

基于 Web of Science 数据库的工业设计文献综述:1925—2021

盛双庆, 连 华*

(兰州交通大学, 兰州 730070)

摘要:工业设计作为工业时代的产物,伴随着物质文化的繁荣发展与科学技术的进步已逐渐向多元化、多学科化、多需求化迈进,且渐成为各国各行各业以及人们日常生活中不可或缺的一部分。但目前该领域缺乏全面化和量化的研究。本研究采用文献计量软件 Bibliometrix 和 Biblioshiny R 语言软件包分析了 Web of Science 核心收集数据库 1925—2021 年期间 2535 篇工业设计文章的发展历程和现状,揭示其研究热点并预测未来发展趋势。结果表明:(1)过去 96 年间,工业设计发表论文数量、年平均引用量持续增加。(2)83 个国家/地区在工业设计研究领域有科研产出,发达国家在该领域具有强大的研究实力。中国、美国、意大利是发文量前三的国家。此外,6625 位作者中,发文量前三的作者是 WANG Y、WANG YF 和 WU Y。(3)工业设计领域排名前 3 的关键词是“system/systems”“optimization”、和“performance”。研究主题可分为三个阶段:第一阶段(1925—2003 年),学者们多从“性能”和“模拟”两个方面开始探索;第二阶段(2004—2017 年)工业设计研究内容逐渐丰富,主要与“模型”“优化”“动力学”“创新”和“技术”等方面进行研究;第三阶段(2018—2021 年)工业设计研究主要集中在“系统”“优化”“行为”和“创新”等方面。总体而言,从 1925 年到 2021 年“优化”与“创新”一直是工业设计领域的核心议题之一。

关键词:工业设计;文献计量学;文献综述;研究进展

DOI:10.48014/fcmet.20221209002

引用格式:盛双庆,连华. 基于 Web of Science 数据库的工业设计文献综述:1925—2021[J]. 中国机械工程技术学报,2022,1(3):17-27.

0 引言

工业革命以来,随着全球技术、经济和文化的不断发展以及人们生活水平的提高,工业设计已成为人们生活中不可缺少的一部分^[1]。工业设计作为人与科技之间沟通的桥梁,核心是将文化要素导入工业生产体系,形成兼具功能与文化属性的工业产品,目前已被 20 多个国家纳入国家战略^[2]。工业设计是基于创新的设计实践活动,其主要方向是产品设计,目标是改善人们的生活方式,创造更好的生活,解决人们的生活需求^[3]。如何认识工业设计领域发展过程中的核心要义,解决工业设计发展过程中的

瓶颈问题,提升工业设计的水平已然成为具有现实意义的时代命题。

工业设计作为人类社会健康、合理、可持续生存发展的关键一环,全面化、量化地掌握工业设计的发展现状对把握工业设计领域的核心问题以及更好地服务人类社会至关重要。对于工业设计领域的实践研究而言,已有学者从 3D 打印技术^[4]、供热太阳能系统^[5]、轨道列车^[2]等方面展开研究,并取得了一定的成果。对于工业设计的综述而言,已有研究从定义、范畴、方法、发展趋势、发展战略及应用等方面进行横向综述。也有学者从时间维度对工业设计领域进行综述。虽然相关专家、学者在

* 通讯作者 Corresponding author:连华, lianh@mail.Lzjtu.cn

收稿日期:2022-12-11; 录用日期:2022-12-24; 发表日期:2022-12-28

工业设计领域已有了显著的成果,但是定量的、长跨度的、综合性的工业设计综述较少,对于研究工业设计的整体脉络较为缺乏。

文献计量学,是通过利用数学和统计学的方法对大量学术成果的分布结构,研究主题和变化趋势等进行定量分析并通过形象、直观的图或表对结果进行可视化研究^[9],相比以往的综述撰写,研究人员不需要对海量文献进行逐一的筛查,更加方便、客观和可靠^[10]。常用的文献计量分析工具包括 CiteSpace^[11]、VOSviewer^[12]和 Bibexcel^[13]等。Bibliometrix 是 Massimo Aria 等^[14]于 2017 年在 R 语言中开发的用于执行文献计量分析的一款开源工具。与其他文献计量软件相比,Bibliometrix 可以从来自 Web of Science、Scopus、Dimensions、Lens.org 等多种数据库来源导入和转换数据,且具有更多的文献信息分析和结果可视化功能^[14]。基于 Bibliometrix 的二次开发,将文献计量的全部步骤组装成一个自动化的在线工作流程 Biblioshiny,并创建基于 Web of Science 的在线数据分析框架,从而提供多种类型的统计方式和各种各样的可视化图表,以满足研究人员的基本需求^[15]。

文章使用文献计量学的方法,利用 Bibliometrix 和 Biblioshiny R 语言软件包对 Web of Science 核心数据库中 1925—2021 年间发表的 2535 篇工业设计领域的文献,进行全面分析和评价。一方面,通过对工业设计领域相关出版物的年度产出量、引用量、期刊来源、主要研究国家/地区、机构的统计分析识别该领域研究期间的发展历程、现状和趋势。另一方面,通过对作者、关键词及主题进行合作共生网络分析和主题演变分析以了解该领域的研究热点和未来前沿,以期对未来工业设计领域的发展研究提供一些借鉴和参考。具体而言,本文要解决的问题如下:(1)揭示过去 97 年工业设计领域的主要研究领域和关键词;(2)评估工业设计领域的研究现状;(3)探索未来工业设计的关注点以及研究方向。

1 数据来源和方法

1.1 数据来源

数据收集来自科学网(Web of Science)核心收

集数据库,按主题搜索确定“工业设计”为检索词,搜索公式为:T1=(industrial design)。出版年份在 1925—2021 年共有 13499 篇文章。将研究文章类型集中在论文,会议录论文和综述论文。经多名相关研究的专家对类别进行删选过滤后,下载了 2566 篇符合标准的出版物,导出为完整记录和引用的参考文献,格式为“纯文本”。为了确保检索数据的完整性和准确性,通过手动删除了重复数据。最后,共获得 2535 篇工业设计的文章。

