



人民交通出版社“十一五”  
高职高专土建类专业规划教材

# 建筑施工技术

主编 危道军 李进  
主审 谢建民 侯君伟



人民交通出版社

China Communications Press



人民交通出版社“十一五”  
高职高专土建类专业规划教材

# 建筑施工技术

主 编 危道军 李 进  
副主编 程红艳 史国丽  
主 审 谢建民 侯君伟



人民交通出版社

China Communications Press

## 内 容 提 要

本教材是按照全国高等学校土建专科高等职业教育专业委员会颁布的“建筑施工技术”教学大纲和国家有关标准及相关专业施工规范编写的。以常见分部分项工程施工为主线进行编写,重点内容包括:土方工程、地基处理与桩基工程、砌筑工程、钢筋混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、防水工程、装饰工程、季节性施工、钢结构工程等。通过对本课程的学习,能够掌握施工主要工种的施工方法和施工工艺知识,具备选择施工方案,指导现场施工,进行质量控制等技能。

本系列教材适用于土建类高职高专院校、成人教育及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用,也可作为现场施工技术人员的培训教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术/危道军等主编. —北京:人民交通出版社, 2007.1

ISBN 978-7-114-06295-7

I. 建... II. 危... III. 建筑工程 - 工程施工 - 施工技术 - 高等学校 - 教材 IV. TU74

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第144920号

书 名:建筑施工技术

著 者:危道军 李 进

责任编辑:陈志敏 邵 江

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)85285656,85285838,85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×960 1/16

印 张:33.75

字 数:591千

版 次:2007年2月第1版

印 次:2007年2月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-06295-7

定 价:45.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



## 高职高专土建类专业规划教材编审委员会

### 主任委员

吴 泽(四川建筑职业技术学院)

### 副主任委员

危道军(湖北城建职业技术学院)

范文昭(山西建筑职业技术学院)

赵 研(黑龙江建筑职业技术学院)

袁建新(四川建筑职业技术学院)

李 进(济南工程职业技术学院)

许 元(浙江广厦建设职业技术学院)

韩 敏(人民交通出版社)

### 土建施工类分专业委员会主任委员

赵 研(黑龙江建筑职业技术学院)

### 工程管理类分专业委员会主任委员

袁建新(四川建筑职业技术学院)

### 委员 (以姓氏笔画为序)

马守才(兰州工业高等专科学校)

毛燕红(九州职业技术学院)

王 安(山东水利职业学院)

王 强(北京工业职业技术学院)

王延该(湖北城建职业技术学院)

王社欣(江西工业职业技术学院)

田恒久(山西建筑职业技术学院)

边亚东(中原工学院)

刘志宏(江西建设职业技术学院)

刘晓敏(黄冈职业技术学院)

朱玉春(河北建材职业技术学院)

张修身(陕西铁路工程职业技术学院)

张晓丹(河北工业职业技术学院)

李中秋(河北交通职业技术学院)

李家春(北京农业职业技术学院)

杨太生(山西建筑职业技术学院)

杨家其(四川交通职业技术学院)

肖伦斌(绵阳职业技术学院)

邹德奎(哈尔滨铁道职业技术学院)

闵 涛(湖南交通职业技术学院)

陈志敏(人民交通出版社)

罗 斌(湖南工程职业技术学院)

侯洪涛(济南工程职业技术学院)

战启芳(石家庄铁道职业技术学院)

钟汉华(湖北水利水电职业技术学院)

曹明东(徐州建筑职业技术学院)

黄国斌(徐州建筑职业技术学院)

蒋晓燕(浙江广厦建设职业技术学院)

韩家宝(哈尔滨职业技术学院)

詹亚民(湖北城建职业技术学院)

蔡 东(广东建设职业技术学院)

谭 平(北京京北职业技术学院)

### 顾问

杨嗣信(北京双圆工程咨询监理有限公司)

谢建民(中国广厦控股集团)

侯君伟(北京建工集团)

陈德海(北京广联达软件技术有限公司)

