

高等学校教材

建筑施工

周树发 主编



中国铁道出版社

高等学校教材

建 筑 施 工

周树发 主编

陈 新 主审

中 国 铁 道 出 版 社

2000年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 提 要

本书主要介绍了当前建筑业的最新生产技术、组织计划管理方面的新成果、新经验,并结合新颁发的国家规范、标准等有关内容,作了基本理论和基本方法的阐述。主要内容有:土石方工程、桩基础工程与地基处理、脚手架与砌体工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、防水工程、装饰工程、施工组织设计概论、建筑工程流水施工、网络计划技术、单位工程施工组织设计、施工组织总设计等共 13 章。本书在适当章节附有一些工程实例、思考题和练习题,用以加深读者对本学科的认识和理解。

本书除供高等院校土木工程专业作教材使用外,也可供建筑工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工/周树发主编. —北京:中国铁道出版社,2000.3
ISBN 7-113-03622-8

I. 建… II. 周… III. 建筑工程-工程施工 IV. TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 57314 号

书 名: 高等学校教材
建 筑 施 工

作 者: 周树发 主编

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

责任编辑: 程东海

封面设计: 马 利

印 刷: 河北省遵化市胶印厂

开 本: 787×1092 1/16 印张: 30 插页: 1 字数: 757 千

版 本: 2000 年 3 月第 1 版 2000 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 1~3500 册

书 号: ISBN 7-113-03622-8/TU·615

定 价: 38.20 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

改革开放 20 多年来,随着我国国民经济的持续增长,社会主义现代化建设事业突飞猛进,建筑业也得到了蓬勃发展,新材料、新工艺、新技术、新的组织计划管理方法不断涌现;同时,在此期间,国家还颁布了一些新的设计、施工规范和标准。为了能较好地反映当前我国建筑施工学科领域的新成就、新经验、新规范和新标准,特别是近 20 年来这些方面的新发展,华东交通大学、上海铁道大学、长沙铁道学院三校的相关教师在铁道部教材编辑部的支持下,决定编写本教材。

本书博采众长,大量引用了当前建筑业的最新生产技术、组织计划管理方面的新成果、新经验,并结合新颁发的国家规范、标准等有关内容,作了一些基本理论和普遍规律的阐述,并在适当的章节附有一些工程实例、思考题和练习题,用以加深学生对本学科的理解和认识。本书的每个章节都具有一定的特色,例如,土方工程的流沙防治,深基坑的围护施工,桩基工程的多级扩孔桩施工,地基加固的深层搅拌法、高压喷射注浆法,脚手架工程的安全网及其安全技术,钢筋混凝土工程的新型模板体系施工,特殊混凝土施工与混凝土技术发展,预应力混凝土工程中的无粘结预应力混凝土施工,防水工程的建筑外墙防水及防水新材料,装饰工程中的玻璃幕墙施工,流水施工中的分别流水施工,网络计划技术中的计算机在网络计划管理中的应用,单位施工组织设计的实例分析,施工组织总设计的大流水施工、大型临时设施等的最佳平面布置等。

本书由周树发(华东交通大学)主编,许福贵(上海铁道大学)、王孟钧(长沙铁道学院)副主编,陈 新(华东交通大学)主审。

各章节编写分工如下:

周树发(华东交通大学)——绪论,第十三章。

许福贵(上海铁道大学)——第一章,第二章,第三章,第八章第四节。

王 芳(长沙铁道学院)——第四章。

王孟钧(长沙铁道学院)——第五章。

周 栩(长沙铁道学院)——第六章。

鲁辰达、陈 扬(上海铁道大学)——第七章,第八章第一~三节。

陈 进(华东交通大学)——第九章,第十二章。

蒋根谋(华东交通大学)——第十章,第十一章。

编 者

1999 年 10 月

目 录

绪 论	1
第一章 土石方工程	3
第一节 概 述	3
第二节 土石方工程施工、计算与调配	6
第三节 地表排水与降低地下水	19
第四节 土方机械化施工	35
第五节 爆破工程	44
第六节 深基坑的围护施工	51
第二章 桩基础工程和地基处理	63
第一节 概 述	63
第二节 钢筋混凝土预制打入桩工程	64
第三节 钢筋混凝土灌注桩施工	74
第四节 地基处理及加固	84
第三章 脚手架与砌体工程	100
第一节 脚手架施工	100
第二节 砖石砌体施工	109
第三节 中小型砌块施工	122
第四节 砌筑工程的安全技术	126
第四章 钢筋混凝土工程	127
第一节 钢筋工程	127
第二节 模板工程	141
第三节 混凝土工程	156
第五章 预应力混凝土工程	183
第一节 先 张 法	183
第二节 后 张 法	190
第三节 电 热 法	207
第四节 无粘结预应力混凝土	210
第六章 结构安装工程	215
第一节 起重机械	215
第二节 钢筋混凝土单层工业厂房结构吊装	227
第三节 多层房屋结构吊装	246
第四节 升板法施工	258
第七章 防水工程	270
第一节 地下防水工程	270

