



建筑施工技术

Jianzhu Shigong
Jishu

主编 杨 谦 武 强

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

建筑施工技术

主 编 杨 谦 武 强

副主编 李捷斌

参 编 黄春霞 李艳玲 侯经文



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书按照高等教育土建类相关专业的教学要求,以建筑工程最新施工标准及规范为依据,经反复修改、补充编撰而成。本书坚持以就业为导向,突出实用性、实践性,注重技能培养,详细阐述了房屋建筑工程施工工艺、工序及质量标准。全书除绪论外,共分为7章,主要内容包括:土方工程、地基与基础工程、钢筋混凝土结构工程、砌体工程、结构安装工程、防水工程、建筑装饰工程等。

本书内容通俗易懂、文字规范简练、图文并茂,具有较强的针对性、实用性和通用性,可作为高等院校土木工程等相关专业的教学用书,也可供建设单位建设管理工作、建筑安装施工企业从业人员学习参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术 / 杨谦, 武强主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2015.8
ISBN 978-7-5682-1172-7

I. ①建… II. ①杨… ②武… III. ①建筑工程—工程施工—高等学校—教材
IV. ①TU74

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第196287号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 18.5

字 数 / 494千字

版 次 / 2015年8月第1版 2015年8月第1次印刷

定 价 / 52.00元

责任编辑 / 周 磊

文案编辑 / 周 磊

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前言

本书依据高等院校教育教学要求、土建类相关专业指导性教学计划及教学大纲组织编写，突出专业人才技能培养，强调实践操作内容学习。

由于建筑施工技术实践性很强、涉及工种多，因而本书编写时始终坚持“能力培养、技能学习、知识适用”的原则进行组织。书中对土方工程、地基与基础工程、钢筋混凝土结构工程、砌体工程、结构安装工程、防水工程、建筑装饰工程等施工工艺进行了详尽阐述。本书中知识内容突出针对性和实用性，注重实践能力的培养，满足学生技能学习的需要；同时，书本还在一定程度上反映国内建筑工程施工的先进经验和成熟技术。

本书由杨谦、武强担任主编，李捷斌担任副主编，黄春霞、李艳玲、侯经文参与了本书的部分编写工作。具体编写分工如下：杨谦编写第1章、第2章，黄春霞编写第3章，李艳玲编写第4章，侯经文编写第5章、第6章，李捷斌编写第7章。本书计划安排50学时开展教学，具体可根据各专业培养计划灵活安排。

本书大量引用了有关专业文献和资料，未在书中一一注明出处，在此对有关文献的作者表示感谢。由于编者水平有限，教学经验尚待积累，难免存在错误和不足之处，诚恳地希望读者批评指正。

编者

目录

绪论	1	1.6 人工降低地下水位	29
0.1 建筑施工技术课程的内容与任务	1	1.6.1 集水井法	29
0.2 建筑施工技术的发展	1	1.6.2 井点降水法	30
0.3 建筑施工技术课程学习要求	2	1.7 土方填筑与压实	39
		1.7.1 土料选择与填筑方法	39
		1.7.2 填土压实方法	40
		1.7.3 影响填土压实质量的因素	41
第1章 土方工程	3	1.8 基坑(槽)检验和地基处理	44
1.1 概述	4	1.8.1 基坑(槽)和管沟施工要求	44
1.1.1 土方工程施工内容与特点	4	1.8.2 钎探和验槽	44
1.1.2 土的工程分类与现场鉴别	4	1.8.3 地基的局部处理	46
1.1.3 土的基本性质	5	1.9 土方工程冬期施工	49
1.1.4 湿陷性黄土的特性	8	1.9.1 冻土的定义及分类	49
1.2 土方工程量计算及现场调配	8	1.9.2 地基土的保温防冻	50
1.2.1 基坑、基槽土方量计算	8	1.9.3 冻土融化及开挖	52
1.2.2 场地平整土方量计算	10	1.10 土方工程质量标准与安全技术	53
1.2.3 现场土方调配	14	1.10.1 土方开挖施工中的质量控制要点	53
1.3 土方开挖与机械化施工	15	1.10.2 填土质量与控制	54
1.3.1 开挖准备工作	15	1.10.3 土方开挖与回填安全技术操作	55
1.3.2 土方边坡及坑壁支护	16	习题	56
1.3.3 土方施工机械	22		
1.3.4 土方施工机械的选用	26		
1.4 施工排水与降水	27	第2章 地基与基础工程	59
1.4.1 排除地面(表)水	27	2.1 地基处理	59
1.4.2 基坑降(排)水	27	2.1.1 特殊土地基工程性质及处理原则	60
1.5 动水压力与流沙防治	28	2.1.2 地基土处理方法	60

