

高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材
(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)

建筑工程施工

(建筑工程专业方向适用)

李建峰 主编
王士川 主审

中国建筑工业出版社

高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材
(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)

建筑工程施工

(建筑工程专业方向适用)

李建峰 主编

王士川 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程施工/李建峰主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2016. 7

高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)(建筑工程专业方向适用)

ISBN 978-7-112-19551-0

I. ①建… II. ①李… III. ①建筑工程-工程施工-高等学校-教材 IV. ①TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 149220 号

本书依据最新的施工规范,图文并茂系统地介绍了土木建筑主要专业工种工程的施工工艺技术原理与方法,详细阐述了施工组织的基本理论、原则和方法,并以实例讲述了施工组织设计的编制。全书分成施工技术和施工组织两大篇,主要内容包括:土方工程、深基础工程、砌筑工程、钢筋混凝土结构工程、预应力混凝土工程、脚手架与垂直运输、结构安装工程、防水工程、装饰工程、施工组织概论、流水施工原理及应用、网络计划技术、单位工程施工组织设计、施工组织总设计。书中每章附有本章知识点、例题、思考题与习题、小结及学习指导,供学习时参考。

本书为高等院校土木工程、工程造价、工程管理等专业的教材,也可作为土木建筑类相关专业教学用书,并可供土建施工技术人员参考。

为更好地支持本课程的教学,本书作者制作了多媒体教学课件,有需要的读者可以发送邮件至 jiangongkejian@163.com 索取。

* * *

责任编辑:仕 帅 吉万旺 王 跃

责任校对:李美娜 刘梦然

高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材
(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)

建筑工程施工

(建筑工程专业方向适用)

李建峰 主编

王士川 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京市书林印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 29 $\frac{3}{4}$ 字数: 624 千字

2016 年 8 月第一版 2016 年 8 月第一次印刷

定价: 58.00 元(赠课件)

ISBN 978-7-112-19551-0
(29079)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本系列教材编审委员会名单

主任：李国强

常务副主任：何若全 沈元勤 高延伟

副主任：叶列平 郑健龙 高波 魏庆朝 戚大庆

委员：（按拼音排序）

陈昌富	陈德伟	丁南宏	高辉	高亮	桂岚
何川	黄晓明	金伟良	李诚	李传习	李宏男
李建峰	刘建坤	刘泉声	刘伟军	罗晓辉	沈明荣
宋玉香	王跃	王连俊	武贵	肖宏	徐蓉
徐秀丽	许明	许建聪	杨伟军	易思蓉	于安林
岳祖润	赵宪忠				

组织单位：高等学校土木工程学科专业指导委员会
中国建筑工业出版社

出版说明

近年来,高等学校土木工程学科专业教学指导委员会根据其研究、指导、咨询、服务的宗旨,在全国开展了土木工程学科教育教学情况的调研。结果显示,全国土木工程教育情况在2000年以后发生了很大变化,主要表现在:一是教学规模不断扩大,据统计,目前我国有超过400余所院校开设了土木工程专业,有一半以上是2000年以后才开设此专业的,大众化教育面临许多新的形势和任务;二是学生的就业岗位发生了很大变化,土木工程专业本科毕业生中90%以上在施工、监理、管理等部门就业,在高等院校、研究设计单位工作的本科生越来越少;三是由于用人单位性质不同、规模不同、毕业生岗位不同,多样化人才的需求愈加明显。土木工程专业教指委根据教育部印发的《高等学校理工科本科指导性专业规范研制要求》,在住房和城乡建设部的统一部署下,开展了专业规范的研制工作,并于2011年由中国建筑工业出版社正式出版了土建学科各专业第一本专业规范——《高等学校土木工程本科指导性专业规范》。为紧密结合此次专业规范的实施,土木工程教指委组织全国优秀作者按照专业规范编写了《高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材(专业基础课)》。本套专业基础课教材共20本,已于2012年底前全部出版。教材的内容满足了建筑工程、道路与桥梁工程、地下工程和铁道工程四个主要专业方向核心知识(专业基础必需知识)的基本需求,为后续专业方向的知识扩展奠定了一个很好的基础。

