

21世纪

普通高等学校工程管理专业规划教材
建设部高等学校工程管理专业指导委员会 审订

土木工程施工

TUMUGONGCHENGSHIGONG

主编 张云波



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

普通高等学校工程管理专业规划教材
建设部高等学校工程管理专业指导委员会 审订

土木工程施工

主 编 张云波
副主编 陈守兰

武汉理工大学出版社
· 武汉 ·

【内 容 提 要】

本书力求综合运用有关学科的基本理论和知识,解决土木工程实践中的技术、组织和管理问题;重点阐述施工过程及工艺原理,施工方案及方法,施工组织、管理及程序编制,流水作业原理及网络技术的应用,以及保证工程质量和施工安全等的有关技术措施;力求源于实践而高于实践,力求反映国内外先进科学技术及管理水平,拓宽学生专业面、扩大知识面。

全书共分 15 章,其内容包括土方工程、地基处理与桩基础工程、砌筑工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、升滑法施工、防水工程、装饰工程、桥梁结构工程、施工组织概论、流水施工基本原理、网络计划技术、施工组织总设计、单位工程施工组织设计等。

本教材是根据教育部颁布实施的《普通高等学校本科专业目录》中新设置的工程管理专业而编写的规划教材,同时可供土建类相关的其他专业选用,也可供土建类工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工/张云波主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2011.10
ISBN 978-7-5629-3608-4

I. ① 土… II. ① 张… III. ① 土木工程-工程施工-教材 IV. ① TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 218310 号

项目负责:刘永坚 田道全 徐 扬 责任编辑:陈军东
责任校对:陈 硕 装帧设计:许伶俐
出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编 430070)
<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

经 销 者:各地新华书店
印 刷 者:荆州市鸿盛印务有限公司
开 本:787×1092 1/16
印 张:29
字 数:724 千字
版 次:2011 年 10 月第 1 版
印 次:2011 年 10 月第 1 次印刷
印 数:1—3000 册
定 价:42.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87394412 87383695 87384729 87397097(传真)

· 版权所有 盗版必究 ·

普通高等学校工程管理专业规划教材

编审委员会名单

主任委员:

任 宏 建设部高等学校工程管理专业指导委员会主任委员
重庆大学建筑管理学院院长,教授,博导

丁烈云 建设部高等学校工程管理专业指导委员会副主任委员
华中师范大学党委书记,教授,博导

副主任委员:

王乾坤 湖北省工程建设专家委员会委员
武汉理工大学副校长,教授,博导

张希黔 建设部高等学校工程管理专业评估委员会副主任委员
中国建筑第三工程局顾问,总工程师,教授

乐 云 中国建筑学会建筑经济分会理事
同济大学建设管理与房地产系主任,教授,博导

雷绍锋 武汉理工大学出版社社长,教授,博导

刘永坚 武汉理工大学出版社副社长

委 员:(以姓氏笔画为序)

卜良桃	方 俊	王长永	王成刚	王孟钧	王俊安
邓铁军	田道全	江 萍	齐俊峰	刘永坚	何清华
宋 敏	沈 巍	陈国平	陈起俊	陈敬武	严捍东
徐 扬	张云波	张长清	张建新	周述发	经来旺
杨 宇	杨志勇	赵 彬	赵世强	骆汉宾	姜早龙
黄如宝	黄学军	董晓峰	雷绍锋	谭大璐	魏小胜

秘书长:田道全

总责任编辑:徐 扬

出版说明

“工程管理”是一门研究工程技术活动中所涉及的计划、组织、资源配置、指挥与控制等管理问题的学科。随着我国新型工业化进程中大规模建设工作的展开和企业的快速发展,工程管理领域迫切需要大量掌握现代化科学技术、精通管理业务,又具有战略眼光的工程管理人才。高等学校工程管理专业教育的培养目标,就是为国家经济与社会发展培养具有工程技术、管理学、经济学基本知识,掌握现代管理科学的理论、方法和手段,能在国内外工程建设领域从事工程技术活动管理的复合型高级管理人才。

高等学校工程管理专业是教育部 1998 年颁布的《普通高等学校本科专业目录》中设置的新专业,整合了原“建筑管理工程”、“国际工程管理”、“房地产经营管理”等专业,具有较强的综合性和较大的覆盖范围。如何办好这一新专业,从而有效地为国家经济与社会发展培养工程建设领域的高级专业管理人才,是摆在全国设置了该专业的高等学校面前的一个重大课题。同时,高等学校对该专业的人才培养目标、课程结构体系、专业方向设置、课程教学大纲、教材建设等产生了十分迫切的需求。为此,建设部高等学校工程管理专业指导委员会已编制了教学指导文件《全国高等学校土建类专业本科教育培养目标和培养方案及主干课程教学基本要求——工程管理专业》。

