

# 中国北方沙尘暴现状及对策

王 涛 陈广庭 钱正安 杨根生 屈建军 李栋梁

(寒区旱区环境与工程研究所 兰州 730000)

**摘要** 中国北方有:甘肃河西走廊及内蒙古阿拉善盟;南疆塔克拉玛干沙漠周边地区;内蒙古阴山北坡及浑善达克沙地毗邻地区和蒙陕宁长城沿线四个主要沙尘暴中心和源区。20世纪我国沙尘暴从50年代以来呈波动减少之势,90年代在减少中有回升,2000年和2001年急剧增加,预示着新一轮沙尘暴活跃期已经开始。生态环境恶化和气象条件变化是北方沙尘暴增多的原因。目前人类控制天气的能力还很有限,减缓沙尘暴灾害频度与强度的关键在于搞好地面的生态保护与建设。

**关键词** 沙尘暴,源区,发展趋势,生态环境,保护和建设



2000年我国北方地区连续出现10余次沙尘暴、扬沙和浮尘天气,给交通运输、人民生活带来了不利的影响。2000年12月31日和2001年元月1日,甘肃省河西走廊又出现强沙尘暴,北京地区也受到浮尘的影响。

2001年3月底以前,甘肃河西走廊和内蒙古西部出现沙尘天气已达9次之多。3月中旬,南京市也出现沙尘天气,引起人们恐慌。

公众和报道中常易混淆浮尘、扬沙、沙尘暴三种沙尘天气。浮尘指尘土、细沙均匀地漂浮在空中,使水平能见度小于10公里,多为远处沙尘经上层气流传输而来,或是沙尘暴天气过后细粒物质在空中持续悬浮的现象;扬沙指由于大风将本地沙尘吹起,水平能见度在1—10公里;沙尘暴指由于强风

将地面大量沙尘卷起,水平能见度小于1公里,其中强沙尘暴水平能见度低于200米;特强沙尘暴水平能见度低于50米,俗称“黑风暴”。近年北京出现的沙尘天气多是上风向吹来沙物质,为扬沙和浮尘,极少量的沙尘暴也是一般强度的弱沙尘暴。

## 1 我国沙尘暴出现的特征

根据沙尘暴发生频率、强度、沙尘物质组成与分布、生态现状、土壤水分含量、水土利用方式和强度,结合区域环境背景,将中国北方划分出四个主要沙尘暴中心和源区。(1)甘肃河西走廊及内蒙古阿拉善盟;(2)南疆塔克拉玛干沙漠周边地区;(3)内蒙古阴山北坡及浑善达克沙地毗邻地区;(4)蒙陕宁长城沿线。上述沙尘暴多发地区的沙尘也常随西风和西北气流输移到华北及长江中下游,形成沙尘天气。

沙尘暴的发生一般需要强劲的风力、丰富的沙尘源和不稳定的空气层结三个条件。裸露地表富有松散、干燥的沙尘是沙尘暴形成的物质基础;足

\* 本文是中国科学院寒区旱区环境与工程研究所受国家环境保护总局委托,于2001年3月底向政府有关部门提交的国家生态环境情况——沙尘暴分报告,由《国家重点基础研究发展计划》“中国北方沙漠化过程及其防治研究”(20000487)项目资助  
收稿日期:2001年6月25日

够强劲持久的风力和不稳定的空气层结是沙尘暴形成的必要气象动力和热力条件。

沙尘暴多发生在春季的3—5月，以午后为多，其伸展高度一般为1 000—2 500米，严重时可达2 500—3 200米。

上述源区是生态保护、防沙治沙、沙尘暴监测和预测的重点地区。春季和午后应是监测和预测的重点季节和时段。

## 2 沙尘暴发展的趋势

总体来说，20世纪我国沙尘暴从50年代以来呈波动减少之势，其中60年代和70年代略有上升，80—90年代在减少中有回升；2000年急剧增加，强或特强沙尘暴达9次之多，为近50年之最；截至3月底，2001年已出现两次强沙尘暴过程，这些现象可能预示着新一轮沙尘暴活跃期已经开始。上述变化趋势可以从生态环境和气象条件的变化找到初步的解释。

