

基于TRIZ技术进化理论的产品衍生路径与设计方法研究

周瑄, 戴端

(中南大学, 长沙 410083)

摘要: **目的** 探讨产品进化路径和寻找创新性产品设计方法。**方法** 将TRIZ的技术进化理论和技术进化模式从工程领域转化到产品设计领域。**结论** 得出产品衍生的6种路径和相对应的6种设计方法: 精简微观化、曲面柔性化、多维活性化、集成调和化、自动智能化和增加理想化; 同时, 结合产品的生命周期理论, 在产品生命周期的不同阶段, 根据产品的衍生路径来有目的地组织和策划产品的设计开发活动。

关键词: TRIZ; 技术进化理论; 产品衍生路径; 设计方法

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)08-0113-05

Product Evolutionary Trends and Design Methods Based on TRIZ Evolutionary Theory

ZHOU Xuan, DAI Duan

(Central South University, Changsha 410083, China)

ABSTRACT: It aims to investigate the evolutionary trends of products and look for innovative design methods of products. By transforming the technical evolution theory of TRIZ and its evolution model into the field of product design, it concludes six kinds of evolutionary trends and methods for product design. These include the mode of simplifications and microcosm, bending surface and flexibility, multi-dimension and activity, automation and intelligence, increasing the ideal solution. According to the product's evolution trends and combined with the theory of product life cycle, TRIZ technical evolutionary theory can help organize the process of design plan in different stage based on the evolution trend of product design.

KEY WORDS: TRIZ; evolutionary theory; product evolutionary trends; design methods

TRIZ^[1-2]是前苏联发明家G·S·Altsuler所开创的一种基于知识、面向人的发明问题解决系统化方法学。在针对产品创新设计方面, TRIZ主要提出了技术进化理论、冲突解决原理、40个发明原理和矛盾矩阵、理想解、物质-场模型和效应等创新工具^[3]。这里将TRIZ进化理论集成到产品的设计开发领域, 提出产品衍生的发展路径分析, 并结合系统进化法则的S曲线理论, 提出在产品生命周期的不同阶段应采取不同的设计策略, 运用不同的设计方法来指导产品的开发和设计。

1 TRIZ技术进化理论

TRIZ技术进化理论主要是指技术从结构上来看有着进化的趋势, 并且遵循着一定的技术进化模式和进化路线^[4]。TRIZ的技术进化理论主要提出了9条技术进化定律: 定律1, 提高理想化水平; 定律2, 子系统的非均衡发展; 定律3, 动态化增长; 定律4, 向复杂系统进化; 定律5, 向微观系统进化; 定律6, 完整性; 定律

收稿日期: 2016-01-22

基金项目: 中南大学“开放式精品示范课堂”计划2014年立项课题

作者简介: 周瑄(1980—), 女, 湖南人, 硕士, 中南大学讲师, 主要从事可持续设计、产品形态设计方面的研究。

7,缩短能量流路径长度;定律8,增加可控性;定律9,增加和谐性^[5]。其中,定律1所提出的提高理想化水平是技术系统进化的总方向。技术系统和产品一直处于由低级向高级演化的过程,并且,整个过程中存在一个趋于终极目标的理想状态^[6]。这种产品的终极理想状态可以称为“理想解”,产品的“理想解”可以定义为:低成本、低能耗、高功能、高安全性、无污染、与自然环境友好等状态。在技术进化过程中,每条技术进化路线由技术所处的不同状态构成,并向着增加“理想解”递进。在对技术进化理论的研究中,研究者还发现进化模式和进化路线具有可移植性,将已经成熟应用于某一工程技术领域的先进技术方法移植到另一工程技术领域,通过融合再造,引导该工程技术领域的发展与技术创新^[7]。TRIZ的技术进化理论还提出了技术系统的S曲线进化理论,揭示了一个技术系统的进化过程一般经历4个阶段,分别是婴儿期、成长期、成熟期和衰退期,每一个阶段都会显现出不同的特征,当技术系统进化到一定程度后,会出现另一个新的技术系统进行替代^[8]。一方面,S曲线提供了技术成熟度预测的功能,另一方面,在进化的4个阶段中,产品的定位与开发必须要根据市场反馈来调节和制定不同的产品设计策略,从而更好地引导设计向着“理想解”的方向进化。

