

基于文献计量的低碳供应链管理研究述评*

吴 隽^{1,2} 徐 迪²

(1. 华侨大学工商管理学院,福建 泉州 362021;

2. 厦门大学管理学院,福建 厦门 361005)



内容提要:碳排放的增加是导致全球变暖的主要元凶,通过供应链上下游企业的协同管理才能更好地实现碳排放的降低。因此有必要对低碳供应链管理的文献进行梳理。选取 Web of Science 核心合集数据库的数据,从商业经济和运筹学管理科学这两个研究方向对低碳供应链管理的文献进行研究。基本统计分析结果表明,该领域的研究还不够充分,只有少数科研机构的合作较为频繁,作者的贡献分散,合作不多。通过 CiteSpace 软件共被引网络分析,结合冲击流生成器程序绘制冲击流图,对低碳供应链管理研究的现状、前沿和热点的分析表明,低碳供应链管理领域的研究重点不断演变。早期比较关注的是可持续绿色物流和生命周期评估方法的应用。不同碳规制政策对低碳供应链管理的影响和可持续供应链网络设计是低碳供应链管理的研究前沿和研究热点。碳税和碳交易互补下的供应链运营和管理,碳标签制度和消费者低碳购买行为对供应链管理的影响,以及兼顾经济效益和碳排放的全球供应链管理是未来研究的方向。

关键词:供应链管理 低碳 碳排放 文献计量

中图分类号:F270 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—5766(2020)03—0192—17

一、引言

自 1979 年第一次世界气候大会鉴定碳排放的增加是导致全球变暖的主要元凶以来,一些以降低全球碳排放为目标的国际环境组织相继成立(王明喜等,2017)^[1]。各国签订《京都议定书》之后,哥本哈根会议、德班会议和巴黎会议更是把全球碳减排问题推向一个更高的台阶。联合国秘书长古特雷斯(2018)^[2]指出,人类已面临空前高温,如果国际社会不在 2020 年之前改变方向,就可能错过避免气候变化失控的时机,对人类及其赖以生存的所有自然系统带来灾难性的后果。中国应对全球气候变化的立场十分坚定,提高能源效率和减少碳排放已经被纳入国家发展规划之中。“十三五”计划的目标是 2020 年碳排放强度比 2015 年下降 18%。中国政府在 2017 年 12 月 19 日宣布启动全国统一的碳排放交易体系(杜建国,2018)^[3]。虽然 2018 年 1 月 1 日施行的《中华人民共和国环境保护税法》尚未涉及碳税的相关内容,但也势在必行。

组织的环境绩效从 20 世纪 90 年代开始被关注,关注的焦点从单个组织转移到供应链。同时,学者和企业实践者开始对绿色供应链进行研究。绿色供应链的范畴比较宽广,包括:污染控制、自然资源保护和废弃物的管理等(Srivastava,2007)^[4]。之后,随着对温室气体排放对气候变暖影响的认识,以及各个国家的碳减排政策的颁布,考虑通过单个企业的努力难以有效地实现碳

收稿日期:2019-04-13

* 基金项目:国家自然科学基金项目“产品创新的综合集成理论与方法”(71671153)。

作者简介:吴隽,女,讲师,博士研究生,研究方向是供应链管理与商务模式创新,电子邮箱:wjpallas@hqu.edu.cn;徐迪,男,教授,博士,研究方向是管理复杂性、技术与创新管理,电子邮箱:dxu@xmu.edu.cn。通讯作者:徐迪。

减排,只有通过供应链上下游企业的协同进行碳管理,才能真正实现碳排放的降低。因此,对任何组织而言,从供应链减少碳排放是一个战略性的议题,是势在必行的(Jabbour,2015)^[5]。在加入碳排放因素的考量后供应链的结构可能需要重新设计,对供应链运营策略优化也可能产生影响,政府的碳排放政策和消费者的低碳意识对供应链的运作都可能产生影响。因此有必要对低碳供应链管理的文献进行梳理。低碳供应链管理指的是在供应链设计和规划时将二氧化碳及其他温室气体作为约束条件或目标的战略,即在供应链运作时要兼顾经济和环境(Das和Jharkharia,2018)^[6]。

表 1 列出与低碳供应链管理相关的文献综述,以往关于低碳供应链、可持续供应链、绿色供应链、低碳物流、企业低碳管理、低碳经济和碳足迹的文献大多采用人工查阅和整理的方法,研究者主观归纳和概括出研究的现状和发展趋势,缺少对文献特征和被引数据的定量分析。

表 1 与低碳供应链管理相关的文献综述汇总

作者	研究内容	研究方法	文献数量	时间跨度
Srivastava(2007) ^[4]	提供一个完整的关于绿色供应链管理的文献综述,对文献从研究内容和研究方法做了分类	归纳和概括	227	1990—2007 年
Carter 和 Rogers(2008) ^[7]	融合多方面的可持续性供应链管理的文献综述,如:经济、环境和社会	归纳和概括	NA	—
Seuring 和 Müller(2008) ^[8]	从多维度建立可持续供应链管理的概念框架	归纳和概括	191	1994—2007 年
Gold 等(2010) ^[9]	验证可持续供应链管理在为获得跨企业竞争优势的跨组织资源建立的作用	归纳和概括	70	1994—2007 年
Pandey 等(2011) ^[10]	综述了在文献中碳足迹核算的方法	归纳和概括	NA	—
Gupta 和 Palsule-Desai(2011) ^[11]	从组织的视角对可持续供应链管理的文献进行分类	归纳和概括	NA	—
Kronborg(2012) ^[12]	对产品碳足迹的问题、核算方法和减少策略做了全面的综述	归纳和概括	115	2006—2010 年
陈剑(2012) ^[13]	在对供应链管理研究现状综述的基础上,指出低碳供应链管理值得关注的几个重要方向	归纳和概括	NA	—
Seuring(2013) ^[14]	对可持续供应链管理的定量模型进行综述	归纳和概括	36	2010 年之前
Gaussin 等(2013) ^[15]	对制造业产品碳足迹的方法和标准化进行探索性研究	归纳和概括	NA	—
Brandenburg 等(2014) ^[16]	对可持续供应链管理的定量模型进行综述	归纳和概括	134	1994—2012 年
王丽萍和王兵兵(2014) ^[17]	梳理了国内外低碳物流的研究成果	归纳和概括	NA	—
Fahimnia 等(2015) ^[18]	对绿色供应链管理进行全面的文献综述	文献计量	884	1996—2013
王明喜等(2017) ^[1]	通过梳理文献,探讨实施碳减排的政策措施和经济手段	归纳和概括	NA	—

续表 1

作者	研究内容	研究方法	文献数量	时间跨度
Das 和 Jharkharia(2018) ^[6]	对低碳供应链进行完整的文献综述,指出几个关键的决策制定的主题	归纳和概括	181	2000—2017 年
王璟珉等(2018) ^[19]	从企业低碳管理的视角对低碳经济的研究现状做出综述	归纳和概括	NA	2014—2017 年

注:NA 指在论文中没有明确指出综述的文献数量

资料来源:参考 Das 和 Jharkharia(2018)^[6]增加修改而得

Chen(2006)^[20]开发的基于 Java 平台的 CiteSpace 应用软件是一种适于多元、分时、动态的复杂网络分析的信息可视化技术,已成为文献计量学普遍应用的一种新方法。该方法已在多个领域得到广泛的应用。涂智苹和宋铁波(2016)^[21]基于文献计量的方法运用 CiteSpace 软件对经济组织管理研究中制度理论的应用现状和热点问题进行分析。Li 等(2017)^[22]运用 CiteSpace 软件对商务模式研究的演化和发展趋势进行分析。Fang 等(2018)^[23]运用文献计量的方法对气候变化和旅游业相互作用研究的发展态势进行研究。冯利伟(2018)^[24]运用文献计量的方法对国外工作家庭冲突研究的发展脉络和趋势进行总结与分析。因此,为了较完整和全面地对低碳供应链管理的研究现状和热点问题进行分析,本文使用 CiteSpace 软件进行文献计量的共被引分析。首先,对低碳供应链管理的文献进行统计分析,从发文引文数量、发表的期刊、核心科研机构、发表的主要国家和核心作者对该领域的研究概况进行全面的分析。其次,运用 CiteSpace 软件进行共被引网络分析,包括文献聚类分析,地标点、转折点和高引用文献分析,突发文献分析,以及绘制冲击流图的共被引文献影响力分析。通过共被引网络分析对低碳供应链管理研究的现状、前沿和热点进行梳理和深入剖析。最后,分析总结低碳供应链管理的研究热点和未来研究方向。

