

TUMU GONGCHENG SHIGONG

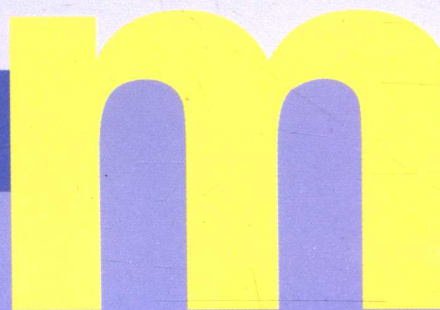
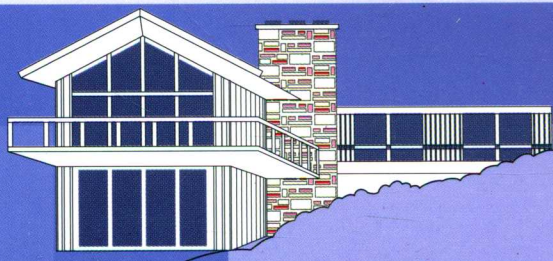


普通高等教育土木类专业“十二五”规划教材
“卓越工程师教育培养计划”规划教材



土木工程施工

● 主 编 杨建中



郑州大学出版社

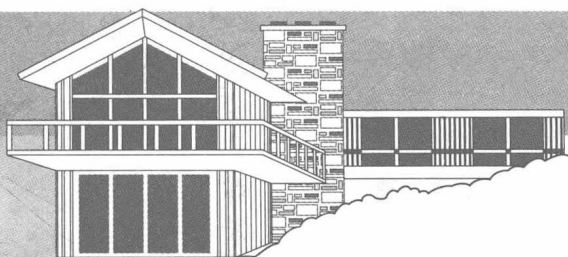
普通高等教育土木类专业“十二五”规划教材
“卓越工程师教育培养计划”规划教材

TUMU GONGCHENG SHIGONG



土木工程施工

●主编 杨建中



郑州大学出版社

郑州

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工/杨建中主编. —郑州:郑州大学出版社,2015.8
普通高等教育土木类专业“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5645-2287-2

I. ①土… II. ①杨… III. ①土木工程-工程施工-
高等学校-教材 IV. ①TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 097856 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:张功员

全国新华书店经销

河南龙华印务有限公司印制

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:31.5

字数:746 千字

版次:2015 年 8 月第 1 版

邮政编码:450052

发行电话:0371-66966070

印次:2015 年 8 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-2287-2

定价:58.00 元

本书如有印装质量问题,请向本社调换

本书作者

Authors

主 编 杨建中

副 主 编 曹 丰 朱芳振

编 委 (以姓氏笔画为序)

白新宇 朱芳振 束 拉

李福恩 杨建中 曹 丰

曾 力

前言

Preface

.....

土木工程施工是土木工程类专业的主要专业课之一,是研究土木工程施工技术和施工组织基本规律的课程。本课程实践性较强,在培养学生独立分析和解决土木工程施工中有关施工技术与组织管理的基本能力方面有重要作用。

本教材根据《高等学校土木工程本科指导性专业规范》的要求,在专业课程体系架构的基础上,参考现行的规范、规程及标准而编写,最大限度地与工程实际相结合,力求理论联系实际,在内容上反映出先进的施工技术和现代化的管理方法,达到系统学习的目的。

本教材分为施工技术与施工组织两个部分,在内容编排上力求符合施工基本规律。施工技术部分按照土方工程、地基处理与基础工程、钢筋混凝土结构工程、预应力混凝土工程、砌体结构工程、道路与桥梁工程、结构安装工程、防水工程、装饰及保温工程的顺序安排组织编写,每个章节中包含了施工安全技术要求的内容,尝试编写了节能保温施工方面的内容。施工组织管理部分按照施工组织设计概述、流水施工原理、网络计划技术、施工组织总设计和单位工程施工组织设计的顺序编写,并结合现行规范要求,先理论后实践,在内容上力求与施工组织规律相符合。每章后附有思考题或习题,便于学生的自学和学习效果检验。

