

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



TUMU GONGCHENG SHIGONG

土木工程施工

张长友 主 编

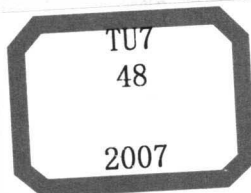
蔺石柱 周兆银 周志军 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



TUMU GONGCHENG SHIGONG

土木工程施工

主 编 张长友
副主编 蔺石柱 周兆银 周志军
编 写 李强年 文 佳 贾顺莲 黄志玉
主 审 李英民



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”规划教材,是根据“土木工程施工课程教学大纲”及本课程的教学基本要求,并参照国家现行施工及验收规范编写而成的。全书共分15章,主要内容包括土方工程、地基处理与桩基础工程、砌体工程、混凝土结构工程、结构安装工程、防水工程、装饰工程、道路工程、桥梁结构工程、隧道工程、施工组织概论、流水施工的基本原理、网络计划技术、施工组织总设计、单位工程施工组织设计等。每章附有内容提要、学习要求、工程应用案例、复习思考题、习题,方便学生自学和老师组织教学。

本书在内容上涵盖了建筑工程、道路工程、桥梁工程、地下工程等专业领域,吸收了现已成熟的新技术和新方法,密切结合现行规范突出反映了土木工程施工的基本理论和基本原理。

本书可作为普通高等院校土木工程专业及其他相关专业全日制本科教材或教学参考书,也可作为同层次的大专、函授和夜大教材,或供土木工程施工技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工/张长友主编. —北京:中国电力出版社,
2007

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5083-5197-1

I. 土... II. 张... 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(2007)第017420号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2007年3月第一版 2007年3月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 34印张 836千字 1插页

印数 0001—3000册 定价 49.80元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前言

土木工程施工是土木工程专业的一门主要专业课,它主要研究土木工程施工中的施工技术和施工组织的基本规律,其目的是综合运用土木工程施工的基本理论与知识,培养学生具有独立分析和解决土木工程施工中有关施工技术和施工组织问题的能力。

土木工程施工在课程内容上涉及面广,实践性强,发展迅速,需要综合运用土木工程专业的基本理论。本书在编写上,力求按照“体现时代特征,突出实用性、创新性”的教材编写指导思想,综合土木工程施工的特点,将基本理论与工程实践、基本原理与新技术新方法的紧密结合。鉴于我国经济建设快速发展的需要,工程建设愈来愈需要宽口径、厚基础的专业人才,因此,本教材在内容上涵盖了建筑工程、道路工程、桥梁工程、地下工程等专业领域,力求构建大土木的知识体系。适应大土木专业的教学要求,以建筑工程施工为基础,主要反映土木工程各主要专业方向都必须掌握的施工基础知识,并吸收现已成熟的新技术和新方法。在保证教材基本知识体系完整的基础上,教材内容具有一定的弹性,以便教学上的取舍和学生扩大知识面。

本教材力求做到图文并茂、层次分明、条理清楚、结构合理,文字规范,图表清晰,符号、计量单位符合国家标准,密切结合现行施工及验收规范。每章后附有工程应用案例、复习思考题、习题,便于教师更好地组织教学和方便学生自学。

本教材由张长友主编,蔺石柱、周兆银、周志军为副主编。第一、九、十章由重庆科技学院张长友编写;第二、八章由重庆科技学院周兆银编写;第四、六章由兰州理工大学李强年编写;第三、十三章由陕西理工学院周志军编写;第五章由重庆科技学院文佳编写;第七章由重庆科技学院贾顺莲编写;第十一、十二、十四章由内蒙古科技大学蔺石柱编写;第十五章由重庆科技学院黄志玉编写。

本教材由张长友统稿,重庆大学博士生导师李英民教授在百忙之中对本教材进行了全面的审阅,提出了不少宝贵意见,在此表示深切的谢意。参加本教材编写的教师都是从事多年教学工作,具有丰富的教学和工程实践经验。在编写过程中参考了许多文献资料和有关施工技术和管理经验,得到了土木工程界专业人士的大力支持和热情帮助。谨此对文献资料的作者和有关经验的创造者表示诚挚的感谢。