1.2 研究方法

文章运用文献计量学进行文献综述,使用 Bibliometrix 和 Biblioshiny 软件包,对工业设计的研究现状和趋势进行了梳理和分析,数据分析包括年度科学成果产出、引用和期刊来源的定量分析,对作者、国家和地区的合作网络分析,对高频关键词共生网络分析以及对研究区间的主题演变分析。本文的工作流程如下(图 1):首先是设计研究的问题和内容。本文将工业设计确定为研究主题,通过确定搜索词、搜索时间和文档类型,在 Web of Science 的核心数据库中搜索了 1925—2021 年的文章。其次是收集数据。通过将检索出的文档导出为文献计量工具的适当格式,即纯文本格式,构建工业设计文章数据库。然后对数据进行分析与可视化,包括年发文量分析,主要国家/地区、研究机构、作者分析,高频关键词分析,高频关键词共生分析和主题演变分析等,生成如树状图、折线图、共生网络图和主题演变分析图等,该步骤在文献计量软件 Bibliometrix 和 Biblioshiny 中实现。最后进行数据解释,对结果进行分析和描述,并提出未来工业设计领域的研究方向。

2 结果

2.1 文献时序分析

2.1.1 年发文量分析

按时间序列分析年发文量的分布,可以看出工业设计领域研究的发展趋势(图 2)。1925—2021 年,关于工业设计的年发文量呈上升趋势。结合数量变化的特征,可以分为三个研究阶段:1925—1965 年,

1966—2005 年、2006—2021 年。其中,1925—1965 年是工业设计研究的萌芽期。在此期间,年发文量很少,甚至某些年份没有相关文献发表。1966—2005 年是明显的增长期,发文量对比前一阶段稳步增加,说明工业设计的问题逐渐引起学界的关注。2006—2021 年为高产期,这一阶段发文量剧增,这表明工业设计领域问题已逐渐成为重要议题。特

别是 21 世纪以来,新工业革命成为 21 世纪第二个十年的代名词,许多国家正在竞相创新其生产链,以实现环保和节能的生产^[16]。绿色、可持续与高新技术在工业设计领域的制造链中成为更加重要的因素^[17]。例如,工业机器人的兴起以及机械部件和电气部件的精密化设计证明了这一观点^[16]。