### 秘书处

邵 江(人民交通出版社)



## 高职高专土建类专业规划教材出版说明

近年来我国职业教育蓬勃发展,教育教学改革不断深化,国家对职业教育的重视达到前所未有的高度。为了贯彻落实《国务院关于大力发展职业教育的决定》的精神,提高我国土建领域的职业教育水平,培养出适应新时期职业需要的高素质人才,人民交通出版社深入调研,周密组织,在全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会的热情鼓励和悉心指导下,发起并组织了全国四十余所院校一大批骨干教师,编写出版本系列教材。

本套教材以《高等职业教育土建类专业教育标准和培养方案》为纲,结合专业建设、课程建设和教育教学改革成果,在广泛调查和研讨的基础上进行规划和展开编写工作,重点突出企业参与和实践能力、职业技能的培养,推进教材立体化开发,鼓励教材创新,教材组委会、编审委员会、编写与审稿人员全力以赴,为打造特色鲜明的优质教材做出了不懈努力,希望以此能够推动高职土建类专业的教材建设。

本系列教材先期推出建筑工程技术、工程监理和工程造价三个土建类专业共计四十余种主辅教材,随后在2—3年内全面推出土建大类中7类方向的全部专业教材,最终出版一套体系完整、特色鲜明的优秀高职高专土建类专业教材。

本系列教材适用于高职高专院校、成人高校及二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校的土建类各专业使用,也可作为相关从业人员的培训教材。

人民交通出版社

2007年1月

## 前 言

建筑施工技术是建筑工程技术专业和土建类其他相关专业的一门主要职业技术课程。它在培养学生独立分析和解决建筑工程施工中有关施工技术问题的基本职业能力方面,起着重要的作用。

建筑施工技术是一门研究建筑工程施工中各建筑物(构筑物)和其主要分部、分项工程的施工技术、工艺和方法的基本规律的学科。由于它涉及面广、实践性强、综合性强、发展快,必须紧密结合工程实际,综合运用本专业的基础理论和近代科学技术的成果,重点讲授一些基本的和重要的内容。一些操作性较强的内容,则主要是通过生产实践、现场教学、教学参观等教学环节进行。

本书是根据建设部颁“建筑施工技术”课程的教学大纲编写的,本教材突出高等职业教育特点,所编内容以“理论知识够用为度,重在实践能力、动手能力的培养”,面向生产第一线的应用型人才。本书注重理论联系实际,解决实际问题,既保证全书的系统性和完整性,又体现内容的先进性、实用性、可操作性,便于案例教学,实践教学。

本教材由危道军、李进主编,程红艳、史国丽副主编。第一、五章由湖北城市建设职业技术学院危道军编写,第二章由湖北城市建设职业技术学院程红艳编写,第三章由广东建设职业技术学院谢祥富编写,第四、六、八章由山西建筑职业技术学院史国丽编写,第七章由湖北城市建设职业技术学院李红编写,第九、十、十一章由济南工程职业技术学院李进编写。全书由危道军教授统稿并定稿。由浙江广厦建设职业技术学院谢建民和北京建工集团侯君伟担任主审。

本书在编写过程中,参考了《建筑施工》、《建筑技术》、《建筑施工技术》等杂志和书籍,在此,特表示衷心的感谢!并对为本书付出辛勤劳动的编辑同志表示衷心感谢!

由于我们的水平有限,加之时间仓促,错误之处在所难免,我们恳切地希望广大读者批评指正,并表示衷心的感谢!

