

Effect of the Adjustment of Energy Structure on Concentration of NO₂ in Different Regions of Urumqi City in Winter

Haizhen Zhang¹, Jiang Wei^{2#}

1. Chongqing Institute of Engineering, Chongqing 400037, China

2. Urumqi Municipal Environmental Protection Bureau, Urumqi 830064, China

#Email: cd95hj@sina.com

Abstract

Air pollution of Urumqi is very serious in winter. In past decades, the concentration of NO₂ increased rapidly, which has become an environmental problem that can not be ignored. In order to improve the serious air pollution in winter, the local government has implemented the "Coal to Gas" project. Whether the project played a decisive role in controlling concentration of NO₂? This paper chooses the most serious pollution period of winter (1~2 months), and analyzes the change of daily average concentration of NO₂ before and after "Coal to Gas" in different areas of the city. The results show that after the project, instead of decreasing, the concentration of NO₂ was increasing due to the Motor Vehicle increased rapidly. From South to North, the average concentration of NO₂ decreased gradually in winter. In South area, the daily average concentration of NO₂ was very high, while in North area, it didn't make much change, which worth paying attention to the environmental management process by the local government.

Keywords: Coal to Gas; Exhaust; Spatial Distribution; Air Pollution

乌鲁木齐市能源结构调整对冬季 NO₂ 日均浓度空间分布变化的影响*

张海珍¹, 魏疆²

1. 重庆工程职业技术学院, 重庆 400037

2. 乌鲁木齐市环境保护局, 新疆乌鲁木齐 830064

摘要: 乌鲁木齐市冬季大气污染严重, NO₂ 日均浓度不断增加, 且超标频率增多, 已成为不容忽视的环境问题。2012年乌鲁木齐市实施“煤改气”工程, 旨在改善乌鲁木齐市的大气环境质量。工程的实施是否对 NO₂ 日均浓度的控制起到作用? 文章选用冬季污染最为严重的时段(1~2月), 对“煤改气”前后城市不同区域的 NO₂ 日均浓度变化进行了分析。结果显示, “煤改气”后 NO₂ 日均浓度并未降低, 反而呈增加的趋势, 但涨幅度在区域间存在差异, 主要与快速增加的机动车保有量排放大量尾气有关。“煤改气”后, 冬季 NO₂ 日均浓度在空间上呈现出由南向北逐渐降低的态势, 南面 NO₂ 日均浓度超标达标最严重, 而北面 NO₂ 日均浓度超标频率变动不大降低, 但超标频率依然较高, 值得当地政府在环境治理过程中关注。

关键词: 煤改气; 机动车尾气; 大气污染; 空间分布; 浓度变化

引言

氮氧化物是主要的大气污染物之一, 直接或间接与大气环境问题相关(如光化学烟雾、酸沉降等)。大

*基金资助: 国家自然科学基金(41161074)

气环境中的氮氧化物以 NO 和 NO₂ 为主，用 NO_x 表示^[1]。有研究表明，NO₂ 占氮氧化物的比重较高，而人为释放二氧化氮的主要途径是燃烧过程（供热，发电以及机动车和船舶的发动机）^[2,3]。在北京、上海、广州等机动车保有量位于前 40 位的城市中，约 50% 的氮氧化物污染来自机动车尾气的排放；深圳市机动车尾气排放的氮氧化物占到了全市排放量的 56.4%，民用车辆里，大型客车和重型货车排放的氮氧化物约占机动车排放氮氧化物总量的 70%^[4,5]。同时，NO₂ 是硝酸盐气溶胶的主要来源，是构成 PM_{2.5} 主要成分^[6]。流行病学研究表明，哮喘儿童发生支气管炎症状的增多与长期接触二氧化氮有关。目前在欧洲和北美一些城市中肺功能减弱现象的增加也与目前测量（或观测到）的二氧化氮的浓度有关^[7]。

乌鲁木齐市大气污染状况严重，受到了社会的广泛关注。自 1998 年以来，当地政府就启动了以集中供热和热电联产为主要手段的“蓝天工程”^[8]，2005 年开始加强了以“南空北扩”为指导思想的城市发展战略^[9]，这些措施虽然对抑制大气环境的恶化起到一定的作用，但因未涉及到乌鲁木齐市生产生活对能源消耗的本质，且由于大多数生产生活锅炉未加装脱硝设施，所以作为大气污染物之一的 NO₂ 实际上的减排量非常小，其污染状况只所以长期被有被学界和政府忽视，主要是被高浓度的 PM₁₀ 和 SO₂ 所掩盖。

