

高校土木工程专业规划教材

GAOXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

# 土木工程施工

主编 吴贤国

TUMUGONGCHENGSHIGONG

中国建筑工业出版社

建设部(CBP) 目录编委并图

中国工业出版社北京

0102

特等设计业专修工木士高

高校土木工程专业规划教材

# 土 木 工 程 施 工

主 编 吴贤国

参加编写人员 陈跃庆 陈晓阳 储劲松 丁 锐  
 李 红 李红民 覃亚伟 宋协清  
 余群舟 仲景冰

中国建筑工业出版社

北京 宣武门内大街 28 号

邮政编码 100045

电话 63996300

**图书在版编目 (CIP) 数据**

土木工程施工/吴贤国主编. —北京: 中国建筑工业出版社,  
2010

高校土木工程专业规划教材

ISBN 978-7-112-11706-2

I. 土… II. 吴… 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 (2009) 第 242858 号

本教材以全国高等学校土木工程专业指导委员会组织制定的《土木工程施工课程教学大纲》为依据, 内容满足 21 世纪高等土木工程专业的宽口径及建设人才培养目标的要求。全书以工艺流程为主线, 主要讲述土木工程施工基础理论和方法, 包括土方工程、深基础工程、砌体工程和新型墙体板材工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、高层主体结构工程、结构安装工程、防水工程、装饰工程、地下工程、道路与桥梁工程、施工组织概论、流水施工原理、网络计划技术、单位工程施工组织设计、施工组织总设计等内容。

本书可作为工科院校土木工程专业和工程管理专业本科生教材, 也可作为专科学校、职大、夜大、自学考试教学用书, 并可作为土木工程施工技术人员的参考书。

\* \* \*

责任编辑: 王 跃 吉万旺

责任设计: 赵明霞

责任校对: 陈晶晶 关 健

高校土木工程专业规划教材

**土木工程施工**

主 编 吴贤国

参加编写人员 陈跃庆 陈晓阳 储劲松 丁 锐

李 红 李红民 覃亚伟 宋协清

余群舟 仲景冰

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京华艺制版公司制版

北京市书林印刷有限公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 32 字数: 778 千字

2010 年 4 月第一版 2010 年 4 月第一次印刷

定价: 49.00 元

ISBN 978-7-112-11706-2

(18941)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

# 前 言

土木工程施工是土木工程专业和工程管理专业的一门主干课。本课程主要研究土木工程施工技术和管理的基本理论、方法和施工规律,具有涉及知识面广、交叉性强、发展迅速等特点。通过本课程的学习,主要要求学生掌握土木工程施工中常用的施工技术和施工方法,掌握土木工程施工组织设计的编制方法,了解土木工程施工领域国内外的新技术和发展动态,具有初步解决土木工程施工技术和施工组织设计问题的能力。

本教材阐述了土木工程施工的基本理论及其工程应用。在本书编写的过程中,按照国家新颁布的土木工程设计规范和各种施工质量及验收规范进行编写,删除了已经废除和已经过时的施工技术和施工方法,反映现代土木工程施工的新技术、新工艺及新成就,以满足新时期人才培养的需要;在知识点的取舍上,保留一些常用的工艺方法,注重纳入对工程建设有重大影响的新技术,突出综合运用土木工程施工及相关学科的基本理论知识,以培养解决工程实践问题的能力。本教材力求适应“大土木”专业的教学要求,以建筑工程施工为基础,主要反映土木工程专业各主要专业方向都必须掌握的施工基础知识,同时兼顾道路与桥梁工程、地下工程专业方向的施工知识;既考虑土木工程的整体性,又结合现阶段课程设置的实际情况,在土木工程的框架内,建筑工程、道路与桥梁工程、地下工程等自成体系,便于组织教学,扩大学生的知识面和专业面,可满足不同专业的需要。本教材力求内容精练、结构合理、图文并茂、通俗易懂,每章附有学习要点、思考题及习题,便于教学和自学。

参加编写本教材的教师都从事过多年教学工作,具有丰富的教学经验。其具体分工如下:第一章由李红编写,第二章、第九章由吴贤国编写,第三章、第六章、第七章由覃亚伟编写,第四章由陈跃庆、宋协清编写,第五章由吴贤国、仲景冰、陈晓阳编写,第八章由储劲松编写,第十章、第十二章、第十三章由余群舟编写,第十一章由丁锐编写,第十四章、第十五章由宋协清编写,第十六章由宋协清、李红民编写。全书由华中科技大学吴贤国教授统稿。

