

· 科学论坛 ·

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

魏一鸣^{1,2*} 袁潇晨^{1,2} 吴刚³ 杨列勋³

(1 北京理工大学能源与环境政策研究中心,北京 100081; 2 北京理工大学管理与经济学院,北京 100081;
3 国家自然科学基金委员会管理科学部,北京 100085)

[摘要] 气候变化风险是全球各国所关注的焦点问题,不同地理环境和经济社会条件促成了多样化的风险评估内容和技术。目前,气候变化风险评估是一个多学科交叉的研究领域,集结了不同门类科学知识。本文基于 Science Citation Index Expanded(SCI-E)和 Social Sciences Citation Index(SSCI)网络数据库,利用文献计量方法,分析了气候变化风险评估研究的发展变化特征和趋势,研究表明:气候变化风险评估的科研产出量在不断快速增长,美国在此领域占据领先地位,而英国 University of Oxford 和 University of East Anglia 是主要研究机构;现有研究集中在自然科学方面,社会科学内容较为缺乏;总体来看,作者和机构层面的合作研究正在不断加强。同时,中国在气候变化风险评估方面的科研产出量显著增加,累计发文数列世界第 10 位;中国科学院是全球重要的研究机构之一,但所发表论文的被引频次偏低。此外,本文通过词频分析归并形成了此领域内的 9 类研究热点,包括脆弱性、自然灾害、水资源、农业、生态、健康、社会经济、决策分析和模型方法。它们的时间分布特征表明,脆弱性、生态和社会经济是近期受关注度较高的 3 个方面。

[关键词] 气候变化,风险评估,文献计量,词频分析

气候变化已成为涉及政治、经济、环境和社会发展等多学科的综合科学问题^[1-6],是当前及今后全球各国所面临的严峻挑战。联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change,IPCC)^[7]在第 5 次评估报告中明确了气候系统变暖的现实,并指出自 1950 年来许多观测到的变化是空前的。随着温室气体大量排放,全球地表平均温度将进一步上升,这会对自然-社会系统造成严重影响,加剧水资源、粮食、能源、健康和生态环境等问题^[8-12]。此外,气候变化将在世界范围内引发更多的极端气候事件,增加严重自然灾害出现频率,进而导致巨大的经济损失和人员伤亡^[13,14]。

认识气候变化风险,有助于降低各类不利影响。从管理层面上来看,应对气候变化风险在长期发展规划中的地位日益凸显。例如,英国在 2012 年发布了气候变化风险评估政府报告,旨在加强建设经济、

环境和社会的恢复力^[15];IPCC 特别报告以气候变化下极端事件和灾害为对象,提出通过管理它们的风险来提升未来适应能力^[13];中国先后发布了《气候变化国家评估报告》和《第二次气候变化国家评估报告》,以此为制定经济社会长期发展战略和应对气候变化各项工作提供科学决策依据^[16,17]。与此同时,气候变化风险也是各研究领域的热点问题,学者们分别从不同角度展开讨论,取得了大量有价值的研究成果^[16-20]。其中,风险评估是重要的基础研究工作,它将指导形成气候变化适应策略,是实现风险管理的核心环节。

由于地理环境和经济社会条件差异,全球各区域面临着不同气候变化风险,这也促成了多样化的风险评估内容和技术。现有文献表明,气候变化风险评估是一个多学科交叉的研究领域,集结了不同门类科学知识^[16-20]。那么,通过分析相关科研产出

* Email: wei@bit.edu.cn

本文于 2014 年 6 月 8 日收到。

的内在联系和动态发展特征,能够增进对气候变化风险评估的全面深入理解,从而为进一步研究工作提供基础。文献计量分析是实现这一目标的重要量化方法,已被广泛用于各类科学技术研究中^[21-23]。以气候变化为主题词,Li等评估了相关文献在研究模式、趋势和方法等方面的特征,并总结形成四类焦点关键词作为未来发展方向^[24]。值得注意的是,全球的气候变化研究具有显著的地域性,发达国家趋向于关注减缓问题,而发展中国家则更重视适应以及对人类社会的影响^[25]。同时,差异性还体现在学科分布中,Bjurström和Polk通过文献分析后指出,IPCC第三次评估报告以自然科学为主,特别是地球科学,并且经济学在社会科学部分中占主导地位^[26]。除此之外,一些研究利用文献计量方法分析了与气候变化密切相关的具体问题,如气候工程^[27]、脆弱性^[28]和气候政策^[29]等。

本文以气候变化风险评估为主题,利用文献计量方法描述了该领域内发文情况及其时空分布特征,并从国家、机构、作者和期刊层面,介绍了主要研究力量的来源。最后,通过整理归类文献中的作者关键词,讨论了研究热点的动态变化过程和趋势。这将有助于掌握气候变化风险评估研究的最新发展前沿,为指导未来科研工作提供必要支撑。

1 研究方法

1.1 数据来源

本文使用的数据来源于 Web of Science(WoS)

平台下 Science Citation Index Expanded(SCI-E)和 Social Sciences Citation Index(SSCI)网络数据库,根据主题 TS = ((“climat* chang*” OR “global chang*” OR “climat* warm*” OR “global warm*”) AND risk AND (assess* OR evaluat* OR apprais*)) ,检索了 1981—2013 年间发表的英文论文,日期为 2014 年 4 月 5 日。

1.2 分析框架

本文以气候变化风险评估方面的出版文献为研究对象,通过如图 1 所示的研究框架,分析该领域发展变化特征。其中,文献相关统计工作由 WoS 平台和 Bibexcel 软件完成。

