

全国高等专科学校房屋建筑工程专业新编系列教材

# 建筑施工技术

甘绍堉 主 审  
廖代广 主 编

武汉工业大学出版社

· 武汉 ·

## 图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术/廖代广主编. —武汉:武汉工业大学出版社,1997.11 高等专科学校房屋建筑工程专业新编系列教材

ISBN 7-5629-1220-3

I. 建… II. 廖… III. 建筑施工技术-高等学校 IV. TU84

## 内 容 提 要

本书是根据“房屋建筑工程”专业专科新编系列教材编写要求编写的。全书共分:土石方工程、地基与基础工程、砌筑工程、钢筋混凝土结构工程、预应力混凝土工程、钢结构工程、结构安装工程、高层建筑与高耸构筑物的施工、防水工程、装饰工程和季节性施工等共 11 章。

武汉工业大学出版社出版发行

(武昌珞狮路 14 号 邮编 430070)

各地新华书店经销

武汉工业大学出版社印刷厂印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:19 千字:465

1997 年 11 月第 1 版 1997 年 11 月 1 次印刷

印数:0001—20 000 册 定价:19.00 元

(如有印装质量问题,请与印刷厂联系退换)

# 全国建筑高等专科学校 房屋建筑工程专业系列教材 编 审 委 员 会

顾 问:滕智明 李少甫 甘绍熺 罗福午  
陈希天 卢 循

主 任:齐继禄 袁海庆

副主任(按姓氏笔划排列):

李生平 孙成林 张协奎 张建勋  
武育秦 侯治国 胡兴国 廖代广

委 员(按姓氏笔划排列)

甘绍熺 乐荷卿 孙成林 齐继禄  
卢 循 李少甫 李生平 张协奎  
张建勋 张流芳 陈书申 陈希天  
武育秦 陈晓平 周绥平 罗福午  
胡兴国 侯治国 袁海庆 高琼英  
舒秋华 董卫华 简洪钰 廖代广  
滕智明 蔡德明 蔡雪峰 聂旭英  
魏万德

秘书长:蔡德明

## 出版说明

武汉工业大学出版社 1988 年组织出版的“高等专科工业与民用建筑专业系列教材”至今已近十年了。这套教材对于我国工民建专业的专科教育,包括成人教育、函授教育和自学考试等都起到了不可磨灭的历史作用。同时,我们也看到由于当时条件的局限,这套教材不可避免地存在着种种缺陷。随着社会主义市场经济体制的建立,迅速发展的建筑业和建筑工程技术以及其对人才的需求形势已远非十年前的情况可以比拟,加上高等专科教育教学改革的不断深入,迫切需要更加明确地针对专科教育的培养目标,适合专科教学规律,符合专科教学基本要求的教材。在这种形势下,武汉工业大学出版社得到建设部院校处的支持,与“全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业指导小组”密切合作,特聘清华大学土木系四位著名教授为顾问,以建设部和中建总公司所属的重点建筑高等专科学校的教师为主,联合九所院校共同编写了这套“全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业系列教材”。

按照教材组织过程中召开的“专科教学及教材研讨会”的精神,本套教材力求体现如下特点:

1. 统一性。成套教材不是单本教材的简单叠加,各门课程之间必须按照教学要求有机地联系,在内容的取舍、分配和衔接,编写体例,规范的运用以及加强实用性等方面力求全套书统一。

2. 创新性。编写人员吸收了近年来专科教育教学改革的阶段性成果,制订出全套教材的编写原则:基础理论的教学以应用为目的,以必须、够用为度;专业课教学加强针对性和实用性,增加计算机应用的内容,力求编出新意。

3. 普适性。本套教材以培养高等工程技术应用型人才为目标,不仅适宜于全日制高等专科学校,也适用于大学函授教育、成人教育和自学考试,对当前从事工程建设的建筑工程技术与管理人员也有较好的参考价值。

4. 持久性。一套水平高、实用性强、有新意的教材决不可能一蹴而就,它必然是高等专科学校教师长期教学实践的结果。本套教材第一版出来后,编委会将立即组织使用教师收集反馈意见,准备修订,然后再使用,再修订,保证教材不断提高质量,与专科教育的改革和发展同步。

参加本套教材编写的主要是重庆建筑高等专科学校、长春建筑高等专科学校、福建建筑高等专科学校、湖南城建高等专科学校、河南城建高等专科学校、武汉工业大学、武汉冶金科技大学和武汉水利电力大学等学校长期从事专科教学的教师,并聘请清华大学滕智明教授、李少甫教授、甘绍熺教授、罗福午教授和“全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业指导小组”组长、长春建筑高等专科学校陈希天教授以及福建建筑高等专科学校卢循教授为顾问。尽管全体编审人员殚精竭虑,不敢稍有懈怠,但由于时间仓促,错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正,以利我们修订重印。

