

■ 新闻背景

国务院《大气污染防治行动计划》特别强调北京减排

国务院《大气污染防治行动计划》于9月12日正式发布，计划提出了未来5年我国大气污染防治的实施路径和实现目标。要求到2017年全国地级及以上城市可吸入颗粒物（PM10）浓度比2012年下降10%以上，优良天数逐年提高；京津冀、长三角、珠三角等区域细颗粒物（PM2.5）浓度分别下降25%、20%、15%左右，空气质量明显好转。经5年努力，全国空气质量总体改善，重污染天气较大幅度减少。

在国务院发布的10条措施35项任务中，北京是唯一被指定PM2.5减排目标的城市。计划中明确提及北京（包括京津冀）的有18处，其中3处对北京的情况进行了特别强调，要求北京在2017年细颗粒物年均浓度控制在60微克/立方米。

此前发布的《北京2013—2017年清洁空气行动计划》提出：制定更严格的小客车新增数量控制措施，并牵头制定低排放区、研究制定征收交通拥堵费政策，落实区域差别化停车收费制度，完善差别化停车管理政策。交通拥堵费政策更是在全国首次提出。

基于PM_{2.5}防控理念的特大城市清洁空气改善战略研究

- 中国城市科学研究会 徐振强
- 国家发展和改革委员会能源研究所 杨光
- 国家环境保护部污染物排放总量控制司 王凤

摘要

我国特大城市的空气污染形势日益严峻，以沙尘暴、毒雾、光化学烟雾和灰霾等在特大城市时有发生。PM_{2.5}成为加剧大气环境问题的温床，直接导致了我国特大城市空气质量下降，并对人体健康构成威胁。因此，PM_{2.5}污染的防控，对特大城市局地气候、市民健康和动植物生命安全有积极的作用。本研究通过对北京市PM_{2.5}污染特征、来源解析、重点防控对策进行归纳的基础上，从多种污染源管控、不同产业行业节能减排、强化城市规划的先导作用、创新城市管理、加快应急响应体系的建成等方面，就特大城市对PM_{2.5}的防控提出对策建议。

关键词

特大城市；PM_{2.5}；健康；防治；规划

1、引言

2013年9月10日国务院印发了大气污染防治行动计划，明确了大气环境保护工作在我国区域发展中的重要地位，指出了以可吸入颗粒物（PM10）、细颗粒物（PM2.5）为特征污染物的区域性大气环境问题日益突出，损害人民群众身体健康，影响社会

和谐稳定的基本形势。为落实国务院通知精神，《北京市2013—2017年清洁空气行动计划》于2013年9月12日发布，指出要加快改善首都空气质量，PM_{2.5}浓度要求年均降5%，成为我国首个明

注：文章所涉及的学术观点不代表所在单位的意见，仅供学术交流探讨。



明确提出PM_{2.5}下降要求的特大型城市。

伴随着我国城镇化率的不断提高，我国现有特大城市(人口超过300万)有21座。这些城市普遍面临着严峻的空气污染[1]，沙尘暴、毒雾、光化学烟雾和灰霾等大气环境问题在城市空间时有发生，局地污染严重，对城市环境质量和市民健康构成显著的负面影响[2]。北京，作为中国人口集聚总量最大的城市，城市空气质量的优劣严重制约着广大人民群众的身体健。以北京为例，机动车保有量达到520万辆；全市燃煤总量仍保持在2300万吨，汽柴油消费总量达到630万吨；全市建筑施工面积高达1.9亿平方米。为了改善城市空气品质和提高城市的宜居水平，北京市于1998年开始实施“蓝天计划”，至今已经取得了一定的成效，1998年空气质量二级和好于二级的天数从27.4%(1998)，提高到62.5%(2004)，78.4%(2010，2011)，2012全年将达到76%。在2011年市政府进一步提出了“清洁空气行动计划”(2011年至2015年)。作为我国特大城市的代表，北京市正在加紧改善区域大气环境质量，迄今为止，该市实施了若干有利于提高大气环境质量的重大管控措施，推动了有关工程项目的建设，增加了大量科研投入用于提升城市整体生态环境质量，改善人居空间环境品质。

城市大气中的污染物主要是各种气态污染物和颗粒物[1, 2]。由于颗粒物中的细粒子PM_{2.5}大气寿命长，[1]危害大更成为各级媒体和学界争相讨论的重点和热点。PM_{2.5}的负面效应体现：

