

## 本期焦点:

# 北京市2013年1月雾霾天气事件中 $PM_{2.5}$ 相关的人群超额死亡风险评估

### 内容提要

本研究采用定量评估的方法,基于北京市2008–2011年的时间序列数据建立 $PM_{2.5}$ 对于人群死亡的暴露–反应关系,并以 $PM_{2.5}$ 为雾霾天气特征污染物估算2013年1月17–31日重度雾霾天气期间 $PM_{2.5}$ 相关的人群超额死亡风险。研究结果显示,北京市2008–2011年间 $PM_{2.5}$ 浓度每增加 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,人群总的非意外死亡风险可增加0.28% (95% CI: 0.18% ~ 0.41%)。其中,心脑血管疾病死亡风险增加0.32% (95% CI: 0.16% ~ 0.47%),呼吸系统疾病死亡风险增加0.31% (95% CI: 0.01% ~ 0.63%),心脑血管疾病和呼吸系统疾病死亡风险高于总死亡风险。北京市2013年1月17–31日重度雾霾天气期间 $PM_{2.5}$ 所导致的超额死亡风险为164人/15天,明显高于2008–2011年同期平均水平;人群超额死亡风险呈现明显的区域差异,人口密集、 $PM_{2.5}$ 浓度高的城区是健康风险最高的区域。

本研究结果显示心脑血管和呼吸系统疾病是 $PM_{2.5}$ 污染的敏感性疾病,提示这两类疾病的易感人群在雾霾天气下应加强防护。此外,重度雾霾天气期间, $PM_{2.5}$ 增加了人群超额死亡风险,建议公众在重度雾霾期间做好健康防护。因本研究仅在北京地区开展、针对的是 $PM_{2.5}$ 相关的人群短期死亡风险,建议在更多地点、考虑患病等更多健康效应开展进一步研究,为采取针对性的雾霾应对策略和干预措施提供科学依据。

近年来北京市雾霾天气问题日趋严重, $PM_{2.5}$ 作为雾霾天气特征污染物,浓度居高不下。2013年1月北京雾霾天气事件中, $PM_{2.5}$ 的浓度突破了历史纪录,单日小时最高浓度突破 $1000\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;雾霾持续时间更是突破历史纪录,霾日长达25天。研究显示,随着 $PM_{2.5}$ 暴露浓度的增加,易感人群如老人、儿童、孕妇等会出现生理反应异常、患病等健康危害。而对于本身患有呼吸系统疾病、循环系统疾病的人,高浓度的 $PM_{2.5}$ 暴露甚至可导致其死亡<sup>[1–3]</sup>。北京作为我国的首都,具有重要的政治、文化、经济地位,是我国国家形象的窗口,北京的雾霾天气受到了我国政府、公众及国内外媒体的高度关注。阐明 $PM_{2.5}$ 造成的人群健康风险是卫生部门义不容辞的责任,也是亟需解决的重要公共卫生问题。目前,我

国雾霾天气对人群健康的影响情况尚不十分清楚，虽然国外的研究已明确了  $PM_{2.5}$  对人群健康影响的定量关系，但是我国的情况与国外存在非常大的差异，不能直接使用国外的暴露-反应关系数据。因此，有必要开展  $PM_{2.5}$  对人群健康影响的系统研究，揭示我国  $PM_{2.5}$  与人群健康风险之间的关系，为采取针对性的应对策略和干预措施提供科学依据。

本研究采用定量评估的方法，基于 2008–2011 年的时间序列数据建立  $PM_{2.5}$  污染对人群死亡的暴露-反应关系，并进一步估算 2013 年 1 月 17–31 日重度雾霾期间  $PM_{2.5}$  相关的人群超额死亡风险。

