



教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材



中央电大建筑施工课程组

建筑施工技术

第二版

建筑施工与管理专业系列教材

中央广播电视大学出版社

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材
建筑施工与管理专业系列教材

建筑施工技术

第二版

中央电大建筑施工课程组

中央广播电视大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑施工技术/中央电大建筑施工课程组编. —2 版.

—北京: 中央广播电视大学出版社, 2006. 7

(建筑施工与管理专业系列教材)

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

ISBN 7-304-03634-6

I. 建… II. 中… III. 建筑工程—工程施工—
施工技术—电视大学—教材 IV. TU74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 089327 号

版权所有, 翻印必究。

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

建筑施工与管理专业系列教材

建筑施工技术

第二版

中央电大建筑施工课程组

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 发行部: 010-58840200

总编室: 010-68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号 邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 何勇军

责任编辑: 申 敏

印刷: 北京宏伟双华印刷有限公司

印数: 0001~11000

版本: 2006 年 7 月第 2 版

2006 年 8 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 19.75 字数: 449 千字

书号: ISBN 7-304-03634-6/TU·82

定价: 26.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

**建筑施工与管理专业教学资源
建设咨询委员会**

主 任: 李竹成 李林曙

成 员: (以姓氏笔画为序)

王作兴	王晓明	任 岩	刘其淑
旷天鑑	吴汉德	何勇军	何树贵
郝 俊	胡兴福	姚谨英	陶水龙

**建筑施工与管理专业教学资源
建设委员会**

主 任: 杜国成

副主任: 郭 鸿 张 明 魏鸿汉

吴国平 傅刚辉 王 圻

成 员: (以姓氏笔画为序)

方绪明	吕文晓	刘 薇	刘 鹰
余 宁	李 峥	李永光	李自林
李延和	李晓芳	杜 军	陈 丽
沈先荣	张 卓	杨力斌	杨 斌
郑必勇	武继灵	徐道远	徐 悦
郭素芳	高玉兰	银 花	章书寿
彭 卫	董晓冬		

第一版前言

面向即将来临的 21 世纪,我国将迎来一个经济、信息、科技、文化都高度发展的兴旺时期。建筑业作为国家经济支柱产业之一也将迅速发展。目前,全国各地已先后建造了一些具有重大意义的重点工程和一大批高层、超高层建筑。建筑施工技术在解决重大项目的施工难题的科研攻关中得到了长足发展。实践证明,加强建筑施工技术理论与应用的研究对于提高施工技术的高科技含量,高质量、高效率地完成大型工程建设,促进高效的施工技术成果在建筑工程中的推广应用,实现施工技术现代化,并最终实现我国建筑业的现代化具有重要意义。

本书是中央广播电视大学工业与民用建筑专业建筑施工课程多媒体教材的文字主教材之一。与本书配套使用的录像教材共 18 讲,由哈尔滨建筑大学宁仁歧主讲。

本书以经审定的课程教学大纲和多媒体一体化方案为主要依据,以工艺流程为主线介绍土方工程、桩基础工程、砌筑工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程以及防水、装饰工程的施工工艺,并对建筑施工新技术、新工艺作了重点介绍。在编写上严格遵守国家现行建筑工程施工及验收规范,力求体系完整,内容精练,文字表达通俗流畅。所附插图力求准确、直观,以帮助学生理解所学的内容。

此外,为更好地适应远程开放教育,满足个别化学习的需求,本书在教学设计和内容编排方面也做了精心的安排。将教学内容和助学、导学内容融为一体,文字教材和电视教材有机结合以期达到缩小学习跨度、减小学习梯度和降低学习难度的目的。

本书各章结构的编排由章首的“教学要求”、正文的“教学内容”、穿插于正文间的“思考题”、“例题”、“工程实例”,以及章末的“本章内容回顾”和“自测题”等几部分组成。此外还用图标提示媒体使用、学习方式。图标含义如下:

