

中等专业学校工业与民用建筑专业系列教材

建筑施工技术

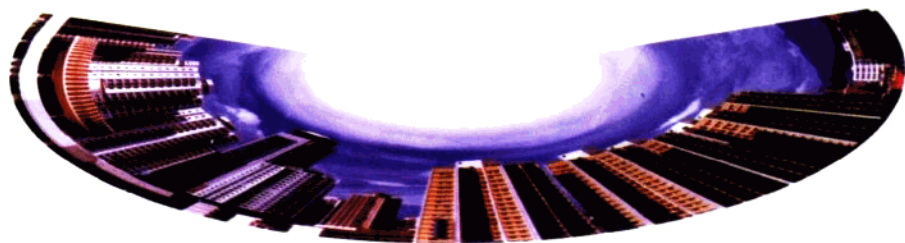
余胜光 主编

刘金铭

副主编

郭晓霞

武汉工业大学出版社



中等专业学校“工业与民用建筑专业”系列教材

出版说明

为了适应中等专业学校“工业与民用建筑专业”教学,以及该专业中专层次各种形式办学和培训的需要,武汉工业大学出版社组织了部分建筑工程、建筑材料中等专业学校,邀请熟悉中专教学规律,有丰富教学实践经验和体会的教师,编写了中等专业学校“工业与民用建筑专业”系列教材。

这套教材依据建设部普通中等专业学校“工业与民用建筑专业”培养方案规定的培养目标、毕业生的业务范围和基本规格,各科内容按照培养方案提出的毕业生应具备的基础知识、专业知识和业务能力的要求进行编写。在编写中,力求做到理论联系实际,结构体系合理,取材恰当,叙述清楚,具有思想性、科学性、实用性、先进性的鲜明特点。在专业技术方面,采用国家颁发的现行规范、标准和规定。教材中的专业术语、符号和计量单位采用《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》国家标准,并应符合《中华人民共和国法定计量单位使用方法》及有关国家标准的规定。

这套教材主要用于中等专业学校工业与民用建筑专业和相关专业的课程教学,也可供中层次的电教函授、自学考试、职工岗位技术培训等参考选用。我们诚恳期望广大读者在使用这套教材的过程中提出宝贵意见和建议,以便今后不断修改和完善。

中等专业学校“工业与民用建筑专业”系列教材编委会

1997年5月8日

中等专业学校“工业与民用建筑专业”系列教材

编委会成员名单

顾问: 周功亚

主任: 高鸣涵

副主任: 曹文聪 孙成林 范文昭

委员: 周相玉 吴润华 高远 陈英 朱永祥 毛小玲 余胜光

冯美宇 梁春光 赵爱民 范德均 王学通 范文昭 宫杰

张文祥 吴振旺 喻建华 杨太生 叶胜川 高文安 吴泽

刘自强 胡兴福 吴明军 危道军 杜喜成 蔡德明 田道全

李梅 黄春 杨学忠

秘书长: 杨学忠

前 言

本书是根据建设部颁发的普通中等专业学校“工业与民用建筑专业”毕业生培养规格、专业教学计划、建筑施工技术课程教学大纲、国家现行规范、标准与规定和适合本专业各类中专层次的学员使用要求而编写的。内容上尽量符合实际需要,紧密联系建筑施工生产实际;同时,又保证内容的系统性和完整性,既系统介绍了建筑工程施工技术的基本理论和传统的施工方法,也介绍了近年来建筑施工发展的新技术、新工艺。

本书绪论、第一、二、五章由宜昌城市建设学校余胜光编写;第三、四章由郭晓霞编写;第六、十二章由董恩江编写;第七、八章由朱军编写;第九、十章由天津建筑工程学校刘金铭编写;第十一章由孙大群编写。全书由余胜光任主编,由刘金铭、郭晓霞任副主编。在编写过程中,参考了有关文献资料,并得到学校老师和各级领导的关怀和支持,在此一并表示谢意。

由于编写时间仓促和编者水平有限,书中难免存在缺点、错误和不足之处,恳切欢迎广大读者批评指正。

编 者

1997. 6

目 录

绪论	(1)
第一章 土方工程	(3)
第一节 土的分类及工程性质	(3)
第二节 土方量计算	(5)
第三节 施工准备与辅助工作	(12)
第四节 土方机械化施工	(21)
第五节 基坑(槽)施工	(26)
第六节 填土与压实	(29)
第七节 地基局部处理	(31)
第八节 质量标准及安全技术	(33)
思考题	(35)
习题	(35)
第二章 桩基础工程	(36)
第一节 钢筋混凝土预制桩施工	(36)
第二节 混凝土灌注桩施工	(44)
思考题	(55)
第三章 砌筑工程	(56)
第一节 脚手架工程	(56)
第二节 垂直运输设施	(63)
第三节 砖砌体施工	(65)
第四节 毛石砌体施工	(74)
第五节 中小型砌块施工	(75)
第六节 砌筑工程的安全技术	(78)
思考题	(78)
第四章 钢筋混凝土工程	(80)
第一节 模板工程	(80)
第二节 钢筋工程	(93)
第三节 混凝土工程	(107)
第四节 预制钢筋混凝土构件施工	(122)
第五节 钢筋混凝土工程的安全技术	(127)
思考题	(128)
习题	(128)
第五章 预应力混凝土工程	(130)
第一节 先张法	(130)

