



面向工业设计的

卢兆麟 著

产品设计DNA关键技术与应用方法研究

Study on Key Technology and Application Methods of Design DNA in Industrial Design

中国科学技术大学出版社

TB472
341

TB472
341

西安理工大学图书馆



C01114721



面向工业设计的

产品设计DNA关键技术与应用方法研究

Study on Key Technology and Application Methods
of Design DNA in Industrial Design

卢兆麟 著



中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书论述了面向工业设计的产品设计 DNA 的主要研究意义,对以往的研究进行了回顾,针对目前产品设计 DNA 的层级表示结构之不足,将产品设计 DNA 的表示结构定义为显性风格特征与隐性风格特征以及两者间的映射。本书共 8 章,包括绪论、基于风格特征的产品设计 DNA 表示结构、产品设计 DNA 提取方法研究、产品设计 DNA 描述方法研究、产品设计 DNA 推理方法研究、基于眼动跟踪技术的产品设计 DNA 认知机制研究、产品设计 DNA 规划方法研究、总结与展望。

本书既可作为工业设计相关专业本科生、研究生的教材,也可作为相关研究人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

面向工业设计的产品设计 DNA 关键技术与应用方法研究/卢兆麟著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2016. 2

ISBN 978-7-312-03886-0

I. 面… II. 卢… III. 工业产品—产品设计—研究 IV. TB472

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 008792 号

出版 中国科学技术大学出版社

安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026

网址: <http://press.ustc.edu.cn>

印刷 安徽省瑞隆印务有限公司

发行 中国科学技术大学出版社

经销 全国新华书店

开本 710 mm×1000 mm 1/16

印张 10

字数 196 千

版次 2016 年 2 月第 1 版

印次 2016 年 2 月第 1 次印刷

定价 36.00 元

前 言

面向工业设计的产品设计 DNA 是一个跨学科、交叉性的课题,它主要针对产品技术日趋同质化的情况进行处理,以赋予产品特殊形态与风格意象,从而塑造出独特的品牌。著名企业的产品风格总是在不断创新中保持一定的继承性,无论经过多少次更新换代,人们总是能将它们从众多的品牌产品中识别出来。产品设计 DNA 就是将 DNA 相似性和继承性的概念引入到产品内在的遗传和变异特质中,找出产品的独特 DNA 并将其运用到设计中,帮助企业形成强有力的竞争力。本书从面向工业设计的角度对产品设计 DNA 展开研究,包括理论和应用两个方面;主要涉及社会文化学、品牌学、心理学、设计艺术学、人种志学、统计学、计算机学等。以往研究中的品牌特征、产品识别、感性意象、产品基因、产品规划、认知心理、形状文法等为本书提供了基础和参考。

本书首先对国内外工业设计研究的现状进行了综述,指出了面向工业设计的产品设计 DNA 的主要研究意义,对以往的研究进行了回顾;进一步对“产品基因”“产品 DNA”“产品族 DNA”等相关或相近概念的区别与联系进行了阐述。针对目前产品设计 DNA 的层级表示结构之不足,比照生物 DNA 的双链结构,将产品设计 DNA 的表示结构定义为显性风格特征与隐性风格特征以及两者间的映射,并分别进行了论述;进而提出了产品设计 DNA 遗传与变异的模型,对“遗传”和“变异”进行了具体描述,并以眼镜为例,提出了基于风格特征的产品设计 DNA 作用机制。

本书针对已有品牌的产品,基于产品设计 DNA 的表示结构,运用 DFA(设计形态分析法)并结合语意差异法分别提取产品的显性风格特征与隐性风格特征,并进一步提出遗传力的概念;再以摩托罗拉手机为研究样本,通过实验实例对本方法进行了验证。提出运用感性工学方法建立产品显性特征与隐性特征之间定量、半定量的关系,对产品设计 DNA 进行描述。根据形态特征和感性意象得分,分别对产品样本进行聚类分析,然后运用维恩图得到两种聚类交集的样本,并用轮廓图对其进行分析,从而建立显性特征与隐性特征的定性匹配关系;进一步运用线性回归分析法,得到形态特征与感性意象的多元回归方程,建立显性特征与隐性特征的

