



高职高专 **土木与建筑** 规划教材

建筑施工技术

魏瞿霖 王松成 主 编
肖金媛 涂群岚 副主编



清华大学出版社

高职高专土木与建筑规划教材

建筑施工技术

魏瞿霖 王松成 主 编
肖金媛 涂群岚 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在取材选用上力图反映国内外先进的技术水平,内容上尽量符合施工现场的实际需要,结合工程施工中的实际情况,以解决工程施工中许多技术问题。本书增加了外墙外保温的章节和园林古建筑的部分知识。每章均有建设部要求的专项施工方案参考案例,便于现场施工技术人员参考。

全书共 11 章,内容包括土方工程、地基与基础工程、砌筑工程、钢筋混凝土和预应力混凝土工程、结构安装、钢结构工程、高层建筑主体结构工程施工、防水工程、外墙外保温工程、装饰工程、中国古建筑施工。

本书是由清华大学出版社组织编写的“高职高专土木与建筑规划教材”之一,是以土木工程为主的教材,可供与土木工程相关的其他专业选用,也可供相关工程技术人员学习参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术/魏瞿霖,王松成主编;肖金媛,涂群岚副主编. —北京:清华大学出版社,2006.9

(高职高专土木与建筑规划教材)

ISBN 7-302-13700-5

I. 建… II. ①魏… ②王… ③肖… ④涂… III. 建筑工程—工程施工—施工技术—高等学校:技术学校—教材 IV.TU74

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 100693 号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 客 户 服 务:010-62776969

责任编辑:邹 杰

排版人员:王 婷

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:31.75 字数:757千字

版 次:2006年9月第1版 2006年9月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-13700-5/TU·318

印 数:1~4000

定 价:42.00元

前 言

建筑施工技术是以土木建筑工程为主要方向开设的一门主干技术课程。它的任务是研究土木工程施工各主要工种的施工工艺、施工技术、施工方法。

建筑施工技术实践性强，综合性大，社会性广，新技术发展快，施工方法更新快，必须结合工程施工中的实际情况，综合解决工程施工中许多技术问题。建筑施工技术涉及到有关学科的综合运用，因此，本书力求拓宽专业面，扩大知识面，以适应发展的需要；力求综合运用有关学科的基本理论和知识，以解决工程实际问题；力求理论联系实际，以应用为主。本书以量大面广的一般民用建筑与工业建筑的施工技术为主，以小高层为主线。对主要施工工艺、施工技术和施工方法均按新规范要求编写，强调了保证施工质量、质量验收、安全生产措施等。

本书在编写时，取材上力图反映国内外先进的技术水平，内容上尽量符合施工现场的实际需要，适应教学需要，适应社会发展需要，由环保需要增加了外墙外保温的章节，同时本书还增加了园林古建筑的部分知识。在每章的章首有本章学习要求，且每章均有独立成节的建设部要求的专项施工方案参考案例，便于现场施工技术人员参考。

本教材的编写人员均为多年从事教育及具有施工实际经验的高级职称人员，因此在内容上更贴近实际性和强调实用性。本教材由魏瞿霖担任第一主编，王松成担任第二主编。教材编写人员：第1章由陈杭旭编写、绪论及第2、11章由魏瞿霖编写、第3章由林滨滨编写、第4章由肖金媛编写、第5章由涂群岚编写、第6、7章由王松成编写、第8、9章由张士孝编写、第10章由韩景玮编写。

本书是由清华大学出版社组织编写的“高职高专土木建筑”规划系列教材之一，在编写过程中承蒙编审委员会的指导，出版社的大力支持，其他兄弟院校和建筑集团公司的支持，谨此表示衷心的感谢。

