

多普勒雷达资料检验增雨催化效果的个例分析

王永亮 田广元 房彬 范维东 (辽宁省人工影响天气办公室 沈阳 110016)

摘要 介绍了2004年6月17日利用沈阳新一代天气雷达回波演变实施的人工增雨作业过程,并进行了增雨效果物理检验。

关键词 新一代天气雷达 回波演变 人工影响天气 物理检验

2004年春季辽宁旱情十分严重,西部和北部地区的大部分农田不能播种,人畜用水都很困难。上级领导指示利用一切有利于人工增雨的天气条件实施人工增雨作业。6月17日辽宁处在高空冷涡天气系统影响下,出现了阵雨和雷阵雨天气,给飞机增雨作业带来了很大困难。我们利用了沈阳新一代天气雷达指挥增雨作业,既保证了飞行安全,同时又对作业云系催化部位进行了有的放矢的科学播撒,增雨效果明显。

1 天气形势分析

1.1 高空

2004年6月17日08时500 hPa图上,乌拉尔山以东到我国内蒙古西部受西风带高压脊控制,高压脊与温度脊重合,形成稳定高压。同时在高压脊前有一股中等强度的冷空气由俄罗斯的贝加尔湖地区向东南方向移动,并进入我国内蒙古东部—华北东部一带,形成一大范围的低槽区,在华北—辽宁西部有气旋环流并且形成冷涡,槽线在赤峰—太原。在冷涡前部,我国东北的松辽平原以东—日本海存在着很强的西风带高压脊,太平洋副热带高压与西风带高压结合形成混体高压,588线(副高外围线)北上到达我国长江流域到日本的北部。这一混体高压对冷涡构成阻挡,影响东蒙冷涡少动,在阻高后部和槽线前部辽宁的辽河流域以东,冷涡前和高压后部有1支大于12 m/s的西南风急流,将渤海和黄海北部的暖湿气流向辽宁中北部地区输送。850 hPa图上,冷涡中心在河北省的承德一带,冷中心在冷涡前部,辽宁的锦州和冷涡下游的我国东北地区—日本海到日本东部的太平洋上存在着1个较强的混体高压,148线(副高外围线)进入我国东部沿海,使得冷涡受阻、东移缓慢。另外在冷涡前部和高压后部辽宁地区有湿度区($t - t_d < 3^\circ\text{C}$)。以上2层冷涡中心位置比较接近。

1.2 地面和卫星云图

地面天气形势。17日08时在日本岛东部的洋面上存在着较强的高压中心。这个强高压中心与高空高压配合,缓慢向东偏南方向移动。高压后部,我国内蒙古东部—河北和山西省的大片范围受低压带控制。低压带内分别有2个低压中心,1个在内蒙古的赤峰,另1个在山西省的长治一带,低压移动方向为东南。随着高压向东南移动,影响辽宁的低压位于赤峰。

同日,卫星云图上与低压相配合的是大片的积层混合云系。这一云系随着天气系统的临近,在东移时强度逐渐加大、发展,表现为云系由松散结构变为紧密结构,由灰暗色向白色变化,并呈现出气旋性的弯曲。

