

中国北方强沙尘暴受月相调制现象初探

吴绍华¹, 周生路¹, 叶 玮²

(1 南京大学城市与资源学系, 江苏 南京 210093; 2 浙江师范大学旅游与资源管理学院, 浙江 金华 321004)

摘要: 沙尘暴作为多种因素共同作用的产物,其成因机制的研究不可忽视地球外部环境的影响。通过对49年间(1954–2002)中国北方223例典型强沙尘暴事件分析,计算出了沙尘暴发生日期的月球黄经 λ_m 、太阳黄经 λ_s ,得到月相角 $D=(\lambda_m-\lambda_s)$ 。运用统计分析的方法,发现沙尘暴发生的频次与月相角有明显的相关关系。研究结果发现:(1)沙尘暴发生的频次的极大值区在 $[30^\circ, 42^\circ]$ 和 $[306^\circ, 318^\circ]$ 的月相角区间内,低值区在 $[78^\circ, 90^\circ]$ 和 $[258^\circ, 270^\circ]$ 的月相角区间内;(2)沙尘暴发生有明显的小周期(1/4月波),同时,文章还分析了月相对沙尘暴发生的调制机制,探讨月相影响下固体潮、重力场、大气压等对沙尘暴影响的数量级。

关键词: 中国北方 典型强沙尘暴 月相 调制

中图分类号: P445.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000–6060(2006)02–0201–06

20世纪20年代起国际上就开始了对沙尘暴时空分布、成因与结构以及监测与对策等方面的研究,中国从70年代也开始了对沙尘暴的研究^[1]。中国的沙尘暴区属于中亚沙尘暴区的一部分,主要发生在北方,总的特点是西北多于东北地区,平原(或盆地)多于山区,沙漠及其边缘多于其他地区;中国沙尘暴春季最多,约占全年总数的50%,夏季次之,秋季(新疆地区为冬季)最少,并有工作系统地分析了这种季节变化的原因。20世纪90年代以来,中国学者对沙尘暴的源区、时空特征和天气气候成因等方面颇为关注^[2–4]。这些研究发现,沙尘暴的形成需要有大风、沙尘物质和不稳定的空气状态等3个基本条件^[5];沙尘暴是多种因素共同作用的产物,尤其是特强沙尘暴的发生发展,在具备宏观的气候和下垫面条件的前提下,还需有利的环流形势和天气系统相配合^[3]。

目前,对沙尘暴的成因分析基本围绕大风、沙尘物质和不稳定的空气状态等3个基本条件展开分析,特别是在沙尘暴天气方面已有充分的研究。但这些研究仅仅从地球的内部系统展开的,忽视了地球的外部条件。地球作为一个开放的系统,外部条件(如地球运动参数、地月引力、太阳活动等)影响着全球的气候与地理环境。沙尘暴作为多种因素共同

作用的产物,我们同样不能忽视地球外部环境的影响因素。太阳、月球与地球的关系十分密切。月球和太阳,地球三者间的相对位置的改变称为相变化。对地球引力场的影响主要来自太阳和月球,那么引潮力的变化对沙尘暴的孕育过程是否有调制或触发作用?月球与沙尘暴究竟有没联系呢?

因此,为考察典型沙尘暴与固体潮汐的关系,尤其是与月亮潮汐的关系,本文选取了中国北方典型强沙尘暴(1954–2002)进行研究,从统计学角度给出研究区内典型沙尘暴与月相效应的相关特征,以期能从外空环境因素方面为典型强沙尘暴预测研究、尤其是长期沙尘暴预测提供背景性依据,希望对进一步了解北方沙尘暴演变规律、变化原因有所帮助。

1 研究方法

1.1 数据来源

本文所用的典型强沙尘暴数据来自周自江、章国材统计的中国北方典型沙尘暴事件^[6],其中沙尘暴相关的大风、能见度资料主要取自中国681个气象站逐日的沙尘暴原始的地面记录表和风速自记纸,资料年代为1954–2002年。该统计典型强沙尘暴的认定标准为:(1)同一次天气过程,引起中国境