编者

目 录

绪论.....	1	2.1.1 换填法.....	74
第1章 土方工程.....	3	2.1.2 强夯施工.....	78
1.1 概述.....	3	2.1.3 其他较常见的地基 处理方法.....	80
1.1.1 土方工程的施工特点.....	3	2.2 桩基工程.....	81
1.1.2 土的工程分类与现场 鉴别方法.....	3	2.2.1 钢筋混凝土预制桩施工.....	81
1.1.3 土的基本性质.....	5	2.2.2 静力压桩.....	86
1.2 土方与土方调配量计算.....	7	2.2.3 钢筋混凝土灌注桩施工.....	88
1.2.1 基坑、基槽土方量计算.....	7	2.2.4 静态泥浆护壁、旋挖式 钻孔灌注桩施工.....	96
1.2.2 场地平整土方量计算.....	8	2.2.5 人工挖孔灌注桩.....	96
1.2.3 土方调配.....	18	2.2.6 桩基检测与验收.....	98
1.3 土方工程施工要点.....	22	2.3 桩承台筏式基础施工.....	101
1.3.1 施工准备.....	22	2.4 工程实践案例.....	102
1.3.2 土方边坡与土壁支撑.....	24	2.5 本章学习小结.....	104
1.3.3 施工排水与降水.....	30	2.6 复习思考题.....	106
1.4 土方工程的机械化施工.....	46	第3章 砌筑工程.....	107
1.4.1 常用土方施工机械.....	46	3.1 砌体工程的基本知识.....	107
1.4.2 土方挖运机械选择和 机械挖土的注意事项.....	56	3.1.1 砌筑工程常见的术语.....	107
1.4.3 基坑土方开挖方式.....	58	3.1.2 砌体材料.....	107
1.5 土方填筑与压实.....	62	3.1.3 施工准备工作与 作业条件.....	109
1.5.1 土料选择与填筑要求.....	62	3.1.4 砌体工程执行的标准.....	112
1.5.2 填土压实方法.....	63	3.2 砌筑砂浆原材料.....	113
1.6 土方工程质量标准与安全 技术要求.....	65	3.2.1 原材料要求.....	113
1.6.1 土方开挖、回填 质量标准.....	65	3.2.2 砂浆技术条件.....	113
1.6.2 安全技术.....	66	3.2.3 砌筑砂浆配合比 计算与确定.....	114
1.7 工程实践案例.....	67	3.2.4 砂浆拌制及使用.....	115
1.8 本章学习小结.....	71	3.2.5 砌筑砂浆质量.....	116
1.9 复习思考题.....	72	3.3 砖砌体工程.....	116
第2章 地基与基础.....	74	3.3.1 烧结普通砖砌体的施工.....	116
2.1 地基处理及加固.....	74	3.3.2 烧结多孔砖砌体的施工.....	122
		3.3.3 烧结空心砖砌体的施工.....	125

