

文章编号:1000-694X(2006)03-0375-05

宁夏北部自然环境对沙尘暴天气的影响分析

姚宗国^{1,2}, 赵光平³, 陈晓光³, 胡文东³, 郑广芬³

(1. 南京信息工程大学, 江苏 南京 210044; 2. 石嘴山市气象局, 宁夏 石嘴山 753000; 3. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏 银川 750002)

摘 要: 通过对宁夏北部 1961—2000 年沙尘暴和自然环境状况的调查分析,发现该区域地形、地貌和沙源地分布的不同是沙尘暴地域分布不均的主要原因,同时还发现当地沙尘暴的减少趋势与不同年代特有的气候因素有关外,还与人为活动有着直接关系。进入 20 世纪 90 年代,该区域通过加大植树造林和防护林带建设规模,有效地遏制了土地荒漠化,使沙地面积有所缩小,在大风次数正常偏多的情况下,沙尘暴却明显减少,起沙的风速阈值呈增大趋势,说明人为改变下垫面的自然环境,使其良性发展,有效地增加地表粗糙度,对抑制区域性沙尘暴的出现是可行的,并由此提出了防治沙尘暴应着眼于环境治理和保护的对策建议。

关键词: 自然环境; 沙尘暴; 影响; 对策建议
中图分类号: P445.4 **文献标识码:** A

宁夏北部是我国西北沙尘暴的多发地之一,其西、北、东三面受腾格里沙漠、乌兰布和沙漠、巴丹吉林沙漠和毛乌素沙地包围(图 1)。当地特殊的地理、地貌,加之受北半球西风带的影响,为沙尘暴的出现和发展创造了有利条件,一年四季都有沙尘暴出现,而每年春季 3~5 月是沙尘暴的多发时段。沙尘暴虽为一种小概率天气事件,但从宁夏北部近 40 a 沙尘暴产生次数的年代变化来看,总体呈下降趋势,这与牛生杰^[1]、陈晓光^[2]的研究结果

相吻合,也与全国沙尘暴总体呈减少的趋势相一致。这种趋势不仅与北半球不同年代大的气候背景有关,也与人为活动对当地下垫面自然环境的改变有着直接的关系^[3]。鉴于目前国内专家从天气气候角度对沙尘暴的气候特征^[4~9]、变化趋势^[10]、形成机制^[11~13]、成灾规律^[14~18]和监测预警等方面已做了大量的分析研究,并取得可喜成果,但在自然环境对沙尘暴天气造成的影响方面研究相对较少,本文将主要从宁夏北部地理、地貌和人为改变下垫面自然环境状况对沙尘暴的影响进行分析,结合当地自然环境 and 经济发展现状提出防治沙尘暴的对策和建议。