由于编写时间比较仓促,水平有限,书中不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

目 录

前言

第一章 土方工程	1
第一节 土方工程概述	1
第二节 土方工程量计算与土方调配	5
第三节 土方工程施工	12
第四节 土方工程机械化施工	28
第五节 爆破工程	32
工程应用案例	36
复习思考题	40
习题	41
第二章 地基处理与桩基础工程	42
第一节 地基加固处理	42
第二节 地下连续墙施工	46
第三节 桩基础工程施工	49
工程应用案例	62
复习思考题	66
第三章 砌体工程	67
第一节 砖砌体施工	67
第二节 混凝土小型砌块施工	74
第三节 砌筑用脚手架	78
第四节 砌筑工程的安全技术	88
工程应用案例	89
复习思考题	91
第四章 混凝土结构工程	92
第一节 钢筋工程	93
第二节 模板工程	112
第三节 混凝土工程	133
第四节 预应力混凝土工程	159
工程应用案例	180
复习思考题	183

习题	184
第五章 结构安装工程	186
第一节 起重机具设备	186
第二节 单层工业厂房结构构件安装工艺	201
第三节 钢网架结构的安装工程	219
第四节 结构安装工程的安全技术	224
工程应用案例	226
复习思考题	229
习题	230
第六章 防水工程	231
第一节 概述	231
第二节 地下防水工程	232
第三节 屋面防水工程	240
工程应用案例	248
复习思考题	250
第七章 装饰工程	251
第一节 抹灰工程	251
第二节 饰面工程	255
第三节 涂料工程	260
第四节 楼地面工程	263
第五节 顶棚工程施工	267
工程应用案例	271
复习思考题	273
第八章 道路工程	275
第一节 路基工程施工	275
第二节 路面基层（底基层）施工	286
第三节 水泥混凝土路面施工	293
第四节 沥青路面施工	298
工程应用案例	301
复习思考题	303
第九章 桥梁结构工程	304
第一节 概述	304
第二节 墩台基础施工	309
第三节 装配式桥梁施工	312

第四节	预应力混凝土梁桥悬臂法施工	314
第五节	预应力混凝土连续梁桥顶推法施工	323
第六节	拱桥施工	328
第七节	钢桥的施工	332
第八节	斜拉桥施工	333
第九节	悬索桥施工	335
工程应用案例		337
复习思考题		340
第十章	隧道工程	341
第一节	矿山法隧道施工	341
第二节	盾构法隧道施工	350
第三节	顶管法施工	354
第四节	沉管法隧道施工	359
工程应用案例		364
复习思考题		366
第十一章	施工组织概论	368
第一节	施工组织研究的对象和任务	368
第二节	施工项目产品及其生产特点	369
第三节	基本建设程序和施工程序	371
第四节	施工项目的施工准备工作	374
第五节	施工组织设计	378
复习思考题		386
第十二章	流水施工的基本原理	387
第一节	流水施工的基本概念	387
第二节	组织流水施工的主要参数	391
第三节	组织流水施工的方式	397
工程应用案例		402
复习思考题		407
第十三章	网络计划技术	409
第一节	概述	409
第二节	双代号网络计划	413
第三节	单代号网络图	433
第四节	双代号时标网络计划	439
第五节	单代号搭接网络计划	442

第六节 网络计划的优化	451
第七节 网络计划的电算方法	459
工程应用案例	461
复习思考题	465
习题	465
第十四章 施工组织总设计	467
第一节 施工组织总设计编制程序和依据	467
第二节 施工部署	469
第三节 施工总进度计划	471
第四节 资源需要量计划	474
第五节 全场性暂设工程	475
第六节 施工总平面图	491
复习思考题	495
第十五章 单位工程施工组织设计	496
第一节 概述	496
第二节 施工方案设计	500
第三节 编制单位工程施工进度计划	512
第四节 各项资源的需要量与施工准备工作计划	517
第五节 单位工程施工平面图设计	519
工程应用案例	525
复习思考题	534
参考文献	535

