



“十二五”江苏省高等学校重点教材

高等学校工程应用型土建类系列教材

# 土木工程施工技术

苏 慧 主 编

高等教育出版社

江苏省高等学校重点教材

应用型土建类系列教材

江苏省高等学校重点教材

# 土木工程施工技术

TUMU GONGCHENG SHIGONG JISHU

苏 慧 主 编

高等教育出版社·北京

## 内容提要

本书是高等学校工程应用型土建类系列教材之一,“十二五”江苏省高等学校重点教材(编号:2014-2-020)。内容共9章,包括土方工程、深基础工程、钢筋混凝土结构工程、脚手架与砌筑工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、防水工程、装饰工程、绿色建筑施工。本书附有与教材配套的数字资源,包括视频、思维导图、导语、自测题、思考题、开放性题目、参考资源、章节概要、小结、图片等。全书均参照最新施工规范及相应行业规程编写。

本书可供高等学校本科土木工程、工程管理等专业使用,也可作为专科院校、职大、夜大、自学考试教学用书,还可供相关专业工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工技术 / 苏慧主编. --北京:高等教育出版社,2015.3

高等学校工程应用型土建类系列教材

ISBN 978-7-04-041957-3

I. ①土… II. ①苏… 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(2015)第 024333 号

策划编辑 葛心 责任编辑 水渊 封面设计 杨立新 版式设计 余杨  
插图绘制 杜晓丹 责任校对 张小镝 责任印制 张泽业

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社址	北京市西城区德外大街4号	网址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
邮政编码	100120		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
印刷	三河市华骏印务包装有限公司	网上订购	<a href="http://www.landracom.com">http://www.landracom.com</a>
开本	787mm×1092mm 1/16		<a href="http://www.landracom.com.cn">http://www.landracom.com.cn</a>
印张	32.75	版次	2015年3月第1版
字数	680千字	印次	2015年3月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定价	57.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 41957-00

# 与本书配套的数字课程资源使用说明

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社易课程网站,请登录网站后开始课程学习。

## 一、网站登录

1. 访问 <http://abook.hep.com.cn/1247001>
2. 输入数字课程账号(见封底明码)、密码、验证码
3. 点击“进入课程”
4. 开始课程学习

## 二、配套资源

本书配套有视频、思维导图、导语、自测题、思考题、开放性题目、参考资源、章节概要、小结、图片等数字化资源,可登录网站学习,其中视频资源的内容基本覆盖了知识点的讲述和各案例的实际操作讲解,能够让学习者随时随地使用移动通信设备观看比较直观的视频讲解。这些视频以二维码的形式在书中出现,扫描后即可观看。相应视频资源在易课程各章中的“视频”栏目中也可观看。

账号自登录之日起一年内有效,过期作废。

使用本账号如有问题,请发邮件至:zhangshan@hep.com.cn。

The screenshot shows the 'Easy Course' (易课程) website interface. At the top left is the 'Easy Course' logo. The main header features the title '土木工程施工技术' (Civil Engineering Construction Technology) and the author '万慧 主编'. Below the header is a login section with input fields for '用户名' (Username), '密码' (Password), and '验证码' (Verification Code), followed by a '进入课程' (Enter Course) button. To the right of the login section is a '使用说明' (Usage Instructions) section. Below the login section is a navigation menu with tabs for '数字课程介绍' (Digital Course Introduction), '纸质教材' (Paper Textbook), '版权信息' (Copyright Information), and '联系方式' (Contact Information). The '数字课程介绍' tab is selected, displaying a paragraph of text: '土木工程施工技术数字课程与纸质教材一体化设计,紧密配合,数字课程包含视频、思维导图、导语、自测题、思考题、开放性题目、参考资源、章节概要、小结、图片等板块,充分运用多种形式媒体资源,极大地丰富了知识的呈现形式,拓展了教材内容,在提升课程教学效果的同时,为学生学习提供思维与探索的空间。' To the right of the navigation menu is a circular logo for the '数字课程网站' (Digital Course Website) with the URL 'http://abook.hep.com.cn/1247001' and 'ISBN 978-7-03-042870-0'. Below this is another '使用说明' section with the text: '用户名:输入教材封底的16位明码;密码:刮开“增值服务”涂层,输入16位编码;输入正确的验证码后,点击“进入课程”开始学习。' At the bottom right, there is a link for '系列教材' (Series Textbooks).

