

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20200921

· 研究报告 ·

基于 Citespace 的“水—能源—粮食” 纽带关系研究进展*

黄雅丽, 邓晓军*

(浙江财经大学经济学院, 杭州 310018)

摘要 [目的] 分析“水—能源—粮食”纽带关系有利于制定融合多学科多领域的综合性解决措施, 为区域生态文明建设提供科学依据与决策参考。[方法] 文章基于信息可视化软件 CiteSpace, 以 Web of Science 为数据源, 从国家合作、核心作者、重要期刊、文献共被引、关键词以及突变词分析等方面, 对 1990—2019 年“水—能源—粮食”纽带关系的研究进展进行可视化分析。[结果] 自 2011 年波恩会议以来文献数量不断增长, 以美国为中心的欧美国家研究较多, 美国、英国、中国为位居前三的国家; Hoff H、Bazilian M 和 Fao 等 3 位作者是该领域的奠基者, 发表文献最多的期刊是 Energy Policy, Environmental Science & Policy 和 Science, 期刊分布较为均匀; 文献的突变点主要是 Hellegers P (2008)、Rockstrom J (2009)、Waughray D (2011)、Scott CA (2011)、Hussey K (2012)、Bath H (2012)、Bizikova L (2013) 和 Rasul G (2014)。最近引用较多的主题是各部门协作的跨学科整合研究与提高应对全球复杂变化适应力; 研究前沿有城市地区、发展解释结构模型、因子分析、政策角度、整合角度、东南亚、南亚、可持续发展目标、作物生产、环境正义、流域、山脉研究、食物安全、能源安全, 新兴前沿为可持续性; 能源与食物消耗、多元模型分离、全球变化、跨流域、东南亚、新水文视角是近几年学者们最关注的问题。[结论] 应进一步构建共同支持性的概念框架和定义共识, 探讨有效的量化方法和多元化的风险表征指标, 加强纽带内部关系及其与气候与生态之间的关系研究。

关键词 “水—能源—粮食”纽带关系 文献 热点 前沿 CiteSpace

中图分类号: X37 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9121[2020]09172-10

0 引言

水、能源和粮食是人类维持基本生活与社会进步的物质基础, 三者之间存在着复杂的纽带关系。在其相互交织的背景下, 对水、能源和粮食系统中的单个变量施加影响会通过其纽带关系进行传递, 进而引起该系统中其他变量的变化^[1]。由于这些相互依存关系, 部门的决策者面对跨时间与空间解决粮食、能源, 水与环境之间的协同作用、安全问题、利益权衡等多种挑战^[2]。随着气候变化问题的日趋严重, 能源、粮食和水作为人类生存必需三大基本要素, 其安全问题的重要性尤其显著。如农业中以作物生长为基础的粮食生产, 直接依赖水、能源、粮食等自然要素, 气候变化将很大程度上影响农业安全^[3]。任何因素的恶化都会传导到其他领域, 任何一种安全问题都可能通过关联的传导机制, 构成国家、区域甚至全球的安全问题^[4]。传统上以单一资源为中心进行资源整合研究, 将孤立资源的影响, 不仅无法满足多资源问题治理的需求, 而且难以应对生态环境经济和人口的动态变化。只有将水、能源、粮食作为一个整体进行研究, 增进三者的协同, 提升系统整体利用效率, 才更加有助于区域可持续发展的实现^[5]。

我国粮食生产和供应链分别约占能源和水消费总量的 35% 和 65%^[6]。2015 年水生产和供应的总能源

收稿日期: 2020-07-26

作者简介: 黄雅丽(1997—), 女, 四川内江人, 硕士研究生。研究方向: 人口资源环境经济

*通讯作者: 邓晓军(1981—), 男, 江西吉安人, 博士、副教授。研究方向: 资源环境与可持续发展。Email: mijun45@163.com

*资助项目: 国家自然科学基金“城市化背景下河湖水系连通的时空变化及其洪涝响应研究”(41601039)

消耗等于 12.89 亿 t 标准煤，而煤炭生产的整个生命周期用水约占中国总用水量的 20%^[7]。水、能源、粮食如何有效开发利用，关乎我国的国家安全。在绿色发展观背景下强调的社会、经济、自然生态之间的系统性、整体性和协调性，能够在“水—能源—粮食”纽带关系中得到充分的体现。“水—能源—粮食”纽带关系将帮助人们深刻理解水、能源、粮食乃至气候、生物多样性等领域之间的关系，突破时间与空间限制，制定融合多学科多领域的综合性解决措施^[8]。因此，文章利用 CiteSpace 可视化软件探测出“水—能源—粮食”纽带关系领域的研究热点与学科前沿，有助于学者们聚焦该领域的主要内容和重大问题，从而推进我国的“水—能源—粮食”纽带关系深化研究，为区域生态文明建设提供科学依据与决策参考。

1 文献概况

1.1 数据来源与方法

CiteSpace 软件是一种应用广泛且具有一定影响力的科学知识图谱可视化软件。它以直观、多角度系统的可视化方式展示知识结构的全景和重组变革，以此探测和分析某一领域科学研究前沿的变化趋势，以及知识基础与不同研究前沿之间的相互关系和演化过程。因此，在一定程度上能够避免研究人员主观判断对分析结果产生影响，使分析结果具有客观性，在描绘某一主题或某一学科的全貌的科学的研究中发挥了重要的作用^[9]。

