基于 CiteSpace 的中国流域生态补偿研究知识图谱分析

伍国勇[1,2] 李浩鑫[1,2] 杨丽莎[1] 孙红雨[11]

（1.贵州大学经济学院（西部中心），贵州 贵阳 550025；

2.生态文明（贵州）研究院，贵州 贵阳 550025）

【摘 要】：对国内流域生态补偿领域进行全面梳理并预测研究进展，探析其演进脉络，可为后续学者研究提供直观的参考和启发。基于 CiteSpace 软件，结合文献计量法与 ArcGIS 技术平台，对 CNKI 数据库中以“流域生态补偿”为主题的核心文献进行可视化分析。结果表明：发文量整体上呈现出波动增长的趋势，核心作者群规模已初步成型，研究机构在地理空间分布上呈现出由东部向西部梯度式下降的态势，补偿标准、支付意愿、横向生态补偿等关键词为当前热点话题。得出结论：研究阶段可大致分为融合发展期和集中探索期，研究内容从宏观统筹向具体流域的生态补偿标准、补偿模式等微观过渡式发展，且政策导向明显；研究主题主要有政策及理论、补偿主客体、补偿标准、补偿模式四个方面，并梳理出流域生态补偿逻辑；演化博弈、生态服务系统价值、融资效果、心理所有权、生态足迹等关键词将逐步成为当前的研究热点。

【关键词】：流域生态补偿 生态补偿逻辑 研究进展 CiteSpace

【中图分类号】：X196；F062.2**【文献标识码】**：A**【文章编号】**：1671-4407(2021)10-164-09

党的十九大提出加大生态系统保护力度，健全耕地草原森林河流湖泊休养生息制度，建立市场化、多元化生态补偿机制。因此，通过对流域生态补偿领域已有研究成果的及时回顾与梳理，不断明确流域生态补偿研究的方向、重点及存在的不足，对推进流域生态补偿领域的学术研究发展具有重要的理论价值和现实意义。

当前，有关流域生态补偿分析方面的文献较少，或是主题聚焦不够全面，或是主题过于宽泛，或是没有借助文献计量分析工具展开可视化研究。阮本清等[1]梳理了国内外在流域生态补偿概念、理论基础、补偿标准及其测算技术等方面的研究进展；钱凯[2]就如何确定生态补偿主客体、补偿标准提出政策建议；刘世强[3]针对补偿模式进行概括，并提出水资源产权在流域生态补偿中的核心价值地位；赵银军等[4]从流域内人类活动产生的损益入手，论述了流域生态补偿的概念、理论基础和运行机制；朱九龙[5]对跨流域调水生态补偿模式、补偿标准测算进行了回顾梳理；刘力和冯起[6]综述了流域生态补偿的基本概念和理论，总结并概括了补偿的制定方法、政策、原则、措施等环节；蒋毓琪和陈珂[7]对国内外流域生态补偿的概念、理论基础、利益相关者、补偿对象、补偿标准和补偿模式进行了传统的文献综述范式分析；徐素波等[8]对整个生态补偿所涉及的补偿标准、补偿方式、补偿意

[1]**作者简介**：伍国勇,博士,教授,博士研究生导师,研究方向为农村发展、生态经济。E-mail:Wgyong@139.com
杨丽莎,博士,副教授,研究方向为农林经济管理。E-mail:190682092@qq.com
基金项目：国家社会科学基金一般项目“多重排斥与西部特困地区包容性发展机制生成研究”(18BGL222);贵州大学“农林经济管理国内一流学科建设”项目(GNYL[2017]002);贵州省教育厅重点研究基地“中国喀斯特地区乡村振兴研究院”资助项目阶段性成果;贵州基层社会治理创新高端智库资助

愿、补偿应用四个角度的研究成果进行了阐述。综上，我国流域生态补偿专题的研究成果综述还极度匮乏，且基本是对大量文献的定性研究，在文献选择、热点方向判断等方面比较主观。因此，本文以 CiteSpace 可视化图谱为基础，结合文献计量法、地理空间信息探索法进行定量与定性分析，在了解我国流域生态补偿领域当今研究现状的基础上，剖析该领域研究热点及其演进趋势。

1 研究方法与数据来源

采用定量与定性相结合的方法从文献数量、发文作者、发文机构和关键词共现四个方面全方位探讨我国流域生态补偿领域研究的动态进展，研究涉及基础数据分析与主题演进分析两大类别。基础数据分析层面：运用 Excel 软件绘制载文量年度分布趋势图，掌握其演进趋势并为阶段划分提供依据；借助 CiteSpace 软件绘制合作知识图谱，分析发文作者与发文机构合作特征；采用文献计量法探测发文作者是否生成核心作者规模群，并为主题划分提供依据；基于 ArcGIS 技术平台分析各发文机构在地理空间上的分布特征；采用关键词频次、中心度、Sigma 指数以及半衰期四项指标，分析流域生态补偿基础研究领域。主题演进分析层面：借助 CiteSpace 软件绘制该领域突现关键词表、关键词聚类共现时间轴视图以及关键词网络共现聚类知识图谱，从发展时间、主题内容两个维度探析我国流域生态补偿领域的研究阶段及主题划分。

