第 15 卷 第 6 期
2021 年 12 月
沙 漠 与 绿 洲 气 象
Desert and Oasis Meteorology

段和平,马中元,谌芸,等.江西 5 月飑线天气雷达回波特征分析 [J].沙漠与绿洲气象,2021,15(6):75-82.
doi:10.12057/j.issn.1002-0799.2021.06.011

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

江西 5 月飑线天气雷达回波特征分析

段和平[1],马中元[2*],谌　芸[3],陈鲍发[4],黄中根[5],周晓香[6],周洁晨[1],计桂平[4]
(1.江西省气象监测预警与防护技术中心,江西　南昌 330046;2.江西省气象科学研究所,江西,南昌 330046;
3.国家气象中心,北京 100081;4.景德镇市气象局,江西　景德镇 333000;
5.九江市气象局,江西　九江 332000;6.江西省气象信息中心,江西　南昌 330095)

摘　要:使用 MICAPS 系统平台、地面要素资料、江西 WebGIS 雷达拼图和雷电数据等资料,对 2012—2021 年 32 次江西飑线过程和 2017—2020 年 5 月 4 次江西飑线过程进行统计和雷达回波特征分析,结果表明:(1)3—5 月是飑线天气过程高发期(占全年 90%),回波形态表现为飑线回波带上超级单体、飑线回波带上强单体、短带回波、超级单体(群)4 种类型。江西飑线主要产生≥17.2 m/s 的雷暴大风、暴雨和强雷电天气,但有 59% 的飑线伴有冰雹出现。(2)2017—2020 年 5 月 4 次江西飑线过程,出现≥17.2 m/s 雷暴大风和 ≥50.0 mm 的暴雨或大暴雨以及冰雹天气;飑线过程单点最大风速达到 37.1 m/s,单点最大日降水量 206.9 mm。(3)初始阶段的 A 回波带和 B 雷暴回波群的合并,是发展形成飑线的关键;回波带某段向前突出形成的“弓状”回波带结构,是江西飑线回波带强盛阶段的经典形态;飑线回波带上常伴有超级单体和强单体回波出现,且雷电分布密集,最大回波 CR 强度>60 dBZ。

关键词:江西飑线;天气系统;飑线回波特征
中图分类号:P458　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1002-0799(2021)06-0075-08

江西飑线过程主要发生在 3—5 月春季和 6—8 月夏季。3—5 月产生的飑线分为 2 个阶段:3—4 月以冰雹和雷暴大风天气为主的飑线天气;5 月以冰雹、雷暴大风和短时强降水为主的飑线天气。统计分析表明:2012—2021 年,江西 3—8 月共出现 32 次飑线天气过程,其中 5 月出现 14 次,江西 5 月飑线天气占全年飑线天气的 44%。本文从 2017—2020 年 5 月提取 4 次飑线过程进行分析,对了解江西 5 月飑线天气的活动很有意义。

收稿日期:2021-02-07;**修回日期**:2021-04-05
基金项目:国家自然科学基金面上项目(41975001);中国气象局气象关键技术集成与应用项目(CMAGJ2013M74);中国气象科学研究院开放课题(2012LASWB01);江苏省气象局北极阁开放研究基金(BJG201205);江西省气象局2020年面上项目(JX2020M05)
作者简介:段和平(1973—),男,高级工程师,主要从事雷电防护与预报技术研究。E-mail: 669117467@qq.com
通讯作者:马中元(1954—),男,高级工程师,主要从事天气预报和预报技术研究。E-mail: mazhongyuan1@163.com

国内不少专家学者对飑线天气研究颇多,取得不少研究成果。例如:高空槽前滞留的冷温槽利于产生强的对流不稳定,飑线发生前期低层强烈暖湿平流对建立静力不稳定起主导作用[1]。飑线发生环境条件为>4 000 J·kg^{-1} 的对流有效位能(CAPE)、中等强度 0~6 km 垂直风切变,是超级单体形成和维持的有利条件[2]。雷暴大风出现在飑线强回波带、弓形回波前沿和线风暴之间断裂带上[3]。飑线分为初始、发展和减弱 3 个阶段[4];分成 5 种类型:浅槽型、深槽型、高压边缘型、槽后型和冷涡型[5]。江西强对流天气主要有 8 种天气形势与云型:副热带高压边缘强对流云型、斜压扰动云系尾部强对流云型、地面倒槽中 MCS、东风波(热带低压倒槽)、冷锋前强对流云带、冷锋前部的 MCC、高空低槽后强对流云型、热带气旋及其外围飑线云带云型[6-8]。风暴跟踪信息 STI 应用在雷达拼图上,能较好地反映飑线天气的移动,并预示着回波系统的发展趋势。雷达拼图范围

