

【工业设计】

知识视角下设计驱动的颠覆式创新方法研究

魏楚凡, 刘键, 席上琳, 黄赛

(北京工业大学 艺术设计学院, 北京 100124)

摘要: **目的** 颠覆式创新是企业实现跨越式追赶的重要路径, 针对当前识别颠覆式创新机会的不足, 基于知识基因与深度学习协同优化, 提出设计驱动的颠覆式创新早期识别方法。**方法** 梳理知识视角下设计驱动的颠覆式创新流程, 针对创新模糊前端阶段并基于“产品知识基因”的概念, 首先通过大数据文本分析方法洞察用户未来需求, 进行产品意义重构; 其次对相关领域专利数据进行“主语—行为—宾语”结构与“技术—关系—技术”结构语义分析并建立产品知识库; 最后在此基础上类比基因工程思维模式重组技术方案, 寻求产品颠覆式创新。**结论** 以未来空调为设计研究对象, 验证研究方法的可行性与有效性, 能够帮助企业识别颠覆式创新设计机会, 对优化资源配置和规划设计战略具有现实指导价值。

关键词: 颠覆式创新; 设计驱动; 产品意义; 产品知识基因; 产品知识库

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)10-0040-14

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.10.004

Design-driven Disruptive Innovation Method from the Perspective of Knowledge

WEI Chu-fan, LIU Jian, XI Shang-lin, HUANG Sai

(College of Art and Design, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

ABSTRACT: Disruptive innovation is an important path for enterprises to achieve leapfrog catch-up. In view of the lack of current identification of subversive innovation opportunities, the work aims to propose a design-driven early identification method of disruptive innovation based on the collaborative optimization of knowledge gene and in-depth learning. Combing the design-driven disruptive innovation process from the perspective of knowledge, and aiming at the fuzzy front-end stage of innovation and based on the concept of "product knowledge gene", firstly, the big data text analysis method was used to gain insight into the future needs of users and reconstruct the meaning of the product. Secondly, the semantic analysis of "subject-behavior-object" structure and "technology-relation-technology" structure of patent data in related fields was carried out, and the product knowledge base was established. On this basis, the technical scheme of genetic engineering thinking mode reorganization was compared to seek disruptive innovation of product. Verifying the feasibility and effectiveness of the research method with the future air conditioner as the design research object can help enterprises to identify disruptive innovative design opportunities, and has practical guiding value for optimizing resource allocation and planning and design strategy.

KEY WORDS: disruptive innovation; design-driven; product meaning; product knowledge gene; product knowledge base

创新是引领发展的第一动力。“创新”概念由 Joseph Alois Schumpeter 最早提出, 认为创新是“建立一种新的生产函数”^[1], 众多学者在此基础上探索

创新模式, 将创新大体分为三个层次。一是渐进式创新, 即持续、不断发生的局部或改良性创新活动^[2], 强调现有技术的小幅度改进, 如提高手机拍摄像素;

收稿日期: 2022-12-14

基金项目: 教育部 2021 年第 2 批产学合作协同育人项目 (202102055017); 北京工业大学国际合作交流项目 (2021A18); 教育部人文社科项目 (20YJC760034)

作者简介: 魏楚凡 (1998—), 女, 硕士生, 主攻智能化设计研究方法。

通信作者: 刘键 (1987—), 男, 博士, 副教授, 主要研究创新设计研究方法、智能化设计。

创新的模糊前端阶段（见图 2）分为 4 个阶段，一是识别未来需求，即创新机会识别，立足人与产品关系并结合社会文化发展，明确未来用户需求；二是创意生成，围绕未来用户需求寻求产品知识，是知识吸收与整合的过程；三是创意评估与筛选，创意知识转化为创意方案并进行评估；四是方案定义，评估较好的方案进行完善并制定产品方案。有效推进模糊前端阶段是企业实现颠覆式创新的基础，在大数据、智能化背景下传统识别方法老旧且散乱，因此有必要研究如何准确高效地开展模糊前端工作，识别产品差异化，传递新的产品意义，带来颠覆式创新机会。

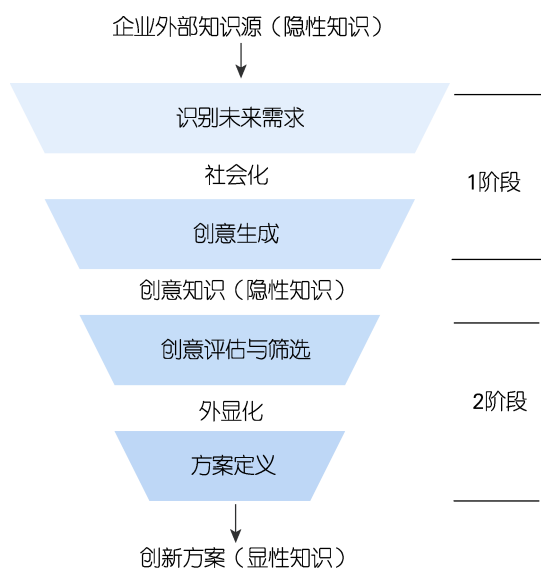


图 2 设计驱动颠覆式创新模糊前端知识转化
Fig.2 Design-driven disruptive innovation fuzzy front-end knowledge transformation

1.3 深度学习与知识获取

设计驱动的颠覆式创新过程被视为知识整合与应用的过程，海量自然语言文本需经过识别、筛选与理解后，成为结构化知识方可利用。自然语言处理（Natural Language Processing, NLP）是一种以理论为基础的自动分析与表示人类语言的计算技术^[11]。深度学习（Deep Learning, DL）由 Hinton 等^[12]于 2006 年提出，因其强大特征提取与学习能力，已成为自然语言处理领域的主流技术。基于深度学习的知识获取受到高度关注，研究内容涵盖输入方式、特征学习与训练数据标注等方面，如 Google 提出基于神经网络的 Word2Vec 方法^[13]；Devlin 等^[14]利用预训练模型探究知识在不同领域间迁移的效果；王新等^[15]基于 Synonyms 的相似度计算建立获取用户隐性需求的格式塔逻辑系统方法等。利用深度学习技术能实现多领域知识迁移与融合，为颠覆式创新流程提供可靠的技术支持。

1.4 将知识基因理论引入设计驱动的颠覆式创新

知识基因理论起源于 Dawkins 在《The Selfish

Gene》中提出的“文化基因”概念，即文化基因是人类文化表达传播的复制单位，称其为“模因”。在此基础上学者们以基因为单位分析人类文化演进，“思想模因”与知识进化论结合的分支，发展成为“知识基因理论”。国内学者李伯文^[16]最早提出“知识基因”的概念，即科学的知识基因就是科学概念；刘植惠^[17]于 20 世纪末开始尝试提出一套知识基因的理论体系。知识基因理论创立的出发点是把握知识演化规律，为知识创新提供支持。因而知识基因理论能够激发设计思维，从产品知识底层逻辑出发增强设计过程中的创造力。然而目前将知识基因理论应用于设计实践的研究并不多，尚未有学者运用知识基因理论指导颠覆式创新，这是本文的主要创新点之一。本文从可行性与必要性两个角度对设计驱动的颠覆式创新模糊前端阶段引入知识基因理论进行分析。

1.4.1 可行性分析

第一，从研究对象来看，本研究将产品信息数据（功能、外观、结构）作为知识基因，称之为“产品知识基因”，其决定产品生命周期且具有遗传价值，具有基因属性。将技术基因组作为知识 DNA，其由产品知识基因构成，掌握着产品变化规律，具有 DNA 属性。

第二，设计思维与知识基因表达过程具有相似性，见表 1。社会通常与知识基因共同决定知识的性状，同理，设计思维通过从社会角度识别未来用户需求，赋予产品意义，并与产品信息数据交织，从而得到产品设计方案，即产品知识基因表达的性状。

