彭京备, 孙淑清 . 2019. 2018 年 1 月南方雨雪天气的形成及其与冬季风异常的关系 [J]. 大气科学, 43(6): 1233−1244. PENG Jingbei, SUN Shuqing. 2019. Formation of Rainy and Snowy Weather in South China in January 2018 and Its Relationship with the Abnormal East Asian Winter Monsoon [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 43(6): 1233−1244. doi:10.3878/j.issn.1006-9895.1901.18188

2018 年 1 月南方雨雪天气的形成及其与冬季风异常的关系

彭京备　孙淑清

中国科学院大气物理研究所国际气候与环境科学中心，北京 100029

摘　要　2018 年 1 月 3～7 日和 24～28 日，我国南方地区出现了两次雨雪冰冻事件。本文利用台站观测资料和再分析资料，研究了它们的形成原因及其与冬季风异常的关系。结果表明，两次降水过程中，乌拉尔山地区有高压脊稳定维持，西风带多小波动活动，南支扰动活跃。受冷空气和南支槽等系统的影响，南方地区出现大范围降水、降雪，而这种稳定形势与平流层的环流特征有关系。1 月平均的平流层极涡强度异常偏强，有利于低层环流的稳定。在 1 月份，南北不同纬带冬季风的强度有着显著的差别，大多数情况下呈现了不一致甚至相反的态势。南方雨雪冰冻天气往往发生在北方北风偏强、而南方南风偏强的时候。在季节尺度上，当冬季风呈现“北强南弱”的反相变化模态时，即北方北风、南方南风距平时，南方地区容易出现雨雪天气。

关键词　2018 年 1 月　南方雨雪冰冻事件　东亚冬季风　南北反相模态

文章编号　1006-9895(2019)06-1233-12　　**中图分类号**　P466　　**文献标识码**　A

doi:10.3878/j.issn.1006-9895.1901.18188

Formation of Rainy and Snowy Weather in South China in January 2018 and Its Relationship with the Abnormal East Asian Winter Monsoon

PENG Jingbei and SUN Shuqing

International Center for Climate and Environment Sciences, *Institute of Atmospheric Physics*, *Chinese Academy of Sciences*, *Beijing* 100029

Abstract　During the periods January 3rd to January 7th and January 24 to January 28, 2018, there were two rain and snow weather events over South China. The formative mechanisms for these storms and their relationship with an abnormal East Asian Winter Monsoon (EAWM) were studied using station observations and NCEP/NCAR reanalysis datasets. The results showed the mid-tropospheric circulation leading to these weather processes featured a persistent and stable ridge around the Ural Mountains, and active perturbations along both the mid-latitude westerlies and southern branch of the subtropical jet (SBJ). Due to the effects of cold air and the active perturbations along the SBJ, South China experienced extensive precipitation and snow. Simultaneously, there appeared an anomalously strong polar vortex in the stratosphere, which favors persistent and stable circulation systems in the troposphere. In January of 2018, the strength of the EAWM in the south and north were different. Most of the time, variations in the low-latitude and mid-high-latitude

收稿日期　2018-07-05；**网络预出版日期**　2019-01-22

作者简介　彭京备，女，1970 年出生，高级工程师，主要从事短期气候预测理论和方法、灾害性天气气候机理诊断研究。E-mail: pengjingbei@mail. iap.ac.cn

资助项目　国家自然科学基金项目 41675086，国家科技支撑计划项目 2015BAC03B03

Funded by　National Natural Science Foundation of China (Grant 41675086), National Science and Technology Support Program (Grant 2015BAC03B03)

components of EAWM were inconsistent or even of opposite signs. Rainy and snowy weather in South China tends to occur when the EAWM presents itself in an opposing variation mode, i.e., a pattern of anomalous northerly winds to the north against southerly to the south. The relationship between the precipitation in South China and the opposing variation mode of the EAWM are also discussed on a seasonal scale, with the results confirming the above conclusions.

Keywords January in 2018, Rainy and snowy weather in South China, East Asian winter monsoon (EAWM), EAWM mode with opposite signs of variation in the South and North

1 引言

近些年来，国内对东亚冬季风的研究有了不少新的进展和认识（王会军和贺圣平，2012；陈文等，2013；丁一汇等，2014；黄荣辉等，2014；吴静等，2016；徐霈强等，2016；简云韬等，2017）。在深入探讨冬季风活动的基础上，科研人员还指出冬季风不仅表现为一种东亚地区整体的季节性风向的转变，而且还显示出它在不同纬带的显著差异。以此，很多研究者详细研究了不同纬带冬季风的表现，明确了冬季风存在着南北一致以及南北反相的两个模态（Wang et al., 2010; Liu et al., 2012; Wu et al., 2015）。Liu et al.（2012，2013）、彭京备和孙淑清（2017）更是对第二模态的情况作了深入分析，指出南方、北方冬季风强、弱异常的分布直接影响了中国东部地区冬季天气、气候的异常分布，比如冬季南方持续性温度出现，江南地区持续性雨雪天气的维持，都与冬季风南北反向分布的出现有十分密切的关系（Liu, et al., 2012；刘舸等，2013；彭京备和孙淑清，2017）。这些工作不仅为我们进一步研究冬季南方持续性异常天气形成的机理提供了依据，也为深入了解冬季风活动的特征及成因作了基础性的工作。

2018年1月，我国多个地区出现了灾害性的持续性异常天气。中东部地区出现多次大范围持续性雨雪天气。我国南方地区以及陕西关中等地发生较为少见的冰冻雨雪天气，与2008年出现的南方雪灾情况相似（刘超等，2018）。其中，2018年1月3～7日，我国中东部出现大范围雨雪天气，湖北西南部、贵州北部、湖南西北部等地则出现冻雨天气。2018年1月24～28日，受冷空气影响，河南、湖北、安徽、江苏、浙江北部等大部地区又出现大到暴雪，湖南、贵州及江西北部出现冻雨（刘超等，2018）。持续的低温雨雪天气造成道路结冰，陕西、河南、湖北、安徽、江苏等地的高速公路和机场受阻（http://www.weather.com.cn/index/2018/01/2829906.shtml [2018-01-07]）。湖北、安徽等地受积雪过厚的影响，部分蔬菜大棚出现垮塌。截至2018年1月28日浙江省大棚等农业设施倒塌11372亩，直接经济损失1.8亿元。

这些持续性灾害的出现，与大尺度的环流异常有十分密切的关系。2018年1月环流形势也出现了十分有特点的异常现象。本文将以2018年1月两次南方雨雪天气为对象，分析其形成原因。在讨论中高空环流特征的基础上，重点解释它与冬季风异常的关系，以更深入探讨冬季风第二模态对我国冬季灾害性天气的影响机理。

本文所使用的资料包括：（1）国家气候中心提供的1951～2018年1月全国160站观测的月平均降水；（2）美国NCEP/NCAR提供的1951～2018年1月逐日再分析资料（Kalnay et al., 1996），包括25 hPa、50 hPa、500 hPa高度场与温度场、1000 hPa风场、700 hPa经向风、地表经向风和地面气温（Surface Air Temperature，简称SAT）；（3）美国NCEP/NCAR提供的1951～2013年冬季（12月至2月）月平均1000 hPa经向风。如无特殊说明，气候平均为1981～2010年。

2 2018年1月我国南方地区大范围冰冻雨雪概况

图1为2018年1月中国降水距平百分率分布。我国西北地区东部、河套地区、黄淮地区西部、江淮流域、华南地区和西南部分地区降水偏多2成以上。其中青海北部、甘肃西部、陕西大部、广东东部和福建南部地区降水是常年的两倍以上。1月，全国共有160站日降水量超过当月日降水量极值，主要分布在陕西、河南、安徽、江西、广东、广西、福建等地（刘超等，2018）。