# 目 录

## MULU

第一章 绪论	1
第二章 土方工程	5
第一节 概述	5
第二节 土方工程量的计算与调配	10
第三节 土方边坡与深基坑支护	25
第四节 土方施工排水	42
第五节 土方机械化施工	57
第六节 土方填筑与压实	74
第七节 土方开挖	79
第八节 土方工程常见的质量事故及防治	86
第九节 土方工程质量标准与安全技术	90
第十节 深基坑信息化施工简介	91
第十一节 土方工程施工方案实例	94
本章小结	99
复习思考题	100
综合练习题	101
第三章 地基处理与桩基工程	102
第一节 地基处理	102
第二节 桩基础工程	117
第三节 桩基工程施工方案实例	162
本章小结	164
复习思考题	165
第四章 砌筑工程	166

## 建筑施工技术

第一节	脚手架及垂直运输设施	166
第二节	砌筑材料	179
第三节	砌筑施工	181
第四节	砌筑工程常见的质量事故及处理	191
第五节	砌筑工程的质量及安全技术	191
第六节	砌筑工程施工方案实例	193
	本章小结	195
	复习思考题	196
<b>第五章</b>	<b>钢筋混凝土工程</b>	197
第一节	模板工程	198
第二节	钢筋工程	219
第三节	混凝土工程	240
第四节	混凝土预制构件及新型混凝土施工	263
第五节	钢筋混凝土工程施工的安全技术	268
第六节	钢筋混凝土工程施工方案实例	271
	本章小结	273
	复习思考题	275
	综合练习题	276
<b>第六章</b>	<b>预应力混凝土工程</b>	278
第一节	先张法	279
第二节	后张法	285
第三节	无黏结预应力混凝土施工工艺	299
第四节	电热法	301
第五节	预应力混凝土质量检查与安全措施	304
第六节	预应力混凝土工程施工方案实例	310
	本章小结	313
	复习思考题	313
	综合练习题	314
<b>第七章</b>	<b>结构安装工程</b>	316
第一节	起重机具	317
第二节	单层工业厂房结构安装	332



第三节	多层房屋结构安装	354
第四节	结构安装的质量要求及安全措施	363
第五节	结构安装工程施工方案实例	366
本章小结		372
复习思考题		373
综合练习题		373
<b>第八章</b>	<b>防水工程</b>	374
第一节	屋面防水工程	375
第二节	地下防水工程	387
第三节	卫生间防水施工	397
第四节	防水工程常见的质量事故及处理	400
第五节	防水工程施工方案实例	407
本章小结		409
复习思考题		410
<b>第九章</b>	<b>装饰工程</b>	411
第一节	抹灰工程	412
第二节	门窗工程	420
第三节	吊顶与隔墙工程	427
第四节	饰面工程	434
第五节	地面工程	442
第六节	幕墙工程	453
第七节	涂饰工程	459
第八节	裱糊工程	466
本章小结		469
复习思考题		469
<b>第十章</b>	<b>季节性施工</b>	471
第一节	冬期施工	471
第二节	雨季施工	500
第三节	冬季与雨季施工的安全技术	503
本章小结		504
复习思考题		504



<b>第十一章 钢结构工程</b> .....	505
<b>第一节 钢桁架</b> .....	505
<b>第二节 薄壁型钢屋架</b> .....	509
<b>第三节 网架结构</b> .....	519
<b>第四节 钢结构的质量要求与施工安全</b> .....	524
<b>本章小结</b> .....	526
<b>复习思考题</b> .....	526
<b>参考文献</b> .....	527

# 第一章 绪论

## 一 建筑施工技术课程的研究对象和任务

建筑业作为国民经济的支柱产业,在国家建设与发展和小康社会建设中占据着举足轻重的地位。一方面从投资来看,国家用于建筑安装工程的资金,约占建设投资总额的60%左右。另一方面,建筑业的发展对其他行业起着重要的促进作用,它每年要消耗大量的钢材、水泥、地方性建筑材料和其他国民经济部门的产品;同时建筑业的产品又为人民生活和其他国民经济部门提供服务,为国民经济各部门的扩大再生产创造必要的条件。建筑业提供的国民收入也居国民经济各部门的前列。

