

新一代天气雷达产品在人工增雨作业中的应用^①

陈 冰 张深寿 冯晋勤

(福建省龙岩市气象局, 364000)

提 要

将新一代天气雷达产品和常规天气分析结合起来对 2002 年 5 月 10 日闽西武平县人工增雨作业条件和效果进行综合分析。结果表明:(1)将新一代天气雷达的众多产品结合常规天气分析,可提高人工增雨作业和效果评价的科学性、准确性;(2)人工增雨作业取得明显效果,增雨 $1.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

关键词: 人工增雨 新一代天气雷达 回波特征

引 言

我国是一个气象灾害多发的国家,工农业生产一直受到干旱、洪涝等气象灾害的威胁。随着国家经济发展和科学技术水平的提高,人工增雨在防御和减轻干旱以及水资源管理中发挥越来越大作用。特别是近年来,大气科学整体水平已有长足进展,综合利用多参数气象雷达、云物理探测飞机、气象卫星、地理信息技术、中小尺度气象监测网、新型的催化剂和播撒工具等促进了人工增雨的科学技术发展和人工增雨作业水平的提高。

常规天气雷达利用降水回波的信息,来探测雨区的分布、强度、垂直结构等特征。新一代天气雷达(CINRAD)除提供常规天气雷达所能提供的回波信息外,还利用多普勒效应测定降水粒子的径向运动速度,并通过这种速度信息研究,提供诸如风场结构特征的信息、垂直积分液态水含量等众多信息。

1999 年起国内开始陆续安装新一代天气雷达,许多云物理工作者充分利用新一代天气雷达开展了云和降水研究。陈秋萍等(2001 年)利用建阳新一代天气雷达对南方

对流云开展系统研究,取得大量有意义的结果^[1]。2002 年福建省南部陆续出现干旱天气,在实施抗旱人工增雨作业过程中充分发挥新一代天气雷达特殊功能,将其提供的众多产品与常规探测所获取的各种信息相结合,制定最佳作业方案,选择合适作业时机并对效果进行科学评价,取得明显的经济和社会效益。

本文将新一代天气雷达资料和常规天气分析相结合对作业云雷达回波特征、作业效果进行科学分析,取得有意义结果,对指导人工增雨有一定参考作用。

1 旱情分析

2002 年福建省龙岩市气候异常,1 月到 5 月全市雨量偏少 40%~54%。特别是 4 月份以来,大部分地方由早春旱发展为严重春旱,由于持续晴天高温,旱情呈严重蔓延之势,据不完全统计,到 5 月 6 日止,全市受旱较严重的有 7 个县 65 个乡镇,农作物受旱面积已达 $4.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$,其中重旱 $2.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。大小水库蓄水量接近历年同期最低值,全市 60% 水库已到死水位或空库。针

① 本项研究得到中国科技部和福建省科技厅重大项目资助。

对旱情已对本地夏秋农业生产和经济发展造成很大影响,各级部门决定实施人工增雨作业。

根据旱区分布和抗旱的要求,在龙岩市武平县设置两个“三七”高炮人工增雨作业点:黄坊村(位于武平县城西北,距武平县城12km)和老城村(位于武平县城东南,距武平县城9km)。

2 天气形势分析

从5月9日08时500hPa形势图(图1)来看,欧亚40°以北为宽广槽区,多移动性短波槽活动。100~120°E 20个经距内有两个低槽,东槽位于我国东北地区,西槽位于贝加尔湖附近。同时在高原东部有一小槽,与贝加尔湖槽形成阶梯槽形势。随后,东槽东移减弱,贝加尔湖槽与高原东部小槽叠加并发展,10日08时,槽后西北气流从贝加尔湖吹到了长江以南,冷空气从贝加尔湖南下,影响江南、华南大部地区。而低纬地区,副高西脊点西伸到华南沿海,南支槽位于孟加拉湾,副高西北侧,南支槽的西南气流为华南地区上空带来充沛的水汽,并与北方南下的冷空气相互作用,形成了有利于江南、华南产生明显降水的稳定的大环流形势。

