



浙江省普通高校“十三五”新形态教材

建筑施工工艺

JIANZHU SHIGONG GONGYI

主 编 张飞燕

副主编 吴 庆 汪国辉 徐向华



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑施工工艺 / 张飞燕主编. — 杭州: 浙江大学出版社, 2019.3

ISBN 978-7-308-18988-0

I. ①建… II. ①张… III. ①建筑工程—工程施工—教材 IV. ①TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 036863 号

建筑施工工艺

主 编 张飞燕

副主编 吴 庆 汪国辉 徐向华

责任编辑 王元新

文字编辑 刘 郡 汪志强

封面设计 周 灵

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 杭州中大图文设计有限公司

印 刷 浙江海虹彩色印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 23

字 数 554 千

版 印 次 2019 年 3 月第 1 版 2019 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-18988-0

定 价 59.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社市场运营中心联系方式: 0571-88925591; <http://zjdxbs.tmall.com>

前言

本教材入选首批浙江省普通高校“十三五”新形态教材。本教材将“新设备、新技术、新工艺、新材料”四新和“信息化、智能化、工业化、国际化、绿色化”建筑五化应用其中,并与各类最新施工规范相衔接,并体现项目化教学的设计理念。其可作为建筑类高职院校的工程造价、建设工程管理、建设工程监理、建筑工程技术等专业的教学用书,也可供现场施工人员及管理人员学习参考。

本教材在编写过程中,追求体现高等职业技术教育培养建筑类高素质技术技能人才的目标,紧密对接最新行业规范标准,内容上除了传统的施工工艺之外,还引入了建筑业信息化、智能化、工业化、国际化、绿色建筑等热点内容,与建筑行业可持续发展理念保持一致。同时,本教材对接“十三五”浙江省优势特色专业的建设和精品在线开放课程建设,我国试图探索线上线下混合式教学新模式,并依托立方书、浙江省高等学校精品在线开放课程共享平台,通过移动互联网技术,将施工工艺视频、微课、作业、测验、图纸、规范、专项施工方案等数字资源嵌入教材,把教材、课堂、教学资源三者融合,创建立体的数字化新形态教材,使读者通过本教材获得多样化的学习方式。

本教材由张飞燕任主编,吴庆、汪国辉、徐向华任副主编,刘瑛瑛、胡江飞、陈云舟、程娟、吴通参加编写。具体分工如下:第1章、第2章由张飞燕编写;第3章由汪国辉编写;第4章由吴庆编写;第5章由刘瑛瑛编写;第6章由胡江飞编写;第7章由徐向华编写;第8章由陈云舟编写;全书由张飞燕最后统稿并定稿,由程娟担任主审。教材中部分二维码链接的数字资源由杭州万霆科技股份有限公司董事长吴通提供,在此表示感谢。

本教材大量引用了相关专业文献和资料,但未在教材中一一注明出处,在此对相关文献的作者表示感谢。限于编者的理论水平和实践经验,对新修订的规范学习理解不够,教材中难免存在疏漏和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2018年8月

目 录

第 1 章 土石方工程施工	1
1.1 土的工程分类及性质	1
1.2 场地平整及土方工程量计算	6
1.3 基坑(槽)开挖与支护	14
1.4 基坑排水与降水施工	28
1.5 土方工程的机械化施工	35
1.6 土方的回填与压实	40
工程实例分析	44
巩固练习	44
第 2 章 地基与基础工程施工	54
2.1 地基处理工程施工	55
2.2 浅基础工程施工	71
2.3 桩基础工程施工	88
工程实例分析	112
巩固练习	113
第 3 章 砌筑工程施工	119
3.1 砌体材料及运输机械	119
3.2 脚手架工程施工	121
3.3 砌体施工	131
工程实例分析	145

