

2008年初我国低温雨雪冰冻对重点行业的影响及致灾成因分析

赵琳娜 马清云 杨贵名 王秀荣 赵鲁强 杨晓丹
吴昊 王志 康志明 毛冬艳

国家气象中心, 北京 100081

摘要 运用典型事例和大量的数据, 分析了2008年初中国南方低温、雨雪、冰冻灾害对交通、电力、通讯、农业和林业等重点行业以及人民生活各个方面的影响。指出天气气候特点、灾害发生的特殊地域和时间以及不同行业在低温、雨雪、冰冻灾害下的敏感性是致灾因素。要应对这类低温、雨雪、冰冻灾害, 并最大限度的将其影响降至最低, 就应在电力、公路、铁路以及建筑工程等的规划设计过程中, 加强灾害性天气气候的可行性论证和提高设计标准, 同时应提高对冬季低温、雨雪、冰冻灾害的预报能力, 建立完善的预报系统和信息发布等防治体系, 加强应对极端气象灾害的科普宣传, 提高民众自救互救能力。

关键词 灾害 雨雪冰冻 致灾成因 预报

文章编号 1006-9585 (2008) 04-0556-11 **中图分类号** P467 **文献标识码** A

Disasters and Its Impact of a Severe Snow Storm and Freezing Rain over Southern China in January 2008

ZHAO Lin-Na, MA Qing-Yun, YANG Gui-Ming, WANG Xiu-Rong, ZHAO Lu-Qiang,
YANG Xiao-Dan, WU Hao, WANG Zhi, KANG Zhi-Ming, and MAO Dong-Yan

National Meteorological Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081

Abstract The impact of the severe snowfall and freezing rain disasters on transportation, electric power, communication, agriculture, forestry and human life over southern China in January 2008 are investigated based on collected observational data. The severe weather, climate background and the sensitivity of disasters impact on various departments, such as transportation, electric power, communication, agriculture, forestry under snow storm and freezing rain are the main reasons of disaster formation in special periods and places. To reduce the loss of such disasters, it is necessary that the design standard of transportation, electric power, communication, agriculture and forestry should be improved, the capability of severe snow storm and freezing rain prediction should be improved, the information issuing system should be developed, the knowledge of defencing natural disasters should be propagated, so that people can provide help for others and themselves when disasters occurred.

Key words disaster, snow storm and freezing rain, prediction

收稿日期 2008-04-15 收到, 2008-05-17 收到修定稿

资助项目 国家气象中心科研团队课题、“2007年极端暴雨事件成因分析及预报技术”课题和中国气象局2008年基建项目“全国气象灾情收集与评估系统建设”

作者简介 赵琳娜, 女, 1966年出生, 博士, 高级工程师, 主要从事灾害天气机理、预测及数值模式研究。

E-mail: zhaoln@cma.gov.cn

1 引言

2008 年 1 月 10 日~2 月 26 日, 我国大部尤其南方地区连续遭受 4 次低温、雨雪、冰冻天气过程袭击。这次灾害性天气过程正值春运高峰, 影响范围广、强度大、持续时间长, 总体上强度为 50 年一遇, 其中贵州、湖南等地属百年一遇, 为历史罕见^①。全国有 20 个省(区、市)不同程度受灾, 影响涉及电力、交通、农业等行业及人民生产生活的各个方面, 直接经济损失之大、受灾人口之多为近 50 年来同类灾害之最。截止 2 月 26 日统计, 1 月 10 日以来, 贵州、四川、重庆、云南、湖南、湖北、江西、安徽、江苏、浙江、广西、广东、福建、甘肃、陕西、河南、宁夏、青海、新疆和西藏等 20 省(区、市)因低温、雨雪、冰冻灾害造成 129 人死亡, 紧急转移安置 166 万人, 农作物受灾面积 0.119 亿 hm^2 ; 绝收 169.07 万 hm^2 , 倒塌房屋 48.5 万间, 损坏房屋 168.6 万间。其中湖南、贵州、江西、安徽、湖北、广西和四川等省(区)受灾较为严重。

此次低温雨雪冰冻天气致使河南、湖北、安徽、江苏、湖南和江西西北部、浙江北部等地出现大到暴雪, 湖南、贵州、安徽南部和江西等地出现冻雨。我国除华南南部、东北等地以外的大

部分地区均出现了冰冻天气, 冰冻日数达 10~20 d 的范围覆盖包括湖南、湖北大部、江西西北部、安徽中南部和贵州中部等地。根据气象卫星遥感积雪监测, 沪苏浙皖赣鲁豫鄂湘桂渝川黔滇陕等 15 省(区、市)积雪覆盖总面积为 128.21 万 km^2 ; 其中上海、江苏、安徽、河南、湖北和陕西积雪覆盖面积均占其省(市)面积 90% 以上, 贵州、湖南、重庆占 40%~75%, 涉及全国近 2/3 省(区、市)。

持续低温、雨雪、冰冻极端气象灾害给上述 20 个省(区、市)的交通运输、电力输送、通讯设施、农业及人民群众生活造成严重影响和损失。据民政部统计, 受灾人口达 1 亿多人, 因灾直接经济损失超过 1 516.5 多亿元。灾害损失为历史罕见。与历史同期相比, 2008 年同期的灾情超过了 2005~2007 年同期灾情均值的 30 倍以上。同时, 受灾人口、紧急转移安置人口、农作物受灾面积和绝收面积、倒塌房屋、损坏房屋和直接经济损失均超过 2002~2007 年的年度均值水平。图 1 给出 2008 年湖北 4 次冰雪天气过程与直接经济损失。

