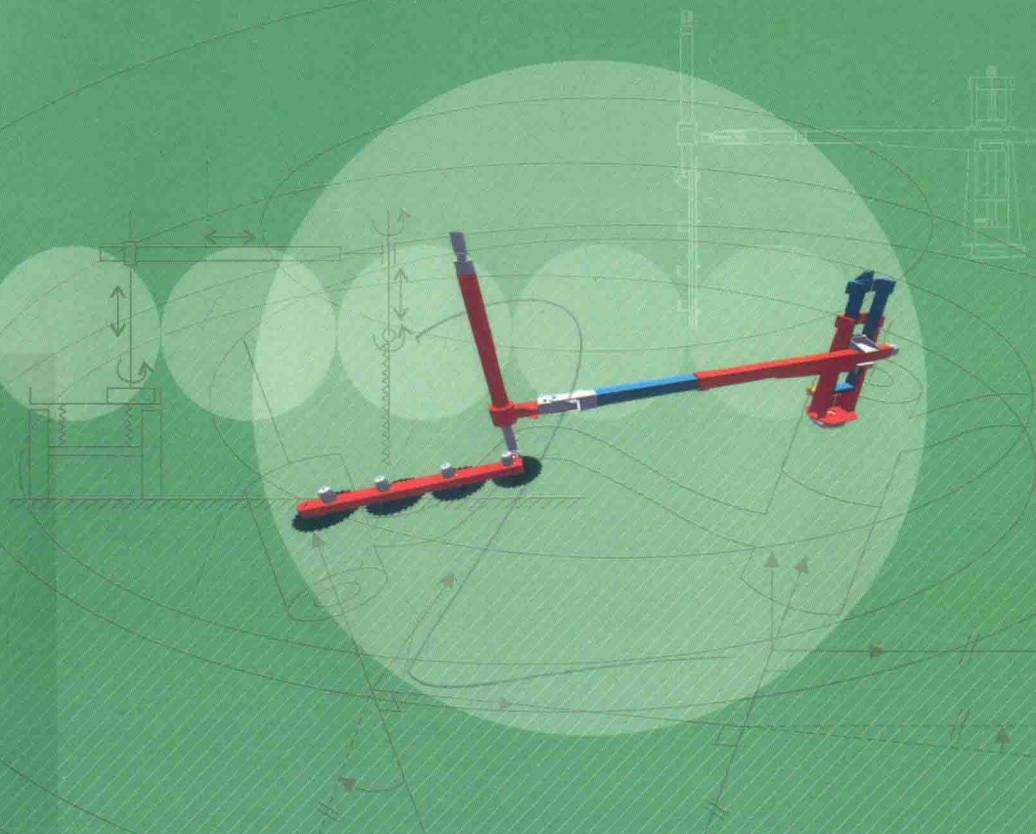


景观园林机械手 数字化设计方法

蒙艳玫 韦 锦 孙启会 肖利英◎著



科学出版社

景观园林机械手数字化设计方法

蒙艳玫 韦 锦 孙启会 肖利英◎著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书运用现代先进的虚拟样机技术,主要探讨机械手复杂空间曲线的轨迹规划和插补理论、动力学和运动学仿真分析与优化方法、修剪机械手关键零部件动态设计理论,以及机电系统“虚实结合”协调优化控制的方法等,形成较完整的园林修剪机械手的设计方法,并且在理论分析的基础上,提供园林修剪机整机制造与试验方案。

本书可供机械设计制造及其自动化、机电一体化等专业和领域的研究人员、工程技术人员阅读,也可作为本科生和研究生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

景观园林机械手数字化设计方法/蒙艳玫等著. —北京:科学出版社, 2018.5

ISBN 978-7-03-057070-3

I. ①景… II. ①蒙… III. ①园艺作物—修剪—机械手—研究
IV. TP241

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 071789 号

责任编辑:郭勇斌 肖 雷 / 责任校对:彭珍珍
责任印制:张 伟 / 封面设计:蔡美宇

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京中石油彩色印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 5 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2018 年 5 月第一次印刷 印张: 9 3/4

字数: 197 000

定价: 68.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序 言

复杂机电产品研发不仅需要多个领域的研究基础，也需要具备一定跨学科的整合能力。园林景观机械手的数字化设计与理论是当今的重要发展方向和实践课题，其包含着机械设计、计算机辅助设计、电子控制、嵌入式系统等一系列的研究，这无疑是需要多领域的相互融合。

