

高等院校土木工程专业系列教材

# 土 木 工 程 施 工

主编 阎西康

中国建材工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工 / 阎西康主编 .—2 版 .—北京 : 中国建材工业出版社 , 2005.7  
(高等院校土木工程专业系列教材)

ISBN 7-80159-880-6

I . 土... II . 阎... III . 土木工程—工程施工—高等学校—教材 IV . TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 074895 号

### 内 容 提 要

本书是为高等院校土木工程专业学生编写的教材。书中重点介绍了土木工程施工技术与组织的一般规律和施工工艺原理,反映了国内外施工技术的新水平。全书包括:土方工程、桩基础工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、建筑结构施工、路桥工程施工、钢结构工程施工、室外管道施工、防水工程、施工组织概论、流水施工基本原理、网络计划技术、单位工程施工组织设计等共十三章。

本书适用于普通高等院校、成人高校土木工程专业的教学,也可作为继续教育的培训教材,对从事实际工程的技术人员和管理人员,也是非常有益的专业参考书。

土木工程施工  
主编 阎西康

出版发行:中国建材工业出版社

地 址 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编 100044

经 销 全国各地新华书店

印 刷 北京鑫正大印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 27.75

字 数 686 千字

版 次 2005 年 7 月第 2 版

印 次 2005 年 7 月第 3 次

定 价 42.00 元

---

网上书店 [www.ecool100.com](http://www.ecool100.com)

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。联系电话:(010)88386906

# 前 言

随着国家建设形势的发展和 21 世纪国家建设对专业人才的需求,我国近期对高等教育专业设置进行了较大幅度的调整,其中新设置的土木工程专业取代了过去的建筑工程、交通土建工程等四个相近专业。根据国家教育部门的安排,全国各高校从 1999 年按新专业目录进行新生录取工作,建设部专业指导委员会也于 1999 年初下达了新土木工程专业的课程设置指导意见。比较而言,土木工程专业较过去各专业覆盖面要广泛得多,涵盖了原来近八个专业的内容,因此新专业的教学计划、课程内容调整以及新教材的编写就成为当前一项较为紧迫的任务。为适应这一形势的发展,河北工业大学、天津大学、天津城市建设学院等院校经过充分协商和研究,本着“探索、科学、先进”的原则和符合“大土木”的专业要求,联合编写了一套系列教材,由中国建材工业出版社向全国出版发行。

《土木工程施工》是在原《建筑施工》基础上扩展而来的。其基本任务是研究土木工程施工技术和组织的一般规律、土木工程施工工艺原理和土木工程施工新技术、新工艺的发展。教材的编写力求做到专业面宽、知识面广、适用面大,能反映当前国内外的先进技术水平。在文字上深入浅出、通俗易懂,在内容上保留了土方工程、桩基础工程、钢筋混凝土工程、流水施工基本原理、网络计划技术、单位施工组织设计等应用广泛的章节,对建筑结构施工的主要内容作了调整和补充,增设了路桥工程施工和室外管道工程施工等,使之能基本反映土木工程专业对施工课程的基本要求。

本教材由河北工业大学阎西康主编,河北工业大学戎贤、天津城市建设学院丁克胜任副主编。全书编写分工如下:丁克胜编写第一章前四节、第十二章,侯子义(河北工业大学)编写第一章第五、六、七节、第六章,阎西康、高金莲(河北工业大学)编写第二章,阎西康编写第三章,戎贤编写第四、十一章,杨宝珠(天津城市建设学院)编写第五章第一、二节、第十三章,吴泳川(天津城市建设学院)编写第五章第三节、第七章,赵梦冬(天津城市建设学院)编写第八章,任泽民(河北工业大学)编写第九章,张厚先(河北建筑工程学院)编写第十章。

全书由天津大学陈章洪教授主审。

本书是《土木工程施工》教材编写的一次新尝试,鉴于编者水平有限和时间仓促,书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

