

应用型高等学校教材

# 土木工程施工

TUMU GONGCHENG SHIGONG

第二版

熊丹安 汪芳 李秀 主编



华南理工大学出版社  
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

应用型高等学校教材

# 土木工程施工

第二版

熊丹安 汪芳 李秀 主编



华南理工大学出版社  
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

## 内 容 提 要

本书依据最新建筑工程施工质量验收系列规范、施工操作规程和有关设计规范的相关内容编写;较全面地介绍了土木工程施工技术方面的有关知识(包括施工原理、施工流程、施工方法等内容);并对施工方案的编制、施工组织管理、流水理论及网络技术的应用等施工组织学的内容作了深入浅出的阐述;对保证工程质量和施工安全的技术措施作了必要的介绍。各章前面有提要,相应章节有例题,章末有小结、思考题、选择题、填空题及计算题等,便于学生学习和复习。

本书可作为土木工程专业的施工技术课程和施工组织学课程的本科教材和专科教材,适合于独立学院对应用型专门人才的培养,也可供土建设计、施工和管理人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工/熊丹安,汪芳,李秀主编.—2版.—广州:华南理工大学出版社,2015.1  
ISBN 978-7-5623-4517-6

I. ①土… II. ①熊… ②汪… ③李 III. ①土木工程-工程施工 IV. ①TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 002041 号

### 土木工程施工(第二版)

熊丹安 汪 芳 李 秀 主编

出 版 人: 韩中伟

出版发行: 华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

http://www.scutpress.com.cn E-mail: scutc13@scut.edu.cn

营销部电话: 020-87113487 87111048 (传真)

策划编辑: 赖淑华

责任编辑: 陈 昊 赖淑华

印 刷 者: 广州市怡升印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 25 字数: 609 千

版 次: 2015 年 1 月第 2 版 2015 年 1 月第 3 次印刷

印 数: 4 001~6 000 册

定 价: 46.00 元

# 前 言

为适应我国高等教育事业的发展,培养土木工程专业的应用型高级工程技术人才,编者按照教学大纲的要求,以“基本概念讲清、基本方法实用、方便教学和自学”为原则,在2009年出版了《土木工程施工》(第一版)。

《土木工程施工》是土木工程专业的必修课,涵盖了施工技术和施工组织学两门课程的基本内容。它要求该专业的学生对不同类型的建筑与结构物的施工过程、施工工艺、施工环节有所了解,能够编制施工进度计划,掌握不同施工对象和不同施工阶段的实际操作技能以及质量控制标准,从而更好地满足建设工程一线对施工管理技术人才的要求。

《土木工程施工》第一版问世以来,所依据的建筑工程施工质量验收系列规范和有关设计规范以及施工操作规程的相关内容,近几年又陆续有所更新。如《混凝土结构工程施工规范》GB50666—2011、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204—2011、《混凝土结构现场检测技术标准》GB/T50784—2013、《砌体工程施工质量验收规范》GB50203—2011等。为适应新形势的要求,同时使教材更精简,我们编写了第二版。主要内容有:土方工程施工,基础工程施工和地基处理,砌体结构工程施工,混凝土结构工程施工,预应力混凝土结构施工,防水工程施工,装饰工程施工,结构安装工程,施工组织设计的编制,流水施工原理,网络计划技术等。各章前有内容提要,章末有小结及形式多样的复习题(含思考题、选择题、填空题、计算题等),便于学生学习和复习。

《土木工程施工》第二版由武汉理工大学华夏学院土木与建筑工程系施工教学团队负责编写,熊丹安、汪芳、李秀任主编。参加编写和改写的人员有:熊丹安(第1、5章)、李秀(第2、3、8章)、汪芳(第4、7、10、13、14章)、王爱瑗(第6、9章)、朱立冬(第11、12章)。全书由熊丹安统稿。

