



“十三五”普通高等教育本科规划教材

# 土木工程施工

姜晨光 主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”普通高等教育本科规划教材

# 土木工程施工

主 编 姜晨光

副主编 宋 艳 姜 勇 张协奎

崔清洋 刘兴权 陈伟清

主要参编人员 李红英 安丽洁 王璐 等

主 审 苏文磬 徐至善 李锦铭 王浩闻 黄建文



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

本书为“十三五”普通高等教育本科规划教材。

本书较系统、全面地介绍了现代土木工程施工技术学的基本理论、方法和技术,涵盖了土方工程、爆破工程、地基工程、基础工程、砌体工程、混凝土工程、钢结构工程、钢与混凝土组合结构工程、木结构工程、液压爬升模板工程、大体积混凝土工程、泵送混凝土工程、防水工程、球形储罐工程、膜结构工程、智能建筑工程、建筑施工机械、桥梁工程、涵洞工程、隧道工程、建筑装饰工程、建筑工程施工组织管理等基本教学内容和教学环节。在基础理论阐述上贯彻简明扼要、深浅适中的写作原则,以实用化为目的,强化了对实践环节的详细介绍。全书完全采用国家现行的各种规范、标准,大量删减与归纳了落伍的目前个别地区(或个别领域)尚用的知识、理论和技术,彻底淘汰了过时的、目前人们已不用或罕用的知识、理论和技术,全面介绍了目前国际最新的、最流行的、最具普及性的知识、理论和技术,将学以致用原则贯穿教材始终,努力借助通俗的、大众化的语言提高教材的可读性并尽最大可能满足读者的自学需求。

本书适用于大土木工程行业的各个相关专业(如本科和高职高专的土木工程、工程管理、交通运输工程、铁道工程、水利工程、水利水电工程、矿业工程、建筑学、城市规划等专业)。本书除教材功能外还兼具工具书的特点,是土木工程业内人士案头必备的简明的、工具型手册。

## 图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工/姜晨光主编. —北京:中国电力出版社, 2017.3

“十三五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-5123-9564-0

I. ①土… II. ①姜… 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(2016)第174800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>)

北京天宇星印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2017年3月第一版 2017年3月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 49.5印张 1216千字

定价 86.00元

## 敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

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

## 本书编委会

主 编 姜晨光

副 主 编 宋 艳 姜 勇 张协奎 崔清洋

刘兴权 陈伟清

主要参编人员 李红英 安丽洁 王 璐 孙 伟

王晓菲 高建水 蔡 勇 关秋月

刘 颖 牛牧华 冯伟洲 林 辉

李 萍 王雪燕 成美捷 夏正兴

陆 檬 丁满琪 姜 科 翁林敏

何跃平 顾持真 李 刚 黄伟祥

钱保国 宋艳萍 祝付玲 王 烨

胡 闻 陈江渝 华崇乐 闵向林

朱烨昕 杨洪元 叶 军 吴 玲

蒋旅萍 欧元红 陈 丽 刘进峰

张惠君 黄奇壁 王 伟 王风芹

宋志波 任忠慧 严立明

## 前言

土木工程施工技术的起源可追溯到原始社会早期,是人类最早创造的工程技术体系之一。土木工程施工技术的发展时刻与人类文明史同步,随人类文明的历史进程发展到了今天,其对人类社会做出巨大贡献不可磨灭。

“衣、食、住、行”是人类生存的最基本条件,“住”(即居住)靠土木工程施工技术得以实现,“行”(即出行、交通)的基础设施(公路、铁路、机场、码头等)也靠土木工程施工技术实现,因此,土木工程施工技术是关系国计民生的重要技术,只要有人类生存就需要土木工程施工技术。建设工程设施的物质基础是土地、建筑材料、建筑设备和施工机具,借助这些物质条件就能经济而便捷地建成既满足人们使用要求和审美要求、又能安全承受各种荷载的工程设施,这也是土木工程施工技术学科的出发点和归宿。现代社会,人类的日常生活无处不与各式各样的营造活动(土木工程施工活动)密切相关。住宅、楼宇、公路、铁路、机场、码头、堤坝、运河、桥梁、管道……,为人类生活提供了各种必需的服务。土木工程施工技术与人类社会息息相关,其生产过程或产品直接影响着人类的生活,其重要性不言而喻。

土木工程施工技术地位重要、内容浩繁,涉及多学科知识,如何充分发挥其在人类进步事业中的作用是一个值得人们永久认真思考的问题,只有不断总结与积累经验、不断推陈出新和与时俱进才能使土木工程施工技术科学健康可持续发展。基于以上思考,笔者不揣浅陋编写了本书。

