第 29 卷第 1 期 河北科技大学学报 Vol.29, No.1
2008 年 3 月 Journal of Hebei University of Science and Technology Mar.2008

文章编号: 1008-1542(2008)01-0001-06

关于机械学科发展战略的若干思考

闻邦椿

(东北大学机械工程学院, 辽宁沈阳 110004)

摘 要: 根据长期从事机械学科教学、科研和产品设计工作的体会, 归纳出以下几点结论: 现代机械正向着"极端制造"方向、综合集成方向、信息化方向和科学发展观指导下的方向发展; 机械学科应围绕中国机械产品的薄弱环节和国家需求开展研究工作; 而国际上正在研究与开发的新技术、新理论和新方法, 应该是发展战略的主要内容之一; 在产品研究与开发过程中, 直接影响产品总体质量的是产品的设计方法, 今后应该进一步加强宏观研究和微观研究的结合, 以便使中国在设计理论与方法的研究上取得更大的突破。

关键词: 机械学科; 发展战略; 发展趋势; 国家需求; 设计方法

中图分类号: G301 文献标识码: A

Some thinking on the developing strategy of machinery science

WEN Bang-chun

(Mechanical Engineering College, Northeast University, Shenyang Liaoning 110004, China)

Abstract: In this paper, according to the experience in education, research and products design, the writer summarized the following conclusions: modern machinery is developing towards of extreme manufacturing, integration, information and in the guidance of scientific development concept. Machinery science should research around the weaker links of the machinery product and according to the national requirement. One main content of developing strategy is the new methods, new theory and new technology which are being researched in the world. Product design methods directly affect the product total quality in the process of product research and development. We should intensify the integration of macroscopical research and microcosmic research so that we can have greater breakthrough in the design theory and method research.

Key words: machinery science; developing strategy; developing trend; national requirement; design method

机械学科发展战略将是中国今后若干年内在机械领域应采取的基本方针、研究与开发的方向和主要内容, 以便促进中国机械制造业稳定、协调、快速和可持续的发展, 尽快地赶上和达到国际先进水平, 并使机械制造业在加强中国综合国力、提高人民生活水平等方面, 发挥重要的作用。因而这是一个十分重要的科研课题。依据长期从事机械学科教学、科研和产品设计工作的体会, 笔者归纳出以下几点有关"机械学科发展战略"的思考, 供参考。

1 要围绕该学科的发展趋向与国际前沿

机械学科的发展战略首先要考虑现代机械的发展趋向和国际研究的前沿, 这些趋向和研究前沿可大致地归纳为以下 4 个主要方向: "极端制造"方向、综合集成方向、信息化方向和绿色化方向, 见图 1。

