

文章编号: 1000-694X(2004)02-0218-05

# 宁夏盐池地区沙尘暴发生特征的统计分析

马力文<sup>1</sup>, 赵光平<sup>2</sup>, 陈楠<sup>1</sup>, 王连喜<sup>1</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)

**摘 要:** 利用盐池气象站沙尘暴历史观测资料, 从沙尘暴发生频次、灾害类型分型等几个方面进行了统计和研究。在对沙尘暴灾害强度聚类分析的基础上, 对影响宁夏盐池地区的沙尘暴灾害进行了危害强度客观分类, 并分析了该区沙尘暴历史变化和年、月、日的不同时间尺度变化。结果表明, 宁夏沙尘暴年发生次数有减少的趋势, 但发生 1~2 次特强沙尘暴的概率明显增多; 沙尘暴强度与造成沙尘暴天气的天气系统、起沙源地和位置密切相关。沙尘暴分为西北气流型、锋线型、局地中小尺度天气型。特强沙尘暴的沙源地可能在腾格里沙漠、乌兰布和沙漠和巴丹吉林沙漠等更远的沙源地, 强沙尘暴源于毛乌素沙地、乌兰布和沙漠、腾格里沙漠或巴丹吉林沙漠。弱至强沙尘暴可能与盐池南部荒漠化草场植被破坏和沙漠化有关, 属就地起沙类型, 不能造成特强沙尘暴灾害。

**关键词:** 沙尘暴; 特征; 分析

中图分类号: P445.4

文献标识码: A

宁夏地处黄土高原西北边缘, 地势南高北低, 境内地表侵蚀, 水土流失严重, 西部为腾格里沙漠, 西北部为乌兰布和沙漠, 每逢春季几乎都会有沙尘暴天气影响, 强沙尘暴是该区春季严重灾害性天气。2000 年入春以来, 大风扬沙和沙尘暴天气频繁, 造成了重大的经济损失和社会影响。由于沙尘暴天气来势猛、受灾面积大, 对农林业、畜牧业、电力、通讯和人民生命财产有着极大危害。1993 年 5 月 5 日发生的特强沙尘暴持续约 5 h, 能见度几乎为 0, 波及宁夏、甘肃、内蒙古等省区, 造成直接经济损失 6.4 亿元, 有约 300 余人伤亡<sup>[1]</sup>。

鉴于沙尘暴对经济、生态环境等的巨大影响, 中国气象局于 1993 年 9 月在甘肃兰州举办了沙尘暴预报服务专题研讨会, 取得了一批成果。几年来召开过多次有关沙尘暴的国际学术会议, 其研究内容涉及沙尘输送、沙尘暴发生和沙尘沉降等问题。1997 年我国出版了的《中国沙尘暴研究》专辑, 汇集了近年来沙尘暴研究所取得的主要成果, 内容包括沙尘暴时空分布特征和天气学分析、数值试验和业务数值预报、外场观测以及科学试验和沙尘暴对经济、社会活动的影响等。近几年, 随着国家自然科学基金委及科技部对沙尘暴研究支持力度的加大, 对沙尘暴的研究在深度和广度上都有了很大的发展<sup>[2]</sup>。

为了开展宁夏强沙尘暴成灾机理和控灾对策研究, 必须先摸清该区沙尘暴发生类型、特征和规律。

本文在分析宁夏各气象站沙尘暴历史观测记录的基础上, 利用 K-均值聚类、逐步判别和因子检验等多种统计方法, 深入研究了沙尘暴灾害天气类型, 在分型的基础上, 对各种类型的沙尘暴发生特征进行了研究, 使人们对沙尘暴天气的认识更近了一步。

## 1 资料来源

据研究, 宁夏沙尘暴发生频率和发生强度高值区位于贺兰山东部的盐池荒漠化干草原上, 这里是沙尘暴的多发中心, 引黄灌区受贺兰山阻挡, 沙尘暴的影响相对较弱<sup>[3]</sup>。因此, 我们选择盐池气象站 1951—2000 年沙尘暴发生过程期间的 10 m 电接风速、沙尘暴开始、结束时间、对应平均能见度资料和逐日常规气象观测资料进行研究。

