

建筑与装饰工程施工工艺

(第2版)

JIANZHU YU ZHUANGSHI GONGCHENG SHIGONG GONGYI

主编 张豫 刘宇



建筑与装饰工程施工工艺

(第2版)

主 编 张 豫 刘 宇

参 编 林 涛 张 晶 陈 敏 文 琪



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书第2版以最新建筑与装饰工程施工技术标准规范为依据编写,在编写时综合考虑了建筑与装饰工程施工领域的最新工艺及发展趋势,在内容选择上充分体现了“新”字。全书共分为9个项目,主要内容包括土方与爆破工程、地基与基础工程、砌体工程、混凝土结构工程、结构吊装工程、钢结构工程、外墙保温工程、建筑防水工程、建筑装饰工程等。

本书可作为高等院校土木工程等土建类相关专业的教材,也可供建筑工程施工人员岗位培训使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑与装饰工程施工工艺 / 张豫, 刘宇主编. —2版. —北京: 北京理工大学出版社, 2016.1

ISBN 978-7-5682-1772-9

I. ①建… II. ①张… ②刘… III. ①建筑工程—工程施工—高等学校—教材 ②建筑装饰—工程施工—高等学校—教材 IV. ①TU74 ②TU767

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第005750号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 18

字 数 / 434千字

版 次 / 2016年1月第2版 2016年1月第1次印刷

定 价 / 52.00元

责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 陈莉华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

第2版前言

施工工艺是决定工程质量好坏的关键,不同的施工工艺将会导致建筑工程出现不同的施工质量。一般来说,先进、合理、规范化、系统完善的施工工艺不会出现偶然或突发的质量问题,而且能够加快工期,降低成本。随着人民生活水平的逐步提高,对居住房屋的质量及室内的环境要求也越来越高,建筑与装饰装修工艺的重要性也日益显著。

本书第1版自出版发行以来,经相关高等院校教学使用,得到了广大师生的认可和喜爱,编者倍感荣幸。为了更好地反映建筑与装饰装修工程的施工实际,我们组织有关专家学者结合近年来高等教育教学改革动态,综合考虑建筑与装饰工程施工领域的最新工艺及发展趋势,依据建筑与装饰工程最新施工技术标准规范对本书进行了修订。修订时不仅根据读者、师生的信息反馈,对原书中存在的问题进行了修正,而且参阅了有关标准、规程、书籍,对教材体系进行了改善、修正与补充。本次修订主要进行了以下工作:

(1) 进一步考虑了我国不同地域之间的差异与区别,淡化细节,强调对学生综合思维能力的培养,尤其是在不同建筑与装饰施工工艺的选择方面,更是进行了慎重考虑与研究。通过本课程的学习,学生可掌握建筑与装饰工程各分部分项的施工工艺及施工要点,为今后从事建筑工程施工管理工作打下良好的基础。

(2) 根据建筑与装饰装修工程相关标准最新规范对教材内容进行了修改与充实,强化了教材的实用性和可操作性,使修订后的教材能更好地满足高等院校教学工作的需要。修订时坚持以理论知识够用为度,以培养面向生产第一线的应用型人才为目的,强调提高学生的实践动手能力。

(3) 为了实现绿色环保施工,本次修订中,在大部分项目都增加了“绿色施工”的内容。

(4) 对各项目的能力目标、知识目标、项目小结进行了修订,在修订中对各项目知识体系进行了深入的思考,并联系实际进行知识点的总结与概括,使该部分内容更具有指导性与实用性,便于学生学习与思考。对各项目的思考与练习也进行了适当补充,有利于学生课后复习,强化应用所学理论知识解决工程实际问题的能力。

本书由张豫、刘宇担任主编,林涛、张晶、陈敏、文琪担任副主编。在本书修订过程中,参阅了国内同行的多部著作,部分高等院校的老师提出了很多宝贵的意见供我们参考,在此表示衷心的感谢!

