

沙尘暴的活动和防治^{*}

郁耀闯¹, 赵景波^{1,2}, 李天堂³

(1. 陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062; 2. 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪国家重点实验室, 陕西 西安 710075; 3. 南阳市铁路中学, 河南 南阳 473200)

摘要: 本文系统地阐述了沙尘暴活动的特点、影响因素和防治措施。分析表明, 沙尘暴活动的搬运动力和沙尘来源区物质所处状态是沙尘暴活动与否的决定因素。因此, 降低沙尘暴搬运动力和改变沙尘来源区地表物质所处状态是防治沙尘暴的关键。

关键词: 沙尘暴 ; 决定因素 ; 降水量 ; 防治措施

中图分类号: P425.5⁺⁵ 文献标识码: A 文章编号: 1000-811X(2006)02-0055-04

我国沙漠广袤千里, 是世界上受沙漠化严重危害国家之一。荒漠化是当前人类面临的重大全球性生态环境问题, 困扰着人类社会的生存和发展。沙尘暴是沙暴和尘暴两者兼有的总称。它是强风把地面大量尘土卷入空中, 使空气特别浑浊, 水平能见度低于1 km 的恶劣天气。这种恶劣天气出现时, 天昏地暗, 空气呛人, 伴着狂风, 危害极大。当局部区域能见度 ≥ 50 m 且 < 200 m 时, 称为强沙尘暴; 达到最大强度(瞬时最大风速 ≥ 25 m/s, 能见度 < 50 m)时, 称为特强沙尘暴^[1]。

沙尘暴对对黄土高原的形成起了很大的作用, 但它对现代人类而言是一种灾害。我国对沙尘天气的研究始于20世纪70年代, 到1993年5月5日新疆东部、甘肃河西、宁夏大部和内蒙古西部地区的特强沙尘暴天气发生后, 引起气象及沙漠工作者的关注。

1 我国沙尘暴活动的源地

影响我国沙尘暴的源区有境外源和境内源两大类。境外源主要有蒙古国东南部戈壁滩荒漠区和哈萨克斯坦东部沙漠区。蒙古国和哈萨克斯坦荒漠的沙尘暴, 最远的能经过中国北部广大地区, 将大量沙尘通过在太平洋上空的大气环流一直输送到北美洲。我国境内源区主要有内蒙古东部的苏尼特盆地或浑善达克沙地中西部、阿拉善盟中蒙边境地区

(巴丹吉林沙漠)、新疆南疆的塔克拉玛干沙漠和北疆的库尔班通古特沙漠。很多情况下境内境外界限不会泾渭分明, 当沙尘暴自境外发生并进入我国时, 上述境内源区则成为加强源区, 使空气中沙尘浓度急剧上升, 造成严重的大气颗粒物污染。有时沙尘暴源发地规模并不大, 含沙量并不高, 但一路移动, 因地形地貌、气温气候、植被等原因, 沙尘暴很快得到加强, 造成很大的灾害。

中国北方与蒙古国境内戈壁沙漠众多, 仅中国北方就有古尔班通古特沙漠、塔克拉玛干沙漠、柴达木盆地沙漠、腾格里沙漠、黄河河套的毛乌素沙漠和浑善达克沙漠等^[2], 总面积达数百万 km² 的沙漠戈壁是中国沙尘暴天气发生的主要源区。

研究表明, 我国沙尘暴现代活动有两个多发区: 一是河西走廊、巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、毛乌素沙地及周边地区, 尤其是紧靠腾格里沙漠的甘肃民勤和宁夏盐池沙尘暴活动更加频繁。其次是塔克拉玛干沙漠和柴达木盆地及周边地区, 尤其是塔克拉玛干沙漠西南沿的和田地区, 沙尘暴活动更是肆虐。这与这里特殊的地形和独特的气候条件有关。

2 我国沙尘暴活动的时间分布特征

研究表明, 一年中2~5月沙尘暴发生次数偏

* 收稿日期: 2005-11-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(40571004); 教育部重大招标项目(05JJD770014); 中科院黄土与第四纪地质国家重点实验室项目
万方数据.QG0504)

作者简介: 郁耀闯(1980-), 男, 河南南阳人, 硕士研究生, 主要研究方向: 自然地理和环境污染评价与治理。

高, 尤其以4月份(图1)沙尘暴发生次数为全年之最, 5月份以后沙尘暴发生次数急剧下降, 9月和10月为最低。春季沙尘暴发生频率较高的原因是一方面与一年中春季风速较大有关; 另一方面还与此时地面开冻