年度发文数是指以年为周期统计得到的出版论文数量,时段发文数则是指在特定时期内的论文数量。根据一定的发文数,总被引频次是指所有论文被引用次数的总和,篇均被引频次则反映了平均每篇论文的被引次数,它们都基于 WoS 平台统计得到。

H 指数^[21]是评价个人学术产出的重要指标,表示至多有 H 篇论文分别被引用了至少 H 次。本文的统计仅采用由数据库检索得到的论文数,并不包括个人所有的发表论文。

由于气候变化风险评估是一个全球性问题,因此,在分析科学研究工作中合作关系时,采用合作度 C 作为具体度量指标^[29]

$$C = A/N \tag{1}$$

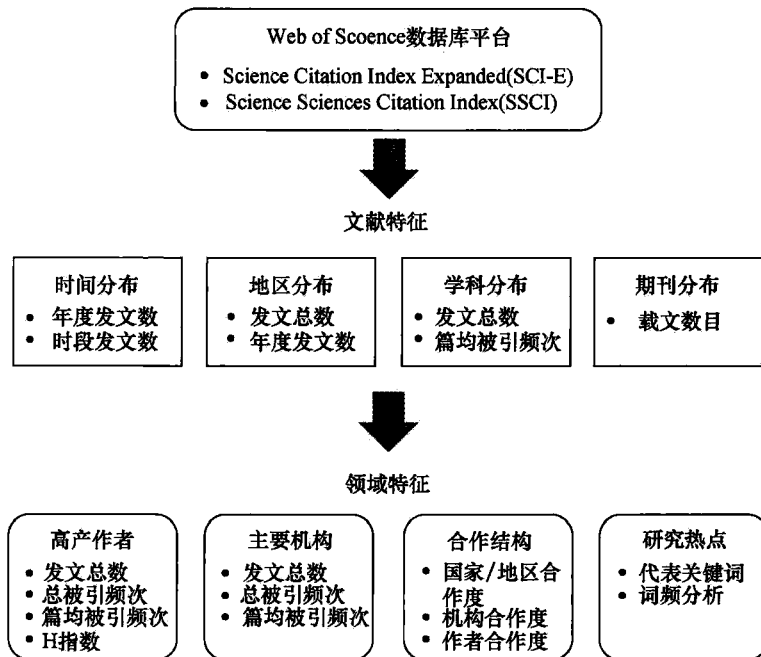


图 1 研究分析框架

式中, N 为特定时期内的论文数目; 当 A 分别表示这些论文的国家/地区、机构和作者累计数目时, C 分别为国家/地区、机构和作者合作度。

在分析研究热点时, 采用 Bibexcel 统计各关键词出现的频次, 并针对高频词进行归类, 确定形成代表关键词及其出现频次。本文在统计分析中国的科研产出时, 并未包括台湾地区。

2 结果分析与讨论

2.1 文献数量

由数据库共检索得到 3244 篇相关出版文献, 其中最早 1 篇出现在 1988 年, 评估对象是气候变化下核废料处置风险。而从 1991 年开始, 各年份都连续有相关文献出版, 其发文数变化情况如图 2 所示。从图中可以发现, 自 2000 年之后有关气候变化风险评估的研究迅猛增加, 至 2013 年累计发文数占有年份总数的 95% 以上。根据 IPCC 历次评估报告的

发布时间, 现将研究时段划分为 1991—1995、1996—2001、2002—2007 和 2008—2013。统计结果表明, 气候变化风险评估在 IPCC 第三次评估报告后开始得到学界广泛关注, 特别是在第四次评估报告发布后的 2008—2013 年间, 发文数约占总数的 78.7%。而从单个年份来看, 2013 年发文数已是 2007 年的将近 5 倍, 比 2004 年增长了近 10 倍。

2.2 文献区域分布

所有文献来自于 128 个国家/地区, 分布情况如图 3 所示, 可以看出: (1) 发文数大于 300 篇的地区为美国、英国、澳大利亚和德国, 分别占总数的 32.03%、19.82%、11.22% 和 9.28%; (2) 加拿大和荷兰的发文数超过了 200 篇, 此外, 法国、西班牙、意大利、中国、瑞典、瑞士和奥地利都发表了 100 余篇文献; (3) 在发文数超过 50 篇的 21 个国家中, 欧洲占 2/3, 北美洲、亚洲和大洋洲都为 2 个, 而南非是唯一来自非洲的国家。