由于编者水平有限,时间仓促,不足之处在所难免,衷心希望广大读者批评指正。

# 目 录

第一章 土方工程 .....	1
第一节 土的工程分类和土的性质 .....	1
第二节 场地平整 .....	4
第三节 土方调配 .....	11
第四节 土方边坡与土壁支护 .....	16
第五节 施工排水与降水 .....	24
第六节 土方填筑与压实 .....	36
第七节 土方工程机械化施工 .....	40
第八节 爆破工程 .....	47
复习思考题 .....	58
计算题 .....	58
第二章 深基础工程 .....	61
第一节 桩基础工程 .....	61
第二节 地下连续墙工程 .....	82
第三节 逆作法施工 .....	85
复习思考题 .....	86
第三章 砌体工程和新型墙体板材工程 .....	88
第一节 砌体材料 .....	88
第二节 脚手架及垂直运输设施 .....	90
第三节 砖砌体施工 .....	95
第四节 砌块施工 .....	98
第五节 石砌体施工 .....	100
第六节 新型墙体板材工程 .....	102
复习思考题 .....	106
第四章 混凝土结构工程 .....	108
第一节 钢筋工程 .....	108
第二节 模板工程 .....	123
第三节 混凝土工程 .....	134
复习思考题 .....	159
计算题 .....	160
第五章 预应力混凝土工程 .....	162
第一节 预应力钢筋 .....	162
第二节 预应力张拉锚固体系 .....	164
第三节 张拉设备 .....	170

第四节	先张法预应力混凝土施工	173
第五节	后张法预应力混凝土施工	178
第六节	现浇预应力混凝土结构施工	188
复习思考题		194
计算题		194
<b>第六章</b>	<b>高层主体结构工程</b>	195
第一节	大模板施工	195
第二节	滑升模板施工	199
第三节	爬模施工	210
第四节	高层钢结构施工	214
复习思考题		224
<b>第七章</b>	<b>结构安装工程</b>	226
第一节	起重机械与设备	226
第二节	单层工业厂房结构安装	237
第三节	装配式框架混凝土结构安装	254
第四节	空间网架结构安装	259
复习思考题		265
计算题		265
<b>第八章</b>	<b>防水工程</b>	266
第一节	屋面防水工程	266
第二节	地下防水工程	274
复习思考题		284
<b>第九章</b>	<b>装饰工程</b>	285
第一节	抹灰工程	285
第二节	饰面板(砖)工程	292
第三节	涂饰工程	296
第四节	吊顶工程	298
第五节	幕墙工程	301
第六节	裱糊工程	304
复习思考题		306
<b>第十章</b>	<b>地下工程</b>	307
第一节	盾构工程施工	308
第二节	浅埋暗挖法施工	320
第三节	水下沉管隧道施工	332
复习思考题		336
<b>第十一章</b>	<b>道路与桥梁工程</b>	338
第一节	道路施工	338
第二节	桥梁施工	356
复习思考题		382

<b>第十二章 施工组织概论</b> .....	383
第一节 建筑产品及其生产的特点 .....	383
第二节 施工组织设计 .....	386
第三节 组织施工的原则 .....	389
第四节 施工准备工作 .....	390
第五节 施工现场原始资料的调查 .....	395
复习思考题 .....	397
<b>第十三章 流水施工原理</b> .....	398
第一节 流水施工的基本概念 .....	398
第二节 流水施工的基本参数 .....	401
第三节 流水施工的基本组织方式 .....	405
第四节 流水施工组织实例 .....	416
复习思考题 .....	421
计算题 .....	421
<b>第十四章 网络计划技术</b> .....	422
第一节 双代号网络计划 .....	423
第二节 单代号网络计划 .....	440
第三节 网络计划的优化 .....	446
第四节 网络计划的检查与调整 .....	454
第五节 网络计划在施工中的应用 .....	455
复习思考题 .....	459
计算题 .....	459
<b>第十五章 单位工程施工组织设计</b> .....	463
第一节 概述 .....	463
第二节 施工方案 .....	465
第三节 单位工程施工进度计划 .....	475
第四节 资源供应计划 .....	480
第五节 单位工程施工现场平面图 .....	483
复习思考题 .....	487
<b>第十六章 施工组织总设计</b> .....	488
第一节 编制原则、依据和内容 .....	488
第二节 施工部署 .....	490
第三节 施工总进度计划 .....	491
第四节 资源总需求计划 .....	493
第五节 施工总平面图 .....	495
复习思考题 .....	504
<b>参考文献</b> .....	505



