

# Changes of PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> Concentration and Its Influencing Factors

Xiaojian Ji<sup>1</sup>, Ying Liu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hami Municipal Meteorological Bureau, Hami Xinjiang

<sup>2</sup>Hami Yizhou District Meteorological Bureau, Hami Xinjiang

Email: qiushi321400@163.com

Received: Dec. 25<sup>th</sup>, 2017; accepted: Jan. 8<sup>th</sup>, 2018; published: Jan. 15<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

According to the Hami climate stations 2015 environmental monitoring data and meteorological data of automatic station using M-K mutation detection, linear trend estimation, Pearson (Pearson) calculated the correlation coefficient and correlation between t test and other methods, and analyzed the concentration changes of PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> and its influencing factors. The results showed that the trend of PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> concentration in the middle of January was the most significant, reaching the significant test level of  $P < 0.001$ . From the seasonal changes, the peak concentration of PM<sub>2.5</sub> appeared in winter in January; the monthly average concentration was 105.1 ug/m<sup>3</sup>; the peak value of PM<sub>10</sub> concentration appeared in spring in April; and the monthly average concentration was 261.5 ug/m<sup>3</sup>. Its diurnal variation and high concentration appeared at about 14:00 noon. From the changing trend, the concentration of PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> is related to atmospheric visibility, precipitation and wind speed. The concentration of PM is in the opposite trend with the visibility and the amount of precipitation, which is consistent with the trend of wind speed and the correlation test of different degrees.

## Keywords

PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>, Concentration Change, Influence Factor, T Test

---

# PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>浓度变化规律分析及影响因子

纪晓建<sup>1</sup>, 刘颖<sup>2</sup>

<sup>1</sup>哈密市气象局, 新疆 哈密

<sup>2</sup>哈密伊州区气象局, 新疆 哈密

Email: qiushi321400@163.com

收稿日期: 2017年12月25日; 录用日期: 2018年1月8日; 发布日期: 2018年1月15日

## 摘要

本文根据哈密基准气候站2015年环境监测数据和自动站气象数据,采用M-K突变检测、线性倾向估计、皮尔逊(pearson)相关系数计算及相关性t检验等方法,分析了PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>的浓度变化规律及其影响因子。研究表明,PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>浓度1月中旬上升趋势最为显著,达到了P < 0.001显著性检验水平。从季节变化来看,PM<sub>2.5</sub>浓度峰值出现在冬季1月份,月均浓度值为105.1 ug/m<sup>3</sup>,PM<sub>10</sub>浓度峰值出现在春季4月份,月均浓度值为261.5 ug/m<sup>3</sup>。其日变化特征浓度高值则出现在正午14:00左右。从变化趋势可知,PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>浓度高低和大气能见度、降水量和风速有关。PM浓度高低和能见度好坏、降水量大小呈相反趋势,与风速大小趋势相一致并通过了不同程度的相关性检验。

## 关键词

PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>, 浓度变化, 影响因子, t检验

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着经济的高速发展,大气中的PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>颗粒物占总悬浮颗粒物的比率逐年增加。近几年来,人们对大气环境认知度不断提高,熟知PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>一些粒径细小的颗粒物不仅会污染大气导致能见度变低,而且严重威胁市民身体健康,影响城市经济活动和生活。大气颗粒物质量浓度是目前评价大气质量的主要依据之一。国内外已有很多关于PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>的研究[1][2][3]。刘大锰[4][5]等从气溶胶质量浓度的日变化以及一个季节里的变化特征出发,研究了北京市气溶胶中不同来源的大气颗粒物的污染水平,以及颗粒物的质量浓度与各种气象条件的对应关系;袁杨森[6]等对PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>质量浓度进行对比分析,得出大气颗粒物的空间分布和时间变化特征。然而,城市的空气质量好坏主要取决于两个因素:一是城市及其周边环境的能源结构、经济发展水平;二是城市所处的地理位置。前者决定了大气污染物的排放水平,后者决定了当地的天气气候特征,也就是决定了这个城市大气污染物的扩散稀释能力[7]。因此,本文根据哈密市2015年环境空气质量监测站的环境监测数据和本站自动站数据,分析PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>浓度的时间变化规律及其影响因子。