定量匹配关系,在此基础上进行总结并预测产品的造型发展趋势;以摩托罗拉手机为例,对上述方法进行了验证,提出了基于形状文法的产品设计 DNA 推理方法。建立产品设计 DNA 的遗传与变异模型,提出了形状文法与产品设计 DNA 的比照关系:将显性特征对应初始形状,遗传和变异对应形状规则。并进一步提出形状规则分为生成性规则和修改性规则,修改性规则可通过仿射变换和贝塞尔曲线变换加以实现。在此基础上具体论述了基于形状文法的产品设计 DNA 推理方法的步骤,以摩托罗拉手机设计实例验证了本方法的有效性与实用性。

基于心理学认知模型与“扫视—选择—捆绑”的产品特征识别机制,提出了产品设计 DNA 认知的四个问题,并经过两个阶段的实验进行研究:第一阶段使用桌面式眼动跟踪仪结合问卷对 31 个汽车前脸造型进行测试,获得眼动热点与轨迹图,并分析了识别度与喜好度之间的关系;第二阶段使用头戴式眼动跟踪仪结合问卷对宝马汽车的前脸进行测试,分别验证了假设。提出为了提高产品的识别度,造型特征需要保持一定的继承性与稳定性,此外标志性、典型性的特征对于产品设计 DNA 的识别有重要作用。在此基础上,提出了基于品牌策略的产品设计 DNA 规划方法,具体步骤为:首先通过社会、经济和技术三个要素确定产品机会,而后进行产品概念设计,同时确定品牌名称与价值主张等;进一步将以上“隐性特征”经过工业设计转化为“显性特征”,包括完形设计、识别特征设计和细节设计;最后以德国慕尼黑工业大学 MUTE 电动汽车设计项目作为应用实例,证明了本方法的可行性,为新产品树立品牌并确定产品设计 DNA 提供了途径。

作 者

2015 年 10 月

目 录

前言	(i)
第 1 章 绪论	(1)
1.1 面向工业设计的产品设计 DNA 研究背景与意义	(1)
1.1.1 工业设计的现状与发展趋势	(1)
1.1.2 近年来工业设计研究论文统计分析	(4)
1.1.3 产品设计 DNA 的研究意义与应用价值	(8)
1.2 相关概念与产品设计 DNA 研究综述	(9)
1.2.1 产品设计 DNA 与产品 DNA、产品基因、产品族设计 DNA 等概念辨析	(9)
1.2.2 面向工业设计的产品设计 DNA 研究进展	(13)
1.3 本书的研究内容、方法与框架	(18)
1.3.1 研究的目标与待解决问题	(18)
1.3.2 本书研究的技术路线与方法	(18)
1.3.3 本书研究框架	(19)
第 2 章 基于风格特征的产品设计 DNA 表示结构	(21)
2.1 风格特征的相关研究	(21)
2.1.1 风格特征的溯源与定义	(21)
2.1.2 风格特征的内涵与结构	(22)
2.1.3 面向工业设计的风格特征研究	(23)
2.2 产品的隐性风格特征与显性风格特征	(24)
2.2.1 隐性知识与显性知识	(24)
2.2.2 隐性风格特征与显性风格特征	(26)
2.3 基于风格特征的产品设计 DNA	(27)
2.3.1 产品设计 DNA 的表示结构	(27)
2.3.2 产品设计 DNA 的遗传与变异	(29)
2.3.3 产品设计 DNA 的作用机制	(31)

第3章 产品设计 DNA 提取方法研究	(32)
3.1 产品设计 DNA 的提取	(32)
3.1.1 风格特征与产品设计 DNA 提取	(32)
3.1.2 基于多因素模糊评价的风格特征提取	(33)
3.2 方法介绍	(35)
3.2.1 DFA 法	(35)
3.2.2 德尔菲法	(37)
3.2.3 语义差异法	(37)
3.3 实例研究	(39)
3.3.1 样本选取	(39)
3.3.2 被试选择	(40)
3.3.3 实验过程	(41)
3.4 结果与讨论	(42)
3.4.1 摩托罗拉手机的显性风格特征	(42)
3.4.2 摩托罗拉手机的隐性风格特征	(47)
第4章 产品设计 DNA 描述方法研究	(51)
4.1 产品设计 DNA 描述	(51)
4.1.1 基于映射关系的产品设计 DNA 描述	(51)
4.1.2 基于感性工学的映射关系建立	(52)
4.1.3 研究现状与进展	(55)
4.1.4 现有研究的不足	(55)
4.2 方法介绍	(57)
4.2.1 基于聚类分析的定性描述方法	(57)
4.2.2 基于回归分析的定量描述方法	(58)
4.3 实例研究	(61)
4.3.1 定性描述	(61)
4.3.2 定量描述	(67)
4.3.3 造型发展预期	(68)
第5章 产品设计 DNA 推理方法研究	(70)
5.1 方法介绍	(70)
5.1.1 文法概述	(70)
5.1.2 形状文法	(71)
5.2 基于形状文法的产品设计 DNA 推理方法	(75)
5.2.1 问题定义	(75)

