

黄卓禹,吴艳林,李伟国,等. 2016年湖南两次寒潮事件等熵位涡分析[J]. 陕西气象,2019(1):12-18.

文章编号:1006-4354(2019)01-0012-07

# 2016年湖南两次寒潮事件等熵位涡分析

黄卓禹,吴艳林,李伟国,陈铁军,吴欣昱

(娄底市气象局,湖南娄底 417000)

**摘要:**利用 NCEP/NCAR 全球  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  逐日和 FNL $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  逐 6 h 再分析资料,对 2016 年冬末春初湖南出现的两次寒潮过程进行等熵位涡诊断分析。结果表明:(1)中高纬度的高位涡区可以用来追踪影响湖南寒潮过程中强冷空气的来源和水平移动,西伯利亚冷高压陡增和与湖南地面气温的急剧下降预示着湖南寒潮天气爆发;(2)两次寒潮爆发过程中均伴随有中高纬度高位涡区向南传播的特征,且高位涡主体移动路径与地面冷空气南下路径一致,此外也表现出高位涡强烈向下伸展的特征;(3)等熵面上的高位涡中心与气旋性环流相对应,位涡中心区的变化可看出高空横槽的发展变化,而高位涡中心向南向下的传播导致强的下沉运动促进地面冷高压迅速发展,导致寒潮爆发。

**关键词:**寒潮;等熵位涡;高位涡区;移动路径

**中图分类号:**P458.122

**文献标识码:**A

寒潮是一种大尺度大气运动现象,也是湖南省冬季重要的灾害性天气,它能造成剧烈降温和大风,有时还伴有雨、雪、雨淞或霜冻等灾害<sup>[1-2]</sup>。据统计,湖南省大部分地区平均每年发生在 2~3 次寒潮事件,12 月、1 月和 2 月的次数比 11 月、3 月的次数多,其中以 2 月寒潮次数最多,3 月寒潮主要出现在湖南周边地区<sup>[3]</sup>。

等熵位涡 IPV 的分析和意义最先是由 Hoskins 等<sup>[4]</sup>提出的,之后被广泛地应用到对暴雨的研究分析中<sup>[5-7]</sup>,近来也逐渐应用到寒潮事件的研究中。丁一汇等<sup>[8]</sup>对 2004/2005 年冬季强寒潮事件进行等熵位涡分析,田秀霞等<sup>[9]</sup>对 2008 年 12 月的两次寒潮也进行了等熵位涡分析。在以往的寒潮天气分析中,当地预报员往往只能根据环流形势的演变来预报寒潮的发生发展,可参考的方法较少;因此本文选用 NCEP/NCAR 全球  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  逐日和 FNL $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  逐 6 h 再分析资料,利用等熵位涡的诊断方法对 2016 年冬末春初湖南出现的两次寒潮过程进行

诊断分析,试图从另一方面揭示两次寒潮过程中的强冷空气的来源及传播特征,并对寒潮爆发的可能机制进行探讨。

## 1 过程简介

2016 年冬末春初,湖南先后出现了两次全省性寒潮天气事件,第一次过程是 2 月 13—14 日(下简称“过程 I”),第二次过程是在 3 月 8—10 日(下简称“过程 II”),两次寒潮事件均引起了全省大幅度降温、大风天气,同时大部分地区出现降雪。两次寒潮事件发生的间隔时间短,但环流形势却有较大不同。过程 I 是旋转南下的低槽与南支槽同位相叠加,引导强冷空气南下,造成寒潮天气;过程 II 是横槽转竖并向南加深,引导强冷空气大举南下,造成湖南的寒潮天气。

## 2 等熵面气象要素平均特征分布

Sun 等<sup>[10]</sup>在分析对流层温度场和风场的位涡纬向平均分布中指出,位涡具有显著的气候特征,因此有必要了解 2016 年两次寒潮事件过程位涡的平均分布情况。

收稿日期:2018-06-11

作者简介:黄卓禹((1986—),女,江西新余人,硕士,高工,主要从事天气预报理论及方法研究。

基金项目:湖南省气象局预报员专项(XQKJ17C005)

图1给出了2016年2—3月平均300 K和315 K等熵面上气压的分布状况。在300 K等熵面上(图1a)气压自北向南逐渐升高,各经纬度等压面上的气压均在400 hPa以上,均位于对流层

