

京津冀地区PM_{2.5}污染特征与控制对策

贺克斌

清华大学环境学院

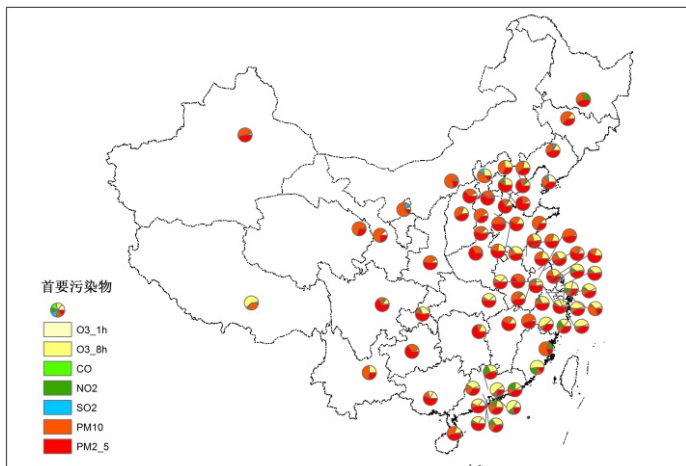
空气质量管理国际研讨会，北京，**2013年11月16日**

主要内容

- **问题背景**
- **污染特征**
- **重要成因**
- **控制策略**

PM_{2.5}成为京津冀城市群主要的首要污染物

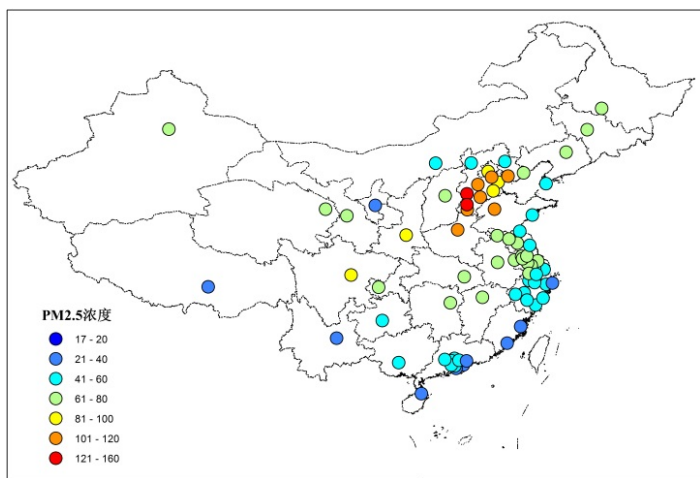
2013年1-10月首要污染物天数百分比



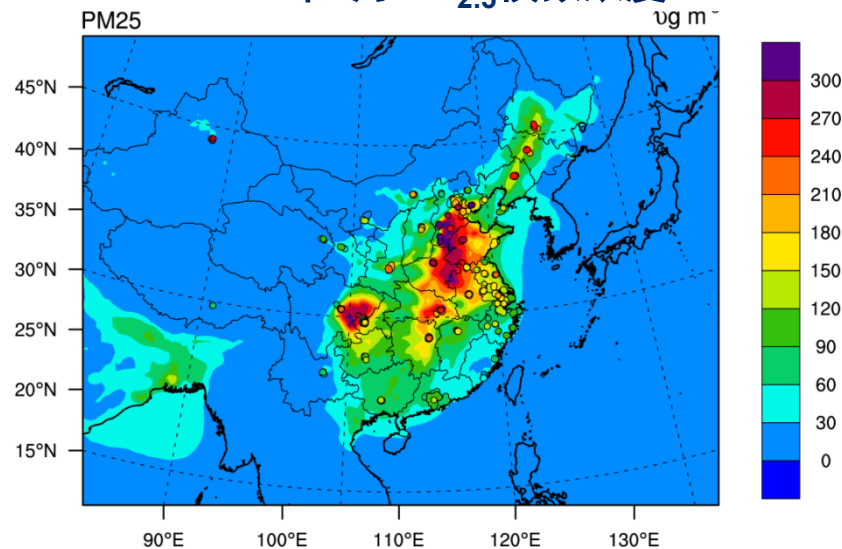
2013年1-10月主要地区PM_{2.5}浓度



2013年1-10月PM_{2.5}观测浓度



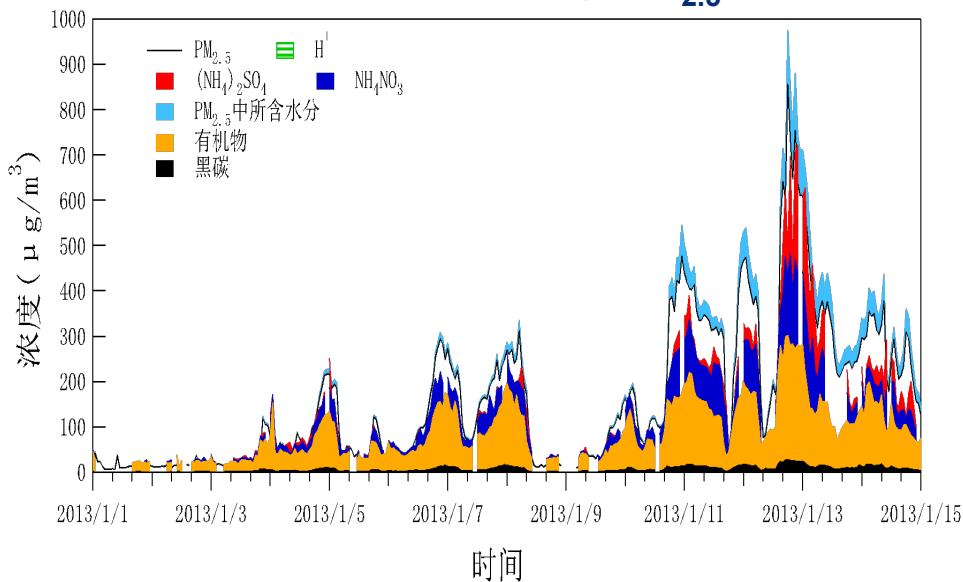
2013年1月PM_{2.5}模拟浓度



2013年1月京津冀地区爆发大规模霾污染事件，期间PM_{2.5}浓度极高

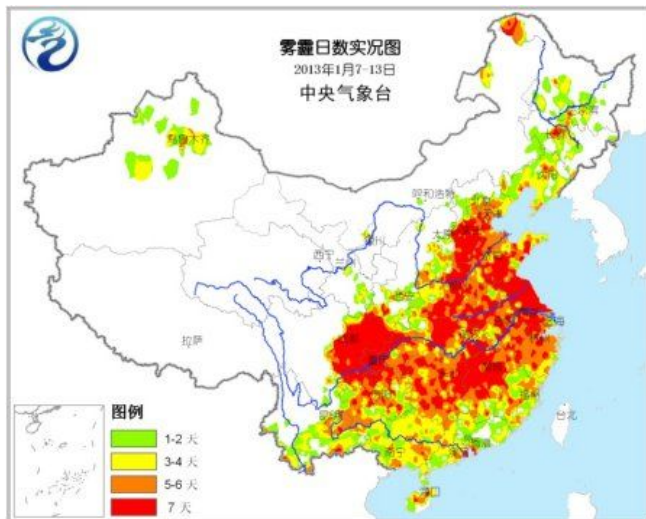


2013年1月北京重污染过程PM_{2.5}逐时浓度

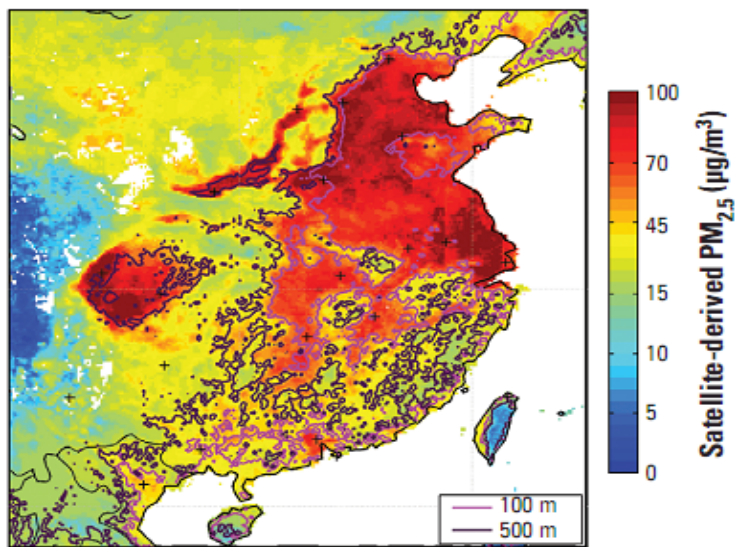


雾霾污染与PM_{2.5}呈极高相关性

2013年1月雾霾重污染过程



卫星观测的PM_{2.5}浓度分布



大范围雾霾将继续影响中东部地区



国务院《大气污染防治行动计划》(大气“国十条”)

