

高校土木工程专业规划教材

GAOXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

# 土木工程施工

(含教学光盘)

穆静波 孙震 主编

王士川 主审

TUMU GONGCHENG SHIGONG

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 (含教学光盘)

穆静波 孙 震 主编  
王士川 主审

中国建筑工程工业出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

土木工程施工/穆静波等主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2009  
高校土木工程专业规划教材  
ISBN 978-7-112-11295-1

I. 土… II. 穆… 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 169099 号

本书是根据“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 14 章, 主要内容包括土方工程、深基础工程、砌筑工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、道路与桥梁工程、防水工程、装饰装修工程、施工组织概论、流水施工方法、网络计划技术、单位工程施工组织设计、施工组织总设计等, 每章附有学习重点与学习要求、工程应用案例、习题, 并配有本课程的获奖教学课件和施工现场录像光盘, 方便教师组织教学和学生自学。

本书在内容上吸收了较为成熟的多种新技术和新方法, 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。

本书可作为高等院校土木工程专业及其他相关专业的教材或教学参考书, 也可供土木工程技术人员学习参考。

\* \* \*

责任编辑: 朱首明 刘平平  
责任设计: 崔兰萍  
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**

穆静波 孙 震 主编

王士川 主审

\*

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

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京富生印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 28 字数: 680 千字

2009 年 11 月第一版 2009 年 11 月第一次印刷

定价: 49.00 元 (含教学光盘)

ISBN 978-7-112-11295-1

(18541)

**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》是土木工程专业的主要专业课程之一，它主要研究土木工程施工中施工技术和施工组织的基本规律，是一门实践性强、涉及面广、发展迅速的学科。其目的是培养学生能够综合运用土木工程的基本理论与知识，具有分析和解决施工中有关技术和组织问题的初步能力，为今后胜任工作岗位和进一步学习有关知识、进行科学研究等打下基础。

本教材依据新世纪土木工程人才培养目标、专业指导委员会对课程设置的意见以及课程教学大纲的要求组织编写。编写时，力求按照“体现时代特征，突出实用性、创新性”的指导思想，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发展紧密结合。

本教材涵盖了建筑工程、道路工程、桥梁工程、地下工程等专业领域，以适应大土木专业的教学要求。在内容上，以工种工程施工技术和施工组织的一般方法为基础，吸收较为成熟的新技术和新方法；列举了部分工程案例，以利于提高学生解决工程实际问题的兴趣和技能；并配以获得中国建设教育协会普通高等教育委员会一等奖的多媒体教学课件，便于学生增加对课程内容的理解，掌握课程的主要内容。

在编写过程中，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。每章前提示学习重点、学习要求和涉及的主要规范，每章后附有工程应用案例和习题；在光盘中附有多个工程案例和包含大量工程图片、工程录像、动画演示等的教学课件，便于教师更好地组织教学和方便学生自学。

本教材由穆静波、孙震任主编。绪论及第九、十、十二、十三、十四章由穆静波编写；第一章由廖维张编写；第二、第五章由侯敬峰编写；第三章由杨静编写；第四、第六章由孙震编写；第七章由张新天编写；第八、十一章由王亮编写。

全书由穆静波统稿，西安建筑科技大学王士川教授在百忙之中对全书进行了全面、认真地审阅，提出了很多宝贵意见和建议，在此表示深切的谢意。在编写过程中参考了许多文献资料和有关的施工技术和管理经验，得到了土木工程界专业人士的热情帮助和大力支持。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。

由于时间和水平所限，书中难免不足之处，敬请读者批评指正。

# 目 录

绪论	1
第一章 土方工程	3
第一节 概述	3
第二节 土方计算与调配	6
第三节 排水与降水	14
第四节 土方边坡与土壁支护	25
第五节 土方工程的机械化施工	36
第六节 土方填筑	41
工程案例	44
习题	45
第二章 深基础工程	47
第一节 钢筋混凝土预制桩施工	47
第二节 灌注桩施工	54
第三节 地下连续墙施工	61
第四节 墩式基础施工	64
第五节 沉井基础施工	65
工程案例	66
习题	68
第三章 砌筑工程	69
第一节 砌筑材料的准备	69
第二节 脚手架与垂直运输	72
第三节 砖砌体施工	77
第四节 砌块砌体施工	81
第五节 石砌体施工	84
工程案例	85
习题	88
第四章 混凝土结构工程	89
第一节 模板工程	89
第二节 钢筋工程	107
第三节 混凝土工程	119
工程案例	137
习题	138
第五章 预应力混凝土工程	140

