

## 2016年1月22—26日影响海南岛一次强冷天气过程分析

罗婷<sup>1,2</sup>,薛羽君<sup>1,2</sup>,何忠桂<sup>1</sup>,卢裕钧<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>三亚市气象局,海南三亚 572000;<sup>2</sup>海南省南海气象防灾减灾重点实验室,海口 570203)

**摘要:**为了深入了解强冷空气影响下海南岛的天气变化特征,进一步提高对强冷空气影响过程预报准确率,利用海南岛区域自动站资料、常规天气观测资料以及NCEP/NCAR 2.5°×2.5° 1日4次再分析资料,采用天气学原理和动力学诊断分析方法,对2016年1月22—26日影响海南岛一次强冷天气过程进行分析和总结。结果表明:此次强冷天气过程是由于极地涡旋分裂南下,同时乌拉尔山高压脊强烈发展使冷空气在横槽聚集,横槽前部等高线阶梯形势明显,并伴有明显负变高和冷平流,从而有利横槽转竖南压引导强冷空气向南爆发。强冷平流是造成海南岛出现强烈降温的主要原因;另外,由于低纬地区短波槽活跃,短波槽前暖气流与南下冷空气共同作用造成降水。

**关键词:**强冷空气;大气环流;强降温;降水;海南岛

中图分类号:P458.3

文献标志码:A

论文编号:casb16090034

### A Severe Cold Weather Process Affecting Hainan Island in 2016

Luo Ting<sup>1,2</sup>, Xue Yujun<sup>1,2</sup>, He Zhonggui<sup>1</sup>, Lu Yujun<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Sanya Weather Bureau, Sanya Hainan 572000;

<sup>2</sup>Key Laboratory of South China Sea Meteorological Disaster Prevention and Mitigation of Hainan Province, Haikou 570203)

**Abstract:** To investigate the characteristics of weather change in Hainan Island under the influence of strong cold air and further improve the prediction accuracy, based on regional automatic station data of Hainan, conventional observation data and NCEP/NCAR 2.5°×2.5° 4-times daily reanalysis data, and with the synoptic principle and the dynamic diagnosis, the authors analyzed a severe cold weather process affecting Hainan Island during January 22–26, 2016. The results showed that: the polar vortex split toward the south, the ridge in the Ural Mountains fiercely developed so that the cold air could gather in the transverse trough, in front of the transverse trough, the gradient of geopotential height was quite large, and the negative variation of the height was obvious, so was the cold advection, these above mentioned conditions were favorable to revising the transverse trough and moving southwards, which could guide the outbreak of strong cold air southward. The strong cold advection was the main reason of sever cooling in Hainan Island, on the other hand, the shortwave trough was quite active in low latitude area and the warm wet current in front of that could interact with the southward cold air and caused the precipitation.

**Key words:** sever cold air; atmospheric circulation; strong cooling; precipitation; Hainan Island

### 0 引言

寒潮是中国冬春季严重的灾害性天气之一,是一种大规模的强冷空气活动过程,其主要特点是剧烈的降温和大风,有时还伴有雨、雪、雨淞和霜冻等,会给工

农业生产、交通运输、电力、人类健康等造成不利影响,其中农业生产尤为严重<sup>[1]</sup>。华南地处低纬,寒潮发生频率及极端最低气温远不能与北方相比,但80%以上寒潮过程降温幅度在10~19℃<sup>[2]</sup>,是全国降温幅度最大

**基金项目:**海南省气象局青年基金项目“登陆海南岛台风的暴雨水汽条件分析及输送过程研究”(HNQXQN201610)。

**第一作者简介:**罗婷,女,1988年出生,海南人,助理工程师,硕士,主要从事短期气候预测及短期天气预报工作。通信地址:572000 海南省三亚市榆亚路426号,Tel:0898-88200122,E-mail:yustsy@163.com。

**收稿日期:**2016-09-06,修回日期:2017-04-26。

的区域。寒潮往往给典型热带、亚热带农业项目造成重大损失<sup>[3-4]</sup>,已经成为华南区域继洪涝、热带气旋之后的第三重大灾害性天气。

华南寒潮地区差异明显,关于华南地区寒潮,许多学者做了研究,纪忠萍等<sup>[5]</sup>对近55年来冬半年影响广州的强冷空气进行分析研究,发现其主要受准双周振荡低频波控制,为中期预报提供参考;高安宁等<sup>[6]</sup>分析2008年华南西部一次罕见低温冷害天气,找到造成华南西部寒潮天气的起因,以及出现雨雪冻雨的天气系统空间结构和物理要素配置。

上述的研究主要是针对两广地区进行,而对于海南地区的强冷空气过程鲜少有研究。海南具有发展热带特色农业得天独厚的气候资源,是中国冬种瓜菜和南繁育种的基地,而农业种植是最易遭受灾害性天气影响的弱质产业,强冷空气的出现将对热带作物生长及产量形成造成严重损害。