2 产品衍生路径及设计方法

将TRIZ技术进化理论移植到产品设计领域,从人一机—环境关系进化的角度来研究产品进化的规律,分析产品衍生的线路、模式,可以提出由9种进化定律所引申出的6种产品衍生路径,从这6种衍生路径中又可以推导出相对应的6种产品设计方法。

2.1 精简微观化

在技术进化模式中,产品的核心技术一般都经历着从宏观向微观层次的结构转变。由此,产品的功能原理及操作原理在技术进化过程中不断向着整合化、集成化方向发展,产品的人机关系也随之相应调整。如,计算机的发展进化中,从第一台体积庞大、笨重、难以移动的计算机到可放置于办公桌面的个人台式电脑,到只有一本书大小的便携式计算机,到可与个人移动通讯终端整合,放入口袋里的掌上电脑,再到近年的可穿戴智能终端产品,计算机的体积随着技术的进化越来越小,重量越来越轻,并不断往微观化、可携带化方向发展。再如,可以在不同光照强度下变色

的眼镜,眼镜镜片通过添加卤化银作感光剂,当镜片接触到紫外线或可见光短波照射时,银离子还原为银原子,银原子积聚阻碍光的穿透,使得镜片颜色变深,并且镜片的颜色深度与紫外线光照强度成正比,当光照减弱后,银原子变成银离子而退色。光致变色眼镜的镜片随着环境光线变化而自动调节颜色变化,这既是产品精简微观化的发展表现也是产品自动适应性增强的发展表现。由这些例子可以推导出随着产品核心技术从宏观向微观层次的结构转变,产品形态外观的演变模式将更明显地遵循精简微观化的进化趋势。同时,从人机关系方面分析:微观化使产品以更小的体积完成相同或更多的功能,不仅增加了便携性,而且节省了物质材料资源、空间使用资源、运输成本资源、生产成本资源等,从而,提高了产品的社会价值和功能质量。

2.2 曲面柔性化

在产品的进化过程中,为了提高效率,新产品的功能结构系统都向着更高级的系统进化,各子系统和元件变得越来越复杂^[9]。在内部结构变化的影响之下,构成产品的形态元素:点、线、面、体的形态结构也都向更复杂的方向进化。一方面,随着现代产品的内部结构由机械结构逐渐向微电子线路结构演变,产品整体体积随之不断缩小,在人机尺度方面能更全面地考虑和满足人的舒适性要求。产品的外观形态更为有机和蕴含操作语义,从而增强使用者的使用体验并满足情感诉求。另一方面,为了让产品能适应更加灵活多变的使用环境,产品系统不断向动态性和柔性化方向进化,同时为了尽可能地发挥产品效能,产品的使用范围和功能结构呈现出多元化特点^[10]。如,从产品系统进化的3种状态来看,系统的发展从被动适应到人工分级控制再到主动(自动)适应,系统不断完善,通过自动检测环境的变化,并将变化反馈给控制机构,从而实施控制,改变系统的运行状态,以适应不同环境或外部条件的变化。如,为了适应施工过程中不同工作任务的需求,工程装备类产品可更换产品装备和零部件,以实现施工运作过程中的多功能使用、多任务处理的目的^[11]。单项功能往双项功能和多项功能发展,单头螺丝刀向多头螺丝刀的进化发展,不断扩大了螺丝刀工具多种任务环境的适应性和可调节性。再如,基于计算机辅助技术和3D打印技术的数字化产品设计系统则可以根据用户的个人数据进行更加人性化和动态化的设计生产,从而提升产品的弹性和灵活性,最大程度地满足用户的差异性需求。同

时,随着产品使用语境的不断复杂化和多义化,现代制造、生产工艺水平的不断提升,新材质的不断涌现,产品的造型元素越来越丰富,并更富于变化。曲面形态、有机形态逐渐取代平面形态成为产品造型的主导语言,新型柔性材质的应用丰富了产品的表面肌理和触觉感知,曲面柔性化成为产品形态进化的一种趋势。

