

王继志,杨元琴,王亚强,等. PLAM 指数跟踪方法对中国沙尘天气过程及其波动变化特征的研究[J]. 气象与环境学报,2013,29(5):92-97.

WANG Ji-zhi, YANG Yuan-qin, WANG Ya-qiang, et al. Sand dust weather and its variation in China based on PLAM index tracking method[J]. Journal of Meteorology and Environment,2013,29(5):92-97.

PLAM 指数跟踪方法对中国沙尘天气过程及其波动变化特征的研究

王继志 杨元琴 王亚强 张光智

(中国气象科学研究院大气成分研究所,北京 100081)

摘要:采用1980—2011年气象台站地面气象要素观测资料、高空探空资料,时间和空间加密气象观测站资料,以及中国气象档案馆原始天气图表等资料,基于沙尘气溶胶浓度(PM_{10})潜势源地贡献函数 PSCF(Potential Source Contribution Function)的沙尘系统追踪方法,发展空气质量气象条件指数 PLAM(Parameters Linking Air-quality and Meteorology)对沙尘天气过程的路径跟踪,给出1980—2011年东北亚沙尘天气过程特征分布;采用 Spline 趋势分析,讨论沙尘天气系统强度的年度变化特征。结果表明:基于气溶胶浓度 PSCF 函数和气象条件指数 PLAM 追踪得出,中国和东亚地区沙尘天气过程年际强度变化并非单调减弱,其具有历史持续性与转折突变性并存的波状变化趋势,出现准 10 a 的高低频活动特征。

关键词:沙尘暴;波状变化趋势;PSCF 方法;空气质量气象条件指数

中图分类号:P425.5⁺5 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1673-503X.2013.05.015

引言

在全球气候变化背景下,大面积干旱和沙漠化的自然灾害对人类生存环境的威胁呈现逐步加大的趋势。其中,伴随天气系统的移动型沙尘暴对区域乃至全球气候和天气灾害具有显著影响,已经引起人类社会极大关注。2011年7月5日晚(当地时间),沙尘暴“habub”袭卷美国亚利桑那州凤凰城;2007年4月初,上海、宁波、杭州天降“泥雨”;2006年4月17日,强沙尘暴给北京地区带来了严重的降尘污染,媒体称“北京一夜满城尽带黄金甲”,满城黄土覆盖,沙尘影响的奇特景观近 50 a 来罕见。可见,沙尘暴灾害对世界各地的影响没有显著减弱迹象。

研究表明^[1],沙尘暴系统的产生和移动与天气系统类型有密切关系。研究指出^[2-5],20世纪以来,北美洲西部、北欧、非洲萨哈拉沙漠以及亚洲的沙尘暴天气过程中,沙尘气溶胶的远距离输送影响显著。沙尘过程与大气气溶胶浓度相关分析研究表明,北美、北非和亚洲大陆间沙尘气溶胶的全球性远距离输送可对全球气候变化产生影响^[6]。

中国是受沙尘暴灾害影响较重的国家之一,在沙尘暴发生机理和数值模拟等研究中取得了进

展^[7-10]。开展了沙尘气溶胶特征对气候变化可能影响的研究^[11-13]。近年来中国沙尘暴气候效应及短期预报研究,建立了带有沙尘浓度同化的 CUACE/Dust 数值模式预报系统^[14-17]。沙尘暴时空分布特征的研究取得一些成果^[18-22]。沙尘暴活动特征季节预测和业务预测试验研究也开展了尝试性工作。研究发展了遗传延伸等新算法应用于沙尘暴季节预测^[23]。上述研究结果表明,认识与中纬度天气系统相伴随的移动性沙尘暴过程规律(简称 SDS 过程),分析和认知其年度和年代际频数变化及相关大气环流特征差异,对提高和改进沙尘天气的诊断、分析和预测,对 SDS 活动短期预报或季节、年度预测都是有意义的。由于资料所限,以往基于 SDS 过程的活动和演变的时空分布特征研究较少。而 SDS 过程研究对提高全球气候变化以及灾害(包括沙尘暴)天气的频发性特征的分析认识,已成为人们关注的焦点科学问题。本文研究 1980—2011 年东北亚地区与大尺度天气系统活动相伴随的移动型沙尘天气过程的分布特征,基于沙尘气溶胶浓度(PM_{10})—潜势源地贡献函数 PSCF(Potential Source Contribution Function)^[24]路径追踪方法,探讨空气质量气象条件指数