## 2. 资料来源与方法

### 2.1. 资料来源

资料来自哈密基准气候站环境监测站2015年PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>浓度的逐日监测数据和2015年自动站数据。

### 2.2. 研究方法

Mann-Kendall趋势检验法和线性倾向估计法。

## 3. 结果与讨论

### 3.1. PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>浓度变化趋势分析

由图1可知,PM<sub>2.5</sub>在1~4月、8~12月UFK统计量大于0,说明PM<sub>2.5</sub>浓度从1月份左右开始呈上升的趋

势, 其中1月中旬上升趋势最为显著, 达到了显著性检验水平( $P < 0.05$ ); UFK 和 UBK 的交点出现在大概1月中旬左右(交点在临界线之间), 因此1月中旬为突变点, 4~8月 UFK 统计量小于0, 说明  $PM_{2.5}$  浓度呈下降趋势。

由图2可知,  $PM_{10}$  在2~4月、5~11月 UFK 统计量大部分大于0, 说明  $PM_{10}$  浓度呈上升趋势。UFK 和 UBK 的交点出现大概也在1月份, 1月中旬为突变点, 其中5月中旬至10月中旬上升最为显著, 均达到了显著性检验水平( $P < 0.001$ )。12月开始下降。

### 3.2. $PM_{2.5}/PM_{10}$ 浓度季节变化特征

哈密市  $PM_{2.5}/PM_{10}$  浓度的季节变化趋势较一致(图3)。 $PM_{2.5}$  月均浓度高值主要集中在1~4月、10~12月, 而在5~9月份其浓度值较低。 $PM_{10}$  月均浓度高值主要集中在1~4月, 而在5~7月份其浓度值较低。2015年哈密市观测站点浓度的峰值  $PM_{2.5}$  出现在1月, 月均浓度值为  $105.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $PM_{10}$  出现在4月, 月均浓度值为  $261.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。哈密市  $PM_{2.5}/PM_{10}$  的超标主要发生在秋、冬季, 春、夏季发生的频率较少。这可能与哈密市观测点的地理位置和气象条件能源输送有关。由于观测点位于哈密市东郊, 距离城区较远, 冬季无法提供集中供暖, 再加上周围有许多居民区、在本站的采样点北面有一锅炉。一方面秋、冬季降雨量小, 大气混合层高度较低, 污染物扩散清除强度不如春、夏季; 另一方面, 哈密市主导风向为东风

