

一次西风槽系统的云微物理结构分析

刘海月 李云川

(河北省人工影响天气办公室, 石家庄 050021)

提 要

对1991年4月16日影响河北地区中南部的一次西风槽天气过程形成的降水性层状云微物理结构进行了分析。结果表明,降水主要发生在层状云的中上层,存在可供催化的过冷层和过冷水,但云体下层的供水云较薄、云底偏高,不利于降水的发展;实施人工增雨作业后,云层微结构出现相应变化(云滴和雨滴含水量增加、滴谱拓宽等),作业区与影响区雨量普遍增加,并与催化时间相吻合,这些可能与人工影响有关。

关键词: 层状云 微物理结构 增雨效果

引 言

河北地区西风槽过程是春、秋两季的重要降水天气过程,形成的云系多为稳定型降水性层状云,适宜于进行飞机人工增雨作业。据1990—1993年的62次实施人工增雨作业的天气系统分类发现,西风槽系统为38次,占全部作业次数的61.3%^[1]。由此可见,分析和研究西风槽云系的微结构与人工增雨作业效果对于了解河北地区的云水资源、人工增雨作业条件以及提高人工增雨作业技术等都具有重要意义。

本文应用1991年4月16日一次西风槽过程中所获取的飞机人工增雨探测资料,并结合雷达、卫星、探空等天气资料和地面降水资料,综合分析了该天气系统下层状云系的宏、微观结构和天气背景条件、地面降水特征,并对云层的催化条件、人工增雨作业效果等问题进行了讨论。

1 天气背景条件及分析

1.1 影响降水的天气系统

4月15—17日500hPa图上,亚洲中纬度为一低槽控制,巴尔喀什湖为一切断低涡,从低涡中有小股冷空气分裂东移,16日08时到达河西走廊,20时位于河套地区;与之相对应的700hPa和850hPa图上,16日08

时由于伊朗高压与蒙古高压叠加及华北平原弱高压脊的作用,在两高之间形成一低涡,且有槽线相配合,本次降水过程为冷锋前部的暖区降水。

1.2 降水云层的结构分析

沿115°E附近的5个测站,做16日20时的垂直剖面图(见图1),可以看出,降水开始后(16日18时),在郑州—邢台的近地面为一暖式切变,邢台测站对流层低层(700—

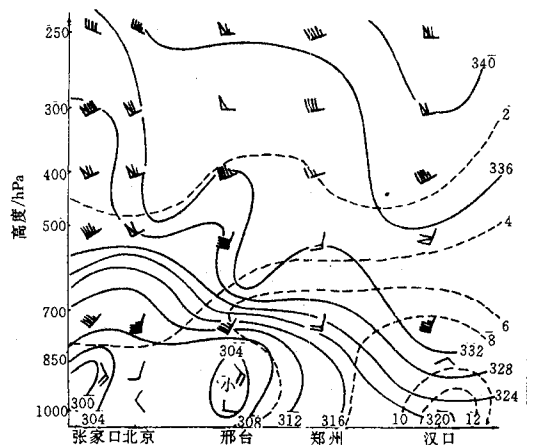


图1 1991年4月16日20时沿115°E经向垂直剖面图
粗实线为等 θ_{se} 线,虚线为等 q 线

850hPa) 存有一明显的逆温层, 在逆温层下部为干冷气团, 而在逆温层上部存有较密集的 θ_{se} 梯度, 且从南向北有一温度脊和一湿度脊伸至逆温层之上, 可以认为, 暖湿气流沿 θ_{se} 面爬升至邢台地区 700hPa 高度, 在这里聚集不稳定能量。还可以看出, 长江流域近地面层有一切变维持, 由于它的存在, 使暖湿气流被截, 不利于降水的发展。