2016年1月中下旬,全国遭受一次罕见强冷空气影响,南方地区出现大范围雨雪冰冻和强降温天气,华南地区雪线一度南压至广州及珠三角一带,为1951年以来最南端。在此次强冷空气的影响下,海南部分地区降温幅度达10~14℃。本研究通过对此次强冷空气影响过程的大气环流特征,以及对造成海南岛强降温、降水天气原因进行分析,以期进一步加深对影响海南地区强冷空气过程的科学认识,为今后对此类天气过程的中期预报以及农业防灾减灾提供参考。

## 1 天气实况

2016年1月22—26日,受强冷空气影响,海南岛出现一次明显的降温过程,多地最低气温接近1981年以来的历史极值,其中西北部和中部多个市县日最低气温低于6℃,南部部分市县低于8℃,极端最低气温主要出现在24日夜间到25日凌晨(见图1a),另外个别

区域站,如五指山市通什镇的阿陀岭电视塔站测得极端低温为0.8℃。强冷空气影响期间,全岛出现降水,过程累计雨量在东部沿海和南部地区为10 mm以下,其余地区都在10 mm以上,北部、西部和中部局地都在25~50 mm之间,其中中部山区个别站点累积雨量达100 mm(见图1b)。

## 2 天气过程分析

此次强寒潮从2016年1月21日起自北向南影响中国,如图2a,在20日08时500 hPa上,欧亚中高纬度为两槽一脊型,位于乌拉尔山附近的高压脊经向度大,另外由于温度脊落后于高度脊,脊后暖平流的作用使得未来高压脊仍会继续发展加强,高压脊东侧的极涡此时已经南下,中心位于贝加尔湖以东,中心强度为508 dagpm,与之配合的冷中心强度为-44℃,700、850 hPa冷中心强度也分别达到-36℃和-32℃(图略)。极涡的西南侧、45°N以北存在1个E-W走向的横槽,由于乌拉尔山高压脊经向度较大,脊前偏北气流引导极地冷空气南下在横槽内聚集,横槽前部等温线密集。海平面气压场上(见图2b),此时在贝加尔湖南侧到中国新疆北部有冷锋活动,锋后冷高压强度达到1055 hPa,到21日凌晨加强到1060 hPa(图略),冷空气堆形成,具备寒潮爆发的首要条件。

另外,关于横槽底部,中国青海地区有弱的短波槽存在,从高纬到低纬呈阶梯槽形势,横槽前部等高线疏散,有利于横槽转竖或南压。而此时低纬南支槽的形势明显,槽前西南气流北上至华南北部,海南岛处在南支槽前和副高北侧较强偏西气流中。

图3为22日08时500 hPa高度场和急流(见图3a)以及24 h变高(见图3b)的分布情况,可以看到此时乌拉尔山高压脊东移加强,在巴尔喀什湖北面形成一闭合高压中心;极涡南压至中国东北地区西部,冷中心仍

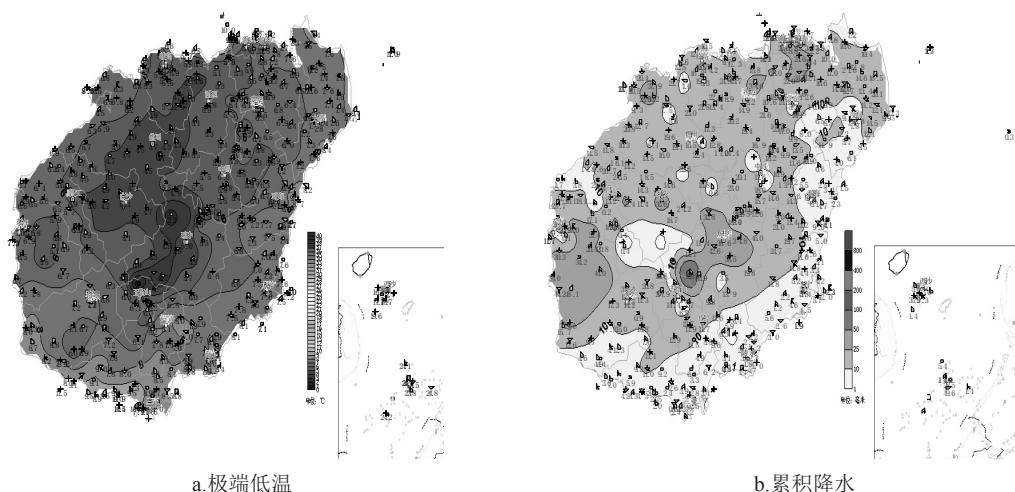


图1 2016年1月22日14时—26日08时海南岛极端低温(单位:℃)和累积降水(单位:mm)