本书是作者 30 余年土木工程科学研究及相关实践活动的初步总结,也是作者在江南大学从事教学、科研和社会实践活动的经验积累与部分心得。本书的撰写以理论与实践紧密结合为基本原则和出发点,对传统的理论、技术、方法进行了认真的总结与反思,吸收了当今最新的科技成就和技术,接纳了许多前人及当代人的宝贵经验和认识。希望本书的出版能有助于土木工程施工知识的普及、发展和进步,对我国的社会主义建设事业和高等教育事业有所帮助、有所贡献。

全书由江南大学姜晨光主笔完成,广西大学张协奎、陈伟清,无锡太湖学院刘颖、牛牧华、关秋月、崔清洋,青岛黄海学院李红英、安丽洁、王璐、孙伟、宋艳,平度市职教中心王晓菲,济南市园林绿化工程质量监督站高建水,中南大学刘兴权,无锡市墙材革新和散装水泥办公室林辉、李萍、王雪燕,山东盛隆集团有限公司宋志波、任忠慧、严立明,无锡市滨湖区建设局冯伟洲,无锡市交通运输局夏正兴、丁满琪,无锡市规划局陆檬、成美捷、姜

科,无锡市建设局翁林敏、何跃平、顾持真、李刚、黄伟祥、钱保国、宋艳萍、祝付玲、王烨、胡闻、陈江渝、华崇乐、闵向林、朱烨昕,江南大学姜勇、蔡勇、杨洪元、叶军、吴玲、蒋旅萍、欧元红、陈丽、刘进峰、张惠君、黄奇璧、王伟、王风芹等参与了相关章节的撰写工作。初稿完成后,苏文磬、徐至善、李锦铭、王浩闻、黄建文5位教授级高工不顾耄耋之躯审阅全书提出了不少改进意见,为本书的最终定稿做出了重大奉献,谨此致谢!

限于水平、学识和时间关系,书中内容难免粗陋,谬误与欠妥之处敬请读者多多提出批评及宝贵意见。

姜晨光  
2016年6月

# 目 录

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 前言                    |     |
| 第1章 土木工程施工的技术体系       | 1   |
| 1.1 土木工程施工技术科学的特点     | 1   |
| 1.2 土木工程施工技术的历史与发展    | 2   |
| 思考题与习题                | 3   |
| 第2章 土方工程与爆破工程施工       | 4   |
| 2.1 土方工程施工            | 4   |
| 2.2 爆破工程施工            | 43  |
| 思考题与习题                | 68  |
| 第3章 建筑地基与基础工程施工       | 69  |
| 3.1 概述                | 69  |
| 3.2 建筑地基工程施工          | 70  |
| 3.3 建筑基础工程施工          | 83  |
| 3.4 基坑支护施工            | 113 |
| 3.5 地下水控制基本原则         | 126 |
| 3.6 地基施工中的土方质量控制      | 130 |
| 3.7 边坡工程              | 133 |
| 思考题与习题                | 136 |
| 第4章 砌体结构工程施工          | 139 |
| 4.1 砌体工程施工的特点与基本要求    | 139 |
| 4.2 砖砌体工程施工           | 165 |
| 4.3 混凝土小型空心砌块砌体工程施工   | 168 |
| 4.4 石砌体工程施工           | 170 |
| 4.5 配筋砌体工程施工          | 172 |
| 4.6 填充墙与隔墙砌体工程施工      | 173 |
| 4.7 冬期与雨期施工及安全环保问题    | 174 |
| 思考题与习题                | 178 |
| 第5章 混凝土结构工程施工         | 179 |
| 5.1 混凝土结构工程施工的特点与基本要求 | 179 |
| 5.2 模板工程施工            | 235 |
| 5.3 钢筋工程施工            | 240 |
| 5.4 预应力工程施工           | 248 |
| 5.5 现浇结构工程施工          | 263 |

