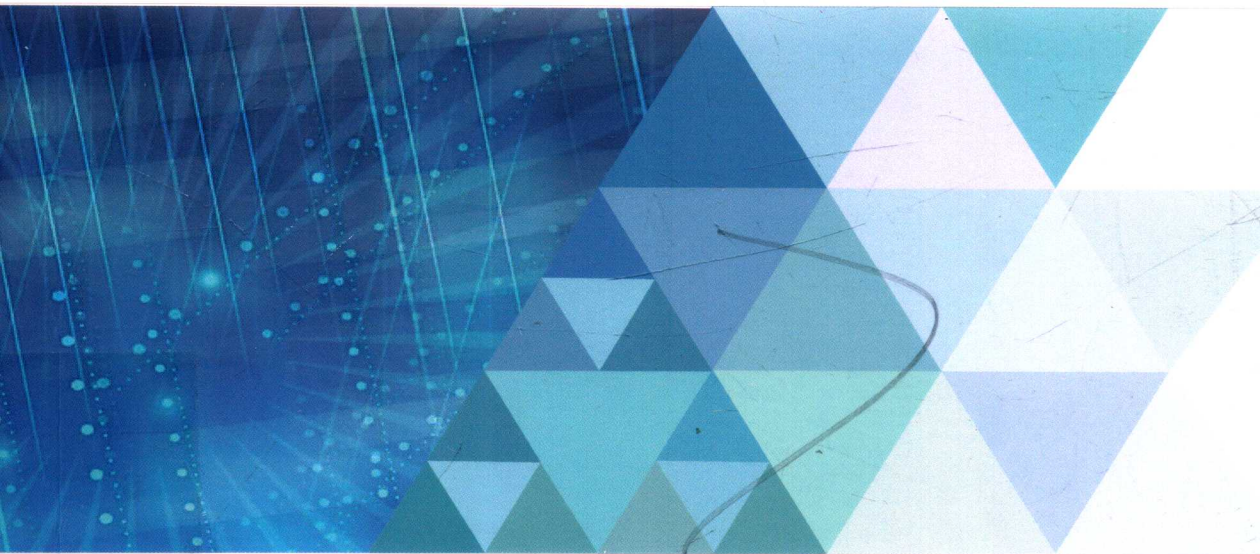



国家 863 项目（2009AA093303）、高等学校学科创新引智计划（No.B13044）项目资助
海南省高等学校教育改革研究资助项目（项目编号Hnjg2018-68）

