

广东 2008 年低温雨雪冰冻 灾害及气象应急响应

林良勋 吴乃庚 蔡安安 庄旭东

(广州中心气象台, 510080)

提 要: 2008 年初我国南方遭受了百年一遇低温雨雪冰冻灾害, 广东的受灾程度属 80 年一遇, 造成了重大经济损失和严重社会影响。分析发现: 灾害过程在近年来最严重的一次“拉尼娜”事件背景下发生的, 与欧亚地区持续大气环流异常密切相关。在“北脊南槽”和西太平洋副高偏北偏强的形势下, 冷暖气流在我国南方地区频繁交汇, 使对流层中低层形成逆温层和局地经向环流产生异常, 造成了此次持续低温雨雪冰冻过程。面对灾害引发的公共事件, 广东省气象部门打破常规、准确预警, 启动预案, 通过媒体和“公共事件预警信息发布平台”, 及时传播权威的公共预警信息, 为安定民心、稳定社会、减少灾害起到积极作用。灾后反思发现, 山区冰灾的监测、灾害的评估、公共信息发布等的能力和规范均亟待加强。

关键词: 低温雨雪冰冻 天气气候成因 预报与应急响应

Disaster and Emergency Response of the Cryogenic Freezing Rain and Snow Weather in Guangdong in 2008

Lin Liangxun Wu Naigeng Cai Anan Zhuang Xudong

(Guangzhou Central Meteorological Observatory, 510080)

Abstract: At the beginning of 2008, South China encounters freezing rain disaster which is the most serious freezing rain in the past 100 year. Especially in Guangdong Province, it caused great economic loss and social impact. The results show that this case is associated with La Nina event and anomalous atmospheric circulation. The circulation situation of the middle and high levels in Asia and Europe was a pattern of north ridge and south trough circulation pattern and the western Pacific subtropical high was stronger in intensity and

基金项目: 广东省应急管理研究课题“广东省气象灾害特征与应急管理工作机制研究”和广州市政府项目“亚运会气象预报服务系统研究”共同资助

收稿日期: 2008 年 12 月 25 日; 修定稿日期: 2009 年 2 月 26 日

northward in position. The cold air moving down from the north-east side of Tibetan Plateau and butting up against moist southerly form the Bay of Bengal and the South China Sea produced the low-level temperature inversion over South China and the anomalous local-meridional circulation, which caused the continuous cryogenic freezing rain and snow weather. When confront the public events that caused by the freezing rain, Guangdong Provincial Meteorology Bureau has a good communication with the media, authority weather warning information are published in time, which has a positive effect in stabilize the popular feelings and society. Rethinking of disaster found that the ability of monitoring, evaluating and information publishing about freezing rain disaster in mountain area still need to be reinforced.

Key Words: cryogenic freezing rain and snow weather disaster characteristic and influence weather and climate analysis forecast and emergency response rethinking of disaster

引 言

2008 年 1 月中旬至 2 月初,我国南方出现了百年一遇的大范围低温雨雪冰冻极端天气过程^①,广东的受灾程度属 80 年一遇。此次过程具有持续时间长,影响范围广,雨雪强度高,社会影响大,经济损失重等特点,对交通、电力、商业、农业、渔业、林业及市民生活等造成了重大的经济损失和严重的社会影响。据民政部统计,此次低温雨雪冰冻灾害造成全国 21 个省(区、市)不同程度受灾,直接经济损失超过 1111 亿元,特别是时值春运高峰,广东境内有 1500 万旅客准备回家,粤北山区及邻近省份灾害严重,致使北上交通中断,大量返乡旅客滞留广东境内,数百万人涌入广州火车站地区,广东出现了历史罕见的突发社会公共事件。针对这一极端的天气及其引发的公共事件,有必要对灾害的特点、天气气候的成因、气象应急响应等方面作探讨。

利用常规气象观测资料、NCEP/NCAR 的逐日再分析资料(包括:位势高度场、水平风场、垂直运动场和比湿场)以及中国国家气候中心提供的海温监测资料等,在分析低温雨雪冰冻过程的天气特点和主要灾害及影响

