

# 我国北方沙尘暴灾害及防治对策

苏志珠<sup>1,2</sup>,董光荣<sup>2</sup>

(1. 山西大学黄土高原研究所,山西 太原 030006;

2. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所 风沙物理与沙漠环境实验室,兰州 730000)

**摘 要:**沙尘暴是与风沙活动、土地沙漠化过程密切相关的一种发生在沙漠及其邻近地区的灾害性天气现象,它是高速运行气流即大风与干燥裸露地表相互作用所形成的,是干旱与沙漠化气候环境的产物。我国的沙尘暴主要发生在西北、华北和东北西部,尤以西北地区的沙尘暴发生频繁、危害严重、影响范围广泛。它的发生、发展除与大气环流、下垫面状况等自然因素有关外,人类大量开垦农田、放牧、樵采、过渡利用地表和地下水资源以及进行各种工矿、交通建设等活动,破坏了地表植被和土壤层,使表土裸露直接遭受风力侵蚀作用,既加速了沙漠化土地的扩展,也扩大了沙尘源,使沙尘暴发生的频率和强度大为增加。为此,本文分析了我国沙尘暴的空间分布范围、运移路径、形成原因和危害表现,并提出了防治沙尘暴的对策建议。

**关键词:**沙尘暴;灾害;防治对策;我国北方地区

**中图分类号:**X14      **文献标识码:**A

沙尘暴(Sand-dust storm)是与风沙活动、土地沙漠化过程密切相关的一种发生在沙漠及其邻近地区的灾害性天气现象。我国不仅是世界上受沙漠化危害严重的国家之一,而且也是沙尘暴容易发生的地区之一。20世纪90年代以来,我国沙尘暴有发生频率增加、强度加大、影响范围广泛、危害程度加剧之趋势,特别是发生于1993年5月5日河西走廊的强沙尘暴(称5.5沙尘暴),为近百年来历史所罕见。我国北方沙尘暴给当地农业生产、交通运输、大气环境及人民生命财产和健康带来不利的影响,也对周边地区甚至首都北京地区造成严重危害,它已成为目前不可忽视的一个突出的生态环境问题。为此,沙尘暴危害及其防治研究引起了有关政府部门及社会各界的高度重视。本文对我国北方沙尘暴的形成条件、危害表现作一综合评述,并提出防治沙尘暴的对策。

## 1 沙尘暴定义与等级划分

据《地面气象观测规范》将沙尘暴定义为:由强风将地面沙尘吹起,致使空气很浑浊,水平能见度小于1km的天气现象<sup>[1]</sup>。因而它是不同于“大风”、“扬沙”和由别处漂移而来的“浮尘”等一般沙尘天气的强风沙天气。“浮尘”则是指尘上细粒级(颗粒粒径 $<0.001\text{ mm}$ )的尘埃均匀地悬浮于空中(多为远处沙尘经过上层气流传输而来或当地沙尘暴之后尚未下沉的细粒浮游空中所致),水平能见度 $<10\text{ km}$ 的天气现象。当沙尘暴发生强烈时,即瞬时最大风速 $\geq 25\text{ m/s}$ ,水平能见度 $<50\text{ m}$ ,甚至降到0m,危害性极大,俗称“黑风暴”<sup>[2]</sup>。这几种类型都属于沙尘天气现象的研究范畴,它们的发生机制和扩展方向具有相似性,但在运移形式和影响范围上又有差异,因而其危害方式、程度和防治对策也有所不同。

对沙尘暴强度的等级划分,国内外大体相近,一般采用风速和能见度两个指标。我国学者主要依据沙尘暴易发生的中国北方地区的现状,特别是西北地区,将沙尘暴强度划分为4个等级(表1)。

## 2 沙尘暴的空间分布及运移路径

从现代沙尘暴过程来看,全球有4大沙尘暴多发区,分别位于中亚(独联体中亚部分及中国西北部)、北美(美国中西部地

收稿日期:2002-05-28

基金项目:中国科学院创新重大项目(编号:KZCX1-Y-05)

