

基于灰色定权聚类的江苏省各市节能减排评价研究

徐沛勳, 姚天祥 (南京信息工程大学经济管理学院, 江苏南京 210044)

摘要 近年来, 随着环境和能耗问题的日益严重, 江苏省大力推进节能减排工作。通过采用灰色定权聚类评价分析模型, 并将节能减排情况进行量化, 对江苏省各个市 2010 年的节能减排成效进行评价。结果表明, 南京、常州、无锡、苏州、泰州、徐州、淮安的成效较好, 镇江、扬州、南通的成效较一般, 而宿迁、盐城、连云港的成效相对较差。结合各项指标数据, 对评价结果进行了具体分析, 并对各市的节能减排工作提出了相应的改进意见。

关键词 节能减排; 江苏省; 灰色定权聚类; 评价

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)05-01503-03

Research on the Assessment of Cities' Energy Conservation and Emission Reduction in Jiangsu Province Based on Grey Fixed Weight Cluster

XU Pei-ji et al (School of Economics and Management, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing, Jiangsu 210044)

Abstract In recent years, along with environmental and energy issues becoming increasingly serious, Jiangsu Province has vigorously promoted its energy conservation and emission reduction. By employing the analysis model of grey fixed weight cluster and quantifying the condition of energy conservation and emission reduction, this paper carries on the performance assessment of energy conservation and emission reduction of all the cities in Jiangsu Province in 2010. The result shows that notable achievements have been made by Nanjing, Changzhou, Wuxi, Suzhou, Taizhou, Xuzhou and Huaian, while Zhenjiang, Yangzhou and Nantong do a fairly good job, and at the bottom of the list are Suqian, Yancheng and Lianyungang. With the combination of each indicator, this paper also analyzes the causes of the results, and puts forward some relevant measures for the improvement of each city's energy conservation and emission reduction work.

Key words Energy conservation and emission reduction; Jiangsu Province; Grey fixed weight clustering; Appraisal

21 世纪以来, 我国经济不断发展, 2012 年的国内生产总值高达 519 322 亿元, 按可比价格计算, 比上年增长 7.8%。作为全国经济的一大支柱, 江苏省地区生产总值从 2000 年的 8 553.69 亿元增长到 2012 年的 54 058.2 亿元, 年均增长率为 16.69%, 其中, 2010 年、2011 年和 2012 年的 GDP 总量分别占同年全国的 10.32%、10.39% 和 10.41%。然而, 在发展经济的同时, 江苏省也面临了一系列的环境问题, 例如 2012 年镇江确认的饮用水污染问题, 2011 年的连云港新海发电有限公司的 SO₂ 排放浓度超标事件以及南京秦淮纸业有限公司的废水排放问题等。据《江苏省统计年鉴》显示, 2012 年全省的废水排放总量高达 58.84 亿 t, SO₂ 排放总量高达 99.2 万 t, 工业固体废物产生量高达 10 189.4 万 t。这些事件和数据表明, 江苏省环境问题迫在眉睫, 节能减排至关重要。为此, 基于国内外学者已有的研究成果, 该研究从全新的视角——江苏省各市节能减排评价入手, 对江苏省节能减排成效进行评价分析。另外, 该研究将采用灰色系统理论中的灰色定权聚类法进行评价研究, 这在一定程度上可以丰富有关节能减排评价研究的内容和方法。

1 节能减排研究概况

1.1 国外研究进展 目前, 国际上已有许多关于节能减排方面的研究成果。Worrell 研究了政府及其推行的相关政策在节能减排中的重要作用^[1]。Mohsen 采用面板单位根和面

板协整技术进一步证明了 11 个石油输出国的人均能源消费与人均国内生产总值之间存在的关系^[2]。除此之外, 还有一些学者专门对能源需求进行了预测。例如, Robert 在前人的基础上加入时间和工程技术等要素, 利用动态最优方法对能源需求进行了预测研究^[3]; Harun 等基于遗产算法能源消费模型(GAEDM)预测了土耳其未来 20 到 50 年内的能源消耗情况^[4]。

