

热带季节内振荡对滇东北一次罕见冰冻雨雪天气的影响

吴星霖¹ 罗松¹ 许凤雯² 据建华³

(1 云南省昭通市气象局, 昭通 657000; 2 国家气象中心, 北京 100081; 3 云南省气象局, 昆明 650034)

The Effect of the MJO on a Severe Cold Event in Northeast Yunnan

Wu Xinglin¹, Luo Song¹, Xu Fengwen², Ju Jianhua³

(1 Zhaotong Meteorological Bureau, Zhaotong 657000 2 National Meteorological Center, Beijing 100081
3 Yunnan Meteorological Bureau, Kunming 650034)

滇东北地区地处云贵川腹心之地, 四川盆地到云贵高原的过渡地带, 是冷空气入滇的“北大门”。2011年1月, 一场有气象记录以来同期最严重的低温雨雪冰冻天气袭击了滇东北的昭通市及周边地区。此次持续的低温雨雪冰冻天气事件强度大, 与历史同期相比, 昭通市所辖的11个县月平均气温异常达最低值; 雨雪量特多, 接近历史同期的2倍, 鲁甸、巧家和绥江等站突破历史同期最多纪录; 日照属近50年(1961年以来)的1月最少年; 冰冻持续时间达一个月, 气象站点观测到的最大结冰厚度达3mm。据南方电网反映: 电线结冰厚度最大达35mm。其中鲁甸站1月20日积雪深度31cm, 刷新昭通全州市县区气象站点历史积雪最深纪录。

2011年1月的整个月内昭通市一直持续低温雨雪冰冻天气, 并具有明显的季节内振荡特征^[1-4]。本文着重分析2011年1月MJO的活动特征和对应的低频环流特征, 探讨造成此次低温雨雪冰冻灾害的主要原因。所用资料包括: 1) 美国NCEP/NCAR 2011年1月各层风场、位势高度场等月平均再分析资料和OLR资料; 2) Wheeler等^[5]描述MJO观测事实的逐日独立指数RMM; 3) NOAA CPC的业务MJO监测指数。

1 2011年1月MJO特征分析

2011年1月昭通市低温雨雪冰冻天气持续时间31

收稿日期: 2012年5月8日; 修回日期: 2012年6月11日
第一作者: 吴星霖(1972—), E-mail: Wuxingling2003@yahoo.com.cn
资助信息: 国家基础研究重大项目(2012CB956002);
公益性行业专项(气象)专项(GYHY200806004)和(GYHY201006023)

天, 具有明显的季节内振荡特征。以1978—2011年资料分析表明, 当MJO活跃在2, 3位相和5, 6位相时, 1月滇东北区域日平均气温偏低, 特别是当MJO活跃在第6位相时, 滇东北区域日平均气温为负距平的概率高达75%。计算结果也显示, 昭通2011年1月平均气温与NOAA CPC的业务MJO监测指数的高相关区有两个, 一个位于热带中东印度洋到南海(呈负相关), 一个位于热带中东太平洋(正相关)。相关系数大多达到0.5~0.8, 通过80%信度检验, 因此, 可以推测, 2011年1月滇东北的持续低温雨雪冰冻天气的ISO信号可能来自热带地区。从2011年1月逐日的MJO指数可以看出(图1), 31天内的强MJO事件有26

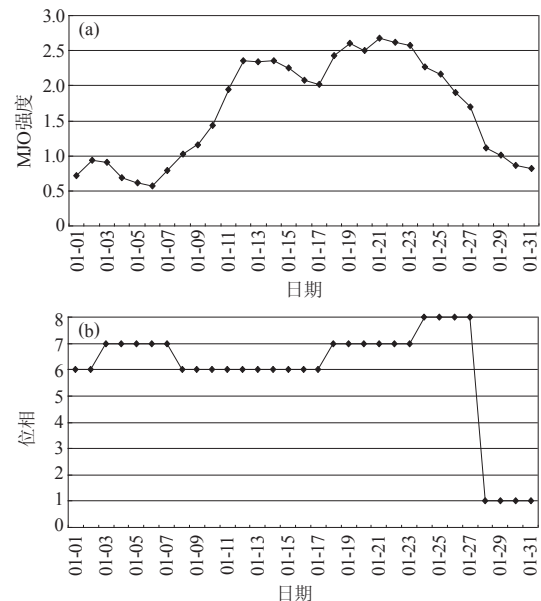


图1 2011年1月逐日MJO振幅(a)和位相变化(b)