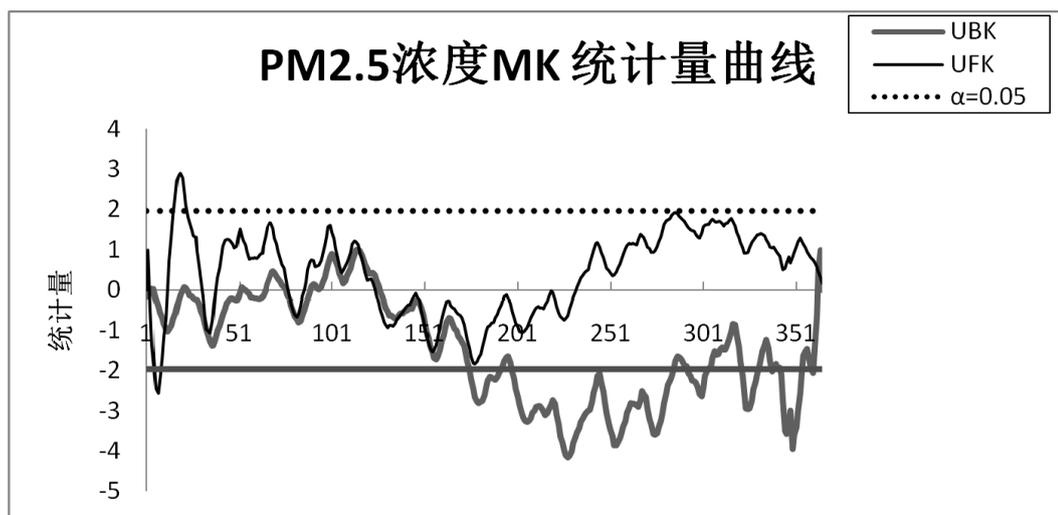


Figure 1.  $PM_{2.5}$  concentration MK statistics curve

图1.  $PM_{2.5}$  浓度 MK 统计量曲线

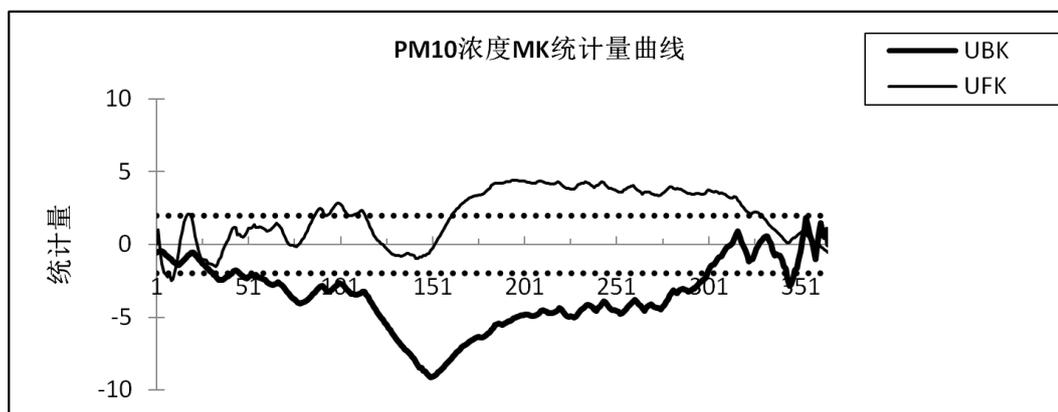


Figure 2.  $PM_{10}$  concentration statistics curve

图2.  $PM_{10}$  浓度统计量曲线

和东北风, 来自上风向的污染物输入可能是导致秋、冬季  $PM_{2.5}$  浓度总体很高的重要原因。

### 3.3. $PM_{2.5}/PM_{10}$ 浓度日变化特征

$PM_{2.5}/PM_{10}$  浓度的日变化情况较为一致(图 4)。从图中可看出  $PM_{2.5}/PM_{10}$  浓度值日均变化呈现双谷形态, 分别出现在 7:00~10:00 和 21:00~0:00 之间, 浓度高值则出现在正午 14:00 左右。上述日变化特征, 很可能与站点周围环境和本地源排放关系密切。一方面, 由于采样点位于郊区, 周围的树木、植物较多, 空气较清新, 造成浓度值偏低; 白天由于居民区生火, 再加上采样点的南面有一条公路, 汽车尾气的排放, 使浓度值 14:00 左右达到峰值, 之后随大气混合层高度抬升, 气流与高层清洁空气交换加剧, 有利于污染物扩散, 使浓度值不断下降。在其他时间段, 没有显著的机动车排放, 大气细粒子浓度仅受稳定的本地源排放和区域输送影响, 因此浓度相对较低且比较稳定。