# 高等学校工程应用型土建类系列教材编委会名单

## 主任委员：

汤放华(湖南城市学院)

## 副主任委员(按姓氏笔画排序)：

张建勋(福建工程学院)

武 鹤(黑龙江工程学院)

周 云(广州大学)

周先雁(中南林业科技大学)

唐 勇(山东交通学院)

黄双华(攀枝花学院)

麻建锁(河北建筑工程学院)

## 委 员(按姓氏笔画排序)：

万德臣(山东交通学院)

马石城(湘潭大学)

王用信(哈尔滨华德学院)

王永春(青岛理工大学)

王振清(河南工业大学)

王新堂(宁波大学)

石启印(江苏大学)

申向东(内蒙古农业大学)

白宝玉(长春建筑学院)

司马玉洲(南阳理工学院)

刘海卿(辽宁工程技术大学)

刘锡军(湖南科技大学)

李晓目(孝感学院)

李 斌(内蒙古科技大学)

李 毅(北华大学)

杨伟军(长沙理工大学)

肖 鹏(扬州大学)

何培玲(南京工程学院)

余跃心(淮阴工学院)

汪仁和(安徽理工大学)

沈小璞(安徽建筑工业学院)  
张文福(大庆石油学院)  
张志国(内蒙古大学)  
张国栋(三峡大学)  
张季超(广州大学)  
张 奎(平顶山工学院)  
张新东(塔里木大学)  
陈 伟(攀枝花学院)  
陈伯望(中南林业科技大学)  
郑 毅(长春建筑学院)  
赵风华(常州工学院)  
赵永平(黑龙江工程学院)  
赵明耀(长春建筑学院)  
荀 勇(盐城工学院)  
姚金星(长江大学)  
贺国京(中南林业科技大学)  
夏军武(中国矿业大学徐海学院)  
徐新生(济南大学)  
高福聚(中国石油大学)  
常伏德(长春建筑学院)  
董 黎(广州大学)  
蓝宗建(东南大学成贤学院)  
窦立军(长春工程学院)  
蔡雪峰(福建工程学院)  
臧秀平(徐州工程学院)  
谭宇胜(茂名学院)  
薛志成(黑龙江科技学院)  
薛 姝(湖南城市学院)

# 前 言

本书根据国家现行的各种设计和施工规范,按照土木工程开发项目施工顺序和土木工程施工的系统性原则以多样化的形式编写而成。本书在大量收集最新资料和数据的基础上,全面论述了土木工程从施工准备到竣工验收整个过程的施工理论和施工方法。本书内容既包括传统的施工方法,也吸收了最近几年土木工程施工的新技术、新工艺、新工法,重视培养实际工程中分析问题和解决问题的能力,力求综合运用有关学科的基本理论知识,以解决工程建造的实践问题,理论联系实际。对土木工程各主要分部分项工程的施工方法、机械化施工原理进行了比较全面的介绍。

全书共9章,苏慧任主编并编写了第1章土方工程、第2章深基础工程、第3章模板工程部分、第6章结构安装工程、第8章装饰工程、附录土木工程新技术视频库目录;顾荣蓉编写第3章的钢筋工程部分、第4章的脚手架工程部分;汤小平编写第3章的混凝土工程部分;陈亭亭编写第4章的砌筑工程部分、第7章防水工程;王蕊编写第5章预应力混凝土工程;李明惠编写第9章绿色建筑施工;邱笑、黄奕钧参与了教材文稿整理及编排工作。

本书编写具有以下特色:

1. 施工工艺贯穿全书,反映土木工程施工的新理论、新技术、新工艺

教材内容作了精心的选择和编排,强化了施工工艺的编制细节和实践过程,列举了大量的工程实例,反映土木工程施工的新理论、新技术、新工艺,特别是将最近几年我国代表性的建筑鸟巢、水立方、世博馆、苏通大桥、长江隧道等新建筑施工实例及盾构机的应用等新技术引入教材,涉及内容具有技术新、知识面广、交叉性强等特点。

2. 数字化学习资源配套齐全,积极开发补充性、更新性和延伸性学习资源

本书中编写了大量直观的施工图片、三维动画和施工视频,使教材更加生活化、情景化、动态化、形象化,用移动通信设备(手机)扫描文中的二维码,即可在线观看学习;施工图片等资源可登陆配套网站进行学习。本书开发了辅学类、资源类、扩展类的补充性、更新性和延伸性学习资源,包括多媒体课件、虚拟仿真实训平台、施工过程模拟等学习资源。