|            |                           |            |
|------------|---------------------------|------------|
| 5.6        | 装配式结构工程施工 .....           | 284        |
| 5.7        | 冬期、高温和雨期施工 .....          | 306        |
|            | 思考题与习题 .....              | 311        |
| <b>第6章</b> | <b>钢结构工程施工 .....</b>      | <b>313</b> |
| 6.1        | 钢结构工程施工的特点与基本要求 .....     | 313        |
| 6.2        | 焊接工程施工 .....              | 338        |
| 6.3        | 紧固件连接工程施工 .....           | 344        |
| 6.4        | 钢零件及钢部件加工基本要求 .....       | 349        |
| 6.5        | 钢构件组装工程施工 .....           | 354        |
| 6.6        | 钢结构预拼装工程施工 .....          | 355        |
| 6.7        | 钢结构安装工程施工 .....           | 357        |
| 6.8        | 压型金属板工程施工 .....           | 363        |
| 6.9        | 涂装工程施工 .....              | 363        |
| 6.10       | 钢结构施工测量与工程监测基本要求 .....    | 367        |
|            | 思考题与习题 .....              | 373        |
| <b>第7章</b> | <b>钢与混凝土组合结构施工 .....</b>  | <b>375</b> |
| 7.1        | 钢与混凝土组合结构施工的特点与基本要求 ..... | 375        |
| 7.2        | 钢管混凝土柱施工 .....            | 381        |
| 7.3        | 型钢混凝土柱施工 .....            | 383        |
| 7.4        | 型钢混凝土组合梁施工 .....          | 386        |
| 7.5        | 钢与混凝土组合墙施工 .....          | 387        |
| 7.6        | 钢与混凝土组合板施工 .....          | 393        |
| 7.7        | 钢与混凝土组合结构施工验收 .....       | 395        |
|            | 思考题与习题 .....              | 398        |
| <b>第8章</b> | <b>木结构工程施工 .....</b>      | <b>399</b> |
| 8.1        | 木结构工程施工的特点与基本要求 .....     | 399        |
| 8.2        | 木构件连接与节点施工 .....          | 406        |
| 8.3        | 木结构安装施工 .....             | 411        |
| 8.4        | 轻型木结构制作与安装施工基本要求 .....    | 414        |
| 8.5        | 木结构工程防火防护施工及施工安全 .....    | 424        |
|            | 思考题与习题 .....              | 428        |
| <b>第9章</b> | <b>特种施工工艺 .....</b>       | <b>429</b> |
| 9.1        | 液压爬升模板施工 .....            | 429        |
| 9.2        | 大体积混凝土施工 .....            | 441        |
| 9.3        | 泵送混凝土施工 .....             | 452        |
| 9.4        | 地下工程防水施工 .....            | 462        |
| 9.5        | 建筑工程防水施工 .....            | 495        |
|            | 思考题与习题 .....              | 507        |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 第 10 章 特种结构施工 .....         | 508 |
| 10.1 球形储罐施工 .....           | 508 |
| 10.2 膜结构施工 .....            | 521 |
| 思考题与习题 .....                | 535 |
| 第 11 章 智能建筑工程施工 .....       | 537 |
| 11.1 智能建筑工程施工的特点与基本要求 ..... | 537 |
| 11.2 综合管线施工 .....           | 540 |
| 11.3 综合布线系统施工 .....         | 541 |
| 11.4 信息网络系统施工 .....         | 541 |
| 11.5 有线电视及卫星电视接收系统施工 .....  | 541 |
| 11.6 会议系统施工 .....           | 542 |
| 11.7 广播系统施工 .....           | 542 |
| 11.8 信息设施系统施工 .....         | 543 |
| 11.9 信息化应用系统施工 .....        | 543 |
| 11.10 建筑设备管理系统施工 .....      | 544 |
| 11.11 火灾自动报警系统施工 .....      | 544 |
| 11.12 安全技术防范系统施工 .....      | 545 |
| 11.13 智能化集成系统施工 .....       | 545 |
| 11.14 防雷与接地施工 .....         | 546 |
| 11.15 机房工程施工 .....          | 547 |
| 思考题与习题 .....                | 547 |
| 第 12 章 建筑施工机械的特点与使用方法 ..... | 548 |
| 12.1 建筑施工机械使用的基本要求 .....    | 548 |
| 12.2 动力与电气装置的使用要求 .....     | 549 |
| 12.3 起重机械与竖向运输机械的使用要求 ..... | 549 |
| 12.4 土石方机械的使用要求 .....       | 551 |
| 12.5 运输机械的使用要求 .....        | 552 |
| 12.6 桩工机械的使用要求 .....        | 553 |
| 12.7 混凝土机械的使用要求 .....       | 554 |
| 12.8 钢筋加工机械的使用要求 .....      | 555 |
| 12.9 木工机械的使用要求 .....        | 555 |
| 12.10 地下施工机械的使用要求 .....     | 555 |
| 12.11 焊接机械的使用要求 .....       | 556 |
| 12.12 其他中小型机械的使用要求 .....    | 557 |
| 思考题与习题 .....                | 557 |
| 第 13 章 桥涵工程施工 .....         | 558 |
| 13.1 桥涵工程施工的特点与基本要求 .....   | 558 |
| 13.2 桥涵基础工程施工 .....         | 570 |

