

93, 4(4)  
343-352

# 宁蒙特大沙暴科学考察报告\*

姜凤岐 朱教君 (中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110015)

S761

**【摘要】** 在对1993年5月5日宁蒙两区发生特大沙暴考察的基础上,系统分析了特大沙暴形成的原因、造成的危害及沙暴的运行规律。结果表明,特大沙暴发生是在大气候条件控制下,由大风、干旱和土地严重沙漠化不断扩大的综合作用结果,这次特大沙暴给人民生命财产造成了极为惨重的损失。沙暴运行规律表明,防护林和治沙工程对防止沙暴的作用是十分显著的。同时针对沙暴易发区的自然、社会和经济特点,提出了预防、整治和合理开发利用该区资源的综合防治对策。

**关键词** 沙暴 灾害 沙漠化 防治对策 ~~森林~~ 防护林

Investigation on the occurrence of extraordinarily serious sand storm in Ningxia Hui Nationality and Nei Monggol Autonomous Regions. Jiang Fengqi and Zhu Jiaojun (Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang 110015). - Chin. J. Appl. Ecol., 1993, 4(4), 343-352.

Based on the investigation of extraordinarily serious sand storm (ESSS) occurred on May 5th, 1993 in Ningxia Hui Nationality and Nei Monggol Autonomous Regions, the formation cause of this ESSS, its disastrous harms and moving patterns are analyzed. The results show that its occurrence is the comprehensive results of gale, aridity and desertification under the effect of macroclimates, and the losses or harms caused by it are very disastrous. Its moving patterns indicate that establishing shelterbelts or windbreaks and sand control engineering can prevent ESSS and avoid its harms. In view of the natural, social and economic characteristics of areas vulnerable to sand storm, the comprehensive strategies of preventing sand storm, managing desert and utilizing and developing sand land resources are put forward.

**Key words** Sand storm, Calamity, Desertification, Preventing strategy.

## 1 引 言

1993年4月下旬以来,由于受蒙古-西伯利亚冷空气高压气流辐散线的影响,我国西北部连续发生并遭受特大沙暴的侵袭,形成了沙乘风势,风助沙威,天昏地暗、飞沙走石的特大沙暴景观。尤以5月5日的特大沙暴范围最广、持续时间最长、造成的损失最为惨重。据统计,严重受灾地区有4省(区)18个市(地盟州)72个县 $1.1 \times 10^6 \text{ km}^2$ ,死亡85人,直接经济损失

达 $5.43 \times 10^8$ 元。国务院对此十分重视,委托林业部组成专家组调查这次沙暴形成的原因、受灾情况、沙暴运行规律,并据此提出积极防治对策。为此,林业部组织中国科学院、中国林业科学院、北京林业大学、内蒙古林学院、国家气象局和林业部有关司局等单位的22名专家、记者对甘肃、宁夏和内蒙古三省(区)的严重受灾区进行了全面科学考察。

笔者作为宁夏-内蒙考察组的成员,重点考察了宁蒙两区的中卫、中宁、青铜峡、贺兰、石嘴山、惠农、陶乐及阿拉善左旗等8个市县旗(图1),通过现场调查、访问座谈等收集到灾区有关气象、植被、土地利用、特大沙暴发生过程、时空分布规律和沙暴危害状况与植被覆盖度、地形地貌、防护林建设的关系,以及有无治沙工程的典型对比等大量第一手资料,为帮助人们充分

\*主持宁蒙沙暴科学考察的是林业部三北防护林建设局李建树局长,参加考察的还有林业部三北防护林建设局洪家宜、中国科学院兰州沙漠研究所陈隆亨、李福兴,中国林业科学研究院周士威,北京林业大学王贤,内蒙古林学院张奎壁,宁夏回族自治区林业厅康满堂,林业部宣传办公室吴焰,中国林业报陈廉、中国环境报陈维敏。

本文承蒙王战教授指正,特此致谢。  
本文于1993年7月8日收到,8月6日改回。

认识沙暴发生规律,进一步推动治沙事业的发展提供科学依据,特整理报告如下。

## 2 沙暴及其成因分析

### 2.1 沙暴是西北地区春季常见的灾害性天气

沙暴(Sand storm)又称沙尘暴(Sand-dust storm),是指强风将大量的沙粒尘土猛烈地卷入空中的现象<sup>[2]</sup>。沙暴的强弱用能见度表示(m或级0-9),能见度小于4级(<1000m)的风沙天气为沙暴,能见度小于3级(<500m)的风沙天气为强烈沙暴<sup>[1]</sup>。5月5日发生在宁蒙两区的特大沙暴,能见度均小于2级(<200m)。从沙暴所包含的意义看,沙暴的形成必须具备两方面的条件:其一是强烈扰动气流的风作动力,其二是有足够的沙物质源。风速愈高、沙源越充足,沙物质被卷起的越多、越高,输送速度越快、形成的沙暴越强烈。

我国西北地区大气环流风系的基本特征表明,宁蒙(蒙特指阿拉善盟,以下同)绝大部分地区处在蒙古-西伯利亚冷高压控制之下,冬季,青藏高原正北(大约东经96°)有一条明显的气流辐散线,而在新疆中部(大约东经83°)则是