(1) 其消光作用是造成大气能见度下降的主要原因，导致北京冬季灰霾现象的产生，极大地影响了城市宜居形象；(2) 细粒子中的细菌和微生物通过呼吸道进入人体，对市民的身体健构成严重威胁；(3) 其巨大的表面积为许多污染物提供了反应界面，加剧了光化学反应进程，产生大量二次污染物，进一步危害人体

健康。近几年来，PM_{2.5}引起的重度污染事件频发：北京2011年2012年冬季均发生了严重的灰霾事件；2013年伊始，中国74个具有PM_{2.5}监测能力的城市中，33座城市的空气质量已经达到了严重污染的程度。中国14个较大的城市中，PM_{2.5}的平均浓度水平超过100 μg/m³已属较为常见[4]，以北京为例，PM_{2.5}的年均值浓度就大约在100 μg/m³左右。2013年伊始，北京市监测到的最高浓度超过900 μg/m³[5]，2013年1月，中国130万平方公里(占国土面积的13.5%)被雾霾所覆盖，北京、天津、河北、河南、山东、山西、江苏、合肥、武汉、成都等城市或省份空气污浊程度显著，影响的人口约为4.4亿(占全国总人口的32.6%)。2013年1月23日凌晨1时，北京市车公庄站PM_{2.5}监测点的瞬时浓度值高达1,593 μg/m³[6]，比国家标准高出21倍，超过WHO推荐标准100倍以上。我国于2012年2月29日发布了PM_{2.5}的国标，将于2016年开始施行，该标准要求：城市的年平均浓度水平必须低于35 μg/m³，24小时平均必须低于75 μg/m³。从监测数据来看，北京离达标还有很长的距离。因此，北京市PM_{2.5}的问题成为“清洁空气行动计划(2011年至2015年)能否实现的决定性因素，控制PM_{2.5}污染成为当前城市空气环境治理的首要任务，同时也是在北京创建世界城市进程中，不可忽视的重要环节。为了制定有效的防控措施，有必要对PM_{2.5}的组成与来源进行分析以便“对症下药”。

2、北京城市大气颗粒物污染组成特征与来源解析

在北京市区，近几年的监测数据表明，PM_{2.5}的物种组成基本没有显著差别，其主要化学成分是有机碳(OC, organic carbon)、地壳元素(主要是Al、Si、Ca、Mg、Fe的氧化物)、硫

酸盐和硝酸盐，这些物质的质量浓度之和超过PM_{2.5}的70%，其余的有害物质包括重金属、多环芳烃等。如表1所示，年均质量浓度约为100 μg/m³，结合表1和表2对近十年来PM_{2.5}的主要成分进行源解析，北京的气溶胶污染已经从以前单纯的燃煤污染向以机动车尾气为主的复合污染转变，在城市大气污染的防控方面应联合城市规划建设和交通主管部门，对交通规划进行新的调整。

在绝大多数城市中，约22.8%的PM_{2.5}来源于扬尘[5]。相关研究表明北京市PM_{2.5}的主要来源为燃煤、扬尘、机动车尾气、建筑尘、二次硫酸盐和硝酸盐、有机物及生物质燃烧，如表2。燃煤的平均贡献率在5.1%左右，冬季的贡献率可以达到约11.5%，这说明北京市煤烟型污染尚未完全解决(如表2所示)。北京扬尘(包括土壤尘、道路扬尘和风沙尘)的贡献率远高于外国其他城市，大约为22.8%(如表2所示)，由于模型本身的局限性，在2005-2008年的PM_{2.5}模型源解析[10]中没有得出来自于扬尘的贡献率。北京市较高的扬尘贡献率与北京比较干燥的气候特征和地表植被覆盖率较低有关。北京市汽油车和柴油车的排放贡献分别在9.7%和8.3%左右，这说明机动车尾气中的氮氧化物，经大气化学转化形成的二次气溶胶(SOA, secondary organic aerosol)对PM_{2.5}有一定贡献。北京存在明显的细粒子二次污染(OC

