

文章编号 :1006-7639(2004)-02-0001-05

# 宁夏与甘肃沙尘暴过程的时空分布对比研究

陈晓光<sup>1,2</sup>, 刘庆军<sup>3</sup>, 张智<sup>3</sup>, 陈旭辉<sup>4</sup>, 林莉<sup>3</sup>

(1. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏 银川 750002; 2. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃 兰州 730020;  
3. 宁夏气象台, 宁夏 银川 750002; 4. 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020)

**摘 要** 选取宁夏 13 个代表站 1955~2003 年共 49a 的沙尘暴实测资料, 确定了宁夏区域性沙尘暴天气过程强度标准, 划分了 1955 年以来的特强、强和一般性沙尘暴天气过程, 研究了宁夏沙尘暴过程的时间和强度演变特征, 得出了一些新的认识。最后与上游甘肃省沙尘暴过程进行了时空分布特征的对比分析, 为西北东部地区沙尘暴的监测预警和联报联防提供了一定的科学依据。

**关键词** 宁夏; 沙尘暴; 过程标准; 特征差异

中图分类号: P425.5

文献标识码: A

## 引 言

沙尘暴, 特别是强沙尘暴是干旱、半干旱地区影响大、危害重的恶劣天气。全球有 4 大沙尘暴多发区, 分别位于中亚、北美、中非和澳大利亚, 我国北方的沙尘暴多发区属于中亚沙尘暴多发区的一部分<sup>[1]</sup>。早在 1925 年 Sutton 就报道了苏丹黑风的若干特征, 后来 Idso 又报道了美国亚利桑那州强沙尘暴的特征<sup>[2]</sup>, Joseph<sup>[3]</sup>和 Middleton<sup>[4]</sup>等还进一步给出了印度沙尘暴的分级标准。以 1993 年“5.5”特强沙尘暴为启动契机, 我国专家、学者全面展开了沙尘暴的时空分布、遥感监测、数值模拟、预报预测、减灾对策等研究工作<sup>[5-8]</sup>。在沙尘暴时空分布特征和演变趋势研究领域, 由于国内对沙尘暴强度的划分未形成统一的区分标准, 不同的研究工作往往采用不同的资料和划分标准, 受工作量等因素的限制, 多以沙尘暴发生日数为主要研究对象, 因此所得出的结论也不尽相同<sup>[9-18]</sup>, 且在认识上形成了一定的差异。

本文以宁夏沙尘暴天气过程为主要研究对象, 确定了宁夏沙尘暴天气过程标准, 对 1955 年以来的沙尘暴天气进行了过程普查和重新划分, 并与上游甘肃省同期、同标准的沙尘暴过程进行对比分析, 希望对宁夏沙尘暴业务和科研工作提供借鉴。

## 1 资料和方法

本文资料取自宁夏气象档案馆原始气象记录报表和信息化资料, 选取 1955 年 1 月至 2003 年 12 月的观测资料进行统计分析。在整理资料时日界规定为 08 时~08 时。这样规定日界是为了避免把 20 时前后出现的一次沙尘暴过程人为地划分为 2 次<sup>[5]</sup>。

## 2 区域性沙尘暴过程

沙尘暴是一种出现范围广, 危害程度大的灾害性天气, 为了能够在研究工作中相互借鉴, 业务工作中联报联防, 我们参考文献 [9] 的做法, 根据宁夏区域内沙尘暴出现的范围、持续时间、最小能见度和大风等多种因素, 确定了宁夏区域性沙尘暴过程的标准。

考虑到研究区域差异和所选代表站的不同, 为了使沙尘暴过程的强度标准有普遍适用性, 我们在标准中给出了代表站的比率, 且一次区域性沙尘暴过程是指在同一天气系统影响下的结果。

### 2.1 代表站选取

根据宁夏沙尘暴天气气候特点, 在宁夏区域内选取了 13 个代表站。这些代表站分布比较均匀, 沙尘暴年平均日数在全区处于前 15 位(除固原), 具有较好的代表性(表 1 和图 1)。

