

徐州 PM_{2.5} 污染现状及环境改善问题研究^{*1}

吴凯枫 马元三 张习习

(徐州工程学院, 江苏徐州 221000)

【摘要】:根据徐州市一年的具体监测数据分析徐州市环境空气 PM_{2.5} 的污染现状, 通过监测指标与 PM_{2.5} 的关系对 PM_{2.5} 形成因素进行定性分析, 并考虑风速、温度等因素建立简单的高斯烟雨模型研究 PM_{2.5} 扩散的一般规律, 对现阶段徐州市空气污染物的治理分别从政治、经济和技术角度提出具体的防治对策。

【关键词】:PM_{2.5}; 污染; 防治

【中图分类号】:F2 **【文献标识码】:**A doi:10.19311/j.cnki.1672-3198.2017.11.005

1 徐州市环境空气 PM_{2.5} 的污染现状

近几年, 工业化进程不断加快, 城市大气环境的可持续发展越来越严重。徐州重点发展以煤炭为主的能源产业, 是一个典型的资源型工业城市。2015 年, 据数据显示, 徐州市空气质量优良天数仅达 234 天, 占全年 64.1%。徐州市作为江苏省唯一的煤炭生产基地, 受到工业燃料排放增加等诸多环境因素影响, 大气细颗粒物 PM_{2.5} 已经成为空气中的主要污染物。2015 年, 徐州市环境空气 PM_{2.5} 浓度年平均值高达 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 远高于国家二级标准的 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。尤其在污染严重月份, 例如 1 月, PM_{2.5} 浓度值甚至超过 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。高浓度的 PM_{2.5} 是大气能见度大幅降低的原因, 而且使徐州市居民的身体健康严重受到威胁。

专家认为, 粒径在 2.5 微米以下的细颗粒物可以通过呼吸进入血液, 由于人体的生理结构对 PM_{2.5} 无过滤、阻拦能力, 导致其中有害气体、重金属等溶于血液, 引起哮喘和其他呼吸系统疾病。据研究, 虽然 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 都是心血管病发病的危险因素, 但相比较 PM_{2.5} 有较大的影响。

2 PM_{2.5} 的形成因素及传播

2.1 定性分析 PM_{2.5} 的形成来源

2012 年环境保护部颁布的《环境空气质量标准》首次将 PM_{2.5} 作为空气质量 AQI 基本监测指标之一。某项研究表明, AQI 监测指标中的二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳等是在一定环境条件下形成 PM_{2.5} 前的主要气态物体。本文将其他基本监测指标作为影响 PM_{2.5} 含量的因素, 利用 PM_{2.5} 含量与其中几项指标之间的关系进行研究。

2015 年度, 徐州市 SO₂ 年平均质量浓度为 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 日平均质量浓度范围为 13~124 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; NO₂ 年平均质量浓度为 33.39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 日平均质量浓度范围为 13~382 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; PM_{2.5} 年平均质量浓度为 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 日平均质量浓度范围为 12~256 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 年平均浓度超标 1.17 倍。由于夏、季两季节降水频繁, 空气中污染物受影响容易扩散, 污染物较春、冬两季浓度低。而春冬季由于燃煤取暖,

¹ **基金项目:**本文为徐州工程学院 2016 年大学生创新创业训练计划校级项目(项目编号:xcx2016129)。

加上北方天气多沙尘,污染更加严重。所以本文搜集了污染较严重的一天,记录下 24 小时各监测点污染物的平均浓度,结果统计见下表(单位:mg/m³)。

受地理位置原因,徐州市空气污染依然以煤烟型为主,空气污染的首要污染物是细微颗粒物。由于冶金、电力等传统产业比重较大,机动车等保有量年年大幅度增加,周边区域秸秆焚烧等农作物输入性污染尤其突出。徐州大气颗粒物污染源复杂,污染形势比较严峻。

表 1 某一天 24 小时各监测点污染物质质量浓度统计

监测点	黄河 新村	淮塔	新城 区	桃园 路	农科 院	鼓楼区 政府	铜山 区
$\rho(\text{SO}_2)$	0.062	0.045	0.049	0.049	0.050	0.047	0.054
$\rho(\text{NO}_2)$	0.094	0.080	0.074	0.084	0.077	0.087	0.061
$\rho(\text{PM}_{2.5})$	0.188	0.131	0.134	0.216	0.212	0.121	0.152

