

从第一届天气与社会会议看社会科学和气象服务的融合发展

■ 李超 鲍雅芳

第一届天气与社会会议共9个主题，交流了天气预报价值链的社会学研究。基于影响的极端天气预报和预警、估计和提高天气信息的社会经济效益是报告和墙报数目最多的主题。此次会议的重点是“科学地服务”，结合国内嵌入式气象服务的发展要求，提出三点建议：一是提倡气象服务“第一千米”理念；二是适时引入不确定信息；三是开展预警级别的跨学科研究。

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2023.02.014

WMO世界天气研究计划(WWRP)成立于1998年，旨在通过科学工作组确定和开发的预报研究进展来应对高影响天气事件日益增长的社会影响，以及专注于特定高优先领域的项目。WWRP活动由WMO天气、气候、水和环境研究委员会(以前由大气科学委员会)监督。过去几十年，WWRP在国际研究及其业务框架构建中发挥了重大作用，包括开启了奥林匹克预报示范项目(FDP)先河，自2000年以来，每一个FDP都展现了地方到区域范围内天气科学和服务的最新进展；2003年全球观测系统研究和可预报性试验(THORPEX)成就并确定了未来地球系统无缝预报(Seamless Prediction from Minutes to Months)的研究议程。

近年来，极端水文气象事件正在以人类历史上前所未有的方式影响着社会、经济和环境。政府、科研机构、应急管理机构和决策者在降低公众和社会风险方面面临着前所未有的挑战。人们越来越认识到，社会科学同样重要，在预报天气时，我们实际上是在预报“大气的社会后果”。站在天气和气候科学的最前沿，必须将社会科学越来越多地纳入我们的思维和战略。为此，WWRP扩大了社会和经济研究应用(SERA)工作组，在2006年2月成立时致力于THORPEX，现在，负责与WWRP有关的所有时空尺度的研究问题。工作组致力于推进天气相关信息和服务的社会和经济应用科学，审查和协助开发和促进社会经济示范项目，目标是为决策者和公众提供更多有用的信息。

会议共9个主题，交流了天气预报价值链的社会学研究。基于影响的极端天气预报和预警、估计和提高天气信息的社会经济效益是报告和墙报数目最多的主题(图1)。会议主题报告主要来自系统开发和气象业务人员。做主题报告的学术专家中，自然科学背景的专家和社会科学的各占一半，体现了大会对自然科学和社会科学的同等重视与促进跨学科交流合作的期许(图2)。

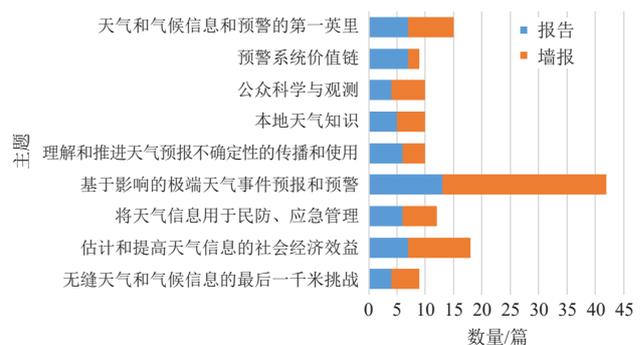


图1 会议交流主题和类型

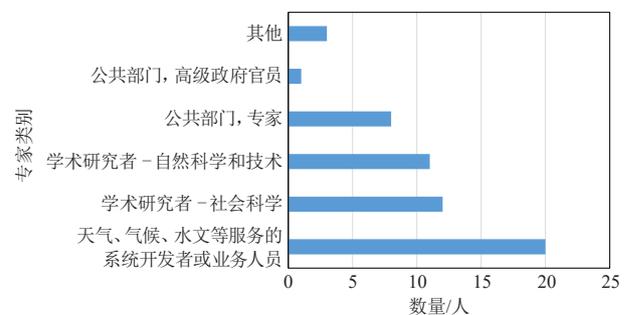


图2 会议主题报告人员背景

收稿日期: 2022年4月12日; 修回日期: 2022年5月13日
第一作者: 李超(1981—), Email: lichao@cma.gov.cn
通信作者: 鲍雅芳(1985—), Email: baoyafang1985@126.com