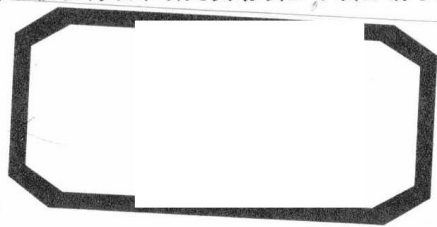
产品形态原型设计的 用户语义驱动方法研究

孙晋博◎著



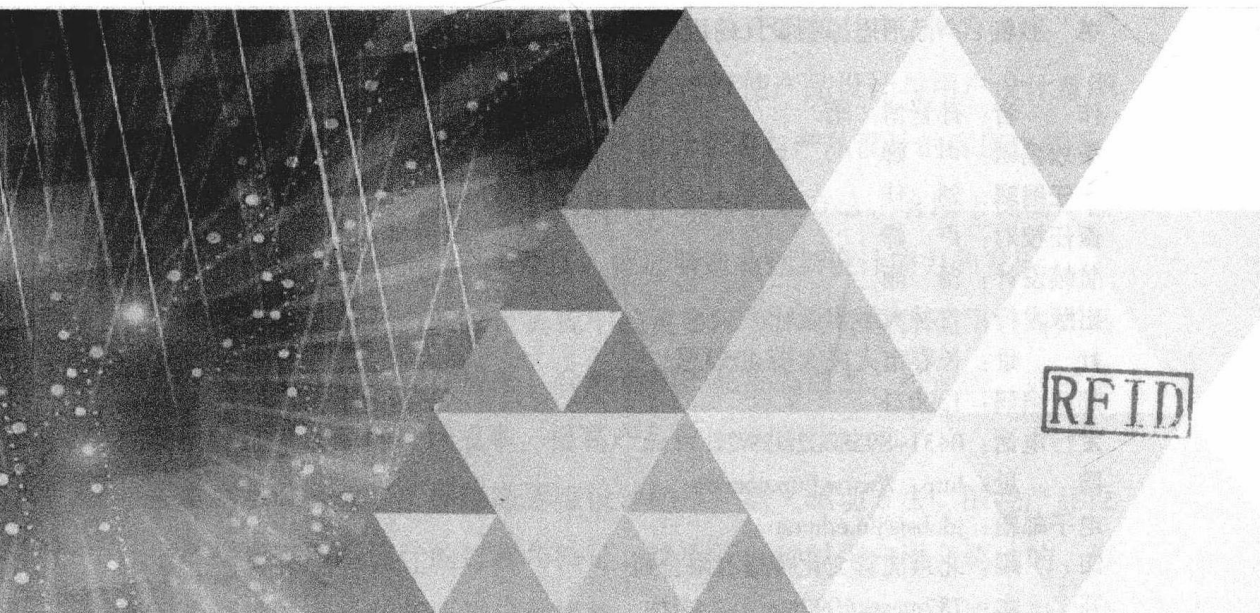
 吉林大学出版社

国家 863 项目 (2009AA093303)、高等学校学科创新引智计划 (No.B13044) 项目资助
海南省高等学校教育改革研究资助项目 (项目编号Hnjg2018-68)



产品形态原型设计的 用户语义驱动方法研究

孙晋博◎著



吉林大学出版社

长春

图书在版编目 (CIP) 数据

产品形态原型设计的用户语义驱动方法研究 / 孙晋博著 .—长春: 吉林大学出版社, 2019.3

ISBN 978-7-5692-4401-4

I . ①产… II . ①孙… III . ①产品设计—造型设计—研究 IV . ①TB472

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 042276 号

书 名 产品形态原型设计的用户语义驱动方法研究

作 者: 孙晋博 著

策划编辑: 卢 婵

责任编辑: 刘 佳

责任校对: 卢 婵

装帧设计: 汤 丽

出版发行: 吉林大学出版社

社 址: 长春市人民大街 4059 号

邮政编码: 130021

发行电话: 0431-89580028/29/21

网 址: <http://www.jlup.com.cn>

电子邮箱: jdcbs@jlu.edu.cn

印 刷: 北京虎彩文化传播有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 13.5

字 数: 200 千字

版 次: 2019 年 3 月 第 1 版

印 次: 2019 年 3 月 第 1 次

书 号: ISBN 978-7-5692-4401-4

定 价: 68.00 元



孙晋博，西北工业大学工业设计博士，三亚学院艺术学院产品设计专业讲师，艺术学院设计主任。主要从事关于产品设计、设计认知、产品形态设计、产品设计知识协同等方面的相关研究工作。2009年参与国家科技支撑计划“面向轻纺行业的企业协同生产集成信息化软件系统”项目课题“三维参数化板式家具设计软件系统”（2006BAF01A44）的系统验证及外联工作。2009年至2010年参与国家863计划“基于国产三维设计平台的飞机产品应用服务系统”（2007AA040406）课题，主要进行服务系统分析研究工作。2012年参与我国4500米深潜器舱室人机布局设计项目，主要进行特殊工况人机布局研究和设计工作。2017年6月，项目“跨界文创——文学艺术学科应用型专业群建设模式研究”获三亚学院教学成果二等奖。2018年1月起主持海南省高等学校教育教学改革研究项目“艺术设计类课程体系知识流优化研究”（Hnjg2018-68）。近年来，在国内外重要刊物发表论文多篇，获得外观专利10项。

