

文章编号: 1006-4354 (2004) 06-0004-04

西北区一次联合探测层状云系云物理特征分析

陈争旗¹, 陈保国¹, 许新田², 李照荣³, 郭强¹

(1. 陕西省人工影响天气办公室, 陕西西安 710014; 2. 陕西省气象台, 陕西西安 710014;
3. 甘肃省人工影响天气办公室, 甘肃兰州 730020)

摘要:对 2003-09-17 我国西北地区东部层状云降水天气过程的层状云系进行了联合探测。经观测对比分析发现: 对同一天气系统开展多省联合探测, 对认识云系发展变化、结构特征及降水潜力很有帮助; 同一条锋面云系由于流场结构的差异, 其不同位置的云层结构、温度、湿度、水汽含量存在一定差异; 陇东和陕北虽然同处于副高西侧的偏南气流里, 但是, 低层天水处于反气旋区, 抑制了水汽辐合, 而延安处于横切变右侧的气旋性辐合区, 有利于低层水汽辐合上升, 促使该地区云系发展加强, 其过冷层厚度大于天水地区; PMS 粒子测量系统测得在整个过冷层中, 小云粒子的数浓度平均值天水比延安少 1 个量级, 2D-P 测出延安的粒子谱较宽, 说明上述条件下天水地区人工增雨潜力较小, 延安地区相对条件较好, 人工增雨潜力大。

关键词: 联合探测; 层状云系; 结构特征

中图分类号: P426.5

文献标识码: B

为了进一步开发云中水资源, 提高人工增雨作业的科技水平和效益, 近年来一些省市相继在飞机上安装了宏微观的大气探测设备, 以加深当地降水云系特征, 特别是云微物理结构的了解。但由于各种条件限制, 多数情况下仅为一架飞机单独开展探测和人工增雨作业, 这对大尺度天气背景降水云系的探测有一定局限性。针对我国西北

地区东部一次层状云降水天气过程, 陕、甘两省制定了飞行探测方案, 2 架飞机开展了跨省联合飞行探测, 通过对云系不同演变阶段宏微观大气的资料对比分析, 加深了对西北地区降水性层状云系发展变化及其云物理特征的认识。

1 天气形势分析

2003-09-17, 受西太平洋副热带高压外围西

收稿日期: 2004-08-31

作者简介: 陈争旗 (1959-), 男, 陕西兴平人, 学士, 高工, 从事天气预报和人工影响天气工作。

基金项目: 国家科技部“西部开发科技行动”重大攻关项目 (2001BA901A41)

线性化。

3.2 SVM 模型中不受因子个数的限制, 也不受因子间相关与否的影响。

3.3 模型经过非线性变换, 将非线性问题转为线性, 其判断条件的确定, 不一定由所有样本决定, 而由关键的少数支持样本 (支持向量) 决定。

3.4 方法只是初次应用, 所建的方法还有待于在实践中检验。参数初值的选择有一定人为性, 而且初值的不同, 影响迭代结果; 程序并不一定保证收敛到最优值, 因此需要多次人为选择试验。

参考文献:

- [1] 陈永义, 俞小鼎, 高学浩, 等. 处理非线性分类和回归问题的一种新方法 (I)——支持向量机方法简介 [J]. 应用气象学报, 2004, 15 (3): 345-353.
- [2] 冯汉中, 陈永义. 处理非线性分类和回归问题的一种新方法 (II)——支持向量机方法在天气预报中的应用 [J]. 应用气象学报, 2004, 15 (3): 356-365.

南暖湿气流和新疆冷空气南下共同影响, 我国西北地区东部出现了一次层状云降水天气过程。过程持续 12 h 左右, 降水量为小到中雨。9 月 16—17 日, 500 hPa 图上, 欧亚上空环流形势呈纬向型。9 月 17 日 08 时西太平洋副热带高压强盛, 588 dagpm 线西脊点在 90°E , 脊线在 27°N , 亚洲中纬度地区为平直的西风气流, 在副高北侧民勤—兰州—合作有一低槽。700 hPa 图上四川有一低涡, 其前部的切变线经甘南、宁夏到陕北。地面图上, 从新疆经河西有冷空气东移, 与副高外围的暖湿气流交汇, 在西北地区东部产生一次较大范围的降水。地面 08 时冷锋位于盐池—平凉—华家岭一线, 11 时在吴旗—长武—宝鸡, 14 时东移到绥德—铜川—西安一线, 17 时后锋面在东移过程中逐渐减弱。这次降水天气过程, 其高低空影响系统的组合形式符合陕西春秋季节有利于人工增雨作业的降水预报模型中的副热带高压—低槽—切变模型, 雨区位于 500 hPa 槽前、700 hPa 低涡切变前部, 陕、甘两省大部分地区处于有利于人工增雨作业的区域^[1]。