作者简介:苏志珠(1964-),男,山西原平县人,副教授,硕士研究生导师,主要从事沙漠环境与土地荒漠化研究。

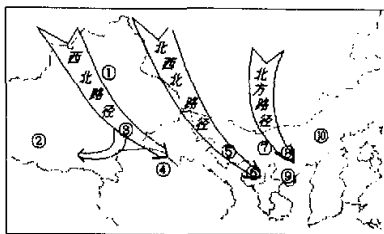
区)、中非(非洲撒哈拉沙漠的中非地区)和澳大利亚(澳大利亚中部地区)<sup>[4]</sup>。我国的沙尘暴属于中亚沙尘暴区的一部分,是全球现代沙尘暴的高发活动区之一<sup>[5]</sup>,主要发生在西北、华北和东北西部,尤以西北地区的沙尘暴发生频繁、危害严重、影响范围广泛。

表1 我国西北地区沙尘暴强度等级划分<sup>[5]</sup>

强度等级	瞬时极大风速	最小能见度
特级	$\geq 10$ 级, $\geq 25$ m/s	0级, 0—50 m
强	8—10级, $\geq 20$ m/s	1级, 50—200 m
中	6—8级, $\geq 17$ m/s	2级, 200—500 m
弱	4—6级, $\geq 10$ m/s	3级, 500—1000 m

根据现代沙尘暴资料分析<sup>[5]</sup>,比较常发生沙尘暴的区域为:西起新疆喀什,东止陕北榆林,北起新疆富蕴、内蒙古海力素,南到新疆和田、青海格尔木、陕北吴旗,总体上呈现东西走向的带状分布,南北最宽处约11个纬度,东西长约34个经度。其中,强沙尘暴天气多发区首数吐鲁番、哈密、敦煌、巴彦毛道、甘肃景泰和宁夏中卫,其次为南疆和田地区、北疆和河套地区。另据钱正安等<sup>[6]</sup>对1952 a—2000 a我国西北和华北的强与特强沙尘暴资料分析,认为沙尘暴源区主要分布在河西走廊和阿拉善高原、南疆盆地南缘与内蒙古中部等3个地区。如果以年平均沙尘暴日数20 d为标准<sup>[7]</sup>,我国西北地区沙尘暴多发区主要集中在:(1)塔里木盆地周围地区,主要是塔里木盆地南缘和西部喀什葛尔冲积平原、塔里木盆地北缘和西部柯坪盆地;(2)吐鲁番—哈密盆地经河西走廊和腾格里沙漠西南缘—宁夏平原及中部盆地、同心旱作地区—陕北长城沿线;(3)内蒙古阿拉善高原河套平原—鄂尔多斯高原。

沙尘暴运移路径常与沙尘暴天气发生时的系统性天气移动路径有关,特别是与冷高压入侵移动路径关系密切。对西北地区强和特强沙尘暴天气的个例分析表明<sup>[3]</sup>,冷高压有3条移动路径,即西北、北方和西方路径。其中,西北路径途径吐鲁番—哈密—张掖—中宁—一线,强沙尘暴天气最多,占76.9%,影响范围广且致灾严重。西方路径途径塔里木盆地南缘—青海格尔木—西宁以南—一线,强沙尘暴天气次多,占15.4%。北方路径主要从蒙古高原中西部入侵,沙尘天气最少,占7.7%。杨民等<sup>[4]</sup>对我国2000年春季北方沙尘暴天气形势分析后指出,我国北方大风沙尘暴运移路径可分为三种类型,即北方路径、北西北路径和西北路径(图1)。



其中,北方路径起源于蒙古国的乌兰巴托以南的广大地区,途径蒙古人戈壁、腾格里沙漠、东止乌兰布和沙漠、库布齐沙漠、毛乌素沙地和浑善达克沙地,影响我国西北地区的东部、华北大部和东北南部,有时还可向南影响到黄淮地区。北西北路径起源于蒙古高原中西部,东移南下穿越蒙古大戈壁、巴丹吉林和腾格里沙漠、东止乌兰布和沙漠和河套地区及毛乌素沙地等,影响范围包括新疆北部与东部、甘肃、蒙古国与内蒙古中西部、宁夏、陕西北部及华北西部等。西北路径起源于巴尔喀什湖附近,引发沙尘天气的冷气团东移经古尔班通古特沙漠,翻越天山后分支,一部分冷空气倒灌南疆引发沙尘暴。而主要部分继续向东南移动,其影响范围包括蒙古高原的中西部、新疆大部、河西走廊、青海北部及宁夏、陕西的部分地区。

