

# 建筑工程施工技术 / 上 /

■ 地基与基础工程施工  
■ 砌体结构工程施工

(第3版)

主编 常建立 曹 智  
主审 赵占军

JIANZHU GONGCHENG  
SHIGONG JISHU

SHANG (DI 3 BAN)



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 建筑工程施工技术（上）

（第3版）

|     |     |     |     |     |  |
|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 主 编 | 常建立 | 曹 智 |     |     |  |
| 副主编 | 尹素花 | 元 晓 | 董晓英 | 赵 霞 |  |
| 参 编 | 仝国芸 | 袁利国 | 张彦超 | 伍 未 |  |
| 主 审 | 赵占军 |     |     |     |  |

## 内 容 提 要

本书第3版是根据高等院校建筑类专业的人才培养计划、课程教学要求和实际应用需要编写的。全书共涉及两部分内容,第一部分:地基与基础工程施工,包括6个教学单元,分别是土方工程施工、基坑工程施工、地基处理技术、浅基础施工、桩基础施工、地下防水施工。第二部分:砌体结构工程施工,包括4个教学单元,分别是砌筑砂浆现场拌制、砖砌体工程施工、配筋砌体工程施工、填充墙工程施工。选取教学内容均源于现场并高于现场,将真实的建筑施工过程转换为教学过程,将真实的工作任务转换为学习性工作任务,经过优化的教学载体既对接生产现场,反映典型施工工艺,又细化了课程教学目标。

本书主要作为高等院校建筑类相关专业的教学用书,也可作为建筑施工企业技术岗位培训教材。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑工程施工技术. 上 / 常建立, 曹智主编. —3版. —北京: 北京理工大学出版社, 2016. 8

ISBN 978-7-5682-2187-0

I. ①建… II. ①常… ②曹… III. ①建筑工程—工程施工—高等学校—教材  
IV. ①TU74

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第081025号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 16.5

字 数 / 439千字

版 次 / 2016年8月第3版 2016年8月第1次印刷

定 价 / 48.00元

责任编辑 / 钟 博

文案编辑 / 钟 博

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

# 前 言

《建筑工程施工技术（上）》共涉及两部分内容。第一部分：地基与基础工程施工，包括6个教学单元，依据《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB 50300—2013）、《建筑地基基础设计规范》（GB 50007—2011）、《土方与爆破工程施工及验收规范》（GB 50201—2012）、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》（GB 50202）、《大体积混凝土施工规范》（GB 50496—2009）、《建筑地基处理技术规范》（JGJ 79—2012）、《建筑基坑支护技术规程》（JGJ 120—2012）、《高层建筑筏形与箱形基础技术规范》（JGJ 6—2011）、《建筑桩基技术规范》（JGJ 94—2008）、《地下工程防水技术规范》（GB 50108—2008）、《地下防水工程质量验收规范》（GB 50208—2011）等现行规范、标准进行编写。第二部分：砌体结构工程施工，包括4个教学单元，依据《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB 50300—2013）、《砌体结构工程施工质量验收规范》（GB 50203—2011）、《砌体结构工程施工规范》（GB 50924—2014）、《砌体工程现场检测技术标准》（GB/T 50315—2011）、《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB 50204—2015）、《烧结普通砖》（GB 5101—2003）、《烧结多孔砖和多孔砌块》（GB 13544—2011）、《蒸压粉煤灰砖》（JC/T 239—2014）、《蒸压加气混凝土砌块》（GB 11968—2006）、《建筑工程冬期施工规程》（JGJ/T 104—2011）等现行规范、标准进行编写。

本教材建议根据不同教学内容，有针对性地采取“任务驱动”和“课堂与工地一体化”等行动导向教学模式组织实施。在教学实施过程中，改变传统的以教师讲授为中心的教学观念，把学生放在学习主体地位，以学习性工作任务为载体，采用“资讯→计划→决策→实施→检查→评价”六步法组织教学，内业工作和外业实训交替实施，体现了“教、学、做”一体化的职教特色，使学生的职业能力不断提高，如下图所示。



本教材由常建立、曹智担任主编，尹素花、元晓、董晓英、赵霞担任副主编。全书由赵占军主审，并提出许多宝贵意见。其中，第一部分：单元1、3、4、5由常建立编写，单元2由曹智编写，单元6由元晓编写。第二部分：单元1由尹素花编写，单元2由常建立编写，单元3由董晓英编写，单元4由赵霞编写。全国芸、袁利国、张彦超、伍未参与了本教材相关章节的编写工作。全书由常建立统稿。在编写过程中，得到了石家庄建工集团有限公司工程处、技术处、质检处的大力支持与帮助，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请专家同行和广大读者批评指正。

编 者

# 目 录 CONTENTS

## 第一部分 地基与基础工程施工

### 单元1 土方工程施工 ..... 1

#### 任务1.1 地基土现场鉴别 ..... 1

- 1.1.1 地基土分类 ..... 1
- 1.1.2 地基土的现场鉴别 ..... 4
- 1.1.3 岩土工程勘察报告阅读 ..... 4

#### 任务1.2 基坑开挖 ..... 7

- 1.2.1 基坑开挖准备工作 ..... 7
- 1.2.2 人工挖土施工工艺 ..... 12
- 1.2.3 机械挖土施工工艺 ..... 13
- 1.2.4 地基钎探与验槽 ..... 14
- 1.2.5 土方开挖质量验收标准 ..... 16
- 1.2.6 土方开挖冬、雨期施工 ..... 17
- 1.2.7 土方开挖成品保护措施 ..... 18
- 1.2.8 土方开挖安全环保措施 ..... 19
- 1.2.9 土方开挖质量记录及样表 ..... 19

#### 任务1.3 土方回填与压实 ..... 25

- 1.3.1 填土压实的影响因素 ..... 25
- 1.3.2 回填土施工工艺 ..... 27
- 1.3.3 土方回填质量验收标准 ..... 30
- 1.3.4 土方回填冬、雨期施工 ..... 31
- 1.3.5 土方回填成品保护措施 ..... 32
- 1.3.6 土方回填安全环保措施 ..... 32