|               |                         |            |
|---------------|-------------------------|------------|
| 13.3          | 桥涵墩台工程施工                | 576        |
| 13.4          | 桥位制梁施工                  | 579        |
| 13.5          | 预应力混凝土箱梁预制工程施工          | 600        |
| 13.6          | 预制箱梁架设工程施工              | 608        |
| 13.7          | 预应力混凝土 T 梁预制及架设工程施工     | 612        |
| 13.8          | 结合梁工程施工                 | 613        |
| 13.9          | 钢筋混凝土连续刚架桥、板式刚构连续梁桥工程施工 | 615        |
| 13.10         | 桥梁支座施工                  | 616        |
| 13.11         | 桥面及附属结构工程施工             | 617        |
| 13.12         | 涵洞工程施工                  | 621        |
| 13.13         | 拱桥施工                    | 627        |
| 13.14         | 斜拉桥施工                   | 644        |
| 13.15         | 悬索桥施工                   | 647        |
|               | 思考题与习题                  | 651        |
| <b>第 14 章</b> | <b>隧道工程施工</b>           | <b>653</b> |
| 14.1          | 隧道结构施工特点及原则             | 653        |
| 14.2          | 新奥法施工技术                 | 655        |
| 14.3          | 超欠挖与塌方处理技术              | 665        |
| 14.4          | 隧道施工量测与信息反馈技术           | 666        |
| 14.5          | 隧道典型施工方法的特点             | 672        |
| 14.6          | 隧道施工地下水控制技术             | 682        |
| 14.7          | 隧道施工通风与防尘技术             | 685        |
| 14.8          | 隧道施工预支护技术               | 687        |
| 14.9          | 隧道施工的基本流程、核心要点及注意事项     | 690        |
| 14.10         | 隧道施工技术的发展趋势             | 705        |
|               | 思考题与习题                  | 706        |
| <b>第 15 章</b> | <b>建筑装饰装修工程施工</b>       | <b>708</b> |
| 15.1          | 建筑装饰装修工程施工的特点与基本要求      | 708        |
| 15.2          | 抹灰工程施工                  | 713        |
| 15.3          | 吊顶工程施工                  | 716        |
| 15.4          | 室内隔墙与隔断的施工              | 717        |
| 15.5          | 楼地面装饰工程施工               | 718        |
| 15.6          | 门窗工程的施工                 | 719        |
| 15.7          | 饰面装饰工程施工                | 720        |
| 15.8          | 涂料饰面工程施工                | 724        |
| 15.9          | 裱糊饰面工程施工                | 725        |
| 15.10         | 建筑幕墙工程施工                | 727        |
| 15.11         | 玻璃装饰工程施工                | 728        |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 15.12 细木工程施工 .....              | 730        |
| 思考题与习题 .....                    | 731        |
| <b>第 16 章 建筑工程施工组织管理又 .....</b> | <b>733</b> |
| 16.1 建筑工程施工组织的特点与基本要求 .....     | 733        |
| 16.2 流水施工原理与应用 .....            | 739        |
| 16.3 建筑施工网络计划方法及其应用 .....       | 744        |
| 16.4 施工准备工作的组织 .....            | 755        |
| 16.5 施工现场管理 .....               | 756        |
| 16.6 施工组织总设计 .....              | 757        |
| 16.7 单位工程施工组织设计 .....           | 768        |
| 思考题与习题 .....                    | 774        |
| <b>参考文献 .....</b>               | <b>776</b> |

## 第1章 土木工程施工的技术体系

### 1.1 土木工程施工技术科学的特点

土木工程施工是利用相关工具（如机械、设备、器具）和建筑材料将土木工程结构物在实地建造起来的一门技术，具有悠久的历史。现代意义上的土木工程施工可称为“土木工程施工技术学”，土木工程施工技术学是研究土木工程施工理论与相关技术的应用科学，属于工程技术科学的学科范畴，按其建造对象的不同可分为建筑工程施工、水利工程施工、交通工程施工、国防工程施工、特种工程施工等若干类型，且还可以进一步细分（如交通工程施工可进一步细分为公路工程施工、铁路工程施工、港口工程施工、机场工程施工等），可见土木工程施工技术学是一个涉及众多部门、众多行业、众多领域的庞大科学体系。要完成一项工程建设活动必须合理地调动相关的人力、物力和财力，要完成一项工程建设活动必须动用大量的施工设备，要完成一项工程建设活动必须消耗大量的建筑材料，这一切都足以说明土木工程施工技术学科体系的庞杂性。

