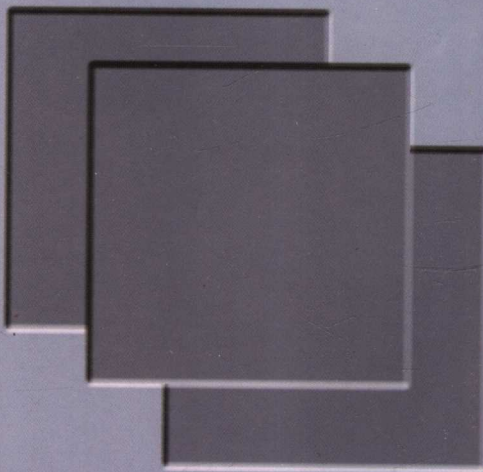




全国高职高专土建类精品规划教材

建筑施工技术

主 编 包永刚 钱武鑫



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

全国高职高专土建类精品规划教材

建筑施工技术

主 编 包永刚 钱武鑫
副主编 周四清 张文义 董 伟
李雪转 宋文学 李新猷



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是《全国高职高专土建类精品规划教材》中的一本。在编写过程中采用了我国最新的设计、施工规范和行业标准,吸取了建筑施工的新技术、新工艺、新方法;其内容的深度和难度按照高等职业教育的特点,着重讲授理论知识在工程实践中的应用,培养学生的实践能力。全书共分8章,主要内容包括:土方工程、地基处理与桩基工程、砌筑工程、钢筋混凝土工程、预应力钢筋混凝土工程、结构安装工程、防水工程、装饰工程等。

本教材既可作为高等职业教育建筑工程类专业教材,也可作为其他层次职业教育相关专业教材或供土建工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术/包永刚,钱武鑫主编. —北京:中国水利水电出版社,2007

全国高职高专土建类精品规划教材

ISBN 978-7-5084-4425-3

I. 建… II. ①包…②钱… III. 建筑工程—工程施工—施工技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TU74

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第024287号

书 名	全国高职高专土建类精品规划教材 建筑施工技术
作 者	主编 包永刚 钱武鑫
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 17.75印张 421千字
版 次	2007年3月第1版 2007年3月第1次印刷
印 数	0001—4100册
定 价	27.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

教育部在《2003—2007 年教育振兴行动计划》中提出要实施“职业教育与创新工程”，大力发展职业教育，大量培养高素质的技能型特别是高技能人才，并强调要以就业为导向，转变办学模式，大力推动职业教育快速发展。高职高专教育的人才培养模式应体现以培养技术应用能力为主线 and 全面推进素质教育的要求。教材是体现教学内容和教学方法的知识载体，进行教学活动的基本工具；是深化教育教学改革，保障和提高教学质量的重要支柱和基础。因此，教材建设是高职高专教育的一项基础性工程，必须适应高职高专教育改革与发展的需要。

为贯彻这一思想，中国水利水电出版社计划出版高职高专系列精品规划教材。在继 2004 年 8 月成功推出《全国高职高专电气类精品规划教材》和 2005 年 8 月成功推出《全国高职高专水利水电类精品规划教材》后，2006 年 3 月，中国水利水电出版社组织全国性的教材研讨会，全国 14 家高职高专院校共同研讨土木建筑专业高职高专教学的目前状况、特色及发展趋势，启动《全国高职高专土建类精品规划教材》的编写和出版工作。

《全国高职高专土建类精品规划教材》是为适应高职高专教育改革与发展的需要，以培养技术应用性的高技能人才的系列教材。为了确保教材的编写质量，参与编写人员都是经过院校推荐、编委会答辩并聘任的，有着丰富的教学和实践经验，其中主编都有编写教材的经历。教材较好地贯彻了建筑行业新的法规、规程、规范精神，反映了当前新技术、新材料、新工艺、新方法和相应的岗位资格特点，体现了培养学生的技术应用能力和推进素质教育的要求，具有创新特色。同时，结合教育部两年制高职教育的试点推行，编委会也对各门教材提出了满足这一发展需要的内容编写要求，可以说，这套教材既能够适应三年制高职高专教育的要求，也适应了两年制高职高专教育培养目标的要求。