为了彻底改变因采暖燃煤造成的大气污染问题，市委、市政府于 2012 年进行了以天然气代替原煤为燃料的供暖能源结构调整战略（简称：煤改气）。全年投资累计 121 亿元进行“煤改气”工程；据有关部门测算^[10]，煤改气后，冬季燃煤量将减少 500 万吨，可以彻底脱去了“煤烟型”污染的帽子，从根本上改善城市环境质量。燃煤消耗的降低有助于减少 NO₂ 的排放，而机动车保有量的快速增加又将导致大量 NO₂ 的排放。排放源的“一减一增”究竟会给大气环境中的 NO₂ 日均浓度带来如何的变化，且在城市发展中的空间变化趋势增减幅度如何？带着这样问题，文章选取了 2012-2013 年冬季采暖期（10 月 15~4 月 15 日）与煤改气之前的任一年（2009 年）同期的大气污染物浓度数据进行对比，并系统的分析相关数据，以期能更好的论证“煤改气”工程的效果和今后大气污染治理努力的方向。

1 监测点位和数据处理

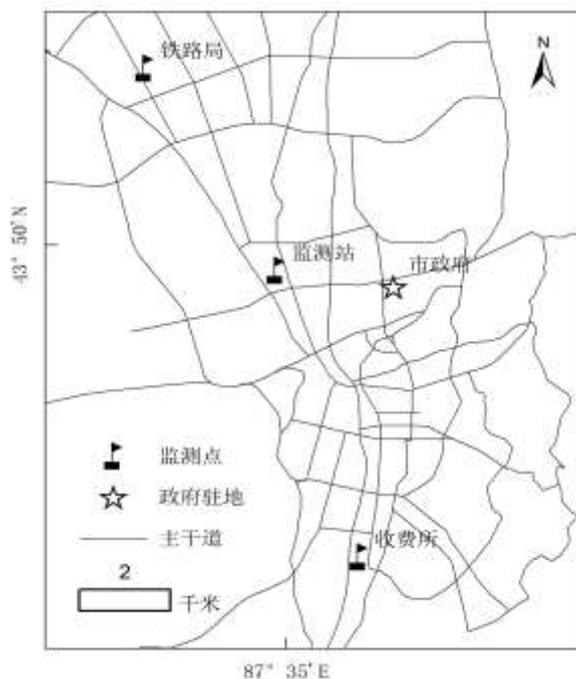


图 1 监测点位

监测数据来自乌鲁木齐市不同区域的环境质量自动监测点（图 1），自动监测设备采用 Thermo Scientific TEOM 1405-F 连续监测仪，量程为 0~1g/m³，分辨率 0.1μg/m³，质量测量准确度为±0.75%；沿城市由南向北的振布，分别布设在市南区域的收费所(N43°45′, E87°36′, 920m)、市中区域的监测站(N43°49′, E87°34′,

817m)和市北区域的铁路局(N43°52', E87°33', 760m), 代表城市不同区域的大气环境质量。市南区域属乌鲁木齐市的老城区, 人口密度大, 曾经分布有大量的工业企业, 污染十分严重, 随着近年来环境治理力度的加大, 大气环境质量得到了好转, 市中区域的发育程度仅次于市南区域, 人口密度较大, 有工业企业分布, 市北区域属于新近开发的区域。各环境质量监测点位的空间直线距离约为 7Km。监测设备的选型, 校准和数据的有效性均经过国家环保部确认。文章选用相同监测点位, 不同时间段的日平均值进行对比分析。