二、低碳供应链管理文献的统计分析

对低碳供应链管理文献的统计分析,最主要是对该领域的研究概况从数量和质量方面有一个全面的分析,并对相关研究机构和研究学者能有全面的了解。

1. 数据来源

本文统计分析的数据主要来自 Web of Science 核心合集数据库。因为低碳供应链的管理可以从数量和经济手段两个方面进行控制,数量体现在碳排放和低碳,经济手段则表现为碳税和碳交易。还考虑到对碳足迹的研究也与本领域有很密切的关系,因此采集的文献主要有三类:一类主题为 carbon emission(s) 和“supply chain”或主题为 low carbon(low-carbon) 和“supply chain”的文献;另一类主题为 carbon tax 和“supply chain”或主题为 carbon trading(s) 和“supply chain”或主题为 carbon trade(s) 和“supply chain”的文献;第三类主题为 carbon footprint(s) 和“supply chain”的文献;进一步,考虑到英文表述二氧化碳时,可能使用的不是 carbon 而是 CO₂ 或 carbon dioxide,因此以 CO₂ 或 carbon dioxide 替换以上主题词中的 carbon 再进行检索。另外,还考虑到二氧化碳气体是温室气体的一种,即 greenhouse gas(简称 GHG),因此以主题为“greenhouse gas”或 GHG 和“supply chain”再进行文献的搜索。最终剔除重复的、实际内容与低碳供应链不相关的检索信息或过短的文献,截止至 2018 年 12 月 9 日得到有效检索信息 2221 条。

根据 Web of Science 的研究方向分类,图 1 为低碳供应链文献主要涉及的领域及占总样本量的百分比,因为大多数文献都是跨领域研究,所以加总的百分比超过 100%。可以看出,低碳供应链的研究主要与工程、环境科学、能源和管理科学相关,但也出现了越来越多从交叉学科的角度进行

的低碳供应链研究,如:与计算机科学、农业、运输和生物技术等交叉。

由于本文意在从运营管理的角度研究考虑碳排放的供应链运作的相关文献,因此选择研究方向中的商业经济和运筹学管理科学这两个领域的文献做进一步的研究,得到相关检索信息共 489 条。

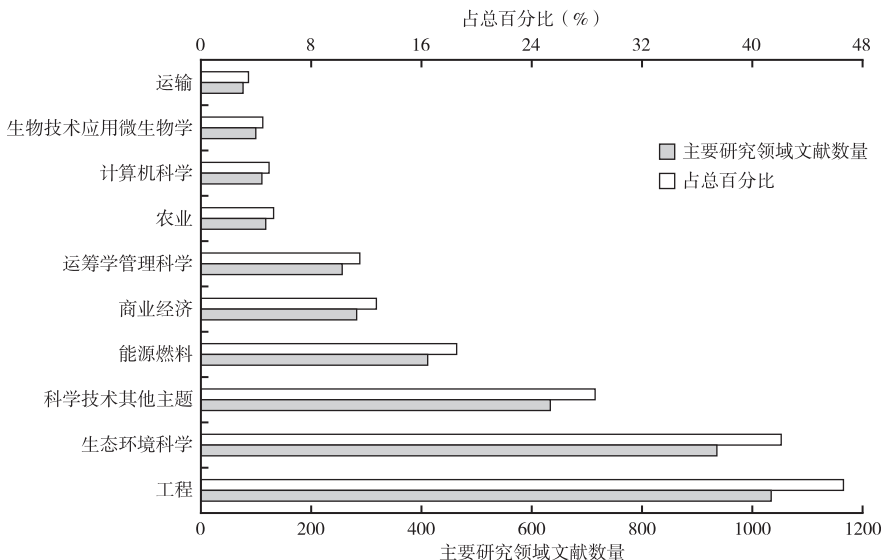


图1 主要研究领域文献数量及其占总百分比

资料来源:根据 Web of Science 数据库检索结果的研究方向分析整理并绘制

2. 整体增长趋势

论文发表数量及变化是反映一个学科发展水平的重要指标,引文数量的变化是反映文献影响力的重要指标。本文通过对发表论文数量和引文数量的统计,分析低碳供应链管理研究的发展趋势。

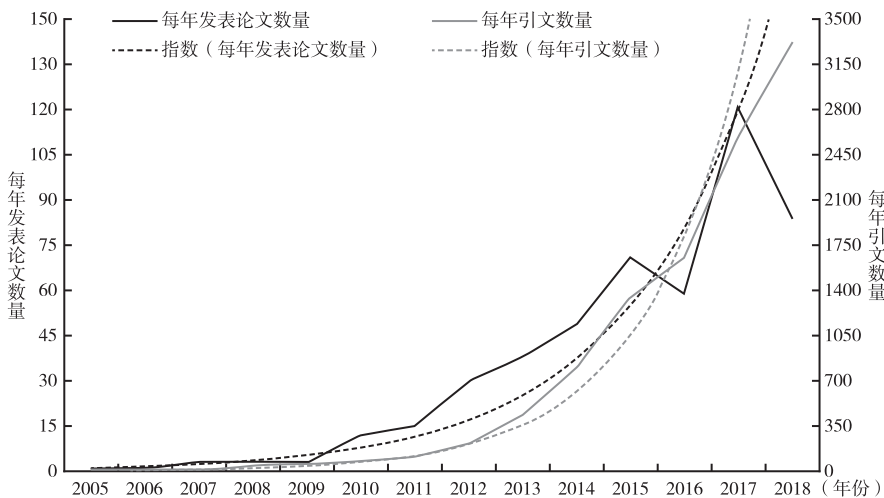


图2 各年份发表论文的数量和引文数量

资料来源:根据 Web of Science 数据库分析结果整理并绘制

如图2所示,低碳供应链管理的研究是从2005年以后才慢慢多起来,在2010年以前的研究都较少,每年的发文数不超过10篇。从2013年开始有了较快的增加,到2017年达到高峰,发表121篇,但2016年发表的论文数比2015年略少。这恰恰说明了低碳供应链管理的研究是管理科

学和供应链研究领域研究得不够充分的领域,但也是很值得继续研究的领域。近几年国内学术界开始重视对低碳供应链管理研究,成为供应链、运作管理研究领域中被关注的热点之一。这与社会发展和环境问题的亟待解决是相符合的。

对低碳供应链管理每年发表的论文数量和引文数量的曲线进行指数函数($Y = \alpha e^{\beta x}$)拟合,曲线拟合的 R^2 分别为 0.9403 和 0.9802。说明低碳供应链管理研究的文献数量近似为指数函数,即研究的数量呈现指数型增长趋势,对学术研究领域的影响持续加强。

3. 主要发表期刊的统计分析

对低碳供应链管理主要发表的期刊进行统计,如表 2 所示。为了进一步分析该领域研究成果的质量,采用了两个综合评价期刊影响力的指标:影响因子(Impact Factor, IF)和 h 指数。影响因子是指被评价期刊前两年发表的论文被引用总次数与该期刊在这两年内发表的论文总数之比(Garfield, 2006)^[25]。 h 指数是指发表的论文中有 h 篇每篇至少被引用 h 次(Hirsch, 2005)^[26]。这些期刊中有八种的影响因子都大于 2,其中的六种 h 指数都大于 100。综观这些期刊,说明低碳供应链管理的研究近年来在管理科学和经济领域出现了较高质量的研究成果。但发表在管理科学领域顶尖期刊 Management Science、Operations Research、Journal of Operations Management、Manufacturing & Service Operations Management 和 Production and Operations Management 上的文献加起来不到 10 篇。这说明低碳供应链管理的研究对管理科学和商业经济领域做出顶尖贡献的数量还比较少,值得继续深入研究。

