

马中元,刘熙明,吴琼,等. 江西强冻雨天气形成特征分析[J]. 气象,2011,37(1):66-74.

江西强冻雨天气形成特征分析^{*1}

马中元¹ 刘熙明¹ 吴 琼¹ 李德俊² 王华军³ 郑劲光⁴ 金米娜⁵

1 江西省气象科学研究所, 南昌 330046

2 江西省人工影响天气领导小组办公室, 南昌 330046

3 江西省吉安市气象台, 吉安 343000

4 江西省抚州市气象台, 抚州 344000

5 江西省气象台, 南昌 330046

提 要: 使用常规气象观测资料、气候资料、NCEP $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 再分析资料和自动气象站等资料, 对江西 50 年来出现的 18 次持续 3 天 10 站次以上冻雨天气过程的形成特征进行分析, 结果表明: (1) 地面冷高压、阻塞高压、副热带高压、南支槽、850 hPa 切变线、地面辐合线(准静止锋)、温度锋区、700 hPa 急流与湿舌等是强冻雨天气的主要影响系统, 具有明显的天气系统配置特征; (2) 在有利的天气形势背景下, 强冻雨天气过程具有前期候(旬)增温特征。当前期平均温度极大值和平均温度值接近或超过历史同期水平时, 极易出现持续性冻雨天气过程, 72% 以上的强冻雨天气过程与此相关; (3) 18 次强冻雨天气过程都存在逆温层特征, 逆温层高度在 850~700 hPa 间, 平均逆温差为 4~5 $^{\circ}\text{C}$, 最大 10 $^{\circ}\text{C}$, 同时地面温度在 0 $^{\circ}\text{C}$ 以下或接近 0 $^{\circ}\text{C}$; (4) 700~850 hPa 平均温差图上有 3 个温差中心, 表明 700 hPa 高度上有明显的暖湿气流存在, 89% 的冻雨天气过程与之相关。

关键词: 冻雨, 天气系统配置, 前期候(旬)增温, 逆温层结构, 逆温区特征

Analysis of the Severe Freezing Rain Events in Jiangxi Province

MA Zhongyuan¹ LIU Ximing¹ WU Qiong¹ LI Dejun²

WANG Huajun³ ZHENG Jinguang⁴ JIN Mina⁵

1 Meteorological Science Institute of Jiangxi Province, Nanchang 330046

2 Weather Modification Office of Jiangxi, Nanchang 330046

3 Ji'an Municipal Meteorological Office of Jiangxi, Ji'an 343000

4 Fuzhou Municipal Meteorological Office of Jiangxi, Fuzhou 344000

5 Jiangxi Provincial Meteorological Observatory, Nanchang 330046

Abstract: The conventional observation data, climatic data, NCEP $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ reanalysis data and automatic observation data were employed to analyze the 18 severe freezing rain events over the past 50 years in Jiangxi Province. The results show that (1) the favorable influencing systems to the severe freezing rain were cold high, blocking high, subtropical high, trough in lower latitudes, shear line at 850 hPa, surface convergence line (quasi-stationary front), temperature frontal zone, and jet stream and moist tongue at 700 hPa, and revealed the significant weather system patterns; (2) under favorable weather situations, severe freezing rain process presented characteristics of pentad (dekad) antecedent temperature increase. When the antecedent average maximum temperature and antecedent average temperature surpassed or approached to those in the same time of the past, the severe freezing rain event would occur very likely; (3) temperature inversions appeared between 850—700 hPa during the 18 severe freezing rain events, with 4—

* 中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室基金(2009LASW-A02)、江西省气象局重点科研项目(JXQX2008Z05, JXQX2009Z04)共同资助

2009 年 9 月 22 日收稿; 2010 年 10 月 13 日收修定稿

第一作者: 马中元, 主要从事预报技术和方法的研究. Email: mazhongyuan@163.com

5 °C average temperature differences, upto a maximum of 10 °C, and the surface air temperatures were lower than or close to 0 °C; (4) there were three temperature difference centers between 700—850 hPa, meaning that there were warm and moist currents at 700 hPa and about 89% of the freezing rain events were related to these currents.

Key words: freezing rain, weather system pattern, pentad (dekad) antecedent temperature increase, temperature inversion, temperature inversion area

引 言

雨雪冰冻天气是对国民经济影响严重的灾害性天气,尤其是 2008 年 1 月南方地区连续出现的 4 次雨雪冰冻天气过程,堪为历史上罕见。从贵州、湖南、江西 3 个重灾省发生雨淞站次的逐日变化图上可以看出^[1](图略),贵州和湖南的雨淞曲线较相似(贵州稍提前 1~2 天),都是第二次过程最严重,其中贵州 19 日 125 站次,湖南 21 日 126 站次。江西雨淞滞后,且主要出现在第三次过程中,以 27 日 95 站次为最大。有关灾害评估报告表明^[2],这次雨雪冰冻天气过程是江西 1959 年有气象记录以来最严重的一次。