有两个地区的生态环境恶化最为明显：

(1)河西走廊和阿拉善高原生态环境严重恶化。建国50年来，干涸的湖泊有500多平方公里。1982年东居延海水深1.8米，天鹅湖1.5米，现已干涸，湖心及周围已被流沙覆盖。干涸湖泊周围湿地已形成半裸露灌丛沙堆。6 000多平方公里干旱湖盆周围的沙地梭梭林，因地下水位下降，大片死亡。如拐子湖、古日乃湖附近，1982年时梭梭林存活率为12%—17%，现已濒临死亡。黑河流域下游额济纳三角洲1982年尚存大片湿地，现因河流断流干枯，胡杨、红柳成片死亡。

(2)东部农牧交错带的生态恶化。内蒙古高原在历史上为草原牧区。近世纪以来人口剧增，草原开垦面积不断扩大，遂变成农牧交错区。滥垦、过牧、滥樵，大面积剥掉了草原植被。坦荡的高原具有冬春季干旱与大风同期、地表物质疏松等潜在沙漠化自然因素，在人为不合理经济活动诱发下加重了土地沙漠化。

土壤风蚀使表土有机质被连续吹失，造成土壤肥力严重下降。阴山北坡内蒙古乌盟7旗县旱作

耕地每年吹蚀表土1厘米的土地32万公顷，吹失有机质840.48吨、氮素54 096吨，物理性粘粒830万吨。由于连续严重风蚀，开垦50年左右的耕地已呈现砾石遍地、片状流沙堆积、灌丛沙堆密布的严重沙漠化耕地。沙尘物质随西北风进入华北，污染首都北京的环境。

沙尘暴频频发生是生态环境恶化的标志之一。我国沙漠、戈壁和沙漠化土地面积已达165.3万平方公里，并正以每年2 460平方公里的速度发展。东西部土地沙漠化有很大的差别<sup>[1]</sup>。以贺兰山为界，以西受西北干旱气候控制，缺少降雨，土地利用为绿洲灌溉农业区。沙漠化的因素和表现形式主要是水资源调配不当，下游农耕地因缺水撂荒或沙漠与绿洲过渡带的盲目开垦、樵采过牧引起，或草场因地表水枯竭、地下水位下降天然植被死亡，风蚀量增大(表1、表2)。

东部受东亚季风的影响，夏秋有一定量的降水，沙漠化主要发生在农牧交错带，冬春干旱季节，由滥垦、草场严重超载过牧退化、樵采引起，以农耕地土壤沙化、砾质化、灌丛沙漠化和沙地活化为主要形式。

从表1和表2可见，土壤风蚀率随植被盖度的减少呈指数关系增加。当植被盖度大于60%时为轻微风蚀或无风蚀；20%—60%时为中度风蚀；小于20%时为强度风蚀。水分条件差，易起沙起尘。土壤含水量越大，土壤颗粒的启动风速越大，土壤抵抗风蚀的能力就越强，即启动沙尘的临界风速随含水率的增加呈线性增大。人为扰动可使土壤风蚀量增大近10倍。从气象条件看，70年代末期后，冬季东亚大气环流出现突变，高空东亚大槽偏东偏弱，致使沙尘暴源区冬春风速减小，再加上80年代中期后厄尔尼诺盛行，所以80—90年代沙尘暴次数偏少<sup>[2]</sup>；以后因东亚大槽逐渐回复到它的正常偏强状态，使风速加强，同时1999—2000年已转为拉尼娜年，因此2000年沙尘暴急剧增加，另外内蒙古、南疆及河西等地沙尘暴年代际频数的增减和雨量减增也有较强联系。综合考虑到中国北方近期生态环境恶化的势

表 1 不同植被覆盖度与土壤风蚀量的关系

样品 编号	植被盖度 (%)	风蚀临界风速 (米/秒)	试样面积 (厘米 <sup>2</sup> )	风速 (米/秒)	风蚀量 (公斤)	风蚀模型	
						克/厘米·分	吨/亩·小时
1	69.7	10.23	28×25	14.0	0.14	0.020	8.0
				21.6	0.49	0.070	28.0
				24.0	0.82	0.117	46.8
2	58.5	8.70	20×25	14.4	0.25	0.050	20.0
				19.6	0.88	0.176	70.4
				22.4	0.90	0.180	72.0
				23.6	2.28	0.456	182.4
3	27.4	8.27	36.5×25	10.2	0.07	0.008	3.2
				16.7	0.87	0.095	38.0
				20.6	1.95	0.214	85.6
				24.4	4.93	0.540	216.0
4	10.8	7.84	34×25	10.6	0.43	0.050	20.0
				15.5	1.77	0.208	83.2
				21.5	2.36	0.278	111.2
				24.9	4.56	0.538	215.2