第一章 土方工程

内容提要

本章主要包括土方工程概述,土方工程量计算及调配,土方工程施工的要点,土方工程机械化施工和爆破施工。在土方工程概述中,主要介绍土方工程的分类及特点、土的现场鉴别方法、土的工程性质、土方边坡等内容。在土方工程量计算及调配中,主要包括基坑(槽)土方量计算、场地平整土方量计算及调配等。土方工程施工要点包括土方工程施工准备、基坑(槽)施工、土方填筑与压实。在土方工程机械化施工中,着重阐述常用土方机械的类型、性能及提高生产率的措施。在爆破施工中主要介绍爆破基本知识、炸药和药量计算、起爆技术和爆破方法。

学习要求

1. 掌握土的工程性质、边坡留设和土方调配的原则。
2. 熟悉土方工程量的计算,能分析土壁失稳和产生流砂、管涌的原因,并能提出相应的防治措施。
3. 熟悉轻型井点的设计和回填土的质量要求及检验标准,常用土方机械的性能及适用范围,能正确合理地选用。
4. 了解爆破原理、引爆技术、爆破方法和安全技术。

第一节 土方工程概述

在土木工程施工中最常见的土方工程施工包括场地平整、地下室和基坑(槽)及管沟开挖、土壁支撑、施工排水、降水、路基填筑及基坑(槽)的回填土、爆破技术等。土方工程是土木工程施工中主要的分部工程之一,在大型工程中由于土方工程量大、施工条件复杂、施工中受气候条件、工程地质和水文地质条件的影响很大,因此施工前应针对土方工程的施工特点,制定合理的施工方案。

一、土方工程的分类及特点

(一) 土方工程分类

根据土方工程的施工内容与方法不同,土方工程分类有以下几种:

1. 场地平整

场地平整是指将天然地面改造成设计要求的平面所进行的土方施工过程,主要包括确定场地设计标高,计算挖、填土方量,合理地进行土方调配等。这类土方工程施工面积大,土方工程量大,应采用机械化作业。

2. 土方开挖

土方开挖主要包括沟槽、基坑、竖井、隧道、修筑路基、堤坝等的开挖,其中还涉及到施工排水、降水、土壁边坡和支护结构等。这类土方开挖时,要求开挖的标高、断面、轴线准确,因此施工时,应制定合理的施工方案,尽量采用中小型施工机械,以提高生产率,加

快施工进度和降低工程成本。

3. 土方回填与压实

土方开挖完成后的基槽、房心土、路基、堤坝应回填压实，为确保填方的强度和稳定性，必须正确选择填方土料与填筑方法。填筑应分层进行，并尽量采用同类土填筑。填土必须具有一定的压实密度，以避免产生不均匀沉降。

(二) 土方施工特点

1. 工程量大，劳动强度高

大型项目的场地平整，土方量可达数百万立方米以上，面积达数十平方公里，工期长。因此，为了减轻繁重的体力劳动，提高劳动生产率，缩短工期，降低工程成本，在组织土方工程施工时，应尽可能采用机械化或综合机械化的方法进行施工。

2. 施工条件复杂

土方工程施工，一般为露天作业，施工时受地下水文、地质、气候和施工地区的地形等因素的影响较大，不可确定的因素也较多。因此，施工前必须做好各项准备工作，进行充分的调查研究，详细研究各种技术资料，制定合理的施工方案进行施工。

3. 受场地限制

任何建筑物的基础都需要有一定埋置深度，土方的开挖与土方的留置存放都受到施工场地的限制，特别是城市内施工，场地狭窄，周围建筑较多，往往由于施工方案不当，导致周围建筑设施出现安全与稳定的问题。因此，施工前必须详细了解周围建筑的结构形式、熟悉地质技术资料，制定切实可行的施工方案，充分利用施工场地。

二、土的分类与现场鉴别方法

土的种类繁多，其分类方法也很多，在工程上，土方根据开挖难易程度分为八类，见表1-1。其中一至四类土为一般土，五至八类土为岩石。表中列出了土的工程分类直观的鉴别方法，是根据开挖的难易程度和开挖中使用不同的工具和方法来进行分类的。土的开挖难易程度直接影响土方工程的施工方案、劳动量消耗和工程费用。土越硬，劳动量消耗越多，工程成本越高。

