

建 筑 施 工

郭正兴 李金根 主编

东南大学出版社

建 筑 施 工

郭正兴 李金根 主编

东南大学出版社

内 容 提 要

本书按照高等院校建筑施工课程教学大纲的要求编写,分施工技术和施工组织两大部分。内容包括:土方工程、桩基础工程、混凝土结构工程、结构安装工程、砌体与脚手架工程、防水工程、装饰工程、施工组织概论、流水施工原理、网络计划技术以及施工组织设计等,并附有习题与思考题。为适应现代化施工的需要,本书在系统讲述建筑工程项目施工的基本理论和方法的同时,还介绍了基坑支护、新型模板体系和钢筋连接技术、无粘结预应力施工、钢结构安装以及脚手架工程等方面的新技术。全书均参照最新施工及验收规范编写。

本书适宜作工科大学土建类专业教材,也可作为专科学校、职大夜大、自学考试教学用书,并可供土建施工技术人员参考。

* * * *

责任编辑:刘柱升

责任校对:曹胜玫 戴坚敏

建 筑 施 工

郭正兴 李金根 主编

*

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼2号 邮编 210096)

江苏省新华书店经销 江苏省地质测绘院印刷厂印刷

*

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 26 字数 649 千

1996 年 12 月第 1 版 1996 年 12 月第 1 次印刷

印数:1—5000 册

ISBN 7-81050-180-1/TU·16

定价:29.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

前 言

建筑业是我国的支柱产业之一。建筑施工是一门专门研究建筑工程施工中如何科学组织施工和解决施工技术问题的学科。工程建设单位、监理单位以及施工企业的技术人员,都必须掌握建筑施工方面的基本理论,熟悉基本的施工工艺、施工方法及施工组织管理。

在高校土建类专业开设建筑施工课程,系统地传授建筑施工的基本知识,这在我国始于1953年。当时按前苏联教学计划设置了四门课程:建筑施工技术、建筑施工组织与计划、建筑工程安全与防火、建筑工程定额与预算。1958年教学改革后,将建筑工程安全与防火并入建筑施工技术,70年代又将建筑施工技术与建筑施工组织与计划合并成建筑施工,建筑工程定额与预算或单独开设课程,或结合生产实习进行,形成了目前高校建筑施工课程教学的基本格局。至此,建筑施工课程形成了我国自己的较完整的体系,也成了高等院校及专科学校土建工程类学科的一门主要的必修专业课。

本书基本按照高等院校建筑施工课程教学大纲的要求编写,内容的编排上仍以分别叙述各工种工程施工的基本知识为主,但加入了基坑支护、新型模板体系和钢筋连接技术、无粘结预应力施工、钢结构安装以及脚手架工程等方面的新技术。全书参考了国家最新颁布的施工及验收规范。

本书系在东南大学1987年自编教材的基础上编写而成。为了使其内容更加完善,具有自己的特色,并符合国家新颁布施工规范的要求,书稿曾经过多次总结、修改,乃至一再推迟出版计划。方先和、肖焯二位教授曾为本书的筹划与编写倾注了相当的心血,可以说本书

目 录

1 绪论	(1)
1.1 《建筑施工》课程的研究对象、任务和学习方法	(1)
1.2 建筑施工发展概况	(1)
1.3 建筑施工规范、规程和工法知识	(2)
2 土方工程	(4)
2.1 概述	(4)
2.1.1 土方工程施工特点	(4)
2.1.2 土的工程分类	(4)
2.1.3 土的工程性质	(5)
2.2 场地平整土方量计算与调配	(7)
2.2.1 场地设计标高的确定	(7)
2.2.2 土方量计算	(9)
2.2.3 土方调配	(14)
2.3 排水与降低地下水	(16)
2.3.1 排除地面水	(16)
2.3.2 降低地下水	(17)
2.4 土方边坡与支护	(36)
2.4.1 边坡坡度与边坡稳定	(36)
2.4.2 土壁支护	(38)
2.5 土方机械化施工	(49)
2.5.1 主要土方机械的特点与施工方法	(49)
2.5.2 土方机械的选择	(53)
2.5.3 土的填筑与压实	(55)
3 桩基础工程	(59)
3.1 概述	(59)
3.2 混凝土预制桩施工	(59)
3.2.1 桩的预制	(60)
3.2.2 沉桩前的准备工作	(61)
3.2.3 桩的沉设	(62)
3.3 混凝土灌注桩施工	(73)

