

近 45 年中国扬沙和沙尘暴天气*

周 自 江

(国家气象中心,北京 100081)

摘要 本文利用 1954~1998 年中国 681 个站的气象实测资料,分析了近 45 年我国扬沙和沙尘暴天气的时空分布特征。结果表明,我国西北、华北、东北和青藏高原地区是扬沙和沙尘暴的主要影响区,其中西北地区是多发区,并有两个明显的高频中心;扬沙和沙尘暴的季节变化大致可划分为 3 种类型;45 年间除青海、内蒙古和新疆的小部分地区扬沙和沙尘暴日数呈增长趋势外,我国北方大部分地区扬沙和沙尘暴日数在减少。

进一步分析表明,扬沙、沙尘暴日数与大风日数的年际振荡及多年变化趋势有一致性;70 年代以后由大风日数减少所引起的扬沙、沙尘暴减少可能是气候准周期性变化的反映。

主题词 扬沙 沙尘暴 时空分布特征 东亚冬季风

1 引言

根据气象观测规范^[1]定义,扬沙是指由于风力较大,将地面尘沙吹起,使空气相当混浊,水平能见度在 1~10km 的天气现象,而沙尘暴是指强风把地面大量沙尘卷入空中,使空气特别混浊,水平能见度低于 1km 的天气现象。强烈的沙尘暴可能使地面水平能见度低于 50m,破坏力极大,俗称“黑风”。

关于扬沙和沙尘暴天气的研究,已有诸多成果^[2~7],但大多研究仅局限于个例分析或小范围有限代表站点分析,而且由于样品事件和资料覆盖面的差异,得出的看法也不尽相同,尤其是对我国扬沙和沙尘暴天气长期变化趋势的认识目前尚存在较大分歧,有人认为是以增加为主,也有人认为是以减少为主。那么大范围长年代的气象观测事实究竟怎样呢?为此本文首次启用了中国高密气象观测站网 681 个站点近 45 年的实测资料,对我国扬沙和沙尘暴天气的时空分布特征进行分析,特别是以点面结合的方式探讨了近几十年我国扬沙和沙尘暴天气的增减趋势等问题。

2 资料

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^[1],日界为 20:00 时。当某一次扬沙或沙尘暴过程跨越 20:00 时,按两个出现日计算;当某一天扬沙或沙尘暴过

作者简介:周自江 男 30 岁 工程师 气候学专业 E-mail:bj3@rays.cma.gov.cn

* 国家气象中心攻关项目(批准号:ZX9505)

2000-11-10 收稿,2000-11-15 收修稿

程出现两次或以上时,按一个出现日计算。

本文使用的全国 681 个站资料均取自国家气象中心归档的原始气象记录报表及其信息化产品,资料经过反复检查,质量和完整性很高。资料年代为 1954~1998 年,其中满 45 年的站有 355 个,占 52.1%,满 40 年的站有 628 个,占 92.2%。此外,通过对资料的考察发现,45 年间记有沙尘暴的站共 469 个,占 68.9%,记有扬沙的站共 594 个,占 87.2%。

