

基于 Step-Wise 回归分析的京津冀雾霾驱动因素研究*

李云燕,王立华

(北京工业大学循环经济研究院,北京 100124)

摘要: 基于京津冀地区雾霾污染特点,选取人口增长、城市化进程、经济发展、能源消费、交通运输、工业生产、建筑行业、环保投资及城市绿化水平九类驱动因素,运用 Step-Wise 回归分析方法,得出雾霾驱动因素的最优回归方程,定量分析影响京津冀地区大气质量的主要驱动因素。基于该文回归结果提出雾霾防治对策,包括加快降低区域内燃煤污染、强化机动车尾气治理、实现区域内联合监管及联动执法等。

关键词: 雾霾;驱动因素;Step-Wise 回归分析;京津冀

中图分类号: X51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-2404(2018)84-0006-07

京津冀地区是中国经济社会发展最迅速的地区之一,随着区域经济的高速发展,由此引发的大气环境问题也日益突出。目前,京津冀协同发展已上升为国家战略,生态环保已成为区域协同发展的重要突破口之一,环保一体化管理及控制模式也已提出,能否有效地防治雾霾,改善区域大气质量,是京津冀协同发展亟待解决的关键问题。李克强总理在 2017 年两会政府报告中提出要坚决打好蓝天保卫战,保证重点地区细颗粒物($PM_{2.5}$)浓度明显下降。为实现这一目标,要从加快解决燃煤污染问题,全面推进污染源治理,强化机动车尾气治理,有效应对重污染天气,严格环境执法和督查问责五个方面来努力,加大生态环境保护治理力度,改善生态环境质量。

京津冀地区已成为全国雾霾污染最严重的地区。统计数据显示,2016 年,全国 $PM_{2.5}$ 年均浓度为 $47\mu g/m^3$,空气的质量级别为优良的天数比例为 78.8%,与 2015 年相比总体向好。而京津冀地区 $PM_{2.5}$ 年均浓度为 $71\mu g/m^3$,同比下降 7.8%,但仍然远高于全国平均浓度,优良天数比例仅为 56.8%。可见,京津冀地区大气质量虽然整体情况比 2015 年

好,但形势仍然不容乐观。特别是 2016 年冬季,重度及以上天气频发,严重影响了人们的生产生活,对人体健康造成了极大的威胁。

因此,探明京津冀地区雾霾污染驱动因素是解决区域大气污染的基础。本文采用 Step - Wise 回归分析模型定量研究京津冀地区雾霾污染驱动因素,分析影响该地区雾霾污染的关键因素,并结合京津冀地区雾霾防治现状,提出未来的区域雾霾防治对策。

1 雾霾驱动因素回归模型构建

1.1 Step - Wise 回归分析原理

多元回归分析是研究因变量与多个自变量之间相关关系的方法,Step - Wise 回归分析是多元回归分析的一种特殊形式。其原则在于剔除对因变量影响不显著的变量,而只把对因变量影响显著的变量引入回归模型,从而得到“最优”回归方程。

多元回归分析的一般形式为: $y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 \cdots \beta_mx_m + \varepsilon$

式中, y 表示被解释变量,即因变量, x_1, x_2, \cdots, x_m 表示对 y 有影响的解释变量,即自变量, $\beta_1, \beta_2, \cdots, \beta_m$ 是对应自变量 x_1, x_2, \cdots, x_m 的相关系数,与自变量的大小无关, ε 为回归模型中的随机误差项,也称为扰动项,其大小与因变量及自变量的大小无关。

Step - Wise 回归分析一般有三种方法,即前进法、后退法及逐步法。前进法是指将自变量逐个引入回归方程,每引入一个变量都要对模型进行显著性检验,若通过检验则继续引入,反之则放弃引入,

