

中国空气质量管理评估 报告 (2016)

2016 年 8 月



CAAC清洁空气管理报告

CAAC Clean Air Management Report

“CAAC清洁空气管理报告”应用中国清洁空气联盟管理评估工具支持省和城市开展空气质量管理系统的评估，从而持续推进省市空气质量管理体系的构建和完善，并推动清洁空气管理措施的选择和有效落实。“CAAC清洁空气管理报告”由中国清洁空气联盟秘书处联合联盟合作省市与专家共同编制。

作者

清洁空气创新中心（中国清洁空气联盟秘书处）

解洪兴, 王丽莎, 凌炫, 苗亚宁, 沈欣,

王沐丹（实习），辛严超（实习）

专家工作组

中国清洁空气联盟指导委员及专家（按音序排名）：

陈建民, 复旦大学环境科学与工程系 常务系副主任

贾峰, 环境保护部宣传教育中心 主任

雷宇, 环境保护部环境规划院 研究员

李鹏辉, 环境保护部宣传教育中心 《世界环境》编辑部主任

李元实, 环境保护部环境工程评估中心 战略环境评价所副所长

马中, 中国人民大学环境学院 院长、教授

宁淼, 环境保护部环境规划院 副研究员

汤大纲, 中国环境科学研究院 研究员

薛文博, 环境保护部环境规划院 副研究员

鸣谢

中国清洁空气联盟指导委员会专家

深圳市人居环境委

深圳市环境科学研究院

兰州市人民政府

能源基金会

免责声明： 本报告中所述仅为对已公开资料的整理、总结，不代表中国清洁空气联盟及其成员的观点。在这里所阐述的事件是实际案例，不代表其经验和措施的全面影响。中国清洁空气联盟不保证本书中所含数据的精确性。而且对使用这些数据所产生的任何后果不承担责任。在注明来源的前提下中国清洁空气联盟鼓励出于个人和出于非商业目的对本报告所含信息进行印刷或复制。本研究报告由中国清洁空气联盟秘书处（柯灵爱尔（北京）环境技术中心）所有，未经同意，使用者不得出于商业目的销售、传播或制作相关衍生作品。

目录

摘要 / I

1 报告简介 / 4

2 空气质量状况 / 5

2.1 PM_{2.5} 污染状况 / 5

2.1.1 全国 PM_{2.5} 污染总体情况 / 5

2.1.2 三大重点区域 PM_{2.5} 污染变化情况 / 7

2.1.3 PM_{2.5} 重点控制区域目标对标分析 / 9

2.2 PM₁₀ 污染状况 / 10

2.3 O₃ 污染状况 / 13

2.4 NO₂ 污染状况 / 15

2.5 SO₂ 污染状况 / 16

2.6 CO 污染状况 / 17

2.7 重污染天气 / 18

3 污染物排放控制进展 / 20

3.1 重要污染物的排放控制 / 20

3.1.1 SO₂ 排放控制 / 20

3.1.2 NO_x 排放控制 / 22

3.1.3 汞排放控制 / 22

3.2 温室气体排放协同控制 / 23

3.2.1 煤炭消费量控制 / 23

3.2.2 黄标车淘汰 / 25

3.2.3 VOCs 排放控制 / 27

3.2.4 氨排放控制 / 30

3.2.5 柴油机颗粒物污染控制 / 32

3.2.6 秸秆焚烧控制 / 36

4 空气质量管理进展 / 39

4.1 立法 / 39

4.1.1 国家层面 / 39

4.1.2 地方层面 / 40

4.2 标准制定 / 41

4.2.1 国家层面 / 41

4.2.2 地方层面 / 41

4.3 经济政策 / 43

4.3.1 环保电价 / 43

4.3.2 排污费 / 44

4.3.3 罚款 / 44

4.4 空气质量监测 / 45

4.5 信息公开 / 46

4.5.1 评价指标 / 46

CAAC 管理报告第IV期

2016 年 8 月

4.5.2 评价结果 / 47
4.6 空气质量管理先进案例 / 49
4.6.1 深圳经验：蓝天、低碳和经济的多赢 / 49
4.6.2 兰州经验：加强执法，打造“兰州蓝” / 51
5 空气污染治理困难程度 / 53
5.1 大气污染自净能力 / 53
5.2 产业结构 / 54
5.2.1 第二、三产业比例 / 54
5.2.2 重污染行业的工业产值占比 / 55
5.3 能源消费 / 56
5.3.1 煤炭占一次能源比例 / 56
5.3.2 单位面积煤炭消耗量 / 57
5.3.3 万元 GDP 一次能源消耗量 / 58
5.4 机动车排放 / 59
5.4.1 每百人私人汽车保有量 / 59
5.4.2 车用汽油 / 柴油升级 / 60
5.5 综合分析 / 61
6 结论和建议 / 65

摘要

2015 年是《大气污染防治行动计划（2013-2017）》（简称《大气十条》）出台后的第二个关键年，也是“十二五”的收官之年，这一年的空气质量一方面是《大气十条》中期考核的基础，另一方面也是“十三五”空气质量继续改善的基础。这一年的空气质量也进一步有了较大改善：全国 74 个重点城市中空气质量达标的城市数量从 2014 年的 8 个增长到了 11 个，74 个城市达标天数比例在 32.9% ~ 99.2% 之间，平均为 71.2%，比 2014 年上升 5.2 个百分点，比 2013 年上升 10.7 个百分点¹。

空气质量的持续改善离不开有效的科学支持和系统的管理决策。因此，本报告分析评估了中国大陆除西藏（西藏大部分数据不可得）之外的 30 个省（市）2015 年的空气质量状况、污染物排放控制进展、空气质量管理进展、空气污染治理困难程度等，以期在省（市）开展科学系统的空气质量管理提供参考。

本报告的主要结论包括：

▲ **空气质量：颗粒物污染总体改善，但超标情况仍然突出，京津冀及周边地区采暖期重污染天气频发，部分省（市）PM₁₀ 污染不降反升。**

2015 年 PM_{2.5}（细颗粒物）重点控制区域中

的北京、天津、河北、山东、山西、上海、江苏、浙江、珠三角、重庆 10 个省（市）/ 地区 PM_{2.5} 年均浓度相比 2014 年平均降幅达 11.34%，其中珠三角、天津、河北、山东、山西、江苏、浙江、重庆均提前达到了《大气十条》的 2017 年下降目标。

但颗粒物超标情况仍然突出，PM_{2.5} 污染最严重的区域为北京、天津、河北南部、山东非临海地区及河南组成的一大范围区域，其次为长三角地区、两湖地区和川渝地区，而珠三角地区则已经达标。2015 年京津冀及周边地区冬季采暖期重污染天气频发，北京 12 月 8 日首次启动红色预警，对污染积累起到了“削峰降速”的作用，河北编制完成全国首部《重污染天气应急响应操作方案编制指南》，可提高企业应急响应操作方案的科学性、可操作性和可核实性。以 PM₁₀（可吸入颗粒物）年均浓度下降为目标的省（市）中，河南、宁夏、陕西、吉林、辽宁、湖北、甘肃 7 个省（市）2015 年 PM₁₀ 年均浓度相比 2013 年不降反升。

▲ **空气质量：O₃ 和 NO₂ 存在一定超标情况，部分省（市）O₃ 或 NO₂ 污染不降反升，部分地区采暖期 SO₂ 仍有超标现象。**

北京、江苏、上海 3 个省（市）O₃（臭氧）超标，

1. 《中国环境状况公报 2015》

江苏、上海、浙江、北京、辽宁、河北 6 个省（市） O_3 相比 2014 年不降反升。北京、河北、上海、重庆、天津、山东、河南 7 个省（市） NO_2 （二氧化氮）超标，重庆、内蒙古、河南、甘肃、贵州、吉林、安徽、上海 8 个省（市） NO_2 相比 2014 年不降反升。除山西、湖南未公布数据以外，其他 28 个省（市） SO_2 （二氧化硫）年均浓度全部达标，山东省采暖期 SO_2 仍有超标现象。

▲ **污染物排放控制：** SO_2 、 NO_x 排放控制取得成效，汞污染防治逐步加强，限煤、淘汰黄标车等措施达到了较好的协同减排效果，未来还需加强 VOCs 排放控制、氨排放控制、柴油机颗粒物污染控制以及秸秆焚烧控制等协同控制措施的开展。

2015 年全国 SO_2 排放总量几乎达到“九五”实施总量控制策略以来的历史最低值。2015 年全国 SO_2 和 NO_x （氮氧化物）的总排放量相比 2014 年分别降低了 5.8% 和 10.9%。环保部发布《汞污染防治技术政策》，为涉汞行业的汞排放控制提供技术指导。

由于空气污染物与温室气体的同根同源性，限煤、淘汰黄标车等减排措施的落实也为协同减排温室气体带来了较大的推动作用。初步估算，每年全国人为源排放的非氢氟氯碳化物 VOCs（挥发性有机物）约相当于 2.5 亿吨 CO_2e （二氧化碳当量），农业氮肥使用排放的 N_2O （氧化二氮）约相当于 1.5 亿吨 CO_2e ，柴油车排放的黑碳约相当于 2.8 亿吨 CO_2e ，秸秆焚烧排放的 CO_2 和黑碳约相当于 3.7 亿吨 CO_2e 。因此，加强 VOCs 排放控制、氨排放控制、柴油机颗粒物污染控制以及秸秆焚烧控制在降低大气污染物排放的同时可以在一定程度上缓解应对气候变化的压力。

▲ **空气质量管理进展：**立法、标准制定、经济措施、空气质量监测、信息公开等方面都取得了一定进展；深圳、兰州的经验可为其他地区提供借鉴。

2015 年新的《中华人民共和国大气污染防治法》（也称“新《大气法》”）正式颁布，该法以环境质量管理为核心，确立了地方政府在大气污染治理方面的权利和责任，明确了空气质量限期达标规划、重点区域大气污染联合防治、重污染天气应对等方面的法律依据。2015 年国家出台 12 项大气相关的环境标准；北京、天津、河北、上海、浙江、福建、重庆 7 个省（市）实施了共计 25 项新的大气相关的标准且已在环保部备案。排污费收费标准的提高、按日连续计罚的实施更好的发挥了通过经济手段促进减排的效果。全国 338 个地级以上城市全部具备 $\text{PM}_{2.5}$ 等 6 项指标的监测能力。信息公开方面较 2014 年取得较大进展，更多省（市）公开了年度工作方案执行效果的评估报告，更多省（市）通过新的社交媒体增加信息公开和互动。

深圳连续两年空气质量达标，实现了蓝天、低碳和经济发展的多赢；兰州加强执法，打造了国内外瞩目的“兰州蓝”；这些地区在空气质量管理方面的经验可以为其他地区所借鉴。

▲ **治理困难程度：**各地空气污染治理困难程度差异性明显，产业结构与能源结构有一定改善，但调整压力依然很大，机动车污染控制压力空前。

2015 年全国大气污染自净能力区域差异明显，大部分大气污染自净能力较好的地区，其污染程度也相对偏低。在产业结构方面，2015 年全国 30 个省（市）第二、三产业比例相比 2014

年均有所下降，但产业结构仍整体偏重，超半数省（市）二产仍然大于三产；2014年青海、新疆、江西、宁夏、河北的重污染行业的工业产值占比仍较大，产业调整的压力依然很大。在能源结构方面，2013年内蒙古、山西、宁夏、贵州、安徽、河北、陕西7个省（市）煤炭占一次能源比例高于80%，单位面积煤炭消耗量、万元GDP一次能源消耗量各省（市）差距明显，虽然2015年全国煤炭消费量占能源消费总量比例较2013年有大幅降低，但比例仍高达64%，未来还需进一步调整。在机动车排放方面，除北京、天津以外，其他28个省（市）2014年每百人私人汽车保有量相比2013年增长率均超过11%，机动车污染控制压力空前。

本报告的主要建议包括：

尽快编制和实施科学的空气质量达标规划。

空气质量达标管理是空气质量管理核心之一，是地方政府作为责任主体，以空气质量达标为目标，应用科学手段开展地区空气质量管理，设计并评估空气质量改善措施，以实现达标的管理模式。各省（市）应根据新《大气法》的要求，尽快编制和实施科学的空气质量达标规划。

空气质量达标的城市设立下一阶段的目标值。

由于我国现行标准中的 $PM_{2.5}$ 等指标标准与欧美国家及世界卫生组织的指导值之间还有一定差距，因此空气质量达标的城市应本着空气质量持续改善的原则，立足自身条件，科学的设立下一阶段的目标值。例如深圳在连续两年实现空气质量达标之后，决定要在2020年达到世界卫生组织提出的第二阶段过渡目标，即 $PM_{2.5}$ 年均浓度 $25\mu g/m^3$

的目标。

进一步优化能源结构、产业结构。2015年能源结构、产业结构较之前有了一定的调整，但未来调整压力依然巨大，建议通过提高环境标准并加强执法、增强对重污染行业的准入限制、加大补贴、收费等经济措施与企业的环境绩效挂钩力度、差别化能源价格等手段，一方面倒逼重污染企业的退出，另一方面促进清洁能源的发展，以达到进一步优化能源结构、产业结构的目的。

京津冀区域加大燃煤散烧的治理力度。京津冀区域的燃煤散烧排放是造成重污染天气的重要原因之一。京津冀区域的散煤治理已经取得了一定成效，但治理压力依然巨大，未来还应在大力推广清洁煤、淘汰落后炉具、电能替代的基础上，加快农村居住建筑的节能改造，并开展集中供暖、清洁能源的替代。

加强空气质量历史数据和排污单位环境信息的公开。根据“清洁空气管理指标体系”中的空气质量管理信息公开程度评价指标进行评估，结果发现所有省（市）的空气质量历史数据依然不能做到完全可追溯，建议各省（市）完善空气质量数据查询系统，方便公众了解环境空气质量历史信息及开展相关研究。此外，随着排污许可证试点工作的开展，排污单位应当按照《排污许可证管理暂行办法（征求意见稿）》的要求及时、如实公开污染治理设施运行情况、污染物排放等环境信息，编制年度执行情况报告，并向社会公开。

第 1 章 报告简介

清洁空气创新中心在多位联盟专家的支持下，通过应用“清洁空气管理指标体系”对中国大陆除西藏（西藏大部分数据不可得）之外的 30 个省（市）的空气质量状况、污染物排放控制进展、空气质量管理进展、空气污染治理困难程度等方面开展了分析和评估，旨在为全国的空气质量管理提供参考，帮助各省（市）了解污染现状、发现治理困难和挑战，学习先进案例，更好的推进空气质量改善工作的开展。

“清洁空气管理指标体系”是一个针对空气质量状况、治理困难程度和空气质量综合管理进行系统分析的工具，由清洁空气创新中心开发，目的在于帮助省（市）构建完备的空气质量管理体系，以实现空气质量的持续改善。

《空气质量管理评估报告》为系列报告，包括全国、省级和市级的报告。《中国空气质量管理评估报告（2016）》属于系列报告中的全国报告，评估年度为 2015 年，默认数据以 2015 年为基准。鉴于数据可得性，部分数据以 2014/2013 年为基准，已在文中进行了标注。

▲ 空气质量状况：

定量分析和比较 30 个省（市） $PM_{2.5}$ （细颗粒物）、 PM_{10} （可吸入颗粒物）、 O_3 （臭氧）、 NO_2

（二氧化氮）、 SO_2 （二氧化硫）和 CO （一氧化碳）等 6 种空气污染物浓度水平以及重污染天气情况。针对颗粒物污染，还对各省（市）的 $PM_{2.5}$ 或 PM_{10} 年均浓度与《大气十条》提出的 2017 年下降目标进行对比分析。

▲ 污染物排放控制进展：

定量分析和比较 30 个省（市）的 SO_2 、 NO_x 的排放量变化情况；定性分析汞排放控制情况；定量或定性分析协同控制温室气体排放的部分措施的进展。

▲ 空气质量管理进展：

从立法、标准制定、经济措施、空气质量监测和信息公开等五个方面定量或定性分析国家和地方的空气质量管理进展，并总结介绍空气质量管理先进案例。

▲ 空气污染治理困难程度：

定量分析和比较 30 个省（市）的大气污染自净能力、产业结构、能源消费、机动车排放等数据，以反映各省（市）的空气污染治理困难程度；综合分析各省（市）的 $PM_{2.5}$ 年均浓度和各项困难程度指标，初步判断各省（市）的空气污染治理关键点。

第 2 章 空气质量状况

为了对各省（市）的空气质量状况总体情况进行评价，本报告以各省（市）发布的《环境状况公报》²为主要数据基础，考察了 30 个省（市）的 $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 O_3 、 SO_2 、 NO_2 和 CO 等 6 种基本空气污染物的污染程度以及重污染天气情况。

6 种污染物均采用年评价的方式，根据《环境空气质量评价技术规范（试行）》（HJ663-2013）， $\text{PM}_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 NO_2 、 SO_2 采用年平均值， O_3 采用日最大 8 小时滑动平均值的第 90 百分位数， CO 采用 24 小时平均第 95 百分位数。国家标准采用《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中规定的二级浓度限值³。

2015 年，颗粒物仍然是我国空气污染的主要因素，6 种污染物中， $\text{PM}_{2.5}$ 和 PM_{10} 的超标省（市）仍然最多，其次是 NO_2 和 O_3 ， SO_2 和 CO 则全部达标。2015 年 $\text{PM}_{2.5}$ 重点控制区域中的天津、河北、山西、山东、江苏、浙江、珠三角、重庆均提前达到了《大气十条》提出的 2017 年 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度下降目标，北京、上海距离目标还有一定差距。公布 PM_{10} 年均浓度的 28 个省（市）中有 10 个达标。公布 O_3 日最大 8 小时平均值第 90 百分位数浓度的 21 个省（市）中有 3 个省（市）超标。公布 NO_2 年均浓度的 28 个省（市）中有 7 个省（市）超标。公布 SO_2 年均浓度的 28 个省（市）全部达标。公布

CO 日均值第 95 百分位数浓度的 21 个省（市）全部达标。

2015 年京津冀地区共发布重污染天气预警 154 次，北京首次启动重污染红色预警，对污染积累起到了“削峰降速”的作用。河北编制完成全国首部《重污染天气应急响应操作方案编制指南》，可提高企业应急响应操作方案的科学性、可操作性和可核实性。冬季采暖地区 15 个省（市）全面试行冬季水泥错峰生产，有利于减少冬季重污染天气的发生。

2.1 $\text{PM}_{2.5}$ 污染状况

2.1.1 全国 $\text{PM}_{2.5}$ 污染总体情况

2015 年 $\text{PM}_{2.5}$ 污染最严重的区域为北京、天津、河北南部、山东非临海地区及河南组成的一大范围区域，其次为长三角地区、两湖地区⁴和川渝地区⁵，而珠三角地区污染明显改善。

2013-2015 年全国近地面 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度卫星反演图如图 2-1 所示。从图 2-1（c）中可以看出，2015 年 $\text{PM}_{2.5}$ 污染控制重点区域⁶中的京津冀及周边地区（包括北京、天津、河北、山西、内蒙古、山东）、长三角地区（上海、江苏、浙江）以及重庆依然是 $\text{PM}_{2.5}$ 污染集中分布的几大区域，而珠

2. 湖南的数据取自《湖南省环境保护工作年度报告》。

3. 《环境空气质量标准》中的一级浓度限值适用于一类区，即自然保护区、风景名胜区和需要特殊保护的区域；二级浓度限值适用于二类区，即居住区、商业交通居民混合区、文化区、工业区和农村地区。

三角地区污染明显改善。同时，河南（河南已加入京津冀及周边大气污染联防联控⁷）、安徽（安徽中的合肥都市圈已纳入长三角城市群⁸）的污染也较为严重；湖南、湖北以及四川的污染也较明显，与长三角地区基本相当。污染最严重的区域为北京、天津、河北南部、山东非临海地区及河南组成的一大范围区域。

2013-2015 年全国 $PM_{2.5}$ 污染程度总体下降显著，

但内蒙古、吉林、辽宁三省交界处的区域 $PM_{2.5}$ 污染呈轻微上升趋势。

比较图 2-1 中 2013、2014、2015 年全国的 $PM_{2.5}$ 污染程度，可以发现 $PM_{2.5}$ 污染程度总体呈显著下降趋势，但内蒙古、吉林、辽宁三省交界处的区域污染却呈轻微的逐年上升趋势。

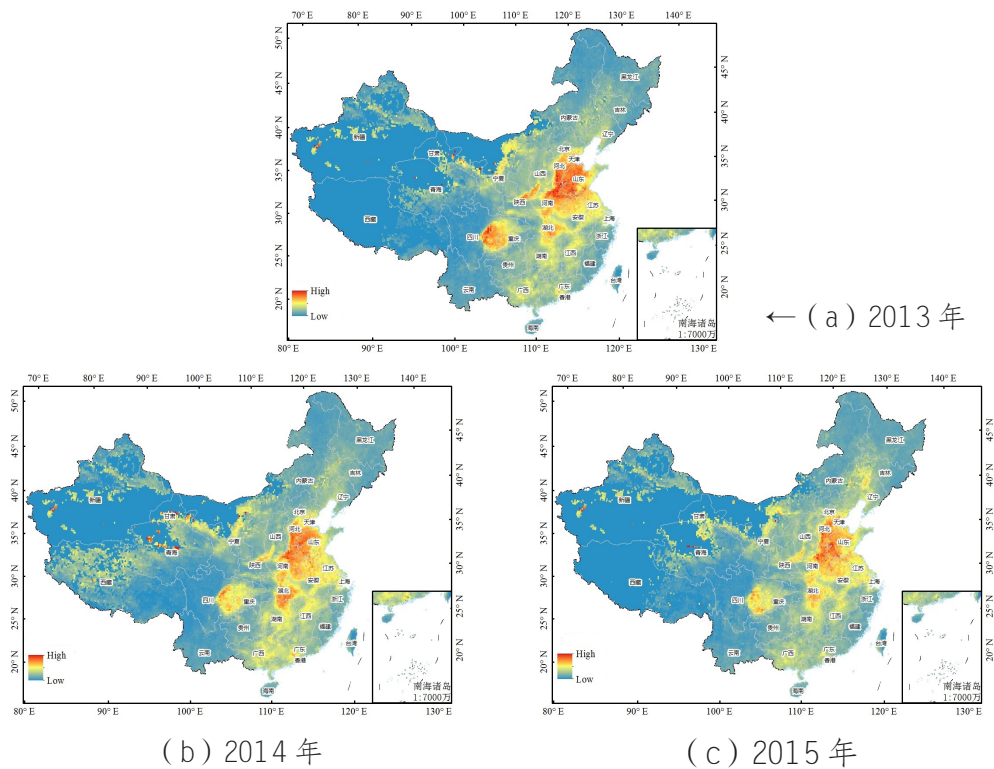


图 2-1 2013-2015 年全国近地面 $PM_{2.5}$ 浓度卫星反演图

4. “两湖地区”指湖南和湖北。

5. “川渝地区”指四川和重庆。

6. $PM_{2.5}$ 污染控制重点区域指根据环保部与全国各省（市）签署的《大气污染防治目标责任书》，以 $PM_{2.5}$ 为考核指标的地区。

7. 河南环境宣传网，<http://www.hnhjxc.com/plus/view.php?aid=7144>。

8. 根据 2016 年 5 月 11 日国务院常务会议通过的《长江三角洲城市群发展规划》，合肥都市圈正式纳入长三角城市群，长三角的范围也从原来的“两省一市（上海、江苏、浙江）”扩展到目前的“三省一市（上海、江苏、浙江、安徽）”。

2.1.2 三大重点区域 PM_{2.5} 污染变化情况

京津冀及周边地区 PM_{2.5} 年均浓度下降趋势明显，但污染依然严重，2015 年仅张家口达标。2015 年污染最严重的 5 个城市均出自河北和山东，依次为保定、聊城、邢台、德州、衡水。

图 2-2 为 2013-2015 年京津冀及周边地区 7 省（市）中 PM_{2.5} 年均浓度数据可得⁹的地级及以上城市的 PM_{2.5} 污染变化情况。由图 2-2 可以看出，京津冀地区的 PM_{2.5} 污染程度逐年降低明显，2013 年 PM_{2.5} 年均浓度超过 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的城市占当年数据可得的城市的比例达 55.6%，2014 年为 30.3%，2015 年仅为 8%。但 2015 年该地区的 PM_{2.5} 污染程度依然严重，仅张家口达标，且有一半以上的城市污染超标达一倍以上（即 PM_{2.5} 年均浓度在 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上）。

2013 年京津冀及周边地区污染最严重的 5 个城市依次为邢台、石家庄、邯郸、保定、衡水，均集中在河北省中南部地区；2014 年污染最严重的 5 个城市依次为邢台、保定、石家庄、邯郸、衡水；2015 年污染最严重的 5 个城市依次为保定、聊城、邢台、德州、衡水。河北的保定、邢台、衡水连续三年位列污染最严重城市之“前五”，山东省的聊城和德州则 2015 年首次进入“前五”。

从图 2-2 还可以看出，2015 年张家口达标，而和张家口同属河北省的保定却超标 2 倍以上，由于我国省辖面积较大，所以省内各市的空气质量可能有巨大的差异，在进行空气质量管理时，应充分认识到这种差异性。

