

张宁,盛武. 基于 CiteSpace 的煤矿信息化知识图谱构建与分析[J]. 湖南科技大学学报(自然科学版), 2019, 34(3): 11-17. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2019.03.002

Zhang N, Sheng W. Construction and Analysis of Coal Mine Informational Knowledge Map Based on CiteSpace [J]. Journal of Hunan University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2019, 34(3): 11-17. doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2019.03.002

基于 CiteSpace 的煤矿信息化知识 图谱构建与分析

张宁, 盛武*

(安徽理工大学 经济与管理学院, 安徽 淮南 232001)

摘要:以 Web of Science 和 CNKI 数据库为数据源,运用 CiteSpace 构建国内外煤矿信息化研究作者、发文机构、研究热点等知识图谱,对比分析国内该领域研究优势、存在的不足及未来研究趋势.结果表明:国内煤矿信息化年发文量明显高于国外;研究人员、研究机构较多,研究力量主要集中在国内高等院校,且已初步形成以中国矿业大学、中国矿业大学(北京)为核心的研究团队,但发文作者、发文机构间仍缺乏紧密交流合作;研究热点主要集中在“物联网”“云计算”等方面;“矿山物联网”“感知矿山”等是国内该领域最新研究前沿.

关键词:煤矿信息化;矿山物联网;CiteSpace;知识图谱

中图分类号:TD671 文献标志码:A 文章编号:1672-9102(2019)03-0011-07

Construction and Analysis of Coal Mine Informational Knowledge Map Based on CiteSpace

Zhang Ning, Sheng Wu

(School of Economics and Management, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China)

Abstract: With Web of Science and CNKI database as data sources, CiteSpace was used to construct knowledge maps of authors, publishing agencies and research hotspots of coal mine informatization research at home and abroad. The advantages, shortcomings and future research trends in this field in China were compared and analyzed. The results show that the annual amount of domestic coal mine informatization is significantly higher than that of foreign countries; there are many researchers and research institutions, and the research strength is mainly concentrated in domestic universities and colleges, and has initially formed China University of Mining and Technology and China University of Mining and Technology (Beijing) as the core research team, but there is still a lack of close communication and cooperation between the authors and the institutes; the research hotspots are mainly concentrated in the "Internet of things", "cloud computing" and so on; "mine internet of things", "perceived mine" are the latest research front in the field in China.

Keywords: coal mine informatization; mine internet of things; CiteSpace; knowledge map

收稿日期:2018-07-03

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71371014);安徽省自然科学基金资助项目(1808085MG212);安徽省哲学社科规划项目(AHSKY2016D20)

*通信作者, E-mail:604597010@qq.com

煤炭作为我国能源结构的重要组成部分,其生产的长期性决定了信息化生产将成为煤矿行业发展的必然趋势.随着世界各国现代化进程不断加快,煤矿行业面临的产能过剩、效益低下等问题日益严峻.为加快煤矿行业转型升级,国内外大批学者和研究人员纷纷将信息化、自动化等先进技术运用到煤矿生产研究中,借助云计算、物联网、大数据等信息技术推动煤矿行业变革^[1],在加快国内外煤矿信息化建设进程的同时也在国际学术界掀起了煤矿信息化研究热潮.为在煤矿行业中取得竞争优势,南非、澳大利亚等众多国家先后制定了“数字矿山”“智能化矿山”“无人化矿山”等煤矿信息化发展规划^[2-4].国内学者谭章禄等从“数字矿山”“感知矿山”“智慧矿山”3个阶段对煤矿信息化进行了描述^[5].毛善君将煤矿信息化建设历程分为“数字煤矿”“智慧煤矿”“少人或无人煤矿”3个阶段,并探讨了不同阶段的关键技术^[6].孙继平在总结煤矿信息化先进技术基础上,展望了煤矿信息化、智能化的未来发展趋势^[7].毛善君,刘巧喜等基于国内煤矿信息化发展现状,提出了“数字煤矿”概念,并得出“数字煤矿”是促进煤矿信息化发展的重要手段这一结论^[8].黄磊、刁勇等以煤矿信息化管理为手段,利用.Net等软件,对煤矿防突管理信息系统进行了系统设计与分析^[9].

