

# 基于 CiteSpace 的循环设计领域知识图谱及其可视化研究

邓茅妤, 尚华

**摘要:** 为掌握循环设计领域的发展动态, 通过 CiteSpace 可视化软件, 计算中国知网数据库 (CNKI) 中 1990—2020 年以“循环设计”“循环产品”为主题的核心期刊论文和硕博士论文, 分析论文作者与研究机构的网络关系、学者聚焦的研究方向以及循环设计领域发展演进的脉络框架和趋势。研究表明: 循环设计领域作者的网络关系密集, 研究团队规模较小; 研究机构主要集中在能源类、机械类的研究院中。通过分析循环设计领域的研究趋势, 得出循环设计是围绕“产业—经济—制度—生态—绿色设计”的一个环形周期发展路径, 周期循环促进了资源和生态的可持续发展由单个产品研究转向了产业系统研究。

**关键词:** CiteSpace; 循环设计; 脉络框架; 发展趋势

**引用本文格式** 邓茅妤, 尚华. 基于 CiteSpace 的循环设计领域知识图谱及其可视化研究 [J]. 创意设计源, 2022(2): 15-21.

## Research on Knowledge Graph and Visualization of Circular Design Domain Based on CiteSpace

DENG Maoyu, SHANG Hua

**Abstract:** To grasp the development trend of circular design, we can use the CiteSpace visualization software to calculate the core journal papers and master's and doctoral theses with the theme of "circular design" and "circular product" in the CNKI database from 1990 to 2020, analyze the network relationship between the author and the research institution, the research directions of scholars, and the development framework and trend in the field of circular design. The research shows that the network relationship of the authors in the field of circular design is intensive, and the scale of the research team is small. Research institutions are mainly from academies of energy and machinery. By analyzing the research trend in the field of circular design, it is concluded that circular design is a circular model for growth that centers on "industry-economy-system-ecology-green design". The circular model has facilitated the transformation of the focus of research on resource and ecological sustainability from single product to the whole industry.

**Key words:** CiteSpace; circular design; contextual framework; development trend

[基金项目] 本文系 2020 年度广东省哲学社会科学研究一般项目“电商时代快递垃圾源头控制与绿色循环包装创新设计研究”(项目编号: GD20CY540) 阶段性研究成果。

随着经济的飞速发展, 制造业不合理地导入资源与输出排放, 致使环境污染的问题日益严重。环境污染使得人类赖以生存的环境遭到破坏, 使人类自身的生命安全受到威胁, 因此节约资源、保护环境成了当今社会的重要任务。资源循环可以实现资源利用的可循环性、

低耗能性及延长产品使用的耐久性。笔者通过运用 CiteSpace 可视化软件, 对我国循环设计领域的研究成果进行梳理分析, 总结归纳出循环设计研究的演变过程及其在当下的研究热点, 以期能够为生态环境的可持续发展给予一定启示。

## 一、研究方法与研究数据

### (一) 研究方法

CiteSpace 是分析某一领域文献数据库文本常用的软件, 通过数学与统计学的方法分析研究该领域的数据库, 并将该领域的知识结构、学科分布与发展规律以知识图谱的形式进行可视化呈现,

用于识别该领域研究的发展历程和前沿方向。

## （二）研究数据

本研究通过运用中国知网数据库（CNKI）平台的高级检索功能，在中国知网数据库页面的“期刊”选项中通过“主题”搜索“循环设计”和“循环产品”关键词，检索条件为“精度”，检索时间为“1990—2020年”，选取核心期刊、CSSCI和CSCD数据库共1059项，并加上该领域相关硕博学位论文，通过手动删除内容不相关的文献，最终获得了1127篇有效文献作为研究样本。通过CiteSpace可视化软件，对样本文献进行基础统计分析、共现分析、聚类分析与演进分析、前沿与热点分析，进而实现对循环设计知识图谱的可视化分析。