本文运用 CiteSpace 5.5. R2 软件，对“水—能源—粮食”纽带关系相关主题的文献进行文献量、关键词、作者群体、发文机构、载文期刊等分析。数据样本选取自 Web of Science 数据库的核心合集。以“Water-Energy – Food Nexus”“WEF”、将 water、energy、food 置于 ** - * - * 不同位置的 6 种可能、“water、energy、food”为“主题”、检索时间范围为 1990—2019 年，精炼检索文献类型 = “article”，共得检索结果 1 371 条。在数据分析之前，对 Web of Science 格式的数据进行了过滤与除重，最终整理得到 692 篇，检索时间为 2020 年 3 月 29 日。

1.2 文献数量变化

1990—2019 年纽带关系相关文献的发文数量总体上呈现出曲线上升态势（图 1）。其文献数量增长情况大致可以分为 3 个阶段：第一阶段（1990—2008）为纽带关系的研究起点，相关研究的发文数量基本上在低位，此时的研究重点依旧为两种资源间的关联关系，重点主要在能源系统和水系统的关系^[10]，研究由双中心向三中心交互关系进行过渡；第二阶段（2009—2015）的文献数量增长加快，纽带关系研究进入到了理论与实践相结合的新时期。2011 年的波恩会议掀起了纽带关系研究高潮，文献如雨后春笋般涌现。仅 2011—2015 年大约 300 个来自学术界、商业和政府的相关组织机构参与到纽带关系研究中^[11]。此时已形成水、能源和粮食 3 种资源的整体性视角，内外部的互动关系得到体现^[12-14]，表明纽带关系研究已具备一定的认可度并获得相应的重视；第三阶段（2016—2019 年）的文献研究成果呈现井喷之势，其中 2018 年在纽带关系平台上有 172 个与之相关的会议。专家学者在各种学术期刊和学术会议上展开对纽带关系的讨论，使其概念更加快速的完善，成为一个备受关注的研究领域。期间案例研究为研究的主流^[15]，资源的定量化评估越来越多^[16-17]。

1.3 国家合作情况

为了了解世界各国对纽带关系的研究现状，运用 CiteSpace 软件对国家合作网络进行可视化分析。如表 1 所示，在纽带关系研究上美国的引文频次最大（246）。接下来分别是英国（103）、中国（65）、德国（57）、荷兰（39）以及西班牙、意大利、澳大利亚、巴西和加拿大。在合作关系上，英国与外国合作的数量最多，而美国倾向于与欧美国家合作。总体看来，纽带关系研究的世界中心位于美国和英国，而亚洲的研究中心主要位于中国、日本、印度和韩国。由此可知，纽带关系研究主要以欧美发展国家为主，发展中国家研究能力显弱。

1.4 核心作者分布

利用 CiteSpace 软件构建纽带关系领域的作者共被引网络，以期对该研究领域的核心作者进行比较研

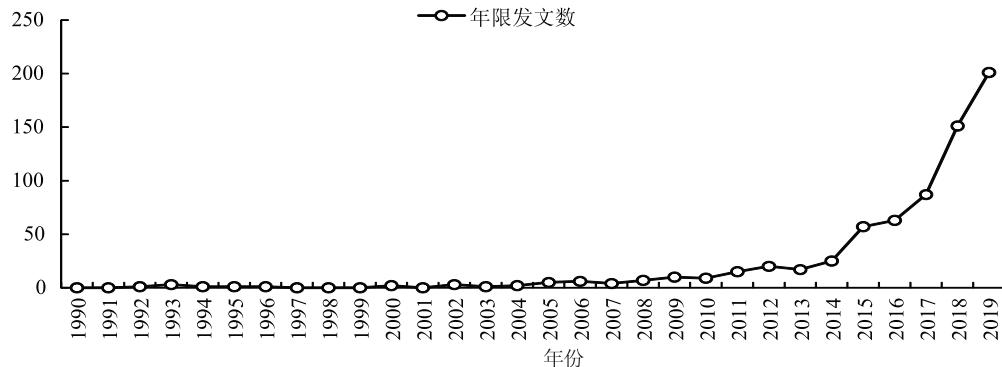


图 1 1990—2019 年文献发文数量

究。如表 1 所示, Hoff H、Bazilian M、Fao 3 位作者的共被引频次都在 100 以上, United N、World B、Rasul G 分别以 97、81、79 频次位列于第四、五、六名。在纽带关系研究中, 各作者的共被引频次较高。在 336 位作者中, 有 181 位的被共引频次在 10 次以上。由于共引频次越高作者的学术相关性越强^[18], 作者被共引分析不仅得到了纽带关系领域有影响的学者, 而且可以了解某一个领域中相似作者的研究主题及其学科领域的分布。例如, Allouche J^[19] 和 Bazilian M^[13] 都探讨了整合背景下的内在联系; Holger Hoff 认为水是纽带关系的中心, 并从水、粮食安全的角度出发强调了绿水可以增强对全球粮食变化的抵御能力^[20]; Bazilian M 综合分析气候变化、土地利用、能源和水资源, 提供了一个理由以定量的方式解决关系并提出一个问题建模框架, 可以支持有效的政策和监管设计^[13]; Ringler C 讨论了气候影响的农业用水与粮食安全问题^[21]。

