

园林建设管理丛书

YUANLIN JIANSHE GUANLI CONGSU

园林工程

(修订版)

梁伊任 王沛永 张维妮 编著



气象出版社

园林建设管理丛书

园 林 工 程

(修订版)

梁伊任 王沛永 张维妮 编著

气象出版社

图书在版编目(CIP)数据

园林工程/梁伊任等编者. -北京:气象出版社,1999.1

(园林建设管理丛书)

ISBN 7-5029-2562-7

I. 园… II. 梁… III. 园林-工程施工 IV. TU986.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 33996 号

内 容 简 介

园林工程是一门研究造景技艺的课程,其中心内容在于探讨如何在最大限度地发挥园林综合功能的前提下,解决园林中工程构筑物 and 园林景观的矛盾统一问题。课程的研究范畴包括工程原理、工程设计、施工技术和养护管理。既包括工程学的知识,也包括有关生物学的知识。根据园林兴建的一般工程程序,本课程相应包含土方工程(含园林用地的竖向设计)、园林给排水工程、水景工程、园路工程、假山工程、种植工程、园林机具和园林施工组织设计等九部分内容。本书主要供非园林专业的学生及园艺工作技术人员使用。

气象出版社出版

(北京市中关村南大街 46 号 邮编:100081)

责任编辑:方益民 终审:周诗健

封面设计:刘 扬 责任技编:陈 红 责任校对:方益民

* * *

北京市宏远兴旺印刷厂印刷

气象出版社发行 全国各地新华书店经销

开本:787×1092 1/16 印张:10.25 字数:256 千字

2001 年 3 月第 2 版 2001 年 3 月第 3 次印刷

印数:9001—15000 定价:20.00 元

出版说明

随着我国城市建设迅速发展及小城镇建设的长足进步,人民的文化水平及生活水平不断提高,人们的环保意识也不断加强,对环境的要求越来越高,环境绿化美化已成为人们的普遍要求。为了适应我国园林事业迅速发展的需要,我们自1992年始已举办了18期园林花卉函授班和6期园林规划设计及工程培训班,培养学生近万名。结合多年的函授教学及本院本、专科的教学及科研和生产经验,经《园林建设管理丛书》编委会研究决定,在原有《园林植物·营建·管理丛书》及《园林营建丛书》的基础上,修改编写了这套《园林建设管理丛书》。本丛书共有16册,包括:《园林树木学》、《园林生态学》、《园林苗圃学》、《园林植物病虫害》、《植物生物学》、《土壤肥料学》、《园林建筑》、《园林经济管理》、《测量学》、《花卉学》、《计算机辅助园林设计》、《园林景观设计》、《园林植物育种学》、《园林制图》(修订版)、《园林工程》(修订版)、《城市园林绿地规划》(修订版)。

这是目前国内一套较系统的园林科技丛书,它既包括了园林专业的基本知识、基本理论和基本技能,又有最新的应用技术和研究成果,内容翔实,文字精练,许多书中配有大量的黑白实物图及彩色照片,使其内容更加直观丰富。可供园林、城市森林、园艺等专业的科技人员参考,也可作为农林院校有关专业的教材。

本丛书由北京农学院园林系及北京林业大学园林学院有多年教学经验和实践技能的教师编写审定。在编写中参考了大量的国内外价值较高的图书文献,故本丛书的内容具有一定的先进性。考虑到学习的同志水平不一等情况,在编写中注意由浅入深,程度适宜,所以本丛书又具有一定的普及性。由于编写者的水平及篇幅限制,书中不足之处定有不少,请广大读者批评指正。

本丛书在出版过程中得到了气象出版社方益民同志的大力支持及协助,在此一并表示致谢。

《园林建设管理丛书》编委会
2001年1月

前 言

园林工程(Landscape engineering)是在中华人民共和国成立以后,为了适应我国城市园林和绿化建设发展的需求而诞生的一门课程,它主要是研究园林建设的工程技术,是园林、城市绿地和风景名胜区中除园林建筑工程以外的室外工程。包括地形改造的土方工程、园林筑山工程(如掇山、塑山、置石等)、园林理水工程(如驳岸、护坡、喷泉等工程)、园路工程、园林铺地工程、种植工程(包括种植树木、造花坛、铺草坪等)。它是一门研究园林工程原理、工程设计和施工养护技艺的学科,故称为“园林工程学”。它的任务是应用工程技术的手段来塑造园林艺术形象,使地面上的构筑物与园林景观融为一体。

根据园林兴建的程序,本课程包括土方工程、给水与排水工程、水景工程、假山工程、园林铺地工程、种植工程等六章节。这些内容与国外类似课程相比较,基本相似,但各有侧重不同,我们在教材中突出了中国园林的传统风格,以自然山水园中的山、水、路、石为重点,而欧美的课程教材中则突出了喷泉、人工水池及园林机械等内容。