比单部雷达更宽广，能有效地监测中尺度飑线回波系统[9-10]。弓形回波产生于飑线发展的前期和强降雨带减弱阶段，前者弓形回波产生大风明显大于后者[11]。江西飑线天气常有地面中小尺度辐合线、涡旋和温度锋区存在，飑线回波带常发展形成弓状回波结构，是造成雷暴大风的主要回波形式之一[12-13]。江西飑线回波带（带上伴随超级单体）是造成雷暴大风的主要类型之一；地面中尺度辐合线和中尺度温度锋区在江西中北部地区的长时间维持，是飑线及超级单体风暴在江西境内持续加强的有利条件之一[14-17]；飑线回波带上的强单体回波（>50 dBZ）与雷电强度和雷电密度有很好的对应关系；弓状回波带结构的强雷电最易发生在径向速度陡直“零直线”和 VIL 超过 50 kg/m^2 的地方[18-22]。这些研究成果为研究江西 5 月飑线天气提供了理论依据和基础。但是，这些研究成果没有针对某个季节或月份，例如：江西飑线出现频率最高的 5 月份，没有专门论述。

本文使用 MICAPS 系统平台资料、地面要素资料、江西 WebGIS 雷达拼图和江西雷电等资料，对江西 2012—2021 年 32 次江西飑线天气和 5 月 4 次飑线过程进行统计和对比分析，试图找出江西飑线活动的基本特征和雷达拼图回波特征，为做好江西飑线天气的监测预警服务提供依据。

1 资料来源

天气图分析和探空资料来源于 MICAPS 系统平台；地面雷暴大风和降水资料来源于江西自动站数据平台（http://10.116.32.81 地面要素检索部分）；雷达拼图资料来源于江西 WebGIS 雷达拼图平台（http://10.116.32.81 雷达拼图产品显示平台），这是集 24 部 S 波段多普勒天气雷达为一体的雷达拼图，范围 1 100 km×1 100 km，精度 1 km×1 km，使用组合反射率因子 CR 产品；雷电资料来源于江西气象内网雷电综合戒备服务平台。

2 江西飑线过程统计概况

2012—2021 年 5 月，江西飑线过程发生过 32 次，就飑线雷达回波特征（回波形态、组合反射率）和飑线产生的灾害性天气实况（雷暴大风、有无冰雹、暴雨和大暴雨、雷电次数）进行了统计分析（表 1）。

江西 3—5 月是飑线天气过程高发期，其中 3 月 7 次、4 月 8 次、5 月 14 次，5 月是高峰占 10 年总次数（32 次）的 44%。6—8 月各 1 次，1—2 月、9—12 月没有出现过飑线天气。

江西飑线在雷达拼图上的回波形态主要表现为：飑线回波带上超级单体（15 次）、飑线回波带上强单体（10 次）、短带回波（4 次）、超级单体群（3 次）4 种类型。在江西 WebGIS 雷达拼图上，组合反射率 CR 最大值为 75 dBZ，最小值为 55 dBZ，平均值为 62 dBZ。

江西飑线造成的灾害性天气主要是雷暴大风，≥17.2 m/s 的雷暴大风几乎在所有飑线过程中产生。一次飑线过程中（含国家站和区域站），雷暴大风最多为 611 站，最少为 7 站，平均值为 101 站。59% 的飑线过程伴有冰雹出现。由于冰雹天气尺度小、维持时间短，国家站记录不到，大部分冰雹反映是靠调查、微信照片、实况录像、民政部门材料等渠道获得，很难统计出站点次数。

江西飑线过程都伴随暴雨天气，甚至出现大暴雨。一次飑线过程，≥50.0 mm/24 h 暴雨最多为 712 站，最少为 2 站，平均值为 124 站；≥100.0 mm/24 h 的大暴雨最多为 142 站，最少为 0 站，平均值为 10 站；雨量最大值为 222.0 mm/24 h，最小值为 57.0 mm/24 h，平均值为 125.0 mm/24 h。

江西飑线过程中都伴有较强雷电天气，一次飑线过程中，最多出现雷电次数为 37 494 次，最少为 274 次，平均每次飑线过程出现：13 394 次雷电。闪电强度分为正闪和负闪。正闪最大 769 kV，最小为 43 kV，平均为 265 kV；负闪最大为 -48 kV，最小为 -784 kV，平均为 -308 kV。江西飑线过程的闪电强度比较频繁且较大。