《全国高职高专土建类精品规划教材》的出版，是对高职高专教材建设的一次有益探讨，因为时间仓促，教材可能存在一些不妥之处，敬请读者批评指正。

《全国高职高专土建类精品规划教材》编委会

2006 年 11 月

前 言

《建筑施工技术》是建筑工程技术专业理论与实践紧密结合的主要职业技术课程之一,它主要研究建筑工程各工种工程的施工工艺和施工方法。

本书是根据教育部《关于加强高职高专人才培养工作意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,依据高职建筑工程类专业指导教学计划及教学大纲组织编写的。在编写过程中,努力体现高等职业教育教学特点,力求理论联系实际,综合运用有关学科的基本理论和知识,注重实践能力的整体培养,精选内容,在阐述建筑施工技术的基本理论、各工种施工工艺、施工方法和技术措施的同时,突出针对性和实用性,并结合 2002 年更新后的规范对各主要工种的施工工艺、施工技术和方法按新规范作了相应的修改,强调了保证施工质量、安全生产的措施。同时,还适当照顾了不同地区的特点和要求,力求反映建筑施工的新技术、新工艺、新方法。

本书由华北水利水电学院水利职业学院包永刚、福建水利电力职业技术学院钱武鑫主编。参加本书编写的有:包永刚(绪论、第 1 章)、钱武鑫(第 4 章)、湖南水利水电职业技术学院周四清(第 5 章)、广东水利电力职业技术学院张文义(第 7 章)、湖北水利水电职业技术学院董伟(第 2 章)、山西水利职业技术学院李雪转(第 6 章)、安徽水利水电职业技术学院宋文学(第 3 章)、南昌工程学院李新猷(第 8 章)。全书由包永刚统稿并校订。

本书在编写过程中引用了大量的规范、专业文献和资料,在本书中未一一注明出处,在此对有关作者深表感谢;并对所有支持和帮助本书编写的人员表示谢意。

限于编者的水平,书中难免存在不足之处,恳切希望广大读者批评指正。

编 者

2006 年 12 月

目 录

序

前言

绪论	1
0.1 《建筑施工技术》课程的研究对象和主要内容	1
0.2 《建筑施工技术》课程的特点和教学目标	1
0.3 我国建筑施工技术的发展概况	2
0.4 建筑施工规范与规程	4
第1章 土方工程	5
1.1 土的分类与工程性质	5
1.2 土方量计算	9
1.3 土方边坡与土壁支护	13
1.4 降水	21
1.5 土方工程机械化施工	33
1.6 土方的填筑与压实	38
1.7 土方工程质量验收与安全技术	41
小结	43
思考题	43
习题	44
第2章 地基处理与桩基工程	45
2.1 地基处理	45
2.2 桩基础工程	56
小结	76
思考题	76
第3章 砌筑工程	77
3.1 脚手架工程	77
3.2 砌筑材料	88
3.3 砖砌体施工	90
3.4 其他砌体施工	96
3.5 砌筑工程冬雨期施工	103
3.6 砌筑工程的施工质量验收与安全技术	105
小结	106
思考题	107

第 4 章 钢筋混凝土工程	108
4.1 模板工程	109
4.2 钢筋工程	122
4.3 混凝土工程	136
4.4 钢筋混凝土工程的安全技术	153
小结	154
思考题	154
习题	155
第 5 章 预应力混凝土工程	157
5.1 先张法	157
5.2 后张法	165
5.3 无粘结预应力混凝土	175
5.4 整体预应力结构施工	177
小结	180
思考题	180
第 6 章 结构安装工程	181
6.1 索具设备	181
6.2 起重机械	184
6.3 单层工业厂房安装	191
6.4 多层装配式框架结构安装	207
6.5 结构安装工程的施工质量验收与安全技术	211
小结	212
思考题	213
习题	213
第 7 章 防水工程	215
7.1 防水工程的基本知识	215
7.2 屋面防水工程	223
7.3 地下防水工程	233
7.4 防水工程施工质量验收与安全技术	241
小结	242
思考题	243
第 8 章 装饰工程	244
8.1 抹灰工程	244
8.2 饰面工程	250
8.3 楼地面工程	255
8.4 涂料、裱糊工程	261
8.5 吊顶、隔墙、门窗工程	268
小结	276
思考题	277
参考文献	278