2 结果

2.1 数理分析

通过数理统计和方差检验看出(表 1), 相对于 2009 年, 2013 年采暖期 NO₂ 日均浓度增减存在差异, 市中区和市北区的均值分别呈现增加趋势, 且数值相等, 增幅分别为 2.4%和 9.9%, 而市南区的均值则呈现下降趋势-8.1%; 最大浓度呈现南北增加, 中间下降的趋势, 虽然中间呈降低趋势, 但数值依然高于南北区域, 幅度分别为 10.7%, -4.7%和 4.4%, 从南到北最小浓度均值呈现出下降趋势, 降幅分别为-15.2%, -63.9%和-3.4%。说明“煤改气”工程和机动车保有量的增加对不同区域的 NO₂ 日均浓度变化存在差异。方差检验显示, 在显著水平为 0.05 的前提下, 市中区 NO₂ 的浓度 P 值略大于 0.05, 且 F 统计量小于 F 临界值, 而市南区和市北区的 P 值则小于 0.05, 但 F 值大于 F 临界值。说明“煤改气”和机动车保有量的增加对 NO₂ 日均浓度之间差异没有显著的影响。

表 1 污染物浓度数理统计和方差检验

区域	年度	均值	最大值	最小值	df	方差	F	P-value	F crit
市南区	2009	0.094	0.178	0.033	343	0.0005	9.300	0.0025	
	2013	0.086	0.197	0.028					
	增减幅度	-8.1%	10.7%	-15.2%					
市中区	2009	0.078	0.211	0.036	348	0.0012	0.435	0.5151	3.87
	2013	0.080	0.201	0.013					
	增减幅度	2.4%	-4.7%	-63.9%					
市北区	2009	0.073	0.159	0.027	342	0.0004	6.610	0.0106	
	2013	0.080	0.166	0.026					
	增减幅度	9.9%	4.4%	-3.4%					

2.2 日均浓度值的超标率统计分析

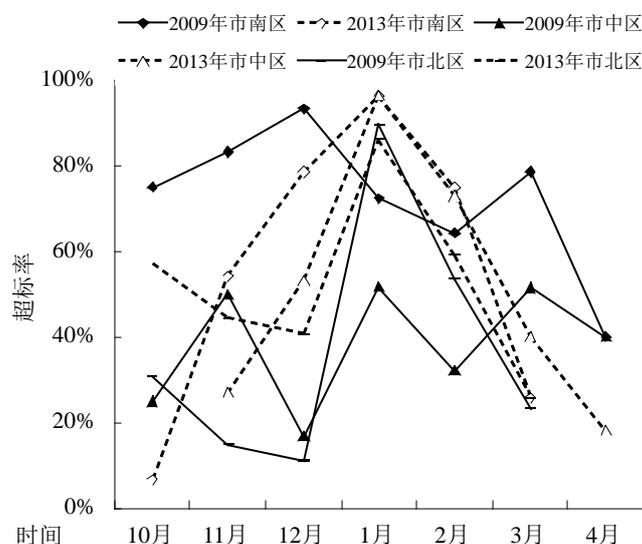


图 2 煤改气前后不同时间段的超标率统计

对不同月份日均浓度均值进行统计并计算出超标率天数（图 2），由图可以看出。市南区的 NO₂ 日均值超标天数严重，“煤改气”前均在 40% 以上，最多超标天数出现在 12 月份，达 93.33%；“煤改气”后超标趋势线呈“八”走势，即采暖初期和末期超标频率较低，最多超标天数出现在 1 月份，达 96.55%。市中区“煤改气”前，NO₂ 日均浓度超标趋势线呈“之”型波动，三个峰值较接近，在 51±0.7% 范围波动，“煤改气”后，超标趋势线呈现出与市南区相同的变化趋势，即呈“八”走势，采暖期前后超标率低，1 月份超标严重，数值与市南区相等，亦为 96.55%；“煤改气”前后，市北区的超标趋势线走势基本一致，且“煤改气”后的超标率高于煤改气之前，最大超标率出现在 1 月份，为 86%。

2.3 不同区域 NO₂ 日均浓度变化趋势比较

2.3.1 市南区 NO₂ 日均浓度变化

2009 年和 2013 年采暖期 NO₂ 日均浓度的变化趋势看出（图 3），10~12 月，2009 年与 2013 年部分时段重叠，且有明显高于 2013 年的浓度值。次年 1~2 月，2009 年 NO₂ 日均值有明显降低，此时段，2013 年的 NO₂ 日均浓度呈现出远大于 2009 年趋势，采暖期后期 3~4 月，2009 年的日均浓度值远远大于 2013 年；说明市南区的 NO₂ 日均浓度在采暖初期和末期低于“煤改气”前的浓度值，而在采暖中期，1~2 月“煤改气”后的日均浓度值要大于煤改气之前。