前 言

先进制造业的重要工作是解决“人与物”“物与物”“物与人”“人与人”四个维度信息的充分交流和共享问题。在产品设计中，作为构建“人与物”桥梁的用户需求，其模糊性和多样性使产品设计与用户设计意图产生一定的偏差。而用户语义作为用户设计意图与产品设计的深层次联系，是制造业中沟通“人”和“物”的重要桥梁和有效方法，有助于提高产品智能设计中迭代效率和用户满意度，促进制造业创新设计能力的发展。

产品形态原型是产品设计流程中的重要环节，是完整体现用户对产品形态需求的最初的阶段成果。合理运用产品形态原型，可便捷、有效地推动设计迭代，降低设计成本，提高产品设计的可用性。

本书系统研究了产品形态原型设计的用户语义驱动方法。围绕产品设计中产品形态原型设计的过程与特征，提出了一种以用户语义驱动的、形态元为基础的产品形态原型设计模型，并且研究了在产品形态原型设计过程中基于形态元的用户语义驱动方法及关键技术。主要研究内容包括面向产品形态原型设计的用户需求的获取与语义识别、用户语义驱动的产品形态构成、用户语义驱动的产品形态原型、用户语义驱动产品形态原型设计的关键技术等四个方面。

为降低用户需求的模糊性与多样性对产品形态设计过程的影响，本书



提出一种通过构建用户语义作为联系用户需求与产品特征的方法。本书根据需求理论与产品设计理论的最新发展,针对产品形态原型的设计需求构建了一种多层次用户需求模型框架。由于产品形态原型设计过程中用户需求信息分布分散、内容多样的特点,综合采用直接获取和间接获取等多种方法,从用户需求数据中获取用户需求信息并加以描述。在用户需求信息的基础上,本书根据产品形态原型设计的需求定义了用户语义,由用户需求和产品实例的关系描述用户语义的属性。构建了用户需求本体,用以描述面向产品形态设计中用户需求领域知识的概念、属性、关系,采用本体建模的方法构建用户需求模型框架,实现用户需求知识的统一与共享,通过实例验证了用户语义的获取与用户需求本体的构建。

针对产品形态设计过程中形态要素可复用性需求,本书从产品形态设计方法、产品生命周期、产品设计知识流的角度分析了产品形态构成,定义了构成产品要素的设计元和构成产品形态的形态元。分析了产品形态原型的特点,构建了基于形态元的产品形态逻辑模型。在研究了生成形态元的技术路线后,通过分析产品形态结构和形态元逻辑关系,结合产品形态设计过程中用户语义与相关多领域的知识和信息的特点,提出了一种描述产品形态构成的信息模型,完成了形态元的用户语义与信息整合。而后通过形态识别和参数化建模的方法建立了形态元的数字化模型,通过相似度判断后与信息模型进行整合存储,通过案例验证了用户语义驱动的产品形态元的生成方法。与其他可复用模型相比,形态元模型强调用户与产品形态的关系,提升产品形态设计中知识重用效果,支持产品形态设计中形态要素的复用和创新。

本书分析了产品设计流程中产品形态原型设计的过程与特点,结合设计过程中相关设计知识流动的特点,确定了产品形态原型设计的原则与作用。本书在现有产品造型设计方法的基础上,分析了产品形态原型的特点及形态元的作用,提出一种基于形态元的产品形态原型模型。通过描述产

