

实现大气环境高质量路径多情景分析

——以南京市为例

于忠华, 秦洁琼, 王龚博, 熊峰, 彭杉杉

(南京市环境保护科学研究院, 江苏 南京 210013)

摘要:在界定城市生态环境高质量内涵的基础上,分析了南京市大气环境状态特征,设计了惯性发展、规划发展、协调发展3种发展情景,分析了不同情境下南京市大气环境高质量的实现路径及政策需求。结果表明:惯性发展情景实现难度较大,需要突破资源能源瓶颈、产业发展惯性以及大规模治理资金等约束;规划发展情景下实现存在较大不确定性,主要受规划实施成效和社会共治体系建设等影响;协调发展情景下实现大气环境高质量可能性最大,需要建立经济社会发展的大气环境影响效应动态评估机制,优化产业结构、能源结构、运输结构和用地结构,完善生态环境政策制度。

关键词: 大气环境;高质量;路径;情景分析;南京市

中图分类号: X37

文献标志码: A

DOI: 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2019.04.018

Realization Paths of Atmospheric Environmental High Quality in Multiple Scenario Analysis in Nanjing City

YU Zhonghua, QIN Jieqiong, WANG Gongbo, XIONG Feng, PENG Shanshan

(Nanjing Research Institute of Environmental Protection, Nanjing 210013, China)

Abstract: On the basis of the connotation of urban ecological environmental high quality, this paper analyzed the condition of the atmospheric environment in Nanjing City. Three different development scenarios, the inertial development scenario, planning development scenario and coordination development scenario, were designed, and we analyzed the policy demand and realization paths of atmospheric environmental high quality under different scenarios in Nanjing City. The results show that, the inertial development scenario can't achieve the objective of atmospheric environmental high quality considering the bottleneck problem of energy resource, industry development and large amounts of investment for pollutant control. There are uncertainties in planning implementation and co-governance in recovery of atmospheric pollution. It is feasible to achieve the objective of atmospheric environmental high quality on the condition of coordination development scenario. Dynamic evaluation mechanism about the effect of economical society development on atmospheric environment should be established. Meanwhile it is necessary to optimize industry structure, energy structure, transport structure and land utilization structure, and to improve eco-environment policy system.

Keywords: Atmospheric Environment; High Quality; Path; Scenario Analysis; Nanjing City

CLC number: X37

质量问题是区域经济社会发展的战略性问题。高质量发展,是能够很好满足人民日益增长的美好生活需要的发展,是体现新发展理念的发展,是创新成为第一动力、协调成为内生特点、绿色成为普遍形态、开放成为必由之路、共享成为根

本目的发展^[1]。当前,我国社会主要矛盾已经发生了变化,过去“盼温饱”“求生存”,现在“盼环保”“求生态”。良好的生态系统为人类提供安全舒适的生存环境,对应马斯洛需求理论中的人类安全需求^[2-3]。实现生态环境高质量社会各界已

收稿日期: 2019-01-10

基金项目: 南京市软科学研究计划(2017dr206001); 2019年市社科基金一般青年项目(2019YB-01)基金资助

作者简介: 于忠华(1978-),男,高级工程师。研究方向: 环境规划与管理。E-mail: zhyu168@126.com

引用格式: 于忠华,秦洁琼,王龚博,等. 实现大气环境高质量路径多情景分析[J]. 环境保护科学, 2019, 45(4): 95-99.

形成共识。但是,对于何为生态环境高质量,学术界和政府尚处于实践探索过程中,对生态环境高质量的内涵特征并未明确,但普遍认为生态环境质量是评价城市发展高质量的重要考量因素,高质量的发展除了环境质量要达标、处于同类城市前列,还需要实现经济增长与污染物排放脱钩^[4-6]。借鉴专家学者和地方政府探索经验,结合多年工作实践思考,笔者认为,在社会主义生态文明建设新时代、绿水青山就是金山银山新理念、打好污染防治攻坚战新要求下,生态环境是衡量高质量发展成效的重要标尺,是促进高质量发展的有效手段,也是考验地方政府执政水平的试金石,生态环境高质量的核心内容应包括主要环境质量指标达到国家环境质量标准、主要生态环境指标达到同类城市水平、经济增长与污染物排放脱钩。近年来,南京持续实施蓝天工程和大气污染防治行动计划,采取了一系列措施,大气治理取得一定成效,但与先进城市相比,还存在空气质量优良率不高、部分指标仍未达到国家空气质量二级标准、群众满意度提升不明显等问题。城市空气质量达到二级标准的天数比例和 PM_{2.5} 年均浓度是南京市“十三五”生态环境保护规划确定的约束性指标。文章在相关研究成果的基础上,从经济社会—大气环境耦合角度,定量评价了南京市迈向生态环境高质量的状态特征和制约因素,按照惯性发展情景、规划发展情景、协调发展情景,分析了南京实现大气环境高质量的可行性,提出了经济社会发展与大气环境质量双重约束下的实现路