本书内容分为上篇(土木施工技术)和下篇(施工组织学),便于使用本书时按土木工程施工一门课程设课或分为土木施工技术和施工组织学两部分单独设课。

在本书编写过程中,得到华南理工大学出版社的大力支持,谨此表示衷心的感谢。最后,期盼本书的出版使读者受益。书中不当之处,请批评指正。

编 者

2014年9月

# 目 录

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 1 绪论 .....         | (1) |
| 1.1 关于土木工程施工 ..... | (1) |
| 1.2 本课程的学习方法 ..... | (5) |

## 上篇 土木工程施工技术

|                        |      |
|------------------------|------|
| 2 土方工程施工 .....         | (7)  |
| 2.1 土方工程的内容和特点 .....   | (7)  |
| 2.2 土的工程分类及性质 .....    | (8)  |
| 2.3 土方工程量计算及土方调配 ..... | (10) |
| 2.4 土方的填筑与压实 .....     | (21) |
| 2.5 排水与降低地下水 .....     | (22) |
| 2.6 土方工程的边坡稳定与支护 ..... | (30) |
| 2.7 土方机械化施工 .....      | (34) |
| *2.8 爆破技术 .....        | (38) |
| 小结 .....               | (42) |
| 习题 .....               | (42) |
| 3 地基与基础工程施工 .....      | (44) |
| 3.1 地基处理 .....         | (44) |
| 3.2 桩基础工程 .....        | (49) |
| *3.3 沉井基础与围堰施工 .....   | (61) |
| 小结 .....               | (64) |
| 习题 .....               | (64) |
| 4 砌体工程施工 .....         | (66) |
| 4.1 砌体材料 .....         | (66) |
| 4.2 脚手架及垂直运输设施 .....   | (68) |
| 4.3 砌体施工 .....         | (74) |
| 4.4 砌体的冬期施工 .....      | (83) |
| 小结 .....               | (84) |
| 习题 .....               | (84) |
| 5 混凝土结构工程施工 .....      | (86) |
| 5.1 钢筋工程 .....         | (86) |
| 5.2 模板工程 .....         | (96) |

|      |             |       |
|------|-------------|-------|
| 5.3  | 混凝土工程       | (98)  |
|      | 小结          | (112) |
|      | 习题          | (112) |
| 6    | 预应力混凝土工程施工  | (115) |
| 6.1  | 先张法施工       | (115) |
| 6.2  | 后张法施工       | (125) |
| 6.3  | 无黏结预应力施工工艺  | (144) |
|      | 小结          | (145) |
|      | 习题          | (145) |
| 7    | 防水工程施工      | (147) |
| 7.1  | 屋面防水工程      | (147) |
| 7.2  | 地下防水工程      | (154) |
|      | 小结          | (163) |
|      | 习题          | (163) |
| 8    | 装饰工程施工      | (165) |
| 8.1  | 抹灰工程施工      | (165) |
| 8.2  | 装饰贴面工程施工    | (170) |
| 8.3  | 油漆和刷浆工程     | (175) |
| 8.4  | 裱糊工程        | (178) |
| *8.5 | 吊顶工程        | (180) |
|      | 小结          | (181) |
|      | 习题          | (181) |
| 9    | 结构安装工程      | (183) |
| 9.1  | 主要起重机械和索具设备 | (183) |
| 9.2  | 单层工业厂房的结构安装 | (195) |
| *9.3 | 大跨度结构的吊装    | (211) |
|      | 小结          | (217) |
|      | 习题          | (218) |