本文在简要分析灾害特点的基础上, 运用典型事例分析了该次低温、雨雪、冰冻天气对重点行业以及人民生活的影响, 并对致灾因素进行了分析, 最后进行了讨论。

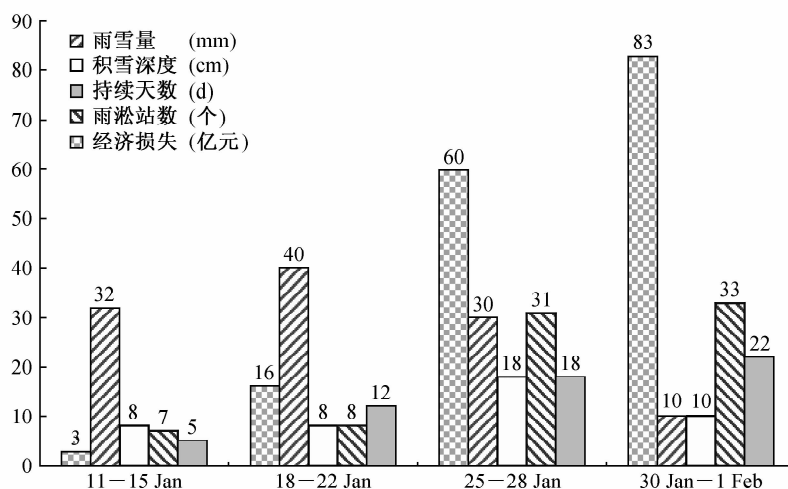


图 1 2008 年初湖北 4 次冰雪天气过程与直接经济损失

Fig. 1 The economic loss in Hubei province during the snow and freezing processes during Jan-Feb 2008

① 张强. 2008 年初我国低温雨雪冰冻极端气象灾害的异常性特点. 2008 年初我国低温雨雪冰冻极端气象灾害研讨会, 中国气象局, 2008 年 2 月 21~22 日, 北京

① 中国交通新闻网 <http://www.zgjtbn.com/101179/101182/101212/27233.html>

雪灾还造成了航班大面积延误,许多民航旅客滞留机场。截至 1 月 28 日,灾区大多数机场在不同时段被迫关闭,6 500 多个航班受到不同程度的影响,造成飞机延误、备降、返航甚至取消飞行。截至 2 月 1 日,因天气原因临时变更航班计划和增加救灾包机 2 000 余班次。

2.2 对电力的影响

中国电力企业联合会发布的《电力系统受低温雨雪冰冻灾害影响情况报告》指出,2008 年 1 月中旬以后,我国华中、华东和南方等区域遭遇了罕见的持续低温、雨雪和冰冻极端天气,全国共有 14 个省级(含直辖市)电网[约占全国省级(直辖市)电网总数的 43%]、近 570 个县的用户供电受到不同程度的影响,部分地区电力设施受灾损坏极其严重^①。

浙江、安徽、江苏、福建、湖北、湖南、江西、四川、重庆、贵州、云南、广西和广东等电网的电力设施均遭到不同程度破坏,其中湖南、江西、贵州、广西受灾最为严重,局部地区由于电力设施毁坏严重使电力供应中断达 10 余天之久。以湖南为例,湖南电网覆盖的所有市(州)自 1 月 12 日至 2 月 1 日先后遭遇了四轮低温雨雪冰冻袭击,35 条 500 kV 线路有 22 条停运,占 62.86%;249 条 220 kV 线路有 96 条停运,占 38.55%;500 kV、220 kV 倒塔分别为 182 基和 630 基,分别占湖南电网区域 500 kV、220 kV 塔基总数的 1.69%和 2.23%;14 座 500 kV 变电站有 6 座全站停电,占 42.86%;96 座 220 kV 变电站有 32 座全站停电,占 33.33%。因而导致除湘西张家界与常德之外的怀化、湘西、邵阳、娄底、湘潭、衡阳、郴州和永州等地区的电网与华中电网断开,解网运行,同时造成郴州、衡阳、永州、怀化四市大面积停电。

根据国家电力监管委员会汇总统计,截至 1 月 30 日,全国电煤库存降至 2 119 万 t。这个数字不到正常存煤的一半,也远低于去年同期的存煤数字,电煤短缺的事实和影响在全国和全行业显现。截至 1 月 30 日,全国存煤低于 3 d 特别警戒线的电厂有 86 座,涉及发电容量达到 8 030 万

kW,占全国发电总装机容量的 11.3%。其中,安徽、湖南、江西、四川、京津塘的电煤供应形势已非常突出。全国范围内被迫关停的机组总数上升至 4 212 万 kW。国内 5 大发电集团中,国电集团、华电集团、大唐集团和中电投公司均因电煤短缺,出现 100 多万 kW 至 400 万千瓦 kW 不等的关停情况^②。

截止 2 月 12 日,全国范围电网(包括国家电网公司系统、南方电网公司系统、地方电网及电厂送出自有线路)受损停运电力线路共 27 805 条,因灾停运的变电站共 1 497 座。国家电网公司系统受损停运电力线路共 8 207 条,因灾停运的变电站共 760 座。南方电网公司系统受损停运电力线路共 6 835 条,受损停运的变电站共 578 座。地方电网受损停运电力线路共 12 753 条,因灾停运的变电站共 153 座。电厂送出自有线路受损停运 10 条。

2.3 对通信的影响

对通信的影响主要表现在无线基站、有线网络、通信行业的营业等方面。截至 2 月 1 日,因停电曾造成全国 6.7 万个移动通信基站停止工作,贵阳市电信、移动和联通的重要通信枢纽供电一度中断,营业厅因电力中断而不能正常营业。截至 2 月 5 日 18 时,因雪灾造成的通信行业直接经济损失已近 7 亿元人民币,约 1 420 万用户受到影响,累计救灾投入 3.5 亿元。截至 2 月 6 日,移动通信有 1.4 万个基站处于瘫痪状态。截至 2008 年 2 月 5 日 18 时,因雪灾造成固定通信倒杆断杆 6.5 万根,通信线路损毁 1.2 万 km。

2.4 对人民生活的影

2.4.1 供水设施损坏

截至 2 月 3 日统计,灾区供水水源设施损坏 8.8 万多处,供水管道损坏 153 764 km,影响人口 1 716.9 万人;378 个水文测站的测验设施遭到不同程度损坏,水文站房毁坏面积近 8 600m²,水文测验报汛通信设施毁坏 285 处。