径,以期对南京打赢蓝天保卫战提供决策参考。

1 南京市大气污染治理形势

1.1 治理成效与存在问题

“十二五”以来,南京市推进实施蓝天行动计划、大气污染防治行动计划并出台“两减六治三提升”专项行动等一系列政策文件。工业废气污染得到有效治理,VOCs 治理全面开展,机动车排气污染和扬尘污染精细化管理水平居全国前列。大气污染物排放呈下降趋势,空气质量持续改善。2017 年,全市空气质量优良天数为 264 d,达标率为 72.3%,较 2013 年提升 17%;PM_{2.5} 浓度年均值为 40.0 μg/m³,较 2013 年降低了 48% 但 PM_{2.5}、PM₁₀、NO₂、O₃ 等大气污染物年均值仍未达到二级标准,O₃ 超标问题日益凸显。与同类型(省会城市、副省级城市)的杭州、广州、武汉相比,南京空气优良率高于武汉(69.9%),但低于杭州(74.5%)和广州(80.8%),PM_{2.5} 年均浓度总体上优于武汉(53 μg/m³)和杭州(45 μg/m³),但远高于广州(35 μg/m³),O₃ 年均浓度略高于杭州(100 μg/m³),但远高于广州(93 μg/m³)和武汉(86 μg/m³),成为空气质量超标的重要因子。经过多年大气污染减排,南京主要污染物排放量大幅下降,但仍处高位。南京与杭州相比,地区生产总值和人口规模相近,但工业二氧化硫、氮氧化物、VOCs、化学需氧量和氨氮的排放量与排放强度均高于杭州。南京 2013~2017 年空气质量指标情况,见表 1。

表 1 2013~2017 年南京空气质量指标情况

t/a	PM _{2.5} 年均浓度	空气优良率/%	臭氧(O ₃) 年均浓度	超标天数/d	
	/μg·m ⁻³		/μg·m ⁻³	PM _{2.5}	O ₃
2013	77.0	55.3	92	146	17
2015	57.0	64.4	98	70	48
2017	40.0	72.3	107	37	58

脱钩关系是指对资源利用和环境压力并没有随着经济的发展而增加,甚至还会减小。计算方法见参考文献[7]。2011~2016 年,南京市的大气环境污染因子脱钩状态来看,工业 SO₂、工业 NO_x、工业烟粉尘排放量总体上均呈强正脱钩状态,但烟粉尘在 2013~2014 年度呈现出增长强连接状态。近年来,随着经济增长质量的提高,南京大气环境污染与经济增长总体脱钩,呈现经济稳

定增长、大气污染物排放呈下降态势,经济和环境的协调性较好,见图 1。

1.2 主要制约因素

1.2.1 自然扩散条件差 与杭州相比,南京国土面积少、人口密度大。南京行政区域面积为 6 582 km²,仅为杭州面积 16 596 km² 的 40%,相对狭小的国土面积,使相应的环境容量变小。簸箕状地形不利污染物扩散。南京市三面环山(牛

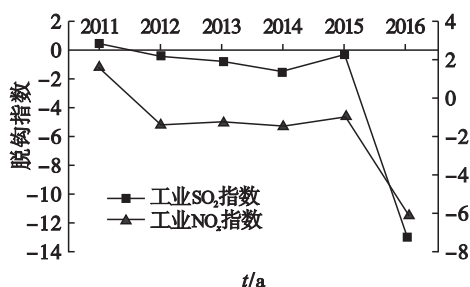
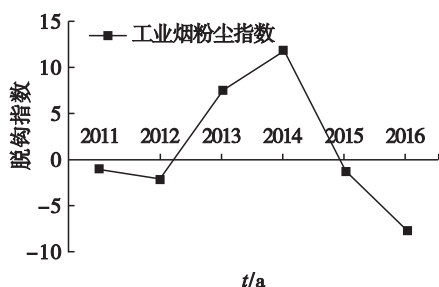


