

全球碳排放遥感监测相关论文的文献分析

赵蕴华 李维波 苑朋彬

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘要: 应对温室气体排放导致的全球气候变化问题, 全球主要国家均做出了相应的碳减排承诺。科学准确地监测温室气体浓度和来源, 是落实减排承诺的主要举措, 也是我国积极主动处理全球气候问题, 提升国际话语权的重要举措。文章在简述全球碳排放卫星遥感监测方法和技术发展的基础上, 对Web of Science核心论文数据库中温室气体遥感监测相关的论文数据进行统计、分析、挖掘, 从论文发表趋势、主要来源国、主要研究领域等角度分析温室气体遥感监测领域整体论文产出、主要研究机构、重点技术等情况, 从而对温室气体遥感监测提出发展特点和发展态势。

关键词: 温室气体排放; 监测方法; 遥感监测; 科技论文; 文献计量

中图分类号: G350

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2019.03.015

Study of the Paper Literature With Global Carbon Emissions Monitoring

ZHAO Yunhua, LI Weibo, YUAN Pengbin

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: Major countries have made corresponding carbon reduction commitment, because of the global climate change caused by greenhouse gas emissions. Scientific and accurate method of monitoring the greenhouse gas concentrations and sources is very important to carry out the commitments. It's also important for our country to deal with the global climate problem actively and promote international voice. This article summarized the sensing monitoring method and its application results of the global carbon emission. In the core paper database of Web of Science, the paper data related to remote sensing monitoring of greenhouse gases are collected, analyzed and mined. By literature metrology in whole paper output, major research institutions, key technology and strategic management, we provide reference for the development of greenhouse gases remote sensing monitoring methods.

Keywords: greenhouse gas emissions, monitoring method, remote sensing monitoring, scientific papers, bibliometrics

全球气候变暖问题是人类迄今面临的重大环境问题。美国《科学》杂志将“气候危机”列为2016年令人瞩目的事件之一^[1]。人类活动导致的温室气体排放, 是全球变暖的主要原因^[2-3]。日益严峻的气候变化, 引起了世界各国的高度重视, 采取了一系列的应对措施。2016年11月《巴黎气候协定》生效, 全球近200个

国家参与^[4]。世界上主要碳排放国家均做出了相应温室气体减排承诺。如美国承诺在2025年之前把温室气体排放量按2005年的水平减少26%~28%; 欧盟承诺在2030年把温室气体排放量在1990年基础上减少40%; 中国提出于2030年左右达到碳排放峰值, 到2020年单位生产总值二氧化碳排放比2015年下降18%, 碳排

作者简介: 赵蕴华 (1967—), 女, 中国科学技术信息研究所研究馆员, 研究方向: 重点科技领域研究 (通讯作者); 李维波 (1989—), 男, 博士, 中国科学技术信息研究所博士后, 研究方向: 竞争情报学、低碳能源、石油地质学; 苑朋彬 (1990—), 男, 中国科学技术信息研究所研究实习生, 研究方向: 技术竞争情报。

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金“重点科技领域深度分析与研究”(ZD2017-01)。

收稿时间: 2018年2月28日。

放总量得到有效控制^[5]。

然而，落实减排承诺的重要举措就是做好全球温室气体排放的监测。卫星遥感是探测大气二氧化碳浓度的手段之一，其具有稳定、连续、大尺度观测等诸多优点。因此，本文首先探究了卫星遥感监测碳排放技术和方法的发展对相关论文产出的影响，然后从发文国家与研究机构、载文期刊与论文作者、技术领域等方面对相关文献进行分析，以揭示卫星遥感监测碳排放技术的研究发展态势。

1 卫星遥感监测与论文产出

利用卫星遥感探测大气二氧化碳浓度，能够更好地获得全球二氧化碳的时空分布与变化特征。随着卫星遥感技术的发展，一系列具备大气二氧化碳探测能力的卫星相继发射升空，大气制图扫描成像吸收光谱仪（SCIAMACHY）、温室气体观测卫星（GOSAT）、大气红外探测器（AIRS）等卫星传感器已经获得了多年的全球二氧化碳浓度分布产品^[6-9]。2014年12月，美国宇航局利用OCO-2卫星数据得到全球第一个二氧化碳浓度图像。2016年11月，美国宇航局通过OCO-2卫星数据，第一次生成了全球人为因素导致的二氧化碳排放图^[10-11]。卫星遥感探测大气二氧化碳取得了长足的进展。

