

21世纪高等学校规划教材

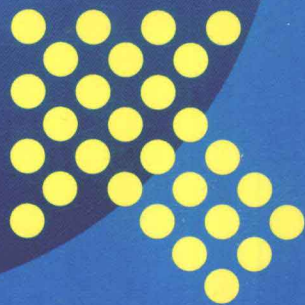


TUMU GONGCHENG SHIGONG

# 土木工程施工

赵建 主编

王莹莹 刘晓丹 钱大行 副主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

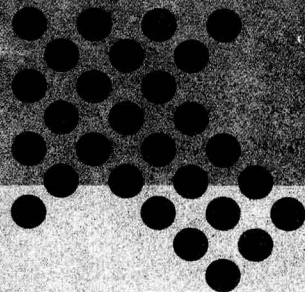
21世纪高等学校规划教材



TUMU GONGCHENG SHIGONG

# 土木工程施工

主 编 赵 建  
副主编 王莹莹 刘晓丹 钱大行  
编 写 李国柱 张国忠 姜海洋 杨 磊  
主 审 陈向东



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材, 根据土木工程施工课程教学大纲的要求编写。全书分为两篇十五章, 第一篇专业工种施工技术部分包括土方工程、地基处理与桩基础、砌筑与脚手架工程、混凝土结构工程、结构安装工程、钢结构工程、高层建筑主体结构施工、防水工程、复合保温墙体工程、装饰工程; 第二篇建筑施工组织原理部分包括建筑施工组织概论、流水施工基本原理、网络计划技术、单位工程施工组织设计、施工组织总设计。为适应现代化施工的需要, 全书均参照最新施工及验收规范编写, 力求反映国内外先进的施工技术及管理水平。书中每章均附有学习要点, 基本要求及重点、难点, 思考题, 方便学生自学和教师组织教学工作。

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, 可作为同层次的电大、函授教材, 还可供土建领域科研、设计、工程施工、监理等技术人员学习参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程施工/赵建主编. —北京: 中国电力出版社, 2011.5  
21 世纪高等学校规划教材  
ISBN 978-7-5123-1602-7

I. ①土… II. ①赵… 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 (2011) 第 076657 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2011 年 7 月第一版 2011 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 26 印张 636 千字

定价 44.00 元

### 敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

# 前 言

土木工程施工是土木工程专业的一门主要的专业课,是研究土木工程施工中主要工种工程的施工技术与组织计划的基本规律,以及各专业方向专业施工技术的学科。该课程教学的主要目的是使学生掌握土木工程施工的基础知识、基本理论和决策方法,使学生具有解决土木工程施工中施工技术问题的初步能力。

由于该课程具有实践性强、综合性大、社会性广等特点,工程施工中许多技术问题的解决和管理系统的建立,均要涉及有关学科的综合运用。力求构建土木工程较全面的知识体系,突出综合运用土木工程施工及相关学科的基本理论和知识,以解决工程实践问题。同时结合国家最新规范、规程、标准,反映当前土木工程施工的先进水平,理论联系实际、深入浅出、通俗易懂、实用性强,以达到培养学生解决工程实际问题能力的目的。

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,可作为同层次的电大、函授教材,还可供土建领域科研、设计、工程施工、监理等技术人员学习参考。

本书由黑龙江科技学院赵建任主编并统稿,黑龙江科技学院王莹莹、佳木斯大学刘晓丹、洛阳理工学院钱大行副主编。全书编写分工如下:赵建(绪论、第一篇第一章、第四章),王莹莹(第二篇第十三章、第十四章、第十五章),刘晓丹(第一篇第七章、第八章、第九章),钱大行(第一篇第二章、第三章、第五章),黑龙江科技学院姜海洋(第一篇第六章),李国柱(第一篇第十章),杨磊(第二篇第十二章),佳木斯大学张国忠(第二篇第十一章)。

本书由北京工业大学陈向东主审,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢!