1.5 重要期刊类型

利用 CiteSpace 软件构建纽带关系领域的期刊共被引网络, 可以看出文献发表期刊类型, 大多是环境类或影响力较大的期刊, 期刊发表文章数量较为均匀。比较起来, 发表纽带关系文献最多的期刊节点从大到小排序依次是 Energy Policy, Environmental Science & Policy, Science, PNAS, Global Environmental Change。其中, Energy Policy 从经济、社会、规划和环境等方面探讨能源供应和使用的政策影响, 其文章有广泛的政策意义。尤其是其感兴趣的能源和环境监管, 能源供应安全, 能源服务的质量和效率等主题与纽带关系的研究内容是相互交织的, 所以纽带关系领域的很多文章都刊发于此。而在 2009—2010 年 Environmental Science & Policy 主要研究方向生态学与环境科学, 旨在推进有关政策相关性的跨学科研究环境问题, 如气候变化与水、能源之间的关系, 如何利用水能源推动可持续发展等。Science 的服务宗旨是“发展科学, 服务社会”, 录稿的原则是文献对科学进步有大范围的贡献。由此可见, 纽带关系是环境研究者未来研究聚焦的热点, 刊发水能粮耦合关系文章, 帮助提高资源利用效率, 对社会发展具有较大的促进作用。

2 文献共被引分析

2.1 集群分析

利用 CiteSpace 软件将各聚类分类做出 Timeline View。该图是按照聚类来分类, 相同聚类的文献被放

表 1 国家、作者、期刊排名前十

排序	国家	作者	期刊
1	美国	Hoff H	Energy Policy
2	英国	Bazilian M	Environmental Science & Policy
3	中国	Fao	Science
4	德国	United N	Pnas
5	荷兰	World B	Global Environmental Change
6	西班牙	Rasul G	Water International
7	意大利	Ringler C	Nature
8	澳大利亚	World EF	Environmental Research Letters
9	巴西	Endo A	Science of the Total Environment
10	加拿大	Biggs EM	Nature

在同一水平线上，聚类从大到小依次往下排。文献的时间在视图的最上方。越靠右时间越近，在时间视图中可以得到各类文献的数量情况，聚类文献数量越多该聚类领域越重要^[22]。如图 2 所示，可以从时间跨度观察该聚类的兴起与衰落，最大的集群 cluster#0 跨越了 11 年代表着“水—能源—粮食”纽带关系的发展进程由最初的两要素的关系发展到三要素的关系，再到三要素与外界的整合关系。而拥有引文最多文献的 cluster#10 却在 2015 年停止研究，可持续食物生产后期大多与水—能源—粮食纽带关系下整合相关从而转向 cluster#0。文献主要的几个突变点分别是 Hellegers P (2008)、Rockstrom J (2009)、Waughray D (2011)、Scott CA (2011)、Hussey K (2012)、Bath H (2012)、Bizikova L (2013)、Rasul G (2014)。具体而言，Hellegers P 从 3 个角度探讨了管理水能粮联系内的协同作用和冲突的实践经验和政策选择^[23]。Rockstrom J 证明了绿色水在粮食生产中的主导地位，未来气候变化与人口增长的情况下强调了整合绿色和蓝色水管理的需求^[24]。Bizikova L 总结了全球经济论坛倡议的主要论点、方法、框架和经验教训^[25]。Waughray D 在 2011 年发布的世界经济论坛水倡议^[26]。Scott CA 从水、能源入手在多规模上耦合，揭示了联合决策的制度性机遇和障碍^[27]。Hussey K 借鉴澳大利亚、欧洲和美国的案例研究，全面理解能源与水之间的联系，确定在哪些地方需要或可获得更好的综合政策及解决方案，了解实现整合所需的障碍^[28]。Bath H 提倡数据信息共享，认为水能粮的跨界流域管理有助于减贫与发展绿色经济^[29]。2014 年 Rasul G 从区域角度探讨了在南亚喜马拉雅生态系统维持下游食物、水与能源安全方面的作用^[30]。总体看存在两个具有高中介中心性的转折点 Bazilian M (2011)、Kurian M (2017)。Bazilian M 在 2011 年有明显的引用集聚，作为早期的研究热点引领了纽带关系的研究方向。在后期 Kurian M 提出向全球复杂变化提高适应力方向转变，但引用较为分散。最近引用较多的主题是各部门协作的跨学科整合研究与提高应对全球复杂变化适应力。