随着卫星遥感技术的发展和国际社会对全球气候变化的高度重视，有关卫星遥感监测碳排放的相关论文越来越多地发表在了科技学术期刊上。科技论文在一定程度上代表了一个国家的科技研发水平。本文利用Web of Science核心论文数据库，以“carbon dioxide or greenhouse gas and remote sensing monitoring”为主题词进行检索，共检索到相关论文400篇（检索日期截止到2017年12月）。通过对这些文献的分析发现，1991年美国首次发表了温室气体遥感监测相关论文。之后，从1992年通过《联合国气候变化框架公约》到1999年通过《京都议定书》的这段期间内与温室气体遥感监测相关的论文增长到6篇。2009年虽然《哥本哈根协议》未获得通过，但提出了将全球平均气温升幅控制在工业革命以前2℃的长期行动目标，根据各国的GDP大小减少二氧化碳的排放量。由于提出了温室气体具体量化监测指标，于是与温室气体遥感监测相关的论文呈井喷式增长。到2011年与温室气体遥感监测相关的论文达到了43篇。2016年11月《巴黎气候协定》生效后，各国纷纷提出了相应的减排指标，对大气中二氧化碳浓度的监测和测算越来越被重视，与温室气体遥感监测相关的论文发表数量逐年上升，2016年达到33篇，2017年增加到41篇（图1）。

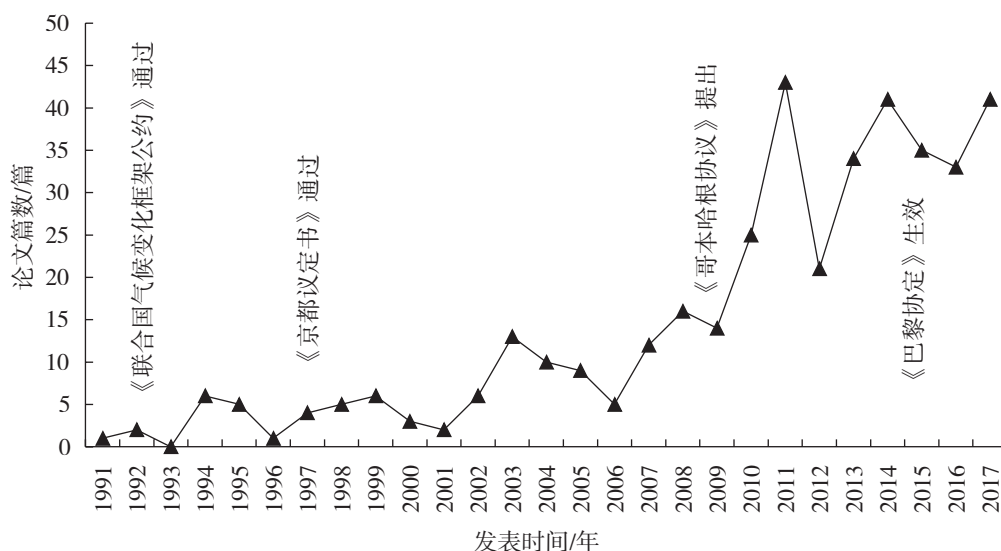


图1 温室气体遥感监测相关论文的发文量

2 发表论文的国家与研究机构

图2列出了全球温室气体遥感监测相关论文发文量前10的国家。美国发表论文数量为163篇,占总共研究论文的一半左右;我国发表论文数量为63篇,居第二位,是前10大论文发表国家中唯一的发展中国家;德国发表论文数量为60篇,居第三位。加拿大、法国、英国、意大利、