5.2.2 初始形状的确 定	(78)
5.2.3 形状规则的确 定	(78)
5.2.4 设计要求与约束规则	(81)
5.3 实例研究	(82)
5.3.1 摩托罗拉手机仿真	(82)
5.3.2 确定形状规则	(83)
5.3.3 执行形状文法	(86)
5.3.4 结果评价	(87)
第 6 章 基于眼动跟踪技术的产品设计 DNA 认知机制研究	(89)
6.1 产品设计 DNA 的认知	(89)
6.1.1 基于特征匹配的产品设计 DNA 认知	(89)
6.1.2 产品设计 DNA 的视觉识别	(92)
6.2 视觉识别机制简述	(92)
6.2.1 视觉识别模式概述	(92)
6.2.2 产品造型特征的视觉识别机制	(94)
6.3 产品设计 DNA 视觉识别的 4 个关键问题	(96)
6.4 方法介绍	(96)
6.4.1 眼动跟踪技术简述	(96)
6.4.2 研究现状	(99)
6.5 实验过程	(100)
6.5.1 实验第一阶段	(100)
6.5.2 实验第二阶段	(106)
6.6 结论	(113)
6.7 本章小结	(113)
第 7 章 产品设计 DNA 规划方法研究	(115)
7.1 产品设计 DNA 规划	(115)
7.1.1 基于用户认知的产品设计 DNA 规划	(115)
7.1.2 产品设计 DNA 与品牌策略	(116)
7.2 方法介绍	(117)
7.2.1 品牌策略	(117)
7.2.2 品牌要素	(120)
7.3 研究过程	(121)
7.3.1 产品机会的确定	(121)
7.3.2 产品概念设计和品牌策略的提出	(123)

7.3.3 产品设计 DNA 的形成	(125)
7.4 实例研究	(127)
7.4.1 MUTE 电动汽车的产品机会	(128)
7.4.2 MUTE 电动汽车概念设计与品牌价值的形成	(128)
7.4.3 总体造型设计、标识性特征设计与细节设计	(131)
第 8 章 总结与展望	(137)
8.1 总结	(137)
8.2 未来工作展望	(138)
参考文献	(140)

第 1 章 绪 论

1.1 面向工业设计的产品设计 DNA 研究背景与意义

1.1.1 工业设计的现状与发展趋势

自 20 世纪初工业设计诞生以来,至今已走过了百余年的历史。随着人类社会政治、经济、技术、文化等方面发生的巨变,工业设计也经历了多个发展阶段和历史时期,呈现出丰富多彩的面貌。2006 年国际工业设计协会理事会(ICSID)给工业设计的最新定义是:“工业设计是一种创造性活动,其目的在于为产品、过程、服务以及整个生命周期建立起多维度的品质。”因此,设计是产品人性化创新的核心因素,也是文化与经济交流的重要纽带^[1]。

当前人类已进入了现代工业社会,市场竞争日趋激烈,消费者已不再仅仅满足于产品的基本使用功能,还提出了情感体验、人文关怀等更高层面的精神功能要求^[2],如图 1.1 所示。同时,科学技术的快速进步也促使企业不断对产品进行升级换代。这一切都成为了工业设计活动的直接推动力,如图 1.2 所示。

工业设计作为一种有效的竞争策略受到了以往无法比拟的重视,在产品一般技术日益同质化的趋势下,创意设计、核心技术、销售渠道、品牌营销成为了企业最重要的四种竞争手段,是利润来源的重要保证,位于企业战略的金字塔尖端位置。例如,美国苹果公司在 20 世纪七八十年代因经营不善一度陷入破产的边缘,1998 年设计师乔纳森·伊芙(Jonathan Ive)与公司总裁史蒂夫·乔布斯(Steve Jobs)紧密合作,推出 iMac G3 电脑,其半透明“果冻”式的机体形状、鲜艳的色彩与合理的人机工程,颠覆了传统电子产品刻板、冷漠、灰白色调的形象,取得了巨大的成功,使苹果公司起死回生,如图 1.3 所示。