3 扬沙和沙尘暴的地理分布

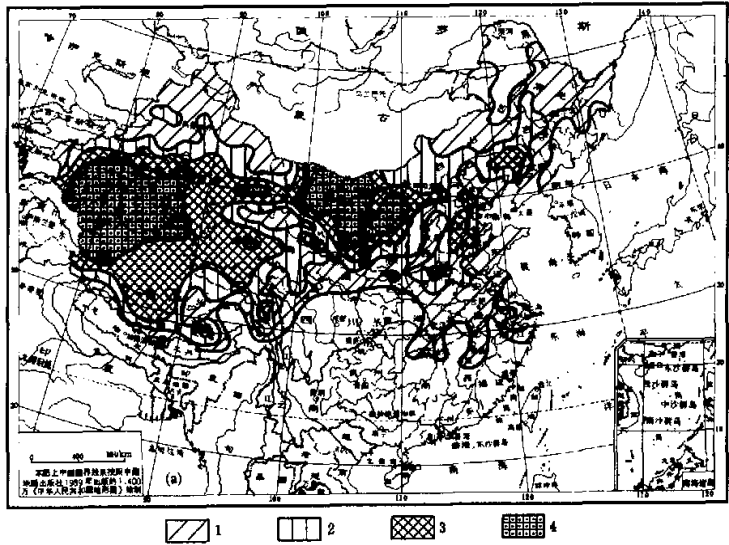
对于扬沙与沙尘暴的区划,目前尚没有统一的结论。为较准确地描述扬沙和沙尘暴的全国分布,本文暂且以 1959~1998 年 40 年平均的年总日数(记作 d_{40})为基准,依表 1 所给的值量将其划分为影响区、易发区、多发区和高频区。

表1 扬沙和沙尘暴的区划量值

Table 1 Division index values of blowing-sand and sandstorm

	量值/d			
	影响区	易发区	多发区	高频区
扬 沙	$1 \leq d_{40} < 10$	$10 \leq d_{40} < 20$	$20 \leq d_{40} < 40$	$d_{40} \geq 40$
沙尘暴	$1 \leq d_{40} < 5$	$5 \leq d_{40} < 10$	$10 \leq d_{40} < 20$	$d_{40} \geq 20$

图 1a 为 40 年平均扬沙年总日数的全国分布。可以看出,在我国西北、华北、东北大部、青藏高原和江淮地区扬沙 d_{40} 普遍大于 1 天,是扬沙的主要影响区,扬沙 d_{40} 大于等于 20 天的多发区涵盖了西北大部、青藏高原大部、内蒙古中西部、辽河平原和海河平原地区,其中塔里木盆地及其周围地区、阿拉善、鄂尔多斯及河西走廊的东部和北部是扬沙的高频区, d_{40} 达 40 天以上,局部接近或超过 80 天,如内蒙古吉兰泰 101 天、宁夏盐池 88 天、新疆皮山 93 天和民丰 82 天等。图 1b 为 40 年平均沙尘暴年总日数的全国分布。可见,沙尘暴



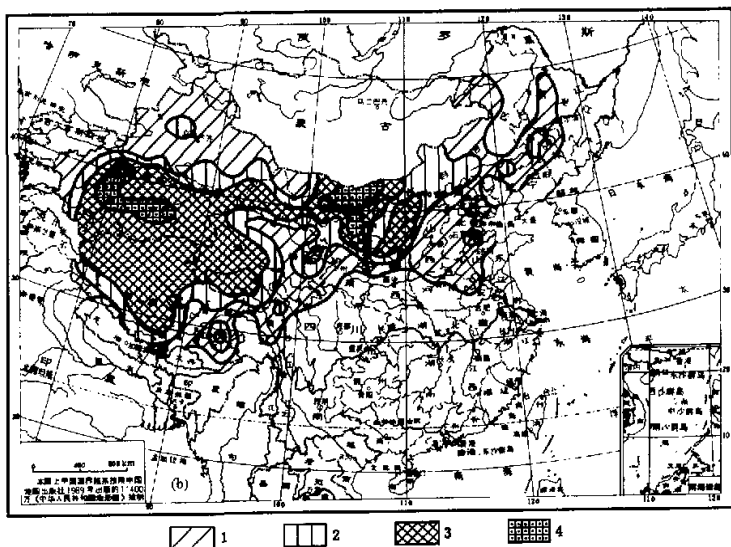


图 1 1959~1998 年平均扬沙和沙尘暴年总日数的全国分布

- (a) 扬沙 1. $1 \leq d_{40} < 10$ 2. $10 \leq d_{40} < 20$ 3. $20 \leq d_{40} < 40$ 4. $d_{40} \geq 40$
 (b) 沙尘暴 1. $1 \leq d_{40} < 5$ 2. $5 \leq d_{40} < 10$ 3. $10 \leq d_{40} < 20$ 4. $d_{40} \geq 20$

