

文章编号 :1005-8656(2007)01-0004-04

# 冬季环流特征对内蒙古中西部春季沙尘暴的影响及预测

李海英<sup>1</sup>,徐彦慧<sup>2</sup>,高涛<sup>3</sup>

(1. 内蒙古气候中心, 嫩蒙古 呼和浩特 010051; 2. 鄂尔多斯市气象局, 内蒙古 鄂尔多斯 017000;  
 3. 内蒙古气象科学研究所, 内蒙古 呼和浩特 010051)

**摘要** 研究了 1961—2004 年冬季的气候条件和环流背景, 分析了其对内蒙古中西部地区春季沙尘暴发生频数的影响, 并对前期的气候因子和环流特征指数与春季沙尘暴发生频数作了相关分析。结果表明: 北半球冬季的环流背景随着年代际发生着变化, 这些环流特征指数和气候因子与内蒙古中西部春季沙尘暴发生频数变化基本一致, 存在着 20 年左右的振动, 在上世纪 80 年代中期有一突变期, 21 世纪初也有一转变过程, 只是没有前一突变期那么明显。所以, 本世纪初发生的沙尘暴, 没有上世纪 70 年代发生的次数多。冬季的气候因子和环流指数与春季沙尘暴发生频数关系密切, 前者的变化能较好地反映未来春季沙尘暴发生频率的变化趋势。

**关键词** 沙尘暴; 内蒙古中西部地区; 气候年代际变化; 环流特征; 相关分析

中图分类号:P425.5<sup>+5</sup> 文献标识码:B

内蒙古中西部地处干旱、半干旱地区, 该区域自西向东分布着 6 大沙漠和沙地, 他们是巴丹吉林、腾格里、乌兰布和、库布齐、毛乌素沙漠和浑善达克沙地。大部分区域地表干旱, 植被稀少, 当大风过境时, 易引起沙尘暴天气<sup>[2]</sup>。本文从冬季降水和气温变化及大气环流特征入手, 探讨冬季的气候背景对春季内蒙古中西部地区沙尘暴的影响, 了解各种气候条件对沙尘暴的影响规律, 从中寻找对于内蒙古春季沙尘暴的预测具有指示意义的预报因子, 更好地进行春季沙尘暴的预报预测服务。

## 1 资料选取

在内蒙古中西部地区, 选用了 37 个站 44 年 (1961—2004 年) 春季沙尘暴的观测记录, 统计了 20 个以上站的沙尘暴日 (在内蒙古境内的 118 个测站中有 20 个以上测站其观测到的水平能见度 < 1km)<sup>[2]</sup>。降水、平均气温、选取时段一致、测站一致的资料, 环流特征指数选取时段一致的资料; 降水多少以降水距平百分率的正负划分; 平均气温的高低以距平划分; 环流特征指数强弱也以距平划分; 降水选区是根据

内蒙古气候特点以分区降水距平百分率作代表; 平均气温选取 2 个代表站巴彦浩特站 (53602) 和锡林浩特站 (54102) 分别代表内蒙古的西部和中部的平均气温; 特征环流指数均采用中国气象局气候中心下发的常规数据。

## 2 气候区域的划分

根据内蒙古地区冬季降水的气候特征, 将内蒙古中西部地区划分为 2 个气候区: I 区包括阿拉善盟、巴彦淖尔市西部、鄂尔多斯市、包头市市区及南部、呼和浩特市、乌兰察布市南部、锡林郭勒盟偏南部; II 区包括巴彦淖尔市东部、包头市北部、乌兰察布市北部、锡林郭勒盟大部地区。

## 3 内蒙古中西部地区的冬季降水、气温对春季沙尘暴的影响

内蒙古的冬季在一年四季中最长, 从头年 11 月开始进入初冬至次年 2 月结束, 共 4 个月。中西部地区冬季降水并不多, 平均只占全年降水量的 1.6% ~ 4.3%, 气温却是全年最低。