的基础上,重点从大气环流形势特征、北方冷空气活动和低纬暖湿气流输送、以及极涡活动和“拉尼娜”事件的气候背景影响等方面探讨了灾害过程的天气气候学成因;同时,介绍了广东气象部门面对灾害引发的公共事件,打破常规、准确预警,启动预案,通过媒体和“公共事件预警信息发布平台”及时传播权威的公共预警信息等气象应急响应;最后就灾害性天气的监测、灾害的评估、公共信息发布等的能力和规范等方面提出反思。

1 低温雨雪冰冻过程的特点及灾害影响

1.1 过程的主要要素和天气特点

2008 年初广东的低温雨雪冰冻过程具有持续时间长、日平均气温低、范围广、(冻)雨水多的特点。低温(最低气温 5°C 以下)长达 33 天,历史罕见,低温值比历史同期偏低 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$,气温日较差小;广州市连续 8 天出现 7°C 以下的日平均气温,连续低温时间之长历史罕见;其中自 1 月 25 日起,广东省持续出现了大范围的低温寒冷和连阴雨天气,粤北山区出现了雨夹雪,极端气温在 0°C 以下,持续出现了大范围冰冻,至 2 月 2 日止,南部沿

① 引自中国气象局郑国光局长文章《中国正在经历一场历史罕见低温雨雪冰冻灾害》

海 10 天累积降水量 50~100mm,北部和中西部 10 天降水量则达到 100~200mm。统计发现,西部大多数地区降水比历年同期偏多 5 成~1.4 倍,粤北比历年同期偏多 8 成~1.3 倍(图 1)。

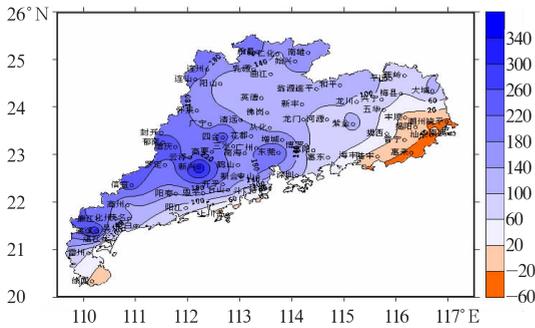


图 1 广东 2008 年 1 月 12 日至 2 月 13 日降水量距平百分率分布

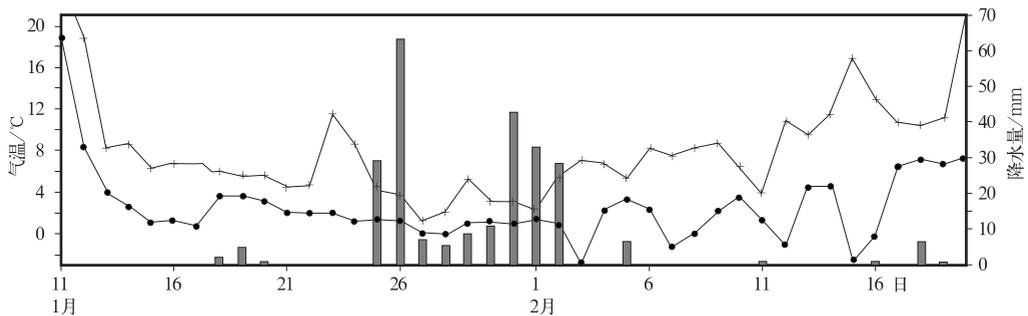


图 2 2008 年 1 月 11 日至 2 月 20 日广东连山日最高气温、最低气温和降水的时间变化图
(曲线分别代表最高气温、最低气温,直方图降水量)

1.2 过程的灾害损失及主要影响

低温雨雪冰冻直接对广东的交通、电力、农业、林业、渔业、商业和畜牧业等造成巨大影响,灾后对生态环境等造成的影响还难以估计。根据统计,直接经济损失达 166.41 亿元,受灾人口 397 万人,紧急转移安置人口 29 万人。特别是这次灾害恰逢春运高峰期,广东境内有 1500 万返乡旅客,因道路结