收稿日期:2012-11-16;修订日期:2013-01-14。

基金项目:国家重点基础研究发展计划“973”项目(2011CB403404,2011CB403401)、中国气象科学研究院项目“环境气象业务系统研发及其影响分析”(2013Z007)和国家自然科学基金项目(41275167)共同资助。

作者简介:王继志,男,1940年生,研究员,主要从事大气环境、动力气象、气候诊断及灾害天气分析预测研究,E-mail:wjz@cams.cma.gov.cn。

通信作者:王亚强,E-mail:wangyq@cams.cma.gov.cn。

PLAM(Parameters Linking Air-quality and Meteorology)的气象观测信息对东北亚大范围区域性沙尘天气过程跟踪分析,综合大气成分—空气质量—气溶胶浓度—天气要素等多源信息和算法,研究东北亚地区 SDS 过程的年变化趋势。

1 资料与方法

1.1 资料及来源

所用资料为中国国家气象信息中心质量控制整编后的资料。包括1980—2011年中国气象局国家档案馆原始天气图表与资料,WMO(世界气象组织)交换气象站地面气象要素观测资料以及高层大气探空资料,中国加密气象观测资料以及1980—2005年504站大气气溶胶光学厚度 AOD₅₅₀等^[25]。

1.2 沙尘天气过程计算方法

本文研究与天气系统活动相伴出现的沙尘天气过程(包括扬沙、沙尘暴和强沙尘暴)的活动、路径跟踪,年际变化、气候趋势等特征。

在缺乏沙尘浓度各组分等有关量的定量监测条件下,有的工作采用常规观测沙尘日数、小时数等表示其强度的历史演变。以沙尘观测日数作为不同年份、不同地域沙尘暴强度差异等统计其可比性的缺失是难于避免的。近年来随着观测技术的进步以及中国气象局大气成分和沙尘暴站网建设、中国FY-2C卫星对沙尘强度空间分布的监测和反演技术的发展,沙尘浓度的定量观测数据研究取得新的成果^[26-30]。近年来研究发展了基于沙尘气溶胶浓度分布的潜势源地贡献函数PSCF方法,建立沙尘系统与所移经区域单位时间和空间网格内的观测浓度总量间的对应关系,把沙尘强度与被追踪搜索空间的观测浓度相联系,用沙尘系统所移经区域的单位时间和空间网格内观测的浓度总量来定量客观描述沙尘强度(图1)^[26]。为沙尘天气强度研究提供了一种思路。

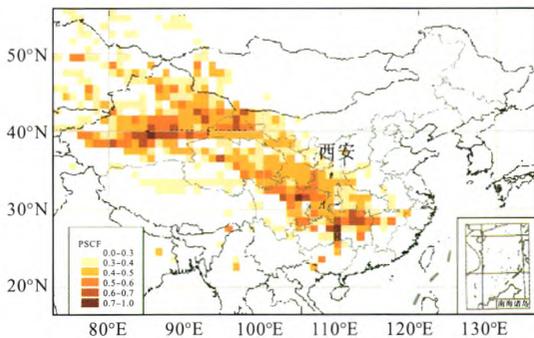


图1 2001—2003年春季西安PM₁₀潜势源函数分布^[26]

Fig.1 The distribution of potential source contribution function of PM₁₀ in spring from 2001 to 2003 in Xi'an, China (Wang et al., 2006^[26])