收稿日期: 2007-01-15; 责任编辑: 李 穆, 张士莹

作者简介: 闻邦椿(1930-), 男, 浙江杭州人, 教授, 中国科学院院士, 主要从事机械学科教学、科研和产品设计方面的研究。

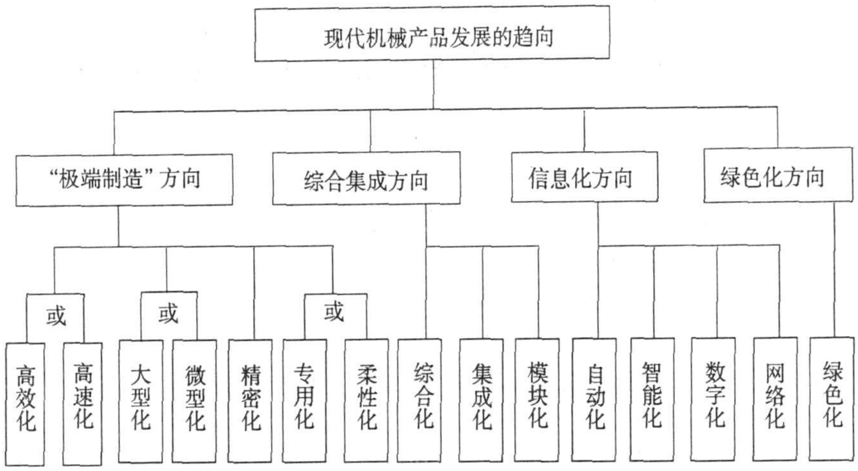

图 1 现代机械产品发展的趋向

Fig. 1 Development trend of modern machinery products

1. 1 “极端制造”方向

目前有些专家, 如杨叔子院士、钟掘院士等, 提出了“极端制造”方向, 即高、大(或微)、精、专(或柔)等。现代机械向“极端制造”方向发展, 这是必然的趋势。

高效化和高速化的主要目标是提高产品的功效, 几乎绝大多数产品都要求有较高的功效, 产品的高速化是提高产品功效的主要手段之一。

大型化是目前机械装备的一个主要发展方向。由于许多工艺过程及工程施工的需要, 必须采用更大的机械设备。此外, 某些设备的大型化可以显著提高产品的工效。

微型化也是许多设备的发展趋向。微机电系统(MEMS)是一些科学技术先进国家所高度关注的技术方向。由于工作的需要, 不少微型机器人必须做得很小; 许多电子设备, 如分子存储器、原子存储器、量子阱光电子器件、芯片加工设备也必须随着芯片尺寸减小及单位面积内元件数量的增加而缩小它的尺寸。

精密化是时代发展的需要。对机械产品精度的要求一方面是由于产品工作的需要, 没有足够精度的产品, 对它的结构性能(工作寿命等)、工作性能(工作稳定性等)和工艺性能(装配性等)都会产生不同程度的不良影响; 另一方面, 由于有些机器的零部件尺寸愈来愈小, 没有足够的精度, 就无法完成所要求的工作。

专用化是某一类机械产品的基本趋向。生产某种专用零件, 如标准件等, 只有在专用化的条件下, 才会有较高生产率和较高的工效。因此, 专用化自然是某一类设备的发展方向。

柔性化是另一类机械产品的基本要求。对于一般个别或小批量生产的零件, 自然采用具有柔性化的机床更为适宜, 一种机床可以生产许许多多不同形状和不同规格尺寸的零件。在某一种机械中只要对其中的个别机构略加改变, 就能实现多种功能, 完成多种工作, 这当然是机械产品的发展方向之一。

1. 2 综合集成方向

这个方向包括综合化、集成化和模块化。

综合化是机械产品一个重要发展趋向。几乎任何一种产品很少是依靠单一功能来完成的, 将多种功能综合在一起可能完成整个生产工艺过程, 其所得到的好处自然是十分明显的。另一方面, 从产品的使用功能角度出发, 一种产品如果在不增加太多零部件的情况下, 可以完成更多的功能, 即有更多的用途, 这往往是用户要求和希望的。

集成化也是机械产品及机械制造业的重要发展方向之一。计算机集成生产系统(CIMS)是集设计、制造和管理等为一体的生产系统, 许多生产线也都是集多种工序为一体的系统。集成化可以考虑生产过程的整体性, 避免由于独立地完成某些作业而忽略这些工作中相互依赖关系带来的不足, 从而获得较好的工艺效果和经济效益。所以任何一种产品的生产都必须从系统工程的观点出发考虑问题, 避免工作中出现片面性。

模块化产品都是由其内部的零部件所组成, 组成的方式可以是各种各样的, 可以是整体式的, 也可以分成几个部分, 更可以将几个部分再分成更小的组成部分。这种组合形式所追求的目标是使产品在使用、运

输、检修、维护, 甚至是回收再利用过程中, 使制造工艺性、装配性、维修性及经济性等得到最理想的效果。

1.3　信息化方向

它包括自动化、智能化、数字化和网络化。

自动化是以减轻人的体力劳动、提高设备工效为主要目标的, 自动化对解放人的体力劳动和部分脑力劳动发挥着积极作用, 其可以提高劳动者手工劳动难以获得的准确程度, 从而可以提高工作效率或避免人工操作过程中可能产生的意外失误。目前, "自动化"已经由自动控制、自动调节、自动补偿和自动辨识等发展到自学习、自组织、自维护和自修复等更高的水平。

