

忻州市近 50 年沙尘暴时空分布特征分析及防御对策探讨

马子平¹, 白秀宏², 杨淑琴³, 溪玉香⁴, 蒋云盛¹, 郝小平⁵, 张翠玲⁶ (1. 山西省忻州市气象局, 山西忻州 034000; 2. 山西省五台县气象局, 山西五台 035502; 3. 山西省崞岚县气象局, 山西崞岚 036300; 4. 山西省气象信息中心, 山西太原 030006; 5. 山西省五寨县气象局, 山西五寨 036200; 6. 山西省吕梁市气象局, 山西吕梁 033000)

摘要 利用忻州市 1954~2003 年近 50 年的沙尘暴资料, 对沙尘暴的时空分布特征进行分析, 阐述了沙尘暴的形成机制及影响因素, 并提出了相关预防方法和策略。
关键词 沙尘暴; 时空分布; 防御策略; 忻州市
中图分类号 S166 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2008)04-01505-03

沙尘暴是由天气系统诱发的一种小概率大危害的灾害性天气, 不仅对人类生存环境造成危害, 还会加剧生态环境恶化, 其危害方式主要有强风、沙埋、风蚀、环境污染 4 种。忻州市位于晋西北黄土高原, 城内山地丘陵面积占总面积的 88.7%, “十年九旱”是其主要气候特点。其西部上游紧靠内蒙古毛乌素沙漠, 再加上当地土壤植被差, 水土流失严重, 特定的地理环境和下垫面条件导致沙尘暴天气发生频繁(据统计, 1954~2003 年忻州市共发生沙尘暴天气 2 059 次)。沙尘暴的频繁发生, 给忻州市农林业、畜牧业、电力、通信、交通和人民生命财产安全等都造成了严重危害。据报道, 1988 年 4 月 11 日, 忻州市大部分县市遭受沙尘暴侵袭, 原平市上百个广告牌被大风刮倒, 砸伤行人, 砸坏车辆; 宁武县因大风导致全县大面积停电, 造成直接经济损失 80 万元。2007 年 15~16 日, 忻州市 14 个县均出现不同程度的沙尘天气, 致使全市的蔬菜生产损失惨重。对忻州市近 50 年沙尘暴资料以及造成该天气现象的天气系统、地理条件、沙尘因子进行分析, 研究沙尘天气的空间分布特征和其成因, 可为防沙、治沙和沙尘暴的预测预报提供科学依据。

1 忻州市沙尘暴时空分布特征

1.1 发生概率变化趋势 从观测到的沙尘暴资料分析得知, 在 20 世纪 50~70 年代, 忻州市沙尘暴发生次数最多。其中, 1957~1960 年该市发生沙尘暴 487 次, 每个测站年平均出现 11.6 次。自 1974 年起, 沙尘暴日数呈稳定下降趋势, 以五寨县观测到的沙尘暴资料为例, 这种趋势一直持续到 1997 年(这是该市有气象记录以来, 惟一没有发生沙尘暴的年份); 此后, 沙尘暴日数出现回升, 但是波动不大, 目前仍然低于多年平均值 3.3 d, 更少于 20 世纪 80 年代以前的平均值 5.9 d。可见, 从近 30~50 年的时间段看, 忻州市的沙尘暴天气发生次数是减少的, 即发生频率总体上呈下降趋势。

1.2 地理分布特征 忻州市位于山西省中北部, 北邻大同、朔州, 南毗太原, 西隔黄河与陕西、内蒙相望, 东与河北省接壤, 属半旱区。全区辖忻州、原平两个县级市和定襄、五台、代县、繁峙、宁武、静乐、神池、五寨、崞岚、河曲、保德、偏关 12 个县。吕梁山脉的主要山峰把辖区的 14 个县(市)分为西部八县和东部六县。西部县多为山地丘陵; 东部县地势平坦, 土壤肥沃, 灌溉方便, 是主要农作区。西部和东部特殊的地