对于南方地区而言，该月共有2次较长的雨雪过程。分别是1月3～7日和24～28日。其中1月3～4日，受低涡和南支槽等系统影响，我国中东部

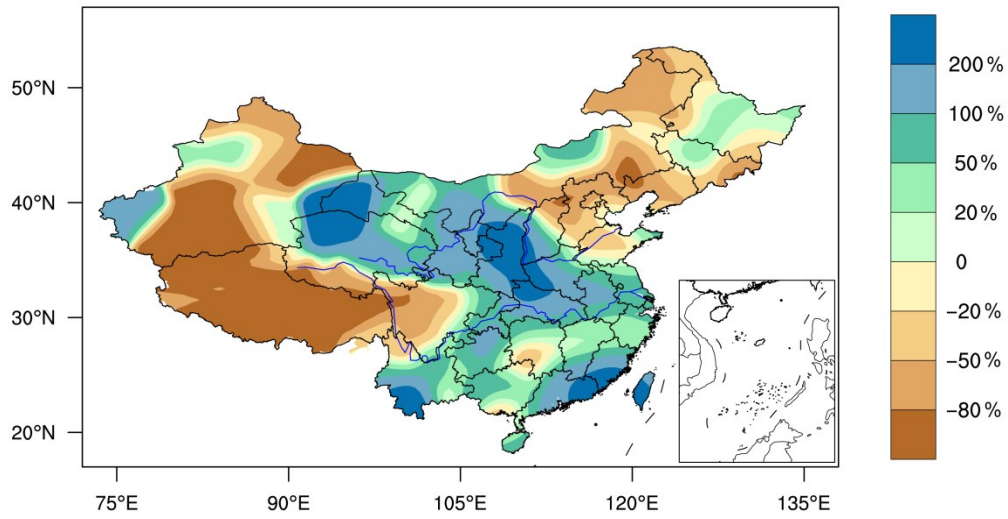


图1　2018年1月中国降水距平百分率

Fig. 1　Distribution of percentage anomalies of rainfall in January 2018

的河南、湖北、安徽、江苏等地先后出现大雪或暴雪，部分地区出现大暴雪，河南信阳、驻马店、南阳局地出现特大暴雪；西南部分地区出现中到大雨、局地暴雨。此次过程的特点为雨雪范围广，降雪强度大，积雪深厚。中东部雨雪覆盖面积约420万平方公里。同时，这一地区出现大幅降温。1月2～3日，中东部大部地区两天累计降幅普遍在4～8℃（http://www. weather. com. cn/index/2018/01/2817357.shtml [2018-01-02]）。5～7日，我国中东部地区再次出现雨雪过程。其中福建南部、江西南部、广东中东部等地出现大暴雨；黄淮、江淮、江汉等地出现小到中雪过程，局地大雪；湖北西南部、贵州北部、湖南西北部等地出现冻雨天气。湖南、江西、福建、广东和广西等地共32个县（市）日降水量突破当地月极值（刘超等，2018）。第二次降雪强度虽不及第一次，但中东部地区的雨雪地区高度重叠（http://www. sohu. com/a/221288643_117884 [2018-02-06]）。持续的降水和低温对交通、农业、电力、民生等领域产生了较为严重影响。据湖北省民政部门统计，1月上旬的雨雪天气过程造成全省10个市、州的48个县市共78.18万人受灾，因灾死亡1人，造成直接经济损失达14.52亿元（http://www. weather. com. cn/hubei/tqxs/01/2827106.shtml [2018-01-23]）。

24日至28日，中东部地区又出现一次雨雪冰冻天气过程。湖北、河南、安徽、江苏、上海、浙江、江西、湖南累计降水量达20～45 mm；武汉、合肥、南京、杭州出现暴雪，湖南、贵州及江西北部出现冻雨；河南、湖北、安徽、江苏、浙江北部等地大部地区出现大到暴雪（刘超等，2018）。此次过程具有雨雪冰冻范围广、严寒程度重、持续时间长等特点。

3　2018年1月环流的基本特征

3.1　中高层环流特征

2018年1月，对流层中层处于较为稳定的环流形势。从月平均图上看（图2），从45°N以北，基本上维持两个波的状态，而在其南侧，则为较平直的气流。在这种中高纬极涡稳定控制下，在对流层中纬度则表现为平直气流下的短波移动。这个特征的持续与高层环流的稳定有关。研究表明，冬季平流层环流可以通过极涡异常下传影响东亚大气环流（魏科，2007；陈文和魏科，2009）。从1月平均的25 hPa和50 hPa的位势高度和温度的原场和距平场分布（图略）看，该时期在平流层，中高纬为极强的极地涡旋控制。距平场显示，1月份平流层极涡的强度要远远大于正常情况。这种以月为尺度的强极涡维持，有利于低层环流的相对稳定。图3a为沿40°～60°N平均的500 hPa高度的时间剖面图。灰色阴影区即为江南持续雨雪时段。可以看到，在该时段前后，短波槽脊向东移动。沿着中纬度纬圈，正负相间的高度距平反复出现，快速地向东移动。随着低槽东移，冷空气以短波形式不断入侵我

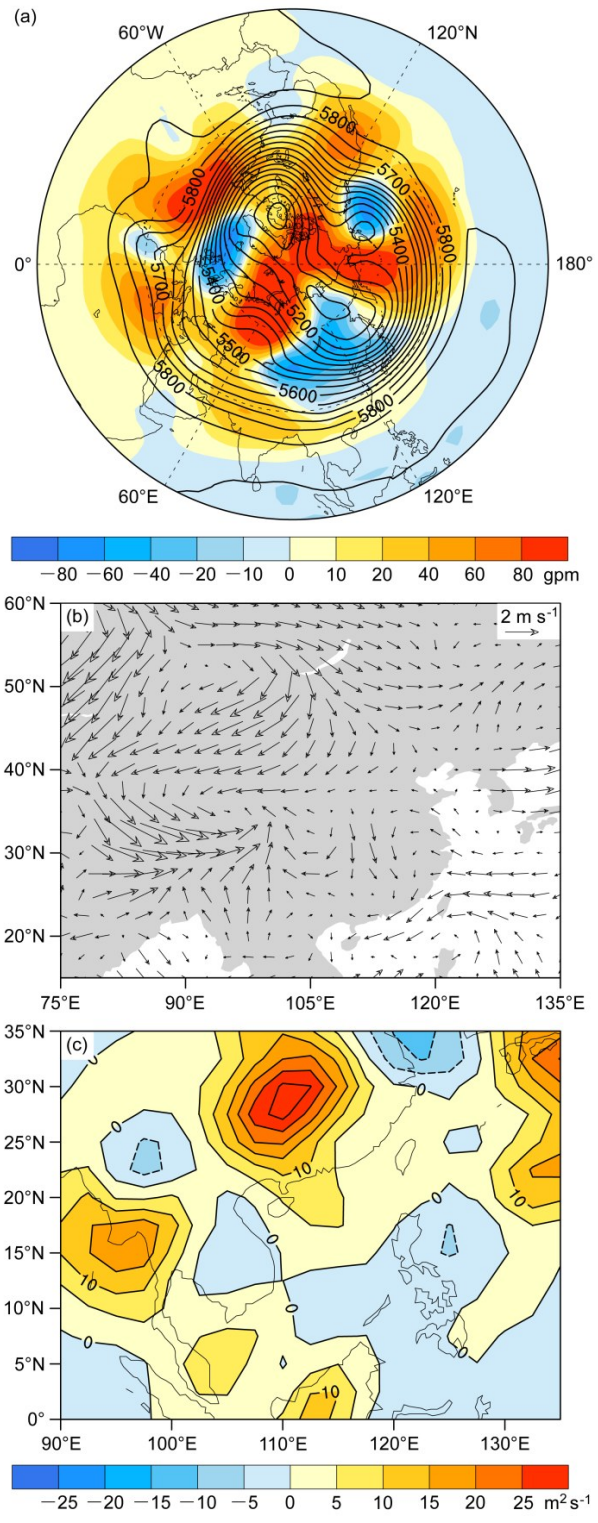


图2 2018年1月平均（a）500 hPa位势高度距平（单位：gpm）、（b）1000 hPa风场距平（单位：m s^{-1}）以及（c）700 hPa副热带扰动异常（单位：m^2 s^{-2}）