由于时间仓促和编者水平有限,本书难免有不足之处,欢迎读者批评指正。

编 者

2011年5月

## 目 录

前言	
绪论	1
第一节 课程的研究对象和任务	1
第二节 基本建设的实现	1
第三节 施工(安全)技术标准	2
第四节 施工资料	3
<b>第一篇 专业工种施工技术</b>	
<b>第一章 土方工程</b>	5
本章要点	5
基本要求及重点、难点	5
第一节 土的工程性质	6
第二节 场地平整	8
第三节 基坑(槽)土方工程施工	17
第四节 基坑降水	30
第五节 土方的填筑与压实	38
思考题	42
<b>第二章 地基处理与桩基础</b>	43
本章要点	43
基本要求及重点、难点	43
第一节 地基处理及加固	43
第二节 桩基工程	53
思考题	76
<b>第三章 砌筑与脚手架工程</b>	78
本章要点	78
基本要求及重点、难点	78
第一节 砌筑工程基本知识	78
第二节 基础施工	80
第三节 砖墙施工	82
第四节 中小砌块施工	90
第五节 框架填充墙施工	96
第六节 砌体质量检查及安全要求	99

第七节 砌筑用脚手架	101
思考题	109
<b>第四章 混凝土结构工程</b>	111
本章要点	111
基本要求及重点、难点	111
第一节 模板工程	113
第二节 钢筋工程	122
第三节 混凝土工程	139
第四节 混凝土冬期施工	157
第五节 预应力混凝土工程	161
思考题	183
<b>第五章 结构安装工程</b>	185
本章要点	185
基本要求及重点、难点	185
第一节 索具与起重机械	185
第二节 钢筋混凝土单层厂房构件吊装工艺	196
第三节 钢筋混凝土单层厂房结构安装方案	205
第四节 结构安装工程案例	212
思考题	217
<b>第六章 钢结构工程</b>	219
本章要点	219
基本要求及重点、难点	219
第一节 概述	219
第二节 钢结构构件的制作	221
第三节 钢结构构件的焊接	228
第四节 钢结构构件的安装	235
思考题	240
<b>第七章 高层建筑主体结构施工</b>	241
本章要点	241
基本要求及重点、难点	241
第一节 概述	241
第二节 高层建筑主体结构滑模施工	244
第三节 高层建筑主体结构大模板施工	253
第四节 高层建筑主体结构爬模施工	258
思考题	264
<b>第八章 防水工程</b>	265
本章要点	265
基本要求及重点、难点	265
第一节 屋面防水工程	265

第二节	地下防水工程	276
第三节	厨卫间防水工程	282
	思考题	284
<b>第九章</b>	<b>复合保温墙体工程</b>	285
	本章要点	285
	基本要求及重点、难点	285
第一节	外墙内保温复合墙体	285
第二节	夹芯保温复合墙体	287
第三节	外墙外保温复合墙体	289
	思考题	294
<b>第十章</b>	<b>装饰工程</b>	295
	本章要点	295
	基本要求及重点、难点	295
第一节	抹灰工程	295
第二节	门窗与幕墙工程	298
第三节	吊顶与隔墙工程	300
第四节	饰面板(砖)工程	301
第五节	涂饰工程	306
	思考题	307

## **第二篇 建筑施工组织原理**

<b>第十一章</b>	<b>建筑施工组织概论</b>	309
	本章要点	309
	基本要求及重点、难点	309
第一节	建筑产品及其生产特点	309
第二节	建筑施工组织的概念和原则	311
第三节	建筑工程施工程序	312
第四节	施工准备工作	313
第五节	施工组织设计	319
	思考题	322
<b>第十二章</b>	<b>流水施工基本原理</b>	323
	本章要点	323
	基本要求及重点、难点	323
第一节	流水施工概述	323
第二节	流水施工的基本参数	327
第三节	流水施工的基本组织方式	334
第四节	流水施工的合理组织	344
	思考题	347