与EC的比值远大于临界值2)。二次源是PM_{2.5}的重要来源(贡献率可达到15.6%-20.2%)。对二次有机气溶胶开展了源解析研究，发现其中包含：二次硫酸盐(17%)，二次硝酸盐(10%)，二次铵(6%)，和生物质气溶胶(6%)等[11]。生物质(如农作物秸秆等的燃烧)，通常在春秋两季的贡献较高，尤其秋季最高，这是由于秋收和春耕时常有在田间焚烧农作物秸秆的现象。研究表明，在1月份，生物质气溶胶占到PM_{2.5}质量浓度的24.5% [11]。由于北京市区和郊区已经基本没有农业等存在烧荒可能的季节需要，因此，结合北京地形特征，来自河北山东等区域的大气传输对北京市冬季生物质气溶胶有重要贡献(如表2所示)。

由此可见，扬尘、机动车尾气、燃煤以及二次气溶胶是北京PM_{2.5}的主要来源。由于产生二次气溶胶的一次污染物主要来源于燃煤、机动车以及一些工业排放，PM_{2.5}等颗粒物会对大气环境与人体健康产生显著的负面影响。

3、PM_{2.5}等颗粒物对城市大气人居环境和市民健康的影响

PM_{2.5}对北京的大气环境能够产生的影响，主要体现在：对城市酸沉降、大气能见度、区域辐射平衡及大气氧化剂的形成等环境效应，同时对市民产生健康效应。

3.1 城市酸沉降

PM_{2.5}对酸沉降的影响主要取决于当中酸性组分[8,9]与碱性组分的含量。因为气溶胶可参与形成降水，

表1 北京PM_{2.5}的主要化学成分(单位: μg/m³)

监测时间	1999	2000	2002	2003	2005-2006	2005-2006	2009-2010
监测站点	车公庄		北京师范大学		清华大学	密云县	车公庄
质量	115	77.3a	135.7b	118.5±40.6	123.45±71.59	68.4±24.7	
NH ₄ ⁺	6.22	10.4	12.9	7.4±4.2	6.37 ± 3.91	6.1±3.4	
NO ₃ ⁻	10.3	12.2	17.0	10.1±6.2	20.47 ± 18.07	6.4±4.9	
SO ₄ ²⁻	14.47	16.0	30.4	15.7±10.5	19.07 ± 16.36	13.0±9.3	
OC	21.5	11.5	33.2	-	18.15 ± 13.84	-	
EC	8.7	5.2	11.0	-	6.32 ± 2.93	-	
参考文献	[7]	[9]		[8]		[6]	

注：a夏季；b冬季

表2 北京市年均PM_{2.5}中有机碳的主要来源贡献率(%)

年份	2000.1	2004.1	2005.7-2005.8	2006.7-2006.8	2007.1-2007.2	2008.8-2008.9c	2008.8-2008.9d	贡献范围e
应用的模型	CMBa	PMFb	CMB					
汽油机动车	4.5	7.9	10.6±2.8	7.1±1.5	9.3±2.4	10.3±8.7	7.9±6.2	7.1-10.6
柴油机动车			9.6±6.2	5.7±1.5	2.4±1.5	16.2±5.9	14.5±4.1	2.4-16.2
营养碎屑		1.5	0.3±0.2	0.3±0.2	0.5±0.1	1.4±0.8	1.9±1.5	0.3-1.9
扬尘	21.2	5.9						5.9-21.2
木材燃烧		17.9	10.4±3.5	8.2±2.0	23.2±7.2	7.5±5.5	8.9±4.9	7.5-10.4
烧荒	7.4		1.3±0.7	1.7±2.8	1.7±0.7			1.3-1.7
燃煤	15.7	37.9	2.1±2.2	1.8±0.8	11.5±4.0	5.8±5.5	7.8±4.6	1.8-11.5
吸烟	1.5							~1.5
餐饮			24.5±4.2	23.8±4.3	6.2±1.9			6.2-24.5
其他(未知)		45.9	41.1±9.7	51.4±5.6		60.7±13.2	58.8±11.0	45.9-60.7
参考文献	[11]	[12]	[9]		[9]	[10]		

