

文章编号: 1000-2022(2005) 03-0410-06

宁夏春季沙尘暴气候趋势及成因分析

郑广芬^{1,2}, 赵光平², 纳 丽²,
胡文东², 孙银川², 王卫东²

(1. 南京信息工程大学 大气科学系, 江苏 南京 210044; 2 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏 银川 750002)

摘 要: 对 20 世纪 60 年代以来宁夏春季沙尘暴变化趋势进行分析, 结果表明: 沙尘暴具有明显的年代际变化特征, 80 年代中期宁夏春季沙尘暴发生突变, 在此之前为沙尘暴高发期, 其后沙尘暴日数明显减少。为探究形成这一变化趋势原因, 从形成沙尘暴的动力因子入手, 对大气环流、海温、大风日数、平均气温等的长期变化趋势进行分析, 发现北半球极涡强度指数、极涡面积指数、亚洲西风环流指数、Nino3 区海温及宁夏春季大风日数、冬季平均气温、冬春季平均气温温差与沙尘暴存在较为一致的年代际变化特征, 即决定冷空气活动频次的诸因子在 80 年代中期也发生了突变。由此可见, 在同一生态背景下, 冷空气活动次数对形成春季沙尘暴的变化趋势起着至关重要的作用。

关键词: 春季沙尘暴; 年代际变化; 影响因子

中图分类号: P425.55 **文献标识码:** A

沙尘暴是多因子综合作用的结果, 其发生不仅与气象条件密切相关, 也是特定地形、地貌条件下的必然产物^[1]。由于天气条件及年际气候背景的不同, 使得沙尘暴的强度、影响范围、持续时间都有差异, 因而造成每年沙尘暴发生日数的不同。

牛生杰等^[2]对贺兰山东、西两测沙尘暴观测研究表明, 贺兰山地区沙尘暴发生日数总趋势是减少的。杨建玲等^[1]对宁夏 18 站沙尘暴变化规律的研究, 也进一步验证了这一研究结果。王涛等^[3]、邹旭恺等^[4]对中国北方沙尘暴研究得出: 自 20 世纪 50 年代以来, 我国沙尘暴呈波动减少趋势。沙尘暴发生的最主要的两个条件是足够强劲持久的风力和地表丰富的松散干燥的沙尘^[5]。研究成果还表明, 我国沙化土地面积 20 世纪 50—60 年代中期开始平均每年扩展 15.6 万 km², 90 年代每年扩展 24.6 万 km²^[6]。宁夏现有 3/4 的土地受沙漠化的影响, 沙化面积已达总面积的 38.3%, 盐池县近 10 a 中平均每年都有 1.15 万 hm² 土地沙化^[7]。随着国家退耕还林政策的实行, 近年来西北地区林地面积有所增加。但新增林地的生态调控作用近期难以发挥, 加之干旱区水资源短缺等其他不利因素将长期存在, 因此生态环境总体呈退化态势。这意味着我国地表植被整体在恶化, 沙尘暴的物质源越来越丰富, 沙尘暴发生次数理应

收稿日期: 2003-09-03 改回日期: 2004-02-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40065002); 中国气象局基金资助项目“宁夏沙尘暴监测预警服务系统研究”

作者简介: 郑广芬 (1964-), 女, 河北献县人, 高级工程师, 硕士生, 主要从事气候及短期气候预测研究。

呈增多趋势^[8]。这显然与沙尘暴普遍减少的天气事实不吻合。在这种情况下, 沙尘暴的减少意味着风的因素即动力因子可能起了主导作用, 因此认为在同一生态背景下, 冷空气活动次数是影响沙尘暴发生频率的主要因素, 也是对沙尘暴进行气候趋势预测所应把握的关键。本文对影响宁夏春季冷空气活动主要因子的年代际变化特征进行分析, 从而为沙尘暴气候趋势预测提供着眼点。