收稿日期: 2004-05-25; 改回日期: 2004-06-17

基金项目: 科技部、中国气象局项目《沙尘暴监测预警服务系统研究》, 国家自然科学基金项目(40065002) 共同资助

作者简介: 陈晓光(1955-), 男, 宁夏人, 硕士, 高级工程师, 主要从事天气气候方面的研究, Email: chenxg11@163.net

表 1 宁夏沙尘暴代表站

Tab.1 Representative stations of sandstorm in Ningxia

站名	起始年	年均日数	站名	起始年	年均日数
惠农	1957	7.0	中宁	1953	3.7
大武口	1972	3.8	韦州	1971	6.8
陶乐	1959	10.5	兴仁	1959	8.3
银川	1951	4.7	同心	1955	12.2
吴忠	1960	7.9	海原	1958	6.0
盐池	1954	18.3	固原	1957	2.5
中卫	1959	5.5			

2.2 区域性特强沙尘暴过程标准

在这 13 个代表站中如果同一天至少有 77% 的站出现沙尘暴天气、46% 的站出现大风天气、31% 的站能见度 < 1 000m、23% 的站沙尘暴持续时间达到 3h 则定义为一次区域性特强沙尘暴过程。

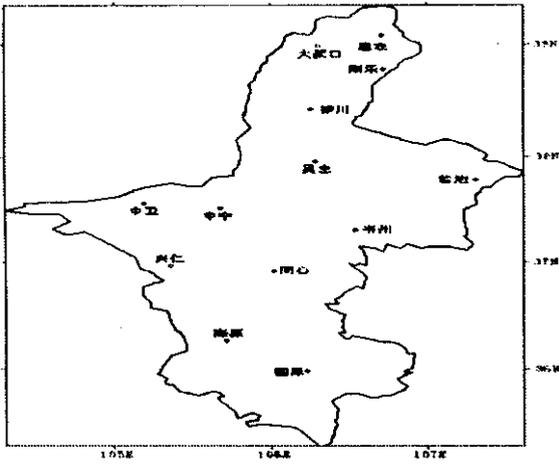


图 1 宁夏沙尘暴代表站分布

Fig.1 Spatial distribution of representative stations of sandstorm in Ningxia

依据该标准对 1955~2003 年的宁夏区域性沙尘暴过程进行了划分得到了 32 次特强沙尘暴过程(表 2)

表 2 宁夏区域特强沙尘暴过程出现日期(1955~2003)

Tab.2 Occurring date of regional extremely strong sandstorm in Ningxia(1955~2003)

序号	年	月	日	序号	年	月	日
1	1955	4	8	17	1975	3	18
2	1956	2	24	18	1979	4	11
3	1956	4	22	19	1981	5	1
4	1956	12	3	20	1982	5	1
5	1957	3	7	21	1982	5	4
6	1958	2	21	22	1983	3	15
7	1958	2	22	23	1983	4	2
8	1958	3	23	24	1983	4	27
9	1958	4	23	25	1983	6	3
10	1958	4	28	26	1984	4	19
11	1958	9	26	27	1984	4	25
12	1966	4	1	28	1984	11	5
13	1966	4	14	29	1987	3	16
14	1968	4	23	30	1988	4	16
15	1970	4	5	31	1993	5	5
16	1972	4	30	32	2001	4	8

2.3 区域性强沙尘暴过程标准

在这 13 个代表站中如果同一天有 54% 的站出现沙尘暴天气、31% 的站出现大风天气、15% 的站能见度 < 1 000m、15% 的站沙尘暴持续时间达到 1h, 则定义为一次区域性强沙尘暴过程。根据这个标准,从 1955~2003 年宁夏出现了 94 次区域性强沙尘暴过程(表略)。

2.4 区域一般性沙尘暴过程标准

相邻站中同一天至少有 3 个站(占 23%)出现沙尘暴天气,定义为一次一般性沙尘暴过程。从 1955~2003 年宁夏出现了 499 次区域性一般沙尘暴过程(表略)。

2.5 区域性沙尘暴过程的时间变化特点

2.5.1 年代际变化

在 1955~2003 年的 49a 间,宁夏总共出现了 625 次沙尘暴过程(表 3、表 4、表 5),其中特强沙尘暴过程 32 次,占总次数的 5%,年发生频次为 0.65 次,强沙尘暴 94 次,占总次数的 15%,年发生频次

表 3 宁夏区域特强沙尘暴过程各年代各季节出现次数

Tab.3 Frequency of regional extremely strong sandstorm in different decades and seasons in Ningxia