表 1-1

土 的 工 程 分 类

土的分类	土 的 名 称	开挖方法及工具	可松性系数	
			K_s	K'_s
一类土 (松软土)	砂；粉土；冲积砂土层种植土；泥炭（淤泥）	用锹、锄头可挖掘	1.08~1.17	1.01~1.03
二类土 (普通土)	粉质粘土；潮湿的黄土，夹有碎石、卵石的砂，种植土；填筑土及亚砂土	用锹、锄头可挖掘，少许需用镐翻松	1.14~1.28	1.02~1.05
三类土 (坚土)	软及中等密实粘土；重亚粘土；粗砾石；干黄土及含碎石的黄土、亚粘土；压实的填土	主要用镐，少许用锹、锄头，部分用撬棍	1.24~1.30	1.04~1.07
四类土 (砂砾坚土)	重粘土及含碎石、卵石的粘土；粗卵石；密实的黄土；天然级配砂石；软泥炭岩及蛋白石	先用镐、撬棍，然后同锹挖掘，部分用楔子及大锤	1.26~1.32	1.06~1.09
五类土 (软石)	硬石炭纪粘土；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	用镐或撬棍、大锤，部分用爆破方法	1.30~1.40	1.10~1.15

续表

土的分类	土 的 名 称	开挖方法及工具	可松性系数	
			K_s	K'_s
六类土 (次坚石)	泥岩; 砂岩; 砾岩; 坚硬的页岩、泥灰岩; 密实的石灰岩; 风化花岗岩、片麻岩	用爆破方法, 部分用风镐	1.35~1.45	1.11~1.20
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、砾岩、砂岩、片麻岩、石灰岩; 风化痕迹的安山石、玄武石	用爆破方法	1.40~1.45	1.15~1.20
八类土 (特坚石)	安山石; 玄武石; 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	用爆破方法	1.45~1.50	1.20~1.30

三、土的工程性质

土的工程性质对土方工程施工有直接影响, 也是进行土方施工设计必须掌握的基本资料。土的主要工程性质有: 土的可松性、土的含水量和土的渗透性。

(一) 土的可松性

土的可松性是指自然状态下的土经开挖后, 其体积因松散而增加, 以后虽经回填压实, 仍不能恢复成原来体积的性质。由于土方工程量是以自然状态的体积来计算的, 所以在土方调配、计算土方机械生产率及运输工具数量等的时候, 应考虑土的可松性影响。土的可松性程度可用可松性系数表示, 即

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

$$K'_s = \frac{V_3}{V'_1} \quad (1-2)$$

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 ——土在天然状态下的体积;

V_2 ——土经开挖后的松散体积;

V'_1 ——回填所需的天然状态下的土体积;

V_3 ——土经回填压实后的体积。

在土方施工中, K_s 是计算开挖工程量、施工机械及运土车辆等的主要参数, K'_s 是计算土方调配、回填料用量等的参数。

(二) 土的天然含水量

土的天然含水量是指土中水的质量与土颗粒质量的百分比。表达式为

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

式中 ω ——土的天然含水量, %;

m_w ——土中水的质量, kg;

m_s ——土中固体颗粒的质量, kg。

土的含水量大小会影响土方的开挖及填筑压实等施工, 当土的含水量超过 25%~30% 时, 就不能使用机械施工; 当含水量超过 20% 时, 会造成运土车的打滑或陷车, 甚至影响

挖土机的使用；回填土含水量过大，压实时会产生橡皮土。因此，对含水量过大的土，施工时应采取有效的排水、降水措施。

（三）土的渗透性

土的渗透性是指土体被水透过的性质。土的渗透性用渗透性系数表示，即单位时间内水穿透土层的能力，一般由实验确定，常见土的渗透性系数见表 1-2。渗透性系数是计算降低地下水时涌水量的主要参数。根据土的渗透性不同，可分为透水性土（如砂土）和不透水性土（如粘土）。

表 1-2 土的渗透性系数

土的种类	K (m/d)	土的种类	K (m/d)
亚粘土、粘土	<0.1	含粘土的中砂及纯细砂	20~25
亚粘土	0.1~0.5	含粘土的细砂纯中砂	35~50
含亚粘土的粉砂	0.5~10	纯粗砂	50~75
纯粉砂	1.5~5.0	粗砂夹卵石	50~100
含粘土的细砂	10~15	卵石	100~200