3.3.1	钻孔灌注桩	(73)
3.3.2	人工挖孔灌注桩	(78)
3.3.3	套管成孔灌注桩	(80)
3.3.4	爆扩灌注桩	(84)
3.3.5	其他型式灌注桩	(85)
4	混凝土结构工程	(87)
4.1	模板工程	(87)
4.1.1	模板工程材料	(87)
4.1.2	基本构件的模板构造	(90)
4.1.3	模板工程设计	(93)
4.1.4	模板工程安装与拆除	(99)
4.1.5	新型模板体系施工	(100)
4.2	钢筋工程	(111)
4.2.1	钢筋检验	(111)
4.2.2	钢筋翻样与配料	(112)
4.2.3	钢筋加工	(113)
4.2.4	钢筋连接	(116)
4.2.5	钢筋安装与检查	(122)
4.3	混凝土工程	(123)
4.3.1	混凝土制备	(123)
4.3.2	混凝土运输	(126)
4.3.3	混凝土浇筑	(130)
4.3.4	混凝土养护	(137)
4.3.5	混凝土缺陷修整	(137)
4.3.6	混凝土质量检查	(138)
4.3.7	混凝土冬期施工	(139)
4.3.8	混凝土特殊施工	(144)
4.4	预应力混凝土工程	(147)
4.4.1	预应力钢材与锚(夹)具	(147)
4.4.2	预应力张拉设备	(155)
4.4.3	后张法施工	(160)
4.4.4	先张法施工	(172)
5	结构安装工程	(177)
5.1	起重机械	(177)
5.1.1	桅杆起重机	(177)
5.1.2	自行杆式起重机	(183)
5.1.3	塔式起重机	(189)
5.2	混凝土结构安装	(193)
5.2.1	结构安装前的准备工作	(193)
5.2.2	构件安装工艺	(194)
5.2.3	结构安装方案	(204)

5.2.4	单层工业厂房结构吊装实例	(223)
5.3	钢结构安装	(229)
5.3.1	钢构件的制作	(229)
5.3.2	钢结构的安装工艺	(234)
5.4	特殊安装法施工	(235)
5.4.1	升板法施工	(236)
5.4.2	顶升法施工	(243)
5.4.3	滑移法施工	(244)
6	砌体与脚手架工程	(246)
6.1	脚手架施工	(246)
6.1.1	外脚手架	(246)
6.1.2	里脚手架	(253)
6.1.3	脚手架安全技术	(254)
6.2	砖砌体施工	(255)
6.2.1	砌体材料准备与运输	(255)
6.2.2	砌筑工艺与质量要求	(256)
6.3	小型砌块施工	(257)
6.3.1	砌块排列	(257)
6.3.2	砌块施工工艺	(258)
7	防水工程	(259)
7.1	屋面防水施工	(259)
7.1.1	屋面找平层	(259)
7.1.2	保温隔热层	(260)
7.1.3	卷材防水屋面	(261)
7.1.4	涂膜防水屋面	(264)
7.1.5	刚性防水屋面	(265)
7.2	地下结构防水工程	(266)
7.2.1	地下结构的防水方案与施工排水	(266)
7.2.2	防水混凝土结构施工	(266)
7.2.3	水泥砂浆防水层施工	(268)
7.2.4	卷材防水层施工	(268)
8	装饰工程	(270)
8.1	抹灰工程	(270)
8.1.1	一般抹灰施工	(270)
8.1.2	装饰抹灰施工	(271)
8.2	饰面工程	(273)
8.2.1	大理石和花岗岩饰面板安装	(273)
8.2.2	饰面砖镶贴	(274)
8.3	涂料和裱糊工程	(275)

