

Current Status and Analysis on Fog and Haze*

Di Zhang¹, Qingshan Li¹, Wenfeng Lv¹

Metastable Materials Technology and Science, State Key Laboratory of Yanshan University, Qinhuangdao
Email: 171460665@qq.com

Received: Apr. 7th, 2013 revised: Apr. 30th, 2013; accepted: May 8th, 2013

Copyright © 2013 Di Zhang et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: This article described the fog and haze in Beijing, and analyzed the source of fog and haze (car exhaust, dust storms, dust, industrial emissions, etc.). Depth analyses of the sources, composition, pollution degree of PM_{2.5} were conducted and the research status of PM_{2.5} at home and abroad was cited, thereby a series of practical governance measures were put forward. Moreover, this paper outlooked the future governance direction of PM_{2.5}.

Keywords: Fog and Haze; PM_{2.5}; Governance

雾霾天气现状与分析*

张迪¹, 李青山¹, 吕文峰¹

亚稳材料制备技术与科学国家重点实验室, 燕山大学, 秦皇岛
Email: 171460665@qq.com

收稿日期: 2013年4月7日; 修回日期: 2013年4月30日; 录用日期: 2013年5月8日

摘要: 本文介绍了北京的雾霾天气, 对雾霾天气的来源(汽车尾气、沙尘暴、扬尘、工业废气等)进行了分析。本文深入分析了 PM_{2.5} 的来源、成分、污染影响程度, 综述了国内外的研究现状, 提出了一系列切实可行的治理措施, 并对 PM_{2.5} 的未来治理方向进行了展望。

关键词: 雾霾; PM_{2.5}; 治理

1. 前言

2013年1月, 北京市就遭遇了25天的雾霾, 空气中的雾霾是悬浮的细小颗粒非常不利于污染物扩散, 仅1月就出现了15天重度污染或严重污染天气, 空气质量急剧下降。1月10日到13日, 北京连续3天空气质量为六级污染, 空气质量监测数据显示, 除定陵、八达岭、密云水库外, 其余区域空气质量指数AQI均达极值500, 为六级严重污染中的“最高级”。北京环保监测中心数据显示, 1月12日17时左右, 北京市很多地区的PM_{2.5}浓度值都达到每立方米700

微克以上; 22时, 没有好转, 北京市各地区PM_{2.5}的监测结果显示只有北部地区几个子站稍低, 而其他地区仍维持在每立方米700微克的高值; 23时, 西直门北、南三环、奥体中心等监测点PM_{2.5}实时浓度突破900, 西直门北高达每立方米993微克。相应的从东北到西北, 从华北到中部导致黄淮、江南地区, 也都出现了大范围的重度和严重污染。

2. PM_{2.5}的来源和组成

PM_{2.5}是指大气中粒径小于2 μm的颗粒物, 因此又称为细微颗粒物, 虽然其在地球大气成分中含量很少, 但却能影响空气质量和能见度等气象。细微颗

*资助信息: 国家“十一五”科技支撑计划项目基金(2006BAD10B08) 河北省自然科学基金(E2009000448)。

颗粒物可以分为天然来源颗粒物和人为来源颗粒物。天然产生的细微颗粒物成为天然来源颗粒物，如地球表面岩石和土壤的风化物、沙漠、火山灰等；而人类的各种活动产生的细微颗粒物称为人为来源颗粒物，如化石燃料的废气、机动车尾气、工业粉尘、废弃物焚烧等^[1]。虽然在全球范围内天然来源颗粒物远大于人为来源颗粒物，但近几年来，大气环境污染问题日益突出，城市空气环境越来越脆弱，污染源也渐渐从单一性的煤烟型转变到煤烟、二次扬尘、机动车尾气、餐饮油烟等复合型污染源。

为此，国内外学者已经做了大量工作，分析了国内不同的城市，北京市 PM2.5 的主要来源为土壤尘、煤燃烧、交通运输、海洋气溶胶以及钢铁工业^[2]；南京市 PM2.5 的主要来源为扬尘、建筑尘、煤烟尘、冶炼尘、硫酸盐和汽车尘^[3]；南昌市 PM2.5 的主要来源为土壤尘、燃煤尘、建筑尘、机动车尾气尘、和冶金尘^[4]；成都 PM2.5 的主要来源包括二次硫酸盐和硝酸盐，汽车尾气，土壤灰尘和生物质燃烧灰尘^[4]。而科威特 PM2.5 的主要来源为五个方面：运输沙尘、燃烧石油、石化和交通尾气^[5]。韩国海边区域 PM2.5 的主要来源：二次硝酸盐、二次硫酸盐、汽车尾气、生物质燃烧、土壤、燃烧、铜的生产排放以及海盐等^[6]。加拿大 PM2.5 的主要成分是二次硫酸盐、硝酸盐和有机物等^[7]。