- 1.3.7 土方回填质量记录及样表 ..... 32

### 单元2 基坑工程施工 ..... 36

#### 任务2.1 土钉墙支护工程施工 ..... 36

- 2.1.1 土钉墙的设计与构造 ..... 37
- 2.1.2 土钉墙支护工程施工工艺 ..... 40
- 2.1.3 土钉墙施工质量验收标准 ..... 42
- 2.1.4 土钉墙冬、雨期施工 ..... 43
- 2.1.5 基坑及支护结构监测 ..... 44
- 2.1.6 土钉墙施工成品保护措施 ..... 45
- 2.1.7 土钉墙施工安全环保措施 ..... 45
- 2.1.8 土钉墙施工质量记录及样表 ..... 46

#### 任务2.2 轻型井点降水 ..... 49

- 2.2.1 轻型井点设备组成 ..... 50
- 2.2.2 轻型井点降水设计 ..... 51
- 2.2.3 轻型井点降水施工工艺 ..... 54
- 2.2.4 轻型井点施工质量验收标准 ..... 57
- 2.2.5 轻型井点降水成品保护措施 ..... 57
- 2.2.6 轻型井点降水安全环保措施 ..... 57
- 2.2.7 轻型井点降水施工质量记录及样表 ..... 58

### 单元3 地基处理技术 ..... 61

#### 任务3.1 灰土地基施工 ..... 61

- 3.1.1 换填垫层设计与构造 ..... 61
- 3.1.2 灰土地基施工工艺 ..... 63
- 3.1.3 灰土地基质量验收标准 ..... 65

|       |               |    |
|-------|---------------|----|
| 3.1.4 | 灰土地基冬、雨期施工    | 66 |
| 3.1.5 | 灰土地基成品保护措施    | 66 |
| 3.1.6 | 灰土地基安全环保措施    | 67 |
| 3.1.7 | 灰土地基施工质量记录及样表 | 67 |

### 任务3.2 砂和砂石地基施工 ..... 68

|       |               |    |
|-------|---------------|----|
| 3.2.1 | 砂和砂石地基施工工艺    | 69 |
| 3.2.2 | 砂石地基质量验收标准    | 71 |
| 3.2.3 | 砂石地基冬、雨期施工    | 71 |
| 3.2.4 | 砂石地基成品保护措施    | 72 |
| 3.2.5 | 砂石地基安全环保措施    | 72 |
| 3.2.6 | 砂石地基施工质量记录及样表 | 72 |

### 任务3.3 夯实水泥土桩复合地基 施工 ..... 73

|       |                     |    |
|-------|---------------------|----|
| 3.3.1 | 夯实水泥土桩的设计与构造        | 73 |
| 3.3.2 | 夯实水泥土桩复合地基施工工艺      | 75 |
| 3.3.3 | 夯实水泥土桩质量验收标准        | 77 |
| 3.3.4 | 夯实水泥土桩冬、雨期施工        | 78 |
| 3.3.5 | 夯实水泥土桩成品保护措施        | 79 |
| 3.3.6 | 夯实水泥土桩施工安全环保措施      | 79 |
| 3.3.7 | 夯实水泥土桩施工质量记录及<br>样表 | 79 |

### 任务3.4 CFG桩复合地基施工 ..... 81

|       |               |    |
|-------|---------------|----|
| 3.4.1 | CFG桩的构造要求     | 81 |
| 3.4.2 | CFG桩复合地基施工工艺  | 81 |
| 3.4.3 | CFG桩施工质量验收标准  | 83 |
| 3.4.4 | CFG桩冬、雨期施工    | 84 |
| 3.4.5 | CFG桩施工成品保护措施  | 85 |
| 3.4.6 | CFG桩施工安全环保措施  | 85 |
| 3.4.7 | CFG桩施工质量记录及样表 | 85 |

## 单元4 浅基础施工 ..... 88

### 任务4.1 混凝土独立基础施工 ..... 88

|       |           |    |
|-------|-----------|----|
| 4.1.1 | 独立基础识图与构造 | 88 |
| 4.1.2 | 独立基础施工工艺  | 93 |

|       |                     |    |
|-------|---------------------|----|
| 4.1.3 | 钢筋混凝土扩展基础质量验收<br>标准 | 98 |
|-------|---------------------|----|

|       |              |     |
|-------|--------------|-----|
| 4.1.4 | 独立基础施工成品保护措施 | 100 |
|-------|--------------|-----|

|       |              |     |
|-------|--------------|-----|
| 4.1.5 | 独立基础施工安全环保措施 | 101 |
|-------|--------------|-----|

|       |               |     |
|-------|---------------|-----|
| 4.1.6 | 独立基础施工质量记录及样表 | 101 |
|-------|---------------|-----|

### 任务4.2 混凝土条形基础施工 ..... 106

|       |           |     |
|-------|-----------|-----|
| 4.2.1 | 条形基础识图与构造 | 106 |
|-------|-----------|-----|

|       |          |     |
|-------|----------|-----|
| 4.2.2 | 条形基础施工工艺 | 113 |
|-------|----------|-----|

|       |                     |     |
|-------|---------------------|-----|
| 4.2.3 | 钢筋混凝土扩展基础质量验收<br>标准 | 116 |
|-------|---------------------|-----|

|       |              |     |
|-------|--------------|-----|
| 4.2.4 | 条形基础施工成品保护措施 | 117 |
|-------|--------------|-----|

|       |              |     |
|-------|--------------|-----|
| 4.2.5 | 条形基础施工安全环保措施 | 117 |
|-------|--------------|-----|

|       |               |     |
|-------|---------------|-----|
| 4.2.6 | 条形基础施工质量记录及样表 | 117 |
|-------|---------------|-----|