中西部地区冬季降水的分布是北部少于南部,

北部的降水 $<10\text{mm}$ ,南部降水在 $10\sim20\text{mm}$ 之间。冬季平均气温的分布与降水气候分区一致,I区冬季平均气温低于 $-10^{\circ}\text{C}$ ,II区冬季平均气温 $\geq -10^{\circ}\text{C}$ 。从冬季的降水和气温分布看,北部偏西地区(以包头北部为界)降水少而暖,北部偏东地区降水少而冷,南部降水多而暖。

1961—2004年冬季降水、平均气温距平累积变化与春季沙尘暴频数的关系(见图1),I区的冬季降水曲线在60年代初至80年代初的距平累积变化是递增的,呈上升趋势,表明该区域的降水在这一时期处于偏多阶段;80年代初至2004年距平累积是递减的,曲线呈下降趋势,表明降水在这一时期处于偏少阶段。II区从60年代初至80年代中期距平累积变化是递减的,曲线呈下降趋势,表明降水在这一时期处于偏少阶段;80年代中期至2004年距平累积是递增的,曲线呈上升趋势,表明降水在这一时期处于偏多阶段。与之对应的春季沙尘暴频数从60年代初至80年代初的距平累积变化是递增的,曲线呈上升趋势,表明沙尘暴在这一时期发生的频数偏多;80年代初至中期基本不变;80年代中期至2004年距平累积是递减的,曲线呈下降趋势,这一时期沙尘暴发生的频数偏少。

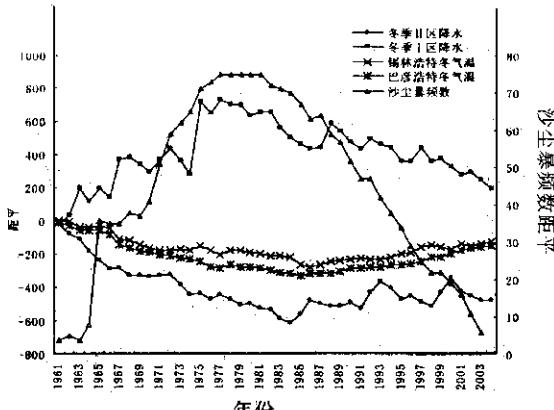


图1 冬季降水、平均气温距平累积变化与春季沙尘暴频数的关系

在北半球大环流背景的影响下,I区、II区冬季平均气温的变化趋势基本一致,即60年代初至80年代中期距平累积曲线呈下降趋势,表明这一时期处于气温偏低阶段。从80年代中期开始至2004年,气温的变化呈上升趋势,表明这一时期气温偏高。全球的气温变暖是从1986年开始的,而内蒙古冬季气温也是从1986年开始转暖的。从冬季降水、平均气温和春季沙尘暴频数的变化趋势看,三者之间存在

一定联系:I区冬季降水与春季沙尘暴频数呈正相关关系,相关系数为0.868;I区冬季平均气温与春季沙尘暴发生频数呈负相关关系,相关系数为-0.843;II区冬季降水与春季沙尘暴发生频数呈负相关关系,相关系数为-0.674;II区冬季气温与春季沙尘暴发生频数呈负相关关系,相关系数为-0.749,信度都达到了0.01。从上述这种年代际的趋势变化分析中可以推断:当I区冬季降水偏多、II区降水偏少、气温偏低时,中西部地区春季沙尘暴发生频数相对偏多;当冬季I区降水偏少、II区降水偏多、气温偏高时,春季沙尘暴发生频数相对偏少。此外,尽管有上面的推断,个别年份仍存在与上述条件相反的情况,如1988、1989、1994、1997、2004年,这5年是冬季I区降水偏多、II区降水偏少、气温偏高时,5年中有3年春季没有发生大范围的强沙尘暴。这就说明沙尘暴发生频数的偏多、偏少,一方面受冬季降水的影响,另一方面是受冬季气温的影响。冬季气温偏低,表明冷空气活动势力强,经常入侵内蒙古地区。相反,冬季气温偏高,表明冷空气活动势力较弱,冷空气入侵频率较低。同时分析了两个区域之间冬季、春季降水和平均气温的变化关系,结果表明:I区和II区冬季降水与春季降水自身都存在反相关关系,平均气温冬季与春季也都存在正相关关系。巴彦浩特冬季平均气温与春季平均气温的相关系数是0.839,锡林浩特冬季平均气温与春季平均气温的相关系数是0.879。