## 下篇 施工组织学

|      |           |       |
|------|-----------|-------|
| 10   | 施工组织概论    | (224) |
| 10.1 | 施工组织的基本原则 | (224) |
| 10.2 | 施工准备      | (228) |
|      | 小结        | (236) |
|      | 习题        | (236) |
| 11   | 流水施工原理    | (237) |
| 11.1 | 流水施工的基本概念 | (237) |
| 11.2 | 流水施工参数    | (241) |
| 11.3 | 流水施工组织方法  | (246) |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 小结 .....                      | (259) |
| 习题 .....                      | (259) |
| 12 网络计划技术 .....               | (262) |
| 12.1 双代号网络计划技术 .....          | (262) |
| 12.2 双代号时标网络计划 .....          | (285) |
| 12.3 单代号网络计划技术 .....          | (293) |
| 12.4 网络计划的优化与调整 .....         | (304) |
| 小结 .....                      | (324) |
| 习题 .....                      | (325) |
| 13 施工组织总设计 .....              | (329) |
| 13.1 施工组织总设计概述 .....          | (329) |
| 13.2 施工总进度计划编制 .....          | (333) |
| 13.3 资源需要量计划和施工准备工作计划编制 ..... | (334) |
| 13.4 施工总平面图设计 .....           | (336) |
| 小结 .....                      | (347) |
| 习题 .....                      | (348) |
| 14 单位工程施工组织设计 .....           | (349) |
| 14.1 概述 .....                 | (349) |
| 14.2 工程概况 .....               | (351) |
| 14.3 施工部署与施工方案 .....          | (352) |
| 14.4 单位工程施工进度计划编制 .....       | (359) |
| 14.5 施工准备工作和各项资源需用量计划 .....   | (362) |
| 14.6 单位工程施工平面图设计 .....        | (364) |
| 14.7 技术组织措施及技术经济指标 .....      | (370) |
| 14.8 单位工程施工组织设计实例 .....       | (372) |
| 小结 .....                      | (383) |
| 习题 .....                      | (383) |
| 附录 .....                      | (385) |
| 参考文献 .....                    | (392) |

# 1 绪 论

## 内 容 提 要

本章对土木工程的一般概念、我国古代土木工程施工的成就以及中华人民共和国成立后尤其是改革开放后我国土木工程建设的飞速发展作了简单的介绍。阐述了土木工程施工程序、本课程的学习内容和学习方法,期待读者学好本门课程。

## 1.1 关于土木工程施工

### 1.1.1 土木工程简况

土木工程从其字面解释,是以土(石)及木材为主建造的工程。随着生产力的发展和时代的变迁,土木工程早已不是字面的意义。土木工程是指用砌体(如砖、石、混凝土砌块)、钢材、木材、混凝土等土木工程材料修建房屋(统称为建筑物)以及桥梁、道路、港口、堤坝、隧道等(统称为构筑物)的工程生产活动和工程技术,是指建造各类工程设施的科学、技术和工程的总称。

我国的土木工程有着悠久的历史,土木工程具有生命的活力和时代的特征。

考古资料表明:约在 5000 年前的新石器时代,就有石砌围墙、石砌祭坛和用木骨架泥墙构建的居屋;商代(公元前 1600—公元前 1046)以后就开始逐渐采用黏土做成板筑墙;西周(公元前 1046—公元前 771)已有烧制瓦存在;战国时代已能烧制大尺寸空心砖;秦朝时代(公元前 221—公元前 206)的阿房宫延绵 700 里,气势宏伟;秦代起陆续修建的万里长城,是我国土木工程的光辉写照,至今仍是世界上的新七大奇迹之首(图 1-1)。

除长城之外,我国的土木工程施工技术从古代起就有着相当高的水平,有许多值得骄傲的业绩。例如,建于隋代(公元 595 年)的赵州安济桥,又称赵州桥(图 1-2),该桥为敞肩圆弧石拱,拱券并列 28 道,净跨 37.02m,矢高 7.23m。主拱券厚 1.03m,主拱券上有护拱石。在主拱券上的两侧,各开有两个净跨分别为 3.8m 和 2.85m 的小拱以泄洪水,减轻自重。该桥无论从材料使用、结构受力、艺术造型还是从经济上都达到极高的水平,是世界上最早的敞肩式拱桥,距今已有近 1500 年的历史,比欧洲的同类型桥早约 1000 年。