从广义的意义上看,所谓的“工程”是指“将自然科学的原理应用到工农业生产部门去而形成的各学科的总称,这些学科是应用物理、数学、化学等基础科学的原理,结合在生产实践中所积累的经验而发展起来的,其目的是在于利用自然和改造自然而为人类服务”,而“园林工程”则不仅含有工科的内容,同时还含有生物学、生态学的内容,如种植工程就是一例。课程研究的中心内容是如何在综合发挥园林的生态效益、社会效益和经济效益功能的前提下,处理园林中的工程设施与风景园林景观之间的矛盾。研究的范畴包括工程原理、工程设计、施工技术和养护管理。

我国有着五千年的文明史,中国的古典园林不仅是中国人民的宝贵财富,同时也是世界园林艺术的瑰宝。我国历代的园林哲匠和手工艺人在数千年的园林兴造的实践中积累了极为丰富的经验。中国早在 2500 年以前的春秋战国时期已出现了人工造山,但当时只是为治理水患和兴修水利等需要而为之,不是为了造园。秦汉的山水宫苑则发展成为大规模挖湖堆山的土方工程,并形成了“一池三山”的传统程式,同时在水系疏导、铺地、种植工程等方面也有相应的发展。到了隋唐,则进入了园林的全盛期,各种水系、水景工程以及种植工程与园林艺术紧密结合,融为一体。明清时期的造园就更加成熟了,以北京的颐和园为例,其结合城市水系和蓄水功能,将原有与万寿山不相称的小水面扩展为山水相映的昆明湖,水系和园林景观融为一体,达到“虽为人作,宛自天开”的境界。

中国的古代园林不仅积累了丰富的实践经验,同时也总结了不断的精辟理论,如明代计成著的《园冶》,它专门总结了一些园林工程的理法,北宋沈括的《梦溪笔谈》、宋《营造法式》、明代文震亨著的《长物志》和《徐霞客游记》、清代沈复著的《浮生六记》等著作中都有涉及。

中华人民共和国成立以来,在园林工程方面得以长足的发展,各种新材料、新技术充分的运用到园林工程的施工技术中,大树移植、塑山、塑石等方面都有引人注目的经验,使园林工程的施工成为既有科学性,又将技术性和园林艺术相结合,致使中国的园林作品进入世界。

园林工程要求将园林艺术与市政工程融为一体,使之不仅有其实用性,更要求其周围的园林环境相协调。园林工程是一门实践性很强的课程,要求学生通过课堂讲授、课程设计、模型制作、现场教学等教学环节,将理论与实际相结合以完成本课程的学习。

本教材主要参考了北京林业大学孟兆桢、毛培琳、黄庆喜、梁伊任编著、由中国林业出版社出版的全国高等林业院校试用教材“园林工程”。书中还引用了一些已公开发表在其它书刊上的资料,除择要列于本书所列参考文献中并加以注明外,其余不一一列注,谨在此向有关作者致谢。

本教材主要是为非园林专业的学生所用。教材由梁伊任主编,其中第一、二、三章由王沛永、梁伊任编写,张维妮编写了第四章,第五、六两章则由梁伊任、王沛永编写。由于时间与水平所限,教材中难免有欠缺与不妥之处,望同仁与广大读者批评指正。

《园林建设管理丛书》编委会

主 任:刘克锋

副主任:赵祥云 贾 稊 石爱平 李金鸣 赵和文

编 委:(以姓氏笔画为序)

马晓燕	王沛永	王树栋	于建军	云其芳	石爱平
卢 圣	关雪莲	李 征	李金鸣	李月华	江幸福
刘克锋	刘建斌	刘悦秋	陈改英	陈新露	陈之欢
冷平生	肖 武	杨晓红	张红梅	张克中	张维妮
张祥平	郑 强	郝玉兰	柳振亮	侯芳梅	赵 群
赵和文	赵祥云	贾 稊	高润清	韩 劲	黄 凯
梁伊任					

目 录

出版说明

前言

第一章 土方工程	(1)
第一节 园林用地的竖向设计	(1)
第二节 土方工程量计算	(4)
第三节 土方的平衡与调配	(9)
第四节 土方施工	(12)
第二章 园林给排水工程	(28)
第一节 园林给水工程	(28)
第二节 园林喷灌	(35)
第三节 园林排水工程	(46)
第三章 水景工程	(55)
第一节 城市水系规划有关知识	(55)
第二节 小型水闸	(56)
第三节 驳岸与护坡	(58)
第四节 水池	(62)
第四章 园林铺地工程	(78)
第一节 园林铺地概述	(78)
第二节 园林铺地的功能	(79)
第三节 铺地设计	(82)
第四节 铺地施工	(96)
第五节 铺地照明	(101)
第五章 假山工程	(105)
第一节 假山概述	(105)
第二节 假山的功能作用	(105)
第三节 假山的材料与采运方法	(107)
第四节 置石与假山布置	(110)
第五节 假山的结构	(118)
第六章 种植工程	(128)
第一节 园林种植工程概述	(128)
第二节 乔灌木种植工程	(131)
第三节 大树移植	(135)
第四节 草坪工程	(145)

