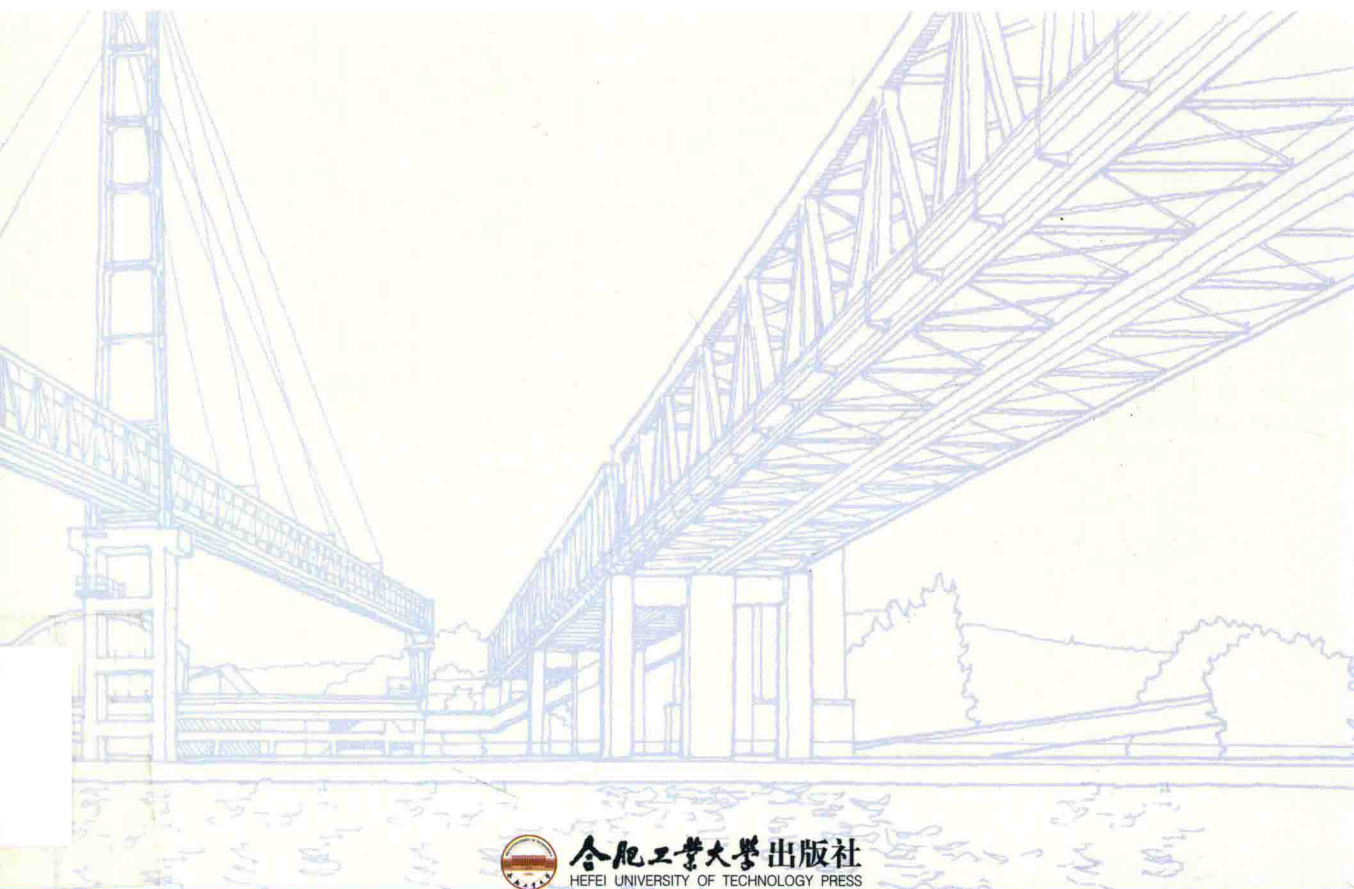


土木工程施工与组织管理

TUMU GONGCHENG SHIGONG YU ZUZHI GUANLI

刘莉萍 刘万锋 主 编
杨 阳 郭建博 副主编



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

土木工程施工与组织管理

刘莉萍 刘万锋 主 编
杨 阳 郭建博 副主编

 合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工与组织管理/刘莉萍,刘万锋主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2019.3
ISBN 978-7-5650-4442-7