### 3.4. $PM_{2.5}/PM_{10}$ 浓度的影响因子

利用线性倾向估计的方法分析  $PM_{2.5}/PM_{10}$  浓度的影响因子。

由图 5 可知, 能见度好坏与  $PM$  值浓度的高低存在着一定的关系。大气能见度好对应  $PM$  值浓度值

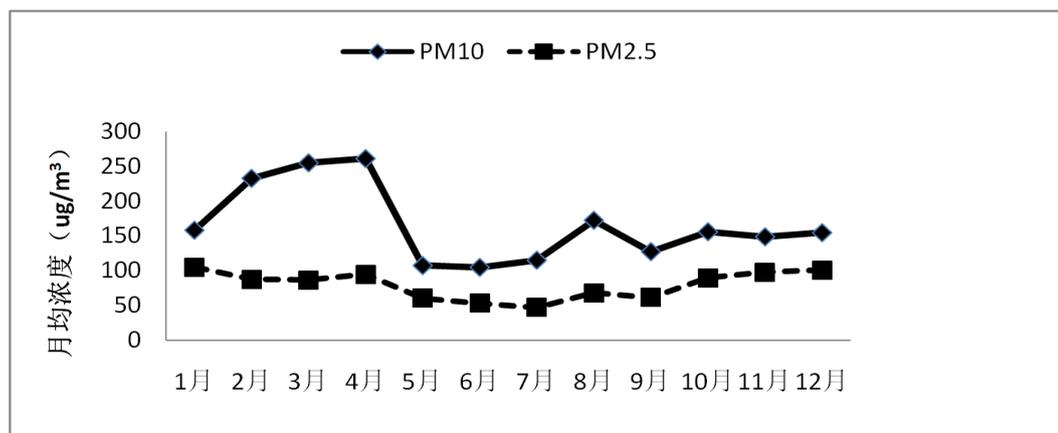


Figure 3. Seasonal variations in  $PM_{2.5}/PM_{10}$  concentration

图 3.  $PM_{2.5}/PM_{10}$  浓度的季节变化

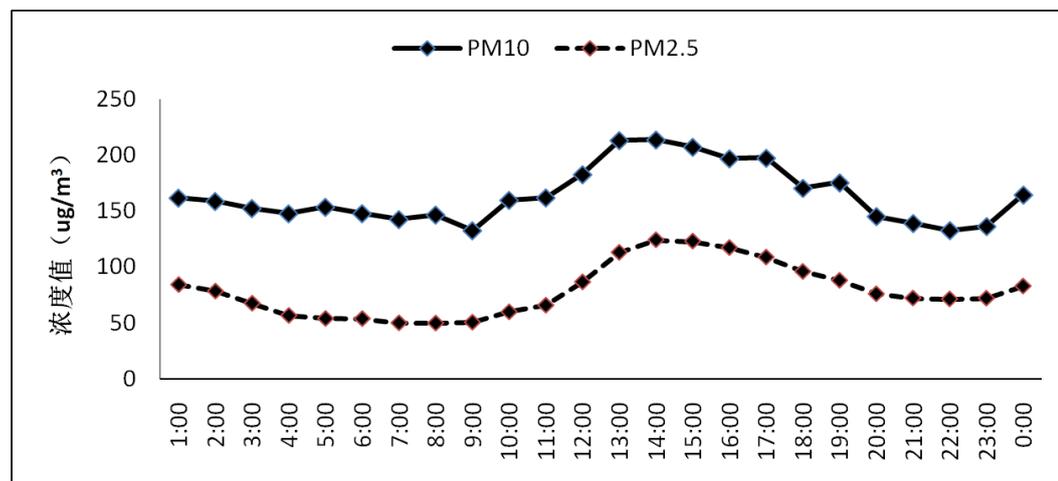


Figure 4. The characteristics of  $PM_{2.5}/PM_{10}$  daily concentration change

图 4.  $PM_{2.5}/PM_{10}$  浓度日变化特征

小, 其变化趋势是相反的。冬季 PM 值浓度普遍较大, 而能见度值则较低。夏季 PM 值浓度相对较小, 而能见度普遍较好。

由图 6 可知, 降水量也是影响 PM 值浓度的一个重要的因子。降水量大, PM 浓度值小。这是因为粘滞作用, 空气中的颗粒物将随着降水一起带到地面, 对空气质量有保洁作用。随着雨量增大, 空气中的颗粒物逐渐被清除, 使得大气中 PM 浓度整体降低。