表 2 主要发表期刊统计

序号	期刊名称	发表篇数	占总百分比 (%)	影响因子 (2017/2018)	h 指数	被引频次
1	International Journal of Production Economics	75	15.34	4.407	141	3187
2	Energy Policy	44	9.00	4.039	159	1369
3	European Journal of Operational Research	25	5.11	3.428	211	986
4	International Journal of Production Research	22	4.50	2.623	107	434
5	Transportation Research Part E: Logistics And Transportation Review	22	4.50	3.289	85	512
6	Annals of Operations Research	15	3.07	1.864	86	210
7	Ecological Economics	15	3.07	3.895	161	572
8	International Journal of Logistics Management	12	2.66	1.776	60	86
9	Omega International Journal of Management Science	11	2.46	4.311	108	440
10	Supply Chain Management-An International Journal	11	2.46	3.833	91	135
	其他	237	48.47			

资料来源:根据 Web of Science 数据库检索结果的来源出版物分析和查询期刊的影响因子与 h 指数整理而得

另外,从表 2 可以看出,International Journal of Production Economics 的发文数量和被引频次远远超过其他期刊,是低碳供应链管理研究领域影响力最大的期刊。其次,影响力较大的期刊是 Energy Policy 和 European Journal of Operational Research。其他期刊的影响力不大且相对比较接近。

4. 核心科研机构分析

如表 3 所示,低碳供应链管理的研究在各个科研机构之间较为分散,发表论文最多的是香港理工大学,但在数量上也与其他机构相差无几,而发表论文被引频次最高的是悉尼大学和香港理工大学,影响力较大。进一步,用 CiteSpace 软件分析科研机构合作网络,得到存在主要合作关系的科研机构如表 3 所示,可以看出这些科研机构之间的合作不太频繁,其中,香港理工大学和悉尼大学,悉尼大学、美国伍斯特理工学院和纽卡斯尔大学,英国肯特大学、谢菲尔德大学和赫瑞瓦特大学的合作相对比较多。

表 3 核心研究机构及其合作关系

序号	研究机构名称	发表论文数量	占总百分比(%)	被引频次	存在合作关系的研究机构
1	香港理工大学	17	3.48	544	悉尼大学、香港城市大学等
2	澳洲悉尼大学	12	2.45	792	香港理工大学、美国伍斯特理工学院、纽卡斯尔大学
3	英国肯特大学	11	2.25	225	谢菲尔德大学、赫瑞瓦特大学
4	印度理工学院	11	2.25	422	赫瑞瓦特大学
5	英国谢菲尔德大学	10	2.04	253	肯特大学、赫瑞瓦特大学
6	中国科学院	10	2.04	461	
7	美国伍斯特理工学院	9	1.84	185	悉尼大学、纽卡斯尔大学、东北财经大学
8	美国加利福尼亚大学	9	1.84	109	
9	南丹麦大学	9	1.84	276	
10	英国赫瑞瓦特大学	7	1.43	235	肯特大学、谢菲尔德大学、印度理工学院

资料来源:根据 Web of Science 数据库检索结果的机构发文数量与被引频次和用 CiteSpace 软件分析的合作机构整理而得

5. 核心作者分析

为了了解在低碳供应链管理研究领域产出较多、影响较大的学者,可以用文献计量学中的普莱斯定律来估算出核心作者。普莱斯定律可以表示为:

$$M = 0.749 \sqrt{N_{\max}}$$

其中, N_{\max} 为所有作者中发表论文最多的数量; M 为核心作者发表论文最低的篇数 (Price 和 John, 1986)^[27]。

本文的文献样本中,同一作者发表论文数量最多的为 9 篇,即 $N_{\max} = 9$ 。根据普莱斯定律可以得到 $M = 2.247$ 。因此,表 4 按照发表论文数量排序,统计了发表论文 3 篇和 3 篇以上的作者是低碳供应链管理研究领域的核心作者。可以看出,对该领域研究的核心作者之间发表论文数量差距不大,分布很广,得到了众多研究者的关注。其中,Acquaye A. A. 是低碳供应链管理领域发表论文最多的研究者。

表 4 核心作者统计

序号	作者	人数	发表论文数量	占总百分比(%)
1	Acquaye A. A.	1	9	1.84
2	Sarkis J.	1	8	1.63

续表 4

序号	作者	人数	发表论文数量	占总百分比(%)
3	Govindan K. ,Genovese A. ,Yang L.	3	7	4.29
3	Fahimnia B. ,Koh S. C. L.	2	6	2.45
4	Chen X. ,Dekker R. ,Wu P. ,Diabat A. , Gunasekaran A.	5	5	5.10
5	Byrne P. J. ,Chen C. M. ,Chen G. Q. ,Choi T. M. 等	12	4	13.06
6	Abdallah T. ,Baboli A. ,Bhattacharya A. , Bouchery Y. ,Brandenburg M. 等	35	3	18.36
	合计		228	45.15

资料来源:根据 Web of Science 数据库检索结果的作者分析整理而得

用 CiteSpace 软件分析作者的合作网络,可以发现,各个作者对低碳供应链在商业经济和管理科学的贡献比较分散,之间的合作不是很多。其中,Acquaye A. A. 和 Genovese A. 的合作最多,共有七篇论文的合作。这两位作者分别来自英国肯特大学和谢菲尔德大学,他们共同研究的主题从早期的混合生命周期评估(HLCA)方法在绿色供应链决策中的应用(Lake 等,2015)^[28],到循环供应链和线性供应链的区别(Nasir 等,2017)^[29],可持续供应链如何向循环经济的转变(Genovese 等,2017)^[30],以及可持续供应链绩效评估(Acquaye 等,2018)^[31]。其中,两人与其他作者合著的文章“Sustainable Supply Chain Management and the Transition towards a Circular Economy: Evidence and Some Applications”共被引用 203 次,该文通过两个案例比较了传统和循环生产体系的绩效,提出将循环经济准则与可持续供应链管理相结合能给环境带来明显的好处(Genovese 等,2017)^[30]。另外,Fahimnia B. 和 Sarkis J. 有五篇论文的合作,这两位作者分别来自悉尼大学和美国伍斯特理工学院。他们主要通过建立数学模型分析在碳税或碳交易对供应链成本和碳排放的影响(Fahimnia 等,2015^[32];Zakeri 等,2015^[33])。

三、低碳供应链文献的共被引分析

本文采用 CiteSpace 软件对低碳供应链管理的文献进行共被引分析。共被引分析反映学术论文研究的主要问题和方法,及做出的主要贡献,是对主要研究观点的凝练,在这里作为文献聚类分析的关键指标。

1. 共被引文献聚类分析

图 3 是低碳供应链管理文献共被引网络和聚类的结果。图 3 中两个节点的连线表示两文被共同引用过,节点大小表示被引频次的高低。节点和连线的不同颜色分别区分不同的时期。时间较早的聚类是标号为 1 和 3 的聚类。时间最近的聚类是标号为 0 和 2 的聚类。图 3 中的聚类标签是根据高引用文献的关键词分词后,用对数似然算法(LLR)提取特征词提炼出来的。

表 5 进一步总结了图 3 低碳供应链管理引文网络中各个聚类的基本情况,聚类标签结合对数似然率算法(LLR)和加权算法(LSI)提炼。Q 值(模块值)大于 0.3 即意味着引文网络得到的聚类结构是显著的(陈悦等,2015)^[34],图 3 显示 Q 值等于 0.7874,说明聚类的显著性。同时,Silhouette 值(平均轮廓值)大于 0.7 时引文网络的聚类结果是具有高信度的(陈悦等,2015)^[34],从表 5 的 Silhouette 值可知聚类情况良好。并根据各个聚类出现频率最高的几个关键词总结出该聚类的研

究方向,可以概括出不同时期低碳供应链管理研究的重点。

标号为 1,3 的聚类平均被引时间较早,代表 2010 年及 2010 年以前低碳供应链管理的研究热点。低碳供应链管理研究的早期是从其他相关领域(如:可持续商业发展和绿色物流)的研究发展来的,碳足迹的核算也是低碳供应链管理研究的基础。因此,聚类 1 的研究方向是考虑可持续性的绿色物流,代表文献如:Gunasekaran 和 Spalanzani(2012)^[35]与 Dekker 等(2012)^[36]对可持续商业发展和绿色物流相关文献的回顾总结。而生命周期评估(LCA)方法是一种有效的碳足迹的核算方法。在低碳供应链管理研究的早期,不少学者将该方法或改进后的混合生命周期评估方法(HLCA)应用于全球供应链或某行业供应链,如聚类 3 的几篇代表性文献(Lake 等,2015^[28]; Acquaye 等,2015^[37];Dadhich 等,2015^[38])。聚类 3 的研究方向是生命周期评估方法在可持续供应链上的应用。