本书虽经反复讨论修改,但限于编者的学识及专业水平和实践经验,修订后的图书仍难免有疏漏和不妥之处,恳请广大读者指正。

编者

第1版前言

“建筑与装饰工程施工工艺”是一门综合性、实践性很强的课程。本课程主要是以建筑工程施工中不同工种的施工为研究对象,根据其特点和规模,结合施工地点的地质水文条件、气候条件、机械设备和材料供应等客观条件,运用先进技术,研究建筑工程不同工种的施工工艺原理和施工方法、施工质量验收标准与安全技术措施等。通过对这些内容的研究,最终选择经济、合理的施工方案,保证建筑工程能够按质按期地完成,做到技术和经济的统一。要学好本课程,应该坚持理论联系实际的方法,掌握建筑工程相关施工质量验收规范,并应边学边实践,应用所学知识去解决实际工程中的施工技术问题。

随着国民经济的发展和人们生活水平的不断提高,建筑施工工艺日趋复杂化和多元化,大量新材料、新技术、新设备在建筑工程施工领域得到了广泛使用。本书以现行建筑工程施工技术标准规范为依据进行编写,在编写时综合考虑了建筑工程施工领域的最新工艺及发展趋势,在内容选择上充分体现了一个“新”字,不仅具有原理性、基础性,还具有先进性和现代性。

本书内容翔实,系统全面。为方便教学,各章前设置“能力目标”和“知识目标”,为学生学习和教师教学作了引导;各章后设置“项目小结”和“思考与练习”,从更深层次给学生以思考、复习的提示,由此构建了“引导—学习—总结—练习”的教学模式。

本书共分11个项目,主要内容包括土方工程、地基与基础工程、砌体工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、结构吊装工程、钢结构工程、屋面防水工程、地下防水工程、楼地面工程、装饰工程等。本书的编写力求理论联系实际,综合运用有关学科的基本理论和知识,注重实践能力的培养。

本书的编写充分考虑了我国不同地域之间的差异与区别,淡化细节,强调对学生综合思维和能力的培养,尤其是在不同建筑施工工艺的选择方面,更是进行了慎重考虑与研究。通过本课程的学习,学生可掌握建筑工程各分部分项的施工工艺及施工要点,为今后从事建筑工程施工管理工作打下良好的基础。

本书在编写过程中,参阅了国内同行多部著作,部分高等院校老师提出了很多宝贵意见供我们参考,在此对他们表示衷心的感谢!虽经推敲核证,但限于编者的专业水平和实践经验,教材中仍难免有疏漏或不妥之处,恳请广大读者指正。

