

文章编号:1000-694X(2003)04-0420-08

宁夏特强沙尘暴气候背景及其成灾规律研究

赵光平, 郑广芬, 王卫东

(宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏银川 750002)

摘要: 沙尘暴是宁夏主要的灾害性天气之一, 每年强及特强沙尘暴给当地国民经济造成巨大损失, 并导致中部干旱带生态环境进一步恶化, 加快了荒漠化进程。文章从沙尘暴发生的机理和形成机制出发, 通过对历史气象资料及沙尘暴灾情资料的综合分析研究, 初步形成宁夏沙尘暴天气运动、成灾规律的概念模型, 并对宁夏沙尘暴灾害进行区划。

关键词: 宁夏; 特强沙尘暴; 气候背景; 成灾规律; 区划

中图分类号: P425.55 文献标识码: A

沙尘暴是西北地区主要的气象灾害之一, 也是荒漠化的重要表现形式。宁夏地处黄土高原西北部边缘的多大风区, 气候干燥少雨, 其上游甘肃河西、内蒙古一带沙漠纵横, 北部与巴丹吉林沙漠接壤, 西部与腾格里沙漠毗邻, 东部位于毛乌素沙漠, 环境极其脆弱, 森林覆盖率很低, 仅为 1.54%^[1]。加上境内特殊的地形、地貌条件, 每年都会有沙尘暴天气出现, 是我国沙尘暴的多发区^[1], 沙尘暴主要集中在这两个区域, 一个位于中部盐池、同心、海原一带, 最大中心位于盐池, 年平均沙尘暴日数为 20 d 左右, 另一个位于北部引黄灌区, 年平均沙尘暴日数为 5~10 d。沙尘暴天气来势迅猛, 强及特强沙尘暴对社会稳定、可持续发展及人民生命财产造成严重危害。

沙尘暴问题已引起我国政府及科技工作者的高度重视, 相继开展了沙尘暴天气形成机理、运动规律、预报预测和对环境气候影响的研究, 并取得了一些成果^[1~12], 但对沙尘暴成灾规律基本未做深入细致的分析研究。本文从沙尘暴发生的机理和形成机制出发, 重点对宁夏特强沙尘暴形成的气候背景、成灾规律进行了研究, 并进一步对沙尘暴造成的灾害进行了区划。

1 特强沙尘暴及气候背景

特有的气候背景及下垫面状况, 导致宁夏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, 有利于宁夏强及特强沙尘暴天气的发展。宁夏多受起源于西西伯利亚的西北路冷空气影响, 而突兀于宁夏境内的贺兰山, 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, 发生绕流, 贺兰山南北两端流速加大, 强化了沙尘暴强度; 在贺兰山南北两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, 会增加空气的不稳定性, 促进沙尘暴的发展^[3]。

1.1 特强沙尘暴观测事实

1983 年 4 月 27~29 日, 宁夏全区出现了罕见的大风沙暴天气, 刹时天昏地暗, 天空呈红黄色, 沙尘暴持续最长 24 h, 能见度一般在 20 m 以内, 同心站能见度只有 2 m。大武口、惠农、青铜峡、同心、海原、兴仁等地阵风风力均达 12 级, 其余大部地区均达 9~11 级。据统计, 造成直接经济损失达几百万元。

1984 年 4 月 25 日, 宁夏中北部地区出现沙尘暴天气, 石嘴山极大风速达 $35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 青铜峡最小能见度仅 10 m, 风沙遮天蔽日, 天昏地暗。据估算, 造成直接经济损失达几百万元。

1993 年 5 月 5 日, 宁夏大范围内再次出现特强沙尘暴天气, 黑风从甘肃、内蒙古进入, 横扫宁夏 16 个县市, 短短几分钟内, 狂风大作, 天昏地暗, 飞沙走石, 尘土弥漫, 呼吸困难。中卫极大风速达 $37.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 沙尘掠过, 伸手不见五指。此次过程伤亡人数超过 100 人, 造成的直接经济损失达 2.7 亿元, 受灾人口达 70 多万。

1995 年 5 月 16 日下午 16 时左右, 宁夏同心以北地区出现沙尘暴天气, 瞬时极大风速达 $21 \sim 31 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 平均风速为 $12 \sim 21 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 沙尘暴过境时,

收稿日期: 2002-05-05; 改回日期: 2002-08-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(40065002); 宁夏自然科学基金项目(A1017)资助