武汉工业大学出版社

1997. 10

# 目 录

|                          |      |
|--------------------------|------|
| 1 土石方工程 .....            | (1)  |
| 1.1 概述 .....             | (1)  |
| 1.1.1 土石方工程的种类与特点 .....  | (1)  |
| 1.1.2 土石的分类与现场鉴别方法 ..... | (1)  |
| 1.1.3 土的工程性质 .....       | (2)  |
| 1.2 土石方工程量的计算 .....      | (4)  |
| 1.2.1 基坑、基槽土方量计算 .....   | (4)  |
| 1.2.2 场地平整土石方工程量计算 ..... | (5)  |
| 1.3 土石方工程的机械化施工 .....    | (11) |
| 1.3.1 推土机施工 .....        | (12) |
| 1.3.2 铲运机施工 .....        | (13) |
| 1.3.3 单斗挖土机施工 .....      | (14) |
| 1.4 土方填筑与压实 .....        | (17) |
| 1.4.1 对土料的选择 .....       | (17) |
| 1.4.2 对基底的处理 .....       | (17) |
| 1.4.3 填筑要求 .....         | (18) |
| 1.4.4 填土的压实方法 .....      | (18) |
| 1.4.5 影响填土压实质量的因素 .....  | (19) |
| 1.4.6 填土压实的质量检查 .....    | (20) |
| 1.5 深基坑施工 .....          | (21) |
| 1.5.1 基坑边坡及其稳定 .....     | (21) |
| 1.5.2 深基坑支护结构 .....      | (23) |
| 1.5.3 地坑排水 .....         | (28) |
| 1.5.4 深基坑土方开挖 .....      | (35) |
| 1.6 爆破工程 .....           | (36) |
| 1.6.1 爆破的基本概念 .....      | (36) |
| 1.6.2 炸药及炸药量计算 .....     | (38) |
| 1.6.3 起爆方法 .....         | (39) |
| 1.6.4 爆破方法 .....         | (40) |
| 1.6.5 爆破安全措施 .....       | (41) |
| 复习思考题 .....              | (42) |
| 习 题 .....                | (42) |
| 2 地基与基础工程 .....          | (44) |
| 2.1 浅基础 .....            | (44) |
| 2.1.1 浅基础的类型 .....       | (44) |

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| 2.1.2 浅基础施工 .....        | (44)  |
| 2.2 地基处理 .....           | (46)  |
| 2.2.1 换土垫层法 .....        | (47)  |
| 2.2.2 重锤夯实法 .....        | (49)  |
| 2.2.3 强夯法 .....          | (50)  |
| 2.2.4 振冲法 .....          | (224) |
| 2.3 桩基础工程 .....          | (54)  |
| 2.3.1 预制桩施工 .....        | (55)  |
| 2.3.2 混凝土灌注桩施工 .....     | (64)  |
| 2.3.3 桩基础的检测与验收 .....    | (69)  |
| 复习思考题 .....              | (71)  |
| 习 题 .....                | (72)  |
| 3 砌筑工程 .....             | (73)  |
| 3.1 砌筑材料 .....           | (73)  |
| 3.1.1 砖 .....            | (73)  |
| 3.1.2 石 .....            | (73)  |
| 3.1.3 砌块 .....           | (73)  |
| 3.1.4 砌筑砂浆 .....         | (74)  |
| 3.2 砌筑施工 .....           | (74)  |
| 3.2.1 毛石基础砌筑 .....       | (74)  |
| 3.2.2 砖墙砌筑 .....         | (75)  |
| 3.2.3 砌块砌筑 .....         | (78)  |
| 3.3 砌筑工程的运输和脚手架 .....    | (80)  |
| 3.3.1 外脚手架 .....         | (80)  |
| 3.3.2 里脚手架 .....         | (81)  |
| 3.4 砌筑工程的质量及安全技术 .....   | (82)  |
| 3.4.1 砌筑工程的质量保证 .....    | (82)  |
| 3.4.2 砌筑工程的安全与防护措施 ..... | (83)  |
| 复习思考题 .....              | (84)  |
| 4 钢筋混凝土结构工程 .....        | (85)  |
| 4.1 模板工程 .....           | (85)  |
| 4.1.1 模板的作用和基本要求 .....   | (85)  |
| 4.1.2 模板的种类及发展方向 .....   | (85)  |
| 4.1.3 模板的构造与安装 .....     | (86)  |
| 4.1.4 模板设计 .....         | (91)  |
| 4.1.5 模板的拆除、修理和保养 .....  | (93)  |
| 4.2 钢筋工程 .....           | (96)  |
| 4.2.1 钢筋的分类 .....        | (96)  |
| 4.2.2 钢筋的验收和存放 .....     | (96)  |