第二节	后张法	(142)
第三节	电热法施工	(153)
第四节	无粘结预应力混凝土施工	(156)
思考题	.....	(158)
习题	.....	(158)
第六章	结构安装工程	(160)
第一节	起重机械	(160)
第二节	单层工业厂房结构安装	(170)
第三节	多层装配式框架结构安装	(195)
第四节	结构安装工程的安全技术	(201)
思考题	.....	(203)
第七章	屋面及地下防水工程	(205)
第一节	卷材防水屋面	(205)
第二节	刚性防水屋面	(211)
第三节	涂膜防水屋面	(212)
第四节	地下防水工程	(214)
第五节	屋面及地下防水工程的质量要求	(220)
第六节	屋面及地下防水工程的安全技术	(221)
思考题	.....	(222)
第八章	装饰工程	(223)
第一节	门窗工程	(223)
第二节	吊顶、隔墙工程	(226)
第三节	抹灰工程	(232)
第四节	饰面工程	(236)
第五节	楼地面工程	(243)
第六节	涂料、刷浆、裱糊工程	(248)
思考题	.....	(257)
第九章	冬期与雨期施工	(258)
第一节	概述	(258)
第二节	混凝土结构工程的冬期施工	(259)
第三节	土方工程的冬期施工	(268)
第四节	砌体工程冬期施工	(271)
第五节	雨期施工	(273)
思考题	.....	(275)
第十章	高层建筑施工	(276)
第一节	高层建筑及其施工特点	(276)
第二节	高层建筑运输设备与脚手架	(277)
第三节	高层建筑基础施工	(281)
第四节	高层建筑结构施工	(288)

第五节	高层建筑施工的安全技术	(291)
思考题	.....	(292)
第十一章	大模板建筑施工	(293)
第一节	大模板建筑的结构类型和特点	(293)
第二节	大模板的构造	(294)
第三节	大模板施工	(299)
第四节	大模板工程质量标准与安全技术	(306)
思考题	.....	(308)
第十二章	液压滑升模板施工	(309)
第一节	滑升模板的构造与组成	(309)
第二节	滑升模板施工工艺	(315)
第三节	施工中易出现的问题及处理方法	(324)
第四节	质量要求及安全技术	(325)
思考题	.....	(326)
参考文献	.....	(327)

绪 论

一、建筑施工技术课的研究对象、任务和学习方法

建筑施工技术是工业与民用建筑专业的一门重要专业课,是研究工业与民用房屋建筑施工技术的学科。其研究内容是建筑工程各主要工种工程施工中的一般施工技术和施工规律。一个建筑物由许多工种工程(如土方工程、砌筑工程、钢筋混凝土工程、结构安装工程、屋面工程、装饰工程等)组成,如何依据施工对象的特点、规模和实际情况,应用合适的施工技术和方法,完成符合设计要求的工种工程,则是施工技术课研究的主要内容。研究的任务是,掌握建筑工程施工原理和施工方法,以及保证工程质量和施工安全的技术措施;同时,了解建筑施工领域的最新技术进展,在建筑工程施工实践中灵活运用,建造符合设计要求的工业与民用房屋建筑。

建筑施工技术是一门理论面广、综合性强的专业技术课。它与建筑工程测量、建筑材料、建筑应用电工、房屋建筑学、建筑力学、建筑结构、建筑施工组织等课程密切相关,掌握和运用这些课程的理论知识和操作技能,是学好建筑施工技术课的基础保证。

建筑施工技术源于建筑工程施工实践,是一门实践性很强而且发展迅速的课程,所以学习中要坚持理论联系实际的学习方法,除对基本理论、基本知识必须理解掌握之外,还要了解国内外施工技术的发展状况;要充分利用电化教学手段,加强直观教学;有条件的地方,尽可能地结合建筑工程进行现场教学;注重课程设计、生产实习等实践教学环节,有助于建筑施工技术学习的理解和掌握。

