

北京市综合增雨技术简介

秦长学

(北京市人工影响天气办公室, 100089)

提 要

分析了北京市水资源短缺的现状和降水的气候概况, 阐述了实施人工增雨的迫切需求和技术可行性。并对所采用的飞机、气球、高炮和火箭等工具的综合增雨技术所采用的催化剂、作业时机选择、作业方法、效果检验和数值模拟等方面的研究成果进行了介绍。

关键词: 人工增雨 作业方法 效果检验

1 人工增雨的需求

北京市东临渤海湾, 西靠太行山, 北枕燕山, 周围和河北、天津接壤。山地占 2/3, 干旱缺水是首都的主要自然灾害。冬春季十年九旱, 干旱出现频率为 0.9 左右。水资源储量加上入境水资源, 总量为 $3.742 \times 10^9 \text{m}^3$, 人均拥有量仅为 366.8m^3 , 仅占全国均值的 13.8%。

水资源短缺严重制约着首都的现代化建设, 影响工农业生产和人们的生活用水。所以, 积极开发空中云中资源, 千方百计地进行人工增雨作业具有旺盛的需求和意义。

2 人工增雨的条件

2.1 气候条件

为了制订切实可行的人工增雨作业计划, 提高人工增雨效益, 选观象台 1991~1993 年降水记录进行分析。此 3 年年平均雨量为 572.4mm, 接近 30 年年均值 577.0 mm, 有一定代表性。为了解分别适合飞机或高炮、火箭作业的天气概率, 将降水按雷雨和稳定性、混合性两大类进行统计, 统计结果如图 1、2。

从图 1、2 可看出:

① 稳定性和混合性降水 74% 分布在 9 月至次年 5 月之间, 此阶段适合于飞机和气球作业。

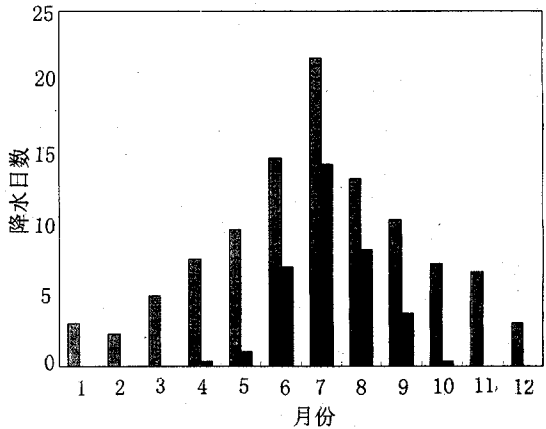


图 1 1991~1993 年平均降水日数分布
浅色: 总降水日数, 深色: 雷雨日数

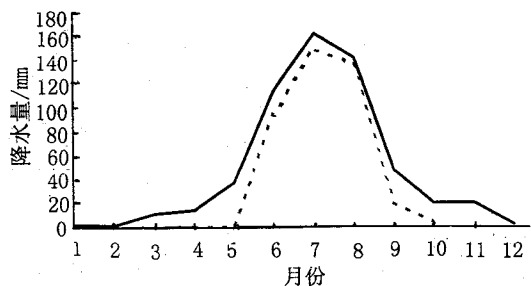


图 2 年均降水量分布

实线: 月总雨量 虚线: 月雷雨量

② 雷雨 91% 分布在 6~8 月, 此阶段适合于高炮和火箭作业。但北京飞机作业以增加两库蓄水量为目的, 所以, 作业时段选在

易形成径流的7~9月之间。

③全年稳定性和混合性降水占总降水天数的66%，但降水量仅占29.6%。

2.2 云微物理条件

表1 云滴浓度和液态水含量

云层	平均云滴浓度/个·cm	最大浓度/个·cm ⁻³	平均直径/μm	平均液态水含量/g·m ⁻³	最大含量/g·m ⁻³
整层云	56.6	928	9.19	0.039	0.985
冷层云	31.7		9.17	0.023	0.51

表2 冰雪晶浓度

类别	平均浓度 个·L ⁻¹	浓度变化范围 个·L ⁻¹	样本中低浓度所占比例
冰晶	16.3	0.06~318	(<20个/L) 71.5%
雪晶	0.73	0.001~6.3	(<1个/L) 78.4%

从上表资料可看出，冰晶和雪晶浓度绝大部分情况下偏低，自然降水没有充分形成，所以，人工引晶催化可提高降水效率。

3 催化剂选择

北京人工增雨的催化剂60~80年代主要使用人工晶核碘化银、介乙醛，吸湿剂盐粉、尿素、致冷剂干冰等。进入90年代已不

表3 液氮成冰能力

0~-5℃	-5~-10℃	≤-10℃	0.1~0.5℃	自然雾中形成冰晶的形状	冰晶增长速率
>10 ¹⁰ 个·g ⁻¹	10 ¹⁰ ~10 ¹² /个·g ⁻¹	10 ¹⁰ ~10 ¹³ /个·g ⁻¹	雾大滴增加，小滴减少	六角片状-柱状、	10μm/s