1 资料及方法

本文研究主要使用了 3 种资料: 第一种是选取宁夏具有代表性的 18 个站 (银川、永宁、贺兰、惠农、平罗、陶乐、吴忠、青铜峡、灵武、中宁、中卫、盐池、同心、海原、固原、西吉、隆德、泾源) 1961—2002 年共 42 a 春季沙尘暴的日数、大风日数、冬、春季平均气温, 这里每个站的一个沙尘暴日数是指某一天 (以北京时间 20 00 为界) 只要出现沙尘暴 (由于强风将地面大量沙尘吹起, 使空气很混浊, 水平能见度小于 1 km 的天气现象), 而不管该日有几个时段发生沙尘暴, 将各站 3 月、4 月、5 月沙尘暴日数累加作为春季沙尘暴日数序列; 大风日数与沙尘暴日数类同; 冬、春季平均气温分别用上年 12 月—当年 2 月 3 个月及 3—5 月 3 个月气温求平均; 冬春季平均气温温差指春季平均气温减去冬季平均气温。第二种资料是国家气候中心下发的同期大气环流特征量资料, 包括北半球极涡强度指数、极涡面积指数、亚洲经向环流指数、亚洲纬向环流指数。第三种资料为赤道东太平洋海温格点资料, Nino3 区海温用 150~ 90°W, 5°N~ 5°S (纬度 × 经度 = 5° × 5°) 区域格点平均海温。

西风环流指数采用公式^[9]: $I_{\Delta} = I_z / \overline{I_z} - I_m / \overline{I_m}$, 其中 I_z 表示纬向环流指数, $\overline{I_z}$ 表示纬向环流多年平均值, I_m 表示经向环流指数, $\overline{I_m}$ 表示经向环流多年平均值。当 $I_{\Delta} \geq 0$ 时, 表示西风带纬向环流占优势, 反之, 则经向环流占优势。

2 沙尘暴日数变化趋势

图 1、图 2 分别给出自 20 世纪 60 年代以来到 2002 年宁夏 18 个主要站平均春季沙尘暴日数逐年变化曲线及沙尘暴日数距平积分曲线, 可见自 60 年代以来宁夏春季平均沙尘暴日数虽有较多波动, 但总体上呈下降趋势, 且具有明显的阶段性特征, 80 年代中期以前为沙尘暴高发期, 其后沙尘暴日数明显减少, 80 年代中期为沙尘暴发生突变的时期, 这与杨建玲等^[1]的研究结果相吻合。

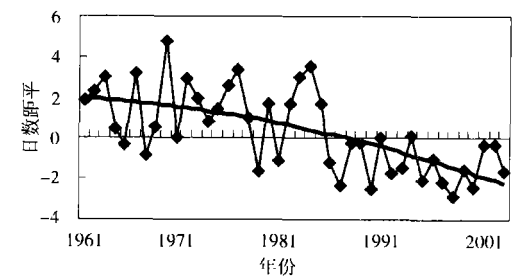


图 1 宁夏春季沙尘暴变化

Fig. 1 Temporal evolution of spring sandstorm days in Ningxia

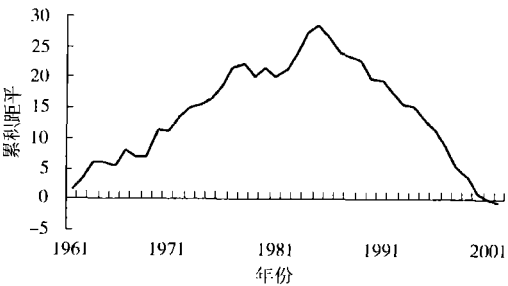


图 2 春季沙尘暴日数距平积分曲线

Fig. 2 Anomaly integral curve of spring sandstorm days

不同年代平均沙尘暴日数也呈逐渐下降的趋势, 20 世纪 60 年代年平均 4.6 d 70 年代为 4.4 d 80 年代为 3.5 d 而 90 年代仅为 1.6 d

同时发现,宁夏地域虽小,但由于南北跨度较大,再加上境内地形、地貌较为复杂,使得各地沙尘暴变化趋势也不尽相同。分析各站沙尘暴的变化趋势,大体上可分为两种分布类型,其一为以惠农、吴忠为代表的 20 世纪 60—70 年代初期高发型,其二为以银川、盐池为代表的 70—80 年代中期高发型,只是高发的持续时间有差异。然而无论哪种分布型,80 年代中期以后都表现为一致的沙尘暴偏少(图略)。