# 第一章 土方工程

## 本章学习要点

1. 了解土的分类和土的工程性质，掌握场地平整设计标高确定和土方量计算方法，掌握土方调配的原则和表上作业法进行土方调配的方法。
2. 熟悉土方边坡坡度确定方法，了解土壁支护形式。
3. 熟悉集水井降水法，掌握流砂产生的原因和防治方法；熟悉井点降水的类型，掌握轻型井点设计方法和步骤。
4. 熟悉土料选择与填筑要求、填土压实方法和影响因素；了解常用土方施工机械的性能及其选择与配合。
5. 了解爆破原理，熟悉起爆方法、爆破方法，了解电爆网路、爆破安全措施。

土木工程施工中，常见的土方工程有：场地平整、基坑（槽）和管沟开挖、地坪填土、路基填筑及基坑回填等；土方施工的准备工作和辅助工程有：排水、降水、土壁支撑等。

土方工程的特点是面广量大、劳动繁重、施工条件复杂、影响因素多、施工条件复杂，因而，应合理组织施工，尽量使用机械化作业，并做好施工机械的配套工作，以取得较好的施工效果。

## 第一节 土的工程分类和土的性质

### 一、土的工程分类

土的分类方法有很多，如地基土根据土的颗粒级配或塑性指数分六类：岩石、碎石土、砂土、粉土、黏性土、人工填土。

在土石方工程施工中，根据土的开挖难易程度分为八类：松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石，见表 1-1，这种分类也是确定劳动定额的依据。

土的工程分类表

表 1-1

土的分类	土的名称	土的密度 ( $t/m^3$ )	可松性系数		开挖工具及方法
			$K_s$	$K'_s$	
一类土 (松软土)	砂，粉土，冲击砂土层， 种植土，泥炭（淤泥）	0.5~1.5	1.08~1.17	1.01~1.03	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	0.11~1.6	1.14~1.28	1.02~1.05	用锹、锄头挖掘， 少许用镐翻松



续表

土的分类	土的名称	土的密度 (t/m <sup>3</sup> )	可松性系数		开挖工具及方法
			K <sub>s</sub>	K' <sub>s</sub>	
三类土 (坚土)	软黏土及中等密实黏土, 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	1.75~1.9	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, 粗砾石, 密实的黄土, 天然及配砂土, 软泥灰岩及蛋白石	1.9	1.26~1.32	1.06~1.09	先用镐、撬棍, 然后用锹挖掘, 部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	中等密实的页岩, 软的石灰岩	1.1~2.7	1.30~1.45	1.10~1.20	用镐和撬棍、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, 片麻岩, 风化花岗岩, 密实的石灰岩, 泥炭岩	2.2~2.9	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, 绿辉岩, 粗、中粒花岗岩, 坚实的白云岩、砂岩、页岩、片麻岩、石灰岩、风化痕迹的安山岩、玄武岩	2.5~3.1	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, 坚实的粗粒花岗岩	2.7~3.3	1.45~1.50	1.20~1.30	用爆破方法开挖

## 二、土的工程性质

### 1. 土的渗透性

土体孔隙中的自由水在重力作用下会透过土体而运动, 这种土体被水透过的性质称为土的渗透性。土的渗透性通过渗透系数  $K$  来反映土透水性的尺寸, 从达西公式  $V=KI$  可以看出渗透系数的物理意义是当水力坡度  $I$  等于 1 时的渗透速度  $V$  即为渗透系数  $K$ 。渗透系数  $K$  一般通过室内渗透试验或现场抽水或压水试验确定, 表 1-2 为土的渗透系数  $K$  的参考值。土渗透系数的大小对土方工程中施工降水与排水的影响较大, 施工时应加以注意。

渗透系数  $K$  的计算公式:

$$K = \frac{Q}{AI} = \frac{V}{I} \quad (1-1)$$

式中  $K$ ——渗透系数 (m/d);

$Q$ ——单位时间内渗透通过的水量 (m<sup>3</sup>/d);

$A$ ——通过水量的总横断面积 (m<sup>2</sup>);

$V$ ——渗透水流的速度 (m/d);

$I$ ——水力坡度 (高水位  $h_1$  与低水位  $h_2$  之差与渗透距离  $s$  的比值);

$$I = \frac{h_1 - h_2}{s} = \frac{h}{s} \quad (1-2)$$

土的渗透系数  $K$  参考值

表 1-2

名 称	渗透系数 $K$ (m/d)	名 称	渗透系数 $K$ (m/d)
黏土	<0.005	中砂	5.0~20
粉质黏土	0.005~0.1	均值中砂	25~50
粉土	0.1~0.5	粗砂	20~50
黄土	0.25~0.5	圆砾	50~100
粉砂	0.5~1.0	卵石	100~500
细砂	1.0~5.0	无充填物卵石	500~1000