3 天气实况与天气背景

3.1 天气实况

江西 5 月飑线的强对流天气主要表现为较大范围雷暴大风天气，常伴随冰雹、雷暴大风和短时强降水天气，从而形成暴雨或大暴雨天气。统计表明：江西 5 月飑线过程是 3—4 月飑线过程的总和；5 月飑线过程的雷电比 3—4 月飑线过程雷电有所增多和增强。2012—2021 年，江西 5 月出现 14 次飑线过程，提取其中 4 次飑线天气过程进行分析，这 4 次飑线过程都出现不同程度的冰雹、雷暴大风和暴雨、大暴雨天气（表 1）。

3.2 天气背景

江西 5 月 4 次飑线天气，500 hPa 伴有明显的高空低槽，槽前明显的上升运动是飑线生成的重要条件；地面伴有冷锋、倒槽或辐合线，锋面附近在低层 850~925 hPa 有明显的切变线，切变线南侧有明

表1　2012—2021年5月江西飑线过程雷达拼图回波特征和灾害性天气统计表

序号	日期	雷达拼图回波形态	回波强盛期		灾害性天气现象						
			时间（日时分）	组合反射率（CR）/dBZ	雷暴大风（站数/m/s）（≥17.2）	极大风速/(m/s)	冰雹（有/无）	≥50.0 mm/24 h暴雨站数	≥100.0 mm/24 h大暴雨站数	最大降水量/(mm/24 h)	雷电/次数
1	20120410*	飑线回波带上超级单体	10-18-00	70	107	47.8	有	19	0	70.1	17 247
2	20120423*	短带回波	24-12-30	65	40	37.3	无	117	17	130.4	4 079
3	20130319-20	飑线回波带上超级单体	19-22-00	70	102	60.1*	有	72	0	94.7	30 196
4	20140328-29	飑线回波带上超级单体	28-22-00	70	40	87.1*	有	127	13	137.8	12 670
5	20140718	飑线回波带上超级单体	18-18-00	70	86	52.8	有	3	0	74.1	23 694
6	20160415-16	飑线回波带上强单体	16-06-00	60	113	33.8	无	73	0	81.8	4 774
7	20170406	飑线回波带上超级单体	06-20-00	65	18	30.4	有	174	1	101.4	2 060
8	20170408	短带回波	09-04-00	55	69	30.3	无	98	6	134.1	6 209
9	20170416	飑线回波带上强单体	16-23-00	55	25	25.6	无	10	0	85.8	1 282
10	20170419	飑线回波带上强单体	20-04-00	55	17	28.8	无	181	3	108.9	2 198
11	20170503	飑线回波带上强单体	03-21-00	60	52	27.1	无	132	1	105.7	6 460
12	20170508	飑线回波带上强单体	08-12-00	55	20	35.6	无	26	1	112.1	1 217
13	20170511-12	飑线回波带上超级单体	11-20-00	60	86	37.1	有	153	2	171.3	18 371
14	20180304-05	飑线回波带上超级单体	04-22-00	65	611	63.9*	有	134	1	107.6	20 574
15	20180501	飑线回波带上强单体	01-18-00	55	26	30.1	无	67	1	126.4	8 823
16	20180506	飑线回波带上超级单体	06-21-00	65	161	33.3	有	279	3	216.0	9 244
17	20180518-19	飑线回波带上强单体	18-21-00	60	197	35.2	无	108	6	206.9	37 494
18	20180630	飑线回波带上强单体	01-14-00	60	81	37.5	无	123	8	136.4	24 863
19	20180817-18	短带回波(偏弱)	17-17-00	55	7	79.3*	无	6	3	119.8	274
20	20190320-21	飑线回波带上超级单体	21-01-00	65	216	33.2	有	124	8	150.1	10 353
21	20190409	飑线回波带上强单体	09-14-00	55	181	31.5	无	4	0	71.6	3 134
22	20190519-20	飑线回波带上超级单体	19-19-00	60	32	29.9	有	278	22	165.5	17 833
23	20200321-22	飑线回波带上超级单体	21-23-00	65	50	26.1	有	7	0	80.1	5 296
24	20200327	飑线回波带上强单体	27-05-00	55	53	31.1	无	119	1	118.3	1 409
25	20200504	飑线回波带上超级单体	05-03-00	60	169	32.3	有	52	0	86.3	29 307
26	20200506	短带回波	06-19-00	55	50	25.7	有	200	30	221.6	26 317
27	20200509	飑线回波带上超级单体	09-19-00	60	56	35.5	有	73	0	89.2	28 295
28	20200515-16	飑线回波带上超级单体	15-14-00	65	64	28.7	有	183	22	169.1	34 274
29	20210330-31	超强超级单体(盾形)	31-01-00	75	66	27.0	有	52	0	96.5	10 089
30	20100510-11	超级单体群	10-20-00	70	173	30.0	有	712	142	210.9	16 107
31	20210514-15	超级单体群	14-16-00	65	93	34.6	有	2	0	56.5	9 644
32	20210515-16	飑线回波带上超级单体	15-18-00	70	171	34.9	有	260	29	158.2	4 815
		最大值		75	611	53	19次有	712	142	222	37 494
		最小值		55	7	26	13次无	2	0	57	274
		平均值		62	101	33	59%有	124	10	125	13 394