巩固练习	146
第4章 钢筋混凝土工程施工	155
4.1 模板工程施工	155
4.2 钢筋工程施工	173
4.3 混凝土工程施工	190
4.4 大体积混凝土施工	204
4.5 预应力混凝土施工	206
4.6 装配式混凝土结构施工	222
工程实例分析	228
巩固练习	229
第5章 钢结构吊装工程施工	238
5.1 钢结构工程概述	238
5.2 起重机械	242
5.3 钢结构的连接	249
5.4 钢结构的安装	258
5.5 钢结构的防腐与防火	268
工程实例分析	271
巩固练习	271
第6章 建筑装饰工程施工	273
6.1 抹灰工程施工	273
6.2 饰面工程施工	284
6.3 楼地面工程施工	288
6.4 吊顶与轻质隔墙工程施工	294
6.5 幕墙工程施工	297
6.6 门窗工程施工	299
6.7 涂料工程施工	303
6.8 裱糊工程施工	304
工程实例分析	306
巩固练习	306

第 7 章 建筑节能	310
7.1 墙体节能	310
7.2 幕墙节能	317
7.3 门窗节能	319
7.4 屋面节能	323
工程实例分析	329
巩固练习	329
第 8 章 防水工程施工	332
8.1 地下防水工程施工	332
8.2 屋面防水工程施工	343
8.3 室内防水工程施工	352
工程实例分析	354
巩固练习	354
参考文献	358

第 1 章 土石方工程施工



学习目标

了解土的工程分类及性质；熟悉土方施工特点、土方边坡形式、边坡坡度概念；掌握土方边坡、土方工程量计算、场地设计表格的确定和土方调配等问题；熟悉土钉支护特点和施工方法、基坑土方开挖方法及注意事项；掌握土壁稳定、施工排水、流砂防治和填土压实的方法；掌握常用土方机械的类型、性能及提高生产率的措施；能利用网格法进行场地平整的设计计算及工作安排，能进行挖填土方量的计算，能编制土方开挖与回填的施工方案，能进行土石方工程质量验收和安全管理。

土石方工程是建筑工程施工中的主要工程之一，在大型建筑工程中，土石方工程的工程量和工期往往对整个工程有较大的影响。土石方工程的施工内容主要包括场地平整、基坑(槽)开挖、土石方运输和填筑，以及施工排水、降水和土壁支护等准备和辅助工作。

土石方工程的施工特点有量大面广，劳动强度大，人力施工效率低、工期长，施工条件复杂，多为露天作业，受地质、水文、气候等影响大，不确定因素较多等。因此，在土石方工程施工前，应详细分析与核查各项技术资料(如地下管道、电缆和地下构筑物等)，进行现场勘查，并根据现场施工条件做好施工组织设计，确定施工方案，选择适当的机械设备，实行科学管理，保证工程质量，缩短工期，降低工程成本。

1.1 土的工程分类及性质

1.1.1 土的工程分类

土的种类不同，其施工方法也就不同，相应的工程量和工程造价也会有所不同。土的种类繁多，其分类方法也较多，而在建筑工程施工中常根据土石方施工时土(石)的开挖难易程度，将土分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石和特坚石等 8 类。前

4 类属一般土,后 4 类属岩石,土的工程分类及其现场鉴别方法如表 1-1 所示。

表 1-1 土的工程分类及其现场鉴别方法

土的分类	土的名称	现场开挖 方法	可松性系数	
			K_s	K_s'
第一类 (松软土)	砂土,粉土,冲积砂土,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)	亚黏土,潮湿的黄土,夹有碎石、卵石的砂土,种植土,填筑土,亚砂土	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	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)	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	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
第五类 (软石)	硬石灰纪黏土,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	1.30~1.45	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,风化痕迹的安山岩、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

注: K_s 为最初可松性系数; K_s' 为最终可松性系数。

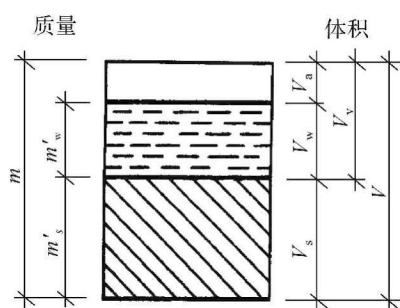
1.1.2 土的基本性质

1. 土的组成

土一般由固体颗粒(固相)、水(液相)和空气(气相)三部分组成,这三部分之间的比例关系随着周围条件的变化而变化,三者相互间比例不同,反映出土的物理状态不同,如干燥、稍湿或很湿,密实、稍密或松散。这些指标是土的最基本的物理性质指标,对评价土的工程性质、进行土的工程分类具有重要意义。