由图 7 可知, 风速也是影响 PM 值浓度的另一个重要因子。风速的大小对 PM 浓度呈现正趋势。风

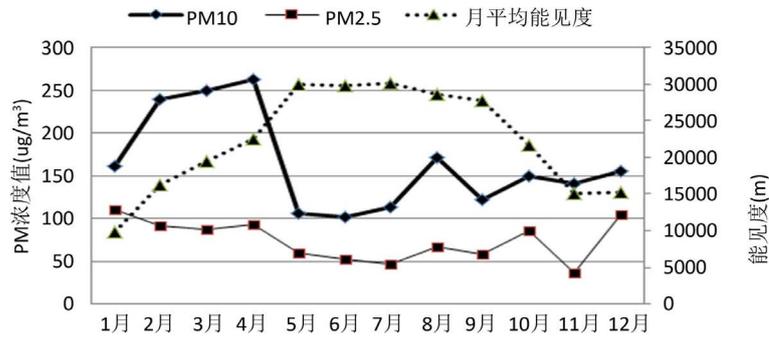


Figure 5. Effect of visibility on PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>

图 5. 能见度对 PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> 的影响

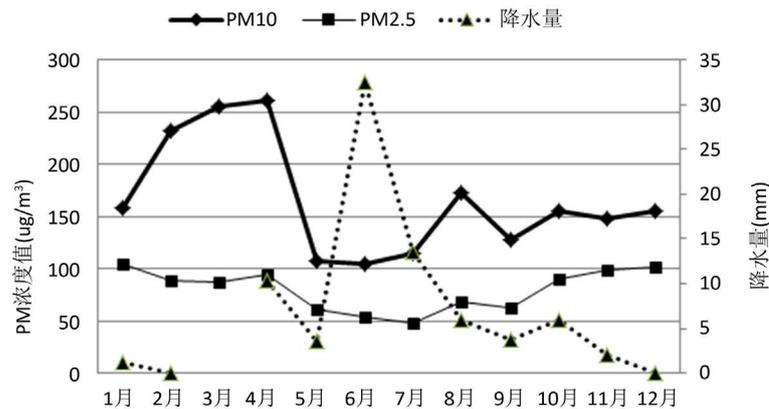


Figure 6. Effect of precipitation on PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>

图 6. 降水对 PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> 的影响

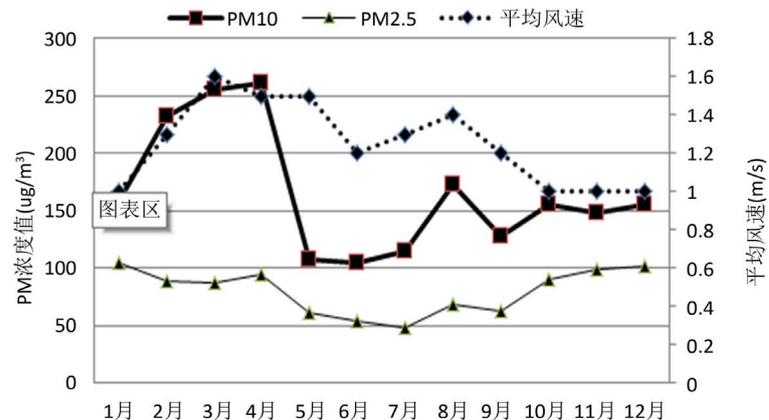


Figure 7. The influence of average wind speed on PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>

图 7. 平均风速对 PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> 的影响

**Table 1.** Meteorological factors affecting the PM value  
**表 1.** 影响 PM 值的气象因子

		PM <sub>10</sub>		
		能见度	降水量	风速
r		-0.4301	-0.3576	0.3858
t		-1.5065**	-1.2109*	1.3223*
		PM <sub>2.5</sub>		
		能见度	降水量	风速
r		-0.6168	-0.5845	0.4891
t		2.4781***	-2.278***	1.7733**

速大 PM<sub>10</sub> 浓度大, 这和本站的年最多风向有关, 本站最多方向为 NE、ENE。而本站的 N 方向有一烟囱, 周围有居民区, 这也许是造成浓度偏大的主要原因。

### 3.5. PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> 影响因素的相关性分析

皮尔逊(Pearson)相关系数是描述两个随机变量线性相关的统计量, 用  $r$  来表示。设有两个变量  $x_1, x_2, \dots, x_n$  和  $y_1, y_2, \dots, y_n$  相关计算公式为:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