收稿日期:2017-10-31

作者简介:李云燕,教授,博士,博士生导师,主要从事环境经济与管理、环境规划与评价等方面的研究。

E-mail:liyuyan2016@163.com

* 基金项目:本文为国家社会科学基金项目(编号:15BJY059)“基于 DPSIR 模型框架的京津冀雾霾成因分析及综合治理对策研究”和北京市社科基金项目(编号:14JGB036)“京津冀地区 $PM_{2.5}$ 污染控制政府绩效评估模式的构建”的阶段性研究成果。

直到无法引入新的变量,即决定系数 R^2 达到最大,且被引入的变量将不会被剔除。后退法是指回归开始时包含所有的自变量,然后按照自变量对因变量的贡献大小逐一剔除,每次剔除变量均要进行显著性检验,直到模型中的自变量均不能被剔除为止。逐步法是前进法与后退法的结合,即首先根据前进法原理引入一个自变量,再根据后退法的原理对引入的自变量进行显著性检验,以确定是否需要剔除。

1.2 变量选择

表 1 雾霾驱动因素相关指标

驱动因素	符号	指标	单位
人口增长	x_1	常住人口数量	万人
城市化进程	x_2	城市化率	%
经济发展	x_3	人均 GDP	万元
	x_4	GDP 增长率	%
能源消费	x_5	万元 GDP 能耗	吨标准煤 / 万元
	x_6	燃煤总量	万吨
	x_7	燃煤总量年减少率	%
交通运输	x_8	百人机动车保有量	辆
	x_9	机动车保有量	万辆
	x_{10}	万人拥有公交车辆数	辆
工业生产	x_{11}	工业产值占 GDP 比重	%
	x_{12}	工业废气排放总量	亿标立方米
建筑行业	x_{13}	建筑业增加值	亿元
	x_{14}	建筑业产值占 GDP 比重	%
环保投资	x_{15}	环境污染治理投资	亿元
	x_{16}	环保投资占 GDP 比重	%
城市绿化水平	x_{17}	城市绿化覆盖率	%

被解释变量: $PM_{2.5}$ 是造成雾霾的最主要污染物, $PM_{2.5}$ 浓度的大小决定了雾霾污染的程度。由于监测数据的限制,以 $PM_{2.5}$ 年均浓度作为自变量回归会因数据样本太少造成回归效果较差。研究分析, $PM_{2.5}$ 与 PM_{10} 的相关性较高, PM_{10} 中 $PM_{2.5}$ 的浓度约占 75% 以上。因此本文拟使用 PM_{10} 年均浓度代替 $PM_{2.5}$ 作为因变量来表征每年的雾霾污染程度。

解释变量: 雾霾污染是多因素共同作用的结果, 本文拟从人口增长、城市化进程、经济发展、能源消费、交通运输、工业生产、建筑行业、环保投资以及城市绿化水平九个方面研究影响雾霾的驱动因素。为了尽可能准确的表述以上因素对雾霾的驱动作用, 选取 17 个指标对上述因素进行定量表征(如表 1 所

示), 作为回归模型的自变量。

1.3 雾霾驱动因素回归模型构建及检验

首先,北京市雾霾驱动因素回归模型的构建及检验。利用 2000 - 2014 年 PM_{10} 年均浓度作为因变量,选取的 17 个驱动因素指标数据作为自变量,相关数据统计结果如表 2 所示。

表 2 北京市雾霾驱动因素指标数据统计结果

指标	最小值	最大值	平均值	标准差
y	108.00	166.00	136.33	21.48
x_1	1364.00	2152.00	1725.60	284.32
x_2	77.54	86.40	83.08	3.44
x_3	2.41	10.00	5.90	2.50
x_4	7.30	14.49	10.63	2.30
x_5	0.53	1.31	0.88	0.24
x_6	1736.54	3068.97	2622.39	381.34
x_7	- 14.00	7.11	- 3.17	6.10
x_8	10.01	25.99	18.72	5.64
x_9	136.47	559.10	337.88	151.57
x_{10}	17.64	26.40	23.22	2.05
x_{11}	17.60	26.70	21.65	3.19
x_{12}	2966.00	5146.00	3843.04	768.11
x_{13}	171.04	1155.67	466.27	310.05
x_{14}	4.20	6.00	4.72	0.55
x_{15}	50.59	378.57	139.38	89.95
x_{16}	1.23	2.93	1.78	0.42
x_{17}	36.50	47.40	43.04	3.03