为更好地宣传、贯彻专业规范精神,土木工程教指委组织专家于2012年在全国二十多个省、市开展了专业规范宣讲活动,并组织开展了按照专业规范编写《高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材(专业课)》的工作。教指委安排了叶列平、郑健龙、高波和魏庆朝四位委员分别担任建筑工程、道路与桥梁工程、地下工程和铁道工程四个专业方向教材编写的牵头人。于2012年12月在长沙理工大学召开了本套教材的编写工作会议。会议对主编提交的编写大纲进行了充分的讨论,为与先期出版的专业基础课教材更好地衔接,要求每本教材主编充分了解前期已经出版的20种专业基础课教材的主要内容和特色,与之合理衔接与配套、共同反映专业规范的内涵和实质。此次共规划了四个专业方向29种专业课教材。为保证教材质量,系列教材编审委员会邀请了相关领域专家对每本教材进行审稿。

本系列规划教材贯彻了专业规范的有关要求,对土木工程专业教学的改革和实践具有较强的指导性。在本系列规划教材的编写过程中得到了住房和城乡建设部人事司及主编所在学校和单位的大力支持,在此一并表示感谢。希望使用本系列规划教材的广大读者提出宝贵意见和建议,以便我们在重印再版时得以改进和完善。

高等学校土木工程学科专业指导委员会
中国建筑工业出版社
2014年4月

前 言

“建筑工程施工”是高等院校土木工程专业建筑工程方向的主要专业课程之一。它以土木工程建造过程为研究对象,探讨建筑施工技术与施工组织的一般规律,以培养学生独立分析和解决工程施工中有关施工技术与组织计划问题的能力。内容主要包括建筑工程施工中主要工种工程的施工方法、工艺原理、施工项目组织原理,以及施工新技术、新材料、新工艺的发展和应用。

本书为了适应土建类专业的教学特点与需求,在编著过程中更加注重课程结构的优化调整,内容上推陈出新,并突出课程的实践操作性。注重最新规范和未来走向,使教材内容更加符合当前建筑施工和教学的需要,尽可能做到深入浅出、图文并茂,以方便教学和自学。每章节均从概念、原理、方法、运用和技术特点等方面进行了多角度介绍;内容上除讲究够用外,更注重实用性、可读性。针对部分章节内容操作性强,学生不易理解的问题,有针对性地增加了部分例题和习题,以增强学生的实际操作能力。

全书共分两篇 14 章,其中第 1~9 章为施工技术篇,主要讲解建筑工程各主要工种工程的施工方法、工艺原理与流程,以及各项技术措施,包括土方工程、深基础工程、砌筑工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、脚手架与垂直运输、结构安装工程、防水工程和装饰工程等内容;第 10~14 章为施工组织篇,主要讲解建筑施工项目组织管理的基本原理与方法,重点介绍施工组织设计的编制,包括施工组织概论、流水施工、网络计划技术、单位工程施工组织设计和施工组织总设计等内容。在教材的章节构成上,章前均设有本章知识点、重点、难点,章末设有本章小结及学习指导以及多样的课后思考题与习题,更加便于学生对课程重点内容的理解和掌握。

全书由李建峰教授主编。其中,河北天山集团温俊霞参与编写了第 1 章、第 2 章,西京学院李庆瑞参与编写了第 3 章,西安欧亚学院曹小菊参与编写了第 4 章,杨凌职业技术学院祁萍参与编写了第 5 章、第 6 章,王淑芳参与编写了第 7 章、第 8 章。西安建筑科技大学王士川教授主审。

本书编写过程中,参考了大量国家标准、规范、施工工艺标准、文献资料和一些工程中的案例,兼顾了各高校的实际教学情况,吸收了国内同类教材较为成熟的部分,并依据教学的需求做了适当调整,使本教材具有较广泛的适用性。在此对提供帮助的各位同仁致以衷心的感谢!