土的三相物质是混合分布的,为了阐述方便,一般用三相图表示,具体如图 1-1 所示。

在三相图中,把土的固体颗粒、水、空气各自划分开来。



m ——土的总质量($m=m'_s+m'_w+m'_a$), kg;
 m'_s ——土中固体颗粒的质量, kg;
 m'_w ——土中水的质量, kg;
 m'_a ——土中空气的质量, kg;
 V ——土的总体积($V=V_a+V_w+V_s$), m^3 ;
 V_a ——土中空气体积, m^3 ;
 V_w ——土中水所占的体积, m^3 ;
 V_s ——土中固体颗粒体积, m^3 ;
 V_v ——土中孔隙体积($V_v=V_a+V_w$), m^3 。

图 1-1 土的三相图

2. 土的物理性质

土的物理性质对土方工程的施工有直接影响,所以在施工之前应详细了解,以避免对工程的施工带来不必要的麻烦。其中,土的基本物理性质有土的密度、土的密实度、土的可松性、土的含水量、土的孔隙比和孔隙率、土的渗透性等。

(1) 土的密度

土的密度分为天然密度和干密度。

①土的天然密度,是指土在天然状态下单位体积的质量。它影响土的承载力、土压力及边坡的稳定性。一般黏土的密度为 $1800\sim 2000\text{kg/m}^3$,砂土的密度为 $1600\sim 2000\text{kg/m}^3$ 。土的天然密度的计算公式如下:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

式中: ρ ——土的天然密度, kg/m^3 ;

m ——土的总质量, kg;

V ——土的天然体积, m^3 。

②土的干密度,是指土的固体颗粒质量与总体积的比值。土的干密度的计算公式如下:

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1-2)$$

式中: ρ_d ——土的干密度, kg/m^3 ;

m_s ——土中固体颗粒的质量, kg;

V ——土的天然体积, m^3 。

土的干密度在一定程度上反映了土颗粒排列的紧密程度,干密度越大,表示土越密实。工程上常把土的干密度作为检验填土压实质量的控制指标。土的最大干密度值可参考表 1-2。

表 1-2 土的最大干密度和最佳含水量参考值

土的种类	变动范围	
	最大干密度/(g/cm ³)	最佳含水量/%
砂土	1.80~1.88	8~12
粉土	1.61~1.80	16~22
亚砂土	1.85~2.08	9~15
亚黏土	1.85~1.95	12~15
重亚黏土	1.67~1.79	16~20
粉质亚黏土	1.65~1.74	18~21
黏土	1.58~1.70	19~23

(2) 土的密实度

土的密实度,是指施工时的填土干密度与实验室所得的最大干密度的比值。土的密实度即土的密实程度,通常用干密度表示。土的密实度的计算公式如下:

$$\lambda_c = \frac{\rho_d}{\rho_{dmax}} \quad (1-3)$$

式中: λ_c ——密实度(即压实系数);

ρ_d ——土的实际干密度,kg/m³;

ρ_{dmax} ——土的最大干密度,kg/m³。

土的密实度对填土的施工质量有很大的影响,它是衡量回填土施工质量的重要指标。

(3) 土的可松性

土的可松性,是指在自然状态下的土经开挖后,其体积因松散而增大,以后虽经回填压实,也不能再恢复其原来的体积。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方面,必须考虑土的可松性。

土的可松性用最初可松性系数和最终可松性系数表示,具体的计算公式如下:

最初可松性系数

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-4)$$

最终可松性系数

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-5)$$

式中: K_s ——土的最初可松性系数;

K'_s ——土的最终可松性系数;

V_1 ——土在自然状态下的体积,m³;

V_2 ——土经开挖后松散状态下的体积,m³;

V_3 ——土经回填压实后的体积,m³。

经分析可知, $K_s > K'_s > 1$ 。在土方工程中, K_s 是计算土方施工机械及运土车辆等的重

要参数, 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。各类土的可松性系数可参考表 1-1。

【例 1-1】 某土石方开挖工程, 自然状态下有 500m^3 的土需要外调, 现用容量为 3m^3 的汽车外运, 需运多少车? (已知该土为二类土, 土的最初可松性系数 $K_s=1.14$, 最终可松性系数 $K_s'=1.05$)

