

蓝天保卫战：五年回顾与三年展望

贺克斌
清华大学环境学院

2018年08月8日，哈尔滨

五年回顾

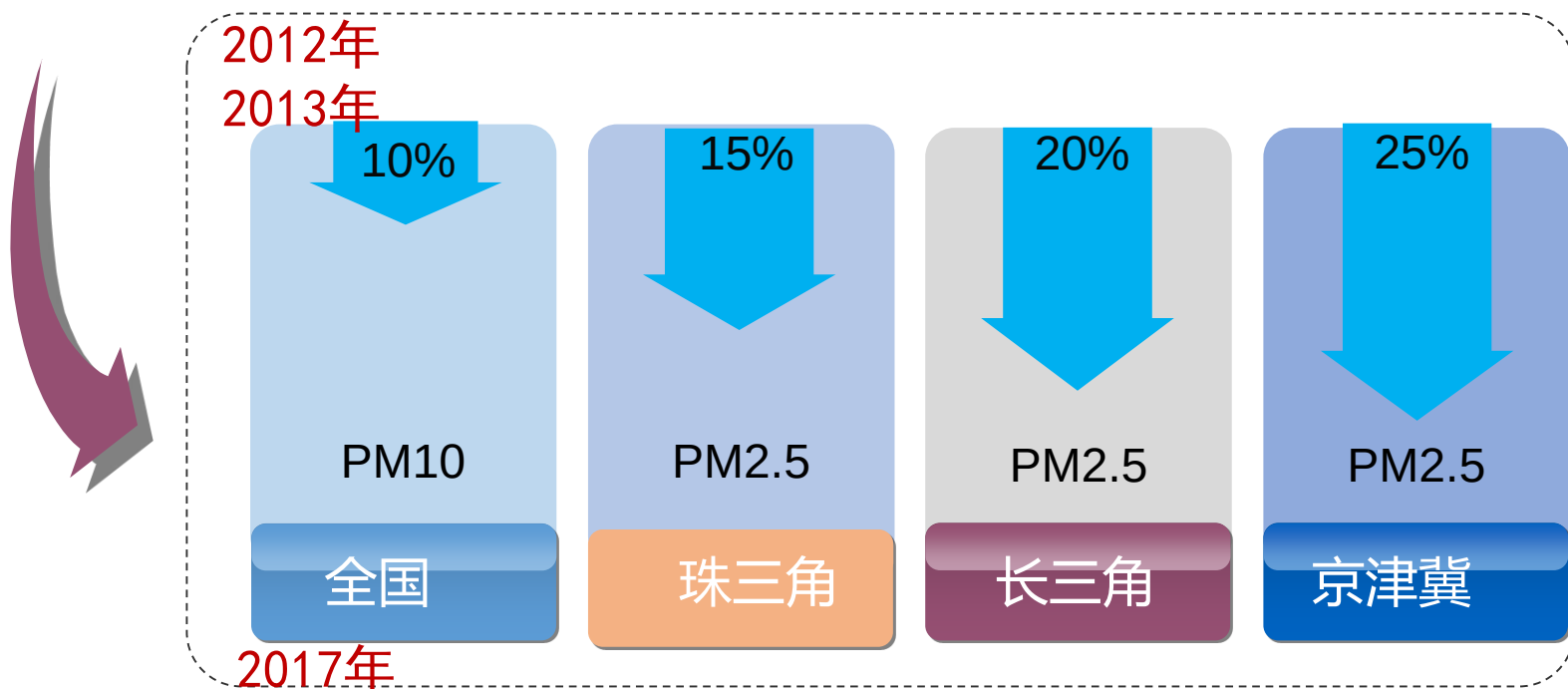
面临挑战

三年展望

《大气污染防治行动计划》 (大气十条)

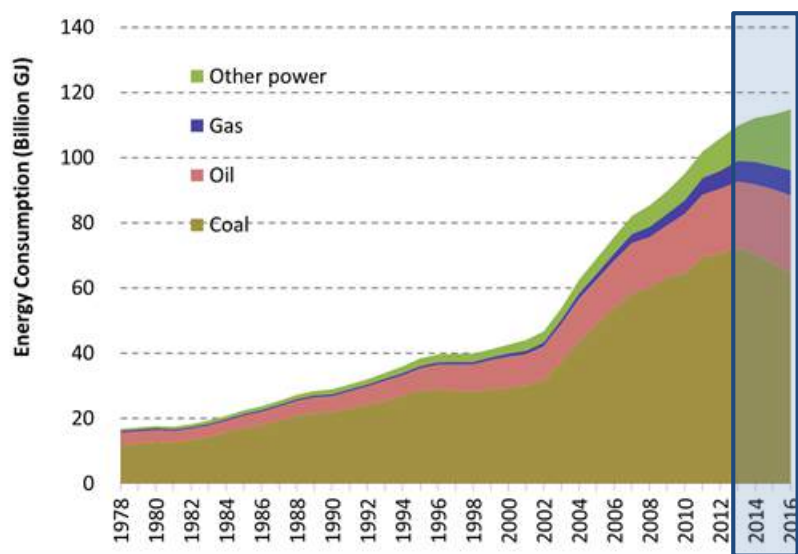
奋斗目标：经过5年努力，全国空气质量总体改善，重污染天气较大幅度减少；京津冀、长三角、珠三角等区域空气质量明显好转。力争再用5年或更长时间，逐步消除重污染天气，全国空气质量明显改善。

近期目标：到2017年

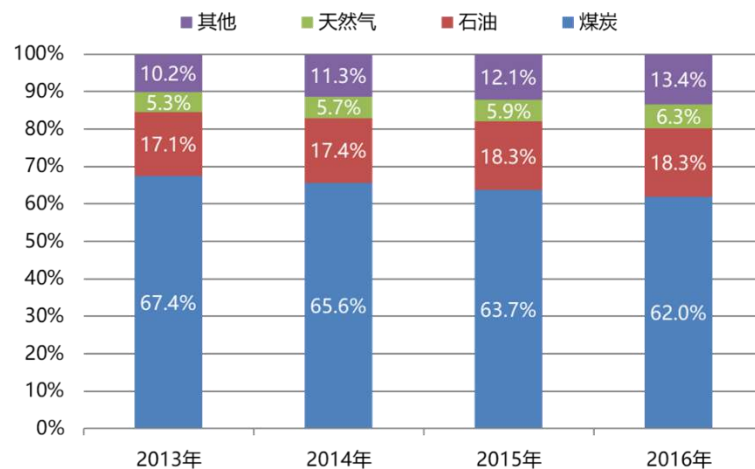


举措1：通过实施煤炭总量控制加快能源结构调整

- 2013年前，煤炭消费量在10年间翻了一番
- 《大气十条》提出重点区域煤炭消费总量控制
 - ✓ 全国煤炭消费总量从2013年的42亿吨下降至2017年约39亿吨；
 - ✓ 煤炭占一次能源消费的比重由67.4%下降至60.0%。



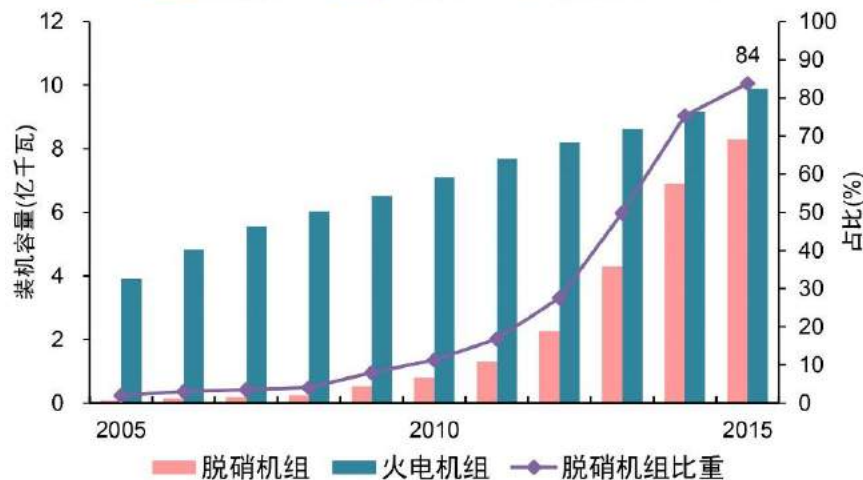
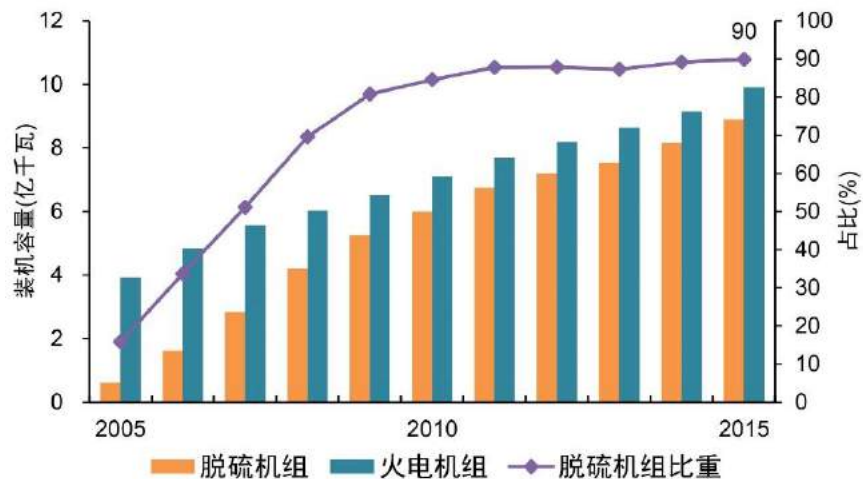
1978年以来中国能源消费情况



2013-2016年能源结构变化

举措2：推进国家减排工程

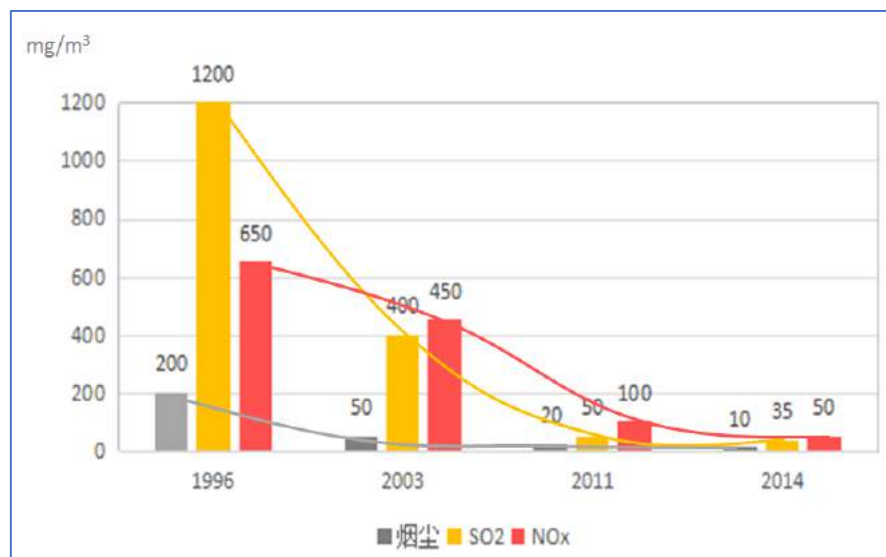
- 2005年开始大规模在全国推进减排工程建设，到2015年
 - ✓ 燃煤脱硫机组装机容量占煤电总装机的**99%**
 - ✓ 脱硝机组装机容量占火电总装机的**92%**
 - ✓ 脱硫烧结机面积占烧结机的**88%**
 - ✓ 脱硝水泥熟料产能占总产能**92%**
 - ✓ 脱硝平板玻璃生产线占总产能的**57%**



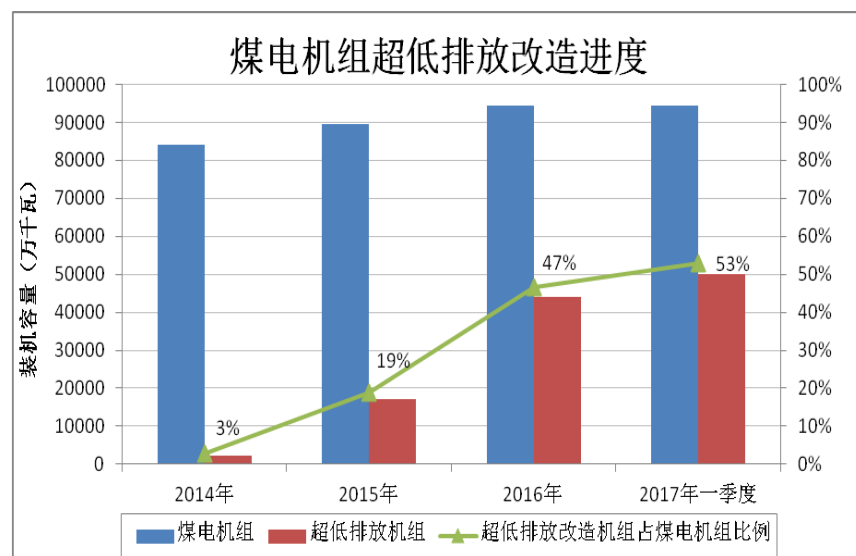
火电脱硫/脱硝机组装机容量变化

举措3：推进燃煤电厂超低排放改造

- 2015年开始大规模推进煤电机组超低排放改造；
- 改造后燃煤电厂的SO₂、NO_x和烟尘排放限值分别比国家排放标准降低**83%、50%和67%**，达到**天然气电厂**排放水平；
- 目前**全国50%以上**机组完成改造；
- 建成**全球最大的清洁高效煤电体系**。



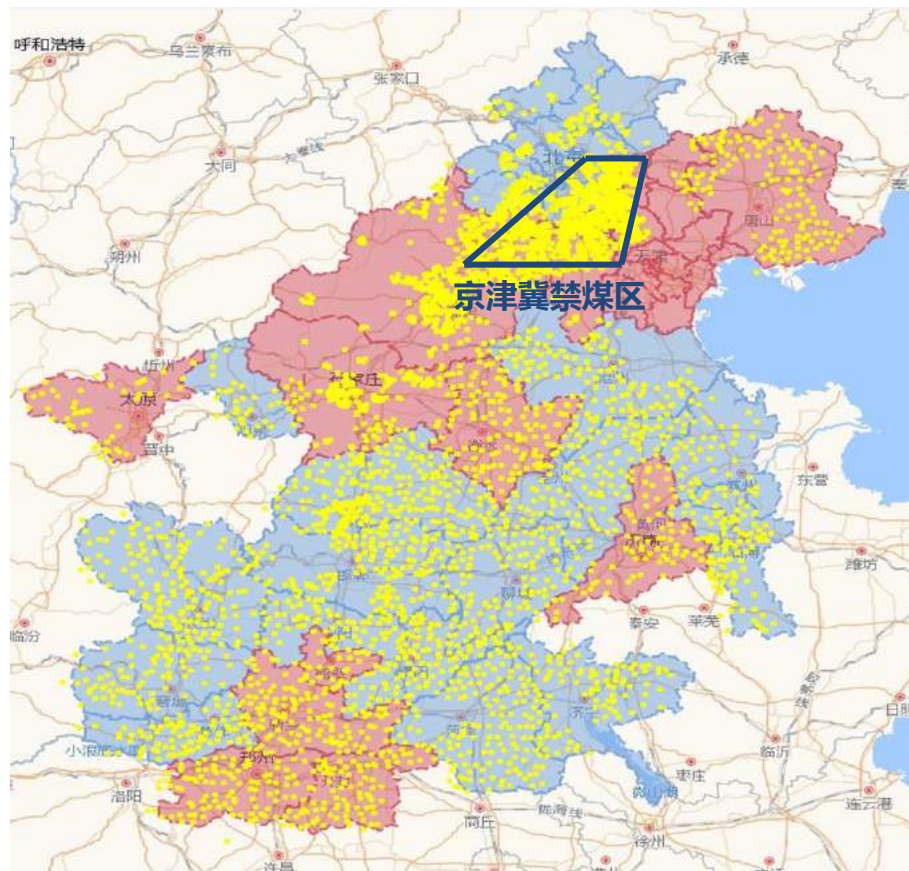
火电厂大气污染物排放要求变化



完成超低排放改造的机组容量

举措4：推进采暖系统煤改清洁能源

- 发改、能源、环保、住建、财政等多部门共同推动北方地区清洁采暖工作；
- “宜气则气,宜电则电”，尽可能利用**清洁能源**；
- 以京津冀及周边地区2+26城市为近期工作重点；
- 2017年预计完成**400万户**；
- 京津冀建成**1万平方公里**禁煤区。

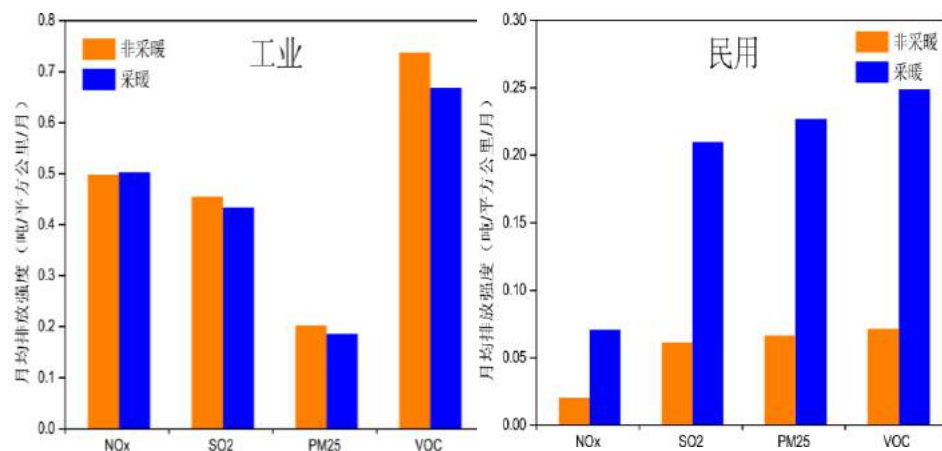
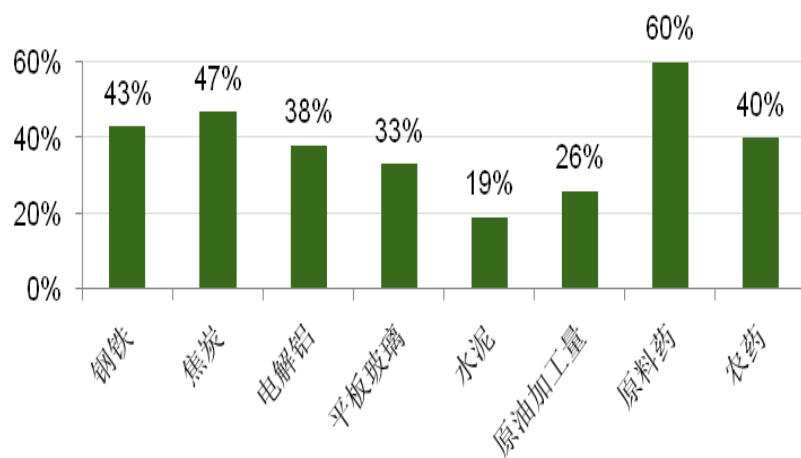


京津冀及周边地区2+26城市清洁采暖任务分布

举措5：推行分区域、分季节的错峰生产，调整短期产业结构

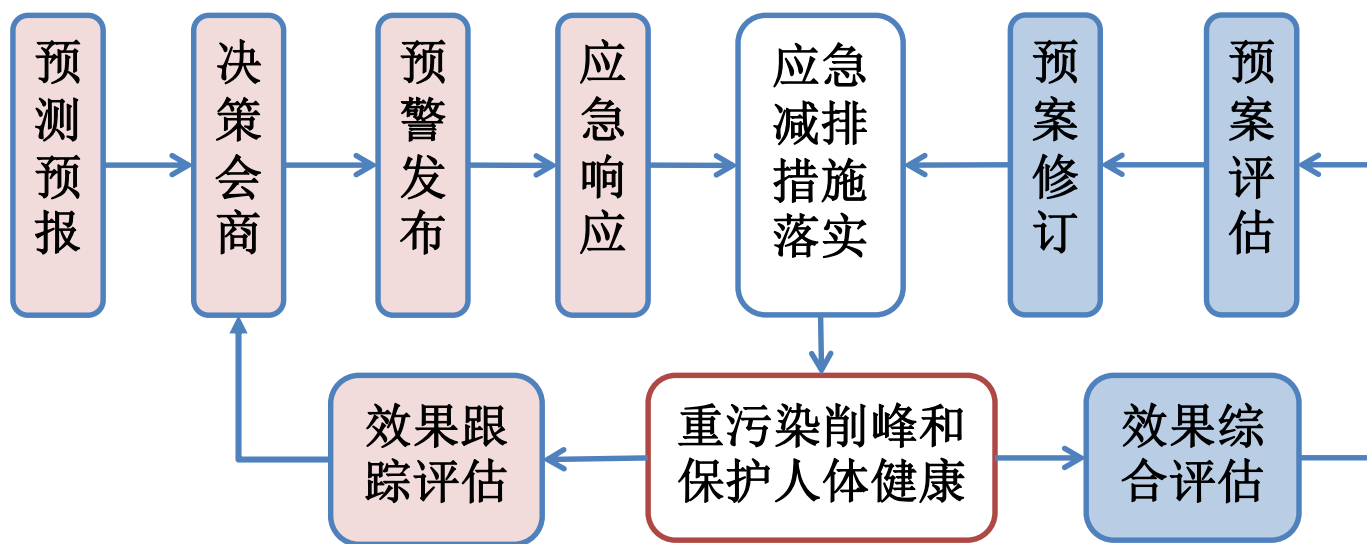
- 针对京津冀及周边地区秋冬季重污染天气频发问题，整个采暖季期间，对京津冀大气污染传输通道“2+26”城市重点行业实施错峰生产（停止生产或限部分产能）。
- 涵盖钢铁、焦化、铸造、建材、有色、化工等多个产能过剩、污染排放突出行业。
- “2+26”城市统一执行，既体现了城市和行业的公平性，又进一步强化了区域联防联控。

京津冀及周边地区重点行业产量占全国比例



举措6：建立重污染天气应对技术体系

- 建立了预测预报—决策会商—预警发布—应急响应—跟踪评估—预案修订等全流程的重污染天气应对技术体系，在秋冬季重污染应对中有效降低污染峰值浓度，保护人体健康。



举措7：建立区域大气污染防治协作机制

- 协调京津冀及周边地区、长三角区域开展大气污染防治工作，定期召开会议。
- 分别由环保部、国家发改委、工信部、财政部、住建部、交通部、中国气象局和国家能源局等8部委和相关省市政府组成；