#### 4 冬季环流背景与春季沙尘暴的关系

沙尘暴发生频率的变化受到环流背景影响,其产生的原因非常复杂,而且较多。本文只就冬季北半球环流背景对内蒙古春季沙尘暴发生频数的影响进行初步研究,结果显示冬季的环流背景与春季沙尘暴存在密切关系。

##### 4.1 冬季东亚大槽、北半球极涡对春季沙尘暴的影响

东亚大槽指亚洲大陆东岸( $140^{\circ}\text{E}$ )附近;北半球极涡面积指数指在 $500\text{hPa}$ 平均等压面上,取接近于最大西风轴线的等高线为极涡南界,以这一特征等高线以北所包围的面积为极涡面积<sup>[3]</sup>。冬季东亚大槽的强弱和位置及北半球极涡面积的扩张与收缩,反映了北半球冷空气活动势力的强弱。冬季冷空气活动的影响可以一直延续到春季,如前所述,冬季平

均气温与春季平均气温两者存在正相关关系(见图2)。

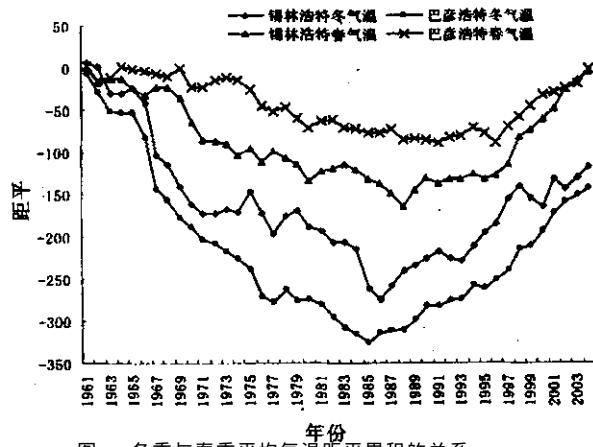


图2 冬季与春季平均气温距平累积的关系

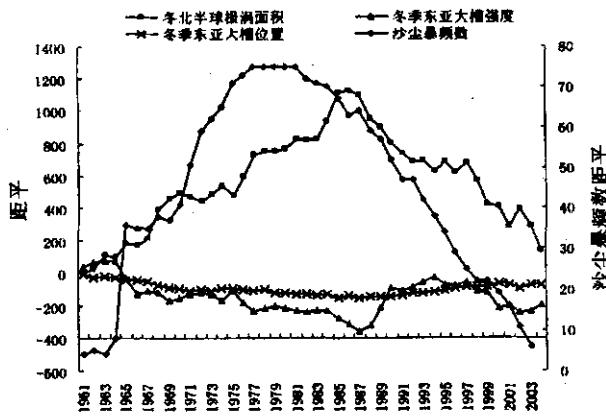


图3 冬季东亚大槽强度、位置、北半球极涡距平累积与春季沙尘暴频数累积变化的关系

冬季东亚大槽强度的距平累积变化曲线表明,60年代初至80年代中期呈下降趋势,强度指数距平以负为主,表明东亚大槽在这一阶段强度偏强(见图3)。东亚大槽的位置同期的距平累积曲线也呈下降趋势,距平以负为主,表明此时位置处在偏西阶段。北半球极涡面积距平累积变化曲线则呈上升趋势,面积指数距平值以正为主,说明北半球极涡处于扩张期。以上特征说明北半球的冷空气在这一时期活动势力比较强,寒潮、大风天气偏多,对应同一时段的春季沙尘暴发生频数距平累积曲线为上升趋势,沙尘暴发生频数变化主要以正距平为主。从80年代中期开始至90年代末东亚大槽强度指数曲线呈上升趋势,距平以正为主,表明东亚大槽强度在这一阶段偏弱。东亚大槽位置在同一时期距平累积曲线也呈上升趋势,指数距平也以正为主,表明此时位置处在偏东阶段。而北半球极涡面积距平累积曲线则呈下降趋势,面积指数距平值以负为主持续到2004年,说明北半球极涡面积为收缩期。这一时期冷空