第一章 土方工程

大凡园筑,必先动土。动土范围很广,或凿水筑山,或场地平整,或挖沟埋管,或开槽铺路等。山水是中国园林的骨架,在园林建设中,首当其冲的工程就是地形的整理和改造。因为它牵涉面较广,工程量较大,工期也较长,所以是建园的主要工程项目之一。在满足设计意图的前提下,如何尽量减少土方的施工量,节约投资和缩短工期,这对整个建园工作具有很大意义。土方工程的设计应包括平面设计和竖向设计两方面。本章包含园林用地的竖向设计、土方计算和土方施工三个部分。

第一节 园林用地的竖向设计

竖向设计是指在一块场地上进行垂直于水平面方向的布置和处理。园林用地的竖向设计就是园林中各个景点、各种设施及地貌等在高程上如何创造高低变化和协调统一的设计,是规划设计各阶段的重要内容之一。在准备建设的地区原有地形的基础上,从园林的实用功能出发,对园林地形、地貌、建筑、绿地、道路、广场、管线等进行综合的竖向设计,统筹安排园内各种景点、设施和地貌景观之间的关系,使地上设施和地下设施之间、山水之间、园内与园外之间在高程上有合理的关系,使之成为新园林的骨架,对新园林的面貌起重要作用。竖向设计合理与否,不仅影响着整个公园的景观和建成后的使用管理,而且直接影响着土方工程量,和公园的基建费用息息相关。一项好的竖向设计应该是以能充分体现设计意图为前提,而其土方工程量最少(或较少)的设计。

一、竖向设计的内容

(一)地形设计

地形的设计和整理是竖向设计的一项主要内容。地形骨架的“塑造”,山水布局,峰、峦、坡、谷、河、湖、泉、瀑等地貌小品的设置,它们之间的相对位置、高低、大小、比例、尺度、外观形态、坡度的控制和高程关系等都要通过地形设计来解决。通过对地面不同坡度的连续变化处理,可以创造出丰富的地表特征,并进行空间的初步围合与划分。在进行地形设计时应控制土体的最大坡度,不同的土质有不同的自然倾斜角(见表 1-10)。山体的坡度不宜超过相应土壤的自然安息角。水体岸坡的坡度也要按有关规范的规定进行设计和施工。水体的设计应解决水的来源、水位控制和多余水的排放。公园地形设计应顺应自然,充分利用原地形,宜山则山,宜水则水。这样做可以减少土方工程量,从而节约工力,降低基建费用。多搞小地形,少搞或不搞大规模的挖湖堆山,也是节约土方量的办法。

(二)园路、广场、桥涵和其它铺装场地的竖向设计

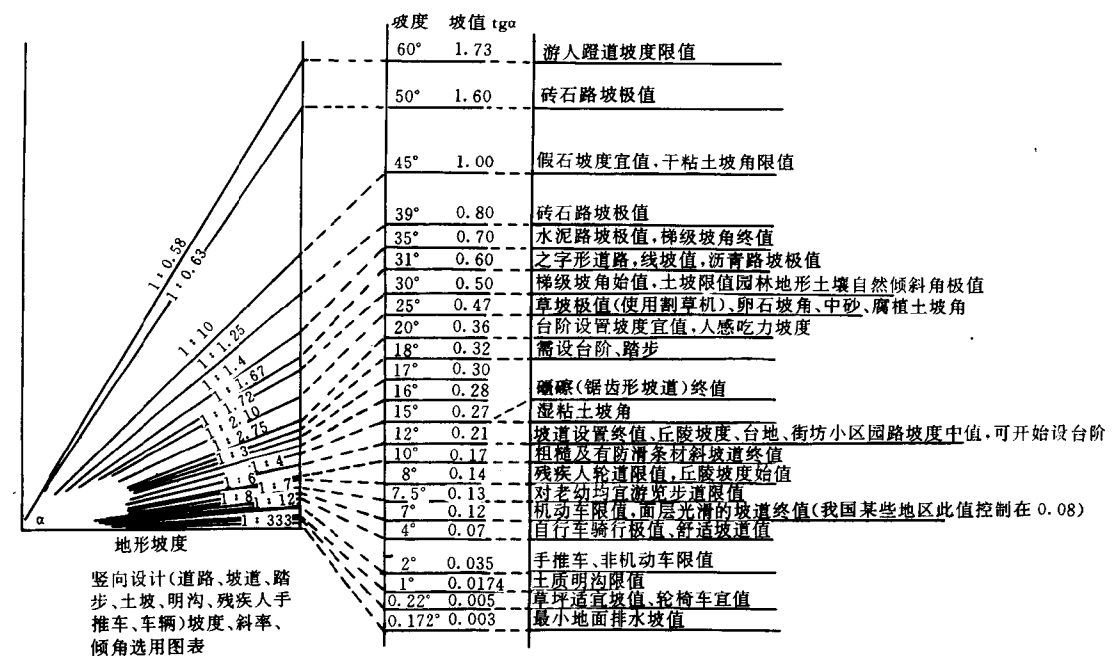
对园路、广场、桥涵和其它铺装场地进行竖向设计的目的是控制这些地区的地面坡度以满足其功能要求,图纸上应设计等高线表示出道路或广场的纵横坡和坡向、道桥联接处及桥面标高。在小比例图纸中则用变坡点标高来表示园路广场的坡度和坡向。园路除主路和部分次路,因运输、养护车辆的行车需要要求较平坦外,其余园路均可任其随地势蜿蜒起伏。尤其是山道,