品形态原型设计中的概念、属性、关系集等,构建了产品形态原型设计本体,实现了对模型的描述和相关产品设计知识的描述与共享。

在用户需求的获取与语义识别、用户语义驱动的产品形态构成、用户语义驱动的产品形态原型等相关研究的基础上,构建了一种产品形态原型设计的用户语义驱动方法,提出了相应的技术路线,对产品形态原型的配置方法、产品形态原型设计的优化方法等关键技术进行了研究。通过构建的产品形态原型设计本体,在用户语义、设计约束和概念关系驱动下完成的产品形态原型设计的方案推理,实现了产品形态原型在用户语义驱动下的智能配置。使用面向产品形态原型设计的改进鱼群算法,根据用户语义约束实现对智能配置方案进行设计优化,实现了用户语义从产品形态原型基本配置到方案优化的全过程驱动。通过全地形车的案例进行了验证,结果显示产品形态原型设计的用户语义驱动方法与传统人工原型设计相比,可有效地拓展设计思路和提高设计效率,促进产品形态设计迭代和创新。本书提出的理论与方法已经在与相关企业的合作项目中得到成功应用,并取得了较好的效果。

目 录

1 绪 论	1
1.1 引言	1
1.2 研究意义	2
1.3 研究背景	3
1.3.1 产品设计发展的三阶段模型	3
1.3.2 产品设计主要理论与方法	5
1.3.3 用户需求理论研究	7
1.4 研究现状	8
1.4.1 用户需求理论	8
1.4.2 产品原型设计与产品形态原型	10
1.4.3 智能设计与产品造型设计	13
1.4.4 产品造型设计与创新设计	14
1.4.5 语义驱动的产品设计理论	15
1.4.6 小结	17
1.5 研究基础和主要工作	18
2 用户语义驱动的产品形态原型设计框架	21
2.1 创新脉络	21



2.1.1	整合创新指导下的综合集成思想	21
2.1.2	创新的脉络结构	22
2.2	理论基础	23
2.2.1	用户语义	23
2.2.2	本体	26
2.2.3	描述逻辑	28
2.2.4	产品设计的过程模型	31
2.2.5	产品原型设计	33
2.3	用户语义驱动的产品形态原型设计框架	35
2.3.1	产品原型设计的一般思路	35
2.3.2	用户语义驱动产品形态原型设计模型	37
2.4	本章小结	39
3	面向产品形态原型设计的用户需求与语义	40
3.1	产品设计中的用户需求模型	40
3.1.1	用户需求	40
3.1.2	用户需求的分类和特点	42
3.1.3	用户需求建模思路和表示方法	43
3.1.4	面向产品形态原型设计的用户需求模型框架	45
3.2	面向产品形态原型设计的用户需求信息	46
3.2.1	驱动产品形态原型设计的用户需求	47
3.2.2	用户需求获取中的难点	48
3.2.3	用户需求信息的获取	49
3.2.4	用户需求中文本资源的获取	52
3.2.5	用户需求信息中非文本资源的获取	55
3.2.6	用户需求信息描述	57
3.3	用户语义	60
3.3.1	用户语义与分类	60

3.3.2	用户语义的特点	61
3.3.3	用户语义的属性	63
3.4	面向产品形态原型设计的用户需求本体	67
3.4.1	用户需求本体	67
3.4.2	用户需求本体建模	68
3.4.3	CRO 的描述	69
3.5	用户语义获取的实例验证	78
3.5.1	原型系统框架	78
3.5.2	本体构建工具	79
3.5.3	用户需求的本体构建	80
3.5.4	用户需求获取	82
3.5.5	用户语义生成	84
3.5.6	用户语义存储	85
3.6	本章小结	88
4	用户语义驱动的产品形态构成	90
4.1	设计元的定义	90
4.2	形态元	92
4.2.1	产品的形态	92
4.2.2	形态元的定义	94
4.2.3	DEs 的构成	94
4.2.4	DEs 的逻辑关系	96
4.3	用户语义驱动的 DEs 生成关键技术	97
4.3.1	DEs 生成的技术路线	98
4.3.2	语义信息整合	99
4.3.3	DEs 形态建模	103
4.3.4	DEs 相似度的判断	108
4.3.5	DEs 的存储	108



