

文章编号:1000-694X(2008)02-0357-05

内蒙古中西部春季沙尘暴年代际振荡 及环流特征分析

马清霞¹, 韩经纬², 王星晨³

(1. 内蒙古自治区气候中心, 内蒙古 呼和浩特 010051; 2. 内蒙古自治区气象台, 内蒙古 呼和浩特 010051; 3. 内蒙古自治区气象局技术装备中心, 内蒙古 呼和浩特 010051)

摘 要: 利用内蒙古中西部 50 个气象观测站 1961—2000 年春季沙尘暴日数资料, 国家气候中心提供的北半球月平均 500 hPa 高度场网格尺度为 $10^\circ(\text{经度}) \times 5^\circ(\text{纬度})$ 的网格点资料、北半球 500 hPa 月平均环流特征量资料、东亚季风资料分析研究冬春季中高纬度大气环流的年代际尺度的演变特征及其对内蒙古中西部沙尘暴的影响, 进一步揭示内蒙古中西部春季沙尘暴年代际变化的原因。结果表明: 青藏高原位势高度、贝加尔湖地区位势高度、乌拉尔山地区位势高度、东亚冬季风、亚洲经向环流、印缅槽、西太平洋副热带高压强度都对内蒙古中西部春季沙尘暴年代际振荡产生不同的影响。为内蒙古中西部春季沙尘暴的短期气候预测提供年代际尺度上的基本环流背景。

关键词: 沙尘暴; 年代际振荡; 环流特征; 内蒙古中西部

中图分类号: P445.4

文献标识码: A

沙尘暴灾害频繁发生不仅对国民经济建设造成损失, 而且危害人民生命财产安全, 严重阻碍资源、环境、经济的可持续发展。因而沙尘暴的产生作为重大环境问题, 已受到广泛关注。近 20 a 来国内外一些专家学者对中国北方沙尘暴的研究涉及各个方面。我国学者张杰等^[1]选用西北地区冬季降水量和沙尘暴日数资料, 研究了西北地区东部冬季降水与次年沙尘暴发生的关系; 张小玲^[2]指出近年来北京沙尘天气发生频次的变化主要由冷空气、降水量和气温变化所致; 李岩瑛等^[3]分析了河西东部沙尘暴频繁发生的气象因素, 得出长期预报取决于冬春季气温、降水量和大风日数。总之, 在影响沙尘暴天气的气候因素, 诸如: 降水、气温以及干旱等方面的研究颇多, 并达成共识: 沙尘暴主要发生在春季; 前期及春季的少雨干旱、气温升高是导致沙尘暴日数增多的主要因素。我国北方沙尘暴在空间分布上有五大尘源区^[4], 即内蒙古自治区的鄂尔多斯高原和浑善达克沙地、阿拉善高原、南疆塔克拉玛干沙漠南缘、河西走廊。可见, 内蒙古中西部地区是我国北方沙尘暴的主要源地之一, 然而影响内蒙古中西部沙尘暴的主要沙漠有巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、乌兰布和沙漠、库布齐沙漠、毛乌素沙地等, 那里的强及特强沙尘暴几乎占我国北方沙尘暴的 $2/3$ ^[5]。因此分析研究内蒙古中西部春季沙尘暴年代际演变特征

及其与大气环流的年代际变化之间的关系, 概括出引发内蒙古中西部春季沙尘暴的基本环流背景, 对进一步提高内蒙古中西部春季沙尘暴短期气候预测准确率, 对防灾减灾、生态环境建设的决策具有重要意义。

1 沙尘暴日数年际及年代际变化

统计内蒙古中西部地区 50 个气象观测站 1961—2000 年春季 10 个以上测站规模的沙尘暴发生日数, 结果表明: 春季共发生 110 次沙尘暴, 4 月最多为 62 次, 占春季 56.4%; 5 月次之为 25 次, 占春季 22.7%; 3 月最少为 23 次, 占春季 20.9%(表 1)。

表 1 20 世纪内蒙古中西部春季沙尘暴发生频次

Tab. 1 Spring sand-dust storm frequency in midwest Inner Mongolia in the 20th Century

时段	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	合计	占春季/%
3 月	11	10	0	2	23	20.9
4 月	16	25	9	12	62	56.4
5 月	7	6	6	6	25	22.7
春季	34	41	15	20	110	