图1 2011~2016年南京市主要大气污染物脱钩状态



首山-祖堂山、青龙山、紫金山),一面临水,地势就像一个西北开口的簸箕,阻碍大气污染物向周边地区的输送和扩散,污染物容易在市区滞留堆积。

1.2.2 产业结构偏重 南京市是全国重要的石化、钢铁基地,原油加工能力逾3 000万t、粗钢产量达1 500万t,轻重工业比为22.9:77.1。2016年,南京市三次产业比例为2.4:39.2:58.4,第三产业比重低于广州(70.94%)和杭州(62.6%)。南京市作为全国重要的石化、钢铁基地,石化、钢铁、电力和水泥4大行业占工业总产值的35%左右,但其煤炭消费量和大气污染物贡献分别占全市的95%和85%以上(数据来源于2016年南京市统计年鉴)。

1.2.3 煤炭消费量大 南京市能源消费以煤炭和石油等化石能源为主,2017年,煤炭消耗量为3 190万t,燃煤与原料煤消耗量均远超杭州、广州;杭州煤炭消耗量仅为南京的1/4左右,且全市已无燃煤电厂。

1.2.4 污染排放区域集中 南京市大气污染物排放空间集聚特征明显,六合、栖霞和雨花台区三区布局有钢铁、石化、电力、水泥等大型企业,三区是二氧化硫和氮氧化物的主要排放区域,占全市工业大气污染物排放总量的90%以上。

2 南京经济社会发展情景分析

“情景分析法”(Scenario Analysis)是在对经济、产业或技术的重大演变提出各种关键假设的基础上,通过对未来详细地、严密地推理和描述来构想未来各种可能的方案^[8-9]。20世纪40年代末美国兰德公司首先将情景分析法应用于军事领域,此后该方法得到迅速发展。我国于20世纪90年代将该方法引入到预测领域,目前已在能源、资源利用、交通运输、气候变化和污染物减排等环境

相关领域得到了广泛的应用^[10]。

2.1 经济社会发展情景设定

2.1.1 惯性发展情景 没有拟实施规划情景下的城市发展,作为对规划情景的参考。基于2006~2017年的地区生产总值(GDP)、工业增加值、产业结构、常住人口数据见表2,采用FORECAST函数对南京市2020年地区生产总值、工业增加值进行预测。采用趋势外推法对南京市产业结构、常住人口进行预测分析。南京市工业煤炭消费量自2013年达到最高值后呈下降趋势,按照近4年平均削减量89万t/a匡算,确定2020年工业煤炭消费总量。南京市城市发展多情景分析见表3。

2.1.2 规划发展情景 依据南京市国民经济和社会发展的第十三个五年规划纲要(宁政发[2016]96号)、南京市“十三五”生态环境保护规划(宁政发[2016]254号)、南京市“十三五”能源发展规划(宁政办发[2016]170号)等南京市重点专项规划。

2.1.3 协调发展情景 在对上述情景分析的基础上,设定资源环境约束方案、社会经济约束方案及协调发展方案,根据侧重点不同做出调整改善。

①地区生产总值和工业增加值预测。郭豫娟等^[11]使用附加人力资本的增长核算模型估算了1979~2020年潜在经济增长率,预测2015~2020年间将降至6.3%左右。闫坤等^[12]从人口红利、资本存量和全要素增长率等方面入手,基于新古典增长方程,对我国经济在“新常态”时期的合理增速目标进行了测算,预测2016~2020年间,我国的合理经济增速将为6.5%左右。结合专家预测,设定南京市协调发展情境下地区生产总值的增长率为6.5%,然后以2017年地区生产总值和工业增加值为基数,计算获得2020年的GDP和工业增加值。

②常住人口预测。借鉴盛晓娟等^[13]基于空

表 2 2006 ~2017 年南京市城市发展主要指标

t/a	地区生产总值(GDP)/亿元	工业增加值/亿元	三次产业结构 /%	常住人口/万人
2006	2 823	1 182	3. 0:49. 0:48. 0	719. 1
2007	3 340	1 412	2. 6:49. 0:48. 4	741. 3
2008	3 814	1 532	3. 1:46. 5:50. 4	758. 9
2009	4 230	1 640	3. 1:45. 6:51. 3	771. 3
2010	5 130	2 005	2. 8:46. 5:50. 7	800. 8
2011	6 145	2 390	2. 7:44. 9:52. 4	810. 8
2012	7 201	2 748	2. 6:44. 0:53. 4	816. 1
2013	8 080	2 998	2. 5:43. 1:54. 4	818. 8
2014	8 821	3 119	2. 4:41. 1:56. 5	821. 6
2015	9 720	3 395	2. 4:40. 3:57. 3	823. 6
2016	10 503	3 582	2. 4:39. 2:58. 4	827. 0
2017	11 715	3 853	2. 3:38. 0:59. 7	833. 5