2.4.2 供电系统损坏

这次雪灾涉及层面广泛,供电等系统也遭受极其严重影响,电网系统的电煤储量已下降到最

① 中国电力网 <http://www.chinapower.com.cn>

② 新华网 <http://www.news.cn>

低点,给人民生活带来极大影响。1月23日,全国用电缺口高达7 000万kW,13个省份拉闸限电,广东、广西等很多企业用电缺乏保证。全国被迫关停的发电机组已达3 990万kW,占全国火电装机总容量的7%,有17个省级电网电力供应紧张。

湖北、湖南、广西、四川、云南、安徽6省(区)共有130个县的地方电网受损,高低压线路断线6.4万处,倒(断)杆12.7万根,受影响人口2 705万。

截至到2月6日,受灾地区华东电网运行基本正常,华中电网除湖南、江西外基本正常,南方电网除贵州外运行基本稳定。经过电网公司的全力抢修,全国因灾停电的169个县中,已有164个县恢复或部分恢复供电,占总数的97%。

2.4.3 市场波动

雪灾、冻灾使得蔬菜冻死、冻坏,同时影响农副产品的运输,从而导致农副产品供应紧张,价格上涨。大雪引起的市场波动在取暖设备市场上也较为明显,一些商场的取暖设备一度供不应求。

2.4.4 民众患病增多

暴雪肆虐使得意外受伤和心脑血管等突发性疾病患者明显增多,以无锡市人民医院的急诊统计,仅1月26、27日两天,医院急诊中心就已接诊了160多名外伤病人。

2.4.5 交通受阻

由于大雪、大雾和结冰等天气灾害发生在交通主干线和人口密集地区,有些地区电力中断,道路拥堵封闭,又值春运和学生寒假,大量的旅客滞留车站、机场,甚至大量的货运和客运车辆滞留途中,有的达十几天,严重影响了人民的正常出行。

2.5 对农业的影响

此次持续大范围低温、降雪、冻雨和阴雨天气,形成了严重的雪灾、冰冻、寒害等农业气象灾害,致使江苏、浙江、安徽、江西、湖南、湖北、广东、广西和贵州等地蔬菜、设施农业及各种经济林果、油菜遭受危害。其中雪灾危害以设施农业为主;冰冻危害以蔬菜、经济林果、油菜

为主;寒害以热带作物为主。截至2月4日初步统计,农业直接经济损失已逾300亿元。由于大雪、冰冻封路,导致农副产品运输严重受阻,柑橘、蔬菜、生猪等运销受到较大影响,引起农产品价格不同程度上涨。

但是,充沛的雨雪却有利于春季农业生产。1月10日~2月4日,江淮、江南和华南大部降水量达50~100mm,部分地区达100~200mm,充沛的雨雪有效地补充了土壤水分,增加了水库蓄水,为春季农业生产储备了较多的水分。与此同时,持续气温偏低,可有效地杀灭田间虫卵和病菌孢子,减少春季农业病虫害危害的机率。积雪覆盖利于冬小麦安全越冬,并可减缓部分小麦旺长的势头,有利于改善群体结构;另外,由于土壤水分充足,利于夏粮增产。

2.6 对林业的影响

根据国家林业局2008年2月18日的统计得知,湖南、贵州、江西、湖北、安徽、广西、浙江等19个省区市遭受雨雪、冰冻灾害的森林面积已达1 860万hm²。受灾严重的国有林场1 781个,苗圃1 200个,冻坏林木种子760余吨,苗木近100亿株。冻死冻伤国家重点保护野生动物3万只(头)。受损防火林带7.2万km,冻裂、冻爆给水管线3.2万km,损毁供电线路32.8万km、道路6.1万km、通讯线路3.9万km,损毁业务、科研、学校等用房220万m²,林业直接经济损失达573亿元,受灾林业人口达260万。^①

这次雨雪、冰冻造成林业受灾之重为历史罕见,其主要有4个特点:一是占灾害总损失的比重大。受灾地区林农的林业收入约占总收入的50%以上,这次严重灾害不仅使灾区林农2008年的收入大幅度减少,还将影响到今后3~5年林农的收入。据对湖南等8省的调查,林业损失占本省灾害总损失的40%~60%。二是苗木、竹林和新造林受灾严重。苗木被冻死的现象非常普遍。湖北省竹林受灾面积占全省竹林总面积的近80%,三峡、丹江口、富水三库区等退耕还林区75%的柑橘受害。各地近几年的新造林受害尤为严重,对生态建设影响较大,这次受灾地区是林业发展最快、活力最旺的地区,也是森林资源最好的地

① 国家林业局政府网 <http://www.forestry.gov.cn>

区, 受灾森林面积占全国森林总面积的 1/10, 超过退耕还林工程的总面积, 相当于全国 1 个 5 年规划增加的森林面积, 对我国生态将带来严重影响, 而且会严重影响 2010 年全国森林覆盖率达到 20% 这一目标的顺利实现。三是林农经济损失大。退耕还林和集体林权制度改革后, 群众投入大量资金营造的经济林木损失惨重。四是留下了严重的次生灾害隐患。这次灾害使很多林木倒伏, 增加了地面的枯枝落叶, 森林起火的风险等级大大提高。例如江西, 从 2 月 6~19 日共发生了 17 起森林火灾。所以, 防止火灾的形势非常严峻。

3 致灾成因分析

3.1 天气气候

从 1 月 10 日起, 我国天气形势发生了显著的变化, 去冬以来的晴暖、少雨天气转变为低温、多雨雪天气。这次罕见的低温、雨雪、冰冻灾害主要由 4 次天气过程造成, 发生的时间段分别为 1

月 10~15 日、18~22 日和 25~28 日以及 1 月 31 日~2 月 2 日。其间中国南方经历了 4 次范围较大的冻雨过程, 如图 3 所示。湖南、贵州和江西可以做为南方的代表性省份。图 4 所示为 2008 年 1 月 12 日~2 月 1 日湖南、贵州和江西三省的冻雨站点总数随时间的演变, 从图中可以很清楚地看到 1 月 20 日湖南的冻雨站点最多达到 130 个, 贵州在 1 月 18 日、19 日出现的冻雨站点数分别达到 123 个和 127 个。

