

引用格式: 钱尧,张东生,卢怡,等.我国人工影响天气领域标准制度型开放策略研究[J].标准科学, 2025(7):46-52.  
QIAN Yao,ZHANG Dongsheng,LU Yi,et al. Research on Standard Institutional Opening Strategy of Weather Modification in China [J].Standard Science,2025(7):46-52.

## 我国人工影响天气领域标准制度型开放策略研究

钱尧<sup>1</sup> 张东生<sup>2</sup> 卢怡<sup>3</sup> 王田田<sup>1</sup> 江平<sup>2</sup>

(1. 中国气象局人工影响天气中心; 2. 上海市质量和标准化研究院; 3. 上海市气象局)

**摘要:** 【目的】为进一步扩大我国人工影响天气领域在国际上的优势,有必要研究标准制度型开放的着力点,探寻国际竞争力的有效提升路径。【方法】采用PEST-SWOT法分析我国人工影响天气产业国际竞争力,利用标准化对比分析法分析标准化竞争力,借鉴美国和欧盟标准制度型开放相关经验。【结果】基于双循环格局,有针对性地提出了我国人工影响天气国际竞争力提升的对策建议。【结论】从标准制度型开放促进国际高标准经贸规则对接、健全标准化协调机制、核心技术攻关、争取国际定价权等角度为增强我国人工影响天气领域国际话语权提供了参考路径。

**关键词:** 标准; 制度型开放; 人工影响天气; 国际竞争力

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2025.07.007

### Research on Standard Institutional Opening Strategy of Weather Modification in China

QIAN Yao<sup>1</sup> ZHANG Dongsheng<sup>2</sup> LU Yi<sup>3</sup> WANG Tiantian<sup>1</sup> JIANG Ping<sup>2</sup>

(1. Weather Modification Center, CMA; 2. Shanghai Institute of Quality and Standardization; 3. Shanghai Meteorological Service)

**Abstract:** [Objective] In order to further expand China's international advantages in the field of artificial weather modification, it is necessary to study the focus of standard institutional opening and explore effective ways to enhance international competitiveness. [Methods] This paper uses the PEST-SWOT method to analyze the international competitiveness of China's artificial weather modification industry, uses the standardization comparative analysis method to analyze the standardization competitiveness, and draws on the relevant experience of the standard institutional opening of the United States and the European Union. [Results] Based on the dual circulation pattern, targeted countermeasures and suggestions for improving China's international competitiveness in artificial weather modification are put forward. [Conclusion] From the perspectives of promoting the connection of international high-standard economic and trade rules, improving the

**基金项目:** 本文受2025年中国气象局政策研究气象软科学课题“标准制度型开放促进我国人工影响天气国际竞争力提升策略研究”(课题编号: 2025RKXMS18)资助。

**作者简介:** 钱尧,本科,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。

张东生,硕士,高级工程师,研究方向为质量和标准化。

卢怡,硕士,高级工程师,研究方向为人工影响天气标准化。

王田田,博士,高级工程师,研究方向为大气物理和大气环境。

江平,硕士,高级工程师,研究方向为标准化理论和评估。

standardization coordination mechanism, tackling core technologies, and striving for international pricing power, it provides a reference path for enhancing China's international competitiveness in the field of artificial weather modification.

**Keywords:** standard; institutional opening; weather modification; international competitiveness

## 0 引言

经济全球化使得发展中国家实力得到提升,发达国家开始通过新的“逆全球化”的方式来遏制发展中国家的崛起,对商品和要素背后的制度提出更高的要求。习近平总书记关于“中国将着力推动规则、规制、管理、标准等制度型开放”的重要讲话精神和国务院出台的多项推动气象高质量发展相关政策文件,为我国人工影响天气(以下简称“人影”)工作指明了方向。大气无国界,气象的这一特殊属性,使得国际合作和竞争显得非常重要和必要。我国作为人影大国,为适应全球新发展格局,也需要借助标准制度型开放增强我国在人影领域的国际话语权。本文采用比较优势理论和竞争优势理论,采用PEST-SWOT法对我国人影产业国际竞争力进行分析,研究标准制度型开放作用机制,采用系统理论对国内外标准体系进行对比分析,以期为我国提升人影产业国际竞争力提供参考路径。