1.2 国内研究进展 我国学者对节能减排也有深刻的认识和广泛的研究, 他们主要是从影响因素、方法政策、评价、预测四个方面展开。影响因素方面, 一些学者对可能影响节能减排行为的因素进行了分析, 例如林伯强等在对 Kaya 恒等式进行优化的基础上, 加入城市化因素, 对现阶段影响我国碳排放的因素进行研究分析^[5]。方法政策方面, 有的学者提出了自己的节能减排建议, 而有的学者则对现有的政策进行了分析, 例如, 魏巍贤基于 CGE 模型分析研究了我国的能源环境政策, 并提出要逐步减少重工业、增加第三产业的建议^[6]; 曾凡银对我国节能减排政策进行了分析和归类, 对政策效果进行了研究, 并提出了改进建议^[7]; 林伯强等通过建立优化模型发现, 现阶段我国想通过改变能源结构来实现节能减排的发展空间不大, 应另想他法^[8], 另外, 林伯强等还专门对使我国在保证经济增长的情况下实现节能减排的策略进行了研究^[9]。评价方面, 很多学者从评价模型与指标体系的构建以及实证分析入手进行了研究, 例如, 郭英玲等突破全生命周期评价方法的难点, 将其运用到我国节能减排的评价分析中, 并对评价结果中发现问题提出改进方案^[10]。预测方面, 一些学者利用模型对不同方面的能源消耗进行了预测, 例如, 李国斌从煤炭、原油、电力等方面对我国 1992 ~ 1993 年的能源进行了预测^[11]; 刘思峰等通过构建能源生产和消费的灰色 GM(1, 1) 模型和能源消费结构的马尔可夫结

基金项目 国家自然科学基金(71171116, 71271226); 教育部人文社会科学青年基金(09YJC630129)。

作者简介 徐沛勳(1993 -), 男, 江苏常州人, 本科生, 专业: 灰色系统理论。* 通讯作者, 硕士生导师, 博士, 从事灰色系统理论研究。

收稿日期 2014-01-10

构转移模型,对江苏省能源消费总量和结构进行了模拟和预测。

1.3 综合研究进展 从上述研究状况中可以看出,国内外有关节能减排的研究正在不断完善和发展,例如在政策分析方面,学者们能够在早期的文字叙述基础上,加入模型分析的方法对政策进行分析评述;在节能减排预测方面,通过改进预测方法,学者们对能源的预测年限能够不断变大,这将在很大程度上帮助有关部门和企业从长远的角度出发制定有关节能减排的政策。不过,从上述文献中也可以看出,目前有关节能减排成效的评价还是很少的,尤其是具体到某一地区或某些城市的。

2 模型与指标体系的构建

2.1 模型的构建^[12] 有关江苏省各地区节能减排情况的评价指标较多,且指标量纲不一,而灰色定权聚类评估模型正是适用于指标的意义和量纲不同、且不同指标的样本值在数量上悬殊较大的情形,故笔者采用灰色定权聚类分析法,其具体步骤如下:①给出 j 指标 k 子类白化权函数 $f_j^k(\cdot)$ ($j=1,2,\dots,m; k=1,2,\dots,s$);②根据定性分析结论确定各指标的聚类权 η_j^k ($j=1,2,\dots,m$);③根据①和②得出的白化权函数 $f_j^k(\cdot)$ ($j=1,2,\dots,m; k=1,2,\dots,s$),聚类权 η_j^k ($j=1,2,\dots,m$),以及对象 i 关于 j 指标的样本值 x_{ij} ($j=1,2,\dots,m$),算出灰色定权聚类系数为 $\sigma_i^k = \sum_{j=1}^m f_j^k(x_{ij}) \cdot \eta_j^k$; $i=1,2,\dots,n; k=1,2,\dots,s$;④若 $\max_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = \sigma_i^{k^*}$,则称对象 i 属于灰类 k^* 。

2.2 指标体系的构建 在设计节能减排评价体系时遵循综合性、科学性和可操作性的原则,在评价体系的指标构成方面尽量做到少而精,并在突出重点的同时也要能反映实际情况。工业节能减排的情况主要从三大方面得到体现,即能源

消耗、污染物排放和污染治理。由于数据的可得性较弱,笔者分别选取了能源消耗和污染治理方面的相应指标,而将污染物排放剔除。从技术层面和分析结果来看,这样做不仅可行,且结果相似。

2.2.1 能源消耗方面。由于《江苏省统计年鉴》等数据资料中只公布了各个城市的工业用电量,各城市统计年鉴中的数据类型又参差不齐,故这里只采用该指标来反映能源消耗情况。电力是能源消耗中的三大能源之一,电力的消耗情况在一定程度上可以反映出能源的总体消耗量,所以,采用该指标是科学合理的,具有一定的代表性。