内。而315 K等熵面上(图1b)气压也是自北向南逐渐升高,高纬度地区的气压在200~250 hPa,位于对流层顶及平流层底层附近,其他气压在400 hPa以上,位于对流层内。

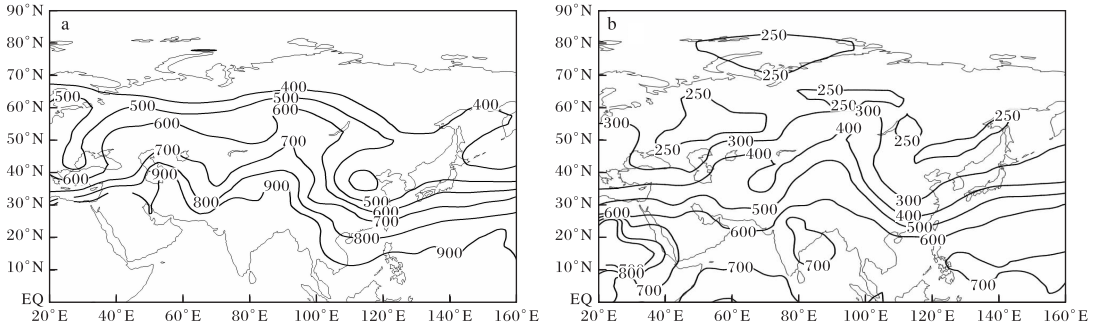


图1 2016年2—3月平均300 K(a)和315 K(b)等熵面上气压分布(单位为hPa)

由上述的分析可知,315 K等熵面包含极区平流层底层的信息,又能表现其他地区对流层的信息;而寒潮强冷空气集聚的源地均是极区附近。因此有必要分析315 K等熵面上位涡的分布特征。从图2给出的2016年2—3月平均315 K等熵面上位涡的分布来看,在高纬度地区附近均为大于4 PVU( $1 \text{ PVU} = 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{K} / (\text{s} \cdot \text{kg})$ )的高位涡区,其他地对应着低位涡区。此外值得关注的是,在我国东部 $30^\circ\text{N} \sim 40^\circ\text{N}$ 的区域内存在一个向南伸展的大于3 PVU的高位涡区,而在同经度附近的 $60^\circ\text{N}$ 附近则出现了一个较低的0.5 PVU位涡区。

有必要探讨寒潮事件中湖南降温幅度与西伯利亚中部(寒潮关键区)强度变化之间的关系。寒潮爆发源初步可以用 $40^\circ\text{N} \sim 60^\circ\text{N}, 80^\circ\text{E} \sim 120^\circ\text{E}$ 区域内海平面气压值表征强冷空气源地的强度。

从 $40^\circ\text{N} \sim 60^\circ\text{N}, 80^\circ\text{E} \sim 120^\circ\text{E}$ 区域内逐6 h平均海平面气压值与湖南1000 hPa的温度变化(图3)值可以看出,2月10—13日西伯利亚中部的海平面气压值出现了陡增,由1015 hPa增加到1045 hPa,增幅达30 hPa。与之相对应,2月10—12日湖南上空温度变化不大,13日开始温度急剧下降,气温降至 $0^\circ\text{C}$ 左右,24 h降温幅度达到 $20^\circ\text{C}$ 以上。在第一次寒潮事件结束后,西伯利亚冷高压强度有2次小幅度上升,强度不大,在

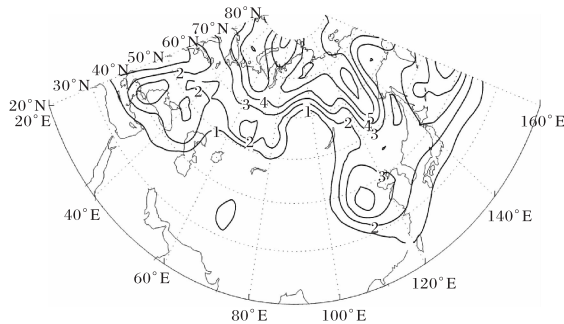


图2 2016年2—3月平均315 K等熵面上位涡分布(单位为PVU)