作者简介: 赵光平(1962—), 男(汉族), 山东牟平市人, 高级工程师, 主要从事天气预报业务及灾害性天气防灾减灾对策研究。

遮天蔽日,能见度几乎为零。是继1993年“5·5”沙暴后又一次特强的沙尘暴天气过程。据有关部门估算,经济损失在2亿元左右。

1.2 特强沙尘暴分布特点

从特强沙尘暴年代分布看,以上4次过程均发生在20世纪80年代以后,沙尘暴出现频次相对较少的90年代发生了两次,反映出随着沙漠化土地面积的扩大、发展速率的加快^[4],宁夏沙尘暴强度有增加趋势;沙尘暴强度最大的区域一般也不在沙尘暴高发区盐池、同心一带,而是多发生在北部地区,以上4次过程,最大强度除一次在中卫外,其他3次均在风速较大的石嘴山市。也就是说,沙尘暴强度与其发生的频率没有必然联系,而强风是特强沙尘暴形成的关键性的动力因子。

从特强沙尘暴发生的时间分布看,其易发生在春季,因为只有春季是强风、沙源及不稳定条件产生的最佳季节;几次特强沙尘暴都发生在热力条件不稳定的午后。

1.3 特强沙尘暴发生的气候背景分析

1.3.1 阶段性持续高温少雨,严重干旱为特强沙尘暴的发生提供了有利的气候背景

由图1可见,宁夏降水持续偏少,且伴随气温偏高的共有两个阶段。第一阶段为1979—1983年:1979年秋季至1982年,全区持续干旱少雨,据记载,部分地区自1979年8月至1981年4月前,约20个月没有下过一次透雨,旱情十分严重,牧草枯萎,地表沙化严重,人畜饮水问题尤为严重。旱象持续之久,危害之大,程度之重是新中国成立30多年来少见的。北部惠农、陶乐1980—1982年连续3a降水量偏少41%~65%。1982年为自1961年以来的最早年。1983年降水量较前几年有所回升,但引黄灌区大部及盐池降水仍偏少。在降水持续偏少的同时,1979—1983年,我区大部地区年平均气温持续5a偏高,尤其1982年,灌区及盐池、同心一带年平均气温偏高0.5~0.8℃。在这种大的气候背景下,1983年、1984年我区相继遭受特强沙尘暴袭击。

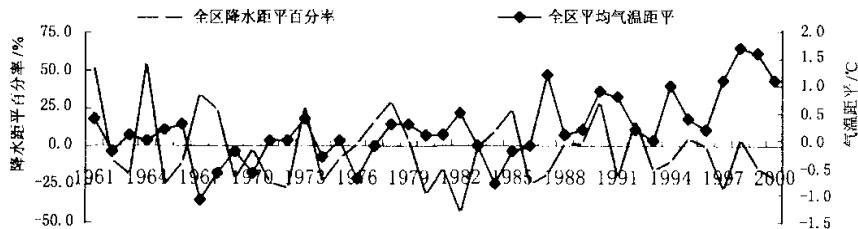


图1 全区年平均降水距平百分率及年平均气温距平

Fig. 1 Yearly mean anomaly of precipitation in percentage and yearly mean temperature anomaly in Ningxia

第二阶段为1991—2000年:期间降水虽有波动,但基本以偏少为主,其中1992年虽降水略偏多,但沙尘暴多发的北部及盐池、同心一带降水偏少。1991—1995年,我区出现持续异常干旱。1991年6月份到1992年4月,南部山区及川区共10个县出现了历史上罕见的夏、秋、冬、春四季连旱,11个月未下一场透雨,降水量比历年同期减少50%以上,低于此前同期宁夏历史大旱的任何一年,大部分地区土壤干土层达20cm,固原市0~50cm土壤含水率仅在5.4%~8.8%之间,特别是在干旱带上的同心、盐池、海原等地的干土层达30cm,干旱最严重的地区,土壤含水量率则在4%以下,从旱情蔓延趋势看已进入历史周期性大旱年份。1993年、1994年大部地区降水仍较常年偏少,据统计,北部部分地区自1991年至1994年连续4a降水偏少20%~

40%。由于持续干旱干土层越来越厚,旱作区农田干土层普遍在10cm左右,部分农田达到20cm。

同时随着全球气候变暖,宁夏大部分地区自1987年以后,年平均气温持续偏高,1994年灌区及盐池、同心一带年平均气温普遍偏高1.0~1.4℃。1993年、1995年我区先后出现特强沙尘暴天气。

1997年以来,宁夏再次出现持续性高温干旱气候,1997、1999、2000年,全区降水偏少10%~30%,同时年平均气温达到有气象记录以来的最高阶段,全区平均偏高1.1~1.7℃,1998年达历史最高记录。研究表明近年来沙尘暴呈明显回升趋势,且强度也有所增加,2000年北方地区出现强或特强沙尘暴达到9次之多,为近50a之最^[5]。