【解】 (1) $V_2 = K_s V_1 = 1.14 \times 500 = 570 (\text{m}^3)$

(2) $n = V_2 / 3 = 570 / 3 = 190 (\text{车})$

3. 土的含水量

土的含水量, 是指土中所含水的质量与土的固体颗粒质量之比, 用百分率表示。土的含水量的计算公式如下:

$$\omega = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中: ω ——土的含水量;

m_w ——土中水的质量, kg;

m_s ——土中固体颗粒的质量, kg。

土的含水量表示土的干湿程度。土的含水量在 5% 以内, 称为干土; 土的含水量在 5% ~ 30%, 称为湿土; 土的含水量大于 30%, 称为饱和土。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夯实质量。如果土的含水量超过 25%, 则机械化施工就困难, 容易使机械打滑、陷车, 因此, 回填土需有最佳含水量。最佳含水量, 是指可使填土获得最大密实度的含水量。土的最佳含水量可参考表 1-2。

4. 土的孔隙比和孔隙率

孔隙比和孔隙率反映了土的密实程度。孔隙比和孔隙率越小, 土越密实。

孔隙比, 是指土的孔隙体积与固体体积的比值。土的孔隙比的计算公式如下:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1-7)$$

式中: e ——土的孔隙比;

V_v ——土中孔隙体积 ($V_v = V_a + V_w$), m^3 ;

V_s ——土中固体颗粒体积, m^3 。

孔隙率, 是指土的孔隙体积与总体积的比值, 用百分率表示。土的孔隙率的计算公式如下:

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad (1-8)$$

式中: n ——土的孔隙率;

V ——土的总体积 ($V = V_a + V_w + V_s$), m^3 。

5. 土的渗透性

土的渗透性, 是指水流通通过土中孔隙的难易程度。水在单位时间内穿透土层的能力称为渗透系数 K , 单位为 m/d 。它主要取决于土体的孔隙特征, 如孔隙的大小、形状、数量和贯通情况等。地下水在土中的渗流速度一般可按达西定律进行计算:

$$V = K \frac{(H_1 - H_2)}{L} = K \frac{Ah}{L} = Ki \quad (1-9)$$

式中: V ——水在土中的渗流速度, m/d ;

K ——土的渗透系数, m/d ;

H_1 ——高水位, m ;

H_2 ——低水位, m ;

i ——水力坡度, 又叫水力梯度。经过长为 L 的渗流路程, A 、 B 两点的水位差为 $H_1 - H_2$, 它与渗流路程之比, 称为水力坡度。具体如图 1-2 所示。

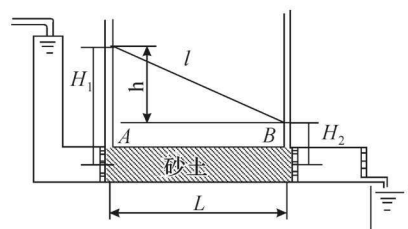


图 1-2 砂土渗透试验

渗透系数 K 值反映出土透水性的强弱。它将直接影响降水方案的选择和涌水量计算的准确性, 可通过室内渗透试验或现场抽水试验确定。一般土的渗透系数可参考表 1-3。

表 1-3 土的渗透系数

土的种类	$K/(\text{m/d})$	土的种类	$K/(\text{m/d})$
黏土、亚黏土	<0.1	含黏土的中砂及纯细砂	20~25
亚砂土	0.1~0.5	含黏土的细砂及纯中砂	35~50
含黏土的粉砂	0.5~1.0	纯粗砂	50~75
纯粉砂	1.5~5.0	粗砂夹卵石	50~100
含黏土的细砂	10~15	卵石	100~200