社会科学方法已经被应用于解决全球或不同地区的实际问题(图3)。覆盖全球的研究主要是数据库建设、框架建立和应用。欧盟的研究主要得益于开放数据集的可用性,以及WMO第六区协项目的大力推动。德国和印度尼西亚的大学和研究部门支撑了水文气象部门的业务发展。

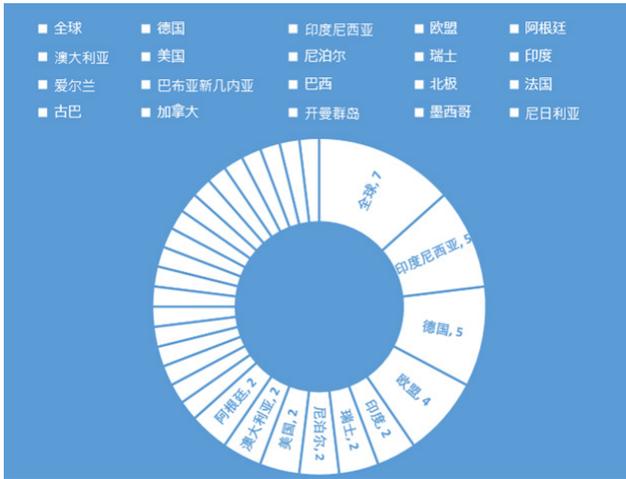


图3 关于全球、国家或区域问题的会议报告的数量(单位:篇)

1 研究进展

1.1 天气和气候信息和预警的第一英里

解决天气和气候信息的预警的第一英里,就是回答“谁向谁分享什么”(Who share what with whom)这一信息传播中的经典问题。这一问题影响信息传播和沟通的广度、速度和准确度。提供天气和气候警报应当从使用信息并受警告影响的人开始。从一开始,人就应当是开发产品和服务过程的一部分,并一直是定义和实施信息需求和开展预报预警的核心。

爱尔兰国家气象水文局开展了公众对当前和未来天气服务需求的调查。4451份在线问卷结果表明,从确定性预报向概率预报的转变,向更加基于影响的天气预警系统的转变受到公众的青睐。公众熟悉颜色编码的天气警报系统,对较高级别的橙色和红色警报表示满意,但对黄色警报发布频率过高不满。公众忽视警告并且没有采取适当准备行动的主要原因在于警告内容缺乏本地化。

巴西探讨了复杂信息链妨碍及时备灾的案例。在巴西,国家自然灾害监测和预警中心监测洪水、滑坡和干旱相关的灾害风险,分析风险情景并向国家民防部门发送警告。国家民防部门负责将其转发给州和市政府,再由政府向公民传达。2012年的灾难性的拉包尔女王号沉没事件中,尽管气象局提前几天发布了适当的季风警报,但该船的船东有蔑视地方当局

历史,安全纪录不佳,与气象部门没有任何联系,使用了其他来源数据编写了自己的预报。船长利用该预报,无视实际情况,将不安全的船只驶入汹涌的大海,最终导致船舶倾覆,导致146~165人丧生。

1.2 预警系统价值链

由于天气预警和气候服务的生成在技术上和组织上都变得更加复杂,价值链或循环的概念已成为试图评估此类服务的使用和净收益的研究中的流行概念工具。天气信息价值链描述所有利益相关者在涵盖天气和灾害监测、建模和预报、风险评估、通信和准备活动和系统的端到端预警系统中的信息生产、交流、使用和流程。WMO世界天气研究计划(WWRP)高影响天气项目(HIWeather)预警价值链工作组建立了价值链数据库、问卷模板及指南,构建了价值链术语表。

