

中国沙尘天气的区域特征

王式功¹, 王金艳¹, 周自江², 尚可政¹, 杨德保¹, 赵宗锁³

(1. 兰州大学资源环境学院 大气科学系, 兰州 730000; 2. 国家气象中心, 北京 100081;

3. 93864 部队 75 分队, 新疆 昌吉 831112)

摘要: 利用筛选的 1954~2000 年中国 338 个站沙尘天气资料及相关气候资料, 从沙尘天气区划方面着重分析研究了我国沙尘天气的区域特征。结果表明: 1) 我国沙尘天气多发区分别位于以民丰至和田为中心的南疆盆地和以民勤至乌兰泰为中心的河西地区。不同类型沙尘天气的空间分布范围不尽相同, 其中沙尘暴主要发生在与北方沙漠及沙漠化土地相联系的极干旱、干旱和半干旱区内。扬沙和浮尘天气除了在沙尘暴发生区的绝大部分地区出现外, 还向其它邻近地区扩展, 如扬沙可向东北地区和东南的黄淮海平原及以南地区扩展; 而浮尘天气则主要向东南方向扩展, 可涉及整个黄淮海平原和长江中下游地区。相比之下, 上风方向的中高纬地区, 如北疆和东北北部地区, 浮尘天气发生甚少。2) 全国沙尘暴天气易发区可划分为北疆、南疆、河西、柴达木盆地、河套、东北和青藏等 7 个亚区。沙尘暴和浮尘在南疆区发生日数最多, 而扬沙在河西区发生日数最多。

关键词: 沙尘天气; 区域特征; 中国

中图分类号: P425.55

1998 年 4 月中旬发生在东亚地区的强沙尘暴, 一周后影响到了北美洲大陆, 引起了相关国家科学家们的高度重视^[1]。根据气象观测规范^[2]定义, 沙尘暴、扬沙和浮尘均属于沙尘天气现象的范畴, 故此本文将它们统称为沙尘天气。其中, 沙尘暴是指强风把地面大量沙尘卷入近地气层内所形成的携裹大量沙尘的风暴, 使空气特别混浊, 水平能见度低于 1 km 的灾害性天气。扬沙是指由于大风把地面的沙尘等吹起, 使水平能见度在 1~10 km 的天气现象。浮尘是尘土细粒均匀地浮游在空气中的现象, 浮尘出现时, 水平能见度 < 10 km。由此可见, 沙尘暴是最严重的沙尘天气现象, 特别是特强沙尘暴发生时, 会对当地的工农业生产和人民生命财产造成巨大损失^[3]。全世界有四大沙尘暴多发区, 分别位于中亚、北美、中非和澳大利亚^[4], 均与大沙漠及其边缘地区相联系。Jau-regui (1989)^[5]对墨西哥城沙尘暴的时空分布进行了系统研究, Gillette (1989)^[6]研究了美国由于风蚀所引起的沙尘的时空变化, Snow (1990)^[7]对美国新墨西哥州沙尘暴的时空分布用详细的观测资料进行了分析研究。从 20 世纪 70 年代我国学者^[8]开始研究沙尘暴, 王式功^[9, 10]等分析了我国北方沙尘暴的时空分布及其成因, 徐启运^[11]对沙尘暴天气的强度进行划分并分析了其空间分布, 周自江^[12]研究了我国近 45 年沙尘暴和扬沙天气的时空分布特征。邱新法^[13]利用地面天气图等资料对我国沙尘暴的时空分布规律及其源地和移动路径进行了研究。本文利用筛选的全国 338 个气象观测站点, 1954~2000 年 47 年的资料, 将沙尘暴、扬沙和浮尘 3 种不同类型的沙尘天气结合起来进行对比分析研究, 并依据沙尘天气类型和气候分布特点进行区划。

收稿日期: 2002-06-20; **修订日期:** 2002-10-19

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000048703); 国家自然科学基金重大项目(39990490); 中国科学院知识创新工程项目(KZCX1-Y-05) [**Foundation Item:** National Key Project for Basic Research, No.G2000048703; National Natural Science Foundation of China, No.39990490; Knowledge Innovation Project of CAS, No.KZCX1-Y-05]

作者简介: 王式功 (1955-), 教授, 主要从事风沙灾害气象及环境气象预报研究。 E-mail: wangsg@lzu.edu.cn

193-200 页

1 资料与方法

本文沙尘天气数据使用的是国内 338 个气象站 1954~2000 年逐月沙尘天气发生日数资料 (1951~1953 年的沙尘天气资料, 由于其观测标准与 1954 年以后的有差异, 且站点少, 因而被剔除; 由于西藏的西南部站点稀少, 所以未作分析。), 主要以沙尘暴、扬沙和浮尘的逐月出现日数作为定量表征指标。气象数据均来自中国气象局气候资料中心。