2 联合探测方案及探测实施

2.1 联合探测计划

2003 年秋季, 陕西、甘肃两省协商, 制定了比较详细的飞机探测作业方案。改装 Y-12 和 An-26 飞机各 1 架, 机上安装有 PMS 粒子测量系统, GPS 定位系统, 温湿度探测仪和空地传输系统, 陕西省还在飞机上安装有热线含水量仪, 微波辐射计。飞机上同时安装了 AgI-丙酮燃烧桶、液态二氧化碳 (LC) 和液氮 (LN) 播撒设备, 地面布设了微波辐射计, 雨滴谱, 711 数字化雷达, 自动气象站和雨量点, 并组织探空站加密观测。由于空域等因素制约, 无法实现飞机在两省之间穿越探测作业, 两省只能针对同一天气系统在接近同一时间飞行探测, 或者在同一天气系统的接近相同部位飞行探测。

2.2 联合探测方案

根据 9 月 17 日天气系统演变结合卫星云图资料分析, 针对云系自西向东移速较快的特点结合中川、延安机场天气及起降条件, 陕西、甘肃两省决定对这一层状降水云系联合垂直探测。甘

肃省使用 An-26 飞机以陇东探测为主, 采用大范围水平航线探测与在天水地区垂直探测相结合的方式飞行, 飞机 09:07 从中川机场起飞, 到达天水附近做垂直探测, 探测完成后, 又在秦安、平凉附近做水平探测和增雨作业。陕西省使用 Y-12 飞机以延安机场上空探测为主, 在延安机场上空 30 km 的区域内垂直综合探测, 飞机 13:10 从延安机场起飞, 到达安全高度 (2 km) 后每上升 500 m 平飞一层进行垂直综合探测, 最高飞到 6 km, 调整到 5.8 km 后开始增雨作业播撒试验, 播撒采用 S 型方式。

9 月 17 日两省联合垂直飞行探测, 位置均在锋面后部, 降水云系的中后部。甘肃省在天水市的东北部作垂直探测, 分 4 个高度层。天水站 05 时以前开始下小雨, 降水持续约 5 h 以后, 飞机 10:23 开始在其上空作垂直探测, 由 6.2 km 下降至 5.8 km, 掉头平飞, 下降至 5.2 km, 转弯 180° 平飞, 再下降至 4.8 km 平飞, 然后掉头爬高到 6.3 km, 整个探测过程约 30 min。陕西省垂直探测在延安机场上空。延安站 08 时以前开始下雨, 降水持续约 5 h 以后飞机起飞, 到达 2 km 后每上升大约 0.5 km 平飞一层进行垂直综合探测, 14:15 到达 4.8 km, 14:21 到达 5.2 km, 最高飞到 6 km 高度 (温度 -5°C) 后开始下降, 探测时间 48 min。

3 探测结果分析

3.1 宏观探测结果对比分析

两省垂直探测位置都选在锋后, 天水比延安更偏后一些。两站地面降水持续约 5 h 以后开始探测。700 hPa 08 时流场分析, 陇东和陕北虽然同处于副高西侧的偏南气流里, 但是, 天水处于反气旋区, 低层水汽辐合受到抑制, 不利于云系发展, 而延安位于横切变右侧的气旋性水汽辐合区, 有利于辐合上升运动, 使云系发展加强。

宏观探测天水云系为 As-Ns, 地面实况为小雨, 云顶高度在 6.3 km 以上, 温度 -4.2°C , 0°C 层高度 5.3 km 左右, 0°C 层高度以下云层结构松散, 水汽不足, 不利于雨滴碰并增长。PMS 粒子测量系统 2D-P 探头在 5.75 km 以上高度上测出有柱状、枝状和球形大粒子, 5.6 km 以下球形大

粒子较多,云滴较少。云顶高 6.5 km,过冷层厚度约为 1.2 km。延安天气实况为小雨,延安探空站 11 时加放的探空测得延安 0°C 高度 4.7 km,12 时延安雷达观测云顶高为 6.5 km,有弱的对流泡。机上宏观观测,云底高度 1.5 km,低层为 N_s ,3.7 km 以上为 A_s ,5 km 飞机前窗、左右机翼有 5 cm 宽度结冰,云层结构密实,综合分析延安探测区过冷层厚度不小于 1.5 km。

