场地挖方或填方的变化,因此必要时也需重新调整设计标高。

为了简化计算,场地设计标高调整可以按下面近似公式确定,即

$$H''_0 = H'_0 \pm \frac{Q}{na^2} \quad (1.1.4)$$

式中: Q ——假定按原设计标高平整后,多余或不足的土方量;

n ——方格网数;

a ——方格网边长。

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,整个场地将处于同一个水平面。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,应根据场地泄水坡度的要求(单向泄水或双向泄水),计算出场地内各方格角点实际施工时所采用的设计标高。

a. 单向泄水时,场地各方格角点的设计标高

当场地单向泄水时[见图 1.1.5(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(与排水方向垂直的中心线)的标高,场地内任一点的设计标高为

$$H_n = H_0 \pm Li \quad (1.1.5)$$

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($\geq 2\%$)。

注: 设计点比经调整的设计标高 H_0 高则取“+”,反之取“-”。

b. 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[见图 1.1.5(b)],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,场地内任意一点设计标高为

$$H_n = H_0 \pm L_x i_x \pm L_y i_y \quad (1.1.6)$$

式中: L_x, L_y ——某方格角点距场地中心线 $x-x, y-y$ 方向上的距离;

i_x, i_y ——场地在 $x-x, y-y$ 方向上的泄水坡度。

【注意事项】 如果不考虑土的可松性影响和余亏土的影响,则计算场地内任意一点的设计标高时,应将调整的设计标高替换为初定场地设计标高。

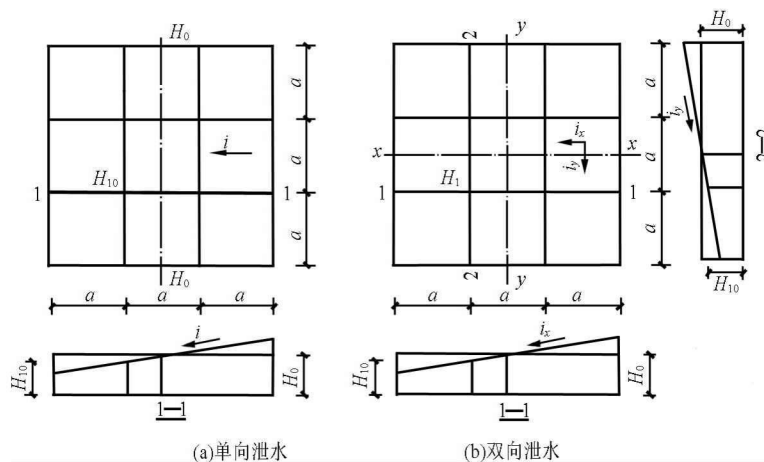


图 1.1.5 场地泄水坡度示意

3. 场地平整土方施工

场地平整就是将自然地面改造成为设计所要求的平面的过程,是根据建筑施工总平面图规定的标高,通过测量,计算出挖、填土方工程量,设计土方调配方案,组织人力或机械进行平整工作。

场地平整的施工工艺流程: 现场勘察→清除地面障碍物→标定平整范围→设置水准基点→设置方格网、测量标高→计算土方挖填工程量→编制土方调配方案→挖、填土方→场地碾压→验收。

场地平整前,施工人员应到工程施工现场进行勘察,了解地形、地貌和周围环境,根据建筑总平面图了解、确定场地平整的大致范围;拆除施工场地上的旧有房屋和坟墓,拆迁或改建通信、电力设备、上下水道以及地下建筑物,迁移树木,去除耕植土及河塘淤泥等。然后根

据建筑总平面图要求的标高,从基准水准点引进基准标高作为场地平整的基点。

【特别提示】 此项工作由业主委托有资质的拆卸拆除公司或建筑施工公司完成,发生费用由业主承担。

1.1.2 土方工程量计算

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进行计算。

1. 基坑与基槽土方量的计算

(1) 基坑土方量计算

基坑是指长、宽不大于 3m 的矩形土体。基坑土方量可按立体几何中的棱柱体(由两个平行的平面作底的一种多面体)体积公式计算,如图 1.1.6 所示。即

$$V = \frac{H}{6}(A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1.1.7)$$

式中: 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 。

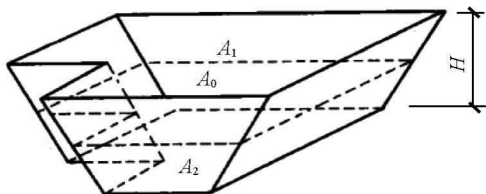


图 1.1.6 基坑土方量计算

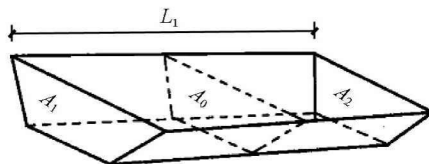


图 1.1.7 基槽土方量计算

(2) 基槽土方量计算

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 1.1.7 所示。即

$$V_1 = \frac{L_1}{6}(A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1.1.8)$$