1.3 沙尘天气过程潜势源地贡献函数PSCF分析

基于潜势源地贡献函数PSCF方法,对1980—2011年沙尘天气站点观测资料进行数字化处理。分析选择大尺度天气系统组织下沙尘天气过程的影响域范围,即“特征影响域” σ_{ij} ^[24],对沙尘强度进行客观定量分析。

为了分析气象条件下沙尘污染强度影响的相对程度,消除气溶胶浓度总量变化判断的影响,采用当前观测气溶胶污染单位浓度与初始气象条件参数的比值定量衡量沙尘气溶胶的区域分布。基于PSCF方法,建立相对潜势源地贡献函数RPSCF,

$$RPSCF_{ij} = PLAM'_{ij} / C_{ij} \tag{1}$$

式(1)中,RPSCF_{ij}为沙尘影响域 σ_{ij} 内第ij点的相对潜势源地贡献函数RPSCF值;PLAM'_{ij}为落入影响域中第ij点的与沙尘气溶胶浓度相关联的空气质量指数PLAM^[31-33]初估值;C_{ij}为“影响域”中单位污染气溶胶浓度的贡献。式(1)将沙尘天气过程强度的追踪搜索与实际观测量(沙尘强度相关的PLAM)及其移经的影响区域网格内的时间和空间分布客观定量联系起来。由式(1)获得RPSCF_{ij},由此建立SDS过程与各自源地的关系,获得SDS过程的分布。由此可获得区域或年度分布。

2 结果分析

2.1 沙尘过程的空气质量PLAM指数分析

提取影响沙尘天气发展变化(加强或减弱)的大气敏感信号参数十分有意义。研究发现,诸如最高温度、相对湿度、弱风等会带来空气质量变差,在描述气象条件与空气质量影响相关联的式(1)中,影响初估值PLAM'为如下形式:

$$PLAM' = \theta_e \frac{f_c}{C_p T} \tag{2}$$

PLAM'是空气质量PLAM指数的气象参数的初始场^[33]。式(2)中,f_c为凝结函数; θ_e 为湿相当位温;T为气温;C_p为定压比热。各变量为:

湿位温 θ_e :

$$\theta_e = \theta \exp \left[\left(\frac{Lw}{C_p T} \right) \right] \tag{3}$$

凝结函数f_c:

$$f_c = f_{cd} \left[\left(1 + \frac{L}{C_p} \frac{\partial q_s}{\partial T} \right)_p \right] \tag{4}$$

f_{cd}为干空气凝结函数:

$$f_{cd} = \left[\left(\frac{\partial q_s}{\partial P} \right)_T + \gamma_p \left(\frac{\partial q_s}{\partial T} \right)_p \right] \tag{5}$$

其中,干绝热直减率:

$$\gamma_p = \frac{R_d}{C_p} \frac{T}{P} \tag{6}$$

式(2)给出的落入影响域中第 ij 点的与沙尘气溶胶浓度相关联的空气质量指数初估值可以根据实际气象要素分布计算给出。本文中, C_{ij} 为进入“影响域”中单位污染气溶胶浓度的贡献, 采用单位沙尘气溶胶浓度观测值高于给定临界值的区域平均值 ($PM_{10}/(\mu g \cdot m^{-3})$)。2000 年以来 PM_{10} 观测资料已经具备。其他时段和地区, 用空气污染指数 API (Air Pollution Index) 与 PM_{10} 相关(图 2)、能见度与 PM_{10} 或

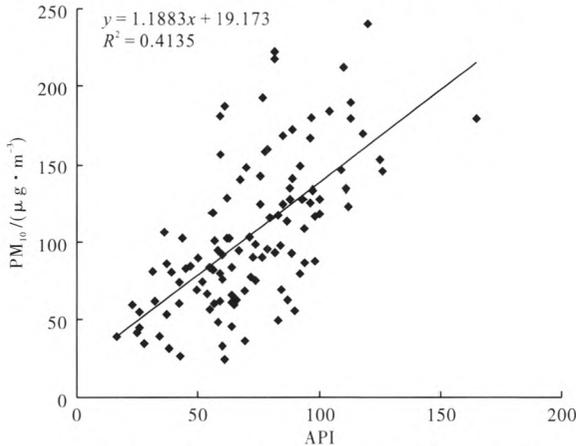


图 2 2008 年 6 月 1 日至 7 月 20 日北京 API 与 PM_{10} 浓度相关分析

Fig. 2 Correlation analysis between API and PM_{10} in Beijing from June 1 to July 20, 2008