日本、澳大利亚和荷兰也是温室气体遥感监测领域研究的主要国家。

论文量排名前5的国家发表论文趋势如图3所示。从图3可以看到,美国在温室气体遥感监测相关研究起步较早,1991年首先发表论文,之后以较快速度增长,在2003年发表相关论文5篇,在2014年增加到17篇;2015年和2016年略有下降,分别为14篇和9篇。我国在温室气

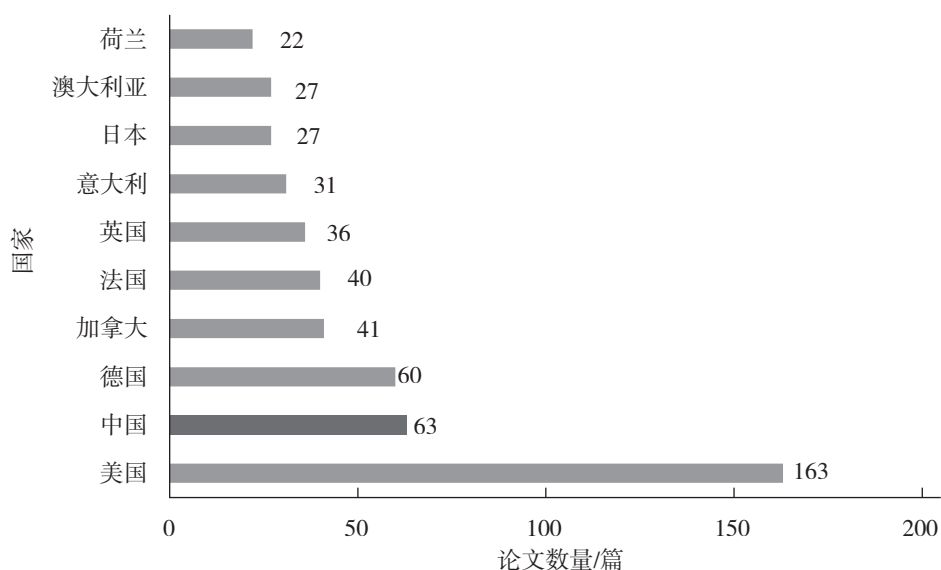


图2 全球温室气体遥感监测相关论文发文量前10的国家

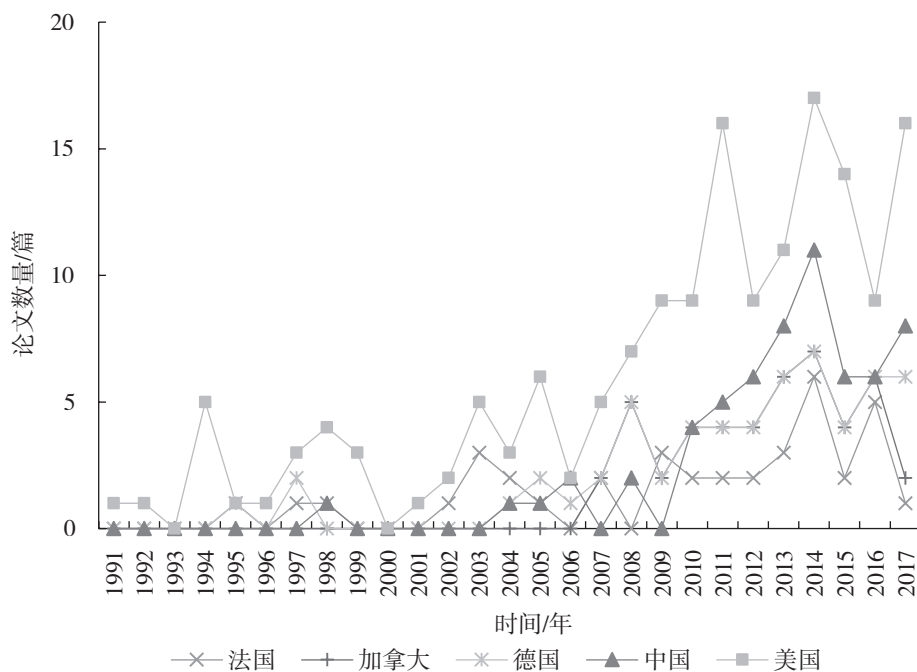


图3 全球温室气体遥感监测相关论文数量前5位的国家发文趋势

体遥感监测领域的论文发表起步相对较晚，在2004年开始发表相关研究论文，2005—2008年每年发表论文的数量为1~2篇。从2009年开始，发表论文的数量迅速增加，在2014年发表论文达9篇，2015年和2016年均发表论文6篇，截至2017年7月已经发表8篇论文。德国、加拿大和法国论文发表趋势具有相似性。在2009—2015年论文发表达到峰值，2017年分别发表论文6篇、2篇和1篇。

从研究机构来看，在全球温室气体遥感监测领域发文量前10的研究机构中有6所美国的研究机构，它们是美国国家航天航空局、戈达德太空飞行中心、美国喷气推进实验、马里兰大学、加利福尼亚大学和加州理工大学（图4）。其中，美国航天航空局发表论文55篇，居全球首位。中国科学院在该领域发表相关论文28篇，居第二位。法国国家科学研究中心和德国亥姆霍兹研究中心分别发表论文26篇和19篇。