①古尔班通古特沙漠;②塔克拉玛干沙漠;③库姆塔格沙漠;④柴达木盆地沙漠;⑤巴丹吉林沙漠;⑥腾格里沙漠;⑦乌兰布和沙漠;⑧库布齐沙漠;⑨毛乌素沙漠;⑩浑善达克沙漠

图1 2000年春季中国北方沙尘暴源地及路径示意图

### 3 沙尘暴的成因

沙尘暴是高速运行气流即大风与干燥裸露地表相互作用所形成的,可以说是干旱与沙漠化气候环境的产物。其形成过程必须同时具备3个条件:一是要有大风,这是吹蚀和搬运地表沙尘物质的原动力;二是地表要有大量干燥、疏松的沙物质存在,这是沙尘暴发生的物质基础;三是存在不稳定的大气状况,这是更有利于风力加大、强对流发生、发展的热力条件,从而可夹带更多的沙尘并卷扬得更高。这3个条件在干旱沙漠和半干旱沙地地区都具备,因而沙漠、沙地及其邻近地区也正是沙尘暴的多发区和危害严重的地区。

我国北方地区,特别是西北地区地处干旱荒漠和极端干旱荒漠地带,地表多沙漠、沙地分布,沙尘物质十分丰富,而气象条件上又处于蒙古—西伯利亚冷高压的强冷空气入侵的西北路径和西方路径上,冬春季植被稀疏、地表干燥裸露,大风过境时极易吹蚀地表,出现风沙活动、风沙流现象,致使沙尘物质容易被吹扬。加之春季来临时,北方地区气温回升迅速,近地面气层很不稳定,特别是晴天午后地表急剧增温,局地对流旺盛,一遇冷空气入侵,冷暖空气交锋,锋面活动十分活跃,极易形成大风天气,这种强风(冷空气)和局地热力不稳定性条件相互配合,最易出现大气层结不稳定状态,上升气流将沙尘物质带入空中并向下风向输移,出现沙尘天气甚至强沙尘暴。研究表明,春季是我国西北地区冷锋活动最频繁的季节,每次强冷锋过境后都会产生很强的变压梯度,由此可产生 $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \sim 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的瞬时变压风。此大风所经之地,常导致沙尘暴的产生,强和特

强沙尘暴的发生常与这种系统性天气过程有关<sup>[8]</sup>。隆冬季节,我国北方地区基本上是在蒙古—西伯利亚冷高压的控制之下,尽管在大风作用下产生风蚀、风沙流现象,但大气层结稳定,热力对流不易形成,沙尘暴反而难以发生和出现。

我国北方沙尘暴的发生除与大气环流、下垫面状况等自然因素有关外,与人类活动也有一定关系。在干旱、半干旱地区,人类从事农田开垦、过度放牧和樵采等活动,破坏了地表植被和土壤层,使表土处于裸露状态,不仅加速了沙漠化土地的扩展,而且也扩大了沙尘源,更有利于沙尘天气的形成。全浩的研究结果表明,人为破坏作用对沙尘暴的产生是不容忽视的因素<sup>[10]</sup>。1999 a~2000 a 对内蒙古和河北北部的遥感监测结果显示,5 a 内上述地区耕地增加了  $6.2 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,草地和林地则减少了近  $8.0 \times 10^3 \text{ hm}^2$ ,其中这两地区的北部和西北部处于沙尘暴发生的源区和运移路径区,植被减少,土地沙化现象更为严重,从而使沙尘暴发生的频率和强度大为增加。因此,可以说沙尘暴是土地沙漠化的产物<sup>[11]</sup>。对我国北方 100 个气象台站观测(1951 a~1997 a)也表明,20 世纪 50 年代以来,我国除青藏高原的部分地区以外,沙尘暴日数总体上(70%以上)呈递减趋势,而强和特强沙尘暴的发生频次自 50 年代以来却一直在增加<sup>[4]</sup>,50 年代 5 次,60 年代 8 次,70 年代 13 次,80 年代 14 次,90 年代 23 次,其中的原因与区域气候干旱导致的土壤水分减少和人为干扰活动加强、地表植被总体恶化有关。

