

基于物联网的现代设计方法在农业装备设计中的应用

李岩磊^{1,2},白鹏^{1,2},张晓辉^{1,2},姜红花^{3*}

1. 山东农业大学机械与电子工程学院, 山东 泰安 271018

2. 山东省园艺机械与装备重点实验室, 山东 泰安 271018

3. 山东农业大学信息科学与工程学院, 山东 泰安 271018

摘要: 通过分析农业装备开发面临的严峻形势, 提出了现代设计机械理论与方法及其体系结构。通过分析现阶段现代机械设计理论与方法学的研究现状, 重点论述了智能优化设计、计算机辅助工业设计技术(CAID)、有限元分析方法、可靠性设计、机械状态监测技术、智能化技术、数据处理等现代设计方法的特点及其在农业装备中的应用。

关键词: 物联网; 现代设计方法; 农业装备; 优化设计; 有限元

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2016)02-0269-05

Application of Modern Design Method Based on Internet of Things in Agricultural Equipment Design

LI Yan-lei^{1,2}, BAI Peng^{1,2}, ZHANG Xiao-hui^{1,2}, JIANG Hong-hua^{3*}

1. College of Mechanical and Electronic Engineering/Shandong Agricultural University, Taian 271018, China

2. Shandong Provincial Key Laboratory of Horticultural Machinery and Equipment, Taian 271018, China

3. College of Information Science and Engineering/Shandong Agricultural University, Taian 271018, China

Abstract: This paper proposed a modern design theory & methods and physical architecture through analyzing the serious situation faced by the agricultural equipment development. It analyzed the present research situation of modern mechanical design. The intelligent optimizing design, computer aided industrial design (CAID), finite element analyzing method, the reliability design, mechanical state monitoring technology, intelligent technology, data processing etc were introduced in this paper. Their characteristics and applied prospects in agricultural equipment design were discussed, too.

Keywords: Internet of Things; modern design method; agricultural equipment; optimizing design; finite element

随着计算机技术、物联网技术的发展, 农业装备更新换代的周期日益缩短。在经济全球化的环境下, 机械制造业的竞争本质上是产品设计的竞争。我国生产农业装备的企业, 普遍存在生产成本高、新产品开发周期长等问题, 远远落后于欧美发达国家, 虽然改革开放后取得了很大进展, 但机械设计整体上仍处于较低的水平^[1]。我国工业严重依赖进口, 进口装备约占 GDP 的 10%^[2], 而且高价引进的部分装备不适宜国内实际情况, 造成严重的浪费。因而, 加大机械产品现代化设计理论方法研究力度, 加快开发研制独占性技术的新产品是必要要求。

1 现代机械设计方法理论

现代设计方法相比较于传统设计方法, 是动态的、科学的、计算机化的方法, 其实质是科学方法论在设计中的应用。将现代设计方法应用到机械设计中, 即为现代机械设计方法^[3]。本体论、相似论和系统论构成完整的理论体系, 其通用性、普适性和互补性强, 对现代设计方法形成有力支撑。从产品设计过程来看, 完整的广义设计体系包括产品规划、概念设计、技术设计、施工设计和服务设计等环节。随着技术的快速发展、社会的不断进步, 产品实现人性化设计是不可阻挡的趋势。比如, 在农机产品设计过程中, 结合人机工程学开发良好的操作界面, 在驾驶室中安置显示屏、电子仪器等智能装备, 使得驾驶人员操作方便且提高了安全性^[4,5]。

现代机械设计方法理论具有创新性、系统性、动态性、前瞻性、多学科理论和技术的交融性、最优化等特点, 以设计出功能全、成本低、性能好且符合环保概念的新产品为最终目的^[6]。

2 优化设计

收稿日期: 2015-01-04

修回日期: 2015-01-20

基金项目: 山东省现代农业产业技术体系棉花创新团队农业机械岗位专家资助(SDAIT0701110)

作者简介: 李岩磊(1989-),男,山东滨州人,硕士研究生,研究方向为机械工程. E-mail:937634686@qq.com

*通讯作者: Author for correspondence. E-mail:j_honghua@sdau.edu.cn

优化设计是从多种方案中选择最佳方案的设计方法,具有降低成本,缩短设计周期,提高设计水平的作用。国外优化设计基本理论方法非常成熟,在实际中已广泛应用并发挥效益。我国对优化设计研究起步较晚,相关理论及技术与国外相比存在较大差距。

机械系统动态优化设计以合理的物理—数学建模为前提,考虑多变量动态特性,运用现代设计工具,使设计更加科学、逻辑^[7]。由于系统组成和结构比较复杂,影响因素比较多样,如何建立整个系统的优化方法是科技界关注的热点。