年	冬季	春季	夏季	秋季	合计
1955~1960	4	6	0	1	11
1961~1970	0	4	0	0	4
1971~1980	0	3	0	0	3
1981~1990	0	10	1	1	12
1991~2000	0	1	0	0	1
2001~2003	0	1	0	0	1
合计	4	25	1	2	32

表 4 宁夏区域强沙尘暴过程各年代各季节出现次数

Tab.4 Frequency of regional strong sandstorm in different decades and seasons in Ningxia

年	冬季	春季	夏季	秋季	合计
1955~1960	8	14	0	0	22
1961~1970	2	16	1	1	20
1971~1980	8	20	3	0	31
1981~1990	2	8	1	0	11
1991~2000	1	7	0	0	8
2001~2003	0	2	0	0	2
合计	21	67	5	1	94

表 5 宁夏区域一般沙尘暴过程各年代各季节出现次数

Tab.5 Frequency of regional general sandstorm in different decades and seasons in Ningxia

年	冬季	春季	夏季	秋季	合计
1955~1960	35	92	24	2	153
1961~1970	29	57	10	4	100
1971~1980	41	79	15	5	140
1981~1990	19	47	9	4	79
1991~2000	2	18	3	1	24
2001~2003	0	2	1	0	3
合计	126	295	62	16	499

为 1.92 次;一般性沙尘暴 499 次,占总次数的 80%,平均每年发生 10.18 次。

如图 2 所示,20 世纪 50 年代是沙尘暴的多发期,区域性沙尘暴平均每年发生 31 次左右,70 年代次之,年均 17 次左右,60 年代和 80 年代接近,分别为 12 次和 10 次,90 年代最少,平均每年 3 次左右;2001~2003 年平均每年 2 次左右。

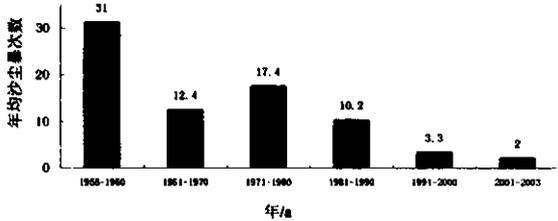


图 2 宁夏各年代年均沙尘暴次数

Fig.2 Annual average frequency of sandstorm in different decades in Ningxia

上世纪 50 年代发生的区域特强沙尘暴过程最多,平均每年 2 次左右,80 年代次之,平均每年 1 次左右,60 年代、80 年代、90 年代和 2001~2003 年较少,平均每年不到 1 次,特别是 90 年代最少,只发生了 1 次(图略)。

50 年代发生的区域性强沙尘暴过程最多,平均每年 4 次左右,70 年代次之,平均每年 3 次左右,60 年代和 80 年代平均每年为 2 次和 1 次左右,90 年代和 2001~2003 年最少,平均每年不到 1 次(图略)。

一般性沙尘暴过程,50 年代最多,70 年代次之,60 年代和 80 年代接近,90 年代最少。

### 2.5.2 年际变化

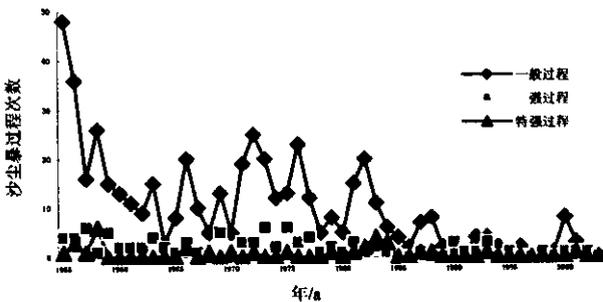


图 3 宁夏区域沙尘暴过程次数年际变化

Fig.3 Interannual variation of regional sandstorm in Ningxia

如图 3 所示,宁夏区域性一般、强和特强沙尘暴过程次数自 1955 年以来变化趋势基本一致,20 世纪 50 年代后期为下降趋势,60 年代较少,特别是 1964 年只有 5 次区域性沙尘暴过程,60 年代后期至 70 年代初为上升时期,70 年代沙尘暴发生较为频

繁,其中 1972、1973、1976 年分别发生了 29 次、26 次、26 次区域性沙尘暴过程;从 80 年代初开始,区域性沙尘暴过程次数处于下降趋势,特别是 1997、2003 年没有区域性沙尘暴过程发生,为有记录以来的最少年,2000、2001 年为近 10a 区域性沙尘暴最多的年份,分别为 8 次和 5 次,其中 2001 年还发生了 1 次特强和 1 次强沙尘暴过程,大大超过了上世纪 90 年代的平均次数。