<b>第十三章 网络计划技术</b> .....	349
本章要点.....	349
基本要求及重点、难点.....	349
第一节 网络计划技术概述.....	349
第二节 双代号网络计划.....	351
第三节 单代号网络计划.....	362
第四节 网络计划的优化.....	364
思考题.....	370
<b>第十四章 单位工程施工组织设计</b> .....	372
本章要点.....	372
基本要求及重点、难点.....	372
第一节 单位工程施工组织设计概述.....	372
第二节 工程概况.....	374
第三节 施工部署和施工方案.....	374
第四节 施工进度计划.....	382
第五节 资源需要量计划.....	386
第六节 单位工程施工平面图.....	387
第七节 施工方案的技术经济指标.....	393
思考题.....	394
<b>第十五章 施工组织总设计</b> .....	395
本章要点.....	395
基本要求及重点、难点.....	395
第一节 施工部署和施工方案的编制.....	396
第二节 施工总进度计划.....	397
第三节 资源需要量计划.....	399
第四节 全场性暂设工程.....	401
第五节 施工总平面图.....	404
思考题.....	406
<b>参考文献</b> .....	407



## 绪 论

### 第一节 课程的研究对象和任务

土木工程施工主要研究最有效地建造房屋和建筑物群的理论、方法及相关的施工规律,以求用最少的消耗取得最大的成果,全面而高效率地完成建筑安装工程,以较好的经济效益保证建设项目迅速投产或使用。

建筑业在国民经济发展和四个现代化建设中起着举足轻重的作用。从投资角度来看,国家用于建筑安装工程方面的资金约占国家基本建设投资总额的60%左右。一方面,建筑业消耗的是其他国民经济部门的产品;另一方面,它又以自身的产品为全民生活和其他国民经济部门服务,为国民经济各部门的扩大再生产创造必要条件。

土木工程施工的成果是庞大而复杂的建筑物或构筑物体系,根据施工的部位与先后顺序不同,整个施工过程划分为一系列分部工程;各分部工程又由若干个不同的分项工程组成;各分项工程中又包含了许多的工种;每一个工种工程的施工,都可以采用不同的施工方案、不同的施工技术和机械设备、不同的劳动组织和施工组织方法。

本课程的任务在于根据专业培养目标的要求,使读者了解我国的基本建设方针、政策,以及各项具体的技术经济政策,了解土木工程施工领域国内外的新技术和发展动态,掌握工种工程施工方案的选择及施工组织设计的编制,具有独立分析和解决建筑工程施工技术问题的初步能力,并为今后进一步学习有关的知识 and 成为一名优秀建造师打下基础。

### 第二节 基本建设的实现

基本建设(又称建设项目)是固定资产的建设,由建设项目法人投资,以扩大生产能力、增加业务设施、扩大业务范围、取得社会效益或经济效益、提高人民生活水平等为目的,进行建筑、购买和安装固定资产的活动和与此相关的其他经济活动。基本建设的实现分六个阶段,即项目建议书阶段、可行性研究阶段、勘察设计工作阶段、建设准备阶段、建设实施阶段和竣工验收阶段。

#### 一、基本建设项目及其组成

按复杂程度分类,建设项目一般由以下工程内容组成:

##### 1. 单位工程

具备独立施工条件并能形成独立使用功能的建筑物及构筑物为一个单位工程。一个独立的、单一的建筑物均为一个单位工程,如一条道路、一幢教学楼、办公楼等就是一个单位工程。

##### 2. 分部工程

组成单位工程的若干分部称为分部工程。分部工程的划分应按专业性质、建筑部位确定。如一栋房屋建筑,按其结构或构造部位,可以划分为地基与基础、主体结构、建筑装饰装修、建筑屋面、建筑给水排水与采暖、建筑电气、通风与空调、电梯、智能建筑九个分部工程。