第三，生物基因工程与设计驱动颠覆式创新模糊前端阶段类似，见表 2。生物基因工程利用 DNA 重组技术，将目的基因与载体基因在体外进行重组并重新导入载体，该工程可依照人类意愿产出新遗传物质和新生物类型。设计驱动的颠覆式创新探索深层次未来用户需求，从产品知识库中提取目标产品知识基因，通过产品知识基因重组的方式构建新的产品知识基因模型，产出颠覆式创新产品方案，即产品知识基因表达的性状。

综上所述，本研究将产品信息数据作为知识基因，技术基因组作为知识 DNA，理论层面设计思维与知识基因表达过程相似；再者设计驱动的颠覆式创新的底层逻辑是设计思维，生物基因工程的思想对其适用性很高，同时说明知识基因理论在产品颠覆式创新设计中的实践应用环节可行。

1.4.2 必要性分析

第一，克服颠覆式创新仅从技术与市场驱动的限制性。深度探讨如何利用设计思维实现颠覆式创新，构建科学完善的研究体系框架，旨在丰富设计驱动的颠覆式创新理论与实践应用研究。

第二，有利于拓展知识基因理论在知识发现与数据挖掘方面的应用^[18]。通过知识基因理论指导产品知

表 1 基因—知识基因—产品知识基因类比分析
Tab.1 Analogical analysis of gene, knowledge gene and product knowledge gene

类别	相关概念	含义
生物基因	基因	有一定遗传功能的基本单位
	DNA	储藏遗传信息的化合物
	性状	可遗传的发育个体与全面发育个体所能观察到的特征
	基因与 DNA 的关系	基因是携带遗传信息的 DNA 片段
	基因与性状的关系	基因是控制生物性状的基本遗传单位
知识基因	知识基因	知识继承与发展的最小功能单元
	知识 DNA	科学定律
	知识体	参与适应设计环境并受社会选择作用的知识表征
	知识基因与知识 DNA 的关系	知识 DNA 由知识基因构成
	知识基因与知识体的关系	社会与知识基因共同决定知识的性状（知识体）
产品知识基因	产品知识基因	决定产品生命周期的、有遗传价值的标准化信息集合（产品多场信息）
	技术基因组	探索产品变化规律的知识体系
	产品设计方案	产品需要具备的设计要素
	技术基因组与产品知识基因的关系	技术基因组由产品知识基因构成
	产品知识基因与产品设计方案的关系	社会人文（产品意义）与产品知识基因共同决定产品设计方案

表 2 生物基因工程与设计驱动的颠覆式创新
Tab.2 Biological genetic engineering and design-driven disruptive innovation

阶段	生物基因工程	设计驱动的颠覆式创新模糊前端
1	构建基因文库	构建产品知识库（产品功能、结构、外观）
2	目的基因的获取	提取产品知识基因（依据未来用户需求）
3	构建基因表达载体	构建新的技术基因组片段（产品知识基因重组）
4	将目的基因导入受体细胞	构建新产品知识基因模型
5	目的基因的检测与鉴定	颠覆式创新产品设计方案（未来用户需求与产品知识基因共同决定）

识融合，旨在提高企业获取知识的能力、扩展知识获取的广度、增加探索知识关联的效率，为产品创新研究提供一套早期识别方法研究体系，为知识创新提供支持。

第三，有助于运用科学的手段实现设计驱动的颠覆式创新。设计驱动的颠覆式创新模糊前端阶段中产品知识组合具有高度不确定性，知识基因的稳定性与持久性有助于提高产品知识重组研究的科学性与有效性，旨在构建多源异构知识交叉融合知识库，纵深全面挖掘产品信息数据，为企业资源优化配置提供支持。

2 研究框架

为提高设计驱动颠覆式创新模糊前端阶段的科学性与有效性，本研究基于知识基因与深度学习协同优化，提出一套运用生物基因工程思想实现颠覆式创新的研究框架，见图 3。

该框架将产品信息数据作为产品知识基因，将产品设计方案作为产品知识基因表达的性状特征，产品设计方案（性状特征）由社会人文与产品知识基因共同决定。本研究创新点包括以下 3 个流程。

一是未来用户需求识别，即模糊前端—识别未来需求，进行产品意义重构。首先利用大数据文本分析对开放网站用户在线评论数据进行抓取，清洗后从中提取筛选产品特征词，在此基础上构建产品情感词典，最终依据产品特征类别与情感词典对用户痛点进行分析，结合使用场景洞察用户情感波动，挖掘潜在用户需求，赋予产品新意义。

二是产品知识基因提取及知识库构建，即模糊前端—创意生成，深度挖掘产品知识并构建知识库。首先依据研究对象制定检索表达式，收集相关专利数据并作清洗预处理；其次先后对专利数据进行“主语—行为—宾语”（Subject-Action-Object, SAO）结构与“技术—关系—技术”（Technology-Relationship-Technology, TRT）结构语义分析；最后整合分析数

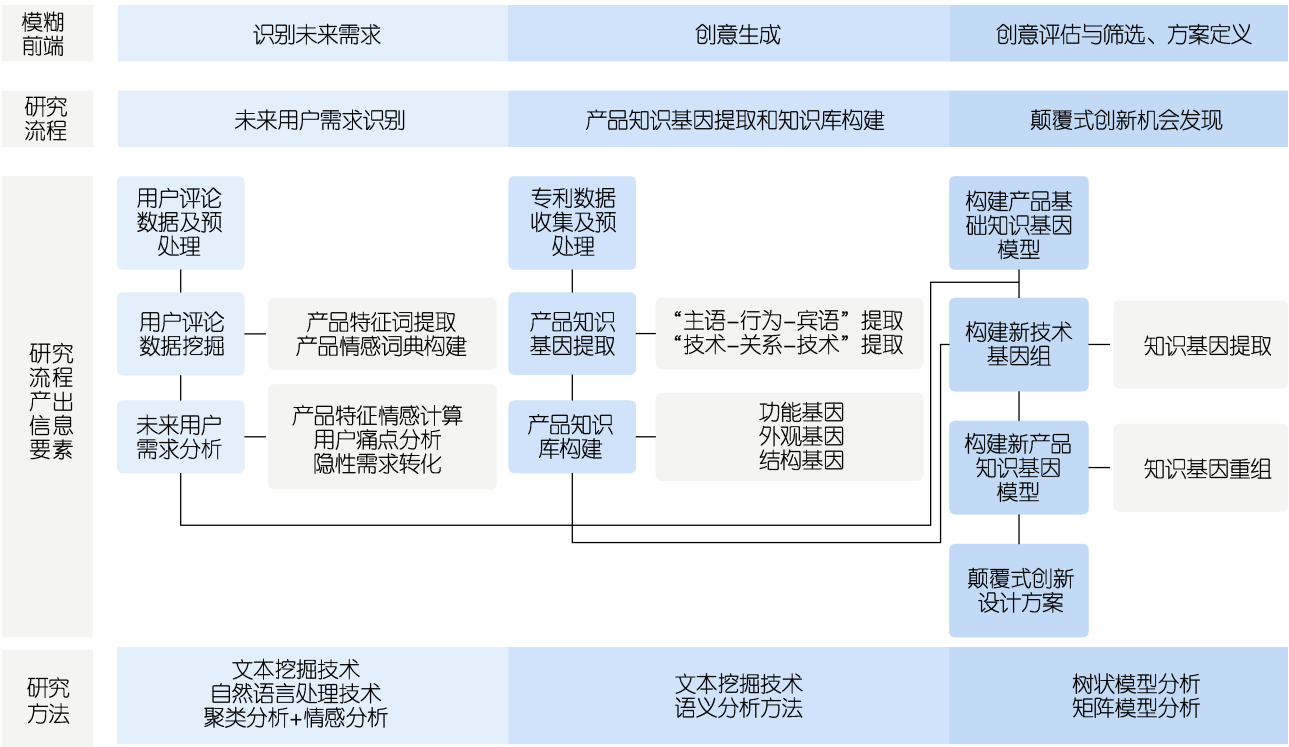


图 3 设计驱动的颠覆式创新研究框架
Fig.3 Research framework of design-driven disruptive innovation