融化、气温回升、降水较少、裸露的地表逐渐变得松散, 表土层湿度较小有关。这时一旦有较强的天气系统活动, 就很容易产生沙尘暴。夏季降水较多, 植被覆盖地面较好, 沙尘暴发生的几率也随之减少。

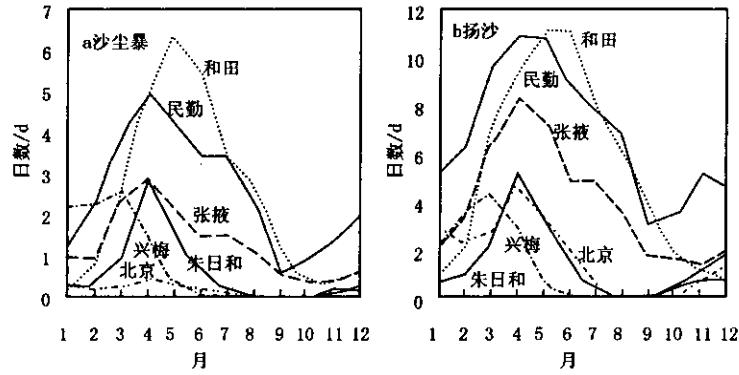


图1 北京等地六个代表站沙尘暴和扬沙月份变化

秋季沙尘暴发生的频率为全年最低。冬季地面冻结, 即使风速很大, 也很难将冻结成块的沙土吹离地面而形成沙尘暴, 因而沙尘暴活动较少^[3]。沙尘暴的活动具有明显的日变化特征, 沙尘暴的发生时间大多集中在中午至傍晚, 夜间至午前相对较少, 这与近地层大气层结稳定程度有关。在甘肃河西走廊中部地区, 黑风暴大都出现在12时后至22时以前的时段内, 每天13~18时是沙尘暴天气易发高峰期。西北地区沙尘暴一般出现于14时, 最晚出现于19时30分。陕西榆林、吴旗、横山沙尘暴发生在上午者占19%~25%, 发生在下午者占50%~63%。夜间占

11%~26%。宁夏沙尘暴天气发生在上午者占22.7%, 下午占63.7%, 夜间占13.6%^[4]。

3 沙尘暴活动的动力变化

沙尘暴都和大风相伴出现, 强冷空气是形成沙尘天气的气象动力因素, 是沙尘天气形成的触发条件。足够的冷空气可形成强的气压梯度, 使冷空气推动暖空气作变加速运动, 形成地面大风。由于形成沙尘暴的粉土物质主要来源于我国西北的沙漠和戈壁区, 因而, 西北风就成为粉土物质的搬运动力。西北

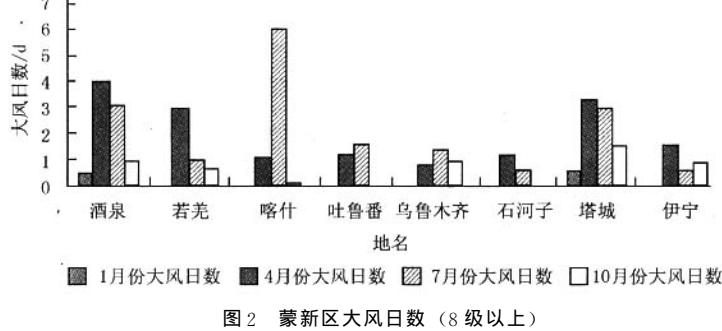


图2 蒙新区大风日数 (8级以上)

风尤以春季活动最为频繁, 特别是3~4月份(图2)。因为春季为季风环流的调整时期^[5], 3~4月份蒙古高压开始衰退, 强度减弱, 暖气团渐渐侵入我国北方, 冷暖空气相互消长, 更替频繁, 天气系统移动较快, 冷空气活动次数多, 寒潮出现频繁, 所以春季风的频率高。冬季, 冷空气在我国绝大部分地区占居优势, 由于冷空气下沉, 天气形势稳定, 造成1月和12月份的冷空气活动较3~4月份少, 故风的频率低于3~4月份。秋季初期由于气温较高, 冷

