

全国应用型高等院校（高职高专）土建类“十一五”规划教材

JIANZHU SHIGONG JISHU

建筑施工技术

（建筑工程技术专业适用）

主 编 李洪军 贺 云

副主编 范建洲 杨锦辉 许崇华 葛雪华



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材属全国应用型高等院校（高职高专）土建类“十一五”规划教材，依据我国现行的规程规范，结合院校学生实际能力和就业特点，根据教学大纲及培养技术应用型人才的总目标来编写。本教材充分总结教学与实践经验，对基本理论的讲授以应用为目的，教学内容以必需、够用为度，突出实训、实例教学，紧跟时代和行业发展步伐，力求体现高职高专、应用型本科教育注重职业能力培养的特点。

本教材共分10章，内容包括第1章绪论、第2章土方工程、第3章地基处理与桩基工程、第4章砌筑工程、第5章钢筋混凝土工程、第6章预应力混凝土工程、第7章结构安装工程、第8章防水工程、第9章装饰工程、第10章外墙外保温工程。

本教材图文并茂、深入浅出、简繁得当，可作为高职高专院校、应用型本科院校土建类建筑工程、工程造价、建设监理等专业教材使用；也可作为工程技术人员的参考借鉴；还可作为成人、函授、网络教育、自学考试等参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

建筑施工技术/李洪军，贺云主编．—北京：中国水利水电出版社，2009

全国应用型高等院校（高职高专）土建类“十一五”规划教材．建筑工程技术专业适用

ISBN 978-7-5084-6064-2

I. 建… II. ①李…②贺… 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（2009）第 009587 号

书 名	全国应用型高等院校（高职高专）土建类“十一五”规划教材 建筑施工技术（建筑工程技术专业适用）
作 者	主 编 李洪军 贺 云 副主编 范建洲 杨锦辉 许崇华 葛雪华
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
经 售	电话：（010）63202266（总机）、68367658（营销中心） 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	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 29.25印张 694千字
版 次	2009年2月第1版 2009年2月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	47.00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

编写委员会

主任委员：郭维俊 王皖临 李洪军

副主任委员：王丽玫 王明道 郭大州 薛新强 张新华 杜俊芳

委员：（按拼音先后排序）

安 昶	白香鸽	曹雪梅	常积玉	陈志华	邓智勇
丁纯刚	丁小艳	范建洲	樊松丽	归晓慧	韩 庆
贺 云	侯 捷	计荣利	江传君	李广辉	李松岭
李艳华	李险峰	李学田	李 泽	刘 琦	刘 勇
刘永坤	刘玉芸	刘 云	雒六元	罗秋滚	马光鸿
马守才	暮雪华	彭 颖	皮凤梅	钱 军	覃爱萍
盛培基	汪 辉	王丽英	王 玲	汪 洋	王一举
魏大平	吴春光	邬琦姝	姚艳红	杨锦辉	杨文选
杨晓军	杨晓宁	杨志刚	许崇华	徐凤纯	张国玉
张国珍	张海燕	张 军	张明朗	张彦鸽	张志鹏
赵冬梅	赵书远	赵珍玲	周 巍	庄 森	邹露萍

本册主编：李洪军 贺 云

本册副主编：范建洲 杨锦辉 许崇华 葛雪华

本册参编：王丽玫 李广辉 皮凤梅 钱 军 田晶莹

本册主审：王海超

序

随着我国建设行业的快速发展,建筑行业对专业人才的需求也呈现出多层面的变化,从而对院校人才培养提出了更细致、更实效的要求。我国因此大力发展职业技术教育,大量培养高素质的技能型、应用型人才,教育部也就此提出了实施要求和教改方案。快速发展起来的高等职业教育和应用型本科教育是直接为地方或行业经济发展服务的,是我国高等教育的重要组成部分,应该以就业为导向,培养目标应突出职业性、行业性的特点,从而为社会输送生产、建设、管理、服务第一线需要的专门人才。