现在主要使用液氮和碘化银两种催化剂。

4 催化工具及技术

表4 北京采用的增雨技术

投送工具	催化剂	催化对象	作业时段	目标
飞机	LN、Ag I 丙酮溶液	层状云、混合性云	7~9月	增加两库蓄水量
气球	Ag I 焰弹、LN	层状云、混合性云	11~4月	冬春季抗旱
高炮	Ag I	对流云	5~10月	局地抗旱
火箭	Ag I 烟剂	对流云	5~10月	抗旱、蓄水

飞机作业范围大，可将催化剂有效的投放到云中适当部位，且可进行云体探测，缺点是运行成本高，受飞行条件限制。

气球携带碘化银焰弹或液氮成本低，可选择最佳时机作业，也可大范围布点，缺点是催化剂扩散由高空气流控制。

高炮碘化银成核率低，机动性差，适合于结合防雹，解决局地干旱问题。

火箭成本高，但成核率也高(41所，2.85

使用北京人影办改装的778飞机，装备PMS、飞行气象仪等探测仪器，对夏季层状云微物理结构进行了探测和分析，得出以下结果(表1、2)。

使用暖云催化剂，介乙醛随着BJ系列塑料火箭下马也停止使用，干冰由于其储运、播撒均比较困难，所以，首先研究使用了绿色致冷剂液氮。

为研究液氮的成冰率，从1991年到1997年，分别在南京大学、北京理工大学、北京大学进行3次小云室试验，在人影所进行了大云室试验，在庐山云雾试验站进行了自然环境下冰晶扩散试验。结合液氮消过冷雾试验的研究，在沙河和首都机场进行了3次冰雪晶观测。试验结果见表3。

根据不同的时段、目的和催化对象，选用不同的催化工具和技术(详见表4)。

($\times 10^{15}$ 个·g⁻¹)，适合于对对流云进行作业。

5 数值模拟研究

引进层状云3相中尺度静力平衡模式，基本描述天气过程的气压场、温度场、降水场和水凝物场的概况。通过在模拟显示不同层面上的冰晶、雪晶、云滴的比含水量场分布，可指示飞机人工增雨作业的最佳区域。通过每隔一定时间输出冰晶、雪晶、雨滴的浓

度场垂直剖面图,可分析飞机催化的最佳时机。

6 人工增雨作业

6.1 作业时机选择

利用神经网络系统决策人工增雨作业的最佳时机,主要通过对因子的相关性分析和综合统计,选定因子,用误差反传和多层逐层前传的训练法,选取适合的隐单元,并在运行过程中灵活改变权重分析,通过训练找出最佳几种网络,然后根据各个网络计算或综合投票表决做出预报。

6.2 作业指挥

在国内首先把GPS全球卫星定位系统用于飞机增雨作业指挥。利用无线通讯使空地指挥人员可实时了解飞行轨迹,在显示轨迹的同时显示实时雷达探测资料,可使指挥人员及时了解云体变化,从而对作业航线、部位、高度、催化剂量随时修正,以取得最显著的作业效果。

建立了以有线和无线相结合的通讯计算机网络指挥系统,互传作业指令、气象资料和作业情况,保证了作业指挥的可靠性和及时性。

6.3 效果检验

①使用自然正交函数分析液氮人工增雨效果,从场量分析的基本原理出发,把各站雨量视为一个二维场的变化,利用自然正交函数分析方法,分解增雨场,以得到以空间函数表示的诸分量进行增雨效果分析。结论

如下:

A:飞机增雨5年统计年平均增雨1.8亿吨;

B:作业过程增雨率10%~15%,最大可达25%;

C:液氮成晶致雨时间约为24~25分钟,作业过程有效增雨时间大于3小时。

②物理检验

A:利用多普勒雷达的强度资料可进行任意时次,如作业前和作业后两个时次回波强度资料对比,由计算机给出比较结果图,分层显示增加量和新生回波区,减弱量值和消散回波区,使作业后回波强度变化直观、量化。

B:利用多普勒雷达的速度资料研究了动力催化效应,如观测上升气流加强、云顶增高、云体增大以及局部流场改变等。

C:利用17个作业日与多普勒雷达观测资料综合分析,发现有10个作业日雷达回波强度增强5~10dBz(少量增长15~20dBz),计算增加雨量可达 $2.9\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

③气球携带碘化银焰弹(或液氮)增雨、雪作业,从1994年开始共进行了25次作业,由于忙于两个市重点课题的研究,对其效果还没有来得及进行科学分析,但其增雨抗旱的作用得到了各级领导和公众的肯定和欢迎,下一步我们准备对地基人工增雨系统进行深入研究,以完善其技术体系。

A Brief Introduction to Artificial Precipitation Enhancement Techniques in Beijing

Qin Changxue

(Beijing Weather Modification Office, 100089)

Abstract

The status quo of water resource shortage and general climate situation were analysed. The necessity and technique feasibility of artificial precipitation enhancement were discussed. With different means of delivery, such as aircraft, balloon, artillery and rocket, an introduction to achievements in science research on seeding agent, selection of operating opportunity, operation method, effect test and numerical simulation were also given.

Key Words: precipitation enhancement seeding method water resource