东南大学郭正兴教授对全书作了全面审阅,提出了许多宝贵意见;编写过程中得到了相关科研院所、施工单位提供的技术资料支持。在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免不足之处,诚请读者批评指正。

编者

2014年8月于南京

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

### 短信防伪说明

本图书采用出版物短信防伪系统，用户购书后刮开封底防伪密码涂层，将16位防伪密码发送短信至106695881280，免费查询所购图书真伪，同时您将有机会参加鼓励使用正版图书的抽奖活动，赢取各类奖项，详情请查询中国扫黄打非网(<http://www.shdf.gov.cn>)。

反盗版短信举报

编辑短信“JB,图书名称,出版社,购买地点”发送至10669588128

短信防伪客服电话

(010)58582300



# 目 录

## 第1章 土方工程 1

- 1.1 土的工程分类及性质 2
  - 1.1.1 土的工程分类 2
  - 1.1.2 土的性质 3
- 1.2 土方机械化施工 4
  - 1.2.1 场地平整施工及基坑开挖 4
  - 1.2.2 土方的填筑与压实 14
- 1.3 土方工程量计算及场地土方调配 17
  - 1.3.1 场地平整的土方量计算 17
  - 1.3.2 土方调配量的计算 26
- 1.4 土方边坡与支护 27
  - 1.4.1 土方边坡放坡 27
  - 1.4.2 土壁支护 28
  - 1.4.3 基坑(槽)支撑(护) 30
- 1.5 土方工程施工排水与降水 34
  - 1.5.1 基坑明排水 34
  - 1.5.2 降低地下水位 37
- 1.6 南京长江隧道超大直径盾构掘进施工技术 49
  - 1.6.1 工程概况 49
  - 1.6.2 盾构隧道盾构机选择及性能 50
  - 1.6.3 施工总体顺序 50
  - 1.6.4 盾构隧道施工 51

## 第2章 深基础工程 56

- 2.1 桩基的作用及其分类 57
  - 2.1.1 桩基的作用 57
  - 2.1.2 一般桩的分类 57
- 2.2 预制桩施工 59
  - 2.2.1 预制桩施工前准备工作 59
  - 2.2.2 桩的施工工艺 59
  - 2.2.3 钢筋混凝土预制桩锤击打桩法 63
  - 2.2.4 静力压桩施工 66

2.2.5	振动法沉桩	69
2.2.6	预制桩施工注意事项、质量标准	69
2.2.7	预制桩施工常见通病、预防及治理	70
2.3	钢筋混凝土灌注桩施工	72
2.3.1	钻孔灌注桩	72
2.3.2	沉管灌注桩	85
2.3.3	人工挖孔灌注桩	90
2.3.4	爆扩灌注桩	94
2.4	地下连续墙施工	99
2.4.1	地下连续墙的分类、特点及适用范围	99
2.4.2	地下连续墙的成槽机械	100
2.4.3	地下连续墙的施工工艺	102
2.4.4	质量保证措施	113
2.5	沉井基础施工	114
2.5.1	沉井的分类、特点及适用范围	115
2.5.2	沉井施工前准备工作	117
2.5.3	沉井施工操作工艺	117
2.5.4	沉井施工通病及预防措施	119
2.6	苏通大桥超大桩基础施工介绍	121
2.6.1	概述	121
2.6.2	超大群桩基础钻孔平台施工	121
2.6.3	超大群桩基础(主4#墩)钻孔灌注桩施工	123
2.7	深基础施工集视频	125
<b>第3章 钢筋混凝土结构工程 126</b>		
3.1	钢筋工程	127
3.1.1	钢筋的种类和性能	127
3.1.2	钢筋进场验收与存储	128
3.1.3	钢筋下料	128
3.1.4	钢筋加工	135
3.1.5	钢筋连接	136
3.1.6	钢筋骨架绑扎及安装	143
3.1.7	钢筋工程施工质量检查验收	149
3.1.8	钢筋操作技能培训视频	151
3.2	模板工程	151
3.2.1	模板的分类	152
3.2.2	模板的支撑系统	156