据，并归类为功能基因、外观基因、结构基因三大类，完成产品知识库构建。

三是颠覆式创新机会发现，即模糊前端——创意评估与筛选、方案定义，依据未来用户需求（产品新意义），对既有技术进行应用或二次开发，将产品知识转化为颠覆式产品设计方案。首先构建现有产品基础基因模型，依据产品新意义从产品基因库中提取满足条件的“目的基因”，组合出多个设计方案（新技术基因模型），从这些方案中选出最优解，依据新产品基因模型得到颠覆式创新产品。

3 实验过程

在本实验中，以未来空调为目标产品对上述框架步骤作详细解释说明。因现有空调产品作为生活必需品，用户数量庞大，市场广大，蕴藏大量产品知识，便于分析；且未来智能生活方式设计在工业设计领域已然成为新兴设计的一大方向，具有广阔前景，符合颠覆式创新设计背景。

3.1 未来用户需求识别

依据用户认知将需求分为两类：一是显性需求，即用户意识到且明确表达的需求，如质量、价格、性能等；二是隐性需求，包括用户意识到却表达模糊的或用户未意识到的潜在需求，如情感、体验、价值等。设计驱动的颠覆式创新主要获取的是隐性需求，隐性需求的界定应当融合情感因素与认知因素。需立足于当前产品市场，令产品、人（情感）、情景相互交融，

将非结构化的需求进行感性转化，并与使用场景相结合，洞察用户情感与心理变化，把握潜在的未来需求，从而重构产品意义。类比传统市场问卷调查，从产品评论中能够快速且高效地获取更加可靠的信息^[19]，通过大量观点文本数据，可以提取出潜在、不被重视的用户需求。目前，在线评论的研究主要包括：主观句识别、产品特征提取、话题聚类、情感分析等^[20]。为获取未来用户需求信息，需要联动文本挖掘与自然语言处理等技术，并结合统计学、心理学等相关知识对评论文本进行分析。分析过程包括：评论数据获取及预处理、评论数据挖掘（产品特征提取、产品情感词典构建）、未来用户需求分析等内容，具体步骤见图 4。

3.1.1 用户评论数据获取及预处理

评论来源选择以电器数码产品起家的电商平台，该平台产品用户数量庞大，未消费用户亦可提问评论，样本量充足。利用“Instant Data Scraper”大数据文本分析获取各品牌空调产品用户评论数据 30 451 条，筛选出样本数据 29 436 条，将文本数据导出为 excel 文件，并进行预处理。

1) 数据清理。将一些与产品特征无关或不涉及用户观点的“噪声数据”进行删除，例如“产品不错很好”。

2) 分词分句。采用 python 语言的 jieba 分词工具中的“精确模式”对文本进行切分，例如“空调的制冷效果不好”，分词后为“空调 | 的 | 制冷 | 效果 | 不 | 好”。

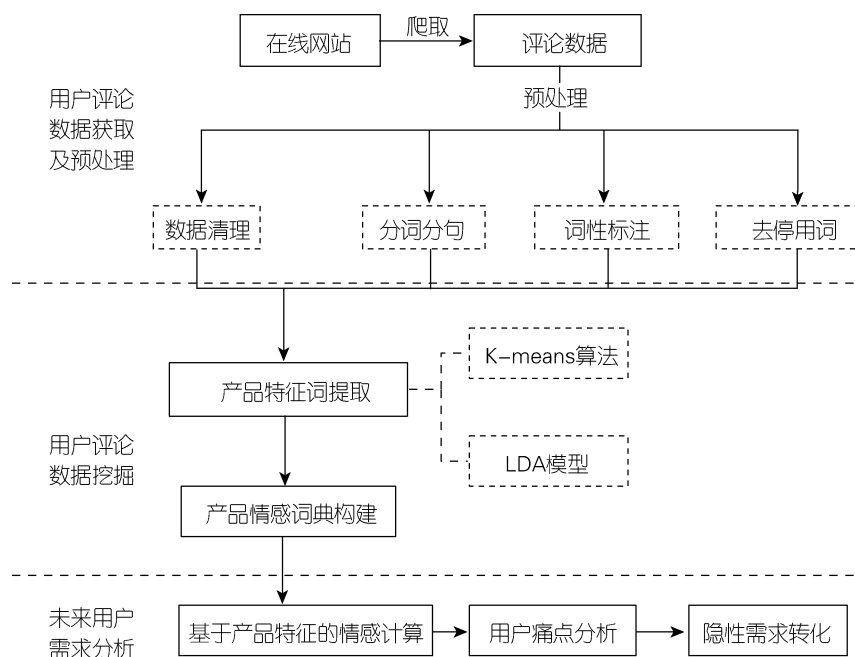


图 4 未来用户需求识别研究框架

Fig.4 Research framework for future user demand identification

3) 词性标注。使用 jieba 工具中自带的 posseg 模块对句子进行词性标注。

4) 去停用词。利用停用词表去除文档中频率高却无意义的虚词,包括但不限于副形词 ad、方位词 f、数词 m、人名 nr、拟声词 o 及状态词 z 等,例如“啊”“呢”“的”“在”。

3.1.2 用户评论数据挖掘

3.1.2.1 产品特征词提取

该步骤的目的是提取评论数据中出现的产品特征,便于后续需求映射。常用获取特征词的方法是通过词频统计选取高频词作为特征词,但该方法存在遗漏某些重要低频词的可能性。因而本研究采用隐含狄利克雷分布 (Latent Dirichlet Allocation, LDA) 模型,其常被用于识别文本中潜在的主题信息,能将文本根据主题进行主题聚类或文本分类,可以更全面地了解文本的主题分布。

基于评论文本分词结果,提取名词与名词短语作为产品评论特征词筛选文本。在 LDA 模型提取主题词前,通过使用 K-means 算法计算评论文本的 Distortions 系数 (簇内误差平方系数) 与 Silhouette 系数 (轮廓系数),明确最优聚类数 k (Distortions 系数越小越好, Silhouette 系数越大越好),结果如图 5 所示,综合考虑最优聚类数 $k=9$ 最为合理。

在 python 环境中选取最优聚类数 9 进行 LDA 主题聚类,利用专家知识定义特征类别,得到该类别下的典型特征词与文本占比数,该占比数为同一类别下的特征词占名词/名词短语筛选文本的频数,结果见表 3。

3.1.2.2 产品情感词典构建

该步骤的目的是识别每个产品特征的情感强度。

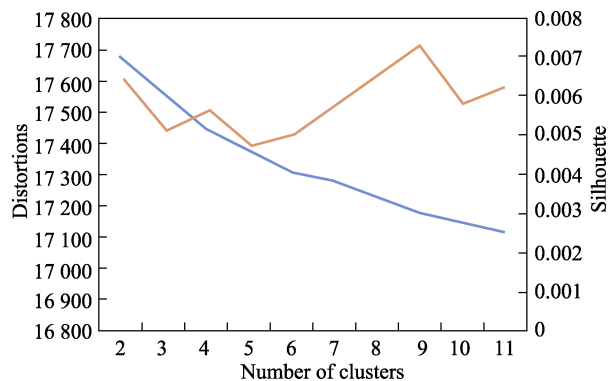


图 5 空调簇内误差平方和系数与轮廓系数

Fig.5 Air conditioner distortions and silhouette

本研究采用基于情感词典的分析方法,并结合机器学习方法制定规则,有效减少时间成本且获得较为准确全面的情感分析。由于通用情感词典不能囊括特定领域情感词,需对其进行补充,补充内容包括从评论文本中筛选出的具有明显情感倾向的动词、形容词,并依据通用情感词典的规则对这些词语进行标注,形成产品情感词典。

此次实验选用中文情感词汇本体作为通用情感词典,其情感分类体系在 Ekman 六大类情感分类体系基础上构建,包括词语词性种类、情感类别、情感强度及极性等,这些信息便于对用户痛点进行快速量化。依据中文情感词汇本体库词语规则,利用专家知识标注空调特征情感词词库,结果见表 4。