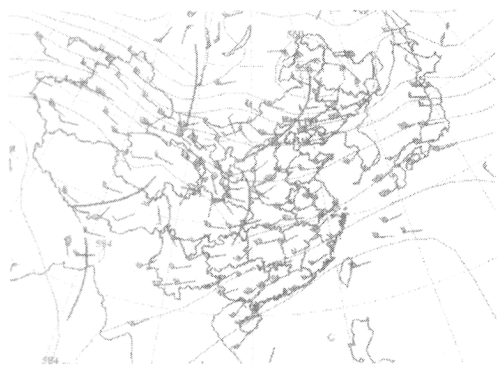


图1 2002年5月9日08时500hPa形势图

850hPa(图略),9日低涡位于长江口,切变从低涡中心经江西、湖南境内,随高空低槽发展东移引发低涡发展东移、切变南压,10

日08时切变已压到福建省西北部。地面冷锋9日08时位于福建省武夷山附近(图2),随后也逐渐南压,扫过福建省,于11日压到南海。从10日0时30分的卫星云图的水汽图(图3)可清晰地看出,在广东有一条水汽输送带。综上所述,高低空环流形成了有利的降水形势,5月9~10日福建省由北而南将会有一次明显的天气过程,有利于人工增雨作业。

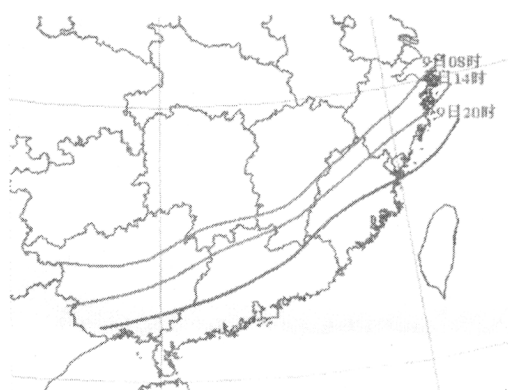


图2 2002年5月9日08、14、20时地面锋面位置

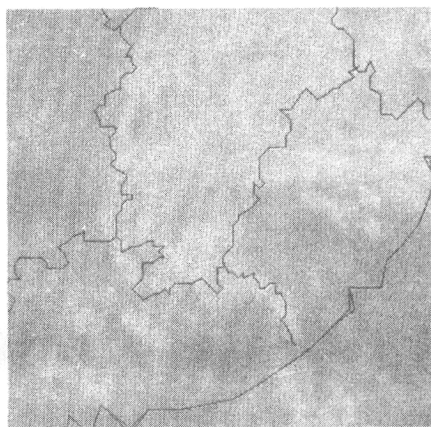


图3 作业前水汽图(5月10日00时30分)

3 作业云雷达回波分析

分析5月9~10日雷达回波图,可以看出,随着地面锋面南压,在雷达460km探测范围内,有一条降水回波带生成(图4,见封二),回波带的位置与地面锋面位置大体一致,回波带呈东北—西南向。至10日凌晨,

回波带尺度为 $500 \times 130 \text{ km}^2$, 强回波中心强度为 45 dBz 左右, 回波顶高为 $5 \sim 8 \text{ km}$ 。主要分布在广东北部的连平附近和江西的宁都到福建省的泰宁一带。雷达 230 km 探测范围内回波带的垂直积分液态含水量为 $1 \sim 5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 。回波带以每小时大约 55 km 的速度向东北方向移动。

5月10日0时在武平县作业点西南方约 80 km 的广东西北与江西南面有块 $100 \times 120 \text{ km}^2$ 较强回波, 向东北方向移动, 逐渐向作业点靠近。1:25 强回波移至作业点西南面, 回波强度为 $30 \sim 45 \text{ dBz}$, 回波顶为 $5 \sim 8 \text{ km}$, 从当天探空资料可知, 0° 层高度在 $4600 \sim 4800 \text{ m}$ 左右。根据事先制订的作业云指标和作业方案, 1:20~1:47 在武平县黄坊村和老城村两个作业点同时对这块云体实施人工增雨作业, 共发射“三七”高炮炮弹 80 发。

4 作业效果分析

通过对作业后地面雨量的统计分析和对新一代天气雷达提供的产品分析, 对作业效果进行科学评价。

4.1 增雨效果的地面雨量分析

作业后, 通过 CINRAD 对作业云的跟踪监测, 发现作业云以每小时 $50 \sim 60 \text{ km}$ 的速度沿东北方移动。根据作业云的移动方向和速度, 确定影响区 and 对比区。

4.1.1 作业后影响区区域雨量分布

图 5 是作业后影响区区域的雨量分布图。从图 5 可以看出作业后的下风方作业云移动的径路上出现一条降水中心值为 25 mm 以上的雨带。这说明人工增雨作业后可能使下风方雨量明显增大。