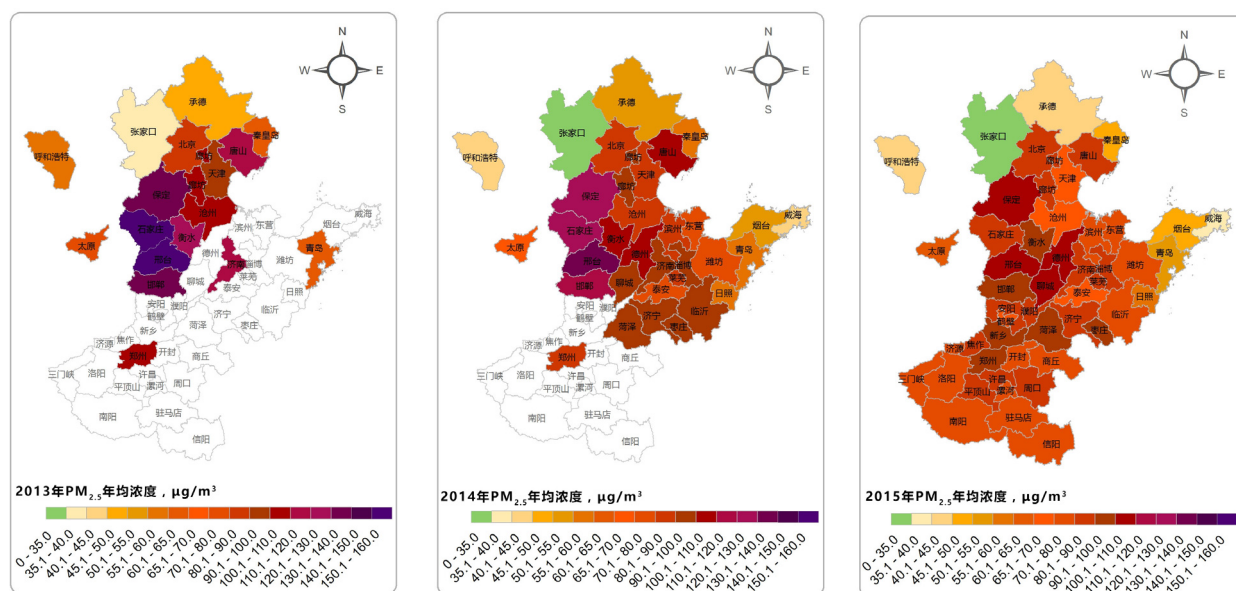


图 2-2 2013-2015 年京津冀及周边地区 PM_{2.5} 年均浓度变化图

9. 数据主要取自 2015 年《中国环境状况公报》和 2013、2014、2015 年京津冀及周边地区 7 省（市）的《环境状况公报》，其他数据通过抓取实时监测数据计算得到。

长三角地区 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度总体呈逐年下降的趋势，2015 年仅舟山达标，2015 年污染最严重的 5 个城市均出自安徽和江苏，依次为合肥、徐州、无锡、泰州、宿迁。

图 2-3 为 2013-2015 年长三角地区 4 省（市） $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度数据可得¹⁰的地级及以上城市的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染变化情况。由图 2-3 可以看出，长三角地区 $\text{PM}_{2.5}$ 的污染程度总体逐年下降。与京津冀地区相比，长三角地区 $\text{PM}_{2.5}$ 的污染程度相对较低，

2015 年没有 $\text{PM}_{2.5}$ 超标一倍以上（即 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度在 $70\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上）的城市，但达标城市只有舟山。

2013 年长三角地区 $\text{PM}_{2.5}$ 污染最严重的 5 个城市依次为合肥、淮安、泰州、无锡、常州；2014 年依次为合肥、南京、泰州、宿迁、淮安；2015 年依次为合肥、徐州、无锡、泰州、宿迁。三年来安徽省合肥市一直为该地区污染最严重的城市，其余四个城市均来自江苏。

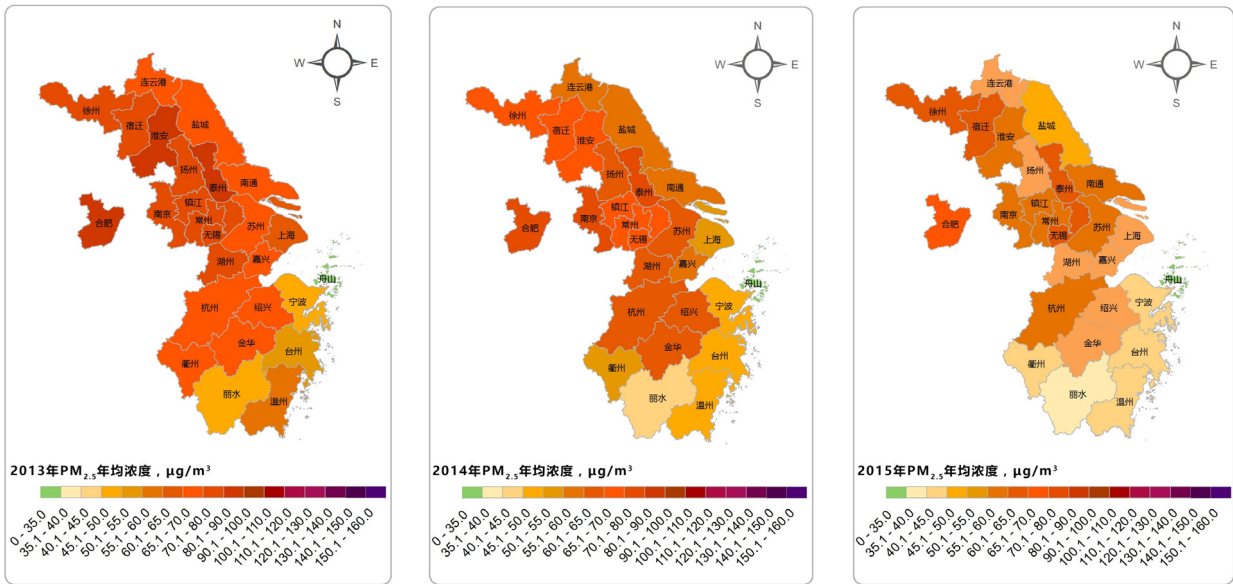


图 2-3 2013-2015 年长三角地区 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度变化图

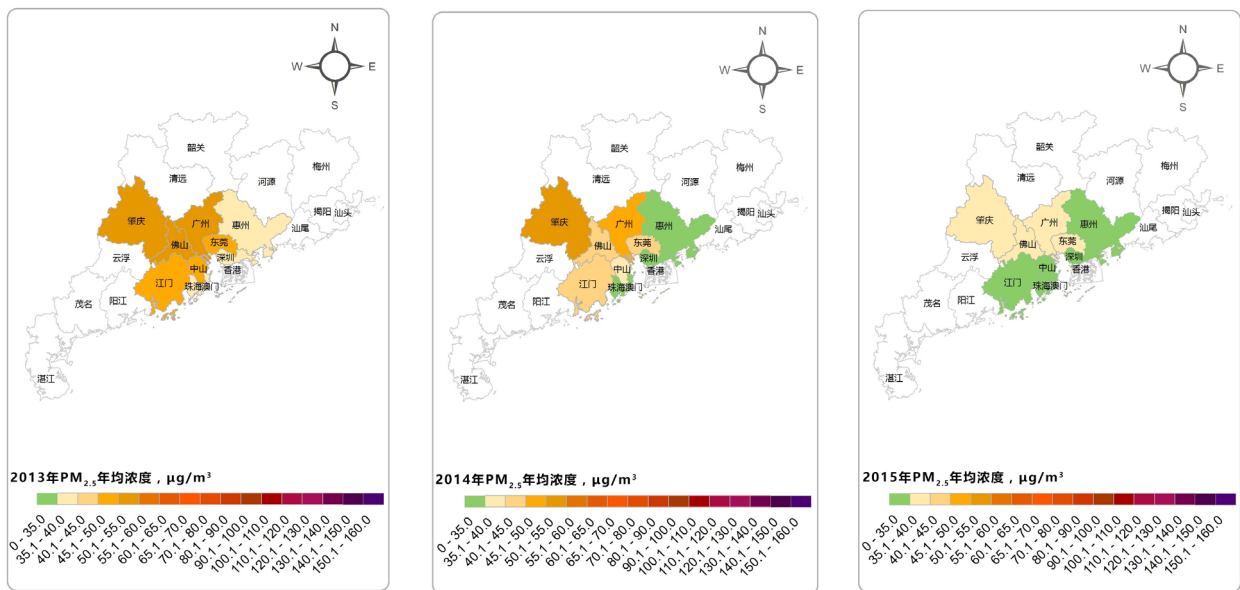
珠三角地区 $\text{PM}_{2.5}$ 污染明显改善，2015 年惠州、深圳、珠海、中山、江门 5 个城市达标，肇庆、广州、佛山污染相对较重。

图 2-4 为 2013-2015 年珠三角地区各地级及以上城市 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度¹¹变化图。从图 2-4 可以

看出，珠三角地区 $\text{PM}_{2.5}$ 污染明显改善，2015 年惠州、深圳、珠海、中山、江门 5 个城市达标，是三大重点区域中达标城市最多的地区。三年来肇庆、广州、佛山一直是珠三角地区 $\text{PM}_{2.5}$ 污染最严重的三个城市。

10. 数据主要取自 2015 年《中国环境状况公报》和 2013、2014、2015 年的《上海市环境状况公报》，其他数据通过抓取实时监测数据计算得到。

11. 2015 年的数据取自 2015 年《中国环境状况公报》，其他数据通过抓取实时监测数据计算得到。

图 2-4 2013-2015 年珠三角地区 PM_{2.5} 年均浓度变化图

2.1.3 PM_{2.5} 重点控制区域目标对标分析

PM_{2.5} 重点控制区域中的北京、天津、河北、山西、山东、上海、江苏、浙江、珠三角和重庆 10 个省（市）/地区 2015 年 PM_{2.5} 年均浓度相比 2014 年的平均降幅为 11.35%。珠三角和河北降幅最大，北京降幅最小，上海不降反升。

对 PM_{2.5} 污染控制重点区域除内蒙古之外的 10 个省（市）/地区的 2013-2015 年的 PM_{2.5} 年均浓度¹²以及 2017 年下降目标¹³进行对比分析，结果如图 2-5 所示。可以看出，与 2014 年相比，除

上海 2015 年 PM_{2.5} 年均浓度上升 1.9% 以外，其他 9 省（市）/地区均有所下降；10 省（市）/地区相比 2013 年的平均降幅 11.92% 相当，其中珠三角和河北的降幅最大，分别为 19.0% 和 18.9%，北京的降幅最小，为 6.2%。

2015 年天津、河北、山西、山东、江苏、浙江、珠三角、重庆均提前达到了 2017 年 PM_{2.5} 年均浓度下降目标，北京、上海距离目标还有一定差距，北京差距最大。

12. 2013 年的《内蒙古自治区环境状况公报》中无 PM_{2.5} 年均浓度数据，故无法计算 2017 年下降目标；截止 2016 年 7 月 31 日，山西省未发布 2015 年的《山西省环境状况公布》，其 2015 年 PM_{2.5} 年均浓度数据取自人民网 <http://env.people.com.cn/n/2015/0605/c1010-27106826.html>；2015 年的《广东省环境状况公报》未公布珠三角的 PM_{2.5} 年均浓度，珠三角 2015 年的 PM_{2.5} 年均浓度根据《2015 年中国环境状况公报》公布的 2015 年珠三角各市的 PM_{2.5} 年均浓度计算平均值得出；其余数据均取自各省（市）的《环境状况公报》。

13. 《大气十条》指出：到 2017 年，京津冀、长三角、珠三角等区域细颗粒物浓度相比 2012 年分别下降 25%、20%、15% 左右，其中北京市细颗粒物年均浓度控制在 60 微克/立方米左右。根据《大气污染防治行动计划实施情况考核办法（试行）实施细则》，年度下降目标的考核基数为 2013 年的 PM_{2.5} 年均浓度。根据环保部与全国各省（市）签署的《大气污染防治目标责任书》，北京、天津、河北的下降任务为 25%。山西、山东、上海、江苏、浙江为 20%。珠三角、重庆为 15%，内蒙古为 10%。

从图 2-5 可以看出, 10 个省(市)/地区中只有珠三角地区的 2015 年 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度达到了国家标准, 同时也达到了 2017 年的下降目标; 剩余的 9 个省(市)/地区均未达标, 但其中天津、

河北、山西、山东、江苏、浙江、重庆已提前达到了 2017 年的下降目标, 北京和上海距离目标还有一定的差距, 北京差距最大。

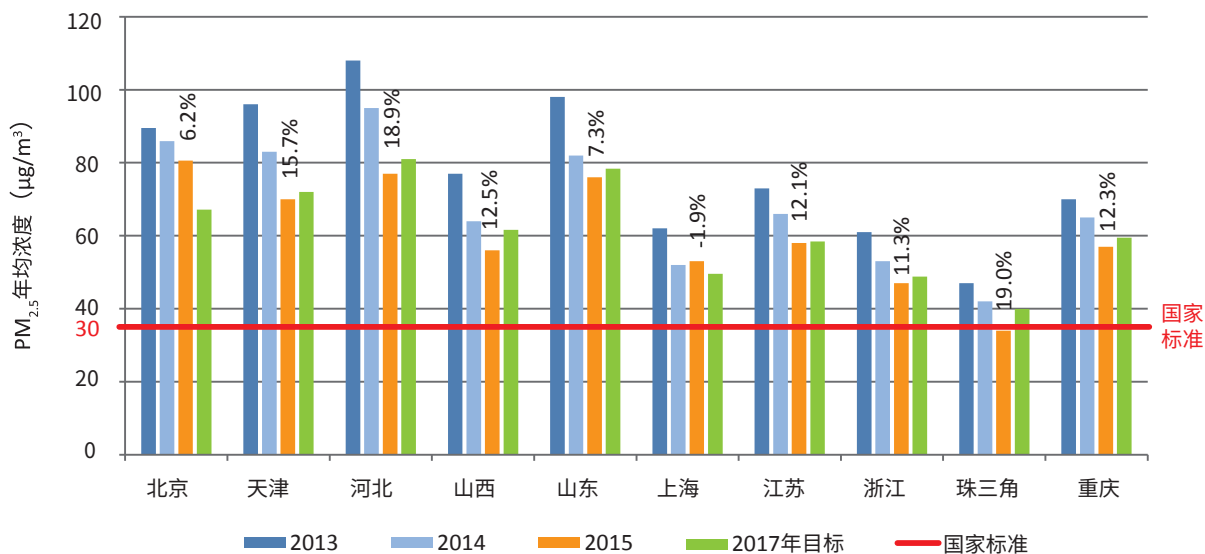


图 2-5 重点省(市)/地区 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度目标对标及年度变化图

2.2 PM_{10} 污染状况

2015 年海南、云南、福建、广东、贵州、广西、黑龙江、江西、上海、浙江 10 个省(市)的 PM_{10} 年均浓度达标。相比 2014 年, 河北省 2015 年 PM_{10} 年均浓度降幅最大, 河南、内蒙古、吉林、宁夏、陕西 5 个省(市)不降反升。

30 个省(市) 2014 和 2015 年的 PM_{10} 年均浓

度变化及 2015 年超达标情况¹⁴ 如图 2-6 所示。总体上看, 全国北部地区 PM_{10} 污染较严重, 南部较轻。2015 年海南、云南、福建、广东、贵州、广西、黑龙江、江西、上海、浙江 10 个省(市)达标。相比 2014 年, 河北 2015 年 PM_{10} 年均浓度降幅最大, 达 17.6%, 河南、内蒙古、吉林、宁夏、陕西 5 省(市)不降反升, 河南上升幅度最大, 达 15.8%。

14. 湖南 2014、2015 年的《湖南省环境保护工作年度报告》中均未公布 PM_{10} 年均浓度数据, 其 2014、2015 年 PM_{10} 年均浓度数据均取自湖南日报: <http://hnrhb.voc.com.cn/article/201605/201605260905115265.html>; 截止 2016 年 7 月 31 日, 山西省未发布 2015 年的《山西省环境状况公布》, 其 2015 年 PM_{10} 年均浓度数据取自人民网 <http://env.people.com.cn/n/2015/0605/c1010-27106826.html>; 福建 2014 年、2015 年的《福建省环境状况公报》中均未公布 PM_{10} 年均浓度数据, 其 2015 年 PM_{10} 年均浓度通过福建省环保厅公布的福建省城市空气质量排名中的月均值 (<http://www.fjepb.gov.cn/zwgk/kjjc/hjzl/zlph/>) 计算得到, 2014 年数据缺失; 其余数据均取自各省(市)的《环境状况公报》。

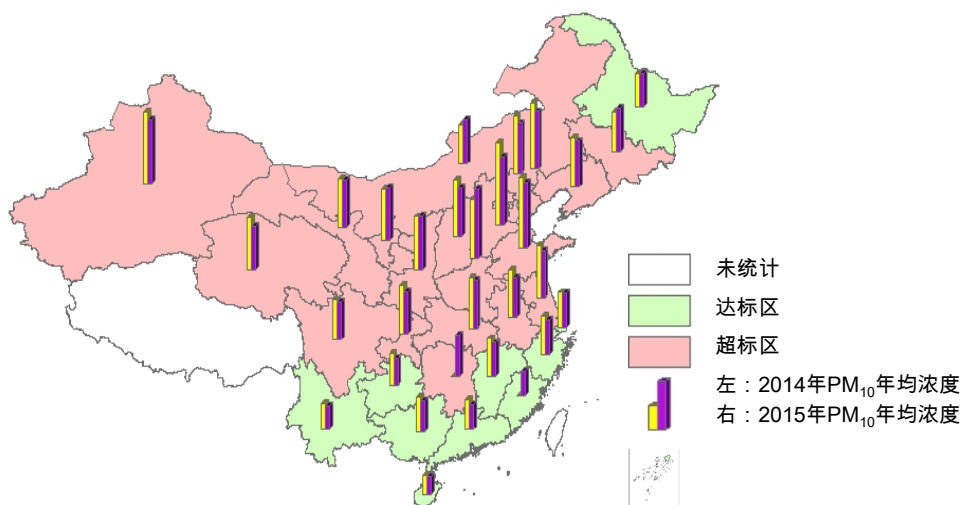


图 2-6 30 个省（市）2014 和 2015 年 PM_{10} 年均浓度变化及 2015 年超标情况图

以 PM_{10} 年均浓度下降为目标的省（市）中河南、宁夏、陕西、吉林、辽宁、湖北、甘肃 7 个省（市）2015 年 PM_{10} 年均浓度相比 2013 年不降反升，尤其以河南和宁夏的上升幅度最大，均超过 20%。

污染防治目标责任书》，30 个省（市）中有 20 个省（市）以 PM_{10} 年均浓度下降为目标¹⁵。本报告对这 20 个省（市）的 PM_{10} 年均浓度变化及 2017 年下降目标进行了分析，结果见图 2-7。

根据环保部与全国各省（市）签署的《大气

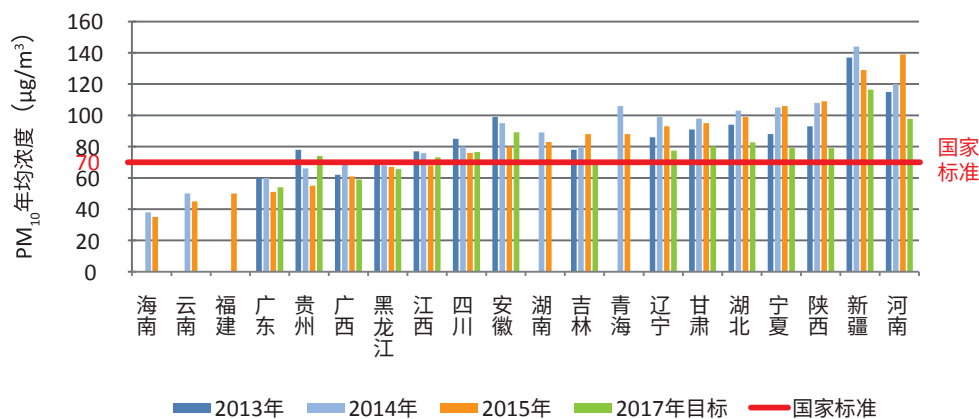


图 2-7 20 个省（市） PM_{10} 年均浓度目标对标及年度变化图

15. 根据环保部与 30 个省（市）签署的《大气污染防治目标责任书》，有 20 个省（市）以 PM_{10} 年均浓度下降为目标，分别是：河南、陕西、青海、新疆下降任务为 15%；甘肃、湖北为 12%；广东、四川、辽宁、吉林、湖南、安徽、宁夏为 10%；广西、福建、江西、贵州、黑龙江为 5%；海南、云南为持续改善。本报告计算下降目标时以 2013 年为基准。

从图 2-7 中可以看出，以 PM_{10} 年均浓度下降为目标的 20 个省（市）中，有 15 个省（市）2013 年 PM_{10} 年均浓度数据公开可得¹⁶，可以计算 2017 年的下降目标，在这 15 个省（市）中贵州、安徽、江西、广东、四川 5 个省（市）已提前达到了 2017 年的下降目标。与 2013 年相比，贵州、安徽、广东、江西、四川、新疆、黑龙江、广西 8 个省（市）2015 年 PM_{10} 年均浓度下降，其中贵州的降幅最大，达 29.5%；河南、宁夏、陕西、吉林、辽宁、湖北、甘肃 7 省（市）不降反升，尤其以河南和宁夏的上升幅度最大，均超过 20%。

PM 已达标地区可设定下一阶段目标值

WHO 推荐的 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 标准及中国与其他国家 / 地区的对比如表 2-1 所示，可以看出，中国现行的适用于居住区、商业交通居民混合区、文化区、工业区和农村地区的 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 二级标准还都处在 WHO 推荐的第一阶段过渡时期目标值。因此空气质量达标的地区也应当本着空气质量持续改善的原则，立足自身条件，科学的设立下一阶段的目标值。

表 2-1 WHO 推荐的颗粒物标准及中国与其他国家 / 地区的对比

国家 / 地区 / 组织	目标 / 标准分级	$PM_{2.5}$		PM_{10}	
		年平均浓度 ($\mu g/m^3$)	24 小时平均浓度 ($\mu g/m^3$)	年平均浓度 ($\mu g/m^3$)	24 小时平均浓度 ($\mu g/m^3$)
WHO	过渡时期目标 -1	35	75	70	150
	过渡时期目标 -2	25	50	50	100
	过渡时期目标 -3	15	37.5	30	75
	空气质量准则值	10	25	20	50
中国	二级标准	35	75	70	150
	一级标准	15	35	40	50
美国	二级标准	15	35	-	150
	一级标准	12	35	-	150
欧盟		25	-	40	50
澳大利亚		8	25	-	50
日本		15	35	20	100

注：中国二级标准适用于居住区、商业交通居民混合区、文化区、工业区和农村地区；一级标准适用于自然保护区、风景名胜区和需要特殊保护的区域。美国二级标准以保护公共福利为主要对象，包括防止能见度降低和防止对动物、庄稼、蔬菜及建筑物等的损害；一级标准以保护人体健康为主要对象，包括对“敏感”人群健康状况保护，如哮喘病患者、儿童、老年人等。

16. 海南、云南、福建、湖南和青海 2013 年的《环境状况公报》中未公布 PM_{10} 年均浓度数据，故无法计算 2017 年下降目标。

2.3 O₃ 污染状况

公布 2015 年 O₃ 年度数据的省（市）达 21 个，较 2014 年增长一倍多；2015 年北京、江苏、上海 3 个省（市）O₃ 超标，北京超标最多，达 26.6%；2015 年江苏、上海、浙江、北京、辽宁、河北 6 个省（市）O₃ 污染程度相比 2014 年有所上升，江苏上升幅度最大，达 8.4%。

2015 年 21 个省（市）公布了 O₃ 日最大 8 小时平均值第 90 百分位数浓度¹⁷，这一数量远超过 2014 年的 9 个。图 2-8 分析了 2014-2015 年 O₃ 的

污染程度变化，由图 2-8 可以看出，2015 年公布数据的 21 个省（市）中有 3 个省（市）超标，分别是北京、江苏和上海，其中北京超标最多，达 26.6%，江苏和上海分别超标 4.4% 和 0.6%；在上述 21 个省（市）中有 10 个省（市）公布了 2014 年、2015 年两年的数据，对比这 10 个省（市）两年的数据发现，2015 年重庆、天津、广东、宁夏 4 个省（市）O₃ 污染程度相比 2014 年有所下降，重庆降幅最大，达 13.0%，其余江苏、上海、浙江、北京、辽宁、河北 6 个省（市）则有所上升，江苏上升幅度最大，达 8.4%。

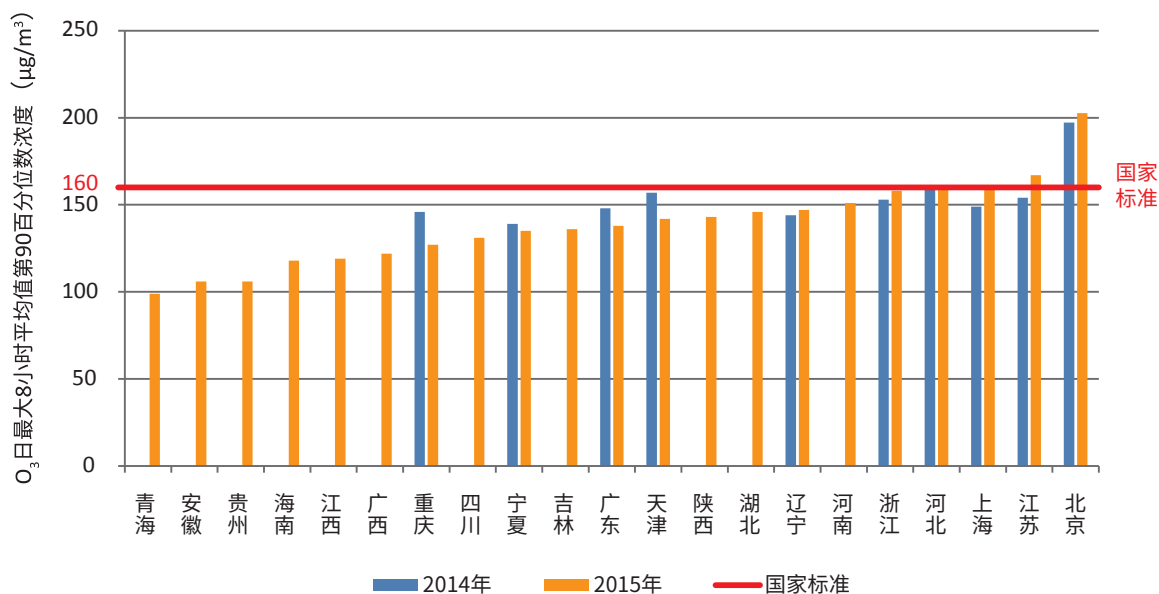


图 2-8 21 个省（市）O₃ 日最大 8 小时平均值第 90 百分位数浓度变化图

17. 截止 2016 年 7 月 31 日，山西未发布 2015 年《山西省环境状况公报》；内蒙古、黑龙江、山东、湖南、云南、甘肃、新疆、福建 8 个省（市）2015 年的《环境状况公报》中未公布 O₃ 浓度数据。