2.2 浅基础施工	66	3.2.2 钢筋的加工	116
2.2.1 浅基础的类型	66	3.2.3 钢筋的检验与存放	116
2.2.2 常见刚性基础施工	66	3.2.4 钢筋下料计算	117
2.2.3 常见柔性基础施工	68	3.2.5 钢筋代换	120
2.3 桩基础	71	3.2.6 钢筋的连接	121
2.3.1 桩的分类	72	3.3 混凝土工程	126
2.3.2 钢筋混凝土预制桩施工	72	3.3.1 混凝土的制备	126
2.3.3 钢筋混凝土灌注桩施工	81	3.3.2 混凝土拌合料的运输	132
2.4 钻孔灌注桩施工	82	3.3.3 混凝土的浇筑	134
2.4.1 干作业成孔灌注桩	82	3.3.4 混凝土的养护	138
2.4.2 泥浆护壁成孔灌注桩	83	3.3.5 混凝土的质量检查和缺陷处理	139
2.4.3 套管成孔灌注桩	88	3.4 预应力混凝土工程	141
2.4.4 挖孔灌注桩	91	3.4.1 先张法施工	141
2.4.5 爆扩成孔灌注桩	93	3.4.2 后张法施工	145
2.4.6 水泥粉煤灰碎石桩法 (CFG桩)	94	3.5 钢筋混凝土工程安全施工	157
2.5 桩基础质量检测与验收	95	3.5.1 钢筋加工安全技术措施	157
2.5.1 桩基的检测	95	3.5.2 模板施工安全技术措施	157
2.5.2 桩基的验收	96	3.5.3 混凝土施工安全技术措施	157
2.5.3 桩基础工程对环境的影响及防护措施	96	3.6 混凝土工程冬期施工	158
2.5.4 桩基础工程安全技术措施	97	3.6.1 混凝土冬期施工的特点	158
习题	98	3.6.2 冬期施工混凝土材料及工艺要求	159
第3章 钢筋混凝土结构工程	101	3.6.3 混凝土冬期施工方法	160
3.1 模板工程	102	3.6.4 混凝土的温度测量和质量检查	165
3.1.1 模板的基本要求	102	3.6.5 混凝土的拆模和成熟度	166
3.1.2 胶合板模板	103	习题	167
3.1.3 钢框胶合板模板	108	第4章 砌体工程	172
3.1.4 组合钢模板	109	4.1 砌体材料	172
3.1.5 现浇结构模板拆除	114	4.1.1 砖	172
3.2 钢筋工程	115	4.1.2 砌块	174
3.2.1 钢筋的种类	115	4.1.3 石材	175

4.1.4 砌筑砂浆	176
4.1.5 钢筋与混凝土	176
4.2 砌体的种类	177
4.2.1 砖砌体	177
4.2.2 砌块砌体	178
4.2.3 石砌体	178
4.2.4 配筋砌体	178
4.2.5 填充墙砌体	179
4.3 砌体工程施工工艺	180
4.3.1 砖砌体工艺流程	180
4.3.2 砖基础	181
4.3.3 墙体	181
4.3.4 砌块砌体施工工艺	183
4.4 过梁、圈梁、墙梁的基本概念	184
4.4.1 过梁	184
4.4.2 圈梁	185
4.4.3 墙梁	186
4.5 脚手架工程	186
4.5.1 脚手架种类和基本要求	186
4.5.2 外脚手架	186
4.5.3 门式脚手架	190
4.5.4 里脚手架	192
4.5.5 安全网搭设	193
4.6 砌体工程冬期施工	193
4.6.1 砌体工程冬期施工一般规定	193
4.6.2 砖石工程冬期施工方法	194
习题	195

第5章 结构安装工程 198

5.1 起重设备	198
5.1.1 索具设备	199
5.1.2 建筑起重机械	201

5.2 钢筋混凝土单层工业厂房结构 安装	205
5.2.1 构件安装前的准备	205
5.2.2 构件安装工艺	206
5.2.3 结构吊装方案	213
习题	220