京津冀及周边地区大气污染防治协作机制

- 2013年10月成立
- 包括八部委和北京、天津、河北、山西、内蒙、山东和河南等七省市
- 召开10次协作机制会议

长三角区域大气污染防治协作机制

- 2014年1月成立
- 包括八部委和上海、江苏、浙江和安徽等四省市
- 召开4次协作机制会议

举措8：建立责任分配和实施机制

- 结合中国行政管理制度特点，设计责任分配和追究机制；
- 任务分解
 - ✓ 空间尺度：国家-省-市-县
 - ✓ 时间尺度：5年-1年
- 建立健全督察制度，强化责任落实
- 调集全国力量，推进重点地区重点工作落实
 - ✓ 5600人在京津冀开展“压茬式”督查



2017-2018秋冬季攻坚行动“1+6”体系

举措9：利用经济政策杠杆带动治污措施

财政资金支持

- “大气十条”实施以来，中央财政下达近600亿元财政资金
- 京津冀清洁供暖专项资金（5-10亿/城市）
- 省、市、县三级配套资金

价格和补贴政策

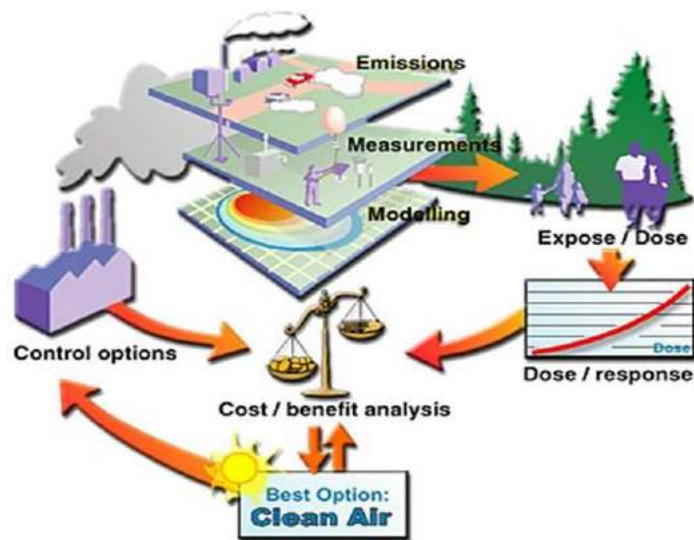
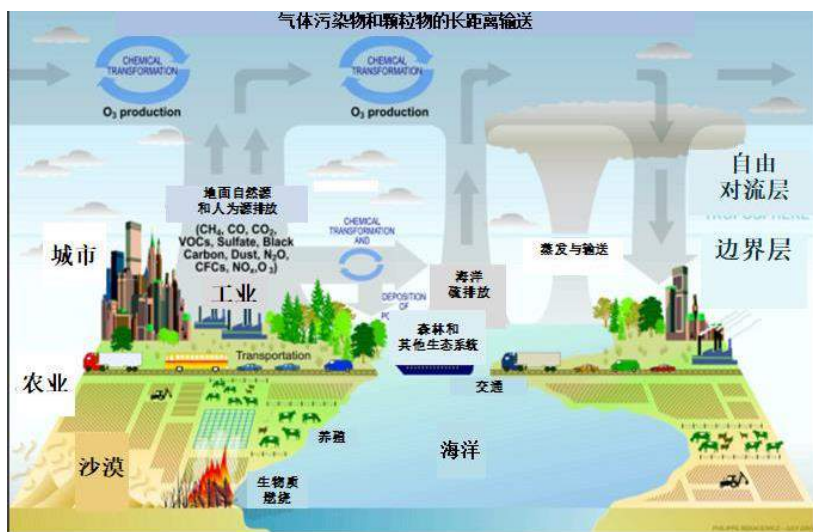
- 上网电价补贴：2.7分/度（脱硫、脱硝、除尘）+1分/度（超低排放）
- 黄标车和老旧车辆提前淘汰补贴
- 民用清洁采暖补贴（炉具+电价/气价）

税费政策

- 提高排污费征收标准
- 开征VOCs排污费
- 排污费改环境税

举措10：大气重污染成因与治理联合攻关

- 集中优秀科研团队，构建立体观测、实验室模拟和数值模拟相结合的综合研究系统，识别京津冀及周边地区秋冬季大气重污染来源和主要成因，回应社会关切，建成综合科学决策支持系统，支撑京津冀及周边大气污染防治的科学决策和精准施策。



“大气十条” 实施以来大气污染治理的重大举措

能源结构调整

- ✓ 煤炭消费总量下降**3亿多吨**，占一次能源消费比重由67.4%下降到60%左右
- ✓ 五年**3100亿千瓦时**电力替代煤炭和油品，**200亿立方米**天然气替代燃煤
- ✓ 建设完成**10项**特高压输电工程，增加中东部地区受电能力**8000万千瓦**
- ✓ 淘汰治理无望的小型燃煤锅炉**20多万台**

产业结构调整

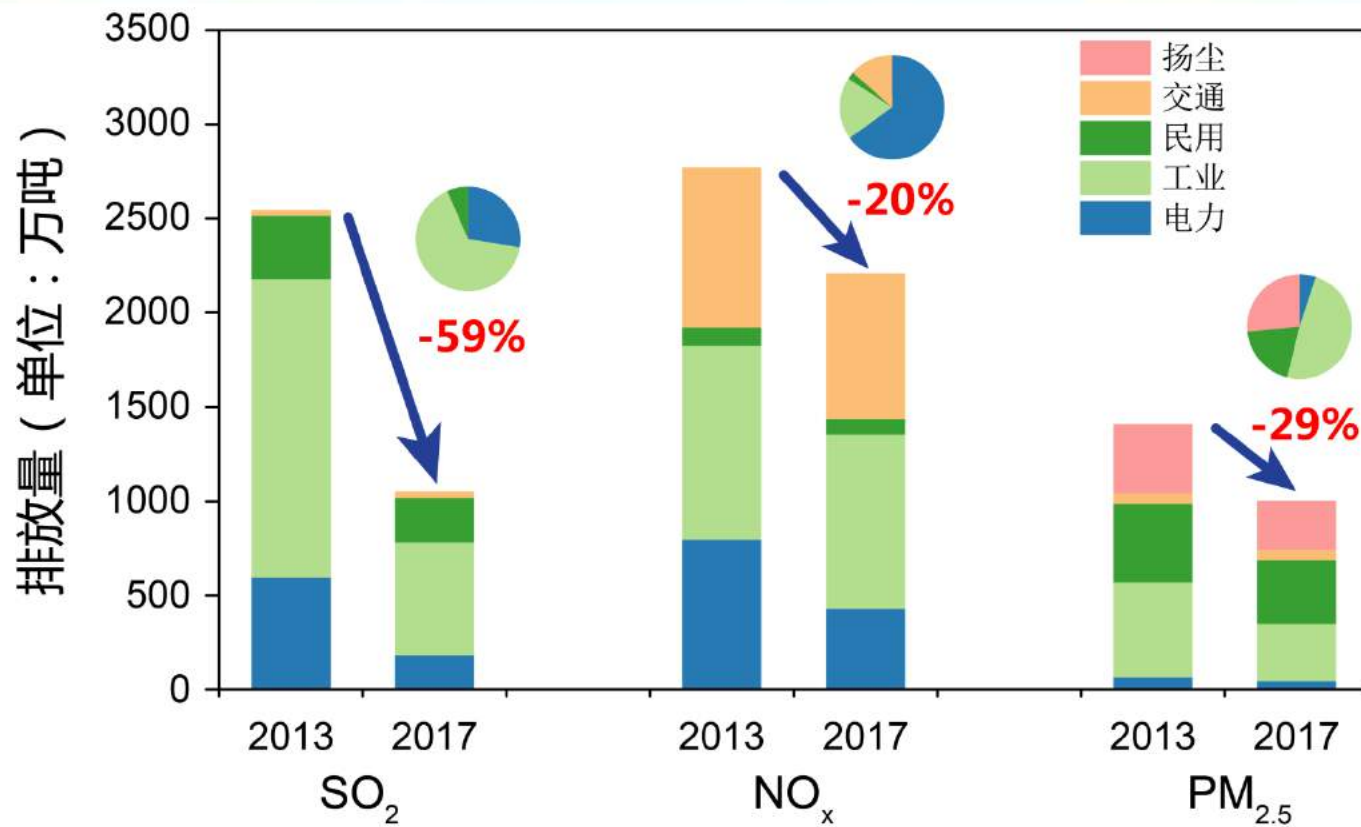
- ✓ 淘汰落后产能和化解过剩产能钢铁**2亿多吨**、水泥**2.5亿吨**、平板玻璃**1.1亿重量箱**、煤电机组**2500万千瓦**等
- ✓ 2017年**1.4亿吨**地条钢全部清零
- ✓ 清理整顿“2+26”城市涉气“散乱污”企业**6.2万余家**

重大减排工程

- ✓ 全国燃煤电力机组累积完成超低排放改造**7亿千瓦**
- ✓ 推进重点行业提标改造，烟气排放达标率由52%提高到**90%以上**
- ✓ 全国完成电代煤气代煤约**600万户**，其中2+26城市完成**475万户**，建成约1万平方公里的“散煤禁燃区”，农村清洁取暖破题
- ✓ 淘汰黄标车**2000多万辆**，油品质量五年内连跳两级

大气十条实施以来，大气污染防治领域实现了一系列历史性的变革，在能源结构调整、产业结构调整、重大减排工程方面实施了一系列重大举措。

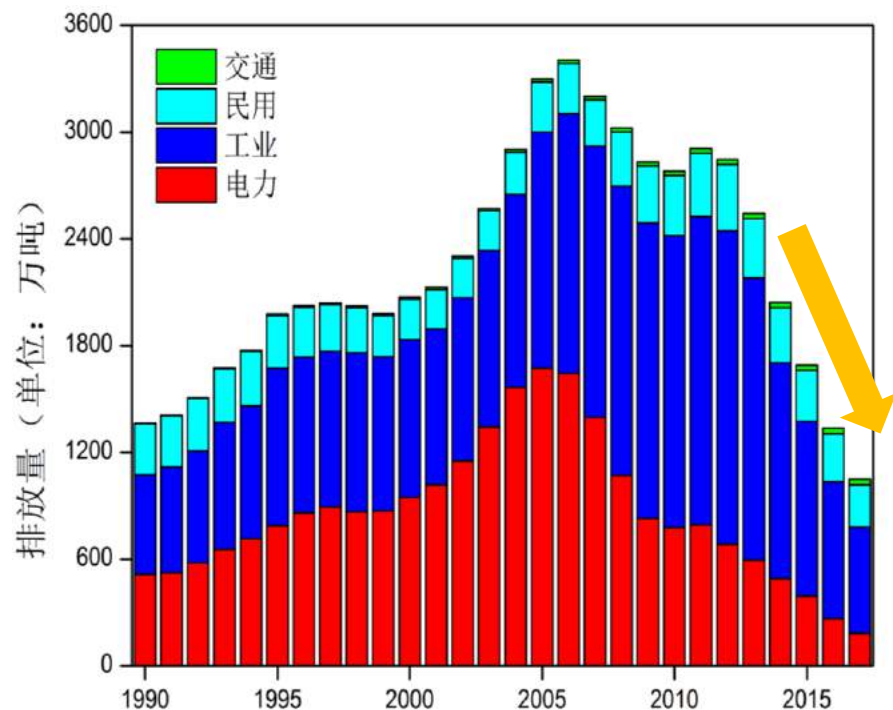
全国大气污染物排放总量迅速下降



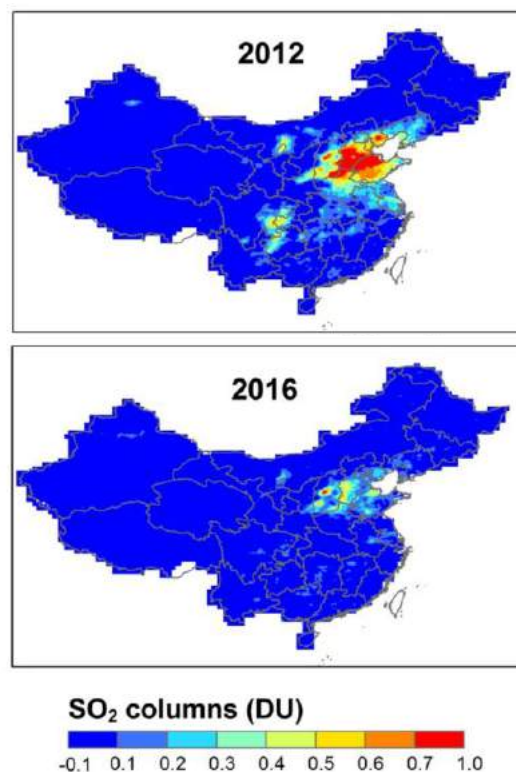
2013至2017年，全国二氧化硫、氮氧化物和一次细颗粒物排放量分别下降了1493万吨，561万吨和408万吨，是历史上排放量下降最快的时期，降幅分别达到59%、20%和29%。

二氧化硫排放量从千万吨级下降到百万吨级

全国二氧化硫排放量变化情况

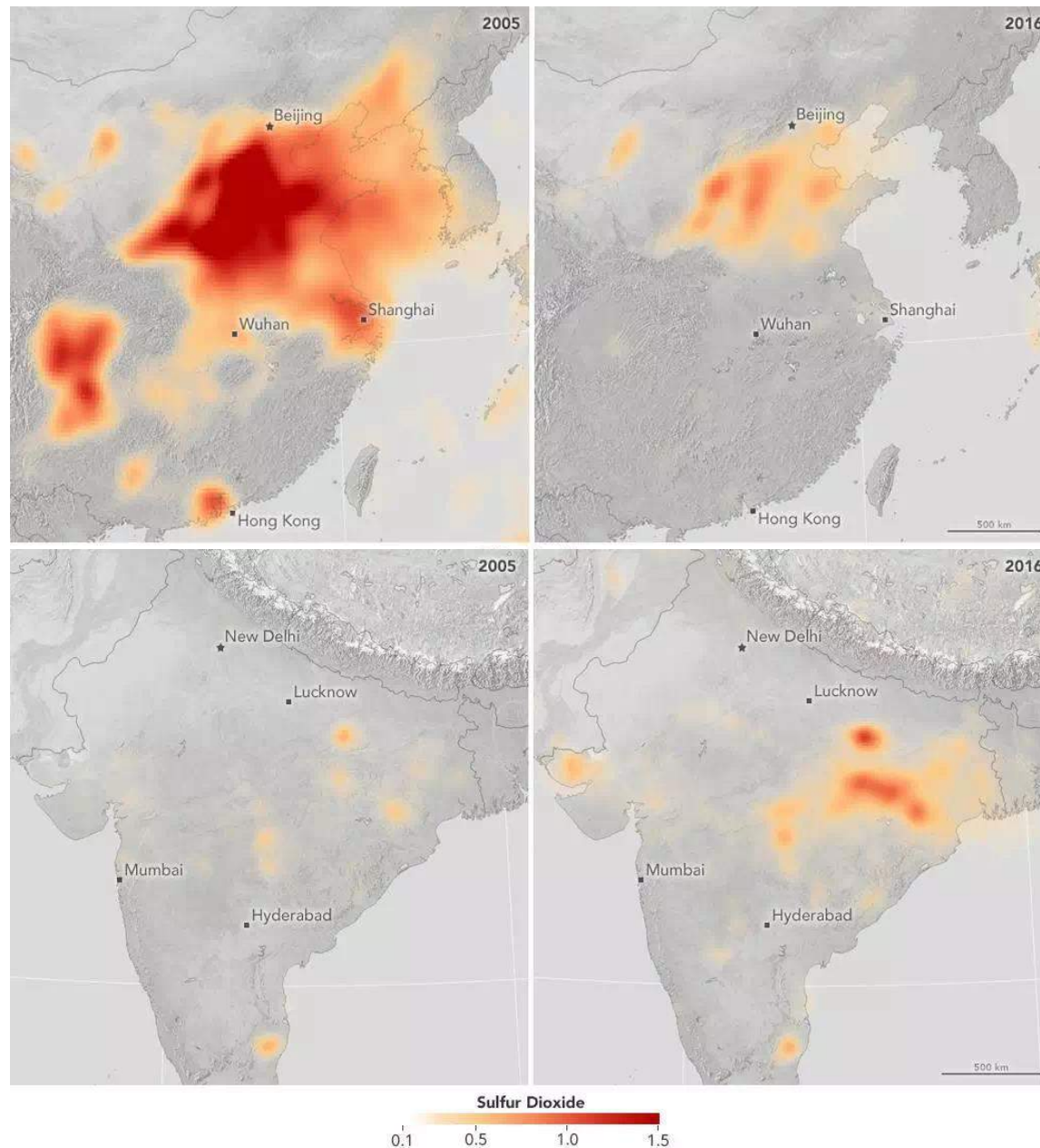


卫星遥感观测二氧化硫浓度下降情况



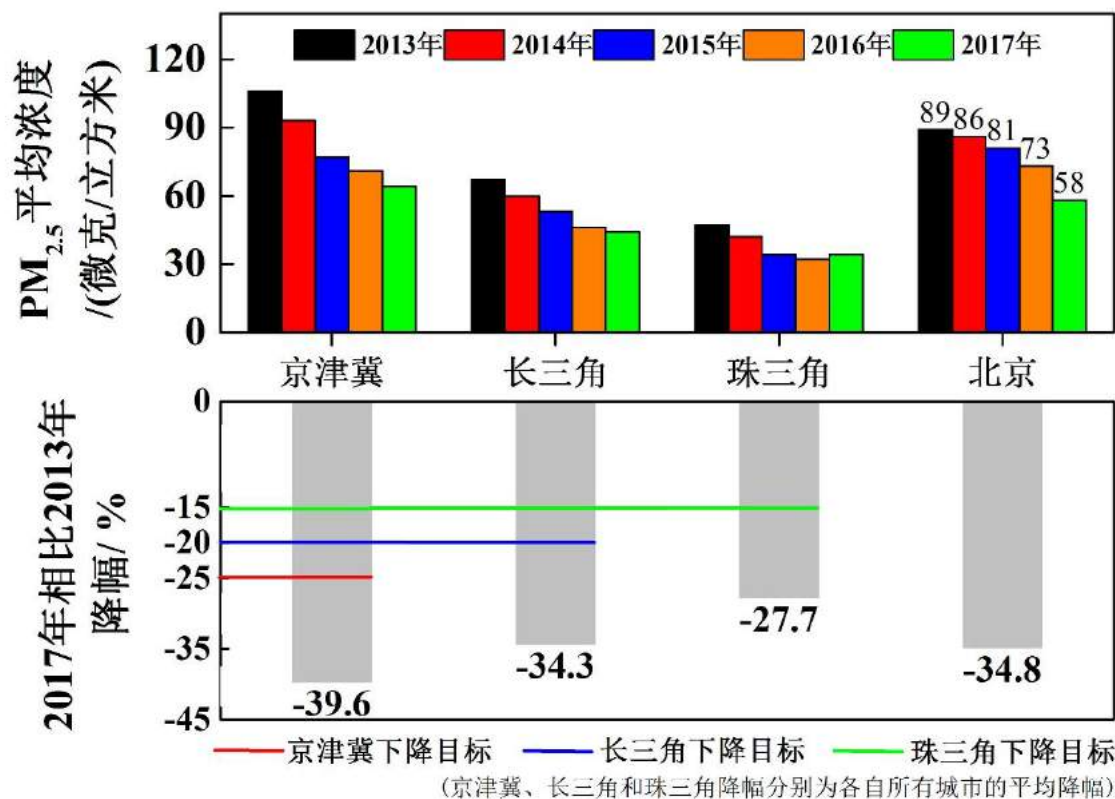
至2017年，全国二氧化硫排放量下降到1000万吨左右，城市二氧化硫浓度超标问题基本解决，颗粒物中硫酸盐浓度大幅下降。

中印二氧化硫排放变化对比：2005-2016



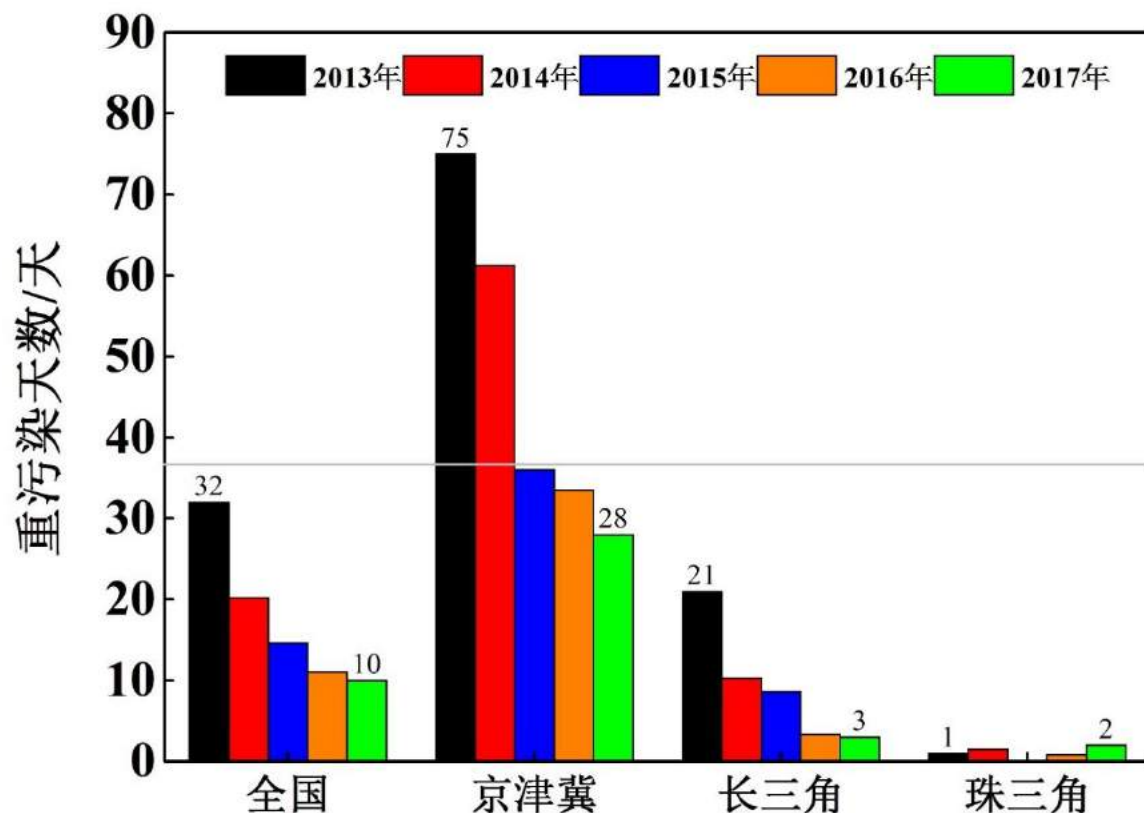
美国马里兰大学
研究组利用美国
宇航局NASA卫
星资料分析表明：
印度已取代中国
成为世界第一排
硫大国