3.4 砌块砌体工程.....	126	4.3.3 钢筋的焊接与机械连接	181
3.4.1 混凝土小型空心砌块 砌体工程.....	126	4.3.4 钢筋的加工	183
3.4.2 加气混凝土砌块.....	131	4.3.5 钢筋的绑扎与安装	184
3.4.3 粉煤灰砌块.....	133	4.4 混凝土工程.....	185
3.5 石砌体工程.....	134	4.4.1 混凝土制备	185
3.5.1 毛石砌体.....	134	4.4.2 混凝土的运输	188
3.5.2 料石砌体.....	135	4.4.3 混凝土的浇筑	190
3.5.3 石挡土墙.....	136	4.4.4 混凝土养护与拆摸	196
3.6 配筋砌体工程.....	136	4.4.5 混凝土工程施工 质量检查	197
3.6.1 面层和砖组合砌体.....	136	4.4.6 混凝土质量缺陷的修整	200
3.6.2 构造柱和砖组合砌体.....	138	4.4.7 混凝土强度的评定方法	201
3.6.3 网状配筋砖砌体.....	139	4.5 混凝土冬期施工.....	202
3.6.4 配筋砌体质量.....	140	4.5.1 混凝土冬期施工的 一般规定	203
3.7 框架填充墙施工与质量要求.....	141	4.5.2 混凝土冬期施工方法	204
3.7.1 轻质砌块填充墙施工.....	141	4.6 预应力混凝土工程.....	206
3.7.2 加气混凝土小型砌块 填充墙施工.....	143	4.6.1 预应力混凝土的概念	206
3.7.3 填充墙质量要求.....	144	4.6.2 先张法	206
3.8 砌体工程安全技术.....	144	4.6.3 后张法	212
3.9 工程实践案例.....	146	4.6.4 无粘结预应力 混凝土施工	225
3.10 本章学习小结.....	147	4.7 工程实践案例.....	228
3.11 复习思考题.....	148	4.8 本章学习小结.....	242
第4章 钢筋混凝土与预应力 混凝土工程	149	4.9 复习思考题.....	244
4.1 混凝土结构工程概述.....	149	第5章 结构安装工程	246
4.2 模板工程.....	150	5.1 起重机械和索具设备.....	246
4.2.1 模板的常见种类 和构造.....	150	5.1.1 桅杆式起重机	246
4.2.2 组合钢模板.....	150	5.1.2 履带式起重机	247
4.2.3 木胶合板.....	153	5.1.3 汽车式起重机	251
4.2.4 脚手架与模板支架.....	155	5.1.4 轮胎式起重机	252
4.2.5 模板荷载及计算规定.....	165	5.2 单层装配式混凝土结构工业 厂房安装.....	253
4.2.6 模板的拆除.....	169	5.3 多层装配式框架结构安装.....	257
4.2.7 模板安装质量要求.....	170	5.3.1 结构简介	257
4.3 钢筋工程.....	172	5.3.2 安装方案	257
4.3.1 钢筋的种类和性能.....	172	5.3.3 柱吊装	258
4.3.2 钢筋的配料与代换.....	175	5.3.4 构件接头施工	259

5.4 结构安装工程质量标准与安全技术要求.....260	6.7 工程实践案例.....294
5.4.1 钢筋混凝土结构安装质量要求.....260	6.8 本章学习小结.....297
5.4.2 结构安装工程的安全技术要求.....261	6.9 复习思考题.....298
5.5 工程实践案例.....262	第7章 高层建筑主体结构工程.....300
5.6 本章学习小结.....267	7.1 高层建筑及其施工特点.....300
5.7 复习思考题.....267	7.1.1 高层建筑的定义.....300
第6章 钢结构工程.....268	7.1.2 高层建筑结构材料与结构体系.....300
6.1 钢结构构件的加工制作.....268	7.1.3 高层建筑楼盖结构.....302
6.1.1 加工制作前的准备工作.....268	7.1.4 高层建筑施工特点.....302
6.1.2 零件加工.....269	7.2 高层建筑主体结构施工用机械设备.....303
6.1.3 构件组装.....271	7.2.1 塔式起重机.....303
6.1.4 构件成品的表面处理.....271	7.2.2 施工电梯.....308
6.1.5 构件成品验收.....272	7.2.3 混凝土泵送设备.....309
6.2 钢结构连接施工.....272	7.3 高层建筑脚手架工程.....315
6.2.1 焊接施工.....272	7.3.1 悬挑式脚手架.....316
6.2.2 高强度螺栓连接施工.....273	7.3.2 附着升降式脚手架.....318
6.2.3 钢结构连接质量验收.....274	7.3.3 悬吊式脚手架.....321
6.3 多层及高层钢结构工程.....275	7.4 高层建筑主体结构施工.....324
6.3.1 流水段划分原则及安装顺序.....275	7.4.1 主体结构施工方案选择.....324
6.3.2 构件吊点设置与起吊.....276	7.4.2 楼板结构施工.....325
6.3.3 构件安装与校正.....277	7.4.3 大模板施工.....328
6.3.4 楼层压型钢板安装.....278	7.4.4 滑模施工.....335
6.3.5 多层及高层钢结构工程质量验收.....280	7.4.5 爬模施工.....342
6.4 轻型门式刚架结构工程.....281	7.5 高层建筑施工安全技术.....347
6.4.1 门式刚架结构的安装.....281	7.5.1 机械设备使用安全要求.....347
6.4.2 彩板围护结构安装.....283	7.5.2 高层建筑脚手架工程安全技术.....347
6.4.3 质量验收.....287	7.5.3 大模板施工安全技术.....348
6.5 钢结构涂装工程.....287	7.5.4 滑模施工安全技术.....349
6.5.1 钢结构防腐涂装工程.....288	7.5.5 爬模施工安全技术.....349
6.5.2 钢结构防火涂装工程.....290	7.6 工程实践案例.....350
6.6 钢结构工程安全技术.....292	7.7 本章学习小结.....356
6.6.1 钢结构安装工程安全技术.....292	7.8 复习思考题.....358
6.6.2 钢结构涂装工程安全技术.....293	第8章 防水工程.....359
	8.1 防水工程概述.....359