|       |                    |       |
|-------|--------------------|-------|
| 4.2.3 | 钢筋的冷加工 .....       | (97)  |
| 4.2.4 | 钢筋接头连接 .....       | (100) |
| 4.2.5 | 钢筋配料 .....         | (105) |
| 4.2.6 | 钢筋代换 .....         | (107) |
| 4.3   | 混凝土工程 .....        | (108) |
| 4.3.1 | 混凝土施工配制强度的确定 ..... | (108) |
| 4.3.2 | 混凝土的施工配料 .....     | (109) |
| 4.3.3 | 混凝土的搅拌 .....       | (110) |
| 4.3.4 | 混凝土的运输 .....       | (112) |
| 4.3.5 | 混凝土的浇筑成型 .....     | (113) |
| 4.3.6 | 混凝土的养护 .....       | (117) |
| 4.3.7 | 混凝土质量的检查 .....     | (117) |
| 4.3.8 | 混凝土质量缺陷的修补 .....   | (120) |
| 4.3.9 | 其他新型混凝土施工 .....    | (121) |
|       | 复习思考题 .....        | (124) |
|       | 习 题 .....          | (124) |
| 5     | 预应力混凝土工程 .....     | (126) |
| 5.1   | 先张法 .....          | (126) |
| 5.1.1 | 台 座 .....          | (127) |
| 5.1.2 | 夹 具 .....          | (129) |
| 5.1.3 | 张拉设备 .....         | (129) |
| 5.1.4 | 先张法施工工艺 .....      | (130) |
| 5.2   | 后张法 .....          | (132) |
| 5.2.1 | 锚具与张拉机械 .....      | (132) |
| 5.2.2 | 预应力筋的制作 .....      | (136) |
| 5.2.3 | 后张法施工工艺 .....      | (139) |
| 5.2.4 | 工程实例 .....         | (143) |
| 5.3   | 电热张拉法 .....        | (144) |
| 5.3.1 | 预应力筋伸长值计算 .....    | (144) |
| 5.3.2 | 电热设备选择 .....       | (144) |
| 5.3.3 | 电热法施工工艺 .....      | (145) |
| 5.4   | 质量保证与安全措施 .....    | (146) |
| 5.4.1 | 张拉设备的测定与选用 .....   | (146) |
| 5.4.2 | 预应力的施工 .....       | (147) |
|       | 复习思考题 .....        | (148) |
|       | 习 题 .....          | (148) |
| 6     | 钢结构工程 .....        | (150) |
| 6.1   | 钢桁架 .....          | (150) |
| 6.1.1 | 钢桁架的几种类型 .....     | (150) |
| 6.1.2 | 轻型钢屋架的应用 .....     | (152) |

|       |                        |       |
|-------|------------------------|-------|
| 6.2   | 薄壁型钢屋架 .....           | (153) |
| 6.2.1 | 薄壁型钢屋架的概况 .....        | (153) |
| 6.2.2 | 薄壁型钢屋架的计算和构造特点 .....   | (154) |
| 6.2.3 | 薄壁型钢屋架的制作和维护 .....     | (155) |
| 6.3   | 网架结构 .....             | (159) |
| 6.3.1 | 网架结构的优越性 .....         | (159) |
| 6.3.2 | 网架结构的施工 .....          | (160) |
| 6.4   | 钢结构的质量要求与施工安全 .....    | (163) |
| 6.4.1 | 钢结构的质量要求 .....         | (163) |
| 6.4.2 | 质量的通病与安全措施 .....       | (164) |
|       | 复习思考题 .....            | (164) |
| 7     | 结构安装工程 .....           | (165) |
| 7.1   | 结构安装施工程序 .....         | (165) |
| 7.1.1 | 单层厂房的结构安装程序 .....      | (165) |
| 7.1.2 | 装配式框架结构的安装程序 .....     | (166) |
| 7.1.3 | 装配式墙板的安装程序 .....       | (166) |
| 7.2   | 起重机具 .....             | (166) |
| 7.2.1 | 索具设备 .....             | (166) |
| 7.2.2 | 起重机械 .....             | (169) |
| 7.3   | 工业厂房的结构安装工艺 .....      | (174) |
| 7.3.1 | 单层工业厂房的结构安装工艺 .....    | (174) |
| 7.3.2 | 多层工业厂房框架结构的安装 .....    | (181) |
| 7.3.3 | 柱的吊装 .....             | (182) |
| 7.3.4 | 构件的接头 .....            | (182) |
| 7.4   | 结构安装的质量要求及安全措施 .....   | (184) |
| 7.4.1 | 操作中的质量要求 .....         | (184) |
| 7.4.2 | 操作中的安全要求 .....         | (185) |
| 7.4.3 | 质量的通病及防治的措施 .....      | (185) |
|       | 复习思考题 .....            | (186) |
|       | 习 题 .....              | (187) |
| 8     | 高层建筑与高耸构筑物的施工 .....    | (188) |
| 8.1   | 高层建筑的施工 .....          | (188) |
| 8.1.1 | 高层建筑的施工特点 .....        | (188) |
| 8.1.2 | 高层建筑主体钢筋混凝土结构的施工 ..... | (188) |
| 8.1.3 | 高层建筑的基础工程 .....        | (201) |
| 8.2   | 高层建筑施工中应解决的几个问题 .....  | (205) |
| 8.2.1 | 高层建筑的脚手架 .....         | (205) |
| 8.2.2 | 塔吊的爬升 .....            | (208) |
| 8.2.3 | 泵送混凝土的施工 .....         | (212) |

