



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

建筑施工技术与机械

(工业与民用建筑专业)

主编 杨澄宇 周和荣



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

建筑施工技术与机械

(工业与民用建筑专业)

主 编 杨澄宇 周和荣
责任主审 刘伟庆
审 稿 王 赫 岳昌年

高等教育出版社

内容简介

本书是根据教育部 2001 年颁布的《中等职业学校工业与民用建筑专业教学指导方案》中主干课程建筑施工技术与机械教学基本要求,并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写的中等职业教育国家规划教材。

全书共分十二章,包括:土方工程、桩基础工程、砌筑工程、钢筋混凝土工程、防水工程、装饰装修工程、地基处理工程、预应力混凝土工程、结构安装工程、冬季雨季施工、高层建筑的施工、新型模板体系施工及相应的机械设备知识。第一至第六章用于公共教学部分,第七至第十二章用于管理岗位教学部分。

本书可作为中等职业学校工业与民用建筑专业教材,也可作为相关行业岗位培训教材或自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术与机械/杨澄宇,周和荣主编. —北京:

高等教育出版社,2002.12 (2004 重印)

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-04-011629-4

I. 建... II. ①杨...②周... III. ①建筑工程 - 工程施工 - 工程技术 - 专业学校 - 教材②建筑机械 - 专业学校 - 教材 IV. ①TU74②TU6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 099215 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京机工印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 22
字 数 530 000

版 次 2002 年 12 月第 1 版
印 次 2004 年 4 月第 2 次印刷
定 价 26.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神,我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从2001年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为教材选用提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

本书是根据教育部 2001 年颁布的《中等职业学校工业与民用建筑专业教学指导方案》中主干课程建筑施工技术与机械教学基本要求,并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级标准编写的中等职业教育国家规划教材。本书按课程综合化的教学要求,将“建筑施工技术”与“建筑施工机械”两门课程综合起来,在叙述施工技术知识的同时,穿插相应的施工机械知识,避免了两门课程的重叠内容,增强教学效果。

全书共分十二章,主要讲述土方工程、桩基础工程、砌筑工程、钢筋混凝土工程、防水工程、装饰装修工程、地基处理工程、预应力混凝土工程、结构吊装工程、冬季与雨季施工、高层建筑的施工、新型模板体系施工以及相应的机械设备知识等内容。同时介绍了深层搅拌法、大直径挖孔桩、多功能门型脚手架、钢筋机械连接、泵送混凝土、无粘结预应力与整体预应力等国内外先进的施工技术。采用了新的标准规范。本书同时满足操作岗位和管理岗位教学的需要,第一至第六章用于公共教学部分,第七至第十二章主要用于管理岗位的教学需要。

其中,不加“*”号为各岗位必选内容;加“*”号为管理岗位选择内容;加“▲”号为实践性教学内容;“★”为各岗位选学内容。

本教材的教学时数为 75(142)学时,各章学时分配见下表(供参考):

章次	学时数	章次	学时数
第一章	6(10)	第八章	(8)
第二章	8(10)	第九章	(10)
第三章	8(10)	第十章	(8)
第四章	12(14)	第十一章	(10)
第五章	6(8)	第十二章	(8)
第六章	8(8)	综合练习	27(30)
第七章	(8)	机动	

注:无括号的数字用于公共部分的学时数,标括号的数字用于管理岗位的学时数。

本书由江苏省城镇建设学校杨澄宇高级工程师、四川建筑职业技术学院周和荣副教授主编。各章的执笔人:绪论、第四、第五、第七、第十二章由杨澄宇编写;第二、第三、第八、第十一章由周和荣编写;第一、第十章由石家庄职业技术学院可淑玲讲师编写;第六、第九章由陕西渭南铁路工程学校刘新讲师编写。

本书通过全国中等职业教育教材审定委员会审定,由南京工业大学刘伟庆教授担任责任主审,南京工业大学王赫教授、南京工业大学岳昌年教授审稿。他们对书稿提出了很多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者
2002 年 5 月

