

# 沙尘暴对呼吸及循环系统疾病日门诊量的影响

孟紫强\*, 张 剑, 耿 红, 卢 彬, 张全喜 (山西大学环境医学与毒理研究所, 山西 太原 030006)

**摘要:** 对沙尘天气频发区甘肃省武威市的 7 所大、中型医院在 2004、2005 年沙尘天气高发时段(3 月 1 日~5 月 31 日)的呼吸系统和循环系统每日门诊人数进行了调查, 采用半参数广义相加模型(GAM), 在排除了医院日门诊量的长期趋势、大气污染因素、气象因素、日历效应等因素之后, 分别对每年进行分析。结果表明, 沙尘暴和扬沙天气与呼吸、循环系统疾病日门诊人数的增加有联系, 且均表现为滞后效应, 其影响程度为沙尘暴大于扬沙天气, 沙尘暴和扬沙天气对健康的影响因不同年份而不同, 表明沙尘天气对健康的影响受多种因素的影响。沙尘暴对健康的影响有性别差异。

**关键词:** 沙尘暴; 扬沙天气; 呼吸系统疾病; 循环系统疾病; 日门诊人数; 时间序列分析; GAM 模型

中图分类号: X503.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-6923(2007)01-0116-05

**The influence of dust storms on daily respiratory and circulatory outpatient number.** MENG Zi-qiang\*, ZHANG Jian, GENG Hong, LU Bin, ZHANG Quan-xi (Institute of Environmental Medicine and Toxicology, Shanxi University, Taiyuan 030006, China). *China Environmental Science*, 2007,27(1): 116~120

**Abstract:** The each daily outpatient number of respiratory and circulatory systems in dust weather highly generated period (Month 1<sup>st</sup>~May 31<sup>st</sup>) in 2004, 2005 years in 7 large and middle type hospitals of Wuwei City of Gansu Province was investigated. Adopting semi-parametric generalized additive model (GAM), after removing long time trend of hospital daily outpatient service amount, factors of atmospheric pollution, meteorology and calendar effect, analysis was made in each year respectively. Dust storms and blowing sand weather were related with the increase of daily outpatient number of male and female respiratory and circulatory diseases, and all were delayed effects; its influence degree was dust storms greater than blowing sand weather. The influence of dust storms and blowing sand weather on health differed with different years, indicating that the influence of dust weather on health was influenced by many factors, the influence of dust storms on health differed with sex.

**Key words:** dust storms; blowing sand weather; respiratory diseases; circulatory diseases; daily outpatient number; time series analysis; GAM

扬沙天气和沙尘暴是指强风将地面大量尘沙吹起, 使空气混浊, 水平能见度分别为 1~10km 和<1km 的天气现象。沙尘暴可将细颗粒物长途传输数千米而进入人口密集的城市, 危害人体的健康<sup>[1]</sup>。文献报道<sup>[2~3]</sup>, 大气颗粒物与呼吸系统、心血管系统疾病门诊、入院人数的增加有关。但是, 就扬沙天气和沙尘暴对人群健康影响的流行病学研究的报道甚少, 仅有少数文献报道沙尘天气发生后呼吸系统与心血管系统疾病入院人数、死亡率上升<sup>[4~5]</sup>。因此, 作者对 2004, 2005 年我国西北沙尘天气频发区的甘肃省武威市沙尘天气与 7 所大、中型医院居民呼吸系统、循环系统疾病日门诊人数的关系进行了研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 地点及研究时段

武威市地处甘肃省河西走廊的东端, 海拔 1020~4874m, 年均气温 7.8℃, 降水量 60~610mm, 蒸发量 1400~3100mm, 沙尘天气频繁, 对于研究沙尘天气对人群健康的影响具有一定代表性。我国西北地区扬沙天气和沙尘暴主要出现在 3~5 月<sup>[6]</sup>, 本次研究选择每年 3~5 月作为研究时段。

收稿日期: 2006-04-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30230310); 山西省自然科学基金资助项目(20031092)