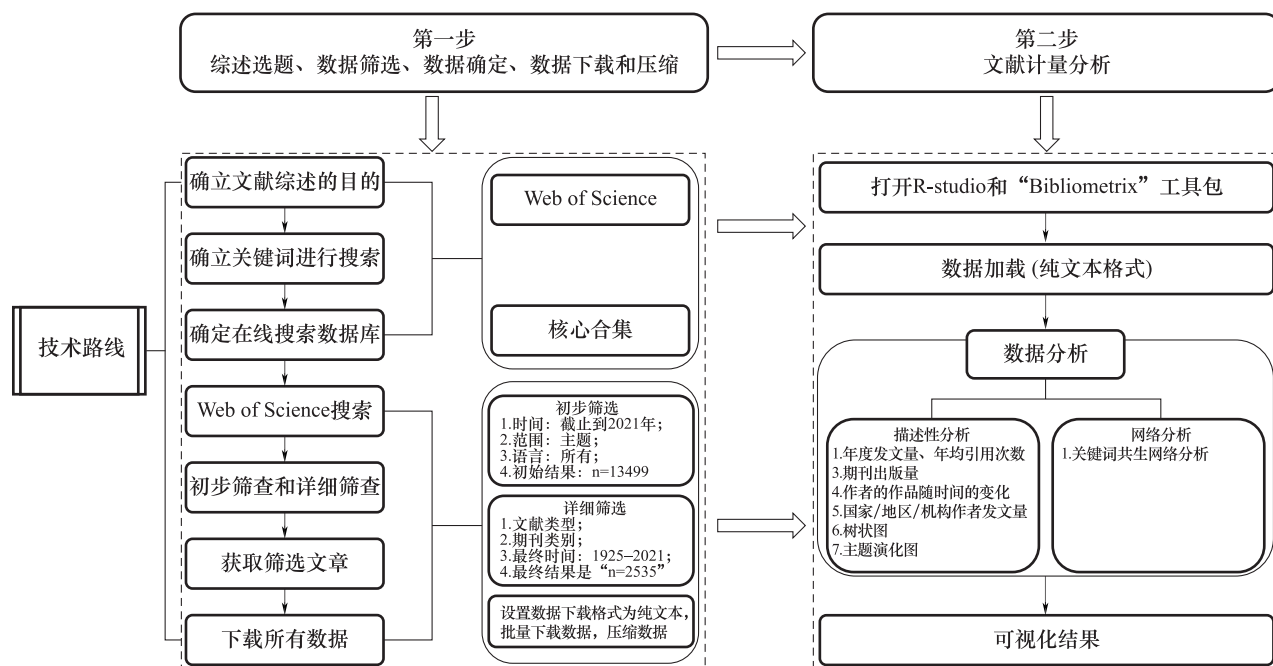


图 1 技术路线图

Fig. 1 Technological directions

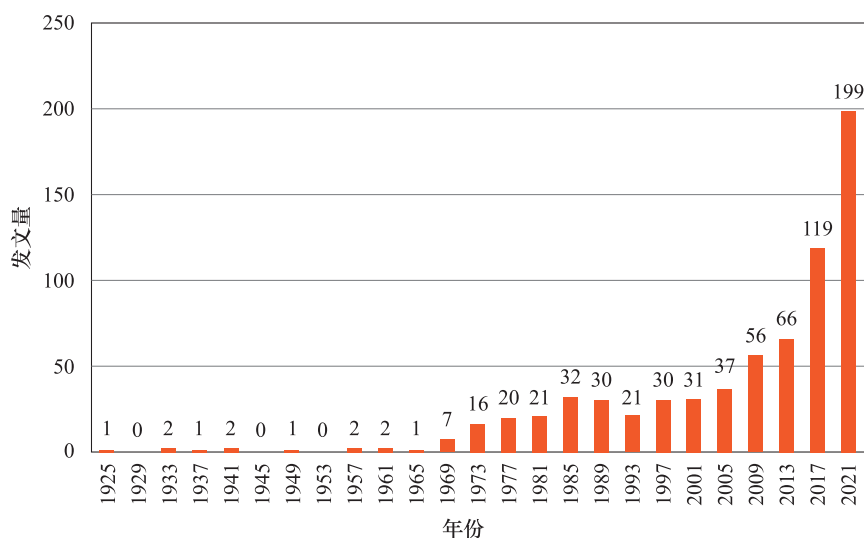


图 2 1925—2021 年工业设计领域年发文量趋势分析

Fig. 2 Annual research output trend analysis in the field of industrial design from 1925 to 2021

2.1.2 年被引用量分析

从每年论文的平均引用分布可以看出(图3),1925—2002年的引用率很低。即便是此时间段内引用相对较高的2001年,引用频率也仅为0.81,说明研究还处于起步阶段,没有得到广泛的传播或者认可。2003—2016年期间平均

引用频率上升较大。2017—2021年年平均引用率上升最快。其中,2021年达到峰值(4.4),并有继续上升的趋势。在一定程度上,论文的被引频率与研究的发展阶段紧密关联。整体上,论文的被引频率随着时间波动上升,这表明,工业设计相关的研究影响力上升。

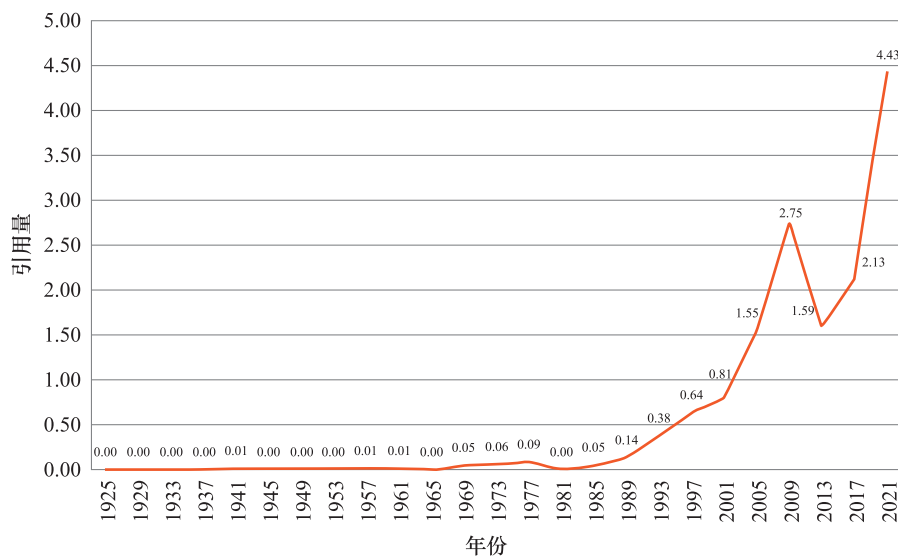


图3 1925—2021年工业设计领域年平均引用量趋势分析

Fig.3 Average annual citation amount trend analysis

2.1.3 发文期刊动态变化分析

国际上与工业设计研究相关的论文出版量前五的期刊为《Design》《Industrial & Engineering Chemistry Research》《Computers & Chemical Engineering》《Journal of Cleaner Production》和《Design Journal》(图4)。其中《Design》是出版论文数量最多的期刊,从1975年的1篇到2021年的48篇。出版量第二的期刊是《Industrial & Engineering Chemistry Research》,从1990年的1篇到2021年的47篇。其中在《Design Journal》中出版的一篇经典文章《Design and the Fourth Industrial Revolution. Dangers and opportunities for a mutating discipline》中指出:设计的本质一直与社会技术力量有关。工业设计的核心议题是不断发展变化的,且与工业革命的不同阶段有关。第四次工业革命以互联网、3D打印机和遗传算法为主要技术成果,以计算机、软件、人工智能、物联网和机器学习为主要手段。这些技术力量将为未来最重要的设计工作创造空间^[18]。

2.2 主要国家/地区、机构和研究人员分析

2.2.1 主要研究国家/地区分析

在工业设计领域,相关文章在83个国家/地区发表(图5)。发文量排名在前10位的国家/地区依次为:中国、美国、意大利、英国、德国、法国、西班牙、印度、加拿大和荷兰。可以看出,排名靠前的国家都是在世界上综合影响力较大的国家,且发达国家占据大多数,发展中国家只有中国和印度,说明发达国家对工业设计的研究成果更为突出。

2.2.2 主要研究机构分析

该领域的研究机构出版量前十的机构分别是代尔夫特理工大学、阿扎德大学、萨拉戈萨大学、米兰理工大学、丹麦技术大学、埃因霍芬理工大学、东京大学、洛桑第斯大学、瓦伦西亚理工大学和杭州电子科技大学(图6)。出版物前三的是代尔夫特理工大学、阿扎德大学和萨拉戈萨大学等,分别有33、26篇和18篇出版物。

