

西北地区东部群发性强沙尘暴序列的建立与分析

周自江¹, 王锡稳²

(1. 国家气象中心, 北京 100081; 2. 兰州中心气象台, 兰州 730020)

摘要: 利用 1954~2001 年 60 个站的气象实测资料, 探讨了西北地区东部群发性强沙尘暴的认定标准, 建立起该地区近 48 年较完整的群发性强沙尘暴序列, 并初步分析了该地区群发性强沙尘暴的时空分布特征和年际变化。结果表明: 近 48 年西北地区东部共出现了 99 例群发性强沙尘暴; 阿拉善高原、鄂尔多斯高原及河西走廊的大部分地区是强沙尘暴的主要多发区; 强沙尘暴的多发季节为 3~5 月, 约占全年的 78.8%; 强沙尘暴的发生次数、持续时间和覆盖范围以 20 世纪 90 年代最少、最短和最小, 但是 1997 年以后有明显的增加趋势。

关键词: 西北地区东部; 群发性强沙尘暴; 时空分布特征

中图分类号: P941 A

中外学者对我国北方沙尘暴的气候特征已经作了不少研究^[1~6], 但由于样品事件和资料覆盖面的差异, 得出的看法却不尽相同。最近, 周自江^[7]利用中国 681 个站长年代的气象观测量资料, 从全国范围对沙尘暴日数的时空分布特征作了系统性分析。由于其使用的观测站点密、资料年代长, 因此许多结论得到了广泛认同, 其中部分结论还被写入了中国科学院院士咨询报告^[8]。沙尘暴的发生有强有弱的, 强烈的沙尘暴可能使地面水平能见度低于 50 m, 破坏力极大, 能在很短时间内给生态环境和人类社会造成严重损失^[9~11]。因此对强沙尘暴的形成机理、天气气候特征和预测预报方法的研究是沙尘暴研究的重点。徐国昌^[14]、杨东贞^[15]、刘景涛^[16]、常兆丰^[17]等曾从天气学角度就我国北方某一两个孤立的强沙尘暴事件进行了分析。但对于过去几十年中我国北方强沙尘暴事件的数量和演变趋势等问题, 很难从已有的研究中找到满意的答案。为此, 我们从全国高密气象观测站网过去 50 年积累的沙尘暴资料出发, 依据统一标准构建我国强沙尘暴的时间序列。但是由于资料过于繁杂, 特别是大量的风速自记记录目前尚未充分信息化, 要想得到全国范围的强沙尘暴序列还比较困难, 必需做大量深入细致的工作。现就西北地区东部群发性强沙尘暴序列的构建方法和时空分布特征进行总结。

1 研究区域与资料来源

西北地区东部主要包括宁夏、内蒙古西部(即 111°E 以西地区), 以及甘肃、陕西省 35°N 以北地区, 总面积约 90 万 km²(图 1)。该区域属中纬度干旱和半干旱区, 内有巴丹吉林、腾格里、乌兰布和、毛乌素和库布齐等沙漠和沙地, 是我国沙尘暴的主要多发中心之一。

收稿日期: 2001-06-04; 修订日期: 2001-09-26

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(G2000048703) 和中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX2-305)

[Foundation Item: The National Key Basic Research Project of China, No. G2000048703; Key Knowledge Innovation Project of CAS, No. KZCX2-305]

