

引文格式: 韩磊, 宋子言, 张敏, 等. 基于 CiteSpace 的中国土地生态安全可视化分析 [J]. 云南农业大学学报(社会科学), 2022, 16(1): 141–149. DOI: [10.12371/j.ynau\(s\).202103082](https://doi.org/10.12371/j.ynau(s).202103082).

基于 CiteSpace 的中国土地生态安全可视化分析

韩磊, 宋子言, 张敏, 丁丽君

(山东财经大学公共管理学院, 山东 济南 250014)

摘要: 基于 2001—2020 年 CNKI 数据库中以土地生态安全为关键词的相关文献, 通过 CiteSpace 软件分别从“研究阶段”“作者”“发文机构”“关键词”“研究前沿”方面对中国的土地生态安全进行分析。结果显示: 我国的土地生态安全研究经历了初期探索阶段、快速发展阶段和拓展深化阶段; 研究人员之间的合作呈现出整体分散, 小聚集形式的特征, 区域间的土地生态安全研究不平衡。关键词出现频次最多的是“土地生态安全”, 其次为“生态安全”“评价”“土地生态”“PSR 模型”。目前对于土地生态安全的研究仍以土地生态安全评价为主, 未来应引入更多模型来深化预警预测、人地协调以及城市生态改善方面的研究。

关键词: 土地生态安全; CiteSpace; 研究进展; 可视化分析

中图分类号: X 22 文献标识码: A 文章编号: 1004–390X (2022) 01–0141–09

Visual Analysis of China's Land Ecological Security Based on CiteSpace

HAN Lu, SONG Ziyang, ZHANG Min, DING Lijun

(School of Public Administration and Policy, Shandong University of Finance and Economics, Jinan 250014, China)

Abstract: Based on the relevant research with land ecological security as the keyword in CNKI database from 2001 to 2020, this paper analyzes China's land ecological security from the aspects of “research stage” “author” “publishing institution” “keywords” and “research frontier” through CiteSpace software. The results showed that the research of land ecological security in China has experienced the initial exploration stage, rapid development stage and deepening stage. The cooperation among researchers showed the characteristics of overall dispersion and small aggregation, and the research of land ecological security among regions is unbalanced. The most frequent keywords are “land ecological security”, followed by “ecological security” “evaluation” “land ecology” and “PSR model”. At present, the research of the land ecological security is still mainly based on the evaluation of land ecological security. In the future, more models should be introduced to deepen the research on early warning and predicting, human-land coordination and urban ecological improvement.

Keywords: land ecological security; CiteSpace; research progress; visual analysis

党的十九届五中全会指出要保证生态文明实
现新进步, 用新发展理念引领生态建设^[1]。从国家

规划层面上, 党中央提出构建土地分类整治格
局、严守生态保护红线等政策均反映出中国建设

收稿日期: 2021–03–22

修回日期: 2021–04–27

基金项目: 国家社会科学基金项目“雾霾灾害的政府、企业、公众合作治理机制研究”(18BJY087)。

作者简介: 韩磊(1982—), 女, 山东济南人, 博士, 副教授, 主要从事城市管理与环境规划研究。



生态文明的迫切性,而土地是实现生态文明建设、落实生态安全工作的重要空间载体^[2-3]。因此如何进行科学的土地生态安全评价并在此基础上制定合理的政策,对于促进中国土地资源的可持续发展,无疑具有重大的理论和现实意义。

1941 年 Aldo Leopold 提出“土地健康”的概念^[4],Barthouse 将安全的概念引入到生态环境保护领域,开展生态系统方面的研究^[5]。FAO(联合国粮食及农业组织)1976 年对土地评价概念与内涵进行界定,并于 1993 年确定了土地利用的自然与社会经济评价指标^[6],为土地生态安全评价夯实了理论基础。土地生态安全评价进一步的改进是 FAO 和世界银行提出 PSR(压力—状态—响应)模型^[7],借助该模型将土地生态安全评价指标体系与土地质量和相关政策联系起来,以衡量人与土地相互作用关系。近年来国内外对于土地生态安全问题研究逐步完善,主要集中在评价方法、评价指标体系构建和评价尺度等方面。评价方法涵盖综合指数法、物元分析法、生态足迹法、景观生态模型等多种评价方法^[8-11];评价指标体系囊括 PSR(压力—状态—响应)模型和 EES(自然—经济—社会)指标体系等^[12-13];研究区域涉及城市群到县域各种尺度。

土地生态安全自提出以来,众多学者便注重对于土地生态安全概念的解读,但对其概念还未达成共识,目前有两种代表性观点普遍被接受:一是自然生态视角,如部分学者提出了土地生态安全是土地生态系统自身处于健康且不被破坏的状态,该定义更倾向于土地系统自身的静态平衡^[14-15];从动态平衡方面,则提出了土地生态安全是当外界的威胁没有超过自身弹性限度时,土地生态系统的结构与功能自动恢复安全状态^[16]。二是人地协调视角,如有学者认为土地生态安全是保证土地生态系统结构与功能不被损坏前提下,又能为人类可持续发展提供稳定的生态服务^[17-19]。如何深入地解读土地生态安全,是让土地生态系统更好地为人们提供优质服务的关键。

