

高校土木工程专业规划教材

GAOXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

# 土木工程施工技术

主 编 王利文

副主编 徐欣 张新 王赫

TUMU GONGCHENG SHIGONG JISHU

中国建筑工业出版社

高校土木工程专业规划教材

# 土木工程施工技术

主编 王利文  
副主编 徐欣 张新 王赫

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程施工技术/王利文主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 8  
高校土木工程专业规划教材  
ISBN 978-7-112-17120-0

I. ①土… II. ①王… 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 (2014) 第 166492 号

《土木工程施工技术》是根据现行土木工程专业规范及课程教学大纲进行编制的, 该书的特色是在编写专业内容的同时, 参照了大量国家现行土木工程规范、规程、标准、法规。以土木工程施工内容为主线, 密切结合现行规范, 注脚了大量的土木工程施工中应用到的规范、规程、标准, 使读者在学习施工技术的同时, 学习或熟悉了现行规范的相关要求。

本书针对应用型本科的特点, 强调理论联系实际, 反映当前土木工程施工的先进水平, 并增加新技术、新工艺等内容, 以达到培养学生解决工程实际问题的能力。本书可作为高等院校土木工程专业、工程项目管理专业及其他相关专业的教材, 该书非常适合土木建筑工程师、应用型人才培养, 同时可作为土木工程施工技术人员学习用书。

责任编辑: 郇锁林 朱晓瑜

责任设计: 张虹

责任校对: 张颖 刘钰

### 配套资源下载说明

本书配套资源请进入 <http://book.cabplink.com/zydown.jsp> 页面, 搜索书名找到对应资源点击下载 (注: 配套资源需免费注册网站用户并登录后才能完成下载)。

高校土木工程专业规划教材

土木工程施工技术

主 编 王利文

副主编 徐欣 张新 王赫

\*

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

北京红光制版公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 25½ 字数: 619 千字

2014 年 10 月第一版 2014 年 10 月第一次印刷

定价: 48.00 元 (附网络下载)

ISBN 978-7-112-17120-0

(25904)

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

本书是根据普通高等院校土建类的课程教学大纲和基本要求编写的,符合土木工程专业、工程管理专业本科教育培养目标及主干课程的基本要求。在编写专业内容的同时,参照了大量国家现行土木工程规范、规程、标准、法规。在阐述土木工程施工的基本知识的同时,力求在规范、标准、规程的基础上反映当前成熟先进的施工技术。

本书的编者由常州工学院、南京工业大学、山东建筑大学、河北建筑工程学院从事多年土木工程施工专业课教学的老师组成,结合了作者多年的教学、实践经验。本书在编写过程中,力求体系内容与我国现行规范、规程与标准结合,理论与实践应用结合的专业教学理念,努力做到内容新颖、结构完整、深入浅出、通俗易懂、实用性强。

该书的特色是根据施工专业内容,适当注脚现行设计、施工规范的对应要求,附录了大量土木工程施工中应用到的规范、规程、标准,使读者在学习施工技术的同时,也学习或熟悉了现行规范的相关要求。

本教材参考学时为 48~64 学时。

本书由王利文担任主编,徐欣、张新、王赫担任副主编。具体分工为:王利文编写第四章、第十一章,徐欣编写第二章,第三章;张新编写第六章、第七章,王赫编写第五章,李雄威编写第一章,任大龙编写第八章,李胜第九章,吴大群第十章。

由于编者学识水平有限,书中难免存在不足之处,恳切希望读者、同行专家批评指正。

101	.....	土木工程材料	第四章
101	.....	施工工艺	第五章
101	.....	施工组织	第六章
101	.....	工程测量	第七章
101	.....	工程地质	第八章
101	.....	工程材料	第九章
101	.....	工程力学	第十章
101	.....	工程结构	第十一章
101	.....	工程经济	第十二章
101	.....	工程法规	第十三章
101	.....	工程安全	第十四章
101	.....	工程环保	第十五章
101	.....	工程节能	第十六章
101	.....	工程验收	第十七章
101	.....	工程竣工	第十八章
101	.....	工程档案	第十九章
101	.....	工程总结	第二十章

# 目 录

第一章 土方工程	1
第一节 概述	1
第二节 土的工程性质	3
第三节 土方量计算与土方调配	6
第四节 土方的挖填与压实	14
第五节 土方边坡与支护	24
第六节 基坑降水	35
习题	47
第二章 地基与桩基础工程	48
第一节 概述	48
第二节 地基处理	51
第三节 桩基础	56
思考题	77
第三章 砌体工程	79
第一节 脚手架工程	79
第二节 砌体工程施工	90
第三节 砌体工程冬期施工	103
思考题	105
第四章 钢筋混凝土结构工程	107
第一节 钢筋工程	107
第二节 模板工程	136
第三节 混凝土工程	151
第四节 大体积混凝土	170
第五节 水下混凝土施工	179
第六节 钢管、型钢混凝土	181
习题	186
第五章 预应力混凝土工程	188
第一节 概述	188
第二节 先张法施工	189
第三节 后张法施工	193
第四节 无粘结预应力混凝土工程施工	207
习题	211
第六章 土木工程结构安装工程	212
第一节 垂直运输及吊装起重设施	212

