

人工影响天气国际标准化发展趋势研究

钱尧¹ 郭小雨² 贺星瑶² 刘春卉^{3*} 杜春丽⁵ 赵俊杰⁴ 谢正帅¹

(1.中国气象局人工影响天气中心; 2.中北大学; 3.中国标准化研究院;

4.山西省气象灾害防御技术中心; 5.河南省人工影响天气中心)

摘要: 为填补我国人工影响天气标准国际化工作的空白,提升我国在国际标准体系中的地位和影响力,以及增强我国人工影响天气标准在国际社会的认可度,本文对世界气象组织和国际标准化组织的发展现状进行了深入研究,并对气象领域的标准化现状进行了详细分析。基于国外以及我国已制定的人工影响天气标准情况,提出推动我国人工影响天气领域标准国际化工作的具体路径和方法,旨在为人工影响天气领域的国际标准“本地化”和本地标准“国际化”提供有力的技术支撑。

关键词: 人工影响天气, 国际标准化, 气象

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2024.06.003

Research on the Development Trend of International Standardization of Artificial Weather Modification

QIAN Yao¹ GUO Xiao-yu² HE Xing-yao² LIU Chun-hui^{3*}

DU Chun-li⁵ ZHAO Jun-jie⁴ XIE Zheng-shuai¹

(1. Weather Modification Center, CMA; 2. North University of China; 3. China National Institute of Standardization; 4. Meteorological Disaster Prevention Technology Center of Shanxi Province;

5. Weather Modification Center of Henan Province)

Abstract: In order to participate in the international work of artificial weather modification standards, and enhance the recognition of China's artificial weather modification standards in the international community, this paper carries out in-depth research on the development strategy of the international meteorological organization WMO and the International Organization for Standardization ISO, and analyzes the standardization status quo in the meteorological field in detail. Based on the existing artificial weather modification standards in China and abroad, the paper puts forward the path and method to promote the international work in China's artificial weather modification field, providing strong technical support for the adoption of international standards in this field.

Keywords: artificial weather modification, international standardization, meteorology

基金项目: 本文受国家重点研发计划课题“我国五大领域装备与工程标准海外转化应用研究”(课题编号: 2016YFF0202903)资助。

作者简介: 钱尧, 高级工程师, 研究方向为人工影响天气标准国际化、标准化管理、标准服务。

贺星瑶, 中北大学经济与管理学院, 硕士研究生, 研究方向为工业工程与管理。

郭小雨, 中北大学经济与管理学院, 硕士研究生, 研究方向为工业工程与管理。

刘春卉, 通信作者, 研究馆员, 博士, 研究方向为标准国际化、标准信息管理、标准知识服务。

杜春丽, 高级工程师, 研究方向为人工影响天气作业技术研究与业务管理。

赵俊杰, 工程师, 研究方向为云降水和人工影响天气。

谢正帅, 工程师, 研究方向为闪电科学与技术及云雾物理。

0 引言

人工影响天气作为一种气象干预手段,其主要目的是防止和减轻气象灾害,以及合理利用气候资源,在适宜条件下,通过科技手段影响局部大气的云物理过程,达到增加雨雪、预防冰雹、消云、消雾等效果。自《国务院关于印发深化标准化工作改革方案》和《中共中国气象局党组关于全面推进气象法治建设的意见》印发以来,气象标准化建设获得了显著进展,基础标准在气象工作中的重要性日益凸显,确保气象业务现代化和气象工作规范化的标准体系建设已成为气象行业的重要任务;同时,如何加强中国气象科技及相关领域机构与国际同行的合作,如何更积极地参与世界气象组织(WMO)、国际标准化组织(ISO)等国际机构的标准制修订工作,以及如何在全球竞争中更有效地发出中国声音并争取话语权,这些都是标准化工作者必须深入思考和努力探索的重要课题。

近年来,我国人工影响天气事业取得了显著发展,其标准体系不断完善。然而,我国人工影响天气领域标准的国际化程度,与目前人工影响天气业务的规模量和大国地位极不相称,至今,人工影响天气标准的国际化工作仍然是空白,无论是在国际标准体系中的话语权,还是人工影响天气标准在国际上的认可度,都无法与所取得的成绩相匹配。因此,我们亟须深入研究人工影响天气领域的国际标准化现状与发展战略,系统分析各国特别是发达国家的人工影响天气标准和技术法规,并积极探索参与国际人工影响天气标准化活动的途径,这将为我国在国际标准化舞台上发挥更大的作用提供坚实的基础。