本教材的第1、13、14章由郑州大学杨建中编写;第2、5、8章由河南工程学院曹丰编写;第3、10、11章由郑州大学朱芳振编写;第4、6章由郑州大学曾力编写;第7章由新乡学院白新宇编写;第9章由河南工程学院李福恩编写;第12章由郑州大学束拉编写。全书由杨建中任主编,曹丰、朱芳振任副主编。全书由杨建中进行审校和统一加工。

限于编者的水平,本教材难免有不足之处,诚挚地希望读者提出宝贵意见。

编者

2015年1月

目录

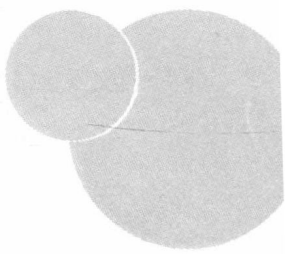
CONTENTS

▷▷▶ 1

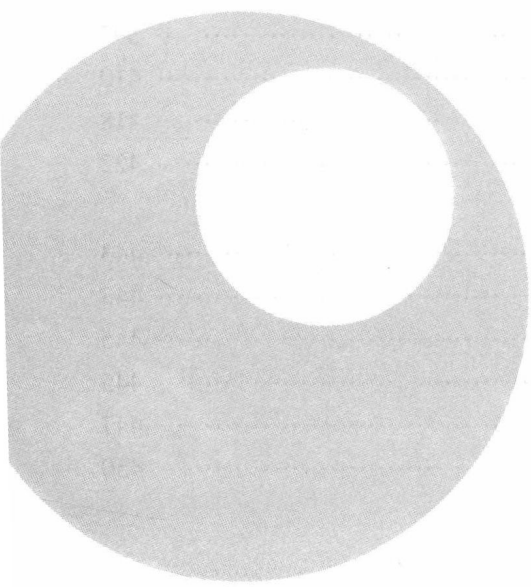
第1章	土方工程	1
1.1	土的工程分类及性质	1
1.2	场地平整	5
1.3	土方开挖	15
1.4	土方填筑与压实	29
1.5	土方施工机械	32
1.6	土方工程质量验收与安全施工技术	38
第2章	地基处理与基础工程	45
2.1	地基处理及加固	45
2.2	浅埋式基础施工	52
2.3	桩基础工程施工	55
2.4	地下连续墙施工	79
2.5	桩基础工程质量验收与安全技术	82
第3章	钢筋混凝土结构工程	85
3.1	钢筋工程	86
3.2	模板工程	105
3.3	混凝土工程	123
3.4	混凝土冬、雨期施工	143
3.5	钢筋混凝土施工安全技术	146
第4章	预应力混凝土工程	152
4.1	先张法	152
4.2	后张法	162
4.3	后张无黏结预应力混凝土工艺	175
4.4	现浇预应力混凝土结构施工	177
4.5	预应力混凝土工程质量验收与安全技术	180

第5章 砌体结构工程	184
5.1 砌筑材料与机具设备	184
5.2 砌筑用脚手架工程	188
5.3 砖砌体施工	199
5.4 砌体工程质量验收与安全技术	206
5.5 砌体工程冬期施工	209
5.6 砌体工程施工安全	211
第6章 道路与桥梁工程	213
6.1 道路工程	213
6.2 桥梁工程	230
第7章 结构安装工程	241
7.1 起重机械	241
7.2 钢筋混凝土结构单层工业厂房吊装	250
7.3 装配式结构吊装	271
7.4 钢结构安装	279
7.5 大空间结构吊装	285
7.6 安装工程质量验收	297
7.7 结构安装安全措施	301
第8章 防水工程	305
8.1 屋面防水工程施工	305
8.2 楼层防水	312
8.3 地下工程防水施工	313
8.4 防水工程质量验收与安全技术	326