本文在 CNKI 数据库的“高级检索”中检索主题为“流域生态补偿”及篇名与关键词中含有“流域生态补偿”的期刊论文(注：地下水生态补偿和虚拟水生态补偿涉及文献极少，故不考虑)；检索截止日期为 2020 年 6 月 30 日；文献来源限定为全部期刊(CNKI 囊括的所有期刊)、核心期刊[包括中文核心期刊、CSSCI(含扩展版)以及 CSCD(含扩展版)]两大类；检索结果分别为 1299 条、565 条；通过剔除卷首语、期刊会议征稿、学校人才招聘、书评、无作者文献及其他与主题不相关条目等无关条目，分别获得有效文献 1219 篇、544 篇。检索结果发现，最早研究流域生态补偿的学术文献刊于 2002 年《水土保持学报》第六期，题目为《关于流域生态补偿问题的研讨》，文中提出分清补偿流域和非补偿流域，强补偿型流域和弱补偿型流域，对于正确评价水土保持在流域治理中的作用至关重要[9]。因此，将 544 条数据导入 CiteSpace 软件建立以“流域生态补偿”为主题的数据处理项目，时间跨度为 2002—2020 年，分别基于发文作者(Author)、发文机构(Institution)、关键词(keyword)绘制不同的知识共现图谱。

2 基础数据统计与分析

2.1 文献载文量分析

文献是信息的重要载体，文献计量方法是以文献为载体，通过对文献的内容进行分析以反映研究主题的发展情况和变化趋势[10]。将样本数据以每年发文量进行统计梳理，绘制出流域生态补偿文献载文量年度分布走势图(图 1)，其中不包含 2020 年上半年的文献发文量，以期更准确地评判演进情况和预测发文趋势。

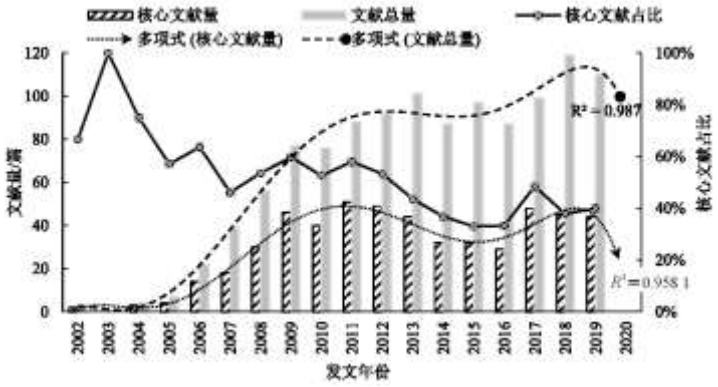

图 1 文献载文量年度分布走势图

注：核心文献占比=年度核心文献数量/年度文献总量×100%。核心文献类别和总文献类别以横坐标轴日期划分，按照主要纵坐标轴发文量进行排列；核心文献占比类别以横坐标轴日期划分，按照次要纵坐标轴百分比进行排列；多项式(核心文献量)和多项式(文献总量)是分别对核心文献量和总文献量的发文量预测。

由图 1 整体上可看出：围绕流域生态补偿主题的相关文献发表量整体上呈增长趋势，核心文献占比呈下降趋势，表明该领域影响范围逐步扩大，但研究深度逐渐减小。具体来看：2005 年之前发文量较低且稳定保持在个位数，表明影响较低；2005—2009 年间发文量呈“爆炸式”增长，且核心文献占比于 2009 年达到波动峰值，表明研究广度与力度迅速扩大；2010 年至今发文量呈现出波动式增长态势，期间核心占比一度下滑直至 2017 年才有所回升，表明研究到了攻坚克难的阶段，刊发优秀论文较难。同时，针对文献类别进行多项式曲线高度拟合，分别预测出 2020 年度有效核心文献量和有效总文献量在 25 篇和 100 篇附近波动。事实上，2020 年上半年(6 月 30 日前)核心文献有效量和有效总文献量分别为 13 篇、55 篇，相较于 2019 年度发文量确有明显下降趋势，表明该领域需要更进一步深层次研究。

2.2 文献作者分析

对样本文献的发文作者进行定量分析，不仅可以探析流域生态补偿研究领域的主要代表性学者，而且可以作为衡量研究共同体形成状况的重要依据。根据普赖斯定律规定核心作者群的形成要求，核心作者应撰写该领域全部论文的 50%及以上，且核心作者发文数计算公式为$Mp=0.749\times\sqrt{Np_{max}}$。其中，Mp 为核心作者的发文量下限，$Np_{max}$是指发文最多作者的论文数[10]。通过对文献作者频次统计整理得出，山东农业大学经济管理学院葛颜祥教授核心文献发文量为 17 篇，即 Np_{max}=17，得出 Mp=3.09，择取整数，该领域研究的核心作者在样本文献的核心期刊中的发文量应该大于或等于 4 篇。样本数据显示有 43 位作者发文量在 4 篇(含 4 篇)以上，总发文量为 250 篇，占样本发文总量 544 篇的 45.96%，小于标准 4.04 个百分点。同时引入洛卡特定律，其依据平方反比律，当发表 1 篇论文的总作者数量百分比在 60%左右，即可判定该领域核心作者群已生成[11]。样本数据中发表 1 篇论文作者共 893 位，占样本作者总量 1088 的 82.08%，与洛特卡定律所设定的 60.79%相差 21.29%。

此外，借助 CiteSpace 软件，设置“Author”为选择节点，绘制出发文作者合作知识图谱(图 2)。在图谱中：颜色从紫色到橙色表示时间从早期到近期的变化，节点圈层及节点间连线的颜色与年份相对应；节点大小表示作者发文量多少，节点间连线的粗细表示作者之间合作强度的大小。由图 2 可以看出，流域生态补偿领域已形成了几个高影响力的协作团队。结合团队的研究主题可以发现，在流域生态补偿研究领域内，各团队的研究主题各有侧重且具有持续性，比如以研究流域生态服务价值补偿标准和补偿模式为中心的葛颜祥团队、以研究主客体补偿和受偿意愿测算为中心的徐大伟团队、以研究水资源生态环境建设与保护为中心的陈兆开团队、以研究水权交易和水环境保护为中心的刘桂环和张惠远团队等。

