

闽中北冰雹概念模型

陈秋萍 傅伟辉 吴木贵 赖荣钦

(福建省建阳气象雷达站, 354200)

提 要

通过对近 10 年 64 次降雹过程进行分析, 将天气类型分为 3 种, 然后归纳总结各天气型下的雹云源地、路径、回波特征、物理量特征, 建立闽中北冰雹 3 种概念模型。

关键词: 天气型 雷达回波 冰雹 概念模型

引 言

冰雹是闽中北主要灾害性天气之一, 虽然大多为局地性过程, 降雹范围小, 但它给工农业生产、人民生命财产安全带来很大危害, 尤其是大范围的降雹过程更是如此。如何提高强对流天气的预报准确率, 美国采用的预报过程是: 强对流参数估计、强对流风暴天气型识别和强对流风暴气候(学)特征^[1]。本文将闽中北地区近 10 年降雹过程天气分型, 并对各天气型下雷达回波、物理量等进行分析、统计, 目的是将天气图等常规资料与雷达资料结合使用, 提高冰雹短时预报准确率。

1 资料选取和研究方法

1.1 资料选取

资料范围取南平地区、三明地区、宁德和福州部分县市共 35 个站, 使用 1991~2001 年(1999 年缺资料)共 10 年实况资料, 将 1 站或多站出现冰雹作为一个降雹日共有 64 个降雹日(其中有 2 例不能入型, 不作分析、统计)。天气图资料也选用对应时段 08 时、20 时的高空、地面的历史天气图资料。

1.2 研究方法

本文主要对 850hPa 天气图进行分型。取降雹当天 08 时、20 时及第二天 08 时、20 时的 500hPa、700hPa、850hPa、地面天气图, 分析主导系统及其运动情况。基本上可以将

其分为三种类型: 冷式切变或槽影响型、西南气流影响型、副高型。然后分析总结这三种类型的雷达回波、回波参数等特征。

2 概念模型

2.1 冷式切变(或槽)影响型(I 型, 20 例)

2.1.1 天气形势

以北面南下冷性系统为主导。500hPa 图上: 有南支槽或北支槽, 大多处于 A 区(20~30°N、110~120°E, 下同)以北或以西, 未来东移南压(A 区为槽前 SW 气流)。850hPa 图上: 切变线或槽线在 A 区, 未来东移南压或本站附近有低涡中心。地面上大多有锋面。

2.1.2 回波特征

(1)源地: 主要有 4 处:

① 德兴、横峰、宜黄、南丰一线。② 黄坑、武夷山。③ 明溪、永安、三明。④ 永太西面。

(2)加强区: 源地①加强区在南丰、黎川、铅山、广丰。源地②~④基本上在源地附近移动中较快发展加强。

(3)路径: 该型路径基本上为 NW→SE 及 W→E 向。

(4)回波特征: 该型初期回波约 80% 来自西北侧的德兴、广丰、宜黄、广昌一线(①源地), 呈 NE—SW 走向, 主要生成于切变南

侧、锋面附近,随切变、锋面南压而南压。随着回波的移近,有的带上块状单体弥合成对流回波带,带体较窄(图略),该型回波对流发展旺盛,顶高较高、强度强。RHI上呈柱状,有时可观测到假回波尖顶,有的还可观测到悬挂回波、弱回波等特殊结构。测站附近不会形成絮状回波团,只是有的带上单体弥合成絮状对流混合带,带体变宽,且回波带不在测站长时间停滞维持,这种回波带南压大部分影响南平及宁德,少数回波带路径偏南则还会影响三明、福州。值得一提的是很多冰雹并非由带上强核单体造成,而是回波带东移南压中在其前沿(方)激发块状对流单体(源地②、③多属此类),这些单体有的独立存在,有的并入回波带,尔后带上原强核逐渐减弱。因此,对这些回波带前受激发单体应注意其有否冰雹发展的可能。

(5)结束:过程结束有2种形式,一是回波带路径偏北,东南移到测站后转偏东或东偏南,进入三明北部、宁德及浙南,这种几率大。二是回波带路径偏南,一路均向东南方向移动,进入三明、宁德、福州,大多强度已减弱,少数仍造成闽中局地降雹。

2.2 西南气流影响型(Ⅱ型,28例)

2.2.1 天气形势

在500hPa上,南支槽、北支槽大多处于A区以西或以北,福建省处于槽前西或西南气流控制。850hPa上,切变线位于A区以北或以西,A区处切变南侧西南气流控制,未来西南气流加强或切变线北抬或维持原地。

2.2.2 回波特征

(1)源地:该型回波源地有5处:

①生成于测站西南侧的广昌、建宁、宁化、清流、明溪的对流单体,呈NW—SE走向。②测站南侧永安、大田、三明、沙县生成。③永太西面生成。④测站西北侧的邵武、黄坑、武夷山生成。⑤德兴、横峰、玉山一带生成。