针对 2008 年 1 月严重的冻雨天气过程,赵思雄等^[3]分析表明:在阻塞高压长时间维持、南支槽活跃、副热带高压位置偏西偏北,有逆温层等系统配合的情况下有利于冻雨出现,并给出一个冻雨天气系统概念模型;张庆云等^[4]分析指出:La Nina 气候背景下,乌拉尔山阻塞高压强度比鄂霍次克阻塞高压偏强,位置偏北时,入侵我国南方的偏北气流主要来自乌拉尔山地区,南方偏冷多雪;孙建华等^[5]研究表明:位于长江或江南地区的准静止锋(或切变线)是雨雪冰冻天气的重要影响系统,锋面逆温层和暖层强,有利于冻雨的形成;王东海等^[6]研究表明:北极涛动(AO)的异常活跃,有利于行星尺度波动的稳定维持;50°N 区域有极强的负涡度平流持续输送,使濒临崩溃的阻塞高压形势得以重生。国内外学者还对暴雪天气进行了数值模拟以及冰冻灾害分析^[7-16]。这些研究成果丰富了雨雪冰冻天气的理论认识,对实际预报工作有指导意义。

冻雨天气具有大尺度或行星尺度天气系统环流背景,同时也具有中小尺度天气系统结构。预报江西冻雨天气最为关键的要素是温度,如何通过分析找出冻雨天气的发生、发展等大尺度天气系统配置特征,尤其是温度场上的配置特征,以及中尺度天

气系统的形成特征等,这是一个亟待解决的课题。

江西 1959—2008 年共出现 102 次持续 3 天以上的雨雪天气过程,其中持续 3 天 10 站次以上冻雨天气的过程有 18 次。本文应用常规气象观测资料、历史气候资料、NCEP 2.5°×2.5°再分析资料和自动气象站等资料,对江西近 50 年出现的 18 次强冻雨天气过程的大尺度天气系统配置特征(重点分析 2008 年 1 月罕见的冻雨天气过程),以及中尺度天气系统和气象要素进行分析,试图找出影响江西冻雨天气过程的形成特征与识别指标。

1 大尺度天气系统配置特征

1.1 冷空气沿中路扩散南下

冷空气是冻雨天气过程中的主角,从 18 次冻雨天气平均海平面气压场可以看出蒙古冷高压十分强大且长时间维持,影响江西的中路冷空气沿祁连山脉东侧不断扩散南下,侵入我国东部和南部广大地区,1030 hPa 等值线穿过江西,等值线呈“U”型漏斗状结构(图略)。

1.2 辐合线与温度锋区

从 2008 年 1 月 12 日至 2 月 2 日温度平均场中可以看出(图略),西伯利亚冷空气南下,温度锋区主要在长江流域以南,形成“U”字型。冷空气不断南下并在江西上空长期维持。1 月 25 日 08 时 850 hPa 流场上(图略),长江流域存在着一条风向风速辐合线,主要盛行偏南风与偏东风,但风速不大,平均在 2~6 m·s⁻¹,个别站出现 8 m·s⁻¹。这条弱的辐合线对应地面是准静止锋,长时间静止少动,对冻雨天气的持续发生影响显著。同时 1000 hPa 温度场上(图略),蒙古中路冷空气受到地形的影响,分两路扩散南下:一路是沿祁连山脉、巴颜喀拉山脉和秦岭南下;另一路是沿太行山脉南下。温度锋区主要在长江流域以南,在近地面 0 °C 线呈“W”型结构,形成四川盆地和两湖平原、鄱阳湖平原两个低温洼地。

1.3 阻塞高压、南支槽、副热带高压与西南急流

图 1 是 18 次冻雨天气过程天气系统配置特征示意图,从 500 hPa 位势高度平均场中可以看出,新西伯利亚附近有 Ω 阻塞高压存在,阻塞高压东侧有横槽;在巴尔喀什湖以南的中纬度地区,有较强的西风锋区并伴有负距平,东亚沿海地区环流平直,对应着正距平; $80^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{E}$ 附近南支槽较明显。阴影区给出历史 30 年同期平均位势高度 586 区域,与此相比,冻雨天气过程的副高十分强大,586 线比历史偏北偏西。

图 1 还给出 700 hPa 西南急流与西北气流交汇形成的切变线位置,700 hPa 存在大于 $16\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 西南急流及相应的暖湿舌,使得北方冷空气与副高西侧西南暖湿空气长期交汇在长江流域以南,形成中层暖、低层冷的层结结构,为高层冰晶、雪花下落融化为过冷却水,降落到 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 地面时产生冻结创造了条件。众所周知,强对流天气和暴洪天气的西南急流一般出现在 850 hPa(低层),而冻雨天气的西南急流却出现在 700 hPa。因此,在冻雨天气过程中,700 hPa 高度上会出现与冰冻天气相伴随的逆温区。

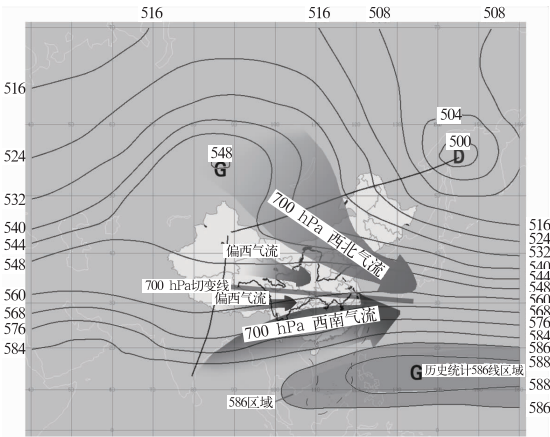


图 1 冻雨天气过程天气系统配置特征示意图

Fig. 1 Configuration of the synoptic systems for freezing rain process

2 前期候旬增温特征

2.1 前期候旬的时间定义

如果把 5 天、10 天全省地面气温值做累加统计分析,求出平均温度极值和平均温度值,每天滚动累加统计操作,这就是前期候旬的时间定义。在冬季,

这种候或旬平均温度极值与平均温度值明显高于历史同期平均值,出现地面增温过程称为前期候旬增温特征;同理,过程候旬是已经开始发生冻雨天气时的候旬统计(图 2)。

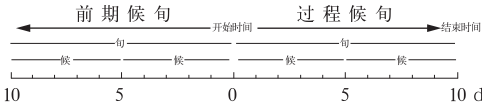


图 2 前期候旬时间定义示意图

Fig. 2 Schematic of the time definition for the preceding pentad and dekad periods