目 录

绪论	1	第一节 柔性防水屋面施工	131
第一章 土方工程	3	第二节 地下防水工程施工	143
第一节 概述	3	第三节 防水工程质量与安全技术要求	150
第二节 土方量的计算	6	复习思考题	152
第三节 施工准备与辅助工作	12	第六章 装饰装修工程	153
第四节 基坑(槽)土方开挖	19	*第一节 门窗工程	153
第五节 土方机械化施工	24	第二节 抹灰工程	155
第六节 案例分析^	30	第三节 饰面工程	162
复习思考题	32	第四节 楼地面工程	170
习题	32	第五节 装饰装修工程施工质量要求	175
第二章 桩基础工程	34	复习思考题	177
第一节 概述	34	第七章 地基处理工程^	178
第二节 混凝土预制桩施工	35	第一节 地基的局部处理	178
第三节 混凝土灌注桩施工	45	*第二节 软弱地基加固	179
*第四节 新型桩基础施工	53	复习思考题	194
第五节 案例分析^	56	第八章 预应力混凝土工程^	195
复习思考题	60	第一节 先张法	195
第三章 砌筑工程	61	第二节 后张法	204
第一节 脚手架工程	61	第三节 无粘结预应力混凝土	215
第二节 砌筑工程的机具设备	68	第四节 整体预应力混凝土施工	218
第三节 砖砌体施工	72	复习思考题	224
第四节 砌块砌体施工	81	第九章 结构安装工程^	225
第五节 砌筑工程安全技术	84	第一节 起重机械与索具设备	225
第六节 案例分析^	85	第二节 多层房屋结构安装	231
复习思考题	88	第三节 单层工业厂房结构安装	237
第四章 钢筋混凝土工程	89	第四节 钢结构安装	256
第一节 模板工程	89	复习思考题	258
第二节 钢筋工程	96	第十章 冬季与雨季施工^	260
第三节 混凝土工程	108	第一节 概述	260
第四节 预制构件的生产工艺	120	第二节 土方工程冬季施工	261
第五节 案例分析^	124	第三节 砌体结构冬季施工	262
复习思考题	129	第四节 钢筋混凝土结构冬季施工	266
习题	129	第五节 雨季施工	273
第五章 防水工程	131	第六节 案例分析^	275
		复习思考题	276

第十一章 高层建筑的施工 277

第一节 高层建筑及其施工特点 277

第二节 施工机械与脚手架 281

第三节 高层建筑基础施工 291

第四节 高层建筑结构的施工 302

复习思考题 309

第十二章 新型模板体系施工 310

第一节 大模板施工 310

第二节 液压滑升模板施工 318

第三节 升板法施工 330

复习思考题 339

参考文献 340

绪 论

一、建筑施工发展概况

原始人居住在天然洞穴,进入新石器时代,人类为避野兽侵扰,已架木巢居,开始了建筑活动,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。秦代以后,宫殿和陵墓的建筑已具相当规模,如举世闻名的万里长城、咸阳的宫殿、唐代山西五台山的佛光寺大殿和辽代山西应县 66 米高的释迦木塔等。至元、明、清时期,已能用夯土墙内加竹筋建造三、四层楼房,砖石结构得到普及,木构架的整体性得到加强,如北京故宫等建筑,表明当时我国建筑技术已达到了相当高的水平。

19 世纪末,我国的一些高等学校开始培养正规的建筑设计和施工技术人员。在沿海一些大城市也出现了一些钢筋混凝土的建筑工程,但大多数由外国建筑公司承建。当时我国私人办的营造厂虽也承建了一些工程,但多以砖木结构为主,规模小、技术装备差、主要依靠手工劳动。

解放后,随着我国社会主义的建设事业蓬勃发展,建筑业发生了根本性的变化。扩大了建筑业队伍的规模,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。20 世纪 50 年代末,建造了北京人民大会堂、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,更标志着我国建筑施工开始进入一个新的发展时期。