|        |                    |       |
|--------|--------------------|-------|
| 8.2.4  | 无粘结预应力混凝土的施工       | (213) |
| 8.2.5  | 大体积混凝土的浇筑与温度裂缝的控制  | (215) |
| 8.3    | 高耸构筑物的连续施工         | (219) |
| 8.3.1  | 烟囱的连续施工            | (219) |
| 8.3.2  | 水塔的连续施工            | (222) |
| 8.3.3  | 电视塔的施工             | (223) |
| 8.4    | 保证工程质量和安全的措施       | (224) |
| 8.4.1  | 对高层建筑或高耸构筑物施工的质量要求 | (224) |
| 8.4.2  | 对高层建筑及高耸构筑物施工的安全措施 | (225) |
| 复习思考题  |                    | (225) |
| 9      | 防水工程               | (227) |
| 9.1    | 屋面防水工程             | (227) |
| 9.1.1  | 石油沥青卷材防水屋面         | (227) |
| 9.1.2  | 高聚物改性沥青卷材防水屋面      | (233) |
| 9.1.3  | 高分子卷材防水屋面          | (236) |
| 9.1.4  | 涂料防水屋面             | (240) |
| 9.1.5  | 常见屋面渗漏及防治方法        | (245) |
| 9.2    | 地下防水工程             | (246) |
| 9.2.1  | 防水方案               | (246) |
| 9.2.2  | 变形缝后浇缝的处理          | (247) |
| 9.2.3  | 卷材防水层施工            | (249) |
| 9.2.4  | 防水混凝土结构的施工         | (250) |
| 9.2.5  | 地下防水工程渗漏及防治方法      | (252) |
| 9.3    | 卫生间防水施工            | (255) |
| 9.3.1  | 卫生间楼地面聚胺酯防水施工      | (255) |
| 9.3.2  | 卫生间楼地面氯丁胶乳沥青涂料防水施工 | (257) |
| 9.3.3  | 卫生间涂膜防水施工注意事项      | (258) |
| 9.3.4  | 卫生间渗漏及堵漏措施         | (258) |
| 复习思考题  |                    | (259) |
| 10     | 装饰工程               | (260) |
| 10.1   | 抹灰工程               | (260) |
| 10.1.1 | 一般抹灰工程             | (260) |
| 10.1.2 | 装饰抹灰               | (261) |
| 10.1.3 | 抹灰工程的机械喷涂          | (264) |
| 10.2   | 饰面工程               | (265) |
| 10.2.1 | 饰面用材的质量要求          | (265) |
| 10.2.2 | 饰面工程的施工            | (265) |
| 10.2.3 | 饰面工程的质量要求          | (266) |
| 10.2.4 | 饰面工程的通病与防治         | (267) |
| 10.3   | 油漆、刷浆工程            | (268) |

10.3.1 油漆的种类 ..... (268)

10.3.2 油漆的施工 ..... (268)

10.3.3 油漆工程的质量要求 ..... (269)

10.3.4 刷浆工程 ..... (271)

10.4 裱糊工程 ..... (272)

10.4.1 对材料的质量要求 ..... (272)

10.4.2 裱糊工程的施工 ..... (273)

10.4.3 裱糊的质量要求 ..... (274)

复习思考题 ..... (274)

习 题 ..... (274)

11 季节性施工 ..... (275)

11.1 冬期施工的基本知识 ..... (275)

11.1.1 冬期施工的特点、原则和施工准备 ..... (275)

11.1.2 混凝土及钢筋混凝土的冬期施工 ..... (275)

11.1.3 砖石工程的冬期施工 ..... (280)

11.1.4 冬期施工的热工计算 ..... (284)

11.2 雨季施工 ..... (287)

11.2.1 部署雨季施工的原则 ..... (287)

11.2.2 雨季施工的准备工作 ..... (288)

11.2.3 各分项工程在雨季施工的注意事项 ..... (288)

11.2.4 作好防雷设施 ..... (290)

复习思考题 ..... (290)

习 题 ..... (290)

# 1 土石方工程

## 1.1 概 述

### 1.1.1 土石方工程的种类与特点

土石方工程是建筑工程施工中主要工程之一,它包括土石方的开挖、运输、填筑与弃土、平整与压实等主要施工过程,以及场地清理、测量放线、施工排水、降水和土壁支护等准备工作与辅助工作。

土石方工程按其施工内容和方法的不同,常有以下几种:

#### 1.1.1.1 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时所进行的土石方施工全过程。往往具有工程量大、劳动繁重和施工条件复杂等特点。如大型建设项目的场地平整,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。土石方工程施工又受气候、水文、地质等影响,难以确定的因素多,有时施工条件极为复杂。因此,在组织场地平整施工前,应详细分析、核对各项技术资料(如实测地形图、工程地质、水文地质勘察资料;原有地下管道、电缆和地下构筑物资料;土石方施工图等),进行现场调查并根据现有施工条件,制订出以经济分析为依据的施工设计。