一个气流辐合区,在辐散线西部,气流经河西走廊西部的祁连山和天山之间的新疆星星峡、甘肃的安西一带的孔道倒灌入南疆东部地区,在辐散线东部的气流则顺高原北缘的地形形成西北风,横扫我国沙漠的中东全境。春夏季,在河套以西有一条气流辐散线,致使西北甘宁蒙各个沙漠区均处于西北风作用之下,同时,春季是冷锋和高压槽通过宁蒙境内较多的季节,环流加强,再加上春季冷暖气团交替比较频繁,冷暖平流作用较盛,容易产生很大的气压梯度,因而风速会急剧增大。就沙物质源而言,我国戈壁、沙漠、沙漠化土地及沙地(统称为沙质土地)大部分分布在三北地区,而在西北部又特别集中,这些沙质土地深居内陆,远离海洋,气候干旱,雨量少,蒸发强,日照充足,昼夜温差较大,植被稀疏,甚至完全裸露。因此,这里首先具备了沙暴形成的条件——大风和充足的沙物质源。据多年气象统计资料,宁蒙两区年均降雨量分别为204和107mm,年蒸发量为900-1000mm和3184mm;常年都有大风(指 $17.2-20.7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上)发生,而且在3-5月又特别集中(表1)。

表1 考察沿线各市(县旗)年(月)平均大风、沙暴出现日数统计表  
Tab. 1 Occurrence days of gale and sand storm in investigated areas

	市县旗 City or county							
	中卫 Zhongwei	中宁 Zhongning	青铜峡 Qingtongxia	贺兰 Helan	石嘴山 Shizuishan	惠农 Huinnong	陶乐 Taole	阿拉善盟 Alashan
大风日数(天) Gale days in a year(day)		15.6	12.3		10-54	43	10	37.1
3-5月(天) Gale days in March to May(day)			2.2 (4月)	4.6		22	5	
沙暴日数(天) Sand storm days in a year(day)		6.3	9.4		8-48			27.6
3-5月(天) Sand storm days in March to May(day)		3.1		3.4		9	1.6	

由表1看出,在宁蒙地区,每年都有大风和沙暴出现,如阿拉善盟37年平均每年出现沙暴日数达27.6日,可见该区沙暴并不罕见;以惠农县36年气象统计资料为例(图2),大风、沙

暴出现日数及分布规律表明,在3-5月(春季),大风、沙暴分别占全年的49%和57%。考察的各市县旗几乎全部被沙漠(腾格里、毛乌素、乌兰布贺和库布齐)所包围(图1)。

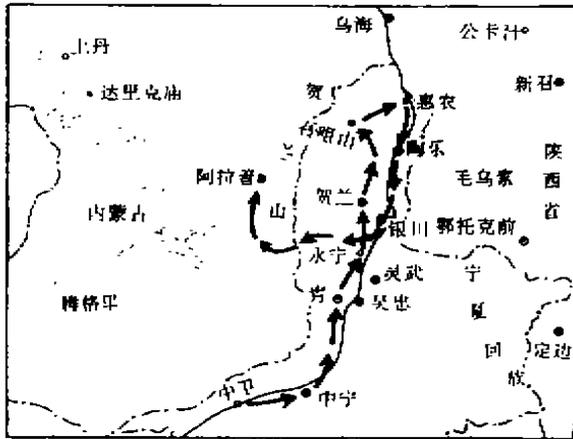


图 1 沙暴科学考察路线图  
Fig. 1 Route of sand storm investigation.

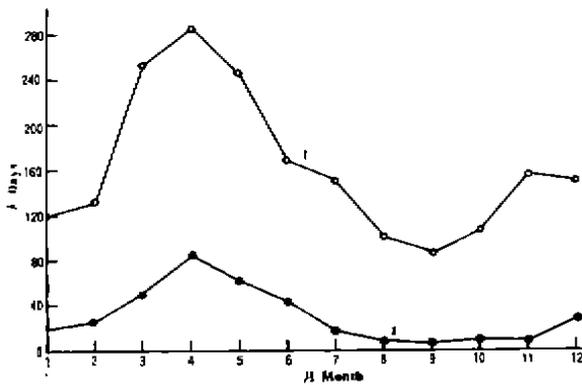


图 2 惠农县 36 年大风、沙暴分布规律  
Fig. 2 Distribution of gale and sand storm in Huiyuan county in 36 years.  
1. 36 年各月大风出现日数 Gale days in each month in 36 years. I. 36 年各月沙暴出现日数 Sand storm days in each month in 36 years.

因此,在大风作用下,沙质土地表层受强大风力吹蚀、卷至天空,势必造成风沙弥漫、沙暴频繁。由此看出,在宁蒙两区,尤其是春季,大风、沙暴是该区比较常见的灾害性天气。

### 2.2 5 月 5 日特大沙暴发生的天气过程及原因分析

1993 年 4 月下旬以来,西伯利亚北部高空冷气团频频南下,造成我国西北地区多次大风和沙暴天气,于 5 月 3 日冷空气又一次加速南下,其前沿冷锋于 5 月 4 日逼近我国新疆西北部国境线,冷空气进入新疆后,自西北向东南方向移动,当天傍晚冷锋到达乌鲁木齐,5 月 5 日早到达甘肃的马鬃山,下午冷锋继续东移到甘

