



高等职业教育土建类专业规划教材

建筑施工技术

谢扬敬 黄明树 主编



赠电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高等职业教育土建类专业规划教材

建筑施工技术

主 编 谢扬敬 黄明树
副主编 万连建 卢国庆
参 编 刘家新 汤锴媚 闫 兵 郑家波
主 审 刘钟莹

机械工业出版社

本书主要介绍了土方工程、地基与基础、砌筑工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、钢结构工程、结构吊装工程、防水工程、装饰工程及外墙外保温工程的施工工艺。每章配套相关的工程项目,使理论更加贴合实际。本书可作为高职高专建筑工程技术专业教材,也可作为本科院校、函授和自学辅导用书或相关专业人员学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术/谢扬敬,黄明树主编。—北京:机械工业出版社,2011.10

高等职业教育土建类专业规划教材

ISBN 978-7-111-34478-0

I. ①建… II. ①谢…②黄… III. ①建筑工程—工程施工 IV. ①TU74

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第221374号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:覃密道 王靖辉 责任编辑:覃密道 王靖辉 陈将浪

版式设计:霍永明 责任校对:张媛 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2012年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·25.5印张·632千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-34478-0

定价:45.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

建筑施工技术是建筑工程技术专业的一门主干课程，主要研究建筑工程各主要工种的施工技术、工艺和方法的一般规律。

建筑施工技术课程的特点是专业知识涉及面广、工程实践性强和技术法规严格，因此需要针对具体情况，综合运用相关学科的基本理论和知识，采用新技术和新成果来解决生产实践问题。

研发“项目课程”是高职高专院校旨在提高学生职业技能的一项教学改革举措，为开展此项工作，教材编写组按校企双方密切协作的方式组建，由具有丰富工程施工实践经验的高级工程师和施工教学实践经验的教师组成。编写组认为，教材编写应以“理论必须够用、重在培养实践能力”为原则，着力提高学生的工程施工技能。

“项目课程”不再是传统意义上的“理论+例题”模式，它为课堂教学提供了真切的生产实践的大背景，零散而实用的知识在工程案例中得以整合而变得有活力，科学的理论在工程实践中得以激活而发挥出应有作用，因此本教材的编撰力求突出如下特点：一是理论与实际相联系，传授实用知识与提升技能并重；二是各章节以诠释国家现行工程施工及验收规范为核心而拓展应用；三是图文配合恰当，以提升读者的悟性；四是介绍工程成功的经验，以增强教材的实用价值。

本书内容包括：土方工程、地基与基础、砌筑工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、钢结构工程、结构吊装工程、防水工程、装饰工程与外墙外保温工程。每章配以相关的工程项目，使理论更加贴合实际。教材各章还附有相应的复习思考题。

本书由江海职业技术学院谢扬敬、黄明树任主编，由江海职业技术学院万连建、扬州市建兴工程建设监理有限公司卢国庆任副主编。编写分工如下：前言、绪论由谢扬敬编写；第一章、第二章、第三章（除第二节由扬州市建兴工程建设监理有限公司刘家新和万连建编写）、第九章（除第四节、第六节由江海职业技术学院闫兵编写）由江海职业技术学院汤锴媚编写；第四章、第五章、第八章、第十章（除第五节由卢国庆编写）由万连建编写；第六章（除第七节由黄明树、卢国庆编写）由卢国庆编写；第七章由黄明树编写。全书的插图和表格的修正工作由江海职业技术学院万连建、郑家波完成。黄明树、万连建负责全书的修正和统稿。本书由扬州大学刘钟莹任主审。