中国 O₃ 单日评价标准与美国、欧盟接近

世界卫生组织（WHO）经过大量的研究确定了 O₃ 的空气质量准则值为每日最大 8 小时滑动平均浓度不超过 100 μg/m³，建议的过渡期目标为不超过 160 μg/m³。中国、美国和欧盟的 O₃ 浓度标准如表 2-2 所示。

表 2-2 中国、美国、欧盟的 O₃ 浓度标准

国家 / 地区	每日最高 8 小时滑动平均值限值	单站点的年度达标判定方法	区域的年度达标判定方法
中国	160 μg/m ³	每年中日最大 8 小时滑动平均的第 90 百分位数（相当于去掉 10% 的最高值）不超过 160 μg/m ³	区域内各站点的平均值达标
美国	0.070ppm（约相当于 150 μg/m ³ ）	每年中日最大 8 小时滑动平均的第 4 高的数值（相当于去掉 3 个最高值），3 年取平均不超过 0.070ppm	区域内所有站点达标 ¹⁸
欧盟	120 μg/m ³	每年中日最大 8 小时滑动平均超过 120 μg/m ³ 的天数，3 年取平均不超过 25 天	区域内所有站点达标 ¹⁹

从表 2-2 可以看出，中国、美国、欧盟的 O₃ 每日最高 8 小时滑动平均值限值均未达到 WHO 规定的空气质量准则值，其中欧盟最为接近，美国其次，中国采用的是 WHO 建议的过渡期目标值，中国与美国、欧盟的标准较为接近。

从单站点的年度达标判定标准来看，中国采用每年中日最大 8 小时滑动平均的第 90 百分位数，相当于去掉每年最高的 10% 的数据之后达标（假如某年有效监测天数为 360 天，则去掉最高的 36 个数据）；美国采用每年中日最大 8 小时滑动平均的第 4 高的数值，相当于去掉每年最高的 3 个数据之后达标；欧盟要求每年中最大 8 小时滑动平均超标的天数不超过 25 天，相当于去掉每年最高的 25 个数据之后达标。所以单站点的年度达标方面，美国的取值方法最为严格，中国最为宽松。

对于区域的年度达标判定，美国和欧盟都是区域内所有站点达标才算区域达标，中国的区域达标则一般指区域内各站点的平均值达标。

因此，与 WHO 的推荐标准以及和美国、欧盟的标准进行对比，中国的 O₃ 标准设定目前还属于过渡阶段，未来还需制定更严格的标准。

18. US Environmental Protection Agency. Guideline on data handling conventions for the 8-hour Ozone NAAQS (1998).

19. European Environment Agency. Ozone pollution in Europe: fewer alert days but concentrations still high (2015).

2.4 NO₂ 污染状况

除山西、湖南未公布 2015 年 NO₂ 年均浓度数据以外，其他公布数据的 28 个省（市）中北京、河北、上海、重庆、天津、山东、河南 7 个省（市）超标，北京超标最多，达 25%；重庆、内蒙古、河南、甘肃、贵州、吉林、安徽、上海 8 个省（市）的 NO₂ 年均浓度相比 2014 年有所上升，其中重庆和内蒙古上升幅度最大，分别达 15.4% 和 13.6%。

浓度变化如图 2-9 所示。从图中可以看出，公布 2015 年数据的 28 个省（市）中有 7 个省（市）超标，分别为北京、河北、上海、重庆、天津、山东、河南，其中北京的超标率最高，达 25%。相比 2014 年，2015 年重庆、内蒙古、河南、甘肃、贵州、吉林、安徽、上海 8 个省（市）的 NO₂ 年均浓度不降反升，其中重庆和内蒙古上升幅度最大，分别达 15.4% 和 13.6%；天津和新疆的 2015 年 NO₂ 年均浓度相比 2014 年降幅最大，均达到了 22.2%。

2013-2015 年，28 个省（市）²⁰ 的 NO₂ 年均

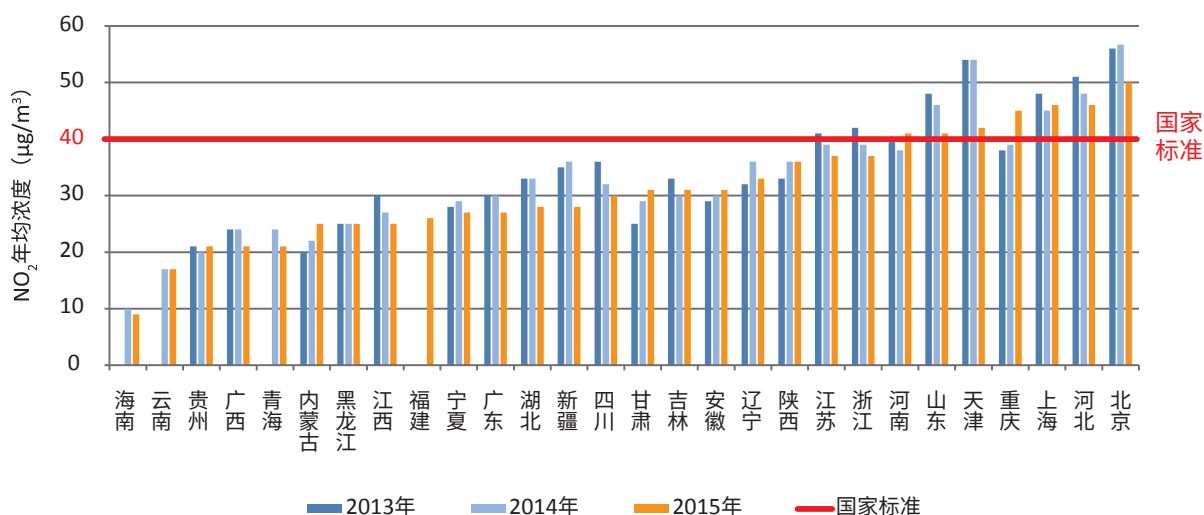


图 2-9 28 个省（市）2013-2015 年 NO₂ 年均浓度变化图

20. 湖南 2013、2014、2015 年的《湖南省环境保护工作年度报告》中均未公布 NO₂ 年均浓度数据，数据缺失。截止 2016 年 7 月 31 日，山西未发布 2015 年《山西省环境状况公报》，2015 年数据缺失。福建 2013、2014、2015 年的《福建省环境状况公报》中均未公布 NO₂ 年均浓度数据，其 2015 年 NO₂ 年均浓度通过福建省环保厅公布的福建省城市空气质量排名中的月均值 (<http://www.fjepb.gov.cn/zwgk/kjjc/hjzl/zlph/>) 计算得到，2013、2014 年数据缺失；海南、云南、青海的 2013 年《环境状况公报》中未公布 NO₂ 年均浓度数据，2013 年数据缺失。

2.5 SO₂ 污染状况

除山西、湖南未公布 2015 年 SO₂ 年均浓度数据以外，其他公布数据的 28 个省（市）全部达标。与 2014 年相比，只有内蒙古 2015 年 SO₂ 年均浓度略有上升。部分地区采暖期 SO₂ 仍有超标现象。

2013-2015 年，28 个省（市）²¹ 的 SO₂ 年均浓度变化如图 2-10 所示。从图中可以看出，公布 2015 年数据的 28 个省（市）全部达标。需要说

明的是，2014 年 SO₂ 年均浓度超标的山西省尚未发布 2015 年的《山西省环境状况公报》，因此山西省 2015 年 SO₂ 的污染状况不详。从图 2-10 还可以看出，各省（市）SO₂ 的年均浓度基本呈逐年下降的趋势，与 2014 年相比，只有内蒙古略有增加，其他均下降或持平，天津、云南、北京、湖北、重庆、青海 6 省（市）的降幅均超过了 30%，其中天津降幅最大，达 40.8%。

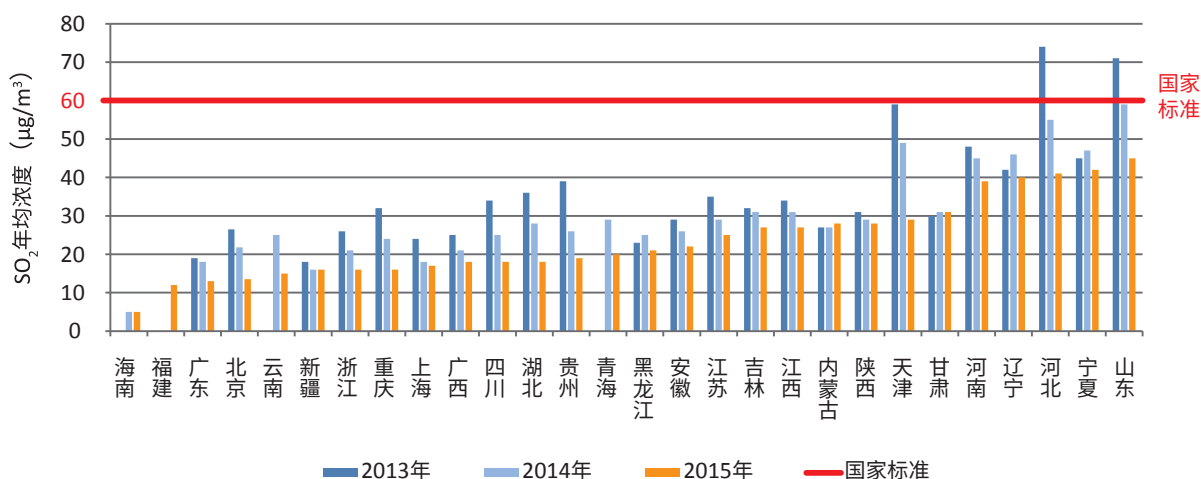


图 2-10 28 个省（市）2013-2015 年 SO₂ 年均浓度变化图

21. 湖南 2013、2014、2015 年的《湖南省环境保护工作年度报告》中均未公布 SO₂ 年均浓度数据，数据缺失。截止 2016 年 7 月 31 日，山西未发布 2015 年《山西省环境状况公报》，2015 年数据缺失。福建 2013、2014、2015 年的《福建省环境状况公报》中均未公布 SO₂ 年均浓度数据，其 2015 年 SO₂ 年均浓度通过福建省环保厅公布的福建省城市空气质量排名中的月均值 (<http://www.fjepb.gov.cn/zwgk/kjhc/hjzl/zlph/>) 计算得到，2013、2014 年数据缺失；海南、云南、青海的 2013 年《环境状况公报》中未公布 SO₂ 年均浓度数据，2013 年数据缺失。

山东省采暖期 SO₂ 仍有超标现象

根据山东省环保厅发布的空气质量月报，汇总 2014 和 2015 年 SO₂ 的月均浓度变化数据如图 2-11 所示。图中数据显示，山东省 2015 年的 SO₂ 月均浓度相比 2014 年均有明显下降，但采暖期仍有超标现象，整月为采暖期的 12 月、1 月和 2 月三个月全部超标，平均超标达 17.2%。

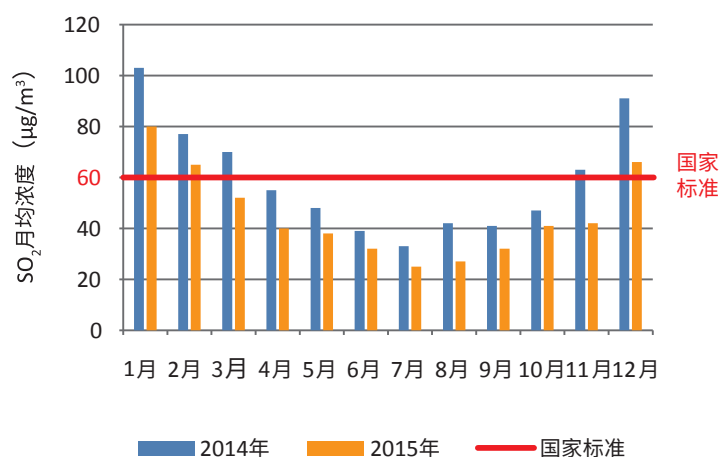


图 2-11 山东省 2014 和 2015 年 SO₂ 月均浓度变化图

2.6 CO 污染状况

公布 2015 年 CO 年度数据的省（市）达 21 个，较去年增长一倍多，且公布数据的 21 个省（市）全部达标；2015 年北京、上海、天津、河北 4 个省（市）CO 污染程度相比 2014 年不降反升，北京和上海上升幅度最大，分别达 12.5% 和 11.7%。

2015 年 21 个省（市）公布了 CO 日均值第 95 百分位数浓度²²，这一数量远超过了 2014 年的 9 个。图 2-12 分析了 2014-2015 年 CO 的污染程

度变化，由图 2-12 可以看出，2015 年公布数据的 21 个省（市）全部达标。在上述 21 个省（市）中有 10 个省（市）公布了 2014 年、2015 年两年的数据，对比这 10 个省（市）两年的数据发现，2015 年广东、重庆、宁夏、辽宁 4 个省（市）CO 污染程度相比 2014 年有所下降，广东和重庆降幅最大，分别达 17.6% 和 16.7%，江苏、浙江无变化，其余北京、上海、天津、河北 4 个省（市）则有所上升，北京和上海上升幅度最大，分别达 12.5% 和 11.7%。

22. 截止 2016 年 7 月 31 日，山西未发布 2015 年《山西省环境状况公报》；内蒙古、黑龙江、福建、山东、湖南、云南、甘肃、新疆 8 个省（市）2015 年的《环境状况公报》中未公布 CO 浓度数据。

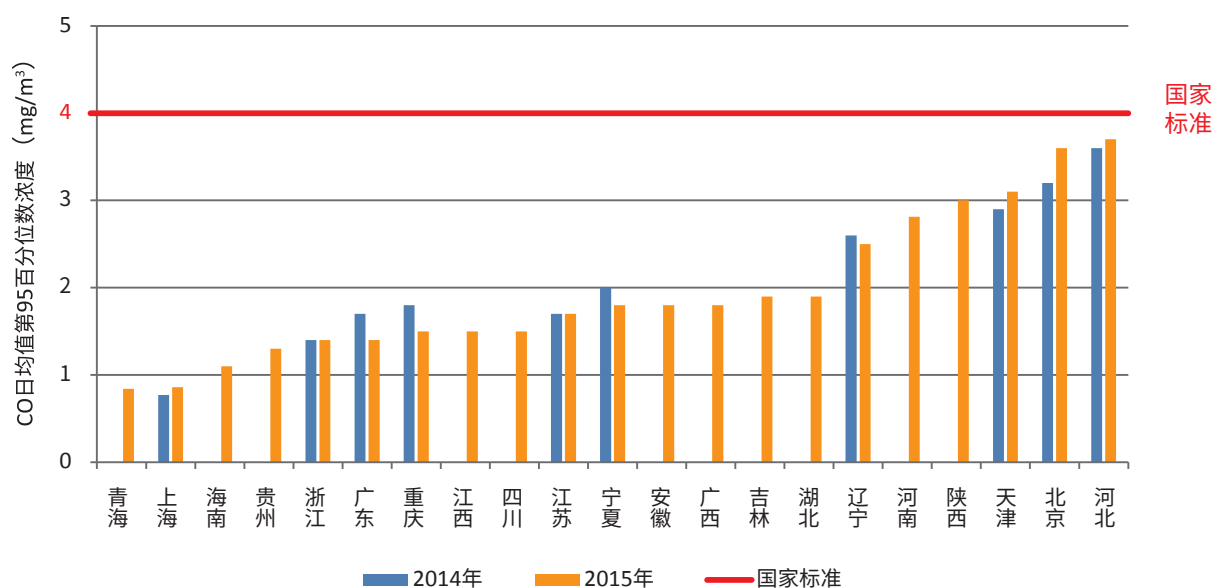


图 2-12 21 个省（市）CO 日均值第 95 百分位数浓度变化图

2.7 重污染天气

2015 年首批实施新环境空气质量标准的 74 个城市重度及以上污染天数比例为 4.1%，相比 2014 年下降约 1.5 个百分点，相比 2013 年下降约 4.6 个百分点^{23,24}。

2015 年京津冀地区共发布重污染天气预警 154 次，远超过 2014 年的 60 次。北京首次启动重污染红色预警，对污染积累起到了“削峰降速”的作用。

2015 年，京津冀地区共发布重污染天气预警 154 次，远超过 2014 年的 60 次。2015 年、2014 年北京市重污染天数和预警发布情况对比如表 2-3 所示。从表 2-3 可以看出，2015 年北京的重污染天数相比 2014 年少了 3 天，但预警次数、分布天数、预警程度均超过 2014 年，说明北京在重污染天数下降的同时，预警得以加强。

表 2-3 2014 和 2015 年北京市重污染天数和重污染预警发布情况

年份	重污染 天数	预警合计		红色预警		橙色预警		黄色预警		蓝色预警	
		次数	天数	次数	天数	次数	天数	次数	天数	次数	天数
2014 年	45	18	30	0	0	2	9	5	10	11	11
2015 年	42	19	41	1	7	2	5	7	20	8	9

23. 中国人大网，http://www.npc.gov.cn/npc/xinwen/2016-04/25/content_1987688.htm。

24. 环保部，http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/qt/201502/t20150202_295333.htm。

2015年12月8日,北京首次启动红色预警。全市采取机动车单双号行驶、工业企业停限产、施工工地停工、中小学和幼儿园停课等应急减排措施;周边省(区、市)共同实施应急减排,全力控制污染程度。评估结果表明,实施红色预警应急减排,对污染积累起到了“削峰降速”的作用²⁵。继北京首发重污染红色预警之后,2015年12月19日北京再次启动红色预警,天津、河北、山东和河南部分城市也启动了红色预警。

河北编制完成全国首部《重污染天气应急响应操作方案编制指南》,可提高企业应急响应操作方案的科学性、可操作性和可核性。

中国清洁空气联盟2013年发布的《空气污染应急机制国际经验》报告²⁶指出,在美国,重污染天气下的工业排放控制是通过企业自行编制空气污染紧急状态的减排计划并实施来实现的。政府要求企业自行编制空气污染紧急状态的减排计划,并提交大气污染主管部门审批。由于减排计划是由企业自身主导制定,可以充分契合企业的生产排污特征,其措施更有可能在现实中被实行,其损失也可尽量降低。

2015年12月,河北省环境应急与重污染天气预警中心编制完成了全国首部《重污染天气应急响应操作方案编制指南》。该《指南》为国内首部针对钢铁、玻璃、焦化、水泥行业编制重污染天气应急响应操作方案的指导性文件,可作为企业编制《重污染天气应急响应操作方案》的指

导性准则;该《指南》结合行业实际,提出了切实可行的应急减排措施,变过去停产、限产“一刀切”为差异化减排政策,全面提高了企业应急响应操作方案的科学性、可操作性和可核性²⁷。

冬季采暖地区15个省(市)全面试行冬季水泥错峰生产,有利于减少冬季重污染天气的发生。

2015年11月13日,工业和信息化部与环境保护部联合发布《两部门关于在北方采暖区全面试行冬季水泥错峰生产的通知》(以下简称《通知》),决定2015~2016年采暖期在北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、山东、河南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆15个省(市)的水泥熟料生产线试行错峰生产。

据统计²⁸,冬季采暖地区的15个省(市)共有742条新型干法水泥熟料生产线,占全国新型干法水泥熟料生产线总数的42%左右,水泥熟料产能7.17亿吨,约占全国总量的40%。如果按冬季采暖期平均停窑3个月估算(东北地区可停窑4个月以上),将至少减少1.8亿吨水泥熟料的生产量和冬储,这将减少煤炭燃烧2800万吨,减少CO₂排放1.56亿吨,减少SO₂排放5400吨,减少氮氧化物排放19.98万吨;企业少动用约380亿熟料生产流动资金,减少财务费用7.2亿元,减少熟料冬储管理成本29亿元,减少冬季煅烧煤耗成本32亿元。这对北方冬季的空气质量改善和企业成本降低都具有重大贡献。

25. 《北京市环境状况公报2015》

26. 中国清洁空气联盟,《空气污染应急机制国际经验》, <http://www.cleanairechina.org/product/6206.html>。

27. 《河北省环境状况公报2015》

28. 孔祥忠. 关于水泥行业冬季错峰生产的政策建议(2014), 中国水泥, 12: 7-9。

第3章 污染物排放控制进展

本章从 SO_2 、 NO_x （氮氧化物）、汞的排放控制以及温室气体排放协同控制等方面分析了全国以及各省（市）大气污染减排工作的进展。

2015 年我国的大气污染减排工作取得了显著进展，全国 SO_2 排放总量几乎达到“九五”实施总量控制策略以来的历史最低值。全国 SO_2 和 NO_x 的总排放量相比 2014 年分别降低了 5.8% 和 10.9%²⁹；数据可得的 28 个省（市）的 SO_2 、 NO_x 排放量相比 2014 年都有明显降低，广西尤为突出；环保部发布《汞污染防治技术政策》，为涉汞行业的汞排放控制提供技术指导。

此外，由于空气污染物与温室气体的同根同源性，各项减排措施的落实也为协同减排温室气体带来较大的推动作用。如随着限煤措施在各地的严格落实，2015 年中国的煤炭消费量继续下滑，较 2014 年相比下降 3.7%，从而大幅降低了煤炭燃烧过程中的温室气体排放。2015 年基本全部淘汰了 2005 年底前注册营运的黄标车，也相应的降低了温室气体的排放。此外，初步估算，每年全国人为源排放的非氢氟氯碳化物 VOCs（挥发性有机物）约相当于 2.5 亿吨 CO_2e （二氧化碳当量），农业氮肥使用排放的 N_2O （氧化二氮，一种温室气体）约相当于 1.5 亿吨 CO_2e ，柴油车排放的黑

碳（一种短寿命气候污染物）约相当于 2.8 亿吨 CO_2e ，秸秆焚烧排放的 CO_2 和黑碳约相当于 3.7 亿吨 CO_2e 。因此，加强 VOCs 排放控制、氨排放控制、柴油机颗粒物污染控制以及秸秆焚烧控制在降低大气污染物排放的同时，可以在一定程度上缓解应对气候变化的压力。

3.1 重要污染物的排放控制

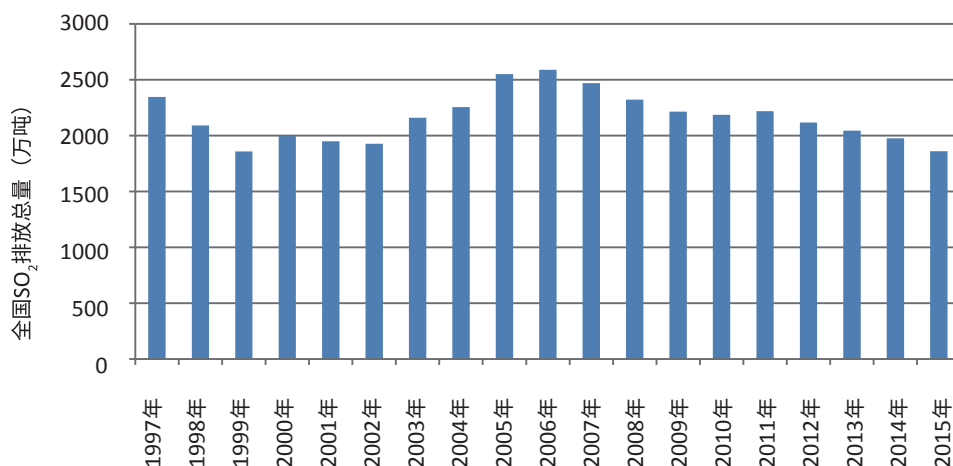
3.1.1 SO_2 排放控制

2015 年，全国 SO_2 排放总量几乎达到“九五”实施总量控制策略以来的历史最低值。

SO_2 是我国实施污染物排放总量控制策略以来最早控制的污染物之一，自 1997 年发布《“九五”期间全国主要污染物排放总量控制实施方案（试行）》（环控〔1997〕第 383 号）以来，全国 1997-2015 年 SO_2 排放总量变化情况³⁰ 如图 3-1 所示。从图中可以看出，全国 SO_2 排放总量经历了先降低，1999 年达到最低后再升高，直至 2006 年达到峰值后又降低的过程，2015 年排放量与 1999 年十分接近，几乎达到“九五”实施总量控制策略以来的历史最低值。

29. 《中国环境状况公报 2015》

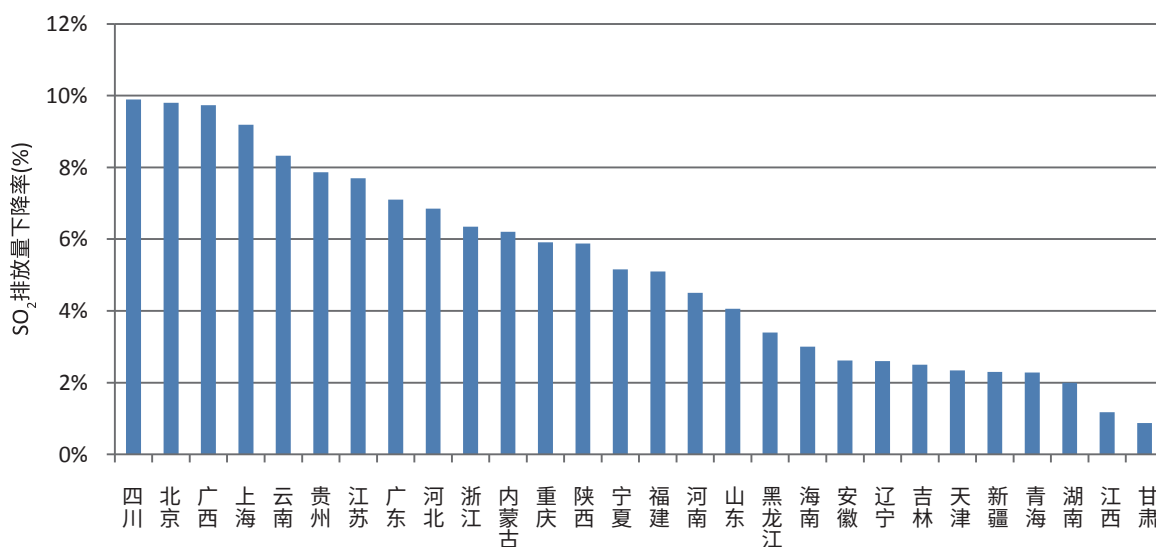
30. 数据来源于 2007-2015 年的《中国环境状况公报》。

图 3-1 1997-2015 年全国 SO₂ 排放总量变化图

除山西、湖北未公布 2015 年 SO₂ 排放量以外，其他公布数据的 28 个省（市）的 SO₂ 排放量相比 2014 年均有明显降低，其中四川、北京、广西 3 个省（市）的降幅最大。