在上述背景下,作为院校三大基本建设之一的高等职业及应用型本科教育的教材改革和建设必须予以足够的重视。目前,技术型、应用型教育的办学主体多种多样,各种办学主体对培养目标也各有理解,使用的教材也复杂多样,但总体来讲,相关教材建设还处于探索阶段。

有鉴于此,中国水利水电出版社于2007年组织了全国几十所院校共同研讨土建类高职高专、应用型本科教学的现状、特点和发展,启动了《全国应用型高等院校土建类“十一五”规划教材》的编写和出版工作。

本套教材从培养技术应用型人才的总目标出发编写而成,具有以下特点:

(1) 教材结合当前院校生源和就业特点,以培养“有大学文化水平的能工巧匠”为教学目标来编写。

(2) 教材编写者均经过院校推荐、编委会资格审定筛选而来,均为院校一线骨干教师,具有丰富的教学 and 实践经验。

(3) 教材结合新知识、新技术、新工艺、新材料、新法规、新案例,对基本理论的讲授以应用为目的,教学内容以“必需、够用”为度;在教材的编写中加强实践性教学环节,融入足够的实训内容,保证对学生实践能力的培养。

(4) 教材编写力求周期短、更新快,并建立新法规、新案例等新内容的网上及时更新地址,从而紧跟时代和行业发展步伐,体现高等技术应用型人才的培养要求。

本套教材图文并茂、深入浅出、简繁得当,可作为高职高专院校、应用型本科院校土建类建筑工程、工程造价、建设监理等专业教材使用,其中小

部分教材根据其内容特点明确了适用的细分专业；该套教材亦可作为工程技术人员参考借鉴，也可作为成人、函授、网络教育、自学考试等参考用书。

《全国应用型高等院校土建类“十一五”规划教材》的出版是对高职高专、应用型本科教材建设的一次有益探索，限于编者的水平和经验，书中难免有不妥之处，恳请广大读者和同行专家批评指正。

编委会

2008年5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。它能够培养学生独立分析和解决建筑工程施工中施工技术问题的基本职业能力，对达到工业与民用建筑工程专业的培养目标起到重要作用。

本教材属全国应用型高等院校（高职高专）土建类“十一五”规划教材之一，参照我国现行最新的建筑标准和施工规范，综合职业院校学生的实际能力，根据教学大纲及培养面向第一线的应用型人才的总目标来编写。本教材充分总结教学与实践经验，对基本理论的讲授以应用为目的，所编内容以理论知识必需、够用为度，突出实训、实例教学，强调实践性、实用性，重在实践能力、动手能力的培养，力求体现高职高专注重职业能力培养的特点。

本教材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、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、防水工程、装饰工程、外墙外保温工程等。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。

本教材由李洪军、贺云任主编，范建洲、杨锦辉、许崇华、葛雪华任副主编。第1、6章由日照职业技术学院李洪军编写，第2章由廊坊师范学院建筑工程学院杨锦辉编写，第3、5章由廊坊师范学院建筑工程学院贺云、王丽玫编写，第4章由廊坊师范学院建筑工程学院李广辉、皮凤梅编写，第7章由太原电力高等专科学校范建洲编写，第8章由日照职业技术学院许崇华编写，第9章由泰州职业技术学院钱军编写，第10章由日照职业技术学院田晶莹编写，各章的案例由日照职业技术学院葛雪华编写。全书由李洪军统稿并定稿。由山东科技大学王海超教授担任主审。