 录像教材提示符

 思考题提示符

 独立学习提示符

 内容回顾提示符

 选学内容提示符

 自测题提示符

参加本书编写的有:哈尔滨建筑大学刘宗仁(第 1, 5, 7 章),宁仁歧(第 2, 3, 4 章),中央广播电视大学郭鸿(第 6 章),天津建筑职工业余大学魏鸿汉(第 8 章)。本书教学设计由郭鸿、鄢小平和王圻共同完成。全书由刘宗仁统稿、定稿,天津大学赵奎生教授主

持审定。参加审定的还有：中央广播电视大学任为民教授，天津建筑总公司胡德均总工程师，天津大学刘津明教授。

本书还可供其他院校建筑工程及建筑管理工程专业大、中专学生使用，也可作为从事建筑施工及结构设计的工程技术人员的参考用书。限于时间和业务水平，书中难免存在不足之处，真诚地欢迎广大读者批评指正。

中央电大建筑施工课程组

2000年6月

第二版前言

本书是中央广播电视大学建筑施工与管理专业的系列教材之一，是建筑施工技术课程多种媒体教材中的主教材。本书根据2005年11月制定的建筑施工技术教学大纲修订。

本书按照中央广播电视大学建筑施工与管理专业专科培养目标的要求，结合教育部面向21世纪工学科课程教学和教学内容改革的有关精神，配合“广播电视大学开展人才培养模式改革”的研究成果编写，旨在以职业为导向，以学生为中心，在教学中以“必需”、“够用”为度，以适应电大远距离学习的特点，满足以业余自学为主的学生需求。

《建筑施工技术》自2000年5月出版以来，因其通俗易懂、应用性知识突出、可操作性强的特点，得到了电大师生和建设行业从业人员的广泛好评。近年来，由于新材料、新方法、新技术、新工艺的不断应用和发展，国家在工程施工领域系列规范的颁布实施，原教材需要进行必要的调整。本次修订的具体内容如下：

1. 第4章钢筋混凝土工程改为混凝土结构工程，钢筋工程作适当修改；
2. 第5章预应力混凝土工程内容作适当修改；
3. 第6章结构安装工程删除了升板法施工的内容；
4. 第7章防水工程中卷材防水工程增加部分内容；
5. 第8章装饰工程改为建筑装饰装修工程，涂料工程改为涂饰工程，删除了刷浆工程与裱糊工程；
6. 调整了版式设计，使其与建筑施工与管理专业系列教材一致。

本课程组在本书的修订过程中还得到了中国建设教育协会、江苏电大、杭州电大和天津电大有关领导和专家的大力支持，在此一并表示感谢。

由于编者的水平有限和时间紧迫，书中难免有疏漏和不足之处，敬请读者和同行批评指正。

编者

2006年5月

目 录

1 土方工程	(1)
1.1 概 述	(1)
1.2 土方边坡与土壁支护	(4)
1.3 人工降低地下水位	(16)
1.4 土方填筑与压实	(36)
1.5 土方工程机械化施工	(40)
本章小结	(45)
思 考 题	(45)
习 题	(46)
2 桩基础工程	(47)
2.1 概 述	(47)
2.2 预制桩施工	(48)
2.3 混凝土灌注桩施工	(61)
本章小结	(74)
思 考 题	(74)
3 砌 筑 工 程	(76)
3.1 毛石砌体工程	(76)
3.2 砖墙砌体施工	(78)
3.3 中小型砌块施工	(82)
3.4 砌筑用脚手架	(86)
3.5 砌筑工程垂直运输	(93)
本章小结	(95)

思考题	(95)
4 混凝土结构工程	(96)
4.1 模板工程	(97)
4.2 钢筋工程	(114)
4.3 混凝土工程	(127)
本章小结	(145)
思考题	(145)
习 题	(146)
5 预应力混凝土工程	(147)
5.1 预应力混凝土及其分类	(147)
5.2 预应力筋, 锚具、夹具、连接器和张拉机械	(149)
5.3 先张法施工	(162)
5.4 后张法施工	(168)
本章小结	(175)
思考题	(175)
6 结构安装工程	(177)
6.1 起重机械	(177)
6.2 索具设备	(192)
6.3 单层工业厂房结构安装	(198)
6.4 多层装配式框架结构安装	(220)
本章小结	(226)
思考题	(228)
习 题	(229)
7 防水工程	(230)
7.1 概 述	(230)
7.2 卷材防水工程	(232)
7.3 涂膜防水工程	(258)