现有文献对于土地生态安全研究较多,但基于计量化分析的成果相对匮乏,因此本文运用 CiteSpace 软件对中国土地生态安全核心文献进行分析。通过构建知识图谱阐明我国在土地生态安全研究中的现状,描述土地生态安全在我国的研究轨迹,并梳理其研究热点,提出相关针对性意

见,旨在提高人们对于土地生态安全领域的关注,为未来土地生态安全的发展提供依据。

一、研究数据与方法

(一) 数据采集

本文以“土地生态安全”为关键词在 CNKI 中进行高级检索,检索时间范围设定为 2001—2020 年(早期研究成果缺乏对土地生态安全概念具体界定,2001 年之前并无相关题目的核心文献,因此选取 2001 年为文献筛选起点),共筛选检索出 258 篇核心期刊和 CSSCI 文献,构成了本文研究的文献样本,并依次通过“作者”“发文机构”“关键词聚类”“关键词突现”知识图谱,进行可视化分析。

(二) 研究方法

CiteSpace 是美国德雷赛尔大学陈超美教授开发的一款可视化软件,软件通过设置不同的节点类型和时间段来绘制直观、动态的知识图谱,探索所在研究领域的新趋势和新方向^[20]。本研究分别使用 Excel 表格和 CiteSpace 软件对中国土地生态安全进行文献计量分析,首先借助 Excel 软件对数据库发文章量和各个机构发文章量进行统计,绘制成折线图和表格。随后利用 CiteSpace 软件绘制出“作者共现图谱”“关键词共现图谱”“关键词时间线图谱”和“关键词突现图谱”,分析图谱结果以便更形象地描述我国土地生态安全的研究热点与发展趋势。

二、研究阶段性分析

基于 258 篇中国土地生态安全核心文献,本文将土地生态安全分为初期探索阶段、快速发展阶段和拓展深化阶段(图 1)。

(一) 初期探索阶段(2001—2005 年)

该阶段为土地生态安全初期探索阶段,2001—2005 年发表核心文献数量较少,且并未明确提出“土地生态安全”的概念,曹新向等指出区域土地资源持续利用的生态安全是通过对土地资源的合理保护和利用,使土地系统保障人们的生产、生活方面不受破坏的程度,并且提出区域土地资源生态安全不仅取决于自然、经济、社会三个系统的不断优化,更注重三个系统间的相互协调^[21]。此阶段的文献集中于总结外国研究成果,定性地探索土地生态安全的概念内涵、指标体系、评价



图1 2001—2020 中国土地生态安全核心文献发文量

方法的选择,为后续定量地开展土地生态安全奠定了理论基础。

(二) 快速发展阶段(2006—2017年)

该阶段土地生态安全发文量波动增长,学者们针对土地生态安全展开了大量实证研究并取得了一定成果。国内土地生态安全研究文献可以按照研究范围进行划分,主要包括各大省域、城市群、城市、县域,并将省、市、县视作一个整体,从宏观角度分析土地生态安全现状;研究对象从东部发达地区转为中西部生态脆弱区;评价方法和模型呈现多样性和跨学科趋势,更注重多模型结合以及其他学科领域研究方法的交叉运用,多维度更全面的分析研究区域的土地生态安全时空演变特征,为国内土地生态安全评价工作提供新思路。

2006—2016年,国内对于土地生态安全的研究处于缓慢的波动增长趋势,在2017年达到最高峰(32篇)。本阶段文献发文量较第一阶段有所增长,说明学术界对土地生态安全领域关注度增加,一方面是顺应中国社会经济可持续发展趋势,另一方面与国家对生态安全领域的政策支持有关,促成本阶段后期发文量出现新峰值。但因前期为探索阶段,前人研究成果较少,所以供学者借鉴的成果也较少,土地生态安全相关研究仍有待深化完善。

(三) 拓展深化阶段(2018—2020年)

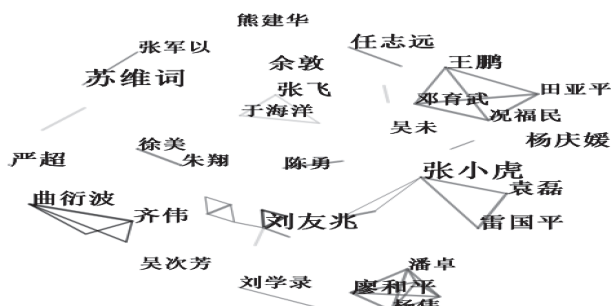
该阶段发文量持续下降,对于土地生态安全的研究趋于完善,研究重心转向对研究区域的动态评价、耦合度分析、3S技术评价以及对区域未来发展状况的预警评估。动态评价是在单一静态评价基础上对其进行安全预警,通过对研究区域近几十年来的土地生态安全变化状况以及存在的潜在风险的考虑,对未来发展趋势和土地安全状况做出预测,促使土地资源从“数量管理”转向