绪 论

0.1 《建筑施工技术》课程的研究对象和主要内容

0.1.1 《建筑施工技术》课程的研究对象

建筑物的施工从基础工程、主体工程到装饰工程等是一个复杂的过程。为了便于组织施工，通常将建筑物划分为若干分部和分项工程（如土方工程、砌体工程、钢筋混凝土工程、装饰工程等分部工程）。每一个分部分项工程的施工，根据不同的施工环境和工程特点，可以采用不同的施工方案、施工方法、选择不同的施工机械设备，以及不同的劳动组织和施工组织来完成。《建筑施工技术》就是以建筑施工中各分部分项工程为对象，研究其在不同施工条件下的施工工艺原理和施工方法等施工规律，运用先进施工技术，选择经济合理的施工方案和施工方法，保证工程质量和施工安全，做到技术与经济的统一。

0.1.2 《建筑施工技术》课程的主要内容

一般建筑工程按照工程部位及施工的先后次序划分，包括地基与基础工程、主体结构工程、建筑屋面工程及建筑装饰装修工程等四个分部的内容。按照施工工种不同划分，包括土方工程、深基础工程、砌筑工程、钢筋混凝土工程、预应力钢筋混凝土工程、结构安装工程、防水工程和装饰工程等八个分部的内容。

0.2 《建筑施工技术》课程的特点和教学目标

0.2.1 《建筑施工技术》课程的特点

建筑施工技术课程是建筑工程技术专业的一门主干专业课，是结合理论与实践的一门应用型课程。具有以下主要特点。

1. 综合性强

建筑施工技术课程与许多专业基础及专业课程联系紧密（如工程力学、工程测量、建筑材料、建筑机械、电工学、地基与基础、钢筋混凝土结构、砌体结构、钢结构、建筑施工组织与管理等）。涉及的知识面广，对其他课程的依赖性强。

2. 实践性强

建筑施工技术课程的内容与工程实践联系密切。课程内容来源与实际工程，又可直接用于解决实际工程问题，在实践中得到创新。

3. 技术发展快

由于建筑施工技术课程具有综合性和实践性强的特点，建筑工程领域相关学科的发展和施工工艺、施工方法的创新，都会推动建筑施工技术的发展。近几年，建筑工程方面的新材料、新工艺、新技术不断推陈出新，每年都有大批重点推广科技项目应用于工程实践工程中。



0.2.2 《建筑施工技术》课程的教学目标

针对建筑施工技术课程的特点,在教学中应采取相应的措施,满足以下教学目标要求。

1. 实用性要求

即通过对建筑施工技术各工种工程施工工艺原理和施工方法的学习,使学生具备分析处理施工技术问题的基本知识,能够在毕业后尽快或直接应用于实际工程中。针对此项目标,要求教师首先应具备丰富的工程实践经验;在教学中,满足理论知识教学的同时,应注重与现行建筑工程施工及验收规范、技术标准的结合,组织现场教学或利用幻灯、录像等进行直观教学,加强工种实习、生产实习、毕业实习、技能训练等实践性教学环节。

2. 理论性要求

即培养学生具有较高的综合理论水平,在掌握施工技术知识的同时,能够结合相关的理论知识指导实际工程施工。针对此项目标,要求教师对本专业的综合理论知识掌握全面,要求学生具有良好的专业基础,同时,应注重相关课程的知识衔接,开设顺序,避免课程内容的重复、遗漏和次序不当。

