

文章编号: 1006-4354 (2003) 02-0006-03

# 人工消冷雾试验

岳治国<sup>1</sup>, 谢 军<sup>1</sup>, 李 燕<sup>1</sup>, 纪爱琴<sup>2</sup>, 梁 谷<sup>1</sup>

(1. 陕西省人工影响天气办公室, 陕西西安 710015; 2. 陕西省气象局, 陕西西安 710015)

**摘 要:** 采用液态二氧化碳对冷雾进行人工引晶催化, 使其产生降雪以消耗近地层过冷水, 从而减小雾滴的数密度, 提高能见度, 试验取得了明显的效果。

**关键词:** 冷雾; 液态二氧化碳; 能见度

**中图分类号:** P484

**文献标识码:** B

雾是一种常见的天气现象, 大雾给交通运输、输变电站等造成严重的障碍, 给国民经济带来大的损失。通常形成辐射大雾时的大气非常稳定, 就象是个密闭盒子阻碍了近地面空气的扩散, 同时, 由于大气中污染物溶于雾滴, 使其危害更大。国内外多次做过人工消冷雾的尝试, 如用液氮、干冰等等作为催化媒介, 得到了消雾有效的证据。陕西省人工影响天气办公室 2001 年从美国引进了人工消冷雾的专利技术<sup>[1]</sup>, 一种新的催化媒介, 其可操作性、成本、消冷雾效果都有所改善, 即采用在冷雾中播撒液态二氧化碳, 来减轻雾带来的危害。近年来, 直接播撒液态二氧化碳在人工增雨中取得了较好的效果<sup>[2]</sup>, 2002-12-09—16, 大范围长时间的大雾天气, 提供了天然的雾试验室, 陕西省人工影响天气办公室利用这次机会进行了人工消冷雾试验, 试验中采用此项专利技术, 以期获得消雾的证据。

## 1 原理

根据雾区气温高于 0 °C 和低于 0 °C 分为暖雾和冷雾。冷雾主要由温度低于 0 °C 的过冷小水滴组成。冷暖雾特征不同, 消除的方法也不同。这次人工消雾试验是针对冷雾进行。辐射冷雾的形成, 主要是昼夜温差较大, 在近地面层形成一逆温层, 且地面风速较小, 白天高温时空气中容纳的水份, 到了夜晚随着地面温度的急剧下降, 近地层大气达到饱和或过饱和状态, 凝结成一个个

小水滴, 悬浮在近地面的大气中。由于雾滴对光线的散射作用, 降低了能见度。针对雾的物理特性, 采用适当的方法, 对其进行影响, 拟改变这些小水滴的存在形式, 减少它们的数密度, 提高区域内的能见度。

通过向冷雾中播撒催化剂产生人工冰核, 经过一系列过程使其发生改变。假设在某一区域的冷雾中人工冰核的水平扩散是均匀的, 冰核都在瞬间核化, 冰晶的总数守恒。人工冰晶由于其生长时相变所释放的潜热, 产生的浮力将引起冰晶在空气中缓慢的上升, 并伴有水平输送。大量的冰晶在上升过程里因这种生长和相变所释放的潜热缓慢而源源不断地产生着上升浮力以支撑冰晶在冷雾中长时间的滞留生长, 上升至一定高度, 当冰晶长到足够的大小, 上升气流不再能托住它而产生下落, 形成降雪过程, 能见度转好。这种新的消冷雾方法, 避免了传统干冰引晶在动力学上的不足<sup>[2]</sup>, 减小了垂直向的潜热释放积累, 扩大水平向影响范围, 促使上升气流的发展, 缩短了冰晶生长所需的时间; 克服了 AgI 引晶在高温区的成核率低, 雾滴向冰晶转化的过程缓慢, 在动力学上较弱的缺陷<sup>[3]</sup>。

技术手段采用引进美国的专利技术方法<sup>[1]</sup>, 对冷雾实施直接播撒液态二氧化碳, 液态二氧化碳的温度可低至 -90 °C<sup>[4]</sup>, 使得过饱和和水汽凝华成小冰晶, 继而引起一系列的繁生增长过程。