Fig. 2 The distributions of (a) geopotential height anomalies (units: gpm) at 500 hPa, (b) wind anomalies (units: m s^{-1}) at 1000 hPa, and (c) tropical disturbance anomalies (units: m^2 s^{-2}) at 700 hPa averaged during January, 2018

国，图3b中冷暖的快速交替与高度距平场同步。图4a则给出了110°～125°E平均的地面温度（SAT）距平随时间—纬度的演变，表明冷暖空气的交替以及它向南扩张的情况。在1月份，有三次自北向南的冷空气活动。它们的影响都到长江流域以南，分别是1月3～7日、1月10～15日和1月下旬。其中1月3～7日和1月下旬正是江南雨雪冰冻天气发生的时期。研究表明，当南方受偏南气流影响，冷空气南下时，是有利于降水出现的（张自银等，2008）。值得注意的是，从图4a看，该月中实际上有三次较为明显的冷空气南下，除了图中灰色阴影区两个引起降水的时段外，还有一次是在1月10～15日。比较降水时段即可发现，这次冷空气较强，且几乎到达20°N以南，覆盖了整个中国，而从图4b的地面风场中也可看出北风距平自北向南贯穿了我国东部，只在中高纬度出现南风距平。这种情况是不利于降水发生的。另外，我们也注意到，在1月3～7日的过程中，南北风距平交界处位于27°N附近（图4b）。在1月24～28日的过程，南北风交界位于23°N附近，较1月3～7日的略偏南。在SAT距平场上，两次过程中，冷暖空气的交汇区与南北风交界区基本一致，降水出现在冷暖空气交绥处。对比两次过程的冷空气强度（图4a），可以发现，1月24～28日中北方的SAT距平更低，即冷空气更强。1月24～28日，持续的强冷空气和暖湿空气在23°N附近交绥，导致这次过程具有雨雪冰冻范围广、持续时间长等特点。

图5a给出的是1月3～7日的500 hPa位势高度距平分布。乌拉尔山地区有高压脊向极地强烈发展，并与北美东部地区高压脊打通。对流层极涡分裂为两个中心，分别位于东北亚北部和北美北部。贝加尔湖南侧至巴尔喀什湖为一西南—东北走向的斜槽。我国中东部位于槽前。此外，东亚沿岸为高度正距平，东亚大槽偏弱。在日本南部至台湾附近为一正高度距平区，有利于冷空气向南入侵。

图6a为另一个降水时段（1月24～28日）平均的500 hPa位势高度距平分布。与前一次过程略有不同，欧亚大陆为一脊一槽形势。高压脊从乌拉尔山地区向西伯利亚北部伸展成一斜脊。在斜脊南侧的较为平直的气流上有小股冷空气的活动，情况与上一个时段相似。在乌拉尔山和太平洋中部高压脊的作用下，极涡分裂。亚洲部分的极涡南压至鄂霍次克海附近。从日本北部至巴尔喀什湖附近为一

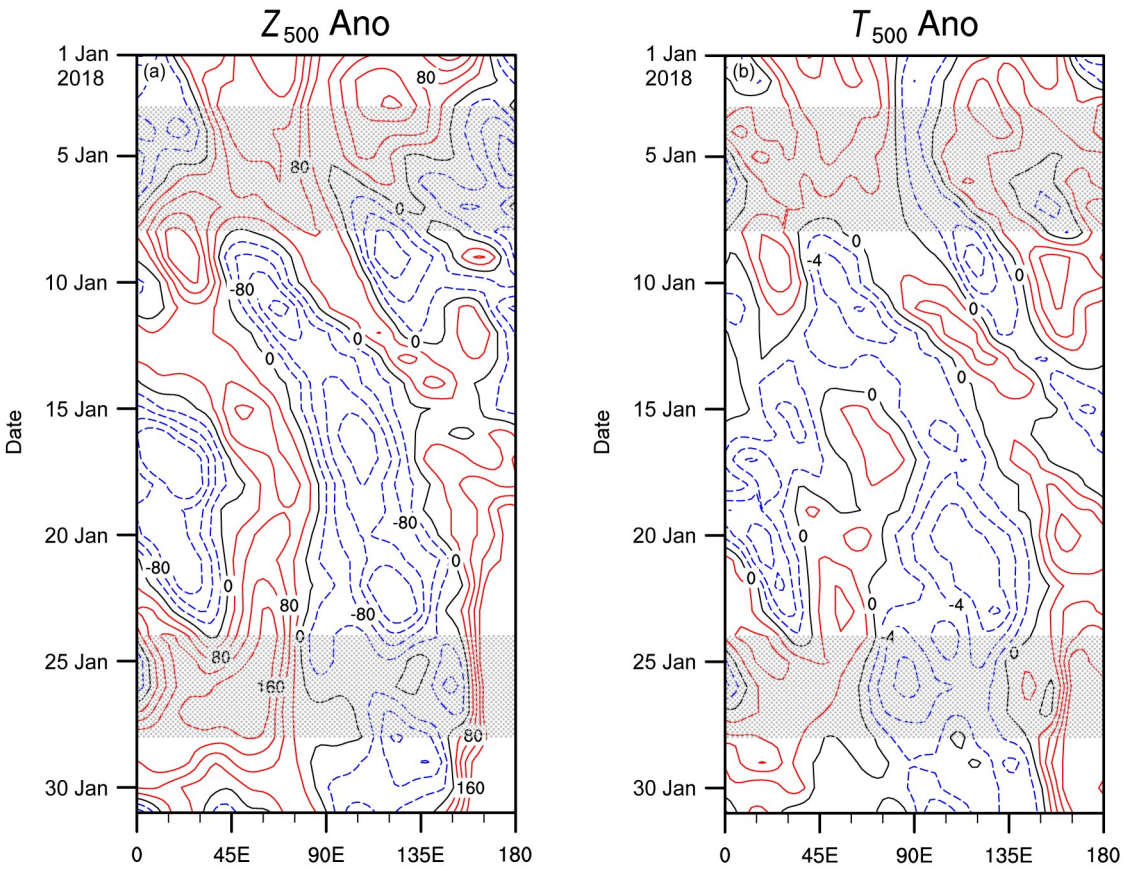


图3　2018年1月40°～60°N平均的500 hPa（a）位势高度距平（单位：gpm）和（b）温度距平（单位：K）随时间—经度的演变。其中灰色阴影分别表示1月3～7日和24～28日

Fig. 3　Time–longitude cross sections of 40°–60°N mean 500 hPa (a) geopotential height anomalies (units: gpm) and (b) temperature anomalies (units: K). Grey shading represents 3–7 and 24–28 January, 2018

斜槽。这种中高纬为大型斜槽斜脊的形势使系统处于较为稳定的状态，容易形成持续性的灾害天气（Bueh et al., 2011；Peng and Bueh, 2012；布和朝鲁等，2018）。

3.2　低层环流特征

在1月平均的1000 hPa风场距平上（图2b），我国东部大部分地区盛行偏北风距平，最强的北风位于30°N附近。20°N以南地区为偏南风距平控制。根据刘舸等（2013）的定义，2018年1月平均的低纬度冬季风偏弱。