理位置和地形特征, 导致东西部气候上存在明显差异。由于吕梁山脉的阻挡作用, 东部六县的年平均风速和大风日数明显低于西部八县(西部八县的年平均风速为 2.7 m/s, 东部六县的年平均风速为 1.7 m/s)。风是起沙的驱动力, 也是忻州市西部沙尘暴明显高于东部的原因之一。由表 1 可知, 忻州市沙尘暴时空分布的特点是: 西多东少, 高值区位于神池县附近(该县沙尘暴年平均日数为 8.1 d), 偏关、五寨、崞岚次之(分别为 6.0、5.4 和 5.1 d), 五台县最少(为 1.0 d)。

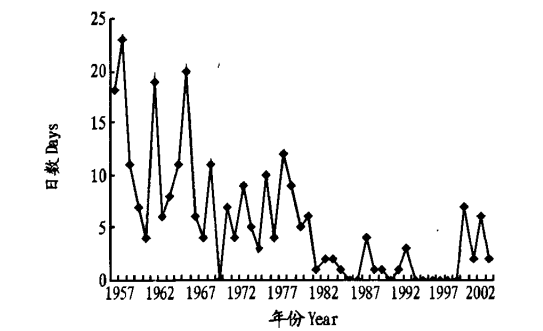


图 1 五寨县历年沙尘暴日数演变曲线
Fig. 1 The evolving curve of sandstorm days in past years in Wuzhai County

表 1 忻州市历年沙尘暴日数统计(1954~2003 年)
Table 1 Statistics of sandstorm days in past years in Xinzhou City

站名	平均日数	站名	平均日数
Station name	Average number of days//d	Station name	Average number of days//d
忻府 Xinzhou	1.2	神池 Shenchi	8.1
定襄 Dinglang	1.1	五寨 Wuzhai	5.4
原平 Yuanping	3.1	崞岚 Kelan	5.1
代县 Daixian	2.2	静乐 Jingle	4.0
繁峙 Fanshi	2.5	河曲 Hequ	2.7
五台 Wutai	1.0	保德 Baode	2.0
宁武 Ningwu	1.6	偏关 Pianguan	6.0

1.3 时间分布特征

1.3.1 年分布特征. 根据忻州市 14 个县站的气象资料统计, 忻州市春季沙尘暴发生的次数最多(占全年总数的 74%, 且 4 月出现的概率最大), 冬季次之(占全年总数的 19%), 夏季较少(为 5%, 且只有 6 月份出现过沙尘暴), 秋季最少(为 2%), 与尤莉等气象专家对内蒙古赤峰地区的沙尘暴发生特点分析结果一致。出现这种现象的主要原因是: 3~5 月北方

作者简介 马子平(1964—), 女, 山西翼城人, 高级工程师, 从事短期天气预报以及防灾减灾方面的研究。
收稿日期 2007-09-05

地区是蒙古气旋多发季节,冷空气活跃且频繁,大风天气多且强劲,同时随着气温回升,土壤迅速解冻,水分蒸发加快;而这一时期北方大部分地方降水很少,近地层空气干燥,同时正值春耕春播季节,地表裸露且松软,强劲的偏北大风很容易把表层的沙土卷到空中,因此这个季节容易引发沙尘暴。夏、秋季沙尘暴出现机率偏少的原因有:夏、秋两季忻州市不仅地表植被覆盖状况好于春季和冬季,而且沙尘暴源地植被覆盖率大大提高,大气中的含沙量同春、冬季相比强度减弱;夏季盛行偏南风,空气中的相对湿度增加,当受到天气系统影响时,冷暖空气交汇产生明显降水,在传输途中会对上风向地区的沙尘暴起到清洗作用。当到达本地区后,大气中含沙量很少,再加上当地没有沙源补充,很难引发沙尘暴天气。

1.3.2 日分布特征。对沙尘暴出现时间段的统计分析表明,沙尘暴多发生在白天,夜间很少。且白天出现频率最多的时段是 11:00~16:00(49 年中共出现 927 次,占总数的 45%),其次是 16:00~20:00(49 年中共出现 597 次,占总数的 29%),再次为 9:00~11:00(49 年中共出现次数是 289 次,占总数的 14%),00:00~08:00 时段(49 年中共出现 186 次,占总数的 9%),最少为 20:00~24:00 时段(49 年中共出现 60 次,仅占 3%)。这种日变化特点与空气热力不稳定性度有关。太阳升起后,地表净辐射由负值转为正值,热量从地面向上传播,使低层大气增温,近地层大气由稳定状态转向不稳定状态,并一直持续到午后,而午后空气热力不稳定性度增加明显,热对流最易发展,若遇冷空气过境,极易激发热对流发展,从而引发强风。