2.2.2 污染治理方面。污染治理包括废气、废水、固体废物治理三个方面,这里分别用工业 SO_2 去除总量、工业废水排放达标量、工业废水达标率、工业粉尘去除量、工业固体废物综合利用率和“三废”综合利用产品产值来反映。由于污染气体中的主要成分是 SO_2 ,而且绝大多数是工业产生的,故工业 SO_2 去除总量可以反映出废气的治理程度;由于工业生产是造成水污染的最主要原因,所以工业废水排放达标量、工业废水达标率可以反映出废水的治理情况;而空气中的固体废物大多也是来源于工业,因此,笔者采用工业粉尘去除量和工业固体废物综合利用率来反映固体废物治理状况。最后,笔者还选择了“三废”综合利用产品产值来反映环境治理与废物利用的总体情况。

3 实证分析

根据数据的可得性和研究的需要,该研究选取了《江苏省统计年鉴》2010年江苏各城市有关能源消耗和“三废”治理情况的数据进行灰色分析,从而评价江苏省各地区2010年的节能减排成效,具体数据如表1所示。

表1 2010年江苏省各市节能减排指标数据

序号	对象/指标	工业用电量 亿 kW·h	工业 SO_2 去除总量//万 t	工业废水排放达标量 亿 t	工业废水排放达标率//%	工业烟尘去除量 万 t	工业固体废物综合利用 用率//%	“三废”综合利用产品产值 亿元
1	南京	242.66	60.66	32 164	95.2	300.90	88.8	21.04
2	镇江	131.81	17.44	8 065	98.5	141.70	92.9	6.56
3	常州	231.82	5.97	37 708	100.0	135.90	94.9	46.42
4	无锡	455.00	18.72	35 584	99.3	350.70	97.1	16.18
5	苏州	855.25	17.94	63 739	99.5	390.50	98.7	63.93
6	扬州	109.96	14.15	8 908	98.3	9.09	97.4	2.67
7	泰州	138.94	5.92	15 087	97.4	7.28	99.8	5.46
8	南通	187.84	14.60	15 606	99.4	163.60	98.2	8.77
9	徐州	191.90	25.12	9 031	99.0	564.00	100.0	6.98
10	淮安	81.75	6.13	10 484	100.0	144.50	99.7	6.21
11	宿迁	48.81	1.65	5 694	94.7	11.91	100.0	3.71
12	盐城	111.86	2.33	12 066	92.6	48.93	93.0	29.45
13	连云港	53.99	2.67	3 473	98.1	75.26	91.9	1.00

第一步,确定评价灰色类和白化权函数。根据评估需要,将评价等级分为较好、一般、较差,分别设为灰类1、灰类2、灰类3。相应地,将每一个评价指标也分为三类,第一类为较好,第二类为一般,第三类为较差,分别对应 $k=1, k=2$ 和 $k=3$ 。于是,第 j 个指标的第 k 类白化权函数 $f_j^k(\cdot)$ ($f_j^k(\cdot)$)

($j=1,2,3,4,5,6,7; k=1,2,3$)分别取为: $f_1^1[-,-,45,110]$, $f_1^2[18,24,-,-]$, $f_1^3[25200,32600,-,-]$, $f_2^1[99,100,-,-]$, $f_2^2[240,320,-,-]$, $f_2^3[94,97,-,-]$, $f_3^1[20,65,-,-]$, $f_3^2[100,115,-,130]$, $f_3^3[6,12,-,18]$, $f_4^1[10400,17800,-,25200]$, $f_4^2[98,98.5,-,99]$, $f_4^3[80,160,-,240]$, $f_5^1[88,$

91, -, 94], $f_2^2[16, 19, -, 22]$, $f_3^1[130, 860, -, -]$, $f_3^2[-, -, 3, 6]$, $f_3^3[-, -, 6700, 10400]$, $f_3^4[-, -, 90, 99]$, $f_3^5[-, -, 40, 80]$, $f_3^6[-, -, 86.5, 88]$, $f_3^7[-, -, 1, 16]$ 。