在暴露-反应关系的计算中，使用了中国气象局北京城市研究所提供的 2008–2011 年北京市海淀区宝联体育公园监测点的逐日  $PM_{2.5}$  浓度数据、以及中国疾病预防控制中心提供的北京市 2008–2011 年全死因登记数据。采用时间序列广义线性模型，以  $PM_{2.5}$  监测数据作为暴露浓度，以全死因数据作为健康效应，控制长期季节趋势、气象因素和星期几效应，分别对  $PM_{2.5}$  暴露导致的全部非意外死亡 (ICD-10 编码为 A00–R99)、心脑血管疾病死亡 (ICD-10 编码为 I00–I99) 以及呼吸系统疾病死亡 (ICD-10 编码 J00–J99) 进行分析，计算暴露-反应关系系数，阐明  $PM_{2.5}$  污染对人群死亡风险的短期效应。由于未收集到流感数据，本研究未对流感的季节性因素进行控制。另外，由于 2008–2011 年期间北京市人群死因数据并未呈现出人口老龄化导致自然死亡逐年增加的趋势，故未对此期间的人口结构进行调整。

计算结果显示，2008–2011 年期间北京市  $PM_{2.5}$  污染对人群死亡的暴露-反应关系为： $PM_{2.5}$  浓度每增加  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，人群总的非意外死亡风险可增加 0.28% (95% CI: 0.18% ~ 0.41%)。其中，心脑血管疾病死亡风险增加 0.32% (95% CI: 0.16% ~ 0.47%)，呼吸系统疾病死亡风险增加 0.31% (95% CI: 0.01% ~ 0.63%)，心脑血管疾病和呼吸系统疾病死亡风险高于总的非意外死亡风险 (图 1)。

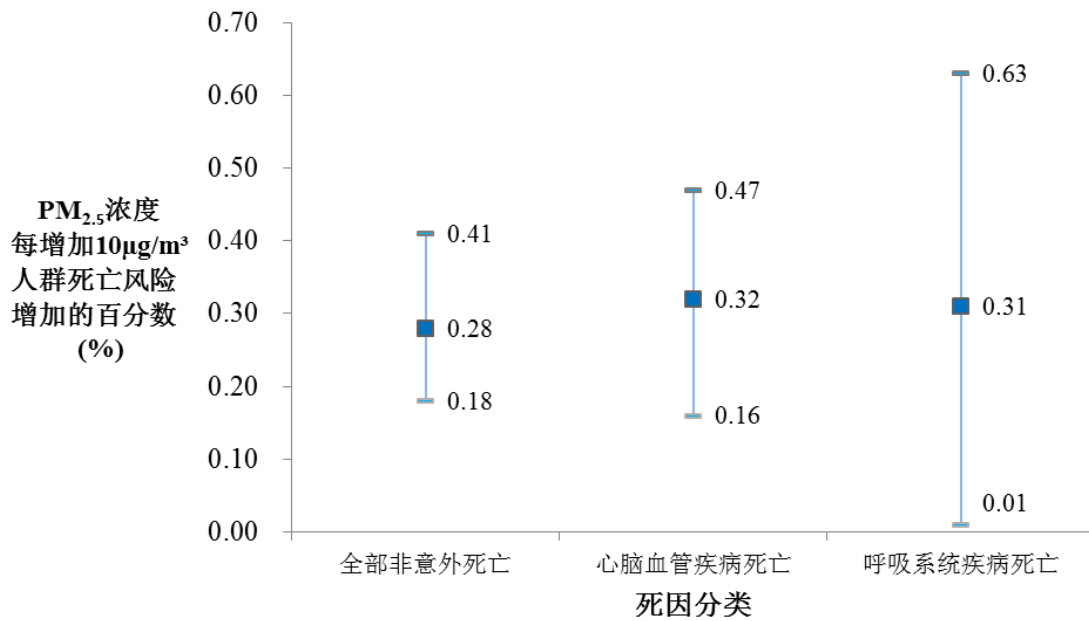


图1 北京市 2008–2011 年 PM<sub>2.5</sub> 对人群死亡的暴露–反应关系（分疾病种类）

基于上述暴露–反应关系，根据中国环境监测总站发布的北京市 2013 年 1 月 17–31 日的 PM<sub>2.5</sub> 浓度数据，结合北京市的人口统计数据，应用比例风险模型进一步估算北京市 2013 年 1 月 17–31 日这 15 天重度雾霾期间 PM<sub>2.5</sub> 污染造成的超额死亡风险（基于数据资料的可得性仅开展此段时间的评估）。超额死亡风险的计算方法是以世界卫生组织 PM<sub>2.5</sub> 24 小时均值标准（25µg/m<sup>3</sup>）为基线水平，超过此基线水平的 PM<sub>2.5</sub> 的暴露所造成的死亡风险称为超额死亡风险。