分析学术界现有研究文献发现,目前国内关于煤矿信息化的研究成果颇丰,但大多数研究主要集中在煤矿信息化技术探索、应用、理论研究等方面,梳理总结煤矿信息化研究现状的文献比较匮乏,对比分析国内外煤矿信息化研究现状和未来研究趋势的综述性文献更少.知识图谱作为目前较为流行的科学计量学方法,改变了传统的学术个体静态研究方式,采用学术关联方式将结构复杂的学科系统间的网络结构、衍化历程等清晰直观地呈现出来,在文献综述性分析、把握学科研究前沿等方面具有广泛应用^[10-11].基于此,本文借助 CiteSpace 软件构建国内外煤矿信息化研究知识图谱,从研究作者、发文机构、研究热点等方面进行可视化分析,对比分析我国煤矿信息化研究的主要优势及存在的不足,以期为进一步推动国内煤矿信息化理论研究和实践探索提供参考借鉴.

1 数据来源与处理

为提高研究结论的客观性和准确性,本文选取目前国际上具有较大影响力的引文数据库 Web of Science (WOS) 和国内最大的期刊全文数据库中国知网 (CNKI) 两大数据库为数据来源^[12],数据来源与处理结果如表 1 所示.

表 1 数据来源与处理结果

	国际	中国
数据库	Web of Science 核心合集 (WOS)	中国知网 (CNKI)
检索方式	TS= "Coal Mine Artificial Intelligence" OR "Coal Mine Big Data" OR "Digital Coal Mine" OR "Smart Coal Mine" OR "Coal Mine Informationization"	主题="人工智能"“大数据”“物联网”“云计算”“信息化”并含“煤矿”或者“智慧煤矿”或者“智能煤矿”
文献类别	Article	核心期刊以上期刊论文
语种	English	—
时间跨度	2007~2017 年	2007~2017 年
检索文献	102 篇	406 篇
有效文献	87 篇 (去除与研究主题不符的文章)	338 篇 (剔除报告、通知)

2 煤矿信息化知识图谱构建

知识图谱构建过程中,本文主要借助由陈超美教授开发的可视化分析软件 CiteSpace.知识图谱主要以领域知识为研究对象,借助数据挖掘、信息处理等新型技术手段,将蕴含在整个研究领域的潜在知识、内在逻辑结构等以图形化方式展现出来,不仅增强了人们对某领域知识理解的直观性,而且可以客观揭示某研究领域的动态发展态势^[13-14].CiteSpace 作为目前最为流行、影响力最大的知识图谱绘制工具之一,以数据可视化为研究背景,着眼分析隐藏在大量数据中的潜在规律,不仅具有强大的数据处理能力,而且融合了

聚类分析、社会网络分析等分析功能,侧重研究知识间的内外在关系^[15]。近年来,利用 CiteSpace 对相关学科发展历史、学科前沿、整体知识架构进行研究的学者日益增多。在 2010~2018 年间,仅收录在 CNKI 中以“CiteSpace”或“知识图谱”为主题的文献就高达 4 324 篇,由此可见,CiteSpace 在我国已成为探索知识增长点,增强文献研究深度、广度的重要研究手段^[16]。本文借助 CiteSpace 软件,使用关键路径算法(Pathfinder)分别对国内外高产机构合作关系进行分析;选择 Author(作者)、Institution(机构)、Keyword(关键词)节点分析作者发文量、机构发文量、研究热点,绘制相关知识图谱,对国内外煤矿信息化研究情况进行对比研究。