应该在结合地形,利用地形、地物等方面多动脑筋,避免大挖大填,道路广场的设计除了满足其交通游览的目的外,还要考虑如何减少土方工程量。

(三)建筑和其他园林小品的高程

园林建筑的特点是形式多样,变化灵活,因地制宜地与地形结合。进行竖向设计时建筑和其它园林小品(如纪念碑、雕塑等)应标出其地坪标高及其与周围环境的高程关系,大比例图纸建筑应标注各角点标高。例如在坡地上的建筑,是随形就势还是设台筑屋。在水边上的建筑物或小品,则要标明其与水体的高程关系。园林中的建筑如能紧密结合地形,建筑体型或组合能随形就势,就可以在少动土方的前提下,获得最佳的景观效果。北海公园的亩鉴室、酣古堂,颐和园的画中游等都是建筑和地形结合的佳例。

表 1-1 竖向设计坡度、斜率、倾角选用表



(四)植物种植在高程上的要求

植物是构成风景的重要因素,现代园林的一个重要特征是植物造景,植物生长所需要的多变的生态环境对竖向设计提出了较高的要求。在进行竖向设计时应为不同植物创造不同的环境。植物对地下水很敏感,有的耐水,有的不耐水。例如雪松等,规划时应为不同树种创造不同的生活环境。对于水生植物种植,不同的水生植物对水深有不同要求,有湿生、沼生、水生等多种。例如荷花适宜生活于水深 0.6~1m 的水中。

在规划过程中,公园基地上可能会保留一些有价值的老树,其周围的地面依设计如需增高或降低,应在图纸上标注出保护老树的范围、地面标高和适当的工程措施。

(五)排水设计和管道综合

在地形设计的同时要考虑地面水的排除,园内各种管道(如洪水、排水、供暖及煤气管道等)的布置及它们和地面上的构筑物或园内乔灌木的关系都是竖向设计应考虑的内容,详见本书第二章第三节的有关内容。

二、竖向设计的方法

竖向设计的方法有多种:如等高线法、断面法、模型法等。以下简单介绍等高线法。

等高线法在园林设计中使用最多,一般地形测绘图都是用等高线或点标高表示的。在绘有原地形等高线的底图上用设计等高线进行地形改造或创作,在同一张图纸上便可表达原有地形、设计地形状况及公园的平面布置、各部分的高程关系。这大大方便了设计过程中进行方案比较及修改,也便于进一步的土方计算工作,因此,它是一种比较好的设计方法,最适宜于自然山水园的土方计算。应用等高线进行公园的竖向设计时,首先应了解等高线的基本性质。以下便讲述等高线的知识。

(一)等高线的概念

等高线以某个参照水平面为依据,用一组垂直间距相等、平行于参照水平面的假想面,与自然地貌相切所得到的交线在平面上的投影。给这组投影线标注上数值,便可用它在图纸上表示地形的高低陡缓、峰峦位置、坡谷走向及溪池的深度等内容。地形等高线图只有标注比例尺和等高距后才能解释地形。一般的地形图中只用两种等高线,一种是基本等高线,称为首曲线,常用细实线表示。另一种是每隔四根首曲线加粗一根,并标注高程,称为计曲线。

(二)等高线的性质

1. 在同一条等高线上的所有的点,其高程都相等。

2. 每一条等高线都是闭合的。由于园界或图框的限制,在图纸上不一定每根等高线都闭合,但实际上它还是闭合的。为了便于理解,我们假设园基地被沿园界或图框垂直下切,形成一个地块,没有在地面上闭合的等高线,都沿着被切割面闭合了。理解这一点对以后的土方计算是有利的。见图 1-1。