二、我国建筑施工技术发展概况

我国改革开放以来,在建筑施工技术方面得到了长足的进步,特别是在大型工业建筑和高层民用建筑施工中取得了辉煌的成就。例如,在地基处理方面,推广了强夯法、振冲法、深层搅拌地基新技术;在基础工程施工中,推广和应用了钻冲孔灌注桩、旋喷桩、地下连续墙等深基础技术;大模板、滑升模板,钢筋气压焊、钢筋冷压连接、钢筋锥纹连接,泵送混凝土、高强度混凝土等新工艺和新技术在钢筋混凝土工程施工中得到广泛地应用和推广;在预应力混凝土方面,采用了无粘结工艺和整体预应力结构,使我国预应力混凝土发展由构件生产进入了预应力结构生产阶段;在大跨度结构、高耸结构方面,采用了整体吊装的新技术。但是,目前在砌体、防水、装饰工程施工中,居多沿用传统的施工工艺和施工方法,劳动强度大、工效低。我们相信,随着科学技术的进步和生产力的发展,墙体改革、新型建筑材料、工艺理论以及计算机技术的应用一定会产生一个飞跃,必将有力地推动我国建筑施工技术的发展。

三、施工及验收规范与施工规程(规定)

《施工及验收规范》是国家技术标准,是由国家建设部颁发的一种重要法规,是为了加强建筑工程的技术管理和统一施工验收标准,以达到提高技术水平,保证工程质量,降低工程

成本而颁布和实施的。从事建筑工程管理和施工的工程技术人员,必须遵循和贯彻执行。

《施工及验收规范》按工业与民用建筑工程中的各分部工程(如土方和爆破工程、地基与基础工程、砌体工程、钢筋混凝土工程等)分别制订,分册出版。

各分部工程的施工及验收规范的内容,一般包括建筑材料、半成品、成品和建筑零件的质量标准和技术条件;施工准备工作;施工质量要求;质量的控制和检验方法;施工技术要点及其它技术规定等。

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。隐蔽工程还应根据相应的施工及验收规范进行期中或竣工后的技术检查和验收。

《施工规程(规定)》是比《施工及验收规范》低一个等级的施工标准文件,它一般由各部委或重要的科学研究单位编制,报规范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,有时将设计与施工合并为一册而制订设计与施工规程,如《液压滑升模板工程设计与施工规定》、《高层建筑箱形基础设计与施工规程》等。其内容不尽相同,根据结构与施工工艺的特点而定。《施工规程(规定)》一般包括:总则、设计规定、计算要求、构造要求、施工规定和工程验收,有时还附有具体内容的附录。

《施工规程(规定)》的内容不能与《施工及验收规范》抵触,如有不同,应以规范为主。

第一章 土方工程

建筑工程的整个施工过程中,第一道工程为土方工程,即施工场地的处理。土方工程包括场地平整、基坑沟槽、路基和地下建筑物、构筑物的开挖、运输、填筑、压实土方等工作内容。

土方工程具有工程量大,施工期长,施工条件复杂,工人劳动强度大等特点。土方工程多是露天作业,受气候、季节、水文、地质影响大,在雨季和冬季施工时,更为困难。因此,要合理安排与组织土方工程施工,注意做好排水降水和土壁稳定技术措施,改善施工条件,尽量采用机械化和先进技术施工,充分发挥机械效率,减轻繁重的体力劳动;以利于加快施工速度,缩短工期,提高劳动生产率及降低工程成本,为整个建筑工程提供一个平整、坚实、干燥的施工场地,并为基础工程施工作好准备。

第一节 土的分类及工程性质

一、土的分类与鉴别

土方工程施工和工程预算定额中,按土开挖的难易程度将土分为松软土、普通土、坚土、砂砾坚土、软石、次坚石、坚石、特坚硬石等八类。松土和普通土可直接用铁锹开挖,或用铲运机、推土机、挖土机施工;坚土、砂砾坚土和软石要用镐、撬棍开挖,或预先松土,部分用爆破的方法施工;次坚石、坚石和特坚硬石一般要用爆破方法施工。正确地区分和鉴别土的种类,可以合理地选择施工方法和准确地套用定额计算土方工程费用。土的工程分类与现场鉴别方法见表 1-1 所示。

二、土的工程性质

土的工程性质对土方工程的施工方法、机械设备的选择、劳动力消耗以及工程费用等有直接的影响,其基本的工程性质有:

1. 土的含水量

土的含水量是土中水的质量与固体颗粒质量之比的百分率。

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

式中 m_w ——含水状态土的质量,kg;

m_d ——烘干后土的质量,kg;

m_w ——土中水的质量,kg;

m_s ——固体颗粒的质量,kg。

土的含水量随气候条件、雨雪和地下水的影响而变化,对土方边坡的稳定性及填方密实程度有直接的影响。因此,土方开挖时对含水量过大的土,应采取排水措施,对土壁进行支撑或放坡;回填土时,使土料的含水率在最佳含水率的范围内,以便得到最大的密实度。