现代土木工程施工技术科学以建筑材料学为基础、施工装备学为依托、材料力学为支撑、组织管理学为后盾构建起了自己独特的学科体系，为人类社会的发展发挥着其独特的、不可替代的作用。施工材料、施工装备始终是推动土木工程施工技术进步的两大引擎。

土木工程施工技术学以技术性为主兼具科学性，是具有极强实践性的科学体系。早期土木工程施工技术学是在不断工程实践、不断总结成功经验、不断汲取失败教训的过程中发展起来的。现代土木工程施工技术学则是在相关学科的助推与渗透下（或者说与相关学科的不断交融中）不断成长、不断发展壮大的。

人类蛮荒文明早期土木施工技术能力非常微弱，只能过着“穴居巢处”“茹毛饮血”的原始生活。火的出现使人类从蛮荒文明进入古代文明，火改变了人类的饮食习惯，人类也用火来改造自然物（如烧制砖、瓦、石灰，冶炼青铜、铁器）或自然地形（如都江堰工程）以满足自己的需要并开始筑城及兴建大型土木建筑，土木工程结构物的类型也因而变得多姿多彩，从某种意义上讲简陋砖瓦及石灰的出现是土木工程施工技术发展的第一次助推器。电使人类从古代文明进入近代文明，电为人类提供了动力使人类改造自然的能力得到了飞跃性的提升，人们造出了水泥及各种金属材料，使土木工程结构物的性能（如承载能力、抗灾能力）得到了极大的提升，这一时期土木工程施工技术科学得以迅速发展，可以说电、钢材、混凝土的出现是土木工程施工技术发展的第二次助推器。网络信息技术使人类从近代文明进入现代文明，人们借助网络信息技术、自动控制技术开始建设智能化土木工程结构物并关注人类生活与地球生态系统的协调问题（即营造所谓“绿色建筑”“生态建筑”“智能建筑”，可将其统称为“灵动建筑”），可以说网络信息技术是土木工程施工技术发展的第三次助推器，从此，土木工程施工技术进入了自动化、机械化、智能化、电气化的新时代。

## 1.2 土木工程施工技术的历史与发展

土木工程施工技术的发展可大致分为古代、近代和现代 3 个历史时期。迄今为止,土木工程施工技术历史上曾出现过三次变革型的飞跃。不难理解,对土木工程施工技术发展起关键作用的首先是作为工程物质基础的土木建筑材料,其次是施工机械的发展和进步,再次是施工方法的更新与改善及施工理论的不断进步。每当出现新的优良建筑材料、新的施工装备时土木工程施工技术就会有一个飞跃式的发展。

人们在早期只能依靠泥土、木料及其他天然材料从事营造活动,后来出现了砖和瓦(中国在公元前 11 世纪的西周初期制造出瓦,最早的砖出现在公元前五世纪至公元前 3 世纪战国时的墓室中)这种人工建筑材料,从而使人类第一次冲破了天然建筑材料的束缚,砖和瓦具有比土更优越的力学性能、易于加工制作、可就地取材。砖、瓦的出现使人们开始广泛地、大量地修建房屋、城防工程等。由此,引领了土木工程施工技术的第一次飞跃,使土木工程施工技术水平得到了快速的提升。从砖、瓦的出现直到公元 18~19 世纪,在长达 2000 多年的时间里,砖和瓦一直是土木工程的重要建筑材料,为人类文明作出了伟大的贡献,甚至在目前还被广泛使用。