### 3 强冷空气移动特征

#### 3.1 水平移动

丁一汇<sup>[11]</sup>和张培忠<sup>[12]</sup>等研究指出影响寒潮爆发的关键区是西伯利亚的中部地区,因此非常

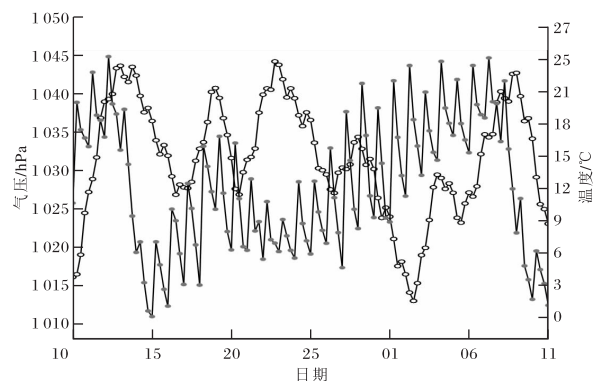


图3 2016-02-10T08—03-11T08( $40^\circ\text{N} \sim 60^\circ\text{N}, 80^\circ\text{E} \sim 120^\circ\text{E}$ )区域内平均海平面气压(空心圆线)和( $25^\circ\text{N} \sim 30^\circ\text{N}, 110^\circ\text{E} \sim 115^\circ\text{E}$ )区域内1000 hPa等压面上的平均温度(实心圆线)逐6 h变化

1 000 hPa湖南上空此后伴随有弱降温。3月6日开始西伯利亚冷高压又一次强烈增强,增幅虽不如过程 I 强,但到 10 日西伯利亚高压峰值强度仍升至 1 045 hPa,紧随其后湖南 1 000 hPa 平均温度层急剧下降,24 h 降温幅度也在 20 °C 以上。由上述的分析可知,2月13日和3月10日分别是西伯利亚冷高压和湖南温度变化的转折点,这个时间点正是湖南寒潮爆发的时间,此外在西伯利亚高压出现增幅过程中,湖南上空的气温变化并不大。

从 315 K 等熵面上湖南的位涡分布情况看(图 4),在 2 月 10 日—3 月 11 日湖南地区存在三次大的位涡扰动,分别发生在 2016 年 2 月 14 日、2 月 22 日和 3 月 10 日,位涡值均超过 0.9 PVU,并且第三次位涡值明显高于第一次、第二次的位涡值。此外值得注意的是,与三次扰动相对应的是 300 K 等熵面上位涡均明显升高,此时湖南地区有降温现象;由此可见高位涡值可以用来代表冷空气活动,因此可以利用高位涡来追踪影响湖南寒潮过程中强冷空气的来源和水平移动。

过程 I 中,2 月 10 日(图 5a),高位涡主体 G

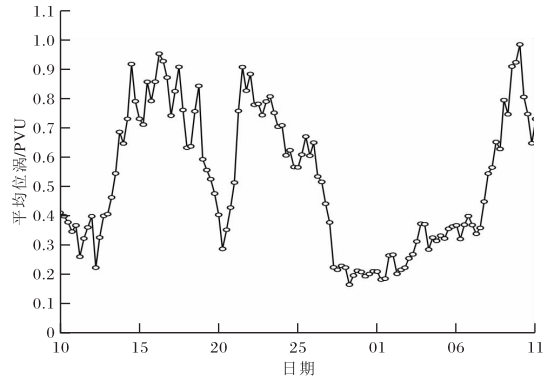


图 4 2016-02-10T08—03-11T08 315 K 等熵面上湖南上空平均位涡逐 6 h 变化(单位:PVU)

位于 50°N、80°E~100°E 附近,并向东伸展至极区附近,中心值达到 6 PVU。12 日(图 5b),在高位涡主体 G 的西侧有一高位涡区 G1 存在;高位涡主体 G 中心东移至贝加尔湖附近,且伴随有明显的南落,其 3 PVU 线已经南伸至 40°N 附近,且大于 6 PVU 的中心区域明显增大,引导极区冷空气向南爆发。14 日(图 5c),中国的整个中高纬度都被高位涡值控制,其南界线已伸至长江以北地区,预示冷空气主体已经控制了中国大部分地区,并逐渐向南爆发。16 日(图 5d),寒潮影响结束后,高位涡区逐渐北缩。