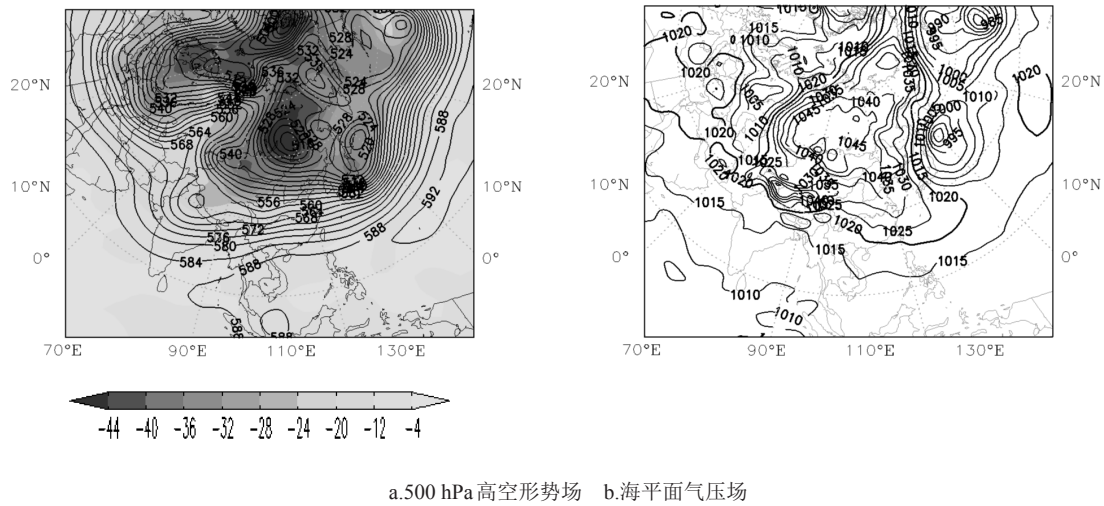


图2 2016年1月20日08时500 hPa 高空形势场(黑色等高线,单位:dagpm、阴影温度场,单位:°C)和海平面气压场(单位:hPa)

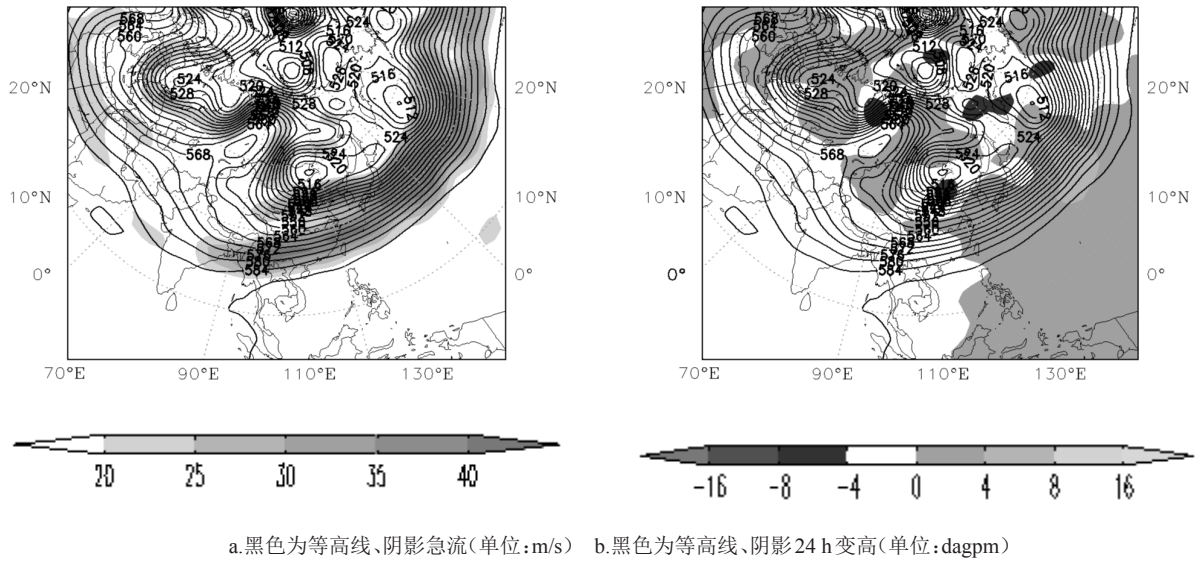


图3 2016年1月22日08时500 hPa 高空形势场

然维持-44℃。另外,由于高压脊前的偏北急流东移南压,横槽也随之南压至40°N左右,横槽后部由原来的东北气流转为西北气流,为横槽转竖提供很好的动力条件。此时,对应海平面上锋面南压至中国华北一带,锋后冷高强度明显增强(图略)。另外,横槽的西段槽线上的偏北风分量比东段的明显(图略),因此西段槽加深比东段快,同时西段槽前正涡度平流和冷平流的加强,有利于槽前负变高增强,正、负变高呈N-S走向,这也预示着横槽将进一步南压转竖。此时南支槽势力较前一时次有所减弱,长江以南到华南一带都处于减弱的南支槽前西南偏西气流中,急流核位于西南到华南北部一带,而海南岛上空以西南气流控制为主。

