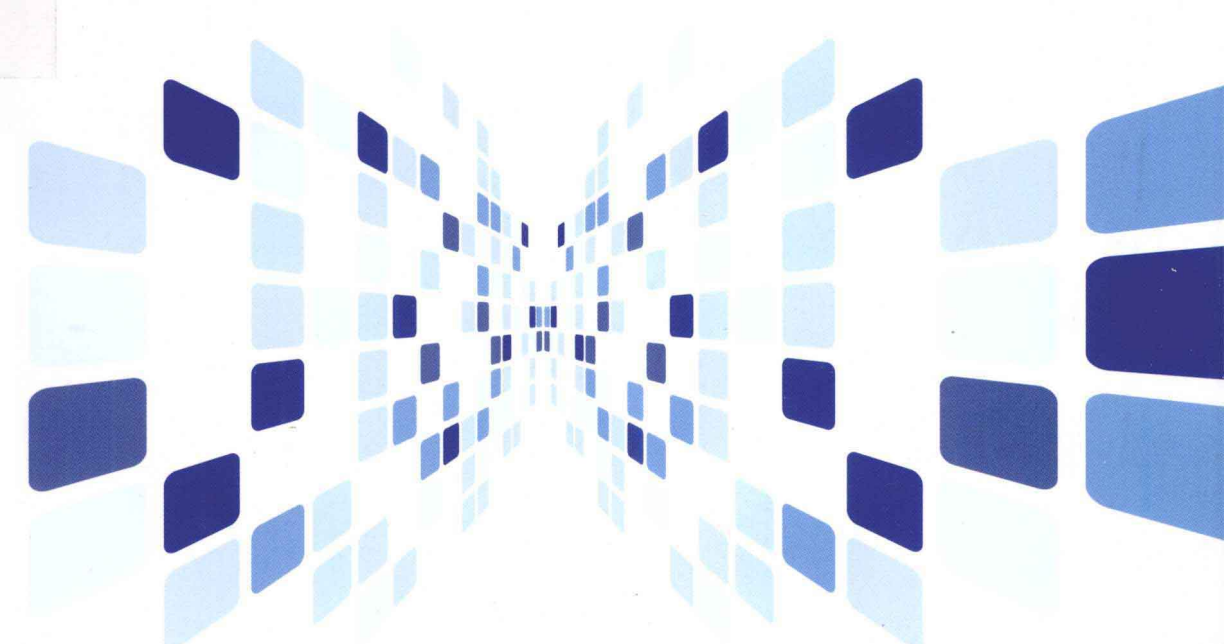




产品创新设计 理论及方法

李彦著



科学出版社

产品创新设计理论及方法

李彦 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

“自主创新,方法先行”。目前,缺乏有效的创新方法和工具已成为制约我国企业创新能力提升的技术瓶颈。本书是一本关于产品创新设计规律、理论、方法和工具的专著。书中围绕产品创新设计,以提高设计人员的创新设计能力为目标,会聚认知科学、设计理论、信息科学等技术,发掘产品创新设计认知机理,建立产品概念设计过程模型,制定产品创新设计策略,构建创新设计知识组织模型和知识库。另外,本书在理论研究和实践应用的基础上,开发了计算机辅助产品创新设计的原型系统和基于网络的创新设计服务应用系统。

本书可供从事产品设计、开发、制造及管理的科技人员参考,也可作为高等院校相关专业的师生和从事产品创新设计理论、方法和工具研究的科技工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

产品创新设计理论及方法/李彦著. —北京:科学出版社,2012

ISBN 978-7-03-033701-6

I. ①产… II. ①李… III. ①工业产品-设计 IV. ①TB472

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 035074 号

责任编辑:裴 育 张海丽 / 责任校对:朱光兰

责任印制:赵 博 / 封面设计:科地亚盟

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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 3 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2012 年 3 月第一次印刷 印张: 15

字数: 292 000

定价: 60.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

2006年1月9日,胡锦涛主席在全国科学技术大会上提出了建设创新型国家的号召,强调部署实施《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》。纲要提出新时期我国科技工作必须坚持“自主创新,重点跨越,支撑发展,引领未来”的指导方针,其核心是自主创新。美国国家自然科学基金会(NSF)在《提升人类技能的会聚技术》报告中指出:21世纪是创新时代,着重点将从“重复”转向“创造和创新”。当今时代,谁在知识和科技创新方面占据优势,谁就能够在发展上掌握主动。科技创新的内容包括新知识、新技术、新工艺、新产品,而产品创新是企业得以生存和持续发展的内在动力。因此,对产品创新设计内在规律、理论体系、方法、工具的研究就显得尤为重要和迫切。