为了分析受灾严重的粤北低温雨雪冰冻情况,图 2 给出了代表粤北的连山站的日最高气温、最低气温和降水的逐日变化。发现,从 1 月中旬开始粤北的温度已开始明显下降,日最高气温降至 10℃ 以下。随着 1 月 25 日降水过程开始和持续,粤北气温日较差明显减小,从 1 月 25 日至 2 月 2 日,气温介于 -1~4℃ 之间,粤北山区还出现了持续性雨夹雪和冰冻。2 月 2 日之后,尽管早晨最低气温仍然较低,但随着降水过程结束,气温日较差较之前明显增大,白天最高气温出现显著回升,低温冰冻天气渐弱并趋结束。因此,有必要对广东受灾最严重的雨雪冰冻期(1 月 25 日至 2 月 2 日)的天气学成因特别是各种天气系统的配置特征进行分析。

冰京珠高速公路粤北段中断,京广铁路南段部分地区冰雪和冻雨导致电网大范围停电,铁路运输严重受阻,珠江三角洲主要城市的车站和机场同时出现大批旅客滞留现象,广州滞留返乡旅客超过 350 万人,1 月 28 日滞留在广州两个火车站旅客超过了 50 万人,广东出现了历史罕见的“北部天灾、南部有可能人祸”的突发公共事件。综合评估韶关、清远和广州等地的影响严重程度为 80 年一遇^②。

② 引自广东省气象局文件《极端异常低温雨雪冰冻天气给我省造成严重影响》

2 低温雨雪冰冻灾害过程的天气气候学成因分析^[1]

2.1 过程的天气学成因分析

2.1.1 大气环流形势分析

研究表明,持续的大气环流异常形势是华南地区大范围低温阴雨灾害的直接原因^[2-3]。而 2008 年初影响广东的低温雨雪冰冻过程也与欧亚大气环流的持续异常密切相关。图 3 给出了 1 月 25 日至 2 月 2 日平均 500hPa 位势高度场和距平场(相对于 1956—2005 年平均)。可见,距平场正值中心位于欧亚大陆中高纬地区,负值中心则主要位于青藏高原及其南侧。500hPa 高度场为明显的“北脊南槽”特征:欧亚中高纬度地区为持续稳定的高压脊,青藏高原南侧为异常活跃的南支低压槽。此外,尽管已是 1 月底,5880gpm 线十分明显,西太平洋副高脊线稳定位于 15°~18°N,而历史同期西太平洋副高脊线(5860gpm)约在 13°N,这表明在此次过程中西太平洋副热带高压较常年同期异常偏北和偏强。在“北脊南槽”和西太平洋副高偏北偏强的形势下,500hPa 中纬度高空小槽从北脊和南支槽之间东移南下,带来频繁

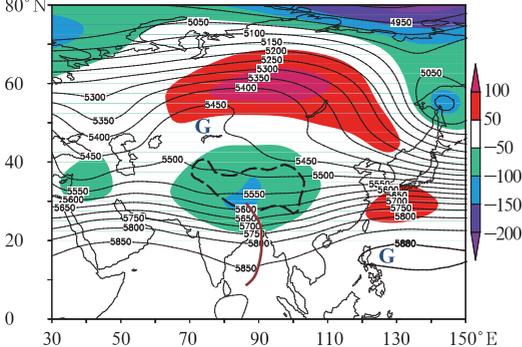


图 3 2008 年 1 月 25 日至 2 月 2 日平均 500hPa 位势高度场(单位:gpm)
阴影区为距平绝对值大于 50gpm 区域,
粗虚线为青藏高原边界

的西路冷空气从高原的东北侧南下,同时异常活跃的南支槽前西南暖湿气流和西太平洋副高西侧的东南气流往北输送,冷暖空气在江南、华南频繁交汇,导致罕见的持续大范围低温雨雪冰冻天气。

为了更清晰显示此次过程中“北脊南槽”形势下高空小槽的东移南下特征,图 4 给出了 1 月 1 日至 2 月 15 日 500hPa 位势高度和距平场沿 95°E 的时间剖面图。从距平场可见,20 日前后,中高纬度地区的位势高度距平场已开始呈现“北正南负”的分布特征,但位置相对偏北;1 月 23 日开始随着中高纬度高压脊建立和稳定维持,高空小槽从其南侧不断东移南下影响华南地区;而到 2 月 3 日北脊明显减弱,对应高空小槽东移北收,此次持续影响广东地区的低温雨雪冰冻过程趋于减弱结束。