2 形成机制及影响因素分析

2.1 沙尘暴形成的物理机制 沙尘暴是由于强风将地面大量的沙尘卷入空中,致使空气特别混浊,水平能见度低于 1 km 的风沙天气现象。与沙尘暴相伴的天气现象是大风和寒潮。形成沙尘天气必需具备 3 个条件:一是要有强劲的大风,即强风因子;二是大气层结处于不稳定状态,也就是热力不稳定因子;三是下垫面具有丰富的沙源,即沙源因子。沙尘暴天气产生主要受这三大因子的支配。

忻州市出现沙尘暴天气时,在 500 hPa 高空环流形势图上,乌拉尔山东部为一稳定的高压脊,蒙古高原为一深厚的低槽区,脊前槽后的西北气流将冷空气源源不断地向其东南部输送,这是造成该市沙尘暴天气的典型环流形势。寒潮高压、寒潮冷锋是造成该市沙尘天气的主要天气系统。

此外,忻州市地处黄土高原之上,位于山西省中北部,地表植被差,土壤粘性小。再加上其毗邻内蒙古毛乌素沙漠和陕北黄土沙丘,这些地区冬春季降水稀少,为该市的沙尘暴天气提供了丰富的沙源。距离这些地区越近,出现沙尘暴天气就越多。

2.2 影响因素 诱发沙尘暴发生的主要因素有前期(冬季及初春)降水状况、前期温度、冷空气的强弱和频度、地理位置和地形特征、地表植被状况等。

2.2.1 冬春季降水。中国气象局兰州干旱气象研究所甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室的张杰等认为,冬季降水对次年沙尘多发的春季下垫面土壤湿度、地表粗糙度等特征

有一定的影响。对于有沙下垫面,分区冬季降水量与沙尘暴日数呈相反变化趋势;对于无沙下垫面,两者间则无明显关联。笔者对忻州市 1954~2003 年的沙尘暴资料进行统计分析,结果表明,降水偏多时冬季降水和春季沙尘暴的负相关性强于降水偏少时,但总体而言冬季降水和春季沙尘暴发生的频数相关性不明显,不能单用冬季降水这个因子预测全年(春季)沙尘暴出现的频数。而前期降水偏多确实能够改善下垫面的生态环境,提高下垫面的粗糙度,对抑制沙尘的发生有一定作用。

2.2.2 冷空气强弱。春季冷空气活动频数的高低及其强度大小,能在较大程度上影响沙尘暴的生成。这一方面是由于冷平流的强弱间接地反映了大气的斜压性强度。根据气象专家分析,斜压性较强并向西倾斜的高度槽,槽后的冷平流会使地面高压加强,槽前的暖平流使地面低压加深。这样,地面高低压间的气压梯度会增大,在地面就会产生可将沙尘卷起的大风。另一方面是由于高空槽脊的发展与大气的斜压不稳定有关。一般来说,冷平流越强,大气的斜压性越强,高空槽加深发展,槽前的上升运动强烈,这样在冷锋后部被大风吹起的沙尘上升到一定高度,并进入槽前上升气流区域时,强盛的上升气流可以使沙尘继续上升到 700 hPa 甚至 500 hPa 以上高度,并且会随基本气流向顺风方向做长距离输送。可见,春季冷空气活动频数越高、强度越大,越易诱发沙尘暴。

2.2.3 冷空气路径。造成忻州市沙尘暴天气的冷空气路径有 3 条(图 2)。一是北方路径,从蒙古国境内经内蒙古西部、巴丹吉林沙漠影响忻州市;二是西北路径,冷空气在天山以北堆积后向东扩散并南下,在新疆东部到河西地区形成强锋区,然后东移,经河西走廊、陕甘宁影响忻州市。这是造成该市沙尘暴天气的主要路径。三是西方路径,从天山以南,柴达木盆地,经青海,甘肃南部、陕西影响该市。

