



推荐阅读:

[广西城市污水处理厂污泥产生及处置现状分析](#)

[平顶山市煤矿区土壤重金属污染程度评价](#)

[基于灰色关联分析法的宜昌市空气质量影响因素分析](#)

[废旧锂离子电池流向及管理现状调研](#)

[生物法处理气态污染物的研究现状与应用前景](#)

[环境敏感区农村生活污水处理工艺设计案例分析](#)

[氨法脱硫+低温 SCR 脱硝工艺在焦炉烟气净化中的应用](#)

[反渗透双膜工艺处理印染废水研究进展](#)

[重金属污染土壤修复技术研究进展](#)

[基于 SARIMA 模型的二氧化氮时间序列预测研究](#)

[碳基功能材料在土壤修复中的应用](#)

[虾蟹壳对水中刚果红吸附性能的研究](#)

[农村生活垃圾生物质热解和燃烧气相数值模拟](#)

[基于灰色 GM\(1, 1\)模型的成都市大气污染物浓度预测](#)

[江苏省非道路移动源大气污染排放清单研究](#)

[欧盟 15 国污水污泥产生量与处理处置方法对比](#)

[基于 Hydrus-1D 的粉煤灰堆场 Cr\(VI\) 在包气带中迁移规律的研究](#)

[工业废水活性炭深度处理的研究](#)



移动扫码阅读

王乐,田东方.基于灰色关联分析法的宜昌市空气质量影响因素分析[J].能源环境保护,2019,33(5):60-64.

Wang Le, Tian Dongfang. Analysis of factors affecting air quality in Yichang city based on grey correlation analysis [J]. Energy Environmental Protection, 2019, 33(5): 60-64.

基于灰色关联分析法的宜昌市空气质量影响因素分析

王 乐,田东方

(三峡大学 水利与环境学院,湖北 宜昌 443002)

摘要:基于宜昌市空气质量监测数据(2014-2017年),通过灰色关联分析法探讨了空气质量影响因素之间的敏感度。结果表明:在宜昌市空气质量的主要污染物(SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}、CO以及O₃)中,SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}的主要影响因素为森林覆盖率、年末总人口、工业烟粉尘排放量;CO与O₃的影响因素较为相似,主要为地区生产总值、入境旅游人数、工业生产总产值、建筑业生产总值以及人均公共绿地面积,但CO的主要影响因素还包括施工面积。

关键词:灰色关联分析法;空气质量;宜昌

中图分类号:X823

文献标志码:A

文章编号:1006-8759(2019)05-0060-05

Analysis of factors affecting air quality in Yichang city based on grey correlation analysis

Wang Le, Tian Dongfang

(College of hydraulic and environmental engineering, Yichang 443002, China)

Abstract: Based on the air quality data of Yichang City from 2014 to 2017, the sensitivity between various influencing factors affecting air quality was analyzed grey correlation analysis. The results show that among all the main pollutants of air quality in Yichang City (SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, CO and O₃), the influencing factors of SO₂, NO₂, PM₁₀ and PM_{2.5} are forest coverage, year-end total population and industrial smoke dust emissions. The influencing factors of CO and O₃ are similar, which are regional GDP, the number of inbound tourists, the gross industrial product, the gross value of construction industry and the per capita public green area. However, CO is also affected by the construction area.

Key words: Grey correlation analysis; Air quality; Yichang

0 引言

近年来宜昌市的雾霾天数量逐渐增加尤其是冬天,随着国家对环境的重视,宜昌市的大气污染治理已迫在眉睫。程亮等^[1]通过比对等方法发现冬季宜昌市城区影响空气质量的主要因素是细颗粒物。而武卫玲等^[2]通过对宜昌市大气红线研究,表明宜昌市红色敏感区主要在宜昌中心城区。上述都是从整体上研究宜昌市空气质量问题,而在具体分析影响宜昌市空气质量的方面较欠缺。