3 沙尘暴日数演变趋势的成因分析

3.1 北半球极涡的年代际气候变化

极涡是极地上空最强大的环流系统,其变化对中高纬乃至整个北半球天气系统的活动和天气气候有着直接的影响。极涡的扩张和收缩反映了极地冷空气的活动^[9],对春季冷空气活动次数及强度起到关键作用。图 3a 为北半球极涡面积指数距平累积曲线,从图中可清晰看到北半球极涡面积的长期变化,自 20 世纪 60 年代初期至 80 年代中期,极涡面积指数距平值以正为主,处于扩张期;80 年代中期以后,曲线呈下降趋势,面积指数距平值以负为主,期间虽有一次明显的波动,但总体上处于收缩期。图 3b 则反映了北半球极涡强度指数的长期变化,自 60 年代至 80 年代中期,北半球极涡强度总体上处于增强期,强度指数距平值以正为主;而 80 年代中期以后,极涡强度处于减弱时期,强度指数距平值以负为主,尤其 1994—1999 年曲线明显下降。以上分析可以看出,80 年代中期是极涡变化的突变时期,由于 80 年代以前极涡的向南扩张及强度的增强,极地冷空气活动较活跃,造成春季冷空气活动频繁,因而形成沙尘暴天气过程的高发。80 年代中期以后极涡向北收缩,强度减弱,极地冷空气较弱,因此春季冷空气势力相对也较弱,造成沙尘暴天气的明显减少,1994—1999 年宁夏经历了持续沙尘暴异常偏少时段(图 1)。同时分析自 60 年代以来逐年春季极涡指数值发现,极涡面积指数最大值为 734 出现在 1969 年,该年的极涡强度指数为 235 是除 1964 年以外的第二高值年,与之对应,这一年春季宁夏 18 个站平均沙尘暴日数 7.8 a 为 1961 年以来最高值(图 1)。

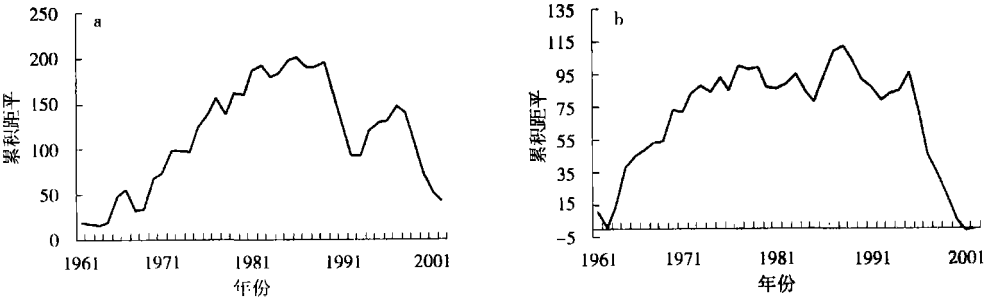


图 3 春季北半球极涡指数变化曲线

a 北半球极涡面积指数距平积分曲线; b 北半球极涡强度指数距平积分曲线

Fig 3 Temporal change of spring North Hemisphere polar vortex index

a integral curve of polar vortex area index b anomaly integral curve of polar vortex intensity

3.2 亚洲西风环流指数的年代际气候变化

西风环流指数是对西风带环流形势的定量描述指标,说明了西风带环流的经纬向两个基本分量的特征。图 4 给出东亚冬春季西风环流指数距平积分曲线。由图可见,自 20 世纪 60 年代初期至 80 年代中期,曲线呈下降趋势,西风环流指数以负值为主,表明西风带经向环流占优势,造成冬春季冷空气势力强盛,冷空气活动频繁,因此大风天气较多,导致沙尘暴天气频繁

发生。80年代中期以后,曲线在波动中上升,西风带纬向环流占优势,冷空气势力较弱,活动次数较少,因此沙尘暴次数也偏少。由文献[7]可知,1995年为经向环流指数的极大值年,导致80年代中期有一明显波动,这一年宁夏发生特强沙尘暴。