“数量管控、质量管理、生态管控”三位一体管理。土地生态安全预警指标体系建立和预警等级划分更有利于空间格局识别,促进区域生态环境的改善,为以后的生态安全调控提供有效依据。对于土地生态安全系统与其他系统耦合度的研究是对不同系统的机理、优化措施进行实证分析,从宏观角度研究两个系统内外部之间的相互作用关系,在土地生态安全系统与其他系统之间寻找两者发展的平衡点,为当前绿色可持续发展建立支撑。随着GIS和遥感技术的发展,3S技术与数学建模模型相结合形成数字化土地生态安全模型,该模型以其精度高、时效性强、操作性强的优点成为大多数学者研究该领域的主要方法,并且通过3S技术可以了解到研究区域植被覆盖率、土地利用变化等自然因素,更加贴合土地生态安全的内涵。

三、可视化结果分析

(一) 核心作者分析

通过CiteSpace软件中“Author”功能,“time slice”设定为8,对中国土地生态安全的高产作者及作者之间的合作关系进行分析,以了解在我国土地生态安全领域做出重要贡献的学者。图2是合作网络图,发现合作网路中有135个节点和150个连接,网络密度为0.0166,表明在图谱中虽然节点和连线数量较多,但是密度较小,由此可知该领域的研究分散在各个核心作者的论文上。根据计量学中的普莱斯定律得出^[2]:核心作者发文数 $M=0.749 \times 2\sqrt{N_{\max}}$ ($N_{\max}$ 为统计年间最高产作者发文数量,其中 $N_{\max}=6$,可得 M 为2),即在统计年段土地生态安全领域中,对发表文献为2篇以上的作者视为该领域的核心作者。由图2所知,发现在统计年段里土地生态安全研究中发文数量较多的是张小虎(6篇),苏维词(6篇),



注：“——”表示彼此之间的相互联系

图 2 发文作者合作共现网络

刘友兆（5 篇），严超（4 篇），其次是王鹏、熊建华、任志远等作者，构成土地生态安全的主要研究力量。其中张小虎等探讨了鉴于土地生态安全评价的模糊性，将熵权法和物元分析法相结合建立土地生态安全评价模型，丰富了该领域的研究方法，更完整、客观地分析黑龙江土地生态安全状况^[23]。张军以等针对生态地位十分重要的三峡库区经济区，基于 PSR 模型构建指标体系来探索该地区的生态环境现状和影响因素^[24]。刘友兆以自然、经济、社会三个系统构建指标体系以及确定区域生态安全评判阈值，对嘉兴市两个单独时间点进行评价，为后续人们对土地生态安全值的确定以及对区域时间序列的分析提供了参考。目前国内该领域研究人员基数较大，但作者之间的合作关系形成“小聚集形式”。其中存在 6 组两人以上合作关系，分别都是以雷国平、刘友兆、廖和平、王鹏、曲衍波、张飞为核心构成紧密的合作网络，其他大多数呈现两两合作关系和独立作者关系。由于各个团队受到地域、研究方向等因素的影响，合作大多发生在相同学术机构内部，尤其是师生合作关系较为紧密。并且大多数学者的学科为环境科学与资源利用方面，跨学科联系强度不高，未来应该与景观生态学、安全科学、农学等学科的核心作者进行跨学科、跨地区的深入合作。

（二）发文机构分析

在 CiteSpace 参数设置中时间跨度设定为“2001—2020”，“time slice”设定为 1，“node type”选择“institution”，可以看出国内该领域主要研究力量分布和合作。如表 1 所示，国内相关研究机构发文量前五名依次是西南大学地理科学学院、新疆大学资源与环境科学学院、东北农业大学资源与环境学院、南京农业大学公共管理学院

表 1 研究机构名称及发文数量

排序	发文数量	发文机构
1	16	西南大学地理科学学院
2	11	新疆大学资源与环境科学学院
3	8	东北农业大学资源与环境学院
4	8	南京农业大学公共管理学院
5	8	新疆大学绿洲生态教育部重点实验室
6	6	河南理工大学测绘与国土信息工程学院
7	5	南京农业大学土地管理学院
8	5	甘肃农业大学资源与环境学院
9	4	中国科学院地理科学与资源研究所
10	4	安徽师范大学国土资源与旅游学院

院、新疆大学绿洲生态教育部重点实验室，发文频次分别是 16、11、8、8、8，合计 51 篇，在该领域核心地位显著。合作密切的机构有西南大学地理科学学院与自然资源部土地利用重点实验室重庆研究中心、南京大学公共管理学院与东北农业大学资源与环境学院、新疆大学资源与环境科学学院与新疆大学绿洲生态教育部重点实验室、中国科学院与中国地质大学。在发文数量前三的机构中，西南大学对于土地生态安全的研究主要集中在重庆地区，针对重庆地区的某个区或者县域进行评价或者预警，多以分析区域的土地生态安全演变趋势和影响因素为主^[25-26]。新疆大学则注重对石漠化地区、干旱区绿洲等生态脆弱区的研究，多利用 3S 技术、物元分析法分析区域的土地利用变化和土地生态安全的时空变化趋势^[27-29]。东北农业大学主要针对资源型城市及油田区进行土地生态安全评价，以期降低当地的生态压力，构建生态安全格局^[30-31]。