四、土方边坡

为保证土方工程施工时土体的稳定，防止塌方，保证施工安全，当挖土超过一定的深度时，应留置一定的坡度。

土方边坡的坡度以其高度 h 与底宽度 b 之比来表示。如图 1-1 所示，边坡可以做成直线形边坡、阶梯形边坡或折线形边坡。

$$\text{土方边坡坡度} = \frac{h}{b} = \frac{1}{b/h} = 1 : m \quad (1-4)$$

式中 $m = \frac{b}{h}$ 称为坡度系数。

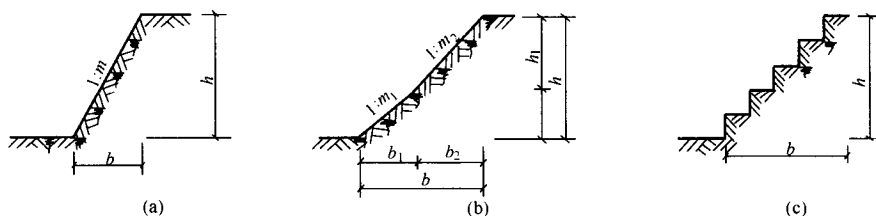


图 1-1 土方放坡形式

(a) 直线形；(b) 折线形；(c) 阶梯形

当土质均匀且地下水位低于基坑（槽）或管沟底标高时，挖方边坡可做成直立土壁而无需加支撑，但深度不宜超过下列规定：密实、中密的砂土和碎石类土为 1.0m；硬塑、可塑的粉土及粉质粘土为 1.25m；硬塑、可塑的粘土和碎石类土（填充物为粘性土）为 1.5m；坚硬的粘土为 2.0m。

当地质条件良好，土质均匀且地下水位低于基坑（槽）或管沟底标高时，挖土深度在 5m 以内不加支撑的边坡最陡坡度应符合表 1-3 规定，即使按规定放坡，施工中也要随时检查边坡的稳定情况。

表 1-3 深度在 5m 内的基坑（槽）、管沟边坡的最陡坡度（不加支撑）

土 的 类 别	边坡坡度（高：宽）		
	坡顶无荷载	坡顶有静荷载	坡顶有动荷载
中密的砂土	1：1.00	1：1.25	1：1.50
中密的碎石类土（填充物为砂土）	1：0.75	1：1.00	1：1.25
硬塑的粉土	1：0.67	1：0.75	1：1.00
中密的碎石类土（填充物为粘性土）	1：0.50	1：0.67	1：0.75
硬塑的粉质粘土、粘土	1：0.33	1：0.50	1：0.67
老黄土	1：0.10	1：0.25	1：0.33
软土（经井点降水后）	1：1.00	—	—

注 1. 静载指堆土或材料等，动载指机械挖土或汽车运输作业等。静载或动载距挖方边缘的距离应保证边坡直立壁的稳定，堆土或材料应距挖方边缘 0.8m 以外，高度不超过 1.5m。

2. 当有成熟的施工经验时，可不受本表限制。

第二节 土方工程量计算与土方调配

在土方工程施工前，通常要计算土方的工程量，根据土方工程量的大小拟定土方施工的方案，组织土方工程的施工。但土方工程的地形往往复杂，不规则，要进行精确计算比较困难。通常都是将其假设或划分成为一定的几何形状，并采用具有一定精度又与实际情况相近似的方法进行计算。