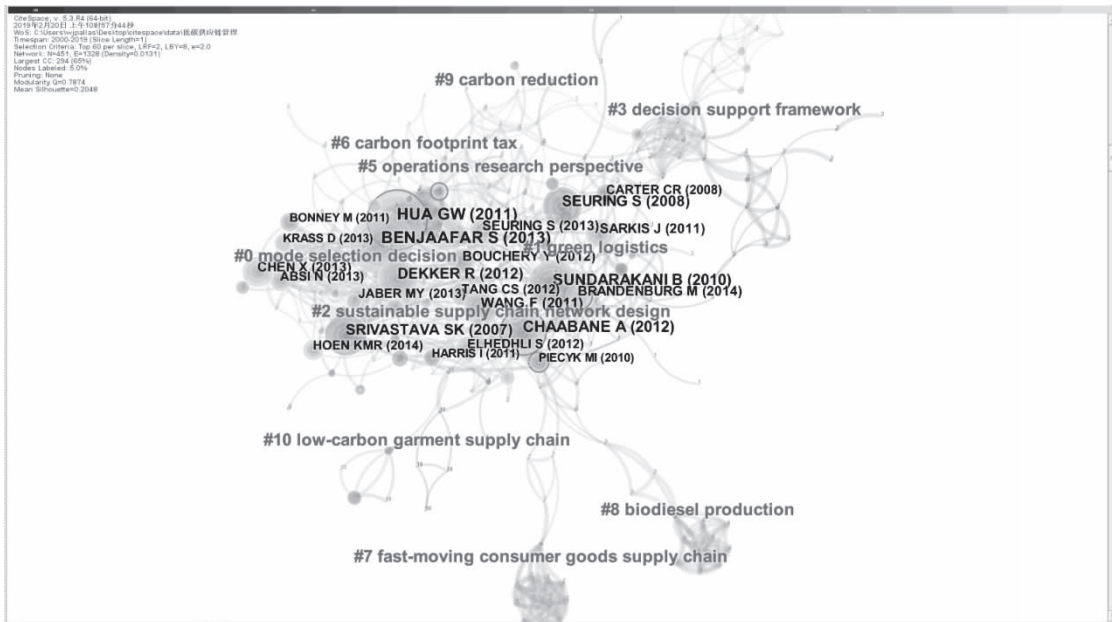


图 3 低碳供应链管理文献共被引聚类网络图

资料来源:用 CiteSpace 软件绘制文献共被引聚类网络图而得

表 5

聚类结果分析

聚类编号	聚类标签	Silhouette 值	研究重点	平均引用年份	聚类成员数
0	model selection decision	0.81	考虑碳排放的供应链库存管理	2013	55
1	green logistics	0.75	考虑可持续性的绿色物流	2007	51
2	sustainable supply chain network design	0.80	可持续的供应链网络设计和供应链绩效管理	2013	42
3	decision support framework	0.92	生命周期评估方法在可持续供应链上的应用	2010	38
5	operations research perspective	0.82	运筹学方法在可持续供应链上的应用综述	2012	35
6	carbon footprint tax	0.92	碳税对供应链管理决策的影响	2011	27

资料来源:根据 CiteSpace 软件文献共被引聚类结果整理而得

标号为0、2的聚类平均被引时间最近,代表低碳供应链管理研究的前沿,聚类的文献数量也较多。这两个聚类虽然研究的侧重点不太一样,但主要都是从两个方面进行研究:①从经济绩效和环境绩效(或绿色绩效)研究传统供应链库存管理问题和进行供应链网络设计,代表文献如:聚类0的两篇文献(Arikan等,2014^[39];Konur和Schaefer,2016^[40]),聚类2的一篇文献(Fahimnia等,2015)^[32]。②不同碳规制政策对供应链的补给、供应商的选择等问题的影响和在供应链网络设计时对供应链管理绩效的影响,代表文献如:聚类0的一篇文献(Palak等,2014)^[41]和聚类2的一篇文献(Zakeri等,2015)^[33]。与这两个聚类研究方向比较接近的是聚类6。聚类6的研究方向是碳税对供应链管理决策的影响,代表作者是Choi,他的两篇代表文献分别研究的是是否征收碳税对成衣供应链最优采购策略的影响(Choi,2013)^[42]和不同碳税机制对成衣供应链供应商最优选择的影响(Choi,2013)^[43]。

聚类0、2和6的研究重点是不同碳规制政策对低碳供应链管理的影响,大多数学者通过建立数学模型进行分析和比较。研究中主要采用三种方式引入碳排放因素:(1)考虑碳税政策,将碳排放量转化为成本(Choi,2013^[43];Ma等,2018^[44]);(2)考虑碳交易政策,将碳排放量作为约束条件(Chai等,2018)^[45];(3)考虑碳交易政策,将碳排放作为优化目标(Chaabane等,2012)^[46]。除了分别基于碳交易或碳税政策的研究,也有比较研究,比较后大多数文献更认同碳交易机制,如,Zakeri等(2015)^[33]认为碳交易机制从碳排放、成本和服务水平来看可以有较好的供应链绩效,而碳税从碳交易成本的不确定性来看是更有价值的,碳交易机制虽然并不完美,但相比碳税有更好的供应链管理绩效。

另外,聚类5的研究方向是运筹学方法在可持续供应链上的应用,能够成为一个聚类,说明运筹学数学建模方法是低碳供应链管理研究的主要方法,Eskandarpour等(2015)^[47]、Barbosa-Povoa等(2018)^[48]与Meneghetti和Monti(2015)^[49]的研究是该聚类的代表文献。

综上所述,根据聚类结果分析可以发现低碳供应链管理的研究有三个侧重:(1)聚类1和聚类3反映的是低碳供应链管理早期的研究热点,早期主要研究考虑可持续性的绿色物流和生命周期评估方法在可持续供应链上的应用。(2)聚类0、2和6反映的是低碳供应链管理研究的前沿,主要研究的是考虑碳排放的供应链库存管理、可持续的供应链网络设计,以及碳税对供应链管理决策的影响。其中,不同碳规制政策对低碳供应链管理的影响是研究的重点。(3)聚类5反映了低碳供应链管理研究的主要方法是运筹学数学建模方法。

进一步,可以用CiteSpace软件绘制2011—2018年引文聚类网络的变化(备案)。2011年聚类0、1和3开始有少量的连接,2012年聚类1和2的连线开始密集起来。2013年最密集的是聚类6。2014年最密集的是聚类7和8。2015年各聚类都有一些连线,最密集的是聚类2和3。2016年各聚类都有一些连线,最密集的是聚类0。2017年最密集的是聚类0。2018年主要的几个聚类都有连线,最密集的是聚类2和5。从引文聚类网络的变化可以看出,在2011—2014年,大多数聚类只维持较短的时间,即低碳供应链管理领域学者们的研究重点不断发生变化,其中,聚类1和3比较突出,即早期从可持续商业发展和绿色物流的研究发展而来,且关注生命周期评估(LCA)方法在全球供应链或某行业供应链的碳足迹核算的应用。在2015—2018年,一直都比较密集的是聚类0和2,这说明,从2015年开始至今,研究的热点聚焦于考虑碳排放对供应链管理传统领域(包括供应链网络设计、库存管理、采购策略和供应商选择等)产生的影响,特别是不同碳规制政策的不同影响,这两个聚类维持的时间比较长,对低碳供应链管理近年的研究前沿影响也较大。