St 和 D.N 研究表明，PM2.5 比 PM2.5-PM10 更少受气象变化的影响，而二次污染物 PM2.5 浓度会随着越来越多的人为活动和升高的温度而升高，即使是低风速也对其影响甚微^[8]。Kirk R. 和 Kristen M. 采用光化学源分析法来追踪 PM2.5 的单一源，建立了对于顺风条件下易于扩散的一种新型非线性回归模型^[9]。

3. PM2.5 的污染影响

随着社会的发展和人民生活水平的提高，人们对空气污染越来越重视。但由于 PM2.5 粒径较小，可以通过呼吸道进入人的肺部，甚至沉积在肺泡中，进而进入人的血液循环影响心脏、大脑等重要器官，同时越小的粒径则具有越大的比表面积，能够吸附更多的有害物质，并使毒性物质有更高的反应和溶解速度，而 PM2.5 本身又特别容易吸附空气中的重金属、酸性岩话务、有机污染物、细菌甚至病毒。而极小的粒径

仅相当于针尖的二十分之一，因此能毫无阻碍的穿过普通无纺布口罩，从而引起身体不适。而人口密集的地区 PM2.5 的含量也相对较高，如汽车总站由于大量乘客的流动使大量粗 PM 悬浮在空中，候车室的 CO₂ 水平有可能随着汽车尾气的排放和乘客的呼吸而提高^[10]。

流行病学研究已经证实了 PM2.5 与肺部感染有密切的关系^[11]，肺炎患病率随空气中 PM2.5 浓度的增加而增加，此效应在老年人和儿童中的比例更加突出^[12-13]。长期生活在 PM2.5 的环境中会增加代谢性疾病的发生率^[14]。广西医科大学的覃辉艳等研究发现 PM2.5 可使人体支气管上皮细胞的 DNA 受损，造成不可逆的遗传毒性作用^[15]。从此，可以看出 PM2.5 对人体的巨大潜在威胁。而非典、禽流感、猪流感等难道没有 PM2.5 做帮凶？

PM2.5 不仅对人体健康造成严重的危害，同时也对全球气候、城市能见度造成很大的影响。颗粒的成分不同从而对太阳辐射的吸收或反射程度不同，间接改变温度和降水量，导致污染地区的气候恶化。PM 对可见光的吸收、散射以及折射，都不同程度的降低了城市的能见度。

4. PM2.5 的研究现状与措施

到 2010 年底为止，世界上包括中国在内的大多数发展中国家以及极少数的发达国家未对细微颗粒物进行检测以及制定相应的法规，只有美国和欧盟的一些国家将细颗粒物(PM2.5)纳入国标并进行强制性限制。从图 1 中可以看出近些年发表的关于 PM 的论

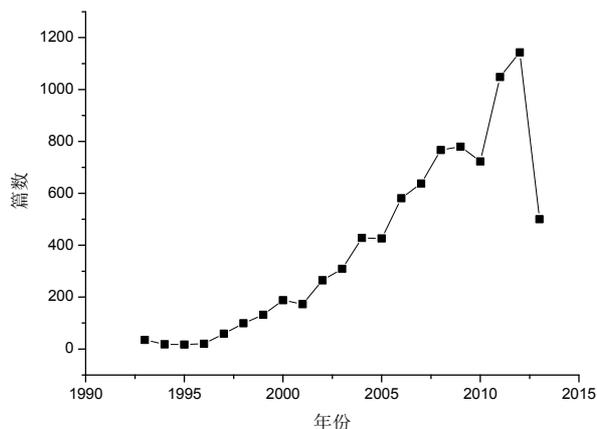


Figure 1. Number of papers on the PM in recent years
图 1. 近几年关于 PM 的论文数

文数量,我国的研究人员对环境污染问题也是越来越重视,特别是对PM_{2.5}。相比PM₁₀和其他的污染物,PM_{2.5}虽很少受气象变化的影响,却极易受气候的影响,也会随家用车的增加以及大多城市出现的旧房改造而大幅上涨,家用车的增加以及大多城市出现的旧房改造也增加了大气中PM_{2.5}的含量,因此更难控制。据报道,日本的一座大楼采用了从楼顶楼内拆除的方法将大楼拆除,从外面人们只看到了大楼在徐徐下降,而楼内挖掘机搬运机正在紧张的工作,这种方法不仅没有爆破性的损伤大楼,而且给附近的居民和办公场所造成极小的影响,噪音和空气污染也大幅度下降。而这种拆迁方法很值得我国拆迁部门学习。