土的工程分类与现场鉴别方法

表 1-1

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)	亚粘土,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、锄头挖掘,少许用镐翻松
三类土 (坚土)	软及中等密实粘土,重亚粘土,粗砾石,干黄土及含碎石、卵石的黄土、亚粘土,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	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

注: K_s ——最初可松性系数; K'_s ——最终可松性系数。

2. 土的天然密度和干密度

在天然状态下,单位体积土的质量叫土的天然密度。它与土的密实程度和含水量有关。一般,粘土天然密度约 $1800\text{kg/m}^3 \sim 2000\text{kg/m}^3$,砂土约为 $1600\text{kg/m}^3 \sim 2000\text{kg/m}^3$ 。在土方运输中,汽车载重量折算体积时,常用土的天然密度。土的天然密度按下式计算:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-2)$$

式中 ρ ——土的天然密度, kg/m^3 ;

m ——土的总质量, kg ;

V ——土的体积, m^3 。

干密度是土的固体颗粒质量与总体积的比值,用下式表示:

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad (1-3)$$

式中 ρ_d ——土的干密度, kg/m^3 ;

m_s ——固体颗粒质量, kg ;

V ——土的体积, m^3 。

在一定程度上,土的干密度反映了土的颗粒排列紧密程度。人工夯实或机械压实的填方工程,应使土达到设计要求的密实度。土的密实程度主要由检验填方土的干密度和含水量来控制。

3. 土的可松性系数

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,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,即

$$K_s = \frac{V_2}{V_1} \quad (1-4)$$

$$K'_s = \frac{V_3}{V_1} \quad (1-5)$$

式中 K_s, K'_s ——土的最初、最终可松性系数；

V_1 ——土在天然状态下的体积, m^3 ；

V_2 ——土挖出后在松散状态下的体积, m^3 ；

V_3 ——土经压(夯)实后的体积, m^3 。

土的最初可松性系数 K_s 是计算车辆装运土方体积及挖土机械的主要参数；土的最终可松性系数是计算填方所需挖土工程量的主要参数，各类土的可松性系数见表 1-1 所示。

4. 土的渗透性

土的渗透性是指土体被水透过的性质。当基坑(槽)开挖至地下水位以下时，地下水平衡被破坏，土体孔隙中的自由水在重力作用下发生流动。

土的渗透性用渗透系数表示。渗透系数表示单位时间内水穿透土层的能力，以 m/d 表示。它同土的颗粒级配、密实程度等有关，是人工降低地下水位方法及选择各类井点的主要参数。根据土的渗透系数不同，可分为透水性土(如砂土)和不透水性土(如粘土)。土的渗透性能影响施工降水与排水速度，一般土的渗透系数见表 1-2 所示。

土的渗透系数参考表

表 1-2

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	5.00~20.00
亚粘土	0.005~0.10	均质中砂	35~50
轻亚粘土	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 土方量计算

土方工程量是土方工程施工组织设计的重要数据，是采用人工挖掘组织劳动力，或采用机械施工计算机械台班和工期的依据。土方量计算要尽可能准确。

一、基坑与基槽土方量计算

基坑土方量可按立体几何中拟柱体(由两个平行的平面做底的一种多面体)体积公式计算(图 1-1)。即

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

式中 H ——基坑深度, m ；

A_1, A_2 ——基坑上、下底的面积, m^2 ；

A_0 ——基坑中截面的面积, m^2 。

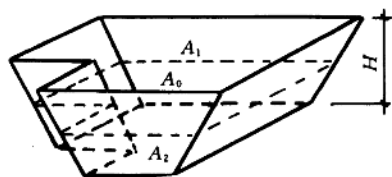


图 1-1 基坑土方量计算

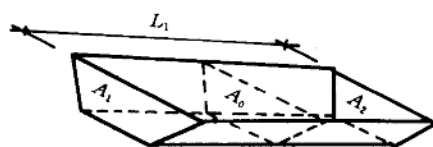


图 1-2 基槽土方量计算

基槽土方量计算可沿长度方向分段计算(图 1-2):

$$V_1 = \frac{L_1}{6}(A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-7)$$

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:

$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (1-8)$$

二、场地平整土方量计算

建筑工程开工前,要进行场地平整,包括在施工区域内处理地上、地下障碍物,对原有建筑物地下管线拆除,排除地表积水,清理耕植土淤泥等,为施工队伍和机械设备进场作好准备。对于较平坦的自然地面,进行 300mm 以内挖填和找平工作,将地面平整为设计标高要求的平面。对于在地形起伏的山区、丘陵地带修建较大厂房、体育场、车站等占地广阔工程的平整场地,主要是削凸填凹,移挖方作填方,将自然地面改造平整为场地设计要求的平面。在平整场地施工前,要求计算平场挖填方量,合理进行土方调配,组织机械化施工。