2.2 历史平均温度极大值和平均温度值统计

使用 1951—2007 年(57 年)冬季(12—2 月)全省 87 个基准地面站资料,统计分析了平均温度极大值和平均温度值数据,得出表 1 结果。

表 1 1951—2007 年冬季地面平均温度极大值和平均温度值(单位: $^{\circ}\text{C}$)

Table 1 Statistics of the maximum average surface air temperature and the average surface air temperature for the winter seasons of 1951—2007 (unit: $^{\circ}\text{C}$)

时间	12 月		1 月		2 月	
	平均温度极大值	平均温度值	平均温度极大值	平均温度值	平均温度极大值	平均温度值
上旬	16.8	7.9	11.9	5.5	15.1	6.6
中旬	12.1	6.8	11.9	5.1	13.8	7.0
下旬	15.5	5.9	12.2	5.6	16.2	8.3
月	14.8	6.9	12.0	5.4	15.0	7.3

2.3 历史冻雨天气过程统计

统计结果表明:在近 50 年 102 次持续 3 天以上的雨雪天气过程中,持续 3 天 10 站次以上的冻雨天气过程有 18 次。针对这 18 次冻雨天气过程,分别统计了前期候旬与过程候(旬)平均温度极大值和平均温度值(表 2)。

在这 18 次冻雨天气过程中,前期候旬平均温度值超过历史同期旬平均温度值的过程有 13 次(相关性达 72%),只有 5 次过程没有超过历史旬平均温度值(表 2 中带 * 过程)。主要有两个原因:一是偏离值不大,5 次偏离值分别为 $0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $3.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $3.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,如果误差阈值设为 $1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,至少还有 3 次过程符合条件(相关性达 89%)。二是在前期候旬期间或前期,有 4 次过程已经出现大范围雨雪天气,使得地面温度较低,气温无法回升;只有 1 次过程没有出现前期雨雪天气过程,但平均温度偏差值很小,仅有 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (表略)。因此,如果没有

表 2 18 次冻雨天气过程前期候(旬)与过程候(旬)平均温度极大值和平均温度值(单位:℃)

Table 2 Statistics of the maximum average temperature and the average temperature in the preceding pentad (dekad) and the current pentad (dekad) for the past 18 typical freezing rain processes

过程时间 (年.月.日—月.日)	持续 天数/d	前期						过程					
		日期	$T_{\max}$	T_{ave}	$T_{\max}$	T_{ave}	$T_{\text{旬ave}}$	日期	$T_{\max}$	T_{ave}	$T_{\max}$	T_{ave}	$T_{\text{旬ave}}$
1960.1.23—1.26	4	1.13	13.1	8.4	14.6	8.2	8.3	1.23	1.8	−0.8	5.5	2.7	0.95
1964.2.17—2.26 *	10	2.7	13.0	6.7	10.7	5.4	6.1	2.17	3.4	−0.2	1.7	−0.1	−0.15
1965.12.17—12.19	3	12.7	11.4	8.3	12.3	8.0	8.2	12.17	6.3	3.7	10.0	6.7	5.2
1969.1.29—2.5	8	1.19	16.4	9.9	20.3	13.1	11.5	1.29	1.8	−2.1	1.8	−0.6	−1.35
1969.2.20—2.23	4	2.10	16.4	12.6	12.8	4.5	8.6	2.20	3.2	1.0	4.9	3.3	2.15
1972.2.4—2.9 *	6	1.25	10.3	4.8	17.2	8.0	6.4	2.4	2.9	−0.6	4.3	0.9	0.15
1974.2.23—2.25	3	2.13	16.0	12.5	18.6	15.1	13.8	2.23	4.7	1.6	12.0	9.3	5.45
1976.12.27—12.29	3	2.17	17.6	12.8	14.9	9.4	11.1	12.27	0.9	−0.4	2.2	0.3	−0.05
1977.1.27—2.4 *	9	1.17	8.3	3.8	8.7	5.2	4.5	1.27	1.7	−1.8	1.6	0.2	−0.8
1980.2.6—2.9 *	4	1.27	9.2	5.3	1.7	0.3	2.8	2.6	1.8	0.1	7.3	4.4	2.25
1981.1.26—1.31	6	1.16	9.2	6.1	12.3	6.0	6.1	1.26	6.4	1.2	8.0	4.5	2.85
1985.12.9—12.12	4	11.29	13.1	10.3	14.2	10.6	10.5	12.9	4.7	0.5	5.8	3.2	1.85
1989.1.12—1.14	3	1.2	12.4	10.2	17.0	10.5	10.4	1.12	2.9	0.9	8.2	4.4	2.65
1990.1.31—2.2	3	1.21	6.5	4.7	12.7	7.2	6.0	1.31	3.1	0.5	11.2	6.8	3.65
1991.12.26—12.30	5	12.16	12.6	10.1	14.8	9.5	9.8	12.26	3.1	−1.1	7.2	4.3	1.60
1994.1.18—1.21	4	1.8	15.0	9.6	12.2	8.1	8.9	1.18	9.5	4.6	5.6	3.4	4.00
1996.2.17—2.22	6	2.7	10.8	7.8	18.5	14.8	11.3	2.17	3.0	0.8	4.0	2.7	1.75
2008.1.25—2.3 *	10	1.15	5.6	2.2	6.3	2.0	2.1	1.25	2.5	0.2	2.0	0.2	0.2