肃省的张掖,傍晚,强冷空气沿甘肃河西走廊和内蒙古阿拉善盟继续迅速东移,形成大风,在此移动过程中,大风全部经过巴丹吉林、腾格里、毛乌素、乌兰布贺和库布齐沙漠,使大量沙尘卷入空中,能见度急转直下,从沙暴前的 13 000m 骤降到几十米;当冷锋经阿拉善盟和甘肃再继续东移时,即逼近宁夏,使位于宁夏区最北、最西的惠农、中卫两县首先受到冷空气的侵袭,由于该两县所处的特殊地形(惠农是东有桌子山,西有贺兰山;中卫是北有贺兰山,南有香山)正是冷空气侵入内地的必经之路,因此,更使这里的风力在冷空气入侵时明显增大(中卫最大瞬时风速  $37.9\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,惠农  $30.2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )(图 3);在此过程中,宁蒙两区的气压、气温也出现了大幅度变化(表 2)。

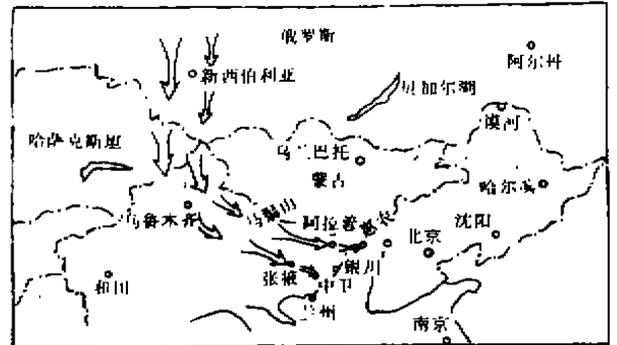


图 3 特大沙暴运行路线图  
Fig. 3 Route of ESSS moving.

由表 2 可知,如此大的气压、气温变化,意味着极大的动量交换,势必引起强大的风力(表 3),宁蒙两区大部分处在沙漠包围之中,这些沙物质的粒级绝大部分在  $0.05 - 1.00\text{mm}$  之间,而已有的研究表明(表 4),当风速达到  $8.2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  时,1mm 的沙粒已开始起动,并可在 1m 以下形成较强的风沙流<sup>[5]</sup>。由表 3 沙暴出现时的情况可知,此次沙暴来势凶猛,最大瞬时风速达  $40\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,已大大超过沙漠中 1mm 沙粒的起沙风速,沙暴所经过的沙漠表层(近 20cm),几乎所有沙粒全被吹起;这里森林覆盖率低、植被条件差,前 4 月降水极少(表 2),因此必然出现极强的沙暴。

表2 宁蒙两区考察地域沙尘过程中气温、气压变化表(24小时内变化)

Tab. 2 Change of air temperature and air pressure during sand storm in investigated areas (in 24 hours)

	市 县 旗 City or county							
	中 卫 Zhongwei	中 宁 Zhongning	青 铜 峡 Qingtongxia	贺 兰 Helan	石 嘴 山 Shizuishan	惠 农 Huinong	陶 乐 Taole	阿 拉 善 盟 Alashan
气温变化(°C) Air temperature	4.0	13.0	9.0	11.0	7.6	8.0	10.1	
气压变化(mb) Air pressure	12.9		10.0	11.9	9.9			
4月份降雨(mm) Rainfall in April	3.0		1.0	0.6	2.0	6.0 (1-4月)		

表3 5月5日各地沙尘暴出现情况

Tab. 3 Occurrence of sand storm on May 5th in investigated areas

市 县 旗 City or county	发生结束时间 Time of starting and ending	持续时间 Duration time (h)	最大风速 Max. wind speed (m · s <sup>-1</sup> )	常年最大风速 Mean max. wind speed (m · s <sup>-1</sup> )	能见度 Visibility (m)
中 卫 Zhongwei	19:26-21:05	1.7	37.9		<100
中 宁 Zhongning	19:58-22:09	2.2	26.8	20.7	0
青 铜 峡 Qingtongxia	20:06-22:05	2.0	29.2		1
银 川 Yichuan	20:03-23:40	3.6	21.7		<100
贺 兰 Helan	20:08-23:49	3.7	24.6		<200
惠 农 Huinong	19:28-6日6:20	10.9	30.2	17.0	40
陶 乐 Taole	20:02-6日3:12	7.2	24.2		<50
石 嘴 山 Shizuishan	19:30-6日3:35	8.1	27.6	17.4	<200
阿 拉 善 盟 Alashan	9:00-6日2:05	17.1	20-40.0	18.3	0

表4 沙漠中各粒级起沙风速表

Tab. 4 Wind speeds of arising sand particles in desert

沙 物 质 粒 级 (mm) Particle class	起沙风速 Wind speed of particle arising (m · s <sup>-1</sup> )		
	2m 高处风速 Wind speed in 2m	10m 高风速 Wind speed in 10m	风力级 Wind class
<0.25	4.0	4.5	3
0.25-0.5	5.6	6.4	4
0.5-1.0	6.7	7.7	4
>1.0	7.1	8.2	5

\*引自文献[5-6].