2 探测飞行概况

4月16日19时, 邢台市气象台测雨雷达探测发现, 方位在 $245^{\circ}-4^{\circ}$, $10-90\text{km}$ 范围出现一条 SW-NE 向云带, 云顶高 4.8km, 最大高度 5.9km, 最大强度达 30dBz, 存在可作业的稳定性层状云系。

飞机于 19 时 50 分从石家庄机场起飞,

20 时 17 分在邢台以南 30km 的 4600m 高度开始作业, 到邯郸转弯后, 飞行高度下降到 4100m, 垂直于高空风 ($240^{\circ}, 90\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$) 往返飞行, 21 时 10 分作业结束, 然后下降 200—500m, 以“W”型路径横穿作业区, 做穿云探测(飞行航迹图略), 22 时 08 分返回石家庄机场着陆, 历时 2 小时 18 分。

3 云层的微观结构

3.1 云层特征

从大气温度垂直分布图中(图 2 中点线)可以看出, 在探测高度的下层和上层, 大气温度除有小的波动外, 随高度基本呈递减趋势; 而在中层 2000—2700m 高度, 存在一逆温层, 梯度为 $0.57^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。

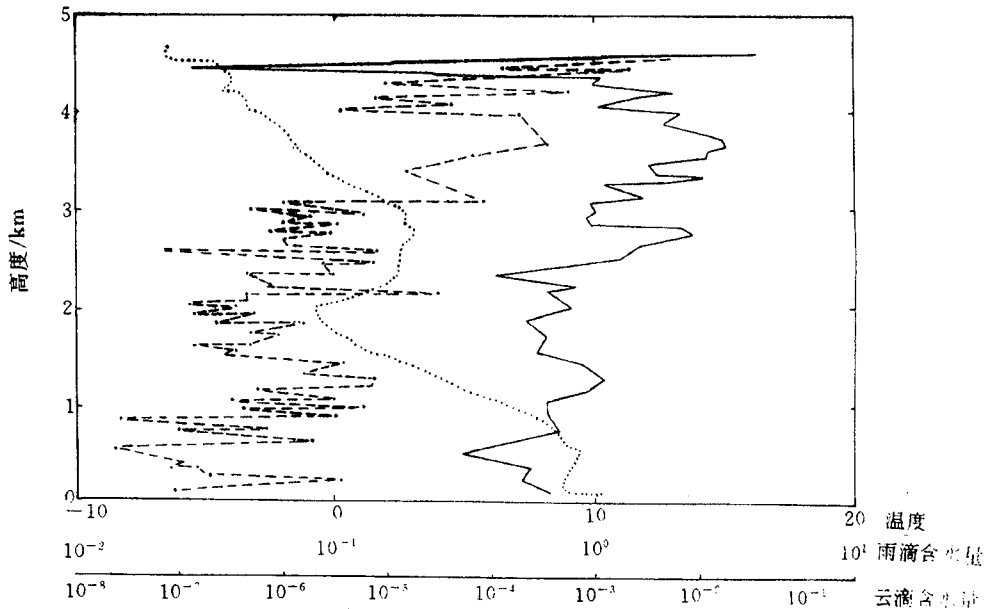


图 2 温度(点线)、云水含量(实线)和雨水含量(虚线)垂直分布图

层状云云层结构分成两层, 上部有一层约 2000m 厚的 As 云, 云顶高 4800—5900m, 云底高 3300m; 下部位于逆温层上层 2500—2830m 处有一层 Sc 云; As 与 Sc 云之间夹有 500m 厚的干层, 而干层中间仍夹有约 130m 厚的 Sc 云。

3.2 云水和雨水含量的垂直分布特征

图 2 中的实线和虚线分别绘出云滴与雨

滴含水量随高度的变化, 可以看出, 云滴含水量与云层分布相对应, 呈双峰值结构, 即在 As 和 Sc 云中出現含水量高值区, 数值在 $10^{-3}-10^{-2}\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, 其峰值分别为 0.0102 和 $0.0178\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$; 而在干层中, 云水含量迅速减小到 $10^{-3}\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 量级以下。