本书在编写的过程中，得到了江海职业技术学院教学委员会的热忱关心和大力支持，在此表示衷心的感谢！

本书的编写参考了部分文献资料，在此谨向参考文献的作者致以诚挚的谢意！

限于编者的水平，加之时间仓促，书中疏漏和不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

绪论 1

第一章 土方工程 3

第一节 概述 3

第二节 土方与土方调配量计算 6

第三节 土方工程施工要点 20

【工程项目 1】 某工程轻型井点 系统设计 35

第四节 土方工程的机械化施工 41

第五节 土方填筑与压实 53

第六节 土方工程质量标准与安全 技术要求 56

【工程项目 2】 某工程地下室围 护综合施工 57

【工程项目 3】 混凝土支护桩施 工事故原因分析 与措施 60

复习思考题 61

第二章 地基与基础 63

第一节 地基处理及加固 63

第二节 桩基工程 68

第三节 桩承台筏式基础施工 85

【工程项目 4】 某建筑群钻孔灌 注桩施工 86

复习思考题 87

第三章 砌体工程 89

第一节 砌体工程的基本知识 89

第二节 脚手架工程 96

第三节 砖、石砌体工程 104

第四节 砌块砌体工程 114

第五节 配筋砌体工程 121

第六节 框架填充墙施工与质量要 求 126

第七节 砌体工程安全技术 128

【工程项目 5】 某住宅建筑墙体 砌筑 130

【工程项目 6】 落地脚手架计算 书 131

复习思考题 138

第四章 钢筋混凝土工程 139

第一节 混凝土结构工程概述 139

第二节 模板工程 140

【工程项目 7】 某工程梁模板高 支模计算书 148

第三节 钢筋工程 153

第四节 混凝土工程 164

第五节 混凝土冬期施工 180

【工程项目 8】 某模板工程 183

复习思考题 187

第五章 预应力混凝土工程 189

第一节 预应力混凝土的概念 189

第二节 先张法 189

第三节 后张法 195

第四节 无粘结预应力混凝土施工 204

【工程项目 9】 某门式刚架无粘 结预应力混凝土 施工 207

复习思考题 209

第六章 钢结构工程 210

第一节 钢结构特点 210

第二节 钢结构主要材料及钢构件 211

第三节 钢结构加工机具	212	复习思考题	330
第四节 钢结构制作工艺	216	第九章 装饰工程	332
第五节 钢结构安装及其质量控制 ...	220	第一节 抹灰工程	332
【工程项目 10】 国家大剧院壳体钢结构安装工程	226	第二节 饰面板(砖)工程	339
第六节 钢结构涂装施工	231	第三节 地面工程	347
第七节 钢结构安装工程质量控制与施工验收	233	第四节 吊顶工程	355
【工程项目 11】 高层全钢结构安装工程安全防护技术	236	第五节 门窗工程	360
复习思考题	238	第六节 涂饰工程	365
第七章 结构吊装工程	240	第七节 常见质量通病的原因分析 ...	370
第一节 起重设备	240	【工程项目 14】 某医院病房楼首层大厅的轻钢龙骨纸面石膏板吊顶施工	377
【工程项目 12】 某广场工程塔式起重机安装与拆除方案	255	复习思考题	378
第二节 索具设备	267	第十章 外墙外保温工程	379
第三节 单层工业厂房结构安装	275	第一节 概述	379
第四节 多层装配式框架结构安装 ...	302	第二节 聚苯乙烯泡沫塑料板薄抹灰外墙外保温工程	380
复习思考题	308	第三节 胶粉聚苯颗粒外墙外保温工程	387
第八章 防水工程	310	第四节 钢丝网架板现浇混凝土外墙外保温工程	392
第一节 防水工程概述	310	第五节 外墙外保温工程验收	395
第二节 地下防水工程	313	【工程项目 15】 某高层住宅楼外墙外保温工程	396
第三节 屋面防水工程	321	复习思考题	399
【工程项目 13】 某框架结构商场的屋面防水	328	参考文献	401

绪 论

一、建筑施工技术课程的研究对象和任务

建筑业的发展位于国民经济各部门的前列，在国家的基本建设中起着举足轻重的作用，国家用于建筑安装工程的投资占基本建设投资总额的 60% 左右。建筑业的发展必然要使用大量的钢材、水泥及其他相关行业的产品，这就为其他相关行业的发展起着重要的促进作用，同时建筑业的产品又为群众生活和其他的国民经济部门服务，这种相辅相成、彼此促进扩大再生产的过程，充分显示出建筑业被列为国民经济支柱产业的地位。