### 任务4.3 混凝土筏形基础施工 ..... 117

|       |           |     |
|-------|-----------|-----|
| 4.3.1 | 筏形基础识图与构造 | 117 |
|-------|-----------|-----|

|       |          |     |
|-------|----------|-----|
| 4.3.2 | 筏形基础施工工艺 | 124 |
|-------|----------|-----|

|       |            |     |
|-------|------------|-----|
| 4.3.3 | 大体积混凝土施工工艺 | 126 |
|-------|------------|-----|

|       |              |     |
|-------|--------------|-----|
| 4.3.4 | 筏形基础施工质量验收标准 | 129 |
|-------|--------------|-----|

|       |              |     |
|-------|--------------|-----|
| 4.3.5 | 筏形基础施工成品保护措施 | 130 |
|-------|--------------|-----|

|       |              |     |
|-------|--------------|-----|
| 4.3.6 | 筏形基础施工安全环保措施 | 130 |
|-------|--------------|-----|

|       |               |     |
|-------|---------------|-----|
| 4.3.7 | 筏形基础施工质量记录及样表 | 130 |
|-------|---------------|-----|

## 单元5 桩基础施工 ..... 132

### 任务5.1 混凝土预制桩施工 ..... 133

|       |            |     |
|-------|------------|-----|
| 5.1.1 | 桩的制作、运输和堆放 | 133 |
|-------|------------|-----|

|       |          |     |
|-------|----------|-----|
| 5.1.2 | 锤击打桩施工工艺 | 135 |
|-------|----------|-----|

|       |          |     |
|-------|----------|-----|
| 5.1.3 | 静力压桩施工工艺 | 143 |
|-------|----------|-----|

|       |              |     |
|-------|--------------|-----|
| 5.1.4 | 混凝土预制桩成品保护措施 | 148 |
|-------|--------------|-----|

|       |              |     |
|-------|--------------|-----|
| 5.1.5 | 混凝土预制桩安全环保措施 | 148 |
|-------|--------------|-----|

### 任务5.2 干作业成孔桩施工 ..... 148

|       |       |     |
|-------|-------|-----|
| 5.2.1 | 钢筋笼制作 | 148 |
|-------|-------|-----|

|       |            |     |
|-------|------------|-----|
| 5.2.2 | 干成孔灌注桩施工工艺 | 149 |
|-------|------------|-----|

|       |             |     |
|-------|-------------|-----|
| 5.2.3 | 人工挖孔灌注桩施工工艺 | 152 |
|-------|-------------|-----|

|       |              |     |
|-------|--------------|-----|
| 5.2.4 | 干作业成孔桩质量检验标准 | 154 |
|-------|--------------|-----|

|              |                    |            |
|--------------|--------------------|------------|
| 5.2.5        | 干作业成孔桩质量记录及样表      | 155        |
| <b>任务5.3</b> | <b>泥浆护壁灌注桩施工</b>   | <b>156</b> |
| 5.3.1        | 泥浆护壁灌注桩施工工艺        | 157        |
| 5.3.2        | 泥浆护壁灌注桩质量检验标准      | 160        |
| 5.3.3        | 泥浆护壁灌注桩质量记录及<br>样表 | 162        |
| <b>任务5.4</b> | <b>沉管灌注桩施工</b>     | <b>164</b> |
| 5.4.1        | 沉管灌注桩施工工艺          | 164        |
| 5.4.2        | 沉管灌注桩质量检验标准        | 166        |
| 5.4.3        | 沉管灌注桩质量记录及样表       | 166        |
| <b>任务5.5</b> | <b>桩基承台施工</b>      | <b>168</b> |
| 5.5.1        | 桩基承台识图与构造          | 168        |
| 5.5.2        | 桩基承台施工工艺           | 173        |
| 5.5.3        | 桩基承台质量验收标准         | 174        |
| 5.5.4        | 桩基承台成品保护措施         | 175        |
| 5.5.5        | 桩基承台安全环保措施         | 175        |
| 5.5.6        | 桩基承台施工质量记录及样表      | 175        |

## 单元6 地下防水施工 176

|              |                    |            |
|--------------|--------------------|------------|
| <b>任务6.1</b> | <b>防水混凝土施工</b>     | <b>177</b> |
| 6.1.1        | 防水混凝土施工工艺          | 177        |
| 6.1.2        | 防水混凝土质量验收标准        | 181        |
| 6.1.3        | 防水混凝土冬期施工          | 181        |
| 6.1.4        | 防水混凝土成品保护措施        | 182        |
| 6.1.5        | 防水混凝土安全环保措施        | 182        |
| 6.1.6        | 防水混凝土施工质量记录及<br>样表 | 182        |
| <b>任务6.2</b> | <b>卷材防水层施工</b>     | <b>184</b> |
| 6.2.1        | 卷材防水层施工工艺          | 184        |
| 6.2.2        | 卷材防水层质量验收标准        | 188        |
| 6.2.3        | 卷材防水层成品保护措施        | 188        |
| 6.2.4        | 卷材防水层施工安全措施        | 188        |
| 6.2.5        | 卷材防水层施工质量记录及<br>样表 | 189        |

|              |                    |            |
|--------------|--------------------|------------|
| <b>任务6.3</b> | <b>涂料防水层施工</b>     | <b>190</b> |
| 6.3.1        | 涂料防水层施工工艺          | 190        |
| 6.3.2        | 涂料防水层质量验收标准        | 193        |
| 6.3.3        | 涂料防水层成品保护措施        | 193        |
| 6.3.4        | 涂料防水层施工安全措施        | 193        |
| 6.3.5        | 涂料防水层施工质量记录及<br>样表 | 194        |

## 附录A 基坑支护结构设计规定 195

|     |          |     |
|-----|----------|-----|
| A.1 | 基坑侧壁安全等级 | 195 |
| A.2 | 支护结构选型   | 195 |
| A.3 | 基坑工程分级标准 | 196 |

## 附录B 分项、分部（子分部）工程质量验收记录 198

|     |            |     |
|-----|------------|-----|
| B.1 | 分项工程质量验收记录 | 198 |
| B.2 | 分部工程质量验收记录 | 199 |