天。主要历经的MJO活动中心位于第6位相（1月1—2日、14—23日，共12天）、第7位相（1月3—7日、18—23日，共11天）、第8位相（1月24—27日，共4天）和第1位相（1月28—31日，共4天），其中6和7位相为西太平洋附近，8和1位相为西半球和非洲。表明对流起源于南海附近，在西太平洋加强后向东传播。

OLR距平场显示（图2），孟加拉湾和我国南海附近对流活跃（负距平），以南海附近最明显，而赤道西太平洋东部至日界线附近上空对流活动受抑制（正距平）。对应700hPa流场可以看出，由高原大陆南部南支槽前的西南气流向滇东北输送水汽，与北方南下的冷空气汇合，是造成此次长时间低温雨雪天气的直接原因。

2 北半球低频大气环流特征

极涡是影响中国天气的一个重要环流系统，冬半年极涡的扩大、缩小直接与中国温度的变化密切相关，而冬季亚洲地区极涡面积的变化对中国温度分布趋势具有决定性的意义，冬季极涡活动甚至直接影响中国的天气过程^[6]。2011年1月北半球高纬度地区极涡中心位于加拿大北部，与多年平均的分布型较相似，但极涡中心存在120gpm的正距平，强度明显偏弱。极区由40~80gpm的正距平控制。2011年1月欧亚纬向环流指数接近常年，而经向环流指数明显偏小，说明西风带大型环流是以经向为主，气流南北交换较强。而北半球极涡面积指数接近常年略偏大，有利于冷空气的南下，造成气温偏低。

分析2011年1月北半球500hPa月平均位势高度场（图略）发现，西北太平洋高压明显偏弱，低纬度分析不出“588线”的高压主体，并对应广阔的负距平区，中高纬度环流呈3波型分布，东亚大槽位置偏西、强度偏弱，北美槽强度也偏弱，位置接近常年，

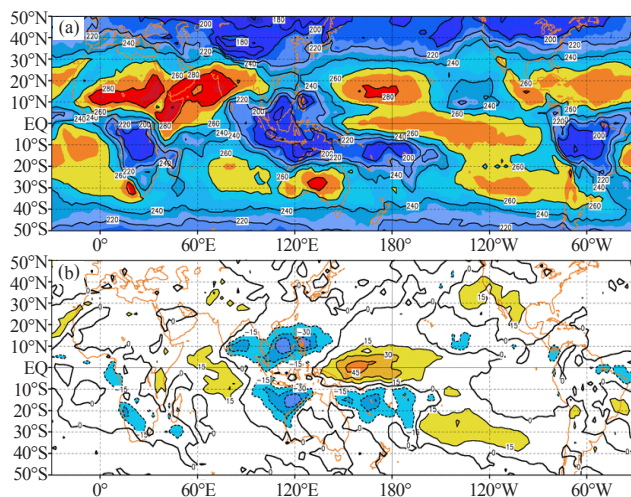


图2 2011年1月平均射出长波辐射量 (a) 和距平 (b) (单位: $W \cdot m^{-2}$)

西欧槽强度位置接近常年，东北太平洋上空为高于40gpm的正高度距平，说明北美西岸的脊显著偏强；西西伯利亚高压脊强度明显偏强，对应80~160gpm的正距平区，并与北美西海岸的正距平连通，从而有利于极区冷空气向南移动，导致中心位于堪察加半岛的冷涡明显偏强。亚洲至北太平洋锋区明显南压。南支槽位于90°E附近，强度与常年相当，南支槽将印度洋和孟加拉湾的水汽输送至我国南方地区，与南下冷空气结合，带来大范围的雨雪天气。