1 国际标准化现状

1.1 世界气象组织(WMO)

世界气象组织(World Meteorological Organization, WMO)是联合国的专门机构之一。世界气象组织在1947年9-10月在华盛顿市召开的国际气象组织各国气象局长会议上更名为世界气象

组织。1951年3月19日在巴黎举行世界气象组织第一届大会,正式建立机构,同年12月,成为联合国的一个专门机构。目前,世界气象组织有会员193个,包括187个会员国和6个会员地区。其宗旨在于提供世界领先的专业知识,并构建一个国际合作平台,专注于天气、气候、水文、水资源以及其他相关环境信息和服务问题^[1]。

WMO的最高权利机构是世界气象大会(World Meteorological Congress),另外设有执行理事会、区域协会、技术委员会和研究委员会以及其他机构。世界气象大会负责确定世界气象组织的总体政策和发展战略,执行理事会负责执行世界气象大会提出的决议,6个区域协会负责协调各自区域内的气象、水文和相关活动,技术委员会和研究委员会负责贯彻大会、执行理事会及区域协会的决议并协调各自专业领域内的技术及研究工作,并向大会和执行理事会提出建议。WMO秘书处总部设在日内瓦,由秘书长领导。2019年6月,世界气象大会通过组织机构改革议案,对秘书处的结构进行全面改革,其中最重要的变革之一是成立了董事会,董事会每月召开一次例会,讨论实现部门目标和组织整体目标的进展情况,确保组织的高层目标的实现。

WMO是气象学、水文学、气候学及相关环境学科领域的国际标准化组织。WMO技术规范(WMO Technical Regulations)是标准化和互操作性的国际框架,由世界气象大会通过的供所有成员普遍应用的标准和推荐做法以及程序组成。这些规范使得全球观测、数据交换和管理系统可以一年365天24小时不间断运行,向每个WMO成员国和会员地区的各种用户提供权威的科学预测、评估和标准化服务产品。WMO技术规范以需求为基础,旨在提高效率和互操作性,并支持包括灾害风险管理、农业、航空、运输、水管理、卫生等在内的诸多领域的政策和决策。

自WMO在第五届执行理事会会议上授予国际标准化组织(ISO)咨询地位以来,WMO和ISO一直进行着密切的合作。在2008年9月,为进一步加强伙伴关系,两个组织在瑞士日内瓦签订协议,加强

在标准制定方面的合作，以避免在有关气象和水文数据、产品和服务的国际标准制定工作中出现重复。目前，WMO与ISO的33个技术委员会（TC）或分委会（SC）保持着联络合作关系（见表1），这些委员会制定的标准覆盖：水文测量、空气质量、水质、土壤质量、地理信息、太阳能、石油和天然气工业、信息技术、海洋技术、量和单位等领域。

的秘书处，是由德国、俄罗斯、瑞典、荷兰、日本、韩国等国负责。

经过在ISO官网检索，尚未查找到人工影响天气领域相关的ISO标准。即使在专业对口的技术委员会或分委员会，如：ISO/TC 146/SC 5气象学、ISO/TC 113水文测量等，也没有出版或正在制定人工影响天气相关的标准。