## 二、循环设计领域的研究特征分析

### （一）研究阶段

本研究对1127篇有效的样本文献在各个年份的发文量进行了统计（见图1），从中国知网数据库中循环设计领域发文量的趋势来看，整体上呈逐年增加的趋势，且可分为三个发展阶段（1）萌芽阶段（1998年以前），循环设计相关领域开始有了初步的发展。1992—1997年处于缓慢平稳的发展阶段，在技术领域开始有相关的学者开展循环系统设计，提出循环系统设计对于产品的运行发展有引领作用<sup>[1-2]</sup>。（2）起步阶段（1998—2008年），在这10年间共出现三次直线增长的小波峰。1998—1999年和2002—2003年分别增加了15篇文献，但在2004—2005年增加了20篇文献，达到跨度的最大值。起步阶段的学者对循环设计技术领域的专注度开始转向多元化的研究，在设计领

域，以陆广谱等<sup>[3]</sup>为代表的学者提出了产品的循环设计要在创新的基础上挖掘多元化的制造框架。（3）快速发展阶段（2009年以后），循环设计领域的发文量呈现平稳增长的趋势，2014年达到最高值，一年的发文量达65篇。在快速发展阶段，学者们在循环设计的研究方向上实现了突破性的进展，且研究方法由线性式向多元化发展，研究领域由物理系统向优化设计、循环经济、结构设计等领域开拓。

### （二）学科分布

学科分布可以在一定程度上反映作者的研究观点、研究方法和研究成果的所属领域<sup>[4]</sup>。笔者选取发文量在前14位的学科分布进行统计分析（见表1），核心期刊的发文量主要集中在工程技术类学科领域，其中电气工程、环境、通用技术、原子能、化学工程、机械工程、建筑科学、石油天然气等学科的核心期刊文献共420篇，其他学科的核心期刊文献相对较少，共192篇。虽然循环设计领域的研究在多学科之间发展，但循环设计文献的学科分布则表现出发展不均衡的情况，其中电气工程学科的发文量共93篇，而教育和经济学科的发文量都只有29篇，说明循环设计领域相关文献的学科分布较为分散，且工程学科聚集了较多的研究学者和科研成果。此外，工程学科的学者主要研究热水锅炉、燃气轮机、压水堆核电站等内容；通用技术学科的学者研究绿色设计、产品设计、可持续设计等内容；经济学科的学者主要研究循环经济、石化企业等内容。总体而言，循环设计领域的知识成果是通过各类学科的研究方法和技术来进行有效探索的。

### （三）作者合作

通过对循环设计领域的发文作者进行分析，可以了解和掌握该领域具有重

要影响力的学者以及其在循环设计领域的研究成果<sup>[5]</sup>。图2为运用CiteSpace可视化软件分析得出的循环设计领域发文作者的分布图谱，作者姓名的字号越大，其发文量也就越多。如表2所示，吕俊复、刘青的发文量均为7篇，且两位学者最早的发文时间均为1999年；两位学者之间的合作也十分紧密，吕俊复和刘青<sup>[6]</sup>首次合作的核心文献是分析了75 t/h异型水冷分离循环流化床锅炉的结构，介绍了该循环流化床锅炉的设计和运行情况。

网线节点所呈现出的是作者合作网络关系图，其中以吕俊复、刘青、张缙、公茂琼等为中心的合作网络最为密集，分布范围最广，表明其与较多作者存在合作的关系，其次是以王擎、孙键、姜秀民、李学恒、张靖波为中心的合作网络。金亚飏、吉桂明、嵇焕章三位学者的发文量虽然很高，但合作关系较弱。由此可知，作者的发文量与合作网络密集度之间的影响关系较小。

### （四）机构合作

机构合作的分布与作者合作存在直接的关联性<sup>[7]</sup>，梳理机构合作关系网络，结合上一小节中对作者合作关系的分析，得出当前研究领域的合作关系图谱。如图3所示，名单中的字体越清晰，表明这一机构的发文量越多。图3中发现有一处较大的合作网络，由中国科学院大学、中国科学院海洋研究所、中国科学院微电子研究所等研究机构组成。此外，中国科学院的研究成果相较于其他研究机构而言是较多的，图3共出现五处较大字号的“中国科学院”，说明中国科学院在循环设计领域的研究是有一定高度的。