1 资料来源

选用 1960—2000 年宁夏北部石嘴山市各气象站的沙尘暴历史资料。

1.1 选取标准

石嘴山市共有 4 个气象观测站,主要从沙尘暴的影响范围、强度来考虑,全市有一站以上出现沙尘暴(持续时间跨过日界仍为一次沙尘暴过程)为入选标准。

1.2 时空分布

宁夏北部全年都会出现沙尘暴天气,主要集中在春季 3~5 月,其中 4 月是一年中沙尘暴最集中的月份(图 2),9~10 月为沙尘暴出现的最少月。

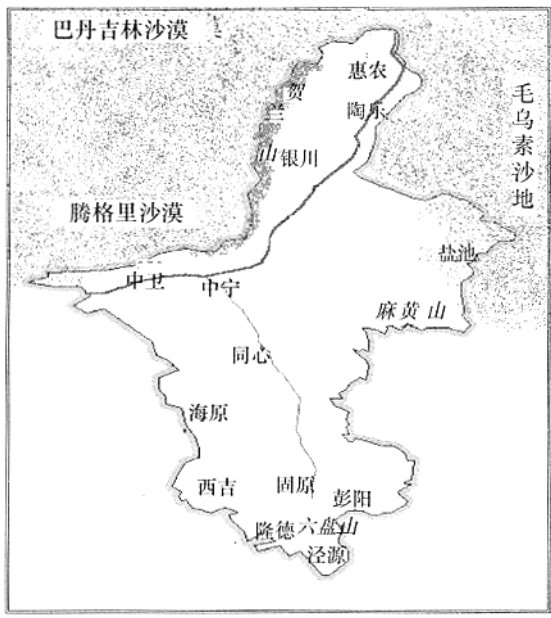


图 1 宁夏周边沙漠分布

Fig. 1 Desert distribution around Ningxia

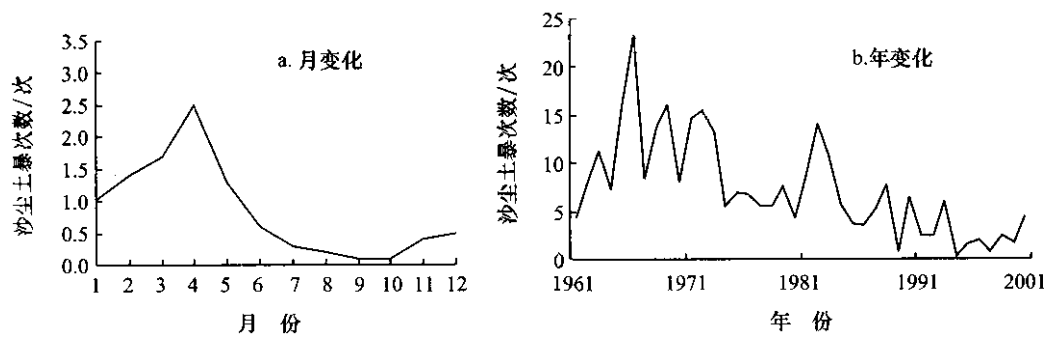


图2 宁夏北部沙尘暴次数月平均分布及年变化

Fig.2 Monthly and yearly variations of mean sandstorm times in northern Ningxia

近 40 a 来,宁夏北部沙尘暴次数总体呈减少趋势。该地区在 20 世纪 60 年代 的沙尘暴平均出现次数为 $11.5 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$,但到 90 年代,降到了 $2.4 \text{ 次} \cdot \text{a}^{-1}$,这与我国整个西北地区沙尘暴的总体变化趋势基本一致^[1,3~5]。从图 2 中 b 可以看出,宁夏北部在 60 年代 前期沙尘暴次数略有偏少,60 年代中后期的 1965 年到 70 年代前期的 1973 年,为沙尘暴近 40 a 出现的高峰期;70 年代中后期,又明显减少;80 年代前期的 1981—1983 年,又明显增加;80 年代后期到 90 年代 中期,沙尘暴日数持续下降,到 1994 年,降到了近 40 a 来的最低点;90 年代 后期又有增加势头,但到 21 世纪初(2001—2004 年)沙尘暴次数与 20 世纪 90 年代基本一致,没有明显的增减势头。

2 自然环境对沙尘暴的影响

2.1 地形、地貌对沙尘暴分布的影响

宁夏北部所处的地形、地貌和特有的气候背景及下垫面状况,导致该地区沙尘暴天气的频繁发生,而特殊地形条件对沙尘暴天气的增益作用,有利于沙尘暴天气的进一步发展。宁夏北部多受起源于西伯利亚的西北路冷空气影响,而突兀于境内西侧的贺兰山,位于沙尘暴东进路径上,当冷空气东移到贺兰山西部时,由于山体阻挡,在北端发生绕流,流速加大,可以强化沙尘暴强度;在贺兰山北端稍后处会形成涡旋,加速沙尘暴气流对流。此外,当沙尘暴气流翻越贺兰山时,由于焚风效应,空气干绝热下沉,也会增加空气的不稳定性,促进沙尘暴的发展^[13],这些都会影响到该地区沙尘暴的分布。

石嘴山市土地总面积只有 $4\,454 \text{ km}^2$ ^{①②},但沙尘暴的地域分布很不均匀,从 1961 年到 2000 年,陶乐站的年平均沙尘暴次数为 10.2 次,惠农站 6.4 次,平罗 4.5 次,吴忠市最少,只有 3.0 次,这主要是由

