



高等学校土木工程专业“卓越工程师”教育“十二五”规划教材
普通高等教育土木工程专业指导性规范配套“十二五”规划教材

土木工程施工

- 主 编 卜良桃
- 主 审 陈振富



武汉理工大学出版社

高等学校土木工程专业“卓越工程师”教育“十二五”规划教材
普通高等教育土木工程专业指导性规范配套“十二五”规划教材

土木工程施工

主 编 卜良桃
副主编 廖国荣
主 审 陈振富

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 提 要

本书从拓宽专业面、扩大知识面出发,力求综合运用有关学科的基本理论和知识,以解决土木工程实践中的技术问题,重点阐述施工工艺及原理、施工方案及方法、施工组织及管理、流水施工理论及网络计划技术的应用、施工组织技术的内容及编制程序,以及保证工程质量和施工安全等有关技术措施;力求做到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。

全书共分为16章,其内容包括土方工程、地基处理与桩基工程、砌体工程、混凝土结构工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、钢结构施工、防水工程、装饰工程、桥梁结构工程、道路工程、施工组织概论、流水施工原理、施工网络计划技术、施工组织总设计、单位工程施工组织设计等。

本书是根据教育部颁布实施的《普通高等学校本科专业目录(2012年)》中新设置的土木工程专业而编写的,可供与土木工程相关的其他专业选用,亦可供土木类工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程施工/卜良桃主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2015.5
ISBN 978-7-5629-4213-9

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 277216 号

项目负责人:高 英 汪浪涛 戴皓华

责任编辑:高 英

责任校对:陈 平

装帧设计:牛 力

出版发行:武汉理工大学出版社

社 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.techbook.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:武汉兴和彩色印务有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:32

字 数:819 千字

版 次:2015 年 5 月第 1 版

印 次:2015 年 5 月第 1 次印刷

印 数:3000 册

定 价:56.00 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:027-87785758 87384729 87165708(传真)

· 版权所有 盗版必究 ·

前 言

《土木工程施工》是土木工程专业的一门主要专业核心课,它主要研究土木工程施工中的施工技术和施工组织的基本规律,其目的是培养学生具有独立分析和解决土木工程施工中有关施工技术和施工组织问题的能力,在内容上其涉及面广,实践性强,发展非常迅速,需要综合运用土木工程专业的基本理论。本书编写的基本思路及特色如下:

(1) 体现时代特征,突出实用性、创新性成果:我国基本建设突飞猛进,新的施工技术不断涌现,书中及时地介绍了一些实用的、新的施工技术,如第1章中的防止或减少降水影响周围环境的措施,降水与排水施工质量检验标准,填土压实,土工合成材料应用技术;第2章中的浅基础施工及型钢水泥土复合搅拌支护技术,混凝土灌注桩的质量检测;第4章中的自密实混凝土技术;第7章中的钢结构施工技术;第9章中的铝合金幕墙、石材幕墙、饰石板(砖)工程的外观质量要求;第10章中的转体法施工、连接梁桥的逐孔施工法。

(2) 精益求精创品牌:针对教学的需要,书中介绍的施工工艺、质量控制、检验验收等须满足新的规范、标准、法规、条例的要求。对书的体系、结构、内容、文字、术语、定义、图表、数据、标点等做了全面的审核、校正,使其正确性最大化,失误最小化,以质量取胜、品牌取胜。

(3) 举一反三,启迪创新思维:重点剖析综合运用有关学科理论和知识,以解决工程中的实践问题,如地基处理问题、人工降水问题、深基坑支护结构问题、网络计划等;着重多方案性问题的探讨和技术经济比较,举一反三,扩大视野,启迪创新思维。

(4) 扩大专业面和知识面,紧密联系规范以适应市场经济的需要:本书强化了桥梁工程、道路工程,适应土木工程人才培养的要求。

本书在编写中,力图以科学发展观反映先进的施工技术和现代化的管理方法,力图理论联系实际,以应用为主,但由于水平有限,难免仍有不足之处,敬请读者指正、赐教。

本书由湖南大学卜良桃教授主编,湘潭大学廖国荣任副主编,南华大学陈振富主审。参加编写的有湖南大学卜良桃、曾裕林、曾令宏,湘潭大学廖国荣,南华大学陈振富,华南理工大学周靖,长沙理工大学梁建国,中南林业科技大学张新胜,湖南城市学院刘霁,湖南信息科学职业学院于丽。研究生侯琦、朱怀、汪文渊、刘尚凯、段文锋、刘裔彬、张欢、刘德成、贺阳、区杨荫、郑孟辉、袁海涛参加了图表绘制、文字录入工作。