## 1 人影产业综述

### 1.1 发展概况

1946年,美国人文森特·谢弗和英国人冯内古特开始了现代人影播云试验的研究,后续各国纷纷进行相关探索。到目前为止,世界上有30多个国家开展了人影作业,已经试验的人影项目有人工增雨、人工防雹、人工防霜冻、人工消雾、人工抑制雷电等。美国现已拥有许多与气象有关的测地卫星,在气象观测和数据获取方面是世界上的领跑者;欧盟的“地平线计划”(Horizon Europe)资助了大量的人工智能(AI)和机器学习(ML)研究项目,旨在提升天气预测和气候建模的能力。美国和

欧盟目前都没有直接针对人影的专门法规,但其气候适应战略、极端天气应对措施及科学研究计划为人影技术的潜在应用提供了政策框架和研究基础。

我国人影研究始于20世纪50年代。2017年,在世界气象组织(WMO)执行理事会第六十九届会上,中国气象局被认定为世界气象中心。2018年,我国成功发射的风云二号H星为“一带一路”共建国家和地区及亚太空间合作组织成员国提供气象监测与防灾减灾技术支持。目前我国已建立先进人工增雨综合技术系统,研制了冷云和暖云催化剂和催化技术,建立了国际先进的人工增雨数值模式系统。我国人影服务现已走出国门,成为人影领域发展规模最大的国家。

### 1.2 国际公约

联合国大会通过的《禁止为军事或任何其他敌对目的使用改变环境的技术的公约》(ENMOD)于1978年生效,是国际上唯一正式涉及人影的国际法律文件。该公约明确禁止使用人影技术进行军事或其他敌对目的,特别是那些可能造成“广泛、长期、严重”影响的环境改造技术。一些国家之间可能通过双边或多边协议来规范人影活动,如印度和巴基斯坦通过《印度河水条约》解决水资源争端<sup>[1]</sup>。人影国际公约、国际合作与协商机制等共同构成了国际社会对人影活动的规范框架。

### 1.3 服务模式

根据气象服务性质和组织结构的不同,目前典型的服务模式主要可以分为美日模式、英澳模式、新西兰模式、中国模式。美日气象服务由国家服务机构和私营服务机构提供,职责划分明确,国家服务机构只提供公益无偿服务,收费服务由授权的私营气象服务机构提供。英澳气象服务也由

国家服务机构和私营服务机构提供,但国家服务机构除指定的公益无偿服务外,还可以开展专业有偿服务,与私营服务机构进行市场竞争。新西兰气象服务也由国家服务机构和私营服务机构提供,但国家服务机构实行公司制,和私营服务公司一样都以商业化方式进行服务。我国气象服务由国家服务机构、国内商业服务机构、国外商业服务机构提供。其中,国家服务机构提供公益无偿服务,在特定情况下,也提供专业有偿服务。1996年,中国气象局《关于加强人工影响天气工作的请示》报经国务院批准,提出气象部门要积极开展人影专项服务和专业有偿服务,人影成为气象服务的重要组成部分。

综上所述,国外发达国家公益无偿服务与专业有偿服务的界限分明,气象服务的市场化程度较高。我国可以考虑完善人影服务市场化机制,充分发挥市场对资源的有效配置和优化作用,并形成成熟的定价机制,为进一步开展国际合作项目提供有效参考。

## 2 我国人影国际竞争力分析

### 2.1 我国人影产业PEST-SWOT分析

PEST-SWOT法,从政治(Politics, P)、经济(Economy, E)、社会(Society, S)和技术(Technology, T)4个维度分析研究对象,从内部条件的优势(Strengths, S)、内部条件的劣势(Weaknesses, W)、外部环境的机会(Opportunities, O)、外部环境的威胁(Threats, T)4个方向分析研究对象所面临的未来挑战和机遇,从多维度反映具体产业的产业竞争力情况<sup>[2]</sup>。

#### (1) 优势分析

从政策层面看,国内人影工作得到了国家、各级政府和社会的高度重视,相继出台了《人工影响天气管理条例》等一系列政策文件,保证了人影工作依法规范管理;从经济层面看,人影关联的众多产业赛道也吸引大批企业和资本加大投入,形成良好的产学研联动效应,这也为行业的未来发展