三大城市群区域PM_{2.5}浓度显著下降



相比2013年，2017年京津冀、长三角和珠三角PM_{2.5}浓度分别下降了**39.6%**、**34.3%**和**27.7%**，北京市PM_{2.5}降至**58**微克/立方米；**全面超额完成《大气十条》预期目标。**

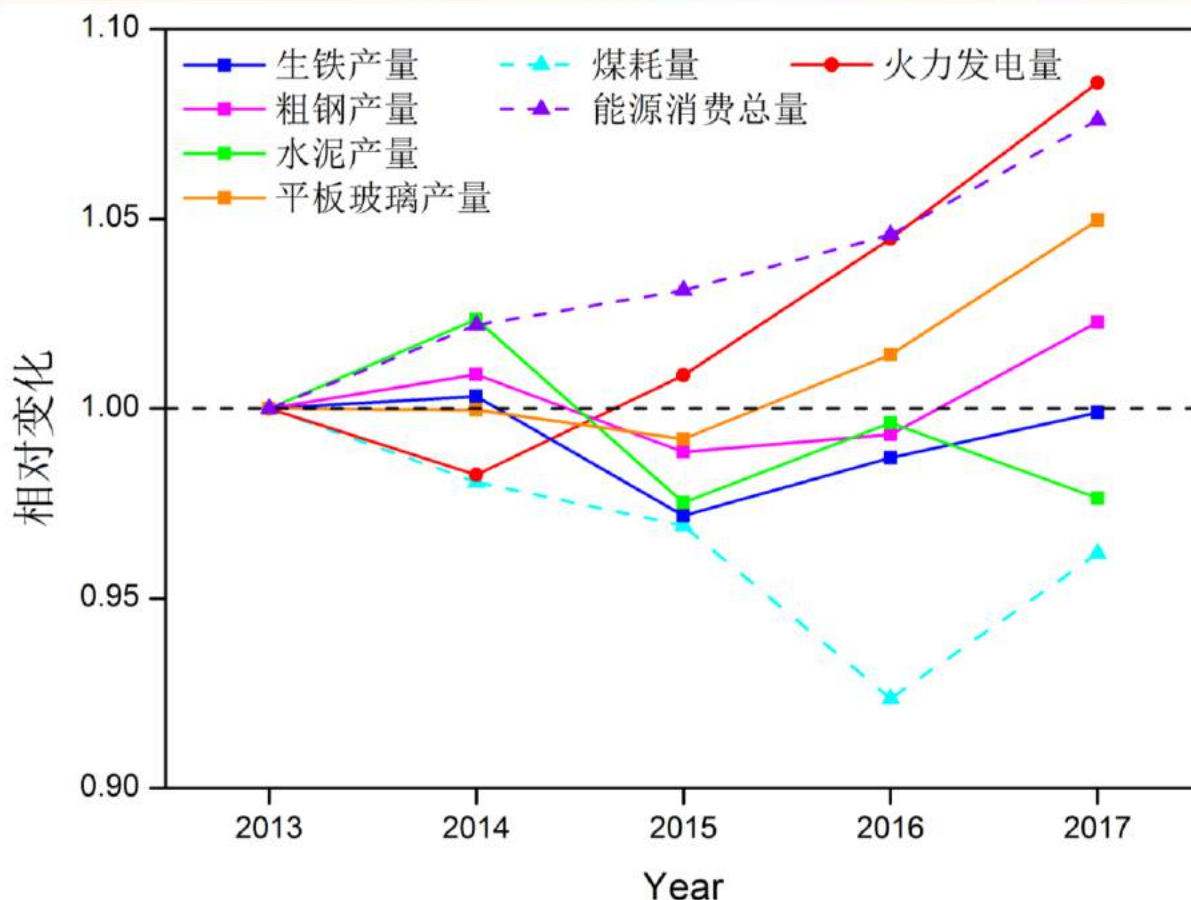
74个重点城市大气重污染天数显著减少



相比2013年，2017年全国74个重点城市**重污染天气显著减少**，大气重污染天数平均减少22天；京津冀从75天减少到28天，长三角从21天减少到3天，珠三角基本消除重污染天气。

我国在经济持续增长的背景下大幅削减了污染物排放

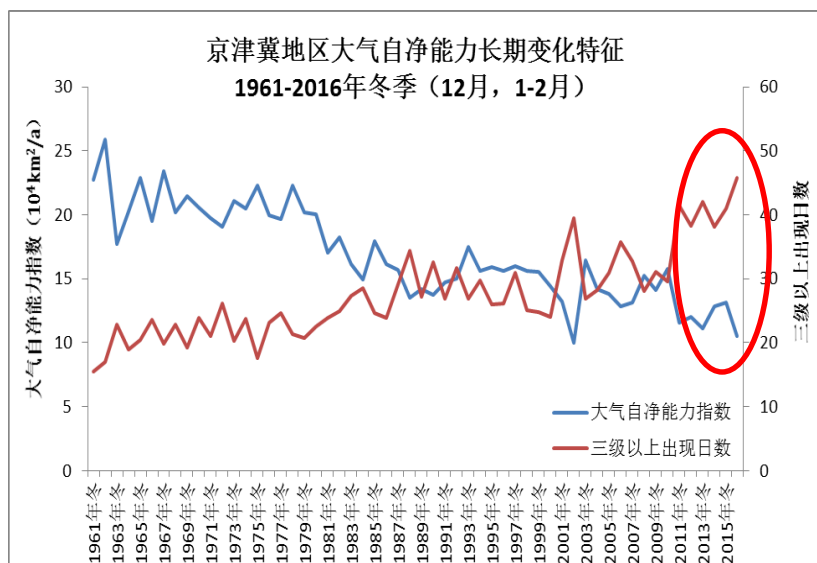
- 全国而言，2017年除了水泥和生铁产量外，其他主要工业产品产量及火力发电量均相对于2013年上升。
- 近年来全国能源消费总量稳步增长，2013-2017年年均增速为1.9%。而2013-2017年煤耗量出现先下降后上升，2017年煤耗量相对于2013年下降。



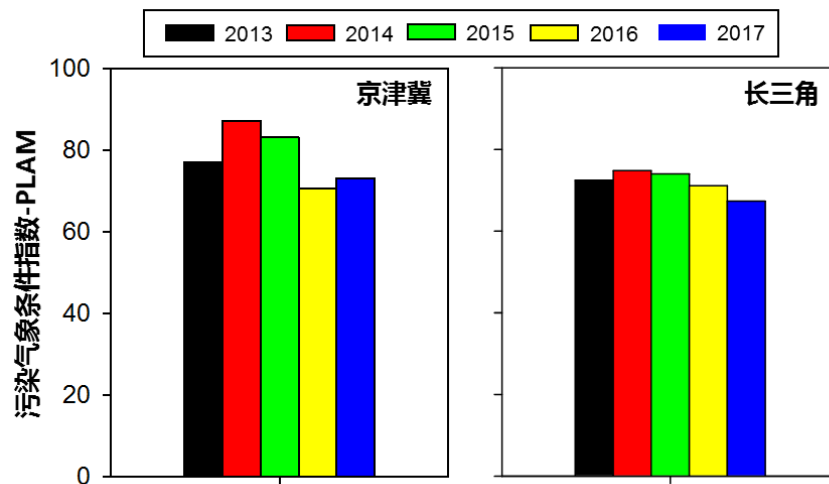
“新常态”下我国经济稳步增长，主要经济指标持续增加。
“大气十条”的实施推动了主要大气污染物的大幅度减排。

2013-2017年气象条件变化情况

京津冀大气自净能力长期变化特征



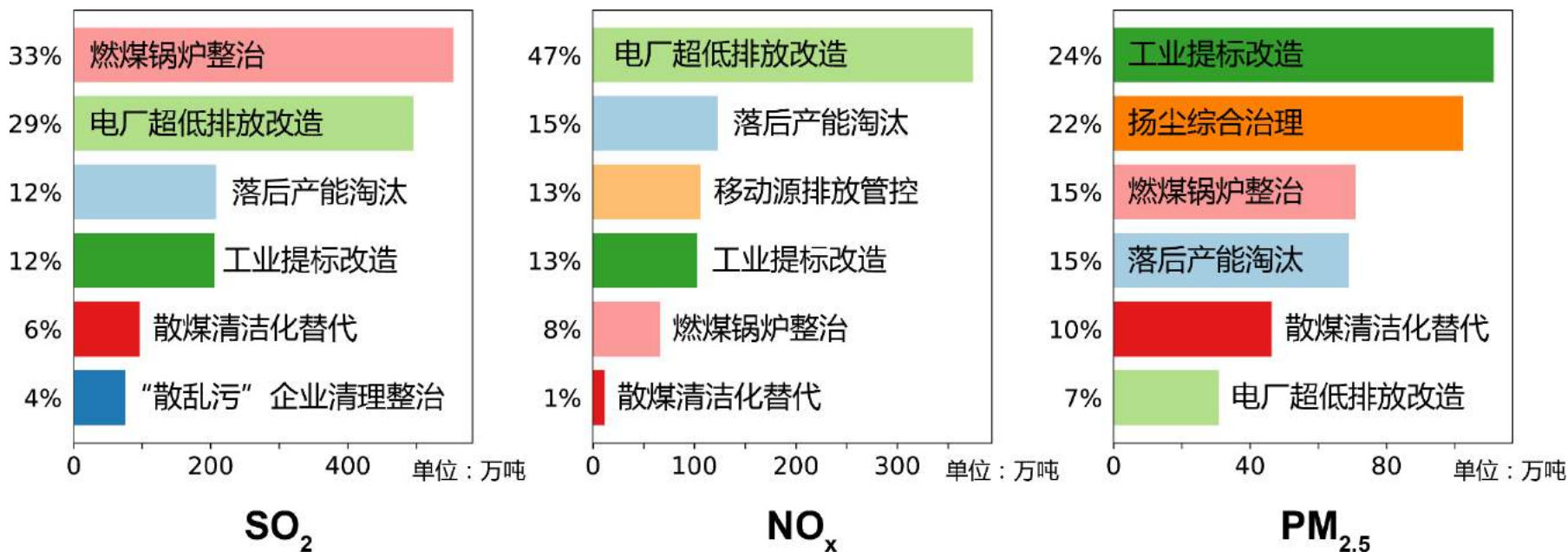
2013-2017年逐年气象条件变化



- 近五年重点地区气象条件是历史上比较差的时期，年际间呈波动变化。与2013年相比，2014和2015年气象条件转差，2016和2017年略转好。
- 根据模拟结果，如果按2016年气象条件，北京市2017年 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度将从2016年的73微克/立方米下降到62~63微克/立方米。由于秋冬季气象条件转好，2017年浓度实际下降到58微克/立方米。

多项措施对污染物减排效果显著

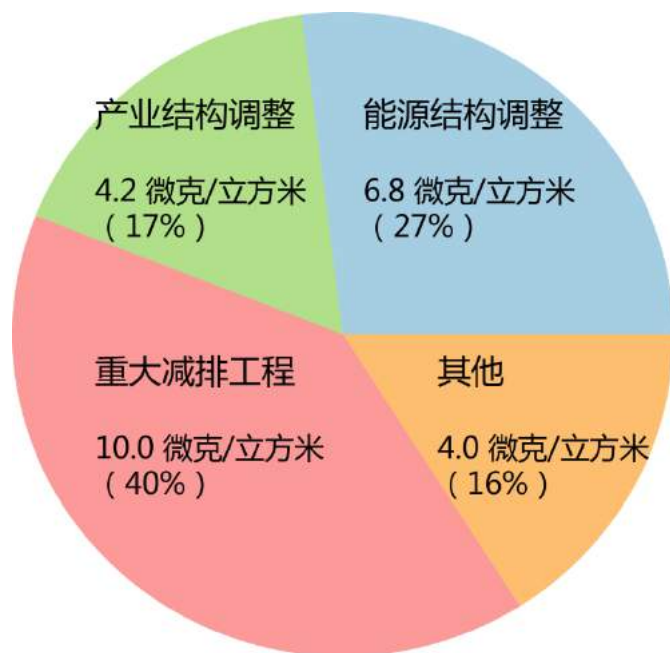
“大气十条” 各项措施对2013-2017年全国主要大气污染物的减排效果



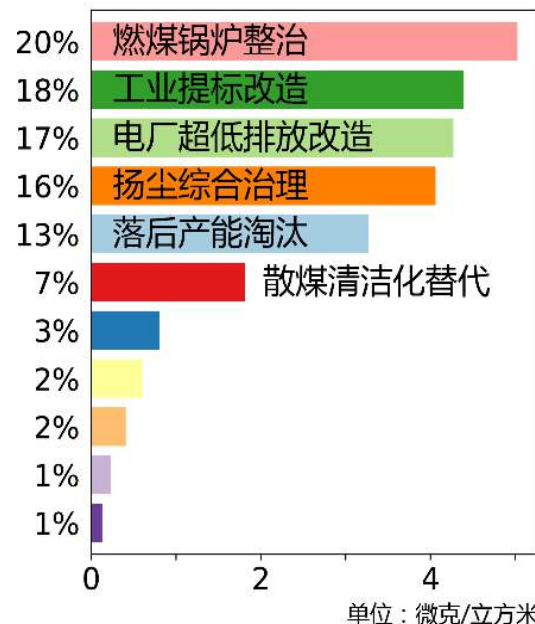
在全国范围及五年尺度上，**燃煤锅炉整治、电厂超低排放改造、工业提标改造、落后产能淘汰、扬尘综合整治和移动源排放管控**是对污染物减排效果显著的措施。

各类措施对2013-2017年全国PM_{2.5}浓度改善的贡献

各类措施对PM_{2.5}浓度改善贡献



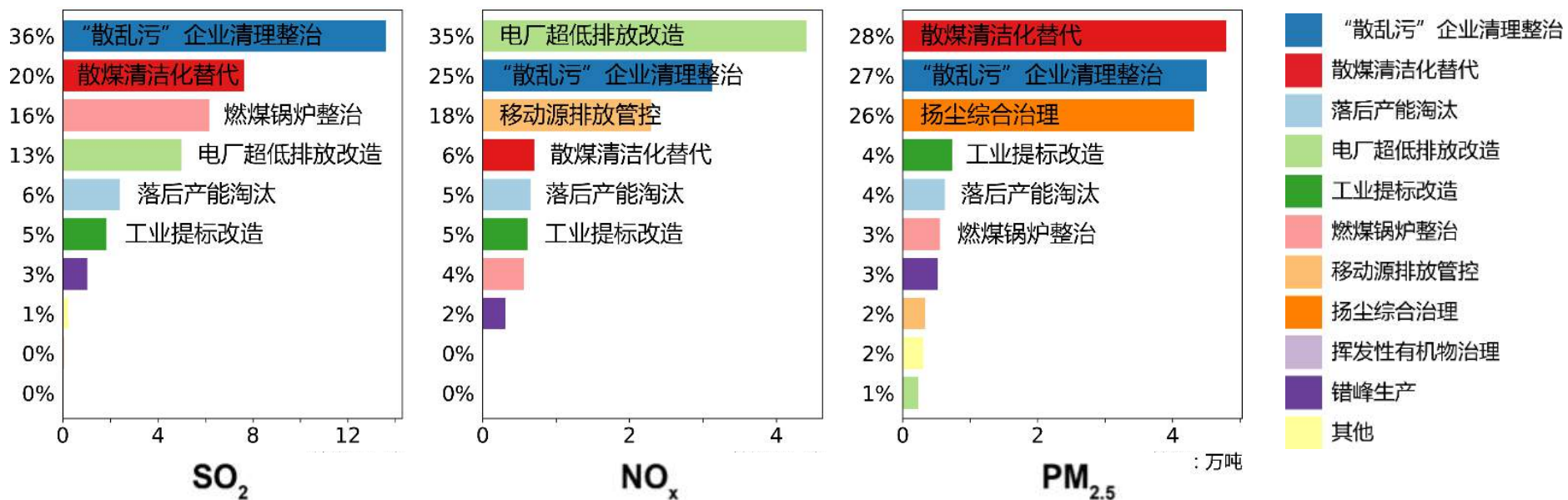
单项措施对PM_{2.5}浓度改善贡献



- 2013-2017年间74个重点城市PM_{2.5}年均浓度下降了25微克/立方米，重大减排工程、能源结构调整和产业结构调整各自贡献了10、6.8和4.2微克/立方米，分别占40%、27%和17%。
- 其中，**燃煤锅炉整治、工业提标改造、电厂超低排放改造和扬尘综合治理**是对PM_{2.5}浓度改善效果较为显著的措施。

“双散” 污染治理取得显著成效

各项措施对2016-2017年京津冀主要大气污染物的减排效果

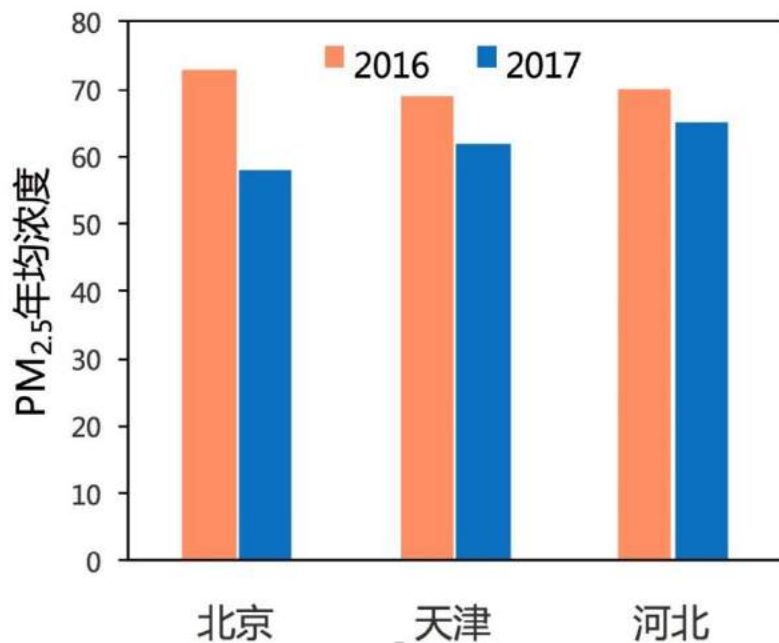


《强化措施》和《攻坚方案》提出的措施具有极强的针对性，对2016-2017年京津冀地区主要污染物减排和空气质量改善起到了决定性的作用。

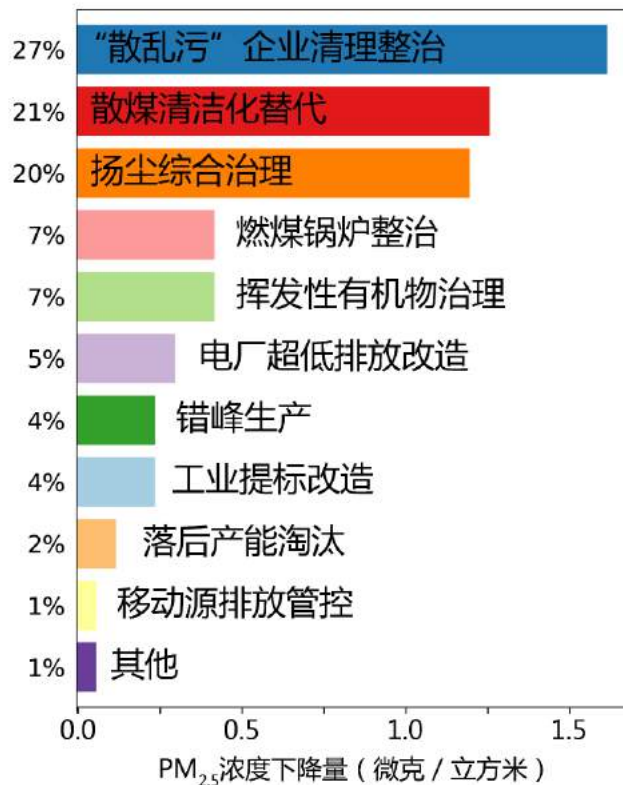
2016-2017年，京津冀地区SO₂、NO_x和一次PM_{2.5}排放量分别下降了23%、5%和12%，其中“**散乱污**”企业清理整治和散煤清洁化替代两项措施合计贡献了SO₂、NO_x和一次PM_{2.5}排放下降量的**56%、30%和55%**。

“双散” 污染治理取得显著成效

2016-2017京津冀PM_{2.5}浓度变化



各项措施对PM_{2.5}浓度改善效果



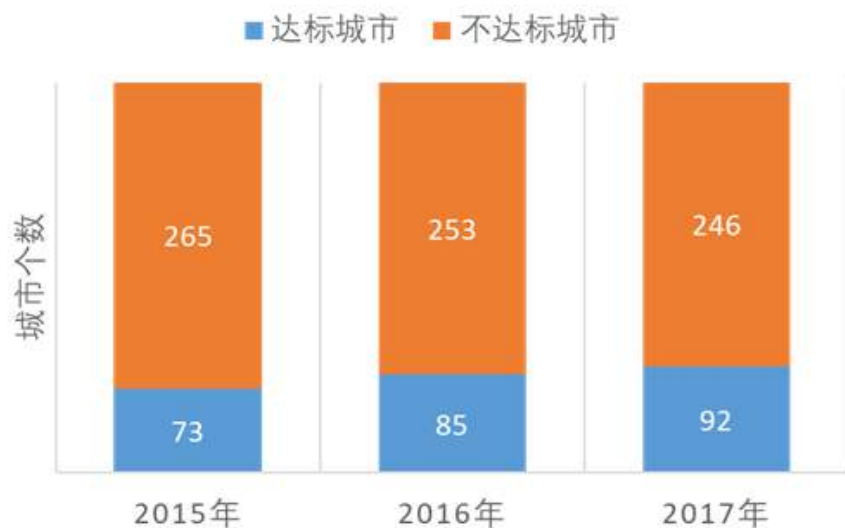
“散乱污”企业清理整治、散煤清洁化替代和扬尘综合整治对京津冀地区2016-2017年PM_{2.5}浓度改善效果最为显著，对2017年区域PM_{2.5}平均浓度下降分别贡献了27%、21%和20%。