从沙尘暴的发生过程来看,它的发生由来已久。据对欧美发现的古风成沙岩研究,沙尘暴出现的时间至少可以上溯到 6 亿 a 前的下寒武纪,2.8 亿 a~1.4 亿 a 前的二叠纪、三叠纪和侏罗纪。对深海岩芯和冰盖沉积物的测定<sup>[12]</sup>,特别是北太平洋 GPC<sub>2</sub> 和 576 孔岩芯中风尘堆积速率、粒径中值和风尘石英含量的变化(图 2),也揭示出沙尘暴从距今 6500 万 a 至现在从未停止过,只不过是发生频率和强度及影响范围不同而已。我国近年来也开展了这方面的研究,戴雪荣等<sup>[13]</sup>通过黄土粒度分析,揭示了末次间冰期(5 阶段)甘肃沙尘暴的演化历史,并与“930505”特大沙尘暴降尘物质进行了对比。陈镇东等<sup>[14]</sup>研究了 1600aBP 台湾大鬼湖中的粉尘物质记录,并通过粒度、矿物和化学元素分析,指出大鬼湖中粉尘物质含量的变化与中国北方气候的干旱化有关。

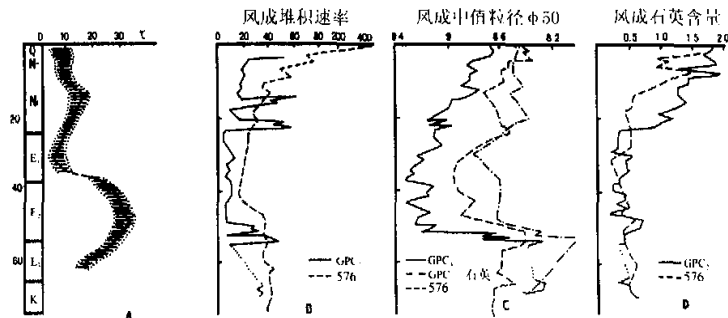


图 2 晚白垩纪以来全球气温与北太平洋 GPC<sub>2</sub> 和 576 岩芯中风尘堆积速率、粒径中值和石英含量变化

沙尘暴发生时,风力作用于干燥裸露地表所产生的含沙气流中,因被挟带物质粒级和重量的不同,存在 3 种运动状态:较粗砾石或粗沙成分在地表停滞不动或仅作短距离滑移,形成戈壁砾石;细沙以贴近地表的跃移方式为主,就地形成流沙堆积或沙漠;而粉沙和尘土物质悬浮于大气中,随风向周围和下风向地区漂移,当风力减小或风停后便逐渐下沉,形成大气粉尘堆积。所以,沙漠和沙地、风成黄土和红土乃至太平洋深海中的风成粉尘,都是不同时期不同地区不同风力作用下包括沙尘暴在内的含沙气流的孪生沉积。因而可根据不同地区地质堆积体中发现的沙漠沙、风成黄土和红土以及深海沉积、冰芯沉积中的风成物质含量的变化,推测和反演地质时期沙尘暴的演化历史。