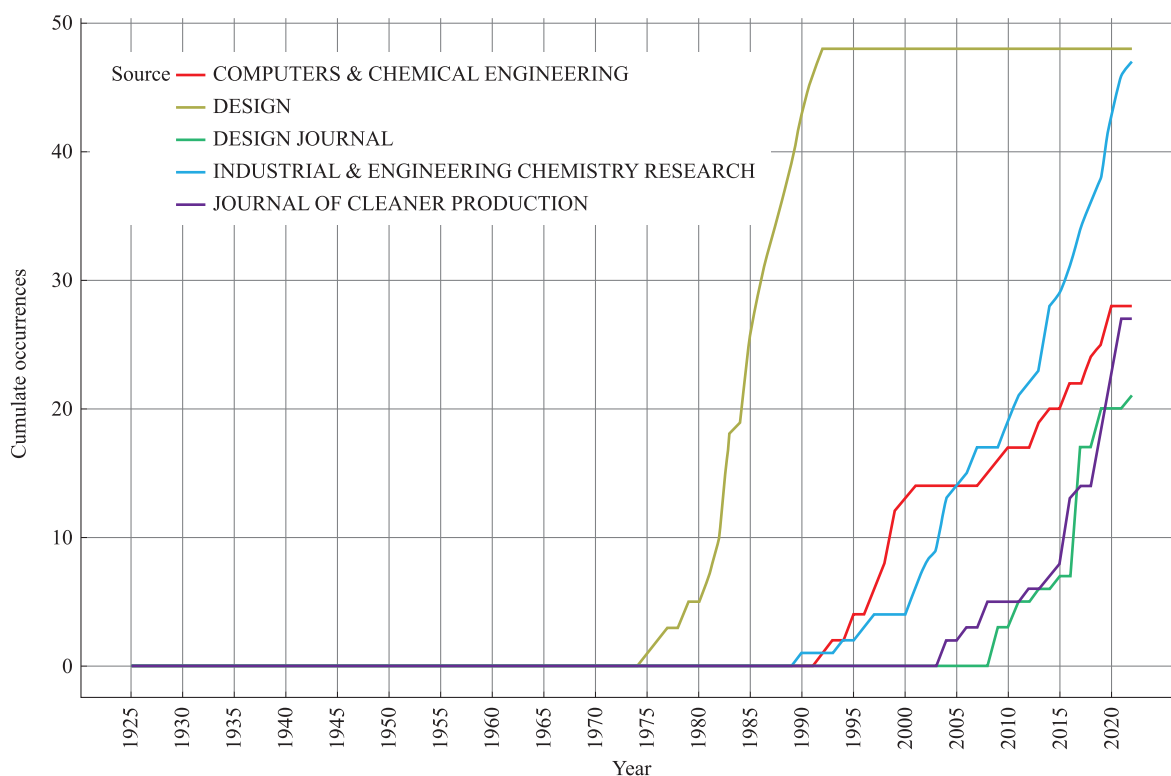


图 4 1925—2021 年工业设计领域出版量前五的期刊

Fig. 4 Top 5 journals in terms of circulation volume in the field of industrial design

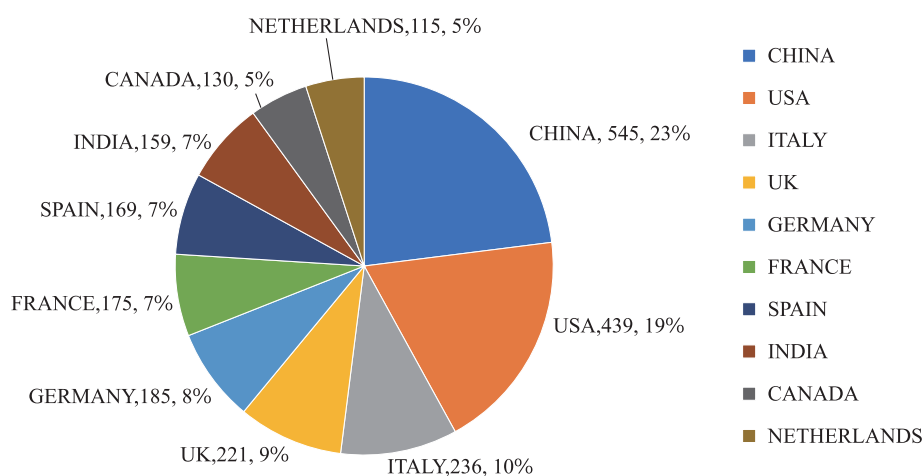


图 5 1925—2021 年工业设计领域出版量前十的国家

Fig. 5 Top 10 countries in terms of literature output in the field of industrial design

2.2.3 主要作者分析

共有 6625 名研究人员参与该研究领域,52 名作者就此发表了三篇以上的论文。还有 6573 名作者在该领域发表了 3 篇以下(含 3 篇)的论文,占总数的 99.2%。这意味着长期以来关注该领域的专

家相对较少。发文量前三的作者分别是 WANG Y、WANG YF 和 WU Y,他们的发文量都是 7 篇(表 1)。其中,WANG Y 的 h 指数和总引用次数都是第一,分别为 7 篇和 172 次,说明 WANG Y 在工业设计领域具有较大的影响力。

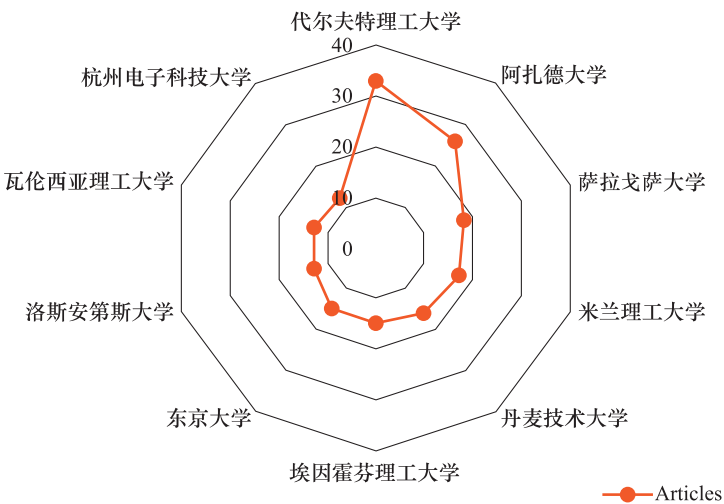


图 6 1925—2021 年工业设计领域发文量前十的机构

Fig. 6 Top 10 institutions in terms of literature output in the field of industrial design