五年回顾

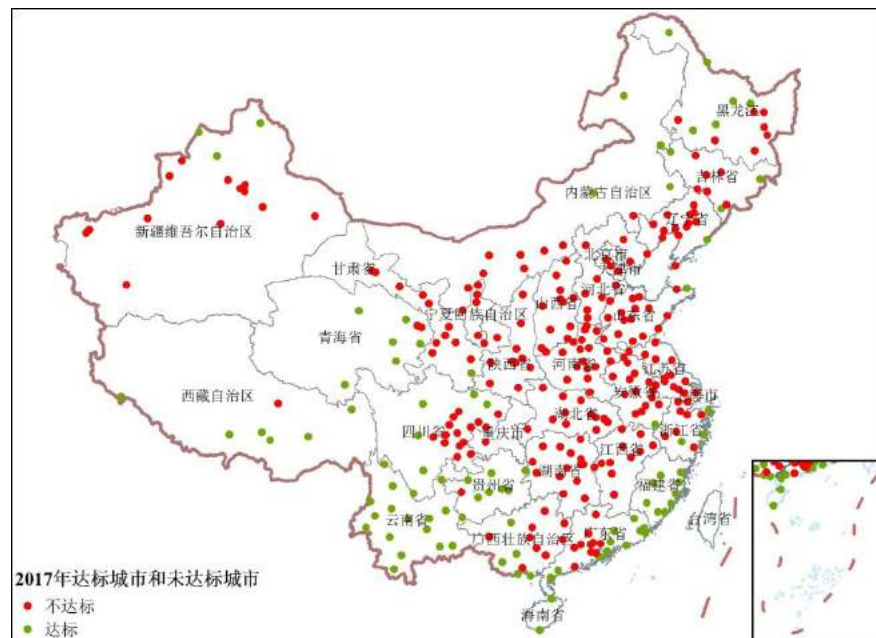
面临挑战

三年展望

城市达标率仍然较低



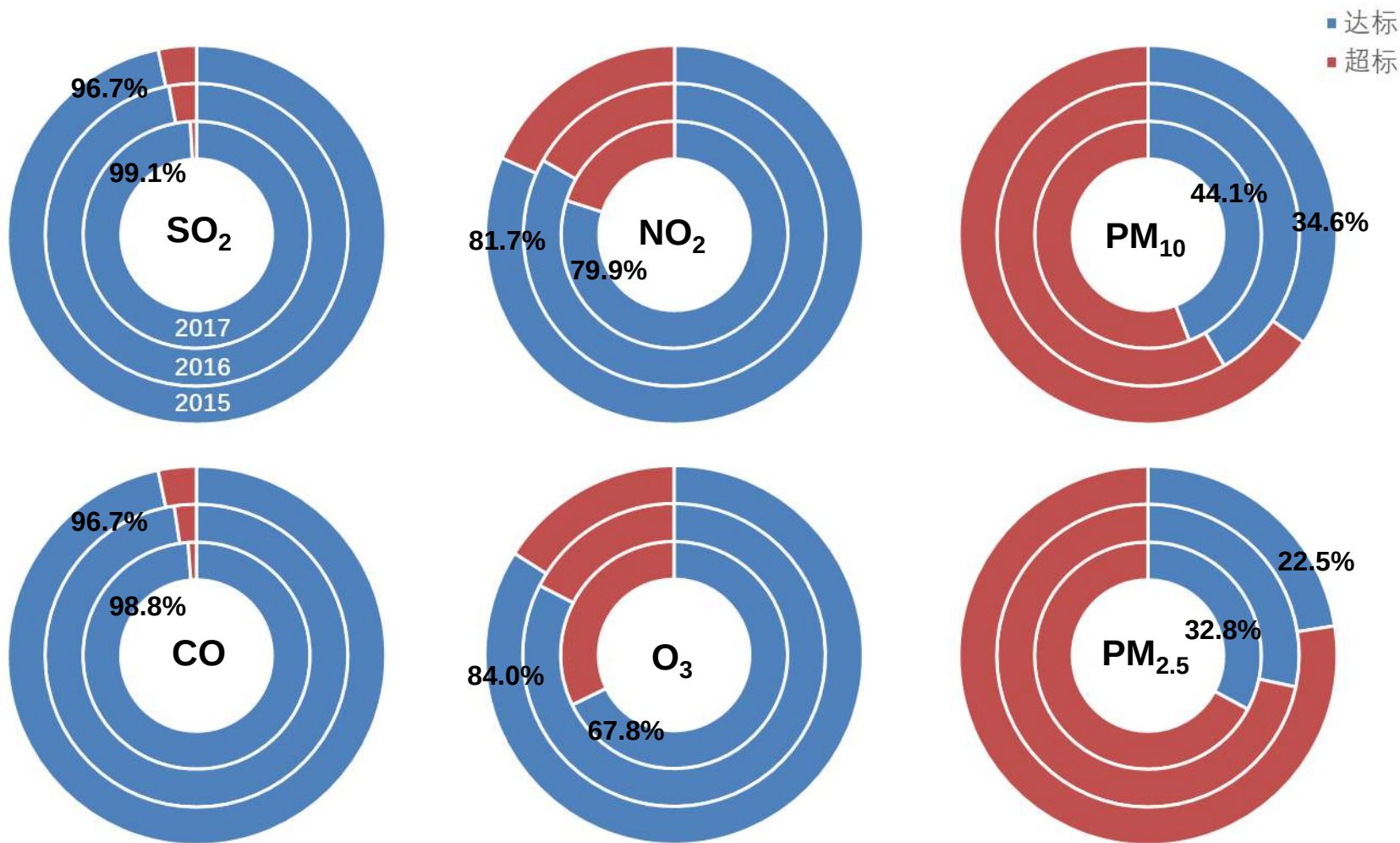
2015-2017年达标城市数量



2017年城市达标情况

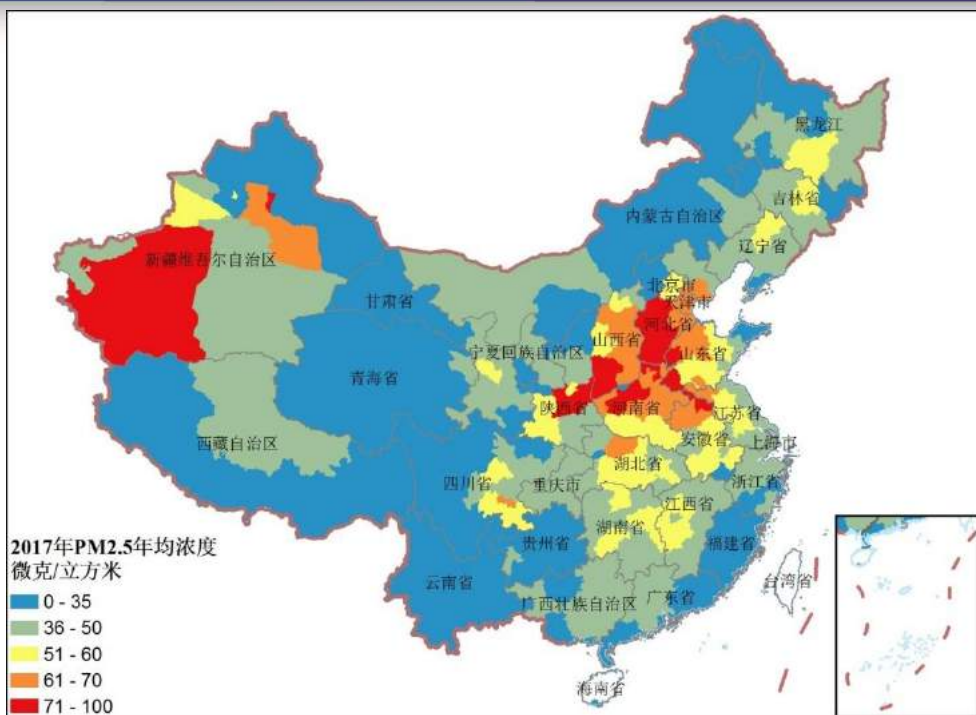
□ 2015-2017年达标城市比例从21.6%增加到27.2%

PM_{2.5}和PM₁₀是主要污染因子

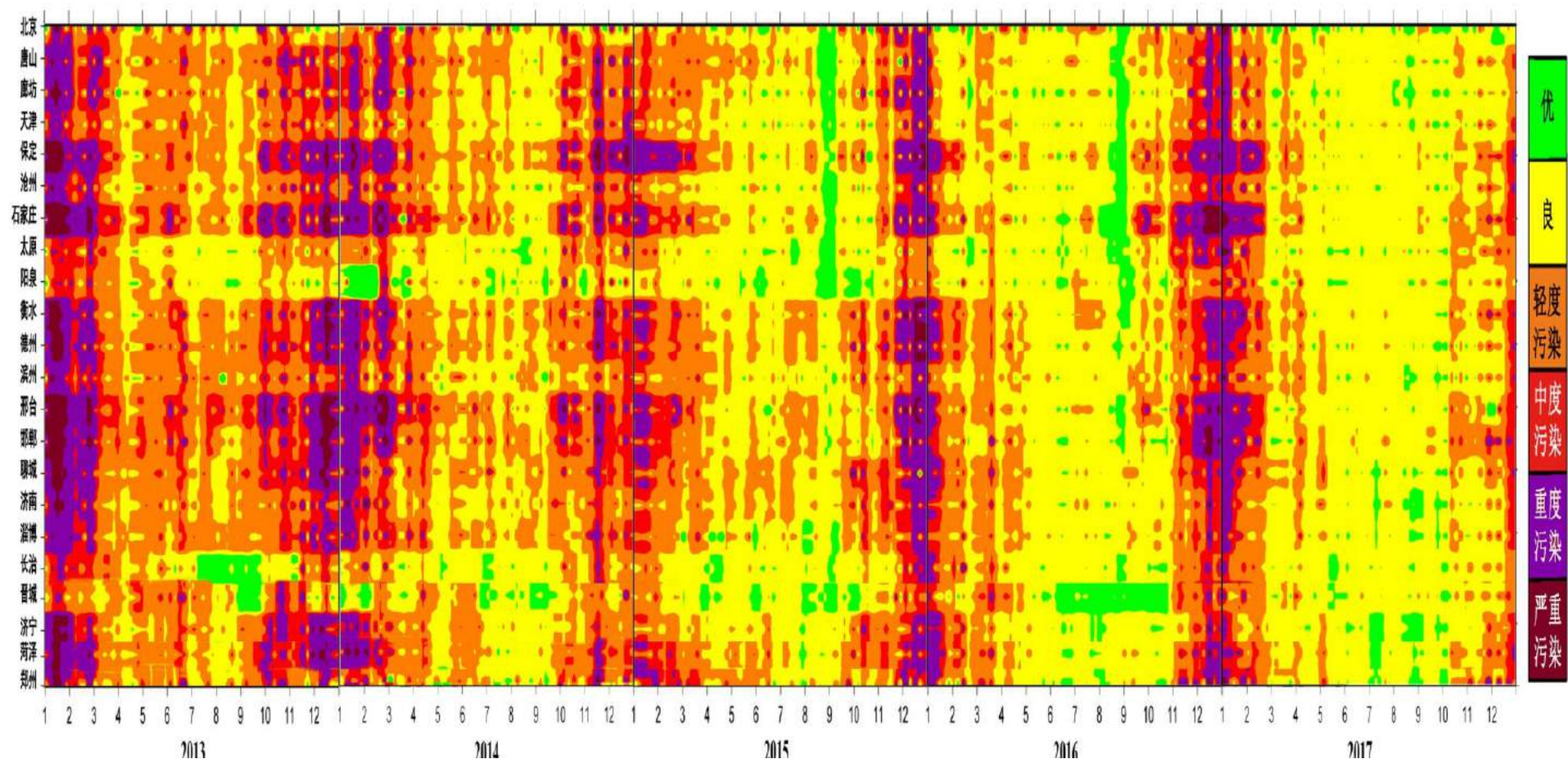


338个城市中，达标和超标城市比例变化情况（年评价）

区域性污染问题突出

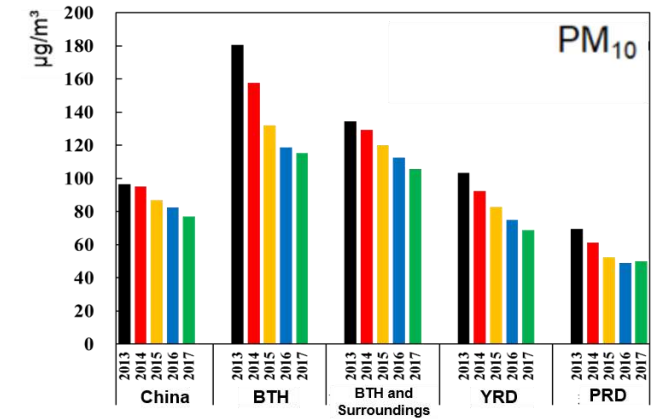
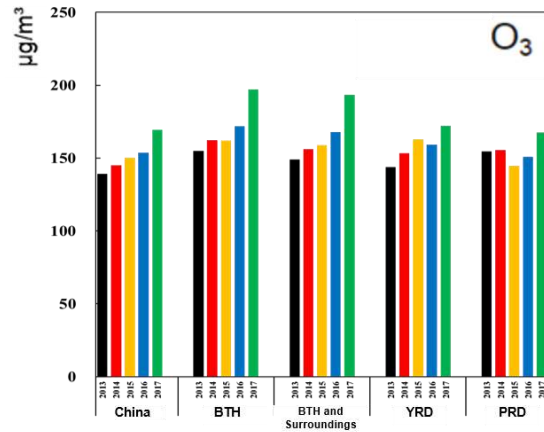
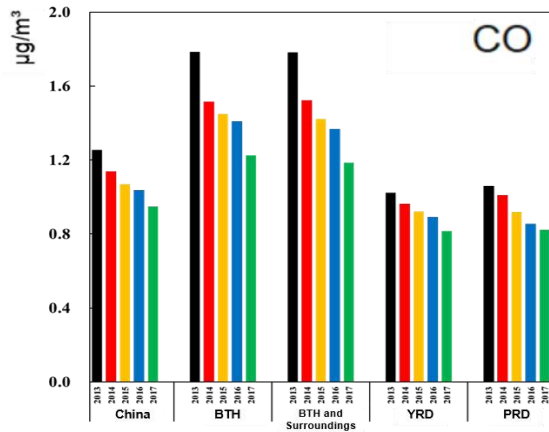
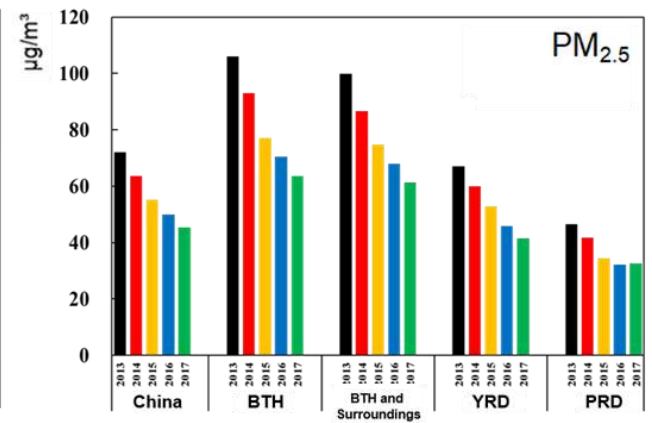
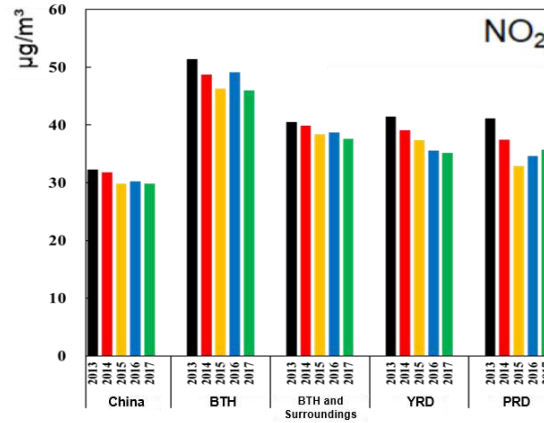
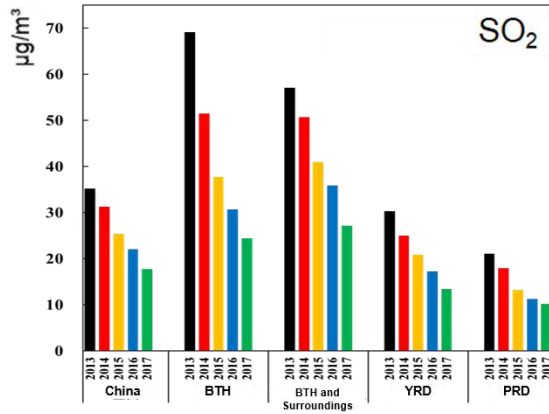


秋冬季和初春时节重污染天气多发频发

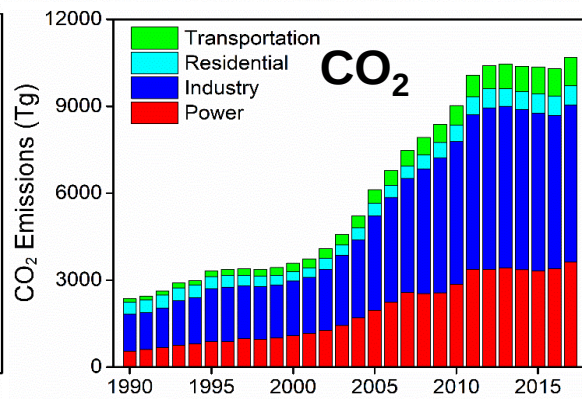
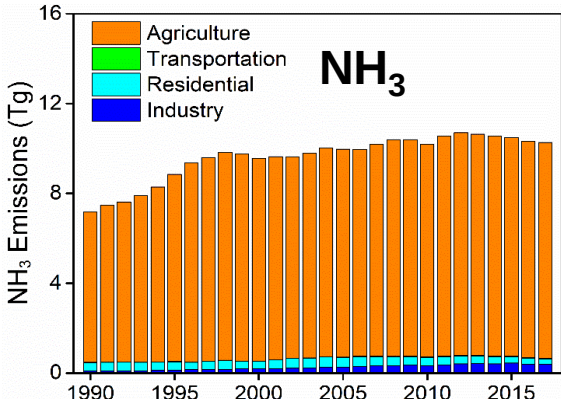
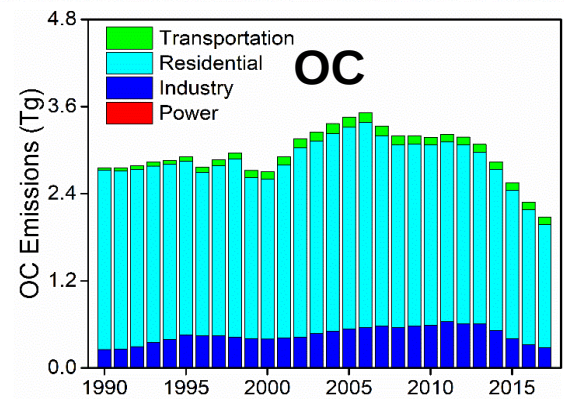
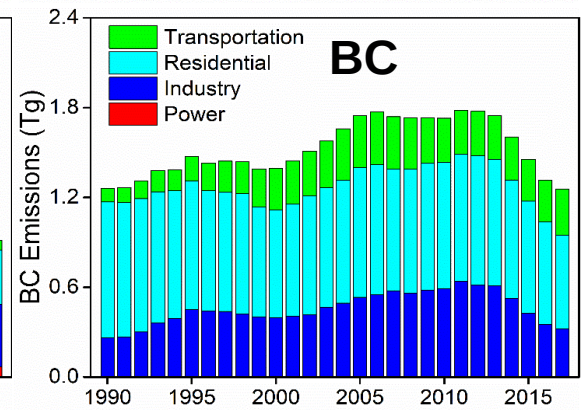
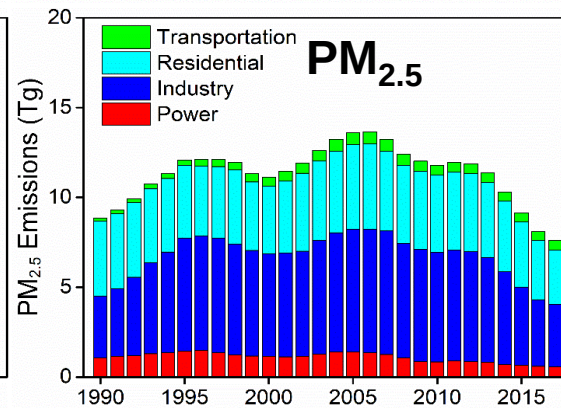
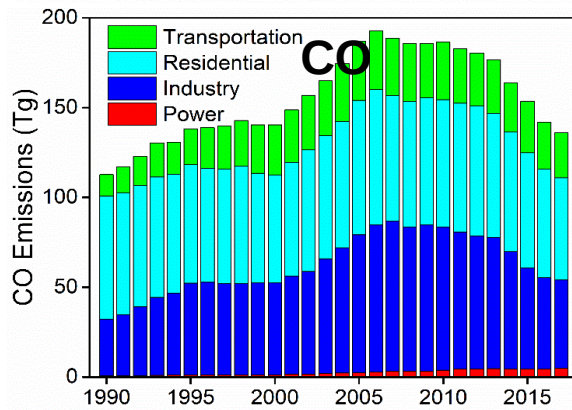
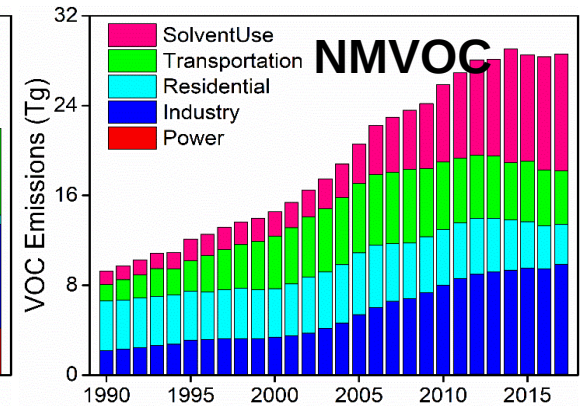
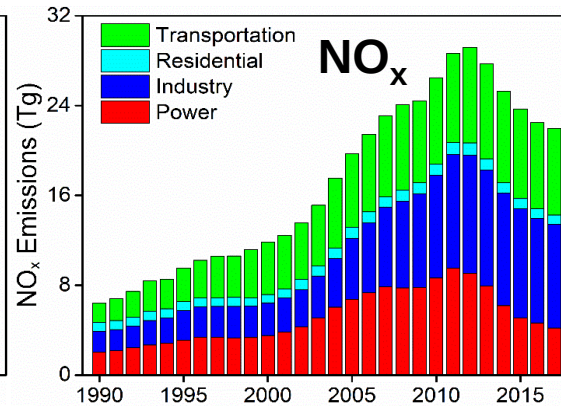
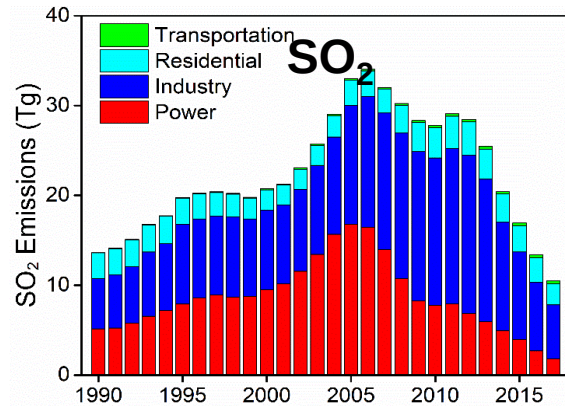