I. ①土… II. ①刘…②刘… III. ①土木工程—工程施工②土木工程—施工组织
③土木工程—施工管理 IV. ①TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 046142 号

土木工程施工与组织管理

主 编 刘莉萍 刘万锋

责任编辑 张择瑞 汪 钵

出 版 合肥工业大学出版社

版 次 2019年3月第1版

地 址 合肥市屯溪路193号

印 次 2019年6月第1次印刷

邮 编 230009

开 本 787毫米×1092毫米 1/16

电 话 理工教材编辑部:0551-62903204

印 张 26.75

市 场 营 销 部:0551-62903198

字 数 618千字

网 址 www.hfutpress.com.cn

印 刷 合肥现代印务有限公司

E-mail hfutpress@163.com

发 行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-4442-7

定价:58.00元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

前 言

《土木工程施工与组织管理》是土建类专业的专业必修课程。该课程主要介绍了土木工程施工中,各类施工技术的基本理论、基本方法和基本应用以及如何合理地组织项目施工,实现项目既定的质量、成本和工期目标,取得良好的经济效益。本课程对于学生从事土木工程施工、管理、监理、咨询、设计、研究、教育等工作均具有十分重要的作用。

通过本课程的学习,学生能掌握土木工程施工技术的一般规律以及土木工程施工中各主要工种工程的施工技术和施工工艺原理、方法,了解土木工程施工中的新技术、新材料、新工艺的发展和应用,具备发现并有效处理土木工程施工过程中的一般性技术问题的基本能力,具备科学、合理地组织与管理土木工程施工的基本能力,具备根据土木工程项目的主客观实际情况优选施工方案、施工方法的基本能力和有效组织、管理施工安全生产的基本能力。

本书全面介绍了土木工程施工技术与施工组织管理的理论和方法,列举了实际案例,理论与实践相结合,并且配有一定数量的习题,方便读者学习。本书内容全面,实用性强,可作为高等院校土建类专业、工程管理专业及其他相关专业的教材,也可作为土建类专业执业资格考试和工程施工管理参考用书。

全书共 15 章,前言和第 1、5、11、12、13 章由陇东学院土木工程学院刘莉萍编写,第 3、4 章由陇东学院土木工程学院刘万锋编写,第 2、6、7、8、9、10 章由陇东学院土木工程学院杨阳编写,第 14、15 章由陇东学院土木工程学院郭建博编写,全书由刘莉萍统稿。

在本书的编写过程中,得到了陇东学院著作基金资助及相关部门的大力支持,也得到了同行专家的鼎力相助,本书编写过程中,参考和引用了相关规范以及众多专家学者的相关资料,在此表示由衷的感谢!由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,诚恳希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 土方工程	(1)
1.1 土方工程概述	(1)
1.2 场地标高设计与场地平整	(4)
1.3 基坑(槽)土方工程施工	(14)
1.4 降水	(18)
1.5 土方填筑	(28)
思考练习题	(33)
第 2 章 桩基础工程	(34)
2.1 概述	(34)
2.2 预制桩施工	(34)
2.3 灌注桩施工	(40)
思考练习题	(47)
第 3 章 脚手架工程	(49)
3.1 概述	(49)
3.2 扣件式钢管脚手架	(49)
3.3 碗扣式钢管脚手架	(54)
3.4 门式钢管脚手架	(55)
3.5 升降式脚手架	(57)
3.6 里脚手架	(62)
思考练习题	(63)