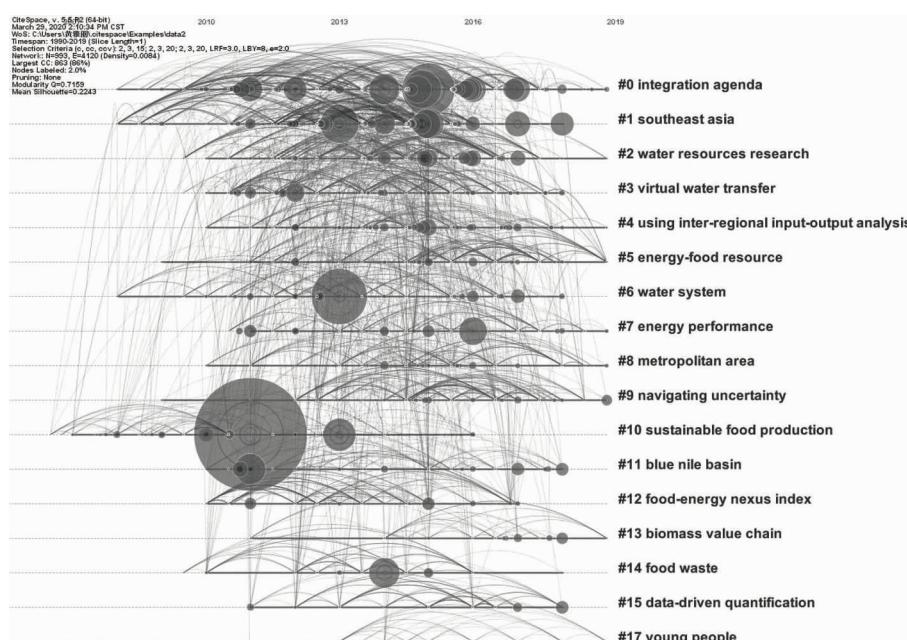


图 2 聚类 Timeline View 图谱

2.2 最大聚类分析

在上述工作基础上，可以从各个聚类中文献的时间跨度进一步确定一个研究领域的时间跨度。以 cluster#0 为例，2008—2011 年这段时期相对平静。2011 年从 Waughray D 开始聚类出现，第二个时期充满了高影响力的贡献——大量的引用年轮和红色的引用爆发时期，2011—2018 年聚类逐渐增多，从早期 Scott CA (2011) 与 Hussey K (2012) 结合案例研究水能的联系揭示联合决策的障碍，到中期 Rasul G

(2014) 整合南亚地区分析外部生态角度下分析水—能源—粮食的安全问题, Biggs EM (2015) 从可持续生计角度整合分析水、能源、粮食的关系。后期 2018 年水、能源、粮食之间相互纽带研究问题被概括成 3 个主题: 内部关系分析、外部影响分析和联系系统评估^[31]。在 Wichelns D 提出实施水—能源—粮食纽带不是任何时候都能加强政策进程, 该聚类热度下降。在该聚类的发展中 Waughray D (2011)、Scott CA (2011)、Hussey K (2012) 的著作引用出现剧增, 而 Keskinen (2016)、Wichelns (2017)、Hoffmann (2017)、Artioli (2017)、Ghani (2019)、Hoffmann (2017) 这几篇文章被引用最多, 在该领域有较强的影响力。

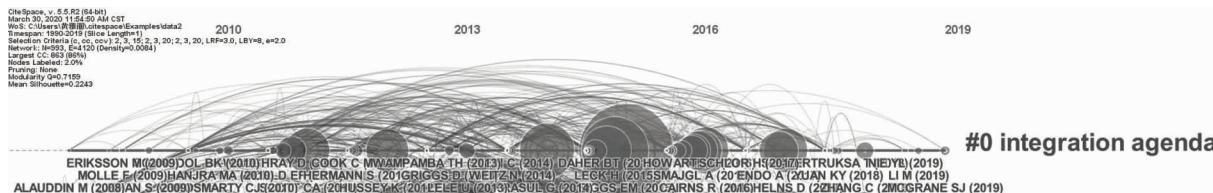


图 3 高影响聚类 cluster# 0

2.3 引用最多的参考文献

由于其开创性的贡献, 被引用最多的文章通常被视为里程碑。集群 0 在十大标志性文章中有 3 篇, 表明人们对水、能源、粮食的整合有着浓厚的兴趣。集群 1、集群 10 各有两个。由表 2 可以看出, 引用最多的文章是 Bazilian M (2011) 共有 126 条引用, Ringler M (2013) 紧随其后, 共有 63 条引用。第三篇是 Biggs EM (2015)。第四至第五位的文章是 Howells M (2013)、Leck H (2015)。集群 5 中的两篇是列表中时间最新的文章也代表着最近的讨论热潮。统计至 2019 年最新最高引用文献, Scott J (2018) 讲述了纽带关系研究中出现的许多挑战, 如研究尺度、数据的影响, 阐明发展纽带关系研究的可实现概念所需的步骤。Albrecht TR (2018) 讲述了纽带关系方法及方法创新。这些具有参考意义的文献是研究水能源领域需要重点参考的文献, 它们将为进行评估纽带关系的研究人员和从业人员提供学术参考。

表 2 引用前十的文献

排序	频次	集群	引用文献
1	126	10	Bazilian M, 2011, Energ Policy, V39, P7896
2	63	6	Ringler C, 2013, Curr Opin Env Sust, V5, P617
3	58	0	Biggs E M, 2015, Environ Sci Policy, V54, P389,
4	44	1	Howells M, 2013, Nat Clim Change, V3, P621
5	42	0	Leck H, 2015, Geogr Compass, V9, P445
6	38	10	Bizikova L, 2013, Water Energy Food SE, V9, P445
7	35	14	FAO J, 2014, Wat En Food Nex New, V0, P0
8	35	0	Rasul G, 2014, Environ Sci Policy, V39, P35
9	34	11	Hoff H, 2011, Bonn 2011 C Wat En F, V0, P0
10	34	1	Allouche J, 2015, Water Altern, V8, P6