新西兰开展了2021年部分案例的预警绩效比较。构建了绩效比较模板用于收集预报和预警性能的数据。一旦完全填充,此数据集将能够对警告链性能进行比较分析,并提高将价值归因于链中每个贡献的可能性。目前,已收集了2021年几场天气灾害的可用数据,包括太平洋西北地区的热穹顶、希腊的野火、美国得克萨斯的寒潮、中国的河南洪水、西班牙的降雪、德国的洪水、印度尼西亚的洪水和山体滑坡和飓风艾达。

1.3 公众科学与观测

公众科学(Citizen Science)描述的是公众和职业科学家之间的合作关系,通常指公众成员参与收集、分类、记录或分析科学数据的项目。公众科学起源于物理科学,但已经扩展到其他领域,包括自然灾害研究。它有不同的名称,包括参与式研究、参与式科学、社区科学、基于社区的研究、基于社区的/自愿的监测等。公众科学项目的动机、设计和产出差别很大。有些项目是高度参与性的,公众参与项目设计、数据收集和分析。在另一些项目中,公众仅为由科学机构设计和协调的项目提供数据。

公众科学为水文气象灾害造成的社会经济影响提供影响数据。欧洲强风暴实验室(ESSL)自2006年起运营和管理欧洲灾害性天气数据库(ESWD)就建立了众包报告交换平台EWOB。通过EWOB,互连网使用者、志愿者(团体或个人)可以编写众包报告,这些报告经由人工检查后升级为经过验证的ESWD报告。

英国气象局开展了公开数据源的影响数据的偏差研究。在欧洲,这类数据主要来源于国际组织、政府、学术机构和新闻网站。但各机构在收集目的、方法、格式和质量方面的差异限制了它们的效用。英国

气象局针对公开数据源的地理、危险、时间、阈值和系统偏差等方面进行了分析。研究发现,在所调查的每个数据源中都存在不同类型的偏差。偏差会影响数据的覆盖范围、严重性、时间、地理范围和准确性,从而影响其在IBF评估中的效用。并且,危险术语不一致,唯一事件标识符采用率低,使影响数据与特定的危险事件的关联困难,建议多种数据源结合使用。

1.4 理解和推进天气预报不确定性的传播和使用

当前,数值天气预报模型在提供可靠的概率预报以及预报的不确定性的量化方面已经相当成熟。将这些信息包含在天气预报和警报的传播中,并将其整合到下游模型和决策过程,已成为越来越普遍的做法。这不仅意味着在集合预报中解释“原始”不确定性信息、对其开展后处理和可视化,还意味着整合广泛的非气象信息,如用来评估风险的脆弱性和暴露度数据,以及社会、心理和经济等影响人类决策和福祉的信息。

欧洲气象水文部门及其用户对概率预报预警提出建议。欧洲气象服务网络(EUMETNET)临近预报计划(E-NWC)于2019年组织了两项调查:一项针对参与的国家气象和水文部门(NMHS),另一项针对NMHS的用户。14个国家的NMHS和18个专业用户的反馈对概率预报预警提出了不同的建议。NMHS建议:布设更高密度的自动气象站观测;扩展集合预报系统为用户提供附加值;开发和有效的解释工具。专业用户建议:开发影响预报产品作为传统预报的补充信息;注重影响预报的呈现方式;开发面向用户的概率预报。

1.5 基于影响的极端天气事件预报和预警

气象和水文部门通常根据气象参数(如风速或降水量)的固定阈值对恶劣天气事件发出警告。然而,预防措施的社会决策取决于天气事件的预期影响。为了更好地为此类预防行动提供信息,气象部门目前正在努力将预期影响纳入其警报。2020年,WMO发布了第2版《基于影响的多灾种预报和预警服务指南》,强调国家气象水文部门需要从发布传统天气预报和预警转向提供基于多灾种影响的预报和预警服务,并优化和梳理了最佳实践案例。