4.1.2 增雨效果统计分析

人工增雨效果评估十分复杂, 主要包括科学的作业设计、相应配套的预测探测, 确认的技术装备, 适合催化的云系。我们在如下简单假定下计算人工增雨作业增加的总降水量为:

$$V = (R_1 - R_2)S$$

其中, R_1 和 R_2 分别为影响区 and 对比区的平均雨量, S 为影响区的面积。

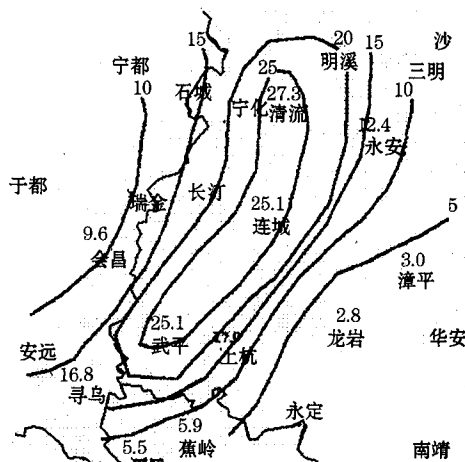


图 5 作业后, 作业区域的雨量分布
(5月10日 00~08 时)

表 1 给出作业后影响区 and 对比区雨量点 00~08 时的降雨量。

表 1 作业后对比区 and 影响区雨量
(10 日 00 时~08 时雨量)

对比区	雨量(mm)	影响区	雨量(mm)
永安	12.4	武平	25.1
寻乌	16.8	上杭	17.9
会昌	9.6	连城	25.1
平远	5.5		
蕉岭	5.9		
清流	27.3		
永定	3.0		
漳平	3.0		
龙岩	2.8		
平均降雨量	9.6	平均降雨量	22.7

影响区面积为 8568 km^2 , 影响区平均降水量 $R_1 = 22.7 \text{ mm}$, 对比区平均降水量 $R_2 = 9.6 \text{ mm}$ 。由上式得到人工增雨作业后在影响区, 降雨量增加 13.1 mm , 总降水量增加 $1.12 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

4.2 作业前后 CINRAD 回波特征对比

对作业前后 CINRAD 各种产品特征对比分析, 可以给人工增雨的作业效果提供证

据。图6(见封二)是作业前后 CINRAD 回波特征对比图。

4.2.1 作业前后作业云的基本反射率的变化

从图6可以看出,作业云作业前基本反射率最大为40~45dBz,作业结束后10~20分钟,作业点基本反射率增强到50dBz,同时作业云基本反射率为40~50dBz的面积比作业前增大一倍以上,同时在作业点的下风方出现了基本反射率为45~50dBz的强中心。

4.2.2 作业前后垂直积分液态含水量变化

图7(见封二)给出作业前后垂直积分液态含水量,从图7可以看出,作业前作业云的垂直积分液态含水量为 $1\sim 5\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$,作业后垂直积分液态含水量明显增大,达到 $10\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

4.2.3 作业后1小时累计降水量变化

图8(见封三)给出 CINRAD 1小时累计降水量随时间变化图,每幅图时间间隔12分钟。从图中可以看出,作业前作业云的1小时累计降水量为0.0~2.5mm,作业后20分钟在作业点及下风方出现12.7~25.4mm的强中心,而且强中心随作业云向下风方移动。

5 结论

(1)闽西武平县2002年5月10日人工增雨作业取得明显效果,作业后作业点下风方出现明显的增雨中心,增雨中心的雨量值为27.3mm。统计分析在 8568km^2 影响区内增雨12.9mm,增加总降水量 $1.1\times 10^8\text{m}^3$ 。

(2)分析 CINRAD 产品表明,作业前后,回波参数发生明显的变化,基本反射率在作业后明显增强,从作业前的40~45dBz增强到50dBz,且强中心范围增强明显增大;垂直积分液态含水量,作业云作业前为 $1\sim 5\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$,作业后作业点增加到 $10\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$;1小时累计降水量由0.0~2.5mm,增加到2.5~25.4mm;其中包含有自然云和降水及人工增雨引起的变化,如何区分它们有待进一步研究。

(3)CINRAD 产品和常规天气资料结合有利于提高人工增雨的科学性和准确性。

致谢: 本研究在福建省气象科学研究所曾光平正研高工指导下开展,刘爱鸣高工对本文提出修改意见,特此致谢!

参考文献

- 1 陈秋萍,曾光平等.利用雷达回波资料对夏季对流云降水的初步探讨.应用气象学报,2002,13(3).

