

# 快速城市化背景下城市扩张对空气质量影响研究

2014-2015 北京大学林肯研究中心论文奖学金结题摘要

蒋金亮

(南京大学地理与海洋科学学院, 210093, 南京, 中国)

近年来,我国快速城市化发展带来了人民物质财富和生活质量的显著改善,但同时造成了严重的环境问题,其中中国许多城市区域的大气环境污染尤为突出。城市扩张作为城市化的重要表征形式,是指城市区域快速和蔓延式增长的过程,主要受到低密度的城市边缘区(郊区)发展的驱动,并最终导致自然景观的破坏和能源消耗的加剧。近年来城市扩张过程带来的负面影响不断增多,比如增加的交通出行和道路拥挤、雨水径流量增大、农用地的缺失、生态环境破坏等。在城市既要社会经济发展,同时亦须注重生态保护的生态文明理念导向下,研究城市扩张与环境空气质量的关系,不仅有助于改善城市扩张方式、提高城市环境质量,对于城市未来发展政策制定,城市规划的编制和实施均具有重要参考意义。

本文从区域和城市两个层面分别分析城市化进程中城市扩张与空气质量的关系,在区域尺度选择长三角地区作为研究对象,识别其 2001-2012 年区域空气污染时空特征,选择经济发展、人口、土地、产业结构、交通等因子,结合库兹涅茨假说分析城市扩张同空气质量之间的曲线关系;在城市尺度选择土地利用回归模型分析城市用地与空气质量的线性关系,模拟城市空气污染空间分布特征。从区域和城市两个尺度相结合对城市扩张与空气质量关系进行探讨,不仅在区域尺度探寻城市扩张同空气污染的关联,为区域环境污染治理、提高环境质量提供参考价值,另一方面,在城市尺度分析城市土地利用布局对空气环境的影响,增加了城市空间规划决策的科学性,为城市用地布局规划提供城市大气环境质量空间信息,推动城市用地布局完善及城市规划技术方法更新。

本文主要结论为:

(1) 长三角地区 2001-2012 年城市首要污染物基本均为可吸入颗粒物 ( $PM_{10}$ ),降低可吸入颗粒物浓度成为空气污染治理首要任务。从 2001-2012 年长三角地区城市空气污染大多以颗粒物为主要污染物来看,一方面与这一阶段长三角地区城市化进程属于快速发展期,城市工业企业规模不断扩大,对于煤炭等能源需求巨大,工地数量明显增加以致工地扬尘增多,客观上造成空气环境中颗粒物污染浓度增加;另一方面,长三角地区近年来道路建设不断拓展,交通运输业得到迅猛发展,汽车保有量增加迅速,交通扬尘以及汽车尾气对颗粒物的贡献随之加剧。

长三角区域在 2001-2012 年期间空气质量整体处于改善状态,空气质量较好的前四个城市为舟山市、宁波市、台州市和上海市,一方面,空气质量较好的城市大多位于沿海地区,具有独特的地理位置,常年受到海洋性气候的影响,具有较好的大气扩散条件,空气质量较好,另一方面,上海、台州近几年第二产业占比不断下降,产业结构趋于合理,能源消耗有所下降,舟山工业占比一直不高,这些因素同样导致空气质量趋于良好。

空气质量较差的四个城市为南京市、泰州市、杭州市和常州市,一方面,像南京和杭州等城市三面环山,一年中静风多,大气结构相对稳定,逆温层出现比较频繁,大气扩散条件

较差，空气质量相对较差；另一方面，泰州和常州两市第二产业占比常年超过 50%，工业占比过高势必导致对于煤炭等能源消耗加剧，影响空气中  $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{SO}_2$  等污染物浓度，南京市和杭州市作为省会城市，城市人口数量加剧带动集体和家庭生活耗能大幅增加，城市车辆数量的快速增加，一方面增加机动车尾气排放强度，另一方面降低城市城区内部机动车整体行驶时速，延长机动车尾气排放时间，对于城区雾霾形成有重要影响。

长三角空气污染指数重心总体趋势由西北向东南转移。一方面，长三角地区一年中某一段时间盛行西北风，受到风向的影响，大气污染物沿着风向扩散，对于污染物的跨区域转移有一定影响，空气污染重心沿着风向迁移；另一方面，江苏省的无锡市、常州市、泰州市、扬州市等城市空气质量整体不断下降，而杭州市、湖州市、嘉兴市等城市空气质量并未得到显著改善，波动比较明显，长三角空气污染指数重心呈现向东南迁移的趋势。通过空间自相关分析发现空气污染指数“高-高”聚集的城市集中在江苏省，具体包括南京市、扬州市、镇江市、常州市、无锡市和泰州市，而浙江省绍兴市、宁波市、台州市相对而言空气质量呈现“低-低”聚集。这个分析与上述 2001-2012 年长三角 16 个城市平均空气污染指数排名结果相吻合，总体而言近几年江苏几个城市经济发展较为迅速，工业排放的大气污染显著，造成了空气污染呈现空间聚集。通过对不同城市 2001-2012 年空气质量变化折线图进行归纳总结，长三角 16 个城市空气质量变化可以划分稳定性、波动型、下降型和先升后降型 4 种类型。