对机构的研究成果进行分析，发现各机构之间成果数量差异较小，中国科学院大学和北京航空航天大学能源与

动力工程学院的发文量最高(见表3),主要集中在能源类、机械类、涡轮类等学科的研究机构中。

### 三、循环设计研究演进分析

#### (一) 关键词聚类分析

关键词是论文的核心论点,关键词聚类是将相似的关键词进行归纳整合,得出研究领域突出的主题方向,能够较为直观地了解该领域学者的主要研究内容。本研究通过CiteSpace可视化软件中的LLR算法分析1127篇文献,将文献中的关键词进行聚类,获得关键词聚类图谱(见图4),其中模块系数 $Q=0.3931 > 0.3$ ,平均轮廓系数 $S=0.9641 > 0.7$ ,表明循环设计的聚类图谱具有一定的代表性,并且聚类主题较为精准。由图4中的聚类分析结果

可知,循环设计领域研究主要分为13个主题,图中节点越大,代表相应关键词的发文量就越多(见表4),其中“设计”主题的发文量有84篇。1992年章名耀等<sup>[8]</sup>首次将设计的理念与流化床燃烧联合循环中试电站融合,并针对电站运行系统提出了技术支撑。

在循环设计研究领域,学者们认为设计是提高机器运行效率、突破产品结构等问题的有效解决途径,对减少燃料消耗、机器占地面积过大、新运行系统的开发等问题也至关重要。而循环设计领域中循环经济对支撑社会发展有着举足轻重的作用,相关学者开展了大量的研究,形成了本次关键词聚类分析

中较大的聚类“#0设计”和聚类“#6循环经济”。而循环设计领域近几年的研究热点关键词是2005年形成的聚类“#6循环经济”和聚类“#13制度设计”,以及2007年形成的聚类“#12结构设计”。

从表4可以看出,循环设计研究领域与当前热门的云计算、智能技术等研究方向的关联性较弱。循环设计领域关键词聚类形成的时间普遍较早,说明循环设计领域近几年没有集中研究的新方向,且缺少新颖的研究方向。

#### (二) 循环设计时间发展分析

运用CiteSpace可视化软件关键词分析一栏中的Timeline View功能,

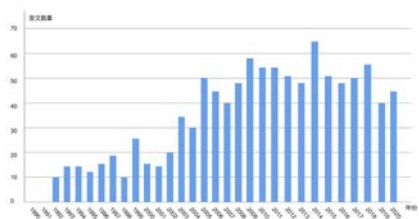


图1 1990—2020年国内循环设计领域发文量的变化趋势



图2 循环设计领域发文作者的分布图谱



图3 1990—2020年国内循环设计领域机构合作关系图谱

表1 1990—2020年国内循环设计领域发文量在前14位的学科分布

序号	数量/篇	学科分布	学科相关词
1	93	电气工程	燃气轮机、启动物理试验、压水堆核电站
2	57	环境	可持续发展、低碳经济、环境污染
3	65	通用技术	绿色设计、产品设计、可持续设计
4	50	原子能	亚临界、自然循环、联合循环、热水锅炉
5	44	化学工程	启动物理试验、燃料设计、安全评价
6	39	机械工程	热水锅炉、亚临界
7	38	城乡规划学	农村、室内设计、节能
8	33	计算机	程序设计、迭代周期、算法、循环
9	41	建筑科学	建筑设计、室内设计、水循环
10	31	石油天然气	燃料学理、压水堆核电站、启动物理试验
11	29	教育	循环模型、教学模式
12	28	控制工程	算法、热水锅炉
13	35	信息通信	MOOC、算法
14	29	国民经济	循环经济、石化企业、模块化设计

表2 1990—2020年国内循环设计领域作者发文量分布

序号	作者	发文量/篇	首次发文时间/年
1	吕俊复	7	1999
2	刘青	7	1999
3	吕桂明	6	2003
4	余亚娟	5	2009
5	倪峰	4	2009
6	杨焕章	4	2005
7	杨海瑞	4	2017
8	吴凡	3	2011
9	姜秀民	3	1993
10	李学强	3	1993

表3 1990—2020年国内循环设计领域机构发文量分布

序号	机构名称	发文量/篇	序号	机构名称	发文量/篇
1	北京航空航天大学能源与动力工程学院	6	11	中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所	4
2	中国科学院大学	6	12	上海宝钢工程技术有限公司	4
3	中国科学院工程热物理研究所	5	13	中煤科工集团西安研究院	3
4	清华大学热能工程系	5	14	中国航发四川燃气涡轮研究院	3
5	中国科学院研究生院	5	15	中国燃气涡轮研究院	3
6	中国科学院高能物理研究所	5	16	清华大学核能技术设计研究院	3
7	北京理工大学机械与车辆学院	5	17	中国核电工程有限公司	3
8	北京理工大学车辆传动国家重点实验室	4	18	上海交通大学机械与动力工程学院	3
9	东北电力学院	4	19	东莞中子科学中心	3
10	中国科学院微电子研究所	4	20	南昌大学	2