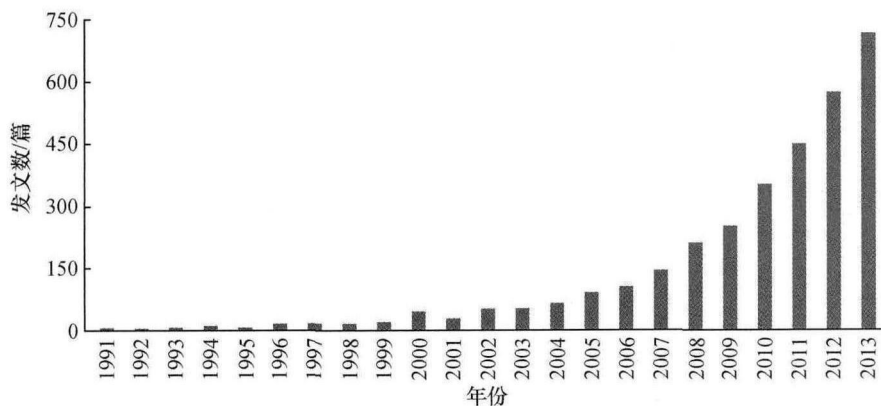


图 2 1991—2013 年气候变化风险评估领域发文数

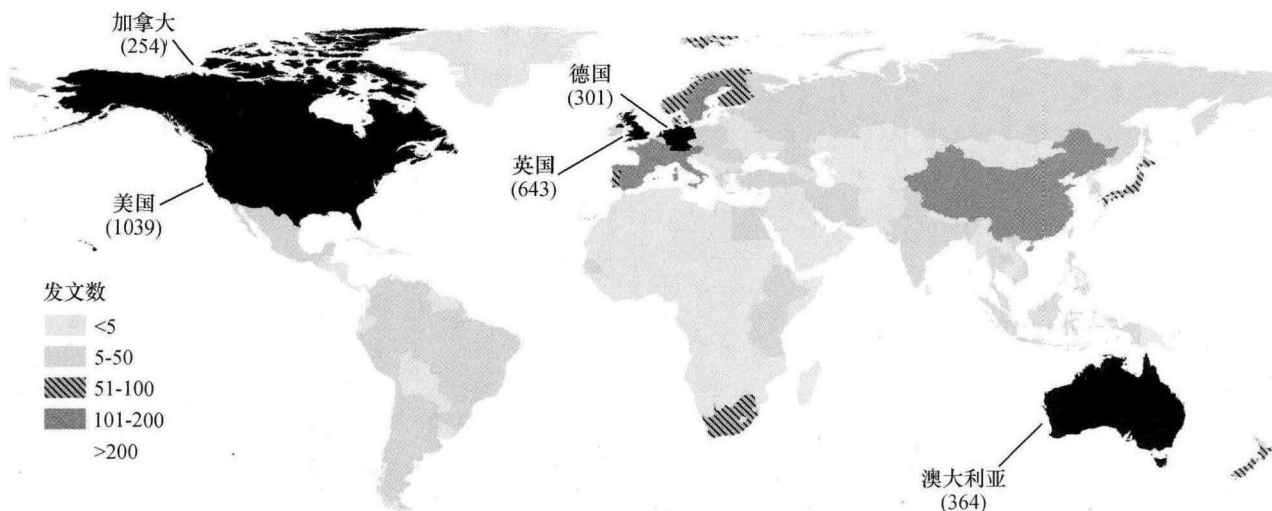


图 3 气候变化风险评估文献的区域分布

从中国和5个主要国家的发文数变化情况(图4)可以看出:(1)美国和英国在气候变化风险评估研究方面起步较早,而在2006年之后,两者发文数出现了明显差距;(2)自2007年开始,美国的科研产出量一直保持绝对领先地位,特别是近年来呈现出强劲的快速增长趋势;(3)除美国外,其余5个国家的文献产量也都表现出不同程度的增长态势,英国、澳大利亚和中国的增速快于德国和加拿大;(4)中国在2005年后的发展速度加快,年度发文数不断迅速增加。

2.3 文献学科和期刊分布

从学科角度来看,检索得到的气候变化风险评估文献共涉及WoS中167个类别。表1列出了主要学科类别的统计情况,从中可知:(1)已有研究主要集中在自然科学领域,而社会科学研究内容较为缺乏;(2)环境科学(Environmental Sciences)方面的文献数目最多,占总数36.17%,其后的生态学(Ecology)、气象与大气科学(Meteorology & Atmospheric Sciences)、水资源(Water Resources)和环境研究(Environmental Studies)都超过了10%;(3)综合科学(Multidisciplinary Sciences)中的文献平均被引次数最高,达47.17次/篇,此外生态学(Ecology)、生物多样性保护(Biodiversity Conservation)、自然地理(Geography, Physical)和地理学(Geography)方面的被引次数也都相对较高。

同时,这些文献分布在877个不同期刊上,这中间有147个期刊的载文数达到了5篇,而另有约53.71%的期刊仅发表了1篇相关论文。表2列出了主要载文期刊的相关信息,从中可以发现:(1)大多数期刊以自然科学研究为主,其中*Climatic Change*是出版气候变化风险评估论文最多的期刊,

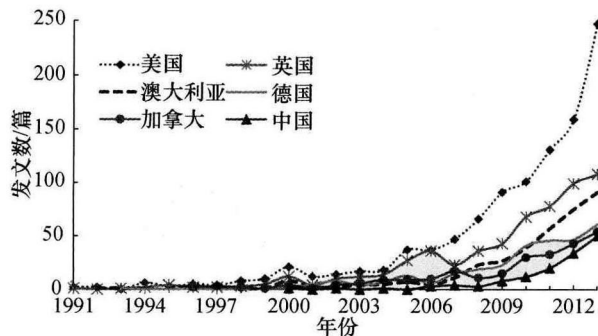


图4 中国和5个主要国家的历年发文数

表1 主要学科类别中的文献统计

类别	占总发文数比例(%)	篇均被引次数
环境科学(Environmental Sciences)	36.17	17.25
生态学(Ecology)	15.62	23.95
气象与大气科学(Meteorology & Atmospheric Sciences)	15.28	15.44
水资源(Water Resources)	11.71	8.70
环境研究(Environmental Studies)	10.75	15.85
地球科学综合(Geosciences, Multidisciplinary)	9.15	12.46
生物多样性保护(Biodiversity Conservation)	7.58	23.04
公共卫生、环境卫生与职业卫生(Public, Environmental, Occupational & Health)	5.02	15.77
土木工程(Engineering, Civil)	4.53	9.63
综合科学(Multidisciplinary Sciences)	4.31	47.17
林业(Forestry)	4.28	17.63
环境工程(Engineering, Environmental)	4.19	7.79
自然地理(Geography, Physical)	3.94	22.53
地理学(Geography)	3.88	30.87
海洋与淡水生物学(Marine & Freshwater Biology)	3.17	12.02
能源与燃料(Energy & Fuels)	2.34	9.66
农艺学(Agronomy)	2.22	11.81
海洋学(Oceanography)	1.97	9.05
植物科学(Plant Sciences)	1.97	14.11
经济学(Economics)	1.63	6.55