图 2 发文作者合作知识图谱

综上可知，流域生态补偿研究领域核心作者群虽尚未成型，但已初具规模。研究者间紧密而持久的协作关系在流域生态补偿研究中发挥了积极作用，极大地推动了发文量的提高；研究群体间大多各自为政，研究主题各有侧重，团体科研力量较为分散，缺乏横向交流合作，一定程度上制约了研究的质量和水平。

2.3 发文机构分析

通过机构合作情况的分析，可以掌握某一研究领域的主要研究力量及布局。将软件 CiteSpace 节点选择设置更改为“Institution”，其他设置不变，绘制出发文机构的合作知识图谱(图 3)。从图 3 中可知，研究机构较为分散，各研究机构之间缺乏有效的横向合作，没有形成资源共享局面。其中，山东农业大学经济管理学院、生态环境部(环境保护部)环境规划院、河海大学商学院、中国水利水电研究院以及西安交通大学经济与金融学院核心文献发表量较高，并且首发年份较早，反映出这些研究机构较早就对流域生态补偿领域研究方面进行关注，并且有较大的影响力；其余较小节点的研究机构首发年份较晚且发文量差距相对较小，结合近几年相关核心文献发表量呈现出波动缓慢的增长趋势，表明我国流域生态补偿研究受到广泛关注，但众多科研机构对该主题的研究缺乏更为深度的探讨。

结合图 3，基于对文献的研读发现，该领域研究机构可大致分为四大类，即农林类、政法类、理工类、环境科学类。其中，农林类研究机构以山东农业大学经济管理学院、西北农林大学经济管理学院、中国工业大学人文与发展学院以及沈阳农业大学经济管理学院较为突出，多以具体案例为研究对象，通过先提出就流域生态补偿相关的外部性和交易成本等基础理论作为依据，再以补偿的意愿、成本、效益等标准确定利益相关者，对补偿主体以及受偿主体进行框定，最后针对所研究的案例提出一套符合当地特色的补偿模式；政法类研究机构以西安交通大学法学院、山东政法商学院、重庆大学法学院以及北京大学法学院较为突出，更侧重于对流域生态补偿相关管理政策和法律制度的修改与完善，注重政府、地方以及市场三者之间的利益平衡，在交易成本理论的基础上提出对流域排污权、水权转让以及流域生态环境产权的界定；理工类研究机构以河海大学商学院、中国水利水电科学研究院、大连理工大学管理与经济学部以及东华理工大学经济管理学院较为突出，更倾向于运用系统动力学模型、DEA 合作博弈模型、Malmquist 指数分析模型等理论模型或利用 SWOT 分析、条件估值法、多阶段信号分析等分析方法结合实地调查对流域生态补偿意愿、补偿效益、补偿方式的推导研究；环境科学类研究机构以生态环境部(环境保护部)环境规划院、中国科学院地理科学与资源研究所以及生态环境部华南环境科学研究所较为突出，更注重将宏观层面的政策制度和指导理论相结合，对该领域的发展做推进与规划，多以实地案例研究为主，建立流域可持续发展的理论，运用计量模型以及水生态检测体系对流域的生态服务进行评估，推进建设循环经济发展与生态环境保护相匹配的流域生态补偿机制。

图 3 发文机构合作知识图谱

进一步，通过统计各发文机构所在省份城市，运用 ArcGIS 软件对其空间地理信息进行探索，研究发现：我国研究机构对流域生态补偿领域的关注度在地理空间分布呈现出由东部向西部梯度式下降，即由沿海地区向内陆流域下游、中游、上游地区过渡，呈现出阶梯式下降趋势。整体上从我国四大地理分区来看：研究机构较集中于北方和南方地区，青藏和西北地区也稍有涉及，显示了我国流域生态补偿研究受到较为广泛的关注，影响较大。然而除我国东南部地区形成连片性的区域联合热点密度群外，其他地区较为分散，表明不同研究机构之间缺乏合作。具体从我国九大流域片区来看：长江流域与海河流域对流域生态补偿领域的研究较为关注，且多集中于中下游的地区；淮河流域中游、黄河流域中游、珠江流域中下游以及东南诸河流域下游等地区关注度次之；松辽河流域、内陆河流域以及西南诸河流域等地区相关核心文献发表量较低，关注度较小。此外，研究机构较集中于大流域的主干附近，各支流附近地区涉及较少。

2.4 核心词汇基础性分析

文献的关键词是表达文献主题概念的词或词组，是作者学术思想及学术观点的凝练，研究探索核心关键词是对整个研究领域的研究基础。词频分析是通过能表达或反映文献核心内容的关键词或短语在研究领域文献中的出现频次来确定研究的热点内容和发展趋势的一种文献计量法[10]。中心性的大小可以一定程度上反映学者对相关内容的关注程度，表示某一节点在网络中与其他节点间关联程度的数量关系以及对相邻节点的质量控制关系，也可呈现目前学术研究的热点问题；Sigma 指数可用来识别创新性的文献及主题；关键词半衰期的长短通常能表示其在一个研究领域内备受关注的热度大小[12]。

