

国内外人工增雨技术在塔里木河流域的应用可行性研究

杨世伟

新疆维吾尔自治区塔里木河流域开都孔雀河水利管理中心

DOI:10.12238/etd.v6i2.12915

[摘要] 人工增雨技术在全球范围内已广泛应用于干旱和半干旱地区,作为解决水资源短缺的一项有效手段。本文主要探讨了人工增雨技术在中国塔里木河流域的应用可行性,分析了塔里木河流域地区的气候和水资源状况,评估了气候条件、技术设备、实施难点以及创新路径等因素。现有技术设备,如飞机、火箭和地面设备,可为增雨作业提供支持。然而,云层的不确定性、催化剂精确投放等仍是技术瓶颈,通过技术创新与改进,特别是增雨材料和方法的探索,有望进一步提升增雨效果。

[关键词] 人工增雨技术; 塔里木河流域地区; 应用可行性

中图分类号: P481 文献标识码: A

Feasibility Study on the Application of Artificial Precipitation Enhancement Technology in the Tarim River Basin at Home and Abroad

Shiwei Yang

Kongque River Water Conservancy Management Center in Kaidu, Tarim River Basin, Xinjiang Uygur Autonomous Region

[Abstract] Artificial precipitation enhancement technology has been widely applied in arid and semi-arid regions worldwide as an effective means to address water scarcity. This article mainly explores the feasibility of applying artificial precipitation technology in southern Xinjiang, China, analyzes the climate and water resources situation in the region, evaluates factors such as climate conditions, technical equipment, implementation difficulties, and innovation paths. Existing technological equipment, such as aircraft, rockets, and ground equipment, can provide support for rain enhancement operations. However, the uncertainty of cloud cover and precise catalyst deployment remain technological bottlenecks. Through technological innovation and improvement, especially the exploration of rain enhancement materials and methods, it is expected to further enhance the effectiveness of rain enhancement.

[Key words] artificial rain enhancement technology; Southern Xinjiang region; Application feasibility

引言

随着气候变化带来的极端天气频发,水资源短缺已成为全球许多地区面临的重大挑战。中国塔里木河流域作为一个干旱和半干旱地区,水资源的供需矛盾日益突出,严重制约了农业和经济的发展。为应对这一挑战,人工增雨技术作为一种现代化的气候调节手段,逐渐受到关注,能够有效增加降水量,为水资源的合理开发和利用提供支持。文章将结合塔里木河流域地区实际,探讨人工增雨技术应用的可行性,提出相应的建议,旨在提供有价值的参考。

1 人工增雨技术的概述

1.1 人工增雨技术的原理和方法

人工增雨技术的原理,主要依赖于云物理学和化学方法。云物理学方法通过对云中水滴的凝结过程进行干预,促进降水形

成。具体来说,云层中存在大量微小水滴,它们在空气中悬浮并未聚集成足够大的水滴,无法自然降水。通过人工方法,将适宜的物质引入云层,促使水滴相互凝结,逐渐增大,最终形成降水。常见的云物理学方法包括冷云催化和暖云催化,其中冷云催化通过撒播冰核物质(如碘化银)促使水滴冻结并结合,形成雪或冰粒,最终降落为雨或雪。化学方法则主要通过释放化学物质,刺激云中的水滴形成降水。最常见的化学方法,就是撒播碘化银或氯化钠等物质,借助这些物质的凝结作用,使云中的水滴更容易聚集形成较大水滴,进而增强降水的能力。两种增雨方法各有优缺点,云物理学方法适用于低温或高湿环境,而化学方法则适用于更广泛的气候条件。具体要根据不同地区的气象条件,灵活进行调整,以达到最优的增雨效果^[1]。

1.2 国内外研究应用现状

人工增雨技术作为一种重要的气象调控手段,已在全球多个国家和地区得到了广泛应用。人工增雨技术的应用,已经从单一的实验室研究转向了大规模的实际操作,并取得了显著的社会效益和经济效益。其应用领域不仅包括缓解干旱和水资源匮乏,还涉及改善农业灌溉、森林防火等方面。以下是一些国内外成功的人工增雨案例:

在美国,人工增雨技术的应用历史悠久,早在20世纪40年代,美国就开始了人工增雨的实验。美国国家气象局与相关科研机构合作,利用飞机向云层撒播碘化银等催化剂,通过云物理学原理刺激降水。美国的西部干旱地区,尤其是内华达山脉和加利福尼亚州的某些区域,通过人工增雨显著增加了降水量。美国还开展了大规模的人工增雨计划,通过飞行器和火箭等设备的双重协作,扩大增雨面积,取得了良好的降水效果。

俄罗斯同样是人工增雨技术的先锋之一,其实施的人工增雨项目涵盖了多个领域,尤其是在农业灌溉和水库水源补充方面。俄罗斯通过大量的空中撒播及火箭发射技术,有效增加了该国西部地区的降水量,尤其是在农田灌溉季节,通过人工增雨为农业生产提供了宝贵的水源。俄罗斯的增雨效果,不仅在城市供水方面有所提升,还对生态恢复与森林防火起到了重要作用。

澳大利亚的人工增雨技术取得了可喜的进展,特别是在该国干旱多发的地区。澳大利亚在面对严重的水资源短缺时,采用了飞机撒播化学催化剂的方式,有效提高了降水量。尤其在农田灌溉期间,人工增雨帮助减少了水资源的消耗,同时促进了农业生产的可持续发展。

在我国,人工增雨技术的应用也取得了显著进展。人工增雨研究始于20世纪50年代,经过多年的发展,逐步形成了完善的技术体系。早期的应用,主要集中在对西北和华北地区的干旱气候进行调控,近些年来,随着技术的不断成熟,人工增雨的应用范围逐步扩大。在一项人工增雨实验中,通过撒播碘化银等物质,成功刺激了云层的降水,能够为农田提供急需的水源。在新疆,由于干旱缺水问题日益严峻,人工增雨技术逐渐被广泛应用,通过飞机和火箭的协同作业,有效提升了该地区的降水量,部分缓解了农业灌溉和生态恢复的用水需求。

2 塔里木河流域地区气候及水资源概况

塔里木河流域地区位于新疆维吾尔自治区的南部,地处塔克拉玛干沙漠和天山之间,属于典型的干旱和半干旱区域。塔里木河流域地形复杂,主要以盆地、山地和平原为主。该地区气候干燥,年降水量较低,大部分地区年降水量不足200毫米,远低于全国平均水平。夏季炎热,冬季寒冷,气温变化剧烈,蒸发量大。由于降水稀少且不均匀,塔里木河流域的气候特征表现为高温少雨、日照充足、干燥少湿,典型的干旱和半干旱气候。

水资源短缺是该地区面临的最严峻问题之一。尽管塔里木河流域有一些重要的河流,如塔里木河和喀什河,但由于地域辽阔、降水稀少,水资源的分布极为不均。大部分地区依赖地下水和少量的降水补给,水资源严重不足,尤其是在农业灌溉和城市用水方面,供需矛盾愈加突出。在水资源短缺的背景下,塔里木

河流域的水资源管理面临巨大的压力,需要通过优化水资源配置、提高水资源利用效率等手段,缓解供需矛盾。

塔里木河流域地区由于自然降水量极其有限,水资源的开发和利用面临严峻挑战。通过人工增雨,可以有效增加降水量,缓解水资源短缺问题,特别是在干旱季节和农田灌溉期间,为农业生产提供宝贵的水源。人工增雨可以直接增加降水量,尤其是对依赖降水灌溉的农业区。在适当的气象条件下进行人工增雨,可以为农田灌溉提供的水源,提高作物产量,降低干旱对农业生产的影响。人工增雨还可以改善农田土壤水分状况,提高土壤肥力,有助于农业的可持续发展。人工增雨还有助于提高塔里木河流域地区的水资源利用效率。在水资源有限的情况下,借助精确的人工增雨技术,就可以实现水资源的合理调配与优化利用。例如,针对特定地区进行定时、定点的人工增雨,不仅可以提高水资源的有效利用率,还能够减少水资源浪费和不必要的过度开采。另外,人工增雨技术的应用,还对生态恢复起到积极作用。通过增加降水量,可以促进绿化和植被生长,改善生态环境,有助于防止沙漠化和水土流失,恢复塔里木河流域脆弱的生态系统,这为塔里木河流域的可持续发展提供了有力的支持^[2]。