## 第二部分 砌体结构工程施工

### 单元7 砌筑砂浆现场拌制 200

|       |               |     |
|-------|---------------|-----|
| 7.1.1 | 砌筑砂浆现场拌制工艺    | 200 |
| 7.1.2 | 砌筑砂浆质量验收标准    | 202 |
| 7.1.3 | 回弹法检测砌筑砂浆抗压强度 | 204 |
| 7.1.4 | 砌筑砂浆拌制质量记录及样表 | 206 |

### 单元8 砖砌体工程施工 210

|              |              |            |
|--------------|--------------|------------|
| <b>任务8.1</b> | <b>砖砌体施工</b> | <b>210</b> |
| 8.1.1        | 砖的品种与检验      | 210        |
| 8.1.2        | 砖砌体施工工艺      | 216        |
| 8.1.3        | 砖基础施工工艺      | 219        |

|                                |            |                                   |            |
|--------------------------------|------------|-----------------------------------|------------|
| 8.1.4 砖砌体施工质量验收标准 .....        | 223        | 9.2.2 圈梁模板支设 .....                | 238        |
| 8.1.5 砖砌体成品保护措施 .....          | 225        | 9.2.3 圈梁施工质量记录 .....              | 240        |
| 8.1.6 砖砌体安全环保措施 .....          | 225        |                                   |            |
| 8.1.7 砖砌体施工质量记录及样表 .....       | 225        |                                   |            |
| <b>任务8.2 砌体工程冬期施工 .....</b>    | <b>230</b> | <b>单元10 填充墙工程施工 .....</b>         | <b>242</b> |
| 8.2.1 砌体工程冬期施工基本要求 .....       | 230        | <b>任务10.1 加气混凝土砌块砌筑 .....</b>     | <b>242</b> |
| 8.2.2 外加剂法砌体工程冬期施工 .....       | 231        | 10.1.1 加气混凝土砌块进场检验 .....          | 242        |
|                                |            | 10.1.2 加气混凝土砌块砌筑工艺 .....          | 244        |
|                                |            | 10.1.3 填充墙砌体施工质量验收标准 .....        | 247        |
|                                |            | 10.1.4 加气混凝土砌块施工质量记录及<br>样表 ..... | 248        |
| <b>单元9 配筋砌体工程施工 .....</b>      | <b>232</b> | <b>任务10.2 小型空心砌块砌筑 .....</b>      | <b>250</b> |
| <b>任务9.1 构造柱施工 .....</b>       | <b>232</b> | 10.2.1 小型空心砌块进场检验 .....           | 250        |
| 9.1.1 构造柱钢筋绑扎施工 .....          | 232        | 10.2.2 小型空心砌块砌筑工艺 .....           | 252        |
| 9.1.2 构造柱模板支设施工 .....          | 233        | 10.2.3 填充墙砌体施工质量验收标准 .....        | 253        |
| 9.1.3 配筋砌体工程施工质量验收<br>标准 ..... | 234        | 10.2.4 小型空心砌块施工质量记录 .....         | 253        |
| 9.1.4 配筋砌体施工质量记录及样表 .....      | 236        |                                   |            |
| <b>任务9.2 圈梁施工 .....</b>        | <b>237</b> | <b>参考文献 .....</b>                 | <b>254</b> |
| 9.2.1 圈梁钢筋绑扎 .....             | 237        |                                   |            |

# 第一部分 地基与基础工程施工

## 单元 1 土方工程施工

土方工程是建筑地基与基础工程施工的重要工程之一,土方工程主要包括地基土现场鉴别、基坑开挖、土方回填等工作。

土方工程一般工程量较大,为了缩短工期、降低成本,应合理地选择土方机械,组织机械化施工。土方工程多为露天作业,受到气候、水文地质等条件影响较大,一般宜在春秋季节开工。雨期施工应采取必要的防洪排水措施,冬期施工应采取相应的防冻保温措施。

### 任务 1.1 地基土现场鉴别

地球形成至今大约有 60 亿年以上。在这漫长的地质历史中,地壳经历了一系列的演变过程。在第四纪时期(距今 60 万年),曾发生多次冰川作用,地壳岩石在相互交替的地质作用下风化、破碎为散碎体,在风、水和重力等作用下,被搬运到一个新的位置沉积下来形成“沉积土”。由于沉积的历史不长,尚未胶结岩化,通常是松散软弱的多孔体,与岩石的性质有很大的差别。因此,土是岩石经风化、剥蚀、破碎、搬运、沉积等过程,在复杂的自然环境中所生成的各类松散沉积物。

土是由固体颗粒、水和气体组成的三相分散体系。固体颗粒构成土的骨架,是三相体系中的主体,水和气体填充土骨架之间的空隙,土体三相组成中每一相的特性及三相比例关系对土的性质有显著影响。

#### 1.1.1 地基土分类

自然界的土类众多,工程性质各异,根据土的性质差异将土划分成一定的类别,其目的在于通过一种通用的鉴别标准,以便在不同土类间做出比较、评价。

##### 1.1.1.1 按岩土的主要特征分类

为了评价岩土的工程性质以及进行地基基础设计与施工,《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)根据岩土的主要特征,按工程性能近似的原则,把作为建筑地基的岩土分为岩石、碎石土、砂土、粉土、黏性土和人工填土六类。

(1)岩石。岩石是指颗粒间牢固联结,呈整体或具有纹理裂隙的岩体。按其坚硬程度划分为坚硬岩、较硬岩、较软岩、软岩和极软岩;按其完整程度划分为完整、较完整、较破碎、破碎和极破碎。

(2)碎石土。碎石土是指粒径大于 2 mm 的颗粒含量超过全重 50% 的土。按其颗粒形状及粒组含量可分为漂石、块石、卵石、碎石、圆砾、角砾,见表 1-1;按重型圆锥动力触探锤击数