对循环设计样本进行数据可视化分析,得出的关键词时区图谱可以呈现循环设计在某一时期的研究发展趋势<sup>[9]</sup>(见图5)。

方形节点表示热点关键词,方形越大代表该关键词的发文量越多。图5中横向为时间跨度,纵向为循环设计领域的研究方向,其中“#0设计”和“#4循环流化床”两个方向的发展时间跨度最长。1994—1995年,循环设计涉及的研究方向有“#0设计”“#2冷却塔”“#3循环流化床锅炉”“#4循环流化床”“#7余热锅炉”和“#8改进设计”。在循环流化床研究方面,学者顾亚平等<sup>[10]</sup>提出循环流化床系统是最大循环倍率的系统模型,该模型是锅炉燃烧处理构成的实体产品模型,通过函数计算出各变量,得出最大的工作效率。系统模型设计是循环流化床提高燃烧效率研究的里程碑。循环流化床冷却水系统这个关键词均出现在“#2冷却塔”“#3循环流化床锅炉”“#8改进设计”和“#12结构设计”几个研究方向上。由图5可知,关于循环流化床冷却水系统的相关研究开始于1995年。

1995—1998年,在循环流化床和

循环锅炉的相关研究中,学者忻泉涌<sup>[11]</sup>、李晓钟等<sup>[12]</sup>提出循环锅炉的优化设计。此外,学者们还对循环锅炉燃烧热量进行了研究,崔玉萍等<sup>[13]</sup>发现不同煤种影响循环锅炉热量的受热以及循环锅炉的运行效率。由此可知,1992—1998年循环设计研究的演进路径是围绕着“循环流化床—循环倍率—循环冷却系统—循环流化床热量”进行的。

1998—2004年,学者们的研究观点聚焦在循环系统上。系统是产品运行的核心,系统是有规划地将产品运行流程所需的条件按一定的逻辑关系设定而成的,空调的循环冷却系统依托各产品部件形成一个闭环的模型系统<sup>[14]</sup>。自动控制系统较多地运用在产品系统设计中,陆述田等<sup>[15]</sup>发现自动循环系统应用在机床上能提高运行效率,并对自动

循环系统进行了设计,为2002—2003年控制系统的研究奠定了基础。钱志源等<sup>[16]</sup>采用单片机对机床运行系统进行了控制设计。李长友等<sup>[17]</sup>认为谷物干燥机在生产运行时可以通过程序对其步骤进行定量值设定,以使谷物干燥机在工作过程中实现智能控制。由此可知,学者们的研究主要通过局部来控制整体系统,从而提高生产效率,促进机床工作效率的研究走向新进程。

2004—2007年,涌现出经济和教育等研究新方向。图5中循环经济主题的研究方向在2005年的方形节点中较为明显,曹少中等<sup>[18]</sup>提出了绿色循环经济的概念,阐述了绿色产品制造业和产品回收制造对社会可持续发展的重要性。经济系统和资源系统相互联系、相互影响,在维护经济发展的同时,也要保护环境,重视资源的二次利用,打

表4 1990—2020年国内循环设计领域关键词聚类发文量分布

聚类名称	发文量/篇	形成时间/年	聚类名称	发文量/篇	形成时间/年
#0 设计	84	1992	#12 结构设计	12	2007
#6 循环经济	45	2005	#13 制度设计	12	2005
#9 优化设计	26	1996	#7 余热锅炉	10	1996
#4 循环流化床	20	1993	#3 循环流化床锅炉	19	1992
#1 plc	13	2000	#2 冷却塔	9	1995