3. 先进性要求

即在教学过程中,教师应不断吸取和收集本行业的先进技术,尽量多地让学生了解当前先进的施工工艺和施工技术,拓展专业知识面,以更好地适应工程实践的要求。

0.3 我国建筑施工技术的发展概况

从古至今,我国在建筑施工技术方面都具有很高的水平。如殷商时代的夯实地基技术、木结构的宫室建筑,秦代的砌筑技术、万里长城,北魏时期的云冈石窟、悬空寺、嵩岳寺塔,唐朝大规模的城市建筑、宫殿建筑,宋、辽、金时期的卢沟桥、应县木塔、北京故宫建筑,以及北宋的《营造法则》、清朝的《工部工程做法则例》等,充分显示了我国古代建筑技术的水平。中华人民共和国成立以后,鞍山钢铁公司、长春汽车制造厂、北京人民大会堂、北京火车站、中国历史博物馆、上海宾馆、广州白天鹅宾馆等一大批结构复杂、规模巨大、功能要求严格、装饰标准高的大型建筑和具有现代化的高层建筑,都标志着我国的建筑施工技术已进入了一个新的时期。特别是在20世纪80年代以后,随着社会主义经济建设的发展,我国的建筑施工技术也得到了不断的发展和提高,已具备了大型工业建筑和多层、高层民用与公共建筑施工的成套技术。如地基处理技术、砖石工程技术、各种模板体系、各种混凝土技术、钢筋加工技术、预应力混凝土技术、大型装配式结构安装技术、防水工程技术、装饰工程技术、冬雨季施工技术等。具体表现如下。

1. 地基处理和基础工程

(1) 地基处理方面。推广使用了压(夯)密固结法、换埋垫层法、注浆加固法和加筋复合法等四种体系。

(2) 基础工程方面。推广使用了钻孔灌注桩、高压旋喷桩、挖孔桩、夯扩桩及静力压桩等多种桩基础施工技术,最大直径可达3m,最大深度可达100m。

(3) 基坑支护方面。推广使用了横撑式、重力式水泥土挡墙、土层锚杆、土钉支护、



“逆作法”等施工技术。并在 1999 年首次颁布了《建筑基坑支护技术规程》(JG120—1999)。目前,最大支护深度达 41m (如北京国家大剧院工程基坑支护)。

2. 钢筋混凝土工程

(1) 模板工程。发展了组合式模板(钢模、胶合板、钢木组合等),推广使用了滑模、台模、爬模、筒子模、隧道模、大钢模板及早拆模板体系等。

(2) 钢筋工程。在热轧钢筋方面,研制并推广了具有强度高、韧性好、锚固性强的冷轧带肋钢筋;对于粗钢筋的连接技术,由传统的闪光对焊、电弧焊、点焊等连接方法发展并推广了电渣压力焊、气压焊以及钢筋冷压连接、锥螺纹和直螺纹机械连接等先进的连接技术。

(3) 混凝土工程。随着预拌、高强、高性能混凝土的推广应用,混凝土工程采用了泵送混凝土、喷射混凝土以及混凝土制备和运输的机械化和自动化。在预制混凝土构件方面,不断完善了挤压成型、热拌热模、立窑养护等技术。

3. 预应力混凝土工程

在预应力混凝土技术方面,随着大吨位锚固体系与张拉设备的开发与完善,无粘结预应力技术、预埋波纹管技术和整体预应力结构的采用,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。特别是高强度、低松弛钢绞线的强度(1860MPa)已达国际先进水平。目前,预应力混凝土技术已广泛应用于实际工程中。如上海东方明珠电视塔(高 468m,居世界第三)、北京中央电视塔(高 405m,居世界第五)以及北京西客站 45m 跨的钢桁架门楼。

4. 钢结构工程

在钢结构方面,采用了高层钢结构技术、大跨度空间钢结构技术、轻型钢结构技术和钢—混凝土组合结构技术,以及高强螺栓连接与焊接技术、螺柱焊与自动螺纹连接技术、钢结构防护技术等。

5. 结构吊装工程

随着大跨度结构、大空间结构的发展,结构构件的安装技术也有了创造性的发展。目前,我国采用的集群千斤顶同步整体提升技术,已达世界先进水平。此项技术能够将千吨以上的重物整体提升安装就位。如北京西客站 45m 跨的钢桁架门楼,总重量 1818t。

6. 防水工程

近年来,我国建筑防水材料发展迅速,高聚物改性沥青材料、合成高分子材料、水泥基防水涂料及各种堵漏、止水材料已在各类防水工程中得到广泛应用,复合防水、多层防水和防排结合等防水施工技术已日趋完善。

7. 装饰工程

随着人们对居住环境和功能要求的不断提高,在装饰工程中,出现了大量的新材料、新工艺和新技术。如镶贴技术中大块料饰面板材的干挂和挂贴工艺与技术,玻璃幕墙安装技术,各种龙骨与饰面板的安装技术等。

8. 建筑节能与墙改技术

根据《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ26—1995)的要求,推广采用了各种轻质混凝土大型墙板、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、节能保温门窗技术等建筑节能和墙改技术。使我国的建筑节能技术逐步向着实施阶段发展。

