

文章编号:1005-8656(2012)01-0019-05

呼和浩特地区 40a 沙尘天气时空分布规律及演变趋势

杨彩云^{1,2},王文¹

(1.南京信息工程大学,江苏 南京 210000;2.呼和浩特市气象局,内蒙古 呼和浩特 010051)

摘要:文章利用呼和浩特地区 1971—2010 年扬沙、沙尘暴资料,采用线性倾向估计、多项式拟合、经验正交函数分解、小波分析、Mann-Kendall 检验、滑动 t 检验、Yamamoto 法等分析了 1971—2010 年呼和浩特地区扬沙、沙尘暴日数的时空分布特征及演变规律。结果表明:(1)呼和浩特各地区扬沙、沙尘暴日数空间分布具有高度的一致性,由西到东呈现出高一低分布特点。(2)春季(3—5 月)是扬沙、沙尘暴天气现象最频发季节,不频发时段是秋季(9—10 月),沙尘暴的季节分布基本上是春多秋少。(3)从年际分布特征来讲,扬沙、沙尘暴日数总体呈现显著地下降趋势,但在总体下降的同时到 21 世纪初期又有所上升。(4)扬沙日数序列研究时段内显著存在着 5~8a 周期振荡;沙尘暴日数序列的周期特征不明显。(5)通过突变检测得知:沙尘天气在 20 世纪 70 年代末、80 年代初开始突变减少,之后整体呈现波动减少的趋势。(6)20 世纪 70 年代呼和浩特地区扬沙、沙尘暴发生最多,80 年代沙尘天气在逐步减少,90 年代达最少,到了 21 世纪前 10 年扬沙、沙尘暴发生日数均较 20 世纪 90 年代有所增多。

关键词:沙尘暴;空间分布;时间分布

中图分类号:P468.0*26 文献标识码:A

引言

李彰俊等^[1]指出:内蒙古中西部地表特征主要有两种类型,其一为沙漠。在内蒙古中西部分布着巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、库布齐沙漠、毛乌素沙地等多个沙漠或沙地。另外,除了沙漠和沙地之外,还分布着广阔的荒漠化草原,一些研究表明,这些地区同样具有非常大的供尘能力^[2]。据唐国利等^[3]研究:沙尘暴主要分布于 100°E 以西和长江以北的大部分区域,其中频数较高的区域主要集中在内蒙古中西部、新疆大部、甘肃、宁夏和青藏高原等地区。而呼和浩特地处内蒙古中西部,属中温带半干旱大陆性季风气候区。冬季漫长而寒冷,春季干旱多风,全年降水量偏少,蒸发量大,气候干燥,多风沙天气。本文选取呼和浩特地区 40a(1971—2010 年)的气候资料,探讨了该地区扬沙、沙尘暴的时空分布和演变趋势。

1 资料来源及方法

本文主要以扬沙和沙尘暴的出现日数作为定量表征指标。依规定^[4],日界为 20 时。当某一次扬沙或沙尘暴过程跨越 20 时,按两个出现日计算;当某

一天扬沙或沙尘暴过程出现两次或以上时,按一个出现日计算。由于呼和浩特地区面积较小,共有 6 个国家一般气象站,本文选取这 6 个站的扬沙、沙尘暴日数对其月、季、年、年代际变化以及空间分布特征进行研究。

2 扬沙、沙尘暴日数的空间分布特征

研究扬沙、沙尘暴日数分布的异常空间分布,对 1971—2010 年研究区域 6 个站的年扬沙、沙尘暴日数进行了 EOF 分解,得到了主要空间模态和各模态的时间变化特征。原变量场已经预处理为变量距平场。EOF 分解后得到 6 个特征向量的解释方差和累积方差(表略),其中扬沙日数序列前 2 个特征向量的解释方差为 68.28%、20.15%,累积方差贡献已经达到 88.43%;沙尘暴日数序列前 2 个特征向量的解释方差为 74.74%、9.39%,累积方差贡献已经达到 84.12%,按照魏凤英等^[5]提出的计算特征值误差范围来进行显著性检验,扬沙、沙尘暴序列的前 2 个模态是有价值的信号,故给出扬沙、沙尘暴日数序列经 EOF 分解后的前两个特征向量场(见图 1)。