智能化有 2 种含义: 一是作为完成工作的手段, 如用计算机等来完成各种工作; 二是作为产品要实现的目标(在这里, 它所表现的形式也是一种手段) , 如机器人等要达到的一定的智能程度, 这自然是产品发展的主导方向。设备的智能化自然可以提高产品的智能程度(这里强调的是后一目标) , 进而使产品的工作性能或使用性能得到提高, 即产品的工作稳定性、工效实用性和指标优越性得到具体的实现。例如, 数控机床可以通过数控系统对加工过程实现控制, 提高了加工过程的精确性和可靠性。

数字化是信息化的核心, "数字化" 处理和"模拟化" 处理相比, 有许多优点, 如信息精确、信息安全、信息容量大等。目前, 在制造领域出现了数字工厂、数字制造、数字装备。数字化制造是制造技术、计算机技术、网络技术和管理科学技术交叉、融合、发展和应用的结果。数字化的最大特点是可以大大提高设备的精确度。

网络化是在设备生产过程和使用过程中所采用的网络技术。网络技术的发展为机械设计和制造提供了一个十分有利的手段, 其协同设计和制造, 远程设计与制造、以及并行设计和制造等, 都可以通过网络通信来实现, 可以快速地完成各项工作, 显著加快了设计与制造的速度, 缩短设计与制造周期, 从而完成产品的敏捷设计和敏捷制造。网络化设计制造是信息时代的特点之一。

1.4　绿色化方向

绿色化是科学发展观中特别强调的发展方向。人类社会发展过程中必然会遇到人类与自然之间出现相互矛盾的情况, 人口的不断增加、资源总量的相对局限性和短缺、生产过程对人类与环境所造成的污染, 自然而然地出现人与自然之间的不协调性和矛盾。"绿色" 首先是从环境保护角度引伸出来的, 其目的是使人类社会与自然界在发展过程中趋于协调与和谐。制造业的发展要在产品研究、设计、生产、使用、废物回收的全过程中考虑绿色保护的问题, 既要考虑保护自然环境和资源的合理利用, 还要考虑保护社会环境、生产环境, 更要考虑劳动者及使用者的身心健康。

2　要紧紧围绕中国装备制造业的薄弱环节

中国机械学科的发展战略还应该把注意力放到中国装备制造业的薄弱环节上, 这些薄弱环节主要集中在近年来中国从国外引进的批量较大的一些产品和一些有迫切引进需求的产品上。可归纳为以下几个方面。

2.1　技术难度较大的重大型机械装备

制造技术难度较大的大型能源设备: 特大型汽轮发电机组、特大型水轮机、核电站中的大型设备、大型燃气轮机、煤液化设备等; 制造技术难度较大的重化工设备(化肥和化纤厂的大型设备) : 大型离心压缩机、大型容器等; 大型交通运输设备: 大型客机、高速列车(如磁悬浮列车) 等; 大型工程机械与矿山冶金设备: 地下铁道挖掘设备、大型挖掘机、重型汽车、大型连铸连轧设备等; 此外还有大型高精度加工中心和数控设备以及成套设备和一些规模较大的生产线等。

2.2　精微产品的加工

芯片加工技术与设备等。例如: 精密仪器与设备, 芯片加工设备, 纳米材料加工设备, 精密医疗机械和设备, 微型机械和微型机器人等。

2.3　高大精尖的军工产品和设备

如军用战机与军用运输机, 包括隐形战机等; 高精度导弹系统; 航空母舰; 核潜艇; 高技术性能坦克。

2.4　与这些设备配套的电子产品及其控制系统及设备

机床数控系统, 高精度电子设备, 机器人控制系统, 机器状态监测与智能诊断设备, 医疗设备的智能控制系统, 以及高技术性能的激光加工系统。

3 积极采用国际上新近研究和开发的新技术和新产品

3.1 微机械及纳米技术

微机械在许多领域中,如医疗、通信、军事等,都有重要用途,发展微机械是时代发展的趋势。

纳米技术与信息通信技术、生物技术一样,被定位为支撑下一代产业的技术。采用纳米技术使设备具有一些在非纳米条件下所不能得到的工作性能,许多物质在纳米级的条件下具有特殊的功能。