前期候旬增温特征出现,就要辅助其他指标和特征去分析。

2.4 2008 年 1 月冻雨天气过程对比

2008 年 1 月 10 日至 2 月 2 日,江西省出现了 4 次冻雨天气过程,主要集中出现在 1 月中、下旬和 2 月初,尤其是 1 月下旬最为严重。分析得到,2008 年 1 月平均温度比历史同期偏低 1.5~2.5℃,平均最高温度和平均最低温度也低于历史同期 2℃左右,为历史同期最低。尽管 2008 年 1 月地面温度偏低,但 1 月上旬全省地面普遍增温,并且超过历史同期平均温度值 3.1℃(表 3)。

表 3 历史 1 月平均温度与 2008 年 1 月平均温度比较

Table 3 Comparison of the average temperatures for the period of historical January and the January of 2008

时间	1951—2007 年 1 月		2008 年 1 月	
	平均温度 极大值/℃	平均温 度值/℃	平均温度 极大值/℃	平均温 度值/℃
上旬	11.9	5.5	11.3	8.6
中旬	11.9	5.1	8.9	4.2
下旬	12.2	5.6	3.5	0.8

注:统计资料使用全省 87 个基准站数据

1951—2007 年 1 月旬平均温度极大值和平均温度值都稳定在 11.9~12.2℃和 5.1~5.6℃,波动范围≤0.5℃。2008 年 1 月旬平均温度极大值和

平均温度值却跨度大,分别为 3.5~11.3℃和 0.8~8.6℃,波动范围高达 8.8℃和 7.8℃,主要表现为上旬明显增温和中、下旬明显降温。2008 年 1 月全省 1400 多个自动气象站逐小时资料也表明上旬具有明显增温过程,1 月 10 日 13 时,赣中、赣南地面温度都在 20℃以上,最高温度达 27℃(图略)。

由此可见,在天气形势与环境背景十分有利的情况下,前期候旬地面出现明显增温,且平均温度极大值和平均温度值接近或超过历史同期水平时(尤其是平均温度值超出历史同期水平时),极易出现大于 3 天以上持续冻雨天气过程。

前期候旬增温特征与副热带高压位置关系密切,反映了副热带高压和西南气流的增强,如果副热带高压稳定,与阻塞高压、南支槽、江淮切变线、中低层逆温区等天气系统相配合,是江西省持续冻雨天气的主要形成机理之一。因此,在冬季预报分析冻雨天气中,要密切注意前期候旬增温特征的变化,这是一个操作性很强的实用预报指标。

3 逆温层特征

3.1 历史逆温层特征分析

用南昌探空资料统计历史 18 次冻雨天气过程得出结果,几乎所有过程都存在逆温层现象(图略),

逆温高度在 700 hPa, 厚度为 850~700 hPa, 平均逆温差为 4~5 ℃, 地面温度都在 0 ℃ 以下或接近 0 ℃。也有个别例子出现等温层现象和没有逆温层出现, 例如: 1969 年 2 月 4 日、1977 年 2 月 1 日和 1964 年 2 月 21 日, 但这三次过程地面温度都在 0 ℃ 以下。主要原因是冻雨天气过程一般都持续较长时间, 且有强弱波动, 在冻雨天气减弱时逆温层会发生改变。从探空风记录上可以看出, 700 hPa 为偏西风, 以下为偏北风, 表明 700 hPa 有暖湿气流输送, 850 hPa 到地面有冷空气渗入。

3.2 2008 年 1 月 25—29 日逆温层演变

从雨淞站次逐日变化图中可以看出(图略), 2008 年 1 月 25—29 日是 2008 冻雨天气过程中影响江西省灾害最为严重的一次过程, 27 日雨淞达到 95 站次^[1]。在南昌探空资料上可以看出逆温层随着冻雨天气过程的变化不断加强和减弱, 表明逆温层与冻雨天气的强弱关系十分密切(图 3)。

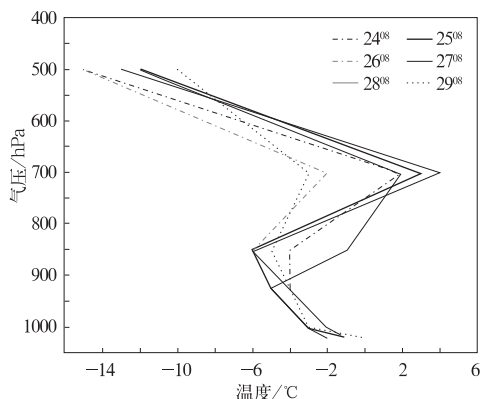


图 3 2008 年 1 月 24—29 日 08 时
南昌探空资料温度剖面图

Fig. 3 Temperature profiles at Nanchang
Station for the period of 24–29 Jan 2008

24 日 08 时, 850 hPa (−5 ℃)~700 hPa (−3 ℃) 出现逆温, 温差达 2 ℃; 25 日 08 时, 925 hPa (−5 ℃) 开始, 850 hPa (−1 ℃)~700 hPa (+2 ℃) 出现逆温, 温差达 7 ℃, 逆温明显加强; 26 日 08 时, 925 hPa (−4 ℃)、850 hPa (−4 ℃)~700 hPa (+2 ℃) 出现逆温, 温差达 6 ℃, 其中 925~850 hPa 为等温层; 27 日 08 时, 850 hPa (−6 ℃)~700 hPa (+3 ℃) 出现逆温, 温差达 9 ℃; 28 日 08 时, 850 hPa (−6 ℃)~700 hPa (+4 ℃) 出现逆温, 温差达 10 ℃, 这是逆温最强的时刻; 29 日 08 时, 850 hPa (−6 ℃)~700 hPa (−2 ℃) 出现逆温, 温差达 4 ℃, 逆温