气溶胶光学厚度 (AOD) 的关系反演得到。1980—2005 年中国 504 站 AOD_{550} [25] 对气溶胶特征分布的分析应用可用于对 PM_{10} 的相关分析和计算 [34-35]。

为考察由大气参数计算的 PLAM 与沙尘气溶胶 PM_{10} 浓度的关系, 根据式(2)气象初估场计算, 以及局地(具体地点)风场、时间、季节因子等, 采用 2008 年 1—12 月逐日观测气象要素资料, 计算了空气质量指数 PLAM [33], 并分析其与沙尘气溶胶 PM_{10} 浓度的相关。图 3 为 2008 年 1—12 月北京逐日空气质量指数 PLAM 与 PM_{10} 浓度日平均值的相关分析。

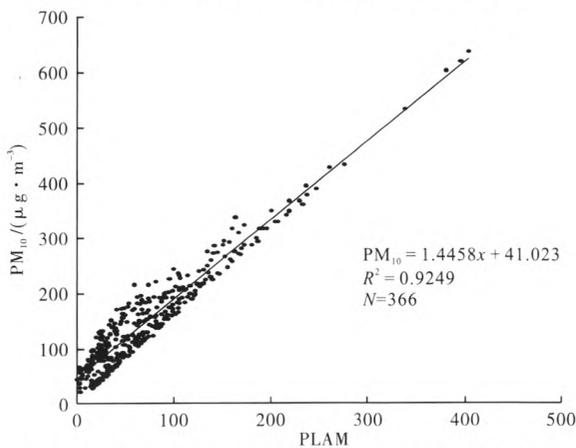


图 3 2008 年北京逐日 PLAM 与 PM_{10} 浓度相关分析
Fig. 3 Correlation analysis between daily PLAM and PM_{10} in Beijing in 2008

图 3 表明, 相关系数 $R^2 = 0.9$, 达到 0.001 的显著性水平。可见 PLAM 对描述沙尘气溶胶浓度特征具有显著敏感性和指示意义。由此, 空气质量气象条件 PLAM 指数可根据任意地点的气象参数计算得到 [31-33]。进一步通过潜势源地贡献函数 PSCF 分布获得沙尘天气过程及其路径分布。

2.2 中国春季沙尘天气过程年际变化距平特征分析

基于空气质量气象条件 PLAM 计算, 图 4 给出由式(1)计算的 1980—2011 年春季(3—5 月)沙尘暴

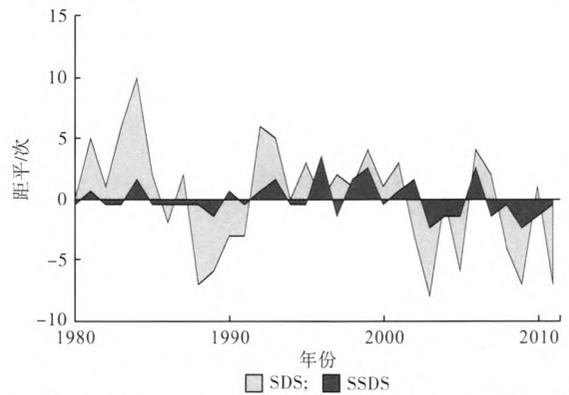


图 4 1980—2011 年春季中国沙尘暴 (SDS) 与强沙尘暴过程总数距平 (SSDS) 分析

Fig. 4 Anomaly of the total numbers of sand dust storm (SDS) and strong SDS in spring during 1980 to 2011 in China