第 4 章 砌筑工程	(64)
4.1 概述	(64)
4.2 砌体材料	(64)
4.3 砌砖施工	(68)
4.4 砌块施工	(71)
4.5 砌体的冬期施工	(73)
思考练习题	(76)
第 5 章 混凝土结构工程	(78)
5.1 钢筋工程	(78)
5.2 混凝土工程	(95)
5.3 模板工程	(114)
思考练习题	(128)
第 6 章 预应力混凝土工程	(130)
6.1 概述	(130)
6.2 预应力钢筋、锚(夹)具、张拉机械	(131)
6.3 先张法施工	(135)
6.4 后张法施工	(145)
思考练习题	(160)
第 7 章 钢结构工程	(162)
7.1 钢结构的加工	(162)
7.2 钢结构的连接	(168)
7.3 钢结构的预拼装	(179)
思考练习题	(180)
第 8 章 结构安装工程	(181)
8.1 起重机械	(181)
8.2 起重设备	(191)
8.3 构件安装	(197)
思考练习题	(217)

第 9 章 防水工程	(219)
9.1 防水材料	(219)
9.2 地下防水工程	(222)
9.3 屋面防水工程	(234)
思考练习题	(245)
第 10 章 装饰工程	(246)
10.1 概述	(246)
10.2 抹灰工程	(246)
10.3 饰面板(砖)工程	(251)
10.4 涂饰工程	(258)
10.5 楼地面工程	(261)
思考练习题	(265)
第 11 章 施工组织概论	(267)
11.1 土木工程产品及其生产的特点	(267)
11.2 建设项目与基本建设程序	(270)
11.3 施工组织设计	(275)
11.4 施工准备工作	(280)
思考练习题	(285)
第 12 章 流水施工原理	(287)
12.1 流水施工的基本概念	(287)
12.2 流水施工的基本参数	(292)
12.3 流水施工分类	(298)
12.4 流水施工组织方式	(300)
思考练习题	(310)
第 13 章 网络计划技术	(313)
13.1 网络计划概述	(313)
13.2 双代号网络计划	(315)
13.3 双代号时标网络计划	(334)

13.4	单代号网络计划	(338)
13.5	网络计划的优化	(345)
	思考练习题	(359)
第 14 章	施工组织总设计	(364)
14.1	编制原则、依据及内容	(364)
14.2	工程概况及施工部署	(366)
14.3	施工总进度计划	(369)
14.4	资源总需求计划	(372)
14.5	施工总平面图	(374)
14.6	施工组织总设计的技术经济评价	(387)
	思考练习题	(390)
第 15 章	单位工程施工组织设计	(392)
15.1	概述	(392)
15.2	工程概况与施工条件	(395)
15.3	施工方案的选择	(396)
15.4	单位工程施工进度计划安排	(404)
15.5	资源需求计划的编制	(408)
15.6	单位工程施工现场平面图设计	(410)
15.7	单位工程施工组织管理措施	(415)
	思考练习题	(418)
参考文献	(420)

【学习内容】本章主要介绍了土方工程施工种类、施工特点、土的工程分类及工程性质；场地平整施工的竖向规划设计；土方量的计算；土方开挖的边坡稳定及支护施工方法；土方基坑开挖的排水、降水方案，轻型井点降水系统的设计及流砂现象的原因与防治；土方工程机械化施工；土方工程压实质量的控制与检验。

1.1 土方工程概述

1.1.1 土方工程的种类

土方工程是土木工程施工中主要分部工程之一，通常也是土木工程施工过程中的第一道工序。土方工程根据施工内容和方法不同，一般可以分为以下几种。

1. 场地平整

场地平整是将天然地面改造成所要求的设计平面。其特点是面广，量大，工期长，施工条件复杂，受气候、水文、地质等因素的影响。因此，施工前应深入调查，详细掌握各种资料，根据施工工程的特点、规模，拟定合理的施工方案，尽可能采用机械化施工，为整个工程的后续工作提供一个平整、坚实、干燥的施工场地，并为基础工程施工做好准备。