注:数据来源于 2000 - 2014 年的《北京市统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《北京市环境状况公报》

利用上述数据,借助 SPSS23.0 进行 Step - Wise 回归分析模型,得出北京市雾霾驱动因素逐步多元回归方程,回归结果如表 3 ~ 4 所示。

表 3 北京市模型整体情况

指标	R	R^2	调整后 R^2	标准估算的误差
数值	0.991	0.982	0.969	3.771

对模型进行检验可知,模型的决定系数 R^2 为 0.982。由于 R^2 会随着变量或观察次数 n 的增多而增大,使得 R^2 不能够完全表示回归方程的拟合优度。因此,引入调整后 R^2 ,其计算公式为:

$$AdjR^2 = 1 - \frac{\sum (y - \bar{y})^2 / (n - m - 1)}{\sum (y - \bar{y})^2 / (n - 1)}$$

表 4 北京市模型回归系数

指标	非标准化系数	标准化系数	t 值	显著性 p 值
(常量)	155.747		7.386	0.000
x_3	- 14.952	- 1.743	- 3.869	0.005
x_4	2.727	0.293	3.091	0.015
x_7	- 1.106	- 0.314	- 3.841	0.005
x_8	2.632	0.691	1.733	0.121
x_{10}	- 2.130	- 0.203	- 3.209	0.012
x_{16}	20.470	0.400	4.602	0.002

北京市雾霾驱动因素回归方程中调整后 R^2 为 0.969,模型的拟合优度较高。通过对模型的 t 值与显著性 p 值检验可知,模型的显著性水平较高,对个别显著性 p 值略大的变量,本文认为在可接受范围内可以被引入回归方程。

综上可知,北京市雾霾驱动因素的逐步多元回归模型通过了检验,可进行后续分析。回归模型的形式为:

$$y = - 14.952x_3 + 2.727x_4 - 1.106x_7 + 2.632x_8 - 2.130x_{10} + 20.470x_{16} + 155.747$$

标准化后的回归方程为:

$$y = - 1.743x_3 + 0.293x_4 - 0.314x_7 + 0.691x_8 - 0.203x_{10} + 0.400x_{16}$$

其次,天津市雾霾驱动因素回归模型的构建及检验。利用天津市 2000 - 2014 年 PM_{10} 年均浓度作为因变量,选取 17 个驱动因素指标数据作为自变量,数据统计结果如表 5 所示。

表 5 天津市雾霾驱动因素指标数据统计结果

指标	最小值	最大值	平均值	标准差
y	88.00	180.00	120.40	28.51
x_1	1001.14	1516.81	1182.70	185.14
x_2	71.99	82.28	76.91	3.59
x_3	1.74	10.52	5.47	3.06
x_4	10.00	17.40	14.29	2.24
x_5	1.53	14.07	8.88	3.58
x_6	2477.82	5278.67	3993.40	945.69
x_7	- 4.76	15.42	5.39	5.28
x_8	9.27	18.96	12.69	3.29
x_9	93.09	287.57	155.71	66.62
x_{10}	9.30	18.99	13.55	3.11
x_{11}	45.00	50.90	47.92	2.12
x_{12}	1749.00	9032.20	5788.63	2378.32
x_{13}	59.69	677.36	244.24	201.38
x_{14}	4.20	4.90	4.49	0.19

x_{15}	33.02	201.05	76.66	48.02
x_{16}	0.93	2.10	1.53	0.39
x_{17}	25.00	37.50	32.71	3.98

注:数据来源于 2000 - 2014 年《天津市统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《天津市环境状况公报》