4.4	DEs 生成实例	110
4.4.1	产品形态分析与提取	110
4.4.2	DEs 识别和信息聚合	111
4.4.3	DEs 的存储与表达	112
4.5	本章小结	114
5	基于形态元的产品形态原型	115
5.1	产品原型设计概述	115
5.1.1	产品原型设计	116
5.1.2	产品原型的分类	118
5.1.3	产品原型设计原则	119
5.1.4	产品原型设计的作用	120
5.2	产品形态原型	121
5.2.1	产品形态原型及特点	122
5.2.2	基于 DEs 的产品形态原型	123
5.3	基于 DEs 的产品形态原型设计本体	124
5.3.1	PPSO 的概念和属性	125
5.3.2	PPSO 的本体框架	131
5.3.3	PPSO 概念关系集 RP	132
5.3.4	PPSO 公理集 FP	133
5.3.5	产品形态原型结构的嵌套复合含义	134
5.4	PPSO 构建实例	136
5.5	本章小结	138
6	用户语义驱动的产品形态原型设计关键技术	139
6.1	技术路线	139
6.2	基于本体推理的产品形态原型配置方法	140
6.2.1	产品形态原型本体配置	140

6.2.2	用户语义驱动的 PPSO 推理方法	141
6.2.3	基于 SWRL-PPSO 的产品形态原型推理过程	143
6.2.4	PPS 推理规则	144
6.3	基于改进鱼群算法的产品形态优化算法	146
6.3.1	产品形态优化概述	146
6.3.2	产品形态原型优化的原则	147
6.3.3	鱼群行为构建	149
6.3.4	产品形态设计优化的鱼群算法过程	151
6.4	用户语义驱动的产品形态原型设计实例	152
6.4.1	设计信息输入	152
6.4.2	配置约束的输入	153
6.4.3	用户语义分析	155
6.4.4	用户语义驱动配置集推理	156
6.4.5	用户语义驱动产品形态原型优化计算	158
6.4.6	产品形态原型评价及方案深入	161
6.5	本章小结	163
7	总 结	164
	参考文献	167
	附录 A CRO 的概念定义表	184
	附录 B PPSO 的概念及属性	194
	附录 C DE 的概念及相关属性	199
	致 谢	203

1 绪论

1.1 引言

全球竞争格局的变化推动了全球工业化的深度发展，特别是金融危机后，传统制造业向先进制造业转型的速度加快。在全球制造业格局面临重大调整的背景下，我国也适时发布了《中国制造 2025》规划，提出提高国家制造业创新能力、推进信息化与工业化深度融合、积极发展服务型制造和生产性服务业等思路，打通“人与物”“物与物”“物与人”“人与人”四个维度的联系，实现制造业强国的目标。在发展先进制造业的机遇中，实现产品开发设计中“人与物”“物与人”和“人与人”的理解和互通，成为产品设计领域的重要研究热点。

用户的语言表达是用户描述需求最直接的途径和方法，是构建设计师与用户这一“人与人”关系最简洁、自然的通道。随着互联网、云计算、大数据、人工智能、语义网、认知科学等理论和技术的发展，用户需求的语言表达已经逐步可以被分析和解读为用户语义，并成为人机的重要接口，应用于智能设计、搜索引擎等方面^[1]。

产品生命周期越短、产品生产规模越大、差异越明显，市场反应就越不确定。因此，产品设计过程中设计师与用户和合作伙伴的配合变得日趋重要^[2]。技术的发展使得用户参与设计、进行设计的门槛日渐降低，更



多的用户开始通过企业客户服务、企业论坛、在线定制服务等各种渠道表达自己的意愿和产品诉求，产品设计的主体正在逐步向用户迁移^[3]。与设计师语义相比，用户语义是产品设计中用户需求的体现，通过在设计过程中与设计师语义结合共同构成产品。透过对用户语义的分析，可以更深入地对用户需求进行跟踪和定位，从而更有效地满足用户的需求。