#### 1.1.1.2 基坑(槽)及管沟开挖

指开挖宽度在 3m 以内的基槽或开挖底面积在  $20\text{m}^2$  以内的土石方工程,是为浅基础、桩承台及管沟等施工而进行的土石方开挖。其特点是:要求开挖的标高、断面、轴线准确;土石方量少;受气候影响较大(如冰冻、下雨等影响)。因此,施工前必须做好各项准备工作,制定合理的施工方案,以达到减轻劳动量、加快施工进度和节省工程费用的目的。

#### 1.1.1.3 地下工程大型土石方开挖

对人防工程、大型建筑物的地下室、深基础施工等而进行的地下大型土石方开挖。它涉及到降低地下水位、边坡稳定与支护、地面沉降与位移、临近建筑物(构筑物、道路和各种管线)的安全与防护等一系列问题,因此,在土石方开挖前,应详细研究各项技术资料,进行专门的施工设计和评审。

#### 1.1.1.4 土石方填筑

土石方填筑是对低洼处用土石方分层填平。建筑工程上有大型土石方填筑和小型场地、基坑、基槽、管沟的回填,前者一般与场地平整施工同时进行,交叉施工;后者除小型场地回填外,一般在地下工程施工完毕再进行。对填筑的土石方,要求严格选择好土质,分层回填压实。

### 1.1.2 土石的分类与现场鉴别方法

土石的分类方法很多,作为建筑物地基的土石可分为:岩石、碎石土、砂土、粉土、粘性

土和特殊土(如淤泥、泥炭、人工填土)。

在建筑施工中,是根据其开挖的难易程度,将土石分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石等八类。前四类属一般土,后四类属岩石,土的这种八类分类法及其现场鉴别方法见表 1.1。

土的工程分类与现场鉴别方法 表 1.1

| 土的分类          | 土 的 名 称                                              | 可松性系数       |             | 现场鉴别方法                  |
|---------------|------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------------------|
|               |                                                      | $K_s$       | $K_s'$      |                         |
| 一类土<br>(松软土)  | 砂;亚砂土;冲积砂土层;种植土;泥炭(淤泥)                               | 1.08 ~ 1.17 | 1.01 ~ 1.03 | 能用锹、锄头挖掘                |
| 二类土<br>(普通土)  | 亚粘土;潮湿的黄土;夹有碎石、卵石的砂;种植土;填筑土及亚砂土                      | 1.14 ~ 1.28 | 1.02 ~ 1.05 | 用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松          |
| 三类土<br>(坚土)   | 软及中等密实粘土;重亚粘土;粗砾石;干黄土及含碎石、卵石的黄土、亚粘土;压实的填筑土           | 1.24 ~ 1.30 | 1.05 ~ 1.07 | 主要用镐,少许用锹、锄头挖掘,部分用撬棍    |
| 四类土<br>(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;软泥灰岩及蛋白石              | 1.26 ~ 1.35 | 1.06 ~ 1.09 | 整个用镐、撬棍,然后用锹挖掘,部分用楔子及大锤 |
| 五类土<br>(软石)   | 硬石灰纪粘土;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                 | 1.30 ~ 1.40 | 1.10 ~ 1.15 | 用镐或撬棍、大锤挖掘,部分使用爆破方法     |
| 六类土<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                  | 1.35 ~ 1.45 | 1.11 ~ 1.20 | 用爆破方法开挖,部分用风镐           |
| 七类土<br>(坚石)   | 大理岩;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、风化痕迹的安山岩、玄武岩 | 1.40 ~ 1.45 | 1.15 ~ 1.20 | 用爆破方法                   |
| 八类土<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            | 1.45 ~ 1.50 | 1.20 ~ 1.30 | 用爆破方法                   |

注:  $K_s$ —最初可松性系数;  
 $K_s'$ —最终可松性系数。

1.1.3 土的工程性质

1.1.3.1 土的天然密度

土在天然状态下单位体积的质量,称为土的天然密度(单位为  $\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $\text{t}/\text{m}^3$ )。一般粘性土的天然密度约  $1.8\text{t}/\text{m}^3 \sim 2.0\text{t}/\text{m}^3$ ,砂土的天然密度约为  $1.6\text{t}/\text{m}^3 \sim 2.0\text{t}/\text{m}^3$ 。土的天然密度( $\rho$ )按下式计算:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

(1.1)

式中  $m$ ——土的总质量;  
 $V$ ——土的天然体积。

1.1.3.2 土的干密度

单位体积中土的固体颗粒的质量称为土的干密度(单位为:  $\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $\text{t}/\text{m}^3$ )。土的干密度( $\rho_d$ )按下式计算:

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1.2)$$

式中  $m_s$ ——土中固体颗粒的质量；  
 $V$ ——土的天然体积。

土的干密度愈大,表示土愈密实。工程上常把干密度作为评定土体密实程度的标准,以控制填土工程的质量。

### 1.1.3.3 土的可松性

天然土经开挖后,其体积因松散而增加,虽经振动夯实,仍不能恢复原来的体积,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,即:

