

现代机械设计方法支撑理论及相关问题研究

王举群¹, 王海伟²

(1. 陕西科技大学 机电工程学院, 西安 710021; 2. 西北工业大学 机电学院, 西安 710072)

摘要:对现代机械设计方法的产生和发展进行了综合论述,提出了现代设计方法的三个组成部分,总结了现代设计方法的三个基本特点,着重阐述了系统论、相似论和本体论对现代设计方法的支撑关系,并指出了目前现代设计方法研究中存在的主要问题,最后对现代设计方法发展的趋势进行了讨论。

关键词:现代设计方法;系统论;相似论;本体论

中图分类号:TH122 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2012)01-0157-06

现代设计方法的产生,具有社会、经济、科技、艺术和需求观念发展的背景。从有历史记录开始,设计理论的产生距今已有 4500 多年的历史^[1]。传统机械设计方法是基于经验、半经验,类比,实体模型,静态,经典数理力及其试验所构成的设计方法,经验性、单调性、封闭性、技艺性是其基本特点,弱理论强经验是其固有模式,设计进程是单一的串行模式,在思想理论方面没有成形的基础,其创新设计往往建立在经验和灵感的基础上。

随着科技、经济、社会发展和人类文明的需要,竞争、战争与防御的驱使,传统设计方法已不能适应时代的要求,现代设计方法便应运而生。通常所指的现代设计方法仅指概念设计阶段和技术设计阶段。半个多世纪以来,现代设计理论与方法的内涵和外延在不断扩展,表现出广泛的学科交叉性。现代设计方法形成设计科学理论与方法体系,也只有十来年的历史^[2-3]。

实践证明,不断研发、学习和运用现代设计理论与方法,是企业自主经营的首要环节,是企业生命不可缺少的基本要素,是企业竞争、生存和发展壮大的必经之路。本文就设计对象——产品本身的设计进程而言,限定在概念设计、技术设计和施工设计三个阶段的现代设计方法进行综合论述。

1 现代设计方法的组成

现代设计方法是对传统设计方法继承和发展的结果,是以科学理论作为思想基础,以计算机作为基

本技术工具,运用知识进行创造活动的方法。现代设计方法作为完整的体系,主要由三部分组成,即设计思想和理论、设计方法和技术以及设计工具和平台。

1.1 现代设计思想与理论

设计创意的产生,产品概念的形成,关键来源于思想,设计过程是思维的过程,设计结果是思想的结果。因此现代设计方法十分重视设计思想方法和思维规律的研究。已经形成分析与综合、收敛与发散、对应与联想、分解与组合、换元与移植、正向与反向等一系列对立统一思维法则,以及智暴法、635 法、陈列法、戈顿法、输入输出法等科学组织的多种思想方法^[4]。

从抽象到具体、通用到专用的程度和研究与应用的专业范围来看,现代设计理论大体上构成了三个层次:设计基础理论——由设计哲学,横向科学,认知科学,思维科学,方法学等构成的设计理论;设计专业基础理论——由数理科学,计算机科学,人文科学,艺术科学,管理科学等构成的设计理论;设计专业理论——由机械科学,材料科学,工程科学,产品领域专业知识等构成的设计理论。

现代设计思想与理论正在形成现代设计方法的有力支撑而广泛深入地发展。其中以通用性、普适性和互补性强的本体论、相似论和系统论,正在构成一个完整的理论体系,表现出对现代设计方法全面的基本支撑作用。

1.2 现代设计方法与技术

收稿日期:2011-10-11

基金项目:陕西科技大学 BJ10-25 博士科研启动基金项目

作者简介:王举群(1954—),男,陕西西安人,陕西科技大学机电工程学院,高级工程师,博士,研究方向:现代设计理论与方法,系统科学理论。

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,贯穿于产品全生命周期。从产品设计对象来看,简单到普通零件,复杂到由机、电、磁、光、液、软件以及仿生物等能量流、信息流和物质流高度耦合的极限系统,涉及到产品的全部构成。

