

# 中国北方的典型强沙尘暴事件(1954~2002年)

周自江<sup>①②</sup> 章国材<sup>②</sup>

(<sup>①</sup>北京大学物理学院大气科学系, 北京 100871; <sup>②</sup>国家气象中心, 北京 100081. E-mail: zzj@cma.gov.cn)

**摘要** 利用 1954~2002 年全国 681 个气象站的逐日观测资料, 以天气过程为单元给出了近 49 年中国北方典型强沙尘暴的序列, 并初步分析了中国北方强沙尘暴的时空分布和演变趋势. 结果表明: 1954~2002 年, 中国北方共出现了 223 例较为典型的强沙尘暴事件, 其中 1979 年 4 月 10~12 日的强沙尘暴事件的影响范围最大; 与沙漠、沙地的地理分布和入侵我国的强冷空气的路径密切关连. 强沙尘暴的多发区域主要位于南疆盆地、西北地区东部和华北地区北部; 强沙尘暴的多发季节为春季, 约占全年的 82.5%, 冬季次之, 夏、秋季较少; 49 年间, 强沙尘暴的发生次数以 20 世纪 50 年代最多, 90 年代最少, 呈波动减少趋势, 但 2000~2002 年又相对增多; 强沙尘暴的平均持续时间以 20 世纪 90 年代最短, 比其他年代约短 0.5~1 h.

**关键词** 中国北方 典型强沙尘暴 时空分布 天气过程

与一般的沙尘天气相比, 强沙尘暴由于风力大、能见度低和含尘量高, 因而更具有危害性, 能在很短时间内给生态环境和人类社会造成严重损失<sup>[1~3]</sup>. Joseph 等人<sup>[4]</sup>和 Middleton 等人<sup>[5]</sup>曾根据风力和能见度将印度沙尘暴进行分级, 给出了强沙尘暴大致指标. 参照此指标, 徐启运等人<sup>[6]</sup>提出瞬时风速大于等于 20 m/s 和能见度小于 200 m 为我国西北地区单站强沙尘暴标准, 并进一步将瞬时风速大于等于 25 m/s 及能见度小于 50 m 的沙尘暴定义为特强沙尘暴. 钱正安等人<sup>[7]</sup>、卢琦等人<sup>[8]</sup>和 Sun 等人<sup>[9]</sup>曾试图给出中国西北地区强沙尘暴个例谱或强沙尘暴数量, 但由于缺少足够的客观观测资料支持, 结果都不够理想. 特别是对 20 世纪 50 和 60 年代的事件遗漏较多, 有的甚至误将大风视为强沙尘暴<sup>[10]</sup>, 因此这些成果尚不能全面反映近几十年中国北方强沙尘暴的客观事实, 很需要用客观观测资料来研究和完善.

最近, 我们收集整理了全国 681 个气象站 1954~2002 年逐日的沙尘暴原始记录和相关的大风以及能见度资料, 并以西北地区东部 1954~2001 年及全国 2000~2002 年为例, 进行了中国强沙尘暴序列重建试验工作, 得出了一些新的认识<sup>[11~13]</sup>. 本文在此试验的基础上, 将研究区域拓展到全国, 并以天气过程为单元给出中国北方典型强沙尘暴的序列, 进而讨论其时空分布特征和演变趋势.

## 1 资料

文所用的沙尘暴及相关的大风、能见度资料, 主

要取自原始的地面气象记录月报表和风速自记纸, 资料年代为 1954~2002 年. 经过反复检查, 资料的质量和完整性很好, 其中沙尘暴和大风的时间分辨率为 1 min, 能见度由于气象观测体制<sup>[14]</sup>的局限大多数年份只能取到每日 4 次定时值(即时间间隔为 6 h). 1987 年以后随着国家基准气象站的陆续建立, 部分台站每 1 h 取一次观测值. 在 681 个站中, 49 年间记有沙尘暴的站有 469 个, 占 68.9%, 这些台站总共积累了 64922 条沙尘暴原始记录.

## 2 典型强沙尘暴事件的认定标准

前期试验<sup>[13]</sup>表明, 在我国北方, 徐启运等人<sup>[6]</sup>的单站强沙尘暴标准还是比较适用的, 但其定义的特强沙尘暴标准缺乏普适性, 得不到系统连贯的观测资料支持. 在气象观测<sup>[14]</sup>中, 1980 年以前能见度用 0~9 级标识, 其中 0 级表示能见度小于 50 m, 1 级表示能见度大于等于 50 m 小于 200 m, 但是自 1980 年起能见度用长度单位米标识, 最小分辨刻度为 100 m, 不再有 50 m 这一档, 从而也就无法对特强沙尘暴进行判定. 正因如此, 本文不再讨论特强沙尘暴.