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,即得总土方量为

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (1.1.9)$$

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

2. 场地平整土方量计算

建筑场地挖、填方厚度在 300mm 以内的人工平整不涉及土方量的计算问题。这里计算的是挖、填厚度超过 300mm 时的场地挖、填土方量。应按建筑总平面图中的设计标高进行计算。

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。当场地地形较为平坦、面积较大时宜采用方格网法;当场地地形起伏变化较大或地形狭长的地带、断面不规则时,宜采用断面法,断面法计算精度较低。

(1) 方格网法

所谓方格网法,是将需平整的场地划分为边长相等的方格,分别计算各方格的土方量并加以汇总,得出总的土方量的方法。计算步骤一般为:确定场地的设计标高;计算方格角点的挖填深度;计算方格土方量;计算边坡土方量;汇总土方量并进行平衡等。当经计算的填方和挖方不平衡时,则根据需要进行设计标高的调整,并重复以上计算步骤,重新计算土方量。

方格边长一般取 10m、20m、30m、40m 等。根据每个方格角点的自然地面标高和设计标高,算出相应的角点挖填高度,然后计算出每一个方格的土方量,并算出场地边坡的土方量,这样即可求得整个场地的填、挖土方量。其具体步骤如下。

① 划分方格网

在地形图(一般用 1/500 的地形图)上将场地划分为边长 $a=10\sim 40\text{m}$ 的若干方格,尽量与测量的纵横坐标网对应,如图 1.1.8 所示。

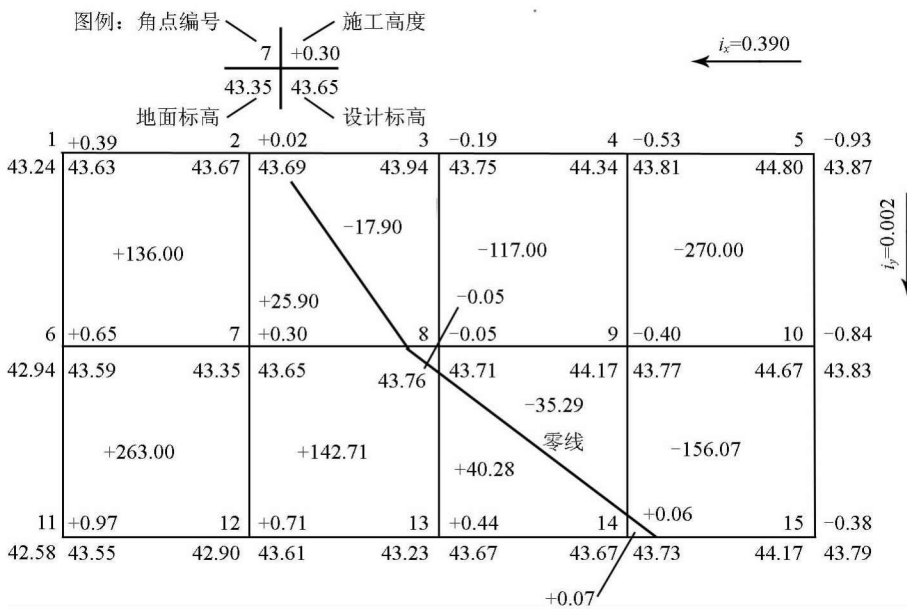


图 1.1.8 方格网法计算土方工程量

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即需要挖或填的高度。在各方格角点规定的位置上标注角点的自然地面标高(H_0)和设计标高(H_n),角点设计标高与自然地面标高的差值即各角点的施工高度,可表示为

$$h_n = H_n - H_0$$

式中: h_n ——各角点的施工高度,以“+”为填,“-”为挖;

H_n ——各角点的设计标高;

H_0 ——各角点的自然地面标高；

n ——方格的角点编号(自然数列 1、2、3、…、 n)。

③计算“零点”位置,确定零线

找到一端施工高程为“+”,而另一端为“-”的方格网边线,沿其边线必然有一不挖不填的点,即为“零点”,如图 1.1.9 所示。将方格网中各相邻的零点连接起来,即为不开挖的零线。零线将场地划分为挖方和填方两个部分。

零点的位置按式(1.1.10)计算:

$$x_1 = \frac{ah_1}{h_1+h_2}, \quad x_2 = \frac{ah_2}{h_1+h_2} \quad (1.1.10)$$

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 ——方格的边长, m。

在实际工作中,为省略计算,确定零点的办法也可以用图解法,如图 1.1.10 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。

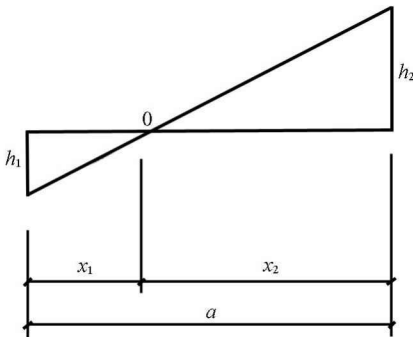


图 1.1.9 零点位置计算示意

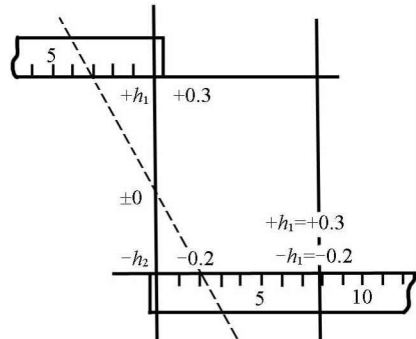


图 1.1.10 零点位置量图解法

④计算方格土方工程量

按方格底面积图形和常用方格网点计算公式(见表 1.1.1),计算每个方格内的挖方量或填方量。

表 1.1.1 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)		$V = \frac{1}{2}bc \frac{\sum h}{3} = \frac{bch_3}{6}$ 当 $b = c = a$ 时, $V = \frac{a^2 h_3}{6}$