## 2. 土的含水量

土的含水量是土中所含的水与土的固体颗粒质量之比的百分率:

$$W = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \quad (1-3)$$

式中  $G_1$ ——含水状态时土的质量 (g);

$G_2$ ——土烘干后的质量 (g)。

土的含水量与土方边坡的稳定性及回填土的质量有直接关系。当土的含水量超过 25%~30% 时, 采用机械施工就很困难, 一般土的含水量超过 20% 就会使运土汽车打滑或陷车。回填土含水量过大, 夯实时会出现橡皮土。各类土都存在一个最佳含水量, 当土的含水量处于最佳时, 回填土的密实度最大。砂土最佳含水量为 8%~12%; 砂质粉土为 9%~15%; 粉质黏土为 12%~15%; 黏土为 19%~23%。

## 3. 土的可松性

自然状态下的土, 经过开挖以后, 其体积因松散而增加, 后虽经回填压实, 仍不能恢复到原体积, 这种性质称为土的可松性。

土的可松性用可松性系数来表示。自然状态土经开挖后的松散体积与原自然状态下的体积之比, 称为最初可松性系数  $K_s$ ; 土经回填压实后的体积与原自然状态下的体积之比, 称为最终可松性系数  $K'_s$ 。

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

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

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 (m<sup>3</sup>);

$V_2$ ——土经开挖后的松散体积 (m<sup>3</sup>);

$V_3$ ——土经回填压实后的体积 ( $m^3$ )。

各类土的可松性系数参考值见表 1-1。土的可松性是一个非常重要的工程性质，它对于场地平整、土方调配、土方开挖、运输和回填以及土方挖掘机械和运输机械的数量、斗容量的确定，都有很大影响。

#### 4. 松散土的压缩性

压缩性是指松散土经压实后体积减少的性质，其影响填土土方量。在核实填土工程量时，一般应按填方实际体积增加 10%~20% 的方数考虑。土的压缩率参考值见表 1-3。

土的压缩率参考值

表 1-3

土的种类		土的压缩率	每立方米松散土 压实后的体积 ( $m^3$ )
一~二类土	种植土	20%	0.80
	一般土	10%	0.90
	砂土	5%	0.95
三类土	天然湿度黄土	12%~17%	0.85
	一般土	5%	0.95
	干燥坚实土	5%~7%	0.94

## 第二节 场地平整

大型工程项目一般都要先确定场地设计平面，然后计算挖、填方工程量，进行土方调配，选择土方机械、制定施工方案。由于地形复杂，土方工程的外形往往不规则，所以土方工程量计算一般为近似方法。

### 一、场地设计标高的确定

#### (一) 确定场地设计标高应考虑因素

对较大面积的场地，合理选择设计标高对土方工程量和工程进度的影响很大。在确定场地设计标高时，必须结合现场实际情况选择设计标高。一般应考虑以下因素：① 与已有建筑的标高相适应，满足工艺和交通要求；② 尽量利用地形，减少填、挖工程量；③ 争取场区内挖、填平衡，降低土方运输费用；④ 有一定的泄水坡度 ( $\geq 2\%$ )，满足排水要求；⑤ 应考虑最高洪水位的影响。