建筑产品的施工过程是一个复杂的过程，它是由许多分部工程组成的，包含有土石方工程、砌体工程、钢筋混凝土工程、结构安装工程、防水工程、装饰工程等。每一个工种工程，可采用不同的施工方法、施工技术和机械设备以及不同的劳动组织方式来实现。施工方案的选择应充分依据施工对象的规模和特点，结合施工地点的气候条件、工程地质水文条件、机械设备和材料供应状况等综合考虑。

建筑施工技术是研究建筑工程中主要工种工程的施工规律、施工工艺、施工方法、质量要求和施工安全措施的科学，以期在工程的具体条件下，选择经济合理的施工方案，采用先进的施工技术，在保证工程质量和施工安全的前提下，实现技术与经济的统一，实现工程优质按期完成。

二、中国建筑施工技术发展概况

中国建筑艺术在世界建筑史上有着特殊的风格和构建体系，以及相对应的各种操作方法和技能。古老的中国建筑体系约发端于距今 8000 年前的新石器时代，采用干阑式建筑形式，实施榫卯技术绑扎。夏代和商代是此体系的萌芽期，不仅出现了壁垒森严的城市和大殿，同时也产生了自然山水与风景园林；秦代和汉代是中国建筑艺术发展的兴盛时期，两代建筑体系宏伟、博大雄浑，如秦代的万里长城和汉代的长安城；在盛唐时期，中国建筑艺术的发展达到了顶峰，新的施工技术解决了大面积、大体积的问题并已定型化，如斗拱；随后，辽代修建的山西应县 66m 高的木塔及明代北京故宫建筑，清代的圆明园、颐和园等都是中国建筑的瑰宝，这都有力地证实了我国建筑技术已达到了相当高的水平。

新中国成立 60 年来，随着社会的前进与科学技术的发展，建筑施工技术也得到了不断发展与提高。特别是近年来，一大批新时期的施工技术达到了相当高的水平。在人工地基与地基处理新技术中，应用了软土地基搅拌加固法、分层注浆加固法、压密注浆法、小口径搅拌固化法、粉体喷射搅拌加固法等；在岩溶区软弱地基处理新技术中，应用了高压旋喷桩技术、化学灌浆技术；在高层建筑地下室深基坑围护技术中，使用了静压力桩技术、基坑降水及边坡抢险加固技术；以及深基坑灌注桩组合拱挡土防渗帷幕加固技术，地下连续墙工程施工围护桩加固技术，广场大型建（构）筑物基坑支护工程加固技术等。

大体积混凝土在施工过程中的防温度裂缝与收缩裂缝的技术得到了不断发展与提高。大

跨度钢结构与大跨度空间结构的滑移施工技术、整体顶升与提升施工技术, 钢结构安装施工仿真技术, 钢结构的防火、防腐等技术均有较大的发展与进步。

改革的春风使得我国的建筑业再起高潮, 世界建筑的各种设计思想走进中国, 钢筋混凝土规范的设计水准正力争赶上世界先进水平。同时, 钢结构在我国得到迅速推广, 空间结构类型和形式逐渐多样化, 大批风格各异的优秀建筑层出不穷, 为我国建筑业的突飞猛进注入了前所未有的生机与活力。

钢结构的优秀工程代表是北京国家体育场(鸟巢), 24根巨大的钢柱分别与24个巨大的钢筋混凝土墩牢固地连接在一起。建筑顶面呈鞍形, 长轴为332.3m, 短轴为296.4m, 最高点高度为68.5m, 最低点高度为42.8m。

幕墙结构的代表建筑是北京国家体育馆, 场馆四周的玻璃幕墙采用中空Low—E玻璃和金属板组合的形式, 全部采用双层玻璃, 总面约为19000m²。

空间网架结构的代表建筑是北京科技大学体育馆, 其建筑面积为24662 m², 屋面结构采用的是螺栓球钢网架结构。

大跨度空间结构的代表建筑是北京射击馆, 其资格赛馆二层的比赛区域采用了当时国内同类结构中最大跨度的预应力空心楼板, 尺寸为117.6m×23.7m×0.7m。成功地实现了大跨度室内无柱的要求, 同时防震效果也较好。

