

基于文献计量的卫星气象领域研究态势分析

张定媛 王堰 邓京勉 吴紫煜 李攀

中国在卫星气象领域研究论文增长较快，2002—2021年SCI论文总量位居世界第二，但论文影响力指标排名相对靠后。水圈卫星监测以及碳循环等交叉领域成为卫星气象的新兴研究热点，对小卫星的关注度也日益增长。从科技论文的视角来看，与美国和欧洲的业务气象卫星在全球的广泛使用相比，中国的业务气象卫星以本国使用为主。

中图分类号：P4

文献标志码：A

DOI：10.3969/j.issn.2095-1973.2024.04.007

卫星气象学是大气科学的重要分支，是随着1960年世界上第一颗气象卫星发射升空而发展起来的研究领域。气象卫星资料跨越国界，被广泛应用于天气预报、气候变化、灾害监测等领域，极大地促进了卫星气象学的发展。本研究从科技论文的角度，基于文献计量学方法，对2002—2021年卫星气象领域论文产出成果进行详细分析，通过客观定量的方式进行国际比较，揭示国际卫星气象领域的发展态势，找出我国卫星气象领域研究所处的位置及存在的问题，为卫星气象的高质量发展布局提供信息支撑。

1 卫星气象领域科研竞争力分析

基于ISI Web of Science平台的SCI-Expanded数据库和InCites Benchmarking & Analytics科研评估分析工具，针对卫星气象主题文献进行文献计量分析。以2002—2021出版年为检索时段，文献类型限定为研究论文(Article)与综述(Review)，检索“satellite”主题在Web of Science学科分类体系下的Meteorology & Atmospheric Sciences学科中的SCI论文，分别对论文量、影响力和高被引论文等指标进行计量分析，从而对卫星气象领域的研究态势进行国际比较。

1.1 论文量增长趋势

图1展示了2002—2021年全球发表卫星气象相关主题SCI论文量最多的10个国家和地区(Top10国家和地区)及欧洲的论文量变化趋势。从图中可以看到，美国长时间保持领先优势。中国与美国的极轨气象卫星在2010年和2011年前后分别进入第三代和第五代，静止气象卫星也分别完成了第一代和第四代系列卫星的发射。与此相对应，中国的论文量从2012年以后开

始出现明显增长，并且增长速度很快，在2013年超过德国，并逐步缩小与美欧的差距。欧洲的论文量增长趋势与美国相近并逐步接近美国，在2021年略微超越美国。

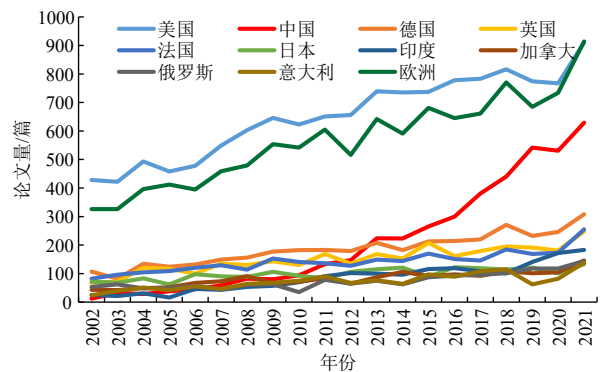


图1 2002—2021年卫星气象领域SCI论文量Top10国家和地区及欧洲的论文量变化趋势(注:欧洲统计欧盟27国和英国,下同)

1.2 科研竞争力指数

从科研生产力、科研影响力、科研卓越力3个维度，构建科研竞争力指数，用以衡量科技论文研究的活跃度。针对不同维度选择相应的指标，对其数值进行归一化后获得得分，3个维度得分加和后再进行归一化得到科研竞争力指数得分(表1)。

从科研竞争力来看，美国居第一位，其竞争力指数大幅领先于排名第二的国家和地区。美国、英国、中国跻身世界前三位。

从科研生产力看，美国发表论文13047篇，排名第一，占全球总量的37.11%；中国发表论文4285篇，排名第二，占全球总量的12.19%；德国、英国和法国

收稿日期：2022年11月17日；修回日期：2023年4月25日

第一作者：张定媛(1984—)，Email: zhangdy@cma.gov.cn

资助信息：中国气象局软科学研究重点课题(2022ZDIANXM20)；中国气象事业咨询委员会研究项目(2022—2023)