电动施工装备的应用使土木工程施工技术水平有了第二次飞跃式提升,加之钢材和混凝土的大量应用使大量超高、超大、超宽土木工程结构物不断涌现。

信息技术(大数据、云计算、BIM、自动控制技术、机器人技术)为土木工程施工技术插上了腾飞的翅膀,使土木工程施工技术水平有了第三次飞跃式提升。

### 1.2.1 古代土木工程施工技术

古代土木工程通常是指公元 17 世纪中叶以前的土木工程,时间跨度很长,大致从新石器时代(公元前 5000~6000 年前算起)开始至公元 17 世纪中叶。在这个历史时期,土木工程所用材料大多就地取材,最早土木工程所用材料大多是当地的天然材料(如泥土、树干、茅草、砾石),后来才逐步发展到土坯、石材、砖、瓦、木材、青铜、铁以及混合材料(如草筋泥、混合土等)。“秦砖汉瓦”就是典型写照,也是先人对人类文明、对土木工程科学的巨大贡献。最早的土木工程建造工具是石斧、石刀等,后来发展到了斧、凿、钻、锯、铲等的青铜和铁制工具,兴起了窑制技术和煅烧技术,出现了简易型打桩机、简易型桅杆式起重机等机械。在这个历史时期,世界各国的土木工程建造几乎全靠经验和身手相传,缺乏理论上的依据和指导,这一时期的土木工程特点可概括为“设计没有理论、修造依靠经验、材料取自天然、工具原始简单”。我国的土木工程建设者为了行业的发展经常借助文字将一些建造经验进行总结归纳和形象描述,这样就有了专门的土木工程著作,如公元前 5 世纪的《考工记》(总结了 6 门工艺、30 个工种的技术规则)、公元 1100 年前后李诫(北宋)编写的《营造法式》(详细阐述了建筑设计方法、建筑施工方法、工料计算方法等)、明代民间流传的《鲁班经》(介绍了建房的工序和常用的构架形式及简要的综合知识)等。在国外,最早的土木工程著作是文艺复兴时期意大利人阿尔伯蒂在 1485 年前后撰写的《论建筑》,该书对当时流行的欧洲古典建筑在比例、制式、城市规划方面的经验进行了较为系统的总结。

### 1.2.2 近代土木工程施工技术

近代土木工程通常是指公元17世纪中叶到公元20世纪中叶(第二次世界大战前后),历时300年左右,机械化施工使土木工程施工技术的主旋律、施工技术水平快速提升。17世纪以后欧洲各国先后进入资本主义社会,工业革命导致社会经济基础发生了巨大的变革,科学技术出现飞跃式发展,也促进了土木工程的快速发展和巨大进步,牛顿力学的创立奠定了土木工程施工技术的力学分析基础。

### 1.2.3 现代土木工程施工技术

现代土木工程通常是指公元20世纪中叶(第二次世界大战结束)直到今天的历史时期,和平和发展是这一时期的主旋律,现代科学技术的迅猛发展为土木工程科学的进步与发展提供了强大的物质基础和技术支撑,开始了以现代科学技术为后盾的土木工程施工技术新时代。自动化、机械化、智能化、电气化成为土木工程施工技术新名片。建筑材料向轻质高强度全方位发展,施工过程工业化水平越来越高。随着土木工程规模的扩大和由此产生的施工工具、设备、机械向多品种、自动化、大型化发展,土木工程施工技术的现代化水平越来越高,生产能力越来越强。



### 思考题与习题

1. 何谓土木工程施工技术?
2. 土木工程施工技术学的学科体系有何特征?
3. 助推土木工程施工技术学科发展的两大引擎是什么?
4. 简述土木工程施工技术学的发展历史。

## 第2章 土方工程与爆破工程施工

土方工程与爆破工程施工应遵守相关规定。进行土方与爆破工程施工前建设单位应向施工单位提供施工图、场地实测地形图（包括测量成果资料）、原有地下管线及构筑物竣工图以及工程地质、水文、气象等技术资料，并应提供施工测量平面控制点和水准点。施工单位应结合工程具体情况在土方和爆破工程施工前编制专项施工方案，深基坑和高边坡土方工程开挖前或施工过程中必须按方案要求完善支护工程。在敷设有地上或地下管线的地段进行土方与爆破工程施工时建设单位应事先取得管线管理部门的同意，且施工中应采取措施以防损坏。施工过程中发现有文物、古墓、古迹遗址或古化石等时应妥善保护并立即请示有关主管部门处理后方可继续施工。施工场地遇有测量用的永久性标桩或地质、地震部门设置的长期观测孔（标志）等应加强保护，因施工必须拆除时应事先取得原设置单位或主管单位的书面同意。在施工区域内有碍施工的已有建（构）筑物、道路、沟渠、塘堰、墓穴、树木等应在施工前由建设单位或由建设单位委托有关单位妥善处理。土方与爆破工程施工前应对施工场地及其周边可能出现的地质灾害进行评估，当可能发生崩塌、滑坡、泥石流等危及施工安全的地质灾害时应提前采取处理措施（必要时还应设置监测点）。为防止打桩、降水、基坑开挖及爆破对邻近建（构）筑、道路、管线的影响施工所采取的技术措施，应由建设、设计和施工单位三方在施工前会商确定（必要时应进行连续沉降和位移观测）。