$N_{63.5}$ 将碎石土的密实度分为松散、稍密、中密、密实，见表 1-2。

表 1-1 碎石土分类

| 土的名称                       | 颗粒形状     | 粒组含量                      |
|----------------------------|----------|---------------------------|
| 漂石                         | 圆形及亚圆形为主 | 粒径大于 200 mm 的颗粒含量超过全重 50% |
| 块石                         | 棱角形为主    |                           |
| 卵石                         | 圆形及亚圆形为主 | 粒径大于 20 mm 的颗粒含量超过全重 50%  |
| 碎石                         | 棱角形为主    |                           |
| 圆砾                         | 圆形及亚圆形为主 | 粒径大于 2 mm 的颗粒含量超过全重 50%   |
| 角砾                         | 棱角形为主    |                           |
| 注：分类时应根据粒组含量栏从上到下以最先符合者确定。 |          |                           |

表 1-2 碎石土的密实度

| 重型圆锥动力触探锤击数 $N_{63.5}$                                                                  | 密实度 | 重型圆锥动力触探锤击数 $N_{63.5}$  | 密实度 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------|-----|
| $N_{63.5} \leq 5$                                                                       | 松散  | $10 < N_{63.5} \leq 20$ | 中密  |
| $5 < N_{63.5} \leq 10$                                                                  | 稍密  | $N_{63.5} > 20$         | 密实  |
| 注：1. 本表适用于平均粒径小于等于 50 mm 且最大粒径不超过 100 mm 的卵石、碎石、圆砾、角砾。<br>2. 表内 $N_{63.5}$ 为经综合修正后的平均值。 |     |                         |     |

(3)砂土。砂土是指粒径大于 2 mm 的颗粒含量不超过全重 50%、粒径大于 0.075 mm 的颗粒含量超过全重 50% 的土。按粒组含量可分为砾砂、粗砂、中砂、细砂和粉砂，见表 1-3；按标准贯入试验锤击数  $N$  将砂土的密实度分为松散、稍密、中密、密实，见表 1-4。

表 1-3 砂土分类表

| 土的名称                      | 粒组含量                       | 土的名称 | 粒组含量                        |
|---------------------------|----------------------------|------|-----------------------------|
| 砾砂                        | 粒径大于 2 mm 的颗粒含量占全重 25%~50% | 细砂   | 粒径大于 0.075 mm 的颗粒含量超过全重 85% |
| 粗砂                        | 粒径大于 0.5 mm 的颗粒含量超过全重 50%  | 粉砂   | 粒径大于 0.075 mm 的颗粒含量超过全重 50% |
| 中砂                        | 粒径大于 0.25 mm 的颗粒含量超过全重 50% |      |                             |
| 注：分类时应根据粒组含量由大到小以最先符合者确定。 |                            |      |                             |

表 1-4 砂土的密实度

| 松散                 | 稍密               | 中密               | 密实       |
|--------------------|------------------|------------------|----------|
| $N \leq 10$        | $10 < N \leq 15$ | $15 < N \leq 30$ | $N > 30$ |
| 注： $N$ 为标准贯入试验锤击数。 |                  |                  |          |

(4)粉土。粉土是指塑性指数  $I_p \leq 10$  且粒径大于 0.075 mm 的颗粒含量不超过全重 50% 的土。其性质介于砂土及黏性土之间。

(5)黏性土。黏性土是指塑性指数  $I_p > 10$  的土。按其塑性指数可分为黏土和粉质黏土，见表 1-5；黏性土的状态按液性指数可分为坚硬、硬塑、可塑、软塑、流塑五种状态，见表 1-6。

表 1-5 黏性土按塑性指数  $I_P$  分类

| 黏性土的分类名称                                                                                                                                                             | 黏土         | 粉质黏土               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------|
| 塑性指数 $I_P$                                                                                                                                                           | $I_P > 17$ | $10 < I_P \leq 17$ |
| 注：1. 塑性指数由相应 76g 圆锥体沉入土样中深度为 10 mm 时测定的液限计算而得；<br>2. 液限与塑限的差值称为塑性指数，用符号 $I_P$ 表示，即 $I_P = w_L - w_P$ ；塑限( $w_P$ )：土由固态变到塑性状态时的分界含水量；液限( $w_L$ )：土由塑性状态变到流动状态时的分界含水量。 |            |                    |

表 1-6 黏性土的状态按液性指数  $I_L$  分类

| 状态                                                                                                     | 坚硬           | 硬塑                  | 可塑                     | 软塑                  | 流塑        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------|------------------------|---------------------|-----------|
| 液性指数 $I_L$                                                                                             | $I_L \leq 0$ | $0 < I_L \leq 0.25$ | $0.25 < I_L \leq 0.75$ | $0.75 < I_L \leq 1$ | $I_L > 1$ |
| 注：土的天然含水量与塑限的差值除以塑性指数称为液性指数，用符号 $I_L$ 表示，即：<br>$I_L = \frac{w - w_P}{I_P} = \frac{w - w_P}{w_L - w_P}$ |              |                     |                        |                     |           |

(6)人工填土。人工填土是指由于人类活动而堆填的土。其物质成分杂乱、均匀性差。按其组成和成因可分为素填土、压实填土、杂填土和冲填土。  
除了上述六类土之外，还有一些特殊土，如淤泥和淤泥质土、湿陷性黄土、膨胀土等。

