

# 中国的沙暴、尘暴及防治

China's Sand Storm, Dust Storm & Their Prevention and Control

文/申元村,中科院地理科学与资源研究所



1993年5月5日发生于中国西北甘肃省河西走廊、宁夏、陕西北部及内蒙古西部境内的特大沙尘暴,造成100多平方公里内85人死亡,31人失踪,200多人受伤,70余万人受灾,损丢失羊3.2万多只,家禽家畜10万余头,遭重灾农田0.34万平方公里,11万株防护林及用材林被连根拔起或折断,直接经济损失710亿元,沙尘暴危害波及北京、天津及更远区域。2000年4月6日发生的沙尘暴使北京能见度小于300米,首都机场有53架飞机被迫降于天津、石家庄和太原,17架航班被取消,19架航班延误,2架班机发动机因沙尘影响出现故障。其损失远大于1934年5月12日发生于美国中西部草原地区和1960—1963年间发生于前苏联中亚新垦区的沙尘暴的损失。可以说,沙尘暴是世界性灾害。我国是沙尘暴频发国家,据统计,我国近50年来发生强沙尘暴的次数:20世纪50年代为5次,60年代为8次,70年代13次,80年代14次,90年代虽有所减少,但进入21世纪又有所增加,仅我

国西北地区,2000年就有15次,2001年发生18次,2002年发生12次。沙尘暴已成为影响中国全局发展的生态环境问题。那么沙尘暴是怎样形成的?我们应如何应对?

## 沙尘暴的成因及发生区域

沙尘暴有广义和狭义之分,广义的沙尘暴指气象学中浮尘、扬沙和沙尘暴的合称。浮尘系指粒径小于0.001mm的尘埃,浮游于空中,水平能见度小于10km。扬沙则指风力较大,能将粉沙(粒径0.001~0.05mm)吹扬于空中,水平能见度110km。沙尘暴则指风力强大,能将沙粒(粒径大于0.05mm)吹拂于低空,水平能见度小于1km的天气现象。我们平常说的沙尘暴是狭义沙尘暴,仅指沙暴和尘暴。沙暴以细沙和粉沙的飞扬为特征,尘暴以尘埃的飞扬为特色。它们在发生成因和扩展方向上具有相同性,在运移形式上,沙暴的沙粒以跳跃式和滚动式沿风力方向运移,飞越高度常在1m之内,障碍物高于1m,

沙粒常被阻滞,更无法翻越高大山体。尘暴与沙暴起因相同,只是颗粒微小,可随风吹扬翻山越岭到达遥远的地区。

## 沙尘暴的形成原因

沙尘暴形成必须具备干旱的气候、疏松的地表物质和大风三个条件。人类的社会经济活动对沙尘暴的形成也有重要影响。

**干旱是沙尘暴形成的基本自然条件。**沙尘暴通常发生在干旱、半干旱区域,而湿润区域基本不发生。在干旱自然条件下,一是使土壤颗粒间失去相互的亲和力;二是无法为植被生长提供适生的水分,无法建造固沙防风的植被体系。实验表明,地表植被覆盖度大于30%就能防止沙丘移动,大于60%就可固定沙地和防止扬沙。在天然条件下,半干旱草原区植被盖度常可达到70%~90%,干旱荒漠草原区可达到50%,极干旱荒漠区只能达到15%~30%。由此可见,干旱、极干旱区即使在纯天然条件下,植被

覆盖度也不可能完全阻止沙尘暴的发生，即沙尘暴在干旱、半干旱区域是客观存在的一种自然现象，人类还无法根除沙尘暴的发生。

我国的干旱区域，在地域上主要分布于西北干旱区、青藏高原高寒干旱区。依据干燥度和年降水量的耦合分析，大致具有干燥度1.5~2.0和年降水量300~400mm的区域为半干旱区，干燥度2.0~4.0和年降水量400~200mm区域为干旱区，干燥度大于4.0和年降水量小于200mm区域为极干旱区的分异规律。