式中  $r$  为相关系数,  $x_i$  为 PM<sub>10</sub> 或 PM<sub>2.5</sub> 资料,  $y_i$  为影响因子资料。利用公式(1)分别计算 2015 年 1~12 月 PM 值与能见度、降水量及风速的相关系数如下表所示。

计算统计量

$$t = \sqrt{n-2} \frac{r}{\sqrt{1-r^2}} \quad (2)$$

由表 1 可以看出, 根据 2015 年 1~12 月份的 PM 值和相应自动站的能见度、降水量及风速资料, 对其进行了相关性分析。结果表明: 能见度和降水量与 PM<sub>2.5</sub> 浓度的相关性最好, 通过了  $\alpha = 0.025$  的显著性检验, 2 分钟平均风速与 PM<sub>2.5</sub> 浓度和能见度与 PM<sub>10</sub> 浓度的相关性较好, 通过了  $\alpha = 0.10$  的显著性检验; 降水量和 2 分钟平均风速与 PM<sub>10</sub> 浓度的相关性较弱, 通过了  $\alpha = 0.15$  显著性检验。

## 4. 结论

本文采用哈密大气成分环境空气监测站点 2015 年的环境监测数据和自动站数据, 利用 Mann-Kendall 趋势检验、线性倾向及相关性分析、检验等方法分析 PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> 浓度的时间变化趋势及其影响因子。研究表明: PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> 浓度 1 月中旬上升趋势最为显著。从季节变化来看, PM<sub>2.5</sub> 浓度峰值出现在冬季, PM<sub>10</sub> 浓度峰值出现在春季。其日变化特征浓度高值出现在正午 14:00 左右。这与人类的活动和机动车辆的排放有一定的关系。能见度好坏和降水量的多少与 PM 浓度高低呈相反趋势, 这是因为降水量对大气颗粒物有清除作用。风速的大小与 PM 浓度高低趋势相一致。这可能与当地污染源的排放和本站的最多风向有关。研究结果显示, 这些影响因子都通过了不同程度的相关性检验, 具有一定的代表性。因此, 为了

保障人们身体健康和生活质量, 就要尽量减少各种污染源的排放, 尽量不要在人类活动的上风方向设置工业区, 生活上尽量使用无烟燃料, 减少机动车尾气排放, 保护环境资源。

### 参考文献 (References)

- [1] Pillai, P.S., Babu, S. and Moorthy, S.K.K. (2002) A Study of PM, PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> Concentration at a Tropical Coastal Station. *Atmospheric Research*, **61**, 149-167. [https://doi.org/10.1016/S0169-8095\(01\)00136-3](https://doi.org/10.1016/S0169-8095(01)00136-3)
- [2] 谭吉华, 赵金平, 段菁春, 等. 广州秋季灰霾污染过程大气颗粒物有机酸的污染特征[J]. 环境科学, 2013, 34(5): 1982-1987.
- [3] 陈媛, 岑况, 等. 北京市区大气气溶胶 PM<sub>2.5</sub> 污染特征及颗粒物溯源追踪分析[J]. 现代地质, 2010, 24(2): 345-354.
- [4] 刘大锰, 黄杰, 高少鹏, 等. 北京市区春季交通源大气颗粒物的污染水平及其影响因素[J]. 地学前缘, 2006, 13(2): 228-233.
- [5] 刘大锰, 马永胜, 高少鹏, 等. 北京市区春季燃烧源大气颗粒物的污染水平和影响因素[J]. 现代地质, 2005, 19(4): 627-633.
- [6] 袁杨森, 刘大锰, 车瑞俊, 等. 北京市秋季大气颗粒物的污染特征研究[J]. 生态环境, 2007, 16(1): 18-25.
- [7] 刘宁微, 马雁军, 王扬锋, 等. 丹东市大气颗粒物质量浓度特征及其与能见度的关系[J]. 环境科学研究, 2010, 23(5): 642.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5711, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ccrl@hanspub.org](mailto:ccrl@hanspub.org)