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1.3)$$

$$K_s' = \frac{V_3}{V_1} \quad (1.4)$$

式中  $K_s$ ——土的最初可松性系数；  
 $K_s'$ ——土的最终可松性系数；  
 $V_1$ ——土的天然状态下的体积；  
 $V_2$ ——土挖出后的松散状态下的体积；  
 $V_3$ ——土经压(夯)实后的体积。

可松性系数为土方的调配、计算土方运输量、计算填方量和运土工具等都有影响。各类土的可松性系数见表 1.1。

### 1.1.3.4 土的透水性

土的透水性是指水流通过土中孔隙的难易程度。地下水的流动以及在土中的渗透速度都与土的透水性有关。在计算地下水源水量时,也涉及到土的透水性指标。

地下水在土中渗流速度一般可按达西定律计算(图 1.1),其公式如下:

$$v = K \cdot i \quad (1.5)$$

式中  $v$ ——水在土中的渗流速度(m/d)；  
 $i$ ——水力梯度。 $i = \frac{H_1 - H_2}{L}$ ,即 A、B 两点的水头差与其水平距离之比；  
 $K$ ——土的渗透系数(m/d)。

在式(1.5)中,当  $i=1$  时, $K=v$ ,即土的渗透系数。 $K$  值的大小反映土透水性的强弱。土的渗透系数可以通过室内渗透试验或现场抽水试验测定。一般土的渗透系数见表 1.2。

土的渗透系数 表 1.2

| 土的种类   | $K$ (m/d) | 土的种类       | $K$ (m/d) |
|--------|-----------|------------|-----------|
| 粘土、亚粘土 | <0.1      | 含粘土的中砂及纯细砂 | 20~25     |
| 亚砂土    | 0.1~0.5   | 含粘土的细砂及纯中砂 | 35~50     |
| 含粘土的粉砂 | 0.5~1.0   | 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   |

### 1.1.3.5 土的含水量

土的含水量( $w$ )是土中水的质量与固体颗粒质量之比,以百分数表示。即:

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1.6)$$

式中  $m_w$ ——土中水的质量；

$m_s$ ——土中固体颗粒经温度为  $105^\circ\text{C}$  烘干后的质量。

一般土的干湿程度,用含水量表示。含水量在 5% 以下称为干土;在 5%~30% 以内称为潮湿土;大于 30% 称为湿土。含水量愈大,土就愈湿,对施工就愈不利。含水量对挖土的难易、施工时的放坡、回填土的夯实等均有影响。在一定含水量的条件下,用同样的夯实机具,可使回填土达到最大的密实度,此含水量称为最佳含水量。各类土的最佳含水量如下:砂土为 8%~12%;粉土为 9%~15%;粉质粘土为 12%~15%;粘土为 19%~23%。

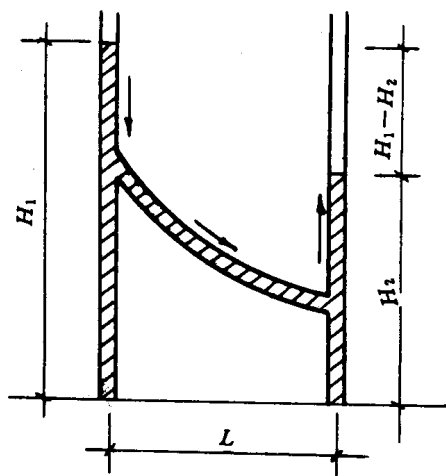


图 1.1 水的渗流

### 1.1.3.6 土的密实度

通常用密实度表示土的紧密程度。同类土在不同状态下(如不同的含水量、不同的压实程度等),其紧密程度也不同。工程中用土的干密度来反映相对紧密程度:

$$\lambda_c = \frac{\rho_d}{\rho_{d\max}} \quad (1.7)$$

式中  $\lambda_c$ ——土的密实度(压实系数);

$\rho_d$ ——土的实际干密度;

$\rho_{d\max}$ ——土的最大干密度。

土的实际干密度可用“环刀法”测定。先用环刀取样,烘干后称出土的天然密度( $\rho$ ),并测出含水量( $w$ ),用下式计算土的实际干密度:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0.01w} \quad (1.8)$$

土的最大干密度则用击实试验测定。

## 1.2 土石方工程量的计算

在土石方工程施工之前,必须计算土石方的工程量,但各种土石方工程的外形有时很复杂,而且不规则。一般情况下,都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而又和实际情况近似的方法进行计算。

### 1.2.1 基坑、基槽土方量计算

基坑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)体积公式计算(图 1.2),即:

$$V = \frac{H}{6}(A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1.9)$$

式中  $H$ ——基坑深度(m);

$A_1$ 、 $A_2$ ——基坑上、下两底面积( $\text{m}^2$ );