图 4 同时也可以说明这次低温雨雪冰冻天气持续时间较长。表 1 给出了 1954 年以来 7 省市(湖南、湖北、江西、安徽、江苏、上海及贵州)平均气温 $< 1^{\circ}\text{C}$ 最大连续日数(简称低温日数)、最长连续降雪量(简称降雪量)以及日平均气温 $< 1^{\circ}\text{C}$ 的冰冻日数。从表上可以看出, 2008 年入冬以来持续低温的时间、降水量以及冰冻日数与历史同期相比, 表现为低温持续时间长、降水量显著偏多和冰冻日数偏多的特点, 其程度达 50 年一遇。长江中下游及贵州雨雪日数为 1954/1955 年以来历史同期最大值; 冰冻日数也为历史同期

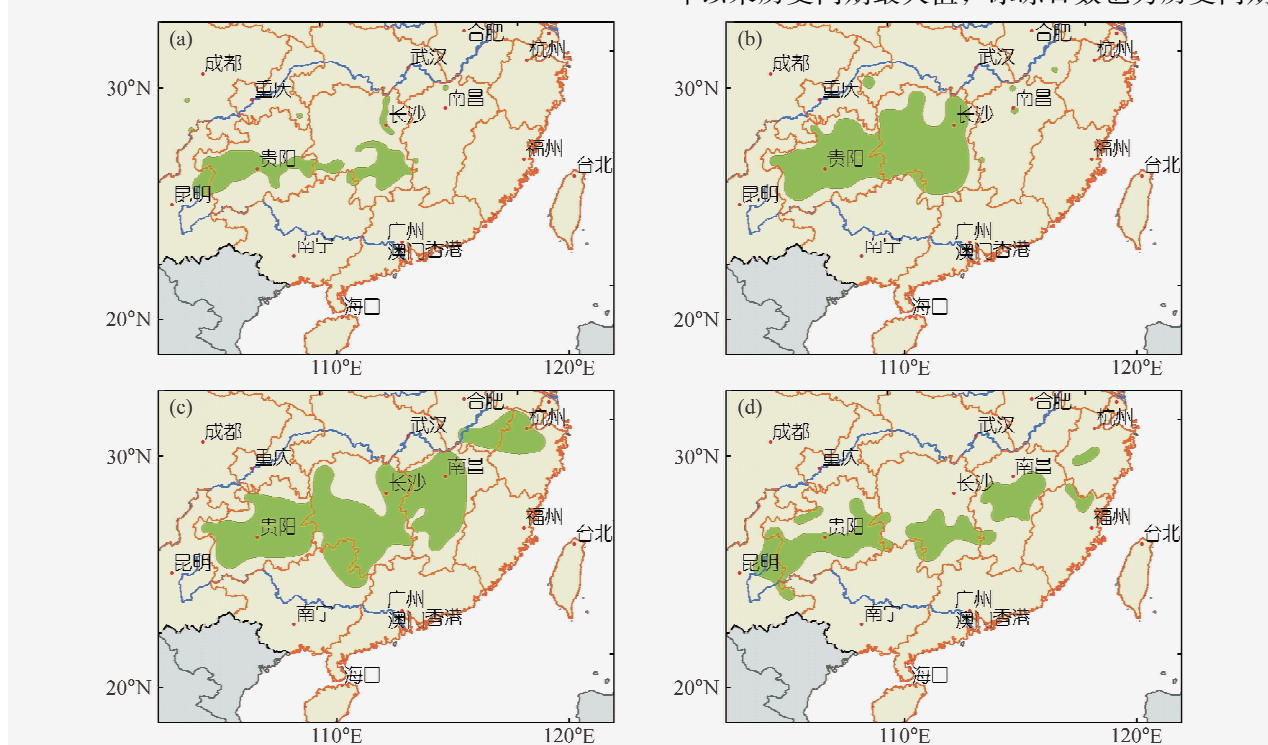


图 3 2008 年 1 月 4 次冻雨过程水平分布范围(绿色为冻雨区): (a) 1 月 10~15 日; (b) 1 月 18~22 日; (c) 1 月 25~28 日; (d) 1 月 31 日~2 月 2 日

Fig. 3 The distribution of freezing (green area) for four episodes during Jan—Feb 2008: (a) 10—15 Jan; (b) 18—22 Jan; (c) 25—28 Jan; (d) 31 Jan — 2 Feb

表 1 2008 年冬季中国南方 7 省（市）低温日数、降雪量、冰冻日数与历史对比^①

Table 1 Comparison of cold days, precipitation amount and freezing days of seven provinces over southern China in the winter of 2007/2008

起止时间	低温日数/d	降雪量/mm	冰冻日数/d	影响范围
1954 年 12 月上旬至 1955 年 1 月中旬	16.7	27.7	8.5	河南、湖北、湖南等 22 个省
1957 年 1 月下旬至 2 月上旬	10.8	25.5	5.5	陕西、湖北、安徽等 16 个省
1964 年 2 月	11.7	33.5	6.7	贵州、江西、湖南等 19 个省
1969 年 1 月下旬至 2 月中旬	10.5	18.0	5.7	陕西、湖北、湖南等 16 个省
1976 年 12 月下旬至 1977 年 1 月中旬	11.8	14.9	5.3	贵州、江西、湖南等 13 个省
1984 年 1 月中旬至 2 月中旬	13.1	16.8	5.3	贵州、四川、甘肃等 7 个省
2008 年 1 月中旬至 2 月上旬	18.7	42.4	9.9	贵州、湖南、江西等 20 个省

注：强度为 7 省市平均

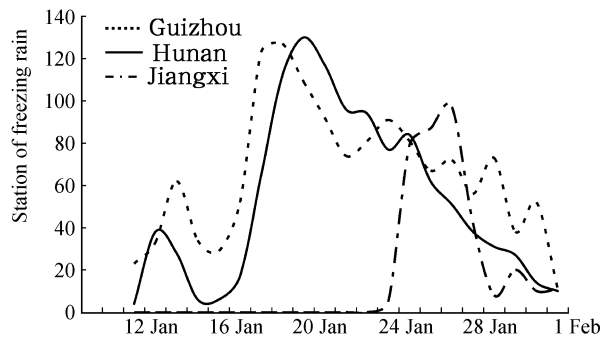


图 4 贵州、湖南和江西 2008 年 1 月 12 日~2 月 1 日观测每日 8 次冻雨站点总数（单位：个）

Fig. 4 The total stations of Guizhou, Hunan and Jiangxi provinces during 12 Jan—1 Feb 2008 (units: number)