第一节	预应力筋	140
第二节	先张法施工	142
第三节	后张法施工	146
	工程案例	157
	习题	159
<b>第六章</b>	<b>结构安装工程</b>	<b>161</b>
第一节	起重机械与设备	161
第二节	单层工业厂房结构安装	168
第三节	多高层结构安装	182
第四节	空间结构安装	190
	工程案例	199
	习题	203
<b>第七章</b>	<b>道路与桥梁工程</b>	<b>205</b>
第一节	路基工程	205
第二节	路面工程	210
第三节	桥梁工程	226
	工程案例	237
	习题	240
<b>第八章</b>	<b>防水工程</b>	<b>241</b>
第一节	地下防水工程	241
第二节	屋面防水工程	255
	工程案例	259
	习题	261
<b>第九章</b>	<b>装饰装修工程</b>	<b>262</b>
第一节	抹灰工程	262
第二节	饰面工程	268
第三节	门窗与吊顶工程	274
第四节	涂饰与裱糊工程	280
	工程案例	285
	习题	285
<b>第十章</b>	<b>施工组织概论</b>	<b>286</b>
第一节	概述	286
第二节	施工准备工作	290
第三节	施工组织设计	295
	习题	299
<b>第十一章</b>	<b>流水施工方法</b>	<b>300</b>
第一节	流水施工的基本概念	300
第二节	流水施工的参数	303
第三节	流水施工的组织方法	309

应用案例·····	319
习题·····	321
<b>第十二章 网络计划技术</b> ·····	322
第一节 网络计划的一般概念·····	322
第二节 双代号网络计划·····	324
第三节 单代号网络计划·····	336
第四节 双代号时标网络计划·····	340
第五节 单代号搭接网络计划·····	343
第六节 网络计划的优化·····	350
应用案例·····	365
习题·····	367
<b>第十三章 单位工程施工组织设计</b> ·····	369
第一节 概述·····	369
第二节 施工部署与施工方案·····	371
第三节 施工计划的编制·····	382
第四节 施工准备与施工平面布置·····	388
第五节 施工管理计划与技术经济指标·····	394
工程案例·····	396
习题·····	407
<b>第十四章 施工组织总设计</b> ·····	409
第一节 概述·····	409
第二节 施工部署和施工方案·····	412
第三节 施工总进度计划·····	414
第四节 资源配置计划与总体施工准备·····	417
第五节 全场性暂设工程·····	419
第六节 施工总平面图布置·····	428
第七节 目标管理计划及技术经济指标·····	431
工程案例·····	434
习题·····	434
<b>综合练习题</b> ·····	435
<b>参考文献</b> ·····	440

# 绪 论

## 一、土木工程施工课程的研究对象

土木工程施工是生产建设工程产品的活动，是将设计图纸转化为土木工程实体的过程。而作为一门学科，本课程主要研究土木工程施工中的工艺过程、施工方法与技术要求、以及施工组织计划、方法与一般规律。

现代土木工程施工是一项涉及多工种、多专业的复杂的系统工程。一栋房屋、一条道路、一座桥梁的施工，是由许多工种工程组成的。如何根据施工对象的特点、规模、环境条件，选择合理的施工方法、制定有效的技术措施、进行科学合理的安排和部署，在确保设计者的意图和构思得以实现的前提下，达到使工程的实施安全可靠，产品的质量高、施工工期短、消耗费用低的目标。这些涉及施工技术、施工组织方面的理论与方法，就是土木工程施工课程的研究对象。

## 二、土木工程施工课程的任务

《土木工程施工》是土木工程专业一门主要专业课。本课程的任务就是根据培养目标要求，使学生了解土木工程施工领域国内外的新技术和发展动态，掌握主要工种工程的施工方法、单体建筑物或构筑物施工方案的选择和施工组织设计的编制，具有独立分析和解决土木工程施工技术和组织计划问题的初步能力，为今后胜任工作岗位和进一步学习有关知识、进行科学研究等打下基础。

对于本专业的学生，无论将来直接从事施工技术、施工管理工作，还是从事工程设计、科学研究、工程咨询、房地产开发等工作，都需要掌握施工的基本理论和基本知识。

## 三、土木工程施工课程的学习方法

本课程是一门应用性学科，因而涉及的理论面广，具有综合性强、实践性强，技术发展迅速的特点。因此，在学习过程中，除了要对课堂讲授的基本理论、基本知识加以理解和掌握外，还应注意以下几点：

(1) 最好能结合施工现场，观察实际工程的施工方法、使用材料与设备、工程进展等情况，或通过实际工程录像、网上资源等，加强与工程的联系，以便增加感性认识，加强对课程内容的理解；

(2) 注意本课程与构造、结构、测量、材料、土力学等课程的联系，以加深理解，融会贯通；

(3) 随时了解国内外土木工程施工的最新进展，注意国家相关政策、法规、规程规范的发展变化；

(4) 对习题和课程作业、教学参观、生产实习等应给予足够的重视。

## 四、土木工程施工的发展

我国是一个历史悠久和文化发达的国家，在世界科学文化的发展史上，我国人民有过极为卓越的贡献，在建筑及施工技术方面也有巨大的成就。秦砖汉瓦、万里长城、古桥古塔、宫殿王陵……，无不体现我国古代劳动人民的智慧和卓越的技术水平。