气活动势力减弱,对应的春季沙尘暴发生频数也在减弱。从2000—2004年东亚大槽强度的变化又转为偏强状态了,近几年春季沙尘暴又有相对偏多的趋势。由此可见,冬季的冷空气活动势力影响到春季沙尘暴发生的多少。冬季东亚大槽的强弱,所处的位置,以及北半球极涡面积的扩张或收缩与春季沙尘暴发生频数存在密切联系,亦是说,冬季的北半球极涡面积指数与春季沙尘暴发生频数的累积呈正相关关系,相关系数为0.736。冬季的东亚大槽强度和东亚大槽位置与春季沙尘暴发生频数呈负相关关系,相关系数分别为-0.603、-0.738,即冬季北半球极涡面积扩张、东亚大槽处在偏西的位置上加深,那么,春季沙尘暴发生频数则偏多。反之亦然。

#### 4.2 冬季青藏高原位势高度、副高、欧亚西风环流对春季沙尘暴的影响

青藏高原位势高度的高低一定程度上反映了其热源强势的变化。用 $25^{\circ}\text{--}35^{\circ}\text{N}, 80^{\circ}\text{--}100^{\circ}\text{E}$ 范围内各格点 $500\text{hPa}$ 高度值减去 $500\text{dagpm}$ 的累积值来表示高原位势高度强弱的指数。

西太平洋副热带高压是指 $500\text{hPa}$ 月平均环流图上,西太平洋地区 $588\text{ dagpm}$ 等值线所包围的反气旋环流。副热带高压强度指数 $588\text{ dagpm}$ 网格点上平均高度值编码之和。

欧亚纬向环流指数:欧亚地区( $45^{\circ}\text{--}65^{\circ}\text{N}, 0^{\circ}\text{--}150^{\circ}\text{E}$ ) $500\text{hPa}$ 环流指数。当 $I_{\Delta} \geq 0$ 时,表明西风带中纬向环流占优势,当 $I_{\Delta} < 0$ 时,表明西风带中经向环流占优势。

图4显示了冬季青藏高原位势高度、西太平洋副热带高压强度、欧亚纬向环流指数与春季沙尘暴发生频数距平的累积变化,从图中看出,冬季青藏高原位势高度指数和欧亚纬向环流指数从60年代中期至80年代中期距平累积曲线呈下降趋势,距平值以负为主,冬季西太平洋副热带高压强度指数从60年代初期至80年代中期呈下降趋势,说明这一时段冬季青藏高原位势高度偏低、西太平洋副热带高压处在偏弱阶段,欧亚盛行经向环流,春季沙尘暴发生频数偏多。从80年代中期至2004年冬季青藏高原位势高度、西太平洋副热带高压强度、欧亚纬向环流指数距平的累积曲线呈上升趋势,距平值均以正为主,说明冬季青藏高原位势高度偏高、西太平洋副热带高压处在偏强阶段,欧亚盛行纬向环流,对应的春季

沙尘暴发生频数偏少。在以上<sup>3</sup>个环流特征指数中欧亚纬向环流指数在21世纪初又转为经向环流,相对应的春季沙尘暴发生频数有所增加。从青藏高原位势高度与西太平洋副热带高压的关系看,两者距平累积曲线呈正相关关系,这表明,青藏高原位势高度偏高时,西太平洋地区位势高度也偏高,有利于西太平洋副热带高压西伸北抬;反之,青藏高原位势高度偏低时,西太平洋地区位势高度也偏低,不利于西太平洋副热带高压偏西偏北<sup>[3]</sup>。冬季青藏高原位势高度指数、西太平洋副热带高压强度指数、欧亚纬向环流指数与春季沙尘暴发生频数互为负相关关系,相关系数分别为-0.697、-0.902、-0.669,信度都达到0.01,表明他们的关系是显著的。