本书围绕产品创新设计,发掘产品创新设计认知机理,建立产品概念设计过程模型,制定产品创新设计策略,并在理论研究和实践应用的基础上,归纳创新资源,研发创新工具。书中介绍了作者对产品创新设计研究领域的新发现、新思路和新研究,从产品创新设计的蕴含本质规律着手,力求在产品创新设计的理论、方法、工具、应用等方面做出新的理解,为该领域提供新的研究方向和实用的系统性方法。

全书共分为5章。第1章总体介绍了产品创新设计的研究背景、基本概念和方法学体系;第2章研究创新设计的认知机理,并详细阐述了其研究手段——认知实验方法;第3章论述了产品创新设计过程模型的体系结构;第4章介绍了基于四个面向(面向问题、面向目的、面向产品、面向载体)构建产品创新设计策略及由此产生的实际应用;第5章展示创新设计知识的分类、组织、表达和管理的研究成果,并介绍了辅助产品创新设计的软件和网络平台。

本书是国家自然科学基金资助项目“具有认知机理的创新设计理论、方法及工具研究(50675144)”和“面向产品创新设计的知识模式和知识系统研究(50875180)”、科技部创新方法专项“产品创新设计理论、方法和工具的研究与应用(2009IM040200)”等支持下的研究成果。在此衷心感谢国家自然科学基金委员会、科技部等多年来对创新方法与创新设计相关理论研究的大力支持。

本书是创新方法与创新设计四川省重点实验室近年来科研成果的系统展现,是李彦教授学术团队的研究成果。熊艳、李文强、麻广林、刘小莹、孙玉帅、李婷、曾乐、聂大安、胡艳、钱自富、孙其英、薛来、刘翔等的研究成果为本书的形成做出了贡献。

本书由李彦教授著,熊艳、姜杰、尹碧菊、陈卫敏等参与了思路整理总结、文字修改等工作。在本书撰写过程中,赵武、李翔龙、李文强等老师,闫喜强、万延见、姜莉莉、杨琨等博士研究生都多次提出了宝贵意见,在此表示诚挚的谢意。

作 者

2011 年 11 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 创新及创新设计	2
1.2 融合认知心理学的产品创新设计	4
1.2.1 会聚技术	5
1.2.2 产品创新设计的创造力模型	8
1.2.3 产品创新设计的理论体系	11
1.3 主要内容和章节安排	12
参考文献	13
第 2 章 产品创新设计的认知机理	15
2.1 产品创新设计认知机理的科学基础	15
2.1.1 信息加工模型	15
2.1.2 记忆	16
2.1.3 创造性思维	17
2.2 产品创新设计的认知机理及过程模型	19
2.2.1 产品创新设计的认知过程信息加工模型	19
2.2.2 产品创新设计创意生成的认知机理	22
2.3 产品创新设计机理的认知实验	31
2.3.1 利用口语分析进行产品创新设计研究理论依据	31
2.3.2 口语分析实验法	33
2.3.3 基于口语分析进行创新设计思维研究的流程	34
2.4 认知实验示例	37
2.4.1 验证认知过程模型的认知实验	37
2.4.2 探索产品创新设计形态设计认知规律的认知实验	43
参考文献	51
第 3 章 产品概念设计过程模型	53
3.1 产品概念设计的定义及特征	53
3.2 支持产品多级创新的概念设计过程模型	54
3.2.1 多级产品创新设计过程模型	55
3.2.2 多级映射过程的创新策略	56

3.2.3	支持产品多级创新过程的数学表示	57
3.2.4	支持产品多级创新的概念设计示例	59
3.3	基于用户需求分类的同步多产品设计模型	65
3.3.1	用户需求分析	65
3.3.2	同步多产品设计模型构建过程	68
3.3.3	基于用户需求分类的同步多产品设计示例	72
3.4	基于 FSMEE 模型的概念生成过程	77
3.4.1	基本设计特征映射类型	77
3.4.2	基本映射关系集	77
3.4.3	基本映射关系进化逻辑	80
3.4.4	基于 FSMEE 模型的概念生成示例	83
3.5	基于可拓关联函数的产品设计方案总体评价	84
3.5.1	面向产品设计方案总体性能的评价	85
3.5.2	多属性评价指标可拓关联函数	88
3.5.3	产品总体性能目标函数的优化	91
3.5.4	面向产品设计方案总体性能的评价流程	91
3.5.5	基于可拓关联函数的评价示例	93
	参考文献	97
第4章	产品创新设计策略	99
4.1	面向问题的产品创新设计策略	99
4.1.1	基于 DFSS 的产品创新设计方法	100
4.1.2	基于约束理论的系统化创新思维方法	117
4.1.3	基于产品直接进化理论的失效预测方法	124
4.2	面向目的的产品创新设计策略	130
4.2.1	基于 FBS 法的 FSMEE 模型创新设计	130
4.2.2	基于有序二叉决策图的创新策略	135
4.3	面向产品的创新设计策略	141
4.3.1	基于产品基因的创新设计方法	141
4.3.2	基于属性预测的创新设计方法	150
4.4	面向载体的产品创新设计方法	153
4.4.1	基于形态特征线意象量化的产品形态设计方法	154
4.4.2	基于两次创新的产品形态设计方法	160
	参考文献	166
第5章	创新资源及工具	168
5.1	基于知识的产品创新设计	168