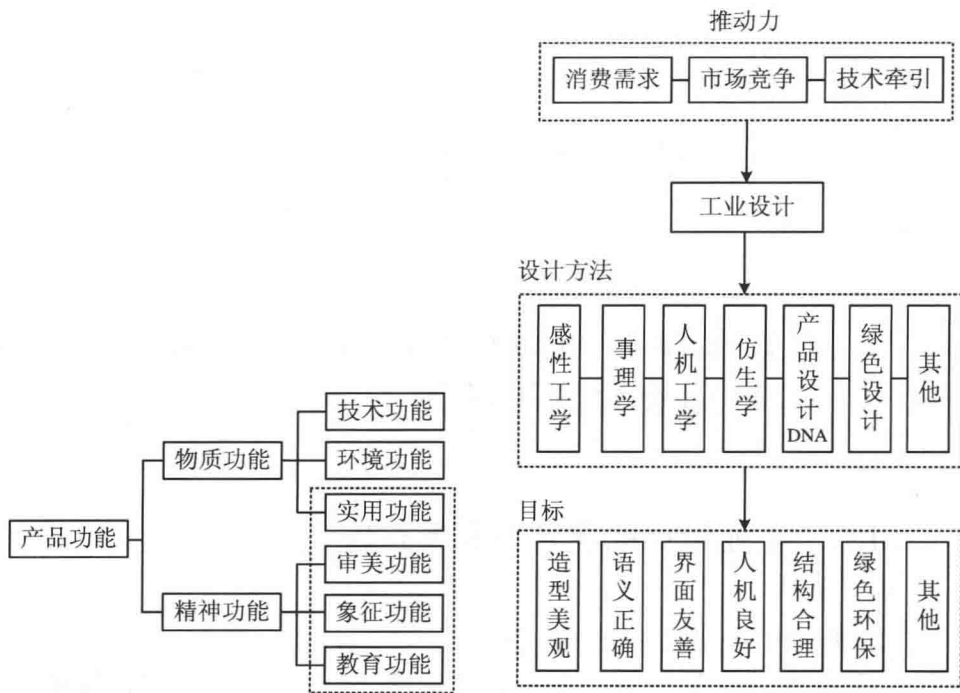


图 1.1 产品功能范畴

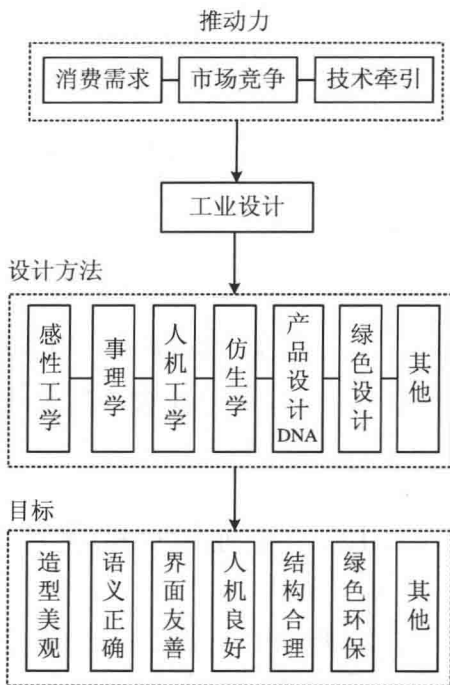


图 1.2 工业设计知识体系

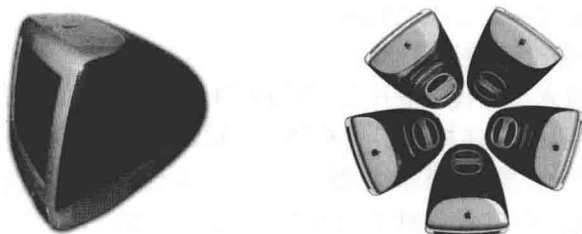


图 1.3 使苹果公司起死回生的 iMac G3 电脑

随后的 iPod(数码音乐播放器)、MacBook(笔记本电脑)、iPhone(手机)等产品(见图 1.4),树立了苹果的品牌形象,甚至超越了商业的范畴,在某种程度上成为文化和时尚的象征,在世界范围内赢得了无数的拥趸,创造了可观的经济效益。分析苹果公司的成功案例可知,实际上苹果公司以工业设计为中心,与核心技术紧密结合,打造出优良的产品,进而围绕产品进行品牌营销,形成了独具特色的“苹果风格”,并使这种风格成为优良、酷、高科技感、新潮的代名词。