武汉理工大学出版社一贯以出版反映我国高等教育和教学改革阶段性成果的精品教材、教学参考书为己任。在广泛调查研究的基础上,为了进一步推动我国高等学校工程管理专业本科教学改革,整合各门课程内容,决定组织编写出版一套代表我国当前教学水平、反映阶段性教改成果并适合教学需要的系列教材——普通高等学校工程管理专业规划教材。

该系列教材的编写将立足于我国工程建设行业的人才培养需求,内容涵盖工程技术、管理、经济、法律等知识平台,以及工程项目管理专业方向、房地产经营与管理专业方向、工程投资与造价管理专业方向等,每门课程均出版配套的多媒体教学课件。

我们将在建设部高等学校工程管理专业指导委员会的具体指导下,邀请全国多所高等学校致力于“工程管理”专业本科教学改革与教材建设的专家和教授,共同编写本套系列教材(或制作多媒体教学课件)。

系列教材编审委员会由各位主编、本学科知名专家及我社资深编辑共同组成。编审委员会主任委员、副主任委员将由工程管理界知名教育专家担任。教材编写工作实行主编负责制,主编对编写大纲、结构体系及章节内容安排等负总责。本套系列教材计划分批组织编写和出版,系列教材首批推出 21 种(于 2008 年秋季、2009 年春季分批出版)。

面向新世纪的中国高等教育正在经历前所未有的变革和发展。我社将秉承为高等学校教学和科研工作服务的宗旨,以服务于学校师资队伍建设、教材建设为特色。我们愿与各校教师真诚合作,共同努力,为新世纪的高等教育事业作出更大的贡献。

武汉理工大学出版社

2008 年 5 月

前 言

土木工程施工是普通高等院校工程管理专业的主要专业课之一。根据建设工程管理专业“四个平台”体系的理论,本课程显然是属于工程技术平台的核心组成部分之一(编者注:关于建设工程管理专业“四个平台”体系理论参见由重庆大学任宏教授主编,由武汉理工大学出版社出版的《建设工程管理概论》)。学好这门课程是做好建设工程施工阶段管理工作的必要条件。因为要做好施工管理工作不仅要掌握施工方法和施工工艺流程等技术,以便能够对施工计划进行合理的安排与控制,而且还应掌握对项目进行计划、组织、协调控制等的管理工作。本书编写的主要目的之一就是为读者构建这一平台技术的基础。

本书主要介绍土木工程施工过程中的主要工种的施工工艺、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。本书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。

本书按照我国现行标准、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。全书的内容详略得当,理论深度适中,对于较为常见的施工方法及施工组织技术进行了全面的介绍,主要包括:土方工程施工、地基处理与桩基础工程、砌筑工程、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、桥梁结构工程等的施工方法和常用工艺流程,此外还介绍了升滑法施工以及其他一些有关施工组织方法的一般理论。

本教材第1、11章由华侨大学张云波编写,第2、6、8章由南阳理工学院陈守兰编写,第3章由华侨大学郭义海编写,第4章由西南科技大学苏有文编写,第5章由华南理工大学申琪玉编写,第7章由湖南城市学院曾新华、龙敬庭编写,第9章由厦门理工学院由英来编写,第10章由莆田学院张秀成编写,第12、15章及附录由信阳师范学院李建楠编写,第13章由华侨大学莫懿懿编写,第14章由华侨大学项剑平编写。全书由张云波统稿。