第二节	单层工业厂房结构安装	220
第三节	装配式框架结构吊装	235
思考题		241
<b>第七章</b>	<b>钢结构工程</b>	242
第一节	钢结构加工	242
第二节	钢结构的预拼装与连接	246
第三节	钢结构单层厂房安装	250
第四节	多层、高层钢结构安装	253
第五节	网架钢结构吊装	256
思考题		264
<b>第八章</b>	<b>道路与桥梁工程施工</b>	265
第一节	路基工程施工	265
第二节	路面工程施工	272
第三节	桥梁工程施工	277
思考题		298
<b>第九章</b>	<b>防水工程</b>	300
第一节	屋面防水工程	300
第二节	地下防水工程	312
第三节	外墙防水工程	320
第四节	室内防水工程	324
思考题		327
<b>第十章</b>	<b>建筑装饰装修工程</b>	328
第一节	抹灰工程	328
第二节	饰面工程	333
第三节	涂饰工程	339
第四节	楼地面工程	340
第五节	门窗工程	346
第六节	吊顶工程	348
第七节	幕墙工程	351
第八节	轻质隔墙、裱糊与软包工程	355
思考题		360
<b>第十一章</b>	<b>建筑节能工程</b>	361
第一节	建筑节能技术综述	361
第二节	墙体节能工程	367
第三节	幕墙节能工程	378
第四节	门窗节能工程	382
第五节	屋面节能工程	391
第六节	楼地面节能工程	398
<b>参考文献</b>		402

# 第一章 土方工程

## 第一节 概述

在土木工程施工中，常见的土方工程包括：场地平整、基坑（槽）开挖、地坪填土、路基填筑及基坑回填、地下工程的土方开挖等。土方工程的施工包括：开挖、运输、填筑与压实等主要施工项目，以及排水、降水和土壁支撑等准备和辅助施工内容。

### 一、土方子分部的划分

土方子分部按有无支护进行划分，见表 1-1。土方工程属于地基与基础子分部工程，应该由总监理工程师<sup>①</sup>组织施工单位项目负责人和技术、质量负责人等进行验收，勘察、设计单位工程项目负责人和施工单位技术、质量部门负责人也应参加相关分部工程验收，在实践中主要体现在地基验槽工作中。

土方子分部的划分

表 1-1

分部工程	子分部工程	分 项 工 程
地基与基础	无支护土方	土方开挖、土方回填
	有支护土方	排桩、降水、排水、地下连续墙、锚杆、土钉墙、水泥土桩、沉井与沉箱、钢及混凝土支撑

### 二、土方工程施工安全

土方工程应合理选择施工方案，尽量采用新技术和机械化施工，必须单独编制专项施工方案、安全技术措施，防止土方坍塌，尤其是制定防止毗邻建筑物沉降的安全技术措施。编制的专项施工方案，要附具安全验算结果，经施工单位技术负责人、总监理工程师签字后实施，由专职安全生产管理人员进行现场监督。具体内容有：

(1) 基坑开挖前，必须摸清基坑下的管线排列和地质资料

——挖土中发现管道、电缆及其他埋设物应及时报告，不得擅自处理。场内道路应及时整修，确保车辆安全行驶，各种车辆应有专人负责指挥引导。车辆进出口如有地下管线(道)必须铺设厚钢板，或浇筑混凝土加固。

<sup>①</sup> 《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300—2013 规定：

6.0.1 检验批应由监理工程师组织施工单位项目专业质量检查员、专业工长等进行验收。

6.0.2 分项工程应由专业监理工程师组织施工单位项目专业技术负责人等进行验收。

## (2) 基坑边坡安全<sup>①</sup>

土方挖掘过程中，要加强监控，防止基坑底部土的隆起并避免危害周边环境；基坑边缘土要有安全距离，严禁在坑边堆放建筑材料，防止动荷载对土体的震动造成原土层内部颗粒结构发生变化。挖土机械不得在施工中碰撞基坑支撑，以免引起支撑破坏。

基坑四周必须设置 1.2m 高护栏并进行围挡，并设置一定数量临时上下施工爬梯，不应踩踏土壁或支护结构上下。边坡支护结构要经常检查，如有松动、变形、裂缝等现象，要及时加固或更换。挖土时要注意土壁的稳定性，防止土方边坡塌方，发现有裂缝及坍塌可能时，人员要立即撤离并及时报告处理；每日或雨后必须检查土壁及支撑稳定情况，在确保安全的情况下继续工作，并且不得将土和其他物件堆在支撑上，不得在支撑下行走或站立。

## (3) 土方施工机械安全

土方机械不得在输电线路下工作，在输电线路一侧工作，不论在任何情况下，机械的任何部位与架空输电线路的最近距离应符合安全操作规程要求。

机械应停在坚实的地基上，不得将挖土机履带与挖空的基坑平行 2m 停、驶；运土汽车不宜靠近基坑平行行驶，防止塌方翻车；向汽车上卸土应在车子停稳后进行，禁止铲斗从汽车驾驶室上越过；机械挖土不得超挖，至少留 0.3m 深不挖，而由人工挖至设计标高；配合挖土机的清坡、清底工人，不准在机械回转半径下工作；电缆两侧 1m 范围内应采用人工挖掘。

