

2008年初罕见的浙西南冻雨(雨凇)灾害分析

潘娅英¹, 柳岳清¹, 王亚云² (1. 浙江省丽水市气象局, 浙江丽水 323000; 2. 浙江省气象局, 浙江杭州 310017)

摘要 2008年1月中旬到2月初, 浙西南地区遭受了罕见的低温、冻雨(雨凇)天气, 此次过程可以分为3个阶段, 即: 冰冻开始, 冰冻加剧, 长时间低温冰冻阶段。这次冰冻灾害给浙西南地区的各行各业造成了严重影响, 其中, 给电力系统造成的影响是有史以来最为严重的一次, 丽水也是全省受灾最为严重的地区之一。主要从冻雨形成的3个条件分析了冻雨的成因, 指出在较强的拉尼娜背景下, 异常海温下垫面和大气环流给这次冻雨的形成提供了充足的水汽来源; 很强的逆温层的存在是冻雨形成的直接原因; 另外, 浙西南独特的地形为冻雨形成提供了低于0℃的地物接触面, 使得这次的冰冻灾害更加严重。

关键词 冻雨; 灾害; 成因; 分析

中图分类号 S166 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)04-01731-03

2008年1月中下旬, 我国南方大部遭受了历史罕见的低温、冻雨(雨凇)天气, 浙西南地区受其影响尤为严重。这次的低温冰冻灾害在浙西南造成的灾害范围之广、强度之大、持续时间之长、灾害之重为50年不遇, 对交通运输、能源供应、电力传输、通讯设施、林业、农业及人民群众的生活造成了严重影响和巨大损失。笔者分别介绍了此次低温冰冻灾害的天气以及造成的严重影响, 从大气环流形势特征、海温场特征、逆温层等方面初步探讨了此次低温冰冻的成因; 同时, 从过冷却水与地物接触面的温度配置方面做了进一步的分析。

1 低温雨雪冰冻天气概况

2008年1月12日浙西南地区开始受强冷空气影响, 直到2月16日基本结束。这次过程分为3个阶段: 第1阶段为1月13日~24日, 以阴冷弱降水天气为主。1月15日开始, 海拔800 m以上的高山地区开始出现冻雨(雨凇)天气; 17日, 北部地区海拔500 m以上的山区也出现冻雨天气, 总面积约占全区的20%~30%。另外, 很多山区道路都出现结冰。第2阶段为1月25日~2月2日, 以低温雨雪天气为主, 冰冻加剧。25日, 冻雨天气降到海拔300 m, 面积约占全区的90%。此后, 低温冰冻灾害一直持续且不断加重, 并向低海拔地区扩展。27日以后, 冻雨天气进一步向低海拔地区扩展, 至2月2日, 全区出现雨夹雪和雪的天气, 北部和山区出现中到大雪, 冰冻范围扩展到全区绝大部分。第3阶段为2月3日~16日, 以低温天气为主。2月3日起阴雨(雪)天气结束, 但是大范围的低温冰冻天气一直持续到2月16日, 至17日, 北部县站的最低气温基本回升到7℃以上, 高寒山区自动站气温回升到0℃以上, 冰冻逐渐融化。这次过程中, 缙云、遂昌、松阳气象观测站积雪深度最大值分别达7、4、1 cm。大洋等高山地区过程最大电线积冰5~7 cm, 道路积冰5~6 cm, 部分路段达10 cm以上。

1月13日~2月2日期间, 全区平均雨雪量达93.8 mm, 较历史同期偏多124%; 全区平均气温为3.6℃(不含中尺度自动站), 较历史同期偏低2.8℃; 丽水市区、遂昌、缙云、庆元出现了连续21 d的低温阴雨天气(无日照), 破历史同期(冬季)极值; 气温日较差(最高气温和最低气温之差)每日均小于4℃, 持续天数再创历史同期最多记录。浙西南的中

北部海拔800 m以上高山地区, 日平均气温 ≤ 0 ℃的持续天数达12 d(如莲都的郑地、陈寮山, 缙云的大洋山, 遂昌的南尖岩等从1月22日起连续12 d日平均气温均低于0℃, 1月31日最低达-5℃以下); 海拔在500 m以上的山区日平均气温 ≤ 0 ℃的持续天数也达5 d以上。