逐渐减弱。

由此可见, 逆温层主要出现在 700 hPa 高度上, 逆温层厚度为 850~700 hPa (个别 925 hPa), 逆温层温度在 −6~4 ℃, 波动范围达 10 ℃, 这时地面温度在 −1.8~0.2 ℃。由于 850 hPa 切变线在长江流域摆动, 700 hPa 强盛的西南急流与暖湿舌相配合, 为冻雨天气提供了充足的水汽和动力条件, 有利于高层降雪在中层融化后到低层形成过冷却水, 从而掉落在 0 ℃ 以下的地面形成冻雨。因此, 850~700 hPa 高度上长时间出现逆温层, 温度在 0 ℃ 以上, 地面温度低于 0 ℃ 或接近 0 ℃, 十分有利于出现冻雨天气。

4 逆温区特征

从单站探空垂直剖面曲线图上可以看到, 中层 700 hPa 逆温层的存在是冻雨天气中十分重要和关键的因素。在水平分布图上, 逆温层则以逆温区的形式表现。与西南暖湿空气的输送密切相关的四川盆地和长江流域大范围逆温区的出现是影响江西冰冻天气的关键。

4.1 逆温区定义

针对 1959—2008 年影响江西的 18 次冻雨天气过程, 制作了 700~850 hPa 平均温差图(图 4)。可见, 平均温差图上有 3 个逆温中心区域: 逆温区①: 四川盆地、长江中下游广大地域; 逆温区②: 阿尔泰山脉、蒙古境内; 逆温区③: 俄罗斯东部、切尔斯基山脉及近邻。因此, 把这种常态稳定、位置呈斜三角形

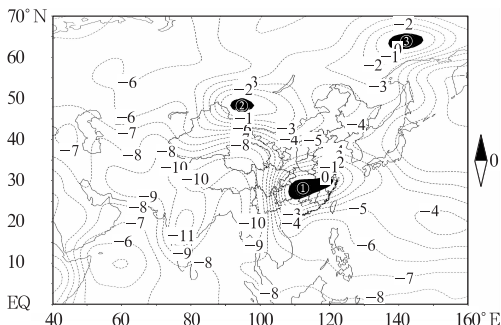


图 4 历史 18 次冻雨天气过程
700~850 hPa 平均温差图

Fig. 4 Distribution of the average temperature
differences between 700 hPa and 850 hPa for
the past 18 typical freezing rain processes

分布的 3 个逆温中心称为逆温区,它和单站逆温层的垂直结构有所不同。有趣的是这 3 个逆温区的出现与江西冻雨天气的关系很密切(18 次过程出现 16 次,只有 2 次出现 2 个逆温区),约有 89% 的冻雨天气过程与逆温区相关。资料表明,逆温区分别对应 1000 hPa 温度场上的 3 个冷中心(图略)。

4.2 逆温区特征

并不是所有逆温区都出现闭合的正值区(即 $T_{700} \sim T_{850} > 0$),当 850~700 hPa 出现等温层或温度随高度上升变化小于递减率时,也有一些个例(主要是在逆温区②和③)会出现负值区(即 $T_{700} - T_{850} < 0$),但 3 个逆温区的中心位置与斜三角形形状基本相似。江西的强冻雨天气都要求逆温区①出现正

值,满足 $T_{700} - T_{850} > 0$ 标准。

在这 3 个逆温区中,对江西冻雨天气影响十分重要的是逆温区①出现正值,18 次过程里有 15 次出现正值,3 次负值(1981、1990 和 1994 年),但温度值都在 $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,且有闭合等值线。由此可见,四川盆地、长江中下游广大地域出现正值(或 $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上负值)逆温区,是江西冻雨天气逆温区的重要特征。

在 18 次过程个例中,平均温差图上 3 个正值逆温区同时出现的过程有 7 次(图 5a),正值逆温区与负值逆温区同时存在的过程有 9 次(图 5b),但负值逆温区温差值有 7 次在 $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,2 次在 $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上(1964 年、1981 年)。这两种形式都属于逆温区特征范畴,合计 16 次,占总数的 89%。