空气质量因与多种因素都有关系,而且不同

区域其影响因素也有所不同,因此难以统一。湛社霞等^[3]利用在珠三角、澳门、香港地区空气监测点的数据分析了2006-2016年粤港澳地区的空气污染物的时空变化,同时使用灰色关联度分析了珠江三角洲地区的经济因素对粤港澳地区空气污染物浓度的关系,指出工业、能源的消耗量、人口、机动车数量是影响珠江三角洲区域的主要因素,但由于在香港和澳门地区监测点太少,难以表明整体水平。李慧杰等^[4]分析了2013-2017年京津冀地区空气质量指数的影响因素,表明降雨、风速和气温与空气质量指数负相关,而相对湿度及气

压因地区而异,其使用空气质量指数为评价空气质量指标,没有更加细致的分析降雨、风速以及气温与 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 CO 、 O_3 等的关系。章异平等^[5]基于灰色关联度分析了洛阳市 2006–2009 年的空气影响因素,以 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 的浓度反映空气质量,以灰色关联度计算人口、能源消耗量等因素对 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 浓度的影响,使治理空气污染更加有针对性,但仅以 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 的浓度难以反映整体空气质量。高明等^[6]通过熵权法计算权重并与灰色关联分析相结合,分析了 2001–2012 年北京市空气质量影响因素,发现第二产业比例、工业二氧化硫排放量、平均气温、平均风速以及能源消耗量为影响北京市空气质量的主要因素,其以熵值法计算各影响因素的权重,再与关联度结合,使评价结果更准确。刘林瑶等^[7]基于 2014 年苏州市空气质量研究了空气质量评价指标,指出 PM_{10} 对空气质量污染损害指数最大, NO_2 次之, CO 及 SO_2 较小,主要分析了 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 CO 的浓度对 AQI 的影响,没有分析更为具体的各经济因素、能源、人口等因素对 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 CO 的影响。

本文基于 2014–2017 年宜昌市空气质量数据及宜昌市年鉴,选取了 11 项影响宜昌市空气质量的因子,以 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 CO 和 O_3 的浓度反映空气质量,通过灰色关联分析法分析了各影响因素与 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 、 CO 和 O_3 关联度,得出影响宜昌市空气质量的主要因素,为宜昌市空气污染治理提供一些借鉴意义。

1 灰色关联分析法

灰色关联分析法是我国邓聚龙教授提出的灰色系统分析理论的主要内容及方法之一^[8]。灰色关联分析法是一种定量的比较分析方法,其通过比较目标数列和参考数列的相似度来确定参考数列中的相关因素与目标因素的紧密性,以此反映其关联程度。灰色关联分析法的主要步骤具体如下:

(1) 参考序列矩阵及目标序列矩阵的确定

参考序列 X 包括各种影响目标序列的因素 $[X_1, X_2, X_3 \dots X_i]$, 这里选取经济因素、人口、能源、绿化等 11 个因素为参考序列如表 1。目标序列 Y 以上为例,其可以是安全系数,为 $[Y_1, Y_2, Y_3 \dots Y_i]$ 。 X 、 Y 也被分别称为子序列、母序列。矩阵表达式如下:

$$X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1(1) & x_1(2) & x_1(3) & \cdots & x_1(j) \\ x_2(1) & x_2(2) & x_2(3) & \cdots & x_2(j) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_i(1) & x_i(2) & x_i(3) & \cdots & x_i(j) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1(1) & y_1(2) & y_1(3) & \cdots & y_1(j) \\ y_2(1) & y_2(2) & y_2(3) & \cdots & y_2(j) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_i(1) & y_i(2) & y_i(3) & \cdots & y_i(j) \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中: $x_i(j)$ 表示第 i 个影响因子 X_i 的第 j 个值; $y_i(j)$ 表示第 i 个目标因子 Y_i 对应的第 j 个数值; i 表示考虑的因子个数; j 表示第 i 个因子对应的所取值个数。