1.2 国际标准化组织（ISO）

主持气象、天气、水文领域及其相关应用领域标准制修订工作的ISO TC146/SC 5等技术委员会上

虽然人工影响天气技术已发展了60余年，人工影响天气项目也已在世界各地开展，全球大约有50个国家正在运用人工影响天气技术，如：美

表1 WMO参与的ISO TC/SC

序号	ISO TC/SC	名称	联络类型 ¹
1	ISO/IEC JTC 1/SC 2	Coded character sets 信息技术-编码字符组	B
2	ISO/IEC JTC 1/SC 6	Telecommunications and information exchange between systems 信息技术-系统间的电信和信息交换	A
3	ISO/IEC JTC 1/SC 7	Software and systems engineering 信息技术-软件与系统工程	B
4	ISO/IEC JTC 1/SC 28	Office equipment 信息技术-办公设备	A
5	ISO/TC 8	Ships and marine technology 船舶和海洋技术	A
6	ISO/TC 8/SC 8	Ship design 船舶设计	A
7	ISO/TC 8/SC 13	Marine technology 海洋技术	A
8	ISO/TC 12	Quantities and units 量和单位	A
9	ISO/TC 20/SC 6	Standard atmosphere 航空与航天器-标准大气	A
10	ISO/TC 20/SC 8	Aerospace terminology 航空与航天器-航空术语	A
11	ISO/TC 37	Language and terminology 语言和术语	B
12	ISO/TC 46/SC 4	Technical interoperability 情报管理-技术的互操作性	B
13	ISO/TC 48	Laboratory equipment 实验室设备	B
14	ISO/TC 48/SC 3	Thermometers 实验室设备-温度计	B
15	ISO/TC 67	Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries 石油、石化和天然气工业用材料、设备和离岸平台结构	A
16	ISO/TC 113	Hydrometry 水文测量	A
17	ISO/TC 113/SC 1	Velocity area methods 水文测量-速度面积法	A
18	ISO/TC 113/SC 2	Flow measurement structures 水文测量-流量测量结构	A
19	ISO/TC 113/SC 5	Instruments, equipment and data management 水文测量-仪器、设备和管理	A
20	ISO/TC 113/SC 6	Sediment transport 水文测量-沉积物运移	A
21	ISO/TC 113/SC 8	Ground water 水文测量-地下水	A
22	ISO/TC 146	Air quality 空气质量	A
23	ISO/TC 146/SC 3	Ambient atmospheres 空气质量-环境空气	A
24	ISO/TC 146/SC 4	General aspects 空气质量-一般性质	A
25	ISO/TC 146/SC 5	Meteorology 空气质量-气象学	A
26	ISO/TC 147	Water quality 水质	A
27	ISO/TC 147/SC 1	Terminology 水质-术语	A
28	ISO/TC 147/SC 2	Physical, chemical and biochemical methods 水质-物理、化学和生化方法	A
29	ISO/TC 147/SC 4	Microbiological methods 水质-微生物方法	A
30	ISO/TC 147/SC 5	Biological methods 水质-生物学方法	A
31	ISO/TC 147/SC 6	Sampling (general methods) 水质-抽样（通用方法）	A
32	ISO/TC 180/SC 1	Climate - Measurement and data 太阳能-气候-测量和数据	A
33	ISO/TC 211	Geographic information/Geomatics 地理信息/测绘学	A

注1：联络类型A：对TC或SC处理的问题作出有效贡献的组织；
联络类型B：已表示希望随时了解TC或SC工作情况的组织。

国、俄国、中国、澳大利亚等,但目前国际、国外人工影响天气领域所进行的标准化工作并不是很多。通过在世界主要权威标准数据库,包括德国 Nautos标准数据库,澳大利亚SAI i2i Platform标准数据库、美国Accuris标准数据库^[3-6],检索人工影响天气技术相关词条,如: weather modification (人工影响天气)、cloud seeding (播云)、fog and stratus dispersal (驱云消雾)、hail suppression (防雹)、winter precipitation augmentation (增加冬季降水)、summer precipitation augmentation (增加夏季降水)等(检索结果见表2)。

根据表2可以发现,在国际范围内,人工影响天气领域尚未形成统一的标准规范。除美国外,其他国家(不包括中国)也尚未制定各自的人工影响天气标准。作为人工影响天气技术的发源地,美国在该领域仍然占据主导地位,特别是美国土木工程师学会,负责制定人工影响天气工作实施标准,并持续进行更新,同时,该学会还是美国国家标准协会(ANSI)认证的美国国家标准制定组织^[7],其所制定的人工影响天气工作实施标准均已被提升为美国国家标准,并且极有可能是其他国家正在运用的标准规范。