### 3 特大沙尘暴造成的危害

沙尘暴搬运沙粒依风力、粒级的大小等不同,以蠕移、跃移和悬浮三种运动方式形成不同强度的风沙流,其危害形式则主要表现为风蚀、沙埋、沙打、沙割、撞击、飘尘、降尘、风倒、风折等等.因此,沙尘暴必然给农牧业、水利、工业交通、通讯设备、房屋建筑以及人民生命财产等造成重大损失,同时对生态环境也造成严重破坏[6].

3.1 5月5日特大沙尘暴对宁蒙两区造成的直接经济损失

考察的宁蒙两区仅8个市县旗所受的损失如表5,宁夏区在这次沙尘暴中受灾直接经济损失达  $9.0 \times 10^7$  元,内蒙古阿拉善盟直接经济损失达  $3.0 \times 10^7$  元.

3.2 5月5日特大沙尘暴对生态环境造成危害的估计

沙尘暴不仅给农牧业生产、工业交通及人民生命财产等造成直接重大损失,同时对生态环境也造成了难以逆转的危害.沙尘暴必然引起风蚀,而风蚀首先使地表层风剥,造成土壤地力下降[6],随沙尘暴卷起的大小沙尘粒子,一部分落入农田、水域,造成农田被埋、河道受阻,另一部分则进入大气,造成大气严重污染.

仅宁夏区和内蒙古阿拉善盟在这次沙尘暴中受灾农作物面积达  $3.97 \times 10^4$  ha(S),据调查,受灾农田平均风蚀达 1.0cm( $E_1$ ),风蚀表土量( $E_w$ )

$$E_w = E_1 \cdot S \cdot d_1 \quad (d_1 = 1.65) \quad (1)$$

计算(1)式,  $E_w = 6.6 \times 10^6$  t. 风蚀的土壤均为农业生产的耕作表土,这些土壤的损失给农田生

表 5 考察各市县沙尘暴受灾情况  
Tab.5 Damages by sand storm in investigated areas

市县旗 City or county	人员伤亡情况 Death and injury		种植业严重受灾面积 Crops area ruined by ESSS (ha)			死亡牲畜 Dead Livestock			基础设施破坏 Basic building and equipment ruined by ESSS			交通、通讯、电力受损情况 Roads, communication and electrical equipment damaged by ESSS									
	死亡 Death	失踪 Lost	农作物 Crop	经济作物 Eco-nomic crop	果树 Fruit	草场 Pasture	羊只 Sheep	大牲畜 Cattle	房屋 House	畜棚 House	围墙 Wall	水井 Well	草皮 Grass land	方格 Grid	公路 Road	铁路 Railway	交通受阻 Traffic jam	电杆倒 Fallen pole	变压器 Transformer	电线 Power line	停电 Power cut
中卫 Zhongwei	18	12	38	6686.7	860.0	513.3	3.2 × 10 <sup>6</sup>	2116	3657	224	130						389			多处	5
中宁 Zhongning	4	1	50	1546.7	266.7	1440.0	2.3 × 10 <sup>5</sup>	1370		1500							364	6	8.61	10	
青铜峡 Qingtongxia	4	4	5	3333.3	1466.7	1286.7		980	11										多处	4	
贺兰 Helan				1480.0	800.0	766.7	1.9 × 10 <sup>4</sup>	1782	4	300	49						4	560	4	150km	7-120
惠农 Huirong	1	2		233.3	720.0	140.0		244	9	1	9	1					4		4	4	12
陶乐 Taole				846.7	133.3	233.3	2.3 × 10 <sup>4</sup>	450	3	142	310	2					48	10	200m	13	
石嘴山 Shizhuishan				1333.3	1000.0	1133.3	6.1 × 10 <sup>4</sup>	50	205	470	3							58	7		
阿拉善盟 Alashan				1666.7	733.3		1.1 × 10 <sup>7</sup>	7.3 × 10 <sup>5</sup>	3330	380	280	840	6.5 × 10 <sup>5</sup>		367	600	96	2477	10	3000m	8-24

\* 各地毛斗暴均遭不同程度沙埋, 严重者积沙高达 1.4m.

态的物质循环,尤其是养分循环造成了严重失衡.

沙暴对天然牧场生态平衡的危害更为严重,据阿拉善盟天然草场实地考察,这次沙暴在阿拉善盟持续 17 小时,平均风蚀 5cm,该盟草场(面积  $1.8 \times 10^7 \text{ha}$ )60%受到严重危害,按此计算,这次沙暴将阿拉善盟草场的表土吹掉  $8.9 \times 10^9 \text{t}$ ,损失牧草  $1.1 \times 10^9 \text{kg}$ ,根据该区植物的生长规律及草场的发育规律,这场沙暴使阿拉善盟草场在 5 年内难以恢复.

较大粒级的沙粒落入水域所造成的河流淤积也是不可低估的.仅以黄河在宁夏区境内的水域面积计算,这次沙暴落入黄河的沙量达  $2.1 \times 10^7 \text{t}$ (在宁夏区黄河总长按 528km,平均宽为 2km,落沙量为 1.2cm),可见黄河的积沙量不仅仅是水土流失所造成,沙暴落沙也是其积沙的主要因素之一.粒级小的尘埃则飘浮到大气中,形成尘霾,使大气遭到严重污染.据中国科学院兰州沙漠研究所沙坡头试验站观测,仅 5 月 5 日沙暴的落尘量达  $14.1 \text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ ,即  $1 \text{km}^2$  大气中含沙尘量达 141t.