表1 2002—2021年卫星气象领域SCI论文量Top10国家和地区的科研竞争力指数

国家和地区	一级指标		二级指标									
	科研竞争力		科研生产力(论文量)				科研影响力(学科规范化的引文影响力)			科研卓越力(高被引论文量)		
	得分	排名	数值/篇	得分	排名	数值	得分	排名	数值/篇	得分	排名	
美国	10.00	1	13047	10.00	1	1.47	9.50	3	297	10.00	1	
英国	5.17	2	3003	2.30	4	1.55	10.00	1	88	2.96	2	
中国	4.86	3	4285	3.28	2	1.26	8.13	8	87	2.93	4	
德国	4.83	4	3699	2.84	3	1.35	8.71	6	80	2.69	5	
法国	4.98	5	2853	2.19	5	1.48	9.54	2	88	2.96	2	
加拿大	4.04	6	1635	1.25	8	1.43	9.22	4	43	1.45	7	
日本	3.85	7	1983	1.52	6	1.27	8.18	7	49	1.65	6	
意大利	3.74	8	1452	1.11	10	1.36	8.76	5	34	1.14	8	
印度	2.32	9	1691	1.30	7	0.81	5.25	9	9	0.30	10	
俄罗斯	1.77	10	1507	1.16	9	0.58	3.72	10	10	0.34	9	

分列第三至第五位。

学科规范化的引文影响力是指排除了学科、出版年和文献类型差别的论文篇均被引频次，反映了一组论文的学术影响力水平。从科研影响力看，英国、法国和美国的学科规范化的引文影响力指标分别为1.55、1.48和1.47，占据全球前三位；中国的影响力值为1.26，排名第八。

高被引论文是指排除了学科类别、出版年和文献类型差别统计的被引频次排名前1%的论文数。一个国家高质量的科技论文成果的数量可以用来衡量其科研水平的卓越程度。从科研卓越力看，美国的高被引论文量为297篇，英国和法国均为88篇(分别占各自总论文量的2.28%、2.93%和3.08%)，占据前三位。中国高被引论文量为87篇，位居第四，占其论文总量的2.03%。

1.3 学术影响力分析

学科规范化的引文影响力、高被引论文百分比、Q1区期刊论文占比几个指标可以从不同方面对论文的学术影响力进行揭示。

1.3.1 学科规范化的引文影响力

学科规范化的引文影响力值大于1表明论文的被引表现高于全球平均水平，小于1则低于全球平均水平。2002—2021年，Top10国家和地区的学科规范化的引文影响力值排名英国第一，法国第二，中国第八。与中国强劲的论文量增长相比，中国的论文影响力并不突出。Top10国家和地区，除印度和俄罗斯外，其余8个国家和地区的学科规范化的引文影响力值均大于1，表明这些国家和地区论文的平均被引表现高于全球平均水平(图2)。

1.3.2 高被引论文百分比

从表1可以看出，中国的高被引论文量在Top10国

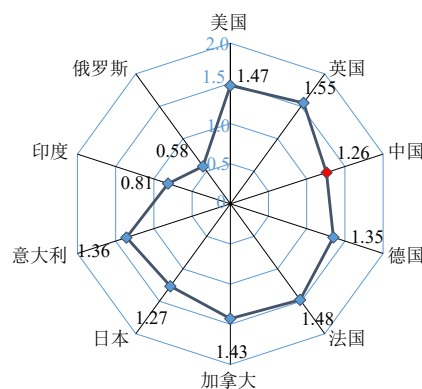


图2 2002—2021年卫星气象领域SCI论文量Top10国家和地区的学科规范化的引文影响力

家和地区中排名第四，但高被引论文量占比较低，排名第八(图3)。法国与英国高被引论文量并列排名第二，但高被引论文占比排名第一。英国和加拿大的高被引论文占比分列第二、第三位。