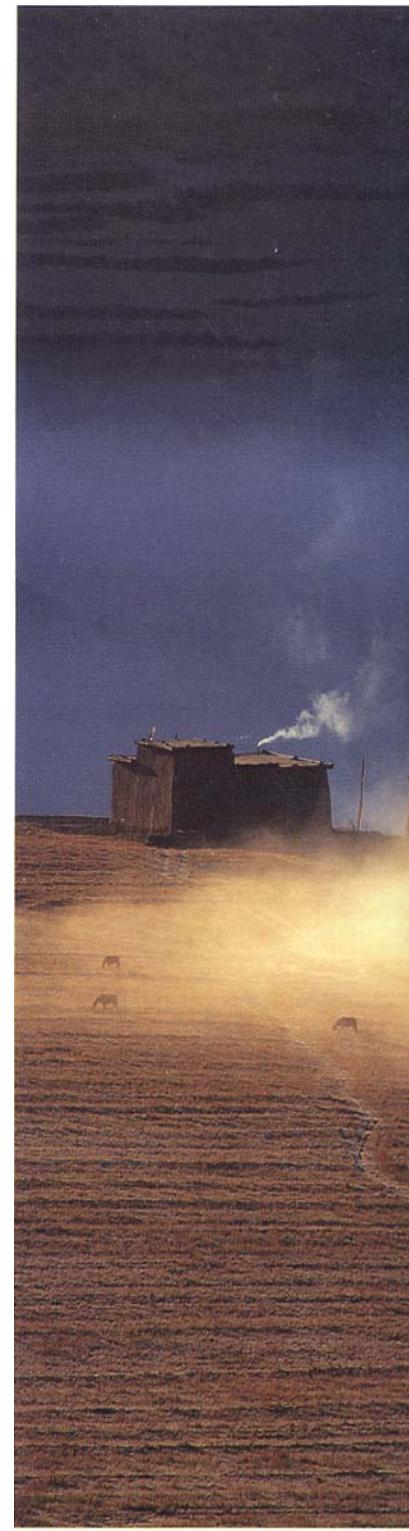
**疏松的地表物质是沙尘暴形成的物质条件。**沙尘暴的形成必须有丰富的沙尘资源。地表疏松、土壤粗颗粒成分多、沙源物质丰富是我国北方干旱区的重要特色，因而容易发生沙尘暴。中国北方干旱区，土壤粗颗粒成分比例大，大于0.05mm粗颗粒成分含量几乎都在60%以上。0.25~0.05mm(细砂)含量，最西北部靠近蒙古人民共和国一带的极干旱荒漠区域，含量高于80%，东南部陕西省北部榆林半干旱一带区域含量亦达到57.85%。粗颗粒含量高，则颗粒间结合力小，黏滞力弱，抗风蚀性差，粉沙与微粒容易被风吹起形成沙尘暴。我国北方地表经长期风力吹蚀结果，由最西北部靠近蒙古人民共和国的戈壁带，向中部和东南部逐步过渡为戈壁——沙漠带和沙漠—沙地带地域景观。

**大风是引发沙尘暴发生的基本动能条件。**沙暴的起沙风速是5m/s(距地面2m高处)，尘暴则更小。中国北方干旱区域，深居欧亚大陆腹地，冬春季在蒙古——西伯利亚高压控制之下，盛吹西北——东南风，强劲而寒冷，为沙尘暴的形成提供了强大的动力，因而沙尘暴频繁发生。大风日数多者几十天，少者有几天。据资料统计，塔克拉玛干沙漠区年大风日数10~25天，沙暴日数30天；古尔班通

古特沙漠区大风日数25天，沙暴日数5天；马鬃山前和祁连山麓沙漠区大风日数50~75天，沙暴日数10~20天；柴达木盆地沙漠区大风日数25天，沙暴日数10天……

每年3~5月是我国干旱区域干旱程度最重，大风日数最多，也是地温回升快，地表气流最不稳定的季节，因而是沙尘颗粒最容易被吹起形成沙尘暴的季节，其中4月份出现的频率最高。此季节，在西伯利亚强冷空气吹拂，地势高亢坦荡，地表颗粒构成轻粗，干旱缺水和植被覆盖度低的条件下，沙粒与尘埃极容易被吹起，形成沙尘暴。风力愈大，沙尘暴形成的可能性愈大；地表愈干旱，沙尘被吹起的可能性愈强；植被覆盖度愈低，沙尘被吹起的量愈多。由此可见，沙尘暴的形成和强度，是自然综合因素共同作用的结果。