经初步归纳统计,已经研究和应用的现代设计方法约有50种,如计算机辅助设计、概念设计、功能设计、原理设计、结构设计、材料设计、系统设计、优化设计、可靠性设计、安全设计、价值工程设计、成本设计、规模定制设计、标准化设计、系列化设计、模块化设计、逆向设计(反求设计)、再设计、变形设计、相似设计(包括成组设计)、并行设计、协同设计、网络化设计、可视化设计、机电光一体化设计、保质设计、稳健设计、虚拟设计、数字化设计、仿生设计、智能设计、模糊设计、绿色设计(生态设计)、节能设计、摩擦学设计、疲劳设计、动态设计、有限元方法及无网格法、重用设计、创新设计、TRIZ设计、三次设计、公理设计、全生命周期设计、快速响应设计、面向X的设计(DFX)、人机工程设计、机电产品造型设计、微机电系统设计、分形设计、本体设计和CAX集成设计等。如果对这些方法再细分,如智能设计包含的专家系统、基于实例的推理、知识工程、人机智能系统等,加上交叉综合集成方法,如广义质量的产品质量功能化设计、动态优化设计、智能控制系统设计和可视化设计的综合设计方法^[5],基于QFD、TRIZ和三次设计的集成化设计方法^[6]等。

20世纪80年代以来,国内外已经出版了不少关于现代设计方法学编著和论文,在论述中都不同程度反映出归纳思想,但提出分类的论著尚不多见。目前未曾见到现代设计方法分类系统研究的专著。较为全面以设计步骤、内容、方法、思想进行分类的有文献^[5],有从技术角度的分类^[7],从功能角度进行方案设计的分类^[8]和基于分析的分类^[9]等。至今还没有成熟的比较认同的系统现代设计方法分类体系。

从科学角度对已有的现代设计方法进行分类研究,既是现代设计理论与方法表现出来的共同特点,同时也是继续深入研究和发​​展现代设计理论与方法的需要。

1.3 现代设计工具和平台

支持操作运行现代设计方法的工具和平台,是现代设计方法的重要组成部分,可以分为硬、软件两大类。硬件指计算机,文档、图形处理设备,逆向工程测量设备,快速原型设备,以及虚拟仿真设备等。软

件则是以计算机软件工程、组织科学、管理科学以及相关专业知​​识构成的操作系统,设计标准规范,设计组织运行模式,数据、信息和知识管理系统,虚拟仿真技术,以及接口技术等。在实际运行中,硬、软件是结合在一起实现工具和平台作用的。

随着现代设计方法的发展,设计工具与平台相应经历了三个发展阶段:CAX系统阶段,20世纪50年代开始产生单一的CAD、CAE、CAM,此后发展到CAD/CAE/CAM集成系统;并行工程阶段,即DFX/PDM集成阶段,20世纪80年代后期提出的并行工程是对传统的产品设计和开发方式的一种根本性改进,PDM(产品数据管理)技术和DFX(DFM、DFA等)技术是并行工程思想在产品​​设计阶段的具体体现;虚拟仿真技术阶段,包括虚拟样机技术和协同仿真技术,虚拟样机技术是一种基于虚拟样机的数字化设计方法,是各领域CAX/DFX技术的发展和延伸。

现代设计方法的工具和平台主要有四类:CAX系统类;DFX类;仿真系统类;数据库、知识库系统类,包括设计领域的设计目录,数据库、知识库、本体库、方法库,数据仓库、知识仓库等。

现代设计方法的三个组成部分是密切联系的有机整体。其设计思想和理论既是现代设计方法的基础,又贯穿于方法和技术、工具和平台之中,常常以各种方法和技术的​​面貌出现。工具和平台是现代设计方法和技术的实现手段,其本身又包含着现代设计方法和技术的内容。

2 现代设计方法的基本特点

与传统机械设计方法相比,现代设计方法的特点主要表现在系统化、科学化和计算机化三个方面。

2.1 系统化

传统机械设计的对象仅仅局限于“机械部分”,只考虑如何实现对象本身的功能,通常包括几何结构设计,可加工性设计,安全性设计,可维护性设计,而现代机械设计则全面走向系统化。