$A_0$ ——基坑中截面面积( $\text{m}^2$ )。

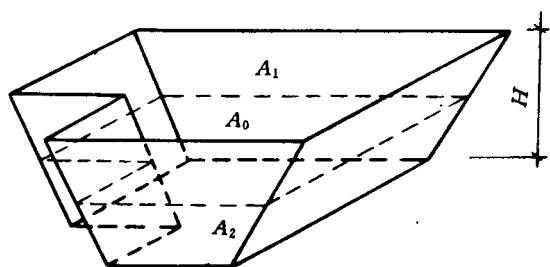


图 1.2 基坑土方量计算

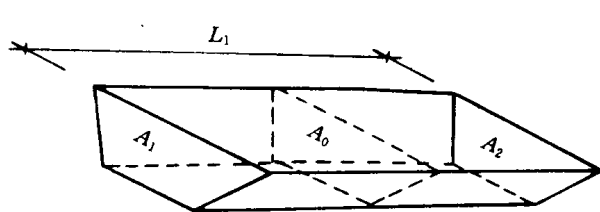


图 1.3 基槽土方量计算

基槽和路堤的土方量可以沿长度方向分段后,再用同样的方法计算(图 1.3):

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

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:

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

式中  $V_1, V_2, \dots, V_n$ ——各分段的土方量( $m^3$ )。

## 1.2.2 场地平整土石方工程量计算

场地平整通常是挖高填低。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天然地面的标高之差,可以得到场地各点的施工高度(即填挖高度),由此可计算场地平整的挖方和填方的工程量。

### 1.2.2.1 场地设计标高确定

场地设计标高是进行场地平整和土方量计算的依据,也是总图规划和竖向设计的依据。

合理地确定场地的设计标高,对减少土石方量、加速工程速度都有重要的经济意义。如图 1.4 所示,当场地设计标高为  $H_0$  时,填挖方基本平衡,可将土石方移挖作填,就地处理;当设计标高为  $H_1$  时,填方大大超过挖方,则需从场地外大量取土回填;当设计标高为  $H_2$  时,挖方大大超过填方,则要向场外大量弃土。因此,在确定场地设计标高时,应结合现场的具

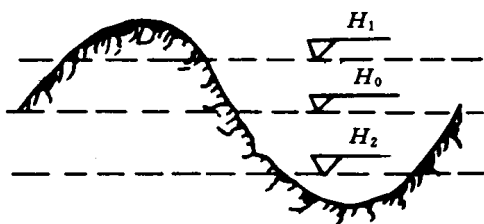


图 1.4 场地不同设计标高的比较

体条件,反复进行技术经济比较,选择其中最优方案。其原则是:1. 应满足生产工艺和运输的要求;2. 充分利用地形(如分区或分台阶布置),尽量使挖填方平衡,以减少土方量;3. 要有一定泄水坡度( $\geq 2\%$ ),使之能满足排水要求;4. 要考虑最高洪水位的影响。

场地设计标高如无其他特殊要求时,则可根据填挖方量平衡的原则加以确定。

#### A 初步确定场地设计标高( $H_0$ )

将场地划分成边长为  $a$  的若干方格,将方格网角点的原地形标高标在图上。原地形标高可利用等高线由插入法求得或在实地测量得到。

按照挖填土石方量相等的原则,场地设计标高可按下式计算:

$$H_0 na^2 = \sum_{i=1}^n \left( a^2 \frac{Z_{i1} + Z_{i2} + Z_{i3} + Z_{i4}}{4} \right)$$

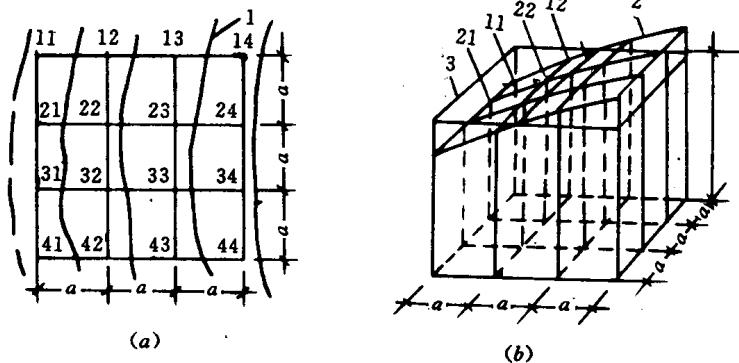


图 1.5 场地设计标高计算示意图  
(a)地形图方格网;(b)设计标高示意图

1—等高线;2—自然地面;3—设计平面

即

$$H_0 = \frac{1}{4n} \sum_{i=1}^n (Z_{i1} + Z_{i2} + Z_{i3} + Z_{i4}) \quad (1.10)$$

式中  $H_0$ ——所计算场地的初定设计标高;

$n$ ——方格数;

$Z_{i1}, Z_{i2}, Z_{i3}, Z_{i4}$ ——第  $i$  个方格四个角点的天然地面标高。

由图 1.5 可见,11 号角点为一个方格独有的,而 12、13、21、24 号角点为两个方格共有,22、23、32、33 号角点则为四个方格所共有,在用式(1.10)计算  $H_0$  的过程中,类似 11 号角点的标高仅加一次,类似 12 号角点的标高加二次,类似 22 号角点的标高加四次,这种在计算过程中被应用的次数称  $P_i$ ,反映了各角点标高对计算结果的影响程度,测量上的术语称为“权”。考虑各角点标高的“权”,式(1.10)可改写成更便于计算的形式:

$$H_0 = \frac{1}{4n} (\sum Z_1 + 2 \sum Z_2 + 3 \sum Z_3 + 4 \sum Z_4) \quad (1.11)$$