于地形、地貌和测站所处的地理位置的不同所造成的。由沙尘暴的产生条件可知,沙尘暴总是伴随着一定级别强风的出现而出现,大风天气越多越有利于沙尘暴的产生,但一个测站大风日数多,并不意味着沙尘暴日数也比其他测站多,这还与测站所处的地理位置和周围环境有关。惠农气象站位于贺兰山、内蒙古桌子山之间的黄河河谷地带,是个风口,受狭管效应影响,年平均大风日数达 56 d,为宁夏川区平原站之首,而与之相距仅 42 km 黄河对岸的陶乐站则处于大风出口区的开阔地段,大风要少得多,年平均大风日数仅有 9 d,是宁夏川区大风日数最少的测站。但陶乐的沙尘暴日数却远远高于惠农和其他测站,这是因为陶乐紧靠毛乌素沙地的边缘,陶乐站东北侧不到 2 km 处,就是毛乌素沙地,这为该站沙尘暴的出现提供了丰富的沙源。此外,石嘴山境内的沙地基本上都集中在陶乐境内,陶乐的沙地面积为 $37\,895.23 \text{ hm}^2$,为全市总沙地面积的 80%,占陶乐县总土地面积的 42%,几乎占了其土地面积的一半,为陶乐沙尘暴提供了丰富的本地沙源^{①②}。惠农站虽然大风日数多,但是惠农区境内基本没有沙地,其风口及其上游的地貌大部分是裸岩石砾地,该地区出现沙尘暴主要是由于强风将上游境外沙漠的沙尘吹上高空,通过远距离输送而来造成的,所以说,一个地区沙尘暴的多少,除与该站大风天气的多少有关外,也与该站距沙源的远近有直接的关系。大武口观测站由于紧靠贺兰山,贺兰山就象一座天然的屏障,阻挡住了其西侧腾格里沙漠的滚滚黄沙,同时也削弱了大风强度,所以该站的沙尘暴日数在石嘴山境内是最少的。平罗站位于县城的中心位置,远离沙源地,县境内沙地非常少,不足其土地总

① 1961—1988 年石嘴山市国民经济统计资料。
② 1991—2004 石嘴山市统计年鉴。

面积的 4%，主要以农田和牧草地为主。当冷空气在贺兰山北端发生绕流，容易在平罗县境内形成涡旋，加速沙尘暴气流对流，加之沙尘暴气流翻越贺兰山时，由于焚风效应，空气干绝热下沉，也会增加空气的不稳定性，这些都会促进平罗境内沙尘暴的发展。

2.2 生态环境变化对沙尘暴的影响

沙尘暴的发生不仅取决于风速，空气层结^[1,3~5]，还取决于一个地方的生态环境。20 世纪 60~80 年代末期，石嘴山全市平均每年造林面积不到 400 hm²，进入 90 年代，植树造林面积呈逐年突增趋势(图 3)，90 年代末期增加到 6 000 hm²，再加上近年来当地西部大开发战略步伐的加快，进一步加大了退耕还林、还草和生态环境建设力度，2003 年，全市造林面积突破了 8 000 hm²，尤其是沿贺兰山 110 国道两侧的防护林经过近 10 a 的建设已基本成型，对抑制和削弱大风、沙尘暴天气都起到了积极作用。原陶乐县由于在毛乌素沙地边缘加强了“三北”防护林建设，全县治沙效果显著，近 20 a 来

沙地面积有所减少，80 年代初期，沙地总面积在 4.19 万 hm² 左右，到 2004 年末，沙地面积缩小到 3.73 万 hm²；林地面积也由 8 400 hm² 增加到 1.33 万 hm²，占其土地总面积的 14%。随着陶乐植树面积的增加和沙地面积的减少，沙尘暴次数呈逐年减少趋势(图 4 中 b)，说明在沙漠边缘建造防护林带、退耕还草、禁牧，人为地使生态环境良性发展，可以有效地抑制当地沙尘暴的出现。

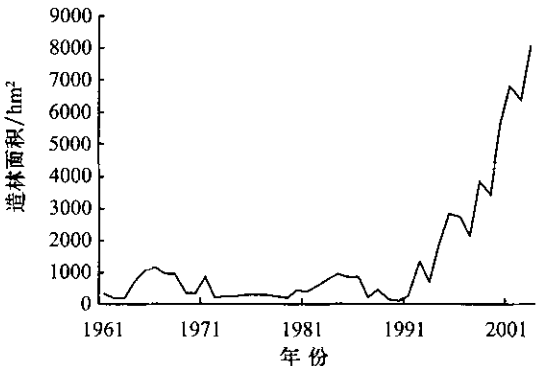


图 3 1961—2003 年石嘴山市逐年造林面积
Fig.3 Statistics of yearly afforesting areas in Shizuishan City from 1961 to 2003