第9章 装饰及保温工程	329
9.1 抹灰工程	329
9.2 饰面工程	336
9.3 涂料工程	343
9.4 保温工程	346
9.5 季节性施工要求	360
第10章 施工组织设计概述	362
10.1 施工组织设计概述	362
10.2 施工准备工作	366
第11章 流水施工原理	370
11.1 流水施工基本概念	370
11.2 流水施工基本方式	383
第12章 网络计划技术	391
12.1 概述	391
12.2 双代号网络图	392
12.3 单代号网络图	410
12.4 双代号时标网络计划	418
12.5 网络计划的优化	422
第13章 施工组织总设计	443
13.1 编制程序和依据	443
13.2 工程概况	445
13.3 总体施工部署	445
13.4 施工总进度计划	447
13.5 暂设工程	450



13.6	施工总平面图	456
第 14 章	单位工程施工组织设计	460
14.1	单位工程施工组织设计的任务、内容和原则	460
14.2	单位工程施工组织设计的编制依据和程序	464
14.3	施工方案的编制	467
14.4	单位工程施工平面图设计	479
14.5	施工技术措施	484
14.6	单位工程施工组织设计的技术经济分析	486
参考文献		491



13.1	工程概况	451
13.2	编制依据	451
13.3	施工进度计划	451
13.4	资源需求计划	451
13.5	主要施工方案	451
13.6	施工总平面图	456
13.7	安全技术措施	451
13.8	文明施工措施	451
13.9	环境保护措施	451
13.10	节能降耗措施	451
13.11	应急预案	451
13.12	其他措施	451

第 1 章 土方工程

课程导学:熟悉土的工程分类及性质;了解场地平整设计标高确定的步骤与方法;熟悉土方工程量计算方法,能进行土方工程量的计算;熟悉常见的土方施工机械及其适用范围,能够正确选择土方施工机械;熟悉基坑施工边坡支护的类型;掌握降水与土方开挖方法,能够根据施工条件正确选择基坑的降水方法,会进行轻型井点降水计算;熟悉土方回填土料选择及压实方法,正确选用常见的机械压实设备;熟悉回填压实的影响因素,掌握土方回填的工程质量验收内容。

在土木工程施工中,将一切土的开挖、填筑、运输等统称为土方工程。常见的土方工程有场地平整及土方调配,基坑(槽)、管沟、路槽、地下建筑等土方的开挖及回填工程。土方工程包括土方开挖、降(排)水和边坡支护等三方面的内容。

土方工程施工的特点是工程量大、工期紧、施工条件复杂,在施工时易受气候条件、工程地质和水文地质条件影响。因此,研究土的种类和工程性质,对拟订合理的土方工程施工方案,防止流沙、塌方等安全事故的发生,保证土方工程顺利施工具有重要意义。同时,为了减轻劳动强度,提高劳动生产率,加快施工进度,降低工程成本,在组织施工时,应尽可能采用新技术和机械化施工。

1.1 土的工程分类及性质

1.1.1 土的工程分类

在土木工程领域土方工程中,土的种类繁多,其工程性质也不相同。土的工程性质直接影响到土方工程的施工方案、工期和费用等。因此,正确识别土的种类并掌握有关的工程性质是十分重要的。

土的分类方法很多,在土方工程中为了施工和计算费用的需要,根据土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、特坚石共八类土(依次为一类到八类),前四类属于土,后四类属于岩石,详见表 1.1。

表 1.1 土的工程分类

土的分类	土的级别	土的名称	坚实系数	密度/(t/m ³)	开挖工具及方法
一类土 (松软土)	I	砂土、粉土、冲击砂土层、疏松的种植土、淤泥(泥炭)	0.5~0.6	0.6~1.5	用锹、锄头挖掘，少许用脚蹬
二类土 (普通土)	II	粉质黏土；潮湿的黄土、夹有碎石或卵石的砂；粉土混卵(碎)石；种植土、填土	0.6~0.8	1.1~1.6	用锹、锄头挖掘，少许用镐翻松
三类土 (坚土)	III	软及中等密实黏土；重粉质黏土、砾石土；干黄土，含有碎石、卵石的黄土，粉质黏土；压实的填土	0.8~1.0	1.75~1.9	主要用镐，少许用锹、锄头挖掘，部分用撬棍
四类土 (砂砾坚土)	IV	坚硬密实的黏性土或黄土；含碎石、卵石的中等密实的黏性土或黄土；粗卵石；天然级配砂石；软泥灰岩	1.0~1.5	1.9	整个先用镐、撬棍，后用锹挖掘，部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	V~VI	硬质黏土；中密的页岩、泥灰岩、白垩土；胶结不紧的砾岩；软石灰及贝壳石灰石	1.5~4.0	1.1~2.7	用镐或撬棍、大锤挖掘，部分使用爆破方法
六类土 (次坚石)	VII~IX	泥岩、砂岩、砾岩；坚实的砾岩、泥灰岩、密实的石灰岩；风化花岗岩、片麻岩及正长岩	4.0~10.0	2.2~2.9	用爆破方法开挖，部分用风镐
七类土 (坚石)	X~XIII	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	10.0~18.0	2.5~3.1	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	XIV~XVI	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	18.0~25.0以上	2.7~3.3	用爆破方法开挖