目前国内尚无基于数字化理论的园林景观机械手研究和应用的书籍，蒙艳玫教授以园林景观自动化修剪造型的研究与设计为切入点，深入探讨了机构的创新设计、计算机辅助设计及嵌入式系统开发等在园林景观机械领域的融合。特别是以数字化的方法，系统科学的研究了园林景观机械手的设计及其应用。

该书内容与时俱进，可以使读者了解本行业的发展方向。该书从机器人学、ADAMS 的运动学与动力学、复杂机构设计及其有限元分析、嵌入式设计等多个方面进行了阐述，并通过“虚实结合”方式实现了复杂机电产品研发过程机械与电子控制有机结合，内容上体现出了基础性、科学性和先进性，是一本有特色的作品。

希望该书能够给读者很多灵感，从中受益，特别是学习、理解复杂机电产品设计的思维和感受基于“虚实结合”的数字化设计的强大生命力。



2018 年 4 月

前 言

目前我国每年用于市政建设、园林景观、生态恢复、道路绿化及维护等的总投资额已经超过 2000 亿元人民币,然而对高速公路、城市道路及公园小区绿化带和景观苗木的修剪造型,主要依靠工人使用各种手持式和背负式绿篱修剪机,操作者作业时一直处于持重状态,劳动强度大、维护成本高,并且工作时机器产生振动、噪声和废气,作业环境 and 安全性差,市场迫切需要全自动多功能绿篱苗木修剪机。

为实现绿篱苗木修剪造型的机械化,本书对此类修剪机械装备展开了系统研究,结合现代先进的虚拟样机技术探讨了园林机械手的设计理论和方法。

本书通过分析园林机械手工作过程和工作机制,研究机械手复杂空间曲线的轨迹规划和插补理论、动力学和运动学仿真分析和优化方法,探讨园林修剪机械手关键零部件动态设计理论,以及机电系统“虚实结合”协调优化控制的方法,形成一个较完整的园林修剪机械手的设计方法。同时将该理论方法应用于实际产品开发中,研发了一种能够实现对公路及园林圆柱状、圆锥状、球状绿篱苗木的平面、斜面、波浪面等进行自动化修剪的机械。修剪机由承载车和修剪机械手两部分组成,承载车可用各类卡车和拖拉机等,修剪机械手具有多个自由度,主要由旋转底盘、主升降机构、伸缩机构、旋转机构、刀具升降机构、刀具倾斜角度调整机构、修剪刀具和控制系统组成。旋转底盘固定安装在承载车上,底座固定安装在旋转底盘的上端面,大臂、后臂、前臂、小臂及刀架等依次串联安装,通过控制软件实现修剪造型过程实时在线插补、误差补偿和全自动控制,更换工作装置还可实现道路护栏和广告牌等的清洗及草坪的修剪。可以在驾驶室内进行修剪操作,也可以在车外通过无线手持控制器进行操作,各种修剪造型在设定修剪参数和对中后均由程序自动控制完成。

本书相关研究获得科技型中小企业技术创新基金项目“电动式多功能绿篱苗木修剪机”(11C26214505595)、广西科学技术厅科技攻关项目“电动式多功能绿篱苗木修剪机”(桂科攻 1103052),以及南宁市科技攻关项目“基于虚拟样

机的车载式多功能苗木修剪机研发”(2010003007A)等项目资助,申请发明专利45项,已获授权20余项。已成功研发了小型自走手推式、全自动前置车载式和全自动后置车载式3种机型,最大修剪范围:5m(高)×4.8m(宽),最大修剪速度5000m/h,产品通过农业部亚热带农机具产品质量监督检验测试中心产品检验,获得广西壮族自治区计量检测研究院产品校准证书,已开始小批量试产。

本书以基础理论研究为中心,针对性强,研究成果具有一定的实用性和理论参考价值。本书的主要内容以作者多年研究的成果为主,均为作者已发表或即将发表的研究资料。梁建治、韩旭、董振、唐治宏、胡玮等参与了第四、第五章部分内容的编撰工作,在此表示感谢。限于作者水平有限,研究还不够深入,疏漏之处难免,敬请读者批评指正。