### 3. 分项工程

组成分部工程的若干个施工过程称为分项工程。分项工程应按主要工种、材料、施工工艺、设备类别等进行划分。如基础分部是由土方工程、砌筑工程、钢筋混凝土工程等分项工程组成。现浇钢筋混凝土结构的主体工程可以划分为安装模板、绑扎钢筋、浇筑混凝土等分项工程。

## 二、建设项目施工程序

基本建设的实现分六个阶段，本课程涵盖的有建设准备阶段、建设实施阶段和竣工验收阶段。这部分阶段的实施有相应的建设项目施工程序，即拟建工程项目在整个施工阶段中必须遵循的先后次序，它反映了整个施工阶段必须遵循的客观规律。

### 1. 承接施工任务、签订施工合同

承包商应按照国家关于基本建设的有关法律、法规及政策的规定，通过工程投标竞争，获取工程施工任务。

承包商中标后，应按照《中华人民共和国合同法》、《中华人民共和国建筑法》、《建筑工程质量管理规定》、《建筑安装工程承包合同条例》等相关法律、法规的要求，与工程业主签订建筑工程施工合同，明确双方的权利、义务关系。

### 2. 全面统筹安排，做好施工规划。

签订施工合同后，施工单位应结合工程施工特点及施工条件，编制施工组织设计文件，对施工项目的实施进行统一规划；派遣人员与建设单位进行施工场地的交接；按照经过批准的施工组织设计文件进行施工现场的准备工作，为正式施工创造条件。

### 3. 落实施工准备，提出开工报告

承包商应按照施工组织设计文件的总体规划，抓紧时间完成开工前的各项准备工作，如图纸会审、劳动力准备、资源供应条件落实等。在完成各项准备工作后，向监理单位提出开工报告。经批准后，即可正式开工。

### 4. 精心组织施工，加强各项管理

正式开工后，承包商应加强施工过程中的“三控制、二管理、一协调”，按照施工合同、设计文件及国家工程建设标准强制性条文的要求组织施工，努力实现工程项目的建设目标。

### 5. 进行工程验收，交付使用

工程施工到最后阶段，承包商应及时整理工程建设档案，完成收尾工作，进行工程质量的自评。在自评合格的基础上，向监理单位提交竣工验收申请报告，经监理单位预验收合格后，报请建设单位组织正式的工程验收。验收合格并经工程备案后，承包商应在总监理工程师的主持下，及时与建设单位办理工程交接手续，交付使用。

## 第三节 施工（安全）技术标准

施工（安全）技术标准，是建筑工程在施工阶段为保证工程质量和施工安全所必须遵循的技术法规。施工（安全）技术标准主要分为两大类：一是施工技术标准，二是施工安全技术标准。

### 一、施工技术标准

施工技术标准，是为了实现工程建设的既定质量目标，施工活动必须遵循的技术规范、技

术规程和技术标准，主要分为施工质量验收标准、优良工程评定标准和施工工艺标准三大类。

### 1. 施工质量验收标准

施工质量验收标准是由建设部制订的，适用于我国境内所有建筑工程质量的验收工作。施工质量验收标准的作用主要有：

- (1) 反映了我国建筑工程施工质量在现阶段应达到的最低质量标准。
- (2) 有利于承包商制订其内部的施工工艺标准。
- (3) 有利于业主确定拟建项目的质量标准。
- (4) 有利于建设工程各责任主体对工程实施质量监督。
- (5) 有利于划分和明确建设工程各责任主体的质量责任。

### 2. 施工质量等级

为便于对建筑工程施工质量进行评定，GB 50300—2001《建筑工程施工质量验收统一标准》将单位工程的检验项目分为主控项目和一般项目。主控项目指建筑工程中的对安全、卫生、环境保护和公众利益起决定性作用的检验项目。一般项目指除主控项目以外的检验项目。GB 50300—2001规定，建筑工程质量验收应划分为单位（子单位）工程、分部（子分部）工程、分项工程和检验批。建筑工程质量分合格、不合格两个质量等级。

