

人工影响天气科学技术：现状、挑战与发展趋势

戴玉芝

呼和浩特市气象局

DOI:10.12238/as.v8i8.3243

[摘要] 本文聚焦人工影响天气科学技术,深入探讨其发展历程、现状、面临挑战及未来发展趋势。回顾早期探索、技术发展到现代应用的各阶段,阐述当前主要技术手段、应用领域及取得的成果,指出技术层面、环境生态、管理政策等方面的挑战,分析技术创新、应用拓展及国际合作交流等趋势,旨在为人工影响天气科学技术的持续发展提供参考,推动该领域更好地服务于社会和生态。

[关键词] 人工影响天气; 科学技术; 发展趋势; 挑战

中图分类号: P459 文献标识码: A

Artificial Weather Modification Science and Technology: Current Status, Challenges, and Development Trends

Yuzhi Dai

Hohhot Meteorological Bureau

[Abstract] This article focuses on the science and technology of artificial weather modification, and explores in depth its development history, current situation, challenges, and future development trends. Reviewing the various stages of early exploration, technological development, and modern application, this article elaborates on the current main technological means, application fields, and achievements, points out the challenges in technology, environmental ecology, management policies, and other aspects, analyzes the trends of technological innovation, application expansion, and international cooperation and exchange, aiming to provide reference for the sustainable development of artificial weather science and technology, and promote the better service of society and ecology in this field.

[Key words] Artificial weather modification; Science and technology; Development trend; challenge

人工影响天气作为气象科学的重要分支,在应对气象灾害、保障农业生产、改善生态环境等方面发挥着日益重要的作用。随着科技的不断进步,其技术手段和应用范围不断拓展。了解人工影响天气科学技术的现状及发展趋势,对于合理利用气象资源、降低气象灾害损失具有重要意义。本文将对该领域进行系统分析,以为相关研究和实践提供有益的参考。

1 人工影响天气科学技术的发展历程

人工影响天气科学技术的演进经历了漫长而曲折的道路。古代社会面对干旱、洪涝等气象灾害时,由于认知水平有限,多通过祈雨、祭天等仪式祈求天气转变,这些活动虽不具备科学依据,却深刻反映了人类试图干预自然天气的早期愿望。近代以来,随着科学思想的萌芽,人类开始以技术手段探索天气干预之路。例如1891年美国工程师艾默里·兰米尔尝试用炮弹轰击云层以激发降雨,尽管未取得预期效果,却为后续研究提供了重要启示。直至20世纪40年代,该领域迎来重大转折——朗缪尔和谢弗通过实验发现,在过冷云中引入干冰可有效促进冰晶形成并引

发降雪或降雨,这一“干冰催化法”成为人工影响天气从理论迈向实践的关键里程碑。此后,催化技术及作业工具不断发展,飞机、火箭和高炮等逐步应用于实际作业,显著提升了操作的灵活性与对不同气象条件的适应性^[1]。进入21世纪,随着计算机技术和数值模拟方法的飞速进步,人工影响天气作业在科学性和精准性方面取得质的飞跃,其应用范畴也从传统的增雨、防雹等领域,逐步扩展至消雾、抑雷和局地气候调节等更多维度,体现出广泛的技术包容性和现实适用性,成为气象服务与防灾减灾体系中不可或缺的组成部分。

2 人工影响天气科学技术的现状

2.1 主要技术手段

2.1.1 催化技术

催化技术是人工影响天气最主要的技术手段之一。目前常用的催化剂有干冰、碘化银、液氮等。干冰升华时会吸收大量的热量,使周围空气温度急剧下降,从而促使过冷云中的水汽凝结成冰晶。碘化银具有良好的成冰性能,在低温环境下可以作为

人工冰核, 引发冰晶的形成和增长。液氮则可以使云层中的水汽迅速冷却凝结, 形成冰晶或水滴^[2]。

2.1.2 物理干扰技术

物理干扰技术主要是通过改变云层的物理性质来影响天气。例如, 在雾中撒播吸湿剂, 如盐粉、氯化钙等, 可以使雾滴吸收水分而增大, 最终沉降到地面, 达到消雾的目的。

2.1.3 数值模拟技术

数值模拟技术是利用计算机模型对云的物理过程进行模拟和预测。通过输入气象观测数据和催化剂播撒参数, 数值模式可以模拟云层的发展演变过程, 预测催化剂的播撒效果。数值模拟技术可以为人工影响天气作业提供科学的决策依据, 优化作业方案, 提高作业效率。

2.2 应用领域

2.2.1 农业领域

农业是人工影响天气的重要应用领域之一。在干旱地区, 通过人工增雨作业可以增加降水量, 缓解农作物的旱情, 提高农作物的产量和质量, 还可以进行人工影响天气防雹减灾作业, 以减轻冰雹灾害给农业生产带来的经济损失。例如, 在内蒙古自治区, 由于其地域广阔, 部分地区干旱少雨, 冰雹多发地区、人工增雨和人工防雹作业对保障农业生产起到了重要作用。据统计, 通过人工增雨和人工防雹作业, 一些地区的农作物产量得到了显著提高。