1.3.3 Q1区期刊论文占比

中国的Q1区期刊^①论文量占比排名第六，为42.89%(图4)。英国的Q1区期刊论文占比为51.5%，位列第一，法国和加拿大分别排名第二和第三。

2 卫星气象领域研究主题分布

研究论文关键词出现的频次可以用来识别某领域研究的主题，确定相应的研究热点。基于论文的“作者关键词”，对卫星气象领域发表的SCI论文的主题进行分析，提取了美国、中国、日本和欧洲论文中出现频次前十位的主题，并用热力色阶表示各个主题在不同国家和地区论文中的占比多少，颜色越接近红色表明该主题的占比越大，颜色越接近蓝色表明占比越少。表2显示，各个国家和地区卫星气象领域研究主题各有特色，共同关注较多的研究主题为遥感、降

① 期刊分区是根据影响因子从高到低的分布，按四分位数依次划分为Q1~Q4共4个区。

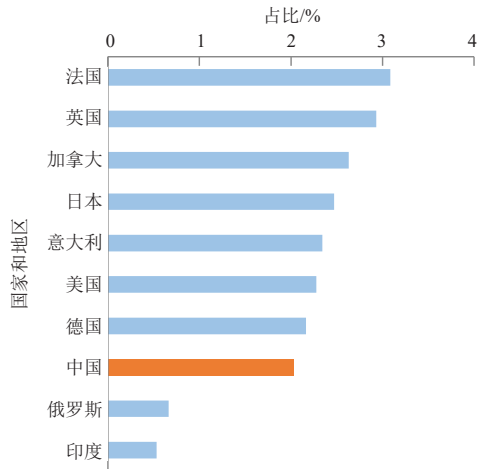


图3 2002—2021年卫星气象领域SCI论文量Top10国家和地区的高被引论文量占比

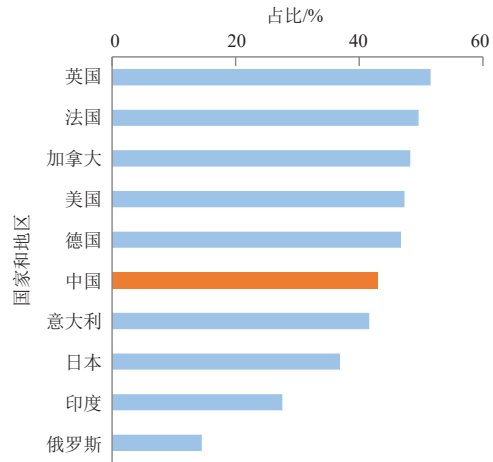


图4 2002—2021年卫星气象领域SCI论文量Top10国家和地区的Q1区期刊论文占比

表2 2002—2021年中国、美国、欧洲和日本卫星气象领域研究热点比较

关键词	关键词百分比/%			
	中国	美国	欧洲	日本
遥感	3.24	4.30	3.31	2.32
MODIS	3.03	1.26	1.10	0.86
降水	2.61	2.09	1.46	1.66
青藏高原	2.47	--	--	--
气候变化	2.17	1.10	1.04	--
卫星观测	2.03	3.24	1.85	2.77
气溶胶	1.77	1.30	0.94	1.36
数据同化	1.61	1.72	1.66	2.17
电离层	1.52	1.76	2.75	2.47
蒸散	0.96	--	--	--
磁层物理	--	1.26	2.07	1.87
云	--	1.20	--	0.91
空间碎片	--	--	0.87	--
葵花-8	--	--	--	0.86

注：关键词为所选国家和地区出现频次最高的前十位关键词；百分比值是关键词出现频次占该国家和地区总论文量的比例。

水、卫星观测等，展现了明显的领域特征及共性问题。除此之外，中国的热点关键词还有MODIS，作为地球观测卫星搭载的传感器，其数据产品在实时地球观测和应急处理方面应用广泛；欧洲和日本还较为关注电离层。青藏高原和蒸散只出现在中国的前十位热点关键词中，体现出一定的区域研究特色和优势；磁层物理、云、空间碎片和葵花-8等其他国家和地区关注的前十位主题并未出现在中国的前十位热点关键词中，表明了各国家和地区所关注内容的个性差异。