新中国成立后，我国的建筑事业发生了根本的变化。到1979年底，建国后30年内共竣工房屋面积16亿 $\text{m}^2$ 。1980~1989年，在全国各地建设了大量高层住宅、上海宝钢等大型工业设施、以及长城饭店、白天鹅宾馆等一系列现代化的高层公共建筑，这些集中体现了当时我国的建筑施工发展水平。1989年，全国城乡房屋年建造量达9亿 $\text{m}^2$ ，到2008年，全国年竣工房屋面积约20亿 $\text{m}^2$ ，接近全球年建筑总量的一半，中国已成为建筑业大国。

进入新世纪以来，我国建设了一大批颇具影响的建筑工程。如基础埋深达32.5m、独具特色的国家大剧院，总面积98.6万 $\text{m}^2$ 、列为全球航站楼之首的首都机场T3航站楼，10500t钢屋盖整体提升一次到位的首都机场A380机库，体形独特、用钢量达12.9万t的中央电视台新办公楼，每平方米用钢量达0.5t的国家体育场（“鸟巢”），492m高的上海环球金融中心等超高层、超大型、独具特色的建筑相继建成，632m高的上海中心大厦也已开工建设。这些，不但体现了我国的综合实力，也反映了我国施工技术和组织管理达到了较高的水平。

在公路建设方面，到2007年年底，中国公路总里程达到358万km，是30年前改革开放之初的4倍多。自1988年我国首条高速路——京津唐高速路开建至今，已建成高速公路的总里程达2.8万km。近30年来建成公路桥梁44万座，其最大跨径从改革开放之初的不足200m，到今天的1490m（润扬），已建的梁桥、拱桥、斜拉桥的最大跨径均位居世界同类桥梁之首。2008年建成的36km长的杭州湾大桥，成为世界上最长的跨海大桥。我国已跻身于世界桥梁强国之列。

经过改革开放30年来大规模的经济建设，促使我国施工技术和施工组织的水平不断提高。随着网络计划技术和计算机的广泛应用，进一步提高了我国的施工组织与项目管理的水平。在施工技术方面，不但掌握了大型工业设施和高层民用建筑的成套施工技术，而且在地基处理和深基础工程方面推广了如大直径钻孔灌注桩、超长的打设桩、旋喷或深层搅拌法、深基坑支护、地下连续墙和逆作法等新技术，在钢筋混凝土工程中新型模板、粗钢筋连接、大体积混凝土浇筑等技术得到迅速发展，在预应力技术、大跨度结构、高耸结构施工和墙体保温、新型防水材料、装饰材料的应用以及现代信息技术、虚拟仿真技术、计算机控制技术等方面都有了长足的发展和应用。

## 五、施工规范与施工规程（规定）简介

“施工规范”是由国家建设主管部门颁发的、施工中必须执行的一种重要法规，其目的是为了加强工程的技术管理和统一施工验收标准，以达到提高施工技术水平、保证工程质量和降低工程成本的目的。

施工规程（规定）是比规范低一个等级的施工标准文件，它一般由各部委、地方行政部门、行业协会或重要的科研单位编制，呈报规范的管理单位批准或备案后发布执行。它主要是为了及时推广一些新结构，新材料，新工艺而制订的标准。其内容不能与施工规范相抵触，如有不同，应以规范为准。

“施工规范”按条文的重要性分为“一般性条文”和必须严格执行的“强制性条文”，按检查项目的重要程度分为“一般项目”和“主控项目”。在工程设计、施工和竣工验收时均应遵守相应的工程技术规范和施工质量验收规范。随着施工和设计水平的提高，每隔一定时间，规范会有相应的修订。

土木工程不同专业方向的规范有一定差异，使用时应注意其适用范围。由于我国幅员辽阔，地质及环境有较大差异，在使用国家规范时，还应结合当地的地方规程、规定。

# 第一章 土方工程

**本章学习重点：**土的主要工程性质；土方量计算与调配；井点降水原理及方法；常用基坑支护体系的构造；常用土方施工机械作业特点及适用范围；土方填筑和压实方法。

**本章学习要求：**了解土方工程主要内容与施工特点，掌握土的工程性质；了解施工降排水的主要原理及意义，掌握主要方法及适用范围；了解边坡稳定的条件、影响因素，掌握边坡稳定及支护的方法与适用条件；了解常用土方施工机械作业特点及适用范围，掌握基坑开挖、土方填筑的方法与要求。