本书在编写过程中，参考了众多的书籍、杂志，在此特向其作者表示衷心的感谢！并对为本书付出辛勤劳动的编辑同志表示衷心的感谢！

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

编者

2009年1月

目 录

序 前言

第1章 绪论	1
1.1 课程的研究对象、任务和学习方法	1
1.2 建筑施工技术发展概况	1
1.3 建筑施工规范、规程	2
1.4 建筑施工工序	3
第2章 土方工程	4
2.1 概述	4
2.2 土方工程量的计算和调配	7
2.3 土方边坡与深基坑支护	15
2.4 土方施工排水及降水	29
2.5 土方机械化施工	43
2.6 土方填筑与压实	51
2.7 土方工程季节施工	55
2.8 爆破工程	63
2.9 土方工程常见的质量事故及防治措施	68
2.10 土方工程质量标准与安全技术	71
2.11 土方工程施工方案实例	73
本章小结	76
习题与实训	77
第3章 地基处理与桩基工程	79
3.1 概述	79
3.2 地基处理方法	81
3.3 桩基础工程	103
3.4 工程实践案例	128
本章小结	129
习题与实训	130
第4章 砌筑工程	131
4.1 概述	131
4.2 脚手架	131
4.3 垂直运输设备	139

4.4	砌筑材料	142
4.5	砖砌筑施工	143
4.6	砌块砌筑施工	150
4.7	砌筑工程季节施工	153
4.8	砌筑工程常见的质量事故及处理	157
4.9	砌筑工程的质量及安全技术	158
4.10	砌筑工程施工方案实例	160
	本章小结	163
	习题与实训	163
第5章	钢筋混凝土工程	165
5.1	概述	165
5.2	模板工程	166
5.3	钢筋工程	182
5.4	混凝土工程	207
5.5	钢筋混凝土工程施工的安全技术	236
5.6	钢筋混凝土工程施工方案实例	237
	本章小结	238
	习题与实训	239
第6章	预应力混凝土工程	241
6.1	概述	241
6.2	预应力施工工艺	243
6.3	预应力混凝土质量检查与安全措施	265
6.4	预应力混凝土工程施工方案实例	267
	本章小结	269
	习题与实训	269
第7章	结构安装工程	271
7.1	起重机具	271
7.2	单层工业厂房结构吊装	282
7.3	多层装配式框架结构安装	297
7.4	结构安装的质量要求及安全措施	303
7.5	结构安装工程施工方案实例	306
	本章小结	309
	习题与实训	310
第8章	防水工程	311
8.1	概述	311
8.2	建筑防水的分类与等级	311
8.3	防水材料	313

8.4	屋面防水工程	323
8.5	地下防水工程	334
8.6	卫生间防水工程	342
8.7	防水工程质量控制	346
8.8	防水工程常见的质量事故及处理	350
8.9	防水工程施工方案实例	353
	本章小结	355
	习题与实训	355
第9章	装饰工程	357
9.1	抹灰工程	357
9.2	吊顶与隔墙工程	370
9.3	饰面工程	396
9.4	楼地面工程	405
9.5	涂饰工程	412
9.6	门窗工程	420
9.7	幕墙工程	429
	本章小结	439
	习题与实训	439
第10章	外墙外保温工程	441
10.1	概述	441
10.2	外墙外保温体系的组成	444
10.3	外墙外保温体系的质量要求	445
10.4	外墙外保温施工	447
	本章小结	455
	习题与实训	455
	参考文献	456

第 1 章 绪 论

1.1 课程的研究对象、任务和学习方法

建筑业在国民经济发展中起着举足轻重的作用。从投资角度来看,国家用于建筑安装工程的资金约占基本建设投资总额的 60%。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。目前,不少国家已将建筑业列为国民经济的支柱产业。在我国,随着经济建设的不断发展,改革开放政策的深入贯彻,建筑业的支柱作用也正日益得到发挥。

一栋建筑物的施工是一个复杂的过程,为了便于组织施工,常将建筑物的施工划分为若干分部和分项工程。一般民用建筑按工程的部位和施工的先后次序将一栋建筑物划分为基础工程、主体工程、屋面工程、装饰工程等 4 个分部工程。按施工工种不同分为土石方工程、砌筑工程、钢筋混凝土工程、结构安装工程、屋面防水工程、装饰工程等分项工程。一般一个分部工程由若干不同的分项工程组成,如基础分部是由土石方工程、砌筑工程、钢筋混凝土工程等分项工程组成。