续 表

项 目	图 示	计算公式
两点填方或挖方 (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)		$V = (a^2 - \frac{bc}{2}) \frac{\sum h}{5}$ $= (a^2 - \frac{bc}{2}) \frac{h_1+h_2+h_3+h_4}{5}$
四点填方或挖方 (正方形)		$V = \frac{a^2}{4} \sum h$ $= \frac{a^2}{4} (h_1+h_2+h_3+h_4)$

注：① a ——方格的边长， m ；

b, c ——零点到一角的边长， 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边坡土方量计算

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，一种为三角棱柱体，如图 1.1.11 所示。

a. 三角棱锥体边坡体积

三角棱锥体边坡体积，如图 1.1.11 中①—③、⑤—⑦所示，计算公式：

$$V_1 = \frac{1}{3} A_1 l_1 \quad (1.1.11)$$

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 ；

h_2 ——角点的挖土高度， m ；

m ——边坡的坡度系数， $m = \text{宽}/\text{高}$ 。

b. 三角棱柱体边坡体积

三角棱柱体边坡体积，如图 1.1.11 中④所示，计算公式：

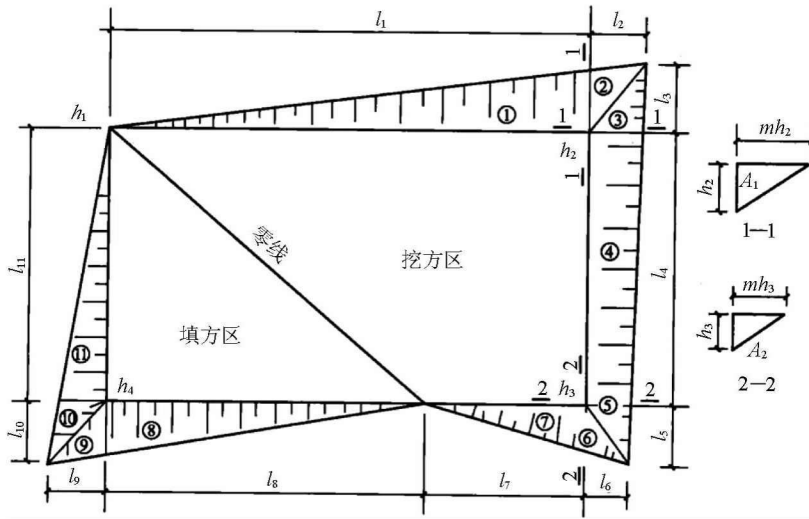


图 1.1.11 场地边坡平面示意

$$V_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} l_4 \quad (1.1.12)$$

两端横断面面积相差很大的情况下,边坡体积为

$$V_4 = \frac{l_4}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1.1.13)$$

式中: l_4 ——边坡④的长度;

A_0, A_1, A_2 ——边坡④中部横断面及两端面积。

⑥计算土方总量

将挖方区(或填方区)所有方格计算的土方量和边坡土方量汇总,即得该场地挖方和填方的总土方量。

(2) 断面法

沿场地的纵向或相应方向取若干个相互平行的断面(可利用地形图定出或实地测量定出),将所取的每个断面(包括边坡)划分成若干个三角形和梯形,如图 1.1.12 所示。

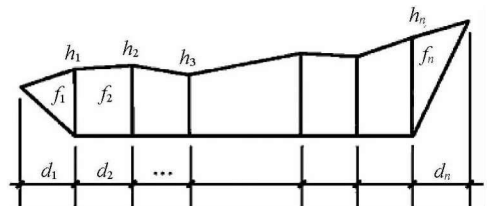


图 1.1.12 断面法计算

对于某一断面,其中三角形和梯形的面积为

$$f_1 = \frac{h_1}{2} d_1, f_2 = \frac{h_1 + h_2}{2} d_2, \dots, f_n = \frac{h_n}{2} d_n \quad (1.1.14)$$

该断面面积为 $F_i = f_1 + f_2 + \dots + f_n$

若 $d_1 = d_2 = \dots = d_n = d$

则 $F_i = d(h_1 + h_2 + \dots + h_n) \quad (1.1.15)$

各个断面面积求出后,即可计算土方体积。设各断面面积分别为 F_1, F_2, \dots, F_n , 相邻两断面之间的距离依次为 l_1, l_2, \dots, l_n , 则所求土方体积为

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} l_1 + \frac{F_2 + F_3}{3} l_2 + \dots + \frac{F_{n-1} + F_n}{2} l_n \quad (1.1.16)$$