1.3 雷达观测

6月17日19:00雷达回波图1a(PPI)显示仰角为 0.5° 、

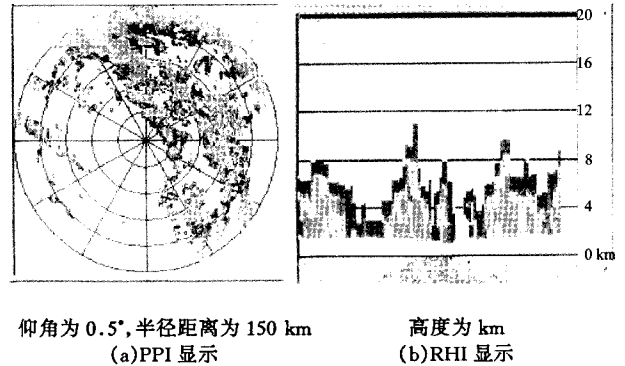


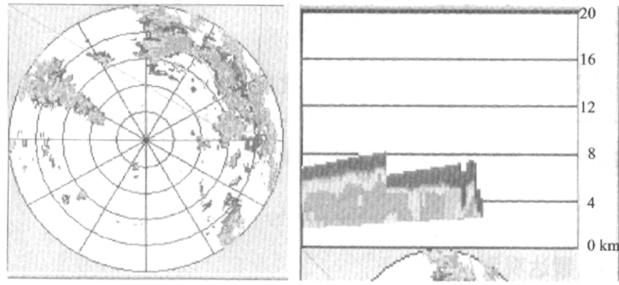
图1 6月17日19:00雷达回波

距离为150 km,辽宁北部的铁岭、法库、康平、开原、昌图及东部的清原一带有积状和层状云的混合云零散回波区。该回波与850 hPa图上 $t - t_d < 3^\circ\text{C}$ 区域位置相配合,回波强度为25~30 dBz,范围大,零散不连片。高度(RHI)显示(图1b),在康平、法库、铁岭、开原、清原,每个地区都有相互独立的积云团,高度为5~6 km,有较强的回波中心,在外围层状云区已经开始连片。从回波结构分析,19:00平显在独立的各云团之间最强达到30 dBz,可分析出是1种层积混合云的大面积回波;高显分析,在这一大范围的云系当中,独立云团核心部位最高可达8 km,最低为2 km。从以上分析表明,这片积层混合云区在天气系统配和下,有较好的水汽区补充,具有增雨作业催化潜力,催化后雨层将会进一步发展。

2 飞机增雨作业

通过上述天气系统分析和雷达连续跟踪观测分析后,得出在冷涡前部和高压后部发展起来的这一云系有较好的水汽条件,并且在高压后部的西南气流引导下不断的水汽向这一云区补充,人工增雨作业的潜力较大。辽宁省人工影响天气指挥中心决定进行1次夜航增雨催化作业,航线定为辽宁北部的法库、开原、昌图、铁岭、清原等干旱地区。19:10增雨飞机起飞,19:27开始在辽宁北部的这片零散的积状、层状混合云回波区域进行环形播撒催化作业。在高空偏南风的作用下,催化剂向东北方向扩散、发展(飞播高度4 200 km,风速为8~12 m/s)。约30 min后,云团迅速发展。19:54雷达回波PPI(图2a)显示:铁岭市和法库、康平、昌图、开原一带云系强烈发展后产生降水。在高显RHI(图2b)非常清楚地看出,原来互相独立、间断的不连续回波发展已变化成连续的均匀回

波,强回波连成一体,强度为 30~40 dBz,高度为 6~7 km,局部高度为 8km。20:11:46, PPI 显示分析出,开原—



仰角为 0.5°, 半径距离为 150 km 高度为 km
(a)PPI 显示 (b)RHI 显示

图 2 6 月 17 日 19:54 雷达回波

昌图和西丰—清原之间原来回波零散、孤立已经变化为连续成片的降水云回波,回波强度为 30~40 dBz, RHI 回波为 6~7 km, 局部高度 8 km。

3 增雨效果的物理检验

通过雷达回波强度、区域的变化进行人工增雨效果物理检验。首先选出作业区 A 和对比区 B₁, B₂ (图 3)。作业区与

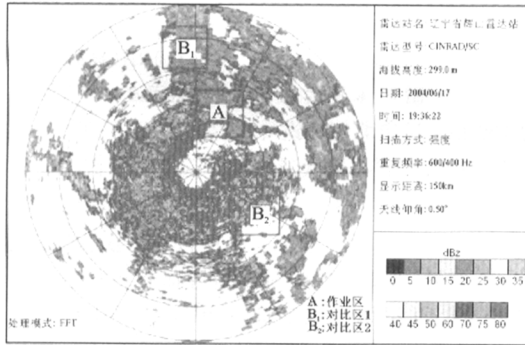


图 3 作业区与对比区比较

对比区是在同一天气系统影响下的区域,而且 2 个区域在互相没有任何影响的条件下进行比较。对比区的 B₁ 区和 B₂ 区分别选在了作业区 A 的北部和南部,区域面积相等,各区域均受高空的西南风急流影响。增雨飞机在 19:27 进入作业区域开始催化作业。这时雷达跟踪云系的发展变化,从每 9 min 的 PPI 显示和图 4—图 6 中的曲线变化可看出:对比区的 B₁, B₂