编 者

目 录

CONTENTS

项目一 土方与爆破工程..... 1

任务1 土的工程分类与性质 1

一、土方工程的内容及施工特点..... 1

二、土的工程分类..... 2

三、土的工程性质..... 3

任务2 土方开挖 4

一、场地平整..... 4

二、土方调配..... 7

三、土方开挖..... 9

四、施工排水..... 19

任务3 爆破工程 23

一、起爆方法..... 23

二、露天爆破..... 25

三、控制爆破..... 26

四、爆破监测..... 28

任务4 土方回填与压实 30

一、土方回填..... 30

二、土方压实..... 32

任务5 土方工程特殊问题的处理 ... 35

一、滑坡与塌方的处理..... 35

二、流砂防治..... 36

三、冲沟、土洞、古河道与古湖泊的
处理..... 37

任务6 季节性与绿色施工 38

一、冬期施工..... 38

二、雨期施工..... 38

三、绿色施工..... 39

项目小结 39

思考与练习..... 39

项目二 地基与基础工程..... 42

任务1 地基处理与加固 42

一、地基局部处理..... 42

二、地基处理方法..... 44

任务2 浅基础施工 48

一、刚性基础..... 48

二、柔性基础..... 49

任务3 深基础施工 52

一、预制桩施工..... 52

二、混凝土灌注桩施工..... 55

任务4 绿色施工 61

一、地基处理工程..... 61

二、桩基工程..... 61

项目小结..... 62

思考与练习..... 62

项目三 砌体工程..... 64

任务1 砌筑材料 64

一、砖..... 64

二、砂浆..... 64

三、砌块..... 67

任务2 砌筑施工工艺	68	任务5 季节性与绿色施工	122
一、砖砌体施工	68	一、冬期施工	122
二、小型空心砌块砌体施工	71	二、雨期施工	124
三、石砌体施工	74	三、绿色施工	124
四、配筋砌体施工	74	项目小结	125
五、填充墙砌体施工	79	思考与练习	126
任务3 季节性与绿色施工	82		
一、冬期施工	82	项目五 结构吊装工程	127
二、雨期施工	85	任务1 起重机械与设备	127
三、绿色施工	85	一、起重机械	127
项目小结	86	二、索具设备	131
思考与练习	86	任务2 单层工业厂房结构吊装	132
项目四 混凝土结构工程	88	一、吊装前的准备工作	132
任务1 模板工程	88	二、构件安装工艺	133
一、模板的组成与基本要求	88	三、结构安装方案	137
二、模板构造与安装	89	任务3 多层工业厂房结构吊装	142
三、模板的拆除	93	一、吊装方案	142
任务2 钢筋工程	93	二、结构构件吊装	143
一、钢筋的加工	93	项目小结	145
二、钢筋配料与代换	94	思考与练习	145
三、钢筋的连接	96		
四、钢筋绑扎与安装	100	项目六 钢结构工程	147
任务3 混凝土工程	101	任务1 钢构件制作工艺	147
一、混凝土配料	101	一、放样与号料	147
二、混凝土搅拌及运输	102	二、切割下料	148
三、混凝土浇筑	103	三、弯曲、折边与制孔	148
四、混凝土振捣	106	四、钢构件的矫正、组装与连接	150
五、混凝土养护	107	任务2 钢结构的安装	157
任务4 预应力混凝土工程	107	一、安装准备工作	157
一、先张法施工	108	二、单层钢结构安装	158
二、后张法施工	113	三、多层及高层钢结构安装	160
三、无黏结预应力施工	121	任务3 钢网架结构安装	161
		一、钢网架结构的类型	161

二、钢网架结构的选择·····	161
三、网架腹杆的布置·····	161
四、钢网架拼装·····	161
五、钢网架吊装·····	162
六、钢网架安装·····	163
项目小结·····	163
思考与练习·····	164

项目七 外墙保温工程····· 165

任务1 外墙内保温施工·····	165
一、饰面石膏聚苯板外墙内保温 施工·····	166
二、增强石膏聚苯复合板外墙内保温 施工·····	167
任务2 外墙外保温施工·····	169
一、外墙外保温系统施工作业条件···	169
二、EPS板薄抹灰外墙外保温系统 施工·····	169
三、胶粉EPS颗粒保温浆料外墙外保温 系统施工·····	170
四、EPS板现浇混凝土外墙外保温系统 施工·····	171
项目小结·····	172
思考与练习·····	172

项目八 建筑防水工程····· 173

任务1 屋面防水工程施工·····	173
一、卷材防水屋面·····	174
二、涂膜防水屋面·····	179
三、刚性防水屋面·····	181
四、细部构造防水处理·····	183
五、常见屋面渗漏及防治方法·····	186
任务2 地下防水工程施工·····	187

一、地下防水工程施工的基本要求···	187
二、防水混凝土施工·····	189
三、沥青防水卷材施工·····	193
四、水泥砂浆防水施工·····	196
五、涂膜防水层施工·····	197
六、细部构造防水处理·····	198
七、地下防水工程通病及治理·····	203

任务3 厨卫间防水工程施工····· 204

一、厨房、卫生间的地面防水构造与 施工要求·····	205
二、厨房、卫生间地面防水层施工···	206
三、厨房、卫生间渗漏及堵漏采取的 措施·····	209

项目小结····· 209

思考与练习····· 210

项目九 建筑装饰工程····· 212

任务1 抹灰工程施工·····	212
一、抹灰工程的组成及分类·····	212
二、一般抹灰施工·····	213
三、装饰抹灰施工·····	216
四、清水砌体勾缝·····	218
任务2 吊顶工程施工·····	219
一、吊项的类型·····	219
二、暗龙骨吊顶安装·····	220
三、明龙骨吊顶安装·····	223
任务3 幕墙工程施工·····	225
一、幕墙预埋件的施工·····	225
二、玻璃幕墙的安装·····	226
三、金属幕墙的安装·····	227
四、石材幕墙的安装·····	228
任务4 轻质隔墙工程施工·····	229
一、板材隔墙工程施工·····	229

二、骨架隔墙工程施工·····	230	二、整体面层铺设·····	256
三、活动隔墙工程施工·····	233	三、板块面层铺设·····	260
四、玻璃隔墙工程施工·····	234	四、木、竹面层铺设·····	264
任务5 门窗工程施工 ·····	235	任务9 裱糊与软包工程施工 ·····	268
一、木门窗的安装·····	236	一、裱糊工程·····	268
二、金属门窗的安装·····	237	二、软包工程·····	272
三、塑料门窗的安装·····	239	任务10 绿色施工·····	273
四、门窗玻璃的安装·····	241	一、一般规定·····	273
任务6 饰面板(砖)工程施工 ·····	241	二、地面工程·····	274
一、饰面板的安装·····	242	三、门窗及幕墙工程·····	274
二、饰面砖粘贴·····	243	四、吊顶工程·····	275
三、金属饰面板粘贴·····	245	五、隔墙及内墙面工程·····	275
任务7 涂饰工程施工 ·····	246	项目小结·····	275
一、涂饰工程施工操作方法·····	246	思考与练习·····	275
二、外墙涂饰面工程施工·····	247	参考文献·····	278
三、内墙涂饰面工程施工·····	249		
四、美术涂料饰面工程施工·····	251		
任务8 楼地面装饰工程施工 ·····	253		
一、基层铺设·····	253		