在环境卫生学上,空气负离子不仅具有去除空气中的尘埃、净化空气的作用,而且具有杀灭病毒和细菌的作用,随着生活水平的不断提高,人们对环境质量越来越关心,特别是工业化、城市化的发展,城市环境中的空气负离子浓度备受城市居民的重视^[16]。人的活动和汽车尾气等会增加近地空气粉尘量、烟雾和CO₂浓度,而负离子对这些物质有吸附作用,变成重离子而沉落^[17]。负离子与细菌结合,从而改变细菌的结构或转移其能量,使细菌致死。负离子能抑制细菌、病毒生长,是因为病毒必须带负电荷才能攻击活细胞,如果活细胞也带负电荷,则彼此间的相互斥力将使病毒丧失对细胞的攻击力^[18]。同时空气负离子在保健医疗有7个方面的作用^[19-22]。因此对于机动车尾气,我们可以利用负离子处理汽车尾气。我们课题组正在研究制造释放负离子的机车部件和负离子沥青以及在动车尾气排放装置上安装负离子发生装置,使排出的尾气被负离子吸附,从而降低尾气污染。

北京奥运会和广州亚运会都采取减排措施来提高空气质量^[23,24]。伦敦采用以下三招摘掉了雾都帽子:1)通过立法提高检测标准,2)通过规划公共交通与控制尾气、减少污染物排放,3)建设城市绿化带;纽约则规定发动机空转不得超过3分钟^[25],一些发达国家主要从以下四个方面对PM_{2.5}进行防治:建立并不断严化空气质量良量标准体系;制订总量控制目标和区域减排战略;建立科学的区域PM_{2.5}污染监测和评估体系;综合开展多污染物的协同减排^[26],河北的张婷婷提出以下措施:实施区域污染分区分类管理;提高环境准入门槛;强化多污染物协同控制;增加科研投入与科技创新^[27]。加拿大的研究人员还发现聚四

氟乙烯/尼龙过滤器包控制硝酸盐的排放量^[7],同时,研究表明,在煤粉中加入含镁添加剂可有效的减少其在燃烧过程中PM_{2.5}的排放量^[28],而改善空气质量会使健康及货币收益显著提高^[29]。目前Tucker等人已经着手研究开发改进公路上的柴油车,木火炉和壁炉,石油和燃煤锅炉,生物质露天焚烧的排放因子,从而控制PM_{2.5}的排放量^[30]。

5. PM_{2.5} 研究工作的展望

目前,尽管在我国的环境污染方面还存在着诸多问题,但对环境的保护已经取得了很大的进步,并且我国的专业人士也在起草相关的文件,进而更全面系统的处理污染问题。同时,北京的雾霾天气已经引起了国家领导人的高度重视。今年1月温总理就表示,雾霾天气对人们生产生活和身体健康都造成严重影响,我们应该采取切实有效的措施,加快推进产业结构和布局调整,推进节能减排,建设生态文明,用行动让人民看到希望。而习主席则调侃的说了PM_{2.5}。相信在党中央领导人的高度重视下,经济发展和环境保护将不再是两个矛盾的问题,希望在不久的将来彻底改变现阶段以破坏环境为代价发展经济的模式,从而还我们一片碧水蓝天。

参考文献 (References)

- [1] 彭希珑. 南昌市大气PM₁₀、PM_{2.5}的污染特征及来源解析[D]. 南昌大学博士研究生学位论文, 2012.
- [2] 徐敬, 丁国安, 颜鹏等. 北京地区PM_{2.5}的成分特征及来源分析[J]. 应用气象学报, 2007, 18(5): 645-653.
- [3] 黄辉军, 刘红年, 蒋维楣等. 南京市PM_{2.5}物理化学特性及来源解析[J]. 气候与环境研究, 2006, 11(6): 713-722.
- [4] J. Ta, L. M. Zhang, R. J. Zhang, et al. Chemical composition of PM_{2.5} in an urban environment in Chengdu, China: Importance of springtime dust storms and biomass burning. *Atmospheric Research*, 2013, 122: 270-283.
- [5] M. A. Alolaya, K. W. Brown, et al. Apportionment of fine particles in Kuwait City. *Science of the Total Environment*, 2013, 448: 14-25.
- [6] J. Choi, J.-B. HeoSoo-Jin, S.-M. Yi, et al. Apportionment of PM_{2.5} at the coastal area in Korea. *Science of the Total Environment*, 2013, 447: 370-380.
- [7] E. Dabek-Zlotorzynska, T. F. Dann, P. K. Martinelango, V. Celso, J. R. Brook, D. Mathieu, L. Y. Ding and C. C. Austin. Canadian National Air Pollution Surveillance (NAPS) PM_{2.5} speciation program: Methodology and PM_{2.5} chemical composition for the years 2003-2008. *Atmospheric Environment*, 2011, 45(3): 673-686.
- [8] St. Pateraki, D. N. Asimakopoulos, H. A. Flocas, Th. Maggos and Ch. Vasilakos. The role of meteorology on different sized aerosol fractions (PM₁₀, PM_{2.5}, PM_{2.5-10}). *Science of The Total Environment*, 2012, 419(1): 124-135.