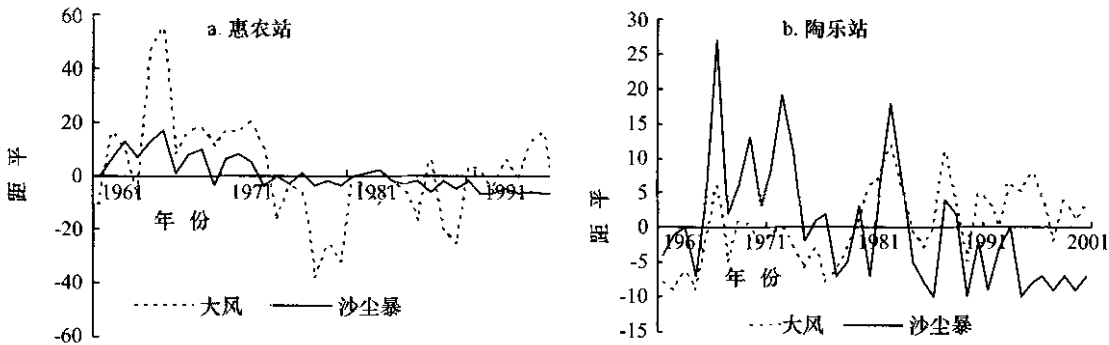


图 4 宁夏北部大风、沙尘暴次数距平逐年变化
Fig.4 Yearly fluctuation of gale and sandstorm times anomaly in northern Ningxia

为进一步说明生态环境的良性发展对沙尘暴的抑制作用，我们统计了惠农和陶乐两站 20 世纪 60 年代以来，不同年代历次沙尘暴发生前的 10 min 平均风速作为该年代当地沙尘暴起沙的风速阈值(图 5)。从图 5 中可以看出，陶乐站近 40 a 内，起沙的风速阈值在逐渐增大，60 年代为 7.2 m·s⁻¹，到 90 年代增大到 10.0 m·s⁻¹。这说明通过植树造林，人为地对下垫面生态环境的改善，削弱了地气相互作用，降低了沙尘的输送能力，只有更大的风速才能将沙尘卷上天空。而沙地面积的缩小，减少了大气中沙尘的含量，削弱了沙尘暴的强度和规模。惠农气象站位于原石嘴山区，据我们调查，在近 40 a 来

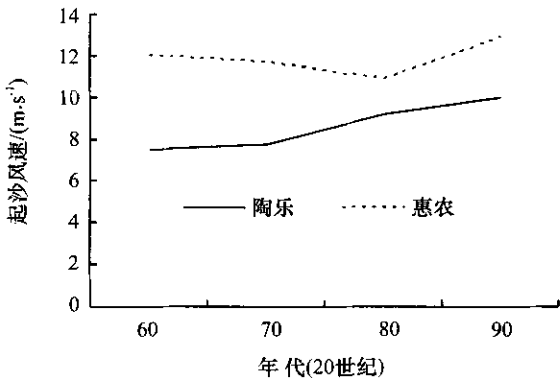


图 5 陶乐、惠农两站沙尘暴起沙风速阈值年代变化
Fig.5 Decadal variation of sand-blown wind thresholds in Taole and Huinong stations

原惠农县的造林面积也大幅度增加,但其农田和林网主要位于惠农气象站下风方向的西南一带,其西北和上游的风口一带主要为城区和厂矿区,更远的地方则为戈壁裸岩石砾地,那么,惠农县生态环境建设对该县沙尘暴天气的影响,仅依靠气象站的气候背景资料来解释是缺乏依据的。

图 6 为近 40 a 惠农气象站出现沙尘暴天气的风向分布图,可以看出,惠农气象站出现沙尘暴天气的主导风向为西北风或西北偏西风,其西北侧是沙尘暴的主要侵入方向,那么气象站下游生态环境的改善不可能对其上游的吹风和沙尘天气产生影响。