空调特征情感词词库对中文情感词汇本体库 (含情感词 27 466 个) 进行补充,最终形成空调产品情感词典,见表 5。

表 3 空调 LDA 主题模型结果
Tab.3 air conditioner LDA statistics

特征类别（主题词）	产品典型特征词合集	文本占比
能源消耗	变频、能耗、能源、耗电量、定频、能效、省电、环保	0.188 8
质量	故障、维修、使用年限、质量、标准、能力、时间、保修期	0.080 4
制热	制暖、暖风、升温、热风、暖气、传热、高温、热泵	0.089 1
制冷	冷气、冷风、凉感、凉风、降温、制冷、湿度、含湿量	0.141 2
价格	优惠力度、性价比、价格、降价程度、标价、公价、定价、打折	0.079 5
外观	美观程度、颜值、材质、装饰性、空间占用、外观、大小、颜色	0.119 3
声音	静音、噪声、杂音、响声、动静、分贝、耳朵、回声	0.098 8
智能化	Wi-Fi、遥控、APP、自动、语音、联网、远程、控制	0.113 7
吹风系统	出风口、风量、扫风、风速、送风、加湿、负离子、模式	0.089 2

表 4 空调特征情感词词库标注（部分）
Tab.4 Air conditioner emotional lexicon
tagging (partial)

词语	词性种类	词义数	词义序号	情感分类	强度	极性
变好	verb	1	1	PH	3	1
过吵	adj	1	1	NJ	5	2
亏	adj	1	1	NJ	5	2

表 5 空调产品情感词典（部分）
Tab.5 Air conditioner emotion dictionary (partial)

词语	词性种类	强度	极性
变好	verb	3	1
很好看	adj	5	1
亏	adj	5	2
实用	adj	3	2
低功耗	adj	3	1
更佳	adj	5	1
最强	adj	7	1
实用	adj	5	1
低效	verb	3	2

3.1.3 未来用户需求分析

该步骤的目的是利用 Python 语言依据产品特征类别对用户痛点进行分析，洞察用户情感波动，结合使用场景深度挖掘目标产品的未来潜在用户需求，实现产品意义变革。

3.1.3.1 基于产品特征的情感计算

由于一条评论数据囊括多个特征词，需将其切分成每条只含有一个特征词的单句。实验以特征词为情感分析对象，对与特征词处于同一单句的情感词进行情感值计算，以平均值作为该特征词的情感值，见式（1）。

$$S_{\text{Mean}} = \sum_{i=1}^n (S_i) / n$$

(1)

其中， S_{Mean} 表示特征词的情感平均值； S_i 表示特

征词在第 i 个单句中情感值； n 为特征词出现的次数。由于否定词同样会对情感极性产生影响，本实验构建否定词合集，包括不能、可以、不得、没有、不会、不可、不是、不可能 8 个常用否定词，权重为-1，即在处理含有否定词的情感分析单元时，对应的情感词极性乘-1。由式（1）计算得出空调产品特征类别情感平均值，数据展示见表 6。

表 6 空调产品特征类别情感平均值
Tab.6 Emotional average of air conditioner
feature category

空调特征类别	情感平均值
能源消耗	-1.319 9
质量	-0.263 8
制热	1.235 9
制冷	1.352 8
价格	-0.235 8
外观	-1.359 5
声音	-0.583 2
智能化	-0.845 2
吹风系统	-0.235 9

3.1.3.2 用户痛点分析

发现用户痛点是隐性需求挖掘的基础，用户痛点的分析需要考虑用户关注度与用户情感值两个指标，即每个产品特征所占比例与重要度。研究选择特征类别的词语频率 r_{factor} 及特征类别的情感平均值 S_{Mean} 作为衡量关注度与情感值的量化指标。其中 r_{factor} 为包含同一产品特征类别的评论数在评论样本数中所占比例， S_{Mean} 为该产品特征类别的情感平均值。

首先通过 r_{factor} 与 S_{Mean} 对各特征类别用户痛感进行加权，计算用户痛点指数 W_1 ，其计算见式（2）。

$$W_1 = r_{\text{factor}} \times S_{\text{Mean}}$$

(2)

由推理过程可知， S_{Mean} 越低，用户痛感越强。因此，取 W_1 的相反数作为实际运算中的痛点指数 W_2 ，见式（3）。

$$W_1 = -W_2 \tag{3}$$

为更直观地展现用户痛感,研究使用指数形式对用户痛点指数进行处理,使用户痛点指数 P_{User} 统一为正数,见式(4)。

$$P_{\text{User}} = e^{W_i} \tag{4}$$

依据指数函数特性,采用 $P_{\text{User}}=1$ 判断该产品特征是否为用户痛点,即当 $P_{\text{User}} > 1$,该特征类别为用户痛点,且数值越大,用户痛感越强;当 $0 < P_{\text{User}} < 1$,该特征类别不被识别为用户痛点,但是数值大小仍能反应用户痛感。上述公式计算结果示例见表 7,空调产品在能源消耗、质量、价格、外观、声音、智能化与吹风系统 7 个方面均被识别为用户痛点,其中能源消耗、外观、智能化这 3 个方面用户痛感更强,优先级更高。

表 7 空调产品特征类别情感平均值与痛点指数结果
Tab.7 Emotional average and pain point index
(air conditioner feature category)

空调特征类别	情感平均值	痛点指数	优先级
能源消耗	-1.319 9	1.568 5	1
质量	-0.263 8	1.029 9	4
制热	1.235 9	0.862 6	5
制冷	1.352 8	0.986 3	5
价格	-0.235 8	1.032 8	3
外观	-1.359 5	1.358 2	1
声音	-0.583 2	1.125 6	2
智能化	-0.845 2	1.062 5	1
吹风系统	-0.035 9	1.018 8	4

表 8 空调产品隐性需求分析
Tab.8 Hidden demand analysis of air conditioners

特征类别	特征词	情感分析	情景分析	产品新意义
能源消耗	能耗、能源、耗电量、能效、环保	耗电量不稳定,能源浪费,不够环保	开一整夜空调耗电量大,用电存在安全隐患	调节室内温度的工具(旧)→具备调温功能的绿色环保装饰物
外观	装饰性、空间占用、外观	占用空间大,不好看,色彩单一,不新颖	导致整体墙面或家庭空间利用率低,与装修风格不统一	
智能化	Wi-Fi、遥控、APP、语音、远程	易断网,不够灵敏,操作繁琐	日常使用忘记或懒得关空调,费电	

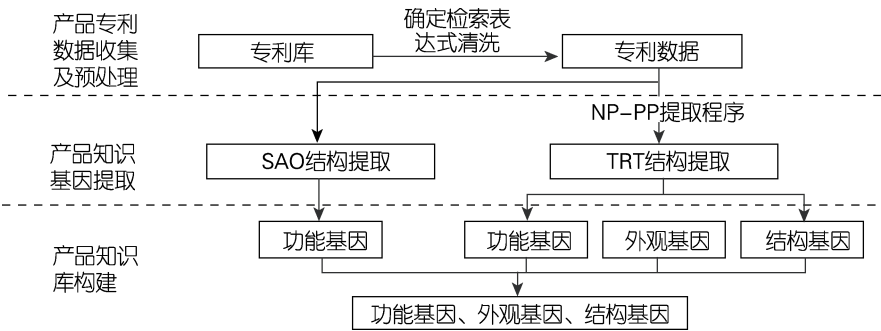


图 6 产品知识基因提取与产品知识库构建研究框架
Fig.6 Research framework of product knowledge gene extraction and knowledge base construction

3.1.3.3 隐性需求转化

将痛点延伸并结合使用场景逐渐转变成需求的过程,是重构产品意义的过程。依据上述实验结果,可以明确用户痛点主要集中在能源消耗、外观、智能化 3 个方面,利用专家知识对该特征类别进行进一步情感与场景分析,延伸成为隐性需求,明确差异化,定义产品新意义,结果示例见表 8。