一栋建筑物或一个建筑群的施工是一个复杂的过程,它是由许多分部工程(土石方工程、砌筑工程、混凝土结构工程、结构吊装工程、装饰工程等)组成的。而每一个分部工程的施工,都可以采用不同的施工方案、不同的施工技术和机械设备、不同的劳动组织和施工组织方法来完成。如何根据施工对象的特点和规模、地质水文和气候条件、机械设备和材料供应等客观条件,从运用先进技术、提高经济效益出发,做到技术和经济统一,通过对建筑工程主要工种施工的施工工艺原理和施工方法及保证工程质量和施工安全措施的研究,选择最经济、最合理的施工方案,保证工程质量和安全,保证工程按期完成。这便是本课程研究的对象。

根据上述的研究对象,本课程的任务就是根据专业培养目标的要求,使学生了解我国的建设方针和政策以及各项具体的技术经济规范,了解建筑施工领域国内外的新技术和发展动态,掌握分部分项工程和单个建筑物施工方案的选择,具有独立分析和解决建筑施工技术问题的初步能力,并为今后进一步学习有关的知识打下基础。



## 我国建筑施工技术发展概况

我国是一个历史悠久和文化发达的国家,在世界科学文化的发展史上,有过极为卓越的贡献,在建筑技术方面,我国同样有巨大的成绩。如殷代用木结构建造的宫室,秦朝修筑的万里长城,唐代的山西五台山佛光寺大殿,辽代修建的山西应县 66m 高的木塔及北京故宫建筑,都说明了当时我国的建筑技术已达到了相当高的水平。

新中国建立后,随着社会主义建设事业的发展,我国的建筑业也得到了不断的发展和提高。我国的施工力量由 1949 年初的 20 万人左右,发展到 3000 万人以上,成为一支有较高技术水平的施工队伍。建筑安装企业完成的工作量逐年提高,第一个五年计划完成仅 550 亿元。进入 20 世纪 90 年代,由于改革开放我国国民经济进入快速发展期,每年的建设投资都在 3 万亿元以上。进入 21 世纪,西部大开发,西气东输、西电东送、南水北调以及东部沿海的一些巨大工程的相继开展,加上为改善人民居住条件的房地产行业和城市建设的快速发展,使我国的建设投资逐年增长。

2 \

几十年来,我国的建筑业成果辉煌。解放初期为恢复生产力,我国建设了鞍山钢铁公司、长春汽车厂等一千多个规模宏大的工矿企业。1958~1959 年在北京建设了人民大会堂、北京火车站、中国历史博物馆等结构复杂、功能完备、装修标准高的十大建筑。改革开放以后,我国建设了上海宝山钢铁总公司,扬子、齐鲁、大庆、上海等大型乙烯工程,秦山、大亚湾、岭澳和连云港核电站,全国各地众多的新技术开发区,北京国家大剧院、上海大剧院、上海东方明珠电视塔、上海东方艺术中心等文化设施,北京亚运村和上海八万人体育场、北京奥运会工程等体育设施,首都国际机场、上海浦东国际机场和全国各地新建机场等公共设施,上海金茂大厦、深圳地王商业大厦、广州中天广场等一大批超高建筑,以及正在建设的北京奥运会和上海世博会设施、跨长江和跨海的大桥、各地的地铁工程等,都集中体现出我国建筑施工已达到很高的水平,有些已达到或领先国际水平。

在建筑施工技术方面,改革开放尤其是近十多年进步很快。不仅掌握了大型工业建筑、多高层民用建筑与公共建筑施工的成套技术,而且在地基处理和基础工程施工中推广了钻孔灌注桩、旋喷桩、挖孔桩、振冲法、深层搅拌法、强夯法、地下连续墙、土层锚杆、“逆作法”施工等新技术。在现浇钢筋混凝土模板工程中推广应用了爬模、滑模、台模、筒子模、隧道模、组合钢模板、大模板、早拆模板体系,粗钢筋连接应用了电渣压力焊、钢筋气压焊、钢筋冷挤压连接、钢筋锥螺纹连接、各种钢筋直螺纹连接等行进连接技术,混凝土工程采用了泵送混凝土、喷射