聚类分析是以沙尘暴发生的时间和口数作为因子进行分层聚类, 其原则是近似的聚为一类。具体步骤是: (1) 对原始数据进行标准化处理, (2) 每个变量自成一类, 并进行相似性测度, (3) 根据相似性进行合并聚类, 即分别将最相似的合并成新类, (4) 计算新类和其它类的相似性, (5) 重复(2)~(4)各步, 直到合并为一个大类为止。平均年际变化公式: 平均年际变化量 = $\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} (D_{i+1} - D_i)$, 式中

D_i 代表某个站某一年观测到的沙尘暴发生日数, n 代表年数, $i = 1, 2, 3, \dots, n-1$ 。单位为: 天/年。方差计算时先将全国沙尘发生日数标准化, 再算各个区的方差。标准化、方差和相关系数等均采用了文献[16]中的常规计算方法。

2 沙尘天气的空间分布特征

2.1 全国不同类型沙尘天气的空间分布及气候特征

2.1.1 不同类型沙尘天气发生日数的空间分布 我们对 1954~2000 年全国 338 个站的沙尘暴、扬沙和浮尘年发生日数资料进行了统计分析, 并分别绘制了空间分布图 (图 1) 和仅发生扬沙或浮尘天气而不发生沙尘暴的空间分布图 (图 2)。

从图 1a 可看出, 我国沙尘暴的空间分布基本上与中国北方沙漠及沙漠化土地分布^[7]相一致, 反映了下垫面特征和沙尘源分布状况对沙尘天气形成的重要作用。图 1a 还表明, 我国沙尘暴 47 年平均发生日数大于 10 天的区域主要分布在南疆盆地、河西地区及青藏高原东北部, 均发生

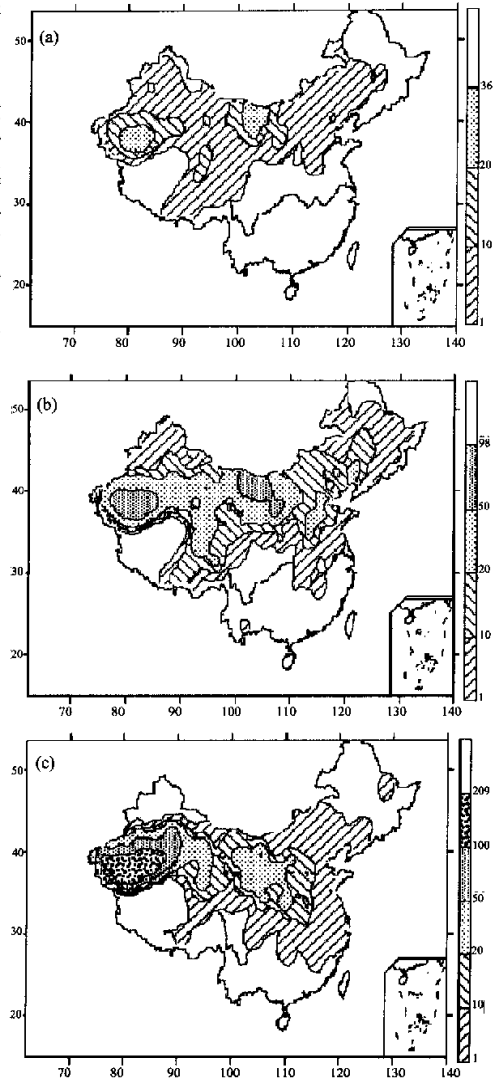


图 1 1954~2000 年 47 年平均的中国沙尘暴 (a)、扬沙 (b)、浮尘 (c) 年发生日数空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of 47year mean annual occurrence days of dust storms (a), wind-blown sand (b) and floating dust (c) in China from 1954 to 2000

在沙漠及其边缘地区。其中南疆塔里木盆地以及甘肃河西走廊东北部至内蒙古的阿拉善分别为 2 个多发区, 前者多发中心在民丰, 47 年平均年发生日数 35.8 天; 后者多发中心在甘肃民勤, 年平均发生日数 28.1 天。

扬沙天气多发区分布与沙尘暴分布基本一致, 仍然在南疆与河西地区(图 1b), 只是年平均发生日数明显增多, 如位于两个多发中心的民丰和吉兰泰, 47 年平均年发生日数分别为 81.1 天和 97.2 天。扬沙天气的分布范围明显扩大, 除了沙尘暴区有扬沙发生外, 扬沙天气向东扩展到东北和黄淮海平原, 向南扩展到长江流域(图 2a)。