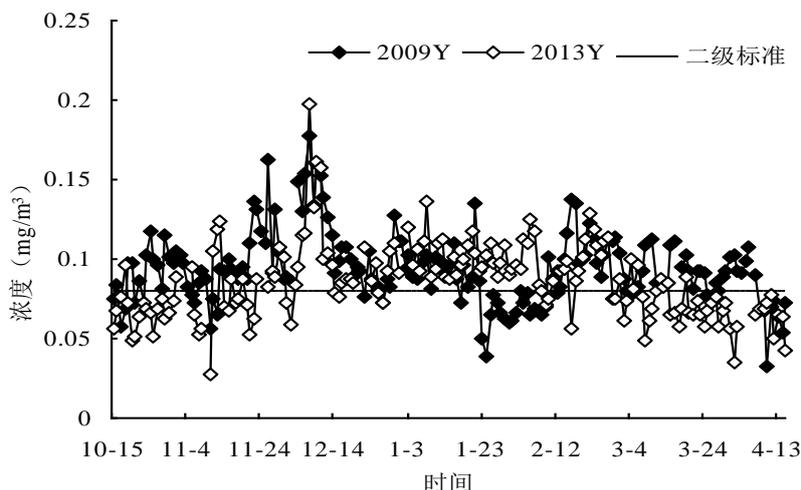


图 3 市南区 NO₂ 浓度变化趋势

2.2.2 市中区 NO₂ 日均浓度变化

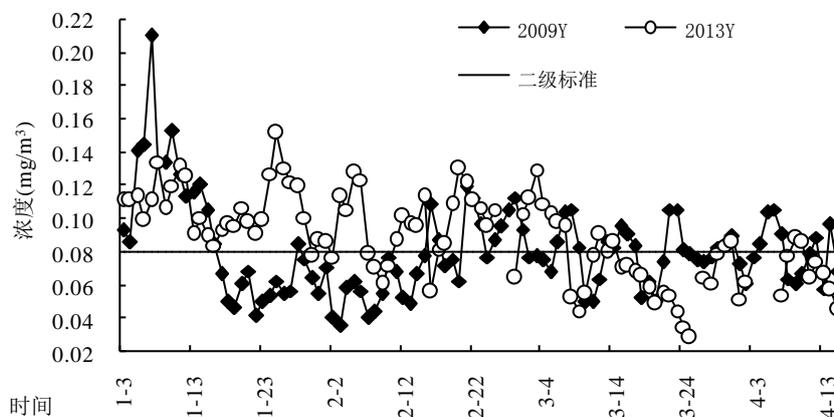


图 4 市中区 NO₂ 浓度变化趋势

市中区不同年份的 NO₂ 日均浓度变化曲线（图 4），可以看出，2009 年 1 月中下旬~2 月中旬 NO₂ 日均浓度基本上低于国家二级排放标准。2013 年 NO₂ 日均浓度值明显升高。按国家二级排放限值的标准统计来看，2009 年超标天数 24 天，占统计天数的 42.1%；2013 年超标天数为 47 天，占统计天数的 81.8%。说明市中区冬季 NO₂ 日均浓度和市南区一样有明显的升高，污染形势严峻。

2.2.3 市北区 NO₂ 日均浓度变化

市北区不同年度的 NO₂ 日均浓度变化趋势可以看出（图 5），2013 年 NO₂ 日均浓度又显示出高于 2009 年的趋势。从统计数据来看，2009 年 NO₂ 日均浓度超标天数为 44 天，占统计天数的 77.2%，而 2013 年超标天数为 39 天，占统计天数的 76.5%¹。说明市北区的 NO₂ 日均浓度变化幅度不大，但是超标天数依然较多。污染形式不容乐观。