作者简介: 周自江(1970-), 男, 工程师, 主要从事气象资料整编与应用研究。E-mail:zzj@rays.cma.gov.cn

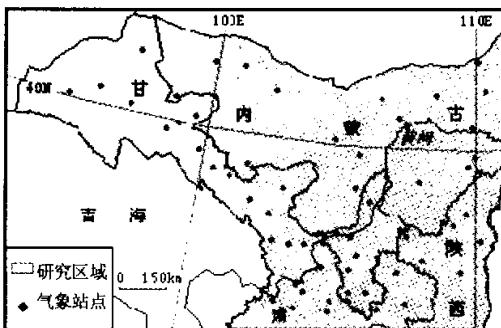


图1 研究区位置和站点分布图

Fig. 1 The location of study area and stations used in this research

个, 占 95 %。另为准确确定强沙尘暴个例, 还查阅了有关研究文献^[20]、有关时段的风速自记纸和《地面天气图》。

2 强沙尘暴序列的建立

Joseph^[9]、*Middleton*^[10]等曾根据能见度和风力将印度的沙尘暴进行分级, 给出一般、中和强沙尘暴标准。徐启运^[11]和钱正安^[20]等也曾参照此标准并结合我国实际情况, 提出了我国西北地区单站沙尘暴强度划分标准(表1)。气象部门的业务运行表明, 该标准在我国还是比较适用的。因此, 本文也依此标准来界定单站的强、中和一般沙尘暴, 但对群发性强沙尘暴作如下规定: (1) 同一次天气过程, 引起研究区域内有 3 个或 3 个以上站达到强沙尘暴标准, 则认定此次沙尘暴为群发性强沙尘暴。(2) 同一次天气过程, 引起研究区域内有 2 个站达到强沙尘暴标准, 同时有 3 个以上站达到中等强度沙尘暴标准或整个研究区域内有 30 % 以上站出现沙尘暴, 则也认定此次沙尘暴为群发性强沙尘暴。(3) 同一次天气过程, 引起研究区域内有一个站达到强沙尘暴标准, 同时有 5 个以上站达到中等强度沙尘暴标准或整个研究区域内有 50 % 以上站出现沙尘暴, 则也认定此次沙尘暴为群发性强沙尘暴。

对于由非系统性天气(如局地强对流等)引起的小范围零星一两个站强沙尘暴, 将不收入群发性强沙尘暴序列。这样, 通过对 60 个站 19873 条原始气象记录按天气过程分组核查, 发现在 1954~2001 年的 48 年间, 西北地区东部总共出现 99 次群发性强沙尘暴(表 2), 平均每年约 2.1 次。

3 强沙尘暴的时空分布特征

3.1 地理分布

除陕西南部和甘肃西南部外, 西北地区东部的绝大部分地区都曾出现过强沙尘暴(图 2), 其中阿拉善高原、鄂尔多斯高原及河西走廊的大部分地区是强沙尘暴的主要多发区, 强沙尘暴次数达 10 次以上, 部分地区接近或超过 20 次, 例如甘肃民勤 25 次、宁夏盐池 19 次、内蒙古巴音毛道 15 次等。如前所述, 西北地区东部属干旱和半干旱地区, 地表多为沙

一。区内大部分地区平均每年的沙尘暴 10 次以上, 部分地区超过 20 次^[17]。同时, 该区也是影响我国东部地区最主要沙尘暴发生源地之一^[18, 19]。

区域内共有国家基本气象观测站点 60 个(图 1)。使用的沙尘暴及其持续时间、能见度特征和风力等级资料主要取自这 60 个站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 1954~2001 年, 其中满 48 年的站有 29 个, 占 48.3 % (略低于全国 52.1 % 的平均水平), 满 45 年的站有 45 个, 占 75 %, 满 40 年的站有 57

表1 沙尘暴强度划分标准

强度	瞬时极大风速 f (m/s)	最小能见度 V (m)
强	≥ 8 级 或 $f \geq 20$	1 级 或 $V \leq 200$
中	6~8 级 或 $f \geq 17$	2 级 或 $200 < V \leq 500$
一般	4~6 级 或 $f \geq 10$	3 级 或 $500 < V \leq 1000$

注: 在气象观测中, 1980 年起能见度用长度单位 m 标识, 此前用 0~9 级标识。

表 2 1954~2001 年西北地区东部群发性沙尘暴
($N_{\text{强}}$: 强沙尘暴站数; $N_{\text{中}}$: 中等强度沙尘暴站数; N_{β} : 沙尘暴站数; $N_{\text{总}}$: 研究区域内的总站数)

Tab. 2 Severe group dust-storms in the eastern part of Northwest China in 1954~2001