作者

2017年10月

目 录

序言

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 景观园林修剪的作业特点	1
1.1.1 景观园林人工修剪作业模式	1
1.1.2 景观园林机械化修剪作业模式	2
1.2 景观园林机械发展动态	2
1.2.1 景观园林机械的发展趋势	2
1.2.2 自动化修剪机国内外的研究现状	3
1.3 园林机械设计开发理论现状	6
1.3.1 虚拟样机技术	6
1.3.2 园林机械虚拟样机开发技术的现状	6
1.4 园林机械手的性能要求	8
1.4.1 工作范围要求	8
1.4.2 作业功能要求	9
1.4.3 工作载荷要求	10
1.5 园林机械手设计方案	13
1.5.1 园林机械手的总体方案	13
1.5.2 园林机械手基本组成	14
第 2 章 园林机械手复杂曲面的运动学分析与轨迹规划	16
2.1 园林机械手运动学问题概述	16
2.2 改进 D-H 方法	17
2.2.1 D-H 方法介绍	17
2.2.2 改进的 D-H 方法连杆坐标系的描述	17
2.2.3 改进 D-H 方法的参数确定的齐次变换矩阵	18
2.3 园林机械手运动学方程的建立	19
2.3.1 园林机械手参数及其坐标系的建立	19

2.3.2 园林机械手正运动学方程	20
2.3.3 园林机械手逆运动学求解	23
2.4 园林机械手运动求解的 MATLAB 仿真分析	25
2.4.1 园林机械手 MATLAB 仿真模型	25
2.4.2 园林机械手运动学求解仿真	26
2.5 园林机械手修剪造型轨迹规划	30
2.5.1 轨迹规划概述	30
2.5.2 园林机械手空间分析	32
2.5.3 园林机械手笛卡儿空间轨迹规划	37
2.5.4 园林机械手各轴速度规划	44
2.6 基于 MATLAB 轨迹插补运算仿真	46
2.6.1 平面直线插补仿真	46
2.6.2 平面圆插补弧仿真	47
2.6.3 空间直线仿真	49
2.6.4 空间圆弧插补仿真	50
2.6.5 半球螺旋插补仿真	51
2.6.6 结果分析	52
第3章 园林机械手设计和仿真分析	53
3.1 园林机械手结构设计	53
3.1.1 刀具系统三维设计	53
3.1.2 升降机构的三维设计	53
3.1.3 伸缩机构的三维设计	54
3.1.4 过载保护机构的三维设计	55
3.1.5 机械手整机虚拟装配	56
3.2 基于 ADAMS 运动学和动力学仿真的原理	56
3.3 园林机械手造型运动轨迹仿真	57
3.3.1 基于 ADAMS 仿真环境的搭建	57
3.3.2 基于 ADAMS 运动学逆解仿真	58
3.3.3 基于 ADAMS 运动学正解仿真	61
3.4 园林机械手造型轨迹的动力学仿真	61
3.4.1 动力学仿真环境的设置	61
3.4.2 圆球轨迹动力学仿真	62
3.4.3 圆柱轨迹动力学仿真	64
3.4.4 圆锥轨迹动力学仿真	68
3.4.5 圆台造型动力学仿真	72

第4章 园林机械手关键零部件的有限元分析与优化	77
4.1 有限元分析原理	77
4.2 机械手底座有限元分析	77
4.2.1 机械手底座静力分析	77
4.2.2 机械手底座模态分析	80
4.2.3 机械手底座的优化	82
4.3 机械手手臂有限元分析	82
4.3.1 机械手手臂静力分析	82
4.3.2 机械手手臂模态分析	84
4.3.3 机械手手臂的优化	86
4.4 机械手刀架有限元分析	86
4.4.1 机械手刀架静力分析	86
4.4.2 机械手刀架模态分析	88
4.4.3 机械手刀架的优化	90
4.5 机械手本体有限元分析	91
4.5.1 机械手本体模型的建立与简化	91
4.5.2 机械手本体关键零部件模态分析与优化	92
第5章 园林机械手控制系统设计	95
5.1 机械手控制系统需求分析	95
5.1.1 机械手控制系统功能需求	95
5.1.2 机械手控制系统可靠性需求	96
5.2 机械手控制系统总体架构	96
5.2.1 总体控制方案	96
5.2.2 上位机系统设计	97
5.2.3 下位机系统设计	98
5.2.4 系统硬件平台搭建	99
5.3 机械手控制系统功能设计	100
5.3.1 矩阵键盘	100
5.3.2 图形用户界面	104
5.3.3 上、下位机通信设计	106
5.3.4 位置检测系统	111
5.3.5 控制信号检测	112
5.4 机械手造型程序设计	113
5.4.1 自动修剪半球形程序设计	114