场地设计平面由设计单位进行竖向设计时确定,绘制场地设计平面方格网图,这是计算场地平整土方量的依据。场地挖填土方量计算有方格网法和横截面法两种。横截面法是将要计算的场地划分成若干横截面后,用横截面计算公式逐段计算,最后将逐段计算结果汇总。横截面法计算精度较低,可用于地形起伏变化较大地区。对于地形较平坦地区,一般采用方格网法。方格网法计算场地平整土方量步骤为:

1. 识读方格网图

方格网图由设计单位(一般在 1/500 的地形图上)将场地划分为边长 $a=10m \sim 40m$ 的若干方格,与测量的纵横坐标相对应,在各方格角点规定的位置上标注角点的自然地面标高(H)和设计标高(H_n)。

一般方格点的左上角标注角点编号,左下角标注自然地面标高,右下角标注角点的设计标高,右上角标注经计算的施工高度,如图 1-3 所示。

2. 计算场地各个角点的施工高度

施工高度为角点的设计地面标高与自然地面标高之差,是以角点设计标高为准面的挖方或填方的施工高度。各方格角点的施工高度按下式计算:

$$h_n = H_n - H \quad (1-9)$$

式中 h_n ——角点施工高度即填挖高度(以“+”为填,“-”为挖), m ;

n ——方格的角点编号(自然数列 1, 2, 3, ..., n)。

3. 计算“零点”位置,确定零线

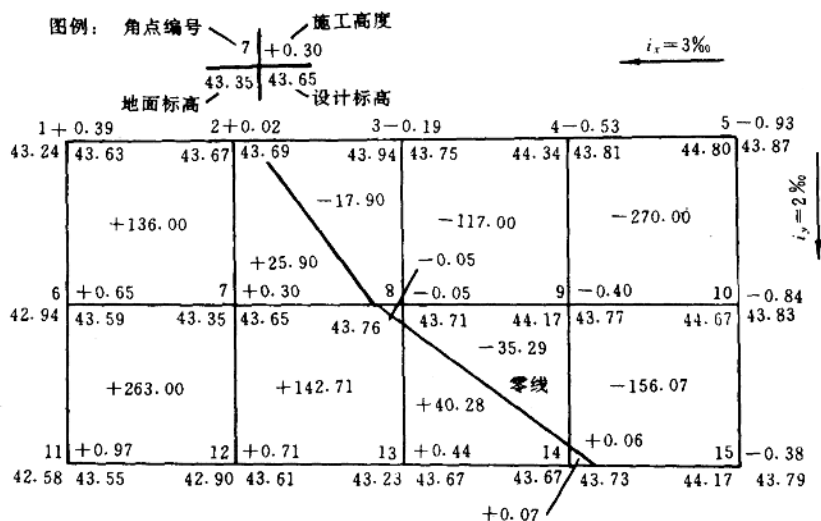


图 1-3 方格网法计算土方工程量图

方格边线一端施工高度为“+”，若另一端为“-”，则沿其边线必然有一不挖不填的点，即为“零点”(图 1-4)。

零点位置按下式计算：

$$x_1 = \frac{ah_1}{h_1 + h_2} \quad x_2 = \frac{ah_2}{h_1 + h_2} \quad (1-10)$$

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(均用绝对值), m;

a ——方格网的边长, m。

确定零点的办法也可以用图解法, 如图 1-5 所示。方法是用尺在各角点上标出挖填施工高度相应比例, 用尺相连, 与方格相交点即为零点位置。将相邻的零点连接起来, 即为零线。它是确定方格中挖方与填方的分界线。在平整场地施工时, 将零线确定于地面上, 作为施工时的挖填分界线。