可以看到23日08—24日08时(见图4),伴随乌拉尔山北面的小槽发展东移,迫使乌拉尔山东侧高压脊向南移动并减弱。从温度场与高度场的配置上可以看出(见图4a~b),横槽前部的冷平流增强,横槽逐步南压,其中横槽东段南压的速度较西段快,到24日,东段槽逐渐转竖南压并东移出海;西段则与低纬度的西风槽相配合,引导冷空气向南爆发。地面气压场上冷锋前沿逐渐南压到长江以南地区,而锋后的冷高压强度依然维持在1060 hPa以上,可见冷空气在南下过程中势力仍然保持较强,1020 hPa线于23日压过海南岛(图略)。

从850 hPa风场上可以清楚反映出(见图4c~d),冷空气兵分两路南下的<sup>[7]</sup>,23日,海南岛已经由原来的西

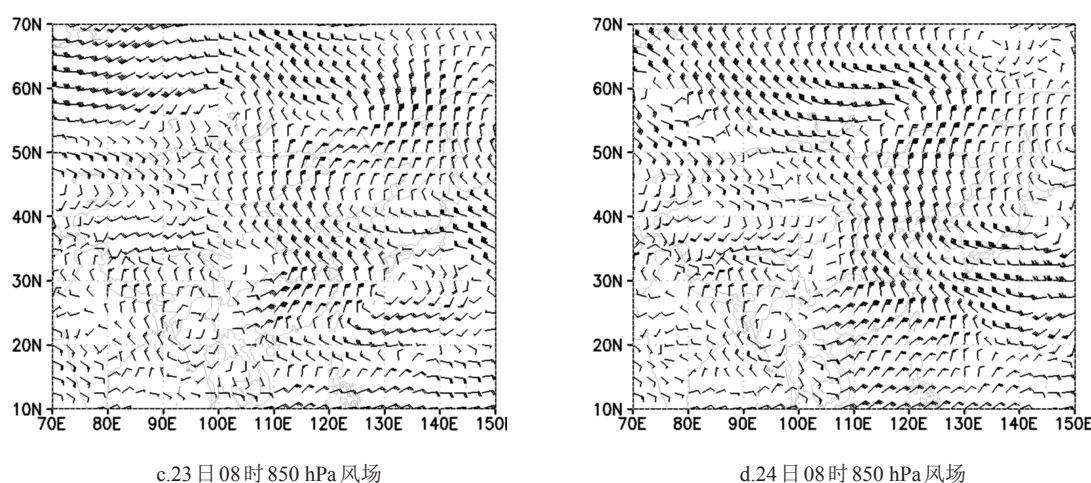
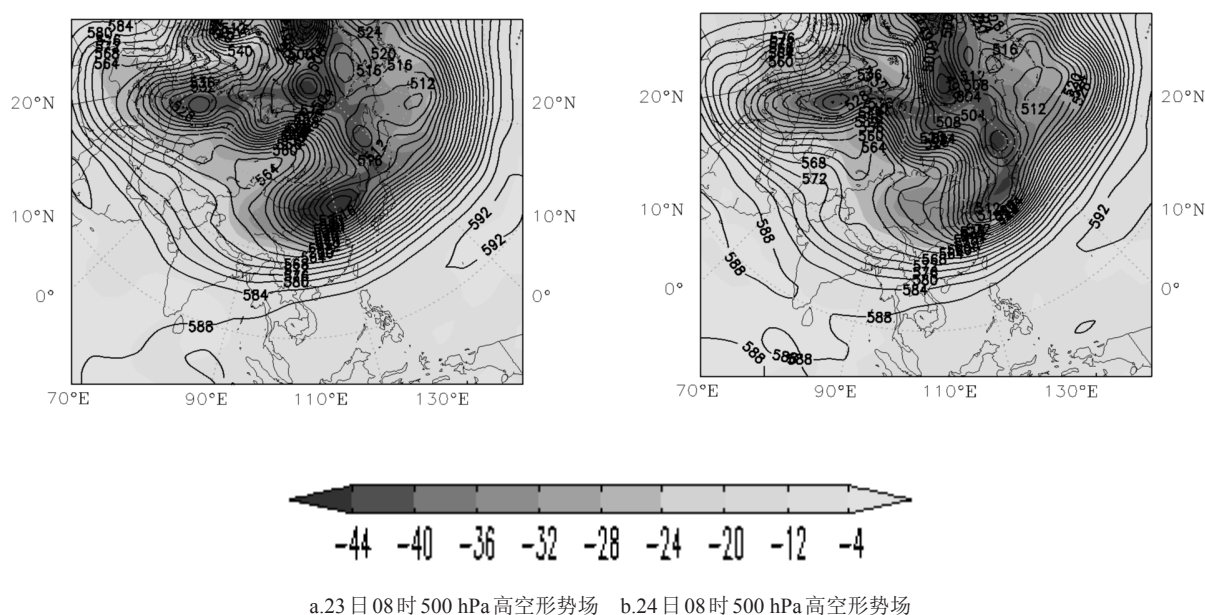


图4 2016年1月23日08时、24日08时500 hPa高空形势场(黑色等高线,单位:dagpm、阴影温度场,单位:°C)及同期850 hPa风场(单位:m/s)