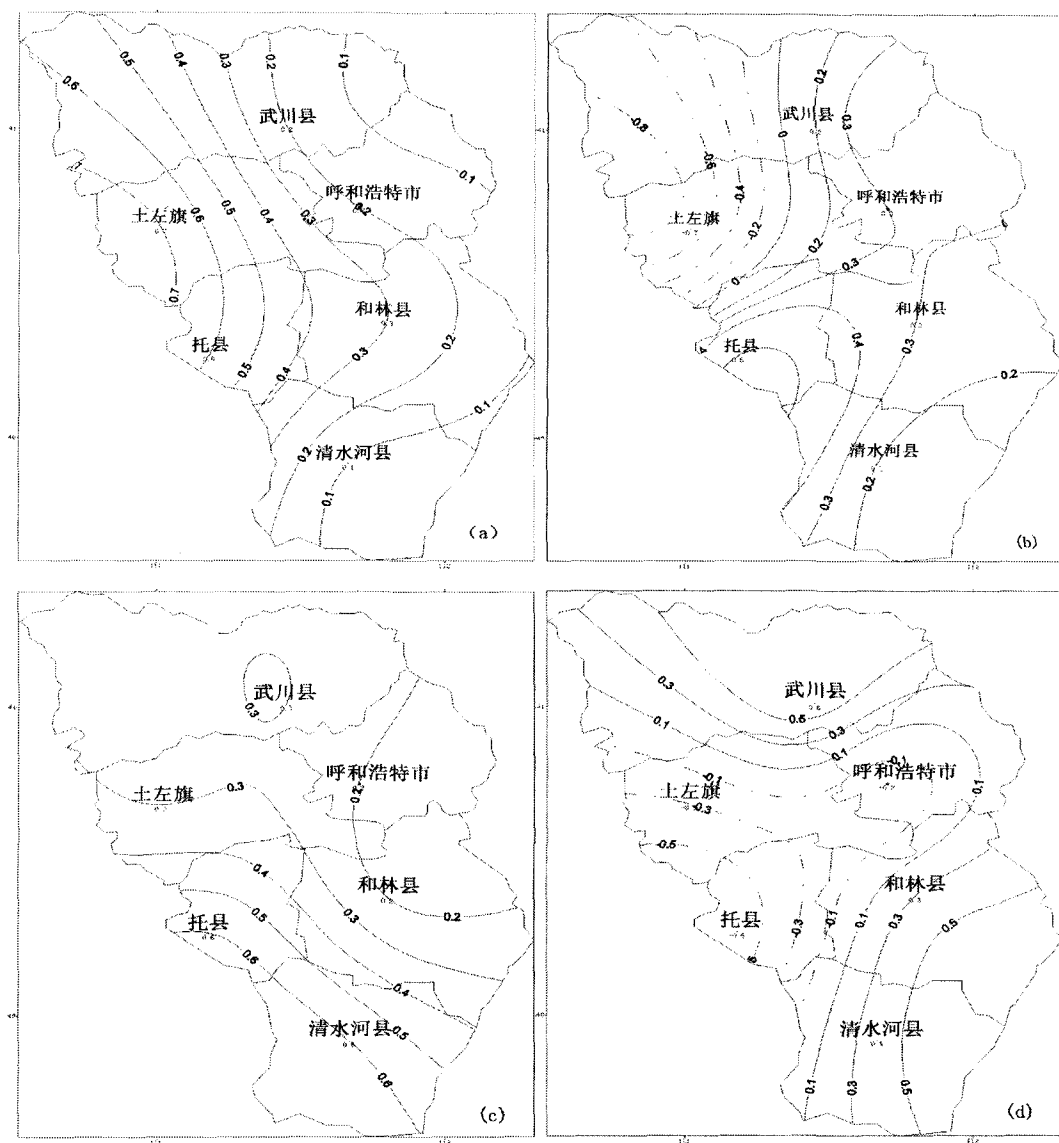


图1 扬沙、沙尘暴日数的第一、第二特征向量

图 1a、1b 是扬沙日数 EOF 前两个模态的空间分布。可以看出第一空间模态(图 1a)表现为研究区域一致的正值,反映了呼和浩特各地区扬沙日数随时间变化趋势的一致性,由西到东呈现出高一低分布特点,大值区域位于武川县西南部、土左旗、托县大部地区。这一空间分布与 40a 扬沙日数分布(图略)非常相似,说明第一空间模态主要反映了呼和浩特地区扬沙日数的一致变化。图 1b 是第二空间模态,表现为武川县和土左旗的中西部地区为负值,其他地区为正值区,基本呈西北—东南向反位相振荡形势。西北部负值区特征向量绝对值大值区位于武川西南部、土左西北部;东南部正值区特征向量大值区位于呼和浩特西南部托县境内。

图 1c、1d 是沙尘暴日数 EOF 前两个模态的空间分布。第一空间模态(图 1c)同样表现为一致的正值,由西到东呈现出高一低的特征,大值区域位于托县、清水河的西南部,北部武川其次,而偏东的呼和浩特市和和林东北部地区特征向量值最小。这一空间分布与 40a 沙尘暴日数分布(图略)较为相似,说明第一空间模态主要反映了呼和浩特地区沙尘暴日数的一致变化。图 1d 是第二空间模态,表现为中西部负值区,而南部、北部以及中部偏东地区为正值区。中西部负值区特征向量绝对值大值区位于土左西南部、托县西部。正值区特征向量大值区有两个,一个位于武川北部,另一个位于和林和清水河的东部。

3 扬沙、沙尘暴日数的时间分布特征

3.1 扬沙、沙尘暴的月、季变化特征