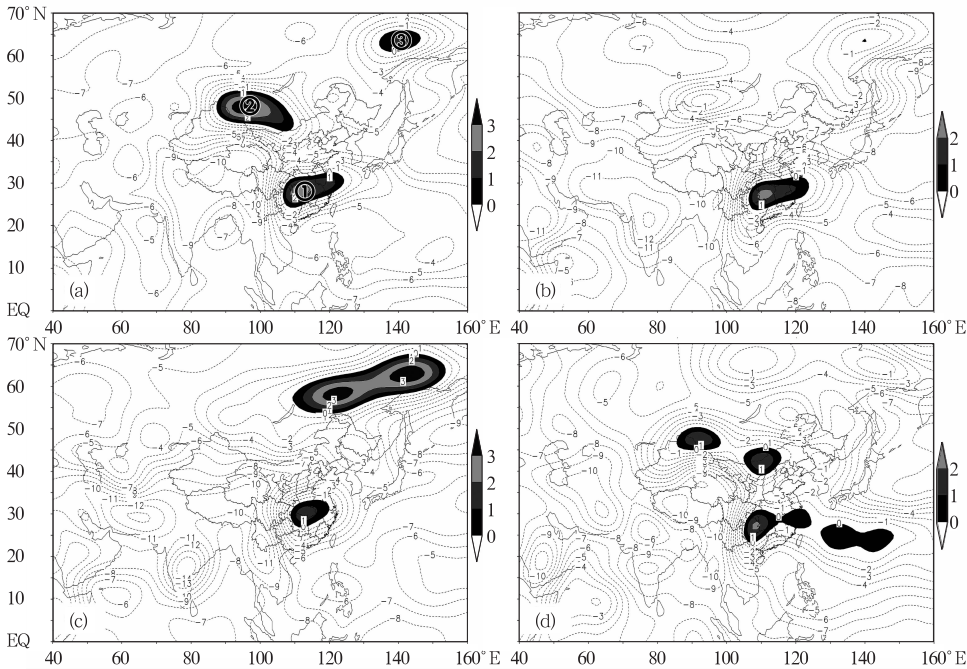


图 5 4 种典型的冻雨天气过程 700~850 hPa 平均温差图

(a) 2008 年 1 月 25 日至 2 月 3 日; (b) 1996 年 2 月 17 日至 22 日;
(c) 1969 年 1 月 29 日至 2 月 5 日; (d) 1965 年 12 月 17 日至 19 日

Fig. 5 Distribution of the average temperature differences between 700 hPa and 850 hPa for the 4 typical freezing rain processes
(a) January 25–February 3, 2008, (b) February 17–22, 1996,
(c) January 29–February 5, 1969, (d) December 17–19, 1965

平均温差图上只存在两个逆温区的过程有 2 次(图 5c),但逆温区①都是正值,且北部逆温区拉得很长,大有将逆温区②和③合并之势(1969、1974 年)。

在逆温区个例中有一次例外(图 5d),仔细分析还

是可以看出逆温区特征,其中逆温区③为 $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$,逆温区①和②都分裂出几个逆温中心的特征(1965 年)。

4.3 前期候平均温差图

按照 700~850 hPa 平均温差图的制作方法,制

作了 18 次强冻雨过程开始前 5 天(前期候)平均温差图,得到以下特征:

(1) 四川盆地、长江中下游广大地域(逆温区①)有 16 次过程出现负值,且负值都在 $-2 \sim -4^{\circ}\text{C}$ 以下($-2^{\circ}\text{C}/4$ 次、 $-3^{\circ}\text{C}/3$ 次、 -4°C 以下/9 次)。有 2 次出现正值逆温区(1969、2008 年)。分析表明,后 2 次过程在前期都有雨雪冰冻天气发生,例如:2008 年 1 月中下旬连续出现 4 次雨雪冰冻天气过程。

(2) 从前期候平均温差图上看(图 6),满足逆温区位置与斜三角形形状分布条件的过程只有 1 次(2008 年)。2008 年过程还是个例外,因为前期已经

有冰冻天气发生,所以,逆温区特征十分明显。

(3) 逆温区①有 2 次出现正值(1969、2008 年),可以看出,1969 年(图 6a)过程的逆温区位置不标准,逆温区①位置偏北约 5°N ;逆温区②位置偏北约 12°N 和偏东约 5°E 。只有 2008 年(图 6d)过程完全符合逆温区条件。

(4) 区域全部出现负值的过程有 5 次(图 6b),一是位置有较大偏差;二是温差值都在 -2°C 以下。

(5) 仅在逆温区③出现正值的过程有 11 次(图 6c),逆温区①和②都出现 -4°C 以下负值,且位置偏移。

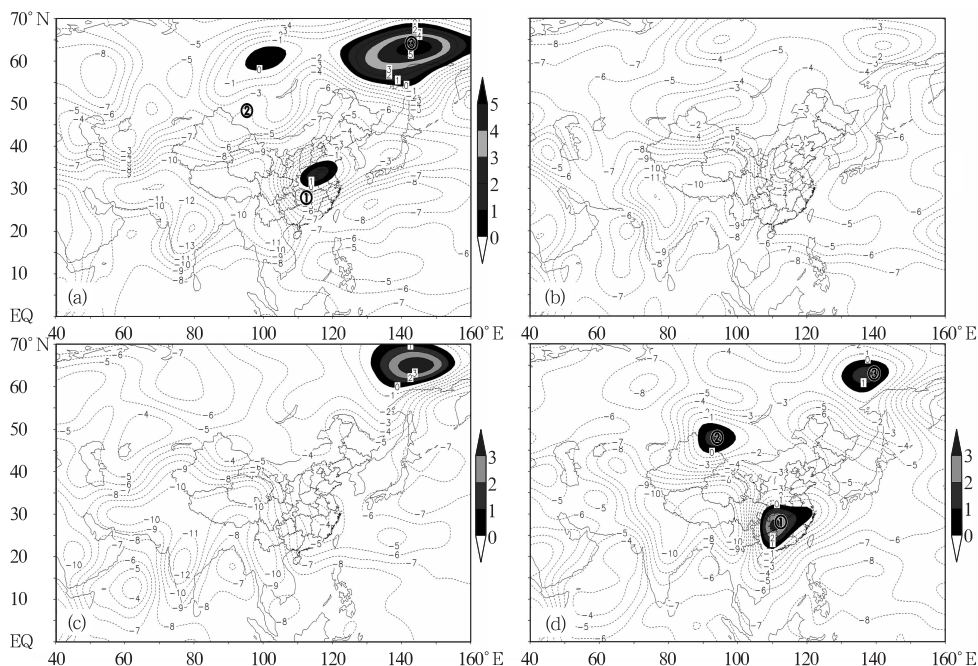


图 6 4 种典型的冻雨天气过程前期候 700~850 hPa 平均温差图

(a) 1969 年 1 月 24—28 日; (b) 1991 年 12 月 21—25 日;