2.2.2 水资源管理领域

人工影响天气在水资源管理方面 also 具有重要意义。通过人工增雨作业, 可以增加水库、河流等水资源的储量, 缓解水资源短缺的问题。在一些缺水的城市和地区, 人工增雨作业可以为城市供水和工业用水提供补充。例如, 呼和浩特市人工增雨年增水量超千万立方米, 缓解供水压力。内蒙古全区联动作业, 年均增雨数亿立方米, 保障城市运转与生态用水。

2.2.3 生态环境保护领域

人工影响天气在生态环境保护方面也发挥着积极作用。在一些森林火灾多发地区, 通过人工增雨作业可以降低森林火灾的风险。增加空气湿度和降水量, 减少森林火灾的发生概率, 保护森林生态环境。

2.3 取得的成果

2.3.1 增雨作业成效显著

近年来, 我国人工增雨作业取得了显著的成效。通过不断优化作业方案和技术手段, 增雨效果不断提高。据统计, 全国每年通过人工增雨作业增加的降水量可达数百亿立方米, 有效地缓解了部分地区的干旱问题, 保障了农业生产和水资源供应。

2.3.2 防雹作业效果良好

人工防雹作业在减少冰雹灾害损失方面发挥了重要作用。在一些冰雹多发地区, 通过长期的防雹作业, 冰雹灾害得到了有效控制。例如, 在内蒙古呼和浩特市的一些地区, 通过人工防雹作业, 农作物的受灾面积明显减少, 农民的经济损失得到了有效降低。

2.3.3 技术创新取得进展

我国在人工影响天气技术创新方面也取得了一定的进展。研发了新型的催化剂和作业设备, 提高了作业的效率 and 效果。同时, 数值模拟技术和监测技术也不断完善, 为人工影响天气作业提供了更科学的支持^[3]。

3 人工影响天气科学技术面临的挑战

3.1 技术层面的挑战

3.1.1 催化效果的不确定性

虽然催化技术是人工影响天气的主要手段, 但目前催化效果仍然存在一定的不确定性。由于云层的物理过程非常复杂, 受到多种因素的影响, 如云层的温度、湿度、水汽含量、上升气流等, 催化剂的播撒效果难以准确预测。不同的云层条件下, 催化剂的作用效果可能会有很大差异, 甚至可能出现催化无效的情况。

3.1.2 监测和评估技术的不足

人工影响天气作业的监测和评估技术还存在一定的不足。目前, 对于作业区域的云层物理参数和降水变化的监测还不够准确和全面, 难以准确评估作业的效果。同时, 由于缺乏统一的评估标准和方法, 不同地区和不同作业单位的评估结果可能存在差异, 影响了对人工影响天气效果的科学评价。

3.1.3 复杂天气系统的应对能力不足

对于一些复杂的天气系统, 如台风、暴雨等, 目前人工影响天气技术的应对能力还比较有限。这些天气系统的形成和发展受到多种因素的综合影响, 其物理过程非常复杂, 难以通过现有的技术手段进行有效干预。

3.2 环境和生态影响问题

3.2.1 催化剂对环境的影响

催化剂的浓度较小, 不会对环境造成影响。例如, 碘化银作为常用的催化剂, 其在环境中的残留量通常较低, 不会对土壤、水体等环境介质造成污染。催化剂的播撒是否会对大气中的化学成分和生态系统产生潜在的影响, 需要进一步深入研究^[4]。

3.2.2 对生态系统的潜在影响

人工影响天气可能会对生态系统产生潜在的影响。例如, 人工增雨作业可能会改变局部地区的水资源分布和水循环过程, 改变生态系统的脆弱性。呼和浩特市适量增雨致局部地下水位上升, 减缓地下水位下降, 促进水环境改进。内蒙古部分地区因适量作业, 生态脆弱区环境明显改善, 如岱海、哈素海水质改善、蓄水量增加。

3.3 管理和政策方面的挑战

3.3.1 政策支持和资金保障问题

人工影响天气是一项公益性事业, 需要政府的政策支持和资金保障。然而, 目前一些地区对人工影响天气工作的重视程度不够, 政策支持力度不足, 资金投入有限。这导致作业设备老化、技术研发滞后等问题, 制约了人工影响天气科学技术的发展。

3.3.2 跨区域作业协调机制不完善

当前人工影响天气作业面临的主要问题之一是跨区域协调机制不健全。由于天气系统具有跨区域流动特性,而各地作业单位往往各自为政,缺乏统一的调度指挥平台,导致作业资源难以优化配置。具体表现为:相邻地区作业计划缺乏沟通协调,可能出现重复作业或作业空白区;应急联动响应不及时,面对突发性天气过程难以形成合力;作业效果评估标准不统一,跨区域数据共享机制缺失。这些问题严重制约了人工影响天气作业的整体效益发挥,亟需建立区域协同作业机制,实现信息互通、资源共享和行动协同。

