

# 基于文献计量的气候变化领域研究前沿分析

■ 郑秋红 王卫丹 张定媛

地面和湖泊表面温度、城市热岛、黑碳和棕色碳、土壤有机碳、全球温升2℃和气溶胶辐射强迫是中国贡献较大的几个主题，主导论文量在2篇及以上；而中国在海洋热浪及其影响、格陵兰冰盖融化、冻土碳动态等12个主题的参与论文量为0，没有贡献核心论文。

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2021.04.025

研究前沿是通过共被引分析和聚类算法选出的研究主题，反映现代科学中的研究密集型和突破性领域。其不依赖于对文献的人工标引和分类，而是基于研究人员的相互引用而形成的知识与知识之间和人与人之间的联络。通过对研究前沿的施引文献的分析，可以发现该领域的最新进展和发展方向。本研究基于ESI数据库的研究前沿，筛选出与气候变化密切相关的前沿主题，并对重点前沿主题进行解读，从文献计量学角度揭示当前气候变化领域研究现状及学科发展态势。

## 1 文献数据

ESI数据库是科睿唯安基于全球12000多份期刊的1200多万篇文献提供的科学趋势统计数据库。数据库将这些期刊划分在22个大学科领域，气象和大气科学类期刊属于其中的地学领域。数据库基本统计指标包括高被引论文、热点论文和高水平论文。其中，高被引论文是根据同一出版年同一ESI学科统计，论文被引频次进入世界前1%的论文。热点论文是按ESI学科领域统计，最近两年发表、在最近两个月里被引频次进入世界前0.1%的论文。高水平论文是高被引论文和热点论文取并集后的论文集合。数据库不仅提供对这些论文的国家地区、作者、机构、刊载期刊等指标的基本统计，亦通过这些高影响论文的共被引分析和聚类算法，统计给出各学科领域的研究前沿。通过这些指标的统计和分析，ESI数据库可以帮助研究者和管理者有效分析和衡量一个国家和地区和研究机构的绩效、确定重要学科发展趋势、排名最佳绩效者以及评估潜在员工和合作者等。根据10年滚动文件，ESI数据库每两个月更新一次。本研究的数据采集时间为2020年7月。

收稿日期: 2021年1月6日; 修回日期: 2021年5月25日

第一作者: 郑秋红 (1975—), Email: qhzh518@163.com

通信作者: 王卫丹 (1965—), Email: wangweidan@cma.gov.cn

## 2 气候变化领域研究前沿遴选

ESI数据库地学领域共有531个研究前沿(2020年7月数据)，本研究筛选核心论文5篇及以上，与气候变化密切相关的研究前沿，共31个(表1)。在数据库中，研究前沿是基于词频聚类分析而生成的，表1中对每个研究前沿对应的多条主题词按照研究内容进行了归纳和整理。例如，表中的研究前沿“海平面上升”，在数据库中是以“南极冰盖减缓了20世纪海平面上升、20世纪全球平均海平面上升、海平面上升减缓、海平面上升”等词汇给出的。

从表1可以看出，核心论文数在20篇及以上的研究前沿有海平面上升、海洋热浪及其影响、北极海冰损失和冰川质量变化4个主题。某前沿的核心论文数越大，表明支撑该前沿的知识基础越雄厚。表中总被引频次表征的是某研究前沿的核心论文的总引文影响力，总被引频次越高，表明该组论文的影响力越大。核心论文总被引频次超过1000篇次的研究前沿有海平面上升、海洋热浪及其影响、北极海冰损失、冻土碳动态、冰川质量变化及甲烷排放。核心论文数和总被引频次综合表征了这些前沿主题的活跃度。核心论文平均出版年代表了某组核心论文的总新旧程度。一个有很多新近发表的核心论文的研究前沿，通常提示其是一个快速发展的专业研究方向，即“新兴前沿”。表中核心论文平均出版年在近3年(2017年7月之后)的“新兴前沿”有7个。