西南地区气温的变化主要受西伯利亚高压和东亚冬季风的影响^[7]。年际变化上，西伯利亚高压对西南地区气温的影响更为显著，当西伯利亚高压偏强（弱）时，西南地区气温偏低（高）。西伯利亚高压是东亚冬季风系统的一员，西伯利亚高压的强度主要体现冷空气在源地的强度。2011年1月月平均海平面气压场（图略）可以看出，西伯利亚冷高压强度比多年1月均值明显偏强，欧亚大陆与我国大部地区为正距平，由于冷高压持续偏强，其高压脊携带的冷空气扩散影响到较低纬度，滇东北处于冷高压脊1024hPa线控制内。可见，西伯利亚高压偏强，冷空气活跃是此次过程中海平面气压场的主要特征。

3 热带风场分析

2011年1月，我国中纬度大陆东部到云贵高原及南海地区高层（200hPa）为南风距平，而对应低层为北风距平。在对流层低层（850hPa），赤道中、西太平洋大部为东风距平控制，赤道太平洋约140°W以东地区为西风距平控制。在对流层高层（200hPa），赤道太平洋日界线以东地区为西风距平控制。热带地区在对流层低层（850hPa）的辐散风场上，辐合中心位于（140°E，15°S），辐散中心位于（90°W，15°S）附近。与此相对应，对流层高层（200hPa）的辐散中心位于（130°E，15°S），辐合中心位于（80°W，30°S）附近。且前者（即赤道中西太平洋的低层辐合高层辐散中心）为全球最强，高层（200hPa）从这个地区气流向南北流出，在云贵高原到长江中下游地区下沉（对应200hPa辐合中心和850hPa辐散区），下沉气流使这些地区的地面空气强迫抬升，造成锋区加强和明显的低温雨雪天气。

4 小结与讨论

通过对2011年1月滇东北地区有气象记录以来同期最重的持续性低温雨雪冰冻灾害期间的MJO活动特征和低频环流特征的分析，得到以下初步结论：

（1）2011年1月昭通市低温雨雪冰冻天气持续时间31天，具有明显的季节内振荡特征。分析表明，

（下转52页）

年干旱可能影响的时段：2009年9月21日云南大部分地区雨季已结束，雨季结束后外推10天可算为干旱开始，如果干旱持续到5月上旬，则干旱将持续约200天，据式（1）可算出 $R'=92\text{mm}$ ，即连续两个10天内的累积降水量需在92mm左右才能解除干旱，而云南5月上、中两旬的降水量达到这个值的年份不到20%；如果干旱持续到5月下旬（云南大部分地区的雨季平均开始旬），干旱将持续约232天，由式（1）可得解除干旱所需要的降水量 $R'=121\text{mm}$ ，而5月下旬、6月上旬两旬的降水量达到这个值的年份不到一半。据此预估干旱将持续到5月下旬的风险很大。

3.3 干旱灾害动态风险综合预评估

综合实时旱情监测、气候特征分析、干旱静态气候风险分析、承灾体的脆弱性和影响时段的动态风险预评估，得出云南将有76%的区域受干旱影响，干旱的影响将持续到大部分地区雨季开始（次年5月下旬）的综合预估结论，即云南将面临着一次影响范围很大和秋、冬、春连续的巨大干旱风险。

（上接49页）

2011年1月昭通市各站平均气温与MJO指数的高相关区有两个，一个位于热带中东印度洋到南海（呈负相关），一个位于热带中东太平洋（呈正相关），相关系数大多达到0.5~0.8，2011年1月的强MJO事件有26天，MJO活动在6，7，8位相，过程临近结束时为1位相，表明对流起源于南海附近，在西太平洋加强后向东传播。因此，2011年1月滇东北的持续低温雨雪冰冻天气的季节内振荡信号可能来自热带地区。

（2）2011年1月，当MJO活动以南海地区和西太平洋对流加强并向东传播为特征时，对应低频环流特征为：

① 500hPa极涡面积指数接近常年略偏大，西风带大型环流以经向为主，气流南北交换较强，西西伯利亚高压脊强度明显偏强，并与北美西海岸的正距平连通，从而有利于极区冷空气向南移动，亚洲至北太平洋锋区明显南压。

② 南支槽位于90°E附近，强度与常年相当。

③ 月平均海平面气压场上西伯利亚冷高压强度比多年1月均值明显偏强，欧亚大陆与我国大部地区为正距平，由于冷高压持续偏强，冷空气频繁南侵，滇东北处于此冷高压脊1024hPa控制范围以内。