3. 等高线的水平间距的大小表示地形的缓或陡。如疏则缓,密则陡。

4. 等高线一般不相交或重叠,只有在悬崖处等高线才可能出现相交情况。在某些垂直于地平面的峭壁、地坎或挡土墙驳岸处等高线才会重合在一起。

5. 等高线在图纸上不能横穿过河谷、堤岸和道路等。由于以上地形单元或构筑物在高程上高出或低陷于周围地面,所以等高线在接近低于地面的河谷时转向上游延伸,而后穿越河床,再向下游走出河谷;如遇高于地面的堤岸或路堤时等高线则转向下方,横过堤顶再转向上方走向另一侧。

(三)用设计等高线进行竖向设计

用设计等高线进行设计时,经常要用到两个公式,一是用插入法求两相邻等高线之间任意点高程的公式。即:

$$H_x = H_a \pm \frac{x \cdot h}{L} \quad (1-1)$$

式中: H_x ——任意点标高; H_a ——位于低边等高线的高程; x ——该点距低边等高线的距离; h ——等高距; L ——过该点的相邻等高线间的最小距离。

其二是坡度公式,即:

$$i = h / L \quad (1-2)$$

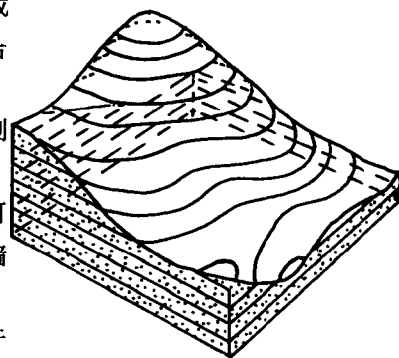


图 1-1 等高线在切剖面上闭合的情况

式中: i ——坡度(%); h ——高差(m); L ——水平间距(m)。

具体应用等高线法可以在设计中使陡坡变缓坡或缓坡改陡坡,也可以平整沟谷、削平山脊、平整场地等。因为在图纸上通过等高线间距的疏密来表示地形的陡缓,在设计时,如果高差 h 不变,可用改变等高线间距 L 来减缓或增加地形的坡度。缩短等高线间距使地形坡度变陡;反之,坡度减缓。如图1-2、1-3和1-4。

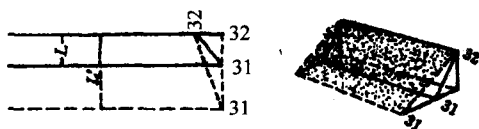


图1-2 调节等高线的水平距离改变地形坡度

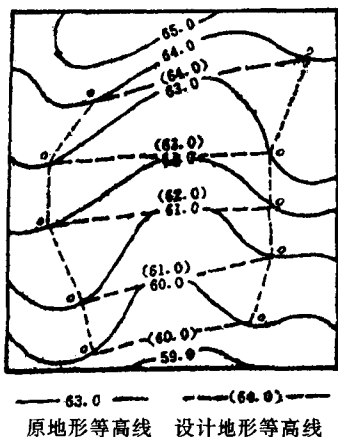


图1-3 平整沟谷的等高线设计

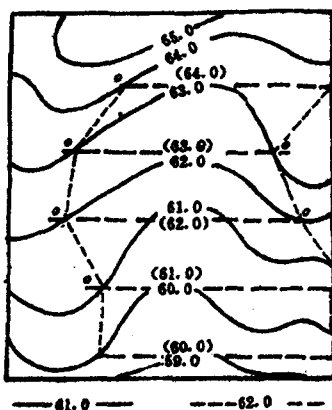


图1-4 削平山脊的等高线设计

第二节 土方工程量计算

土方工程是造园工程中的主要工程项目,特别是大的挖湖堆山、整理地形的工程。这些项目工期长,工程量大,投资大且艺术要求高。施工质量的好坏直接影响景观质量和以后的日常维护。通过进行土方工程的计算可以明确地了解园内各部分的填、挖情况,动土量的大小。对设计者来说可以修订设计图中的不合理的地方;对投资方来说可以根据计算的土方量进行预算,从而确定投资额;对施工方来说,计算所得的资料可以为施工组织设计提供依据,合理地安排人、财、物,做到土方的有序流动,提高工作效率从而缩短工期,节约投资。所以土方量的计算在园林设计工作中是必不可少的。

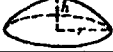
土方量的计算一般是根据附有原地形等高线的设计地形来进行的。就其精确程度可分为估算和计算。在规划阶段,土方量的计算无须过分精细,只作毛估即可。而在做施工设计时,土方工程量的计算则要求比较精确。

土方工程量计算的方法很多,常用的可大致归纳为以下三类:(1)用求体积公式估算;(2)断面法;(3)方格网法。

一、用求体积公式进行估算

在建园过程中,不管是原地形或设计地形,经常会碰到一些类似锥体、棱台等几何形体的地形单体,这些地形单体的体积可用相近的几何体体积公式来计算,表1-2中所列公式可供选用,此法简便,但精度较差,多用于估算。