表 1 发文量前十的作者

Table 1 Top 10 authors with most papers published

作者	NP	h-Index	g-Index	m-Index	TC	PY-Start
WANG Y	7	4	7	0.400	172	2013
WANG YF	7	4	7	0.667	81	2017
WU Y	7	4	7	0.500	138	2015
FENG X	6	4	6	0.667	84	2017
PERUZZINI M	6	2	5	0.400	29	2016
ZHANG Y	6	6	6	0.300	148	2019
CHEN J	5	2	5	0.133	39	2008
CHEN TW	5	4	5	0.190	74	2002
EVANS M	5	4	5	0.222	87	2005
KRAMER HJM	5	5	5	0.208	89	1999

注：h-Index 代表作者积累研究的重要性和影响；g-Index 代表 h 指数的衍生指数；m-Index=h/n,n 代表作者在该领域发表文章时的年龄；TC(Total Citations)代表总引用数；NP 代表文章数量；PY-Start 代表：起始发表时间。

2.3 关键词分析

2.3.1 高频关键词分析

关键词是对研究主题内容的高度概括。高频关键词分析,是直接反映区域贫困领域热点的有效方式。在文献计量学研究中,出版物关键词被认为是表示知识概念的基本元素,并已被普遍用于揭示研究领域的知识结构。绘制前 20 个关键词的词树图(图 7),“system/systems”“optimization”和“performance”占总关键词的 1/3 以上,比例分别为 16%、15%和 9%。关键词“optimization”“system/

systems”和“performance”占比较大,表明工业设计与系统性能优化问题息息相关。词树图的“innovation”“technology”“management”在一定程度上反映工业设计的影响因素。在工业设计领域的相关研究中,技术的创新与管理是目前工业设计领域重点关注的问题。

2.3.2 高频关键词共生网络分析

利用 Biblioshiny 中的关键词共生网络分析功能,可以直观地反映出工业设计领域的热点、主题和写作方向。关键词共生网络分析是利用计量的方法将关键词复杂的网络关系聚类显现,将关联

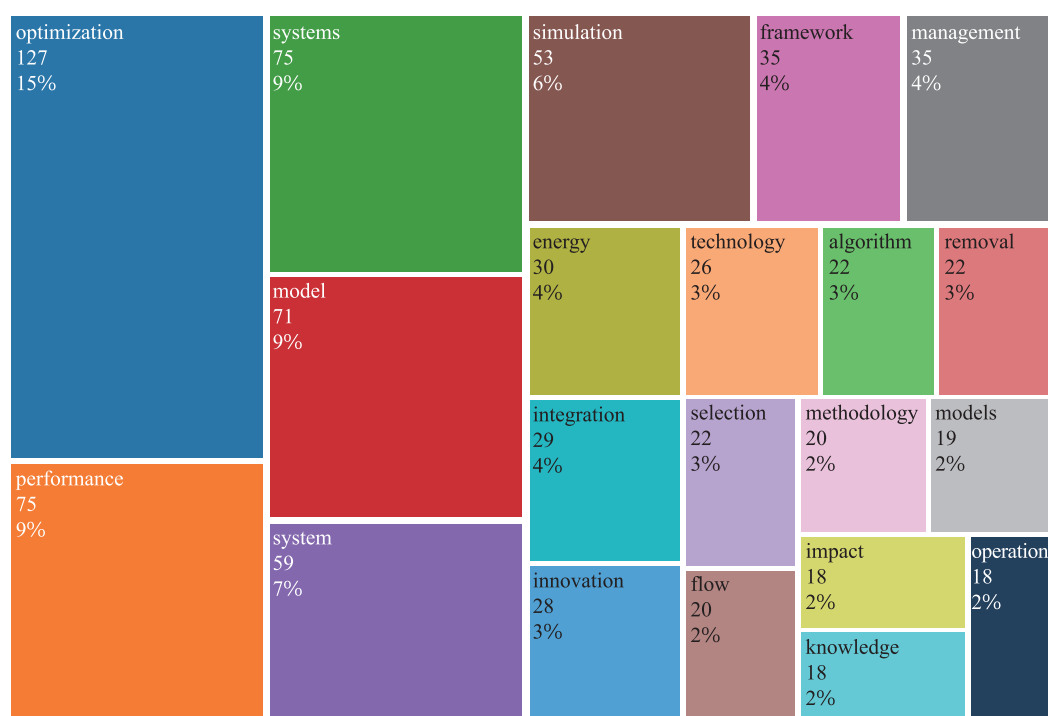


图 7 1925—2021 年工业设计领域关键词树图(前 20)

Fig. 7 Tree diagram of keywords in the field of industrial design from 1925 to 2021 (Top 20)

度最高的关键词合并为一个聚类。共词分析是唯一一种使用文章真正本质的分析,可以应用于全文、摘要和关键词。本研究将关键词数量限制为 20 个,生成关键词共现的网络的四个集群,每个集群中关键词高度关联(图 8)。圆圈的大小表示文件的出现次数。协作强度通过单个对中圆圈之间的距离、圆圈间线条的密度和线条的宽度来证明。进一步分析可以看出,“优化”与“整合”在一个集合中,说明工业设计领域机制优化与资源重组是联系紧密的主题。“性能”一词在共现分析中的圈较大,说明其频次较高。在工业设计领域的产品制造过程中如何提升产品生产效率,产品产出后如何提高产品性能也至关重要。

2.3.3 主题演变分析

从主题和主题演变的角度研究一个领域的研究发展及趋势至关重要。Sankey 图也称为 Sankey 能源分流器,可描述网络中不同节点的流量,最常用于分析能量或物质流。箭头或方向用于表示这些流量,箭头或方向线的厚度与流量大小成比例。它是一种特定类型的流程图,图中延伸的分支的宽度对应数据流量的大小,多用于工业生态学中,以