土方工程是道路、桥梁、水利、建筑、地下工程等各种土木工程施工的首项工程，主要包括平整、开挖、填筑等主要施工过程和排水、降低水位、稳定土壁等辅助工作。土方工程具有量大面广、劳动繁重和施工条件复杂等特点，又受气候、水文、地质、地下障碍等因素影响较大，不确定因素多，存在较大的危险性。因此在施工前必须做好调查研究，选择合理的施工方案，制定可靠的措施，并采用先进的施工方法和机械化施工，以保证工程的质量与安全，获得较好的效益。

相关规范：《建筑边坡工程技术规范》GB 50330—2002；《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202—2002；《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120—1999。

## 第一节 概 述

### 一、土方工程的特点与施工要求

#### (一) 土方工程施工的特点

(1) 面广量大。某些大型工矿企业或机场的场地平整可达数十平方公里，大型基坑开挖土方量可达数万立方米；路基、堤坝施工中土方量更大。

(2) 施工条件复杂。施工多为露天作业，土的成分较为复杂，且地下情况难以确切掌握，因此，施工中直接受到地区、气候、水文和地质等条件及周围环境的影响。

#### (二) 土方工程施工的要求

(1) 尽可能采用机械化或半机械化施工，以减轻体力劳动、加快施工进度。

(2) 要合理安排施工计划，尽量避开冬、雨期施工，否则应做好相应的准备工作。

(3) 统筹安排，合理调配土方，降低施工费用，减少运输量和占用农田。

(4) 在施工前要做好调查研究，了解土的种类、施工地区的地形、地质、水文、气象资料及工程性质、工期和质量要求，拟定合理的施工方案和技术措施，以保证工程质量和安全，加快施工进度。

### 二、土的工程分类及性质

#### (一) 土的工程分类

土的分类方法较多，在施工中按开挖的难易程度将土分为八类，见表 1-1。

土的工程分类

表 1-1

类别	土的名称	开挖方法	密度 (t/m <sup>3</sup> )	可松性系数	
				K <sub>s</sub>	K' <sub>s</sub>
一类土 (松软土)	砂, 粉土, 冲积砂土层, 种植土, 泥炭(淤泥)	用锹、锄头挖掘	0.6~1.5	1.08~1.17	1.01~1.04
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, 填筑土和粉土	用锹、锄头挖掘, 少许用镐翻松	1.1~1.6	1.14~1.28	1.02~1.05
三类土 (坚土)	软及中等密实黏土, 重粉质黏土, 粗砾石, 干黄土及含碎石、卵石的黄土、粉质黏土、压实的填土	主要用镐, 少许用锹、锄, 部分用撬棍	1.75~1.9	1.24~1.30	1.04~1.07
四类土 (砾砂坚土)	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	主要用镐、撬棍, 部分用楔子及大锤	1.9	1.26~1.37	1.06~1.09
五类土 (软石)	硬石炭纪黏土, 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	用镐或撬棍、大锤, 部分用爆破方法	1.1~2.7	1.30~1.45	1.10~1.20
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	用爆破方法, 部分用风镐	2.2~2.9	1.30~1.45	1.10~1.20
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, 风化痕迹的安山岩、玄武岩	用爆破方法	2.5~3.1	1.30~1.45	1.10~1.20
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	用爆破方法	2.7~3.3	1.45~1.50	1.20~1.30

(二) 土的工程性质

土有各种工程性质, 其中对施工影响较大的有土的质量密度、含水量、渗透性和可松性等。

1. 土的质量密度

分天然密度和干密度。土的天然密度, 是指土在天然状态下单位体积的质量, 用  $\rho$  表示; 土的干密度, 是指单位体积土中固体颗粒的质量, 用  $\rho_s$  表示, 它是检验填土压实质量的控制指标。

2. 土的含水量

土的含水量  $w$  是土中所含的水与土的固体颗粒间的质量比, 以百分数表示。

土的含水量影响土方的施工方法选择、边坡的稳定和土的回填质量。如土的含水量超过 25%~30% 时, 机械化施工就难以进行。而在填土中则需保持“最佳含水量”, 方能在夯压时获得最大干密度。如砂土的最佳含水量为 8%~12%, 而黏土则为 19%~23%。

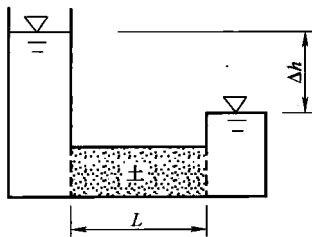


图 1-1 水力坡度示意

3. 土的渗透性

土的渗透性是指土体中水可以渗流的性能, 一般以渗透系数  $K$  表示。从达西地下水流动速度公式  $v=KI$ , 可以看出渗透系数  $K$  的物理意义, 即: 当水力坡度  $I$  (如图 1-1 中水头差  $\Delta h$  与渗流距离  $L$  之比) 为 1 时地下水的渗透速度。  $K$  值大小反映了土渗透性的强弱。不同土质, 其渗透系数有较大的差异, 如黏土的渗透系数小于 0.1m/d, 细砂为 5~10m/d, 而砾石则为