注：1)土的级别相当于一般16级土石分类级别。

2)坚实系数相当于普氏岩石强度系数。



1.1.2 土的工程性质

与土方工程密切联系的土的工程性质主要有土的可松性、渗透性、压缩性、休止角等。土的工程性质对土方工程施工有直接的影响,如确定场地平整设计标高、计算土方工程量、确定土方施工机械数量等,均应考虑土的可松性;进行基坑(槽)开挖、确定降水方案等,要考虑土的渗透性;土方边坡稳定、进行填土压实等,要考虑土的含水量、密实度、休止角等。

1.1.2.1 土的可松性

土的可松性是指自然状态下的土,经过开挖后,其体积因松散而增加,后虽然经过回填压实,仍不能恢复到原来的体积的性质。土的可松性可用可松性系数表示,即:

最初可松性系数

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \tag{1.1}$$

最终可松性系数

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \tag{1.2}$$

- 式中: V_1 ——土在天然状态下的体积(m^3);
 V_2 ——土挖出后松散状态下的体积(m^3);
 V_3 ——土经回填压实后的体积(m^3)。

土的可松性系数可由试验测定。根据土的工程分类,其相应的可松性系数可参考表1.2。

表 1.2 土的可松性系数参考值

土的类别	体积增加百分比/%		可松性系数	
	最初	最终	K_s	K'_s
一类土(种植土除外)	8 ~ 17	1 ~ 2.5	1.08 ~ 1.17	1.01 ~ 1.03
一类土(种植类土、泥炭)	20 ~ 30	3 ~ 4	1.20 ~ 1.30	1.03 ~ 1.04
二类土	14 ~ 28	1.5 ~ 5	1.14 ~ 1.28	1.02 ~ 1.05
三类土	24 ~ 30	4 ~ 7	1.24 ~ 1.30	1.04 ~ 1.07
四类土(泥灰岩、蛋白石除外)	26 ~ 32	6 ~ 9	1.26 ~ 1.32	1.06 ~ 1.09
四类土(泥灰岩、蛋白石)	33 ~ 37	11 ~ 15	1.33 ~ 1.37	1.11 ~ 1.15
五 ~ 七类土	30 ~ 45	10 ~ 20	1.30 ~ 1.45	1.10 ~ 1.20
八类土	45 ~ 50	20 ~ 30	1.45 ~ 1.50	1.20 ~ 1.30

1.1.2.2 土的渗透性

土的渗透性是指土体能被水透过的性质。土中的自由水在重力作用下会在土体孔隙中发生流动(渗流),渗流的速度与土的渗透性有关。法国学者达西根据砂土的渗透实验,见图 1.1,发现水在土中的渗流速度 V 与水力坡度 I 成正比,可用公式表示如下:

$$V=KI \quad (1.3)$$

水力坡度 I 是 A 、 B 两点的水位差 h 与渗流路程长度 L 之比,即 $I=h/L$ 。所以,渗流速度 V 与 A 、 B 两点水位差 h 呈正比,与渗流路程长度 L 呈反比。比例系数 K 称为土的渗透系数(m/d)。