第二节	建筑物外墙防水施工	278
第三节	屋面防水施工	280
第八章	装饰工程	288
第一节	抹灰工程	288
第二节	饰面工程	302
第三节	涂料和裱糊工程	308
第四节	玻璃幕墙工程	315
第九章	施工组织设计概论	320
第一节	施工组织设计的内容及分类	321
第二节	组织施工的基本原则	322
第三节	原始资料的调查分析	324
第十章	建筑工程流水施工	327
第一节	流水施工的基本概念	327
第二节	节奏流水施工	334
第三节	非节奏流水施工	341
第四节	分别流水施工	344
第十一章	网络计划技术	350
第一节	概述	350
第二节	双代号网络图	351
第三节	单代号网络图	364
第四节	时标网络	370
第五节	网络计划的优化	374
第六节	计算机在网络进度计划管理中的应用	397
第十二章	单位工程施工组织设计	407
第一节	施工方案的选择	407
第二节	编制施工进度计划及资源准备计划	416
第三节	施工平面图	420
第四节	单位工程施工组织设计实例	425
第十三章	施工组织总设计	438
第一节	工程概况	438
第二节	施工部署	439
第三节	施工总进度计划	441
第四节	大型临时设施工程	452
第五节	施工总平面图	469
	主要参考文献	473

绪 论

一、建筑工程施工发展概况

土木工程一般包括房屋建筑、构筑物、桥梁、道路、隧道、港口等工程的设计与施工,而建筑施工主要指房屋建筑及有关构筑物的施工。建筑施工是建筑工程技术人员的必备知识和建筑工程专业学生的主要专业课。

建设者和设计者的意图,一定要通过建筑施工实现。一幢建筑物或一群建筑的施工是由许多工种工程如土石方工程、砌筑工程、钢筋混凝土工程、结构安装工程、装饰工程以及设备安装工程等组成。而每一个工种工程都可以采用不同的施工方案,不同的施工工艺,不同的施工机械,不同的劳动组合和不同的计划安排来完成。因而建筑施工就是要根据施工对象的特点、规模、水文地质条件、施工机械和材料供应等客观条件,充分运用先进技术,从工期、质量和成本的角度出发,选择最合理的施工方案,编制指导施工的施工组织设计,并在以后的施工中贯彻执行,运用项目动态管理的方法,根据条件的变化,随时适当地进行修改方案或补充设计,力求以最少的消耗取得最大的成果,全面、高效、按期按质完成建筑安装工程任务。

我国是文明古国,在世界科学文化的发展史上,我国人民有过极为卓越的贡献。在建筑技术和工程管理上,我国同样有巨大成绩。在殷代,我国已经开始用水测水平,用夯实的土壤做地基,在墙上进行涂饰。战国时期,据左传记载,楚国主管的官吏在筑城之前,就进行施工工具的准备、基址的测量、土方工程量、运距、给养、人力和工日的计算,充分做好准备以后才开始筑城。结果,三个月就完成了筑城事务。秦汉时,砌筑技术有很大的发展。

所谓秦砖汉瓦,秦汉时能烧制方砖、空心砖、装饰性条砖,并还用楔形形砖和企口砖砌筑拱券和穹隆。两晋、南北朝时,木塔的建造,其卯榫的精巧,表明了木构架建筑技术已达到一定的水平。唐代大规模城市的建造表明房屋施工技术达到了相当高的水平。宋、辽、金时,开始为基础下打桩。从砖塔和拱桥可看出砖石结构的施工水平。明代在改建北京城时,紫禁城内工程浩大的宫殿群和宫城前的太庙,以及包括 8 000 余间房屋的 10 座王邸,仅用 4 年的时间就完工。这也表明了当时的施工技术和施工组织水平。北宋时期著名的科学家沈括的《梦溪笔谈》介绍一些高超合龙、导水治堤、泽国长堤等工程项目,肯定了劳动人民在实践中所发挥的聪明才智和合宜的组织管理方法。在《补笔谈》中分析了一个颇具典型的例子:北宋祥符年间(公元 1008~1016 年),大臣丁谓受命修复宫殿,当时遇到三个主要问题:一是取土太远,二是运进建筑材料困难,三是建筑垃圾难以处理。丁谓深入现场勘察,在进行多个方案对比后,决定把通向汴水河的道路挖成沟渠,与汴水河连成水道,这样既可就近取土,又可用竹筏、船只把材料直接运到宫门口,待工程竣工后用灰工、瓦砾填平沟渠,恢复道路。这种施工组织方法,构思巧妙、统筹兼顾、一举三得,结果“省费以亿万计”。