Fig.1 Spatial distribution of mean annual blowing-sand (a) and sandstorm (b) in 1959~1998

的影响范围比扬沙要小一些,在我国西北、华北大部、青藏高原和东北平原地区沙尘暴 d_{40} 一般大于 1 天,是沙尘暴的主要影响区,其中 110°E 以西、天山以南大部分地区沙尘暴 d_{40} 大于 10 天,是沙尘暴的多发区;塔里木盆地及其周围地区、阿拉善和河西走廊东北部是沙尘暴的高频区, d_{40} 达 20 天以上,局部接近或超过 30 天,如新疆民丰 36 天、柯坪 32 天和甘肃民勤 30 天等。对照董光荣等的研究^[8]发现,扬沙和沙尘暴的易发区大多属中纬度干旱和半干旱地区,这些地区受荒漠化影响和危害比较严重,地表多为沙地和旱地,植被稀少,大风过境,容易形成扬沙和沙尘暴天气。

综上所述,扬沙和沙尘暴的全国分布具有几个显著特点:1)影响面积大,西起新疆,东抵沿海,受扬沙和沙尘暴不同程度影响的省市区别为 17 个和 25 个;2)高频区集中,在我国集中着两个主要高频区——塔里木盆地及其周围地区和阿拉善、河西走廊东北部及其邻近地区;3)与地表沙化覆被密切相关,塔克拉玛干等大沙漠,以及散布在黄河河套、青藏高原、蒙古高原的沙地为扬沙和沙尘暴天气的出现提供了极为丰富的物质源。此外,天气系统、地形走向、地表覆被状况和降水分布等都对扬沙和沙尘暴的地理分布有着显著影响。

4 扬沙和沙尘暴的季节变化

由北京、朱日和、和田、张掖、民勤和兴海 6 个代表站 40 年平均的扬沙和沙尘暴日数的季节变化曲线(图 2)来看,扬沙和沙尘暴的季节分布基本上是春多秋少,呈“~”型,这是因为春季我国北部地区冷空气活跃,多大风,气温回暖解冻,地表裸露,容易起沙。比较而

言,各地区扬沙和沙尘暴的季节分布又略有差异,大致可划分为3种类型:1)春季最多型,以北京、朱日和为代表,例如北京3~5月扬沙、沙尘暴日数分别占全年总出现日数的67.2%和52.6%;2)冬末春初最多型,以兴海为代表,兴海2~4月扬沙和沙尘暴日数分别占全年总出现日数的70.0%和69.4%;3)春夏频繁型,以和田、民勤和张掖等为代表。

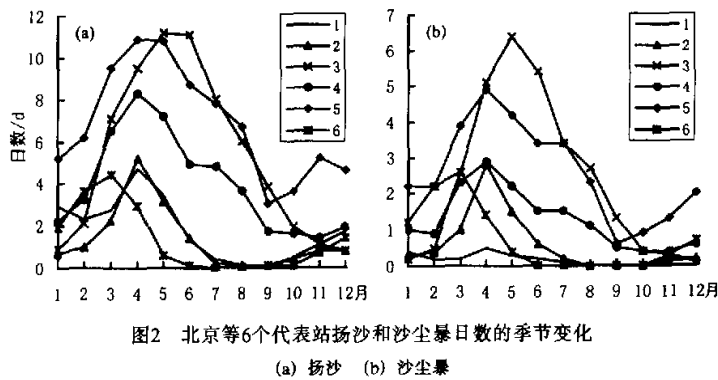


Fig.2 Seasonal variation of blowing-sand (a) and sandstorm (b) of 6 representative stations