5.1.1 设计知识的分类与表达	168
5.1.2 “以面对面”的知识组织与管理模型	171
5.1.3 支持产品创新设计的知识库	177
5.2 计算机辅助产品创新设计系统	192
5.2.1 原型系统	192
5.2.2 系统实现	199
5.3 计算机辅助产品创新设计服务平台	209
5.3.1 产品创新设计服务平台的功能需求分析	210
5.3.2 产品创新设计服务平台的体系结构及框架设计	211
5.3.3 产品创新设计服务平台的功能模块	214
5.3.4 产品创新设计服务平台的关键技术	218
5.3.5 产品创新设计服务平台的开发环境及应用流程	224
参考文献	230

第 1 章 绪 论

人类发展历史以及科学技术进步历程表明,每一次重大跨越和重要发现都与思维创新、方法创新、工具创新密切相关。离开了“创新”,人类社会不可能向前迈进,科学技术也不可能有实质性的进步。在当代社会,科学技术是第一生产力,而创新又是科学技术的龙头。20 世纪初,全球社会生产力的发展中只有 5%是依靠技术创新取得的。而到现在,发达国家的这个比例为 70%~80%^[1]。美国国家自然科学基金会(NSF)在《提升人类技能的会聚技术》报告中指出:21 世纪是创新时代(innovation age),着重点将从“重复(repetitive)”转向“创造和创新(creative, innovation-based activities)”^[2]。21 世纪是从知识经济时代转向创新经济时代的世纪,因此创新能力是评估一个国家综合实力最关键的标准。谁在知识和科技创新方面占据优势,谁就能够在发展上掌握主动——加强创新方法研究与应用,提升创新能力,不仅意味着可以进入并占领科学研究的前沿和战略最高点,促进重要自主知识产权的拥有并引导社会发展和进步,而且意味着向新的领域、新的方向开拓时占据先机。因此,创新方法是科技创新的手段,也是科技创新的内容,先进的创新方法是提升国家自主创新能力的武器。

国际上,创新型国家高度重视对创新方法的研究,推广创新方法的普遍做法是将科技创新提升至国家战略层面,超前部署创新方法研究和推广工作,加大科技投入,出台优惠政策,设立专项资金,鼓励自主研发,并在部分高等院校和科研单位成立专门的研究机构,发挥企业和科研机构的主体作用,培育创新型人才,以此不断强化本国的核心竞争力。1978 年,美国总统卡特倡导实施的美国技术创新政策评估代表了西方国家在这方面的最初努力。2009 年,美国政府制定了“美国创新战略(Strategy for American Innovation)”,从国家战略高度推动创新。2011 年 1 月,美国总统奥巴马再次强调,“赢得未来的第一步是鼓励美国创新”,并进一步完善“美国创新战略”。加拿大联邦政府成立创新基金会(CFI),对加拿大各大学、院所、医学研究机构和非营利机构的创新研究进行资助。2005 年,法国正式决定建立“工业创新署”,以实施新的重大工业创新政策。新加坡推出“智能国 2015”资讯计划蓝图,并成立了若干战略研发机构。瑞典设立了专门支持企业技术创新的机构,各级地方政府也都设立了专门机构来推进企业开展技术创新活动。

长期以来,我国科技活动仍未摆脱跟踪模仿的局面,自主创新成果较少,高精尖科学仪器设备严重依赖进口,与加强自主创新、建设创新型国家的战略要求极其不适应。造成这种局面的关键因素是:对科技创新工作的重视相对不够,科学思维