3 研究热点与前沿

3.1 热点: 关键词共现分析

通过词频分析可以了解该领域的研究热点。由表 3 可以看出纽带关系研究中的高频词分布, 其中一些词如纽带、能源、水、粮食、“水—能源—粮食”纽带是在搜索时使用的关键词。词频数排名第二的为气候变化, 这是由于水—能源—粮食纽带关系与气候变化是相互关联的。Smajgl 等将纽带关系描述为涉及人口的水、能源和粮食的需求、生态服务系统与气候变化为中心^[32]。土地、灌溉等词与农业生产密不可分,

如果农业受到影响，国家的粮食安全将被影响，而农业需要大量的水和能源的投入。Ahmed S 认为气候变化对农业产生的巨大影响将定义气候与社会互动的变化模式^[33]。为了研究水—能源—粮食之间的纽带关系，学者渐渐转向定量模型的使用包括计量经济建模、动态面板建模等，并在各部门的调节下，制定跨时空的综合管理办法使其发挥政策一致性的优势。

表 3 文献高频关键词

排序	频次	关键词	排序	频次	关键词
1	127	“水—能源—粮食”纽带	11	54	能源
2	116	气候变化	12	54	统治
3	83	纽带	13	52	模型
4	81	可持续性	14	51	角度
5	73	管理	15	48	消费
6	69	系统	16	40	资源
7	65	影响	17	37	灌溉
8	58	政策	18	34	土地
9	57	安全	19	32	可持续发展
10	56	水	20	29	框架

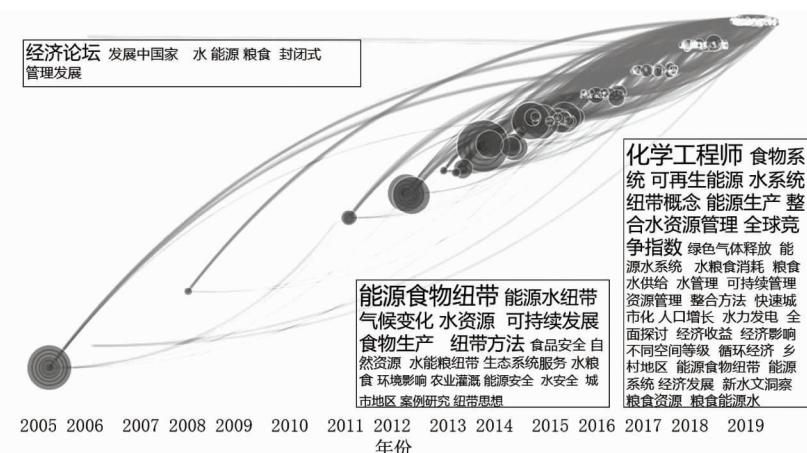


图 4 2005—2019 年名词术语突变的时区

3.2 前沿：突变词共线分析

3.2.1 时区图谱分析

利用 CiteSpace 突变探测技术对纽带关系研究进行前沿预测，以判断领域内的研究演化脉络。其中，每个主题节点出现的时间就是该术语首次出现的时间，相较于关键词而言它不是从数据集中原始字段中提取的，而是进行过语言分析处理后提取的术语。如图 4 所示，第一个时期（2005—2011 年）为该领域处于萌芽阶段，由于对新的可再生能源的追求会增加水资源分配的压力，在水缺乏的地区，一方面面临着能源与环境问题，另一方面面临着粮食和生

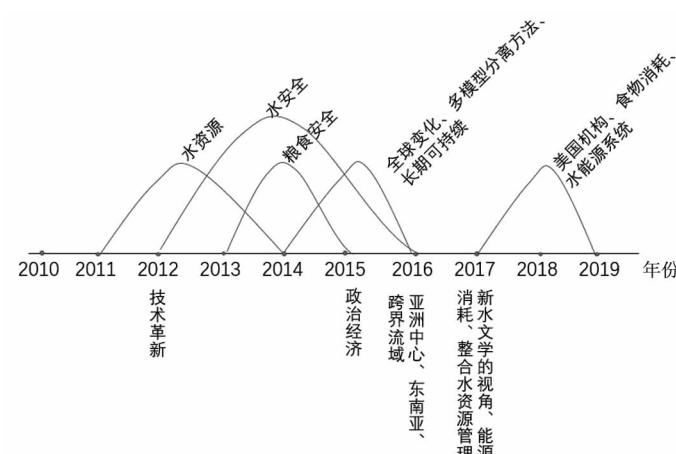


图 5 2010—2019 年术语突变时间表

计目标之间的巨大冲突^[34]。资源管理由综合水资源管理转向 3 种资源的交互关系。该阶段发展关注研究主题为管理发展、农业生产、资源安全^[35]；第二个阶段为（2012—2016 年）为探索阶段。其中，2014 年突变术语增长最多，人们关注到水、能源、粮食冲突，资源利用效率低将对社会、经济、生态产生不良影响。在生态服务系统中“水—能源—粮食”纽带关系将影响资源的有效利用，成为可持续发展的必要工具。该阶段的研究主题为水能粮安全、气候变化、可持续发展、案例研究、气候变化、农业灌溉、城市水—能源—粮食纽带关系等。第三个阶段为（2017—2020 年）为发展阶段。随着人口快速增长、城市化进程加快，全球变暖，环境问题愈发突出，室内工厂等实验设施中水、能源、粮食也面临着挑战^[36]。该阶段研究主题有化学工程师、水与食物系统、粮食与水供给、水利发电、循环经济、整合方法等。