(2) 数据矩阵的无纲量化

因数据纲量不同且数据差异性大,因而需要对数据进行无纲量化处理。常用的无纲量化处理方法有极差变化方法和均值变换处理;其计算方法分别为(3)、(4)。

$$x_i'(j) = \frac{x_i(j) - \min(x_i(j))}{\max(x_i(j)) - \min(x_i(j))} \quad (3)$$

$$x_i'(j) = \frac{x_i(j)}{\overline{x_i(j)}} \quad (4)$$

式(4)中, X_i 表示第 i 个影响因子的每个值; $\overline{x_i(j)}$ 表示第 i 个影响因子的所以值的平均值。

同理可以得到目标序列 Y 的无纲量化矩阵,如式(5)。

$$y_i'(j) = \frac{y_i(j) - \min(y_i(j))}{\max(y_i(j)) - \min(y_i(j))} \quad (5)$$

对无纲量化的矩阵进行进一步处理得到差异序列矩阵 Δ 。

$$\Delta = |x_i'(j) - y_i'(j)| \quad (6)$$

在差异序列矩阵 Δ 中取出其最大值 Δ_{\max} 及最小值 Δ_{\min} 。

$$\Delta_{\max} = \max \Delta \quad (7)$$

$$\Delta_{\min} = \min \Delta \quad (8)$$

(3) 关联系数矩阵及关联度的计算

关联系数矩阵 L 中各个数值为 l_{ij}

$$l_{ij} = \frac{\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}}{\Delta + \rho \Delta_{\max}} \quad (9)$$

式(8)中: ρ 为分辨系数,其值为 $\rho \in (0, 1)$, 一般取值 0.5。

关联度 r_i 为衡量指标序列相似程度的指标, r_i

$\in [0,1]$,且当关联度 r_i 越接近 1,则该子序列对母序列的影响越敏感;反之,关联度越接近 0,其对母序列的影响越不敏感。其计算可由下式得到,即:

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n l_{ij} \quad (10)$$

式(9)中: n 为计算关联度时所考虑的影响因素的数量。

(4) 敏感性评价及权重

对关联度 g_i 进行从大到小排序,即为影响因素的敏感性排序。同时通过权重值 a_i 可以衡量各影响因素对母序列的影响程度,对各影响因素进行归一化处理便可得到其权重大小,其表达式为:

$$a_i = \frac{r_i}{\sum_{i=1}^m r_i} \quad (11)$$

式中: m 表示影响因子的数目。

2 宜昌空气质量影响因素分析

2.1 序列及数据确定

鉴于以前的统计技术,选取反映空气质量的 6 项评价指标为母序列,另选取 11 项影响因素为子序列,具体见表 1。数据来源:目标序列数据,即 2014-2017 年宜昌市空气质量数据来自宜昌市生态环境局公布的《宜昌市环境质量状况公告》中的《空气质量月报》^[9];比较序列数据,即空气质量的影响因素数据来自湖北省统计局 2014-2017 年的《宜昌市统计年鉴》^[10]。

表 1 子序列及目标序列数据

	因素类型	2014	2015	2016	2017
目标(母)序列	SO ₂ (ug/m ³)	49.500	20.744	16.900	15.583
	NO ₂ (ug/m ³)	35.750	31.811	28.917	26.667
	PM ₁₀ (ug/m ³)	149.500	101.239	87.039	78.250
	PM _{2.5} (ug/m ³)	92.750	70.278	57.294	50.000
	CO(mg/m ³)	1.300	1.325	1.448	1.392
	O ₃ (ug/m ³)	57.333	92.143	106.667	117.083
	比较(子)序列	森林覆盖率 X ₁ (%)	65.7	65.7	65.04
年末总人口 X ₂ (万人)		400.4	398.18	394.31	392.26
地区生产总值 X ₃ (亿元)		3132.21	3384.8	3709.36	3857.17
入境旅游人数 X ₄ (万人次)		35.58	39	43	45.33
工业生产总产值 X ₅ (亿元)		1692.58	1807.11	1925.86	1874.32
建筑业生产总产值 X ₆ (亿元)		164.95	179.66	197.27	203.63
民用车辆拥有量 X ₇ (辆)		862817	783255	806438	888599
施工面积 X ₈ (万平方米)		1832.68	1940.96	1946.03	1843.64
人均公共绿地面积 X ₉ (平方米)		11.9	12	12.2	12.3
工业废气排放总量 X ₁₀ (亿立方米)		2602	4397	2463.15	2707.56
工业烟粉尘排放量 X ₁₁ (吨)		23993	30060	14960	1443