由于工业设计的重要作用,其战略重要性已经从一个行业上升到国家层面,被称为“创造之神”“富国之源”。欧美及日韩等国都已将工业设计提升为国家战略,

制定了一系列政策和措施。而反观我国的工业设计,其历史只有三十余年。由于发展历程较短,加上长期以来企业界和学界对于工业设计的作用认识不够,导致我国工业设计水平低下,成为产业链上薄弱的一环,这使得我国的很多中小企业只能为国外大企业代工,凭借简单的零部件加工和组装赚得微薄利润,处在产业金字塔的最底层。2011年5月16日出版的美国《时代》周刊曾以《美国的设计是怎样为世界赢利的》为题做过一个报道^[3]。文中指出,iPhone4手机凭借着出色的设计风靡世界,每部售价为500美元,其中成本只有不到180美元,利润则高达320美元。而在这不到180美元的成本中,中国企业凭着低廉的劳工费进行最后的组装等服务,其产值只有区区7美元,仅占总成本的3.6%(见图1.5)。具有讽刺意味的是,由于最后的组装是在中国完成的,iPhone4手机成品又被“出口”到欧美市场,反而起到了扩大中国贸易“顺差”的作用。在这个案例中,我们能够清楚地看到成功的设计所创造的巨大附加值,而缺乏优良设计和核心技术的企业只能是“为他人做嫁衣裳”。



图 1.4 苹果电脑公司产品

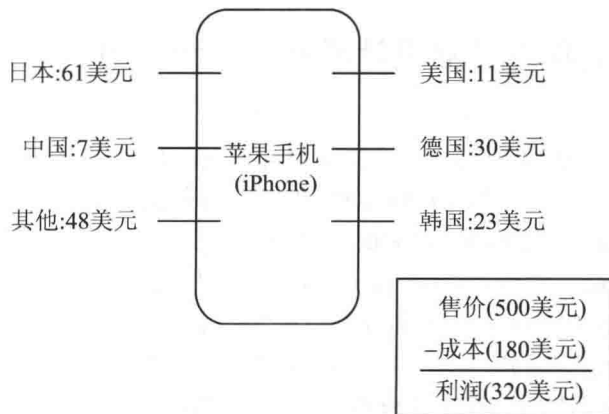


图 1.5 《时代》周刊对 iPhone 手机各国的产值比较分析

此外,由于原始创新的缺乏,国内一些厂商只好对著名企业的品牌和设计进行“山寨”产品生产,希望借助他人的光环开拓自身市场。但是在经济全球化的今天,这样的做法越来越受到相关法律和法规的限制,也承担着越来越大的风险。据

2011年7月26日《法制日报》报道,近年来国外企业起诉中国企业知识产权侵权的案件数量直线上升,知识产权官司不断。例如2010年,沿海经济发达省份之一的浙江省的法院系统共受理涉外知识产权民事案件456件,同比2009年上升13.43%,而在审结案件中,境外权利人胜诉率达96.85%。频繁发生的涉外知识产权诉讼不仅影响了中国企业的国际声誉,并且敲响了未来中国经济安全的警钟^[4]。随着经济的快速发展,我国已成长为制造业的大国,但远不是制造业强国。广大的中小企业严重缺乏核心竞争力,尤其缺乏自主设计,仍以模仿和引进为主。缺乏自主品牌和设计导致中国制造的产品成了低质低价的代名词。唯有创新和设计才能令中国企业走上自强之路,令中国从制造大国转变为制造强国。