序号	日期	$N_{\text{强}}$ (个)	$N_{\text{中}}$ (个)	$N_{\beta}/N_{\text{总}}$ (%)	序号	日期	$N_{\text{强}}$ (个)	$N_{\text{中}}$ (个)	$N_{\beta}/N_{\text{总}}$ (%)
1	1954.3.	2	3	44.8	51	1975.4.	2	4	42.1
2	1955.3.	3	7	75.8	52	1975.7.	4	7	28.1
3	1955.4.	1	5	69.7	53	1976.12.	3	9	49.1
4	1955.4.	4	2	54.5	54	1977.2.	2	7	36.8
5	1955.8.	4	3	39.4	55	1977.3.	3	4	35.1
6	1956.2.	2	3	32.4	56	1977.4.	2	4	26.3
7	1956.2.	2	0	44.1	57	1979.2.	1	5	29.8
8	1956.3.	2	4	38.2	58	1979.3.	3	2	17.5
9	1956.12.	2	1	41.2	59	1979.4.	11	22	91.2
10	1956.12.	1	3	50.0	60	1979.5.	1	7	49.1
11	1957.3.	12	10	80.0	61	1980.1.	3	1	33.3
12	1957.4.	4	8	46.7	62	1980.4.	3	6	35.1
13	1958.2.	7	13	64.6	63	1981.5.	5	8	47.4
14	1958.2.	8	13	64.6	64	1982.5.	3	14	68.4
15	1958.3.	1	6	39.6	65	1982.5.	3	6	68.4
16	1958.3.	1	1	66.7	66	1982.5.	2	5	33.3
17	1958.4.	3	10	75.0	67	1983.3.	6	10	47.4
18	1958.4.	6	8	72.9	68	1983.3.	3	4	28.1
19	1959.1.	2	3	34.0	69	1983.4.	2	6	42.1
20	1959.3.	2	6	34.7	70	1983.4.	3	5	26.3
21	1959.4.	3	6	62.3	71	1983.4.	14	9	77.2
22	1959.4.	5	9	52.8	72	1983.5.	3	0	24.6
23	1960.3.	3	1	26.3	73	1983.5.	5	7	59.6
24	1960.4.	3	5	36.8	74	1984.4.	5	7	56.1
25	1960.12.	1	5	29.8	75	1984.4.	11	18	77.2
26	1961.4.	2	3	36.8	76	1986.3.	3	1	12.3
27	1961.6.	4	9	70.2	77	1986.5.	4	1	24.6
28	1963.1.	2	10	50.9	78	1988.4.	2	7	40.4
29	1963.4.	3	2	42.1	79	1988.4.	2	5	59.6
30	1964.3.	1	6	38.6	80	1990.3.	3	2	19.3
31	1965.4.	1	9	29.8	81	1990.5.	2	3	28.1
32	1965.11.	7	6	49.1	82	1991.5.	4	4	33.3
33	1965.12.	4	3	24.6	83	1992.5.	2	3	21.0
34	1966.3.	2	6	31.6	84	1993.4.	1	9	47.4
35	1966.4.	1	4	57.9	85	1993.4.	3	3	26.3
36	1966.4.	7	14	68.4	86	1993.5.	10	4	54.4
37	1966.5.	1	5	59.6	87	1994.4.	7	5	21.1
38	1967.2.	2	3	29.8	88	1995.3.	4	4	29.8
39	1969.3.1	2	3	31.6	89	1995.5.	3	1	26.3
40	1969.3.	5	12	49.1	90	1996.5.	8	4	24.6
41	1969.4.	2	14	57.9	91	1998.4.	4	12	53.7
42	1970.4.	3	1	43.9	92	1999.6.	3	0	14.0
43	1971.4.	3	8	61.4	93	2000.4.	4	3	19.3
44	1972.3.	1	6	59.6	94	2000.4.	5	10	47.4
45	1972.4.	1	5	50.9	95	2000.5.	4	3	28.1
46	1972.4.	2	17	66.7	96	2000.12.-1.	2	3	15.8
47	1973.4.	1	5	50.9	97	2001.4.	6	4	40.4
48	1974.4.	5	2	28.1	98	2001.4.	11	14	70.2
49	1975.3.	3	4	21.1	99	2001.4.	7	9	50.9
50	1975.4.	1	8	49.1					