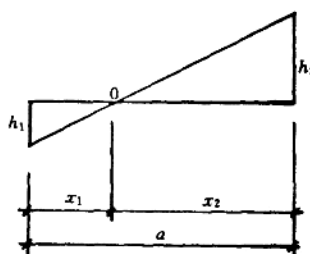


图 1-4 零点位置计算示意图

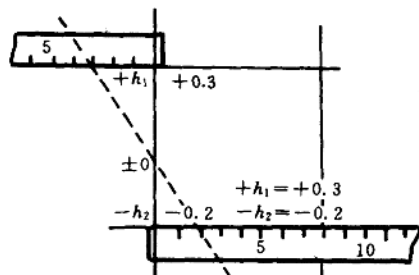


图 1-5 零点位置图解法

4. 计算方格土方工程量

按方格底面积图形和表 1-3 所列计算公式, 逐格计算每个方格内的挖方量或填方量。

5. 边坡土方量计算

场地的挖方区和填方区的边沿都需要做成边坡, 以保证挖方土壁和填方区的稳定。边坡

的土方量可以划分成两种近似的几何形体进行计算,一种为三角棱锥体(图 1-6 中①~③、⑤~⑪),另一种为三角棱柱体(图 1-6 中④)。

常用方格网点计算公式

表 1-3

项 目	图 式	计 算 公 式
一点填方或挖方 (三角形)		$V = \frac{1}{2} bc \frac{\sum h}{3} = \frac{bc h_3}{6}$ 当 $b=c=a$ 时, $V = \frac{a^2 h_3}{6}$
二点填方或挖方 (梯形)		$V_+ = \frac{b+c}{2} a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8} (b+c) (h_1+h_3)$ $V_- = \frac{d+e}{2} a \frac{\sum h}{4} = \frac{a}{8} (d+e) (h_2+h_4)$
三点填方或挖方 (五角形)		$V = \left(a^2 - \frac{bc}{2} \right) \frac{\sum h}{5} = \left(a^2 - \frac{bc}{2} \right) \frac{h_1+h_2+h_4}{5}$
四点填方或挖方 (正方形)		$V = \frac{a^2}{4} \sum h = \frac{a^2}{4} (h_1+h_2+h_3+h_4)$

注: 1. a —方格网的边长, m, b, c —零点到一角的边长, m, h_1, h_2, h_3, h_4 —方格网四角点的施工高度(用绝对值代入), m ;
 $\sum h$ —填方或挖方施工高度的总和(用绝对值代入), m ; V —挖方或填方体积, m^3 。

2. 本表公式是按各计算图形底面积乘以平均施工高程而得出的。

(1) 三角棱锥体边坡体积

$$V_1 = \frac{1}{3} A_1 l_1 \quad (1-11)$$

式中 l_1 ——边坡①的长度;

A_1 ——边坡①的端面积, 即 $A_1 = \frac{h_2(mh_2)}{2} = \frac{mh_2^2}{2}$;

h_2 ——角点的挖土高度;

m ——边坡的坡度系数, m =宽/高。

(2) 三角棱柱体边坡体积

$$V_4 = \frac{A_1 + A_2}{2} l_4 \quad (1-12)$$

两端横断面面积相差很大的情况下, 边坡体积

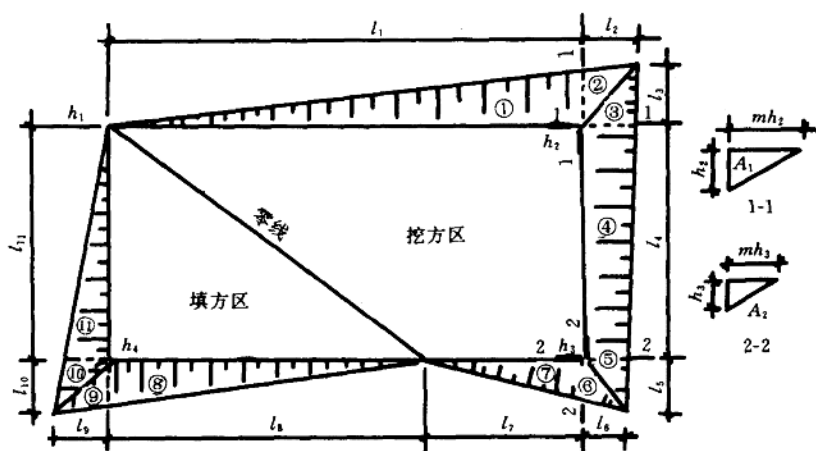


图 1-6 场地边坡平面图

$$V_4 = \frac{l_4}{6} (A_1 + 4A_0 + A_2) \quad (1-13)$$

式中 l_4 ——边坡④的长度；

A_1, A_2, A_0 ——边坡④两端及中部横断面面积。

6. 计算土方总量

将挖方区(或填方区)所有方格计算的土方量和边坡土方量汇总,即得该场地挖方和填方的总土方量。

例 1-1 某建筑场地方格网如图 1-7 所示,方格边长为 $20\text{m} \times 20\text{m}$,填方区边坡坡度系数为 1.0,挖方区边坡坡度系数为 0.5,试用公式法计算挖方和填方的总土方量。