2. 基坑(槽)及管沟开挖

基坑(槽)及管沟开挖是指在地面以下为浅基础、桩承台及地下管道等施工而进行的土方开挖。其特点是要求开挖的断面、标高、位置准确，受气候影响较大，所以施工前必须做好施工准备，制定合理的开挖方案，以加快施工进度，保证施工质量。

3. 地下大型土方开挖

地下大型土方开挖是指在地面以下如人防工程、大型建筑物的地下室、深基础及大型设备基础等而进行的土方开挖。它涉及降低地下水位、边坡稳定及支护、邻近建筑物的安全防护等问题，因此，在开挖土方前，应进行认真研究，制定切实可行的施工技术措施。

4. 土方填筑

土方填筑是对低洼处用土方分层填平。包括大型土方填筑，基坑、基槽、管沟回填，前者与场地平整同时进行，后者在地下工程施工完成后进行。对土方填筑，要求严格选择土料、分层填筑、分层压实。

1.1.2 土方工程的施工特点

1. 工程量大

由于建筑产品的体积庞大，所以土方工程的工程量也较大。

2. 劳动繁重和施工条件复杂

土方工程一般都在露天的环境下作业,所以施工条件艰苦。人工开挖土方,工人劳动强度大,工作繁重。土方施工经常受各地气候、水文、地质、地下障碍物等因素的影响,不可确定的因素也较多,施工有时会遇到各种意想不到的问题。

因此,在组织土方工程施工前,应详细分析施工条件,核对各项技术资料,进行现场调查,并根据现场条件制定出技术可行、经济合理的施工方案。土方施工要尽量避开雨季,如不能避开,则要做好防洪和排水工作。

1.1.3 土的工程分类

土的种类繁多,其分类方法也很多。在土方工程施工中,根据土的开挖难易程度,将土分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石等八类,前四类为土,后四类为石(表 1-1)。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地套用定额来计算土方工程费用。

表 1-1 土的工程分类

土的分类	土的名称	开挖方法及工具	可松性	
			K_s	K'_s
第一类 (松软土)	砂土、粉土、冲积砂土层;疏松的种植土,泥炭(淤泥)	用锹、锄头挖掘	1.08~1.17	1.01~1.04
第二类 (普通土)	粉质黏土,潮湿的黄土,夹有碎石、卵石的砂;粉质混卵(碎)石;种植土、填土	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、压实填土	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 (砂砾坚土)	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	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,软石灰岩及贝壳石灰岩	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、片麻岩及正长岩	用爆破方法,部分用风镐	1.30~1.45	1.10~1.20
第七类 (坚石)	大理石、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、角闪岩	用爆破方法	1.45~1.50	1.20~1.30

1.1.4 土的工程性质

土有多种工程性质,其中影响土方工程施工的有土的质量密度、可松性、含水量以及渗透率。

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,它影响土的承载力、土压力及边坡稳定性。土的干密度是指单位体积土中固体颗粒的含量,是检验土的压实质量的控制指标。

2. 土的可松性

自然状态下的土(原土)经开挖后,其体积因松散而增加,以后虽经回填夯实,仍不能恢复到原状土的体积,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如下:

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

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-2)$$

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, m^3 ;

V_2 ——土经开挖后的松散体积, m^3 ;