培育相对落后,科学技术没有获得创新方法的有效支持^[3]。近年来,为了改变中国科技创新能力不强的局面,我国高度重视自主创新,在国家战略层面上,制定了一系列提升国家自主创新能力的政策与措施。2006年1月9日,胡锦涛主席在全国科学技术大会上提出了建设创新型国家的号召,部署实施《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》。纲要提出新时期我国科技工作必须坚持“自主创新,重点跨越,支撑发展,引领未来”的指导方针,其核心是自主创新。2008年6月26日,在两院院士大会上,胡锦涛主席强调要坚定不移地走中国特色自主创新道路,必须把提高自主创新能力作为科技发展的首要任务。2010年6月7日,胡锦涛主席在两院院士大会上明确指出:“把增强自主创新能力作为战略基点,着力提升原始创新能力,大力增强集成创新和引进消化吸收再创新能力,提升知识、技术转移转化和规模产业化能力,形成更多具有自主知识产权的创新技术,构建完整的创新体系,牢牢把握发展主动权。”

2009年5月9日,温家宝总理在福建星网锐捷通讯有限公司调研时,勉励年轻人:“创新赢得实力,创新赢得领先,创新赢得发展,创新赢得尊严。一个国家和民族,必须有自己的创新产品、自己的知识产权和高度的创新能力、文化素养,才能赢得全世界的尊重。”从创新方法源头抓起,是提高自主创新能力的关键;拥有自主知识产权的创新产品,是提升自主创新能力的根本目的。产品设计从来就离不开创新,新产品的设计本身就是一种创新。如何开发新产品,如何实现产品创新和创新设计,是提升自主创新能力的热点研究。产品创新设计研究是产品设计领域中创新方法的研究,对掌握产品设计本质规律、增强企业创新能力、促进产业水平提高、提升国家自主创新能力具有积极意义。

1.1 创新及创新设计

“创新(innovation)”的起源可追溯到1912年美籍经济学家熊彼特的《经济发展概论》^[4],书中指出:创新是把一种新的生产要素和生产条件的“新结合”引入生产体系。包括5种情况:引入一种新产品,引入一种新的生产方法,开辟一个新的市场,获得原材料或半成品的一种新的供应来源,建立新的企业组织形式。熊彼特的创新概念包含的范围很广,涉及技术性变化的创新及非技术性变化的组织创新。

“创新”有别于“创造”(creation)和“发明”(invention)。对于“创新”,有两个比较权威的定义:

(1) 2000年由经济合作与发展组织(OECD)提出:“创新的涵义比发明创造更为深刻,它必须考虑在经济上的运用,实现其潜在的经济价值。只有将发明创造引入经济领域,它才成为创新。”

(2) 2004年由美国国家竞争力委员会在《创新美国》计划中提出:“创新是把

感悟和技术转化为能够创造新的市场价值、驱动经济增长和提高生活标准的新产品、新过程、新方法和新服务。”

设计是一种创造性的活动,其目的是为物品、过程、服务以及它们在整个生命周期中构成的系统建立起多方面的品质^[5]。它既是创新技术人性化的重要因素,也是经济文化交流的关键因素。就其本质而言,设计是在有限的时空范围内,在特定的物质条件下,人们为了满足一定的需求而进行的一种创新思维活动的实践过程。

如图 1.1 所示,“创造”或“知识”通过“设计”的实践,实现具有经济价值的创新,创新又带来新知识。“设计”中的创新设计及产品创新设计在人类探索自然、促进人类文明发展的历程中具有无可替代的意义。

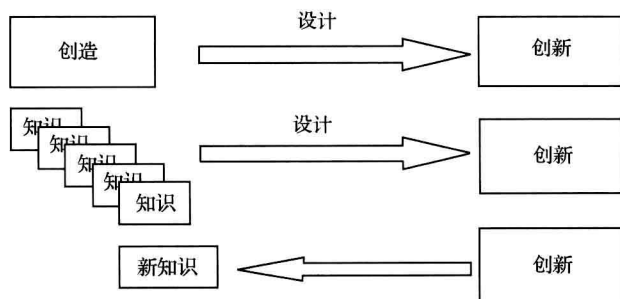


图 1.1 设计的意义

创新设计是指充分发挥设计者的创造性思维,将科学、技术、文化、艺术、社会、经济融汇在设计之中,设计出具有新颖性、创造性和实用性的新产品的一种实践活动,其主旨是在最有可能发挥创造力的产品概念设计阶段产生新的有市场竞争力的概念或设想,即创意方案。这些方案最终形成的产品或在功能、或在外表、或在使用方式、或在表达思想上具有与众不同的特性,使顾客能够在市场上迅速而准确地被其所吸引,继而接受该新产品。创新设计的理论、方法和工具的研究与普及,是通过创建有利于设计人员进行创新的理论模型、思维方法和辅助工具,来引导、帮助设计人员有效地利用内外部资源激发创新灵感,在产品概念设计、方案设计阶段高效率、高质量地提出创新设计方案,有效地满足客户对产品求新和多样化的需求,从而成为提高企业新产品开发能力和经济效益的根本手段。