由于编写时间比较仓促,加之水平有限,书中不足之处在所难免,诚挚地希望广大师生与读者提出宝贵意见,给予批评指正,以期修订完善。

编 者

2016 年 7 月于西京园

目 录

上篇 施工技术

第1章 土方工程	1	2.1 概述	48
本章知识点	1	2.1.1 深基础工程的特点及类型	48
1.1 概述	1	2.1.2 桩基础基本知识	48
1.1.1 土方工程内容及施工特点	1	2.2 预制桩施工	49
1.1.2 土的工程分类	2	2.2.1 预制桩的制作	50
1.1.3 土的工程性质	2	2.2.2 桩的起吊、运输和堆放	51
1.2 土方工程量的计算与调配	3	2.2.3 沉桩施工	52
1.2.1 基坑(槽)和路堤土方量计算	4	2.3 灌注桩施工	58
1.2.2 场地平整土方量的计算	5	2.3.1 干作业钻孔灌注桩	58
1.2.3 土方调配	14	2.3.2 泥浆护壁钻孔灌注桩	58
1.3 土方工程的准备与辅助工作	20	2.3.3 沉管成孔灌注桩	60
1.3.1 施工前的准备工作	20	2.3.4 旋挖钻孔灌注桩	62
1.3.2 土方边坡及其稳定	20	2.3.5 爆扩灌注桩	62
1.3.3 土壁支护结构	21	2.3.6 其他形式灌注桩	63
1.3.4 降水	24	2.3.7 灌注桩的适用范围和质量控制	65
1.4 土方开挖与机械化施工	36	2.4 地基深层加固简介	66
1.4.1 土方开挖	36	2.4.1 强夯地基加固	66
1.4.2 常用土方机械及施工特点	37	2.4.2 挤密桩地基加固	66
1.4.3 土方工程综合机械化施工	40	2.4.3 振动水冲桩地基加固	67
1.5 地基的局部处理	42	2.4.4 深层搅拌地基加固	67
1.6 土方的填筑与压实	42	2.5 其他深基础工程	67
1.6.1 土料的选用与处理	42	2.5.1 沉井法施工	67
1.6.2 填土方法	42	2.5.2 地下连续墙施工	71
1.6.3 压实方法	43	小结及学习指导	73
1.6.4 影响填土压实的因素	43	思考题与习题	73
1.6.5 填土压实的质量检查	44	第3章 砌筑工程	75
小结及学习指导	45	本章知识点	75
思考题与习题	45	3.1 砌筑材料	75
第2章 深基础工程	48	3.1.1 块料	75
本章知识点	48		

3.1.2 砌筑砂浆	76	4.4.1 混凝土冬期施工原理	151
3.2 砖砌体施工	77	4.4.2 混凝土冬期施工措施	152
3.2.1 砖基础的砌筑	77	4.4.3 混凝土冬期施工方法	152
3.2.2 砖墙的砌筑	77	小结及学习指导	153
3.2.3 影响砌体质量的因素分析	80	思考题与习题	153
3.2.4 砌筑工程的安全与防护措施	83	第5章 预应力混凝土工程	156
3.3 中小型砌块施工	83	本章知识点	156
3.3.1 常见中小型砌块的分类及特点	83	5.1 概述	156
3.3.2 中小型砌块的安装	84	5.1.1 预应力的工作原理	156
3.4 砌体的冬期施工	87	5.1.2 预应力用钢材	157
小结及学习指导	87	5.1.3 预应力对混凝土的要求	158
思考题与习题	88	5.1.4 预应力混凝土的分类	158
第4章 钢筋混凝土结构工程	89	5.2 先张法	158
本章知识点	89	5.2.1 先张法基本概念	158
4.1 模板工程	90	5.2.2 先张法施工机具	158
4.1.1 模板的作用、要求和施工工艺	90	5.2.3 先张法施工工艺	163
4.1.2 模板的分类	90	5.3 后张法	166
4.1.3 模板的安装与质量要求	95	5.3.1 后张法基本概念	166
4.1.4 模板的设计	99	5.3.2 后张法施工机具	167
4.1.5 模板的拆除	102	5.3.3 预应力筋的制作	172
4.1.6 其他形式模板简介	103	5.3.4 后张法施工工艺	176
4.2 钢筋工程	107	5.3.5 先张法与后张法的比较	182
4.2.1 钢筋的分类、现场验收	107	5.4 其他预应力混凝土简介	183
4.2.2 钢筋的冷加工	109	5.4.1 无粘结后张法	183
4.2.3 钢筋的连接	113	5.4.2 电张法	185
4.2.4 钢筋配料与代换	120	小结及学习指导	186
4.2.5 钢筋加工工艺	126	思考题与习题	186
4.2.6 钢筋安装及质量控制	127	第6章 脚手架与垂直运输	188
4.3 混凝土工程	128	本章知识点	188
4.3.1 混凝土的配料及搅拌	129	6.1 脚手架	188
4.3.2 混凝土的运输	135	6.1.1 概述	188
4.3.3 混凝土的成型	139	6.1.2 常用脚手架的构造	189
4.3.4 混凝土的养护	147	6.1.3 脚手架的安全技术与管理	199
4.3.5 混凝土的质量检查	148	6.2 垂直运输机械与设备	200
4.3.6 混凝土常见缺陷的处理	150	6.2.1 井架	200
4.4 混凝土冬期施工	151	6.2.2 龙门架	201
		6.2.3 独杆提升架	201
		6.2.4 施工升降机	201