结合地域分布情况，土地生态安全研究集中于重庆、云南、新疆、东北等地的高校，相对来看，其他省份尤其是一线城市的高校对土地生态安全关注度较低，研究成果也相对较少。并且合作较多的研究机构均以省内合作为主，也存在小范围的跨省合作，大部分高校均为独立研究，未来应加强不同省份之间研究高校间的合作。土地生态安全是实现生态文明战略的基础，对国家生态环境的可持续发展起着重要作用。目前，随着一线城市城镇化率快速飙升和人类的各种不合理行为，生态环境面临着巨大压力，土地生态安全问题将越来越受到更多学者的关注。

(三) 关键词热点分析

基于检索文献中词组的出现频次和中介中心性, CiteSpace 软件进行原始关键词的提取, 生成关键词共现图谱, 如图 3 所示。本文提取频次排名前 10 的关键词, 节点类型设置为“Keyword”, 绘制关键词共现网络, 以此来分析土地生态安全方面学者们所关注的热点问题。图谱中共有 320 个网络节点, 节点之间有 778 条连线, 网络密度为 0.0152, 说明该领域研究内容较广, 共涉及 320 个关键词, 相邻关键词间的联系也较为密切。图谱以 4 个重要关键词为中心向周围辐射, 关键词“土地生态安全”节点圈层最大, “生态安全”为第二大关键词节点, 除此之外, “土地生态”“评价”也是两个重要关键词节点, 其余关键词节点圈层相对较小, 节点越大则表示总被引频次越高。通过对共现图谱的分析, 从地域空间角度来看, 早期研究中针对某些特定区域研究较多, 如学者们以河南省、三峡库区、吉林省、河北省等区域为研究对象, 借助地理探测器、PSR、DP-SIR 等模型方法对其时空格局、演变特征、影响因素等进行分析^[32-34]。从城市发展角度来看, 研究线索为“城镇化”“城市土地”“土地利用变化”等关键词, 城市发展过程中伴随着土地利用类型的变化, 通过探索城市土地集约节约利用的新型城镇化模式, 以协调城市发展与城市土地生态安全间的关系。

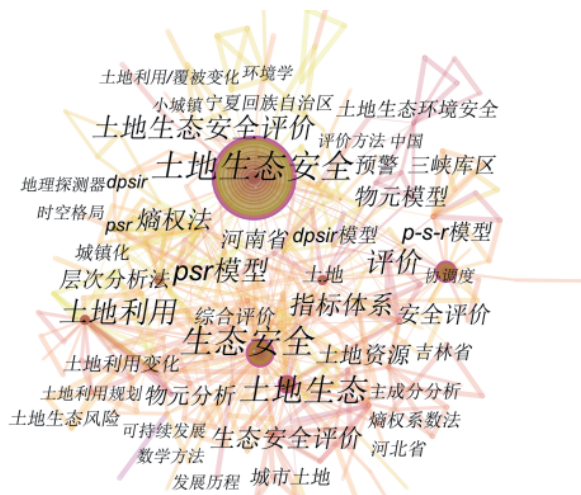
对关键词进行频次统计, 可知共现频次最多的是“土地生态安全”, 为 147 次, 其次为生态

安全, 达到 44 次。此外, 出现频次较高的关键词主要有“评价”“土地生态”“PSR 模型”, 结合关键词首次出现时间可知, 该领域的研究重点逐渐聚焦于土地生态安全的评价。

Citespace 软件是通过计算将联系紧密的关键词进行分组, 这一过程也称为关键词聚类。通过关键词聚类, 本文得到了关键词 timeline 图谱 (图 4), 通过对关键词 timeline 图谱的整理可以从时间维度对研究领域内的多条主要研究线索进行解读。如图 4 所示, 纵坐标表示软件对文献进行计算后形成的 10 个不同关键词聚类。从聚类时间上看, 2001 年有 2 个聚类形成, 且研究热度持续时间较长。其中, “评价”至今仍是研究热点, “土地生态”“PSR 模型”“客观赋权法”等聚类都是围绕土地生态安全评价产生。学者们多以 PSR 模型为基础对不同尺度的研究区域展开土地生态安全评价, 结合研究区域现状构建了相应的评价指标体系, 其评价方法也逐渐由定性转为定性定量相结合。从聚类热度来看, 2007—2016 年对于#8“干旱区绿洲”关注较多, 主要原因在于人类活动的持续干扰导致土地盐渍化、荒漠化等问题愈加严重, 绿洲生态严重退化, 西部大开发战略等政策也推动了学者们对中国西北干旱区生态问题的广泛关注。“土地利用规划”“土地生态风险”占据了#8“干旱区绿洲”的研究重心, 如李钊等在土地利用总体规划的基础上研究绿洲土地生态的安全, 以提高区域生态系统服务功能、促进干旱区经济可持续发展^[35]。#6“土地利用/覆被”研究开始的较晚, 于 2012 年开始受到关注一直持续到 2019 年, 该聚类研究热点主要集中在方法和模型的计算与分析, “情景分析法”“层次模糊物元模型”等方法的研究逐渐深入。近年来, 研究重点逐渐转向“社会经济发展平衡”“耦合协调”, 学者们运用耦合度及协调度模型测算土地利用与生态文明建设、城市化的耦合协调水平, 以提高土地集约利用程度。综上, 大多聚类的研究热度随时间递减, 土地生态安全评价仍是该领域未来的研究重点, 评价方法及指标体系的深入研究对于分析区域土地生态安全状况、提升区域土地生态安全水平以及促进经济可持续发展有着重要意义。