基于文献研读，借助软件对样本文献的关键词进行分析处理，统计汇总出该领域的频次、中心度指数、Sigma 指数、半衰期指数等排名前 20 的核心关键词汇(表 1)。从词频角度可看出：“生态补偿”“流域生态补偿”“流域”“补偿标准”“流域生态补偿机制”“支付意愿”等关键词共现度较高，反映出流域生态补偿是由生态补偿与流域相互融合衍生出的产物，补偿标准是整个补偿机制的核心所在，演化博弈是评测利益相关者的支付意愿、受偿意愿、补偿意愿的主要理论方法；“长江流域”“跨流域调水”“主体功能区”“横向生态补偿”等关键词共现度次之，表征出研究区域对象的多元化(囊括长江、黄河、湘江、东江等流域)，主体功能区的划分亦有利于横向生态补偿办法的实施。从中心性可看出：“流域”“生态补偿标准”“支付意愿”“小流域”等关键词中心性较大，对相邻节点的质量控制较高，体现出支付意愿是流域生态补偿标准的关键点，补偿标准的核算要涉及生态系统的服务功能；“机会成本”“核算方法”“水资源”等关键词中心度次之，反映出机会成本是测定补偿标准的重要核算方法，跨流域调水工程的实施能够有效缓解水资源问题。从 Sigam 值来看：“生态补偿标准”“流域”“生态补偿”“机制”“流域居民”“横向生态补偿”等关键词是较为具有创新性的主题，印证了流域生态补偿的提出符合人类历史发展的规律，是经济社会发展的产物，横向生态补偿是未来补偿方式的发展趋势。半衰期方面，结合首发年份可知，影响期限较长的有 2004 年的“流域”、2008 年的“水源地”、2011 年的“生态补偿标准”、2012 年的“补偿意愿”、2013 年的“重点流域”“长江流域”“机会成本”、2017 年的“横向生态补偿”，可见流域生态补偿领域研究关注的是流域与生态补偿机制如何从融合过渡到自身主体的发展，首先针对补偿标准测定的影响因素分析探讨，然后到流域居民等利益相关者的意愿评估，最后再到如今如何合理科学地构建横向生态补偿机制。综合四大指标可知：在流域生态补偿核心议题下，“生态补偿标准”“支付意愿”“流域生态补偿机制”“生态系统服务”“横向生态补偿”“水资源”“流域居民”“演化博弈”等关键词是流域生态补偿的基础研究领域。

3 研究阶段划分与主题分析

运用 CiteSpace 软件对流域生态补偿研究的关键词进行聚类分析，绘制出关键词聚类共现时区图谱、关键词共现聚类知识图谱以及高频突现词表格，从时间、内容两个维度探寻流域生态补偿领域的研究热点，有助于在了解流域生态补偿领域研究热点演进过程的基础上，进一步分析该领域当今研究热点及其演进趋势。

3.1 发展时间维度的纵向分析

一组突现的动态概念和潜在的研究问题可以代表某一领域的研究热点。借助 CiteSpace 软件，选择节点为“Keyword”，得到 13 个突现关键词以及对应的突现率(表 2)，突现关键词是将某段时间内其中频次变化率高的词从大量的主题词中探测出来，代表某一阶段的研究热点；共现时区图谱使得相同年份热点关键词按时间顺序进行排列并集合在相同区域，突现词表可揭示各阶段研究热点关键词。同时结合文献载文量趋势图(图 1)，流域生态补偿领域主题热点演进路径可大致分为两个阶段：2002—2010 年期间的生态补偿与流域融合发展阶段，2011—2020 年 6 月期间的集中探索流域生态补偿标准阶段。

第一阶段，该时期研究热点是在频次最高的“生态补偿”和中心度以及突现度最高的“流域”融合的基础上所衍生的。研究学者们开始注重对流域生态补偿机制的研究，并逐渐意识到流域生态补偿标准是流域生态补偿机制的关键所在，提出一系列制度政策以及理论指导。比如常杪和邬亮[13]提出流域生态补偿标准、实际补偿量、组织实施和竞争机制的使用是补偿模式的决定要素；黄宝明和刘东生[14]认为必须在东江源区保护中调整上中下游相关各方的经济利益关系，建立起跨省的流域生态补偿机制；李国英[15]认为政府应以财政转移支付的方式为主导进行补偿，流域上下游应以水权交易和排污权交易的途径进行生态补偿；李宁等[16]提出生态补偿的基本制度法定化，完善流域生态补偿管理体制，优化生态补偿横向转移支付制度，并且拓宽生态补偿资金的筹资渠道等。

表 1 核心关键词基础性分析表

序号	关键词	频次	关键词	中心性	关键词	Sigam	关键词	半衰期
1	生态补偿	273	流域	1.09	生态补偿标准	9.39	生态补偿标准	11
2	流域生态补偿	88	生态补偿	0.84	流域	8.61	水源地	11
3	流域	85	生态补偿标准	0.83	生态补偿机制	6.59	生态补偿机制	8
4	补偿标准	33	生态补偿机制	0.58	生态补偿	6.37	补偿意愿	7
5	生态补偿机制	29	流域生态补偿	0.46	机制	2.73	重点流域	7
6	流域生态补偿机制	21	支付意愿	0.44	流域生态补偿机制	1.77	流域	6
7	生态补偿标准	20	机制	0.38	水资源	1.64	长江流域	6
8	支付意愿	16	小流域	0.32	补偿标准	1.62	生态服务付费	6
9	机制	12	生态服务付费	0.21	流域居民	1.46	流域生态补偿机制	5
10	长江流域	10	补偿标准	0.2	横向生态补偿	1.41	横向生态补偿	5
11	跨流域调水	10	流域生态补偿机制	0.2	演化博弈	1.27	演化博弈	5
12	水资源	9	机会成本	0.2	受偿意愿	1.13	机会成本	5
13	主体功能区	8	核算方法	0.17	长江流域	1.11	博弈论	5
14	横向生态补偿	7	东江流域	0.15	流域生态补偿	1	生态补偿	4
15	演化博弈	6	流域居民	0.15	支付意愿	1	机制	4

16	受偿意愿	6	水资源	0.14	小流域	1	补偿标准	4
17	补偿意愿	6	鄱阳湖流域	0.14	生态服务付费	1	核算方法	4
18	黄河流域	6	横向生态补偿	0.12	机会成本	1	黄河流域	3
19	湘江流域	6	生态系统服务	0.11	核算方法	1	水资源	2
20	东江流域	6	跨流域调水	0.08	东江流域	1	流域居民	2