\* 责任作者, 教授, zqmeng@sxu.edu.cn

## 1.2 资料来源

2004、2005年3月1日~5月31日期间循环系统、呼吸系统疾病的门诊病例资料来自武威市人民医院等7所大、中型医院。循环系统和呼吸系统疾病的统计根据国际疾病分类标准(10版)<sup>[7]</sup>,并剔除因意外、手术等人为原因造成的呼吸系统和循环系统疾病。同时,研究期间逐日地面气象资料(气温、相对湿度、大气压等)来自武威市气象局,逐日大气污染资料( $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{PM}_{10}$ 等)来自武威市环境监测站。

## 1.3 统计方法

采用对数线性模型基础上的半参数广义相加模型(GAM)分析沙尘天气与循环及呼吸系统疾病日门诊人数的联系。居民每日门诊患病人数对居民总体来说是小概率事件,其统计学分布近似于泊松分布。本研究中采用时间序列数据的泊松回归模型,在排除了患病门诊的长期趋势、季节趋势、日历效应、气象因素、污染因素等混杂因素的基础上,将沙尘天气发生日作为因子变量引入模型,分别观察其对医院每日循环及呼吸系统疾病门诊人数的影响。

GAM模型为:

$$\log[E(Y_k)] = \alpha + \text{DOW} + \beta X_k + s(\text{time}) + s(Z_k)$$

式中:  $E(Y_k)$  为响应变量  $Y$  为在  $k$  日的住院人数预期值;  $\alpha$  为截距;  $\text{DOW}$  为反映日历效应的虚拟变量;  $\beta X_k$  为 GAM 模型中的参数部分, 分类变量  $X$ (虚拟变量)包括非沙尘天气、扬沙、沙尘暴;  $\beta$  为回归系数;  $s$  为非参数平滑样条函数;  $\text{time}$  为日期;  $Z_k$  为在  $k$  日的气象或污染因子变量。

采用平滑样条函数控制长期趋势、气象要素、大气污染等混杂因素的影响,用周日哑元变量控制短期波动的影响。根据 Akaike 信息标准(AIC)进行模型拟合及优度检验<sup>[8]</sup>。

## 2 结果

### 2.1 气象条件和大气污染物浓度资料分析

由 2004、2005 年 3 月 1 日~5 月 31 日武威市气象资料和大气污染物浓度的频数分布可知, 大气污染物中  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{NO}_2$  的日平均值均低于国家空气质量二级标准<sup>[9]</sup>。由表 1 可知, 与非沙尘天气相比, 风速在沙尘暴天气时显著增高( $P \leq 0.05$ ),  $\text{PM}_{10}$  在沙尘暴发生时显著增高( $P \leq 0.01$ ), 其他指标的差异均无统计学意义。

表 1 2004、2005 年 3~5 月武威市沙尘天气与非沙尘天气气象和大气污染物指标的比较

Table 1 Comparison of daily averages of environmental levels and meteorologic factors between dust events and non-dust events from March 1<sup>st</sup> to May 31<sup>st</sup> annually in 2004 and 2005 in Wuwei City

时间 (a)	天气状况	发生天数 (d)	大气压 (hPa)	气温 (℃)	相对湿度 (%)	风速 (m/s)	$\text{PM}_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$\text{SO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$\text{NO}_2$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	$\text{NO}_x$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
2004	非沙尘天气	79	845.7±4.9	12.1±6.5	34.5±13.7	5.8±3.0	108±59	33.0±19.8	12.8±4.8	18.8±6.8
	3月份非沙尘天气	29	847.8±3.6	4.7±3.9	34.8±12.1	9.6±3.1	137±66	43.7±17.8	23.3±19.4	20.7±7.0
	扬沙	11	844.3±4.6	12.2±8.0	31.3±13.5	12.4±5.3*	205±41**	47.5±20.5	11.5±4.6	16.6±7.2
2005	3月份沙尘暴	2	846.2±1.9	5.4±5.7	28.0±1.4	13.6±6.1*	285±49**	50.6±14.7	15.9±0.1	22.1±2.5
	非沙尘天气	82	851.2±14.0	10.6±7.3	41.0±14.1	8.5±6.7	68±41	34.8±26.7	12.3±4.0	21.0±5.6
	扬沙	7	842.3±5.9	14.5±4.2	39.0±7.4	8.5±4.0	251±45**	55.4±28.3	9.8±5.1	16.7±6.3
	沙尘暴	3	850.2±22.9	10.8±7.5	38.2±6.5	18.1±4.3*	368±163**	36.7±3.7	8.0±1.5	14.9±3.8