第6章 防水工程 223

6.1 防水工程的基本知识	224
6.1.1 建筑防水等级	224
6.1.2 防水材料	224
6.2 屋面防水工程	228
6.2.1 卷材防水屋面	229
6.2.2 涂膜防水屋面	233
6.2.3 刚性防水屋面	236
6.3 地下防水工程	237
6.3.1 结构自防水	237
6.3.2 水泥砂浆抹面防水施工	243
6.3.3 卷材防水层施工	244
6.3.4 涂料防水层施工	246
6.4 楼面防水层铺设	247
6.4.1 适用范围	247
6.4.2 组成材料	248
6.4.3 施工要点	248
习题	251

第7章 建筑装饰工程 254

7.1 抹灰工程	255
7.1.1 一般抹灰	256
7.1.2 装饰抹灰	258
7.2 饰面工程	261

7.2.1 饰面砖镶贴	261	7.4.4 塑钢门窗	276
7.2.2 饰面板施工	262	7.4.5 门窗工程质量要求	277
7.2.3 金属饰面板墙面安装	264	7.5 吊顶和隔墙工程	278
7.2.4 玻璃幕墙安装	266	7.5.1 吊顶工程	278
7.2.5 饰面工程质量要求	266	7.5.2 隔墙工程	280
7.3 楼地面工程	268	7.6 涂料、刷浆工程	282
7.3.1 楼地面的组成及分类	268	7.6.1 涂料工程	282
7.3.2 整体式楼地面	268	7.6.2 刷浆工程	283
7.3.3 块材面层	270	7.7 装饰工程和屋面工程冬期施工 ...	284
7.3.4 木质面层	271	7.7.1 装饰工程冬期施工	284
7.3.5 楼地面工程的质量要求	272	7.7.2 屋面工程冬期施工	285
7.4 门窗工程	273	习题	286
7.4.1 木门窗	273		
7.4.2 钢门窗	274		
7.4.3 铝合金门窗	275		

参考文献..... 288

绪 论

0.1 建筑施工技术课程的内容与任务

建筑施工技术是一门研究建筑工程施工过程中主要工种施工工艺、技术标准和措施方法的学科,与现场施工管理联系紧密,实践性强,是建筑工程技术专业的主干课程。

本课程任务是解决建筑施工中各个施工工艺、技术与方法的施工技术问题,以工程施工为研究对象,采用合理有效的施工方案,选择先进的施工工艺,保证工程安全施工和质量合格,并取得良好经济收益和社会效果,达到保安全、质量优、造价低、工期短的预期目标。

建筑单体施工是一项非常复杂的系统工程,它由许多分部分项工程组成,为便于施工与验收,将建筑物的施工按照工程部位和施工顺序划分成地基与基础工程、主体结构工程、屋面防水工程和建筑装饰工程四个部分。按施工工种不同划分成土方工程、砌体工程、钢筋混凝土工程、结构安装工程、屋面防水工程、装饰工程等。一般而言,一个分部工程由若干个分项工程组成。

每一个施工项目都有不同的施工方案、施工方法与施工工艺,施工机械的准备、劳动力的组织安排与施工快慢都不尽相同,由于施工过程较复杂,受到天气、环境等诸多因素干扰影响,因此对于不同施工项目需要按照各自施工特点、规模、工期等客观条件,合理确定施工方案,采用先进的施工技术,保质保量、高效快捷地完成施工任务。

建筑施工技术是一门实践性很强的专业课程,学习过程中要注意理论联系实际,结合工程实例,通过现场参观实习,开展现场教学,加深对各工种施工工艺与技术的学习和理解。同时,建筑施工技术又是一门综合性强的技术课,知识内容涉及工程测量、建筑识图、地基与基础、建筑房屋构造等课程,要融会贯通各专业课程知识方能取得预期学习效果。