2.3 多维活性化

曲面柔性化趋势侧重于产品的结构和外观,多维活性化则侧重于产品的操作和功能系统。多维化的操作行为模式主要基于使用者的多感官通道的综合体验,主要包括视觉、触觉、听觉、嗅觉、味觉等所有感知觉。产品设计中,通过对所有感知觉的综合运用,将大大扩展产品的信息反馈通道,使得操作变得更加便捷和高效。同时,多维化也是工程系统领域的一条重要的进化路线,其发展过程主要体现在由多层排列逐渐代替单层排列,以及由单一模块组合转变为多样模块的灵活匹配。通过运用多维化的功能结构形式,对进一步增加和优化系统的功能有着积极的促进作用。活性化则可以当作是产品微观化的一种表现形式。通过对产品的操作面和功能面空间的分割与细化,能扩大产品的接触面积,增加产品的使用面积,为用户提供更加灵活的操作行为模式,使用户在操控产品的过程中获得更大的舒适度,从而提高产品的工作效率。活性化是产品主动适应使用要求的行为,通过产品自身的可调节性来增强人与产品之间的互动关系,从而更好地配合用户的使用需求。如,运用慢性回弹材料制成的记忆枕头,能根据人的头颈位置的改变,自动发生形变,随时保持枕头与颈部的紧密结合,从而有效保护人的颈椎。

2.4 集成调和化

一方面,组成系统的子系统的发展是非均衡的,系统越复杂非均衡的程度也就越高。非均衡将导致系统内部子系统之间或子系统与系统之间出现冲突,而不断消除冲突则可使系统得以进化。事物的发展总是在分分合合、矛盾的解决与更新中逐渐向前发展的。另一方面,技术系统的功能不断增加导致系统复杂性增加,随之集成度增加,系统得以简化,这个过程不断交替进行。产品功能的集成与分离,产品形态、材质、色彩等基本元素之间的协调与整合,形态构成元素与使用行为的冲突与调和等,这些冲突的出现与冲突的解决一直引导着产品的进化发展,而从整体的进化路线中来看,集成调和化是产品进化中处理各元

素关系的主要趋势和方法。如,从手机的发展演变过程中可以清晰地看到这一发展趋势。当第一台手机诞生时,手机处于单系统状态,手机仅有一个接收器,一个用于拨号的键盘和信号接收天线,手机只能向指定通话者说话,功能单一。其后,手机增加了能够显示图形文字的屏幕,提升了操作性能,手机往双系统进化。再而,手机增加了计算器、相机、邮件等功能,功能得以扩展,手机往多系统进化。进而,手机开始出现扩展系统,外接设备与辅助功能进一步深化,智能机开始出现,手机的多媒体信息处理功能、网络连接及远程操控功能复杂度进一步提升。之后,手机的发展又出现了部分简化系统。再到具有完全简化系统的一次性电话的出现,手机的功能系统进一步简化、回归。在手机系统的复杂性与集成度不断提升的同时,功能性越来越丰富,操作性越来越简单,在这个进化过程中,功能叠加的丰富性与操控行为的简单性往往具有冲突,也正是这些冲突的出现和解决引导着手机产品的进化与发展,手机发展演化见图1(图片摘自百度)。



图1 手机发展演化

Fig.1 Mobile phone evolution figure

同时,产品的集成化不仅仅体现在功能的整合方面,还体现在产品制造过程、生产工艺、结构设计等方面。调和主要体现的是人和产品之间的关系,调和的进化趋势主要反映的是人与产品的互动关系往和谐、共生的方向进化。这包括人体生理机能与产品操作要求之间的和谐、人体尺寸与产品尺寸间的和谐、人的心理情感需求与产品外部特征之间的和谐等。另外,调和还体现在处理产品与使用环境之间的关系方面,主要包括产品造型风格和目标人群生活形态风格之间的调和、产品造型风格与使用环境风格之间的和谐、产品的功能实现与操作环境之间的协调、产品与使用环境中其他产品之间的整体配合等。

2.5 自动智能化

自动化指产品系统向可控性增加的方向进化,随

随着产品自动化程度的增加,人为因素的介入将不断减少。产品由最初的使用者直接手动参与控制、调整产品的工作模式往通过中间媒介物控制产品工作的模式和全部由机器智能操控的模式发展。自21世纪以来,技术进化沿着机械化—自动化—计算机化的方向发展,机械化给系统提供了巨大的动能,自动化提供了调控功能,计算机化实现运动轨迹的确定和监控。如,随着人工智能的出现和技术领域其他方面的重大突破,在技术进化驱动下,现代智能家电应运而生。智能家电一方面提高了控制精确度及产品使用效率,另一方面也使人们摆脱了单调乏味的机器操作,通过记忆功能与联网功能,让产品更好地理解用户的使用习惯,实时监测家电的运作状况,定时更新、下载最新的资讯及软件应用,从而,更好地辅助人们的日常生活。随着产品系统智能化的不断提升和整合,智能家居系统将成为家用电子、电器产品进化的主要趋势,也将驱动着未来家居生活方式的更新与发展。