5.4.2	自动修剪圆柱形程序设计	115
5.4.3	自动修剪圆锥形程序设计	116
5.5	园林机械手“虚实结合”试验研究	117
5.5.1	机械手“虚实结合”联机试验软件平台简介	117
5.5.2	机械手“虚实结合”联机试验原理	118
5.5.3	虚实实验系统搭建	118
5.5.4	园林机械手“虚实结合”虚实仿真实验	124
第6章	园林机械手整机制造与试验研究	127
6.1	园林修剪机整机布局方案分析	127
6.2	承载机构选用与分析	127
6.2.1	不同承载机构选用与分析	129
6.2.2	机械手后置承载机构设计	130
6.3	园林机械手关键零部件的设计与选型	131
6.3.1	旋转底盘选型及动力分析	131
6.3.2	伸缩机构动力选型及动力分析	132
6.3.3	过载防护机构的分析与优化	133
6.4	园林机械手样机制造	138
6.5	园林机械整机装配和调试	139
6.6	机械手的修剪试验	140
参考文献		142

第1章 绪 论

1.1 景观园林修剪的作业特点

1.1.1 景观园林人工修剪作业模式

景观园林人工修剪作业主要采用手持式和背负式等小型修剪机进行修剪，其中采用手持式的更多一些。通常采用二冲程汽油机作为动力。

小型修剪机工作过程中的操作也较为繁琐。设备启动前，操作人员应检查各零部件连接情况，尤其是刀片紧固螺钉、螺母。设备启动后，应低速运转 3~5 min，让汽油机充分预热；同时，适当加速以检查刀片的运转情况。设备使用时，操作人员应配戴手套、耳塞等必要的防护用品。为操作人员健康考虑，每次连续作业时间以 30~40 min 为限。进行作业时，应将油门加至 2/3 或全开，刀片高速运转时方可进行作业；不可长时间满负荷作业，以免机器过早磨损。水平作业时，刀片微倾 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ ；垂直作业时，采用圆周下摆、上下游动的方式进行作业。每次作业完毕后，用汽油将粘贴在刀片上的污垢洗掉，防止刀片缝隙间污垢堆积造成刀片生锈变形，甚至报废。每作业 20 h 左右，须给齿轮箱加注润滑油；每作业 25 h 清洗空滤器、火花塞；每作业 50 h 清理燃油滤头和火花塞；每作业 100 h 清理消声器。每次作业完毕，最好将油箱内的燃油倒出、化油器内的燃油用净，以免长期存放导致燃油产生氧化，产生黏物导致化油器堵塞。

人工修剪作业模式劳动强度大，效率低，噪声大，浪费能源，空气污染严重；手持式修剪机或绿篱机修剪的绿篱尺寸整齐性、美观性较差；人工修剪作业效率不高，如修剪一个直径约 1.2 m 的球状苗木的工作通常需要 2~4 人共同花费 5~10 min 完成，而修剪一棵高度达到 1.8 m 的圆柱状苗木，则需要搭建台架等，工作十分繁杂。人工修剪作业模式无法满足城市园林建设和公路绿化建设的发展需要。

1.1.2 景观园林机械化修剪作业模式

景观园林机械化修剪采用车载式的自动化修剪机进行修剪。修剪时,工作人员操控车辆的行进速度、方向,或者根据装备说明,在满足修剪条件且下达修剪命令后,对景观绿篱进行自动修剪造型。

机械化修剪代替人工作业,减轻了园林工作者的工作强度,提高了工作效率,减少了由人工修剪带来的交通安全和人身安全隐患,作业可靠性和安全性得到了保障。机械化装备通常能够实现一机多用和联合作业。一机多用指一种机器设备能够配备多种附件或工作装置,更换不同的附件可以调整对应的功能,完成不同的作业任务,提高了机器的利用率。联合作业指一种机器设备能够同时附带多种附件,可以同时完成多项作业任务,提高机器设备的劳动生产力及作业效率。机械化修剪在各个方面都比人工修剪具有优势,将成为未来景观园林修剪的主要方向。