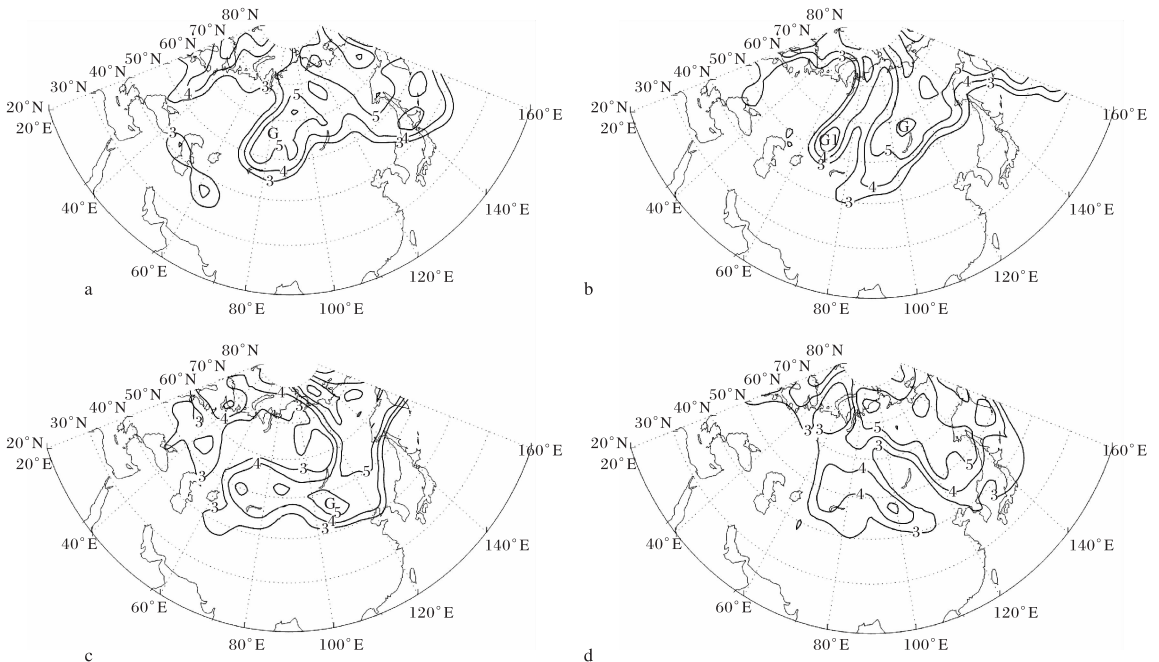


图 5 2016 年 2 月 315 K 等熵面位涡的空间演变(a 10 日;b 12 日;c 14 日;d 16 日)

从过程Ⅱ中高位涡区的演变可以看出(图略),3月5日巴尔喀什湖已是高位涡控制区,中心最大值已超过6 PVU,大于3 PVU的区域已伸至长江以北地区。7日高位涡逐渐东扩北缩,大于5 PVU的区域已伸展至华北沿岸。9日可明显看出整个位于华北沿岸的高位涡区开始逐渐向南伸展至长江以北地区;此外在其发展的过程中,中高纬度的位涡也有增大的趋势,预示冷空气开始逐渐从华北沿海地区爆发。11日中高纬度的位涡值继续发展,大于3 PVU的区域进一步向南扩展,预示中高纬度的冷空气已经向南扩散。

从上述两次寒潮过程315 K等熵面位涡演变可以看出,寒潮的爆发都伴随有中高纬度高位涡区的南落,这种现象可以解释图2中平均场上在中纬度地区伸展出的高位涡区。此外两次寒潮过程高位涡区南落路径不同,过程Ⅰ中高位涡区主体在源地加强,并逐渐南落,引导强冷空气向南爆发;过程Ⅱ中高位涡主体在源地加强,然后东移,再南落引导强冷空气向长江中下游地区爆发。可

见两次寒潮过程高位涡主体移动路径与地面冷空气南下路径一致,因此也进一步表明可以用中高纬度的高位涡区来代表影响湖南寒潮的源地及水平移动特征。

### 3.2 垂直伸展

为进一步分析强冷空气的活动特征,仍采用高位涡区来分析强冷空气的垂直伸展结构。从图6a可以看出,2月11日寒潮爆发前湖南地区上空的高位涡带较平直,0.6 PVU等值线位于对流层中层;11—12日高位涡带开始逐渐向下传播;到13日即寒潮爆发时期,高位涡带向下强烈发展,0.6 PVU等值线已经扩展到近地面附近;寒潮结束后,高位涡带又逐渐向上层收缩。过程Ⅱ中同样可以看出寒潮爆发时的高位涡下传特征(图6b)。两过程相比,后者寒潮爆发前高位涡带位于300 hPa附近,0.6 PVU等值线位置较前者明显偏高。在寒潮爆发时高位涡带的中心稍向下传,幅度较前者明显偏弱;但高层下传的位涡值较前者大,且持续时间长。在寒潮结束后,高位涡值向上层也逐渐收缩。