3.2 产品知识基因提取与知识库构建

产品设计的过程本质上是获取产品知识,并将这些知识运用到整个设计过程,有研究表明,有效利用专利文献中的设计知识可使企业减少 40%的研发时间与资金。因此,采用从专利数据中挖掘产品知识为设计驱动的颠覆式创新提供服务。该研究过程包括:专利数据收集及预处理、产品知识基因提取(SAO 结构提取、TRT 结构提取)与产品知识库构建,具体步骤见图 6。

3.2.1 产品知识基因的分类

提取专利数据的最终目的是构建产品知识库,明确产品知识基因的定义是确定专利数据提取方式的前提。产品的特征一般是由产品的功能、结构、外观所体现,这些信息决定了产品的生命周期且具有遗传价值。本研究将产品知识基因划分为三类,一是功能基因,描述产品的用途或功用,可由多个子功能构成;二是结构基因,描述产品的几何结构、装配关系与材料特性,可由多个子结构构成;三是外观基因,描述产品的外在形象、艺术美感、色彩搭配等,满足用户的美学需要。

3.2.2 产品专利数据收集及预处理

专利文献有规范的线性表达形式,均需包含标题(相关专利产品或者精尖技术)、摘要(概括专利发明结构、工作原理等)、权利要求(涉及独特的设计及知识产权保护效用的范围)、技术领域(专利发明所属或直接应用的领域)、背景技术(叙述与发明相关的已有技术或研究成果并指出存在的不足)、发明内容(描述产品发明所要解决的技术问题)与具体实施方案(详尽描述实现发明专利所采用的技术方案)等内容,因此专利数据通常具有较大的篇幅,在构建知识库前需要对专利数据进行筛选与清洗处理,以便后续研究工作的开展。

首先进行数据检索。本研究专利数据来源于德温特专利数据库(Derwent Innovations Index, DII),该数据库是全球最权威的专利情报与科技情报机构之一,收录来自世界 40 多个专利机构的专利^[17],使用 DII 作为数据来源,可保证数据的准确性与完整性。本实验研究对象为未来智能空调,实验目的是实现产品颠覆式设计,依据空调定义拓展、用户需求功能描述及 DII 检索规则确定空调领域专利检索表达式:主题=(“air condition*” OR “refrigerat * equipment*” OR “refrigerat* unit*” OR “cool* machine*” OR

“refrigerat* machine*” OR “thermoregulat*” OR “attemperat*”),时间跨度为最近 5 年,检索时间是 2022 年 7 月 5 日,完成专利数据清洗后最终收集到 135 312 条题录数据。

3.2.3 产品知识基因提取

知识提取是专利数据挖掘的主要目的,利用自然语言技术将文本转化为所需展示模型是专利数据的挖掘方式之一。目前专利文本数据结构化处理方法主要有两种,一是特征提取方法,即基于现有词性分析基础上构建特征识别规则,通过统计方法进行特征提取并形成特征空间表示模型;另一种是语义分析方法,即将专利文本转化为结构化专利语义表示模型。因已明确产品知识基因的三个分类,且该步骤的目的是获取产品信息数据,所以本研究采用第 2 种方法。

1) SAO (Subject-Action-Object) 结构,即“主语—动作—宾语”结构,利用动词来定义主语与宾语之间的关系,该结构可以清晰地描述功能关系。本实验利用 Stanford CoreNLP 自然语言处理工具包对收集的专利数据进行 SAO 结构提取,并结合专家知识筛选出提取数据中表示功能的结构,最终获得 SAO 产品功能基因 3 856 条,部分数据展示见表 9。

表 9 空调专利数据 SAO 提取结果(部分)
Tab.9 SAO results of air conditioner patent data (partial)

专利号	S	A	O
CN 114386268-A	meteorological day ordinal number	builds	day selection
CN 111382505-A	cover mechanism	receiving	movement path
CN 215724056-U	the pulley	drives	the moving block
CN 109855266-A	a built-in Wi-Fi module	sets	position
KR 2021118993-A	heat transfer prediction model	contrills	valve flow rate
CN 108981130-A	multiple sound insulation units	reduce	noise
CN 209089920-U	horizontal vacuum cooling machine	controls	the bacteria number
CN 209744684-U	air conditioner decorated board	setts	various color patterns

2) TRT (Technology-Relationship-Technology) 结构,即“技术—关系—技术”结构,通过分析文本中介词的意义来确定关键词之间的结构关系(非功能性关系)。该分析方法弥补了 SAO 分析不具备的结构关系,与其成互补关系^[21],两种分析方法结合可以更全面地挖掘专利文本中的产品知识。

本实验采用 Python 中的 Natural Language Toolkigt (NLTK) 包开发 NP-PP (名词短语—介词短语)提取程序,提取的结构关系有包含关系、目的关系、过程关系、不包含关系、相似关系、结构关系、时间关系等,提取的原则是 NP 与 PP 在语法树中具有相同深度,若有多个 NP 在语法树中相同的深度并通过“and”或“or”连接,则同时提取多个 NP^[18]。对清洗过的专利数据进行 TRT 结构提取,利用专家知识对提取数据作进一步处理,最终的 TRT 结构数

据共有 5 692 条,部分数据展示见表 10。

3.2.4 产品知识库构建

产品知识库构建即合并 SAO 与 TRT 结构的产品知识基因。由于 SAO 结构提取的信息本身就表示功能,所以可将其直接视为功能基因;通过专家知识识别 TRT 结构中的信息,将其归类为功能基因、外观基因、结构基因三大类;最终得两者合并,完成智能空调领域产品知识库构建(9 548 条)其中功能基因 6 201 条(64.95%)、结构基因 2 198 条(23.02%)、外观基因 1 149 条(12.03%)。

3.3 颠覆式创新机会发现

3.3.1 创新原理分析

在产品知识领域,技术是探索产品变化规律的知识体系,扮演着 DNA 的角色。本研究将产品颠覆式

表 10 空调专利数据 TRT 提取结果 (部分)
Tab.10 TRT results of air conditioner patent data (partial)

结构关系	专利号	TRT
包含关系 (4 596 条)	CN 101275773-A	filtering screen with fluorine coating
	JP 2009297664-A	supporting photo-catalytic material on filter base material
	CN 106556130-A	a first fabric layer in a mold cavity.
	CN 204417742-U	face material with twill extracting flower tissue structure
	...	...
目的关系 (565 条)	CN 215446821-U	the wind-proof cloth at the air outlet
	CN 106861287-A	non-woven fabric for air-conditioner air inlet filter
	CN 215412485-U	locating device for non-woven fabric production
	...	...
	JP 2021138677-A	filter for preventing invasion of bacteria and viruses
过程关系 (432 条)	CN 212400102-U	the first braided fabric into the air conditioner bottom plate
	...	...
	CN 101275773-A	fluorine coating into coating latex
不包含关系 (35 条)	CN 203610016-U	solid amine powder without machinery
	...	...
	TW 109142899-A	better cooling effect without affecting the air volume
相似关系 (28 条)	CN 103566709-A	fabric as uniformly flat ellipse-shaped structure
	...	...
	US8943843-B	environmentally-friendly multipurpose as a generator
结构关系 (25 条)	CN 110848478-A	the adhesion between the middle rubber layer
	...	...
	DE 102012108317-A	fuel pipe between fuel tank and fuel consumer
时间关系 (11 条)	CN 201551913-U	polyester screen after weaving
	...	...
	DE 102011116110-A	advance signal immediately before starting

创新过程概括为通过对现有产品实例种群进行功能分类、结构拆分与外观分析^[22], 整合成为相应产品知识基因并构建对应产品领域的知识库; 当设计新产品时, 首先针对现有产品构建产品基础知识基因模型^[23], 依据未来用户需求 (产品新意义) 对颠覆式创新产品的功能、结构或外观进行分析; 其次建立对应的技术基因组模型, 从产品知识库中提取满足条件的基因 (目的基因) 进行重组, 形成多个新技术基因组模型 (多个设计方案), 最后从这些方案中选出最优解, 依照新产品知识基因模型得到颠覆式创新产品, 见图 7。