本书在编写过程中参考了有关文献、资料,得到了武汉理工大学出版社的大力支持,谨以此对文献、资料的作者和出版社致以深深的谢意。

编 者

2014年7月

目 录

1	土方工程	1
1.1	土方规划	1
1.1.1	土方工程的内容及施工要求	1
1.1.2	土的工程分类及性质	1
1.1.3	土方边坡	5
1.1.4	土方量计算的基本方法	6
1.1.5	场地平整土方量计算	9
1.1.6	土方调配	14
1.2	土方工程施工要点	18
1.2.1	土壁稳定	18
1.2.2	施工排水	22
1.2.3	防止或减少降水对周围环境的影响的技术措施	32
1.2.4	降水与排水施工质量检验标准	33
1.3	土方工程机械化施工	33
1.3.1	推土机施工	33
1.3.2	铲运机施工	34
1.3.3	单斗挖土机施工	34
1.3.4	土方工程综合机械化施工	36
1.4	填土压实	37
1.4.1	填土的要求	37
1.4.2	填土的压实方法	37
1.4.3	填土压实的质量检验	38
1.5	土工合成材料应用技术	39
2	地基处理与桩基工程	41
2.1	基坑验槽	41
2.1.1	观察验槽	41
2.1.2	钎探验槽	41
2.2	地基加固处理	42
2.2.1	地基加固的原理	42
2.2.2	地基加固的方法	43
2.3	浅基础施工	46
2.3.1	常见浅基础的类型	47
2.3.2	浅基础施工	47
2.4	桩基施工	53

2.4.1	钢筋混凝土预制桩锤击法施工	54
2.4.2	静力压桩、振动沉桩、射水沉桩	60
2.4.3	混凝土灌注桩施工	61
2.4.4	混凝土灌注桩的质量检测	70
2.5	型钢水泥土复合搅拌桩支护技术	71
2.5.1	主要施工过程及特点	71
2.5.2	技术指标	71
2.5.3	适用范围	71
2.6	桩基检测	71
2.6.1	基桩低应变动力检测	71
2.6.2	单桩竖向抗压静载试验	72
2.6.3	浅层平板荷载试验	73
3	砌体工程	75
3.1	砌体材料	75
3.1.1	块材	75
3.1.2	砂浆	76
3.2	脚手架及垂直运输设施	77
3.2.1	脚手架	77
3.2.2	垂直运输设施	79
3.3	砖砌体施工	80
3.3.1	一般规定	80
3.3.2	施工工艺	81
3.3.3	质量要求	81
3.3.4	砖砌体冬期施工	83
3.4	石砌体施工	84
3.4.1	毛石砌体	84
3.4.2	料石砌体	85
3.4.3	石挡土墙	86
3.4.4	石砌体质量	87
3.5	中小型砌块砌体施工	88
3.5.1	普通混凝土小型空心砌块砌体	88
3.5.2	加气混凝土砌块砌体	89
3.5.3	粉煤灰砌块砌体	91
3.6	拱桥砌体施工	93
3.6.1	桥梁墩台的砌筑	93
3.6.2	拱桥主拱圈砌筑	93
3.6.3	拱上结构的砌筑	95
3.7	砌体结构施工质量检测	95
3.7.1	检测程序及工作内容	95