1.2 场地平整及土方工程量计算

在丘陵和山区地带, 建筑场地往往处在凹凸不平的自然地貌上, 开工之前必须通过挖高填低将场地平整。而在场地平整之前, 又先要确定场地的设计标高, 计算挖、填土方工程量, 确定土方平衡调配方案, 然后根据工程规模、施工工期、土的工程性质及现有的机械设备条件, 选择土方施工机械, 拟订施工方案。

1.2.1 土方工程施工前的准备工作

土方工程施工前应做好以下准备工作:

(1) 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和古墓, 拆除或改建通信、电力设备、地下管线及地下建筑物, 迁移树木, 去除耕植土及河塘淤泥等。

(2) 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, 以便于土方施工。地面水的排除一般要采用排水沟、截水沟、挡水土坝等措施。

(3) 修筑好临时道路及供水、供电等临时设施。

(4) 做好材料、机具及土方机械的进场工作。



1-1 施工准备

(5)做好土方工程测量、放线工作。

(6)根据土方工程设计做好土方工程的辅助工作,如边坡稳定、基坑(槽)支护、降低地下水等。

1.2.2 场地平整及土方工程量计算

1. 确定场地设计标高

场地设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据,也是总体规划和竖向设计的依据。合理地确定场地设计标高,对减少土方量、加速工程速度都有重要的经济意义。如图1-3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。因此,在确定场地设计标高时,应结合现场的具体条件,反复进行技术与经济的比较,选择最优方案。

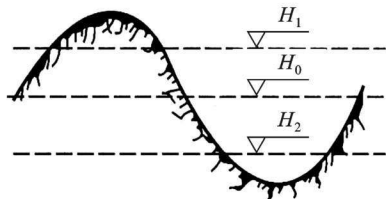


图1-3 场地不同设计标高的比较

场地平整设计标高的确定一般有以下两种情况:

一种是整体规划设计时确定场地设计标高,此时必须综合考虑以下因素:

- ①要能满足生产工艺和运输的要求;
- ②要充分利用地形,满足城市或区域地形规划和市政排水的要求;
- ③要按照场地内的挖方与填方能达到相互平衡(亦称“挖填平衡”)的原则进行计算,以降低土方运输费用;
- ④要有一定泄水坡度($\geq 2\text{‰}$),满足排水要求;
- ⑤要考虑最高洪水位的影响。

另一种是总体规划没有确定场地设计标高时,按场地内挖填平衡、降低运输费用为原则,确定设计标高,由此来计算场地平整的土方工程量。

场地设计标高一般应在设计文件中规定,若设计文件对场地设计标高没有规定时,可按下述步骤来确定场地设计标高。

(1)初步确定场地设计标高 H_0

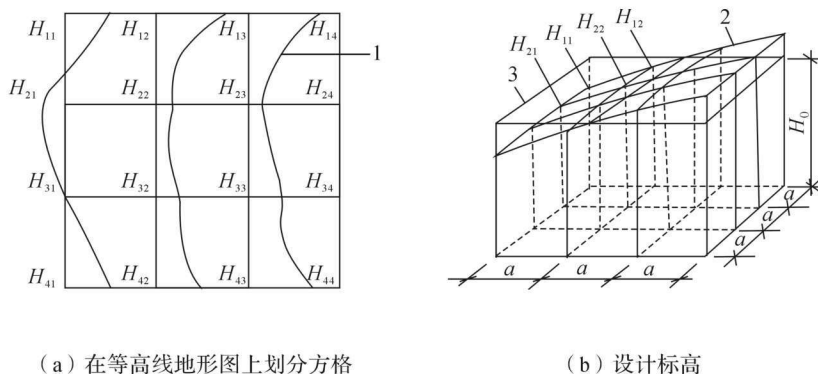
初步计算场地设计标高的原则是场内挖填方平衡,即场内挖方总量等于填方总量($\sum V_{\text{挖}} = \sum V_{\text{填}}$)。

在具有等高线的地形图上将施工区域划分为边长 $a=10\sim 40\text{m}$ 的若干方格,如图1-4(a)所示。确定每个方格的各角点地面标高,一般根据地形图上相邻两等高线的标高,用插入法求得;在无地形图情况下,也可在地面用木桩打好方格网,然后用仪器直接测出方格网各角点标高。有了各方格角点的自然标高后,场地设计标高 H_0 就可按以下公式计算:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4N} \quad (1-10)$$