8.1.1 地下防水与屋面防水	工程构造和技术要求	392
工程应遵守的原则		359
8.1.2 防水工程按其构造		
做法分类		359
8.1.3 地下防水、屋面防水等级		
和设防要求		360
8.2 地下防水工程		362
8.2.1 防水混凝土		362
8.2.2 水泥砂浆防水		368
8.2.3 卷材防水层		369
8.3 屋面防水工程		371
8.3.1 技术名词概念		371
8.3.2 卷材材料的要求		372
8.3.3 涂膜防水屋面		377
8.3.4 刚性防水屋面		377
8.4 工程案例		378
8.5 本章学习小结		380
8.6 复习思考题		381
第 9 章 外墙外保温工程		382
9.1 概述		382
9.1.1 外墙外保温工程适用		
范围及作用		382
9.1.2 新型外墙外保温饰面特点		382
9.2 聚苯乙烯泡沫塑料板薄抹灰		
外墙外保温工程		383
9.2.1 技术名词概念		383
9.2.2 一般规定与技术性能指标		384
9.2.3 外墙外保温工程设计要点		
和应考虑的因素		386
9.2.4 外墙外保温工程构造和		
技术要求		387
9.2.5 外墙外保温工程施工		389
9.3 胶粉聚苯颗粒外墙外保温工程		391
9.3.1 胶粉聚苯颗粒外墙外保温		
工程特点		391
9.3.2 技术名词概念		391
9.3.3 一般规定与技术性能指标		392
9.3.4 胶粉聚苯颗粒保温浆料		
工程构造和技术要求		392
9.3.5 施工工艺流程		398
9.3.6 胶粉聚苯颗粒外墙外保温		
施工要点		398
9.3.7 机具准备		399
9.3.8 质量保证		399
9.3.9 成品保护、安全施工		399
9.4 钢丝网架板现浇混凝土外墙外		
保温工程		400
9.4.1 钢丝网架与现浇混凝土		
外墙外保温工程的特点		400
9.4.2 基本构造和技术要求		400
9.4.3 施工工艺和施工操作要点		403
9.5 外墙外保温工程验收		404
9.5.1 保温工程验收		404
9.5.2 工程资料		405
9.6 工程实践案例		406
9.7 本章学习小结		410
9.8 复习思考题		411
第 10 章 装饰工程		412
10.1 抹灰工程		412
10.1.1 一般抹灰工程的		
组成与分类		412
10.1.2 一般抹灰		414
10.1.3 抹灰工程的质量要求		419
10.2 饰面板(砖)工程		420
10.2.1 饰面板施工		421
10.2.2 饰面砖施工		426
10.3 地面工程		430
10.3.1 地面工程层次构成及		
面层材料		430
10.3.2 整体面层施工		430
10.3.3 板块面层施工		434
10.3.4 木竹面层施工		436
10.4 吊顶与轻质隔墙工程		438
10.5 门窗工程		444
10.5.1 木门窗安装		444
10.5.2 硬 PVC 塑料门窗安装		447

