

DOI:10.15918/j.jbitss1009-3370.2016.0207

钢铁行业能源效率与碳排放

梁晓捷, 王兵, 张皓, 唐葆君

(北京理工大学 管理与经济学院 能源与环境政策研究中心, 北京 100081)

摘要: 钢铁行业是中国能源消费和碳排放大户,面临的节能减排压力巨大,同时针对钢铁行业能源效率与碳排放的研究也不断增多。基于中国知网数据库,利用文献计量方法,分析了钢铁行业能源效率与碳排放研究的发展变化特征和趋势。研究结果表明:钢铁行业能源效率与碳排放的科研产出自 2010 年开始出现快速增长,中国冶金报、冶金管理、东北大学是重要的文献来源,科研产出的学科分布和关键词分析反映了本领域是包含冶金技术、工业经济、管理学、环境科学等多学科交叉的综合性研究。从研究成果的高产机构发现,东北大学、中国钢铁工业协会、冶金工业规划研究院、北京科技大学是本领域的主要研究机构。通过关键词分析得到了此领域的关注热点除了能源效率与碳排放外,还涉及到循环经济、余热回收、高炉等经济学和钢铁行业技术研究的内容。

关键词: 钢铁行业; 能源效率; 碳排放; 节能管理

中图分类号: F205

文献标识码: A

文章编号: 1009-3370(2016)02-0034-05

一、文献综述

经济新常态下钢铁行业面临的挑战更加严峻,产业发展形势不容乐观。在中国经济新常态下,产量占全球钢铁产量约一半的中国钢铁行业正面临产能严重过剩、全行业将长期微利发展、环保压力愈发沉重、资金断链风险加大等 4 个方面的挑战^[1]。作为中国碳排放大户,2014 年 4 月新《环保法修订案》表决通过,加上 2015 年 5 月工信部发布的《钢铁行业规范条件(2015 年修订)》和《钢铁行业规范企业管理办法》使得钢铁产业的环保排放标准提高,考核指标不断收紧,导致行业环保成本必然增加。此外,钢铁行业新标准还规定了钢铁企业须具备健全的能源管理体系,生产工序需达到能源消耗指标。

“一带一路”战略可能成为未来中国钢铁行业发展的新契机^[2]。“一带一路”建设,是中国推动国际产能合作,消化过剩产能的重要战略。随着中亚、南亚、东南亚等地区的基础设施建设需求释放,以及全球产业梯度的转移,“一带一路”沿线国家成为全球钢铁消费的新增长点,中国钢铁行业有望迎来发展新机。但是,如何在“一带一路”的战略下让中国钢铁产能走出去,还要处理好政治风险、管理风险和环保风险等问题。

能源效率改善和 CO₂ 减排成为钢铁行业发展

的主旋律。随着新环保法和新行业标准的实施,钢铁行业正面临新的环保和减排形势。因此,钢铁企业急需化被动为主动,系统地对本企业全生产流程按新标准进行环保核查,比照能源管理先进企业的经验做好能源管理工作,达到整个行业的节能减排标准;在新建和改造过程中,应按全流程及经济规模设计和生产,实现生产工序间的合理衔接和匹配。因此,能效改善和碳减排可能成为未来钢铁产业发展的科技制高点。

文献计量学方法能有效刻画学科发展规律,已在气候政策^[3]、气候变化风险评估^[4]等领域得到广泛应用。Wei 等(2015)^[5]采用文献计量与综述方法研究了气候变化政策建模的最新动态和发展的主流方向,归纳了气候变化综合评估模型的建模要点。刘作仪等(2012)^[6]运用文献计量方法系统梳理了中国管理与运筹学研究的发展脉络,探析了 2001—2010 年中国管理与运筹学研究发展态势和热点领域。Wang 等(2014)^[7]采用文献计量方法分析了气候变化脆弱性研究进展,并就主流研究方向进行分析。

为衡量中国钢铁行业领域的能效和碳排放研究现状,本文以中国知网数据库中的钢铁行业能效与碳排放相关的中文文献为研究对象,采取逆向多重检索方式进行文献检索,运用文献计量方法分析本领域的发文情况,量化得出本领域的学科发展规律,进而探析其研究发展趋势和前沿问题。

收稿日期: 2016-01-14

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71573013,71273031)