2 灾害影响程度

冻雨(雨凇)与地表面水面结冰有明显的不同。由于雨凇边降边冻, 能立即粘附在裸露物的外表面而不流失, 形成越来越厚的、浓密而坚实的冰层, 比重在0.9 g/cm³及以上, 从而使物体负重加大, 造成树木折枝、电线崩断、杆塔塌毁和路面打滑等危害^[1]。此次由于冻雨(雨凇)期较长, 给全区造成了更加严重的灾害损失。

据民政部门统计, 全区9县市区有166个乡镇受灾, 受灾人数达78万多人。其中, 遂昌因雪灾受伤16人, 共紧急转移2 251人, 损坏房屋33 742间, 倒塌房屋315间, 直接经济损失16.24亿元。给浙西南农林业、电力、通信、交通以及人民群众的日常生活等造成了严重的影响, 给山区造成的灾害更是比城区要严重很多。

冰冻灾害对电力行业造成了严重影响, 电力设备掉闸、杆塔折倒断线等情况, 无论从范围还是持续时间上都是史上最为严重的一次; 同时, 浙西南也是浙江省受灾最为严重的地区。截至2008年2月4日6:00, 共有4条500 kV线路、5条220 kV线路、8条110 kV线路跳闸, 未恢复送电的4条; 14个35 kV变电站全停, 527条35 kV及以下线路受损, 线路累计达1 194 km, 倒杆1 917基, 5 887个台区停电。涉及146个乡镇范围内的2 835个行政村、5 107个自然村、439 326户用户。这次电网线路覆冰灾害多发生在丽水中北部的山区, 倒塌的杆塔多位于海拔500~700 m。

此次冰冻灾害天气正值春运期间, 严重影响了公路、铁路等交通部门的正常营运。据不完全统计, 1月28日~2月2日期间, 国(省)道超过30个段(次)由于雪灾而中断, 县乡公路150个段(次)以上由于雪灾出现塌方等次生气象灾害, 造成交通中断。仅2月1日, 由于低温和雨雪造成道路结冰, 丽水市各县均有不同程度的农村班线停开, 其中缙云由于积雪严重, 客运班车全部停开, 旅客滞留。金丽和两龙高速一度封道, 丽水至武汉、南昌、合肥、重庆、郑州停开。为此, 交通部门投入抢险人力超过4 000人次, 设备车辆超过700台次, 使用工业盐及其他防滑料950 t, 投入抢险资金850余万元。

作者简介 潘娅英(1977-), 女, 浙江景宁人, 工程师, 从事天气气候方面的研究。

收稿日期 2008-9-24

严重的低温冰冻灾害使浙西南的农林业遭受了非常严重的损失。截至2月13日,林业:损失经济林0.556万 hm^2 ,价值7156.9万元;损失用材林15.184万 hm^2 ,价值45500万元;损失竹林7.207万 hm^2 ,价值59643.9万元;损失苗木0.026万 hm^2 ,价值1.335万元。林业总经济损失119192.2万元。截至2月13日上午,全区农作物受灾面积达到3.749万 hm^2 ,成灾1.524万 hm^2 ,绝收面积0.103万 hm^2 ;其中春花作物受灾面积0.662万 hm^2 ,经济作物受灾面积3.087万 hm^2 。经济作物中茶叶和果园损失最严重,全区受灾茶园面积1.437万 hm^2 ,占茶园总面积的60%以上;受灾果园1.044万 hm^2 ,占总面积的25%;露地蔬菜受灾面积0.556万 hm^2 ;食用菌棒受损16700多万袋;家禽死亡9.22万只;牲畜死亡0.55万头。灾害已造成全区农业经济直接损失3.87亿元。