为进一步描述气候干湿程度,我们计算了宁夏逐年湿润度指数(图2),可见宁夏湿润度指数呈下

降趋势,尤其1979年以后低于平均值的年份占大多数,最为干燥的阶段为1979—1983年,1993以来气候持续干燥,湿润度指数基本低于多年平均值。

综合以上分析,持续干旱使得地表干土层增厚,导致作物播种面积减少,草场因地表水枯竭、地下水

位下降而枯死,地表覆盖率降低,从而造成大面积长期裸露,加剧了土壤荒漠化。气温偏高,会使地表解冻期提前,同时气候变暖,水分蒸发耗失多,进一步增加了干旱的程度,因此持续高温干旱的气候背景,为特强沙尘暴的发生提供了有利的条件。

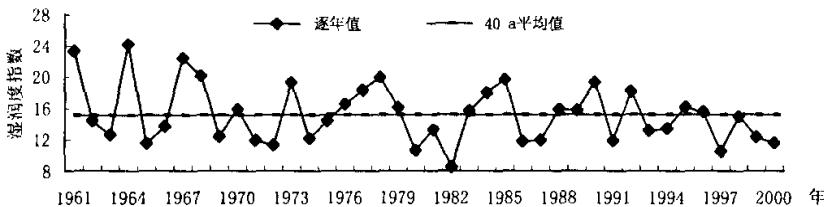


图2 宁夏湿润度指数逐年变化
Fig. 2 Yearly humidity variation of Ningxia

1.3.2 前冬严寒,持续深厚的冻土层为春季特强沙尘暴发生提供了充足的沙源

分析特强沙尘暴发生前的冬季气候状况发现,几次特强沙尘暴发生的前冬大都存在异常低温现象。1983年1月宁夏各地平均气温在-11.4~-7.5℃,灵武以南各地较常年偏低0.7~2.4℃;1984年1~2月份,持续两个月各地平均气温偏低1.2~2.8℃,而1993年冬季的严寒程度为各地建站到2001年间少有,气温普遍偏低2.6~4.0℃,极端最低气温达-21.0~-29.1℃。与之不谋而和,2000年1月宁夏中北部的大部分地区出现了自1993年以后又一最寒冷的冬季。异常的低温严寒天气使得裸露的土壤严重冻结,冻土层深厚。

我们分析了近20 a来宁夏最大冻土深度变化曲线(图3),4次特强沙尘暴均发生在最大冻土深度持续深厚的阶段,由于冻土持续几年较深,导致解冻后的干土层不仅偏厚^[9],而且土质也更加干燥疏松,因此为特强沙尘暴提供了更加充足的沙源。

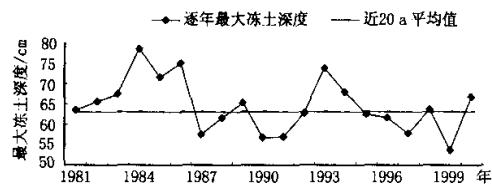


图3 近20 a最大冻土深度变化
Fig. 3 Temporal trend of maximum frozen earth depth over the past twenty years

1.3.3 春季干冷的气候是特强沙尘暴发生的又一关键性影响因子

图4给出自1961年以来春季亚洲环流指数变化趋势,由此图可清楚地看出,1983年为春季亚洲经向环流指数的转折点,在此之前,经向环流指数基本维持负距平,其后经向环流指数偏强的年份明显增多;而纬向环流的变化趋势基本与之相反。宁夏发生的4次特强沙尘暴,均出现在春季经向环流偏强,而纬向环流偏弱的年代,且大部分出现在经向环

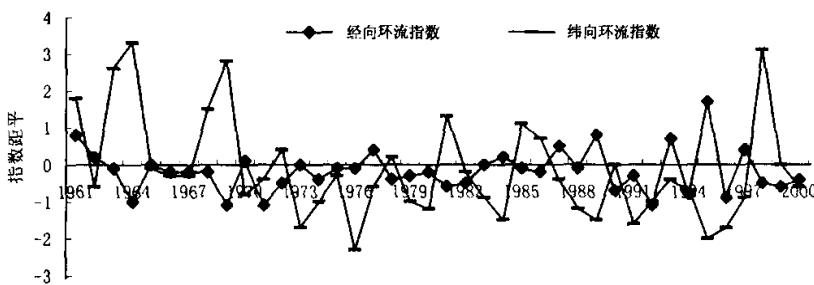


图4 春季(3~5月)亚洲环流指数变化趋势
Fig. 4 Variation trend of Asia circulation index during Spring

流指数正距平的峰值年,1995年为经向环流指数的极大值年,其纬向环流指数为仅次于1976年的第二

低值年(与1973年并列)。

东亚大陆较强的经向环流,使得春季冷空气势力强盛,因此造成宁夏特强沙尘暴发生前或发生的当月气温明显偏低。1983年3~4月宁夏出现持续性低温,各地月平均气温较常年同期偏低0.3~2.3℃,1984年4月,大部分地区平均气温较常年同期偏低0.2~1.0℃,给西北地区工农业生产造成巨大经济损失的1993年“5.5”沙尘暴的当月,各地气温普遍偏低,部分地区月平均气温较常年同期偏低1.1~2.0℃,而1995年4月各地平均气温也较常年同期偏低0.5~1.6℃。