之后的*Global Environmental Change*则更强调社会科学方面;(2)这些期刊都分布在研究实力较强的发达国家,其中英国和荷兰都占30%,美国和德国都占20%。

2.4 高产作者和主要研究机构

对所有文献中作者的发文数目及其被引频次进行统计,由表3中高产作者信息可知:(1)Thuiller W发文数最多且H指数也最高,其中有5篇被引超过200次;(2)Midgley GF的论文总被引次数最多,有3篇被引超过200次。另外,通过分析16位高产作者(发文数 ≥ 9 篇)的论文后发现,它们涉及的学科类别主要为环境科学、生态学、生物多样性保护和气象与大气科学,且在被引频次最高的前

10 篇论文中,以生态环境和生物多样性为主题的占 60%,以脆弱性和适应管理为主题的占 30%。此外,*Climatic Change*、*Global Environmental Change* 和 *Global Change Biology* 是刊载高产作者论文最多的 3 个期刊,分别占总数 6.54%、5.88% 和 5.88%。

来自全世界共 3251 个研究机构发表了气候变化风险评估相关论文,它们中的 11.50% 发文数在 5 篇及以上,而发文数仅为 1 篇的占 69.24%。主要研究机构(论文数 ≥ 34 篇)如表 4 所示,从中可知:(1) 这些机构绝大部分都位于发达国家,而只有中国科学院来自于发展中国家,它的研究内容集中在大气科学和环境科学;(2) 英国 University of Oxford 和 University of East Anglia 在论文数目和总被引频次方面都远高于其他机构,显示了英国在气候变化评估方面的强劲研究实力,它们的研究

内容包括环境、气象和地理等方面,与来自美国、西班牙、加拿大和德国等国家的作者有较大合作;(3) 西班牙 CSIC 的论文总被引频次超过了 2000 次,篇均被引频次位于所有这些机构前列。通过统计这些机构发表的论文后发现,它们主要涉及环境科学(40.9%)、生态学(19.4%)和气象与大气科学(15.4%),且 *Climatic Change* 和 *Global Environmental Change* 是两个主要出版期刊。

2.5 合作结构

随着认识不断深入,气候变化风险评估逐步成为一个复杂科学问题,愈加需要相互配合来完成。合作度是衡量科研工作作者在作者、机构和国家等层面上彼此联系程度的指标,是对文献的总体宏观描述。如图 5 所示,作者层面的合作度增长最快,到 2013 年平均每篇论文的作者数为 4.47 个,说明有更多力量投入到单项研究工作中。同样,机构层面的合作关系也在加强,近 5 年来平均合作度为 2.56 个,表明不同研究群体之间的学术交流在逐渐增加。然而,国家/地区层面的合作关系基本保持稳定,这在一定程度上与气候变化风险的区域性有关。

表 2 气候变化风险评估领域中主要载文期刊

刊物名称	载文数 比例/%	2012 年 影响因子	国家
<i>Climatic Change</i>	5.45	3.634	荷兰
<i>Global Environmental Change- Human and Policy Dimensions</i>	2.10	5.236	英国
<i>PLoS One</i>	2.00	3.730	美国
<i>Global Change Biology</i>	1.79	6.910	英国
<i>Natural Hazards</i>	1.63	1.639	美国
<i>Forest Ecology and Management</i>	1.20	2.766	荷兰
<i>Science of the Total Environment</i>	1.17	3.258	荷兰
<i>Biological Conservation</i>	1.08	3.794	英国
<i>Climate Research</i>	1.08	2.684	德国
<i>Regional Environmental Change</i>	0.99	1.945	德国

表 3 气候变化风险评估领域高产作者

作者	论文数	总被引频次	篇均被引频次	H 指数
Thuiller, W	23	2 374	103.2	16
Araujo, MB	17	2 149	126.4	13
Ford, JD	14	360	25.7	10
Midgley, GF	11	3 024	274.9	9
Nicholls, RJ	11	156	14.2	4

注:H 指数仅针对本文检索文献的统计结果

表 4 气候变化风险评估中主要研究机构

机构	国家	论文数	总被 引频次	篇均被 引频次
University of Oxford	英国	65	2 966	45.63
University of East Anglia	英国	59	3 746	63.49
Potsdam Institute for Cli- mate Impact Research	德国	46	1 303	28.33
United States Geological Survey	美国	42	923	21.98
University of Queensland	澳大利亚	42	313	7.45
Chinese Academy of Sciences	中国	37	197	5.32
Consejo Superior de Inves- tigaciones Cientificas (CSIC)	西班牙	35	2 269	64.83
University of Washington	美国	35	666	19.03
University of Melbourne	澳大利亚	34	467	13.74
United States Environ- mental Protection Agency	美国	34	463	13.62