V_3 ——土经回填压实后的体积, m^3 。

土的可松性对土方的调配、计算土方的运输量、填方量及运输工具数量等都有影响,尤其是大型挖方工程,必须考虑土的可松性。

3. 土的含水量

土的含水量是指土中所含的水与土的固体颗粒之间的质量比,以百分数表示:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中: W ——土的含水量;

m_1 ——含水状态时土的质量;

m_2 ——烘干后土的质量;

m_w ——土中水的质量;

m_s ——土中固体颗粒的质量。

土的含水量对土方边坡的稳定性和填土压实质量均有影响。土方回填时则需要有最优含水量方能夯压密实,获得最佳干密度。

4. 土的渗透性

土的渗透性是指土体被水透过的性质。土的渗透性用渗透系数 K 表示。地下水在土中渗流速度可按达西定律计算:

$$V = Ki \quad (1-4)$$

式中: V ——水在土中的渗流速度, m/d 或 cm/s ;

i ——水力坡度;

K ——土的渗透系数, m/d 或 cm/s 。

渗透系数 K 反映出土的透水性强弱, 它直接影响降水方案的选择和涌水量计算的准确性, 一般可通过室内渗透试验或现场抽水试验确定, 一般土的渗透系数见表 1-2。

表 1-2 土的渗透系数参考值

土的种类	渗透系数 $K(cm/s)$	渗透性
纯砾	$>10^{-1}$	高渗透性
纯砂与砾混合物	$10^{-3} \sim 10^{-1}$	中渗透性
极细砂	$10^{-5} \sim 10^{-3}$	低渗透性
粉土、砂与黏土混合物	$10^{-7} \sim 10^{-5}$	极低渗透性
黏土	$<10^{-7}$	几乎不透水

1.2 场地标高设计与场地平整

1.2.1 场地设计标高的确定

场地设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据, 也是总施工图规划和土方竖向设计的依据。合理确定场地的设计标高, 对减少土方量, 节约土方运输费用, 加快施工进度等都有重要的意义。选择设计标高时应满足生产工艺和运输的要求; 尽量利用地形使场内挖填平衡, 以减少土方运输费用; 要有一定的泄水坡度($\geq 2\%$), 满足排水要求; 考虑最高洪水位的影响。

场地设计标高一般应在设计文件上规定; 若设计文件没有规定时, 可按下述步骤和方法确定。

1. 按挖填平衡原则确定设计标高

首先将场地的地形图根据要求的精度划分成边长为 $10 \sim 40m$ 的方格网(图 1-1a)。在各方格左上角逐一标出其角点的编号, 然后求出各方格角点的地面标高, 标于各方格的左下角。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; 当地形起伏较大或无地形图时, 可在地面用木桩打好方格网, 用仪器直接测出。

按照场地内土方在平整前及平整后相等的原则, 场地设计标高可按式(1-5)计算:

$$H_0 n a^2 = \sum \left(a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right)$$

$$H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4n} \quad (1-5)$$

式中: H_0 ——场地设计标高;

a ——方格边长；

n ——方格数；

$H_{11}, H_{12}, H_{21}, H_{22}$ ——1个方格的4个角点标高。

从图1-1可见, H_{11} 系1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, 而 H_{22} 系相邻4个方格的公共角点标高。如果将所有方格的4个角点标高相加, 则类似 H_{12} 的角点标高需加2次, 而类似 H_{22} 的角点标高要加4次, 为便于计算, 式(1-5)可改写成下列的形式:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4n} \quad (1-6)$$