当前,研究人员从设计思维、智力、知识、工程技术等角度对创新设计理论与方法进行了较多的研究,主要的成果包括 4 个方面^[6]:基于心理学的创造性思维研究、基于认知科学的概念设计研究、基于工程技术规律的发明问题研究和基于知识的概念设计研究。

(1) 基于心理学的创造性思维研究:以人为主体,着重研究人的思维方法,强

调打破思维定势(think out of the box),重点在于创新概念的产生。该研究强调想象力的作用,主要采用的是非逻辑思维方法。基于心理学的创造性思维方法有助于辅助设计人员进行创造性的想象并产生创新概念,已被广泛地应用于不同的领域。然而,创造性思维具有普遍性、抽象性,在应用于技术系统和产品概念设计时,缺乏良好的系统性和操作性,设计效率比较低。

(2) 基于认知科学的创新设计研究:产品创新设计研究的新趋势。认知科学是研究人类感知和思维信息处理过程的科学,包括从感觉的输入到复杂问题求解,从人类个体到人类社会的智能活动,以及人类智能和机器智能的性质。然而,目前基于认知科学的产品创新设计研究的广度和深度还远远不够,还没能形成系统性或策略性的理论和方法。

(3) 基于工程技术规律的发明问题研究:以技术系统为主体,着重研究技术创新的规律,强调解决技术系统的进化矛盾,重点在于发现问题,求解它们着重于逻辑思维,采用系统化的方法,从特定的角度思维,定向搜索,减少搜索空间,较高效率地产生新的概念。但这类研究成果更适合于产品的适应性设计或改进设计,对新产品创新设计的支持不够。

(4) 基于知识的创新设计研究:主要研究如何利用专业知识进行设计,以及知识的表示、获取等在设计中的应用。知识是对过去研究事实的提炼和总结,是设计的源泉。从整个设计过程来看,其过程是对各种设计知识的识别、组织、提取和再应用的过程。基于知识的概念设计研究,主要研究知识的表示、获取以及如何利用已有知识进行设计等。创新设计要利用知识但更要能够超越原有知识的限制,需根据设计阶段的不同特点为设计人员提供相应的知识。

1.2 融合认知心理学的产品创新设计

设计是人类征服自然改造世界的基本活动之一,是人们为满足一定的需求而进行的一种创造性活动的实践过程。人类文明的历史就是不断进行设计活动的历史^[7]。产品是设计结果的物质表现。产品设计是人类创造有使用价值的创新产品的实践过程,最终表现结果就是产品模型,其过程本质在于创造与革新。

概念设计处于产品设计的早期,目的是提供产品方案。在设计的前期,设计者没有太多的约束,设计中的各种参数也没有建立,可以较为自由地产生各种方案。因此,概念设计在整个设计中最能凝聚设计者经验、智慧和创造性,被认为是产品设计中最重要、最关键、最具有创造性的阶段。产品的概念设计决定了最终产品价值的75%^[8],产品的创新及其所具有的竞争能力,基本上也是在概念设计阶段就被确定下来。可见,概念设计对产品创新设计成功与否起到决定性的作用,产品创新设计研究主要集中在这一阶段进行。

概念设计是设计过程中最具创新性的阶段,而设计者本身的作用也非常重要,因此有必要构建更符合人类思维模式的创新方法,或将现有的各类创新设计方法融入概念设计过程中,充分体现概念设计阶段的创造性,支持概念创新的实现。以往的研究注重的是产品或技术系统本身的因素,很少从认知的角度认识和规划设计过程。但从认知的角度认识设计很有必要,因为设计人员之间的差距是巨大的,这不仅仅是知识的因素,还有许多认知方面的因素影响设计人员的创造性。例如,设计问题的定义和表征,如何使用各种领域知识和信息,设计人员本身的思维方式以及高速发展的信息技术对认知会产生影响和帮助。因此,一种以学科的融合为基础,通过技术会聚、以人为本的整体发展观会给创新设计研究带来巨大的发展前景。