3 煤矿信息化知识图谱分析

3.1 年度发文量分析

图 1 为 2007~2017 年中外煤矿信息化研究年发文量分布情况,从中可看出,近年来国内关于煤矿信息化研究的发文数量明显高于国外。国内关于煤矿信息化的研究大致分为 3 个阶段:2007~2011 年为起步阶段,发文量处于缓慢增长状态;2011~2015 年为该领域学术研究的波动期,学术发文量先于 2013 年达到最高,随后又明显下降;2015 年以来,随着人工智能、机器学习等技术逐渐成熟,煤矿信息化研究开始平稳发展。与国内相比,国外煤矿信息化的年度发文量较少,但整体发展态势平稳,没有出现明显上升或者下降趋势。

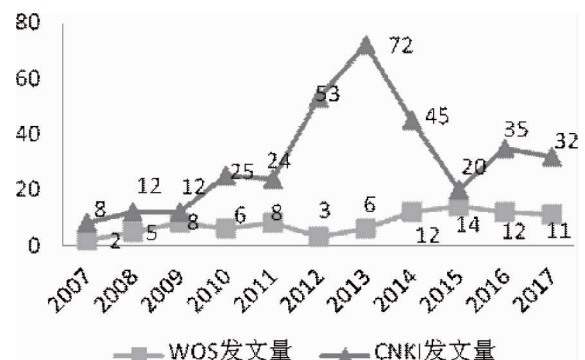


图 1 2007~2017 年中外煤矿信息化发文量

3.2 发文作者分析

发文作者在一定程度上反映了某研究领域的科学研究主体^[17]。图 2 为选取 CiteSpace 中 Author(作者)节点绘制的国内煤矿信息化研究发文作者分布图谱,其中,节点大小与发文数量成正比。从图 2 可看出,在众多发文作者中,发文量最多的是中国矿业大学(北京)的谭章禄教授,发文量为 10 篇;其次是中国矿业大学(北京)的孙继平教授、中国矿业大学物联网(感知矿山)研究中心的丁恩杰教授、张申教授和中国矿业大学的朱华教授,发文量均为 8 篇。从作者所在机构可以看出,目前国内煤矿信息化研究的核心研究力量主要集中在 中国矿业大学、中国矿业大学(北京)这 2 所国内高等院校,地域、学科分布不均衡现象较为明显。



图 2 国内煤矿信息化研究作者分布图谱

3.3 研究机构分布及合作情况分析

对研究机构进行分析,可以找出该领域的核心科研力量,并对研究机构的学术影响力加以科学评价。图 3 和图 4 依次展现了国内外煤矿信息化研究机构分布及合作情况,其中,机构间的连线暗指各机构间的合作情况^[18]。图 3 中,节点数量有 329 个,涉及的机构类型不仅有高等院校,还有众多研究所和企业,表明目前国内关注煤矿信息化研究的机构数量较多;此外,在从二级机构来看,隶属于中国矿业大学、中国矿业大学(北京)的众多学院都出现

在机构分布及合作图谱中,且发文总量较多,这表明作为中国矿业类的高等学府,中国矿业大学和中国矿业大学(北京)已成为目前国内煤矿信息化研究的主力军和行业领头羊.从机构发文量来看,中国矿业大学(北京)管理学院、中国矿业大学物联网(感知矿山)研究中心的发文量均为13篇,位居首位;位居第二位和第三位的是中国矿业大学信息与电气工程学院和天地(常州)自动化股份有限公司,发文量分别为10篇和7篇.从机构连线情况来看,各机构间连线共有163条,但整个机构合作图谱的网络密度仅为0.003,这说明目前我国研究煤矿信息化的各机构间合作强度较弱,缺乏紧密交流与合作;此外,从机构合作关系还可以看出,目前国内各机构间的合作大多是以同类学科、同类院校为主导,跨学科、跨门类的机构合作较少.