最大值。其中湖南、湖北雨雪冰冻天气是 1954 年以来持续时间最长、影响最严重的，贵州 43 个县（市）的冻雨天气持续时间突破了历史记录。江淮等地出现了 30~50 cm 的积雪，贵州、湖南的电线结冰直径达到 30~60 mm。2 月 4~5 日，又出现了第 5 次过程，但时间短、强度较弱，不再多述。

致灾除了天气原因之外，也有一定的气候原因。许多专家分析了 La Niña 事件的影响^②。自 2007 年 8 月，赤道中东太平洋海温进入 La Niña 状态后迅速发展，至 2008 年 1 月，已连续 6 个月海表温度较常年同期偏低。入冬以后，中国出现的降水异常分布特征和历史上较强 La Niña 事件发生后的冬季气候特征非常相似，表明当前的 La

Niña 事件可能是影响我国东部的大范围持续低温、雨雪天气的重要原因之一^[1]。

欧亚地区出现罕见、持续而稳定的大气环流异常形势，是长时间大范围低温、雨雪、冰冻灾害的直接原因。这种大气环流异常形势主要表现在 4 个方面。一是 1 月以来，中高纬度欧亚地区的大气环流呈现西高东低分布，这种环流异常型已持续 19 天（1 月气候平均值为 6 天），是多年气候状况的 3 倍以上，为 1951 年以来该环流型持续最长的一次，有利于冷空气不断入侵我国。由图 5 看到，贝加尔湖阻塞高压异常强盛，中亚、西亚直到北非低值系统活跃（副距平），鄂霍次克海及以北支低槽异常强盛，东亚大槽偏弱（正距平），正副距平分布与环流系统配置很好。二是，西北太平洋副热带高压偏强偏北，副高稳定维持在我国东南侧的海洋上，并多次向西伸展，使冷暖空气交汇的主要地区位于我国长江中下游及其以南地区。第三，青藏高原南缘的南支低压槽活跃，是近 10 多年来少有的，促使暖湿空气不断沿云贵高原东侧向我国输送。第四，在冷暖空气交汇区，长江流域和华南地区形成了一条准静止锋（或切变线）^[2~4]。由于暖湿空气位于上部，形成对流层中低层稳定的逆温层，造成了大范围冻雨。如图 6 所示，暖层位于 800~600 hPa。暖层内伴有西南风，700 hPa 西南气流加强时，暖平流使暖层也加强；冷层内多为东北或东风；相对湿度较高。由

① 张强. 2008 年初我国低温雨雪冰冻极端气象灾害的异常性特点. 2008 年初我国低温雨雪冰冻极端气象灾害研讨会，中国气象局，2008 年 2 月 21~22 日，北京

② 王永光. 2008 年初我国低温雨雪冰冻极端气象灾害的气候成因及对未来气候预测的影响. 2008 年初我国低温雨雪冰冻极端气象灾害研讨会，中国气象局，2008 年 2 月 21~22 日，北京