作者简介: 梁晓捷(1967—),男,工程师,博士研究生,E-mail:lxj@cae.cn

二、研究方法

本文以钢铁产业为检索主关键词,利用逆向思维式检索方法整理检索文献,从文献数量分析、文献来源分析、学科分布、主要研究机构、关键词热点分析等五个方面对钢铁行业能源效率与碳排放文献进行分析与讨论,论文分析框架图如图1所示。

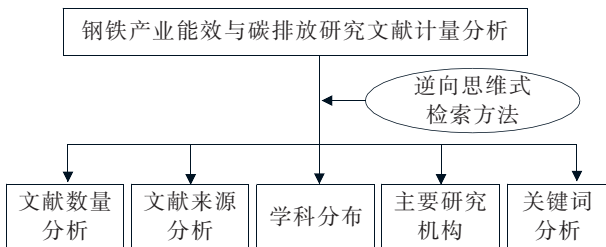


图1 钢铁行业能源效率与碳排放文献计量研究框架

中国知网数据库是涵盖中文文献较为齐全的数据库。本文以中国知网为基础,检索出钢铁行业能效与碳排放研究的文献,系统分析钢铁行业能效与碳排放领域近年来的发文情况和研究现状,为全面系统掌握本领域的研究态势、开展钢铁行业能效与碳排放学术研究提供依据。

本研究采用的数据库逆向多重检索过程如下(如图2所示):

第一阶段:小组讨论确立首次检索式。笔者首先采用专家小组讨论的形式确定文献搜索的首次检索式为 $SU=(\text{钢铁产业} \times (\text{节能} + \text{低碳} + \text{能效管理} + \text{碳排放}))$,文献年限限定为1981年1月至2015年11月,文献类型限定为期刊论文、会议论文、学位论文、报纸,引文数据库是中国知网数据库,共检出288篇文献。

第二阶段:关键词同义判别。笔者利用文献分析软件 bibexcel 对所有文献关键词进行分析,在文献审查与整理后,找到钢铁行业能效与碳排放不同字段的各种同义词。

第三阶段:重新确定检索式。根据第二阶段的整理,根据关键词的同义表达情况,重新确立检索式为 $SU=((\text{钢铁行业} + \text{钢铁产业}) \times (\text{节能} + \text{低碳} + \text{能效管理} + \text{碳排放}))$,其他条件不变,共检出1 238篇文献。

第四阶段:文献整理与分析。对第三阶段的检索文献,从作者、机构、同义词等方面进行整理(见整理策略),整理完成后得到1 224篇文献,并对其进行文献计量分析。

本文依据以下文献整理策略来进行数据整理。首先是文献来源的名称问题,由于早期数据库中的

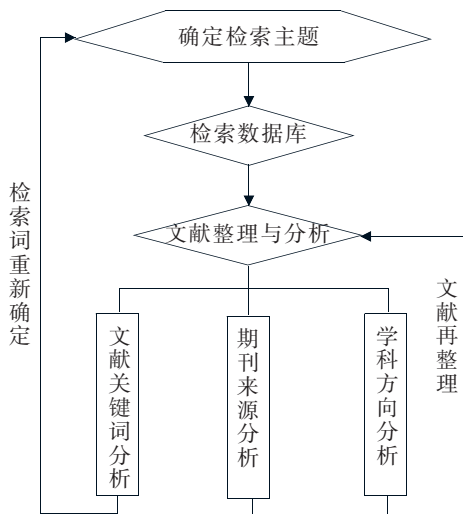


图2 逆向多重文献检索方式

期刊名称等可能会进行改名,因此需要进行统一。针对这一问题,通过网页搜索查看原文对比、用文献来源归类等两种方式,对文献数据中的来源问题进行整理。其次是文献所属学科问题,对于明显属于工程技术研究的文献将其归类到技术领域学科范围内。在研究文献数量增长情况时,本研究运用普赖斯指数来分析其增长是否服从指数增长的规律。

三、结果分析与讨论

在前面所得数据的基础上,运用文献计量方法对钢铁行业能效与碳排放领域的研究态势进行系统分析,包括文献数量增长情况、文献学科分布和文献类型分布、文献来源、主要研究机构、关键词词频分析等方面。