注：a化学质量平衡模型；b正矩阵分解；c市区；d郊区；e主要根据2000-2008年的数据确定贡献范围。

一方面气溶胶中的无机水溶性离子、水溶性有机酸 (WSOC) 等可作为云的凝结核 (CCN) 形成云水, 可导致云中致酸; 另一方面, 雨滴在降落过程中, 冲刷云下的气溶胶, 可使当中的可溶成分进入雨滴, 再次影响降水的酸碱度。因此, $PM_{2.5}$ 的酸碱性将决定其究竟是酸化降水还是中和降水的酸性。由于北方土壤偏碱性, 而扬尘、风沙是北方颗粒物的重要来源, 因此, 北方颗粒物一般偏碱性, 对酸沉降通常起到一定的缓解作用。对于北京, 在前文的组成分析中可知, 地壳元素的含量比较高, 主要为一些金属氧化物, 且扬尘也是主要源之一[11]。因此, 颗粒物对北京局部的酸沉降可起到缓冲作用。

3.2 大气能见度和区域辐射平衡

颗粒物可以通过直接的散射和吸收, 或通过形成云的凝结核 (CCN) 及改变云的反照率产生的间接散射和吸收来影响进入地表的太阳辐射。研究表明, 积聚模态粒子对可见光的散射是颗粒物散射作用的主要贡献者, 对北京而言, 细粒子散射占颗粒物总散射的50-60%。大气能见度降低主要是由积聚模态粒子的消光作用决定的, 这主要是由于入射光的波长与细粒子的尺寸相当, 且该模态的粒子在空气中的寿命较长。大气能见度与细粒子质量浓度成较好的负相关 [4], 且冬季能见度低于夏季, 这是因为两季的主要污染源不同而引起消光作用的差异 [5]。因此, $PM_{2.5}$ 浓度下降后, 北京大气能见度会有所提高。气溶胶的辐射效应, 总体上对局地辐射平衡造成一种负强迫, 导致地面气温下降, 因此, $PM_{2.5}$ 浓度下降后, 会使到达地表的太阳辐射增加, 地面气温将回升。

3.3 大气氧化剂的形成

大气氧化剂是引发许多大气化学反应的参与物种。二次气溶胶, 就是由一次源如燃煤、机动车等排放的 SO_2 、 NO_x 和VOC经大气光化学反应转化而成, 该过程需要氧化剂的参与, 如 O_3 、PAN、 H_2O_2 以及某些醛类物质等。细粒子一方面可以是反应产物, 同时, 当中的有机碳也可以发生化学反应生成氧化剂, 颗粒物的表面又可以为光化学反应提供化学反应床。因此, $PM_{2.5}$ 浓度降低有利于减少大气中氧化剂的生成量, 从而降低大气化学反应生成各种污染物。

3.4 对城市居民健康的负面影响

大量研究表明, 大气中 $PM_{2.5}$ 浓度的上升与咳嗽等呼吸道症状产生 [13]、肺功能减弱 [14]及哮喘 [15]的发病相关, 并能显著地改变人类生殖功能。哈佛大学对8,000名成年人进行了为期16年的颗粒物流行病学研究, 证实 $PM_{2.5}$ 与死亡率的上升显著相关 [16]。与 PM_{10} 和TSP相比, $PM_{2.5}$ 上比表面积大, 能够富集有害物质更多; 且随着粒径的变小, $PM_{2.5}$ 在空气中的存留时间和在呼吸系统的吸收率也随之增加, 因此对人体健康的影响越大 ($PM_{2.5}>PM_{10}>TSP$)。颗粒物中的组分是主要的致病因子, 决

定颗粒物是否有害, 以及可能引起的疾病种类; 颗粒物的浓度和暴露时间决定了吸入剂量, 总体上讲, 颗粒物的浓度越高、暴露时间越长, 危害越大。对 $PM_{2.5}$ 的流行病学研究尚未阐明 $PM_{2.5}$ 对人体健康负效应的临界值, 说明 $PM_{2.5}$ 暴露的安全值难于确定, 但是幼儿和中老年人对 $PM_{2.5}$ 的抵抗能力较弱为普遍的共识。2013年初的灰霾事件, 北京儿童医院日均门诊量近1万人次 (比日均增加65.9%), 其中30%因为呼吸道疾病 [17]。哈佛大学时间序列的人群 $PM_{2.5}$ 暴露研究发现, 每提高 $10 \mu g/m^3$, 日常死亡率就会相应上升1.5% [18]。因此, 控制 $PM_{2.5}$ 的浓度水平必然对人体健康有积极意义。