纳米技术在许多工业发达国家正处于深入研究过程中,日本、美国等已开展了大量的、深入的研究,并已取得了初步成果。纳米医疗技术,如纳米技术与生物技术结合而成的纳米生物技术正在为治疗癌症开辟道路,纳米显示屏可以获得高精度显示和低能耗的效果,纳米混合涂料半导体照明技术将会引发照明技术的革命。

3.2 机械设备中软件嵌入系统

智能化是机械设备的发展方向,将计算机软件直接嵌入到机械装备中,使设备在实现自动化、智能化、网络化、数字化的工作过程中,获得具有明确目标的各种功能。例如:保证设备在运转过程中的稳定性;使设备完成所要求的工作过程和实现所要求的功能;使设备具有良好的工作指标或工艺特性;使操作者具有良好的工作条件与环境;避免设备因各种故障而出现意外损坏的情况等。其内容包括:1)工作状态的监测;2)主要参数的智能控制与优化;3)工作过程的智能控制与优化;4)故障的智能诊断;5)数控系统;6)机器人的控制系统等。

3.3 超高速加工技术和设备

采用超高速切削和磨削加工可以大大提高设备的工效。超高速加工设备:为了完成超高速加工,必须制造出相应的加工设备,来完成所要求的工艺过程,在超高速的条件下,对于各种加工设备有特殊的要求。例如:0.1 mm 的钻头必须有高转速的条件,如大于下移14 000 r/min时才能完成加工过程。

3.4 特殊加工

快速成型:以极快的速度完成工件的成型,不仅缩短了产品的生产周期,还保证了零件制造的经济性。

原型制造:它减小了零件的加工过程,减少了原材料的消耗,节省了加工工时。

激光加工技术:如激光切割、激光焊接、激光热处理和激光熔覆、激光快速成型、激光干涉仪和激光扫描共焦显微镜等。

3.5 循环经济模式在制造业中的应用

循环经济的生产模式已经在一些部门,如钢铁企业、化工企业等得到应用,并已取得了良好的效果。从科学发展观来看,要使资源得到合理利用,要使环境得到有效保护,促使人类社会与自然界在发展过程中长期处于协调与和谐,对企业的生产模式应该作出妥善的安排,这种生产模式应实现如下目标。1)资源浪费最少;2)环境污染最轻;3)能量消耗最低;4)功效最高。应该贯彻的方针是:转废为用,化害为利,变小利为大利,使整个生产系统从能量、资源、环境和效益等诸多方面,实现综合性的循环使用,进而获得良好的经济效益和社会效益。

4 加强新技术与新产品的自主研究与开发

中国机械制造业已经由国产化逐步向自主化方向发展。新技术与新产品的自主研究与开发,对于企业来说是至关重要的问题。在产品的研究与开发过程中,最核心的问题是设计出高质量的产品。

许多科技工作者为了提高产品的设计质量,进行了大量的研究工作,对各种设计方法进行了深入的研究,取得了许多有益的成果,在许多产品的设计中,取得了很好的效果。如果在这个基础上,将宏观研究与微观研究很好地结合起来,中国将会在设计理论与方法的研究上有更大的突破。

就目前国内外的研究状况来看,产品的设计理论与方法正在向图 2 所示的几个主导方向发展:1)按科学发展观指出的方向;2)面向产品总体质量方向;3)向更高层次(非线性,包括非稳态)方向;4)向更加复杂系统的方向;5)信息化方向;6)各个单项设计法的深化研究,自然是十分重要的,因为对它们的深入研究也是强化和深化综合设计法研究的基础。

在现有研究成果的基础上,所研究的设计理论与方法,应该更加突出地按照科学发展观的基本要求加以实施,应该在最大范围内来满足用户对产品良好综合质量的要求,应该向更高水平和更高难度方向(如复杂