④ 700hPa流场可以看出由高原大陆南部南支槽前的西南气流向滇东北输送水汽和暖湿气流，与南下冷空气结合，是造成包括滇东北在内的中国南方大范围

参考文献

- [1] Peterson M. The Limits of Catastrophe Aversion. *Risk Analysis*, 2002, 22(3): 527-538.
- [2] Weitzman M L. On modelling and interpreting the economics of catastrophic climate change. *Review of Economics and Statistics*, 2009, 91 (1): 1-19.
- [3] Kellenberg D K, Mobarak A M. Does rising income increase or decrease damage risk from natural disasters? *Journal of Urban Economics*, 2008, 63(3):788-802.
- [4] 张继权, 李宁. 主要气象灾害风险评估与管理的数量化方法及其应用. 北京: 北京师范大学出版社, 2007.
- [5] 彭贵芬, 张一平, 赵宁坤. 基于信息分配理论的云南干旱风险评估. *气象*, 2009, 35(7): 79-86.
- [6] 郭虎, 熊亚军, 扈海波. 北京市奥运期间气象灾害风险承受与控制能力分析. *气象*, 2008, 34(2): 77-82.
- [7] 郑传新, 米浦强, 陈剑兵, 等. 柳州市积涝过程模拟及灾害风险评估. *气象*, 2007, 33(11): 72-75.
- [8] Tatano Hiorokazu. Major characteristics risk and its management strategies. *Paper Collection of Social Technology Research*, 2003(1):141-148.
- [9] 彭贵芬, 赵旭, 周国莲. 云南春夏连旱气候变化趋势及致灾成因分析. *云南大学学报(自然科学版)*, 2010, 32(4): 443-448.
- [10] Wilhite D A, Knutson M J, Cody L, et al. Planning for drought: Moving from crisis to risk management. *Journal of the American Water Resources Association*, 2000, 36(4): 697-710.
- [11] 邓国, 陈怀亮, 周玉淑. 集合预报技术在暴雨灾害风险分析中的应用. *自然灾害学报*, 2006, 15(1): 115-122.
- [12] 彭贵芬. 气象灾害静态、动态风险管理析探. *灾害学*, 2010, 25(2): 134-139.

低温冰冻雨雪天气的直接原因。

⑤ 与低层系统相配，我国中纬度大陆东部到云贵高原及南海地区高层（200hPa）为南风距平，而对应低层为北风距平。赤道中西太平洋有全球最强的低层辐合高层辐散中心，高层（200hPa）从这个地区气流向南北流出，在云贵高原到长江中下游地区下沉，迫使这些地区的地面空气强迫抬升，造成锋区加强和明显的低温雨雪天气。说明了MJO可能是造成2011年初包括滇东北地区在内的我国南方持续性低温雨雪冰冻的重要因素之一。

参考文献

- [1] Madden R A, Julian P R. Observations of the 40-50-day tropical oscillation-A review. *Mon Wea Rev*, 1994, 122(5): 814-837.
- [2] 梁巧倩, 蔡洁云, 纪忠萍, 等. 2006年广东汛期大气环流场的低频特征. *热带气象学报*, 2001, 27(2): 219-229.
- [3] 章丽娜, 林鹏飞, 熊喆, 等. 热带大气季节内振荡对华南前汛期降水的影响. *大气科学*, 2001, 35(3): 560-570.
- [4] 李崇银, 龙振夏. 热带大气季节内振荡的异常与1997年El Nino事件的发生. *大气科学*, 2001, 25(5):589-595.
- [5] Chen T C, Murakami M. The 30-50-day variation of convective activity over the western Pacific Ocean with an emphasis on the northwestern region. *Mon Wea Rev*, 1988, 116(4): 892-906.
- [6] Wheeler M C, Hendon H H. An all-season real-time multivariate MJO index: Development of an index for monitoring and prediction. *Monthly Weather Review*, 2004, 132(8):1917-1932.
- [7] 李小泉, 刘宗秀. 北半球及分区的500hPa极涡面积指数. *气象*, 1986, 12 (增刊): 69-83.
- [8] 蒋兴文, 李跃清. 西南地区冬季气候异常的时空变化特征及其影响因子. *地理学报*, 2010, 65(11): 1325-1335.