注: 各指标为 24h 平均值; 运用单因素方差分析, 与非沙尘天气(对照)相比, \* $P \leq 0.05$ , \*\* $P \leq 0.01$ , 其中由于 2004 年沙尘暴均发生在 3 月份, 故该年沙尘暴天气气象和大气污染物参数仅与同年 3 月份非沙尘天气相比; 数据表示方式为平均值±标准差

## 2.2 门诊人数描述

表 2 为研究期间武威市 7 所大、中型医院循环及呼吸系统疾病每日门诊人数的基本情况。呼吸系统疾病主要包括上呼吸道感染(68%), 鼻、

喉、扁桃体、声带等疾病(11.5%), 肺炎(8.8%), 气管炎(8.7%); 循环系统疾病主要包括高血压及有关疾病(26.7%), 心律失常、心内膜炎、心包炎等(19.9%), 冠心病、冠状动脉缺血、心绞痛、心肌

梗塞等(19.5%),脑血栓、动脉硬化等(11.2%),心肌病、风湿性心脏病等(10.1%)。

表 2 2004、2005 年 3~5 月武威市大、中型医院循环系统与呼吸系统疾病门诊人数的频数分布

Table 2 Description of daily respiratory hospitalization from March 1<sup>st</sup> to May 31<sup>st</sup> annually in 2004 and 2005, Wuwei City

疾病分类	年份	性别	平均值	标准差	最小值	25%位数	中位数	75%位数	最大值
循环系统	2004	男	14.63	6.34	1	11	15	19	27
		女	15.93	6.82	1	10	17	21	31
呼吸系统	2005	男	11.87	5.79	1	9	11	15	30
		女	16.32	7.68	1	11	15	21	40
呼吸系统	2004	男	78.35	27.09	26	53	83	95	140
		女	62.33	23.94	12	44	64	77	145
呼吸系统	2005	男	80.31	29.39	18	60	81	96	155
		女	68.51	23.52	21	51	72	86	140

### 2.3 GAM 分析

以非沙尘天气为参照,研究沙尘天气对门诊人数的影响.定义 RR 为沙尘天气下就诊危险度与非沙尘天气就诊危险度的比值.表 3 为 2004,

2005 年 3~5 月扬沙天气和沙尘暴滞后第 0 天(即当天,Lag0)到滞后第 6 天(Lag6)对所调查医院呼吸系统、循环系统疾病每日门诊人数影响的 GAM 模型分析结果.由表 3 可见,沙尘暴都对循环和呼吸系统疾病日门诊人数有影响,且均表现为滞后效应,但不同年份、不同性别所受影响的程度不同.对于呼吸系统疾病来说,2004 年男性门诊 RR 在扬沙天气滞后第 2 天及沙尘暴滞后第 2,3 天有统计学意义,而女性门诊 RR 在沙尘暴滞后第 1 天有统计学意义;2005 年男性门诊 RR 在沙尘暴滞后第 1,3 天有统计学意义,而女性门诊 RR 在扬沙天气滞后第 2 天及沙尘暴滞后第 1 天有统计学意义.

对于循环系统疾病来说,2004 年男性门诊 RR 在扬沙天气滞后第 4 天和沙尘暴滞后第 2,3 天有统计学意义,而女性门诊 RR 在沙尘暴滞后第 3 天有统计学意义;2005 年男性门诊 RR 在扬沙天气滞后第 2 天和沙尘暴滞后第 2,4 天有统计学意义,而女性门诊 RR 在扬沙天气滞后第 3 天及沙尘暴滞后第 4 天有统计学意义.