每一个工种工程的施工,都可以采用不同的施工方案、施工技术和机械设备以及不同的劳动组织和施工组织方法来完成。建筑施工技术就是以建筑工程施工中不同工种施工为研究对象,根据其特点和规模,结合施工地点的地质水文条件、气候条件、机械设备和材料供应等客观条件,运用先进技术,研究其施工规律,保证工程质量,做到技术和经济的统一。即通过对建筑工程主要工种的施工工艺原理和施工方法,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,保证工程按期完成。

由于本学科涉及的知识面广、实践性强,而且技术发展迅速,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,还应利用电化教学手段进行直观教学,并应重视习题和课程设计、现场教学、生产学习、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。

1.2 建筑施工技术发展概况

古代,我们的祖先在建筑技术上有着辉煌的成就,如殷代用木结构建造的宫室、秦朝所修筑的万里长城、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。

新中国成立后,随着社会主义建设事业的发展,我国的建筑施工技术也得到了不断的发展和提高。在施工技术方面,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、钢筋锥螺纹连接等先进连接技术,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,不断完善了挤压成形、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,采用了无黏接工艺和整体预应力结构,推广了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、膨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,也掌握和开发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。但是,我国目前的施工技术水平与发达国家的一些先进施工技术相比,还存在一定的差距,特别是在机械化施工水平、新材料的施工工艺及微机系统的应用等方面,尚需加倍努力,加快实现建筑施工现代化的步伐。

1.3 建筑施工规范、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,国家颁布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作了规定。

规范中以黑体字表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不断提高,每隔一定时间,需对施工质量验收规范进行相应的修订。

《施工规程》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研单位编制，呈报规范的管理单位批准或备案后发布试行。主要是为了及时推广一些新结构、新材料、新工艺而制定的标准，如《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—99)、《混凝土泵送施工技术规范》(JGJ/T 10—95)等。设计与施工规程一般包括总则、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。

1.4 建筑施工工序

在建筑施工中，必须坚持建筑施工程序，按照建筑产品生产的客观规律，组织工程施工。只有这样才能加快工程建设速度，保证工程质量和降低工程成本。主要包括：投标、中标获得施工工程、签订工程承包合同；做好施工准备；组织工程施工；竣工验收等4个阶段。

1. 承揽施工工程、签订工程承包合同

建筑施工企业承揽施工工程，在目前经济全球化的市场条件下，是参加投标、中标活动而得到的。同时必须和建设单位签订工程承包合同，明确各自在施工期间的经济责任和需承担的任务，工程合同一经签定，即具有法律效力。

2. 施工准备工作

施工任务落实后，在工程开工之前，应安排一定的施工准备期，做好施工准备工作。

施工准备的主要任务是掌握建设工程的特点、施工进度和工程质量要求，了解施工的客观条件，合理布置施工力量，从技术、物质、人力和组织等方面为建筑施工顺利进行创造必要的条件。

3. 组织工程施工

组织工程施工在整个建筑生产过程中占有极为重要的地位。因为只有通过合理的组织施工，才能最后形成建筑产品。

4. 竣工验收

竣工验收是对建筑产品进行检验评定的重要环节，也是对基本建设成果和投资效果的总检查。所有的建设项目按设计文件要求的内容建成后，均应根据国家有关规定评定质量等级进行竣工验收。验收合格后，方可正式移交建设单位使用。

第2章 土方工程

本章要点

1. 土的分类及其与施工有关的工程性质
2. 场地平整施工中的竖向规划设计、土方量计算、土方调配和施工
3. 基坑开挖施工中的降低地下水位、边坡稳定、支护结构设计和基坑挖土的相关施工内容和方法
4. 土方的填筑和压实
5. 爆破施工中炸药用量的计算和爆破方法

2.1 概 述

在建筑工程的施工过程中，首先要遇到的就是场地平整和基坑开挖，对具有大型深基坑的工程，该施工过程的成败与否对整个建筑工程的影响是非常大的，有时甚至是关键性的。因此，作为技术管理人员，必须重视土方工程。