2. 地标点、转折点和高引用文献分析

地标点是引文网络中节点半径较大的点,引用频率较高,对学科的发展起到了重要的奠定作用

(Chen,2006)^[20]。在 CiteSpace 软件中是以节点中心度(centrality)来衡量节点在引文网络中的关键性,选取 centrality 的值大于 0.1 的文献(李杰和陈超美,2016)^[50]。转折点连接两个聚类的连接点,反映的是某一研究领域研究重点的变化,是学科发展和演化过程的重要节点(Chen,2006)^[20]。在 CiteSpace 软件中是以中介中心性(betweenness centrality)的值大于 0.1 来衡量的,在引文网络图中以紫色圆环突出显示(李杰和陈超美,2016)^[50]。表 6 统计了低碳供应链管理共被引网络中的地标点、转折点和高引用文献的基本信息。

表 6 地标点、转折点和高引用文献

作者	文献标题/文献类型	发表期刊	引用频率	聚类标号
地标点				
Hua 等 (2011) ^[51]	Managing carbon footprints in inventory management	International Journal of Production Economics	64	0
Chaabane 等 (2012) ^[46]	Design of sustainable supply chains under the emission trading scheme	International Journal of Production Economics	50	2
Brandenburg 等 (2014) ^[16]	Quantitative models for sustainable supply chain management; Developments and directions	European Journal of Operational Research	30	2
Gimenez 等 (2012) ^[52]	Sustainable operations; Their impact on the triple bottom line	International Journal of Production Economics	8	2
Lee (2011) ^[53]	Integrating carbon footprint into supply chain management; the case of Hyundai Motor Company (HMC) in the automobile industry	Journal of Cleaner Production	18	6
转折点				
Hua 等 (2011) ^[51]	Managing carbon footprints in inventory management	International Journal of Production Economics	64	0 和 6
Chaabane 等 (2012) ^[46]	Design of sustainable supply chains under the emission trading scheme	International Journal of Production Economics	50	0 和 2
Brandenburg 等 (2014) ^[16]	Quantitative models for sustainable supply chain management; Developments and directions	European Journal of Operational Research	30	1 和 2
Lee (2011) ^[53]	Integrating carbon footprint into supply chain management; the case of Hyundai Motor Company (HMC) in the automobile industry	Journal of Cleaner Production	18	0 和 6
高引用文献				
Benjaafar 等 (2013) ^[54]	Carbon Footprint and the Management of Supply Chains; Insights From Simple Models	Ieee Transactions On Automation Science And Engineering	71	0
Hua 等 (2011) ^[51]	Managing carbon footprints in inventory management	International Journal of Production Economics	64	0
Sundarakani 等 (2010) ^[55]	Modeling carbon footprints across the supply chain	International Journal of Production Economics	58	1

续表 6

作者	文献标题/文献类型	发表期刊	引用频率	聚类标号
	高引用文献			
Chaabane 等(2012) ^[46]	Design of sustainable supply chains under the emission trading scheme	International Journal of Production Economics	50	2
Srivastava (2007) ^[4]	Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review	International Journal of Management Reviews	47	1
Dekker 等(2012) ^[36]	Operations Research for green logistics-An overview of aspects, issues, contributions and challenges	European Journal of Operational Research	43	0
Seuring 和 Müller(2008) ^[8]	From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management	Journal of cleaner production	42	1
Wang 等(2011) ^[56]	A multi-objective optimization for green supply chain network design	Decision Support Systems	39	2

资料来源:根据 CiteSpace 软件文献共被引分析的结果整理而得

聚类 0 的地标点较好地探讨了在碳交易机制下如何通过管理库存管理中的碳足迹来进行库存数量的优化(Hua 等,2011)^[51],该文献为聚类 0 研究考虑碳排放的供应链库存管理奠定了理论基础,在这之后有不少文献引用该文继续进一步的研究,研究不同碳规制政策对供应链补给、供应商选择等库存管理问题的影响,是高引用文献。同时,该文又启发了碳税对库存管理决策影响的研究,是聚类 0 和聚类 6 的转折点。

聚类 2 共有三个地标点,分别是碳交易下可持续供应链的设计(Chaabane 等,2012)^[46]、可持续运作对三重底线(环境、社会和经济)的影响(Gimenez 等,2012)^[52]和对可持续供应链管理定量模型的综述(Brandenburg 等,2014)^[16],以它们分别作为重要的内容和方法基础,在这之后有不少文献继续进一步的研究,研究考虑碳排放的供应链网络设计如何兼顾供应链管理的多维绩效,并且还进一步讨论了不同碳规制政策对供应链管理绩效的影响。其中,碳交易下可持续供应链的设计(Chaabane 等,2012)^[46]对研究考虑碳排放的供应链库存管理有一定的启发,是聚类 2 和聚类 0 的转折点。而早期聚类 1 对可持续绿色物流的研究在有了可持续供应链管理定量模型(Brandenburg 等,2014)^[16]作为基础,就可以转向聚类 2 的研究,所以是聚类 1 和聚类 2 的转折点。

聚类 6 的地标点研究的是识别和评估供应链的碳足迹有助于企业更好地管理供应链的碳排放(Lee,2011)^[53]。以此为理论基础,可以继续后续碳税对供应链管理决策影响的研究。对考虑碳排放的供应链库存管理的研究也有一定的启发,是聚类 6 和聚类 0 的转折点。

进一步,从高引用文献可以看出低碳供应链管理的理论基础主要包括:(1)相关研究领域包括绿色物流、绿色供应链管理和可持续供应链管理;(2)供应链上碳足迹的识别和评估;(3)运筹学的研究方法。

3. 基于突发文献的低碳供应链管理研究热点分析

一些文献在某些阶段被引用次数大幅度增加,这些被引用的文献被称为突发文献,突发文献表明正在研究的热点领域(Chen,2006)^[20]。在低碳供应链管理所有突发文献中,选取最具代表性的几篇,如表 7 所示。突发文献中发表时间较早的两篇文献研究的都是逆向物流的绿色供应链管理(Srivastava,2007^[4];Sheu 等,2005^[57]),这正是因为低碳供应链管理研究的早期是从相关领域绿色

供应链管理的研究发展来的,这两篇文献为早期低碳供应链管理的研究奠定了基础。突发文献如 Krass 等(2013)^[58]发表在 *Production and Operations Management*,研究的是对一个追求利润最大化的垄断企业在环境税收的影响下对绿色技术投入的选择;Zakeri 等(2015)^[33]研究了碳税和碳交易从战略和策略的层面对供应链绩效的不同影响,这两篇文献突发持续的时间是从 2017—2018 年,对低碳供应链管理的研究前沿影响最大,这也说明了不同碳规制政策对低碳供应链管理和供应链绩效的影响是该领域的研究热点。

表 7 最强突发文献统计

文献标题	发表年份	强度	突发起始年份	突发结束年份
Green supply-chain management; A state-of-the-art literature review	2007	7.1947	2011	2015
Environmental taxes and the choice of green technology	2013	7.0928	2017	2018
Carbon pricing versus emissions trading; A supply chain planning perspective	2015	5.963	2017	2018
An integrated logistics operational model for green-supply chain management	2005	4.4812	2011	2013

资料来源:根据 CiteSpace 软件的文献共被引分析结果整理而得

4. 基于冲击流图的低碳供应链管理共被引文献影响力分析

通过 CiteSpace 软件生成的低碳供应链管理文献共被引网络,将每年的网络信息逐个输入冲击流生成器程序(alluvial generator),经过一定筛选和布局颜色标志后,得到如图 4 所示的低碳供应链管理的代表性文献冲击流图,图 4 中有七篇文献被高亮显示。

从冲击流图可以看出,Seuring 和 Müller(2008)^[8]对可持续供应链管理进行文献综述,并建立概念框架总结该领域的研究,这篇文献是最早对低碳供应链管理产生较大影响的文献,冲击流线较长,从 2012 年一直延续到 2016 年。这也说明了早期可持续供应链管理的研究与低碳供应链管理的研究息息相关。

另外,有五篇文献的冲击流线从 2014 年一直延续到 2017 年或 2018 年,在这几年的冲击流线较宽,对低碳供应链管理的研究前沿影响较大,可以依此追寻低碳供应链管理研究的热点。

其中,Hua 等(2011)^[51]研究在碳交易机制下企业如何管理库存管理碳足迹;Bouchery 等(2012)^[59]研究多级扩展的可持续 EOQ 模型,并分析不同碳规制下控制碳排放的有效性;Chen 等(2013)^[60]研究了在各种碳规制下通过调整 EOQ 模型的订单量来减少碳排放,而碳排放的减少量大于成本的相对增加量。从这三篇文献可以看出,如何管理库存管理的碳足迹和考虑碳排放的 EOQ 模型研究是后续低碳供应链库存管理研究的重要基础,而且不同碳规制下的讨论也是其中的重点。