- 3.2.3 模板安装及注意事项 159
- 3.2.4 模板设计 167
- 3.2.5 模板拆除 176
- 3.2.6 新型模板系统 179

### 3.3 混凝土工程 192

- 3.3.1 混凝土配料 192
- 3.3.2 混凝土的搅拌、运输 196
- 3.3.3 混凝土的浇筑、振捣 203
- 3.3.4 混凝土养护 210
- 3.3.5 混凝土成品保护及安全措施 211
- 3.3.6 混凝土质量检查 212
- 3.3.7 混凝土质量缺陷 216
- 3.3.8 混凝土操作技能培训视频 218
- 3.3.9 混凝土施工新技术视频 218

## 第4章 脚手架与砌筑工程 219

### 4.1 脚手架和垂直运输机械 220

- 4.1.1 脚手架的作用和种类 220
- 4.1.2 扣件式钢管脚手架 222
- 4.1.3 碗扣式钢管脚手架 229
- 4.1.4 里脚手架 234
- 4.1.5 其他形式脚手架 235
- 4.1.6 脚手架设计计算 243
- 4.1.7 脚手架技能操作学习视频集 251

### 4.2 砌筑材料 252

- 4.2.1 砌块材料 252
- 4.2.2 砌筑砂浆 254

### 4.3 砖砌体工程施工 256

- 4.3.1 砖砌体施工的基本要求 256
- 4.3.2 砖砌体施工工艺 257
- 4.3.3 砖砌体的施工质量要求 263

### 4.4 砌块砌体施工 265

- 4.4.1 混凝土小型空心砌块砌体施工 265
- 4.4.2 蒸压加气混凝土砌块砌筑 271

### 4.5 植筋砌体工程施工 282

### 4.6 填充墙砌体工程施工 287

### 4.7 砌筑操作技能学习集 289

## 第5章 预应力混凝土工程 290

- 5.1 预应力混凝土钢筋及张拉设备 291
- 5.2 先张法预应力施工 297
  - 5.2.1 台座与夹具 297
  - 5.2.2 先张法施工工艺 300
  - 5.2.3 先张法施工质量标准、验收、通病及预防措施 304
- 5.3 后张法预应力施工 307
  - 5.3.1 预应力筋制作及锚固性能检验 307
  - 5.3.2 后张法施工工艺 318
  - 5.3.3 后张法施工质量标准、验收、通病及预防措施 323
- 5.4 无粘结预应力混凝土结构施工 327
- 5.5 预应力混凝土工程施工新技术视频介绍 332

## 第6章 结构安装工程 333

- 6.1 起重及垂直运输机械 334
  - 6.1.1 桅杆式起重机 334
  - 6.1.2 自行杆式起重机 336
  - 6.1.3 塔式起重机 339
  - 6.1.4 垂直运输设备 342
  - 6.1.5 索具设备 344
- 6.2 钢筋混凝土单层工业厂房结构吊装 349
  - 6.2.1 构件吊装前的准备工作 350
  - 6.2.2 构件的吊装工艺 350
  - 6.2.3 结构吊装方案 355
- 6.3 钢结构吊装 360
  - 6.3.1 钢结构的特点 360
  - 6.3.2 钢结构构件的制作 360
  - 6.3.3 钢结构构件的连接 363
  - 6.3.4 钢结构单层工业厂房安装 365
  - 6.3.5 钢网架的拼装与安装 368
  - 6.3.6 钢结构防腐涂装 373
- 6.4 广州亚运场馆钢结构安装工程施工技术 374
  - 6.4.1 工程概况 374
  - 6.4.2 工程特点及关键技术 374
  - 6.4.3 施工方法 375
  - 6.4.4 拼装施工程序 376