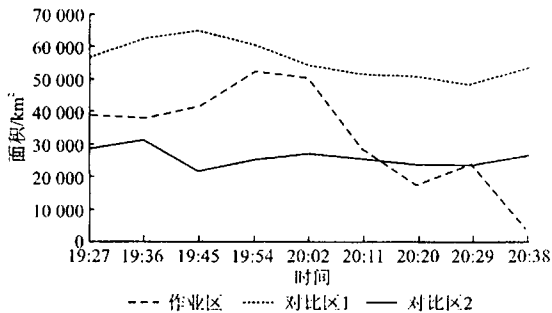


图 4 作业区与对比区的 25 dBz 雷达回波曲线

曲线较为平稳,无明显变化。而作业区域 A 曲线的变化非常明显,19:27~19:54 近 30 min 的时间内,经过催化作业后雷达回波强度增强,强回波区域不断扩大,说明在混合冷云中人工催化剂增加凝结核,迅速形成大量的浓度为 10~100/L 的冰

晶^[1],通过“蒸—凝”过程使云系发展,又迅速转化为降水。从图 6 中看出,19:54 云系发展,区域逐渐增大,降水后能量释

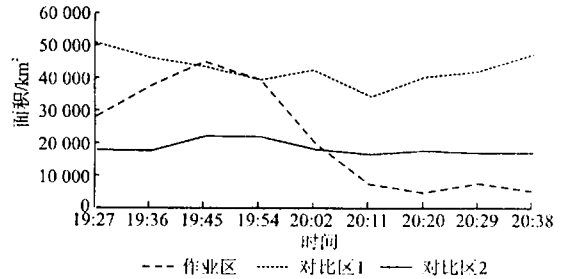


图 5 作业区与对比区的 30 dBz 雷达回波曲线

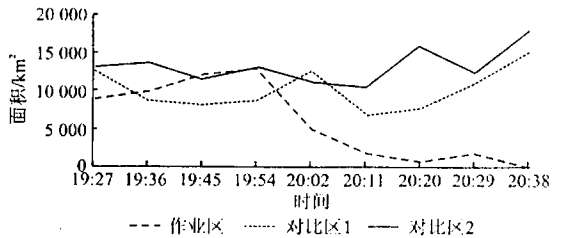


图 6 作业区与对比区的 35 dBz 雷达回波曲线

放,强度下降,回波区域减小。在图 4 中则是在 20:02 以前回波区域增大,以后开始减弱,区域减小;对比区的云系没有进行催化,回波强度与区域的曲线始终平稳,既不增强也不下降^[2]。通过物理检验表明,这次人工增雨作业效果是相当明显的。

4 增雨作业后降水显著

增雨飞机穿云播撒催化剂之后,雷达跟踪观测回波表现为播撒区云系明显增厚,范围增大,地面产生降水。在干旱严重的昌图 24 h 降水量为 34 mm,开原降水量为 29 mm,为大雨;其他地区为小雨 (表 1)。在 40 d 无降水的旱区,迎来

表 1 6 月 17 日 08 时~18 日 08 时各地降水量

地区	昌图	开原	沈阳	新民	法库	铁岭	清原	章党
雨量/mm	34	29	10	12	10	9	10	9

了宝贵的降雨。这次人工增雨作业飞行区域总降水量合为 5.570 7 亿 m³,增雨量为 1.414 亿 m³,缓解了干旱地区的旱情。

5 结论

通过以上分析得出,在高空东北冷涡环流形势控制下,地面有东北低压配合,多数可在冷涡前部产生积状云和层状云的混合云,表现为零散、孤立不连片云系,在有西南风气流输送湿空气向北移动补充时,对云系可进行飞机增雨催化;可选择在云体过冷却湿度区(-10~-20℃)部位,播撒适量碘化银(AgI)催化剂,促使大量的人工冰核迅速形成冰晶,通过蒸—凝过程使云中过冷水转化为降水;凝华潜热的释放导致云内空气增温和局部上升运动加大,云系可进一步发展使降水持续时间增加;利用新一代天气雷达指挥人工增雨作业,既能很好地捕捉到有利的天气时机,又能科学地实施人工增雨作业。

参考文献

- 1 张增昌. 雷达气象学. 北京: 气象出版社, 2001.
- 2 章澄昌. 人工影响天气概论. 北京: 气象出版社, 1992.