4、特大城市 $PM_{2.5}$ 控制对策建议

在进行细粒子污染控制时, 应该侧重于以上方面的污染源的治理。具体的防治重点是: 防治机动车排气污染、煤烟型污染、扬尘污染、工业污染、餐饮污染、区域复合污染 (农村-城市; 一次污染-二次污染) 等, 与此同时, 需要从强化城市规划先导作用、坚持执行新城建设六项原则标准、倡导居民从人居健康出发改变节庆燃放鞭炮和深化执法力度并举的措施, 总体上实现对 $PM_{2.5}$ 的彻底控制, 保障人居环境质量的稳步改善。

4.1 防治机动车排气污染与推广公共交通和自行车出行的绿色交通模式

要加强对机动车的管理, 例如加强对机动车排气的初检、年检、路检和抽检工作, 对超标汽车严加限制; 严格执行机动车报废制度, 按期报废旧车; 对超标的在用车强制安装电控带尾气净化器。对公交汽车、出租车、环卫和邮电车辆积极推广清洁能源。再次要发展公共交通, 改善交通状况, 以降低机动车尾气污染, 例如北京现在大力修建地铁将对缓解地面污染有积极意义。推行以新能源汽车、电动自行车和自行车为主的新型交通方式, 特别是在超大 (特大) 城市周边的绿色重点小城镇。推广使用农用电动汽车, 在提高城镇化水平的同时, 借助新型工业化的科技力量来实现节能减排的目标, 有助于区域空气污染总量的减排和空气环境质量的整体改善, 探索新型的农村-城市环境协同改善的良性机制。

4.2 强化绿色施工集成技术的应用和农业耕作技术创新, 防治以建筑、农业为主的扬尘污染

对于防治建筑尘, 要严格管理施工工地, 车辆运输要密闭, 同时控制遗撒, 堆料要覆盖并经常洒水, 工地分期进行监测, 要保证达到环保标准。对于防治道路尘, 可以扩大道路机械化洒水和清扫面积; 提高市区绿化覆盖率和全市林木覆盖率。对于防治风沙尘, 除了加强市区内的绿化, 还要加强北京周边地区生态环境建设, 减少外地沙尘的影响, 根据气象条件实施人工增雨 (雪) 作业。针对城市周边的农村, 在农业生产过程中推行免耕

或少翻耕操作，减少扬尘污染。

4.3 加快热力动力能源结构升级和北方采暖地区供热计量改革，防治煤烟型污染

进一步强化对燃煤污染的控制：首先，在源头处控制，如推广使用低硫低灰优质煤，在电厂锅炉安装低氮燃烧器。其次，在生产过程中控制，要求电厂、集中供热锅炉采取脱硫措施，低效除尘器改为高效除尘器。第三，使用替代能源，如推广使用天然气；继续进行供电设施改造，电替煤采暖，高级住宅及部分平房改电采暖，部分平房改用液化气取暖；推广利用浅层地能等可再生能源和节能技术，加强实时在线监控和污染信息披露。扩大政策宣传，广泛宣传煤烟型污染控制工作，提高企业自律意识，加大采暖季燃煤锅炉监察和惩处力度，必须实现达标排放，在极端条件下（如不利气象等不可抗自然力量），实施紧急预案。与此同时，根据世界银行提供的经验，波兰在没有进行建筑围护结构节能改造的情况下，只是将面积收费改为供热计量收费，全国就实现了节能30%。目前，全国城市和县城住宅集中供热面积总共为39.3亿平方米，其中城市为33.7亿平方米，县城为5.6亿平方米；住宅集中供热能耗为0.98亿吨标准煤，其中城市为0.84亿吨标准煤，县城为0.14亿吨标准煤。我国北方地区城镇住宅面积至少30亿平方米，如果实现了供热计量收费，可以节约三分之一左右的能源，每年至少节约2000多万吨标煤，减少5000多万吨二氧

化碳气体排放 [19]。

4.4 防治工业污染与节能减排协同管控

对北京大气污染大户(热电厂等)要加大点源治理力度，并限制其生产规模，调整产品结构，引导企业发展转型。对冶金、建材、电力行业等重点排污大户开展清洁生产审核工作，督促落实污染物排放总量削减方案，公布重点污染企业名单以警示同行业的其他企业。严格执行工业污染源限期治理和污染搬迁计划，加快石景山地区生态恢复，推进东南郊污染的治理。制定并公布工业企业清洁生产控制指标，使各工业企业有章可循。