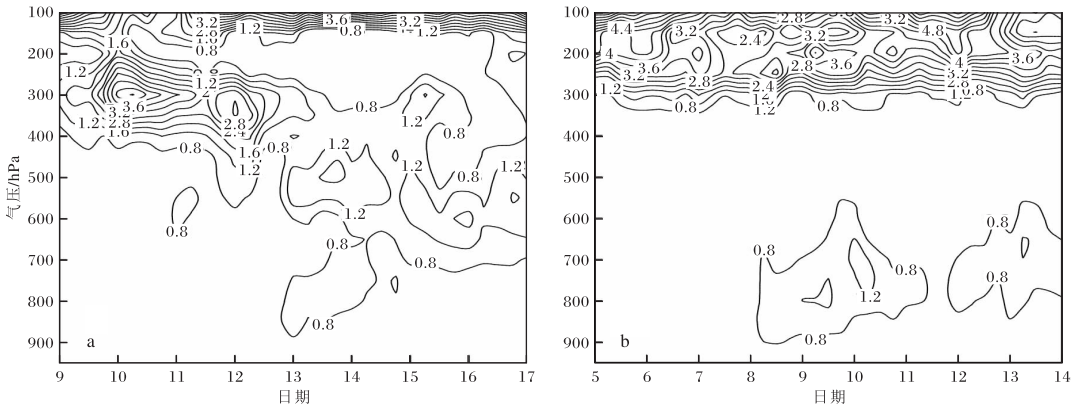


图6 湖南(25°N~30°N,110°E~115°E)平均位涡的时间-高度剖面图(单位为PVU;  
a 2016-02-09T20—2016-02-17T20;b 2016-03-05T08—2016-03-14T08;时间间隔6 h)

由此可知,在两次寒潮过程爆发阶段,高位涡带的中心都存在着向下的强烈伸展,这与冷空气向南快速爆发是一致的。此外,在寒潮过程结束后,高位涡值恢复到最初始状态的速度与地面强冷空气减弱的速度也是一致的,因此高位涡大小能很好地表征强冷空气的强度。

## 4 寒潮爆发的可能机制

Hoskins等<sup>[2]</sup>曾指出,高位涡区对应气旋性

环流,低位涡区对应反气旋性环流。下面就用寒潮爆发过程中高位涡传播特征来分析影响寒潮爆发的关键系统的变化特征。

### 4.1 高空主要系统的位涡变化特征

依然选用315 K等熵面来分析高空主要系统的变化特征。在两次寒潮过程的发展阶段,过程Ⅰ中,2月10日08时(图7a)等熵面上位涡的分布与流场吻合,贝加尔湖地区处于小于3



PVU的涡度带内,其西侧和西南侧两个高位涡区在西南风的作用下不断向贝加尔湖地区输送正位涡,不利于高层阻塞发展。过程Ⅱ中,寒潮过程的初始阶段(图7b),在长江以北为一宽广的高位涡区,对应着旺盛的高空急流,同时也表现出显著的

正相对涡度区;长江以南为低位涡区控制。但值得注意的是,极区也表现为高位涡区,在偏北气流的引导下不断向南输送正位涡;而其西北侧是低位涡区。在偏北气流的影响下,高位涡带变小,横槽东缩南落。