已有的研究显示，当南支槽加深，南支扰动活跃，有利于水汽向我国南方地区输送（何溪澄等，2006；张自银等，2008；彭京备，2012）。下面我们来考察该时期的南方环流系统的扰动特征。计算700 hPa经向风纬向偏差平方（v^{*2}）的距平（图2c）。从1月平均看，从孟加拉湾至我国35°N以南地区为一条扰动正距平带，南支扰动活跃。扰动活跃中心分别位于孟加拉湾东部和我国中东部地区。这种状态为南方地区频繁发生降水提供了有利的条件。

对本文所关注的个例而言，1月3～7日，我国东部的1000 hPa风场距平分布（图5b）与1月平均状态较为接近，所不同的是，22°N以南地区为偏南风距平，南北风辐合带位于25°N附近。从110°～125°E平均的SAT距平随时间—纬度的演变看（图4a），这段时间SAT距平0线也基本位于这个纬度。在低层扰动场上（图5c），从孟加拉湾东侧至我国南方地区为一条扰动正距平带。扰动正距平中心分别位于孟加拉湾东侧和我国南方地区。冷暖空气的交绥，和活跃的南支扰动配合，在江南南部、华南北部形成稳定的切变线，有利于这一地区强降水的形成。这时期，福建、江西、湖南、广西的部分地区过程降水量超过200 mm。湖南、江西、福建、广东和广西等地共32个县（市）日降水量突

破当地月极值（刘超等，2018）。

另一个时段（1月24～28日）的情况：27°N以北的我国东部地区为一致的偏北风距平控制，北方盛行偏东北风距平（图6b），而20°N以南则为偏南风距平所控制，冬季风呈现出北强南弱的形势。在低层扰动场上（图6c），依然有一条从孟加拉湾至华南西部的扰动正距平带。与3～7日的过程相比，孟加拉湾的扰动中心强度较弱，而华南地区的扰动强度较强。受南下冷空气与南支槽前暖湿气流共同影响，24～28日我国中东部出现入冬以来范围最广、持续时间最长、影响最为严重的一次大范围雨雪过程，黄淮西南部、江淮、江南北部累计降雪量达到10～25 mm（刘超等，2018）。

从上面的分析看出，2018年1月，南方地区发生的两次大范围雨雪冰冻事件，分别出现在1月3～7日和24～28日。1月，对流层中层环流稳定。乌拉尔山高压脊向极地发展，脊前横槽变宽。中纬度表现为短波扰动不断向下游移动。这种稳定的环流形势与平流层强极涡的维持有密切的关系。在对流层低层，我国南方盛行偏南风距平，且有十分活跃的南支扰动。冷空气和活跃的南支槽共同作用导致了两次大范围低温雨雪冰冻事件的发生。

众所周知，冬季我国的气候异常与冬季风有密切的关系。下面我们将讨论2018年东亚冬季风的特征及其与冬季风南北反相变化的关系。

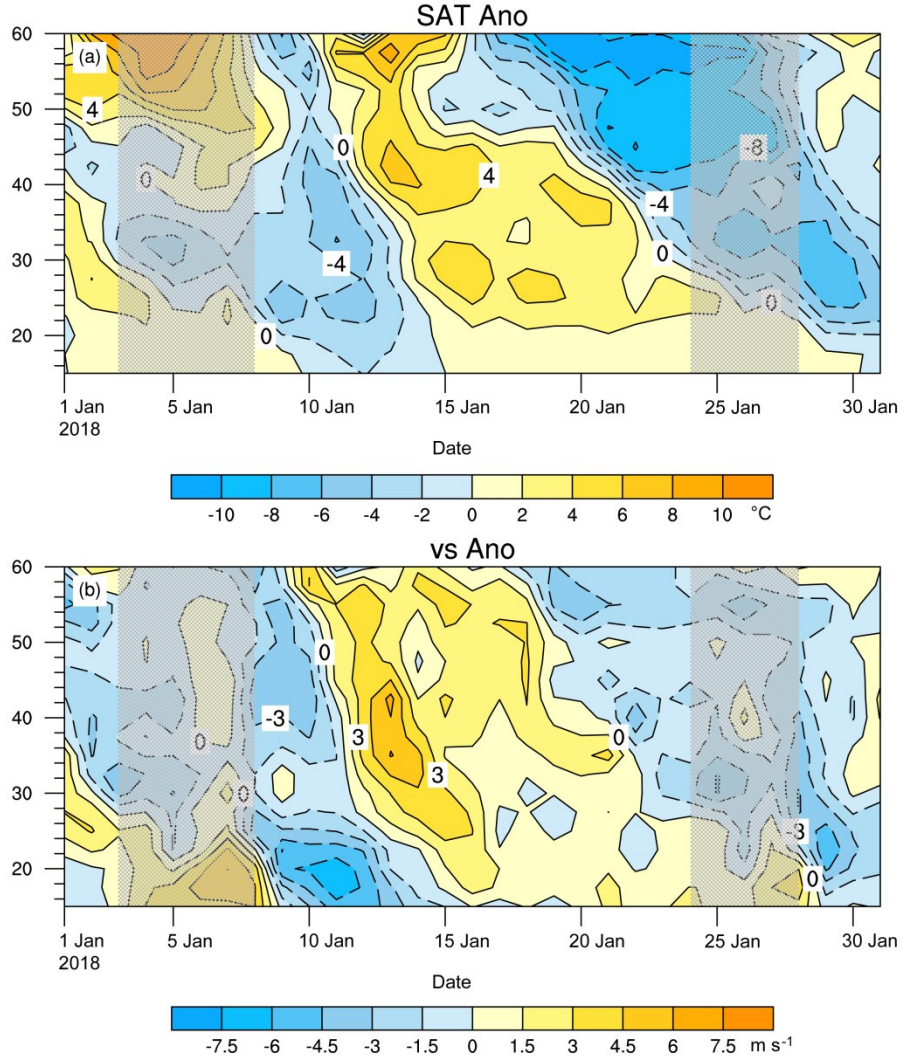


图4 110°–125°E经度平均的（a）地面温度（SAT，单位：℃）距平和（b）地表经向风距平（单位：m s^{-1}）的时间—纬度剖面。其中粗实线为0线。灰色阴影分别表示1月3～7日和24～28日

Fig. 4 Time–latitude cross section of 110°–125°E mean (a) SAT (Surface Air Temperature; units: ℃) anomalies and surface meridional wind anomalies (units: m s^{-1}. Thick solid line represents the zero line. Grey shading represents 3–7 and 24–28 January, 2018