通过对论文研究主题的进一步分析发现，在交叉研究领域，研究主题围绕冰川、海平面上升、地下水、水治理等开展了沿海、海底地形和内陆水卫星监测的水圈相关研究。以蒸散、归一化植被指数、浮游

植物、森林砍伐、微生物量、CO₂、地球化学为主题的碳循环领域卫星研究也成为交叉研究的热点。

对近5年高被引论文的分析发现，合成孔径雷达、夜光等成为卫星遥感新兴热点观测手段，用于土壤水分、地质灾害、海洋环境、城市化进程、森林碳库等监测和研究，使卫星资料进入了一个能快速、及时提供多种数据的新阶段。各国除了传统的大卫星研究，对小卫星的关注度也日益增高，其中立方体卫星的研究占据了主导地位。

3 各国家和地区业务气象卫星在全球使用情况比较

将卫星按所属国家和地区进行归类，以其具体名称为主题进行论文检索，可以得到各国家和地区气象卫星在全球论文中的使用情况，可以反映各国家和地区气象卫星数据在全球的应用。基于SCI-Expanded数据库，针对中国、美国、欧洲（仅指欧洲气象卫星开发组织，EUMETSAT）、日本发射的系列业务气象卫星名称进行主题检索，文献类型限定为研究论文（Article）与综述（Review），对2002—2021年业务气象卫星使用情况进行比较。检索卫星包括中国风云系列极轨气象卫星9颗和风云系列静止气象卫星10颗；美国NOAA等系列极轨气象卫星23颗、GOES系列静止气象卫星18颗；欧洲METOP系列极轨气象卫星3颗、欧洲METEOSAT系列静止气象卫星11颗；日本Himawari系列静止气象卫星9颗。

从图5可以看出，使用四个国家和地区业务气象卫星所发表论文的数量存在很大差别。美国是发射气象卫星数量最多的国家，全球涉及其极轨和静止气象卫星的论文量也均最多，分别为3408篇和1993篇。欧洲虽然只有三颗极轨气象卫星，但涉及的论文量为

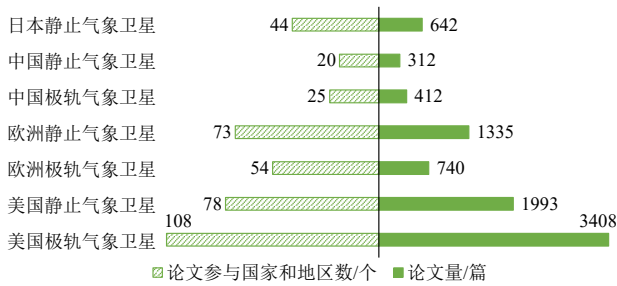


图5 2002—2021年中国、美国、欧洲和日本发射的业务气象卫星相关SCI论文情况

740篇，远超中国风云极轨气象卫星的412篇。中国、欧洲和日本发射的静止气象卫星数量相当，但从相关论文量看，欧洲仅次于美国位居第二，为1335篇；日本第三，为642篇；中国仅312篇。从文献的角度来说，基于中国气象卫星数据的研究与美国、欧洲、日本相比还存在较大差距。

从使用各国气象卫星所发表论文的参与国家和地

区数量来看，美国无论是极轨还是静止气象卫星的论文参与国家和地区数量都是最大的，分别为108和78个国家和地区，这与其气象卫星数据的长序列连续性和可用性是分不开的。欧洲的极轨和静止气象卫星论文参与国家和地区数量以54和73个紧随其后，位居第二。日本静止气象卫星的论文参与国家和地区数量为44个。中国的风云系列极轨和静止气象卫星论文参与国家和地区数量分别为25和20个。

图6给出了基于四个国家和地区业务气象卫星数据发表论文的前10位论文参与国家和地区及其论文量占比。基于美国极轨和静止气象卫星发表的论文中，美国作者参与的比例分别为54.6%和61.5%，其中中国和德国对其极轨气象卫星的论文参与占比仅次于美国，分别为15.8%和7.3%；中国和俄罗斯对美国静止气象卫星的论文参与占比分别为10.0%、9.3%。基于欧洲极轨气象卫星发表的论文中，美国参与论文的占比最高，为34.2%，其次是德国，为26.2%；基于欧洲静