空气活动次数少, 仅在秋季末期的11月份, 由于冷空气频繁南下, 寒潮出现高峰。夏季, 我国绝大部分地区受夏季风控制, 冷空气退居高纬地区, 一般没有寒潮侵袭, 所以西北风就很少出现, 因而春季3~4月份西北风频率高, 若此时表土层湿度小, 沙尘物质很容易被风搬运, 造成沙尘暴活动频繁^[6,7]。一般说来, 我国西北每年都有多次的寒潮活动, 可以说沙尘暴活动的动力几乎每年都是具备的。因此, 沙尘暴活动与否与沙尘暴搬运的动力有很大关系。

4 荒漠区物质所处状态的变化与沙尘暴活动

当地面缺少植被覆盖, 地表物质又处于搬运状态时, 强大气流携带大量地表粉尘悬浮在空中, 形成沙尘天气。我国西北戈壁和沙漠广泛分布, 物理风化盛行, 风化作用产生了大量的碎屑物质, 为风力搬运提供了丰富的物质来源。在春季, 该地区降水较少, 气温较高, 蒸发作用较强, 加之此时植被稀疏, 地表裸露, 相对湿度小, 表土层湿度也小, 尤其以4月份最小(图3)。地表土层处于干燥松散状态, 此时若有大风天气出现, 就会发生沙尘暴的活动。夏季由于降水较多, 空气相对湿度大, 地表土

层的湿度也大, 并且此时为植物生长期, 对地表土层有保护作用, 粉土物质不同程度地被固结, 即使有大风天气也很难起沙成暴。秋季, 降水量丰富, 气温低, 蒸发作用弱, 相对湿度大, 地表土层湿度也比较大, 碎屑颗粒的粘滞性和团聚作用强, 一般不易发生沙尘暴。冬季, 降水量虽少, 但因气温过低, 蒸发锐减, 相对湿度大, 地表土层湿度也大, 不利于沙尘物质的搬运^[8]。另外, 我国北方冬季气温多在0℃以下, 地表土层处于冻结状态或雪层覆盖, 对沙尘物质的搬运十分不利。显然, 沙尘源区土层处于干燥松散状态时, 沙尘暴活动就强, 反之, 就弱。因此, 是否会有沙尘暴的活动, 地表物质所处的状态, 也成为我们防治尘暴活动的关键因素。

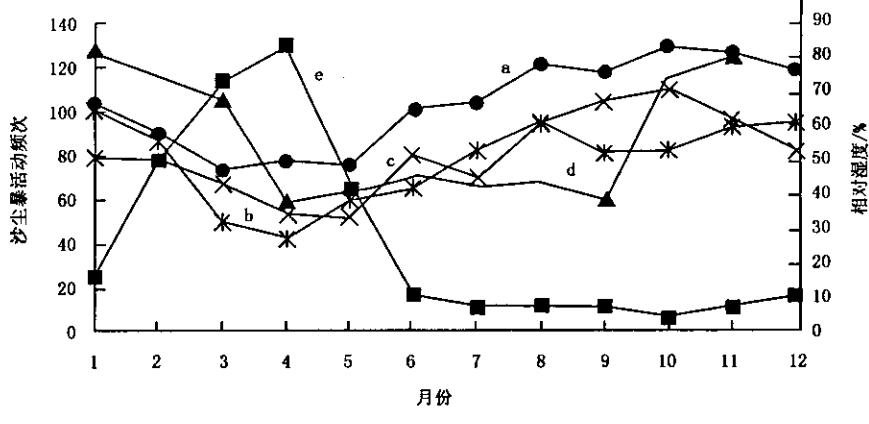


图3 历史时期沙尘暴活动与相对湿度的关系

- a. 西安的相对湿度曲线; b. 呼和浩特的相对湿度曲线; c. 兰州的相应湿度曲线;
- d. 乌鲁木齐的相对湿度曲线; e. 历史时期沙尘暴的活动曲线

5 沙尘暴活动的防治

5.1 降低风速削弱风沙流的强度

降低风速削弱风沙流强度可采取植物固沙和工程防治以及二者相结合的方法。针对沙漠地区气候干旱、冷热巨变、风大沙多、自然环境十分严酷的特点, 通常选择具有以下特点的树种作为固沙植物和造林树种: ①萌蘖性强, 分枝多, 冠幅大, 沙埋后能生长出不定根, 越埋越旺, 同时也耐风蚀; ②生长快, 根系发达, 尤其是水平侧根分布范围广, 固沙强; ③耐高温干旱, 不苛求土壤; ④容易繁殖, 种源丰富; ⑤有一定经济价值, 如可生产木材或作编织材料、饲料等。通常选择的树种有乔木: 樟子松、油松、小叶杨等; 灌木有梭梭、花棒、小叶锦鸡儿、沙柳等; 禾本科植物有籽蒿、油蒿等^[9~11]。在沙尘来源区的农林生产中通过种子涂层、种子造粒、根部涂