表 2 高频关键词突现表

关键词	突现度	起止年份	2002—2020
生态补偿	3.0307	2002—2005	
流域	2.9245	2003—2008	
生态补偿机制	4.1277	2006—2010	
生态危机	2.4393	2007—2008	
机制	3.1028	2008—2011	
水资源	3.7019	2011—2013	
流域生态补偿机制	3.065	2011—2013	
生态补偿标准	3.7081	2011—2016	
受偿意愿	3.0635	2015—2017	
补偿标准	2.6452	2016—2017	
长江流域	2.6151	2016—2020	
横向生态补偿	3.1505	2017—2020	
演化博弈	3.2119	2018—2020	
流域居民	2.6721	2018—2020	

第二阶段，该时期“水资源”“生态补偿标准”“受偿意愿”和“横向生态补偿”等突现词突现，说明随着研究的不断深入和推进，研究的范围愈加具体细致化，也标志该领域的研究开始从宏观层面走向微观层面并逐步出现其自身特色的概念界定及理念推广。学者们提出在生态关系密切的区域建立起生态服务的市场交换关系，建立税收政策机制，以中央政府牵头的横向转移支付机构，通过结合并运用福利经济学原理与环境经济学原理、计量经济学模型和演化博弈模型、成本核算法和条件价值估计法等多学科交叉理论、模型、方法对水资源进行生态补偿标准测算，以此来确定转移支付标准，进而确定相适应的补偿方式，使得生态服务的外部效应内在化，以实现全流域经济社会的和谐发展。如：张乐勤等[17]基于外部性理论提出了流域生态补偿标准应本着因地而异原则，视生态服务的空间差异而定；聂倩和匡小平[18]提出应建立横向转移支付制度和适时开征具有生态

补偿性质的税收，构建促进市场补偿模式发展的政策体系；周晨等[19]确立了生态补偿的上限标准和分摊机制，并尝试根据生态服务功能和动态价值变化确立生态补偿支付标准；吴元兴等[20]基于主体功能区发展规划，制定了以各地对省域生态环境保护治理贡献大小为评估标准的省级生态补偿专项资金分配的具体方案；王奕淇等[21]构建了流域生态服务价值横向补偿的理论模型，通过层次分析法与熵权法相结合，测算下游各地方政府应分摊的横向补偿的权重；娜仁等[22]、王雨蓉等[23]以我国首个跨区域上下游横向生态补偿机制的安徽新安江流域为研究对象，认为应加大造血型生态补偿财政支出、增加生态系统服务额外性、科学规定补偿主体、界定生态补偿的条件性、调节利益分配以及与其他社会目标相适应等行为方面进行完善流域生态补偿机制。

3.2 主题内容维度的横向分析

应用 CiteSpace 软件，其他设置不变，绘制出共现聚类图谱(图 4)，图谱中的 S=0.7917、Q=0.9412，表明图谱结构显著、聚类效率较高且令人信服[12]。依据关键词之间的共现关系及其强度，采用 LLR、MI 聚类算法进行“Cluster”分析，挖掘出最合适的主题聚类词，以探析该领域研究各主题方向母聚集类及其子类。其中，LLR(log-likelihoodration)，即对数似然比算法，根据概率密度函数测算关键词之间的相似度；MI(mutualinformation)，即互信息算法，根据 Kullback-Leibler 散度来衡量关键词之间的关联程度。在二次研读文献的基础上，依据关键词基础性分析，结合网络聚类分布图谱，同时征询专家意见，中国流域生态补偿领域研究发展主要有四个主题方向：政策及理论、补偿主客体、补偿标准以及补偿模式。各研究方向逻辑关系大致如图 5 所示，在流域生态补偿逻辑中，政策制度起导向作用，能够推进相关基础理论的演进发展，通过对利益相关者的利益权衡确定补偿主客体，运用定量研究方法结合相关政策构建补偿标准以确定相应的流域生态补偿模式，各环节之间交叉融合，相互反馈调节，使得流域生态补偿机制趋于完善。

图 4 关键词网络共现聚类知识图谱

政策及理论方面。该研究方向贯穿于流域生态补偿机制建设全过程和各方面，主要涉及流域生态补偿方案#0、跨流域调水

#8、三峡库区#7、水环境治理#6、环境水力学#1 等关键词母聚类。改革开放以来，我国经济社会得以迅速发展，但生态和环境问题依然是制约经济社会发展的瓶颈。为实现经济社会的全面可持续发展，2002 年颁布的《水法》开启了流域生态补偿的治理之路。2005 年中共十六届五中全会首次要求政府按照“谁开发谁保护、谁受益谁补偿”的原则，加快建立生态补偿机制。从此，生态补偿开始在中国全面开展。2008 年的《水污染防治法》、2010 年的《水土保持法》以及 2010 年国务院把制定《生态补偿条例》列入立法计划将流域生态补偿推向了高潮。2013 年中共十八届三中全会提出，推动地区间建立横向生态补偿制度，建立吸引社会资本投入生态环境保护的市场化机制。2017 年党的十九大报告提出，要建立健全多元化生态补偿机制和河流湖泊休养生息制度。政策制度的构建推动了相关基础理论的演进发展。赵春光[24]指出流域生态补偿制度的基础理论主要有：可持续发展理论，包括外部性、公共物品、生态价值和科斯的经济学理论，包括负载定额规律、生态平衡原理的环境生态学理论，包括秩序的价值观、公平与效率均衡的价值观以及利益协调平衡的法律功能的法学理论，为后续学者研究流域生态补偿奠定了理论基础。在此基础上逐渐衍生出一系列相关理论，探讨生态补偿政策研究的前景理论，对生态补偿实施可行性评测的公平—效率—有效性的相关性理论、适应性管理理论以及博弈论中静态博弈、动态演化博弈和微分博弈的有关理论，府际合作治理的共容利益理论、强互惠理论，以及对具体构建补偿标准的生态补偿耗散结构理论、水足迹理论、灰色系统理论等等。