1)现代机械设计把机械作为综合能量流、物质流、信息流的机、电、磁、光、液与软件高度融合的整体系统,这些机械系统的综合与整体作用在不断延伸人类的体​​能和智能。

2)现代机械设计强调从市场调研、用户要求、产品规划、产品设计、工艺设计、制造过程、质量控制、成本核算、销售价格、包装运输、售后服务、维修保养、报废处理和回收再利用等,进行产品全寿命周期综合最优化的系统设计。

3)现代机械设计把对象置于“人—机—环境”大

系统,综合考虑人的生理和心理特征,设计对象的功能,环境保护的要求以及能源、材料、制造等系统因素,使设计既符合人的要求,又能优化设计,还能保护和改善环境,并且符合可持续发展战略。

4)现代机械设计理论与方法在体系和内容上运用系统观,实现系统化。如优化设计从参数优化发展到参数、结构和总体方案的系统优化;摩擦设计从仅有一些经典的试验数据和几条设计准则发展为系统的摩擦学学科;微机械根据自身特点创立了不同于常规机械的微机械系统设计理论与方法;CAD 向设计过程各个环节、产品数据管理和企业集成的系统化方向发展。

2.2 科学化

传统机械设计基于经验、半经验和经典的数学、物理学、力学及其实验,“就机械论机械”,只强调产品的产后质量和内在质量,而现代机械设计正在改变传统设计固有的强经验弱理论模式和结构,走向科学化。

1)现代机械设计重视对设计思维规律的研究和应用,主要依靠设计思维规律引发灵感,变被动感悟为主动探索,激活科学思维进行设计,从而形成了创造与设计思维原理及其方法学。

2)现代机械设计已经发展成为一门内容广泛的交叉学科。其理论与方法包含有哲学、思维科学、智能科学、人体科学、心理学、生理学、解剖学、社会学、管理学、环境科学、生态学、进化论、可持续发展战略,现代应用数学、物理学、应用化学、应用力学、摩擦学、艺术科学、材料科学、机械电子学、控制理论与技术、检测技术、自动化技术、计算机及网络技术、现代信息科学等许多学科的知识与成果。

3)现代机械设计在继承以往基于经验与经典数理力和实验等设计理论和方法的基础上,研究开发出有限元方法、断裂力学等准确模拟系统真实工作的功能强大的分析工具,运用新理论和方法产生出一系列优化、可靠性、摩擦学设计准则。

4)现代机械设计强调在设计阶段控制产品质量,从而使产品质量在制造和使用过程中得以保证,同时既重视产品的内在质量,又重视产品的外在质量,力求使产品的造型设计既有科学性,又有艺术性、宜人性,实现产品协调统一的科学技术美,并由此而形成了人机工程学、现代工业设计和产品造型设计。

2.3 计算机化

20 世纪 70 年代以来,计算机技术的迅速发展,一改传统的手工设计与串行设计方法,为机械设计开

辟了全新的途径,并在此基础上产生了许多新的设计理论与方法。计算机技术已经成为现代设计方法赖以支持的基本工具和构建运行平台的技术。

1)现代机械设计使用计算机辅助绘图和分析计算,即延伸了人的体力和智力,同时还加快了设计进度,提高了设计质量。

2)现代机械设计依靠计算机技术支持,改变了传统机械设计仅限于在设计阶段的“方案设计—原理设计—结构设计—生产图纸设计—制造样机或直接生产—修改图纸”的串行工作程序,使与设计相关的工作尽可能并行展开,从而把设计工作延伸到设计前信息收集与设计后信息反馈,使产品市场、用户、设计、制造与质量控制密切联系在一起。

3)现代机械设计充分应用计算机技术进行优化设计、可靠性设计、三维建模、动态仿真、虚拟设计等,增强设计功能,优化设计效果,提高设计精度,缩短设计周期,降低生产成本。