4.5 加大对餐饮污染源的分层次管制

根据模型对PM_{2.5}源解析的研究，发现餐饮污染具有较高的贡献率。因此，在该方面应当分层次加大管控力度。对公共活动空间的餐饮行业施行严格的排放标准，并指导餐饮单位配套安装处理装置；针对市民家居餐饮，加大宣传和科普力度，从市民健康和城市大气环境质量提升等角度，提升市民对家居餐饮所可能产生的污染的认识，并开展相关的绿色家庭示范活动，引导市民参与到认知家居空气污染源和消减污染排放量的行动中去。

4.6 特大城市与周边区域联防联控

在进行城市大气污染防治时，不能仅局限于北京市，研究表



北京

明，周边环境的治理需要协同展开 [4]。由于北京市处于北面倚山，南部平原的“马蹄形”山谷地带。根据模式计算（如COSMO-ART、卫星遥感（TOMS、MODIS中分辨率成像光谱仪）和立体空观测，PM_{2.5}的污染源更多的是区域尺度，因为它们更倾向于长距离传输，而PM₁₀主要是局地源[4]，研究表明：北京周边地区对北京市空气污染有重要影响 [1,3-5]。晴空、稳定天气条件下冬季北京大气污染气溶胶颗粒物的排放源可远距离反演到北京南部周边的河北、山东及天津等地更大尺度空间范围，气溶胶指数高值区与北京及周边地区居民户数高值区（采暖面源）空间分布存在关联。城区大气污染周边源轨迹路径主体来自城市近郊固定工业面源或采暖面源，且冬季周边污染源扩散输送距离较夏季呈更远的空间尺度。要解决北京市空气污染问题不能仅着眼于北京市，还应该考虑周边地区排放源影响 [1,4]，引导新农村建设来全面实现特大城市及其周边城镇空气质量的协同改善。

4.7 坚持生态城市建设的六项标准和新农村农户节能改造并举

华北地区将新建约9-10座卫星城，这些城市的规划建设必须按照生态低碳的六项标准进行发展：一是紧凑的用地模式。每平方公里建成区居住人口必须大于1万人，以起到节约用地的示范效应。二是可再生能源应用的比例大于或等于20%。三是绿色建筑占建筑的总数大于或等于80%，因为绿色建筑具有节地、节能、节材、节水、室内空气环保等特征，对外部环境干扰最小，应成为生态城市的基础工程。四是生物多样性。应通过绿化园林的合理布局和精心设计来确保生物多样性和自然斑痕的保护利用。五是绿色交通优先。市民出行中步行、自行车与公共交通的使用比例大于65%。六是拒绝高耗能、高排放工业项目，保障以上六个标准的顺利实现，城市单位GDP的碳排放基本能够实现50%的减排效率。

北京



在今年国务院的1号文件中[20]，明确指出了积极推进绿色农房建设的若干建议。这是新农村建设内涵务实的又一重大举措。文件指出，要编制农村住宅绿色建设和改造推广图集、村镇绿色建筑技术指南，免费提供技术服务。大力推广太阳能热利用、围护结构保温隔热、省柴节煤灶、节能炕等农房节能技术；切实推进生物质能利用，发展大中型沼气，加强运行管理和维护服务。如上农房节能综合体系的建设引导，可以显著地降低每户标煤消耗，实现大幅节能减排的目标。

4.8 倡导居民从人居健康出发改变节庆燃放鞭炮礼花的做法

燃放鞭炮是我国多年来节庆的重要庆祝形式之一，具有典型的文化特色，但随着科学研究手段的发展，发现燃放鞭炮可以直接导致空气当中以PM_{2.5}为主要表征的多种污染物的释放，包括总n-烷烃、多环芳烃和有机酸，局地燃放鞭炮最终是区域污染物浓度水平升高约100%以上[21]，部分礼花爆竹的研发，为了观赏性的需要，绽放高度和烟花亮度都有极大的提升，在燃放的一瞬间，不仅使污染物在高空形成并快速对流扩散，而且由于中心温度还可能进一步加速光化学反应，从而提高大气的氧化性，因此，从社会观念层面，逐步倡导居民改变燃放鞭炮礼花的做法，并鼓励社会各界和民众尝试其他可替代的新的庆祝方式，从而率先在大气污染负荷较重的区域实现禁鞭的目标。