项目一 土方与爆破工程

知识目标

土的基本性质；土方工程量的计算与调配；土方开挖施工过程；施工排水方法；起爆方法及爆破监测；土方回填与压实的方法和影响填土压实质量的因素。

能力目标

1. 能判别土的分类。
2. 能选择填土压实方法，并组织压实作业。
3. 能组织推土机、铲运机、单斗挖土机进行土方机械化施工。
4. 能根据不同情况选择不同的爆破方式。
5. 能组织人工降低地下水位施工。

土方工程是建筑工程施工的首项工程，主要包括土的开挖、运输和填筑等施工，有时还要进行排水、降水和土壁支护等准备工作。土方工程具有量大面广、劳动繁重和施工条件复杂等特点，受气候、水文、地质、地下障碍等因素影响较大，不确定因素多，存在较大的危险性。因此，在施工前必须做好调查研究，选用合理的施工方案，采用先进的施工方法和机械施工，以保证工程的质量和安全。

任务1 土的工程分类与性质

一、土方工程的内容及施工特点

1. 土方工程的工程内容

常见的土方工程有平整场地、挖基槽、挖基坑、挖土方、回填土等。

(1) 平整场地：指工程破土开工前对施工现场厚度 300 mm 以内地面的挖填和找平。

(2) 挖基槽：指挖土宽度在 3 m 以内且长度大于宽度 3 倍时设计室外地坪以下的挖土。

(3) 挖基坑：指挖土底面积在 20 m^2 以内且长度小于或等于宽度 3 倍时设计室外地坪以下挖土。

(4) 挖土方：凡不满足上述平整场地、基槽、基坑条件的土方开挖，均为挖土方。

(5) 回填土：分夯填和松填。基础回填土和室内回填土通常都采用夯填。

2. 土方工程的施工特点

(1) 土方量大，劳动繁重，工期长。因此，为了减轻土方施工繁重的劳动、提高劳动生产

率、缩短工期、降低工程成本，在组织土方工程施工时，应尽可能采用机械化施工的方法。

(2)施工条件复杂。土方施工一般为露天作业，受地区、气候、水文地质条件的影响大，同时，受周围环境条件的制约也很多。因此，在组织土方施工前，必须根据施工现场的具体施工条件、工期和质量要求，拟订切实可行的土方工程施工方案。