4)现代机械设计以计算机为主要载体,组合配套接口技术、网络技术,开发计算机硬、软件系统,实现设计的集成化、可视化、协同化、自动化、智能化,实现数字化设计和设计过程管理。

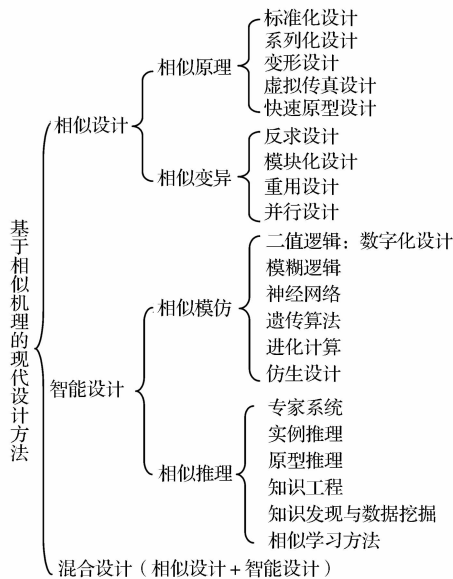


图1 基于相似机理的现代设计方法

3 现代设计方法的基本支撑

现代设计理论可以由系统论、相似论和本体论构成对现代设计方法的基本支撑。这三种理论对现代设计方法的形成都起着重要的作用,它们之间有着密切的联系,本体是相似和系统的基础,相似是系统和本体的联系,系统则为本体和相似的结果。

3.1 系统论支撑

系统论研究事物形成整体的一般模式,结构和规律。系统是由相互关联、相互制约、相互作用的若干部分(元素)组成的具有特定功能的有机整体。系统论的创始人贝塔朗菲于1945年开始发表系统论文章,到1968年确立了其科学学术地位。

1955年,德国的Hansen首先把系统论引入设计领域,提出构造系统的理论。20世纪80年代以来,系统论广泛用于设计方法和技术,设计工具与平台的研发。当今创新设计典范的TRIZ、公理化理论与方法等,系统论在其中发挥着主干作用。除了面向方面设计DFX、反求设计等方法尚未运用系统论以外,绝大多数现代设计方法都有系统论的支持。以至于系统论首先构成了现代设计方法的基本支撑。系统论之所以在设计领域具有这样的作用,是它上升到哲学层次的结果。

事实表明,具有多学科知识交叉融合的综合集成的系统科学理论,必将构成对现代设计方法的有力支撑。钟掘、闻邦椿、陈予恕等从系统的复杂性、非线性和综合性研究^[10-12],正在引领中国机械科学的深入发展。

3.2 相似论支撑

相似论研究事物的相似现象及变化规律,相似是由相同因素和相异因素结合于一体的事物属性。

相似理论的基础是1848年、1911年和1931年分别提出的相似三定理,是以经典数理科学身份进入设计领域的。1869年英国Froude, William首先将相似理论用于模型测试。20世纪50年代在相似理论基础上的成组技术,在施工设计阶段一直有着成功的应用^[13]。到20世纪90年代初,相似理论才以思维科学的面貌出现,其内涵和外延有了更新更广的定义^[14]。相应地也开始有了运用相似论进行概念设计阶段的研究和创新设计研究^[15]。相似理论不仅自身构成了一类设计方法,而且还是智能设计、仿生设计、虚拟仿真系统的基础理论。在工具和平台中,有些数据库、知识库和仿真技术,是用相似原理构建的,从而使相似论成为现代设计方法的一个基本支撑。

虽然比系统论进入设计领域早80多年,但其长期以来受制于相似只存在于同类现象之中,并且局限于在共性中相似程度很高的范围,以至于在创新设计的主要阶段——概念设计阶段几乎见不到相似论的踪影^[16-17]。