根据各省（市）的《环境状况公报》，对除山西、湖北³¹以外的 28 个省（市）进行 2015 年

SO₂ 排放量相比 2014 年 SO₂ 排放量的下降率分析，得到图 3-2 所示结果。可以看出，相比 2014 年，2015 年 28 个省（市）的 SO₂ 排放量均有明显降低，其中四川、北京、广西 3 个省（市）的降幅接近 10%，是降幅最大的 3 个省（市）。

图 3-2 28 个省（市）2015 年 SO₂ 排放量相比 2014 年的下降率

31. 截止 2016 年 7 月 31 日，山西未发布 2015 年的《山西省环境状况公报》；湖北发布的 2015 年的《湖北省环境状况公报》中未公布 SO₂ 的排放量数据。

3.1.2 NO_x 排放控制

除山西、湖北未公布 2015 年 NO_x 排放量以外，其他公布数据的 28 个省（市）的 NO_x 排放量相比 2014 年均有明显降低，其中广西、贵州、江苏 3 个省（市）的降幅最大。

根据各省（市）的《环境状况公报》，对除

山西、湖北³²以外的 28 个省（市）进行 2015 年 NO_x 排放量相比 2014 年 NO_x 排放量的下降率分析，得到图 3-3 所示结果。可以看出，相比 2014 年，2015 年 28 个省（市）的 NO_x 排放量均有明显降低，降幅最大的是广西、贵州、江苏 3 个省（市），其中广西的降幅超过 15%。

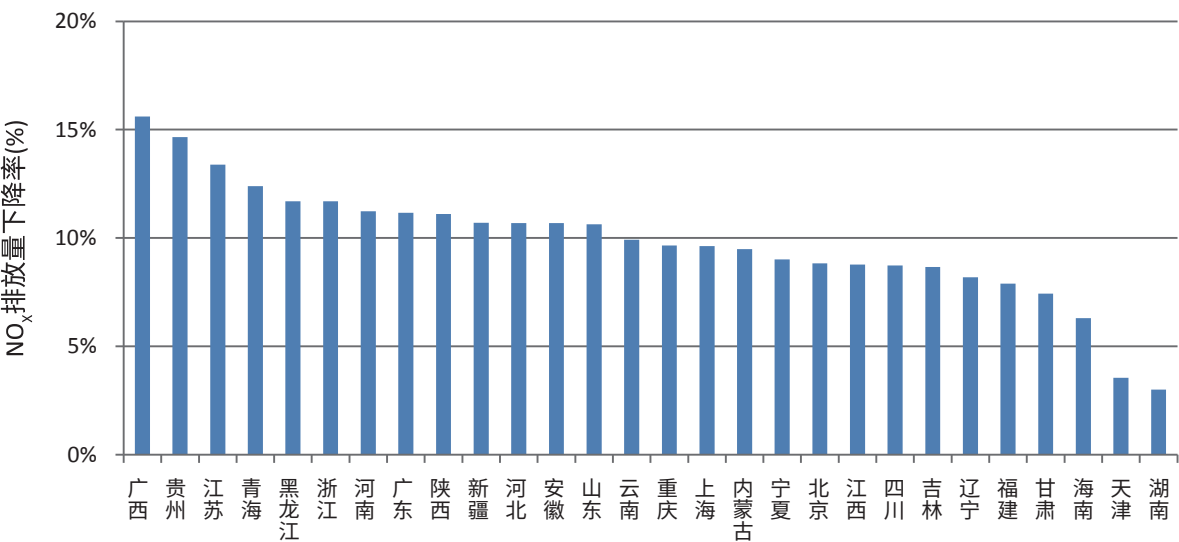


图 3-3 28 个省（市）2015 年 NO_x 排放量相比 2014 年的下降率

3.1.3 汞排放控制

环保部发布《汞污染防治技术政策》，为涉汞行业的汞排放控制提供技术指导。

2013 年 10 月，中国作为首批签约国签署了《关于汞的水俣公约》，2016 年 4 月第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十次会议正式批准了该公约。该公约将对全球范围内几乎所有与

人为活动有关的汞及其化合物的使用、排放和释放进行管控。

为了更好的对汞排放进行控制，我国颁布的《火电厂大气污染物排放标准》（GB 13223-2011）、《锅炉大气污染物排放标准》（GB13271-2014）、《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2014）以及有色金属工业的污染

32. 截止 2016 年 7 月 31 日，山西未发布 2015 年的《山西省环境状况公报》；湖北发布的 2015 年的《湖北省环境状况公报》中未公布 NO_x 的排放量数据。

物排放标准中均对汞的排放限值进行了规定。截止 2015 年底，陕西、山西、青海、甘肃、北京、上海 6 个省（市）发布了《汞污染防治工作实施方案》。

2015 年 12 月 24 日，环保部正式发布了《汞污染防治技术政策》等指导性文件。该文件从国内汞污染防治和履行国际公约要求角度出发，提出“涉汞行业应优化产业结构和产品结构，合理规划产业布局，加强技术引导和调控，鼓励采用先进的生产工艺和设备，淘汰高能耗、高污染、低效率的落后工艺和设备”以及“涉汞行业污染防治应遵循清洁生产与末端治理相结合的全过程污染控制原则，采用先进、成熟的污染防治技术，加强精细化管理，推进含汞废物的减量化、资源化和无害化，减少汞污染物排放”的汞污染防治技术路线。

3.2 温室气体排放协同控制

我国在面对大气污染防治压力的同时，还面临着温室气体排放总量不断增加而带来的气候变化挑战。在 2015 年 12 月召开的巴黎气候大会上，中国承诺 2030 年左右二氧化碳排放达到峰值。

由于空气污染物与温室气体的产生具有很大的同源性，如煤炭、石油和天然气等化石燃料的燃烧使用过程中会排放颗粒物、SO₂、NO_x 等空气

污染物，也会同时排放 CO₂、黑碳³³ 等气候污染物。因此，空气污染物与温室气体减排采取的措施常常具有一致性。将空气污染物和温室气体进行协同控制，是应对大气污染防治压力和气候变化挑战的有效途径。

在 2015 年 8 月通过的《中华人民共和国大气污染防治法》（也称“新《大气法》”）中的第二条也明确提出对大气污染物和温室气体实施协同控制的要求。

3.2.1 煤炭消费量控制

无论是在《大气十条》中，还是在《强化应对气候变化行动——中国国家自主贡献》³⁴ 中，都提出控制煤炭消费总量的要求。控制煤炭消费总量，加快清洁能源利用，是实现大气污染物和温室气体协同控制的有效措施。

2015 年全国煤炭消费量继续下滑，较 2014 年相比下降 3.7%。

“十二五”期间，全国煤炭消费量和煤炭消费量占能源消费总量比例的变化³⁵ 如图 3-4 所示。继 2014 年全国煤炭消费总量实现近 16 年以来首次负增长之后，2015 年煤炭消费量继续下滑，较 2014 年相比下降 3.7%；2015 年煤炭消费量占能源消费总量的比例为 64%，较 2014 年下滑 2 个百分点。

33. 中国清洁空气联盟，《中国空气质量管理评估报告 2015》，<http://www.cleanairechina.org/product/7225.html>；中国清洁空气联盟，《中国黑碳防控研究摘要报告（2012）》，<http://www.cleanairechina.org/product/6208.html>。

34. 国务院，http://www.gov.cn/xinwen/2015-06/30/content_2887330.htm。

35. 数据取自 2011-2015 年的《国民经济和社会发展统计公报》。

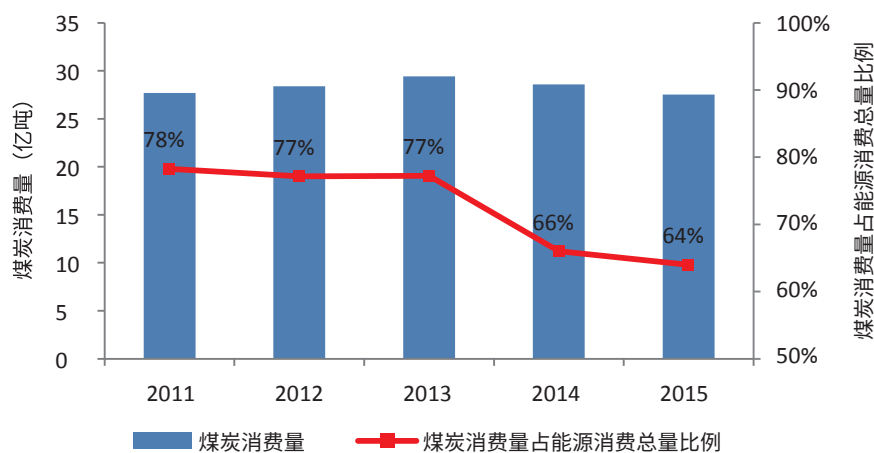


图 3-4 2011-2015 年全国煤炭消费变化趋势

燃煤散烧是京津冀区域的重要污染源，京津冀大力推进散煤治理，取得了一定成效，未来还需加大力度。

2014 年，我国煤炭产量达 38.7 亿吨，约占全球一半，但集中利用率却不足 50%，远低于欧美日等发达国家的 90% 以上。根据测算，1 吨散煤燃烧排放的污染物总量是 1 吨工业燃煤（采取环保措施）排放量的数倍之多。据不完全统计，京津冀区域目前每年燃煤散烧量超过 3600 万吨，占京津冀煤炭用量的 1/10，但对污染物排放量的贡献却达一半左右；燃煤散烧排放还是造成重污染天气的重要原因之一，有些城市在某些时段甚至超过机动车、工业等排放源成为首要污染源³⁶。因此，京津冀近年来大力推进散煤治理，具体措施和效果如下：

北京在城市核心区试点平房居民采暖“煤改电”并逐步推进，累计 30.8 万户居民实现采暖清

洁化改造，核心区煤烟型低矮面源污染得到有效控制，基本实现了无煤化；远郊各区因地制宜，采用多种形式推进燃煤设施改造使用清洁能源和农村散煤替换。实施了锅炉改造补助、燃气支户线贷款贴息、分户电采暖低谷电价和采暖补助等一系列经济政策，保障了重点治理措施的实施。北京 SO₂ 年均浓度值 2015 年降至 13.5μg/m³，低于国家一级标准限值，为北方采暖城市的最低值，且好于部分南方非采暖城市³⁷。

天津市政府 2015 年 6 月印发了《天津市 2015 年散煤清洁化治理工作方案》，确定了 2015 年实现洁净煤 100% 全替代的工作目标，明确了工作职责、任务分工、时间节点和措施要求等。2015 年天津市 116 万吨散煤已全部实现清洁化替代³⁸，比国家要求³⁹提前两年全面完成任务。天津市政府 2015 年 6 月同时印发了《天津市 2015 年

36. 中国环境报，《供暖季撞上重霾天只是巧合？——控制散煤污染很关键》，2016 年 1 月 29 日。

37. 《北京市环境状况公报 2015》

38. 《天津市环境状况公报 2015》

39. 根据《大气污染防治行动计划实施情况考核办法（试行）实施细则》，到 2017 年，天津市洁净煤利用率需达到 90% 以上。

农村生活用无烟型煤资金补贴办法》，积极采取激励措施保障工作推进进度，加大对农村无烟型煤和先进民用炉具补贴投入，2015年各级财政在散煤治理上累计投入17.2亿元。天津市还全力推进散煤清洁能源替代，从根本上解决散煤污染问题，加快实现标本兼治。目前，和平区、南开区已率先实现无煤化，中心城区和其他区县建成区散煤清洁能源替代率平均已达50%⁴⁰。

河北大力推进煤炭减量和清洁利用，与陕西榆林市政府、神华销售集团签署兰炭推广战略合作协议，年内引入推广优质煤1000万吨。大力推广洁净型煤，全省投运洁净型煤生产配送中心105家，生产能力1500万吨，推广高效清洁燃烧炉具53.2万台⁴¹。

3.2.2 黄标车淘汰

黄标车，是新车定型时排放水平低于国Ⅰ排放标准的汽油车和国Ⅲ排放标准的柴油车的统称。通常是尾气排放污染量大、浓度高、排放稳定性差的车辆。2014年5月国务院办公厅印发的

《2014-2015年节能减排低碳发展行动方案》⁴²以及第十二届全国人民代表大会第三次会议的2015年《政府工作报告》⁴³中都要求2015年全国淘汰2005年前注册营运的黄标车。《政府工作报告》还提出到2017年基本淘汰全国范围的黄标车的目标。

截至2015年11月底，全国累计淘汰黄标车117.07万辆，提前完成淘汰目标任务。

截至2015年11月底，全国累计淘汰2005年底前注册营运的黄标车117.07万辆，占淘汰任务的100.53%，全国已提前完成2015年《政府工作报告》确定的黄标车淘汰目标任务，各省的淘汰情况如表3-1所示⁴⁴。其中，宁夏、安徽、湖南、湖北、山西、广西、广东、云南、甘肃、重庆10省（区、市）在2015年11月底已提前超额完成黄标车淘汰任务，天津、青海、贵州、江西、福建、北京6个省（区、市）在2015年11月底提前完成淘汰任务。

40. 中国环境报，《供暖季撞上重霾天只是巧合？——控制散煤污染很关键》，2016年1月29日。

41. 《河北省环境状况公报2015》

42. 国务院，http://www.gov.cn/zhengce/content/2014-05/26/content_8824.htm。

43. 人民网，<http://lianghui.people.com.cn/2015npc/n/2015/0305/c394298-26642056.html>。

44. 环保部，http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/qt/201512/t20151209_318670.htm。

表 3-1 2015 年 1-11 月 30 个省（市）黄标车淘汰进度表

省（市）	任务量 （辆）	1-11 月累计 淘汰量（辆）	完成比例	省（市）	任务量 （辆）	1-11 月累计 淘汰量（辆）	完成比例
宁夏	18251	25077	137.40%	北京	5156	5156	100.00%
安徽	50459	63016	124.89%	四川	9330	9298	99.66%
湖南	24541	30441	124.04%	浙江	57901	57591	99.46%
湖北	24788	30169	121.71%	新疆	3572	3552	99.44%
山西	27687	32939	118.97%	辽宁	23057	22699	98.45%
广西	28000	30440	108.71%	吉林	50581	49189	97.25%
广东	141569	152016	107.38%	陕西	23191	22453	96.82%
云南	46240	49611	107.29%	山东	99101	95650	96.52%
甘肃	10949	11046	100.89%	河南	137754	132440	96.14%
重庆	6400	6415	100.23%	黑龙江	62576	56818	90.80%
天津	43000	43000	100.00%	内蒙古	41600	37710	90.65%
青海	5512	5512	100.00%	上海	11000	9898	89.98%
贵州	14811	14811	100.00%	河北	38590	34643	89.77%
江西	34429	34429	100.00%	海南	8167	7318	89.60%
福建	23882	23882	100.00%	江苏	89943	71009	78.95%

3.2.3 VOCs 排放控制

VOCs (volatile organic compounds) 即挥发性有机物, 指 20℃ 条件下蒸汽压大于等于 0.01kPa, 或在特定适用条件下具有挥发性的全部有机化合

物的统称。VOCs 种类繁多, 主要包括烷烃、烯烃、芳香烃、卤代烃、含氧烃、氮烃、硫烃、低沸点多环芳烃等, 对人体健康造成的直接和间接危害不容忽视。

VOCs 的健康危害

VOCs 对人体的危害主要有两个方面: 一方面是其有害成分直接影响人体健康, 另一方面是 VOCs 在环境中与其他物质反应 / 结合生成 O₃ 或者形成二次气溶胶 (PM_{2.5} 的主要组成), 从而间接影响人体健康。

(1) 对人体健康的直接影响

多数 VOCs 具有毒性和恶臭气味, 当在环境中达到一定浓度时, 短时间内可使人感到头痛、恶心、呕吐, 严重时会出现抽搐、昏迷, 并可能造成记忆力衰退, 伤害人的肝脏、肾脏、大脑和神经系统。部分 VOCs 已被列为致癌物, 特别是苯、甲苯及甲醛, 会对人体造成很大的伤害, 1993 年世界卫生组织下属国际癌症研究机构 (IARC) 将苯列为 I 类人类致癌物。

(2) 对人体健康的间接影响

在强光照、低风速和低湿度的条件下, 某些种类的 VOCs 会与低空的 NO_x 发生光化学反应并形成光化学烟雾 (主要污染物为 O₃), 当环境中含有高浓度的 O₃ 时, 会刺激人的眼睛、鼻、咽喉等器官, 导致哮喘等慢性呼吸道疾病恶化; 某些活性较强的 VOCs, 能与 ·OH、NO₃⁻、O₃ 等氧化剂发生反应, 通过吸附或吸收进入颗粒相, 生成二次有机气溶胶, 是 PM_{2.5} 的主要组成, 也正是近年来严重影响人体健康的雾霾的重要组成。

2010 年全国人为源排放的非氢氟氯碳化物 VOCs 约相当于 2.5 亿吨 CO₂e。

除了对人体健康产生影响之外, 很多 VOCs 因为会影响对流层 O₃ (对流层臭氧, 一种短寿命气候污染物⁴⁵)、CH₄ (甲烷, 一种温室气体) 和

CO₂ 等, 因此具有一定的温室效应 (见表 3-2)。此外, VOCs 中的氢氟氯碳化物 (CFCs、HFCs、HCFCs 等) 本身就是温室气体, 且其全球增温系数 (Global Warming Potentials, GWP⁴⁶) 达几百到几千不等⁴⁷。

45. 中国清洁空气联盟, 《中国空气质量管理评估报告 (2015)》, <http://www.cleanairchina.org/product/7225.html>。

46. GWP 是一种物质产生温室效应的指数; 本文中 GWP 是指在 100 年的时间框架内, 各种温室气体的温室效应对应于相同效应的二氧化碳的质量。

47. P Forster, V Ramaswamy. Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing, In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the 4th Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 2007.

表 3-2 常见非氢氟氯碳化物 VOCs 的全球增温系数

中文名称	英文名称	化学式	GWP
二甲基乙醚	dimethylether	CH ₃ OCH ₃	1 ⁴⁸
二氯甲烷	methylene dichloride	CH ₂ Cl ₂	10 ⁴⁸
氯甲烷	methyl chloride	CH ₃ Cl	16 ⁴⁸
溴甲烷	methyl bromide	CH ₃ Br	5 ⁴⁸
三氯乙烷	methylchloroform	CH ₃ CCl ₃	144 ⁴⁸
乙烷	ethane	C ₂ H ₆	8.4 ⁴⁹
丙烷	propane	C ₃ H ₈	6.3 ⁴⁹
丁烷	butane	C ₄ H ₁₀	7 ⁴⁹
乙烯	ethylene	CH ₂ CH ₂	6.8 ⁴⁹
丙烯	propylene	CH ₂ CHCH ₃	4.9 ⁴⁹
甲苯	toluene	C ₇ H ₈	6 ⁴⁹
异戊二烯	isoprene	C ₅ H ₈	2.7 ⁴⁹
甲醇	methanol	CH ₃ OH	2.8 ⁴⁹
乙醛	acetaldehyde	C ₂ H ₄ O	1.3 ⁴⁹
丙酮	acetone	CH ₃ COCH ₃	0.5 ⁴⁹
非甲烷碳氢化合物	NMHC		11 ⁵⁰

研究表明，2010 年全国人为源 VOCs 排放总量约为 2230 万吨⁵¹，根据表格 3-2 中非甲烷碳氢化合物的 GWP 为 11 来估算，可以发现，即使在

不考虑氢氟氯碳化物的情况下，我国人为源每年排放的 VOCs 仍约相当于 2.5 亿吨 CO₂e。

48. IPCC/TEAP special report on safeguarding the ozone layer and the global climate systems: issues related to hydrofluorocarbons and perfluorocarbons. Eds, Bert Metz, et al. Cambridge University Press, Cambridge, 2005.

49. W.J.Collins,R.G.Derwent,C.E.Johnson and D.S.Stevenson.The oxidation of organic compounds in the troposphere and their global warming potentials(2002). Climatic Change, 52(4): 453-479.

50. K.P. Shine, R.G. Derwent, D.J. Wuebbles and J.-J. Morcrette. Radiative forcing of climate, in: Climate Change – The IPCC Scientific Assessment(1990),Cambridge University Press, Cambridge, 1990.

51. 龚芳.我国人为源 VOCs 排放清单及行业排放特征分析, 西安建筑科技大学, 2013。

新《大气法》首次将 VOCs 纳入监管范围；北京、上海、湖南、江苏、安徽相继发布了 VOCs 排污收费办法。

2014 年 9 月，环保部发布《大气挥发性有机物源排放清单编制技术指南（试行）》，为各地编制 VOCs 排放清单提供了支持。2015 年 8 月颁布的新《大气法》首次将 VOCs 纳入监管范围，为 VOCs 治理提供了法律依据。

根据财政部、国家发改委、环保部颁布的《挥发性有机物排污收费试点办法》，VOCs 排污收费试点于 2015 年 10 月 1 日启动，试点行业包括石油化工业和包装印刷行业。北京、上海、湖南、江苏、安徽相继发布了相应的 VOCs 排污收费办法，且都采用了鼓励低标准排放、惩罚超标准排放的差别化收费政策（见表 3-3）。

表 3-3 地方 VOCs 排污收费办法的发布

省 (市)	办法名称	发布单位	发布日期	实施日期*
北京	《关于挥发性有机物排污收费标准的通知》	北京市发改委、市财政局、市环保局	2015 年 9 月 1 日	2015 年 10 月 1 日
	《挥发性有机物排污费征收细则》	北京市环保局	2015 年 11 月 26 日	2015 年 10 月 1 日
上海	《上海市挥发性有机物排污收费试点实施办法》	上海市发改委（市物价局）、市财政局、市环保局	2015 年 12 月 16 日	2015 年 10 月 1 日
湖南	关于转发《国家发展和改革委员会 财政部 环境保护部关于制定石油化工及包装印刷等试点行业挥发性有机物排污费征收标准等有关问题的通知》的通知	湖南省发改委、省财政厅、省环保厅	2015 年 12 月 17 日	2016 年 3 月 1 日
江苏	《省物价局 省财政厅 省环境保护厅关于进一步明确排污费征收有关问题的通知》	江苏省物价局、省财政厅、省环保厅	2015 年 12 月 28 日	2016 年 1 月 1 日
安徽	《安徽省物价局安徽省财政厅 安徽省环境保护厅 关于制定石油化工及包装印刷等试点行业挥发性有机物排污费征收标准等有关问题的通知》	安徽省物价局、省财政厅、省环保厅	2015 年 12 月 30 日	2015 年 10 月 1 日

注*：实施日期为开始征收计费的时间，所以部分实施日期早于发布日期。

石化行业开展 LDAR（泄漏检测与修复）技术改造。

LDAR（leak detection and repair，泄漏检测与修复）是指针对石化、化工等行业，通过系统的

方法对潜在泄漏源（阀门、法兰、泵密封等）进行检测，以发现泄漏点并及时有效的维修泄漏源。研究表明，石化行业 VOCs 排放总量中，管线组件

和储罐的泄漏排放约占 76%⁵²。因此, LDAR 技术的应用可有效减少石化行业的 VOCs 排放。

《大气十条》提出“在石化行业开展‘泄漏检测与修复’技术改造”的要求。京津冀及周边、长三角、广东等省(市)已启动石化行业泄漏检测与修复试点工程。2015 年 11 月 18 日,环境保护部印发《石化企业泄漏检测与修复工作指南》,为石化行业开展 LDAR 技术改造提供技术支持。

3.2.4 氨排放控制

氨排放到大气中形成的硫酸铵、硝酸铵是 $PM_{2.5}$ 的重要组成部分,也是重污染天气形成的重要因素之一,且其具有很高的消光贡献,导致可见度的迅速降低。

氨气(NH_3)是大气中最主要的碱性气体,可溶于水,与酸性物质发生化学反应。这样的化学性质使得氨气能够与大气中的 SO_2 、 NO_x 的氧化产

物反应,生成硫酸铵、硝酸铵等二次颗粒物。硫酸铵、硝酸铵是 $PM_{2.5}$ 的重要组成部分^{53,54},在重污染天气中,其质量总和可占到 $PM_{2.5}$ 的 50% 左右⁵⁵,且是导致重污染天气继续加重的重要因素之一⁵⁶。对典型城市大气气溶胶的消光特性研究表明,硫酸铵和硝酸铵的消光贡献率可达 50% 以上,在重污染天气下,两者的消光贡献可能更高,导致可见度的迅速降低⁵⁷。

中国是全球氨排放量最大的国家,远超美国和欧盟,其中来自畜禽养殖和化肥施用的氨排放占到 80% 以上;现有的地方大气污染行动方案对氨排放的控制效果较差。

2005 年到 2008 年的数据表明,中国年排放 NH_3 约 840 万吨,美国约 280 万吨,欧盟约 310 万吨⁵⁸。中国在最近 20 年以来,一直是全球 NH_3 排放量最大的国家,其中来自畜禽养殖和化肥施

52. Yen C H, Horng J J. Volatile organic compounds (VOCs) mission characteristics and control strategies for a petrochemical industrial area in middle Taiwan (2009). Journal of Environmental Science and Health, PartA, 44: 1424-1429.