式中: N ——方格网内方格个数;

- H_1 ——一个方格仅有的角点标高, m, 如图 1-4(a) 中的 H_{11} 、 H_{14} 等共 4 个;
 H_2 ——两个方格共有的角点标高, m, 如图 1-4(a) 中的 H_{12} 、 H_{13} 等共 8 个;
 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, 如图 1-4(a) 中的 H_{22} 、 H_{23} 等共 4 个。



1—等高线; 2—自然地面; 3—设计标高平面。

图 1-4 场地设计标高计算

(2) 调整场地设计标高

根据公式(1-10)初步确定的场地设计标高 H_0 仅为—理论值, 实际上, 还需要根据以下因素对其进行调整。

①土的可松性影响。由于土具有可松性, 会造成填土的多余, 故需相应地提高设计标高。

②场内挖方和填方的影响。由于场地内大型基坑挖出的土方, 修筑路堤填高的土方, 以及从经济角度比较, 将部分挖方就近弃于场外(简称弃土)或将部分填方就近取土于场外(简称借土)等, 均会引起挖填土方量的变化。必要时, 需重新调整设计标高。

③考虑泄水坡度对设计标高的影响。按调整后的同一设计标高进行场地平整时, 整个场地表面处于同一水平面, 但实际上由于排水的要求, 场地需要一定泄水坡度。平整场地的表面坡度应符合设计要求, 如无设计要求时, 排水沟方向的坡度应不小于 2‰。因此, 还需要根据场地的泄水坡度要求(单项泄水或双向泄水), 计算出场地内各方格角点实际施工所用的设计标高。

a. 单向泄水时, 场地各点设计标高的求法。当考虑场内挖填平衡的情况下, 按公式(1-10)计算出的初步场地设计标高 H_0 作为场地中心线的标高, 如图 1-5 所示。场地内任一点的设计标高按以下公式计算:

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

式中: H_n ——场地内任一点的设计标高, m;

l ——该点到 H_0 的距离, m;

i ——场地单向泄水坡度, 不小于 2‰。

b. 双向泄水时, 场地各点设计标高的求法。其原理与单向泄水相同, 如图 1-6 所示。初步场地设计标高 H_0 作为场地中心点标高, 场地内任一点的设计标高按以下公式计算:

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

式中: H_n ——场地内任一点的设计标高, m;

l_x 、 l_y ——该点与 $x-x$ 、 $y-y$ 方向距场地中心线的距离, m;