6.2.5 起重机械与设备	202	8.2.1 地下防水等级标准及防水 方案	262
小结及学习指导	214	8.2.2 卷材防水层	262
思考题与习题	214	8.2.3 涂膜防水层	264
第7章 结构安装工程	215	8.2.4 防水混凝土结构	264
本章知识点	215	8.2.5 地下工程的渗漏及防治	265
7.1 单层工业厂房结构安装	215	8.3 室内防水工程	268
7.1.1 结构吊装前的准备工作	215	8.3.1 室内防水的特点	268
7.1.2 构件的吊装工艺	217	8.3.2 室内涂膜防水	268
7.1.3 结构吊装方案	225	8.3.3 室内渗漏及堵漏措施	270
7.2 多层和高层结构房屋安装	233	小结及学习指导	271
7.2.1 起重机械的选择与布置	233	思考题与习题	271
7.2.2 结构安装方法	235	第9章 装饰工程	272
7.2.3 构件的平面布置	237	本章知识点	272
7.2.4 结构构件的安装	239	9.1 抹灰工程	272
7.3 钢结构施工技术	243	9.1.1 一般抹灰施工	272
7.3.1 钢材的品种、选用与验收	243	9.1.2 装饰抹灰施工	275
7.3.2 钢结构的加工	244	9.2 饰面工程	278
7.3.3 构件的拼装与连接	247	9.2.1 饰面砖施工	278
7.3.4 成品表面处理	248	9.2.2 饰面板施工	279
7.3.5 单层钢结构的安装	248	9.2.3 饰面工程的质量要求	281
7.3.6 多层及高层钢结构安装	251	9.3 幕墙工程	281
小结及学习指导	253	9.3.1 玻璃幕墙	282
思考题与习题	253	9.3.2 金属和石材幕墙	283
第8章 防水工程	255	9.4 吊顶和轻质隔墙工程	283
本章知识点	255	9.4.1 吊顶工程	283
8.1 屋面防水工程	255	9.4.2 轻质隔墙工程	285
8.1.1 卷材防水屋面	256	9.5 涂饰和裱糊工程	288
8.1.2 涂膜防水屋面	259	9.5.1 涂饰工程	288
8.1.3 复合防水屋面	261	9.5.2 裱糊工程	289
8.1.4 常见屋面渗漏的原因与防治的 方法	261	小结及学习指导	290
8.2 地下防水工程	262	思考题与习题	290

下篇 施工组织

第10章 施工组织概论	291	10.1.2 工程项目建设程序	292
本章知识点	291	10.1.3 施工程序	292
10.1 工程建设与施工程序	291	10.2 施工组织研究的对象和 任务	295
10.1.1 工程建设及其分类	291		