有鉴于此，本书提出用户语义驱动的产品形态原型设计方法，主张在产品形态原型设计的过程中，在考虑工程需求等刚性需求的基础上，更积极主动考虑用户在设计过程中的参与和影响，最大化地满足用户需求。为此，提出在产品形态原型设计的过程中，通过语义识别和挖掘等方式将用户需求信息转换为用户语义，并使用户语义成为重要的设计约束条件。在设计过程中，逐步明确用户需求与产品特征的联系，构建满足用户需求的产品形态原型设计。以用户语义约束为基础，通过编制算法，由计算机计算得到对用户语义约束系统而言的理论最佳产品形态原型，并以此作为细节设计的起点。

1.2 研究意义

本书提出了用户语义驱动的产品形态原型设计方法，构建了初步的理论模型框架，并对产品形态原型设计过程中用户需求语义驱动的方法进行了重点研究，主张产品形态原型设计的过程中应考虑用户语义的导向性和特殊性，积极探索用户的深层次需求，为产品后续开发工作打好基础，以实现产品设计与用户需求更深层次的“和谐”。

本研究立足理论前沿，将“以人为本”与用户需求研究、产品设计、智能设计、计算机辅助造型设计等技术相结合，综合兼顾用户需求的多样性和产品设计的系统性，注重创新性和实践性的平衡。以此思想为指导，本研究从理论、方法和实践三个层次，系统地对用户需求语义、产品形态原型设计、产品形态智能设计等领域进行了系统的研究，以综合集成创新方法为指导，通过对工业设计理论、设计方法与设计技术的综合集成和改进，提出面向产品

形态原型设计的用户需求语义驱动方法，解决了产品形态原型设计中对用户潜在需求获取和设计中意象统一问题，并在此基础上探讨与 CAID 结合的技术与方法。本书以基础理论探索、应用案例研究、系统实践检验的科学研究方式，取得了理论模型、方法及实践的系统化创新性成果。

本书研究的意义主要包括以下几点。

1) 本书在兼顾产品形态原型设计中科学、系统、理性的同时，充分考虑了用户语义对产品形态原型的影响。在辅助设计师分析和满足用户需求语义的同时，强调了用户语义对设计师的导向作用；提出的方法符合工业设计与计算机辅助工业设计发展方向，初步构建了其理论模型，具有一定的理论意义。

2) 通过构建面向产品形态原型设计的用户语义模型，探讨了先进制造技术发展中“人”与“物”理解与沟通的方式与方法，对完善面向产品形态设计的智能设计技术具有重要的现实意义。

3) 通过构建用户语义驱动的产品形态原型设计模型，解决用户需求引导产品设计流程的理论问题，通过构建相应的设计方法，对完善和提高计算机辅助工业设计技术具有重要的现实意义。

4) 产品形态原型设计的用户需求语义驱动方法及其框架能够在产品设计开发的流程中，辅助和引导设计师全面考虑用户需求与产品的关系。从更深层次把握用户需求在产品开发全流程中的导向作用，真正做到通过分析和获取用户语义，发现和了解用户与产品的矛盾，通过产品形态原型设计过程解决用户与现有产品在造型领域的矛盾。此外，用户语义驱动产品形态原型设计模型可以提高设计过程中设计师对用户需求信息的利用度，同时对促进产品设计的知识重用具有一定实践意义。

1.3 研究背景

1.3.1 产品设计发展的三阶段模型

人类经济发展可根据社会经济供给物的发展定义为四个阶段的模型：



农业经济阶段、商品经济阶段、服务经济阶段和体验经济阶段^[4]，如表 1-1 所示。18 世纪中叶工业革命使人类社会真正进入了批量化生产的商品经济时代。至第二次世界大战以前，商品经济的发展已经达到一定的高度，但由于生产力的局限，大部分商品的价格仍超出很多发达国家的中产阶级负担能力。在第二次世界大战后，人类社会趋于稳定，经济蓬勃发展，原料、资本、产品和技术在全球范围内的流动使人们的生活水平也有了很大改观，人们所消费的商品逐渐超过了实际所需。