Tang 和 Zhou(2012)^[61]分类并总结运筹学和管理科学方法对企业生态系统保持资金流、资源流和发展流的平衡的应用。这篇文献因为是对运筹学和管理科学方法在可持续供应链管理研究的总结,所以对后续低碳供应链管理研究的影响比较大。Chaabane 等(2012)^[46]提出将生命周期评估原则和传统资料平衡约束相结合的可持续供应链设计。该文献在供应链设计时用生命周期评估方法对碳足迹进行评估,这对后续低碳供应链网络设计和供应链管理绩效的研究影响较大。

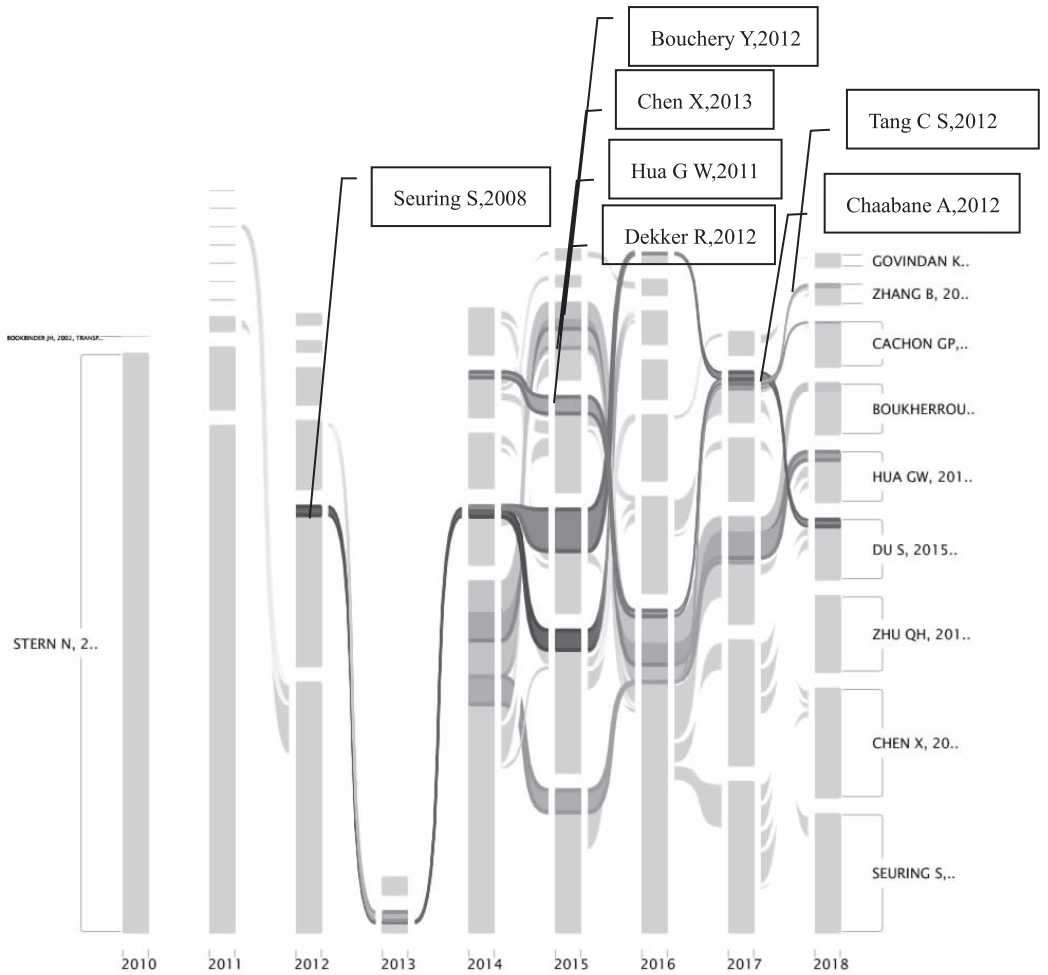


图 4 低碳供应链管理代表性文献的冲击流图

资料来源:根据 CiteSpace 软件的文献共被引分析结果逐年输入 alluvial generator 程序绘制而得

四、结 论

1. 低碳供应链管理研究的总体概况

本文从商业经济和运筹学管理科学这两个研究方向对低碳供应链管理的文献进行研究。从发文数量、引文数量和发表的期刊可以看出,该领域是供应链管理研究领域中最值得继续研究的领域。从论文发表的主要国家和核心科研机构可以看出,英国和美国在该领域的科研影响力较大,中国其次。其中,悉尼大学和香港理工大学在该领域的影响力比较大。只有少数的一些科研机构之间的合作较为频繁。通过核心作者分析可以看出各个作者对低碳供应链管理的贡献比较分散,之间的合作不是很多。

2. 低碳供应链管理的研究热点

通过基于 CiteSpace 软件的引文聚类网络和冲击流程序生成图的分析可知,低碳供应链管理研究的热点问题主要包括:(1)不同碳规制政策对低碳供应链管理问题(如:采购策略、库存管理、供应商选择、供应链的补给等)的影响;(2)考虑碳排放的供应链网络设计如何兼顾供应链管理的多维绩效,以及不同碳规制政策对供应链管理绩效的影响。主要通过建立数学模型进行分析和比较。与其相关的文献大都发表在 2010 年以后,是低碳供应链管理研究的前沿问题。该研究热点与各个国家碳税和碳交易政策的制定有很密切的关系。

由地标点、转折点、高引用文献、突发文献和冲击流图的进一步分析,可以看出早期相关研究领

域(可持续供应链、循环经济、绿色供应链和绿色物流)、碳足迹管理、生命周期评估方法和运筹学管理科学研究方法是低碳供应链管理研究的重要理论基础。

3. 低碳供应链管理的研究方向

经过十几年的发展,低碳供应链管理研究已经形成了较为完整的理论和方法体系,但还可以从以下几个方面做更深入的研究。

(1)碳税和碳交易互补使用下的供应链管理。目前,不同碳规制政策对供应链管理影响的研究,主要还是分别讨论碳税和碳交易这两种政策,或是比较分析。这两种碳规制政策并不矛盾,二者可以协调配合、并行应用。二者的互补使用对供应链的管理和决策将带来不同的影响。所以今后低碳供应链管理的研究方向可以围绕碳税和碳交易互补使用下的供应链运营和管理。

(2)碳标签制度和消费者的低碳购买行为对供应链管理的影响。为了更好地引导消费者购买低碳产品,一些国家采用了碳标签制度,告知消费者产品的碳足迹(Cohen 和 Vandenberg, 2012)^[62]。碳标签的实施,将对零售业产生重大影响,进而给产品制造和供应链形成巨大压力(唐金环等,2016)^[63]。未来消费者对低碳产品的偏好度将不断攀升(唐金环等,2016)^[63]。目前关于碳标签制度和消费者的低碳购买行为对供应链管理影响的研究很少,也是未来值得研究的方向。

(3)考虑碳排放的全球供应链绩效管理。全球供应链的布局以往考虑得较多的是效率和成本,如何能在全球供应链中更好地兼顾经济效益和环境绩效(碳排放),这方面的研究还比较少。特别地,由于各个国家的碳排放政策不尽相同,使得相关的研究变得复杂,但也因此成为未来值得研究的方向。

4. 研究局限

采用文献计量的方法,可以通过文献特征和被引数据的定量分析比较全面和清楚地把握十几年来低碳供应链管理研究的现状、前沿和热点。为关注该领域的学者和政府、企业的决策者提供一定的参考和建议,并为未来进一步深入的研究做出一定的贡献。然而,由于检索的数据库所限,研究采用的文献数据来源于英文期刊,对国内期刊的文献没有涉及。在未来的研究中,可以考虑扩大检索的数据库,对国内外低碳供应链管理的研究做一比较。