与之伴随出现的是大部地区降水偏少,1983年11月至1984年3月惠农、陶乐、银川、中卫、盐池、同心等6站降水量较常年同期偏少63%~85%。自1992年11月至1993年4月贺兰以北各地降水较常年同期偏少38%~72%。1994年11月至1995年5月,各地降水量较常年同期偏少50%~94%;而1995年1~5月各地降水量较常年同期偏少61%~98%,分析自建站到2001年的同期降水情况,将其从小到大排序,各地降水量均为前三位(含并列),部分地区为同期最低值(含并列)。

以上分析表明,春季较强的经向环流,使得冷空气势力较强,从而造成大风天气频繁;而大风到来之前,如果没有可以抑制扬沙的明显降水,容易诱发特强沙尘暴的发生。

2 沙尘暴成灾规律

2.1 沙尘暴灾害造成总的损失呈增加趋势

从历年灾情记载分析,沙尘暴对各行业所造成的损失虽不尽相同,但总的损失呈明显增加的趋势,特别是从以上4次特强沙尘暴造成的灾害可以看出,20世纪80年代的两次特强沙尘暴造成的灾害仅为几百万元,而90年代的两次则为2亿多元。当然造成灾害损失的程度与其强度和范围直接相关,同时人为统计因素也会造成一定误差,但这些因素远不足以造成如此巨大的差异。

2.1.1 因沙尘暴造成的房屋损失在逐渐减少

20世纪80年代以前,农村多为土坯房,结构不牢固,随着人民生活的提高、居住条件有了很大的改善,因沙尘暴灾害而造成的房屋损失在逐渐减少;据民政部门调查,1983年4月27、28日的沙尘暴天气,因灾倒塌房屋530间,损坏民房12 000多间;10年后,1993年4月19日的沙尘暴及强度罕见的“5.5”

沙尘暴,两次灾害共倒塌损坏民房1 200间,而近年来因沙尘暴灾害很少有房屋倒塌的记载。

2.1.2 沙尘暴造成的工农业损失明显增加

随着社会和经济的进一步发展和总量的不断扩大,各行业对气象灾害的敏感性越来越高,同等强度的气象灾害造成的绝对损失也会越来越大。

通过分析历年沙尘暴造成的灾害损失发现,20世纪70年代以前,沙尘暴主要以风灾、流动性沙灾及风蚀灾害对农作物造成危害,而冻灾相对较少。近年来随着气候变暖,水分蒸发耗失多,进一步增加了干旱的程度,土地荒漠化进程加快,因而风灾、流动性沙灾及风蚀灾害也日趋严重。随着科学技术的不断发展,各种农业栽培技术应运而生,地膜培育等技术得到广泛的推广,同时近年来,由于菜蓝子工程的实施,沙尘暴天气造成的地膜作物、日光温室、塑料大棚和大棚蔬菜的损失,已成为新的损失点。1995年5月16日的沙暴天气,造成3 500 hm²以上农作物被沙埋或连根拔起,成灾1 900 hm²。因风、冻灾害造成1 300个塑料大棚和500 hm²地膜玉米被毁。宁夏经济果树林种植在不断扩大,而4、5月份,正值果树开花及幼果期,因此与60、70年代相比,90年代以来沙尘暴对经济果树林所造成的损失已占相当大的比例,1993年5月5日的沙尘暴天气过程,中宁县1 300 hm²以上果林因风沙及冻灾而受害,其中,桃、梨、杏绝产约330 hm²,造成直接经济损失约300万元。随着农业技术的发展及近年来气候变暖,各地推广早熟农作物及果树品种,而沙尘暴发生过程后伴随的强降温天气,往往使早熟品种受冻后,遭到致命的伤害而难以恢复,造成严重损失。

从沙尘暴灾情记载来看,从20世纪60年代到70年代,受灾的主要农业、畜牧业,因交通运输业、工业相对落后,所造成的损失微乎其微。而80年代以后,交通运输业、工业迅速发展,造成的损失也急剧增加,1993年“5.5”沙尘暴,石嘴山市供电局有五六条低压线跳闸,大武口洗煤厂停电、停水,铁路信号中断,仅此就造成直接经济损失达40~50万元。

2.1.3 近年来因沙尘暴灾害造成的人畜伤亡有增加趋势

20世纪80年代以前,我区几乎无人员伤亡记载,牲畜伤亡也较少,而近年来,强风、低能见度下造成的人畜伤亡明显增加,且伤亡人数以农村为多。分析其原因,一是近年来强及特强沙尘暴发生的频率在增加;其二60、70年代宁夏人口较少,近年来人