运用上述数据,借助 SPSS23.0 进行 Step - Wise 回归分析模型的而构建,得出天津市雾霾驱动因素逐步多元回归方程。回归结果如表 6 - 7 所示。

表 6 天津市模型整体情况

指标	R	R^2	调整后 R^2	标准估算的误差
数值	0.992	0.984	0.970	4.933

表 7 天津市模型回归系数

指标	未标准化系数	标准误差	标准化系数	t 值	显著性 p 值
(常量)	1463.694	581.961	-	2.515	0.040
x_2	- 20.073	8.476	- 2.527	- 2.368	0.050
x_3	- 21.710	10.404	- 2.332	- 2.087	0.075
x_6	0.035	0.013	1.149	2.616	0.035
x_9	0.835	0.237	1.952	3.525	0.010
x_{10}	8.385	1.628	0.914	5.152	0.001
x_{13}	0.123	0.084	1.867	1.453	0.190
x_{17}	- 2.839	0.650	- 0.396	- 4.367	0.003

对模型进行检验可知,模型的决定系数 R^2 为 0.984,调整后 R^2 为 0.970,模型的拟合优度较高。通过对模型进行 t 值与显著性 p 值检验可知,模型的显著性水平较高,对个别显著性 p 值略大的变量,本文认为在可接受范围内可以被引入回归方程。

综上可知,天津市雾霾驱动因素的回归模型通过了检验。回归模型形式为:

$$y = - 20.073x_2 - 21.710x_3 + 0.035x_6 + 0.835x_9 + 8.385x_{10} + 0.123x_{13} - 2.839x_{17} + 1463.694$$

标准化的回归公式为:

$$y = - 2.527x_2 - 2.332x_3 + 1.149x_6 + 1.952x_9 + 0.914x_{10} + 1.867x_{13} - 0.396x_{17}$$

最后,河北省雾霾驱动因素回归模型的构建及检验。河北省 2000 - 2014 年 PM_{10} 年均浓度及其驱动因素指标数据统计结果如表 8 所示。

表 8 河北省雾霾驱动因素指标数据统计结果

指标	最小值	最大值	平均值	标准差
y	76.00	190.00	115.87	37.68
x_1	6674.00	7384.00	6989.40	243.40
x_2	26.05	49.33	39.20	7.64
x_3	0.83	4.00	2.17	1.16
x_4	6.50	13.40	10.65	2.07
x_5	1.40	2.31	1.99	0.32
x_6	11195.71	29664.38	21755.97	6496.95
x_7	- 1.42	16.20	7.18	5.19
x_8	7.49	21.56	15.17	4.63
x_9	500.10	1580.88	1070.40	360.24
x_{10}	6.50	12.62	9.00	1.85
x_{11}	42.88	49.29	46.02	2.01
x_{12}	9858.00	79121.30	41778.46	24964.93
x_{13}	125.58	782.88	393.68	243.55
x_{14}	5.05	6.21	5.61	0.29
x_{15}	45.90	421.90	179.67	125.96
x_{16}	0.91	2.54	1.38	0.45
x_{17}	29.75	42.73	36.99	4.41

注:数据来源于 2000 - 2014 年《河北省统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《河北省环境状况公报》

借助 SPSS23.0,对河北省 2000 - 2014 年 PM_{10} 年均浓度及驱动因素数据指标进行 Step - Wise 回归分析相关模型。回归结果如表 9 - 10 所示。

表 9 河北省模型整体情况

指标	R	R^2	调整后 R^2	标准估算的误差
数值	0.953	0.908	0.817	16.114

表 10 河北省模型回归系数

指标	未标准化系数	标准化系数	t 值	显著性 p 值
(常量)	- 6287.181		- 3.132	0.017
x_1	0.859	5.551	3.371	0.012
x_4	- 18.493	- 1.014	- 2.663	0.032
x_5	45.596	3.864	2.566	0.037
x_{10}	14.735	0.725	1.925	0.096
x_{12}	0.004	2.671	3.254	0.014
x_{15}	- 0.503	- 1.680	- 2.895	0.023