进入人类历史时期,对与沙尘暴有关的“雨土”、“雨砂”、“土霾”、“黄土”等现象的记载开始于公元 300 a 左右,此后迄今从未中断过。如据地方志记载,公元 351 a 甘肃武威一带就有强沙尘暴发生,造成房屋倒塌和人畜伤亡<sup>[15]</sup>。张德二对历史时期降尘天气和北方冬季沙尘暴资料分析表明<sup>[16,17]</sup>,大约在公元 1100 a 左右,我国沙尘暴发生频数急剧增加。近千年来,我国沙尘暴的频发期有 5 个,即 1060 a~1090 a、1160 a~1270 a、1470 a~1560 a、1610 a~1700 a 和 1820 a~1890 a。同时,研究也发现沙尘暴频发期一般对应于干冷的气候环境,即气候干燥寒冷期,是沙漠化扩展时期,也是沙尘暴的频发期;而气候温暖湿润期,地表植被状况好,是沙漠化逆转期,也是沙尘暴减弱、低频期。说明沙尘暴是干旱与沙漠化气候环境的产物。由此看来,在我国北方干旱、半干旱地区气候暖干化趋势十分明显特别是全球气候变暖的影响下,加上人类不合理的生产活动,不仅沙漠化有加速扩大的趋势,而且沙尘暴危害也有加剧的可能,应引起足够的重视。

#### 4 沙尘暴的危害

沙尘暴是一种危害性极大的灾害性天气。当其发生时,首先以强风形式摧毁途径的建筑物及公共设施、树木等,甚至造成人畜伤亡。其次是以携带大量沙粒物质的风沙流形式风蚀沙割和掩埋农田、灌溉渠道、道路、村舍、草场等。第三,由沙尘暴产生的扬尘、浮尘造成大气环境的严重污染,给人们的身体健康也带来不利影响。这里仅以发生于 1993 年 5 月 5 日河西走廊的

特大强沙尘暴(称5.5沙尘暴)为例,便可窥见其危害的严重性。沙尘暴发生时,沙尘暴锋面前移速度为14 m/s~17 m/s,瞬时最大风速达34 m/s,黑霾墙高度为300~400 m,最高达700 m,能见度为0~100 m,横扫甘肃河西走廊、宁夏、陕西、内蒙古4省区72个县100多 $\times 10^4$  km<sup>2</sup>,造成81人死亡,31人失踪,386人受伤,丢失伤亡牲畜45.1 $\times 10^4$ 头(只),受灾农田20.88 $\times 10^4$  hm<sup>2</sup>,甘、宁、蒙3省区的累计直接经济损失为5.4 $\times 10^8$ 元,仅甘肃省的直接经济损失就达2.56 $\times 10^8$ 元,而间接损失则是难以估量的<sup>[1]</sup>。同时,沙尘暴发生时,沙尘中有几千种化学元素,大大增加了大气中固态污染物的浓度。据甘肃金昌市当时测定,空气中含尘量室外为1016 mg/m<sup>3</sup>,室内为80 mg/m<sup>3</sup>,均超过国家规定的生活区含尘量标准的40倍。浮尘随高空气流向下游地区扩散达数百km和一二千km,恶劣的能见度造成机场关闭和引发各种交通事故,而且沙尘对精密仪器、精密化工等也有严重的破坏性影响,并伤害人体眼睛和呼吸系统影响身体健康。另外,沙尘暴发生时,风蚀危害尤为严重,每次沙尘暴天气形成和所经地区都会不同程度地受到风蚀侵害,轻者刮走农田表层活土,重者可风蚀土壤深度达1 cm~10 cm,使农作物根系外露或连苗刮走。据估计<sup>[1]</sup>,我国每年因沙尘暴产生的土壤细粒(绝大部分粒径在10  $\mu$ m以下)物质流失高达10<sup>6</sup> t~10<sup>7</sup> t,造成农田和草场的土地生产力严重下降。由此可见,沙尘暴的危害是多方面的,也是极其严重的,应高度重视并加以防治。

## 5 沙尘暴防治对策与建议

作为干旱和沙漠化气候环境的产物,沙尘暴在漫长的地质时期就一直存在,很可能在地球诞生初期就已存在,就象现在大早上发现的正在进行着的沙尘暴现象那样,只是目前人类科学研究和认识水平尚未深入到这个程度。当前人们普遍认识到我国沙尘暴频发和危害严重,这与环境保护意识的提高有一定关系。但面对沙尘暴危害,我们并非无能为力,如何防治沙尘暴和减轻沙尘暴对社会经济与生态环境产生的危害,不仅是亟待研究和解决的课题,而且对其要有科学的认识态度,方可采取积极的措施予以防治。