2013 年 1 月 17–31 日期间，北京市 13 个监测点的监测结果显示，PM<sub>2.5</sub> 日均值为 173µg/m<sup>3</sup>（范围为 19–366µg/m<sup>3</sup>），超过我国《环境空气质量标准》（GB3095–2012）二级浓度限值（日平均 75µg/m<sup>3</sup>）2 倍多，超标天数为 12 天，超标率为 80%（12/15）。这些站点的监测结果提示，在此期间全市范围经历了 3 次重度雾霾影响，PM<sub>2.5</sub> 日均浓度在 200µg/m<sup>3</sup> 以上，每次持续 1–4 天，污染程度呈现短期上升趋势（图 2）。不同监测站点数据的时间变化趋势相同，但不同地理位置的浓度存在差异。其中，美国大使馆监测点数据最高，昌平定陵监测点较低。

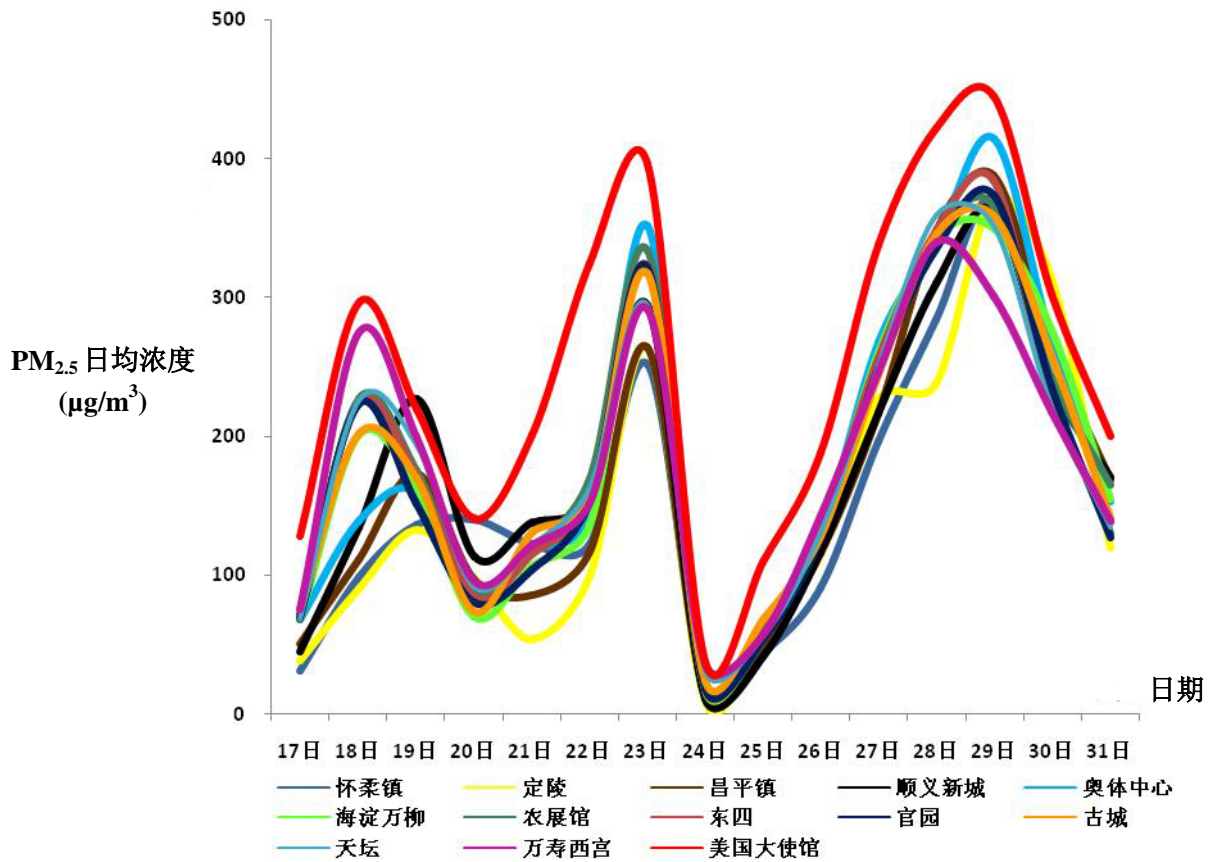


图2 北京市2013年1月17-31日13个监测点PM<sub>2.5</sub>日均浓度(µg/m<sup>3</sup>)