(c) 1996 年 2 月 12—16 日; (d) 2008 年 1 月 20—24 日

Fig. 6 Distribution of the average temperature differences between 700 hPa and 850 hPa in the preceding pentad for the 4 typical freezing rain processes

(a) January 24—28, 1969, (b) December 21—25, 1991,

(c) February 12—16, 1996, (d) January 20—24, 2008

4.4 逆温区构成的大气环流特征

图 7 是历史上 18 次冻雨天气过程各层平均位势高度和流场图,由图 7 可见,中高纬度欧亚地区的大气环流呈现西高东低分布,这种异常型大气环流持续时间超过 1 月气候平均值(6 天)。

地面(图 7,地面),蒙古冷高压十分强大且长时间维持,影响江西的冷空气沿祁连山脉东侧不断扩散南下,侵入中国东部和南部广大地区,1030 hPa 等

值线穿过江西,等值线呈“U”型漏斗状结构。925 hPa(图 7,925 hPa)和 850 hPa(图 7,850 hPa),蒙古冷高压对应的是流场辐散区,北方冷空气不断沿中路扩散南下影响江西以及长江流域广大地区。700 hPa(图 7,700 hPa),长江以北盛行西北气流,以南是较强的西南气流,在长江流域构成一条准静止切变线。由于 850 hPa 以下是西北气流带来的冷空气,700 hPa 是西南暖湿气流,在对流层中低层形成稳定的逆温层。700 hPa 逆温层是 2008 年初大范围冻雨天气出现的

主要原因。500 hPa(图 7,500 hPa),副热带高压位置稳定维持在我国东南侧的海洋上空,并多次向西伸展,使冷暖空气交汇的主要地区位于长江中下游及其以南邻近地区。青藏高原南缘的南支低压槽活跃,是近十多年来少有的,促使西南暖湿空气沿云贵高原向中国输送。200 hPa(图 7,200 hPa)和 250 hPa 是急流区,风速远远大于上下层。

可知,逆温区构成是由于大气环流配置特征所致:

(1) 四川盆地、长江中下游广大地域(逆温区①),主要是由于 850 hPa 以下西北气流影响出现降温,700 hPa 有强盛的西南气流影响而出现增温,在

850~700 hPa 构成明显逆温结构。

(2) 阿尔泰山脉、蒙古境内(逆温区②),主要是因为受蒙古冷高压影响,低层为反气旋环流,中上层为冷槽后部(700~500 hPa 高度上多为高压脊),这种结构造成低层温度偏低,从而在中低层形成逆温结构。其次,这种系统配置也常常会出现上层气温较下层气温低的情况。

(3) 俄罗斯东部、切尔斯基山脉及近邻(逆温区③),主要是由于 700 hPa 以上中高层有深厚的低值系统一直伸展到 200 hPa,类似于高空冷涡,在其下方常常为冷空气丘,导致 700 hPa 温度高于 850 hPa 而形成逆温结构。