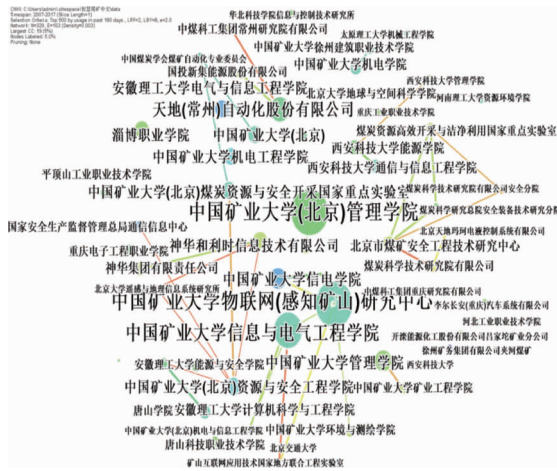


图3 国内煤矿信息化机构分布及合作图谱



图4 国外煤矿信息化机构分布及合作图谱

图4中节点数量为130个,连线数量有114条,网络密度为0.0136,与国内相比,国外煤矿信息化的研究机构数量略少,但整体合作强度较强,各机构间联系较为密切.从发文数量来看,国外研究煤矿信息化的众多机构中,发文量位居前3的依次是China Univ Min&Technol, Univ Chinese Acad Sci, AGH Univ Sci&Technol.从机构归属地可以发现,在众多国际煤矿信息化研究机构中,发文量居前2位的均是中国机构,此外,从图4中还可找到众多中国高等院校,这在一定程度上表明煤矿信息化研究已在我国引起了高度关注和重视,且我国该领域的学术研究水平已在国际上处于较领先地位.

3.4 研究热点分析

关键词是反映某研究领域主要研究方向和研究热点的重要标志^[19].选取CiteSpace中Keywords(关键词)节点,分别绘制出国内外煤矿信息化关键词分布图谱,如图5和图6所示.同时,表2给出了国内、外煤矿信息化高频关键词分布情况.图5中,节点大小代表关键词出现频次,从中可以看出,目前国内煤矿信息化研究热点主要集中在“物联网”“煤矿”“信息化”“云计算”“机器人”等方面,说明随着工业3.0的逐步推进及煤矿行业转型升级步伐的不断加快,我国煤矿信息化建设已取得明显成效,煤矿信息化技术日趋成熟.



图5 国内煤矿信息化关键词分布图谱

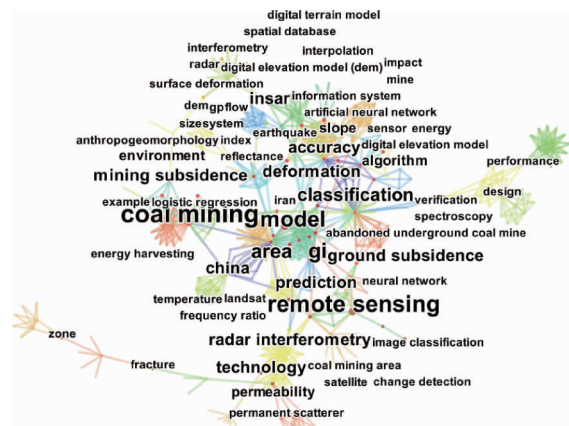


图6 国外煤矿信息化关键词分布图谱

图6给出的国外煤矿信息化关键词分布图谱中,出现频次较高的有“coal mining”“remote sensing”“model”“subsidence”.与国内煤矿信息化研究热点相比,目前国外煤矿信息化的研究主要集中在煤矿开采、遥感技术、坍塌沉陷等方面.对比分析表2中国内外煤矿信息化研究高频关键词可以发现,目前国内外煤矿信息化研究热点分别集中在不同方面,两者各有侧重点,国内文献研究主要以煤矿与信息化技术的融合为主,多倾向理论研究;国外主要针对煤矿开采、坍塌沉陷等技术方面进行深入研究,侧重于实践操作.