沙尘暴的发生、发展和传播是与天气过程紧密联系的, 因此要考查强沙尘暴的典型性和危害性, 必须依赖于天气过程来考查其是否具有区域群发的特征<sup>[13]</sup>. 与文献<sup>[13]</sup>相比, 由于研究区域的改变, 本文对典型强沙尘暴事件的认定标准修订如下: (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. 其中单站强沙尘暴和中等强度标准参见文献[13].

3 结果分析

3.1 中国北方典型强沙尘暴序列

按天气过程对上述 64922 条原始沙尘暴记录进行逐一筛选. 核查后, 发现在 1954~2002 年的 49 年间, 中国北方总共出现了 223 例较为典型的强沙尘暴(表 1), 平均每年约 4.6 次. 但值得注意的是, 表 1 所给的起止日期是指强沙尘暴事件的鼎盛时段, 不包括附带的扬沙和浮尘时段. 由于中国北方区域较大, 同一天可能有两个天气系统分别在东部和西部

引起沙尘暴, 即前一事件尚未结束, 后一事件在西部地区又起. 凡此情况, 均按照逐日“地面天气图”上的系统位置进行区域划割, 分别考查. 正因如此, 存在着诸多相邻事件起止日期的连贯或交叉现象, 例如 2001 年 4 月 5~7 日和 7~9 日等.

简单地从强、中等沙尘暴站数和沙尘暴总站数来看, 1979 年 4 月 10~12 日的强沙尘暴事件最为突出, 共有 117 个站同时发生了沙尘暴, 其中有新疆、甘肃、青海、宁夏、陕西和内蒙古的 27 个站达到强沙尘暴标准, 另有 35 个站达到中等强度标准. 其次是 1983 年 4 月 27~28 日、1984 年 4 月 25~26 日和 2001 年 4 月 7~9 日的强沙尘暴事件, 达到强沙尘暴标准的站数都在 20 个以上.

表 1 1954~2002 年中国北方典型强沙尘暴事件<sup>a)</sup>

序号	日期	N <sub>1</sub> /个	N <sub>2</sub> /个	N <sub>3</sub> /个	序号	日期	N <sub>1</sub> /个	N <sub>2</sub> /个	N <sub>3</sub> /个	序号	日期	N <sub>1</sub> /个	N <sub>2</sub> /个	N <sub>3</sub> /个
1	1954-03-18~19	5	10	64	2	1954-03-25~26	2	5	32	3	1954-04-30~05-01	1	7	32
4	1954-05-05	4	4	35	5	1954-05-17~18	3	3	37	6	1955-03-11~12	2	3	23
7	1955-03-16~17	6	14	91	8	1955-04-07~08	2	6	60	9	1955-04-12~14	9	5	40
10	1955-08-14~15	4	3	21	11	1956-02-07	2	4	18	12	1956-02-24	3	3	20
13	1956-03-20~21	7	18	57	14	1956-04-13~14	7	19	94	15	1956-04-22	1	7	58
16	1956-04-29	1	5	36	17	1956-12-03	2	3	26	18	1957-03-06~07	15	12	78
19	1957-04-01	1	8	33	20	1957-04-08	6	10	53	21	1957-05-12~14	3	6	41
22	1957-12-16~17	2	3	34	23	1958-02-20~21	7	21	51	24	1958-02-22~23	9	18	85
25	1958-03-11~13	1	5	50	26	1958-03-17~20	6	11	62	27	1958-03-22~23	4	5	70
28	1958-04-04~05	7	18	101	29	1958-04-22~23	3	6	61	30	1958-04-28	9	9	49
31	1959-01-11	2	5	31	32	1959-01-13~14	2	3	40	33	1959-03-07~08	1	7	26
34	1959-03-16~17	3	1	27	35	1959-03-25~26	4	6	49	36	1959-04-07	3	6	33
37	1959-04-08~09	4	5	60	38	1959-04-11	3	3	30	39	1959-04-15~16	6	12	56
40	1959-05-02~03	2	3	31	41	1959-06-06~07	4	3	22	42	1960-02-24~25	3	10	71
43	1960-03-07~09	3	0	30	44	1960-03-15~16	1	6	31	45	1960-03-22~23	6	10	50
46	1960-04-09~10	3	10	70	47	1960-04-18	2	4	31	48	1960-05-27~28	2	5	29
49	1960-12-10	1	6	20	50	1961-04-02~03	3	4	43	51	1961-04-05~07	3	3	37
52	1961-04-18~19	4	4	29	53	1961-05-09~10	3	8	37	54	1961-05-14~16	3	6	30
55	1961-05-31~06-02	6	12	80	56	1962-03-19~20	3	5	33	57	1962-04-20~21	3	1	54
58	1963-01-28	2	13	54	59	1963-04-03~04	2	10	49	60	1963-04-14~16	11	17	91
61	1964-03-14	1	6	29	62	1964-03-26	2	4	34	63	1964-03-31~04-01	7	11	58
64	1964-04-16~17	1	8	26	65	1965-04-15	2	3	35	66	1965-04-25~26	3	15	47
67	1965-11-27~28	7	8	40	68	1965-12-13	7	6	32	69	1966-02-01~02	4	14	75
70	1966-02-26~28	5	5	29	71	1966-03-04~05	2	5	37	72	1966-03-17	8	17	75
73	1966-04-01	2	5	51	74	1966-04-13~15	17	27	113	75	1966-05-05	1	12	34
76	1966-05-13	3	3	38	77	1966-06-21	7	1	37	78	1967-02-05	2	3	23
79	1967-04-01~02	1	9	33	80	1968-04-01~02	3	2	29	81	1968-04-23	3	18	70
82	1968-05-11	2	6	45	83	1969-03-14	2	3	30	84	1969-03-25~27	8	26	73
85	1969-04-02~03	6	11	52	86	1969-04-06	3	24	89	87	1969-04-13~14	1	15	61
88	1969-04-18~19	1	5	40	89	1969-09-14~16	2	4	18	90	1970-04-01~02	3	7	63