•计划目标:

2017年,京津冀地区PM_{2.5}浓度要减少25%,北京市年均浓度不超过60 μg/m³。



附件

京津冀及周边地区落实大气污染防治行动计划实施细则

京津冀及周边地区(包括北京市、天津市、河北省、山西省、内蒙古自治区、山东省)是我国大气污染最严重的区域。为加快京津冀及周边地区大气污染综合治理,依据《大气污染防治行动计划》,制定本实施细则。

一、主要目标

经过五年努力,京津冀及周边地区空气质量明显好转,重污染天气较大幅度减少。力争再用五年或更长时间,逐步消除重污染天气,空气质量全面改善。

具体指标:到2017年,北京市、天津市、河北省细颗粒物(PM_{2.5})浓度在2012年基础上下降25%左右,山西省、山东省下降20%,内蒙古自治区下降10%。其中,北京市细颗粒物年均浓度控制在60微克/立方米左右。

二、重点任务

(一)实施综合治理,强化污染物协同减排

1.全面淘汰燃煤小锅炉。加快热力和燃气管网建设,通过集中

国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知

国发〔2013〕37号

各省、自治区、直辖市人民政府,国务院各部委、各直属机构:
现将《大气污染防治行动计划》印发给你们,请认真贯彻执行。

国务院
2013年9月10日

(此件公开发布)

大气污染防治行动计划

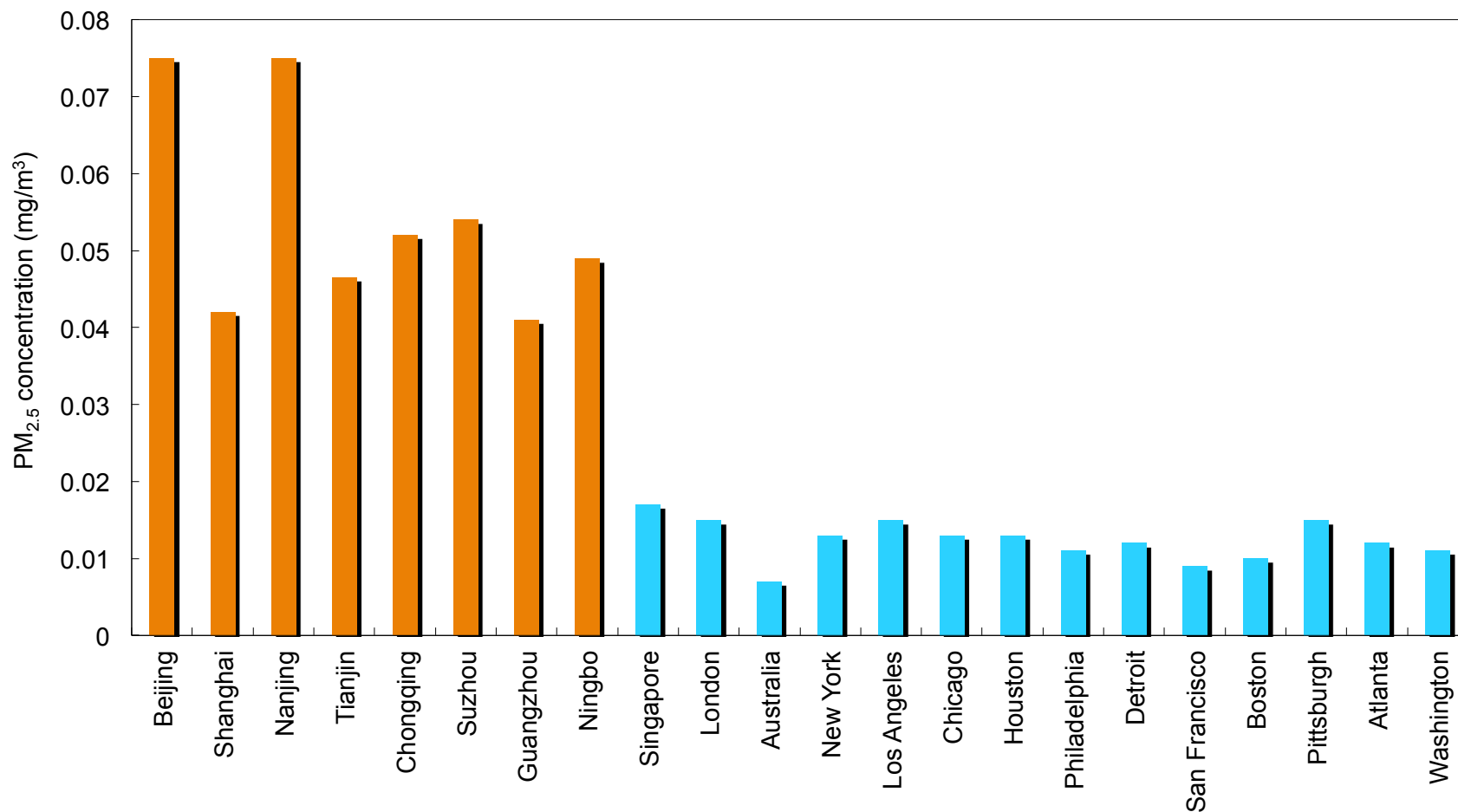
大气环境保护事关人民群众根本利益,事关经济持续健康发展,事关全面建成小康社会,事关实现中华民族伟大复兴中国梦。当前,我国大气污染形势严峻,以可吸入颗粒物(PM₁₀)、细颗粒物(PM_{2.5})为特征污染物的区域性大气环境问题日益突出,损害人民群众身体健康,影响社会和谐稳定。随着我国工业化、城镇化的深入推进,能源资源消耗持续增加,大气污染防治压力继续加大。为切实改善空气质量,制定本行动计划。