表 1-2 用求体积公式估算土方量

序 号	几何体名称	几何体形状	体 积
1	圆 锥		$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h$ (1-3)
2	圆 台		$V = \frac{1}{3} \pi h (r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2)$ (1-4)
3	棱 锥		$V = \frac{1}{3} S \cdot h$ (1-5)
4	棱 台		$V = \frac{1}{3} h (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2})$ (1-6)
5	球 缺		$V = \frac{\pi h}{6} (h^2 + 3r^2)$ (1-7)
V —— 体积 r —— 半径 S —— 底面积 h —— 高 r_1, r_2 —— 分别为上下底半径 S_1, S_2 —— 上、下底面积			

二、断面法

断面法是用一组等距或不等距的互相平行的截面将拟计算的地块、地形单体(如山、溪涧、池、岛等)和土方工程(如堤、沟渠、路堑等)分截成段,分别计算这些段的体积,再将各段体积累加,以求得该计算对象的总土方量。用断面法计算土方量,其精度主要取决于截取的断面的数量,多则较精确,少则较粗。

断面法根据所取断面的方向不同可分为垂直断面法、等高面法(水平断面法)以及与水平面成一定角度的成角断面法。以下主要介绍前二种方法。

(一)垂直断面法

适于地形起伏变化较大地区,或者挖填深度较大又不规则的地区的带状地形单体或土方工程采用,计算较为方便。计算步骤如下:

1. 划分横断面

根据地形图、竖向设计图或现场测绘,将要计算的场地划分横断面 $S_1-S_1, S_2-S_2, S_3-S_3, \dots$, 划分原则为垂直等高线或垂直主要建筑物边长,各断面间的间距可以不等,一般可用 10m 或 20m,在平坦地区可用大些,但最大不大于 100m。

2. 划横断面图形

按比例绘制每个横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。见图 1-5。

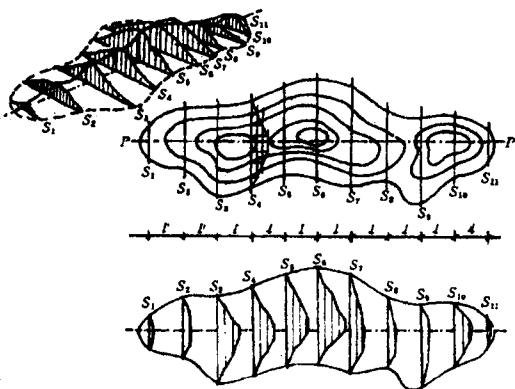


图 1-5 带状土山垂直断面取法

3. 计算横断面面积

- (1)积距法：按表 1-3 横断面面积计算公式计算每个断面的挖方或填方断面面积。
- (2)求积仪法：用厘米方格纸绘出横断面图后，用求积仪量出横断面的面积。

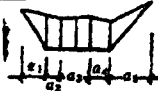
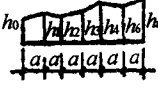
4. 计算土方量

根据横断面面积计算土方量

$$V = \frac{(A_1 + A_2)S}{2} \tag{1-13}$$

式中： V —— 相邻两横断面间的土方量(m^3)； $A_1、A_2$ —— 相邻两横断面的挖(或填)方断面面积(m^2)； S —— 相邻两横断面的间距(m)。

表 1-3 断面面积计算公式

横 断 面 图 式	断 面 积 计 算 公 式
	$A = h(b + nb)$ (1-8)
	$A = h\left[b + \frac{h(m + n)}{2}\right]$ (1-9)
	$A = b \frac{h_1 + h_2}{2} + \frac{(m + n)}{2} h_1 h_2$ (1-10)
	$A = h_1 \frac{a_1 + a_2}{2} + h_2 \frac{a_2 + a_3}{2} + h_3 \frac{a_3 + a_4}{2} + h_4 \frac{a_4 + a_5}{2}$ (1-11)
	$A = \frac{a}{2}(h_0 + 2h + h_n)$ (1-12) $h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$

5. 计算土方量

按表 1-4 格式汇总土方量。

表 1-4 土方量汇总表

截 面	填方面积 (m^2)	挖方面积 (m^2)	截面间距 (m)	填方体积 (m^3)	挖方体积 (m^3)
合 计					

(二)等高面法(水平断面法)

等高面法适合于大面积的自然山水地形的土方计算。等高面法是沿等高线取断面，由于园林设计图纸上的原地形和设计地形均用等高线表示，所以可用等高线所围合的面积为上底和下底，以等高距为二相邻断面的高计算土方量，计算方法同垂直断面法。

