



全国高等院校土木工程类系列教材

土木工程施工

王士川 主编
胡长明 副主编



科学出版社
www.sciencep.com

全国高等院校土木工程类系列教材

土木工程施工

王士川 主 编
胡长明 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共十七章, 主要内容包括土方工程、深基础工程及地基处理、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、砌筑工程、脚手架工程、混凝土结构安装工程、防水工程、装饰工程、钢结构工程施工、桥梁工程、道路工程、施工组织概论、流水施工原理、网络计划技术、单位工程施工组织设计及施工组织总设计。

本书可作为高等院校土木工程专业的教学用书, 亦可供建筑施工技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程施工/王士川主编. —北京: 科学出版社, 2009

(全国高等院校土木工程类系列教材)

ISBN 978-7-03-024354-6

I. 土… II. 王… III. 土木工程-工程施工-高等学校-教材 IV. TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 051977 号

责任编辑: 陈 迅 / 责任校对: 耿 耘
责任印制: 吕春珉 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 5 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2009 年 5 月第一次印刷 印张: 28 1/4

印数: 1—3 000 字数: 643 000

定价: 38.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62137026 (BA08)

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

全国高等院校土木工程类系列教材 编委会

主 任 白国良

副 主 任(以姓氏笔画为序)

马建勋 刘伯权 何明胜 邵生俊 陈宗平

杨 勇 童安齐

秘 书 长 贾凤云

副秘书长 任加林 陈 迅

委 员(以姓氏笔画为序)

马 斌 马建勋 王士川 王志骞 王泽军

史庆轩 白国良 冯志焱 任加林 刘伯权

苏明周 杜高潮 李 进 李青宁 李建峰

李惠民 余梁蜀 何明胜 何廷树 邵生俊

张 荫 张 倩 张志政 陈 迅 陈宗平

杨 勇 赵 平 赵树德 赵鸿铁 姚继涛

贾凤云 徐 雷 袁伟宁 郭成喜 梁兴文

韩晓雷 童安齐 曾 珂 廖红建 熊仲明

薛建阳

前 言

土木工程施工是高等院校土木工程专业的主要专业课之一。

本教材主要介绍土木工程施工过程中的主要工种，工程的施工工艺、方法以及施工组织的规律。本书涉及的专业知识面广，实践性强。本教材编写的目的在于培养学生运用有关专业的基本理论和专业知识去分析和解决工程实践中的问题的能力。

本教材按照我国现行标准、施工规范进行编写，力求系统、完整，理论联系实际，以反映近年来土木工程施工的研究成果。

本教材第三、四、十章由西安建筑科技大学的王士川编写，第一、五、六章由胡长明编写，第二、七、九章由王建平编写，第十二章由童申家编写，第十五、十七章由赵平编写，第十三、十四、十六章由蒋红妍编写；第八、十一章由西安工业大学周雪峰编写。全书由王士川、胡长明统稿。

本教材编写过程中参考了许多文献和资料，在此对有关作者表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2008年12月

于西安

目 录

前言

第一章 土方工程	1
1.1 概述	1
1.1.1 土的工程分类	1
1.1.2 土的可松性	2
1.2 土方量计算	3
1.2.1 基坑、基槽土方量计算	3
1.2.2 场地平整的土方量计算	4
1.3 土方工程事故的原因及其防治	9
1.3.1 边坡塌方	9
1.3.2 土壁支护	10
1.3.3 流砂	16
1.4 基坑降水	18
1.4.1 集水坑降水	18
1.4.2 井点降水	19
1.5 土方工程机械化施工	30
1.5.1 推土机	30
1.5.2 铲运机	31
1.5.3 单斗挖土机	33
1.5.4 土方机械的选择	37
1.6 土方的填筑与压实	39
1.6.1 影响填土压实因素	39
1.6.2 填土压实的质量控制	40
1.6.3 填土的压实方法	42
复习思考题	44
第二章 深基础工程及地基处理	45
2.1 钢筋混凝土预制桩的施工	45
2.1.1 钢筋混凝土预制桩的制作	45
2.1.2 钢筋混凝土预制桩打(沉)桩方法	47
2.1.3 静力压桩施工	52
2.2 混凝土灌注桩施工	53
2.2.1 泥浆护壁成孔灌注桩	54
2.2.2 干作业螺旋成孔灌注桩	58