收稿日期: 2002-12-26

作者简介: 岳治国 (1977-), 男, 陕西凤翔人, 助工, 主要从事人工影响天气工作。

## 2 宏观气象特征

由于降雪、降雨天气,增加了空气中的湿度,在冷高压的控制下,水汽在辐射冷却后就形成了雾。2002-12-12—16,陕西关中地区持续稳定大雾天气,图1为13日10:13风云1D卫星的监测图像,显示关中地区被浓雾覆盖。

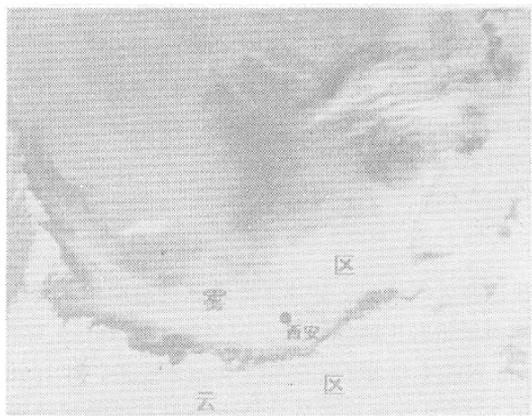


图1 2002-12-13T10:13 风云1D卫星的监测图像

消冷雾试验区选在临潼机场,位于西安市郊区。从临潼机场气象站13日02时的探空资料分析,逆温层底几何高度为958 m,西安站08时探空得逆温层底几何高度为785 m,可视为冷雾的顶高。临潼02时逆温层的厚度为481 m,逆温强度为 $1.46^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ,西安08时逆温层的厚度为683 m,逆温强度为 $1.07^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ,逆温层较为稳定。08时临潼机场的气温为 $-4.0^{\circ}\text{C}$ ,静风。08:30—11:00临潼机场的风向东北,相对湿度平均98%,气压1 035 hPa。

## 3 试验结果

2002-12-13在临潼机场进行消冷雾试验。选定临潼机场的辅助跑道一段(350 m×50 m)作为这次消冷雾试验的播撒区。上午08:00播撒区为东北风,在播撒区上风向、播撒区和播撒区下风向依次布设3个地面气象要素观测点,间距约300 m,采用轻便风速仪和阿斯曼通风干湿表进行观测。08:30—09:50每5 min观测一次温度、风向、风速、能见度,09:50—1:00每10 min观测一次。因首次试验,无法准确确定降雪区域,故设立一个降雪观测小组在播撒区周边寻找

降雪区域。因气温低于 $0^{\circ}\text{C}$ ,阿斯曼通风干湿表湿球结冰,故没有观测湿球温度。08:30—10:30,用3台经过改装可播撒液态二氧化碳的汽车在播撒区进行试验,每台汽车以15 km/h的速度往返作业,播撒高度约3 m,播撒总量为500 kg。试验前后的观测结果:3个观测点的地面温度基本在 $-3^{\circ}\text{C}$ 左右;平均风速约为1.1 m/s,东北风;水平能见度在15~20 m,垂直能见度低于10 m,无明显变化,这是一次非常好的试验条件,各要素在试验期间非常稳定。09:00在试验区下风向1 km以外的区域内观测到降雪出现,作用区范围约为播撒的液态二氧化碳在水平风速的输送20~60 min所到达的区域,播撒作业结束后0.5 h停止降雪,持续时间2 h,降雪区域面积约为4 km×3 km。横向距离的拓展,主要受风向的影响。09:30在降雪区域内能见度明显改善,水平能见度达300 m左右,由于雾层深厚(785 m),且在地面播撒,不能在垂直方向上使雾全部消除,随时间雾会向消除区扩散,如果雾厚度小于300 m,则有可能使雾消除,阳光照射到消雾区,消雾区就可以维持,并随太阳照射作用,消雾区会逐渐扩大。此时在降雪区域以外,水平能见度依然维持在15~20 m,垂直能见度低于10 m。11:00降雪停止,降雪厚度达1 mm。

## 4 结论

用这种新技术进行人工消冷雾试验在我国尚属首次,试验结果可见,采用的技术手段是切实可行的,试验方案是正确的,取得了明显的消冷雾效果,得到了消冷雾播撒区和影响区的相对位置和扩散特征,今后陕西省人影办将近一步试验,研究探索消雾新技术的机理,形成实用人工消冷雾技术方法。