沙暴天气在宁蒙两区虽不鲜见,但象 1993 年 4 月下旬以来,尤其是 5 月 5 日这次沙暴来势之猛、波及范围之广、持续时间之长、造成生命财产损失之惨重则是历史上罕见的.

#### 4 沙暴运行及其危害规律的分析

沙暴运行规律总体上与大气候因素有关,同时受其运行路线中的地形地貌、沙漠沙地覆盖范围、植被覆盖情况以及人为干预等因素影响.

##### 4.1 沙暴与地形地貌的关系

宁蒙两区的地形地貌大体可分为平原(银川平原和阿拉善盟高地平原)和山地两大类.沙暴在平原区,所受阻力较小,易产生地表风蚀,加重沙暴的破坏力;而在山地,尤其是有高大山体的保护,遭沙暴的危害则较轻.由于地形地貌的影响,沙暴经过的宁蒙两区有如下规律性:

##### 4.1.1 宁夏区平原的西部、北部区灾害较东部

区重 沙暴从宁夏平原西部中卫和北部惠农县同时(5 月 5 日 19:26 和 19:28)侵入宁夏,两县分别处于腾格里和乌兰布贺沙漠的前沿,西部无高大山体阻拦,北部又是贺兰山山口处,因此,使该平原西部和北部区受灾较重;而东部区,由于贺兰山的屏障作用和平原内的地形地貌及防护林等植被使风速大大降低,因此,东部区所受沙暴危害也较轻.

4.1.2 贺兰山屏障区南北两端灾害较中部区重 贺兰山南北延伸 200km,是宁夏平原区阻挡西北干冷气流和沙漠东移的天然屏障,贺兰山中段平均海拔 3 000m,而南北两端平均海拔仅为 2 000m 左右,在高大山体中段保护下的银川市受灾较轻,风速仅为  $21.7 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;在南北两端处,由于受山体的挤压及贺兰山多处风口所形成的狭管效应,风速大大增加,如位于贺兰山体南北两端的青铜峡市和惠农县,风速分别为  $29.2 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  和  $30.2 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

##### 4.2 沙暴运行、危害规律与沙漠、沙漠化土地及沙地的关系

考察的宁蒙两区,除山地垂直带及低洼地外,大面积土壤为灰钙土和灰漠土,其表面多为沙质或沙壤质,易遭风蚀,而且该区西有腾格里沙漠、巴丹吉林沙漠,北有乌兰布贺沙漠,东有毛乌素沙地,这些沙漠大多为裸露流沙,极易被风吹扬;在内蒙区阿拉善盟,总土地面积的 34%为沙漠,其余部分又有 80%以上沙漠化,这些沙质土壤结构松散,沙粒粒级较小( $0.05-1.00 \text{mm}$ )<sup>[1]</sup>,仅需  $4.5 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}-8.2 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  的风速就可将这些沙物质吹起.以上土壤条件为沙暴的形成,运行准备了极其充分的物质条件——沙源.

考察中发现,腾格里、巴丹吉林和乌兰布贺沙漠边缘地区受灾较毛乌素沙地边缘地区重;大风首先入侵腾格里、巴丹吉林和乌兰布贺沙漠,在横扫宁夏平原、阿拉善盟之后进入毛乌素沙地,又由于毛乌素沙地的水分条件较好,有贺兰山阻拦,因此毛乌素沙地边缘区受灾较轻.

##### 4.3 沙暴与植被覆盖的关系

植被的覆盖可以增加下垫面的粗糙度,从

而降低风速、减小风蚀。因此,植被覆盖度小的地区较植被覆盖度大的受灾重。如阿拉善左旗哈萨图草原以刺叶柄棘豆(*Oxytropis aciphylla*)占绝对优势,覆盖度为 21.4%,在这场沙暴中草场风蚀范围较小(仅在几米范围内有沙粒移动);相反,在该草原附近,由于严重沙化,无植被覆盖,地表风蚀深度达 15cm。同样,在宁夏区黄河两岸由于水分条件较好,植被覆盖度较大,因此,使黄河东部区的风速降低,如沙暴在中卫县入境时风速为  $37.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。而到黄河东的中宁、灵武县分别减为  $26.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  和  $28\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,再向东到盐池则仅为  $23\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

#### 4.4 沙暴与防护林建设、治沙工程的关系

4.4.1 沙暴与防护林建设的关系 防护林改变不了大气环流的运行规律,但其作为气流的障碍物能够在近地面起到降低风速,减轻乱流交换,并在一定程度上提高土壤的含水率,防止或减轻土壤风蚀、阻挡沙暴运行、截留沙物质粒等作用,从而减轻或避免沙暴危害。国内外关于防护林对沙尘暴运行阻拦的研究表明,有林带保护的地域,土壤损失量仅为无林带保护的  $1/20^{16,17}$ ,空气中含尘量为  $1/68$ 。本次沙暴考察,同样证明了防护林在改变沙暴运行线路、减轻或避免沙暴危害的巨大作用,并表现出以下规律性:

1) 在沙质土壤农作区,有林则粮丰、无林则粮衰,尤其是在特大沙暴袭击下,防护林更充分地发挥其防风、阻沙的功能。在宁夏区考察过程中,通过对有防护林保护区与无防护林保护区的对比调查(表 6)表明,防护林对沙暴的运行和危害发挥明显的阻止作用,防护林体系越完整,受沙暴的危害越轻,甚至无灾;反之,无防护林区遭灾十分惨重,甚至全部被沙暴“吞食”。

2) 80 年代以来,宁夏兴建了十多处扬黄骨干水利工程,把  $9.0\times 10^4\text{ha}$  原固定、半固定沙丘开垦成灌区农田,由于其源于风沙土,防护林建设没有及时跟上,或某些地区建成后复遭天牛破坏,或全部砍光,或残破不全,遇到沙暴势必造成风蚀、沙埋,使原来固定沙丘沙化变成流沙;实地考察的 9 个新开发区因而受到了惨重

的损失(表 7);而老灌区由于建设时间较长,防护林建设也较完整,受灾很轻,如中宁县老灌区农田防护林体系比较完整,网格小(主带带间距 70m 左右),结构合理(疏透度为 0.3—0.4),经营管理比较好,没有遭受天牛危害,因此在这次特大沙暴中全灌区农田几乎未受到影响。

4.4.2 治沙工程与沙暴运行、危害的关系 治沙工程的主要功能是防止或削弱近地面风沙流的形成和发展,一般采用如下两种方式:一是隔离风与沙面的接触,使大风经过沙面时不被吹蚀;另一种是设置障碍物,使风速降低、沙物质沉降在障碍物周围,从而阻止沙暴的运行。治沙工程对这次特大沙暴运行、危害的阻拦、减免作用十分明显,充分显示了治沙工程的作用。

1) 中卫县治沙林场位于宁夏区西部腾格里沙漠南缘,为了保障包兰铁路的正常运营,几十年来,铁路两侧成功地建设了由前沿阻沙带、封沙育草带、草障植物带、灌溉造林带和固沙防火带组成的防风、阻沙体系,在这次特大沙暴中,除前沿阻沙带部分受损外,治沙工程总体上保持完整,并确保了铁路在沙暴过程中畅通无阻。

2) 哈萨图荒漠草原治沙工程于 1990 年分别飞播了沙拐枣(*Calligonum* spp.)、白沙蒿(*Artemisa sphaerocephala*)和花棒(*Hedysarum scoparium*)共  $2.3\times 10^4\text{ha}$ ,目前,沙拐枣平均高度 60cm,盖度大于 30%;白沙蒿和花棒平均高度 80—100cm,盖度达 40%以上。这次沙暴在该封育区内几乎没有风蚀,尤其在白沙蒿-花棒区,更为明显。而在铁线保护之外的光裸坡状沙地,这次沙暴风蚀也比较严重,平均风蚀 15cm,最大达 50cm。

## 5 减免沙暴及其危害的对策

沙暴形成及运行、危害规律的分析表明,沙暴的动力—风受制于蒙古—西伯利亚高空冷空气的形成与发展,这是人为难以控制的;而构成沙暴的另一因素—沙物质源(沙漠和沙漠化土地)却是完全有可能通过沙漠治理、植被建设和防止土地沙漠化等措施加以控制。考察结果表明,沙暴与沙漠、沙漠化土地呈正因果的恶性循

表6 防护林建设对沙尘暴运行、危害的影响  
Tab. 6 Effect of shelterbelts on sand storm

考察地点 Site	考察内容 Content	有防护林区 With shelterbelt	无防护林区 Without shelterbelt	备注 Note
中卫县园艺场 Gardening field in Zhongwei county	国光苹果落花比较 (1m <sup>2</sup> 落花数量)	213	383	在有防护林区和无防护林区选取两株26年生,平均冠幅7.5m的国光苹果树,计算1m <sup>2</sup> 落花量
中卫县良种繁殖分场 Seed multiplication farm in Zhongwei county	棉田垄沟积沙(平均 积沙深度 cm)	2.4	9.2	在同一地点,除有无林带保护外,其它条件均一致(共测试24个点)
中卫县赛金塘果园 与园艺场果园 Saijintang fruit garden and gard- ening field in Zhongwei county	两果园总体遭受 沙尘暴危害情况	赛金塘果园447ha 基本无损	园艺场果园120ha, 果品平均减产60%	赛金塘果园88年建设100ha防护林,已形成完整的林网,而园艺场果园以前林网较完整,由于天牛危害,91年全部伐除
中宁县长山头 中斯头村麦田 Zhongduantou village, Changshantou township, Zhongning county	麦田被沙压埋 情况比较	6.7ha 麦田几乎 无损失	16ha 麦田全部被沙 压埋	调查的两块农田处在同一地点两田相距仅200m,一块有林网保护,另一块无任何防护
中宁县果园 Fruit garden in Zhongning county	苹果减产比较	鸣沙38ha 苹果基本 未受损失,预产2.25 ×10 <sup>4</sup> kg·ha <sup>-1</sup>	上渠60ha 苹果平均 损失60%,预产7.5× 10 <sup>3</sup> kg·ha <sup>-1</sup>	鸣沙乡83年建设防护林以来,经营管理较好,主带24m高,带距72m,林网完整,而上渠乡是新开发果园,无防护林防护
青铜峡市甘城 子林场西果园 Ganchengzi forest farm, Qingtongxia county	比较同一地点果树 (李)的座果情况	24个果枝有果108 个平均4.5个	18个果枝有果2个 平均0.1	该果园防护林网不完善,有的生长较好,但大部分残破不全或林带设计不合理,或无林带保护
青铜峡市立新乡集 体果园与村民果园 Fruit gardens of collective and private ownerships	比较苹果受灾情况	村民果园120ha, 无损失	集体果园16ha,全 部被沙打、沙削	村民果园防护林网较完善,又有较高围墙,至调查时,有的正在疏果,而集体果园则无任何防护
贺兰县金山乡北 台子与南台子麦田 Wheat fields in Beitaizi and Nantaizi, Jinshan township, Helan county	比较两地小麦萌蘖 数量产量及沙压情况	北台子53ha 小麦分 蘖正常,每株7根 无沙埋预产 4500kg·ha <sup>-1</sup>	南台子342ha 小麦 133ha 被沙压埋绝 产,残存部分无分蘖	北台子为85年新开发区,防护林建设较好(带距41m,结构合理),而南台子是90年新开发区,无任何防护林建设历史
陶乐县头道墩林场农 田与月牙湖吊庄麦田 Wheat fields in Toudaodun forest farm and Yue- yahudiao Zhuang, Taole county	小麦受灾情况	头道墩林场小麦田仅 叶片遭风沙吹打, 受灾甚微	月牙湖吊庄小麦农田 全部沙埋,在农田中 形成无数小沙丘	头道墩林场农田前设有一条纵深50m的防风固沙林带,在这次沙尘暴中发挥了巨大的防护作用,而月牙湖吊庄不仅无林带保护,原有固定沙丘的树木全被吹光