53. 杨复沫,贺克斌,马永亮,张强,姚小红,Chan, C.K., Cadle, S., Chan, T., Mulawa, P. 北京大气细粒子 $PM_{2.5}$ 的化学组成 (2002). 清华大学学报(自然科学版), 12: 1605-1608.

54. 杨妍妍,李金香,梁云平,陈添,刘保献,孙峰,程刚,栗京平,张大伟. 应用受体模型(CMB)对北京市大气 $PM_{2.5}$ 来源的解析研究 (2015). 环境科学学报, 35(9): 2693-2700.

55. 金鑫,程萌田,温天雪,唐贵谦,王辉,王跃思. 北京冬季一次重污染过程 $PM_{2.5}$ 中水溶性无机盐的变化特征 (2012). 环境化学, 31(6): 783-790.

56. Minjiang Zhao, Shuxiao Wang, Jihua Tan, Yang Hua, Di Wu, Jiming Hao. Variation of urban atmospheric ammonia pollution and its relation with $PM_{2.5}$ chemical property in winter of Beijing, China (2016). Aerosol and Air Quality Research, 16: 1378-1389.

57. 韦莲芳,杨复沫,谭吉华,马永亮,贺克斌. 大气气溶胶消光性质的研究进展 (2014). 环境化学, 33(5): 705-715.

58. F. Paulot, D. J. Jacob, R. W. Pinder, J.O.Bash, K.Travis, D.K.Henze. Ammonia emissions in the United States, European Union, and China derived by high-resolution inversion of ammonium wet deposition data: Interpretation with a new agricultural emissions inventory (MASAGE_ NH_3) (2014). Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 119: 4343-4364.

用的 NH_3 排放占到 80% 以上^{59,60}。因此氨减排措施主要从集约化养殖以及控制化肥使用量两方面入手。

虽然《大气十条》提出了“积极开发缓释肥料新品种,减少化肥施用过程中氨的排放”的要求,但是根据京津冀地区针对《大气十条》出台的地方行动方案的分析表明,现有的措施对 NH_3 的排

放控制效果基本为零⁶¹,因此应加强对 NH_3 排放的控制,提高畜牧养殖业集约化比例至 30%,并推广施用缓释肥料。要想实现京津冀地区空气质量全部达标,需提高畜牧养殖业集约比例到 70% 以上,有效控制化肥使用量,同时大范围推广新型肥料缓释和控释技术⁶²。

我国化肥的过度使用

我国是世界上年化肥使用量最高的国家,占世界的三分之一,相当于美国和印度的总和⁶³。数据显示,我国的化肥施用量呈逐年增长的趋势;我国农作物亩均化肥用量 21.9 公斤,是美国的 2.6 倍,欧盟的 2.5 倍,远远高于世界平均水平(每亩 8 公斤),并且还存在施肥不均衡、有机肥资源利用低、施肥结构不平衡等现象⁶⁴。

2014 年全国农业氮肥使用排放的 N_2O 约相当于 1.5 亿吨 CO_2e 。

NH_3 本身虽然并不是一种温室气体,但是对氨排放进行控制时,可同时减排 N_2O (氧化亚氮,一种温室气体),或者使 CH_4 排放的控制更加简单易行。比如,对于畜禽养殖业,通过推行养殖

的集约化,一方面可以科学化管理饲料的氮含量避免浪费,从而相应减少 NH_3 、 N_2O 等的排放,另一方面可以通过安装相应的处理设施,减少 NH_3 、 CH_4 等的排放。对于农业,通过合理施肥、使用缓释 / 控释肥料等措施控制氮肥的使用量,可从源头上达到同时减排 NH_3 和 N_2O 的效果。

59. Xin Huang, Yu Song, Mengmeng Li, Jianfeng Li, Qing Huo, Xuhui Cai, Tong Zhu, Min Hu and Hongseng Zhang. A high-resolution ammonia emission inventory in China(2012). Global Biogeochemical Cycles, 26: 1-14.

60. Y. Kang, M. Liu, Y. Song, X. Huang, H. Yao, X. Cai, H. Zhang, L. Kang, X. Liu, X. Yan, H. He, M. Shao, and T. Zhu. High-resolution ammonia emissions inventories in China from 1980 – 2012(2015). Atmosphere Chemistry and Physics: Discussions, 15: 26959-26995.

61. 中国清洁空气联盟,《京津冀能否实现 2017 年 $\text{PM}_{2.5}$ 改善目标?》, <http://www.cleanairechina.org/product/6590.html>。

62. 中国清洁空气联盟,《京津冀如何实现空气质量达标?》, <http://www.cleanairechina.org/product/7532.html>。

63. 中新网, <http://finance.chinanews.com/ny/2015/03-17/7137028.shtml>。

64. 农业部,《到 2020 年化肥使用量零增长行动方案》,2015 年 2 月 17 日。

农业氮肥使用中的 N₂O 排放

氮肥使用过程中产生的 N₂O 是一种重要的温室气体，联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC，Intergovernmental Panel on Climate Change）第四次评估报告⁶⁵指出，N₂O 的 100 年 GWP 为 298，在温室气体的总增温效应中，N₂O 贡献约占 6%；此外，N₂O 还是目前最大的平流层臭氧破坏物质⁶⁶。

大量的证据表明，在最近十年中，农业活动，尤其是氮肥的使用，导致更多的 N₂O 释放到大气中。土壤中 N₂O 的释放主要是在生物硝化（NH₄⁺ 在好氧环境中被氧化成 NO₂⁻ 或者 NO₃⁻）和反硝化（NO₃⁻ 或者 NO₂⁻ 被厌氧菌还原成 NO_x 和 N₂）过程中发生。

IPCC 估计农业土壤产生的 N₂O 排放约占到全球人类活动导致的 N₂O 排放的 50%⁶⁷，而这主要来源于人工氮肥和动物粪便的使用。IPCC 给出的农业氮肥使用的 N₂O 排放系数为 1%，也即每吨氮肥（以 N 计）释放 10 kg N₂O-N⁶⁸。2014 年我国氮肥使用量为 2392.9 万吨⁶⁹，根据 IPCC 的排放系数，这些氮肥排放的 N₂O 约为 50 万吨，相当于排放约 1.5 亿吨 CO₂e。

氨排放控制亟需相关标准的出台以及具体措施的执行和落实。

中国的氨排放控制还处在起步阶段，2013 年 9 月，《大气十条》提出“积极开发缓释肥料新品种，减少化肥施用过程中氨的排放”的要求。2014 年 9 月，环保部发布《大气氨源排放清单编制技术指南（试行）》，为各地编制氨排放清单提供了支持。2016 年 3 月，北京市环保局启动《京津冀区域大气氨排放特征与控制对策研究》课题⁷⁰。2016 年 6 月，《大气污染防治行动计划》实施情

况中期评估报告进一步提出“减少种植业和养殖业氨排放”的对策建议。由此可见，中国的氨排放控制开始得到重视，但亟需相关标准的出台以及具体措施的执行和落实。

3.2.5 柴油机颗粒物污染控制

2015 年保有量占比仅为 12.6% 的柴油车排放的颗粒物占全国汽车排放颗粒物总量的 99%；2013 年全国柴油车排放的黑碳约相当于 2.8 亿吨 CO₂e。

移动源中的柴油车、非道路移动机械虽然数

65. IPCC, <http://www.ipcc.ch/report/ar4/>。

66. Ravishankara AR, Daniel JS, Portmann RW. Nitrous oxide (N₂O): The dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st century (2009). Science, 326(5949):123-125.

67. IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, eds Solomon S, et al. Cambridge Univ Press, Cambridge, UK.

68. IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Vol. 4. Eds, Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. & Tanabe, K. GES, 2006.

69. 《中国统计年鉴 2015》

70. 北京市环保局, <http://www.bjepb.gov.cn/bjepb/324122/4387005/index.html>。

量上小于汽油车，但由于柴油燃烧过程中相比汽油会排放更多的颗粒物⁷¹，所以其排放的颗粒物更多。2015年全国汽车排放颗粒物共计53.6万吨，其中保有量占比仅为12.6%的柴油车排放的颗粒物占汽车排放颗粒物总量的99%⁷²。除柴油车外，农业机械、工程机械、船舶、港口机械、内燃机车等非道路机械也广泛使用柴油机。与道路车用柴油机相比，我国非道路柴油机普遍具有技术水平低、使用年限长、维护保养差、燃油消耗高、燃油质量差、排放污染大等特点。据测算，我国非道路机械保有量与柴油车保有量基本相当，其PM排放量为机动车排放量的1.5倍以上⁷³。

同时柴油机排放的颗粒物中还包含一种短寿命气候污染物——黑碳，其GWP高达460-1500⁷⁴。因此柴油车颗粒物的控制是一种重要的协同控制

措施。相关研究表明2013年我国柴油车排放黑碳31.33万吨⁷⁵，按照黑碳的GWP为910⁷⁶来估算，2013年我国柴油车排放的黑碳相当于约2.8亿吨CO₂e。

3.2.5.1 柴油车颗粒物污染控制

(1) 柴油车排放标准的提高

对于柴油车，提高排放标准一方面可以显著降低颗粒物的排放量⁷⁷，另一方面其中的黑碳比例也可显著下降。不同排放标准的柴油车排放的黑碳占PM_{2.5}的比例如表3-4所示，可以看出，当排放标准从欧IV提高到欧V时，黑碳所占PM_{2.5}的比例可大幅下降。

71. 《道路机动车大气污染物排放清单编制技术指南（试行）》、《非道路移动源大气污染物排放清单编制技术指南（试行）》

72. 《中国机动车环境管理年报2016》

73. 新华网，http://news.xinhuanet.com/energy/2016-07/06/c_1119173694.htm。

74. 中国清洁空气联盟，《中国空气质量管理评估报告2015》，<http://www.cleanairechina.org/product/7225.html>。

75. 王燕军, 吉喆, 尹航, 黄志辉, 马冬, 王宏利, 钱立运, 谢琼 肖寒. 2010-2013年我国柴油车黑碳排放状况分析(2015). 环境与可持续发展, 40(1).

76. Bond, T. C. et. al. Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment(2013). Journal of geophysical research: Atmosphere, 118: 5380-5552.

77. 《道路机动车大气污染物排放清单编制技术指南（试行）》

表 3-4 不同排放标准的柴油车排放的黑碳占 PM_{2.5} 的比例⁷⁸

车型	车型描述	无控	欧 I	欧 II	欧 III	欧 IV	欧 V	欧 VI
小型载客柴油车	12 座以下	47%	70%	80%	72%	69%	25%	25%
柴油公交车		50%	65%	65%	61%	83%	83%	7%
轻型载货柴油车	载重在 3.86 到 6.35 吨的货车	47%	70%	81%	72%	69%	23%	25%
中型载货柴油车	载重在 6.35 到 14.97 吨之间的货车	46%	70%	80%	72%	68%	23%	25%
重型载货柴油车	载重大于 14.97 吨的货车	51%	65%	65%	61%	83%	83%	8%

截止 2015 年年底，北京已对重型柴油车全面实施国五阶段排放标准，上海、天津、珠三角对公交、环卫、邮政用途的重型柴油车实施国五排放标准。

根据中华人民共和国工业和信息化部第 27 号公告，2015 年 1 月 1 日起，我国的柴油车全面实

施国四排放标准，国三标准（发动机）的柴油车禁止销售和登记注册。此外，2016 年 1 月 14 日，环保部和工信部印发《关于实施第五阶段机动车排放标准的公告》，公布了分区域实施机动车国五排放标准的时间表。

《关于实施第五阶段机动车排放标准的公告》中的时间表

（一）东部 11 省市（北京市、天津市、河北省、辽宁省、上海市、江苏省、浙江省、福建省、山东省、广东省和海南省）自 2016 年 4 月 1 日起，所有进口、销售和注册登记的轻型汽油车、轻型柴油客车、重型柴油车（仅公交、环卫、邮政用途），须符合国五标准要求。

（二）全国自 2017 年 1 月 1 日起，所有制造、进口、销售和注册登记的轻型汽油车、重型柴油车（客车和公交、环卫、邮政用途），须符合国五标准要求。

（三）全国自 2017 年 7 月 1 日起，所有制造、进口、销售和注册登记的轻型柴油车，须符合国五标准要求。

（四）全国自 2018 年 1 月 1 日起，所有制造、进口、销售和注册登记的轻型柴油车，须符合国五标准要求。

78. The world bank. Reducing Black Carbon Emissions from Diesel Vehicles: Impacts, Control Strategies, and Cost-Benefit Analysis(2014).

由于重型柴油车的颗粒物排放水平很高，2012 年重型柴油车在汽车保有量中仅占比 4.4%，但其排放的氮氧化物和颗粒物在汽车排放量中的分担率却达到了 60.7%⁷⁹。因此，部分省市已经开始对重型柴油车提前实施国五阶段排放标准。截止 2015 年年底，北京已对重型柴油车全面实施国五阶段排放标准，上海、天津、珠三角对公交、环卫、邮政用途的重型柴油车实施国五排放标准。

（2）柴油车加装颗粒捕集器（DPF）

上海对柴油公交车加装包括 DPF 的尾气处理装置，对黑烟颗粒质量浓度和数浓度的去除效果均达 90% 以上。

安装柴油机颗粒捕集器（Diesel Particulate Filter，DPF）是减少柴油车颗粒物排放最为有效的方法之一，也是推行更严格的排放标准的一项关键技术。DPF 的运行原理是对柴油车排放的尾气进行拦截和过滤，然后通过某种特定方法对捕获到的微粒进行处理，以保持 DPF 的过滤功能⁷⁹。

2015 年 6 月 1 日，北京市环保局对外发布《关于实施重型柴油车第五阶段排放标准的公告》⁸⁰，其中第三条中提到：自 2016 年 1 月 1 日起，本市行政区域内使用的新增重型柴油车（公交车、环卫车、旅游车、邮政车、渣土车、班车、校车、机场巴士等）应选用安装壁流式颗粒捕集器（DPF）

的车型。

2015 年底，上海巴士公交（集团）有限公司通过公开招标的方式开始为 3759 辆国三柴油公交车加装包括 DPF 的尾气处理装置，其对黑烟颗粒 PM（质量浓度）、PN（数浓度）的去除效果均 ≥90%^{81, 82}。

3.2.5.2 非道路移动机械颗粒物污染控制

（1）非道路移动机械排放标准的提高

与柴油车类似，非道路移动机械排放标准的提高也是降低颗粒物的重要途径。根据 2014 年 10 月发布的《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（中国第三、第四阶段）》标准，自 2015 年 10 月 1 日起，停止制造和销售第二阶段非道路移动机械用柴油机，所有制造和销售的非道路移动机械用柴油机，其排气污染物排放必须符合第三阶段要求。自 2016 年 4 月 1 日起，停止制造、进口和销售装用第二阶段柴油机的非道路移动机械，所有制造、进口和销售的非道路移动机械应装用符合第三阶段要求的柴油机。

（2）非道路移动机械加装颗粒捕集器（DPF）

《深圳市在用非道路移动机械用柴油机排气烟度排放限值及测量方法》正式实施，促进了非道路移动机械 DPF 的安装。

深圳自 2015 年 7 月 1 日起在全市范围内正

79. 中国清洁空气联盟，《改善城市交通，遏制中国空气污染》，<http://www.cleanairechina.org/product/6842.html>。

80. 北京市环保局，<http://www.bjepb.gov.cn/bjepb/413526/413560/413590/414963/431145/index.html>。

81. 中国政府采购网，http://www.ccgp.gov.cn/cggg/dfgg/zbgg/201512/t20151214_6319656.htm。

82. 人民网，<http://sh.people.com.cn/n2/2016/0620/c134768-28534458.html>。

式实施《深圳市在用非道路移动机械用柴油机排气烟度排放限值及测量方法（SZJG 49-2015）》之后，逐步加强非道路移动机械排气检测及污染治理，2015 年共计完成 580 台次非道路移动机械排气检测，要求排气超标机械采取维修保养、安装 DPF 后处理装置、淘汰更新等方法进行整改，截止 2015 年底有 61 台叉车等非道路移动机械安装了 DPF⁸³。

3.2.6 秸秆焚烧控制

全国秸秆焚烧每年排放的 CO₂ 和黑碳约相当于 3.7 亿吨 CO₂e。

秸秆露天焚烧会产生大量的 CO₂、CO、NO_x、SO₂、苯、多环芳烃以及颗粒物、黑碳等，不仅危害人体健康，造成环境污染，其中排放的大量 CO₂ 和黑碳还会加剧气候变化。

全国一年秸秆产出约为 8 亿吨，其中有 2 亿吨左右被焚烧⁸⁴。根据秸秆露天焚烧的排放因子⁸⁵，初步估算其 CO₂ 排放约 2.9 亿吨，黑碳排放

约 9.2 万吨，按照黑碳的 GWP 为 910⁸⁶ 来估算，全国秸秆焚烧每年排放的 CO₂ 和黑碳约相当于 3.7 亿吨 CO₂e。

全国 2015 年 6 月、10 月、11 月焚烧情况较严重，其中 6 月着火点集中在华北，尤其是河南；10 月、11 月着火点集中在东部，尤其是黑龙江、辽宁、吉林。2015 年 5 到 11 月综合来看，黑龙江、辽宁、吉林的焚烧情况最严重。

根据环保部发布的国家环境卫星秸秆焚烧遥感监测结果，全国各省（市）2015 年 5-11 月各月以及 5-11 月总的火点强度（火点个数 / 耕地面积）分布⁸⁷ 如图 3-5 所示。由图 3-5 可以看出，6 月、10 月、11 月的火点强度比较大，远超过 5 月、7 月、8 月和 9 月。其中 6 月份火点主要集中在华北地区，以河南火点强度为最大；10 月和 11 月火点主要集中在东北地区，以黑龙江、辽宁、吉林火点强度为最大。2015 年 5-11 月综合来看，黑龙江、辽宁、吉林的焚烧情况最严重。

83. 数据来自深圳市人居环境委。

84. 《关于全国秸秆综合利用和焚烧情况的通报》（发改办环资[2014]516 号）

85. 王书肖, 张楚莹. 中国秸秆露天焚烧大气污染物排放时空分布. 中国科技论文在线, 2008, 3(5):329-333.

86. Bond, T. C. et. al. Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment(2013). Journal of geophysical research: Atmosphere, 118: 5380-5552.

87. 环保部未发布 2015 年 1-4 月以及 12 月火点数据。

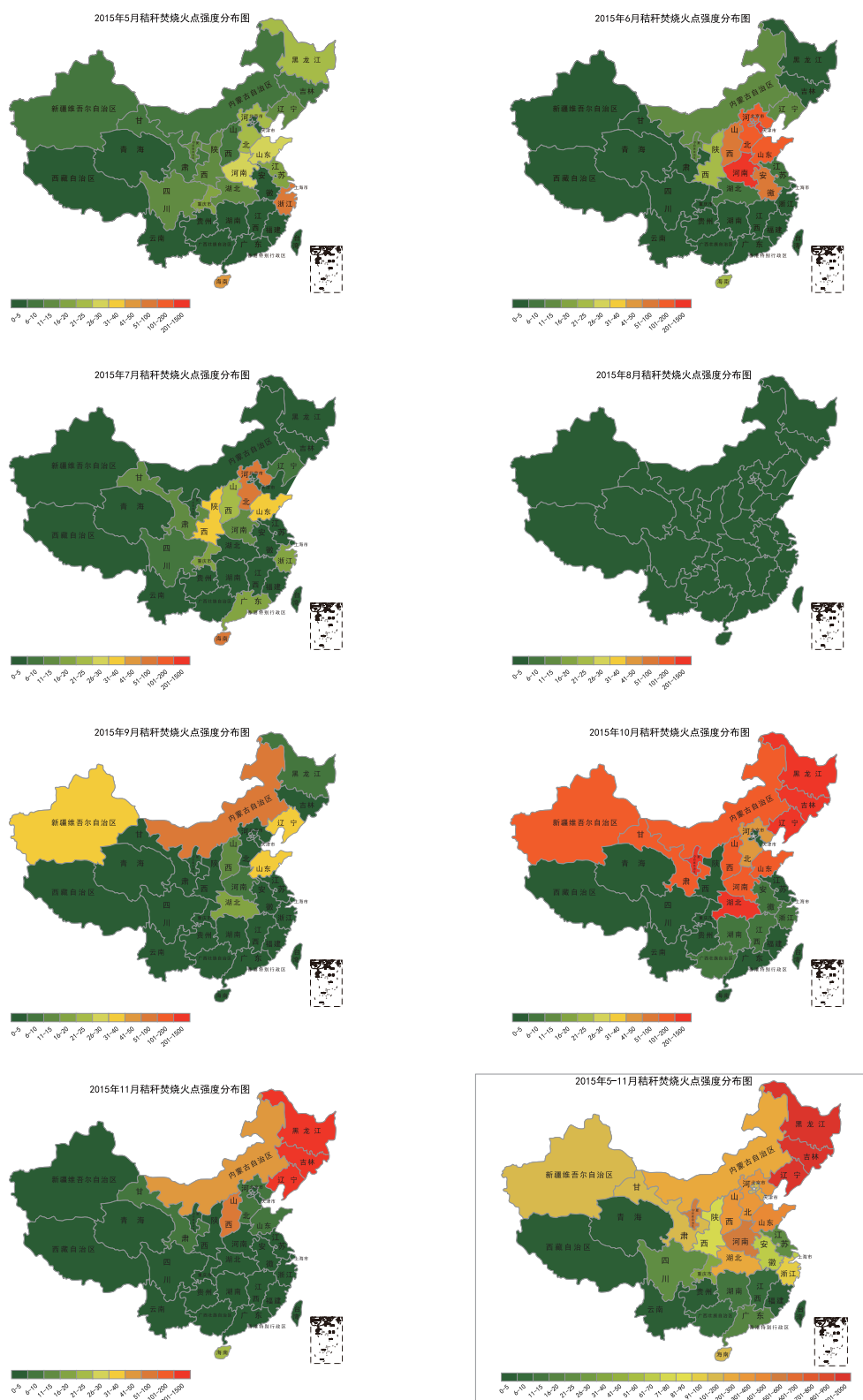


图 3-5 2015 年 5-11 月全国秸秆焚烧火点强度分布图（单位：个/ 10^7 公顷耕地）

东北三省秸秆焚烧加重颗粒物污染，亟待从根本上解决秸秆焚烧污染问题。

2015 年 11 月 6 日开始，东北三省持续出现 $PM_{2.5}$ 重污染天气。在此期间，东北三省秸秆焚烧未得到有效控制。环保部发布的 11 月 2 日至 8 日的秸秆焚烧污染防治工作情况⁸⁸称，在黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、山西等 13 个省（市）共监测到疑似秸秆焚烧火点 885 个，比 2014 年同期增加 556 个，增幅为 169%。其中火点强度最大的三省是黑龙江、吉林、辽宁。

东北三省秸秆焚烧情况严重的客观原因包括

三点：一是东北地区在保证粮食产量稳定，甚至增产的前提下，每年的秸秆产生量巨大；二是东北地区无霜期短，秋季作物收割后秸秆需尽快处理；三是东北地区冬季温度低，所以秸秆沼气利用、秸秆粉碎还田的传统低投入方法基本不适用。

因此针对东北三省的情况，亟需从源头上加大秸秆综合利用的政策措施，从机制上完善秸秆综合利用和禁烧的统筹部署及考核机制，扭转重堵轻疏、疏堵不畅的工作局面，切实从根本上解决秸秆焚烧污染环境的问题。

88. 环保部，http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bgth/201511/t20151111_316822.htm。

第 4 章 空气质量管理进展

本章从立法、标准制定、监测、信息公开和经济措施等五个方面分析了 2014 年中央和省（市）空气质量管理的进展。

继 2014 年中国空气质量管理进入到快速升级阶段之后，2015 年中国的空气质量管理又有新的突破。在立法和标准制定方面都取得了重大进展：新《大气法》正式颁布，为空气质量限期达标规划、重点区域大气污染联合防治、重污染天气应对等提供了法律依据。截止 2015 年底，陕西、北京、上海、天津、安徽、江苏 6 个省（市）已经颁布并实施了大气污染防治条例。2015 年，12 个大气相关的国家标准出台，25 个新的大气相关的地方标准已经开始实施并在环保部备案。环保电价、排污费、罚款等经济政策方面也取得了一定的进展。京津冀、长三角和珠三角作为空气污染重点防控地区，监测站分布密集；但部分空气污染较重的地区，如河南的大部分城市、山东的部分城市，依然存在监测站点布置中存在较大空白的情况。信息公开方面取得了一定进展，天津、山东、江苏、浙江、北京表现突出。

4.1 立法

4.1.1 国家层面

2015 年新《大气法》颁布，为空气质量限期达标规划、重点区域大气污染联合防治、重污染天气应对等提供了法律依据。

历经三次全国人大常委会会议审议、两次网上公开征求意见、数次召开各方面意见征求会，新修订的《中华人民共和国大气污染防治法》（也称“新《大气法》”）最终于 2015 年 8 月 29 日经十二届全国人大常委会第十六次会议表决通过。新《大气法》也是继 2014 年《中华人民共和国环境保护法》（也称“新《环保法》”）颁布之后，在环境保护领域的又一重要立法。新《大气法》从之前的七章 66 条扩展为八章 129 条，不仅在法条数量上几近翻一倍，内容上也做了较为全面的修改。

新《大气法》的一大突破在于“空气质量限期达标规划”从上一版的二级条款，升级到与“大气污染防治标准”共同组成独立章节。新《大气法》的第二章，从实施主体，到规划的制定过程，以及评估考核等方面，对我国的城市空气质量限期达标规划进行了更细致的规定。空气质量达标管理不仅仅是编制规划，而且是一种将环保要求前置的环境管理模式。空气质量达标管理作为空气质量管理的核心机制，已在欧美实施多年。英国、美国等国家经过伦敦烟雾事件、洛杉矶烟雾事件之后，都是通过立法手段（英国《环境法》；美国《清洁空气法》）建立空气质量达标管理机制，实现了空气质量改善与经济的双赢”。本次新《大气法》的修订，为“空气质量限期达标规划”提供了法律依据，有利于我国全面建立系统的空气质量达标管理体系。