一、基坑（槽）土方量的计算

（一）基坑土方量计算

所谓基坑是指长宽比 ≤ 3 的矩形土体，其土方量可按立体几何中棱柱体（由两个平行的平面作底的一种多面体）的体积公式计算，如图 1-2 所示，即

$$V = \frac{H}{6}(A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-5)$$

式中 V ——土方工程量， m^3 ；

H ——基坑深度， m ；

A_1 、 A_2 ——基坑上、下底面积， m^2 ；

A_0 ——基坑中截面的面积， m^2 。

（二）基槽土方量计算

基槽的土方量可以沿长度方向分段后，再用同样方法计算，如图 1-3 所示。

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

式中 V_1 ——第一段的土方量， m^3 ；

L_1 ——第一段的长度， m 。

则总土方量为各段的和，即

$$V = V_1 + V_2 + \cdots + V_n$$

式中 $V_1, V_2, \cdots, V_n$ ——各段的土方量， m^3 。

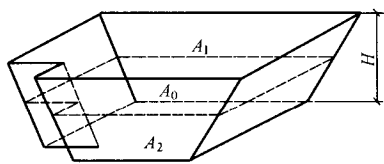


图 1-2 基坑土方量计算

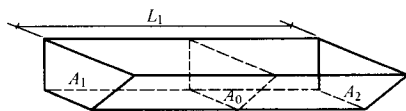


图 1-3 基槽土方量计算

二、场地平整土方施工方案确定

场地平整工作中通常有三种施工方案供选择:

1. 先平整整个场地, 后开挖基坑(槽)

这种方案能使大型土方机械的工作面较大, 能充分发挥机械的工作效能, 也可以减少与其他工作的相互干扰, 但工期较长。此方案适用于场地挖填土方量较大的工程。

2. 先开挖基坑(槽), 后平整场地

该方案可以加快施工速度, 还能够减少重复挖填土方的数量, 适用于地形平坦的场地。

3. 边平整场地, 边开挖基坑(槽)

这种方案是按照施工现场的具体条件, 划分施工区段, 在互不干扰的情况下采用。

在场地平整前, 必须确定场地的设计标高(一般均在设计文件上有规定)、计算挖填方的工程量、确定挖方和填方的平衡调配, 并合理选择土方机械, 拟定施工方案。

三、场地平整土方量计算

(一) 场地平整土方量的计算方法与步骤

场地平整时土方量计算, 一般采用方格网法, 其计算步骤如下:

(1) 在具有等高线的地形图上, 根据现场地形和要求的精度, 将整个施工场地划分成边长为 10~40m 的正方格网;

(2) 计算各方格角点的自然地面标高;

(3) 确定场地设计标高, 并根据泄水坡度要求计算各方格角点的设计标高;

(4) 确定各方格角点的挖填高度, 即地面标高与设计标高之差;

(5) 确定零线, 即挖填方的分界线;

(6) 计算各方格内挖填土方量、场地边坡土方量, 最后求得整个场地挖填方总量。

(二) 场地设计标高确定

较大面积的场地平整, 正确选择设计标高十分重要。选择设计标高时应考虑以下因素: 满足生产工艺和运输的要求; 尽量利用地形, 以减少挖方数量; 场地以内的挖方与填方能达到相互平衡(面积大、地形又复杂时例外), 以降低土方运输费用; 要有一定的泄水坡度($\geq 2\%$, 能满足排水要求); 考虑最高洪水位的要求。

当设计文件上对场地标高无特定要求时, 场地的设计标高, 可按下述步骤和方法确定。

1. 初步计算场地设计标高

如图 1-4(a) 所示, 将地形图划分方格。每个方格的角点标高, 一般根据地形图上相邻两等高线的标高, 用插入法求得; 在无地形图的情况下, 也可在地面上用木桩打好方格网, 然后用仪器直接测出。

一般说来, 理想的设计标高, 应该使场地内的土方在平整前和平整后相等而达到挖方和填方的平衡, 如图 1-4(b) 所示, 即

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

所以

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

式中

H_0 ——所计算的场地设计标高, m;

a ——方格边长;

N ——方格数；

H_{11} 、 H_{12} 、 H_{21} 、 H_{22} ——任一方格的四个角点的标高。

从图 1-4 所示可看出, 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} 则系四个方格公共的角点标高。如果将所有方格的四个角点标高相加, 那么类似 H_{11} 这样的角点标高加到一次, 类似 H_{12} 的标高加到两次, 而类似 H_{22} 的标高则要加到四次。因此, 上式可改写成下列的形式:

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

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. 计算设计标高的调整值

公式 (1-7) 所计算的设计标高纯系理论值, 实际上还需考虑以下因素进行调整。

(1) 由于土具有可松性, 必要时相应地提高设计标高;

(2) 由于设计标高以上的各种填方工程用土量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的挖土量而影响设计标高的提高;