浮尘分布与沙尘暴、扬沙相比, 主体位置差异不大, 两个多发区的地理位置基本一致。但多年年平均发生日数却比后 2 者高得多, 如南疆多发中心的和田 ($37^{\circ}08'N$, $79^{\circ}56'E$) 47 年平均年发生日数高达 209.0 天, 河西多发中心的吉兰泰 47 年平均年发生日数也达 70.0 天。将图 1a、图 1c 和图 2b 详细比较很容易看出, 北疆和东北中北部地区几乎没有浮尘天气发生, 与沙尘暴区相比, 浮尘分布范围主要是向东南方向扩展到低纬地区, 涉及整个黄淮海平原和长江中下游地区。表明沙尘暴或扬沙不仅对本地区产生危害, 而且它们所卷起的沙尘还会向下风方向地区输送, 在那里形成浮尘天气, 影响范围更广。相比之下, 上风向的中高纬地区, 如北疆和东北北部, 浮尘天气发生甚少。

2.1.2 不同类型沙尘天气区的气候特征 比较图 1 和图 2 的统计表明扬沙和浮尘天气除了在沙尘暴发生区的绝大部分地区出现外, 还能在其邻近的其它区域发生, 但它们发生的区域却又不完全相同。为此, 我们对发生沙尘暴天气区、发生扬沙而不发生沙尘暴的扬沙扩展区和发生浮尘天气而不发生沙尘暴的浮尘扩展区进行了年降水量和年平均气温等气候要素的统计分析(表 1)。表 1 中的统计结果表明, 沙尘暴发生区年平均降水量仅为 198.47 mm, 若用气候区划指标来衡量, 低于干旱区与半干旱区之间的临界值 (200 mm); 年降水量最大值是 648.7 mm, 处于半干旱区刚过渡到亚湿润区的地带; 年降水量最小值是 17.5 mm, 处于极干旱地带。

由此可见, 沙尘暴主要发生在极干旱、干旱和半干旱区内。扬沙扩展区年降水量范围是 192.2~1188.7 mm, 即从干旱区扩展到湿润区; 年降水量平均值为 589.1 mm, 即扩展区整体属于亚湿润区。浮尘分布扩展区内年降水量范围是 434.3~1274.2 mm, 即从半干旱区扩展到湿润区; 年降水量平均值为 708.2 mm, 即扩展区整体接近于湿润区。这 3 种沙尘天气区内的年均气温值基本上是按沙尘暴区、扬沙区和浮尘区依次递增(表 1)。

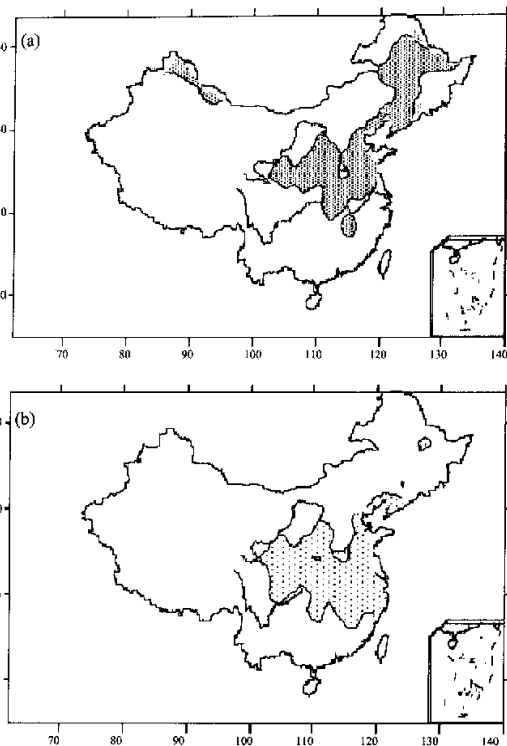


图 2 中国 47 年平均不含沙尘暴发生区的扬沙 (a) 和浮尘 (b) 发生区分布图

Fig. 2 Spatial distribution of wind-blown sand (a) and floating dust (b) occurred regions except where dust storms also occurred in China from 1954 to 2000