通过对回归模型进行检验可知,回归拟合优度较高,决定系数 R^2 为 0.908,调整后 R^2 为 0.817。通过分析模型的 t 值及显著性 p 值可知,回归模型的显著性均通过了检验,个别 p 值较大的变量,认为在可接受范围内可以被引入到最终的回归方程。

综上,河北省的雾霾驱动因素回归模型形式为:

$$y = 0.859x_1 - 18.493x_4 + 45.596x_5 + 14.735x_{10} + 0.004x_{12} - 0.503x_{15} - 6287.181$$

标准化后的回归方程:

$$y = 5.551x_1 - 1.014x_4 + 3.864x_5 + 0.725x_{10} + 2.671x_{12} - 1.680x_{15}$$

2 雾霾驱动因素回归结果分析

2.1 北京市雾霾驱动因素回归结果分析

由于北京市的雾霾驱动因素回归结果可知,雾霾是由多个因素共同作用的结果。 GDP 增长率与 PM_{10} 年均浓度呈正相关, GDP 增长率每提高一个单位,即 1%, PM_{10} 年均浓度会相应的提高约 $2.727\mu g/m^3$ 。北京市百人机动车保有量居全国第一,百人机动车保有量与 PM_{10} 年均浓度呈正相关,当百人机动车保有量增加 1 辆时,会引起 PM_{10} 年均浓度上升约 $2.632\mu g/m^3$ 。因此,机动车对北京市雾霾的影响显著。然而,近年来北京市公交系统发展迅速,在一定程度上减轻了交通对于大气的压力。由回归结果可知,万人拥有公交车辆数增加 1 辆, PM_{10} 年均浓度将降低 $2.130\mu g/m^3$,对雾霾防治有较大的积极作用。近年来,北京市对燃煤做出了严格的控制措施,燃煤总量逐年下降,燃煤总量年减少率逐渐增大。北京市燃煤总量年减少率每增加 1%, PM_{10} 浓度也会相应减少 $1.106\mu g/m^3$ 。北京市环保投资占 GDP 比重与 PM_{10} 年均浓度呈负相关,原因为北京市环保投资占 GDP 的比重仍然较低。研究表明,当环保投资占 GDP 比重达到并高于 3%,才能有效改善环境质量,而北京市 2015 年环保投资还未能维持这一水平。

综上分析可知,经济发展及交通运输对于北京市雾霾影响最大,这主要与北京市机动车密度大,交通拥堵现象严重有关,造成机动车尾气排放量巨大。能源消费与环保投资对北京市雾霾的影响程度次之。由万人拥有公交车辆数与 PM_{10} 浓度的关系可知,公共交通在一定程度上可以缓解私家车出行压力,减小机动车尾气排放,对雾霾防治有积极地作用。这个结果与北京市的实际情况也较为相符。