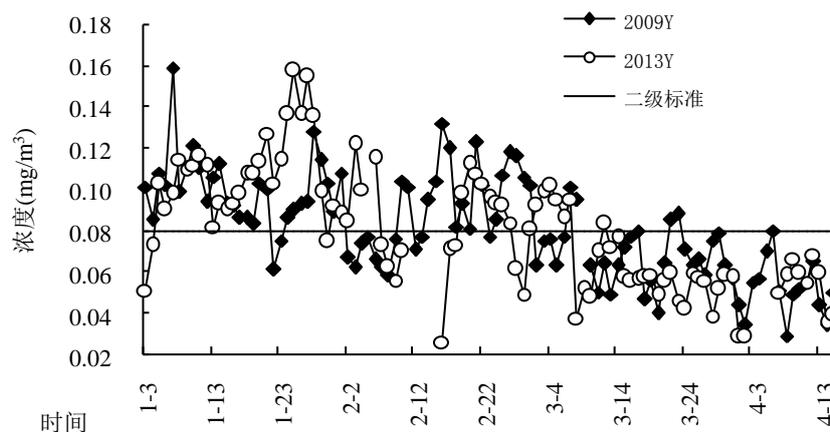


图 5 市北区 NO₂ 浓度变化趋势

3 讨论分析

方差检验中，市南区 and 市中区 NO₂ 日均浓度有显著差异，但并没有反映出“煤改气”后 NO₂ 日均浓度的降低，这种差异却是因 NO₂ 日均浓度升高引起。如果说乌鲁木齐市冬季大气环境中的 NO₂ 主要来自于燃煤和机动车尾气的话，那么“煤改气”对降低燃煤排放 NO₂ 的作用，被快速增加的机动车带来的污染所超越。市北区对方差检验则没有表现出明显的变化，说明其 NO₂ 日均浓度变化不大。

从 NO₂ 日均浓度空间变化来看，城市不同区域间冬季 NO₂ 日均浓度均有不同程度的升高，且涨幅存在着差异，即市中区最大，市南区其次，市北区最小，这与城市机动车保有量快速增加相符^[12]，机动车保有量和“煤改气”工程的实施在不同区域间存在差异，导致 NO₂ 日均浓度在空间不同变化的显现，即市中区>市南区>市北区，这种变化规律与 2009 年度所表现出来的趋势相同^[13]，但与钱翌等的研究结论市南区>市北区>市中区的存在不符^[14]，主要是研究的时间、能源结构和城市空间布局变化引起的。即“煤改气”之前，冬季的 NO₂ 主要来自于燃煤和机动车尾气，“煤改气”之后，燃煤量大幅度消减，并未降低 NO₂ 日均浓度降低，说明机动车尾气的影响起到了重要作用。市南区作为老城区，高层建筑较多造成区域下垫面极其粗糙，制约着污染物扩散；同时辖区内拥有自治区、兵团的党政机关和主要厅局以及主要的金融商业区，极易造成交通堵塞，增加污染物质的排放。据相关调查显示，全市最容易堵塞的道路主要集中在市南片^[15]。交通不畅增加了 NO₂ 的排放，根据机动车发动机原理和国外经验测算当机动车时速将由 40km/h 降至 23km/h 时，污染物的排放会增加 1 倍^[16]，此外，冬季环境温度低，机动车的冷态启动时间延长也导致污染物的排放大幅度增加也是一个关键的因素^[17]。另外，距离市南区监测点不远处有大型的客运站，大型车辆的

¹因设备故障，2013 年市北区统计时段有 6 天没有监测数据，在计算百分比时剔除。

行使一方面增加了局域污染物质的增加, 另一方面导致交通不畅, 诱发区域内间歇性的污染物质积聚排放。

市北区属于近年来发展较快的区域, 商圈的建设和商品住宅的增加是机动车保有量增加的动因, 相对市南区而言, 其城市化强度和人口密度较低, 机动车保有量相对较低, 但是其周边城乡结合部的农民自建房屋使用采暖小锅炉, 排放出的污染物质易造成局地大气污染, 加之地势较低和“城市热岛效应”^[18], 使污染物聚集不易扩散形成环境污染。

市中区介于市南、北区之间, 在城市发展过程中有过渡带的作用, 其城市化水平低于市南区, 但高于市北区; 污染形势也具有类似的态势。但相关研究表明^[19], 由于特殊地形的影响冬季乌鲁木齐市主要受西北风或东南风的影响, 这使得市南区和市北区的 NO₂ 日均浓度, 均有可能在风的作用下被输送到市中区, 加上城市下垫面对污染物扩散的阻碍作用, 在市中区形成一个动态平衡的污染带, 即当西北风强时, 污染带由北向南推移; 当东南风强时, 污染带由南向北推移, 因此即便市中区排放的污染物浓度较低, 也容易受到南北区域污染物浓度增加的影响, 造成环境污染。