三、方格网法

在建园过程中，地形改造除挖湖堆山，还有许多大大小小的各种用途的地坪、缓坡地需要

平整。平整场地的工作是将原来高低不平、比较破碎的地形按设计要求整理成为相对平坦的具有一定坡度的场地,如:停车场、集散广场、体育场、露天演出场等等。整理这类场地的土方计算最适宜用方格网法。方格网法计算方法较为复杂,但精度较高,其计算步骤和方法如下:

1. 划分方格网

根据已有地形图(一般用 1:500 的地形图)将欲计算场地划分成若干个方格网,尽量与测量的纵、横坐标网对应,方格一般采用 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 或 $40\text{m} \times 40\text{m}$,将相应设计标高和自然地面标高分别标注在方格点的右上角和右下角。将自然地面标高与设计地面标高的差值,即各角点的施工高度(挖或填),填在方格网的左上角,挖方为(+),填方为(-)。

2. 计算零点位置

所谓零点是指不挖不填的点,零点的连线就是零点线,它是挖方和填方的分界线,因而零点线成为土方计算的重要依据之一。在一个方格网内同时有填方或挖方时,就一定有零点线存在,应先算出方格网边上的零点的位置,并标注于方格网上,连接零点即得填方区与挖方区的分界线(即零点线)。零点的位置按下式计算(图 1-6):

$$x = \frac{h_1}{h_1 + h_2} \times a \quad (1-14)$$

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(m)。

为省略计算,亦可采用图解法直接求出零点位置如图 1-6 所示,方法是用尺在各角上标出相应比例,用尺相接,与方格相交点即为零点位置。这种方法可避免计算或查表出现的错误。

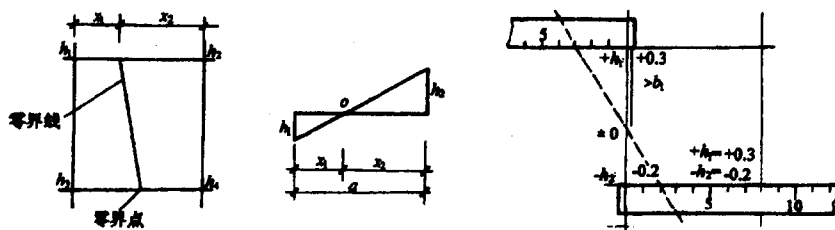


图 1-6 零点计算方法

3. 计算土方工程量

按方格网底面积图形和表 1-5 所列体积计算公式计算每个方格内的挖方或填方量。

4. 计算土方总量

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

【例 1-1】某工场场地方格网的一部分如图 1-7(a)所示,方格边长为 $20\text{m} \times 20\text{m}$,试计算挖填土方总量。

【解】(1)划分方格网

根据图 1-7(a)方格各点的自然地面标高和设计地面标高,计算方格各点的施工高度列于图 1-7(b)中,例如角点 5 的施工高度 $= 44.56 - 44.04 = +0.52\text{m}$,即该点挖去 0.52m ,其余类推。

表 1-5 方格网法土方量计算公式

项 目	图 式	计 算 公 式
一点填方或挖方 (三角形)		$V = \frac{1}{2}bc \frac{\Sigma h}{3} = \frac{bch_3}{6} \quad (1-15)$ $\text{当 } b = c = a \text{ 时, } V = \frac{a^2 h_3}{6} \quad (1-16)$
二点填方或挖方 (梯形)		$V_- = \frac{b+c}{2}a \frac{\Sigma h}{4} = \frac{a}{8}(b+c)(h_1+h_3) \quad (1-17)$ $V = \frac{d+e}{2}a \frac{\Sigma h}{4} = \frac{a}{8}(d+e)(h_2+h_4) \quad (1-18)$
三点填方或挖方 (五边形)		$V_+ = \left(a^2 - \frac{bc}{2}\right) \frac{\Sigma h}{5} = \left(a^2 - \frac{bc}{2}\right) \frac{h_1+h_2+h_4}{5} \quad (1-19)$
四点填方或挖方 (正方形)		$V = \frac{a^2}{4} \Sigma h = \frac{a^2}{4}(h_1+h_2+h_3+h_4) \quad (1-20)$

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程(m), 用绝对值代入; Σh —— 填方或挖方施工高程的总和(m), 用绝对值代入; 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。