**人类社会经济活动对沙尘暴发展有重要影响。**人类的社会经济活动对沙尘暴的发生发展有正面和负面两个方面的影响。从历史长河总趋势来看，人类活动对生态环境的影响是负面影响。影响的主要方面在农业开垦、水资源过度利用和对植被的破坏三个方面，并与人口增加有密切关系。中国西北干旱区农业开垦历史悠久，并随着人口数量的增加而规模不断扩大。例如，新疆维吾尔自治区的人口，1890年仅为145.8万人，1949年为433.3万人，1990年为1515.6万人，2000年达到1925万人。宁夏回族自治区人口1890年为38.5万人，1949年为122.9万人，1990年为465.7万人，2000年达到562万人。人口在近100余年间增加10多倍，尤其近50年间增长尤甚。在人口急剧增加和土地生产水平不高的状态下，必然导致过度开发土地资源、水资源和林草资源。据研究，20世纪90年代农村每增加1人，要增加耕地0.21hm<sup>2</sup>，才能解决





农民基本口粮问题。农村耗能调查表明，干旱、半干旱区农村传统用能为薪柴和秸秆，平均每人每天需烧掉薪柴1.5kg或秸秆2.5kg。燃料严重短缺，导致采伐植被现象严重，生态破坏便十分普遍，已成为诱发沙尘暴的重要因素。人类不合理利用水资源的生产活动诱发沙漠化扩展和沙尘暴发生的问题亦十分突出。以具有遏制巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠扩展和沙尘源起源的民勤绿洲为例，该绿洲处于甘肃河西走廊石羊河下游，绿洲的存在完全靠石羊河上中游来水维持。石羊河水源地表水总量为15.9亿m<sup>3</sup>，由于上游武威绿洲扩展并大量引用水资源，进入民勤绿洲的地表水量由20世纪50年代的4.3亿m<sup>3</sup>减少至90年代的2.2亿m<sup>3</sup>，为维系绿洲的生存，不得不大量开发地下水，致使地下水位由20世纪50年代高于1m降至90年代的6m甚至8~9m，致使植被死亡或退化率达到2/3，从而使民勤绿洲面积大大缩小，遏制沙漠化功能大大丧失，流动沙丘面积迅速扩展，成为重要的沙尘源提供地。正是由于不合理的人类生产活动，中国近50年间沙漠化面积不断扩大，大致是20世纪50~60年代以年1560km<sup>2</sup>扩大，70~80年代为2100km<sup>2</sup>，90年代初为2460km<sup>2</sup>，90年代末达到3436km<sup>2</sup>。据20世纪80年代中国科学院兰州沙漠所研究，造成我国北方现代沙漠化面积扩大的成因中，有94.5%为人为因素所致。进入21世纪，中国政府加大了沙漠化土地治理力度，加之2004年降水量比常年有所增加，从2005年开始沙漠化动态变化已以1283km<sup>2</sup>速度在缩减，沙漠化土地扩展局面已有所遏制。可见，现代沙漠化的扩展或萎缩，与人类活动有密切关系。通过调控人类生产生活行为，增强土地的抗风蚀能力，进行水、土资源合理配置，增加植被固沙能力，减轻人为破坏的强