3.3.2 产品基础知识基因模型构建

由分析可得出, 产品结构由功能与外观决定, 而产品功能与外观大多是独立存在的, 可以理解为一个或多个功能基因、外观基因对应一项技术, 每项技术又对应一个或多个结构基因。因此, 产品功能与结构及外观与结构由技术联系在一起。在知识库中, 设技

术为 T_i , T_i 包含的功能基因、外观基因、结构基因分别为 G_{fi} 、 G_{ai} 、 G_{si} 。产品知识基因可按照自上而下的结构构建树状产品知识基因模型, 见图 8。

产品颠覆式创新设计的前提是构建目标产品基础知识基因模型, 该模型可以描述现有产品的基本构成, 所包含的知识基因具有遗传性, 可以遗传到产品种群的新产品中。本实验以智能空调领域中使用频率较高且具有代表性的壁挂式空调为例, 分析其基本功能与外观设计, 建立这一类产品的基础知识基因模型, 见图 9。

3.3.3 技术基因模型构建

技术基因组作为产品知识 DNA, 包含多种产品知识基因, 故技术基因组的表达见式 (5)。

$$T_i = \sum_{i=0}^n (G_{fi}, G_{ai}, G_{si})$$

(5)

如图 9 所示, 智能调控技术对应的技术基因组示如下:

$$T_{\text{智能调控}} = (G_{fi}, G_{ai}, G_{si}) = \left[\begin{array}{lll} \text{风向调节} & \text{壁挂式} & \text{电源电路, 系统控制集成电路, 显示屏} \\ \text{定时} & \text{壁挂式} & \text{电源电路, 系统控制集成电路, 显示屏, 水平/垂直风向叶片} \end{array} \right]$$

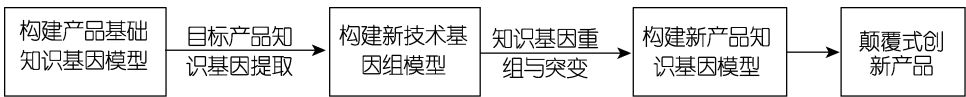


图 7 设计驱动的颠覆式创新原理分析
Fig.7 Analysis of design-driven disruptive innovation principle

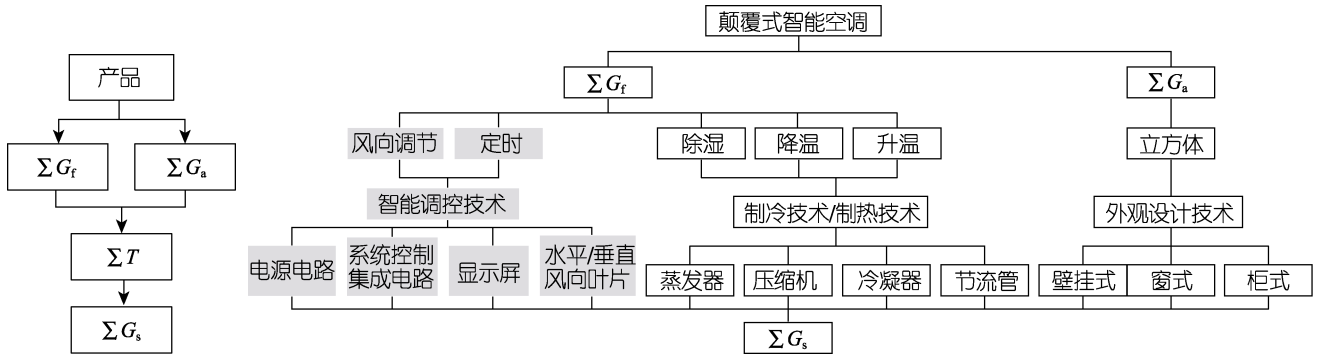


图 8 产品知识基因模型
Fig.8 Product knowledge gene model

图 9 智能空调基础知识基因模型
Fig.9 Basic knowledge gene model of intelligent air conditioner

3.3.4 基于产品知识基因的颠覆式创新设计

依据上文分析可知,产品新意义为具备调温功能的绿色环保装饰物,拆分为三部分,一是尽可能降低能源消耗,绿色环保;二是优化外观设计,具有装饰性;三

是智能操控更加自动化。本实验从以上三个方向切入,检索知识库中的目标基因,构建新技术基因组模型。

功能基因方面,满足低能耗且自动化的制冷/制热技术基因组表示如下:

$$T_{\text{制冷/制热}} = (G_{f_i}, G_{a_i}, G_{s_i}) = \begin{bmatrix} \text{自然改变温度} & \text{熔化变透明} & \text{PCM生物基脂肪酸} \\ \text{太阳能驱动} & 0 & \text{太阳能集热器,吸收式制冷系统} \\ \text{水循环制冷} & 0 & \text{冷凝水管,压缩机} \\ \text{压力诱导相变制冷} & 0 & \text{正构烷烃} \end{bmatrix}$$

外观基因方面,具有装饰效果的相关技术基因组,表示如下:

$$T_{\text{外观设计}} = (G_{f_i}, G_{a_i}, G_{s_i}) = \begin{bmatrix} \text{装饰} & \text{小耳朵造型} & \text{大圆弧,360°曲面} \\ \text{装饰} & \text{挂毯} & \text{编织} \\ \text{装饰} & \text{装饰条} & \text{结构基体,装饰件,卡槽} \end{bmatrix}$$

将以上基因利用专家知识筛选重组加入产品基础知识基因模型,依据新产品知识基因模型指导设计,能较快地实现产品颠覆式创新。例如,利用自变

温材料或压力转化实现制冷,实现绿色可持续;结合材料特点以编织的形式使空调兼具功能性、装饰性。

4 实验结果

本研究界定的未来空调为方法论的验证结果,基于现有用户评论、专利等海量数据推导得出,在此客观资料和事实依据的基础上进行创新设计,不代表未来智能家居发展方向及内容组成。

基于上述实验步骤,整体利用设计思维输出以下颠覆式产品设计方案,见表 11。

表 11 设计方案
Tab.11 Design plan

序号	新技术基因模型	示意图
1	$T_{\text{制冷/制热}} = [\text{自然改变温度} \quad \text{熔化变透明} \quad \text{PCM}]$ $T_{\text{外观设计}} = [\text{装饰} \quad \text{挂毯} \quad \text{编织}]$	

续表 11		
序号	新技术基因模型	示意图
2	$T_{\text{制冷/制热}} = [\text{太阳能驱动} \ 0 \ \text{太阳能集热器, 制冷系统}]$ $T_{\text{外观设计}} = [\text{装饰} \ \text{花瓶样式} \ \text{编织, 360}^\circ \text{曲面}]$	
3	$T_{\text{制冷/制热}} = [\text{压力诱导相变制冷} \ 0 \ \text{正构烷烃}]$ $T_{\text{外观设计}} = [\text{装饰} \ \text{可压缩圆柱体} \ \text{大圆弧, 360}^\circ \text{曲面}]$	
4	$T_{\text{制冷/制热}} = [\text{水循环制冷} \ 0 \ \text{冷凝水管, 压缩机}]$ $T_{\text{外观设计}} = [\text{装饰} \ \text{立方体} \ \text{结构基体, 装饰件, 卡槽}]$	

由于家居用品大多被视为“技术黑匣子”，复杂程序或多样选择可能会导致用户无法理解技术，甚至误用，因此本实验结合用户需求，降低技术透明度，采用方案一建立新产品知识基因模型，见图 10。