## 三、土方工程施工前准备工作

(1) 收集建设单位提供的实测地形图、原有地下管线或构筑物竣工图、规划部分提供的控制点位置以及其他技术资料。主要有：

### 1) 附有坐标和等高线的地形图；

<sup>①</sup> 《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 规定：

10.3.6 边坡工程施工过程中，应严格记录气象条件、挖方、填方、堆载等情况。尚应对边坡的水平位移和竖向位移进行监测，直到变形稳定为止，且不得少于二年。爆破施工时，应监控爆破对周边环境的影响。

《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202—2002 规定：

7.1.7 基坑（槽）、管沟土方工程验收必须确保支护结构安全和周围环境安全为前提，当设计有指标时，以设计要求为依据，如无设计指标时应按表 7.1.7 的规定执行。

基坑变形的监控值 (cm)

表 7.1.7

基坑类别	围护结构墙顶位移监控值	围护结构墙体最大位移监控值	地面最大沉降监控值
一级基坑	3	5	3
二级基坑	6	8	6
三级基坑	8	10	10

1 符合下列情况之一，为一级基坑：

1) 重要工程或支护结构做主体结构的一部分；2) 开挖深度大于 10m；3) 与临近建筑物、重要设施的距离在开挖深度以内的基坑；4) 基坑范围内有历史文物、近代优秀建筑、重要管线等需严加保护的基坑。

2 三级基坑为开挖深度小于 7m，且周围环境无特别要求时的基坑。

3 除一级和三级外的基坑属二级基坑。



- 2) 拟建建(构)筑物的总平面布置图、基础形式、尺寸和埋置深度;
- 3) 场地及其附近已有的勘察资料;
- 4) 拟建场地的标高和土方平衡情况;
- 5) 基坑开挖深度、基坑平面尺寸、基坑地质勘查;
- 6) 环境条件、场地的水文地质、场地的排水等。

(2) 根据工程条件编制土石方施工安全技术方案<sup>①</sup>, 方案包括:

1) 挖、填方的平衡调配方案。

2) 挖、填土石方施工方法、施工机械选择、运输道路方案选择等; 土方施工场地内机械行走的道路开工前要修筑好, 合理组织机械施工, 保证使用效率, 并开辟适当的工作面, 以利于绿色施工, 减少粉尘污染。

3) 基坑排降水、基坑边坡支护等专项方案论证。

4) 编制施工计划, 尽量避免雨期施工。

5) 妥善保护施工区域内已有的土木工程、树木、通信、电力设备, 施工前妥善处理施工区域内的其他障碍物。

6) 落实土方施工的技术安全工作。如流沙、管涌、边坡稳定、基坑边缘荷载控制等。

(3) 其他准备工作, 现场供水、供电、临时生产和生活用的设施以及施工机具、材料进场等准备工作。

## 第二节 土的工程性质

### 一、土的工程分类

(1) 土的种类繁多, 分类的方法也不同。在建筑施工中按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、特坚石等八类。

(2) 土的野外鉴别方法见表 1-2。

土的野外鉴别方法

表 1-2

项目	黏土	粉质黏土	黏质粉土	砂土
湿润时 用刀切	切面光滑 有黏土阻力	稍有光滑 切面平整	无光滑面 切面稍粗糙	无光滑面 切面粗糙

<sup>①</sup> 《建筑施工土石方工程安全技术规范》JGJ 180—2009 规定:

2.0.2 土石方工程应编制专项施工安全方案, 并应严格按照方案实施。

3.1.4 机械设备进场前, 应对现场和行进道路进行踏勘。不满足通行要求的地段应采取必要的措施。

3.1.5 作业前应检查施工现场, 查明危险源。机械作业不宜在有地下电缆或燃气管道等 2m 半径范围内进行。

《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202—2002 规定:

6.1.2 当土方工程挖方较深时, 施工单位应采取措, 防止基坑底部土的隆起并避免危害周边环境。

6.1.3 在挖方前, 应做好地面排水和降低地下水水位工作。

6.1.5 土方工程施工, 应经常测量和校核其平面位置、水平标高和边坡坡度。平面控制桩和水准控制点应采取可靠的保护措施, 定期复测和检查。土方不应堆在基坑边缘。

6.1.6 对雨期和冬期施工还应遵守国家现行有关标准。

续表

项目		黏土	粉质黏土	黏质粉土	砂土
湿土用手捻摸		滑腻黏手	稍滑腻黏滞 有少量砂粒	轻微黏滞 感砂粒较多	无黏滞粗糙 感觉全是砂粒
土态	干土	坚硬用锤击碎	用力压碎	手捏碎	松散
	湿土	黏物干后难剥	能黏物干后易剥	不黏物	不黏物
搓条		搓成 0.5mm 长条不断	0.5~2mm 短条	2~3mm 短条	不能搓条

## 二、土的主要工程性质

土的工程性质对土方工程的施工有直接影响,在进行土方量的计算、确定运土机具的类型和数量时,需考虑到土的可松性;在确定基坑降水方案时,需考虑到土的渗透性;在分析边坡稳定性、进行土方回填时,要考虑到土的含水量和密实度。