注:* 为可疑极大风速;2012年之前无飑线雷达拼图资料;冰雹栏只出现了冰雹天气(有)和没有出现冰雹天气(无);表格中数据统计包括江西所有国家站和区域站数据;随着区域站布点的增多,有统计站数的相应增多现象。

显的低空或超低空西南急流;飑线多形成于“上干下湿”的不稳定层结中、低空西南急流的前端、低空急流或超低空急流的交汇处、200 hPa 的分流区之中;这种天气系统配置,导致江西境内出现大范围的强雷电、雷暴大风、冰雹等强对流天气。

T-lnP 图时次的选取:一是根据雷达回波强盛期最典型时次,以 20 时为界,出现在 20 时前,使用 08 时数据,出现在 20 时后,使用 20 时数据。T-lnP 图时次选取不当,T-lnP 图上就不能很好反映天气状况,例如:下午出现的强对流天气,在 08 时 T-lnP 图上,CAPE 值有时为 0;二是江西两部探空雷达南昌、赣县相隔 400 km,飑线所处位置要选择最近距离的探空站。

在 T-lnP 图上,温度层结曲线与露点曲线近似成“漏斗状”配置,整个大气层结呈上干下湿分布;CAPE 值 ≥ 1 124 J/kg,红色不稳定能量区面积较大;自由对流高度 LFC 在 700~900 m,暖云层厚度较大;垂直风切变较强且风随高度顺转,暖平流使得大气层结不稳定,有利于强对流天气的发生;CAPE 值面积大小,直接关系到强对流天气的强弱和影响范围的大小。

3.3 物理量统计

单站探空物理量数据是了解大气层结中的要素变化的依据,一些常用的物理量往往代表大气中产生强对流天气的环境存在,因此,有必要统计这些要素的最大值、最小值和平均值,用以指导强对流天气的监测预警预报。

物理量均值十分重要,往往是判断分析强对流天气的阈值和依据。江西 5 月飑线天气的物理量均值分别为:湿对流有效位温(CAPE)为 1 124 J/kg,K 指数(K)为 39 ℃,沙氏指数(SI)为-1.94,风暴强度指数(SSI)为 274 500~1 000,925 hPa 垂直风切变($W_{500-1000}$)为 11 m/s,零度温度层高度(ZH)为 4 970 m,-20 ℃温度层高度(H_{-20})为 8 304 m。

4 雷达拼图回波特征

选取 2017—2020 年 5 月江西 4 次飑线过程,时间集中在 5 月 11—19 日(5 月中旬)和 12—16 时(形成飑线的时间)。在江西 WebGIS 雷达拼图上,飑线回波带的演变按照初始、强盛和减弱 3 个阶段划分,各阶段具备相同和不同的回波特征。

4.1 初始阶段特征

2017 年 5 月 11 日 14 时,飑线回波在湖南境内产生(图 1a),主要有 2 个回波系统:A 是东北—西南向的飑线回波带,最大回波 CR 强度为 60 dBZ,向东南方向移动;B 是南北向的雷暴回波群,最大回波 CR 强度达到 60 dBZ,沿 500 hPa 高空风(08 时 20 m/s)向东北方向移动。AB 回波系统移动呈辐合态势,有利于飑线回波的发展加强,最后 AB 回波合并发展为较强飑线回波系统。

2018 年 5 月 18 日 16 时,飑线回波在湖南境内产生(图 1b),主要有 2 个回波系统:A 是东北—西南向的飑线回波带,最大回波 CR 强度为 60 dBZ,带上有超级单体回波,整个飑线回波带向东南方向移动;B 是南北向的雷暴回波群,最大回波 CR 强度达到 60 dBZ,沿 500 hPa 高空风(08 时 10 m/s)向东北方向移动。在飑线回波带 A 的南侧,还有 B^1 回波产生。AB 回波系统移动呈辐合态势,最后合并发展为较强飑线回波系统。

2019 年 5 月 19 日 14 时,飑线回波在湖南与江西中部形成(图 1c),主要有 2 个回波系统:A 是东东北—西西南向的飑线回波带,最大回波 CR 强度达到 60 dBZ,在湖南境内,形态呈带上超级单体或强单体回波结构,整个飑线回波带向东南方向移动;B 是近似东西向的雷暴回波群,最大回波CR 强度达到 60 dBZ,沿 500 hPa 高空风(08 时 16 m/s),向偏东方向移动。AB 回波系统移动呈辐合态势,最后合并发展为较强飑线回波系统。