10.2.1	建筑产品及其生产的特点	295	11.4.3	流水施工设计	335
10.2.2	施工组织的性质、对象和任务	297		小结及学习指导	340
10.2.3	组织施工的基本原则	297		思考题与习题	340
10.3	施工组织设计概述	298	第12章	网络计划技术	343
10.3.1	施工组织设计及其作用	298		本章知识点	343
10.3.2	施工组织设计的分类	299	12.1	概述	343
10.3.3	施工组织设计的内容	301	12.1.1	网络计划技术的发展与现状	343
10.3.4	施工组织设计的编制	303	12.1.2	网络计划技术的基本原理	344
10.3.5	施工组织设计的贯彻、执行、检查和调整	303	12.1.3	网络计划技术的特点	345
10.4	施工准备工作	305	12.2	双代号网络计划技术	345
10.4.1	施工准备工作的含义、任务及分类	305	12.2.1	双代号网络图的组成	345
10.4.2	施工准备的工作内容	306	12.2.2	双代号网络图的绘制	347
10.4.3	施工准备工作的基本要求	311	12.2.3	双代号网络计划时间参数的计算	351
	小结及学习指导	312	12.2.4	双代号时标网络计划	361
	思考题与习题	312	12.3	单代号网络计划技术	364
第11章	流水施工原理及应用	314	12.3.1	单代号网络图的绘制	364
	本章知识点	314	12.3.2	单代号网络计划时间参数计算	365
11.1	流水施工的基本概念	314	12.3.3	单代号搭接网络计划	369
11.1.1	流水施工的由来	314	12.4	网络计划的优化	376
11.1.2	流水施工的分类	317	12.4.1	工期优化	377
11.1.3	组织流水施工的步骤	317	12.4.2	资源优化	379
11.1.4	流水施工的技术经济效果	318	12.4.3	费用优化	389
11.1.5	流水施工进度计划的表达方法	318	12.5	网络计划软件的应用简介	393
11.2	流水施工参数	319		小结及学习指导	394
11.2.1	工艺参数	320		思考题与习题	394
11.2.2	空间参数	321	第13章	单位工程施工组织设计	398
11.2.3	时间参数	323		本章知识点	398
11.3	流水施工的基本方式	326	13.1	概述	398
11.3.1	等节奏流水	326	13.1.1	单位工程施工组织设计的内容	398
11.3.2	异节奏流水	330	13.1.2	单位工程施工组织设计的编制原则及依据	399
11.3.3	无节奏流水	332	13.1.3	单位工程施工组织设计的编制程序	399
11.4	流水施工实例	334	13.1.4	工程概况及施工特点分析	399
11.4.1	工程概况及施工条件	334			
11.4.2	施工方案	335			

13.2	施工部署及主要施工方案 选择	401	13.8.2	施工部署	427
13.2.1	施工部署	401	13.8.3	主要分部分项工程施工方案 及技术措施	427
13.2.2	主要施工方案选择	401	13.8.4	施工进度计划	430
13.3	单位工程施工进度计划的 编制	411	13.8.5	资源配置计划	431
13.3.1	单位工程施工进度计划的概念、 任务及作用	411	13.8.6	施工准备工作	432
13.3.2	单位工程施工进度计划的编制 依据	411	13.8.7	施工现场平面布置图设计	433
13.3.3	单位工程施工进度计划的编制 步骤	412	13.8.8	主要施工管理计划	433
13.4	单位工程施工准备与资源配置 计划的编制	416	小结及学习指导	437	
13.4.1	施工准备工作计划的编制	416	思考题与习题	437	
13.4.2	资源配置计划的编制	416	第14章 施工组织总设计	438	
13.5	单位工程施工现场平面布置图 的设计	418	本章知识点	438	
13.5.1	单位工程施工现场平面布置图 的概念及作用	418	14.1 施工组织总设计编制的程序与 依据	438	
13.5.2	单位工程施工现场平面布置的 依据及原则	418	14.1.1 施工组织总设计的概念及 作用	438	
13.5.3	单位工程施工现场平面布置图 设计的步骤	418	14.1.2 施工组织总设计的编制程序和 内容	438	
13.6	主要施工管理计划的编制	421	14.1.3 施工组织总设计的编制 依据	439	
13.6.1	质量管理计划	421	14.2 总体施工部署	440	
13.6.2	进度管理计划	421	14.2.1 施工总目标	440	
13.6.3	安全管理计划	422	14.2.2 施工任务划分与组织安排	440	
13.6.4	成本管理计划	422	14.2.3 做好施工准备工作规划	441	
13.6.5	环境管理计划	423	14.2.4 确定工程项目开展程序	441	
13.6.6	其他管理计划	423	14.2.5 拟定主要工程项目施工 方案	441	
13.7	主要技术经济指标分析	423	14.3 施工总进度计划	442	
13.7.1	技术经济分析的目的	423	14.3.1 施工总进度计划编制的 原则	442	
13.7.2	主要技术经济指标的分析	423	14.3.2 施工总进度计划的编制 方法	443	
13.7.3	单位工程施工组织设计技术经济 分析的重点	426	14.4 资源配置计划及总体施工准备 工作计划	445	
13.8	单位工程施工组织实例	426	14.4.1 劳动力配置计划	445	
13.8.1	工程概况	426	14.4.2 主要工程材料和设备的配置 计划	446	
			14.4.3 施工机具、设备配置计划	446	