3 3 海温的年代际气候变化

图 5 为春季 N ino3 区海温距平积分曲线,自 20 世纪 60 年代至 80 年代初,曲线呈下降趋势, N ino3 区以冷水位相占优势,而后经历冷暖位相交替期,80 年代中后期曲线在波动中上升, N ino3 区以暖水位相占优势。

研究^[10]指出:东亚冬季风与厄尔尼诺事件有密切关系,东亚冬季风的强度在厄尔尼诺年弱,而在反厄尔尼诺(即拉尼娜)年强,20 世纪 60—70 年代拉尼娜事件占优势期间,东亚冬季风偏强,春季寒潮大风所引起的沙尘暴也较频繁,80 年代以后,厄尔尼诺事件占优势,东亚冬季风偏弱,冷空气势力也较弱,因此沙尘暴较少。

3 4 冬季平均气温的年代际气候变化

图 6 给出宁夏 18 个主要站冬季平均气温距平积分曲线图,其趋势与沙尘暴日数的积分曲线呈反位相分布,20 世纪 80 年代中期以前,曲线基本呈下降的趋势,气温距平以负值为主,70 年代末期有一次波动。80 年代中期以后,曲线呈上升趋势,气温距平基本为正值。由此看出 80 年代中期以前,宁夏冬季处于相对冷期,也是沙尘暴的频发期,期间的波动也对应着沙尘暴高发期间的相对平缓期(图 2),即说明了亚洲中高纬地区经向环流偏强,冷空气活动频繁,大风日数多;同时冬季气温偏低,土壤冻结层厚,春季升温解冻后松土层也偏厚,沙源条件具备^[4]。80 年代中期以后,宁夏处于相对暖期,冷空气势力较弱,活动不频繁,对应着沙尘暴的偏少时期。

3 5 春季大风日数的年代际气候变化

研究表明大风日数的增减是气候年代际和年际变化的反映。每年冬春季寒潮大风的出现与冬季风的强度有关。冬季风势力强的年代大风寒潮天气频繁,反之亦然^[11-20]。

图 7 给出了宁夏春季大风日数的距平积分曲线分布情况,与沙尘暴日数的分布趋势基本一致,其突变时期也在 20 世纪 80 年代中期,在此之前,宁夏处于多大风时期,而后宁夏处于大风日数偏少时期,90 年代末期大风日数出现回升的趋势。由此也说明,风作为沙尘暴的动力因子,在其发生过程中起的重要了作用。

3 6 冬春季温差的年代际气候变化

众所周知,大气的不稳定性是沙尘暴形成的必不可少的因子^[1],这也是形成春季沙尘暴高发的主要原因之一。正是由于春季迅速升温,导致大气强烈不稳定,在这种条件下,配合沙

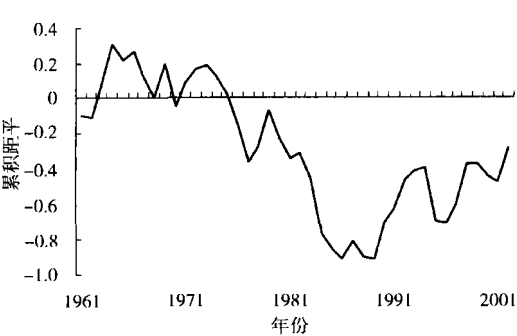


图 4 冬春季西风环流指数距平积分曲线
Fig 4 Anomaly integral curve of west wind index in winter and spring