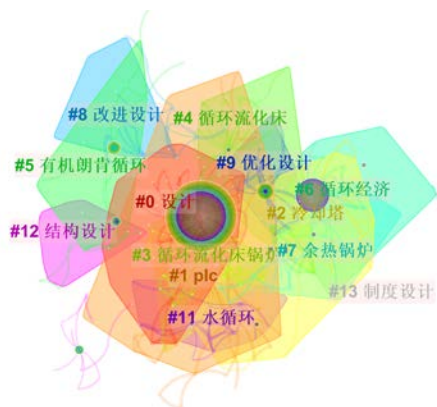


图4 1990—2020年国内循环设计领域关键词聚类图谱

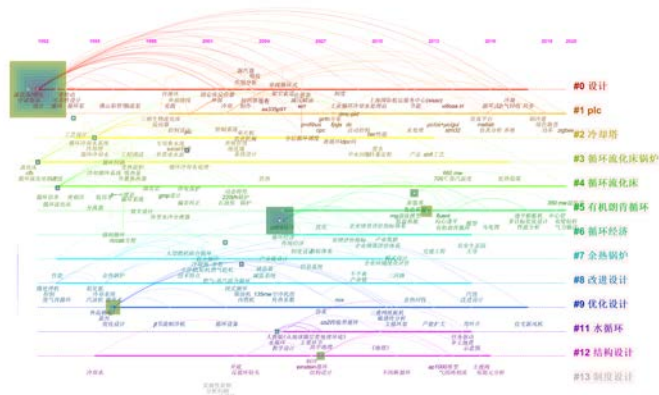


图5 1990—2020年国内循环设计领域关键词时区图谱

造“原材料行业—产品制造—产品使用—产品报废—产品回收利用”的循环发展模式。随着环保意识的增强,工业产品的包装也注入了绿色可持续发展的概念<sup>[19-20]</sup>。在探索制造业和生态资源相互联系的过程中,学者们发现产业链是连接两者发展的桥梁,通过规范企业来进行合理化的产品生产,从“资源—产品—废物”的传统模式向“资源—产品—再生资源”的新型模式转化。生产模式的转型本质是提高资源利用效率,减少污染物的排放<sup>[21]</sup>。产业集群的发展依托于国家政策体系的设计,“十一五”规划中政府重视循环经济对产业集群带来分布式结构的影响,将单个产业环环相扣,进而调控产业的发展秩序<sup>[22]</sup>。由此可知,循环设计研究在2004—2007年由工科领域向哲学社会科学领域扩展,提出新的产品生产模式,映射到产业的发展中,从而辐射宏观的产业集群。

2007—2013年出现了几个较大的方形节点,分别为结构设计、数值模拟和循环经济这三个关键词,通过CiteSpace可视化软件中的Node Details功能统计这一阶段的发文量,得出关键词为结构设计的相关研究文献有20篇,关键词为循环经济的相关研究文献有34篇,关键词为数值模拟的相关研究文献有5篇,其他关键词的研究文献相对较少。由以上可知,数值模拟、结构设计和循环经济是2007—2013年循环设计领域研究的前沿趋势。

由于学者研究循环设计领域中的经济学科包含着绿色产品设计和循环包装的研究方向,因此,笔者认为有必要梳理一下产品设计、包装设计和经济等要素的发展框架。根据上文所述,将学者们研究的产品生产模式、资源、产业、

政策等要素整合为“绿色设计—产业链—产业集群—经济—制度设计—生态发展”的闭环模式(见图6)。生态问题迫在眉睫,学者们纷纷展开对资源可循环的研究,提出将资源循环利用。资源二次使用之后,投入到生产链中产生经济效益,形成“产品制造—产品使用—产品回收利用—回炉重造—新产品”的生产新模式。生态资源又与经济效益相互影响,林积泉等<sup>[23]</sup>、张照录等<sup>[24]</sup>、蔡绍洪等<sup>[25]</sup>结合循环经济的理念构建企业循环经济产业链,循环产业集群由产业链、生态链、价值链构成,同类企业构成的产业群体聚集在生态链和价值链的链网上,形成产业集群。产业集群为循环经济提供实践环境,从时间和空间两个维度落实相对应的政策。区域经济是循环经济的一种可持续发展模式,通过缩小空间区域来构建与空间相匹配的发展体系<sup>[26]</sup>。循环设计在制度框架里稳定地、持续地、健康地发展着,通过制度的框架平衡政府与企业的利益矛盾,制度设计营造出有序、和谐的生态环境,可持续的生态发展模式又能生产出满足社会需求的绿色产品设计。通过整合多方资源,梳理产品的发展模式,得出微观产品的生产、中观产业集群的发展、宏观生态发展模式的迭代都是以可持续循环的形式发展的。