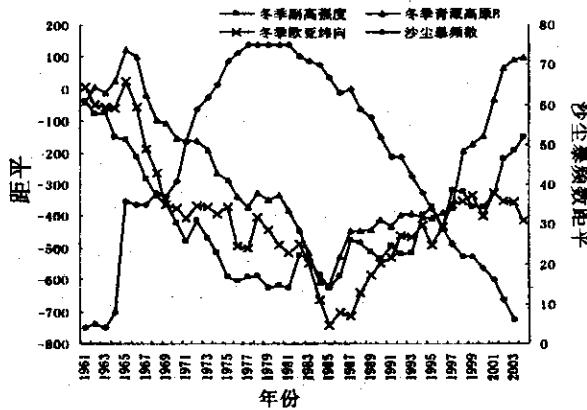


图4 青藏高原位势高度、西太平洋副热带高压强度、欧亚纬向环流指数距平累积与春季沙尘暴频数的关系

综合以上冬季环流特征的背景分析,发现它们的共同特点是在上世纪80年代中期为冬季环流特征指数和沙尘暴发生频数的一个转折期,是一个突变过程。21世纪初个别环流尤其是东亚大气环流进入新一轮年代变化期,自2000年以来,沙尘暴的活动势力又有所加强,但是与20世纪70年代相比仍属于偏弱阶段。这主要是受冬、春季的气温和降水及北半球的大气环流背景影响,同时还与厄尔尼诺事件和拉尼娜事件有关,20世纪70年代拉尼娜事件占优势,80—90年代厄尔尼诺事件占优势,2000年为拉尼娜事件发生年。在过去44年的冬季环流变化中,存在着20年左右的振荡周期,这与春季沙尘暴发生频数基本吻合,这种关系对春季沙尘暴的预测具有一定指示意义。从这些环流特征和气候的年代际变化分析可以推断:冬季北半球极涡面积偏大、青藏高原位

势高度偏低、西太平洋副热带高压偏弱、欧亚盛行经向环流、东亚大槽强度偏强、位置偏西时,I区的冬季降水偏多,II区偏少,平均气温偏低时,春季沙尘暴发生频数偏多。反之亦然。也就是说,从80年代中期起即转变期开始,冬季北半球极涡面积偏小,中高纬附近的西风增强,东亚大槽偏弱且位置偏东,影响中国的冷空气势力减弱,大风寒潮天气减少。同时青藏高原位势高度偏高,东亚冬季风偏弱,西太平洋副热带高压偏强、偏北,内蒙古大部分地区冬季平均温度显著升高,春季降水明显增多,春季沙尘暴的活动势力在减弱,发生的频数在减少。

## 5 小结

冬季内蒙古中西部降水和平均气温均与春季沙尘暴发生频数有一定关系,沙尘暴的发生频数因降水气候区域的不同而不同。从年代际的趋势看,气温偏低阶段,沙尘暴发生频数偏多,偏高时期,沙尘暴发生频数偏少。

冬季东亚大槽强度指数和位置与春季沙尘暴发生频数在年代际变化中呈负相关关系,位置偏西、强度偏强时期对应着沙尘暴的频发期,否则,相反。北半球极涡面积与春季沙尘暴发生频数存在正相关关系,面积扩大时期对应沙尘暴的频发期。否则,相反。

春季沙尘暴发生频数偏少时期,欧亚中高纬以经向环流为主,青藏高原位势高度偏高,西太平洋副热带高压偏强。否则,相反。

对于其他大气环流因子本文虽然没有着重分析,但各个环流因子都存在着必然联系,如青藏高原位势高度与东亚冬季风呈负相关关系等。通过环流特征相互之间的关系,也可以找到它们与沙尘暴活动的联系。

## 参考文献

- [1] 李海英,高涛,薄玉华.内蒙古中西部春季沙尘暴预测初探[J].气象,2003,29(10):22—25.
  - [2] 高涛,徐永福,李海英,等.近40年内蒙古沙尘暴呈减少趋势的气候成因分析[J].气象,2005,31(专刊):10—17.
  - [3] 赵振国.中国夏季旱涝及环境场[M].北京:气象出版社,1999:53—79.
- \*本研究成果受国家自然科学基金(40465001)和内蒙古自然科学基金(20040802517)资助。