表 3 南京市城市发展多情景分析(2020 年)

发展情景	地区生产总 值/亿元	常住人 口/万人	工业增加 值/亿元	工业煤炭消 费量/万 t	第三产业 占比/%	PM _{2.5} 年均 浓度/μg·m ⁻³	空气质量达到二级 标准的天数比/%
基准值(2017)	11 715	833. 5	3 853. 4	3 190	59. 7	40. 0	72. 3
惯性发展情景	13 822	845. 0	4 648. 1	2 823	60. 0	>40. 0	<72. 3
规划发展情景	14 000	910. 0	5 000. 0	2 700	60. 0	45. 6	80. 0
协调发展情景	14 758	832. 5	4 854. 2	2 400	64. 0	<40. 0	>72. 3

气质量改善目标的北京适度人口规模分析方法,根据南京市 PM_{2.5}和人口之间存在的负相关关系,利用 SPSS 软件,建立回归方程: $y = -0.3172 \times x + 843.63$ (其中 x 为 PM_{2.5}, y 为常住人口数量),以 PM_{2.5}达标作为空气质量改善目标,从而确定常住人口数量。

③工业煤炭消费量预测。借鉴南京青奥会环境质量管控经验^[14],考虑到政府强力推进四大片区改造(具体指金陵石化及周边地区、大厂地区、梅山钢铁及周边地区和长江二桥至三桥沿岸地区等地区)和去产能步伐加快,且工业增加值与工业煤炭消费量实现强正脱钩计算,确定协调发展情景下的南京市工业煤炭消费量。

2.2 不同发展情景大气环境高质量实现情况

2.2.1 惯性发展情景大气环境高质量实现存在较大难度 需要突破资源能源瓶颈、产业发展惯性以及大规模治理资金。南京是国家产业布局的石化、钢铁基地,具有重化工业占比高、煤炭消费量大、污染物排放强度大等特点,原油加工量逾 3 000 万 t, 粗钢产量达 1 500 万 t, 发电量约 500 亿 kW·h, 机动车保有量突破 250 万辆且无摇号限牌措施,在国内副省级城市少见。若按照惯性发展情景,重化工产业结构、规模和布局没有显

著改善,机动车保有量持续攀升,大气污染物势必持续增加,大气污染治理需要投入大量资金,大气环境质量难以有效缓解。按照惯性发展情景实现难度较大,预计 PM_{2.5}年均浓度高于基准值,空气质量二级标准的天数比例难以达到 80% 的目标。

2.2.2 规划发展情景下实现存在较大不确定性

主要受规划实施效果和社会共治体系建设影响。环境与经济系统是一个社会—经济—自然的复合系统,其中不确定性因素广泛存在。规划的编制过程中普遍对形势判断缺乏前瞻性,导致规划目标指标制定存在一定偏差,我国经济社会发展受政府干预影响较大,在规划实施过程中规划实施往往受到不同程度干扰,规划存在动态调整在所难免。我国环保规划体系尚未建立起有效实施的监管机制,使得规划实施滞后、评估机制不完善、监督薄弱等问题频频出现^[15]。南京市大气污染治理工作中,“管发展必须管环保、管生产必须管环保、管行业必须管环保”的环境保护工作责任体系尚未完全建立,各部门齐抓共管的工作机制有待进一步完善,导致规划设定的重点任务和工程不能有效落实,严重影响了规划的实施效果。南京市“十三五”生态环境保护规划中期评估表明,重点工程难达预期,大气环境质量达标困难较

大。鉴于此,按照规划发展情景实现难度较大,预计 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度高于基准值,空气质量二级标准的天数比例难以达到80%的目标。

2.2.3 协调发展情景下实现大气环境高水平较为可行 协调发展情景将经济社会发展和生态环境保护有机结合起来,实施绿色发展战略,以资源环境承载力确定经济社会发展规模,形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式,优化产业结构、能源结构、运输结构和用地结构,有效破解传统发展模式惯性与绿色转型之间的矛盾。建立经济社会的大气环境影响效应动态评估机制,运用环境经济手段倒逼污染企业转型发展,从根本上源头上解决影响大气污染的经济增长因素、产业发展因素、能源资源因素,通过经济发展高质量促进生态环境高质量,实现经济社会发展和大气污染物排放量完全脱钩。综上分析,按照协调发展情景实现可能性最大,预计 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度低于基准值,空气质量二级标准的天数比例达到80%的目标可能性最大。