## 2 沙尘暴天气强度划分

沙尘暴影响因子较多, 分类比较复杂。徐启运等在研究我国西北地区沙尘暴天气时空分布特征时, 提出了用瞬间极大风速和最小能见度为指标的沙尘暴天气强度划分标准<sup>[4]</sup>, 把西北地区沙尘暴天气分成 4 类, 但实际应用中由于风速在不同季节与沙尘暴发生程度的对应关系不明确, 即同样的风速, 在春季与初夏引起的沙尘暴程度不同, 不同地域(如华北与西北)同样风速引起的沙尘暴程度也不同, 因此不能用风速作为沙尘暴的分类标准, 必须对宁夏沙尘暴天气类型

收稿日期: 2002-10-14; 改回日期: 2003-05-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(40065002); 科技部招标项目(2002BA517A)共同资助

作者简介: 马力文(1964—), 女(回族), 北京市人, 高级工程师, 宁夏气象防灾减灾重点实验室客座副研, 从事气候资源、农业气象、农业遥感、灾害评估等研究。E-mail: ma-liwen@163.com

进行重新划分.我们利用聚类分析,根据沙尘暴天气发生时的能见度和持续时间,按照中国气象局沙尘暴能见度分类标准,引入沙尘暴持续时间因素,将该区1954—2000年沙尘暴天气过程分成4类,得到按沙尘暴实际发生情况的客观分类(表1).

表1 宁夏沙尘暴天气划分标准

分类	持续时间/h	能见度 $V_d$ /m
弱	$<1.6$	$500 \leq V_d < 1\,000$
中度沙尘暴	$1.7 \sim 4.2$	$200 \leq V_d < 500$
强沙尘暴	$4.3 \sim 7.9$	$50 \leq V_d < 200$
特强沙尘暴	$>7.9$	$V_d < 50$

### 3 宁夏盐池沙尘暴统计规律

#### 3.1 沙尘暴发生次数及历时的年际变化

根据盐池气象站1954—2000年观测的沙尘暴发生次数及历时(h)记载,可以看出沙尘暴发生次数及历时的年际变化趋势基本一致(图1),沙尘暴发生次数具有波动性,波动振幅变化大,期间有6个高峰期,1954—1960年、1963年、1971—1972年、1976—1977年、1980—1985年、1993—1995年.自70年代中期以来,盐池沙尘暴年发生次数在波动中逐渐降低.

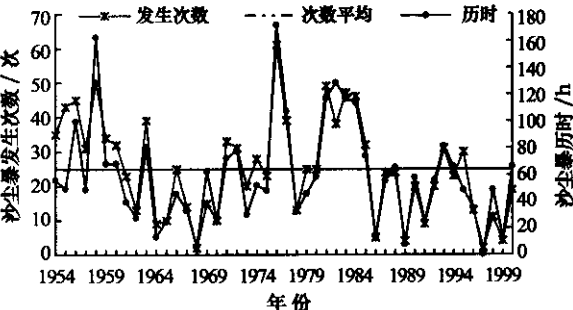


图1 1954—2000年盐池沙尘暴发生次数及历时的年际变化

Fig.1 Times and diachronic time of sandstorm occurred from 1954 to 2000 at Yanchi of Ningxia

该图还表现出明显的周期波动,既有沙尘暴持续高发期,又有相对稳定的低发期,其中高发期持续年份相对较短,仅3~4a,相对低发期一般持续2~7a;对上述统计结果进行的周期分析还显示,沙尘暴发生存在18a、22a、11a、7a、3a的主周期,其中以11a、7a和3a周期最显著.

根据图1,对历史样本进行了分类,由于强沙尘暴危害严重,也是人们关注的焦点,我们分析了盐池1970年以来强沙尘暴发生次数的年际变化趋势,并用正交多项式进行了趋势模拟(图2).

图2有几个特点:一是从正交多项式趋势线的走向来看,在较长一段时期内,强沙尘暴发生的次数有一定的稳定性,趋势总体上处在同一水平上;二是从发生强沙尘暴极值来看,20世纪70年代最多年发生4次,80年代最多年发生5次,90年代最多年仅发生2次,说明强沙尘暴年发生次数有减少的趋势;三是从不同年代强沙尘暴发生频率来看,70年代发生9次,80年代发生11次,90年代发生达15次,表明虽然一年内发生3次以上强沙尘暴的概率减少了,但发生1~2次强沙尘暴的概率明显增多,90年代几乎每年都会有1~2次强沙尘暴天气,特别是近年来,这种趋势有增无减.

