

近年来中国北方沙尘暴成因及其防治

张晓龙，张艳芳

(陕西师范大学旅游与环境学院，陕西 西安 710062)

摘要：近年来，强和特强沙尘暴在我国北方频繁发生，这与中国北方近几十年来植被破坏严重，沙化土地面积不断扩大，生态环境恶化导致沙源物质增加，气候进一步暖干化，自然环境对沙尘暴的防卫能力大大减弱有关。防治沙尘暴有三方面措施：一是增加地表覆盖，促进生态良化；二是建立沙尘暴预警系统与沙尘暴多发区环境质量动态监测预警系统；三是加强法制与管理力度，使沙尘暴多发区生态环境建设纳入法治轨道。

关键词：沙尘暴；成因；生态环境；中国北方

中图分类号：P425.5⁺⁵ 文献标识码：A 文章编号：1000-811X(2001)03-0070-06

沙尘暴是中国北方干旱荒漠地区一种常见的天气现象，也是土壤的一种大气搬运形式。它对生态环境的破坏力极强。近年来的一些研究表明，中国沙尘暴发生日数的总趋势是减少的，但强和特强沙尘暴却有增加的趋势^[1]。资料表明，从公元前3世纪到新中国成立的2154a中，中国共发生沙尘暴70余次，平均31a发生一次。从1950年到1990年，发生沙尘暴71次，平均每年发生1.77次^[2]。特大沙尘暴60年代在我国发生过8次，70年代13次，80年代14次，90年代20次^[3]。在中国北方，沙尘暴主要发生在春季，频率占全年近一半，而尤以4月份发生频率最高^[4,5,6,1]。2000年春季中国北方连续多次发生沙尘暴，强沙尘暴天气就有9次，仅北京地区3、4月份就出现8次^[3]。而2000年春季的沙尘暴发生时间提前、频率增加、程度加重、影响范围扩大、甚至已逼近长江流域，南京、杭州等地都遭受侵袭。因此，对沙尘暴的防治己成为一个十分紧迫的研究课题。

1 近年来中国北方沙尘暴的成因与特点

1.1 异常的天气活动是近年来沙尘暴频繁发生的主要成因之一

沙尘暴在很早的地质时期就已发生，黄土的堆积反映了当时沙尘沉积的状况^[5]，张德二、王嘉荫对中国古文献中丰富的有关“雨土”的记录进行了系统的研究^[5,7]。一般，沙尘暴的发生需要具备三个条件：强冷空气（即大风）、沙源、强烈的气旋活动。强冷空气是沙尘被起动和被携带传输的动力，它的大小决定着空气中沙尘数量、粒径大小、沙尘影响的高度和范围。每年冬春季节中国北方的寒潮是这种条件最重要的表现。沙源是形成沙尘暴的物质基础。沙源来自沙漠、退化的林草地或没有植被覆盖的干松土地以及城乡建筑工地的泥沙。气旋活动

是形成沙尘暴的又一重要条件。对流空气对地面沙土的最初起动和促使其升空而被大风传输起着重要的作用,气旋的强度也决定了沙尘天气的强弱^[8]。蒙古气旋生成和急剧发展东移对中国北方形成沙尘暴有着直接的影响,它的路径越偏南,产生的沙尘天气范围就越大。

2000年春季3~5月共有16次较大范围的浮尘、扬沙、沙尘暴天气影响中国北方,其中沙尘暴就达14次^[8-10](表1)。主要原因,一是受拉尼娜高峰期的影响,造成中国北方频繁的强寒潮天气^[3,11-14]。二是自1999年11月份以来中国北方大部分地区温度明显高于常年。降水稀少。虽然2000年1月出现少见的低温,且有较多的降水,但自2月份开始温度回升很快,北方大部分地区持续高温,降水偏少,地面干燥^[8-14]。干热的地面加剧了西伯利亚与中国北部地区之间的气压差异,加强了冷空气的南下,同时使气旋频繁生成并急剧发展东移,产生风沙天气。中国北方2000年3月3次、4月8次、5月3次沙尘暴天气几乎都与气旋的发展东移有直接关系^[8-10]。有频繁的强寒潮南下,有强大的气旋配合,加上近年来中国北方地区日益严重的暖干化的发展和日趋恶化的植被状况,便形成了2000年春季中国北方如此频繁的沙尘暴天气。