从知识重用和知识创新构成的两大类设计方法

来看,相似论对于知识重用的设计方法可以说是全面支持的,而且在知识创新构成的设计方法中,有些是全面支持或部分支持的,具体见图1。

3.3 本体论支撑

本体论原本是哲学的一个概念,用于研究事物的存在、组成及其本质,20世纪90年代初开始引入认知科学、智能科学、计算机科学、机械科学、知识工程等众多领域,由此产生了多种不同的本体概念。可以概括为:本体是通过对与概念、属性及其相互关系的规范化描述,勾画出某一领域的基本知识体系和描述语言^[18]。

本体论既适宜用于大规模知识和多学科知识的表示、组织和交互,也适宜用于各种特定领域知识的表示、组织和交互。依靠本体论支撑的现代设计方法,由于计算机技术已经成为现代设计方法的基本工具,无论是单个微机设计,还是在分布式、网络环境下并行、协同设计,都需要海量设计知识的组织、供应和处理,本体论以其“组织知识的知识”特点^[19],成为计算机智能化知识设计理论的尚佳选择。相对于系统论和相似论,本体论进入设计领域的历史很短,还不成熟,是当前研究的热点。

3.4 综合支撑的必要性和可行性

改变机械设计领域的弱理论强经验模式,构建整个设计进程的完整设计理论与方法体系,单靠系统论和面向局部的科学理论与方法是难以从根本上实现的。要实现这一目的,需要从更高理论层次的哲学、思维科学、认知科学和横向科学之间的交叉融合着手。系统论在设计领域的研究和应用证明了抽象概括性强的有效性。但是,任何一种理论不可能包罗万象,系统论自然也有它的局限性。优势互补的综合理论就成为一种必然的选择。本体一相似一系统综合理论正是在这种需要下提出的。本体论、相似论与系统论构成现代设计方法的综合理论支撑的思想,是以钱学森系统科学是还原论与整体论辩证统一观点和系统集成方法论^[20]指导所提出的。

本体论、相似论和系统论都是以知识为核心的认识论和方法论,都可用于现代设计方法。在理论特性上,由于系统论的整体性、关联性、集合性、层次性和目的性,相似论的中介性、模糊性、对象性、演化性和拓扑性,本体论的个体性、封装性、规范性、内聚性和客观性,三者具有明显的互补性;在理论结构上,三者可以形成一个“本体单元—相似变化—系统整体”的完整结构;从实际作用来看,系统论、相似论和本体论具有在现代设计方法中构成基本支撑的能力。因此,

三者可以综合为一个支持整个设计进程的完整理论体系。本体论、相似论和系统论以知识为核心,对现代设计方法构成基本理论支撑的关系如图2所示。

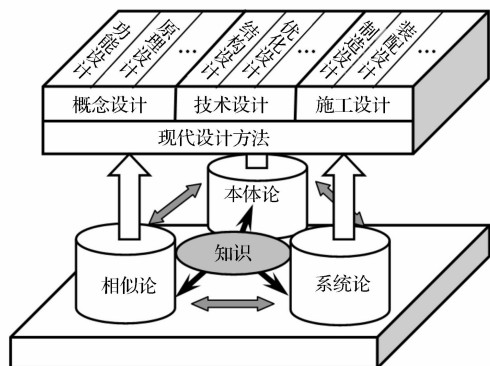


图2 本体论、相似论和系统论对现代设计方法的基本支撑

科学理论的支撑,必将导致设计方法的显著进步。在系统科学理论指导下,可以有效地解决复杂产品的模块化问题^[21],文献[22]以系统科学的系统集成方法论为指导,提出用能量流、物质流和信息流协同设计研究改进模块化设计,可以从根本上解决现有模块化设计注重单元功能而忽视系统的整体性和关联性,注重相似再现而忽视相似创造等主要问题。运用本体论、相似论与系统论构成的系统集成支撑理论,可以提出适于模块化设计的本体原理、相似原理和系统原理,进而用该理论构建优势互补的模块化与能量、物质和信息流系统集成设计方法。