### 1. 土的可松性

土的可松性是指自然状态下的土,经过开挖后体积增大,回填压实不能恢复其原状的性质。土方工程量是以自然状态的体积来计算的,而土方挖运则是以松散体积来计算的,同时,在进行土方的平衡调配,计算填方所需挖方体积,确定基坑(槽)开挖时的留弃土量以及计算挖、运土机具数量时,也需要考虑土的可松性。土的可松性程度可用可松性系数表示,即:

$$\text{最初可松性系数: } K_S = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-1)$$

$$\text{最终可松性系数: } K'_S = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-2)$$

式中  $K_S$ ——最初可松性系数是选择土方机械的重要参数;

$K'_S$ ——最终可松性系数是场地平整、土方填筑的重要参数;

$V_1$ ——土在天然状态下的体积 ( $\text{m}^3$ );

$V_2$ ——土挖出后的松散状态下的体积 ( $\text{m}^3$ );

$V_3$ ——土经回填压实后的体积 ( $\text{m}^3$ )。

### 2. 土的渗透性<sup>①</sup>

土体被水透过的性质称为土的渗透性,渗透性的表达参数为渗透系数,渗透系数  $K$  可通过室内渗透试验确定,或现场抽水试验测定。 $K$  现场测试方法如下:

沿垂直于地下水流方向,设置三眼水井,中间为抽水井,距抽水井  $X_1$  与  $X_2$  处为两个观测井(三井在同一直线上),根据抽水稳定后,观测井内的水深  $Y_1$  与  $Y_2$  及抽水孔相应的抽水量  $Q$ ,依据公式(1-3)计算出渗透系数。

<sup>①</sup> 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120—2012 规定:

7.3.17 含水层的渗透系数应按下列规定确定:

1 宜按现场抽水试验确定;

2 对粉土和黏性土,也可通过原状土样的室内渗透试验并结合经验确定;

3 当缺少试验数据时,可根据土的其他物理指标按工程经验确定。

$$K = \frac{Q \lg \frac{X_2}{X_1}}{1.366(Y_2^2 - Y_1^2)} \quad (1-3)$$

### 3. 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，以相对百分比表示。

$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中  $m_1$ ——含水状态下土的质量；

$m_2$ ——烘干后土的质量。

土的含水量随气候条件、雨雪和地下水的变化而变化，土的含水量对挖土的难易、土质边坡的稳定性、填土的密实程度均有影响。所以在制定土方施工方案、选择土方机械和决定地基处理方案时，均应考虑土的含水量。

### 4. 土的密实度

土的密实度是指土被固体颗粒所充实的程度，反映了土的紧密程度，土的密实度用土的压实系数表示。填土压实后，必须要达到要求的密实度，现行的《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 规定，压实填土的质量以设计规定的压实系数  $\lambda_c$  的大小作为控制标准，见表 1-3。

$$\lambda_c = \rho_d / \rho_{dmax} \quad (1-5)$$

式中  $\lambda_c$ ——土的压实系数；

$\rho_d$ ——土的实际干密度，干密度越大，表明土越坚实，在土方填筑时，常以土的干密度作为土的夯实控制标准；

$\rho_{dmax}$ ——土的最大干密度，由实验室击实试验测定。

压实填土地基压实系数控制值

表 1-3

结构类型	填土部位	压实系数 $\lambda_c$	控制含水量 (%)
砌体承重及框架结构	在地基主要受力层范围内	$\geq 0.97$	$w_{op} \pm 2$
	在地基主要受力层范围以下	$\geq 0.95$	
排架结构	在地基主要受力层范围内	$\geq 0.96$	
	在地基主要受力层范围以下	$\geq 0.94$	

注：1. 压实系数 ( $\lambda_c$ ) 为填土的实际干密度 ( $\rho_d$ ) 与最大干密度 ( $\rho_{dmax}$ ) 之比； $w_{op}$  为最优含水量。

2. 地坪垫层以下及基础底面标高以上的压实填土，压实系数不应小于 0.94。

压实填土的最大干密度和最优含水量，应采用击实试验确定，击实试验的操作应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123—1999 的有关规定。对于碎石、卵石，或岩石碎屑等填料，其最大干密度可取  $2100 \sim 2200 \text{ kg/m}^3$ 。对于黏性土或粉土填料，当无试验资料时，可按下列式计算最大干密度<sup>①</sup>：

$$\rho_{dmax} = \eta \frac{\rho_w d_s}{1 + 0.01 \omega_{op} d_s} \quad (1-6)$$

式中  $\rho_{dmax}$ ——分层压实填土的最大干密度 ( $\text{kg/m}^3$ )；

① 《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011 第 6.3.8 条。

$\eta$ ——经验系数,粉质黏土取 0.96,粉土取 0.97;

$d_s$ ——土粒相对密度。

细颗粒黏性土的干密度,可以用“环刀法”进行测定。粗颗粒砂石填料的干密度,可以用现场“灌砂法”进行测定<sup>①</sup>。施工现场无标准砂时,也可采用灌水法。