对呼和浩特地区扬沙、沙尘暴天气过程的月平均发生日数(1971—2010年平均)统计结果表明:春季(3—5月)是扬沙、沙尘暴天气现象最频发季节,其次是冬季(前一年12月到当年2月)和夏季(6—8),不频发时段是秋季(9—10月)(图略)。沙尘暴的季节分布基本上是春多秋少。

研究各月扬沙、沙尘暴天气过程的发生日数(表略),从中可以发现4月份是沙尘天气现象的最频发月,8、9、10月为不频发月。

3.2 扬沙、沙尘暴的年际变化特征

3.2.1 沙尘天气日数年际变化趋势分析

采用最小二乘法对扬沙、沙尘暴日数随年序列变化的趋势进行线性和二次多项式拟合,并对回归模型和得到的回归系数做显著性检验。为了使数据具有可比性,多项式拟合中对扬沙、沙尘暴发生日数和年代进行数据的标准化处理,以下结论和图形均由经过标准化处理之后的数据所得。

对于扬沙随年序列变化来讲(表略)线性拟合方程和二次多项式拟合方程的 R^2 值分别为0.67和0.77,且二者都通过了 $\alpha=0.01$ 的显著性检验。且拟合方程的回归系数也都通过了 $\alpha=0.01$ 的显著性检验(表略)。

扬沙日数随年序列变化趋势的线性拟合线和二次多项式拟合曲线如图2所示,从图中可以看出,呼和浩特地区40a扬沙日数变化总体呈现显著地下降趋势,但在总体下降的同时到21世纪初期又有所上升的趋势。

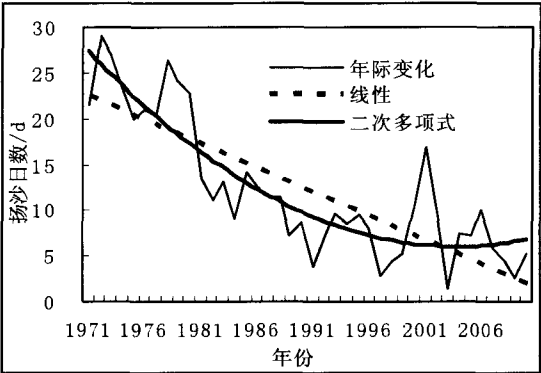


图2 呼和浩特地区1971—2010年扬沙日数年际变化

沙尘暴日数随年序列的变化趋势拟合结果得知(表略),线性拟合方程和二次多项式拟合方程 R^2 值分别为0.53、0.78,方程的 F 检验结果显示两个拟合方程都通过了 $\alpha=0.01$ 的显著性检验。从方程系数的 t 检验中得到回归系数显著(表略)。