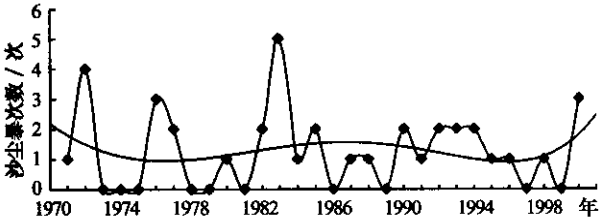


图2 宁夏盐池地区强沙尘暴年际变化

Fig.2 Inter-annual change of strong sandstorm occurred in Yanchi of Ningxia

#### 3.2 沙尘暴发生次数及历时的年内变化

图3是根据938个沙尘暴样本按月统计的平均发生次数和持续日数,二者有很好的一致性,呈单峰型,均表现出沙尘暴发生在12月至翌年6月份,7~11月几乎没有沙尘暴天气;其中3~5月为沙尘暴多发季节,4月份最多,与这一时期气温急剧回升、降水少和地表土壤水分减少并容易起沙有关.

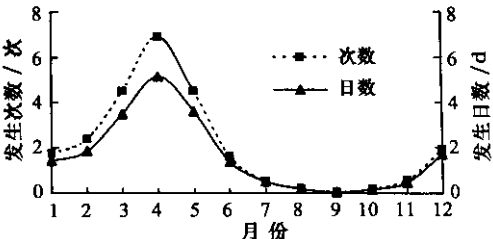


图3 盐池地区沙尘暴发生次数的年内变化

Fig.3 Inner-annual change of sandstorm occurred in Yanchi of Ningxia

#### 3.3 沙尘暴发生次数的日变化

图4是根据沙尘暴发生时间按季节统计的频率分布.从全年来看,沙尘暴一般从上午9:00开始,22:00结束,即沙尘暴一般发生在白天,夜晚基本不发生;从不同季节发生情况来看,春季频率最大,持续时间也最长,冬季发生频率较低,持续时间也较

短.一般上午 11:00 才开始,下午 18:00 就结束,持续 7 h.其他季节不发生沙尘暴天气.

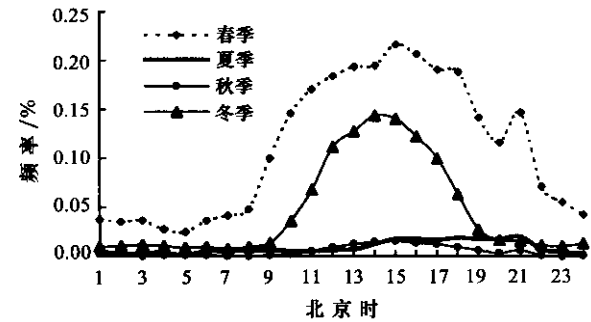


图 4 不同季节沙尘暴频率

Fig.4 Frequency of sandstorm in different seasons

4 不同类型沙尘暴过程沙尘源地分析

4.1 风向频率

不同沙尘暴强度的风向频率分布特征反映了沙尘暴天气过程的类型.根据不同强度沙尘暴发生前、中、后的风向资料,分别统计了其在各自类别中的风向频率,发现不同强度的沙尘暴风向频率分布有一定的相似性但存在明显的不同点(图 5).首先,从沙尘暴发生前、中、后的风向最大频率来看,弱沙尘暴风向集中在 WNW 方向上,中度沙尘暴扩展到 WNW—W 方向范围,强沙尘暴最大风向频率出现在 NNW 方向上,且从 WNW 至 WSW 分布比较均匀,在 NW 方向的沙尘暴较少.NNW 方向上的沙尘暴来源于盐池北部毗邻的毛乌素沙地,WNW—WSW 方向的沙尘暴分别来源于贺兰山西北部的