## 3 气候变化领域研究前沿文献计量分析

### 3.1 核心论文刊载期刊分布

表2中给出了刊载气候变化领域研究前沿核心论文数量前10位的期刊，该10种期刊刊载的核心论

表1 气候变化领域研究前沿

编号	研究前沿	核心论文 /篇	总被引频次 /篇次	篇均被引频次 /(篇次/篇)	核心论文 平均出版年
1	海平面上升	42	3557	84.7	2017
2	海洋热浪及其影响	25	3302	132.1	2016
3	北极海冰损失	24	2069	86.2	2016
4	冰川质量变化	20	1236	61.8	2017
5	次季节-季节气候预测	11	718	65.3	2017
6	格陵兰冰盖融化	10	867	86.7	2016
7	甲烷排放	9	1036	115.1	2017
8	全球升温2℃	9	932	103.6	2016
9	极端降水研究	9	875	97.2	2016
10	土壤有机碳	9	494	54.9	2017
11	冻土碳动态	8	1643	205.4	2015
12	气候变化模拟的不确定性 与偏差校正	8	398	49.8	2018
13	湖泊和城市表面温度	7	199	28.4	2019
14	大西洋经向翻转环流与大西洋 年代振荡	7	734	104.9	2016
15	气溶胶辐射强迫	7	276	39.4	2018
16	温度、降水极值及其空间分布 与长期趋势	7	118	16.9	2019
17	英国气象局气候模式	6	807	134.5	2016
18	全球海洋数据产品与海洋碳汇	6	752	125.3	2015
19	淡水系统的温室气体排放	6	676	112.7	2015
20	红树林变化与碳储量	6	583	97.2	2017
21	温室气体排放与湖泊	6	551	91.8	2017
22	全球变暖与植被响应	6	543	90.5	2017
23	陆地碳吸收和土壤水分	6	198	33.0	2018
24	欧亚冰原	5	630	126.0	2016
25	厄尔尼诺与东、西风爆发	5	629	125.8	2016
26	黑碳; 棕色碳	5	439	87.8	2017
27	地表温度; 城市热岛	5	414	82.8	2017
28	历史排放问题	5	348	69.6	2017
29	极端冬季风暴	5	325	65.0	2016
30	气候变化对海洋生物的影响	5	310	62.0	2017
31	多年冻土动态	5	28	5.6	2020

表2 气候变化领域研究前沿核心论文的主要刊载期刊(前10位)

出版物名称	5年平均影响因子	刊载论文量/篇	占比/%
Nature Climate Change	24.312	26	8.8
PNAS	10.620	21	7.1
Nature	46.486	20	6.8
Nature Geoscience	16.103	20	6.8
Geophysical Research Letters	4.952	17	5.8
Journal of Climate	6.351	15	5.1
Nature Communications	13.610	13	4.4
Cryosphere	4.927	11	3.7
Geoscientific Model Development	5.768	9	3.1
Science	44.372	8	2.7
合计		160	54.4

文数占31个研究前沿核心论文总数的54.4%，达160篇。这10种期刊的5年平均影响因子均值达17.750（从4.927~46.486），基本都是业界公认的高影响力期刊，其中包括Nature及其3种子刊、PNAS和Science等

国际顶级期刊。

### 3.2 核心论文的主要贡献国家和地区、机构

表3中给出了气候变化领域研究前沿核心论文的主要贡献国家和地区。对气候变化领域31个研究前沿核心论文贡献最多的国家是美国，其参与的论文达180篇，占比61.2%，其次是英国，参与了106篇，占比36.1%。中国参与论文量排在第9位，共参与了46篇，与英美相比还存在较大差距。但中国的主导论文（第一作者或通信作者论文）量指标表现较好，排在第4位，高于德国、法国、加拿大、瑞士和荷兰这5个参与论文量排在前面的国家。

表4中列出了中国参与论文和主导论文的前沿主题分布，从表中可以看出，地面和湖泊表面温度、城市热岛、黑碳和棕色碳、土壤有机碳、全球升温2℃和气溶胶辐射强迫是中国贡献较大的几个主题，主导论文量在2篇及以上；而中国在海洋热浪及其影响、格陵兰冰盖融化、冻土碳动态等12个主题的参与论文量为0，没有贡献核心论文。