3.2.2 术语突变分析

对 2011—2019 年进行突变分析总结，如图 5 所示，早期人们对水资源研究发展到对“水—能源—粮食”纽带关系的研究，2012—2014 年水安全一直备受关注，受水安全的启发，2014—2015 年粮食安全受到关注，可以发现安全问题是首要热点问题。水、能源、粮食是全球相互联动的，国家在需要全面考虑制定相关政策对经济的影响。亚洲水资源较为丰富，2016 年学者逐渐发现中亚、南亚、东南亚、跨界流域的纽带关系研究具有重要的实际意义。“水—能源—粮食”纽带关系需要跨界整合，局部研究不能解释其交互关系跨界河流流域开始突现。同样，资源与环境容量要素存在着极大的刚性，在全球多变的情况下需要利用“水—能源—粮食”纽带关系实现可持续性发展。2017 年新水文学的视角、能源消耗、整合水资源管理出现在纽带关系研究领域中，而食物消耗、水能源系统成为学者们最近较为关注的问题。利用共引词频与术语词组 LLR 算法分析，揭示的研究前沿有城市地区、发展解释结构模型、因子分析、政策角度、整合角度、东南亚、南亚、可持续发展目标、作物生产、环境正义、流域、山脉研究、食物安全、能源安全。利用突现词频与共引词频，从 DCA 混合分析网络得到一个突现率为 6.58 的新兴前沿——可持续性（Rasul 2014）。

4 结论与展望

4.1 研究结论

该文基于 CiteSpace 软件，构建了文献增长、国家合作、作者共引、核心期刊、文献共被引、关键词聚类和突变词检测图谱，对 1990—2019 年 Web of Science 数据库中“水—能源—粮食”纽带关系的文献进行不同层面的分析和直观的可视化展示，得出以下结论。

(1) 自 2009 年以来，文献数量不断增长，2015 年开始呈现井喷之势，主要集中在以美国为中心的欧美国家，位列前三的是美国、英国、中国，Hoff H、Bazilian M 和 Fao 等 3 位作者是该领域的奠基者，发表文献最多的期刊是 Energy Policy、Environmental Science & Policy、Science 等环境类或影响力较大的期刊，期刊分布较为均匀。

(2) 文献的突发点主要是 Hellegers P (2008)、Rockstrom J (2009)、Waughray D (2011)、Scott CA (2011)、Hussey K (2012)、Bath H (2012)、Bizikova L (2013)、Rasul G (2014)。明显的转折点在于各部门协作的跨学科整合研究与全球变化复杂提高适应力。最重要的 3 篇文献分别是 Bazilian M (2011)、Ringler M (2013) 和 Biggs EM (2015)。

(3) 研究前沿有城市地区、发展解释结构模型、因子分析、政策角度、整合角度、东南亚、南亚、可持续发展目标、作物生产、环境正义、流域、山脉研究、食物安全、能源安全，新兴前沿为可持续性，能源与食物消耗、多元模型分离、全球变化、跨流域、东南亚、新水文视角是近几年学者们最关注的问题。

4.2 研究展望

当前，“水—能源—粮食”纽带关系已成为全球可持续发展的重要研究对象。加强研究和利用水、能源、粮食错综复杂的关系，对全球可持续发展和社会经济增长具有重要促进作用，也是各国协调合作、共

同前进的重要手段。尽管如此，纽带关系研究总体上还处于起步阶段，需要从以下几个方面进一步研究。

(1) 直至今日，纽带关系研究仍然缺乏共同支持性的概念框架和明显的定义共识。另外，许多重要的贡献来自于对某部门和地区精准的研究，制定了许多有用的政策，所以虽然资源整合问题与跨学科研究有重要价值，但是关注小范围的研究也很重要。

(2) 水—能源—粮食系统边界划分不同将导致不同分析结果。系统边界定义的难点在于如何选择适当的边界。若边界狭窄会遗漏重要联系，导致连接系统描述不足^[37]。若纽带系统包括更多流程，从不同部门提取合成多种信息十分困难。根据研究目标与可用数据确定系统边界时，应注意超系统界限的关系。

(3) 在水—能源—粮食纽带中，弹性和可持续性不仅取决于单个子系统的特性，而且取决于不同子系统的特性^[38]，因为单个子系统的变化可能通过纽带系统迅速引发一系列连锁反应，从而单个系统设计的评估指标和方法可能不再适用于整纽带系统。此外，由于目前大多数方法^[39]中反馈通常被视为外来的，导致耦合系统的表示不充分。这些都给纽带系统的弹性和可持续性评估带来了巨大的挑战。