(四) 研究前沿

突现词是一定时期内出现频次较高的词, 其



注: “●”表示关键词节点; “——”表示彼此之间的相互联系

图3 关键词共现图谱

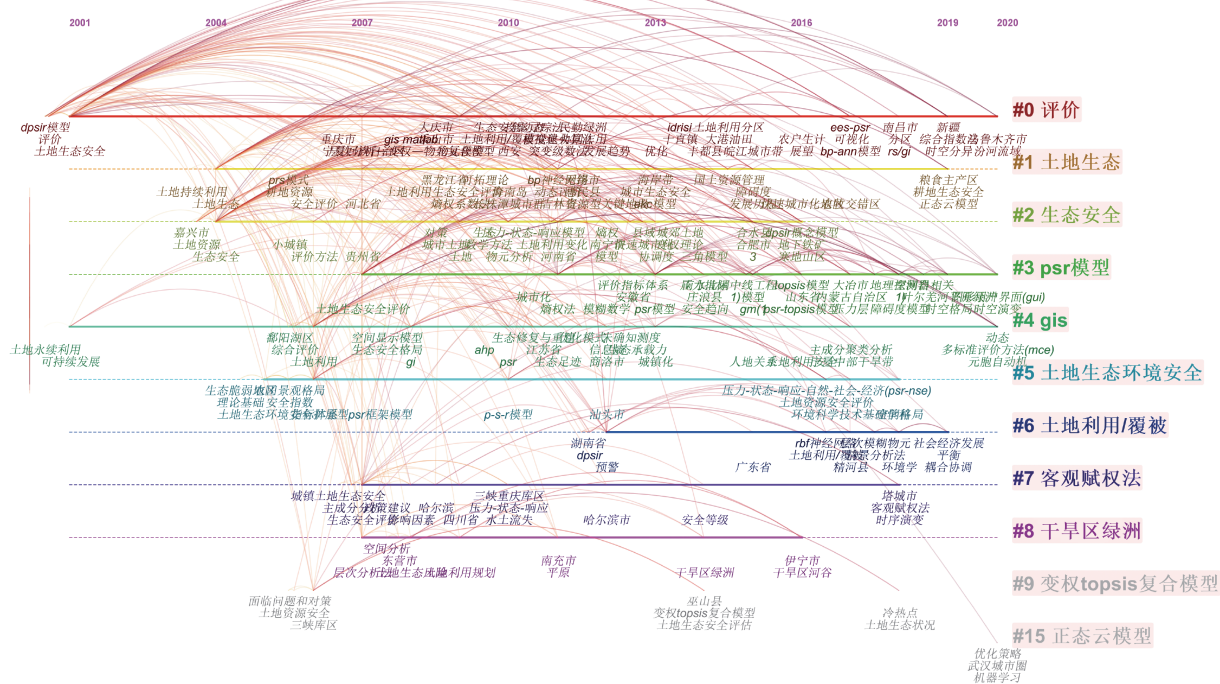


图 4 关键词 timeline 图谱

变化能反映出某一时期学者们对该领域研究的热点，也是该领域演化发展趋势的一种判断依据，因此，研究前沿趋势采用关键词突现图谱来进行分析。在 CiteSpace 的运行界面选择“Burstness”选项卡，将突现时间最小单位设置为 2，点击 View，即生成了 10 位影响力较大的突现关键词（图 5）。

从图 5 可以看出 2001—2008 年土地生态安全研究热点集中于“云南省”，突现持续时间达 7 年，突现强度最大，为 2.94。“十五”期间的重点任务之一是加快西部地区的发展，云南省作为西部地区的重要组成部分，区位条件优越，但由于当地自然生态条件及人为因素的影响，存在经济发展较落后、水土流失严重、土地生态脆弱等问题。因此，2001—2008 年云南省成为土地生态安全领域研究重点，相关研究多以纵向岭谷区、金沙江地区、丘陵山地地区等生态脆弱区域^[36-39]作为研究对象。

城市化进程的快速推进促使土地资源的需求大幅增长，但由于土地利用方式粗放、土地资源得不到最优配置而产生的生态环境问题愈发严重。由图 5 可知，2005—2014 年主要有 4 个突现词：“土地生态环境安全”“生态安全评价”“土地资源”及“生态足迹”。土地资源可持续利用是

保障土地生态安全的基础，如员开奇等以武汉城市圈为研究对象，阐述土地资源可持续利用对于武汉经济发展的重要意义，并基于低碳视角探索促进土地资源集约节约利用的途径和方式^[40]。该阶段，学者们的研究热点聚焦于土地资源的可持续利用，而生态足迹模型作为评价可持续发展的方法，一定程度上能够反映区域土地资源承载力及其可持续发展能力。占本厚等应用生态足迹法，从资源供需结构及生态足迹指标两方面对江西省生态足迹的动态变化进行分析和评价，进一步提出实现江西省可持续发展的对策，促进区域经济社会可持续发展^[41]。