环关系,土地沙漠化助长了沙尘暴的威力,反过来,沙尘暴又加剧了土地沙漠化的进程,因此,加速防治土地沙漠化便是问题的核心。

### 5.1 减免沙尘暴及其危害综合防治对策的基本条件

减免沙尘暴及其产生的危害的综合防治对策必须建立在以下基本条件之上:1)加强法制观念,通过立法,使人们的活动规范化,制止对沙

地生态环境的破坏。2)严格控制人口,从根本上解决产生土地沙漠化的直接原因。3)提高全民文化素质,增强人们的生态意识,使社会的各种活动尽量做到与自然和谐统一和自觉。4)建立沙尘暴监测系统,加强沙漠治理的科学研究,探明沙尘暴发生规律,并作到准确预报,提高全社会的防灾、抗灾能力。

### 5.2 预防、整治与合理开发利用的综合防治对

表 7 新开发灌区遭受沙暴侵袭情况  
Tab. 7 New irrigation areas ruined by sand storm

新开发区 New irrigation areas	耕种面积 Culti- vated area (ha)	严重受 灾面积 Ruined area (ha)	备注 Note
中宁县长山头 Changshantou, Zhongning county	1281.1	1281.1	支毛斗渠被沙埋 3.8 ×10 <sup>4</sup> m, 农田平均积 沙 7cm, 40%绝产, 平 均减产 60%
青铜峡鸽子山 Geziehan, Qingtongxia city	333.3	333.3	平均减产 50%以上
青铜峡唐西区 Tongxi region, Qingtongxia city	164.7	164.7	农田全部被沙暴卷 走, 风蚀深度平均达 22cm, 农田变流动 沙丘
贺兰县南台子 Nanraizi, Helan county	342.2	342.2	平均减产 80%以上
海原-陶乐月 牙湖吊庄 Yueyahu village, Haiyuan - Taole	1400.0	1400.0	农田全部绝产, 支毛斗渠全被沙埋, 平均积沙 70cm

## 策

沙暴易发区均在我国的沙漠地区,当地居民和广大科技人员在长期改造沙漠、利用沙地建设中积累了丰富的经验,针对沙暴区风沙的“二喜三怕”(喜大风、干旱,怕树、草和水)的特点,制定出“植物治沙”和“水利治沙”等一系列有效的综合措施,对预防沙暴、整治沙暴易发区生态环境,合理开发利用沙区土地资源树立了很多成功的典型,经过这次特大沙暴的袭击后,也显示出这些成功典型的成功之所在。从这些成功的典型中,可以概括如下防治对策:1)沙暴易发区的气候特点是干旱、少雨,因此,在有水利条件的沙暴易发区,如宁蒙两区靠近黄河的地域,可兴修水利作为治理与开发沙漠、沙地的根本性措施,为沙暴易发区预防、整治和合理开发利用创造最基本的生产条件。2)植树造林,大力发展防护性林业,是防风固沙、减免沙暴的根本性对策。实践证明,防护性林业通过改善沙暴易发区生态系统结构的单一性,增强系统的抗灾、减灾能力,从而保证农牧业的繁荣发展。对宁蒙两区的引黄灌区,应重点建设第二代农田防护林,同时建立多树种、多层次、多功能、高效益的防护林体系,增强系统的抗灾、承灾能力。