2.6 增加理想化

在进化的某一阶段,不同产品的进化方向是不同的,如增加功能、减少污染、节约成本等,但是如果将产品作为一个整体来看,所有的产品都是向着它的“理想解”进化的^[2],因此增加理想化的进化模式适用于所有产品及其进化的所有阶段。现代工业设计领域提出的绿色设计、模块化设计、通用设计、易用性设计、智能设计等都属于增加产品理想化的设计。这些设计理念所提出的设计要求都以实现产品能耗的最低和环境友好的最大化为终极目标,这也就是“理想解”中所定义的产品的最终理想化状态。产品进化发展的终极目标就是达到理想最大化状态,并能为所有人服务,同时,这种状态会随着用户不断升级的使用需求和心理需求而变化,因此增加理想化,运用“理想解”的方法来指导设计是一个持续发展的过程。

3 产品衍生树形图

将基于TRIZ技术进化理论的产品衍生路径用衍生树形图来更加直观地表示,产品衍生树形见图2(图2-3均由笔者绘制)。产品的衍生从最底端的原型产品开始,最初的原型产品代表了产品衍生树的起点和根基。由根基开始往上发展,逐步形成树干部分,树干代表了产品衍生的主要发展趋势,以增加理想化趋势由下往上生长。产品不同衍生阶段所形成的产品依次列于树干之上,越往上产品的理想化程度越高。



图2 产品衍生树形

Fig.2 Product evolutionary tree map

进化树的最顶端则代表了产品的“理想解”,说明产品不断由低级向高级进化并无限接近“理想解”。从衍生树主干上分出来的树枝代表了影响该阶段产品演化发展的趋势因素,这些因素由产品衍生规律中的一种或几种所构成。每一类产品都有其衍生树形图谱,各产品衍生树形图的大小、进化路线的数量取决于构成该产品的部件的多少以及该产品的主要设计目标。

4 技术进化S曲线的4阶段进化法则

通过将TRIZ技术进化理论中的技术进化模式与进化路线移植到产品设计和形态开发领域,可以获得产品衍生的6种路径和相对应的设计方法。结合技术进化S曲线理论,可以更加明确地提出有针对性的产品设计与开发策略,见图3。在产品生命周期的婴儿期阶段,新产品系统正在构建,系统所面临的主要问题是各内部因素之间,内部因素与外部因素之间不断出现的矛盾和冲突,系统的衍生路线主要以调和化进化趋势为主,在构建过程中不断协调和平衡各种关系;在产品的成长期阶段,随着技术的进步、工艺与制造水平的提高,组成系统的各个部件元素将面临发展不均衡的问题,系统与子系统的非均衡化发展和冲突不断交替出现,系统将向着集成化、调和化方向进化,同时,随着消费者需求的提升,对产品提出了更高的要求,精简微观化趋势逐渐呈现,到了成长期后期,产品系统的动态性增强,产品的功能逐渐丰富,曲面柔性化、多维活性化将成为设计发展的主导方向。进入成熟期的产品系统,则遵循增加“理想解”定律,往终极理想化趋势进化,产品的细节越来越丰富,产品的品质更加精良。当产品市场饱和并呈现衰退的迹象时,产品系统进入退出期,进入退出期的产品则应该积极响应与调整转向、转型的策略方针,可采用