表 2 不同风速下风蚀率与土壤含水率的关系

土壤含水率 M%	不同风速 V/m·s <sup>-1</sup> 条件下的风蚀率 E/gmin <sup>-1</sup>			
	10m·s <sup>-1</sup>	15m·s <sup>-1</sup>	20m·s <sup>-1</sup>	25m·s <sup>-1</sup>
2.67	73.04	761.96	1 582.23	2 480.00
4.14	66.19	210.86	881.32	1 568.69
5.20	24.72	145.82	239.42	390.59
5.69	12.94	81.86	107.03	280.42
6.20	0.10	52.03	172.26	244.04
7.13	0.00	27.79	53.53	158.47
7.87	0.00	10.45	47.06	133.92
8.18	0.00	8.76	42.65	90.26
9.52	0.00	5.01	22.83	50.06

头还未得到遏制；全球增温会使地表解冻期提前；内蒙古中部及西北区东部的干旱还无明显减缓迹象，但河西西部及南疆前 10 年偏湿的势头倒有减弱之势；目前已经出现新一轮沙尘暴活跃的迹象等因素，由此推断，未来沙尘暴将处于活跃期。

### 3 北京沙尘天气

近年北京出现的沙尘天气多为扬沙和浮尘，少见的沙尘暴强度也较弱，例如，2000 年 4 月 6 日出现的当年最强沙尘天气，最大风速 14 米/秒，最低能

见度 500 米,属一般性弱沙尘暴。

据统计,1971—1998 年,北京出现扬沙次数 355 次、浮尘 111 次、沙尘暴 25 次,分别占 74%、21%、5%。解放后,从 50 年代到 90 年代中前期,北京的沙尘天气在波动中逐年减少,大风较多的 70 年代也是如此,出现了“有风无沙”现象。但从 1998 年起,沙尘天气明显回升,2000 年出现 12 次,接近 60 年代(1995 年 12 次、1966 年 20 次)水平。

根据北京各县沙尘天气统计资料,将北京的沙尘天气划分为扬沙、浮尘、扬沙-浮尘、大风-浮尘、沙尘暴 5 种类型。扬沙型:扬沙占 50% 以上,浮尘 25% 以下。分布在永定河流域,代表站有大兴站、北京市气象台和丰台站;浮尘型:风沙多于大风,浮尘占 60%,扬沙占 20%—30%,代表站有平谷、房山站;扬沙-浮尘型:扬沙不足 50%,浮尘 > 30%,代表站有顺义站;大风-浮尘型:大风高于风沙日 4—5 倍,风沙日以浮尘占 50% 以上、浮尘 25%—40%,这些站多分布在“风廊”地区,代表站有昌平、怀柔、密云站;沙尘暴型:大风和沙尘暴多,沙尘暴占风沙日 45%,延庆为代表站。

类型分异与台站所处地理位置关系密切。(1)沙尘暴主要分布在延庆;(2)平谷站北有燕山、房山站西有西山,对于西北风来说属于“屋沿下”,浮尘多;(3)以昌平为代表的风廊地区为大风-浮尘型,由此反推,北京的大风、沙尘暴和浮尘来自西北方向。

综合各台站风沙天气类型,地球化学、重矿物等分析追踪结果和典型沙尘天气过程气象云图显示,得出北京沙尘物质来源的结论:扬沙为就地起沙,永定、潮白、御河古沙土沉积和城市建设弃土为主要沙尘来源;沙尘暴及浮尘物质主要来自上风向沙尘暴多发区,内蒙古高原阴山北坡及浑善达克沙地南缘农牧交错带旱作农耕地和退化草原是沙尘物质的最主要提供者。

受地理位置和地形制约,上风向沙尘进入北京有三个主要通道,俗称“风口”,它们是关沟、潮白河和永定河河谷(或谷地)。

历史上北京也曾出现过强沙尘暴肆虐的天气,最早的沙尘暴记录出现在公元 440 年(北魏太平真

君元年),15 世纪中叶到 17 世纪中后期(明代中后期到清代前期)是北京平原沙尘暴最多发、强度最大的时期,并且沙尘暴和持续的旱灾加速了明王朝的灭亡。从北京沙尘暴发展历史可以总结出两条结论:(1)北京沙尘暴出现在周围大规模开垦土地后若干年(约 30 年左右);(2)沙尘暴在干冷的气候条件下最为猖獗。