我国建筑业第二次大发展是在 20 世纪 70 年代后期,随着改革开放,工程建设再次出现一派繁忙景象。20 世纪 80 年代,以南京金陵饭店、广州白天鹅宾馆、上海希尔顿宾馆、北京国际饭店等一批高度超过 100 m 的高层建筑为龙头,带动了我国建筑施工的发展,特别是现浇混凝土施工技术的迅速发展。进入 20 世纪 90 年代,出现了高度超过 400 m 的高层建筑,如上海东方明珠电视塔、上海金贸大厦等。

在建筑施工技术方面,基础工程施工中推广了大直径钻孔灌注桩、静压桩、旋喷桩、水泥搅拌桩、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、泵送混凝土及大吨位塔吊和高层施工电梯的垂直运输机械化等多项新的施工技术。

二、建筑施工规范、规程

“施工质量验收规范”是我国建筑施工验收常用标准的表达形式。它是以建筑科学、技术和实践经验的综合成果为基础,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,其目的是为了加强工程技术管理和统一施工验收标准,以达到提高施工技术水平、保证工程质量。随着施工和设计水平的提高,每隔一定时间,需对“施工质量验收规范”作相应的修订。

“施工规程”是比“施工质量验收规范”低一个等级的施工标准文件,有全国性的也有地方性的,它由各部委或省市地方行业部门单位编制,报规范的管理单位批准或备案后发布试行。规程的内容不能与规范抵触,如有不同,应以规范为准。

三、分部、分项工程的划分

分部分项工程的划分是以方便质量管理、根据工程特点来确定。

1. 分项工程划分

一般按主要工种、材料、施工工艺、设备类别等划分,有利于管理和控制工程质量,数量不宜过多。常见分项工程有:土石方工程、砌筑工程、钢筋工程、模板工程、混凝土工程、脚手架工程、钢结构焊接、钢结构安装、防水工程、木作工程等。

2. 分部工程划分

分部工程划分应按专业性质、建筑部位确定,当分部工程较大或较复杂时,可按材料种类施工特点、施工程序、专业系统及类别划分。

建筑工程分为土建工程和设备安装工程两部分。土建工程的分部工程按主要部位划分为四个分部:地基与基础分部、主体结构分部、建筑装饰装修分部、建筑屋面分部。设备安装工程划分为:建筑给水排水及采暖分部、建筑电气分部、智能建筑分部、通风与空调分部、电梯分部。

四、建筑施工技术与机械课程的研究对象、任务和学习方法

1. 本课程的研究

一个建筑物的建成是从下部基础施工开始,到上部主体结构施工,直至内外装饰完善,是由许多工种工程——分部分项工程组成的。而每一个分部分项工程的施工都可以采用不同的施工方案、不同的施工技术和机械设备、不同的施工组织方法来完成。如何根据施工对象的特点和规模、水文地质和气象条件、材料供应等客观条件,选择分部分项工程最合理的施工方案,研究其施工规律,是本课程的研究对象之一。

此外,一个建筑物的各个施工过程可以由不同的施工机械进行施工,在工程施工中如何准确地选择和使用施工机械,确保施工顺利进行,并降低设备使用费用,提高机械化施工水平,是本课程的又一研究对象。

综合概括起来,本课程的研究对象就是研究最有效地建造建筑物的理论方法、施工机械、有关施工规律,以求用最少的投资取得最大的成果,全面高效地完成建筑及设备安装工程施工。

2. 本课程的学习任务

本课程的学习任务,就是根据专业培养目标和要求,使学生了解施工领域内国内外的新技术和发展动态,掌握分部分项工程和单项建筑物施工技术与方案的选择、施工机械的选择与使用,具有独立分析和解决建筑施工技术问题的初步能力,并为今后进一步学习打下基础。

3. 本课程学习的方法

本学科涉及的理论面广、实践性强、政策性强。但施工技术发展迅速,所以在学习中必须坚持理论联系实际的学习方法。除了上课或自学基本理论、基本知识外,还要经常参观施工现场和实体施工,另外还必须随时注意有关建设方针政策及规定。

