

基于灰色聚类法的乌鲁木齐市空气质量状况研究

伊元荣<sup>1,2</sup>, 海米提·依米提<sup>2</sup>, 艾尼瓦尔·买买提<sup>2</sup>, 胡小韦<sup>2</sup>

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046)

摘 要: 采用灰色聚类分析方法, 对乌市 2000–2004 年和 2005 年 12 个月的大气污染物进行多因子污染等级评价。结果表明 2000–2004 年乌市大气质量状况变化总体较稳定并向清洁程度发展; 2005 年 12 个月的大气质量状况受采暖期和非采暖期的影响较大。

关键词: 灰色聚类; 大气环境评价; 聚类权; 聚类系数; 白化函数

中图分类号: X823 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2007)06-0139-03

The Atmospheric Quality Status Research Based on  
Gray Clustering Method in Urumqi

YI Yuan-rong<sup>1,2</sup>, HAI Miti·yimiti<sup>2</sup>, A Iniwaner·maimaiti<sup>2</sup>, HU Xiao-wei<sup>2</sup>

(1. Resource and Environmental College of Xinjiang University, Urumqi 830046, China;  
2. Key Laboratory of Oasis Ecology and Sustainable Development, Urumqi 830046, China)

Abstract: Using gray clustering analysis to analyze several factors rank evaluation from 2000 to 2004 and twelve months of 2005 atmospheric pollution in Urumqi. The result shows that the Urumqi atmospheric quality is comparatively changing collectivity stabilization and the trend is cleanness. The heating and unheating obviously affect the Urumqi atmospheric quality in twelve month of 2005.

Key words: gray clustering; atmospheric environmental evaluation; clustering weight; clustering coefficient; whitenizationfunction

1 引 言

乌鲁木齐市是新疆维吾尔自治区首府,也是全疆政治、经济、科技文化的中心和南北疆交通枢纽。随着经济建设的迅速发展,城市人口快速增长导致了乌鲁木齐市以燃用原煤为主的城市能源消费量呈现出上升趋势,从而加重了城市大气污染程度<sup>[1]</sup>。煤炭在乌鲁木齐市一次能源消费量构成中占 70% 以上,年消费原煤 780 万 t 左右,特别是冬季耗煤约占全年耗煤的 2/3,大量原煤非清洁燃烧,对冬季大气环境造成了严重污染。市区中心空气质量污染等级日数明显增加,并已被列入世界十大大气污染城市之一,进一步加大大气污染治理力度刻不容缓<sup>[2]</sup>。目前,我国进行大气污染监测评价的方法多数是采用大气质量指数法,此法又分为单项指数法和综合指数法。但是,应用单项指数法不能获得各种评价因子共同作用于大气质量的综合信息,而综合指数法使用起来比较繁琐,尤其当评价因子增多时,更增大了工作量。若采用灰色聚类分析方法,就可以考虑到多个因子的共同影响,即使信息不全,灰色因素较多,也可得出比较准确的结果<sup>[3]</sup>。利用灰色聚类法对乌鲁木齐市大气质量状况进行评价,为大气污染控制与治理提供科学依据。

2 评价方法及步骤

灰色聚类分析方法依据灰色系统理论,将随机变量作为一定区间内变化的灰色量,将随机过程作为一定范围、一定

区间变化的灰色过程。并将聚类对象对于不同聚类指标所拥有的白化数,按几个灰类进行归纳,得出关于各个灰类的聚类系数,然后按最大原则确定最大聚类系数所属的类别为该聚类对象应属的类别<sup>[4]</sup>。

2.1 评价因子的选择及评价步骤<sup>[5-7]</sup>

运用灰色聚类分析方法对 2000–2004 年和 2005 年采暖期和非采暖期乌鲁木齐市大气质量进行综合评价,以大气中的总悬浮微粒(TSP)、二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、氮氧化物(NO<sub>x</sub>)和可吸入颗粒物(PM<sub>10</sub>)(2005 年)作为监测项目,其值均为平均值,单位为 mg/m<sup>3</sup>。下面以 2000–2004 年的采样数据为例进行灰色聚类分析。

2.1.1 确定聚类样本、指标以及灰类的划分

聚类的样本是 2000–2004 年的监测数据  $k=1, 2, 3, 4, 5$ ; 聚类指标为 3 种污染物,数据见表 1: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, TSP,  $i=1, 2, 3$ 。参照国家大气环境质量标准确定了 5 个大气环境质量级别,见表 2; 5 个级别就是 5 个灰类  $j=1, 2, 3, 4, 5$ 。