2.2 PM2.5 的传播

由于 PM2.5 能长时间悬浮于空气中,并能随着气流永不断地运动。PM2.5 颗粒本身有一定的质量,在扩散过程中,每个颗粒物向各个方向不均匀地运动,难以找出扩散规律。通过等效替代的思想,将 PM2.5 浓度较高的地方看作扩散源,该点均匀地向某方向释放颗粒物,并不断地扩大排放口直径。同时,大气运动的稳定性也会影响着扩散路径和扩散形状,对此需要考虑在多种稳定情况下的扩散。微粒在向上扩散过程中,将受到环境风速,大气密度,大气的温度等影响,因此要考虑到有效扩散高度。

在实际中,由于地面的影响,烟羽是有界的。可以假设把地面作为一个镜面,对 PM2.5 的扩散起全反射作用,并采用“像源法”进行处理,把任意一点 p 处的浓度看作两部分的贡献之和:一部分是不存在地面造成的扩散浓度;一部分是由于地面反射作用增加的 PM2.5 浓度。在扩散过程中重力沉降的位移叠加在羽流中心线上,使中心线向下倾斜,放射性物质粒子则相当于在下降的中心线上扩散,放射性物质的扩散与沉降的叠加,使得放射源以一定的速度在向下移动。

因为 PM2.5 颗粒物在传播的时候,受到空气阻力和自身重力会发生沉降,可以利用斯托克斯公式表示沉降速度:

$$V_s = \frac{\rho g d^2}{18\alpha}$$

其中,PM2.5 粒子密度用 ρ 表示,单位为 kg/m³; 重力加速度用 g 表示,值为 9.8065m/s; d 为 PM2.5 物质粒子直径,单位是 m;
 α 为空气的动力粘性系数,可取为 $1.8 \times 10^{-5} \text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$; V_s 为沉降速度,单位是 m/s。

考虑到地面的全反射作用,反射项的有效高度也变成了 $h - V_s t = h - \frac{V_s x}{\alpha}$ 。

再考虑到排放源的有效高度,关于连续点源高斯扩散模型为:

$$C(x, y, z, h) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left\{ \exp\left[-\frac{\left(z-h+\frac{v_s x}{a}\right)^2}{2\sigma_y^2}\right] + \exp\left[-\frac{\left(z+h-\frac{v_s x}{a}\right)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\}$$

在公式中: $C(x, y, z)$ 表示为在下风向 x 米、横向 y 米、地面上方 z 米处的扩散气体浓度,单位为 kg/m^3 ; Q 为源强(即源释放速率),单位为 kg/s ; 平均风速用 u 表示,单位为 m/s ; 扩散后的时间为 t ,单位为 s ; H 为扩散源有效高度,单位为 m ; y 为横向距离,单位为 m ; z 为垂直方向距离,单位为 m 。可以将 $\text{PM}_{2.5}$ 数据代入高斯烟羽模型中,利用 Matlab 模拟,得到 $\text{PM}_{2.5}$ 扩散模拟图,根据模拟图可以得出结论: $\text{PM}_{2.5}$ 衰减速度随距监测点距离的增加先加速变快,然后逐渐变慢。

3 $\text{PM}_{2.5}$ 空气污染的治理

3.1 政策对策

$\text{PM}_{2.5}$ 监控管理比以往任何污染物控制治理都要复杂,徐州市目前正在努力改善空气质量,希望能拦截 $\text{PM}_{2.5}$ 的扩散源头。 $\text{PM}_{2.5}$ 在预防和处理的过程中,需要政府和公民的共同努力。在政治对策上,要有创新,突破。目前中国实施强制性能源管理政策,虽然在政策上发挥作用,但是短期内效果不明显。我国应该在进一步推动环境容量资源化进程中,增加经济管制的份额,从而通过跨区合作达到目的。

政府需制定相关法律条文,对超标排放的工厂严格红线约束,深入推进工业污染防治,防治机动车尾气排放污染,加强城建工作造成的污染防治工作,对周边地区焚烧农作物秸秆合理控制,例如在春节期间对重点区域控制烟花爆竹。政治体制进行的改革可以对 $\text{PM}_{2.5}$ 的治理有显著效果。其中,首要的就是要完善排污收费制度,建立健全的污染物排放交易政策。其次,政府可以建立大型区域联合控制技术体系,科学划分统一管理污染源,逐渐调整整个产业结构和功能区域。

3.2 经济对策

各个省市只有深刻考虑到自己的经济利益,才能从根源上减少 $\text{PM}_{2.5}$ 。以京津冀为例,北京的地理位置在天津和河北省之中,大气污染还受到山西等周边城市影响。即使北京将产生污染的源头都关掉, $\text{PM}_{2.5}$ 数值也不会达标。