### 参考文献:

- [1] Fukuta. Mehtod an Apparatus for Modification of Supercooled Fog [P]. United States Patent: US005628455A, 1997-05-13.
- [2] N. Fukuta, K. Wakinmizu, K. Nishiyama, et al. Large, uniqueradar echoes in a new, self-enhancing cloud seeding [J]. Atmospheric Reserch,

文章编号: 1006-4354 (2003) 02-0008-05

# 陕西旬邑冰雹谱特征和防雹效果分析

陈保国<sup>1</sup>, 栗珂<sup>2</sup>, 樊鹏<sup>1</sup>, 屈铁木<sup>1</sup>, 刘跃峰<sup>1</sup>, 何军<sup>1</sup>, 贾玲<sup>1</sup>

(1. 陕西省人工影响天气中心, 陕西西安 710014; 2. 陕西省经济作物气象服务台, 陕西西安 710014)

**摘要:** 根据 1998 年 7—9 月在旬邑首次取得 6 次冰雹过程的地面雹谱资料, 通过统计分析得出冰雹谱分布特征。以冰雹落地动能、冰雹质量等特征物理量为评价防雹效果的统计量, 用物理检验法对一次降雹过程的防雹效果做个例分析。得到防雹作业区对比区, 动能、质量、动能通量和质量通量分别减少 75%、58%、41% 和 55%, 说明防雹效果是明显的。

**关键词:** 冰雹; 谱分布; 防雹效果

**中图分类号:** P482

**文献标识码:** B

旬邑县地处陕西中部西北方, 属黄土高原沟壑区。平均海拔高度为 1.3 km 左右, 由于海拔较高, 地形复杂, 每年春、夏、秋季常出现冰雹灾害。年平均降雹次数为 3、4 次。多发生在 6 月下旬—8 月中旬, 降雹频率为 78%。特别是 5—7 月间, 对农业危害更为严重, 每年受灾面积少则 300 多  $\text{hm}^2$ , 多则 600 多  $\text{hm}^2$ , 直接威胁着农业生产的发展。所以, 开展人工防雹试验研究已成为社会和生产的强烈需求, 对防灾减灾有着十分重要的意义。

早在 70 年代 Waldvogel (1978) 等, 用地面测雹板网获取雹谱资料, 发展了冰雹动能统计法, 用于人工防雹效果的物理评估; Mielke (1981) 对夏季雹云云底播撒成冰催化剂, 改变冰雹生长环境, 达到抑雹增雨减少雹灾的目的; 王雨增 (1991) 对河北满城 (1987—1990) 防雹试验区 11

次冰雹天气过程, 计算了落地冰雹动能和冰雹动能通量对比区分别减少 81% 和 59% ( $\alpha=0.002 \sim 0.009$ )。借鉴上述研究工作技术成果, 对 1998 年 7—9 月首次在旬邑县境内取得 6 次降雹过程的地面雹谱资料, 通过统计分析对冰雹谱分布特征进行了研究, 并对 1998-08-17 降雹过程的人工防雹效果做了物理检验, 为陕西省开展人工防雹试验研究奠定了基础。

## 1 资料收集

### 1.1 雹谱资料的收集

1998 年在旬邑县境内设置了 19 个测雹板地面观测点; 同时设有 17 个高炮和火箭防雹点, 覆盖和控制面积约 1 811  $\text{km}^2$ 。测雹板选取中国气科院人影所从意大利引进的技术装备, 规格为 300 mm×300 mm×16.5 mm。布点时测雹板安装在离地面 1 m 的支架上, 1998 年 7—9 月首次取得 6

**收稿日期:** 2002-12-06

**作者简介:** 陈保国 (1955-), 男, 陕西华县人, 高级工程师, 主要从事人工增雨、防雹研究工作。

**基金项目:** 国家级火炬计划项目 (95D141D8510562)

2002, 55 (12): 271-273.

[3] Norihiko Fukuta. Project Mountain Valley Sunshine-Progress in Science and Technology [J]. Journal of Applied Meteorology, 1996, 35 (9): 1483-1493.

[4] Norihiko Fukuta. Low Level Penetration Seeding

With Homogeneous Ice Nucleant for Optimization of the Induced Microphysics-Dynamics Interactions [A]. 13th Conf. on Planned and Inadvertent Weather Modification [C], Atlanta: Amer. Meteor. soc., 1996. 164-171.