### 3. 施工工艺标准

施工工艺标准，是施工单位制订的内部技术文件。其最终目的是确保工程质量符合GB 50300—2001和设计文件的要求。

施工工艺标准在施工单位的生产和经营活动中具有十分重要的作用：可以指导施工生产活动，控制施工质量，促进施工技术进步，提高企业经济效益。施工工艺标准的内容一般包括：作业条件、施工方法、施工工序、施工机具、施工安全、成品保护、工序质量标准等。

### 4. 优良工程评定标准

优良等级是为了合同约定或为了创优而专门设置的，各单位（子单位）工程、分部（子分部）工程、分项工程和检验批的工程质量，首先符合现行国家施工质量验收规范及有关标准的合格规定后，方可按照相关规定进行优良工程的评定。国家颁发的建筑工程质量评定标准专门有规定，目前在国内各地区，建筑工程评定标准不是完全一致的。

## 二、施工安全技术标准

施工安全技术标准，是为了保证人员安全和财产安全，在施工过程中采用的安全技术方法及安全技术措施应达到的最低标准。它也是进行施工现场安全检查的主要依据。施工安全技术标准包括国家标准、行业标准、企业标准及法律、政策四大类。

## 第四节 施 工 资 料

### 一、施工资料

施工资料，是施工单位在施工项目实施过程中形成的各种形式的信息记录。它包括工程技术资料（如技术核定单、图纸会审纪要、材料质量证明）和工程管理资料（如施工许可证、中标通知书、招标文件）两部分。

#### 1. 工程技术资料

工程技术资料是项目实施过程中形成的有关工程技术、质量的文件。它包括施工质量管

理、竣工验收综合资料；分项工程、检验批质量验收资料；工程质量控制资料；工程安全、功能检测及主要功能抽查资料；竣工图等。

## 2. 工程管理资料

工程管理资料是工程建设过程中形成的有关工程审批、管理的资料。如项目立项文件、设计文件审查报告、招标投标文件、施工许可证、规划许可证、财务文件等。

图纸会审与技术交底是施工单位技术管理的重要内容。加强图纸会审与技术交底工作的管理，有利于施工单位熟悉施工图、领会设计意图、把握施工的关键，从而保证施工质量。

## 二、图纸会审

图纸会审是由总监理工程师组织建设单位、施工单位、勘察设计单位共同进行的对施工图纸的审查。其目的是为了领会设计意图，熟悉图纸内容，及早发现并消除图纸中的错误，以便正确无误地进行施工。

图纸会审的要点是：

- (1) 施工图纸的内容是否符合建设单位关于建设项目空间布局和功能描述文件的要求。
- (2) 施工图纸设计是否与地质勘察报告相符。
- (3) 施工图纸本身是否存在缺陷，特别是各专业设计的施工图纸是否存在相互矛盾及不协调的现象。

(4) 实施施工图纸的过程中，在施工技术上是否存在困难。

(5) 新技术项目的实施有哪些基本要求。

(6) 实现施工图纸所需要的物资条件是否具备。

图纸会审后，应将会审中提出的问题及修改意见用会审纪要的形式加以明确，经各方签字后下发，它与图纸具有同等效力，是组织施工和进行工程结算的依据。

## 三、技术交底

技术交底是施工项目技术管理的基础工作之一。它包括设计技术交底和施工（安全）技术交底两部分。

### 1. 设计技术交底

设计技术交底是由设计单位向施工单位进行的交底。其主要内容有：

- (1) 介绍设计意图。
- (2) 介绍设计文件的组成及各部分的内容。
- (3) 提出对施工过程的技术要求。

### 2. 施工（安全）技术交底

施工（安全）技术交底是在施工前，由技术负责人就施工中的有关技术问题向执行者进行交代的工作。其目的在于将设计要求、技术要领、施工措施层层落实到执行者，做到心中有数，保证施工顺利进行。