### 2.5.3 季节变化

由表 6 可知,春季发生的特强沙尘暴过程最多,占全年的 78% 左右,其中 50% 出现在 4 月份,3 月和 5 月接近,各占 14% 左右;冬季次之,占全年的 13% 左右,其中 2 月占 10%,12 月占 3%;夏季和秋季发生的特强沙尘暴过程很少,各占 5% 左右,6 月、9 月和 11 月历史上分别只出现了 1 次,7 月、8 月和 10 月未出现特强沙尘暴过程,20 世纪 50 年代夏季、60 年代、70 年代和 90 年代的冬季、夏季、秋季未发生过特强沙尘暴过程。

表 6 宁夏区域沙尘暴过程各月出现总次数(1955~2003 年)

Tab.6 Frequency of regional sandstorm in different months in Ningxia(1955~2003)

级别	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
一般	46	54	106	105	84	35	18	9	1	4	11	26	499
强	2	14	13	42	12	3	2	0	0	0	1	5	94
特强	0	3	5	16	4	1	0	0	1	0	1	1	32
合计	48	71	124	163	100	39	20	9	2	4	13	32	625

同时,在春季发生的强沙尘暴过程也最多,占全年的 71% 左右,其中 4 月占 45% 左右,3 月、5 月各占 13%;冬季占全年 22% 左右,其中 2 月占 15%;夏季较少,仅占全年的 5% 左右,其中 8 月份历史上从未出现过;秋季最少,占全年的 1% 左右,其中 9 月、10 月从未出现过,20 世纪 50 年代和 90 年代夏季和秋季、70 年代和 80 年代秋季从未发生过强沙尘暴过程。

春季发生的一般沙尘暴过程占全年 59% 左右,各月出现的次数相近;冬季占全年的 25% 左右;夏季较少,只占全年 12% 左右,秋季最少,只占全年的 3% 左右,其中 9 月只发生过 1 次。

## 3 宁夏与甘肃两地沙尘暴过程的时空分布差异

甘肃省位于宁夏的上风方,在河西走廊出现的沙尘暴天气尤其是特强沙尘暴天气一般都会造成宁夏的沙尘天气。我们对 1955~2001 年宁夏、甘肃省

同期、同标准发生的沙尘暴天气过程进行了对比分析,发现在宁夏境内发生的 625 次沙尘暴天气过程中,有 360 次过程与甘肃省的沙尘暴过程同日发生,占总数的 58%。甘肃省的沙尘暴强度越强,沙尘暴爆发与影响宁夏的时间差也就越短。这就为西北东部地区沙尘暴的监测预警和联报联防提供了一定的科学依据。

### 3.1 空间分布差异

#### 3.1.1 特强沙尘暴

表 7 给出了甘肃、宁夏同日发生的不同强度的沙尘暴次数。由表可以看出,在甘肃省的 55 次特强沙尘暴过程移入宁夏后,有 13 次保持其强度,有 19 次减弱为强沙尘暴,有 21 次减弱为一般性沙尘暴,只有 2 次没有造成宁夏的沙尘暴天气。

在宁夏境内出现的 32 次特强沙尘暴过程中,有 30 次过程与甘肃境内的沙尘暴移动或发展加强有关,占到了 94%,仅有 2 次是宁夏境内产生的。

#### 3.1.2 强沙尘暴

在甘肃省的 130 次强沙尘暴过程中,移入宁夏保持其强度的为 15 次,发展加强为特强沙尘暴的为 7 次,减弱为一般性沙尘暴的为 49 次,还有 59 次没有造成宁夏的沙尘暴天气。

在宁夏的 94 次强沙尘暴过程中,有 78 次过程与甘肃境内的沙尘暴过程有关,占到了 83%,仅有 16 次过程与上游东移系统无关(表 7)。

#### 3.1.3 一般沙尘暴

近 50a 来,在甘肃境内出现的 797 次一般性沙尘暴天气过程中,与宁夏同日发生的一般性沙尘暴是 182 次,移入宁夏后发展加强为特强沙尘暴的是 10 次,发展加强为强沙尘暴的是 44 次,没有造成宁夏沙尘暴天气的是 561 次。