3 载文期刊与论文作者

经对检索到的400篇相关论文进行载文期刊和论文作者统计分析，发现这些论文总体分布在258种期刊中，作者数量高达2011名。表1和表2分别列出了排名前10的期刊和论文作者。

从表1可以看到，在排名前10的期刊中，载文总数量为132篇，占总论文量的33%，为本领域的专业核心期刊。另外，排名前10的各期刊载文量均在8篇以上。其中，《遥感》《学会学报》《环境遥感》作为本领域的专业期刊，载文数量最大，均在20篇以上。这3种期刊的总载文量占全部论文量的15.25%以上，是温室气体遥感监测相关论文发表的主要期刊。

从表2可以看到，在发文量排名前10的作者中，发文总数量为66篇，占全部发文量的16.5%，是温室气体遥感监测领域的主要研究人员，人均发文量在5篇以上。其中，Bovensmann H、Black TA、Buchwitz M、Burrows JP作为发文量最多的领域专家，发文总数量占全部论文量的8.25%以上，是本领域的高产作者。

4 技术领域

图5是利用VOSviewer对Web of Science核心论文数据库中400篇有关卫星遥感监测碳排放的论文摘要和主题进行词频分析的示意图。其中，中心黑色区域代表出现词频较高的核心主题领域，亮色区域代表出现词频一般的相关主题领域，周边的灰色区域代表出现词频较低的其他主题领域。通过观察可知，温室气体遥感监测论文