层、与耕作土混合为栽培床等途径加入保水剂, 来保持沙尘来源区的地表土层湿度, 使土壤颗粒处于团聚状态。并在北京北部的京津周边地区建立以植树造林为主的生态屏障; 在内蒙古浑善达克中西部地区推动以退耕还林为中心的生态保护带; 在河套地区和沙化土地地区以保护水资源和天然绿洲为中心, 控制沙化土地扩大, 保住天然绿洲, 逐步扩大人工林^[12~14]。在考虑微型生物固沙时, 为了防止结皮的截流降水下渗作用, 应考虑相关物种的组合, 如适当增加Psoradecipens和Toninia SP为优势的结皮等^[15]; 另外, 在沙漠区发展生态村落、生态小城镇和生态庭院作为沙漠生态建设的重要的有益的补充^[16], 以此达到沙尘暴防治的目的。

此外, 我们也可采取工程措施如设立沙障等来达到固沙的目的。一般而言, 采用高出沙面20~30 cm的沙障, 就足以控制沙丘表面的风沙流活动。在离公路和铁路沿线近处或沙丘起伏较大的地方, 沙

障的规格应小些 ($1m \times 1m$)，在远处或起伏平缓的沙丘上，沙障规格可以相应大一些 ($1m \times 2m$ 或 $2m \times 2m$ ，甚至更大)。草方格沙障不仅起到固沙作用，而且可以保护栽植的和播种的固沙植物免受风蚀和沙埋，同时还可以改善沙地的水分状况，有利于植物成活和生长。草方格沙障在我国的包兰铁路和干武铁路的防沙中取得了良好的效果。新麻高速公路两侧为乌兰布和沙漠，东侧有桌子山阻挡，整个路段都是乌兰布和沙漠东扩的沙物质沉积区，该公路修建时充分考虑了工程防护与植物防护相结合^[17]。

另外，采用黏土沙障或将沙砾层（粒径以 $2\sim 5$ cm 为宜）覆盖在沙尘来源区的土层表面，改善水向土中入渗、保持土壤水分和减少土壤水分的蒸发，使土壤颗粒较长时间地处于凝聚状态，降低风对土壤颗粒的搬运，也是一种经济有效的固沙措施，在有黏土和沙砾石产源的地区均可推广采用。

5.2 在沙尘源区固结沙面控制沙表风蚀过程的发展

在沙尘来源区喷洒硅酸盐乳液、乳化石油产品、聚丙烯酰胺等合成化学制剂，或在沙尘来源区的土壤中加入矿物、腐殖质和人工合成物等土壤结构改良制剂，可起到固沙的作用。化学固沙材料的选取通常遵循以下几个标准：①固沙效果好；②成本低；③使用简便，不需要特殊设备；④对植物发芽和生长没有影响；⑤不污染环境。目前国内外用作固沙的胶结材料主要是石油化学工业产品。一般常用的有沥青乳液、高树脂石油、橡胶乳液和油—橡胶乳液的混合物等。喷洒化学粘性材料在沙质土地表形成抗风蚀的固结层（厚度以 $2\sim 4$ mm 为宜），隔断了风沙流与松散沙面的直接接触与相互作用，使其免受风蚀^[18]。化学固沙除了抗风蚀外，还有改善流沙水热条件，促进植物生长的作用。化学固沙已在我国乌兰布和沙漠边缘的包兰铁路K375、K369 地段，结合固沙植物实验，已取得显著成效。加入土壤结构改良制剂促进土壤形成团粒，改良土壤结构，固定表土保护耕地、吸收水分、抑制土壤水分蒸发，减少风对地表土层物质的搬运。这样不仅可起到固定流沙，使沙地免遭风蚀的作用；而且还可以增加沙地生物活性及沙地团粒结构，改善沙地水分条件，保