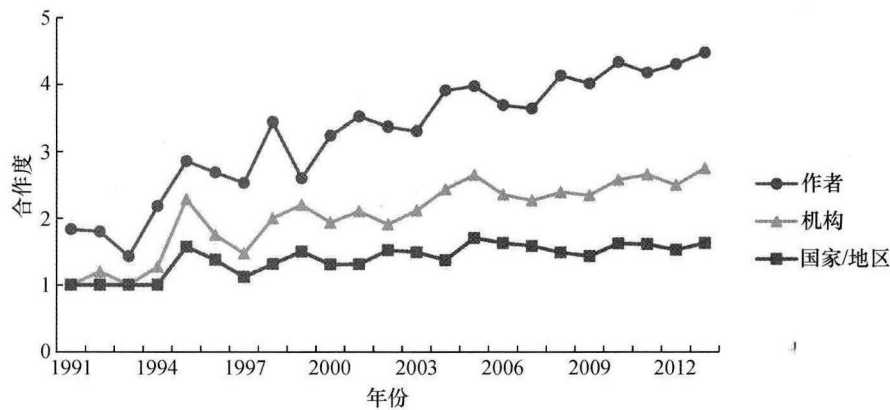


图5 1991—2013年气候变化风险评估领域合作度

此外,气候变化风险评估领域中的高引文献(表5)也显示了密切合作关系,作者和国家/地区合作度分别为11和4.9。在这10篇高引论文中,美国作者参与数占3/5,其后依次为英国(50%)和西班牙(50%),而南非作为发展中国家也参与了其中4项研究工作。其中,气候变化对生物多样性和生态环境的影响是主要研究方面,具体如生物地理分布、生物灭绝、生物入侵以及生态系统服务;未来的气候模式以及人类社会将面临的危险也都是重要的研究内

容,为此,特别需要通过降低脆弱性来提升适应气候变化的能力。

2.6 研究热点

关键词是反映文献核心内容的重要部分,通过深入分析可以发现最新研究前沿^[22,24,29]。本文检索的所有文献中共出现7518个作者关键词,将其中高频关键词归并后,形成如表6中所示的脆弱性、自然灾害、水资源、农业、生态、健康、社会经济、决策分析和模型方法共9大类。

表5 气候变化风险评估领域中高引文献

文章题目(出版期刊)	年份	作者所属国家	被引频次
Extinction risk from climate change (<i>Nature</i>)	2004	UK, Netherlands, Australia, South Africa, Brazil, USA, Mexico	2 053
Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation (<i>Ecography</i>)	2008	USA	765
Adaptation, adaptive capacity and vulnerability (<i>Global Environmental Change</i>)	2006	Canada	602
Plant invasions — the role of mutualisms (<i>Biological Reviews</i>)	2000	South Africa, USA	565
A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests (<i>Forest Ecology and Management</i>)	2010	USA, Algeria, France, Argentina, Switzerland, Canada, Australia, China, Spain, Russia, South Korea, Italy, Turkey	547
Uncertainty in predictions of the climate response to rising levels of greenhouse gases (<i>Nature</i>)	2005	UK	483
Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe (<i>Science</i>)	2005	Germany, USA, Netherlands, UK, Spain, Switzerland, Finland, France, Belgium, Sweden, South Africa	427
Five (or so) challenges for species distribution modelling (<i>Journal of Biogeography</i>)	2006	Spain, Denmark, Switzerland	418
Validation of species-climate impact models under climate change (<i>Global Change Biology</i>)	2005	Spain, UK, Portugal, South Africa, Germany	386
Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios (<i>Global Environmental Change</i>)	2004	UK, Austria, Spain, USA	364

表6 热点关键词及其分类

类别	代表关键词	出现频次	合计
脆弱性	vulnerability, resilience, exposure	197	456
	adaptation, adaptive capacity, mitigation, sustainability	259	
自然灾害	(natural) disasters/hazard(s), extreme events	57	276
	flood(s/ing), drought(s), sea-level rise	219	
水资源	water resources, groundwater, water	43	75
	water supply, water quality, water scarcity	32	
农业	agriculture, irrigation, food security	68	68
生态	biodiversity, extinction risk, threatened species	90	147
	invasive species, biological invasion(s)	34	
	ecosystem service(s)	23	
健康	(public/human) health, mortality	63	115
	disease, epidemiology, air pollution	52	
社会经济	(climate) policy, governance	44	69
	poverty, equity, economics	25	
决策分析	decision making, decision support	30	68
	risk analysis, risk perception(s), risk communication	38	
模型方法	GIS, remote sensing	55	219
	modelling, simulation, scenarios, uncertainty	133	
	integrated assessment, cost-benefit analysis	31	

(1) 脆弱性类关键词体现了气候变化风险概念框架方面的内容。在现有气候变化研究中,脆弱性和暴露度被认为是形成风险的基本要素,它们的不同状态会直接决定风险程度,因而也成为风险评估中的重点对象^[30-34]。在此基础上,评估的最终目标在于形成有效的减缓适应策略,从而增强系统在应对气候变化风险过程中的恢复力和适应能力,保持可持续发展^[2,35,36]。可见,这些关键词构成了气候变化风险评估的概念框架,是开展一些具体研究工作的基础。

(2) 在气候变化背景下,极端气候事件出现频率可能增加,部分区域将面临高灾害风险。自然灾害类关键词主要突出了研究中涉及的灾害类型,如洪水、干旱和海平面上升。在具体风险评估过程中,一方面是针对特定指标来分析这些灾害出现可能性,通常由物理模型和统计方法实现^[7,37];另一方面则重点关注相应的不利影响及应对管理措施^[13,38]。