(一)文献数量分析

发表学术论文数量是衡量科学研究发展态势的重要指标。统计结果显示,1999—2015年钢铁行业能效与碳排放领域学者共发表1 224篇文献,年发文数量从1991年的1篇上升到2013年最高的185篇。与此同时,我们以钢铁行业或钢铁产业为关键词检索出钢铁行业研究的文献数量则从1991年的35篇上升为2013年最高的1 613篇。图3给出了1999—2012年钢铁行业以及钢铁行业能效与碳排放领域发文数量情况。

从图3可以看出,钢铁行业研究以及钢铁行业能效与碳排放子领域研究发文数量增长迅速,钢铁行业研究在2005年以后呈平稳的态势。此外,作为钢铁行业研究当中的新兴学科,钢铁行业能效与碳排放研究在2005年的发文量只占到钢铁行业研究发文总量的2.45%,到2013年已上升

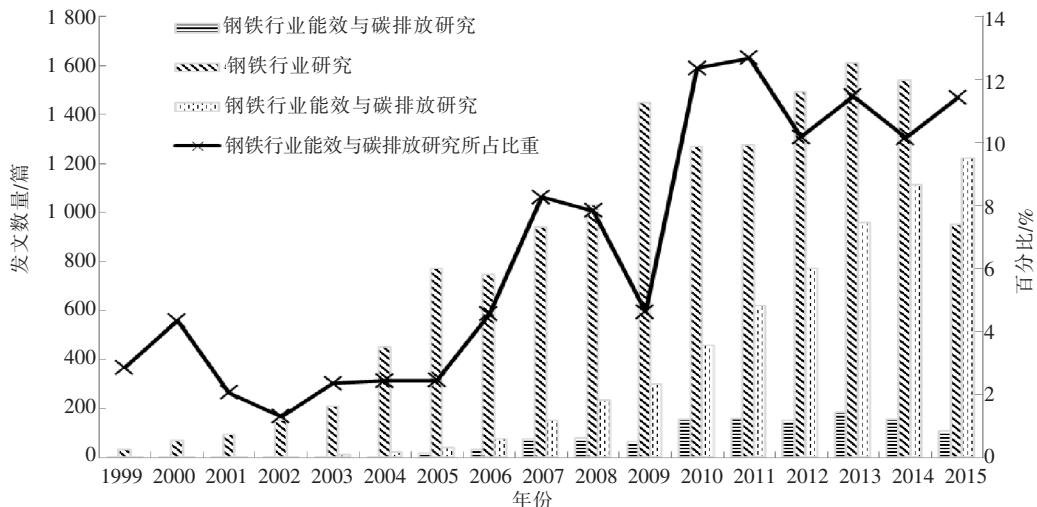


图3 1999—2012年钢铁行业能效与碳排放领域发文数

至 11.46%，并自 2010 年开始所占比重超过 10%，说明目前钢铁行业能效与碳排放研究呈现快速发展的态势，并已得到钢铁行业领域研究学者的广泛关注。

文献计量学的研究成果表明，学科文献的增长呈现指数增长规律，普赖斯认为，以科技文献量为纵轴，以历史年代为横轴，不同年代的科技文献量的变化过程表现为一根光滑的曲线，这条曲线十分近似地表示了科技文献量指数增长的规律。因此从普赖斯研究中可得到结论：任何正常的、日益增长的科学领域内的文献是按指数增加的，每隔大约 10 年到 15 年时间增加 1 倍，每年增长约 5%~7%^[8]。

图 3 也显示出钢铁行业能效与碳排放研究领域的文献累计增长情况。根据发展速度的快慢，大致可以分为 3 个阶段：1999—2003 年是起步阶段，自 2004 年以后进入了钢铁行业能效与碳排放研究的快速发展阶段，2010—2015 年是平稳发展阶段。由于 1999—2003 年间是钢铁行业能效与碳排放研究发展的初步阶段，笔者从 2003 年开始对该领域的文献增长规律进行拟合，可以得到 2003—2015 年钢铁行业能效与碳排放研究领域文献增长公式为 $F(t)=18e^{0.34t}$ ($R^2=0.98$)，表明钢铁行业能效与碳排放研究文献的增长速度明显高于一般学科文献的增长速度。

(二) 学科分布与文献类型分布

据中国知网数据库的检索结果，钢铁行业能效与碳排放研究论文分布在 52 个学科类别中。如图 4 所示，本领域前 4 大学科类别分别是冶金工业、工业经济、宏观经济管理与可持续发展、环境科学与资源管理，文献数目分别是 696 篇、552 篇、216 篇、