内有 3 个或 3 个以上站达到强沙尘暴标准;(2)同一次天气过程,引起中国境内有两个站达到强沙尘暴标准,另有 3 个以上站达到中等强度沙尘暴标准;(3)同一次天气过程,引起中国境内有 1 个站达到强沙尘暴标准,另有 5 个以上站达到中等强度沙尘暴标准。在 1954-2002,49 年间中国共出现了 223 次典型强沙尘暴事件。

1.2 月相计算

月相角 D 定义为月亮黄经 λ_m 和太阳黄经 λ_s 的差:

$$D = \lambda_m - \lambda_s \quad , \quad (1)$$

$$\lambda_m = s + \text{月亮黄经的摄动项(取 105 项)} \quad , \quad (2)$$

$$\lambda_s = h + \text{太阳黄经的摄动项(取 3 项)} \quad , \quad (3)$$

$$s = 218.31643^\circ + [(0.000005^\circ T - 0.00161^\circ) T + 481267.88128^\circ] T \quad , \quad (4)$$

$$h = 280.46607^\circ + (0.0003^\circ T + 36000.7698^\circ) T \quad , \quad (5)$$

式中: T 为自 2000 年 1 月 1 日 12 时 ($JD = 2451545.0TDB$) 起算的儒略世纪数, s 、 h 分别为太阳和月亮的平黄经(郝钦文等,1986;李瑞浩,1988)。

D 从 0° 到 360° 变化,其周期为天文学的平均朔望月,大约合 2 953 059 太阳日, D 每日的变化约为 12° 。沙尘暴发生时刻月相角 D 的变化体现了日、月、地三者的空间关系。从朔起算, 12° 的月相角大约对应一个太阳日的时间,文中提及的太阳日均从朔起算,因此,第一太阳日与中国阴历的初一基本对应,依次类推。 $D = 0^\circ$ 和 $D = 360^\circ$ 与通常所说的朔,即中国阴历初一左右对应; $D = 180^\circ$ 与通常所说的望,即中国阴历十五左右对应, $D = 90^\circ$ 和 $D = 270^\circ$, 即通常说的上弦月与下弦月。

2 典型强沙尘暴与月相相关关系分析

2.1 月相区间内的频次统计

运用(1)的计算方法,计算出 223 次典型强沙尘暴发生日期的月相角 D ,为了计算和方便表示,从月相角 0 度开始,以 $\pm 6^\circ$ 为统计长度,将月相角分为 30 个区间,每个区间 12 度(约为一个太阳日),统计出各月相角区间内沙尘暴发生的频次 N ,沙尘暴发生频次在月相角的分布见图 1。

从图上可以看出:

(1) 在月相角区间 $[30^\circ, 42^\circ]$ 和 $[306^\circ, 318^\circ]$ 上是沙尘暴发生频次的极大值区(均为 15 次,频次高

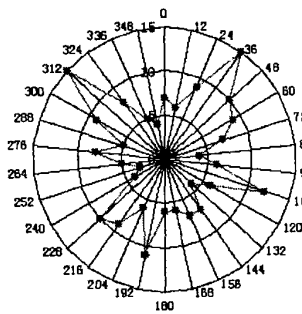


图 1 中国北方典型强沙尘暴在 12°月相角区间上的发生频次
Fig.1 Frequency of Sandstorm at Each Lunar phase

于均值的 2 倍标准偏差),大约分别对应于第三(朔后的第 3 天)、第 26 个太阳日(下弦月后 3 天);

(2)在月相角区间 $[102^\circ, 114^\circ]$ 和 $[186^\circ, 198^\circ]$ 上是沙尘暴发生频次的次极大值区(分别为 12、11),分别对应于第 9(上弦月后 1 天)、第 16 个太阳日(望后 1 天);

(3)低值区在区间 $[78^\circ, 90^\circ]$ 和 $[258^\circ, 270^\circ]$ 上,大致与上、下弦月对应。运用 SPSS 软件对中国北方典型强沙尘暴数据进行统计描述,见表 1。