(3) 随着温度升高,降水时空分布特征会发生改变,这直接决定了水资源可利用量^[9]。特别是在社会经济高速发展地区,水资源供需矛盾日益突出,影响正常生产和生活。因此,水资源短缺是气候变化风险的重要方面^[39]。同时,径流量减少还会降低水体运输物质的能力,在一定环境条件下引起水质问题^[40,41]。

(4) 农业对气候因子的敏感性较高,产量很大程度上受限于气候条件。那么,气候变化风险评估的重点就在于农业产量受影响程度,以及粮食安全所包含的多个维度的丰富内容^[10,42]。在应对措施方面,灌溉是农业适应策略中的关键部分,它也成为评估农业政策效果的基本方面。

(5) 新的气候环境对生态系统提出了挑战。受外部条件变化影响,一些物种将缩小地理分布范围,甚至面临灭绝风险^[43,44]。与此同时,另一部分则会因生存范围扩大而造成生物入侵,破坏当地生态系统正常运行^[45]。由此,包括生物多样性在内的生态系统服务功能,将在气候变化背景下受到削弱^[46,47]。

(6) 气候因子变化可能诱发和加剧人类及其他生物的健康风险^[48]。例如,高温条件会提高发病率和过早死亡人口比例^[49];各类疾病加快扩散,不仅造成生物死亡,还会威胁人类生存^[50];空气污染发生频率和强度可能增大,影响人类健康^[51]。

(7) 在社会经济层面,政策和管理的目标在于降低由气候变化带来的损失风险。这需要权衡气候变化中经济成本和收益之间的关系,它是评估政策风险的核心内容^[6,52-54]。此外,还需要研制更为适宜的管理机制来最大程度保障社会经济发展,特别是贫困人口利益。

(8) 模型方法类关键词既有空间地理分析技

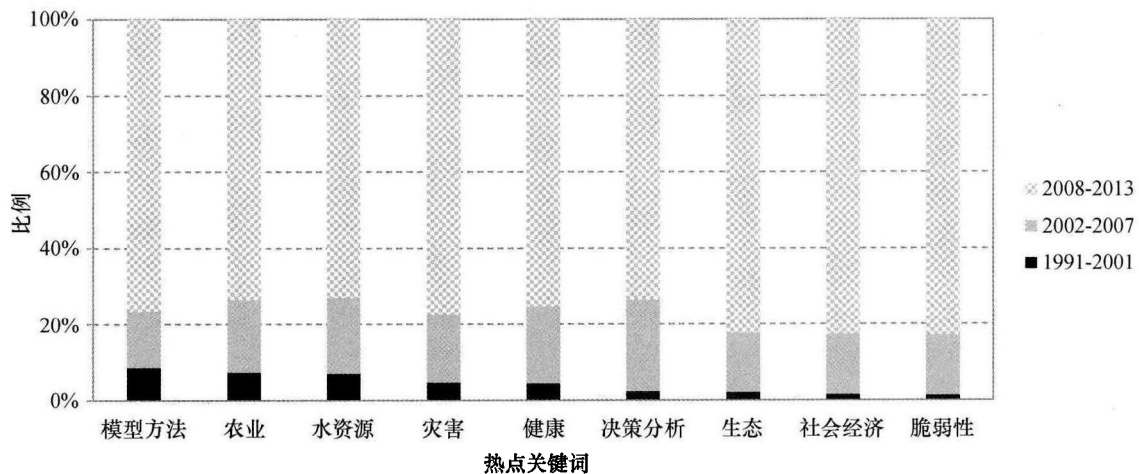


图6 各类热点关键词的时期分布

术,也包括经济评估分析方法。由于存在不确定性,模型通常依靠模拟得到特定情景下的研究结果。

(9) 决策分析类关键词则体现了评估结果用于形成决策方案的过程,尤其是在风险管理中的作用^[55,56]。

为了进一步揭示研究热点时间变化特征,以本文3.1中划分的4个时间阶段为基础,分别统计这些热点关键词在各时期内的分布比例(图6)。模型方法、农业和水资源三类关键词在1991—2001年中的分布比例相对较高,说明在IPCC第一、二次评估报告后,它们便率先成为研究热点。除此以外,灾害、健康和决策分析在第三次评估报告发布后的分布比例也都超过了20%,特别是决策分析在2002—2007年中增长迅猛。而在2008—2013年中,生态、社会经济和脆弱性的分布比例有大幅度增加,表明在第四次评估报告后它们愈加成为焦点问题。

3 结论

气候变化是当前热点问题,将影响自然-社会系统中多个方面。相应地,气候变化风险评估已发展成为多学科交叉的研究领域,集结了不同门类科学知识。本文基于Science Citation Index Expanded和Social Sciences Citation Index网络数据库,检索了1981—2013年间气候变化风险评估领域的英文论文,并利用文献计量方法,分析了它们的发展变化特征和趋势。

(1) 气候变化风险评估的科研产出量不断增加。由数据库共检索得到3244篇出版文献,其中仅有1篇发表在1991年之前。从单个年份来看,2013年发文数已是2007年的将近5倍,比2004年增长了近10倍;从时间段来看,发文量集中在IPCC第

四次评估报告发布后,2008—2013年间的发文数量占总数的78.7%。

(2) 发达国家是气候变化风险评估领域的主要研究力量。美国总体科研产出量处世界领先地位,占发文总数的32.03%,特别是近年来呈现出强劲的快速增长趋势,此外,英国、澳大利亚和德国的累计发文数也都超过了300篇。University of Oxford和University of East Anglia是主要的研究机构,两者在发文数目和总被引频次方面都具有明显优势。