宁夏境内出现的一般性沙尘暴过程共有 499 次,由甘肃省移入的沙尘暴过程为 252 次,占 51%,宁夏本地生成的为 247 次(表 7),占 49%。

表 7 甘肃、宁夏同日发生各强度沙尘暴过程次数

Tab.7 Frequency comparison of sandstorms occurring on the same day in Ningxia and Gansu

标准	宁夏特强(32)	宁夏强(94)	宁夏一般(499)	宁夏合计
甘肃特强(55)	13	19	21	53
甘肃强(130)	7	15	49	71
甘肃一般(797)	10	44	182	236
宁夏合计	30	78	252	

### 3.2 时间分布差异

#### 3.2.1 特强沙尘暴

通过分析甘肃与宁夏首站出现沙尘暴的时间差

(图 4a)我们发现,宁夏特强沙尘暴出现时间大多比甘肃推迟 4~13h,为 22 次,占总数的 73%;推迟 4h 以内影响的为 6 次,占总数的 20%;宁夏境内首先出现的为 2 次,占总数的 7%。沙尘暴多呈西北路径沿酒泉(玉门、鼎新)—张掖—民勤一线进入宁夏。

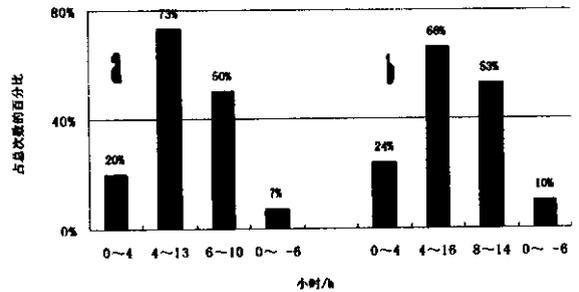


图 4 宁夏、甘肃同日出现特强、强沙尘暴时间差

Fig.4 Time difference of extremely strong, strong duststorm occurring on the same day in Ningxia and Gansu

#### 3.2.2 强沙尘暴

由图 4b 可知,宁夏强沙尘暴出现时间较上游推迟 4~16h 左右的为 51 次,占出现总数的 66%,其初始源区多在甘肃玉门、酒泉一带,推迟 4h 以内影响的为 19 次,占总数的 24%,其初始源区多在民勤、景泰一带,宁夏境内首先出现的为 8 次,占总数的 10%。

在 78 次强沙尘暴过程中,有 8 次宁夏比甘肃先出现或同时出现,时差大多在 0~4h 之间。宁夏一般首先出现在荒漠化程度最高的陶乐、盐池一带,而甘肃多在民勤一带最先发生,且以北方冷空气移动路径为主。

#### 3.2.3 一般性沙尘暴

对比分析同日发生的 252 次一般性沙尘暴过程,宁夏较甘肃推迟 4~24h 影响的为 127 次,占出现总数的 50%。其中 4~8h 的 41 次;时间相差 8h 以上的 86 次;4h 以下的为 64 次;宁夏较甘肃先发生的为 61 次。

## 4 小结

(1)宁夏区域性沙尘暴过程平均每年 12.8 次,其中特强沙尘暴过程 0.7 次,强沙尘暴过程 1.9 次左右,一般性沙尘暴过程 10.2 次左右。

(2)宁夏的沙尘暴过程经历了 3 个变化阶段。区域性特强沙尘暴过程在 20 世纪 50 年代中期至 70 年代后期处于下降阶段,80 年代初期至 80 年代中期为上升阶段,80 年代后期至 90 年代后期呈下

降趋势;区域性强沙尘暴过程在 50 年代中期至 70 年代中后期处于上升阶段,70 年代后期至 90 年代初期为上升阶段,90 年代中期至 90 年代后期呈下降趋势;区域性一般沙尘暴过程在 50 年代后期至 60 年代中期处于下降阶段,60 年代后期至 70 年代初期为上升阶段,80 年代初期至 90 年代后期呈下降趋势。

(3) 宁夏沙尘暴过程以春季居多,占全年一半左右,强和特强沙尘暴过程有三分之二发生在春季,冬季和夏季次之,秋季最少。

(4) 甘肃、宁夏两地的区域性沙尘暴过程存在着较明显的一致性与继发性特征。在宁夏的特强、强和一般性沙尘暴过程中,本地产生的仅仅占 6%、17%、49%,而由甘肃省移入的就分别占到了 94%、83%、51%。