主要内容

- 问题背景
- 污染特征
- 重要成因
- 控制策略

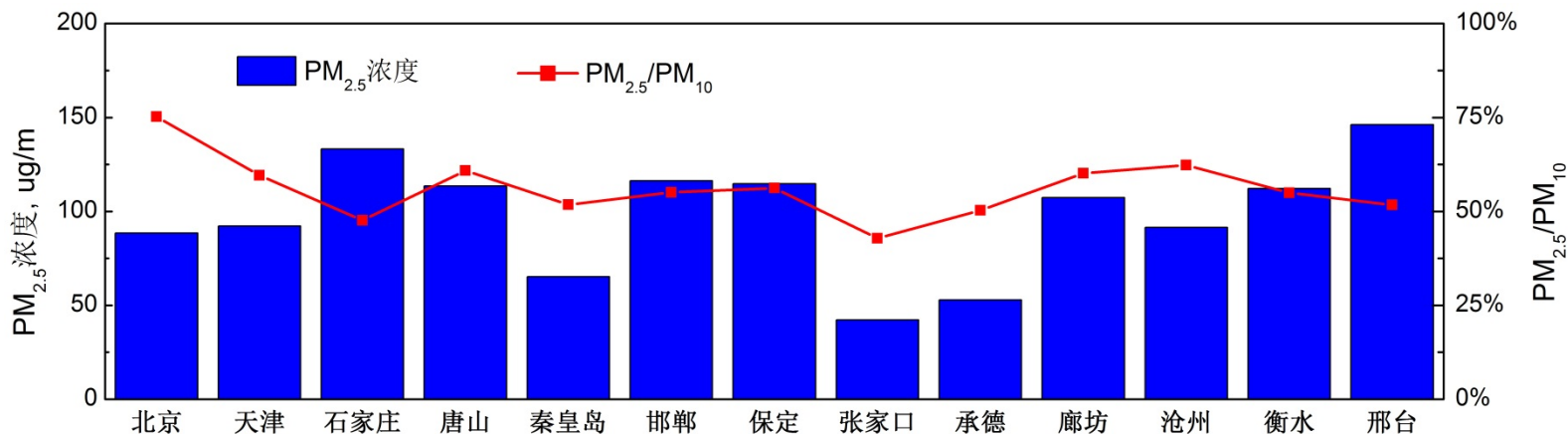
污染特征1：年均浓度绝对值高

国内外不同城市PM_{2.5}浓度

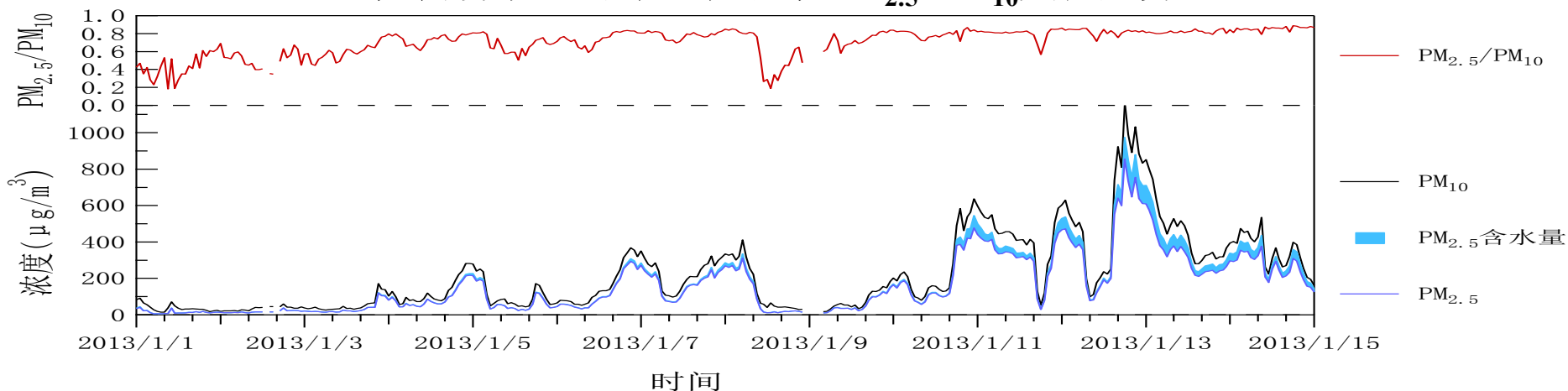


污染特征2: $PM_{2.5}/PM_{10}$ 比值高

京津冀地区城市 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 比值在40%-80%
(2013年1-10月京津冀主要城市 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 比值)



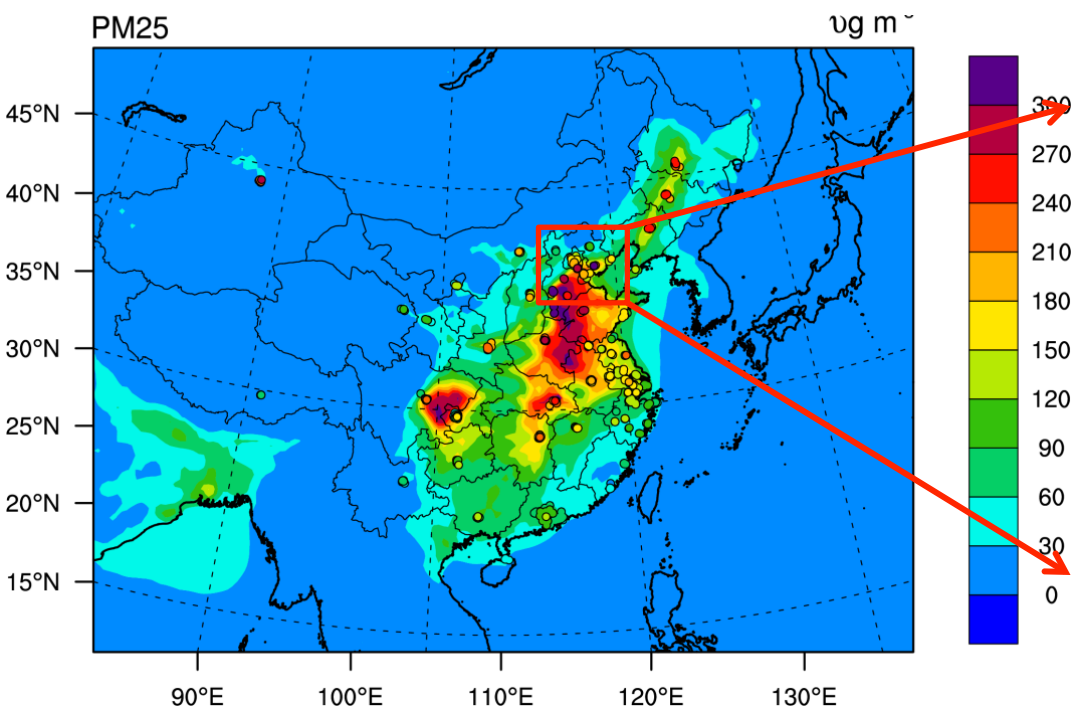
重污染时段 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 比值高达80%-90%
(2013年1月雾霾重污染过程北京 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 变化趋势)