技术交底从上到下逐级进行，交底内容上粗下细，越到基层越具体。首先是公司技术负责人向施工项目进行技术交底，然后是施工项目技术负责人向作业班组进行技术交底。技术交底的内容有：技术要求、技术措施、安全要求、质量标准、工艺特点、注意事项等。

技术交底的形式视工程的复杂程度，交底内容的详略而定。一般采用口头、文字、图表等形式，必要时也可用样板、实际操作等方式。

# 第一篇 专业工种施工技术

## 第一章 土方工程

### 本章要点

土的工程分类、土的可松性，土方工程施工特点；土方量的计算，场地平整施工的竖向规划设计；基坑开挖的降水方案，轻型井点系统的设计，基坑边坡稳定及支护结构，流砂的原因及防治；填土压实原理及要求，路堤填筑及路堑挖筑，土方工程机械化施工。

### 基本要求及重点、难点

- (1) 了解土方工程施工特点；掌握土方量的计算、场地平整施工的竖向规划设计。
- (2) 掌握基坑开挖施工中的降低地下水位方法，基坑边坡稳定及支护结构设计方法的基本原理。
- (3) 熟悉常用土方机械的性能和使用范围。
- (4) 掌握填土压实和路堤填筑的要求及方法。
  - 重点：土的可松性，土方量的计算，场地平整施工的竖向规划设计，轻型井点系统的设计，边坡塌方、流砂的原因及防治，填土压实的原理、方法及施工控制。
  - 难点：利用土的可松性系数进行土方量的计算，轻型井点的计算，影响填土压实的因素。
  - 深度和广度：达到能进行土方开挖方案（包括土方机械的选择）、基坑开挖的降水方案、基坑边坡支护方案、填土压实或路堤填筑及路堑挖筑方案的制订，场地平整施工的竖向规划设计。

土方工程是施工中主要分部工程之一，任何一项工程都是从土方工程施工开始的。土方工程的施工包括土的开挖或爆破、运输、填筑、平整和压实等主要施工过程，以及排水、降水和土壁支撑等准备工作与辅助施工工作。根据施工内容和方法不同，一般可以分为以下几种。

#### 1. 场地平整

场地平整是将天然地面改造成所要求的设计平面。其特点是面广、量大，工期长，施工条件复杂，受气候、水文、地质等影响因素多。因此，施工前应深入调查，详细掌握各种资料，根据施工工程的特点、规模，拟订合理的施工方案，尽可能采用机械化施工，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。

## 2. 基坑（槽）及管沟开挖

基坑（槽）及管沟开挖是指在地面以下，为浅基础、桩承台及地下管道等施工而进行的土方开挖。其特点是要求开挖的断面、标高、位置准确，受气候影响较大，所以施工前必须做好施工准备，制订合理的开挖方案，以加快施工进度，保证施工质量。

## 3. 地下大型土方开挖

地下大型土方开挖是指在地面以下，如人防工程、大型建筑物的地下室、深基础及大型设备基础等而进行的土方开挖。它涉及降低地下水位，边坡稳定及支护，邻近建筑物的安全防护等问题。因此，在开挖土方前应进行认真研究，制订切实可行的施工技术措施。

## 4. 土方填筑

土方填筑是对低洼处用土方分层填平。包括大型土方填筑，基坑、基槽、管沟回填，前者与场地平整同时进行，后者在地下工程施工完成后进行。对土方填筑，要求严格选择土料、分层填筑、分层压实。

土方工程的施工主要有工程量大，施工工期长，劳动强度大；施工条件复杂且多为露天作业等特点。

由于建筑产品的体积庞大，所以土方工程的工程量也大，通常为数百甚至数百万立方米以上。土方工程一般都在露天的环境下作业，所以施工条件艰苦。人工开挖土方，工人劳动强度大、工作繁重。土方施工经常受各地气候、水文、地质、地下障碍物等因素的影响，不可确定的因素也较多，施工有时会遇到各种意想不到的问题。