4 结论

乌鲁木齐市冬季 NO₂ 日均浓度超标严重, 虽然进行了采暖能源结构的调整, 但 NO₂ 日均浓度并没有出现下降的态势, 反而呈增长的趋势, 主要与近年来城市机动车保有量增长速度过快有关。“煤改气”减排的 NO₂ 已经被机动车排放的 NO₂ 所超过。充分说明机动车尾气污染已经十分严重, 加强机动车管理和控制、治理机动车尾气已经刻不容缓。

由于“煤改气”工程的实施在区域间存在差异, 加上社会活动和机动车保有量的空间差异, 导致 NO₂ 日均浓度在空间也有很大变化。表现为老城区高于城市的延展区域, 即市南区>市中区>市北区。

REFERENCES

- [1] Hao Jiming, Ma Guangda. Air Pollution Control Engineering [M]. Beijing: Higher Education Press, 2002.6
- [2] Wu Xinmin, Sun Jian guo, Shi Bin, et al. The Source of Nitrogen Oxide and Its Characters in the Air of Urumq [J]. Arid Environment Monitoring, 2002, 16(3): 137-139
- [3] He Kebin, Yang Fumo, Duan Feng kui, et al. Atmospheric particulate matter pollution and regional complexes [M]. Beijing: Science Press, 2011: 41-45
- [4] The world's top ten cities in China accounted for seven of air pollution: <http://www.360doc.com/content/13/0116/21/1247204260603604.shtml>
- [5] The main air pollutants: http://www.360doc.com/content/11/1206/22/4122553_170248897.shtml
- [6] Yu Xuechun .Beijing PM2.5 pollution of water-soluble species and Sources: [PhD thesis]. Beijing: Tsinghua University, 2004
- [7] Air Quality and Health: http://www.360doc.com/content/11/1126/07/803452_167447134.shtml
- [8] Zhao Lili, Wei Jiang, Sun Hongye. Discussion on the relationship between air pollutant concentration with GDP and coal consumption [J]. Arid Environmental Monitoring, 2011, 25(1): 9-12
- [9] 2005 Government Work Report [R]
- [10] <http://www.xinjiangnet.com.cn/xjwzt/2012Nov/2012mgq/>
- [11] Ministry of Environmental Protection Code, atmospheric environmental quality monitoring methods manual [Z]. HJ/T194-2005 (2006)
- [12] Urumqi City Management Committee. Adopt measures to alleviate the motor vehicle parking is difficult [J]. Decision Making, 2013, 37(2): 38-40
- [13] Wei Jiang. Air Pollution and spatial variation of pollutants in Urumqi [J]. Arid Land Resources and Environment, 2012, 26(1): 67-70
- [14] Qian Yi, Bayarta temporal and spatial distribution of air pollutants in Urumqi research [J]. Xinjiang Agricultural University, 2004, 27(4): 51-5
- [15] Western Economic Research, ed. Urumqi City Tianshan district promotion and Reconstruction [R]. 2008

- [16] Wang Jianxin, Phillipson ed car exhaust and catalytic converter pollution control [M] Beijing: Chemical Industry Press, 2000
- [17] Chow J C, Watson J G. PM10 and PM2.5 composition in California's San Joaquin Valley. Aerosol Sci. Technol., 1993, 18:105-128
- [18] Lv Guanghui, Gong Lu. Applications MODIS thermal infrared data in Urumqi heat island study [J]. Arid Zone Research [J], 2007, 24(5): 698-703
- [19] Diao Ping, Yang Xiulan. analysis of meteorological factor of atmospheric pollution in urumqi Xinjiang Meteorological, 2000, 23 (2): 1-3

【作者简介】



¹ 张海珍（1977-），女，汉，硕士，副教授，研究方向：环境科学。学习经历：1995.09-1999.06 重庆大学攻读学士学位；2004.03-2008.06 重庆大学攻读硕士学位。Email: 837667657@qq.com.



² 魏疆（1975-），男，汉族，博士，研究方向：环境科学。学习经历：2004.9-2007.06 于中科院生态与地理研究所读博士学位。Email: cd95hj@sina.com