第二步,采用专家调查法,根据调查结果将工业用电量、工业 SO₂ 去除总量、工业废水排放达标量、工业废水排放达标率、工业烟尘去除量、工业固体废物综合利用率、“三废”综合利用产品产值的权分别定为 $\eta_1 = 0.2, \eta_2 = 0.1, \eta_3 = 0.2, \eta_4 = 0.1, \eta_5 = 0.1, \eta_6 = 0.1, \eta_7 = 0.2$ 。

第三步,计算灰类定权聚类系数。设 σ_i^k 为第 $i (i = 1, 2, \dots, 13)$ 个城市第 $k (k = 1, 2, 3)$ 类的定权聚类系数, σ_i 为第 i 个城市的整体聚类系数。由 $\sigma_i^k = \sum_{j=1}^m f_j^k(x_{ij}) \cdot \eta_j, \tau = 1, 2, 3, \dots, 13, k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$, 可得: $\sigma_1 = [\sigma_1^1, \sigma_1^2, \sigma_1^3] = [0.370\ 2, 0.053\ 3, 0.057\ 7]$, $\sigma_2 = [\sigma_2^1, \sigma_2^2, \sigma_2^3] = [0.000\ 0, 0.269\ 1, 0.068\ 9]$, $\sigma_3 = [\sigma_3^1, \sigma_3^2, \sigma_3^3] = [0.260\ 0, 0.069\ 9, 0.015\ 9]$, $\sigma_4 = [\sigma_4^1, \sigma_4^2, \sigma_4^3] = [0.454\ 0, 0.000\ 0, 0.044\ 5]$, $\sigma_5 = [\sigma_5^1, \sigma_5^2, \sigma_5^3] = [0.450\ 0, 0.002\ 0, 0.099\ 3]$, $\sigma_6 = [\sigma_6^1, \sigma_6^2, \sigma_6^3] = [0.450\ 0, 0.002\ 0, 0.099\ 3]$, $\sigma_7 = [\sigma_7^1, \sigma_7^2, \sigma_7^3] = [0.200\ 0, 0.063\ 3, 0.124\ 3]$, $\sigma_8 = [\sigma_8^1, \sigma_8^2, \sigma_8^3] = [0.240\ 0, 0.279\ 2, 0.007\ 9]$, $\sigma_9 = [\sigma_9^1, \sigma_9^2, \sigma_9^3] = [0.500\ 0, 0.000\ 0, 0.045\ 5]$, $\sigma_{10} = [\sigma_{10}^1, \sigma_{10}^2, \sigma_{10}^3] = [0.343\ 5, 0.086\ 1, 0.000\ 0]$, $\sigma_{11} = [\sigma_{11}^1, \sigma_{11}^2, \sigma_{11}^3] = [0.294\ 1, 0.000\ 0, 0.447\ 8]$, $\sigma_{12} = [\sigma_{12}^1, \sigma_{12}^2, \sigma_{12}^3] = [0.000\ 0, 0.168\ 2, 0.348\ 8]$, $\sigma_{13} = [\sigma_{13}^1, \sigma_{13}^2, \sigma_{13}^3] = [0.086\ 2, 0.160\ 0, 0.321\ 9]$ 。

第四步,判断对象所属的灰类。根据 $\max_{1 \leq k \leq 3} (\sigma_i^k) = \sigma_i^{k^*}$ 可得: $\max_{1 \leq k \leq 3} (\sigma_1^k) = \sigma_1^1 = 0.370\ 2$, $\max_{1 \leq k \leq 3} (\sigma_2^k) = \sigma_2^2 = 0.269\ 1$, $\max_{1 \leq k \leq 3} (\sigma_3^k) = \sigma_3^1 = 0.260\ 0$, $\max_{1 \leq k \leq 3} (\sigma_4^k) = \sigma_4^1 = 0.454\ 0$, $\max_{1 \leq k \leq 3} (\sigma_5^k) = \sigma_5^1 = 0.450\ 0$, $\max_{1 \leq k \leq 3} (\sigma_6^k) = \sigma_6^2 = 0.254\ 7$, $\max_{1 \leq k \leq 3} (\sigma_7^k) = \sigma_7^2 = 0.200\ 0$, $\max_{1 \leq k \leq 3} (\sigma_8^k) = \sigma_8^1 = 0.279\ 2$, $\max_{1 \leq k \leq 3} (\sigma_9^k) = \sigma_9^1 = 0.500\ 0$, $\max_{1 \leq k \leq 3} (\sigma_{10}^k) = \sigma_{10}^3 = 0.343\ 5$, $\max_{1 \leq k \leq 3} (\sigma_{11}^k) = \sigma_{11}^3 = 0.447\ 8$, $\max_{1 \leq k \leq 3} (\sigma_{12}^k) = \sigma_{12}^3 = 0.348\ 8$, $\max_{1 \leq k \leq 3} (\sigma_{13}^k) = \sigma_{13}^3 = 0.370\ 2$, 故属于灰类 [1] 的对象有: 1, 3, 4, 5, 7, 9, 10; 属于灰类 [2] 的对象有: 2, 6, 8; 属于灰类 [3] 的对象有: 11, 12, 13。因此,在 2012 年的江苏省节能减排工作中,南京、常州、无锡、苏州、泰州、徐州、淮安的成效较好,镇江、扬州、南通成效较一般,而宿迁、盐城、连云港的成效相对较差。