第一章 土方工程

第一节 概 述

土方工程是建筑工程施工中的主要分部分项工程之一。常见的土方工程包括土方的开挖、运输、填筑、平整与压实等施工过程及施工排水、降水、边坡支护等辅助工作。

一、土方工程的特点与分类

1. 土方工程的特点

(1) 工程量大,劳动强度大,施工工期长。某些大型建设项目的场地平整面积可达数十万平方千米,土方开挖也可达几十万甚至上百万立方米,因此,在组织土方工程施工时,为减轻劳动强度,提高劳动生产率,缩短工期,应尽可能采用机械化施工。

(2) 施工条件复杂,多为露天作业,受气候影响大,难以确定的因素多。由于土的种类繁多,成分复杂,工程地质及水文地质变化多,因此,在土方工程施工中,如何保证土方工程的顺利进行和取得较好的经济效果,对整个建设项目有着举足轻重的影响。

2. 土方工程的分类及要求

土方工程按施工内容和施工方法的不同,主要有以下几种:

(1) 场地平整 一般场地平整是指 $\pm 30\text{ cm}$ 以内的就地挖、填、找平。进行场地平整施工时,应尽量满足挖填平衡要求,以降低施工费用。

(2) 基坑(槽)及管沟开挖 基坑是指基底面积在 20 m^2 以内的土方工程;基槽是指宽度在 3 m 以内,长度是宽度的3倍以上的土方工程。

(3) 大型挖方工程 一般是指基底面积 20 m^2 以上,基底宽度为 3 m 以上,场地平整挖填厚度 $\pm 30\text{ cm}$ 以上的土方工程的施工。

(4) 土方的填筑与压实 土方在回填时必须选用适当的土料,选择适宜的压实方法,使其达到规定的密实度的要求。

二、土的工程分类

土的种类繁多,其分类方法也很多。在建筑施工中,根据土的开挖难易程度将土分为松软土、普通土、坚土、砾砂坚土、软石、次坚石、坚石、特坚石共八类,其中前四类属一般土,后四类属岩石。土的工程分类、开挖方法及使用工具见表1-1。

表 1-1 土的工程分类

土的分类	土的级别	土 的 名 称	土的可松性系数		开挖方法 及工具
			K_s	K'_s	
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)	1.08 ~ 1.17	1.01 ~ 1.03	用锹、锄头挖掘,少许用脚蹬
			1.20 ~ 1.30	1.03 ~ 1.04	
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	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)	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	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)	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	1.26 ~ 1.37	1.06 ~ 1.15	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 ~ VI	硬质粘土;中密的页岩、泥灰岩、白垩土;胶结不紧的砾岩;软石灰及贝壳石灰石	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)	VII ~ IX	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	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)	X ~ XIII	大理石;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	1.30 ~ 1.45	1.10 ~ 1.20	用爆破方法开挖
八类土 (特坚石)	XIV ~ XVI	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、角闪岩	1.45 ~ 1.50	1.20 ~ 1.30	用爆破方法开挖

三、土的工程性质

1. 土的可松性

天然状态下的土经开挖后,其体积因松散而增加,以后虽经回填夯实也不能恢复到原来的体积,土的这种性质称为土的可松性。土的可松性用可松性系数表示。可松性系数有最初可松性系数和最终可松性系数两种。

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-1)$$

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-2)$$

式中: K_s ——土的最初可松性系数,见表 1-1;

K'_s ——土的最终可松性系数,见表 1-1;

V_1 ——土在天然状态下的体积, m^3 ;

V_2 ——土经开挖后松散状态下的体积, m^3 ;

V_3 ——土经回填压实后的体积, m^3 。

[例 1] 已知某基槽需挖土方 300 m^3 ,基础体积 180 m^3 ,土的最初可松性系数为 1.4,最终可松性系数为 1.1。计算预留回填土量和弃土量(按松散状态下计算)。

[解] 由 K_s 和 K'_s 二者间的关系可知:

$$\text{预留回填土量: } V_{\text{留}} = (V_{\text{挖}} - V_{\text{基}}) \frac{K_s}{K'_s} = \left[(300 - 180) \times \frac{1.4}{1.1} \right] \text{m}^3 = 152.73 \text{ m}^3$$

$$\text{弃土量: } V_{\text{弃}} = V_{\text{挖}} \cdot K_s - V_{\text{留}} = (300 \times 1.4 - 152.73) \text{ m}^3 = 267.67 \text{ m}^3$$