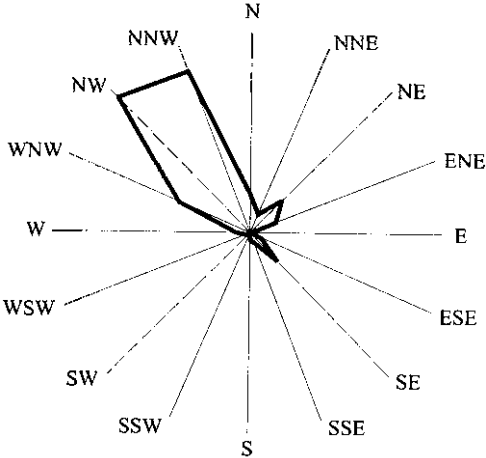


图 6 惠农站沙尘暴风向玫瑰

Fig.6 Wind rose of sandstorm in Huinong observation station

通过图 4 中 a 和图 5,可以看出尽管惠农气象站在 20 世纪 80 年代沙尘暴天气比 60 年代和 70 年代少,但该年代的沙尘暴起沙风速阈值是最小的;90 年代该站沙尘暴天气最少,而起沙风速阈值却明显增大。为探究其原因,我们统计出该站近 40 a 不同年代的年平均降水量(图 7),通过该站不同年代的降水量变化可以说明:惠农站 60 年代和 70 年代沙尘暴天气比 80 年代多是一种气候现象,是大气环流背景的不同所造成的,至于起沙的风速阈值也大于 80 年代,这与以上两个年代较 80 年代降水偏多有一定的关系。降水的偏多有利于惠农站上游戈壁地带沙生植物的生长,如:芨芨草,骆驼草等,有效地增加地面植被覆盖面积,可以削弱沙尘暴的风速和抑制起沙,这对沙尘卷起和输送的风力提出了更大的要求,只有更猛烈的风力才能引起沙尘暴的产生。90 年代惠农站的年平均降水为近 40 a 的次多年代,但为什么沙尘暴天气明显减少了,而起沙的风速阈值却明显增大了,据我们调查,这与该年代观测站上游的自然环境变化分不开。自 80 年代后期以来,惠

农站西北侧上风方向的惠农区加大了城区建设规模,不但城内的高层建筑不断增多,楼房鳞次栉比,而且加大了城郊工业园区建设,先后建立了石嘴山工业园区和红果子工业园区。使以往一马平川的戈壁滩变成了硬化路面和工业厂房,高大的烟囱随处可见,厂区绿化面积也呈逐年增加趋势,加之沿山 110 国道两侧林网的成型,这些都成为影响沙尘输送的障碍,有效地削弱地面大风的风速,减少了沙尘的扬起,抑制了沙尘暴的发展,只有更强的风才能引起沙尘暴的出现。

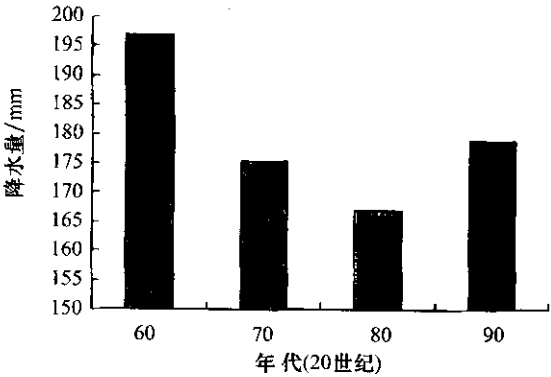


图 7 惠农站不同年代年平均降水量

Fig.7 Annual average precipitation for decade in Huinong station

此外,我们对惠农、陶乐两站大风与沙尘暴逐年距平变化进行了对比分析(图 4)。可以看出,进入 20 世纪 90 年代,在两站沙尘暴呈下降趋势的情况下,大风日数与历年相比,却呈正常偏多趋势,尤其陶乐在沙尘暴远远小于历年平均值的情况下,大风天气明显多于历年平均值,这进一步说明沙尘暴的减少,除气候因素外,人为改变观测站上游及其周围下垫面的自然环境,使其良性发展,增加地表粗糙,对抑制沙尘暴的出现具有积极的作用。

3 防御对策和建议

宁夏北部所处的大气环流和周边特殊的地面沙尘环境,人为改变尚难有大的作用,但从以上分析来看,为做好沙尘暴的防治工作,在气象部门继续提高沙尘暴的监测、预警技术水平和加大警报宣传力度的同时,通过人的活动改变区域小气候对抑制沙尘暴的发生和发展,减轻其危害是可行的。主要有以下几个方面:

(1)当地政府部门继续加大贺兰山东麓生态环境的保护力度和全市植树造林的投资力度,尤其沿贺兰山 110 国道两侧的防护林带,灌区林网、沿黄河林网和陶乐毛乌素沙地边缘防护林带的建设,使原有的林带继续加宽加长。严厉打击违纪放牧、偷挖

药材和非法对自然资源的开采行为,加大禁草、禁牧的执法力度,确保生态环境的良性发展。

(2)干旱是沙尘暴天气增多的主要气候原因之一,当地政府部门应积极鼓励和支持气象部门对空中水资源的开发力度,抓住一切有利天时,大力开发空中云水资源,进行人工增雨增雪作业,增加土壤的湿度和地面植被覆盖面积,为生态环境的改善创造条件,减少沙尘暴的发生。