0.2 建筑施工技术的发展

我国具有悠久的历史文化,建筑领域的辉煌成就数不胜数,举世瞩目的万里长城、享誉全球的故宫博物院,都说明当时我国的建筑施工技术已达到很高的技艺水平。

中华人民共和国成立 60 多年以来,社会主义建设事业开创出突飞猛进的局面,建筑施工技术及标准也在不断完善与进步。在施工技术方面,掌握了大型工业与民用建筑、多高层混凝土结构、关系国计民生的大型基础设施项目建设必备的工艺技术,并且在多个分部工程中都取得技术上的大发展,在模板工程中应用推广爬模、滑模、台模、组合钢模、大模板体系;在钢筋工程中广泛采用电渣压力焊、钢筋气压焊、钢筋螺纹连接技术;在混凝土工程施工中实现了泵送混凝土、喷射混凝土、高强混凝土及混凝土配置与运输的商品化、规范化;在钢结构施工方面,发展了空间钢结构技术、轻钢结构技术、钢-混凝土组合结构技术;在大型结构吊装方面,随着大跨度结构与高耸结构的应用发展,一系列整体吊装技术应运而生;在节能环保设计与施

工方面,大量采用新型墙体材料,利用工业废料压制成型粉煤灰砌块、粉煤灰矿渣混凝土大板、煤渣混凝土大板、粉煤灰陶粒混凝土大板等墙板材料,外墙保温隔热技术广泛推广;在建筑测量方面,采用激光技术进行施工测设,既保证了施工精度又提高了工程质量。同时,大量计算机技术、工艺理论、装饰施工方面的革新与发展,有力推动了我国建筑施工技术的进步和完善。

但是,我国目前整体施工技术水平与发达国家相比,还存在一定差距,特别是在机械化施工水平、新材料应用与开发、节能环保施工、降耗减排技术、施工工艺标准科学性等方面有待进一步提高。

0.3 建筑施工技术课程学习要求

建筑施工技术强调综合应用能力,它与建筑材料、房屋构造、施工组织设计、工程项目管理等课程有密切联系,知识内容相关性明显,要灵活掌握施工技术要点,充分理解施工技巧,需要努力学好此门课程,还应复习前期知识内容,并且掌握后续课程重点。

学习建筑施工技术,要掌握国家与地方各类建设标准和规范要求。国家与各级地方主管部门颁发的技术标准具备法律及法规的强制性,各类标准是我国建筑科学技术和实践经验的结晶,也是建筑业从业人员应共同遵守的行业准则,重点包括《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)、《砌体结构工程施工质量验收规范》(GB 50203—2011)、《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002)、《建筑装饰装修工程质量验收规范》(GB 50210—2001)等规范。

由于本学科知识面涉及广泛、实践性强,而且新技术发展层出不穷,因此,在学习中除对课堂讲授的基本理论、基本知识加强理解和掌握外,还应注重理论联系实际的学习方法,利用网络视频、施工录像等直观学习手段提高学习效果,注重习题练习、施工现场学习、生产实习、实验实训等实践环节的知识学习,达到熟练掌握基本施工技能,能够应用所学施工技术分析实际问题,具有剖析原因、提出方案、解决难题的水平,做到学以致用。

第 1 章 土方工程

内容提要

本章主要介绍土方工程施工中土的开挖、运输和填筑等知识内容；重点讲解场地平整、基坑(槽)开挖、基坑支护与回填、问题土层处理等要点，以及地下水位在开挖标高以上必须进行基坑降水、排水和土壁支护等施工措施；最后提出土方工程安全技术的基本要求。

学习目标

知识要点	学习重点	学习目标
土的种类与物理性质	1. 土方工程中土的种类与鉴别 2. 常用土方施工机械性能与选用	1. 了解土的种类与鉴别方法 2. 能够选用施工机械 3. 具备现场鉴别开挖土的能力
土方工程量的计算	基坑、基槽、场地平整土方量的计算方法 土方调配原则和土方调配方案的编制	1. 掌握基坑(槽)土方量的计算规则与方法，能够根据施工现场实际状况计算土方开挖量 2. 能够制定土方调配方案，合理规划施工土方用量
土方施工	1. 基坑支护类型 2. 土方边坡失稳的原因，流沙产生的条件，防止流沙的措施 3. 基坑降水常用方法，轻型井点降水法的施工要点	1. 熟悉基坑支护类型 2. 理解土方边坡失稳和产生流沙的原因，熟悉流沙的防治办法 3. 掌握基坑降排水的施工工艺与技术要求
基坑排水、降水方法	集水井降水法 轻型井点降水法系统布置和施工工艺	能够依据地下水位状况和基坑开挖要求设计降水方案；能够进行轻型井点降水方案的设计与实施
土方的填筑与压实	土方填筑的要求 压实功、含水量和铺土厚度对填土压实的影响 填土压实方法的技术要求	1. 掌握土方开挖和回填、压实的方法 2. 掌握土方工程中常见问题土层的处理方法
安全事故的预防	土方工程施工的质量标准 安全事故的预防措施	掌握土方施工安全技术要求