2020 年 5 月 15 日 12 时,飑线回波在江西西部形成(图 1d),是由湖南境内移入江西,主要有 2 个回波系统:A 是近似南北向的飑线回波带,最大回波 CR 强度达到 55~60 dBZ,飑线回波带上有强单体回波,但没有出现超级单体回波,整个飑线回波带向东南方向移动;B 是前期降水遗留下来的回波,最大回波 CR 强度达到 50 dBZ,沿 500 hPa 高空风(08 时 20 m/s)向偏东方向移动。AB 回波系统最后合并发展为较强飑线回波系统。

江西 5 月飑线回波初始阶段在湖南境内产生。在雷达拼图上,往往出现 2 个回波系统:A 是湖南境内或江西北部回波带,整体向东南方向移动;B 是江西境内的雷暴回波群,沿 500 hPa 高空风(08 时 20 m/s)和低空西南急流,向东北方向移动。AB 回波系统的移动呈辐合态势,有利于回波的合并、发展、加强和维持;AB 回波系统合并发展为较强飑线回波系统,最大回波 CR 强度达到 60 dBZ。

4.2 强盛阶段特征

2017 年 5 月 11 日 21 时,AB 回波系统合并发展,飑线回波带影响江西大范围地区(图 2a),多地

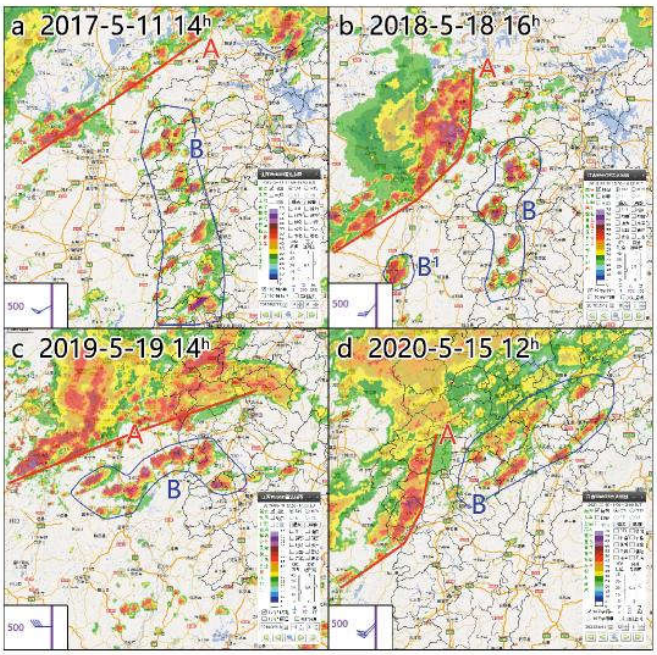

图 1　2017—2020 年江西 5 月 4 次飑线初始阶段回波特征

出现雷暴大风天气。飑线回波带中段为“弓状”回波带结构,呈东北—西南走向,最大回波 CR 强度达到 60 dBZ，带上有多个强回波单体和超级单体且雷电分布密集,向东南方向移动。回波带某段向前突出形成的“弓状”回波带结构是江西飑线回波带的经典形态,“弓状”回波带前伴有雷暴大风天气现象;在移动方向前沿是较强的密集排列的雷暴回波带，带后侧是较大范围的层状云和混合型降水回波。

2018 年 5 月 18 日 21 时,AB 回波系统合并发展,飑线回波带影响江西中部和北部(图 2b),多地出现雷暴大风天气。飑线回波带近似南北走向,回波带中最大回波 CR 强度达到 60 dBZ,局部有带上强单体回波且雷电分布密集，整个飑线回波带向东北方向移动。飑线回波带长度并不是很长,是由前期飑线回波带与南面雷暴回波群合并发展而成，也是江西飑线回波带的一种形态，雷暴大风发生在回波带移动方向的前侧;在飑线回波带移动方向前沿,带后侧是较大范围的层状云和混合型降水回波。

2019 年 5 月 19 日 19 时,AB 回波系统合并发展,飑线回波带影响江西中部和南部(图 2c),多地出现雷暴大风天气。飑线回波带呈东北—西南走向,回波带中最大回波 CR 强度达到 60 dBZ,带上强单体和超级单体回波上雷电分布密集，整个飑线回波带向偏东南方向移动。飑线回波带主要影响江西中部和南部，是由前期飑线回波带与南面雷暴回波群合并发展而成,随后在飑线回波带前方,不断有对流单体产生,合并至飑线回波带中,使得飑线回波带不断发展加强和延续。雷暴大风发生在回波带强单体和超级单体回波移动方向的前侧。