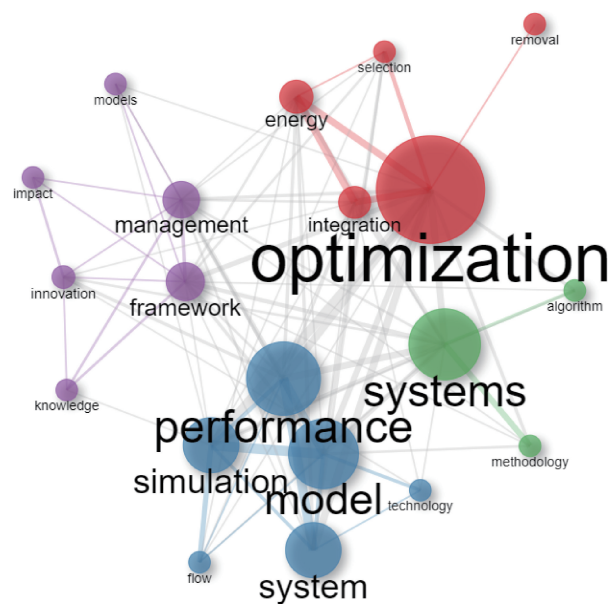


图 8 高频关键词共现分析(前 20)

Fig. 8 Keywords co-occurrence analysis (Top 20)

评估产品生命周期、工程中的实用性,已广泛应用于各学科研究中^[19]。

本研究基于 Sankey 图对工业设计研究领域主题随着时间的变化进行直观呈现,可以看到工业设计领域不同主题间的转移以及随时间的变化(图 9)。

其中,第一阶段(1925—2003年),工业设计研究处于萌芽阶段,学者们从“性能”和“模拟”两个方面开始探索。第二阶段(2004—2017年)工业设计研究内容逐渐丰富,主要与“模型”“优化”“动力学”“创新”和“技术”等方面进行研究,呈现多学科、多视角综合发展的趋势。第三阶段(2018—2021年)工业

设计研究主要集中在“系统”“优化”“行为”和“创新”等方面。说明工业设计领域的研究更深入、视角更多元、技术更成熟、更注重优化与创新。总体而言,从1925年到2021年“优化”与“创新”一直是工业设计领域的核心主题之一,总体研究主题呈现先多元后聚焦的态势。

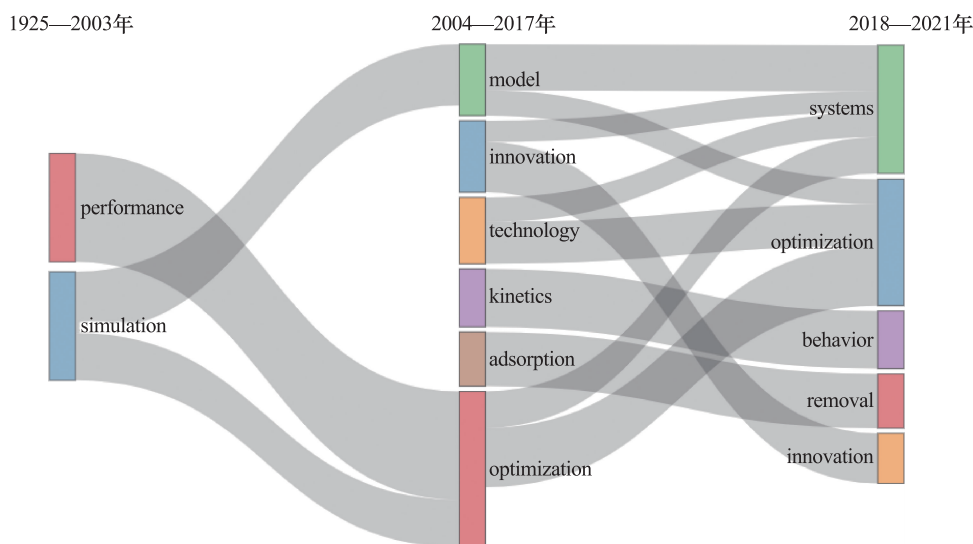


图9 1925—2021年工业设计领域主题演变趋势图

Fig. 9 Research topic change trend in the field of industrial design from 1925 to 2021

3 结论与讨论

3.1 研究结论

1925—2021年间,在工业设计的相关研究过程中,其相关文献的发文量、年均被引用量不断增加,主要期刊发文量也不断增多。世界范围内83个国家/地区都为工业设计领域作出一定的贡献。其中,在发展中国家里,中国是相关研究成果最突出的国家,但整体而言发达国家仍是工业设计领域研究的主要贡献国家。

1925—2021年间,工业设计领域的研究主题分为三个阶段。第一阶段(1925—2003年)的萌芽期,学者们从“性能”和“模拟”两个方面开始探索。第二阶段(2004—2017年)的探索期,学者们主要从“模型”“优化”“动力学”“创新”和“技术”等方面进行研究。第三阶段(2018—2021年)的发展期,学者们研究主要集中在“系统”“优化”“行为”和“创新”等方面。总体而言,从1925年到2021年“优化”与

“创新”一直是工业设计领域的核心主题之一,总体研究主题呈现先多元后聚焦的态势。其研究主题的数量呈先增长再减少的趋势。在此时间跨度中“优化”与“创新”一直是研究的主要线索,说明如何优化工业设计工业体制和管理机制,寻求工业设计领域的创新发展是目前工作的核心。

3.2 讨论

3.2.1 工业设计的研究趋势分析

管理与创新一直是管理者和设计者研究的主题。管理者通过优化资源配置、改善系统体系、完善管理制度等措施激发设计人员和非设计人员的主观能动性。面对复杂化、多元化的市场环境如何思量企业利益与人民需求的辩证关系,实现市场与人民的双赢,如何寻求一条自上而下有效传导机制与自下而上的反馈系统也是当今管理者需要着重考虑的关键。创新作为工业设计可持续发展的动力源泉。创新思维、创造力与灵感一直都是设计师所追求的真理。这就需要设计师具备科学至上的