南气流转为西北气流控制,冷空气开始从西路南下影响海南岛,华南南部为明显的东北气流,随后东北气流沿东部沿海南下,进一步从东路影响海南岛,可以看到24日海南岛上空完全转为东北气流控制,且风速明显增大。25日起,高层中高纬地区低槽东移出海,极涡北收,冷平流势力减弱,南支槽势力再次增强,槽前暖湿气流发展加强,影响到长江以南地区,海南岛上空转受西南急流控制,低层的偏北风也开始减弱。

### 3 强降温和大风成因分析

#### 3.1 强降温成因

强烈的冷平流是这次强降温的主要原因。通过前面的分析可知,随着横槽南压,槽前冷平流快速南下,23日(见图5a)全国几乎都处在强冷平流控制中,强冷

平流中心,一个位于黄海,另外一个在华南西北部,强度约为 $-35 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/S}$ ,24日,冷空气主力分两路南下<sup>[7]</sup>,图5b上看到原位于华南西北部的强冷平流中心南落至北部湾,强度仍然维持在 $-20 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C/S}$ 以上,强冷空气从西路入侵海南岛。同时东部沿海的冷平流也不断加强,并从东部南下影响海南,此时影响海南岛的冷空气强度达到最强。

除了温度平流外,非绝热因子对局地气温变化的作用也非常明显。因为大气是通过太阳辐射、水汽相变的潜热释放、乱流传导来进行热量交换<sup>[8]</sup>,因此天空状况、降水等对温度变化都有一定影响。冷空气开始影响海南岛时,天空云量较多,并伴有零星降水,风力逐渐增大,因此虽有冷平流的影响,但是其他要素对降

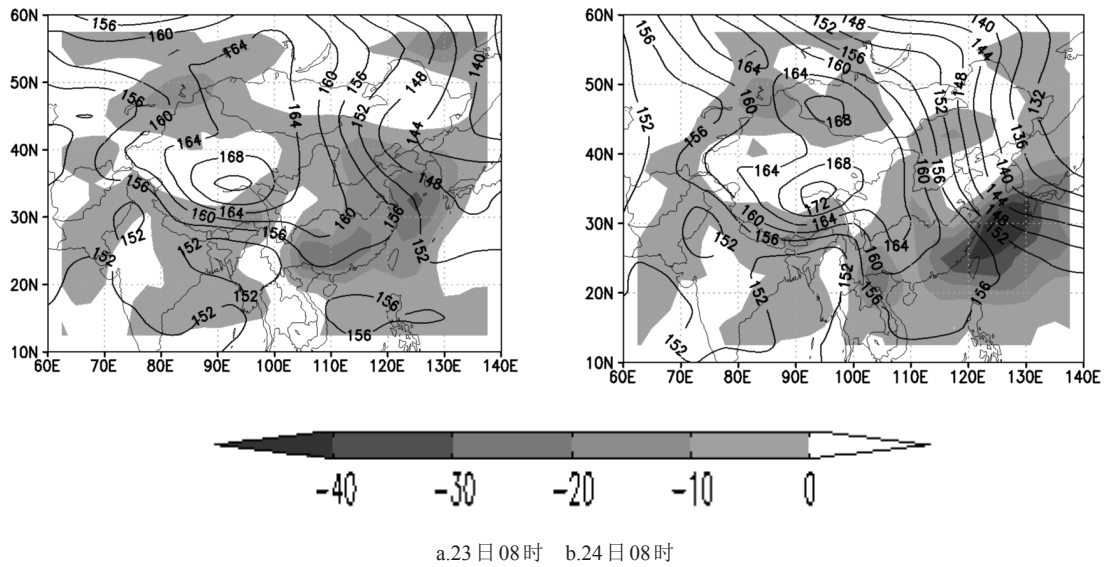


图5 2016年1月23日08时、24日08时850 hPa高度场(单位:dagpm)和温度平流(单位:10<sup>-5</sup>C/s)

温幅度并不很有利,而后随着冷空气势力增强,在强冷空气控制下24日夜间到25日凌晨,天空转以晴为主,且风速逐渐趋于减弱,夜间强烈降温非绝热条件较好,所以此次过程的最低气温出现在25日凌晨。另外,在强冷空气影响前夕,22日之前低层还以暖平流控制为主(见图8a),前期温度较高。因此,当强冷空气入侵后造成的降温幅度较大。

冷空气的强弱以造成的降温程度来界定,同理,可以根据冷空气的强弱来预报降温的幅度,业务中人们常以海平面气压场上1020 hPa线南压的位置和持续时间来判定影响海南岛的冷空气强度,从25日02时的海平面气压场(见图6a)可以看到1020 hPa线已经南压至南海中南部,而海南岛的海平面气压值基本都在1030 hPa以上,可见冷空气势力之强。另外,根据850 hPa等温线南压的情况也可以分析冷气团南压<sup>[9]</sup>,