注: 由于部分历史时段部分台站没有瞬时极大风速记录, 只能参阅其十分钟平均最大风速, 并用“ $f >$ ”表述。统计表明, 当十分钟平均最大风速大于 17 m/s , 其瞬时极大风速可达 20 m/s 以上。

漠、沙地和旱地, 植被稀少, 大风过境, 容易形成强沙尘暴。

3.2 季节分布

由西北地区东部 99 例群发性强沙尘暴的逐月分布看(图 3), 强沙尘暴主要集中于春季(3~5 月), 共计 78 例, 占全年总数的 78.8 %, 其中 4 月份多达 41 例, 占全年总数的 41.4 %, 这是因为春季该地区多大风, 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), 共计 16 例, 占全年总数的 16.2 %。秋季(9~11 月)强沙尘暴的发生次数最少, 48 年间仅出现过 1 次。

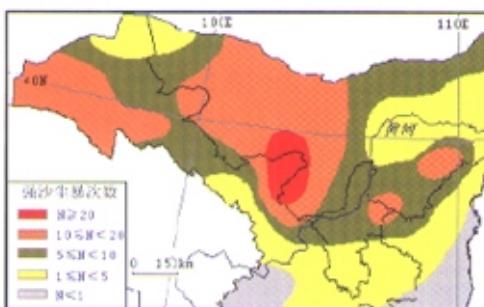
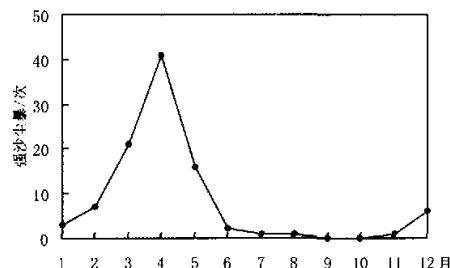


图 2 1954~2001 年群发性强沙尘暴的地理分布

Fig. 2 Distribution of severe group dust-storms in 1954~2001

图 3 1954~2001 年群发性强沙尘暴的逐月分布
Fig. 3 Monthly number of severe group dust-storms in 1954~2001

3.3 年际变化

图 4 为西北地区东部 1954~2001 年群发性强沙尘暴的逐年变化曲线。曲线显示，50 年代强沙尘暴约在每年 2~5 次水平上波动，60、70 及 80 年代前期（1983 年除外）平均每年 1~3 次，80 年代中后期和 90 年代的多数年份在 2 次以下，2000 和 2001 年又上升为 3~4 次。值得一提的是，1983 年该

地区共出现了 7 次群发性强沙尘暴，是近 48 年内最多的一年，尤以 1983 年 4 月 27~28 日的强沙尘暴最为突出，共有宁夏同心、银川、甘肃武威、景泰、内蒙古兰泰、伊金霍洛旗、陕西横山等 14 个站达到强沙尘暴标准，区域内 77.2% 的站点同时发生了沙尘暴。总体上看，西北地区东部的群发性强沙尘暴在波动中呈减少趋势，但 1997 年以后有相对增多的趋势，2000 年和 2001 年各出现了 4 次群发性强沙尘暴，也是 1983 年以后出现次数最多的年份。资料表明（表 3），西北地区东部 50 年代的 7 年间共出现了 25 次强沙尘暴，平均每年 3.6 次，相对较多，70 和 80 年代强沙尘暴的年代际变化不大，平均每年 1.9~2.0 次，60 和 90 年代相对较少，平均每年 1.7 和 1.5 次，不足 50 年代的一半。从平均持续时间来看，90 年代为 7.2 小时，短于其它几个年代 1~2 个小时。同样 90 年代强沙尘暴的覆盖范围也较其它几个年代小 10%~20%。

至于，90 年代强沙尘暴相对较少、持续时间相对较短和覆盖面积相对较小的原因，笔者认为可能跟大的气候背景有关^[4]，也可能是部分地区采取了一些生物措施（如植树造林）