表5中给出了气候变化领域294篇核心论文的主要贡献机构。不论是参与论文还是主导论文，都是美国机构贡献较大。参与论文排名前10位的机构中（因为有并列，共12个机构），有5个是美国机构，2个法国机构，瑞士、荷兰、德国、英国和澳大利亚各1个机构。其中，法国国家科学研究中心（CNRS）是参与论文最多的机构，共51篇。中国科学院参与论文17篇，排在第24位。主导论文排名前10位的机构（共12个）中，有7个是美国机构。瑞士苏黎世联邦理工学院（ETH）和法国国家科学研究中心（CNRS）各贡献主导论文14篇，并列第1，中国科学院以主导论文10篇列第7位。

3.3 施引论文年度分布

截至检索日，气候变化领域研究前沿的294篇核心论文在SCI数据库共被引用了16672次，施引论文年度分布见图1（分析基于2015—2020年的数据）。从图中可以看出，施引论文逐年增长态势明显，说明气

表3 气候变化领域研究前沿核心论文的主要贡献国家和地区 (前10位)

国家和地区	参与论文量/篇	参与论文排名	参与论文占比/%	主导论文量/篇	主导论文排名	主导论文占比/%
美国	180	1	61.2	100	1	34.0
英国	106	2	36.1	47	2	16.0
德国	73	3	24.8	13	8	4.4
法国	65	4	22.1	19	6	6.5
澳大利亚	55	5	18.7	25	3	8.5
加拿大	53	6	18.0	15	7	5.1
瑞士	51	7	17.3	22	5	7.5
荷兰	50	8	17.0	11	9	3.7
<b>中国</b>	<b>46</b>	<b>9</b>	<b>15.6</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>8.2</b>
挪威	36	10	12.2	8	10	2.7

注: 1) 参与论文: 按照SCI数据库的规则, 如果1篇论文的国家数大于1, 则该论文计入所有涉及的国家数; 2) 主导论文: 第一作者或通信作者论文; 3) 参与论文或主导论文占比: 相应国家和地区参与或主导论文量占气候变化领域研究前沿核心论文总量的比例。