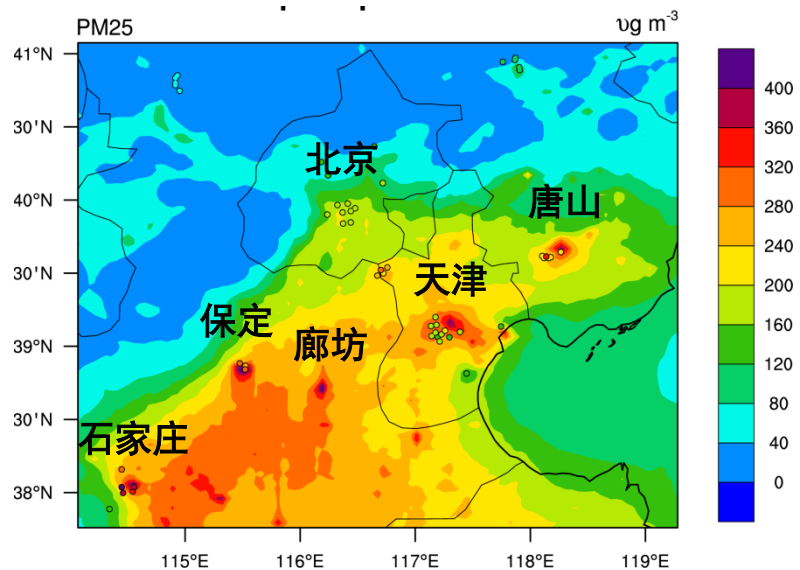
污染特征3： 浓度分布呈较强区域性

京津冀地区PM_{2.5} 模拟浓度分布

2013年1月雾霾重污染过程PM_{2.5}浓度

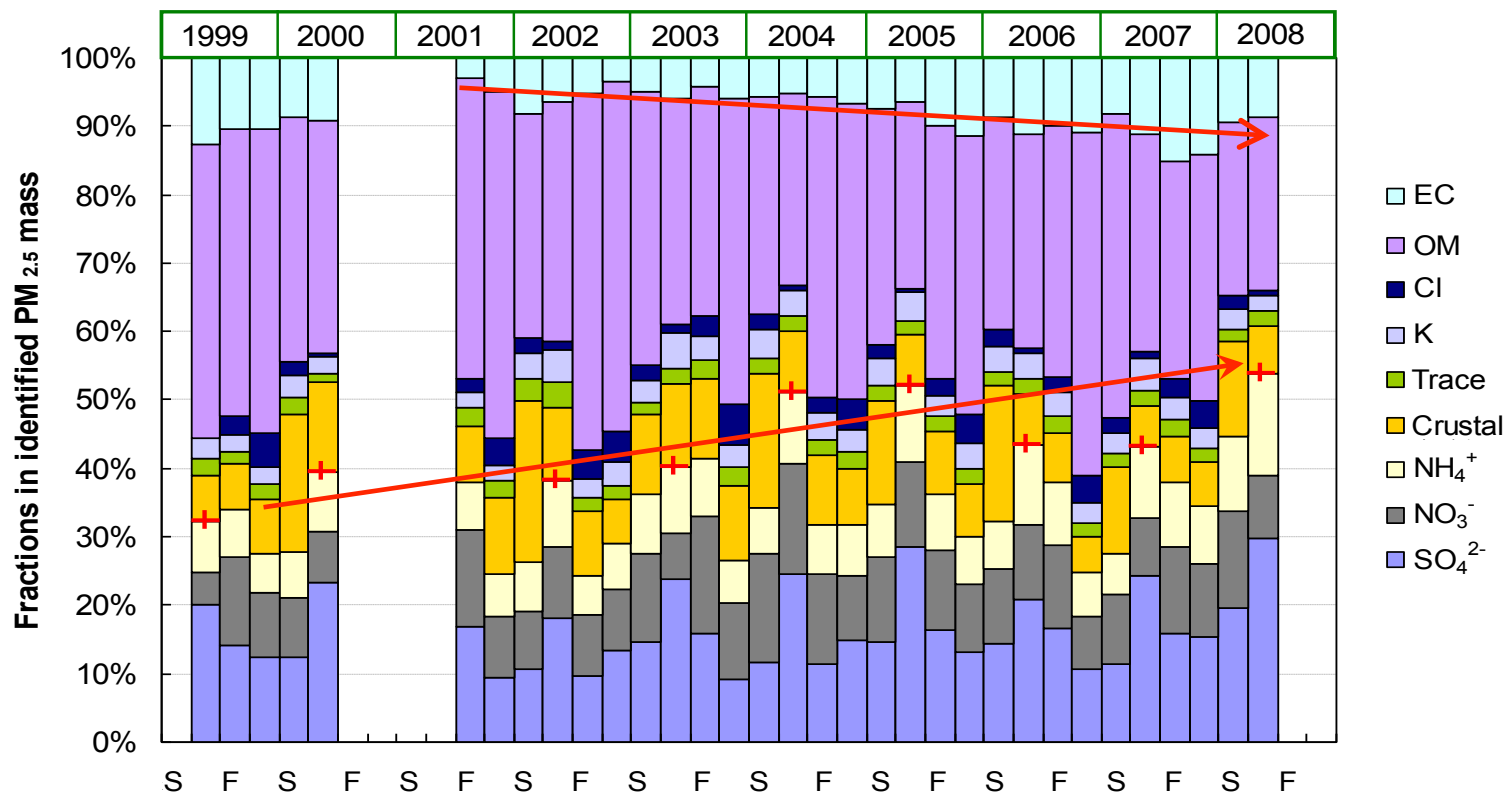


京津冀城市群PM_{2.5}浓度分布



污染特征4：PM_{2.5}中二次成分比例持续增长

北京PM_{2.5} 化学组成的长期季节/年际变化

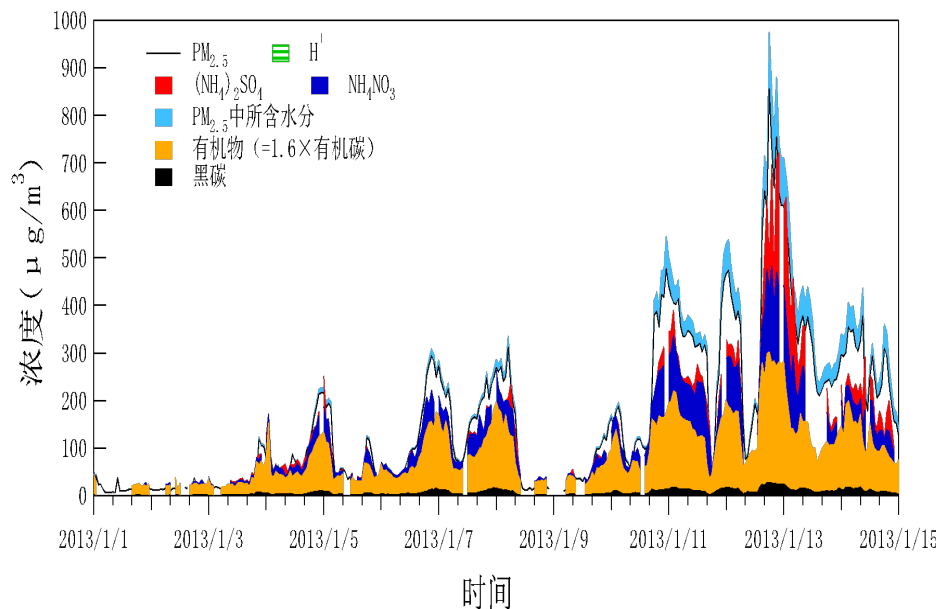
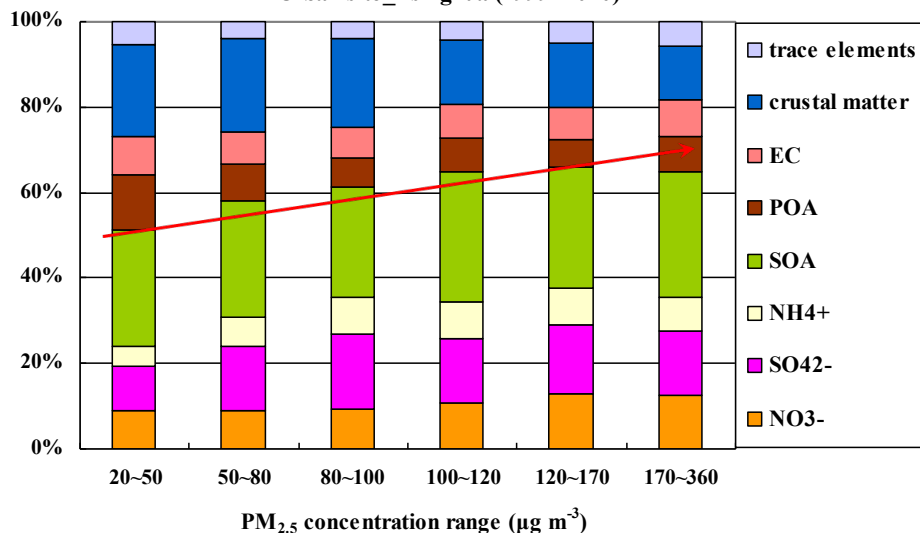


时间序列分析表明：

- SNA与EC在北京PM_{2.5}中的份额10多年来持续增加；
- SNA与EC消光效率最高，因而对能见度降低的贡献相应也在增加；

污染特征5：重污染时段二次成分比例高

Urban site_Tsinghua (1999~2010)



➤ **浓度序列分析表明：**出现PM_{2.5}高浓度重污染时二次成分（SNA/SOA）比例明显升高，说明重污染时二次来源占主要贡献，极端高浓度时二次来源占绝对主导贡献

主要内容

- 问题背景
- 污染特征
- 重要成因
- 控制策略

重工业的快速发展带来巨大的环境压力

京津冀重工业的发展以及能源消耗

	2000	2010	2010/2000	占全国比例 2010
煤炭消费量（百万吨）	173	349	2.02	9%
发电量（10亿千瓦时）	120	285	2.38	7%
粗钢产量（百万吨）	239	170	0.71	27%
水泥产量（百万吨）	58	147	2.53	8%

基于MEIC模型数据库分析京津冀排放特征

中国多尺度排放清单模型

Multi-resolution Emission Inventory for China (MEIC)

- 年份: 1990-2010
- 空间范围: 中国大陆地区
- 污染源分类: 约800种人为排放源, 最终合并为四个部门 (电力、工业、民用、交通)
- 物种: SO_2 , NO_x , CO , NMVOC , NH_3 , BC , OC , $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} , CO_2
- 空间精度: 可根据模式空间分辨率定制
- 数据库访问地址: <http://www.meicmodel.org>