土的渗透系数同土的颗粒大小、级配、密度等有关。土的渗透系数是选择人工降水方法的依据。土的渗透系数可由试验确定,其参考数值见表 1.3。

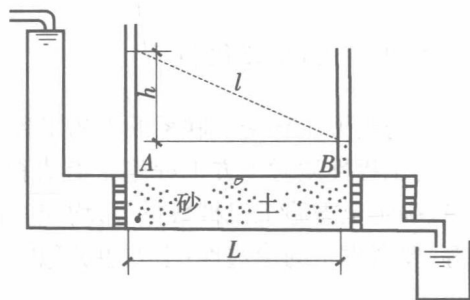


图 1.1 砂土的渗透实验

表 1.3 土的渗透系数参考值

土的名称	渗透系数 $K/(m/d)$	土的名称	渗透系数 $K/(m/d)$
黏土	<0.005	中砂	$5.00 \sim 20.00$
亚黏土	$0.005 \sim 0.10$	均质中砂	$35 \sim 50$
轻亚黏土	$0.10 \sim 0.50$	粗砂	$20 \sim 50$
黄土	$0.25 \sim 0.50$	圆砾石	$50 \sim 100$
粉砂	$0.50 \sim 1.00$	卵石	$100 \sim 500$
细砂	$1.00 \sim 5.00$		

1.1.2.3 土的压缩性

土的压缩性用土的压实系数 λ_c 来表示,按下式计算:

$$\lambda_c = \frac{\rho_d}{\rho_{dmax}} \quad (1.4)$$

式中: ρ_d ——填土压实后土的干密度;

ρ_{dmax} ——土的最大干密度,可由击实实验测定。

1.1.2.4 土的休止角

土的休止角是指自然状态下的土体可以稳定的坡度角。在基坑土方开挖放坡时,应该考虑土体的稳定坡角,使土体边坡稳定,不会发生边坡垮塌现象。应根据现场施工情况制定合理的土方开挖方案,在满足稳定要求的前提下,减少土方开挖量,降低工程费用。

1.2 场地平整

场地平整就是将原始自然地面整理成满足施工作业条件、整个场地地面排水要求等的场地平面,并要力求场地内土方挖填平衡且总的土方量最小。因此,必须针对场地具体情况进行科学合理的设计。

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,在确定场地设计标高时,需考虑以下因素:①应满足建筑功能、生产工艺和运输的要求,同时需要考虑最高洪水水位的要求;②应充分利用原有地形,尽量使土方挖填方平衡,尽量减少总的土方工程量;③应有一定的泄水坡度($\geq 2\text{‰}$),使其能满足场地排水要求。

(1) 初步确定场地设计标高

初步确定场地设计标高根据场地内土方挖填量平衡的原则来进行,即场地内土方的绝对体积在平整前后是相等的。确定方法和步骤如下:

1) 划分方格网。在具有等高线的地形图上将施工区域划分为若干个方格,方格边长 a 根据地形选取,长度一般为 $10 \sim 40 \text{ m}$,场地平缓时取大值,反之取小值,通常取 20 m 左右,见图1.2。

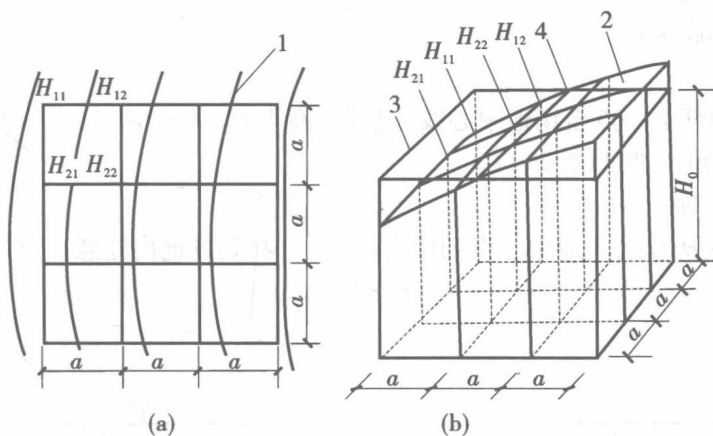


图 1.2 场地设计标高计算示意图

(a) 地形图上划方格网; (b) 设计标高示意图

1-等高线; 2-自然地面; 3-设计标高平面; 4-零线

2) 确定各方格的角点高程。有在地形图上进行计算和用测量仪器直接测量两种方法。可以根据地形图上相邻两等高线的高程,用线性插入法求出;在无地形图的情况下,可以在地面用木桩或钢钎打好方格网,然后用仪器直接测出各方格角点的标高。