#### 4 减轻沙尘暴的策略和措施

20 世纪初美国大规模开发西部土地,导致 30 年代震惊世界的“黑风暴”;60 年代,前苏联开垦哈萨克斯坦卡拉库姆荒漠周围土地同样出现强烈的沙尘暴。美国 30 年代以后,对西部的建设和改造中大力调整农业种植结构,采取不同成熟期和不同播种期作物间作、套种和作物留茬,大力推行免耕法及改革农机具等一套行之有效的方法;前苏联 60 年代以后,对中亚的建设和改造中重视兴修水利工程、大力建设农田防护林网都收到了比较好的效果。美、苏两国为世界提供了两种不同的防治沙尘暴技术模式——简称农业措施(美国)和林业措施(前苏联)<sup>[3]</sup>。我们应汲取世界其它沙尘暴多发地区的成功经验,制订适合我国国情的防沙治沙,恢复生态的策略和方针。

沙尘暴是由天气过程和地面过程共同作用的产物。但是目前人类控制天气的能力还很有限,减缓沙尘暴灾害频度与强度的关键在于搞好地面的生态保护与建设。应坚持“预防为主、保护优先、防治并重”的生态保护与建设方针;建立和完善生态环保的法规和政策体系,停止导致生态环境继续恶化的一切生产活动,对于超出生态承载能力的地区要采取一定的生态移民措施。

(1)尽快确定旱作农业区的北界,作为实施“退耕”的标准。在全国农业区划的基础上,结合沙漠化土地分布特征和沙尘物质分布状况划出。

(2)尽快编制各地区的“退耕还林还草”规划,科学地实施退耕还林还草措施。根据生物气候带,依据立地条件,确定乔、灌、草种类和具体植物种,应以乡土植物种为主,在沙尘源区增加灌木和半灌木组分。

(3)合理调配流域水资源,利用经济杠杆,在上中游强制性地推行节水灌溉,提高水资源的利用率,保护和恢复内陆河下游生态环境。

由于对内陆河流域水资源利用不当,引起了下游生态问题。50年代,石羊河每年流入民勤县的水量为5.73亿方;60年代为4.45亿方;70年代为3.22亿方;目前削减到1.20亿方。建成第三期景电提水工程后,从黄河调水0.7亿方,其水量仍不到50年代的1/3。为了维持剩余土地生产,转而开采地下水,引起地下水位的大幅度下降。70年代地下水位比50年代下降3—5米;现在仍以每年0.4米的速度下降。地下水位的大幅度下降,引起防风固沙梭梭林和沙枣林大片死亡。60年代栽种的20万亩沙枣,除河流两岸和农田附近外,现死亡和半死亡达90%。原已固定的沙丘开始移动,对民勤县城和农田构成极大威胁。

黑河是我国西北干旱区较大的内陆河,其境内正义峡分水站50年代每年给下游分水12.06亿立方米,60年代缩减为10.35亿立方米,1985年仅7.9亿立方米,已无河水供给下游。下游额济纳旗居延海绿洲生态环境严重恶化,东、西居延海已干涸,大小湖沼竭泽,天然林草面积锐减,土地沙漠化发展严重、沙尘暴频繁。

(4)善待沙漠、慎重移民。严格控制沙漠开发;尽快在沙漠边缘过渡带、干湖盆地、内陆河下游建立封育区和省级、国家级自然保护区。

大沙漠地区沙丘沙粒度经反复分选,粉尘颗粒较少,仅占2%—5%。为此,风沙活动仅对沙漠及附近有一定危害,在输移较远的尘暴物质中的含量相对较少。尘暴对下游区的影响,较沙漠周围隔离带、旱耕地、草原区粉尘物质作用要低。同时沙漠区雨量都在100毫米以下,在目前自然条件和社会条件下,还谈不到治理问题。若治理沙漠,必然要破坏周边隔离带,对沙漠周边的生态平衡有一些影响。因此,从整体上讲,没有必要治理这些沙漠,而且这些沙漠的周边地带或多或少还有稀疏不等的沙生灌丛和灌丛沙堆,成为沙漠与周边环境的隔离带。所谓沙漠的扩展,实际上是破坏沙漠周边自然植被隔离带造成的恶果。

沙漠周边隔离带多为固定、半固定沙丘,距地面两米高度的风,其携沙量比在流动沙丘和裸露的风蚀地的携沙量低50%左右。破坏后的隔离带,断面风沙流携带的沙量每年达14立方米/米,而未破坏隔离带每年仅为0.7立方米/米,二者相差20倍。