MEIC Model

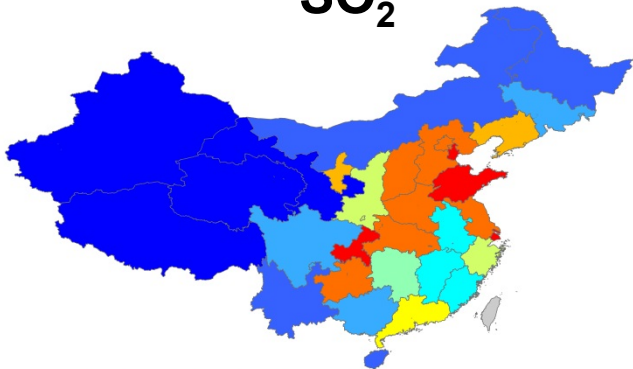
BETA



The China Sustainable Energy Program
中国可持续能源项目

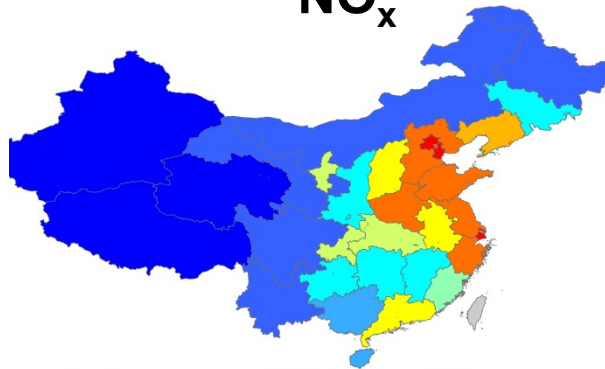
主要污染物排放强度高高于国内其它地区

SO₂



0 1 2 3 4 5 6 7 8 15 60 Unit:Mg/km²

NO_x



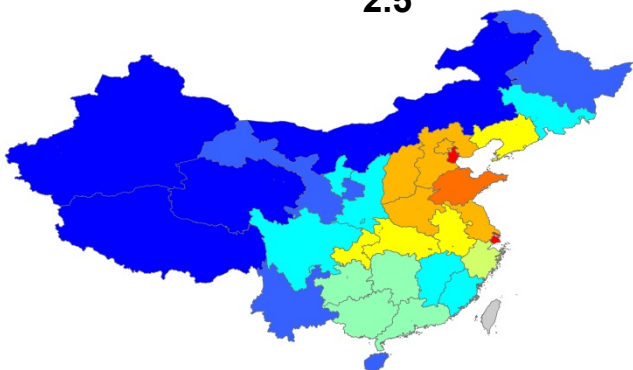
0 1 2 3 4 5 7 9 10 20 70 Unit:Mg/km²

VOC



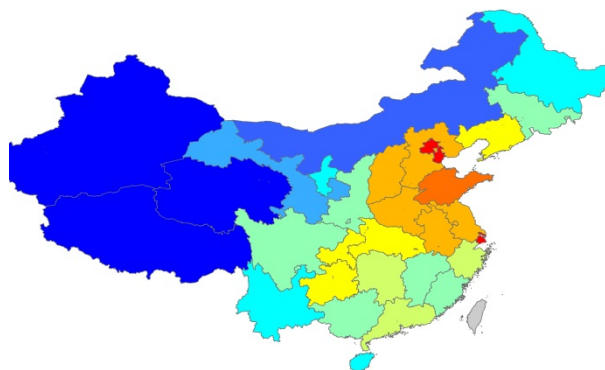
0 0.5 1 1.5 2 4 6 8 10 20 75 Unit:Mg/km²

PM_{2.5}



0 0.5 1 1.5 2 2.5 3 4 6 10 15 Unit:Mg/km²

BC



0 0.05 0.08 0.1 0.2 0.3 0.4 0.6 0.8 1 2 Unit:Mg/km²

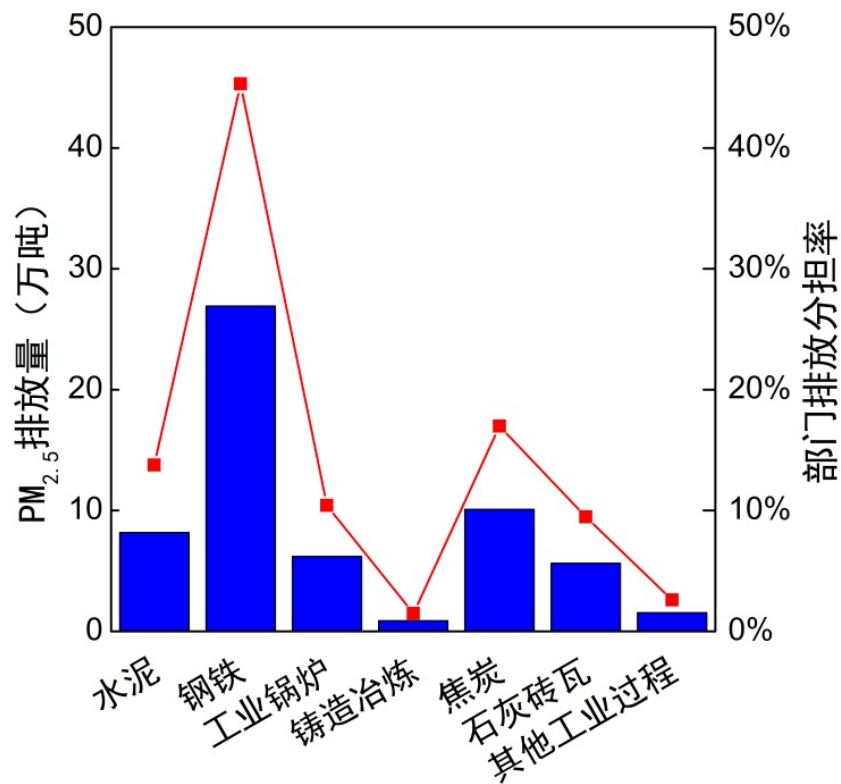
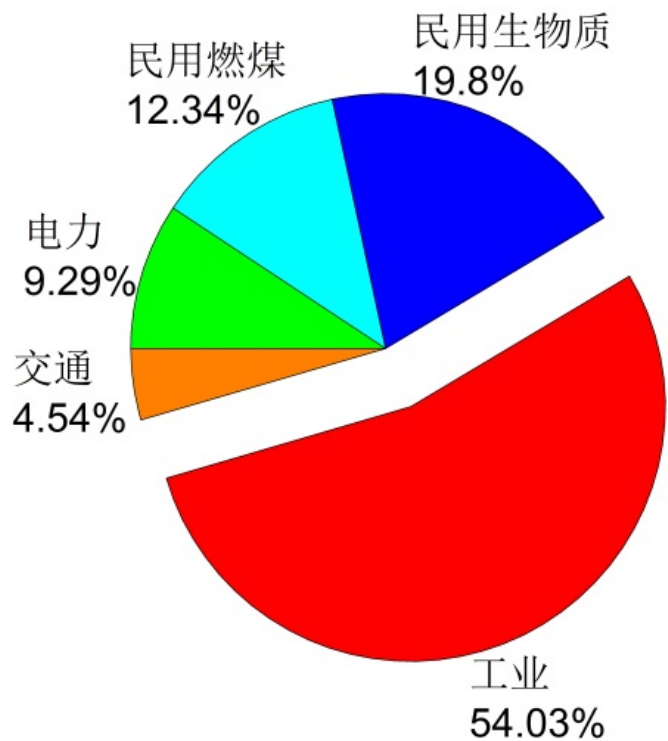
OC