新《大气法》的另一个亮点是新增“重点区域大气污染联防联控”部分并作为专章提出来。新《大气法》的第五章，从联防联控的机制到联防联控行动计划，以及会商、信息共享、联合执法等方面，对重点区域大气污染联防联控作出了明确要求。由于大气流动性强，大气污染的流动性也就很强，因此，建立重点区域的大气污染联防联控机制是科学立法的表现。

此外，新《大气法》将“重污染天气应对”也作为了一个专章，涉及重污染天气的监测预警、应急预案、预警信息发布、应急响应等方面，使得非常态的应急管理有了更多法律依据，未来的应急管理也将向更科学、更完善的方向发展。

同时，新《大气法》将约谈明确为大气污染防治的监督管理机制。约谈是指省级以上人民政府环境保护主管部门会同有关部门约见超过国家重点大气污染物排放总量控制指标或者未完成国家下达的大气环境质量改善目标的地区人民政府主要负责人，依法进行告诫谈话、指出相关问题、提出整改要求并督促整改到位的一种行政措施。2015 年环境保护部公开约谈 15 个市级政府主要负责人，大气污染问题是约谈的最主要的原因。

新《大气法》以环境质量管理为核心，确立了地方政府在大气污染治理方面的权利和责任。

新《大气法》以环境质量管理为核心，确立了地方政府在大气污染治理方面的权利和责任，提出“地方各级人民政府应当对本行政区域的大气环境质量负责，采取措施，控制或者逐步削减大气污染物的排放量，使大气环境质量达到规定

标准并逐步改善”，并赋予城市人民政府“划定高污染燃料禁燃区、禁止使用高排放非道路移动机械的区域”等的权利。随着新《环保法》、新《大气法》的颁布，环保部门的架构也在发生变化，2015 年 2 月，中央有关部门批复同意环保部机构编制作部分调整，不再保留污染防治司、污染物排放总量控制司，设置水、大气、土壤三个环境管理司。这是贯彻落实中央关于加强生态环境保护、推进以改善环境质量为核心各项工作有效开展的重要举措⁸⁹。

4.1.2 地方层面

截止 2015 年底，陕西、北京、上海、天津、安徽、江苏 6 个省（市）颁布并实施了大气污染防治条例

截止 2015 年底，陕西、北京、上海、天津、安徽、江苏 6 个省（市）已经颁布并实施了新的《大气污染防治条例》，具体如表 4-1 所示。

表 4-1 地方层面大气污染防治条例的颁布

省（市）	条例名称	条例实施时间
陕西	陕西省大气污染防治条例	2014 年 1 月 1 日
北京	北京市大气污染防治条例	2014 年 3 月 1 日
上海	上海市大气污染防治条例	2014 年 10 月 1 日
天津	天津市大气污染防治条例	2015 年 3 月 1 日
安徽	安徽省大气污染防治条例	2015 年 3 月 1 日
江苏	江苏省大气污染防治条例	2015 年 3 月 1 日

89. 新华网，http://news.xinhuanet.com/fortune/2016-06/13/c_129055705.htm。

4.2 标准制定

4.2.1 国家层面

2015 年 12 项大气相关的环境标准出台

2015 年，在国家层面，针对大气污染颁布了 12 个相关标准，具体如表 4-2 所示。标准主要包

括石油炼制工业、石油化工工业、再生铜、铝、铅、锌工业、合成树脂工业、无机化学工业、火葬场的大气污染物排放标准，环境空气中的硝基苯类化合物、挥发性有机物、铅、六价铬的测定相关标准，以及颗粒物中金属元素的测定标准等。

表 4-2 2015 年国家颁布的大气相关的环境标准

标准名称	标准发布时间	标准执行时间
环境空气 硝基苯类化合物的测定 气相色谱法 (HJ 738—2015)	2015 年 2 月 7 日	2015 年 4 月 1 日
环境空气 硝基苯类化合物的测定 气相色谱 - 质谱法 (HJ 739—2015)	2015 年 2 月 7 日	2015 年 4 月 1 日
石油炼制工业污染物排放标准 (GB 31570-2015)	2015 年 4 月 16 日	2015 年 7 月 1 日
石油化学工业污染物排放标准 (GB 31571-2015)	2015 年 4 月 16 日	2015 年 7 月 1 日
再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准 (GB 31574—2015)	2015 年 4 月 16 日	2015 年 7 月 1 日
合成树脂工业污染物排放标准 (GB 31572-2015)	2015 年 4 月 16 日	2015 年 7 月 1 日
无机化学工业污染物排放标准 GB 31573-2015	2015 年 4 月 16 日	2015 年 7 月 1 日
火葬场大气污染物排放标准 (GB 13801 - 2015)	2015 年 4 月 16 日	2015 年 7 月 1 日
环境空气 挥发性有机物的测定罐采样 / 气相色谱 - 质谱法 (HJ 759-2015)	2015 年 10 月 22 日	2015 年 12 月 1 日
环境空气 铅的测定 石墨炉原子吸收分光光度法 (HJ 539-2015 代替 HJ 539-2009)	2015 年 11 月 20 日	2015 年 12 月 15 日
环境空气 六价铬的测定 柱后衍生离子色谱法 (HJ 779-2015)	2015 年 12 月 4 日	2016 年 1 月 1 日
空气和废气 颗粒物中金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法 (HJ 777-2015)	2015 年 12 月 4 日	2016 年 1 月 1 日

4.2.2 地方层面

2015 年北京、天津、河北、上海、浙江、福建、重庆 7 个省（市）实施了共计 25 项新的大气相关的标准且已在环保部备案

2015 年，北京、天津、河北、上海、浙江、福建、

重庆 7 个省（市）实施了共计 25 项新的大气相关的标准且已在环保部备案，具体如表 4-3 所示。其中，污染行业的污染物排放标准共计 19 个、机动车的污染物排放限值及测量方法相关的标准共计 6 个。

表 4-3 2015 年地方实施且在环保部备案的新的大气相关的环境标准

省（市）	标准名称	标准编号	标准实施时间
北京市	锅炉大气污染物排放标准	DB 11/ 139-2015	2015 年 7 月 1 日
	炼油与石油化学工业大气污染物排放标准	DB 11/ 447-2015	2015 年 7 月 1 日
	木质家具制造业大气污染物排放标准	DB 11/ 1202-2015	2015 年 7 月 1 日
	火葬场大气污染物排放标准	DB 11/ 1203-2015	2015 年 7 月 1 日
	印刷业挥发性有机物排放标准	DB 11/1201-2015	2015 年 7 月 1 日
天津市	天津市工业炉窑大气污染物排放标准	DB 12/556-2015	2015 年 2 月 5 日
	天津市在用非道路柴油机械烟度排放限值及测量方法	DB 12/588-2015	2015 年 7 月 1 日
	天津市在用点燃式发动机轻型汽车排气污染物排放限值及测量方法（稳态工况法）	DB 12/589-2015	2015 年 7 月 1 日
河北省	钢铁工业大气污染物排放标准	DB 13/2169-2015	2015 年 3 月 1 日
	水泥工业大气污染物排放标准	DB 13/2167-2015	2015 年 3 月 1 日
	平板玻璃工业大气污染物排放标准	DB 13/2168-2015	2015 年 3 月 1 日
	燃煤锅炉氮氧化物排放标准	DB 13/2170- 2015	2015 年 3 月 1 日
	青霉素类制药挥发性有机物和恶臭特征污染物排放标准	DB 13/2208- 2015	2015 年 7 月 21 日
	燃煤电厂大气污染物排放标准	DB 13/2209- 2015	2015 年 7 月 21 日
上海市	在用点燃式发动机轻型汽车简易瞬态工况法排气污染物排放限值	DB 31/357-2015	2015 年 9 月 1 日
	在用压燃式发动机汽车加载减速法排气烟度排放限值	DB 31/379-2015	2015 年 9 月 1 日
	餐饮业油烟排放标准	DB 31/844-2014	2015 年 5 月 1 日
	汽车制造业（涂装）大气污染物排放标准	DB 31/859-2014	2015 年 2 月 1 日
	工业炉窑大气污染物排放标准	DB 31/860-2014	2015 年 2 月 1 日
	印刷业大气污染物排放标准	DB 31/872-2015	2015 年 3 月 1 日
	涂料、油墨及其类似产品制造工业大气污染物排放标准	DB 31/881-2015	2015 年 5 月 1 日
浙江省	纺织染整工业大气污染物排放标准	DB 33/ 962-2015	2015 年 4 月 1 日
福建省	在用点燃式发动机轻型汽车简易瞬态工况法排气污染物排放限值	DB 35/1300-2012	2015 年 1 月 1 日
	在用压燃式发动机汽车加载减速法排气烟度排放限值	DB 35/1301-2012	2015 年 1 月 1 日
重庆市	汽车整车制造表面涂装大气污染物排放标准	DB 50/ 577-2015	2015 年 3 月 1 日

4.3 经济政策

环境保护部于 2011 年 11 月印发《“十二五”全国环境保护法规和环境经济政策建设规划》，提出了“十二五”期间环境经济政策在税费、价格、金融、贸易等领域的十项建设内容。本报告对其中环保电价、排污费、罚款等方面的政策和效果进行总结和分析。

4.3.1 环保电价

燃煤发电机组环保电价补贴每年达千亿元

“改革环境价格政策”是《“十二五”全国环境保护法规和环境经济政策建设规划》中的重要一项，其在电力领域已经率先启动。2014 年 4 月，发改委与环保部联合印发《燃煤发电机组环保电价及环保设施运行监管办法》，明确燃煤发电机组必须按规定安装脱硫、脱硝和除尘环保设施，其上网电价在现行上网电价基础上执行脱硫、脱硝和除尘电价加价等环保电价政策。脱硫电价加价标准为每千瓦时 1.5 分，脱硝电价为每千瓦时 1

分，除尘电价为每千瓦时 0.2 分。

2015 年 12 月 9 日，国家发改委、环境保护部和国家能源局发布《关于实行燃煤电厂超低排放电价支持政策有关问题的通知》。该《通知》指出：超低排放是指燃煤发电机组大气污染物排放浓度基本符合燃气机组排放限值要求，即在基准含氧量 6% 条件下，烟尘、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别不高于 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $35\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。为鼓励引导超低排放，对经所在地省级环保部门验收合格并符合上述超低限值要求的燃煤发电企业给予适当的上网电价支持。其中，对 2016 年 1 月 1 日以前已经并网运行的现役机组，对其统购上网电量加价每千瓦时 1 分钱（含税）；对 2016 年 1 月 1 日之后并网运行的新建机组，对其统购上网电量加价每千瓦时 0.5 分钱（含税）。

至此，完整的针对燃煤电厂的环保电价政策已经形成。根据 2014 年火力发电量 43616.20 亿千瓦时⁹⁰来估算，假设每度电都进行脱硫脱硝除尘的话，则 2014 年国家补贴火电企业约千亿元。

火电补贴机制的利与弊

火电环保电价补贴，在很大程度上促进了火电脱硫、脱硝、除尘设施的安装：截至 2015 年底，全国煤电机组安装脱硫设施的占 92.8%，比 2014 年提高了 0.7 个百分点；安装脱硝设施的占 95.0%，比 2014 年提高了 11.8 个百分点；安装袋式除尘器、电袋复合式除尘器的占 31.4% 以上，比 2014 年提高了 8.9 个百分点⁹¹。

但是千亿元的火电环保电价补贴，也在一定程度上削弱了价格作为经济杠杆的作用，容易掩盖部分企业的亏损；同时，部分企业安装了治污设施，拿到了电价补贴，但没有运转治污设施，“骗补”行为难以完全避免⁹²；此外，千亿元的火电补贴，远大于每年 100 余亿元的排污费⁹³，使得排污费不能起到很好的促进减排的作用。

90. 中国煤炭交易中心，http://www.cctcw.cn/news/2016-02-04/new_35515.html。

91. 中国电力企业联合会，《中电联发布 2014 年度火电厂环保产业信息》，<http://www.cec.org.cn/huanbao/jienenghbfenhuif/fenhuidongtai/fenhuixinwen/2015-05-12/137681.html>；《中电联发布 2015 年度火电厂环保产业信息》，<http://huanzi.cec.org.cn/tuoliu/2016-04-25/152005.html>。

92. 第一财经，<http://www.yicai.com/news/3944020.html>。

93. 《全国环境统计公报（2014 年）》

4.3.2 排污费

2014年9月1日，国家发改委、财政部、环保部联合发文《关于调整排污费征收标准等有关问题的通知》，要求2015年6月底，各省（市）（区、市）价格、财政和环保部门要将废气中的二氧化硫和氮氧化物排污费征收标准调整至不低于每污染当量1.2元，将污水中的化学需氧量、氨氮和五项主要重金属（铅、汞、铬、镉、类金属砷）污染物排污费征收标准调整至不低于每污染当量1.4元，即均比之前提高一倍。北京和天津的排污费分别提高了约15倍和10倍之多⁹⁴。

天津2015年的排污费相比2014年大幅增长，提高排污费征收标准、利用经济手段促进企业治污效果显现。

10个省（市）《环境状况公报》公布的2014、2015年排污费征收数额及增长率如表4-4所示。可以发现，天津2015年征收的排污费相比2014年大幅增长。天津市排污费大幅增长的主要原因在于排污费征收标准的提高。天津市在2014年7月将SO₂、NO_x等4种主要污染物排污费征收标准提高为原来的10倍左右的基础上，2015年5月将烟尘、一般性粉尘的排污费征收标准调整为原有标准的10倍，同时开征施工扬尘排污费，并实行“双减双罚”（对采取控尘措施的单位，相应降低收费标准、核减计征收费的排放量；不采取任何措施的，双倍计征）的差别化收费政策，利用经济手段促进企业治污效果进一步优化⁹⁵。

表 4-4 10 个省（市）2014、2015 年排污费征收数额及增长率

	2015 年排污费 征收额（亿元）	2014 年排污费 额征收（亿元）	增长率
天津	6.38	2.82	126%
上海	2.69	1.71	57%
北京	2.91	2.47	18%
青海	0.78	0.70	11%
江苏	22.18	20.75	7%
福建	4.80	4.54	6%
四川	6.02	6.43	-6%
浙江	9.31	10.09	-8%
贵州	3.95	4.47	-12%
云南	2.55	3.47	-27%

4.3.3 罚款

2015年，新《环保法》正式实施，其中按日计罚的出台，解决了环境违法成本低的问题。环保部于2014年12月19日发布的《环境保护主管部门实施按日连续处罚办法》也自2015年1月1日起施行，为按日计罚实施的范围、程序和计罚方式等提供了相关依据。

大部分省（市）2015年的环境违法罚款数额高于2014年，天津、辽宁、河南、甘肃增长达1倍以上，其中天津增长达4倍之多。

94. 中国清洁空气联盟，《中国空气质量管理评估报告2015》，<http://www.cleanairechina.org/product/7225.html>。

95. 《天津市环境状况公报2015》

16个省(市)《环境状况公报》公布的2014、2015年环境违法罚款数额及增长率如表4-5所示。可以发现,除内蒙古、浙江以外,其他14个省(市)2015年的罚款数额均高于2014年,其中天津、辽宁、河南、甘肃增长达1倍以上,天津增长达4倍之多。天津环境违法案件查处力度空前加大,一批环境违法企业被依法查处,大

量环境违法行为被有效遏制。同时,天津积极运用新法新规赋予的新手段对环境违法问题进行查处,实施查封扣押18件,按日连续处罚25件,移送涉嫌环境污染犯罪案件28件,移送涉嫌环境行政拘留案件6件,打出了最严环保法规的组合拳⁹⁶。

表4-5 16个省(市)2014、2015年环境违法罚款数额及增长率

省(市)	2015年罚款 数额(万元)	2014年罚款 数额(万元)	增长率	省(市)	2015年罚款 数额(万元)	2014年罚款 数额(万元)	增长率
天津	8613	1721	400%	四川	7102	4154	71%
辽宁	22223	6404	247%	上海	17300	10300	68%
河南	33838	10300	229%	重庆	11300	7674	47%
甘肃	3177	1553	105%	广东	52400	36500	44%
江苏	42000	23000	83%	云南	3500	2456	42%
福建	8360	4742	76%	陕西	8538	7909	8%
贵州	5409	3070	76%	浙江	46300	47400	-2%
北京	18300	10566	73%	内蒙古	5898	6043	-2%

4.4 空气质量监测

全国338个地级以上城市全部具备PM_{2.5}等6项指标的监测能力。部分空气污染较重的地区,如河南的大部分城市、山东的部分城市,依然存在监测站点布置中有较大空白的情况。

2015年之初,国家环境空气监测网已从2014年初的161个地级以上城市的449个监测点位,增长到338个地级以上城市的1436个监测点位。

全国338个地级以上城市全部具备PM_{2.5}等6项指标的监测能力,全部开展了空气质量新标准监测。

全国空气质量监测站分布如图4-1所示,从图中可以看出,京津冀、长三角和珠三角作为空气污染重点防控地区,监测站分布密集;部分空气污染较重的地区,如河南的大部分城市、山东的部分城市,依然存在监测站点布置中有较大空白的情况。

96. 《天津市环境状况公报2015》



图 4-1 全国空气质量监测点分布图⁹⁷

4.5 信息公开

环境空气质量状况关系到每一位公民的切身利益，很多省（市）的空气污染治理可能需要十多年的时间才能得到彻底改善，在这个过程中建立多渠道的信息公开和互动交流机制，及时将大气污染防治工作信息向社会公布，接受公众的监督，使得公众了解相关进展，获得信任，才能得

到公众持续的支持并更好的做好空气质量改善工作。

4.5.1 评价指标

本报告主要考察各省（市）在空气质量管理过程中，对公众信息公开的程度以及与公众的互动情况。该指标总分 10 分，共包含 8 个子项目，具体的项目分值和打分说明如表 4-6 所示。

97. 蔚蓝地图，《蓝天路线图 4 期报告》系列文章第 2 集。

表 4-6 空气质量管理信息公开程度指标打分说明

项目	分值	打分说明
公开空气质量相关规划和年度的工作方案	1	可公开查阅到空气质量相关规划，计 0.5 分；可公开查阅到年度工作方案，计 0.5 分。
在网上公开实时监测数据且可追溯历史数据	1	可公开查阅到空气质量实时监测数据，计 0.5 分；可公开查阅到历史监测数据，计 0.5 分。
公开年度工作方案执行效果的评估报告	1	可公开查阅到年度工作方案执行效果的评估报告，计 1 分。
有通过新的社交媒体增加信息公开和互动	1	有官方微博、微信等新的社交媒体账号，计 0.5 分；持续公布信息及与公众互动，计 0.5 分。
公开环境监管和执法信息	1	可公开查阅到环境监管和执法信息，计 0.5 分；可进行系统、综合的数据检索，计 0.5 分。
政府建立平台支持企业环境信息公开	3	重点污染源在线监测信息实时公开可追溯历史数据，计 1 分；企业环评报告全本信息公开，计 0.5 分；公开年度强制性清洁生产审核信息，计 0.5 分；公开年度辖区内重点排污单位名录，计 0.5 分；公开企业信用评级信息，计 0.5 分。
大气法规标准和规划的制定过程中都邀请公众参与提供意见	1	有记录文件表明在大气法规标准和规划的制定过程中邀请公众参与提供意见，计 1 分；若有创新的公众参与机制，加 1 分。
对公众建议进行分析和反馈	1	有记录文件表明对公众建议进行了分析和反馈，计 1 分。

4.5.2 评价结果

2015 年 30 个省（市）空气质量管理信息公开程度得分平均为 6.63 分（满分 10 分），相比 2014 年提高了 11.4%。得分最高的为北京、天津、山东、江苏、浙江（得分均为 8.5 分），其次为重庆（得分 8 分）。

2015 年 30 个省（市）空气质量管理信息公开程度评分结果如图 4-2 所示，30 个省（市）的平均得分为 6.63 分（满分 10 分），较 2014 年的 5.95 分⁹⁸ 提高了 11.4%。其中，得分达到 8.5 分的包括北京、天津、山东、江苏、浙江 5 个省（市），得分达到 8 分的为重庆。

98. 中国清洁空气联盟，《中国空气质量管理评估报告 2015》，<http://www.cleanairchina.org/product/7225.html>。



图 4-2 2015 年 30 个省（市）的空气质量管理信息公开程度得分

2014-2015 年空气质量管理信息公开程度各项指标的全国平均得分率如图 4-3 所示。从图 4-3 可以看出，相比 2014 年，2015 年 8 项评估指标的平均得分率均有所提升或者持平，其中上升幅

度最大的是“公开年度工作方案执行效果的评估报告”一项，其次是“有通过新的社交媒体增加信息公开和互动”一项。

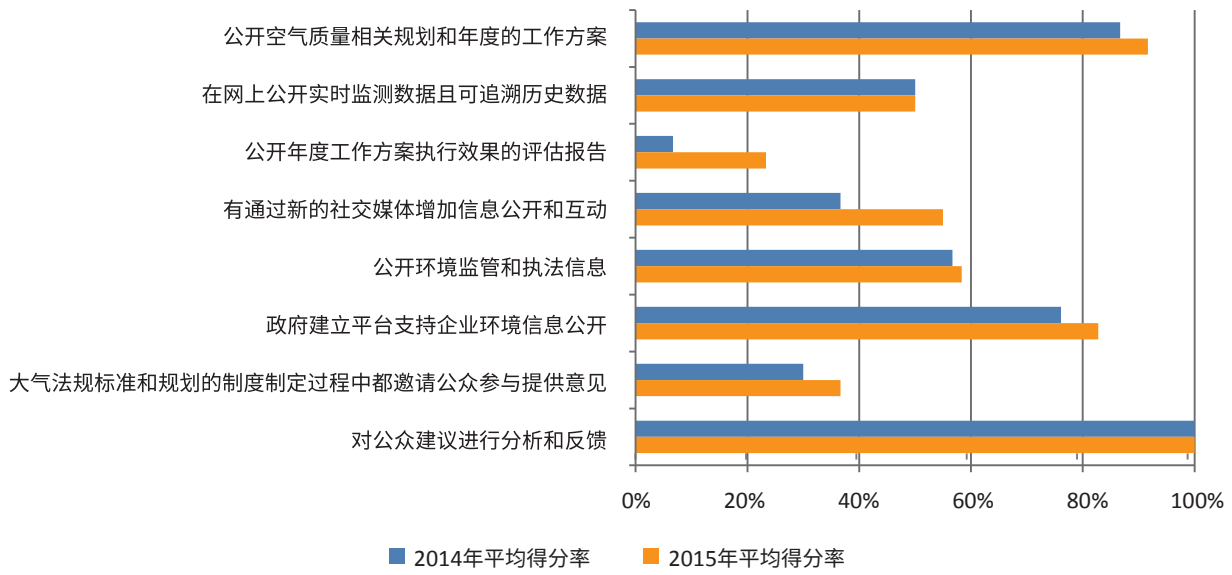


图 4-3 2014-2015 年信息公开程度各项指标全国平均得分率

26 个省（市）发布了 2015 年大气污染防治工作计划

截至 2015 年底，全国共有 26 个省（市）发布了大气污染防治 2015 年度工作计划方案。工作方案主要包括：制定年度环境空气质量改善目标、年度重点工作任务、年度重点工程项目以及实施方案的保障措施等。

7 个省（市）公开了年度工作方案执行效果的评估报告

截至 2015 年底，共有北京、天津、上海、山东、安徽、海南、湖南 7 个省（市）公布了其 2015 年大气污染防治工作执行效果的评估报告，相比 2014 年仅有天津、山东 2 个省（市）有大幅增长。未来地方政府应逐步常态化的公布其空气质量改善绩效以及大气污染防治工作执行情况。

空气质量历史数据依然不能做到完全可追溯

截至 2015 年底，尽管各省（市）环保厅的官方平台均可查询到环境空气质量的实时监测数据，但是尚未有建立空气质量信息历史查询系统，建议各省（市）完善空气质量数据查询系统，方便公众了解环境空气质量历史信息及开展相关研究。

使用新媒体进行空气质量信息公开的活跃度增加

截至 2015 年底，16 个省（市）的环保厅通过设立的官方微博向公众每天公布空气质量信息。除了京津冀（北京、天津、河北、山东）、长三角（上海、江苏、浙江）、珠三角（广东）、川渝（四

川和重庆）地区外，山西、黑龙江、福建、贵州、新疆等省（市）也从 2015 年开始利用微博 / 微信进行环境空气质量信息实时公布。

所有省（市）都建立了重点污染源在线监测信息公开系统

截至 2015 年底，30 个省（市）均建立了重点污染源在线监测平台，在这一平台上，企业需按照自行制定的监测方案开展监测并对外发布监测数据，这使得公众可有效的监督企业的排污情况。

4.6 空气质量管理先进案例

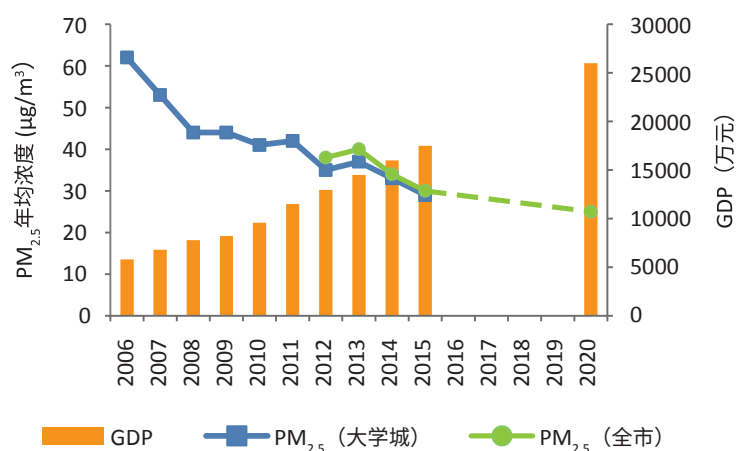
4.6.1 深圳经验：蓝天、低碳和经济的多赢

深圳是我国首个实现空气质量达标的人口千万级的超大型城市。2006-2014 年以来，深圳 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度以每年平均约 $3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的速度下降，从 $62\mu\text{g}/\text{m}^3$ 下降到 $34\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，实现了空气质量的达标；2015 年深圳 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度更是下降到 $29.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，深圳宣布⁹⁹要在 2020 年达到世界卫生组织提出的第二阶段过渡目标，即 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ （见图 4-4）。