7.4 刚性防水工程	(266)
本章小结	(271)
思考题	(271)
8 建筑装饰装修工程	(273)
8.1 抹灰工程	(274)
8.2 饰面板(砖)工程	(286)
8.3 涂饰工程	(299)
本章小结	(302)
思考题	(302)
参考文献	(303)

1 土方工程

学习目标

1. 了解土方工程施工特点, 土的工程分类, 土的工程性质, 土方边坡, 土方工程机械化施工;
2. 掌握土壁支护的方法、施工原理、适用范围, 施工排水的方法、设计及施工, 土的填筑与压实。

学习重点

1. 土壁支护的方法及其特点、适用范围;
2. 轻型井点降水施工的设计与计算及使用运行;
3. 土的填筑与压实的要求和质量检查。

1.1 概 述

土方工程是建筑工程施工的主要分部工程, 包括场地平整、基坑和基槽的开挖、人防工程及地下建筑物的开挖、回填工程等。

1.1.1 土方工程施工特点

土方工程施工的特点是工程量大, 施工条件复杂。新建一个大型工业企业, 其场地平整、房屋及设备基础、厂区道路及管线的土方工程量往往可以达几十万至数百万立方米以上。合理地选择土方机械, 组织机械化施工, 对于缩短工期, 降低工程成本具有很重要的意

义。土方工程多为露天作业,土、石又是天然物质,种类繁多,施工受到地区、气候、水文地质和工程地质等条件的影响,在地面建筑物稠密的城市中进行土方工程施工,还会受到施工环境的影响。因此,在施工前应做好调查研究,并根据本地区的工程及水文地质情况以及气候、环境等特点,制定合理的施工方案组织施工。

1.1.2 土的工程性质

1.1.2.1 土的密度

土的密度中与土方工程施工有关的是土的天然密度 ρ 和土的干密度 ρ_d 。天然密度指土在天然状态下单位体积的质量,它与土的密实程度和含水量有关。在选择运土汽车时,往往要將载重量折算成体积,此时必须用到天然密度。

土的干密度指单位体积土中固体颗粒的质量,即土体孔隙内无水时的单位土重。干密度在一定程度上反映了土颗粒排列的紧密程度,可用来作为填土压实质量的控制指标。

1.1.2.2 土的含水量

土的含水量 ω 是土中所含的水与土的固体颗粒间的质量比,见公式(1-1)。

$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中: m_1 ——含水状态时土的质量;

m_2 ——烘干后土的质量。

土的含水量随外界雨雪、地下水的影响而变化。当土的含水量超过25%~30%时,采用机械施工就很困难,一般土含水量超过20%时就会使运土汽车打滑或陷入泥坑。回填土夯实时若含水量过大则会产生橡皮土现象,无法夯实。土的含水量对土方边坡稳定性也有直接影响。

1.1.2.3 土的渗透性

土的渗透性是指土透过水的性能。土体空隙中的自由水在重力作用下会发生流动,当基坑开挖至地下水位以下,地下水的平衡被破坏后,地下水会不断流入基坑。地下水在土中渗流时受到土颗粒的阻力,其大小与土的渗透性及地下水渗流路程长短有关。

1.1.2.4 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,但仍不能恢复成原来的体积。

土的可松性的大小用可松性系数表示,见公式(1-2)。

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad K_s' = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-2)$$

式中: K_s ——最初可松性系数;

K_s' ——最终可松性系数;