2.2 沙尘天气区划及各区沙尘天气特征

2.2.1 沙尘天气区划 上节的分析结果表明, 全国沙尘天气的空间分布与特定的地理条件、下垫面生态环境和天气气候系统等密切相关, 因而对此进行分区研究很有必要。尚可政和董光荣^[18]等曾将我国北方沙区划分为6个亚区, 并研究得出6个沙区之间气温、降水及湿润度等都存在较大的差异。此研究结果为我们进行沙尘天气区划提供了重要依据。此外, 还需要澄清两个概念: 一是沙尘天气发生源区, 其主体应该是沙尘暴发生区; 二是沙尘天气影响区, 指那些沙尘暴发生区以外的, 仅受扬沙或浮尘天气直接或间接影响的区域。为了便于将上述二种不同类型沙尘天气进行统一对比分析, 我们以沙尘暴发生区为主进行沙尘天气区划。我们首先以沙尘暴发生的时间和日数作为因子进行聚类分析, 然后根据聚类分析的结果进行区划, 即以天山为界, 将新疆分为北疆和南疆两个区; 以贺兰山脉(干旱与半干旱区的分界线)为界, 将河西与河套区分开; 以太行山脉(半干旱区和亚湿润区的分界线)为界, 将河套区与东北区分开; 此外, 将柴达木盆地沙区与青藏高原其他地区划分开, 这样可将全国沙尘暴天气易发区划分为7个亚区(图3): 1北疆区(包括古尔班通古特沙漠在内的天山以北和阿尔泰山以南的区域)、2南疆区(包括塔克拉玛干沙漠和库姆塔格沙漠及其邻近区域)、3河西区(以巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠为主体, 涉及祁连山以北, 东至贺兰山以西的区域)、4柴达木盆地区(以柴达木盆地沙漠为主体, 涉及祁连山以南至巴颜喀拉山脉以北的区域)、5河套区(贺兰山以东至太行山以西的区域, 包括乌兰布和沙漠、库布齐沙漠和毛乌素沙地)、6东北区(太行山以东至东北的半干旱区, 包括浑善达克沙地、科尔沁沙地和呼伦贝尔沙地)、7青藏区(青海南部至西藏东北部, 巴颜喀拉山脉以南和喜马拉雅山脉以北的区域)。上述沙尘天气区划结果与气候区划^[19, 20]所划分的几个气候区较为一致。

2.2.2 各区沙尘天气状况及其变化特征 根据上述沙尘天气区划结果, 我们对各区不同类型沙尘天气47年的年际变化情况进行了统计分析。平均统计结果表明: 沙尘暴是南疆区47年区域平均年发生日数最多(13.6天), 其次是河西区(12.8天), 东北区最少(1.6天); 扬沙是河西区发生日数最多(47.1天); 其次是南疆区(41.4天), 北疆区最少(5.1天); 浮尘天气则是南疆区发生日数最多(94.4天), 其次是河西区(21.0天), 北疆和青藏区大体相当, 发生日数最少(1.3天)。沙尘天气发生日数在各区平均年际变化量的统计结果表明: 7个区中均为负值, 表明总体上发生日数均为减少的。其中青藏区沙尘暴减少的速率最大(-0.53天/年), 其次是南疆区(-0.42天/年); 柴达木盆地区扬沙发生日数减少的速率最大(-0.67天/年), 其次是南疆区(-0.62天/年); 浮尘则是河西区减少速率最大(-0.85天/年), 柴达木盆地区次之(-0.66天/年)。为了更直观地对比分析不同沙尘天气类型

表1 中国不同类型沙尘天气区47年平均的气候特征
Tab. 1 The 47 year mean climatic characteristics in regions with various dust-stormy weather types in China

项目	沙尘暴区		扬沙扩展区		浮尘扩展区	
	降水量 (mm)	气温 (°C)	降水量 (mm)	气温 (°C)	降水量 (mm)	气温 (°C)
最小值	17.5	-3.7	192.2	0.8	434.3	3.3
最大值	648.7	14.3	1188.7	17.6	1274.2	18.4
平均值	198.5	8.1	589.1	12.0	708.2	13.7