表 3 2004、2005 年 3~5 月沙尘天气对武威市大中型医院循环系统、呼吸系统疾病门诊人数影响的 GAM 分析结果

Table 3 Results of GAM modeling on the association of dust events with daily respiratory and circulatory outpatient number from March 1<sup>st</sup> to May 31<sup>st</sup> annually in Wuwei city (2004, 2005)

疾病分类	年份	沙尘天气	性别	RR						
				Lag0	Lag1	Lag2	Lag3	Lag4	Lag5	Lag6
呼吸系统	2004	扬沙	男	0.84(0.59~1.19)	0.95(0.64~1.40)	1.58(1.13~2.20)*1.01(0.80~1.27)	0.81(0.61~1.08)	1.08(0.83~1.40)	1.14(0.82~1.58)	
			女	1.01(0.69~1.48)	1.03(0.78~1.36)	1.06(0.84~1.34)	1.09(0.75~1.58)	1.07(0.80~1.42)	1.12(0.82~1.52)	1.04(0.74~1.47)
呼吸系统	2005	沙尘暴	男	1.22(0.67~2.21)	1.32(0.85~2.06)	1.55(1.01~2.38)*1.67(1.03~2.70)*1.11(0.67~1.85)	1.15(0.69~1.91)	1.25(0.80~1.95)		
			女	1.18(0.80~1.74)	1.97(1.08~3.58)*1.39(0.87~2.23)	1.61(0.90~2.87)	1.25(0.75~2.09)	1.35(0.85~2.15)	1.16(0.67~2.01)	
循环系统	2004	扬沙	男	0.86(0.59~1.25)	0.79(0.62~1.00)	0.92(0.67~1.27)	1.21(0.96~1.52)	0.84(0.59~1.19)	0.93(0.71~1.21)	1.19(0.81~1.74)
			女	1.31(0.94~1.82)	1.02(0.77~1.36)	1.49(1.01~2.19)*0.78(0.58~1.05)	1.00(0.70~1.44)	0.97(0.66~1.42)	0.86(0.63~1.18)	
循环系统	2005	沙尘暴	男	1.27(0.90~1.78)	1.43(1.05~1.94)*1.21(0.85~1.72)	1.48(1.02~2.15)*0.92(0.63~1.34)	0.75(0.49~1.15)	1.09(0.77~1.54)		
			女	1.01(0.70~1.47)	1.53(1.06~2.21)*1.12(0.70~1.79)	1.36(0.87~2.13)	1.20(0.77~1.86)	0.75(0.51~1.1)	1.00(0.64~1.56)	
循环系统	2004	扬沙	男	0.86(0.64~1.15)	0.85(0.67~1.07)	0.93(0.75~1.16)	1.04(0.78~1.40)	1.45(1.11~1.89)*1.25(0.97~1.61)	1.12(0.87~1.44)	
			女	0.94(0.56~1.58)	0.98(0.67~1.43)	0.93(0.64~1.35)	0.9(0.64~1.27)	1.03(0.73~1.46)	1.01(0.72~1.41)	0.99(0.71~1.39)
循环系统	2005	沙尘暴	男	1.02(0.73~1.42)	1.51(0.98~2.32)	1.54(1.07~2.21)*1.77(1.24~2.52)*1.10(0.80~1.51)	1.14(0.69~1.89)	1.24(0.89~1.72)		
			女	1.17(0.65~2.10)	1.28(0.71~2.30)	1.3(0.88~1.92)	1.63(1.02~2.61)*1.13(0.59~2.16)	1.06(0.52~2.15)	1.24(0.59~2.62)	

注: \* 为该日 RR 有统计学意义( $P \leq 0.05$ ); 括号内数据为 95%CI

### 3 讨论

扬沙天气和沙尘暴的主要特征是风速大,空气中不同粒径颗粒物急剧增加.文献报道,沙尘暴期间TSP可高达约 $6000\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,而且其中PM<sub>9.0</sub>占76.9%,PM<sub>2.1</sub>占16.1%,比正常天气均有大幅度增加<sup>[10]</sup>.一些重金属元素(如Pb,Se,Zn,Cd,Cu)和非金属元素(如As)以及有机污染物在空气中的浓度也远高于平时<sup>[11]</sup>.随着空气中PM<sub>10</sub>的浓度增加,居民呼吸和循环系统疾病的门诊率、入院率和死亡率增加;尤其是PM<sub>10</sub>短期内急剧增加的情况下对健康的危害更大,可引起暴露人群疾病的发病率或加重率及死亡率明显增加<sup>[1-5]</sup>.本研究中,武威市发生沙尘暴期间空气SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>浓度未见显著变化,甚至还有降低的趋势,而PM<sub>10</sub>浓度(24h均值)在非沙尘天气为 $68\sim108\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、扬沙天气为 $205\sim251\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、沙尘暴天气为 $285\sim368\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,表明扬沙天气和沙尘暴对居民呼吸及循环系统疾病日门诊RR的影响,可能主要与沙尘天气期间PM<sub>10</sub>在短期内急剧增高有关.沙尘暴对呼吸和循环系统疾病日门诊人数增加的影响比扬沙天气更为严重(表3),说明沙尘天气PM<sub>10</sub>浓度与这2种系统疾病的发生或加重存在一定程度的剂量-效应关系,提示对于以高浓度颗粒物为特征的沙尘天气的健康危害作用及防护应引起高度重视.