续表 1

序号	日期	$N_1$ /个	$N_2$ /个	$N_3$ /个	序号	日期	$N_1$ /个	$N_2$ /个	$N_3$ /个	序号	日期	$N_1$ /个	$N_2$ /个	$N_3$ /个
91	1970-04-09~10	1	5	29	92	1970-05-23~24	1	6	22	93	1971-02-14~15	1	8	42
94	1971-03-16	2	5	39	95	1971-04-04	3	2	20	96	1971-04-05~06	7	26	104
97	1971-04-11~12	2	9	60	98	1971-04-21	2	9	45	99	1971-04-22~23	3	3	38
100	1972-02-24~25	3	0	34	101	1972-03-30	1	7	54	102	1972-04-02~03	2	7	30
103	1972-04-17~18	2	12	72	104	1972-04-30	4	21	65	105	1973-04-01	1	7	36
106	1973-04-08	1	7	54	107	1974-02-04~05	2	3	23	108	1974-04-29	5	8	46
109	1975-03-05~06	3	4	17	110	1975-04-06~07	1	13	88	111	1975-04-16~17	5	9	40
112	1975-04-24	3	7	44	113	1975-07-17	4	10	27	114	1976-02-26	1	5	27
115	1976-03-27~28	2	18	59	116	1976-04-04~05	1	4	29	117	1976-04-21	2	7	56
118	1976-05-24	2	4	30	119	1976-12-17	3	14	45	120	1977-02-20~21	5	12	80
121	1977-03-13	8	10	61	122	1977-03-21	2	8	52	123	1977-04-22	4	10	48
124	1978-04-13~15	4	17	82	125	1978-05-25	2	4	20	126	1978-06-09	1	4	14
127	1979-02-20	1	8	37	128	1979-03-19	3	2	30	129	1979-04-10~12	27	35	117
130	1979-05-13~14	2	5	34	131	1979-05-21	1	10	56	132	1979-05-25~26	2	6	13
133	1979-06-11~12	2	3	16	134	1980-01-24~25	3	1	22	135	1980-04-11	1	6	29
136	1980-04-17~18	8	22	91	137	1980-05-03~04	3	7	34	138	1980-05-15~16	2	4	24
139	1980-06-03	1	6	15	140	1981-04-22~23	3	6	34	141	1981-04-30~05-02	12	14	86
142	1981-05-09~11	8	9	55	143	1981-05-30~31	2	3	16	144	1982-04-05	4	3	27
145	1982-05-01	3	11	51	146	1982-05-04	3	2	57	147	1982-05-10	3	6	29
148	1982-12-20~21	2	6	30	149	1983-03-15	6	10	47	150	1983-03-31	3	3	27
151	1983-04-02	2	3	27	152	1983-04-13	5	4	31	153	1983-04-17	7	3	23
154	1983-04-27~28	26	21	108	155	1983-05-18	3	1	28	156	1983-05-19~21	9	13	70
157	1984-04-02	2	3	13	158	1984-04-19~20	10	9	70	159	1984-04-25~26	24	41	118
160	1984-05-09~10	1	6	18	161	1984-11-04~05	2	6	48	162	1985-04-18~19	2	5	36
163	1985-04-23~24	2	5	46	164	1985-05-25	4	4	16	165	1985-06-10~11	4	4	16
166	1986-03-06	2	3	20	167	1986-03-15	4	2	17	168	1986-04-18	1	8	38