理性思维和人民至上的责任思维。同时设计师需要具备敏锐的洞察力和创造力,深入感知需求者的实际需要,将创意和图纸转化成性价比高的产品。另外,设计从业者需要具备多学科的综合能力和理论转化实践的能力,以满足不同层次企业和人民的工作、生活等需求。未来,工业设计如何更好地融入高新技术,如何根据不同需求生产出利民利国的高效益产品,如何加强管理形成体制创新发展,从而满足国家-企业-人民多方利益是工业设计领域可持续发展的关键。

3.2.2 工业设计的实践分析

丰富及多变的文化环境与资源促使工业设计多元化发展。21 世纪以来,随着全球城市化进程的推进,工业设计学科更加关注非物质性,如系统、流程、组织、界面、经验和关系^[20]。这意味着工业设计领域更加注重多元化、多学科、多需求的发展。例如,教育、医疗、娱乐和办公等生活化产品的设计逐渐融入我们的生活中。不同国家或者不同地域的文化氛围、自然地理环境等因素的差异催生出不同的产品类别。例如,土耳其工业设计领域学者提出服务设计、体验设计、可持续性和社会设计等新概念,使得工业设计学科的边界正在迅速扩大。说明以协作和跨学科方法为共同设计的新方法被逐渐纳入工业设计领域^[21]。中国学者将模糊数学理论融入工业设计领域中,全面分析和理解设计相关因素,这将有助于设计师抓住主要矛盾,实现有针对性,并以更高的效率解决工业设计领域中的关键问题^[22]。此外,产品也不再满足于艺术性和工程性,机器人技术、人工智能、机器学习及大数据等科学技术的进步也使工业设计注定成为学科交叉的新产物^[16]。多元化逐渐成为工业设计的标签。

社会的实际需求使工业设计领域向精细化聚焦。工业设计本质是一个应用学科,工业设计的理论发展终究也是为了支撑实践^[1]。设计连接艺术与技术,工业设计更是牵动社会发展,逐渐渗透到社会以及人们日常生活的方方面面,并且朝着精细化以及专业化迈进。工业设计领域的精细化推进使得其无论是在强国固疆的军工器械^[23]、人们生活息息相关的医疗民生^[24],还是代表高新技术的材料产业^[25]等在各个领域都得到了充分的应用,甚至包含

能源产业的可持续发展利用^[26]。这种以设计驱动带动设计产业化的方式是把握制造链完善、发现用户真正未来需求的明灯,是迎来设计发展的新机遇或转折点,是提高设计和制造业融合性的关键所在。

3.3 研究不足与未来展望

本文以 Web of Science 数据库中的核心集合作为数据源。为保证研究的连贯性,综述时间起点选择为“工业设计”文献首次出现的年份,即 1925 年。同时为排除非整年份对研究结果的干扰,时间截至 2021 年 12 月 31 日。为保证研究的精度,邀请该领域的专家对文献类型与期刊类别进行筛选,并人工消除重复数据和删除无关数据等处理。为防止数据遗漏,从 Web of Science 中分批次导出数据以纯文本格式保存,并以压缩包的形式导入 Bibliometrix R 语言软件包。然而我们地研究不可避免地出现一些错误和遗漏。首先,数据方面只采用了 Web of Science 数据库,没有融合 Scopus、British Periodicals、CNKI 等数据库,故研究结果存在一定的不完整性。其次,由于是人工对数据的选择、筛选和甄别,数据源仍存在一定的主观性。最后,我们只对工业设计领域的发文量、研究人员、主要国家/机构、共生关键词和主题演变等进行定量分析,没有进行具体的定性分析,未来将从时间与空间、定量与定性的角度寻求一套具有普适性的工业设计理论研究体系。

利益冲突:作者声明无利益冲突。

参考文献(References)

- [1] 丁培璠. 工业设计发展战略及应用——全国工业设计发展战略及应用学术讨论会论文综述[J]. 中国机械工程, 1993(01):52-53.
- [2] 向泽锐,支锦亦,李然,等. 我国城市轨道交通列车工业设计研究综述[J]. 西南交通大学学报, 2021, 56(06): 1319-1328.
- [3] ZHANG J Y, CAO J Q. TRIZ and Its Application in Industrial Design[Z]. Advanced Engineering Materials, PTS 1-3, 2011: 1892-+. 10. 4028/www. scientific. net/AMR. 194-196. 1892
- [4] PROCTOR T D. A review of research relating to industrial helmet design[J]. Journal of Occupational Accidents, 1982, 3(4):259-272.