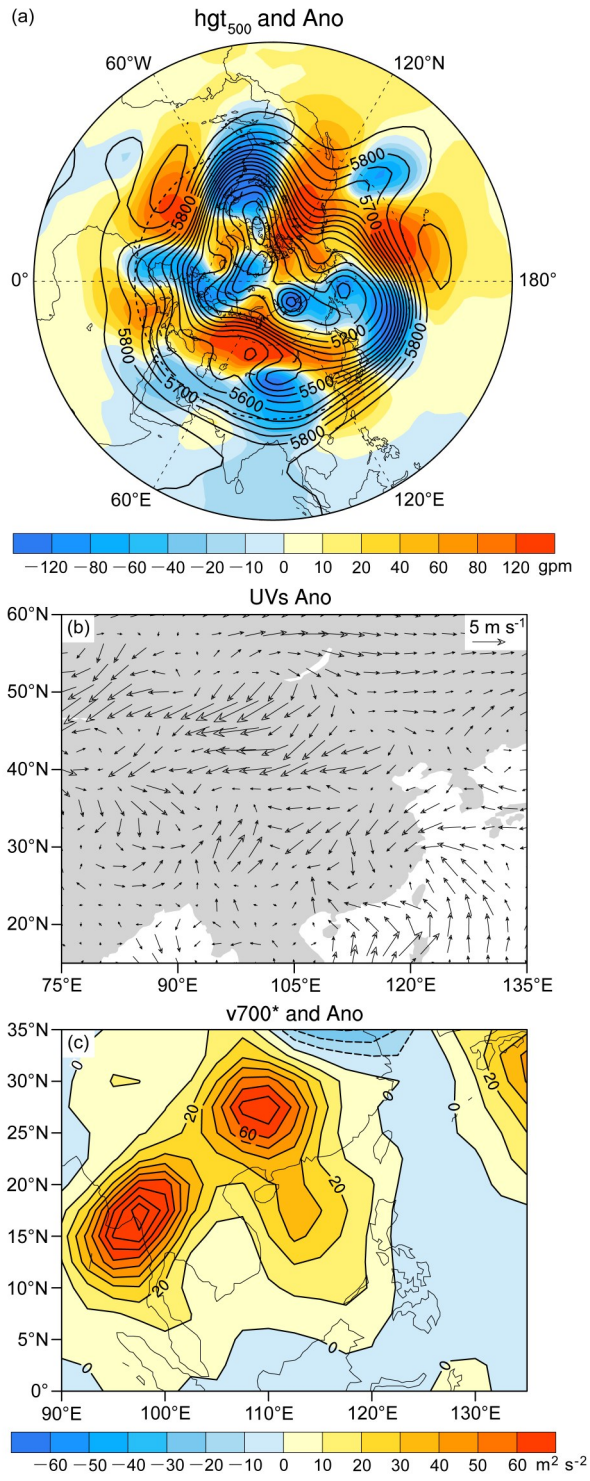


图 5　2018 年 1 月 3～7 日（a）500 hPa 位势高度距平（单位：gpm）、（b）1000 hPa 风场距平（单位：m s^{-1}）以及（c）700 hPa 副热带扰动异常（单位：m^2 s^{-2}）

Fig. 5　The distributions of (a) geopotential height anomalies at 500 hPa (units: gpm), (b) wind anomalies at 1000 hPa (units: m s^{-1}), and (c) tropical disturbance anomalies at 700 hPa (units: m^2 s^{-2}) during 3 to 7 January, 2018

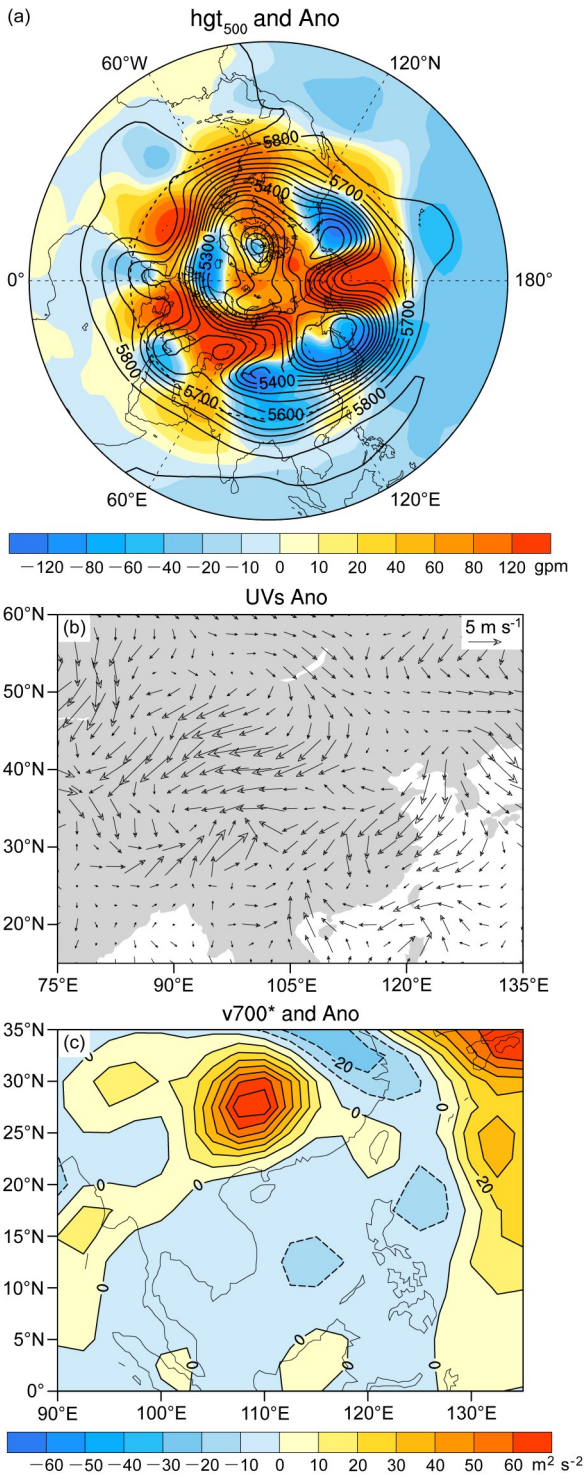


图6　同图5，但为2018年1月24～28日

Fig. 6　Same as Fig. 5, but for 24–28 January, 2018

4　南方雨雪时期的冬季风特征

我们曾经研究过冬季风处于南北纬反相模态时对我国南方持续性低温的影响（Liu et al., 2012；刘舸等，2013；彭京备和孙淑清，2017），指出在

季节尺度上，当低纬度东亚冬季风偏强时，有利于南方地区气温偏低；在季节内尺度上，我国中东部地区发生的持续性极端低温事件，则与冬季风呈现“北弱南强”的模态有十分密切的关系。

在分析2018年1月江淮地区雨雪天气时，我们也发现，这时期中东部地区的冬季风也有十分鲜明的特征。下面分别予以说明。

4.1 冬季风指数的逐日演变与天气

按照刘舸等（2013）对南北不同纬带冬季风指数的定义，即定义（30°～50°N，110°～125°E）平均的1000 hPa经向风距平为中纬度冬季风指数，（10°～25°N，105°～135°E）平均的1000 hPa经向风距平为低纬度冬季风指数，我们做了2018年1月逐日的冬季风指数并标出了南方雨雪冰冻天气发生的时段（图7）。图中正值表示南风偏强，即冬季风偏弱；而负值则为北风偏强，冬季风较强。可以看出，在1月份，冬季风的强弱，南北不同纬带有着显著的差别。大多数情况下呈现了不一致甚至相反的态势，几乎很少时段出现南北贯通的强的冬季北风。而在本文所关注的两个雨雪时段（1月3～7日和24～28日）都出现了偏差风呈反向的态势。它是中纬度北风偏强，低纬则是南风距平（或北风偏弱）。偏强的北风与南方偏弱的冬季风相汇，形成了极好的降水天气条件。下面我们直接用南北风场的演变来进一步说明这一点。图4b是110°～125°E经度平均的地面经向风距平的时间—纬度剖面。图中可以清晰看出，距平风在南北方向的演变。粗实线是该时段的南北风的交界线。从1月初