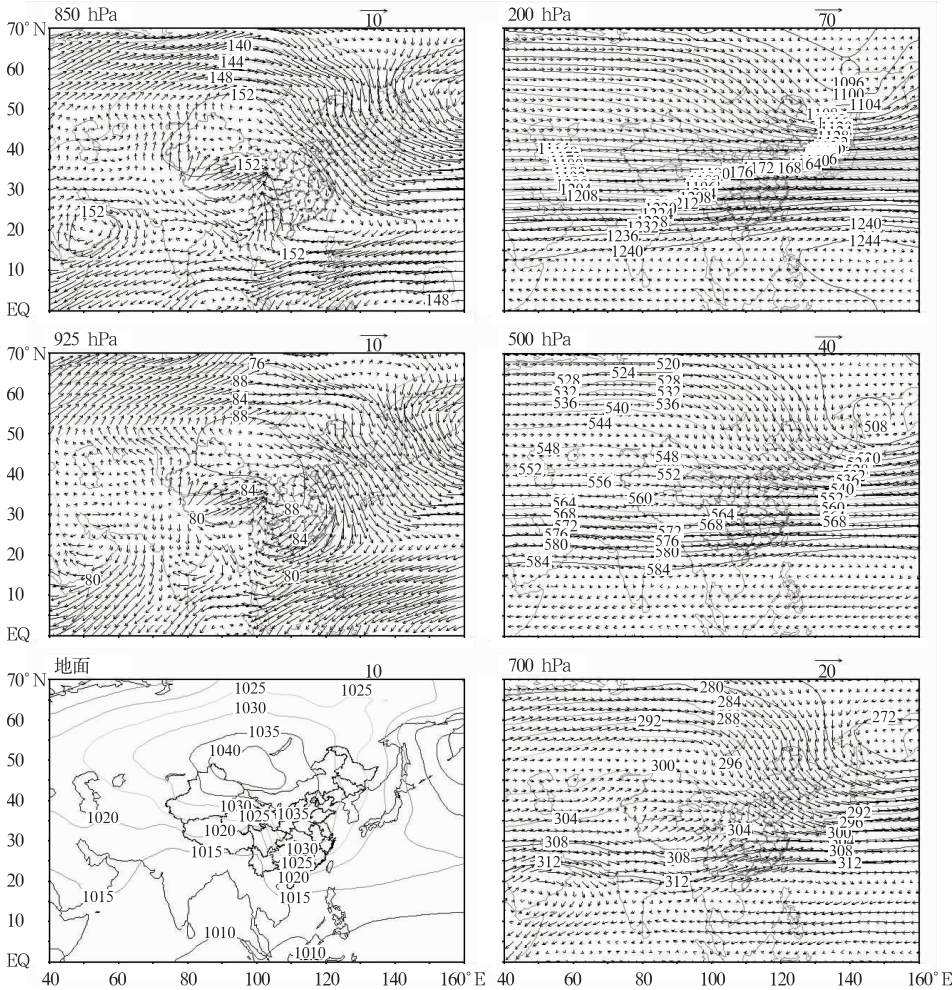


图 7 历史 18 次冻雨天气过程各层平均位势高度和流场图
Fig. 7 The average geopotential height and flow fields at different levels for the past 18 typical freezing rain processes

5 结 语

冻雨天气的预报最为重要的要素是温度,紧紧

抓住温度场的变化,总结归纳其形成特征,是研究冻雨天气的关键。通过对历史 18 次持续 3 天 10 站次以上影响江西冻雨天气过程的分析研究,得出几点冻雨天气过程的特征。

(1) 在大尺度天气系统背景下,出现蒙古阻塞高压、南支小槽、中层切变线、副热带高压、西南急流与湿舌等天气系统配置特征时,十分有利产生冻雨天气过程。

(2) 在中尺度天气系统分析上,前期候旬增温、单站逆温层变化等特征,为冻雨天气的发生、发展和消亡各阶段的监测与预报提供了依据。

(3) 逆温区的配置与冻雨天气过程有很好的相关性,把握逆温区位置分布和逆温区强度十分重要。

(4) 前期候逆温区有明显不同点,流场结构也不同。这些分析结论为雨雪冰冻天气的预报提供了依据。

在实际预报工作中,按技术要求每天滚动计算出前期候(旬)平均温度极值和平均温度值,计算出逆温层厚度与强度,计算出逆温区分布图等产品,对指导冻雨天气的预报有一定帮助,这是下一步工作重点。当然,受到资料和水平的限制,在冻雨天气的形成原因与机理研究上还不够深入,需要进一步提高。

参考文献

- [1] 矫梅燕,曲晓波. 2008 年初中国南方持续性低温雨雪冰冻灾害天气分析[M]. 北京:气象出版社, 2008.
- [2] 刘熙明,许爱华. 降雪与冻雨天气研究回顾[J]. 气象与减灾研究,2008,31(4):59-64.
- [3] 赵思雄,孙建华. 2008 年初南方雨雪冰冻天气的环流场与多尺度特征[J]. 气候与环境研究,2008, 13(4):351-367.
- [4] 张庆云,宣守丽,彭京备. La Nina 年冬季亚洲中高纬环流与我国南方降雪异常关系[J]. 气候与环境研究,2008,13(4):385-394.
- [5] 孙建华,赵思雄. 2008 年初南方雨雪冰冻灾害天气静止锋与层结结构分析[J]. 气候与环境研究,2008, 13(4):368-381.
- [6] 王东海,柳崇健,刘英,等. 2008 年 1 月中国南方低温雨雪冰冻天气特征及其天气动力学成因的初步 分析[J]. 气象学报, 2008,66(3):405-422.
- [7] 张广周,沈桐立,李戈,等. 一次暴雪天气的数值模拟及诊断分析[J]. 气象,2008,34(9):65-72.
- [8] 王东勇,刘勇,周昆. 2004 年末黄淮暴雪的特点分析和数值模拟[J]. 气象,2006,32(1):30-35.
- [9] 李加洛,达成荣,刘海明,等. 青海东部一次强暴雪天气的 Q 矢量诊断分析[J]. 气象,2003,29(9):8-12.
- [10] 王晓兰,李象玉,黎祖贤,等. 2005 年湖南省特大冰冻灾害天气分析[J]. 气象,2006,32(2):87-91.
- [11] 吴晓. 2008 年初全国雨雪冰冻天气的 OLR 资料分析[J]. 气象,2009,35(4):89-95.
- [12] 林良勋,吴乃庚,蔡安安,等. 广东 2008 年低温雨雪冰冻灾害及气象应急响应[J]. 气象,2009,35(5):28-35.
- [13] 王凌,高歌,张强,等. 2008 年 1 月我国大范围低温雨雪冰冻灾害分析 I. 气候特征与影响评估[J]. 气象,2008,34(4):97-102.
- [14] 高辉,陈丽娟,贾小龙,等. 2008 年 1 月我国大范围低温雨雪冰冻灾害分析[J]. 气象,2008,34(4):103-108.
- [15] 杜小玲,彭芳,武文辉. 贵州冻雨频发地带分布特征及成因分析[J]. 气象,2010,36(5):92-97.
- [16] 黄小玉,黎祖贤,李超,等. 2008 年湖南极端冰冻特大灾害天气成因分析[J]. 气象,2008,34(11):47-53.