由实证结果可知,节能减排成效较好的城市有南京、常州、无锡、苏州、泰州、徐州和淮安。从表 1 的数据能够看到,南京的工业用电量居于 13 个城市的中间位置,SO₂ 去除总量是全省最高的,达到 32 164 亿 t,并且其他治理指标的数值均较高;常州的用电量一般,而其治理“三废”的情况较好,其中工业废水排放达标率已达到 100%;无锡的用电量相对较大,工业 SO₂ 去除量也相对较少,但其他治理指标都居于全省的前位;苏州的用电量是全省最高的,但其治理水平也是全省较前列的,其中,工业废水排放达标量和“三废”综合利用产品产值都是全省最高的,分别达到 63 739 亿 t 和 63.93 亿元,工业烟尘去除量在全省排到第二位,为 390.5 万 t;泰州的用

电量不大,虽各治理指标数据也都不是太大,但结合其发展和能耗情况来看,总体治理情况可以说是较好的;徐州的电力消耗量一般,总体治理情况较不错,其中,工业烟尘去除量和工业固体废物综合利用率都是全省最高的,分别为 564 万 t 和 100%;淮安的用电量较少,治理情况也很好,工业废水排放达标率高达 100%。由此可见,这些城市之所以能取得较好的节能减排成效,主要是由于其治理力度的加强。当然,在今后的发展中,这些城市仍应继续努力,从多方面入手实现节能减排。

节能减排成效较一般的城市有镇江、扬州和南通。这 3 个城市不论是用电量,还是总体治理情况,都居于全省的中位,故总体情况也较一般。但需要指出的是,在有关治理情况的具体指标中,这 3 个城市的数值并不都是居中的,有些偏好,有些偏差,参差不齐。例如,这 3 个市的工业 SO₂ 去除量都处于中等水平;镇江、扬州和南通的供应废水排放达标率都居于全省前列,分别达到 98.5%、98.3% 和 99.4%;扬州和南通的工业固体废物综合利用率也比较高,分别有 97.4% 和 98.2%;然而,镇江、扬州和南通的“三废”综合利用产品产值都普遍偏低,分别为 6.56 亿元、2.67 亿元和 8.77 亿元,这与全省的最高值 46.42 亿元相差甚远;另外,扬州的工业烟尘去除量也很低,仅有 9.09 万 t,与最高值相差 554.91 万 t。因此,这 3 个地区要想取得更好的节能减排成效,可以通过技术创新等方法改进节能减排方法,以提高节能减排力度。

节能减排成效较相对较差的城市有宿迁、盐城和连云港。这 3 个城市的用电量是全省最少的 3 个,因此其能源消耗情况并不是太差。然而,这些城市的大多数治理指标都偏低,总体治理情况不容乐观。具体来看,宿迁的工业固体废物综合利用率虽然达到了 100%,但工业 SO₂ 去除总量是全省最低的,只有 1.65 万 t,与最高值差了 59.01 万 t,“三废”综合利用产品产值也只有 3.71 亿元,处于最后第二位,其他指标也大多偏低;盐城的工业废水排放达标率是全省最低的,为 92.6%,工业 SO₂ 去除总量为全省第二低,只有 2.33 万 t,其他指标也都排在中下水平;连云港的工业废水排放达标率还算可以,能够达到 98.1%,但其工业废水排放达标量和“三废”综合利用产品产值均是全省最低的,分别为 3 473 亿 t 和 1 亿元,与最高值分别相差 60 266 亿 t 和 62.93 亿元,其他指标也都相对较低。因此,鉴于现状,这 3 个城市应该努力加强节能减排强度,急需发展环境友好型生产技术,并通过改进治污技术等途径提高污染治理成效,从而改善节能减排状况。