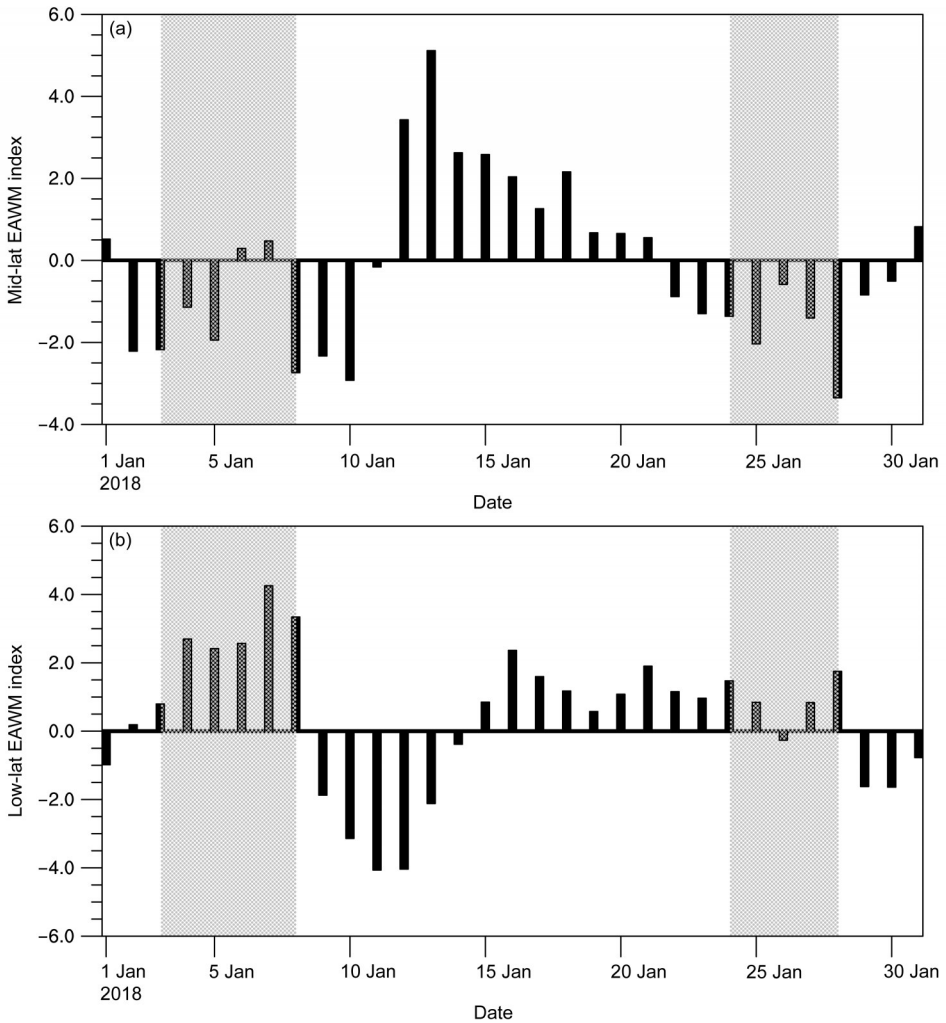


图7 2018年1月（a）中纬度冬季风指数和（b）低纬度冬季风指数的逐日演变。阴影区为两次南方雨雪冰冻事件的发生时期

Fig.7 Time series of daily (a) low-latitudinal and (b) mid-latitudinal EAWM (East Asian winter monsoon) indices. Grey shadings represent 3−7 and 24−28 January, 2018.

至7日以及24～28日在26°～36°N之间有距平风的辐合。这与用冬季风指数计算的结果是一致的。也就是说，当风场出现冬季风第二模态的正位相时，在它们的交汇处就会出现风场的辐合带。这是十分有利于该地区降水的发生的。我们还分析了这两个时段的实际风场，虽然处于冬季风的第二位相，但是实际风场表明：是北风向南推进时减弱（并不一定真正出现南风）。这也是有利于南方水汽向北输送并辐合聚积的有利条件。

这和南方持续性低温时的情况正好相反。在探讨我国南方地区冬季持续性低温的时候我们曾经指出，地表经向风场出现南北反相变化是南方持续低温的重要特征，也就是说，这时北方为偏南风距平控制，冬季风偏弱；而南方则为偏北风距平控制，冬季风较强，呈现冬季风“南强北弱”的模态（彭京备和孙淑清，2017）。

4.2 冬季风第二模态与异常天气

为了进一步说明冬季风异常与我国南方异常天气的关系，我们重新回到季节尺度的冬季风讨论上。图8为冬季1000 hPa经向风的EOF分析。图8a和b分别为第一、第二模态，与Liu et al.（2012）的结果相似。第一模态即为南北一致的情况，而第二模态则是我们关注的南北反相的情况。从图8b看，冬季风南北反相的交界线呈西南—东北走向，而在105°E以东，基本上处于30°N的纬带上。当第二模态处于正位相时，北方偏北风强，而南方为偏南风距平，它们的交汇处正是在30°N附近。反之，处于负位相状态时即相反，呈现出北方为偏南风距平，而南方则为偏北风距平。图8c和d给出了第一、第二模态的时间系数。计算它们与冬季降水

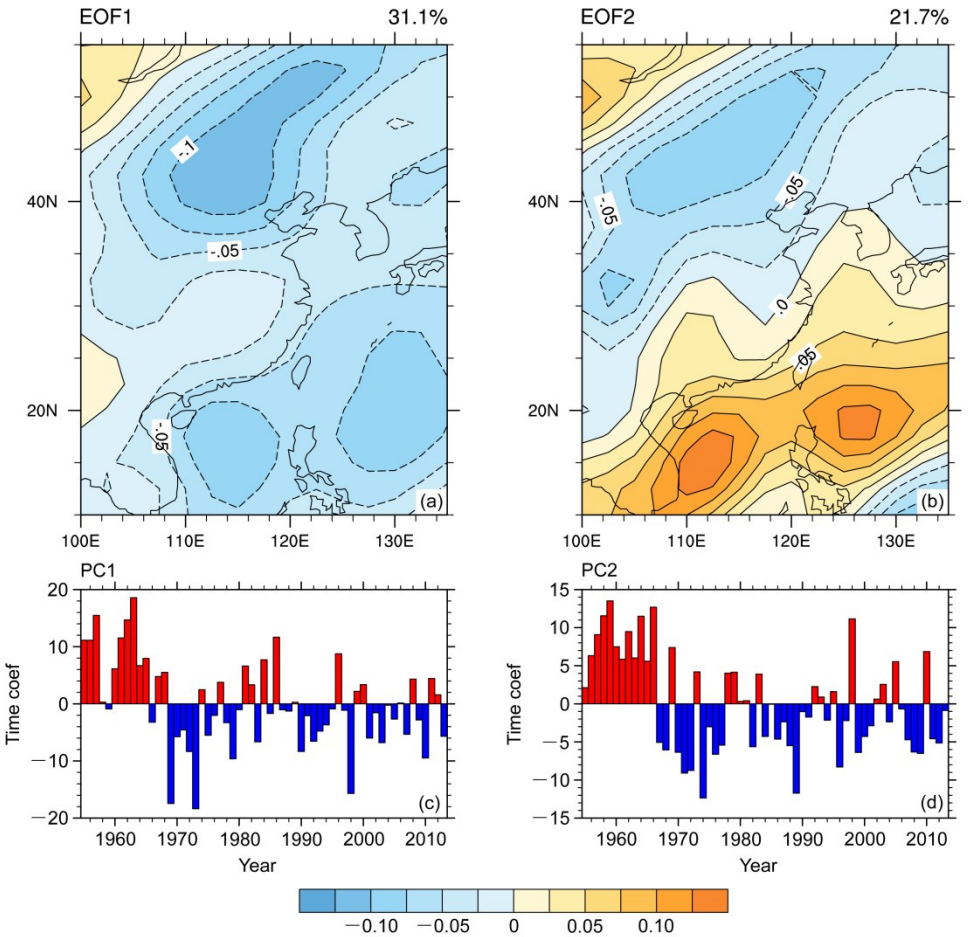


图8 1954/1955至2012/2013年冬季东亚1000 hPa经向风EOF分解：（a）EOF第一模态（EOF1）；（b）EOF第二模态（EOF2）；（c）EOF1对应的主分量（PC1）时间序列；（d）EOF2对应的主分量（PC2）时间序列