- [9] K. R. Baker, K. M. Foley. A nonlinear regression model estimating single source concentrations of primary and secondarily formed PM_{2.5}. *Atmospheric Environment*, 2011, 45(22): 3758-3767.
- [10] Y.-H. Cheng, H.-P. Chang and C.-J. Hsieh. Short-term exposure to PM₁₀, PM_{2.5}, ultrafine particles and CO₂ for passengers at an intercity bus terminal. *Atmospheric Environment*, 2011, 45(12): 2034-2042.
- [11] N. Kijnzli, R. Kaiser, M. Studnicka, et al. Public health impact of outdoor traffic-related air pollution: A European assessment. *Lancet*, 2000.
- [12] D. W. Dockery, C. A. Pop, X. Xu, et al. An association between air pollution and mortality in six U.S.cities. *The New England Journal of Medicine*, 1993, 329: 1753-1759.
- [13] L. M. Neas. Fine particulate matter and cardiovascular disease. *Fuel Processing Technology*, 2000, 65-66: 55-67.
- [14] Z. Zhe, X. H. Xu, X. B. Zhang, et al. Exposure to ambient particulate matter induces NASH-like phenotype and impairs hepatic glucose metabolism in an animal model. *Journal of Hepatology*, 2013, 58: 148-154.
- [15] 覃辉艳. 大气污染颗粒物 PM_{2.5} 诱导人支气管上皮细胞凋亡及其机制探讨[D]. 广西医科大学硕士学位论文, 2012.
- [16] 韦朝领, 王敬涛, 蒋跃林等. 合肥市不同生态功能区空气负离子浓度分布特征及其与气象因子的关系[J]. *应用生态学报*, 2006, 17(11): 2158-2162.
- [17] 曾曙才, 苏志尧, 陈北光. 广州绿地空气负离子水平及其影响因子[J]. *生态学杂志*, 2007, 26(7): 1049-1053.
- [18] 马云慧. 空气负离子应用研究新进展[J]. *宝鸡文理学院学报(自然科学版)*, 2010, 30(1): 42-51.
- [19] 林忠宁. 空气负离子在卫生保健中的应用[J]. *生态科学*, 1999, 18(2): 87-100.
- [20] 龚著革. 室内空气污染与健康[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 40-47.
- [21] KARENA. The influence of electro aerosol inhalation on the disease of the respiratory tract and the lungs. Amsterdam: The Seventh International Conference, 1975.
- [22] I. H. Korublue. The clinical effect of aero-ionization. *Medical Biometeorology*, 1990, 5: 12-14.
- [23] N. Schleicher, S. Norra, Y. Z. Chen, et al. Efficiency of mitigation measures to reduce particulate air pollution—A case study during the Olympic Summer Games 2008 in Beijing, China. *Science of the Total Environment*, 2012, 427-428: 146-158.
- [24] H. Liu, X. M. Wang, J. P. Zhang, et al. Emission controls and changes in air quality in Guangzhou during the Asian Games. *Atmospheric Environment*, 2012: 1-13.
- [25] 梁励. 他们怎样打败 PM_{2.5}[J]. *21 世纪经济报道*, 2013, 2: 1-2.
- [26] 王尔德. 欧美如何治理 PM_{2.5}[J]. *21 世纪经济报道*, 2013, 6: 1-2.
- [27] 张婷婷. PM_{2.5} 污染危害分析及防控措施研究[J]. *中国环境管理*, 2012, 3: 19-23.
- [28] Y. J. Wei, Q. Y. Wan, L. Zhang, et al. Effect of magnesium additives on PM_{2.5} reduction during pulverized coal combustion[J]. *Fuel Processing Technology*, 2013, 105: 188-194.
- [29] M. Pascal, M. Corso, O. Chane C. Declercq, C. Badaloni, G. Cesaroni, S. Henschel, K. Meister, D. Haluza, P. Martin-Olmed S. Medina and on behalf of the Aphekomp Group. Assessing the public health impacts of urban air pollution in 25 European cities: Results of the Aphekomp project. *Science of the Total Environment*, 2013, 449: 390-400.
- [30] W. G. Tucker. An overview of PM sources and control strategies. *Fuel Processing Technology*, 2000, 65-66: 379-392.