混凝土、高强高效混凝土以及混凝土制备和运输的机械化、自动化设备。在预制构件方面,不断完善了挤压成型、热拌热模、立窑和折线形隧道窑养护等技术。在预应力混凝土方面,采用了无黏结工艺和整体预应力结构,推广高效预应力混凝土技术,使我国预应力混凝土的发展从构件生产阶段进入了预应力结构生产阶段。在钢结构方面,采用了高层钢结构技术、空间钢结构技术、轻钢结构技术、钢—混凝土组合结构技术、高强度螺栓连接与焊接技术和钢结构防护技术。在大型结构吊装方面,随着大跨度结构与高耸结构的发展,创造了一系列具有中国特色的整体吊装技术。如集群千斤顶的同步整体提升技术,能把数百吨甚至数千吨的重物按预定要求平稳地整体提升安装就位。在墙体改革方面,利用各种工业废料制成了粉煤灰矿渣混凝土大板、肿胀珍珠岩混凝土大板、煤渣混凝土大板、粉煤灰陶粒混凝土大板等各种大型墙板,同时发展了混凝土小型空心砌块建筑体系、框架轻墙建筑体系、外墙保温隔热技术等,使墙体改革有了新的突破。近年来,激光技术在建筑施工导向、对中和测量以及液压滑升模板操作平台自动调平装置上得到应用,使工程施工精度得到提高,同时又保证了工程质量。另外,电子计算机、工艺理论、装饰材料等方面,也开发和掌握了许多新的施工技术,有力地推动了我国建筑施工技术的发展。

### 三 施工规范与施工规程

建筑工程施工要加强技术管理,贯彻统一的施工验收标准,提高施工技术水平,保证工程质量和安全,降低工程成本。为此,国家颁发了建筑工程施工及验收规范,这些规范是国家的技术标准,是我国建筑科学技术和实践经验的结晶,也是建筑界所有人员应共同遵守的准则。

建筑工程施工常用的施工及验收规范是按工业与民用建筑的分部分项工程分别制订的,如《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2001)、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002)、《砌体工程施工质量验收规范》(GB 50203—2002)、《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002)、《屋面工程施工质量验收规范》(GB 50207—2002)、《建筑地面工程施工质量验收规范》(GB 50209—2002)等。规范对建筑材料及其半成品、成品的质量标准,施工准备,施工质量要求,质量的控制方法和检验方法及施工技术要点等都做了规定。这些规定是保证工程质量的必要条件。

规范中以黑体字标示的条文为强制性条文,必须严格执行。国家建设部负责管理施工质量验收规范和强制性条文的解释,各册的主编单位负责具体技术

内容的解释。随着设计和施工水平的提高,每隔一定时间,须对施工质量验收规范进行相应的修订。

《施工规程(规定)》是比《施工质量验收规范》低一个等级的施工标准文件,多为国家行业标准,它一般由各部、委或重要的科学研究单位编制,呈报规范的管理单位批准或备案后发布试行。它主要是为了及时推广一些新结构、新材料、新工艺而制订的标准,如《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120—99、《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10—95等,有时将设计与施工合并为一册,制订设计与施工规程,如《液压滑升模板工程设计与施工规定》、《高层建筑箱形基础设计与施工规定》等,其内容不尽相同,根据结构与施工工艺特点而定。设计与施工规程(规定)一般包括总则、设计规定、计算要求、构造要求、施工规定和工程验收,有时还附有具体内容的附录。

《施工规程(规定)》中有关质量验收的内容不能与《施工质量验收规范》抵触,如有不同,应以规范为准。

## 本课程的特点和学习要求

4 \

建筑施工技术是一门综合性很强的职业技术课。它与建筑材料、房屋建筑构造、建筑测量、建筑力学、建筑结构、地基与基础、建筑机械、施工组织设计与管理、建筑工程预算等课程有密切的关系。它们既相互联系,又相互影响,因此,要学好建筑施工技术课,还应学好上述相关课程。除此之外,还必须掌握国家颁发的建筑工程施工及验收规范,这些规范是国家的技术标准,更是学生今后工作的准则。