带来了源源不断的动力;从社会层面看,人影是一项防灾减灾的社会公益事业,受到公众的高度关注和支持。我国首个人影学院在成都信息工程大学正式成立,为人影领域系统培养高层次专业人才提供支撑;从技术层面来看,目前我国已经建立了业务流程和国省一体化综合业务平台,在探测装备、数值模式、催化剂、室内实验等方面的新技术、新装备和相关科学试验研究不断取得重大突破,已建立人影标准体系并发布了多项相关标准,多地人影中心获得CNAS实验室认证,为我国人影发展提供了质量基础设施保障。

#### (2) 劣势分析

从政策层面看,国内配套规章制度还不完善,中央与地方之间、地方之间、军地之间、部门之间在资金投入、空域保障、联合作业等方面的统筹协调机制还不成熟,还需在工程建设、科研攻关、业务保障、运行监管等方面继续提高规范化水平;从经济层面看,我国人影服务市场化程度不高,效果评估指标、效果检验方法还不成熟,评价体系还不健全,不利于发挥经营主体的创新作用;从社会层面看,关键技术领域人才仍然欠缺,也缺乏既懂专业技术又懂管理的复合型人才;从技术层面来看,人影机理方面的研究不足,综合业务平台智慧化程度需要提升,标准体系尚不健全,作业条件、效果评估、效益评价等关键标准还需研制,安全事故仍偶有发生,质量基础设施建设还需进一步加强。

#### (3) 外部环境的机会

从政策层面看,中国气象局积极参与国际规则制定,与WMO签署加强区域合作和“一带一路”共建意向书,通过国际合作项目积累经验,为我国服务走出去提供坚实的支撑;从经济层面看,我国已经与“一带一路”共建国家有了业务合作,对于开展效益评价可以积累一定研究案例;从社会层面看,国外也有通过人影作业增加水资源供给、防灾减灾救灾的巨大需求,我国人影服务出口具有良好的国际合作前景;从技术层面来看,借鉴云降水物理、催化作业技术、效果检验等领

域国外研究成果和先进实践经验,已研制发布多项相关标准,具有一定的标准先发优势。

#### (4) 外部环境的威胁

从政策层面看,当前世界贸易单边主义和保护主义盛行,“逆全球化”潮流涌现,我国人影服务的国际推广势必受国际政治形势影响;从经济层面看,我国在市场化方面的研究和实践相对较少,这可能导致我国在国际竞争中处于不利位置;从社会层面看,相比发达国家,发展中国家防御气象灾害的基础薄弱;从技术层面来看,美国、以色列、俄罗斯等国家在云降水物理、动力学、云催化效果检验及评估等方面取得了一定的先发优势。

根据上述分析可以构建出我国人影PEST-SWOT分析矩阵,见表1。从政策角度来说,可以考虑利用与WMO及“一带一路”共建国家和地区的气象合作经验,借助制度型开放完善内部管理机制,提高国内人影规范化水平;从经济角度来说,可以充分发挥我国大市场优势,扩大市场化范围,不断完善效果评估和效益评价体系;从社会角度来说,可以率先从需求较强的发展中国家重点突破,借助项目合作培养关键技术领域人才和复合型人才;从技术角度来说,可以考虑充分借鉴发达国家先进技术尤其是先进标准,做好比对分析、健全标准体系,提升试验、检验、检测和认证水平,系统提升我国人影的国际竞争力。人影是个系统工

程,涉及面较广,需要从法规、政策、标准等多个层面制度方式来系统地规范管理。一个产业的标准化发展水平是产业发展水平的具体体现,也是提升国际竞争力的有力抓手,可以考虑从标准制度型开放角度探索有效的解决方案。

## 2.2 国内外标准体系比对

### 2.2.1 国际标准现状

世界气象组织(WMO)、国际标准化组织(ISO)、国际电工委员会(IEC)是气象领域国际标准化组织。在WMO、ISO、IEC官网检索,截至2024年底,WMO在气象观测、预测、数据处理、综合治理等方面发布了多项技术规则和管理类文件,但没有专门为人影发布标准;ISO在气象观测、设备设施等方面发布了10项技术标准,没有发布涉及人影领域的标准;IEC仅在风能、太阳能、海上气象警报设备、架空线路等方面发布了10项气象标准,也没有发布人影领域的标准。总体来说,WMO、ISO、IEC都没有发布人影领域直接相关的标准<sup>[3]</sup>。