表1 2000年春季中国北方出现的主要沙尘暴天气过程与影响区域

日期		风 力	出 现 区 域
3 月	2~3 日	4~6 级	西北地区东部, 华北出现浮尘和扬沙
	17~18 日	5~7 级	西北地区东部、华北出现扬沙和浮尘、内蒙古中部出现沙尘暴
	22~23 日	5~7 级	西北地区东部、华北中部和北部及辽宁北部出现扬沙和沙尘暴、陕西降了泥雨
	26~28 日	5~7 级阵风 8~9 级	西北地区东部、华北、东北南部、黄淮、江淮出现大范围扬沙、浮尘, 甘肃中西部、宁夏、陕西、内蒙古中西部出现沙尘暴, 上海、南京等地降了泥雨
4 月	3~4 日		华北大部、宁夏、甘肃东部出现扬沙天气, 其中内蒙古中西部的局部地区出现沙尘暴
	5~7 日		华北中北部、辽宁西部出现扬沙天气, 内蒙古中西部、辽宁西部的部分区以及北京出现沙尘暴
	8~9 日		西北、华北、东北、黄淮地区西部出现扬沙天气, 甘肃东部、宁夏北部、陕西北部、内蒙古中西部、河北南部、山东等地的部分地区出现沙尘暴
	12~13 日	5~7 级	西北大部、内蒙古西部、山西西部、河南北部出现扬沙天气, 南疆西部、青海中北部、甘肃中部和东部、宁夏等地的部分区出现沙尘暴, 甘肃永昌、金昌、武威、民勤、古浪、乌鞘岭等地出现了黑风
	18~20 日	阵风	西北大部、华北西部出现扬沙天气, 南疆南部、青海北部、甘肃中部、宁夏北部、西北部、山西西部、内蒙古中西部等地出现沙尘暴, 内蒙古西部出现黑风
	21~22 日	8~10 级	西北大部、华北西部出现扬沙天气, 宁夏北部, 陕西北部出现沙尘暴
	24~26 日		西北大部、华北大部、京津、黄淮出现扬沙天气, 甘肃西部、宁夏北部、内蒙古中西部、河北北部出现沙尘暴。内蒙古西部出现了黑风, 苏皖鄂大部和浙江东部出现浮尘
	28~29 日		西北、华北西部和北部、黄淮北部出现扬沙天气, 甘肃东部、宁夏、内蒙古中西部有沙尘暴, 内蒙古中西部偏北地区有黑风
5 月	5 日		河南、山东西部、苏北等地持续3~9小时扬沙
	9~11 日		内蒙古西部、甘肃东部、宁夏、陕西、山西等省区有沙尘暴、强沙尘暴
	12~14 日		内蒙古中部、宁夏、陕西三省区有沙尘暴
	24~25 日		内蒙古、宁夏发生沙尘暴、强沙尘暴

1.2 人为因素对沙尘暴的发生具有加强作用

1.2.1 破坏地表植被，扩大沙源区

虽然 2000 年春季频繁的沙尘暴天气的发生与气候的暖干化和大气环流有密切关系，但沙尘暴的发生要在大风作用下有丰富的沙源才能形成。据研究表明，中国北方沙尘暴的沙源主要有两种：北方荒漠地区春季解冻后的干松地表提供了天然的沙源物质；但近半个世纪以来由于不合理的生产活动造成大面积荒漠化的现象十分严重^[15]，人为地增加了地面沙源，为沙尘暴的发生创造了有利条件。根据大范围的野外考察与卫星遥感技术研究表明，过去 50 年中，中国沙质荒漠化土地面积不断扩大，从 50 年代到 70 年代中期平均每年扩展 1 560 km²，70 年代中期到 80 年代末为 2 100 km²，90 年代每年扩展达 2 460 km²，至 90 年代中期总面积已达 35 万 km²^[16,17]。