鸦片战争以后在我国的高等学校开始建立土木建筑方面的学科,开始了较正规的建筑教育。在沿海一些大城市也出现了用钢筋和混凝土建造的现代化建筑工程,但多数由外国建筑公司承建。此时,由我国私人创造的营造厂虽然也有所发展,并承建了一些工程,但由于规模

小、技术装备较差,技术进步亦慢。因此,从整体来看解放前我国的建筑技术和组织管理水平是较低的。

中华人民共和国成立后,我国建筑业有较大的发展。我国的建筑施工力量从1949年的20万人,发展到1952年的140万人和1958年的533万人,1988年的2 530万人,90年代中的4 000余万人。其中全民所有制职工600余万人,城镇集体所有制、农村零散队伍2 000余万人,近50年来累计完成国家建设投资近5万亿元左右,竣工房屋面积200亿 m^2 左右。建筑生产产值已超过商业和运输业之和。在五大产业中,仅次于工业和农业。在施工技术方面也有较大的发展,如1958~1959年间,在北京建设的人民大会堂、北京火车站、中国历史博物馆等十大建筑,结构复杂、功能要求严、装修标准高。近年来的上海宝钢的大型工业设施建设、上海东方明珠电视塔、深圳国贸中心等等,这些都集中体现出我国的建筑施工已达到较高的水平。目前我国在建筑施工技术方面,对各种各类建筑在设计与施工方面都有一整套设计规范与施工与验收规范,对加快我国工程建设、保证工程质量和工业生产与使用安全方面起了极大的促进作用。我们不仅掌握了大型工业建筑设施和高层民用建筑的成套技术,而且在地基处理和基础工程方面,推广了大型深基坑支护开挖、地下连续墙、逆作法施工、大直径钻孔灌注桩、旋喷桩、冲振法、深层搅拌法、强夯法等技术。在现浇钢筋混凝土工程施工中应用了滑升模板、爬升模板、大模板、台模、隧道模、组合钢模板、扣件架管、泵送混凝土、喷射混凝土、无砂混凝土、大体积混凝土浇筑新技术;在预应力混凝土技术、墙体改革、装饰材料以及大跨度结构、高耸结构等方面都掌握和发展了许多新的施工技术。

在施工组织方面,继续完善和补充流水施工的方法,完善了网络计划技术在计划管理中的运用,并逐步发展了应用计算机来进行网络计划技术的管理。进一步加强了应用经济评估的方法进行施工方案的选择。在设计和施工中应用项目管理的方法,节约了工程成本,提高了单位的劳动效率和经济效益。这一切都有力地推动了我国建筑施工的发展。

二、《建筑施工》教与学

本门课程的任务是通过讲授和自学使学生了解我国的基本建设程序、各项方针政策以及各项具体的技术经济政策,了解建筑施工领域、国内外的新技术、新方法以及发展动态,掌握各工种工程的一般施工方法和单个建筑物施工方案的选择和施工组织设计的编制,具有独立分析和解决建筑施工技术和组织计划问题的初步能力,为今后不论从事科学研究工作、结构设计工作还是从事具体的施工技术管理工作,均打下良好的基础。

本学科涉及的理论面广,实践性、政策法规性强,而且技术发展迅速,学习中必须坚持将理论联系实际。除对于课堂上讲授的基本理论、基本知识要加以理解、掌握和适当的练习以外,还需坚持自学。除要在课前进行预习和部分章节的自学以外,还要坚持自学其他一些相关的书籍和相关的刊物和杂志。任课教师在课前要给予指导,作出预习和自学的安排。要经常了解我国政府已颁布或正在颁布的有关建设方面的方针政策,了解国外在建筑施工技术和组织计划的最新发展,授课教师有责任在授课时介绍这方面的内容,以便进一步激发学生的学习热情。对有些实践性很强的章节,教师要组织现场教学,加强学生对这方面知识的理解和兴趣。与该课程相结合的一个重要的实践环节是生产实习。生产实习若安排在授课之前实习,指导教师要加强力量进行现场教学。生产实习安排在课堂教学之后,由于学生缺乏对实际工程的感性认识,给授课老师带来一定难度,但学生在生产实习中往往能发挥较重要的作用,实习工地往往是欢迎的。

第一章 土石方工程

第一节 概 述

一、土石方工程的施工特点

土石方工程是建筑工程施工中主要工种工程之一。土石方工程包括土的挖掘、填筑和运输等主要施工过程,以及排水、降水和土壁支撑等准备和辅助过程。常见的土石方工程有场地平整、基坑(槽)开挖、地坪填土、路基填筑及基坑回填等。