100~200m/d。

在排水降低地下水时，需根据土层的渗透系数确定降水方案和计算涌水量；在土方填筑时，也需根据不同土料的渗透系数确定铺填顺序。

#### 4. 土的可松性

土具有可松性，即自然状态下的土经过开挖后，其体积因松散而增加，以后虽经回填压实，仍不能恢复其原来的体积。土的可松性程度用可松性系数表示，即：

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

$$\text{最后可松性系数: } K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-2)$$

式中  $V_1$ ——土在天然状态下的体积；

$V_2$ ——土经开挖后的松散体积；

$V_3$ ——土经填筑压实后的体积。

土的可松性对土方量的平衡调配，确定运土机具的数量及弃土坑的容积，以及计算填方所需的挖方体积、确定预留回填用土的体积和堆场面积等均有很大的影响。

土的可松性与土质及其压实程度有关，其相应的可松性系数可参考表 1-1。

**【例 1-1】** 某建筑物外墙为条形毛石基础，基础平均截面面积为  $2.5\text{m}^2$ 。基槽深  $1.5\text{m}$ ，底宽为  $2.0\text{m}$ ，边坡坡度为  $1:0.5$ 。地基为粉土， $K_s=1.25$ ； $K'_s=1.05$ 。计算  $100\text{m}$  长的基槽挖方量、需留填方用松土量和弃土量。

$$\text{【解】 挖方量 } V_1 = \frac{2 + (2 + 2 \times 1.5 \times 0.5)}{2} \times 1.5 \times 100 = 412.5\text{m}^3$$

$$\text{填方量 } V_3 = 412.5 - 2.5 \times 100 = 162.5\text{m}^3$$

$$\text{填方需留松土体积 } V_{2\text{留}} = \frac{V_3}{K'_s} \cdot K_s = \frac{162.5 \times 1.25}{1.05} = 193.5\text{m}^3$$

$$\text{弃土量 (松散) } V_{2\text{弃}} = V_1 K_s - V_{2\text{留}} = 412.5 \times 1.25 - 193.5 = 322.1\text{m}^3$$