1.1.1.2 按岩土坚硬程度分类

按岩土坚硬程度和开挖方法及使用工具，将土分为八类，见表 1-7。

表 1-7 按岩土坚硬程度分类

| 土的分类          | 土的级别   | 土的名称                                           | 坚实系数 $f$ | 密度 $\rho / (t \cdot m^{-3})$ | 开挖方法及工具                 |
|---------------|--------|------------------------------------------------|----------|------------------------------|-------------------------|
| 一类土<br>(松软土)  | I      | 砂土、粉土、冲积砂土层、疏松的种植土、淤泥(泥炭)                      | 0.5~0.6  | 0.6~1.5                      | 用锹、锄头挖掘，少许用脚蹬           |
| 二类土<br>(普通土)  | II     | 粉质黏土；潮湿的黄土；夹有碎石、卵石的砂；粉土混卵(碎)石；种植土、填土           | 0.6~0.8  | 1.1~1.6                      | 用锹、锄头挖掘，少许用镐翻松          |
| 三类土<br>(坚土)   | III    | 软及中等密实黏土；重粉质黏土、砾石土；干黄土、含有碎石卵石的黄土、粉质黏土；压实的填土    | 0.8~1.0  | 1.75~1.9                     | 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) | IV     | 坚硬密实的黏性土或黄土；含碎石、卵石的中等密实的黏性土或黄土；粗卵石；天然级配砂石；软泥灰岩 | 1.0~1.5  | 1.9                          | 整个先用镐、撬棍，后用锹挖掘，部分用楔子及大锤 |
| 五类土<br>(软石)   | V~VI   | 硬质黏土；中密的页岩、泥灰岩、白垩土；胶结不紧的砾岩；软石灰及贝壳石灰石           | 1.5~4.0  | 1.1~2.7                      | 用镐或撬棍、大锤挖掘，部分使用爆破方法     |
| 六类土<br>(次坚石)  | VII~IX | 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、片麻岩及正长岩        | 4.0~10.0 | 2.2~2.9                      | 用爆破方法开挖，部分用风镐           |

续表

| 土的分类                                                      | 土的级别      | 土的名称                                                            | 坚实<br>系数 $f$        | 密度/<br>( $t \cdot m^{-3}$ ) | 开挖方法及工具 |
|-----------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------|---------|
| 七类土<br>(坚石)                                               | X ~ XIII  | 大理石; 辉绿岩; 粉岩; 粗、中粒花岗岩;<br>坚实的白云岩、砂岩、砾岩、片麻岩、石灰<br>岩; 微风化安山岩; 玄武岩 | 10.0~<br>18.0       | 2.5~<br>3.1                 | 用爆破方法开挖 |
| 八类土<br>(特坚石)                                              | XIV ~ XVI | 安山岩; 玄武岩; 花岗片麻岩; 坚实的细<br>粒花岗岩、闪长岩、石英岩、辉长岩、辉绿<br>岩、粉岩、角闪岩        | 18.0~<br>25.0<br>以上 | 2.7~<br>3.3                 | 用爆破方法开挖 |
| 注: 1. 土的级别为相当于一般 16 级土石分类级别;<br>2. 坚实系数 $f$ 为相当于普氏岩石强度系数。 |           |                                                                 |                     |                             |         |

1.1.2 地基土的现场鉴别

地基是指支承基础的土体或岩体。常见的地基土有黏土、粉质黏土、粉土和砂土，其现场鉴别方法见表 1-8。

表 1-8 地基土的现场鉴别方法

| 土的名称     | 湿润时用刀切         | 湿土用手捻摸时的感觉                      | 土的状态            |                        | 湿土搓条情况                                          |
|----------|----------------|---------------------------------|-----------------|------------------------|-------------------------------------------------|
|          |                |                                 | 干土              | 湿土                     |                                                 |
| 黏土       | 切面光滑，<br>有黏刀阻力 | 有滑腻感，感觉不到<br>有砂粒，水分较大，很<br>黏手   | 土块坚硬，用<br>锤才能打碎 | 易黏着物体，<br>干燥后不易剥去      | 塑性大，能搓成直径小于<br>0.5 mm 的长条(长度不短于<br>手掌)，手持一端不易断裂 |
| 粉质<br>黏土 | 稍有光滑面，<br>切面平整 | 稍有滑腻感，有黏滞<br>感，感觉到有少量砂粒         | 土块用力可<br>压碎     | 能黏着物体，<br>干燥后较易剥去      | 有塑性，能搓成直径为 2~<br>3 mm 的土条                       |
| 粉土       | 无光滑面，<br>切面稍粗糙 | 有轻微黏滞感或无黏<br>滞感，感觉到有砂粒较<br>多、粗糙 | 土块用手捏或<br>抛扔时易碎 | 不易黏着物<br>体，干燥后一碰<br>就掉 | 塑性小，能搓成直径为 2~<br>3 mm 的短条                       |
| 砂土       | 无光滑面，<br>切面粗糙  | 无黏滞感，感觉到全<br>是砂粒、粗糙             | 松散              | 不能黏着物体                 | 无塑性，不能搓成土条                                      |

1.1.3 岩土工程勘察报告阅读

1.1.3.1 岩土工程勘察方法

岩土工程勘察中，需要借助各种勘探工具，查明地下岩土分布特征及工程特性。勘探方法很多，现将建筑工程常用的三种方法介绍如下。

(1)钻探法。钻探就是利用钻机在地层中钻孔，通过沿孔深取样，以鉴别和划分土层，并测定岩土层的物理力学性质。这是最广泛使用的传统方法。

按钻进方式不同，钻机一般常用回钻式、冲击式、振动式三种。其中，回钻式是最普及的一种方式。回钻式钻机是利用钻机的回钻器带动钻头旋转，磨削孔底地层向下钻进，通常使用管状钻头取柱状(原状)土样。目前，国内工程勘察常用的浅孔钻机型号有 30 型、50 型和 100 型等(数字表示最大钻进深度)，其中 SH-30 型钻机的结构如图 1-1 所示。

(2)触探法。触探法是间接的勘察方法，不取土样做试验，只是将一个特制探头装在触探杆底部，打入或压入地基土中，根据贯入阻力的大小探测土层的工程性质。

根据探头的结构和入土方法不同，触探法可分为动力触探和静力触探两大类，动力触探又分为圆锥动力触探和标准贯入试验。

1)圆锥动力触探。用标准质量的穿心锤提升至标准高度自由下落，将特制的圆锥探头贯入地基层层标准深度，用所需锤击数  $N$  的大小来判定土的工程性质的好坏。 $N$  值越大，表明贯入阻力越大，土质越密实。