(2) 长三角地区城市发展与空气质量呈现“U”型曲线关系，且 U 型曲线的拐点为人均 GDP 达到 115303 元。当人均 GDP 低于 115303 时，人均 GDP 的增加使空气质量得到改善；当人均 GDP 高于 115303 时，人均 GDP 的增加将导致空气质量恶化。但是人均 GDP 的增减并不必然带来空气质量的恶化，而且随着空气环境政策的实施、产业结构不断调整、城市交通系统不断优化、降低空气环境污染各项科学技术的不断进步，空气质量变化拐点可能不断后延。2012 年长三角地区人均 GDP 为 78216 元，并没有达到 U 型曲线拐点，尚处于空气质量改善阶段，长三角地区还有时间窗口应对城市经济发展对空气质量带来的挑战。

城市第二产业结构比例、民用汽车拥有量与城市空气污染指数呈显著的正相关关系，其中第二产业结构比例系数高于民用汽车拥有量。长三角地区在现阶段应该充分降低工业污染，调整三次产业结构，同时重点发展资源依赖相对较小、能源消耗低的第三产业，另一方面，控制城市机动车保有量，加强机动车污染排放的监督与管理，淘汰达不到标准且经过治理后不能改善尾气排放的车辆，推广清洁能源机动车，降低污染物排放量，充分利用当前城市化进程对空气质量带来的“生产效应”，降低城市化“生活效应”引起的空气质量恶化。

(3) 近一年南京市  $\text{PM}_{2.5}$  浓度经历三个波峰，分别为 2014 年 5 月、6 月、2014 年 11 月和 2015 年 1 月。其中 2014 年 4 月、7 月、8 月、9 月、10 月、12 月以及 2015 年 3 月和 4 月空气质量在国家二级标准以下，其他月份平均浓度超过国家二级标准 ( $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ )。南京市在夏季  $\text{PM}_{2.5}$  浓度相对较低，而在春、秋和冬季空气质量相对较差。其中  $\text{PM}_{2.5}$  平均浓度最高的空气质量站点为迈皋桥、瑞金路、奥体中心，浓度最低分别为中华门、玄武湖和仙林大学城，其余山西路、草场门和浦口处于中间水平。

(4) 选择高程、土地利用、人口、交通与自然条件 5 个因素与  $\text{PM}_{2.5}$  站点浓度建立分析模型，土地利用回归模型结果中与  $\text{PM}_{2.5}$  浓度相关程度最高的是监测站点 2 公里范围内的

工业用地面积，其次是 2 公里范围内的绿地面积、5km 范围内的公共服务用地面积，300m 范围内的居住用地面积。不同用地类型以及不同类型道路与  $PM_{2.5}$  年均浓度相关度存在较大差异，同一类型变量在不同缓冲距离下相关系数也不尽一致，表明监测站点周边土地利用要素对于  $PM_{2.5}$  影响存在一定的尺度效应。

用于验证的空气质量监测站点  $PM_{2.5}$  浓度误差率小于 1%，证明本文土地利用回归模型在有效误差范围内。2014 年南京市  $PM_{2.5}$  浓度较高区域成连片分布趋势，从河西-主城区-仙林呈现环紫金山哑铃状分布。具体几个高值区域分布在瑞金路、山西路、迈皋桥和仙林大学城周边，这些地区处于人口相对集中区域，山西路周围居住用地和公共服务用地密集，路网密度较高，对于  $PM_{2.5}$  浓度有一定影响；瑞金路-中华门-奥体中心附近区域、迈皋桥附近区域以及仙林大学城周边地区一方面人口高度聚集，另一方面受到周边工业用地布局的影响， $PM_{2.5}$  浓度也居高不下。紫金山周边和玄武湖周边被  $PM_{2.5}$  浓度较高区域包围，但是整体  $PM_{2.5}$  浓度较低，说明在城市用地布局中，城市绿色开敞空间的建设可以明显降低  $PM_{2.5}$  浓度，改善空气质量。

进一步，为对未来城市规划作出空气质量效应评估，利用土地利用回归模型，对将来城市土地利用产生的空气污染浓度分布作出预期模拟评估。按照 2020 年城市规划用地方案实施， $PM_{2.5}$  浓度高值区域范围将明显减少，特别是对于主城区和仙林大学城周边空气质量的改善尤为明显，但是对于奥体中心周边建邺区、雨花台区和秦淮区交界地带的河西地区空气质量并未明显得到改善，反而有恶化趋势。这可能与河西地区开发密度过高，居住用地过于集中，延续宽广场大马路的建设思路，城市规划过程中未充分考虑城市用地功能混合配置，绿色开敞空间建设相对不足，空气质量没有得到提升，反而下降。

**关键词：**城市化；空气质量；城市扩张；库兹涅茨曲线；土地利用回归模型