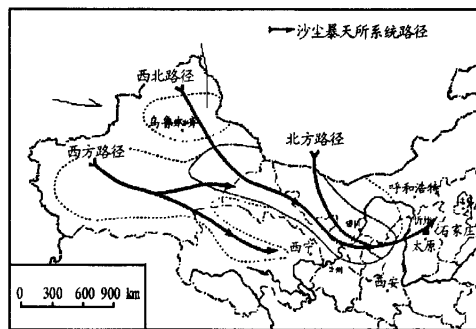


图 2 影响忻州市的沙尘暴天气系统路径

Fig. 2 System Path of influencing sandstorm weather in Xinzhou City

2.2.4 地表植被和土壤墒情。当植被覆盖率下降时,地表裸露部分增加,植被对表层土壤的保护能力降低,表层土壤中的细小颗粒在强风作用下被刮起,进入大气中而成为沙尘成分,沙尘暴发生的频率就升高。植被覆盖程度越差,表层土壤为强风提供沙尘的可能性(危险性)就越高,因此植被覆盖状况与沙尘暴发生的频度(日数)呈负相关。

对忻州市 14 个县气象局观测到的沙尘暴资料进行综合

分析发现,20世纪50~70年代沙尘暴出现频数最高,其重要原因之一是该时期当地的植被覆盖率迅速降低(1958年全国范围大炼钢铁,乱砍乱伐);20世纪80~90年代,忻州市乃至全国开始大搞防护林建设,退耕还林,植被覆盖率明显上升,该阶段忻州市沙尘暴日数明显减少;2000~2003年,忻州市沙尘暴日数又开始回升(但远低于20世纪70年代以前的数值),这主要是由于气象因子的变化和环流形势(寒潮暴发频率、冷空气入侵路径等)的调整造成的。以上事实性地表明了植被覆盖与沙尘暴日数之间存在着一种负的对(耦合)关系,即在较长的时间尺度上(如10年)和较大的空间范围内,当植被覆盖率上升时,沙尘暴日数呈现出减少趋势。

3 治理与防御对策

3.1 沙源地区防治 加强沙源地区的防护林建设,提高西北地区的森林覆盖率是当前防治沙尘暴的最佳选择。具体措施有:①积极防护。重点放在生态脆弱带的潜在沙化土地防护上,恢复、增加和保护林草植被。保护和控制脆弱的生态环境,维护区域良性生态平衡,使脆弱的生态环境向良性方向演替。对生态脆弱的区域采取封山育林、护林防火和退耕还林等措施,恢复和增加植被覆盖,使其抗外界干扰能力提升,增加自身稳定性。②综合治理。封沙育林种草、飞播造林种草,使退化草场得以恢复。发展防护林带,多种植具有极强生命力和抗逆性、种源丰富、容易发芽、播种造林成活率高的固沙植物(如沙棘、柠条),防风固沙,控制风害,阻止沙漠蔓延;在生态脆弱的重点区内,提倡种草养畜,实行圈养,使因过度放牧而退化的草场得以恢复。③适度利用。沙区矿产、旅游、动植物、风能和光能资源极其丰富,应逐步开发利用。尤其是开发利用沙区替代能源——风能和太阳能,可以大大减轻由于过度樵采造成的植被破坏,使沙区植被得以保护和恢复。

3.2 生态防治 除进行沙源地区防治外,还应加强当地的植被建设,发展生态农业,以林养牧,农牧结合,同时大力推广利用天然环保能源。可从3个方面着手:①通过退耕还林还草来改变地表植被,以减少从地面向大气输送的沙尘数量。调整该地区的农业结构,对不宜耕种的土地退耕还林;对适宜耕种的土地,推广以秸秆覆盖、少免耕和地表作业为主的保护性耕作技术。实施冬春季覆盖措施,减少农田裸露期,发展高科技农业,提倡阳光大棚、温室、地膜技术,防止土壤风蚀。②严禁过度放牧,对牧业实行舍饲圈养,封山育林。科学运用“飞、封、造”成林手段,尽快增加当地的森林覆盖率。采用人工栽植和飞播种植固沙植物两种措施,将封山封坡育林和封沙封丘育草相结合,迅速恢复和提高当地的地表植被覆盖面积。在畜牧业发达的西部八县(生态脆弱地区),要加强放牧管理和围栏建设,实行舍饲圈养。③大力推广农村沼气及利用太阳能、风能等天然环保能源,保护生态资源。忻州市西部地区,风能资源丰富,而五寨、岢岚、神池和宁武四县日照充足(年平均日照为2 736.4~2 838.8 h),太阳能资

