

沙尘暴天气环境质量等级划分与预警系统建立研究

文 / 马占云 高庆先 谷 雨 师华定 付加锋 高文康

(中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘 要: 沙尘暴天气环境质量等级划分与预警系统建立研究提出沙尘天气源地的概念, 并根据传输和影响对其进行了分类, 对影响中国的沙尘天气的传输路径进行了分类总结, 对典型沙尘天气过程进行了模拟研究; 建立了沙尘暴天气环境质量等级划分复合指标体系, 确定了沙尘暴天气环境质量贡献的贡献率和绝对贡献; 建立了沙尘天气的预警预报系统, 提出了减缓沙尘天气的应对策略。结合我国的实际情况, 在我国西北地区和北京开展了现场观测和资料分析, 开展了沙尘暴天气环境质量等级划分与预测系统建立研究, 该研究具有十分重要的科学意义和良好的应用前景。

关键词: 沙尘天气对大气环境质量的影响; 沙尘暴初始源; 加强源; 沙尘天气传输路径; 沙尘暴天气环境质量等级划分

DOI: 10.3772/j.issn.1009-5659.2014.23.007

沙尘暴天气是特定气象条件和特殊地理环境下的产物, 是发生在干旱、半干旱地区、荒漠化地区和农牧交错带特有的一种灾害性现象, 自古以来一直就存在并影响着人们的生活。沙尘暴天气随着气候变化和天气背景的演变有其发生、发展和传输规律。沙尘暴天气发生时, 在沙尘源区导致空气质量迅速下降, 在传输过程中给下游影响区带去大量的沙尘粒子, 影响空气质量。研究沙尘暴天气对大气环境质量影响是环保工作的重要任务, 开展沙尘暴天气的环境质量等级划分和建立沙尘天气对大气环境影响预报系统, 可以为开展沙尘暴天气环境影响预警和评估提供科研基础, 也能为环保管理者提供技术支持。

1 研究成果

利用 1950 年以来气象台站沙尘暴的观测记录和相关气象资料, 采用国内外先进的研究技术和方法, 围绕沙尘暴对大气环境影响这一关键科学问题, 对影响北京空气质量的每一次沙尘天气过程进行了细致的分析, 并进行了类别划分和确定, 首次建立了沙尘暴天气环境质量等级划分复合指标体系, 建立了量化沙尘暴天气对大气环境质量影响的指标体系, 并利用该体系研究了沙尘暴天气对环境质量贡献的贡献率和绝对贡献。在对沙尘暴历史数据分析的基础上, 结合卫星遥感资料和天气图分析, 在研究沙尘源区的过程中, 首次提出初始源和加强源的概念, 并确定沙尘暴的传输路径及其影响范围, 研究沙尘气溶胶与污染气溶胶的相互作用, 本研究首次提出, 研究沙尘暴时应将区域划分为源区和影响区两类, 并指出在不同的区域所关注的核心问题是有差别的。基于沙尘源区监测台站的工作实践, 构建了沙尘天气对大气环境影响预警预报系统, 提出减缓沙尘天气的应对策略。

(1) 在对我国沙尘暴详细分析的基础上得出了沙尘暴源地、传输路径、发生时的天气系统源区土壤元素分布规律和沙尘气溶胶化学特征等沙尘暴的基本特征

沙尘暴源地分为境外源地和境内源地。从沙尘暴天气的发生、发展和传输过程来看, 一次沙尘暴天气过程会有初始源地, 也可能会有加强源地。从沙尘暴产生和消失的时间和输送范围考虑, 可以分为局地生消型和传输型两类, 而影响我国大气环境质量沙尘天气的主要源地和传输路径, 根据其传输方向、起始源地分为西路、

北路和西北路三条。

我国三个主要沙尘源区的土壤中的化学成分有比较明显的区别。主要元素 Al、Sr、Mg、Ca、S 含量呈明显的西高东低分布，土壤中 Ni 和 Cr 的含量分布则为中部地区略高于东西部地区。沙尘气溶胶中矿物元素含量与总颗粒物浓度呈正相关。各矿物元素与总颗粒物浓度之间的相关系数在 0.7 ~ 0.9，各矿物元素之间的相关性也在 0.7 以上，表明他们共同的来源。

(2) 遵循分区和过程两个原则，根据初始源地、加强源地和影响区，考虑传输过程，把沙尘暴天气环境质量等级划分为 4 级。研究确定了沙尘暴天气环境质量贡献指数和沙尘暴天气对大气环境质量的绝对贡献

分别是：覆盖型重污染（4 级），平均 API 大于 300；边缘型中度污染（3 级），平均 API 介于 200 ~ 300 之间；远距离轻微污染（2 级），平均 API 介于 100 ~ 200 之间；远距离无影响（1 级），平均 API 小于 100。