0 0.1 0.2 0.4 0.5 0.6 0.8 1 1.2 1.5 3 Unit:Mg/km²

工业排放是第一大污染物排放源

京津冀一次PM_{2.5}排放部门分担率



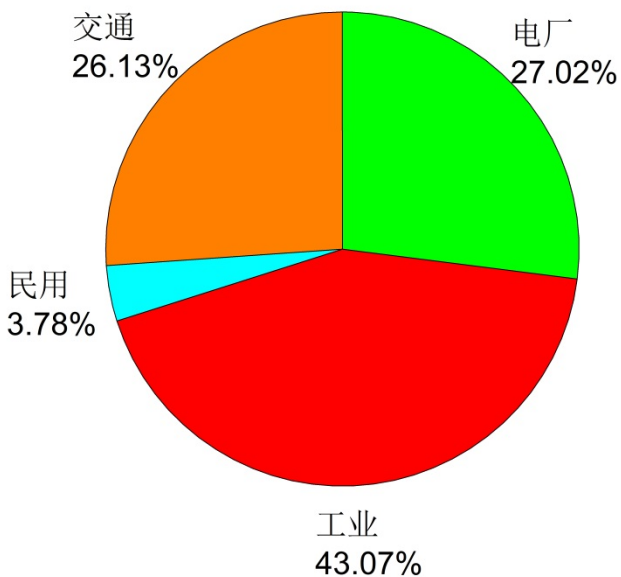
京津冀一次PM_{2.5}排放部门分担率

工业部门一次PM_{2.5}排放及分担率

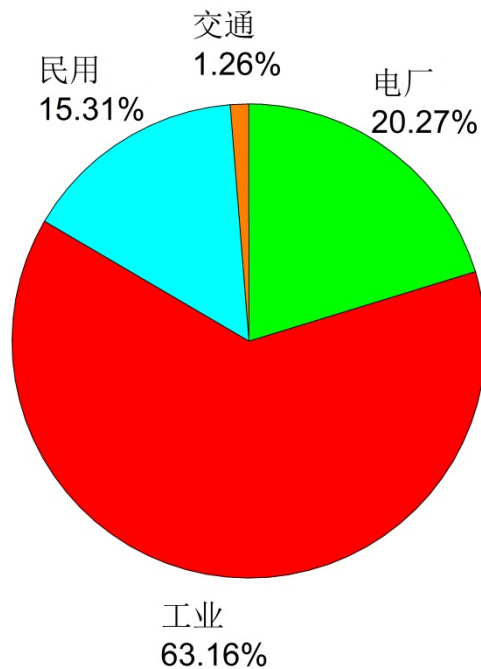
工业排放是第一大污染物排放源

京津冀二次PM_{2.5}气态前体物排放部门分担率

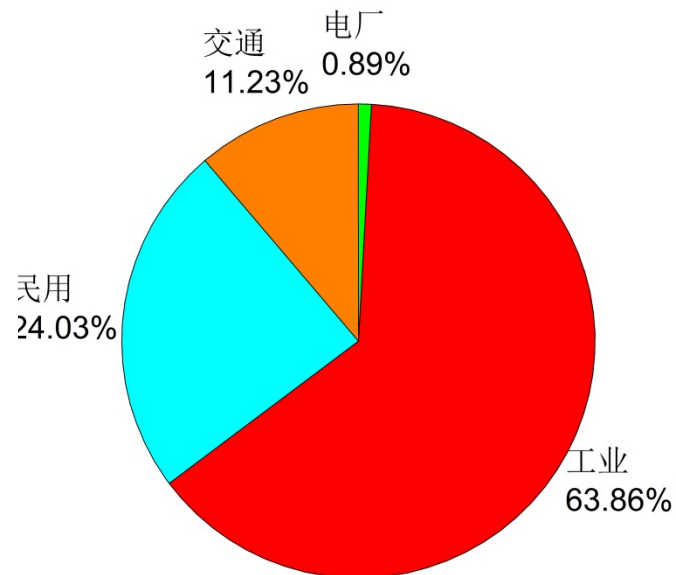
NO_x



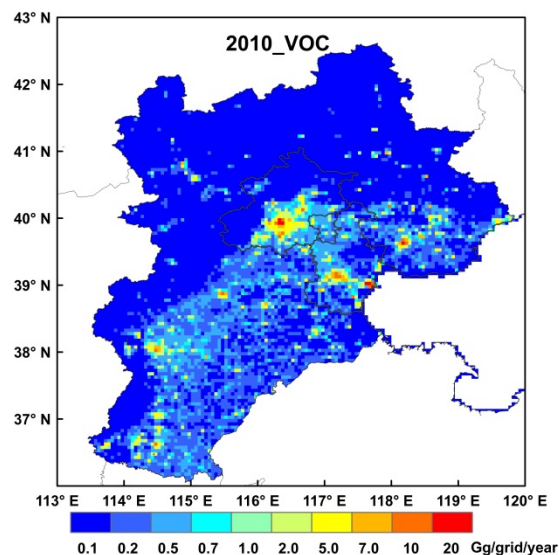
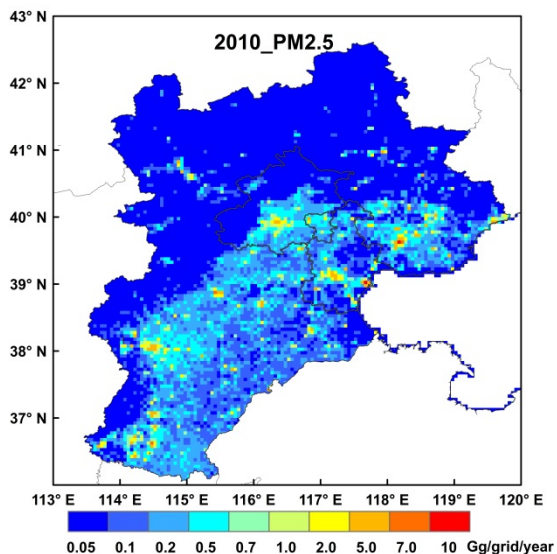
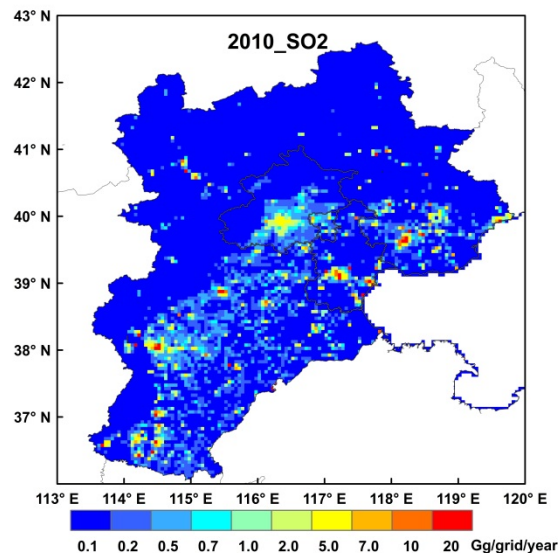
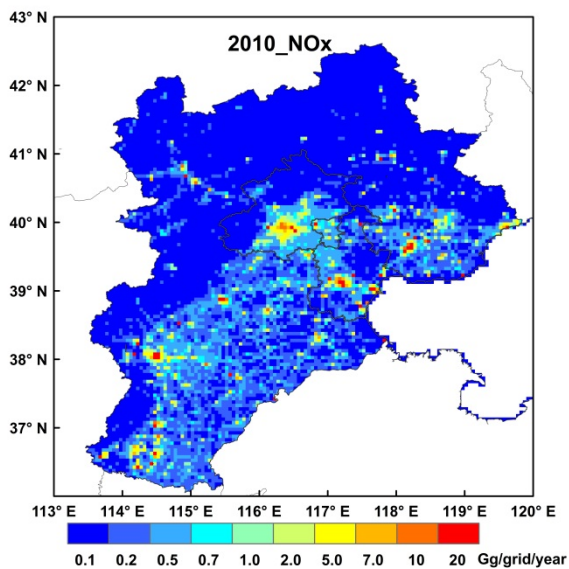
SO₂