8.3.1	涂料工程	(275)
8.3.2	裱糊工程	(276)
8.4	玻璃幕墙工程	(277)
9	施工组织概论	(279)
9.1	基本建设与建筑施工	(279)
9.1.1	基本建设	(279)
9.1.2	建筑施工	(280)
9.2	原始资料的调查研究	(283)
9.2.1	自然条件资料	(283)
9.2.2	技术经济资料	(284)
9.3	组织施工的基本原则	(285)
10	流水施工原理	(288)
10.1	流水施工的基本概念	(288)
10.1.1	组织施工的基本方式	(288)
10.1.2	流水施工的特点	(290)
10.1.3	流水施工的经济性	(290)
10.2	流水施工的基本参数	(291)
10.2.1	工艺参数	(291)
10.2.2	空间参数	(291)
10.2.3	时间参数	(293)
10.3	有节奏流水施工	(294)
10.3.1	等节拍流水	(294)
10.3.2	不等节拍流水	(297)
10.3.3	成倍节拍流水	(298)
10.4	无节奏流水施工	(300)
10.4.1	流水步距的计算	(300)
10.4.2	流水步距计算示例	(302)
10.5	流水施工的组织	(303)
10.5.1	流水施工的组织程序	(303)
10.5.2	单幢多层建筑流水施工的组织	(305)
10.5.3	同类型多幢多层建筑流水施工的组织	(306)
11	网络计划技术	(309)
11.1	网络图的绘制	(309)
11.1.1	双代号网络图	(309)
11.1.2	单代号网络图	(318)
11.2	网络计划时间参数计算	(319)
11.2.1	双代号网络计划时间参数计算	(320)
11.2.2	单代号网络计划时间参数计算	(329)
11.3	建筑施工网络计划	(331)

11.3.1	网络计划的分类	(331)
11.3.2	建筑施工网络计划的排列方法	(332)
11.3.3	双代号时标网络计划	(334)
11.3.4	单位工程施工网络进度计划示例	(336)
11.4	网络计划优化	(336)
11.4.1	工期优化	(336)
11.4.2	资源优化	(339)
11.4.3	工期—成本优化	(343)
12	施工组织设计	(348)
12.1	施工组织设计概论	(348)
12.1.1	施工组织设计的任务、作用和分类	(348)
12.1.2	编制施工组织设计的基本原则	(350)
12.1.3	施工组织设计的实施	(350)
12.2	单位工程施工组织设计	(352)
12.2.1	单位工程施工组织设计的编制程序和依据	(352)
12.2.2	工程概况及施工条件	(353)
12.2.3	施工方案	(354)
12.2.4	单位工程施工进度计划	(363)
12.2.5	资源需要量计划	(374)
12.2.6	单位工程施工平面图	(375)
12.3	施工组织总设计	(385)
12.3.1	施工组织总设计的编制依据和内容	(385)
12.3.2	拟定施工部署	(387)
12.3.3	施工总进度计划	(388)
12.3.4	劳动力和主要技术物资需要量计划的编制	(389)
12.3.5	施工总平面图	(389)
附录	习题与思考题	(391)
2	土方工程	(391)
3	桩基础工程	(392)
4	混凝土结构工程	(393)
5	结构安装工程	(397)
6	砌体与脚手架工程	(400)
7	防水工程	(400)
8	装饰工程	(400)
9	施工组织概论	(401)
10	流水施工基本原理	(401)
11	网络计划技术	(402)
12	施工组织设计	(402)
参考文献	(404)

1 绪 论

1.1 《建筑施工》课程的研究对象、任务和学习方法

建筑施工是指通过有效的组织方法和技术途径,按照工程设计图纸和说明书的要求建成供使用的建筑物的过程。

建筑施工分施工技术与施工组织两大部分。

一个建筑物的建成,从下部基础施工开始,到上部主体结构施工,直至内外装饰完毕,是由许多工种工程(土方工程、桩基础工程、混凝土结构工程、结构安装工程、装饰工程等)组成的。施工技术是以各工种工程施工的技术为研究对象,以施工方案为核心,结合具体施工对象的特点,选择该工程各工种工程最合理的施工方案,决定最有效的施工技术措施。