德国基于雷达的强降雨事件目录评估未来降水事件的影响。基于德国地区20年的气候雷达数据,德国气象局开发了基于雷达的暴雨事件目录(CatRaRE)。除了各种极端属性,如重现期或极端天气指数,该目录还包含了其他气象、地理和人口变量(如天气类型、前期降水指数、人口密度、土地覆盖、不透水程度、

地形位置指数等)。将CatRaRE与每个事件的影响信息(例如损坏或消防队行动)相结合,从而预估在类似环境中可能引发的具有可比结构的事件的影响。

瑞士开发了冬季风暴对建筑物损坏的影响预报系统。将数值集合天气预报模型与暴露和脆弱性数据相结合,提前2天预报预期的建筑物损失的货币价值(以瑞士法郎为单位),空间精度为500 m网格。将预报的建筑物损坏与苏黎世州的保险索赔进行比较,发现雷暴和焚风风暴的漏报、误报率较高。敏感性分析表明,与暴露和脆弱性相比,集合预报的不确定性对总体不确定性的贡献最大。

澳大利亚开发了大风对住宅的影响预报系统。澳大利亚地球科学中心的国家暴露信息系统提供了暴露度信息,包括全国住宅的属性和地理位置。影响预报由一套启发式函数提供,这些函数将损坏程度定义为不同住房类型的入射阵风风速的函数。目前已形成了一套风险服务的工作流程。

新西兰讨论了影响预报和影响预警的数据需求。使用扎根理论(GT),对新西兰59名危害、影响、脆弱性和暴露(HIVE)数据的用户和创建者进行了访谈和召开研讨会。发现HIVE主要数据源包括:网络众包数据、社区志愿者报告、来自响应者和应急管理人士的隐性知识、社交媒体帖子、福祉调查等。研究为利益相关者构建了概念框架,以识别实施水文气象IFW系统所需的数据源和伙伴关系。

孟加拉国评估沿海地区的危害、脆弱性和暴露程度的案例。使用31个核心指标来评估最低行政单位(即工会)的整体风险值。根据风险评分,每个工会都被分配到一个风险类别下。风险评分大于6.5被归类为非常高风险类别,而风险评分低于2被归类为非常低。同样,高、中、低风险等级由风险评分定义,分别介于5.0~6.5、3.5~5.0,以及2.0~3.5。结果显示,在Patuakhali区76个工会中,7个工会被认为是非常高风险的,21个是高风险的,21个是中等风险的,3个是低风险的,1个是非常低风险。为降低社区风险提供了重要指标。

1.6 将天气信息用于民防、应急管理

在灾害性天气事件的准备和缓解阶段,最重要的参与者之一是应急管理界。气象服务部门与更广泛的应急管理社区(例如,民防、应急管理、消防、道路和航空安全)成员的协作、合作和相互理解越来越深入。

瑞士开展应急管理专家和专家的需求的研究。结果显示,不确定性信息的需求有三种格式:1)用于快

速和准确概览的图形（自然灾害专家尤其需要）；2）有助于解释的书面描述并为后续沟通提供词汇（应急管理人员尤其需要）；3）预报员提供的口头咨询服务。最重要的不确定性信息类型是超过阈值的概率，然后是预报值的分布，还包括特定情景（例如，最佳和最坏情景）的更具体信息。此外，参与者不仅对强度的不确定性感兴趣，也关注事件的时间过程。

欧盟开发了多灾害专家建议系统ARISTOTLE。欧盟民事保护机制（ERCC）旨在加强参与国之间在民事保护领域的合作，以改善欧洲及其他地区的灾害预防、准备和应对工作，需要一个多灾种、跨境灾害响应系统。可操作的多灾种专家系统ARISTOTLE用于向ERCC提供建议。系统处理6种不同的危害，包括来自15个国家的19个合作伙伴，24/7全天候为应急响应和定期例行评估，提供影响为导向的快速专家建议。