2020 年 5 月 15 日 15 时,AB 回波系统合并发展,飑线回波在江西中部和北部(图 2d),多地出现雷暴大风天气。飑线回波带呈东北—西南走向,回波带中最大回波 CR 强度达到 60 dBZ,带上强单体或超级单体回波雷电分布密集，整个飑线回波带向偏东南方向移动。飑线回波带主要影响江西中部和南部，是由前期飑线回波带与北面降水回波合并发展而成，雷暴大风发生在回波带强单体和超级单体回波移动方向的前侧。

江西 5 月飑线回波强盛阶段在江西境内发展。在雷达拼图上,初始阶段的 A 飑线回波带和 B 雷暴回波群合并是发展形成更大规模飑线的关键；回波带某段向前突出形成的“弓状”回波带结构,是江西飑线回波带的经典形态；飑线回波带上常伴有超级单体和强单体回波出现,且雷电分布密集,最大回波 CR 强度>60 dBZ,地面雷暴大风发生在这些强回波移动前方；在回波带移动前沿线是密集排列的雷暴回波带，带后侧是较大范围的层状云和混合型降水回波。

4.3　减弱阶段特征

2017 年 5 月 12 日 05 时,飑线回波带移动到江西(图 3a),飑线回波带结构比较清楚,但回波 CR 强度减弱为 50 dBZ,随后移出江西境内。

2018 年 5 月 19 日，飑线回波带移出江西东部后(2018 年 5 月 19 日 00 时)，在飑线回波带后侧，又有新的对流回波生成(2018 年 5 月 19 日 01 时)。这些对流回波出现局地强天气，维持到 2018 年 5 月 19 日 03 时，回波 CR 强度减弱为 50 dBZ，回波减弱东移(图 3b)。

2019 年 5 月 20 日 04 时，飑线回波带经过赣南移出江西境内(图 3c)，回波带迅速减弱，回波 CR 强度减弱为 50 dBZ，主体维持在广东地区。与此同时，赣中还存有弱的降水回波残骸。

2020 年 5 月 16 日，飑线回波带移出江西东部后(2020 年 5 月 16 日 00 时)，在飑线回波带后侧，又有新的对流回波生成(5 月 16 日 01 时)。这些对流回波重新发展成飑线回波带，再次造成赣中东部和赣东北地区产生强天气。2020 年5 月 16 日 09 时，回波 CR 强度减弱为 50 dBZ，回波带减弱东移(图 3d)。

江西 5 月飑线回波减弱阶段在江西东部、东北部和东南部。在雷达拼图上，减弱阶段飑线回波带大多数移动到江西东部地区，进入福建、浙江和广东境内；有时飑线回波带结构比较清楚，但回波 CR 强度减弱为 50 dBZ，随后移出江西境内；有时飑线回波