(2) 计算零点位置

从图 1-7(b)中知, 8-13、9-14、14-15 三条方格边两端的施工高度符号不同, 表明在此方格

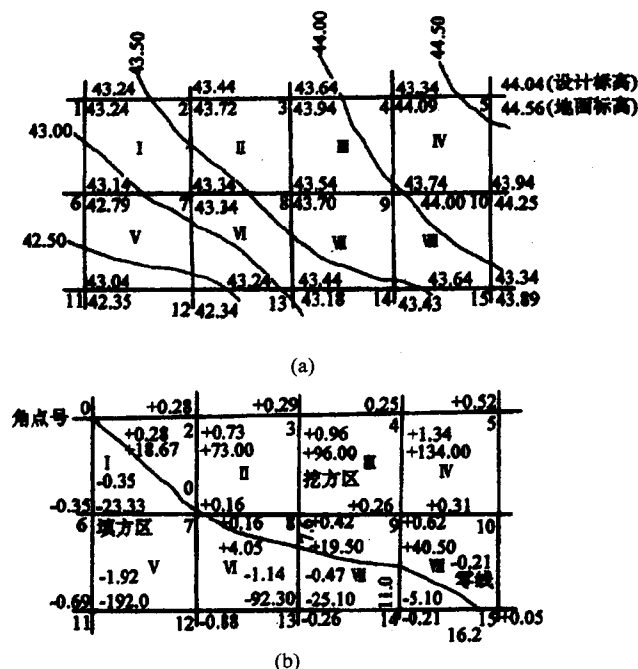


图 1-7 某公园局部土方量计算

边上有零点存在。由公式 1-14 求得如下：

8-13 线 $b = \frac{20 \times 0.16}{0.16 + 0.26} = 7.6\text{m}$

9-14 线 $b = \frac{20 \times 0.26}{0.26 + 0.21} = 11.0\text{m}$

14-15 线 $b = \frac{20 \times 0.21}{0.05 + 0.21} = 16.2\text{m}$

将各零点标于图上，并将零点线连接起来。

(3) 计算土方量

按表 1-5 所列公式计算各挖、填方区的土方量。填入表 1-6。

表 1-6 方格网计算土方汇总表
方格网实例计算

方格 序号	底面图形 及编号	施工高度 总和 Σh (m)	边长 b (m)	边长 c (m)	查表	$\Sigma h = 0.1\text{m}$ 时的 体积 V_1 (m^3)	体积 $V = \Sigma h \cdot V_1$ (m^3)
I	三角形 127	+0.28	20.0	20.0	11-53	6.667	+2.8 × 6.667 = +18.67
	三角形 167	-0.35	20.0	20.0	11-53	6.667	-3.5 × 6.667 = -23.33
I	正方形 2378	+0.73	20.0	20.0		(20 × 20) / 4 $\Sigma h = 100\Sigma h$	+0.73 × 100 = +73.00
II	正方形 3489	+0.96	20.0	20.0		100 Σh	+0.96 × 100 = +96.00
IV	正方形 45910	+1.34	20.0	20.0		100 Σh	+1.34 × 100 = +134.00
V	正方形 671112	-1.92	20.0	20.0		100 Σh	-19.2 × 100 = -192.00
VI	三角形 780	+0.16	20.0	7.6	11-53	2.53	+1.6 × 2.53 = +4.05
	梯形 712130	-1.14	20.0	12.4	11-52	$b + c = 32.4, V_1 = 8.1$	-11.4 × 8.1 = -92.34
VII	梯形 8900	+0.42	11.0	7.6	11-52	$b + c = 18.6, V_1 = 4.65$	+4.2 × 4.65 = +19.53
	梯形 013140	-0.47	12.4	9.0	11-52	$b + c = 21.4, V_1 = 5.35$	-4.7 × 5.35 = -25.15
VIII	三角形 0140	-0.21	16.2	9.0	11-53	2.43	-2.1 × 2.43 = -5.10
	五角形 0910150	+0.62	11.0	3.8	11-53	6.542	+6.2 × 6.542 = +40.56

注：土方数量前的符号“+”表示挖方，“-”表示填方，本表计算结果列于图 1-7(b)。

(4) 土方量汇总

全部挖方量： $EV_+ = 18.67 + 73.0 + 96.0 + 134.0 + 4.05 + 19.53 + 40.56 = 385.81\text{m}^3$

全部填方量： $EV_- = 23.00 + 192.0 + 92.34 + 25.15 + 5.1 = 337.92\text{m}^3$

第三节 土方的平衡与调配

计算出土方的施工标高、填区面积、挖填区土方量，并考虑各种变更因素(如土壤的可松性、压缩率、沉降量等)进行调整后，应对土方进行综合平衡与调配。土方平衡调配工作是土方规划设计的一项重要内容，其目的在于使土方运输量或土方运输成本为最低的条件下，确定填、挖区土方的调配方向和数量，从而达到缩短工期和提高经济效益的目的。进行土方平衡与调配，必须综合考虑工程和现场情况、进度要求和土方施工方法以及分期分批施工工程的土方堆放和调运问题。经过全面研究，确定平衡调配的原则之后，才可着手进行土方平衡与调配工作，如划分土方调配区，计算土方的平均运距、单位土方的运价，确定土方的最优调配方案。

一、土方的平衡与调配原则

(一) 挖方与填方基本达到平衡，减少重复倒运。