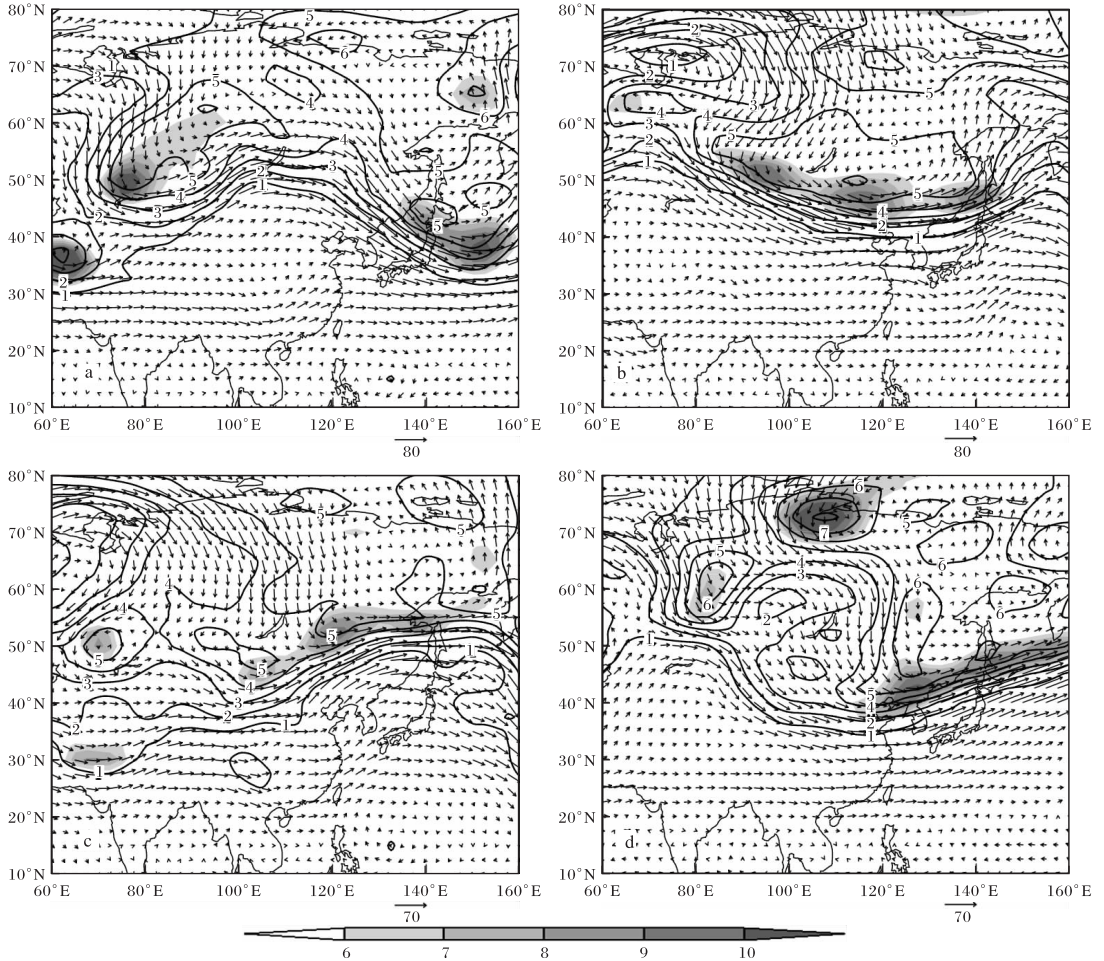


图7 315 K等熵面上各变量分布(等值线表示位涡,单位为PVU;矢量表示流场,单位为m/s;

阴影区表示相对涡度值 $>6 \times 10^{-5} \cdot s^{-1}$ ; a 2016-02-10T08;

b 2016-03-07T08; c 2016-02-13T08; d 2016-03-10T08)

在爆发阶段:过程Ⅰ寒潮爆发时即2月13日08时(图7c),在高层阻塞减弱填塞后,贝加尔湖附近高位涡中心扰动的维持,利于上空形成强西北风,同时利于高位涡中心沿着西北风向长江以北的高位涡带爆发。此外其西侧的高位涡区也随着偏西风向高位涡带输送,致使低槽进一步加深。在过程Ⅱ寒潮爆发时即3月10日08时(图7d),随着低位涡区不断向高位涡区输送,低槽不断东移;而贝加尔湖附近的低位涡区扰动使其上空形成强偏北风,利用高位涡向南爆发。此外在寒潮

酝酿和爆发阶段,均可看出高位涡中心向南传输时都将引起高位涡中心区气块的正涡度区的显著增强,预示着大槽的强烈加深。

由上可见,过程Ⅰ中贝加尔湖南侧的强阻塞(低位涡)以及新疆北侧的气旋(高位涡)系统对这次寒潮爆发的强度起很大作用。随着高位涡中心向南发展,阻塞高压的减弱填塞,当高位涡中心向南向下传到中国中东部地区时,东亚大槽在中国中东部迅速加深,引导槽后强冷空气迅速向南爆发。过程Ⅱ中西伯利亚附近的高位涡区和里海附