乌兰布和沙漠和西部的腾格里沙漠或河西走廊等更远的地区.特强沙尘暴天气集中在 WNW—WSW 方向上,最大频率在 W 方向上,其他方向上的发生几率基本上均很小.说明该区特强沙尘暴的沙源地主要在宁夏西部的腾格里沙漠、乌兰布和沙漠和河西走廊北部等更远的地区,而毛乌素沙地仅在 NNW 方向的大风时,影响盐池县等宁夏东部地区和陕北的榆林地区,对灌区基本没有影响.从图 5 还可看出,除特强沙尘暴外,其他类型的沙尘暴在 SSW—SSE 方向上也有一个小的峰值,这可能与盐池南部荒漠化草场植被破坏和生态环境退化有关,属于就地起沙类型.这种类型能造成弱至中度的沙尘暴灾害,但还不能造成强沙尘暴灾害.另外,从不同强度沙尘暴的风向频率数值间的比较可看出,中度以下的沙尘暴风向集中且频率较大,强至特强沙尘暴风向分布较宽,各个风向上的风向频率数值较接近,且比前者数值小.

为了研究沙尘暴发生过程的风向变化规律,绘制了不同强度沙尘暴发生前、后和发生过程中风向频率的比较图(图 6).从总体上看,沙尘暴发生前、中、后的过程中,风向有向偏北转向的趋势.这种趋势在弱沙尘暴天气上表现不显著,但在沙尘暴强度增强时,越来越显著.如特强沙尘暴天气发生前最大风向频率为 WSW,发生过程中转向 W 方向,过程结束后风向转向 WNW,这与造成不同强度沙尘暴的天气类型有关.