施工组织是以科学编制一个建筑物或建筑群的施工组织设计为研究对象,结合具体施工对象,编制出指导施工的施工组织设计,合理地使用人力物力、空间和时间,着眼于各工种工程施工中关键工序的安排,使之有组织、有秩序地施工。

概括起来,建筑施工的研究对象就是研究最有效地建造房屋(或构筑物)的理论、方法和有关的施工规律,以科学的施工组织设计为先导,以先进的和可靠的施工技术为后盾,保证工程项目高质量地、安全地和经济地完成。

建筑施工课程是本专业的一门主要专业课程。本课程的任务就是使学生了解建筑施工领域国内外的新技术和发展动态,掌握工种工程和单个建筑物施工方案的选择和施工组织设计的编制,具有解决一般建筑工程施工技术和组织计划问题的初步能力。

本课程与建筑材料、材料力学、结构力学、混凝土结构学以及钢结构等课程均有密切的关联,在学完这些课程的基础上才能学习本课程。本课程又是一门实践性强的课程,有些内容直接来自工程施工的经验总结。因此,学习本课程必须坚持理论联系实际的学习方法。除对于课堂讲授的基本理论、基本知识加以理解和掌握之外,还需经常阅读有关建筑施工方面的书刊杂志,随时了解国内外最新动态,并对相关的教学实践环节,如现场参观教学以及生产实习等予以足够的重视。

1.2 建筑施工发展概况

原始人藏身于天然洞穴。进入新石器时代,人类已架木巢居,以避野兽侵扰,进而以草泥作顶,开始建筑活动。后来发展到把居室建造在地面上。到新石器时代后期,人类逐渐学会用夹板夯土筑墙、垒石为垣、烧制砖瓦。战国、秦时,我国的砌筑技术已有很大发展,能用特制

的楔形砖和企口砖砌筑拱券和穹窿。我国的《考工记》记载了先秦时期的营造法则。秦以后，宫殿和陵墓的建筑已具相当规模，木塔的建造更显示了木构架施工技术已相当成熟。至唐代大规模城市的建造，表明房屋施工技术也达到了相当高的水平。北宋李诫编纂了《营造法则》，对砖、石、木作和装修、彩画的施工法则与工料估算方法均有较详细的规定。至元、明、清，已能用夯土墙内加竹筋建造三、四层楼房，砖券结构得到普及，木构架的整体性得到加强。清朝的《工部工程做法则例》统一了建筑构件的模数和工料标准，制定了绘祥和估算的准则。现存的北京故宫等建筑表明，当时我国的建筑技术已达很高的水平。

19世纪中叶以来，水泥和建筑钢材的出现，产生了钢筋混凝土，使房屋施工进入新的阶段。我国自鸦片战争以后，在沿海城市也出现了一些用钢筋混凝土建造的多层和高层大楼，但多数由外国建筑公司承建。此时，由我国私人创办的营造厂虽然也承建了一些工程，但规模小，技术装备较差，施工技术相对落后。

新中国成立后，我国的建筑业起了根本性的变化。为适应国民经济恢复时期建设的需要，扩大了建筑业建设队伍的规模，引入了前苏联建筑技术，在短短几年内，就完成了鞍山钢铁公司、长春汽车厂等一千多个规模宏大的工程建设项目。1958~1959年在北京建设了人民大会堂、北京火车站、中国历史博物馆等结构复杂、规模巨大、功能要求严格、装饰标准高的十大建筑，更标志着我国的建筑施工开始进入了一个新的发展时期。

我国建筑业的第二次大发展是在70年代后期，国家实行改革开放政策以后，一些重要工程相继恢复和上马，工程建设再次呈现出一派繁忙景象。在80年代，以南京金陵饭店、广州白天鹅宾馆和花园酒店、上海新锦江宾馆和希尔顿宾馆、北京的国际饭店和昆仑饭店等一批高度超过100m的高层建筑施工为龙头，带动了我国建筑施工，特别是现浇混凝土施工技术的迅速发展。进入90年代，随着房地产业的兴起，城市大规模的旧城改造，高层和超高层写字楼与商住楼的大量兴建，使建筑施工技术达到了很高的水平。