### 2.2.2 发达国家标准现状

虽然人影技术已发展了70余年,发达国家实施了众多人影科学实验和服务项目,但目前国外人影领域的标准化工作并不是很多。通过世界主要权威标准数据库,如德国Nautos标准数据库、澳大利亚SAI i2i Platform标准数据库、美国Accuris

表1 我国人影PEST-SWOT分析矩阵

PEST	S-优势	W-劣势	O-机会	T-威胁
P-政策	出台了一系列政策文件,明确了发展方向和行动纲领	规范化管理水平还需提高	中国同WMO、“一带一路”共建国家和地区等签署了合作协议	世界贸易单边主义和保护主义盛行,“逆全球化”潮流涌现
E-经济	关联的众多产业赛道吸引了大批企业和资本加大投入	效果评估和效益评价体系还不成熟;市场化程度不高	中国已与“一带一路”共建国家有了业务合作	国外人影试验项目积累了大量数据,形成了较为成熟的评估机制
S-社会	已建立层次化的人才培养体系	关键技术领域人才和复合型人才仍然欠缺	国外有巨大的人影服务需求	受制于经济原因,发展中国家防御气象灾害的基础薄弱
T-技术	已建立了业务流程和综合业务系统;建立了人影标准体系,多地人影中心获得CNAS实验室认证	核心技术还需攻关,技术体系还需完善;标准体系还不健全,质量基础设施建设还需加强	国际上在人影技术方面的先进经验可以借鉴;中国已发布多项相关标准	发达国家在云降水综合探测、催化技术、效果检验及评估等方面具有技术优势

标准数据库等,仅检索到美国土木工程师学会、美国航空无线电公司、美国联邦航空管理局制定的共计8项人影标准,内容以作业方案与技术要求、作业效果检验等为主,其他内容的标准还没有发布。

### 2.2.3 国内标准现状

截至2024年底,现行的人影领域国家标准共计10项,国家标准数量较少,以安全保障、术语标准为主。现行的人影领域行业标准共计40项,以安全保障、作业技术、设施设备、基础标准为主。现行国家标准和行业标准中,作业条件类涵盖的作业条件预报、监测、识别、分析等内容较少,作业评估类涵盖的作业效果检验、效益评估、云水资源评估等标准严重缺乏。全国共有23个省、自治区、直辖市发布了人影领域地方标准,现行的地方标准共计102项,涵盖和缺失的内容与国家标准、行业标准情况近似。现行的人影领域团体标准仅有1项。另外,用于人影作业的飞机、高炮、火箭发射装置及其炮弹、火箭弹等作业装备,均涉及人民生命财产和公共安全。目前发布的人影领域涉及安全的“安全保障”“设备设施”等国家标准和行业标准均为推荐性标准,相应的强制性国家标准还是空白。

综上所述,目前,国内人影方面的行业标准、地方标准较多,国家标准、团体标准较少,强制性国家标准还是空白;发布的标准多集中在安全保障、作业技术、设备设施、基础标准等方面。

### 2.2.4 国内外标准体系比对

本文借鉴管国双等<sup>[4]</sup>对于气象标准体系和钱尧等<sup>[5]</sup>对于人影标准体系的研究成果,从标准体系的角度进行国内外标准化比对,对国内标准进行归类梳理发现:从标准内容上看,我国在人影作业条件、作业评估等方面的标准匮乏,国家标准、行业标准、地方标准存在重复的现象;从标准层次上看,位于第二层级中的术语标准、作业操作与规程、作业安全与技术管理、装备运输储存、空域申请等方面以国家标准、行业标准为主,其余以地方标准为主;从标准数量上看,作业安全技术和管

理、作业站点建设、探测和作业装备、安全保障等方面数量较多,其余较少,社会组织标准化活动参与度不够,仅有1项人影团体标准,国家标准、行业标准数量相对偏少。对国外标准进行梳理发现:ISO仅发布了气象探测及设备相关标准;WMO以气象观测、预测、信息系统等方面的标准为主;美国发布涉及人影类国标以人影作业方案与技术要求、作业效果检验等方面的标准为主,其他类标准也不多。