隔离带封育,建立自然保护区后自然面貌迅速改观。如额济纳旗八道桥自然保护区封育后林木密度大,幼苗成林快,一株大茎级的老龄树,周围根蘖繁殖的有效面积可达0.15公顷,封育当年萌生的幼苗多达134株,封育6年就郁闭成林。封育前胡杨残次林乔、灌、草三层植被总盖度在20%以下,产草量不足每公顷300公斤,封育6年后,植被总覆盖度达70%—95%,胡杨的鲜叶和嫩叶生物量每公顷5.1万公斤,林下草本植物的生物量每公顷1.5万公斤。绿洲外围封育区,封育20年,植被盖度由15%提高到40%—50%。

(5)保护、完善、巩固、提高绿洲防护林体系。绿洲内部的农田防护林需要结合防沙、治沙工程进一步完善提高。在防沙阻沙林外缘划定300—500米宽的封沙育草带,严禁放牧樵采。每年适当引洪灌溉丘间低地以促进自然植被的恢复。

另外,绿洲防护林多为过熟林,应经严格审批和在有效监督下,有计划地有步骤地进行更新。

(6)改革耕作制度,提高冬春季农田覆被率,革新农机具,发展阳光大棚、温室等高科技农业。中央提出的天保、退耕、还林还草、防沙治沙工程就是减缓沙尘暴的重大决策。

充分利用风能、太阳能,解决农村、牧区薪柴燃料,发挥农牧民积极性和中央政策扶持结合,发展经济,改善沙区群众生活条件是停止生态破坏的关键。

(7)大力提倡舍饲和棚圈牧业,围封草场和加快飞播治沙,限制牲畜数量,使草原得到休生养息,并辅以抚育措施,恢复草原生态环境。

(8)强化沙尘暴的科学的研究,加强沙尘暴源区监测网的建设,掌握沙尘暴发生发展的机制和规律,做到对沙尘暴的预警预报,减轻沙尘暴灾害的损失。

## 参考文献

- 1 朱震达,吴正,刘恕.中国沙漠概论.北京:科学出版社,1980,1-5.
- 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.中国沙漠,1995,15(1):19-30.
- 3 夏训诚,杨根生等.中国西北地区沙尘暴灾害及防治.北京:中国环境科学出版社,1996,1,29.

## The Situation of Dust Storms and its Strategy in North China

Wang Tao Chen Guangting Qian Zhengan

Yang Gensheng Li Dongliang

(Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Institute, CAS, 730000 Lanzhou)

There are four dust storm centers and origin regions, These are (1) Hexi Corridor in Gansu province and Alxa Meng in inner Mongolia; (2) Taklimakan desert and it's nearby in south of Xijiang autonomous region; (3) North slope of Yingsa Mountain in inner Mongolia and Otingdag sandy land and it's nearby regions; (4) alone Great wall in inner Mongolia, Shanxi province and Ningxia Huige autonomous region. In 20th century, the dust storm have a decrease tendency with fluctuation since 1950s, and have a litter increase in a decrease tendency, in 2000 and 2001, its increase greatly and are predicted a begin of new round dust storm period. The deterioration of ecological environment and variations of meteorological conditions are reasons to cause increasing of dust storm. At present, human being have alimit ability to control weather, the key to reduce frequency degree and intensity will try to do well protest and construction of ecological environment. To persist ecological protest and construct policies, which to be taken prevent as a major, To protest as priority and prevent and controlled as same important. To construct and complete law regulation and policy system, stop any productive action to cause much deterioration of ecological environment, and to take a certain ecological migrate measures for overloading of ecological bearing ability region.

王 涛 寒区旱区环境与工程研究所副所长,研究员,博士生导师,风沙物理与沙漠环境实验室主任。1988 年在原中国科学院兰州沙漠研究所获自然地理专业博士学位。兼任中国地理学会理事,沙漠分会副主任,中国治沙暨沙业学会副理事长,《中国沙漠》副主编。联合国环境规划署(UNEP)、国家环境保护总局(NEPA)和中国科学院国际沙漠化防治研究与培训中心副主任,国际干旱区开发委员会(IDDC)委员,联合国“全球陆地观测系统(GTOS)专家委员”等。《国家重点基础研究发展规划》项目“中国北方沙漠化过程及其防治研究(20000487)”首席科学家。