3 结论与建议

(1)大气环境高质量是实现区域高质量发展的关键。高质量发展是能够很好满足人民日益增长的美好生活需要的发展。生态环境高质量是高水平建成小康社会的应有之意,大气环境质量改善是重点难点。良好生态环境是最公平的公共产品,是最普惠的民生福祉。大气污染防治是民生改善的难点内容,是全面建设小康社会的短板指标,也是国家环保督查考核的重点问题。为建成得到人民认可、经得起历史检验的小康社会,必须打好污染防治攻坚战,重中之重是打赢蓝天保卫战,明显增强人民群众的蓝天幸福感。

(2)实现大气环境高质量与经济社会发展模式相关。南京市重化工特征明显,居高不下的煤炭消耗、污染物排放和机动车保有量,严重影响了大气环境质量的改善。通过对南京城市发展3个情景的设定,分析了大气环境高质量的实现路径,结果表明,惯性发展模式无法破解资源能源约束、产业发展惯性以及大量治理资金投入等约束条件;规划发展模式由于受诸多因素影响,规划实施存在较大不确定性,在中期评估中得到印证;协调发展模式走经济社会和生态环境协调发展之路,

最有可能实现大气环境高质量目标。大气环境质量高低与经济社会发展模式关系密切。

(3)南京市打赢蓝天保卫战需要多措并举。

①优化生态空间格局。严守生态保护、耕地保护和城市开发边界“三条红线”,推动形成有利于大气污染物扩散的城市空间格局。②优化产业发展布局。加快产业结构调整,坚持推进钢铁、石化等相关传统重点企业和企业的改造提升、关停并转。③优化能源消费结构。逐步减少热电企业和热源数量,突出抓好电煤压减和非电行业减煤,大力削减煤炭消费总量。④加强工业污染治理。加快推进石化、炼油企业提标改造,大力推动工业涂装、车辆维修、家具制造等行业挥发性有机物治理。⑤加强尾气扬尘管控。强化油品管控,严格执行机动车排放标准,积极推广使用新能源汽车,严控城乡扬尘污染、餐饮油烟等废气污染。⑥完善生态环境政策制度。建立绿色发展评价体系和生态文明考核机制,建立严格的环境准入制度,加快构建政府企业社会共治体系,创新环境经济政策。

参考文献

- [1] 李干杰. 以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导奋力开创新时代生态环境保护新局面[J]. 环境保护, 2018, 46(5): 7-19.
- [2] 李 琰, 李双成, 高 阳, 等. 连接多层次人类福祉的生态系统服务分类框架[J]. 地理学报, 2013, 68(8): 1038-1047.
- [3] MASLOW A H. Motivation and Personality[M]. New York: Harper, 1954.
- [4] 王祖山, 张欢欢. 我国城镇化发展质量评价体系的构建与测度[J]. 统计与决策, 2015(12): 49-51.
- [5] 滕堂伟, 瞿从艺, 曾 刚. 长江经济带城市生态环境协同发展能力评价[J]. 中国环境管理, 2017, 9(2): 51-56.
- [6] 于忠华, 孙瑞玲, 李宗尧. 资源环境约束下南京城市发展质量评价[J]. 中国环境管理, 2018, 10(2): 56-61.
- [7] 郭承龙, 张智光. 污染物排放量增长与经济增长脱钩状态评价研究[J]. 地域研究与开发, 2013, 32(3): 94-98.
- [8] 后希康, 高 伟, 徐 鹏, 等. 流域社会经济发展对山东省东平湖水环境影响评估及优化调控[J]. 湖泊科学, 2014, 26(2): 313-321.
- [9] 秦欢欢. 北京平原地下水流的数值模拟情景分析[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(16): 262-270.
- [10] 王淑兰, 云雅如, 胡 君, 等. 情景分析技术在制定区域大气复合污染控制方案中的应用研究[J]. 环境与可持续发展, 2012, 37(4): 14-20.
- [11] 郭豫媚, 陈彦斌. 中国潜在经济增长率的估算及其政策含义: 1979-2020[J]. 经济学动态, 2015(2): 12-18.
- [12] 闫 坤, 刘陈杰. 我国“新常态”时期合理经济增速测算[J]. 财政经济, 2015(1): 17-26.
- [13] 盛晓娟, 赵 宗. 基于空气质量改善目标的北京适度人口规模分析[J]. 生态经济, 2015, 31(8): 147-150.
- [14] 张祥志, 丁爱军, 陈文泰, 等. 南京青奥会空气质量保障管控措施效果评估[J]. 中国环境监测, 2016, 32(5): 40-44.
- [15] 王金南, 蒋洪强. 环境规划学[M]. 北京: 中国环境出版社, 2014: 74-77.