气候变化领域研究前沿相关主题的研究热度近年来在持续增加(因2020年数据只统计到7月, 故2020年数值有所下降)。

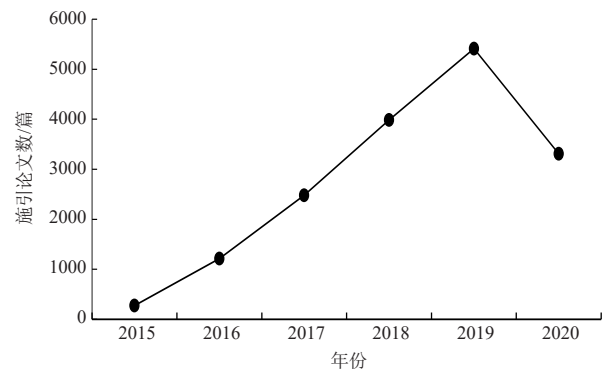


图1 气候变化领域研究前沿核心论文的施引论文年度分布

表4 中国对气候变化领域研究前沿核心论文的贡献

前沿领域	中国参与论文量/篇	中国主导论文量/篇	前沿领域	中国参与论文量/篇	中国主导论文量/篇
海平面上升	3	1	英国气象局气候模式	0	0
海洋热浪及其影响	0	0	全球海洋数据产品与海洋碳汇	1	0
北极海冰损失	2	1	淡水系统的温室气体排放	0	0
冰川质量变化	2	1	红树林变化与碳储量	0	0
次季节-季节气候预测	3	1	温室气体排放与湖泊	1	0
格陵兰冰盖融化	0	0	全球变暖与植被响应	1	1
甲烷排放	1	0	陆地碳吸收和土壤水分	2	1
全球升温2℃	3	2	欧亚冰原	0	0
极端降水研究	1	0	厄尔尼诺与东、西风爆发	0	0
土壤有机碳	4	3	黑碳; 棕色碳	4	3
冻土碳动态	0	0	地表温度; 城市热岛	3	3
气候变化模拟的不确定性 & 偏差校正	0	0	历史排放问题	2	0
湖泊和城市表面温度	6	5	极端冬季风暴	0	0
大西洋经向翻转环流 & 大西洋年代际振荡	2	0	气候变化对海洋生物的影响	0	0
气溶胶辐射强迫	2	2	多年冻土动态	0	0
温度、降雨极值及其空间分布 & 长期趋势	3	0			

表5 气候变化领域研究前沿核心论文的主要贡献机构

机构名称	所属国家	参与论文量/篇	排名	机构名称	所属国家	主导论文量/篇	排名
法国国家科学研究中心 (CNRS)	法国	51	1	苏黎世联邦理工学院 (ETH)	瑞士	14	1
美国国家海洋和大气管理局 (NOAA)	美国	41	2	法国国家科学研究中心 (CNRS)	法国	14	1
加州大学系统	美国	37	3	加州理工学院	美国	13	3
美国国家航空航天局 (NASA)	美国	35	4	美国国家航空航天局 (NASA)	美国	13	3
苏黎世联邦理工学院 (ETH)	瑞士	30	5	加州大学系统	美国	12	5
乌得勒支大学	荷兰	28	6	美国国家海洋和大气管理局 (NOAA)	美国	11	6
亥姆霍兹联合会	德国	28	6	<b>中国科学院</b>	<b>中国</b>	<b>10</b>	<b>7</b>
科罗拉多大学波德分校	美国	27	8	科罗拉多大学波德分校	美国	9	8
美国国家大气研究中心 (NCAR)	美国	27	8	哥伦比亚大学	美国	8	9
英国自然环境研究理事会 (NERC)	英国	23	10	马来西亚理工大学	马来西亚	7	10
澳大利亚联邦科学与工业研究组织 (CSIRO)	澳大利亚	23	10	华盛顿大学	美国	7	10
法国发展研究院 (IRD)	法国	23	10	英国气象局	英国	7	10

注: 参与论文: 按照SCI数据库的规则, 如果1篇论文的机构数大于1, 则该论文计入所有涉及的机构。

### 3.4 施引论文主要贡献国家和地区

从核心论文的施引论文贡献国家和地区分布可以初步判断哪些国家和地区在这些领域有研究布局。从施引论文看，仍然是美国遥遥领先，其次是中国（表6）。虽然中国对核心论文的贡献仅排在第9位，但施引论文量排第2位，仅次于美国，显示出中国在气候变化研究领域积极追赶的态势。

表6 气候变化领域研究前沿核心论文的施引论文主要贡献国家和地区

国家和地区	参与论文量/篇	参与论文排名	参与论文占比/%	主导论文量/篇	主导论文排名	主导论文占比/%
美国	6897	1	41.4	4914	1	29.5
中国	3243	2	19.5	2766	2	16.6
英国	3021	3	18.1	1679	3	10.1
德国	2027	4	12.2	1045	4	6.3
澳大利亚	1628	5	9.8	909	5	5.5
法国	1543	6	9.3	702	7	4.2
加拿大	1420	7	8.5	706	6	4.2
瑞士	914	8	5.5	421	8	2.5
荷兰	891	9	5.3	341	10	2.0
挪威	779	10	4.7	320	11	1.9
西班牙	758	11	4.5	348	9	2.1