近的低位涡区,及长江以北宽广的高位涡带的维持是寒潮爆发的关键系统。随着高位涡的东缩南压,低槽东移逐渐加强,其偏北气流的加强促使横槽转竖,引导槽后冷空气迅速向南爆发。

#### 4.2 高位涡向南向下传播特征对地面冷高压的影响

从2月11日08时沿 $50^{\circ}\text{N}$ 的经度-等熵面剖面图(图8a)上可看出,在高位涡中心附近气压场表现为上凸下凹的分布。在310 K等熵面以上,高位涡中心的西侧等熵面向东下降,在其东侧等熵面向东上升。在310 K等熵面以下,高位涡中心东西两侧的变化相反;因此在高位涡中心西

侧形成强的下沉运动,使地面加压,非常有利于地面冷高压发展。

从过程II 3月6日08时经度-等熵面剖面图(图8b)上也可以看出,325 K等熵面以上,高位涡中心西侧等熵面向东下沉,东侧变化平缓;在325 K等熵面以下,高位涡中心西侧等熵面向东上升,东侧变化仍平缓。同理可分析出高位涡中心西侧存在强下沉运动。对应海平面气压场的分布来看(图略),在3月6日前沿着 $50^{\circ}\text{N}$ 剖面 $70^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 附近的海平面气压普遍偏低;在3月6日之后随着高位涡中心西侧气流沿等熵面下沉,相应地区地面冷高压开始发展。

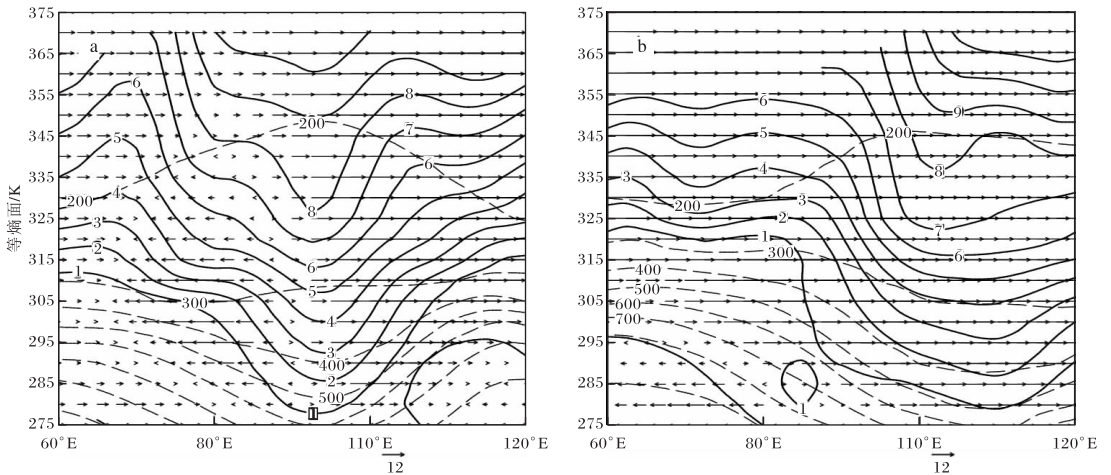


图8 沿 $50^{\circ}\text{N}$ 的各物理量的经度-高度剖面图(虚线表示等压线;实线表示位涡,矢量表示纬向风;a 2016-02-11T08;b 2016-03-06T08)

## 5 结论

利用等熵位涡对2016年冬末春初的两次寒潮事件进行诊断分析,并对其可能发生的机制进行探讨,主要结论如下。

(1)西伯利亚冷高压陡增与湖南地面气温的急剧下降预示着湖南寒潮天气的爆发;位涡的分析表明,可以利用高位涡来追踪影响湖南寒潮过程中强冷空气的来源和水平移动方向。

(2)两次寒潮过程等熵位涡的对比分析表明,寒潮的爆发都伴随有中高纬度高位涡区向南传播的特征,且高位涡主体移动路径与地面冷空气南下路径一致;此外也表现出高位涡强烈向下伸展的特征。

(3)等熵面上的高位涡中心与气旋性环流相对应。过程I中正位涡的输送不利于高层阻塞发

展,而高位涡的不断向高位涡带的输送有助于低槽发展加深,上空强的西北风利于高位涡带向南爆发;过程II中低位涡区不断向高位涡区输送,致使横槽东缩南落,在强的偏北风的作用下有利于高位涡向南爆发。此外两次寒潮过程都表明高位涡中心西侧存在强下沉运动,从而引起地面冷高压的迅速发展,导致寒潮爆发。

#### 参考文献:

- [1] 侯明全,宁志谦. 陕西2005-03-10强寒潮天气过程分析[J]. 陕西气象,2006(4):9-12.
- [2] 胡淑兰,魏娜,巩祥夫,等. 陕西省寒潮天气的气候特征分析[J]. 陕西气象,2011(5):1-3.