样本偏离系数(S)用于定量地表示样本的对称程度,正态分布数据的对称系数 $S = 0$ 。当样本前半段的低值样本量大于后半段的低值样本量时, $S < 0$;当样本前半段的低值样本量小于后半段的低值样本量时, $S > 0$ 。从统计结果 $S = 0.407$ (表 1)看,强沙尘暴在 $1^\circ \sim 180^\circ$ 月相角上的数目大于 $181^\circ \sim 360^\circ$ 月相角上的数目,说明沙尘暴对月相角有显著的响应。

样本峰度系数(K)用于定量地表示样本波峰的尖锐程度,正态分布数据的波峰尖锐程度 $K = 0$ 。当样本波峰比正态分布的波峰更尖锐时, $K > 0$;当

表 1 中国典型强沙尘暴在月相角上分布的统计特征
Tab.1 The statistics Sandstorm at Each Lunar phase

名称	数值	名称	数值
样本量	223	平均值	7.433
统计数目和	223	标准偏差	3.048
最小数值	3	偏离系数(s)	0.407
最大数值	15	峰度系数(k)	0.762

样本波峰比正态分布的波峰更平缓时 $K < 1$ 。从统计结果 $K = 0.762$ (表 1)看,中国北方地区典型强沙尘暴在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 月相角上分布呈现出的波峰明显比

正态分布的波峰要尖锐得多,说明沙尘暴对月相角有突出的响应。统计分析显示,在本文研究的中国北方沙尘暴的发生与月相角明显相关。

2.2 频次在月相角上的分布分析

为探讨沙尘暴在各月相角上的分布规律,下面就对各月相角上的沙尘暴发生频次进行随机性检验。 360° 的月相角每 12° 分为一个区间可分为 30 个区间(每个区间近似一个太阳日)。频次 N 落入一个区间内概率可用 $P_N = \frac{e^{-r} r^N}{N!}$ (其中 r 是每个区间内频次的期望值,即 $223/30 = 7.433$, e 是自然对数的底)进行计算,则含有沙尘暴发生 N 次的区间的期望值可由 $E(N) = P_N \times 30$ 计算,这样可以分别算出 0~15 各频次的区间的期望。然后分别数出含有 0~15 次的区间的个数。

根据月相角内沙尘暴发生的频次的数学期望(E)与实测值(Q)即可进行 χ^2 检验,统计量可以表示为: $\chi^2 = \sum \frac{(Q-E)^2}{E}$, χ^2 统计量的自由度 $\nu = (N-2) = 13$,在 5% 的显著性水平下 χ^2 的临界值为 22.4,而计算所得的 χ^2 测试值等于 26.917,舍弃控制点是由泊松分布随机取样的假设。排除随机分布,我们认为沙尘暴在月相角上的分布是有规律性的。

2.3 沙尘暴发生的频次周期分析

将每月相区间上的沙尘暴的发生的总频次应用三角函数多项式,通过最小二乘法模拟月相效应曲线,确定拟合方程为:

$$N_1 = a_0 + b_0 t + a_1 \cos\left(\frac{\pi t}{15}\right) + b_1 \sin\left(\frac{\pi t}{15}\right) + a_2 \cos\left(\frac{2\pi t}{15}\right) + b_2 \sin\left(\frac{2\pi t}{15}\right) + a_3 \cos\left(\frac{3\pi t}{15}\right) + b_3 \sin\left(\frac{3\pi t}{15}\right) + a_4 \cos\left(\frac{4\pi t}{15}\right) + b_4 \sin\left(\frac{4\pi t}{15}\right), \quad (6)$$

式中: a_i , b_i 为待定系数, t 月相区间,运用 MATLAB 软件,求得系数 $a_0 = 8.6540$, $b_0 = -0.0842$, $a_1 = 0.6670$, $b_1 = -0.4420$, $a_2 = 0.2736$, $b_2 = 0.1202$, $a_3 = -1.5041$, $b_3 = -0.4145$, $a_4 = -1.8242$, $b_4 = 1.3903$ 。

由各月相区间上总频次拟合出的月相效应曲线,如图 2 所示:

从月相效应曲线可以看出,朔、望后 2~3 个太阳日是沙尘暴发生的高峰期,这说明沙尘暴的高峰期

期滞后于月相的朔望。上弦月、下弦月是沙尘暴发生的低值区,但在下弦月的 2~3 个太阳日有一频次高峰,这与月相效应不太一致。

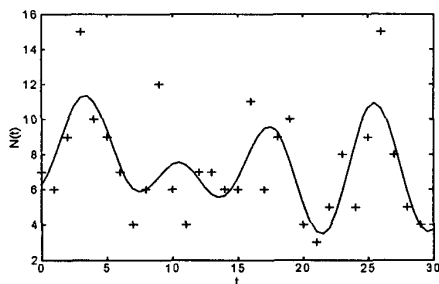


图 2 沙尘暴发生的月相效应曲线

Fig. 2 Lunar phases effector curve

对月相效应曲线进行谐波分析,振幅表示某一阶调和对于总函数变差所做的贡献,即反映某一频率(或周期)对频次的贡献大小,其振幅计算公式为 $\sqrt{a_i^2 + b_i^2}/2$,月相效应曲线的谐波成分见表 2。

表 2 月相效应曲线的谐波成分

Tab. 2 The proportion of harmonic wave in lunar phases effector curve

频率	周期成分	振幅
$\pi/15$	全月波	0.32
$2\pi/15$	1/2 月波	0.045
$3\pi/15$	1/3 月波	1.217
$4\pi/15$	1/4 月波	2.63

从图 2,表 2,可以看出拟合的月相效应曲线和振幅频谱表现出较好的周期性,其中 1/4 月波是月相效应曲线谐波的主要成分,同时 1/3 月波也不容忽视。

3 月相调制机制探讨

统计分析的结果表明沙尘暴与月相有明显的相关关系,月相对沙尘暴的发生只作为外因影响沙尘暴的发生,其调制放大的作用。笔者认为月相的调制机制主要通过以下两个方面发生作用:(1)引潮力引起的固体潮直接作用地球表面。(2)月球影响天气过程间接影响沙尘暴的发生。下文根据这思路,对月相调制的影响因子展开分析并进行估算。

3.1 固体潮对沙源表面特性的影响

固体潮指地球整体在太阳和月球的起潮力作用下所产生的地面变形,引起一些在地表面上可以用仪器直接观测到的地球物理现象。地面上任意 A

点的起潮力位,等于天体对该点的引力位与该点的绕月地质心旋转产生的惯性离心力位之和,可用一个关于 $\cos z$ 的勒让德多项式^[7]表示:

$$W(A) = GM \sum_{n=2}^{\infty} \frac{r^n}{d^{n+1}} P_n(\cos z) \quad , \quad (7)$$

式中: $W(A)$ 为 A 点的起潮力位, G 为万有引力常数, M 为地球质量, r 为地球半径, d 月球质心与地球质心的间距, Z 为 A 点的地心天顶距。在上式中 d 是时间的函数, r 是 A 点在地球表面位置的函数, 而 z 是 A 点在地球表面的位置和时间的函数, 所以上式反映了月球在地球内部产生的引潮位的空间分布特点随时间的变化规律。地球固体内每点都有引力位的存在, 因此都有相对应的位移, 再加上地表沉积物或土壤的可移动特性, 其结果使深厚的沉积层内的碎屑物质发生移动, 导致沉积层的松散化。

根据引潮位的表达式(1), 可以导出杜森常数 D

$$D = \frac{3}{4} GM \frac{a^2}{c^3} \quad , \quad (8)$$

a 为地球体积的球半径, c 为月球与地球的平均距离, 可计算得 $D = 2.620629 \text{ m}^2/\text{s}^2$ 。现在我们可以很容易的估计出潮汐的数量级, 大地水准面潮汐的表达式为:

$$h = \frac{D}{g} \quad , \quad (9)$$

式中: h 为大地水准面的理论位移, g 为重力加速度, 取 9.820240 m/s^2 , 可以估算出大地水准面潮汐的理论位移^[7] 0.2674 m 。相对于海洋潮汐变形来说, 固体潮引起的地球形变极其微小的, 但它促使沙源表面的疏松化的作用是不可忽视的。因为沙尘有类似于流体的性质, 其在潮引力作用下的变形比其他固体物质的大, 为了更形象说明固体潮引起的地球形变把松散沉积物或土壤表层假设为类流体的物质。