二、土的工程分类

土的种类繁多，分类方法也多种多样，有的按普氏 16 级分类，有的分成 6 类，也有的分成 8 类或 10 类。

在土方工程施工中，按土的开挖难易程度将土分为 8 类，具体见表 1-1。

表 1-1 土的工程分类

土的分类	土的级别	土(岩)的名称	压实系数 f	质量密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
一类土 (松软土)	I	略有黏性的砂土；粉土、腐殖土及疏松的种植土；泥炭(淤泥)	0.5~0.6	600~1 500
二类土 (普通土)	II	潮湿的黏性土和黄土；软的盐土和碱土；含有建筑材料碎屑、碎石、卵石的堆积土和种植土	0.6~0.8	1 100~1 600
三类土 (坚土)	III	中等密实的黏性土或黄土；含有碎石、卵石或建筑材料碎屑的潮湿的黏性土或黄土	0.8~1.0	1 800~1 900
四类土 (砂砾坚土)	IV	坚硬密实的黏性土或黄土；含有碎石、砾石(体积在 10%~30%，重量在 25 kg 以下的石块)的中等密实黏性土或黄土；硬化的重盐土；软泥灰岩	1.0~1.5	1 900
五类土 (软石)	V~VI	硬的石炭纪黏土；胶结不紧的砾岩；软的、节理多的石灰岩及贝壳石灰岩；坚实的白垩；中等坚实的页岩、泥灰岩	1.5~4.0	1 200~2 700
六类土 (次坚石)	VII~IX	坚硬的泥质页岩；坚实的泥灰岩；角砾状花岗岩；泥灰质石灰岩；黏土质砂岩；云母页岩及砂质页岩；风化的花岗岩、片麻岩及正长岩；滑石质的蛇纹岩；密实的石灰岩；硅质胶结的砾岩；砂岩；砂质石灰质页岩	4.0~10	2 200~2 900
七类土 (坚石)	X~XIII	白云岩；大理石；坚实的石灰岩、石灰质及石英质的砂岩；坚硬的砂质页岩；蛇纹岩；粗粒正长岩；有风化痕迹的安山岩及玄武岩；片麻岩、粗面岩；中粗花岗岩；坚实的片麻岩，粗面岩；辉绿岩；玢岩；中粗正长岩	10~18	2 500~2 900
八类土 (特坚石)	XIV~XVI	坚实的细粒花岗岩；花岗片麻岩；闪长岩；坚实的玢岩、角闪岩、辉长岩、石英岩；安山岩、玄武岩；最坚实的辉绿岩、石灰岩及闪长岩；橄榄石质玄武岩；特别坚实的辉长岩、石英岩及玢岩	18~25 以上	2 700~3 300
注：1. 土的级别为相当于一般 16 级土石分类级别。 2. 压实系数 f 为相当于普氏岩石强度系数。				

三、土的工程性质

1. 土的可松性

土的可松性是指在自然状态下的土经过开挖，体积会因土体松散而增大，以后虽经回填夯压仍不能恢复原状的性质。土的可松性用可松性系数表示，即：

$$K_P=\frac{V_2}{V_1} \qquad K'_P=\frac{V_3}{V_1}$$

式中 V_1 ——开挖前土的自然体积(m^3)；
 V_2 ——开挖后土的松散体积(m^3)；
 V_3 ——经填夯压实后的体积(m^3)；
 K_P ——最初可松性系数；
 K'_P ——最终可松性系数。

有关土的可松性系数见表 1-2。

表 1-2 各种土的可松性系数参考表

土 的 类 别	体 积 增 加 百 分 比/%		可 松 性 系 数	
	最 初	最 终	K_P	K'_P
一类(种植土除外)	8~17	1~2.5	1.08~1.17	1.01~1.03
一类(种植性土、泥炭)	20~30	3~4	1.20~1.30	1.03~1.04
二类	14~28	1.5~5	1.14~1.28	1.02~1.05
三类	24~30	4~7	1.24~1.30	1.04~1.07
四类(泥灰岩、蛋白石除外)	26~32	6~9	1.26~1.32	1.06~1.09
四类(泥灰岩、蛋白石)	33~37	11~15	1.33~1.37	1.11~1.15
五类~七类	30~45	10~20	1.30~1.45	1.10~1.20
八类	45~50	20~30	1.45~1.50	1.20~1.30
注：最初体积增加百分比= $\frac{V_2-V_1}{V_1} \times 100\%$ ；最终体积增加百分比= $\frac{V_3-V_1}{V_1} \times 100\%$ 。				

2. 土的压缩性

一般的土经挖运、填压以后，都有压缩。在核实土方量时，一般可按填方断面增加 10%~20%的方数考虑，一般土的压缩率见表 1-3。

表 1-3 一般土的压缩率

土 的 类 别		土 的 压 缩 率/%	每立方米松散土压实后的体积/ m^3
一类、二类土	种植土	20	0.80
	一般土	10	0.90
	砂土	5	0.95
三类土	天然湿度黄土	12~17	0.85
	一般土	5	0.95
	干燥坚实黄土	5~7	0.94
注：1. 深层埋藏的潮湿胶土，开挖暴露后水分散失，碎裂成 2~5 cm 的小块，不易压碎，填筑压实后，有 5% 的涨余。 2. 胶结密实砂砾土及含有石量接近 20% 的坚实粉质黏土或粉质砂土有 3%~5% 的涨余。			