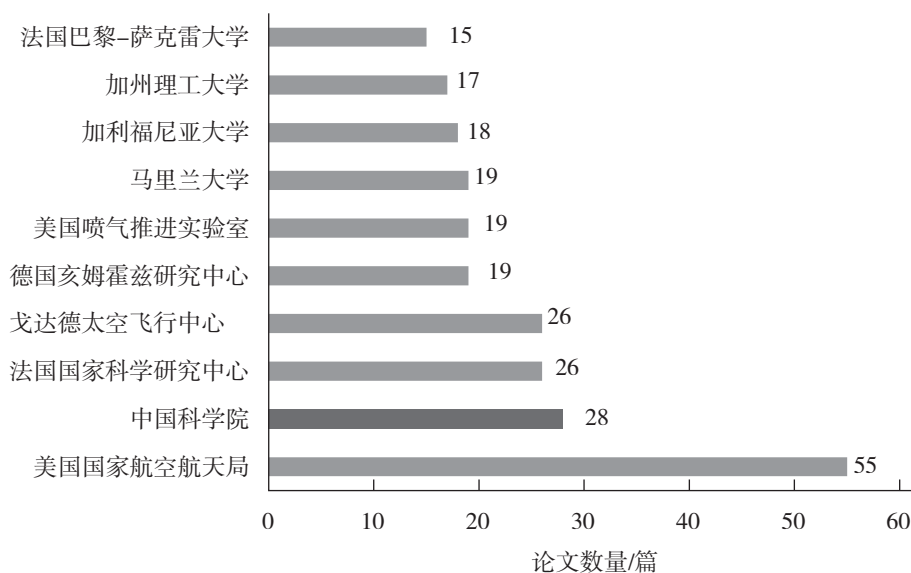


图4 温室气体遥感监测领域发文量全球前10所研究机构

表 1 载文量排名前 10 的期刊分布

排名	期刊名称	期刊的中文名称	论文数量 / 篇	占总论文量的百分比 / %
1	REMOTE SENSING	遥感	21	5.25
2	PROCEEDINGS OF SPIE	学会学报	20	5
3	REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT	环境遥感	20	5
4	PROCEEDINGS OF THE SOCIETY OF PHOTO OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS SPIE	光电仪器工程师学会学报	13	3.25
5	IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING IGARSS	IEEE地 球 科 学 与 遥 感 IGARSS 国际研讨会	12	3
6	AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY	农业和森林气象学	10	2.5
7	ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS	环境研究快报	10	2.5
8	INTERNATIONAL JOURNAL OF REMOTE SENSING	国际遥感杂志	10	2.5
9	BIOGEOSCIENCES	生物地理科学	8	2
10	GLOBAL CHANGE BIOLOGY	全球变化生物学	8	2
总计			132	33

表 2 发文量排名前 10 的作者分布

排名	作者	论文数量 / 篇	占总论文量的百分比 / %
1	Bovensmann H	9	2.25
2	Black TA	8	2
3	Buchwitz M	8	2
4	Burrows JP	8	2
5	Clerbaux C	6	1.5
6	Law BE	6	1.5
7	Running SW	6	1.5
8	Hadji-lazaro J	5	1.25
9	Herold M	5	1.25
10	Kimball JS	5	1.25
总计		66	16.5

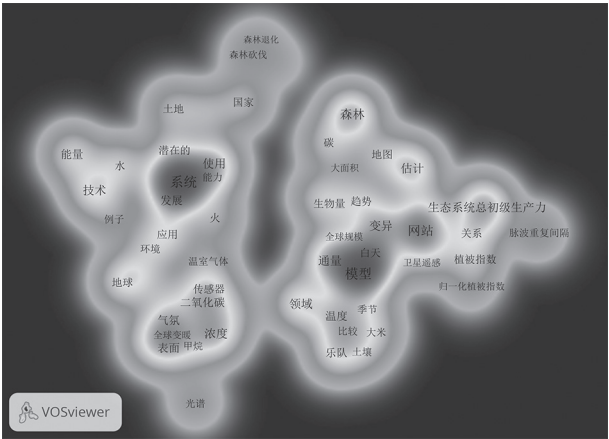


图 5 温室气体遥感监测论文摘要和主题词词频

研究热点主要集中于以下 3 个领域：一是温室气

体遥感监测模型，研究地表覆盖、季节、温度和

5 结论

碳排放是全球气候变暖的主要原因，世界上主要国家均做出了减排承诺，并制订了 2020—2030 年减排目标的计划。本文通过对卫星遥感监测碳排放方法进行梳理，发现遥感监测技术可以快速、经济、可重复地获取宏观尺度上大气中温室气体浓度，相对于传统以经济指标为基础的模型计算和大气监测站等监测方式具有明显的优势。在此基础上，通过对 Web of Science 核心论文数据库中

与温室气体遥感监测相关的论文数据进行统计、分析和挖掘，得到当前全球温室气体遥感监测领域的总体竞争态势。

(1) 遥感监测技术可快速、经济、重复地获取大气中温室气体浓度。美国、日本和欧盟等发达国家纷纷加强研究和规划，未来将发射多颗温室气体遥感监测卫星，以期获取碳排放量一手数据资料。我国是碳排放大国，大力发展卫星遥感监测技术将是实现减排承诺的重要措施，也是推动国际碳减排行动的重要示范。