2.2.3 套管护壁成孔灌注桩	59
2.3 地下连续墙施工	62
2.4 墩式基础施工	65
2.5 沉井基础施工	66
2.6 地基处理工程	68
2.6.1 土桩和灰土挤密桩	68
2.6.2 振冲法	71
2.6.3 高压喷射注浆法	72
2.6.4 深层搅拌法	74
复习思考题	76
第三章 钢筋混凝土工程	77
3.1 模板工程	77
3.1.1 组合钢模板	77
3.1.2 模板的构造及安装	81
3.1.3 组合钢模板的施工设计	83
3.1.4 模板结构设计	83
3.1.5 模板的拆除	86
3.1.6 大模板	86
3.1.7 台模	88
3.1.8 隧道模	89
3.1.9 爬升模板	90
3.2 钢筋工程	90
3.2.1 钢筋的冷拉	91
3.2.2 钢筋的冷拔	93
3.2.3 钢筋焊接	94
3.2.4 钢筋机械连接	99
3.2.5 钢筋配料	100
3.2.6 钢筋的绑扎与安装	103
3.3 混凝土工程	104
3.3.1 混凝土的制备	104
3.3.2 混凝土的运输	107
3.3.3 混凝土的浇筑	111
3.3.4 混凝土的自然养护	115
3.3.5 混凝土的质量检查	116
3.4 混凝土的冬期施工	118
3.4.1 混凝土冬期施工原理	118
3.4.2 混凝土冬期施工的特点	119
3.4.3 混凝土的蓄热养护法	122

3.4.4	综合蓄热法施工	124
3.4.5	混凝土掺外加剂的冬期施工	125
3.5	滑升模板施工	126
3.5.1	滑升模板的构造	126
3.5.2	操作平台系统	127
3.5.3	提升系统	128
	复习思考题	130
第四章	预应力混凝土工程	131
4.1	先张法	131
4.1.1	台座	132
4.1.2	夹具	134
4.1.3	张拉设备	135
4.1.4	先张法施工工艺	136
4.2	后张法	139
4.2.1	锚具	139
4.2.2	张拉设备	144
4.2.3	预应力筋的制作	146
4.2.4	后张法施工工艺	148
4.3	无粘结预应力混凝土施工	152
4.3.1	无粘结预应力束的制作	152
4.3.2	无粘结预应力筋的锚具	153
4.3.3	无粘结预应力筋的布置	154
4.3.4	无粘结预应力混凝土的施工工艺	155
	复习思考题	158
第五章	砌筑工程	159
5.1	砌筑材料	159
5.1.1	块材	159
5.1.2	砂浆	159
5.2	砌筑施工工艺	160
5.2.1	砌砖施工	160
5.2.2	砌石施工	163
5.2.3	混凝土小型空心砌块的施工	163
5.3	砌体工程垂直运输设施	164
	复习思考题	165
第六章	脚手架工程	167
6.1	扣件式钢管脚手架	167
6.1.1	基本构造	168
6.1.2	搭设要求	169