如图 3^[8]所示, 在对月点 a 和对月点 c 处, 沙尘在固体潮引力的作用下形成两个遥相对应的潮峰, 与此同时 b, d 两处形成潮谷。在地球的自转过程中 b 点向 c 点对月潮峰方向转去时, 该点的引力位将上升, 等它转到 c 时出现高潮, 随着地球自西向东的运动, c 点的沙尘引力位将逐渐下降, 于是就出现沙的潮起和潮落现象。一方面, 沙尘面在这样的“沙潮”过程中逐渐疏松化。另一方面, 沙尘的表面结构发生了改变, 硬结程度降低, 加速土壤水分蒸发使土壤变干, 致使沙土易被大风扬起。也就是说固体潮为沙尘的移动创造条件。同时由于固体潮引起沙源的最大松散化是发生在朔望之后, 这也就为前面分

万万数据

析沙尘暴频次的极大值滞后朔望 2~3 个太阳日的现象提供了解释的理由。

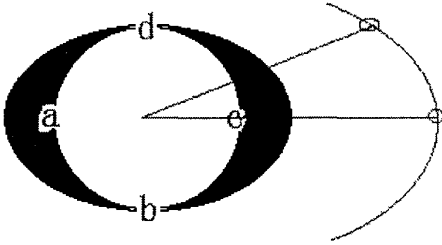


图 3 沙潮运动图

Fig. 3 Movement of sand tidy

3.2 重力改变对起动风速的影响

伴随着地球变形, 固体潮引起了重力垂直, 水平两个分量上的变化, 本文只考虑了垂直分量随时间变化表达式^[7]为:

$$\Delta g = - \left(\frac{\partial W}{\partial r} \right) = \frac{D}{r} \quad , \quad (10)$$

式中: W 为总起潮力位, D 为杜森常数, r 为地球半径。可以求得月球效应的总变化范围^[7] 为 $165 \mu\text{Gal}$, 太阳效应为 $76 \mu\text{Gal}$, 潮汐对地球表面的最大影响仅占地球自身重力加速度的四百万分之一(李瑞浩, 1988)。这对于重力加速度来说是非常小的, 但它的减少必然引起沙砾重力和摩擦阻力的减少, 也就影响了起动风速, 进而有利于沙尘的移动。

风吹过地面时产生紊流使沙离开地表, 它的动力机制与水流中泥沙的情况相似, 故可以使用下式^[9]:

$$v = k \sqrt{\frac{\sigma - \rho}{\rho} g d} \quad , \quad (11)$$

k 为系数, 分别为沙粒和空气的密度, d 为沙粒径。现假设空气密度恒定, 则由重力变化引起的起沙风速的变化量可用下式子表达:

$$\Delta v = v \sqrt{\frac{\Delta g}{g}} \quad , \quad (12)$$

其中: v 理论起沙风速, Δg 重力改变量。根据重力的变化范围, 可以解得起动风速的变化范围 $\Delta v = 5v \times 10^{-4} \text{ m/s}$, 虽然起动风速的变化量只有原速度的二千分子一, 但重力加速度的变化数量级是 10^{-8} , 也就是说重力加速度的变化引起了起动风速放大变化, 放大了 10^4 倍。

3.3 月相对大气垂直不稳定的影响

许多文献报道, 月相对气压日变化, 雷暴频率, 飓风以及地表温度有影响。而这些变化都与大气的垂

直不稳定相关。卓峰在文章^[11]中指出当月赤纬零值(朔望附近)时,月球引潮力场对赤道大气的垂直提升力最大,赤道大气垂直运动增强,纬向运动减弱;当月赤纬极值时,月球引潮力场对赤道大气的垂直提升力最小,赤道大气垂直运动弱,纬向运动增强。