4 存在的问题

我国从20世纪80年代初开始对西方发达国家的现代设计方法从事跟踪性研究,在个别领域和方向上有一些先进的局部性研究成果,但在设计学的整体研究上与国际先进水平尚有相当大的差距^[23]。在现代设计方法研究中存在的问题主要有以下五个方面。

4.1 基础理论的系统综合研究及应用依然薄弱

机械产品设计属于弱理论强经验领域^[24],这是现代设计方法继续发展的一个瓶颈问题。TRIZ的创立,是对近250万件发明专利分析研究的结果,说明经验积累到一定程度,是有规律可循的,是能够上升为科学理论的。公理化设计则依据设计过程的逻辑性,形成了一套设计的科学理论。可以清楚地看到,这些理论的形成依靠着基础理论——设计哲学和系统论的支撑。我国在这方面主要是对方法和技术的跟踪研究,对理论,特别是通用基础理论研究重视不够。机械设计方法的基础理论可以分为两部分:通用基础理论和专业基础理论。设计领域的专业基础

理论研究较多,但比较分散,往往局限在某一个方面,作为整体系统研究尚不多见。

4.2 知识重用设计与知识创新设计研究分离

设计是在继承的基础上进行的,既有知识的重用,又有知识的创新,两者是不可分割的,否则就失去了设计的本来意义。尽管有学者提出设计的制品理论,强调在设计过程中制品理论是进化的,不仅要支持现有理论的使用,还应支持新理论的获取,指出设计的制品理论是研究产品设计重用的重要理论依据和基础,并依此展开新产品开发和支持体系的重用技术研究^[25-27],从目前现代设计方法研究和应用的实际状况来看,知识重用设计与知识创新设计两者分离进行的现象依然是普遍的。有必要将设计的知识重用技术与知识创新技术加以联系,结合起来进行研究。

4.3 概念设计、技术设计与施工设计相脱节

概念设计、技术设计和施工设计是整个设计过程前后相承的三个阶段。现有商品化的CAD系统软件虽然提有概念设计功能,但实际上还不具备,只是在图形上比原来增强了拓扑功能,在这种模式下要实现概念设计与技术设计的无缝连接很困难,更谈不上实现创新的概念设计。实际上真正的语义概念设计和图形概念设计至今仍然依靠人的创造思维进行,概念设计与技术设计是脱节的。而在技术设计阶段只是在零件结构上提出了一些制造、装配的要求,实质上施工设计与技术设计没有多少关联性,技术设计结束以后,施工设计从头开始,了解产品的概念设计和技术设计,并根据制造、材料、技术能力等具体因素,经常变动技术设计结果。

4.4 现有的相似设计难于进行创新设计

基于相似机理的设计应当是既能继承又能创新的设计。在迄今为止的教科书、工具书和研究文献中可以看出,现有的相似设计方法对相似理论的应用仍然局限于一种同类模拟和从共性角度高相似度的运用,只能用于一般的改型设计,或者局部的改进设计,并没有全面表达相似理论是相同因素与相异因素在对立统一变化中进化发展的内涵,没有充分认识相似具有跨类存在的特点,进而深入发掘其相似性,进行创新设计。在这种狭义相似观指导下,相似设计难以发挥应有的作用,特别是难于实现从源头创新设计和自主创新设计。

4.5 设计过程集成程度低造成信息孤岛

由于产品的设计过程相当复杂,可能要用到多个工程设计及仿真分析软件,由于这些软件的开发者采

用的技术路线及数据格式的多种多样,使得使用多个软件进行协同设计及仿真的用户不可避免的面临信息孤岛、应用孤岛及业务流程孤岛等问题的挑战,因此如何整合这些 CAD/CAE/CAM 等相关技术资源,使之充分发挥科技创新的能力,已成为一个很重要的研究热点问题。面临需要解决的主要问题有:产品统一数据模型表示方法、模型的数据交换规范、数据集成方法、异构环境下应用功能的集成和过程集成等。