1.1 概 述

土方工程是建筑工程施工中最初接触到主要分部工程之一，它的主要施工内容包括土方开挖、运转、回填、压实和场地平整，以及施工降排水和边坡支护等施工准备与辅助工作。

1.1.1 土方工程施工内容与特点

1. 土方工程施工内容

在建筑工程施工中，土方工程施工包括场地平整、基坑(槽)开挖、挖土方、回填土等。

场地平整指将自然地面改建成规划设计要求的平面所进行的土方施工过程。施工内容包括确定场地设计标高，计算挖、填土方量，合理进行土方调配等。

基坑(槽)开挖指按照设计标高和施工要求在基坑范围内挖除岩土到基底设计高程。

土方的开挖、填筑与运输，土料的回填与压实是土方工程的重要环节，基坑(槽)降、排水与土壁边坡支护直接关系到施工安全和工序的顺利开展，土料的选择、填土压实方法的合理与否影响到填土的回填质量，对填筑土方要严格要求回填土土层厚度、土层含水量，选择土质分层回填压实。对地下人防工程、大型建筑物地下室施工、深基础开挖等大型土方工程，要预先设计专项施工方案，确保施工开挖的工序合理安全，涉及边坡稳定、地面沉降、临近建筑物保护、道路与管线移位等一系列安全与防护问题，要提前研究各项技术资料，进行专业的施工组织编排，保证施工有序开展。

2. 土方工程施工特点

(1)工作面广、开挖量多、劳动繁重。建筑工地现场的场地平整面积往往很大，有些大型建设项目的土方施工面积可达数平方公里，土方施工量可达百万立方米以上。普通民用住宅与工业建筑施工，基坑开挖量土方上万方也属正常。

(2)施工条件复杂。土方施工多为露天作业，在施工过程中直接受到地区、气候、水文和地质等条件的影响。

鉴于上述施工特点，组织土方施工首先要进行现场勘察，做好施工前的准备工作，尽可能采用机械化施工，以减少繁重的体力劳动、缩短工期、提高功效；其次要合理安排施工计划，尽可能避开雨期施工，尽可能减少占用工作面，并预先制定出合理的土方调配方案。总之，土方施工前应编制符合实际的技术上先进的、经济合理的施工组织设计，指导施工顺利开展。

1.1.2 土的工程分类与现场鉴别

一般工业与民用建筑都建造在土层或岩石上。土是岩石经风化、搬运和沉积之后，所形成的粗细颗粒堆积在一起的散粒体。粗至粒径大于 200 mm 的块石，细至粒径小于 0.005 mm 的黏土颗粒统称为土。土的种类繁多，分类方法也很多，按土的基本物质组成分类有岩石、碎石、砂土、黏性土和特殊土。岩石按坚固性分类可分为硬质岩石和软质岩石；按风化程度又可分为微风化、中等风化、强风化、全风化和残积土。碎石土可分为漂石、块石、卵石、碎石、圆砾和角砾。砂土可分为砾砂、粗砂、中砂、细砂和粉砂；按密实度又分为松散、稍密、中密和密实的砂土。黏性土可分为黏土和粉质黏土两种；根据其状态可分为坚硬、硬塑、可塑、软塑和流塑的黏性土。以下重点介绍土的工程分类和土的现场鉴别方法。

按照土的开挖难易程度分类，称为土的工程分类。我国建筑安装劳动定额规定，根据土的

坚硬程度和开挖方法及使用工具将土分为 8 类。现将 8 类的工程分类方法与 16 级地质分类方法综合于表 1-1。

表 1-1 土的工程分类

土的分类	土的级别	土的名称	坚实系数 f	密度/($t \cdot m^{-3}$)	现场鉴别方法
一类土 (松软土)	I	砂土、粉土、冲击砂土层、疏松的种植土、淤泥(泥炭)	0.5~0.6	0.6~1.5	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	0.6~0.8	1.1~1.6	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	0.8~1.0	1.75~1.9	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	1.0~1.5	1.9	整个先用镐、撬棍，后用锹挖掘，部分用楔子及大锤
五类土 (松石)	V~VI	硬质黏土，中密的页岩、泥灰岩、白垩土，胶结不紧的砾岩，软石灰及贝壳石灰石	1.5~4.0	1.1~2.7	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，分化花岗岩、片麻岩及正长岩	4.0~10.0	2.2~2.9	用爆破方法开挖，部分用风镐
七类土 (坚石)	X~XII	大理石，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，微分化安山岩，玄武岩	10.0~18.0	2.5~3.1	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	XIII~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	18.0~25.0 以上	2.7~3.3	用爆破方法开挖