土石方工程施工的特点是工程量大,施工条件复杂。新建一个大型工业企业,土石方量往往可达几十万乃至几百万方,合理地选择施工方案,对缩短工期,降低工程成本有很重要意义。土方工程多为露天作业,施工受地区的气候条件影响,而土本身是一种天然物质,种类繁多,施工受工程地质和水文地质条件的影响很大。

根据上述特点,在土石方施工前,应根据现场情况、施工条件及质量要求,拟定合理可行的施工方案,尽可能采用机械化施工,以降低劳动强度,并做好各项准备工作。在施工中,则应及时做好施工排水和降水、土壁支护等工作,以确保工程质量,防止流沙、塌方等意外事故的发生。具体说应做好以下几点:

- (1) 根据工程条件,选择适宜的施工方案和效率较高、费用较低的机械进行施工;
- (2) 合理调配土石方,使总的施工工作量最少;
- (3) 合理组织机械施工,保证机械发挥最大的使用效率;
- (4) 安排好运输道路、排水、降水、土壁支护等一切准备及辅助工作;
- (5) 合理安排施工计划,尽量避免雨季施工;
- (6) 保证工程质量,对施工中可能遇到的问题,如流砂现象、边坡稳定等进行技术分析,并提出解决措施;
- (7) 土石方施工要保证安全,有确保安全施工的措施。

二、土石的工程分类

按其坚实程度分类,目前建筑工程预算定额中,土按坚实程度(开挖的难易程度)分为 8 类,前 4 类属于一般土,后 4 类属于岩石,见表 1-1。

表 1-1 土的工程分类与现场鉴别方法

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;亚砂土;冲积砂土层;种植土;泥炭(淤泥)	1.08~1.17	1.01~1.03	能用锹、锄头挖掘
二类土 (普通土)	亚黏土;潮湿的黄土;夹有碎石、卵石的砂;种植土、填筑土及亚砂土	1.14~1.28	1.02~1.05	用锹、锄头,少许用镐翻松

续上表

土 的 分 类	土 的 名 称	可 松 性 系 数		现 场 鉴 别 方 法
		K_s	K'_s	
三类土 (坚土)	软及中等密实黏土;重亚黏土;粗砾石;干黄土及含碎石、卵石的黄土、亚黏土;压实的填筑土	1.24~1.30	1.04~1.07	主要用镐,少许用锹、锄头挖掘,部分用撬棍
四类土 (砂砾坚土)	重黏土及含碎石、卵石的粘土;粗卵石;密实的黄土;天然级配砂石;软泥灰岩及蛋白石	1.26~1.32	1.06~1.09	整个用镐、撬棍,然后用锹挖掘,部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	硬石灰岩黏土;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	1.30~1.45	1.10~1.20	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	1.30~1.45	1.10~1.20	用爆破方法开挖,部分用风镐
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	1.30~1.45	1.10~1.20	用爆破方法开挖
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	用爆破方法开挖

土按开挖和填筑的几何特征不同,可分为平整场地、挖地槽、挖基坑、挖土方、回填土等。

场地平整系指厚度在 300 mm 以内的挖填和找平工作;挖地槽系指挖土宽度在 3 m 以内,且长度等于或大于宽度 3 倍者;挖地坑系指挖土底面积在 20 m² 以内,且底长为底宽 3 倍以内者;挖土方系指山坡挖土或地槽宽度大于 3 m,坑底面积大于 20 m²,场地平整挖填厚度超过 300 mm 者;回填土分夯填和松填。

三、土的工程性质

土的工程性质对土方工程的施工方案和工程量大小有直接的影响,下面是土的主要工程性质。

1. 土的天然含水量

土的天然含水量指土的干湿程度,用含水量 w 表示,即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(kg);

m_s ——土中固体颗粒的质量(kg)。

含水量适中的土称为最佳含水量,各类土最佳含水量如下:

砂土 8%~12%;

亚黏土 9%~15%;

亚黏土 12%~15%;

黏土 19%~23%。

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,叫土的密度。一般黏土的密度约 1 800~2 000 kg/m³,砂土约为 1 600~2 000 kg/m³。土的密度按下式计算:

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{1-2}$$

式中 m ——土的总质量(kg);
 V ——土的体积(m³)。

干密度是土的固体颗粒重量与总体积的比值,用下式表示:

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \tag{1-3}$$

一般说当 $\rho_d > 1\,600\text{ kg/m}^3$ 时,土就比较密实。

3. 土的孔隙比和孔隙率

孔隙比和孔隙率反映了土的密实程度。孔隙比和孔隙率越小土越密实。

孔隙比 e 是土的孔隙体积 V_v 与固体体积 V_s 的比值,用下式表示:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \tag{1-4}$$

孔隙率 n 是土的孔隙体积 V_v 与总体积 V 的比值,用百分率表示:

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\% \tag{1-5}$$

天然状态下某些土的孔隙比、含水量和干密度的一些典型数值如表 1-2。

表 1-2 土的孔隙比、含水量与干密度的关系

土 的 类 别	孔 隙 比 e	饱和状态的天然含水量 (%)	土 的 干 密 度 ρ_d
松 砂	0.8	30	1.45
密 砂	0.45	16	1.8
角粒状松散粉砂	0.65	25	1.6
角粒状密实粉砂	0.4	15	1.9
硬黏土	0.6	21	1.7
淤泥质土	1.0~1.4	30~50	1.15~1.45
黄 土	0.9	25	1.35
有机质软黏土	2.5~3.2	90~120	0.6~0.8
冰渍土	0.3	10	2.1

4. 土的可松性与可松性系数

天然土经开挖后,其体积因松散而增加,虽经振动夯实,仍然不能完全复原,这种现象称为土的可松性。土的可松性用可松性系数表示,即

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \tag{1-6}$$

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \tag{1-7}$$

式中 K_s, K'_s ——土的最初、最后可松性系数;
 V_1 ——土在天然状态下的体积(m³);
 V_2 ——土挖出后的松散状态下的体积(m³);

V_3 ——土经压(夯)实后的体积(m^3)。

可松性系数对土方的平衡调配,计算土方运输量都有影响。各类土的可松性系数见表 1-1。

5. 土的渗透性和渗透系数

土体孔隙中的自由水在重力作用下会透过土体而运动,这种土体被水透过的性质称为土的渗透性。当基坑开挖至地下水位以下,排水使地下水的平衡遭到破坏,地下水会不断渗流入基坑。地下水在渗流过程中受到土颗粒的阻力,其大小与土的渗透性及渗流路程的长短有关。根据图 1-1 所示的一维渗流实验,单位时间内流过土样的水量 Q (cm^3/s) 与水头差 ΔH (cm) 成正比,并与土样的横截面积 A (cm^2) 成正比,而与渗流路径长度 L (cm) 成反比。即

$$Q = K \cdot \frac{\Delta H}{L} \cdot A \quad (1-8)$$

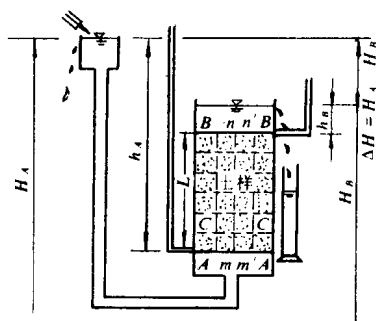


图 1-1 一维渗流实验示意图

式中, K 为比例系数,随土而异,反映单位时间内水穿过土层的能力,即反映土的透水性大小,称为土的渗透系数,单位为 cm/s 或 m/d 。

单位时间内流过单位横截面积的水量,称为渗流速度 V (cm/s),即

$$V = \frac{Q}{A} = K \cdot \frac{\Delta H}{L} = KI \quad (1-9)$$

式中, $I = \Delta H/L$, 代表单位长度渗流路径所消耗的水头差,亦称为水力梯度(无因次)。

从式(1-9)可见,土的渗透系数 K 也就是水力梯度 I 等于 1 时的渗流速度,这就是 1856 年达西(Darcy)提出的渗透定律。

渗透系数 K 反映土的透水性大小,其常用量纲为 cm/s 或 m/d ,一般通过室内渗透试验或现场抽水或压水试验确定。对重大工程,宜采用现场抽水试验确定。表 1-3 所列的 K 值,仅供参考,有时与实际情况出入较大。

表 1-3 土的渗透系数参考值

土 的 名 称	渗 透 系 数 (m/d)	土 的 名 称	渗 透 系 数 (m/d)
黏 土	<0.005	中 砂	5.00~20.00
粉质黏土	0.005~0.10	均质中砂	35~50
粉 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		

第二节 土石方工程施工、计算与调配

一、场地平整的土石方量计算与调配

1. 场地设计标高的确定

场地设计标高是进行场地平整和土石方量计算的依据。合理确定场地的设计标高,对于减少挖、填土方总量,节约土方运输费用,加快施工进度等都具有重要的经济意义。因此必须

结合现场实际情况,选择最优方案。一般应考虑以下因素:

- ① 满足生产工艺和运输的要求;
- ② 尽量利用地形,减少挖、填方数量;
- ③ 场地内挖、填方平衡(面积大、地形复杂时例外),土方运输总费用最少;
- ④ 有一定的泄水坡度($\geq 2\%$),满足排水要求,并考虑最大洪水位的影响。

场地设计标高一般应在设计文件上规定,若设计文件无规定时,可采用“挖、填土方量平衡法”或“最佳设计平面法”来确定。“最佳设计平面法”系应用最小二乘法的原理,计算出最佳设计平面,使场地内方格网各角点施工高度的平方和为最小,既能满足土石方工程量最小,又能保证挖、填土方量相等,但此法计算较繁杂。“挖、填土石方量平衡法”概念直观,计算简便,精度能满足施工要求,常为实际施工时采用,但此法不能保证总土石方量最小。