用原状土和压缩后的干土质量密度计算压缩率为：

$$\text{土的压缩率} = \frac{\rho - \rho_d}{\rho_d} \times 100\%$$

式中 ρ ——压实后的干土质量密度(g/cm³)；

ρ_d ——原状土的干土质量密度(g/cm³)。

另外，也可用最大密实度时的干土质量密度 $\rho_{\max}$ (g/cm³) 与压实系数 K 值计算压缩率：

$$\text{土的压缩率} = \frac{K\rho_{\max} - \rho_d}{\rho_d} \times 100\%$$

3. 原地面经机械压实后的沉陷量

原地面经机械往返运行，或采用其他压实措施，其沉降量(h)通常为 3~30 cm，视不同土质而变化，一般可用下列经验公式计算其沉降量：

$$h = \frac{P}{C}$$

式中 P ——有效作用力。铲运机(容量 6~8 m³)施工按 0.6 MPa 计算，推土机(100 马力^①)施工按 0.4 MPa 计算；

C ——土的抗陷系数(MPa)，见表 1-4。

表 1-4 各种不同原状土 C 值参考表

原状土质	C /MPa
(1)沼泽土	0.010~0.015
(2)凝滞的土、细粒砂	0.018~0.025
(3)松砂、松湿黏土、耕土	0.025~0.035
(4)大块胶结的砂、潮湿黏土	0.035~0.060
(5)坚实的黏土	0.100~0.102
(6)泥灰石	0.130~0.180

任务 2 土方开挖

一、场地平整

(一)场地平整的程序

场地平整的一般施工工艺程序：现场勘查→清除地面障碍物→标定整平范围→设置水准基点→设置方格网，测量标高→计算土石方挖填工程量→平整土石方→场地碾压→验收。

(1)施工人员应到现场进行勘查，了解地形、地貌和周围环境，确定现场平整场地的范围。

(2)平整前把场地内的障碍物清理干净，然后根据总图要求的标高，从水准基点引进基准标高，作为确定土方量计算的基点。

① 1 马力=735 瓦。

(3)应用方格网法和横断面法,计算出该场地按设计要求平整需挖和回填的土石方量,做好土石方平衡调配,减少重复挖运,以节约运费。

(4)大面积平整土石方宜采用推土机、平地机等机械进行,大量挖方用挖掘机,用压路机压实。

(二)场地平整的一般要求

(1)平整场地应做好地面排水。平整场地的表面坡度应符合设计要求,一般应向排水沟方向做成不小于 0.2% 的坡度。

(2)平整后的场地表面应进行检查,检查点为每 100~400 m 取 1 点,但不少于 10 点;长度、宽度和边坡均为每 20 m 取 1 点,每边不少于 1 点。

(3)场地平整应经常测量和校核其平面位置、水平标高和边坡坡度是否符合设计要求。平面控制桩和水准控制点应采取可靠措施加以保护,定期复测和检查。

(三)场地平整的土石方工程量计算

1. 方格网法

(1)求各方格角点的施工高度。

$$h_n = H_n - H$$

式中 h_n ——角点施工高度,“+”为填,“-”为挖;

H_n ——各角点的设计标高;

H ——各角点的自然地面标高。

(2)求“零点”,绘“零线”。在方格网内有挖填施工高度的边上求“零点”(即不挖也不填的点)。“零点”的位置按下式计算(图 1-1):

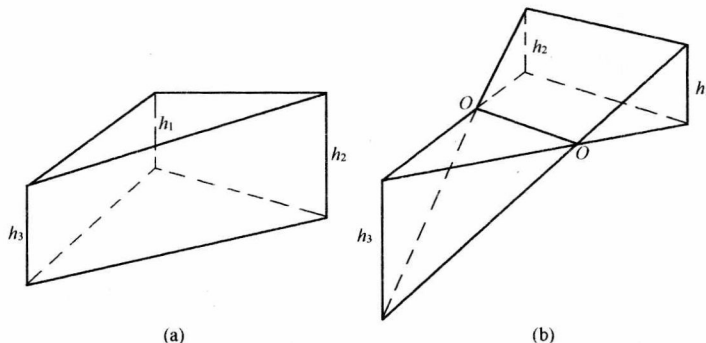


图 1-1 三角棱柱体的体积计算

(a)全填或全挖; (b)锥体部分为填方

$$X_1 = \frac{h_1}{h_1 + h_2} a \quad X_2 = \frac{h_2}{h_1 + h_2} a$$

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(m),均用绝对值;

a ——方格网的边长。

将相邻两“零点”连接起来,即为“零线”,它是填方区的分界线(图 1-1)。

(3)土方工程量计算。场区土方工程量的计算方法一般来说有两种,即三角棱柱体法和四角棱柱体法。

①三角棱柱体法。三角棱柱体法是沿地形等高线将每个方格的对角点连接起来划分为两个等腰直角三角形，每个三角形的三个角点的挖填施工高度用 h_1 , h_2 , h_3 表示。当三角形的三个角点全部为挖或全部为填时，如图 1-1(a)所示。

$$V = \frac{a^2}{6} (h_1 + h_2 + h_3)$$

式中 a ——方格边长(m)；

h_1, h_2, h_3 ——三角形各角点的施工高度(m)，用绝对值代入。

三角形三个角点有填有挖时，零线将三角形分成两部分，一个是底面为三角形的锥体，另一个是底面为四边形的楔体，如图 1-1(b)所示。其中：

锥体部分的体积为

$$V_{\text{锥}} = \frac{a^2 h_3^3}{6(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)}$$