图3表示沙尘暴日数随年序列变化趋势的线性拟合线和二次多项式拟合曲线。可以看出,与扬沙日

数类似,40a呼和浩特地区沙尘暴日数有显著地下降趋势,到20世纪末、21世纪初又有所上升。通过比较扬沙、沙尘暴拟合方程的倾向值得知:沙尘暴日数随时间下降的趋势较扬沙更为明显。

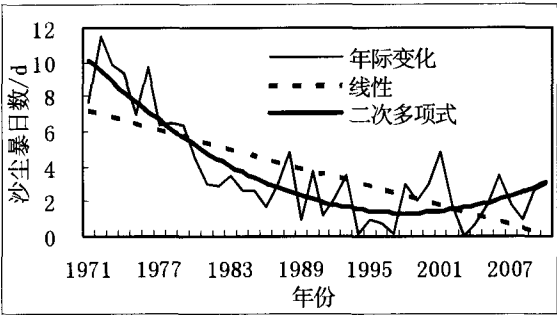


图3 呼和浩特地区1971—2010年沙尘暴日数年际变化

3.2.2 沙尘天气日数年际变化周期特征

对呼和浩特地区1971—2010年的扬沙、沙尘暴日数序列用Mexican hat小波做连续小波变换,得到小波曲线。图4显示了40a扬沙、沙尘暴日数在不同时间尺度图上的周期震荡,图中信号的强弱通过小波系数的大小来表示,等值线为正值用实线表示,代表沙尘天气日数偏多;等值线为负值用虚线表示,代表沙尘天气日数偏少;等值线越稀疏,对应较长尺度周期的振荡,等值线越密集,对应较短尺度周期的振荡。等值线中心对应的时间尺度为沙尘日数序列变化的主周期,小波系数为零则对应着突变点,用粗实线表示。

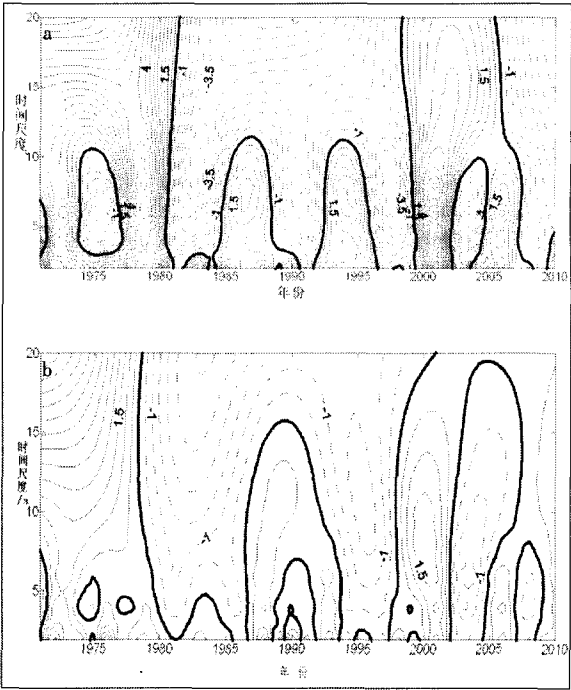


图4 扬沙(a)、沙尘暴(b)日数序列小波曲线

由图 4a 可见,整个研究时间段内扬沙日数序列均显著存在着 5~8 a 周期振荡。在大时间尺度上(15~20a),虽然因为资料长度问题没有表现出完整的周期,但可以看到从 20 世纪 70 年代到 21 世纪初,呼和浩特地区扬沙天气显示出多—少—多的变化。

分析小波曲线(图 4b)得知,沙尘暴日数在整个研究时段内没有完整的周期振荡,表现为不同的时间段内以不同的尺度为主周期。如果将整个时间序列分为两个时间段:1971—1997 年、1998—2008 年。可以看出 1971—1997 年存在 8~12a 的周期振荡,沙尘暴经历了多—少—多—少的循环交替。1998—2008 年存在 4~6a 周期振荡,经历了多—少的变化。在更长的时间尺度上(15~20a),与扬沙一致,从 20 世纪 70 年代到 21 世纪初,沙尘暴序列也经历了多—少—多的变化。不同的是,2010 年以后扬沙日数处于减少的状态,而沙尘暴日数则趋于增多。