用“挖、填土方量平衡法”确定场地设计标高,可参照下述步骤进行。

(1) 初步计算场地设计标高

计算原则:场地内的土方在平整前和平整后相等而达到挖、填方平衡,即挖方总量等于填方总量。

计算场地设计标高时,首先在场地的地形图上根据要求的精度划分为边长为10~40 m的方格网(图1-2a),然后标出各方格角点的标高。各角点标高可根据地形图上相邻两等高线的标高,用插入法求得,当无地形图或场地地形起伏较大(用插入法误差较大)时,可在地面用木桩打好方格网,然后用仪器直接测出标高。

按照场地内土石方在平整前及平整后相等,即挖、填方平衡的原则(如图1-2b),场地设计标高可按下列式计算:

$$H_0 \cdot N \cdot a^2 = \sum_1^N \left(a^2 \cdot \frac{H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22}}{4} \right)$$

$$\text{即} \quad H_0 = \frac{\sum_1^N (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4N} \quad (1-10)$$

式中 H_0 ——所计算的场地设计标高(m);

a ——方格边长(m);

N ——方格数量;

H_{11} 、 H_{12} 、 H_{21} 、 H_{22} ——任一方格四个角点标高(m)。

由图1-2中可以看出,由于相邻方格具有公共角点,在一个方格网中,某些角点系两个相邻方格的公共角点,如图1-2(a)中的第2,3,4,6...等角点,其角点标高要加两次;某些角点系四个相邻方格的公共角点,如图1-2(a)中第7,8,9,...等角点,在计算场地设计标高时,其角点标高要加四次;某些角点仅加一次,如图1-9(a)中第1,5,21,25等角点;在不规则场地中,角点标高也有加三次的。因此,式(1-10)可改写成

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2 \sum H_2 + 3 \sum H_3 + 4 \sum H_4}{4N} \quad (1-11)$$

式中 H_1 ——一个方格仅有的角点标高(m);

H_2 、 H_3 、 H_4 ——分别为两个方格、三个方格和四个方格共有的角点标高(m);

N ——方格数量。

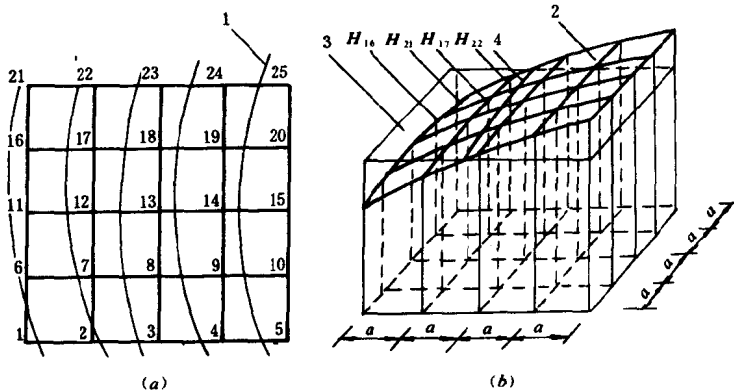


图 1-2 场地设计标高计算简图

(a) 地形图上划分方格网; (b) 设计标高示意图

1—等高线; 2—自然地面; 3—设计标高平面; 4—零线

(2) 场地设计标高的调整

按式(1-11)计算的场地设计标高 H_0 系理论值, 实际施工前需考虑以下因素进行调整:

① 考虑土的可松性及场地边坡土方而使场地设计标高提高或降低。按式(1-11)计算的 H_0 施工。场地设计标高的调整高度(增加值) Δh 可按式计算:

$$\Delta h = \frac{V_w \cdot K'_s - V_T}{A} \quad (1-12)$$

式中 V_w ——设计标高调整前的总挖方体积(m^3);

V_T ——设计标高调整前的总填方体积(m^3), $V_w = V_T$;

A ——设计标高调整前的挖方区与填方区总面积(m^2);

K'_s ——土的最后可松性系数。

调整后每个角点的设计标高均应增加 Δh (m)。

② 由于设计标高以上的各种填方工程(如填筑路基)而影响设计标高的降低, 或者由于设计标高以下的各种挖方工程(如开挖水池等)而影响设计标高的提高。

③ 由于边坡填、挖方量不等(特别是坡度变化大时)而影响设计标高的增减。

④ 根据经济比较结果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而引起挖、填方量变化, 导致场地设计标高的降低或提高。