在建筑施工技术方面，基础工程施工中推广应用了大直径钻孔灌注桩、静压桩、旋喷桩、水泥土搅拌桩、地下连续墙等新技术；主体结构施工中应用了爬模和滑模、早拆模和台模等新型模板体系，粗钢筋焊接与机械连接技术，高强混凝土、预应力混凝土、泵送混凝土以及塔吊和施工人货电梯的垂直运输机械化等多项新的施工技术；在装饰工程施工中应用了内外墙面喷涂，外墙面玻璃及铝合金幕墙，高级饰面面砖的粘贴等新技术；使我国的建筑施工技术水平与发达国家的水平基本接近。

在建筑施工组织方面，我国在第一个五年计划期间，就在一些重点工程上编制了指导施工的施工组织设计，并将流水施工的技术应用到工程上。进入到80年代和90年代以后，高层建筑等大型工程项目需要更科学的施工组织设计来指导施工。用电子计算机结合网络计划技术和工程CAD技术的应用，正在逐步实现可在施工现场对工程进度和工程质量随时监控，对关键工序随时调整安排。相信随着计算机的普及，施工组织和工程项目管理会发展到一个更新、更高的水平。

1.3 建筑施工规范、规程和工法知识

建筑规范、规程是我国建筑界常用的标准的表达形式。它以建筑科学、技术和实践经验的基础成果为基础，经有关方面协商一致，由国务院有关部委批准、颁发，作为全国建筑界共同遵守的准则和依据。它分为国家、专业(部)、地方和企业四级。

建筑施工方面的规范按工业建筑工程与民用建筑工程中的各分部工程,分别有《土方与爆破工程施工及验收规范》、《地基与基础工程施工及验收规范》、《砌体工程施工及验收规范》、《混凝土结构工程施工及验收规范》、《钢结构工程施工及验收规范》等,这些为国家级标准(代号 GB×××),由国家建设部颁发。有些专项技术规范也可由国家其他部委颁发,如《液压滑动模板施工技术规范》由冶金工业部颁发。

各分部工程的施工及验收规范中,对施工工艺要求、施工技术要点、施工准备工作内容、施工质量控制要求以及检验方法等均作了具体、明确、原则性的规定。因此,凡新建、改建、修复等工程,在设计、施工和竣工验收时,均应遵守相应的施工及验收规范。

规程(规定)比规范低一个等级,一般为行业标准,由各部委或重要的科学研究单位编制,呈报规范的管理单位批准或备案后发布试行。它主要是为了及时推广一些新结构、新材料、新工艺而制订的标准。如《钢筋混凝土高层建筑结构与施工规程》、《钢—混凝土组合楼盖结构与施工规程》、《整体预应力装配式板柱建筑技术规程》等,除对设计计算和构造要求作出规定以外,还对其施工及验收亦作出规定。

规程试行一段时间后,在条件成熟时也可升级为国家规范。规程的内容不能与规范抵触,如有不同,应以规范为准。对于规范和规程中有关规定条目的解释,由其发布通知中指定单位负责。随着设计与施工水平的提高,规范和规程每隔一定时间要作修订。

工法是以工程为对象,工艺为核心,运用系统工程原理,把先进技术与科学管理结合起来,经过工程实践形成的综合配套技术的应用方法。它应具有新颖、适用和保证工程质量,提高施工效率,降低工程成本等特点。工法的内容一般应包括工法特点、适用范围、施工程序、操作要点、机具设备、质量标准、劳动组织及安全、技术经济指标和应用实例等。

工法制度自 1989 年底在全国施工企业中实行,它是具有指导企业施工与管理的一种规范文件,并作为企业技术水平和施工能力的重要标志。工法分为一级(国家级)、二级(地区、部门)、三级(企业级)三个等级,一级工法由建设部会同国务院有关部门组织专家进行评审、认定。