土方工程包括一切土的挖掘、填筑和运输以及排水、降水、土壁支撑等准备工作和辅助工作。在土木工程中，最常见的土方工程有场地平整、基坑（槽）开挖、地坪填土、路基填筑及基坑回填土等。

土方工程施工往往具有工程量大、劳动繁重和施工条件复杂等特点；土方工程施工同时又受气候、水文、地质、地下障碍等因素的影响较大，不可确定的因素也较多，有时施工条件极为复杂。因此，在组织土方工程施工前，应详细分析与核对各项技术资料（如地形图、工程地质和水文地质勘察资料、地下管道、电缆和地下构筑物资料及土方工程施工图等），进行现场调查并根据现有施工条件制定出技术可行、经济合理的施工方案。

土方工程的顺利施工，不但能提高土方施工的劳动生产率，而且也与其他工程的施工创造有利条件，对加快基本建设速度具有重要意义。

2.1.1 土方工程的施工特点

土方工程的工程量大，施工工期长，劳动强度大。建筑工地的场地平整，土方工程量可达数百万立方米以上，施工面积达数平方公里，大型基坑的开挖，有的深愈20m。土方工程施工条件复杂，又多为露天作业，受气候、水文、地质等条件影响较大，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，制定出合理的调配方案，实行科学管理，以保证工程质量，并取得较好的经济效益。

2.1.2 土的工程分类

土的种类繁多，其分类方法也很多，如按土的沉积年代、颗粒级配、密实度、液性指数分类等。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都有较大的影响，应高度重视。

在土方工程施工中，根据土开挖的难易程度，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 大类。前 4 类属一般土，后 4 类属岩石，其分类及现场鉴别方法见表 2-1。

表 2-1 土的工程分类与现场简易鉴别方法

类别	土的名称	开挖方法	可松性系数	
			K_s	K'_s
第一类 (松软土)	砂，粉土，冲积砂土层，种植土，泥炭（淤泥）	用锹、锄头挖掘	1.08~1.30	1.01~1.04
第二类 (普通土)	粉质黏土，潮湿的黄土，夹有碎石、卵石的砂，种植土，填筑土和粉土	用锹、锄头挖掘，少许用镐翻松	1.14~1.28	1.02~1.05
第三类 (坚土)	软及中等密实黏土，重粉质黏土粗砾石，干黄土及含碎石、卵石的黄土，粉质黏土，压实的填筑土	主要用镐，少许用锹、锄头，部分用撬棍	1.24~1.30	1.04~1.07
第四类 (砂砾坚土)	重黏土含碎石、粗卵石密实的黄土，天然级配砂石，软泥灰岩及蛋白石	先用镐、撬棍，然后用锹挖掘，部分用楔子及大锤	1.26~1.37	1.06~1.15
第五类 (软石)	硬石灰纪黏土，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	用镐或撬棍，大锤，部分用爆破方法	1.30~1.45	1.10~1.20
第六类 (次坚石)	泥岩，砂岩，坚实的页岩、泥灰岩，密实的石灰岩，风化花岗岩、片麻岩	用爆破方法，部分用风镐	1.30~1.45	1.10~1.20
第七类 (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	用爆破方法	1.30~1.45	1.10~1.20
第八类 (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	用爆破方法	1.45~1.50	1.20~1.30

注 K_s ：最初可松性系数； K'_s ：最后可松性系数。

2.1.3 土的工程性质

土的工程性质对土方工程施工有直接影响。如土的含水量会影响土方施工方法的选择和填土的质量，如土的含水量超过 25%~30%，则机械下坑就很困难，很容易陷车，直接影响工程进度与施工安全。同时，也是进行土方施工设计必须掌握的基本资料。土的工程性质主要介绍如下。

1. 土的组成

土一般由土颗粒（固相）、水（液相）和空气（气相）3部分组成，土的三相物质是混合分布的，这3部分之间的比例关系随着周围条件的变化而变化，三者相互之间的比例不同，反映出土的物理状态也不同，如干燥、稍湿或很湿、密实、稍密或松散等。这些指标都是最基本的物理性质指标，它们对评价土的工程性质、进行土的工程分类具有重要意义。