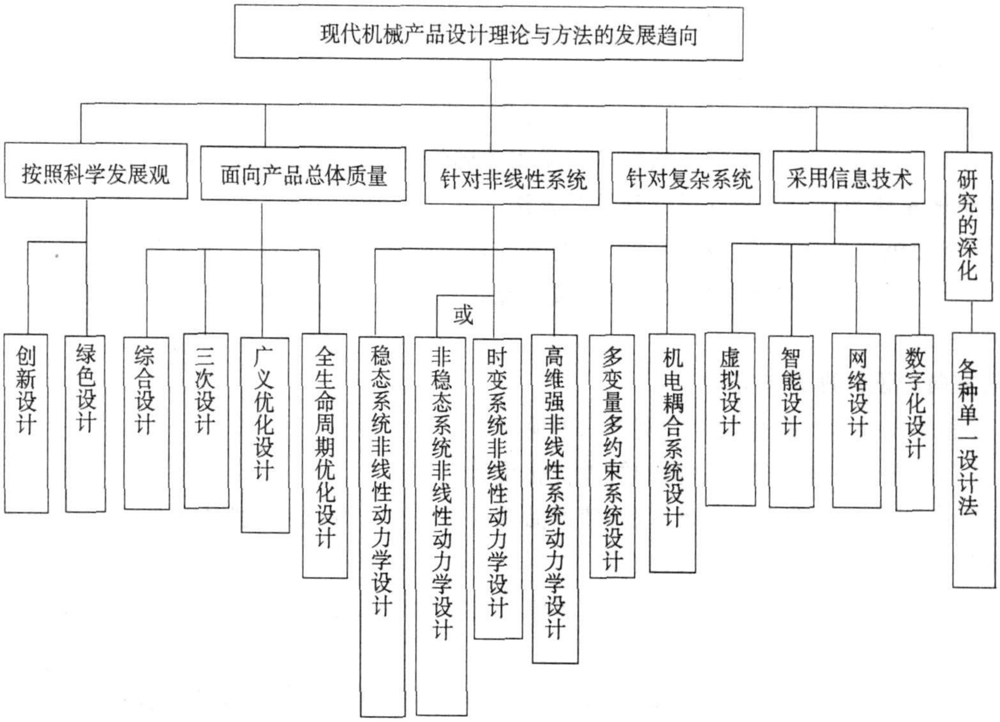

图 2　现代机械产品设计理论与方法的发展趋向

Fig.2　Development trend of theory and method of modern machinery products design

系统和非线性系统等) 发展, 应该更广泛采用信息化技术和加深对各种设计法的研究等。

4.1　科学发展观指导下的设计理论与方法

科学发展观指导下的经济发展应该遵循协调、稳定、持续和高速发展的基本原则。在科学发展观指导下的产品设计理论与方法, 自然也应遵循这一原则。创新设计和绿色设计可以在较大范围内实现上述目标, 这可使资源获得合理和有效的利用, 对环境的污染降低到最小程度, 能源的消耗达到最少, 而且所取得的功效达到最高, 这样, 人类将与自然界始终处于协调与和谐发展的过程中。

创新设计: 在研究科学发展观指导下的设计理论与方法的过程中, 创新设计应该作为其中的一个重要内容, 它将贯穿在绿色设计的整个过程中, 源源不断地给绿色设计增加活力, 用创新设计的思想来完成绿色设计的全部内容。但是创新设计的基础是实践, 必须大大加强包含实践环节在内的各种创新活动。

绿色设计: 它是绿色制造的延伸, 也是科学发展观中特别强调的研究方向。人类社会发展过程必然会遇到人类与自然之间出现相互矛盾的情况, 人口的不断增加、资源总量的相对局限性和短缺、生产过程对人类与环境所造成的污染, 自然而然地出现人与自然之间的不协调性和矛盾。“绿色设计”是通过产品的设计来考虑人类社会与自然界的协调与和谐的, 既要考虑保护自然环境和资源的合理利用, 还要考虑保护社会环境、生产环境, 更要考虑劳动者及使用者的身心健康。

4.2　以提高产品综合质量为目标的综合设计法

设计方法论正在向对产品综合质量或综合性能的总体方向发展, 它是以产品设计总体质量为目标, 即在最大范围内来满足用户对产品总体质量或综合性能的要求。综合设计法的普遍公式是$(1+3)+x$。括弧中的 1 是概念设计, 或功能优化设计; 3 是三化综合设计法, 即综合动态优化、智能优化和可视优化设计为一体的广义优化方法; x 是依据产品的特点采用的设计方法。