1.2 景观园林机械发展动态

1.2.1 景观园林机械的发展趋势

随着城市园林建设和公路绿化建设的迅猛发展,景观园林机械产品的需求量增大,同时其质量也要向更高层次发展。景观园林机械产品也将朝人性化、环保化、自动化和智能化、一机多用等方向发展。

(1) 机械产品人性化。人性化的理念,使园林机械朝功能更强大、更丰富的方向发展,使机械化修剪能够更全面地代替人力作业,减轻园林工作者的工作强度,这与我国大力提倡的“以人为本”的思想更加契合。此外,园林机械还应不断提高其运行的可靠性和安全性。园林机械的人性化也使工人的劳动安全得到保障,如在西方国家,小型乘坐操纵坐骑式草坪修剪机已经逐步取代了步行操纵自走式草坪修剪机^[1]。

(2) 机械产品环保化。目前,全球共同关注的话题之一是环境保护。森林遭到大肆破坏、有毒有害气体大量排放、全球气温持续升高,人类赖以生存的地球已经不堪重负。目前普遍使用的园林机械多是采用以汽油或柴油作为动力燃料的二冲程内燃机,虽然其结构简单、重量体积比小,但是噪声大、废气排放严重,

并且由于多为露天作业,极易造成污染物的扩散。遭受污染的环境已经开始影响人们日常的生活,促使人们提高环保意识。各国政府也出台相关政策、法规,要求园林机械必须朝着节能环保的目标迈进^[2]。比如,近年来有许多园林机械已逐步采用四冲程汽油机代替二冲程汽油机,此外,新一代的低噪声、低污染的小型汽油机已经投放市场。机械产品的环保性能必将成为其质量、性能的重要评价指标之一。

(3) 机械产品自动化和智能化。21 世纪以来,园林绿化领域兴起的一大变革是以机械作业代替人工作业。因此,大型的家庭园林服务公司及城市绿化服务公司等应运而生,专为那些拥有家庭园林却没有时间进行管理的人群提供园林养护的服务。19 世纪末,割草作业主要通过人力手持剪刀进行,到了 20 世纪初,出现了具有自主动力且可骑坐的动力式割草机,目前,发达国家已经开始使用具有全天候工作能力的智能割草机器人。在追求高效率、低劳力、低成本的市场大环境下,各行各业都在不断地引入自动化及智能化的理念,并且已经逐步实现了自动化或半自动化,绿篱修剪作业也必然将经历从纯手工修剪到自动修剪或两者并存的历程。科技的进步能够促进生产力的解放,虽然目前国际上对园林机械智能作业的研究属于前沿领域,但是随着人们生活品质的追求的提高,人们对绿篱修剪作业的精准性和高效性要求也越来越高,对智能化园林机械的研发也已成为新世纪的研究热点之一。

(4) 机械产品一机多用。针对城市道路、小型园林和庭院的功能需求发展多功能机械产品,只需通过简单改装或加装工作部件即可实现不同功能,满足不同的作业需求。如丹麦 Nilfisk-Advance 公司生产的 2250 型多功能机器,既可以单独作为动力牵引机,又可以在前端加装绿篱修剪装置或割草装置以进行割灌或割草作业。此外通过换装铲斗、清洁装置,还可以实现铲雪、扫地等功能。实现一机多用可以减少资源的浪费,减少购买成本及维护成本等,对于提升产品的竞争力具有显著的意义。

1.2.2 自动化修剪机国内外的研究现状

1. 国内研究现状

我国的树木栽植与养护机械化起步于 20 世纪 50 年代,当时东北地区和内蒙古地区从苏联引进植树机进行造林作业。经过 60 年左右的发展,我国已经自行研

制并生产了一定数量的栽植与养护机械；但总体来看，截至目前机械化的比重还比较低，大部分作业仍靠手工完成，机械的类型和品种也不够丰富。树木栽植与养护作业，视栽植的树木大小、树种、地区和土地条件不同，作业内容有比较大的差异，所使用的机械类型和品种也不尽相同^[3]。目前普遍使用的专用机械类型有挖坑（穴）机、植树机、树木移植机、高枝修剪机和绿篱修剪机等。