口急剧增长,尤以农业人口增长最快;其三农村实行责任制以后,灌溉条件明显改善,田间沟渠增多;农民生产积极性普遍提高,在田间劳作的时间也明显增长,因此强沙尘暴发生时农民、儿童失足落水造成伤亡的人数增加。同时近年来畜牧业也呈较快发展势头,因沙尘暴造成的牲畜伤亡随之增加。

2.2 随着时间的推移,沙尘暴造成的直接经济损失重灾区从中部向北部转移

20世纪60~70年代,宁夏沙尘暴直接经济损失最重的区域主要在盐池、同心甚至是海原一带,而80年代以后向北部地区尤其是石嘴山市转移。一方面由于盐池、同心一带有充足的本地沙源,易形成沙尘暴天气,60、70年代尤其70年代,盐池、同心一

带沙尘暴发生的次数远远高于北部地区(表1),甚至海原70年代年平均沙尘暴日数高达12.5 d,因而成为沙尘暴灾害严重的地区;另一方面,60、70年代由于宁夏工业落后,受灾的主要还是农牧业,而盐池、同心一带恰是农牧业区。近年来,随着社会的发展及人口急剧增加,自然资源遭到严重破坏,环境日益恶化,荒漠化加剧,因此80年代以来北部地区沙尘暴发生的次数虽与盐池相差仍较大,但与同心、海原相当,甚至发生次数超过同心、海原。同时近年来石嘴山市已发展成宁夏的主要工业区,随着时间的推移,该地已成为宁夏沙尘暴直接经济损失最严重的地区。统计以上4次特强沙尘暴所造成的直接经济损失,除1993年5月5日外,其他3次受灾最为严重的均在石嘴山市。

表1 宁夏主要站沙尘暴日数
Tab. 1 Sand storm days of main weather stations in Ningxia

站名	惠农	贺兰	平罗	吴忠	银川	陶乐	灵武	中卫	中宁	盐池	同心	海原	固原	泾源
1961—1970	14.0	8.2	6.3	22.2	2.8	16.5	7.9	13.8	3.8	12.3	15.2	5.3	3.8	1.4
1971—1980	7.3	10.2	6.2	8.4	7.0	13.8	6.7	7.9	2.7	24.1	21.0	12.5	3.3	1.8
1981—1990	5.1	7.9	5.7	3.3	7.9	11.1	1.6	2.1	3.7	23.8	8.0	6.7	2.2	0.8
1991—2000	0.9	3.4	2.5	1.4	1.9	4.4	0.6	1.5	0.7	13.8	2.3	2.1	0.4	0.2

2.3 不同区域沙尘暴灾害的表现形式有所不同

宁夏北部灌区上游的巴丹吉林沙漠,为沙尘暴的形成提供了充足的背景沙源;毗邻的贺兰山位于其东侧,受北支过山气流的影响,沙尘暴发生过程中易伴随强风。同时该区域厂矿、企业较多,工业、交通运输业较发达,因此风灾是沙尘暴发生过程中的主要灾害表现形式。1995年5月16日的特强沙尘暴天气,石嘴山市极大风速为 $31 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,因强风造成供电设施受损,供电线路中断,家属区及企业停电、停工,厂矿原材料被大风吹走或受到污染而报废,农作物及塑料大棚因风沙灾害受到严重损失,据不完全统计,仅平罗县直接经济损失就达180万元。

中部中卫、中宁南部、盐池、同心及海原北部一带,大部分地处宁南山区北部,自然降水不足,灌溉条件较差,因此地表非常干旱;东靠毛乌素沙地,西邻腾格里沙漠,其西部中卫一带正好位于贺兰山南端口,该区往往受南支绕山气流及沙尘暴过山气流的共同影响,因此对沙尘暴的发展有放大作用。由于风速较大,本地沙源充足,沙尘暴天气发生时,强风携带大量黄沙压埋农田,因此该区最易形成流动性沙灾。同时由于气候干旱,地表疏松,沙尘暴伴随的强风刮走农田沃土,风蚀灾害也时有发生。1993

年4月25日的沙尘暴天气,长山头乡 40 hm^2 小麦被大风连根拔起,近 30 hm^2 被沙埋没,一些支渠被沙填埋。1998年4月15日及4月19日,宁夏7个县市遭受大风、沙尘暴袭击,最大风力11级,盐池、中卫等地风沙埋压小麦超过 2100 hm^2 ,埋压经济作物、秧苗在 400 hm^2 以上。