205 篇。从这可以看出，钢铁行业能效与碳排放研究的检索主题既包含工业研究、冶金技术的一面，也体现了环境科学和管理、经济学研究方法是进行钢铁行业能源与碳排放研究的重要工具。从文献类型来看，从知网数据库中检索出来的本领域文献包括期刊论文 708 篇，学位论文 234 篇，会议论文 164 篇，报纸类文章 118 篇。

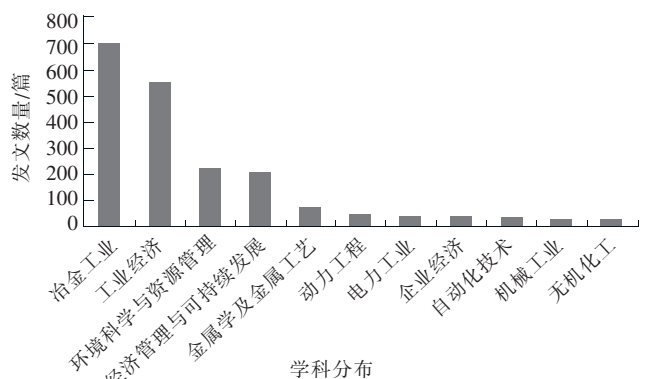


图4 钢铁行业能效与碳排放研究学科分布

(三) 文献来源分析

文献分析需对其来源进行统计分析，主要关注钢铁行业能效与碳排放研究主要在哪些刊物上进行发表。表 1 给出了发表数量前 10 名的期刊信息及载文数量，主要研究机构的相关信息。这些文献来源的发表论文数占全部发表论文的 15.03%，其中载文数量较多的 3 种来源是中国冶金报(54 篇)，冶金管理(32 篇)和东北大学(31 篇)，这说明钢铁行业能效与碳排放研究领域发表的中文文章比较分散在不同的文献来源中。

(四) 作者单位分析

本研究检索出的 1 224 篇论文分布在超过 60 个不同的研究机构。排序前 10 位的单位名称及发

表1 钢铁行业能效与碳排放研究文献来源

序号	文献来源	数量	作者单位	数量
1	中国冶金报	54	东北大学	49
2	冶金管理	32	中国钢铁工业协会	29
3	东北大学	31	北京科技大学	25
4	冶金经济与管理	28	冶金工业规划研究院	19
5	中国钢铁业	23	宝山钢铁	16
6	中国废钢铁	18	燕山大学	14
7	天津大学	12	天津大学	14
8	世界金属导报	10	中国金属学会	12
9	冶金动力	9	中冶京城工程技术公司	11
9	燕山大学	9	清华大学	11
9	冶金财会	9	中南大学	10

文情况如表1所示,其中发文量最多的机构是东北大学,共发文49篇,占比约为4.00%,其次是中国钢铁工业协会,发文29篇,占到全部论文的2.37%。排名前列的研究机构还包括北京科技大学、冶金工业规划研究院、宝山钢铁等,分析这些机构的发文数量可以发现这些高产机构所占比例不高,说明不存在哪个机构在钢铁行业的能源效率与碳排放研究方面具有较强的话语权。

(五)关键词分析

依据本文的检索式,整理了表2所示的钢铁行业能效与碳排放研究的关键词。从词频上来看,检索式中与钢铁行业相关的词组出现了252次,节能相关词组出现了173次,循环经济、余热回收、环保、高炉、烧结等词组也被确认为与钢铁行业能效

与碳排放密切相关的研究主题。关键词分析表明钢铁行业能效与碳排放研究是一门涉及到钢铁技术、经济、管理、环境学等学科交叉的研究领域。

四、主要结论

钢铁行业是中国国民经济的重要基础产业和实现工业化的支柱产业,同时也是能源消耗和大气污染物排放的大户,是中国实行节能减排的重点行业^①。钢铁行业能效与碳排放研究正是适应这种新形势下钢铁行业新发展趋势的研究领域。本文基于中国知网数据库检索了1981—2015年间钢铁行业能效与碳排放研究的中文文献,并利用文献计量方法分析了本研究领域的发展变化特征和趋势。