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

2011年7月

目 录

1 土方工程	(1)
1.1 土方工程概述	(1)
1.1.1 土方工程施工的特点	(1)
1.1.2 土的工程分类	(1)
1.1.3 土的工程性质	(2)
1.1.4 土方边坡	(4)
1.2 场地平整	(5)
1.2.1 场地平整的概念	(5)
1.2.2 场地平整标高与土方量的基本概念	(5)
1.2.3 场地平整土方量的计算	(7)
1.2.4 土方调配	(12)
1.3 土方工程施工要点	(20)
1.3.1 土壁稳定	(20)
1.3.2 施工排水	(20)
1.3.3 流砂及其防治	(22)
1.3.4 土方填筑与压实	(24)
1.4 土方工程机械化施工	(28)
1.4.1 推土机施工	(28)
1.4.2 铲运机施工	(29)
1.4.3 挖土机施工	(31)
1.4.4 土方机械的选择及机械化施工要点	(35)
思考题	(36)
练习题	(37)
2 地基处理与桩基础工程	(38)
2.1 地基与基础工程概述	(38)
2.1.1 地基与基础概念	(38)
2.1.2 基础工程的分类	(38)
2.2 地基加固	(38)
2.2.1 地基加固的原理	(38)
2.2.2 地基加固施工	(39)
2.3 桩基础工程	(46)
2.3.1 预制桩施工	(46)

2.3.2	灌注桩施工	(52)
	思考题	(60)
3	砌筑工程	(61)
3.1	砌筑材料	(61)
3.1.1	块材	(61)
3.1.2	砂浆	(63)
3.2	砌筑用脚手架及垂直运输设施	(64)
3.2.1	脚手架	(64)
3.2.2	垂直运输设施	(69)
3.3	砌筑工程施工	(70)
3.3.1	砖砌体砌筑施工工艺	(70)
3.3.2	中小型砌块砌体施工	(73)
3.4	砌体工程冬期施工	(77)
3.4.1	外加剂法	(77)
3.4.2	冻结法	(78)
	思考题	(79)
4	混凝土结构工程	(80)
4.1	混凝土结构工程概述	(80)
4.2	模板工程	(81)
4.2.1	模板的分类	(81)
4.2.2	模板系统的组成和要求	(81)
4.2.3	现浇混凝土结构模板	(88)
4.2.4	模板设计	(92)
4.2.5	模板的拆除	(94)
4.3	钢筋工程	(95)
4.3.1	钢筋的种类及性能	(95)
4.3.2	钢筋焊接	(96)
4.3.3	钢筋机械连接	(102)
4.3.4	钢筋配料	(102)
4.3.5	钢筋加工、绑扎和安装	(106)
4.4	混凝土工程	(109)
4.4.1	混凝土的原材料	(109)
4.4.2	混凝土的性能	(111)
4.4.3	混凝土的施工配料	(112)
4.4.4	混凝土的搅拌	(113)
4.4.5	混凝土拌合物的运输	(115)
4.4.6	混凝土的浇筑和捣实	(117)
4.4.7	混凝土的养护	(124)

4.4.8	混凝土冬期施工	(126)
4.4.9	混凝土的质量检查	(129)
4.4.10	混凝土的缺陷处理	(131)
	思考题	(133)
	练习题	(133)
5	预应力混凝土工程	(135)
5.1	先张法施工	(135)
5.1.1	先张法施工工艺流程	(135)
5.1.2	先张法施工设备	(136)
5.1.3	先张法施工工艺	(141)
5.2	后张法施工	(144)
5.2.1	后张法施工工艺流程	(144)
5.2.2	后张法张拉设备	(145)
5.2.3	后张法施工工艺	(150)
5.2.4	无粘结预应力结构施工	(153)
5.3	电热张拉法施工	(158)
5.3.1	电热张拉法施工工艺	(158)
5.3.2	钢筋伸长值的计算	(159)
5.3.3	电热设备的选择	(160)
	思考题	(161)
	练习题	(161)
6	结构安装工程	(163)
6.1	起重机械	(163)
6.1.1	桅杆式起重机	(163)
6.1.2	自行杆式起重机	(165)
6.1.3	塔式起重机	(169)
6.2	卷扬机及索具设备	(174)
6.2.1	卷扬机	(175)
6.2.2	钢丝绳	(176)
6.2.3	其他机具	(178)
6.3	混凝土结构构件安装	(180)
6.3.1	构件安装前的准备	(180)
6.3.2	混凝土结构构件安装工艺	(183)
6.3.3	混凝土结构构件安装方案	(191)
6.4	钢结构安装	(198)
6.4.1	钢结构安装前的准备	(198)
6.4.2	大跨度钢结构安装	(201)
6.4.3	钢网架安装	(203)