5 结论

综上所述,现代设计方法的三个组成部分是一个有机的整体,只有加强三者的联系、协调与整合,才能发挥最佳效果。设计通用基础理论及其综合研究和应用,是从根本上改变机械设计领域弱理论强经验模式的有效途径,同时也是构建功能系统强大,能够自主创新和从源头创新的现代设计方法的可靠基础。本体论、相似论和系统论的综合,可以构成一个支撑现代设计方法的比较完整的基本理论体系。

现代设计方法永恒的主题是创新,在科技不断发展和多学科广泛交叉作用中,其内涵与外延将进一步丰富和扩展,系统化、科学化和计算机化的特点将进一步得到展现并走向结合,总的发展趋势是向科学化迈进。具体表现在以下五个方面:

1) 设计科学规律的研究。如设计思维规律的研究,设计进程规律的研究,设计要素及其整合规律的研究等。

2) 设计科学规范的研究。如设计知识的组织、供应和处理研究,设计模化(模块化、模型化、模式化及其组化)理论与方法研究,设计标准、接口技术的研究,设计方法分类的研究等。

3) 原创性设计方法的研究,主要从两个途径进行,运用普适性、通用性强的基础理论研究开发和通过不同领域科学的学科交叉形成新的生长点。

4) 综合、集成、系统的设计方法研究。如多种单一方法的综合研究,方面设计、要素设计集成研究,设计理论、方法和工具平台一体化研究,概念设计、技术设计和施工设计的无缝链接研究,支持产品全生命周期的建模、求解和评价决策设计系统研究,极限、动态、复杂系统设计的研究,人机智能设计系统研究、进程和对象集成设计系统研究等。

5) 知识重用和知识创新相结合的研究。是现代设计方法在新的历史条件下的基本要求,也是现代设计方法继续发展的应当选择。重在继承的反求设计、逆向工程设计、快速原型设计、虚拟仿真设计等随之将有新的变化。同时,专家系统、基于实例的推理等

基于经验知识的设计方法如何向科学转化也需要深入研究。在先进技术与成果的基础上,设计工具与平台将从主要提倡设计知识重用和共享,转变为同时也有利于设计知识创新的研究。

参考文献

- [1] KN OTTO, KL WOOD. Product Design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Development[M]. Prentice Hall Upper Saddle River, NJ. 2001.
- [2] HUBAK V, EDER W E. Design Science[M]. London: Springer, 1996.
- [3] 温诗铸,黎明. 机械学发展战略研究[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [4] 王成焘. 现代机械设计——思想与方法[M]. 上海:上海科学技术文献出版社,1999.
- [5] 闻邦椿,韩清凯. 产品设计的重要性与面向产品总体质量的综合设计法[J]. 科技和产业,2003,3(11):12—23.
- [6] 侯智,张根保,丁志华,等. 基于 QFD、TRIZ 和三次设计的集成化设计方法研究[J]. 组合机床与自动化加工技术,2003(2):30—32.
- [7] 孙大涌. 先进制造技术[M]. 北京:机械工业出版社,1999.
- [8] 唐林,邹慧君. 机械产品方案的现代设计方法及发展趋势[J]. 机械科学与技术,2000,19(2):192—196.
- [9] 丁予展,李杨. 19 种现代分析设计方法浅述[J]. 制造业设计技术,2000(1):10—13.
- [10] 钟掘,等. 复杂机电系统耦合设计理论与方法[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
- [11] 闻邦椿. 产品全功能与全性能的综合设计[M]. 北京:机械工业出版社,2008.
- [12] 陈子恕,黄文虎,高金吉,等. 机械装备非线性动力学与控制的关键技术[M]. 北京:机械工业出版社,2011.
- [13] 王群举,李俊山. 零件相似性与成组技术[J]. 成组技术与生产现代化,1999(7):154—157.
- [14] 张光鉴,等. 相似论[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1992.
- [15] 关立文,王立平,汪劲松,等. 机械运动方案相似设计研究[J]. 机械科学与技术,2004,23(3):306—308.
- [16] 孙靖民. 现代机械设计方法[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2003.
- [17] 蔡学熙. 现代机械设计方法实用手册[M]. 北京:化学工业出版社,2004.
- [18] 刘红阁,张少方,郑丽萍. 本体论的研究和应用现状[J]. 信息技术快报,2005,3(1):13—25.
- [19] 周杰韩,熊光楞. 本体工程的基础理论与制造业信息化本体(上)[J]. 现代制造工程,2003(3):87—88.
- [20] 钱学森,等. 论系统工程(新世纪版)[M]. 上海:上海交通大学出版社,2007.
- [21] 肖灵机,戴爱明. 复杂产品模块化与供应链协同研究[M]. 北京:人民出版社,2010.
- [22] 国家自然科学基金委员会工程与材料科学部. 2011—2020 机械科学发展战略报告[R]. 北京:科学出版社,2010.