注：参与论文或主导论文占比给出相应国家和地区参与或主导论文量占施引论文总量的比例。

## 4 部分重点研究前沿解读

### 4.1 海平面上升

该前沿共有核心论文42篇，其中研究型论文39

篇，综述3篇。研究内容主要涉及20和21世纪海平面上升、南极冰盖对过去和未来海平面上升的贡献、风暴潮和极端海平面、海平面上升导致洪水频率增加等。

表7中给出了海平面上升主题核心论文的主要贡献国家和地区和机构。其中，美国参与的论文超过半数，占比66.7%，其次是法国（40.5%）、英国（38.1%）和荷兰（38.1%）。TOP10的参与机构中，美国机构有4个，法国、荷兰各有2个，英国、德国各1个机构，其中以法国国家科学研究中心（CNRS）参与论文最多，共14篇，占比33.3%。中国参与的论文有3篇，其中第一作者论文1篇，详见表8。

截至检索日，这42篇核心论文共有施引论文2291篇，从施引论文产出国家和地区以及机构来看，美国是最大的施引论文产出国，遥遥领先于其他国家，贡献了1077篇，占比47.0%，其次是英国（557篇，占比24.3%），中国排在第6位（257篇，占比11.2%），与美、英、德相比还存在不小差距。

### 4.2 海洋热浪及其影响

该前沿共有核心论文25篇，其中研究型论文22篇，综述3篇。研究内容主要涉及极端海洋热浪事件、海洋热浪增加干旱风险、海洋热浪对生态系统的影响、海洋热浪与全球变暖、海洋热浪的趋势等。

表8中给出了海平面上升主题核心论文的主要贡

表7 海平面上升研究前沿核心论文产出前十位国家和地区以及机构

国家和地区	参与论文/篇	占比/%	机构名称	所属国家	参与论文/篇	占比/%
美国	28	66.7	法国国家科学研究中心（CNRS）	法国	14	33.3
法国	17	40.5	美国国家航空航天局（NASA）	美国	12	28.6
英国	16	38.1	科罗拉多大学波德分校	美国	8	19.0
荷兰	16	38.1	乌得勒支大学	荷兰	8	19.0
德国	13	31.0	代尔夫特理工大学	荷兰	8	19.0
意大利	7	16.7	格勒诺布尔-阿尔卑斯大学（UGA）	法国	8	19.0
澳大利亚	6	14.3	英国自然环境研究理事会（NERC）国家海洋学中心	英国	8	19.0
丹麦	6	14.3	加州理工学院	美国	7	16.7
挪威	6	14.3	亥姆霍兹联合会	德国	7	16.7
西班牙	6	14.3	加州大学系统	美国	7	16.7

表8 海洋热浪及其影响研究前沿核心论文主要贡献国家和地区以及机构

国家和地区	参与论文/篇	占比/%	机构名称	所属国家	参与论文/篇	占比/%
美国	15	60.0	西澳大学	澳大利亚	12	48.0
澳大利亚	14	56.0	澳大利亚联邦科学与工业研究组织（CSIRO）	澳大利亚	9	36.0
英国	8	32.0	塔斯马尼亚大学	澳大利亚	8	32.0
加拿大	7	28.0	澳大利亚海洋科学研究所	澳大利亚	7	28.0
新西兰	5	20.0	英国海洋生物学协会	英国	7	28.0
西班牙	4	16.0	美国国家海洋和大气管理局（NOAA）	美国	7	28.0
挪威	3	12.0	新南威尔士大学	澳大利亚	7	28.0
法国	2	8.0	华盛顿大学	美国	7	28.0
			亚伯大学	英国	6	24.0

献国家和地区以及机构。其中美国和澳大利亚参与的论文遥遥领先，分别占比60.0%和56.0%。贡献机构TOP9中，澳大利亚机构占了5个，第1—第4位均为澳大利亚机构，其次是美国和英国，各2个机构。其中以澳大利亚西澳大学参与论文最多，共12篇，占比48.0%。25篇核心论文中，没有中国参与的论文。

截至检索日，这25篇核心论文共有施引论文2306篇，从施引论文产出国家和地区以及机构来看，美国是最大的施引论文产出国，遥遥领先于其他国家，贡献了1351篇，占比58.6%，其次是澳大利亚（477篇，占比20.7%），中国排在第五位（198篇，占比8.6%），与美澳相比还存在不小差距。产出机构前十