10.6 涂饰工程.....	449	第 11 章 古建筑工程施工	467
10.6.1 涂料的组成及分类.....	449	11.1 中国古建筑简介.....	467
10.6.2 涂饰工程的施工工艺.....	450	11.2 古建筑工程施工.....	471
10.6.3 涂饰工程质量验收要求.....	454	11.2.1 台基施工.....	471
10.7 常见的质量通病原因分析.....	456	11.2.2 大木构架工程施工.....	472
10.7.1 砖墙、混凝土基层抹灰空鼓、 裂缝.....	456	11.2.3 古建筑墙体砌筑 工程施工.....	480
10.7.2 抹灰面层起泡、开花、 有抹纹.....	458	11.2.4 屋面工程.....	482
10.7.3 抹灰面不平, 阴阳角不垂直、 不方正.....	459	11.2.5 瓦琉璃瓦.....	483
10.7.4 花岗石、大理石墙面饰面 不平整, 接缝不顺直.....	459	11.2.6 砖埧地面施工.....	484
10.7.5 室内抛光砖饰面不平整, 缝格不顺直.....	461	11.2.7 古建筑油漆(油饰).....	485
10.7.6 室内抛光砖墙面出现 “破活”, 细部粗糙.....	462	11.3 中国古建筑修缮.....	486
10.7.7 抛光砖墙面空鼓脱落.....	463	11.3.1 古建筑修缮准备工作.....	486
10.8 工程实践案例.....	464	11.3.2 木作修缮.....	487
10.9 本章学习小结.....	465	11.3.3 瓦作修缮.....	489
10.10 复习思考题.....	466	11.3.4 屋面修缮.....	491
		11.3.5 砖埧地的修缮.....	491
		11.4 工程实践案例.....	492
		11.5 本章学习小结.....	493
		11.6 复习思考题.....	495
		参考文献	496

绪 论

建筑业是国民经济的一个重要产业部门，在国民经济发展和四个现代化建设中起着举足轻重的作用，它担负着精神文明和物质文明的双重任务。由于它为各行各业的发展提供各种功能和用途的建筑物，即建筑业为国民经济各部门提供可靠的物质技术基础。同时建筑业的发展对其他行业又起着很大的促进作用，需要大量采用其他产业的产品为半成品，因此建筑业的存在，又能促使工业、交通业等的相应发展，所以建筑业是国民经济的重要支柱之一。

随着国民经济的高速发展，基本建设任务越来越大，国家基本建设的政策更加完善，在施工技术研究和开发方面，随着改革的深入已全面转入了市场经济运行轨道，现代工程施工能力，施工技术也跟随现代步伐提高了一个新的水平。

施工技术研究及开发，工程技术服务，新技术、新材料、新工艺的推广应用，已成为建筑业社会服务实际需要。

建筑物的全寿命过程中施工是一项很复杂的过程，在整个施工过程中，为了便于施工和验收，按施工先后顺序常将建筑物划分为四个分部，即地基与基础工程、主体结构工程、屋面工程、建筑装饰工程。按施工工种不同分为：土石方工程、砌筑工程、钢筋混凝土工程、结构安装工程、屋面防水工程、装饰工程等分项工程。一般一个分部工程由若干个分项工程组成，如基础工程由土石方工程、钢筋混凝土工程、砌筑工程等分项工程组成。

“建筑施工技术”是研究在各种不同施工条件下，各工种在施工过程中一般的施工技术，研究工种工程的施工规律，安全技术措施，质量措施，经济合理地完成建筑工程的施工任务。

由于施工过程是一个复杂的过程，不确定的因素较多(气候、水文、环境、设备、材料等)，因此需根据工程特点和客观条件对主要施工内容的施工工艺和施工方法进行研究。

“建筑施工技术”是一门综合性很强的专业技术课，它与建筑施工测量、建筑材料、建筑机械、建筑力学、建筑结构、施工组织设计、建筑工程预算课程密切相关，它们既相互联系，又相互影响，要学好建筑施工专业技术课，必须对上述各课程予以足够的重视。同时施工技术课的实践性和理论性都比较强，尤其实践性更强。