又如,战国时期建于秦昭王末年的四川都江堰大型水利枢纽工程(图 1-3),是世界历史上最长的无坝引水工程,并一直沿用至今,发挥着灌溉、防洪、水运、供水等多种作用。





图 1-1 万里长城



图 1-2 河北赵州桥

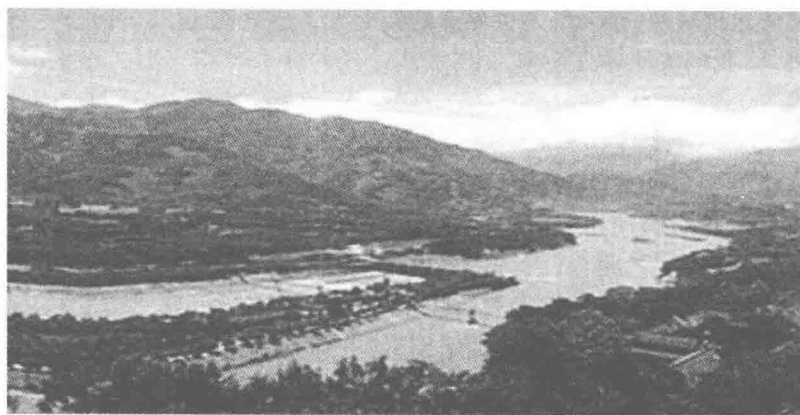


图 1-3 四川都江堰大型水利枢纽工程

此外,被唐代大诗人李白书为“壮观”、明代大旅行家徐霞客称为“天下巨观”的山西浑源县境内的悬空寺(图 1-4),始建于 1400 多年前的北魏王朝后期。该寺距地面高约 50m,其建筑特色可以概括为“奇、悬、巧”。“奇”的是建寺设计与选址。该寺处于深山峡谷的一个小盆地内,全身悬挂于石崖中间。“悬”是悬空寺的另一特色。全寺共有殿阁 40 间,表面上看去支撑它们的是十几根碗口粗的木柱,其实有的木柱根本不受力,真正的重心撑在坚硬的岩石里,利用力学原理半插飞梁为基。“巧”则体现在建寺时因地制宜,充分利用峭壁的自然状态布置和建造寺庙各部分建筑,将一般寺庙平面建筑的布局建造在立体的空间之中,设计非常精巧。

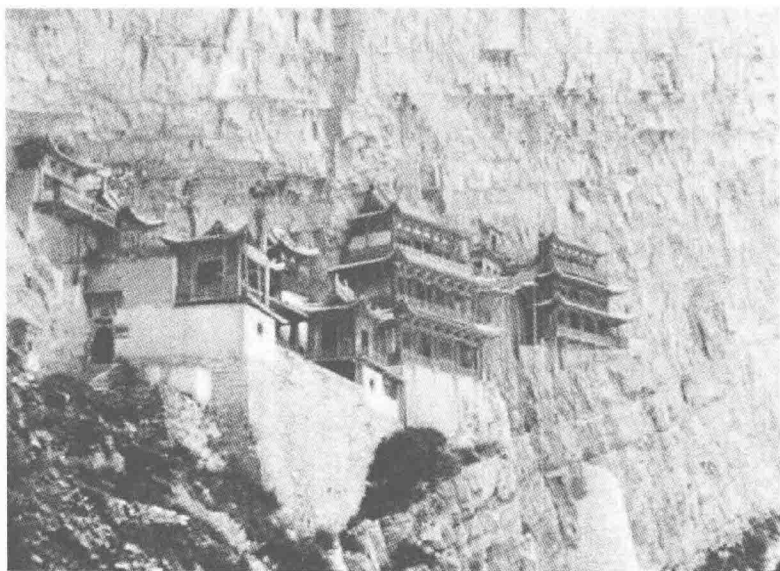


图 1-4 山西浑源县境内的悬空寺

以上仅简述几例,即已体现了我国古代劳动人民和能工巧匠在土木工程设计和施工诸方面的智慧。在中华人民共和国成立后,我国的土木工程建设得到飞速发展:在第一个五年计划期间(1953—1957 年),全国进行了 141 项重点工程建设;在 1958—1959 年间,北京建造的人民大会堂、民族文化宫等十大建筑,集中体现了我国土建业在设计、施工技术和施工组织方面的相当高的水平。