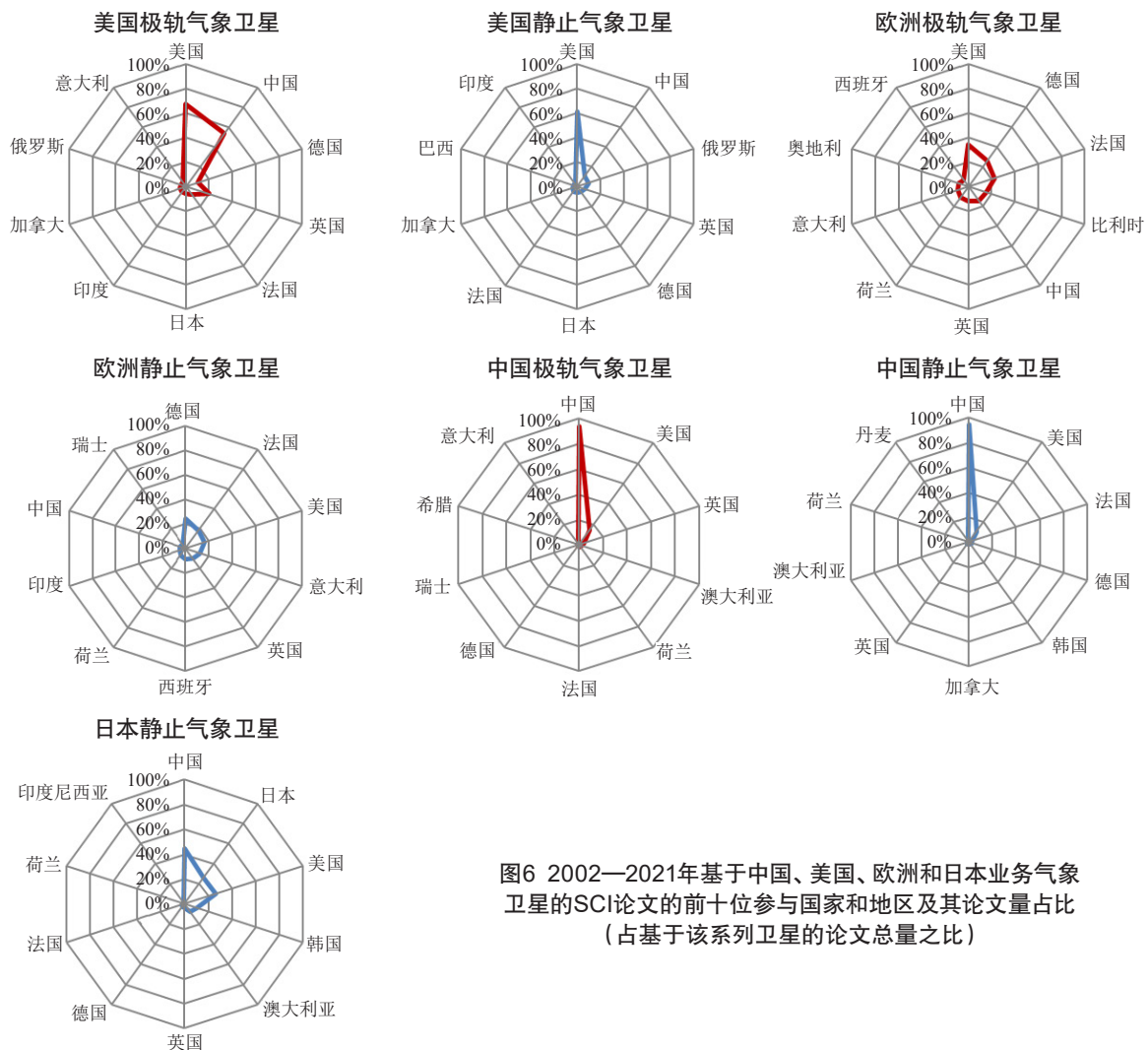


图6 2002—2021年基于中国、美国、欧洲和日本业务气象卫星的SCI论文的前十位参与国家和地区及其论文量占比（占基于该系列卫星的论文总量之比）

止气象卫星发表的论文的参与国家和地区占比前三位分别为德国(24.7%)、法国(18.1%)和美国(16.0%)。基于中国极轨和静止气象卫星发表的论文,本国参与度都极高,分别为93.7%和94.2%,其次为美国(14.8%和10.6%)。基于日本静止气象卫星发表的论文的首要参与国家和地区为中国,占比为44.7%,其次为日本(26.3%)和美国(26.2%)。