(3) 考虑泄水坡度对场地设计标高的影响, 计算各方格角点的设计标高

按上述计算并调整后的场地设计标高进行场地平整时, 整个场地将处于同一水平面, 但实际上由于排水的要求, 场地表面应有一定的泄水坡度并符合设计要求。如设计无要求时, 一般应沿排水方向做成不小于 2‰ 的泄水坡度。因此, 应根据场地泄水坡度的要求(单向泄水或双向泄水), 计算出场地内各方格角点实际施工时所采用的设计标高。

设场地中心点的标高为 H_0 , 则场地内任意一点的设计标高为

$$H_n = H_0 \pm l_x \cdot i_x \pm l_y \cdot i_y \quad (1-13)$$

式中 H_n ——场地内任一角点的设计标高(m);

l_x, l_y ——计算点沿 x, y 方向距场地中心点的距离(m);

i_x, i_y ——场地在 x, y 方向的泄水坡度;

±——由场地中心点沿 x 、 y 方向指向计算点时,若其方向与 i_x 、 i_y 反向,则取“+”号,同向取“-”号。

例如,图 1-3 中场地内 H_{42} 角点的设计标高为

$$H_{42} = H_0 - 1.5a \cdot i_x - 0.5a \cdot i_y$$

显然,当单向泄水时(如 $i_y = 0$),与排水方向垂直的中心线上各角点标高均为 H_0 (图 1-4)。

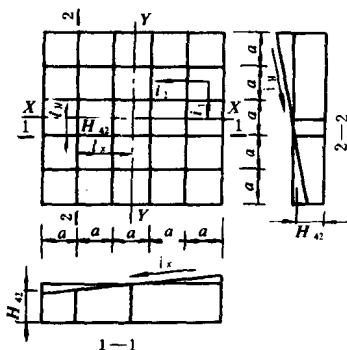


图 1-3 双向泄水的场地

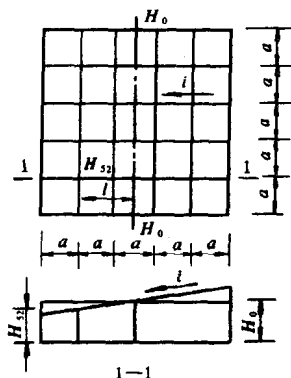


图 1-4 单向泄水的场地

2. 土石方量计算

(1) 场地平整土方量计算方法

大面积平整的土方量计算,通常采用方格网法,但当地形起伏较大或地形狭长时多采用断面法计算。方格网法计算土方量的步骤如下:

① 计算各方格角点的施工高度(即填、挖高度)

各方格角点的施工高度可按式计算:

$$h_z = H_z - H'_z \quad (1-14)$$

式中 h_z —— 角点施工高度(m),以“+”为填,“-”为挖;

H_z —— 角点的设计标高(m);

H'_z —— 角点的自然地面标高(m)。

② 确定“零线”,即挖、填方的分界线

当一个方格内同时有填方与挖方时(此时方格角点的 h_z 有“+”有“-”),要确定挖、填方的分界线,即“零线”。

确定“零线”位置时,先求出有关方格边线(此边线一端为挖,另一端为填)上的零点(即不填不挖的点),然后将相邻边线上的零点相连,即为“零线”。零点的位置按下式计算(图 1-5):

$$x_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} a, \quad x_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} a \quad (1-15)$$

式中 x_1 、 x_2 —— 角点至零点的距离(m);

h_1 、 h_2 —— 相邻两角点的施工高度的绝对值(m);

a —— 方格边长(m)。

③ 计算方格土方工程量

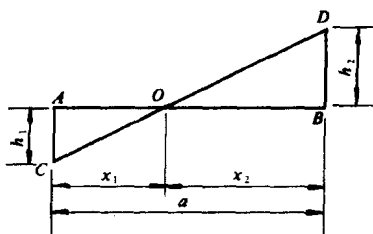


图 1-5 求零点示意图

场地各方格的土方量,一般可分为三种类型进行计算:

a. 方格四角点均为填或挖,如图 1-6,其土方量为

$$V = \frac{a^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (1-16)$$

式中 V ——填方或挖方体积(m^3);

h_1, h_2, h_3, h_4 ——方格角点填(挖)土高度绝对值(m);

a ——方格边长(m)。

b. 方格的相邻两角点为挖方,另两角点为填方,如图 1-7 所示,其挖方部分的土方量为

$$V_{1,2} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_1^2}{h_1 + h_4} + \frac{h_2^2}{h_2 + h_3} \right) \quad (1-17a)$$

填方部分的土方量为

$$V_{3,4} = \frac{a^2}{4} \left(\frac{h_3^2}{h_2 + h_3} + \frac{h_4^2}{h_1 + h_4} \right) \quad (1-17b)$$