在学习时首先应以建筑工程各分部施工技术和施工方法为基础，充分注意到各类不同工程施工技术和施工方法的共性，同时重视各类工程施工技术和施工方法的不同特点，学生应系统地掌握施工技术与方法，再根据不同的工程对象选择相适应的施工技术与方法，从而能够制定施工方案。课程的重点在于施工技术和方法的掌握及应用。为了巩固和扩大知识，在本书的每章中都有一定数量的案例题目，在领会该章的施工工艺与施工方法后应仔细体会案例内容。

“建筑施工技术”是土木工程专业的专业基础课程，同时是土木工程专业培养职业能力的核心专业基础课程。通过对本课程的学习，要了解国内外建筑施工新技术和新动向及

国家技术政策；掌握建筑施工技术的基本理论知识；掌握建筑施工工艺和施工方法以及质量验收方法；培养独立分析和解决问题的初步能力；能根据工程实际情况确定相应的施工方案和技术措施；使自己成为土木工程专业建筑施工技术基础扎实、思维敏捷、富于创新、动手应用能力强的社会主义建设人才。

第1章 土方工程

本章学习要求

- 掌握土方量计算的方法、场地设计标高确定的方法和用表上作业法进行土方调配。
- 能了解识别基槽、深浅基坑的各种支护方法并了解其适用范围和基坑监测项目。
- 理解流沙产生的原因，并了解其防治方法；掌握轻型井点设计并了解喷射井点、电渗井点和深井井点的适用范围。
- 掌握基坑土方开挖的一般原则、方法和注意事项，了解常用土方机械的性能及适用范围并能正确合理地选用。
- 掌握填土压实的方法和影响填土压实质量的影响因素。
- 掌握土方工程质量标准与安全技术要求。

1.1 概 述

1.1.1 土方工程的施工特点

常见的土方工程包括：

(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) 土方的开挖、填筑和运输等主要施工，以及排水、降水和土壁边坡和支护结构等。

(3) 土方回填与压实：包括土料选择，填土压实的方法及密实度检验等土方工程施工，要求标准准确，断面合理，土体有足够的强度和稳定性，土方量少，工期短，费用省。但土方工程具有工程量大、施工工期长、劳动强度大的特点，如大型建设项目的场地平整和深基坑开挖中，施工面积可达数平方公里，土方工程量可达数百万立方米以上。

土方工程的另一个特点是施工条件复杂又多为露天作业，受气候、水文、地质和邻近建(构)筑物等条件的影响较大，且天然或人工填筑形成的土石成分复杂，难以确定的因素较多。因此在组织土方工程施工前，必须做好施工前的准备工作，完成场地清理，仔细研究勘察设计文件并进行现场勘察；制定严密合理和经济的施工组织设计，做好施工方案，选择好施工方法和机械设备，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；制订合理的土方调配方案，制订好保证工程质量的技术措施和安全文明施工措施，对质量通病做好预防措施等。

1.1.2 土的工程分类与现场鉴别方法

土的种类繁多，其分类方法各异。土方工程施工中，按土的开挖难易程度分为八类，如表 1.1 所示。表中一至四类为土，五至八类为岩石。在选择施工挖土机械和套建筑安装

工程劳动定额时要依据土的工程类别。

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， 少许用脚踏
二类土 (普通土)	II	粉质粘土；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	软及中等密实粘土；重粉质 粘土；砾石土；干黄土、含 有碎石卵石的黄土；粉质粘 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	坚硬密实的粘性土或黄土； 含碎石、卵石的中等密实的 粘性土或黄土；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	硬质粘土；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)	VI	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 正长岩	2200~2900	用爆破方法开 挖， 部分用风镐
七类土 (坚石)	VII	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 (特坚土)	VIII	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、角 闪岩、玢岩、辉绿岩	2700~3300	用爆破方法开挖