5 近 45 年扬沙和沙尘暴的增减趋势

5.1 年代际变化

表 2 为北京等 12 个代表站 1959~1998 年及不同年代的平均年总扬沙日数。资料表

代表站	平均年总扬沙日数/d					
	1954~1960	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~1998	1959~1998
北京	52.1	20.8	22.3	12.3	3.6	15.9
朱日和	9.0	14.4	18.1	18.1	18.9	16.6
呼和浩特	41.4	25.3	16.1	7.6	7.5	15.2
赤峰	56.9	42.5	43.6	11.1	3.1	27.7
银川	54.1	34.2	37.1	34.1	15.9	31.9
西宁	46.9	31.1	51.8	7.2	2.5	25.1
兴海	10.0	5.9	9.9	20.1	30.5	15.7
兰州	47.7	16.7	21.4	16.1	4.1	15.7
张掖	60.3	55.1	57.8	37.3	25.8	45.3
民勤	132.7	87.2	90.9	68.0	38.1	75.7
乌鲁木齐	14.6	18.0	25.6	12.1	2.3	14.8
和田	49.9	81.9	67.5	62.8	48.3	65.3

明,只有朱日和及兴海两个代表站 90 年代扬沙日数多于 50 年代,而其它 10 个代表站 90 年代扬沙日数均少于 50 年代,并且前后差异还相当明显。例如,北京、呼和浩特、银川和西宁 50 年代平均扬沙日数分别是 90 年代的 14.5 倍、5.5 倍、3.4 倍和 18.8 倍。从表 3 不同年代的平均年总沙尘暴日数也可得出类似认识,北京、呼和浩特、银川和西宁 50 年代平均沙尘暴日数分别是 90 年代的 8.2 倍、10.7 倍、12.4 倍和 42 倍。可见近 45 年我国北方大部分地区扬沙和沙尘暴日数是以减少为主的。

表3 北京等12个代表站不同年代的平均年总沙尘暴日数
Table 3 Mean annual sandstorm of different decades of 12 representative stations

代表站	平均年总沙尘暴日数/d					
	1954~1960	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~1998	1959~1998
北京	4.1	4.6	1.4	0.7	0.5	1.9
朱日和	2.9	8.0	8.9	8.3	6.9	7.8
呼和浩特	13.9	7.8	4.8	1.1	1.3	3.9
赤峰	12.4	5.4	4.4	0.7	0.9	3.0
银川	16.1	2.8	7.0	6.7	1.3	5.1
西宁	12.6	6.5	6.2	0.2	0.3	3.7
兴海	7.0	2.0	2.5	13.8	19.4	8.8
兰州	8.6	1.3	3.2	0.6	0.1	1.5
张掖	18.6	21.6	20.3	10.8	4.1	15.0
民勤	44.3	30.5	39.3	30.7	11.8	29.6
乌鲁木齐	3.9	4.8	6.4	1.9	0.4	3.4
和田	36.1	32.5	31.0	26.0	15.6	27.5

5.2 年际变化

图 3 和图 4 分别为北京等 6 个代表站 1954~1998 年扬沙和沙尘暴日数的年际变化曲

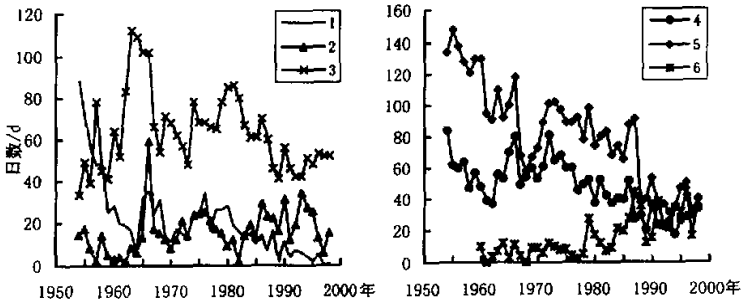


图3 北京等6个代表站1954~1998年扬沙日数的年际变化

1. 北京 2. 朱日和 3. 和田 4. 张掖 5. 民勤 6. 兴海

Fig.3 Annual blowing-sand of Beijing, Zhurihe, Hetian, Zhangye, Minqin and Xinghai in 1954~1998