Fig. 8 Empirical orthogonal function (EOF) analysis of 1000 hPa *V*-winds for 1954/1955–2012/2013: (a) The first EOF mode (EOF1); (b) the second EOF mode (EOF2); (c) time series of the principle component (PC1) of EOF1; and (d) time series of the principle component (PC2) of EOF2

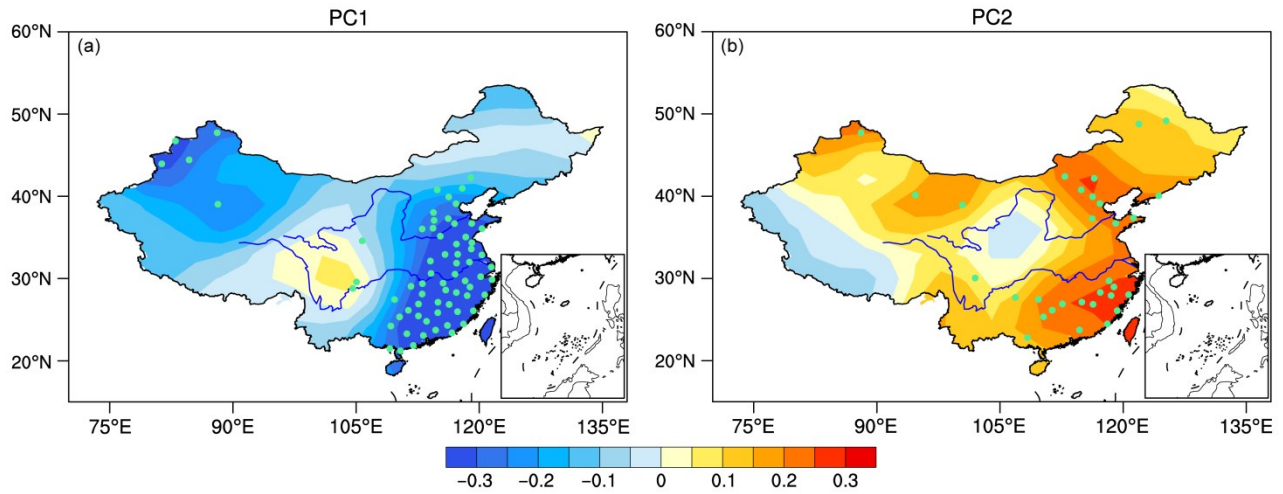


图 9　1954/1955 至 2012/2013 年冬季东亚 1000 hPa 经向风（a）PC1 和（b）PC2 与同期我国降水相关系数的分布。图中绿色圆点表示通过 95% 信度检验区

Fig. 9　Distribution of correlation coefficients between winter precipitation and the (a) PC1, (b) PC2 for 1954/1955−2012/2013. Green dots represent significant at the 95% confidence level

的相关显示（图 9），对于第一模态而言，它们呈现的是南北一致的分布。即当我国东部发生南北一致的偏强冬季风时，该地区将是一致的降水负距平区。而对于第二模态，它与降水的强的正相关出现在我国广大的南方地区，这种情况与前面分析的月内的异常情况是完全一致的。标准化第二模态的时间系数，选取其超过±0.75 标准差的年作为冬季风第二模态的典型年，各 13 年，合成其冬季降水距平百分率。可以看到，在冬季风第二模态正位相，即南方盛行偏南风距平时，我国南方地区降水显著偏多；负位相时，情况相反（图略）。这和相关分析的结果一致。

以上讨论说明，对于 2018 年 1 月我国南部冰冻雨雪天气所对应的冬季风特点，是与季节尺度上冬季风南北反相模态的情况完全一致的。

5　总结

本文以 2018 年 1 月，江南地区持续雨雪冰冻天气为对象，研究它的环流背景，并深入探讨了它与东亚冬季风的关系，主要结论如下：

（1）受冷空气和南支槽等系统的影响，2018 年 1 月 3～7 日和 24～28 日，我国江南地区出现了两次与 2008 年 1 月南方雪灾相似的雨雪冰冻事件。南方地区出现大范围降水（雪），多地出现 1 月降水极值。湖南、贵州等地发生冻雨。持续的雨雪冰冻造成了农业减产、交通受阻等灾害。

（2）我国南方地区的雨雪冰冻天气是在对流层环流处于比较稳定、西风带多小波动的活动的时期。而这种稳定形势与平流层的环流特征有关系。1 月份平流层极涡强度远远大于正常情况。这种以月为尺度的高层强极涡的维持，极有利于低层环流的稳定。

（3）用刘舸等（2013）所定义的冬季风两个模态的概念来分析它对南方雨雪冰冻天气的影响，发现，当冬季风呈现第二模态，即中纬度与低纬度呈现反相的偏北风距平异常时，它与南方天气有特别密切的关系。南方雨雪冰冻天气往往发生在北方北风偏强、而南方南风偏强（或北风偏弱）的时候，无论是逐日的演变或是时段的平均都清楚地表明了这一点。

（4）在季节尺度上，冬季风处于第二模态时，它与南方极端灾害天气也有极大的关系。我们曾研究过南方持续低温与冬季风的关系（彭京备和孙淑清，2017），与此相似，当呈现第二模态的冬季风为正位相，即北方北风、南方南风距平时，南方地区容易出现雨雪天气，其相关性极高。也就是说不管是季节尺度，或是月尺度甚至月内尺度上，这种相关是完全一致的。

6　讨论

（1）从上面的分析结果看，无论是延伸期（以周为单位）还是季节的时间尺度，当冬季风处于南

北反相时（“南强北弱”），南方易出现或是持续低温、或是雨雪的异常天气。这是因为低纬度冬季偏北风本身异常而引起的，还是由于南北环流的巨大差异造成的相互作用，值得深入分析。

（2）另外，已有的研究表明，平流层持续某一种特定的形势，如强极涡的维持、爆发性增温等会对流层环流产生影响（陈文和魏科，2009）。2018年1月，平流层极涡强而稳定。对流层是极涡形式的平直环流。实际上到了2月，平流层出现极强的爆发性增温，持续维持着强经向环流。相对应的2月对流层环流及天气也出现了很大的调整。平流层的影响不能忽视，也是作者下一步要深入探讨的。

（3）布和朝鲁等（2008）指出，西太平洋副热带高压北扩是造成2008年1月南方低温雨雪冰冻事件的重要环流系统之一，来自南支槽区的Rossby能量频散有利于西太平洋副热带高压的维持。Zong et al.（2014）在讨论我国南方冬季持续性极端降水事件的环流演变时，也发现了类似的结论。我们的研究显示，当冬季风处于“北强南弱”时，有利于南方地区降水偏多。那么，南支槽和冬季风南北反相变化有什么样的关系。这也是我们需要进一步研究的内容。

致谢 感谢中国科学院大气物理研究所的纪立人研究员对本文提出了建设性修改意见。

参考文献（References）

布和朝鲁, 纪立人, 施宁. 2008. 2008年初我国南方雨雪低温天气的中期过程分析I: 亚非副热带急流低频波 [J]. 气候与环境研究, 13(4): 419−433. Bueh Cholaw, Ji Liren, Shi Ning. 2008. On the medium-range process of the rainy, snowy and cold weather of South China in early2008. Part I: Low-frequency waves embedded in the Asian−African subtropical jet [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 13(4): 419−433. doi: 10.3878/j. issn. 1006-9585.2008.04.07

布和朝鲁, 彭京备, 谢作威, 等. 2018. 冬季大范围持续性极端低温事件与欧亚大陆大型斜脊斜槽系统研究进展 [J]. 大气科学, 42(3): 656−676. Bueh Cholaw, Peng Jingbei, Xie Zuowei, et al. 2018. Recent progresses on the studies of wintertime extensive and persistent extreme cold events in China and large-scale tilted ridges and troughs over the Eurasian Continent [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 42(3): 656−676. doi: 10.3878/j. issn.1006-9895.1712.17249