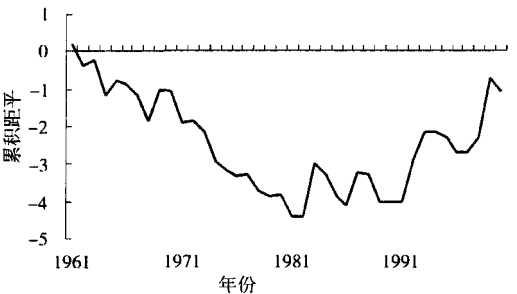


图 5 春季 N ino3 区海温距平积分曲线
Fig 5 SST anomaly integral curve of N ino 3 in spring

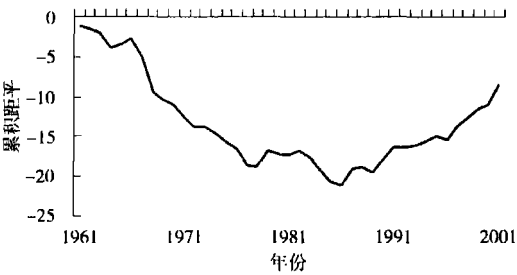


图 6 冬季气温距平积分曲线
Fig. 6 Anomaly integral curve of winter temperature

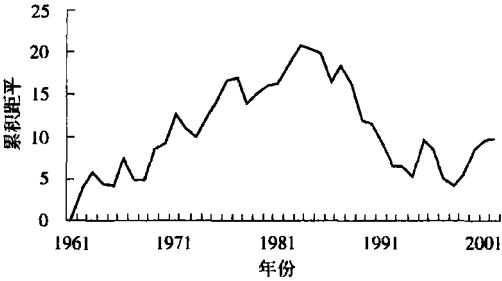


图 7 大风日数距平积分曲线
Fig. 7 Anomaly integral curve of gust days

源及动力因子,引起沙尘暴过程的发生。因此可以说在大气不稳定性增强期间,沙尘暴的出现频率会增加,同时也容易引发强沙尘暴天气。图 8 为自 20 世纪 60 年代以来宁夏冬春季平均气温差值距平积分曲线,由此可见,自 60 年代初到 70 年代末期,曲线呈上升趋势,其距平值以正为主,冬春季温差处于高值阶段,表明春季升温幅度较大,大气的不稳定性较强,因此有利于沙尘暴天气频繁发生,其后经历波动阶段,80 年代中期以后曲线呈下降趋势,其距平值以负为主,该时段内冬春季温差处于相对低值,表明春季升温幅度较小,大气不稳定性也随之减小,因而不利于沙尘暴天气的发生。

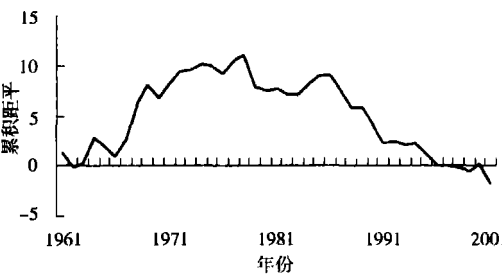


图 8 冬春季平均气温差值距平积分曲线
Fig. 8 Anomaly integral curve of winter and spring average temperature difference

4 小 结

(1)宁夏春季沙尘暴日数具有明显的年代际变化特征,20 世纪 80 年代中期以前沙尘暴为高发期,其后沙尘暴明显减少。

(2)与沙尘暴年代际变化相对应,大气环流、海温及与之密切相关的局地气候条件也发生了明显突变:80 年代中期以前春季北半球极涡面积偏大,强度偏强,其后为极涡收缩偏弱期;分析冬春季西风环流指数发现,80 年代中期以前亚洲西风带经向环流占优势,其后纬向环流占优势;Nino3 区海温 80 年代中期以前以冷水位相占优势,其后暖水位相的年份居多;宁夏春季大风日数与同期沙尘暴日数的分布具有较为相似的长期变化趋势;宁夏冬季平均气温在 80 年代中期也发生明显突变,80 年代中期以后平均气温明显偏高;宁夏冬春季平均气温差值在 80 年代中期发生转折,在此之前温差偏高,其后差值明显减小,表明春季大气不稳定性有减弱的趋势。以上诸因子的变化,对春季冷空气活动次数起着至关重要的作用,从而影响着宁夏春季沙尘暴的发生频率。

参考文献:

[1] 杨建玲,何金海,赵光平.宁夏春季沙尘暴与北极海冰之间遥相关关系[J].南京气象学院学报,2003 26(3): 296-307.
[2] 牛生杰,孙继明,桑建仁.贺兰山地区沙尘暴发生次数的变化趋势[J].中国沙漠,2000 20(1): 55-58.
[3] 王 涛,陈广庭,钱正安,等.中国北方沙尘暴现状及对策[J].中国沙漠,2001,21(4): 322-327.