2 国内标准化现状

表2 国外人工影响天气领域标准

序号	标准号	标准中英文名称	状态	发布单位
1	ASCE MOP 81-2016	Guidelines for Cloud Seeding to Augment Precipitation: Third Edition 播云增雨指南: 第三版	现行	American Society of Civil Engineers (ASCE) 美国土木工程师学会
2	ASCE 42: 2017 (ANSI/ ASCE/EWRI 42-2017)	Standard Practice for the Design, Conduct, and Evaluation of Operational Precipitation Enhancement Projects 作业性增雨工程的设计、实施和评估标准实施规程	现行	
3	ASCE 39: 2015 (ANSI/ ASCE/EWRI 39-2015)	Guidelines for Operational Hail Suppression Programs 防雹作业计划指南	现行	
4	ASCE 44: 2020 (ANSI/ ASCE/EWRI 44-20-2020)	Standard Practice for the Design, Operation, and Evaluation of Supercooled Fog Dispersal Projects 过冷雾驱散项目的设计、操作和评估的标准实施规程	现行	
5	ASCE 42: 2004	Standard Practice for the Design and Operation of Precipitation Enhancement Projects 作业性增雨工程的设计和操作的的标准实施规程	作废	
6	ASCE 39: 2003	Standard Practice for the Design and Operation of Hail Suppression Projects 防雹工程设计和操作的的标准规程	作废	
7	ASCE 44: 2013	Standard Practice for the Design and Operation of Supercooled Fog Dispersal Projects 过冷雾驱散项目的设计和操作的的标准实施规程	作废	
8	ASCE 44: 2005	Standard Practice for the Design and Operation of Supercooled Fog Dispersal Projects 过冷雾驱散项目的设计和操作的的标准实施规程	作废	
9	AFR 105-7: 1992	Weather Modification 人工影响天气	作废	US Air Force (AF) 美国空军
10	ARINC 768: 2011	Integrated Surveillance System 综合监视系统	现行	Aeronautical Radio Incv (ARINC) 美国航空无线电公司
11	ARINC 623: 2005	Character-oriented Air Traffic Service (ats) Applications 面向字符的空中交通服务应用	现行	
12	ARINC 439A: 2016	Simulated Air Traffic Control Environments In Flight Simulation Training Devices 飞行模拟训练设备中的模拟空中交通管制环境	现行	
13	FAA AC 61: 2010	Private And Commercial Pilots - Refresher Courses 私人和商业飞行员-进修课程	现行	Federal Aviation Administration (FAA) 美国联邦航空管理局

近年来,我国各级标准化行政主管部门和气象主管机构加大了对气象标准化工作的支持和投入,鼓励气象行业各相关组织和个人按照气象标准化规划和标准体系的要求,积极参与标准制修订以及实施工作^[8]。

2.1 国家标准

国家标准层面,同人工影响天气相关的标委会主要是全国人工影响天气标准化技术委员会(TC 538),TC 538由中国气象局筹建并进行业务指导,主要负责人工影响天气作业安全、作业条件监测、作业实施、作业装备及催化剂、作业基础设施及业务系统建设等。现行的人工影响天气领域国家标准9项、国家标准制定计划2项(见表3),涉及的领域主要为防雷作业、地面作业、作业点等。TC 538由中国气象局筹建及进行业务指导,其负责专业范围为作业安全、作业条件监测、作业实施、作业装备及催化剂、地面作业点基础设施建设、业务系统建设等。

2.2 行业标准

行业标准层面,现行人工影响天气行业标准22项,其中有17项标准分别从术语、安全管理、站点建设、火箭弹运输及验收等方面对人工影响天气作业进行了规定,另有5项标准从技术检测、安全操作、安全射界图绘制和维修技术方面对人工影响天气作业用37mm高炮进行了规范。

2.3 地方标准

地方标准层面,全国共有17个省发布了44项人

工影响天气相关标准。其中:山西省发布16项,内蒙古发布4项,山东、四川各发布3项,天津、河北、河南、新疆和重庆各发布2项,云南、安徽、广西、湖北、吉林、辽宁、贵州和海南各发布1项。各地主要对人工影响天气固定作业点的建设、高炮作业点的建设、火箭固定作业点的建设及安全射界图的绘制等进行了规定,明确了飞机人工影响天气作业信息归档和计划作业、地面人工影响天气弹药管理的要求。

3 对我国人工影响天气标准国际化工作的建议

通过前面章节的分析发现,我国在国家、行业和地方等不同层面已经制定了一些人工影响天气标准,但这些标准多数是术语、作业站点建设规范、通用技术规范等;而且就人工影响天气标准国际发展现状来看,我国在该领域制定国际标准,乃至将中国标准推向国际舞台,都面临着一定的挑战。因此需要我们精心规划,明确方法路径,精准把握标准提案方向,以及严谨制定标准内容。鉴于此,本文提出以下4点建议。

3.1 形成WMO人工影响天气标准或研究组

目前全球大约有50个国家在应用人工影响天气技术,其中美国在此领域的科研实力尤为雄厚,且相关活动开展得十分活跃,如:人工影响天气协会(WMA)和美国土木工程师学会(ASCE)所