i_x 、 i_y ——该点与 $x-x$ 、 $y-y$ 方向的泄水坡度。

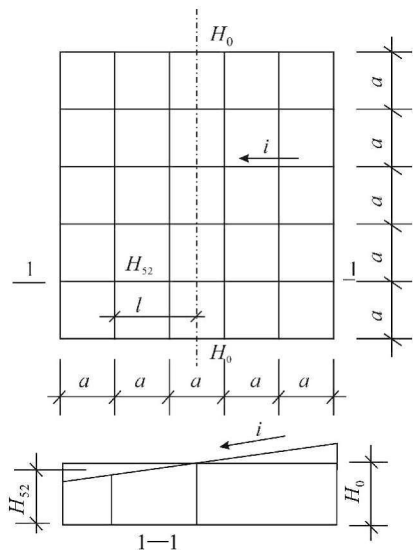


图 1-5 单向泄水坡度的场地

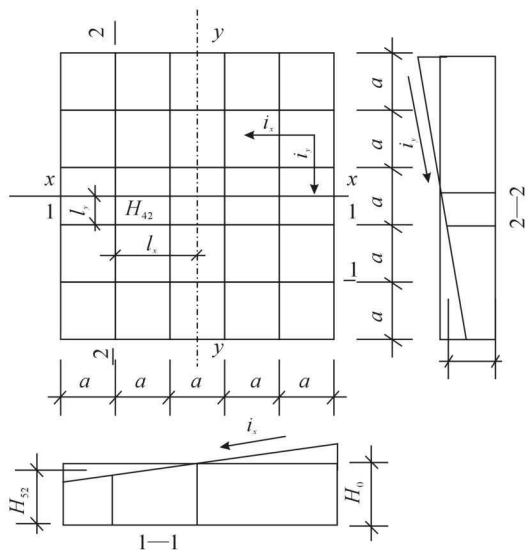


图 1-6 双向泄水坡度的场地

2. 场地土方工程量计算

大面积场地的土方量通常采用方格网法计算,即根据方格网的自然地面标高和实际采用的设计标高,计算出相应的角点挖填高度(即施工高度),然后计算出每一方格的土方量,并算出场地边坡的土方量,这样便可得整个场地的填、挖土方总量。其计算步骤如下:

(1) 计算场地各方格角点的施工高度

场地内各方格角点的施工高度按以下公式计算:

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

式中: h_n ——角点施工高度,即填挖高度,以“+”为填,“-”为挖, m;

H_n ——角点设计标高, m;

H ——角点的自然地面标高, m。

(2) 确定“零线”

“零线”即挖方区和填方区的分界线,也就是不挖不填的线。零线的确定方法是先求出有关方格边线(此边线的一端为挖,另一端为填)上的“零点”(不挖不填的点),将相邻的零点连接起来,即为零线。

确定零点采用图解法,如图 1-7 所示。其中, h_1 为填方角点的施工高度; h_2 为挖方角点的施工高度, 0 为零点位置。零点可按以下公式计算:

$$x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} \quad (1-14)$$

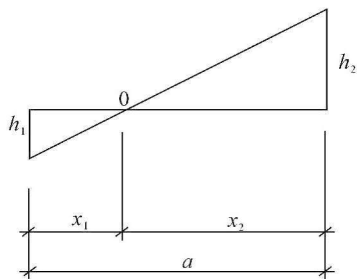


图 1-7 求零点的图解法

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

(3) 计算场地填挖土方量

场地土方量计算可采用四方棱柱体法或三角棱柱体法。用四方棱柱体法计算时,依据方格角点的施工高度,分为以下 3 种类型:

①方格四个角点全部为填或全部为挖,如图 1-8 所示,其土方量按以下公式计算:

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

式中: V ——挖方或填方的体积, m^3 ;

h_1, h_2, h_3, h_4 ——方格角点的施工高度,均用绝对值代入, m 。

②方格的相邻两角点为挖,另两角点为填,如图 1-9 所示,其挖、填土方量分别按以下公式计算:

$$\text{挖方部分土方量} \quad V_{1,2} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_1^2}{h_1 + h_2} + \frac{h_2^2}{h_2 + h_3} \right) \quad (1-17)$$

$$\text{填方部分土方量} \quad V_{3,4} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_3^2}{h_3 + h_2} + \frac{h_4^2}{h_4 + h_1} \right) \quad (1-18)$$

③方格的三角点为挖,另一角点为填(或三填一挖),如图 1-10 所示,其填、挖土方量分别按以下公式计算:

$$\text{填方部分土方量} \quad V_4 = \frac{a^2}{6} \left(\frac{h_4^3}{(h_1 + h_4)(h_2 + h_3)} \right) \quad (1-19)$$

$$\text{挖方部分土方量} \quad V_{1,2,3} = \frac{a^2}{6} (2h_1 + h_2 + 2h_3 - h_4) + V_4 \quad (1-20)$$