2)标准贯入试验。标准贯入试验简称为标贯。采用质量为 63.5 kg(140 磅)的穿心锤，自由落距 76 cm，将贯入器锤击打入土中 15 cm 后，开始记录每打入 10 cm 的锤击数，累计打入 30 cm 的锤击数，即为标准贯入锤击数  $N$ 。当锤击数已达 50 击，而贯入深度未达 30 cm 时，记录实际贯入深度并终止试验。

试验后拔出贯入器，绘制标准贯入锤击数  $N$  与深度的关系曲线。标准贯入试验适用于砂土、粉土和一般黏性土，不适用于软塑至流塑的软土。

3)静力触探。静力触探试验是利用压力装置将触探头用静力压入试验土层，通过触探头中的传感器和量测仪表测试土层对触探头的贯入阻力，以此来判断、分析、确定地基土的物理力学性质。

静力触探适用于软土、一般黏性土、粉土、砂土、素填土和含少量碎石的土。

(3)掘探法。掘探法就是在建筑场地或地基内有代表性的地段用人工开挖探洞、探井或探槽，直接观察了解土层情况与性质。这种方法直观、明了，可直接观察土层的天然结构。

掘探法一般适用于钻探法难以进行勘察(如地基中含有大块漂石、块石等)或难以准确查明的土层(如土层很不均匀、颗粒大小相差悬殊、分布不规则等)、湿陷性黄土地区的勘察、事故处理质量检验等。

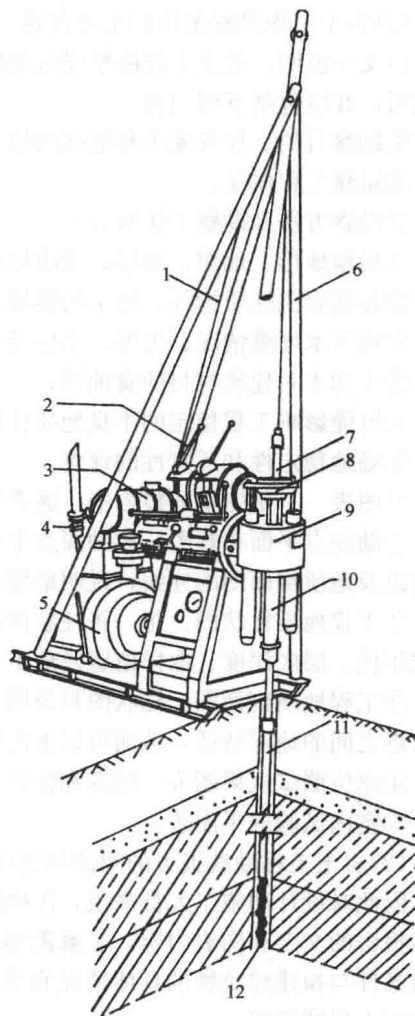


图 1-1 SH-30 型钻机结构示意图

- 1—钢丝绳；2—卷扬机；3—柴油机；4—操纵把；  
5—转轮；6—钻架；7—钻杆；8—卡杆器；  
9—回转器；10—立轴；11—钻孔；12—钻头

### 1.1.3.2 岩土工程勘察报告

《岩土工程勘察规范[2009年版]》(GB 50021—2001)中作为强制性条文明确指出:“各项工程建设在设计 and 施工之前,必须按基本建设程序进行岩土工程勘察。岩土工程勘察应按工程建设各勘察阶段的要求,正确反映工程地质条件,查明不良地质作用和地质灾害,精心勘察、精心分析,提出资料完整、评价正确的勘察报告。”

(1)岩土工程勘察报告的主要内容。岩土工程勘察报告一般有文字说明和图表两个部分。

1)文字说明。岩土工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、工程特点和地质条件等具体情况编写,并应包括下列内容:

- ①勘察目的、任务要求和依据的技术标准;
- ②拟建工程概况;
- ③勘察方法和勘察工作布置;
- ④场地地形、地貌、地层、地质构造、岩土性质及其均匀性;
- ⑤各项岩土性质指标,岩土的强度参数、变形参数、地基承载力的建议值;
- ⑥地下水埋藏情况、类型、水位及其变化;
- ⑦土和水对建筑材料的腐蚀性;
- ⑧可能影响工程稳定的不良地质作用的描述和对工程危害程度的评价;
- ⑨场地稳定性和适宜性的评价。

2)图表。一份完整的报告书,通常附有以下图纸:

①勘探点平面布置图。在勘探点平面布置图上标有建筑物位置,勘探点的编号、坐标、孔口标高以及地质剖面图的连线,说明勘探孔用途的图例等。

②工程地质柱状图。每一张柱状图都表明一个勘探点所穿过的地层情况、各层岩土的名称、地质年代、层底深度、取样位置及地下水位等。

③工程地质剖面图。柱状图只说明一个点的情况,将相邻点的地层连接起来,就可以联想起点与点之间的地层特征,从而可以推论整个场地的情况。

④原位测试成果图表。触探和标贯及载荷试验和试桩的P—S曲线等原位测试成果图表。

⑤室内试验成果图表。

(2)岩土工程勘察报告的阅读与使用。岩土工程勘察报告是建筑物基础设计和基础施工的依据,因此对设计和施工人员来说,正确阅读、理解和使用勘察报告是非常重要的。应当全面熟悉勘察报告的文字和图表内容,了解勘察的结论建议和岩土参数的可靠程度,把拟建场地的工程地质条件与拟建建筑物的具体情况和要求联合起来进行综合分析。以下几个方面应当引起设计和施工人员的重视。

1)场地稳定性评价。正确阅读与使用勘察报告首先是分析评价场地的稳定性和适宜性,然后才是地基土的承载力和变形问题。场地稳定性评价主要涉及区域稳定性和场地稳定性两个方面。

①区域稳定性是指一个地区或区域的整体稳定,如有无构造断裂带。

②场地稳定性是指一个具体的工程建筑场地有无不良地质现象及其对场地稳定性的直接与潜在的危害。如泥石流、滑坡、崩塌、塌陷等,应查明其成因、类型、分布范围、发展趋势及危害程度,采取适当的整治措施。