基于模糊理论的相似优先比法,从众多有效解中选出最有效解,可明显降低人为因素的干扰,且随着目标函数个数的增加和有效解的个数增多时,更能显出该方法的优越性^[8]。山东农业大学张晓辉教授等提出集成基于相关向量机RVM、多目标遗传算法GA和模糊推理技术的多目标动态优化设计方法,优化气流辅助式喷杆喷雾机的风助风筒的结构设计。为增加辅助气流的减飘和穿透能力,通过流体动力学仿真获取反映风筒结构动态响应特性的样本数据集,由稀疏RVM学习过程辨识,给出了基于计算流体力学CFD分析的4个目标和3个性能约束。结合多目标遗传算法,通过NSGA-II算法寻优出Pareto最优解集。物理样机试验证明优化的风助风筒的出口速度和速度均匀性,可改善其雾滴输送能力,实现了耗气量小、高效和风速变异小的结果^[9]。

机械产品广义优化设计要达到复杂机械设计对优化效率的苛刻要求,辽宁省农业机械化研究所利用Inventor对1S-2型深松铲柄进行建模,并定义材料和进行有限元分析,实现了快速优化设计,得到满意的深松铲柄设计模型,使设计者摆脱了繁琐的校核工作^[10]。目前,在非数值优化与数值优化的结合、人类智能与人工智能的结合、多机并行分布式优化中协同求解等关键问题上尚待深入研究。

3 计算机辅助工业设计技术

计算机辅助工业设计(Computer Aided Industrial Design) CAID以保证产品造型质量为前提,将产品功能和形式二者的关系协调好,实现人机一体化的智能集成设计体系。三维参数化CAD存储了设计的整个过程,通过变动某些约束参数值来更新设计及控制设计结果,为多种方案的设计和比较提供了有效手段,保证了产品外造型的延续性^[11]。人机对话CAD可及时有效地实现CAD技术与优化、有限元等现代设计理论方法作用的结合,构建三维实体模型,并进行虚拟装配和机构分析、动力学分析、动态干涉检查、有限元应力分析等^[12],实现专用化、集成化,大大缩短了产品的设计周期,提高了产品的设计质量^[13,14]。基于特征设计的CAD/CAE/CAM技术已广泛应用于农业机械的设计、制造、加工等。我国科研人员采用三维CAD设计复杂曲面较多的农业机械零部件^[15]。

现代CAD技术正向网络化、智能化、标准化、可视化等方向发展。智能CAD系统利用Web机制,采用动态导航技术,建立知识设计仓库,解决了产品设计中对知识的需求问题。将ICAD技术(智能技术)应用到农业机械设计中^[16],可明显提高产品设计水平和效率,降低劳动强度。对于功能和结构并不复杂的农业机械,可采用变量设计技术和参数设计技术^[17],如有些企业采用Ansys、Dynamic Designer、Edge CAM等第三方产品进行工程分析和辅助制造。随着概念设计理论和技术、协同技术、网络技术的成熟和发展,机械设计制造业将向全数字化设计和制造应用方面发展。

4 绿色设计

探索资源节约和优化利用是当前大力发展制造业的有效途径,设计、制造、使用维修和回收再利用等产品全过程均影响节约型机械产品创新设计。因此要考虑将人机工程学、消费心理学等学科应用到产品的绿色设计(Green Design)和研究产品资源消耗模型、能量消耗的控制模型、计算机优化设计的资源节约的设计^[18]。

我国的农业机械制造业存在的问题有:一是资源和能源不能得到优化利用,造成浪费;二是资源的回收与再利用没有得到应有的重视;三是企业对废弃物处理消极,对治理污染不加重视;四是未能综合考虑面向环保的诸多环节的设计,阶段性与实践性未能相结合。

在产品设计时尽量采用容易分解的材料,要尽量减少工业“三废”的排放。绿色选型设计要加快开发新能源发动机,研制新型装备,降低对能源的大量需求并将VR/可视化技术应用到设计环节^[7]。

要重视研发适应农业可持续发展的新型农业机械,以及农业生产过程中的废弃物再利用与处理设备。如发展起垄双条分层施肥机械、打顶抑芽消毒机械、残秆处理机械和复合联合作业机械等。

5 有限元法

有限元法能够设计分析结构的力学问题,随机理论、结构拓扑理论等已引入其中,目前已应用到振动、热传导、流体力学等诸多领域。有限元法对复杂结构的静态分析和动态分析已发展得比较成熟,正向断裂力学分析、疲劳分析方向发展^[19]。