2.2 天津市雾霾驱动因素回归结果分析

由天津市雾霾驱动因素回归结果可知,天津市雾霾主要驱动因素与北京市不尽相同。燃煤总量与 PM_{10} 浓度呈正相关,燃煤总量每增加 1 万吨, PM_{10}

年均浓度增加 $0.035\mu\text{g}/\text{m}^3$,反映了燃煤对于天津市雾霾影响作用相对较小。与北京市相同,天津市机动车保有量对雾霾影响也较大,当机动车保有量增加 1 万辆, PM_{10} 年均浓度将增加 $0.835\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。而万人拥有公交车辆数则与北京市相反,与 PM_{10} 浓度呈现正相关,原因是天津市公共交通仍不完善,未能缓解私家车尾气排放对于雾霾的影响。建筑业的发展对天津市雾霾影响较大,目前天津市处于城市建设的关键时期,由建筑施工造成的扬尘污染不容忽视,建筑业增加值增加 1 亿元, PM_{10} 的年均浓度将增加 $0.123\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。城市化进程对于雾霾污染有双向的影响,城市化进程中的工业生产等过程会加重大气污染,而合理的城市化建设也会在一定程度上减轻雾霾污染。天津市城市化进程与 PM_{10} 浓度呈负相关,与近几年天津市在城市建设中大力推广节能产品、宣传绿色环保并建设了合理的环境治理基础设施有关。从回归结果看出,天津市城市绿化覆盖率与 PM_{10} 年均浓度呈现负相关,当城市绿化覆盖率提高 1% 时, PM_{10} 年均浓度将下降 $2.839\mu\text{g}/\text{m}^3$,进一步说明天津市在城市建设过程中城市绿化对于大气污染起到了一定的消解作用。

综上所述可知,交通运输及建筑行业对于雾霾污染的影响较大。天津市建筑行业发展迅速,全社会建筑施工面积从 2010 年到 2015 年,增长幅度为 63.45%。由于施工场地较多,排放污染物总量较大,实际对雾霾的影响程度要大于交通运输因素。能源消费对天津市雾霾影响次之,城市绿化水平对雾霾污染有一定的减轻作用。由于倡导节能减排等原因,天津市城市化进程中对雾霾的影响较小,而经济发展对于雾霾污染的影响程度相对不明显。

2.3 河北省雾霾驱动因素回归结果分析

分析河北省雾霾驱动因素回归模型可知,河北省雾霾也与多个因素有关。燃煤是河北省雾霾污染的重要因素之一。从回归方程可以看出,万元 GDP 能耗与 PM_{10} 浓度呈现正相关,当 1 万元 GDP 多消耗 1 吨标煤时, PM_{10} 年均浓度将增大 $45.596\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。河北省 2015 年的 GDP 为 29 806.1 亿元,以此折算,每万元 GDP 的能源消耗量增加 1 吨标煤时,则能源消耗总量增加了 29 806.1 万吨标煤,会导致 PM_{10} 年均浓度大幅增加,反映了河北省能源消耗特别是燃煤消耗对于雾霾影响的严重性。另外,河北省是工业大省,且钢铁、水泥等重工业比重大,工业生产过

程排放出大量的污染物,是雾霾污染的直接原因。工业废气排放总量增加 1 亿标立方米, PM_{10} 年均浓度将上升 $0.004\mu\text{g}/\text{m}^3$,当增加 1 万亿标立方米时, PM_{10} 年均浓度将上升 $40\mu\text{g}/\text{m}^3$,说明了工业生产过程对于雾霾污染也具有较大的影响。近年来,河北省对工业生产废气排放的控制加大,在一定程度上减小了这一效应。河北省的公共交通对于雾霾的影响与天津市相似,呈现正相关。河北省面积大,人口较为分散,发展公共交通尤为重要,而目前河北省公共交通总出行只占城市交通总量的 20%,公共交通的利用率较低。常住人口数量与河北省雾霾污染也呈现正相关,主要因为人口增加引起对电器、机动车、住房等需求的增加,间接加重了雾霾污染程度。另外,河北省环境污染治理投资与 PM_{10} 年均浓度呈现负相关,当环境污染治理投资增加 1 亿元时, PM_{10} 年均浓度将会降低 $0.503\mu\text{g}/\text{m}^3$,说明目前河北省的环保投资对于大气污染防治起到了一定的积极作用。

综上所述可知,从污染源来看,造成河北省雾霾污染最重要的因素为能源消费过程,而能源消费中燃煤过程排放的大量污染物又是造成大气污染的最主要因素。工业生产过程对雾霾的影响次之,其中重工业企业对雾霾的贡献较大。人口增长与交通运输对河北省的大气质量也有一定的影响,环保投资能够为环境治理及空气质量改善提供资金,在一定程度上降低了雾霾污染程度。

3 京津冀地区雾霾驱动因素研究结论

通过对京津冀地区雾霾驱动因素进行 Step - Wise 回归分析,可以得出如下结论:

一是北京市经济增长及交通运输对雾霾影响最大,能源消费与环保投资对雾霾的影响程度次之,而公共交通对北京市的雾霾污染影响相对较小,一定程度上对北京雾霾污染有缓解作用。

二是天津市建筑行业及交通运输对雾霾污染的影响较大,能源消费的影响次之,城市绿化水平对雾霾有一定的减轻作用。由于天津市倡导节能减排等原因,城市化进程对雾霾的影响较小,而经济发展对于雾霾污染的影响程度相对不明显。

三是河北省雾霾污染最重要的因素为能源消费过程,特别是燃煤过程。工业生产过程对雾霾的影响次之,人口增长与交通运输因素对河北省的大气

质量也有一定影响,环保投资能够通过提供资金保障降低雾霾污染程度。

四是京津冀地区的雾霾驱动因素有相同也有差异。针对差异性,各省市应根据自身情况和不足,并借鉴其他省市的成功经验,进行合理的调整和优化;而对于相同的地方,则可以在联防联控机制的实施过程中,作为三省(市)共同努力的方向,建立共同防治措施。

4 京津冀地区雾霾防治对策

对京津冀地区雾霾影响因素进行回归分析,不仅有利于三省(市)明确本地雾霾污染主要驱动因素,有针对性地进行雾霾防治,也可以为京津冀地区进行区域大气联防联控机制的建立提供一定的理论支撑。

4.1 加快降低区域内燃煤污染

燃煤是京津冀地区雾霾污染的重要元凶之一,工业燃煤锅炉及农村散煤燃烧是燃煤污染的最重要源头。北京市的限煤及“煤改气”政策大大降低了本市的燃煤量,从而减少了大气污染物的排放。为进一步改善空气质量,北京市应进一步限制煤炭燃烧,加大控制力度,特别是要根治城郊乡村的“小散乱污”企业,控制路边烧烤、餐饮业等散煤的燃烧,力求居民取暖全部无煤化。把农村地区无煤化规划与新农村各项建设规划有效衔接,加速农村供电、供气基础设施改造和提升。天津市应继续推动燃煤设施淘汰改造,改燃关停小煤电机组和燃煤锅炉,全面治理城乡散煤。河北省是燃煤大省,工业燃煤总量巨大,应加大燃煤削减力度,压减燃煤产能。除工业燃煤外,农村地区冬季散煤年消耗量高达4 000万吨,是区域大气污染的痛点。因此,河北省应加快倡导使用清洁能源,加大农村“煤改气”、“煤改电”的补贴比例,共同减少散煤燃烧排放量。

4.2 强化机动车尾气治理

京津冀及周边地区人口多,机动车保有量巨大,交通拥堵及重型机动车尾气排放造成的雾霾贡献率不容小觑。交通运输是北京市雾霾污染最关键因素之一,应进一步利用限购及限行政策控制机动车保有量的急剧增加,提升机动车燃油标准,加大过境重型柴油车的管控,实施六环路重型柴油车限行,推行清洁能源型公共汽车,并倡导市民选择公共交通而非私家车出行,多方并举减少机动车尾气对于大气

的污染。天津市的机动车保有量相对较低,但对雾霾污染仍有较大贡献,应借鉴北京市限购及限行政策,减少机动车保有量的增加,提升机动车油品质量,并进一步发展公共交通,改善公交线路,增加公交数量,提高公交效率,发挥公共交通对防治雾霾的积极作用。河北省的公共交通网络覆盖站点较低,线路规划仍欠合理,应进一步合理规划城市公共交通道路,增加公交线路及公交车辆数,提高公共交通的利用率。在京津冀交通一体化方面,按照网络化布局、智能化管理和一体化服务的要求,构建以轨道交通为骨干的多节点、网格状、全覆盖的交通网络,增加公共交通覆盖网络,减少区域内私家车出行,降低机动车尾气排放。