1.1.3 土的基本性质

1. 土的天然含水量

土的含水量 ω 是土中水的质量与固体颗粒质量之比的百分率, 即

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

式中: m_w ——土中水的质量;

m_s ——土中固体颗粒的质量。

2. 土的天然密度和干密度

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;

V ——土的天然体积。

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;

V ——土的天然体积。

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, 以控制填土工程的压实质量。土的干密度 ρ_d 与土的天然密度 ρ 之间有如下关系:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_s + m_w}{V} = \frac{m_s + \omega m_s}{V} = (1 + \omega) \frac{m_s}{V} = (1 + \omega) \rho_d$$

即

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + \omega} \quad (1-4)$$

3. 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, 仍不能恢复其原来的体积。土的可松性程度用可松性系数表示, 即

$$K_s = \frac{V_{\text{松散}}}{V_{\text{原状}}} \quad (1-5)$$

$$K'_s = \frac{V_{\text{压实}}}{V_{\text{原状}}} \quad (1-6)$$

式中: K_s ——土的最初可松性系数;

K'_s ——土的最后可松性系数;

$V_{\text{原状}}$ ——土在天然状态下的体积/ m^3 ;

$V_{\text{松散}}$ ——土挖出后在松散状态下的体积/ m^3 ;

$V_{\text{压实}}$ ——土经回填压(夯)实后的体积/ m^3 。

土的可松性对确定场地设计标高、土方量的平衡调配、计算运土机具的数量和弃土坑的容积,以及计算填方所需的挖方体积等均有很大影响。各类土的可松性系数见表 1.2 所示。

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
一类土(种植土除外)	8~17	1~2.5	1.08~1.17	1.01~1.03
一类土(植物性土、泥炭)	20~30	3~4	1.20~1.30	1.03~1.04
二类土	14~28	2.5~5	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(泥灰岩、蛋白石)	33~37	11~15	1.33~1.37	1.11~1.15
五至七类土	30~45	10~20	1.30~1.45	1.10~1.20
八类土	45~50	20~30	1.45~1.50	1.20~1.30

4. 土的渗透性

土的渗透性指水流通过土中孔隙的难易程度,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 。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:

$$v = K \frac{H_1 - H_2}{L} = K \frac{h}{L} = Ki \quad (1-7)$$

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 。

从达西公式可以看出渗透系数的物理意义:当水力坡度 i 等于 1 时的渗透速度 v 即为渗透系数 K , 单位同样为 m/d 。 K 值的大小反映土体透水性的强弱,影响施工降水与排水的速度。土的渗透系数可以通过室内渗透试验或现场抽水试验测定,一般土的渗透系数见表 1.3 所示。

表 1.3 土的渗透系数 K 参考值

土的名称	渗透系数 $K/(m/d)$	土的种类	渗透系数 $K/(m/d)$
粘土	<0.005	中砂	5.0~25.0
粉质粘土	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	50~100
粉砂	0.5~5.0	卵石	100~500
细砂	1.0~10.0	无填充物卵石	500~1000