不合理生产活动主要表现为滥垦、滥伐、滥牧、滥用水资源等方面（图 1）。①滥垦：1986～1996 年 10 a 来，黑龙江、内蒙古、甘肃、新疆垦荒总面积 174 万 hm²，保留耕地总面积只有 88.4 万 hm²，致使大面积沙化土地撂荒。调查表明，新疆的生态环境出现两个扩大、三个缩小的趋势：绿洲和沙化面积扩大，森林、草原、水域面积缩小。而绿洲的扩大主要是人为开垦所致，它是以下游绿洲的退化和荒漠草原的衰退及森林、草地、水域面积的消失为代价而发展起来的^[2]。②滥伐：据对河北坝上地区的卫星影像分析，自 1987～1996 年 9 年间，森林面积由 36.35 万 hm² 减少至 22.24 万 hm²，减少 38.8%，流沙面积由 6.8 万 hm² 增加到 12.91 万 hm²，增加了 81%^[16]。新疆广泛分布的梭梭林，现在比 50 年代初减少了 8 万 hm²，柽柳灌丛减少了 50%，位于内蒙古境内的毛乌素沙地的柳灌丛由 50 年代的 66.7 万 hm² 到 1984 年减少为 5.2 万 hm²^[18]。沙漠戈壁地区的农牧民为了解决烧柴和增加收入大量破坏植被。例如，新疆和田、墨玉、洛浦三县 60% 的居民做饭取暖靠烧柴，每年需 47.5 万 t 植物。和田地区绿洲外围沙漠植物已基本被砍光烧光^[19]。③滥牧：由于人口的增加、草场的退化，人地矛盾、畜草矛盾日益尖锐，草场长期承受超负荷的压力，加速了草场的退化而形成荒漠。如河北坝上地区和内蒙古后山地区近 50 年来由于人畜压力的持续作用，导致沙漠化速度加快，中度沙漠化界线向东南推移 45 km，重度沙漠化在旱作北界附近呈连续延伸^[20]。④滥用水资源：在中国西北地区存在着严重的水资源短缺和分配不均，造成当地生态用水困难，使大面积天然林死亡、植被干枯、土地沙化。大面积地引水灌溉、污染水源导致河湖水面减少，过度开采地下水使地下水位不断下降。由于争水，河流各段人们层层拦截筑坝，使下游断流，河床因干涸而起沙，形成沙源。⑤滥挖中药材：近年来人们在新疆、内蒙古、甘肃、宁夏等地疯狂采挖草地上著名的甘草、黄芪等中药材，使地表大面积失去覆盖，原本脆弱的非荒漠环境遭到了严重破坏。如新疆原有甘草面积 380 万 hm²，现在仅剩 80 万 hm²^[19]。这些破坏作用的综合结果使我国草地退化以每年 3.5% 的速率在扩大（每年退化面积 433.3 万 hm²），近 10 年来，全国退化草地由 8 667 万 hm² 增加到 1.3 亿 hm²^[16]。

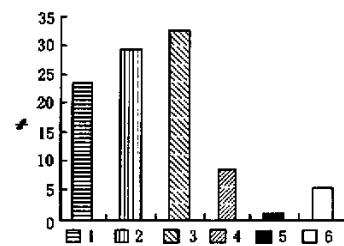


图 1 不同成因类型导致荒演化
土地的崩塌

1. 过度农垦；2. 过度放牧；3. 过度樵采；
4. 水资源利用不当；5. 工矿交通城市建设；
6. 风力作用下沙丘的前移入浸

1.2.2 工矿建设不当,创造起沙条件

在中国华北、西北地区,还存在对矿产资源的滥采滥挖,严重地破坏地表,城市建设中在建工地缺乏相应的维护掩盖措施,致使地表裸露,这些都为就地起沙创造了条件。中国北方森林、草地环境的严重破坏和退化,导致生态功能衰退、环境恶化、气候进一步暖干化,也增加了沙尘暴发生的几率。森林的破坏、草地的退化,使地面覆盖减少、蒸发加强,必然引起气候干燥、雨水稀少,风力作用表现更加突出,沙借风力迅速移动,造成大面积土地沙漠化。沙漠化的土地失去植被覆盖和保护,导致地下水位下降或者水源枯竭,加剧了气候的干燥化。这种恶性循环会进一步加剧中国北方干旱半干旱环境的恶化。虽说近几十年来中国北方不断地在进行植树造林,还有大型生态工程“三北”防护林的建设,也确实取得了明显的生态效果,但存在严重的管理不善和破坏现象,致使中国北方地表植被呈现一种局部有改善、整体在恶化的形势,建设与破坏相抵后,土地沙化面积仍在迅速增长。