另外,激光技术、计算机技术等也逐步应用于建筑施工技术中,使工程施工的精度得到了很大提高,保证了工程质量,有力推动了我国建筑施工技术的发展。但是,我国在机械化施工技术水平和微机系统在施工技术中的应用等方面,与发达国家相比还有很大差距,仍需要继续探索和努力。

0.4 建筑施工规范与规程

建筑施工规范一般以“施工质量验收规范”或“施工及验收规范”的形式表示,是为了提高建筑施工技术水平,保证工程质量,对施工技术质量要求所做的一系列规定,是由国务院有关部委根据科学的建筑工程技术和实践经验的综合成果,经有关方面综合研究、分析、协商一致后制订的国家标准。

建筑施工质量验收规范通常按照分部工程分别制订,对建筑材料、成品与半成品的质量标准和技术条件,以及施工准备工作、施工工艺要求、施工技术要点、质量检查方法和质量检验标准等均作了具体、明确的规定。因此,凡新建、改建、修复工程,在设计、施工和竣工验收时,均应严格遵守相应的施工质量验收规范。

建筑施工规程是比规范低一个等级的施工标准文件,一般由各部委或重要的科研单位编制,报送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、新技术而制订的标准,有时将设计与施工合并为一册,如网架结构设计施工规程、中型砌块建筑设计与施工规程等。

施工规程的内容不能与施工规范抵触,如有不同,应以规范为准。对于规范和规程中有关条目的解释,由其发布通知中指定的单位负责。随着建筑工程科学技术的发展,规范与规程每隔一定时间须作修订。如在2001年以来,我国《建筑工程施工质量验收规范》已修订了《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB50300—2001)、《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202—2002)、《砌体工程施工质量验收规范》(GB50203—2002)、《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB50204—2002)、《钢结构工程施工质量验收规范》(GB50205—2002)、《木结构工程施工质量验收规范》(GB50206—2002)、《屋面工程施工质量验收规范》(GB50207—2002)、《地下防水工程质量验收规范》(GB50208—2002)、《建筑地面工程施工质量验收规范》(GB50209—2002)、《建筑装饰装修工程工质量验收规范》(GB50210—2002)等15册。

第1章 土方工程

学习目标

知识点：土方工程的基本知识，土方量的计算，土方机械化施工和土方填筑与压实以及土方边坡与土壁支护、降水工程等。

目标：掌握土壁支护的原理、方法和适用范围，轻型井点降水的设计与施工方法，土方填土压实的方法和检查以及土方量的计算方法；熟悉土方工程分类、土方边坡和土方工程机械化施工；了解土方工程的施工特点，土的分类与工程性质，以及土方工程的质量验收和安全技术要求。

1.1 土的分类与工程性质

1.1.1 土方工程的分类与施工特点

1. 土方工程分类

根据土方工程施工内容和方法的不同，常见的土方工程有：场地平整、基坑（槽）与管沟开挖、人防工程及地下建筑物的土方开挖和土方填筑等主要施工过程，以及施工场地清理，排水、降水和土壁支护等准备工作与辅助工作。

一般按照开挖和填筑的几何特征不同可分为以下五种。

- (1) 场地平整：是指挖、填平均厚度不大于 300mm 的挖填或找平等土方施工过程。
- (2) 挖基槽：是指开挖宽度不大于 3m，且长宽比不小于 3 的土方开挖过程。
- (3) 挖基坑：是指开挖底面积不大于 20m^2 ，且长宽比小于 3 的土方开挖过程。
- (4) 挖土方：是指山坡切土或场地平整挖填厚度大于 300mm、基槽开挖宽度大于 3m、基坑开挖底面积大于 20m^2 的土方开挖过程。
- (5) 回填土：一般指基础回填土和房心回填土，可分为松填和夯填。

2. 土方工程的施工特点

(1) 工程量大、工期长、劳动强度大。大型建筑项目的场地平整，其施工面积可达数十平方公里，土方量达数百万立方米；大型基坑的开挖，有的深度达 20 多米。

(2) 施工条件复杂。土方工程施工多为露天作业，受地质、水文、气候等影响较大，不确定因素多。

(3) 受施工场地限制较大。在地面建筑物稠密的城市中进行土方工程施工，往往由于场地狭窄，周围建筑物较多，土方的开挖与土方的留置存放等均受到施工场地的限制。因此，为了减轻劳动强度，提高劳动生产率，缩短工期，降低工程成本，在组织土方工程施工前，必须根据工程实际条件，认真研究和分析各项技术资料，做好施工组织设计，制定