注：1. 土的级别相当于一般 16 级土石分类级别；2. 坚实系数 f 相当于普氏岩石强度系数。

1.1.3 土的基本性质

1. 土的组成

土的物理性质包括密度、含水量、孔隙比、透水性、黏结力以及土的可松性等。这些性质是确定地基处理方案和制定土方工程施工方案的重要依据，直接影响土方工程开挖、施工方法、工程量、劳动力和施工成本等因素。

土由固相、液相和气相三项组成，如图 1-1 所示。土的固体颗粒以矿物颗粒为主，是土的骨架，土颗粒间的间隙由水和气体填充，这三相间的比例关系随着

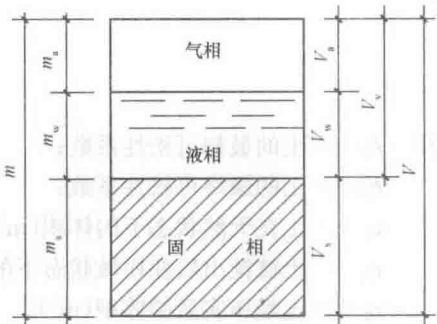


图 1-1 土的三相组成示意图

周围环境的变化而调整,土的三相状态比例不同,决定各类土的基本性质有所差异,如干燥或潮湿、疏松或密实等,对评价土的工程性质、进行土的工程分类具有重要意义。

m_s —土颗粒质量; m_w —土中水的质量; m_a —土中气的质量; m —土的总质量, $m = m_s + m_w + m_a$ 。

v_s —土颗粒体积; v_w —土中水的体积; v_a —土中气的体积; v_v —土中孔隙体积, $v_v = v_w + v_a$; v —土的总体积, $v = v_s + v_v$ 。

2. 土的天然含水量

土的含水量 w 是土中水的质量与固体颗粒质量之比,以百分数表示,即

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 m_w ——土中水的质量;

m_s ——土中固体颗粒的质量。

土的干湿程度用含水量表示。含水量在 5% 以下称为干土,含水量在 5%~30% 称为湿土,大于 30% 称为饱和土。含水量越大,土质越潮湿,对土方施工影响越不利。土的含水量大小对土方开挖难易、施工时边坡的稳定与放坡、回填土的压实等均有影响。

3. 土的密度

(1) 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。土的天然密度用 ρ 表示:

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

式中 m ——土的总质量(kg);

v ——土的天然体积(m^3)。

(2) 土的干密度。单位体积中土的固体颗粒的质量称为土的干密度,土的干密度用 ρ_d 表示:

$$\rho_d = \frac{m_s}{v} \quad (1-3)$$

式中 m_s ——土中固体颗粒的质量(kg);

v ——土的天然体积(m^3)。

土的干密度越大,表示土越密实。工程上常把土的干密度作为评定土体密实程度的标准,以控制基坑回填压实程度及填土工程的压实质量。

4. 土的可松性

土具有可松性,即自然状态下的土经开挖后,其体积因松散而增大,以后虽经回填压实,其体积仍不能恢复原状,这种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

$$k_s = \frac{v_2}{v_1} \quad (1-4)$$

$$k'_s = \frac{v_3}{v_1} \quad (1-5)$$

式中 k_s ——土的最初可松性系数;

k'_s ——土的最终可松性系数;

v_1 ——土在天然状态下的体积(m^3);

v_2 ——土被挖出后在松散状态下的体积(m^3);