V_1 ——土在自然状态下的体积；

V_2 ——土经开挖后松散状态下的体积；

V_3 ——土经回填压实后压实状态下的体积。

土的最初可松性系数及最终可松性系数见表 1-1。土的可松性对土方的平衡调配、基坑开挖时留弃土量及运输工具数量的计算均有直接影响。

表 1-1 土的可松性系数

土的类别	K_s	K_s'
一类土	1.08 ~ 1.17	1.01 ~ 1.03
二类土	1.14 ~ 1.24	1.02 ~ 1.05
三类土	1.24 ~ 1.30	1.04 ~ 1.07
四类土	1.26 ~ 1.45	1.06 ~ 1.20
五类土	1.30 ~ 1.50	1.10 ~ 1.30
六类土	1.45 ~ 1.50	1.28 ~ 1.30

【例题 1-1】 建筑物外墙为条形毛石基础，基础平均截面面积为 3.0 m^2 。基坑深 2.0 m ，底宽为 1.5 m ，地基为粉质黏土。计算 100 延米长的基槽土方挖方量、填土量和弃土量。（ $1:m=1:0.5$ ， m 为坡度系数； $K_s=1.30$ ； $K_s'=1.05$ ）

解：挖方量
$$V_1 = \frac{1.5 + (1.5 + 2 \times 2 \times 0.5)}{2} \times 2 \times 100 \text{ m}^3 = 500 \text{ m}^3$$

填方量
$$V_2 = \frac{500 - 3 \times 100}{1.05} \text{ m}^3 = 190 \text{ m}^3$$

弃土量
$$V_3 = (500 - 190) \times 1.24 \text{ m}^3 = 384.4 \text{ m}^3$$

1.1.3 土的工程分类

土的种类很多，其工程性质直接影响土方工程施工方法的选择、劳动量的消耗和工程的费用。

土方工程按照土的开挖难易程度，在现行预算定额中，将土分为松软土、普通土、坚土等 8 类，见表 1-2。

表 1-2 土的工程分类

土的分类	土的级别	土 的 名 称	开挖方法及工具
一类土 (松软土)	I	砂；粉土；冲积砂土层；疏松的种植土；淤泥 (泥炭)	用锹、锄头挖掘，少许用 脚蹬

续表

土的分类	土的级别	土 的 名 称	开挖方法及工具
二类土 (普通土)	II	粉质黏土；潮湿的黄土；夹有碎石、卵石的砂； 种植土、填土	用锹、锄头挖掘，少许用 镐翻松
三类土 (坚土)	III	软及中等密实黏土；重粉质黏土；干黄土及含 碎石、卵石的黄土；粉质黏土；压实的填土	主要用镐，少许用锹、锄 头挖掘，部分用撬棍
四类土 (砂砾坚土)	IV	坚硬密实的黏土或黄土；含碎石、卵石的中等 密实的黏土或黄土；粗卵石；天然级配砂石； 软泥炭岩	先用镐、撬棍，然后用锹 挖掘，部分用钎子及大锤
五类土 (软石)	V ~ VI	硬质黏土；中等密实的页岩、泥灰岩；白垩土； 胶结不紧的砾岩；软的石灰岩及贝壳石灰岩	用镐或撬棍、大锤挖掘， 部分使用爆破方法
六类土 (次坚石)	VII ~ IX	泥灰岩；砂岩；砾岩；坚实的页岩、泥炭岩、 密实的石灰岩；风化花岗岩、片麻岩及正长岩	用爆破方法开挖，部分 用镐
七类土 (坚石)	X ~ XIII	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； 微风化的安山岩、玄武岩	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	XIV ~ XVI	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	用爆破方法开挖

1.2 土方边坡与土壁支护

土方工程施工过程中，土壁的稳定，主要是依靠土体的内摩擦力和黏结力来保持平衡，一旦土体在外力作用下失去平衡，就会出现土壁坍塌，即塌方事故，不仅妨碍土方工程施工，造成人员伤亡事故，还会危及附近建筑物、道路及地下管线的安全，后果严重。

为了防止土壁坍塌，保持土体稳定，保证施工安全，在土方工程施工中，对挖方或填方的边缘，均做成一定坡度的边坡。由于条件限制不能放坡或为了减少土方工程量而不放坡时，可设置土壁支护结构，以确保施工安全。