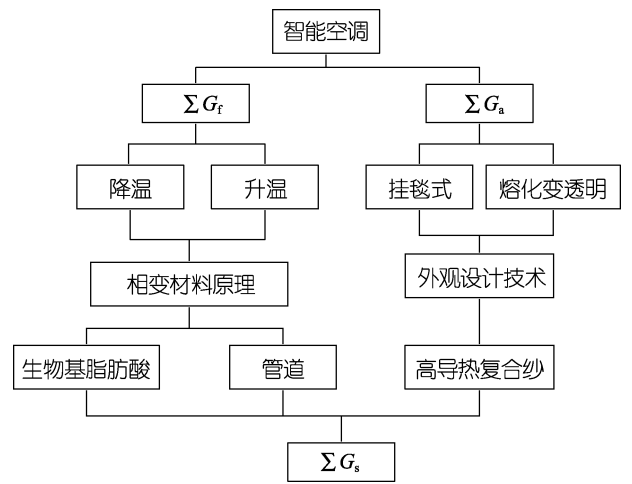


图 10 未来空调知识基因模型
Fig.10 Knowledge gene model of future air conditioner

使用场景如图 11 所示，这是一款颠覆式的无源空调，灵感来源于挂毯工艺，由高导热材料的条带与若干根管道编织而成，管道内部有相变材料（PCM）生物基脂肪酸，通过固态液化可以实现自然地吸收热量，以在夏季降低房间的温度，并阻挡从外部通过墙壁传递的热量；这款空调不仅能以一种可持续的方式调节室内温度，还具备装饰功能，高导热材料的管道可以填充色块，白天温度升高，PCM 吸热熔化变透明，管道色彩呈现，夜晚温度降低，PCM 呈白色固态，实现不同温度下的色彩变化。

依据使用场景进行建模，如图 12a—b，为 PCM 白色固态时的空调细节展示；如图 12c—d，为 PCM 吸热熔化后管道色彩展现时空调场景展示；如图 12e，为不同编织方法的空调使用场景展示，除自定义图案与色彩外，用户还可以根据自己的喜好编织空调，以适应更多的室内装修风格。

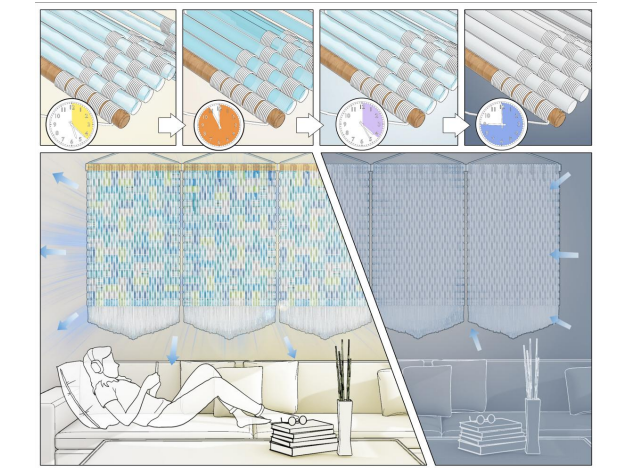


图 11 未来空调使用场景
Fig.11 Use scene of future air conditioner

为验证设计方案是否能够颠覆式满足未来用户的需求，本实验对方案进行问卷调研，问卷内容包括设计方案说明与用户满意度调查，共发放问卷 108 份，有效回收 108 份，部分结果展示见图 13。由结果可得，通过本研究提出的研究方法得到的未来空调设计方案，用户对其功能与装饰满意度很高并具有较高购买倾向，认为该方案突破了传统空调概念。因此，本研究提出的设计方法行之有效，对企业开发颠覆式产品具有较高的学术与实践参考价值。

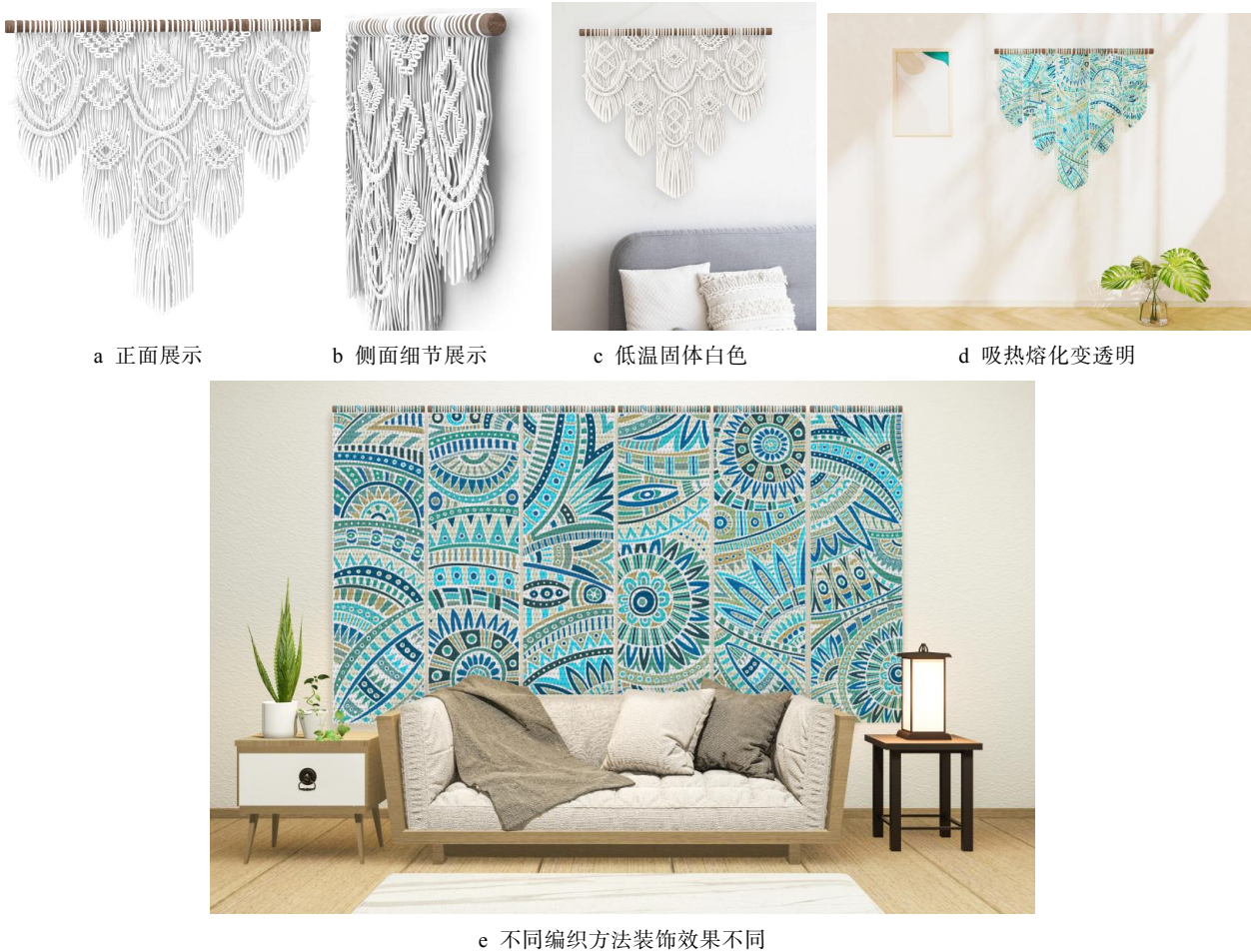


图 12 未来空调产品方案
Fig.12 Product plan of future air conditioner

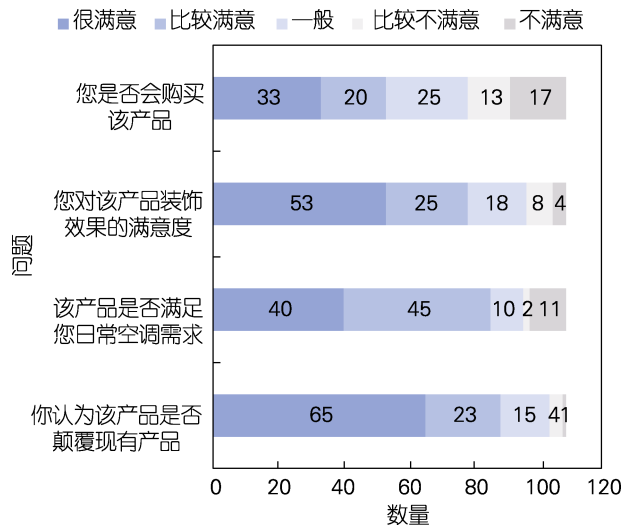


图 13 部分问卷调查结果（部分）
Fig.13 Questionnaire survey results (partial)