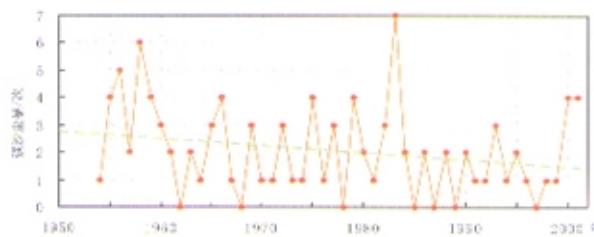


图 4 1954~2001 年群发性强沙尘暴的年际变化

Fig. 4 Annual number of severe group dust-storms in 1954~2001

表 3 西北地区东部 1954~2001 年群发性强沙尘暴的年代际变化

Tab. 3 Decade distribution of severe group dust-storms in 1954~2001

	1954~1960	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001 年
强沙尘暴次数	25	17	20	19	15	3
平均持续时间(小时)	8.593	9.650	8.596	8.882	7.214	7.448
平均 $N_p/N_{p0}(\%)$	51.88	45.41	43.07	44.23	30.83	53.83

和工程措施(如宁夏的固海扬水灌溉工程^[9]),使得局部地区地表覆被状况有所改善,抑制了沙尘暴天气的发生、发展和持续时间。

4 小结

通过对西北地区东部60个气象站积累的沙尘暴原始观测资料进行较系统地考察发现:近48年内西北地区东部共出现了99例群发性强沙尘暴,其中阿拉善高原、鄂尔多斯高原及河西走廊的大部分地区是强沙尘暴的主要多发区,出现次数达10次以上,甘肃民勤等部分地区接近或超过20次。强沙尘暴的多发季节为春季(3~5月),共出现了78例,约占全年的78.8%,其中4月份多达41例,占全年总数的41.4%。强沙尘暴的发生次数、持续时间和覆盖面积以90年代最少、最短和最小,但是1997年以后有明显的增加趋势,2000年和2001年各地区出现了4次强沙尘暴,也是1983年以后最多的年份。

参考文献 (References)

- [1] Littmann T. Dust storm frequency in Asia: climatic control and variability. *Int. J. Climatology*, 1991, 11: 393-412.
- [2] Wang Shigong. Study on sand-dust storms over the desert region in north China. *J. 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.]
- [3] Xu Qiyun, Hu Jingsong. Features of spatial and temporal distributions of the dust storms in Northwest China. *Quart. J. Applied Meteorology*, 1996, 7(4): 479-482. [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.]
- [4] Yang Dongzhen, Fang Xiumei, Li Xingsheng. Analysis on the variation trend of sandstorm in northern China. *Quart. J. Applied Meteorology*, 1998, 9(3): 352-358. [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] Zhang De'er, Lu Feng. Winter sandstorm events in extensive northern China. *Quaternary Sciences*, 1999, 19(5): 441-447. [张德二, 陆风. 我国北方的冬季沙尘暴. 第四纪研究, 1999, 19(5): 441-447.]
- [6] Niu Shengjie, Sun Jiming, Sang Jianren. Trend of sandstorm occurrence in Helan Mountain area. *J. Desert Research*, 2000, 20(1): 55-58. [牛生态, 孙继明, 桑建人. 坎兰山地区沙尘暴发生次数的变化趋势. 中国沙漠, 2000, 20(1): 55-58.]
- [7] Zhou Zijiang. Blowing-sand and sandstorm in China in recent 45 years. *Quaternary Sciences*, 2001, 21(1): 9-17. [周自江. 近45年中国扬沙和沙尘暴天气. 第四纪研究, 2001, 21(1): 9-17.]
- [8] Ye Duzheng, Chou Jifan, Liu Jiyuan et al. Causes of sand-stormy weather in northern China and control measures. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(5): 513-521. [叶笃正, 仇纪范, 刘纪远 等. 关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策. 地理学报, 2000, 55(5): 513-521.]
- [9] Joseph P V, Raipal D K, Deka S N. "Andhi", the convective duststorm of northwest India. *Mausam*, 1980, 31: 431-442.
- [10] Nickling W G. Temporal and spatial characteristics of Arizona dust storms (1965-1980). *J. Climatology*, 1984, 4: 645-660.
- [11] Middleton N J. A geography of dust storms in south-west Asia. *J. Climatology*, 1986, 6: 183-196.
- [12] Swap R S, Ulanski S, Cobbett M et al. Temporal and spatial characteristics of Saharan dust outbreaks. *J. Geophys. Research*, 1996, 101: 4295-4220.
- [13] 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. Research*, 2001, 106: 10325-10333.
- [14] Xu Guochang. On an extraordinary heavy sandstorm on April 22nd in Gansu province. *Acta Meteorologica Sinica*, 1979, 37(4): 26-35. [徐国昌. 甘肃省"4·22"特大沙暴分析. 气象学报, 1979, 37(4): 26-35.]
- [15] Yang Dongzhen, Ji Xiangming, Xu Xiaobin et al. An analysis of a sandstorm weather. *Acta Meteorologica Sinica*, 1991, 49(3): 334-342. [杨东贞, 纪湘明, 徐晓斌 等. 一次黄沙天气过程的分析. 气象学报, 1991, 49(3): 334-342.]
- [16] Liu Jingtao, Yang Yaofang, Li Yunjin et al. A study of the physical mechanism for a black storm in northwest China.