另外全球逐日温度在新月与满月之间有 0.02 K 的涨落^[12],其解释是在满月时红外辐射增加,导致到达地球的太阳能有所增加。

月相变化引起的气体潮和地表温度的变化,共同强化了大气的垂直不稳定,因此月相的变化,对沙尘暴的发生有触发作用。

4 结果与讨论

通过统计分析,我国北方典型强沙尘暴的发生在一个月相周期内,随着月相的变化而周期变化。根据现在的研究成果,形成沙尘暴必须同时具备强风、沙源和不稳定大气三个条件。强风是沙尘暴的启动动力;丰富的沙源是沙尘暴的物质基础;不稳定的大气条件促使风力增大,强对流的产生和发展则会高高地卷扬起沙尘。而地月之间的空间位置的变化,对上述的三个条件都会产生影响,因此我们有理由相信月相的变化与沙尘暴发生之间确实是存在一定的相关关系的。通过分析,作者认为沙尘暴的发生与月相存在相关性,其理由如下:

(1)月相的变化引起固体潮的变化,促使沙源体的表面结构发生改变,为沙尘的移动创造条件。

(2)重力加速度的微小变化致使起动风速放大变化。

(3)月相变化引起的气体潮和地表温度的变化,强化了大气的垂直不稳定。

虽然统计分析结果表明中国北方典型强沙尘暴事件发生与月相之间存在较显著的相关关系,但同时在统计过程中,发现沙尘暴发生的峰值,朔望、上弦下弦并非对称分布,这除了可能与原始数据的误差和统计月相角时是采用发生日期的 0 时刻值计算,分组 $D = \pm 6^\circ$ 产生的误差有一定的关系外,更重要的是地月之间复杂的相互作用产生的结果。月相对沙尘暴发生的调制机制的研究自然是初步的,有待深入。

参考文献(References)

[1] Xu Guochang, Cheng Minglian, Wu Guoxiong. Analysis on 万方数据

extremely severe sandstorm in GanSU [J]. Journal of Meteorology, 1979, 4(1): 26 - 35. [徐国昌, 陈敏连, 吴国雄. 甘肃省“4.22”特大沙尘暴分析[J]. 气象学报, 1979, 4(1): 26 - 35.]

- [2] Hu Jinming, Cui Haitang, Tang Zhiyao. Temporal and spatial characteristics of sandstorm in China and the influences of human activities on its development trend [J]. Journal of Natural Disaster, 1999, 8(4): 49 - 56. [胡金明, 崔海亭, 唐志尧. 中国沙尘暴时空特征及人类活动对其发展趋势的影响[J]. 自然灾害学报, 1999, 8(4): 49 - 56.]
- [3] Wang Shigong, Dong Guangrong, Cheng Huizhong, et al. Advances in studying sand - dust storms of China [J]. Journal of Desert Research, 2000, 20(4): 349 - 356. [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.]
- [4] Fang Zhongyi, Zhu Fukang, Jiang Jix, et al. Research on Sandstorms in China [M]. Beijing: Meteorology press, 1997. 158 - 160. [方宗义, 朱福康, 江吉喜, 等. 中国沙尘暴研究[M]. 北京: 气象出版社, 1997. 158 - 160.]
- [5] Xia xucheng, Yang Gengsheng. Disaster of sand storm and its control [M]. Beijing: Environmental Sciences Press, 1996. 128 - 139. [夏训诚, 杨根生. 中国西北地区沙尘暴灾害及防治[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996. 128 - 139.]
- [6] Qian Yibing, Wu Zhaoning, Zhang Liyun, et al. Ground surface Conditions Resulting in Dust Storms in the South Junggar Basin [J]. Arid Land Geography, 2004, 27(2): 137 - 141. [钱亦兵, 吴兆宁, 张立运, 等. 准噶尔南部沙尘暴发生的地表条件研究[J]. 干旱区地理, 2004, 27(4): 540 - 542.]
- [7] Yang Jichao, Liu Xiaodong. A Preliminary Study on Relationship of Prior Precipitation in Mid - latitude East Asia and Spring Severe, Dust Storms in Northern China [J]. Arid Land Geography, 2004, 27(3): 293 - 299. [杨续超, 刘晓东. 东亚中纬度地区前期降水对中国北方春季强沙尘暴影响初探[J]. 干旱区地理, 2004, 27(3): 293 - 299.]
- [8] Xu Jiongxin. Physico - Geographical Factors for Form action of Sand - Dust Storms in Loess Plateau Region [J]. Journal of Desert Research, 2005, 25(4): 547 - 550. [许炯心. 黄土高原地区沙尘暴形成的自然地理因素[J]. 中国沙漠, 2005, 25(4): 547 - 550.]
- [9] Wei Wenshou, Gao Weidong, Shi Yuguang, Osamu ABE. Influence of Climate and Environment Change on Dust Storms in Xin. Jiang, China [J]. Arid Land Geography, 2004, 27(2): 137 - 141. [魏文寿, 高卫东, 史玉光. 新疆地区气候与环境变化对沙尘暴的影响研究[J]. 干旱区地理, 2004, 27(2): 137 - 141.]
- [10] Zou Zijiang, Zhang Guocai, Typical Strong Sandstorms in North China (1954 - 2002) [J], Chinese Science Bulletin, 2003, 6(11): 1224 - 1228. [周自江, 章国材. 中国北方的典型沙尘暴事件(1954 - 2002 年)[J]. 科学通报, 2003, 6(11): 1224 - 1228.]
- [11] Li Li, Zhang Guomin. Lunar modulation for $M_b \geq 4.0$