对于地形复杂的大型场地，可设计成多个平面，设计时可根据工艺和地形预先划分几个平面，分别设计，再在边界处作一个调整即可。

场地设计标高一般应在设计文件中规定，若设计文件无规定时，可采用挖填平衡法确定。

#### (二) 挖填平衡法确定场地设计标高

采用挖填平衡法确定场地设计标高步骤如下：

##### 1. 初步计算场地设计标高

(1) 在地形图上将施工区域划分为边长  $a=10\sim 50m$  的正方形网格（地形起伏大时取小值，小时取大值，一般情况取 20m）。见图 1-1。

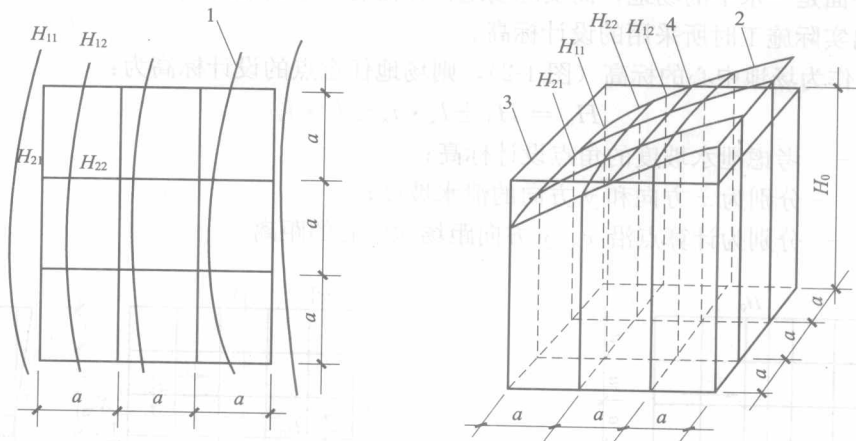


图 1-1 场地平整标高计算

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

- (2) 根据等高线按比例用插入法确定各方格网点的自然标高  $H_{ij}$ 。
- (3) 按挖填平衡确定设计标高  $H_0$ 。

场地土方在平整前后相等，则：

$$H_0 N a^2 = \sum_1^N a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \quad (1-6)$$

即

$$H_0 = \frac{\sum_1^N (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4N} \quad (1-7)$$

式中

$H_0$ ——所计算的场地设计标高 (m)；

$a$ ——方格边长 (m)；

$N$ ——方格数量；

$H_{11}$ 、 $H_{12}$ 、 $H_{21}$ 、 $H_{22}$ ——任一方格四个角点标高 (m)。

由图 1-1 可见， $H_{11}$  为一个方格独有， $H_{12}$ 、 $H_{21}$  为两个方格共有， $H_{22}$  则为四个方格所共有，在用式 (1-7) 计算的过程中，类似  $H_{11}$  的标高仅加一次，类似  $H_{12}$ 、 $H_{21}$  的标高加两次，类似  $H_{22}$  的标高则加四次，在不规则场地中也有标高加三次的，这种在计算过程中被应用的次数，反映了各角点标高对计算结果的影响程度。考虑各角点标高的计算次数，式 (1-7) 可改写成更便于计算的形式：