- [https://doi.org/10.1016/0376-6349\(82\)90003-7](https://doi.org/10.1016/0376-6349(82)90003-7)
- [5] GIL J D, TOPA A, ALVAREZ J D, et al. A review from design to control of solar systems for supplying heat in industrial process applications[J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2022, 163.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112461>
- [6] 张磊, 葛为民, 李玲玲, 等. 工业设计定义、范畴、方法及发展趋势综述[J]. *机械设计*, 2013, 30(08): 97-101.
<https://doi.org/10.13841/j.cnki.jxsj.2013.08.014>
- [7] 张旸, 夏翔, 樊昀. 工业设计文献综述与分析(1979—1990): 历史的使命[J]. *南京艺术学院学报(美术与设计)*, 2020(03): 51-55+210.
- [8] 张旸, 樊昀, XIANG X. 工业设计文献综述与分析(1991—2000): 认知与科技[J]. *南京艺术学院学报(美术与设计)*, 2020(05): 60-66.
- [9] JANIK A, RYSZKO A, SZAFRANIEC M. Scientific landscape of smart and sustainable cities literature: A bibliometric analysis[J]. *Sustainability*, 2020, 12(3): 779.
<https://doi.org/10.3390/su12030779>
- [10] SHENG S Q, SONG W, LIAN H, et al. Review of urban land management based on bibliometrics[J]. *Land*, 2022, 11(11): 1968.
<https://doi.org/10.3390/land11111968>
- [11] 宁雷, 连华. 基于 CiteSpace 的“三生空间”与“三区三线”研究综述[J]. *科技和产业*, 2022, 22(05): 71-77.
- [12] 卞向阳, 言婷, 黄翠. 基于 VOSviewer 的明代服饰研究可视化分析[J]. *丝绸*, 2022, 59(11): 54-63.
- [13] 肖明, 邱小花, 黄界, 等. 知识图谱工具比较研究[J]. *图书馆杂志*, 2013, 32(03): 61-69.
<https://doi.org/10.13663/j.cnki.lj.2013.03.007>
- [14] ARIA M, CUCCURULLO C. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis[J]. *Journal of Informetrics*, 2017, 11(4): 959-975.
<https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- [15] MORAL-MUNOZ J A, HERRERA-VIEDMA E, SANTISTEBAN-ESPEJO A, et al. Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review[J]. *Profesional De La Informacion*, 2020, 29(1): e290103.
<https://doi.org/10.3145/epi.2020.ene.03>
- [16] PHAM A D, AHN H J. High precision reducers for industrial robots driving 4th industrial revolution: State of arts, analysis, design, performance evaluation and perspective[J]. *International Journal of Precision Engineering And Manufacturing-green Technology*, 2018, 5(4): 519-533.
<https://doi.org/10.1007/s40684-018-0058-x>
- [17] PESSOA M V P. Smart design engineering: Leveraging product design and development to exploit the benefits from the 4th industrial revolution[J]. *Design Science*, 2020, 6: e25.
<https://doi.org/10.1017/dsj.2020.24>
- [18] FERRARI T G. Design and the fourth industrial revolution: Dangers and opportunities for a mutating discipline[J]. *Design Journal*, 2017, 20: S2625-S2633.
<https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352774>
- [19] SCHMIDT M. The sankey diagram in energy and material flow management[J]. *Journal of Industrial Ecology*, 2008, 12(1): 82-94.
<https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00004.x>
- [20] 张旸. 工业设计文献综述与分析(2011-2020): 文化的力量(上)——创新[J]. *南京艺术学院学报(美术与设计)*, 2021(02): 84-90.
- [21] YENILMEZ F, BAGLI H H. Changing paradigms, subjects, and approaches in industrial design studio education in Turkey[J]. *Journal Of Qualitative Research In Education-egitimde Nitel Arastirmalar Dergisi*, 2020, 8(2): 754-775.
<https://doi.org/10.14689/issn.2148-624.1.8c.2s.15m>
- [22] RUAN K, LI Y. Fuzzy mathematics model of the industrial design of human adaptive sports equipment[J]. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 2021, 40: 6103-6112.
<https://doi.org/10.3233/JIFS-189449>
- [23] 杨建明, 李洒, 巩超. 军用特种车辆工业设计研究综述[J]. *包装工程*, 2021, 42(20): 29-48+10.
<https://doi.org/10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.20.002>
- [24] PRIVITERA M. Designing industrial design in the highly regulated medical device development process: Defining our valuable contribution towards usability[J]. *Design Journal*, 2017, 20: S2190-S2206.
<https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352735>
- [25] SOLAY L R, SINGH S, KUMAR N, et al. Design of Dual-Gate P-type IMOS based industrial purpose pressure sensor[J]. *Silicon*, 2021, 13(12): 4633-4640.
<https://doi.org/10.1007/s12633-020-00785-8>
- [26] FOONG S Z Y, NG D K S. Simultaneous design and integration of multiple processes for eco-industrial park development[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 298: 126797.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126797>

Review of Industrial Design Literature based on Web of Science Database:1925-2021

SHENG Shuangqing, LIAN Hua *

(Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070)

Abstract: As a product of the industrial age, industrial design has gradually become more diversified and more multi-disciplinary, and it is now catered to multi-demands. It has gradually become an indispensable part of all industries as well as in people's daily life along with the prosperity and development of material culture and the progress of science and technology. However, there is a lack of comprehensive and quantitative research in this field. In this study, the Bibliometrix and Biblioshiny R packages are used to analyze the development history and current situation of 2535 industrial design papers in the Web of Science core collection database from 1925 to 2021 to reveal their research hotspots and predict future development trends. The results show that: (1) In the past 96 years, the number of published papers and annual average citations of industrial design continue to increase. (2) 83 countries/regions have scientific research output in the field of industrial design research, and developed countries have strong research strength in this field. China, the United States and Italy are the top three countries in terms of literature output. In addition, among the 6625 authors, the top three authors were WANG Y, WANG YF and WU Y. (3) The top 3 keywords in the field of industrial design are "system/systems", "optimization", and "performance". The research topic can be divided into three stages. In the first stage (from 1925 to 2003), scholars explored industrial design from the two aspects of "performance" and "simulation". In the second stage (2004-2017), the research content of industrial design is gradually enriched, mainly in the aspects of "model", "optimization", "dynamics", "innovation" and "technology". The third phase (2018-2021) focuses on "system", "optimization", "behavior" and "innovation". Overall, "optimization" and "innovation" have been among the core issues in the field of industrial design from 1925 to 2021.

Keywords: Industrial design; bibliometrics; literature review; research progress

DOI: 10.48014/fcmet.20221209002

Citation: SHENG Shuangqing, LIAN Hua. Review of industrial design literature based on Web of Science Database:1925-2021[J]. Frontiers of Chinese Mechanical Engineering and Technology, 2022, 1(3):17-27.

Copyright © 2022 by author(s) and Science Footprint Press Co., Limited. This article is open accessed under the CC-BY License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