Application of CINRAD Data to Artificial Precipitation Enhancement in the West of Fujian

Chen Bing Zhang Shenshou Feng Jinjin

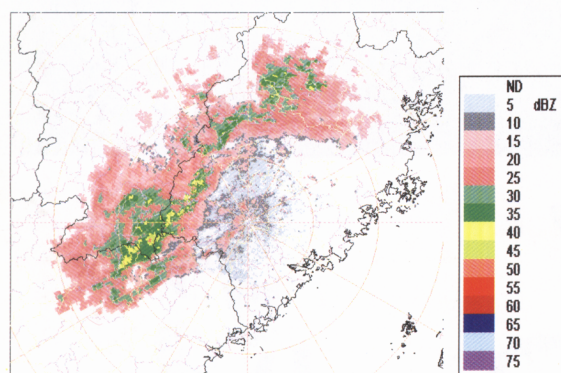
(Longyan Meteorological Office, Fujian Province 364000)

Abstract

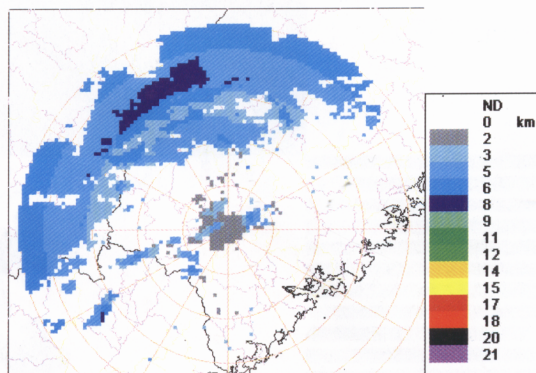
The operational conditions and effect of the artificial precipitation enhancement in Wuping County of Fujian Province is investigated by using the Doppler Radar (CINRAD) data and the routine weather analysis on 10 May 2002. The result indicates: Combined the CINDAR data with general meteorological observations, the artificial precipitation enhancement effect can be improved, and increased by $1.1\times 10^8\text{m}^3$.

Key Words: artificial precipitation enhancement CINRAD echo

《新一代天气雷达产品在人工增雨作业中的应用》附图

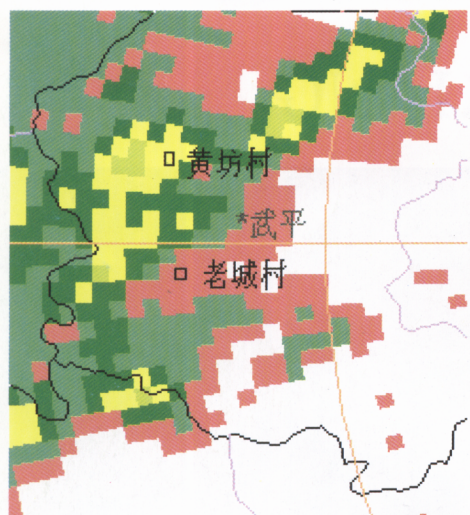


a 基本反射率 (460k)

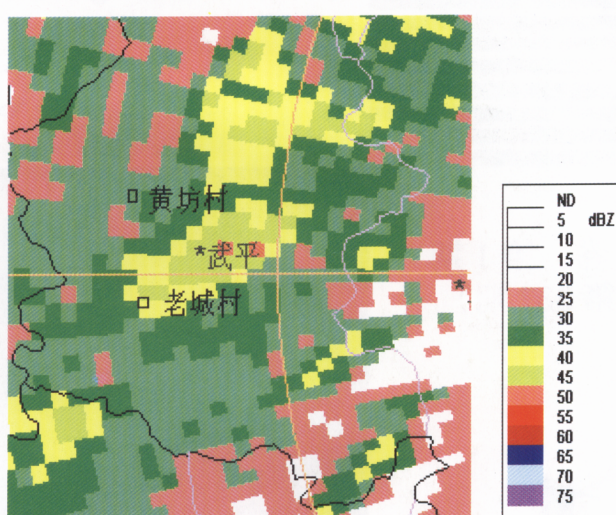


b 回波顶高 (230k)

图4 人工增雨前5月10日0时(CINRAD)回波特征

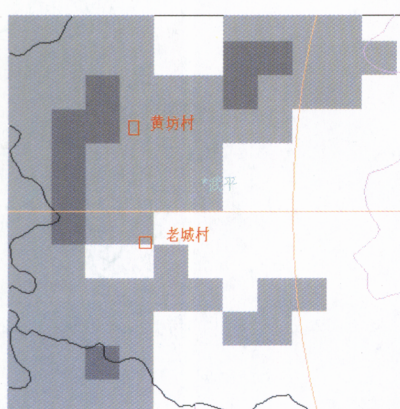


作业前 (10日1时19分)