参考文献

- [1]王明喜,胡毅,郭冬梅. 低碳经济:理论实证研究进展与展望[J]. 北京:系统工程理论与实践,2017,(1):17-34.
- [2]古特雷斯. 气候变化让人类站在事关存亡的十字路口[EB/OL]. 联合国网站:联合国. 2018-9-10. <https://news.un.org/zh/story/2018/09/1017412>.
- [3]杜建国. 我国全面启动碳交易市场[J]. 昆明:生态经济,2018,(3):10-13.
- [4]Srivastava, S. K. Green Supply-Chain Management: A State-of-the-Art Literature Review[J]. International Journal of Management Reviews, 2007, 9, (1): 53-80.
- [5]Jabbour, C. J. C., A. S. Neto, J. A. Gobbo, et al. Eco-Innovations in More Sustainable Supply Chains for a Low-Carbon Economy: A Multiple Case Study of Human Critical Success Factors in Brazilian Leading Companies[J]. International Journal of Production Economics, 2015, 164, (C): 245-257.
- [6]Das, C., and S. Jharkharia. Low Carbon Supply Chain: A State-of-the-Art Literature Review[J]. Journal of Manufacturing Technology Management, 2018, 29, (2): 398-428.
- [7]Carter, C. R., and D. S. Rogers. A Framework of Sustainable Supply Chain Management: Moving toward New Theory[J]. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2008, 38, (5): 360-387.
- [8]Seuring, S., and M. Müller. From a Literature Review to a Conceptual Framework for Sustainable Supply Chain Management[J]. Journal of Cleaner Production, 2008, 16, (15): 1699-1710.
- [9]Gold, S., S. Seuring, and P. Beske. Sustainable Supply Chain Management and Inter-Organizational Resources: A Literature Review[J]. Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 2010, 17, (4): 230-245.
- [10]Pandey, D., M. Agrawal, and J. S. Pandey. Carbon Footprint: Current Methods of Estimation[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2011, 178, (1-4): 135-160.

- [11] Gupta, S., and O. D. Palsule-Desai. Sustainable Supply Chain Management: Review and Research Opportunities [J]. *IIMB Management Review*, 2011, 23, (4): 234 – 245.
- [12] Kronborg Jensen, J. Product Carbon Footprint Developments and Gaps [J]. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2012, 42, (4): 338 – 354.
- [13] 陈剑. 低碳供应链管理研究 [J]. 上海: 系统管理学报, 2012, (6): 721 – 728.
- [14] Seuring, S. A Review of Modeling Approaches for Sustainable Supply Chain Management [J]. *Decision Support Systems*, 2013, 54, (4): 1513 – 1520.
- [15] Gaussin, M., G. Hu, S. Abolghasem, et al. Assessing the Environmental Footprint of Manufactured Products: A Survey of Current Literature [J]. *International Journal of Production Economics*, 2013, 146, (2): 515 – 523.
- [16] Brandenburg, M., K. Govindan, J. Sarkis, et al. Quantitative Models for Sustainable Supply Chain Management: Developments and Directions [J]. *European Journal of Operational Research*, 2014, 233, (2): 299 – 312.
- [17] 王丽萍, 王兵兵. 国内外低碳物流研究评析 [J]. 成都: 资源开发与市场, 2014, (12): 1507 – 1511.
- [18] Fahimnia, B., J. Sarkis, and H. Davarzani. Green Supply Chain Management: A Review and Bibliometric Analysis [J]. *International Journal of Production Economics*, 2015, 162, (C): 101 – 114.
- [19] 王璟珉, 李晓婷, 窦晓铭. 低碳经济研究前沿——基于企业低碳管理的微观视角 [J]. 济南: 山东大学学报(哲学社会科学版), 2018, (2): 175 – 182.
- [20] Chen, C. C. Citespace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific Literature [J]. *Journal of the American Society for information Science and Technology*, 2006, 57, (3): 359 – 377.
- [21] 涂智苹, 宋铁波. 制度理论在经济组织管理研究中的应用综述——基于 Web of Science(1996—2015) 的文献计量 [J]. 北京: 经济管理, 2016, (10): 184 – 199.
- [22] Li, X., H. Qiao, and S. Wang. Exploring Evolution and Emerging Trends in Business Model Study: A Co – Citation Analysis [J]. *Scientometrics*, 2017, 111, (2): 869 – 887.
- [23] Fang, Y., J. Yin, and B. Wu. Climate Change and Tourism: A Scientometric Analysis Using Citespace [J]. *Journal of Sustainable Tourism*, 2018, 26, (1): 108 – 126.
- [24] 冯利伟. 国外工作家庭冲突研究态势——基于文献计量的分析 [J]. 北京: 经济管理, 2018, (4): 187 – 208.
- [25] Garfield, E. The History and Meaning of the Journal Impact Factor [J]. *Jama*, 2006, 295, (1): 90 – 93.
- [26] Hirsch, J. E. An Index to Quantify an Individual's Scientific Research Output [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2005, 102, (46): 16569 – 16572.
- [27] Price, D. S., and D. John. *Little Science, Big Science And Beyond* [M]. New York: Columbia University Press, 1986.
- [28] Lake, A., A. A. Acquaye, A. Genovese, et al. An Application of Hybrid Life Cycle Assessment as a Decision Support Framework for Green Supply Chains [J]. *International Journal of Production Research*, 2015, 53, (21): 6495 – 6521.
- [29] Nasir, M. H. A., A. Genovese, A. A. Acquaye, et al. Comparing Linear and Circular Supply Chains: A Case Study from the Construction Industry [J]. *International Journal of Production Economics*, 2017, 183, (PB): 443 – 457.
- [30] Genovese, A., A. A. Acquaye, A. Figueroa, et al. Sustainable Supply Chain Management and the Transition Towards a Circular Economy: Evidence and Some Applications [J]. *Omega-International Journal of Management Science*, 2017, 66, (PB): 344 – 357.
- [31] Acquaye, A. A., T. Ibn-Mohammed, A. Genovese, et al. A Quantitative Model for Environmentally Sustainable Supply Chain Performance Measurement [J]. *European Journal of Operational Research*, 2018, 269, (1): 188 – 205.
- [32] Fahimnia, B., J. Sarkis, and A. Eshragh. A Tradeoff Model for Green Supply Chain Planning: A Leanness-Versus-Greenness Analysis [J]. *Omega-International Journal of Management Science*, 2015, 54, (C): 173 – 190.
- [33] Zakeri, A., F. Dehghanian, B. Fahimnia, et al. Carbon Pricing Versus Emissions Trading: A Supply Chain Planning Perspective [J]. *International Journal of Production Economics*, 2015, 164, (C): 197 – 205.
- [34] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 胡志刚, 王贤文. Citespace 知识图谱的方法论功能 [J]. 北京: 科学学研究, 2015, (2): 242 – 253.
- [35] Gunasekaran, A., and A. Spalanzani. Sustainability of Manufacturing and Services: Investigations for Research and Applications [J]. *International Journal of Production Economics*, 2012, 140, (1): 35 – 47.
- [36] Dekker, R., J. Bloemhof, and I. Mallidis. Operations Research for Green Logistics-An Overview of Aspects, Issues, Contributions and Challenges [J]. *European Journal of Operational Research*, 2012, 219, (3): 671 – 679.
- [37] Acquaye, A. A., F. A. Yamoah, and K. S. Feng. An Integrated Environmental and Fairtrade Labelling Scheme for Product Supply Chains [J]. *International Journal of Production Economics*, 2015, 164, (C): 472 – 483.
- [38] Dadhich, P., A. Genovese, N. Kumar, et al. Developing Sustainable Supply Chains in the Uk Construction Industry: A Case Study

[J]. *International Journal of Production Economics*, 2015, 164, (C) : 271 – 284.

[39] Arikan, E. , J. Fichtinger, and J. M. Ries. Impact of Transportation Lead-Time Variability on the Economic and Environmental Performance of Inventory Systems[J]. *International Journal of Production Economics*, 2014, 157, (C) : 279 – 288.

[40] Konur, D. , and B. Schaefer. Economic and Environmental Comparison of Grouping Strategies in Coordinated Multi-Item Inventory Systems[J]. *Journal of the Operational Research Society*, 2016, 67, (3) : 421 – 436.