索膜结构的代表建筑是上海世博园核心区的阳光谷, 它是由13根大桅杆、数十根缆索和巨大的幕布巧妙组成, 是当时中国第一、世界罕见的索膜结构建筑。巨大的桅杆与斜拉缆索组成的特殊结构与巨型的“白色幕布”浑然天成。

水立方是北京奥运会国家游泳中心, 它的膜结构已成为世界之最, 它是根据细胞的排列形式和肥皂泡的天然结构设计而成的, 这种形态在建筑结构中从未出现过, 创意非常奇特。

随着上述一系列带有标志意义的建筑结构陆续建成, 反映了我国的建筑工程技术已达到了很高的水平, 并在有些方面超过了国际水平。

三、本课程的学习方法

建筑施工具有生产流动性强、受自然条件影响大、生产协作性高和产品单一性明显的特点, 因此建筑施工技术是一门综合性很强的专业技术课。它与建筑工程测量、建筑材料、建筑构造、建筑力学、建筑结构、地基与基础、建筑机械、建筑施工组织、建筑工程计量与计价等课程有着密切的联系, 学习中应注意与相关课程的相互配合与应用, 以更方便地解决建筑工程施工中的问题。

学习本课程, 需要认真学习国家颁布的建筑工程施工及验收规范, 这些规范是国家的技术标准, 是我国建筑科学技术和实践经验的结晶, 是全国所有建筑人员必须遵守的准则。建筑工程施工只有不断加强技术管理, 将相关规范落实到施工工艺过程中, 才能实现控制工程造价、缩短工期、保证工程质量和降低工程成本的目的。

由于建筑施工技术与生产实践有着广泛的联系, 实践性很强, 故应将理论、经验和实践相结合, 采用课堂教学、现场教学、多媒体教学、案例教学等多种教学方法与手段, 重视课程设计与生产实习、顶岗实习、职业技能训练等多种实践性教学环节, 以提高学生们的施工管理能力和解决生产技术问题的能力。

第一章 土方工程

【内容提要】

本章内容包括土方规划、土方工程施工要点、土方工程的机械化施工和基坑土方开挖工艺。在土方规划中,涉及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,重点讲述了基槽,深、浅基坑的各种支护方法及其适用范围,流沙产生的原因及其防治方法,其中施工排水(特别是轻型井点降水)和填土压实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、性能及提高生产率措施,提出了一般土方挖运机械的选择方法和注意事项。在基坑土方开挖工艺中,分别叙述了无支护结构基坑和有支护结构基坑的开挖工艺,重点学习了土方开挖的注意事项和开挖中基坑支护的监测要求。最后简要介绍了土方工程的质量标准及安全技术要求。

【学习要求】

1. 了解土的工程性质、边坡留设和土方调配的原则。
2. 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。
3. 了解基槽,深、浅基坑的各种支护方法及其适用范围,以及基坑监测项目。
4. 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;了解喷射井点、电渗井点和深井井点的适用范围。
5. 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。
6. 掌握填土压实的方法和影响填土压实质量的影响因素。
7. 掌握土方工程的质量标准与安全技术要求。

第一节 概 述

一、土方工程的施工特点

常见的土方工程包括:

- 1) 场地平整:确定场地设计标高,计算挖、填土方量,合理进行土方调配等。
- 2) 土方的开挖、填筑和运输等主要施工,以及排水、降水、土壁边坡和支护结构等。
- 3) 土方回填与压实:土料选择,填土压实的方法及密实度检验等。

土方工程施工,要求标高准确、断面合理,土体有足够的强度和稳定性,土方量少,工期短,费用少。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,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和露天作业,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;制订严密合理的施工组织设计,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。此外,还需要制订合理的土方调配方案,制订保证工程质量的技术措施、安全文明施工措施和对质量通病的预防措施等。