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4N} \quad (1-8)$$

式中  $H_1$ ——一个方格独有的角点标高；

$H_2$ 、 $H_3$ 、 $H_4$ ——分别为二、三、四个方格所共有的角点标高。

## 2. 设计标高的调整

式 (1-8) 计算的  $H_0$  为一理论数值，实际尚需考虑以下因素的影响：

- (1) 泄水坡度的影响。设计标高的调整主要是泄水坡度的调整，由于按式 (1-7) 得

到的设计平面是一水平的场地，而实际场地往往需有一定的泄水坡度。因此，应根据泄水要求计算出实际施工时所采用的设计标高。

以  $H_0$  作为场地中心的标高（图 1-2），则场地任意点的设计标高为：

$$H_n = H_0 \pm l_x \cdot i_x \pm l_y \cdot i_y \quad (1-9)$$

式中  $H_n$ ——考虑泄水坡度的角点设计标高；

$i_x$ 、 $i_y$ ——分别为  $x$  方向和  $y$  方向的泄水坡度；

$l_x$ 、 $l_y$ ——分别为计算点沿  $x$ 、 $y$  方向距场地中心的距离。

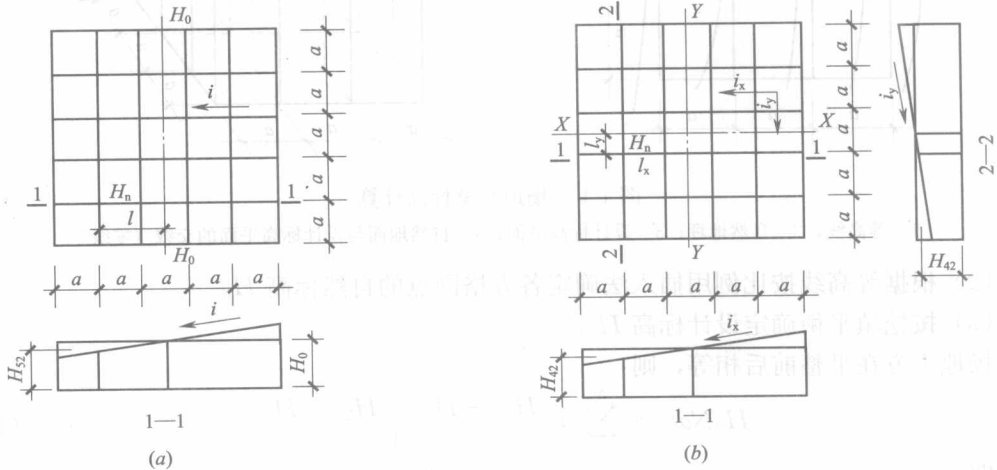


图 1-2 泄水坡度影响角点设计标高

(a) 单向泄水；(b) 双向泄水

(2) 土的可松性影响。由于土的可松性，土在开挖后，实际体积会增加，需要提高设计标高  $\Delta h$ ，以达到土方量的平衡。见图 1-3。

由

$$V_T + A_T \cdot \Delta h = (V_W - A_W \cdot \Delta h) K'_S \quad (1-10)$$

得

$$\Delta h = \frac{V_W (K'_S - 1)}{A_T + A_W \cdot K'_S} \quad (1-11)$$

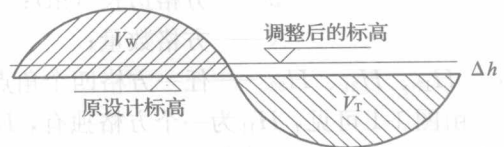


图 1-3 土的可松性引起场地设计标高提高

式中  $\Delta h$ ——设计标高的增加值；

$V_T$ 、 $V_W$ ——设计标高调整前的填、挖方体积；

$A_T$ 、 $A_W$ ——设计标高调整前的填、挖方面积；

$K'_S$ ——土的最终可松性系数。

(3) 部分挖方就近弃土于场外，或部分填方就近从场外取土等因素，引起设计标高的增、减。

(4) 设计标高以下各种填方工程用土量，或设计标高以上的各种挖方工程量。

## 二、土方工程量计算

(一) 方格网法

场地平整时，由于土方外形往往复杂、不规则，要得到精确的土方工程量计算结果很困难。一般情况下，可以按方格网将其划为一定的几何形状，并采用具有一定精度而又和实际情况近似的方法进行计算。

场地平整土方量的计算可按以下步骤进行：

1. 计算场地方格网各角点的施工高度

场地设计标高确定后，求出平整的场地方格网各角点的施工高度（即挖、填高度），施工高度按下式计算：

$$h_n = H_n - H'_n \quad (1-12)$$

式中  $h_n$ —— $n$  点的施工高度，若为正值，则该点为填方，为负值则为挖方；  
 $H_n$ 、 $H'_n$ ——分别为设计平面标高和原地面标高。

图 1-4 为方格网角点原地面标高、设计标高和施工高度示意图。

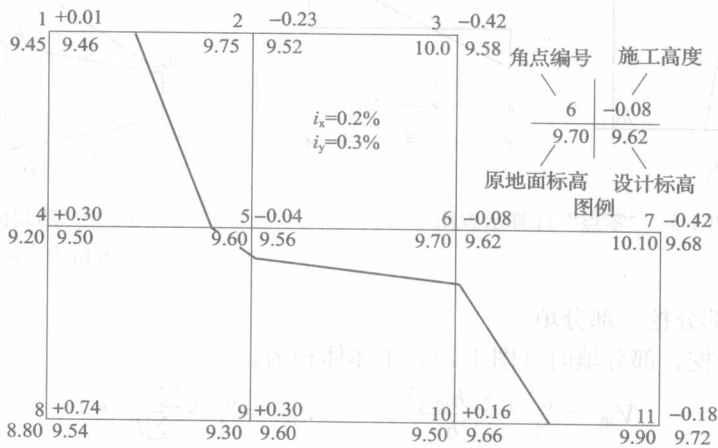


图 1-4 方格网角点标高和施工高度示意图

2. 确定“零线”，即挖、填区域分界线

当一个方格中同时有挖方和填方时，要确定挖、填方的分界线，即“零线”。在该线上，施工高度为零。零线的确定方法是：在相邻角点施工高度为一挖一填的方格边线上，用插入法求出“零点”，再将相邻边上的“零点”相连，即得“零线”。“零点”的位置按下式计算（图 1-5）：

$$x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} a \quad x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} a \quad (1-13)$$