2000年5月18日由中国科学院地学部风沙问题咨询专家组提交的《关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策》的报告中专家认为,今年对京津地区构成重大威胁的沙尘灾害源于可以治理的退化草地和耕地,而不是难以治理的天然沙漠和戈壁。在沙尘涉及的200万km²区域内,以内蒙古中部和河北北部约25万km²的退化草地、撂荒耕地及旱作耕地为主^[21]。

2 近年来中国北方沙尘暴发生的时空规律

2.1 空间分布规律

中国北方沙尘暴分布的特点是西北多于东北、平原(或盆地)多于山区、沙漠多于其它地区^[4]。在我国干旱半干旱地区有五大沙尘暴中心:一是塔里木盆地,主要包括塔克拉玛干沙漠和罗布泊地区;二是阿拉善高原,包括巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、乌兰布和沙漠和河西走廊;三是鄂尔多斯高原,包括毛乌素沙地和北部黄土高原;四是内蒙古高原东南部,包括后山地区、浑善达克沙地和科尔沁沙地;五是华北平原,范围可至北京以南^[22]。这些地区的地面物质在强劲偏北风作用下影响我国北方地区甚至涉及到长江流域。

2.2 时间分布规律

沙尘暴的发生就时间而言,春季发生频数占全年近一半,尤以4月份为最高。中国沙尘暴最早记录可以追溯到205B.C.,资料显示,从205B.C.以来有85%以上的沙尘暴都发生在3~5月份^[22]。沙尘暴发生的频率和强度在随着人口的增加、人类活动对环境的破坏而上升。

春季之所以成为沙尘暴的多发期,与这时的地面状况和气候特点有关。春季气温回暖,中国北方冰雪消融、土地解冻、地表裸露,为沙尘暴的发生提供了吹扬物质。而春季也是中国寒潮频发的季节,平均风速在四季中为最大。就月份而言,4月是中国北方地区平均风速最大的月份^[4]^[23]。因而春季沙尘暴的发生是干燥疏松的下垫面条件、回暖后的强对流空气与有利的高空环流条件有机配合的结果。由于沙尘暴的发生是大气环流和地面状况密切相关、共

表2 中国北方主要地区1951~1980年平均风速 m/s

	北京	石家庄	呼和浩特	西安	兰州	西宁	银川	乌鲁木齐	吐鲁番	冷湖
1月	2.9	1.9	1.6	1.7	0.5	1.5	1.6	1.7	0.9	3.2
4月	3.4	2.3	2.7	2.4	1.5	2.6	2.5	3.2	2.3	4.5
7月	1.8	1.4	1.4	2.2	1.4	1.9	1.7	3.1	2.3	4.8
10月	2.1	1.4	1.5	1.7	0.7	1.7	1.4	2.6	1.7	3.4
年均	2.5	1.8	1.8	2.0	1.0	2.0	1.8	2.6	1.7	4.0

同作用的结果，集中表现为气候特征的变化导致其发生，如果冬春季节较常年偏旱，特别是连续长时间久旱无雨，春季里气温回升快，甚至是持续高温，这样，地面物质条件与对流条件具备，西伯利亚上空再有冷空气堆积可能爆发寒潮，则春季一般会有较强较多沙尘暴发生。2000年春季高频率高强度的沙尘天气的发生即是如此，以前人们对沙尘天气的监测及研究也证明了这一事实。