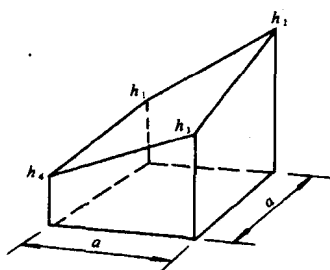


图 1-6 全填或全挖的方格

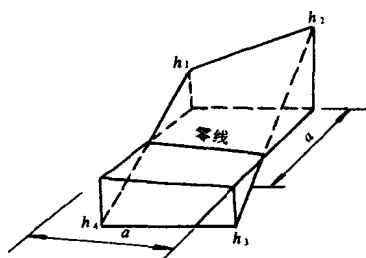


图 1-7 两挖和两填的方格

c. 方格的三个角点为挖方(或填方),另一角点为填方(或挖方),如图 1-8 所示,其一个角点部分的土方量为

$$V_4 = \frac{a^2}{6} \frac{h_4^3}{(h_1 + h_4)(h_3 + h_4)} \quad (1-18a)$$

三个角点部分的土方量为

$$V_{1,2,3} = \frac{a^2}{6} (2h_1 + h_2 + 2h_3 - h_4) + V_4 \quad (1-18b)$$

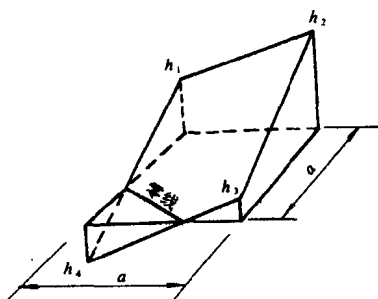


图 1-8 三挖一填或相反的方格

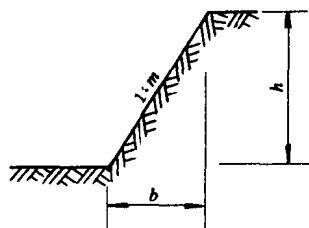


图 1-9 土方边坡

④ 计算场地边坡土方工程量

为了保持土体的稳定和施工安全,挖方和填方的边沿,均应做成一定坡度的边坡(图 1-9),图中 m 称坡度系数,为边坡宽度 b 与边坡高度 h 之比,即 $m = b/h$ 。当边坡高度较大时可做成折线形边坡。

图 1-10 是一场地边坡的平面示意图,从图中可看出:边坡的土方量可以划分为两种近似的几何形体,即三角棱锥体(如图中①)和三角棱柱体(如图中④)来进行计算。

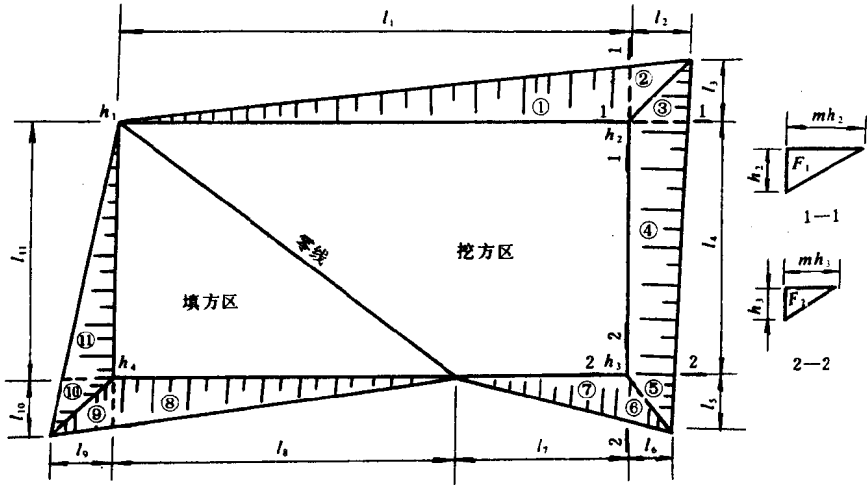


图 1-10 场地边坡平面图

a. 三角棱锥体体积

$$V = \frac{1}{3} A \cdot l \tag{1-19}$$

式中 l ——边坡长度(m);

A ——边坡端面积(m^2), $A = \frac{1}{2} h \cdot (mh) = \frac{1}{2} mh^2$;

h ——角点施工高度(m);

m ——边坡的坡度系数。

b. 三角棱柱体体积

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot l \tag{1-20a}$$

当 A_1 、 A_2 相差很大时

$$V = \frac{1}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \cdot l \tag{1-20b}$$

式中 l ——边坡长度(m);

A_1 、 A_2 、 A_0 ——边坡两端面及中间断面的横断面面积(m^2)。

场地各方格内的土方量与边坡土方量之和(挖、填方分别相加)即为整个场地的挖、填土方总量,由于计算误差,挖、填方一般不会绝对平衡,但误差不大,实际施工时可适当加大边坡,使挖、填平衡。

基坑、基槽等土方开挖的土方量计算亦可按式(1-20)计算。