由图 1 可见, 在近 40 a 春季沙尘暴年代际振荡中表现出单峰的趋势, 20 世纪 60 年代到 70 年代末年代际呈上升趋势, 表明沙尘暴为活跃时期。1966

收稿日期: 2007-03-20; 改回日期: 2007-05-09

基金项目: 科技部公益项目: 沙尘气溶胶辐射模型及气候环境生态效应研究(2005DIB3J108); 国家自然科学基金项目(40765001)共同资助

作者简介: 马清霞(1961—), 女(汉族), 内蒙古呼和浩特市人, 高级工程师, 主要从事短期气候预测研究。E-mail: qx600@126.com

年出现了极大值,共发生10次。1971—1977年连续7 a出现了大于4次的沙尘暴天气,因而70年代成为近40 a春季沙尘暴最活跃期;70年代末到90年代末年代际呈下降趋势,表明沙尘暴在这个阶段进入衰弱期。1983—1991年9 a间有5 a没有发生沙尘暴天气,因此,80年代是近40 a春季沙尘暴最不活跃期。2000年春季沙尘暴日数急剧增加,在近40 a排第2位。

由以上分析:内蒙古中西部春季沙尘暴年代际变化表现出较为明显的准17 a气候振动。

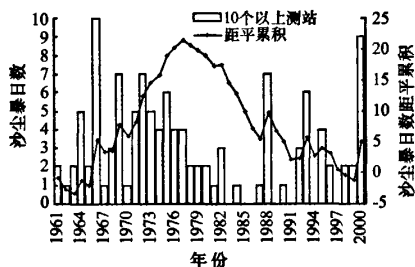


图1 内蒙古中西部春季沙尘暴日数及距平年际变化

Fig. 1 Inter-year changes of spring sand-dust storm frequency and its anomaly accumulation in midwest Inner Mongolia

2 冬春季北半球500 hPa环流对沙尘暴的影响

经验和研究表明:欧亚中高纬度大气环流冬春季异常对我国夏季降水、旱涝的影响较大。贝加尔湖、乌拉尔山、鄂霍次克海阻塞高压的建立和维持往往会导致西风带环流的分支现象,致使南支锋区南压,西太平洋副热带高压(简称副高)偏南^[6],造成我国夏季雨带偏南,北方少雨干旱。而前期干旱少雨

又是沙尘暴多发的基本气候因素^[7-8]。文献[9]曾指出,沙尘暴偏少年及偏多年前冬500 hPa平均环流场在一定程度上表现出春季环流形势的征兆。可见冬季的环流形势对春季沙尘暴预测具有一定的指示意义。

通过分析研究北半球500 hPa关键区月平均位势高度变化及北半球500 hPa环流特征量对内蒙古中西部春季沙尘暴的影响,表明:冬半年贝加尔湖高压、亚洲经向环流、西太平洋副热带高压对内蒙古中西部春季沙尘暴的影响较显著,而乌拉尔山高压的影响不明显;春季乌拉尔山高压、印缅槽、西太平洋副热带高压对内蒙古中西部春季沙尘暴的影响较显著,而贝加尔湖高压的影响程度较差。

选用1951—2000年北半球500 hPa月平均高度场格点资料,分别计算45°—65°N、95°—115°E至50°—70°N、60°—90°E范围格点的位势高度合值作为贝加尔湖高压(简称贝湖高压)、乌拉尔山高压(简称乌山高压)指数。

2.1 冬半年北半球500 hPa环流的影响

图2给出了冬半年(9月至翌年2月)贝湖高压、副高强度指数、初冬亚洲经向环流指数距平累积曲线。由图看出:20世纪80年代初以前贝湖地区位势高度处于降低阶段,亚洲经向环流发展,而副高强度明显减弱,内蒙古中西部春季沙尘暴正处于增多时期;80年代初以后,贝湖地区位势高度处于升高阶段,亚洲经向环流明显减弱,副高强度明显加强,内蒙古中西部春季沙尘暴开始进入减少时期。因此,内蒙古中西部春季沙尘暴的年代际变化受冬半年贝湖高压、副高强度、初冬亚洲经向环流的年代际变化影响较为突出。