京津冀大气污染传输通道城市2013-2017年大气环境质量情况

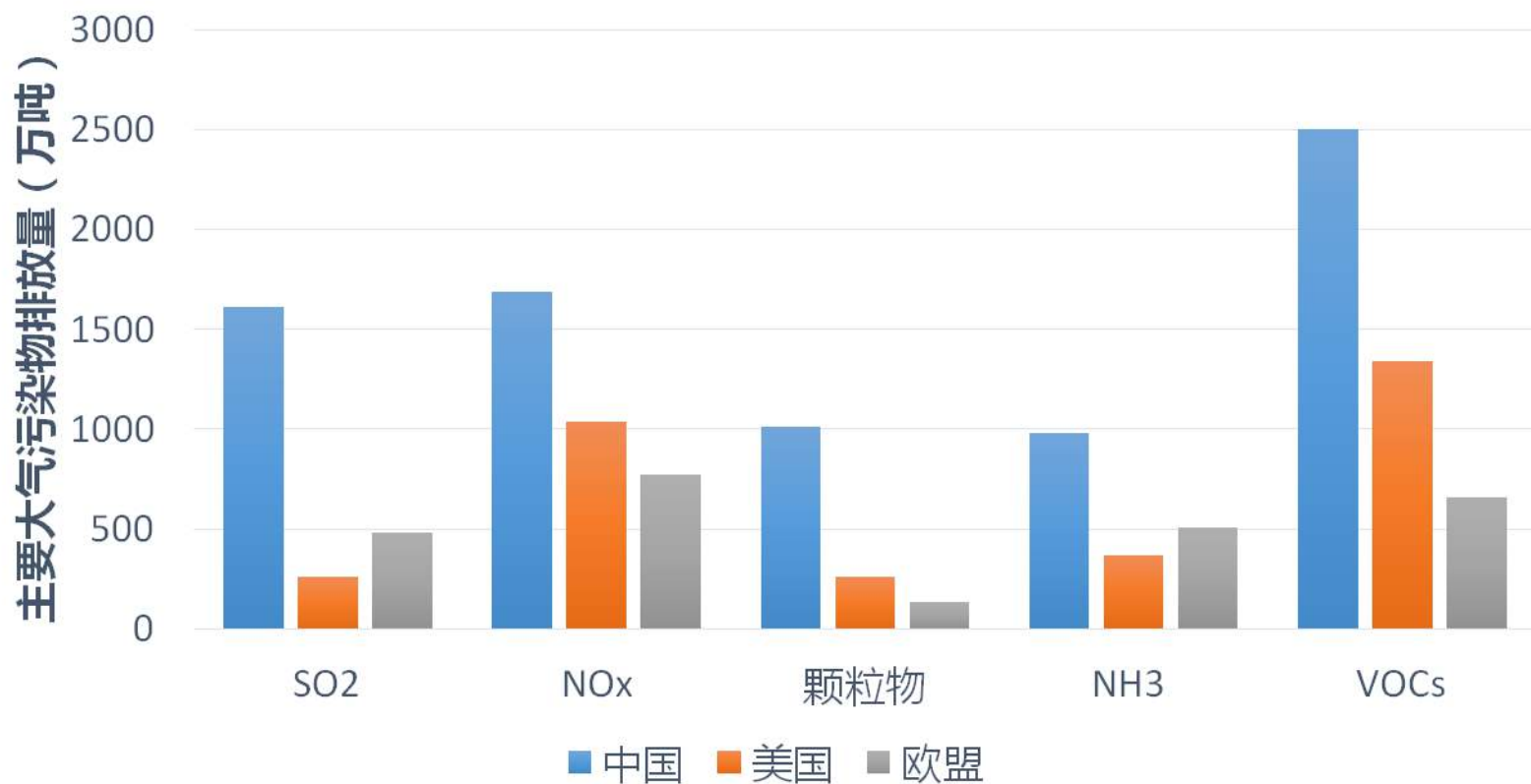
全国空气质量变化情况：2013-2017



中国大气污染物排放：1990-2017



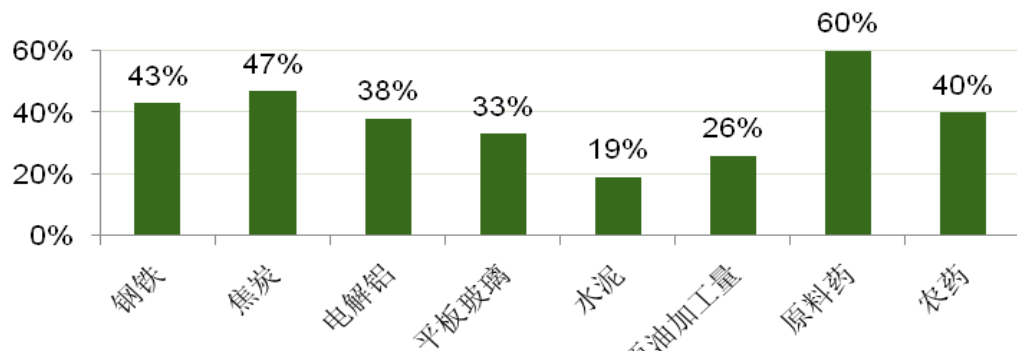
大气污染物排放量仍居世界前列



注：中国SO₂、NO_x为2017年数据，颗粒物（烟粉尘）为2016年数据；美国为2016年数据，颗粒物排放量指PM₁₀排放量；欧盟（28国）为2015年数据，颗粒物排放量为PM_{2.5}排放量

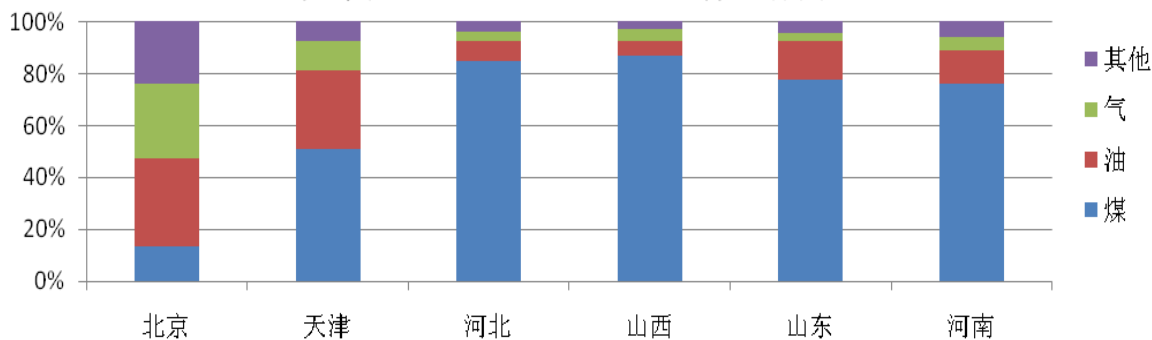
结构性污染问题仍然突出

京津冀及周边地区重点行业产量占全国比例



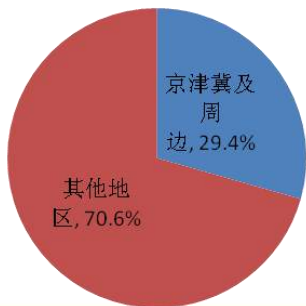
✓ 以重化工为主的产业结构及不合理的产业布局

京津冀及周边地区能源消费结构

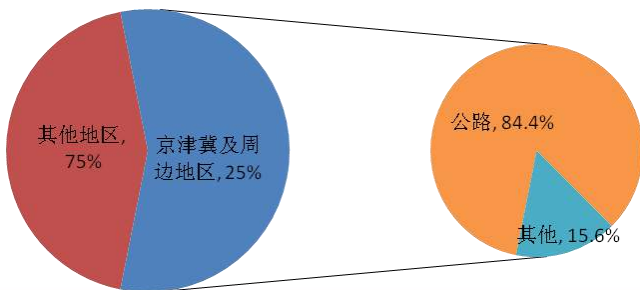


✓ 以煤炭为主的能源产业结构及大量散煤采暖的方式

机动车保有量



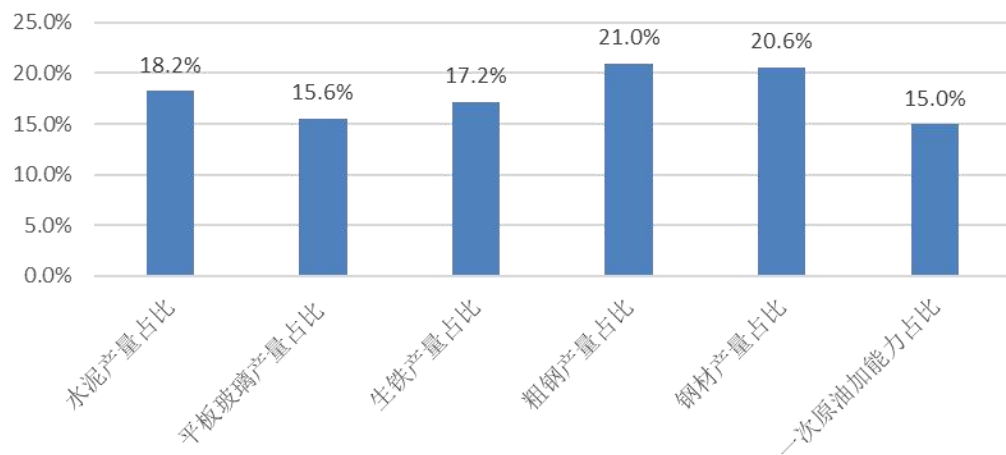
货运量



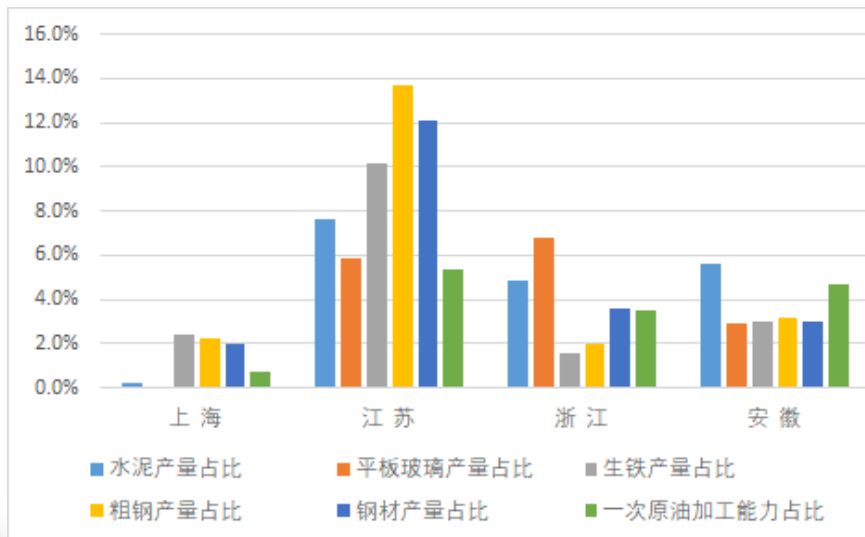
✓ 以公路运输为主 (84.4%) 的交通结构

结构性污染问题仍然突出

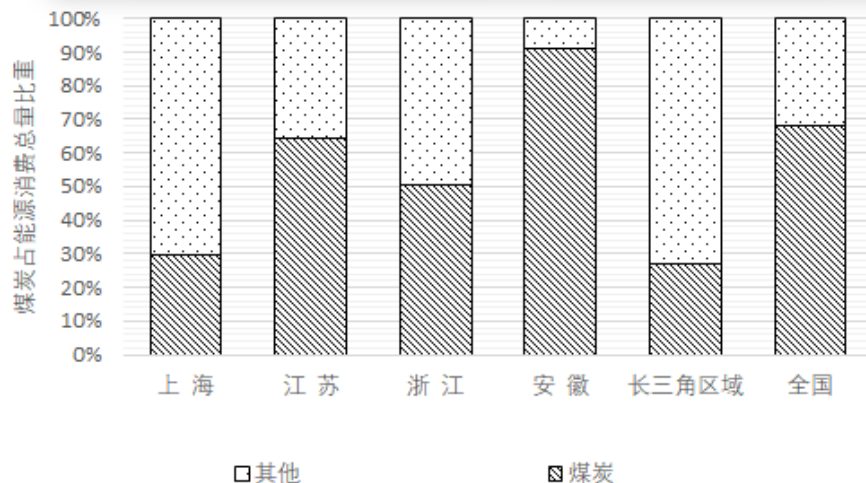
长三角区域重点行业产量占全国的比例



分省主要工业产品产量占全国的比例



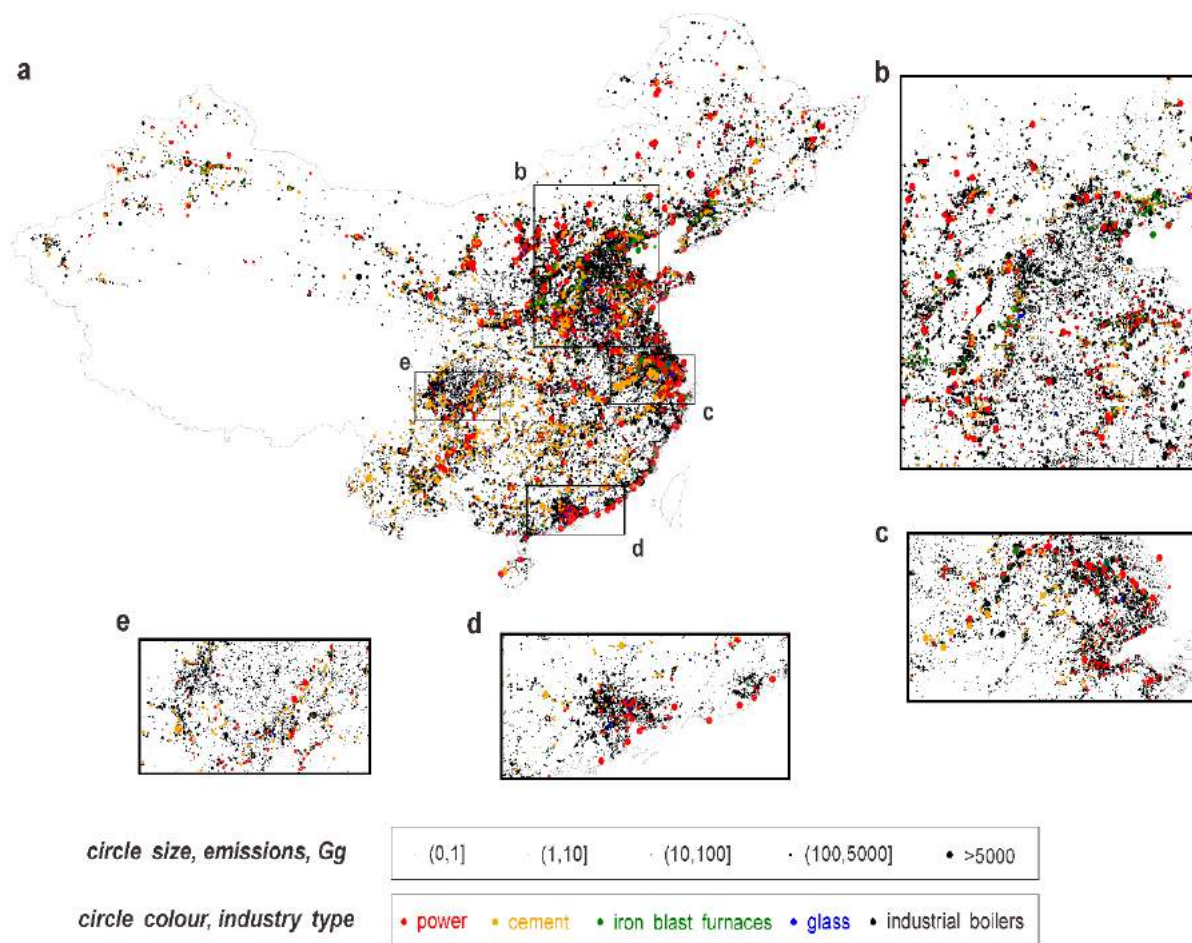
长三角区域煤炭消费占一次能源消费的比重



✓ 长三角区域主要工业产品产量占全国20%左右；江苏和安徽产业结构相对偏重。

✓ 能源结构总体以煤为主，江苏省和安徽省煤炭消费占比相对较高。

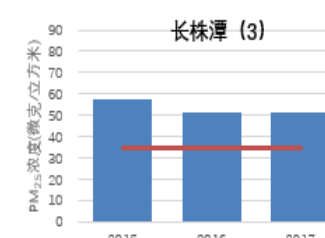
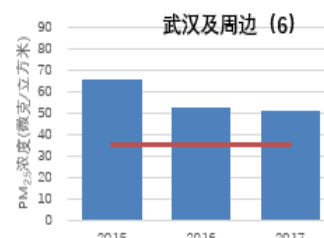
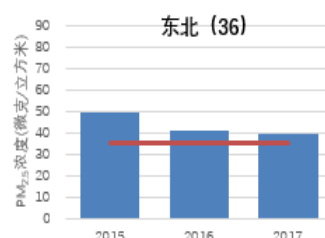
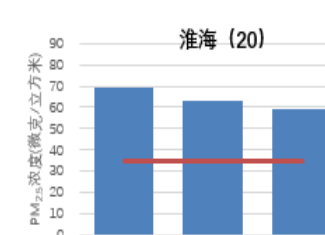
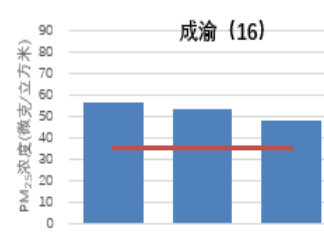
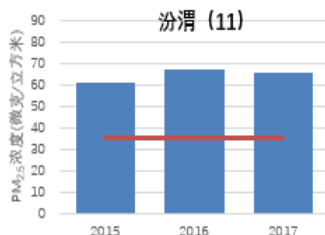
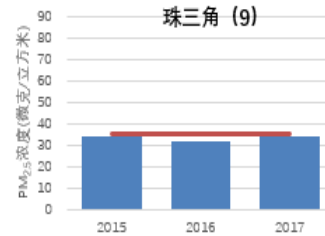
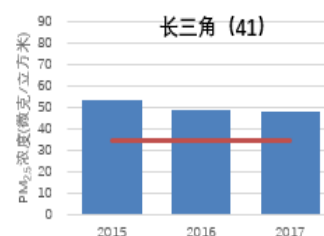
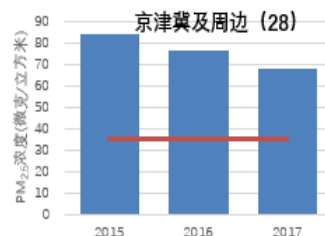
工业部门全点源排放清单



重点区域范围

■ 关于重点区域范围划定的考虑

- **京津冀及周边地区“2+26”城市**虽然PM_{2.5}浓度显著改善，但仍为全国浓度最高的区域；
- **汾渭平原**近年来PM_{2.5}浓度不降反升，大气污染问题逐渐凸显，污染程度仅次于“2+26”城市
- **淮海经济区域**PM_{2.5}污染也较为严重，但其区域范围与京津冀及周边地区及长三角区域有所重合，可一并加以控制；
- **珠三角区域**PM_{2.5}年均浓度平均值已达标，并保持稳定；
- **其他区域**PM_{2.5}浓度均在40~50 ug/m³左右，其中东北地区PM_{2.5}整体污染并不严重，重点是控制秋季秸秆焚烧污染。



五年回顾

面临挑战

三年展望

打赢蓝天保卫战三年行动计划

基本思路

重点改善因子

PM_{2.5}

重点区域

京津冀及周边、长三角、汾渭平原

突出四个重点

重点行业和领域

工业、重卡、散煤、扬尘

重点时段

秋冬季和初春时节

蓝天保卫战

优化产业结构

优化能源结构

强化执法督察

强化区域联防联控

优化四个结构

强化四个支撑

优化运输结构

优化用地结构

强化科技创新

强化宣传引导

(一) 总体要求

- 以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的十九大和十九届二中、三中全会精神，贯彻落实全国生态环境保护大会要求，认真落实党中央、国务院决策部署，坚持新发展理念，坚持全民共治、源头防治、标本兼治；
 - 以**京津冀及周边地区、长三角地区、汾渭平原**等区域（简称重点区域）为重点，持续实施大气污染防治行动；
 - 综合运用经济、法律、技术和必要的行政手段；
 - 大力调整优化**产业结构、能源结构、运输结构和用地结构**，强化**区域联防联控**，狠抓**秋冬季污染治理**，统筹兼顾、系统谋划、精准施策；
- 坚决打赢蓝天保卫战，实现环境效益、经济效益和社会效益多赢。