楔体部分的体积为

$$V_{\text{楔}} = \frac{a^2}{6} \left[\frac{h_3^3}{(h_1 + h_3)(h_2 + h_3)} - h_3 + h_1 + h_2 \right]$$

式中， h_1, h_2, h_3 为三角形各角点的施工高度，取绝对值(m)，但 h_3 指的是锥体顶点的施工高度。

②四角棱柱体法。当划分方格为全挖或全填时(图 1-2)，其计算公式是根据中断面法的近似公式推导出来的，具体如下：

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

式中 V ——挖方或填方体积(m^3)；

h_1, h_2, h_3, h_4 ——方格四个角点的施工高度(m)；

a ——方格边长(m)。

如方格中部分是挖方、部分是填方(图 1-3)，则其体积公式为：

$$V_{\text{挖(填)}} = \frac{a^2 \left[\sum h_{\text{挖(填)}} \right]^2}{4 \sum h}$$

式中 $V_{\text{挖(填)}}$ ——挖方(或填方)的体积(m^3)；

$\sum h_{\text{挖(填)}}$ ——方格角点中挖方(或填方)施工高度的总和(均用绝对值相加)(m)；

$\sum h$ ——方格四个角点施工高度的总和(均用绝对值相加)(m)；

a ——方格边长(m)。

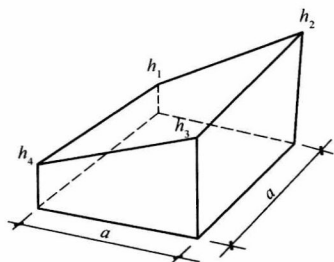


图 1-2 方格为全填或全挖

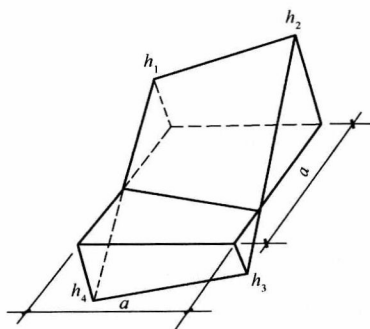


图 1-3 方格中部分为挖方、部分为填方

用“三角棱柱体法”和“四角棱柱体法”计算得到的土方量是不相同的，很明显，在场区竖向规划中“三角棱柱体法”更精确，虽然比较复杂，但因为计算机的发展，为这种方法的发展提供了广阔的空间。

2. 断面法

断面法适用于地形起伏变化较大的地区，或地形狭长、挖填深度较大又不规则的地区，计算方法较为简单方便，但精度较低。其计算步骤和方法如下。

(1)划分横断面。根据地形图、竖向布置或现场测绘，将要计算的场地划分若干个相互平行的断面；该断面尽可能垂直于等高线或主要建筑物的边长，各断面间的间距可以不等，地形变化复杂的地段其间距宜小，一般可用 10 m 或 20 m，在平坦地区可用大些，但最大不超过 100 m。