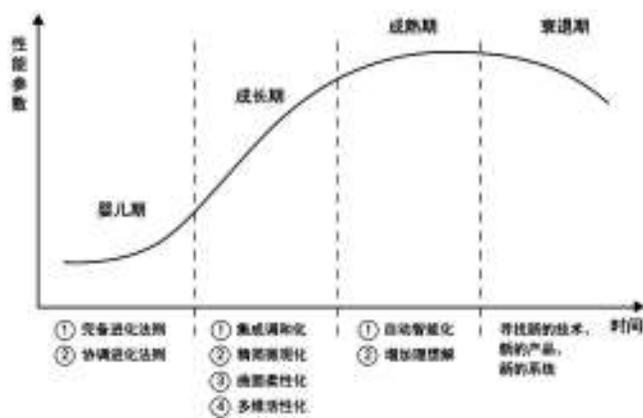


图3 技术进化S曲线的4个阶段进化法则

Fig.3 The four phases of S curve evolution

自动智能化、多维活性化的进化模式,探索开辟新的市场,挖掘新的需求,创造新的产品。

5 结语

技术进化理论作为TRIZ理论体系的主要内容之一,具有很强的操作性,对技术发展的方向有一定的预测性,是引导发明创新的工具。将其运用于产品创新设计和开发之中,可以对设计思路进行拓展,提高创新能力,用科学系统的方法来合理引导设计行为及活动。这里所概括的产品衍生的6种路径和相对应的6种设计方法:精简微观化、曲面柔性化、多维活性化、集成调和化、自动智能化和增加理想化,提出了产品衍生发展中可以运用、有一定操作性的设计思路与方法,对产品开发及形态设计有一定的启发性,但在实际操作中不能简单套用,还需融入经验思维模式,结合产品开发背景和使用情境,进行更加灵活的思考与运用。同时,这6种方法也会在产品演化过程中不断融合与重构,形成新的方法和思路。

参考文献:

[1] ALTSCHULLER G S.Creativity as an Exact Science[M].New York:Gordon & Breach, 1984.

[2] 檀润华.创新设计——TRIZ:发明问题解决理论[M].北京:机械工业出版社,2002.
TAN Run-hua.Creative Design: TRIZ, Theory of Inventive Problem Solving[M].Beijing: Machinery Industry Press, 2002.

[3] 侯庆斌,任工昌.基于TRIZ的产品形态创新方法[J].包装工程,2009(6):130—139
HOU Qing-bin, REN Gong-chang.Innovative Product Form Design Method Based on TRIZ[J].Packaging Engineering, 2009(6):130—139.

[4] 张付英,张林静,王平.基于TRIZ进化理论的产品创新设计[J].农业机械学报,2008(2):116—119.
ZHANG Fu-ying, ZHANG Lin-jing, WANG Ping.Study on Product Innovative Design Based on TRIZ Evolution Theory[J].Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2008(2):116—119.

[5] 檀润华.TRIZ及应用——技术创新过程与方法[M].北京:高等教育出版社,2010.
TAN Run-hua.TRIZ and Applications: the Process and Methods of Technological Innovation[M].Beijing: Higher Education Press, 2010.

[6] 张青华.基于TRIZ的技术进化理论研究及工程应用[D].天津:河北工业大学,2002.
ZHANG Qing-hua.Research on the Theory of Technology Evolution Based on TRIZ and the Engineering Application[D].Tianjin:Hebei University of Technology, 2002.

[7] 曹贺,刘训涛,陈国晶.基于TRIZ传动带结构进化研究[J].机械科学与技术,2011(3):415—418.
CAO He, LIU Xun-tao, CHEN Guo-jing. Structure Evolution of Driving Belt Based on TRIZ[J].Mechanical Science and Technology for Aerospace Engineering, 2011(3):415—418.

[8] 刘训涛,曹贺,陈国晶.TRIZ理论及应用[M].北京:北京大学出版社,2011.
LIU Xun-tao, CAO He, CHEN Guo-jing.TRIZ Theory and Application[M].Beijing: Beijing University Press, 2011.

[9] 张磊.基于TRIZ理论的工业设计创新方法研究[D].天津:河北工业大学,2007.
ZHANG Lei.Research on Industrial Design Innovation Method Based on TRIZ[D].Tianjin: Hebei University of Technology, 2007.

[10] 王磊,檀润华,韦子辉,等.基于文化和技术的产品外观进化模式[J].包装工程,2008,29(7):183.
WANG Lei, TAN Run-hua, WEI Zi-hui, et al.Evolution Pattern of Product Appearance Based on Culture and Technology [J].Packaging Engineering, 2008, 29(7):183.

[11] 高洋.基于TRIZ的产品绿色创新设计方法研究[D].合肥:合肥工业大学,2012.
GAO Yang.Research on Method of Green Innovation Design for Product Based on TRIZ[D].Hefei: Hefei University of Technology, 2012.

[12] 姜杰,李彦,熊艳,等.基于TRIZ理想解和功能激励的产品服务系统创新设计[J].计算机集成制造系统,2013(2):225—234.
JIANG Jie, LI Yan, XIONG Yan, et al.Product Service Systems Innovative Design Based on TRIZ Final Ideal Solutions and Function Stimulation[J].Computer Integrated Manufacturing Systems, 2013(2):225—234.