2.2 关联度计算及分析

本文采用极差变化方法对子序列进行无量

化处理,即式(3),差异序列矩阵 Δ 及关联系数矩阵 L ,计算结果如下:

$$\Delta = \begin{bmatrix} 0 & 0.848 & 0.039 & 0.182 \\ 0 & 0.575 & 0.213 & 0 \\ 1 & 0.196 & 0.757 & 1 \\ 1 & 0.199 & 0.722 & 1 \\ 1 & 0.339 & 0.961 & 0.779 \\ 1 & 0.228 & 0.797 & 1 \\ 0.245 & 0.152 & 0.181 & 1 \\ 1 & 0.803 & 0.961 & 0.097 \\ 1 & 0.098 & 0.711 & 1 \\ 0.928 & 0.848 & 0.039 & 0.126 \\ 0.212 & 0.848 & 0.434 & 0 \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \\ X_8 \\ X_9 \\ X_{10} \\ X_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.371 & 0.928 & 0.733 \\ 1 & 0.465 & 0.701 & 1 \\ 0.333 & 0.718 & 0.398 & 0.333 \\ 0.333 & 0.716 & 0.409 & 0.333 \\ 0.333 & 0.596 & 0.342 & 0.391 \\ 0.333 & 0.687 & 0.386 & 0.333 \\ 0.671 & 0.767 & 0.734 & 0.333 \\ 0.333 & 0.384 & 0.342 & 0.838 \\ 0.333 & 0.836 & 0.413 & 0.333 \\ 0.350 & 0.371 & 0.928 & 0.798 \\ 0.702 & 0.371 & 0.536 & 1 \end{bmatrix}$$