因此，在组织土方工程施工前，应详细分析施工条件，核对各项技术资料，进行现场调查并根据现场条件，制订出技术可行经济合理的施工方案。土方施工要尽量避开雨季，如不能避开，则要做好防洪和排水工作。

# 第一节 土的工程性质

土有多种工程性质，其中影响土方工程施工的有土的质量密度、可松性、含水量和渗透性等。

## 1. 土的质量密度

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，它影响土的承载力、土压力及边坡稳定性。土的干密度是指单位体积土中固体颗粒的质量，是检验土的压实质量的控制指标。

## 2. 土的可松性

自然状态下的土（原土）经开挖后，其体积因松散而增加，以后虽经回填夯实，仍不能恢复到原状土的体积，这种性质称为土的可松性。土的可松性程度用可松性系数表示，见式（1-1）、式（1-2）

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

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-2)$$

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， $m^3$ ；

$V_2$ ——土经开挖后的松散体积， $m^3$ ；

$V_3$ ——土经回填压实后的体积， $m^3$ 。

土的可松性对土方的调配、计算土方的运输量、填方量及运输工具数量等都有影响，尤其是大型挖方工程，必须考虑土的可松性。

### 3. 土的分类

土的种类繁多，其分类方法也很多。在土方工程施工中，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，前四类为土，后四类为石（表 1-1）。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。

表 1-1 土的工程分类

土的分类	土的名称	可松性		开挖方法及工具
		$K_s$	$K'_s$	
第一类 (松软土)	砂，粉土，冲积砂土层，种植土，泥炭（淤泥）	1.08~1.17	1.01~1.04	用锹、锄头挖掘
第二类 (普通土)	粉质黏土，潮湿的黄土，夹有碎石、卵石的砂，种植土，填筑土及亚砂土	1.14~1.28	1.02~1.05	用锹、锄头挖掘，少许用镐翻松
第三类 (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、亚黏土	1.24~1.30	1.04~1.07	主要用镐，少许用锹、锄头，部分用撬棍
第四类 (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，软泥灰岩及蛋白岩	1.26~1.37	1.06~1.09	先用镐、撬棍，然后用锹挖掘，部分用楔子及大锤
第五类 (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	1.30~1.45	1.10~1.20	用镐或撬棍、大锤，部分用爆破方法
第六类 (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，部分用风镐
第七类 (坚石)	大理石、辉绿岩；玢岩；粗中粒花岗岩；坚实的白云岩、砂岩、砾岩、片麻岩、石灰岩等	1.45~1.50	1.15~1.20	用爆破方法
第八类 (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	1.45~1.50	1.20~1.30	用爆破方法

### 4. 土的含水量

土的含水量是指土中所含的水与土的固体颗粒之间的质量比，以百分数表示

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中  $w$ ——土的含水量；

$m_1$ ——含水状态时土的质量；

$m_2$ ——烘干后土的质量；

$m_w$ ——土中水的质量；

$m_s$ ——固体颗粒的质量。

土的含水量对土方边坡的稳定性和填土压实质量均有影响。土方回填时则需要有最优含水量方能夯压密实，获得最佳干密度。

### 5. 土的渗透性

土的渗透性是指土体被水透过的性质。土的渗透性用渗透系数  $K$  表示。地下水在土中的渗流速度可按达西定律计算

$$v = Ki \quad (1-4)$$

式中  $v$ ——水在土中的渗流速度，m/d 或 cm/s；

$i$ ——水力坡度；

$K$ ——土的渗透系数，m/d 或 cm/s。

渗透系数  $K$  值反映出土的透水性强弱，它直接影响降水方案的选择和涌水量计算的准确性，一般可通过室内渗透试验或现场抽水试验确定，一般土的渗透系数见表 1-2。