- [4] 邹旭恺, 王守荣, 陆均天. 气候异常对我国北方地区沙尘暴的影响 [J]. 地理学报, 2000 55(增刊): 169-176
- [5] 钱正安, 贺慧霞, 瞿章, 等. 我国西北地区沙尘暴的分级标准和个例谱及其统计特征 [C]. 中国沙尘暴研究. 北京: 气象出版社, 1997
- [6] 董光荣, 吴波, 慈龙俊, 等. 我国荒漠化现状、成因与防治对策 [J]. 中国沙漠, 1999 19(4): 318-332
- [7] 赵光平, 郑广芬, 王卫东. 宁夏特强沙尘暴气候背景及其成灾规律研究 [J]. 中国沙漠, 2003 23(4): 420-427
- [8] 周子江, 王锡稳, 牛若芸. 近 47 年中国沙尘暴和扬沙天气 [C]. 沙尘暴监测预警服务研究. 北京: 气象出版社, 2002 12-19
- [9] 赵振国. 中国夏季旱涝及环境场 [M]. 北京: 气象出版社, 1999 68-72.
- [10] 穆明权, 李崇银. 东亚冬季风年际变化的 ENSO 信息 I: 观测资料分析 [J]. 大气科学, 1999 23(3): 276-385
- [11] 周自江. 近 45 年中国扬沙和沙尘暴天气 [J]. 第四纪研究, 2001 21(1): 9-17.
- [12] 陈志清, 朱震达. 从沙尘暴看西部大开发中生态环境保护的重要性 [J]. 地理科学进展, 2000 19(3): 259-265
- [13] 赵光平, 王连喜, 杨淑萍. 宁夏区域性强沙尘暴天气短期预报系统 [J]. 中国沙漠, 2001 21(2): 175-181
- [14] 桑建人, 孙继明, 黄生华. 贺兰山地区强沙尘暴的统计 [J]. 宁夏气象, 1999(2): 59-63
- [15] 王涛. 西部大开发中的沙漠化研究及其灾害防治 [J]. 中国沙漠, 2000 20(4): 345-348.
- [16] 赵光平, 王连喜, 杨淑萍. 宁夏强沙尘暴生态调控对策的初步研究 [J]. 中国沙漠, 2000 20(4): 448-450
- [17] 高庆先, 任阵海. 宁夏沙尘暴天气及防沙治沙的对策建议 [J]. 中国工程科学, 2002 4(2): 16-21.
- [18] 王式功, 董光荣, 陈惠忠, 等. 沙尘暴研究的进展 [J]. 中国沙漠, 2000 20(4): 349-356.
- [19] 杨东贞, 房秀梅, 李兴生. 我国北方沙尘暴变化趋势的分析 [J]. 应用气象学报, 1998 9(3): 352-358
- [20] 任建东. 浅议宁夏沙尘暴的成因危害与防治措施 [J]. 干旱环境监测, 1999 13(3): 166-172

Analysis on the Trend and Reason for Spring Sandstorm in Ningxia

ZHENG Guang-fen^{1, 2}, ZHAO Guang-ping², NA Li²,
HU Wen-dong², SUN Yin-chuan², WANG Weidong²

(1. Department of Atmospheric Sciences, NUST, Nanjing 210044, China

2 Ningxia Key Laboratory of Preventing and Reducing Meteorological Disaster, Yinchuan 750002, China)

Abstract Analysis on the spring sandstorm trend since 1960s in Ningxia was conducted and results show there is an obvious interdecadal change in sandstorms; an abrupt change in spring sandstorm days in Ningxia occurred in the middle 1980s and the sandstorm days were more frequent before and obviously less after the middle 1980s. Analyses on long-range changes of circulation, sea surface temperature, gust days, average temperature indicate that the intensity and area of Northern Hemisphere polar vortex, Asia west wind index, SST in Nino3 area and spring gust days, average winter temperature, average temperature difference of winter and spring are correlated with the features of the interdecadal change of sandstorms, i.e. there was a jump in the middle of 1980s of many factors affecting the frequency of cold air activity. The frequency of cold air activity plays a key role in the formation of the trend of spring sandstorm.

Key words spring sandstorm; interdecadal change; affecting factor