(SDS) 天气过程年度总数分布结果的距平变化时间序列(图中还叠加了包含于总数中强沙尘暴数 (SSDS) 的距平(深色)以供参考)。1980—2007 年过程分布计算结果与国家气象档案馆的馆藏历史天气图进行了一致性检查分析 [21]。2000 年以来《沙尘天气年鉴》正式出版, 本文的计算结果还与《沙尘天气年鉴》的数据进行了比对分析, 结果是一致的。由图 4 可见, 1980—1991 年, 前 6 a 沙尘天气过程总数的距平正距平为主要趋势, 后 6 a 为负距平。正负距平的变化幅度较为相当。1992—2011 年, 沙尘天气过程总数的距平值呈现显著变化, 但时间尺度增加了 1 倍, 前 10 a (1992—2001) 为正距平, 后 10 a (2002—2011) 为负距平, 1992—2011 沙尘过程总数正负距平的变化幅度也较为相当, 但其中强沙尘暴的正负幅度似乎比前 12 a 偏高。可见, 沙尘暴过程强度年际变化和多年变化特征均较为复杂, 并非单调减或单调增, 需要进一步分析研究。

2.3 沙尘天气过程演变的三次样条 (spline) 趋势分析

2.3.1 三次样条的趋势特征分析

为了揭示上述这类长序列信息的历史趋势, 给出以下理论假定: 即认为任意历史时段信息都是具

有历史持续性特征与历史变化趋势特征信息的叠加与并存的特征。由此,在各历史变化的“转折点”处,其资料信息的变化也应当是持续性与变化叠加并存的集中表现区^[35]。因此对历史样本为 n 的序列 x_i ,其对应的时刻为 t_i 。如果将 t_1, t_2, \dots, t_n 分成 m 段,需在 t_i 中插入 $m-1$ 个分点,即有:

$$t_1 < \eta_1 < \eta_2 < \eta_{m-1} < t_n \quad (7)$$

为了方便,两端各引入一个新的分点 η_0 和 η_m ,令 $\eta_0 < t_1, t_n \leq \eta_m$ 以便构造拟合函数,每个分结点 $\eta_0, \eta_1, \eta_2, \dots, \eta_m$ 为设定的已知数。可按式(8)给出的历史样本为 n (年)的序列 x_i ,对应的时刻为 t_i 阶段中,将 t_1, t_2, \dots, t_n 分成 m 段,在 t_i 中插入 $m-1$ 个分点,如上所述,要求 $F(t)$ 在 $m-1$ 个的每个分点上的相邻两个多项式都满足其历史持续性趋势与历史变化信息的连续与叠加表达。

为揭示长历史资料记录的趋势,对分段后的资料以多项式形式给出,并在每一个分段节点上保持其二阶导数连续。这样构造的“分段”多项式可用三次样条函数等加以描述。由此,式(8)表达为:

$$F(t) = \begin{cases} X_1(t) & \eta_0 < t \leq \eta_1 \\ X_2(t) & \eta_1 < t \leq \eta_2 \\ \dots & \dots \\ X_m(t) & \eta_{m-1} < t \leq \eta_m \end{cases} \quad (8)$$

$$F(t) = \sum V_{kj} a_{kj}(s) \quad (k=1, 2, \dots, m) \quad (j=0, 3) \quad (9)$$

$$s = (2t - \eta_{k-1} - \eta_k) / (\eta_k - \eta_{k-1}) = 2(t - \eta_{k-1}) / (\eta_k - \eta_{k-1}) - 1 \quad (10)$$

$$\begin{cases} a_{k0}(s) = 1 \\ a_{k1}(s) = s \\ a_{k2}(s) = 2s^2 \\ a_{k3}(s) = 4s^3 - 3s \end{cases} \quad (11)$$