1.2.1 会聚技术

NBIC(Nano-Bio-Info-Cogno)会聚技术(converging technologies)是国际上近几年提出的全新概念^[9],是指当前四个迅速发展的科学技术领域的协同和融合。这四个领域分别是:纳米科技、生物技术(包括生物制药和基因工程)、信息技术(包括先进计算机与通信)、认知科学(包括认知神经科学)。这四个领域的技术现在都在迅速发展,其中任何技术的两两融合、三种会聚或者四者集成,都将产生难以估量的效能。NBIC 会聚技术代表着世界科学研究与开发新的前沿领域,其发展将显著改善人类生命质量,提升和扩展人的技能,这四大前沿技术的融合还将缔造全新的研究思路和全新的经济模式,大大提高整个社会的创新能力和社会生产水平。美国将 NBIC 会聚技术认可为推动美国经济长期繁荣发展的关键。NBIC 会聚技术的发起者达成了这样一个共识:最重要的是通过纳米科技、生物技术、信息技术、认知科学的融合发展,推翻学科之间的研究和发展壁垒,使这四门技术在融合发展中迸发出足够的潜力。会聚技术的主要特点是:①以提高人的能力为主要方向;②打破学科之间的研究和发展壁垒,构建在“整体观”之上的新的科学技术;③相互使能,即会聚技术中的技术能相互促进(使能),并且会聚技术是开放的,能进一步融合其他技术。

美国国家科学基金会在 2006 年 8 月组织了创新和发明的研讨会,在会议的总结报告《个人和团队创新和发明的科学基础》中指出:创新能力是未来发展的关键因素,社会心理学、认知科学及工程研究进行学科间的协同和融合,是研究创新和发明的方向^[10]。在未来的一二十年中,会聚技术将在 20 个方向提高人类能力^[9],其中一个方向是:通过采用各种新的工具进一步理解人类创造力的产生机制,工程师、艺术家、建筑师和设计师将大大地扩展其创造能力。

因此,产品创新设计的研究不能仅仅停留在其实现方法和技术上,还必须深入研究创新设计的内在规律,构建更符合人类思维模式的设计方法或将现有的各类

设计方法融入产品创新过程中,充分体现创新设计的创造性,支持产品创新的实现。创新设计是由人决定的,必定要探讨设计过程中,人的知觉、学习、记忆、思考、动作等,而这恰恰是认知科学研究的领域。将产品创新设计的研究与认知心理学相融合,是当前设计研究的新趋势和前沿。

为了更为全面地研究产品创新设计理论、技术和方法,并为工程应用打下良好的基础,产品创新设计研究应基于 NBIC 会聚技术的核心思想,以多学科统一的方法,融合认知科学、信息技术和设计理论(见图 1.2),来研究创新设计的内容。产品创新设计研究主要包括:①研究产品创新设计过程;②研究产品创新设计的认知基础,建立创新设计的思维过程模型;③研究符合人类认知规律的产品设计方法,研究产品设计创新策略,实现设计者认知与产品设计过程的结合;④依据产品设计技术,构建最容易被设计者接受的、高效的辅助设计方法,为开发新一代计算机辅助产品创新设计工具提供有益的帮助。

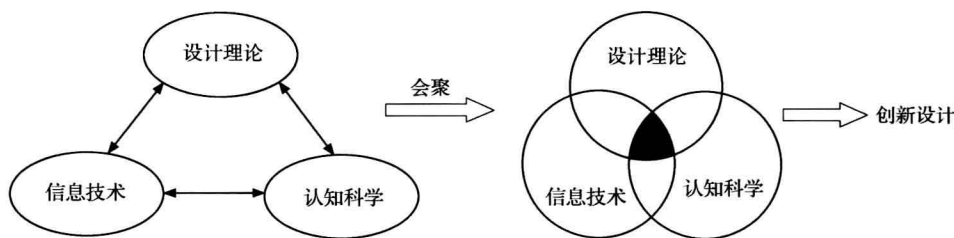


图 1.2 三种领域技术的会聚^[6]

1. 认知科学

为了使信息向知识的转变由盲目走向自觉、由经验走向科学,必须研究和理解人类知识的认知结构及其过程,由此产生了认知科学。认知科学的产生,受到了计算机科学、语言学、神经科学等学科的影响,是关于人类心智的多学科、跨学科的合作性研究,由心理学、计算机科学、语言学、人类学、神经科学和哲学 6 个领域的学科组成^[11]。认知科学探索人类的智力如何由物质产生,是研究人类感知和思维信息处理过程的科学,如感知、语言、学习、记忆、思维、意识,研究领域包括从感觉的输入到复杂问题求解,从人类个体到人类社会的智能活动,以及人类智能和机器智能的性质等。认知科学是 20 世纪世界科学标志性的新兴研究领域,它作为探究人脑或心智工作机制的前沿性尖端学科^[12],已经引起全世界科学家的广泛关注。