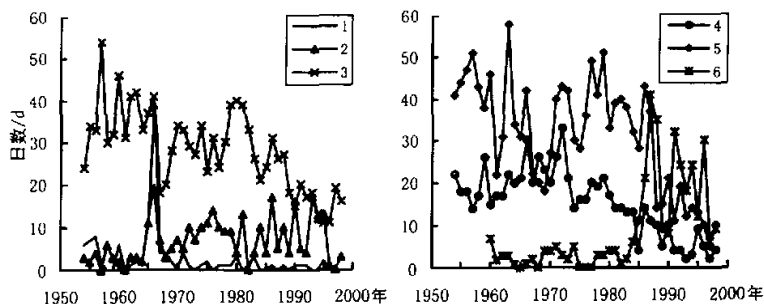


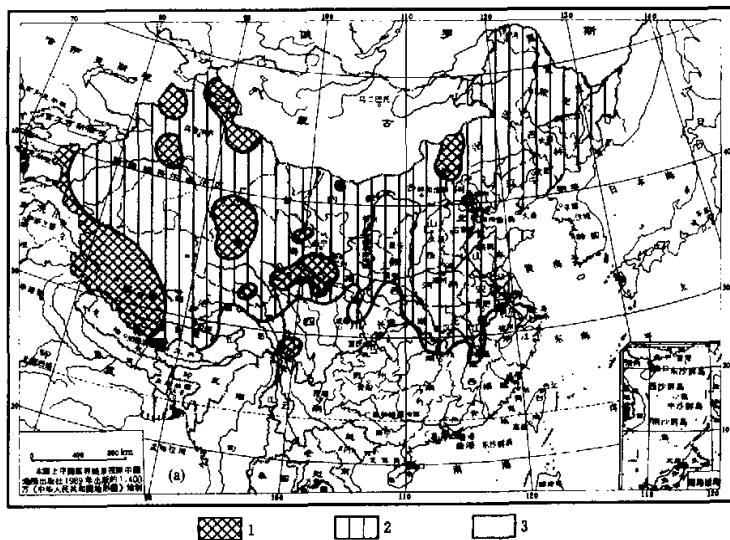
图4 北京等6个代表站1954~1998年沙尘暴日数的年际变化

1~6同图3

Fig.4 Annual sandstorm of Beijing, Zhurihe, Hetian, Zhangye, Minqin and Xinghai in 1954~1998

线。曲线显示,朱日和及兴海扬沙、沙尘暴日数的总体趋势为增多,尤其是兴海80年代中期陡增,而北京、张掖和民勤的扬沙日数在波动中逐步减少,和田的扬沙日数60年代中期以前增多,此后减少,同时,北京、和田、张掖和民勤的沙尘暴日数也在递减,这与表2和表3的结果基本一致。

对每一测站1954~1998年的扬沙日数序列和沙尘暴日数序列分别用最小二乘法得出线性拟合趋势,通过信度 α 等于0.05的F检验后,可以点绘出1954~1998年全国扬沙和沙尘暴日数的变化趋势分布(图5)。由图5a可见,近45年来,我国北方大部分地区的扬沙日数在减少,只有青海、内蒙古和新疆小部分地区的扬沙日数呈增长趋势。同样,由图5b可见,我国北方地区沙尘暴日数也是以减少为主。