3.7.2	检测单元、测区和测点布置	97
3.7.3	检测方法分类及其选用原则	97
4	混凝土结构工程	101
4.1	混凝土结构工程概述	101
4.2	钢筋工程	102
4.2.1	钢筋的种类、性能及验收	102
4.2.2	钢筋焊接	104
4.2.3	钢筋机械连接	111
4.2.4	钢筋的配料、代换及加工	113
4.2.5	植筋施工	118
4.3	模板工程	119
4.3.1	模板分类及施工方法	119
4.3.2	模板安装质量要求	125
4.3.3	模板设计	126
4.3.4	模板的拆除	129
4.4	混凝土工程	131
4.4.1	混凝土的原材料	131
4.4.2	混凝土的性质	137
4.4.3	混凝土施工配料	139
4.4.4	混凝土搅拌	141
4.4.5	混凝土运输	143
4.4.6	混凝土成型	147
4.4.7	混凝土养护	158
4.4.8	混凝土的拆模和质量检查	162
4.4.9	混凝土冬期施工	168
4.5	混凝土新技术	172
4.6	混凝土现场检测技术	172
4.6.1	检测范围和分类	172
4.6.2	检测工作的基本程序与要求	173
4.6.3	检测项目和检测方法	174
4.6.4	检测方式与抽样方法	175
4.6.5	混凝土抗压强度现场检测方法	175
5	预应力混凝土工程	181
5.1	先张法施工	181
5.1.1	台座	182
5.1.2	张拉机具和夹具	183
5.1.3	先张法施工工艺	183
5.2	后张法施工	186
5.2.1	预应力筋及锚具	187

5.2.2	张拉设备	192
5.2.3	后张法施工工艺	193
5.3	无粘结预应力混凝土施工	202
5.3.1	无粘结预应力筋的制作	202
5.3.2	无粘结预应力筋的铺设	202
5.3.3	无粘结预应力筋张拉	203
6	结构安装工程	205
6.1	起重机械	205
6.1.1	桅杆式起重机	205
6.1.2	履带式起重机	206
6.1.3	汽车式起重机	209
6.1.4	轮胎式起重机	209
6.2	索具设备	215
6.2.1	卷扬机	215
6.2.2	滑轮组	215
6.2.3	钢丝绳	216
6.2.4	横吊梁	216
6.3	单层工业厂房结构安装	217
6.3.1	构件吊装工艺	217
6.3.2	结构吊装方案	226
6.4	装配式框架结构吊装	231
6.4.1	吊装方案	231
6.4.2	安装方法	234
6.4.3	柱的吊装与校正	235
6.4.4	构件接头	236
6.5	液压爬升模板技术	238
6.5.1	主要技术内容	238
6.5.2	技术指标	238
6.5.3	适用范围	239
6.5.4	已应用的典型工程	239
7	钢结构施工	241
7.1	钢结构零部件的加工制作	241
7.1.1	钢结构零部件加工的作业条件及工艺流程	241
7.1.2	钢结构零部件的加工制作工艺	242
7.2	钢结构预拼接	246
7.2.1	预拼装要求	246
7.2.2	预拼装方法	247
7.2.3	预拼装施工	247
7.2.4	检查	251

7.2.5 变形预防与矫正	251
7.3 钢结构连接	252
7.3.1 普通螺栓连接	253
7.3.2 高强度螺栓连接	259
7.3.3 铆钉连接	268
7.3.4 焊缝连接	272
7.4 钢结构涂装	279
7.4.1 钢结构除锈	279
7.4.2 防腐涂装的施工	281
7.5 钢结构质量验收	282
8 防水工程	285
8.1 卷材防水屋面	285
8.1.1 卷材防水屋面的构造	285
8.1.2 防水材料	286
8.1.3 卷材防水屋面的施工	287
8.2 涂膜防水屋面	291
8.2.1 板缝嵌缝施工	291
8.2.2 防水涂料施工	292
8.3 刚性防水屋面	293
8.3.1 屋面构造	293
8.3.2 施工工艺	293
8.4 地下防水工程	294
8.4.1 卷材防水层	294
8.4.2 水泥砂浆防水层	296
8.4.3 冷胶料防水层	297
8.4.4 防水混凝土	297
8.4.5 堵漏技术	298
9 装饰工程	302
9.1 装饰工程概述	302
9.2 抹灰工程	303
9.2.1 抹灰工程的分类	303
9.2.2 一般抹灰	303
9.2.3 装饰抹灰	310
9.3 饰面板(砖)工程	314
9.3.1 饰面板(砖)材料及要求	314
9.3.2 石材饰面板的施工	315
9.3.3 铝合金饰面板的施工	317
9.3.4 饰面砖的施工	318
9.3.5 饰面板(砖)工程的外观质量要求	319