认知科学的兴起和发展标志着对以人类为中心的认知和智能活动的研究已进入到了新的阶段。认知科学研究是“国际人类前沿科学计划”的重点,认知科学及其信息处理方面的研究被列为整个计划的三大部分之一。近年来,认知科学的发展得到国际科技界尤其是发达国家政府的高度重视和大力支持:1979 年,美国的认

知科学学会成立;美国和欧盟分别推出“脑的十年”计划和“欧盟脑的十年”;日本则推出“脑科学时代”计划。

认知科学的科学目标在于探索智力和智能的本质,建立认知科学和新型智能系统的计算理论,解决对认知科学和信息科学具有重大意义的若干基础理论和智能系统实现的关键技术问题。以知觉表达、学习和记忆过程中的信息处理、思维、语言模型和基于环境的认知为突破口,在认知的计算理论、科学实验方法与策略等方向实现原始创新,探讨创新学习机制,建立脑功能成像数据库,提出新的机器学习理论和方法^[13]。

2. 信息技术

信息是人类认识世界和改造世界的知识源泉。对人类而言,不能有效地利用信息,就不会有人类文明的演化、社会的发展和科学的进步,就不能驾驭大自然。人类社会发展的速度,在一定程度上取决于人们利用信息的水平。信息技术(information technology, IT)是适应信息社会的发展需要而迅速发展起来的一门新兴边缘科学技术。

信息技术是指在信息的产生、获取、存储、传递、处理、显示、使用等方面能够扩展人的信息器官功能的技术。它随着人类对外部世界的认识和控制能力的不断提高而逐步由低层次向高层次发展。现代社会,随着经济的发展、科学技术的进步,现代的信息技术已发展成为一门综合性很强的高新技术,以通信、电子、计算机、自动化、光电等技术为基础,信息技术已成为产生、存储、转换和加工图像、文字、声音、数字信息的所有现代高技术的总称。信息技术包含的单元技术十分广泛,诸如通信技术、计算机技术、多媒体技术、自动控制技术、视频技术、遥感技术等。在产品设计和制造领域,信息技术也无处不在,主要有数字化建模、数字化装配、数字化评价、数字化制造、数字化信息交互、计算机协同技术、计算机网络技术、虚拟现实技术等。同时,为解决目前设计中设计方法学与信息技术(主要是计算机技术)脱节的问题,一些不同于以往 CAD(computer aided design)软件的计算机辅助创新设计软件也相继出现,如美国 Invention Machine 公司开发的 Goldfire Innovator^[14], Ideation International 公司开发的 Innovation WorkBench^[15], 亿维讯公司开发的 Pro/Innovator^[16],但是这些工具都是基于发明问题解决理论(TRIZ)开发的。随着设计理论和信息技术的不断向前发展,人们对设计支持工具提出了越来越高的要求,下一代的创新设计软件应该是充分考虑高速发展的信息技术对认知的影响和帮助,广泛支持人的设计活动,并符合人的认知思维习惯,能有效辅助设计者进行产品创新设计的软件。

3. 设计理论

设计理论是指设计过程系统行为的基本规律及方法。对于设计过程,并没有

统一而严格的定义,通常认为,该过程是一个由分析到综合的反复迭代过程。设计理论研究设计的过程、规律及设计中的思维和工作方法。广义的设计理论包括设计理论与设计方法。设计理论是研究产品设计过程的系统行为和基本规律,设计方法是产品设计的具体手段^[17]。

设计理论与方法的研究种类繁多,但主要集中在以下 3 个方面:设计规律的研究、设计过程的研究、设计实施技术的研究。

(1) 设计规律的研究:侧重于探讨设计活动的本质规律,如利用认知科学方法对设计行为的研究,通过搭建设计者行为、设计活动和设计者思维之间的关系,为开发设计工具提供理论依据。主要的研究方向有草图设计研究^[18]、手势设计研究^[19]等。

(2) 设计过程的研究:侧重于研究设计活动进行的步骤与方式,Pahl 和 Beitz 认为,设计者的设计过程是信息演变的过程,每一个新阶段都是对上一阶段结果的具体化和改进,直至获得最终结果。设计者的问题求解被认为是有步骤地进行分析与综合,不断地从定性到定量的过程。据此将设计者进行设计的过程划分为明确任务、概念设计、技术设计和施工设计 4 个阶段^[20]。