3 中国北方沙尘暴防治对策

防治沙尘暴是中国防灾减灾的重要课题，也是今后西部大开发中必须面对的环境问题。在沙尘暴的防治中应重视以下三个方面：

3.1 增加林草覆盖，促进生态良化

进行沙尘暴多发区的环境质量综合治理，切实做好退耕还林还草工作，加强防护林的建设与管理，增加地表覆盖，实现生态良化。地表植被对沙尘暴的防治效果是十分显著的。一般有林草覆盖和防护林保护的地区在沙尘暴发生时受害较轻，即使在强和特强沙尘暴发生时也有非常突出的表现^[19,23]。如在“5·5”黑风暴中，防护林体系比较完整的绿洲，天然植被和人工植被覆盖度为30%左右、地表有结皮的草场，有防护林带或灌木、草本植被带保护的铁路，基本没有受害。危害最严重的是无防护林体系的新开垦的绿洲、老绿洲周围和内部开阔的新开垦的沙荒地和没有设防的工矿交通沿线。可见，林草覆盖状况对防治沙尘暴的作用是十分重要的。增加地表覆盖，实现生态良化，也是目前唯一有效的在防治沙漠化、减少沙尘暴上发挥作用的重要途径。因而在我国北方干旱半干旱地区首先应对现有的天然植被、人工植被加强管理，严禁滥垦、滥牧、滥伐、滥挖、滥采矿产资源，严禁破坏地表覆盖的行为。对天然植被进行封育管护，促其恢复更新。对已建设的防护林、人工草地要加强维护，并进一步升级到更高层次。巩固其成效，特别是在原荒漠化地区要避免在恶劣环境下再次退化而导致二次沙漠化的出现。其次是科学地做好退耕还草还林工作，加强三北地区防护林的建设与管理，大范围地恢复地表覆盖，从根本上实现北方地区生态环境的好转。2000年5月22日，国家决定将用于治理改善西部生态环境的资金总额追加到120亿元^[3]。国家政策与投入将对今后生态环境的建设产生重大影响。再次是对绿洲地区的农田实行林网化建设，对新开垦的耕地要加强管护，避免撂荒而导致荒漠化。总之，通过保护与建设，不断增加地表覆盖，遏制并逐渐治理荒漠化土地，真正实现北方地区生态环境的良性发展，这对防治沙漠化、抵御沙尘暴的侵害，具有非常重要的意义。

3.2 建立沙尘暴预警系统，对沙尘暴多发区自然环境进行动态监测

做好沙尘暴的预报，防灾减灾。就目前的经济力量和技术水平而言，我们还不可能在短期内从根本上改善北方干旱半干旱荒漠地区的地表状况，也没有能力有目的地影响大气环流，因而做好沙尘暴的预报，对防灾减灾具有重要意义，也是当前防灾减灾最现实有效的手段。“5·5”黑风暴中有无预报，其造成的损失明显不同^[6]。目前预报沙尘暴的条件已经具备，特别是遥感技术系统与地理信息系统技术的应用，使人们能够更多地获得、及时地处理大气环流及相关因素的信息，为科学预报创造更好的条件。中国已在这方面取得一定成果。在做好预报的同时，要提高沙尘暴多发区人们的防灾意识，普及有关知识使人们在沙尘暴发生时采

取正确的行为方式,减轻危害。此外,针对沙尘暴发的机理,建立沙尘暴多发区环境质量评价与预警系统,对沙尘暴多发区的环境进行动态监测,及时预报当地植被覆盖变化与地表土层状况,对其进行评价及动态预测,为预防和治理沙尘暴提供决策依据。

3.3 加强法制建设,规范对有限的自然资源与环境资源利用的行为

在生态环境建设中,如果没有相应的法律责任和义务,必会造成管理不善,执法不严,破坏与建设并行的局面。要加快制定与生态环境建设和保护相关的法律法规,将我国北方生态建设纳入法制轨道,加大执法力度,使生态环境的建设有切实的保障。明确中央与地方的责任与义务,避免有规划无建设,有建设无管理,有管理无成效,植树不见树,种草不见草的现象,在加强法律法规制度建设的同时,要增强全民的法制意识,形成防灾减灾的观念,切实改善环境,防止沙漠化的发展,减少沙尘暴的发生,减轻其危害。