在空气质量显著改善的同时，深圳的经济始终保持高速增长，2014 年、2015 年 GDP 增长率分别约为 10% 和 9%，远高于全国平均水平，深圳“十三五”规划纲要¹⁰⁰进一步提出 2020 年 GDP 达到 2.6 亿元的目标（见图 4-4）。

99. 中国环境报，《深圳空气质量对接国际标准》，2016 年 8 月 5 日。

100. 深圳市人民政府，《深圳市国民经济和社会发展的第十三个五年规划纲要》。

图 4-4 深圳 PM_{2.5} 污染改善进程及目标以及 GDP 增长趋势图

空气质量改善是一个长期的过程，需要长期努力，但深圳的经验说明，若措施得当，空气质量可以在十年左右的时间得到明显改善，同时经济发展保持稳定增长。虽然深圳的成功经验在一定程度上归功于其特殊的地理位置与经济产业发展历程，不一定能完全照搬到其他城市，但深圳在推动产业结构调整 and 能源结构调整、机动车和非道路移动源污染管理、协同控制多种大气污染物以及温室气体等方面有很多经验值得其他城市借鉴¹⁰¹。

1. 产业结构调整和能源结构清洁化对空气质量改善的贡献最大。

深圳从 2000 年开始实施产业结构调整、能源结构清洁战略，尤其是从 2012 年开始将两者整合提升成为低碳发展规划，在建设低碳城市的同时，对空气质量改善产生了积极的影响。

深圳三次产业结构从 2004 年的 0.3:51.6:48.1

调整到 2014 年的 0:42.7:57.3，生物、互联网、新能源、新材料、文化创意、新一代信息技术、节能环保等战略性新兴产业成为拉动 GDP 增长的“绿色引擎”。万元 GDP 能耗从 2005 年的 0.593 吨，下降到 2010 年 0.51 吨标准煤，进而下降到 2014 年的 0.404 吨标准煤，约为全国平均水平的 1/2。

从 2000 年提出清洁能源战略到 2015 年，深圳用十五年的时间，配合系列政策的使用，将煤炭占比从 38% 降低至 6.3%，大幅的提高了清洁能源占比。天然气占一次能源使用比例由 2004 年的不到 1% 上升到 2014 年的 8% 左右，近两倍于全国平均水平。全市清洁能源装机容量占到总装机容量的 85% 以上。

2. 机动车和非道路移动源的污染防治是有效的协同控制措施，是重点也是难点。

深圳市机动车密度、人口密度均已成为全国之首；港口物流业是深圳的支柱产业，从事货运

101. 中国清洁空气联盟，《蓝天、低碳和经济的共赢：深圳经验》，<http://www.cleanairechina.org/product/7569.html>。

的柴油车保有量超过 35 万辆，柴油车总量和比例都居全国城市之首。机动车尾气已成为 $PM_{2.5}$ 首要污染源，占比为 41%，远洋轮船成为另外一个较显著的污染源，占比为 11%。如何控制日益增长的机动车、船舶、物流带来的污染排放，对深圳空气进一步改善极其关键，这也是大部分大城市、港口城市目前面临的挑战。

3. 协同控制多种大气污染物以及温室气体

深圳在对本地灰霾进行了大量研究的基础上，近年来已逐渐将大气污染防治工作过渡到以降低复合污染为目标的多污染物协同控制上来。在污染源控制上，除了加强电厂、锅炉、机动车、扬尘综合治理，还将控制范围逐步延伸到 VOCs 重点行业、船舶、港口等过去较少关注的领域。根据深圳市环境科学研究院的测算，2007-2012 年间，由于深圳市采取了积极的大气污染控制措施，使得每年在减少约 2.5 万吨 $PM_{2.5}$ 当量大气污染物的同时，也协同减少了约 226 万吨 CO_2e 的温室气体排放。

2015 年 11 月，在第一届中美气候智慧型 / 低碳城市峰会上，深圳市提出到 2022 年实现碳达峰的目标，成为我国首批承诺提前达到碳峰值的城市。碳排放达峰意味着产业结构和能源结构进一步实现清洁化和低碳化，单位 GDP 的能源消耗和碳排放将持续降低，带动空气污染物排放也继续降低，从而有助于深圳在不远的将来达到世界卫生组织第二阶段标准。

4.6.2 兰州经验：加强执法，打造“兰州蓝”

兰州曾是一座“污染之城”，作为中国最具代表性的重化工业城市，兰州由于产业结构偏重、能源结构以煤炭为主、主城区位于黄河谷地、生态环境脆弱等多重因素影响，成为全球空气污染最严重的城市之一。

2011 年以来，兰州加强大气污染防治执法力度，打造了国内外瞩目的“兰州蓝”，成为全国重点监测城市中环境空气质量指数下降最快的城市。按照国家空气质量新标准，兰州空气质量优良天数 2015 年比 2013 年增加 59 天， PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 浓度分别下降 21.6% 和 22.4%。从治理污染的综合效应看，兰州冬季采暖期患呼吸系统疾病的就诊病例 2015 年比 2013 年下降了 32.79%，来兰州的国内外游客上升了 42.12%，兰州中川机场旅客吞吐量上升 41.76%。

兰州取得这样的成绩，与其在大气环境执法方面以下 3 大体系的建立紧密相关¹⁰²：

1. 将法治思维和法治方式贯穿于污染治理之中，构建依法治污的法规制度体系。

在甘肃省人大常委会出台《关于进一步加强兰州大气污染防治的决定》的基础上，兰州先后修订和制定了《实施大气污染防治法办法》、《环境保护监督管理责任暂行规定》、《大气污染防治示范区管理规定》、《煤炭经营使用管理条例》、《扬尘污染防治管理办法》、《机动车排气污染

102. 2016 年第二届中美气候智慧型 / 低碳城市峰会之低碳发展与空气质量提升分论坛演讲报告

防治管理暂行办法》等地方性法规和政府规章，初步形成常态化治污的法律法规制度体系，使污染治理有法可依、有章可循。

同时，为发挥正激励和负激励相结合的作用，兰州还出台了《兰州市大气污染防治考核、评价及奖惩暂行办法》，对大气污染防治重点任务的开展、落实和完成情况进行量化考核，根据考核评价结果进行奖惩。

2. 将城市网格化管理方式引入大气污染防治，构建大气污染社会化共治体系。

兰州将主城区划分为 1482 个网格，实行市、区、街道三级领导包抓，建立了网格长、网格员、巡查员、监督员“一长三员”制度，形成横向到边、纵向到底、不留空白、不留死角的工作体系。

同时，在全国首创建成集语音、视频、IT 信息于一体的三维数字社会服务管理系统，把网格化管理与数字化监控结合起来，对于上报的需要

协调解决的重大问题，进行调度、指挥和监督，确保第一时间解决到位，形成了部件管理与事件管理相结合的闭合管理系统。

3. 严格环境执法和工作督查，构建大气污染防治督查问效体系。

采取航拍取证、流动监测、平台监控、视频监视、突击检查等方式，进行全方位督查巡查，对违反国家环保法律法规的企业及时进行约谈、挂牌督办和限期整改，对重点污染企业排污状况、环境空气质量状况等信息向全社会公开，对违法违规现象加大公开曝光力度，通过公众监督倒逼企业履行环保责任。

强化环保执法的权威性，成立了全国第二家、西北首家公安环保分局，形成行政执法和司法的无缝对接，严厉打击环境违法行为，通过强化监管营造污染共治、责任共担的氛围。

第 5 章 空气污染治理困难程度

空气污染治理困难程度分为四个类别，从大气污染自净能力、产业结构、能源消费和机动车排放四个方面反映不同省（市）的污染治理挑战和难度。

大气污染自净能力反映一个地区天然的气象地理条件等形成的对大气污染物的自净能力。产业结构、能源消费、机动车排放则是反映一个地区的经济社会发展对空气污染治理产生的影响。

通过综合分析一个地区的污染现状及其各项治理挑战，可以发现产业结构、能源消费和机动车排在很大程度影响一个地区的空气污染程度，因此需要从污染的源头进行评估、规划和管理，从而更加有效的推动空气污染防治工作的开展。

5.1 大气污染自净能力

大气污染自净能力是在不考虑大气污染物排

放的情况下，对一个地区大气扩散、稀释、清除等综合能力的度量，反映一个地区天然的气象地理条件等形成的对大气污染物的自净能力¹⁰³。采用中尺度模型模拟 2015 年全国尺度气象场，并计算得到 2015 年大气污染自净能力的全国分布如图 5-1 所示。

大部分大气污染自净能力较好的地区，其污染程度也相对偏低。

对比图 5-1 与图 2-1（c）可以发现，大部分大气污染自净能力较好的地区，其污染程度也相对偏低。 $\text{PM}_{2.5}$ 污染较严重的京津冀及周边地区、长三角地区、两湖地区、川渝地区中绝大部分区域的大气污染自净能力处于中等偏低水平；只有河北西北部、山西北部、内蒙古的大气污染自净能力较好，这几个地区的 $\text{PM}_{2.5}$ 污染程度也相对较轻。

103. 中国清洁空气联盟，《中国空气质量管理评估报告 2015》，<http://www.cleanairechina.org/product/7225.html>。

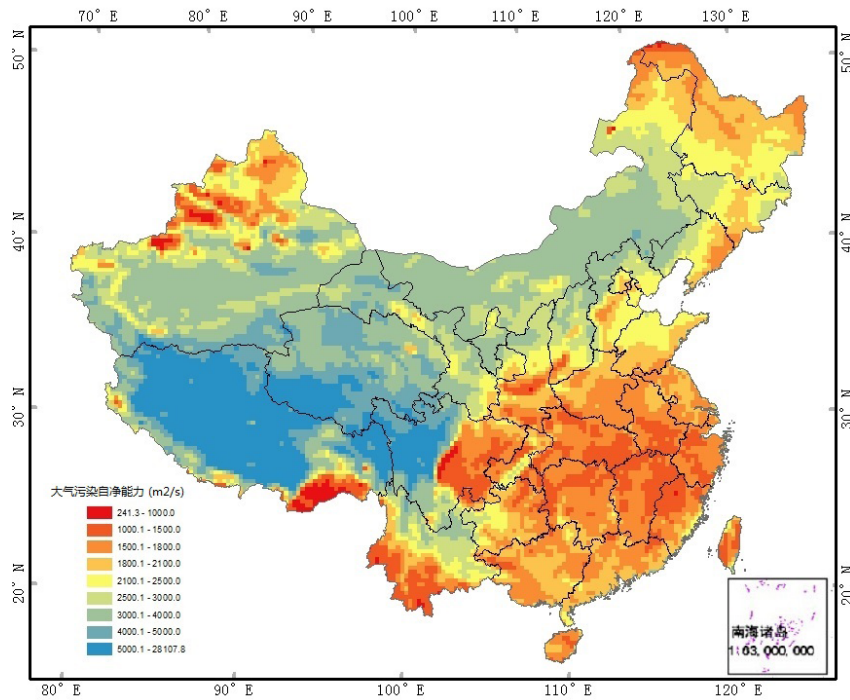


图 5-1 中国 2015 年大气污染自净能力分布图

5.2 产业结构

产业结构主要通过两个指标来评价：第二、三产业比例以及重污染行业占工业总产值的比例。在当前的生产过程中，第二产业往往是大气污染排放最主要的来源，相对来说，较高的第二、三产业比例对空气污染治理工作的压力较大。而第二产业中的重污染行业对一个地区工业总产值的贡献，则从侧面反映了一个地区的产业结构和大气污染之间的关系，相对来说，较高的重污染行业占比对空气污染治理工作的压力较大。

5.2.1 第二、三产业比例

上海、北京的人均 GDP 保持了较高增长，同时第二、三产业比例有明显下降。

我国 30 个省（市）2015 年的第二、三产业比例平均为 0.987，相比 2014 年的 1.10 下降约 10.3%¹⁰⁴。但产业结构仍整体偏重，超半数省（市）二产仍然大于三产。

30 个省（市）的 2015 年第二、三产业比例、第二、三产业比例相比 2014 年的下降率、人均

104. 2014 年的数据来自《中国统计年鉴 2015》；2015 年的数据来自各省（市）的《国民经济和社会发展统计公报》，其中黑龙江的数据来自黑龙江统计局 <http://www.hljdpc.gov.cn/jjjc/35506.jhtml>。

GDP 相比 2014 年的上升率如图 5-2 所示。可以发现, 2015 年山西、甘肃、黑龙江 3 个省(市)的第二、三产业比例下降幅度最大, 均达 20% 以上, 但山西、黑龙江人均 GDP 为负增长, 甘肃的人均

GDP 增长率也非常低。上海、北京的人均 GDP 保持了较高增长, 同时第二、三产业比例有明显下降。人均 GDP 增幅最高的贵州和重庆, 其第二、三产业比例也有一定下降。

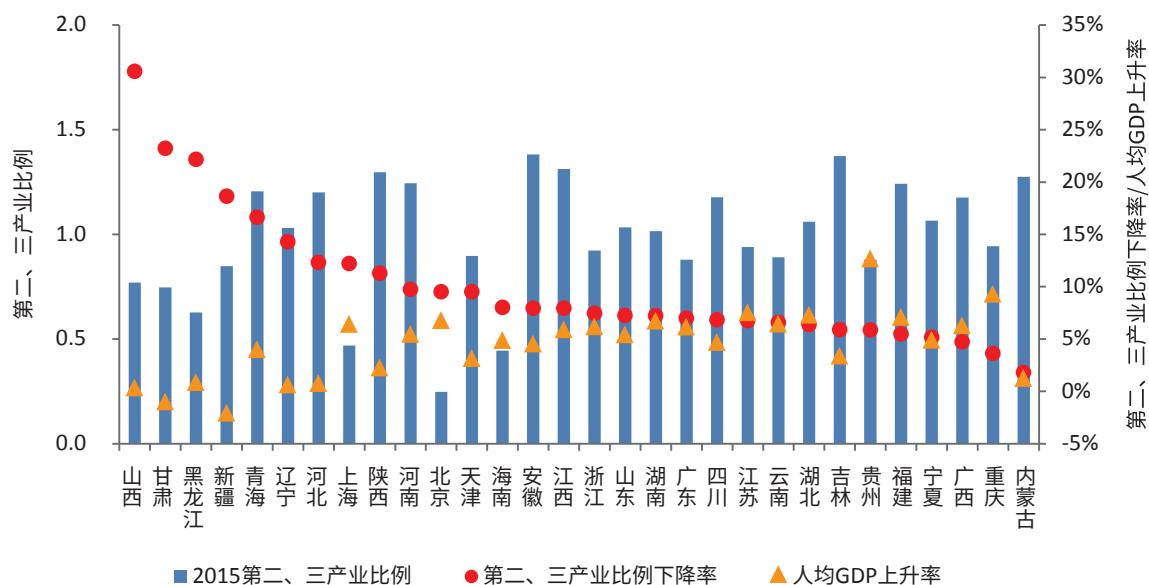


图 5-2 30 个省(市) 2015 年的产业结构和人均 GDP 变化图

5.2.2 重污染行业的工业产值占比

青海、新疆、江西、宁夏、河北的重污染行业的工业产值占比较高, 对空气污染治理工作的压力较大。

对 2014 年第二、三产业比例大于 1 且重污染行业的工业产值占比¹⁰⁵数据可得的 16 个省

(市)¹⁰⁶, 计算 2014 年重污染行业的工业产值占比如图 5-3 所示。从图中可以看出, 青海的重污染行业的工业产值占比大于 50%, 新疆、江西、宁夏、河北也超过或接近 40%, 对空气污染治理工作的压力较大。

105. 重污染行业是指在《重点区域大气污染防治“十二五”规划》中提到的火电、钢铁、有色、石化、水泥、化工行业。因为年鉴中一般没有单独的火电行业产值, 所以只考虑钢铁、有色、石化、水泥、化工共 5 个行业。重污染行业的工业产值占比 = (钢铁工业产值 + 有色工业产值 + 石化工业产值 + 水泥工业产值 + 化工工业产值) / 工业总产值。

106. 各省(市) 2014 年的重污染行业的产值和工业总产值数据均取自各省(市)的 2015 年《统计年鉴》。山西、河南、湖南未公布重污染行业的产值数据, 数据缺失。

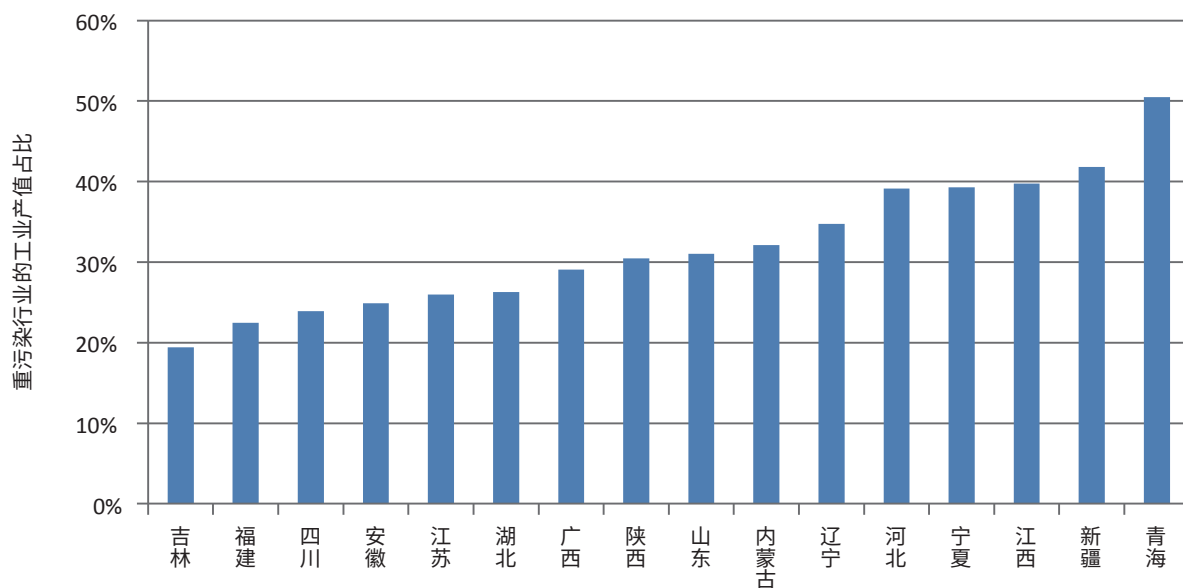


图 5-3 16 个省（市）2014 年重污染行业的工业产值占比图

5.3 能源消费

能源消费主要通过三个指标来评价：煤炭占一次能源比例、单位面积煤炭消耗量和万元 GDP 一次能源消耗量。

5.3.1 煤炭占一次能源比例

该指标反映地区的一次能源消费中煤炭消费量所占的比重，煤炭的使用是造成大气污染的主要来源之一，如果一个地区的能源消费中煤炭占据了比较高的比例，就会对该地区的空气污染防治带来较大的压力和挑战。

内蒙古、山西、宁夏、贵州、安徽、河北、陕西

7 个省（市）煤炭占一次能源比例高于 80%。

30 个省（市）2013 年煤炭占一次能源比例¹⁰⁷从低到高顺序排列如图 5-4 所示。其中内蒙古、山西、宁夏、贵州、安徽、河北、陕西的煤炭占一次能源比例均达 80% 以上。目前，河北已经制定了 2017 年的煤炭消费总量控制目标¹⁰⁸，旨在通过煤炭消费总量的控制，降低由煤炭燃烧产生的污染。此外，在 30 个省（市）中，北京、海南、上海的煤炭占一次能源比例均低于 40%，其中北京最低，为 25%。

107. 根据《中国能源统计年鉴 2014》中的地区能源平衡表计算得到。

108. 中国清洁空气联盟，《中国空气质量管理评估报告 2015》，<http://www.cleanairechina.org/product/7225.html>。

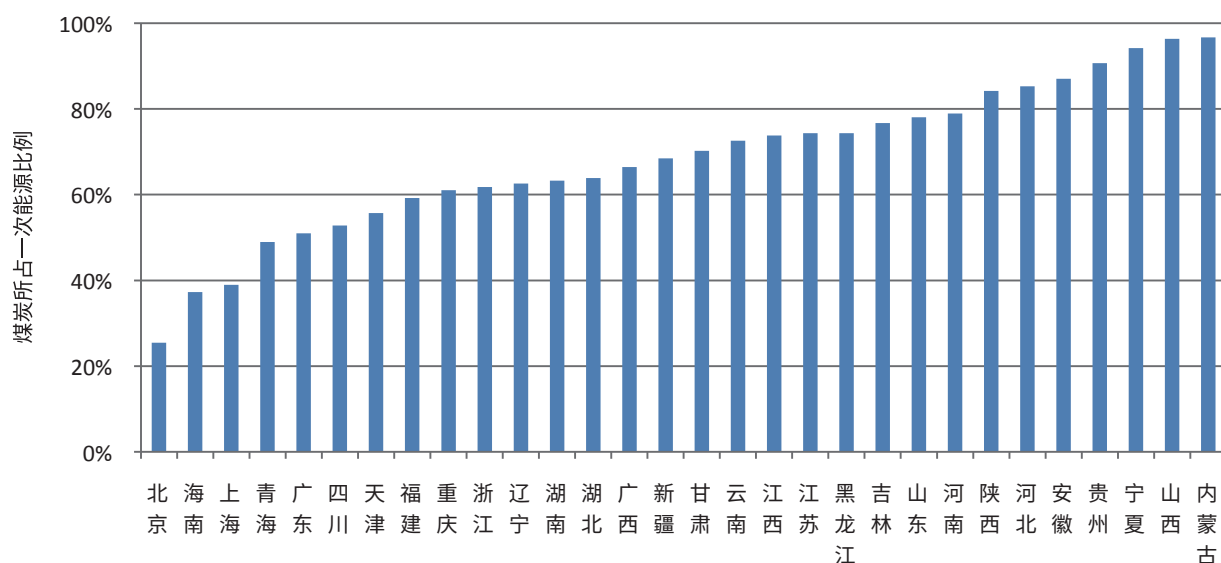


图 5-4 30 个省（市）2013 年煤炭占一次能源比例图

5.3.2 单位面积煤炭消耗量

该指标反映一个地区的单位辖区面积的煤炭消费量，如果一个地区的单位面积煤炭消耗量较高，则表明在有限的面积上，承载了较高的煤炭消费及其带来的污染物排放，这为空气污染治理带来了较大的压力和困难。

单位面积煤炭消费量各省（市）差距较大，长三角地区的上海、江苏、浙江、安徽的单位面积煤炭消耗量分别位于全国第 1、3、8 和 12 位，这 4 个省（市）聚集形成一个高耗煤区域，给长三角地区的空气质量带来了很大挑战。

30 个省（市）2013 年单位面积煤炭消耗量¹⁰⁹

从低到高顺序排列如图 5-5 所示。其中京津冀及周边地区的天津、山东、山西、河北、河南、北京以及长三角地区的上海、江苏、浙江均位列单位面积煤炭消耗量最大的前 10 名中，这些省（市）煤炭消费带来的污染物排放压力很大，未来空气质量改善的挑战也较大。特别值得注意的是，长三角地区的上海、江苏、浙江、安徽的单位面积煤炭消耗量分别位于全国第 1、3、8 和 12 位，这 4 个省（市）聚集形成一个高耗煤区域，给长三角地区的空气质量带来了很大挑战。在扩散条件不利时，很可能对该区域的空气质量管理造成非常大的压力。

109. 根据《中国能源统计年鉴 2014》中的地区能源平衡表计算得到。

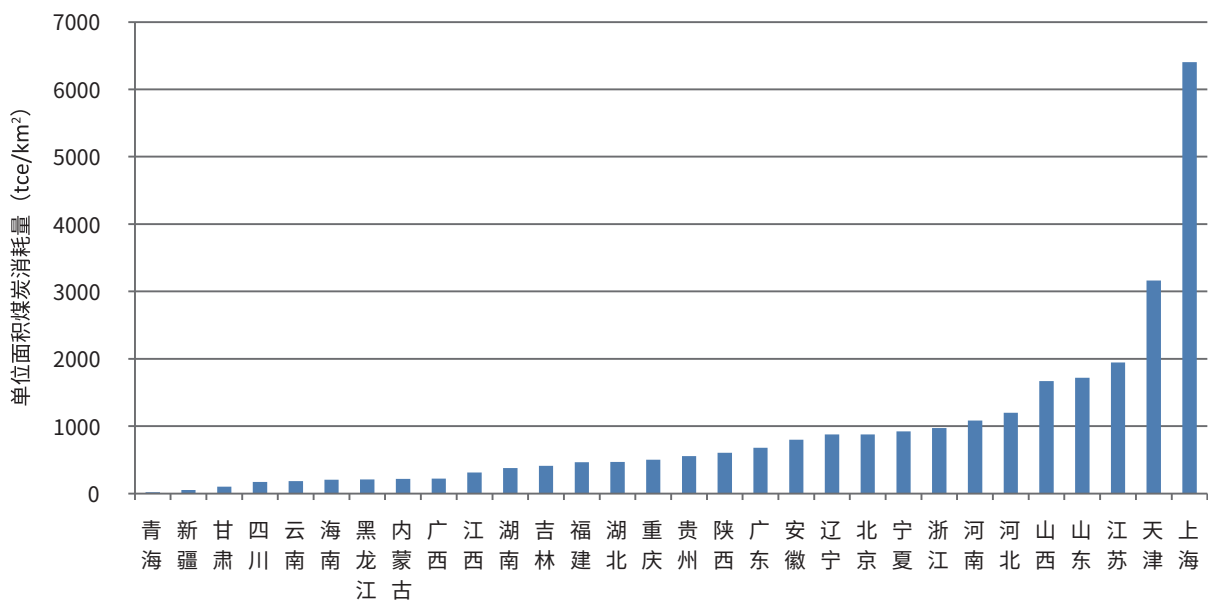


图 5-5 30 个省（市）2013 年单位面积煤炭消耗量图

5.3.3 万元 GDP 一次能源消耗量

该指标反映一个地区创造每万元 GDP 在该地区所消费的一次能源量，一次能源消耗与大气污染排放之间具有一定的相关性，而万元 GDP 一次能源消耗量的高低反映了一个地区资源节约和环境友好的程度，该指标越低代表该地区越环保，污染排放也相对较低。