6.4.4	钢结构门式刚架安装	(207)
6.4.5	钢结构多层、高层建筑安装	(208)
	思考题	(212)
	练习题	(213)
7	升滑法施工	(214)
7.1	升板法施工	(214)
7.1.1	提升机的工作原理	(215)
7.1.2	升板法各主要施工环节	(215)
7.1.3	提升阶段群柱的稳定	(220)
7.1.4	升板工艺的发展	(222)
7.2	升模法施工	(223)
7.2.1	升模系统及工艺	(223)
7.2.2	升滑法施工	(224)
7.2.3	升提法施工	(225)
7.3	液压滑模施工	(226)
7.3.1	模板系统	(226)
7.3.2	操作平台系统	(228)
7.3.3	液压滑升系统	(229)
7.3.4	液压滑模的施工	(231)
7.3.5	质量事故的预防和处理	(233)
	思考题	(235)
8	防水工程	(236)
8.1	屋面防水工程	(236)
8.1.1	屋面防水工程分类及防水等级	(236)
8.1.2	刚性防水屋面	(237)
8.1.3	卷材防水屋面	(239)
8.1.4	涂膜防水屋面	(248)
8.2	地下防水工程	(251)
8.2.1	地下工程防水方案及防水等级	(251)
8.2.2	防水混凝土结构的施工	(252)
8.2.3	水泥砂浆防水层施工	(256)
8.2.4	卷材防水层施工	(260)
8.2.5	涂膜防水施工	(262)
8.2.6	地下防水工程渗漏及防治方法	(265)
8.3	厕浴间防水施工	(267)
8.3.1	概述	(267)
8.3.2	涂膜防水施工	(267)
	思考题	(269)

9 装饰工程	(270)
9.1 装饰工程概述	(270)
9.2 抹灰工程	(272)
9.2.1 抹灰的材料要求	(272)
9.2.2 抹灰的种类和分层	(272)
9.2.3 一般抹灰施工	(272)
9.2.4 装饰抹灰	(273)
9.2.5 抹灰的质量控制和检验	(275)
9.3 饰面工程	(276)
9.3.1 饰面砖的镶贴	(277)
9.3.2 饰面板的安装	(278)
9.3.3 饰面板的质量控制和检验	(280)
9.4 涂料工程	(281)
9.4.1 建筑涂料的组成与分类	(281)
9.4.2 常用建筑涂料	(282)
9.4.3 涂料的施工	(283)
9.5 裱糊工程	(285)
9.5.1 裱糊工程主要材料及工具	(285)
9.5.2 裱糊工程施工	(286)
9.6 玻璃幕墙安装	(289)
9.6.1 玻璃幕墙的类型	(289)
9.6.2 玻璃幕墙的材料	(292)
9.6.3 玻璃幕墙施工	(292)
思考题	(292)
10 桥梁结构工程	(294)
10.1 概述	(294)
10.1.1 桥梁的基本组成	(294)
10.1.2 桥梁的分类	(295)
10.2 墩台施工	(299)
10.2.1 混凝土墩(台)身施工	(299)
10.2.2 石砌墩(台)身施工	(301)
10.2.3 墩(台)帽施工及支座安设	(302)
10.3 混凝土梁桥施工	(302)
10.3.1 现场浇筑梁桥施工	(302)
10.3.2 装配式梁桥施工	(304)
10.3.3 预应力混凝土梁桥悬臂施工	(305)
10.3.4 顶推施工	(313)
10.3.5 逐孔施工	(318)

10.3.6	拱桥转体施工	(322)
	思考题	(325)
11	施工组织概论	(326)
11.1	建筑施工的特点	(326)
11.2	施工组织的基本原则	(327)
11.3	原始资料调查	(328)
11.3.1	工程勘察	(328)
11.3.2	技术经济调查	(329)
11.4	施工准备工作	(330)
11.4.1	基础工作准备	(330)
11.4.2	全工地性施工准备	(330)
11.4.3	单位工程施工条件准备	(331)
11.4.4	分部、分项工程作业条件准备	(331)
11.5	施工组织设计	(331)
11.5.1	施工组织设计的作用	(331)
11.5.2	施工组织设计分类	(332)
11.5.3	施工组织设计的内容	(332)
11.5.4	施工组织设计的贯彻、检查和调整	(333)
	思考题	(333)
12	流水施工基本原理	(334)
12.1	流水施工的基本概念	(334)
12.1.1	流水施工组织的基本要求	(334)
12.1.2	流水施工概念	(335)
12.1.3	流水施工组织的条件	(336)
12.1.4	流水施工的技术经济效果	(337)
12.2	施工流水参数	(337)
12.2.1	工艺参数	(337)
12.2.2	空间参数	(338)
12.2.3	时间参数	(339)
12.3	施工流水组织方法	(341)
12.3.1	流水施工的分类	(341)
12.3.2	流水施工的表达方式	(342)
12.3.3	流水施工的组织方法	(343)
	思考题	(352)
	练习题	(352)
13	网络计划技术	(353)
13.1	网络图的绘制	(353)
13.1.1	双代号网络图	(353)