经济合理的施工及安全方案，选择好施工方法，尽可能采用新技术和机械化施工，实行科学管理，以保证工程质量和较好的经济效果。

1.1.2 土的工程分类与工程性质

1.1.2.1 土的工程分类

土的种类繁多，其分类方法也很多，如根据土的颗粒级配、塑性指数和液性指标、沉积年代、密实度分类等。一般作为建筑物地基的土可分为：岩石、碎石土、砂土、粘性土和特殊土（如淤泥、人工填土等）。

在建筑工程中，按土的开挖难易程度将土分为八类，即：松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石，前四类为土，后四类为岩石。见表 1.1。

表 1.1 土的工程分类与现场鉴别方法

土的分类	土 的 名 称	可松性系数		开挖方法及工具
		K_s	K'_s	
一类土 (松软土)	砂土，粉土，冲积砂土层，种植土，淤泥（泥炭）	1.08~1.17	1.01~1.03	用锹、锄头挖掘，少许用脚蹬
二类土 (普通土)	粉质粘土，潮湿的黄土，夹有碎石、卵石的砂，粉土混卵（碎）石，种植土，填土	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)	软及中等密实粘土，重粉质粘土、砾石土，干黄土及含有碎石、卵石的黄土、粉质粘土，压实的填土	1.24~1.30	1.04~1.07	主要用镐，少许用锹、锄头挖掘，部分用撬杠
四类土 (砂砾坚土)	坚硬密实的粘性土或黄土，含碎石、卵石的中等密实的粘性土或黄土，粗卵石，天然级配砂石，软泥灰岩	1.26~1.32	1.06~1.09	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)	硬质粘土，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	1.30~1.45	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，风化花岗岩、片麻石及正长石	1.30~1.45	1.10~1.20	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	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、辉绿岩、玢岩、角闪岩	1.45~1.50	1.20~1.30	用爆破方法开挖

注 K_s 为最初可松性系数； K'_s 为最终可松性系数。

1.1.2.2 土的工程性质

1. 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，三者相互间比例不同，反应出土的不同物理状态，如干燥、稍湿或很湿，密实或松散等。这些指标是最基本的物理指标，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 (见图 1.1) 表示。

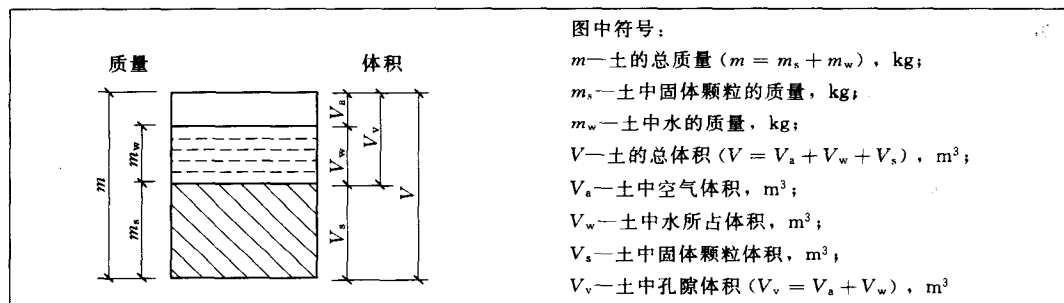


图 1.1 土的三相示意图

2. 土的主要工程性质

土的工程性质对土方工程的施工有着直接影响, 也是进行土方工程施工组织设计必须掌握的基本资料。其主要工程性质包括以下几个方面。

(1) 土的含水量。土的含水量是指土中水的质量与固体颗粒质量的百分比, 用 ω 表示, 即:

$$\omega = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1.1)$$

式中 m_w ——土中水的质量, kg;

m_s ——土中固体颗粒的质量, kg。

土的含水量是反应土干湿程度的重要指标, 一般采用“烘干法”测定。天然土层的含水量变化范围很大, 它与土的种类、埋藏条件及其所处的地理环境等有关。

(2) 土的天然密度和干密度。土在天然状态下单位体积的质量称为土的天然密度 (简称密度); 单位体积中土的固体颗粒的质量称为土的干密度。表达式分别为:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.2)$$