根据关键词突现情况可以发现，目前土地生态安全领域集中于“PSR 模型”“预警”等方面的研究。PSR 模型作为该领域的主要评价指标体系，学者们将其作为基础，完善土地生态安全评价指标体系。自 2017 年以来，“土地生态安全预警”成为该领域最新研究热点，如余文波等基于 PSR 模型，结合湖北省土地生态现状，从压力、状态、响应三方面构建指标体系，并采用 GM(1,1) 预测模型对土地生态安全展开预测，为湖北省土地生态安全的研究提供理论基础^[42]。作为分析土地生态安全动态变化趋势和实现土地生态安全的重要途径，土地生态安全预警研究仍需进一步深

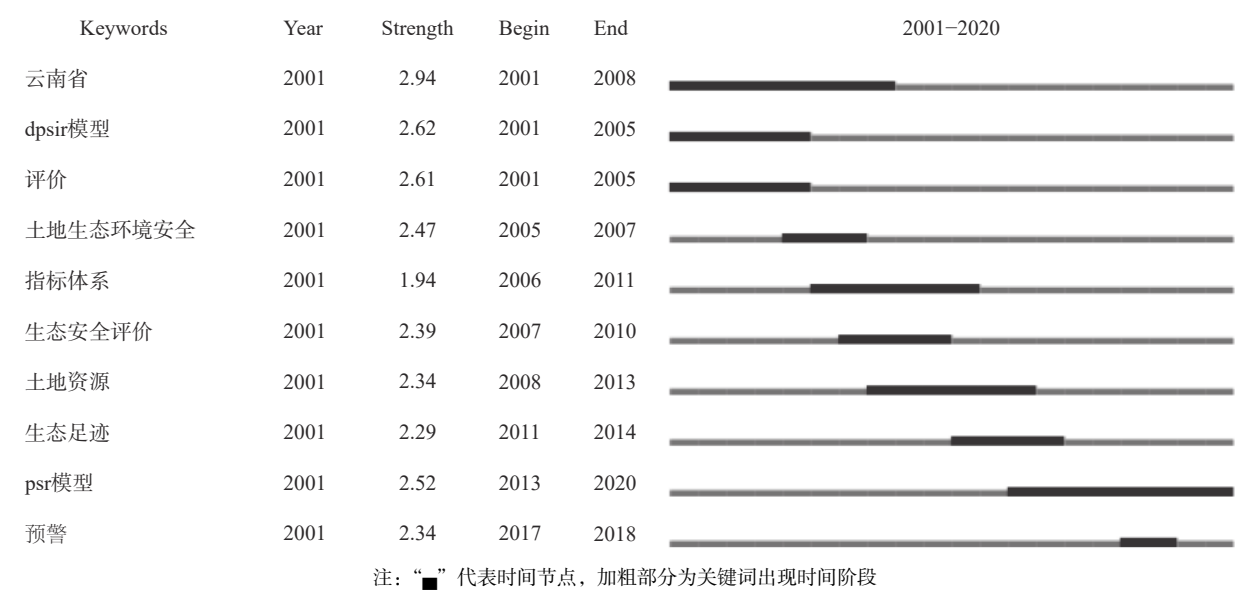


图 5 关键词突现图谱

入，通过完善和发展预警指标和方法、提出针对性调控措施，为维护区域土地生态安全提供指导。

四、 总结与展望

（一） 总结

本文基于 CiteSpace 软件，将 2001—2020 年内以“土地生态安全”为关键词的核心期刊和 CSSCI 文献作为研究样本数据，通过对中国土地生态安全现状进行可视化分析，得到如下结论。

（1）从发文数量和发文时间上看，国内土地生态安全研究分为初期探索阶段、快速发展阶段、拓展深化阶段三个阶段，反映了我国土地生态安全由学习国外经验成果到选取不同范围地区进行土地生态安全实证分析，再到进行耦合度分析和预警的研究发展历程。土地生态安全研究依托不断扩展的评价方法和模型为土地的可持续利用提供更为科学有效的依据。

（2）从发文作者和研究机构方面看，国内土地生态安全研究人员中，以张小虎、苏维词、刘友兆、严超等学者为研究代表，学者之间的合作形式呈现整体分散，小聚集的特征。研究机构方面有显著成果的包括西南大学地理科学学院、新疆大学资源与环境科学学院、东北农业大学资源与环境学院、南京农业大学公共管理学院等，且部分机构之间形成了密切合作关系。

（3）从关键词角度来看，本文通过对关键词进行频次统计和聚类，发现已有研究中共现频次最多的为土地生态安全、生态安全。大部分聚类

研究热度会随时间下降，而土地生态安全评价长期处于研究重点地位。从关键词的突现情况可知，学者们多基于土地生态安全评价进一步开展预警的相关研究。

（二） 展望

在土地生态问题日益严重、人地矛盾日益突出，生态、经济可持续发展面临威胁的背景下，客观评价区域土地生态安全水平对于区域生态可持续发展至关重要。目前，我国土地生态安全的研究大多集中于对土地生态安全的评价，存在着土地类型细化分类界定不明确、指标体系的权重确定的主观性等问题，影响土地生态安全评价指标体系的构建以及对各类型土地生态安全的具象化研究。