v_3 ——土经压实后的体积(m^3)。

土的可松性对土方量的平衡调配、确定场地设计标高、计算施工机械数量、弃土方量、填

土所需挖方体积等均有很大影响。各类土的可松性参考数值见表 1-2。

表 1-2 各类土的可松性参考数值

土的分类	体积增加百分比		可松性系数	
	最初	最终	k_s	k'_s
一类土(种植土除外)	8~17	1~3	1.08~1.17	1.01~1.03
一类土(种植土除外)	20~30	3~4	1.20~1.30	1.03~1.04
二类土	14~28	1.5~5	1.14~1.28	1.02~1.05
三类土	24~30	4~7	1.24~1.30	1.04~1.07
四类土(泥灰岩、蛋白石除外)	26~32	6~9	1.26~1.32	1.06~1.09
四类土	33~37	11~15	1.33~1.37	1.11~1.15
五至七类土	30~45	10~0	1.30~1.45	1.10~1.20
八类土	45~50	20~30	1.45~1.50	1.20~1.30

例 1-1 某基坑底长 80 m，宽 60 m，深 8 m，四边放坡，边坡坡度 1 : 0.50，试计算挖土方工程量为多少？若基坑中混凝土基础和地下室共占有体积 24 000 m³，则现场应保留多少方回填土(自然状态)？若余土外运，采用装载量为 20 m³/车自卸汽车外运，需外运多少车？(已知土体的 $k_s=1.14$ ， $k'_s=1.05$)

解：(1)首先计算基坑挖土方工程量，根据基坑土方量计算公式，得：

$$v=\frac{H}{6}(A_1+4A_0+A_2)=43\,050.67(\text{m}^3)$$

其中， $H=8(\text{m})$

$$A_1=(80+2\times0.5\times8)\times(60+2\times0.5\times8)=5\,984(\text{m}^2)$$

$$A_2=80\times60=4\,800(\text{m}^2)$$

$$A_0=(80+2\times0.5\times4)\times(60+2\times0.5\times4)=5\,376(\text{m}^2)$$

(2)根据土的最终可松性系数计算公式，得：

$$v_1=\frac{v_3}{k'_s}=\frac{19\,050.67}{1.05}=18\,143.50(\text{m}^3)$$

其中， $v_3=v-24\,000=43\,050.67-24\,000=19\,050.67(\text{m}^3)$

$$k'_s=1.05$$

(3)根据土的最初可松性系数计算公式，得：

$$v_2=v_1\times k_s=18\,143.50\times1.14=20\,683.59(\text{m}^3)$$

其中， $v_1=43\,050.67-18\,143.50=24\,907.17(\text{m}^3)$

$$k_s=1.14$$

$$\text{外运车数量 } N=\frac{v_2}{20}=1\,034.18(\text{车})$$

5. 土的渗透性

土的渗透性是指水流通过土中空隙的难易程度，水在单位时间内穿透土层的能力称为渗透系数，用 k 表示，单位为 m/d。水的渗透性大小取决于不同的土质。地下水的流动以及在土中的渗透速度都与土的渗透性有关，实践证明，地下水在土体中的渗流速度，与水头差成正比，与渗透路径长度成反比。地下水在土中渗流速度一般可按达西定律计算，其公式如下：

$$v=k\frac{H_1-H_2}{L}=k\frac{h}{l}=k\cdot i \tag{1-6}$$

式中 v ——水在土中的渗透速度(m/d);

i ——水力坡度, $i = \frac{H_1 - H_2}{L}$, 即 A、B 两点水头差与其水平距离之比;

k ——土的渗透系数(m/d)。

k 值的大小反映出土体透水性的强弱, 根据土的渗透系数不同, 可分为透水性土(如砂土)和不透水性土(如黏土)。在透水性土层中开挖, 且地下水较丰富时, 渗透系数直接影响施工排水和降水速度。一般土的渗透系数见表 1-3。

表 1-3 土的渗透系数参考表

土的名称	渗透系数/($\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$)	土的名称	渗透系数/($\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$)
黏土	<0.005	中砂	5.00~20.00
粉质黏土	0.005~0.1	均质中砂	35~50
粉土	0.1~0.5	粗砂	20~50
黄土	0.25~0.5	圆砾石	50~100
粉砂	0.5~1	卵石	100~500
细砂	1~5		

1.1.4 湿陷性黄土的特性

湿陷性黄土是一种特殊性质的土, 土质较均匀, 结构疏松, 遇水后土体结构迅速破坏, 产生严重变形, 强度大大降低, 广泛分布在陕西、山西、甘肃、宁夏、青海、河北、河南等地区, 新疆、山东、辽宁等地的局部地区也存在。