基于世界卫生组织PM<sub>2.5</sub>24小时均值标准(25µg/m<sup>3</sup>)以及暴露-反应关系系数,估算北京市2008-2011年期间PM<sub>2.5</sub>污染造成的常驻人口超额死亡风险为1392人/年,其中2008-2011年期间1月17-31日期间的超额死亡风险平均为57人/15天。北京市2013年1月17-31日重度雾霾期间PM<sub>2.5</sub>污染造成常住人口超额死亡风险为164人/15天,显著高于2008-2011年同期的超额死亡风险平均值( $\chi^2=51.8, P<0.01$ )。基于北京市各县区的人口数和监测点PM<sub>2.5</sub>浓度,计算各县区2013年1月17-31日重度雾霾期间超额死亡风险,结果以朝阳区和海淀区最高,分别为29人/15天和26人/15天。空间分布提示,PM<sub>2.5</sub>污染导致的超额死亡风险以人口密集、PM<sub>2.5</sub>浓度较高的城区相对更大(图3)。

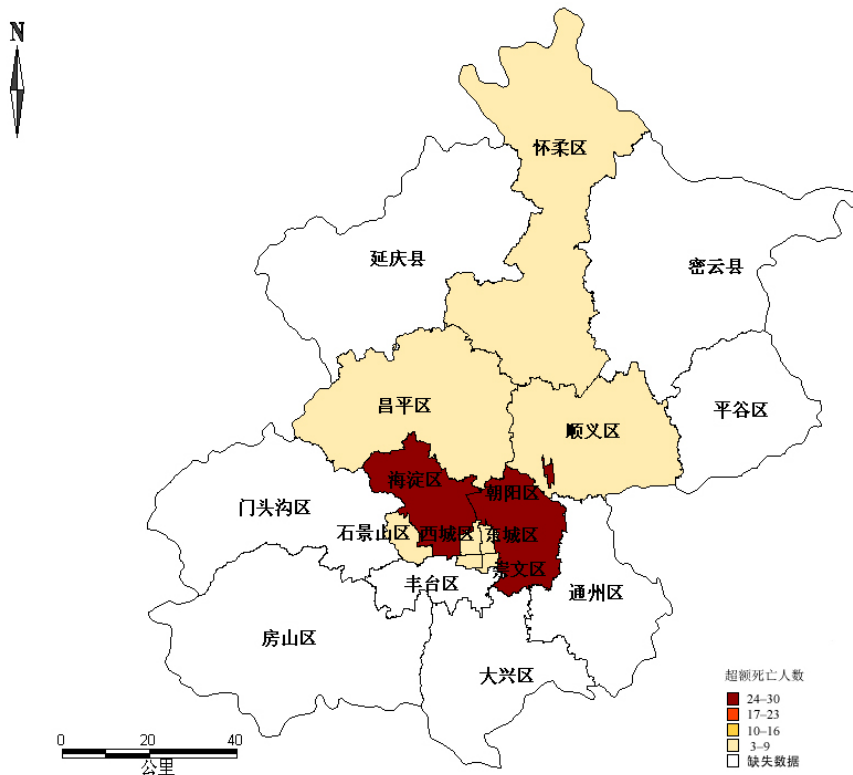


图3 北京市2013年1月17-31日各县区PM<sub>2.5</sub>相关的人群超额死亡风险

## 评论

本研究通过对北京市2008-2011年PM<sub>2.5</sub>监测数据和人群全死因数据分析,显示心脑血管和呼吸系统疾病是PM<sub>2.5</sub>污染的敏感性疾病。此外,北京市2013年1月17-31日重度雾霾期间PM<sub>2.5</sub>所导致的全人群超额死亡风险(164人/15天)明显高于2008-2011年同期的平均水平(57人/15天),而且以人口密集和PM<sub>2.5</sub>浓度较高的城区相对较高。