4.3　以非线性动力学为基础的产品设计理论与方法

目标: 以提高产品结构性能为主要目标, 获得优良动力学特性, 使产品的工作可靠性、人机安全性、工作耐久性和环境无害性得到较大范围的满足。目前许多大型旋转机械非线性动力学问题十分突出, 急需研究和解决。

概念: 这里所指的动态优化设计是广义的, 是指从非线性理论的角度对机器的运动学和动力学问题进行设计, 而不是一般意义的狭义动态设计。

内容: 1) 动力学设计(主要研究的是非线性振动、非线性动力有限元和非线性多体系统动力学为主要内容的非线性动力学设计); 2) 可靠性设计, 研究重点是多自由度非线性系统和随机系统。

基础: 以非线性动力学(包括非稳态过程)为基础。

对象: 以大型旋转机械为研究与设计对象。

策略: 1)建立以非线性振动、非线性动力有限元和非线性多体系统动力学为基础的非线性动力学设计的体系; 2)研究以综合质量为目标和以非线性动力学为基础的可靠性质量保证体系。

4.4 以复杂机械系统为研究对象的设计理论与方法

目前对复杂的机电耦合系统, 或多目标、多约束的复杂机械系统, 还缺乏深入研究。从理论上对该类系统有进行深入研究的必要。对于强耦合复杂机械系统或多目标、多约束的机械系统, 均需建立新的设计理论与计算方法的体系。

4.5 信息化方向的设计理论与方法

下面以智能化设计和可视化设计为例予以说明。

1)以提高产品工作性能为主要目标的智能优化设计法

目的: 以提高产品工作性能为主要目标, 使产品获得良好的工作指标(或技术性能), 即产品的工作稳定性、工效实用性、性能优越性和操作宜人性等。

概念: 智能优化设计是要设计出具有一定"智能"程度的产品, 因而它不仅是手段, 还是目标。这和一般书本中定义的智能化设计有所不同。

内容: ①工作参数的智能控制与优化; ②工作过程的智能控制与优化。具体内容包括工作状态的智能监测、参数的智能控制及优化、工作过程的智能控制及优化、故障的智能诊断等。

基础: 以非线性动力学理论和控制理论(包括非稳态过程、滞后过程)为基础, 以广义优化为手段。

对象: 以所要求的研究产品为研究对象, 如机器人化的机械设备等。

策略: ①对产品的主要参数和工作过程实现智能控制和优化来完成产品设计; ②考虑控制过程的非稳态、非线性和滞后等特性, 从而使研究产品的工作过程获得足够的精度和稳定性; ③拟采用平均化原理或分段等效原理来研究慢变和参变系统。

2)以提高产品工艺性能和综合质量为目标的动态可视优化设计法(即局部虚拟设计)

目的: 以提高产品工艺性能为主要目标, 即检验产品制造、装配和工作过程的可行性和合理性。通过装配可视化和工作过程可视化, 可以对所设计产品的制造工艺性、零部件的规范性、设备可装配性和可维修性等进行检验, 获得相应的反馈信息, 进而对设计中不合理的部分进行修改。

概念: 可视优化设计和虚拟设计有所不同, 它不仅是一种手段, 同时还为提高产品设计质量发挥作用, 因而也是所追求的目标。

内容: 包括几何图形可视化、机器或机构运动过程可视化、机械系统动力学状态的可视化、机械及其系统的各种工作过程的可视化等。

基础与手段: 例如以非线性动力学(包括非稳态过程)为基础, 以广义优化为手段。

对象: 以大型旋转机械为研究与设计对象。

策略: ①将可视化划分为几何尺寸、设计图纸、制造与装配过程运动学与动力学状态、控制过程和工作过程等; ②对机器及其零部件的制造与装配、运动学与动力学状态控制过程和工作过程进行动态三维造型; ③从可视化设计过程中获得设计正确和合理与否的反馈信息。