1.2.1 土方边坡

土方边坡坡度用挖方深度（或填方高度） H 与其边坡底宽 B 之比来表示。边坡可以做

成直线形边坡、阶梯形边坡及折线形边坡（见图 1-1）。

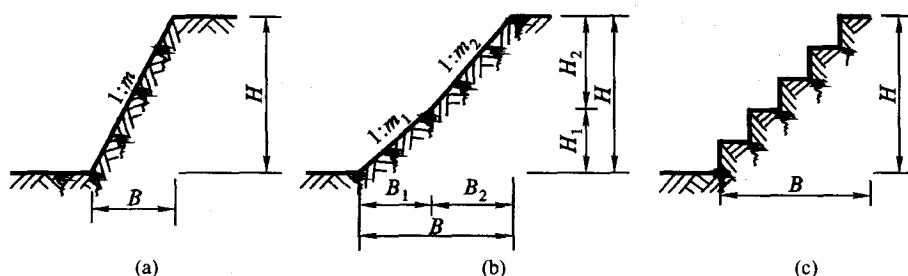


图 1-1 土方边坡

(a) 直线形；(b) 折线形；(c) 阶梯形

$$\text{土方边坡坡度} = \frac{1}{m} = \frac{H}{B}, m \text{ 称为坡度系数}, m = \frac{B}{H}。$$

土方边坡的稳定，主要是由于土体内土颗粒间存在摩阻力和内聚力，从而使土体具有一定的抗剪强度。土体抗剪强度的大小与土质有关。黏性土土颗粒之间除具有摩阻力外还具有内聚力（黏结力），土体失稳而发生滑动时，滑动的土体将沿着滑动面整个滑动；砂性土土颗粒之间无内聚力，主要靠摩阻力保持平衡。所以黏性土的边坡可陡些，砂性土的边坡则应平缓些。

土方边坡大小除土质外，还与挖方深度（或填方高度）有关，此外亦受外界因素的影响。由于外界的原因使土体内抗剪强度降低或剪应力增加达到一定程度时，土方边坡也会失去稳定而造成塌方。如雨水、施工用水使土的含水量增加，从而使土体自重增加，抗剪强度降低；有地下水时，地下水在水中渗流产生一定的动水压力导致剪应力增加；边坡上部荷载增加（如大量堆土或停放机具）使剪应力增加等，都直接影响土体的稳定性，从而影响土方边坡的取值。所以，确定土方边坡的大小时应考虑土质、挖方深度（填方高度）、边坡留置时间、排水情况、边坡上部荷载情况及土方施工方法等因素。

当土质均匀且地下水位低于基坑（槽）或管沟底面标高，其挖土深度不超过表 1-3 规定时，挖方边坡可做直壁而不加支撑。

表 1-3 直壁不加支撑挖方深度

土 的 类 别	挖方深度/m
密实、中密的砂土和碎石类土（充填物为砂土）	1.00
硬塑、可塑的黏质粉土及粉质黏土	1.25
硬塑、可塑的黏土和碎石类土（充填物为黏性土）	1.50
坚硬的黏土	2.00

当地质条件好、土质均匀且地下水位低于基坑（槽）或管沟底面标高，挖方深度在 5 m 以内时，不加支撑的边坡最陡坡度应符合表 1-4 的规定。

表 1-4 深度在 5 m 内的基坑（槽）、管沟边坡的最陡坡度

土 的 类 别	边坡坡度 (1:m)		
	坡顶无荷载	坡顶有静载	坡顶有动载
中密的砂土	1:1.00	1:1.25	1:1.50
中密的碎石土（充填物为砂土）	1:0.75	1:1.00	1:1.25
硬塑的粉土	1:0.67	1:0.75	1:1.00
中密的碎石类土（充填物为黏性土）	1:0.50	1:0.67	1:0.75
硬塑的粉质黏土、黏土	1:0.33	1:0.50	1:0.67
老黄土	1:0.10	1:0.25	1:0.33
软土（经井点降水后）	1:1.00		