3 人工增雨技术在中国塔里木河流域的应用可行性

3.1 气候条件的适应性

(1) 云量、湿度、气温等气象条件的适配性。塔里木河流域地区的气候特征以干旱和半干旱为主,在此地区实施人工增雨的可行性与气象条件密切相关。人工增雨技术的应用,依赖于云层的物理条件,包括云量、湿度和气温等。云量是影响人工增雨效果的关键因素之一。塔里木河流域地区的云层相对较少,尤其在冬春季节,云量较为稀疏。为了确保人工增雨的成功,必须保证云层中有足够的水蒸气或水滴,才能进行有效的降水催化。因此,塔里木河流域的云量变化,是影响增雨效果的重要因素。尽管云量不足,但在特定的季节或天气条件下,塔里木河流域地区仍有可能出现适合增雨的云层,尤其是在夏季和秋季,偶尔会出现一些较为湿润的云团。湿度也是一个不可忽视的气象条件,湿度直接影响云滴的形成和增长。塔里木河流域地区的湿度较低,特别是在干旱季节,空气湿度较低,云层中的水汽不易凝结为水滴,这使得增雨技术的应用面临一定的挑战。不过,在湿度较高的时期,人工增雨的实施将更有可能成功,尤其是在东南季风带来的潮湿气流影响下,局部地区的湿度可以适应增雨需求。气温的适应性,也对增雨效果至关重要。塔里木河流域冬季的低温,会影响云物理学方法,特别是在寒冷季节使用冰核催化剂时,低温条件有助于水滴的凝结。夏季和秋季的温暖气候,则更加适合化学方法的实施,因此,人工增雨的技术选择和实施时机,需要根据不同季节和气温条件灵活调整^[3]。

(2) 地形因素对增雨效果的影响。塔里木河流域地区的地形复杂,包含盆地、山地和平原等多种地貌。山地和盆地的特殊地形因素,有助于气流的上升和降水的形成,尤其在山脉附近,地形引导的气流,会使云层积聚,从而为人工增雨创造更好的条件。例如,塔里木盆地的周围有天山和喀喇昆仑山等高山脉,山

脉会使空气在上升时冷却, 凝结成云, 增加降水的概率。尤其是在季风和气流的作用下, 山区的云量和湿度条件较为适合进行增雨作业。相比之下, 沙漠和干旱平原地区, 因缺乏大规模的空气上升机制, 云层较为稀薄, 气流不易形成, 有可能导致人工增雨效果较差。

3.2 技术实施的可行性

(1) 现有技术设备和资源条件。人工增雨技术的实施, 离不开相关设备的支持。飞机是当前应用最为广泛的增雨设备之一, 飞机可以在云层中进行空中播撒催化剂, 如碘化银或盐粒, 促使云中水汽凝结形成降水。飞机的飞行灵活, 能够快速覆盖大面积的目标区域, 因此在塔里木河流域的广阔土地上, 能够高效地进行增雨作业。特别是在天气条件适宜的季节, 飞机可以在云层上空进行操作, 确保增雨效果的最大化。火箭也是人工增雨中常用的一种设备, 通常用于在高空释放增雨物质。火箭的优势在于能够将催化剂准确地投放到特定的高度, 激发云层中的水滴凝结。火箭发射的精准性和控制性较高, 适用于一些大规模的增雨项目, 尤其是在塔里木河流域地区某些偏远区域, 火箭的使用提供了更高效的增雨手段。地面设备主要包括增雨作业中的观测与监测设施、催化剂释放器等。地面设备的作用是确保增雨过程中的气象数据监测, 提供实时的天气信息, 帮助判断云层的厚度、湿度、温度等关键因素, 以便做出科学的决策。通过地面设备与空中作业相结合, 增雨效果可以得到优化。在塔里木河流域地区, 现有的飞机、火箭和地面设备, 大致已经满足人工增雨技术的基本需求, 但在技术部署和设备维护方面仍然需要进一步的创新与改进^[4]。