4.6 单一设计方法研究的深化

产品设计的理论与方法很多。例如: 从设计思想和观念方面来看, 有概念设计、创新设计、绿色设计等; 从设计的内容来看, 有机构设计、结构设计、摩擦学设计、传动设计等; 从纯设计方法来看, 有优化设计、智能设计、网络设计、数字化设计等。这些对生产过程起重要作用的或加快设计进度的各种设计方法, 对于以提高产品及其零部件质量或技术性能为目标的各种单一设计法的研究, 均有广阔的发展空间, 对它们进行深入研究十分必要。

5 结 语

介绍了对中国机械学科发展战略的几点看法和建议。

1)现代机械发展的趋向, 包括"极端制造"方向、综合集成方向、信息化方向和科学 (下转第**14**页)

正交试验结果表明影响程度从强到弱的次序为提取液配比> 颗粒度> 提取时间> 料液比。超声波萃取的优化工艺条件如下:采用体积比为 800 mL/L 的乙醇/石油醚混合液,超声时间为 45 min,料液比为 1∶20,颗粒度 ≤100 目。按此提取条件进行实验,测得 100 g 干花中叶黄素的质量为 4 325 μg,大于正交试验中的最高值。

4 结 语

1) 超声波萃取菜芙蓉干花中叶黄素的优化工艺条件如下:采用体积比为 800 mL/L 的乙醇/石油醚提取混合液,超声时间为 45 min,料液比为 1∶20,颗粒度 ≤100 目。在此条件下做了 3 次平行验证,100 g 干花中叶黄素的质量为 4 325 μg。

2) 利用超声波浸提法对菜芙蓉花中叶黄素的提取已显示出明显的优势,具有省时、节能、提取率高等优点。对超声时间对菜芙蓉花中叶黄素提取的影响进行了系统的研究,超声强度、超声温度等因素对提取的影响将在以后的研究中探索。

参考文献:

[1] 古 昆,陈静波,刘 玫,等. 叶黄素的几类降解反应研究[J]. 化学研究与应用,1999,11(6):543-544.
[2] 孟祥河,毛忠贵,潘秋月. 叶黄素的保健功能[J]. 中国食品添加剂,2003,(1):17-20.
[3] 杨丽飞,邓 宇. 叶黄素提取工艺的初步研究[J]. 广州食品工业科技,2004,20(1):45-47.
[4] 汪河滨,李炳奇,李学禹,等. 甘草中黄酮的超声提取及含量测定[J]. 时珍国医国药,2004,15(12):815-816.
[5] 王清滨,陈国良. 食品着色剂及其分析方法[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
[6] 李春英,王 微,赵春建,等. 沙棘不同部位总黄酮含量的测定及比较[J]. 植物研究,2005,25(4):453-456.

(上接第 **6** 页)

发展观指导下的方向;

2) 围绕中国机械产品的薄弱环节开展研究工作,是机械学科发展战略应该包括的十分重要的内容;

3) 国际上正在研究与开发的新技术、新理论和新方法,应该是发展战略的主要内容之一;

4) 在产品研究与开发过程中,直接影响产品总体质量的是产品的设计方法,学术界已投入了相当大的精力从事这一方面的研究工作。今后更应该进一步加强宏观研究和微观研究的结合,这将使中国在设计理论与方法的研究上取得更大的突破。

机械学科发展战略随着时代的推移而得到不断的发展,它的内容也将会得到不断的修改和补充。因此,前面提出的几点建议不一定十分全面,有待大家进一步完善、补充和提高。

向本期载文的审稿专家致谢

本期《河北科技大学学报》共发表论文 21 篇。这些论文的发表,是与有关专家的认真审读、细查资料、推敲分析、中肯评价分不开的。他们的评价(有的给予了客观的肯定,有的给出了修改意见,有的指出了存在的问题)使作者和编者都受益匪浅。对此,本编辑部特向这些专家表示敬意,对他们的辛勤劳动表示感谢。

本期载文的审稿专家名单如下(按姓名的汉语拼音顺序排列):

常彦忠 陈 鹏 陈伟忠 陈一鸣 崔 平 段 斌 韩金舫 刘继凤
刘 焜 李友善 陆小华 瞿雄伟 任德亮 孙晓云 田鹤亭 王小平
魏世泽 魏 雨 杨伟峰 张 波 张 娟 赵地顺

(本刊编辑部)