扬沙天气和沙尘暴对疾病日门诊人数增加的影响是一种滞后效应.滞后效应的发生可能是由于以下几个原因:沙尘天气结束后的若干天内,细颗粒物继续滞留在空气中,随着目标人群暴露天数的增加,体内颗粒物剂量累积增加,引发或加重呼吸及循环系统疾病的发生,使日门诊RR的增加在统计学上有意义.漂浮在空气中的细颗粒物可吸附有害气体、重金属元素、有机污染物及各种致病菌,随滞留在空气中时间的延长,吸附越来越多,使细颗粒物毒害作用增高,从而引起RR增加.人体受到吸入颗粒物的攻击之后,到出现病理生理变化及疾病出现,需要有一定过程,尤其是些低浓度非刺激性有毒化学物的慢性毒性作用

用,则需要在作用之后的一定时间才能出现病症.一些病原微生物(如流感病毒、肺炎球菌等)需要一定时间在人体内繁殖增长达到足够致病的数量后才能引发疾病,从而导致滞后效应的发生.另外,发生恶劣天气的当天,居民为了避开大风和沙尘的袭击而延迟去医院就诊和治疗时间,导致扬沙天气和沙尘暴当日的各个疾病门诊RR较低.居民经济收入状况也会影响医院就诊人数.此外,沙尘暴大多发生在下午或晚上<sup>[6]</sup>,这也是导致当日RR较低的原因之一.沙尘天气对疾病日门诊RR的影响存在年度差异.2004~2005年两年间,扬沙天气或沙尘暴事件引起的RR值的大小和滞后效应发生的滞后日不同,有的情况甚至差别很大,其原因可能是由于不同年份沙尘暴发生的季节或月份不同.3~5月是季节转折期,不同月份的气温、湿度、风速等气象因子和环境因子(如SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>等)差别很大.这些因素对沙尘暴的健康效应也会产生一定的影响.此外,扬沙天气和沙尘暴对居民健康的影响还受到当时当地生态条件、社会经济状况、文化心理素质及居民健康意识等多种因素的影响.

本结果表明,扬沙天气和沙尘暴对人群健康的影响不论在RR的大小上还是在滞后日期上都存在性别差异.文献报道,性激素分泌的不同对呼吸道炎症、平滑肌和血管功能的影响有潜在差异<sup>[2]</sup>.同时,性别之间的差异也可能与二者的劳动分工、避让沙尘的措施、生活习惯等许多因素有关,有待进一步研究.

扬沙天气和沙尘暴主要引发上呼吸道感染、肺炎及支气管炎.空气颗粒污染物的表面吸附了大量有毒气体、金属和有机物,可刺激呼吸道粘膜,诱发呼吸系统疾病,如支气管炎、哮喘等<sup>[12]</sup>.最近本实验室研究表明,沙尘暴和扬沙天气PM<sub>2.5</sub>的毒性虽然比污染城市的空气PM<sub>2.5</sub>偏低,但无统计学差异<sup>[13-14]</sup>.沙尘暴和扬沙天气PM<sub>2.5</sub>对肺泡巨噬细胞的损害可降低呼吸系统的免疫防御功能<sup>[15]</sup>,对空气中致病微生物的侵染抵抗力降低,使暴露居民易于发生上呼吸道感染、支

气管炎及肺炎等疾病,从而引起呼吸系统疾病日门诊 RR 增高.