(2)画横断面图形。按比例绘制每个断面的自然地面和设计地面的轮廓线。自然地面轮廓线与设计地面轮廓线之间的面积，即为挖方或填方的断面，如图 1-4 所示。

(3)计算断面面积。按横断面计算公式计算每个断面的挖方或填方断面。

(4)计算土方量。根据断面面积按下式计算土方量：

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} L$$

式中 V ——相邻两断面间的土方量(m^3)；

A_1, A_2 ——相邻两断面的挖(+)或填(-)的断面面积(m^2)；

L ——相邻两断面的间距(m)。

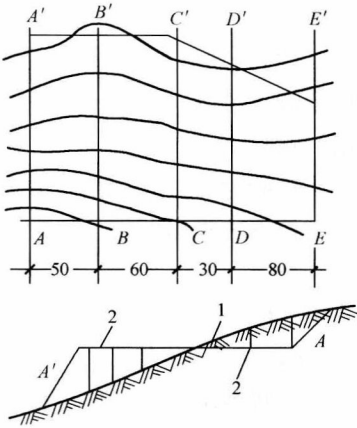


图 1-4 断面示意图

1—自然地面；2—设计地面

二、土方调配

1. 划分土方调配区

划分土方调配区应注意以下几点：

(1)调配区的划分应该与房屋和构筑物的平面位置相协调，并考虑它们的开工顺序、工程的分期施工顺序。

(2)调配区的大小应该满足土方施工用主导机械(铲运机、挖土机等)的技术要求，例如调配区的范围应该大于或等于机械的铲土长度，调配区的面积最好和施工段的大小相适应。

(3)调配区的范围应该和土方的工程量计算用的方格网协调，通常由若干个方格组成一个调配区。

(4)当土方运距较大或场区范围内土方不平衡时，可考虑就近借土或就近弃土，这时一个借土区或一个弃土区都可作为一个独立的调配区。

2. 计算土方的平均运距

调配区的大小及位置确定后，便可计算各挖填调配区之间的平均运距。当用铲运机或推土机平土时，挖方调配区和填方调配区土方重心之间的距离，即该挖填调配区之间的平均运距。因此，确定平均运距需先求出各个调配区土方的重心，并把重心标在相应的调配区图上，然后用比例尺量出每对调配区之间的平均运距即可。当挖填方调配区之间的距离

较远,采用汽车、自行式铲运机或其他运土工具沿工地道路或规定线路运输时,其运距可按实际计算。

3. 进行土方调配

(1)做初始方案。用“最小元素法”求出初始调配方案。所谓“最小元素法”,即对运距最小(C_{ij} 对应)的 X_{ij} , 优先并最大限度地供应土方量,如此依次分配,使 C_{ij} 最小方格内的 X_{ij} 值尽可能取大值,直至土方量分配完为止。需要注意的是,这只是优先考虑“最近调配”,所求得的总运输量是较小的,但这并不能保证总运输量最小,因此,需判别它是否为最优方案。

(2)判别最优方案。只有所有检验数 $\lambda_i \geq 0$, 初始方案才为最优解。“表上作业法”中求检验数 λ_j 的方法有“闭回路法”与“位势法”。“位势法”较“闭回路法”简便,因此这里只介绍用“位势法”求检验数。

检验时,首先将初始方案中有调配数方格的平均运距列出来,然后根据这些数字的方格,按下式求出两组位势数 $u_i (i=1, 2, \dots, m)$ 和 $v_j (j=1, 2, \dots, n)$ 。

$$C_{ij} = u_i + v_j$$

式中 C_{ij} ——本例中为平均运距(m);

u_i, v_j ——位势数。

位势数求出后,便可根据下式计算各空格的检验数:

$$\nu_{ij} = C_{ij} - u_i - v_j$$

如果求得的检验数均为正数,则说明该方案是最优方案,否则,该方案就不是最优方案。

(3)方案调整。

①先在所有负检验数中挑选一个(可选最小)。

②找出这个数的闭回路。做法如下:从这个数出发,沿水平或垂直方向前进,遇到适当的有数字的方格做 90° 转弯(也可不转),然后继续前进,直至回到出发点。

③从回路中某一格出发,沿闭回路(方向任意)一直前进,在各奇数项转角点的数字中,挑选出一个最小的,最后将它调到原方格中。

④将被挑出方格中的数字视为 0,同时,将闭回路其他奇数项转角上的数字都减去同样数字,使挖填方区土方量仍然保持平衡。

4. 绘制土方调配图

根据表上作业求得的最优调配方案,在场地地形图上绘出土方调配图,图上应标出土方调配方向、土方数量及平均运距,如图 1-5 所示。

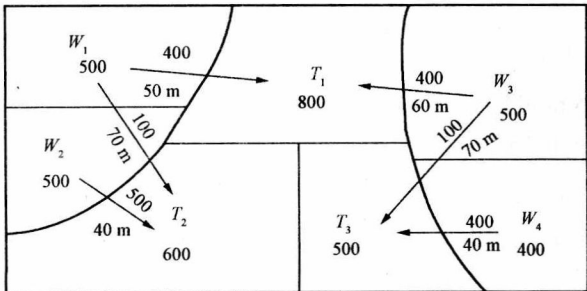


图 1-5 土方调配图