以上为二氧化硫的计算结果,其他 5 项连同

二氧化硫的敏感度如图 1。

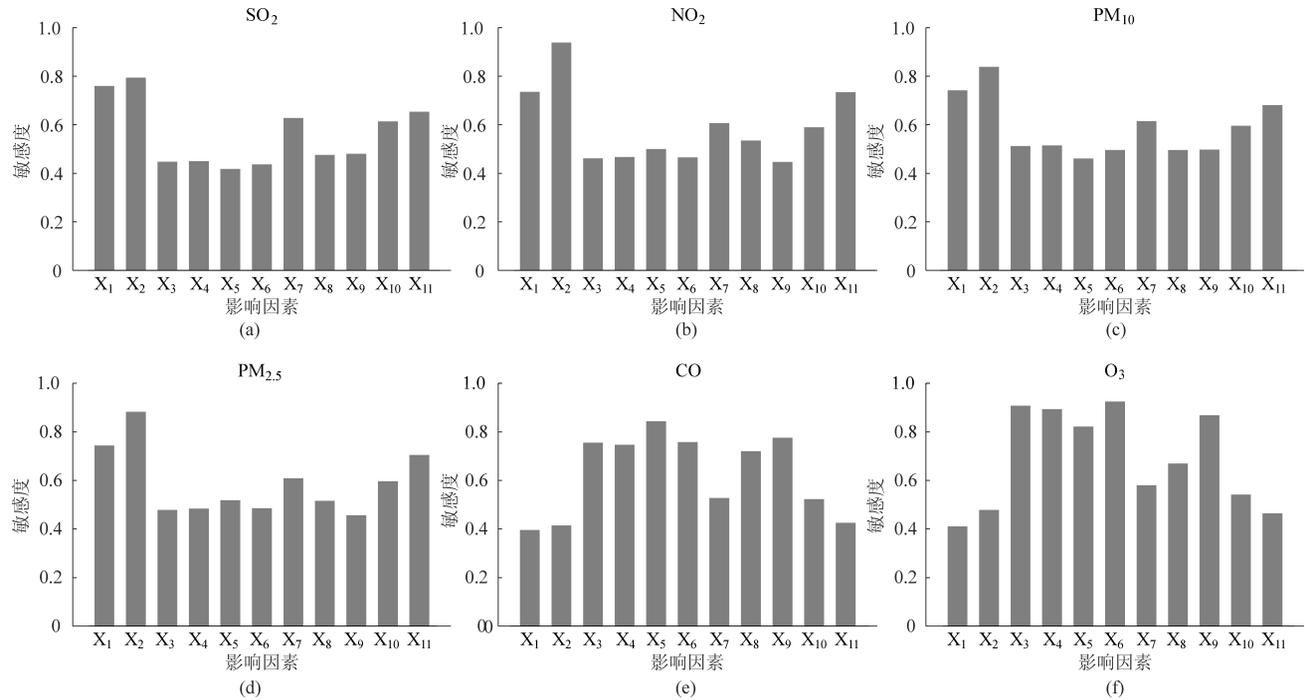


图 1 子序列对母序列的敏感性分析图

2.3 敏感度分析及评价

罗上华^[11]等通过实际调查,并在浦东新区生态环境的特征以及专家咨询的基础上提出关联度分级,如表 2。

表 2 关联度分级表

关联度	评价	代表含义
0-0.3	低等关联度	代表该指标所描述的子序列对母序列的影响很小。
0.3-0.6	中等关联度	代表该指标所描述的子序列对母序列的影响有一定偏差,处于中等水平。
0.6-0.8	较高关联度	代表该指标所描述的子序列对母序列的影响较大,处于较高的发展水平。
0.8-1	高关联度	代表该指标所描述的子序列对母序列的影响处于高的发展水平

通过 SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}、CO、O₃ 共 6 项与空气质量有直接关系的量,分析了选定的 11 项影响因素对空气质量的影响关系,通过关联度反映,即其对空气质量的敏感度。

图 1 为各个空气质量污染物与选取的影响因素的敏感度,由图 1(a)可得:对 SO₂ 影响较大的是 X₁、X₂,即森林覆盖率与年末总人口,其数值分别为 0.758、0.792,属于 (0.6-0.8) 之间,对 SO₂ 有较

高的影响,关联度较大。由图 1(b)可得:对 NO₂ 影响最大的是 X₂,值为 0.937,属于 (0.8-1) 之间,处于高关联度;其次是 X₁ 及 X₁₁,值分别为 0.734、0.732,相差无几,属于 (0.6-0.8) 之间,为较高关联度。由图 1(c)可得:对 PM₁₀ 影响最大的为 X₂,其值为 0.837,属于 (0.8-1) 之间,处于高关联度;其次为 X₁,其值为 0.740,属于 (0.6-0.8) 之间,为较高关联度;再次为 X₁₁,值为 0.679,属于 (0.6-0.8) 之间,亦处于较高关联度。由图 1(d)可得:对 PM_{2.5} 影响最大的为 X₂,其值为 0.881,属于 (0.8-1) 之间,处于高关联度;其次分别为 X₁、X₁₁,其值分别为 0.742、0.703,均属于 (0.6-0.8) 之间,为较高关联度。由图 1(e)可得:对 CO 影响最大的为 X₅,其值为 0.842,属于 (0.8-1) 之间,处于高关联度;其次分别为 X₉、X₆、X₃、X₄、X₈,其值均为 0.7 到 0.8,处于 (0.6-0.8) 之间,为较高关联度。由图 1(f)可得:对 O₃ 影响最大的分别为 X₆、X₃,其值分别为 0.923、0.906,均属于 (0.8-1) 之间,为高关联度;其次为 X₄、X₉、X₅ 均为 0.8 到 0.9,均处于 (0.8-1) 之间,亦均属于高关联度。

由式 (11) 算得各子序列影响因子对母序列的影响权重,见表 3。

表3 子序列对母序列影响权重

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
SO ₂	0.124	0.129	0.073	0.073	0.068	0.071	0.102	0.077	0.078	0.100	0.106
NO ₂	0.114	0.145	0.071	0.072	0.077	0.072	0.094	0.083	0.069	0.091	0.113
PM ₁₀	0.115	0.130	0.079	0.080	0.071	0.079	0.095	0.077	0.077	0.092	0.106
PM _{2.5}	0.115	0.136	0.074	0.075	0.080	0.075	0.094	0.080	0.070	0.092	0.109
CO	0.057	0.060	0.110	0.108	0.123	0.110	0.077	0.105	0.113	0.076	0.062
O ₃	0.054	0.063	0.120	0.118	0.109	0.122	0.077	0.089	0.115	0.072	0.061