在作者对扬沙天气和沙尘暴研究期间,多种循环系统疾病患者去医院诊治,虽然这些疾病与沙尘天气颗粒物之间的关系还有待进一步研究,但从目前大气颗粒物与心血管疾病之间关系的报道<sup>[3-5]</sup>中,也可以看出沙尘天气所引起的颗粒物浓度增高确实是心血管病发生和加重的重要因素.

由于所研究地区尚属经济欠发达地区,日就诊人数尚不足以把各种不同的疾病分别进行 GAM 分析.在此情况下,为了满足统计学分析对样本量的要求,本研究只能在呼吸系统疾病和循环系统疾病水平上进行分析.针对某一种疾病在扬沙天气和沙尘暴之后日门诊 RR 的变化情况,尚需进一步收集该病例数,进行 GAM 分析.

#### 4 结语

扬沙天气和沙尘暴的发生均与暴露居民循环系统和呼吸系统疾病每日门诊 RR 的增加有联系,且表现为滞后效应.沙尘暴的影响大于扬沙天气.扬沙天气和沙尘暴对人群健康的影响既有年份差异又有性别差异.沙尘暴可能与上述两大系统中多种疾病的发生和加重相关,对此有待进一步研究.

#### 参考文献:

- [1] 孟紫强,胡 敏,郭新彪,等.沙尘暴对人体健康影响的研究现状 [J].中国公共卫生,2003,19(4):471-472.
- [2] Isaac N L, Karen Y F, Kevin M G. Association of ambient air pollution with respiratory hospitalization in a government-designated "area of concern": the case of Windsor, Ontario [J]. Environmental Health Perspectives, 2005,113(3): 290-296.
- [3] Zanobetti A, Schwartz J, Dockery D W. Airborne particles are a risk factor for hospital admissions for heart and lung disease [J]. Environmental Health Perspectives, 2000,108(11):1071-1078.
- [4] Chen Y S, Sheen P C, Chen E R. Effects of Asian dust storm events on daily mortality in Taipei, Taiwan [J]. Environmental Research, 2004,95(2):151-155.
- [5] Kwon H J, Cho S H, Chun Y S. Effects of the Asian dust events on daily mortality in Seoul, Korea [J]. Environmental Research, 2002,90(1):1-5.
- [6] Wang S G, Wang J Y, Zhou Z J. Regional characteristics of three kinds of dust storm events in China [J]. Atmospheric Environment, 2005,39(3):509-520.
- [7] 卫生部卫生统计信息中心,北京协和医院世界卫生组织疾病分类合作中心.国际疾病分类(ICD-10)应用指导手册 [M]. 北京:中国协和医科大学出版社,2001.187-229.
- [8] Akaike H. Factor analysis and AIC [J]. Psychometric, 1987,52 (3):317-332.
- [9] GB 3095-1996,环境空气质量标准 [S].
- [10] 庄国顺,郭敬华,袁 蕙,等.2000年我国沙尘暴的组成、来源、粒径分布及其对全球环境的影响 [J]. 科学通报,2001,46(3): 191-196.
- [11] 张兴赢,庄国顺,陈建民,等.沙尘暴颗粒物表面的元素存在形态和组成 [J]. 科学通报,2004,49(24):2544-2550.
- [12] 孟紫强.环境毒理学 [M]. 北京:中国环境出版社,2000.372-377.
- [13] Geng H, Meng Z Q, Zhang Q X. Effects of blowing sand fine particles on plasma membrane permeability and fluidity, and intracellular calcium levels of rat alveolar macrophages [J]. Toxicology Letter, 2005,157(2):129-137.
- [14] 耿 红,孟紫强,张全喜.沙尘暴PM<sub>2.5</sub>水溶和有机成分对巨噬细胞的损伤 [J]. 中国环境科学,2006,26(1):20-24.
- [15] 耿 红,孟紫强,张全喜.沙尘暴细颗粒物对大鼠肺泡巨噬细胞钙水平和脂质过氧化的影响 [J]. 环境科学学报,2005,25(26): 845-850.

**作者简介:** 孟紫强(1939-),男,山西临汾人,教授,研究方向为环境医学与毒理学.发表论文 260 余篇.