本书的编写得到了河北工业大学有关部门的大力支持和部分兄弟院校、工程界同行的热情帮助,引用了部分专家的文献资料,谨在此表示衷心的感谢。

编 者

2000 年 1 月

# 再版前言

《土木工程施工》是高等院校土木工程专业一门主要的专业课。本教材自出版以来，由于首次作为土木工程专业的施工课教材而受到了大家的欢迎。近年来随着我国建设事业的飞速发展，国家各种技术规范相继修订发行，为此，原书中的一些内容已与现行的国家标准及行业标准不相吻合，为配合国家及行业各种标准规范的贯彻学习，迫切需要本书适应这一形势的发展，故对全书进行了全面的修订。

本教材依据大土木专业的培养目标，参照教育部专业指导委员会课程设置意见，对原书中的部分内容作了调整和删改，增加了钢结构工程施工一章（吴迈编写）；各章前增加了学习要求，各章后增加了复习思考题，力求做到理论联系实际，全面反映当前土木工程施工的先进水平，使本教材更加符合现行工程设计和施工规范、规程与标准的要求。但是限于编者的知识水平，本教材仍难免有疏漏之处，敬请读者批评指正。

编者

2005年6月

# 目 录

第一章 土方工程.....	(1)
第一节 土的分类与性质.....	(2)
第二节 土方量计算.....	(4)
第三节 基坑(槽)降水.....	(10)
第四节 土方机械化施工.....	(30)
第五节 路基工程施工.....	(54)
第二章 桩基础工程.....	(60)
第一节 预制桩施工.....	(61)
第二节 灌注桩施工.....	(69)
第三节 水域钻孔桩施工.....	(75)
第三章 钢筋混凝土工程.....	(83)
第一节 钢筋工程.....	(84)
第二节 模板工程.....	(94)
第三节 混凝土工程.....	(113)
第四节 混凝土冬期施工.....	(132)
第四章 预应力混凝土工程.....	(138)
第一节 先张法施工.....	(138)
第二节 后张法施工.....	(147)
第三节 无粘结预应力混凝土工程施工.....	(162)
第五章 建筑结构施工.....	(168)
第一节 垂直运输机械及起重机械.....	(168)
第二节 结构安装工程.....	(192)
第三节 砌体工程.....	(228)
第六章 路桥工程施工.....	(247)
第一节 路面基层(底基层)施工.....	(247)
第二节 沥青路面施工.....	(255)
第三节 水泥混凝土路面施工.....	(263)
第四节 预制梁的运输和安装.....	(269)
第五节 悬臂体系和连续体系梁桥的施工特点.....	(272)
第六节 拱桥的施工.....	(274)
第七章 钢结构工程施工.....	(280)
第一节 钢结构构件的制作.....	(280)
第二节 钢结构构件的连接.....	(287)

第八章 室外管道施工.....	(297)
第一节 室外地下管道的开槽施工.....	(297)
第二节 室外地下管道不开槽施工.....	(317)
第三节 水下铺设管道.....	(326)
第四节 室外热力管道安装.....	(329)
第九章 防水工程.....	(333)
第一节 建筑屋面工程防水施工.....	(333)
第二节 地下工程防水施工.....	(348)
第十章 施工组织概论.....	(354)
第一节 基本建设程序与施工准备工作.....	(354)
第二节 组织施工的原则.....	(357)
第三节 施工组织设计.....	(358)
第四节 施工组织总设计.....	(361)
第十一章 流水施工基本原理.....	(371)
第一节 概述.....	(371)
第二节 流水施工参数.....	(374)
第三节 流水施工的基本方法.....	(377)
第十二章 网络计划技术.....	(383)
第一节 概述.....	(383)
第二节 双代号网络计划.....	(384)
第三节 单代号网络计划.....	(396)
第四节 双代号时标网络计划.....	(400)
第五节 网络计划的优化与调整.....	(403)
第十三章 单位工程施工组织设计.....	(410)
第一节 概述.....	(410)
第二节 施工方案的选择.....	(417)
第三节 单位工程施工进度安排和资源需要量计划.....	(421)
第四节 单位工程施工平面布置图设计.....	(428)
参考文献.....	(434)