谢鹏等<sup>[4]</sup>发表的我国PM<sub>2.5</sub>污染对人群死亡率的Meta分析结果显示,PM<sub>2.5</sub>浓度每增加10μg/m<sup>3</sup>,人群总的非意外死亡风险增加0.40%(95%CI: 0.19~0.62%)。该文章综述了我国公开发表的3篇质量符合要求的PM<sub>2.5</sub>污染对人群总死亡的暴露-反应定量关系研究结果。其中,在上海开展的两项研究发现人群死亡风险随PM<sub>2.5</sub>浓度增加而显著增加;但是在重庆开展的一项研究并未发现PM<sub>2.5</sub>浓度与人群死亡风险之间的关系。谢鹏等<sup>[4]</sup>基于上述3篇文章获得的Meta分析结果,是我国目前唯一报道的针对多项关于PM<sub>2.5</sub>污染对人群死亡影响的暴露-反应关系研究进行的综合分析。本研究的计算结果与谢鹏等<sup>[4]</sup>报道的结果相比,两者暴露-反应关系系数的估计值与置信区间具有非常好的一致性。

本研究中的暴露-反应关系的计算,仅使用了北京市一个监测站点的PM<sub>2.5</sub>数据。一个监测站点的PM<sub>2.5</sub>数据并不能很好代表北京市的人群暴露水平,未来的暴露-反应关系计算需要更精细化的、多站点、更长时间序列的PM<sub>2.5</sub>监测数据。因此,亟需开展与环保、气

象等多部门的合作,获取高质量的空气污染物、气象数据,以保证雾霾天气人群健康影响研究工作的开展。

在人群健康效应方面,本研究仅针对  $PM_{2.5}$  对全人群的短期超额死亡风险进行了分析,而且具体的死因中也仅是限于对心脑血管疾病和呼吸系统疾病死亡风险的分析。但是  $PM_{2.5}$  对健康造成的影响不仅有短期效应,也有长期效应;不仅包括死亡,还包括疾病的发生;不仅是对呼吸系统和心血管系统有影响,也对人体其它系统有影响;而且对于不同人群如青少年、儿童、孕妇等的影响各不相同。因此,在今后研究中还需对健康效应进行更全面综合的研究和分析,建议建立哨点医院、哨点社区以收集相关患病资料及人群症状、体征资料,更好地论证  $PM_{2.5}$  与人群健康效应之间的关系。

本研究的结果显示心脑血管和呼吸系统疾病是  $PM_{2.5}$  污染的敏感性疾病,提示这两类疾病的易感人群在雾霾天气下应加强防护。此外,重度雾霾天气期间,  $PM_{2.5}$  会增加人群的超额死亡风险,建议公众在重度雾霾期间做好健康防护。另外,还需在更多地点、全面考虑雾霾造成的健康效应开展更多的研究,为采取针对性的应对策略和干预措施提供更多必要的科学依据。

CFETP-13 李湉湉 刘悦 CFETP-11 崔亮亮

## 参考文献

- [1] 阚海东,陈秉衡.我国部分城市大气污染对健康影响的研究 10 年回顾.中华预防医学杂志,2002;36(1):59-61.
- [2] Samet JM, Zeger SL, Dominici F, et al. The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States. Res Rep Health Eff Inst, 2000; 94 (Pt 2): 5-70; discussion 71-79.
- [3] Wong CM, Vichit-Vadakan N, Kan H, et al. Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA): a multicity study of short-term effects of air pollution on mortality. Environ Health Perspect, 2008; 116(9): 1195-1202.
- [4] 谢鹏,刘晓云,刘兆荣,等.我国人群大气颗粒物污染暴露-反应关系的研究.中国环境科学,2009;29(10):1034-1040.

### 《中国现场流行病学报告》编辑委员会

负责人	曾 光		
编 委	曾 光 马会来 裴迎新	罗会明 申 涛 张亚利	施国庆 刘慧慧 张丽杰(常务)
特约审稿专家	李 辉	于石成	
执行编辑	张亚利		