169	1986-04-22~23	3	10	46	170	1986-05-18~20	13	6	42	171	1987-05-07	3	3	19
172	1987-05-15	3	3	32	173	1988-01-21~22	2	7	40	174	1988-04-03~04	3	3	12
175	1988-04-10	2	8	68	176	1988-04-16	3	9	65	177	1988-04-19	1	7	35
178	1989-04-19	3	6	39	179	1989-05-24~25	3	3	16	180	1990-03-12~13	5	3	33
181	1990-04-05~06	2	11	57	182	1990-04-24~25	3	1	26	183	1990-05-27	2	5	23
184	1990-06-03~04	2	4	13	185	1991-05-05	4	4	32	186	1992-04-28	3	4	31
187	1992-05-02~03	3	7	20	188	1993-03-14~15	3	2	13	189	1993-04-20	1	8	41
190	1993-04-23	3	4	23	191	1993-05-05	11	9	42	192	1994-04-06~08	10	8	26
193	1994-04-29~05-01	4	6	26	194	1995-03-10	5	4	27	195	1995-05-16	4	5	30
196	1995-05-18	5	5	22	197	1996-04-16	1	5	19	198	1996-04-22~23	1	7	25
199	1996-05-29~30	14	6	30	200	1997-05-08~09	3	3	13	201	1997-07-10	3	1	7
202	1998-03-17~18	3	12	28	203	1998-04-15	4	13	40	204	1998-04-18	4	9	39
205	1998-04-22	2	5	19	206	1998-05-20	2	5	17	207	1999-04-23~24	5	6	27
208	1999-05-13	4	3	20	209	2000-04-12	4	5	27	210	2000-04-19	5	12	39
211	2000-04-28	2	7	30	212	2000-05-10~11	4	5	24	213	2000-12-31~01-01	2	4	13
214	2001-03-04~05	2	7	33	215	2001-03-21	3	0	23	216	2001-04-02~03	3	4	16
217	2001-04-05~07	17	15	62	218	2001-04-07~09	20	31	79	219	2001-04-28~29	11	17	56
220	2001-05-03	4	4	17	221	2002-03-19~21	7	20	83	222	2002-04-06~08	11	7	35
223	2002-04-21~22	1	6	17										

a)  $N_1$ : 强沙尘暴站数;  $N_2$ : 中等强度沙尘暴站数;  $N_3$ : 沙尘暴总站数

3.2 典型强沙尘暴的时空分布特征

(i.) 空间分布. 图 1 给出了中国北方典型强沙尘暴的地理分布, 可以看出, 49 年累计频次超过 5 次的多发区域主要位于南疆盆地...西北地区东部和华北地区北部. 其中新疆的若羌和民丰分别高达 33 和 32 次(指在 223 个典型强沙尘暴事件中, 该站达到强沙尘暴标准的次数. 下文同此), 是强沙尘暴的最高频中心, 其次是新疆和田 25 次...且末 23 次; 甘肃民勤 27 次...安西 20 次; 宁夏盐池 28 次和内蒙古朱日和 24 次, 以这些地区为中心向周围辐射分别形成了多个高频区域. 显然, 强沙尘暴的多发区域与沙漠...沙地紧密相联. 同时, 多发区域恰好位于影响我国的强冷空气的主要路径上. 这也就进一步验证了强冷空气的入侵是引发沙尘暴的主要动力源, 而地表裸露的沙土则是沙尘暴的主要物质源, 两者的有效叠加, 便构成了我国强沙尘暴空间分布的基本形态. 值得一提的是, 河北中部的饶阳在 20 世纪 50~70 年代出现了 9 次强沙尘暴, 末次出现时间为 1978 年 4 月 15 日. 另外河南郑州...开封...许昌和山东菏泽等地在 20 世纪 60 年代也曾发生过 1~2 次成片的强沙尘暴, 这是我国东部纬度最低的强沙尘暴发生区. 考察研究发现, 可能与当地局部沙地...裸露旱地或干枯河床裸露淤沙有关.