14.4.4 总体施工准备工作计划	447	14.5.4 施工总平面图管理	457
14.5 施工总平面图	447	14.6 技术经济指标	459
14.5.1 施工总平面图设计的原则 ...	447	小结及学习指导	460
14.5.2 施工总平面图设计的依据 ...	448	思考题与习题	460
14.5.3 施工总平面图设计的内容与 步骤	448	参考文献	461

上篇 施工技术



第1章

土方工程

本章知识点

知识点：土方工程内容、特点，土的工程分类及工程性质；场地平整土方量计算、场地设计标高的确定和土方调配；土方的机械化施工和土方工程施工的辅助工作；土方边坡稳定、土壁支护、施工排水等；土方填筑土料的选用、土方的填筑压实方法。

重点：土的工程分类及工程性质；土方量计算及土方调配；土方机械化施工；土壁支护；施工排水；土方回填压实的方法。

难点：土方量计算及土方调配；土方机械化施工；土壁支护；井点降水。

1.1 概述

1.1.1 土方工程内容及施工特点

土方工程包括一切土的挖掘、填筑等过程及降水、土壁支撑等工程。常见的土方工程：场地平整、基坑（槽）开挖、地坪填土、基坑回填土等。

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。如大型建设项目的场地平整，土方工程量可达数百万立方米以上，施工面积达数平方公里，施工期较长。土方施工又受气候、水文、地质、地下障碍等因素的影响较大，不确定的因素多。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，进行现场调查，制订出技术可行、经济合理的施工设计方案，以保证工程质量和安全。

1.1.2 土的工程分类

土的种类繁多、其分类方法各异。施工中按土的开挖难易程度将土分为八类，见表 1-1。

土的工程分类与现场鉴别方法

表 1-1

土的分类	土的名称	可松性系数		现场鉴别方法
		K_s	K'_s	
一类土 (松软土)	砂土；粉土；冲积砂土层；种植土；泥炭（淤泥）	1.08~1.17	1.01~1.04	直接用尖锹挖掘
二类土 (普通土)	粉质黏土；潮湿的黄土；夹有碎石、卵石的砂；种植土；填筑土及砂质粉土	1.14~1.28	1.02~1.05	用尖锹挖掘，30%以内用镐翻松
三类土 (坚土)	软及中等密实黏土；重粉质黏土；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	1.24~1.30	1.05~1.07	主要用镐挖掘，30%以内用撬棍，然后用锹挖掘
四类土 (砂砾坚土)	重黏土及含碎石、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	1.26~1.35	1.06~1.09	主要用镐、撬棍，30%以内用钢钎及大锤，然后用锹挖掘
五类土 (软石)	硬石灰纪黏土；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	1.30~1.40	1.10~1.15	用镐或撬棍、大锤挖掘，部分使用爆破方法
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	1.35~1.45	1.11~1.20	用爆破方法开挖，30%以内用镐
七类土 (坚石)	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；风化痕迹的安山岩、玄武岩	1.40~1.45	1.15~1.20	用爆破方法
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	1.45~1.50	1.20~1.30	用爆破方法