补偿主客体方面。该研究方向侧重于利益相关者支付意愿和受偿意愿的评测及其影响因素分析，涉及支付意愿#2、水资源#6、分配#3、供应链协调#4 等关键词母聚类。学者们基于上述理论基础对补偿主客体的生态补偿支付意愿、受偿意愿进行一系列的实证研究分析，权衡补偿主客体之间的利益，以期达到更合理的生态补偿。支付意愿方面：李超显和周云华[25]提出支付意愿取决于利益相关者的内、外部两种特征，内部特征主要指心理预期、性别、收入、学历、职业和年龄等特性，外部特征主要指居住时间、居住距离、居住环境等特性。内部特征方面：除性别外均与支付意愿存在显著的正相关关系[25]；葛颜祥等[26]发现黄河上游女性补偿意愿较男性更强，而接玉梅等[27]发现下游男性较女性的生态补偿支付意愿更高，表明补偿意愿受流域上下游的区位影响；赵玉等[28]认为心理距离较远、对环保部门的信任度较低是支付意愿偏低的主要原因，提升居民对河流的占有感能够提高居民支付意愿；张化楠等[29]指出生态补偿政策的心理预期只对优化开发区有显著正向影响；蒋毓琪等[30]研究发现林农对于提高流域森林生态补偿的意愿较为强烈。外部特征方面：樊辉等[31]指出石羊河流域城镇居民支付意愿高于农村居民，而城镇居民支付意愿最高的属性是森林覆盖率，农村居民较偏向于自然景观比例；赵建彬和陶建蓉[32]指出居住距离正向影响支付意愿，但张化楠等[29]指出居住距离对流域重点开发区有显著的负向影响；蒋毓琪等[30]指出居民更愿意通过基础水价提升方式对流域上游进行补偿。此外，王奕淇和李国平[33]指出流域居民支付意愿显著受到动物种类/数量、水土流失情况、河流面积/水量、水质这 4 个属性变量的正向影响，流域居民受偿意愿主要受性别、文化教育水平、职业、生态补偿认知度、家庭收入的影响。具体来说，彭晓春等[34]指出居民性别、教育水平的显著性水平较高，性别比例失衡会导致受偿意愿的上升，文化程度升高受偿意愿随之增加；李长健等[35]添加职业因素分析指出，职业因素对居民在补偿主体选择、现金补偿计算依据和非现金补偿方式选择方面的影响较强；施翠仙等[36]认为家庭收入来源对补偿方式的选择偏好有显著负向影响，生态补偿认知度和是否参与过生态补偿是显著影响农户参与生态补偿意愿的主要因素；而蒋毓琪等[37]则详细指出家庭收入对受偿意愿影响呈倒“U”型。

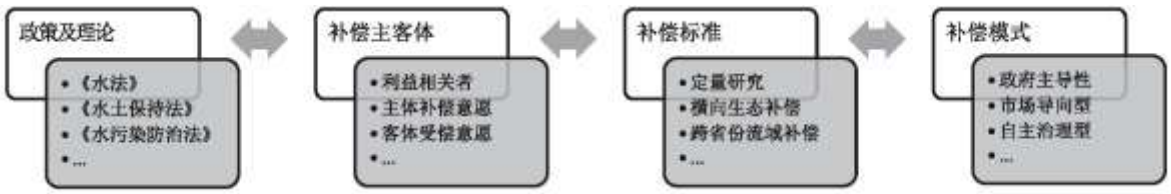

图 5 流域生态补偿逻辑图

补偿标准方面。该研究方向是确定生态补偿量的核心，直接关系到流域生态补偿的科学性和实施效果，囊括补偿标准测算#0、dea 模型#8、环境水力学#1、选择实验#2 等关键词母聚类。研究者们通过把握利益相关者的补偿意愿结合理论模型对补偿标准进行定量研究，从而确定补偿模式，达到保护流域生态环境的目的。乔治等[38]运用 Logistic 模型定量测算生态补偿强度，结合机会成本法理论，构建出一个具有可操作性的区域水土保持生态补偿经济定量化模型。自乔治等[38]将计量模型结合理论方

法引入测算生态补偿强度伊始，流域生态补偿的定量研究方法便迅速发展，犹如 SWAT 模型、NPP 模型、Markowitz 均值方差模型、Malmquist 指数分析模型、InVEST 模型以及 AHP-DEA 模型等计量模型，甚至衍生出交叉学科、跨学科以及多学科综合类的研究方法，以更合理地测算补偿标准或生态补偿量。比如李怀恩等[39]基于模糊数学模型的水资源价值计算方法计算出当地水资源价值，构建出考虑水质因素的生态补偿量计算模型；张婕等[40]基于实物期权理论中的二项式实物期权模型，构建出流域生态补偿机会成本实物期权测算模型；杨兰和胡淑恒[41]基于生态系统服务价值法和机会成本法的动态测算模型，针对跨流域生态补偿标准展开研究；吴娜等基于 InVEST 模型和加权法核算流域新增生态服务量，确定流域生态补偿上限[42]；陈伊郴等[43]运用遥感、GIS 和 SWAT 水文模型等技术手段，构建出基于成本核算法的琼中县水资源横向生态补偿总量计算模型。