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1.3)$$

式中 ρ 、 ρ_d ——土的天然密度和干密度, kg/m^3 ;

m ——土的总质量, kg;

m_s ——土中固体颗粒的质量, kg;

V ——土的天然体积, m^3 。

(3) 土的孔隙比和孔隙率。孔隙比和孔隙率反映了土的密实程度, 其值越小, 土越密实。

孔隙比 e 是土的孔隙体积 V_v 与固体体积 V_s 的比值, 用下式表示:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (1.4)$$

孔隙率 n 是土的孔隙体积 V_v 与总体积 V 的比值, 用百分率表示:

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \quad (1.5)$$



(4) 土的可松性。土的可松性是指天然土经开挖后，内部组织破坏，其体积因松散而增加，以后虽经回填压实，仍不能恢复其原来体积的性质。土的可松性程度一般用可松性系数表示，即：

$$\text{最初可松性系数: } K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1.6)$$

$$\text{最终可松性系数: } K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1.7)$$

式中 K_s 、 K'_s ——土的最初、最终可松性系数；

V_1 ——土的天然体积， m^3 ；

V_2 ——开挖后土的松散体积， m^3 ；

V_3 ——回填压实后土的体积， m^3 。

土的可松性与土质有关，各类土的可松性系数见（表 1.1）。在土方工程施工中，土的可松性系数是计算土方开挖工程量、土方运输量和土方调配、回填土预留量的主要参数。

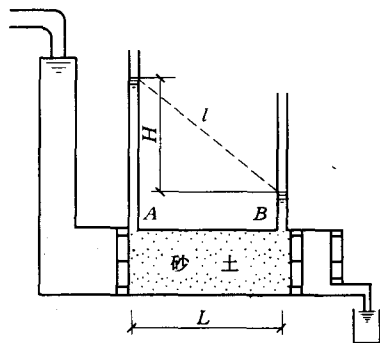


图 1.2 砂土渗透试验

(5) 土的渗透性。土的渗透性是指土体被水透过的性质。土的渗透性一般用渗透性系数表示，即单位时间内水穿透土层的能力，表达式为：

$$K = \frac{v}{I} \quad (1.8)$$

式中 K ——土的渗透性系数， m/d ；

v ——水在土中的渗流速度， m/d ；

I ——土的水力坡度（ $I = H/L$ ， H 为A、B两点的水位差， L 为土层中水的渗流路程，如图 1.2 砂土渗透试验）。

根据土的渗透性不同，可将土分为透水性土（如砂土）和不透水性土（如黏土）。土的渗透性系数是计算降低地下水时涌水量计算的主要参数，它同土的种类、密实程度有关，一般由试验确定，表 1.2 可供参考。

表 1.2 土的渗透系数参考表

土的名称	渗透系数 $K(\text{m/d})$	土的名称	渗透系数 $K(\text{m/d})$
黏土	<0.005	中砂	$5.00 \sim 20.00$
粉质黏土	$0.005 \sim 0.10$	均质中砂	$35 \sim 50$
粉土	$0.10 \sim 0.50$	粗砂	$20 \sim 50$
黄土	$0.25 \sim 0.50$	圆砾石	$50 \sim 100$
粉砂	$0.50 \sim 1.00$	卵石	$100 \sim 500$
细砂	$1.00 \sim 5.00$		



1.2 土方量计算

在土方工程施工之前,必须先计算土方的工程量。但各种土方工程的外形往往很复杂,不规则,要得到精确的计算结果很困难。一般情况下,将其假设或划分为一定的几何形体,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

1. 基坑土方量计算

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(见图 1.3)。即:

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

式中 H ——基坑的开挖深度, m;

A_1 ——基坑的上口面积, m^2 ;

A_2 ——基坑的底面积, m^2 ;