表2 国内、国外煤矿信息化高频关键词

序号	国内关键词	频次	国外关键词	频次
1	物联网	96	coal mining	11
2	煤矿	75	remote sensing	9
3	信息化	43	model	8
4	云计算	32	gi	7
5	机器人	29	subsidence	6
6	煤矿安全	25	area	6
7	大数据	20	classification	5
8	安全生产	14	accuracy	4
9	数字矿山	13	ground subsidence	4
10	无线传感器网络	12	radar interferometry	4

3.5 研究前沿分析

突现词可反映相关领域的研究前沿和发展趋势^[20].运用 CiteSpace 软件的突现词检测功能,可对国内外煤矿信息化发展进程和发展趋势进行整体分析.表3给出了国内、国外突现强度较高,具有较强学科代表性的10个关键词.从突现强度来看,国内突现强度最高的是“大数据”,达到了8.1554,这表明在2007~2013年,国内学者在研究煤矿行业过程中,对大数据的研究热度相当高;国外研究中,突现强度最大的是 ground subsidence(地面沉陷),且自2012年突现以来,国外针对该问题的研究热度一直未减.从突现时间来看,“煤矿安全”“瓦斯浓度”在国内近10年来一直处于研究前沿,说明煤矿安全问题始终是国内该领域关注的热点和前沿问题.此外,从表3还可以看出,“矿山物联网”“感知矿山”“智能化”等词在国内突现时间较晚,但研究热度始终未减,是国内煤矿行业研究前沿问题;与国内相比,国外针对煤矿信息化的研究热点和研究前沿主要集中在 digital elevation model(数字高程模型), abandoned underground coal mine(废弃煤矿), change detection(变化检测), logistic regression(逻辑回归模型)等方面.

表3 国内、国外煤矿信息化研究突现词

国内			国外		
关键词	强度	2007~2017年	关键词	强度	2007~2017年
大数据	8.155		ground subsidence	2.012	
物联网	7.057		digital elevation model	1.293	
矿山物联网	2.374		abandoned	1.108	
煤矿安全	1.983		underground coal mine	1.108	
煤矿安全生产	1.643		verification	1.108	
感知矿山	1.642		coal mining	1.056	
煤矿物联网	1.330		deformation	1.033	
智能化	1.316		information system	1.004	
瓦斯浓度	1.255		image classification	1.004	
云平台	1.214		change detection	1.004	
			logistic regression	1.004	

对比分析国内外研究突现词可发现,国内外煤矿信息化研究热点各有特色,如国内对煤矿安全、瓦斯

浓度等的研究,国外对废弃煤矿、地面沉陷方面的研究.但整体而言,国内外关于煤矿信息化的研究都以加强煤矿行业与信息技术融合为目的,国内该领域的研究方向与国际上基本保持一致.

4 结论与启示

4.1 结论

1) 国内关于煤矿信息化总体发文量明显高于国外;发文作者方面,国内已有较多学者从事煤矿信息化研究,但核心研究力量主要集中在矿业大学、中国矿业大学(北京)这2所国内高等院校中,存在明显的学术团队分布不均衡现象;研究机构方面,与国外相比,国内研究机构数量多、类型丰富,但机构间合作强度较弱,缺乏跨学科、跨地域的机构合作与交流.

2) “物联网”“煤矿”“信息化”“云计算”是目前国内煤矿信息化研究的热点问题;“煤矿安全”“瓦斯浓度”作为影响煤矿行业发展的关键要素,不仅是国内煤矿信息化研究的热点,而且在学术界一直处于研究前沿状态;“矿山物联网”“感知矿山”“智能化”作为国内最新研究前沿,未来将引领煤矿行业信息化建设水平向着更加科学化、先进化方向发展.

3) 在研究热点和研究前沿方面,国内外学术界关注的问题和主要研究内容存在一定差异,但整体而言,国内煤矿信息化的研究主题和研究方向与国外相关研究基本一致,关于信息化技术在国内煤矿行业的应用也在不断提升和加强.

4.2 启示

1) 在研究人员和研究机构方面,要加强不同院校、不同地域间研究学者及研究机构间的合作强度,平衡学术界关于煤矿信息化研究的地域分布和学科分布,从而促进各地区、各研究机构间的均衡发展;此外,各研究学者及研究机构在提高文献发文量的同时,也要注重发表的文献质量,从整体上提高国内学术界在该领域的研究水平.