从 20 世纪 80 年代以来,我国土建业进入了全新的发展阶段。房屋建筑尤其是高层建筑的发展,已达到了发达国家的水平。例如,1996 年建成的深圳帝王大厦,是全高 384m 的钢结构;位于广州天河北路的中信广场大厦,是 80 层、高 322m 的混凝土结构;上海金茂大厦,是高为 420m 的钢结构。预计在 2014 年年底竣工、2015 年全面建成并启用的上海中心大厦,位于浦东陆家嘴金融贸易区,其总高为 632m(主体建筑结构高度 580m),总建筑面积 57.6 万  $\text{m}^2$ ,占地面积 30 368  $\text{m}^2$ ,建筑主体为 118 层。布置在地下的机动车停车位可停放 2000 辆车。建成后的“上海中心”将与金茂大厦、环球金融中心等组成超高层建筑群(图 1-5)。

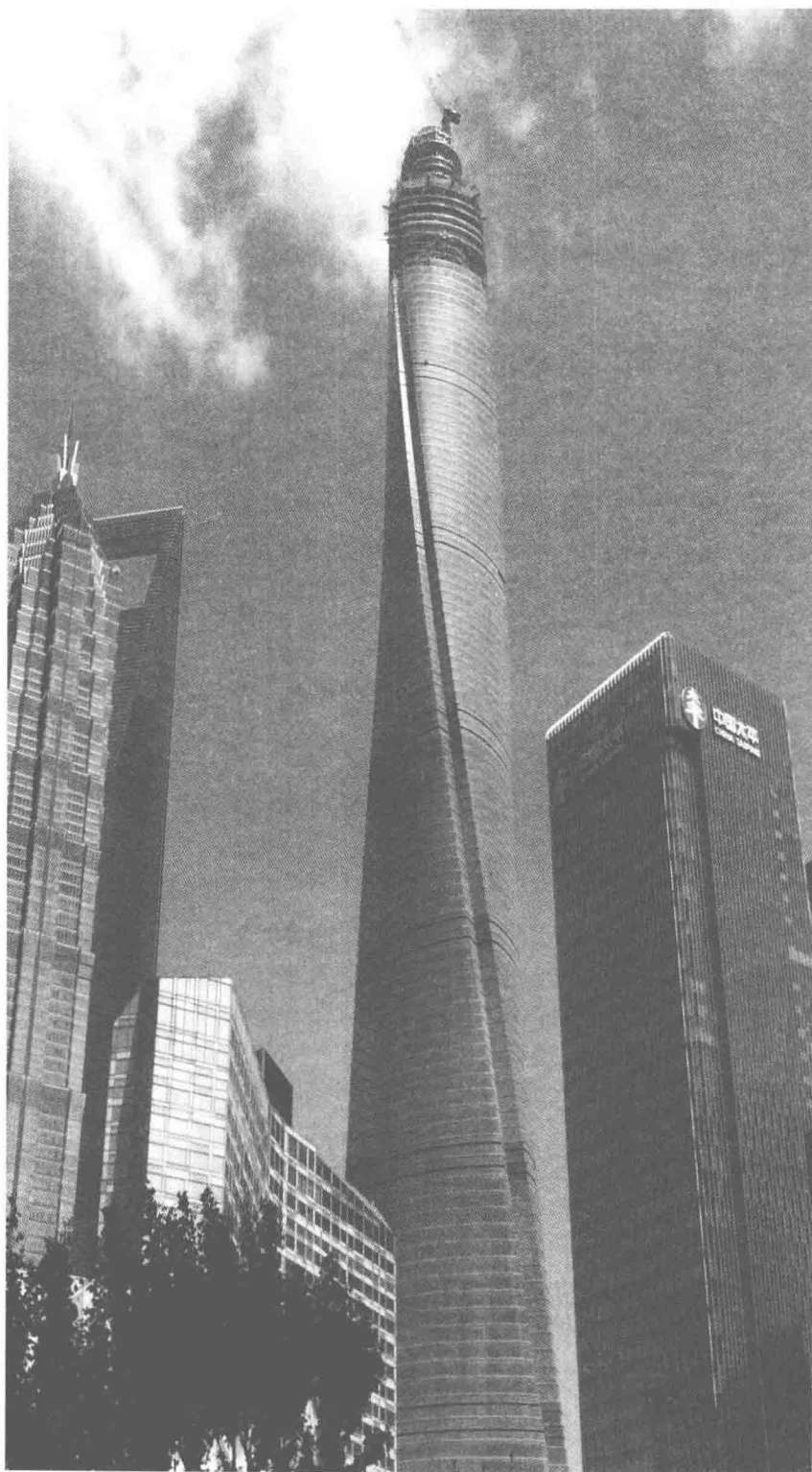


图 1-5 上海中心

### 1.1.2 土木工程的施工程序

一个建设项目从开始到投入使用,一般要经过立项(编制项目建议书)、进行可行性研究(提出可行性研究报告),经审批后编制设计任务书、进行工程设计,由施工单位进行工程施工等几个阶段。而工程施工则主要包括如下程序。

#### (1) 承接施工任务

在“公平、公正、合理”的原则下,施工单位承接任务的方式主要是通过投标或议标;对于某些国家重点建设项目,也可能由国家或上级主管部门直接下达给施工单位。

#### (2) 签订施工合同

承接施工任务后,施工单位(乙方)和建设单位(甲方)按合同法及有关规定签订施工合同,明确双方各自在施工期内应承担的职责和义务。工程合同经双方法人代表签字后具有法律效力。

#### (3) 进行施工准备

施工准备的主要内容是根据承接的施工任务,调查施工场地状况,实现“三通一平”(水通、电通、路通、平整场地);编制施工组织设计和制定施工方案,落实劳动力、材料、施工机具等条件;根据施工进度合理部署施工力量。

#### (4) 科学组织施工

根据施工组织设计和确定的施工方案科学组织施工,在时间和空间上合理安排全部施工活动;在施工中对施工进度、施工质量、施工安全等进行全面控制,全面完成合同规定的施工任务。