1.7 估计和提高天气信息的社会经济效益

气象部门或企业的存在是为了观察、建模、预报和传播有关天气、水和气候的数据和信息以造福社会。多年来，天气信息服务过程已转变为完整的天气预报价值链，包括天气信息的传播、接收、理解和使用，需要开发有利于实现社会成果和社会价值的方式、方法和指标。

苏黎世抗洪联盟开发了度量社区热浪恢复力的框架。社区参与者成功地使用该框架和工具衡量了全球数百个易受洪水影响的社区（主要是发展中国家的农村地区）的抗洪能力。

德国评估了洪水早期预警对个体的经济效益。应用经典评估工具量化了灾害对个体的经济影响。德国六次洪水致灾事件的4468个案例的分析结果表明，平均建筑损坏率为11%，平均建筑损坏价值48000欧元。只有当人们在收到警报时知道该怎么做（至少提前1小时通知），洪水早期预警才能有效减少经济损失。物品损坏平均减少4%，相当于减少3800欧元。建筑损坏率平均减少2%，相当于减少10000欧元损失。

2 需求和挑战

通过投票和讨论，会议确定了社会科学推动气象科学进步的需求和挑战。从公众科学、基于影响的预报预警、天气预报不确定性、价值链四个方面总结。

2.1 公众科学

1) 社交媒体数据（例如影响数据）的验证，及其一致性使用。

2) 公众科学的双向信息流动与互惠互利。如何平衡科学家/研究的利益，同时又确保公民从参与中受益？

3) 验证公众科学的价值。

4) 关注参与偏见。使用不同的方法收集数据会吸引不同的用户群体，这是“真实”社会影响的一种有偏见的表现。

2.2 基于影响的预报预警

1) 设计标准化方法收集影响的定性和定量数据。

2) 理解和整合复合事件。

3) 引入动态的脆弱性和暴露度信息。

4) 评估用户的感知和理解，确定信息在动员行动和避免损失方面的有效性。

5) 确定实施机制、相关利益方的角色和责任。

6) 使用传统社会科学方法和新的参与式方法（参与式技术、同伴建模、社交媒体、众包数据等），让用户和从业者参与整个预报预警的开发过程。

2.3 天气预报不确定性

1) 小概率极端事件的预报信息的内容和呈现方式。

2) 帮助用户理解不确定性信息。

3) 量化人们对不确定性的理解和感知的评估和验证。

4) 寻求不同用户群体的最优沟通方式。

5) 弥合社会科学嵌入预报和预警链中的制度差距。

2.4 价值链

1) 评估通过预警得以避免的影响与预报和预警之间的联系。

2) 将结果（影响和避免的影响）与价值链上的价值度量联系。

3) 在合作、设计中包含最脆弱的群体。

4) 维护和制度化用户驱动的过程，尤其是预警系统实施后。

3 讨论和建议

气象服务融合了丰富的专业知识，特别是在自然、物理和数据科学方面。社会科学仍是一个相对新的部件。第一届天气与社会会议的重点是“科学地服务”，结合国内嵌入式气象服务的发展要求，提出三点建议：

一是提倡气象服务“第一千米”理念。国内，许多与预警相关的工作都提到了“最后一千米”，即在正确的时间向正确的人提供正确的信息。这可能会产生两个缺陷：首先，它强调外部信息，赋予从外部专家到不知情用户的自上而下、单向传递的特权。其次，它让人们参与到最后一步为止，这意味着用户可

能需要遵守信息提供者开发的产品和服务。作为替代方案，国际上已经在探讨天气和气候信息的“第一千米”，即从使用信息和受警告影响的人开始，提供天气和气候警报。“第一千米”保留了“最后一千米”的精神，即确保正确的人在正确的时间获得正确的信息以发出他们需要的警告。它颠倒了顺序并改变了起点，从需要和使用信息和警告的人开始，关注他们的理解和知识，在社会环境中构建技术。从操作和技术的角度来看，警告和信息本身当然有可能最终是相同的，但“第一千米”通过让受影响的人自始至终参与，提高了接受度、信任度和可信度。