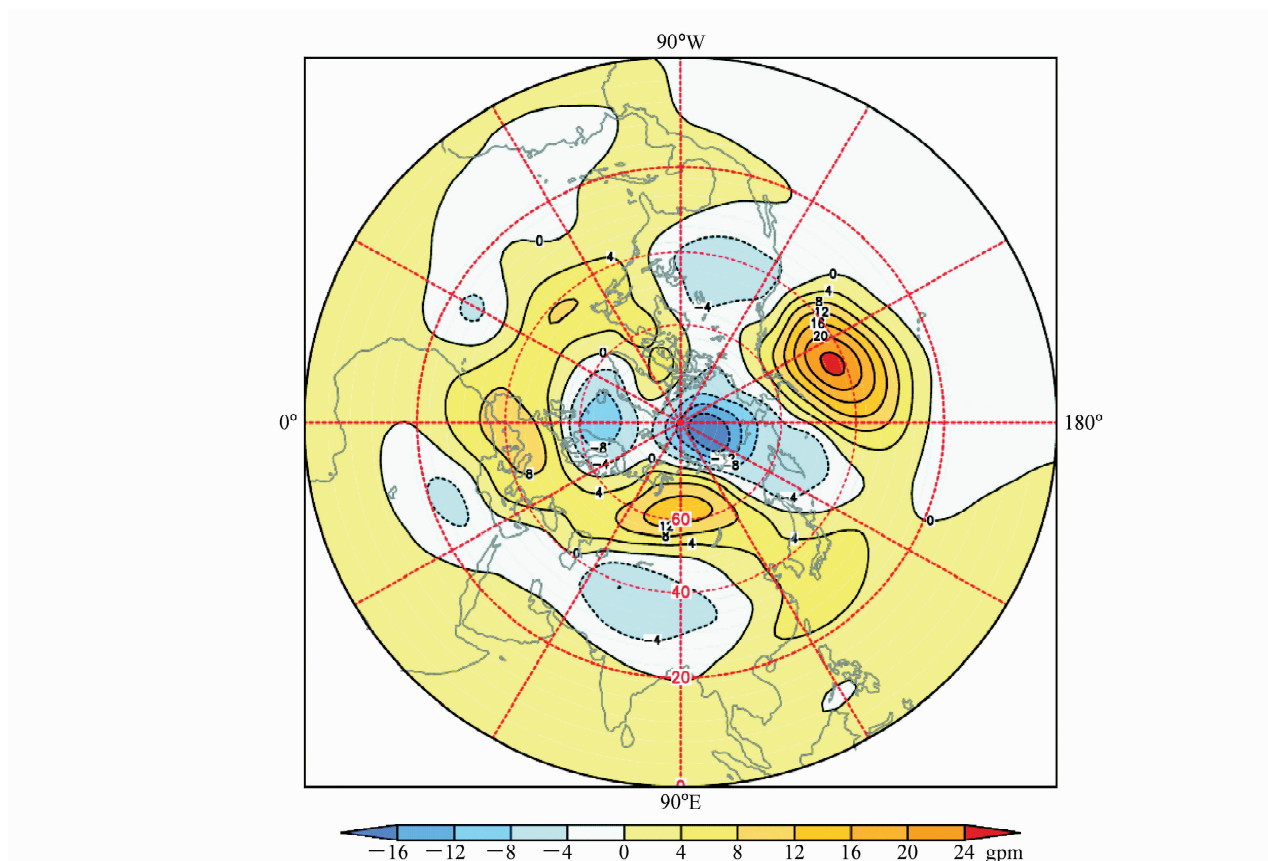


图 5 2008 年 1 月 11 日 20 时~31 日 20 时 500 hPa 高度距平分布 (单位: 10 gpm)

Fig. 5 The anomaly of geopotential height on 500 hPa from 2000 LST 11 Jan to 2000 LST 31 Jan 2008 (units: 10 gpm)

于上述稳定少动的大气环流异常形势持续维持 20 多天, 造成了我国东部地区出现罕见的大范围持续低温、雨雪、冰冻天气。

3.2 特殊的地域和时间

历史上南方也出现过较强的寒潮天气^[5]。这次灾害天气出现在江南、江淮、华南北部和贵州等地, 多水网和山地。受灾地区 (例如湖南, 江西、贵州、湖北、安徽、浙江等) 是我国经济较为发达且人口密度大的省区, 属于南北交通大动脉和枢纽, 公路、铁路的干线、支线密集。灾害发生时候, 恰逢春运和学生放假。由于对冬季灾害性天气及其影响相对缺乏研究, 因此对于天气和灾害影响估计不足。总的来说, 这次灾害发生的地域和时间的特殊性致使灾害造成的严重程度加剧。

3.3 不同的行业

3.3.1 交通

由于气温持续较低, 道路和交通工具都出现

结冰现象, 并且在路面形成较厚积冰, 而交通部门却缺乏应急设备, 尤其以京珠高速路湖南南部至广东北部段中断为影响最大。同时, 由于对以后的持续低温和连续雨雪冰冻天气估计不足, 过早地采取撒融雪剂和封路措施, 使得道路结冰越来越严重。铁路方面由于电力设施受损, 供电中断, 电力机车受到重大影响, 京广铁路因此中断。民航方面, 飞机和机场跑道结冰成为影响的主要原因, 由于机场没有应对措施和储备工具及时除冰, 导致多个航班延误、取消。

3.3.2 电力和通讯

对电力的主要破坏是由于线路的覆冰。覆冰对线路的破坏有 3 种类型: 第一种是少量的覆冰。由于导线圆截面上的覆冰不可能很均匀, 有可能形成椭圆或其他形状, 在大气中构成一个迎风面, 当风的角度和冰的迎风面角度合适时导线就会舞动, 幅度很大, 最大有 6、7 m 甚至 10 m 左右。这样舞动产生的惯性增大了对铁塔的张力, 因此

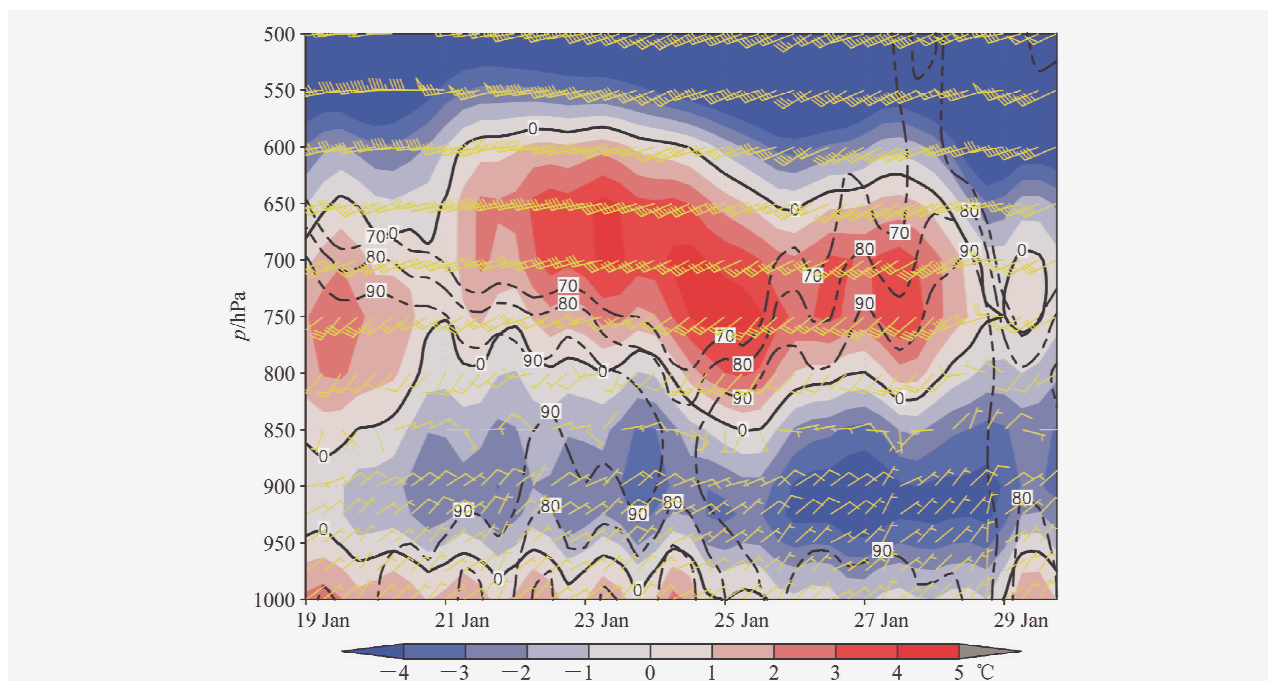


图6 2008年1月19~29日贵州、湖南和江西(26~28°N, 105~116°E)温度(阴影区, 单位:°C)、风、相对湿度(虚线, %)的高度—时间演变

Fig. 6 The height-time cross section of temperature (shaded, °C), wind and relative humidity (black dashed line, %) for Guizhou, Hunan and Jiangxi provinces (26—28°N, 105—116°E) during 19—29 Jan 2008