#### (5) 竣工验收

施工单位按质按量完成了合同规定的施工任务、备齐相关资料(如隐蔽工程验收报告、材料试验报告、工程变更通知单等)后,即可由建设单位组织相关方面进行施工验收,评定施工质量等级。对验收合格及以上的工程,即可交由建设单位使用。

## 1.2 本课程的学习方法

### 1.2.1 本课程的研究对象

本课程研究内容有两类:一是土木工程各主要工种的施工技术;二是施工组织的基本原理和基本规律即施工组织学。

一个建筑物或构筑物的建成,是由多个工种(如土方、地基与基础、钢筋与混凝土、砌体、防水、装饰、结构安装等)协同施工完成的,每一工种的施工,都有不同的施工顺序、施工工艺,采用不同的施工机械和技术,施工注意事项也不同。用最佳的施工方法、合理的施工工艺、较经济的造价保证施工任务的完成,是施工技术研究的内容。而根据施工对象的工程特点、工程性质、工程的客观条件合理安排施工,对劳动力、资金、材料等进行科学合理的调配,编制出用以指导施工的施工流水顺序、材料和构件布置方案等,则是施工组织学的研究范畴。

总之,土木工程施工是研究如何建造建筑物和构筑物的学科,以求用最短的时间、最好的质量、较好的经济效益保证工程项目的投产使用。

### 1.2.2 课程的学习方法

土木工程施工是土建类专业(包括土木工程、工程管理、建筑学及城市规划等)的一门学科基础课。课程涉及面广、实践性强,需要综合运用土木工程材料、工程测量、房屋建筑学、工程力学、工程结构以及经济管理等学科的基础知识解决工程中的实际问题。因此,学好各门先修课程,复习和运用有关知识,是学好本课程的基础。

由于土木工程施工是和生产实际紧密联系的,是生产实践经验的总结和提高,因此学习中应坚持理论联系实际的方法,对教学参观、课程设计、施工生产实习等教学环节应足够重视。感性知识的积累,可以为学好本课程打下良好的基础。

学习过程中,要注意掌握基本概念、基本原理、基本方法。本课程的各章内容,相对较为独立,但应注意其本质的和内在的联系;要注意施工工艺的共性和差别;要掌握在不同施工条件下的不同施工方法、施工技术和施工组织设计。总之,通过本课程的学习和实践,将为毕业后从事土木工程事业打下良好的基础。