### 2.1 土方工程施工

#### 2.1.1 概述

土方工程施工的特点是面广量大、工程量大、劳动强度高、劳动繁重、施工条件复杂、受场地影响大。土方工程施工应科学组织、精心协调，在条件允许的情况下应尽可能采用机械化施工；应合理安排施工计划并应尽量避免冬、雨期施工；应减少运输量和农田占用量并应对土方进行合理调配、统筹安排，以降低土石方工程施工费用；施工前应做好调查研究工作，应拟定合理的施工方案和技术措施以保证工程质量、确保施工安全、加快施工进度。

土方工程施工涉及许多专业术语。土方平衡调配（Earthwork Balanced Deployment）是指在同一或相邻土方工程作业施工中对开挖弃土量和填方用土量进行的综合因素考虑和调配（应将开挖弃土尽可能用于土方回填并按最小运距调配以最大限度的减少开挖土方外运量）。滑坡（Landslide）是指斜坡上的土体或者岩体局部稳定性受破坏而沿一定软弱面或者软弱带整体地或分散地顺坡向下滑动的自然现象。边坡（Slope）是指由于土方开挖、填筑所形成的具有一定倾斜度的临空面。临时性边坡（Temporary Slope）是指安全使用年限不超过2年的边坡。基坑（Foundation Pit）是指建筑物基础或地下结构施工所需开挖的地面以下的空间。支护（Retaining and Protecting）是指为保证边坡、基坑及其周边环境的安全而采取的支挡、加固与防护措施。地下水控制（Groundwater Controlling）是指为保证土方开挖及基坑周边环境安全而采取的排水、降水、截水或回灌措施。回灌（Groundwater Replenish-

tunent) 是指为防止降水对周边环境产生不良影响而通过点井、砂井、砂沟等用人工方法将地表水注入地下含水层的工程措施。特殊土 (Special Soil) 是指具有特殊成分、结构、构造和特殊物理力学性质的土 (如软土、湿陷性黄土、红黏土、膨胀土、盐渍土等)。软土 (Soft Soil) 是指淤泥、淤泥质土、泥炭土、呈软塑或流塑的粉土和粉质黏土、松散的特细砂、沼泽土等天然土层, 以及回填土、未经夯 (压) 实的素填土, 含有大量腐殖质的杂填土、土质软弱和龄期较短的冲填土。

(1) 土的工程分类。

土的分类方法较多, 我国土木工程施工领域习惯按开挖的难易程度对土进行分类 (见表 2-1-1)。

表 2-1-1 土的施工难易 (工程) 分类与现场鉴别特征

| 类别            | 土的名称                                                             | 开挖方法                     | 可松性系数     |           |
|---------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------|-----------|
|               |                                                                  |                          | $K_s$     | $K'_s$    |
| 第一类<br>(松软土)  | 砂、粉土、冲积砂土层、种植土、泥炭 (淤泥)                                           | 用锹、锄头挖掘                  | 1.08~1.17 | 1.01~1.04 |
| 第二类<br>(普通土)  | 粉质黏土, 潮湿的黄土, 夹有碎石、卵石的砂, 种植土, 填筑土和粉土混卵 (碎) 石                      | 用锹、锄头挖掘, 少许用镐翻松          | 1.14~1.28 | 1.02~1.05 |
| 第三类<br>(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、压实的填筑土                  | 主要用镐, 少许用锹、锄头, 部分用撬棍     | 1.24~1.30 | 1.04~1.07 |
| 第四类<br>(砾砂坚土) | 重黏土 (坚硬密实的黏土) 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           | 先用镐、撬棍, 然后用锹挖掘, 部分用楔子及大锤 | 1.26~1.37 | 1.06~1.09 |
| 第五类<br>(软石)   | 硬石炭纪黏土 (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                   | 用镐或撬棍、大锤挖掘, 部分用爆破方法      | 1.30~1.45 | 1.10~1.20 |
| 第六类<br>(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             | 1.30~1.45 | 1.10~1.20 |
| 第七类<br>(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 (微风化) 的安山岩、玄武岩 | 用爆破方法                    | 1.30~1.45 | 1.10~1.20 |
| 第八类<br>(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                    | 1.45~1.50 | 1.20~1.30 |

通过表 2-1-1 可概略进行运费计算。假设有一填坑、土方量为  $1000\text{m}^3$ , 使用斗容量  $3\text{m}^3$  的汽车运土, 每车运费 50 元, 若取  $K_s=1.25$ 、 $K'_s=1.1$ , 则填满夯实此坑运费  $W$  的计算过程依次为  $V_2=K_sV_1=K_sV_3/K'_s=1.25\times 1000/1.1=1136.4\text{m}^3$ ;  $W=50\times 1136.4/3=$