相对来说,我国在人影领域发布标准较多,在作业条件、作业评估等方面需要加大力度完善,标准体系的其他部分都有标准发布,相对比较健全。下一步,我国人影标准化应由数量规模型向质量效益型转变,加强标准的全寿命周期管理,推动标准化发展与人影产业发展良性互动。

## 3 标准制度型开放

### 3.1 着力点

标准制度型开放主要针对的是国际贸易中的技术“通行证”,需要对标国际最高标准,实时关注国际标准、国外先进标准及技术壁垒的变化,根据变化调整优化国内标准体系和标准化运行机制<sup>[6]</sup>。(1)要主动对标国际最高水平,明确主要的优势、劣势和产业发展瓶颈,引进先进标准;(2)要完善技术性贸易壁垒预警机制,降低贸易风险;(3)要完善标准化工作机制,依托国际合作项目加大中国标准海外应用和互认力度,提升标准国际话语权。

### 3.2 发达国家经验借鉴

美国和欧盟等发达国家和地区,虽未提出过“标准制度型开放”这一概念,但其在制定标准化战略、开展标准化工作行动时,将标准作为促进对外贸易、促进产业发展的制度型手段,事实上执行了标准制度型开放战略,其相关经验做法可以作为借鉴<sup>[7]</sup>。通过对比我国和欧美的标准制度型开放战略可以看出,在国际化上我国与欧美的战略基本一致,都是积极争夺国际标准话语权;在国内策略

上我国还应提高市场化程度,加强政策评估的研究和实践,完善标准层级间协调机制。

### 3.3 我国相关制度情况

在标准化方面,我国虽然明确要求在WMO等框架下积极参与国际气象事务规则、标准制修订,但目前还没有人影国际标准的采标,也没有牵头过国际标准的制定,顶层规划痕迹偏重,政策评估机制还不健全,还没有形成自下而上的市场导向的标准化模式,各层级标准的协调机制还需进一步完善。标准制度型开放为人影领域的发展提供了指导方向,并借鉴国外先进经验,出台具体的实施细则。

## 4 对策建议

### 4.1 稳步扩大市场化范围,尽早掌握国际定价权

我国目前以公益性服务为主,市场化不是一蹴而就的,而是需要稳步推进。(1)在顶层规划上,分清公益无偿服务与专业有偿服务的界限,专业有偿服务应按市场机制运行。(2)在市场化进程中,可以考虑借鉴美国、欧盟等发达国家和地区先进经验,从细分领域入手,制定和完善政策法规,明确市场化运作的准入条件、监管机制,支持有实力的企业进入人影市场,推动产业链上下游企业之间的合作,打造完整的产业链;政府可以通过财政补贴、税收优惠等方式,支持人影市场化项目的研发、推广和应用。(3)在定价机制上,需要培养争夺定价权的意识,根据市场成熟度不同逐步探索放开服务各环节价格,不断丰富和完善服务定价机制,为定价境外服务、掌握国际定价权打下基础。

### 4.2 对标国际高标准经贸规则,“双循环”促进产业和标准化良性互动

(1)对标国际高标准经贸规则和国际组织相关要求,明确产业和标准化在双循环中的定位和目标,加强产业政策与标准化政策的统筹协调,制定中长期发展规划,确保政策的连贯性和稳定性;支持各地根据自身优势打造产业集群,以市场需求

为导向,形成规模效应和协同效应,提升区域产业竞争力。(2)推动产业与标准的深度融合,适当减少政府干预,畅通国内国际标准化交流渠道,鼓励更多经营主体参与或牵头国际标准化活动,通过高标准推动产业技术创新和质量提升。(3)加强国际对接,加强与发达国家和地区的技术交流,吸引国际龙头外商企业直接投资、国际机构入驻、国际人才入职,借助国内大市场充分发挥外商企业直接投资的技术溢出效应和产品质量升级效应;持续关注国际标准发展动向,根据科技创新及时更新关键标准指标比对分析,强化国际标准采标机制,加快与国际接轨的标准化进程。(4)加强国际人才培养,鼓励更多的国内专家在国际组织任职,吸引更多国际标准化组织落户中国,从标准层面加快我国人影服务高水平开放。