2. 土的渗透性

土的渗透性是指水流通过土体时的难易程度。地下水在土体中的渗流速度与水力坡度成正比,与渗透路径成反比。可用达西定律表示如下:

$$v = Ki \quad (1-3)$$

式中: v ——水在土中的渗流速度, m/d ;

K ——土的渗透系数, m/d ;

i ——水力坡度, $i = \frac{H_1 - H_2}{L}$, 即两点间的水头差 ($H_1 - H_2$) 与其水平距离 L 之比,见图 1-1。

H_2) 与其水平距离 L 之比,见图 1-1。

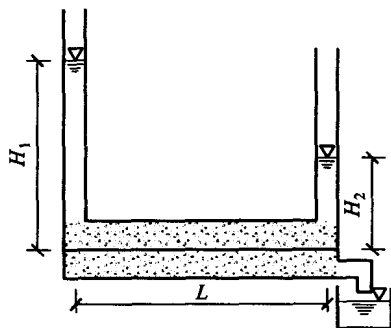


图 1-1 土的渗透性

土质不同,土的渗透系数不同,则施工中降水和排水的速度也不同。一般土的渗透系数见表 1-2。

3. 土的含水量

土的含水量是指土中水的质量与固体颗粒质量的百分比。可用公式(1-4)表示:

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中: w ——土的含水量;

m_w ——土中水的质量,kg;

m_s ——土中固体颗粒经烘箱在恒温 105℃ 下烘 12h 后的质量,kg。

土的含水量对土方开挖的难易程度、边坡留置的大小、回填土的夯实均有一定程度的影响。

表 1-2 土的渗透系数

土的名称	渗透系数/(m/d)	土的名称	渗透系数/(m/d)
粘土	< 0.005	中砂	5.0 ~ 20.0
粉质粘土	0.005 ~ 0.1	匀质中砂	25.0 ~ 50.0
粉土	0.1 ~ 0.5	粗砂	20.0 ~ 50.0
黄土	0.25 ~ 0.5	圆砾	50.0 ~ 100.0
粉砂	0.5 ~ 1.0	卵石	100.0 ~ 500.0
细砂	1.0 ~ 5.0		

第二节 土方量的计算

由于土方工程的外形比较复杂,且不规则,因此,在计算土方工程量时,一般都将其划分为一定的几何形状,采用具有一定精度而又比较简单、实用的近似公式进行计算。

一、基坑、基槽土方量计算

1. 基坑土方量计算

基坑土方量可按拟柱体(由两个平行平面为底的多面体,见图 1-2)体积公式计算,即

$$V = \frac{H}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \tag{1-5}$$

式中: H ——基坑深度,m;
 A_1 、 A_2 ——基坑上、下两底面积,m²;
 A_0 ——基坑中截面面积,m²。

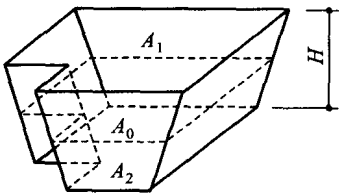


图 1-2 基坑土方量计算示意图

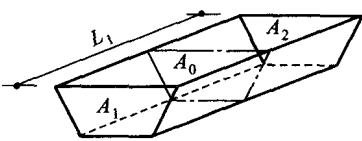


图 1-3 基槽土方量计算示意图

2. 基槽土方量计算

计算基槽土方量时,可沿长度方向将基槽分段划分为若干个拟柱体(见图 1-3),再采用拟柱体公式分别计算,即

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

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

$$V = V_1 + V_2 + \cdots + V_n$$

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

二、场地平整土方量的计算

场地平整土方量计算通常采用方格网法, 其计算步骤如下:

(1) 把施工场地划分成边长为 a 的若干个方格网, 通常取 $a = 10 \sim 40 \text{ m}$, a 的大小可视场地的尺寸及场地的平整程度而定, 如图 1-4 所示。

(2) 确定各方格角点自然标高 方法一: 据等高线用插入法求得, 适用于高差起伏不大的场地; 方法二: 用水准仪直接测量各角点标高, 适用于高差起伏较大的场地。

(3) 确定方格点设计标高 将设计提供的设计标高标注到方格网上。也可以按场内挖填平衡原则并考虑泄水坡度, 确定场地设计标高, 如图 1-4 所示。

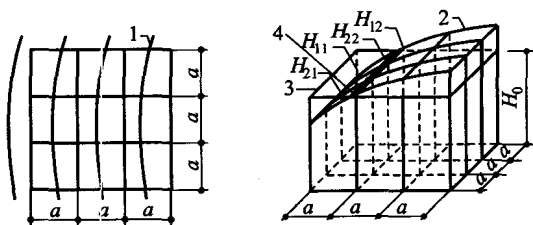


图 1-4 场地设计标高计算示意图

1—等高线; 2—自然地面; 3—设计标高平面; 4—零线

(4) 计算场地各方格角点的施工高度 施工高度即各方格角点的挖填高度, 即

$$h_n = H_n - H \quad (1-7)$$

式中 h_n ——各角点的施工高度, “+”表示填方高度, “-”表示挖方深度;

H_n ——角点的设计标高;

H ——角点的自然地面标高。

(5) 确定零线 零线为挖方区与填方区的分界线, 欲求零线, 必先求零点。零点为位于方格边线上既不挖、也不填的点, 零点位于施工高度变号的两相邻角点之间。方格中各零点位置确定后, 相邻零点的连线即为零线。

(6) 计算各方格挖、填土方量 根据各方格角点的施工高度和零线的位置, 每个方格一般会有以下几种情况: 四个角点全挖(或全填)、三挖一填(三填一挖)、两挖两填。

各方格土方量计算公式见表 1-3, 本表体积公式是按各计算图形底面积乘以平均高度而得出的。

表 1-3 常用方格网点计算公式

项 目	图 式	计 算 公 式
一点填方 或挖方		$V = \frac{1}{2} bc \frac{\sum h}{3} = \frac{bch^3}{6}$
两点填方 或挖方		$V_- = \frac{b+c}{2} a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8} (b+c)(h_1+h_3)$ $V_+ = \frac{d+e}{2} a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8} (d+e)(h_2+h_4)$
三点填方 或挖方		$V = \left(a^2 - \frac{bc}{2} \right) \frac{\sum h}{5} = \left(a^2 - \frac{bc}{2} \right) \frac{h_1+h_2+h_4}{5}$
四点填方 或挖方		$V = \frac{a^2}{4} \sum h = \frac{a^2}{4} (h_1+h_2+h_3+h_4)$

$$H_1 = H_A + H_x = \frac{H_A \cdot c + H_B \cdot b}{b + c} = \left(\frac{44.5 \times 10 + 45 \times 5}{15} \right) \text{ m} = 44.67 \text{ m}$$
$$\Sigma H_4 = 45.0 \text{ m} + 45.25 \text{ m} = 90.25 \text{ m}$$

1	+0.36	2	-0.06	3	-0.06	4	-0.67
44.67	45.03	45.15	45.09	45.5	45.15	45.88	45.21
5	+0.43	6	+0.05	7	-0.14	8	-0.33
44.56	44.99	45.0	45.05	45.25	45.11	45.5	45.17
9	+0.60	10	+0.35	11	+0.07	12	-0.04
44.35	44.95	44.66	45.01	45.0	45.07	45.17	45.13

角点编号	施工高度
自然标高	设计标高

所以 $H_0 = \frac{1}{4n}(\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4) = \frac{1}{4 \times 6}(180.07 + 2 \times 270.37 + 4 \times 90.25) \text{ m} =$

$$H_1 = (H_0 - 1.5 \times 20 \times 3\% + 20 \times 2\%) \text{ m} = 45.03 \text{ m}$$