二、土的工程分类

土的种类繁多,其分类方法各异。在土方工程施工中,土的工程分类按土的开挖难易程度可以分为八类,见表1-1。表中一类土~四类土为土,五类土~八类土为岩石。在选择施工挖土机械和套用建筑安装工程劳动定额时要依据土的工程类别进行选择。

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、含有碎石和卵石的黄土;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	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)	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 (特坚石)	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	2700~3300	用爆破方法开挖

三、土的基本性质

1. 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的百分率, 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。

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

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

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。

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距离称为渗透

系数, 用 k 表示, 单位为 m/d 。地下水在土中的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)。

表 1-2 各种土的可松性系数参考值

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
五类土 ~ 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

从式 (1-7) 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。

表 1-3 土的渗透系数 k 参考值

土的种类	渗透系数 k (m/d)	土的种类	渗透系数 k (m/d)
黏土	< 0.005	中砂	5.0 ~ 25.0
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	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

第二节 土方与土方调配量计算

一、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。土方边坡的坡度采用高度 H 与底宽 B 之比 (图 1-1), 即

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

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

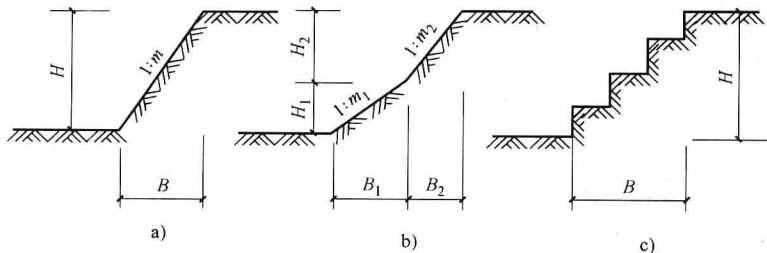


图 1-1 土方边坡

a) 直线形 b) 折线形 c) 踏步形

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）体积公式进行计算（图 1-2）。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、下的两底面积（ m^2 ）；

A_0 ——基坑的中间截面面积（ m^2 ）；

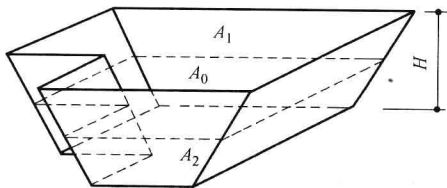


图 1-2 基坑土方量计算

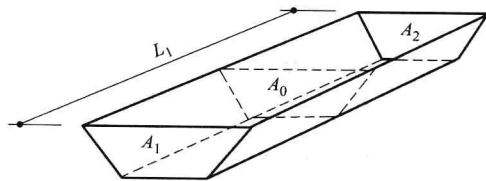


图 1-3 基槽土方量计算

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（图 1-3）

$$V_1 = \frac{L_1}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-9)$$

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

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (1-10)$$

式中 $V_1, V_2, \dots, V_n$ ——各分段的土方量（ m^3 ）。

二、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：

- 1) 满足生产工艺和运输的要求。
- 2) 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。
- 3) 场地内挖填方平衡，土方运输量最少。
- 4) 要有一定的泄水坡度 ($\geq 0.2\%$)，使能满足排水要求。
- 5) 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，即场地内的挖方总量等于填方总量。在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 $10 \sim 40\text{m}$ 的方格网，如图 1-4a 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 1-4b 所示，场地设计标高可按下式计算

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

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

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)。

从图 1-4a 可以看出， H_{11} 为一个方格的角点标高， H_{12} 及 H_{21} 为相邻两个方格的公共角点标高， H_{22} 为相邻的四个方格的公共角点标高。如果将所有方格的四个角点相加，则类似 H_{11} 这样的角点标高加一次，类似 H_{12} 、 H_{21} 的角点标高需加两次，类似 H_{22} 的角点标高要加四次。如令