4.9 强化科学规划的先导作用，合理布局用地和安排发展进度和调节开发强度

城市规划是对城市的未来发展、城市的合理布局、城市各项基础工程建设和城市各项资源的管理等方面做出综合部署，应当与土地规划、交通规划和环境规划协同发挥作用。按照优化国土空间开发格局的要求，在《全国主体功能区规划》、《“十二五”城镇化发展规划》、《促进城镇化健康发展规划》和省级《城镇体系规划》等纲领性规划中，应当充分考虑进行合理的用地布局（产业、交通和居住），研究相似地形条件，不同城市在产业规划方面的实践，对比在大气环境质量方面的差异性，强化大气污染排放与空间布局之间的关系，丰富城市规划的原理。针对城镇化程度较高和向服务业转型的城市，应到充分注意交通规划的编制，不仅要从交通量的角度考虑规划的合理性，同时要结合城市科学绿化等综合考虑，基于低碳生态新理念的城市发展模式不仅在新城规划建设中，同时在老城的微更生中给予体现，将能耗指标、生态指标和节水指标等落实到土地出让协议、地块规划设计、控制性详细规划和控制性详细规划等中。

4.10 加强部门之间协作联合执法，推行公众监督举报机制和加快研究极端不利条件下特大城市应急响应机制和预案编制工作

环境保护部门、城市规划部门和交通部门对污染防治要协同

进行监督管理，健全环保机构，提高综合执法水平，加大执法监督力度，使环境保护的法律法规得到切实地贯彻执行，同时鼓励公众参与，设定准确的举报机制，为公众表达对城市环境改善的关切提供更为翔实的信息沟通平台。因此，为了保障特大城市及其周边大气环境质量的提升，需要将北京及周边区域治理与减排常态化、法定化，实施综合调控规划方案，建立北京及周边地区大气环境监测—预警—调控—问责机制。强化科学规划的先导作用，合理布局用地和安排发展进度和调节开发强度，坚持生态城市建设的六项标准和推进新农村农户节能改造。特别是在，极端不利条件下，加快建立特大城市及其周边区域的应急响应机制和预案的编制工作，借鉴国外防范城市灾害的经验，研究在紧急情况下，研讨实施企事业单位暂时性休班和教育单位暂时性停课等的可行性和实施办法；强制实施严格的交通出行管制（同时包括公交车和私家车）；保障交通系统工作人员，特别是中老年交通引导员的职业健康措施；专门保护易感人群的科普知识教育体系宣教预案等。

5、结语

目前全球绝大多数特大城市的颗粒物浓度超过世界卫生组织的指导值（年均35 μg/m³；日均75 μg/m³）。以北京市为代表的中国超大（特大）城市，在城市大气质量方面已经出现了显著的区域污染特征，并对人居环境和健康构成重要威胁。研究表明，北京PM_{2.5}的主要污染源是机动车尾气污染、燃煤、扬尘、餐饮、区域复合污染等。因此，建议控制措施应分别从防治机动车尾气污染、扬尘污染、煤烟型污染、工业污染四方面进行。北京现行的治理措施，包括搬迁首钢、修建地铁、逐步提高汽、柴油车排放标准等对改善细粒子污染有积极意义。进行细粒子污染治理时，不能局限在北京，而应进行包括周边地区在内的区域治理，建立北京及周边区域大气环境监测—预警—调控系统，加快研究极端不利条件下特大城市应急响应机制和预案并举编制工作。细粒子污染得到控制后，将对特大城市及其周边酸沉降、大气能见度、局地辐射平衡、氧化剂形成以及人体健康产生积极影响。不仅是人口密度极高的特大城市，随着我国城镇化水平的逐步提高，人口在城市有限的空间里高密度集聚，工业化、信息化和交通出行方式等的重大变化，对城市大气质量必将产生重大影响，其中存在较大的不确定性，应当警惕世界范围内特大城市大气环境质量方面普遍较差的现状，在进一步加快我国特大城市人居环境改善的同时，针对快速发展的大中城市，应当加大规划的先导力度，基于对PM_{2.5}区域现状，优化用地布局，降低人群暴露剂量，编制生态规划，提出区域消减污染物排放的总量控制对策，使特大城市和中小城市稳步城镇化发展的同时减少对生态环境冲击，营造良好的市民宜居环境，保障公众健康。■

参考文献:

- 1 Parrish, D.D., and Zhu, T. Clean Air for Megacities[J]. Science, 2009,(326):674-675.
- 2 Zhang, J.F., Mauzerall, D.L., Zhu, T., et al. Environmental Health in China: Progress towards Clean Air and Safe Water[J]. The Lancet, 2010,(375): 1110 1119.
- 4 Cao, J.J., Shen, Z.X., Chow, J.C., et al. Winter and Summer PM_{2.5} Chemical Compositions in Fourteen Chinese Cities[J]. Journal of the Air & Waste Management Association. 2012,(10):1214-1226.
- 5 X.D. Wang, Pollution prompts concern, January 31, 2013 (<http://english.peopledaily.com.cn/90882/8115266.html>).
- 6 Zhao, P.S., Dong, F., He, D., et al. Characteristics of Concentrations and Chemical Compositions for PM_{2.5} in the Region of Beijing, Tianjin, and Hebei, China[J]. Atmos. Chem. Phys. Discuss., 2013,(13): 863 901.
- 7 He, K.B., Yang, F.M., Ma, Y.L., et al. The Characteristics of PM_{2.5} in Beijing, China[J]. Atmos. Environ. 2001,(35): 4959 4970.
- 8 He, K., Zhao, Q., Ma, Y., et al. Spatial and Seasonal Variability of PM_{2.5}Acidity at Two Chinese Megacities: Insights into the Formation of Secondary Inorganic Aerosols[J]. Atmos. Chem. Phys., 2012,(12):1377 1395.
- 9 Sun, Y.L., Zhuang, G.S., Wang, Y., et al. The Air-borne Particulate Pollution in Beijing-Concentration, Composition, Distribution and Sources[J]. Atmos. Environ., 2004,(38): 5991 6004.
- 11 Mei, Z.G., Salmon, L.G., Schauer, J.J., et al. Seasonal Trends in PM_{2.5}Source Contributions in Beijing, China[J]. Atmos. Environ., 2005,(22): 3967 3976.
- 12 Song, Y., Zhang, Y.H., Xie, S.D., et al. Source Apportionment of PM_{2.5} in Beijing by PositiveMatrix Factorization[J]. 2005,(8): 1526 1537.
- 10 Guo, S., Hu, M., Guo, Q., et al. Evaluation of Emission Control during the 2008 Olympics[J]. Atmos. Chem. Phys. Discuss., 2012,(12): 32883 32909.
- 13 Nel, A. Air Pollution-Related Illness: Effects of Particles. Science, 2005, (5723): 804-806.
- 14 Churg, A., and Brauer, M. Human Lung Parenchyma Retains PM_{2.5}[J]. Am. J. Respir. Crit. Care Med., 1997,(6): 2109-2111.
- 15 Zhang, J.F., Hu, W., Wei, F.S., et al. Children's Respiratory Morbidity Prevalence in Relation to Air Pollution in Four Chinese Cities[J]. Environmental Health Perspective, 2002,(9): 961 967.
- 16 Dockery, D.W., Pope, C.A., Xu, X.P., et al. An Association between Air Pollution and Mortality in Six U.S. Cities[J]. New England journal of Medicine, 1993,(329):1753-1759.
- 17 温源, 郭俊锋. 聚焦雾霾北京儿童医院: 呼吸道感染者激增[N]. 光明日报, 2013-01-15 (8). http://news.xinhuanet.com/edu/2013-01/15/c_124230217.htm
- 18 Laden, F., Neas, L. M., Dockery, D. W., et al. Association of Fine Particulate Matter from Different Sources with Daily Mortality in Six U.S. Cities[J]. Environ. Health Perspect., 2000,(10): 941 947.
- 19 仇保兴. 北方地区绿色建筑行动纲要[J]. 住宅产业, 2012,(11):10-16.
- 20 国务院办公厅. 绿色建筑行动方案. [2013] 1号
- 21 Li, X., Guo, X.Q., Liu, X.R., et al. Distribution and Sources of Solvent Extractable Organic Compounds in PM_{2.5} during 2007 Chinese Spring Festival in Beijing. J. Environ. Sci., 2009, (21): 142-149.

作者简介

徐振强 (1984-), 男, 中国城市科学研究会学术交流部, 助理研究员, 理学博士。

杨光 (1982-), 男, 国家发展和改革委员会能源研究所, 助理研究员, 理学硕士。

王凤 (1986-), 女, 环境保护部污染物排放总量控制司大气总量处, 科员, 理学硕士。