4.3 多措并举有效应对区域重污染天气

冬季取暖期内,由于燃煤总量提高,重污染天气频发,为有效应对重污染天气,尽可能减小重污染天气对人们生产生活的影 响,必须采取相应的措施。首先,要对重污染天气雾霾形成机理进行精确分析研究。京津冀地区应设立一个大气污染研究技术平台,对区域雾霾源解析、排放清单等进行分析,当重污染天气发生时,及时找到污染源头,以便采取适当的应急措施。其次,京津冀地区应尽快搭建空气质量信息共享平台、预报预警平台,建立区域空气重污染预警会商机制,消除应急措施联动的操作性障碍,完善长效的区域一体化大气协同治理和控制措施。最后,京津冀地区联防联控措施应由应急联动向长效机制不断深化,应急联动措施能够使得污染过程持续时间、污染级别均有明显下降,有效减轻重污染天气影响,未来应形成长效机制,为京津冀空气质量长久改善提供保障。

4.4 实现区域内联合监管及联动执法

为实现区域内联合监管及联动执法的有效性,首先必须统一区域内的监测、监管标准,协商并统一规章制度及违法行为的处罚力度,使得区域内使用同样的标准对违法行为进行同等程度的处罚。其次,在统一标准的基础上,京津冀地区应该建立跨区域的环境监管机制,推进建立区域网格化监管体系,加强区域内环境信息的共享,使得京津冀三地的监管人员及时共享信息。当在区域内其他城市发生违法行为时,可上传至区域监管信息共享平台,并由相关部门进行处罚。目前,京津冀三地已经启动了机动车超标排放联合执法试点工作,利用监管平台,实

现联合执法检查的常态化,解决了异地处罚难的问题,取得了较好的效果。因此,京津冀三地今后应进一步加大联合执法力度,从定期会商、联合检查、联动执法、联合后督察等方面推进环保执法,加大环境监管及执法力度,杜绝区域内的环保违法行为。

参考文献

- [1] 张世秋.京津冀一体化与区域空气质量管理[J].环境保护,2014(17):30-33.
- [2] 陈正江,蒲西安.多元线性回归分析与逐步回归分析的比较研究[J].牡丹江教育学院学报,2016(5):131-133.
- [3] 王红果,张建平,王勇.华北城市 PM2.5、PM10 污染水平及两者相关性研究[J].河南城建学院学报,2014(6):64-67.
- [4] 鲍晓倩.环保投入占 GDP 比重应尽快提高至 3%[N].经济日报,2013-04-15.
- [5] 王跃思,张军科,王莉莉,等.京津冀区域大气霾污染研究意义、现状及展望[J].地球科学进展,2014,29(3):388-396.
- [6] 治霾京津冀任务依然艰巨[J].节能与环保,2017(2):1.
- [7] 全波,李鑫.面向京津冀一体化的天津区域交通发展策略研[J].城市规划,2014(8):15-22.
- [8] 李惠茹,刘永亮,杨丽慧.构建京津冀生态环境一体化协同保护长效机制[J].宏观经济管理,2017(1):60-63.

Research on Driving Factors of Haze in Beijing-Tianjin-Hebei Region Based on Step-Wise Multiple Linear Regression

LI Yunyan, WANG Lihua

(Institute of Recycling Economy, Beijing University of Technology, Beijing100124, China)

Abstract: By selecting nine driving factors, including population growth, urbanization, economic development, energy consumption, transportation, industrial production, building industry, environmental protection investment and urban greening level, this paper analyzed the characteristics of haze pollution in Beijing-Tianjin-Hebei Region. On that basis, the optimal regression equation on step-wise multiple linear regression (SMLR) is applied to quantitatively analyze the main driving factors. Several core prevention and control countermeasures, such as speeding up reducing coal-burning pollution in this region, are put forward based on the regression results above and status quo of the region.

Key words: haze; driving factors; SMLR; Beijing-Tianjin-Hebei Region