6.2	碗扣式钢管脚手架	170
6.2.1	基本构造	170
6.2.2	搭设要求	170
6.3	门式脚手架	171
6.3.1	基本构造	171
6.3.2	搭设要求	172
6.4	升降式脚手架	173
6.4.1	自升降式脚手架	173
6.4.2	互升降式脚手架	175
6.4.3	整体升降式脚手架	176
6.5	里脚手架	179
6.6	悬挑式脚手架与吊脚手架	181
6.6.1	悬挑式脚手架	181
6.6.2	吊脚手架	181
	复习思考题	182
第七章	混凝土结构安装工程	183
7.1	起重机械与设备	183
7.1.1	履带式起重机	183
7.1.2	汽车式起重机	187
7.1.3	轮胎式起重机	187
7.1.4	塔式起重机	188
7.1.5	桅杆式起重机	190
7.2	单层工业厂房结构安装	192
7.2.1	结构安装前的准备工作	192
7.2.2	构件吊装工艺	194
7.2.3	结构吊装方案	201
7.3	多层装配式房屋结构安装	208
7.3.1	起重机械的选择与布置	209
7.3.2	构件的平面布置和堆放	209
7.3.3	结构吊装方法与吊装顺序	210
7.3.4	结构构件的吊装	211
7.4	升板法施工	213
7.4.1	提升设备	214
7.4.2	升板施工	215
	复习思考题	217
第八章	防水工程	218
8.1	屋面防水工程	218
8.1.1	卷材防水屋面	218

8.1.2	涂膜防水屋面	223
8.1.3	刚性防水屋面	225
8.1.4	屋面防水工程质量标准	226
8.2	地下防水工程	227
8.2.1	防水混凝土结构	227
8.2.2	水泥砂浆防水层	228
8.2.3	卷材防水层	229
8.2.4	地下工程的渗漏及防止	231
	复习思考题	232
第九章	装饰工程	233
9.1	抹灰工程	233
9.1.1	抹灰的组成和分类	233
9.1.2	抹灰基层表面的处理	234
9.1.3	一般抹灰的施工工艺	234
9.1.4	装饰抹灰施工工艺	236
9.2	饰面工程	238
9.2.1	石材饰面板施工	238
9.2.2	金属饰面板安装	241
9.2.3	饰面砖镶贴	242
9.3	涂饰和裱糊工程	243
9.3.1	涂饰工程	243
9.3.2	裱糊工程	245
9.4	吊顶工程	247
9.5	幕墙工程	251
9.5.1	玻璃幕墙	251
9.5.2	金属幕墙	252
9.5.3	石材幕墙	254
	复习思考题	256
第十章	钢结构工程施工	257
10.1	钢结构的材料	257
10.1.1	建筑钢材的钢号	257
10.1.2	建筑结构钢材的品种、选用及验收	257
10.1.3	钢结构对钢材性能要求	258
10.1.4	建筑结构钢材代用的注意事项	259
10.2	钢结构单层工业厂房吊装	259
10.2.1	钢结构吊装准备	259
10.2.2	钢结构吊装	262
10.3	高层钢结构安装	264

10.3.1	高层钢结构安装的基本要求	265
10.3.2	安装前的准备工作	265
10.3.3	钢柱、梁吊装与校正	266
10.3.4	安全施工措施	268
10.4	钢网架吊装	269
10.4.1	高空拼装法	269
10.4.2	整体安装法	270
10.4.3	高空滑移法	274
10.5	轻型钢结构安装	276
10.5.1	圆钢、小角钢组成的轻钢结构	276
10.5.2	冷弯薄壁型钢组成的轻钢结构	278
	复习思考题	281
第十一章	桥梁工程	282
11.1	桥梁结构施工常用设备	282
11.2	混凝土结构桥施工	282
11.2.1	桥梁下部结构施工	282
11.2.2	混凝土桥上部结构的施工	285
11.2.3	斜拉桥施工	297
11.2.4	悬索桥施工	300
11.3	钢桥施工	301
11.3.1	钢桥的拼装架设方法	301
11.3.2	钢桥防腐	305
11.3.3	钢桥桥面铺装	305
	复习思考题	306
第十二章	道路工程	307
12.1	土质路基施工	307
12.1.1	简述	307
12.1.2	土质路基施工	309
12.2	路面工程施工	312
12.2.1	简述	312
12.2.2	路面施工组织	314
12.2.3	路面基层施工	316
12.2.4	沥青路面施工	322
12.2.5	水泥混凝土路面施工	327
	复习思考题	331
第十三章	施工组织概论	332
13.1	土木工程产品及其生产特点	332
13.1.1	土木工程产品的特点	332