VOC

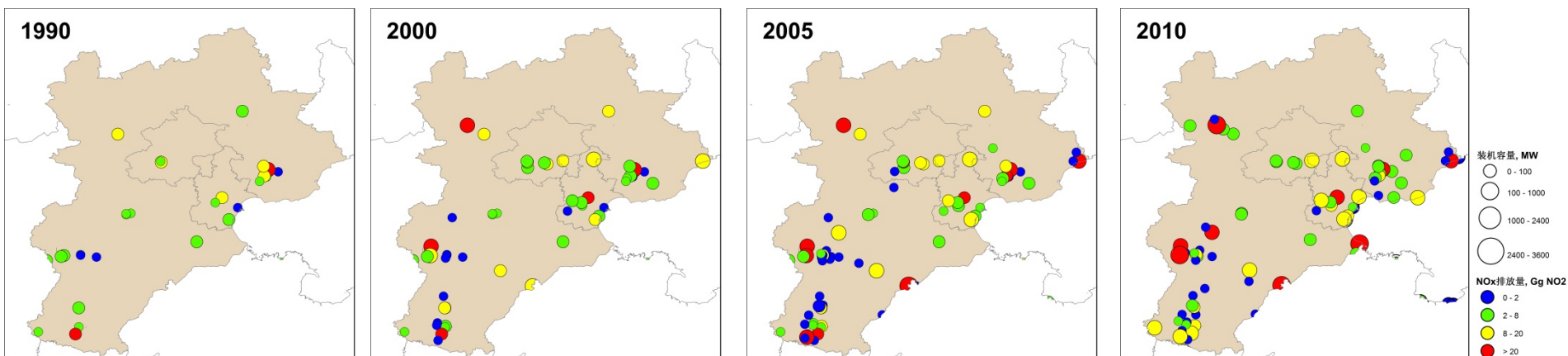


京津冀地区人为源排放具有很强的区域性

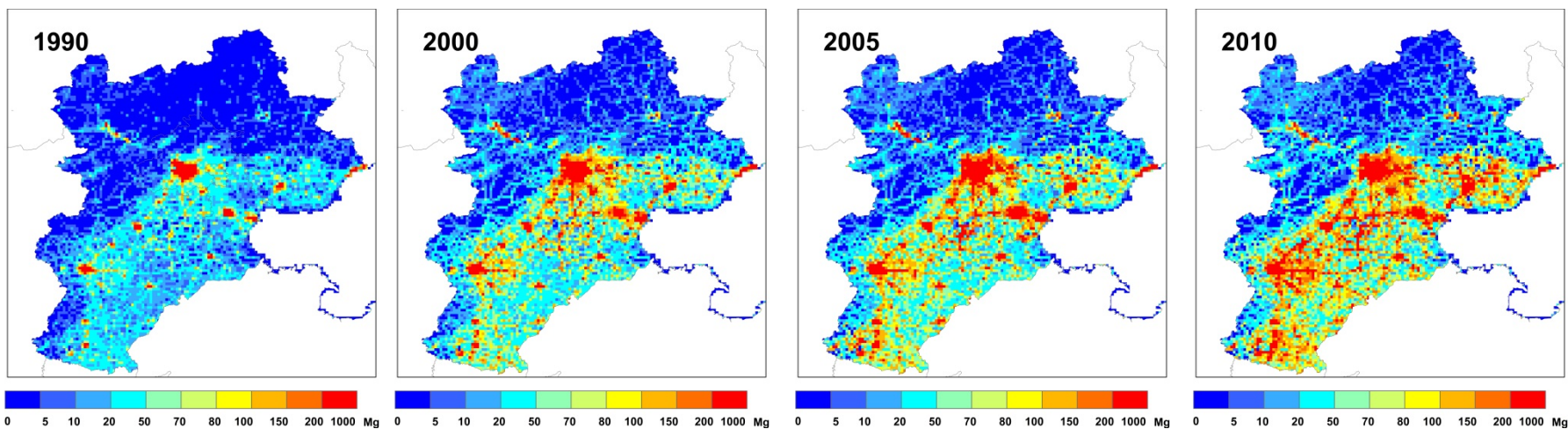


主要污染源排放量在过去二十年内持续增长

电厂NO_x排放



交通NO_x排放



一次颗粒物及二次颗粒物气态前体物排放变化趋势

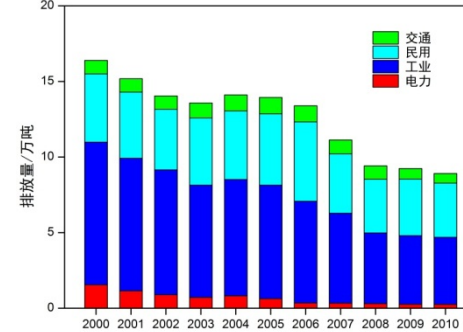
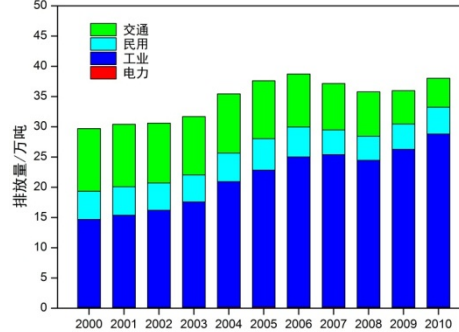
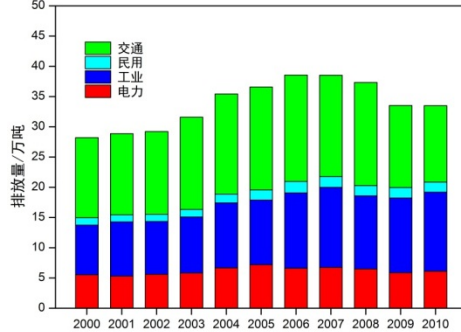
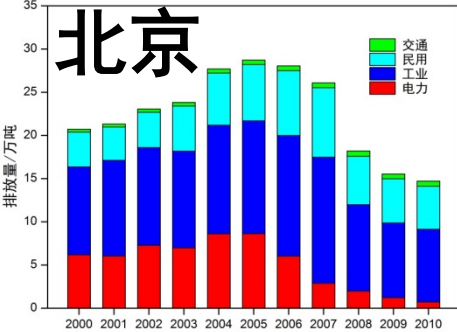
SO₂

NO_x

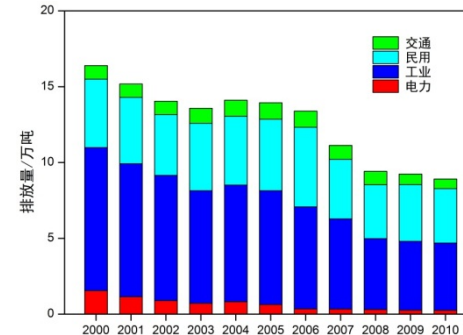
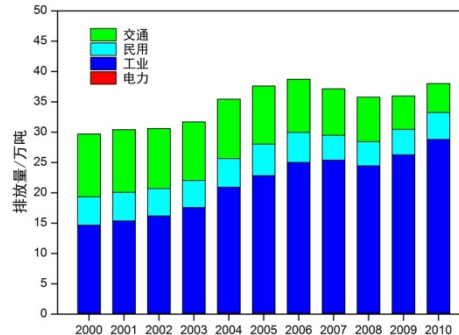
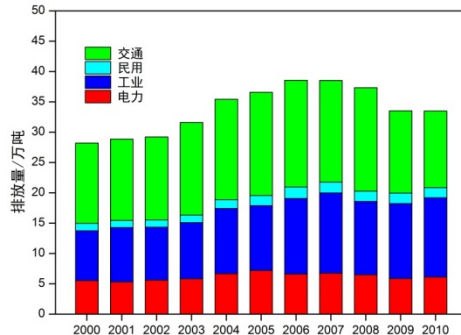
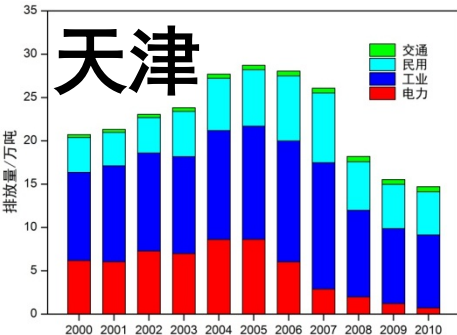
VOC

PM_{2.5}

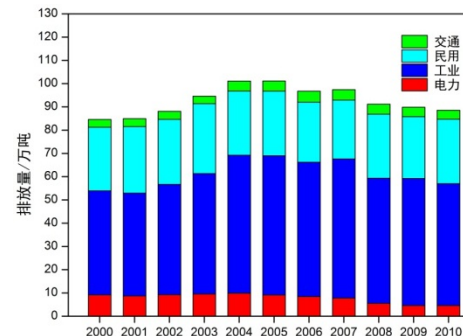
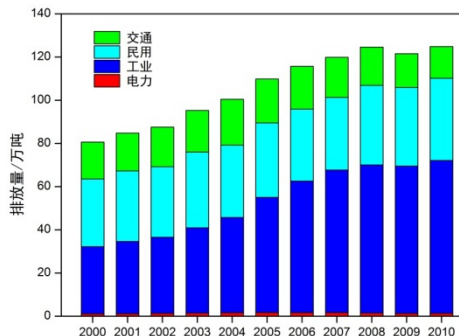
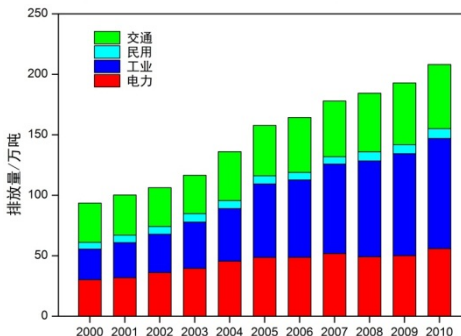
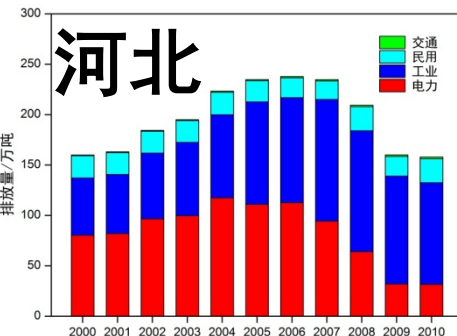
北京