即使有时重量还没有增加, 铁塔就已被破坏, 造成局部拉断或者绝缘子被拉掉。第二种是闪路。即线路结构没有被破坏, 但是导线失去了绝缘, 造成闪路, 电力无法输送。第三种是垂直负载过重, 结构整个压垮, 这是今年多发、普遍现象。随着覆冰的增厚, 给铁塔、导线以及绝缘子造成了巨大的负荷, 严重超过了设计极限, 最终造成了铁塔倒塌和线路压断。我国南方地区电力设备, 特别是电线积冰标准较低, 是导致电力出现中断的主要原因。

南北方铁塔导线上的结冰特点不同^[6,7], 它和一定的环流形势相联系^[8]。西北地区、东北地区铁塔和导线上也有覆冰, 但其为雾凇或雪凇。凇分为三类, 雾凇、雪凇和雨凇。前两种凇很松软、密度很低, 给铁塔和导线造成的负荷不会很大, 至多造成闪路, 但是不会对线路结构造成破坏。这次南方出现的是雨凇, 是过冷水遇到固体表面立刻结冰形成, 这种快速的结冰, 密度非常大, 约是 $0.9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 致使铁塔和导线增加了很大的重量。设计中一般采用30年一遇覆冰厚度15 mm的标准, 而在设计规则中一般不考虑偶发事

件。由于这次的覆冰厚度远远超出设计标准(例如: 1月29日8时到2月2日8时湖南电线覆冰出现60 mm的极值), 因此造成巨大破坏^[9]。

融冰期的灾害控制也十分关键。输电线路是悬索受力结构, 由于导线架在铁塔上, 本身已具有张力, 冰载荷造成导线两边张力相当, 但是融冰时不可能同时把冰载荷全部卸掉, 当只有一边脱冰时, 导致两边的张力不同, 受力不平衡, 脱冰一边的导线往上弹, 而另外一边因为重力向下有个大的冲击, 这种冲击力极容易把铁塔拉倒。一旦有塔倒塌, 由于不平衡张力可能造成铁塔的串倒。

雪灾和冻灾致使通信基站处于瘫痪或半瘫痪状态。暴露在外的通讯设施(通讯线路、通讯塔)受冻雨影响被厚达10~30 cm的冰包裹。因此大量通讯塔、通信杆和线路不堪重负, 损毁严重。

此外, 电力设施受雪灾和冻灾影响而中断电力运输, 使得通讯设施没有稳定的动力, 在没有后备电源或后备电源供电不足的情况下, 会引发通讯设施瘫痪。而交通不畅或封闭, 又使得人员和物资无法到达受损通讯设施所在地, 影响或

阻止了对通讯设施的抢修和维护。

3.3.3 农林业

由于对如此大的雪灾没有经验,同时各个方面的基础设施以及指挥系统也都存在缺陷。我国南方长期以来并没有对冻害设置比较高的标准,所以这次灾害过程中,由于建设方面考虑不足,使蔬菜大棚、各大林场和苗圃,包括野生动物的救治场所,因雪压造成了全面塌方和倒压。

3.3.4 人民生活

低温使水管爆裂,灾区用水困难,屋顶积雪使房屋倒塌,给人民群众生产生活带来极大影响。以安徽省为例,1月12日以来,安徽省连续发生3次降雪天气。18~20日沿淮的淮北和大别山区普降大到暴雪。截至1月26日,淮北积雪厚度10 cm以上,大别山区25 cm以上,岳西、霍山部分乡镇最深达50 cm。一般民宅和厂房在设计时主要考虑降水、防风和保暖,很少考虑如此大的承重,所以厚的积雪极有可能使普通民宅倒塌。

由于电力和通讯设施的损坏,直接影响照明、取暖、供水、供气。另外,金融、商业、通信、服务、娱乐等营业场所都受到很大程度的影响。雪灾冻灾使得蔬菜冻死冻坏,影响农副产品的运输,从而导致农副产品供应紧张。同时暴雪肆虐使得意外受伤和心脑血管等突发性疾病患者明显增多,电力缺乏造成医疗器械和医院手术难以正常进行。电力和通讯设施的损坏间接影响交通,雪灾冻灾使得灾区民众交通旅行受到很大影响,形成了一系列灾害链。

4 结论和讨论

从上述分析知道,这场灾害暴露了我国在交通电力基础设施、能源结构、部门管理等方面的关联性、复杂性以及解决问题的迫切性。要应对这类低温雨雪冰冻灾害,并最大限度的将其影响降至最低,今后有大量的工作要做:

(1) 提高对冬季低温、雨雪、冰冻灾害的预报能力。在全球气候变暖的背景下,大气环流特征、极端天气气候事件等也在发生相应的变化,需要把防御极端天气气候事件摆在应对气候变化的重要位置。各相关部门要加强科学研究的力度,着力分析和研究极端天气气候事件的长期变化规

律,努力提高对极端天气气候事件的预报准确度;着力研究和开发极端气象灾害影响评估的技术方法,做好对可能发生灾害的影响程度、影响范围等的预评估。特别要加强对这场低温、雨雪、冰冻灾害的持续性的研究,改进10~30 d延伸预报以及降水的相态预报能力。另要加强对我国冰冻灾害形成机理和预报的进一步研究。

(2) 建立完善的雪灾预报系统。对于防治冰雪灾害,国外许多国家建立了防灾机制、建立了完善的雪灾预报系统或雪灾防治中心,也建立了必要的惩戒等防治体系。例如,美国是多雪灾的国家,为实时防治雪灾,美国建立了完善的雪灾预报系统。2005年12月,一场暴风雪光临美国东北部,早在12月3日,美国气象部门就发出“灾难性天气”的警告。同时,政府向市民公布了御寒指南。当年11月,德国也普降大雪,虽然受灾范围很广,但损失却不大。究其因,应先归功于德国完善的雪灾预报系统——德国在20世纪90年代初就成立了由气象、电力、交通等部门组成的雪灾防治中心,对强降雪灾害及其他紧急情况进行预测和监测。为防雪后大堵车,德国有关法律规定,如果大雪后车主把车辆停靠在主要街道两旁阻碍交通,就将面临数百欧元罚款,同时还得支付拖车费用。