4 小结

中国在卫星气象领域研究论文增长较快,论文基数大,但平均质量有待提升。从科研竞争力来看,美国以绝对优势占据第一的位置,英国、中国分列第二、第三位。科研生产力方面,中国的论文总量仅次于美国,位列第二。美国的高被引论文数量位居世界第一,中国与英国、法国数量接近,位居第四。学术影响力方面,中国的学科规范化的引文影响力和高被引论文百分比均位列第八,Q1区期刊论文百分比位列第六,相对于论文总量的排名较为靠后,应在继续保持大量产出的基础上,着重提升学术质量。

从卫星气象研究论文的热点关键词可以看出,各国家和地区主要关注的研究热点较为一致,但仍有各自的特点。除遥感、降水和卫星观测等共同关注的热点外,中国还关注了青藏高原、蒸散和MODIS等主题。其他国家和地区关注的磁层物理、云、空间碎片和葵花-8等主题并未出现在中国的前十位热点关键词中。围绕冰川、海平面上升、地下水、水治理等开展

的水圈卫星监测研究,以及围绕蒸散、归一化植被指数、浮游植物、森林砍伐、微生物量、CO₂、地球化学的碳循环等交叉领域成为卫星气象研究热点。各国家和地区对小卫星的关注度也日益增高,其中立方体卫星的研究占据了主导地位。

从研究论文来看,与美国和欧洲的业务气象卫星在全球的广泛使用相比,中国的业务气象卫星以本国使用为主。从使用各国家和地区卫星所发表论文数量和论文的参与国家和地区量来看,美国均为最多,欧洲位居第二。美国极轨和静止业务气象卫星的论文参与国分别为108个和78个,中国为25个和20个。从论文本国作者占比来看,美国约占50.0%以上,中国为90.0%以上。中国卫星数据在国际上的应用程度还有待提升,其中的原因还有待继续挖掘。

深入阅读

- 方宗义, 2014. 气象卫星发展历程和启示[J]. 气象科技进展, 4(6): 27-34.
- 何兴伟, 冯小虎, 韩琦, 等, 2020. 世界各国静止气象卫星发展综述[J]. 气象科技进展, 10(1): 22-29, 41.
- 李俊, 方宗义, 2012. 卫星气象的发展——机遇与挑战[J]. 气象, 38(2): 129-146.
- 卢乃锰, 谷松岩, 2016. 气象卫星发展回顾与展望[J]. 遥感学报, 20(5): 832-841.
- 中国农业科学院农业信息研究所, 中国农业科学院科技管理局, 中国农业科学院战略研究中心, 2021. 2021中国农业科技论文与专利全球竞争力分析[J]. 农学学报, 11(12): 10-12.

(作者单位: 中国气象局气象干部培训学院)
(编辑: 卢冰)

(上接28页)

- [101] 洛伦兹E N. 混沌的本质[M]. 刘式达, 刘式适, 严中伟, 译. 北京: 气象出版社, 1997.
- [102] Thorarinsdottir T L, Johnson M S. Probabilistic wind gust forecasting using Nonhomogeneous Gaussian Regression[J]. Monthly Weather Review, 2012, 140(3): 889-897.
- [103] Davenport A G. Gust loading factors[J]. Journal of the Structural

- Division, 1967, 93(3): 11-34.
- [104] Lombardo F T, Main J A, Simiu E. Automated extraction and classification of thunderstorm and non-thunderstorm wind data for extreme-value analysis[J]. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2009, 97(3-4): 120-131.

(编辑: 郑秋红)