图6 我国产品设计、包装设计和经济等要素的发展框架模式图

2013年后,循环设计领域的研究方向开始逐渐减少。2015年后,“# 2 冷却塔”“# 6 循环经济”“# 7 余热锅炉”“# 8 改进设计”“# 11 水循环”“# 12 结构设计”和“# 13 制度设计”这些方向基本停止了研究。2017年后,主题“# 0 设计”“# 3 循环流化床锅炉”和“# 9 优化设计”也陆续停止了研究。2019—2020年仅存“# 1 plc”“# 4 循环流化床”和“# 5 有机朗肯循环”三个方向依然持续进行研究。

学者们对循环设计领域的研究,尽管在探索研究期间出现了诸如教育、经济等新研究观点,但是这些新颖的研究观点拓展研究的时长较短,没有形成一个较完整的研究体系。对比循环设计理工科方向,在机床、大型能源的系统、结构、原理等方面的设计和研究较为全面,且具有一定的深度。

### (三) 循环设计研究前沿

CiteSpace可视化软件中的突现率表示研究前沿,即在一段时间内突然激增的关键词<sup>[27]</sup>。运用CiteSpace可视化软件中的Citation Burst功能进行分析,调节Minimum Duration的系数为1,ai/ai-1的系数为1,可得到样本文献在不同时期的关键词突现率(见图7)。图7显示的是这些突现关键词的突现强度和生命周期,其中有15组突现关键词及其对应的突现率。将这15组突现关键词进行聚类划分,以关键词同属内容结构(循环流化床、余热锅炉、联合循环、循环流化床锅炉)、发展趋势(水循环、中水回用、数值模拟、有机朗肯循环、结构设计、向心透平)和近期时间段(航空发动机、间冷回热循环、循环式)为分类依据,大致可以划分为三个阶段:机床锅炉(1993—2009)、循环内部设计(2005—2016)和主题系

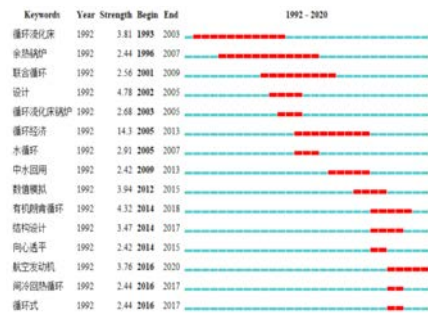


图7 1990—2020年国内循环设计领域关键词突现率图谱

统设计(2016—2020)。

1993—2009年循环设计的研究集中在机床锅炉领域,根据前文分析,循环流化床是循环设计最早的研究方向。整合循环流化床、余热锅炉和循环流化床锅炉为机床锅炉,由图7可知,机床锅炉的强度为三者的总和8.93,说明机床锅炉的突现时间较长。部分学者专注于机床锅炉方向,研究水冷分离器型号的锅炉,该型号的锅炉在外观、工作效率等方面都优于传统锅炉。刘柏谦<sup>[28]</sup>提出循环流化床同样适用于油页岩燃烧,分离器是循环流化床的重要部件,可以高效率地将不同物料分离,是循环流化床运行的加速器。锅炉是我国制造能源的一项重要设备,国内学者在节约燃料成本、提高运行效率、优化锅炉结构等方面作出了重要贡献。

2005—2016年循环设计的研究由产品外在整体向内部设计转变。该阶段循环经济的突现强度最大为14.3,循环经济成为该阶段的前沿研究是因为当时全球的资源和环境都遭到严重的破坏。在国家和政府的大力倡导以及保护环境的时代语境下,学者们纷纷展开关于绿色设计带动经济循环模式的研究。

2016—2020年循环设计研究的新方向较少,集中在主题系统设计领域。

航空发动机、间冷回热循环、循环式属于这一时期的新颖研究视点,且这三个突现词相互联系。娄德仓等<sup>[29]</sup>针对中国燃气涡轮研究院设计的间接冷却再生循环飞机发动机提出了优化的系统设计。陈吉铨等<sup>[30]</sup>提出针对间冷回热循环航空发动机的间冷器结构设计,发现部件工艺影响部件的性能。由此可知,突现词间冷回热循环广泛应用于航空发动机系统中。