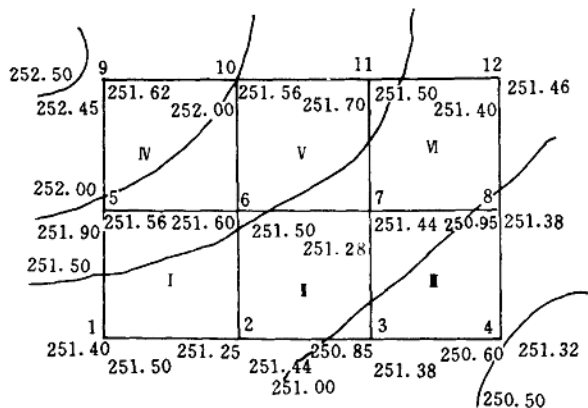


图 1-7 某建筑场地方格网布置图

解: (1) 根据所给方格网各角点的地面设计标高和自然标高,计算方格角点的施工高度,计算结果列于图 1-8 中。

由公式(1-9)得:

$$\begin{aligned}
h_1 &= 251.50 - 251.40 = 0.10 & h_7 &= 251.44 - 251.28 = 0.16 \\
h_2 &= 251.44 - 251.25 = 0.19 & h_8 &= 251.38 - 250.95 = 0.43 \\
h_3 &= 251.38 - 250.85 = 0.53 & h_9 &= 251.62 - 252.45 = -0.83 \\
h_4 &= 251.32 - 250.60 = 0.72 & h_{10} &= 251.56 - 252.00 = -0.44 \\
h_5 &= 251.56 - 251.90 = -0.34 & h_{11} &= 251.50 - 251.70 = -0.20 \\
h_6 &= 251.50 - 251.60 = -0.10 & h_{12} &= 251.46 - 251.40 = 0.06
\end{aligned}$$

(2) 计算零点位置。从图 1-8 中可知, 1-5、2-6、6-7、7-11、11-12 五条方格边两端的施工高度符号不同, 说明此方格边上有零点存在。

由公式 (1-10) $x_1 = \frac{ah_1}{h_1 + h_2}$ 求得:

$$1-5 \text{ 线 } x_1 = \frac{0.10 \times 20}{0.10 + 0.34} = 4.55(\text{m})$$

$$2-6 \text{ 线 } x_1 = \frac{0.19 \times 20}{0.19 + 0.10} = 13.10(\text{m})$$

$$6-7 \text{ 线 } x_1 = \frac{0.10 \times 20}{0.10 + 0.16} = 7.69(\text{m})$$

$$7-11 \text{ 线 } x_1 = \frac{0.16 \times 20}{0.16 + 0.20} = 8.89(\text{m})$$

$$11-12 \text{ 线 } x_1 = \frac{0.20 \times 20}{0.20 + 0.06} = 15.38(\text{m})$$

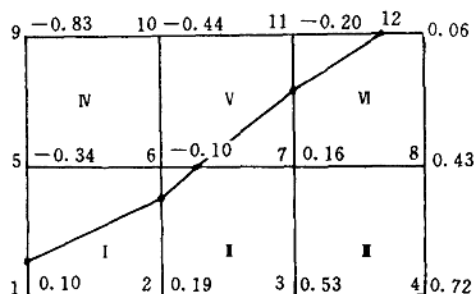


图 1-8 施工高度及零线位置

将各零点标于图上, 并将相邻的零点连接起来, 即得零线位置, 如图 1-8。

(3) 计算方格土方量。方格 I、N 底面为正方形, 土方量为:

$$V_{I(+)} = \frac{20^2}{4} \times (0.53 + 0.72 + 0.16 + 0.43) = 184(\text{m}^3)$$

$$V_{N(-)} = \frac{20^2}{4} \times (0.34 + 0.10 + 0.83 + 0.44) = 171(\text{m}^3)$$

方格 I 底面为两个梯形, 土方量为:

$$V_{I(+)} = \frac{20}{8} \times (4.55 + 13.10) \times (0.10 + 0.19) = 12.80(\text{m}^3)$$

$$V_{I(-)} = \frac{20}{8} \times (15.45 + 6.90) \times (0.34 + 0.10) = 24.59(\text{m}^3)$$

方格 I、V、VI 底面为三角形和五边形, 土方量为:

$$V_{I(+)} = \left(20^2 - \frac{6.90 \times 7.69}{2} \right) \times \frac{0.19 + 0.53 + 0.16}{5} = 65.73(\text{m}^3)$$

$$V_{I(-)} = \frac{6.90 \times 7.69}{6} \times 0.10 = 0.88(\text{m}^3)$$

$$V_{V(+)} = \frac{12.31 \times 8.89}{6} \times 0.16 = 2.92(\text{m}^3)$$

$$V_{V(-)} = \left(20^2 - \frac{12.31 \times 8.89}{2} \right) \times \frac{0.10 + 0.44 + 0.20}{5} = 51.10(\text{m}^3)$$