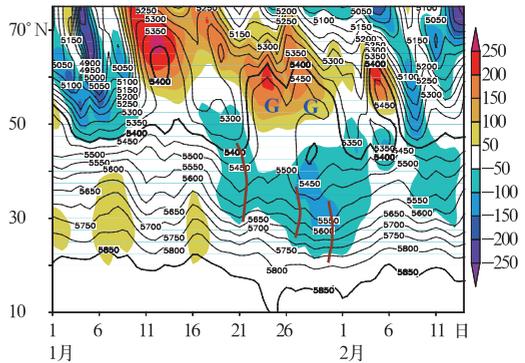


图 4 2008 年 1 月 1 日至 2 月 15 日 500hPa 位势高度和距平场沿 95°E 的时间剖面图

2.1.2 北方冷空气活动和低纬暖湿气流输送作用

已有分析表明^[2-5],广东的低温霜冻主要出现在 12 月和 1 月,其中西北部出现频率最高;冬春季节的低温阴雨与北方冷空气频繁入侵和暖湿海洋气流交绥有关。稳定的“北脊南槽”为这次持续低温雨雪冰冻过程提供了稳定的环流背景,使冷暖气流在广东上空持续交绥。图 5 给出了 1 月 25 日至 2 月 2

日平均的低层 925hPa 水平风场和温度场。由图可见,在青藏高原的阻挡作用下,中高纬度西路冷空气自西北方向沿着河西走廊从高原东北侧频繁南下,低于 0°C 的区域已越过南岭到达广东北部山区,广东上空为东北风控制。频繁南下的冷空气在低层堆积,起到了“低层冷垫”作用。

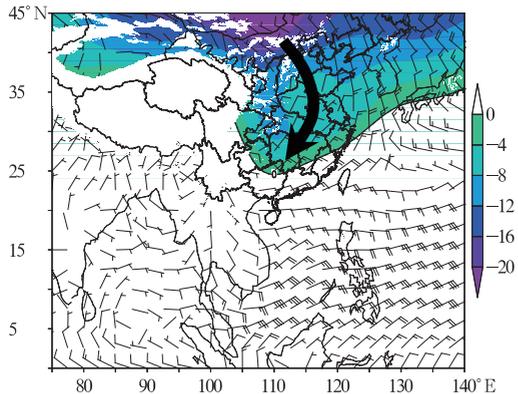


图5 2008年1月25日至2月2日平均925hPa风场(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)和温度场(单位: $^{\circ}\text{C}$)
阴影区为低于 0°C 区域

而另一方面,通过计算850hPa上空水汽通量及其散度分布(图6)发现,热带地区水汽输送异常明显,主要的水汽通道有两个,其一是来自孟加拉湾经中南半岛的西南气流水汽通道,另一条是来自南海的南到东南风水汽通道。受活跃的南支槽槽前西南气流和稳

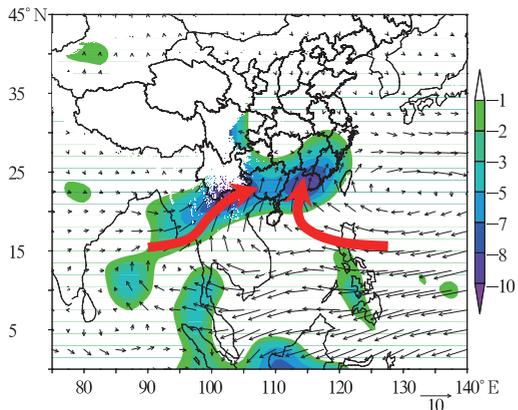


图6 2008年1月25日至2月2日平均850hPa水汽通量($\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)和水汽通量散度($10^{-7}\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)
阴影区为水汽通量散度负值中心

定偏强的西太平洋副高西侧的东南气流共同影响,孟加拉湾和南海地区的暖湿水汽源源不断地往北到东北方向输送,使暖湿水汽与北方冷空气持续在南方地区交汇;而在冷暖交汇区上空,暖湿气流位于上部,我国南方对流层中低层(700hPa以下)持续出现了大范围强烈而稳定的逆温层(图略),是导致粤北山区和南岭北侧大范围雨雪发生的重要原因。