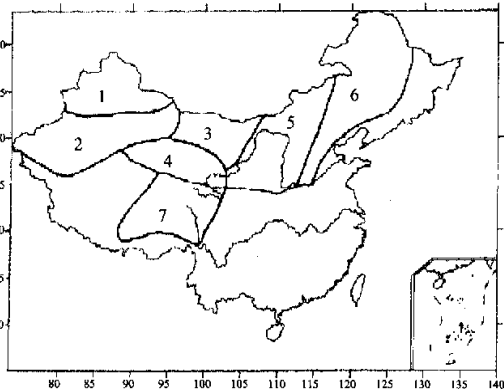


图3 中国沙尘暴天气易发地的区划图

Fig. 3 Distribution of the areas where dust storms occurred in China

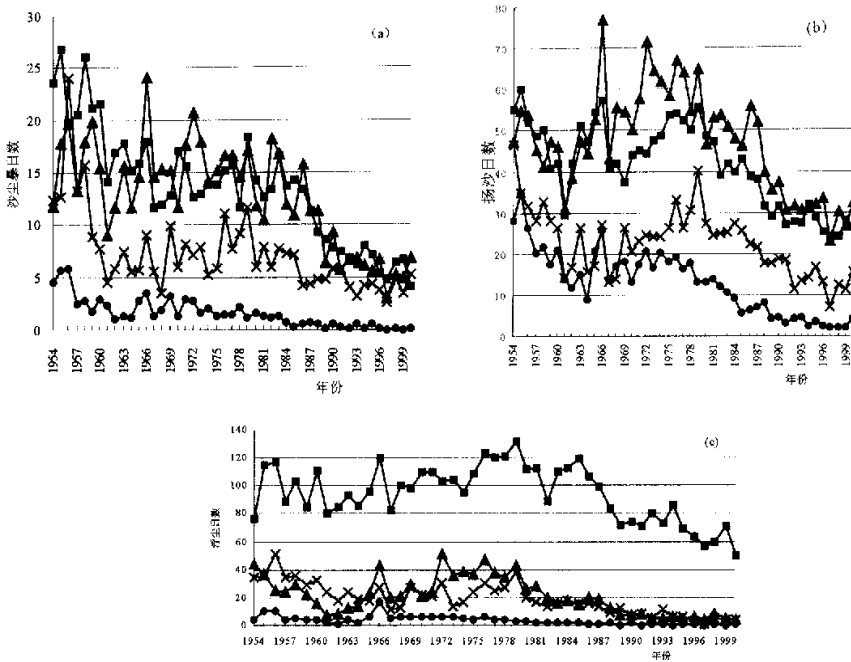


图 4 我国不同区不同类型沙尘天气的年际变化

Fig. 4 The interannual variations of dust storms, wind-blown sand and floating dust in different regions of China
 —■— 南疆区 —▲— 河西区 —×— 柴达木盆地区 —●— 一东北区

在不同区域的差异，我们选取了南疆、河西、柴达木盆地和东北 4 个有代表性的典型区，分别绘制了各区平均的沙尘暴、扬沙和浮尘 3 种不同类型沙尘天气年发生日数的年际变化曲线图 (图 4)。图 4a 表明，沙尘暴在这 4 个代表区中，从 1954 年至 2000 年总体上是呈波动式单调下降趋势，其中，50 年代中期年发生日数最多，80 年代中期至 90 年代中期在南疆区与河西区减少速度最快，至 1997 年达最少，1998 年开始呈现逐年增加的趋势。图 4b 和 4c 的变化曲线表明，扬沙和浮尘区域平均年发生日数的年际变化情况与沙尘暴略有不同，主要表现为它们从 50 年代中期到 70 年代中期是波动式增加的，基本上在 70 年代中期达到最大值，之后到 1997 年又呈波动式减少之势，1998 年起扬沙在各区又呈增加的趋势，浮尘则表现得不十分明显。

不同区不同类型沙尘天气年际变化的方差分析结果看 (表 2)，沙尘暴、扬沙和浮尘年发生日数的最大方差分别出现在南疆、河西和南疆区，这与多年平均最多发生日数的分布状况是一致的，表明沙尘天气发生源区其年际变率也最大。此外，从三种类型沙尘天气相比较来看，沙尘暴在区内年际变率和各区间变率的差异都是最大的，表明它受气候和下垫面状况等因素的制约程度最大；扬沙次之；浮尘天气最小。

2.2.3 各区沙尘天气发生日数的年变化特征 从沙尘暴、扬沙和浮尘天气分别在各区不同月份发生日数所占百分比的统计可以看出 (表 3、4、5)，全国大部分地区一般都是 4 月份各类沙尘天气发生日数最多。但青藏区略微提前，沙尘暴和扬沙是 2 月份发生频率最高，而浮尘则是 3 月份；新疆地区则略微推后，其中扬沙在新疆全境内都是 5 月份发生频率最高，而沙尘暴仅在南疆地区是 5 月份发生频率最高。

在受季风气候影响较大的东北和河套区, 沙尘天气发生频率比较高的月份相对比较集中(表 3), 主要集中在春季(3~5月), 春季沙尘天气发生日数约占全年的 60%~70%; 而受季风

表 2 1954~2000 年中国不同区沙尘暴、扬沙和浮尘年发生日数的方差

Tab. 2 Variance of occurrence days of dust storms, wind-blown sand and floating dust in different regions of China from 1954 to 2000