补偿模式方面。该研究方向是对流域生态补偿机制最终呈现的方式，涉及流域#1、生态补偿机制#7、供应链协调#4、分配#3 等关键词母聚类，由最初的宏观统筹逐渐演进为微观个体化、可行化。因考虑到不同流域之间存在的差异性，王青云[44]提出因地制宜确定补偿模式，分类分级组织实施生态补偿。为合理配置资源提高补偿效率，流域环境作为公共物品，政府管制便成为流域环境保护的首选，马莹[45]根据公共经济学原理对政府干预流域生态补偿的深度、广度和方式进行界定，使得政府职权更为明确。就对补偿模式的划分，刘世强[3]提出以流域源头保护为主的项目补偿、流域水污染控制责任制及跨区补偿和水资源短缺下的水权交易补偿等三种主要模式，针对三种主要模式，朱九龙[46]、温锐和刘世强[47]、张婕等[48]、李国英[15]分别提出或构建了水源区和受水区共建联合生态工业园的对策、水资源补偿与优劣水质奖惩责任制相结合的流域跨区水资源补偿机制、上下游之间关于水污染补偿方案的协商模型、上下游应以水权交易和排污权交易的途径进行生态补偿。在实践中，政府财政转移支付这种“输血型”补偿方式很难实现环境保护与经济发展的良性互动，亟须引入市场竞争机制。曹建清[49]提出了准市场交易的补偿模式；黄炜[50]提出了构建以基于市场的横向补偿为主、财政纵向转移支付为辅的补偿模式；聂倩和匡小平[18]提出应建立横向转移支付制度和适时开征具有生态补偿性质的税收，构建促进市场补偿模式发展的政策体系；郑雪梅[51]提出以生态基金模式为核心建立生态补偿横向转移支付运作机制。

4 总结与展望

本文基于 CNKI 数据库中主题为“流域生态补偿”的核心文献为样本，采用知识图谱分析法、文献计量法、地理空间信息探索法，分别从文献载文量、发文作者、研究机构以及高频关键词等四个方面对流域生态补偿领域研究现状进行了梳理与总结，得出以下结论。直观上：①文献发表量整体呈现出波动增长的态势，但未来有明显下降趋势；核心文献量占比逐年下降，研究力度还有待加深。②核心作者群已初步规模成型，研究整体上趋于成熟；研究群体缺乏横向交流，在一定程度上制约了研究的质量和水平。③该研究受到较为广泛的关注，但研究机构之间缺乏合作；研究机构多处于大流域的主干附近，各支流附近地区涉及较少。客观上：①该领域历史研究呈现两大阶段，目前可能已进入攻坚克难时期，流域生态补偿机制初步成熟，亟须进一步完善。②该领域研究涉及法学、地理学、生态学、福利经济学、环境经济学等多个学科，学科门类逐渐多元化，综合性不断增强。③“演化博弈”“生态服务系统价值”“融资效果”“生态足迹”“心理所有权”等成为最新研究热点；“横向生态补偿”“补偿标准”“支付意愿”等成为流域生态补偿研究的最新前沿话题。

综上，基于文献与政策文件的研读，就流域生态补偿领域研究提出以下几点建议：①创新生态补偿机制，完善生态补偿立法。联合政府、企业、高校、科研机构共同打造流域生态补偿的“政产学研用”五位一体创新研究平台，发挥平台统筹兼顾、部门协同、科技支撑的作用；完善流域生态补偿法律法规，规范社会行为，使因生态补偿引起的矛盾纠纷有法可依。②弱化政府参与度，强化市场补偿度。以市场补偿为主、政府补偿为辅的市场化生态补偿机制是未来发展的必然趋势[7]；转变政府角色定位，加快完善市场化生态补偿的法律法规和产权流转机制；强化流域生态系统服务受益者社会责任意识、保障流域生态系统服务提供者经济利益、建立市场化流域生态补偿绩效评估机制。③资金筹措渠道多元化，资金管理专项化。规范中央与地方的财权事权匹配关系，建立绿色金融支撑倾斜制度，加大流域生态补偿性税收力度；建立专项基金，推进支付方式改革，加强支付费用的管理，提高补偿资金运营的透明度和经费使用的合理性与实效性等。④开拓研究视角，延伸研究主题。加强对我国小流域生态补偿的研究力度，完善健全小流域治理“河长制”配套政策改革、水权制度改革和水权配置市场；加强跨区域的协作机制建设，从全流域生态系统的整体出发，全方位发展；建立生态补偿大数据平台，加快推进生态补偿环境治理智慧化、现代化

的进程。

参考文献：

[1]阮本清，许凤冉，张春玲.流域生态补偿研究进展与实践[J].水利学报，2008(10)：1220-1225.

[2]钱凯.完善生态补偿机制政策建议的综述[J].经济研究参考，2008(54)：39-44.

[3]刘世强.我国流域生态补偿实践综述[J].求实，2011(3)：49-52.

[4]赵银军，魏开湄，丁爱中，等.流域生态补偿理论探讨[J].生态环境学报，2012(5)：963-969.

[5]朱九龙.国内外跨流域调水水源区生态补偿研究综述[J].人民黄河，2014(2)：78-81.

[6]刘力，冯起.流域生态补偿研究进展[J].中国沙漠，2015(3)：808-813.

[7]蒋毓琪，陈珂.流域生态补偿研究综述[J].生态经济，2016(4)：175-180.

[8]徐素波，王耀东，耿晓媛.生态补偿：理论综述与研究展望[J].林业经济，2020(3)：14-26.

[9]王金龙，马为民.关于流域生态补偿问题的研讨[J].水土保持学报，2002(6)：82-83，150.

[10]黄宝晟.文献计量法在基础研究评价中的问题分析[J].研究与发展管理，2008(6)：108-111.

[11]王静，王宏鑫.关于 Lotka 定律的研究——纪念洛特卡定律创立 80 周年[J].情报杂志，2007(4)：94-96.

[12]陈悦，陈超美.引文空间分析原理与应用：CiteSpace 实用指南[M].北京：科学出版社，2014：16.

[13]常杪，邬亮.流域生态补偿机制研究[J].环境保护，2005(12)：60-62.

[14]黄宝明，刘东生.关于建立东江源区生态补偿机制的思考[J].中国水土保持，2007(2)：45-46，55.

[15]李国英.流域生态补偿机制研究[J].中国水利，2008(12)：1-4.