针对资源的开发利用,特别在西部大开发中,要有一套完善的行之有效的法律体系。结合已经颁布实施的《环境保护法》、《自然资源法》、《森林法》、《草原法》、《土地管理法》、《水土保持法》、《水法》等法律法规,加快制定与生态环境保护相关的、明确具体的、具有实际可操作性的法律法规,严格规范人们在生产生活中开发利用自然资源与环境资源的行为,真正做到有法可依、令行禁止,在严厉打击北方地区破坏植被、任意开发矿产资源、滥用土地、乱挖中草药材等行为的同时,要切实解决好当地人民的生活问题,在不断改善人们生活条件的前提下,使环境保护与生态发展真正落到实处。

参考文献:

- [1] 牛生杰,孙继明,桑建人.贺兰山区沙尘暴发生次数的变化趋势[J].中国沙漠,2000,20(1):55—58.
- [2] 杨朝飞.中国1998年的三大生态灾害[J].中国环境管理,1998(6):4—6.
- [3] 良琼.沙尘暴又来了.气象知识,2000(3):2—6.
- [4] 张家诚,林之光.中国气候[M].上海:上海科技出版社 1985.437—443.
- [5] 刘东生,等.黄土与环境[M].北京:科学出版社,1985.
- [6] 王式功,杨德保.我国西北地区黑风暴的成因和对策[J].中国沙漠,1995,15(1):19—29.
- [7] 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(B辑),1984(3):278—288.
- [8] 周庆亮.每月天气:北方风沙多,华南降雨大—2000年4月[J].气象,2000,26(7):58—61.
- [9] 刘震坤.每月天气:蒙古气旋肆虐北方,南方持续低温—2000年3月[J].气象,2000,26(6):58—61.
- [10] 张建忠.每月天气:全国大部气温偏高降水偏少,北方沙尘暴频发—2000年5月[J].气象,2000,26(8):58—61.
- [11] 薛建军.每月天气:全国大部分气温偏高降水少,东北南部两度降暴雪—1999年11月[J].气象,2000,26(2):58—61.
- [12] 张金艳.每月天气:强冷空气袭击全国,南方出现少见低温—1999年12月[J].气象,2000,26(3):58—61.
- [13] 张守峰.每月天气:北方地区气温偏低,全国大部降水偏多—2000年1月[J].气象,2000,26(4):58—61.
- [14] 孙军.每月天气:全国大部降水偏少,月内气温北高南低—2000年1月[J].气象,2000,26(5):58—61.
- [15] 江伟钰,陈方林.我国北方地区防治荒漠化的法律思考[J].干旱区资源与环境,2000,14(1):34—38.
- [16] 李瑞林.权威报告:专家把脉沙尘暴[J].森林与人类.2000(6):5—7.
- [17] Wang Tao. Land Use and sandy desertification in the North China[J]. Journal of desert research. 2000,20(2):103—107.
- [18] 刘起.草原环境存在的主要问题与对策[J].环境保护,1997(7):22—23.
- [19] 杨根生.中国西北地区黑风暴与农业防灾减灾措施[J].中国沙漠,1996,16(2):97—104.

[28] 布光华, 刘淑俊. 中国北部强沙尘暴的特征分析[J]. 中国沙漠, 1997, 17(1): 112-116.

Causes of Sand-Dust Storm in Northern China in Recent Years and Its Control

ZHANG Xiao-long, ZHANG Yan-fang

(College of Tourism and Environmental Sciences, Shaanxi
Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: The recent frequent occurrence of intensive sand-dust storm is related to the following phenomena, serious vegetation damage in North of China, sandy land expansion, increase of sand material due to ecological environmental deterioration, climate drying and warming and decrease in the capability of natural environment to prevent sand storm. There measures should be adopted to prevent sand—dust storm. The first is to increase vegetation cover to improve ecology. The second is to establish the early warning system of sand-dust storm and the dynamic monitoring system of environmental quality in the areas prone to sand-dust storm. The third is to strengthen the legal system and management and put the construction of ecological environment in the areas prone to sand-dust storm onto the legal track.

Key words: sand-dust storm; causes; ecological environment; Northern China