2) 在研究内容和研究方向上,相关学者在结合研究热点和研究前沿问题的基础上,要勇于探索,不断扩展研究领域,形成跨学科、多分支的研究体系,创新国内煤矿信息化研究主题;在煤矿信息化建设过程中,要结合实际发展情况,形成独具特色的自我发展模式;要在完善理论研究的同时,提高国内煤矿信息化的实践操作和技术水平,不断加强煤矿行业与云计算、大数据分析、物联网等信息技术融合,从根本上提高我国煤矿信息化建设水平.

参考文献:

- [1] 韩建国. 神华智能矿山建设关键技术研发与示范[J]. 煤炭学报, 2016, 41(12): 3181-3189.
- [2] Lilic N, Obradovic I, Cvjetic A. An intelligent hybrid system for surface coal mine safety analysis[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2010, 23(4): 453-462.
- [3] Serafettin A, Mahmut Y. Underground mining method selection by decision making tools[J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2009, 24(2): 173-184.
- [4] Sarkka P S, Liimatainen J A, Pukkila J A J. Intelligent mine implementation: Realization of a vision[J]. CIM Bulletin, 2010, 26(2): 38-42.
- [5] 谭章禄, 陈晓. 煤炭企业信息化建设现状及发展对策探讨[J]. 工矿自动化, 2016, 42(7): 63-65.
- [6] 毛善君. “高科技煤矿”信息化建设的战略思考及关键技术[J]. 煤炭学报, 2014, 39(8): 1572-1583.
- [7] 孙继平. 煤矿信息化自动化新技术与发展[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(1): 19-23.
- [8] 毛善君, 刘桥喜, 马嵩乃, 等. “数字煤矿”框架体系及其应用研究[J]. 地理与地理信息科学, 2003(4): 56-59.
- [9] 黄磊, 刁勇, 李明建, 等. 煤矿防突信息管理系统设计[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2013, 35(2): 148-154.
- [10] 韩先培. 面向知识图谱构建的信息抽取技术[EB/OL]. (2015-07-08). http://www.iscas.ac.cn/xshd2016/xsbg2016/201507/t20150708_4386759.html.

- [11] 刘国兵,常芳玲.基于 CiteSpace 的国内语料库翻译学研究知识图谱分析[J].河南师范大学学报(自然科学版),2018,46(6):111-120.
- [12] 范丽娟,温素彬.《会计研究》1980-2009 年文献计量分析——基于中国知识资源总库(CNKI)[J].情报科学,2011,29(12):1906-1911.
- [13] AI 时代:知识图谱是 SaaS 企业突破的关键点[EB/OL].(2017-8-15). <http://www.ccidnet.com/2017/0815/10302531.Shtml>.
- [14] 陈悦,陈超美,刘则渊,等.CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J].科学学研究,2015,33(2):242-253.
- [15] 陈悦,陈超美,胡志刚.引文空间分析原理与应用—CiteSpace 使用指南[M].北京:科学出版社,2014:16-17.
- [16] 李燕琴,束晟.基于 Web of Science 的社区生态旅游研究进展[J].旅游学刊,2017,32(8):116-126.
- [17] 李伯华,罗琴,刘沛林,等.基于 Citespace 的中国传统村落研究知识图谱分析[J].经济地理,2017,37(9):207-214.
- [18] Hou J, Chen C, Yan J. Mapping the research on scientific collaboration[J]. Chinese Journal of Library and Information Science,2010,3(1):1-19.
- [19] 张璇,苏楠,杨红岗,等.2000-2011 年国际电子政务的知识图谱研究——基于 Citespace 和 VOSviewer 的计量分析[J].情报杂志,2012,31(12):51-57.
- [20] 谭章禄,单斐,陈孝慈.国内煤矿安全研究领域的知识图谱分析[J].西安科技大学学报,2017,37(6):837-843.