二是适时引入不确定信息。我国预报预警的公众和专业服务大多不包含不确定性信息。一方面，不确定性信息可以增加公众对预报的信心并支持决策过程，通过自我评估风险促进知情决策。如果没有这些信息，外行人只能猜测事件发生的可能性有多大。另一方面，不确定性信息很容易被误解。受众有可能会将（发生的）数值概率误解为空间或时间信息。如果没有数字信息，使用日常短语，对其的解释差异也会

很大。建议区分公众、行业、决策服务用户，找出适合不同用户的不确定信息需求和服务流程。

三是开展预警级别的跨学科研究。气象预警通常使用警报级别系统(ALS)发出。ALS在全球范围内被用作一种速记法，向各种各样的使用者传达简明、清晰的信息。它们通常遵循红绿灯的颜色结构或数字顺序，可以跨行政、跨区域标准化。同时，标准化过程艰难，不仅涉及针对特定危险或脆弱性的科学基础，也要受到文化、政治和生计因素的影响。目前，国内关于ALS的设计、使用和实现的研究还很有限。这可能是因为前期研究主要关注政策法规，而其社会科学属性的研究需要的跨学科团队较难组建。

深入阅读

Brunet G, Jones S, Ruti P M, 2015. Seamless prediction of the earth system: from minutes to months. Geneva: World Meteorological Organization.

Henderson G, 2015. Masters of uncertainty: weather forecasters and the quest for ground truth-by Phaedra Daipha. Chicago: The University of Chicago Press, 2015.

(作者单位：中国气象局公共气象服务中心)

(上接90页)

1.4 埃及

2007年4月2日，埃及环境事务部一行6人访问了中国气象局，就人工影响天气工作情况与中国气象局进行了交流。2008年11月，中国气象局人工影响天气专家组访问埃及，埃及方面表达了希望能够与中国气象局合作，在埃及开展人工影响天气作业，以及相关技术交流和转让意愿。此后，埃及从中国人工影响天气设备生产厂家引进了相关设备，借助中国的人工影响天气技术在其国内开展人工增雨试验以及在其国内机场开展人工消雾试验。

2 小结和展望

中东地区的阿拉伯国家水资源短缺问题尤为严重，历史上曾发生过多次为争夺水资源而引发的冲突甚至战争，解决水资源短缺问题是保障阿拉伯国家可持续发展的重要举措。随着人工影响天气技术的不断发展，开发空中水资源以缓解水资源短缺问题已逐渐成为阿拉伯国家的普遍需求。由于阿拉伯国家在云降水过程理论研究和人工影响天气技术实施等方面缺乏基础积累和实践经验，强烈的需求促使阿拉伯国家寻求国际合作，借助国际人工影响天气先进技术为本

国服务。近年来，一些阿拉伯国家通过国际交流与合作等途径与美国、俄罗斯、中国等人工影响天气技术发展较快的国家开展了一些联合科学研究和试验，促进了本国相关领域的研究和技术发展。阿联酋从2015年起实施了一项人工增雨科学研究计划(UAEREP)，2015—2017年(分3期)每年提供500万美元进行国际招标，每期资助3个研究项目；2021年(第4期)和2023年(第5期)又分别提供300万美元进行国际招标，每期资助2个研究项目。这些中标的研究项目要求其研究成果能够在阿联酋得到具体推广应用。

中国与阿拉伯国家的友好交往源远流长，进入21世纪以来，中国人工影响天气技术逐渐走出国门，走进阿拉伯世界，与沙特、阿联酋、阿曼、埃及等阿拉伯国家多次开展交流访问，达成人工影响天气科技合作意向，开展人工增雨试验和服务。未来，应抓住中阿关系健康发展的良好契机，进一步加强与阿拉伯国家在人工影响天气领域的深入合作，让中国人工影响天气技术更好地服务阿拉伯国家，助力构建人类命运共同体，服务“一带一路”建设。

(作者单位：中国气象局人工影响天气中心)