13.1.2 土木工程产品施工的特点	333
13.2 施工组织的基本原则	334
13.3 施工准备工作	335
13.3.1 建设前期的施工准备	335
13.3.2 单位工程开工前的施工准备	336
13.3.3 施工期间的经常性准备工作	337
13.3.4 冬雨季施工准备工作	337
13.4 施工组织设计概述	338
13.4.1 施工组织设计的概念	338
13.4.2 施工组织设计的作用	338
13.4.3 施工组织设计的基本内容及其分类	339
复习思考题	340
第十四章 流水施工原理	341
14.1 基本概念	341
14.1.1 组织施工的三种常见方式	341
14.1.2 流水施工的技术经济效果	342
14.1.3 流水施工的表达方式	343
14.1.4 流水施工的分类	344
14.2 流水作业参数及其确定	344
14.2.1 工艺参数及其确定	345
14.2.2 空间参数及其确定	346
14.2.3 时间参数及其确定	347
14.3 流水施工的组织方法	349
14.3.1 固定节拍流水	349
14.3.2 成倍节拍流水	355
14.3.3 分别流水	361
复习思考题	363
第十五章 网络计划技术	365
15.1 网络图的基本概念	365
15.1.1 网络图的概念及其分类	365
15.1.2 网络图的特点	365
15.2 双代号网络图	365
15.2.1 双代号网络图的组成	365
15.2.2 双代号网络图的绘制	367
15.2.3 双代号网络图的计算	372
15.3 单代号网络图	380
15.3.1 单代号网络图的组成	380
15.3.2 单代号网络图的绘制	380

15.3.3	单代号网络图的计算	382
15.4	搭接网络计划	385
15.4.1	工作的基本搭接关系	385
15.4.2	单代号搭接网络图的绘制	386
15.4.3	单代号搭接网络图的计算	387
15.5	网络计划的优化	391
15.5.1	资源优化	391
15.5.2	工期-成本优化	392
15.6	网络计划的实施	394
15.6.1	实施网络图的绘制	394
15.6.2	网络计划的执行	396
15.6.3	网络计划的调整	396
	复习思考题	398
第十六章	单位工程施工组织设计	400
16.1	概述	400
16.1.1	单位工程施工组织设计的作用	400
16.1.2	单位工程施工组织设计的编制依据	400
16.1.3	单位工程施工组织设计的编制内容	400
16.1.4	单位工程施工组织设计的编制程序	401
16.2	施工方案设计	401
16.2.1	确定施工程序	401
16.2.2	确定单位工程施工流向	402
16.2.3	确定施工顺序	403
16.2.4	确定施工方法	407
16.2.5	选择施工机械	407
16.3	施工进度计划和资源需要量计划	408
16.3.1	单位工程施工进度计划的作用	408
16.3.2	施工进度计划的编制依据	408
16.3.3	施工进度计划的组成及表示方法	409
16.3.4	单位工程施工进度计划的编制步骤	409
16.3.5	单位工程资源需要量计划	413
16.4	施工平面图设计	414
16.4.1	单位工程施工平面图的内容	414
16.4.2	单位工程施工平面图设计的依据	415
16.4.3	单位工程施工平面图的设计原则	415
16.4.4	单位工程施工平面图的设计步骤	415
16.5	施工技术组织措施	420
16.5.1	保证工程质量措施	420