9.4	裱糊工程	320
9.4.1	裱糊材料及要求	320
9.4.2	裱糊施工	321
9.4.3	裱糊工程的质量要求	322
9.5	涂饰工程	322
9.5.1	常用建筑涂料	322
9.5.2	涂饰工程施工	323
9.6	幕墙工程	326
9.6.1	玻璃幕墙工程	326
9.6.2	铝合金幕墙	329
9.6.3	石材幕墙	330
10	桥梁结构工程	332
10.1	墩台基础施工	332
10.1.1	沉井施工	332
10.1.2	围堰施工	334
10.2	装配式桥梁施工	335
10.2.1	支架便桥架设法	335
10.2.2	人字扒杆悬吊架设法	335
10.2.3	联合架桥机架设法	336
10.2.4	双导梁穿行式架设法	337
10.3	预应力混凝土梁桥悬臂法施工	338
10.3.1	悬臂浇筑法	338
10.3.2	悬臂拼装法	341
10.3.3	临时固接措施	344
10.4	转体法施工	345
10.4.1	有平衡重平面转体施工	345
10.4.2	无平衡重转体施工	348
10.5	预应力混凝土连续梁桥顶推法施工	350
10.5.1	预制场地	350
10.5.2	梁段预制	352
10.5.3	梁段预应力束	352
10.5.4	顶推施工中的临时设施	352
10.5.5	顶推设备与顶推工艺	353
10.6	连续梁桥的逐孔施工法	354
10.6.1	移动悬吊模架施工	355
10.6.2	支承式活动模架施工	356
10.7	拱桥施工	357
10.7.1	拱桥有支架施工	357
10.7.2	钢管混凝土及劲性骨架拱圈	362

10.7.3	装配式钢筋混凝土拱桥	363
10.8	斜拉桥施工	364
10.8.1	索塔施工	364
10.8.2	主梁施工	366
10.8.3	斜拉索的制作、防护与安装	366
11	道路工程	370
11.1	路基工程施工	370
11.1.1	填方路基施工	371
11.1.2	挖方路基施工	372
11.1.3	特殊地区路基施工	375
11.1.4	路基压实	380
11.1.5	路基排水设施施工	382
11.2	路基路面施工概述	384
11.2.1	基层(底基层)的分类	384
11.2.2	半刚性基层材料的特点	384
11.2.3	对原材料的要求	385
11.2.4	半刚性基层的施工	385
11.2.5	质量管理与检查验收	386
11.3	路面施工	386
11.3.1	水泥混凝土路面	386
11.3.2	沥青路面	391
12	施工组织概论	396
12.1	建筑施工的特点	396
12.2	施工组织的基本原则	396
12.3	施工准备工作	397
12.3.1	基础工作准备	398
12.3.2	全工地性施工准备	398
12.3.3	单位工程施工条件准备	398
12.3.4	分部、分项工程作业条件准备	399
12.4	施工准备工作的内容	399
12.4.1	技术准备	399
12.4.2	施工现场准备	400
12.4.3	劳动组织准备	401
12.4.4	物资准备	401
12.5	施工组织设计	402
12.5.1	施工组织设计的作用	402
12.5.2	施工组织设计分类	402
12.5.3	施工组织设计的内容	403
12.5.4	施工组织设计的编制	404

12.5.5	施工组织设计的贯彻、检查和调整	404
12.6	优化施工现场管理	404
13	流水施工原理	406
13.1	流水施工概念	406
13.1.1	依次施工	407
13.1.2	平行施工	407
13.1.3	流水施工	407
13.2	流水施工指示图表	408
13.2.1	水平指示图表	408
13.2.2	垂直指示图表	408
13.3	流水施工的参数	409
13.3.1	施工过程数 n	409
13.3.2	施工段数 m	410
13.3.3	流水节拍 t_i	410
13.3.4	流水步距 K	411
13.3.5	流水施工工期 T	411
13.4	流水施工分类	411
13.4.1	按流水施工对象的范围分类	411
13.4.2	按流水节奏的特征分类	412
13.5	流水施工的组织方法	412
13.5.1	固定节拍流水	412
13.5.2	成倍节拍流水	415
13.5.3	分别流水	416
13.5.4	流水线法	418
13.6	流水施工组织应用示例	420
13.6.1	砖混结构流水施工组织	420
13.6.2	现浇钢筋混凝土框架流水施工组织	420
13.6.3	群体工程流水施工组织	422
14	施工网络计划技术	425
14.1	网络计划概述	425
14.1.1	网络计划方法	425
14.1.2	网络计划的应用及其特点	425
14.1.3	网络计划的类型	426
14.1.4	网络计划编制步骤	426
14.1.5	网络计划在工程进度施工控制中的作用	427
14.2	双代号网络计划	427
14.2.1	双代号网络图的基本概念	427
14.2.2	双代号网络图的绘制	429
14.2.3	双代号网络图的绘制方法和应用	434