3 灾害成因分析

一般来说,冻雨的形成需要有3个条件:一是有利的降水条件,二是有利的逆温层形成,三是过冷却水滴与地物接触面的温度配置,即有低于 0°C 的接触面。

3.1 异常的海温下垫面及大气环流 冻雨天气既然是一种降水天气,它必须是具备降水天气的环流特征。因此,冻雨天气的产生与大尺度环流背景是密切相关的。中国气象局国家气候中心从海温下垫面异常和环流系统异常2个角度对此大范围雨雪成因做了分析^[2-3],指出,2007年8月~2008年1月的赤道中东太平洋海表温度较常年同期平均偏低 1.2°C ,为1951年有资料记录以来历次拉尼娜事件前6个月平均强度之最。拉尼娜发生后,赤道中东太平洋为负海温距平,中纬度太平洋地区为正海温距平。海温的这种分布型可以引起冬季大气环流的异常。

从大气环流来看,整个欧亚大陆呈现西高东低的分布,这种环流异常型已持续20d以上,是多年气候状况的3倍多,为1951年以来该环流型持续最长的一次,有利于冷空气自西北方向沿河西走廊连续不断地入侵中国。其次,2008年1月,西北太平洋副热带高压脊线位置异常偏强偏北,强大副高的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我国长江中下游及其以南邻近地区。再次,青藏高原南缘的南支低槽槽异常活跃且频繁东移,西南暖湿气流一直往长江流域输送,中旬后期开始,在贝加尔湖到巴尔喀什湖一带维持一横槽,不断分裂东移的短波槽造成孟加拉湾到广西一带低槽活跃,这种形势一直持续到2月上旬。这一带活跃的低槽和西太平洋偏强的副高共同作用,为长江流域到华南北部提供了强盛的西南暖湿气流(图1)。因此,异常的大气环流形势为冻雨天气提供了充足的水汽条件。

3.2 独特的温度层结 这次冻雨(雨淞)大都出现在浙西南的山区,而城区出现较少。根据文献分析,一般冻雨的层结是冰晶、雪花和水汽在同一云体中。若水汽占优势,冰晶和雪花就会不断增大,而后降落,当降至较暖的层次时,就会融化为水滴,水滴可再经过冷层成为过冷水滴到达地面,冻雨就是过冷水滴降至地面与 0°C 以下寒冷物体接触时撞冻而成的晶莹透明冰层。对于怎样的层结特征才有利于冻雨的形成,很多文献分析表明,形成冻雨的主要层结特征为大气

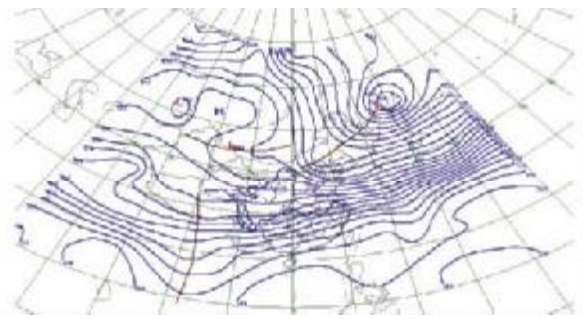


图1 2008年1月29日20:00 500 hPa 高度场

Fig. 1 500 hPa heightfield at 20:00, Jan. 29, 2008

中低层存在逆温且在逆温层上存在 $>0^\circ\text{C}$ 的暖层,而且冻雨的逆温层与暴雪天气发生时相比,逆温层高度较低。

通过分析衢州站逐日的探空资料可以看出,在2008年1月13日~2月3日期间,高层500 hPa均为 -9°C 以下的冰晶层,中层在700~850 hPa,有明显的逆温层存在。其中,在1月17日、20~22日、24~28日时,在700~850 hPa甚至出现 0°C 以上的暖层;低层均有低于 0°C 的冷层,大约在925 hPa层,而1000 hPa到地面这一层气温基本都在 0°C 以上,仅1月30日~2月2日在1000 hPa层出现低于 $0\sim 3^\circ\text{C}$ (图2)。这种中低层之间形成强的逆温层,是非常典型的有利于冻雨形成的垂直气温层结。在这种温度层积结构中,当云层中的冰晶、雪在穿过暖层时便会融化,而降至低层的冷区时便形成过冷却水。这正是形成雨淞的主要温度垂直结构。