有限元法高效、灵活、通用,易于掌握,应用有限元法进行结构的自动设计,在当前结构设计中发展的相对成熟。山东农业大学张晓辉教授研制的葡萄园立体喷杆风送式喷雾机^[20],使用Pro/MECHANICA有限元分析软件对机架结构进行了分析,使用FLUENT流体仿真软件对气流流场进行了模拟,使整机结构更加可靠。农业部南京农业机械化研究所胡进鑫对R175A-8柴油机曲轴进行了有限元分析,曲轴的材料最终选用QT700-2,明显降低了生产成本^[21]。浙江理工大学的赵匀等利用有限元分析软件ANSYS对水稻插秧机车架进行了有限元分析,经过优化,车架质量得到极大提高^[22]。将有限元分析方法应用到其他农业机械的分析中,可为农业机械的设计和改良提供更为准确的理论依据。

机械设计部门可根据产品设计的需要,利用网络技术、可视化技术和高性能数据库技术等信息处理技术及网络中各种典型程序,将一些常用计算方法、图表等编成专用程序,建立有限元分析远程服务系统。常用的计算数学内容有:方程求根、代数插值、数值微积分和曲线拟合等。

6 可靠性设计

可靠性设计是一门应用概率论与数理统计方法确定构件在一定可靠度下安全寿命的学科,机械产品的可靠性可实现对零件、机器、系统的工作可靠性进行预测。主要研究内容有质量控制方法学、可靠性预测模型、试验设计^[19],应系统掌握常用材料性能的概率分布规律、典型零部件的载荷概率分布规律及失效概率。

机械零部件在工作中受到的破坏主要为疲劳破坏。近年来,各国广泛使用了电子计算机控制的电液伺服疲劳实验设备进行各种波形的程序疲劳实验。如波兰华沙工程机械研究院对装载机进行了疲劳强度试验,并进行样机模拟试验,发现了各个部件或整机的薄弱环节,通过动态分析测定了其振动特性^[23]。

为保证农业机械的可靠性,所研制的农业机械应能适应季节性强、施工周期短、施工条件差等要求。如在沿海地区多为盐碱地,土壤对设备的腐蚀较严重,必须考虑到这一因素。精密播种机的特殊性决定了可靠性的特殊性。在我国,农民的购买力低下,播种机的价格应在其能接受的水准上,所以价格也是影响播种机可靠性的因素。简化系统的结构,提高单元的可靠度,可提高精密播种机的可靠度^[24]。

结合农机特点且要考虑到疲劳影响因素很多,通过疲劳寿命可靠性研究及结构疲劳模拟试验来检验其可信程度,可提高农机结构的使用寿命和可靠度。提高农机产品使用寿命和可靠性需要全社会整体技术、管理水平的提高^[25]。

7 机械设备状态监测技术

物联网技术的快速发展及应用,为机械系统的状态检测带来了新的思路和活力。将物联网技术引入可监测性设计理论,研究基于物联网条件下的可监测性设计理论体系和关键应用技术,以实现历史数据收集、网络信息抓取和物联网实时采集等功能。如物联网的母猪养殖机械装备中猪舍通风温控系统及母猪电子发情鉴定,利用结合RFID的物联网技术取代人工行为,极大的提高了数据的精确性、稳定性、连续性^[26]。

目前状态监测技术有性能参数监测、油液分析监测和振动监测等,各种监测设备和新型传感器更加多样和细密^[27],嵌入机械系统中相互之间在物理上隔离,实际状态监测利用率不高。有些农业装备在设计时没有预留监测所需要的监测部位或接口,需要重点监测的设备无法进行有效的监测^[28]。

为适应物联网下状态监测技术的快速发展,机械设备应准确实时获取状态信息,加强监测点优化布置,形成从设计—状态监测—故障诊断—维修—...—报废—再设计的全生命周期内的健康管理闭环体系,提高产品智能化、自动化水平。采用微纳米、智能材料、光纤传感等技术,积极研发基于微型化、无线网络、超低功耗以及非电池供电的在线监测传感器和便携式监测仪器设备,嵌入机械设备中具备物联网中物的基本特征属性。充分利用在线监测设备和离线便携式设备资源,采用多传感器信息融合故障诊断系统,构建专家知识库建立基于网络的分布式资源状态监测故障诊断系统。如中国农业大学的何雄奎教授采用红外传感器监测果树,设计了自动对靶控制喷雾机构,实现了变量施药,提高了农药利用率,减少了农药对环境污染^[29]。