(3)在加快生态环境建设力度的同时,应充分考虑当地的自然环境和气候特点,因地制宜,杜绝盲目性和重复性建设,防止边治理边破坏的现象发生,选择种植耐干旱、耐盐碱,适宜沙漠地区生长的树木和牧草,保护沙漠区的植被,严禁采集沙生植物,防止荒漠化的加剧。

(4)宁夏北部石嘴山市是一个以煤炭为依托的工业城市,近年来加大了煤炭市场开发和火力发电厂的建设力度,在考虑发展地方经济的同时,加大环境保护和治理,以谁污染谁治理为原则,做好对工矿企业废弃物的妥善处理,尤其要避免采煤留下的尾矿,电厂粉煤灰等成为新的沙尘源。

参考文献 (References):

[1] 牛生杰,孙继明,桑建仁. 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.

[2] 陈晓光,赵光平,郑广芬,等. 宁夏春季典型沙尘暴年环流特征量分析[J]. 中国沙漠,2004,24(5):570—575.

[3] 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):448—450.

[4] 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.

[5] 周自江,王锡稳,牛若芸. 近 47 年中国沙尘暴气候特征分析[J]. 应用气象学报,2002,13(2):193—200.

[6] 李栋梁,钟海玲,魏丽,等. 中国北方沙尘暴日数的气候特征及对春季地面感热的响应[J]. 高原气象,2003,22(4):420—427.

[7] 方宗义,王伟. 2002 年我国沙尘暴的若干特征分析[J]. 应用气象学报,2003,14(5):513—521.

[8] 刘立超,安兴琴,李新荣,等. 宁夏盐池沙尘暴特征分析[J]. 中国沙漠,2003,23(1):33—37.

[9] 周自江,章国材. 中国北方的典型强沙尘暴事件(1954—2002 年)[J]. 科学通报,2003,48(11):1224—1228.

[10] 丁瑞强,王式功,尚可政,等. 近 45a 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.

[11] 张玉林,赵光平,杨淑萍. 宁夏强沙尘暴形成机制的探索和研究[J]. 中国沙漠,1996,16(4):352—355.

[12] 牛生杰,章澄昌. 贺兰山地区沙尘暴沙尘起动和垂直输送物理因子的综合研究[J]. 气象学报,2002,60(2):194—203.

[13] 赵光平,郑广芬,王卫东. 宁夏特强沙尘暴气候背景及其成灾规律研究[J]. 中国沙漠,2003,23(4):420—427.

[14] 王涛. 西部大开发中的沙漠化研究及其灾害防治[J]. 中国沙漠,2000,20(4):345—348.

[15] 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,2001,21(4):322—327.

[16] 叶笃正,丑纪范,刘纪远,等. 关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策[J]. 地理学报,2000,55(5):513—521.

[17] 钱正安,贺慧霞,瞿章,等. 我国西北地区沙尘暴的分级标准和各例谱及其统计特征[A]. 中国沙尘暴研究[C]. 北京:气象出版社,1997. 1—10.

[18] 常兆丰,梁从虎,韩福贵,等. 民勤沙区沙尘暴的分布特征及前期特征研究[J]. 干旱区资源与环境,2002,16(2):107—112.

Influence of Natural Environment on Sandstorm Weather in Northern Ningxia

YAO Zong-guo^{1,2}, ZHAO Guang-ping³, CHENG Xiao-guang³, HU Wen-dong³, ZHENG Guang-fen³

(1.Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China; 2. Shizuishan Municipal Meteorological Bureau, Shizuishan 753000, Ningxia, China; 3. Key Lab for Preventing and Alleviating Meteorological Disasters, Ningxia Institute of Meteorology, Yinchuan 750002, China)

Abstract: We have investigated and analyzed the situation about sandstorm happening from 1961 to 2000 and natural environment in northern Ningxia. It was revealed that the spatial distribution of sandstorm weather was mainly influenced by regional terrain, geomorphology and sand-source; the declining trend of sandstorm weather in study region had direct relation with human activities besides with the climate characters of different decade. After 1990 the desertification was controlled and the sandlot shrank in northern Ningxia as effect of increasing afforesting and constituting forest shelter belts. Even if the gale times kept normal or even a little stronger, the present situation of sandstorm decreasing and the threshold of sand-blowing wind increasing indicated that artificially modifying the surface environment and making the surface coarseness increase are effective to restrain local sandstorm. So, the key countermeasures for controlling sandstorm are environmental management and protection.

Key words: 宁夏北部自然环境; sandstorm; influence; countermeasure and suggestion