3)以“滥垦、滥牧、滥伐、滥挖”为主的植被破坏行为是造成土地沙漠化并进而助长沙暴危害的主要原因,因此,保护植被对于减免沙暴的发生及危害是极为重要的。实践证明,植被覆盖度越高(植被覆盖度>30%的地区,在这次特大沙暴中基本稳定),对沙暴的运行、危害的阻拦、减轻作用越强。因此,应大力提倡并推行一切行之有效的增加沙地植被覆盖的措施,包括对现有植被的封育、保护,同时在适合地区大力发展飞播、封育流沙,育草育林等,这是扩大植被覆盖度的有效措施。4)在开发利用沙暴易发区各种资源时,应本着综合开发利用的原则,把经济效益、生态效益和社会效益统一起来,应按各产业合理化比例进行投资、开发,尤其是农牧业开发,必须按着林水先行、林水同步、粮草同行、多种经营并举、农林牧用地三三制和林草投入比例占总投入的20%的步骤和比例进行开发利用。实践证明,各业结构比例协调、开发与防治并重,是预防、减轻沙暴等自然灾害的必然选择。5)成功的治沙工程可充分发挥其减免沙暴危害的作用,在宁蒙两区,有很多地区需要对沙漠、沙漠化土地进行综合治理,如宁夏重点应是农牧交错区、新开发区和贺兰山的多处山口处,应强化以水利为主导以生物措施为主体的治沙工程。6)减轻沙暴易发区的人畜压力,是减免沙暴的治本措施。目前,在宁蒙一些地区,利用引黄灌溉,集约经营饲草饲料,将严重沙化区的人畜迁出,从而减轻大面积沙漠化土地的人畜压力,使沙漠化土地得以自然恢复。

我国有大面积的沙漠、沙地及严重沙漠化土地,这些地区沙暴极易发生。宁蒙两区的特大沙暴给人民的生命财产造成了重大损失,使生态环境遭到一定的破坏,但也使我们接受了经验教训,更重要的是向我们再次敲响了警钟:1)防护林对于沙暴易发区的经济建设是至关重要的,它可以改善生态环境,发挥以防护为主的多种效能。实践证明,沙暴易发区,有林则宁,无林则忧,因此,防护林建设绝不能忽视。2)沙暴易发区的开发利用是经济发展、人类要生存的必然结果,但不合理的开发利用,只追求一时的经

经济效益,势必造成土地沙漠化、生态环境恶化,类似沙暴的自然灾害频繁发生,因此,在沙暴易发区开辟防治与开发并重的合理开发利用途径是该区的唯一正确出路。

总之,通过这次特大沙暴发生、发展,造成的危害及其运行规律的分析,相信我们会从中吸取更多的经验教训,自觉地采用先进的科学成就,科学地保护和建设我们的生存环境。

#### 参考文献

1 中国农业百科全书编辑部. 1986. 中国农业百科全书. 气象

卷. 农业出版社,北京,147-148.

- 2 陆忠汉,王婉馨. 1983. 简明气象词典. 湖南科学技术出版社,长沙,178-219.
- 3 陈文瑞. 1980. 包兰线中段铁路西侧的土壤类型及其特性. 流沙治理研究. 宁夏人民出版社,银川,9-26.
- 4 姜凤岐,朱教君. 1993. 浅谈沙地资源开发利用的生态观. 生态学杂志,12(3):44-46.
- 5 高尚武主编. 1984. 治沙造林学. 中国林业出版社,北京,1-29.
- 6 曹新孙主编. 1983. 农田防护林学. 中国林业出版社,北京,141-149,240-249.
- 7 曹新孙. 1981. 农田防护林国外研究概况(2). 中国科学院林业土壤研究所集刊,第5集. 科学出版社,北京,191-214.
- 8 Lyles, L. 1988. Basic wind erosion processes. Agriculture, Ecosystem and Environment, 22/23:91-101.

## 欢迎订阅 1994 年《应用生态学报》

《应用生态学报》是经国家科委批准的国内外公开发行的综合性学术刊物,科学出版社出版. 本刊宗旨是坚持理论联系实际的办刊方向,结合科研、教学、生产实际,报导生态科学诸领域在应用基础研究方面具有创新的研究成果,交流基础研究和应用研究的最新信息,促进生态学研究为国民经济建设服务.

本刊专门登载有关应用生态学(主要包括森林生态学、农业生态学、渔业生态学、自然资源生态学、景观生态学、全球生态学、污染生态学、生态工程学等)的综合性论文、创造性研究报告和研究简报(包括博士论文摘要)等.

本刊读者对象主要是从事生态学、地学、林学、农学和环境科学研究、教学、生产的科技工作者,有关专业的大学生及经济管理和决策部门的工作人员.

本刊创刊至今已有 4 载,在主办单位和编委会的领导下和广大生态学工作者的鼎力支持下及广大订户的密切配合下,本刊在传播我国生态学研究的最新信息、交流推广科技成果以及发现和培养人才方面发挥了积极作用,并与国内有关数十家学报级期刊建立了长期交换关系,《中国生物学文摘》和英国《生态学文摘》(EA)等检索刊物均收录本刊论文摘要(中英文),本刊已被中国科学技术信息研究所列入中国科技论文统计用期刊之一. 本刊的整体质量与水平已达到新的高度,1992 年荣获全国优秀科技期刊三等奖和中国科学院优秀期刊二等奖. 本刊为季刊,16 开本,112 页,季首月出版,每册定价:6.00 元,邮发代号 8-98. 错过订期可直接到本刊编辑部邮购. 地址:110015 辽宁省沈阳市文化路 72 号《应用生态学报》编辑部.