国内外科研机构已经开展了通过测量动力机械的温度、压力、转速、功率等性能参数来监测诊断系统的故障^[30]。振动监测技术的优点有诊断速度快、准确率高,许多技术先进的国家已将其成功应用于机械设备状态监测实践中。加强集成技术研究是今后发展机械维修保障系统的必然趋势。

8 现代设计方法中的智能化技术

现代设计方法中的智能化技术有人工神经网络、知识仓库、仿真等。人工神经网络应用在建模、搜索、选择、评价、经验知识的获取和表达等方面;知识仓库又称资源仓库,主要应用于知识管理与知识重用问题。通过计算机建立数学物理模型并进行仿真,在农业装备产品设计中可以提高设计质量、缩短开发周期和降低设计成本。将现代智能收割机与遥感技术、卫星导向系统相结合,可实现收割作业无人操作。常用于智能设计的推理技术主要有基于规则的推理、基于实例的推理、基于原型的推理和定性推理等。先进制造技术创新包括产品、制造技术、产业模式三个方面的创新,智能化技术是新的工业革命的核心技术。

如利用卫星高光谱遥感技术可在区域和全球尺度上从高空监测作物长势。便携式高光谱仪诊断法通过测定绿色植物叶片的反射率、透射率和吸收率来测定叶绿素含量,简便快速、损伤率低。野外便携式高光谱仪具有更多的波段数和更高的光谱分辨率。诊断法主要包括:被动遥感光谱仪法、主动遥感光谱仪诊断—Green Seeker 法。用 Green Seeker 可动态监测作物氮素丰缺状况,如与施肥机具相结合可诊断养分亏缺状况并进行变量施肥。

智能化技术在性能方面正朝着高速高精度、工艺复合性、实时智能化方向发展,在功能方面正朝着用户界面图形化、科学计算可视化、多媒体技术应用方向发展,在体系结构方面正朝着集成化、模块化、网络化方向发展^[31]。应充分研究物联网技术在智能化技术中的应用,开发网络化数据采集和管理分析系统,加快农业装备技术发展。

9 数据处理的常用方法

实现物联网下机械产品状态监测技术网络化需求,需具备以下条件:各种监测分析方法的数据的提取、保存、查询,浏览历史数据、进行趋势分析;可支持分布式应用,能够随装备或机动采集车一起使用;采用配置式软件模式,支持新增加传感器、分析仪器;能够调用和共享各种知识,实现对监测数据实时性处理、分析^[32]。

采用以下方法可以快速及时的处理测试数据和计算所得的数据:借助电子表格类软件处理简单的数据;通过 MATLAB 的各种功能函数处理复杂的设计^[33];采用神经网络方法处理信息量大、规律性差、参数信息多的数据;采用数值插值方法来处理离散数据;采用牛顿插值及样条函数插值可提高插值的精度^[34]。通过分析处理的数据可以找到盐碱地水盐的长期变化规律、改良盐碱地的最佳方法、土壤综合性能变化规律,为科学改良土壤和品种筛选、施肥及管理提供合理依据。

除上述方法外,现代设计方法还有机械产品模块化设计、价值分析、相似设计等。

10 结论

随着物联网技术的发展,将现代机械设计方法与农业机械设计相结合,可大大缩短农业机械的设计周期,提高产品的性能,为农业机械带来更大的推广应用价值^[35]。对现代设计理论和方法的大力推广和应用,可使机械产品设计向自动化、智能化、精准化等现代化设计方向发展。我国应努力

做到由引进、仿制国外先进机械向消化、吸收、改进和创新转移,推动我国企业产品开发技术的现代化。总之,随着农业装备的智能化、网络化和信息化,应用传感器技术、计算机控制技术、CAN总线技术、农机物联网技术,提高农机作业技术标准,是未来农业装备的发展方向^[36,37]。