式中: H_1 ——1个方格独有的角点标高；

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。

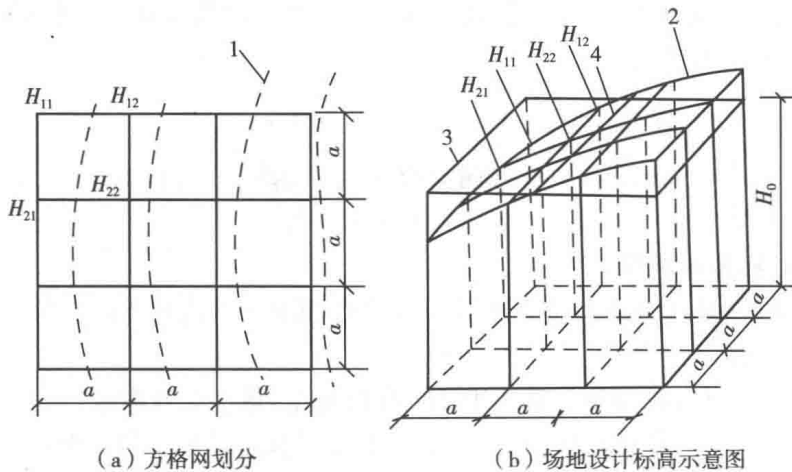


图1-1 场地设计标高计算示意图

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

场地设计标高的初步调整主要是泄水坡度的调整。按上述计算和调整后的场地设计标高, 平整后场地是一个平面。但实际上由于排水的要求, 场地表面需要有一定的泄水坡度, 其大小应符合设计规定。因此, 在计算的 H_0 (或经调整后的 H'_0) 基础上, 要根据场地要求的泄水坡度(单向泄水或双向泄水见图1-2), 最后计算出场地内各方格角点实际施工时的设计标高。

单向泄水时, 以计算出的实际标高 H_0 (或调整后的设计标高 H'_0) 作为场地中心线的标高。场地内任意1个方格角点的设计标高为:

$$H_n = H_0 (H'_0) \pm li \quad (1-7)$$

式中: l ——该方格角点距场地中心线的距离, m;

i ——场地泄水坡度。

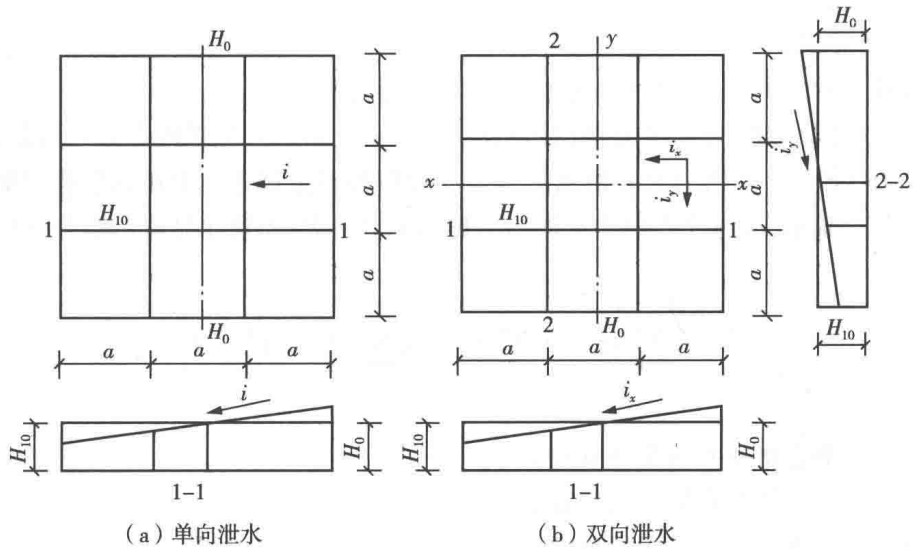


图 1-2 场地泄水坡度示意图

当场地表面为双向泄水时,设计标高的求法原理与单向泄水坡度时相同。场地内任意一个方格角点的设计标高为:

$$H_n = H_0(H'_0) \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-8)$$

式中: l_x, l_y ——该点与 $x-x, y-y$ 方向上距场地中心线的距离, m;

i_x, i_y ——场地在 $x-x, y-y$ 方向上的泄水坡度。

2. 场地设计标高的调整

按公式(1-5)所计算的设计标高 H_0 系一理论值,实际上还需要考虑以下因素进行调整。

(1) 土的可松性

由于土具有可松性,按理论计算出的 H_0 进行施工,填土会有剩余,需相应地提高设计标高。如图 1-3 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 V'_w 为:

$$V'_w = V_w - F_w \Delta h \quad (1-9)$$

总填方体积为:

$$V'_T = V_T + F_T \Delta h \quad (1-10)$$

而

$$V'_T = V'_w K'_S \quad (1-11)$$

所以

$$V_T + F_T \Delta h = (V_w - F_w \Delta h) K'_S \quad (1-12)$$

移项整理得:

$$\Delta h = \frac{V_w K'_S - V_T}{F_T + F_w K'_S} \quad (1-13)$$

当 $V_w = V_T$ 时,式(1-13)化为:

$$\Delta h = \frac{V_w(K'_s - 1)}{F_T + F_w K'_s} \quad (1-14)$$

故考虑土的可松性后,场地设计标高应调整为:

$$H'_0 = H_0 + \Delta h \quad (1-15)$$

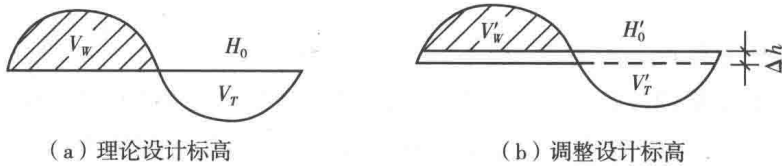


图 1-3 设计标高调整计算

(2) 借土或弃土

由于受设计标高以下的各种填方工程的填土量或设计标高以上的各种挖方工程的挖土量的影响,以及经过经济比较而将部分挖方就近弃土于场外(弃土),或部分填方就近从场外取土(借土),都会导致设计标高的降低或提高。因此必要时亦需重新调整设计标高。

1.2.2 土方工程量计算

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。当场地地形较为平坦时宜采用方格网法;当场地地形起伏较大、断面不规则时,宜采用断面法。

1. 方格网法

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。

场地平整土方量的计算具体步骤如下。

(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(挖或填的高度),可按式(1-16)计算:

$$h_n = H_n - H \quad (1-16)$$

式中: h_n ——角点的施工高度(以“+”为填,“-”为挖);

H_n ——角点的设计标高;

H ——角点的自然地面标高。

(2) 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“-”时,则此方格中的土方一部分为填方,另一部分为挖方。挖填方的分界线,称为零线,零线上的点不填不挖,称之为不开挖点或零点。确定零线时,要先确定方格边线上的零点,位置可按式(1-17)计算(图 1-4):

$$x = \frac{ah_A}{h_A + h_B} \quad (1-17)$$

式中: x —— 零点距角点 A 的距离, m ;

a —— 方格边长, m ;

h_A, h_B —— 相邻两角点 A, B 的施工高度 (取绝对值), m 。

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范围和填方范围两部分。

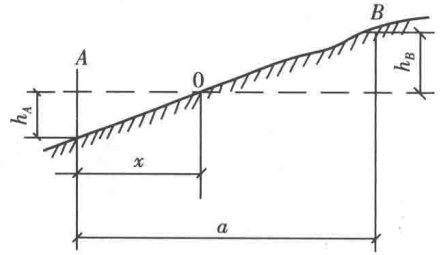


图 1-4 零点位置计算

(3) 计算场地方格挖填土方量

场地各方格土方量的计算, 一般有下列四种类型, 可采用四方棱柱体的体积计算方法。

① 方格四个角点全部为填方或全部为挖方(图 1-5), 其土方量为:

$$V = \frac{a^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-18)$$

② 方格的相邻两角点为挖方, 另两角点为填方(图 1-6), 其挖方部分的土方量为:

$$V_{1,2} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_1^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_2^2}{h_2 + h_3} \right) \quad (1-19)$$

填方部分的土方量为:

$$V_{3,4} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_4^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_3^2}{h_2 + h_3} \right) \quad (1-20)$$