注： K_s —最初可松性系数；
 K'_s —最终可松性系数。

1.1.3 土的工程性质

土的工程性质对土方施工有直接影响。土的工程性质主要如下：

1. 土的可松性

土具有可松性，即自然状态下的土经开挖以后，其体积因松散而增大，以后虽经回填压实，仍不能恢复到原来的体积，这种现象称为土的可松性。由于土方工程量开挖以自然状态的体积计算的，所以在土方调配、基坑（槽）

开挖留弃土量、计算土方机械生产率及运土机具数量时，必须考虑土的可松性。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 ——最终可松性系数；

V_1 ——土在自然状态下的体积 (m^3)；

V_2 ——土经开挖后的松散体积 (m^3)；

V_3 ——土经回填压实后的体积 (m^3)。

2. 土的密度

与土方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重量。土的干密度指单位体积中固体颗粒的质量，干密度在一定程度上反映了土颗粒排列的紧密程度，作为填土压实质量的控制指标。

3. 土的含水量

土的含水量 W 是指土中所含的水与土的固体颗粒间的质量比，以百分数表示。土的含水量既影响土方边坡的稳定性，也影响土的压实程度。在一定含水量的条件下使回填土达到最大的密实度，此含水量称为土的最佳含水量。

$$W = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 G_1 ——含水状态时土的重量；

G_2 ——烘干后土的重量。

4. 土的渗透性

水流通过土中孔隙难易程度的性质称为土的渗透性，用渗透系数 K 来表示。当基坑开挖至地下水位以下时，地下水会渗流到基坑，需要采取排水或降水措施来保证土方的施工条件。土中水的渗流运动常用达西定律来描述，其表达式为：

$$V = K \cdot i \quad (1-3)$$

式中 V ——地下水渗流速度 (m/d)；

i ——水力梯度， $i = (H_A - H_B)/L$ ，即 A 、 B 两点水头差与其水平距离之比；

K ——渗透系数 (m/d)。

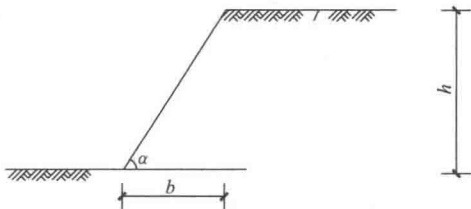
1.2 土方工程量的计算与调配

土方工程施工之前，通常要计算土方的工程量，但土方工程的外形往往较复杂，很难精确计算。一般都将其假设或划分成一定的几何形状，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（槽）和路堤土方量计算

