

# 气象卫星资料在飞机人工增雨效果 评估中的应用

王 勇 段昌辉 徐军昶 邓芳莲

(陕西省咸阳市气象局, 712000)

## 提 要

在 2000 年 3 月 14 日飞机人工影响天气作业过程中,极轨气象卫星实时遥感探测提供了人工增雨情况的一些证据。分析了作业后催化剂扩散情况,并且就风对催化剂的输送,地面增雨效果进行了探讨。初步结果:(1)本次过程在作业 1 小时 23 分钟后,最大自由运动扩散宽度 11km,催化剂自由运动扩散区约为  $2508\text{km}^2$ ,在云顶形成约  $1505\text{km}^3$  的塌陷区。(2)卫星资料分析,风的输送作用区约为  $7500\text{km}^2$ ,为自由运动扩散区的 3 倍,是催化剂扩散的主要因素。

**关键词:** 卫星遥感 人工增雨 效果评估

## 引 言

2000 年 3 月,渭北地区出现明显的春旱。3 月 14 日,西北路冷空气东移南下,08 时,锋区位于陕北北部到河西走廊一线,700hPa 有偏南气流发展,渭北地区位于地面冷锋前暖侧,以 As、Ac 云为主。从 14 时 15 分到 15 时 49 分在渭河流域和陕南东部进行了飞机增雨作业,飞行路线为:西安—咸阳—武功—麟游—凤翔—陇县—宝鸡—留坝—汉中。15 时 32 分,极轨气象卫星 NOAA-14 飞临咸阳上空,市农业遥感信息中心接收了卫星资料,经极轨气象卫星接收处理平台环境监测系统图像显示可看到一条清楚的锯齿状云迹(图 1),与飞机作业路线有较好的一致性。目前国内由于探测手段等因素的限制,很难获得人工影响天气效果的直接证据。利用极轨气象卫星反映分析人工影响天气物理响应国内还未见相关报道。本文试图依据极轨气象卫星云迹资料的分析,反映 2000 年 3 月 14 日人工影响天气作业的情况和物理响应。

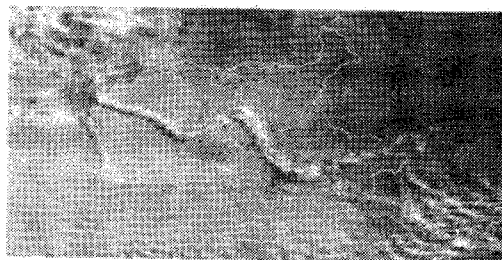


图 1 2000 年 3 月 14 日 15 时 32 分 NOAA-14 卫星 4、2、1 通道合成图像

## 1 卫星云迹与飞机增雨轨迹对应关系分析

为了正确反映卫星云迹与飞机作业的对对应关系,首先利用地貌特征对卫星资料进行了地标精确校正,然后把飞机作业路线与用极轨卫星红外通道资料反演的云顶温度做在同一张图上(图 2)。图中部  $-13^{\circ}\text{C} \sim -15^{\circ}\text{C}$  高温区,位于飞机作业路线东北方,呈锯齿状分布。

考虑到风的输送作用,利用西安市气象局的探空资料,求算的飞机作业撒播高度到云顶 ( $700 \sim 500\text{hPa}$ ) 平均风向和风速为  $247^{\circ}$ 、 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。依此按时间计算各对应点撒播后,由于风的作用,向下风方向输送的位

置,结果与云迹基本吻合。同样用云迹和飞行轨迹曲线对应拐点计算,移动方位和速度为 $219^\circ$ 、 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,与平均风有较好的一致性,因此,该卫星云迹是由于飞机作业造成的。

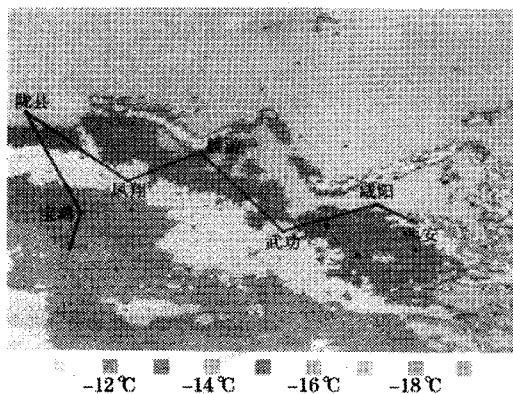


图2 2000年3月14日15时32分云顶温度及飞机作业路线图

## 2 增雨作业形成的云迹特征分析

### 2.1 云迹状况及区域范围

图1是采用NOAA-14的4、2、1通道合成图像,其中1、2为可见光通道,渭北地区位于 $23.5^\circ\text{N}$ 以北,云的阴影部分应位于云的西北方向,而在增雨影响的云迹中,阴影位于云迹的南侧,说明在云顶部形成的是一塌陷区域。这点也可在图2作出的云顶温度中有所反映,形成的云迹比周围区域的温度要高,在08时和20时探空资料中,未反映该高度上有逆温层存在,高温区域反映出云顶高度较低。因此从卫星资料可以确定,3月14日增雨作业在云顶形成了一塌陷云区。

按云迹图像测算,云迹最大宽度11km,由东到西云迹端点直线距离201km,扩散面积 $2508\text{km}^2$ 。

图中,云迹区云顶最高温度 $-12^\circ\text{C}$ ,相对应周边云顶温度为 $-17^\circ\text{C}$ 。利用08时和20时西安的探空曲线求算,两者高度相差598m,即可判定云顶塌陷的深度598m,约为0.6km。