6.4.5 拼装变形控制措施 378

6.4.6 现场吊装的施工方法 378

## 6.5 世博轴膜结构及阳光谷结构安装工程施工技术 380

6.5.1 工程概况 380

6.5.2 工程主要内容 380

6.5.3 膜结构介绍 381

6.5.4 阳光谷介绍 383

6.5.5 索膜结构施工 383

6.5.6 阳光谷施工 386

## 第7章 防水工程 388

### 7.1 屋面工程 389

7.1.1 卷材防水屋面施工 389

7.1.2 涂膜防水屋面施工 395

7.1.3 刚性防水屋面施工 397

7.1.4 屋面找平层施工 399

7.1.5 屋面细部防水施工 401

### 7.2 地下建筑防水工程 404

7.2.1 卷材防水层施工 405

7.2.2 水泥砂浆防水层施工 406

7.2.3 涂料防水层施工 407

7.2.4 防水混凝土施工 408

7.2.5 地下防水细部施工 410

7.2.6 堵漏技术 414

### 7.3 特殊施工法防水工程 415

7.3.1 锚喷支护防水施工 415

7.3.2 地下连续墙防水施工 416

7.3.3 盾构法隧道防水施工 417

### 7.4 卫生间、浴、厨防水工程 419

7.4.1 防水材料 419

7.4.2 防水工艺 419

## 第8章 装饰工程 421

### 8.1 抹灰工程 422

8.1.1 抹灰工程的分类和抹灰层的组成 422

8.1.2 抹灰基体的表面处理 423

8.1.3 一般抹灰工程施工 424

8.1.4 装饰抹灰工程施工 427

8.1.5 喷涂、滚涂、弹涂抹灰施工 429

8.2 饰面工程 431

8.2.1 饰面材料的选用及质量要求 431

8.2.2 饰面板(砖)施工 433

8.2.3 铝合金饰面板的施工 438

8.3 幕墙工程 442

8.3.1 玻璃幕墙 442

8.3.2 铝合金板玻璃幕墙 445

8.3.3 石材幕墙 445

8.4 涂饰、刷浆、裱糊工程 446

8.4.1 涂饰工程 446

8.4.2 刷浆工程 452

8.4.3 裱糊工程 454

8.5 门窗工程 457

8.5.1 木门窗安装 457

8.5.2 金属门窗安装 459

8.5.3 塑料门窗安装 463

8.5.4 门窗玻璃安装 464

8.6 吊顶工程 468

8.7 轻质隔墙工程 473

8.7.1 板材隔墙 473

8.7.2 骨架隔墙 477

8.7.3 活动隔墙 482

8.7.4 玻璃隔墙 483

## 第9章 绿色建筑施工 485

9.1 绿色建筑外墙施工 486

9.1.1 外墙外保温施工 486

9.1.2 外墙内保温施工 488

9.1.3 混凝土砌块外墙夹芯保温施工 490

9.1.4 保温现浇钢筋混凝土剪力墙施工 490

9.1.5 310 承重保温装饰一体化砌块墙体施工 494

9.2 绿色建筑屋面施工 496

9.2.1 屋面保温工程施工 496

9.2.2 蓄水屋面施工 499

9.2.3 种植屋面施工 500

## 附录 土木工程新技术视频库目录 502



## 第1章

# 土方工程

**编制主要内容:**土方工程施工特点,土的工程分类,土的可松性,土的渗透性;场地设计标高确定的一般方法,场地平整土方量的计算,土方调配,场地平整土方机械及其施工;土方边坡概念及影响稳定因素,基槽支护,基坑支护形式;流砂与防治,集水井降水,井点降水设计与施工;基坑(槽)土方量计算,人工土方施工、机械土方施工,深基坑土方开挖;土料的选用与处理,填土方法,压实方法,影响填土压实的因素,填土压实的质量检查;具体内容包括各项施工的施工准备、特点、应用范围、施工工艺方法、施工注意事项、施工质量标准、验收、通病及预防措施;深层搅拌桩施工;盾构机施工技术;土方工程施工录像。

**重点:**土可松性,土工程性质对施工的影响,场地平整土方量和基坑土方量计算,土方调配,土方边坡概念及影响稳定因素,基坑支护形式,流砂的防治方法,井点降水设计,深基坑土方开挖,影响填土压实的因素,填土压实的质量检查。

**难点:**土的可松性应用,基坑支护形式,土方调配,流砂与防治,井点降水设计,深基坑土方开挖。

### 1.1.1 土的工程分类

#### 一、土方工程的施工特点

土方工程施工具有工程量大,施工工期长,施工条件复杂,劳动强度大的特点。建筑工地的场地平整、土方工程量可达数百立方米以上,施工面积达数平方公里,大型基坑的开挖,有的深达 20 多米。土方施工条件复杂,又多为露天作业,受气候、水文、地质等因素影响较大,难以确定的因素较多。因此在组织土方工程施工前,必须做好施工组织设计,选择好施工方法和机械设备,制定合理的土方调配方案,以保证工程质量,并取得较好的经济效果。