参考文献

- [1] 王慧敏, 洪俊, 刘钢. “水—能源—粮食”纽带关系下区域绿色发展政策仿真研究. 中国人口、资源与环境, 2019, 29 (6): 74–84.
- [2] Howells M, Rogner H H. Water-energy nexus: Assessing integrated systems. Nature Climate Change, 2014, 4 (4): 246–247.
- [3] 覃志豪, 唐华俊, 李文娟, 等. 气候变化对农业和粮食生产影响的研究进展与发展方向. 中国农业资源与区划, 2013, 34 (5): 1–7.
- [4] 于宏源. 纽带安全: 能源—粮食—水安全威胁及其思考. 区域与全球发展, 2018 (2): 94–109.
- [5] 刘倩, 张苑, 王永生, 等. 城市水—能源—粮食关联关系 (WEF-Nexus) 研究进展——基于文献计量的述评. 城市发展研究, 2018, 25 (10): 4–17.
- [6] 詹贻琛, 吴岗. 中美均面临水、能源、粮食三者冲突. 中国经济报告, 2014 (1): 109–111.
- [7] Spang E S, Moomaw W R, Gallagher K S, et al. The water consumption of energy production: An international comparison. Environmental Research Letters, 2014, 9 (10): 105002.
- [8] 常远, 夏朋, 王建平. 水—能源—粮食纽带关系概述及对我国的启示. 水利发展研究, 2016 (5): 67–68.
- [9] 邱菊. 基于 CiteSpace 的知识可视化分析及应用——以国际出勤主义行为研究为例. 情报科学, 2018, 36 (12): 139–145.
- [10] Schreiner B, Baleta H. Broadening the Lens: A regional perspective on water, food and energy integration in SADC. Aquatic Procedia, 2015 (5): 90–103.
- [11] Endo A, Tsurita I, Burnett K, et al. A review of the current state of research on the water, energy, and food nexus. Journal of Hydrology: Regional Studies, 2017 (11): 20–30.
- [12] Bazilian M, Rogner H, Howells M, et al. Considering the energy, water and food nexus: Towards an integrated modelling approach. Energy Policy, 2011, 39 (12): 7896–7906.
- [13] Keskinen M, Guillaume J H A, Kattelus M, et al. The water-energy – food nexus and the transboundary context: Insights from large Asian rivers. Water, 2016, 8 (5): 193.
- [14] Biggs E M, Bruce E, Boruff B, et al. Sustainable development and the water-energy – food nexus: A perspective on livelihoods. Environmental Science and Policy, 2015 (54): 389–397.
- [15] Keskinen M, Someth P, Salmivaara A, et al. Water-energy – food nexus in a transboundary river basin: The case of Tonle Sap Lake, Mekong River Basin. Water, 2015, 7 (10): 5416–5436.
- [16] Liang S, Qu S, Zhao Q, et al. Quantifying the urban food-energy – water Nexus: The case of the Detroit metropolitan Area. Environmental Science and Technology, 2019, 53 (2): 779–788.
- [17] Chang Y, Li G, Yao Y, et al. Quantifying the water-energy – food nexus: Current status and trends. Energies, 2016, 9 (2): 1–17.
- [18] White H D. Pathfinder networks and author cocitation analysis: A remapping of paradigmatic information scientists. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2003, 54 (5): 423–434.
- [19] Allouche J, Middleton C, Gyawali D. Technical veil, hidden politics: Interrogating the power linkages behind the nexus. Water Alternatives, 2015, 8 (1): 610–626.
- [20] Rockström J, Falkenmark M, Karlberg L, et al. Future water availability for global food production: The potential of green water for increasing resilience to global change. Water Resources Research, 2009, 45 (7): W00A12.

- [21] Ringler C, Bhaduri A, Lawford R. The nexus across water, energy, land and food (WELF): Potential for improved resource use efficiency?. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2013, 5 (6): 617–624.
- [22] 李杰, 陈超美. CiteSpace: 科技文本挖掘及可视化 (第 2 版). 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2017.
- [23] Hellegers P, Zilberman D, Steduto P, et al. Interactions between water, energy, food and environment: Evolving perspectives and policy issues. *Water Policy*, 2008, 10 (1): 1–10.
- [24] Rockström J, Falkenmark M, Karlberg L, et al. Future water availability for global food production: The potential of green water for increasing resilience to global change. *Water Resources Research*, 2009, 45 (7): 1–16.
- [25] Bizikova L, Roy D, Swanson D, et al. The water-energy – food security nexus: Towards a practical planning and decision-support framework for landscape investment and risk management. Winnipeg, Manitoba: International Institute for Sustainable Development, 2013.
- [26] Wate D W. The world economic forum water initiative. Washington: Island Press, 2011.
- [27] Scott C A, Pierce S A, Pasqualetti M J, et al. Policy and institutional dimensions of the water-energy nexus. *Energy Policy*, 2011, 39 (10): 6622–6630.
- [28] Hussey K, Pittcock J. The energy-water nexus: Managing the links between energy and water for a sustainable future. *Ecology and Society*, 2012, 17 (1): 9.
- [29] Bach H, Bird J, Clausen T J, et al. Transboundary river basin management: Addressing water. *Energy and Food Security*, 2012.
- [30] Rasul G. Food, water, and energy security in South Asia: A nexus perspective from the Hindu Kush Himalayan region. *Environmental Science and Policy*, 2014, 39: 35–48.
- [31] Zhang C, Chen X, Li Y L, et al. Water-energy – food nexus: Concepts, questions and methodologies. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 195: 625–639.
- [32] Smajgl A, Ward J, P luschke L. The water-food – energy nexus-realising a new paradigm. *Journal of Hydrology*, 2016 (533): 533–540.
- [33] Ahmed S, Cokinos C. How does ecological modernization explain agriculture adaptation in coastal Bangladesh? A critical discussion. *Environmental Hazards*, 2017, 16 (2): 133–148.
- [34] McCormick P G, Awulachew S B, Abebe M. Water-food – energy-environment synergies and tradeoffs: Major issues and case studies. *Water Policy*, 2008, 10 (1): 23–36.
- [35] Hoff H. Understanding the nexus: Background paper for the Bonn 2011 Nexus Conference; the water, energy and food security nexus//Nexus Conference: The water, energy and food security nexus. Stockholm Environment Institute, Bonn. 2011.
- [36] Parthasarathy P, Narayanan S K. Effect of hydrothermal carbonization reaction parameters on. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 2014, 33 (3): 676–680.
- [37] Cooke S J, Allison E H, Beard T D, et al. On the sustainability of inland fisheries: Finding a future for the forgotten. *Ambio*, 2016, 45 (7): 753–764.
- [38] Hosseini S, Barker K, Ramirez-marquez J E. A review of definitions and measures of system resilience. *Reliability Engineering and System Safety*, 2016, 145: 47–61.
- [39] Yillia P T. Water-energy – food nexus: framing the opportunities, challenges and synergies for implementing the SDGs. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft volume*, 2016, 68: 86–98.