表3 人工影响天气领域国家标准

序号	标准号	标准名称	归口单位
1	GB/T 42989-2023	人工影响天气术语	TC538
2	GB/T 42878-2023	人工影响天气 地面作业空域申请和使用要求	TC538
3	GB/T 39782-2021	人工影响天气高炮作业点安全射界图绘制规范	TC538
4	GB/T 37274-2018	人工影响天气火箭作业点安全射界图绘制规范	TC538
5	GB/T 35573-2017	空中水汽资源计算方法	TC538
6	GB/T 34292-2017	人工防雷作业预警响应	TC538
7	GB/T 34305-2017	37mm高射炮防雷作业方式	TC538
8	GB/T 34304-2017	人工防雷作业预警等级	TC538
9	GB/T 33679-2017	人工影响天气用燃烧剂和致冷剂的存储技术条件	TC538
国家标准制定计划			
序号	计划号	项目名称	项目状态
1	20221417-T-416	人工影响天气 作业用弹药存储安全要求	正在征求意见
2	20213621-T-416	大型活动气象服务指南 人工影响天气	正在征求意见

组织的人工影响天气领域年会,因此,我国的人工影响天气专家应积极参与这些国际会议,与国外专家建立联系,分享经验,深化合作,共同开展研究,并基于共识制定提案,这种“共商共建”的方式不仅符合当前的“国际游戏规则”,更有助于在WMO、ISO等国际组织中赢得更广泛的认同和支持^[9,10]。

3.2 制定符合WMO规划目标的人工影响天气标准

WMO在2020–2030年的首要任务包括:增强对极端气候灾害的防范,以减少生命和财产损失;支持智慧气候决策,以提升对气候风险的适应能力和恢复力;提高天气、气候、水文及相关环境服务的社会经济价值。因此,在向WMO提交关于人工影响天气标准的提案时,应紧密贴合其未来的规划目标,具体而言,标准提案可围绕以下主题展开:(1)探讨人工影响天气如何有效减少气候灾害风险;(2)研究人工影响天气在实现可持续水资源管理中的作用;(3)建立有效机制,评估人工影响天气作业的效果,以确保其能够带来最大的社会效益。

3.3 制定与新技术相结合的人工影响天气标准

目前,关于人工影响天气的相关研究多沿用

50年前的技术。若将这些已成为行业惯例的做法制定为国际标准,可能形式大于意义;而若将过去10~20年人工影响天气技术与新兴科技的融合应用进行梳理与总结,进而编制成具备指导性的标准文件,不仅能推动行业技术进步,也能为国际标准的制定贡献新的视角与价值。此外,针对人工增雨作业效果的定量检验技术,全球范围内尚未形成统一且有效的解决方案,若中国、美国、以色列等正致力于该领域研究的国家能达成共识,向WMO提议建立联合工作组,深化国际合作与交流,无疑将对推动人工增雨效果检验技术的进步产生积极影响^[11,12]。

3.4 制定包容性高的人工影响天气标准

我国制定的标准有一个普遍特点,就是在标准中直接规定技术方案和实现方法,很少对原理进行详细说明;而国际、国外标准更多注重的是对功能及原理解释,对具体技术解决方案具有开放性和包容性,从而为技术发展和进步留下更大空间。因此,我国在参与国际标准化工作时,应注意到这些差异,提出的标准提案应更偏重于“功能性”和“指导性”,对技术怀有“包容性”,这样,标准提案才更容易被国际社会所接受。

参考文献

- | | |
|--|--|
| [1] 世界气象组织(WMO)网站: www.public.wmo.int . | [9] 人工影响天气协会(WMA)网站: https://weathermod.org . |
| [2] 国际标准化组织(ISO)网站: www.iso.org . | [10] ISO制定未来10年战略规划,吸纳“中国方案”精髓[J].中国标准化,2019(05):26. |
| [3] 德国标准化协会(DIN)网站: www.din.de . | [11] 常俪.《ISO 2016—2020战略规划》发布[J].中国标准导报,2015(11):14. |
| [4] 澳大利亚气象和海洋学会(AMOS)网站: www.amos.org.au . | [12] 崔国辉.科技引擎 强劲驱动——中国人工影响天气科技进展纪实[N].中国气象报,2018-09-14:3. |
| [5] 澳大利亚标准协会(SA)网站: www.standards.org.au . | |
| [6] 美国国家标准协会(ANSI)网站: https://ansi.org/ . | |
| [7] 美国土木工程师学会(ASCE)网站: www.asce.org . | |
| [8] 中国气象局官方网站: www.cma.gov.cn . | |