表 1-2 渗透系数参考值

土 的 种 类	渗透系数 $K$ (cm/s)	渗 透 性
纯 砾	$>10^{-1}$	高渗透性
纯砂与砾混合物	$10^{-3} \sim 10^{-1}$	中渗透性
极细砂	$10^{-5} \sim 10^{-3}$	低渗透性
粉土、砂与黏土混合物	$10^{-7} \sim 10^{-5}$	极低渗透性
黏 土	$<10^{-7}$	几乎不透水

## 第二节 场 地 平 整

场地平整是将自然地面改造平整为场地设计要求的平面。对于在地形起伏的山区、丘陵地带修建较大厂房、体育场、车站等占地广阔工程的平整场地，主要是削凸填凹，移挖方作填方，满足规划、生产工艺及运输、排水等要求，并力求土方量最小。它包括：确定场地设计标高、计算土方量、土方调配、选择土方施工机械、拟订施工方案。

### 一、场地设计标高的确定

场地设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据，也是总施工图规划和土方竖向设计的依据。合理确定场地的设计标高，对减少土方量、节约土方运输费用、加快施工进度等都有重要的意义。选择设计标高时应满足生产工艺和运输的要求；尽量利用地形，使场内挖填平衡，以减少土方运输费用；要有一定的泄水坡度（ $\geq 2\%$ ），满足排水要求；考虑最高洪水位的影响。

场地设计标高一般应在设计文件上规定，若设计文件没有规定时，可按下述步骤和方法确定。



## 1. 初步确定场地设计标高

首先,将场地的地形图根据要求的精度划分成边长为 10~40m 的方格网 [图 1-1 (a)]。在各方格左上角逐一标出其角点的编号,然后求出各方格角点的地面标高,标于各方格的左下角。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;当地形起伏较大或无地形图时,可在地面用木桩打好方格网,用仪器直接测出。

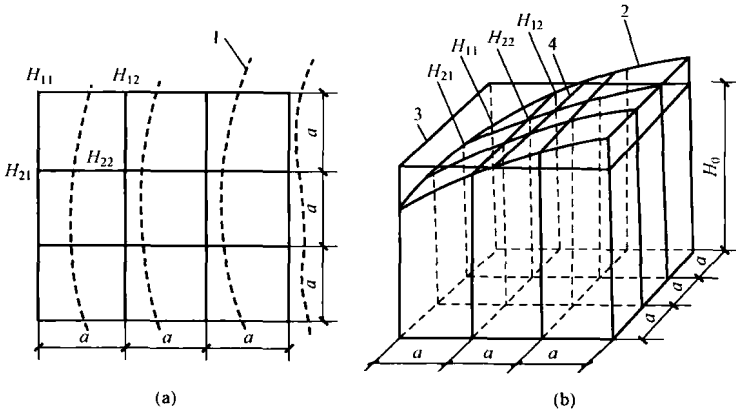


图 1-1 场地设计标高计算示意图

(a) 方格网划分; (b) 场地设计标高示意图

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

按照场地内土方在平整前及平整后相等的原则,场地设计标高可按式计算

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

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

式中  $H_0$ ——场地设计标高;  
 $a$ ——方格边长;  
 $n$ ——方格数;

$H_{11}, H_{12}, H_{21}, H_{22}$ ——任意一个方格的四个角点标高。

从图 1-1 可见,  $H_{11}$  是一个方格的角点标高,  $H_{12}$  及  $H_{21}$  是相邻两个方格的公共角点标高, 而  $H_{22}$  是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标高相加, 则类似  $H_{12}$  的角点标高需加两次, 而类似  $H_{22}$  的角点标高要加四次, 为便于计算, 上式可改写成式 (1-5) 的形式

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4n} \quad (1-5)$$

式中  $H_1$ ——一个方格独有的角点标高;  
 $H_2$ ——两个方格共有的角点标高;  
 $H_3$ ——三个方格共有的角点标高;  
 $H_4$ ——四个方格共有的角点标高。