从经济角度出发,对企业、公民实施奖惩制度。监督企业是否依法进行大气排放,对徐州市 $\text{PM}_{2.5}$ 的来源及其比重进行分析,有效约束企业的生产。另外,可以通过提高绿化覆盖面,尽可能减少人为因素对污染物浓度的增加。同时,要提高公民的环保意识,自律行事,做好预防工作,激励公民为降低 $\text{PM}_{2.5}$,建立美好徐州共同努力,使得污染范围减小,减排行动显出效果。

3.3 技术对策

我国政府针对不同区域提出了 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度降低的 5 年目标,并配套出台了一系列政策措施。要求全国地级及以上城市到 2017 年长三角区域的 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度比 2012 年下降 20% 以上。对此,我国开发出一些大气净化技术,包括二氧化硫高效脱除技术、活性氮烟气脱硝技术等,将 CO_2 、 SO_2 等有害气体经济有效的脱除,转化为有价值产品。同时,对 $\text{PM}_{2.5}$ 污染产生的驱动因素提出“治本”导向

的针对性防治技术,其中具有代表性的包括水煤浆技术和喷雾除尘技术。

水煤浆是一种煤基代油燃料,可以作为锅炉工业燃料。随着水煤浆技术改变传统方式,将固态燃煤方式变成液态雾化燃烧方式,提高锅炉的热效率最高可达 86%,提高煤炭的燃尽率甚至高达 98%。水煤浆技术是煤炭加工的深度洁净技术,对于拥有丰富煤炭资源的徐州市,开发水煤浆技术,能最大限度地提高煤碳燃烧效率,减少城市空气的污染排放,该项技术可以使徐州拥有基础且经济的洁净能源。

关于喷雾除尘技术,为增加尘粒的重量向空气中的粉尘喷射水雾,达到降尘的目的。水喷雾系统治理方法为首先布置 PM2.5 监控网和风速、温度、湿度等气象监测网;其次,在广场、高层建筑等区域架设可调雾粒粒径的喷雾设备,然后利用 GSM、CDMA 等无线数据控制设备和 GPS 等空间定位设备实时控制喷雾量、粒径、喷雾影响范围等。最后,通过合理的自动化程序建立区域数据库系统和计算控制系统,制作人工为的冲击模型。因此水喷雾除尘在技术和经济上相对成熟,也降低了 PM2.5 的防治成本。

对于 PM2.5 的治理是在已被污染的基础上,将污染范围缩小,力度降低,以此为目标。假设不控制 PM2.5,按照以往的空气质量变化趋势,PM2.5 浓度必然会增加。因此,考虑到环境治理的实际过程,分阶段 PM2.5 治理方案的需要,往往从缓慢进展到治理更快,最终还是趋于减缓。早期管理:治理过程中需要大量的准备工作遇到更多困难,进度缓慢。治理中期:根据筹备工作和管理经验,与上一期相比,治理进度将大大提高。治理后期:前期和中期效果稳定,因为治理水平已经达到较低水平,所以后期需要做更多的努力,所以治理进度将会很低。

由于我国的特殊情况,PM2.5 来源复杂,形成原则不清楚,观察和分析设备背后,难以制定科学合理的治理方案。我国大气 PM2.5 污染源和形成机制与发达国家不一样,治理技术不能完全复制。在这一点上,政府不应该盲目地使用外国设备和复制外国研究成果,将花费大量的资金购买外国设备。要密切关注基础设施建设,加大科技投入,大力发展民族工业,为中国具体国情研发设备,并根据科研成果,制定综合全面的 PM2.5 减排计划。

参考文献:

- [1] 刘洁,张小玲等. 北京地区 SO_2 、 NO_x 、 O_3 和 SO_2 变化特征的城郊对比分析[J]. 环境科学, 2008, (04).
- [2] 陆玉书. 环境影响评价[M]. 北京:高等教育出版社, 2001.
- [3] 孙志宽. 高斯烟羽扩散模型再研究[J]. 环境与可持续发展, 2013, (05).
- [4] 曹杨,朱守超. 徐州市环境空气质量现状及污染防治[J]. 环境科技, 2010, (S2):86-88.
- [5] 尹凤,梅宁. 气体污染物线源扩散模型的理论及数值模拟[C]. 中国高等教育学会工程热物理专业委员会第十一届全国学术会议论文集, 2005:790-793.