14.2.4	双代号网络计划时间参数的计算	436
14.2.5	关键线路的确定	440
14.3	单代号网络计划	441
14.3.1	单代号网络计划图的构成	441
14.3.2	单代号网络计划图的绘制	441
14.3.3	单代号网络图时间参数的计算	442
14.4	时间坐标网络计划	445
14.4.1	时间坐标网络计划的概念	445
14.4.2	时间坐标网络计划的编制	446
14.5	网络计划的优化与控制	447
14.5.1	网络计划的优化	447
14.5.2	网络计划的控制	451
15	施工组织总设计	464
15.1	施工组织总设计编制程序及依据	464
15.1.1	施工组织总设计编制程序	464
15.1.2	施工组织总设计编制依据	465
15.2	施工部署	465
15.3	施工总进度计划	466
15.3.1	施工总进度计划编制的原则	466
15.3.2	施工总进度计划编制方法	467
15.4	暂设工程	469
15.4.1	加工厂(站)组织	469
15.4.2	建筑工地运输业务组织	469
15.4.3	建筑工地仓库业务组织	469
15.4.4	行政管理、生活福利房屋的组织	470
15.4.5	建筑工地临时供水	471
15.4.6	建筑工地临时供电	472
15.5	施工总平面图	473
15.5.1	施工总平面图的内容	474
15.5.2	设计施工总平面图的资料	474
15.5.3	设计施工总平面图的原则	474
15.5.4	施工总平面图设计的步骤和方法	475
15.5.5	施工总平面图的管理	477
15.6	施工组织总设计的技术经济指标	477
16	单位工程施工组织设计	479
16.1	单位工程施工组织设计的内容和编制程序	479
16.1.1	单位工程施工组织设计的主要内容	479

16.1.2 单位工程施工组织设计的编制程序和依据	479
16.2 施工方案	480
16.2.1 施工方案的主要内容	480
16.2.2 施工方案的技术经济评价	483
16.3 单位工程施工进度计划	484
16.3.1 施工进度计划的作用	484
16.3.2 施工进度计划的编制	484
16.3.3 施工进度计划的评估	489
16.4 资源需要量计划	489
16.4.1 劳动力需要量计划	489
16.4.2 主要材料需要量计划	490
16.4.3 构件和半成品需要量计划	490
16.4.4 施工机具需要量计划	490
16.5 单位工程施工平面图设计	491
16.5.1 单位工程施工平面图设计依据	491
16.5.2 单位工程施工平面图设计的内容和原则	492
16.5.3 单位工程施工平面图设计的步骤	492
16.6 施工现场远程监控管理及工程远程验收技术	495
参考文献	498

1 土方工程

本章提要

本章在结合《建筑工程施工质量验收统一标准》(GB 50300—2013),《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002),《建筑施工土石方工程安全技术规范》(JGJ/T 180—2009)等规范的基础上,重点介绍土方规划、土方工程施工要点、土方工程机械化施工。在土方规划中,涉及了土的工程分类和性质、土方边坡、土方量计算、场地设计标高的确定和土方调配等问题。在土方工程施工要点中,重点论述了土壁稳定、施工排水、流砂防治和填土压实,这几个问题是土方工程施工的关键。在土方工程机械化施工中,着重阐述常用土方机械的类型、性能及提高生产效率的措施。

1.1 土方规划

1.1.1 土方工程的内容及施工要求

在土木工程施工中,常见的土方工程有:

- (1) 场地平整 其中包括确定场地设计标高,计算挖、填土方量,合理地进行土方调配等。
- (2) 开挖沟槽、基坑、竖井、隧道,修筑路基、堤坝 其中包括施工排水、降水,土壁边坡和支护结构等。
- (3) 土方回填与压实 其中包括土料选择、填土压实的方法及密实度检验等。