表 1 2000–2004 年大气环境质量监测数据 mg/m<sup>3</sup>

污染物	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年
二氧化硫	0.136	0.091	0.103	0.096	0.110
氮氧化物	0.079	0.055	0.058	0.054	0.059
TSP	0.499	0.462	0.167	0.129	0.125

\*收稿日期: 2007-02-25

基金项目: 国家重点基础研究资助项目(G1999043508)资助

作者简介: 伊元荣(1974–),女,锡伯族,新疆伊犁人,讲师,在读硕士,主要从事干旱区水资源与环境研究。

通信作者: 海米提·依米提,男,维吾尔族,新疆喀什人,教授,博士生导师,主要从事干旱区资源与环境、水文学、绿洲演变研究。

表 2 大气环境质量标准					mg/m <sup>3</sup>
污染物	灰类				
	一级 (清洁)	二级 (轻污染)	三级 (污染)	四级 (中污染)	五级 (重污染)
二氧化硫	0.05	0.15	0.25	0.5	0.75
氮氧化物	0.05	0.1	0.15	0.3	0.45
TSP	0.15	0.3	0.5	1	1.5

2.1.2 聚类白化数的无量纲化处理

为了对各样本指标进行综合分析和使聚类结果具有可比性,在灰色聚类过程中需要对白化数和灰类进行无量纲化处理。用下式进行污染物浓度值的无量纲化处理

$$d_{ki} = \frac{c_{ki}}{c_{oi}}$$

式中:  $C_{ki}$ ——原始白化数;  $C_{oi}$ ——取表 2 中的灰类 3 的各污染物的浓度值。处理后的白化值见下表 3。

表 3 聚类白化数的无量纲化处理					
污 染 物	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年
二氧化硫	0.544	0.364	0.411	0.384	0.441
氮氧化物	0.526	0.366	0.387	0.360	0.393
TSP	0.998	0.924	0.334	0.258	0.250

2.1.3 大气环境质量灰类无量纲化处理

用  $v_{ij} = \frac{S_{ij}}{c_a}$  ( $C_{oi}$ 取值同上;  $S_{ij}$ ——第  $i$  个污染因子第  $j$  个灰类的灰数)对表 2 中污染物的 5 个灰类无量纲化处理。 $v_{ij}$  计算结果列于表 4。

污 染 物	灰类				
	一级 (清洁)	二级 (轻污染)	三级 (污染)	四级 (中污染)	五级 (重污染)
二氧化硫	0.2	0.6	1	2	3
氮氧化物	0.333	0.666	1	2	3
TSP	0.3	0.6	1	2	3

2.1.4 确定白化函数

大气环境质量的 5 个等级用 5 个灰类来描述。每一个等级都有一个浓度范围的界限,这个界限是一个灰数。灰数是一个区间范围,不是一个确切的值。在这个确定范围内的任何一个白化值,其白化系数(即亲疏程度)均为 1;而在此确定范围外的值,对某级标准,则是一个亲疏程度。第  $i$  个污染因子的灰类 1 的白化函数为:

$$f_{i1}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq x_m \\ \frac{x_h - x}{x_h - x_m} & x_m < x < x_h \\ 0 & x \geq x_h \end{cases}$$

第  $i$  个污染因子的灰类( $h-1$ )的白化函数为:

$$f_{i(h-1)}(x) = \begin{cases} 0 & x \geq x_0 \\ \frac{x - x_0}{x_m - x_0} & x_0 < x < x_m \\ \frac{x_h - x}{x_h - x_m} & x_m < x < x_h \\ 1 & x = x_m \\ 0 & x \geq x_h \end{cases}$$

第  $i$  个污染因子的灰类  $h$  的白化函数为:

$$f_{ih(x)} = \begin{cases} 1 & x \geq x_m \\ \frac{x - x_0}{x_m - x_0} & x_0 < x < x_m \\ 0 & x \leq x_0 \end{cases}$$

采用 Matlab 6.1 编程确定白化函数,由于篇幅的限制,白化函数计算过程没有给出。

2.1.4 计算聚类权

聚类权是衡量各个污染因子对同一灰类的权重。3 种污染物分别对 5 个灰类权值  $\omega_{ij}$  ( $i=1, 2, 3; j=1, 2, 3, 4, 5$ ) 用

下式计算:  $\omega_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^3 r_{ij}}$ , 3 种污染物对 5 个灰类的权值计算结果列于表 5。