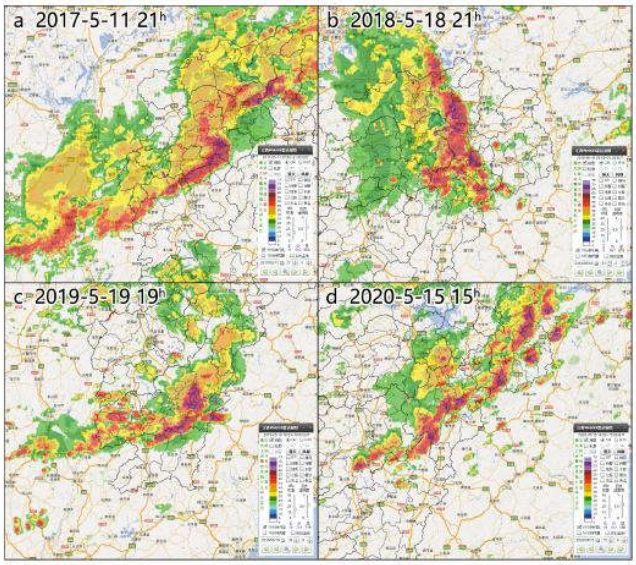

图 2　2017—2020 年江西 5 月 4 次飑线强盛阶段回波特征

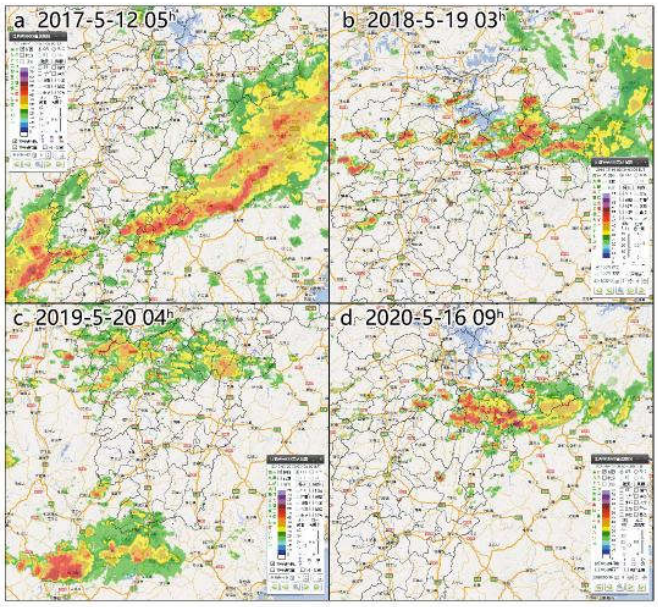

图 3　2017—2020 年江西 5 月 4 次飑线减弱阶段回波特征

带移出江西后,在飑线回波带后侧,又有新的对流回波生成,这些对流回波发展旺盛时,还会再次出现局地强天气,并维持数小时后减弱东移。

5 结论与讨论

使用 MICAPS 系统平台、地面要素资料、江西 WebGIS 雷达拼图和雷电等资料,对江西 2012—2021 年 32 次飑线过程进行统计分析,并对 2017—2020 年江西 5 月 4 次飑线过程进行对比分析,得到以下结论:

(1)2012—2021 年 5 月,江西飑线过程发生过 32 次,3—5 月是飑线天气过程高发期(占 90%),6—8 月各 1 次,1—2 月、9—12 月没有出现过飑线天气。回波形态表现为飑线回波带上超级单体、飑线回波带上强单体、短带回波、超级单体(群)4 种类型。组合反射率最大值为 75 dBZ,最小值为 55 dBZ,平均值为 62 dBZ。江西飑线主要产生≥17.2 m/s 的雷暴大风,有 59% 的飑线过程伴有冰雹出现。江西飑线过程都伴随暴雨天气,甚至出现大暴雨。江西飑线过程的闪电强度比较频繁且较大。

(2)2017—2020 年 5 月 4 次江西飑线过程,≥17.2 m/s 的雷暴大风和 ≥50.0 mm 的暴雨或大暴雨,分别在江西境内各区域出现;飑线天气过程单点最大风速达到 37.1 m/s(抚州市金溪县合市),单点最大日降水量为 206.9 mm。

(3)在雷达拼图上,初始阶段的 A 回波带和 B 雷暴回波群的合并,是发展形成飑线的关键;回波带某段向前突出形成的“弓状”回波带结构,是江西飑线回波带强盛阶段的经典形态;飑线回波带上常伴有超级单体和强单体回波出现,且雷电分布密集,最大回波 CR 强度>60 dBZ,地面雷暴大风发生在这些强回波移动前方。

江西飑线主要有 4 种形态:飑线回波带上超级单体、飑线回波带上强单体、短带回波、超级单体(群)。5 月是江西飑线高发期,3—5 月有 44%的飑线发生在 5 月份。虽然江西 5 月飑线少有冰雹天气伴随(主要是雷暴大风、短时强降水天气),灾害程度要次于3—4 月,但发生次数要高于 3 或 4 月。因此,开展江西 5 月飑线天气的研究很有必要。

参考文献:

[1] 翟丽萍,农孟松,赖珍权,等.广西“4·20”暖区飑线的形成及结构[J].高原气象,2018,37(2):568-576.

[2] 公衍铎,郑永光,罗琪.冷涡底部一次弓状强飑线的演变和机理[J].气象,2019,45(4):483-495.

[3] 李哲,李国翠,刘黎平,等.飑线优化识别及雷暴大风分析[J].高原气象,2017,36(3):801-810.

[4] 盛杰,郑永光,沈新勇,等.2018 年一次罕见早春飑线大风过程演变和机理分析[J].气象,2019,45(2):141-154.

[5] 吴瑞姣,陶玮,周昆,等.江淮灾害性大风飑线的特征分析[J].气象,2019,45(2):155-165.

[6] 曹艳华,马中元,叶小峰,等.江西外来飑线常见卫星云图特征[J].自然灾害学报,2009,19(4):54-59.

[7] 许爱华,马中元,叶小峰.江西 8 种强对流天气形势与云型特征分析[J].气象,2011,37(10):1185-1195.

[8] 余辉,马中元,谢勇,等.江西强对流天气概念模型及云图特征分析[J].气象水文海洋仪器,2012,29(1):31-36.

[9] 陈鲍发,马中元,徐芬,等.天气雷达风暴跟踪信息拼图技术设计与应用[J].气象科学,2020,40(6):838-848.

[10] 陈鲍发,马中元.江西局地冰雹 WebGIS 雷达拼图回波特征分析[J].气象与环境科学,2019,42(2):104-114.