式中  $Z_1$ ——一个方格独有的角点标高;

$Z_2, Z_3, Z_4$ ——分别为二、三、四个方格所共有的角点标高。

例:确定图 1.6 的场地设计标高  $H_0$ 。

$$\begin{aligned} H_0 &= \frac{1}{4 \times 6} [(252.45 + 251.40 + 250.60 \\ &\quad + 251.60) + 2(252.00 + 251.70 \\ &\quad + 251.90 + 250.95 + 251.25 \\ &\quad + 250.85) + 4(251.60 + 251.28)] \\ &= 251.45(\text{m}) \end{aligned}$$

### B 调整场地设计标高

初步确定场地设计标高( $H_0$ )仅为—理论值,实际上,还需要考虑以下因素对初步场地设计标高( $H_0$ )值进行调整。

#### a. 土的可松性影响

由于土具有可松性,会造成填土的多余,需相应地提高设计标高。如图 1.7 所示。

设  $\Delta h$  为土的可松性引起设计标高的增加值,则设计标高调整后的总挖方体积  $V_w'$  应为:

$$V_w' = V_w - F_w \cdot \Delta h \quad (1.12)$$

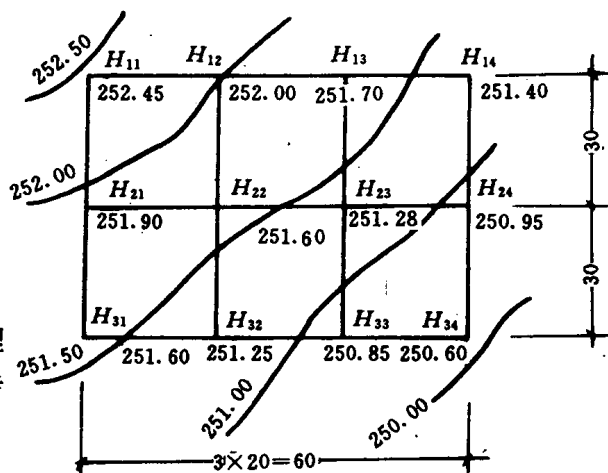


图 1.6 场地设计标高计算图



图 1.7 设计标高调整计算示意  
(a)理论设计标高;(b)调整设计标高

总填方体积为:

$$V_T' = V_w' \cdot K_s' = (V_w - F_w \cdot \Delta h) \cdot K_s' \quad (1.13)$$

此时,填方区的标高也应与挖方区一样,提高  $\Delta h$ ,即:

$$\Delta h = \frac{V_T' - V_T}{F_T} = \frac{(V_w - F_w \Delta h) K_s' - V_T}{F_T} \quad (1.14)$$

经移项整理简化得(当  $V_T = V_w$ ):

$$\Delta h = \frac{V_w \cdot (K_s' - 1)}{F_T + F_w \cdot K_s'} \quad (1.15)$$

故考虑土的可松性后,场地设计标高应调整为:

$$H_0' = H_0 + \Delta h \quad (1.16)$$

式中  $V_w, V_T$ ——按初定场地设计标高( $H_0$ )计算得出的总挖方、总填方体积(计算方法在后面介绍);

$F_w, F_T$ ——按初定场地设计标高( $H_0$ )计算得出的挖方区、填方区总面积;

$K_s'$ ——土的最后可松性系数。

#### b. 借土或弃土的影响

由于场地内大型基坑挖出的土方、修筑路堤填高的土方,以及从经济角度比较,将部分挖方就近弃于场外(简称弃土)或将部分填方就近取土于场外(简称借土)等,均会引起挖填土方量的变化。必要时,亦需重新调整设计标高。

为简化计算,场地设计标高的调整可按下列近似公式确定,即:

$$H_0'' = H_0' \pm \frac{Q}{n \cdot a^2} \quad (1.17)$$

式中  $Q$ ——假定按初步场地设计标高( $H_0$ )平整后多余或不足的土方量;

$n$ ——场地方格数;

$a$ ——方格边长。

#### c. 考虑泄水坡度对设计标高的影响

按调整后的同一设计标高进行场地平整时,同整个场地表面均处于同一水平面,但实际上由于排水的要求,场地表面需有一定的泄水坡度。因此,还需根据场地泄水坡度的要求(单向泄水或双向泄水),计算出场内各方格角点实施施工所用的设计标高。

单向泄水时设计标高计算,是将已调整的设计标高( $H_0''$ )作为场地中心线的标高(图 1.8),场地内任意一点的设计标高则为:

$$H_{ij} = H_0'' \pm l \cdot i \quad (1.18)$$

式中  $H_{ij}$ ——场地内任一点的设计标高;

$l$ ——该点至  $H_0''$ — $H_0''$  中心线的距离;