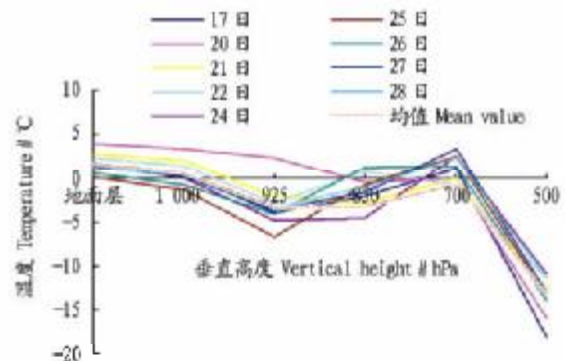


图2 1月17~28日间的温度垂直结构

Fig. 2 Vertical temperature structure of the days

during Jan. 17-28

3.3 低于 0°C 的接触面 《大气科学词典》对冻雨定义为:“由过冷水滴组成的,与温度低于 0°C 的物体碰撞立即冻结的降水”。冻雨一旦降到温度低于 0°C 的地面或地物上便立即冻结而成雨淞。由此可见,冻雨是来自天空的过冷却液态降水与地面或近地物体碰撞的过程,雨淞则是冻雨发生过程的产物。在分析冻雨天气中,比较多的强调逆温层的作用,而对于过冷却水瞬间冰晶化(冻结)与地面及地物之间的接触面的温度配置讨论的较少^[4],因而有必要对此方面进行进一步讨论。

从这次浙西南持续的冻雨(雨淞)天气来看,冻雨多发生在山区,而海拔较低的城区较少出现,这与独特的山区地形不无关系。浙西南地区以中山、丘陵地貌为主,地势由西南向东北倾斜,西南部以中山为主,东北部以低山为主,间有中山及河谷盆地,是个“九山半水半分田”的地区。从海拔来

看,从十几米到近 2 km 都有。在冻雨天气过程中,海拔高度的影响是很大的,一般海拔越高越易覆冰,当过冷却水滴碰到低于 0 °C 的地物接触面则会形成雨凇,否则如果地物接触面温度高于 0 °C,过冷却水滴则会融化。从 1 月 13 日~2 月 3 日全区各个不同海拔高度的平均气温和最低气温可以看出,随着海拔高度的上升,气温明显下降,在丽水低海拔城区仅 2 月 1 日的最低气温降到 0 °C 以下;而 13 日海拔在 800 m 以上的高山地区温度都在 0 °C 以下;到 15 日 0 °C 线下降到海拔 500 m;到 25 日 0 °C 线更是下降到海拔 200 m 以下;直到 2 月 1 日,全区 100 m 以下的低海拔地区都在 0 °C 以下,冻雨天气覆盖全区(图 3)。

由此可见,浙西南特殊的山区地形增加了过冷却水滴的接触面,因此,浙西南这次的冻雨(雨凇)天气也更加严重。

4 结论

浙西南 2008 年初的低温冻雨(雨凇)灾害为全区 50 年不遇,具有范围广、强度大、持续时间长、灾害重等特点,给当地的电力、农林业、交通等造成严重影响。分析表明,此次全区的冻雨(雨凇)灾害与 2007 年 8 月以来发生的中等强度拉尼娜现象有关;同时,异常的大气环流形势为冰冻天气提供了冷空气和大量的过冷却水,虽然大气中有逆温层的存在是冻雨天气发生的根本原因,但浙西南山区存在的低于 0 °C 的

地物接触面是山区发生严重的冻雨灾害的直接原因,这主要与浙西南特殊的山区地形有关。

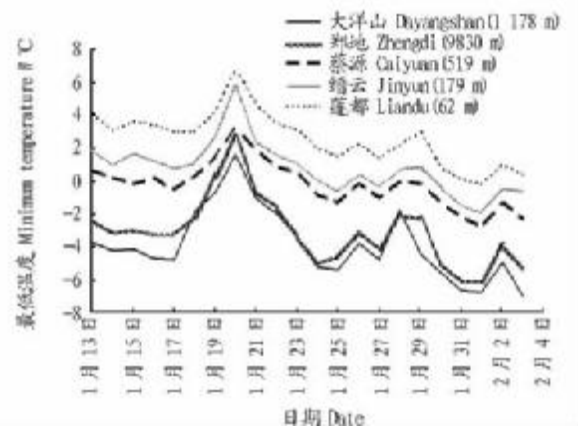


图 3 不同海拔高度站点的最低气温

Fig. 3 Minimum temperatures in the stations at different altitudes

参考文献

(上接第 1730 页)