# 第一章 土方工程

## 学 习 要 求

本章叙述了土方工程的特点,讨论了土方工程施工设计的基本内容,土壁支撑、降水及土方机械选择等,叙述了土方填筑压实施工的一般方法及质量要求。

土方工程量大、劳动强度大、施工条件复杂,因此在建筑工程施工中占有重要地位,应予以重视。通过学习要求掌握土方工程设计的基本内容和施工的一般方法,掌握土方工程量的计算公式,掌握土的可松性的概念,以便于今后在工程实践中进一步掌握复杂土方工程的施工。

土方工程的准备和辅助工作,在某种意义上比土方工程施工本身还要重要。其中,要掌握影响土方边坡稳定的因素;熟悉土壁支护的形式。

掌握轻型井点设计与施工;熟悉流砂现象的原因与防治方法。掌握无压完整井、单井降水理论,并举一反三理解其他水井的降水计算公式。

土方机械化施工重点应掌握土方机械选择和挖土机与汽车配合施工问题。土方填筑与压实对土方工程质量有很大影响,应熟悉填筑与压实的基本要求与影响填土压实的因素。

土方工程是建设工程施工中的主要工种工程之一,也是整个建设工程全部施工过程中的第一道工序。

土方工程主要包括土(或石)的挖掘、填筑和运输等施工过程以及排水、降水和土壁支撑等准备和辅助过程。常见的土方工程有场地平整、基坑(槽)及管沟开挖、地坪填土、路基填筑、隧道开通及基坑回填等。

土方工程施工的特点是:面广量大、劳动繁重、大多为露天作业、施工条件复杂。施工易受地区气候条件影响,且土本身是一种天然物质,种类繁多,施工时受工程地质和水文地质条件的影响也很大。因此为了减轻劳动强度、提高劳动生产效率、加快工程进度、降低工程成本,在组织施工时,应根据工程自身条件,制定合理施工方案,尽可能采用新技术和机械化施工,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。

# 第一节 土的分类与性质

## 一、土的分类与工地鉴别方法

在土方工程施工和工程预算定额中,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。前四类为一般土,后四类为岩石。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计算土方工程费用。土的工程分类与现场鉴别方法见表 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	土的可松性系数		现场鉴别方法
		$K_s$	$K'_s$	
一类土 (松软土)	砂,粉土,冲击砂土层,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	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)	软及中等密实土,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	主要用镐,少许用锹、锄头挖掘,部分用撬棍
四类土 (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)	硬石灰岩及黏土,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
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,风化痕迹的安山岩,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

## 二、土的工程性质

土的工程性质对土方工程的施工方法、机械设备的选择、劳动力消耗以及工程费用等有直接的影响,其基本的工程性质有:

### 1. 土的含水量

土的含水量是土中水的质量与固体颗粒质量之比,以百分率表示:

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

式中  $m_1$ ——含水状态时土的质量, 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 kg。

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. 土的可松性

自然状态下的土经开挖后 ,内部组织破坏 ,其体积因松散而增加 ,以后虽经回填压实 ,仍不能恢复其原来的体积 ,土的这种性质称为土的可松性。土的可松性用可松性系数表示 ,即 :

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-2)$$

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-3)$$

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  $m^3$  ;

$V_2$ ——土挖出后的松散状态下的体积  $m^3$  ;

$V_3$ ——土经回填压实后的体积  $m^3$  ,土经回填压实后 ,土壤变得密实 ,但无论如何其密实程度不如原土 ,因此  $V_3 > V_1$ 。

土的最初可松性系数  $K_s$  是计算土方体积、装运车辆及选择挖土机械数量的主要参数 ;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 , $K_s$ 、 $K'_s$  的大小与土质有关 ,根据土的工程分类 ,相应的可松性系数参见表 1-1。

## 3. 土的渗透性

土的渗透性是指土体被水透过的性质。土体孔隙中的自由水在重力作用下会发生流动 ,当基坑(槽)开挖至地下水位以下 ,地下水会不断流入基坑(槽)。地下水在土中渗流流动中受到土颗粒的阻力 ,其大小与土的渗透性及地下水渗流的路程长短有关。法国学者达西根据图 1-1 所示的砂土渗透实验 ,发现水在土中的渗流速度  $V$  与水力坡度  $I$  成正比。即 :