污 染 物	各灰类的权值				
	灰类 1	灰类 2	灰类 3	灰类 4	灰类 5
二氧化硫	0.029	0.088	0.147	0.294	0.441
氮氧化物	0.047	0.095	0.142	0.285	0.428
TSP	0.043	0.087	0.145	0.289	0.434

2.1.5 计算聚类系数

聚类系数反映了聚类数据对灰类的亲疏程度。若有  $m$  个数据,第  $k$  个数据对  $j$  个灰类的聚类系数用  $\varepsilon_{kj}$  表示。其计算式如下:  $\varepsilon_{kj} = \sum_{i=1}^n f_{ij}(d_{ki})w_{ij}$ , 式中:  $\varepsilon_{kj}$ ——第  $k$  个数据关于第  $j$  个灰类的白化系数;  $f_{ij}(d_{ki})$ ——第  $i$  个污染因子的第  $j$  个灰类的权值。计算结果列于表 6。

年份	灰类及聚类系数					评价级别
	一级	二级	三级	四级	五级	
	(清洁)	(轻污染)	(污染)	(中污染)	(重污染)	
2000	0.024	0.131	0.144	0	0	三级
2001	0.060	0.062	0.117	0	0	三级
2002	0.092	0.062	0	0	0	一级
2003	0.103	0.048	0	0	0	一级
2004	0.094	0.070	0	0	0	一级

由表 6 可知, 2000-2004 年乌市大气质量状况在 2000 年和 2001 年处于三级污染程度, 2002-2004 年处于一级即清洁水平, 说明乌市的大气质量状况在各个部门的加强管理和治理的基础上正向好的方向发展。

2.2 2005 年 12 个月的大气质量评价

为了能分析一年内大气质量变化状况, 以 2005 年的 12 个月为研究对象进行灰色聚类法的综合评价, 选择的主要污染物是大气中的二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、氮氧化物(NO<sub>x</sub>)和可吸入颗粒物(PM<sub>10</sub>)作为监测项目, 其值均为平均值, 单位为 mg/m<sup>3</sup>。方法步骤同上, 评价结果列于表 7。

由表 7 可知, 在采暖期(11 月、12 月、1 月、2 月、3 月)和非采暖期(4 月、5 月、6 月、7 月、8 月、9 月、10 月)乌市的大气质量状况有明显的变化, 在非采暖期间段都处于一级水平属于清洁范围, 而在采暖期期间都处于污染范围, 尤其是在 12 月、1 月和 2 月采暖高峰期污染程度达到三级污染水平。

表 7 2005 年 12 个月大气指标聚类系数及其所属类型

时间	灰类及聚类系数					评价级别
	一级	二级	三级	四级	五级	
	(清洁)	(轻污染)	(污染)	(中污染)	(重污染)	
1 月	0.012	0.110	0.193	0.070	0	三级
2 月	0.018	0.110	0.185	0.047	0	三级
3 月	0.055	0.139	0	0	0	二级
4 月	0.100	0.017	0	0	0	一级
5 月	0.106	0	0	0	0	一级
6 月	0.106	0	0	0	0	一级
7 月	0.106	0	0	0	0	一级
8 月	0.106	0	0	0	0	一级
9 月	0.106	0	0	0	0	一级
10 月	0.090	0.044	0	0	0	一级
11 月	0.055	0.134	0.033	0	0	二级
12 月	0.033	0.028	0.197	0.194	0	三级

3 结论与讨论

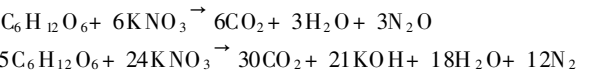
用灰色聚类分析大气环境质量评价时,是通过不同聚类对象的不同污染因子对不同类别的比较分析得出,由不同聚类对象与各个灰类的亲疏程度来决定类别的划分。因此其评价结果是定量的、多层次的、全面的。能准确地反映大气质量的优劣程度及其发展变化趋势。应用灰色聚类关联分析法对乌市大气环境质量进行综合评价表明,其评价结果具有时空上的广泛可比性,符合实际的级别。2000– 2004 年乌市的大气质量状况趋于稳定发展,在总体上大气质量向清洁的方向发展,通过对 2005 年 12 个月污染物的灰色聚类综