基于沙尘暴天气质量等级划分的原则，结合所构建的复合指标体系，利用提出的方法和步骤，通过对 2001 ~ 2009 年间总共发生沙尘暴天气 136 次，其中局地型的 18 次，传输型 118 次，占总沙尘暴天气的 87%，可见影响我国的沙尘暴天气主要是以传输型为主（表 1）。

表 1 2001 年沙尘暴天气影响北京环境质量等级划分（次）

影响区（北京）						
年	沙尘暴天气类型	覆盖型重污染	边缘型中度污染	远距离轻微污染	远距离无影响	合计
2001	局地型	IV	III	II	I	22
	传输型	2	4	12	2	
2002	局地型			2	2	17
	传输型	1	5	5	2	
2003	局地型				2	10
	传输型			4	4	
2004	局地型			1	1	18
	传输型		2	8	6	
2005	局地型					11
	传输型	1	1	6	3	
2006	局地型			1	1	17
	传输型	2	2	8	3	
2007	局地型			2	1	18
	传输型	1		5	9	
2008	局地型			1	1	13
	传输型	1	2	4	4	
2009	局地型				1	10
	传输型	1		2	6	
合计	(传输型)	9 (9)	16 (16)	62 (54)	49 (41)	136

(3) 定义了沙尘暴天气环境质量的量化指标（贡献率和贡献量），对北京 2001 ~ 2009 年的沙尘暴天气，

按照季节划分、传输路径和持续时间等因素进行了详细分析，由研究结果确定了由 API 计算的沙尘暴天气环境质量贡献指数 DC_{API} (%)（表 2）。当 DC_{API} 为正值，表示当月受沙尘影响环境质量变坏，且指数越大，表示沙尘暴天气的贡献就越大；当 DC_{API} 为负值，则表示沙尘暴天气对当地环境质量没有变坏的影响，而是有可能受沙尘暴天气发生时大风的影响，环境质量有所改善。负值越大表示本地的局地污染贡献越大。

表 2 2001 ~ 2009 年沙尘暴天气发生频次和大气环境质量影响贡献 (%)

月份	9 年发生次数	发生频次	比例	呼和浩特	北京	天津	济南
1 月	3	5	3.7	1.26	-0.65	0.41	-0.70
2 月	7	14	10.3	0.81	1.55	0.93	1.58
3 月	8	36	26.5	19.21	15.02	9.41	8.69
4 月	9	43	31.6	18.32	8.77	8.10	6.73
5 月	8	28	20.6	12.21	6.31	3.97	1.79
6 月	1	1	0.7	2.80	4.84	2.81	-0.95
7 月	1	1	0.7	2.51	3.63	1.59	-0.83
8 月	0		0.0				
9 月	0		0.0				
10 月	2	2	1.5	0.49	-1.15	-0.80	-1.20
11 月	2	2	1.5	7.38	11.64	7.54	1.52
12 月	4	4	2.9	3.40	9.60	1.78	-0.06

表 3 2000 年和 2001 年沙尘暴天气对北京环境质量 (PM_{10} 浓度) 的绝对贡献 (mg/m^3)

月份	年 (mg/m^3)			占环境标准限值的比例 (%)		
	2000	2001	平均	II	III	I
3 月	0.001	0.080	0.041	27.0	16.2	81.0
4 月	0.062	0.020	0.041	27.3	16.4	82.0
5 月	0.005	0.040	0.023	15.0	9.0	45.0
平均	0.023	0.047	0.035	23.11	13.87	69.33

在 2001 ~ 2009 年的 9 年中，4 月份每年均出现沙尘暴天气，9 年间总共出现 43 次沙尘暴天气，占 9 年沙尘暴天气总数的 31.6%，3 月和 5 月均是有 8 年出现沙尘暴天气，沙尘暴天气分别发生 36 次和 28 次，占 9 年沙尘暴天气总数的 26.5% 和 20.6%。78.7% 的沙尘暴天气发生在春季，10.3% 的沙尘暴天气发生在冬末（2 月）。

研究将我国沙尘季节（3 ~ 5 月）包含沙尘暴天气与剔除掉沙尘暴天气大气颗粒物浓度之差定义为沙尘暴天气对大气环境质量的绝对贡献。表 3 给出 2000 年和 2001 年沙尘暴天气对北京大气环境质量的绝对贡献和其占大气环境各级标准的比例。可以看出，沙尘季节（3 ~ 5 月）沙尘暴天气对北京大气环境质量平均的绝对贡献为 $0.035mg/m^3$ ，是大气环境质量 2 级标准 ($0.15mg/m^3$) 的 23.11%，是 1 级标准 ($0.3mg/m^3$) 的 69.33%。