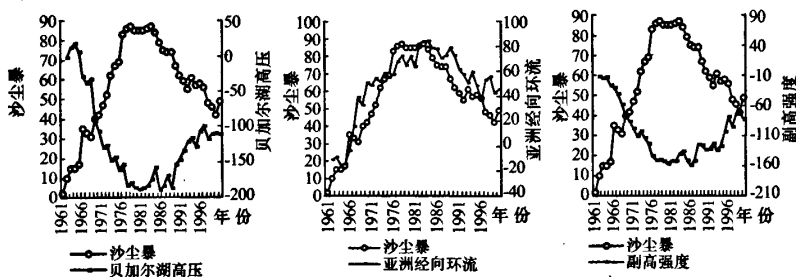


图2 冬半年贝湖高压、副高强度指数及初冬亚洲经向环流指数与内蒙古中西部春季沙尘暴日数的距平累积

Fig. 2 Spring sand-dust storm frequency anomaly accumulative curve in midwest Inner Mongolia and corresponding anomaly accumulative curves of Lake Baikal high pressure and subtropical high intensity index in winter half year, and of Asian merididian circulation index in early winter

2.2 春季北半球 500 hPa 环流的影响

由图 3 可见：春季（3—5 月）乌山高脊及亚洲纬向环流指数、印缅槽指数、副高强度指数年代际变化与内蒙古中西部春季沙尘暴年代际变化存在反位相的变化趋势，即 20 世纪 70 年代末 80 年代初以前，

乌山高脊偏弱，印缅槽发展加深、副高强度明显减弱，在这一阶段内蒙古中西部春季沙尘暴日数呈上升趋势；80 年代初以后，乌山高脊偏强，印缅槽减弱变浅，副高强度呈现加强趋势，同时，内蒙古中西部春季沙尘暴日数又转入下降趋势。内蒙古中西部春季沙尘暴日数年代际变化也受到春季乌山高脊及印

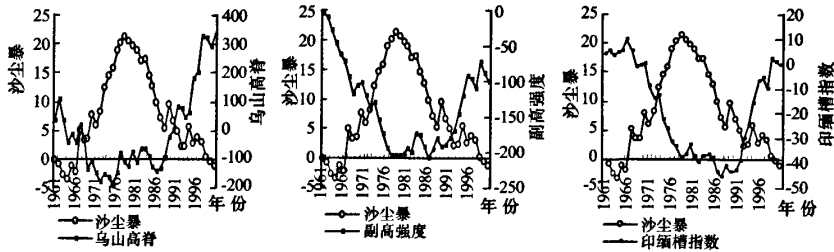


图 3 春季乌山高脊、印缅槽指数、副高强度指数与内蒙古中西部春季沙尘暴日数的距平累积
Fig. 3 Spring sand-dust storm frequency anomaly accumulative curve in midwest Inner Mongolia and corresponding anomaly accumulative curves of Ural mountain high pressure ridge, India Burma trough index, subtropical high intensity index in spring

缅槽、副高强度年代际变化的制约。

2.3 北半球 500 hPa 月平均环流的持续性和转折性

研究表明：西太平洋副热带高压的强弱趋势和位置变化在月季上具有明显的持续性^[10]。我们将从季节尺度上对上述北半球 500 hPa 月平均环流讨论其冬

春季年代际变化的持续性和转折性。通过分析表明：冬季到春季印缅槽、副高强度在年代际变化都有较好的一致性，持续性较显著（图 4）。分析中还发现：欧亚经向环流在年代际变化上从冬半年到春季的持续性不显著，由冬季到春季出现反位相，当冬半年欧亚经向环流偏强时期，春季偏弱（图略），反之亦然。我们认为欧亚经向环流从冬季到春季出现了季节性转折。

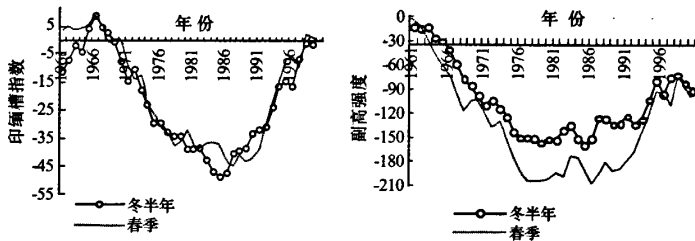


图 4 冬半年及春季西太平洋副高强度和印缅槽指数的距平累积
Fig. 4 Anomaly accumulative curves of West Pacific Ocean subtropical high intensity and India Burma trough index in winter half year and spring

根据北半球 500 hPa 月平均环流的持续性和转折性，运用冬季或冬半年北半球 500 hPa 月平均环流的长周期变化来估计春季环流背景，无疑对内蒙古中西部春季沙尘暴日数短期气候预测具有一定的指示意义。