参考文献

- [1] 毕晓伟,李长河,陈磊光.现代设计方法在农业装备设计上应用现状与前景展望[J].中国农机化,2003,5:15-16
- [2] 王隆太.先进制造技术[M].北京:机械工业出版社,2003:18-19
- [3] 许艺萍,张新民.现代设计理论方法在机械系统设计中的应用[J].机械研究与应用,2010(5):152-154
- [4] 金国,吴琼.基于现代工业设计理念的农机产品设计[J].艺术探索,2010(2):117-118
- [5] 丁玉兰.人机工程学[M].北京:理工大学出版社,1991
- [6] 蔡郭生,王笃雄.基于现代机械设计理论方法特点与研究进展的探讨[J].赤峰学院学报:自然科学版,2012(3):94-95
- [7] 万霖,车刚,张燕梁.绿色设计在现代农业机械中的应用研究[J].农机化研究,2006(4):182-183
- [8] 魏锋涛,宋俐,李言,等.基于模糊理论的机械多目标优化设计[J].工程图学学报,2010(2):9-12
- [9] 刘雪美,张晓辉,刘丰乐,等.喷杆喷雾机风助风筒相关向量机多目标优化设计[J].农业机械学报,2010(6):75-80
- [10] 赵大为.1S-2型深松铲柄的有限元分析及优化设计[J].农业科技与装备,2010(10):38-40
- [11] 杨秀景,李耀明,王智华.三维参数化CAD在农业机械设计中的应用[J].农机化研究,2006(4):184-185
- [12] 张凌浩,刘钢.产品形象的视觉设计[M].南京:东南大学出版社,2005
- [13] 李岩,张智勇,贾宇琛.基于CAD技术的农业机械设计软件的改进[J].农业网络信息,2010(2):33-34
- [14] 薛雪,帅师兵.基于ANSYS的小轮廓农机轮胎有限元模型设计[J].农机化研究,2010(5):118-120
- [15] 简正豪,潘桂根.CAD/CAM技术在农业机械产品设计制造中的应用[J].学术研究,2012(1):44-46
- [16] 高金燕,王彦辉,李秀娜.智能CAD技术在农业机械设计中的应用[J].农机化研究,2007(9):179-181
- [17] 张建荣,马广.现代数字化设计制造技术在农业机械设计制造上的应用[J].安徽农学通报,2007,13(5):85-87
- [18] 殷国富,干静,胡晓兵,等.面向信息时代的机械产品现代设计理论与方法研究进展[J].四川大学学报:工程科学版,2006(9):38-47
- [19] 王金诺,赵永翔,程文明,等.现代设计理论与方法在起重运输机械中的应用和展望[J].起重运输机械,1997(2):3-9
- [20] 李超,张晓辉,姜建辉,等.葡萄园风送式喷雾机的设计与仿真分析[J].山东农业大学学报:自然科学版,2012,43(4):555-558
- [21] 王永灿,胡进鑫.CAE技术及其在农业机械设计中的应用[J].农业开发与装备,2007(2):13-14
- [22] 张娜娜,赵匀,刘宏新,等.高速水稻插秧机车架的轻量化设计[J].农业工程学报,2012(2):55-59
- [23] 黄洪钟.工程机械的现代设计理论与方法[J].建筑机械,1990(1):19-22
- [24] 张秀花,夏玲,马洪亮,等.精密播种机的可靠性研究[J].农业机械学报,2004,35(3):62-64
- [25] 师照峰,阎楚良,韩秀兰.我国农业机械疲劳寿命可命性基础技术发展研究浅谈[J].农业机械学报,1993(1):108-110
- [26] 刘敏.物联网母猪养殖技术及机械装备[J].农业装备技术,2012,38(4):22-24
- [27] 刘杰.分布式资源环境下船舶动力设备诊断系统的关键技术研究[D].武汉:武汉理工大学,2010
- [28] 陈锦玲.监测诊断技术在舰船动力装置的应用[C]//中国造船工程学会修船技术委员会年会论文集.北京:中国造船工程学会修船技术委员会,2004:255-259
- [29] 邹建军,曾爱军,何雄奎,等.果园自动对靶喷雾机红外探测控制系统的研制[J].农业机械学报,2007,23(1):129-131
- [30] 张月雷.机械系统可监测性设计理论及在船舶机械中的应用研究[D].武汉:武汉理工大学,2011
- [31] 周洪武.数字化智能化提升企业竞争力[EB/OL].国家重大技术装备网.2013-09-12. http://www.chinaequip.gov.cn/2013-09/12/c_132715453.htm
- [32] 严新平,张月雷.物联网环境下的机械系统状态监测技术展望[J].中国机械工程,2011,22(24):3011-3015
- [33] 李斌,朱如鹏.基于遗传算法的行星齿轮传动优化及MATLAB实现[J].机械设计,2004,21(10):29-31
- [34] 刘道华.机械设计专家系统开发工具的关键技术研究[D].西安:西安建筑科技大学,2006
- [35] 中国农业机械工业协会.站在世界农机制造大国的门槛上[J].农机科技推广,2008(8):7-8
- [36] Wang Shucai, Deng Zaijing, Wen Youxian. The developmental strategies of agricultural machinery CAD in China[J]. Journal of agricultural machinery, 2004,35(1):160-161
- [37] Wang Hong, Xu Dezhi. Study on the design theory and method of dynamic mechanical system[J]. Enterprise Technology,2003(5):5-6