根据以上云迹的测算,本次人工影响天气作业,在西安到陇县之间云顶约形成了 $1505\text{km}^3$ 的塌陷区。

据陕西省人影中心余兴等人对云中微粒自由扩散的研究<sup>[1]</sup>,平均扩散速度(单侧)为 $0.82\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。以此推算,飞机作业开始为14时15分,卫星观测时间为15时38分,历时1小时23分钟。总扩散宽度应为8.17km,与云迹最大宽度11km相当接近。

### 2.2 风对催化剂扩散的影响

本次飞机人工影响天气作业,催化剂为AgI丙酮溶液。播撒量为60kg,历时1小时34分钟,飞行高度为4000~4350m(约为 $-5^\circ\text{C}$ 所处高度),总播撒路程约600km。如果仅考虑催化剂微粒的自由运动扩散,到卫星观测时如前所测算扩散区域仅为2508km。随时间的增长,扩散范围会进一步增大,但仍是很有限的。而由于风的作用,扩散云迹向ENE方向系统位移约40km,按图像测算,催化剂经过区域面积为 $7500\text{km}^2$ ,约为自由运动扩散面积的3倍,因此,本次人工增雨风的水平输送是催化剂扩散的主要因素。

## 3 本次作业对地面降水的影响

本次作业位于锋前暖区之中,距地面锋区约为500~600km,春季又未进入多雨时段。因此作业后降水一般在0.0~46mm之间,催化区降水量稍多于未影响区域。由于作业区西段地形较为复杂,且播撒催化剂东向与南北向交叉,可形成二次扩散影响,因此仅取增雨作业区东段催化剂扩散区与未受影响区的日降水量进行比较(表1),催化剂扩散区平均降水量比未受影响区多0.54mm。

$t$ 检验:  $t = 1.08825 > t_{\alpha=0.30} = 1.067$ ,即两区域降水均值具有显著差异的可信度为0.30。

方差检验:  $F = 0.0186, F_{1\alpha=0.05} = 3.03, F_{2\alpha=0.05} = 0.2146, F \notin (F_{1\alpha=0.05} =$

3.03,  $F_{2\alpha=0.05} = 0.2146$ ), 方差具有显著性差异的可信度大于 0.05。

表 1 催化剂扩散区与未影响区降水量(单位:mm)

| 催化剂扩散区 |     |    |     |    |     | 未影响区 |     |
|--------|-----|----|-----|----|-----|------|-----|
| 站名     | 降水量 | 站名 | 降水量 | 站名 | 降水量 | 站名   | 降水量 |
| 西安     | 0.1 | 三原 | 0.5 | 高陵 | 0.2 | 兴平   | 0.1 |
| 咸阳     | 0.0 | 泾阳 | 0.3 | 旬邑 | 2.3 | 长安   | 0.1 |
| 彬县     | 1.5 | 淳化 | 0.4 |    |     | 卢县   | 0.1 |
| 武功     | 0.3 | 礼泉 | 0.2 |    |     | 周至   | 0.3 |
| 永寿     | 0.8 | 长武 | 4.6 |    |     | 扶风   | 0.4 |
| 麟游     | 1.8 | 乾县 | 0.3 |    |     | 眉县   | 0.5 |

故飞机增雨作业催化剂扩散区与未影响区域降水差异明显,增雨具有一定效果。

#### 4 结 论

(1)2000 年 3 月 14 日飞机人工影响天气作业在云迹上有明显反映,卫星探测云迹图像提供了人工增雨物理响应的证据,利用极轨气象卫星资料可以对人工影响天气作业

进行监视和分析。

(2)本文提供了飞机增雨作业后催化剂扩散的粗略估算。并就风对催化剂的输送,地面增雨效果进行了初步探讨。

本次过程在作业 1 小时 23 分钟后,催化剂扩散区约为  $2508\text{km}^2$ ,在云顶约形成  $1505\text{km}^3$  的塌陷区。

卫星资料分析,风的输送作用区约为  $7500\text{km}^2$ ,为自由运动扩散区的 3 倍,是催化剂扩散的主要因素。

#### 参考文献

- 1 Yu Xing, Dai Jin etc. A Three-Dimensional Modal of Transport and Diffusion of Seeding Agents with Status. Advances in Atmospheric Sciences, 2000, 17(4): 617—635.

## Application of Meteorological Satellite Data to the Effect Evaluation of Artificial Precipitation Enhancement by Airplane Seeding

Wang Yong Duan Changhui Xu Junchang Deng Fanglian

(Xianyang Meteorological Office, Shaanxi Province 712000)

#### Abstract

During the course of weather modification by airplane seeding on March 14, 2000, the real time remote sensing data of a polar orbiting meteorological satellite produce the evidences for artificial precipitation enhancement. The catalyzer diffusion after the airplane flying is analyzed. The wind transportation for catalyzer and the effect of precipitation enhancement over the ground are discussed. The preliminary results show that: (1) after the course about one hour and 23 minutes, the maximum diffusion width caused by the random movement is 11 km, the catalyzer's diffusion area of the random movement is about  $2508\text{ km}^2$ , and there is a sunk area about  $1505\text{ km}^3$  in the top of the cloud; (2) According to the analysis of satellite data, the affected area by the wind transportation is about  $7500\text{ km}^2$ , it is three times as much as the diffusion area of the random movement. It is obvious that the wind transportation is the key factor of catalyzer diffusion.

**Key Words:** satellite remote sensing artificial precipitation enhance ment effect evaluation