[16]李宁，丁四保，王荣成，等.我国实践区际生态补偿机制的困境与措施研究[J].人文地理，2010(1)：77-80.

[17]张乐勤，许信旺，曹先河，等.小流域生态补偿标准实证研究[J].科技进步与对策，2011(10)：31-35.

[18]聂倩，匡小平.完善我国流域生态补偿模式的政策思考[J].价格理论与实践，2014(10)：51-53.

[19]周晨，丁晓辉，李国平，等.南水北调中线工程水源区生态补偿标准研究——以生态系统服务价值为视角[J].资源科学，2015(4)：792-804.

[20]吴元兴，徐学荣，谢联辉.建立健全省域生态补偿机制的研究——以福建省为例[J].福建论坛(人文社会科学版)，2015(4)：142-147.

[21]王奕淇，李国平，延步青.流域生态服务价值横向补偿分摊研究[J].资源科学，2019(6)：1013-1023.

[22]娜仁，陈艺，万伦来，等.中国典型流域生态补偿财政支出的减贫效应研究——来自 2010—2017 年安徽新安江流域的经验数据[J].财政研究，2020(5)：51-62.

[23]王雨蓉，陈利根，陈歆，等.制度分析与发展框架下流域生态补偿的应用规则：基于新安江的实践[J].中国人口·资源与环境，2020(1)：41-48.

[24]赵春光.流域生态补偿制度的理论基础[J].法学论坛，2008(4)：90-96.

[25]李超显，周云华.湘江流域生态补偿支付意愿及其影响因素的实证研究[J].系统工程，2013(5)：123-126.

[26]葛颜祥，梁丽娟，王蓓蓓，等.黄河流域居民生态补偿意愿及支付水平分析——以山东省为例[J].中国农村经济，2009(10)：77-85.

[27]接玉梅，葛颜祥，徐光丽.黄河下游居民生态补偿认知程度及支付意愿分析——基于对山东省的问卷调查[J].农业经济问题，2011(8)：95-101.

[28]赵玉，张玉，熊国保.基于随机效用理论的赣江流域生态补偿支付意愿研究[J].长江流域资源与环境，2017(7)：1049-1056.

[29]张化楠，葛颜祥，接玉梅.流域内优化和重点开发区居民生态补偿意愿的差异性分析[J].软科学，2020(7)：8-13.

[30]蒋毓琪，陈珂，朱少英，等.浑河流域森林生态补偿标准测算[J].水土保持通报，2018(6)：206-211，216.

[31]樊辉，赵敏娟，史恒通.选择实验法视角的生态补偿意愿差异研究——以石羊河流域为例[J].干旱区资源与环境，2016(10)：65-69.

[32]赵建彬，陶建蓉.居住时空、心理所有权与生态补偿意愿——以赣江流域为例[J].江西社会科学，2017(7)：67-75.

[33]王奕淇，李国平.基于选择实验法的流域中下游居民生态补偿支付意愿及其偏好研究——以渭河流域为例[J].生态学报，2020(9)：2877-2885.

[34]彭晓春，刘强，周丽旋，等.基于利益相关方意愿调查的东江流域生态补偿机制探讨[J].生态环境学报，2010(7)：1605-1610.

[35]李长健，孙富博，黄彦臣.基于 CVM 的长江流域居民水资源利用受偿意愿调查分析[J].中国人口·资源与环境，2017(6)：110-118.

[36]施翠仙，郭先华，祖艳群，等.基于 CVM 意愿调查的洱海流域上游农业生态补偿研究[J].农业环境科学学报，2014(4)：

730-736.

[37]蒋毓琪，陈珂，陈同峰，等.基于 CVM 的浑河流域上游林农受偿意愿及其影响因素分析[J].干旱区资源与环境，2018(5)：46-52.

[38]乔治，孙希华，单玉秀.区域水土保持生态补偿定量计算方法探究——以淮河流域土石山区为例[J].中国水土保持，2009(12)：45-48.

[39]李怀恩，庞敏，肖燕，等.基于水资源价值的陕西水源区生态补偿量研究[J].西北大学学报(自然科学版)，2010(1)：149-154.

[40]张婕，钱炜，王济干.实物期权在流域生态补偿机会成本测算中的应用[J].长江流域资源与环境，2013(2)：239-243.

[41]杨兰，胡淑恒.基于动态测算模型的跨界生态补偿标准研究——以新安江流域为例[J].生态学报，2020(17)：5957-5967.

[42]吴娜，宋晓谕，康文慧，等.不同视角下基于 InVEST 模型的流域生态补偿标准核算——以渭河甘肃段为例[J].生态学报，2018(7)：2512-2522.

[43]陈伊郴，李硕，徐慧珺，等.海南中部生态核心区流域水资源横向生态补偿方法[J].生态学杂志，2019(4)：1149-1156.

[44]王青云.关于我国建立生态补偿机制的思考[J].宏观经济研究，2008(7)：11-15，49.

[45]马莹.基于利益相关者视角的政府主导型流域生态补偿制度研究[J].经济体制改革，2010(5)：52-56.

[46]朱九龙.基于联合生态工业园的南水北调中线工程水源区横向生态补偿模式[J].水电能源科学，2016(4)：127-130.

[47]温锐，刘世强.我国流域生态补偿实践分析与创新探讨[J].求实，2012(4)：42-46.

[48]张婕，毛婷，钱炜.流域跨界水污染生态补偿多主体协商模型[J].科技管理研究，2016(3)：225-229，239.

[49]曹建清.流域区际生态补偿准市场交易体系构建研究[J].江苏农业科学，2011(1)：496-498.

[50]黄炜.全流域生态补偿标准设计依据和横向补偿模式[J].生态经济，2013(6)：154-159，172.

[51]郑雪梅.生态补偿横向转移支付制度探讨[J].地方财政研究，2017(8)：40-47.