Bueh C, Fu X Y, Xie Z W. 2011. Large-scale circulation features typical of wintertime extensive and persistent low temperature events in China [J]. Atmos. Oceanic Sci. Lett., 4(4): 235−241. doi:10.1080/16742834.2011.11446935

陈文, 魏科. 2009. 大气准定常行星波异常传播及其在平流层影响东亚冬季气候中的作用 [J]. 地球科学进展, 24(3): 272−285. Chen Wen, Wei Ke. 2009. Anomalous propagation of the quasi-stationary planetary waves in the atmosphere and its roles in the impact of the stratosphere on the East Asian winter climate [J]. Advances in Earth Science (in Chinese), 24(3): 272−285. doi: 10.11867/j. issn. 1001-8166.2009.03.0272

陈文, 魏科, 王林, 等. 2013. 东亚冬季风气候变异和机理以及平流层过程的影响 [J]. 大气科学, 37(2): 425−438. Chen Wen, Wei Ke, Wang Lin, et al. 2013. Climate variability and mechanisms of the East Asian winter monsoon and the impact from the stratosphere [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 37(2): 425−438. doi:10.3878/j.issn.1006-9895.2012.12309

丁一汇, 柳艳菊, 梁苏洁, 等. 2014. 东亚冬季风的年代际变化及其与全球气候变化的可能联系 [J]. 气象学报, 72(5): 835−852. Ding Yihui, Liu Yanju, Liang Sujie, et al. 2014. Interdecadal variability of the East Asian winter monsoon and its possible links to global climate change [J]. Acta Meteorologica Sinica (in Chinese), 72(5): 835−852. doi:10.11676/qxxb2014.079

何溪澄, 丁一汇, 何金海, 等. 2006. 中国南方地区冬季风降水异常的分析 [J]. 气象学报, 64(5): 594−604. He Xicheng, Ding Yihui, He Jinhai, et al. 2006. An analysis on anomalous precipitation in southern China during winter monsoons [J]. Acta Meteorologica Sinica (in Chinese), 64(5): 594−604. doi: 10.3321/j. issn: 0577-6619. 2006.05.006

黄荣辉, 刘永, 皇甫静亮, 等. 2014. 20世纪90年代末东亚冬季风年代际变化特征及其内动力成因 [J]. 大气科学, 38(4): 627−644. Huang Ronghui, Liu Yong, Huangfu Jingliang, et al. 2014. Characteristics and internal dynamical causes of the interdecadal variability of East Asian winter monsoon near the late 1990s [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 38(4): 627−644. doi:10.3878/j.issn.1006-9895.2013.13245

简云韬, 简茂球, 杨崧. 2017. 前、后冬的东亚冬季风年际变异及其与东亚降水的关系 [J]. 热带气象学报, 33(4): 519−529. Jian Yuntao, Jian Maoqiu, Yang Song. 2017. Interannual variation of East Asian winter monsoon in early and late winter and its relationship with East Asian precipitation [J]. Journal of Tropical Meteorology (in Chinese), 33(4): 519−529. doi: 10.16032/j. issn. 1004-4965.2017.04.009

Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project [J]. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77(3): 437−472. doi:10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2

刘超, 江琪, 桂海林. 2018. 2018年1月大气环流和天气分析 [J]. 气象 , 44(4): 590−596. Liu Chao, Jiang Qi, Gui Hailin. 2018. Analysis of the January 2018 atmospheric circulation and weather [J]. Meteorological Monthly (in Chinese), 44(4): 590−596. doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2018.04.013

Liu G, Ji L R, Sun S Q, et al. 2012. Low- and mid-high latitude components of the East Asian winter monsoon and their reflecting variations in winter climate over eastern China [J]. Atmos. Oceanic

Sci. Lett., 5(3): 195−200. doi:10.1080/16742834.2012.11446985

刘舸, 纪立人, 孙淑清, 等. 2013. 关于东亚冬季风指数的一个讨论——东亚中、低纬冬季风的差异 [J]. 大气科学, 37(3): 755−764. Liu Ge, Ji Liren, Sun Shuqing, et al. 2013. A discussion on the East Asian winter monsoon index—Differences between the East Asian winter monsoon at mid-high and low latitudes [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 37(3): 755−764. doi:10.3878/j.issn.1006-9895.2012.12054

Peng J B, Bueh C. 2012. Precursory signals of extensive and persistent extreme cold events in China [J]. Atmos. Oceanic Sci. Lett., 5(3): 252−257. doi:10.1080/16742834.2012.11446999

彭京备. 2012. 东印度洋海温对中国南方冬季降水的影响 [J]. 气候与环境研究, 17(3): 327−338. Peng Jingbei. 2012. Influence of the sea surface temperature in the eastern Indian Ocean on the wintertime rainfall in the southern part of China [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 17(3): 327−338. doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2011.10139

彭京备, 孙淑清. 2017. 我国南方持续性低温与东亚冬季风“北弱南强”模态的关系 [J]. 大气科学, 41(4): 691−701. Peng Jingbei, Sun Shuqing. 2017. The relationship between persistent cold spell in southern China and the variation mode of East Asian winter monsoon with opposite signs in the North and South [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 41(4): 691−701. doi:10.3878/j.issn.1006-9895.1612.16145

Wang B, Wu Z W, Chang C P, et al. 2010. Another look at interannual - to- interdecadal variations of the East Asian winter monsoon: The northern and southern temperature modes [J]. J. Climate, 23(6): 1495−1512. doi:10.1175/2009JCLI3243.1

王会军, 贺圣平. 2012. ENSO和东亚冬季风之关系在20世纪70年代中期之后的减弱 [J]. 科学通报, 57(19): 1713−1718. Wang Huijun, He Shengping. 2012. Weakening relationship between East Asian winter monsoon and ENSO after mid-1970s [J]. Chinese Sci. Bull., 57(27): 3535−3540. doi:10.1007/s11434-012-5285-x

魏科. 2007. 北半球平流层极涡年际和季内变异及其对东亚冬季风的影响 [D]. 中国科学院大气物理研究所博士学位论文. Wei Ke. 2007. Interannual and intraseasonal variabilities of the stratospheric polar vortex in the Northern Hemisphere and their influence on the East Asian winter monsoon [D]. Ph. D. dissertation (in Chinese), Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences.

Wu B Y, Su J Z, D'Arrigo R. 2015. Patterns of Asian winter climate variability and links to Arctic sea ice [J]. J. Climate, 28(17): 6841−6858. doi:10.1175/JCLI-D-14-00274.1

吴静, 刁一娜, 庄绪宗. 2016. 冬季乌拉尔山阻塞与东亚冬季风的联系分析 [J]. 气候与环境研究, 21(5): 577−585. Wu Jing, Diao Yina, Zhuang Xuzong. 2016. The relationship between the Ural blocking in boreal winter and the East Asian winter monsoon [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 21(5): 577−585. doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2016.15172

徐霈强, 冯娟, 陈文. 2016. ENSO冷暖位相影响东亚冬季风与东亚夏季风联系的非对称性 [J]. 大气科学, 40(4): 831−840. Xu Peiqiang, Feng Juan, Chen Wen. 2016. Asymmetric role of ENSO in the link between the East Asian winter monsoon and the following summer monsoon [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 40(4): 831−840. doi: 10.3878/j. issn. 1006-9895.1509.15192

张自银, 龚道溢, 郭栋, 等. 2008. 我国南方冬季异常低温和异常降水事件分析 [J]. 地理学报, 63(9): 899−912. Zhang Ziyin, Gong Daoyi, Guo Dong, et al. 2008. Anomalous winter temperature and precipitation events in southern China [J]. Acta Geographica Sinica (in Chinese), 63(9): 899−912. doi:10.11821/xb200809001