#### 二、土的工程分类

土的分类方法有根据土的颗粒级配或塑性指数分类、根据土的沉积年代分类和根据土的工程特点分类等几种。而土的工程性质对土方工程施工方法的选择、劳动量和机械台班的消耗及工程费用均有较大的影响,应高度重视。在土的施工中,根据土的坚硬程度和开挖方法将土分为八类(表 1.1.1)。

表 1.1.1 工程中土的分类

种类	名称	可松性系数		开挖方法
		$K_s$	$K'_s$	
一类土 松软土	砂;粉土;冲击砂土层;种植土;泥炭(淤泥)	1.08 ~ 1.17	1.01 ~ 1.03	用锹、锄头挖掘
二类土 普通土	粉质粘土;潮湿的黄土;夹有碎石、卵石的砂、种植土、填筑土及粉土	1.14 ~ 1.28	1.02 ~ 1.05	用锹、锄头挖掘,少许用镐翻松
三类土 坚土	软粘土及中等密实粘土;重粉质粘土;粗砾石;干黄土及含碎石、卵石的黄土、粉质粘土;压实的填筑土	1.26 ~ 1.32	1.04 ~ 1.07	主要用镐,少许用锹、锄头挖掘,部分用撬棍
四类土 砂砾坚土	重粘土及含碎石、卵石的粘土;粗卵石;密实的黄土;天然级配的砂石;软泥灰岩及蛋白石	1.26 ~ 1.32	1.06 ~ 1.09	先用镐、撬棍,然后用锹挖掘,部分用楔子及大锤
五类土 软石	硬石炭纪粘土;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 ~ 1.45	1.10 ~ 1.20	用镐或撬棍、大锤挖掘,部分使用爆破方法
六类土 次坚石	泥岩;砂岩;砾岩;坚实的页岩;泥灰岩;密实的石灰岩;风化的花岗岩;片麻岩	1.30 ~ 1.45	1.10 ~ 1.20	用爆破方法开挖,部分用风镐



续表

种类	名称	可松性系数		开挖方法
		$K_s$	$K'_s$	
七类土 坚石	大理岩;灰绿岩;玢岩;粗、中粒花岗岩;坚实白云岩、砾岩、片麻岩、石灰岩、有风化痕迹的安山岩、玄武岩	1.30 ~ 1.45	1.10 ~ 1.20	用爆破方法 开挖
八类土 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、辉长岩等	1.45 ~ 1.50	1.20 ~ 1.30	用爆破方法 开挖

### 1.1.2 土的性质

#### 一、土的组成

土一般由土颗粒(固相)、水(液相)和空气(气相)三部分组成,这三部分之间的比例关系随着周围条件的变化而变化,三者互相间的比例不同,反映出土的物理状态不同,如干燥、稍湿或很湿,密实、稍密或松散。这些指标是最基本的物理性质指标,对评价土的工程性质,进行土的工程分类具有重要意义。

#### 二、土的物理性质

##### 1. 土的可松性与可松性系数

天然土经开挖后,其体积因松散而增加,虽经振动夯实,仍然不能完全复原,这种现象称为土的可松性。土的可松性用可松性系数表示,即

最初可松性系数

$$\text{最初可松性系数 } K_s = \frac{\text{土经开挖后的松散体积 } V_2}{\text{土在天然状态下的体积 } V_1} \quad (1.1.1)$$

最后可松性系数

$$\text{最后可松性系数 } K'_s = \frac{\text{土经回填压实后的体积 } V_3}{\text{土在天然状态下的体积 } V_1} \quad (1.1.2)$$

可松性系数对土方的调配、计算土方运输量都有影响。

##### 2. 土的天然含水量

在天然状态下,土中水的质量与固体颗粒质量之比的百分率称为土的天然含水量,反映了土的干湿程度,用  $W$  表示,即

$$W = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1.1.3)$$

式中  $m_w$  —— 土中水的质量, kg;

$m_s$  —— 土中固体颗粒的质量, kg。

##### 3. 土的天然密度和干密度

土在天然状态下单位体积的质量,叫土的天然密度(简称密度)。一般粘土的密度约为  $1800 \sim 2000 \text{ kg/m}^3$ , 砂土约为  $1600 \sim 2000 \text{ kg/m}^3$ 。土的密度按下式计算

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1.4)$$