### 4.3 完善标准体系,健全标准化协调机制

(1)标准化助力制度型开放,我国人影领域缺乏与CPTPP及其他国际高标准经贸规则相适应的明确对接;可以考虑利用标准化手段对照CPTPP等规则建立和完善行政管理体系<sup>[8]</sup>,为我国人影走出去打下制度基础。(2)立足标准国际化丰富标准体系,加快国际标准采标进程,积极牵头国际标准研制,加快缺失标准的研制、关键标准英文版的发布实施,借助国际项目合作输出国内标准,从而带动产业整体质量水平的提升<sup>[9]</sup>。(3)建立和不断完善多层次标准化协调机制,标准立项、发布等标准化关键环节统一管理,标准化信息充分共享,既可以充分满足不同层次的市场需求,又可以明确各自界限,避免标准冲突和重复研制<sup>[10]</sup>。

### 4.4 对标国际最高水平,集中攻关核心技术

人影的技术体系正在由科研试验型向业务研究型转变,有必要系统规划、重点突出,借助项目经验和协同需求,在PEST-SWOT分析、标准体系比对分析的基础上,对标国际最高水平,系统开展人影机理研究,聚焦云降水物理、催化作业技术、效果检验等核心技术攻关,建立人影科技成果转化长效机制,完善知识产权保护体系,促进标准

和创新的有机融合,突破关键核心技术攻关机制瓶颈,将科研成果及时转化为标准,推动新技术、新产品、新模式的广泛应用,打造具有国际竞争优势的利器。

#### 4.5 强化理论和实践研究,提升安全水平

我国人影已发展多年,但安全事故仍然存在。安全问题与质量因素的管理不善有着直接或间接关系,是质量问题的极端体现。安全管理和质量管理同样都涉及风险识别、风险评估和风险控制,两者密不可分。可以考虑强化质量和安全理论研究,强化风险意识,深入剖析典型安全事故案例,从健全规章制度、危险源识别、落实主体责任、智能化技术应用等维度,细化安全分工,形成“人人有责、层层负责”的安全责任体系,建立并不断完善安全预警机制,提升作业装备、弹药及作业过程的安全技术水平,保障人影业务的安全、高

效、有序发展。

## 5 结语

虽然我国人影领域发展多年并形成规模,但顶层规划痕迹偏重,产业市场化和国际化仍然有待发展,还没有形成成熟的定价机制,也没有形成市场导向的标准化模式。标准制度型开放为人影领域的高质量发展指明了方向。下一步,应对标国际高标准经贸规则,加强政策评估的研究和实践,完善市场化和标准化的良性互动机制,充分利用现有的产业优势和标准化优势集中攻关核心技术,提高安全管理水平,进一步推动我国人影领域国际话语权的提升。

### 参考文献

- [1] 杨翠柏,黄卉.《印度河水条约》评析[J]. 南亚研究季刊,2012(3):95-100.
- [2] 罗集广. 湖湘文化国际传播背景下语言产业PEST-SWOT分析及发展策略[J]. 产业与科技论坛,2024 ,23 (22):21-24.
- [3] 钱尧,郭小雨,贺星瑶,等.人工影响天气国际标准化发展趋势研究[J]. 标准科学,2024(6):24-29.
- [4] 管国双,桑瑞星,温华洋.气象标准化治理体系构建研究[J]. 中国标准化,2022(23):27-30.
- [5] 钱尧,贺星瑶,郭小雨,等.人工影响天气标准体系构建研究[J]. 标准科学,2024(7):20-26.
- [6] 原倩. 规则、规制、管理、标准的内在关系及推进制度型开放的主攻方向[J]. 经济学家,2024(8):56-66.
- [7] 庄智一. 上海标准制度型开放对策建议研究[J]. 标准科学,2024(6):60-64.
- [8] 魏沁宁. CPTPP环境治理范式及中国的实践进路[J]. 江西理工大学学报,2022(1):34-40.
- [9] 隋月红,张勇.加快我国标准制度型开放的对策建议[J]. 中国市场监管研究,2020(11):54-57.
- [10] 程斌,武智君,王艳金.我国气象标准化工作进展与发展对策[J]. 海峡科学,2021(8):15-21.