### 三、土方边坡坡度

多数情况下，土方开挖或填筑的边缘都要保留一定的斜面，称土方边坡。边坡的形式如图 1-2 所示，边坡坡度常用  $1:m$  表示，即：

$$\text{土方边坡坡度} = \frac{H}{B} = \frac{1}{B/H} = 1:m \quad (1-3)$$

式中  $m=B/H$ ，称坡度系数。

土方边坡坡度的确定一定要满足安全和经济方面的要求。土方开挖时，若边坡太陡，易造成土体失稳而生发塌方事故；边坡太缓会使土方量增加。

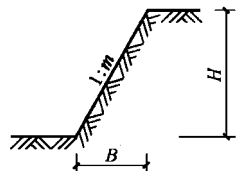


图 1-2 边坡坡度示意

### 四、土方施工的准备工作的准备工作

土方工程施工前应做好如下准备工作：

#### (1) 制定施工方案

根据勘察文件、工程特点及现场条件等，确定场地平整、降水排水、土壁稳定与支护、开挖顺序与方法、土方调配与存放的方案。并绘制施工平面布置图，编制施工进度计划。

#### (2) 场地清理

包括清理地面及地下各种障碍。如拆除旧房，拆除或改建通信、电力设备、地下管线及构筑物，迁移树木，做好古墓及文物的保护或处理，清除耕植土及河塘淤泥等。

### (3) 排除地面水

场地内低洼地区的积水必须排除，同时应注意雨水的排除，使场地保持干燥，以利于土方施工。一般采用排水沟排水，必要时还需设置截水沟、挡水土坝等防洪设施。

(4) 修筑好临时道路及供水、供电等临时设施。

(5) 做好材料、机具、物资及人员的准备工作。

(6) 设置测量控制网，打设方格网控制桩，进行建筑物、构筑物的定位放线等。

(7) 根据土方施工设计做好边坡稳定、基坑（槽）支护、降低地下水位等辅助工作。

## 第二节 土方计算与调配

土方工程施工前，需进行土方工程量计算。由于体型复杂，常采用近似算法。

### 一、基坑、基槽和路堤的土方量计算

当基坑上口与下底两个面平行时（图 1-3），其土方量即可按拟柱体法计算。即：

$$V = \frac{H}{6}(F_1 + 4F_0 + F_2) \quad (1-4)$$

式中  $H$ ——基坑深度（m）；

$F_1, F_2$ ——基坑上下两底面积（ $m^2$ ）；

$F_0$ —— $F_1$  与  $F_2$  之间的中截面面积（ $m^2$ ）。

当基槽和路堤沿长度方向断面呈连续性变化时（图 1-4），其土方量可以分段计算，即：

$$V_1 = \frac{L_1}{6}(F_1 + 4F_0 + F_2) \quad (1-5)$$

式中  $V_1$ ——第一段的土方量（ $m^3$ ）；

$L_1$ ——第一段的长度（m）。

将各段土方量相加即得总土方量。

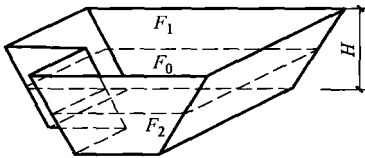


图 1-3 基坑土方量计算

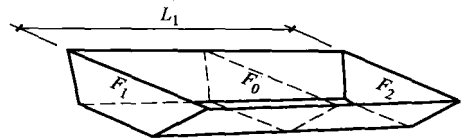


图 1-4 基槽土方量计算

### 二、场地平整标高与土方量

场地平整前，要确定场地的设计标高，计算挖方和填方的工程量，然后确定挖方和填方的平衡调配方案，再选择土方机械、拟定施工方案。

对较大面积的场地平整，选择设计标高具有重要意义。选择设计标高时应遵循以下原则：要满足生产工艺和运输的要求；尽量利用地形，以减少挖填方数量；争取场地内挖填方平衡，使土方运输费用最少；要有一定泄水坡度，满足排水要求。

场地设计标高一般应在设计文件上规定。若未规定时，对中小型场地可采用“挖填平衡法”确定；对大型场地宜作竖向规划设计，采用“最佳设计平面法”确定。下面主要介绍“挖

填平衡法”的原理和步骤。

(一) 确定场地设计标高

1. 初步设计标高

本着场地内总挖方量等于总填方量的原则确定。

首先将场地划分成有若干个方格的方格网，其每格的大小依据场地平坦程度确定，一般边长为10~40m，见图1-5(a)。然后找出各方格角点的地面标高。当地形平坦时，可根据地形图上相邻两等高线的标高，用插入法求得。当地形起伏或无地形图时，可用仪器测出。

按照挖填方平衡的原则，如图1-5(b)，场地设计标高即为各个方格平均标高的平均值。可按下式计算：

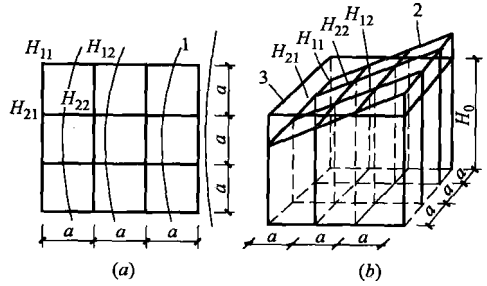


图1-5 场地设计标高  $H_0$  计算示意图

(a) 方格网划分；(b) 场地设计标高示意图

1—等高线；2—自然地面；3—场地设计标高平面

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

式中  $H_0$ ——所计算的场地设计标高 (m)；

$N$ ——方格数量；

$H_{11}, \dots, H_{22}$ ——任一 方格的四个角点的标高 (m)。

从图1-5(a)可以看出， $H_{11}$ 系一个方格的角点标高， $H_{12}$ 及 $H_{21}$ 系相邻两个方格的公共角点标高， $H_{22}$ 系相邻四个方格的公共角点标高。如果将所有方格的四个角点全部相加，则它们在上式中分别要加一次、两次、四次。

如令  $H_1$  表示1个方格仅有的角点标高， $H_2$  表示2个方格共有的角点标高， $H_3$  表示3个方格共有的角点标高， $H_4$  表示4个方格共有的角点标高，则场地设计标高  $H_0$  可改写成：

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

2. 场地设计标高的调整

按上述计算的标高进行场地平整时，场地将是一个水平面。但实际上场地均需有一定的泄水坡度。因此需根据排水要求，确定出各方格角点实际的设计标高。

1) 单向泄水时各方格角点的设计标高

当场地只向一个方向泄水时 (图1-6a)，应以计算出的设计标高  $H_0$  (或调整后的设计标高  $H'_0$ ) 作为场地中心线的标高，场地内任一点的设计标高为：