2.1.3 局地经向环流异常

南北系统的共同作用导致华南地区局地经向环流产生异常,进而对华南地区天气产生直接影响^[6-7]。图7给出了1月25日至2月2日平均局地经向环流(沿 $107.5^{\circ}\sim 117.5^{\circ}\text{E}$ 平均),可以看到,中纬度冷空气南下配合低纬地区(20°N 以南)偏南暖湿气流的往北输送,在华南地区($20^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$)上空辐合上升,到了高层再往北输送,在中纬度地区($35^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N}$)下沉形成一个局地经向环流。该环流上升支中心位于 25°N ,上升高度从低层一直到达200hPa,中心值超过 $-15\text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ 。这说明此次过程中广东地区上空垂直运动十分强烈,造成了广东地区的持续降水。此外,从经向环流分析清晰可见,华南地区低层925hPa以下受南下偏北冷气流影响,近地层气温骤降至 0°C 以下,而对流层中低层850~700hPa则主要受到热带地区的暖湿气流

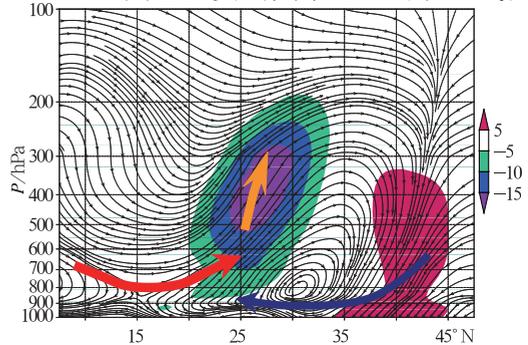


图7 2008年1月25日至2月2日平均局地经向环流(沿 $107.5^{\circ}\sim 117.5^{\circ}\text{E}$ 平均)
阴影区为垂直运动中心,负值代表上升运动,垂直运动单位: $10^{-2}\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$

影响,在 25°N 附近地区形成了一个强烈的逆温层。暖湿空气抬升成云致雨,雨滴下降过程中逐渐变冷成为过冷却水滴,在近地面遇低于 0°C 的寒冷物体冻结形成“冻雨”,使得粤北山区和湖南、江西等地的冻灾十分严重。

2.2 过程的气候学成因分析

2.2.1 “拉尼娜”事件

近年最为严重的一次“拉尼娜”事件为此次过程提供了重要的气候背景。

图 8a 给出了赤道东太平洋海温指数时间序列。从图中可见,自 2007 年 8 月至 2008 年 1 月赤道东太平洋海温持续 6 个月较常年同期偏低 0.5°C 以上(2007 年底负距平值甚至超过 1.5°C),而且发展十分迅速,是近年来最为严重的一次“拉尼娜”事件。从图 7b 的赤道太平洋海温距平时间—经度剖面则可以更清晰看到,此次东太平洋海温变

冷实际上从 2007 年初已经开始出现,到 8 月进入“拉尼娜”状态后,随着信风增强,海温负距平区迅速东移扩展,到 2007 年 12 月负距平区已扩展到 160°E,最大距平中心甚至达到 1.5~2.0°C。

在严重的“拉尼娜”事件下,一方面东亚地区经向环流产生异常,冷空气频繁南下,且路径偏西^[8-10],而另一方面则有利于暖湿空气在西太平洋—南海—东印度洋明显增加。而配合此次过程中青藏高原南侧的南支槽异常活跃和稳定的西太平洋副热带高压异常偏北偏强,南支槽前西南气流和西太平洋副高东侧的东南气流将热带海洋的暖湿气流持续不断地往江南和华南地区输送,冷暖气流的持续在我国南方交汇导致了此次严重的低温雨雪冰冻过程。

2.2.2 极涡活动异常

除了“拉尼娜”事件的影响外,极涡的持续异常活动也是冬季我国天气持续异常的重要原因^[11-12]。从近年 1 月亚洲区(60°~150°E)的极涡面积指数变化来看(表 1),2008 年 1 月极涡面积指数达到近年来最大值,极涡面积的扩大为冷空气频繁南下提供了重要的背景。实际上,从逐日的环流形势演变和图 3 的 500hPa 位势高度距平也可以看到这一点。欧亚大陆高纬度地区基本上都是位势高度负距平区,表明极涡活动较常年偏南和偏东。有关极涡活动异常对此次罕见天气的深入影响机制,有待今后进一步研究和探讨。