(3) 由于边坡填挖土方量不等 (特别是坡度变化大时) 而影响设计标高的增减;

(4) 根据经济比较结果, 将部分挖方就近弃土于场外, 或将部分填方就近取土于场外而引起挖填土方量的变化后需增减设计标高。

3. 考虑泄水坡度对设计标高的影响

如果按照公式 (1-7) 计算出的设计标高进行场地平整, 那么整个场地表面将处于同一个水平面; 但实际上由于排水要求, 场地表面均有一定的泄水坡度。因此, 还需根据场地泄水坡度的要求 (单面泄水或双面泄水), 计算出场地内各方格角点实际施工时所采用的设计标高。

(1) 单向泄水时, 场地各点设计标高的求法。在考虑场内挖填平衡的情况下, 将公式 (1-7) 计算出的设计标高 H_0 , 作为场地中心线的标高, 如图 1-5 所示。场地内任一点的设计标高为

$$H_n = H_0 \pm li \quad (1-8)$$

式中 H_n ——任意一点的设计标高, m;

l ——该点至 H_0 的距离, m;

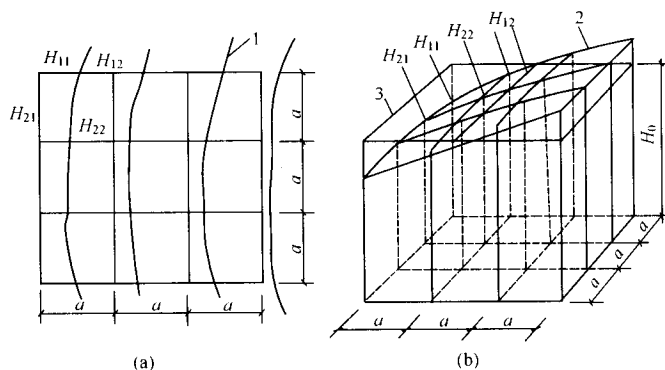


图 1-4 场地设计标高计算简图

(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

i ——场地泄水坡度, 不小于 2‰ ;

$\pm$ ——该点比 H_0 点高则取“+”号, 反之取“-”号。

例如欲求 H_{52} 角点的设计标高, 则

$$H_{52} = H_0 - li = H_0 - 1.5ai$$

(2) 双向泄水时, 场地各点设计标高的求法。其原理与前相同, 如图 1-6 所示。 H_0 为场地中心点标高, 场地内任意一点的设计标高为

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

式中 l_x 、 l_y ——该点于 x — x 、 y — y 方向距场地中心线的距离;

i_x 、 i_y ——该点于 x — x 、 y — y 方向的泄水坡度。

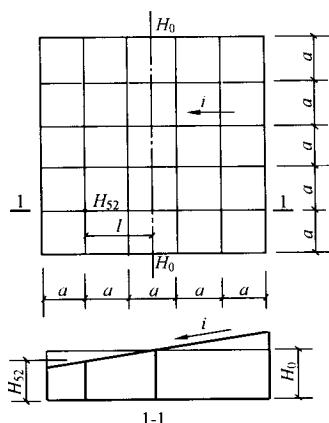


图 1-5 单向泄水坡度的场地

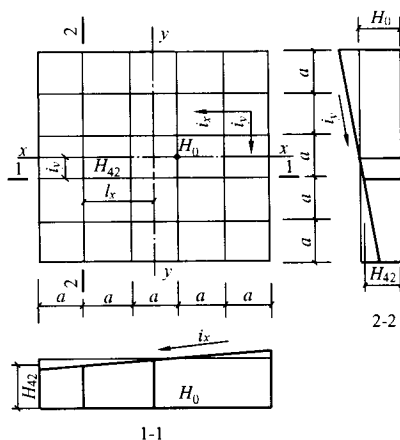


图 1-6 双向泄水坡度的场地

其余符号表示的内容同前。

例如 H_{42} 角点的设计标高为

$$H_{42} = H_0 - l_x i_x - l_y i_y = H_0 - 1.5ai_x - 0.5ai_y$$

(三) 场地土方量计算

编制土方工程施工方案, 以及检查、验收实际土方工程数量等, 都需要进行土方量的计算。场地土方量的计算方法, 通常有方格网法和断面法两种。方格网法适用于地形较为平坦的地区, 断面法则多用于地形起伏变化较大的地区。