(二) 目标指标

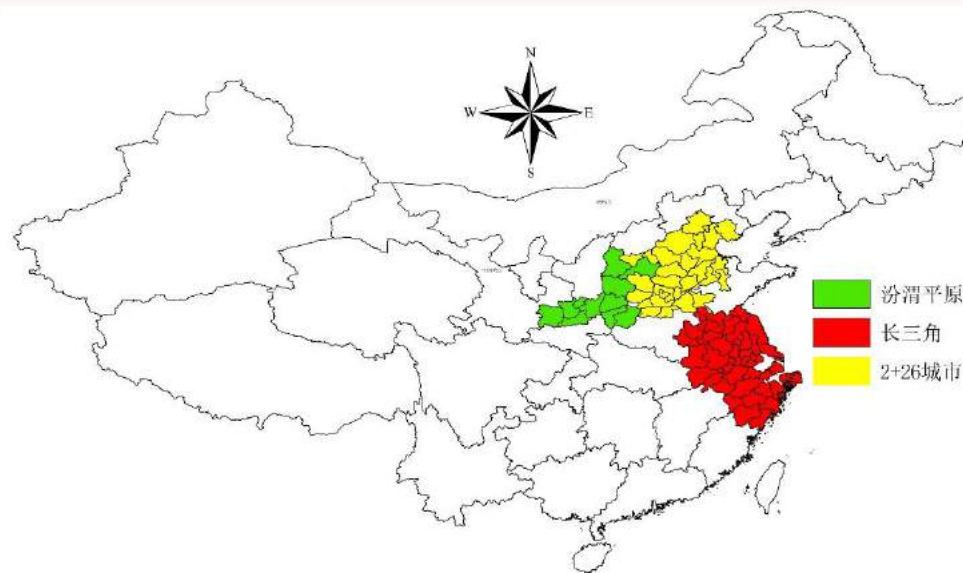
■ 总体目标

到2020年

- 二氧化硫、氮氧化物排放总量分别比2015年下降**15%以上**
- PM_{2.5}未达标地级及以上城市浓度比2015年下降**18%以上**，地级及以上城市空气质量优良天数比率达到**80%**，重度及以上污染天数比率比2015年下降**25%以上**
- 提前完成“十三五”目标的省份，要保持和巩固改善成果；尚未完成的，要确保全面实现“十三五”约束性目标；
- **北京市**环境空气质量改善目标应在“十三五”目标基础上**进一步提高**

- PM_{2.5}未达标地级及以上城市，是指2015年PM_{2.5}年均浓度未达标的**262个城市**
- 地级及以上城市，是指全国**338个**地级及以上城市

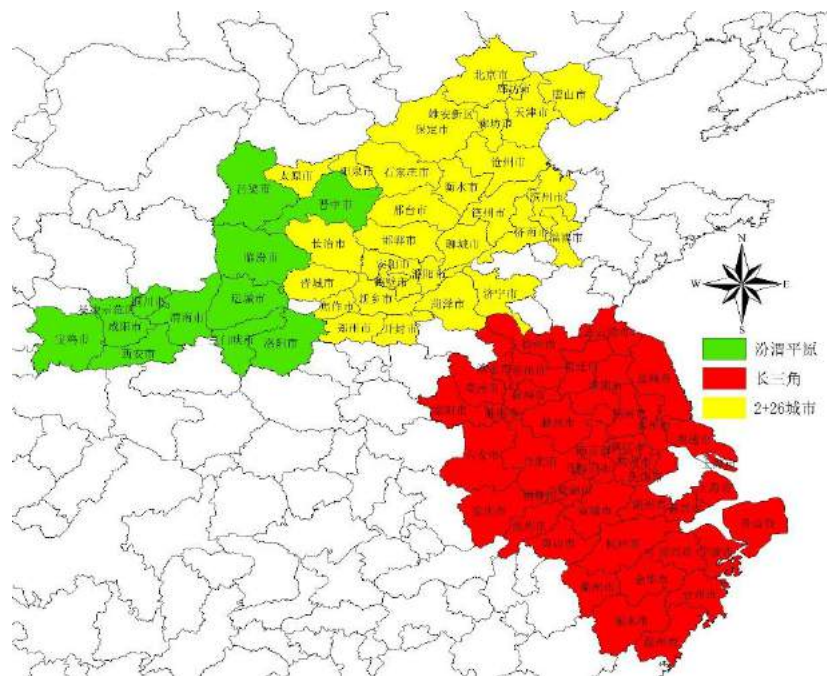
(三) 重点区域范围



■**京津冀及周边地区**：北京市，天津市，河北省石家庄、唐山、廊坊、保定、沧州、衡水、邢台、邯郸市以及雄安新区，山西省太原、阳泉、长治、晋城市，山东省济南、淄博、济宁、德州、聊城、滨州、菏泽市，河南省郑州、开封、安阳、鹤壁、新乡、焦作、濮阳市等；

■**长三角地区**：上海市、江苏省、浙江省、安徽省；

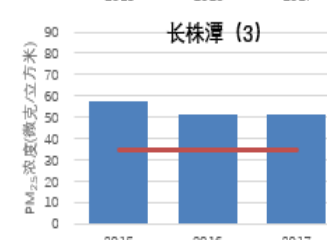
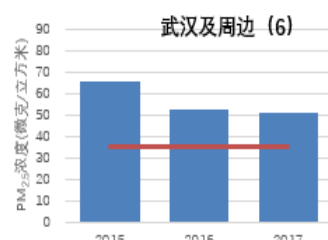
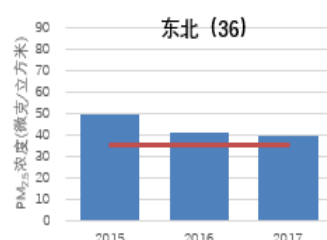
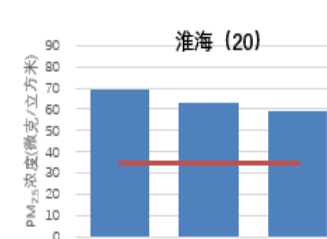
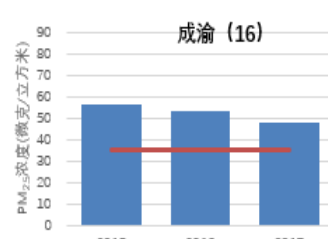
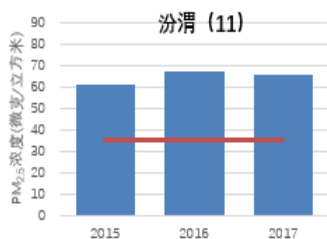
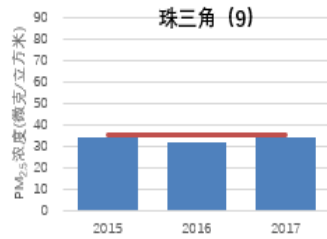
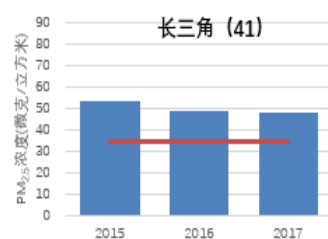
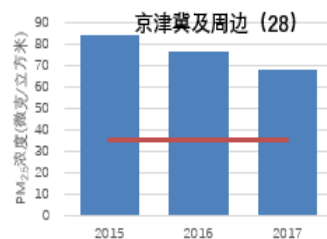
■**汾渭平原**：山西省吕梁、晋中、临汾、运城市，河南省洛阳、三门峡市，陕西省西安、宝鸡、咸阳、渭南、铜川市以及杨凌示范区等。



(三) 重点区域范围

■ 关于重点区域范围划定的考虑

- **京津冀及周边地区“2+26”城市**虽然PM_{2.5}浓度显著改善，但仍为全国浓度最高的区域；
- **汾渭平原**近年来PM_{2.5}浓度不降反升，大气污染问题逐渐凸显，污染程度仅次于“2+26”城市
- **淮海经济区域**PM_{2.5}污染也较为严重，但其区域范围与京津冀及周边地区及长三角区域有所重合，可一并加以控制；
- **珠三角区域**PM_{2.5}年均浓度平均值已达标，并保持稳定；
- **其他区域**PM_{2.5}浓度均在40~50 ug/m³左右，其中东北地区PM_{2.5}整体污染并不严重，重点是控制秋季秸秆焚烧污染。



秋冬季和初春时节重污染天气多发频发

10月

11月

2015年

哈尔滨市

齐齐哈尔市

鸡西市

鹤岗市

双鸭山市

大庆市

佳木斯市

七台河市

绥化市

长春市

吉林市

四平市

辽阳市

抚顺市

锦州市

阜新市

沈阳市

铁岭市

2016年

哈尔滨市

齐齐哈尔市

鸡西市

鹤岗市

双鸭山市

大庆市

佳木斯市

七台河市

绥化市

长春市

吉林市

四平市

辽阳市

抚顺市

锦州市

阜新市

沈阳市

铁岭市

2017年

哈尔滨市

齐齐哈尔市

鸡西市

鹤岗市

双鸭山市

大庆市

佳木斯市

七台河市

绥化市

长春市

吉林市

四平市

辽阳市

抚顺市

锦州市

阜新市

沈阳市

铁岭市



东北地区
近三年
10-11月
大气环境
质量日历
图

优

良

轻度污染

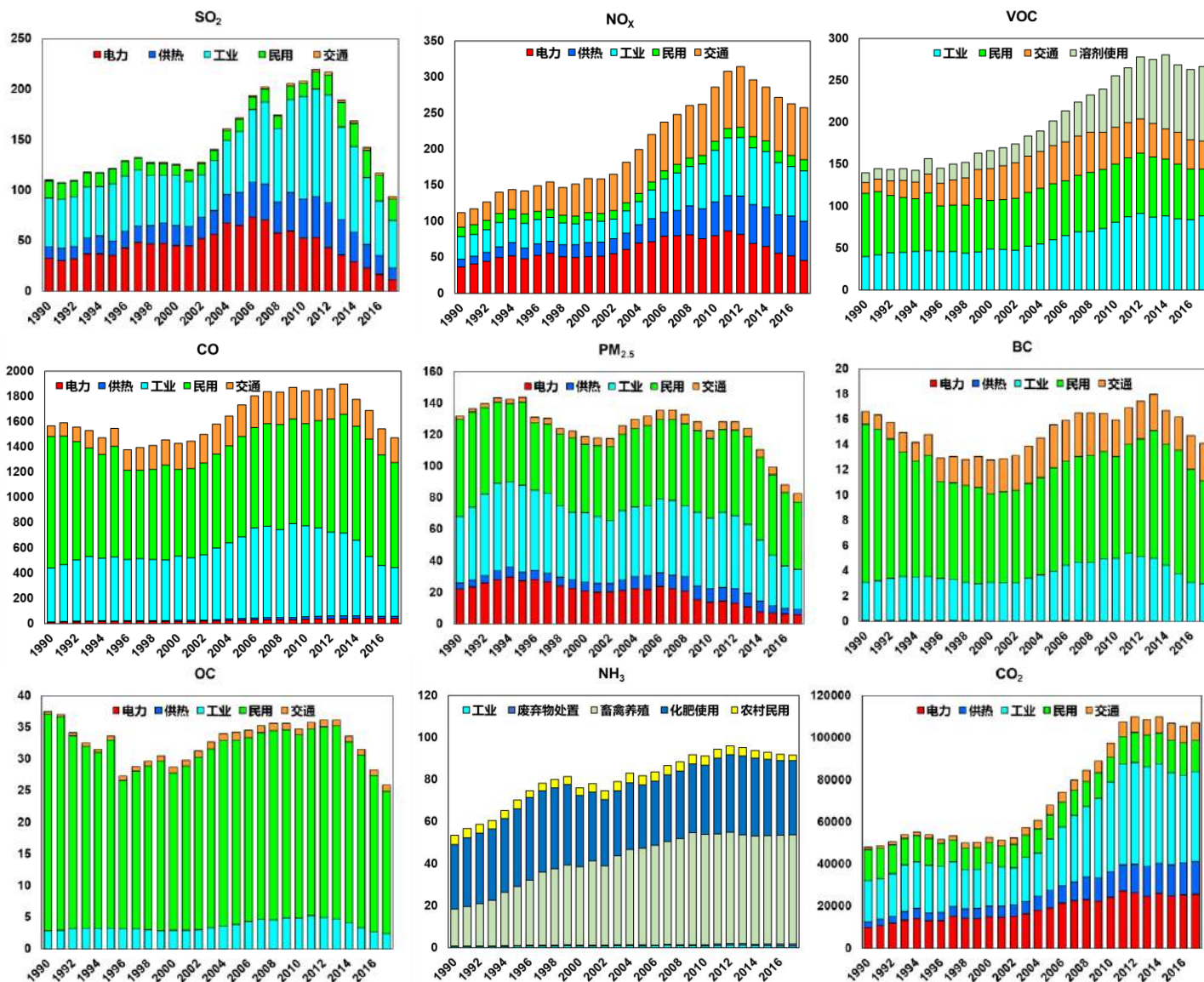
中度污染

重度污染

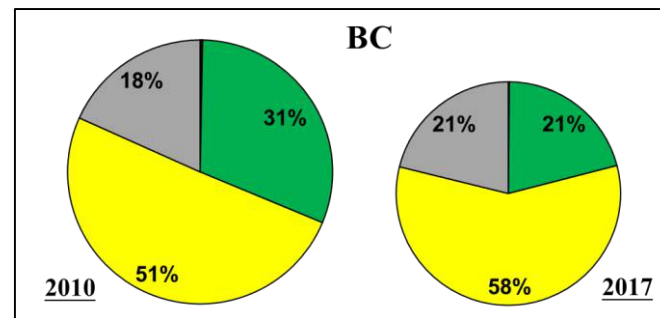
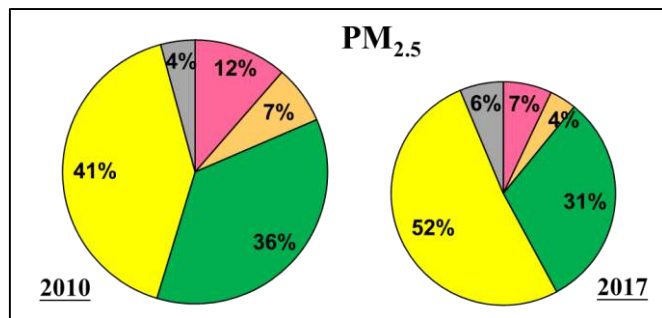
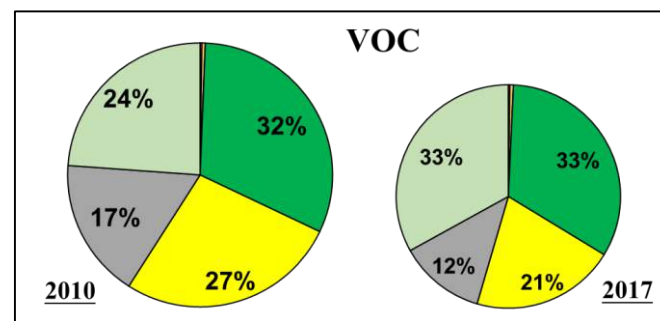
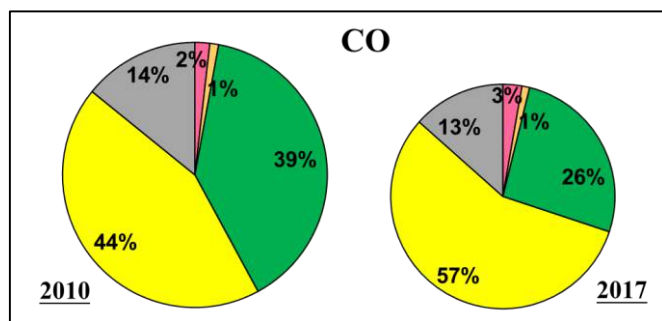
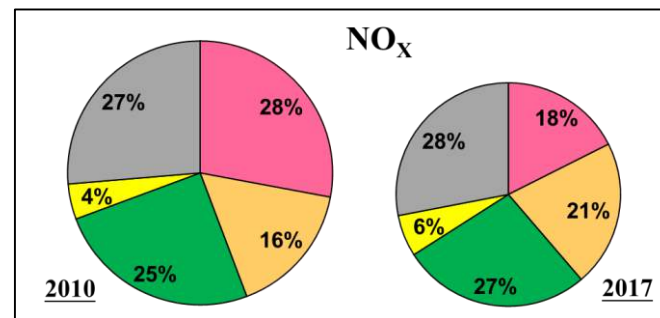
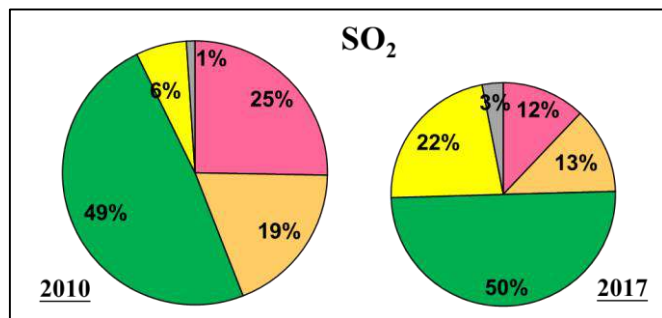
严重污染

爆表

东三省大气污染物排放：1990-2017

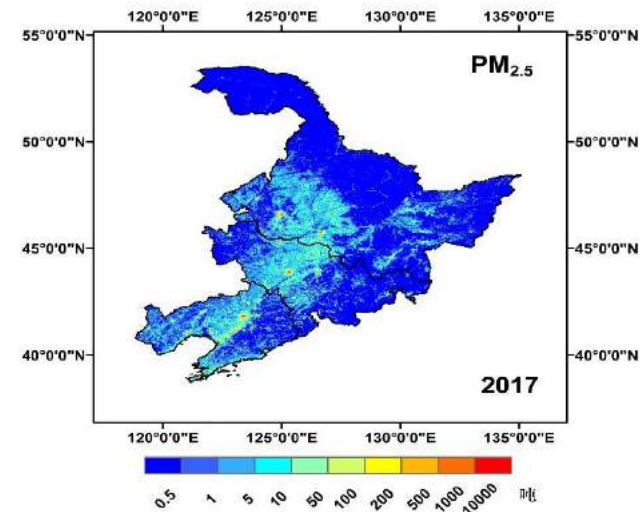
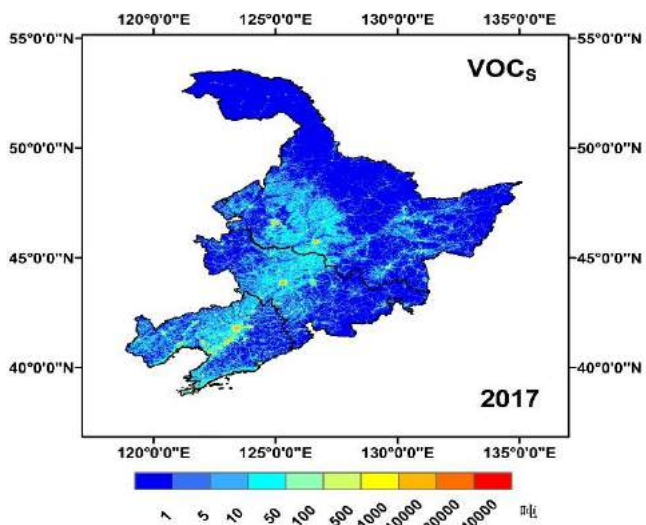
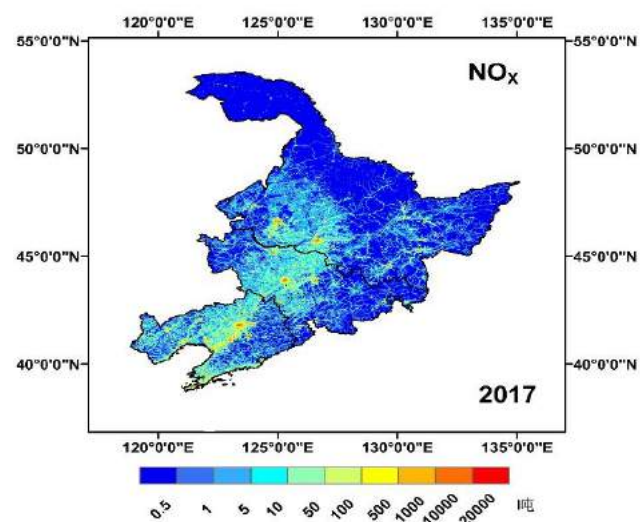
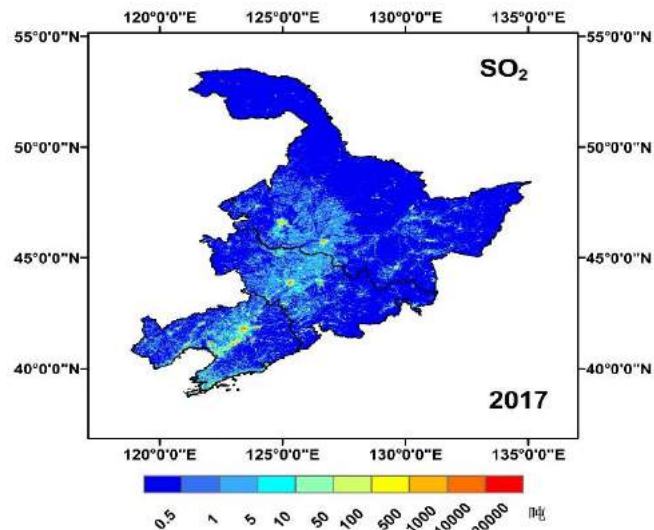


东三省大气污染物排放部门分布



■ 电力 ■ 供热 ■ 工业 ■ 民用 ■ 移动源 ■ 溶剂使用 ■ 废弃物处置

东三省大气污染物排放空间分布



主要任务

主要任务

调整优化**产业结构**,
推进产业绿色发展

- (四) 优化产业布局
- (五) 严控“两高”产能
- (六) 强化“散乱污”企业综合整治
- (七) 深化工业污染治理
- (八) 大力培育绿色环保产业

加快调整**能源结构**,
构建清洁低碳高效能源
体系

- (九) 有效推进北方地区清洁取暖
- (十) 重点区域继续实施煤炭消费总量控制
- (十一) 开展燃煤锅炉综合整治
- (十二) 提高能源利用效率
- (十三) 加快发展清洁能源和新能源

积极调整**运输结构**,
发展绿色交通体系

- (十四) 优化调整货物运输方式
- (十五) 加快车船结构升级
- (十六) 加快油品质量升级
- (十七) 强化移动源污染防治

优化调整**用地结构**,
推进面源污染治理

- (十八) 实施防风固沙绿化工程
- (十九) 推进露天矿山综合整治
- (二十) 加强扬尘综合治理
- (二十一) 加强秸秆综合利用和氨排放控制

主要任务

主要任务

实施**重大专项行动**,
大幅降低污染排放

- (二十二) 开展重点区域秋冬季攻坚行动
- (二十三) 打好柴油货车污染治理攻坚战
- (二十四) 开展工业窑炉治理专项行动
- (二十五) 实施VOCs专项整治方案