2 土方工程

2.1 概述

土方工程是建筑工程施工的主要工种工程之一。常见的土方工程有：场地平整；基坑、基槽与管沟的开挖与回填；人防工程及地下建筑物的土方开挖与回填；地坪填土与碾压；路基填筑等。

2.1.1 土方工程施工特点

(1)面广大、劳动繁重。一个大型建设项目的施工，其场地平整及基础、道路、管线等的土方施工面积可涉及几至几十平方公里，土方量可达数万乃至数百万立方米。

(2)施工条件复杂。土方工程多为露天作业，施工受当地的气候条件影响大，且土的种类繁多，成分复杂，工程地质及水文地质变化多，也对施工影响较大。

根据上述特点，在土方施工前，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，防止流砂、塌方等意外事故的发生。

2.1.2 土的工程分类

土的种类繁多，其工程性质直接影响土方工程施工方法的选择、劳动量的消耗和工程的费用。

土的分类方法很多，作为建筑工程地基的土，根据土的颗粒级配或塑性指数可分为岩石、碎石土（漂石、块石、卵石、碎石、圆砾、角砾）、砂土（砾砂、粗砂、中砂、细砂和粉砂）、粉土、粘性土（粘土、粉质粘土）和人工填土等。岩石根据其坚固性可分为硬质和软质，根据风化程度可分为微风化、中等风化和强风化岩石。按砂土的密实度，可分为松散、稍密、中密、密实的土。按粘性土的状态，可分为坚硬、硬塑、可塑、软塑、流塑，特殊的粘土有淤泥、红粘土等。人工填土可分为素填土、杂填土、冲填土。不同的土，其各种工程特性指标均不相同，只有根据工程地质勘察报告，充分了解各层土的工程特性及其对土方工程的影响，才能选择正确的施工方法。

按照开挖的难易程度，在现行预算定额中，将土分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石等八类（见表 2.1）。

表 2.1 土的工程分类

土的分类	土 的 名 称	可松性系数		开挖工具及方法
		K_s	K'_s	
一类土 (松软土)	砂; 粉土; 冲积砂土层; 种植土; 泥炭(淤泥)	1.08~1.17	1.01~1.03	用锹、锄头挖掘
二类土 (普通土)	粉质粘土; 潮湿的黄土; 夹有碎石、卵石的砂; 种植土、填筑土及粉土	1.14~1.28	1.02~1.05	用锹、锄头挖掘, 少许用镐翻松
三类土 (坚土)	软粘土及中等密实粘土; 重粉质粘土; 粗砾石; 干黄土及含碎石、卵石的黄土、粉质粘土; 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)	重粘土及含碎石、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	先用镐、撬棍, 然后用锹挖掘, 部分用楔子及大锤
五类土 (软石)	硬石灰纪粘土; 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

2.1.3 土的工程性质

土的工程性质对土方工程的施工方法及工程量大小有直接影响, 其基本的工程性质有:

1) 土的可松性

自然状态下的土, 经过开挖后, 其体积因松散而增加, 以后虽经回填压实, 仍不能恢复到原来的体积, 这种性质称为土的可松性。

土的可松性程度用可松性系数来表示。自然状态土经开挖后的松散体积与原自然状态下的体积之比, 称为最初可松性系数(K_s); 土经回填压实后的体积与原自然状态下的体积之比, 称为最后可松性系数(K'_s)。即

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (2.1)$$

式中 K_s —— 土的最初可松性系数(表 2.1);

K'_s —— 土的最后可松性系数(表 2.1);

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)。

由于土方工程量是以自然状态下土的体积来计算的, 所以土的可松性对场地平整、基坑开挖土方量的计算与调配、土方挖掘机械与运输机械数量的计算等有很大影响, 施工中不可忽视。各类土的可松性系数见表 2.1。

2) 土的含水量

土中水的重量(即质量)^①与土的固体颗粒重量之比的百分率,称为土的含水量(w)。它表示土的干湿程度。

$$w = \frac{W_w}{W} \times 100\% \quad (2.2)$$

式中 W_w —— 土中水的重量(N),为含水状态时土的重量与烘干后的土重量之差;