4 小结

该研究采用灰色定权聚类评价模型,从评价角度对江苏省各地节能减排情况进行研究。研究表明,江苏省 2010 年的总体节能减排情况较好,但各地区之间存在差异。其中,苏南地区的节能减排总体情况较好,苏中地区较一般,而苏北部分地区有所欠缺,有很大的改进空间。从现

为大气中氮氧化物的浓度, mg/m^3 ; A 为试样溶液的吸光度; A_0 为试剂空白溶液的吸光度; B_s 为计算因子; V_s 为换算为参比状态下的采样体积, L; 0.76 为 NO_2 (气) 转变为 NO_2^- (液) 的转换系数。

1.4.2 大气中氯离子。空气中氯化氢或盐酸浓度: $C = \frac{2m}{V_0}$ 。

式中: C 为空气中氯化氢或盐酸的浓度, mg/m^3 ; m 为测得样品溶液中氯化氢的含量, μg ; V_0 为标准采样体积, L。

1.4.3 TSP。将采样前的空白滤膜及采样后的样品滤膜置于恒温、恒湿天平室内, 各袋分开放置, 不可重叠。平衡 24 h 后, 称滤膜质量, 过 1 h 后再称量, 直至恒重。按下式计算总悬浮微粒的浓度: $\text{TSP}(\text{mg}/\text{m}^3) = (m - m_0) \times 1000/V_r$ 。

式中: m 为样品滤膜的质量, g; m_0 为空白滤膜的质量, g; V_r 为换算为参比状态下的采样体积, m^3 。

2 结果与分析

对吉林市化肥厂的 NO_x 、 Cl^- 、TSP 分别进行采样, 共分 4 个样点进行采集, 结果见表 2。同时, 对吉林化工学院校园内的 NO_x 、 Cl^- 、TSP 进行了采样作为对比, 连续监测 7 d 得出其平均值, 详见表 2。

表 2 化肥厂与校园的 NO_x 、 Cl^- 、TSP 测定结果 mg/m^3

采样点	NO_x 浓度	Cl^- 浓度	TSP 浓度
化肥厂东厂门 1	0.011	4.572	5.909
化肥厂东厂门 2	0.013	5.556	5.308
化肥厂合成氨装备 1	0.012	11.235	6.633
化肥厂合成氨装备 2	0.013	16.161	5.267
校园	0.012 4	1.183 9	0.273 5

参照环境空气质量标准, 现有各类污染物的浓度限值, 工业区属于二类区, 执行浓度限值的二类标准, 氯离子的二类标准为 $0.18 \text{ mg}/\text{m}^3$, 氮氧化物的二类标准为 $0.10 \text{ mg}/\text{m}^3$, 颗粒物的二类标准为 $0.30 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。

由表 2 可知, 化肥厂东厂门合成氨装备氯离子浓度均严重超氯离子二类标准浓度 ($0.18 \text{ mg}/\text{m}^3$), 化肥厂氯离子浓度是氯离子二类标准浓度的 52 倍。化肥厂合成氨装备区域氯离子浓度大于化肥厂东厂门区域氯离子浓度。化肥厂合成氨装备区域氯离子浓度是氯离子二类标准浓度的 76 倍,

(上接第 1505 页)

有数据来看, 造成这样结果的主要原因是各地的治理水平, 这可能是由各地的治理技术差距造成的, 因此, 在“十二五”期间, 江苏省各地开展节能减排工作的一个重点项目应该是技术的创新, 这包括生产技术创新、治理技术创新等多个方面。

参考文献

- [1] WORRELL ERNST. Policy scenarios for energy efficiency improvement in industry[J]. Energy Policy, 2001, 29(14): 1223 - 1241.
- [2] MOHSEN MCHRARA. Energy consumption and economic growth: The case of oil exporting countries[J]. Energy Policy, 2007, 35(3): 2939 - 2945.
- [3] PINDYCK R S. Gains to producers from the certelization of exhaustible resources[J]. Review of Economics and Statistics, 1978(5): 238 - 251.
- [4] HARUN K O, HALIM C, OLCAY E C, et al. Electricity estimation using