5 结语

本研究针对设计驱动颠覆式创新模糊前端阶段，提出一种知识视角下创新机会早期识别方法，论文涵

盖相关理论研究、知识框架构建、设计方法提出及案例实证检验 4 个基本阶段，创新点在于该方法基于知识基因与深度学习协同优化，从在线评论数据中抽取隐性需求，感知用户情感波动，准确把握产品未来用户需求，赋予产品新意义；明确产品知识基因定位，将其归类为功能基因、外观基因、结构基因，利用技术基因组（知识 DNA）探寻知识间的关联性；以专利文本作为数据基础构建产品知识库，知识来源囊括多领域、多层次，适用性更广；利用生物基因工程思想，从设计思维底层逻辑出发实现颠覆式创新，把握知识进化规律，既丰富知识基因理论，同时也尝试为设计驱动的颠覆式创新提供一套系统科学的方法论。理论与实证研究的结果皆证实，在知识基因与深度学习协同作用下，以设计驱动的颠覆式创新研究模型能够较快地识别颠覆式创新机会，整合产品信息数据，对企业优化资源配置具有一定指导作用。

本研究仍存在局限性，有待进一步研究分析。其一，网络开放平台仅针对某一个电商平台，存在样本数据不够全面的现象，可能会遗漏其他平台某些重要的用户信息；其二，用户痛点转化为隐性需求的过程需要极强创新性思维凝练，描述隐匿的未来需求，对

专家知识的专业度有极高要求;其三,借鉴知识基因思想研究颠覆式创新仍处于起步阶段,对产品知识基因的划分稍显武断,各产品知识基因之间的关系尚不够清晰;其四,本研究仅针对创新模糊前端阶段,未来空调设计方案属于概念化设计,界定的未来空调更适用于碳中和背景下的产品开发,试图从新生态环境材料入手及其运用相关技术进行颠覆式创新,市场投放效果未知,有待验证与进一步完善;最后,框架流程各个步骤仍有进步空间,且研究开发、行业标准化、市场商业化3个阶段并未涉及,伴随科技的进步,未来有必要采用更精准的技术手段,实现更科学严谨的方法论。

参考文献:

- [1] 约瑟夫·阿洛伊斯·熊彼特. 经济发展理论: 对利润、资本、信贷、利息和经济周期的探究[M]. 叶华, 译. 北京: 九州出版社, 2006.
SCUMPETER A J. The Theory of Economic Development[M]. YE Hua, Translated. Beijing: Kyushu Press, 2006.
- [2] ANDERSON P, TUSHMAN M L. Technological Discontinuities and Dominant Designs: A Cyclical Model of Technological Change[J]. Administrative Science Quarterly, 1990, 35(4): 604.
- [3] CHRISTENSEN C M. The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail[M]. Boston, Mass: Harvard Business School Press, 1997.
- [4] 张光宇, 曹阳春, 戴海闻, 等. 颠覆性创新国际研究25年回顾: 基于文献计量分析[J]. 科技管理研究, 2021, 41(15): 1-10.
ZHANG Guang-yu, CAO Yang-chun, DAI Hai-wen, et al. Review of International Research on Disruptive Innovation in the Past 25 Years: Based on Bibliometric Analysis[J]. Science and Technology Management Research, 2021, 41(15): 1-10.
- [5] VERGANTI R. Design as Brokering of Languages: Innovation Strategies in Italian Firms[J]. Design Management Journal (Former Series), 2003, 14(3): 34-42.
- [6] SIMONI M, CAUTELA C, ZURLO F. Product Design Strategies in Technological Shifts: An Explorative Study of Italian Design-Driven Companies[J]. Technovation, 2014, 34(11): 702-715.
- [7] LANDONI P, DELL'ERA C, FERRALORO G, et al. Design Contribution to the Competitive Performance of SMEs: The Role of Design Innovation Capabilities[J]. Creativity and Innovation Management, 2016, 25(4): 484-499.
- [8] 赖红波. 设计驱动创新微观机理与顾客感知情感价值研究[J]. 科研管理, 2019, 40(3): 1-9.
LAI Hong-bo. An Empirical Study of the Design-Driven Innovation Micro-Mechanism and the Customer Perception Emotional Value[J]. Science Research Manage-ment, 2019, 40(3): 1-9.
- [9] 王志玮, 叶凌峰. 基于设计驱动的颠覆性创新机理研究[J]. 创新科技, 2020, 20(5): 28-37.
WANG Zhi-wei, YE Ling-feng. Research on the Design-Driven Disruptive Innovation Mechanism[J]. Innovation Science and Technology, 2020, 20(5): 28-37.
- [10] 李云, 施琴芬, 于娱. 知识视角下的颠覆式创新过程分析[J]. 科技管理研究, 2018, 38(13): 17-22.
LI Yun, SHI Qin-fen, YU Yu. The Analysis of Disruptive Innovation Process from Knowledge Angle[J]. Science and Technology Management Research, 2018, 38(13): 17-22.
- [11] YOUNG T, HAZARIKA D, PORIA S, et al. Recent Trends in Deep Learning Based Natural Language Processing[J]. IEEE Computational Intelligence Magazine, 2018, 13(3): 55-75.
- [12] HINTON G E, OSINDERO S, TEH Y W. A Fast Learning Algorithm for Deep Belief Nets[J]. Neural Computation, 2006, 18(7): 1527-1554.
- [13] MIKOLOV T, SUTSKEVER I, CHEN Kai, et al. Distributed Representations of Words and Phrases and Their Compositionality[EB/OL]. (2013-10-16) [2022-10-22]. <https://arxiv.org/abs/1310.4546>.
- [14] DEVLIN J, CHANG Ming-wei, LEE K, et al. BERT: Pre-Training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding[EB/OL]. (2019-05-24) [2022-10-22]. <https://arxiv.org/abs>.
- [15] 王新, 乔文文. 基于云平台的用户隐式需求分析方法研究[J]. 机械设计与研究, 2020, 36(5): 8-11.
WANG Xin, QIAO Wen-wen. Research on User Implicit Demand Analysis Based on Cloud Platform[J]. Machine Design & Research, 2020, 36(5): 8-11.
- [16] 李伯文. 论科学的“遗传”和“变异”[J]. 科学学与科学技术管理, 1985, 6(10): 21-25.
LI Bo-wen. On "Inheritance" and "Variation" of Science[J]. Science of Science and Management of S & T, 1985, 6(10): 21-25.
- [17] 刘植惠. 知识基因理论新进展[J]. 情报科学, 2003, 21(12): 1243-1245.
LIU Zhi-hui. About the New Development of Knowledge Gene Theory[J]. Information Science, 2003, 21(12): 1243-1245.
- [18] 王艳, 苗红, 李欣, 等. 知识基因视角下的技术融合机会发现研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2021, 42(7): 18-34.
WANG Yan, MIAO Hong, LI Xin, et al. Research on Technology Convergence Opportunity Discovery from the Perspective of Knowledge Genes[J]. Science of Science and Management of S & T, 2021, 42(7): 18-34.
- [19] 肖人彬, 林文广. 数据驱动的产品创新设计研究[J]. 机械设计, 2019, 36(12): 1-9.
XIAO Ren-bin, LIN Wen-guang. Research on Data-Driven Product Innovation Design[J]. Journal of Machine Design, 2019, 36(12): 1-9.

(下转第146页)