源非常丰富,因此在忻州西部八县发展风力发电和太阳能发电具有天然的优势。这样就可以避免对自然资源的掠夺性开采,有利于保护生态环境。忻州东部六县年平均温度高,可以充分利用现有的农作物秸秆、人畜粪便、厨房废弃物等有机材料发展农村沼气(主要用于生活用电和做饭),这样既可提高农民生活质量,又保护了生态资源。

3.3 建立沙尘暴天气监测预警系统 在忻州地区气象台站多年监测预报沙尘暴天气的实践基础上,尽早建立沙尘暴天气监测预警系统,是保护国家财产、减轻或避免人员伤亡、实施西部大开发战略、改善西部自然生态环境和促进我国经济发展的需要。为此,有必要进行开发与研究,加强针对沙尘暴的防灾技术和对策研究。目前笔者正在开发和研制的沙尘暴监测预警系统集监测、预报、服务于一体,对提高我国气象预测服务水平以及防灾减灾有重要作用。其内容主要有:①建立沙尘暴实时资料库。其目的在于能够对沙尘暴的发生发展进行实时的、连续的、综合的跟踪与监测。②建立沙尘暴历史资料库。包括近50年沙尘暴天气时空分布特征、天气形势分析、形成的气象原因及输送条件等资料。③建立沙尘暴预报模式。包括天气气候学方法、物理量诊断方法、数值预报产品释用方法及人工智能方法等。④建立沙尘暴产品数据库及对外服务平台。通过多种手段及时向有关部门(包括农业、林业、环保部门)和社会公众发布。⑤进行系统技术效益评估。主要包括预报评分、预报警报业务制度、重要天气过程档案,对造成重大灾害的沙尘暴及时进行调查,并对预警服务进行效益评估,及时改进,完善系统。该系统建成应用后,提升了忻州市气象局对沙尘暴天气的监测能力,提高了忻州市气象台对沙尘暴天气的预报水平,在2006和2007年沙尘天气过程预报和服务中效果明显。如,2007年5月13日气象台预报人员通过该系统监测到该市上游地区出现沙尘天气,预计15~16日沙尘天气将影响该市,并通过该系统发布预警信号。该次沙尘暴天气过程预报准确,政府部门及早采取预防措施,把沙尘暴对农业生产和人民生命财产的危害程度降到了最低。目前该系统已成为该市防御气象灾害的重要措施和手段之一。相信该系统在今后忻州市农业生态建设、安全保护以及京津风沙源的综合治理上会起到重要作用,并产生显著的经济和社会效益。

参考文献

- [1] 保广裕,高顺年,戴升,等. 西宁地区沙尘暴天气的环流特征及其预报[J]. 气象,2002(5):27-31.
- [2] 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(2):106-108.
- [3] 张存杰,宁惠芳. 甘肃近30年沙尘暴、扬尘、浮尘天气空间分布特征[J]. 气象,2002,28(3):28-30.
- [4] 尤莉,程玉琴,张少文,等. 内蒙古赤峰地区沙尘暴发生特点及成因[J]. 气象,2004(5):38-39.
- [5] 张杰,郭妮,获潇泓. 西北地区东部冬季降水与次年沙尘暴发生的关系[J]. 中国沙漠,2004(5):605-606.
- [6] 顾卫,蔡雪鹏,谢锋,等. 植被覆盖与沙尘暴日数分布关系的探讨——以内蒙古中西部地区为例[J]. 地球科学进展,2002,17(2):275-276.
- [7] 王海泽,张嘉治,刘辉,等. 生态脆弱区及其恢复技术[J]. 杂粮作物,2002,22(4):235-236.