度，为土壤的稳定创造良好条件，已成为防治沙漠化扩展和防治沙尘暴发生的基本共识。

### 沙尘暴发生区域

地球上沙尘暴的发生区域几乎都在干旱、半干旱区。因为该区域都共同具有气候干旱、地表沙源物质丰富、植被覆盖度低和干寒风力强盛的特点。所谓干旱，在气候学上是指蒸发量大于降水量，在农业上是指灌溉不能从事农耕业或农业不稳定区域。这类区域按联合国防治荒漠化公约的界定为年降水量与潜在蒸发量之比在0.05~0.65之间的地区，在中国综合区划中被界定为干燥度K值大于1.5的区域。按沙尘暴发生的地理区域，世界沙尘暴区有中亚荒漠区、中非沙漠区、北美沙漠区和澳大利亚沙漠区。中国的沙尘暴是中亚沙尘暴区的一部分，沙尘来源除中国境内的河西走廊及阿拉善高原(巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠及其周边沙化土地)，内蒙古中部农牧交错带及草原区(浑善达克沙地、科尔沁沙地等)，内蒙古、陕西、宁夏长城沿线干旱、半干旱区(毛乌素沙地、库布齐沙漠、乌兰布和沙漠、宁夏河东沙地等)，塔克拉玛干沙漠和古尔班通古特沙漠周边地区外，还有来自境外蒙古国的戈壁荒漠区、哈萨克斯坦东部沙漠区等区域。这些沙尘源区正好处在冬、春入侵我国的强冷空气西北路(NW)、西路(W)和北路(N)通道口上，成为中国沙尘暴发生的主要源区。

沙尘暴虽然发源于干旱、半干旱区，但尘埃可随风吹扬翻山越岭到达中国北方半湿润和湿润区，气溶胶还可飘洋过海到达日本和中国的台湾省等地区。北京属半湿润区，常说的北京沙尘暴，确切地讲应该是尘暴。北京局部扬沙，是就地起沙，不应称为沙暴，北京城不会被沙埋没。

### 沙尘暴防治对策

引起沙尘暴发生发展因素是多方面的，因而沙尘暴的防治对策也应该是综合的。建立综合防治体系，已经成为大家的共识。

#### 综合技术体系

一是提高地表稳定性。重点是提高土壤抗蚀能力，使土壤颗粒不被吹起。生物防治技术方面有封育恢复植被、植树种草、飞播造林，提高植被覆盖度技术；农业方面有退耕还林还草、营造农田防护林和草场防护林技术，措施上有免耕或少耕、带状种植、农林复合、立体种植、套种、轮作技术。

二是削弱风力强度。通过相应技术减弱风力强度，改变风力方向，便可减轻沙尘暴的危害。在来风方向上设置障碍物的技术有草方格沙障、高立式栅栏沙障、尼龙网膜栅栏；在植被挡风技术方面有防风阻沙林带技术；按改造沙丘形态，有引水拉沙工程技术；按固结沙层方面有化学剂固沙技术、黏土剂固沙技术、高分子化学材料和沥青制品固沙技术；在防治水力侵蚀方面有坡耕地径流聚散工程技术、荒坡地径流聚散工程技术等。

三是综合防治和采用多元防治模式。基本设计思路是：首先要从地理地域分异规律出发，划分不同生态地理区，形成分区治理理论；其次要从引起沙尘暴的土地类型出发，划分不同的地类，做到因类而治，因害设防；第三要从不同地类特征出发，选择不同的治理技术，做到有的放矢，讲究治理实效。在自然界，尤其是西北干旱区，地貌形态复杂，水热差异明显，由此会形成不同的利用方向与治理格局，因而应采用多元化防治模式，这方面已有许多典型经验和成功的案例。

#### 与产业发展相结合

防沙治沙与沙尘暴防治虽然是一项改善生态环境的工程，目标主要是生态效益。然而，只要合理利用沙区资源，同样可以促进经济的发展。即防沙治沙可以与产业化目标相结合。这方面，我国已经在局部典型区摸索出了一些较为成功的经验，宁夏盐池县刘窑头小沙区生态经济沙产业建设模式便为一例。

刘窑头沙区地处宁夏盐池县青山乡，海拔高度1400~1500m，年降水量300mm左右，≥10℃连续积温2200℃上下，属温带半干旱类型。刘窑头村总面积24.55km<sup>2</sup>，风蚀沙化面积22.21 km<sup>2</sup>，占总面积90.46%，多为半固定与流动沙丘。2002年有村民61户，322人，治理前是风沙紧迫家园、经济贫困的穷沙村。