由于本学科涉及的知识面广、实践性强,技术发展迅速,学习中必须坚持理论联系实际的学习方法。除了对课堂讲授的基本理论、基本知识加强理解和掌握外,还应利用幻灯、录像等电化教学手段来进行直观教学,此外应重视习题和课程基本训练、现场教学、生产学习、职业技能训练等实践性教学环节,让学生应用所学施工技术知识来解决实际工程中的一些问题,做到学以致用,达到培养职业能力的目的。

# 第二章

## 土方工程

### 【职业能力目标】

学完本章,你应会

1. 现场鉴别土的种类。
2. 进行边坡的稳定分析,掌握质量事故预防以及根治的方法。
3. 进行土方工程施工方案设计。

### 【学习要求】

1. 了解土方的种类和鉴别,了解常用土石方工程的施工机械性能和选用。
2. 熟悉土坡失稳的原因和产生流砂的原因。
3. 掌握土方的调配和土方的计算方法,掌握土石方工程常见的质量事故的预防措施和根治方法。
4. 了解深基坑支护类型,掌握主要深基坑支护的施工工艺。
5. 掌握土方开挖和回填的方法。

## 第一节 概 述

土方工程是建筑工程施工中主要工种之一。土方工程包括土(或石)的开挖、运输、填筑、平整和压实等主要施工过程,以及排水、降水和土壁支撑等准备工作和辅助工作。



## 土方工程的种类与特点

### 1. 土方工程的种类

常见土方工程的种类有平整场地、挖基坑、挖基槽、挖土方、回填土等。

(1)平整场地:指工程破土开工前,对施工现场厚度 300mm 以内的挖填和找平工作。

(2)挖基槽:指挖土宽度在 3m 以内,且长度大于宽度 3 倍时设计室外地坪以下的挖土。

(3)挖基坑:指挖土底面积在 20 m<sup>2</sup> 以内,且长度小于或等于宽度 3 倍时设计室外地坪以下的挖土。

(4)挖土方:凡不满足上述平整场地、基槽、基坑条件的土方开挖,均为挖土方。

(5)回填土:分夯填和松填。基础回填土和室内回填土通常都采用夯填。

### 2. 土方工程的特点

土石方工程的工程量大,施工工期长,劳动强度大。建筑工地的场地平整,土方工程量可达数百立方米以上,施工面积达数平方千米。高层建筑大型基坑的开挖,有的深达二三十米。

土方工程施工条件复杂,又多为露天作业,受地区气候条件、地质和水文条件的影响很大,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,合理的选择施工方法和机械设备,实行科学管理,对缩短工期、降低工程成本、保证工程质量有很重要的意义。

6、

## 土的工程分类与现场鉴别方法

土的分类方法较多,如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。在土方工程施工中,根据土开挖的难易程度(坚硬程度),将土分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石共 8 类土。前 4 类属一般土,后 4 类属岩石,其分类和现场鉴别方法如表 2-1。

土的工程分类与现场鉴别方法

表 2-1

土的分类	土的名称	坚实系数 $f$	密度 (t/m <sup>3</sup> )	开挖方法及工具
一类土 (松软土)	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



续上表

土的分类	土的名称	坚实系数 $f$	密度 ( $t/m^3$ )	开挖方法及工具
二类土 (普通土)	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 (坚土)	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 (砂砾坚土)	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 (软石)	硬质黏土;中密的页岩、泥灰岩、自主土;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 (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、片麻岩及正长岩	4.0~10.0	2.2~2.9	用爆破方法开挖,部分用风镐
七类土 (坚石)	大理石;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;微风化安山岩;玄武岩	10.0~18.0	2.5~3.1	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、辉绿岩、玢岩、角闪岩	18.0~25.0	2.7~3.3	用爆破方法开挖

注:坚实系数  $f$  为相当于普氏岩石强度系数。

## 土的工程性质

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,三者间比例不同,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。

土的三相物质是混合分布的,为阐述方便,一般用三相图表示(如图 2-1),三相图中把土的固体颗粒、水、空气各自划分开来。