(3) 加强信息技术在应急管理中的作用。如果缺少有效的信息发送平台和沟通机制,不仅在面对灾害时政府无法进行有效决策,公众也无法及时开展自救。人们常说的“最后1 km”气象预警,就是各级部门利用各种手段和途径,包括卫星广播等技术,使气象信息能够覆盖传统通讯手段无法到达的偏远地区。但是信息要发挥作用,一定要强调及早发布,及时采集有针对性的信息并发布给目标群体,不但安定人心,还起到“软”控制的作用。对这次冰雪灾害来说首先是交通问题,大雪使很多地区公路、铁路中断,交通系统频频告急。春运期间又是人口流动的高峰期,大批旅客滞留在车站或路上,人数等于好几个中等国家的全部人口总和。此时路不通、车不行,无论怎样的预警信息都难以发挥作用。

(4) 加强基础工程设施的科学规划设计,提升应对极端气象灾害的能力。这次罕见的低温、雨雪、冰冻灾害给电力、通讯、交通、农业等造

成严重影响。其中重要原因之一是目前一些地区的电网、基础设施和公共建筑等的设计标准,难以适应气候变化背景下的极端气象灾害的影响。建议在电力通讯设施、公路、铁路以及建筑工程等的规划设计过程中加强灾害性天气的气候可行性论证工作,特别是在电网的设计中要考虑南北方不同地区的低温、雨雪、冰冻等气候条件的可能影响,对电力线路杆、塔载荷能力进行论证,并制定出相应的标准,以提高其抗御极端气象灾害的能力。

(5) 加强应对极端气象灾害科普宣传,提高民众自救互救能力。充分利用各种媒体和手段加强防灾减灾宣传教育,增强民众的灾害意识和忧患意识,提高民众对气象灾害的科学认识和防灾减灾意识,进一步提升民众防灾避灾、自救互救水平。在一些发达国家,早在小学阶段就开设专门的课程教育孩子如何应对大雪、暴雨等各种自然灾害。以 2005 年美国东北部暴雪为例,尽管雪灾造成 15 万户停电,但由于人们有准备,家中储藏了防寒物资,因此并未对人们生活造成很大影响。同时,由于暴雪灾害预报发布时间较早,许多城市的公共交通、环卫部门紧急行动,因此没有造成交通阻塞^[10]。

致谢 感谢国家气象中心预报系统开放试验室的吴焕萍博士在绘图方面给予的热情帮助,特此致谢。

参考文献 (References)

- [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. 广东气象, 2008, **30** (1): 4~7
Wu Naigeng, Lin Liangxun, Li Tianran, et al. Causality analysis of the cryogenic freezing rain and snow weather in Guangdong Province at the beginning of 2008. *Guangdong Meteorology* (in Chinese), 2008, **30** (1): 4~7
- [2] 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. 气候与环境研究, 2008, **13** (4): 351~367
Zhao Sixiong, Sun Jianhua. Multi-scale systems and conceptual model on freezing rain and snow storm over southern China during January—February 2008. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2008, **13** (4): 351~367
- [3] 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. 气候与环境研究, 2008, **13** (4): 368~384
Sun Jianhua, Zhao Sixiong. Quasi-stationary front and stratification structure of the freezing rain and snow storm over southern China in January 2008. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2008, **13** (4): 368~384
- [4] 陶诗言, 卫捷. 2008 年 1 月我国南方严重冰雪灾害过程分析. 气候与环境研究, 2008, **13** (4): 337~350
Tao Shiyang, Wei Jie. Severe snow and freezing-rain in January 2008 in the southern China. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2008, **13** (4): 337~350
- [5] 张敬业, 钱兆熊, 任学慧. 南方强寒潮低温的分析和预报, 气象, 1985, **11** (2): 14~18
Zhang Jingye, Qian Zhaoxiong, Ren Xuehui. The Analysis and Forecasting of Severe Cold Air over South China. *Meteorological Monthly* (in Chinese), 1985, **11** (2): 14~18
- [6] 李军, 禹伟, 许源, 等. 基于湖南省冰冻分布及气候特征的思考, 湖南电力, 2004, **24** (2): 16~19
Li Jun, Yu Wei, Xu Yuan, et al. Analysis of frost distribution and its characteristics in Hunan. *Hunan Electric Power* (in Chinese), 2004, **24** (2): 16~19
- [7] 曾皓. 青藏高原东部边缘电线覆冰的特征及天气成因. 四川气象, 2004, **24** (3): 4~6
Zeng Hao. The reasons of formation and characteristics of electrical wire coated by freezing-rain over easterly edge of Qinghai-Tibet Plateau. *Sichuan Meteorology* (in Chinese), 2004, **24** (3): 4~6
- [8] 赵彩. 贵州雨淞积冰过程的云层特征及环流背景. 气象, 1995, **21** (5): 48~52
Zhao Cai. An analysis on the cloud macro characteristics and circulation background of the severe glaze icing in Guizhou. *Meteorological Monthly* (in Chinese), 1995, **21** (5): 48~52
- [9] 罗宁, 文继芬, 赵彩, 等. 导线积冰的云雾特征观测研究. 应用气象学报, 2008, **19** (1): 91~95
Luo Ning, Wen Jifen, Zhao Cai, et al. Observation study on properties of cloud and fog in ice accretion areas. *Journal of Applied Meteorological Science* (in Chinese), 2008, **19** (1): 91~95
- [10] 张庆阳. 国外公路雪灾防治. 中国气象局图书馆文献资料通讯, 2008, **10** (2): 1~5
Zhang Qingyang. Prevention and prediction of snow in overseas. *China Meteorological Administration Library Newsletter* (in Chinese), 2008, **10** (2): 1~5