3) 根据土方挖填方平衡原则确定场地设计标高 H_0 ,即:

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

$$H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4N} \quad (1.5)$$

从图 1.2(a)可知, H_{11} 系一个方格仅有的角点标高, H_{12} 和 H_{21} 均系两个方格公共的角点标高, H_{22} 则是四个方格公共的角点标高, 它们分别在上式中要加一次、二次、四次。因此, 上式可改写成下列形式:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4N} \quad (1.6)$$

式中: H_1 ——一个方格仅有的角点标高(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) 考虑泄水坡度, 对标高进行调整

当按设计标高 H_0 进行场地平整时, 整个场地表面均处于同一水平面, 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。因此, 必须根据场地泄水坡度的要求, 计算出场地内各方格网各角点实际施工所用的设计标高。

1) 单向泄水时:

设计标高的确定方法是把设计标高 H_0 作为场地中心线的标高, 见图 1.3, 则场地内任意一点的设计标高为:

$$H_n = H_0 \pm Li \quad (1.7)$$

式中: L ——场地任意一点至场地中心线(设计标高为 H_0)的距离;

i ——场地泄水坡度($\geq 2\%$)。

2) 双向泄水时:

把设计标高 H_0 作为场地中心点的标高, 见图 1.4, 则场地内任意一点的设计标高为:

$$H_n = H_0 \pm L_x i_x \pm L_y i_y \quad (1.8)$$

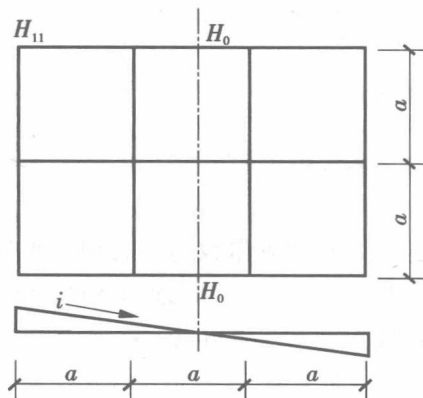


图 1.3 场地具有单向泄水坡度

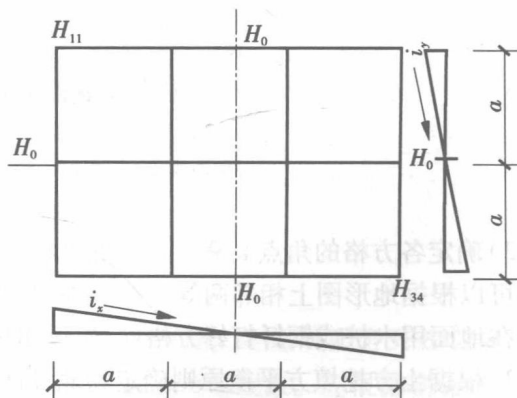


图 1.4 场地具有双向泄水坡度

式中: L_x 、 L_y ——任意一点沿 $x-x$ 、 $y-y$ 方向距场地中心线的距离;

i_x 、 i_y ——任意一点沿 $x-x$ 、 $y-y$ 方向的泄水坡度。

(3) 考虑土的可松性, 对标高进行调整

根据场地挖填平衡的原则求出的场地设计标高, 只是一个理论值, 实际上还应该考虑土的可松性, 对设计标高进行调整。土具有可松性, 挖填平衡时, 填土会出现多余的土。因此, 应该考虑由于土的可松性而引起的设计标高的增加值。

用 V_w 、 V_T 分别表示按理论设计计算的挖、填方的体积, 用 F_w 、 F_T 分别表示按理论设计计算的挖、填方区的面积, 用 V_w' 、 V_T' 分别表示调整以后挖、填方的体积, 如图 1.5 所示, 设 Δh 为由于土的可松性引起的设计标高增加值, 则设计标高调整以后的总挖方体积 V_w' 应为:



图 1.5 设计标高调整计算示意图

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

最终可松性系数为 K_s' , 则总填方体积 V_T' 应为:

$$V_T' = V_w' K_s' = (V_w - F_w \Delta h) K_s'$$

同时, 填方区的标高也应该和挖方区一样, 要提高 Δh , 即有:

$$V_T' - V_T = (V_w - F_w \Delta h) K_s' - V_T = F_T \Delta h$$

因此, 有:

$$\Delta h = \frac{V_w (K_s' - 1)}{F_T + F_w K_s'} \quad (1.9)$$

(4) 考虑场地内局部挖、填及就近借、弃土的影响, 对场地标高进行调整

当场地内存在局部区域的挖、填方区及在场外就近借、弃土的情况时, 原有的设计标高就需要进行调整。场地内大型基坑挖出的土方, 从经济角度考虑部分土方在场外就近弃土或就近借土, 都会引起挖、填土方量的变化和标高的调整。

为了简化计算, 场地设计标高调整值 Δh 可以按下面的近似公式来确定:

$$\Delta h = \pm \frac{Q}{Na^2} \quad (1.10)$$

式中: Q ——假定按原场地设计标高平整以后多余或不足的土方量 (m^3);

N ——方格个数;

a ——方格边长 (m)。

1.2.2 场地及边坡土方量计算

土方工程施工中, 土方工程量很难做到精确计算, 一般采用满足工程需要的近似计算方法。场地土方量计算方法有两种, 即方格网法和断面法。场地地形较为平坦时, 一般采



用方格网法;场地地形较为复杂或挖填深度较大,断面不规则时,一般采用断面法。本教材只介绍方格网法。

方格网法步骤如下:

(1) 求出方格网各角点的施工高度

用 h_n 表示各角点的施工高度,并以“+”表示填方,以“-”表示挖方;用 H_n 表示各角点的设计标高,用 H 表示各角点的自然标高,那么有:

$$h_n = H_n - H \quad (1.11)$$

求出 h_n 后,其结果如为正值则表示该角点为填方,结果如为负值则表示该角点为挖方。

(2) 绘出“零线”

在方格网边线上,既不挖方也不填方的点为“零点”。将方格网上两个相邻的挖、填角点之间的“零点”连接,形成一条折线,即为“零线”。可根据图 1.6 求出“零点”的位置。

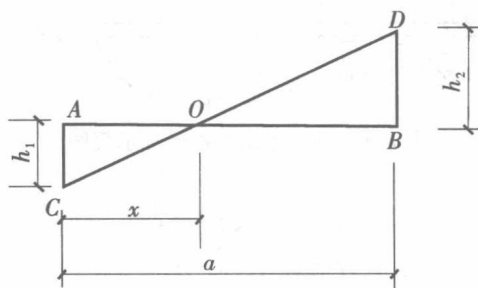


图 1.6 “零点”位置计算

h_1 -挖方高度; h_2 -填方高度

(3) 计算场地挖、填土方量

“零线”求出以后,场地内的挖、填方区域即被确定,然后可以用四角棱柱体法或三角棱柱体法计算挖、填土方量,以下所有公式中的 h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 均为施工高度,并且均以绝对值代入。

四角棱柱体法有三种情况:

1) 在方格网中,某些方格的四个角全部为填方或者全部为挖方,见图 1.7。其土方量的计算公式为:

$$V = \frac{1}{4}a^2(h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1.12)$$

2) 方格有相邻的两个角点为挖方,另外两个相邻的角点为填方,见图 1.8。其挖方部分土方量的计算公式为:

$$V_{1,2} = \frac{1}{4}a^2\left(\frac{h_1^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_2^2}{h_2 + h_3}\right) \quad (1.13)$$

填方部分土方量计算公式为:

$$V_{3,4} = \frac{1}{4}a^2\left(\frac{h_4^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_3^2}{h_2 + h_3}\right) \quad (1.14)$$