从不同强度沙尘暴发生过程中的风向频率比较来看,弱和中度沙尘暴最大频率在 WNW 方向上,强沙尘暴出现在 WNW—NNW 方向上,特强沙尘

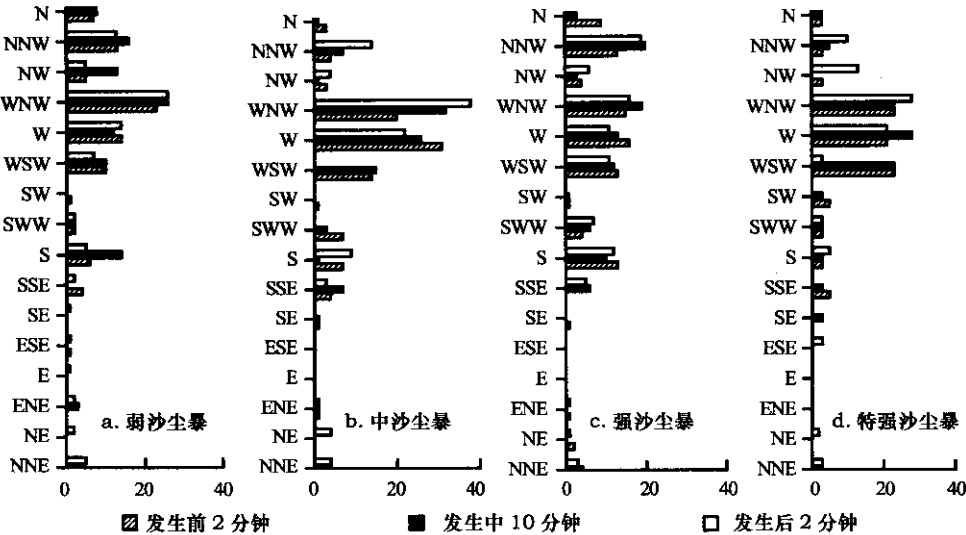


图 5 不同沙尘暴强度的风向频率

Fig.5 The frequency of wind direction for different intensity of sandstorm

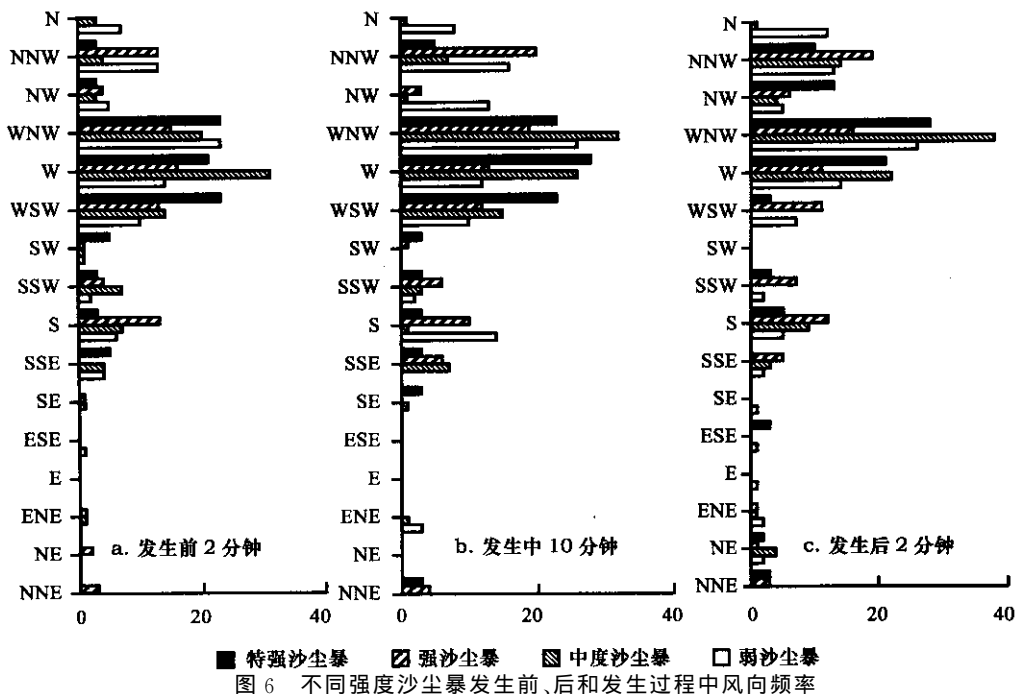


Fig. 6 Wind direction frequency before, after and while different intensity of sandstorm occurring

暴则集中在以 W 向为中心的 WNW—WSW 方向。根据以上分析,参考徐启运等的河西走廊地区沙尘暴划分结果<sup>[4]</sup>,把该区沙尘暴划分为西北气流型、锋线型、局地中小尺度天气型。西北气流型沙尘暴过程发生前、中、后风向变化不大;锋线型则在发生前与发生时较大的风向差异,但发生后风向与发生时差异不大;局地中小尺度天气型沙尘暴发生前、中、后风向均可以有巨大的变化<sup>[5]</sup>。

4.2 风速

图 7 是按照不同强度沙尘暴统计的样本每隔

10 分钟测定的风速平均值。反映了两方面的差别:一是从沙尘暴发生期间风速与强度间的关系可以看出,风速越大,沙尘暴强度越强;但从强沙尘暴风速反而大于特强沙尘暴风速来看,二者没有直接的联系。这可以从沙尘暴源地和沙尘粒子量得到解释。根据以上分析,特强沙尘暴起沙源地有远、近多处沙漠或戈壁,只要达到一定风速,这些源地的沙尘粒子均可进入大气,从其持续时间最长可以推断出大尺度天气过程比例较大,属西北气流型,影响区域广泛,起沙源地多,空中沙尘粒子浓度较高<sup>[6]</sup>;而强沙尘暴虽然系统性过程比例也较多,但中尺度强锋线

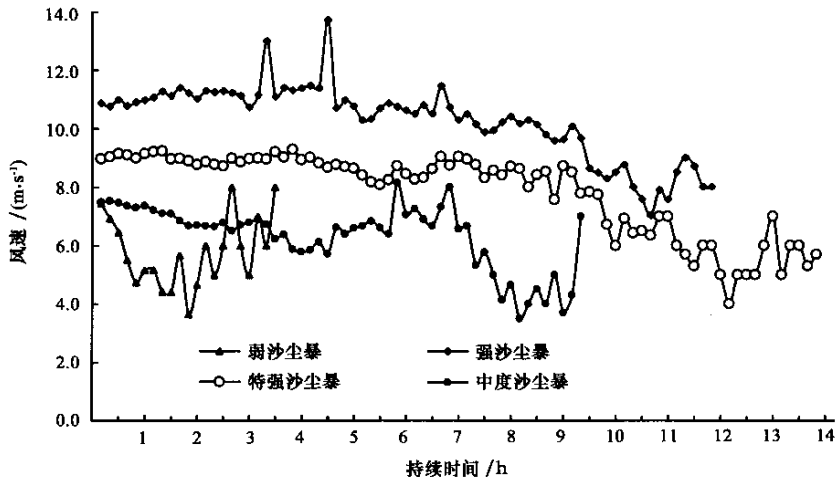


图 7 不同强度沙尘暴过程中 10 分钟风速变化特征

Fig. 7 Change of wind speed per 10 min in course of different intensity of sandstorm