13.1.2	单代号网络图	(359)
13.2	网络计划的时间参数计算	(360)
13.2.1	双代号网络计划的时间参数计算	(360)
13.2.2	单代号网络计划的时间参数计算	(365)
13.3	双代号时标网络计划	(368)
13.3.1	时标网络计划的编制	(368)
13.3.2	时标网络计划时间参数的判读	(370)
13.4	网络计划的优化	(372)
13.4.1	工期优化	(372)
13.4.2	资源优化	(374)
13.4.3	费用优化	(374)
13.5	网络计划的控制	(375)
13.5.1	网络计划的执行记录	(375)
13.5.2	网络计划的检查分析	(378)
13.5.3	网络计划的调整方法	(379)
13.6	基于网络计划技术的项目管理软件应用	(381)
	思考题	(382)
	练习题	(382)
14	施工组织总设计	(384)
14.1	施工组织总设计编制程序及依据	(384)
14.1.1	施工组织总设计编制程序	(384)
14.1.2	施工组织总设计编制依据	(385)
14.2	施工部署	(386)
14.3	施工总进度计划	(386)
14.3.1	施工总进度计划编制的原则	(386)
14.3.2	施工总进度计划编制方法	(387)
14.4	暂设工程	(389)
14.4.1	加工厂(站)组织	(389)
14.4.2	建筑工地运输业务组织	(389)
14.4.3	建筑工地仓库业务组织	(389)
14.4.4	行政管理、生活福利房屋的组织	(391)
14.4.5	建筑工地临时供水	(391)
14.4.6	建筑工地临时供电	(393)
14.5	施工总平面图	(394)
14.5.1	施工总平面图的内容	(394)
14.5.2	设计施工总平面图的资料	(394)
14.5.3	设计施工总平面图的原则	(395)
14.5.4	施工总平面图设计的步骤和方法	(395)

14.5.5	施工总平面图的管理	(396)
14.6	施工组织总设计的技术经济指标	(398)
	思考题	(399)
15	单位工程施工组织设计	(400)
15.1	单位工程施工组织设计的编制程序和依据	(400)
15.1.1	单位工程施工组织设计的编制程序	(400)
15.1.2	单位工程施工组织设计的编制依据	(401)
15.2	施工方案的选择	(401)
15.2.1	熟悉设计资料和施工条件	(401)
15.2.2	确定施工过程的施工顺序	(402)
15.2.3	选择施工方法和施工机械	(403)
15.2.4	拟定施工措施	(403)
15.2.5	施工方案的技术经济分析	(405)
15.3	单位工程进度计划的编制	(407)
15.3.1	划分施工项目	(407)
15.3.2	计算工程量	(408)
15.3.3	计算劳动量及机械台班量	(408)
15.3.4	确定分部分项工程的持续时间	(409)
15.3.5	绘制施工进度计划图表	(410)
15.4	单位工程施工组织设计的资源需要量计划	(411)
15.4.1	主要劳动力需要量计划	(411)
15.4.2	施工机械需要量计划	(412)
15.4.3	主要材料及构、配件需求量计划	(412)
15.5	施工平面图设计	(413)
15.5.1	施工平面图设计的原则、内容及依据	(413)
15.5.2	设计的步骤与要求	(414)
15.6	单位工程施工组织设计中的施工措施和主要技术经济指标	(417)
15.6.1	施工措施的制定	(417)
15.6.2	技术经济指标	(418)
	思考题	(419)
	附录 单位工程施工组织设计实例	(420)
	参考文献	(448)

土方工程

1.1 土方工程概述

1.1.1 土方工程施工的特点

土方工程包括土的挖掘、填筑和运输等过程以及排水、降水、土壁支撑等准备工作和辅助工程。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等。

土方工程施工具有工程量大、劳动繁重和施工条件复杂等特点;土方工程施工受气候、水文、地质、地下障碍等因素的影响较大,不确定性的因素也较多,有时施工条件极其复杂。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,制订出技术可行、经济合理的施工设计方案。