当甘肃省发生特强沙尘暴过程时,宁夏产生特强、强和一般性沙尘暴过程的机率为 24%、35% 和 38%。当甘肃省发生一般性沙尘暴过程时,宁夏产生特强、强和一般性沙尘暴过程的机率分别为 1%、6% 和 23%,减弱消失的占 70%。

(5) 甘肃省的沙尘暴过程强度越强,移动速度就越快,沙尘暴爆发与影响宁夏的时间差也就越短。特强沙尘暴过程的时间差在 4~13h 的占 73%;强沙尘暴过程的时间差在 4~16h 的占 66%;一般沙尘暴过程的时间差在 4~24h 的占 50%。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 丁一汇,王守荣.中国西北地区气候与生态环境概论[M].北京:气象出版社,2001.22-31.

- [3] Joseph P V, Raipal D K, Deka S N. "Andhi", the convective duststorm of northwest India[M]. Mausam :1980. 431-442.
- [4] Middleton N J. A geography of dust storms in south-west Asia [J]. J Climatology, 1986, 1(3):183-196.
- [5] 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,1997.1-330.
- [6] 叶笃正,丑纪范,刘纪远,等.关于我国华北地区沙尘天气的成因与治理对策[J].地理学报,2000,55(5):513-521.
- [7] 史培军,严平,高尚玉,等.中国沙尘暴灾害及其研究进展与展望[J].自然灾害学报,2002,9(3):71-75.
- [8] 王涛,陈广庭,钱正安,等.中国北方沙尘暴现状及对策[J].中国沙漠,2002,21(4):322-327.
- [9] 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[A].中国沙尘暴研究[C].北京:气象出版社,1997.1-10.
- [10] 赵光平,王凡,杨勤,等.宁夏区域性强沙尘暴天气成因及其预报方法的研究[A].中国沙尘暴研究[C].北京:气象出版社,1997.52-58.
- [11] 杨东贞,房秀梅,李兴生.我国北方沙尘暴变化趋势的分析[J].应用气象学报,1998,9(3):352-358.
- [12] 牛生杰.贺兰山地区沙尘暴发生次数的变化趋势[J].中国沙漠,2000,20(1):55-58.
- [13] 全林生,时少英.中国沙尘天气变化的时空特征及其气候原因[J].地理学报,2001,56(4):477-485.
- [14] 周自江,王锡稳.西北地区东部群发性强沙尘暴序列的建立与分析[J].地理学报,2002,57(4):437-442.
- [15] 钱正安,宋敏红,李万元.近 50 年来中国北方沙尘暴的分布及变化趋势分析[J].中国沙漠,2002,22(2):106-111.
- [16] 魏文寿,张璞,高卫东,等.新疆沙尘暴源区的气候与荒漠环境变化[J].中国沙漠,2003,23(5):483-487.
- [17] 丁瑞强,王式功,尚可政,等.近 45 年我国沙尘暴和扬沙天气变化趋势和突变分析[J].中国沙漠,2003,23(3):306-310.
- [18] 周自江,章国材.中国北方的典型沙尘暴事件(1954~2002)[J].科学通报,2003,48(11):1224-1228.
- [19] 陈晓光,张存杰,董安祥,等.甘肃省沙尘暴过程的划分及统计分析[J].高原气象,2004,23(3):374-381.

## Comparative Study on Temporal - Spatial Distribution of Duststorm in Ningxia and Gansu

CHEN Xiao-guang<sup>1,2</sup>, LIU Qing-jun<sup>3</sup>, ZHANG Zhi<sup>3</sup>, CHEN Xu-hui<sup>4</sup>, LIN Li<sup>3</sup>

(1. Key Lab of Meteorological Disaster Prevention and Reduction in Ningxia, Yinchuan 750002, China;

2. Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020, China; 3. NingXia Meteorological Observatory, Yinchuan 750002, China;

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

**Abstract:** By using a total of 49 years (1955~2003) duststorm data from 13 representative sites in Ningxia, We established a intensity standard of regional duststorm in Ningxia, divided extremely strong, strong and ordinary duststorm after 1955, and studied the time and intensity evolving features of Ningxia duststorm. By the analyse of temporal - spatial distribution features of sandstorms contrast to Gansu province, Some scientific basis of sandstorm monitoring, warning, forecasting and preventing were provided for the east of Northwest China.

**Key words:** NingXia, sandstorm, divisive standard, feature difference