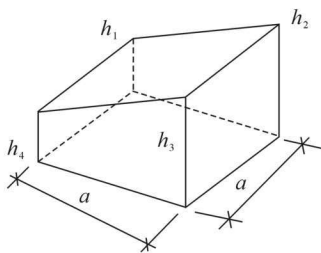


图 1-8 全挖或全填的方格

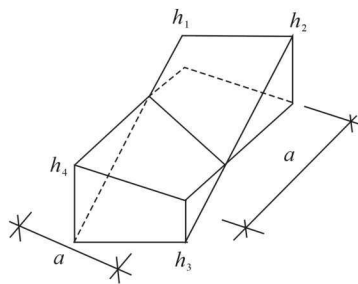


图 1-9 两挖和两填的方格

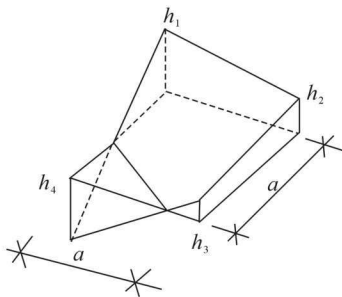


图 1-10 三挖一填或三填一挖的方格

1.2.3 场地平整土方量计算实例

某建筑场地方格网($a=20\text{m}$)及各方格顶点地面标高如图 1-11 所示。该场地土质为亚黏土(普通土),地面设计双向泄水,泄水坡度为 $i_x=3\text{‰}$ 、 $i_y=2\text{‰}$ 。在建筑设计、生产工艺和最高洪水位等方面均无特殊要求。按挖填平衡要求,试确定场地设计标高(不考虑土的可松性影响,如有余土,用以加宽边坡),并计算挖、填土方工程量。(小数点后保留两位)

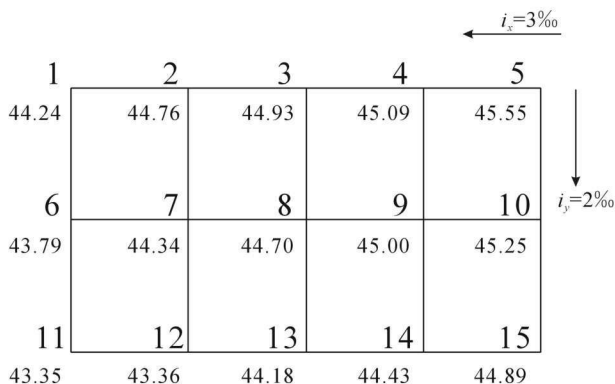


图 1-11 场地方格网及各角点的地面标高

【解】 (1) 初步计算场地

设计标高 H_0 :

$$\sum H_1 = 44.24 + 43.35 + 44.89 + 45.55 = 178.03(\text{m})$$

$$2\sum H_2 = 2 \times (43.79 + 43.36 + 44.18 + 44.43 + 45.25 + 45.09 + 44.93 + 44.76) = 711.58(\text{m})$$

$$3\sum H_3 = 0$$

$$4\sum H_4 = 4 \times (44.34 + 44.70 + 45.00) = 536.16(\text{m})$$

$$H_0 = (\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4) / (4N) = (178.03 + 711.58 + 536.16) / (4 \times 8) = 44.56(\text{m})$$

(2) 根据要求的泄水坡度计算各方格角点的设计标高,以场地中心点角点为 H_0 ,其余各角点设计标高为:

$$H_1 = H_0 - 40 \times 3\text{‰} + 20 \times 2\text{‰} = 44.56 - 0.12 + 0.04 = 44.48(\text{m})$$

$$H_2 = H_1 + 20 \times 3\text{‰} = 44.48 + 0.06 = 44.54(\text{m})$$

$$H_3 = H_2 + 20 \times 3\text{‰} = 44.54 + 0.06 = 44.60(\text{m})$$

$$H_4 = H_3 + 20 \times 3\text{‰} = 44.60 + 0.06 = 44.66(\text{m})$$

$$H_5 = H_4 + 20 \times 3\text{‰} = 44.66 + 0.06 = 44.72(\text{m})$$

$$H_6 = H_0 - 40 \times 3\text{‰} = 44.56 - 0.12 = 44.44(\text{m})$$

$$H_7 = H_0 - 20 \times 3\text{‰} = 44.56 - 0.06 = 44.50(\text{m})$$

$$H_8 = H_0 = 44.56(\text{m})$$

$$H_9 = H_0 + 20 \times 3\text{‰} = 44.56 + 0.06 = 44.62(\text{m})$$

$$H_{10} = H_0 + 40 \times 3\text{‰} = 44.56 + 0.12 = 44.68(\text{m})$$

$$H_{11} = H_0 - 40 \times 3\text{‰} - 20 \times 2\text{‰} = 44.56 - 0.12 - 0.04 = 44.40(\text{m})$$

$$H_{12} = H_{11} + 20 \times 3\text{‰} = 44.40 + 0.06 = 44.46(\text{m})$$