2 应用领域及发展前景

研究成果对在“十二五”期间开展生态保护，减缓沙尘暴天气的环境影响，评估沙尘暴灾害提供技术支持；

为完成《中国极端气候事件和灾害风险管理与适应国家评估报告》提供技术支持，并在第480次香山科学会议上介绍了本研究的成果以及如何将本研究成果凝练，并体现在国家评估报告中；同时本研究成果还为环保部起草和制订相关的国家标准或行业标准提供基础。

通过对沙尘暴研究，达到预防灾害的目的，促进沙尘暴预警的发展。我国沙尘暴发生源地涉及新疆、甘肃等西北广阔地区，该项成果可直接向这些地区推广使用，推广前景广阔。本项研究可为政府提供实时监测资料，可促进沙尘暴防治实践的开展，为生产提供可靠的防护保障，为生活质量的不断改善提供科学依据。^[CSTA]

参考文献

[1] 张志刚，高庆先，矫海燕，等．影响北京地区沙

尘天气的源地和传输路径分析[J]．环境科学研究，2007，20(4):21-27．

[2] 杜吴鹏，高庆先，王跃思，等．沙尘天气对我国北方城市大气环境质量的影响[J]．环境科学研究，2009，22(9):1021-1026．

[3] Xin Jinyuan, Du Wupeng, Wang Yuesi, Gao Qingxian, Zhanqing LI, and Wang Mingxing. Aerosol Optical Properties Affected by a Strong Dust Storm over Central and Northern China[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 27(3), 2010, 1-13.

[4] 高庆先，任阵海，等．沙尘天气对大气环境影响[M]．北京：科学出版社，2010．

[5] 陈跃浩，高庆先，高文康，等．沙尘天气对大气环境质量影响的量化研究[J]．环境科学研究，2013，26(4):364-369．

(上接第23页)

(3) 基于定性和定量相结合方法的淮河流域水污染防治政策效果评估表明，淮河水质目标未完全实现，生态在部分河段仍趋于恶化，部分点源未能实现稳定

达标排放，水污染对社会经济造成一定影响，环境信息公开工作有提升空间。

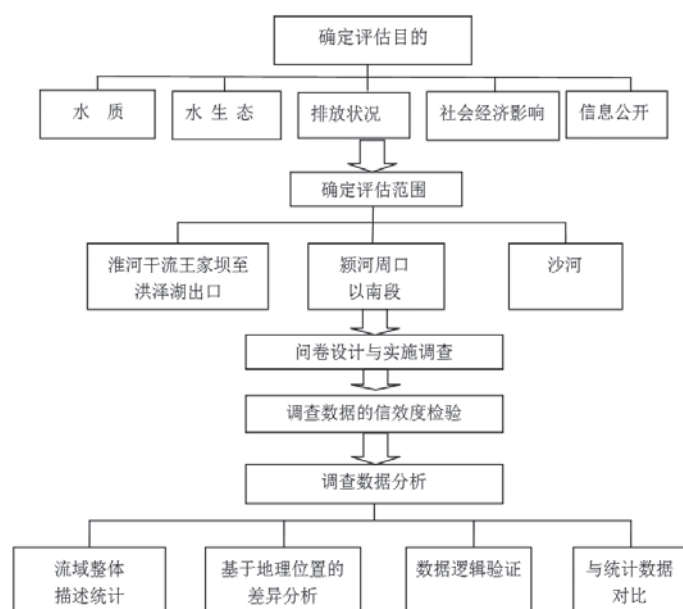


图4 基于问卷调查的水污染防治政策效果评估技术路线

表7 水体可饮用及可游泳比例

时间	沙河	颍河	淮河干流	洪泽湖
五年前	78.4%	7.4%	26.5%	40.7%
现在	75%	1.4%	36.1%	26.6%

表8 水质用途平均值

时间	沙河	颍河	淮河干流	洪泽湖
五年前	3.84	1.85	2.64	3.72
现在	3.91	1.91	2.79	3.16

表9 水质分项结论

评估内容	沙河	颍河	淮河干流	洪泽湖
水质满意率	3.75	2.56	2.66	3.06
水质用途	3.91	1.91	2.79	2.96
认为水质清澈的受访者比例	56.3%	21.0%	16.8%	42.9%
认为没有异味的受访者比例	95%	77.55%	91.5%	69.2%
认为河流没有受到污染的受访者比例	52.5%	4.0%	3.9%	28.9%

(4) 政策体系评估、政策效果评估和不同政策措施绩效分离评估相组合，分别选择适宜的关键技术，可用于流域、区域乃至全国水污染防治政策评估。^[CSTA]