广东预报员通过历史个例分析和时间经验总结得出,当850 hPa的0℃等温线压到广东北部时,将有强冷空气影响当地。图6b给出850 hPa上0℃线随时间的变化,可以看到0℃线由华南北部一带逐日南压至海南岛北部,预示着此次影响海南岛的冷空气强度较大。

### 3.2 大风成因

大风天气的产生是由于强冷空气大举南下造成,根据天气学原理,近地层中,除了摩擦作用,水平风速的变化主要还取决于变压梯度的大小,而局地气压的变化与地面以上空气柱中的密度平流相关,当整个气柱中以冷平流为主时地面气压将上升,冷平流越强,地面正变压越大,出现风力就越大<sup>[10-11]</sup>。本次过程,强冷平流从23日开始影响海南岛,从地面24 h变压图上(见图7a)可以看到23日全国基本上为正变压区,强变压中心位于长江以南,此时华南沿岸到海南岛陆地上

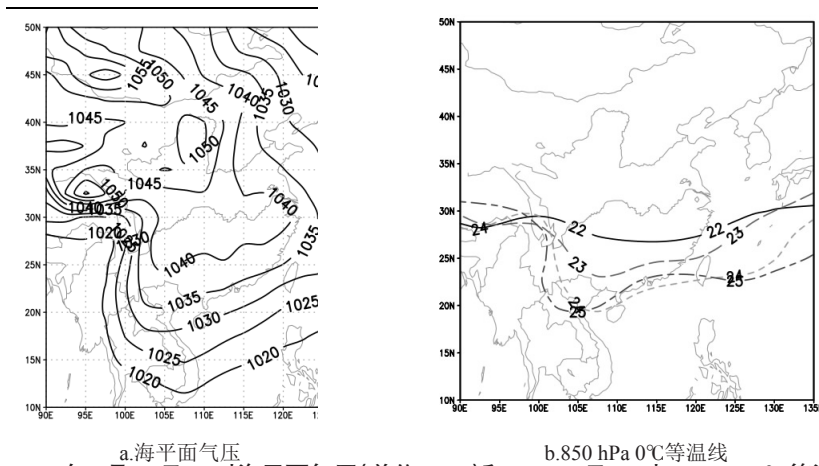


图6 2016年1月25日02时海平面气压(单位:hPa)和22—25日08时850 hPa 0℃等温线

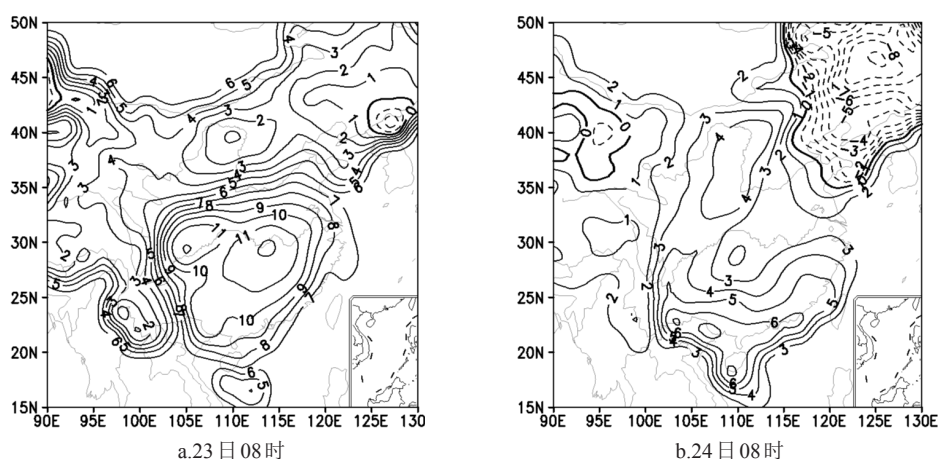


图7 2016年1月23日08时—24日08时地面24 h变压(单位:hPa)

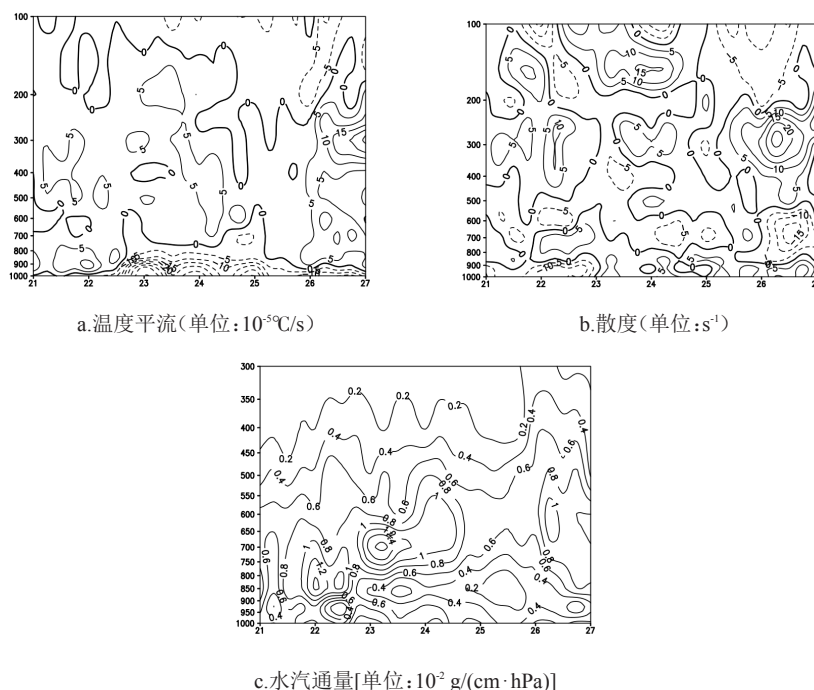
变压梯度较大,为5 hPa/5个纬距,此时岛上风力开始增大,到24日(见图7b)变压中心南落到华南西部沿海,变压梯度大值区南压至海南岛四周海面,对应海面上风力增大。