表 1-1 Joseph Pine 的四阶段经济模型

经济模式	农业经济	商品经济	服务经济	体验经济
经济供给物	物产	商品	服务	体验
经济功能	提取	制造	传递	平台
供给物的性质	可替换的	实体的	虚拟的	值得记忆的
关键属性	自然的	标准化的	定制化的	个性化的
供给方法	大批量存储	生产后存储	按需传递	事后回想
卖方	贸易商	制造者	提供者	平台
买方	市场	用户	客户	客人
需求的要素	特性	特征	利益	体验

随着全球经济逐步进入体验经济阶段，产品设计也从技术驱动设计阶段进入了用户体验驱动的阶段，设计的焦点已凝聚于用户体验的提升上。体验经济的逐步导入使用户消费重心向消费活动或使用产品过程中新鲜、愉悦的心理感受偏移。Norman 认为，产品设计的一切需求以“人”为中心，设计问题的解决基于人类认知心理、美学、人机界面、设计文化等人文社会因素，其核心是研究与探讨人性为中心的问题^[5]。在体验经济模型的基础上，结合产品设计的特点，Alain Findeli 提出了产品设计的三阶段模型^[6]。

在此基础上，结合 C.Peirce 提出的符号学模型，Brigitte Borja de Mozota 在对产品设计相关知识做了更深入的研究，总结得出产品设计的三阶段模型^[7]。该模型的三个阶段可分别对应于 Joseph Pine 提出的商品经济阶段、服务经济阶段和体验经济阶段。笔者在相关产品设计模型的基础上，分析概括了产品设计三阶段模型的特征，见表 1-2。

表 1-2 产品设计三阶段模型

发展阶段	第一阶段	第二阶段	第三阶段
设计的焦点	对象	过程	“人”（体验）
经济模式 (Joseph Pine)	商品经济	服务经济	体验经济
时间节点	工业革命至信息化革命	从信息化革命开始	从互联网发展开始
生产模式	大批量生产	大批量定制	用户定制
符号学模型 (C.Peirce)	语意向度	认知向度	功能向度
创新形式	品牌驱动	技术驱动	用户驱动
设计研究	造型理论、隐喻叙事、 式塔形式理论等	Simon 模型、Pahl & eitz 工程设计学	模糊前端、“人”、 情境设计
设计方法 ^[8]	艺术	技术与数据	认知与分析
涉及的科学知识	造型艺术、应用艺术	工程科学	社会科学

从产品设计的三阶段模型可以看出，产品设计正从实体模式向虚拟经济发展，从产品为中心向用户为中心过渡，并且设计的复杂性日益提高。产品设计正在从第二阶段服务经济模式中以“过程”为焦点转变为第三阶段体验经济模式的“人”为焦点。同时，设计方法从第二阶段的以工程科学为支撑的技术与数据为主，转变为以社会科学为支撑的认知与分析为主。体现于产品设计实施层面上，主要体现在以下三个方面：首先，通过品牌识别和产品识别（Product Identity, PI）的宣传强化用户购买、使用时的良好体验和心理满足；其次，通过挖掘用户的潜在需求来拓展产品与用户的共鸣；再次，综合运用多种产品设计方法使产品中更多融入用户感性的因素。

1.3.2 产品设计主要理论与方法

产品设计是以满足现代人生活的各种具体需求为目标，以使用现代化工业技术所生产的产品为对象，综合考虑功能、技术、材料、经济、安全、社会、审美等因素所作的规划与设计，以使产品与使用者之间取得最佳匹配的创造性活动。在开发、设计、生产、运输、销售、使用、回收的产品生命周期中应用相关学科的理论与技术，考虑产品的系统性、对环境的影响、社会效益和社会长远发展^[9]。

随着社会、经济和技术的发展，产品设计的理论、方法和价值观也在