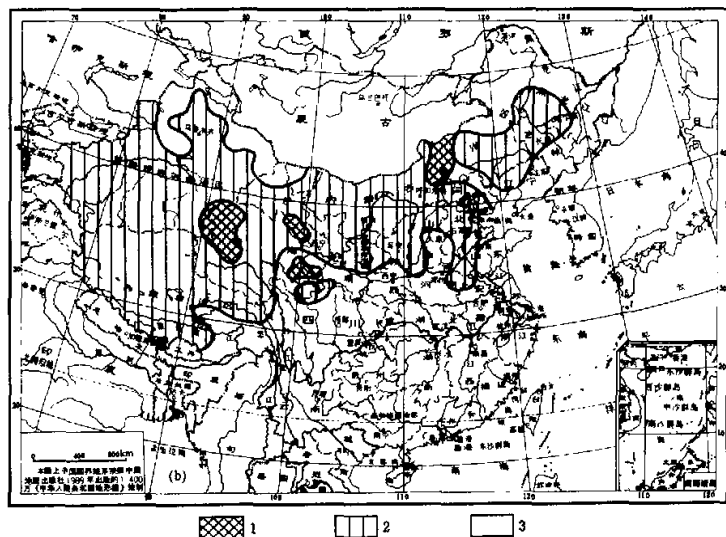


图5 1954~1998年全国扬沙和沙尘暴日数的变化趋势

(a) 扬沙 (b) 沙尘暴

1. 增加 2. 减少 3. 不变

Fig.5 Spatial distribution of the tendency of blowing-sand (a) and sandstorm (b) in 1954~1998

5.3 风力条件的变化对扬沙、沙尘暴增减趋势的影响

研究成果表明,扬沙和沙尘暴天气的发生一般需要有两个条件:1)足够强劲持久的风力;2)地表丰富的松散干燥的沙尘^[6]。亦即“风”和“沙尘”是形成沙尘天气过程的两个主要因素。

研究还表明,我国沙化土地面积50~60年代中期开始平均每年扩展 $1\,560\text{km}^2$,90年代平均每年扩展达 $2\,460\text{km}^2$ ^[8]。这意味着我国地表覆被整体在恶化,扬沙和沙尘暴天气的物质源越来越丰富,其发生次数理应呈增多趋势。这显然与上述的扬沙和沙尘暴天气的普遍减少趋势不吻合,甚至是矛盾的。在这种情况下,扬沙和沙尘暴天气的减少将意味着“风”的因素可能起了主导作用。为此,我们统计了扬沙和沙尘暴盛行月(4月)北京等6个代表站1954~1998年逐年下午平均风速大于 6m/s (即沙尘起动临界风速)的日数,发现多数站4月下午平均风速大于 6m/s 的日数总体上呈减少趋势,特别是70年代以后减少较为明显(图略)。如果将对代表站1954~1998年4月份扬沙和沙尘暴总日数的逐年变化(图略)与之一一对应比较,发现两者的年际振荡与多年变化趋势是相当一致的。这说明风力条件对扬沙和沙尘暴天气的影响较为显著,两者之间的单站相关系数分别为北京0.656、朱日和0.453、和田0.636、张掖0.634、民勤0.812、兴海0.317。

70年代以后大风日数的减少所引起的扬沙和沙尘暴的减少可能是气候准周期性变化的反映。每年我国冬春季寒潮大风的出现与东亚冬季风的强度有关,在20世纪70年代东

亚冬季风甚强,从80年代到90年代,特别是90年代,东亚冬季风甚弱。最新研究^[9]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(即拉妮娜)年强。70年代反厄尔尼诺事件占优势,寒潮大风所引起的扬沙和沙尘暴较频繁,80~90年代厄尔尼诺事件占优势,扬沙和沙尘暴较少。

6 小结

通过上述分析,可以对近45年我国扬沙和沙尘暴天气得出以下几点认识:

(1) 西北地区是我国扬沙和沙尘暴天气的多发区,并存在两个明显的高频中心,但扬沙和沙尘暴对我国的影响并不局限于此,华北、东北和青藏高原地区皆是扬沙和沙尘暴的主要影响区,甚至在长江中下游地区也会出现扬沙天气。