项目	北疆区	南疆区	河西区	河套区	柴达木区	青藏区	东北区
沙尘暴	0.04	0.84	0.68	0.25	0.41	0.73	0.05
扬沙	0.03	0.36	0.55	0.36	0.22	0.25	0.22
浮尘	0.001	0.38	0.17	0.08	0.11	0.002	0.01

表 3 中国不同区 47 年平均沙尘暴发生日数各月份所占百分比统计

Tab. 3 The percentage of 47 year mean occurrence days of dust storms every month in different regions of China

项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
北疆区	0.34	0.89	2.80	18.57	18.46	13.53	12.19	10.17	10.30	8.72	2.01	2.01
南疆区	1.14	3.39	10.74	19.19	20.47	16.69	12.04	8.04	4.14	1.96	1.34	0.86
河西区	3.38	5.38	12.90	20.70	17.84	12.16	9.86	6.17	2.84	2.37	3.35	3.06
河套区	4.96	7.61	14.83	30.95	18.89	8.35	3.13	1.09	0.95	1.28	3.19	4.78
柴达木区	4.63	11.56	18.61	20.26	15.20	9.07	5.80	3.93	2.06	2.09	3.23	3.56
青藏区	17.04	20.12	18.79	13.04	6.84	1.90	0.77	0.45	0.45	1.09	7.09	12.43
东北区	6.43	5.85	14.99	33.86	20.53	9.67	3.50	0.68	0.78	0.31	1.41	1.99

表 4 中国不同区 47 年平均扬沙发生日数各月份所占百分比统计

Tab. 4 The percentage of 47 year mean occurrence days of wind-blown sand to every month in China

项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
北疆区	0.48	0.62	2.14	16.77	17.74	14.87	12.91	12.39	9.77	8.73	2.42	1.17
南疆区	1.86	3.99	10.83	15.62	17.15	15.69	12.39	9.22	6.35	3.52	1.95	1.43
河西区	4.70	6.44	12.51	17.02	15.48	10.59	8.94	7.11	4.20	4.01	4.62	4.38
河套区	6.37	7.78	14.19	22.53	17.38	8.87	4.17	2.28	1.81	3.03	5.48	6.12
柴达木区	4.77	10.41	18.05	19.22	14.84	8.69	6.56	4.84	2.96	2.80	3.36	3.50
青藏区	15.68	18.95	17.70	13.57	8.08	1.90	0.77	0.47	0.71	2.23	8.21	11.72
东北区	7.88	8.47	15.72	26.03	19.41	7.42	1.98	0.73	1.25	2.91	3.61	4.61

表 5 中国不同区 47 年平均浮尘发生日数各月份所占百分比统计

Tab. 5 The percentage of 47 year mean occurrence days of floating dust to every month in different regions of China

项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
北疆区	2.63	3.74	10.94	30.19	17.87	6.51	6.09	4.43	6.65	6.23	2.08	2.63
南疆区	2.78	6.28	13.79	14.61	13.31	10.23	9.56	8.94	7.92	5.70	4.07	2.80
河西区	5.85	7.92	16.88	18.86	14.81	8.49	5.98	4.79	3.17	3.57	4.58	5.09
河套区	7.48	8.73	17.80	24.10	15.97	6.41	2.36	1.71	1.20	2.55	5.44	6.25
柴达木区	4.43	8.76	19.73	21.82	16.46	7.83	5.64	4.46	2.30	2.28	2.89	3.41
青藏区	9.95	19.13	23.95	21.15	9.33	2.95	0.31	0.31	0.83	0.10	2.49	9.49
东北区	7.93	9.47	16.67	31.08	16.43	3.29	0.33	0.22	0.97	1.76	5.56	6.30

气候影响较小的新疆, 沙尘天气发生频率较高的月份则相对分散一些, 春季沙尘天气发生日数一般少于全年的 50%, 夏秋季节也常有沙尘天气发生; 除青藏区外其余各区也基本上都发生在春季, 该季节沙尘天气发生日数一般占全年的 50%~60%。

3 结论与讨论

(1) 我国沙尘天气多发区主要有 2 个, 分别位于以民丰至和田为中心的南疆盆地和以民勤至吉兰泰为中心的河西地区, 47 年平均沙尘暴、扬沙和浮尘最多年发生日数, 在南