3 青藏高原位势高度与东亚冬季风长周期变化对沙尘暴的影响

许多研究表明：青藏高原是全球最强的热源，对长期气候变化具有重要作用。青藏高原热源的强弱

变化影响高原大气进而影响全球大气和气候变化。青藏高原位势高度的高低在一定程度上可以反映其热源强弱的变化^[10]。季风是盛行风向随季节变化的气候现象，它是由海洋与大陆的热力特征差异造成的；亚洲是最显著的季风区，大量的研究已经表明：中国的旱涝与东亚季风和青藏高原位势高度有着密切的联系，季风的异常变化和青藏高原位势高度的变化是形成中国旱涝的主要原因之一^[11]。青藏高原地面加热场强度异常对中国北方地区沙尘暴日数有明显影响^[12]。

根据东亚冬季风指数及春季青藏高原 B 指数来分析其年代际变化特征及其对内蒙古中西部春季沙尘暴的影响,结果是显而易见的。

由图 5 可见:春季青藏高原位势高度和东亚冬季风都存在着相一致的年代际变化。20 世纪 70 年代末以前两条曲线同步上升,表明东亚冬季风在强盛时期,对应春季青藏高原位势高度场偏高,这种情况下,内蒙古中西部春季沙尘暴正处于多发期,1961—1978 年间沙尘暴日数偏多的概率为 65%(表 2)。70 年代末发生由强到弱的趋势转折。70 年代末以后两条曲线下下降,表明东亚冬季风趋于偏弱,对应春季青藏高原位势高度场偏低,内蒙古中西部春季沙尘暴处于少发期,1979—2000 年间沙尘暴日数偏少的几率为 77%。

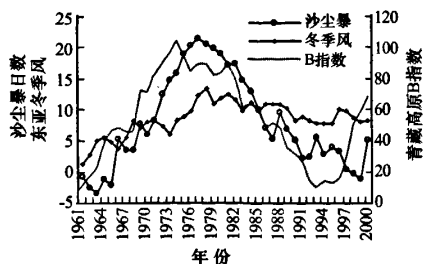


图 5 青藏高原位势高度、东亚冬季风及内蒙古中西部春季沙尘暴日数的距平累积

Fig. 5 Anomaly accumulative curves of Qinghai-Tibet plain geopotential height, east Asia winter monsoon and spring sand-dust storm frequency in midwest Inner Mongolia

表 2 东亚冬季风和春季青藏高原高压年际振荡与内蒙古中西部春季沙尘暴日数的关系

Tab. 2 Relation between yearly changes of East Asia winter monsoon, spring Qinghai-Tibet plain high pressure and spring sand-dust storm frequency in midwest Inner Mongolia

冬季风偏弱 和青藏高原 偏强时期	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	偏多概 率/%				
沙尘暴日 数距平	-	-	-	+	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	65				
冬季风偏强 和青藏高原 偏弱时期	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	偏少概 率/%
沙尘暴日 数距平	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	77

上述分析表明,东亚冬季风和春季青藏高原都存在大约 30~35 a 左右周期的阶段性变化。20 世纪 70 年代末和 90 年代末为两次突变期,这种突变与内蒙古中西部春季沙尘暴日数的长周期变化相对应,春季青藏高原突变点超前内蒙古中西部春季沙尘暴突变点约 3 a,说明他们之间联系的可能机制是:春季青藏高原位势高度变化是影响内蒙古中西部春季沙尘暴阶段性变化的环流背景之一,春季青藏高原位势高度的高(低)可能受东亚冬季风强(弱)的影响,而且内蒙古中西部春季沙尘暴的阶段性变化也同样受到东亚冬季风的影响。春季青藏高原位势高度在 90 年代后期已转入增高阶段,可以推测内蒙古中西部春季沙尘暴天气从 90 年代后期开始又进入一个新的相对活跃时期。