16.5.2 安全施工措施	420
16.5.3 降低成本措施	420
16.5.4 单位工程施工进度计划的风险分析及控制措施	421
16.5.5 现场文明施工措施	421
16.5.6 环境保护措施	421
16.6 施工组织设计的技术经济分析	422
16.6.1 技术经济分析的目的	422
16.6.2 技术经济分析的基础要求	422
16.6.3 技术经济指标体系	422
16.6.4 单位工程施工组织设计技术经济分析的重点	422
复习思考题	422
第十七章 施工组织总设计	424
17.1 施工部署	424
17.1.1 确定工程开展程序	425
17.1.2 主要建筑物施工方案的确定	425
17.1.3 施工准备工作总计划	426
17.2 施工总进度计划	426
17.2.1 计算拟建工程项目及全工地性工程的工程量	426
17.2.2 确定各单位工程的施工期限	427
17.2.3 确定各单位工程的开竣工时间和相互搭接关系	427
17.2.4 绘制施工总进度计划表	427
17.3 资源需要量计划	428
17.3.1 劳动力需要量计划	428
17.3.2 主要材料、预制加工品需要量计划	428
17.3.3 施工机具需要量计划	428
17.4 施工总平面图	429
17.4.1 施工总平面图设计的内容	429
17.4.2 施工总平面图设计的原则	429
17.4.3 施工总平面图设计的依据	429
17.4.4 施工总平面图的设计步骤	430
17.5 技术经济指标	432
复习思考题	433
主要参考文献	434

第一章 土方工程

1.1 概 述

土方工程包括土的开挖、运输和填筑等施工过程，有时还要进行排水、降水和土壁支撑等准备工作。在建筑工程中，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。

土方工程的施工具有以下特点：

1) 面大量大、劳动繁重、工期长。有些大型建设项目的场地平整，土方施工面积可达数平方公里，甚至数十平方公里；有些大型基坑的开挖深度达20~30m；在场地平整和大型基坑开挖中，土方工程量可达几万甚至几百万立方米。

2) 施工条件复杂。土方工程施工多为露天作业，土、石是一种天然物质，成分较为复杂，施工中直接受到气候、水文和地质、地上和地下环境的影响，且难以确定的因素较多。因此，有时施工条件极为复杂。

根据上述特点，在组织土方工程施工前，应详细分析和核对各项技术资料（如实测地形图、工程地质、水文地质勘察资料，原有地下管线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，制订出技术上可行、经济上合理，既能保证工程质量，又能保证施工安全的方案。

1.1.1 土的工程分类

土的种类繁多，分类方法也有多种，例如按颗粒级配、塑性指数、沉积年代与工程特性等分类，但在土方工程施工中，一般按开挖难易程度（即土的坚实程度）将土进行分类，共分为八类十六个级别（如表1.1所示），据以确定施工手段和制订土方工程劳动定额。

表 1.1 土的工程分类

土的级别	土的分类	土的名称	开挖方法
I	一类土 (松软土)	砂，粉土，冲积砂土层，疏松的种植土，泥炭（淤泥）	能用锹、锄头挖掘
II	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；种植土、填土	用锹、锄头挖掘，少许用镐翻松
III	三类土 (坚土)	软及中等密实黏土，重粉质土，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、锄头挖掘，部分用撬棍
IV	四类土 (砾砂坚土)	坚硬密实的黏土及含碎石、卵石的黏土，粗卵石，密实的黄土，天然级配砂石，软泥灰岩及蛋白石	整个先用镐、撬棍，然后用锹挖掘，部分用楔子及大锤

续表

土的级别	土的分类	土的名称	开挖方法
V~VI	五类土 (软石)	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	用镐或撬棍、大锤挖掘, 部分使用爆破方法
VII~IX	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	用爆破方法, 部分用风镐
X~III	七类土 (坚石)	大理石, 辉绿岩, 玢岩, 粗、中粒花岗石, 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
XIV~XVI	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	用爆破方法