雨滴含水量随高度离散较大, 变化范围为 $10^{-2}-10^0\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$; 高度在 3000m 以上, 雨

滴含水量随高度有递增趋势,高值区位于3900—4500m。分析认为,这一高值可能是大尺度的雪晶造成的。

3.3 冰、雪晶垂直分布特征

冰、雪晶在0℃层(3300m)以上,随高度逐渐增加(冰、雪晶浓度和平均直径垂直分布图略),于4400m附近达到最大值。

冰晶浓度 10^5 — 10^6 个· m^{-3} ,平均直径14—17 μm 。

雪晶浓度和平均直径随高度增加比较明显,由750 μm 和500个· m^{-3} 分别增加到1000 μm 和1000个· m^{-3} 以上,最大可达

1383 μm 和1716个· m^{-3} 。

3.4 降水强度垂直分布

如不考虑垂直气流的影响,利用公式 $I = \sum m_i N_i V_i$ 计算各层的降水强度。式中, m_i 为雪晶粒子或水滴的质量; N_i 为粒子浓度; V_i 为粒子的落速。

计算的降水强度在云底以上按每200m高度分层平均,结果如附表所示(其中3700—3900m高度层缺测)。

由附表可知,降水强度高值主要分布在3100—4300m,在3500—3700m层出现1.32 $mm \cdot h^{-1}$ 的极大值。

附表 云中各层降水强度

高度/m	2500	2700	2900	3100	3300	3500	3900	4100	4300	4500
	2700	2900	3100	3300	3500	3700	4100	4300	4500	4700
降水强度/ $mm \cdot h^{-1}$	0.41	0.26	0.36	0.91	0.86	1.32	0.54	0.52	0.20	0.15

4 作业效果分析

4.1 作业后粒子谱分布特征变化

图3为作业前(点线)、后(实线)大粒子

和降水粒子平均谱分布,可以看出,作业后各档粒子浓度增加,尤其是大粒子第一档浓度约增加一个量级,谱型明显拓宽。

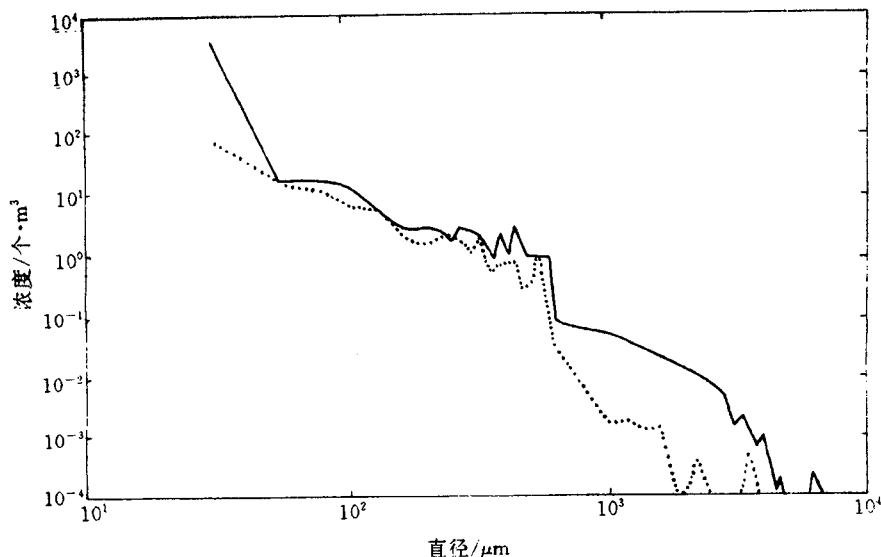


图3 作业前(点线)、后(实线)大粒子和降水粒子平均谱分布

图4为作业前后宁晋(虚线)、石家庄(实线)、邯郸(点线)雨量随时间分布图,从图中可以看出,作业前后3站雨量变化比较明显,作业后约两小时,雨量出现峰值,峰值范围为每小时2.5—4.5 mm ,随后雨量逐渐减少。