探测结果说明这次西北地区东部降水天气过程的云系比较深厚,厚度达 5 km 以上,虽同处于

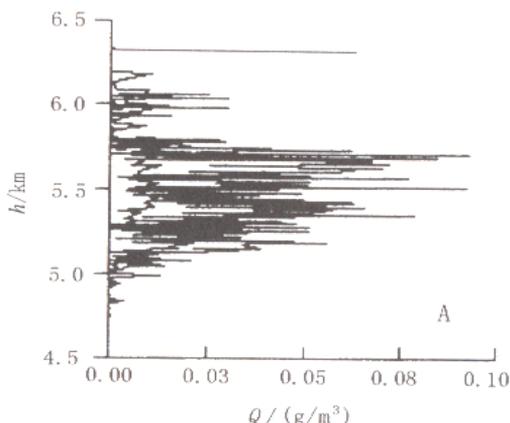


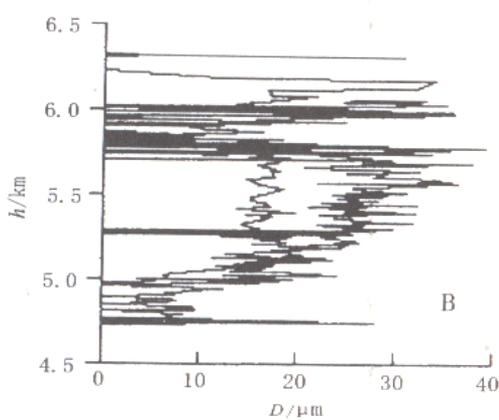
图 1 2003-09-17 天水探测时段 (10:22—10:47) 云粒子垂直分布

锋面后部降水云系的中后部,但云层的密实程度、垂直结构、发展强度有所不同,云层结构对于飞机人工增雨来讲,天水地区潜力不大,延安地区优势更明显一些。

3.2 云微物理探测结果对比分析

层状云系的综合探测中,尽可能多的了解云系不同部位微物理结构及降水分布等特征,研究其降水形成机制,形成催化概念模型,对于指导播云是非常重要的^[2]。

3.2.1 液态水含量和云粒子平均直径 图 1 中



给出了飞机在天水附近垂直探测的云中液态水含量 (Q) 和云粒子直径 (D) 随高度的变化,用 A 和 B 标识盘旋探测的西南端和东北端。温湿仪测得 6.3 km 的温度为 -4.2°C , 0°C 层高度约 5.3 km。高空云层主要位于 4.5~6.5 km 的高度, A 端液水含量和云粒子尺度较小, B 端云层条件较好。 0°C 层上的液水含量和粒子尺度比 0°C 层以下大,且分布相对均匀。温度更低的高度,粒子尺度越大。温度低于 0°C 附近,液态水含量和粒子尺度呈反位相。如 5.5 km 处液态水的相对低值对应着粒子尺度的相对高值, 0°C 层以下二者随高度递减很快。说明这次锋后云系在天水地区缺乏低层的水汽供应,中高层的云粒子生成和增长,受到制约,即使高层存在冰晶生成的温度和湿度,降落的冰晶也不能产生播种效应来增加降水^[3]。

3.2.2 云滴、冰雪晶的垂直分布 了解云过冷层中小云滴、冰(雪)晶粒子多寡和空间分布状况,对把握最佳催化播撒时机和位置,以及判断云系

的增雨潜力是十分重要的。

由图 2 可知延安探测区小云粒子在 5.2 km 高度出现极大值 64.3 个/ cm^3 (取样时间 2 min,样本数 120 个),4.8 km 高度出现次大值 59.1 个/ cm^3 (取样时间 4 min,样本数 241 个),而天水小云粒子在整个过冷层中的数浓度很少,平均值仅为 2 个/ cm^3 ,比延安少 1 个量级。延安冰雪晶粒子在过冷层中的平均数浓度为 832.5 个/ m^3 ,峰值出现在 5.8 km,为 $1\ 035$ 个/ m^3 (取样时间 9 min,样本数 540 个)(图 3)。天水冰雪晶粒子在过冷层中的平均