### 5.1 加强沙尘暴形成过程和成因机制的研究

沙尘暴主要是发生在干旱和半干旱地区的一种突发性气象灾害和生态灾难,它的形成必须具备干旱大风动力条件和地表沙物质基础。其中,大风是由大气环流所决定的,风速的大小强弱变化还与气候冷、暖波动和大的地貌格局有关;大风运行路径地区的沙尘物质,是周围基岩山地经地质时期以来长期侵蚀、搬运、堆积形成的。就人类自身能力而言,目前还无法控制大气环流和气候冷暖变化,也不可能改变地表的物质组成和消灭沙尘源地(特别是沙漠)。因此,沙尘暴在很长的时间内仍将存在,有人认为3 a~5 a内可扼止住沙尘暴,那是天真的想法。但只要我们深入研究沙尘暴发生、发展规律,揭示其形成机制,搞清沙尘暴的发生源地,发生发展的天气气候特征和条件、运移路径、危害的表现等,为沙尘暴的预警研究提供科学依据,从而运用现代科学技术和广大科技工作者及劳动人民丰富的抵御和防治沙尘暴的实践经验,消除沙尘暴的形成条件,便可使沙尘暴所造成的损失减少到最低限度。

### 5.2 建立和完善沙尘暴的监测与预报系统

沙尘暴灾害,正象我国沿海的台风一样,虽然不能消灭它,但可以设法减轻其危害。因此,应建立和完善沙尘暴的监测与预报系统。尽快改变我国北方特别是西北地区气象台站稀少、设备落后的现状,增设监测及预报系统。在已有气象台站基础上,增加雷达、卫星遥感等现代化手段,改进气象灾害联防通讯网络,提高监测和预报水平,加强对沙尘暴的跟踪监测,对运行区及早预报,以便尽量采取必要措施把受灾降低到最小程度。同时,应提高沙尘暴运行区生产、生活设施的建设标准,增强抗灾能力。

### 5.3 增加表植被盖度,建立防风固沙的防护林体系

沙尘暴的产生除主要受自然因素影响外,人类不合理的经济活动也起一定作用。人类为了满足自身需要,在干旱、半干旱地区尤其是我国北方农牧交错地带,随着人口数量的增加和牲畜头数的增多,加大了对土地资源的压力,结果是大量开垦农田、放牧、樵采、过渡利用地表和地下水资源以及进行各种工矿、交通建设等活动,破坏了地表植被保护层和土壤层,使地表结构疏松、干涸处于裸露或半裸露状态,固定沙地活化、古沙翻新,形成新的沙尘源,地表沙尘物质增多,不仅使土地沙漠化面积扩大,而且常处于大风运行路径地区,直接受风力侵蚀和搬运状态,从而导致沙尘暴的发生,并有次数增多、强度加重、影响范围扩大之趋势。因此,防治沙尘暴或减轻其危害,应加大林草植被建设,建立完善的防风固沙防护林体系,特别是应结合当前退耕还林草工作,搞好产业结构调整,坚决杜绝滥砍、滥牧、滥樵、滥开矿和滥用水资源等不合理的经济活动,尽可能地增加地表植被盖度,消减直接裸露的沙生源,以减少沙尘暴的发生频率、强度和影响范围。

值得指出的是,沙尘暴是大风运行过程中吹扬所经地区的沙尘物质引起的,要全方位防治沙尘暴,不能只注意下风向地区,更应重视源头和所经地区的防治工作,进行生态环境建设,否则难以奏效。

### 5.4 开展国际间的合作、共同防治沙尘暴灾害

我国沙尘暴的发生既来自中国北方地区,也有来自中亚哈萨克斯坦、蒙古国甚至俄罗斯等国家的,它的产生所造成的危害和涉及范围不仅对中国而且对韩国、日本甚至美国的生态环境都有重要影响,是跨国界的自然灾害。因此,应加强国际间的合作研究,共同防治沙尘暴灾害。2002年5月9日在北京召开的由中、韩、日、美等国家的科学家参加的国际沙尘暴防治研讨会,