图5为4月16日08时至4月17日08时雨量分布图,图中作业区和影响区雨量一般在5—10 mm ,最大达14 mm ,而未作业区雨量一般在5 mm 以下,作业区与未作业区相比较,雨量差异较明显。

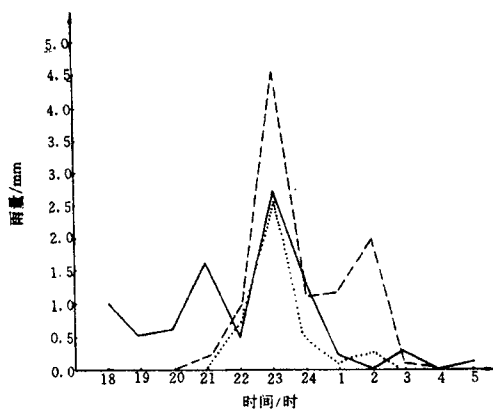


图4 作业前后宁晋(虚线)、石家庄(实线)、邯郸(点线)雨量随时间分布

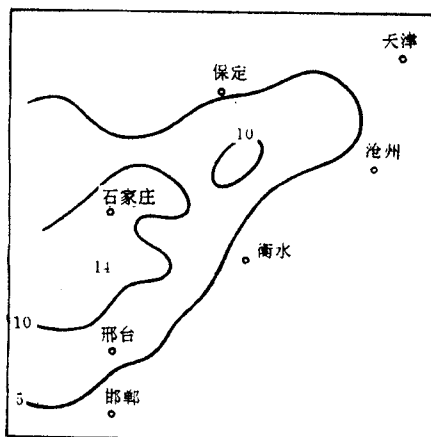


图5 作业后雨量分布图

5 结论与讨论

本次降水过程受高空槽影响,中高层降水粒子增长条件较好,在3300—3900m存在约600m的过冷液态水层,具有可供催化的云层条件。

而低层由于850—700hPa风切变的影响,截断了低层水汽供应,使得低层云系发展较差,仅有约300m厚的As云,同时在As与Sc云之间还存在约400m厚的干层,破坏了降水粒子赖以碰并增长的供水环境,从云中

层下落的降水粒子到达云底时,不但没能增长,还有较强的蒸发,云底的降水强度仅为中层最大降水强度的41.08%,Sc云的云底又较高,更加大了雨滴出云后的蒸发量,这些都不利于降水的发展。

催化作业后,冰、雪晶粒浓度增加,平均直径减小,粒子谱明显拓宽、作业后1小时雨量出现极大值、作业区与影响区雨量普遍增大等现象可能与催化作业有关。

参考文献

- 1 游景炎等. 云降水物理和人工增雨技术研究. 北京: 气象出版社, 1994: 53—61.

An Analysis of the Microphysical Structure of Clouds in the Westerly Trough System

Liu Haiyue Li Yunchuan

(Hebei Province Weather Modification Office, Shijiazhuang 050021)

Abstract

The micro-physical structure of precipitable stratiform clouds are analysed in the westerly trough system over the central and south parts of Hebei Province on April 16, 1991. The results indicate that the development of precipitation was carried out mainly in the stratiform clouds in the middle and upper levels. Although there are favorable conditions for ice crystal growth i. e. the catalyzables of supercooled area and water. The development of precipitation is disadvantageous due to the thin water supply clouds and the high cloud base. After the aircraft seeding operation, the micro-structure of the clouds has been varied (the water content of cloud droplets and rain droplets increased obviously. There is an evident expanding in the droplets spectrum. etc.), the precipitation capacity increased in the area of seeding operation and influenced area within the effective period of artificial catalysis. These results are in agreement with the clouds modification.

Key Words: stratiform cloud microphysical structure seeding effectiveness