4 结论

1) 内蒙古中西部春季沙尘暴日数存在明显的阶段性,年代际变化表现出较为明显准 17 a 的气候波动。20 世纪 60 年代到 70 年代末为活跃期,70 年代

为最活跃期;70 年代末到 90 年代末为衰弱期,80 年代为最不活跃期。从 90 年代后期开始内蒙古中西部春季沙尘暴天气又进入一个新的活跃时期。

2) 北半球 500 hPa 高度场上,冬半年贝加尔湖地区位势高度降低(增高),副高强度减弱(增强),亚洲经向环流增强(减弱)时期,内蒙古中西部春季沙尘暴呈现出增多(减少)趋势;春季乌山地区位势高度降低(增高),副高强度减弱(增强),印缅槽发展加深(减弱)时期,内蒙古中西部春季沙尘暴呈现出增多(减少)趋势。

3) 印缅槽、副高强度从冬季到春季都有较好的持续性。而欧亚经向环流从冬季到春季出现了季节性转折。利用它们的持续性和转折性可以估计春季环流特征。

4) 青藏高原位势高度和东亚冬季风与内蒙古中西部春季沙尘暴存在着相一致的年代际变化,并且存在大约 30~35 a 左右长周期的阶段性变化,春季青藏高原突变点超前内蒙古中西部春季沙尘暴突变点约 3 a。

参考文献(References):

- [1] 张杰,郭锐,获满泓. 西北地区东部冬季降水与次年沙尘暴发生的关系[J]. 中国沙漠,2004,24(5):603-606.
- [2] 张小玲,李青春,谢璞,等. 近年来北京沙尘天气特征及成因分析[J]. 中国沙漠,2005,25(3):417-521.
- [3] 李岩瑛,李耀辉,罗晓玲,等. 河西走廊东部沙尘暴预报方法研究[J]. 中国沙漠,2004,24(5):607-610.
- [4] 钱正安,宋敏红,李万元. 近50年来中国北方沙尘暴的分布及变化趋势分析[J]. 中国沙漠,2002,22(2):106-111.
- [5] 钱正安. 中国北方沙尘暴研究的若干进展[J]. 干旱区资源与环境,2004(增刊):3-5.
- [6] 陈兴芳,赵振国. 中国汛期降水量预测研究及应用[M]. 北京:气象出版社,2000:241.
- [7] 杨德保,尚可政,王试功. 沙尘暴[M]. 北京:气象出版社,2003:181.
- [8] 叶笃正,丑纪范,刘纪远,等. 关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策[J]. 地理学报,2000,55(5):513-521.
- [9] 陈晓光,赵光平,郑广芬,等. 宁夏春季典型沙尘暴年环流特征量分析[J]. 中国沙漠,2004,24(5):570-571.
- [10] 赵振国. 中国夏季旱涝及环境场[M]. 北京:气象出版社,1999:297.
- [11] 谢金南. 中国西北干旱气候变化与预测研究[M]. 第一卷. 北京:气象出版社,2000:347.
- [12] 李栋梁,王海,钟海玲. 中国北方沙尘暴气候成因及未来趋势预测[J]. 中国沙漠,2004,24(5):377-378.

Analysis on Decadal Oscillation and Circulation Features of Spring Sand-dust Storm in Midwest of Inner Mongolia

MA Qing-xia¹, HAN Jing-wei², WANG Xing-chen³

(1.Inner Mongolia Climate Center, Hohhot 010051, China; 2.Inner Mongolia Autonomous Region Observatory, Hohhot 010051, China; 3.Technique Equipment Center of Inner Mongolia Meteorological Bureau, Hohhot 010051, China)

Abstract: The following data were used to be used to analyze the decadal atmospheric circulation evolution features in mid and high latitude in winter and spring, and the influence on sand-dust storm frequency in the Midwest of Inner Mongolia: the data of spring sand-dust storm from 1961 to 2000 provided by the 50 meteorological observatories of Inner Mongolia; the data of the monthly mean field at 500 hPa height scaled by 10 longitude multiplied by 5 latitude and of the monthly mean circulation features at 500 hPa height in northern hemisphere, and of the East Asian monsoon provided by National Climate Center. It was revealed that many factors generate different influence on the decadal change of sand-dust storm frequency in the Midwest of Inner Mongolia, these factors include: Qinghai-Tibet Plateau geopotential height, Baikal area geopotential height, Ural mountain geopotential height, Okhotsk sea geopotential height, East Asian winter monsoon, Asian meridional circulation, trough between Indian and Burma, and west Pacific subtropical high intensity, etc. These factors provide the basic circulation background at decadal scale for the short-term climate forecast of sand-dust storm events in Spring in the Midwest of Inner Mongolia.

Keywords: sand-dust storm; decadal oscillation; circulation feature; Midwest of Inner Mongolia