张光智等^[36]和魏凤英^[37]采用三次样条函数(spline)分析研究百年台风历史系列资料表明,三次样条函数拟合方法可较好的揭示嵌入历史演变序列中的气候趋势特征。式(9)中函数采用三次样条用矩阵行列式方法求解。由式(11)可以计算出处于不同结点(k)处的因 s 而变化的 a_{k0}, a_{k1}, a_{k2} 和 a_{k3} 。于是,剩下的问题是如何给出式(9)中函数 V_{kj} 的求解。应用拉格朗日乘子法,上述条件极值化为无条件极值问题以确定 V_{kj} 。

采用消元法^[38]以给定的时间序列进行分段曲线拟合的方式,反映历史过程的真实趋势。

2.3.2 沙尘天气过程波动变化趋势特征

上节讨论的三次样条函数多项式给出历史事件的有意义的趋势,即综合描述了历史持续性特征与历史变化趋势特征信息的叠加与并存特征。如

图5所示,给出1980—2011年沙尘暴历史持续性

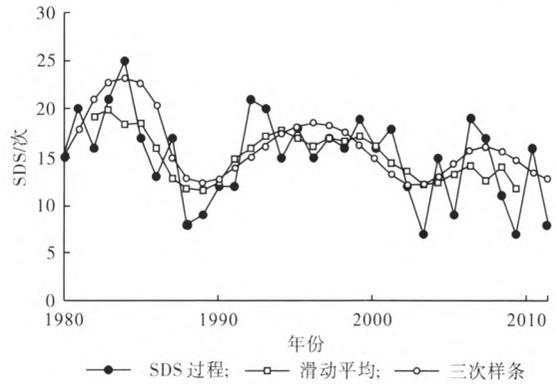


图5 1980—2011年中国春季沙尘天气过程的三次样条分析

Fig. 5 Spline analysis of three SDS weather processes in spring from 1980 to 2011 in China

特征与转折变化趋势的叠加并存特征显著。从spline拟合曲线反映出准10 a的波动活动特征。1980—1989年的10 a期间出现第一次波动,波峰出现在1984年,峰值23,波谷位于1989年,低值为12。1990—2002年,历时约13 a为第二次沙尘高峰期,峰值约为18,低谷值仍为12。2003—2011年,历时约9 a为第三次沙尘高峰期,峰值约为16,低值仍为12。

3 结论

(1)研究伴随天气系统产生和移动的有组织沙尘天气过程(东亚伴随蒙古气旋、或移至中国继续发展的华北气旋、东北低压等)强度和频率的年代际变化,可获得和改善对沙尘暴强度气候变化意义的理解。基于沙尘气溶胶(PM_{10})潜势源地贡献函数PSCF方法,发展空气质量气象条件指数PLAM对沙尘天气过程的路径跟踪方法,对东北亚地区伴随天气系统产生的移动型沙尘天气过程的范围和强度进行客观分析与评估表明,空气质量气象条件指数PLAM对跟踪描述沙尘过程气溶胶浓度变化、分布具有敏感性和指示意义。

(2)1980—2011年春季影响中国和东北亚地区与大尺度天气系统伴随出现的沙尘暴过程强度年际变化和多年变化特征较为复杂,并非单调减或单调增。

(3)1980—2011年沙尘天气过程历史持续性与转折突变性并存,呈现一种波状的变化,并显现出一种准10 a的波动振荡变化趋势特征。值得重视的是,沙尘暴过程强度的波动变化不仅是全球气候变化的一种结果和响应。反之,沙尘暴过程强度的多年变化会反馈影响气候变化,有待进一步深入研究。