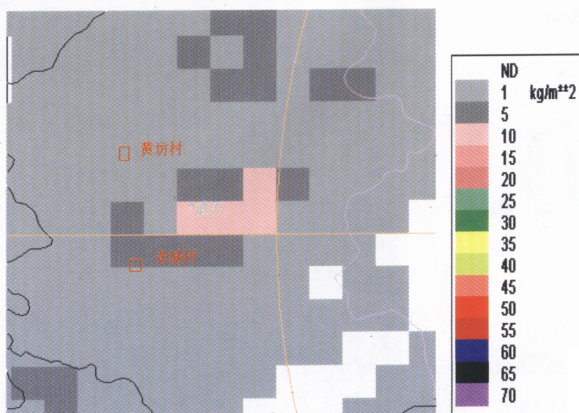


作业后 (10日2时01分)

图6 作业前后基本反射率



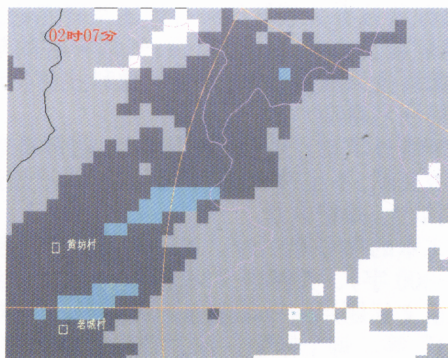
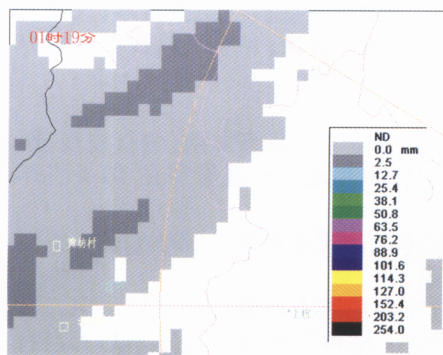
作业前 (10日1时19分)



作业后 (10日2时01分)

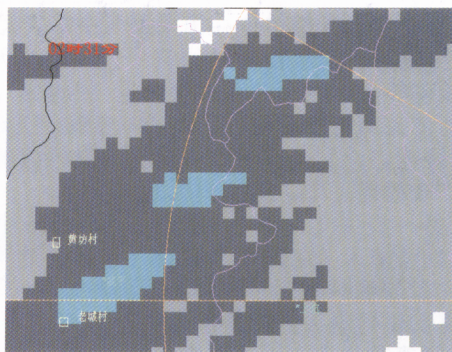
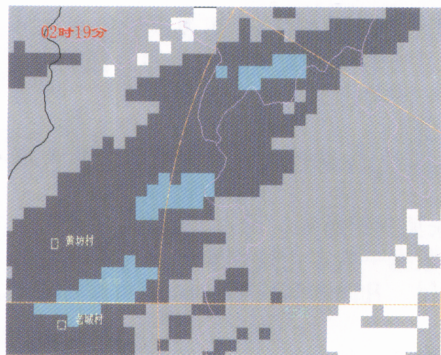
图7 作业前后垂直积分液态含水量

《新一代天气雷达产品在人工增雨作业中的应用》附图



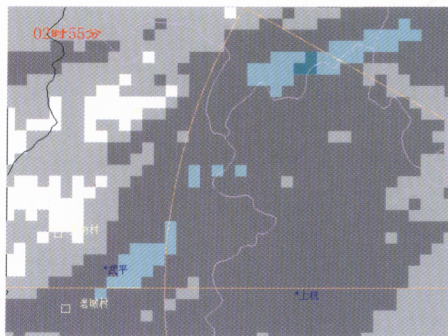
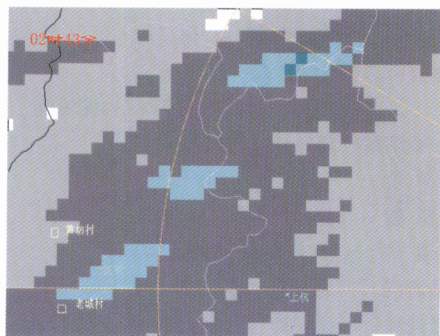
作业前 (10 日 01 时 19 分)

作业后 (10 日 02 时 07 分)



作业后 (10 日 02 时 19 分)

作业后 (10 日 02 时 31 分)



作业后 (10 日 02 时 43 分)

作业后 (10 日 02 时 55 分)

图 8 作业前后 1 小时累积降水量