(2)加强区:①、②为建宁、明溪、沙县、尤溪、古田等地。③为永太附近。④为武夷山附近。⑤为横峰、广丰一带。

(3)路径:各个源地的回波移动路径基本上为SW→NE及W→E。

(4)回波特征:对流发展初期回波形状多呈块状,只有①类为带状(图略),对流单体强度强、高度高,有的雹云发展迅速,相当一部分降雹出现在独立的单体中,其降雹持续时间短。RHI上多呈柱状,有的也有低空后倾,高空前倾、悬挂、弱回波等特征。各源地的回波特征基本一样,只是其移动路径、影响区域有差异。

①源地回波生成后向东北移动,影响三明西北部、南平、宁德中北部,有的到测站附近合并成大块絮状回波,后继续北抬进入浙江,进入浙江前常是块状单体排列成NW—SE短带。

②源地回波向东北移动(但北分量不如宁化、清流生成的单体),移动中常合并成大块单体影响三明、宁德及南平南部。

③源地回波以块状单体形状向偏东移动,影响福州。

④源地回波以块状单体形状向东北或偏东移动,影响南平中北部,后进入浙江。

⑤源地回波随着切变的南压靠近,以块絮状形状向东南伸展,影响南平东北部,但最终回波不会南压,而是北抬进入浙江。

2.3 副高(Ⅲ型,14例)

2.3.1 天气形势

500hPa上为5880gpm等值线控制内,或处于副高边缘(包含有副高北侧、南侧、大陆高压或海上西伸副高4种),高低空均无急流。850hPa上1520gpm线控制(有5例为1480gpm线),无其它天气系统影响,切变在汉口以北或以西,未来不会南压。地面A区绝大部分无锋面。

2.3.2 回波特征

(1) 源地:大多数午后在测站四周(探测范围内)对流单体生成,分布零散、无规律。少数上午就有回波生成。

(2) 加强区:午后对流单体在原地发展加强。

(3) 回波特征:回波生成在副高5880gpm线内或其边缘。初生时对流单体尺度小,发展加强后,对流特征明显,呈块状,块体结实、明亮,边缘清晰,高度高,强度强,强度梯度大(图略)。有的单体合并成多核强单体,此时这些对流云体的生命史变长,尺度变大。该型回波大多移动缓慢,不同区域回波移向常常不一致(与高空风有联系)。垂直剖面上呈柱状、纺锤状,较陡直,无倾斜结构,因此这类回波产生的降雹一般是短时的、局部的,不会一个单体连续造成几处降雹。

(4) 结束:入夜后,回波逐渐原地减弱、消散。

3 回波参数特征

统计1991~2001年713雷达探测的3~4月有回波强度、高度、强度层次资料的冰雹样本,结果见表1。

表1 713雷达冰雹回波参数统计

	$R(1.5^\circ)/\text{dBz}$	H_0/km	H_{30}/km
最大	62	17.0	12.0
最小	40	12.0	10.0
平均	51.8	13.7	11.2

考虑到目前(2002年业务试运行)及今后业务使用的是新一代天气雷达(CINRAD/SA),由于站址、雷达参数变化,会导致回波参数变化。因此,利用2002~2003年3~4月降雹(23个样本)资料进行统计,结果见表2。 $R(1.5^\circ)$ 最小2个为55dBz,比表4(713)中要大15dBz,其平均值及最大值均大13dBz以上;回波高度也有所差异。

此外,降雹前及降雹前期强回波高度较高,后期则其高度下降,2002~2003年雹云资料中 $\geq 65\text{dBz}$ 的高度74%在6km以上,此高度以下的多是处于降雹的后期,因此,通过

强回波高度变化,可以判断雹云所处不同阶段,进而对其下游的预报提供判断依据。

表2 CINRAD/SA 雷达冰雹回波参数统计

	CR /dBz	VIL /kg·m ⁻²	$R(1.5^\circ)$ /dBz	H_0 /km	H_{30} /km	H_{40} /km	H_{50} /km
最大	75	70	75	16.5	15.5	14.5	13.0
最小	65	30	55	10	9.5	8.0	6.5
平均	68.7	50.7	64.6	13.1	12.7	11.7	10.3

注:VIL:垂直积分液态含水量,CR:组合反射率, $R(1.5^\circ)$:仰角为 1.5° 基本反射率, H_0 :无衰减时回波顶高, H_{30} :强度30dBz回波顶高,依此类推。

4 物理量特征

雹暴的发生需要有利的的环境条件,计算雹日当天08时、20时邵武、福州两站的若干物理量,进行统计分析,发现I、II型的物理量条件差异不大,但与III型有所区别。

4.1 I、II型物理量特征

(1) 风垂直切变 $[\Delta U_z = (U_{500} - U_{850})/(H_{500} - H_{850})]$

风垂直切变是普通风暴转变为强风暴的重要条件,闽中北I、II型天气下发生冰雹时大多数(90%以上)西风垂直切 ΔU_z 可达 $1.0 \times 10^{-3} \sim 10 \times 10^{-3} \text{s}^{-1}$,平均则为 $3.4 \times 10^{-3} \text{s}^{-1}$ 。