RESEARCH PROGRESS ON THE "WATER-ENERGY-FOOD" NEXUS BASED ON CITESPACE^{*}

Huang Yali, Deng Xiaojun^{}**

(School of Economics, Zhejiang University of Finance & Economics, Hangzhou 310018, Zhejiang, China)

Abstract Analyzing the "water-energy-food" nexus is beneficial to formulate comprehensive solutions integrated multi-disciplinary and multi-field, and provide a scientific basis and decision-making reference for the construction of regional ecological civilization. Based on the information visualization software CiteSpace, this study took Web of Science as the research data source, and analyzed the literature of the "water-energy-food" nexus research progress from six aspects: national cooperation, core authors, important journals, literature co-citation, key words, and burst word analysis. Results showed that the number of pertinent literature had been continually increased since 2011, which could be considered as the milestones in the field of "water-energy-food" nexus. The relative researches were mainly concentrated American-centered European and American countries, with the United States,

the United Kingdom, and China as the top three countries which published the most articles. Hoff H, Bazilian M and Fao were the founders of "water-energy-food" nexus field. The most published journals were "Energy Policy", "Environmental Science & Policy" and "Science", and all journals of "water-energy-food" nexus were evenly distributed. The citation burstness of the articles were mainly Hellegers P (2008), Rockstrom J (2009), Waughray D (2011), Scott CA (2011), Hussey K (2012), Bath H (2012), Bizikova L (2013) and Rasul G (2014). The latest theme with more referenced were interdisciplinary integration research in collaboration with various departments and the improve resilience to complex global changes; the research frontiers were urban areas, development interpretation structural models, factor analysis, policy perspectives, integration perspectives, Southeast Asia, South Asia, sustainable development goals, crop production, environmental justice, watershed, mountain range research, food security, energy security, the emerging frontier was sustainability; energy consumption and food consumption, separation of multiple models, global change, cross-basin, Southeast Asia, new hydrological perspective were the most concerned issues of recent years. Therefore, establishing a common and supportive conceptual framework and definition consensus, exploring effective quantitative methods and diversified risk characteristic indicators, and strengthening the research about the internal relationship of the nexus and its relationship with climate and ecology, are further suggested.

Keywords "water-energy-food" nexus; literature; hot spots; frontiers; CiteSpace

+++++

(上接第 145 页)

缺乏各地根据自身实际情况和需求制定的短、中、长期的工作目标和具体措施，乡村教育难以可持续发展。乡村振兴旨在缩小乡村与城市的差距，改变城乡发展不均衡的局面，实现农业农村现代化。乡村振兴靠人才，乡村教育能够从根本上改变农村人口的素质，为农村的发展提供源源不断的人才，因此乡村教育的发展直接影响乡村振兴战略能否顺利实施。

乡村振兴战略是在整个农村社会经济发展的宏观视域下展开的，为乡村教育发展提供了全局思维和强有力的支持。当前应积极推动多类型乡村教育发展，包括学前教育、基础教育、职业教育及成人教育。学前教育从早期培养开始，实现乡村儿童的全面发展；基础教育为接受高等教育奠定基础；职业教育结合当地产业发展的实际需求，针对义务教育后分流出来的一部分学生开展，为乡村发展培养对口人才，把乡村的人留在乡村；成人教育填补了乡村各行各业人员提高工作技能的空白，促进乡村人才培养形成良性循环。但城乡教育发展的

巨大差距不是短期内可以缩小的，乡村教育振兴是一个复杂的系统工程，应继续坚持深化教育体制改革，在优化教育环境的同时转变发展思路，破除城乡教育二元结构，实现真正意义上的教育公平。

乡村振兴战略意在实现农村各项事业的飞速发展，乡村教育是乡村振兴的源动力，因此乡村教育的发展具有重大的现实意义。2020 年是全面建成小康社会目标实现之年，乡村振兴战略是实现农村全面小康的必然选择，关系到能否实现“两个一百年”的奋斗目标和中华民族伟大复兴的中国梦。乡村教育发展可全面提高乡村人口的综合素质，为乡村各行各业积累人力资本，促进乡村全面振兴。“千村调查”项目是上海财经大学创新人才培养项目，已连续举办 12 年，《中国乡村振兴与农村教育调查：来自“千村调查”的发现》一书是结合“千村调查”2019 年主题在专业的社会调查基础上对乡村振兴和乡村教育发展的全面解析，为乡村振兴大背景下乡村教育发展指引了方向。

文/郝柯美（西安交通工程学院，副教授）