持沙地水分，从而达到防治沙尘暴的目的。

此外，蒙古国南部荒漠地区是现在和将来长期影响我国的主要境外源沙尘暴源区，因此应尽快建立一个与蒙古国长期合作防治沙尘暴的计划框架。

参考文献：

- [1] 徐国昌, 陈敏连, 吴国雄. 甘肃省“4. 22”特大沙尘暴分析 [J]. 气象学报, 1979, 37(4): 26-35.
- [2] 胡隐樵, 光田宁. 强沙尘暴微气象特征和局地触发机制 [J]. 大气科学, 1997, 21(5): 581-589.
- [3] 邱新法, 曾燕, 缪启龙. 我国沙尘暴的时空分布规律及其源地和移动路径 [J]. 地理学报, 2001, 56(3): 318-319.
- [4] 刘学锋, 等. 京津冀区域沙尘暴和群发性强沙尘暴特征分析 [J]. 灾害学, 2004, 19(4): 51-56.
- [5] 周淑贞. 气象学与气候学 [M]. 北京: 人民教育出版社, 1997. 110-112.
- [6] 赵景波. 淀积理论与黄土高原环境演变 [M]. 北京: 科学出版社, 2002. 167-171.
- [7] 熊佳蕙, 等. 沙尘暴成因及人文思考 [J]. 灾害学, 2004, 19(1): 92-96.
- [8] 杜子璇, 李宁, 等. 二连浩特地区土壤湿度变化特征及其沙尘暴关系的初步研究 [J]. 干旱区地理, 2005, 28(4): 501-505.
- [9] 李玉强, 赵哈林, 赵学勇, 等. 沙漠化过程中沙地植物群落生物量、热值和能量动态研究 [J]. 干旱区研究, 2005, 22(3): 289-293.
- [10] 周海燕. 科尔沁沙地主要植物物种的生理生态学特征 [J]. 应用生态学报, 2000, 11(4): 587-590.
- [11] 龚吉蕊, 赵爱芬, 等. 黑河流域几个主要植物种光合特征的比较研究 [J]. 中国沙漠, 2005, 25(4): 587-591.
- [12] 孙冷, 等. 西北地区沙尘暴引发的荒漠化问题 [J]. 灾害学, 1997, 12(3): 49-52.
- [13] 张晓龙, 等. 近年来中国北方沙尘暴成因及其防治 [J]. 灾害学, 2001, 16(3): 70-75.
- [14] 郭迎春, 等. 河北省沙尘暴特征及防治对策 [J]. 灾害学, 2000, 15(4): 24-28.
- [15] 魏江春. 沙漠生物地毯工程——干旱沙漠治理的新途径 [J]. 干旱区研究, 2005, 22(3): 287-288.
- [16] 吕新, 杨磊, 等. 荒漠绿洲区农业特征及其可持续发展策略 [J]. 中国沙漠, 2005, 25(4): 599-603.
- [17] 王智远, 徐占云, 等. 高速公路沙害防治技术研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(5): 204-208.
- [18] 王银梅, 等. 对在沙漠地区应用化学固沙剂固沙的探讨 [J]. 灾害学, 2003, 18(4): 1-5.

(下转第 63 页)

The Mechanism of the Very-Short Torrential Rains in Guangzhou and Experience from Issuing Warning Signal of Heavy Rains Based on CINRAD-SA

WU Zhi-fang, ZENG Qing, YI Ai-ming,
HUANG Hua-dong and LIANG Yu-qiong

(Guangzhou Central Observatory, Guangzhou 510080, China)

Abstract: The circulation background and data from the Doppler weather radar (CINRAD-SA) in Guangzhou are analyzed and the causes of very-short torrential rains in Guangzhou are analyzed. Results show that the severe rainstorm occurred in Guangzhou in summer was caused by favorable synoptic conditions with multi-cells passing by the same site, being consistent with its moving direction. Weak mesocyclone, the “inverse-wind region” and the energy front plays an important part in convection development and maintenance. In the paper, the skills for issuing rainstorm warning signal are discussed also.

Key words: very-short torrential rains; Doppler radar, warning signal

(上接第 58 页)

Sand Storm Activity and Its Prevention and Control

YU Yao-chuang¹ and ZHAO Jing-bo^{1, 2}

1. College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China;
2. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Environment Institute of Earth, CAS, Xi'an 710075, China)

Abstract: The characteristics, influential factors and preventive and controlling measures of the sand-storm activity are systematically elaborated in this paper. The analysis indicates that the transporting force of sand-storm activity and matter in sand dust source area are the decisive factors of sand storm activity. Therefore, reducing sand storm transporting force and improving surface material condition in dust source area is the key for sand storm prevention and control.

Key words: sand-storm; decisive factors; precipitation; preventive and controlling measures