疆盆地多发中心区分别为 36 天、81 天和 209 天, 在河西多发中心区分别为 28 天、97 天和 70 天。不同类型沙尘天气空间分布范围不尽相同, 其中沙尘暴主要发生在与北方沙漠及沙漠化土地相联系的极干旱、干旱和半干旱区内。扬沙和浮尘天气除了在沙尘暴发生区的绝大部分地区出现外, 还向其它邻近地区扩展。如扬沙向东扩展到东北和黄淮海平原, 向南扩展到长江流域。而浮尘天气则扩展到整个黄淮海平原和长江中下游地区。

(2) 通过聚类分析并参照干旱气候区划及沙区划分的有关结果, 将全国沙尘暴天气易发区划分为北疆、南疆、河西、柴达木盆地、河套、东北和青藏 7 个亚区。沙尘暴和浮尘均在南疆区发生日数最多, 47 年区域平均年发生日数分别为 14 天和 94 天; 而扬沙却在河西区发生日数最多 (平均为 47 天)。7 个区的沙尘天气年际变化总体呈减少的变化趋势。沙尘暴、扬沙和浮尘三种沙尘天气发生日数减少的最大速率和最大年际变率, 也基本上都出现在南疆区和河西地区。但不同类型沙尘天气在不同区却有一定差异, 如沙尘暴在 50 年代中期年发生日数最多, 从 1954 年至 2000 年总体上是呈波动式单调下降趋势, 其中, 80 年代中期至 90 年代中期在南疆区与河西区减少速度最快, 至 1997 年达最少, 1998 年开始呈现逐年增加的趋势。扬沙和浮尘区域平均年发生日数的年际变化情况与沙尘暴略有不同, 主要表现为它们从 50 年代中期到 70 年代中期是波动式增加的, 基本上在 70 年代中期达到最大值, 之后到 1997 年又呈波动式减少之势, 1998 年起扬沙在各区又呈增加的趋势, 浮尘则表现得不够明显。全国大部分地区一般都是 4 月份各类沙尘天气发生日数最多, 但青藏区略微提前, 而新疆地区则略微推后; 受季风气候影响较大的东北区和河套区, 沙尘天气发生频率较高的月份相对比较集中, 春季沙尘天气发生日数约占全年的 60%~70%; 而受季风气候影响较小的新疆地区, 沙尘天气发生频率较高的月份则相对分散一些, 春季沙尘天气发生日数一般少于全年的 50%, 夏秋季节也常有沙尘天气发生; 其余各区 (青藏区除外) 也基本上都发生在春季, 该季节沙尘天气发生日数一般占全年的 50%~60%。

参考文献 (References)

- [1] Husar R B, D M Tratt, B A Schichtel et al. Asian dust events of April of 1998. *J. Geophys. Res.*, 2001, 106(D16): 18, 317-18,330.
- [2] Tratt D M, R J Frouin, D L Westphal. April 1998 Asian dust event: a southern California perspective. *J. Geophys. Res.*, 2001, 106(D16): 18,371-18,379.
- [3] Itsushi Uno et al. Trans-Pacific yellow sand transport observed in April 1998: a numerical simulation. *J. Geophys. Res.*, 2001, 106(D16): 18,331-18,344.
- [4] National Meteorological Bureau. Criterion of Ground Meteorological Observation. Beijing: Meteorological Press, 1979. 21-27. [中央气象局. 地面气象观测规范. 北京: 气象出版社, 1979. 21-27.]
- [5] Zhao Xingliang. Damages and countermeasures of catastrophic dust storms occurred in Gansu Province. *Journal of Desert Research*, 1993, 13(3): 1-7. [赵兴梁. 甘肃特大沙尘暴的危害与对策. *中国沙漠*, 1993, 13(3): 1-7.]
- [6] Yan Hong. A nationwide meeting summary of discussing sand-dust storm weathers occurred in China. *Journal of Gansu Meteorology*, 1993, 11(3): 6-11. [颜宏. 全国沙尘暴天气研讨会会议总结. *甘肃气象*, 1993, 11(3): 6-11.]
- [7] Jauregui E. The dust storms of Mexico City. *Inter. J. Climatol.*, 1989, 9(2): 169-180.
- [8] Gillette D A, Hanson K J. Spatial and temporal variability of dust production cause by wind erosion in the United States. *J. Geophys. Res.*, 1989, 94(D2): 2197-2206.
- [9] Now J T, McClelland T M. Dust devils at white sands missile range, New Mexico: 1. temporal and spatial distributions. *J. Geophys. Res.*, 1990, 95(D9): 13,707-13,721.
- [10] Xu Guochang. An analysis of the "4.22" much stronger sand-dust storm in Gansu Province. *Acta Meteorologica Sinica*, 1979, 37(4): 26-35. [徐国昌. 甘肃 "4.22" 特大沙尘暴分析. *气象学报*, 1979, 37(4): 26-35.]