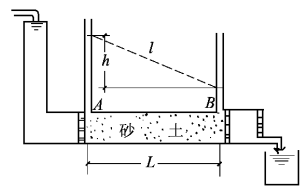


图 1-1 砂土渗透实验

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

水力坡度  $I$  是  $A$ 、 $B$  两点的水位差  $h$  与渗流路程  $L$  之比 ,即  $I = h/L$ 。显然 ,渗流速度  $V$  与  $h$  成正比 ,与渗流的路程长度  $L$  成反比。比例系数  $K$  称为土的渗透系数( $m/d$ )。它同土的颗粒级配 ,密实程度等有关 ,一般由实验确定 ,表 1-2 的数值可供参考。

表 1-2 土的渗透系数参考表

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	5.0~20.00

土 的 名 称	渗透系数 $K(m/d)$	土 的 名 称	渗透系数 $K(m/d)$
粉质黏土	0.005~0.10	均质中砂	35~50
轻粉质黏土	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		

土的渗透系数是选择各种人工降低地下水位方法的依据,也是分层填土时,确定相邻两层结合面形式的依据。

## 第二节 土方量计算

土方量的多少是土方工程施工组织设计的主要依据之一,是采用人工挖掘时组织劳动力或采用机械施工时计算机械台班和工期的依据。土方量的计算要尽量准确。

### 一、场地平整土方量计算

场地平整是将现场平整成施工所要求的设计平面。场地平整前,应根据建筑工程的性质、规模、施工期限和施工水平,基坑(槽)开挖的要求,确定场地平整与基坑(槽)开挖的施工顺序;确定场地的设计标高,计算挖填土方量。但在 $\pm 0.3m$ 以内的人工平整不涉及土方量的计算问题。

场地平整与基坑(槽)开挖的施工顺序,通常有三种不同情况:

1. 先平整整个场地,后开挖建筑物或构筑物基坑(槽)。这样可使大型土方机械有较大的工作面,能充分发挥其效能,也可减少与其他工作的互相干扰(如与排水、移树等),但工期较长。故此种顺序适用于场地挖填土方量较大的工程。

2. 先开挖建筑物或构筑物的基坑(槽),后平整场地。这种顺序是指建筑物或构筑物的基础施工完毕后再进行场地平整,这样可减少许多土方的重复开挖,加快了施工速度。此法适用于地形较平坦的场地。

3. 边平整场地,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,划分施工区。施工时,可先平整一区场地后,随即开挖该区的基坑(槽),或开挖一区的基坑(槽),并做完基础后进行该区的场地平整。

#### (一)场地设计标高的确定

场地设计标高一般由设计单位确定,它是进行场地平整和土方量计算的依据。合理的确定场地设计标高,对减少土方量、加快建设速度都具有十分重要的意义。因此选择设计标高时,需考虑以下因素:

(1)满足生产工艺和运输的要求;

(2)尽量利用地形,以减小挖填土方量;

(3)场地内的挖方、填方尽量平衡且土方量最小(面积大、地形又复杂时除外),以便降低土方施工费用;

- (4)场内要有一定的泄水坡度( $i \geq 2\%$ )能满足排水的要求;
- (5)考虑最高洪水水位的要求;
- (6)满足市政道路与规划的要求。

场地设计标高确定步骤和方法如下:

1. 初步确定场地设计标高  $H_0$

初步确定场地设计标高要根据场地挖填土方量平衡的原则进行,即场内土方的绝对体积在平整前后相等。

(1)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 1-2 所示。

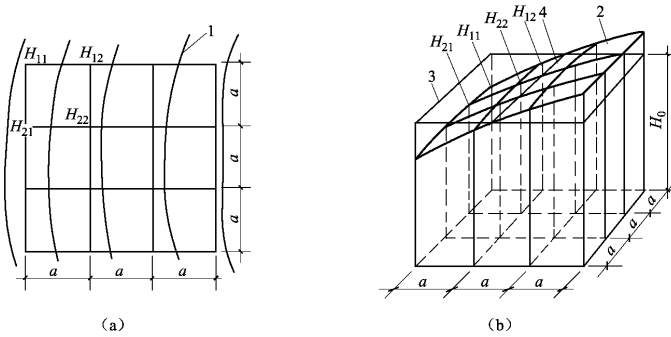


图 1-2 场地设计标高计算简图

(a)地形图上划分方格 (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)确定各小方格的角点高程。可根据地形图上相邻两等高线的高程,用插入法计算求得;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 等分,于是便可直接读得 C 点的地面标高(图 1-3)。此外,在无地形图的情况下,也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方格网角点标高。

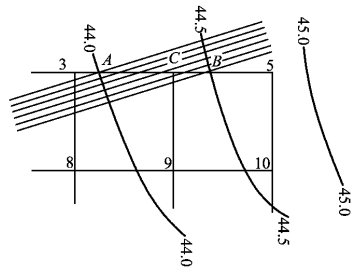


图 1-3 内插法的图解法

$$H_0 Na^2 = \sum \left( a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right) \quad (1-5)$$

$$H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4N} \quad (1-6)$$

从图 1-2a 可知,  $H_{11}$  系一个方格的角点标高,  $H_{12}$  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, 式(1-6)可

改写成下列形式：

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4N} \quad (1-7)$$

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. 场地设计标高 $H_0$ 的调整

按公式(1-7)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)由于土的可松性,会使填土有剩余,为此需相应地提高设计标高,以达到土方量的实际平衡；

(2)考虑场地泄水坡度对角点设计标高的影响；

(3)由于设计标高以上的各种填方工程(如场区上填筑路堤)而影响设计标高的降低,或者由于设计标高以下的各种挖方工程而影响设计标高的提高(如挖河道、水池、基坑等)；

(4)根据经济比较的结果,将部分挖方就近弃于场外,或部分填方就近取于场外而引起挖、填土方量的变化后,需增减设计标高。

上述四方面因素对  $H_0$  的影响同时出现的机会较小,可根据现场情况适当考虑。

## (二)场地平整土方量的计算

场地平整土方量的计算有方格网法和横截面法两种。横截面法是将要计算的场地划分成若干横截面后,用横截面计算公式逐段计算,最后将逐段计算结果汇总。横截面法计算精度较低,可用于地形起伏变化较大地区。对于地形较平坦地区,一般采用方格网法。其计算步骤如下：

### 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按下式计算：

$$h_n = H_n - H'_n \quad (1-8)$$

式中  $h_n$ ——角点施工高度,即挖填高度。以“+”为填,“-”为挖；

$H_n$ ——角点的设计标高(若无泄水坡度时,即为场地的设计标高)；

$H'_n$ ——角点的自然地面标高。

### 2. 确定“零线”

零线是方格网中的挖填分界线。它的位置确定方法是:先求出一端为挖方,另一端为填方的方格边线上的“零点”(即不挖不填的点),然后将相邻两个零点相连即为一条折线,这条折线就是要确定的零线。

确定零点的方法如图 1-4 所示,设  $h_1$  为填方角点的填方高度, $h_2$  为挖方角点的挖方高度, $O$  为零点位置。

则可求得：

$$x = \frac{ah_1}{h_1 + h_2} \quad (1-9)$$

### 3. 计算方格挖填土方量

零线求出后,场地的挖填区即随之标出,便可按“四方棱柱体法”或“三角棱柱体法”计算出各方格的挖填土方量。

#### (1)用四方棱柱体法计算挖填土方量

方格网中的零线将方格划分为三种类型。

1)方格四个角点全部为挖(或填),如图 1-5 所示(无零线通过的方格),其土方量为:

$$V = \frac{a^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-10)$$

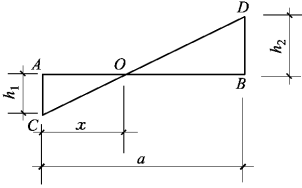


图 1-4 求零点的图解法

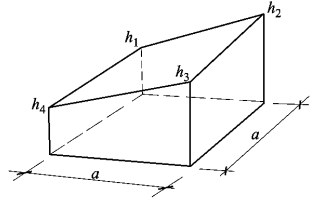


图 1-5 全挖或全填的方格

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

$$V_{1,2} = \left( \frac{h_1^2}{h_1 + h_2} + \frac{h_2^2}{h_2 + h_3} \right) \frac{a^2}{4} \quad (1-11)$$