名均为美国和澳大利亚机构，其中美国机构6个，澳大利亚4个。

### 4.3 北极海冰损失

该前沿共有核心论文24篇，均为研究型论文。研究内容主要涉及北极海冰损失及其预估、北极海冰损失对天气和气候的影响等。

表9中给出了北极海冰损失研究前沿核心论文的主要贡献国家和地区以及机构。其中以美国参与的论文最多，占比70.8%，其次是英国，占比37.5%。中国以2篇参与论文位列并列第8。前9个贡献机构中，美国机构占了6个，英国机构2个，韩国机构1个。

表9 北极海冰损失研究前沿核心论文主要贡献国家和地区以及机构

国家和地区	参与论文/篇	占比/%	机构名称	所属国家	参与论文篇	占比/%
美国	17	70.8	美国国家大气研究中心 (NCAR)	美国	7	29.2
英国	9	37.5	埃克塞特大学	英国	7	29.2
德国	5	20.8	美国国家海洋和大气管理局 (NOAA)	美国	5	20.8
加拿大	4	16.7	英国气象局	英国	4	16.7
韩国	4	16.7	罗格斯大学新布伦瑞克分校	美国	4	16.7
日本	3	12.5	科罗拉多大学系统	美国	4	16.7
瑞典	3	12.5	列克星敦大气环境研究所	美国	3	12.5
芬兰	2	8.3	韩国极地研究所	韩国	3	12.5
法国	2	8.3	阿拉斯加大学系统	美国	3	12.5
荷兰	2	8.3				
中国	2	8.3				
俄罗斯	2	8.3				

截至检索日，这24篇核心论文共有施引论文1096篇，从施引论文产出国家和地区以及机构来看，美国是最大的施引论文产出国，贡献了546篇，占比49.8%，中国排在第2位（243篇，占比22.2%）。前12名施引论文产出机构中，以美国机构最多，共7个，中国、法国、德国、英国和挪威各1个。中国科学院以贡献论文140篇，占比12.8%，居第1位。

## 5 结论与讨论

研究表明，当前气候变化领域的研究热点主要集中在海平面上升、海洋热浪及其影响、冰冻圈变化、碳储量、温室气体排放、极端气候事件、升温2℃、气候模式评估、气候预测、地球表面温度、城市热岛、历史排放问题、植被与全球变暖、气溶胶辐射强迫、大西洋经向翻转环流与大西洋年代振荡、全球海洋数据产品与海洋碳汇、气候变化对海洋生物的影响、厄尔尼诺与东、西风爆发等方面。

总体上，美英仍是气候变化领域研究前沿核心论

文的主要贡献国；中国处于追赶的状态，高影响的论文成果较少。地面和湖泊表面温度、城市热岛、黑碳和棕色碳、土壤有机碳、全球升温2℃和气溶胶辐射强迫是中国贡献较大的几个前沿主题。

### 深入阅读

- 吴灿, 贾朋群, 2014. 中国的声音在提高——基于IPCC第五次评估第一工作组报告的文献计量分析. 气候变化研究进展, 10(1): 65-66.
- 郑秋红, 王小玲, 吴灿, 等, 2014. IPCC第五次评估报告第二工作组报告中国引文计量分析. 气候变化研究进展, 10(3): 208-210.
- 郑秋红, 巢清尘, 吴灿, 等, 2020. 气候变化研究的中国知识贡献及其影响局限. 中国人口·资源与环境, 30(3): 10-18.
- 中国科学院科技战略咨询研究院, 中国科学院文献情报中心, 科睿唯安, 2018. 2018研究前沿. 北京: 中国科学院科技战略咨询研究院, 中国科学院文献情报中心, 科睿唯安.
- 中国科学院科技战略咨询研究院, 中国科学院文献情报中心, 科睿唯安, 2019. 2019研究前沿. 北京: 中国科学院科技战略咨询研究院, 中国科学院文献情报中心, 科睿唯安.

(作者单位: 中国气象局气象干部培训学院)