2)持力层的选择。地基基础的设计必须满足地基承载力和基础沉降这两项基本要求。浅基础通过基础底面,把荷载扩散分布到浅层地基;深基础主要把所承受的荷载传递到地基深部。因此,基础深浅不同,持力层选择时侧重点就不同。

①浅基础。对浅基础而言,在满足地基稳定和变形要求的前提下,采用天然地基,基础应尽量浅埋。如果持力层承载力不能满足设计要求,则可采取适当的地基处理措施,如换填垫层、夯实水泥土桩、CFG桩、强夯等人工处理地基,以满足设计要求。

②深基础。对深基础而言,主要是选择桩端持力层。桩端持力层一般宜选择稳定的硬塑—坚硬状态的黏土层和粉土层;中密以上的砂土和碎石层;中—微风化的基岩。

3)考虑环境影响。基础设计与施工不要仅局限于拟建场地范围内,它或多或少,或直接或间接要对场地周围的环境产生影响。如基坑开挖起坑外土体的位移变形和坑底土的回弹;排水时地下水位要下降;打桩时产生挤土效应;灌注桩施工时泥浆排放对环境产生污染等。

4)解决现场具体问题。需要指出的是,由于地基土的复杂性和勘察手段的局限性,勘察报告不可能完全准确地反映场地的全部特征。因而在地基与基础施工过程中,对可能存在的问题应与建设单位、勘察单位和设计单位联系,到现场具体问题具体分析,采取有效的处理措施。

## 任务 1.2 基坑开挖

建筑基坑是为进行建筑物(包括构筑物)基础与地下室的施工所开挖的地面以下空间。

### 1.2.1 基坑开挖准备工作

#### 1.2.1.1 基坑与基槽土方量计算

(1)土的可松性。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,仍不能恢复成原来的体积,土的这种性质称为土的可松性。土的可松性程度一般以可松性系数表示,即

$$K_P = \frac{V_2}{V_1} \quad K'_P = \frac{V_3}{V_1}$$

式中  $K_P$ ——土的最初可松性系数;

$K'_P$ ——土的最终可松性系数;

$V_1$ ——开挖前土的自然体积;

$V_2$ ——开挖后土的松散体积;

$V_3$ ——运至填方处压实后的体积。

土的可松性是挖填土方时,计算土方机械生产率、回填土方量、运输机具数量、进行场地平整规划竖向设计、土方平衡调配的重要参数。各种土的可松性参考数值,详见表 1-9。

表 1-9 各种土的可松性参考数值

| 土的种类             | 体积增加百分比/% |       | 可松性系数     |           |
|------------------|-----------|-------|-----------|-----------|
|                  | 最初        | 最终    | $K_P$     | $K'_P$    |
| 一类(松软土): 种植土除外   | 8~17      | 1~2.5 | 1.08~1.17 | 1.01~1.03 |
| 一类(松软土): 植物性土、泥炭 | 20~30     | 3~4   | 1.20~1.30 | 1.03~1.04 |
| 二类(普通土)          | 14~28     | 1.5~5 | 1.14~1.28 | 1.02~1.05 |
| 三类(坚土)           | 24~30     | 4~7   | 1.24~1.30 | 1.04~1.07 |

续表

| 土的类别                | 体积增加百分比/% |       | 可松性系数     |           |
|---------------------|-----------|-------|-----------|-----------|
|                     | 最初        | 最终    | $K_P$     | $K'_P$    |
| 四类(砂砾坚土): 泥灰岩、蛋白石除外 | 26~32     | 6~9   | 1.26~1.32 | 1.06~1.09 |
| 四类(砂砾坚土): 泥灰岩、蛋白石   | 33~37     | 11~15 | 1.33~1.37 | 1.11~1.15 |
| 五~七类(软石、次坚石、坚石)     | 30~45     | 10~20 | 1.30~1.45 | 1.10~1.20 |
| 八类(特坚石)             | 45~50     | 20~30 | 1.45~1.50 | 1.20~1.30 |

注: 最初体积增加百分比计算公式为  $\frac{V_2-V_1}{V_1} \times 100\%$ ; 最终体积增加百分比计算公式为  $\frac{V_3-V_1}{V_1} \times 100\%$ 。

(2) 基坑与基槽土方量计算。基坑土方量可按立体几何中拟柱体(由两个平行的平面作底的一种多面体)体积公式计算(图 1-2)。即

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

式中  $H$ ——基坑深度(m);

$A_1$ 、 $A_2$ ——基坑上、下底的面积( $m^2$ );

$A_0$ ——基坑中截面的面积( $m^2$ )。

基槽土方量计算可沿长度方向分段计算(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:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots + V_n$$

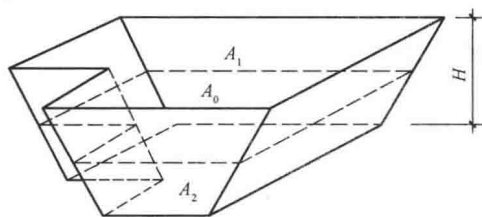


图 1-2 基坑土方量计算

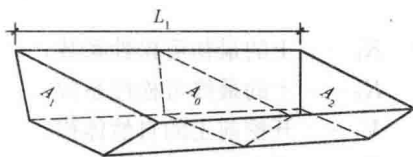


图 1-3 基槽土方量计算

**【例 1】** 某基坑坑底长度为 85 m, 宽度为 60 m, 深度为 8 m。根据设计要求基坑四边放坡, 边坡坡度为 1:0.5。已知土的最初可松性系数  $K_P=1.14$ , 最终可松性系数  $K'_P=1.05$ 。

(1) 基坑挖土土方量为多少?

(2) 若混凝土基础和地下室占有体积为 22 000  $m^3$ , 则需预留多少松散状态土用于回填?

(3) 若多余土方需外运, 则外运土方为多少?

(4) 如果用 4.0  $m^3$  的汽车外运, 则需运多少车?

**【解】**

(1) 挖土土方量。

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