(2) 技术难点与解决。一是云层条件的不可预测性。塔里木河流域地区的云层变化具有很大的不确定性。由于地处干旱和半干旱区, 云量和湿度较低, 云层结构不稳定, 难以预测何时适合进行增雨作业。为了解决这一问题, 需要依靠更加精密的气象观测设备和大数据分析技术, 提升对云层的实时监测和预测能力。例如, 通过高分辨率的卫星遥感数据和地面气象站点的协作, 提前获取云层的分布情况, 以决定是否启动增雨作业。二是精确施放催化剂的技术难度。催化剂的精确投放, 对于人工增雨的效果至关重要。在塔里木河流域, 受风速、气温、湿度等多重因素影响, 催化剂的投放位置和时机至关重要。火箭和飞机的发射精度需要不断提升, 确保催化剂能够在最合适的高度和位置发挥最大作用。目前, 技术上已经有了较为成熟的投放方法, 但仍需要针对具体地区的气象条件进行优化, 确保操作的高效性和安全性。

3.3 技术创新与改进

为了提高人工增雨技术的可操作性和精确度, 需要强化对气象条件的实时监测和数据分析能力。集成更先进的气象雷达、卫星遥感技术和气象大数据, 就能够更精准地预测云层的动态变化、湿度和风速等关键参数, 从而为人工增雨提供科学依据。优化现有设备的控制系统, 提升飞机、火箭等设备的自动化水平和操作精度, 也是提升技术可操作性的关键^[5]。例如, 利用先进的导航和定位系统, 提高飞机的飞行轨迹精确度, 确保催化剂的精确投放。在增雨材料方面, 当前的主要催化剂, 如碘化银和盐粒, 虽然取得了一定效果, 但其使用仍存在一定的局限性。例如, 碘化银会对环境产生一定的影响, 且其应用效果受限于云层条件。因此, 开发新的环保、高效的增雨材料, 是提升增雨效果的一个方向。近年来, 科学家正在探索使用天然矿物质, 或更安全的化学物质作为增雨材料。创新增雨方式也是关键。例如, 基于云物理学的“云种子法”和利用超高压气体射流技术等新兴手段, 都在尝试提高增雨效率。未来, 通过结合多种增雨方法, 如结合云层人工干预与地面气象调节, 有望突破现有技术瓶颈, 提高人工增雨的成功率和精确度。

4 结语

总之, 人工增雨技术在塔里木河流域的应用前景广阔, 能够有效缓解水资源短缺问题, 推动当地经济和农业的可持续发展。然而, 技术的实施还面临一定的挑战, 特别是在气候条件、技术设备和操作精度方面。通过不断提升现有技术的可操作性、精确度, 并在材料和方法上进行创新, 人工增雨有望在塔里木河流域地区取得更好的效果。未来, 随着相关技术的进一步发展和改进, 人工增雨将在水资源管理和气候调节方面发挥更重要的作用。

[参考文献]

- [1] 毕敬. 人工增雨对局部气候影响的思考[J]. 农业灾害研究, 2023, 13(12): 102-104.
- [2] 王丽娜, 赵磊. 新疆地区人工增雨技术的现状与发展趋势[J]. 新疆气象, 2022, 40(2): 123-128.
- [3] 张涛. 基于云物理学的人工增雨技术研究[J]. 气象学报, 2021, 9(5): 78-79.
- [4] 刘杰, 王立芳. 人工增雨技术的挑战与对策[J]. 气象与环境学报, 2022, 38(4): 56-57.
- [5] 李伟晨, 王磊. 人工增雨技术的应用前景[J]. 气象科技, 2023, 51(2): 345-350.

作者简介:

杨世伟(1993--), 男, 汉族, 四川宜宾人, 大学本科工学学士, 助理工程师, 研究方向: 水资源优化配置与科学调度。