湿陷性黄土呈褐色或灰黄色, 天然状态下即可看见较大孔隙和生物形成的管状孔隙, 土体浸水会产生大量气泡并快速崩解, 结构破坏且发生显著附加变形, 但干燥时, 其强度较大, 开挖时土壁稳定。在施工中如遇湿陷性黄土土质, 通常采用换土法、灰土垫层、强夯法或桩基础等消除黄土的湿陷性, 提高地基的承载力, 并避免地基被水浸泡, 做好防水和排水工作, 保证各种地下埋设管道的质量, 避免漏水。

1.2 土方工程量计算及现场调配

土方工程施工的重要环节在基坑(槽)的开挖, 需要计算土方的挖、填土方量, 整体均衡现场的土方调配, 节省资源、缩短工期。由于建筑形体各异, 基坑开挖形状有时不规则, 一般情况下, 都将其假设或划分成为一定的几何形状, 用满足一定精度而又与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. 基坑土方量计算

挖基坑多用于需全部大开挖的满堂基础等土方工程, 开挖量可近似的按台体(由两个平行的平面做底的一种多面体)的体积计算公式, 即

$$V = \frac{H(A_1 + 4A_0 + A_2)}{6} \tag{1-7}$$

式中 v ——土方工程量(m^3);
 H ——基坑开挖深度(m);
 A_1 、 A_2 ——基坑上下的底面积(m^2);
 A_0 ——基坑中截面面积(m^2).

2. 基槽土方量计算

挖基槽多用于建筑物的条形基础、渠道、管沟等土方工程,开挖量可以沿长度方向分段后,再用与基坑同样的方法计算(图 1-3),即

$$v_i = \frac{L_i(A_1 + 4A_0 + A_2)}{6} \quad (1-8)$$

式中 v_i ——第 i 段的土方量(m^3);
 L_i ——第 i 段的长度(m);
 A_1 ——第 i 段的前端截面面积(m^2);
 A_2 ——第 i 段的后端截面面积(m^2);
 A_0 ——第 i 段的中间截面面积(m^2).

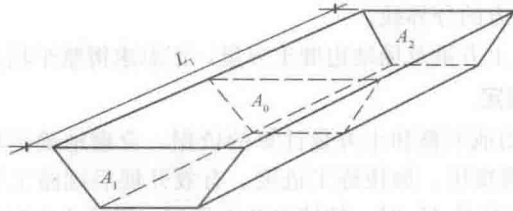


图 1-3 基槽土方量计算

将各段土方量汇总相加即得总土方量,即

$$v = v_1 + v_2 + v_3 + \cdots + v_i$$

式中 $v_1, v_2, \cdots, v_i$ ——各分段的土方量(m^3).

例 1-2 某建筑基础,基坑底面积为 $15 \times 20 \text{ m}^2$,基坑剖面如图 1-4 所示。拟建的地下工程体积为 786 m^3 ,则地下工程完工后,需回填土方量多少立方?需外运虚土多少立方?(已知 $k_s = 1.2$, $k'_s = 1.05$,坡度系数 $m = 0.4$)

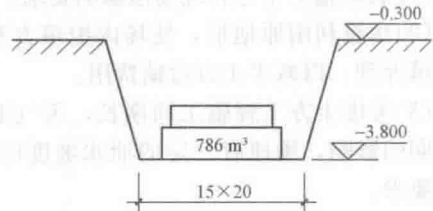


图 1-4 基坑剖面

解: (1)求边坡宽度。

$$b = m \times h = 0.4 \times (-0.3 + 3.8) = 1.4(\text{m})$$

(2)求基坑面积。

$$\text{基坑底面积 } A_2 = 15 \times 20 = 300(\text{m}^2)$$

$$\text{基坑中间截面面积 } A_0 = (15 + 1.4) \times (20 + 1.4) = 350.96(\text{m}^2)$$

$$\text{基坑顶面积 } A_1 = (15 + 1.4 \times 2) \times (20 + 1.4 \times 2) = 405.84(\text{m}^2)$$

(3)求基坑土方体积。

$$v = \frac{3.5}{6} \times (300 + 4 \times 350.96 + 405.84) = 1\,230.65(\text{m}^3)$$

(4)求回填所用虚土方量。

$$\text{回填土压实后的体积, } v_3 = 1\,230.65 - 786 = 444.65(\text{m}^3)$$