## 四、结论与展望

### (一) 研究结论

本文基于中国知网数据库(CNKI)1990—2020年循环设计研究领域的核心期刊和相关硕博学位论文,通过CiteSpace可视化软件分析了循环设计的年发文量、学科分布、作者合作、机构合作、关键词聚类等内容,得出以下结论。

(1) 循环设计相关文献的数量随着时间的增长而增加,从侧面反映出循环设计领域尚有较大的研究空间。

1998—2008年是循环设计的起步阶段,研究成果由量的积累转向质的发展。

(2) 循环设计研究领域占比较大的是理工科,其次为资源环境和经济等学科,占比较小的是新兴技术、大数据等学科,说明循环设计在新兴技术等学科中还有可挖掘的研究空间。

(3) 发文量多的作者均与其他作者建立了良好的合作关系,其中以吕俊复、刘青、张缙、公茂琼等为中心的合作网络密集度最强。发文量最多的作者是吕俊复和刘青,表明他们是循环设计领域的领军学者。

(4) 机构的发文量分布均匀,说明循环设计相关研究没有出现引领作用的机构,机构分布较为分散,缺少研究循环设计的核心凝聚机构,循环设计领

域的相关研究机构在科研成果上还有突破的空间。

(5) 现有研究沿着“循环流化床—循环锅炉—联合循环—设计—循环系统—循环经济—有机朗肯循环”的路径发展,研究趋势由外部向内部、由环境到经济逐渐演进。

(6) 通过对循环设计突现关键词的分析,发现循环设计在不同时间段的前沿趋势是不相同的,在趋势分布中与设计相关的趋势较少,说明在设计领域还存在可挖掘的研究空间。循环设计的研究逐渐通过产品包装、材料、结构等向产业生态转变,单一的利益关系转变为多元利益关系协同发展。

### (二) 研究展望

传统的工业制造向可持续发展的生产模式转型,放大了资源浪费的生产矛盾,循环设计是面对这些问题最有效的解决方法之一。因此,未来的循环设计研究应立足于可持续发展的背景之下,从研究领域、研究内容和研究视角三个方面推进。

(1) 从研究领域来看,由单一学科向跨多元学科转变。循环设计研究专注于电气工程学科和通用技术学科,从技术、结构和系统上解决循环设计的问题。工程技术类学科文献居多,发展脉络清晰,但循环设计学科文献的发展脉络较为散乱,而且在设计学领域的研究成果较少,建议可以平衡循环设计学科分布,搭建哲学社会科学领域的研究框架,推动循环设计学科与哲学社会科学之间的学术碰撞。

(2) 从研究内容来看,由单一产品向生态模式转变。一方面,资源匮乏要求设计师仍然需要关注产品的二次利用问题,未来产品的材质、结构等会趋向可持续的循环利用,产品的循环设计必然成为设计的趋势之一;另一方面,

可持续性理念的提出为循环设计带来了更长远的经济利益,推动着设计学的发展。从产品本身的循环设计延伸到商业的宏观发展,其产生的经济效益促进了生态模式的管理。产品是生态模式中的一环,形成良性的循环发展模式,可以使企业和设计师更加注重产品的循环设计,将资源利用最大化,从而实现最大限度的社会可持续发展。

(3)从研究视角来看,由有形产品向无形产品的转变。过去循环设计研究以产品或者产品包装的二次利用为主。此外,产品的循环设计不限于产品本身,产品循环的创新要素包含产品的使用方式、产品的服务系统和产品的生命周期等。随着社会的变革,无形的产品备受社会关注,产品服务的必要性被放大,这就要求循环设计将视角拓宽至服务设计,充分考虑有形产品的利用率和无形产品的情感化,不再局限于产品本身和产品周边的设计。