强化区域联防联控,
有效应对重污染天气

- (二十六) 建立完善区域大气污染防治协作机制
- (二十七) 加强重污染天气应急联动
- (二十八) 夯实应急减排措施

(二十一) 加强秸秆综合利用和氨排放控制

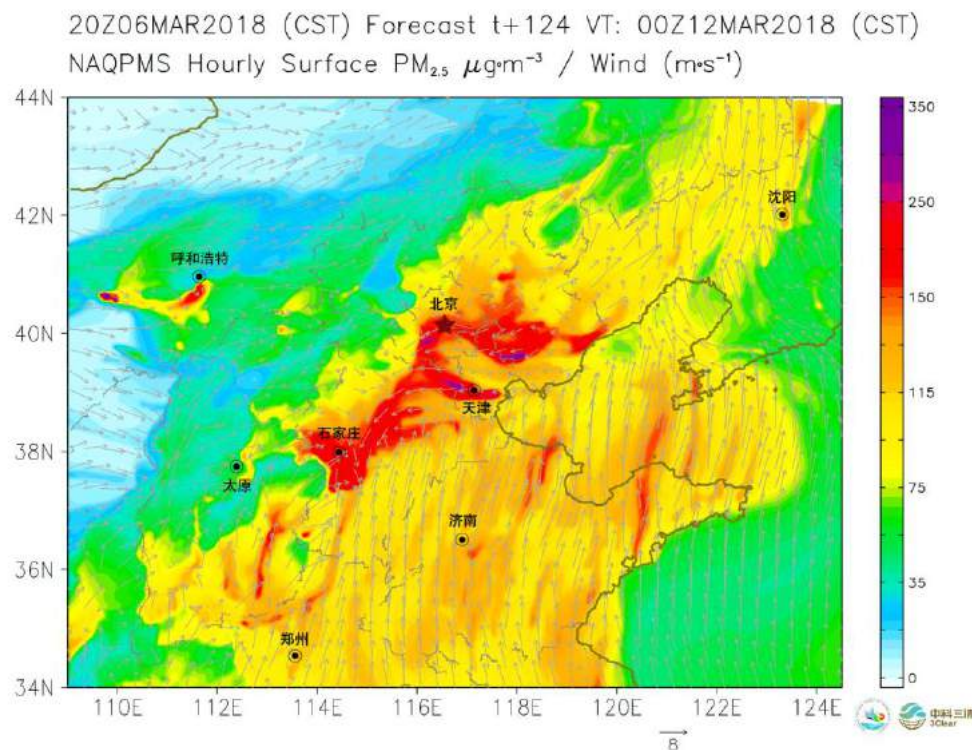
切实加强秸秆禁烧管控

- 坚持堵疏结合，加大政策支持，全面加强秸秆综合利用，到2020年，全国秸秆综合利用率达到85%
- 重点区域建立网格化监管制度，在夏收和秋收阶段开展秸秆禁烧专项巡查
- 东北地区针对秋冬季秸秆集中焚烧和采暖季初锅炉集中起炉的问题，制定专项工作方案

控制农业源氨排放

- 减少化肥农药使用量，增加有机肥使用量，实现化肥农药使用量负增长
- 提高化肥利用率，到2020年，京津冀及周边地区、长三角地区达到40%以上
- 强化畜禽粪污资源化利用，改进养殖场通风环境，减少氨挥发排放

(二十七) 加强重污染天气应急联动

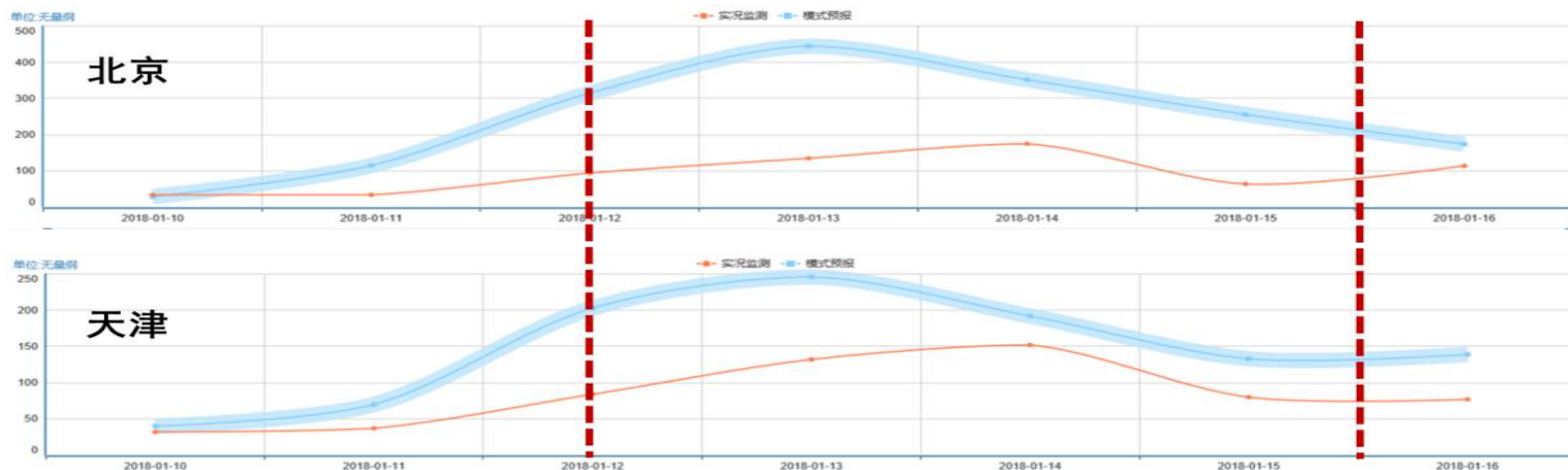


- 各区域空气质量预测预报中心2019年底前实现7-10天预报能力，省级预报中心实现以城市为单位的7天预报能力
- 完善预警分级标准体系，区分不同区域不同季节应急响应标准，同一区域内统一应急预警标准
- 当预测到区域出现大范围重污染天气时，统一发布预警信息，各相关城市按级别启动应急响应措施，实施区域应急联动

(二十八) 夯实应急减排措施

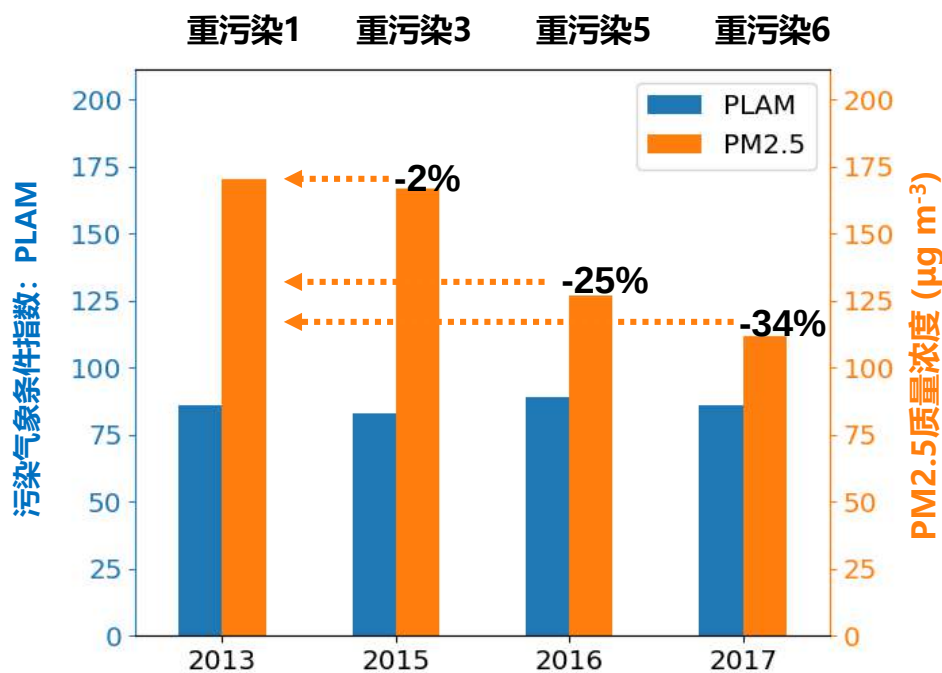
制定完善重污染天气应急预案

- 黄色、橙色、红色级别减排比例不低于10%、20%、30%
- 细化应急减排措施，实施“一厂一策”清单化管理
- 黄色及以上重污染天气预警期间，涉及大宗物料运输的重点用车企业，实施应急运输响应

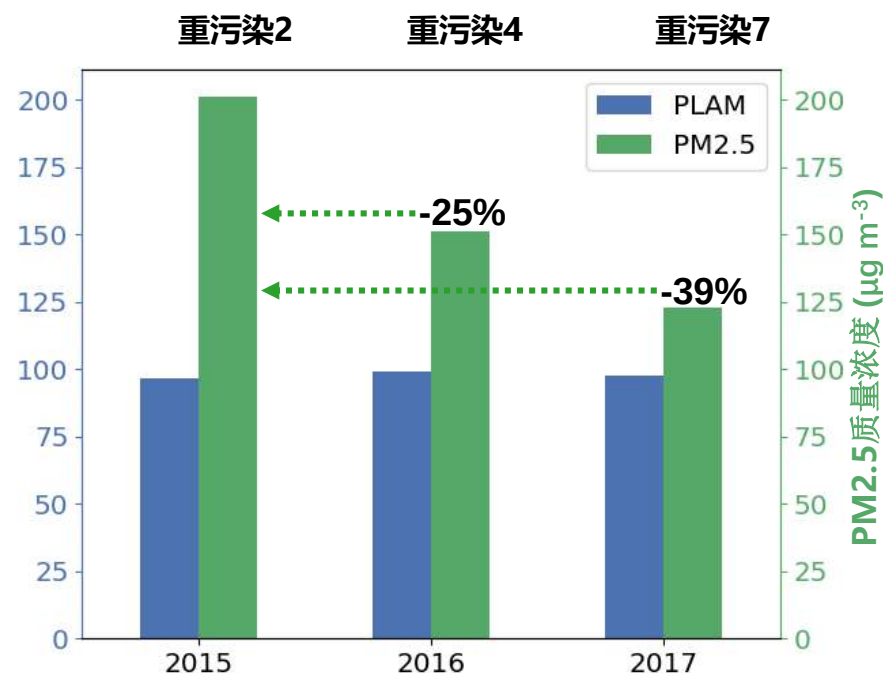


通过对比，可以发现北京市和天津市实际空气质量均比预测结果
降低了1-2个级别

相同气象条件下重污染强度显著降低



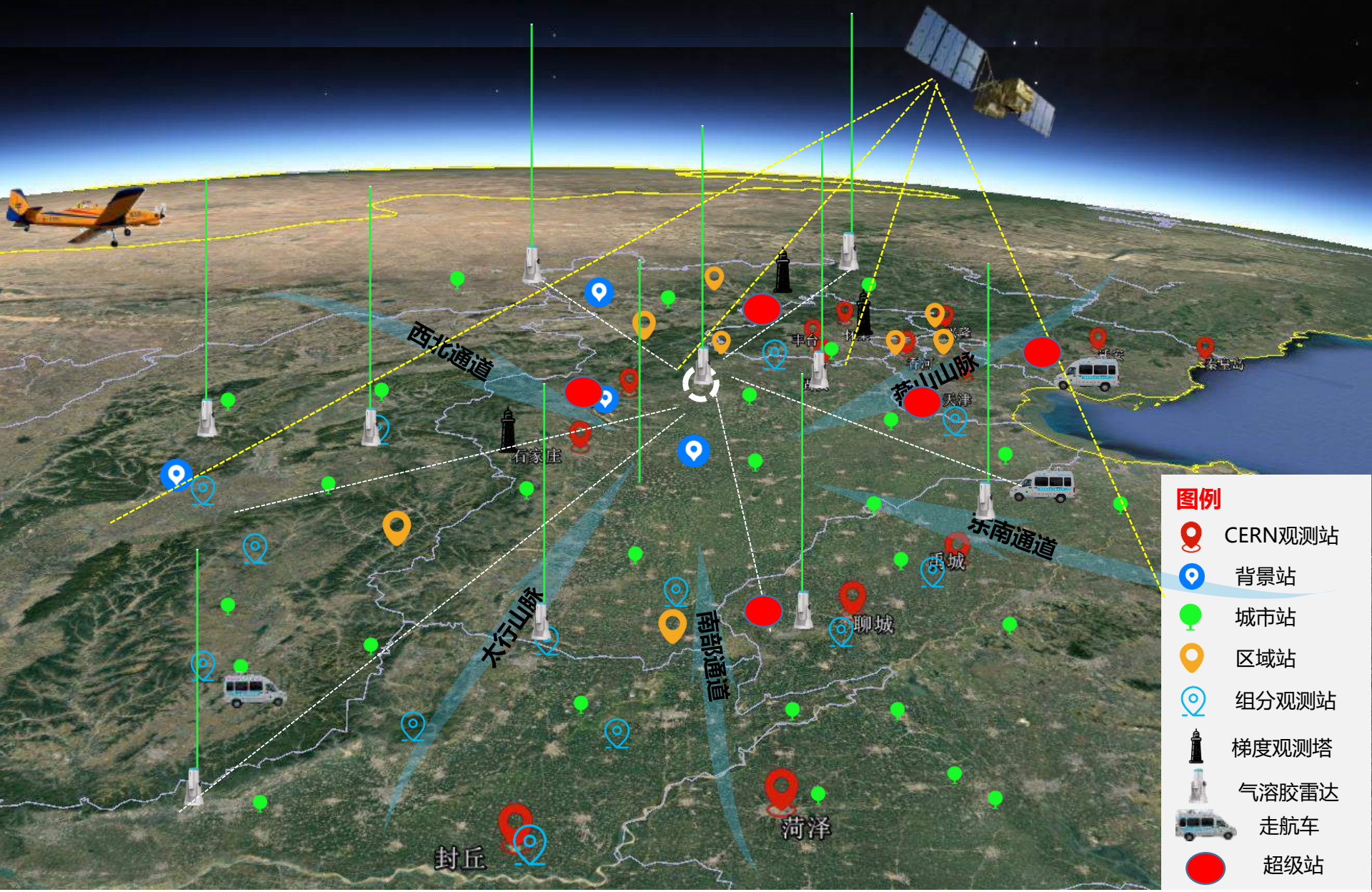
持续时间约3天



持续时间约4天

2013-2017年间，在气象条件和持续时间相同的重污染事件中，
PM_{2.5}浓度呈逐年下降趋势，显示重污染天气应对能力逐步增强

天空地一体环境监测系统



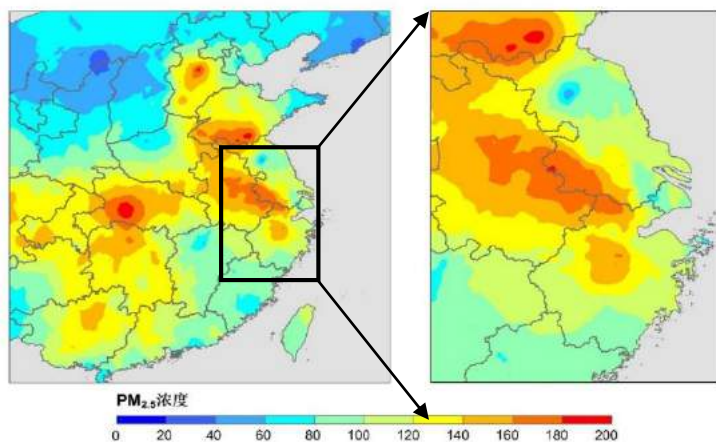
图例

-  CERN观测站
 -  背景站
 -  城市站
 -  区域站
 -  组分观测站
 -  梯度观测塔
 -  气溶胶雷达
 -  走航车
 -  超级站

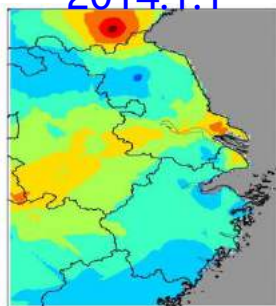
重污染分析：核心污染带识别

- 分析了长三角地区26城市2013-2015年共40次污染事件，结果表明：
苏、皖、浙交界区域是PM_{2.5}重污染带之一。

举例：2014.1.1-1.5 PM_{2.5}=148 μg m⁻³

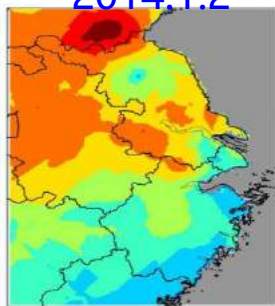


2014.1.1



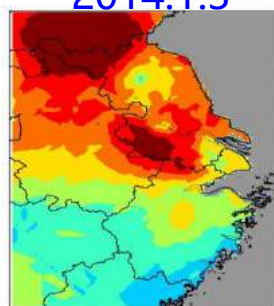
< 0 40 80 120 160 200

2014.1.2



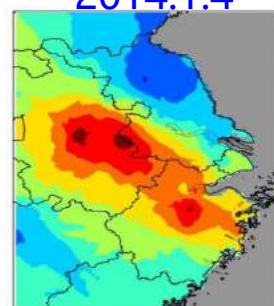
< 0 40 80 120 160 200

2014.1.3



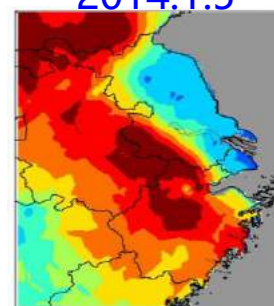
< 0 40 80 120 160 200

2014.1.4



< 0 40 80 120 160 200

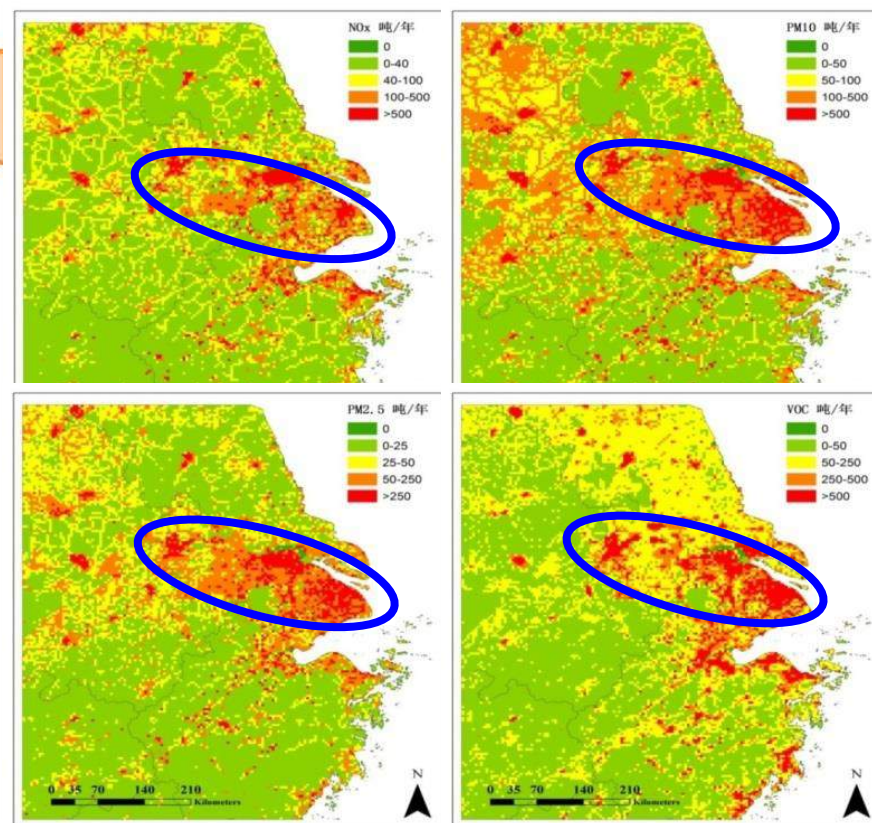
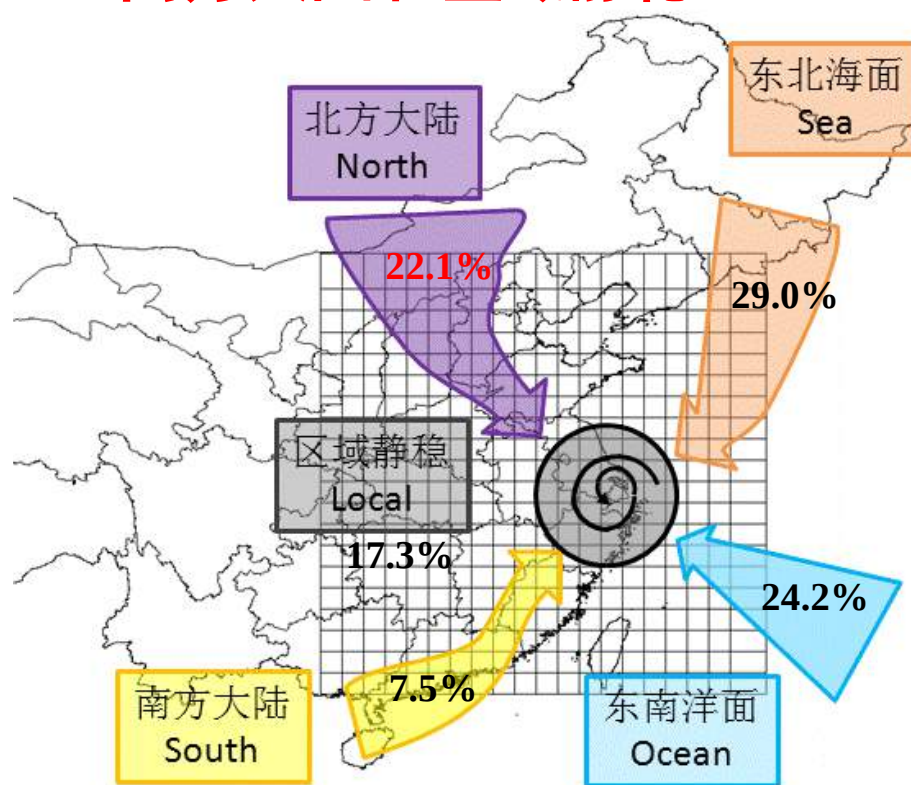
2014.1.5