大型自走式绿篱修剪机主要有车载式和臂架悬挂式两种，技术比较成熟的有以下 3 种机型：车载式绿篱修剪机、车载悬挂式绿篱修剪机和车载臂架悬挂式绿篱修剪机。其中，车载臂架悬挂式绿篱修剪机一般悬挂在小型拖拉机上，利用拖拉机的液压系统（也可用单独的液压系统）对臂架和工作装置进行控制^[4,5]。

车载式绿篱修剪机一般采用侧置方式安装在大型的车辆上，具有可以伸缩的液压臂，臂端装有可以往复运动的液压剪。车载式绿篱修剪机具有修剪效率高、极大改善劳动条件、减轻操作人员劳动强度等优点，但是必须有配套的专用车辆；而缺点是修剪机的使用时间短，因而机器使用率低，使用成本大幅度提高。车载式绿篱修剪机一般用于车辆可以方便到达的作业地点，如用于交通便利的道路边的绿篱修剪，这种设备通常都具有多种用途，可以完成运输、修剪、吊重等多项任务。车载臂架悬挂式修剪机在欧洲一些国家使用较多，可以用来完成一般的修剪设备无法完成的超高、超大的树木的修剪作业，还可以根据需要，大范围地调整切割器的高度，甚至可以下放到地面，用于修剪绿篱和地面的杂草。

随着我国园林事业的发展，现已研制出多种园林机具。国内在车载式绿篱修剪机发展方面，其中承载车以卡车为主。这些机具虽能基本满足园林绿化的需要，但品种尚不齐全，选择余地较小，和国外先进产品相比，在性能上还存在一定差距^[6]。

2. 国外研究现状

在园林绿化中，树木栽植与养护是劳动强度比较大的作业，其机械化起步比较早。20 世纪初，在欧洲和北美地区开始出现植树机，但由于机器笨重，发展速度缓慢。进入 20 世纪 50 年代，随着内燃机技术的成熟和轻量化，树木栽植和养护机械得以快速发展。截至目前，发达国家的树木栽植与养护已全部实现了机械化作业，生产和使用的机械品种和类型都比较齐全。

绿篱和枝桠修剪主要使用绿篱修剪机和高枝修剪机。绿篱修剪机有汽油机作动力的，也有电动的，切割机械以往复式为多，日本的小松、德国的 STIHL、瑞

典的 HUSQVARNA 等公司均有生产各种不同规格的便携式绿篱修剪机^[7]。臂架悬挂式绿篱修剪机在欧洲比较广泛使用。还有一种车载臂架悬挂式绿篱修剪机^[8]，它一般装在拖拉机上，由切割装置和液压起重臂组成。切割装置安装在起重臂臂架末端，因此有比较大的机动性，伸距可达 7 m，可以修剪高度或宽度比较大的绿篱，如绿墙、绿篱和灌木丛等。

便携式绿篱修剪机是目前使用广泛的机型。美国 RYOBI 公司生产的 HT 系列电动绿篱修剪机有 3 个型号，即 HT816R、HT818R 和 HT822R，都使用工频交流电动机，其中 HT822R 型功率 348 W，重量 2.7 kg，修剪枝条最大直径 9.5 mm。HUSQVARNA 公司生产的 600HEL 型绿篱修剪机，功率 600 W，重量 3.3 kg，修剪枝条直径 1.4 cm，割幅 55 cm。德国 STIHL 公司生产的锯链导板式高枝修剪机，功率 0.9 kW，重量 6.7 kg，装在伸缩杆上可用于修剪高度或宽度比较大的绿篱、绿墙、灌木丛。我国生产的 LJ3 型便携式绿篱修剪机由二冲程汽油机驱动，功率 1.85 kW，切割装置为双刀片往复式，每分钟往复 1 918 次，修剪枝条直径 1.5 cm，割幅 50 cm，重量 8 kg。

德国的绿篱修剪机的研制技术在全球处于领先地位。在修剪机承载车方面，德国 Ducker 公司生产的 AWS22、AWS13 及 TMK10 型绿篱树木修剪机在拖拉机或卡车的前方设置带有万向轮的承载机构用以承载机械臂，并且机械臂可以左右移动用以扩大修剪机械臂的作业范围。将装在机械臂末端的往复式切割装置更换为剪草装置后，还可以用于草地修剪，实现了一机多用，如图 1-1 所示。