# 上篇 土木工程施工技术

## 2 土方工程施工

### 内 容 提 要

本章的主要内容有:土的分类及工程性质,土方的计算、调配、填筑与压实,降水与排水,土方的边坡稳定与支护,土方工程机械化施工,爆破施工以及深基坑施工等。通过学习,熟悉土的工程分类及工程特性;掌握土方量的计算方法与土方调配方案的确定;掌握土方的填筑与压实方法;熟悉常用的边坡的支护方法;熟悉常用的施工排水方法;掌握土方机械的性能及根据工程对象选择机械、提高土方机械生产效率的方法。

### 2.1 土方工程的内容和特点

土方工程(包括石方工程)施工一般包括场地平整、土方开挖、土方回填与压实,以及场地清理及测量放线,排水降水、边坡支护等辅助工作。

#### (1) 场地平整

场地平整是指对天然地面进行挖高填低的土方施工,使场地达到设计标高的要求。其工作内容包括确定场地的设计标高,土方计算,合理进行土方调配等。

#### (2) 土方开挖

土方开挖包括基坑、基槽、沟管、人防工程、地下室工程或隧道工程的开挖。这种土方施工的特点为:要求开挖的标高、断面、轴线准确,施工受气候影响较大(如冰冻、下雨等影响)。施工前必须做好各项准备工作,编制合理可行的施工方案;在工程施工过程中应采取适当的排水降水措施、有效的边坡支护方案,并且考虑地面沉降及其对周边建筑的影响等;在满足施工要求的前提下还应及时回填。

#### (3) 土方回填与压实

土方回填指对低洼处用土石方分层填筑、压实到设计标高以及对基础、沟槽的回填等。

土石方填筑施工中,要严格选择填土,结合填方量的大小与场地情况,选择适当的压实方法,以达到填土压实度的要求。

## 2.2 土的工程分类及性质

### 2.2.1 土的工程分类

从不同的技术角度,土的分类方法各异。按施工时开挖的难易程度,可分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石等八个类别。前四类属于一般土,后四类属于岩石。其分类及开挖方法参见表 2-1。

表 2-1 土的工程分类

| 土的分类          | 土的级别   | 土的名称                                               | 密度<br>( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) | 可松性系数       |             | 施工方法                   |
|---------------|--------|----------------------------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|------------------------|
|               |        |                                                    |                                  | $K_s$       | $K'_s$      |                        |
| 第一类<br>(松软土)  | I      | 砂,粉土,冲积砂土层,种植土,泥炭(淤泥)                              | 600 ~ 1500                       | 1.08 ~ 1.17 | 1.01 ~ 1.03 | 用锹、锄头挖掘                |
| 第二类<br>(普通土)  | II     | 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                    | 1100 ~ 1600                      | 1.14 ~ 1.28 | 1.02 ~ 1.05 | 用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松         |
| 第三类<br>(坚土)   | III    | 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、压实填筑土        | 1750 ~ 1900                      | 1.24 ~ 1.30 | 1.05 ~ 1.07 | 主要用镐,少许用锹、锄头,部分用撬棍     |
| 第四类<br>(砂砾坚土) | IV     | 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                | 1900                             | 1.26 ~ 1.35 | 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<br>(软石)   | V~VI   | 硬质黏土,中等密实的页岩、泥灰岩、白垩土,胶结不紧的砾岩,软的石灰岩及贝壳石灰岩           | 1100 ~ 2700                      | 1.30 ~ 1.40 | 1.10 ~ 1.15 | 用镐或撬棍、大锤,部分用爆破方法       |
| 第六类<br>(次坚石)  | VI~VII | 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、石灰岩,微风化安山岩、玄武岩 | 2200 ~ 2900                      | 1.35 ~ 1.45 | 1.11 ~ 1.20 | 用爆破方法,部分用风镐            |