式中  $x_1$ 、 $x_2$ ——角点至“零点”的位置；  
 $h_1$ 、 $h_2$ ——挖填高度，均为绝对值；  
 $a$ ——方格边长。

3. 计算土方工程量

土方量计算的基本方法主要是近似的计算体积的几何方法，一般有四角棱柱体法、三角棱柱体法。

(1) 四角棱柱体法

四角棱柱体法假定每一方格上的原始自然地面为一平面，用近似公式计算。

1) 方格为全填或全挖

当方格为全填或全挖时 (图 1-6)，土体体积为：

$$V = \frac{a^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-14)$$

式中  $V$ ——挖或填体积 ( $m^3$ )；

$h_1、h_2、h_3、h_4$ ——方格四个角点的施工高度，取绝对值 ( $m$ )；

$a$ ——方格网边长 ( $m$ )。

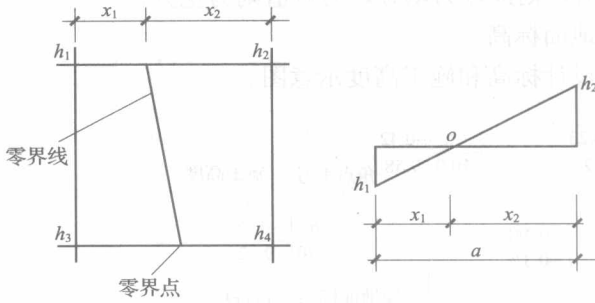


图 1-5 “零点”计算示意图

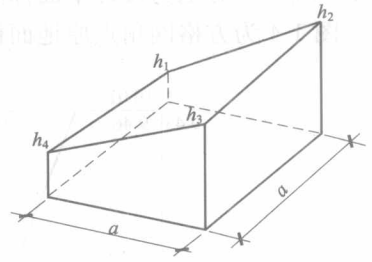


图 1-6 四角棱柱体体积  
(方格为全填或全挖)

2) 方格为部分挖、部分填

方格为部分挖、部分填时 (图 1-7)，土体体积为：

$$V_{\text{填}} = \frac{a^2}{4} \left( \frac{\sum h_{\text{填}}}{\sum h} \right)^2 \quad V_{\text{挖}} = \frac{a^2}{4} \left( \frac{\sum h_{\text{挖}}}{\sum h} \right)^2 \quad (1-15)$$

式中  $\sum h_{\text{挖(填)}}$ ——方格中挖方 (或填方) 施工高度总和，取绝对值 ( $m$ )；

$\sum h$ ——四角点施工高度总和，取绝对值 ( $m$ )；

$a$ ——方格边长 ( $m$ )。

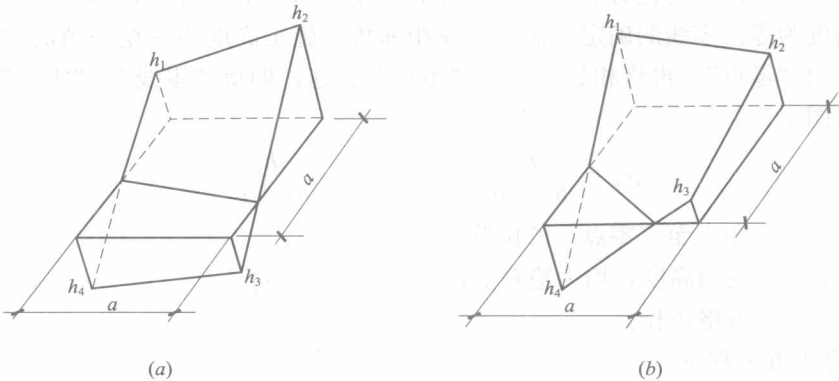


图 1-7 四角棱柱体体积 (方格为部分挖、部分填)

(a) 两挖两填；(b) 三挖一填 (或三填一挖)



## (2) 三角棱柱体法

将每个方格的对角点顺地形等高线连接起来，每个方格划分为两个等腰直角三角形，假定三角形内的原始自然地面为一平面，用立体几何近似公式计算每个三角棱柱体的土方。

### 1) 三角形的三角点均为挖或填

三角形的三角点均为挖或填时（图 1-8），土体体积为：

$$V = \frac{a^2}{6}(h_1 + h_2 + h_3) \quad (1-16)$$

式中  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $h_3$ ——三角形各角点的施工高度，取绝对值（m）；  
 $a$ ——方格边长（m）。

### 2) 三角形部分挖、部分填

三角形部分挖、部分填时，分为锥体和楔体两部分（图 1-9），土体体积为：

$$V_{\text{锥}} = \frac{a^2}{6} \frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} \quad (1-17)$$

$$V_{\text{楔}} = \frac{a^2}{6} \left[ \frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} - h_3 + h_2 + h_1 \right] \quad (1-18)$$

式中  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $h_3$ ——三角形各角点的施工高度（m），取绝对值，其中  $h_3$  指锥体顶点的施工高度。