#### 参考文献

- [1] 王宝明. 用于室内机械循环热水供暖系统管路设计的极限流速法[J]. 暖通空调,1993(4):38-40.
- [2] 顾德章. 高炉软水闭路循环冷却系统设计探讨[J]. 炼铁,1994(3):10-14.
- [3] 陆广谱,潘荣. 基于生态环保的产品循环再设计探讨[J]. 包装工程,2008(9):135-137.
- [4] 梁誉,周亚星,曹信邦. 我国养老服务研究的知识图谱:基于Citespace的可视化计量分析[J]. 社会保障研究,2020(2):105-106.
- [5] 丁雪,杨忠. 中国情境下创新链的知识图谱可视化:基于中国知网数据库的文献计量分析[J]. 科技管理研究,2020(12):11-13.
- [6] 吕俊复,岳光溪,刘青,等. 75 t/h 异型水冷分离循环流化床锅炉的设计运行[J]. 中国电力,1999(4):63-66.
- [7] 李细珍,孙志芹. 基于CiteSpace的国内服装设计领域知识图谱及其可视化研究[J]. 丝绸,2020,057(5):26-28.
- [8] 章名耀,傅文玲,蔡宁生,等. 贾汪增压流化床燃烧联合循环中试电站的设计概念[J]. 东南大学学报,1992(增刊1):1-5.
- [9] 李杰,陈超美. CiteSpace:科技文本挖掘及可视化[M]. 北京:科学出版社,2016.
- [10] 顾亚平,牛长山,光昕. 循环流化床锅炉循环系统的分析与设计探讨[J]. 西安交通大学学报,1995,29(12):56-59.
- [11] 忻泉涌. 嘉兴、外高桥电厂1 025 t/h 亚临界控制循环锅炉优化设计[J]. 锅炉技术,1996(11):6-7.
- [12] 李晓钟,陈文梅. 水力旋流器在磷酸废水封闭循环处理装置中的应用及优化设计[J]. 化工环保,1997(2):120-123.
- [13] 崔玉萍,张靖波,李学恒,等. 煤种对循环流化床锅炉结构设计的影响[J]. 锅炉技术,1997(8):21-24.
- [14] 冯旭东. 浅谈民用建筑空调系统的循环冷却水设计[J]. 给水排水,2003(7):61-63.
- [15] 陆述田,侯文霞. 液压系统自动循环的PLC控制设计[J]. 机床与液压,2000(4):72.
- [16] 钱志源,王吉忠. 垂直循环立体停车库单片机控制系统的设计[J]. 起重运输机械,2003(3):4-5.
- [17] 曹艳明,李长友. 谷物循环干燥机控制系统软件设计[J]. 农业机械学报,2003(1):83-85.
- [18] 曹少中,涂序彦,杨国为. 绿色循环经济与绿色设计[J]. 机械设计,2004(4):1-4.
- [19] 安秀. 工业产品的“绿色”包装设计[J]. 包装工程,2004(6):179-180.
- [20] 梁美华,吴若梅. 基于一体化包装设计的包装循环经济的研究与探讨[J]. 包装工程,2007(8):198-199.
- [21] 林积泉,王伯铎. 煤炭工业企业循环经济产业链设计与环境效益研究[J]. 环境保护,2005(4):55-57.
- [22] 孔令丞,谢家平. 基于循环经济的生态型工业园区的政策体系设计[J]. 科技进步与对策,2005(7):65-66.
- [23] 林积泉,王伯铎. 煤炭工业企业循环经济产业链设计与环境效益研究[J]. 环境保护,2005(4):55-58.
- [24] 张照录,崔兆杰,张录强,等. 铝工业循环经济产业链的规划设计[J]. 中国矿业,2009(5):26-28.
- [25] 蔡绍洪,陆琳. 循环产业集群共生联盟稳定性设计:基于利益分配视角[J]. 技术经济与管理研究,2011(3):3-7.
- [26] 肖华茂. 面向区域的循环经济发展模式设计[J]. 经济纵横,2007(7):119-121.
- [27] 马腾,曹吉鸣,申良法. 知识转移研究演进脉络梳理及前沿热点探析:基于引文分析和共词分析[J]. 软科学,2016(2):123-124.
- [28] 刘柏谦. 油页岩流化床燃烧的基础研究:“油页岩循环流化床锅炉的设计与运行”一文的商榷[J]. 锅炉技术,1999(7):9-14.
- [29] 姜德仓,冯松涛. 间冷回热循环发动机回热器管路系统设计优化[J]. 燃气涡轮试验与研究,2016,9(1):47-52.
- [30] 陈吉铨,马健,黄祖耀,等. 间冷回热循环发动机间冷器结构与工艺研究[J]. 燃气涡轮试验与研究,2017,30(2):1-4.

邓茅好

仲恺农业工程学院

尚华

广州理工学院