表 1 2000—2008 年 1 月亚洲区极涡面积指数

年份(1月)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
极涡面积指数	210	220	196	197	199	220	215	185	222

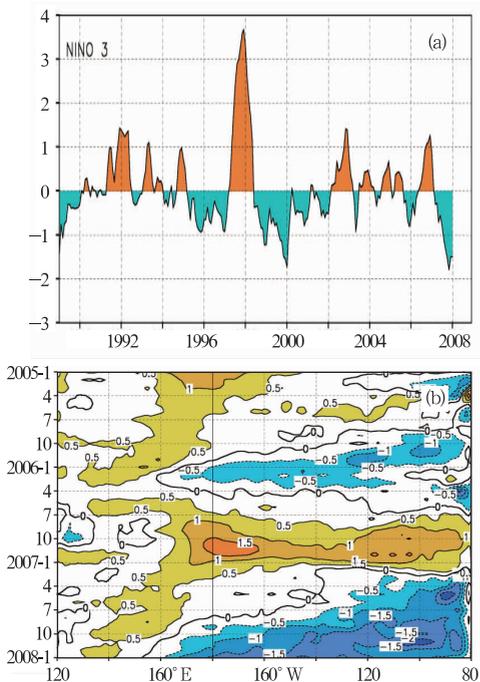


图 8 赤道东太平洋(Niño3 区)海温指数序列 a)和赤道太平洋海温距平时间—经度剖面(b)^③

3 对灾害的气象应急响应和灾后反思

持续的大气环流异常产生了极端的低温雨雪冰冻天气,引发了罕见的灾害,造成了重

③ 来自国家气候中心气候系统诊断预测室

大损失和严重影响。面对罕见的突发公共事件,广东气象部门打破常规,布署监测预报服务工作,在加强监测、准确预报预警的基础上,及时启动重大气象应急预案,通过各大媒体,充分利用设在省气象局“广东省公共事件预警信息发布平台”,及时把各种公共预警信息传播到公众社会(图 9)。主要表现为:紧跟社会需求增加观测项目,在粤北山区气象观测站增加电线积冰观测,积累雨雪冻灾资料,记录罕见灾情,研讨对策,应急气象服务保障车开赴人流和车辆滞留最密集和最严重的广州火车站和京珠高速公路粤北段,开展现场监测和服务;预报服务突出重点,对特殊场所和地区(广州火车站和京珠北高速公路)开展制作定点、定时精细预报;决策服务指引详细到位,及时敏锐地增加了针对能源、交

通、民生、农业、渔业、公共卫生等各方面科学的防御指引;多部门合作联动,利用手机短信、电视、电台、报纸、城市电子显示屏等各种媒体广泛传播;首席预报员全方位接受采访和参与大型现场直播,介绍天气灾害特点和防御知识;采取超常规措施,以省府应急办、省气象局和省春运办的名义,免费发送春运天气手机信息及交通指引共 8 亿条;与广东移动合作,在人流密集点首次启动小区短信群发服务;通过电视台台插播子系统,向公众不断发送天气和交通预警信息。此外,还对电力、交通等部门提供了全方位的特殊气象服务。各种气象应急响应,特别是气象等相关信息的快速、准确、权威、有效发布,为安定民心、稳定社会、减少灾害,避免广东出现“北部天灾、南部人祸”起到积极重要的作用。