#### 4 降水成因

随着中高纬的西风槽东移,位于高原南部到孟加拉湾一带的南支槽逐渐加强并缓慢东移,海南岛位于槽前的西南气流控制中,25日以后南支槽加深,槽前等压线梯度也随着增大,受其影响,海南岛自25日开始500 hPa上西南气流逐渐增强,这里选取海口站点为代表站对各要素进行分析,从温度平流垂直剖面(见图8a)上可以看到25日起低层的冷平流开始明显减弱,而高层的暖平流逐日增强,特别是26—27日,900 hPa

以上基本为暖平流控制,暖平流中心位于500 hPa和300 hPa,高层增暖的原因主要是由于南支槽前的暖湿气流北上过程中与冷空气相遇,被强迫抬升,使得高层增暖。另外,南支槽加强东移,槽前正涡度平流增强,因此有利于中高层辐散加强(见图8b),26—27日海口上空500~300 hPa之间存在明显的风速辐散中心。

而通过前面对850 hPa风场的分析可知,在24日以前,海南岛主要受西北或东北气流的控制,水汽条件较差,25日起冷高逐渐东移出海,岛上也由原来的较强的偏北气流转为弱的偏东气流控制,26日冷高主体出海后,偏东风逐渐转为东南风,且在海南岛北部也有较明显的风速辐合(图略)。因此低层的辐合在26日开始有明显的增强,从图8b可以看到,26—27日,



c.水汽通量[单位: $10^{-2} \text{ g}(\text{cm} \cdot \text{hPa})$ ]

图8 海口站各要素时间-高度剖面

850 hPa 以上有风速辐合中心出现。由于中高层南支槽加强东移,海南岛上空正涡度平流加强,配合上低层偏东风与东南风的辐合,这样高层辐散,低层辐合的形势就是本次降水过程的有利动力条件。而关于水汽方面,南支槽的发展加强将来自孟加拉湾的暖湿水汽向海南岛输送,同时低层转偏东和东南气流控制后,西太平洋和南海的水汽也是一个重要来源,图 8c 中显示 25 日后水汽通量层次厚度增大,但主要的大值中心在 800 hPa 以上,即中高层水汽条件相对低层的要好一些,主要是由于中高层南支槽前部的西南风较大,而低层虽然转受偏东气流控制,但风速较小,所以对水汽的输送能力有限。综合抬升条件和水汽条件来看,25 日以后的条件更有利于降水的产生,因此本次过程降水主要出现在 26—27 日。

另外,通过对比海南岛南、北部低层风场随时间的变化来看(图略),海南岛北部转偏东风和东南风的时间要比南部的早,且风速在北部辐合较为明显,所以总体降水量北部地区要大于南部,而中部地区由于地形的增幅作用,出现较强降水。

## 5 结论

(1)此次强冷天气过程主要是由于极地涡旋分裂南下,同时伴随乌拉尔山高压脊发展强烈,使极地冷空气南下在横槽后部聚集,随着高压脊北面的低槽东移南下,迫使高压脊南落减弱,横槽后部东北气流转为西北气流,槽前冷平流增大,同时中低纬地区弱短波槽存在,使横槽前部等高线疏散,横槽转竖南压,引导冷空气大举南下造成。

(2)强冷平流和晴空条件下的非绝热作用是造成强降温的原因,其中以强冷平流的作用为主。另外,由于前期处在暖气团的控制下,使得过程降温幅度较大,业务中除了通过分析海平面气压场的特征线之外也可以参考 850 hPa 上 0℃ 线的位置来判断影响海南岛的冷空气强弱,这就需要今后对更多类似天气过程进行分析和总结;大风天气的出现则是由于强冷空气南下气压梯度力陡增造成,可以根据地面变压梯度的变化来判断水平风速的情况。

(3)本次过程降水主要出现在 25 日以后,由于南支槽的发展东移,向其前部输送暖湿气流,正涡度平流增大,同时配合低层冷中心出海后,高压底部偏东气流的作用,动力和水汽条件在海南岛北部配合较南部好,因此北部降水大于南部。