W —— 土中固体颗粒的重量(N),为烘干后的土重。

土的含水量对土方边坡稳定性及填土压实的质量都有影响。

3) 土的渗透性

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 2.1 所示的一维渗流实验,单位时间内流过土样的水量 $Q(\text{cm}^3/\text{s})$ 与水头差 $\Delta H(\text{cm})$ 成正比,并与土样的横截面积 $A(\text{cm}^2)$ 成正比,而与渗流路径长度 $L(\text{cm})$ 成反比。即

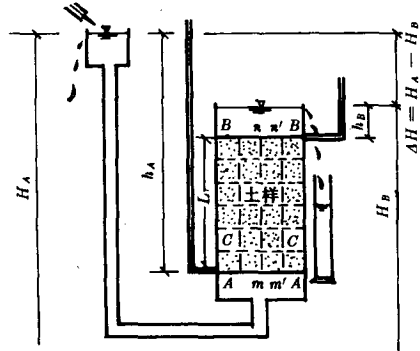


图 2.1 一维渗流实验示意图

$$Q = K \cdot \frac{\Delta H}{L} \cdot A \quad (2.3)$$

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 $V(\text{cm/s})$,即

$$V = \frac{Q}{A} = K \cdot \frac{\Delta H}{L} = KI \quad (2.4)$$

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(2.4)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,这就是达西(Darcy)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 2.2 所列的 K 值,仅供参考,有时与实际情况出入较大。

^① “重量”按法定的量名称应改为“质量”,但考虑到“质量”易与“施工质量”相混淆,故本书中仍沿用“重量”一词。

表 2.2 土的渗透系数 K 参考值

名 称	渗透系数 K (m/d)	名 称	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	无充填物卵石	500~1000

土渗透系数的大小对土方施工中施工降水与排水的影响较大,应予以注意。

2.2 场地平整土方量计算与调配

场地平整施工,一般应安排在基坑(槽)、管沟开挖之前进行,以使大型土方机械有较大的工作面,能充分发挥其效能,并可减少与其它工作的相互干扰。大型工程场地平整前,应首先确定场地设计标高,然后计算挖、填方的工程量,进行土方平衡调配,并根据工程规模、工期要求、现有土方机械设备条件等,拟定土方施工方案。

2.2.1 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 10~40m 的方格网(图 2.2a),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。

按照场地内土方在平整前及平整后相等,即挖、填方平衡的原则(如图 2.2b),场地设计标高可按式计算:

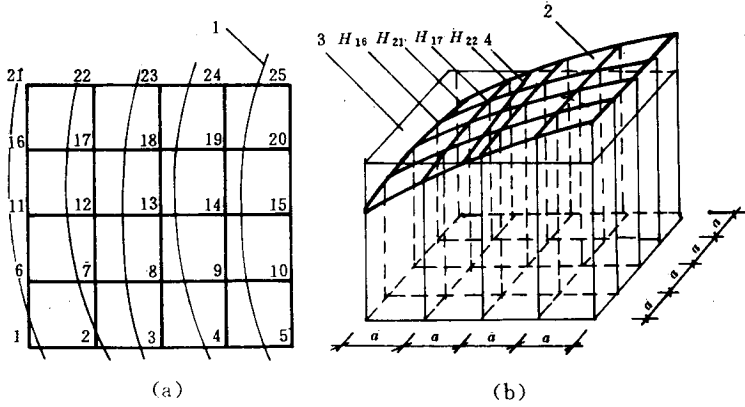


图 2.2 场地设计标高计算简图

(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

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

即

$$H_0 = \frac{\sum_1^N (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})}{4N} \quad (2.5)$$

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 2.2 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 2.2a 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 2.2a 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 2.2a 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(2.5)可改写成

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4N} \quad (2.6)$$

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。

2) 场地设计标高的调整

按式(2.6)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考虑土的可松性而使场地设计标高提高。由于土具有可松性,按式(2.6)计算的 H_0 施工,填土会有剩余,需相应提高场地设计标高,以达到土方量的实际平衡。场地设计标高的