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

式中  $H_n$ ——场地内任意一方格角点的设计标高 (m)；

$l$ ——该方格角点至场地中心线的距离 (m)；

$i$ ——场地泄水坡度 (一般不小于0.2%)；

$\pm$ ——该点若比  $H_0$  高则用“+”，反之用“-”。

例如图1-6(a)中，角点10的设计标高为：

$$H_{10} = H_0 - 0.5ai$$

2) 双向泄水时各方格角点的设计标高

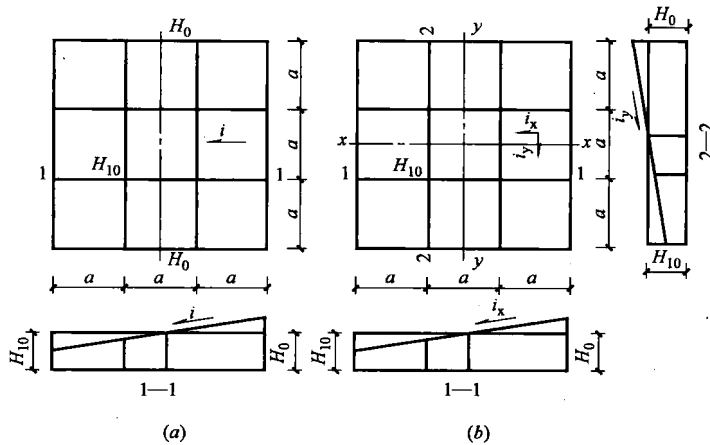


图 1-6 场地泄水坡度示意图

(a) 单向泄水; (b) 双向泄水

当场地向两个方向泄水时 (图 1-6b), 应以计算出的设计标高  $H_0$  (或调整后的标高  $H'_0$ ) 作为场地中心点的标高, 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  $x-x, y-y$  方向上距场地中心点的距离;

$i_x, i_y$ ——场地在  $x-x, y-y$  方向上的泄水坡度。

例如图 1-6 (b) 中, 角点 10 的设计标高:

$$H_{10} = H_0 - 0.5a i_x - 0.5a i_y$$

【例 1-2】某建筑场地方格网、自然地面标高如图 1-7, 方格边长  $a=20\text{m}$ 。泄水坡度  $i_x=2\%$ ,  $i_y=3\%$ , 不考虑土的可松性及其他影响, 试确定方格各角点的设计标高。

【解】

(1) 初算设计标高

$$H_0 = (\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4) / 4M$$

$$= [70.09 + 71.43 + 69.10 + 70.70 + 2 \times (70.40 + 70.95 + 69.71 + 71.22 + 69.37 + 70.95 + 69.62 + 70.20) + 4 \times (70.17 + 70.70 + 69.81 + 70.38)] / (4 \times 9) = 70.29\text{m}$$

(2) 调整设计标高

$$H_n = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y$$

$$H_1 = 70.29 - 30 \times 2\% + 30 \times 3\% = 70.32\text{m}$$

$$H_2 = 70.29 - 10 \times 2\% + 30 \times 3\% = 70.36\text{m}$$

$$H_3 = 70.29 + 10 \times 2\% + 30 \times 3\% = 70.40\text{m}$$

其他见图 1-8。

除考虑排水坡度外, 由于土具有可松性, 填土会有剩余, 也需相应地提高设计标高。场内挖方和填土以及就近借、弃土, 均会引起场地挖或填方量的变化, 必要时也需调整设计标高。

(二) 场地土方量计算

场地平整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、面积较大的场地, 断面法多用于地形起伏变化较大的地区。

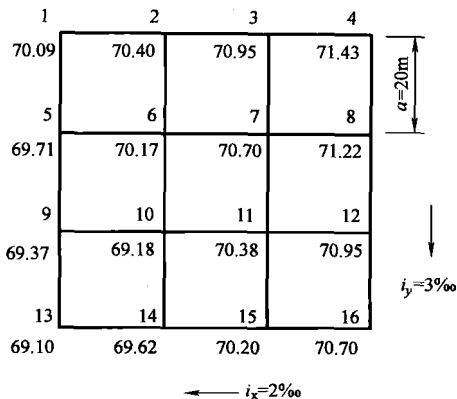
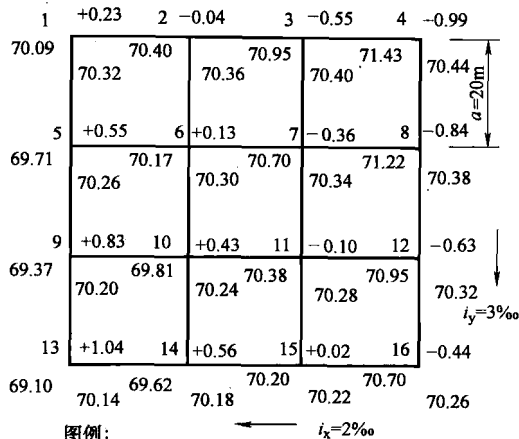


图 1-7 某场地方格网



图例：  

角点编号	施工高度
地面标高	设计标高

图 1-8 方格网角点设计标高及施工高度

用方格网法计算时，先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，并算出场地边坡的土方量，这样即可得到整个场地的挖方量、填方量。其具体步骤如下：