(2) 扬沙和沙尘暴的季节变化大致可划分为春季最多型、冬末春初最多型和春夏频繁型3种类型。

(3) 在1954~1998年的45年间,除青海、内蒙古和新疆的小部分地区扬沙和沙尘暴日数呈增长趋势外,我国北方大部分地区扬沙和沙尘暴日数在减少,这种增减趋势通过了信度 α 等于0.05的F检验。

(4) 扬沙、沙尘暴日数与大风日数的年际振荡及多年变化趋势具有一致性,单站相关系数可以达到0.5以上;70年代以后由大风日数减少所引起的扬沙、沙尘暴的减少可能是气候准周期性变化的反映。

由于本文仅以扬沙和沙尘暴的出现日数为定量表征指标,所以上述结论只是初步的。关于扬沙和沙尘暴强度(持续时间、风力等级和能见度状况等)的长期变化趋势问题还有待进一步分析研究。

致谢 本文得到叶笃正、陶诗言和丑纪范院士以及中国科学院地学部风沙问题咨询组全体专家的热心帮助和支持,另外,朱燕君同志参与部分资料整理工作,牛若芸同志清绘图件,特此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 中央气象局. 地面气象观测规范. 北京:气象出版社,1979. 21~27
- 2 徐国昌,陈敏连,吴国雄. 甘肃省“4.22”特大沙尘暴分析. 气象学报,1979,37(4):26~35
- 3 杨东贞,王超,温玉璞等. 1990年春季两次沙尘暴特征分析. 应用气象学报,1995,6(1):18~26
- 4 杨东贞,房秀梅,李兴生. 我国北方沙尘暴变化趋势的分析. 应用气象学报,1998,9(3):352~358
- 5 王式功,杨民,祁斌等. 甘肃河西沙尘暴对兰州市空气污染的影响. 中国沙漠,1999,19(4):354~358
- 6 方宗义,朱福康,江吉喜等. 中国沙尘暴研究. 北京:气象出版社,1997. 1~158
- 7 张德二,陆风. 我国北方的冬季沙尘暴. 第四纪研究,1999,(5):441~447
- 8 董光荣,吴波,慈龙骏等. 我国荒漠化现状、成因与防治对策. 中国沙漠,1999,19(4):318~332
- 9 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. 大气科学,1999,23(3):276~385

BLOWING-SAND AND SANDSTORM IN CHINA IN RECENT 45 YEARS

Zhou Zijiang

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

Based on the available high-quality surface-meteorological observation data from 681 stations in China from 1954 to 1998, investigation has been conducted for the temporal and spatial distribution characteristics, especially for interdecadal change and long-term trend of blowing-sand and sandstorm (BSS) in China in recent 45 years.

Among the 681 stations, there are 355 stations with 45 years record, and 628 stations with more than 40 years record. According to the analyses on number of BSS's days of these stations, the following results are noted:

(1) Northwest China is BSS's high-incidence area with two evident centers. Further-more, North China, Northeast China and Tibetan Plateau are main areas influenced by BSS. There are a few blowing-sand events even in the middle and lower reaches of the Changjiang River.

(2) Judging by six typical representative stations, the seasonal variation of BSS can be expressed approximately by three patterns: 1) the highest frequency in spring; 2) the highest frequency in late winter and early spring; 3) multi-frequency in spring and summer.

(3) In recent 45 years, the number of BSS's days is increased at a few stations in Qinghai, Xinjiang and Inner Mongolia, but decreased in the most northern parts of the country. This conclusion is drawn after F-testing, in which the credit α equals 0.05.

(4) In the past 45 years, the interannual change and secular trend of BSS are consistent with the variations of high wind. The correlation coefficient between the number of BSS's days and the number of high-wind's days is generally higher than 0.5 at single station. The BSS's decreasing after 1970's caused by high-wind's decreasing may be an expression of climatic semi-periodic variation.

Key words blowing-sand, sandstorm, temporal and spatial distribution characteristics, East Asian winter monsoon