4 人工影响天气科学技术的发展趋势

4.1 技术创新趋势

4.1.1 新型催化剂的研发

研发新型催化剂是未来人工影响天气技术创新的重要方向之一。新型催化剂应具有更高的成冰性能、更低的环境影响和更广泛的适用性。例如,一些纳米材料和生物催化剂具有良好的成冰性能和环境友好性,有望成为未来催化剂的发展方向。

4.1.2 先进作业设备的开发

开发先进的作业设备可以提高人工影响天气作业的效率 and 精度。例如,研发更先进的飞机催化设备,提高催化剂的播撒均匀性和准确性;开发新型的火箭和高炮催化系统,提高催化剂的发射高度和射程。

4.1.3 数值模拟技术的优化

数值模拟技术是人工影响天气作业的重要支撑。未来,需要进一步优化数值模拟技术,提高模型的精度和可靠性。通过引入更多的物理过程和参数,改进模型的算法和结构,使数值模拟能够更准确地反映云层的发展演变过程和催化剂的作用效果。

4.2 应用拓展趋势

4.2.1 在生态修复中的应用

人工影响天气在生态修复中将发挥越来越重要的作用。例如,在一些沙漠化地区,通过人工增雨作业可以增加降水量,改善土壤水分条件,促进植被生长,遏制沙漠化的发展。在一些湿地保护地区,通过人工增水作业可以维持湿地的水位和生态功能,保护湿地生态系统的生物多样性^[5]。

4.2.2 在应对气候变化中的应用

随着全球气候变化的加剧,人工影响天气在应对气候变化方面的应用也将得到拓展。例如,通过人工增雨作业可以缓解干旱地区的水资源短缺问题,减轻气候变化对农业和生态系统的影响;通过人工影响云层的辐射特性,可以调节地球的辐射平衡,减缓全球变暖的趋势。

4.2.3 在城市气象服务中的应用

在城市气象服务中,人工影响天气也具有广阔的应用前景。

例如,在城市热岛效应明显的地区,通过人工增雨作业可以降低城市温度,改善城市的热环境;在城市空气污染严重的地区,通过人工增雨作业可以清洗空气中的污染物,提高空气质量。

4.3 国际合作与交流趋势

4.3.1 技术交流与合作

国际间的技术交流与合作可以促进人工影响天气科学技术的发展。各国可以分享先进的技术和经验,共同开展科研项目,提高人工影响天气的技术水平。例如,通过国际合作,可以共同研发新型催化剂和作业设备,开展数值模拟技术的研究和应用。

4.3.2 应对全球性气象问题的合作

人工影响天气在应对全球性气象问题方面具有重要作用。各国可以通过合作,共同开展人工影响天气作业,应对干旱、洪涝、台风等全球性气象灾害。例如,在一些跨国河流域,通过人工增雨作业可以协调水资源的分配,保障流域内各国的用水需求。

5 结论与展望

本文系统地分析了人工影响天气科学技术的发展历程、现状、面临的挑战及发展趋势。从早期的探索阶段到现代的广泛应用,人工影响天气技术取得了显著的进展,在农业、水资源管理、生态环境保护等领域发挥着重要作用。目前,催化技术、物理干扰技术和数值模拟技术是主要的技术手段,应用领域不断拓展。然而,该领域也面临着技术层面、环境生态、管理政策等方面的挑战。未来,技术创新、应用拓展和国际合作将成为发展的主要趋势。加大对人工影响天气技术研发的投入,重点研发新型催化剂、先进作业设备和优化数值模拟技术。建立产学研用相结合的创新机制,鼓励科研机构、高校和企业共同参与技术研发,提高我国人工影响天气的技术水平。

【参考文献】

- [1]郭世钰,张玉欣,韩辉邦.国内典型人工影响天气云降水观测试验进展[J].气象科技进展,2023,13(04):41-49+71.
- [2]于奎芬.人工影响天气防灾减灾服务能力的对策与思考[J].农家参谋,2022,(24):92-94.
- [3]潘佩翀,时洋,赵智丰,等.干旱内陆区声波干预下降雨微物理特征研究[J].干旱区地理,2021,44(04):906-913.
- [4]楼小凤,傅瑜,苏正军.人工影响天气碘化银催化剂研究进展[J].应用气象学报,2021,32(02):146-159.
- [5]王悦,牛忠清.人工影响天气对气象要素及天气预报的影响[J].黑龙江气象,2020,37(03):32-33.

作者简介:

戴玉芝(1966--),女,汉族,山东济南人,大学本科,高级工程师,研究方向:综合气象观测产品开发研究、人工影响天气。