$$V_{VI(+)} = \left(20^2 - \frac{11.11 \times 15.38}{2} \right) \times \frac{0.16 + 0.43 + 0.06}{5} = 40.89(\text{m}^3)$$

$$V_{VI(-)} = \frac{11.11 \times 15.38}{6} \times 0.20 = 5.70(\text{m}^3)$$

方格网总填方量:

$$\Sigma V_{(+)} = 184 + 12.80 + 65.73 + 2.92 + 40.89 = 306.34(\text{m}^3)$$

方格网总挖方量:

$$\Sigma V_{(-)} = 171 + 24.59 + 0.88 + 51.10 + 5.70 = 253.26(\text{m}^3)$$

(4) 边坡土方量计算。如图 1-9④、⑦按三角棱柱体计算外,其余均按三角棱锥体计算,依公式(1-11)、公式(1-12)可得:

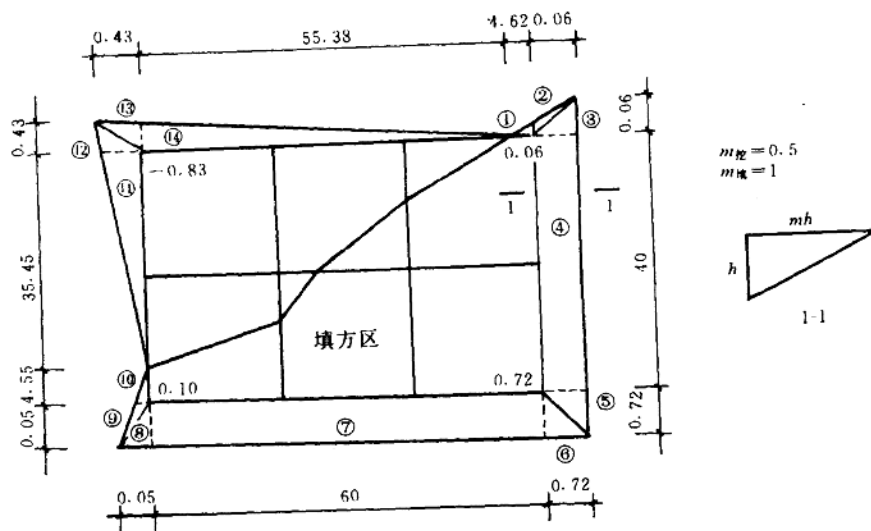


图 1-9 场地边坡平面图

$$V_{①(+)} = \frac{1}{3} \times \frac{1 \times 0.06^2}{2} \times (20 - 15.38) = 0.003(\text{m}^3)$$

$$V_{②(+)} = V_{③(+)} = \frac{1}{3} \times \frac{1^2 \times 0.06^3}{2} = 0.0001(\text{m}^3)$$

$$V_{④(+)} = \frac{(A_1 + A_2)l_2}{2} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1 \times 0.06^2}{2} + \frac{1 \times 0.72^2}{2} \right) \times 40 = 5.22(\text{m}^3)$$

$$V_{⑤(+)} = V_{⑥(+)} = \frac{1}{3} \times \frac{1^2 \times 0.72^3}{2} = 0.06(\text{m}^3)$$

$$V_{⑦(+)} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1 \times 0.72^2}{2} + \frac{1 \times 0.10^2}{2} \right) \times 60 = 7.93(\text{m}^3)$$

$$V_{⑧(+)} = V_{⑨(+)} = \frac{1}{3} \times \frac{1^2 \times 0.10^3}{2} = 0.01(\text{m}^3)$$

$$V_{⑩(+)} = \frac{1}{3} \times \frac{1^2 \times 0.10^2}{2} \times 4.55 = 0.01(\text{m}^3)$$

$$V_{⑪(-)} = \frac{1}{3} \times \frac{0.5 \times 0.83^2}{2} \times (40 - 4.55) = 2.03(\text{m}^3)$$

$$V_{⑫(-)} = V_{⑬(-)} = \frac{1}{3} \times \frac{0.5^2 \times 0.83^3}{2} = 0.02(\text{m}^3)$$

$$V_{⑭(-)} = \frac{1}{3} \times \frac{0.5 \times 0.83^2}{2} \times (40 + 15.38) = 3.18(\text{m}^3)$$

边坡总填方量:

$$\Sigma V_{(+)} = 0.003 + 0.0001 + 5.22 + 2 \times 0.06 + 7.93 + 2 \times 0.01 + 0.01 = 13.29(\text{m}^3)$$

边坡总挖方量:

$$\Sigma V_{(-)} = 2.03 + 2 \times 0.02 + 3.18 = 5.25(\text{m}^3)$$