续表 2-1

| 土的分类         | 土的级别     | 土的名称                                                 | 密度<br>( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) | 可松性系数     |           | 施工方法  |
|--------------|----------|------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|-------|
|              |          |                                                      |                                  | $K_s$     | $K'_s$    |       |
| 第七类<br>(坚石)  | VII~VIII | 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 | 2500~3500                        | 1.40~1.45 | 1.15~1.20 | 用爆破方法 |
| 第八类<br>(特坚石) | VIII~IX  | 安山岩,玄武岩,花岗岩片麻岩,坚实的细粒花岗岩、闪长岩、石英岩、辉长岩、辉绿岩,玢岩           | 2700~3300                        | 1.45~1.50 | 1.20~1.30 | 用爆破方法 |

### 2.2.2 土的工程性质

在土的各种工程性质中,对土方施工影响显著的主要有土的质量密度、含水量、可松性、渗透性等。

#### 2.2.2.1 质量密度

土的质量密度分为天然密度和干密度。土的天然密度指土在天然状态下单位体积的质量,用 $\rho$ 表示,它影响土的承载力、土压力及边坡的稳定;土的干密度指单位体积中固体颗粒的质量,用 $\rho_d$ 表示,它是用以检查填土压实质量的指标。土的天然密度及干密度分别按下式计算:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-1)$$

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (2-2)$$

式中  $\rho$ ——土的天然密度;  
 $\rho_d$ ——土的干密度;  
 $m$ ——土的总质量;  
 $m_s$ ——土中固体颗粒的质量;  
 $V$ ——土的天然体积。

土的干密度越大,表示土越密实。工程上常用干密度来评定土的密实程度,以之作为检验填土压实质量的指标。

#### 2.2.2.2 含水量

土的含水量 $w$ 是指土中所含水的质量与土中固体颗粒的质量比,以百分比来表示:

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% = \frac{m - m_s}{m_s} \times 100\% \quad (2-3)$$

式中  $w$ ——土的含水量;  
 $m_w$ ——土中所含水的质量。



### 2.2.2.3 可松性

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,仍不能恢复到原来的体积,称为土的可松性。土的可松性程度可以用可松性系数表示:

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (2-4)$$

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (2-5)$$

式中  $K_s$ ——土的最初可松性系数;  
 $K'_s$ ——土的最终可松性系数;  
 $V_1$ ——土在天然状态下的体积;  
 $V_2$ ——土经开挖后在松散状态下的体积;  
 $V_3$ ——土经压实后的体积。

土方工程的工程量计算中,是以自然状态的体积来计算的,所以在土方调配、计算土方的运输量,确定取土坑与弃土场的大小、确定土方机械及运输工具数量等的时候,都必须考虑土的可松性。

土的可松性和土的性质有关,各类土的可松性系数参考值见表 2-1。

### 2.2.2.4 渗透性

渗透性是指土的透水性能,以渗透系数  $K$  表示,由达西定理  $v = Ki$  可知,土的透水系数相当于在水头梯度  $i=1$  时,水在单位时间内穿透土层的距离。

渗透系数是降低地下水中计算涌水量的重要参数。常见的土渗透系数见表 2-2。

表 2-2 土的渗透系数表

| 土的种类    | $K(\text{m/d})$ | 土的种类       | $K(\text{m/d})$ |
|---------|-----------------|------------|-----------------|
| 亚黏土、黏土  | $<0.1$          | 含黏土的中砂及纯细砂 | $20 \sim 25$    |
| 亚黏土     | $0.1 \sim 0.5$  | 含黏土的细砂及纯中砂 | $35 \sim 50$    |
| 含亚黏土的粉砂 | $0.5 \sim 1.0$  | 纯粗砂        | $50 \sim 75$    |
| 纯粉砂     | $1.5 \sim 5.0$  | 粗砂夹砾石      | $50 \sim 100$   |
| 含黏土的细砂  | $10 \sim 15$    | 砾石         | $100 \sim 200$  |

## 2.3 土方工程量计算及土方调配

在土方工程施工之前,必须计算土方的工程量。但各种土方工程的外形很不规则,很难得到其精确的数值。在工程上,一般将其划分成若干个较为规则的几何形状,用近似方法进行计算。

### 2.3.1 基坑、基槽土方量计算

基坑、基槽(或路堤)土方量可按立体几何中的拟柱体(由两个平行的平面做底的一种多面体)的体积公式计算。