型也占一定比例,这种天气虽然风速最大,但起沙源地比前者少,空中沙尘粒子浓度比前者低一些,造成沙尘暴强度不及前者.从沙尘暴持续时间可以看出,特强沙尘暴平均持续 14 h,强沙尘暴可持续 12 h,中沙尘暴平均持续 9.5 h,而弱沙尘暴仅持续 3.5 h.不同类型沙尘暴风速和持续时间均有较大差异,可证明不同天气系统、起沙源地的多寡及源地位置是造成沙尘暴强度变化的原因.

5 结语

(1) 沙尘暴发生次数及历时的年际变化趋势基本一致,沙尘暴发生日数具有波动性,波动振幅变化大.20 世纪 70 年代中期以来,盐池沙尘暴发生日数在波动中逐渐降低.

(2) 沙尘暴发生次数及持续时间的年内变化有很好的一致性,其中 3~5 月为沙尘暴多发季节,4 月份最多.

(3) 沙尘暴发生次数的日变化一般从上午 9:00 开始,22:00 结束,即沙尘暴一般发生在白天,夜晚基本不发生;从不同季节发生情况来看,春季频率最大,持续时间也最长,冬季发生频率较低,持续时间也较短.

(4) 弱沙尘暴风向集中在 WNW 方向上,中度沙尘暴扩展到 WNW—W 方向范围,强沙尘暴最大风向频率出现在 NNW 方向上,特强沙尘暴天气集

中在 WNW—WSW 方向上,最大频率在 W 方向上,其他方向上发生的几率基本上均很小.沙尘暴发生前、中、后的过程中,风向有向偏北转向的趋势.这种趋势在弱沙尘暴天气上表现不显著,但在沙尘暴强度增强时,越来越显著.

(5) 沙尘暴发生期间 10 分钟风速与强度间的关系显示,风速越大,沙尘暴强度越强,但从强沙尘暴风速反而大于特强沙尘暴风速来看,二者没有直接的联系.特强沙尘暴平均持续 14 h,强沙尘暴可持续 12 h,中沙尘暴平均持续 9.5 h,而弱沙尘暴仅持续 3.5 h.

参考文献 (References):

[1] 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.  
[2] 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.  
[3] 牛生杰,孙继明,桑建人.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.  
[4] 徐启运,胡敬松.我国西北地区沙尘暴时空分布特征[J].应用气象学报,1996,7(4):479—482.  
[5] 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.  
[6] 赵光平,王连喜,杨淑萍.宁夏强沙尘暴生态调控对策的初步研究[J].中国沙漠,2000,20(4):447—450.

Statistical Analysis on Characteristics of Sandstorm  
Occurred in Yanchi of Ningxia

MA Li-wen<sup>1</sup>, ZHAO Guang-ping<sup>2</sup>, CHEN Nan<sup>1</sup>, WANG Lian-xi<sup>1</sup>

(1.Ningxia Key Laboratory for Meteorological Disaster Prevention and Alleviation, Yinchuan 750002, China; 2.Institute of Arid Meteorology, China Meteorology Administration, Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** Using history observation data at Yanchi Weather Station from 1951 to 2000 this article statistically analyzed the occurring frequency and disaster type of sandstorm in Yanchi of Ningxia. With clustering analysis method the destroying intensity of sandstorms in the study region was graded. Moreover, the temporal changes of sandstorm on different time scales have been analyzed. The occurring days of sandstorm in a year fluctuated down gradually since middle 1970s, but the frequency of very strong sandstorm happened for 1~2 times in a year remarkably increased. The intensity of sandstorm is nearly correlated with the weather system, the position and source region of sandstorm. Sandstorms happened in the study region are classified into three types, they are the Northwest Current originating type, the air mass frontier meeting type and the local small-medium weather inducing type. Strong and extremely strong sandstorms possibly originate in the Mu Us Sandy Land, the Ulan Buh Desert and the Badain Jaran Desert; relatively weaker sandstorms maybe have relation with vegetation breakage and land desertification of the desert grassland in the south of Yanchi, and belong to the local type, so commonly cannot bring sand calamity.

**Key words:** sandstorm; character; analysis

万方数据