此外,在土方工程施工前,应完成场地清理、地面水的排除和测量放线工作;在施工中,则应及时采取有关技术措施,预防产生流砂、管涌和塌方现象,确保施工安全。

土方工程施工,要求标高、断面准确,土体有足够的强度和稳定性,土方量少,工期短,费用省。但由于土方工程施工具有面广量大、劳动繁重、施工条件复杂等特点,因此,在施工前,首先要进行调查研究,了解土壤的种类和工程性质,土方工程的施工工期、质量要求及施工条件,施工地区的地形、地质、水文、气象等资料,以便编制切实可行的施工组织设计,拟定合理的施工方案。为了减轻繁重的体力劳动,提高劳动生产率,加快工程进度,降低工程成本,在组织土方工程施工时,应尽可能采用先进的施工工艺和施工组织,实现土方工程施工综合机械化。

1.1.2 土的工程分类及性质

土的种类繁多,分类方法各异,在土方施工中,按土的开挖难易程度分为八类,如表 1.1 所示。

表 1.1 土的工程分类

土的分类	土的级别	土 的 名 称	密 度 (kg/m ³)	开挖方法及工具
一类土 (松软土)	I	砂土;粉土;冲积砂土层;疏松的种植土; 淤泥(泥炭)	600~1500	用锹、锄头挖 掘,少许用脚蹬
二类土 (普通土)	II	粉质黏土;潮湿的黄土;夹有碎石、卵石的 砂;粉土混卵(碎)石;种植土;填土	1100~1600	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;砾石土; 干黄土,含有碎石、卵石的黄土,粉质黏土; 压实的填土	1750~1900	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	坚实密实的黏性土或黄土;含碎石、卵石 的中等密实的黏性土或黄土;粗卵石;天然 级配砂石;软泥灰岩	1900	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)	V~VI	硬质黏土;中密的页岩、泥灰岩、白垩土; 胶结不紧的砾岩;软石灰岩及贝壳石灰岩	1100~2700	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、片麻岩及正常岩	2200~2900	用爆破方法开 挖,部分用风镐
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 风化安山岩、玄武岩	2500~3100	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	2700~3300	用爆 破 方 法 开挖

土有各种工程性质,其中影响土方工程施工的有土的质量密度、含水量、渗透性和可松性等。

1.1.2.1 土的质量密度

分天然密度和干密度。土的天然密度,指土在天然状态下单位体积的质量,它影响土的承载力、土压力及边坡的稳定性。土的干密度,指单位体积土中固体颗粒的质量,它是用以检验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 W 是土中所含的水与土的固体颗粒间的质量比,以百分数表示:

$$W = \frac{m_w}{m_s} \times 100\%$$

(1.1)

式中 m_w ——土中水的质量(kg/m^3);

m_s ——土中固体颗粒的质量(kg/m^3)。

土的含水量影响土方施工方法的选择、边坡的稳定和回填土的质量,如土的含水量超过25%~30%,则机械化施工就困难,容易打滑;回填土则需有最佳含水量,方能夯压密实,获得最大干密度(表1.2)。

表 1.2 土的最佳含水量和最大干密度参考值表

土的种类	最佳含水量 (质量比,%)	最大干密度(g/cm^3)	土的种类	最佳含水量 (质量比,%)	最大干密度(g/cm^3)
砂土	8~12	1.80~1.88	重亚黏土	16~20	1.67~1.79
粉土	16~22	1.61~1.80	粉质亚黏土	18~21	1.65~1.74
亚砂土	9~15	1.85~2.08	黏土	19~23	1.58~1.70
亚黏土	12~15	1.85~1.95			

1.1.2.3 土的渗透性

土的渗透性是指土被水透过的性质。土体孔隙中的自由水在重力作用下会发生流动,当基坑(槽)开挖至地下水位以下,地下水会不断流入基坑(槽),当由水力梯度产生的动水压力超过土粒间的联结力时,则会产生管涌或流砂。同样,地下水在渗流流动中会受到土颗粒的阻力,其大小与土的渗透性及地下水渗流的路程长短有关。根据达西定律,水在土中的渗流速度(v)与水力梯度(i)呈线性比例关系,即:

$$v=ki \quad (1.2)$$

式中 k ——土的渗透系数。

土的渗透系数同土的颗粒大小、级配、密度等有关,土的渗透系数是选择人工降水方法的依据,也是分层填土时确定相邻两层结合面形式的依据,其参考数值见表1.3。

表 1.3 土的渗透系数表

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

1.1.2.4 土的休止角

土的休止角是指天然状态下的土体可以稳定的坡度,一般土的坡度值见表1.4。