3.2.3 沙尘天气日数年际变化突变分析

用 Mann-Kendall 法对 1971—2010 年呼和浩特地区沙尘天气日数序列进行突变检测分析,给定显著性水平 $\alpha=0.05$,即 $u_{0.05}=\pm 1.96$ 。扬沙日数序列计算结果绘制成图 5。由 UF 曲线可知^[6],自 1972 年日数开始减少,至 1982 年统计曲线超过了显著性水平 0.05 临界线,表明呼和浩特扬沙日数显著减少。UF、UB 两条统计曲线在 1984 年相交。

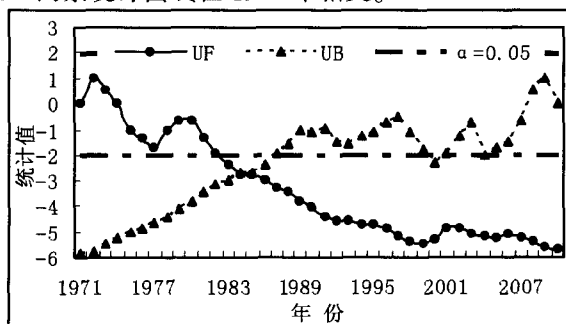


图 5 呼和浩特地区扬沙日数序列 Mann-Kendall 突变检测分析

分析沙尘暴日数序列 Mann-Kendall 图(图 6),UF 曲线显示沙尘暴日数同样是从 1972 年开始减少,至 1979 年超过了显著性水平 0.05 临界线,表明从此时期呼和浩特沙尘暴日数显著减少。UF、UB 两条统计曲线在 1980 年相交。

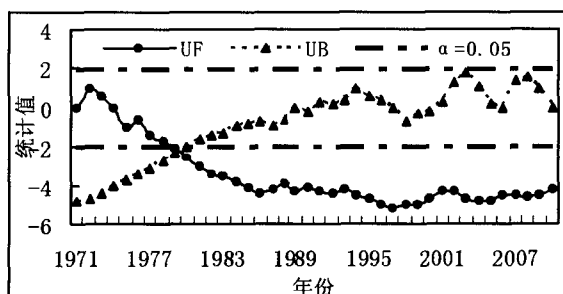


图 6 呼和浩特地区沙尘暴日数序列 Mann-Kendall 突变检测分析

可以看出扬沙、沙尘暴日数序列的 UF、UB 两条统计曲线的交点均在信度区间之外。为了进一步验证这两个突变点的可靠性,本文还利用滑动 t 检验和 Yamaoto 方法对两个序列进行了分析(图略)。滑动 t 检验分析出的扬沙日数序列滑动统计量有两处超过了 0.01 显著性水平,均为正值。一处出现在 1980 年,另一处出现在 1988 年,说明呼和浩特扬沙日数出现过两次明显的突变。1980 年经历了扬沙由增多到减少的突变,在整体呈现减少的大背景下,1988 年又经历了一个由减少到增多转变。Yamaoto 方法分析出(图略):扬沙日数序列信噪比大于 2.0 处对应 1980 年,信噪比大于 1.0 处对应 1988 年,说明 1980 年有较强的突变发生(由增多到减少),而 1988 年突变发生的程度稍弱。

综上所述:从 20 世纪 70 年代末到 80 年代,呼和浩特地区沙尘天气经历了一个较为动荡的转变时期。70 年代末、80 年代初开始突变减少,之后整体呈现波动减少的趋势。

3.3 扬沙、沙尘暴的年代际变化趋势

呼和浩特地区 1971—2010 年扬沙、沙尘暴年平均日数(表略),总体来说,20 世纪 70 年代呼和浩特地区扬沙、沙尘暴日数最多,分别为 23.53d 和 7.87d;80 年代沙尘天气日数都在逐步减少,90 年代达最少,分别为 6.97d 和 1.68d;70 年代是 90 年代的 3.47 和 4.68 倍;到了 21 世纪头 10 年扬沙、沙尘暴日数均较前一个 10 年有所增多。