通过对相关文献的分析，本文认为土地生态安全研究未来将有如下转变：首先，研究对象更加细化，出现针对农地、林地、牧草地等不同土地类型的研究；研究区域更加多样化，对城市群以及流域范围的研究会增多。其次，未来应在土地生态安全评价的基础上深化对土地生态安全驱动力因素等方面的研究。通过引入 DPSIR、生态足迹、景观生态及灰色预测等模型，完善对预警预测方面的研究。同时，依托未来智慧城市时空大数据平台所提供的土地信息，更加及时科学地了解土地生态安全现状。最后，在提出“推进以人为核心的新型城镇化”的背景下，土地生态安全的研究要更加注重人地关系协调以及城市生态修复等方面，推动人居环境改善和土地可持续利

用,从而使生态文明建设实现新进步。

[参考文献]

- [1] 孙金龙. 准确把握十九届五中全会“三新”重大判断——以生态环境保护优异成绩庆祝建党一百周年[N]. 中国环境报, 2021-02-02(001).
- [2] 张焱文, 王枫. 2000—2018年广东省土地生态安全与经济发展耦合协调分析[J]. 水土保持研究, 2021, 28(1): 242. DOI: 10.13869/j.cnki.rswc.2021.01.030.
- [3] 徐珊, 杨光, 张承舟, 等. 基于 PSR 模型的城市土地生态安全评价: 以青岛市为例[J]. 环境工程, 2019, 37(9): 199. DOI: 10.13205/j.hjgc.201909036.
- [4] LEOPOLD A. A Sand County almanac, and sketches here and there [M]. New York: Oxford University Press, 1949.
- [5] BARTHOUSE L W. The role of models in ecological risk assessment [J]. Environmental Toxicology and Chemistry, 1992, 11(12): 1751. DOI: 10.1002/etc.5620111207.
- [6] HURNI H. Assessing sustainable land management (SLM) [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2000, 81(2): 83. DOI: 10.1016/S0167-8809(00)00182-1.
- [7] 熊建华. 土地生态安全评价研究回顾、难点与思考[J]. 地理与地理信息科学, 2018, 34(6): 71. DOI: 10.3969/j.issn.1672-0504.2018.06.011.
- [8] 冯文斌, 李升峰. 江苏省土地生态安全评价研究[J]. 水土保持通报, 2013, 33(2): 285. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2013.02.023.
- [9] 郭利刚, 冯珍珍, 刘庚, 等. 基于物元模型的汾河流域土地生态安全评价[J]. 生态学杂志, 2020, 39(6): 2061. DOI: 10.13292/j.1000-4890.202006.034.
- [10] 许典舟, 何如海, 高采烈, 等. 基于生态足迹的安徽省土地生态安全评价研究[J]. 云南农业大学学报(社会科学), 2017, 11(5): 35. DOI: 10.3969/j.issn.1004-390X(s).2017.05.007.
- [11] 闫玉玉, 曹宇, 谭永忠. 基于景观安全格局的县域生态用地保护研究: 以浙江省青田县为例[J]. 中国土地科学, 2016, 30(11): 78. DOI: 10.11994/zgtdkx.20161207.145122.
- [12] 范胜龙, 杨玉珍, 陈训争, 等. 基于 PSR 和无偏 GM(1, 1) 模型的福建省耕地生态安全评价与预测[J]. 中国土地科学, 2016, 30(9): 19. DOI: 10.11994/zgtdkx.20161027.110139.
- [13] 王大海, 张荣群, 艾东, 等. 基于 EES-PSR 的土地生态安全物元模型评价方法实证研究[J]. 农业机械学报, 2017, 48(S1): 228. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2017.S0.036.
- [14] 黄辉玲, 罗文斌, 吴次芳, 等. 基于物元分析的土地生态安全评价[J]. 农业工程学报, 2010, 26(3): 316. DOI: 10.3969/j.issn.1002-6819.2010.03.054.
- [15] 张凤太, 王腊春, 苏维词. 基于物元分析—DP-SIR 概念模型的重庆土地生态安全评价[J]. 中国环境科学, 2016, 36(10): 3126. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6923.2016.10.042.
- [16] 李小玲. 土地资源生态安全研究综述[A]//中国土地资源战略与区域协调发展研究[C]. 中国自然资源学会土地资源研究专业委员会: 2006: 5.
- [17] 李智国, 杨子生. 中国土地生态安全研究进展[J]. 中国安全科学学报, 2007(12): 5. DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2007.12.027.
- [18] 李昊, 李世平, 银敏华. 中国土地生态安全研究进展与展望[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(9): 50. DOI: 10.13448/j.cnki.jalre.2016.282.
- [19] 吴未, 谢嗣频. 中国土地生态安全评价研究进展与展望[J]. 河北农业科学, 2010, 14(5): 99. DOI: 10.16318/j.cnki.hbnykx.2010.05.006.
- [20] 赵晶晶, 葛颜祥, 接玉梅. 基于 CiteSpace 中国生态补偿研究的知识图谱分析[J]. 中国环境管理, 2019, 11(4): 79. DOI: 10.16868/j.cnki.1674-6252.2019.04.079.
- [21] 曹新向, 郭志永, 雒海潮. 区域土地资源持续利用的生态安全研究[J]. 水土保持学报, 2004(2): 192. DOI: 10.13870/j.cnki.stbxb.2004.02.049.
- [22] 黄洵. 近十年顾客参与行为研究回顾与热点主题发现: 基于 CSSCI 期刊(2009—2018)的知识图谱分析[J]. 社会科学动态, 2019(6): 79.
- [23] 张小虎, 雷国平, 袁磊, 等. 黑龙江省土地生态安全评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(1): 88. DOI: 10.3969/j.issn.1002-2104.2009.01.016.
- [24] 张军以, 苏维词, 张凤太. 基于 PSR 模型的三峡库区生态经济区土地生态安全评价[J]. 中国环境科学, 2011, 31(6): 1039.
- [25] 马世五, 谢德体, 张孝成, 等. 三峡库区生态敏感区土地生态安全预警测度与时空演变: 以重庆市万州区为例[J]. 生态学报, 2017, 37(24): 8227. DOI: 10.5846/stxb201610102043.
- [26] 杨人豪, 杨庆媛, 曾黎, 等. 基于 BP-ANN 模型的农村土地生态安全评价及影响因素分析: 以重庆市