(3) 设计实施技术的研究:包括基于产品建模的研究、基于知识的研究、基于决策的研究、基于工程技术发展规律的研究等。基于产品建模的研究致力于寻找概念设计结构化求解方法,如公理设计(axiomatic design, AD)^[21]、FBS 模型^[22]等;基于知识的研究探讨领域知识的表示、组织、获取、使用等,如专家系统、基于实例的推理(case-based reasoning, CBR)系统、设计目录方法等;基于决策的研究在一定的空间中寻找合适的设计解的优化设计,对设计方案的评价与决策,如遗传算法、层次分析法、模糊综合评价法、模糊推理法^[23]等;基于工程技术发展规律的研究^[24]认为,技术创新存在解决问题的一般规律,这些规律可以告诉人们按照什么样的方法和过程去进行创新并对结果具有预测性和控制性,其中最著名的研究是发明问题求解理论(TRIZ)和创造性模板方法。

1.2.2 产品创新设计的创造力模型

心理学领域对于创造力的定义较为一致的看法是:根据一定的目的和任务,运用一切已知信息,开展能动的思维活动,产生出某种新颖的、独特的、具有社会价值或个人价值的产品的智力品质。这里的产品是指以某种形式存在的思维成果,既可以是一种新概念、新设想、新理论,也可以是一项新技术、新工艺、新产品^[25]。

按照美国心理学家 Sternberg 等^[26]的理论,个体创造力与智力、知识、思维模式、个性(人格)、动机、环境等多种因素有关,可以表示为

$$C = f(I, K, TS, P, M, E) \quad (1.1)$$

式中, C 为创造力(creativity); I 为智力(intelligence); K 为知识(knowledge); TS

为思维模式(thinking styles); P 为个性/人格(personality); M 为动机(motivation); E 为环境(environmental context)。

Sternberg 的理论是面向一般个体的,但对产品创新设计而言,创造力应有其独特性。下面对产品创新设计的创造力属性进行分析^[24]。

(1) 智力。研究表明,在个体的智商达到一般水平后,智力对创造力的影响明显变小。因此,当个体具备设计人员的基本能力时,智力和创造力之间就没有关系了^[27]。

(2) 个性。个性是指个体创新的胆量和勇气。产品创新设计,往往是一个团队工作,可以弥补个体个性的差异,根据冒险转移理论,群体思维(groupthink)更倾向于冒险。

(3) 动机。动机是指个体的创新愿望。这是产品设计人员应具备的最基本素质。

(4) 环境。环境是指社会环境、是否鼓励创新等。目前,全球和中国的大环境是鼓励和提倡创新,不过不同的企业有较大的差别。

(5) 知识。知识是创新设计创造力的关键属性,是非常重要的基础,对进一步的创造活动有积极的指导作用。知识是重要的,关键是和创造性思维相结合。一个人做事做久了,会习惯性地从同一个角度来处理问题,无法跳出原有思维而从另一个角度寻找答案;富有创意的人除了拥有知识之外,还要能够超越原有知识的限制。

(6) 思维模式。创造性思维方法是创造力中最重要的关键属性。创新能力依赖于由创新思维产生的创造力。创造力的一个先决条件是不要将固定的思维模式强加给眼前的事实,而是要学会如何另辟蹊径。因此,对产品创新设计而言,影响设计人员创造力的主要因素是设计人员所具有的知识和思维模式。知识对创造力的影响可能是正向的,也有可能是负向的,关键取决于思维模式。知识、思维模式和创造力的关系如图 1.3 所示。随着知识的增加,创造力也增加,但知识增加到一定的程度,由于思维定势的作用,可能使设计人员陷入已有知识的架构而看不见更富有价值的东西,创造力不但不增加,反而下降。而由于创造性思维方式克服心理定势的约束和抑制,设计人员能灵活地运用人类已有的知识,进行重新组合、叠加、联想、综合、推理、抽象等过程,形成新的思想、概念等。因此,在创造性思维下,知识增加可使创造力也增加。

(7) Sternberg 理论中对信息的作用重视不够。信息是一个非常重要的因素,对灵感的激发和对想象力的扩展非常有用。信息表示事实(what)以及事实发生的地点(where)、时间(when)和涉及的人(who)。而知识除了信息包含的内容外,还包括事实如何(how)产生和为什么(why)会产生。信息可能是与产品设计直接相关的,如市场信息和同类产品信息;也可能是与产品设计无直接关系的信息,但