- [11] Wang Shigong. Distribution and formative causes of sandstorms occurred in Northwest China. In: The Proceeding of the Second Academic Conference of Young Scientists of CAST. Beijing: China Sciences and Technology Press, 1995. 364-370. [王式功. 我国西北地区沙尘暴时空分布及其成因分析. 见: 中国科协第二届青年学术年会论文集. 北京: 中国科学技术出版社, 1995. 364-370.]
- [12] Wang Shigong. A study on dust storm over the desert region in northern China. *Journal of Natural Disasters*, 1996, 5 (2): 86-94. [王式功. 中国北方地区沙尘暴变化趋势初探. *自然灾害学报*, 1996, 5(2): 86-94.]
- [13] Xu Qiyun. An analysis of temporal and spatial distribution characteristics of sandstorm in northern China. In: Fang Zongyi, Dust Storm Research of China. Beijing: Meteorological Press, 1997. 11-15. [徐启运. 我国西北地区沙尘暴天气时空分布特征分析. 见: 方宗义 编, 中国沙尘暴研究. 北京: 气象出版社, 1997. 11-15.]
- [14] Zhou Zijiang. Blowing-sand and sandstorm in China in recent 45 years. *Quaternary Sciences*, 2001, 21(1): 9-17. [周自江. 近 45 年中国沙尘暴和扬沙天气. *第四纪研究*, 2001, 21(1): 9-17.]
- [15] Qiu Xinfu, Zeng Yan, Miao Qilong. Temporal-spatial distribution as well as tracks and source areas of sand-dust storms in China. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(3): 316-322. [邱新法. 我国沙尘暴的时空分布规律及其源地和移动路径. *地理学报*, 2001, 56(3): 316-322.]
- [16] Huang Jiayou (ed.). *The Methods of Statistical Analysis and Prediction in Meteorology*. Beijing: Meteorological Press, 1979. 1-268. [黄嘉佑 编著, 气象统计分析与预报方法. 北京: 气象出版社, 1979. 1-268.]
- [17] Zhu Zhenda, Chen Guangting. *The Sandy Desertification of the Lands in China*. Beijing: Science Press, 1994. [朱震达, 陈广庭. 中国土地沙质荒漠化. 北京: 科学出版社, 1994.]
- [18] Shang Kezheng. Response of climatic in North China deserted region to the warming of the earth. *J of Desert Research*, 2001, 21(4): 387-392. [尚可政. 我国北方沙区气候变化对全球变暖的响应. *中国沙漠*, 2001, 21(4): 387-392.]
- [19] Tao Shiyan. Moisture needs everywhere in China and division of climatic regions in China. *Acta Mete Sinica*, 1949, 20: 43-50. [陶诗言. 中国各地水分需要量之分析与中国气候区域之新分类. *气象学报*, 1949, 20: 43-50.]
- [20] Ci Longjun. Climatic type and the potential extent determination of desertification in China. *J of Desert Research*, 1997, 17(2): 107-111. [慈龙骏. 中国荒漠化气候类型划分与潜在发生范围的确定. *中国沙漠*, 1997, 17(2): 107-111.]

Regional Characteristics of Dust Events in China

WANG Shigong¹, WANG Jinyan¹, ZHOU Zijiang², SHANG Kezheng¹,
YANG Debao¹, ZHAO Zongsuo³

(1. Department of Atmospheric Science, College of Resources & Environment, Lanzhou University, Lanzhou, 730000, China;
2. National Meteorological Center, Beijing 100081, China; 3. 93864 Army 75 Unit, Xinjiang, Changji 831112, China)

Abstract: The dust events in China have been studied using the data of dust storms, wind-blown sand and floating dust from 338 observation stations selected in China from 1954 to 2000. The results are as follows: (1) In China, there are two high frequent areas of dust events, one is located in the area centered around Minfeng and Hotan in the South Xinjiang Basin, the other is situated in the area centered around Minqin and Jilantai in the Hexi Region. (2) The affected areas of dust storms can be divided into seven sub-regions, that is, North Xinjiang Region, South Xinjiang Region, Hexi Region, Qaidam Basin Region, Hetao Region, Northeastern China Region and Qinghai-Xizang Region. The area of the most frequent occurrence of dust storms and floating-dust is in South Xinjiang Region, and of wind-blown sand in the Hexi Region. The annual occurrence days of wind-blown sand in four representative regions have been increasing since 1998, but that of floating dust does not evidently reveal this phenomenon.

Key words: dust events; regional characteristics; China