1.钢铁行业能效与碳排放研究的科研产出量不断增加。自2010年以来钢铁行业能效与碳排放研究领域研究论文发文量急剧增加,研究领域进入稳步发展阶段,而钢铁行业能效与碳排放研究的科研产出增长速度明显高于一般学科论文的增长速度。此外,中国冶金报、冶金管理和东北大学是本领域重要的文献来源和出处。

2.依据关键词和学科分布分析,综合应用管理、经济、工程技术是钢铁行业能效与碳排放研究的学科特点,而东北大学、中国钢铁工业协会、冶金工业规划研究院、北京科技大学、宝山钢铁等是本领域的主要研究机构。但是,作为相对较新的研究主题,目前的文献计量分析表明其文献分布较为分散,不存在绝对主流的期刊和代表性的高产作者。因此,开展钢铁行业能效与碳排放综合性研究还有待继续进行。本研究只是以中国知网数据库为数据来源,并没有包括外文文献,因此存在一定的缺陷。

表2 钢铁行业能效与碳排放研究的关键词分布

次序	关键词	出现次数
1	节能减排	101
2	钢铁行业	87
3	节能	59
4	钢铁企业	56
5	钢铁产业	44
6	低碳经济	36
7	钢铁	33
8	循环经济	32
8	钢铁工业	32
10	能耗	15
10	余热回收	15
12	节能降耗	13
13	环保	11
14	高炉	11
15	烧结	10

参考文献:

- [1] 中国银河证券. 新常态下钢铁产业发展面临四大挑战 [EB/OL]. (2015-03-13)[2015-12-03]. http://www.chinastock.com.cn/yhwz_about.do?methodCall=getDetailInfo&docId=4726658.
- [2] 赵明亮, 杨蕙馨. “一带一路”战略下中国钢铁业过剩产能化解: 贸易基础、投资机会与实现机制[J]. 华东师范大学学报(哲学社会科学版), 2015, 4: 84-92.
- [3] 魏一鸣, 米志付, 张皓. 气候政策建模研究综述: 基于文献计量分析[J]. 地球科学进展, 2013, 28(8): 930-938.
- [4] 魏一鸣, 袁潇晨, 吴刚, 杨列勋. 气候变化风险评估研究现状与热点: 基于 Web of Science 的文献计量分析[J]. 中国科学基金, 2014, 28(5): 347-356.
- [5] WEI Y M, MI Z F, HUANG Z. Climate policy modeling: an online SCI-E and SSCI based literature review[J]. Omega-The International Journal of Management Science, 2015, 57: 70-84.
- [6] 刘作仪, 吴登生, 李建平. 2001—2010 年中国管理与运筹学研究态势的计量分析——基于 Web of Science 数据[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2012, 14(1): 1-8.
- [7] WANG B, PAN S Y, KE R Y, et al. An overview of climate change vulnerability: a bibliometric analysis based on Web of Science database [J]. Natural Hazards, 2014, 74: 1649-1666.
- [8] 靖培栋, 康仲远. 关于科技文献增长的数学模型[J]. 情报学报, 2000, 19(1): 90-96.
- [9] 刘贞, 蒲刚清, 施於人, 等. 钢铁行业碳减排情景仿真分析及评价研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(3): 77-81.

The Energy Efficiency and Carbon Emissions Researches of the Iron and Steel Industry

LIANG Xiaojie, WANG Bing, ZHANG Hao, TANG Baojun

(Center for Energy and Environmental Policy Research, School of Management and Economics,
Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: As one of China's largest energy consumer, the carbon emissions from the iron and steel industry accounted for a significant portion of China's total greenhouse gas emissions. Considering CNKI as the retrieval source, this paper presents the development characteristics and trend of the researches on energy efficiency and carbon emissions of the iron and steel industry by a bibliometric analysis. The results reveal that: the scientific outcomes of this research field are increasing sharply since 2010. China Metallurgical News, China Steel Focus and Northeastern University are the famous origins or journals of these documents. Northeastern University, China Iron and Steel Association and China Metallurgical Industry Planning and Research Institute are outstanding research institutes in this research topic. The subject distribution suggested the researches on energy efficiency and carbon emissions of the iron and steel industry has developed into an interdisciplinary field, including metallurgical technology, industrial economy, management, environment. The related hotspots include cyclic economy, waste heat recovery and blast furnace, etc.

Key words: iron and steel industry; energy efficiency; carbon emissions; energy conversion management

[责任编辑:孟青]