- 丰都县为例 [J]. 水土保持研究, 2017, 24(3): 206. DOI: 10.13869/j.cnki.rswc.2017.03.037.
- [27] 谢玲, 严士强, 高一薄. 基于 PSR 模型的广西石漠化地区土地生态安全动态评价 [J]. 水土保持通报, 2018, 38(6): 315. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2018.06.048.
- [28] 王宏卫, 刘勤, 柴春梅. 渭干河—库车河绿洲土地生态安全物元分析评价 [J]. 安全与环境学报, 2015, 15(6): 58. DOI: 10.13637/j.issn.1009-6094.2015.06.074.
- [29] 于海洋, 张飞, 曹雷. 精河县土地利用/覆被变化及土地生态安全研究 [J]. 水土保持研究, 2017, 24(6): 348. DOI: 10.13869/j.cnki.rswc.2017.06.052.
- [30] 杨凤海, 赫轩, 赵烨荣, 等. 齐齐哈尔市土地利用生态安全预警研究 [J]. 东北农业大学学报, 2017, 48(6): 59. DOI: 10.19720/j.cnki.issn.1005-9369.2017.06.008.
- [31] 杨怡然. 大庆市土地生态安全评价研究 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2017.
- [32] 李明薇, 鄢雨早, 陈伟强, 等. 河南省“三生空间”分类与时空格局分析 [J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(9): 13. DOI: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20180902.
- [33] 刘宝涛, 王冬艳, 刘惠清. 基于 DPSIR 模型与 TOPSIS 算法的吉林省土地利用系统健康诊断 [J]. 吉林农业大学学报, 2017, 39(1): 74. DOI: 10.13327/j.jjlau.2016.3090.
- [34] 陈静, 刘秀华, 刘勇. 基于 PSR-TOPSIS 模型的三峡库区土地生态安全评价: 以丰都县为例 [J]. 湖北农业科学, 2015, 54(24): 6226. DOI: 10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2015.24.032.
- [35] 李钊, 张永福, 张景路. 干旱区绿洲县域土地利用规划中土地生态安全预测: 以新疆阿瓦提县为例 [J]. 水土保持研究, 2014, 21(06): 148. DOI: 10.13869/j.cnki.rswc.2014.06.030.
- [36] 包广静, 杨子生, 莫国芳. 山区生态友好型土地利用对策研究: 以云南江川为例 [J]. 云南师范大学学报 (自然科学版), 2008, 28(3): 66. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9793.2008.03.016.
- [37] 王娟, 崔保山, 姚华荣, 等. 纵向岭谷区澜沧江流域景观生态安全时空分异特征 [J]. 生态学报, 2008, 28(4): 1681. DOI: 10.3321/j.issn:1000-0933.2008.04.039.
- [38] 杨子生, 贺一梅, 李云辉, 等. 近 40 年来金沙江南岸干热河谷区的土地利用变化及其土壤侵蚀治理研究: 以云南宾川县为例 [J]. 地理科学进展, 2004, 23(2): 16. DOI: 10.3969/j.issn.1007-6301.2004.02.003.
- [39] 张佩芳, 许建初. 云南境内澜沧江流域土地利用时空变化特征及动因分析 [J]. 地球科学进展, 2003, 18(6): 947. DOI: 10.3321/j.issn:1001-8166.2003.06.017.
- [40] 员开奇, 董捷. 低碳视角下的城市圈土地可持续利用评价 [J]. 水土保持通报, 2014, 34(1): 226. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2014.01.062.
- [41] 占本厚, 李莉, 魏媛. 江西省可持续发展状况的生态足迹分析 [J]. 湖北农业科学, 2013, 52(18): 4337. DOI: 10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2013.18.017.
- [42] 余文波, 蔡海生, 张莹, 等. 湖北省土地生态安全预警评价及调控 [J]. 环境科学与技术, 2018, 41(2): 189. DOI: 10.19672/j.cnki.1003-6504.2018.02.029.

(责任编辑: 许敏)