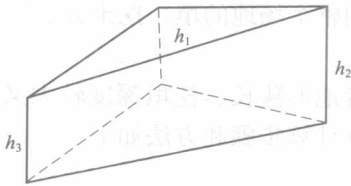


图 1-8 三角棱柱体体积  
(全填或全挖)

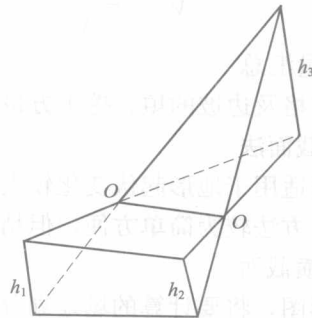


图 1-9 三角棱柱体  
体积（部分挖方）

## 4. 边坡土方量计算

对于平整场地、修筑路基、路堑的边坡挖、填土方量计算，常用图算法。图算法是根据地形图和边坡竖向布置图或现场测绘，将要计算的边坡划分为两种近似的几何形体（图 1-10），一种为三角棱体（如体积①~③、⑤~⑪）；另一种为三角棱柱体（如体积④），然后应用几何公式分别进行土方计算，最后汇总即得场地总挖土（-）、填土（+）的量。计算步骤如下：

- (1) 标出场地四个角点填、挖高度和零线位置；
- (2) 根据土质确定填、挖边坡的边坡率  $m$ ；
- (3) 计算出四个角点的放坡宽度，如 2 点放坡宽度为  $mh_2$ ，3 点放坡宽度为  $mh_3$ ；
- (4) 绘出边坡图；

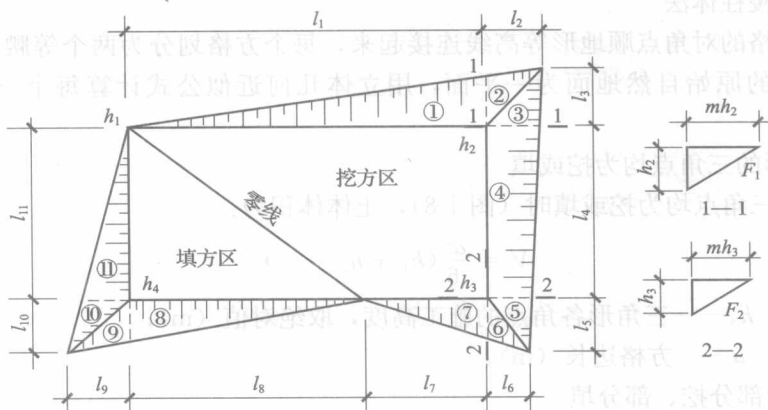


图 1-10 场地边坡计算简图

(5) 计算边坡土方量:

三角棱体的土方量按锥体计算 (如体积②):

$$V_2 = \frac{1}{3}(mh_2)^2 h_2 = \frac{1}{3}mh_2^3 \quad (1-19)$$

三角棱柱体土方量按平均断面法计算 (如体积④):

$$V_{2-3} = \left(\frac{F_2 + F_3}{2}\right)l_{2-3} = \frac{1}{4}m(h_2^2 + h_3^2)l_{2-3} \quad (1-20)$$

### 5. 土方量汇总

将每个方格及边坡的填、挖土方量汇总, 得到整个场地的填、挖土方总量。

#### (二) 横截面法

横截面法适用于地形起伏变化较大地区, 或者地形狭长、挖填深度较大又不规则的地区采用, 计算方法较为简单方便, 但精度较低。其计算步骤和方法如下:

##### 1. 划分横截面

根据地形图, 将要计算的场地划分为若干个相互平行的横截面, 使截面尽量垂直于等高线或主要建筑物的边长, 各截面间的间距可以不等, 一般可用 10m 或 20m, 在平坦地区可大些, 但最大不大于 100m。

##### 2. 计算横截面面积

按比例绘制每个横截面的自然地面和设计地面的轮廓线。自然地面轮廓线与设计地面轮廓线之间的面积, 即为挖方或填方的截面。将每一截面划分为若干个三角形或梯形, 如图 1-11, 计算每个截面的面积公式为:

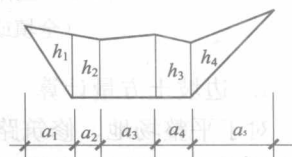


图 1-11 横截面示意图

$$A = h_1 \frac{a_1 + a_2}{2} + h_2 \frac{a_2 + a_3}{2} + h_3 \frac{a_3 + a_4}{2} + h_4 \frac{a_4 + a_5}{2} \quad (1-21)$$

##### 3. 计算土方量

根据横截面面积按下式计算土方量:

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} \times s \quad (1-22)$$