< 0 40 80 120 160 200

传输通道分析：区域传输通道识别

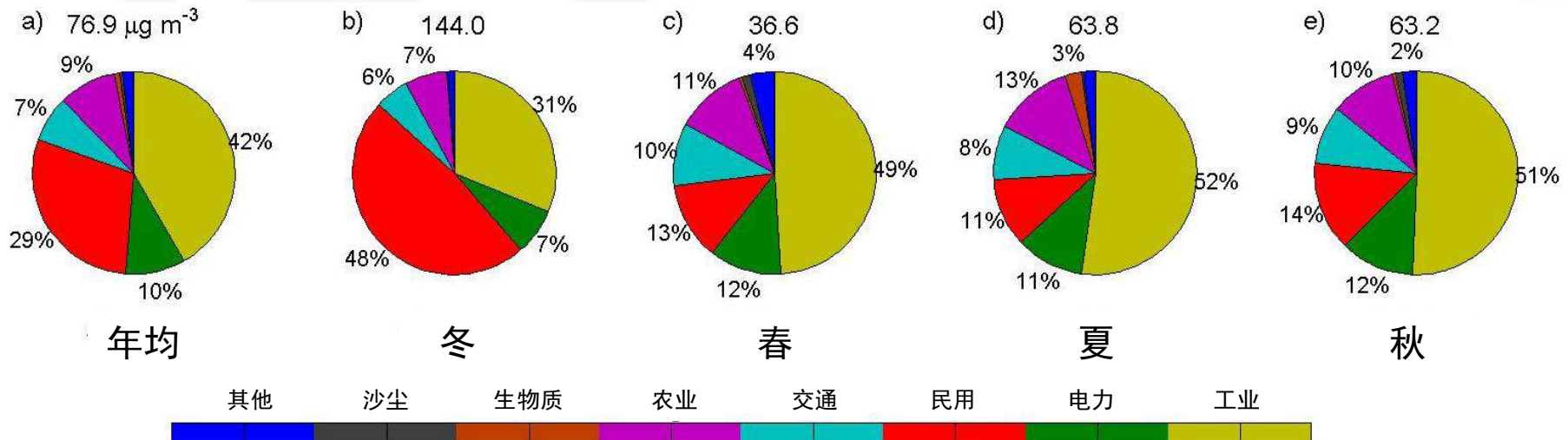
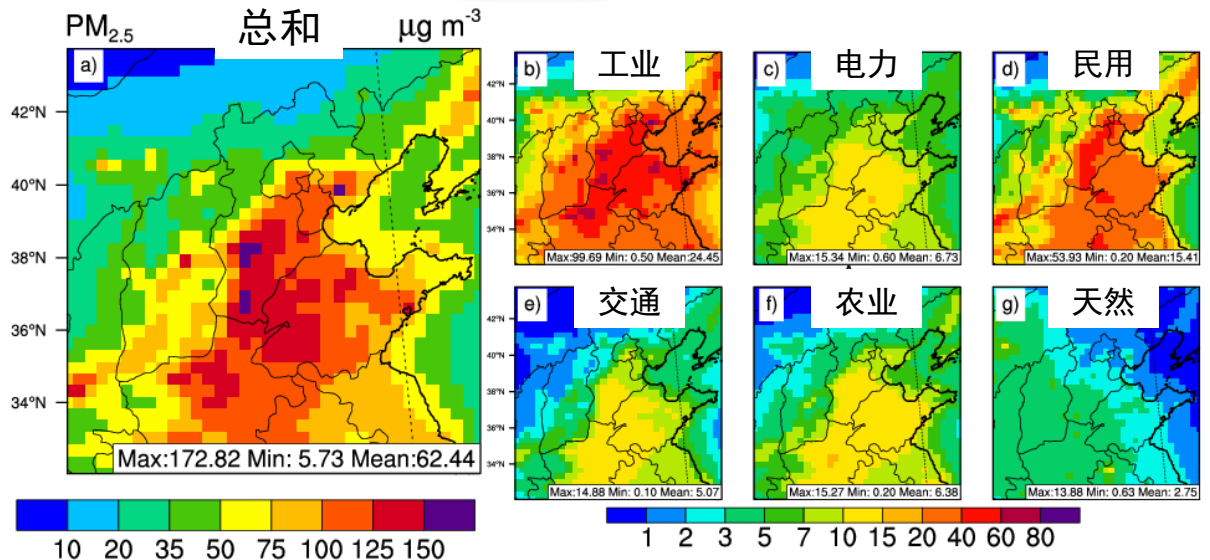
□ 基于2004–2014年GDAS数据，将长三角大气污染输送轨迹大致可分为5类：来自**北方大陆**、**东北海面**、**东南洋面**、**南方大陆**和**区域静稳**。



来源：上海环科院李莉等

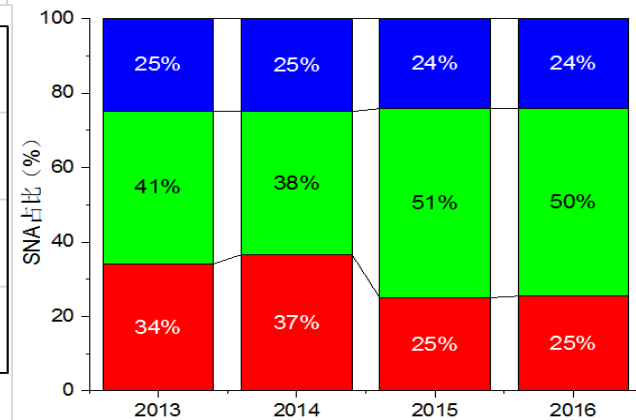
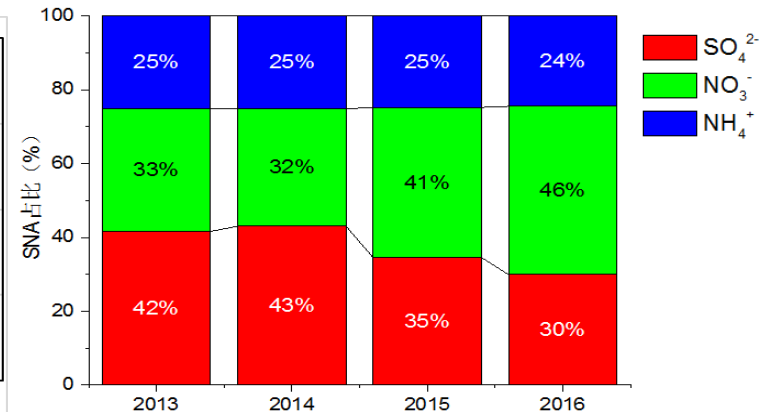
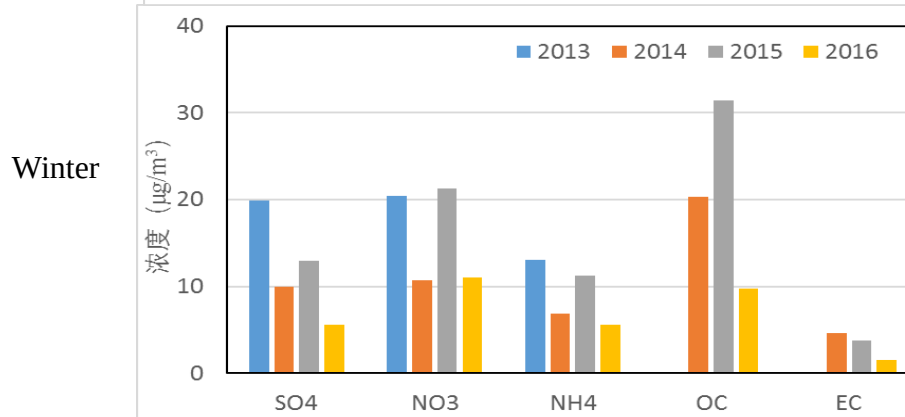
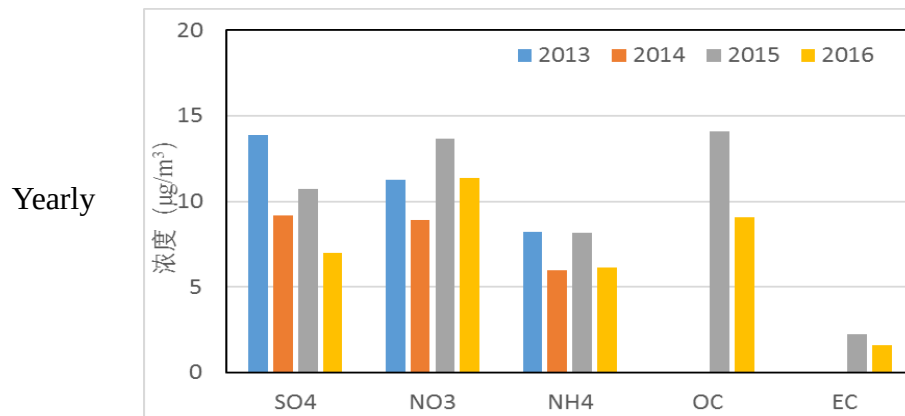
京津冀区域PM_{2.5}污染部门分担及季节变化

京津冀地区PM_{2.5}主要来自工业和民用两个部门。其中冬季由民用源主导；而其他季节由工业源主导。

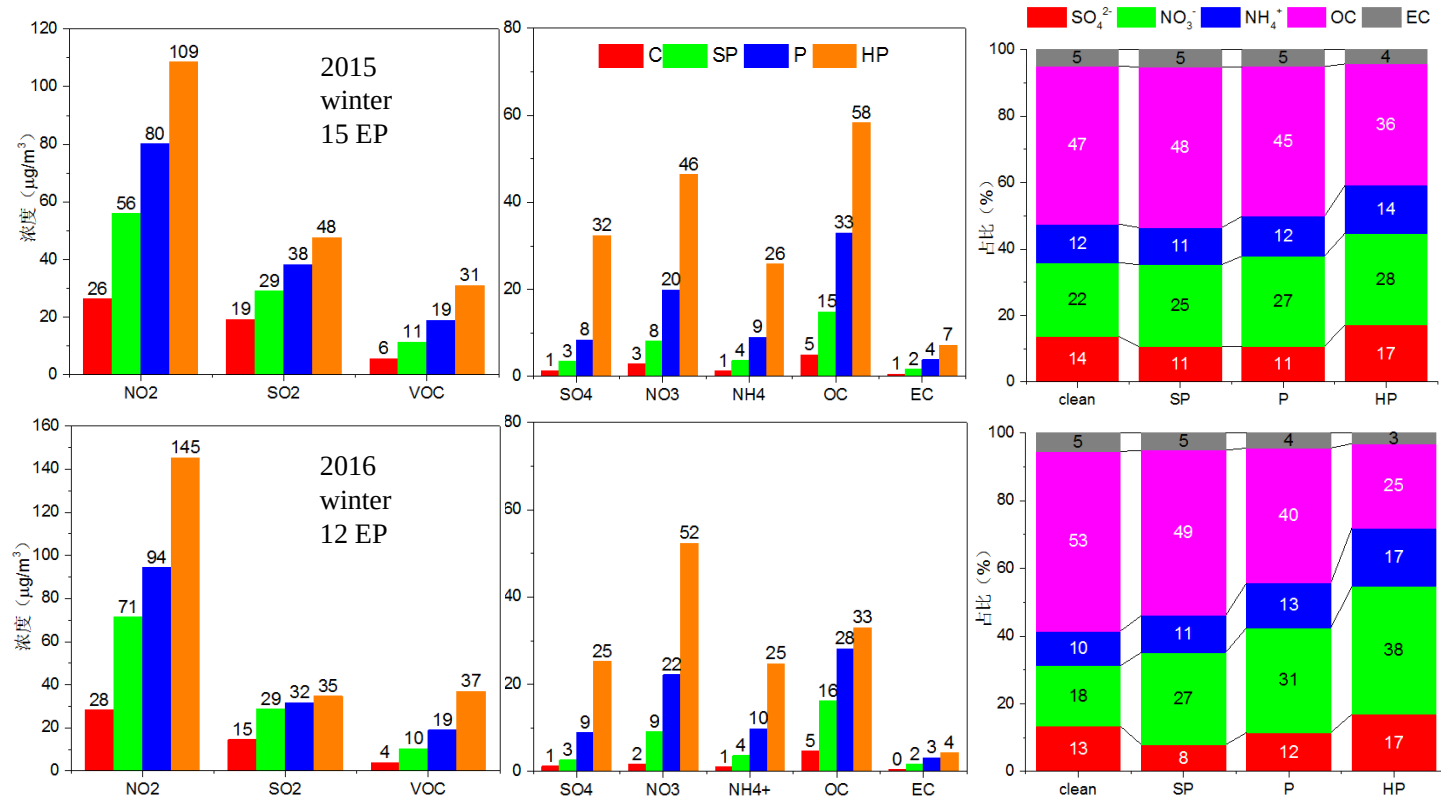


Beijing: Main species in PM_{2.5}

- The yearly decrease of sulfate is relatively significant; while nitrate appear no obvious trend from 2013-2016
- Overall, the percentage of nitrate exceeded sulfate.



- From clean to heavily polluted, the absolute concentration of sulfate and nitrate increase significantly;
- From clean to heavily polluted, the percentage of sulfate and nitrate increased, besides, the increase of nitrate is more than sulfate.



※C means Clean ($PM_{2.5} \leq 35$) 、 SP means Slightly Polluted ($35 < PM_{2.5} \leq 75$) 、 P means Polluted ($75 < PM_{2.5} \leq 150$) 、 HP means Heavily Polluted ($150 < PM_{2.5}$) with unit of $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

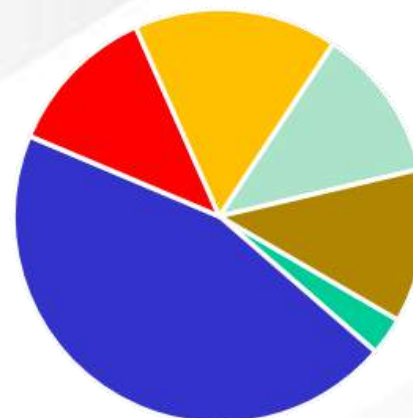
PM2.5 Source Apportionment for Beijing

2014



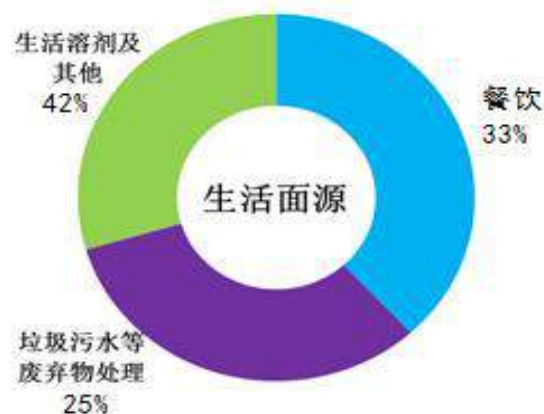
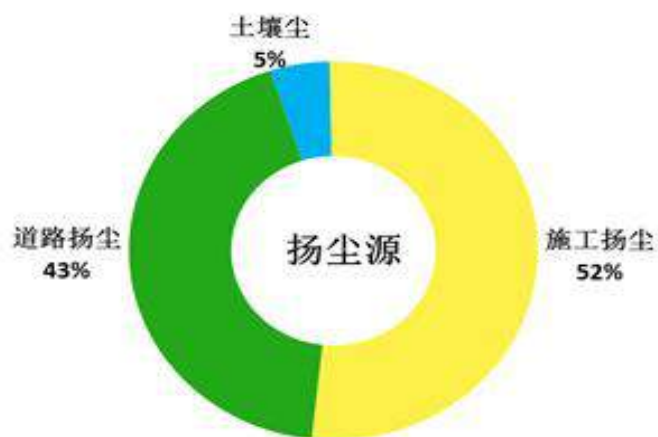
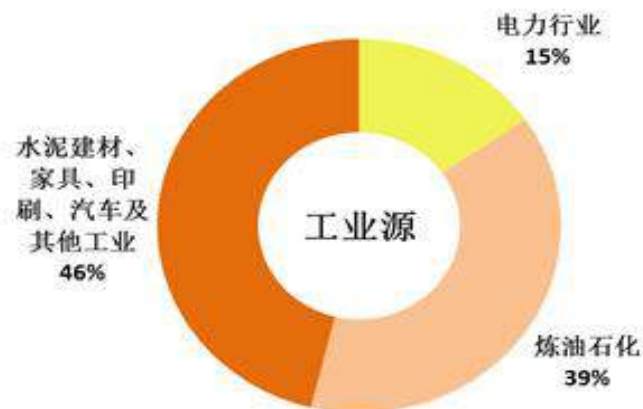
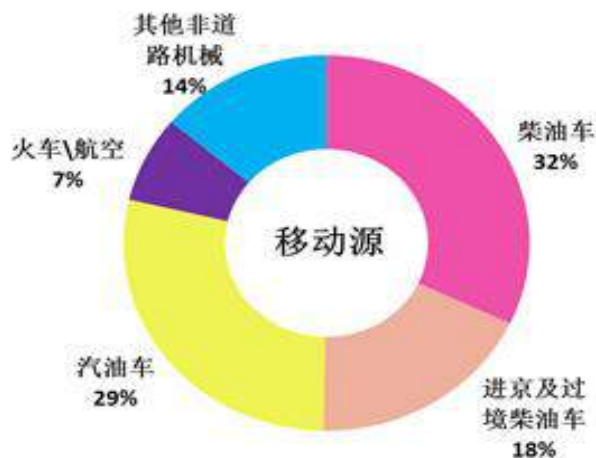
■ Coal burning ■ Mobile sources
■ Industries ■ Dust
■ Other

2017



■ Coal burning ■ Mobile sources ■ Industry
■ Dust ■ Residential ■ Other

北京：本地贡献分行业解析结果



移动源实时监管系统



车辆数据采集系统可读取参数

点火开关状态	参考扭矩	进气温度	NOx传感器加热状态
油门开度	进气流量	进气压力	排气温度
发动机转速	排气流量	大气压力	实时NOx排放值
实时喷油量	累计总里程	环境温度	尿素箱液位
实时内部扭矩	累计总上电时间	车速	尿素箱温度
发动机摩擦扭矩	累计总油耗	车辆加速度	SCR子系统状态
怠速扭矩	累计总尿素喷射量	电池电压	尿素泵压力
扭矩限制类型	发动机水温	MIL灯状态	尿素泵占空比
		故障码	实时尿素喷射量

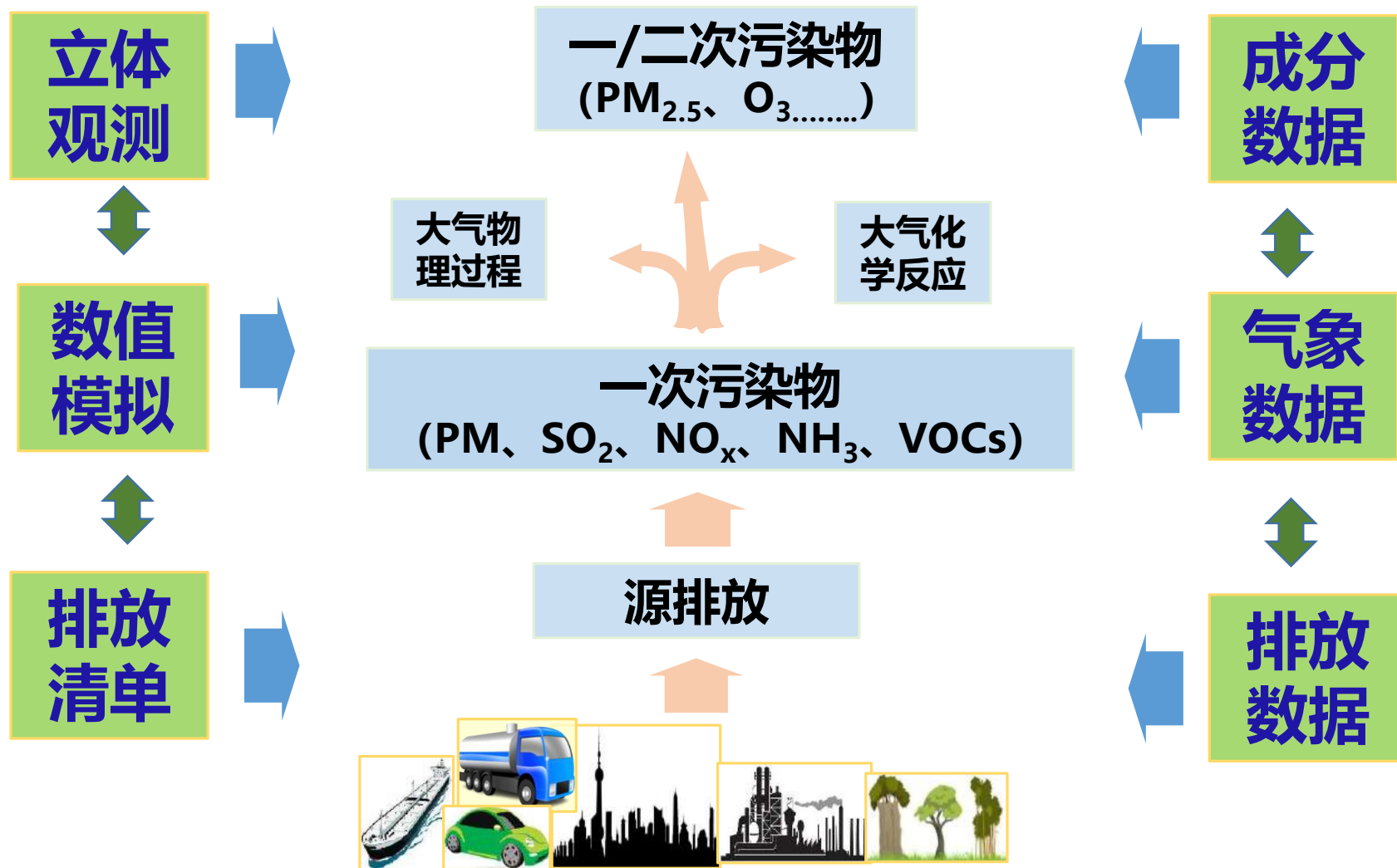
构建发动机运行模型可实现的监测功能

发动机净扭矩	尿素液位状态校验	排温信号校验	g/km排放值
ECU数据篡改监测	NOx传感器信号校验	燃油品质监测	g/Kw.h排放值

区域空气质量调控核心技术体系

核心技术

核心数据



谢谢!

邮件地址:

hekb@tsinghua.edu.cn