### 第三节 土方量计算与土方调配

#### 一、基坑、基槽土方量的计算

##### 1. 基坑土方量计算

基坑土方量是按立体几何拟柱体体积公式(即由两个平行的平面做底的一种多面体)来计算的(图 1-1)。

计算公式为: 
$$V = \frac{H(A_1 + 4A_0 + A_2)}{6} \quad (1-7)$$

式中  $H$ ——基坑深度(m);

$A_1, A_2$ ——基坑上、下两底面积( $m^2$ );

$A_0$ ——基坑中截面面积( $m^2$ )。

【例 1-1】某基坑底尺寸为  $30m \times 15m$ ,坑深  $5.5m$ ,  $1:0.4$  的放坡系数,土的可松性系数  $K_s = 1.3$ ,  $K'_s = 1.12$ ,基础体积为  $2000m^3$ 。计算基坑开挖的土方量及应该预留的开挖松散土方体积。

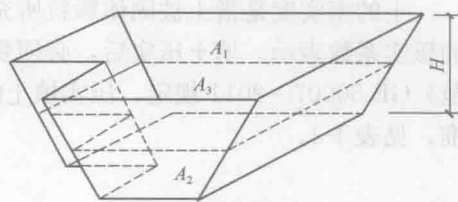


图 1-1 基坑土方量

解:(1) 基坑土方开挖量:

基坑底面积:  $F_1 = 30 \times 15 = 450m^2$ ;

坑口面积:  $F_2 = [30 + 2 \times 5.5 \times 0.4] \times [15 + 2 \times 5.5 \times 0.4] = 667.36m^2$ ;

中截面面积:  $F_0 = [30 + 2 \times 5.5 \times 0.4 / 2] \times [15 + 2 \times 5.5 \times 0.4 / 2] = 553.84m^2$ ;

基坑土方开挖量为:  $W = H(F_1 + F_2 + 4 \times F_0) / 6 = 5.5 \times (450 + 667.36 + 4 \times 553.84) / 6 = 3055m^3$ 。

(2) 需回填夯实后的土方量:  $V_3 = 3055 - 2000 = 1055m^3$ 。

(3) 需预留的松土量:  $V_2 = V_3 \times K_s / K'_s = 1055 \times 1.3 / 1.12 = 1224.55m^3$ 。

##### 2. 基槽土方量计算

① 《土工试验方法标准》GB/T 50123—1999 规定:

3.1.4 第 2 条 根据试验要求用环刀切取试样时,应在环刀内壁涂一薄层凡士林,刃口向下放在土样上,将环刀垂直下压,并用切土刀沿环刀外侧切削土样,边压边削至土样高出环刀,根据试样的软硬采用钢丝锯或切土刀整平环刀两端土样,擦净环刀外壁,称环刀和土的总质量。

5.1.5 试样的干密度应按式  $\rho_d = \rho / (1 + 0.01\omega)$  计算。

5.1.6 本试验应进行两次平行测定,两次测定的差值不得大于  $0.03g/cm^3$ ,取两次测值的平均值。

5.4.6 灌砂法试验应按下列步骤进行:

1 按本标准第 5.3.3 条 1-3 款的步骤挖好规定的试坑尺寸,并称试样质量。

2 向容砂瓶内注满砂,关阀门,称容砂瓶漏斗和砂的总质量。

3 将密度测定器倒置(容砂瓶向上)于挖好的坑口上打开阀门,使砂注入试坑。在注砂过程中不应振动。当砂注满试坑时关闭阀门,称容砂瓶、漏斗和余砂的总质量,准确至  $10g$ ,并计算注满试坑所用的标准砂质量。

基槽或路堤的土方量计算，可以沿长度方向分段，分段后用前面的方法进行计算(图 1-2)。

计算公式为：

$$V_1 = \frac{L_1(A_1 + 4A_0 + A_2)}{6} \quad (1-8)$$

式中  $V_1$ ——第一段长度的土方量 ( $m^3$ )；  
 $L_1$ ——第一段的长度 (m)；  
 $A_1$ ——此段基槽一端的面积 ( $m^2$ )；  
 $A_2$ ——此段基槽另一端的面积 ( $m^2$ )；  
 $A_0$ ——此段基槽中间截面面积 ( $m^2$ )。

同样的方法，先计算各段体积的土方量，然后相加，即得到总的基槽土方量。

## 二、场地平整土方量计算

场地平整土方量计算方法有两种：方格网法和断面法。断面法计算精度较低，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。

### (一) 场地设计标高的确定

#### 1. 场地设计标高的确定原则

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。在确定场地设计标高时，需考虑以下因素：

- 1) 应满足建筑规划、建筑功能、生产工艺要求；
- 2) 力求使场地内土方挖填平衡且土方量最小；
- 3) 充分利用地形、因地制宜分区或分台地，并灵活确定不同的设计标高，尽量减少挖、填土方量；
- 4) 场地设计标高必须考虑在设计基准期内的最高洪水水位；
- 5) 场地要设置一定的泄水坡度 ( $\geq 2\%$ )，满足场地地表水的排水要求。