(2) 从科技论文发文量来看，温室气体遥感

监测相关论文数量逐年增高,反映了该技术正逐步引起国际上的重视。科技论文产出在一定程度上代表了一个国家地区科研水平实力。尽管我国发文量排名第二,但作为发展中国家,与美国相比仍存在一定的差距。美国关于碳排放监测技术的政策、法律、卫星遥感监测技术等方面的举措都是值得我国学习借鉴的。

(3) 从发文国家来看,美国是温室气体遥感监测领域研究实力最强的国家,已发布多张全球或区域尺度的温室气体浓度图。我国温室气体遥感监测技术尽管起步相对较晚,但进展迅速,是全球研究论文发表数量前十大国家中唯一的发展中国家。中美两国引领全球遥感监测技术的发展。

(4) 从研究机构看,美国航空航天局是全球温室气体遥感监测领域研发实力最强的机构,其次分别为中国科学院、法国国家科学研究中心和澳大利亚联邦科学与工业研究组织。加强机构间的合作将会大力推动碳排放监测技术的发展。

(5) 从载文期刊、人员来看,《遥感》《学会学报》《环境遥感》作为领域内的专业期刊,收录了大量的卫星遥感监测相关科技论文。另外,Bovensmann H、Black TA、Buchwitz M、Burrows JP等发表论文均在8篇以上,他们是温室气体遥感监测技术研发的骨干力量。

(5) 从技术领域来看,全球温室气体遥感监测技术的研究侧重于遥感监测模型、遥感监测技术和温室气体排放对土地、森林、水体等的影响这三大领域。在此基础上,我国可以根据国际上的研究侧重点,结合实际发展情况,对未来遥感监测技术的发展作出一定的规划。

参考文献

- [1] ABBOTT A, BUTLER D, CASTELVECCHI D, et al. 2016 in news: The science events that shaped the year [J]. *Nature*, 2016, 540(7634): 496. DOI: 10.1038/d41586-017-08493-x.
- [2] 滕玲. 警惕!地球越来越“暖”世界气象组织公报显示:全球温室气体浓度再创新高[J]. *地球*, 2016(2): 44-46.
- [3] LE Quéré C, ANDREW R M, CANADELL J G, et al. Global carbon budget 2016[J]. *Earth System Science Data*, 2016, 8(2): 605-649. DOI: 10.5194/essd-8-605-2016.
- [4] 刘中奎. 世界气候可持续发展的保障:《巴黎协定》[J]. *地理教育*, 2017(4): 57-58. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5207.2017.04.024.
- [5] 黄炜,王诚. 温室气体排放总量目标制定研究方法述评[J]. *价值工程*, 2017(12): 246-247. DOI: 10.14018/j.cnki.cn13-1085/n.2017.12.100.
- [6] 何茜,余涛,程天海,等. 大气二氧化碳遥感反演精度检验及时空特征分析[J]. *地球信息科学学报*, 2012, 14(2): 250-257.
- [7] 郑玉权. 温室气体遥感探测仪器发展现状[J]. *中国光学*, 2011, 4(6): 546-561. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1531.2011.06.002.
- [8] 张航,郑玉权,王文全,等. 基于遥感监测的高光谱分辨率与高信噪比光谱探测技术[J]. *光学精密工程*, 2015, 23(10Z): 229-238.
- [9] 苗茹,姚凌,孙九林,等. 温室气体遥感反演系统的设计与实现[J]. *河南大学学报(自然科学版)*, 2014, 44(3): 339-346. DOI: 10.3969/j.issn.1003-4978.2014.03.015.
- [10] HAMMERLING D M, MICHALAK A M, KAWA S R. Mapping of CO₂ at high spatiotemporal resolution using satellite observations: Global distributions from OCO-2[J]. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2012, 117(D6): 6306-6316. DOI:10.1029/2011JD017015.
- [11] CRISP D, POLLOCK H R, ROSENBERG R, et al. The on-orbit performance of the Orbiting Carbon Observatory-2 (OCO-2) instrument and its radiometrically calibrated products[J]. *Atmospheric Measurement Techniques*, 2017, 10(1): 59. DOI: 10.5194/amt-10-59-2017.