1. 方格网法

方格网法用方格网控制整个场地。方格边长主要取决于地形变化的复杂程度, 一般为 $10\sim 40\text{m}$, 通常采用 20m 。根据每个方格角点的自然地面标高和实际采用的设计标高, 算出相应的角点填挖高度, 然后计算每一个方格的土方量 (大规模场地土方量的计算可使用专门的土方工程量计算表), 这样即可得到整个场地的挖、填土方总量。

场地各方格的土方量, 一般可分为下述三种不同类型进行计算:

(1) 方格四个角点全部为填或全部为挖。如图 1-7 所示, 其土方量为

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

式中 V ——挖方或填方体积, m^3 ;

h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 ——方格角点填挖高度, 均用绝对值, m 。

若 $a=20\text{m}$, h 用 cm 表示, 则上式可写为

$$V = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad (\text{m}^3) \quad (1-10b)$$

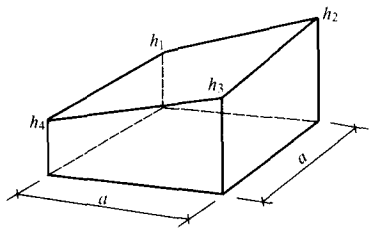


图 1-7 全挖或全填的方格

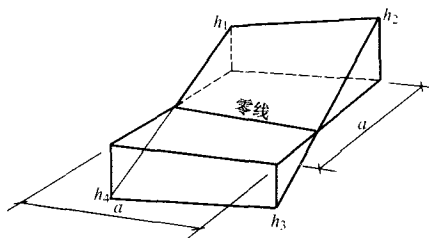


图 1-8 两挖和两填的方格

(2) 方格的相邻两角点为挖方, 另两角点为填方。如图 1-8 所示, 其挖方部分的土方量为

$$V_{1,2} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_1^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_2^2}{h_2 + h_3} \right) \quad (1-11a)$$

填方部分的土方量为

$$V_{3,4} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_3^2}{h_2 + h_3} + \frac{h_4^2}{h_1 + h_4} \right) \quad (1-11b)$$

(3) 方格的三个角点为挖方 (或填方), 另一个角点为填方 (或挖方)。如图 1-9 所示, 其填方部分的土方量为

$$V_4 = \frac{a^2}{6} \frac{h_4^3}{(h_1 + h_4)(h_3 + h_4)} \quad (1-12a)$$

挖方部分的土方量为

$$V_{1,2,3} = \frac{a^2}{6} (2h_1 + h_2 + 2h_3 - h_4) + V_4 \quad (1-12b)$$

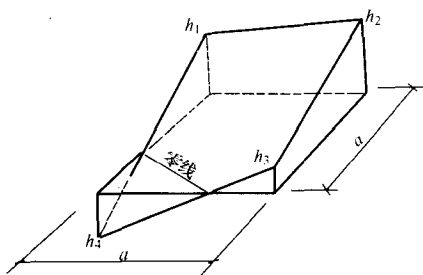


图 1-9 三挖一填 (或一挖三填) 的方格

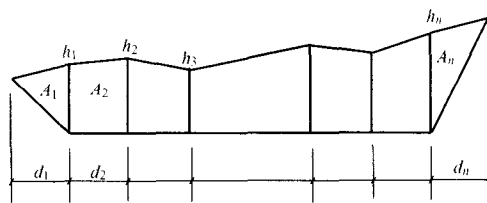


图 1-10 断面法

2. 断面法

沿场地取若干个相互平行的断面 (可利用地形图定出或实地测量定出), 将所取的每个断面 (包括边坡断面) 划分为若干个三角形和梯形, 如图 1-10 所示, 则面积为

$$A'_1 = \frac{h_1}{2} d_1, A'_2 = \frac{h_1 + h_2}{2} d_2, \dots$$

而某一断面面积为

$$A_i = A'_1 + A'_2 + \dots + A'_n$$

若 $d_1 = d_2 = \dots = d_n = d$, 则

$$A_i = d(h_1 + h_2 + \dots + h_n)$$