(i.) 季节分布. 由 223

例典型强沙尘暴事件的

逐月分布来看(表 2), 强沙尘暴主要集中于春季(3~5 月份), 共有 184 例, 占全年总数的 82.5%, 其中 4 月份多达 99 例, 占全年总数的 44.4%, 这是因为春季中国北方气温回暖解冻, 地表裸露, 容易起沙. 强沙尘暴的次多发生季节为冬季(12~2 月份), 共计 26 例, 占全年总数的 11.7%. 由于地表覆被的季节性改善, 夏秋季强沙尘暴的发生次数很少, 49 年间 6~11 月共出现过 13 次, 不足总数的 6%. 值得一提的是 2000 年 12 月 31 日~2001 年 1 月 1 日在甘肃民勤...内蒙满都拉等地出现的强沙尘暴事件, 既是季节最早又是季节最晚的.

(ii.) 近 49 年的变化特征. 从图 2 可以看出, 20 世纪 50 年代强沙尘暴较为频繁, 几乎年年高于平均值, 其中 1959 年为近 49 年的最高值, 达 11 次. 20 世纪 60 年代至 80 年代中期虽然存在较大的年际波动, 但趋势并不明显. 20 世纪 90 年代强沙尘暴相对较少, 有 8 个年份的出现次数低于均值线, 其中 1991 年为近 49 年的最低值, 仅 1 次. 2001 年又上升到 7 次, 是 1983 年以后出现次数最多的. 总之, 49 年间中国北方典型强沙尘暴在波动中呈减少趋势, 但近期有相对增多的趋势.

表 3 为中国北方各年代的典型强沙尘暴次数及其平均持续时间. 可见, 20 世纪 50 年代的 7 年间共出现了 49 次强沙尘暴, 平均每年 7 次, 相对较多; 20

世

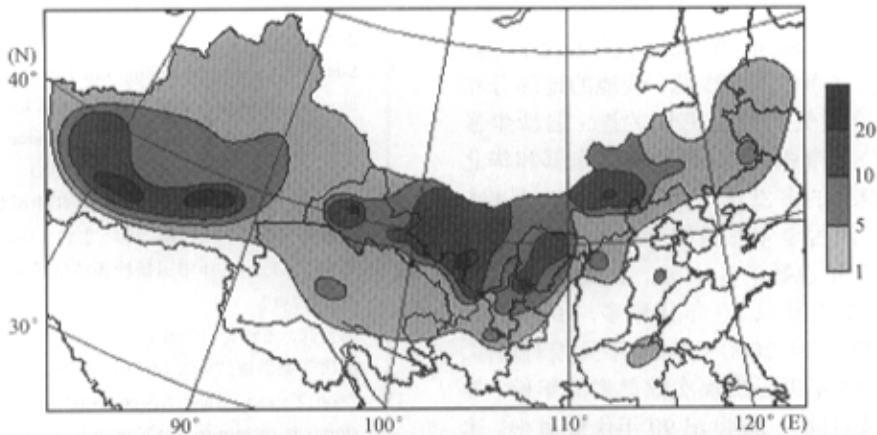


图 1 1954~2002 年中国北方典型强沙尘暴的地理分布示意图

表 2 中国北方典型强沙尘暴的逐月分布

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
强沙尘暴次数	5	14	41	99	44	7	2	1	1	0	2	7
占总数的百分比	2.24	6.28	18.39	44.39	19.73	3.14	0.90	0.45	0.45	0.00	0.90	3.14