#### 2. 场地设计标高的确定方法和步骤

##### (1) 确定场地平均高程 $H_0$

1) 在具有等高线的地形图上将施工区域划分为边长  $a=10\sim 40m$  的若干方格(图 1-3)。

2) 确定各小方格的角点自然高程。可根据地形图上相邻两等高线的高程，用插入法计算求得，见图 1-4， $H_{13}=252.00-0.6\times(252.00-251.50)=251.7m$ 。

##### 3) 计算平均高程 $H_0$

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4N} \quad (1-9)$$

式中  $H_1$ ——方格仅有的一个角点标高 (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)；

$N$ ——方格数。

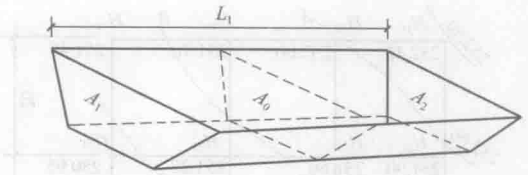


图 1-2 基槽土方量

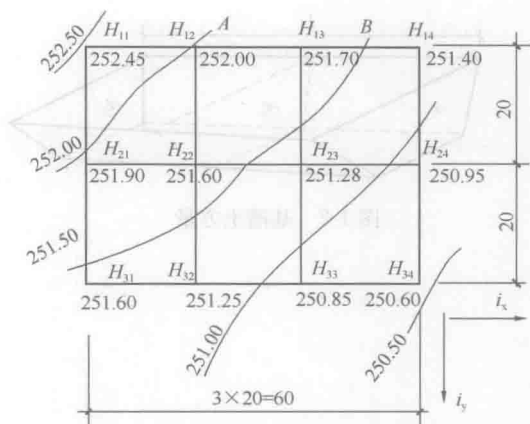


图 1-3 在等高线地形图上划分方格

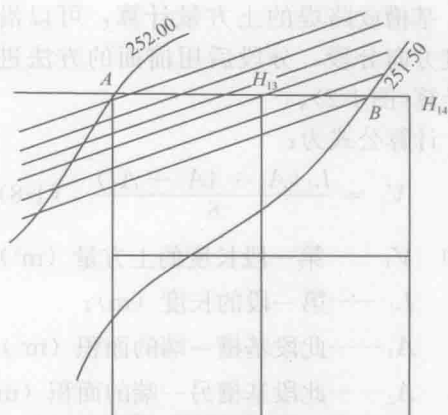


图 1-4 插入法计算方格角点高程

见图 1-3, 场地的平均高程为:

$$H_0 = [(252.45 + 251.4 + 250.6 + 251.6) + 2 \times (252 + 251.7 + 250.95 + 250.85 + 251.25 + 251.9) + 4 \times (251.6 + 251.28)] / (4 \times 6) = 251.453\text{m}$$

(2) 场地平均高程调整值  $H'_0$

以上求出的平均高程  $H_0$  只是一个理论值, 实际上还应该考虑一些其他因素, 对  $H_0$  进行调整, 这些因素有:

1) 土的可松性影响

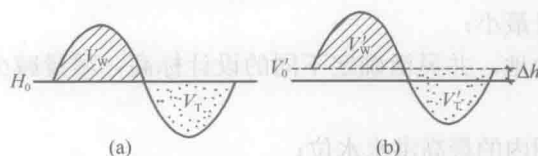


图 1-5 可松性引起的设计标高增加值

由于土具有可松性, 所以挖出一定体积的土, 不可能等体积回填, 出现多余。因此, 应该考虑由于土的可松性而引起的设计标高增加值  $\Delta h_1$ , 如图 1-5 所示。

2) 规划场地内挖、填方及就近取、弃土影响

由于场地内大型基坑挖出的土方、修路、筑堤填高的土方以及从经济角度考虑, 部分土方就近弃土或就近取土, 都会引起挖、填土方量的变化。因此, 应该考虑由于就近弃土或就近取土而引起的设计标高变化值  $\Delta h_2$ 。

$$H'_0 = H_0 + \Delta h_1 \pm \Delta h_2$$

3) 泄水坡度影响

当按平均高程进行平整时, 则整个场地表面均处于同一水平面, 但是, 实际上由于排水的要求, 场地需要有一定的泄水坡度。因此, 还必须根据场地泄水坡度的要求, 计算出场地内各方格角点设计标高。

① 场地为单向泄水坡度

场地具有单向泄水坡度时, 设计标高的确定方法, 是把已经调整后的平均高程  $H'_0$  作为场地中心的设计标高 (图 1-6 (a)), 场地内任意一点的设计标高则为:

$$H_{ij} = H'_0 \pm li \quad (1-10)$$

式中  $H_{ij}$  ——场地内任意一点的设计标高；

$l$  ——场地任意一点至场地中心线的距离；

$i$  ——场地泄水设计坡度（不小于2‰）<sup>①</sup>。

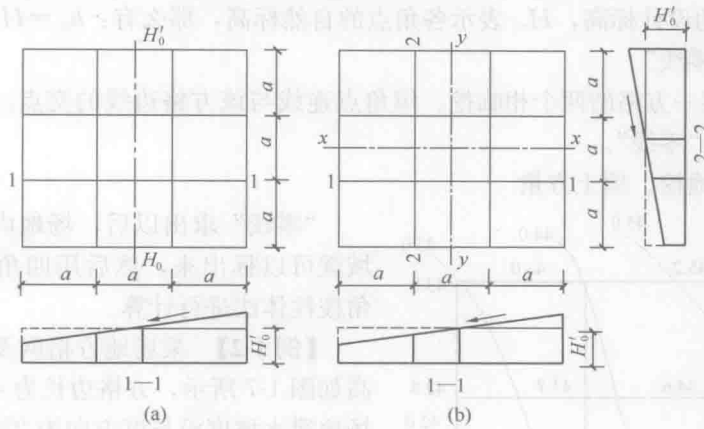


图 1-6 考虑泄水坡度角点标高示意

(a) 单向泄水坡度；(b) 双向泄水坡度

例如，图 1-3，原  $H_{11} = 252.45\text{m}$ ，场地的平均高程  $H'_0$  为  $251.45\text{m}$ ，那么，考虑沿  $x-x$  具有 2‰泄水坡度以后， $H_{11}$  的设计标高为：

$$H_{11} = H'_0 + 1.5 \times a \times i_x = 251.45 + 1.5 \times 20 \times 2\text{‰} = 251.45 + 0.06 = 251.51\text{m}.$$

那么该角点需要挖： $251.51 - 252.45 = -0.94\text{m}$ 。

### ② 场地具有双向泄水坡度

场地具有双向泄水坡度时设计标高的确定方法同样是把已调整后的平均高程  $H'_0$ ，作为场地的纵向和横向中心点设计标高，见图 1-6 (b)，场地内任意一点的设计标高为：

$$H_{ij} = H'_0 \pm l_{ix} i_x \pm l_{iy} i_y \quad (1-11)$$

式中  $l_{ix}$ 、 $l_{iy}$  ——分别为任意一点沿  $x-x$ 、 $y-y$  方向距场地中心的距离；

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

例如，图 1-3，原  $H_{34} = 250.60\text{m}$ ，场地的设计标高为  $251.45\text{m}$ ，那么，考虑具有双向泄水坡度以后，如果沿  $x-x$ 、 $y-y$  的坡度分别为 3‰、2‰， $H_{34}$  角点的设计标高为：

$$\begin{aligned} H_{34} &= H'_0 - 1.5 \times a \times i_x - a \times i_y = 251.45 - 1.5 \times 20 \times 3\text{‰} - 20 \times 2\text{‰} \\ &= 251.45 - 0.09 - 0.04 \\ &= 251.32\text{m} \end{aligned}$$

那么该角点需要填： $251.32 - 250.60 = +0.72\text{m}$ 。

### (二) 用方格网法计算场地土方量

首先把场地上各方格角点的自然标高与设计标高分别标注在方格角点上，计算各角点

<sup>①</sup> 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202—2002；

6.1.4 平整场地的表面坡度应符合设计要求，如设计无要求时，排水沟方向的坡度不应小于 2‰。平整后的场地表面应逐点检查。检查点为每  $100 \sim 400\text{m}^2$  取 1 点，但不应少于 10 点；长度、宽度和边坡均为每 20m 取 1 点，每边不应少于 1 点。

设计标高与自然标高的差值，并填在各角点上，即为各角点的施工高度。

(1) 求各方格角点的施工高度

用  $h_{ij}$  表示各角点的施工高度，亦即挖填高度，并且以“+”为填，以“-”为挖。  
 $H_{dij}$  表示各角点的设计标高， $H_{nij}$  表示各角点的自然标高，那么有： $h_{ij} = H_{dij} - H_{nij}$

(2) 绘出“零线”

“零点”是某一方格的两个相临挖、填角点连线与该方格边线的交点。两个相邻“零点”的连线即为“零线”。

(3) 计算场地挖、填土方量

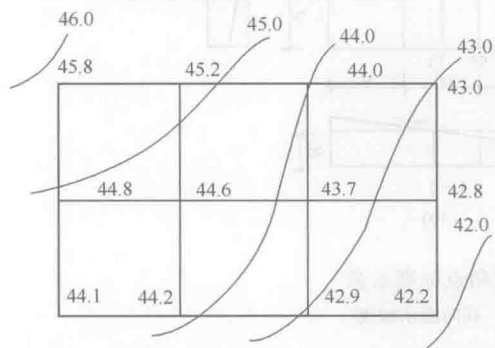


图 1-7 某场地示意图

“零线”求出以后，场地内的挖、填方区域就可以标出来，然后用四角棱柱体法和三角棱柱体法进行计算。

**【例 1-2】** 某场地方格网及角点原地面标高如图 1-7 所示，方格边长为 40m。设计要求场地泄水坡度沿长度方向为 2‰，沿宽度方向为 3‰，泄水方向根据原地形情况确定。

(1) 试按填、挖平衡原则，确定场地平整的平均高程；

(2) 绘出零线，并计算总的填方量和总的挖方量。

解：第一步，按填、挖平衡原则计算平均高程。由公式 (1-9) 知：

$$H_0 = [(45.8 + 43.0 + 44.1 + 42.2) + 2 \times (45.2 + 44.0 + 44.8 + 42.8 + 44.2 + 42.9) + 4 \times (44.6 + 43.7)] / (4 \times 6) = 44.0\text{m}$$