## 6 讨论

进入冬季后海南岛经常受北方冷空气扩散影响,但冷空气达如此强度影响到海南岛的实属罕见,因此

预报难度较大,要对大范围的环流形势进行分析和研判,本研究详细分析了大尺度环流的变化特征,探究冷空气从源地南下,及影响海南岛的始末,并详细分析各物理要素的演变特征和差异,解释了此次过程海南岛北部和中部降水大于南部地区的原因,主要是由于南支槽位置偏北,北部正涡度平流较显著,因此高低层垂直抬升条件较南部强,加上冷高出海后偏东气流辐合的位置比较靠北,水汽辐合条件优于南部。对于此类天气过程,高低层影响系统的位置,配合上海南岛的地形,降水的分布有明显的差异,因此,在预报中关注大尺度环流场的演变,以及对关键影响系统的位置进行分析十分重要。

强冷空气对海南冬种瓜菜和果树的营养生长带来不利影响,特别是北部、西部和中部大部分地区已达到寒害标准时,受到低温胁迫后植株叶尖、叶缘出现斑块青枯,生长减缓,对产量的最终形成带来损失。南部地区的南繁水稻处于分蘖—拔节阶段,低温会对其发育产生一定影响。

冷空气影响的路径和强度不同,造成海南岛的降水降温幅度不同,对本地作物造成的影响也不同。因此,还需要选取更多的个例进行分析,总结出更准确的预报指标,以期对预报业务和农业气象服务提供更多参考。

## 参考文献

- [1] 朱乾根,林景瑞,寿邵文,等. 天气学原理与方法[M]. 北京:气象出版社,2000:10.
- [2] 刘小宁,孙安建,张尚印. 华南寒潮气候特征研究[J]. 灾害学,1995,10(2):58-63.
- [3] 杜尧东,李春梅,毛慧琴. 广东省香蕉、荔枝寒害致灾因子和综合气候指标研究[J]. 生态学杂志,2006,25(2):225-230.
- [4] 王春林,刘金鑫,曾侠,等. 近 50 年来广东冬季寒害的特征[J]. 自然灾害学报,2004,13(4):121-127.
- [5] 纪忠萍,谷德军,梁健,等. 近 50 年影响广州的强冷空气及其准双周变化[J]. 大气科学,2007,31(5):999-1010.
- [6] 高安宁,陈见,李生佳,等. 2008 年华南西部罕见低温冷害天气成因分析[J]. 热带气象学报,2009,25(1):110-116.
- [7] 江琪,马学款,王飞. 2016 年 1 月大气环流和天气分析[J]. 气象,2016,42(4):514-520.
- [8] 张林梅,庄晓翠,胡磊等. 新疆阿勒泰地区一次强寒潮天气过程分析[J]. 干旱气象,2010,28(1):71-75.
- [9] 陈吟晖. 一次寒潮的分析及冬季强冷空气预报[J]. 广东气象,2001(1):4-5.
- [10] 牛若芸,乔林,陈涛,等. 2008 年 12 月 2-6 日寒潮天气过程分析[J]. 气象,2009,35(12):74-82.
- [11] 吴海英,孙燕,曾明剑,等. 冷空气引发江苏近海强风形成和发展的物理过程探讨[J]. 热带气象学报,2007,23(4):388-394.
- [12] 钱维宏,张宗婕. 南方持续低温冻雨事件预测的前期信号[J]. 地球

- 物理学报,2012,55(5):1501-1512.
- [13] 马宁,李跃,琚建华.2008年初中国南方低温雨雪冰冻天气的季节内振荡特征[J].高原气象,2011,30(2):318-327.
- [14] 徐会明,肖红茹,徐琳娜.2002年4月三次A型寒潮天气过程的对比分析[J].四川气象,2002,22(3):11-16.
- [15] 王东海,柳崇健,刘英,等.2008年1月中国南方低温雨雪冰冻天气特征及其天气动力学成因的初步分析[J].气象学报,2008,66(3):405-422.
- [16] 王允,张庆云,彭京备.东亚冬季环流季节内振荡与2008年初南方大雪关系[J].气候与环境研究,2008,13(4):459-467.
- [17] 王遵娅,丁一汇.近53年中国寒潮的变化特征及其可能原因[J].大气科学,2006,30(6):1098-1076.
- [18] Chen Q J , Wang L H , Gao Bo , et al.2000.Comparative analysis of circulation and climatic between less- snow year 1985 and more snow year 1986 for Tibetan plateau[J].Act a Meteo Sinica (in Chinese),58(2):202-213.
- [19] Lin Q F,Wu Z M,Liang Y H.2006 . Mesoscale features analysis of a cold- air outbreak snow storm event in Shandong peninsula[J]. Periodical of Ocean University of China(in Chinese), 36(6):908-914.
- [20] Shan B C , Zhang C, Li J H,et al.2006 .A diagnosis of the first snow storm in the Wei hai District in early winter in 2005[J].Shandong Meteor (in Chinese), 26(4):17-18.
- [21] Wang S W.2008.Climatological aspect s of severe winters in China [J].Adv Climate Change Res (in Chinese), 4(2):68-72.