[41] Palak, G. , S. D. Eksioglu, and J. Geunes. Analyzing the Impacts of Carbon Regulatory Mechanisms on Supplier and Mode Selection Decisions; An Application to a Biofuel Supply Chain[J]. *International Journal of Production Economics*, 2014, 154, (C) : 198 – 216.

[42] Choi, T. M. Local Sourcing and Fashion Quick Response System: The Impacts of Carbon Footprint Tax[J]. *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 2013, 55, (C) : 43 – 54.

[43] Choi, T. M. Optimal Apparel Supplier Selection with Forecast Updates under Carbon Emission Taxation Scheme[J]. *Computers & Operations Research*, 2013, 40, (11) : 2646 – 2655.

[44] Ma, X. , W. Ho, P. Ji, et al. Coordinated Pricing Analysis with the Carbon Tax Scheme in a Supply Chain[J]. *Decision Sciences*, 2018, 49, (5) : 863 – 900.

[45] Chai, Q. F. , Z. D. Xiao, K. H. Lai, et al. Can Carbon Cap and Trade Mechanism be Beneficial for Remanufacturing? [J]. *International Journal of Production Economics*, 2018, 203, (C) : 311 – 321.

[46] Chaabane, A. , A. Ramudhin, and M. Paquet. Design of Sustainable Supply Chains under the Emission Trading Scheme[J]. *International Journal of Production Economics*, 2012, 135, (1) : 37 – 49.

[47] Eskandarpour, M. , P. Dejax, J. Miemczyk, et al. Sustainable Supply Chain Network Design: An Optimization-Oriented Review[J]. *Omega-International Journal of Management Science*, 2015, 54, (C) : 11 – 32.

[48] Barbosa-Povoa, A. P. , C. Da Silva, and A. Carvalho. Opportunities and Challenges in Sustainable Supply Chain: An Operations Research Perspective[J]. *European Journal of Operational Research*, 2018, 268, (2) : 399 – 431.

[49] Meneghetti, A. , and L. Monti. Greening the Food Supply Chain: An Optimisation Model for Sustainable Design of Refrigerated Automated Warehouses[J]. *International Journal of Production Research*, 2015, 53, (21) : 6567 – 6587.

[50] 李杰, 陈超美. CiteSpace: 科技文本挖掘及可视化[M]. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2016.

[51] Hua, G. , T. Cheng, and S. Wang. Managing Carbon Footprints in Inventory Management[J]. *International Journal of Production Economics*, 2011, 132, (2) : 178 – 185.

[52] Gimenez, C. , V. Sierra, and J. Rodon. Sustainable Operations; Their Impact on the Triple Bottom Line[J]. *International Journal of Production Economics*, 2012, 140, (1) : 149 – 159.

[53] Lee, K. H. Integrating Carbon Footprint into Supply Chain Management: The Case of Hyundai Motor Company (Hmc) in the Automobile Industry[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2011, 19, (11) : 1216 – 1223.

[54] Benjaafar, S. , Y. Li, and M. Daskin. Carbon Footprint and the Management of Supply Chains: Insights from Simple Models[J]. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 2013, 10, (1) : 99 – 116.

[55] Sundarakani, B. , R. De Souza, M. Goh, et al. Modeling Carbon Footprints across the Supply Chain[J]. *International Journal of Production Economics*, 2010, 128, (1) : 43 – 50.

[56] Wang, F. , X. Lai, and N. Shi. A Multi-Objective Optimization for Green Supply Chain Network Design[J]. *Decision Support Systems*, 2011, 51, (2) : 262 – 269.

[57] Sheu, J. B. , Y. H. Chou, and C. C. Hu. An Integrated Logistics Operational Model for Green-Supply Chain Management[J]. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2005, 41, (4) : 287 – 313.

[58] Krass, D. , T. Nedorezov, and A. Ovchinnikov. Environmental Taxes and the Choice of Green Technology[J]. *Production and Operations Management*, 2013, 22, (5) : 1035 – 1055.

[59] Bouchery, Y. , A. Ghaffari, Z. Jemai, et al. Including Sustainability Criteria into Inventory Models[J]. *European Journal of Operational Research*, 2012, 222, (2) : 229 – 240.

[60] Chen, X. , S. Benjaafar, and A. Elomri. The Carbon-Constrained Eoq[J]. *Operations Research Letters*, 2013, 41, (2) : 172 – 179.

[61] Tang, C. S. , and S. Zhou. Research Advances in Environmentally and Socially Sustainable Operations[J]. *European Journal of Operational Research*, 2012, 223, (3) : 585 – 594.

[62] Cohen, M. A. , and M. P. Vandenbergh. The Potential Role of Carbon Labeling in a Green Economy[J]. *Energy Economics*, 2012, 34, (S1) : S53 – S63.

[63] 唐金环, 戢守峰, 姜力文, 朱宝琳. 顾客有限“碳行为”偏好对选址—路径—库存联合优化的影响[J]. 北京: 中国管理科学, 2016, (7) : 110 – 119.

Review of Research on Low-carbon Supply Chain Management Based on Bibliometrics

WU Jun^{1,2}, XU Di²

(1. School of Business Administration, Huaqiao University, Quanzhou, Fujian, 362021, China;

2. School of Management, Xiamen University, Xiamen, Fujian, 361005, China)

Abstract: The increase of carbon emission is the main culprit leading to the global warming. Only through the coordinated carbon management of supply chain's upstream and downstream can carbon emission be reduced better. Therefore, it is necessary to analyze and sort out the literature of low-carbon supply chain management. In the past, most literatures on low-carbon supply chain management were manually reviewed and sorted out, and researchers concluded and summarized the research status and development trend subjectively, lacking quantitative analysis of literature features and cited data. Through the search of related subjects from multiple angles, data from the core collection database of Web of Science were selected to study the literature of low-carbon supply chain management from the two research directions of business economy and operational research management science. Through the statistical analysis of the literature, it can be seen from the number of published papers, the number of citations and the published journals that the research in this field is not enough, and it is worth further research in the field of supply chain management. This is in line with the urgent need to solve social development and environmental problem. As can be seen from the core research institutions and the major countries where the papers were published, the USA and the UK had a greater influence of scientific research in this field, followed by China. Only a handful of research institutions had more frequent collaboration. Through the analysis of core authors, it could be seen that the number of papers published by each core author was small and widely distributed, the research of low-carbon supply chain management had attracted the attention of many researchers, and there was not much cooperation between them. Acquaye A. A. is one of the most published researchers in the field of low-carbon supply chain management.

Then, the co-citation network analysis of the literature was conducted by CiteSpace, including literature clustering analysis, local punctuation, turning point and high-citation literature analysis, and burst literature analysis. Combined with the program of alluvial generator, the alluvial diagram was drawn to analyze the literature that had a lasting impact on this field. Through the above research, the development status, hot spots and frontier of low-carbon supply chain management research were sorted out and analyzed in depth. The results show that the research focus of scholars in the field of low-carbon supply chain management was changing constantly. The early research focused on sustainable green logistics and the application of life cycle assessment. They were research hotspots before 2010. The impact of different carbon regulation policies (mainly including carbon tax and carbon trading) on low-carbon supply chain management (inventory management) and the design of sustainable supply chain network are two research fronts of low-carbon supply chain management. The relevant literatures were published after 2010. And the former research front is closely related to the formulation of carbon tax and carbon trading policies in various countries. Carbon tax and carbon trading are two kinds of carbon regulation policies that are not contradictory. They can be applied in parallel and coordinate with each other. The complementary use of them can better help achieve the carbon emission reduction goal of the supply chain. Therefore, the research focus of low-carbon supply chain management in the future should focus on the supply chain operation and management under the complementary use of carbon tax and carbon trading. With the increase of consumers' preference for low-carbon products in the future, the influence of carbon labels on supplier selection and the effect of product carbon label system on supply chain performance are worthy of future research. In addition, global supply chain management with consideration of economic benefits and carbon emission is also the future research direction. Through the study of this paper some references and suggestions were provided for scholars who follow the field, as well as decision-makers of governments and enterprises, and some contributions were made to further research in the future.

Key Words: supply chain management; low carbon; carbon emission; bibliometrics

JEL Classification: M19, Q54, Q56, C88

DOI: 10.19616/j.cnki.bmj.2020.03.012

(责任编辑:舟 山)