图 1-1 TMK 10 型绿篱树木修剪机

1.3 园林机械设计开发理论现状

1.3.1 虚拟样机技术

虚拟样机技术 (virtual prototyping, VP) 是建立和应用虚拟样机的技术。它将先进的信息技术与系统设计、建模、分析、仿真、制造、测试及后勤保障相结合, 以支持系统生命周期的开发过程。在概念内涵上, 它是一种新的设计理念和设计方法; 在知识层面上, 它是多学科和多领域技术的交叉和集成, 涉及 CAD/CAE、并行工程、虚拟现实、计算机支持的协同工作 (computer supported cooperative work, CSCW)、逆向工程、人工智能、计算机仿真和分布式计算等技术的综合应用。

在常规的产品开发过程中, 物理样机模型用来验证设计思想、选择设计产品、测试产品的可制造性和展示产品。虚拟样机要替代物理样机, 首先至少要具备上述功能。由此, 虚拟样机应该可以用来测试产品的外形和行为, 并且可以用来进行一系列的研究。另外, 物理样机可“使人对一个产品有一种感观的评价”, 如颜色、外形、美学特性、触觉和舒适性等。要替代物理样机的这些特性, 虚拟样机技术应该包含人和产品的交互。因此, 基于虚拟样机技术对园林机械产品进行开发, 可缩短开发周期, 减少物理试验成本, 并且提高设计质量。

1.3.2 园林机械虚拟样机开发技术的现状

1. 自动化园林机械的基本组成

自动化园林机械一般由行走机构、承载机构和执行机构组成。

行走机构可使用现有或经过简单改装的车辆制成。行走机构的动力系统除了为整机行走提供动力, 还可通过机械耦合装置、液压泵、发电机等设备给承载机构及执行机构提供动力。

承载机构为行走机构与执行机构的额外附加承力机构, 不仅承受整机的重力和执行机构重心偏置引起的侧向力矩, 而且在修剪作业中还承受执行机构往复运动惯性力引起的侧向力矩。承载机构既要使得修剪机在快速转场时能够充分利用行走机构的悬架装置的悬架以确保行驶平顺性和操纵稳定性, 又要在作业过程避

免悬架、轮胎的变形影响修剪的效果。

执行机构一般为具有多个自由度的机械手。机械手结构主要由旋转底盘、主升降机构、伸缩机构、旋转机构、刀具升降机构、刀具倾斜角度调整机构、修剪刀具和控制系统组成。机械手机构控制系统的作用是根据上位机发出的控制指令对机械手结构本体进行控制,完成园林景观造型的各种动作。

2. 园林机械手虚拟样机开发关键技术

园林机械手虚拟样机的开发与实施涉及许多相关研究领域与关键技术,如系统总体技术、一体化建模技术、协同设计技术、协同仿真技术、管理技术、集成环境技术(包括环境仿真模型、环境效应的模拟、虚拟现实 VR 技术和支撑平台/框架技术)等。

(1) 虚拟样机系统总体技术

虚拟样机系统总体技术从全局出发,解决涉及系统全局的问题,考虑构成虚拟样机系统的各部分之间的关系,规定和协调各分系统的运行,并且将它们组成有机的整体,实现信息和资源共享,实现总体目标。

(2) 虚拟样机一体化建模技术

虚拟样机是不同领域 CAX/DFX 模型、仿真模型与 VR/可视化模型的有效集成与协同应用。因此,实现虚拟样机技术的核心是对这些模型一致、有效地描述、组织/管理和协同运行。

(3) 虚拟样机协同设计技术

虚拟样机的开发建立在多种学科的建模与设计基础之上,是一个多学科协同运用的设计过程。从本质上讲,它属于一类典型的 CSCW 应用。它从时间/空间上可以分为 3 类,即同步、分布式同步、异步。同步即设计者在同一时间、同一地点进行协同设计,如会议室、电子黑板等;分布式同步是在同一时间、不同地点进行协同设计,如共享 CAD、视频会议系统等;异步则是不同时间、同一地点的协同设计,如文件管理、公告版等。

(4) 虚拟样机协同仿真技术

大型复杂产品,如汽车、铁路车辆等,通常是一个复杂的大系统,由成千上万个零部件、子系统组成,而每一个零部件、子系统自身可能又是由其他零部件组成的复杂系统。复杂产品通常涉及机械、控制、电子、液压、气动、软件等多个学科领域。这些不同学科领域的零部件、子系统相互作用,作为一个有机的整体,向人