1.2 土方与土方调配量计算

1.2.1 基坑、基槽土方量计算

1. 土方边坡

在开挖基坑、沟槽或填筑路堤时，为了防止塌方，保证施工安全及边坡稳定，其边沿应考虑放坡。土方边坡的坡度以其高度 H 与底宽 B 之比如图 1.1 所示，即

$$\text{土方边坡坡度} = \frac{H}{B} = \frac{1}{\frac{B}{H}} = 1 : m$$

式中： $m = B/H$ ，称为坡度系数。其意义为：当边坡高度已知为 H 时，其边坡宽度 B 则等于 mH 。

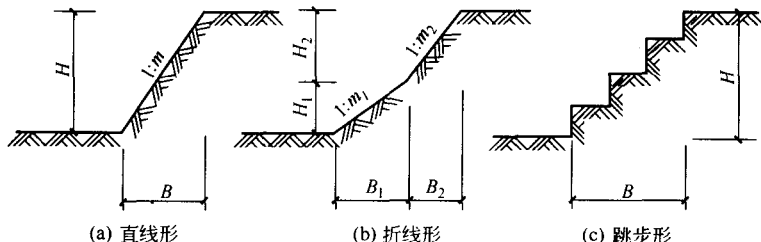


图 1.1 土方边坡量计算

2. 基坑、基槽土方量计算

基坑土方量可按立体几何中的拟柱体(由两个平行的平面做底的一种多面体)体积公式计算如图 1.2 所示，即

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

式中： H ——基坑深度/m；

A_1 、 A_2 ——基坑上、下的底面积/ m^2 ；

A_0 ——基坑的中间位置截面面积/ m^2 。

基槽和路堤的土方量可以沿长度方向分段后，再用同样方法计算(如图 1.3 所示)，即

$$V_1 = \frac{L_1}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2)$$

式中： V_1 ——第一段的土方量/ m^3 ；

L_1 ——第一段的长度/m。

将各段土方量相加即得总土方量

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

式中： V_1, V_2, \dots, V_n ——各分段的土方量/ m^3 。

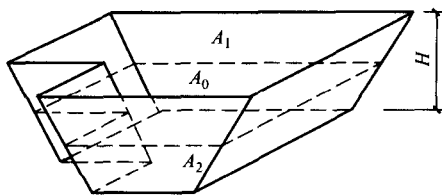


图 1.2 基坑土方量计算

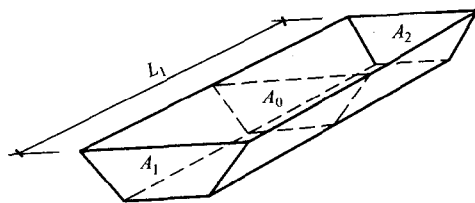


图 1.3 基槽土方量计算

1.2.2 场地平整土方量计算

1. 场地设计标高的确定

对较大面积的场地平整,合理地确定场地的设计标高,对减少土方量和加速工程进度具有重要的经济意义。一般来说应考虑以下因素:

- 满足生产工艺和运输的要求。
- 尽量利用地形,分区或分台阶布置,分别确定不同的设计标高。
- 场地内挖填方平衡,土方运输量最少。
- 要有一定泻水坡度($\geq 2\%$),使能满足排水要求。
- 要考虑最高洪水位的影响。

场地设计标高一般应在设计文件上规定,若设计文件对场地设计标高没有规定时,可按下述步骤来确定。

1) 初步计算场地设计标高

初步计算场地设计标高的原则是场地内挖填方平衡,即场地内挖方总量等于填方总量。计算场地设计标高时,首先将场地的地形图根据要求的精度划分为 $10\text{m}\sim 40\text{m}$ 的方格网,如图 1.4(a)所示。然后求出各方格角点的地面标高。地形平坦时,可根据地形图上相邻两等高线的标高,用插入法求得;地形起伏较大或无地形图时,可在地面用木桩打好方格网,然后用仪器直接测出。

按照场地内土方的平整前及平整后相等,即挖填方平衡的原则,如图 1.4(b)所示,场地设计标高可按下式计算

$$H_0 n a^2 = \sum \left(a^2 \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right)$$

$$H_0 = \frac{\sum (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4n} \quad (1-9)$$

式中: H_0 ——所计算的场地设计标高/m;

a ——方格边长/m;

n ——方格数;

H_{11} 、 H_{12} 、 H_{21} 、 H_{22} ——任一方格的四个角点的标高/m。