第二步，场地平均高程调整  $H'_0$  (本题忽略可松性影响)。

第三步，计算各角点的设计标高  $H_{ij}$ 。

泄水方向应尽量符合原地面的泄水方向，这样可使场地平整施工的土方量较小，因此，取沿场地长度泄水方向按图示为向右， $i_x = 3‰$ ，沿场地宽度泄水方向按图示为向下  $i_y = 2‰$ 。标高调整时，以场地中心的设计标高为平均高程  $H_0$ ，其他角点设计标高按公式 (1-11) 进行调整：

$$H_{11} = 44.0 + 60 \times 2‰ + 40 \times 3‰ = 44.24\text{m}; H_{12} = 44.0 + 20 \times 2‰ + 40 \times 3‰ = 44.16\text{m};$$

$$H_{13} = 44.0 - 20 \times 2‰ + 40 \times 3‰ = 44.08\text{m}; H_{14} = 44.0 - 60 \times 2‰ + 40 \times 3‰ = 44.0\text{m};$$

$$H_{21} = 44.0 + 60 \times 2‰ = 44.12\text{m}; \text{其余角点的标高详见图 1-8。}$$

第四步，计算角点的施工高度  $h_{ij}$ ：

$$h_{11} = 44.24 - 45.8 = -1.56\text{m}; h_{14} = 44.0 - 43.0 = 1.0\text{m}; \text{其余角点的施工高度详见图 1-8。}$$

第五步，用零线划分填、挖方区。零线应从施工高度为正、负的相邻两角点间通过，如图 1-8 所示。

第六步，计算土方量 (按四方棱柱体计算，过程略)：



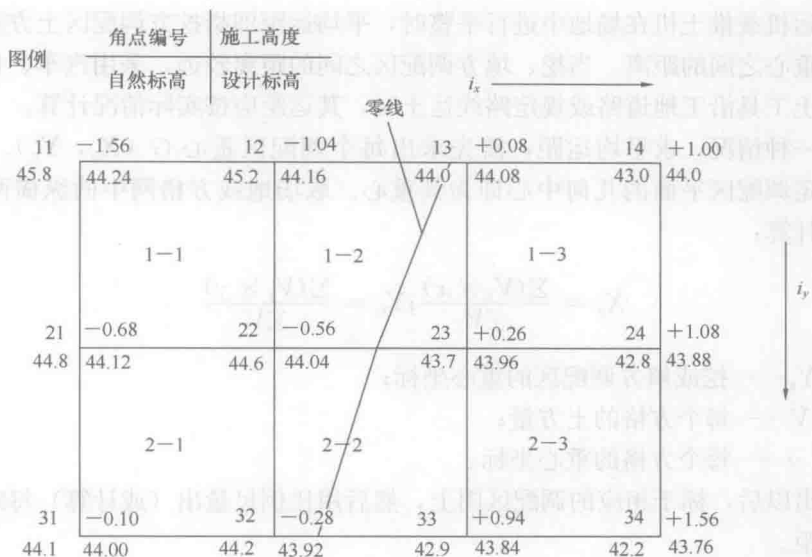


图 1-8 场地平整土方量计算图

$$V_{\text{填}} = 2810.19\text{m}^3; V_{\text{挖}} = 2850.19\text{m}^3。$$

理论上应有： $V_{\text{填}} = V_{\text{挖}}$ ，由于上述计算式的近似性，所以计算结果存在一定误差。当方格边长减小、方格数量增多时，相对误差便会减小。

### 三、土方调配<sup>①</sup>

土方调配的原则是：应力求挖填平衡、运距最短、费用最省，减少土方的重复挖、填和运输。

土方调配的步骤：划分调配区→计算土方调配区之间的平均运距（或单位土方运价，或单位土方施工费用）→确定土方的最优调配方案→绘制土方调配图表。

#### （一）土方调配区的划分

（1）调配区的划分应与土木工程的位置协调，满足工程施工顺序和分期施工的要求，使近期施工和后期利用相结合。

（2）调配区的大小应考虑土方及运输机械的技术性能，使其功能得到充分发挥。例如：调配区的面积最好和施工段的大小相适应。

（3）调配区的范围应与计算土方量的方格网相协调。通常情况下可由若干个方格网组成一个调配区。

（4）从经济效益出发，考虑就近借土或就近弃土。此时，一个借土区或一个弃土区均作为一个独立的调配区。

#### （二）调配区之间的平均运距

<sup>①</sup> 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202—2002 条文说明：

6.1.1 土方的平衡与调配是土方工程施工的一项重要工作。一般先由设计单位提出基本平衡数据，然后由施工单位根据实际情况进行平衡计算。如工程量较大，在施工过程中还应进行多次平衡调整，在平衡计算中，应综合考虑土的松散率、压缩率、沉陷量等影响土方量变化的各种因素。为了配合城乡建设的发展，土方平衡调配应尽可能与当地市、镇规划和农由水利等结合，将余土一次性运到指定弃土场，做到文明施工。