(下转第 170 页)

Study on Inventers Characteristic of Invention patent in Fujian
Agriculture and Forestry University

RAO Min

(Industrial Department of Fujian Agriculture and Forestry University,Fuzhou 350002,China)

Abstract: The paper analyzes the age and professional title composition of the 1st inventors, and discusses the composition and distribution of the 1st invent-ers in FAFU on the basis of the investigation data of the patent applications and warrants in each year after China established the patent system. The results show that the 1st inventors of the patent applications and warrants are main in orthometric height professional titles, the proportion of which is up to 61.8% and 60% respectively, and whose ages are main between 41 to 55, consisting up to 52.7% and 61.4% of the service applications and the whole warrant pa-tents respectively. In the whole 262 application patents of FAFU, 228 ones are finished by cooperation consisting up to 87.0%, in which 215 service inven-tions are made by cooperation making up to 90.7%. In the 75 warrant patents, 66 ones are cooperated by several people accounting for 88.0%, in which 64 service patents are cooperated accounting for 91.4% of the total service patents, 102 applications are finished by more than 5 people making up to 38.9%, and the same with 32 warrant patents consisting up to 42.7% of the whole 75 ones. The analysis of the 1st inventors’ distribution finds that there are 56 people applying 1 invention patent accounting for 21.4% of the total applications and 53.8% of the total 1st 104 inventors, that 7 people apply for patents between 8 and 15 and the total ones of which consist up to 30.2% of the total. And that in the distribution of the warrant people, 29 people get one patent accounting for 70.7% of the total, 5 people get 2, 2 people get 3 and 4, and the most gets 8—9 of which accounting for 22.7%.

Key words: Fujian agriculture and forestry university;invention patent;patent inventers;patent statistics

(上接第 162 页)

[23]国家自然科学基金委员会工程与材料科学部. 机械与制造科学[R]. 北京:科学出版社,2006.

[24]杨海成,廖文和. 基于知识的三维 CAD 技术及应用[M]. 北京:科学出版社,2005.

[25]Design as building and reusing artifact theories: understanding and supporting growth of design knowledge[EB/OL]. [2011—9

—22]. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.11.3269>. 2010.

[26]王玉,邢渊,阮雪榆. 基于重用的新产品开发研究[J]. 上海交通大学学报,2002,36(4):463—473.

[27]王玉. 产品设计重用技术支持体系研究[J]. 机械科学与技术,2004,23(6):643—646.

Research on Dependences of Advanced Machine Design Methodology and Related Key Problems

WANG Ju-qun, WANG Hai-wei

(1. College of Mechanical & Electrical Engineering,Shaanxi University of Science & Technology,Xi'an 710021,China;
2. School of Mechatronics,Northwestern Polytechnical University,Xi'an 710072,China)

Abstract: The development of the advanced machine design methodology is concluded in this paper. The main three parts and the basic characteristic of the advanced design methodology are presented. The dependences of the advanced machine design methodology which include the system theory, similarity theory and ontology are discussed. The problems which may influence the further development of the advanced machine design methodology are carried out. Finally, the future trends of the advanced machine design methodology are outlined.

Key words: advanced design methodology;system theory;similarity theory;ontology