18 940 元。

(2) 土的工程性质。与土方施工关系密切的土的工程性质主要包括土的含水量、土的质量密度、土的可松性、土的渗透性。土的质量密度分天然密度和干密度。土的天然密度  $\rho$  是指土在天然状态下单位体积的质量, 其与土的承载力、土压力及边坡的稳定关系密切。土的干密度  $\rho_d$  是指单位体积土中固体颗粒的质量, 是检验填土压实质量的控制指标。土的含水量  $W$  是指土中所含水与土固体颗粒质量的比,  $W = [G_{dr}/G_{da}] \times 100\%$ , 其中,  $G_{da}$  为含水状态 (damp) 时土的质量;  $G_{dr}$  为烘干 (dry) 后土的质量。土的渗透性是指水在土体中渗流的性能 (目前通常以渗透系数  $K$  表示且采用达西地下水流动速度公式  $v=KI$  表达)。土的可松性是指自然状态下的土开挖后其体积会因松散而增加, 以后不管如何回填压实均不能恢复其原来体积的特征。土的可松性用可松性系数  $K$  表示, 最初可松性系数  $K_s = \text{土经开挖后的松散体积 } V_1 / \text{土在天然状态下的体积 } V_2$ ; 最后可松性系数  $K'_s = \text{土经回填压实后的体积 } V_3 / \text{土在天然状态下的体积 } V_1$ 。见图 2-1-1, 土方边坡坡度  $i$  通常可表达为  $i = H/B = 1/(B/H) = 1:m$ 。

(3) 土方施工的准备工作的土方施工的准备工作的准备工作主要有 8 个方面, 即学习与审查图纸; 制定施工方案; 场地清理; 排除地面水; 修筑好临时道路及供水、供电等临时设施; 做好材料、机具、物资及人员的准备工作; 完成施工测控工作 (包括设置测量控制网, 打设方格网控制桩, 进行建筑物、构筑物的定位放线等); 根据土方施工设计做好边坡稳定、基坑 (槽) 支护、降低地下水等土方工程的辅助工作。

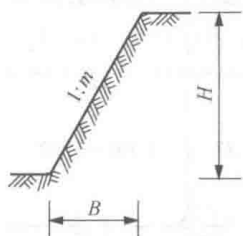


图 2-1-1 土方边坡  
坡度示意

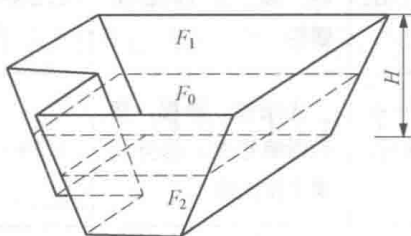


图 2-1-2 基坑土方量计算

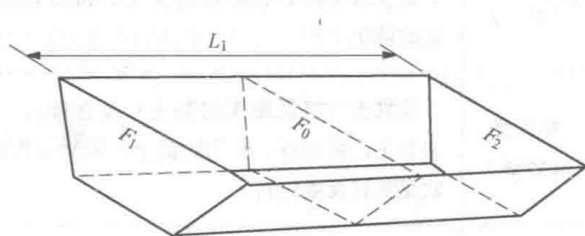


图 2-1-3 基槽土方量计算

### 2.1.2 土方工程计算与调配的基本原则

(1) 基坑、基槽和路堤的土方量计算方法。见图 2-1-2, 基坑土方量  $V$  即可按拟柱体体积公式计算, 即  $V = H(F_1 + 4F_0 + F_2)/6$ , 其中,  $H$  为基坑深度 (m);  $F_1$ 、 $F_2$  为基坑上下两底面积 ( $m^2$ );  $F_0$  为  $F_1$  与  $F_2$  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, 其土方量  $V$  可以用同样方法分段计算 (见图 2-1-3), 即  $V_1 = L_1(F_1 + 4F_0 + F_2)/6$ , 其中,  $V_1$  为第一段的土方量 ( $m^3$ );  $L_1$  为第一段的长度 (m), 最后将各段土方量相加即得总土方量  $V$ , 即  $V = V_1 + V_2 + \dots + V_n$ , 其中,  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $\dots$ 、 $V_n$  分别为各分段土的土方量 ( $m^3$ )。

(2) 场地平整土方量的计算要求。场地平整方法通常是挖高填低。计算场地挖方量和填方量首先要确定场地设计标高, 由设计平面的标高和地面的自然标高之差可获得场地各点的施工高度 (填、挖高度), 据而可计算出场地平整的挖方和填方工程量。场地平整土方量确定包括场地设计标高确定、场地平整土方量计算 2 步工作。