(3) 气候变化风险评估研究主要集中在自然科学方面。根据Web of Science中的学科类别,环境科学(Environmental Sciences)方面的文献数目最多,占总数36.17%,而综合科学(Multidisciplinary Sciences)中的文献平均被引次数最高,达47.17次/篇。主要载文期刊也多数以自然科学内容为主,其中Climatic Change期刊的载文量最大。

(4) 气候变化风险评估领域的合作研究不断加强。作者层面的合作度增长最快,到2013年平均每篇论文的作者数为4.47个。同样,机构层面的合作关系也在加强,近5年来的平均合作度为2.56个。领域内的高引文献也显示了密切的合作关系,前10篇高引文献的平均作者数和国家/地区数分别为11个和4.9个。

(5) 气候变化风险评估领域内的9类研究热点包括脆弱性、自然灾害、水资源、农业、生态、健康、社会经济、决策分析和模型方法。它们的时间分布变化表明,脆弱性、生态和社会经济是近期受关注度较高的三个方面。这些研究结果将有助于掌握气候变化风险评估研究的最新发展前沿,为指导未来科研工作提供必要支撑。

参 考 文 献

- [1] Nordhaus WD. To slow or not to slow: the economics of the greenhouse effect. *The Economic Journal*, 1991, 101(407): 920—937.
- [2] Turner BL, Kasperson RE, Matson PA, et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2003, 100(14): 8074—8079.
- [3] Gupta J. A history of international climate change policy. *Wiley Interdisciplinary Reviews-Climate Change*, 2010, 1(5): 636—653.
- [4] Dawson TP, Jackson ST, House JI, et al. Beyond predictions: Biodiversity conservation in a changing climate. *Science*, 2011, 332(6025): 53—58.
- [5] Jakob M, Steckel JC. How climate change mitigation could harm development in poor countries. *Wiley Interdisciplinary Reviews-Climate Change*, 2014, 5(2): 161—168.
- [6] Stern N. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [7] IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- [8] Patz JA, Campbell-Lendrum D, Holloway T, et al. Impact of regional climate change on human health. *Nature*, 2005, 438(7066): 310—317.
- [9] Milly PCD, Dunne KA, Vecchia AV. Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. *Nature*, 2005, 438(7066): 347—350.
- [10] Schmidhuber J, Tubiello FN. Global food security under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007, 104(50): 19703—19708.
- [11] van Vliet MTH, Yearsley JR, Ludwig F, et al. Vulnerability of US and European electricity supply to climate change. *Nature Climate Change*, 2012, 2(9): 676—681.
- [12] Wang B, Liang XJ, Zhang H, et al. Vulnerability of hydropower generation to climate change in China: Results based on Grey forecasting model. *Energy Policy*, 2014, 65: 701—707.
- [13] IPCC. *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.
- [14] Zou LL, Wei YM. Impact assessment using DEA of coastal hazards on social-economy in Southeast Asia. *Natural Hazards*, 2009, 48(2): 167—189.
- [15] Department for Environment, Food & Rural Affairs of United Kingdom. *UK climate change risk assessment: Government report*. 2012.
- [16] 《气候变化国家评估报告》编写委员会. 气候变化国家评估报告. 北京: 科学出版社, 2007.
- [17] 《第二次气候变化国家评估报告》编写委员会. 第二次气候变化国家评估报告. 北京: 科学出版社, 2011.
- [18] Tierney K. Disaster governance: social, political, and economic dimensions. *Annual Review of Environment and Resources*, 2012, 37: 341—363.
- [19] IPCC. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [20] IPCC. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- [21] Hirsch JE. An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2005, 102(46): 16569—16572.
- [22] Mao N, Wang MH, Ho YS. A bibliometric study of the trend in articles related to risk assessment published in Science Citation Index. *Human and Ecological Risk Assessment*, 2010, 16(4): 801—824.
- [23] Bettencourt LMA, Kaur J. Evolution and structure of sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2011, 108(49): 19540—19545.
- [24] Li JF, Wang MH, Ho YS. Trends in research on global climate change: A Science Citation Index Expanded—based analysis. *Global and Planetary Change*, 2011, 77(1—2): 13—20.
- [25] Pasgaard M, Strange N. A quantitative analysis of the causes of the global climate change research distribution. *Global Environmental Change*, 2013, 23(6): 1684—1693.
- [26] Bjurström A, Polk M. Physical and economic bias in climate change research: a scientometric study of IPCC Third Assessment Report. *Climatic Change*, 2011, 108(1—2): 1—22.
- [27] Belter CW, Seidel DJ. A bibliometric analysis of climate engineering research. *Wiley Interdisciplinary Reviews-Climate Change*, 2013, 4(5): 417—427.
- [28] Janssen MA, Schoon ML, Ke WM, et al. Scholarly networks on resilience, vulnerability and adaptation within the human dimensions of global environmental change. *Global Environmental Change*, 2006, 16(3): 240—252.
- [29] 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. *地球科学进展*, 2013, 28(8): 930—938.
- [30] Brooks N, Adger WN, Kelly PM. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change*, 2005, 15(2): 151—163.
- [31] Fussler HM. Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, 2007, 17(2): 155—167.
- [32] Birkmann J, Cardona OD, Carreño ML, et al. Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. *Natural Hazards*, 2013, 67(2): 193—211.
- [33] Preston BL. Local path dependence of US socioeconomic exposure to climate extremes and the vulnerability commitment. *Global Environmental Change*, 2013, 23(4): 719—732.
- [34] Yuan XC, Wang Q, Wang K, et al. China's regional vulnerability to drought and its mitigation strategies under climate change: data envelopment analysis and analytic hierarchy process integrated approach. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2013, DOI: 10.1007/s11027-013-9494-7.
- [35] Zou LL, Wei YM. Driving factors for social vulnerability to coastal hazards in Southeast Asia: results from the meta-analysis. *Natural Hazards*, 2010, 54(3): 901—929.
- [36] Smit B, Wandel J. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 2006, 16(3): 282—292.
- [37] Yuan XC, Zhou YL, Jin JL, et al. Risk analysis for drought hazard in China: a case study in Huaibei Plain. *Natural Hazards*, 2013, 67(2): 879—900.