2. 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 kg/m^3 ）。通常用环刀法测定。一般黏性土的天然密度为 $1800 \sim 2000 \text{ kg/m}^3$ ，砂土的天然密度为 $1600 \sim 2000 \text{ kg/m}^3$ 。土的天然密度（ ρ ）按式（2-1）计算，即

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-1)$$

式中 m ——土的总质量， kg ；

V ——土的体积， m^3 。

3. 土的干密度

单位体积土中固体颗粒的质量称为土的干密度（单位为 kg/m^3 ）。通常用环刀法和烘干法测定。土的干密度（ ρ_d ）按式（2-2）计算，即

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (2-2)$$

式中 m_s ——土中固体颗粒的质量， kg ；

V ——土的体积， m^3 。

土的干密度越大，表示土越密实。工程上常把干密度作为评定土体密实程度的标准，以控制填土工程压实的质量。

4. 土的可松性

土具有可松性。即自然状态下的土，经过开挖后，其体积因松散而增大，以后虽经回填压实，仍不能完全恢复，这种现象称为可松性。由于土方工程量是以自然状态的体积来计算的，所以在土方调配、计算土方机械生产率及运输工具数量等的时候，必须考虑土的可松性。土的可松性程度用可松性系数表示，即

$$K_s = V_2/V_1; K'_s = V_3/V_1 \quad (2-3)$$

式中 K_s ——最初可松性系数；

K'_s ——最后可松性系数；

V_1 ——土在天然状态下的体积， m^3 ；

V_2 ——土经开挖后的松散体积， m^3 ；

V_3 ——土经回填压实后的体积， m^3 。

在土方工程施工中， K_s 是计算土方施工机械及运土车辆等的重要参数， K'_s 是计算场地平整标高及填方时所需挖土量等的重要参数，各类土的可松性系数见表 2-1。

5. 土的压缩性

移挖作填或取土回填，松土经填压后会压缩，一般松土的压缩率见表 2-2。在松土回填时应考虑土的压缩率，一般可按填方断面增加 $10\% \sim 20\%$ 来计算松土的土方数量。

表 2-2

土的压缩率

土的类别	土的名称	土的压缩率 (%)	每 m ³ 松散土 压实后的体积 (m ³)	土的类别	土的名称	土的压缩率 (%)	每 m ³ 松散土 压实后的体积 (m ³)
一、二类土	种植土	20	0.80	三类土	天然湿度黄土	12~17	0.85
	一般土	10	0.90		一般土	5~10	0.95
	砂土	5	0.95		干燥坚实黄土	5~7	0.94

6. 土的天然含水量

土的含水量 (w) 是在天然状态下, 土中水的质量与固体颗粒质量之比, 通常以百分数来表示。公式如下:

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (2-4)$$

式中 m_w ——土中水的质量, kg;

m_s ——土中固体颗粒的质量, kg。

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。含水量越大, 土就越湿, 对施工就越不利。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, 这时相应的含水量称为最佳含水量。

7. 土的透水性

土的透水性是指土体被水透过的性质, 是水通过土中空隙的难易程度。通常用渗透系数 K 表示。渗透系数 K 表示单位时间内水穿透土层的能力, 以 m/d 表示。 K 值的大小反映土透水性的强弱。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。

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 2-3。

表 2-3

土的渗透系数

土的种类	渗透系数 K (m/d)	土的种类	渗透系数 K (m/d)
黏土、亚黏土	<0.1	含黏土的中砂及细砂	20~25
亚砂土	0.1~0.5	含黏土的纯中砂及细砂	35~50
含黏土的粉砂	0.5~1.0	纯粗砂	50~75
纯粉砂	1.5~5.0	粗砂夹卵石	50~100
含黏土的细砂	10~15	卵石	100~200

2.2 土方工程量的计算和调配

2.2.1 场地设计标高的确定

大型工程项目通常都要确定场地设计平面, 进行场地平整。场地平整就是挖高填低将