由于上述种种原因,国内对于工业设计重要性的认识逐渐加深。2007年2月13日,温家宝总理在《关于我国应大力发展工业设计的建议》上做出指示:“要高度重视工业设计”,表明了我国政府对于工业设计的重视。2008年3月13日,国务院办公厅出台了国办发〔2008〕11号文《国务院办公厅关于加快发展服务业若干政策措施的实施意见》,其中工业设计作为一种业态,被清晰地纳入现代服务业中。在中国的国家级政策中,第一次提到“设计”。可以预见,我国的工业设计将会走上发展的快车道,并随之对研究人员提出了新的课题,即找寻更新、更加有效的设计方法来开发产品以满足需求,其最终目标是实现产品的物质与精神双重功能,使产品具有美观的造型、合理的结构、正确的语意、优越的人机性能、适宜的价格以及绿色环保等特点。产品设计DNA正是其中的一种设计方法。

1.1.2 近年来工业设计研究论文统计分析

为了系统地了解当前国际、国内工业设计研究的最新状况,作者借助三大检索工具(EI、SCI、ISTP)之一的EI,对2006年以来五年间工业设计的相关研究论文(EI Compendex)进行了检索(检索时间:2011年8月4日,检索词:industrial design),查到收录论文共计103876篇。根据EI的收录规范,一篇论文可以有多个控制词(Controlled Vocabulary)和分类码(Classification Code)。控制词显示出论文的主要研究内容和重点,而分类码则反映出论文所涉及的学科门类,因此对研究论文的控制词和分类码进行统计分析,可以了解当前工业设计研究的重点内容与领域以及主要涉及的学科。而对于论文所属国别或地区(Country)的统计,则大体反映出当前世界各国对工业设计研究的总体态势。按照文章控制词、分类码和国别或地区分别进行统计,结果如表1.1~1.3所示。

表 1.1 2006~2011 年 EI Compendex 所收录的工业设计论文控制词统计

控制词	篇数	占总篇数的比例(2006~2011)
设计(Design)	8766	8.40%
优化(Optimization)	7031	6.80%
计算机模拟(Computer Simulation)	6191	6.00%
工业工程(Industrial Engineering)	5848	5.60%
数学模型(Mathematical Models)	5593	5.40%
产品设计(Product Design)	4893	4.70%
技术(Technology)	4428	4.30%
机械设计(Machine Design)	4062	3.90%
工业应用(Industrial Applications)	3549	3.41%
电子工业(Electronics Industry)	3534	3.40%
制造(Manufacture)	3185	3.10%
工业(Industry)	3098	3.00%
算法(Algorithms)	3093	2.97%
工业电子(Industrial Electronics)	3067	2.95%
有限元(Finite Element Method)	3018	2.90%
计算机软件(Computer Software)	2886	2.80%
计算机辅助设计(Computer Aided Design)	2834	2.70%
工业管理(Industrial Management)	2747	2.60%
三维(Three-dimensional)	2670	2.57%
计算机网络(Computer Networks)	2648	2.50%

表 1.2 2006~2011 年 EI Compindex 所收录的工业设计论文分类码统计

分 类 码	篇数	占总篇数的比例(2006~2011)
计算机应用(Computer Applications)	20926	20.10%
计算机软件、数据处理与应用(Computer Software, Data Handling and Applications)	17891	17.20%
数学(Mathematics)	17649	17.00%
控制系统(Control Systems)	14966	14.40%
通信、雷达、广播与电视(Telecommunication, Radar, Radio and Television)	13919	14.00%
管理学(Management)	13857	13.30%
结构设计(Structural Design)	11358	10.90%
生产工程(Production Engineering)	10690	10.30%
半导体与集成电路(Semiconductor Devices and Integrated Circuits)	10049	9.70%
机械工程(Mechanics)	9503	9.10%
工业工程(Industrial Engineering)	9328	9.00%
优化技术(Optimization Techniques)	9125	8.80%
工业经济学(Industrial Economics)	8864	8.50%
工业工程与管理(Industrial Engineering and Management)	8555	8.20%
材料科学(Materials Science)	8453	8.10%
数值方法(Numerical Methods)	8345	8.00%
生产计划与控制(Production Planning and Control)	8148	7.80%
系统科学(Systems Science)	7915	7.60%
化学操作(Chemical Operations)	7755	7.50%
固、液、气态(Physical Properties of Gases, Liquids and Solids)	7639	7.40%