表 3 1954~2002 年中国北方典型强沙尘暴的年代际变化

	1954~1960	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2000~2002
典型强沙尘暴次数	49	43	47	45	29	15 <sup>a)</sup>
平均持续时间 <sup>b)/h</sup>	8.556	8.235	8.143	8.574	7.568	8.090

a) 含 2000 年的 5 次, 以表达近 3 年的整体情况; b) 是第一行所列次数中全部达到强沙尘暴标准站点的沙尘暴持续时间的算术平均值

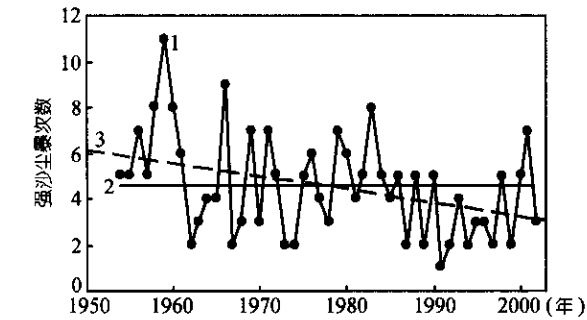


图 2 1954~2002 年中国北方典型强沙尘暴的年际变化  
1. 强沙尘暴的波动, 2. 49 年平均, 3. 线性趋势

纪 60, 70 和 80 年代强沙尘暴的年代际变化不大, 平均每年 4.3~4.7 次, 90 年代相对较少, 平均每年 2.9 次, 不足 50 年代的一半. 但 2000~2002 年的 3 年间出现了 15 次, 平均每年 5 次, 明显高于 20 世纪 90 年代的均值, 但尚未超过 50 年代. 从强沙尘暴的平均持续时间来看, 20 世纪 90 年代的均值最短, 比其他年代约短 0.5~1 h.

4 结论

在 1954~2002 年期间, 中国北方共出现了 223 例较为典型强沙尘暴事件, 与沙漠、沙地的地理分布和入侵我国的强冷空气的路径密切关联. 强沙尘暴的多发区域主要位于南疆盆地、西北地区东部和华北地区北部. 强沙尘暴的多发季节为春季(3~5 月份), 共出现了 184 例, 约占全年总数的 82.5%, 其中 4 月份多达 99 例, 占全年总数的 44.4%. 在 20 世纪后半叶, 强沙尘暴的发生次数以 50 年代最多, 90 年代最少, 呈波动减少趋势. 但 2000~2002 年又相对增多, 其中 2001 年是 1983 年以后出现次数最多的年份. 强沙尘暴的平均持续时间以 20 世纪 90 年代最短小, 比其他年代约短 0.5~1 h.

致谢 本工作受国家重点基础研究发展规划项目(G2000048703)、短期气候预测加强研究项目(96-908-06-4-1-2)、国家气象中心攻关项目(ZK2002B-20)和国家卫星气象中心攻关项目(NSMC-Y0101)资助.

参 考 文 献

1 Nickling W G, Brazel A J. Temporal and spatial characteristics of Arizona dust storms (1965-1980). J Climatology, 1984, 4: 645~660

2 Littmann T. Dust storm frequency in Asia: Climatic control and variability. Int J Climatology, 1991, 11: 393~412

3 Swap R S, Ulanski S, Cobbett M, et al. Temporal and spatial characteristics of Saharan dust outbreaks. J Geophys Res, 1996, 101: 4295~4220

4 Joseph P V, Raipal D K, Deka S N. "Andhi", the convective duststorm of northwest India. Mausam, 1980, 31: 431~442

5 Middleton N J. A geography of dust storms in south-west Asia. J Climatology, 1986, 6: 183~196

6 徐启运, 胡敬松. 我国西北地区沙尘暴天气时空分布特征. 应用气象学报, 1996, 7(4): 479~482

7 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. 见: 方宗义等编. 中国沙尘暴研究. 北京: 气象出版社, 1997. 1~10

8 卢琦, 杨有林. 全球沙尘暴警示录. 北京: 中国环境科学出版社, 2001. 235~243

9 Sun Jimin, Zhang Mingying, Liu Tungsheng. Spatial and temporal characteristics of dust storms in China and its surrounding regions, 1960~1999: relations to source area and climate. J Geophys Res, 2001, 106: 10325~10333

10 钱正安, 宋敏红, 李万元. 近 50 年中国北方沙尘暴的分布及变化趋势分析. 中国沙漠, 2002, 22(2): 106~111

11 周自江. 近 45 年中国扬沙和沙尘暴天气. 第四纪研究, 2001, 21(1): 9~17

12 周自江, 王锡稳, 牛若芸. 近 47 年中国沙尘暴气候特征研究. 应用气象学报, 2002, 13(2): 193~200

13 Zhou Zijiang, Wang Xiwen. Analysis of the severe group dust storms in eastern part of Northwest China. J Geographical Science, 2002, 12(3): 357~362

14 中央气象局. 地面气象观测规范. 北京: 气象出版社, 1979

(2003-02-13 收稿, 2003-05-08 收修改稿)