沙尘暴天气引发的流动性沙灾及风蚀灾害,对该区域的植被生态环境造成极大的破坏,加快了荒漠化进程,宁夏现有 $3/4$ 的土地受沙漠化的影响,沙化面积已达总面积的38.3%,盐池县在近10 a中平均每年都有 $1.15 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 土地沙化。同时强风还会携带大量沙尘向下游输送,据估计,我国西北地区风蚀沙尘的年平均输送量高达 10^7 t ,大气中的沙尘粒子不仅造成大范围的大气污染还影响地气系统的辐射平衡,而且还大量增加空气中的凝结核和成冰核,改变其影响区域的降水量和降水分布^[6]。盐池是除塔里木盆地南缘以外我国沙尘天气发生频次最高的地区之一,是影响我国西北及华北地区沙尘天气非常重要的一个源地^[7]。因此近年来盐池、同心一带强沙尘暴造成的直接经济损失虽较北部地区小,但对本地及下游生态环境、我国乃至全球气候变化都将会产生深远的影响,其间接经济损失无法估量。

同时由于该区域本地沙源充足,加之为宁夏主要农业及畜牧业区,因此强风速、低能见度下造成的人畜伤亡损失极大。1993年的“5·5”沙尘暴,中卫县伤亡40多人,死亡羊只2161只,203只下落不明,1995年5月16日受灾相对较轻的盐池县丢失羊378只,死羊166只。

永宁至中宁北部一带灌区,位于宁夏中间地带,为主要农业区,经济果树林多分布在此区域,沙尘暴天气中的大风及伴随的强降温对作物、果树造成很大经济损失,因此该区域沙尘暴灾害的表现形式主要为风灾和冻害。1993年的“5·5”沙尘暴,青铜峡有超过 1150 hm^2 的经济果树林受害,损失程度均在50%以上,最高达70%;有 3300 hm^2 以上农作物受到不同程度的损失,玉米、大豆等刚刚出苗的夏秋作物,因霜冻、大风致使禾苗冻死青干;约 130 hm^2 地膜瓜菜也受到不同程度损失;1 hm^2 左右小弓棚育秧,250个平畦、坑式秧池薄膜被大风卷走,秧苗受冻青干。

2.4 沙尘暴持续时间最长的地区造成的直接经济损失不一定最大

本项目的其他相关研究曾对沙尘暴持续时间进行分析,发现盐池和同心持续时间为最长,其次是惠

农、陶乐、银川、中卫、中宁持续时间明显短于其他各代表站。同时我们进一步分析几次特强沙尘暴过程发现:盐池、同心在沙尘暴发生过程中往往具有间歇性的特点(表2),整个过程并不是自始至终一直出现沙尘暴,而是持续一段过程后结束,停歇一段时间又出现沙尘暴,然后再停歇,再出现,因此使得沙尘暴过程中的爆发力明显减弱,所造成的灾害随之减小。研究还指出,沙尘暴发生过程中最大风速相对较小的是持续时间最长的盐池、同心两站,由于沙尘暴开始时风速较小,发生早期采取防救措施相对容易,减少了人畜伤亡的可能性。造成上亿元经济损失的1995年5月16日的特强沙尘暴,盐池持续时间1小时31分钟,石嘴山市平罗持续时间50分钟,据记载沙尘暴发生区域内盐池、灵武受灾最轻,而平罗直接经济损失达180万元。

沙尘暴发生时造成严重灾害的因素主要是强风,能见度、持续时间起到辅助及强化灾害的作用。1993年的“5·5”沙尘暴,中卫持续时间仅为1小时23分钟,但极大风速达 $37.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,且风暴突发性强,骤然间狂风大作,沙尘弥漫,无法采取防救措施,造成40多人伤亡,因风暴造成的直接经济损失达1213万元,特别是一次性因灾死亡人数之多,是历次风暴灾害中所罕见。

表2 盐池沙尘暴过程的起止时间

Tab. 2 Starting and ending time of sand storm processes recorded at Yanchi weather station

起始时间	开始		终止		开始	终止		开始	终止	
	日	时	日	时		日	时		日	时
1983.4.27	27	7:03	27	10:40	27	17:21	27	21:30	28	5:25
1984.4.24	24	11:05	24	18:02	25	17:35	26	01:31	26	2:35

2.5 沙尘暴所造成的人员伤亡具有地域、时间差异

分析宁夏沙尘暴造成的灾害资料发现,因灾造成的人员伤亡有明显的地域差别,最多的在吴忠市。1993年的“5·5”沙尘暴,据不完全统计造成30多人死亡,近20人失踪,100多人受伤,伤亡记载主要在吴忠市,分布在青铜峡、吴忠、中卫、中宁、同心,伤亡多为儿童及农民,且大多为淹死,而其他地区则无人员伤亡记载。从强度分析,吴忠市除中卫极大风速