1. 土方边坡

当基坑（槽）所处场地宽敞，周边环境允许，可以采用放坡形式来保证施工时土体的稳定性。土方边坡常用边坡坡度或坡度系数（亦称边坡系数）



表示，两者互为倒数。边坡坡度是土方挖土深度 h 与边坡顶面的放坡宽度 b 之比，如图 1-1 所示，即：

$$\text{土方边坡坡度} = \frac{h}{b} = 1 : m \quad (1-4)$$

$$\text{土方边坡系数 } m = \frac{b}{h} \quad (1-5)$$

图 1-1 土方边坡

边坡可做成直线形、折线形或阶梯形，如图 1-2 所示。

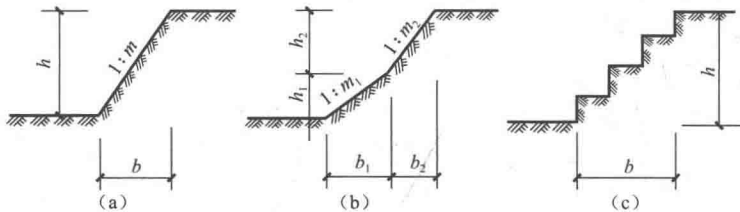


图 1-2 土方边坡

(a) 直线形；(b) 折线形；(c) 阶梯形

2. 基坑（槽）和路堤的土方量计算

基坑（槽）和路堤的土方量可按立体几何中的拟柱体（由两个平行的平面作底的一种多面体）体积公式计算（图 1-3），即：

$$V = \frac{1}{6}h(S + 4S_0 + S') \quad (1-6)$$

式中 h ——基坑深度；

S 、 S' ——基坑上下两底面面积；

S_0 ——基坑中截面面积。

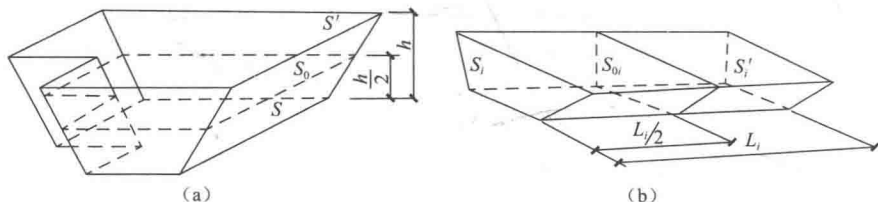


图 1-3 基坑、基槽土方量计算简图

(a) 基坑土方量计算；(b) 基槽、路堤土方量计算

基槽土方量计算，可沿其长度方向分段计算。

如该段内基槽横截面形状、尺寸不变时，其土方量即为该段横截面的面

积乘以该段基槽长度。总土方量为各段土方量之和。

如该段内横截面的形状、尺寸有变化时,可近似地用拟柱体的体积公式计算,即:

$$V_i = \frac{1}{6}L_i(S_i + 4S_{0i} + S'_i) \quad (1-7)$$

式中 V_i ——该段土方量;

L_i ——该段长度;

S_i 、 S'_i ——该段两端横截面面积;

S_{0i} ——该段中截面面积。

1.2.2 场地平整土方量的计算

通常土方工程开工前需要确定场地设计平面,并进行场地平整。场地平整就是将自然地面改造成人们所要求的平面。

1. 场地设计标高确定

(1) 场地设计标高确定的一般方法

对中小型场地平整,若原地形比较平缓,对场地设计标高无特殊要求,可根据挖方量与填方量平衡(相等)的原则确定设计标高。

将场地划分成边长为 a 的若干方格,并将方格网角点的原地形标高标在图上。原地形标高可利用等高线用插入法求得或在实地测量。

按照挖填方量相等的原则,场地设计标高可按下式计算:

$$Na^2Z_0 = \sum_{i=1}^n \left(a^2 \frac{Z_{i1} + Z_{i2} + Z_{i3} + Z_{i4}}{4} \right)$$

即:
$$Z_0 = \frac{1}{4N} \sum_{i=1}^n (Z_{i1} + Z_{i2} + Z_{i3} + Z_{i4}) \quad (1-8)$$

式中 Z_0 ——所计算场地的设计标高 (m);

N ——方格数;

Z_{i1} 、 Z_{i2} 、 Z_{i3} 、 Z_{i4} ——第 i 个方格四个角点的原地形标高 (m)。

由图 1-4 可见,11 号角点为一个方格独有,而 12、13、21、24 号角点为两个方格共有,22、23、32、33 号角点则为四个方格所共有,在用式 (1-8) 计算 Z_0 的过程中,类似 11 号角点标高仅加一次,类似 12 号角点的标高加二次,类似 22 号角点的标高加四次,这种在计算中被应用的次数称 P_i ,反映了各角点标高对计算结果的影响程度,测量上的术语称为“权”。考虑各角点标高的“权”,式 (1-8) 可改写成更便于计算的形式,即:

$$Z_0 = \frac{1}{4N} (\sum Z_1 + 2 \sum Z_2 + 3 \sum Z_3 + 4 \sum Z_4) \quad (1-9)$$

式中 Z_1 ——方格独有的角点标高;

Z_2 、 Z_3 、 Z_4 ——分别为二、三、四个方格所共有的角点标高。

按式 (1-9) 得到的设计平面为一水平的挖填方相等的场地,实际场地均应有一定的泄水坡度。因此,应根据泄水要求(单向泄水或双向泄水)计算出实际施工时所采用的设计标高。