参考文献

- [1] Brazel A J, Nicking W C. The relationship of weather types to dust storm generation in Arizona[J]. *Journal of Climatology*, 1986, 6(3): 255 - 275.
- [2] Cuevas E, José M B, Carlos P, et al. The SDS-GEO Europe GEO-System oriented System [C]//International Sand and Dust Storm Warning System. Barcelona: WMO/GEO Expert Meeting, 2007: 7 - 9.
- [3] Franzen L G. The Saharan dust episode of southern, central Europe, and northern Scandinavia in March 1991 [J]. *Weather*, 1995, 50(9): 313 - 318.
- [4] Joseph P, Raipal D K, Deka S N, et al. The convective dust storms of Northwest India [J]. *Mausam*, 1980 (31): 431 - 442.
- [5] Iwasaka Y. The transport and spacial scale of Asian dust-storm clouds; a case study of the dust-storm event of April [J]. *Tellus B*, 1983, 35(3): 189 - 196.
- [6] Zhao T L, Gong S L, Zhang X Y, et al. Asian dust storm influence on North American ambient PM levels: observational evidence and controlling factors [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 2007, 7(4): 9663 - 9686.
- [7] Zhou X J, Xu X D, Yan P, et al. Dynamic characteristics of spring sandstorms in 2000 [J]. *Science in China Series D*, 2002, 45(10): 921 - 930.
- [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]. *地球科学进展*, 2000, 15(4): 561 - 364.
- [9] 孙军, 李泽椿. 西北地区沙尘暴预报方法的初步研究 [J]. *气象*, 2001, 27(1): 19 - 24.
- [10] Zhu H, Zhang H S. An estimation of the threshold friction velocities over the three different dust storm source areas in northwest China [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2010, 68(6): 977 - 984.
- [11] Zhang X Y, Wang Y Q, Wang D, et al. Characterization and sources of regional-scale transported carbonaceous and dust aerosols from different pathways in coastal and sandy land areas of China [J]. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 2005, 110, D15301, doi: 10.1029/2004JD005457.
- [12] 石广玉, 赵思雄. 沙尘暴研究中的若干科学问题 [J]. *大气科学*, 2003, 27(4): 591 - 606.
- [13] Zhu T, Ding J, Xu B Y, et al. Study on inorganic components in particles of dust storm with diffuse reflectance infrared [J]. *Fourier Transform Spectroscopic (DRIFTS)*, 2003, 42(3): 257 - 261.
- [14] 张小曳. 亚洲沙尘暴及其数值预报系统 [M]. 北京: 气象出版社, 2006: 373 - 459.
- [15] Gong S L, Zhang X Y. CUACE/Dust-an integrated system of observation and modeling systems for operational dust forecasting in Asia [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2008, 8(8): 2333 - 2340.
- [16] Zhou C H, Gong S L, Zhang X Y, et al. Development and evaluation of an operational SDS forecasting system for East Asia: CUACE/Dust [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2008, 8(4): 787 - 798.
- [17] Niu T, Gong S L, Zhu G F. Data assimilation of dust aerosol observations for the CUACE/dust forecasting system [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2008, 8(13): 3473 - 3482.
- [18] Jiang X G, Chen S J. An observational and numerical study on the topography influence on the dust transportation [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2008, 6(1): 1 - 12.
- [19] Kang D J, Wang H J. Analysis on the decadal scale variation of the dust storm in North China [J]. *Science in China Series D*, 2005, 8(12): 42260 - 42266.
- [20] Song M H, Qian Z A, Cai Y, et al. Analyses of spring mean circulations for strong and weak dust storm activity year in China-Mongolia area [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2007, 65(1): 94 - 104.
- [21] Wang J Z, Yang Y Q, Zhou C H, et al. A Study on Weather Process Characteristics of Spring SDS in 1980-2007 [C]//Paper collections of international conference on SDS. Wulumuqi: International Conference on SDS, 2008: 24 - 25.
- [22] Yang, Y Q, Hou Q, Zhou C H, et al. Sand/dust storm processes in Northeast Asia and associated large-scale circulations [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2008, 8(1): 25 - 33.
- [23] Yang Y Q, Wang J Z, Hou Q, et al. Discriminant Genetic Algorithm Extended (DGAE) model for seasonal sand and dust storm prediction [J]. *Science in China Series D*, 2011, 54(1): 10 - 18.
- [24] Ashbaugh L L. A Statistical trajectory technique for determining air pollution source regions [J]. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 1983, 33(11): 1096 - 1098.
- [25] Chen L X, Zhang B, Zhu W Q, et al. Variation of atmospheric aerosol optical depth and its relationship with climate change in China east of 100° E over the last 50 years [J]. *Theoretical and Applied Climatology*, 2009, 96(12): 191 - 199.
- [26] Wang Y Q, Zhang X Y, Richard A. The contribution from distant dust sources to the atmospheric particulate matter loadings at Xi An, China during spring [J]. *Science of the Environment*, 2006, 368(2/3): 875 - 833.
- [27] 车慧正, 张小曳, 石广玉, 等. 灰霾天气下毛乌素沙漠地区大气气溶胶的光学特征 [J]. *中国粉体技术*, 2005