合评价得出在采暖期大气质量状况较差达到三级即污染水平,而在非采暖期处于清洁水平,这与实际情况较为符合。这说明一方面,乌市大气污染防治取得了一定的成效,使乌市大气污染没有朝更严重的方面发展;但另一方面,由于乌鲁木齐市地区的特殊地形,城市建设规模的扩大,各种大、中、小型汽车的增加,加上大气逆温、阴雾天气、城市热岛效应、人口急增及生产的发展使局地工业源成为大气污染的主要排放源,加之一些管理上的漏洞导致大气质量状况较差,因此应加强管理,提高空气质量。

参考文献:

[1] 吕爱华,高丽君.乌鲁木齐市大气污染治理存在的问题及应对措施[J].新疆环境保护,2002,24(4):14– 17.  
[2] 张杰,刘雪玲,任朝霞,等.乌鲁木齐市大气污染成因分析及防治对策[J].新疆环境保护,2000,22(2):65– 70.  
[3] 邢爱国,胡厚田,王仰让.大气环境质量评价的灰色聚类法[J].环境保护科学,1999(94):29– 31.  
[4] 兰文辉.灰色聚类法在大气环境评价中的应用及与其它方法的比较[J].干旱环境监测,1995,9(3):147– 150.  
[5] 何德文,蒋柱武,李金香.大气环境质量灰色聚类评价的研究[J].内蒙古环境保护,1998,10(3):30– 32.  
[6] 梁爱萍,侯棋棕,刘爱东.大气环境质量灰色聚类关联分析法的应用研究[J].工业环境与环保,2005,31(6):35– 37.  
[7] 李泳,丁晶,彭荔红,等.环境质量评价原理与方法[M].化学工业出版社,2004:118– 142.

(上接第 87 页)



硝化作用与反硝化作用中产生的少量 NO<sub>2</sub>,共同造成了地下水中的亚硝酸盐污染。研究区内地下水中 NO<sub>2</sub> – N 的检出率为 65.22%,超标率为 17.39%,平均含量 2.30 mg/L,是饮用水水质标准的 1.15 倍,污染非常严重。

5 结论及建议

本区地下水中总氮浓度在空间的分布特点:南部由丰满大坝及二松支流——温德河谷地向北部市区方向,地下水中总氮浓度逐渐升高。东西以贯穿整个城区的第二松花江为分界线,东部以牦牛河支流的河谷平原区为中心地带,地下水中总氮浓度由东向西逐渐降低;西部以九站工业区方向向孤店子井灌区所在地,总氮浓度逐渐降低。在年内,丰水期的总氮浓度高于枯水期;年际上,呈现出规则的上升与下降交替出现的趋势。

浓度差异必然使污染质产生运移。总氮在地下水中的分布,与工业区、人口聚居地、农田等易于产生含氮浓度较高水体的地区以及地下水位下降较为强烈地区的影响。总氮在包气带中垂直方向上的迁移,主要受到大气降水、灌溉水、农业施肥量、土壤渗透性及包气带厚度等因素的影响。

工业三废、农业化肥、生活污水、垃圾和已受到污染的地表水等为研究区地下水中总氮的来源。从这些污染的源头

进行控制,将工业污染进行处理后再排放,倡导农业合理施用化肥,杜绝过量灌溉<sup>[4]</sup>,将生活垃圾进行合理处置等,都是减少总氮来源的重要手段。

参考文献:

[1] 冯绍元,黄冠华.试论水环境中的氮污染行为[J].灌溉排水,1997,16(2):34– 36.  
[2] 吉林省吉林市城区水文地质勘察报告[R].1996.  
[3] 邱汉学,刘贵群,焦超颖.三氮循环与地下水污染:以辛店地区为例[J].青岛海洋大学学报,1997,10(27):533– 538.  
[4] 阮晓红,王超,朱亮.氮在饱和土壤层中迁移转化特征的研究[J].河海大学学报,1996,24(2):51– 55.  
[5] 赵俊玲,段光武,韩庆之,等.浅层地下水中的氮含量与地下水污染敏感性:以石家庄市为例[J].安全与环境工程,2004,12(11):32– 35.  
[6] 周波,王德成,谷丽.浅谈吉林市地下水资源的可持续利用[J].吉林水利,2002(2):28– 30.  
[7] 姜爱霞.水环境氮污染的机理和防治对策[J].中国人口·资源与环境,2000(10):75– 76.  
[8] 张翠云,郭秀红.氮同位素技术的应用:土壤有机氮作为地下水硝酸盐污染源的条件分析[J].地球化学,2005,9(34):533– 540.  
[9] 姬亚东,等.银川地区地下水氮污染原因及防治[J].地球科学与环境学报,2005,9(27):100– 103.