治理采用栽植生态与经济相融的灌木为主、封育为辅的植被恢复技术；实施开发浅层地下水资源，建立节水农业体系开发技术；温室菜棚羊舍配套阳光工程等技术。该村通过土地利用结构调整，实现了生态与经济相并发展的目标。该项建设利用国家治理投资4.5万元为启动资金，地方配套了20万元，农民自筹18.6万元，合计43.1万元，从1998年春实施，至2001年，营造灌木沙柳、柠条、花棒124.5hm<sup>2</sup>，为副业柳芭编织提供了充足的原料；重点农地营造乔木林61.2hm<sup>2</sup>，经济林15.3 hm<sup>2</sup>，有效控制了风沙的危害；封育半固定与流动沙地335 hm<sup>2</sup>，防止了沙丘的扩张；人工种草(苜蓿等)49 hm<sup>2</sup>，为舍饲提供了优良牧草；打挖机井2眼，土园井18眼，带子井8条，建塘坝1座，配置提水设备23台，全部配套低压管灌系统，新开发水浇地36 hm<sup>2</sup>，完全采用节水灌溉技术，农业出现了稳产高产局面；建猪、羊圈—沼气池—温室

大棚一照明燃气“四位一体”温室大棚3座，温棚羊舍5座，为菜业、畜牧业、燃料的链式生产建立了基地。至2001年，实施仅4年，沙丘已基本固定，不再就地起沙，生态环境开始改善；农林牧结构有机结合，互补体系开始形成；经济步入稳定快速发展轨道，人均粮食由1998年的304.9kg增至2001年的708.6kg，人均纯收入由622元增加至1512元。初步实现了生态与经济效益的同步发展。

### 依靠科学技术

在按自然规律和社会经济规律进行防治的探索上，我们总结出了四步行进的成功经验：第一步是掌握沙尘暴形成规律；第二步是制定相宜的防治规划；第三步是实施相应的治理技术；第四步是制定规范人类行为准则的政策、法律法规，实行法制化管理。上述的每一步都是步步相随相进的，都包含着探索、研究、总结的过程。在防治实践上，我们已经有成熟的办法，这就是：第一步需选择典型区探索规律，掌握自然和社会特点；而后于第二步开展防治试验，取得经验；第三步便可面上辐射推广，取得整体效益。可归结为探索试验示范辐射推广的过程。几十年的治理实践证明，科研是保障防沙治沙不断深化，促进沙区生态、资源、社会发展不断跨上新台阶的保障。至20世纪末，中国已有几十个科研站(所)，广泛开展了沙漠化形成规律、防沙治沙规划、综合治理技术试验、生态效益与产业化开发的研究，取得了大量研究成果，有效地解决了治理中存在的科学技术问题。科研已成为防沙治沙、防治沙尘暴的指路明灯。

### 加强法制化管理

自2001年《中华人民共和国荒漠化防治法》颁布之日起，中国的防沙治沙法律法规体系已经基本建立。然

而，以防沙治沙为重点的生态环境建设是民众的事业，如果广大民众不遵守生态法规，生态破坏便很难避免，目前中国最为缺乏的是基层未建立民众自我约束的民规民约等自律体系。因此，加大法制宣传力度，加强执法队伍建设，提高执法水平，实施全民法制自律体系势在必行。

### 扩宽融资渠道，建立多元化投资来源

防沙治沙与防治沙尘暴是一项需要资金投入的生态环境建设工程，是有利于全体人类社会的公益事业，因而不仅需要国家投资，亦要全社会融资来解决资金来源问题。多年实践表明，完善国家融资政策，坚持国家、地方、集体、个人投资，吸引外资参与的体制，形成渠道多元化、多层次配套融资体系，并通过切实加强资金

管理，保护投资者和建设者合法利益，是行之有效的办法。

### 结语

沙尘暴是发生于干旱、半干旱地区沙漠化土地上的一种自然灾害，其形成原因是气候区域性干旱、沙尘资源丰富、起沙大风多、植被防护覆盖度低与人类不合理的生产活动。

中国西北干旱、半干旱地区面积辽阔，沙漠化面积近50年来不断扩大，因而沙尘暴频频发生，但仍属于正常现象。沙尘暴反映的是自然规律，人类还不能从根本上消除这种灾害。

沙尘暴防治必须从防沙治沙做起。基本对策是建立综合防治体系，包括建立综合技术体系、与产业发展相结合、依靠科学技术、加强法制化管理、扩宽融资渠道等内容。 ■