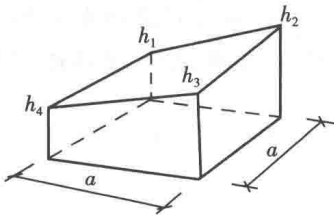


图 1-5 全挖(全填)方格

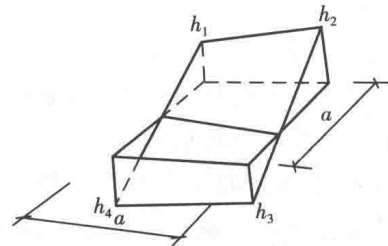


图 1-6 两挖两填方格

③ 方格的三个角点为挖方, 另一个角点为填方, 或者相反时(图 1-7), 其填方部分土方量为:

$$V_4 = \frac{a^2}{6} \frac{h_4^3}{(h_3 + h_4)(h_4 + h_1)} \quad (1-21)$$

挖方部分土方量为:

$$V_{1,2,3} = \frac{a^2}{6} (2h_1 + h_2 + 2h_3 - h_4) + V_4 \quad (1-22)$$

④ 方格的一个角点为挖方, 相对角点为填方, 另两个角点为零点时(图 1-8), 其挖(填)方土方量为:

$$V = \frac{1}{6} a^2 h \quad (1-23)$$

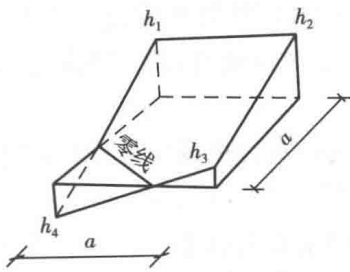


图 1-7 三挖一填(或三填一挖)方格

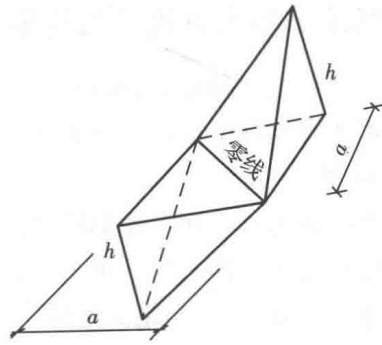


图 1-8 一挖一填方格

以上的计算公式是根据平均中断面的近似公式推导而得,当方格网中地形不平时误差较大,但计算简单,目前用人工计算土方量时多用此法。为提高计算精度,也可将方格网按等高线走向再划成三角棱柱体进行计算,此法计算工作量大,一般适宜用电子计算机计算土方量。

2. 断面法

沿场地取若干个相互平行的断面,将所取的每个断面划分为若干个三角形和梯形(图 1-9),则面积为:

$$f_1 = \frac{h_1 d_1}{2}, f_2 = \frac{(h_1 + h_2) d_2}{2}, \dots$$

某一断面面积为:

$$F_i = f_1 + f_2 + \dots + f_n$$

若 $d_1 = d_2 = d_3 = \dots = d_n = d$, 则:

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

设各断面面积分别为 F_1, F_2, \dots, F_m , 相邻两断面间的距离依次为 L_1, L_2, \dots, L_m , 则所求土方量为:

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} L_1 + \frac{F_2 + F_3}{2} L_2 + \dots + \frac{F_{m-1} + F_m}{2} L_{m-1} \quad (1-24)$$

用断面法计算土方量时,边坡土方量已包括在内。

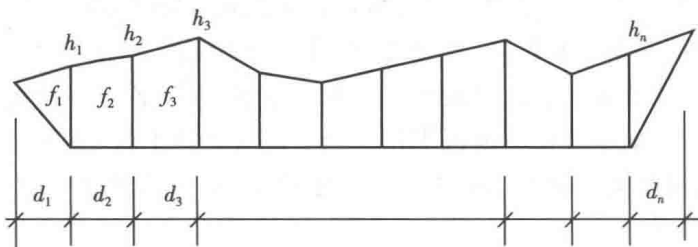


图 1-9 断面法计算土方量