- Earthquakes in the Taiwan Area and its vicinity: phenomena and statistics in temporal spatial domain[J]. Earthquake Research in China, 2001, 17 (2): 210 - 220. [李丽, 张国民. 台湾及邻区 $M_b \geq 4.0$ 地震受月相调制的时空统计研究[J]. 中国地震, 2001, 17 (2): 210 - 220.]
- [12] P. Melchior. The tides of The Planer Earth[M]. Beijing: Science Press, 1984. 12 - 24. [P·梅尔基奥尔. 行星地球固体潮[M]. 北京: 科学出版社, 1984, 12 - 24.]
- [13] Cheng Zhongyong, The tides of sea[M]. Beijing: Science Press, 1979. 171 - 176. [陈宗镛. 海洋潮汐[M]. 北京: 科学出版社, 1979, 171 - 176.]
- [14] Department of geography. Geomorphology [M]. Beijing: Higher Education Press, 1984, 78 - 80. [北京大学等地理系. 地貌学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1984, 78 - 80.]
- [15] Zhuo Feng. Oscillation of atmosphere and lunar tide generating force[J]. Meteorology, 1999, 26(8): 42 - 46. [卓峰. 大气振荡与月球引潮力[J]. 气象, 1999: 26(8): 42 - 46.]
- [16] Robertc. Balling. Jr. The effect of lunar phases on daily temperature[J]. Scientific and Technological of Meteorology, 1997(02): 38 - 40. [Robertc. Balling. Jr. 月相对全球逐日温度的影响[J]. 气象科技, 1997, (02): 38 - 40.]

A study on lunar modulation for typical strong sandstorm in North China

WU Shao-hua¹, ZHOU Shen-Lu², YE Wei²

(1 Department of Urban and Resources Science, Nanjing University, Nanjing, 210093, Jiangsu, China;

2 College of Tourism and Resources Management, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, Zhejiang, China)

Abstract: The co-relationship between Typical Strong Sandstorm and lunar phase angles is investigated in this paper. Time of each sandstorm event is change into lunar astronomic longitude(λ_m) and solar longitude(λ_s), and the lunar phase angle of event is calculated with $D = \lambda_m - \lambda_s$. Frequency of event with $D \pm 6^\circ$ is investigated and we find that optimal angles for frequency over double standard deviation are around $\{30^\circ, 42^\circ\}$ and $\{306^\circ, 318^\circ\}$. we try to analysis the relation by Tide Theory. The earth tide has changed the superficial property and the motion characteristic of sand, which makes the geotexture of sand loose. In the influence of moon, the atmospheric tide and the increase temperature reinforce the vertical instability of atmosphere. These facts acting on jointly induce sandstorm to give rise to. Significant response of typical strong sandstorm to lunar phase in special areas might provide background for sandstorm forecasting, but also get puzzle of sandstorm prediction into a narrow way.

Key Words: North China; sandstorm; modulation; co-relation analysis