[11] 刁秀广,孟宪贵,万明波,等.源于飑线前期和强降雨带后期的弓形回波雷达产品特征及预警 [J]. 高原气象,2015,34(5):1486-1494.

[12] 陈云辉,蔡青,马中元,等.江西两次不同季节强飑线天气过程对比分析 [J]. 气象水文海洋仪器,2011,28(2):43-50.

[13] 高建平,马中元,吴才明,等.2017 年江西上高雷暴大风雷达回波特征分析 [J]. 沙漠与绿洲气象,2019,13(2):55-62.

[14] 马中元,叶小峰,张瑛,等.江西三类致灾大风天气活动与回波特征分析[J],气象,2011,37(9):1108-1117.

[15] 支树林,许爱华,张娟娟,等.一次影响江西的致灾性飑线天气成因分析[J].暴雨灾害,2015,34(4):352-359.

[16] 卢秋芳,马中元,陈鲍发,等.一次飑线(冰雹)天气过程中尺度分析[J].气象水文海洋仪器,31(2):13-18.

[17] 吴才明,马中元,何文,等.2017 年江西副热带高压边缘雷暴大风回波特征[J].气象科学,2019,39(6):797-809.

[18] 何文,夏文梅,马中元,等.江西强雷电天气形势场及雷达回波特征分析[J].气象科学,2018,38(5):699-706.

[19] 马中元,许爱华,陈云辉,等.江西省灾害性强雷电雷达回波特征[J].自然灾害学报,2009,18(5):16-23.

[20] 马中元,苏俐敏,谌芸,等.一次强飑线及飑前中小尺度系统特征分析[J].气象,2014,40(8):916-929.

[21] 刘成,车达升,柯宗建.风廓线雷达在高空风场分析中的应用[J].沙漠与绿洲气象,2013,7(2):56-60.

[22] 王周鹤,赵建伟,高兵.利用风廓线雷达资料分析大理机场飑线天气过程的风垂直变化特征 [J]. 沙漠与绿洲气象,2020,14(2):75-80.

Radar Echo Characteristics of Squall Line Weather in Jiangxi in May

DUAN Heping[1], MA Zhongyuan[2], CHEN Yun[3],
CHEN Baofa[4], HUANG Zhonggen[5], ZHOU Xiaoxiang[6], ZHOU Jiechen[1], JI Guiping[4]
(1.Meteorological Disaster Technology Center of Jiangxi Province, Nanchang 330046, China;
2.Jiangxi Institute of Meteorological Sciences, Nanchang 330046, China;
3.National Meteorological Center, Beijing 100081, China;
4 Jingdezhen Meteorological Bureau, Jingdezhen 333000, China;5.Jiujiang Meteorological Bureau, Jiuiang 33200,China;
6.Jiangxi Meteorological Information Center, Nanchang 330095, China)

Abstract In order to do a good job in the monitoring, early warning and service of squall line weather in Jiangxi Province, the MICAPS system platform, surface observation, Jiangxi WebGIS concatenation of radar echo images and lightning data were used for squall line statistics and radar echo characteristics analysis of 32 squall line processes in Jiangxi from 2012 to 2021 and four squall line processes in Jiangxi from 2017 to May 2020, The results show that: (1) the high incidence period of the squall line weather process was from March to May (accounting for 90% of the whole year). The echo forms are: Super monomer on squall line echo belt, strong monomer on squall line echo belt, short band echo and super monomer (Group). Squall lines in Jiangxi mainly produce thunderstorm, gale, rainstorm and strong lightning weather ≥ 17.2 m/s, but 59% of the squall lines are accompanied by hail.(2) From 2017 to May 2020, there were squall line processes in Jiangxi, with thunderstorms and gale ≥ 17.2 m/s, rainstorm or heavy rainstorm ≥ 50.0 mm and hail; During the squall line process, the maximum wind speed at a single point reaches 37.1 m/s (J6019, Heshi, Jinxi County, Fuzhou City), and the daily maximum precipitation reached 206.9 mm (J5059, Shanggao Zhendu meteorological observation station, Shanggao County, Yichun City).(3) The combination of A echo band and B thunderstorm echo group in the initial stage was the key to the development and formation of squall line; The "bow" echo zone structure formed by a section of the echo zone protruding forward is a classic form in the strong stage of the squall line echo zone in Jiangxi Province; The squall line echo band is often accompanied by super monomer and strong monomer echoes, with dense lightning distribution, and the maximum echo CR intensity reaches more than 60 dBZ. These results provide a reference for the monitoring, early warning and classification of squall line weather in Jiangxi Province.

Key words Jiangxi squall line; weather system; squall line echo characteristics