对永久性挖方边坡应按设计要求放坡。使用时间较长的临时性挖方边坡坡度，在山坡整体稳定情况下，如地质条件良好，土质较均匀，其边坡应符合表 1-5 的规定。

表 1-5 使用时间较长的临时性挖方边坡坡度

土 的 类 别		边 坡 坡 度
砂土（不包括细砂、粉砂）		1:1.25 ~ 1:1.50
一般黏性土	硬	1:0.75 ~ 1:1.10
	硬、塑	1:1.00 ~ 1:1.15
碎石类土	充填坚硬、硬塑黏性土	1:0.50 ~ 1:1.00
	充填砂土	1:1.00 ~ 1:1.50

注：① 有成熟施工经验时，可不受本表限制。设计有要求时，应符合设计标准。

② 如采取降水或其他加固措施，可不受本表限制，但应计算复核。

③ 开挖深度，对软土不应超过 4 m，对硬土不超过 4 m。

土方开挖时如果边坡太陡，容易造成土体失稳，发生塌方事故；如果边坡太平缓，不仅会增加土方量，而且可能影响邻近建筑的使用和安全。因此必须合理地确定边坡坡度，以满足安全和经济方面的要求。

1.2.2 土壁支护

开挖基坑(槽)或管沟,如土质与周围场地条件允许,采用放坡开挖,往往比较经济。但有时受环境限制不能按要求放坡或放坡开挖所增加的土方量太大,此时可采用直立边坡加支撑的施工方法。

土壁的支护方法应根据工程特点、土质条件、地下水位、开挖深度、施工方法及相邻建筑物等情况,经技术经济比较后选定。

基坑坑壁支护有3种类型:加固型支护、支挡型支护以及两种支护类型结合使用的混合型支护。

1.2.2.1 加固型支护

加固型支护是对基坑边坡滑动棱体范围及其附近土体进行加固,改善其物理力学性能,使其成为具有一定强度和稳定性的土体结构,从而保证边坡稳定或兼有抗渗作用。

1. 深层搅拌法

深层搅拌法是利用特制的深层搅拌机在边坡土体需要加固的范围内,将软土与固化剂强制拌和,使软土硬结成具有整体性、水稳性和足够强度的水泥加固土,称为水泥土搅拌桩。

深层搅拌法利用的固化剂为水泥浆或水泥砂浆,水泥的掺量为加固土质量的7%~15%,水泥砂浆的配合比为1:1或1:2。

深层搅拌法由于将固化剂和原地基土搅拌混合,不存在水对周围地基的影响,不会使地基侧向挤出,故对周围已有的建筑的影响很小;施工时无振动和噪音,不污染环境;加固后的土体重度不变,使软弱下卧层不产生附加沉降。深层搅拌法适用于软土地基加固。

(1) 深层搅拌法加固机理

深层搅拌法加固软土地基的基本原理是基于水泥加固土的物理化学反应过程。由于水泥掺量很小,占被加固土质量的7%~15%,水泥的水解和水化反应是在具有一定活性的介质土中进行,故其硬化速度缓慢且复杂。发生水泥的水解和水化反应生成胶凝体;发生离子交换和团粒化作用,使土体的土颗粒形成较大的土团粒,且具有坚固的联结;发生硬凝反应,生成不溶于水的稳定结晶矿物,增大土的强度且具有足够的稳定性。这些反应结果使软土固化,从而提高了土的强度。

(2) 深层搅拌法设计计算

由水泥土搅拌桩和软土组成的地基称为复合地基,其承载力由桩和桩间土共同承受。

1) 水泥土搅拌桩单桩容许承载力的计算

水泥土搅拌桩单桩容许承载力 P_s 的计算,见公式(1-3)和(1-4)。

$$P_s = \frac{q_u A}{2k} \quad (1-3)$$

$$P_s = f \cdot s \cdot L + m_0 \cdot A \cdot [R] \quad (1-4)$$