对较高,时间序列较长及连续性较好等特点,有利于与 Meris-PWV 结果进行比较和分析。在解算的年积日时段内,GPS-PWV 值的范围为 10.6~31.5 mm,平均值约为 19.6 mm。

6 结语

就季节分布而言,北京水汽总量的分布形式是夏、秋季多,春、冬季少,夏季到冬季递减的趋势。经验证和对比,该次 GPS 反演水汽精度具有一定可靠性,其结果可用于下一步大气延迟改正模型的建立。由于时间有限,将获得的数据进行分类整理和分析,只能得出区域大气延迟量的定性结论,而对不同时间、不同地形大气延迟量的差异等工作有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 曹云昌,方宗义,夏青. 地空基 GPS 探测应用研究进展[J]. 南京气象学院学报,2004,27(4):565-572.
- [2] 吴建军. 北京上空可降水量变化特征的地基 GPS 观测与分析[D]. 南京:南京信息工程大学,2006.
- [3] BEVIS M, BUSINGER S, HERRING T, et al. Remote Sensing of Atmospheric Water Vapor using the Global Positioning System[J]. Geophys Res, 1992, 97(15):787-801.
- [4] ROCKKEN C, VAN HOVE T, JOHNSON J, et al. GPS sensing of Atmospheric Water Vapor or Meteorology[J]. Ocean Atmos Tech, 1995, 12:468-478.
- [5] DUAN, BEVIS M, FANG P, et al. Direct Estimation of the Absolute Value of Precipitable Water Vapor[J]. Appl Meteor, 1996, 35:830-838.
- [6] JANSSEN V, GE L, RIZOS C. Tropospheric corrections to SAR interferom-

- etry from GPS observations[J]. GPS Solutions, 2004, 8(3):140-151.
- [7] LINDENBERGH R, KESHIN M, VANDER MAREL H. Combining Water Vapor Data from GPS and MERIS[J]. Remote Sensing, 2006(7):80-102.
- [8] JADE S, VIJAYAN M S M. GPS-based atmospheric precipitable water vapor estimation using meteorological parameters interpolated from NCEP global reanalysis data[J]. J Geophys Res, 2008, 113:113-126.
- [9] 郭志梅. 利用地基 GPS 资料反演大气可降水量的初步研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2005.
- [10] 王小亚,朱文耀,严家健,等. 地面 GPS 探测大气可降水量的初步结果[J]. 大气科学,1999(5):94-101.
- [11] 李志伟. Modeling Atmospheric Effects on Repeat-pass InSAR Measurements[D]. Hong Kong: The Hong Kong Polytechnic University, 2004.
- [12] 李振洪. Correction of Atmospheric Water Vapour Effect on Repeat-pass SAR Interferometry Using GPS, MODIS and MERIS Data [D]. London: University College London, 2005.
- [13] 吴云孙,李振洪,刘经南,等. InSAR 观测值大气改正方法的研究进展[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2006, 31(10):862-867.
- [14] 李青春,张朝林,楚艳丽,等. GPS 遥感大气可降水量在暴雨天气过程分析中的应用[J]. 气象,2007,33(6):51-58.
- [15] 王留朋,过静璐,金慧华,等. GAMIT 在 LINUX 操作系统上的安装和使用[J]. 全球定位系统,2005(6):43-46.
- [16] 徐平,尹继尧,吴培雅,等. 北京市 GPS 网解算时 IGS 站的选取实验[J]. 大地测量与地球动力学,2006,26(1):49-62.
- [17] 兰孝奇. GPS 精密变形监测数据处理方法及其应用研究[D]. 南京:河海大学,2005.
- [18] 葛恒年. GPS 地壳形变监测数据处理及大气水汽含量反演计算的研究[D]. 南京:河海大学,2006.
- [19] 王解先,何妙福,朱文耀,等. EPOCH92 全球 GPS 联测部分站资料的处理结果[J]. 测绘学报,1994,23(3):210-215.
- [20] 吴建军,王鑫,吕达仁,等. 北京可降水量变化特征的地基 GPS 观测与分析[J]. 南京气象学院学报,2007,30(3):377-382.