1.1.2 土的可松性

土的工程性质对土方工程的施工有直接影响, 这里仅介绍土的可松性。

自然状态下的土经开挖后土粒松散, 体积增大, 如再将其全部用以回填, 虽经压实但仍不能恢复至与原状土相同的体积。土的这种经扰动而体积改变的性质称为土的可松性。土的可松性程度用可松性系数表示, 即

$$K_s = \frac{V_2}{V_1}, \quad K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1.1)$$

式中, K_s ——最初可松性系数;

K'_s ——最后可松性系数;

V_1 ——自然状态下土(原状土)的体积;

V_2 ——土经开挖后的松散体积;

V_3 ——土经回填压实后的体积。

各种土的可松性系数列于表 1.2 中。

表 1.2 各种土的可松性参考值

土的类别	体积增加百分数		可松性系数	
	最 初	最 后	K_s	K'_s
一类(种植土除外)	8~17	1~2.5	1.08~1.17	1.01~1.03
一类(植物性土、泥炭)	20~30	3~4	1.20~1.30	1.03~1.04
二类	14~28	2.5~5	1.14~1.28	1.02~1.05
三类	24~30	4~7	1.24~1.30	1.04~1.07
四类(泥灰岩、蛋白石除外)	26~32	6~9	1.26~1.32	1.06~1.09
四类(泥灰岩、蛋白石)	33~37	11~15	1.33~1.37	1.11~1.15
五类~七类	30~45	10~20	1.30~1.45	1.10~1.20
八类	45~50	20~30	1.45~1.50	1.20~1.30

土的可松性是一个非常重要的工程性质。它对于场地平整、土方调配, 土方的开挖、运输和回填, 以及土方挖掘机械和运输机械的数量、斗容量的确定, 都有很大影响。应注

意式 (1.1) 中 V_1 、 V_2 、 V_3 的密实性不同, 自然状态下的体积 V_1 的密度最大, 土经开挖后的松散体积 V_2 的密度最小, 土经回填压实后的体积 V_3 的密度介于两者之间。

工程场地内挖填土方的调配, 一般原则是移挖做填。当场地的挖方量不敷平整填筑时, 需要从场外运入增量, 称其为借土; 如场内的挖方量经利用后仍有余额需要运出场外, 称其为弃土。在计算借土量或弃土量时, 应注意运用上述可松性系数。

$$\text{弃土量} = \left(V_w - V_t \frac{1}{K_s'} \right) K_s \quad (1.2)$$

$$\text{借土量} = (V_t - V_w K_s') \frac{K_s}{K_s'} \quad (1.3)$$

式中, V_w ——场内的全部挖土体积, m^3 ;

V_t ——场内的全部填方体积, m^3 。

1.2 土方量计算

土方工程施工之前, 需要先算出土方工程量, 以便确定工程造价, 拟定施工方案, 安排施工计划。各种土方工程的外形有时很复杂, 一般情况下, 都将其假设或划分成为一定的几何形状, 并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

当自然地面比较平整时, 可按立体几何中拟柱体 (图 1.1) 体积公式计算

$$V = \frac{h}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1.4)$$

或

$$V = \frac{h}{3} (A_1 + \sqrt{A_1 A_2} + A_2) \quad (1.5)$$

式中, V ——基坑土方体积;

A_1 、 A_2 ——坑上下两底面积;

A_0 ——坑中部横截面积;

h ——基坑深度。

如果自然地面不为水平面, 尤其是当开挖大型基坑, 各角的高差较大时, 则取基坑的平均深度, 按拟柱体的体积计算其近似值。

2. 基槽和路堤

纵向延伸较长的槽或路堤 (图 1.2) 的土方量计算, 常用断面法。当地面不平时, 先沿长度方向分段, 各段的长短是按长度方向的地形变化特点及要求计算精度而定, 取 10m 或 20m 不等。然后根据地形图或现场实测标高, 分别绘制各段的两端断面图, 逐一计算出断面面积和各段土方量体积, 即得总土方量