综上所述,对于SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}这4项的主要影响因素为森林覆盖率、年末总人口和工业烟粉尘排放量;而对于CO和O₃的影响因素相似的是地区生产总值、入境旅游人数、工业生产总值、建筑业生产总值以及人均公共绿地面积,不同的是CO的主要影响因素还包括施工面积。

通过上述分析可以发现对于SO₂、NO₂影响较大的是森林覆盖率、年末总人口,其原因是根据2014-2017年的《宜昌市统计年鉴》^[10],宜昌市近几年在传统工业上并没有大力发展,而是加大了在互联网、旅游业上的投入。另一方面,宜昌市作为旅游城市,随着生活水平的提高,人们对精神上的追求日渐提高,因而旅游业得到很大的发展;而对于PM₁₀、PM_{2.5}影响较大的主要为森林覆盖率、年末总人口、工业烟粉尘排放量,其中工业烟粉尘为主要的影响因素;对于CO影响较大的则是工业的发展以及旅游业的发展;但对于O₃,在全球变暖的大趋势下,主要与人均公共绿地面积等因素有关。

3 总结

本文总结了2014-2017年宜昌市的各项空气质量指标,并通过灰色关联法分析了影响空气质量的各个因素之间的敏感度(即关联度)发现,于SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}而言主要影响因素为森林覆盖率、年末总人口和工业烟粉尘排放量;于CO与O₃而言其影响因素主要为地区生产总值、入境旅游人数、工业生产总值、建筑业生产总值以及人均公共绿地面积。不足之处在于本文对于影响宜昌

市空气质量的影响因素考虑不是很全面,也没有考虑各个影响因素之间的相互之间的联系,此外影响因素的选取也有重叠之处。

参考文献

- [1] 程亮,王峥,陈安,等.宜昌城区冬季大气污染的气象成因对比分析研究[J].环境科学与管理,2017,42(2):98-101.
- [2] 武卫玲,薛文博,雷宇.宜昌市大气环境红线研究[J].环境与可持续发展,2016,41(6):182-185.
- [3] 湛社霞,匡耀求,阮柱.基于灰色关联度的粤港澳大湾区空气质量影响因素分析[J].清华大学学报(自然科学版),2018,58(8):761-767.
- [4] 李慧杰,王秀兰,王计平,等.2013-2017年间京津冀地区空气质量及影响因素分析[J/OL].环境监测管理与技术:1-6 [2019-04-01].<https://doi.org/10.19501/j.cnki.1006-2009.20190313.012>.
- [5] 章异平,徐军亮,赵西平,等.基于灰色关联的洛阳市空气质量影响因素分析[J].河南科技大学学报(自然科学版),2012,33(1):100-104+10.
- [6] 高明,吴雪萍.基于熵权灰色关联法的北京空气质量影响因素分析[J].生态经济,2017,33(3):142-147.
- [7] 刘林瑶,牟子平,秦惠平,等.苏州市空气质量现状及其影响因素评析[J].苏州科技大学学报(自然科学版),2018,35(3):64-69+84.
- [8] 邓聚龙.灰色系统理论和方法[M].武汉:华中工学院出版社,1987.
- [9] 宜昌市生态环境局.宜昌市环境质量报告(2014-2017)[R/OL]<http://hbj.yichang.gov.cn/list-42588-1.html>
- [10] 湖北省统计局.宜昌市统计年鉴(2014-2017)[R/OL]http://www.stats-hb.gov.cn/info/iList.jsp?cat_id=10440
- [11] 罗上华,马蔚纯,王祥荣,等.城市环境保护规划与生态建设指标体系实证[J].生态学报,2003(1):45-55.