H_1 ——一个方格仅有的角点标高；

H_2 ——两个方格共有的角点标高；

H_3 ——三个方格共有的角点标高；

H_4 ——四个方格共有的角点标高。

则场地设计标高 H_0 的计算公式 (1-11) 可改写为下列形式

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n} \quad (1-12)$$

(2) 场地设计标高的调整 按上述公式计算的场地设计标高 H_0 仅为理论值，在实际运

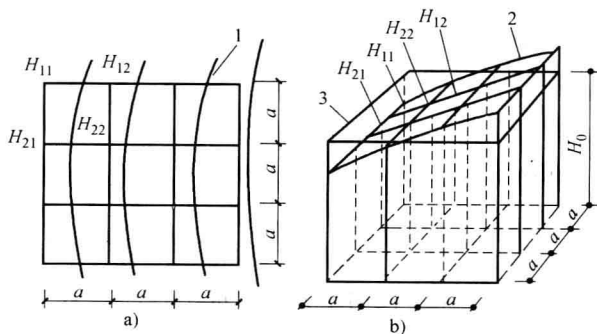


图 1-4 场地设计标高 H_0 计算示意

a) 方格网划分 b) 场地设计标高示意

1—等高线 2—自然地面 3—场地设计标高平面

用中还需考虑以下因素进行调整:

1) 土的可松性影响。由于土具有可松性, 如按挖填方平衡计算得到的场地设计标高进行挖填施工, 填土会有富余, 特别是当土的最后可松性系数较大时就更不容忽视。如图 1-5 所示, 设 Δh 为因土的可松性而引起的设计标高的增加值, 则设计标高调整后的总挖方体积 V'_w 应为

$$V'_w = V_w - F_w \times \Delta h \quad (1-13)$$

总填方体积 V'_T 应为

$$V'_T = V'_w K'_s = (V_w - F_w \times \Delta h) K'_s \quad (1-14)$$

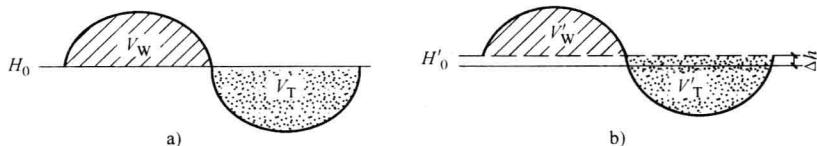


图 1-5 设计标高调整计算示意

a) 理论设计标高 b) 调整设计标高

此时, 填方区的标高也应与挖方区一样提高 Δh , 即

$$\Delta h = \frac{V'_T - V_T}{F_T} = \frac{(V_w - F_w \times \Delta h) K'_s - V_T}{F_T} \quad (1-15)$$

移项整理简化得 (当 $V_T = V_w$)

$$\Delta h = \frac{V_w (K'_s - 1)}{F_T + F_w K'_s} \quad (1-16)$$

故考虑土的可松性后, 场地设计标高调整为

$$H'_0 = H_0 + \Delta h \quad (1-17)$$

式中 V_w 、 V_T ——按理论设计标高计算的总挖方、总填方体积;

F_w 、 F_T ——按理论设计标高计算的挖方区、填方区总面积;

K'_s ——土的最后可松性系数。

2) 场地挖方和填方的影响

由于场地内大型基坑挖出的土方、修筑路堤填高的土方, 以及经过经济比较而将部分挖方就近弃土于场外或将部分填方就近从场外取土, 上述做法均会引起挖填土方量的变化。必要时, 也需调整设计标高。

为了简化计算, 场地设计标高的调整值 H'_0 , 可按下列近似公式确定, 即

$$H'_0 = H_0 \pm \frac{Q}{na^2} \quad (1-18)$$

式中 Q ——场地根据 H_0 平整后多余或不足的土方量。

3) 场地泄水坡度的影响。按上述计算和调整后的场地设计标高, 平整后场地是一个水平面。但实际上由于排水的要求, 场地表面均有一定的泄水坡度, 平整场地的表面坡度应符合设计要求, 如无设计要求时, 一般应向排水沟方向做成不小于 0.2% 的坡度, 所以在计算的 H_0 或经调整后的 H'_0 基础上, 要根据场地要求的泄水坡度, 最后计算出场地内各方格角点实际施工时的设计标高。当场地为单向泄水及双向泄水时, 场地各方格角点的设计标高求法如下:

① 单向泄水时场地各方格角点的设计标高 (图 1-6a)。以计算出的设计标高 H_0 或调整后的设计标高 H'_0 作为场地中心线的标高, 场地内任意一个方格角点的设计标高为

$$H_{dn} = H_0 \pm li \quad (1-19)$$

式中 H_{dn} ——场地内任意一点方格角点的设计标高 (m);

l ——该方格角点至场地中心线的距离 (m);

i ——场地泄水坡度 (不小于 0.2%);

$\pm$ ——该点比 H_0 高则取 “+”, 反之取 “-”。

例如, 如图 1-6a 所示场地内角点 10 的设计标高

$$H_{d10} = H_0 - 0.5ai$$

② 双向泄水时场地各方格角点的设计标高 (图 1-6b) 以计算出的设计标高 H_0 或调整后的标高 H'_0 作为场地中心点的标高, 场地内任意一个方格角点的设计标高为

$$H_{dn} = H_0 \pm l_x i_x \pm l_y i_y \quad (1-20)$$

式中 l_x 、 l_y ——该点于 $x-x$ 、 $y-y$ 方向上距场地中心线的距离 (m);

i_x 、 i_y ——场地在 $x-x$ 、 $y-y$ 方向上的泄水坡度。

例如, 如图 1-6b 所示场地内角点 10 的设计标高

$$H_{d10} = H_0 - 0.5ai_x - 0.5ai_y$$

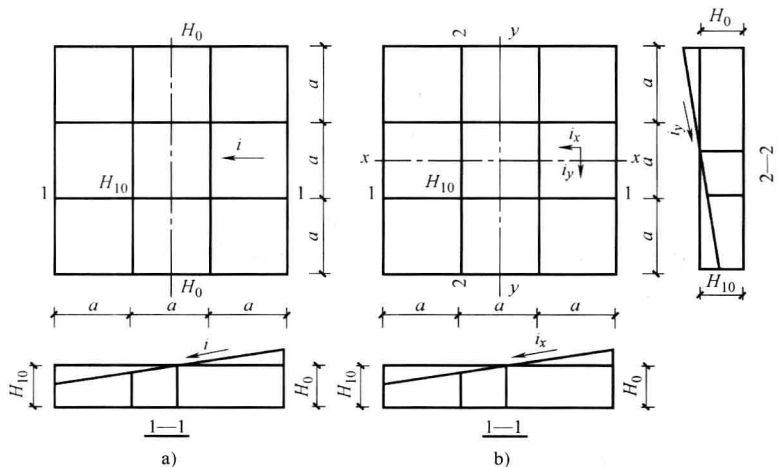


图 1-6 场地泄水坡度示意

a) 单向泄水 b) 双向泄水

【例 1-1】 某建筑场地的地形图和方格网如图 1-7 所示, 方格边长为 $20\text{m} \times 20\text{m}$, $x-x$ 、 $y-y$ 方向上的泄水坡度分别为 0.2% 和 0.3%。由于土建设计、生产工艺设计和最高洪水位等方面均无特殊要求, 试根据挖填方平衡原则 (不考虑可松性) 确定场地中心设计标高, 并根据 $x-x$ 、 $y-y$ 方向上的泄水坡度推算各角点的设计标高。

【解】 1) 计算角点的自然地面标高。根据地形图上标设的等高线, 用插入法求出各方格角点的自然地面标高。由于地形是连续变化的, 可以假定两等高线之间的地面起伏是呈直线变化的。如角点 4 的地面标高 (H_4), 从图 1-7 中可看出, 是处于两等高线相交的 AB 直线上。由图 1-8 根据相似三角形特性, 可写出: $h_x:0.5 = x:l$, 则 $h_x = \frac{0.5}{l}x$, 得