填方部分土方量为:

$$V_{3,4} = \left( \frac{h_3^2}{h_2 + h_3} + \frac{h_4^2}{h_1 + h_4} \right) \frac{a^2}{4} \quad (1-12)$$

3)方格的三个角点为挖方,另一角点为填方(或相反)如图 1-7 所示,其填方部分土方量为:

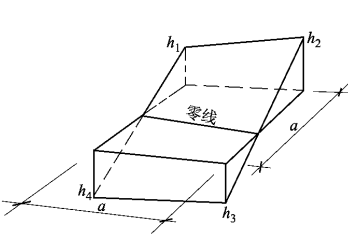


图 1-6 两挖和两填的方格

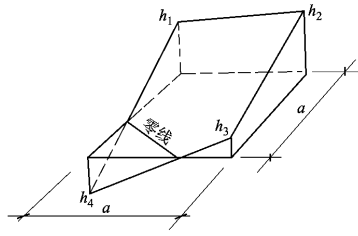


图 1-7 三挖一填(或相反)的方格

$$V_4 = \frac{a^2}{6} \cdot \frac{h_4^3}{(h_1 + h_4)(h_3 + h_4)} \quad (1-13)$$

挖方部分土方量为:

$$V_{1,2,3} = \frac{a^2}{6}(2h_1 + h_2 + 2h_3 - h_4) + V_4 \quad (1-14)$$

(2)用三角棱柱体法计算挖填土方量

三角棱柱体法是将每一方格顺地形的等高线沿对角线方向划分为两个三角形,然后分别计算每一三角棱柱(锥)体的土方量。

1)当三角形为全挖或全填时(图 1-8a)

$$V = \frac{a^2}{6}(h_1 + h_2 + h_3) \quad (1-15)$$

2)当三角形有挖有填时(图 1-8b)则其零线将三角形分为两部分,一个是底面为三角形的锥体,一个是底面为四边形的楔体。其土方量分别为:

$$V_{\text{锥}} = \frac{a^2}{6} \cdot \frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} \quad (1-16)$$

$$V_{\text{楔}} = \frac{a^2}{6} \left[ \frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} - h_3 + h_2 + h_1 \right] \quad (1-17)$$

计算土方量的公式不同,计算结果精度亦不相同。当地形平坦时,采用四方棱柱体,可将方格划分得大些。当地形起伏变化较大时,则应将方格划分得小些,或采用三角棱柱体法计算,结果较准确。

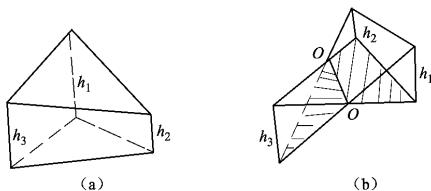


图 1-8 三角棱柱体法  
(a)全挖或全填 (b)有挖有填

#### 4. 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、填方区土壁稳定和施工安全。土方边坡一般用边坡坡度和边坡系数表示。

边坡坡度是挖土深度  $h$  与边坡宽度  $b$  之比(图 1-9)。工程中常以  $1:m$  表示放坡的大小,  $m$  称为边坡系数。即:

$$\text{边坡坡度} = \frac{h}{b} = \frac{1}{\frac{b}{h}} = 1:m \quad (1-18)$$

式中  $m = \frac{b}{h}$ 。

边坡可以划分成两种近似的几何形体进行土方量计算,一种为三角棱锥体图 1-10 中①~③,⑤~⑪,另一种为三角棱柱体图 1-10 中④。

(1)三角棱锥体边坡体积

$$V_1 = \frac{1}{3} A_1 l_1 \quad (1-19)$$

式中  $l_1$ ——边坡①的长度  $m$ ;  
 $A_1$ ——边坡①的端面积  $m^2$ , 即:

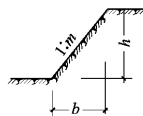


图 1-9 土方边坡示意图

$$A_1 = \frac{h_2(mh_2)}{2} = \frac{m}{2}h_2^2$$

$h_2$ ——角点的挖土高度  $m$  ;

$m$ ——边坡的坡度系数。

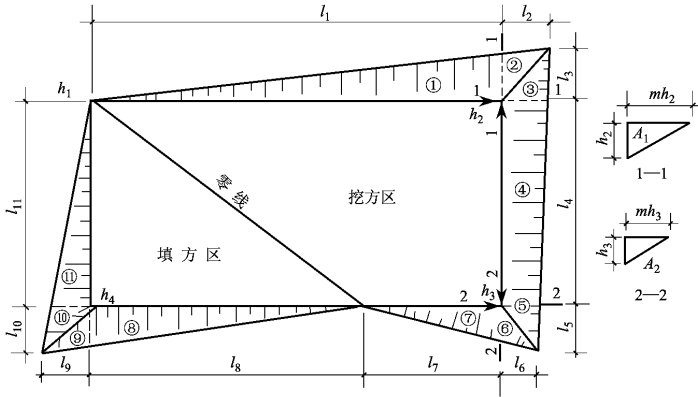


图 1-10 场地边坡平面图

### (2)三角棱柱体边坡体积

两端横断面面积相差不大时 :

$$V_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} l_4 \quad (1-20)$$

两端横断面面积相差很大时 :

$$V_4 = \frac{l_4}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-21)$$

式中  $l_4$ ——边坡④的长度  $m$  ;

$A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_0$ ——边坡④两端及中部横断面面积  $m^2$ 。

### 5. 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。

## 二、基坑(槽)、管沟土方量计算

### (一)基坑土方量的计算

基坑土方量的计算可近似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(图 1-11)。即:

$$V = \frac{H}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-22)$$

式中  $H$ ——基坑挖深  $m$ ;

$A_1$ 、 $A_2$ ——基坑上、下两底面积  $m^2$ ;

$A_0$ ——基坑中截面的面积  $m^2$ 。

## (二)基槽、管沟土方量的计算

基槽和管沟比基坑的长度大 宽度小。为了保证计算的精度、准确,在土方量计算时,可沿长度方向分段计算(图 1-12)。即:

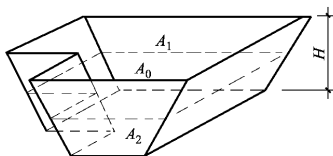


图 1-11 基坑土方量计算简图

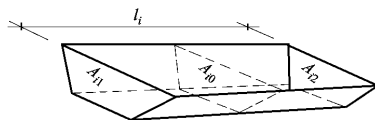


图 1-12 基槽土方量计算简图

$$V_i = \frac{l_i}{6}(A_{i1} + 4A_{i0} + A_{i2}) \quad (1-23)$$

式中  $l_i$ ——第  $i$  段的长度  $m$ ;

$A_{i1}$ 、 $A_{i2}$ ——分别为第  $i$  段两端部的截面面积  $m^2$ ;

$A_{i0}$ ——第  $i$  段中截面面积  $m^2$ 。

若沟槽两端部亦放坡,则第一段和最后一段按三面放坡计算。

将各段土方量相加,即得总土方量:

$$V = \sum_{i=1}^n V_i \quad (1-24)$$

基坑(槽)或管沟开挖的底口尺寸,除了考虑垫层尺寸外,还应考虑施工工作面和排水沟宽度,一般施工工作面宽度视基础形式确定(不大于 0.8m),排水沟宽度视地下水的涌水量而定(不大于 0.5m)。

## 第三节 基坑(槽)降水

在地下水位较高的地区开挖基坑或沟槽时,土的含水层被切断,地下水会不断地渗入基坑。雨季施工时,地面水也会流入基坑。为了保证施工的正常进行,防止出现流砂、边坡失稳和地基承载力下降,必须在基坑或沟槽开挖前和开挖时,做好排水降水工作。基坑或沟槽的排水方法可分为明排水法和人工降低地下水位法。