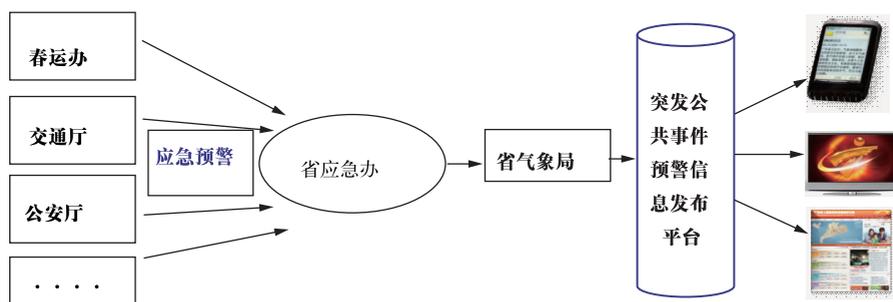


图 9 广东突发公共事件公共预警信息发布流程

通过这次应对低温雨雪冰冻灾害,发现气象灾害应急处置领导重视是重要保证;掌握及时准确信息是重要前提,迅速发表权威信息是关键。但灾后反思,仍有不足:一是突发公共事件应急预案信息发布能力目前还未能完全适应社会巨大需求;二是气象监测系统还要进一步加强,特别是粤北无人工监测的山区(公路和铁路),需进一步加强冰冻、雨雪和雾等的监测;三是气象灾害评估工作亟待加强,以往气象部门的关注点大多在把握天气过程的变化和引发的气象灾害上,对可

能引起社会方方面面带来的影响分析和评估工作做的不够;四是公共应急预案信息发布流程仍需规范,公共应急预案信息发布涉及部门多、信息量大、频次密,在收集和发布等环节上还有很多需要完善和改进的地方,尤其需要有一个好的管理办法来规范预警信息的准确发布。

4 小结

2008 年初广东的低温雨雪冰冻灾害具

有持续时间长、日平均气温低、范围广、(冻)雨水多的特点;对广东的交通、电力、农业、林业、渔业、商业和畜牧业等造成巨大损失和重大影响,特别是灾害致使交通中断,车辆和人员大量滞留,引发了广东历史罕见的“北部天灾、南部有可能人祸”的突发公共事件。

分析发现,欧亚环流呈现“北脊南槽”的特征,西太平洋副热带高压较常年同期偏北和偏强;北方冷空气不断从青藏高原东北侧东移南下,同时孟加拉湾和南海地区水汽源源不断地往北输送,冷暖气流在我国南方地区交汇,使得对流层中低层形成逆温层和局地经向环流产生异常,造成了此次持续低温雨雪冰冻过程;近年来最严重的一次“拉尼娜”事件和极涡较常年异常偏南活动为此次极端天气过程提供了重要的气候背景。

面对罕见的突发公共事件,广东气象部门打破常规,布署监测、预报、服务工作,及时做出气象应急响应,发布快速、准确、权威、有效的气象和相关信息,为安定民心、稳定社会、减少灾害,避免广东出现“北部天灾、南部人祸”起到积极重要的作用。应该指出,灾害反思,仍有不足,主要是山区的冰灾监测、灾害的评估、公共信息发布等的能力和规范均亟待加强。

参考文献

- [1] 吴乃庚,林良勋,李天然,等. 2008年初广东罕见低温雨雪冰冻天气的成因初探[J]. 广东气象,2008,30(1):4-8.
- [2] 林良勋,冯业荣,黄忠,等. 广东省天气预报技术手册[M],北京:气象出版社,2006.
- [3] 黄露菁. 广东省低温阴雨天气的气候特征和类型[J]. 中山大学学报(自然科学版),1999,38(3):104-108.
- [4] 纪忠萍,谢炯光. 广东省春季低温阴雨的年景变化趋势分析[J]. 热带气象学报,2002,16(1):76-84.
- [5] 林良勋,薛登智,梁健,等. 近二十年广东的霜冻气候及其变化特征[J]. 广东气象,2000,4:7-8.
- [6] 温之平,吴乃庚,冯业荣,等. 定量诊断华南春旱的形成机理[J]. 大气科学,2007,31(6):1223-1236.
- [7] 陈桂兴,魏清,黎伟标,等. 2003年天气气候异常灾害机理的定量分析[J]. 热带气象学报,2005,21(1):44-54.
- [8] 郭其蕴,王日生. 东亚冬季风活动与厄尔尼诺的关系[J]. 地理学报,1990,45(1):68-77.
- [9] 陶诗言,张庆云. 亚洲冬夏季风对 ENSO 事件的响应[J]. 大气科学,1998,22(4):399-407.
- [10] 曾琮,谢炯光. 广东省寒潮、强冷空气的气候特征及与 ENSO 的关系[J]. 广东气象,2003,1:7-9.
- [11] 李小泉,刘宗秀. 北半球及分区的 500hPa 极涡面积指数[J]. 气象,1986,(增刊):69-83.
- [12] 刘宗秀. 北半球极涡强度指数的计算及其与我国温度变化的关系[J]. 气象,1986,(增刊):84-89.