- Quart. J. Applied Meteorology*, 1996, 7(3): 371-376. [刘景涛, 杨耀芳, 李运锦 等. 中国西北地区 1993 年 5 月 5 日黑风暴的机理探讨. 应用气象学报, 1996, 7(3): 371-376.]
- [17] Chang Zhaofen, Liu Hujun, Ji Yongfu. Investigation and analysis to the latest strong sand-dust storm occurred in Hexi Corridor. *J. Desert Research*, 1997, 17(4): 442-446. [常兆丰, 刘虎俊, 纪永福. 河西走廊最近一次强沙尘暴的调查分析. 中国沙漠, 1997, 17(4): 442-446.]
- [18] Qiu Xinfia, Zeng Yan, Miao Qilong. Sand-dust storms in China: temporal-spatial distribution and tracks of source lands. *J. Geographical Sciences*, 2001, 11(3): 253-260.
- [19] Qiu Xinfia, 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, 曾燕, 缪启龙. 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.]
- [20] Qian Zhengyan, He Huixia, Qu Zhang et al. The classification standard of dust-storm in northwest China and its case spectra and statistic characteristics. In: Fang Zongyi et al. Research of Dust-storm in China. Beijing: Meteorological Press, 1997. 1-10. [钱正安, 何慧霞, 麦章 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.]

Construction and Analysis of Severe Group Dust-storms in the Eastern Part of Northwest China

ZHOU Zijiang¹, WANG Xiwen²

(1. National Meteorological Center, Beijing 100081, China;

2. Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China)

Abstract: Based on the available original duststorms data from 60 meteorological observation stations, the paper constructed a quite complete series of severe group duststorms in the eastern part of Northwest China in 1954-2001. As a result, 99 severe group dust-storms have been found and confirmed in the eastern part of Northwest China in 1954-2001. Based on these 99 cases, the temporal and spatial distribution characteristics, especially inter-decade change of severe group duststorms were analyzed in the eastern part of Northwest China, and the following viewpoints were noted: (1) Alasan Plateau, most parts of Erdos Plateau and most parts of Hexi Corridor were the main area influenced by severe group duststorms, where there were generally more than 10 severe duststorms at some places and more than 20 events in some stations such as Minqin in Gansu Province in recent 48 years. (2) The major number of severe group duststorms is in spring, and the figure was 78.8%, especially in April there were 41 events and the figure was 41.4%. (3) The number of severe group dust-storms during the 1990s was 15, which is less than other decades. At the same time, the life cycle and the influencing area of severe group duststorms during the 1990s are shorter and smaller too. (4) In 2000 and 2001, there are 4 severe group duststorms broke out separately in the eastern part of Northwest China. It is the maximum after 1983.

Key words: eastern part of Northwest China; severe group dust-storms; temporal and spatial distribution characteristics