高于石嘴山市外(表3),其他几站甚至极大风速比石嘴山市小,最大风速与石嘴山市也无明显差异。究其原因,吴忠市以农业为主,境内沟渠较多;另一方面农村儿童约束较少,在外玩耍时间较长。而石嘴山市主要为工业区,农业人口相对较少,沟渠也少,因此造成的灾害多为工农业方面,尤其宁夏的工业损失大多在该区,而人员伤亡较少。

同时我们还发现,人员伤亡情况与发生时间密切相关。1983年4月27~29日的沙尘暴天气,全

表3 1993年5月5日各地沙尘暴风速

Tab. 3 Wind speed of sand storm on May 5, 1993

风速	大武口	惠农	平罗	陶乐	银川	青铜峡	吴忠	中卫	中宁	盐池	同心
最大/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	14.5	21.8	15.2	15.1	15.9	15.6	15.3	20.3	26.7	10.0	15.3
极大/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	27.5	30.2	28.5	24.2	21.7	29.2	23.1	37.9	26.7	22.5	26.3

区共死亡 21 人，伤 40 人，死亡原因主要是房屋倒塌，随着居住条件的改善，近年来因房屋倒塌造成人员伤亡事故越来越少；另外沙尘暴起始时间与人员伤亡数也有一定联系，宁夏历史上造成人员伤亡最多的 1993 年“5.5”沙尘暴，开始于傍晚前后，伤亡人员多为 4~16 岁小孩。因为此时，正是中小学生尤其是农村的学生放学后在外嬉闹的时间，同时有些在田间劳作的农民正在回家的路上，风沙骤起，来不及躲避，加上天黑，能见度又较低，很难采取有效的救护措施，因此造成人员伤亡较多。而其他 3 次沙尘暴大部地区都发生在 17:00 时以前，孩子们多在学校，加之时间较早，一些救护措施也容易实施。同时造成 1993 年“5.5”沙尘暴伤亡人员多的另一原因是宁夏一般在 5 月 1 日前后为各大沟、渠放水时期，准备为小麦灌溉，5 月 5 日处在刚刚放水后不久，沟渠内水较深，水流也较急，因此不慎落水后危险较大。

3 沙尘暴灾害区划

根据宁夏各地沙尘暴发生次数，并结合沙尘暴成灾规律及不同区域的灾害主要表现形式，对沙尘暴灾害进行区划，共分为 4 个区（图 5）：一区包括银

川以北灌区，为严重风灾区。该区为宁夏出现沙尘暴天气的两大高值中心之一，沙尘暴发生频率虽不是最高，但风速较大，同时该区为宁夏主要工业区，因此沙尘暴天气伴随的强风对工农业生产造成极大经济损失。二区位于宁夏中部地区，为流动性沙灾、风蚀灾害及低能见度下的复合性灾害的重灾区。该区主要以农牧业为主，气候干旱，土壤沙化严重，为宁夏沙尘暴发生频率最高的地区，因此沙尘暴对人民生命财产造成很大危害。三区包括银川以南至中宁北部灌区，为风冻灾区，该区为宁夏主要经济果树林种植区，沙尘暴伴随的强风及降温往往对农作物及果树造成很大经济损失。四区为沙尘暴轻灾区，包括固原市大部，此区为宁夏最湿润地带，大风天气少，植被覆盖度大，土壤多为草甸土及黑垆土^[13]，因此地表土质粘性较大，沙尘暴发生次数少，强度弱，造成的灾害较小。

4 结论

通过以上对历史气象资料及灾情资料的分析，得出以下结论：

(1) 近年来随着荒漠化的不断发展，宁夏沙尘暴强度有增加的趋势。

(2) 宁夏特强沙尘暴多发生在春季的午后；强风是特强沙尘暴形成的关键动力因子。

(3) 宁夏特强沙尘暴发生的气候背景：①前期连年干旱，土壤缺水严重；②前冬严寒，冻土深厚，冻融后地表层松软；③春季东亚环流经向度大，冷空气南下强，形成大风。

(4) 宁夏沙尘暴造成的损失呈增加趋势。近几年，国家实施西部大开发战略，加大了对西部地区的投资力度，随着西部经济实力的增强，同等强度的一次强沙尘暴天气带来的经济损失绝对值还将会大大增加，同时它的频繁发生也极大地影响西部多民族地区的社会安定。因此保护生态平衡，增加绿地覆盖率，采取有效的措施，抵御和防止沙尘暴灾害的发生刻不容缓。

(5) 随着工业化的发展，北部灌区因沙尘暴伴随的强风对各行业尤其是工业造成很大的经济损失，因此工矿企业、电力、交通运输等部门应结合本部门的行业特点，建立完善的防灾减灾自我保障体系，最大可能地减轻风灾造成的损失。