### 一、流砂及其防治

#### (一)地下水

地下水即为地面以下的水,它主要是由雨水、地面水渗入地层或水蒸气在地层中凝结而成。地下水可分为上层滞水(结合水)、潜水和层间水(自由水)三种,如图 1-13 所示。

1. 上层滞水。它是含在岩石和土孔隙中的水,不受重力作用的影响,以大气降水和水蒸气凝结作为补源,也可由潜水毛细管作用引升而成悬浮状态存在。由于它没有明显的水平方向移动,所以在此层水中打井或一般抽水措施是无效的。

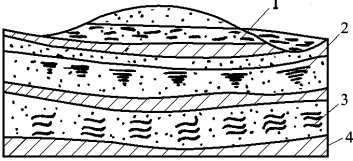


图 1-13 地下水

1—潜水 2—无压层间水;  
3—承压层间水 4—不透水层

2. 潜水。它是存在于地面以下第一个稳定隔水层(不透水层)顶板以上的自由水,有一个自由水面,其水面受当地地质、气候及环境的影响。雨季水位高,冬季水位下降;附近有河、湖等地表水存在时也会互相补给。潜水面至地表的距离称潜水的埋藏深度,潜水面以下至隔水层顶板的距离为含水层厚度。

这种水在重力作用下能作水平移动。如钻孔、打井至该层时,孔、井中的水面即为潜水水位,其标高即为地下水位标高。

3. 层间水。层间水是埋藏于两个隔水层(不透水层)之间的地下水。当水充满两个隔水层之间时含水层会产生静水压力,由稳定的隔水层承受这种压力,这种水称为承压层间水,它没有自由水面,也不会由当地水源补给,其水位、水量受当地气候的影响较潜水小。若打井到达此含水层时,水会自动喷出。当水未充满两个隔水层时,称为无压层间水。

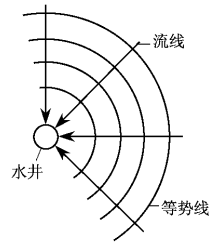


图 1-14 流网示意图

## (二)地下水流网

水在土中的稳定渗流可用流网表示,流网由一组流线和一组等势线组成(图 1-14)。

流线是指地下水从高水位向低水位渗流的路线。等势线是指各水流线上水头值相等的点连成的面,即等势面在平面或剖面上所表示的线。等势线与流线正交。

如果根据降水方案绘出相应的流网,就可直观地考察水在土体中的渗流途径,更主要的是可用于计算基坑(槽)的渗流量(涌水量)及确定土体中各点的水头和水力梯度。

## (三)动水压力与流砂

当基坑(槽)挖土到达地下水位以下,而土质是细砂或粉砂,又采用明排水法时,坑(槽)底下的土会形成流动状态,随地下水涌入基坑,这种现象称为流砂。此时土完全丧失承载能力,边挖边冒,且施工条件恶化,难以达到设计深度。严重时会造成边坡塌方及附近建筑物、构筑物下沉、倾斜、倒塌等。因此在施工前,必须对工程地质和水文地质资料进行详细调查研究,采取有效措施,防止流砂产生。

### 1. 动水压力

动水压力是指流动中的地下水对土颗粒产生的压力。动水压力的性质,可通过图 1-15 的试验来说明。图 1-15a 中,由于高水位的左端(水头  $h_1$ )与低水位的右端(水头  $h_2$ )之间存在水头差值,水由左端向右端流经长度为  $L$ , 断面积为  $F$  的土体时,作用于土体上的力有:

土体左端 a-a 截面处的总水压力  $\gamma_w h_1 F$ ,其方向与水流方向一致( $\gamma_w$  为水的重度),土体右端 b-b 截面处的总水压力  $\gamma_w h_2 F$ ,其方向与水流方向相反,而土颗粒骨架对水的阻力为  $TFL$  ( $T$  为单位土体阻力)。根据作用力与反作用力原理,得:

$$\gamma_w h_1 F - \gamma_w h_2 F = - TFL$$