就是一个良好的开端

# 参考文献:

- [1] 中央气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,1979.22.
- [2] 王式功,杨德保,金炯等.我国西北地区黑风暴的成因和对策[J].中国沙漠,1995,15(1):19-30.
- [3] 徐启运,胡敬松.我国西北地区沙尘暴入气时空分布特征分析[A].方宗义,朱福康.中国沙尘暴研究[C].北京:气象出版社,1997.11-15.
- [4] 颜宏.全国沙尘暴天气研讨会会议总结[J].甘肃气象,1993,11(3):6-11.
- [5] PYE K. Aeolian dust and dust deposits[M]. Academic Press Inc. Ltd., London, 1987. 113-126.
- [6] 钱正安,贺慧霞,翟章等.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].方宗义,朱福康.中国沙尘暴研究[C].北京:气象出版社,1997.1-10.
- [7] 赵性存.西北地区是我国沙尘暴的多发区[A].方宗义,朱福康.中国沙尘暴研究[C].北京:气象出版社,1997.27-30.
- [8] 杨民,蔡玉琴,王式功等.2000年春季中国北方沙尘暴天气气候成因研究[J].中国沙漠,2001,21(增刊):6-11.
- [9] 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.
- [10] 全浩.我国沙尘暴沙源与路径分析[N].人民日报,2002-03-31-02.
- [11] 高尚玉,史培军,哈斯等.我国北方风沙灾害加剧的成因及沙化过程的中长期发展趋势[J].自然灾害学报,2000,(4):93-99.
- [12] JANECEK T R, REA D K. Aeolian deposition in the northeast Pacific Ocean: Cenozoic history of atmospheric circulation[J]. *Geological Society of America Bulletin*, 1983, 94: 730-738.
- [13] 戴雪荣,李吉均,俞立中,等.末次间冰期甘肃沙尘暴演化历史的黄土记录分析[J].地理学报,1999,54(5):445-453.
- [14] 陈镇东,罗建育,万政康,等.中国台湾大坵湖沉积物保留之降尘记录[J].第四纪研究,2001,(1):18-28.
- [15] 夏训诚,杨根生.中国西北地区沙尘暴灾害及防治[M].北京:中国环境科学出版社,1996.1-30.
- [16] 张德二.我国历史时期以来降尘的天气气候学初步分析[J].中国科学(D辑),1984,24(3):352-358.
- [17] 张德二,陆风.我国北方的冬季沙尘暴[J].第四纪研究,1999,(5):441-447.
- [18] 赵兴梁.甘肃特大沙尘暴的危害与对策[J].中国沙漠,1993,13(3):1-7.
- [19] 翟章,许宝玉,贺慧霞,等.我国沙尘暴的概况和对策[A].方宗义,朱福康.中国沙尘暴研究[C].北京:气象出版社,1997.155-158.

## Study on the Sand—dust Storm Disaster and Prevention Countermeasures in Northern China

SU Zhi-zhu<sup>1,2</sup>, DONG Guang-rong<sup>2</sup>

(1. Institute of Loess Plateau, Shanxi University, Taiyuan 030006, China;

2. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute,

Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** The sand—dust storm is a kind of disaster weather which is related to the blown—sand activities and the expansion of desertification. It mainly occurs in arid and semi—arid areas in northern China, which is a result of the interaction between the atmosphere boundary dynamics and sandy surface, influenced strongly by the climate condition, especially by wind regime and the surface sandy sediments, and accelerated by human unreasonable activities, respectively. The sand—dust storm disaster is very harmful to the life of human being and livestock, causing heavy wind erosion and air pollution. To prevention and control sand—dust storm, integrational measures should be adopted, including (1) strengthening the research on the process and formative cause of sand—dust storm in northern China, (2) building and improving the monitoring system of sand—dust storm weather forecast, (3) increasing the vegetation coverage and setting up the system of shelterbelt; (4) reinforcing the international cooperation to prevent the disaster of sand—dust storm from spreading.

**Key words:** Sand—dust storm disaster prevention countermeasures