化肥厂东厂门区域氯离子浓度是氯离子二类标准浓度的 28 倍。学校氯离子浓度是氯离子二类标准浓度的 7.1 倍。学校氯离子浓度小于化肥厂氯离子浓度。化肥厂颗粒物浓度是颗粒物的二类标准浓度 ($0.30 \text{ mg}/\text{m}^3$) 的 19.3 倍。学校颗粒物浓度没有超过颗粒物的二类标准浓度, 远远小于化肥厂颗粒物的浓度。化肥厂氮氧化物浓度没有超过氮氧化物的二类标准浓度, 学校氮氧化物浓度也没有超过氮氧化物的二类标准浓度, 大气中氮氧化物浓度和化肥厂中氮氧化物浓度差不多。

3 结论

(1) 对校园内大气中污染物浓度进行了测定和分析, 结果表明, 大气氯离子平均浓度为 $1.183 9 \text{ mg}/\text{m}^3$; 大气氮氧化物的平均浓度为 $0.012 4 \text{ mg}/\text{m}^3$, 大气 TSP 的平均浓度为 $0.273 5 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。

(2) 从化肥厂测定结果可知, 参照环境空气质量标准, 工厂中东厂门和合成氨装置外部环境中氯离子含量均超标, 化肥厂氯离子浓度是氯离子的二类标准浓度的 52 倍; 化肥厂颗粒物浓度是颗粒物的二类标准浓度的 19.3 倍; 化肥厂氮氧化物浓度没有超过氮氧化物的二类标准浓度。所以主要是氯离子导致化工厂生产设备腐蚀严重, 使化工生产过程存在安全隐患。试验测得结果与化肥厂实际情况相符。

(3) 由于吉林化工学院位于化工区, 周围存在许多化工厂, 使该校大气中的氯离子含量偏高, 且随着气温的升高而有上升的趋势, 给校园环境带来了极大的危害。

参考文献

- [1] 卢绮敏. 石油工业中的腐蚀与防护[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001: 4 - 10.
- [2] 王光雍, 王海江, 李兴濂, 等. 自然环境的腐蚀与防护[M]. 北京: 化学工业出版社, 1997: 20 - 24.
- [3] 宋诗哲. 腐蚀电化学研究方法[M]. 北京: 化学工业出版社, 1988: 4 - 6, 76 - 79.
- [4] 黄毓晖, 轩福贞, 涂善东. 304 奥氏体不锈钢在酸性氯离子溶液中应力腐蚀性能的研究[J]. 压力容器, 2009, 26(7): 5 - 10.
- [5] 冈毅民. 中国不锈钢腐蚀手册[K]. 北京: 冶金工业出版社, 1992: 189 - 229.
- [6] 左景伊. 腐蚀数据手册[K]. 北京: 化学工业出版社, 1985: 19 - 29.
- [7] 史美堂. 金属材料及热处理[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985: 31 - 33.
- [8] genetic algorithm approach: a case study of Turkey[J]. Energy, 2005, 30(7): 1003 - 1012.
- [9] 林伯强, 刘希颖. 中国城市化阶段的碳排放: 影响因素和减排策略[J]. 经济研究, 2010(8): 66 - 78.
- [10] 魏巍巍. 基于 CGE 模型的中国能源环境政策分析[J]. 统计研究, 2009, 26(7): 3 - 13.
- [11] 曾凡银. 中国节能减排政策: 理论框架与实践分析[J]. 财贸经济, 2010(7): 110 - 115.
- [12] 林伯强, 姚昕, 刘希颖. 节能与碳排放约束下的中国能源结构战略调整[J]. 经济研究, 2010(1): 58 - 71.
- [13] 林伯强, 孙传旺. 如何在保障中国经济增长前提下完成碳减排目标[J]. 经济研究, 2011(1): 64 - 76.
- [14] 郭英玲, 刘红旗, 郭瑞峰, 等. 面向节能减排的简式生命之期评价方法[J]. 环境保护, 2009(6): 8 - 10.
- [15] 李国斌. 1992 - 1993 年我国能源预测[J]. 预测, 1992(1): 22 - 25.
- [16] 刘思峰, 党耀国, 方志耕, 等. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 108 - 145.