北京等经济较发达地区万元 GDP 一次能源消耗量较低，宁夏等经济较不发达地区则较高。

30 个省（市）2013 年万元 GDP 一次能源消耗量¹¹⁰从低到高排列如图 5-6 所示。总体来说，大部分东部经济较发达地区的万元 GDP 一次能源消耗量相对较低，而大部分中部、西部经济较不发达地区的万元 GDP 一次能源消耗量相对较高。

110. 根据《中国能源统计年鉴 2014》中的地区能源平衡表以及各省（市）2013 年的《统计年鉴》中的 GDP 数据计算得到。

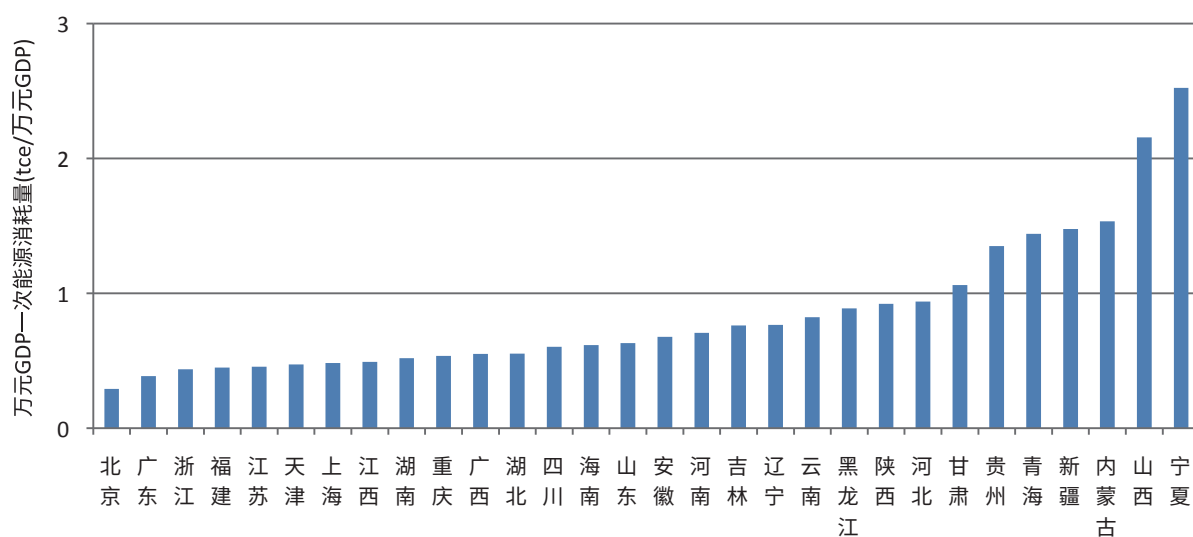


图 5-6 30 个省（市）2013 年万元 GDP 一次能源消耗量图

5.4 机动车排放

根据最新 $PM_{2.5}$ 源解析¹¹¹ 结果，北京、天津、上海、石家庄、南京、杭州、宁波、广州、深圳等 9 个城市的本地排放源中移动源¹¹² 对 $PM_{2.5}$ 浓度的贡献为 15.0%-52.1%；北京、上海、杭州、广州、深圳等特大型城市的移动源排放已成为 $PM_{2.5}$ 污染的首要来源，分别占 31.1%、29.2%、28.0%、21.7%、52.1%¹¹³。因此，分析各省（市）机动车的保有量、增长速率、排放标准、油品标准等对认识该地区机动车排放带来的大气污染防治压力具有重要意义。

5.4.1 每百人私人汽车保有量

除北京、天津外的其他 28 个省（市）私人汽车保有量增长率均超过 11%，机动车污染控制压力空前。

30 个省（市）2013 和 2014 年每百人私人汽车保有量¹¹⁴ 及增长率如图 5-7 所示，可以看到除北京、天津外的其他 28 个省（市）2014 年每百人私人汽车保有量相比 2013 年的增长率均超过 11%，机动车污染控制压力空前。30 个省（市）2014 年每百人私人汽车保有量的平均值为 9.06 辆，较 2013 年增长约 17%。北京、浙江、天津为

111. 大气污染源解析是指通过化学、物理和数学等方法，利用监测、模拟以及卫星、航测、遥感等新技术，定性或定量识别环境受体中大气污染物来源。

112. 港口城市的移动源包括机动车和船舶等。

113. 《中国机动车环境管理年报 2016》

114. 《中国统计年鉴 2014》、《中国统计年鉴 2015》

每百人私人汽车保有量最高的3个省(市),通过机动车摇号制度等,北京、天津对私人汽车的增长取得了一定控制效果,2014年相比2013年的增长率为全国最低,分别为0.8%和1.7%。30

个省(市)中河南的每百人私人汽车保有量增长率最高,达33.3%。

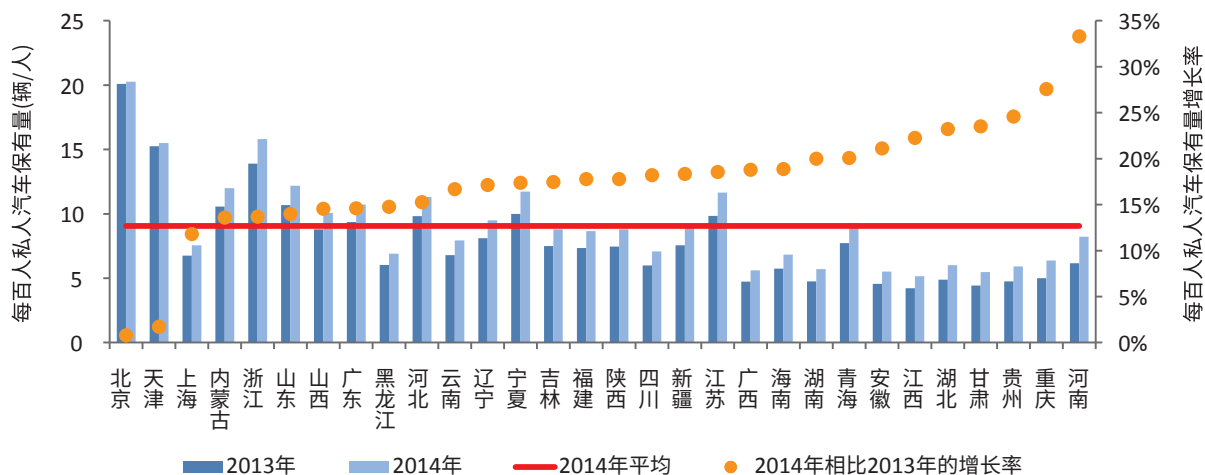


图 5-7 30 个省(市) 2013 和 2014 年每百人私人汽车保有量及增长率图

5.4.2 车用汽油 / 柴油升级

由于油品的升级能同时对在用车和新车产生减排效果,因此执行更严格的车用燃油标准比提高新车排放标准效果更明显。

“大气国十条”将提高燃油品质作为一项非常重要的措施,要求在 2015 年底前,京津冀、长三角、珠三角等区域内重点城市全面供应符合国家第五阶段标准的车用汽、柴油,在 2017 年底前,全国供应符合国家第五阶段标准的车用汽、柴油。

2015 年 5 月 5 日,国家发改委、财政部、环保部、商务部、工商总局、质检总局、国家能源局等七部委联合发布关于印发《加快成品油质量升级工作方案》的通知(发改能源[2015]974 号),

要求扩大车用汽、柴油国 V 标准执行范围。从原定京津冀、长三角、珠三角区域重点城市扩大到整个东部地区 11 个省市(北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南)。2016 年 1 月 1 日起,东部地区全面供应符合国 V 标准的车用汽油(含 E10 乙醇汽油)、车用柴油(含 B5 生物柴油)。

截止 2015 年底,东部地区 11 省(市)中的北京、天津、上海、江苏、浙江、山东、广东等 7 省(市)以及西部地区的陕西完成了国 V 汽柴油的全面供应。

截止 2015 年底¹¹⁵,东部地区 11 省(市)中已经有北京、天津、上海、江苏、浙江、山东、

115. 从 2016 年 1 月 1 日开始全面供应国 V 汽柴油的,也视为截止 2015 年底完成汽柴油升级任务。

广东等 7 省(市)¹¹⁶完成了国 V 汽柴油的全面供应;河北、辽宁、福建、海南等 4 省(市)的国 V 汽柴油升级工作也在 2015 年逐步开展。除此之外,陕西省在 2014 年 10 月已经开始实施国 V 汽柴油标准,引领了西部地区汽柴油标准的升级。

面临的治理挑战,综合各省(市)的 $PM_{2.5}$ 年均浓度数据、人均 GDP 排名以及各项困难程度排名,结果如表 5-1 所示。表 5-1 中各省(市)按照 $PM_{2.5}$ 年均浓度从大到小的顺序排列,其中甘肃省的 $PM_{2.5}$ 年均浓度缺失¹¹⁷。

5.5 综合分析

为了分析各省(市)的空气污染现状及其面

116. 数据取自各省(市)2015 年的《环境状况公报》。

117. 甘肃 2015 年的《甘肃省环境状况公报》中未发布 $PM_{2.5}$ 年均浓度数据,数据缺失。截止 2016 年 7 月 31 日,山西省未发布 2015 年的《山西省环境状况公布》,其数据取自人民网 <http://env.people.com.cn/n/2015/0605/c1010-27106826.html>;湖南 2015 年的《湖南省环境保护工作年度报告》中未公布 $PM_{2.5}$ 年均浓度数据,其数据均取自湖南日报 <http://hnrh.voc.com.cn/article/201605/201605260905115265.html>;福建 2015 年的《福建省环境状况公报》中未公布 $PM_{2.5}$ 年均浓度数据,其数据通过福建省环保厅公布的福建省城市空气质量排名中的月均值(<http://www.fjepb.gov.cn/zwgk/kjjc/hjzl/zlph/>)计算得到;其余数据均取自各省(市)的《环境状况公报》。

表 5-1 30 个省（市）的 PM_{2.5} 年均浓度、人均 GDP 及各项困难程度排名

省 (市)	2015 年 PM _{2.5} 年均浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2015 年人均 GDP 排名	困难程度排名				
			2015 年第 二、三产 业比例	2013 年煤 炭占一次 能源比例	2013 年单 位面积煤 炭消耗量	2013 年万 元 GDP 一 次能源消耗量	2014 年每 百人私人汽 车保有量
北京	80.6	2/30	30/30	30/30	10/30	30/30	1/30
河南	80	22/30	6/30	8/30	7/30	14/30	17/30
河北	77	19/30	9/30	6/30	6/30	8/30	8/30
山东	76	10/30	14/30	9/30	4/30	16/30	4/30
天津	70	1/30	20/30	24/30	2/30	25/30	3/30
湖北	65	13/30	13/30	18/30	17/30	19/30	24/30
陕西	59	14/30	4/30	7/30	14/30	9/30	15/30
江苏	58	4/30	18/30	12/30	3/30	26/30	7/30
重庆	57	11/30	17/30	22/30	16/30	21/30	23/30
山西	56	26/30	25/30	2/30	5/30	2/30	10/30
安徽	55	25/30	1/30	5/30	12/30	15/30	28/30
吉林	55	12/30	2/30	10/30	19/30	13/30	14/30
辽宁	55	9/30	15/30	20/30	11/30	12/30	11/30
湖南	54	16/30	16/30	19/30	20/30	22/30	26/30
上海	53	3/30	28/30	28/30	1/30	24/30	19/30
新疆	53	21/30	24/30	16/30	29/30	4/30	13/30
宁夏	47	15/30	12/30	3/30	9/30	1/30	6/30
四川	47	23/30	10/30	25/30	27/30	18/30	20/30
浙江	47	5/30	19/30	21/30	8/30	28/30	2/30
江西	45	24/30	3/30	13/30	21/30	23/30	30/30
青海	43	17/30	8/30	27/30	30/30	5/30	12/30
广西	41	27/30	11/30	17/30	22/30	20/30	27/30
黑龙江	41	20/30	27/30	11/30	24/30	10/30	21/30
内蒙古	41	6/30	5/30	1/30	23/30	3/30	5/30
广东	34	8/30	22/30	26/30	13/30	29/30	9/30
贵州	32	28/30	23/30	4/30	15/30	6/30	25/30
福建	30	7/30	7/30	23/30	18/30	27/30	16/30
云南	28	29/30	21/30	14/30	26/30	11/30	18/30
海南	20	18/30	29/30	29/30	25/30	17/30	22/30
甘肃	-	30/30	26/30	15/30	28/30	7/30	29/30

具体分析表 5-1 中各省（市）的各项指标，结果如下：

北京、河南、河北、山东、天津：这 5 个省（市）位于京津冀及周边地区，是 29 个有数据的省（市）中 $PM_{2.5}$ 污染程度最高的 5 个，其中北京、天津、河北南部、山东非临海地区及河南形成了一个大规模的 $PM_{2.5}$ 严重污染区域（见图 2-1）。从产业结构看，河南、河北的第二、三产业比例较高；从能源消费看，5 个省（市）的单位面积煤炭消耗量都较高，且河南、河北、山东的煤炭占一次能源比例较高，河北的万元 GDP 一次能源消耗量较高；从每百人私人汽车保有量看，2014 年北京、天津、山东、河北的每百人私人汽车保有量分别为全国第 1、第 3、第 4 和第 8，河南目前的每百人私人汽车保有量虽然不高，但增长率居全国之首（见图 5-7）；此外，这一区域的大气污染自净能力相对较低（见图 5-1），也是造成 $PM_{2.5}$ 污染严重的原因之一。

湖北、湖南：湖北、湖南的 $PM_{2.5}$ 污染程度在 29 个有数据的省（市）中分别排名第 6 和第 14，污染程度较高，其中湖北东部和湖南东北部一起形成了一个 $PM_{2.5}$ 污染严重的区域（见图 2-1）。湖北、湖南在产业结构、能源消费、机动车排放方面的压力均处于全国中等水平，但其大气污染自净能力较差（见图 5-1），很可能是导致 $PM_{2.5}$ 污染较重的原因之一。

陕西：陕西的 $PM_{2.5}$ 污染程度在 29 个有数据的省（市）中排名第 7，污染程度较高，陕西的第二、三产业比例、煤炭占一次能源比例、万元 GDP 一次能源消耗量均较高，在产业结构、能源结构调整方面的压力较大。此外，陕西南部的大气污染自净能力较差（见图 5-1），很可能也是造

成其 $PM_{2.5}$ 污染较重的原因之一。

江苏、安徽、上海、浙江：这 4 个省（市）在长三角区域，在 29 个有数据的省（市）中分别排名第 8、第 11、第 15 和第 17（并列），其中江苏、安徽、上海和浙江北部形成了一个 $PM_{2.5}$ 污染较重的区域（见图 2-1）。上海、江苏、浙江、安徽的单位面积煤炭消耗量分别位于全国第 1、3、8、12 位，这 4 个省（市）聚集形成一个高耗煤区域，对长三角地区的空气质量带来了很大挑战。此外，安徽第二、三产业比例为全国之首，且煤炭占一次能源比例也较高，未来产业结构、能源结构调整的压力很大。同时，浙江、江苏还面临较大的机动车排放污染的压力。

重庆、四川：重庆、四川的 $PM_{2.5}$ 污染程度在 29 个有数据的省（市）中分别排名第 9 和第 17（并列）。除四川的第二、三产业比例较高以外，重庆、四川两省（市）在其他方面的挑战均处于全国中等或较低水平，但重庆和四川东部地区的大气污染自净能力很差（见图 5-1），很可能是导致两省（市） $PM_{2.5}$ 污染较重的原因之一。

山西、内蒙古：山西、内蒙古为京津冀周边地区，也是《大气十条》中的 $PM_{2.5}$ 重点控制区域，但其污染程度相比北京、河南、河北、山东、天津 5 省（市）明显较轻，其主要原因可能在于山西和内蒙古的大气污染自净能力相对较强（图 5-1）。山西、内蒙古的 $PM_{2.5}$ 污染程度在 29 个有数据的省（市）中分别排名第 10 和第 22（并列）。内蒙古、山西煤资源丰富，煤炭占一次能源比例为全国最高。山西的单位面积煤炭消耗量和万元 GDP 一次能源消耗量均较高，内蒙古的万元 GDP 一次能源消耗量也较高，因此在能源消耗方面，两省都面临相当大的挑战。同时内蒙古的第二、

三产业比例和每百人私人汽车保有量也较高，山西也面临一定的机动车排放压力。

吉林、辽宁：吉林和辽宁的 $PM_{2.5}$ 污染程度在 29 个有数据的省（市）中排名第 11（并列）。两省的大气污染自净能力不算差，但吉林的第二、三产业比例很高、煤炭占一次能源比例较高，辽宁的重污染行业占比较高（见图 5-3）。

新疆：新疆的 $PM_{2.5}$ 污染程度在 29 个有数据的省（市）中排名第 15（并列）。新疆的大气污染自净能力不算差，但是其万元 GDP 一次能源消耗量很高，且重污染行业占比很高（见图 5-3）。

宁夏：宁夏的 $PM_{2.5}$ 污染程度在 29 个有数据的省（市）中排名第 17（并列），其大气污染自净能力不算差，但是其煤炭所占一次能源比例、单位面积煤炭消耗量、万元 GDP 一次能源消耗量以及每百人私人汽车保有量分别为全国第 3、第 9、第 1 和第 6，且其重污染行业占比也较高（见图 5-3）。

江西、广西：江西、广西的 $PM_{2.5}$ 污染程度在 29 个有数据的省（市）中分别排名第 20 和第 22。两省的大气污染自净能力均较弱，其中江西的第二、三产业比例很高，且重污染行业占比较高（见图 5-3），其他方面的挑战两省均处于全国中等或较低水平，但两省人均 GDP 都较低，需要在发展经济的同时，着力改善环境质量。

青海：青海的 $PM_{2.5}$ 污染程度在 29 个有数据的省（市）中排名第 21，其第二、三产业比例较高、重污染行业占比非常高（图 5-3）、万元 GDP 一次能源消耗量也较高，其 $PM_{2.5}$ 污染相对较轻的原因可能在于其较强的大气污染自净能力（见图 5-1）。

黑龙江：黑龙江的 $PM_{2.5}$ 污染程度在 29 个有数据的省（市）中排名第 22（并列），其大气污染自净能力为中等水平，除万元 GDP 一次能源消耗量较高以外，在其他方面的挑战均处于全国中等或较低水平。另外，黑龙江的秸秆焚烧情况较严重（见图 3-5），对其 $PM_{2.5}$ 污染程度也造成了一定影响。

广东、福建：广东、福建的 $PM_{2.5}$ 年均浓度达标，且人均 GDP 也较高，两省的大气污染自净能力均在中等水平（见图 5-1），除广东的每百人私人汽车保有量较高外，两省在其他方面的挑战均处于全国中等或较低水平。

贵州：贵州 $PM_{2.5}$ 年均浓度达标；其人均 GDP 较低，但 2015 年人均 GDP 增长率居全国之首（见图 5-2）。贵州的第二、三产业比例较低，且 2015 年还有显著下降（见图 5-2）。但其煤炭所占一次能源比例和万元 GDP 一次能源消耗量均较高，在能源结构调整方面仍然面临较大的压力。

云南、海南：云南、海南的 $PM_{2.5}$ 年均浓度均达标，两省的大气污染自净能力中等，其在产业结构、能源消费、机动车排放几方面的挑战也均处于全国中等或较低水平。但两省的人均 GDP 相对较低，需要在发展经济的同时，注意大气污染防治的控制。

甘肃：甘肃 2015 年 $PM_{2.5}$ 年均浓度数据缺失，从 PM_{10} 的污染水平来看，其污染较为严重（见图 2-7）。甘肃 2015 年人均 GDP 为全国最低，且相比 2014 年有所下降（见图 5-2）。其万元 GDP 一次能源消耗量较高，未来的空气污染治理挑战较大。

第 6 章 结论和建议

▲ 2015 年空气质量总体改善明显，但颗粒物污染仍然突出，部分省（市）出现某些污染物不降反升的情况。京津冀及周边地区采暖期重污染天气频发，北京首发红色预警，重污染天气应对得到加强。

2015 年全国总体空气质量相比 2014 年有明显改善，但颗粒物污染仍然突出， $PM_{2.5}$ 污染最严重的为北京、天津、河北南部、山东非临海地区及河南组成的一大范围区域，其次为长三角地区、两湖地区和川渝地区，而珠三角地区则已经达标。其中，深圳在 2014 年成为全国首个空气质量达标的超大型城市之后，2015 年 $PM_{2.5}$ 浓度继续下降，并且决定要在 2020 年达到世界卫生组织提出的第二阶段过渡目标。

与 2014 年相比，2015 年上海 $PM_{2.5}$ 浓度不降反升，河南、内蒙古、吉林、宁夏、陕西 5 个省（市） PM_{10} 浓度不降反升，江苏、上海、浙江、北京、辽宁、河北 6 个省（市） O_3 浓度不降反升，重庆、内蒙古、河南、甘肃、贵州、吉林、安徽、上海 8 个省（市） NO_2 浓度不降反升，内蒙古 SO_2 浓度略有上升，北京、上海、天津、河北 4 个省（市）CO 浓度不降反升。

2015 年，京津冀及周边地区采暖期重污染天气频发。北京 12 月 8 日首次启动红色预警，对污染积累起到了“削峰降速”的作用。河北编制完成全国首部《重污染天气应急响应操作方案编制指南》，可提高企业应急响应操作方案的科学性、

可操作性和可核实性。冬季采暖地区 15 个省（市）全面试行冬季水泥错峰生产，有利于减少冬季重污染天气的发生。

▲ SO_2 、 NO_x 的排放控制取得成效，汞污染排放逐渐得到重视，未来应继续推进多污染物和温室气体的协同控制。

2015 年全国 SO_2 排放总量几乎达到“九五”实施总量控制策略以来的历史最低值。2015 年全国 SO_2 和 NO_x 的总排放量相比 2014 年分别降低了 5.8% 和 10.9%。环保部发布《汞污染防治技术政策》，为涉汞行业的汞排放控制提供技术指导。

全国煤炭消费总量进一步下降，京津冀区域燃煤散烧治理取得了一定成效，但治理压力依然巨大。黄标车 / 老旧车淘汰提前完成任务，在减排污染物的同时也带来了温室气体的协同减排效果。未来应继续推进多污染物和温室气体的协同控制工作，在 VOCs 排放、氨排放、柴油机颗粒物排放、秸秆焚烧等方面加大控制力度，以获得更多的协同减排效益。

▲ 空气质量管理有较大进展，未来地方应尽快按照新《大气法》的要求开展空气质量限期达标规划工作，空气质量历史数据和排污单位环境信息的公开也需进一步加强。

2015 年，新《大气法》正式颁布，多项大气相关的环境标准出台，排污费收费标准提高，按日连续计罚实施，全国 338 个地级以上城市全部

具备 $\text{PM}_{2.5}$ 等 6 项指标的能力，信息公开方面也取得一定进展。

新《大气法》明确了空气质量限期达标规划、重点区域大气污染联合防治、重污染天气应对等方面的法律依据。空气质量限期达标规划是空气质量管理核心之一，是地方政府作为责任主体，以空气质量达标为目标，应用科学手段开展地区空气质量管理，设计并评估空气质量改善措施，以实现持续改善/达标的一个管理模式。各省（市）通过开展系统的空气质量达标管理工作，建立污染源控制与空气质量改善之间的联系，评估减排政策措施的成本效益，从而做好空气质量改善/达标规划，制定合理有效的减排策略，实现空气质量的达标。

在空气质量管理信息公开方面，建议各省（市）完善空气质量数据查询系统，方便公众了解环境空气质量历史数据信息及开展相关研究，同时排污单位应当按照《排污许可证管理暂行办法（征求意见稿）》的要求及时、如实公开相关信息。

▲ 空气污染治理困难程度总体较大，近期产业结构调整 and 煤炭消费总量控制获得一定成效，

但调整压力仍然较大，机动车的污染控制也需加大力度。

我国 30 个省（市）2015 年的第二、三产业比例平均为 0.987，相比 2014 年的 1.10 下降约 10.3%，但产业结构仍整体偏重，超半数省（市）二产仍然大于三产。因此需继续加大产业结构调整力度，严格控制且增强对重污染行业的准入限制，并积极采取差别化排污费征收以及差别化能源价格等经济政策，刺激重污染企业的退出。

2015 年，中国的煤炭消费量继续下滑，较 2014 年相比下降 3.7%，但煤炭目前仍是中国大部分省（市）的主要能量来源，为了能够有效抑制燃煤造成的空气污染，各相关省（市）应在制定煤炭消费总量控制目标和实施方案的同时，大力发展清洁能源，制定清洁能源发展、利用激励政策等，推动能源结构持续优化。

对于大部分省（市）机动车增速快的现状，应考虑制定机动车数量的控制策略并提前实施更严格的机动车排放标准以及油品标准，以控制机动车污染。

中国清洁空气联盟

中国清洁空气联盟由十家中国清洁空气领域的核心科研院所共同发起，拟为中国的省市提供一个有效的平台，一方面以推广国内外先进的理念、经验、技术、工具；另一方面，加强省、城市以及科研机构之间的交流协作。联盟的目标是支持中国的省和城市改善空气质量，减少空气污染对公共健康的危害。联盟的参与方包括科研院所、相关省市、以及关注清洁空气的公益机构和相关企业等。

十家发起机构包括：清华大学、环保部环境规划院、环保部环境工程评估中心、复旦大学、南京大学、北京师范大学、环保部环境科学研究院、北京大学、环保部机动车排污监控中心、中国人民大学

发起支持机构：能源基金会





清洁空气创新中心（联盟秘书处）

北京市朝阳区建外大街甲24号东海中心709

电 话：+86-10-65155838

电子邮箱：cleanairchina@iccs.org.cn