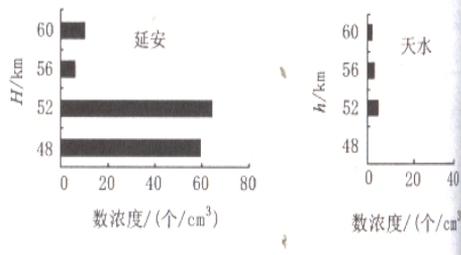


图 2 2003-09-17 延安与天水 FSSP-100 云粒子数浓度随高度分布

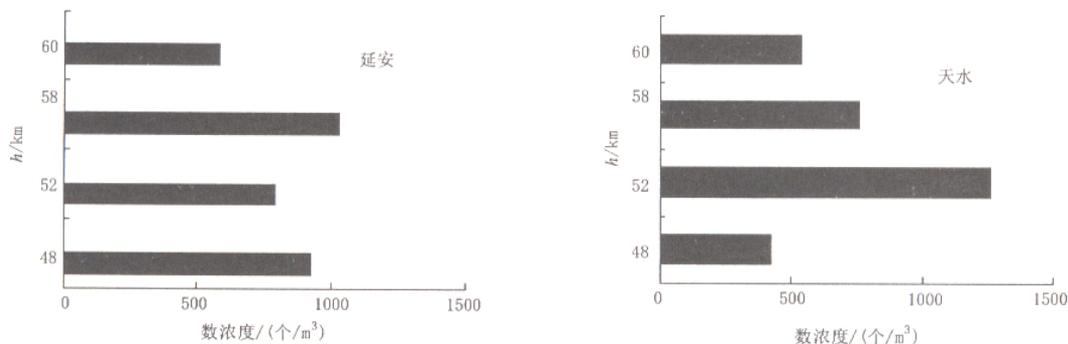


图3 2003-09-17 延安与天水 2D-P 冰(雪)晶粒子数浓度随高度分布

数浓度为 742 个/m^3 , 峰值出现在 5.2 km , 为 1260 个/m^3 (取样时间 5 min , 样本数 117 个)。

从两地 2D-P 测到的大粒子在不同高度上的谱分布来看, 延安各高度粒子谱均较宽。6 km 处谱型呈正态分布, 峰值出现在直径 D 为 $641 \mu\text{m}$ 档, 数浓度值为 239 个/m^3 , 5.8, 5.2, 4.8 km 高度均为偏正态, 峰值出现在为 $241 \mu\text{m}$ 。天水冰雪晶粒子谱型较窄浓度集中在直径 D 为 $241 \sim 441 \mu\text{m}$ 区间。图 4 给出 5.8 km 高度延安、天水 2D-P 数浓度平均谱分布。(取样时间分别是 9 min 、 3 min , 样本数分别是 143 个和 9 个)。

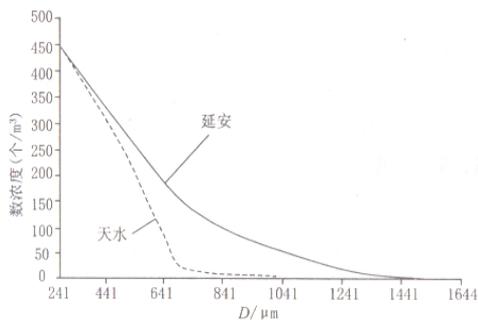


图4 2003-09-17 延安与天水 2D-P 粒子谱分布比较

由于延安探测是在云系的中后部进行, 2D-P 测出的粒子谱较宽, 说明降水发动比较充分, 结合对过冷层厚度的分析可得出: 云中过冷水含量仍较多, 小粒子数量亦较多, 说明存在一定的催化潜力。

4 结论

4.1 对同一天气系统开展多省联合探测, 有利提

高对层状云系发展变化、结构特征及降水潜力的认识。

4.2 同一锋面层状云系由于流场结构的差异, 不同位置的云层云物理结构、温度、云含量云粒子数浓度存在一定差异。

4.3 陇东和陕北虽然同处于副高西侧的偏南气流里, 但低层天水处于反气旋区, 抑制水汽辐合, 延安处于横切变右侧的气旋性辐合区, 有利于水汽辐合上升, 促使该区云系发展加强, 过冷层厚度大于天水地区。

4.4 锋后云系在天水缺乏低层水汽供应, 中高层的云粒子生成和增长受抑制, 因此, 即使高层存在冰晶生成的温度和湿度, 降落的冰晶也不能产生播云效应, 不利人工增雨作业。

4.5 PMS 粒子测量系统测得在整个过冷层中, 天水小云粒子的数浓度比延安少 1 个量级, 2D-P 测得延安的粒子谱较宽, 说明延安云中过冷水含量和小粒子数量较多, 有利人工增雨作业。

参考文献:

- [1] 陈争旗, 许新田, 宁志谦, 等. 陕西省春秋季节一般性降水天气系统及飞机人工增雨作业区域选择 [A]. 陕甘宁人工增雨技术开发研究 [C]. 北京: 气象出版社, 2003. 316-321.
- [2] 陈保国, 樊鹏, 雷恒池, 等. 2002 年秋季陕北地区一次锋面云系的探测分析 [A]. 陕甘宁人工增雨技术开发研究 [C]. 北京: 气象出版社, 2003. 1-7.
- [3] 李照荣, 杨兴国, 庞朝云, 等. 西北地区东部层状云微物理结构分析 [A]. 陕甘宁人工增雨技术开发研究 [C]. 北京: 气象出版社, 2003. 23-29.