- (3):4-7.
- [28] 寿幼平, 乔建哲, 徐静. 颗粒物干沉降对 AERMOD 模型预测大气污染的影响[J]. 气象与环境学报, 2012, 28(4):16-21.
- [29] 窦筱艳, 许嘉, 韩德辉, 等. 西宁市典型污染日 PM₁₀ 输送规律研究[J]. 气象与环境学报, 2012, 28(2):85-90.
- [30] Wang Y Q, Zhang X Y, Gong S L, et al. Surface observation of sand and dust storm in East Asia and its application in CUACE/Dust[J]. Atmospheric Chemistry and Physics, 2008, 8(3):545-553.
- [31] Zhang X Y, Wang Y Q, Gong S L, et al. Changes of Atmospheric Composition and Optical Properties over Beijing 2008 Olympic Monitoring Campaign[J]. BAMS, 2009, 90(11):1633-1649.
- [32] 杨元琴, 王继志, 侯青, 等. 北京夏季空气质量的气象指数预报[J]. 应用气象学报, 2009, 20(6):649-655.
- [33] Wang J Z, Gong S L, Zhang X Y, et al. A Parameterized Method for Air-Quality Diagnosis and Its Applications[J]. Advances in Meteorology, 2012, doi: 10.1155/2012/238589.
- [34] Wang J Z, Yang Y Q, Zhang G Z, et al. Climatic trend of cloud amount related to the aerosol characteristics in Beijing during 1950-2005[J]. Acta Meteorologica Sinica, 2010, 24(6):762-775.
- [35] 王继志, 李多, 杨元琴, 等. 我国北方冬季雨雪年度变化与大气气溶胶分布特征研究[J]. 气象与环境学报, 2011, 27(6):66-71.
- [36] Zhang G Z, Zhang X G, Wei F Y. A study on the variations of annual frequency for tropical cyclone in north-west pacific during the last hundred years[J]. Journal of Tropical Meteorology, 1995, 11(4):315-323.
- [37] 魏凤英. 现代气候统计诊断预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999:247-269.
- [38] 沈永欢, 梁在中. 实用数学手册[M]. 北京: 科学出版社, 2003:790-1065.

Sand dust weather and its variation in China based on PLAM index tracking method

WANG Ji-zhi YANG Yuan-qin WANG Ya-qiang ZHANG Guang-zhi

(Atmospheric Composition Observing & Service Center, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Using the meteorological observational data from automatic weather stations and intensive weather stations, the radiosonde data, the weather charts and so on, the tracking analysis of sand-dust weather was developed by the PLAM (parameters of air quality and meteorology) index based on the sand dust deposited PSCF (potential source contribution function) method. A spline trend analysis method was also used to investigate the strength variability of the SDS systems. The distributions of sand dust weather from 1980 to 2011 in North-East Asia region were presented. The annual variation of sand dust weather process was studied using a spline trend analysis method. The results show that the annual intensity variation of sand dust weather process is not in a monotonously decreasing trend and it has a wave change status with both a historical persistence and abrupt transition. Meanwhile, it has a 10 years high-low oscillation.

Key words: Sand storm; Wave-like trends; Potential source contribution function (PSCF) method; Air quality meteorology index