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（即挖、填方高度） $h_n$

$$h_n = H_n - H'_n \quad (1-10)$$

式中  $h_n$ ——该角点的挖、填高度，以“+”为填方高度，以“-”为挖方高度（m）；

$H_n$ ——该角点的设计标高（m）；

$H'_n$ ——该角点的自然地面标高（m）。

2. 绘出“零线”

零线是场地平整时，施工高度为“0”的线，是挖、填的分界线。确定零线时，要先找到方格线上的零点。零点是在相邻两角点施工高度分别为“+”、“-”的格线上，是两角点之间挖填方的分界点。方格线上的零点位置见图 1-9，可按下列式计算：

$$x = \frac{ah_1}{h_1 + h_2} \quad (1-11)$$

式中  $h_1, h_2$ ——相邻两角点挖、填方施工高度（以绝对值代入）；

$a$ ——方格边长；

$x$ ——零点距角点 A 的距离。

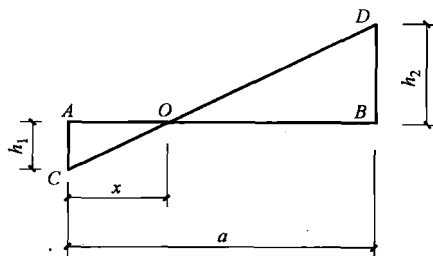


图 1-9 零点位置计算

参考实际地形，将方格网中各相邻零点连接起来，即成为零线。零线绘出后，也就划分出了场地的挖方区和填方区。

3. 场地土方量计算

计算场地土方量时，先求出各方格的挖、填土方量和场地周围边坡的挖、填土方量，把



挖、填土方量分别加起来,就得到场地挖方及填方的总土方量。

各方格土方量计算,常用“四方棱柱体法”和“三角棱柱体法”两种方法。下面仅介绍四方棱柱体法。

### 1) 全挖(全填)格

方格四个角点全部为挖方(或填方),如图 1-10 所示,其挖或填的土方量为:

$$V = \frac{a^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-12)$$

式中  $V$ ——挖方或填方的土方量 (m);

$h_1, h_2, h_3, h_4$ ——方格四个角点的挖填高度,以绝对值代入 (m)。

### 2) 部分挖部分填格

方格的四个角点中,有的为挖方、有的为填方(图 1-11, 图 1-12)时,该格的挖方量或填方量为:

$$V_{挖} = \frac{a^2}{4} \frac{(\sum h_{挖})^2}{\sum h} \quad (1-13)$$

$$V_{填} = \frac{a^2}{4} \frac{(\sum h_{填})^2}{\sum h} \quad (1-14)$$

式中  $V_{挖}、V_{填}$ ——分别为挖方或填方的土方量 (m);

$\sum h_{挖}、\sum h_{填}$ ——分别为挖方或填方各角点的施工高度之和;

$\sum h$ ——方格四个角点的施工高度绝对值之和 (m)。

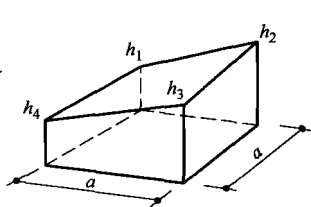


图 1-10 全挖(全填)格

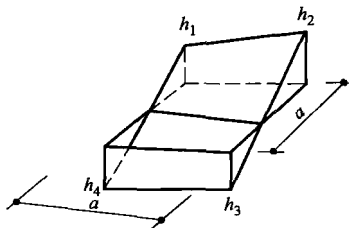


图 1-11 两挖两填格

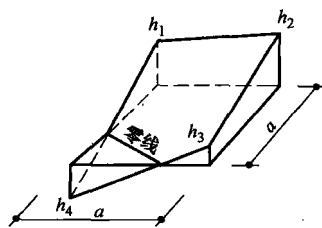


图 1-12 三挖一填格

## 三、土方调配与优化

土方调配是大型土方工程施工设计的一个重要内容。其目的是在使土方总运输量( $m^3 \cdot m$ )最小或土方运输成本最低条件下,确定填挖方区土方的调配方向和数量,从而达到缩短工期和降低成本的目的。其步骤如下:

(一) 划分土方调配区,计算平均运距或土方施工单价

### 1. 调配区的划分

进行土方调配时,首先要划分调配区。划分调配区应注意下列几点:

(1) 调配区的划分应该与工程建(构)筑物的平面位置相协调,并考虑它们的开工顺序、分期施工的要求,使近期施工与后期利用相协调;

(2) 调配区的大小应该满足土方施工主导机械(如铲运机、推土机等)的技术要求;

(3) 调配区的范围应该和方格网协调,通常可由若干个方格组成一个调配区;

(4) 有就近取土或弃土时,则每个取土区或弃土区均作为一个独立的调配区;

(5) 调配区划分还应尽量与大型地下建筑物的施工相结合,避免土方重复开挖。