(6) 宁夏中部干旱带是全区沙化最严重的地区，虽沙尘暴造成的直接经济损失不及北部，但风蚀灾害、流动性沙灾造成的损失无法估量。因此应建立科学合理的防风固沙体系及相应的环保法规，阻止乱垦、滥挖干草等不良行为造成的生态恶化，从而有效地遏制荒漠化的进程。

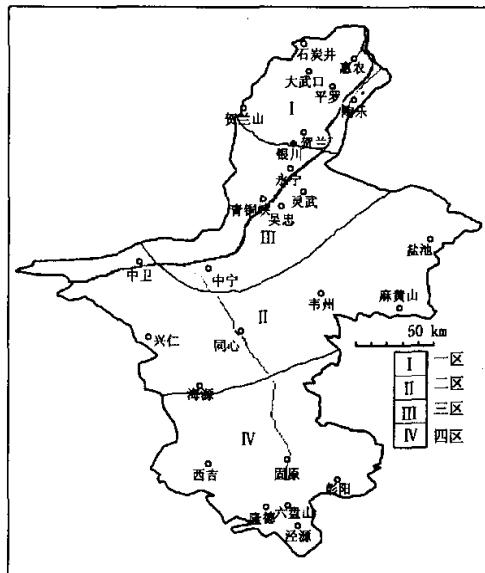


图 5 宁夏沙尘暴灾害区划

Fig. 5 Reginolization of sand storm disaster in Ningxia

川以北灌区，为严重风灾区。该区为宁夏出现沙尘暴天气的两大高值中心之一，沙尘暴发生频率虽不是最高，但风速较大，同时该区为宁夏主要工业区，

(7) 近年来,沙尘暴发生时强风、低能见度下造成的人畜伤亡呈增加势头,因此农村应大力提倡舍饲和棚圈牧业,以减少牲畜伤亡。由于沙尘暴特别是强及特强沙尘暴来势凶猛,狂风呼啸,遮天避日,极易造成人员伤亡,因此加强对沙尘暴防范意识的宣传势在必行;农村应加强河道、沟渠的安全管理,对分布在道路旁较大的沟渠,应适当增加防护栏,以防失足落水而造成人员伤亡。

参考文献(References):

- [1] 陈志清,朱震达.从沙尘暴看西部大开发中生态环境保护的重要性[J].地理科学进展,2000,19(3):259~265.
- [2] 赵光平,王连喜,杨淑萍.宁夏区域性强沙尘暴天气短期预报系统[J].中国沙漠,2001,21(2):175~181.
- [3] 桑建人,孙继明,黄生华.贺兰山地区强沙尘暴的统计[J].宁夏气象,1999,2:59~63.
- [4] 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.
- [5] 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(4):322~327.
- [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):448~450.
- [7] 高庆先,任阵海.宁夏沙尘暴天气及防沙治沙的对策建议[J].中国工程科学,2002,4(2):16~21.
- [8] 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.
- [9] 邹旭恺,王守荣,陆均天.气候异常对我国北方地区沙尘暴的影响[J].地理学报,2000,55(增刊):169~176.
- [10] 杨东贞,房秀梅,李生兴.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.
- [11] 任建东.浅议宁夏沙尘暴的成因危害与防治措施[J].干旱环境监测,1999,13(3):166~172.
- [12] 牛生态,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.
- [13] 董水祥,周仲显.宁夏气候与农业[M].银川:宁夏人民出版社,1986.2.

Climatic Background and Disaster Characteristics of Severe Sand Storms in Ningxia

ZHAO Guang-ping, ZHENG Guang-fen, WANG Wei-dong

(The Key Meteorological Laboratory for Disaster Prevention and Alleviation in Ningxia, Yinchuan 750002, China)

Abstract: The movement and characteristics of sand storms are analyzed by using the historical meteorological data along with sand storm disaster in Ningxia region. The results show that times of severe sand storms in Ningxia have been increasing in recent years. Following factors are the climatic background resulting in severe sand storms: continuous drought in seasons prior to sand storms, soil water deficiency; bitter cold winter before sand storms, deeper frozen earth, loose surface soil after thawing; large longitudinal grads of East-Asia circulation, and strong wind resulting from the severe southern cold air. The damage of sand storms in Ningxia became severer and severer in recent years, and the characteristics of the disaster are spatially heterogeneous. Strong wind dominantly characterizes sand storms in the irrigated regions of north Ningxia; Wind erosion, sand encroachment strong wind, and casualties due to low visibility are typical features in the middle drought belt of Ningxia; Catastrophes of other irrigated regions are mainly wind frost. Sand storm disasters of Ningxia are spatially regionalized according to their features.

Key words: Ningxia; severe sandstorm; climatic background; characteristics of disaster forming; regionalization