- [38] Wei YM, Fan Y, Lu C, Tsai HT. The assessment of vulnerability to natural disasters in China by using the DEA method. *Environmental Impact Assessment Review*, 2004, 24(4): 427—439.
- [39] Harris CNP, Quinn AD, Bridgeman J. Quantification of uncertainty sources in a probabilistic climate change assessment of future water shortages. *Climatic Change*, 2013, 121(2): 317—329.
- [40] Towler E, Rajagopalan B, Yates D, et al. Integrated approach to simulate stream water quality for municipal supply under a changing climate. *Journal of Environmental Engineering*, 2013, 139(12): 1432—1440.
- [41] Whitehead PG, Wilby RL, Battarbee RW, et al. A review of the potential impacts of climate change on surface water quality. *Hydrological Sciences Journal*, 2009, 54(1): 101—123.
- [42] Chen YF, Wu ZG, Okamoto K, et al. The impacts of climate change on crops in China: A Ricardian analysis. *Global and Planetary Change*, 2013, 104: 61—74.
- [43] Thomas CD, Cameron A, Green RE, et al. Extinction risk from climate change. *Nature*, 2004, 427(6970): 145—148.
- [44] Bambach N, Meza FJ, Gilabert H, et al. Impacts of climate change on the distribution of species and communities in the Chilean Mediterranean ecosystem. *Regional Environmental Change*, 2013, 13(6): 1245—1257.
- [45] Thuiller W, Richardson DM, Pysek P, et al. Niche-based modelling as a tool for predicting the risk of alien plant invasions at a global scale. *Global Change Biology*, 2005, 11(12): 2234—2250.
- [46] Schröter D, Cramer W, Leemans R, et al. Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. *Science*, 2004, 310(5752): 1333—1337.
- [47] Metzger MJ, Schroter D, Leemans R, et al. A spatially explicit and quantitative vulnerability assessment of ecosystem service change in Europe. *Regional Environmental Change*, 2008, 8(3): 91—107.
- [48] van Lieshout M, Kovats RS, Livermore MTJ, et al. Climate change and malaria: analysis of the SRES climate and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*, 2004, 14(1): 87—99.
- [49] Vescovi L, Rebetez M, Rong F. Assessing public health risk due to extremely high temperature events: climate and social parameters. *Climate Research*, 2005, 30(1): 71—78.
- [50] Perry BD, Grace D, Sones K. Current drivers and future directions of global livestock disease dynamics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2013, 110(52): 20871—20877.
- [51] Knowlton K, Rosenthal JE, Hogrefe C, et al. Assessing ozone-related health impacts under a changing climate. *Environmental Health Perspectives*, 2004, 112(15): 1557—1563.
- [52] Srinivasan UT. Economics of climate change: risk and responsibility by world region. *Climate Policy*, 2010, 10(3): 298—316.
- [53] Dietz S. High impact, low probability? An empirical analysis of risk in the economics of climate change. *Climatic Change*, 2011, 108(3): 519—541.
- [54] 魏一鸣, 米志付, 张皓. 气候变化综合评估模型研究新进展. *系统工程理论与实践*, 2013, 33(8): 1905—1915.
- [55] Jones RN, Preston BL. *Adaptation and risk management*. Wiley Interdisciplinary Reviews-Climate Change, 2010, 2(2): 296—308.
- [56] Kunreuther H, Heal G, Allen M, et al. Risk management and climate change. *Nature Climate Change*, 2013, 3(5): 447—450.

Climate Change Risk Assessment: A bibliometric Analysis Based on Web of Science

Wei Yi-Ming^{1,2} Yuan Xiao-Chen^{1,2} Wu Gang³ Yang Lie-Xun³

(1. Center for Energy and Environmental Policy Research, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

2. School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

3. Department of Management Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China)

Abstract Climate change is the hotspot concerned by every country of the world, and different geographical and socio-economic conditions bring about various contents and technologies of risk assessment. At present, climate change risk assessment has developed into an interdisciplinary field built on comprehensive scientific knowledge. On the basis of the Science Citation Index Expanded (SCI-E) and Social Sciences Citation Index (SSCI), this paper presents the development characteristics and trend of the studies on climate change risk assessment by a bibliometric analysis. The results suggest that: (a) the scientific outcomes of climate change risk assessment are increasing sharply with the greatest contribution made by the U. S., and the University of Oxford and the University of East Anglia are two predominant research institutions; (b) there are much more studies focusing on physical science than social science; (c) overall, the author, institution and country collaborations are becoming stronger. Especially, China's outcomes are increasing, ranking No. 10 in the world. And Chinese Academy of Sciences is one of the most important research institutions, however, the times cited of its publications are low. Additionally, 9 hot issues are summarized by keyword analysis including vulnerability, natural disaster, water resources, agriculture, ecology, health, economy & society, decision making, and modelling. Their temporal patterns imply that more attention is being paid to vulnerability, ecology and economy & society.

Key words Climate change; Risk assessment; Bibliometric analysis; Word frequency analysis