1.1.2 土的工程分类

按照《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002),根据土颗粒的大小、粒组的土颗粒含量可以把地基土分成碎石土、砂土、粉土和粘性土和人工填土等。

(1) 碎石土

粒径大于 2 mm 的颗粒含量大于 50% 的土属碎石土。根据粒组含量及颗粒形状,可细分为漂石、块石、卵石、碎石、圆砾、角砾。

(2) 砂土

粒径大于 2 mm 的颗粒含量在 50% 以内,同时粒径大于 0.075 mm 的颗粒含量超过 50% 的土属砂土。砂土根据粒组含量不同又分为砾砂、粗砂、中砂、细砂和粉砂五类。

(3) 粉土

粒径大于 0.075 mm 的颗粒含量小于 50% 且塑性指数小于等于 10 的土属粉土。该类土的工程性质较差,如抗剪强度低,防水性差,粘聚力小等。

(4) 粘性土

粒径大于 0.075 mm 的颗粒含量在 50% 以内,塑性指数大于 10 的土属粘性土。根据

塑性指数的大小可细分为粘土和粉质粘土。

(5) 淤泥

淤泥为在静水或缓慢的流水环境中沉积,并经生物化学作用形成,其天然含水率大于液限、天然孔隙比大于或等于 1.5 的粘性土。天然含水量大于液限而天然孔隙比小于 1.5 但大于或等于 1.0 的粘性土或粉土为淤泥质土。

(6) 红粘土

红粘土为碳酸盐岩系的岩石经红土化作用形成的高塑性粘土,其液限一般大于 50。红粘土经再搬运后仍保留其基本特征,其液限仍大于 45 的土为次生红粘土。

(7) 人工填土

人工填土根据其组成和成因,可分为素填土、压实填土、杂填土、冲填土。

素填土为由碎石土、砂土、粉土、粘性土等组成的填土。经过压实或夯实的素填土为压实填土。杂填土为含有建筑垃圾、工业废料、生活垃圾等杂物的填土。冲填土为由水力冲填泥砂形成的填土。

(8) 膨胀土

膨胀土为土中粘粒成分主要由亲水性矿物组成,同时具有显著的吸水膨胀和失水收缩特性,其自由膨胀率大于或等于 40% 的粘性土。

(9) 湿陷性土

湿陷性土为浸水后产生附加沉降,其湿陷系数大于或等于 0.015 的土。

1.1.3 土的工程性质

(1) 土的密度

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 。天然密度是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,往往要将载重量折算成体积,此时在工程量的计量过程中必须用到天然密度。

土的干密度是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。

(2) 土的含水量

土的含水量 W 是土中所含水的质量与烘干后土的质量之比,其计算方法见公式 (1.1)。

$$W = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \times 100\% \quad (1.1)$$

式中 G_1 ——含水状态时土的质量, kg;

G_2 ——烘干后土的质量, kg。

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,一般土的含水量超过 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。

(3) 土的渗透性

土的渗透性是指土的透水性能。土体孔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,其平衡破坏后地下水会不断渗入基坑。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。

(4) 土的可松性

土具有可松性,即自然状态下的土,经开挖后,其体积因松散而增加,以后虽经回填压实,仍不能恢复至原来的体积。土的可松性的大小用最初可松性系数和最终可松性系数表示。

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1.2)$$

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1.3)$$

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

土的名称	K_s	K'_s
砂土、轻亚粘土、种植土、淤泥土	1.08~1.17	1.01~1.03
亚粘土、潮湿黄土、砂土混碎(卵)石、填筑土	1.14~1.28	1.02~1.05
重亚粘土、干黄土、含碎(卵)石的亚粘土	1.24~1.30	1.04~1.07
重粘土、含碎(卵)石的粘土、粗卵石、密实黄土	1.26~1.32	1.06~1.09
中等密实的页岩、泥灰岩、白垩土、软石灰岩	1.30~1.45	1.10~1.20

【例 1.1】 某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 ,地基为亚粘土。计算 100 m 长的基槽土挖方量、填方量和弃土量(边坡坡度为 $1:0.5$; $K_s=1.30$; $K'_s=1.05$)。

【解】 挖方量

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

填方量

$$V_2 = \frac{500 \text{ m}^3 - 3 \text{ m}^2 \times 100 \text{ m}}{1.05} = 190.48 \text{ m}^3$$

弃土量

$$V_3 = (500 \text{ m}^3 - 190.48 \text{ m}^3) \times 1.30 = 402.38 \text{ m}^3$$