张文静,吴素良,郝丽,等.西安城市热岛效应变化特征分析[J].陕西气象,2019(1):18-21.

文章编号:1006-4354(2019)01-0018-04

# 西安城市热岛效应变化特征分析

张文静,吴素良,郝丽,王琦,胡琳

(陕西省气候中心,西安 710014)

**摘要:**根据气象站资料累积时间、连续性、站点位置、城郊站间距离等情况,对西安市及其周边气象站进行筛选,利用选出的城郊气象参证站 1961—2016 年逐时气温、风速、降水等常规地面气象观测资料,采用城、郊气温对比法分析西安城区热岛强度的变化;利用 2014—2016 年气象站资料,分析不同气象条件对城市热岛强度的影响。结果表明:(1)西安城市热岛强度从 20 世纪 70 年代以来呈逐年增大趋势,特别是 90 年代后大幅升高,2010 年后高位窄幅波动;(2)热岛强度存在明显的季节变化,春季最大,冬季次之,夏季最小;(3)年内 6—10 月热岛强度较小,12 月至次年 5 月相对较大,其中 4 月最大,7 月和 10 月最小;(4)热岛强度以 18 时前后为最小,随后快速增大,至次日 07 时达到最大,10 时后迅速减小,表现为夜间和早间较强,午间至傍晚小的分布特征;(5)降水和风速对热岛强度均有明显的减弱影响,降雨量越大热岛强度越弱,风速越大热岛强度越弱。

**关键词:**城市热岛强度;气象条件;降水;风速;西安

**中图分类号:**P463.3:X16

**文献标识码:**A

城市热岛强度是一种由于城市建筑和人类活动导致热量在城区空间范围内聚集的现象,是城市气候最显著的特征之一<sup>[1]</sup>。随着城市化

的扩张,城市建筑物、道路等设施的增多,绿化面积减少等因素导致城市热岛效应逐渐增强,已对人们的生活环境造成了很多不利的影

**收稿日期:**2018-06-21

**作者简介:**张文静(1981—),女,陕西商洛人,汉族,硕士,工程师,从事环境气象、碳排放等方面研究。

**基金项目:**陕西省气象局科学技术研究项目(2017Z-1)

- [3] 潘志祥.湖南省天气预报手册[M].北京:气象出版社,2015:29-33.
- [4] HOSKINS B J,MCINTYRE M E,ROBERTSON A W. On the use and significance of isentropic potential vorticity maps[J]. Quart J Roy Meteor Soc, 1985, 111(470):877-946.
- [5] 周秋林,闵锦忠,梅士龙. 浙北地区一次大暴雨过程的等熵位涡分析[J]. 气象科学,2010,30(4):475-480.
- [6] 程鹏,赵庆云,李江萍,等. 西北地区东部一次连阴雨过程等熵位涡分析[J]. 干旱气象,2007,25(1):58-62.
- [7] 成新喜,陆汉城,周祖刚,等. 1991 年江淮梅雨期一个阻塞个例的 Lagrange 诊断分析[J]. 大气科学,2000,24(5):649-659.
- [8] 丁一汇,马晓青. 2004/2005 年冬季强寒潮事件的等熵位涡分析[J]. 气象学报,2007,65(5):695-707.
- [9] 田秀霞,寿绍文. 2008 年 12 月两次强寒潮过程的等熵位涡分析[J]. 气象科学,2013,33(1):102-108.
- [10] SUN D Z,LINDZEN R S. A PV view of the zonal mean distribution of temperature and wind in the extratropical troposphere[J]. J Atmos Sci,1994,51(5):757-772.
- [11] DING Yihui. Build-up, air mass transformation and propagation of Siberian high and its relation to cold surge in East Asia Meteor[J]. Atmos Phys,1990,44:281-292.
- [12] 张培忠,陈光明. 影响中国寒潮冷高压的统计研究[J]. 气象学报,1999,57(4):493-501.