A_0 ——基坑的中截面面积, m^2 。

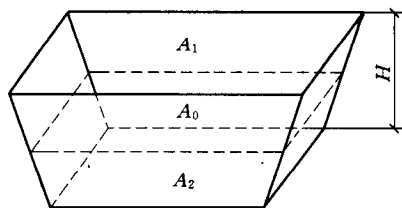


图 1.3 基坑土方量计算

2. 基槽土方量计算

基槽和路堤、管沟的土方量,可沿其长度方向分段后,再按基坑土方量计算方法分别计算各段土方量,汇总得到总土方量。即:

$$V_{\text{槽}} = \sum V_i \quad (1.10a)$$

式中 V_i ——基槽的第 i 段土方量, m^3 。

一般在工程实际中,基槽土方量的计算多按照不同基槽断面,以基槽的长度乘以相应断面面积计算。即:

$$V_{\text{槽}} = \sum L_i A \quad (1.10b)$$

式中 L_i ——基槽所在断面的长度, m;

A ——基槽所在断面的平均断面面积, m^2 。

1.2.2 场地平整土方量计算

场地平整就是将现场天然地面改造成施工所要求的设计平面。首先要确定场地设计标高(通常由设计单位在总图规划和竖向设计中确定),计算挖、填土方工程量,确定土方调配方案;并根据工程现场施工条件、施工工期及现有机械设备条件,选择土方施工机械,拟定施工方案。

场地平整的土方量通常采用方格网法计算。即根据场地设计平面标高和方格网各方格角点的自然地面标高之差,得到相应角点的施工高度(填挖高度),由此计算每一方格的土方量,并计算出场地边坡的土方量,从而求得整个场地的填挖土方量。其计算步骤如下。

1.2.2.1 划分方格网,计算各方格角点的施工高度

根据已有地形图(一般用 1:500 的地形图)将欲平整场地划分成若干个方格网,尽



量与测量的纵、横坐标网对应,方格的边长一般采用20~40m,将相应设计标高和自然地面标高分别标注在方格点的右上角和右下角。将设计地面标高与自然地面标高的差值,即各角点的施工高度(挖或填),填在方格点的左上角,挖方为(-),填方为(+)。各方格角点的施工高度可按下式计算:

$$h_n = H_n - H \quad (1.11)$$

式中 h_n ——各角点的施工高度, m;

H_n ——各角点的设计标高, m;

H ——各角点的自然地面标高, m。

1.2.2.2 计算零点位置

在一个方格网内同时有填方和挖方时,要先算出方格网边上的零点位置,并标注于方格网上,连接零点得到填方区与挖方区的分界线(即零线)。

零点的位置按下式计算(见图1.4):

$$x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} a; \quad x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} a \quad (1.12)$$

式中 x_1 、 x_2 ——角点至零点的距离, m;

h_1 、 h_2 ——相邻两角点的施工高度, m, 均用绝对值;

a ——方格网的边长, m。

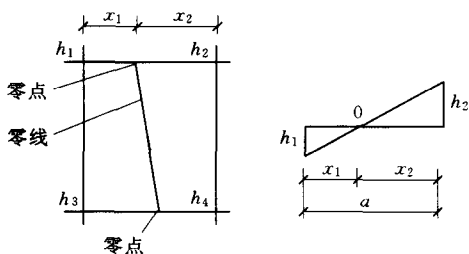


图 1.4 零点位置计算示意图

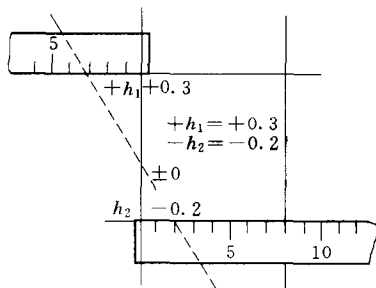


图 1.5 零点位置图解法

在实际工作中,为省略计算,也可采用图解法直接求出零点位置,如图1.5所示,方法是用尺子在各角点上标出相应比例,用尺相连,与方格相交点即为零点位置。这种方法既简便,又可避免计算或查表出现的错误。

1.2.2.3 计算方格土方工程量

方格中土方量的计算有两种方法,即四方棱柱体法和三角棱柱体法。

1. 四方棱柱体的体积计算方法

(1) 方格四个角点全部为挖或全部为填[见图1.6(a)]时,其挖、填方体积为:

$$V = \frac{a^2}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1.13)$$

式中 h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 ——方格四个角点挖或填的施工高度(均取绝对值), m;

a ——方格边长, m。

(2) 方格四个角点中,部分挖方或填方[见图1.6(b)、(c)]时,其挖、填方体积