(2) $\Delta \theta_{se(500-850)}$

统计邵武 $\Delta \theta_{se(500-850)}$,发现34例(76%)的 $\Delta \theta_{se(500-850)} \leq 0^\circ\text{C}$,其中18例(29%)的 $\Delta \theta_{se(500-850)} \leq -6^\circ\text{C}$ 。有7例是在很稳定条件下产生的($\Delta \theta_{se(500-850)} > 12^\circ\text{C}$, $SI > 10^\circ\text{C}$),而且风切变都很大($\Delta U_z > 6.3 \times 10^{-3} \text{s}^{-1}$),并且这种环境条件在当日20时仍基本维持。这种环境下雹暴发展能量可能来自边界层内的热力不稳定能量及环境流场的水平运动动能^[2]。

(3) 500hPa($T - T_d$)值

中层干冷空气对形成下沉气流有重要作用,而下沉气流是对流组织化的重要一环。统计中规定($T - T_d$) $\leq 5^\circ\text{C}$ 为湿, $5^\circ\text{C} < (T -$

$T_d) \leq 10^\circ\text{C}$ 为中等, $10^\circ\text{C} < (T - T_d) \leq 20^\circ\text{C}$ 为干, 大于 20°C 为很干, 则统计邵武站 $T - T_d$ (表略) 可见, “干”或“很干”几率 62%, 可见闽中北降水多数是在中层较干环境下产生的。

分析中发现有 6 例的不稳定能量是在前一天 20 时至当天 08 时之间由于上层干平流入侵而迅速建立起来, 其 $\Delta\theta_{se(500-850)}$ 的 12 小时变化量可小于 -7°C , 而 500hPa T_d 的变化量可小于 -10°C , 因此, 不稳定能量的建立除应注意低层湿平流外, 还应注意高层干平流。

(4) $(T - T_d)_{850}$

该值反映了低层饱和程度, 由邵武站 $(T - T_d)_{850}$ 统计结果可见大多数很潮湿, $(T - T_d) \leq 3^\circ\text{C}$ 几率为 83%, $(T - T_d) \leq 5^\circ\text{C}$ 几率 96%, 与此对应的是上层大多很干, 由此构成对流性不稳定。

4.2 III 型物理量特征

III 型与 I、II 型比较, 风垂直切变值大多数较小, 有 6 例比后者小 1~2 个量级, 其余 8 例最大为 $2.5 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$, 平均为 $1.5 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$, 因此用它表征该型下冰雹产生指标因子是不理想的; 500hPa $(T - T_d)$ 是干的几率仅 44.4%, 至于 850hPa 低层, $(T - T_d) \leq 3^\circ\text{C}$ 的几率仅为 7.1% (I、II 型达 83%), 即上干

下湿的条件常常不满足。但是该型存在明显的位势不稳定, 该型雹日当天 08 时邵武站 $\Delta\theta_{se(500-850)} \leq -7^\circ\text{C}$ 的有 13 个, 其中 7 个小于 -13°C 。这种不稳定是由于副高内下沉堆积未伸展到下层或者由于上下层位势中心移动不一致而形成的。

5 结 语

闽中北冰雹的天气型基本上可以分为 3 大类, 但并不是很绝对, 有的一个过程中两种型相互转换, 比如过程前期受西南暖湿气流控制为 II 型, 后期冷空气快速南下影响, 又转为 I 型; 或当天 08 时为副高控制, 晚上 SW 风明显加强, 由 III 型转为 II 型 (降雹在次日凌晨), 因此有的过程可用 2 种天气型进行分析。

闽中北由于地形复杂, 雹云源地、路径也很复杂, 一个过程中常常出现多源地型, 但在进行天气分型基础上, 大致可以判断回波系统未来整体移动方向, 可能的雹云初生源地、路径, 而后根据回波参数等判别指标及回波演变、移动等情况进行短时预报、服务。

参考文献

- 1 彭治班, 刘健文, 郭虎等. 国外强对流天气的应用研究. 北京: 气象出版社, 2001: 306~315.
- 2 陆汉诚. 中尺度天气原理和预报. 北京: 气象出版社, 2000, 51~59.

Concept Model of Hail in Northern and Central Fujian Province

Chen Qiuping Fu Weihui Wu Mugui Lai Rongqing

(Jianyang Meteorological Radar Station, Fujian Province 354200)

Abstract

Sixty-four cases of hailfall for the past 20 years are analyzed. Three synoptic types are plotted. Source and path of hail cloud, echo characteristics, physical parameters characteristics of each synoptic type are given. Three concept models of hail in Northern and Central Fujian Province are established.

Key Words: synoptic type radar echo physical parameter concept model