表 1.3 2006~2011 年 EI Compendex 所收录的工业设计论文国别或地区统计

国别或地区	篇数	占总篇数的比例(2006~2011)
中国	21546	20.70%
美国	15564	15.00%
日本	6393	6.20%
中国台湾	5147	5.00%
英国	4717	4.50%
德国	4550	4.40%
加拿大	3933	3.80%
韩国	3682	3.50%
法国	3548	3.40%
意大利	3051	2.90%
印度	2791	2.70%
西班牙	2680	2.60%
澳大利亚	2098	2.02%
荷兰	2069	1.99%
伊朗	1443	1.40%
巴西	1195	1.15%
土耳其	1164	1.12%
瑞典	1040	1.00%
新加坡	1036	0.997%
中国香港	1032	0.993%

通过以上统计分析,可以看出当前对工业设计的研究越来越呈现出跨学科、交叉性、理论与应用并重的趋势,并且这种趋势仍在持续发展中。一方面,工业设计学科本身内涵很广,包括了产品设计、环境设计、视觉传达设计等三个方向,其中产品设计占据了主要地位。产品设计又包括交通工具设计、电子产品设计、家用产品设计、家具设计等许多具体门类。另外,近年来产品设计的对象一般有“3C”之说,即“计算机”(Computer)、“通信产品”(Communication)和“消费类电子产品”(Consumer Electronics),统计的结果印证了这一说法,显示了当今设计重点正在从传统的汽车、机械类向电子及相关产品转移。究其原因,一方面,“3C”产品更新换代较

快,市场目标群体庞大,与时尚潮流联系紧密,并且这类产品的功能由相似的集成电路板实现,技术日趋同质化,因此设计对于吸引消费者并促进销售有着巨大的作用,如风靡全球的苹果公司产品就是一个很好的例子,从而促使设计的重心随之转移。另一方面,工业设计的性质也决定了其研究必然会融汇其他学科,如社会学、心理学、统计学、人机工程学、市场学、营销学、计算机科学等,彼此联系、相互交融,从而结成有机的统一体。

1.1.3 产品设计 DNA 的研究意义与应用价值

DNA 是英文 Deoxyribonucleic Acid 的缩写,又称脱氧核糖核酸,是染色体的主要化学成分,同时也是组成基因的材料。繁殖过程中,父代把自己的 DNA 的一部分复制到子代当中,从而完成性状的传播。

随着科学技术的不断发展进步,各类原本相互独立发展的学科彼此借鉴、互为依托,在更大程度上达到融合,以促进本学科发展^[5]。同样,基因与基因工程思想也被相关研究者应用到了工业设计领域,出现了“产品设计 DNA(Design DNA)”的概念。产品设计 DNA 主要研究在产品技术日趋同质化的情况下,如何赋予产品特殊形态与风格意象以塑造独特的品牌。著名企业的产品风格总是在不断创新中保持一定的继承性,无论经过多少次更新换代,人们总是能将它们从众多的产品品牌中识别出来^[6]。产品设计 DNA 的研究方法就是将 DNA 相似性和继承性的概念引入到产品内在的遗传和变异特质中,找出产品的独特 DNA 并将其运用到设计中,帮助企业形成强有力的竞争力。

此外,设计虽然是一种创造性的过程,但这并不意味着必须要有全新的产品或部件出现,而是可以通过有效的方式,在既有知识的基础上加以创造,在给定约束条件下对已有的设计元素进行重新整合和发展。以往的设计知识大都是碎片化的,散布在各个领域,而设计知识的表达方法也主要是将这些碎片加以分类,这样往往造成设计知识被分割、孤立、局限在各自的范围内,缺乏连贯性和有机的联系,产品设计 DNA 这一方法能够很好地解决这一问题。浙江大学罗仕鉴等认为,对于工业设计而言,产品族设计 DNA 主要涉及五个主要知识体系:① 市场研究(包括用户需求、竞争对手、商业环境、获利分析、产品族分类、目标市场等);② 企业文化(包括企业精神、企业宗旨、社会文化、企业战略、产品文化、经营方针等);③ 品牌(包括品牌识别、产品品牌、品牌衍生物等),心理学(包括实验心理学、消费心理学、认知意象等);④ 产品设计(包括功能原理、外观设计、结构设计、人机分析、材料、色彩计划、工程设计等);⑤ 计算机技术(包括人工智能、计算机图形学、图像处