4 结论

本文利用呼和浩特地区 1971—2010 年扬沙、沙尘暴资料,分析了 40a 间呼和浩特地区扬沙、沙尘暴日数的时空分布特征及演变规律。结果表明:

(1)EOF 分解后的第一模态均为主模态,呼和浩特各地区扬沙、沙尘暴日数随时间变化趋势具有高度的一致性,由西到东呈现出高一低分布特点。

(2)春季(3—5 月)是扬沙、沙尘暴天气现象最频发季节,其次是冬季(前一年 12 月到当年 2 月)和夏季,不频发时段是秋季,沙尘暴的季节分布基本上是春多秋少。

(3)从年际分布特征来讲,扬沙、沙尘暴日数总体呈现显著地下降趋势,但在总体下降的同时到 21 世纪初期又有所上升。

(4)扬沙日数序列具有较为显著的周期特征,研究时段内显著存在着 5~8a 周期振荡;沙尘暴日数序列在整个研究时段内没有完整的周期振荡。将整个时间序列分为两个时间段,可以看到 1971—1997 年存在 8~12a 周期振荡,1998—2008 年存在 4~6a 周

期震荡。在更长的时间尺度上(15~20a),虽然因为资料长度问题没有表现出完整的周期,但可以看到从20世纪70年代到21世纪初,呼和浩特地区扬沙、沙尘暴天气显示出多—少—多的变化。不同的是,2010年以后扬沙日数处于减少的状态,而沙尘暴日数则趋于增多。

(5)通过突变检测得知:从20世纪70年代末到80年代,呼和浩特地区扬沙、沙尘暴天气经历了一个较为动荡的转变时期。70年代末、80年代初开始突变减少,之后整体呈现波动减少的趋势。

(6)20世纪70年代呼和浩特地区扬沙、沙尘暴日数最多,分别为23.53d和7.87d;80年代沙尘天气日数都在逐步减少,90年代达最少,分别为6.97d

和1.68d;70年代是90年代的3.47和4.68倍;到了21世纪头10年扬沙、沙尘暴日数均较前一个10年有所增多。

参考文献:

- [1]李彰俊,姜学恭,程丛兰.内蒙古中西部沙源地影响沙尘暴扩展过程的数值模拟研究[J].中国沙漠,2007,27(5):851–858.
- [2]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(6):513–521.
- [3]唐国利,巢清尘.近48年中国沙尘暴的时空分布特征及其变化[J].应用气象学报,2005,16(S1):128–132.
- [4]中国气象局.地面气象观测规范[M].北京:气象出版社,1979:21–27.
- [5]魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,1999:43–47.
- [6]王遵亲.2011.中国冰冻日数的气候及变化特征分析[J].大气科学,35(3):411–421.

Spatial And Temporal Distribution And Evolution Tendency of Sand–dust Storm in Hohhot in Recent 40 Years

Yang Caiyun^{1,2}, Wang Wen¹

(1.Nanjing University of Information Science & Technology, Jiangsu Nanjing 210044;

2.Hohhot Meteorological Bureau, Inner Mongolia Hohhot 010020)

Abstract: Based on duststorm observations during 1971—2010 years from 6 meteorological stations, this paper analyzed temporal and special distribution characteristics and evolution law using linear trend estimate value、polynomial fitting、EOF、wavelet analysis、Mann–Kendall test、moving t–test、yamamoto method.The results showed that:(1) The sand–dust storm days in space distribution with a high degree of consistency, from west to East exhibits a high – low distribution characteristics in Hohhot. (2)The sand–dust storm is most frequently accrued in the spring and lest frequently in the autumn. (3) Annual variation analysis showed that the sand–dust storm has significantly decreased in general, at the same time has risen to the early twenty–first Century. (4) The elevating sand days has 5~8a periodic oscillation; Cycle characteristic is not obvious of sand–dust storm days. (5) The mutation detection showed that the sand–dust storm days were reduced in the late 1970s and the beginning of 1980's. The sand–dust storm days were most happened in 1970s,and gradually reduced in 1980s.To the 1990s, sand–dust storm days were the lest, but increased in 2000s.

Key Words: sand–dust storm;temporal distribution;spatial distribution