天津



河北



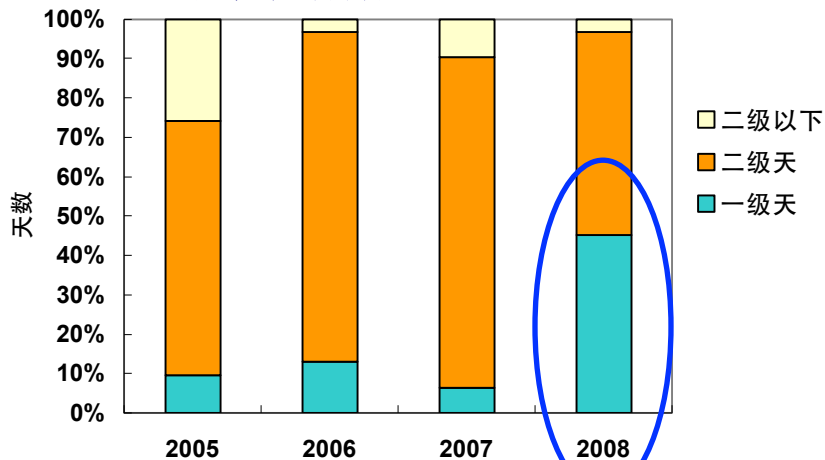
主要内容

- 问题背景
- 污染特征
- 重要成因
- 控制策略

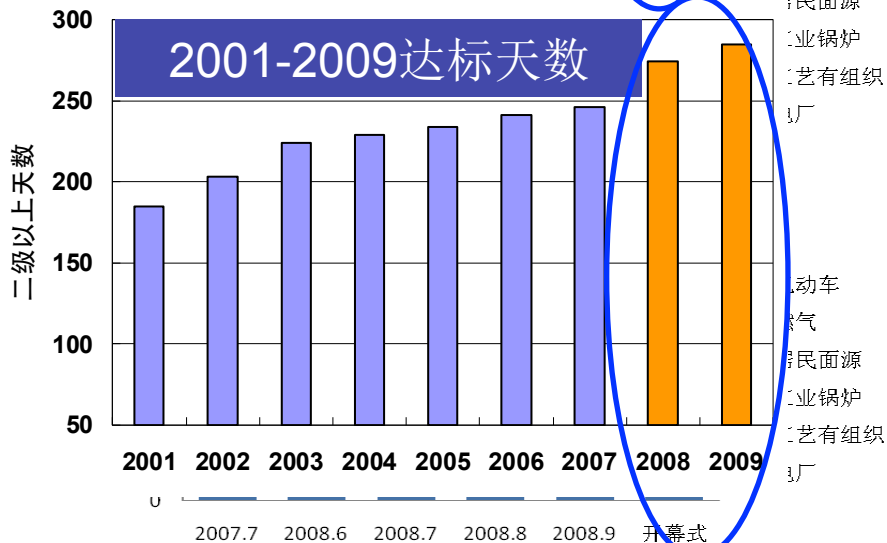
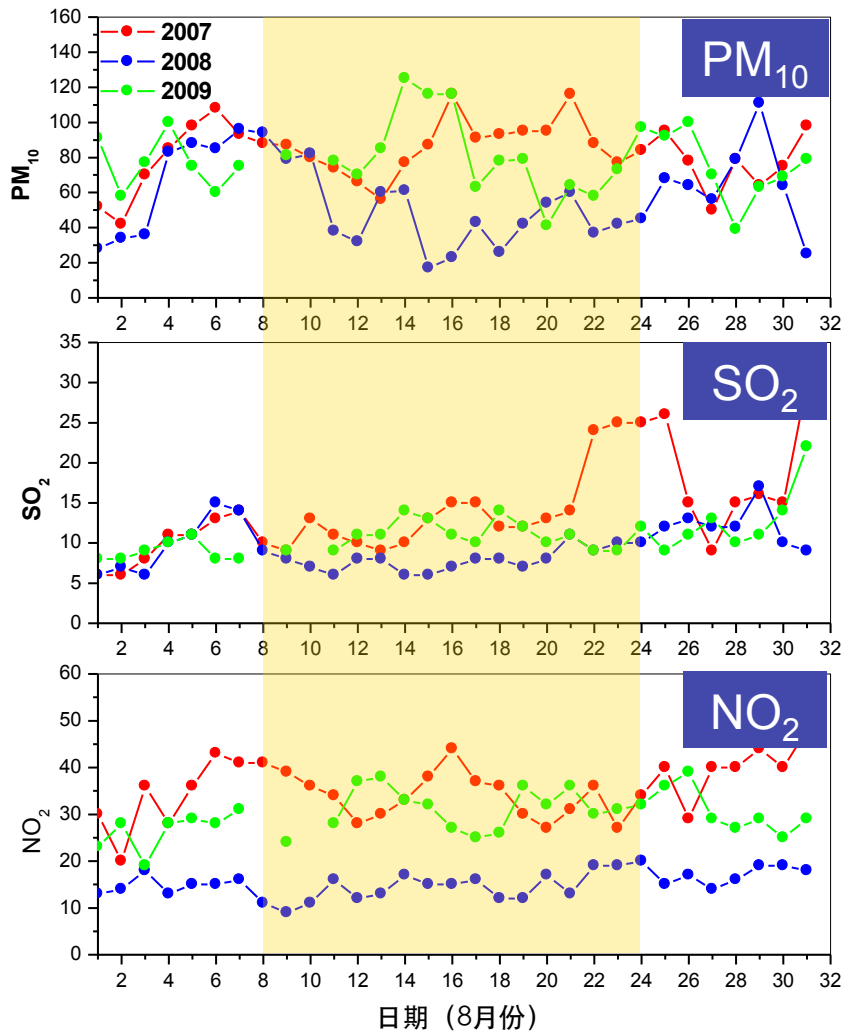
区域空气污染控制的短期实践

北京奥运空气质量保障

污染物削减50%以上



空气质量全部达到奥委会要求

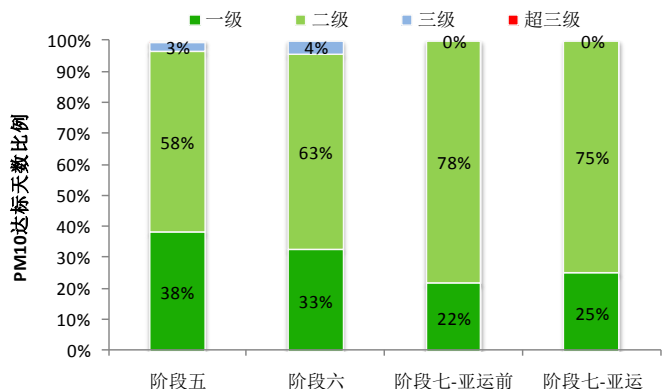


区域空气污染控制的短期实践

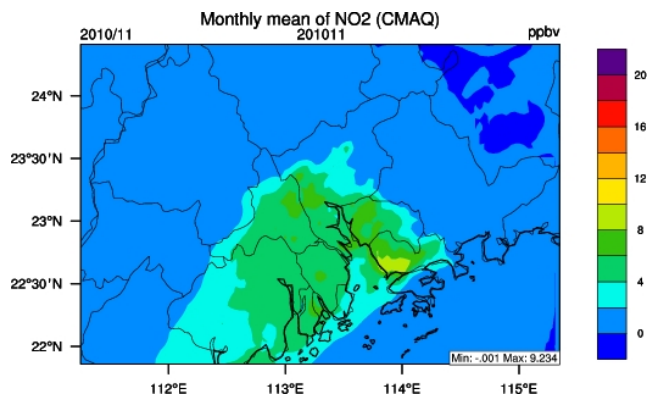
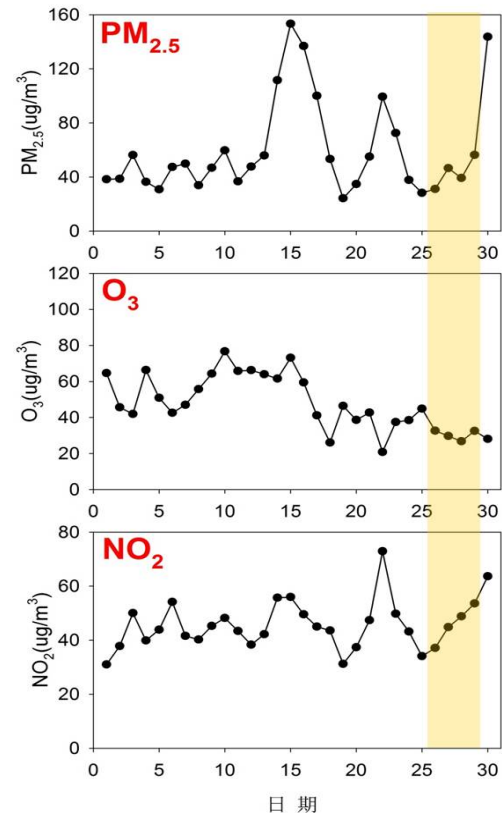
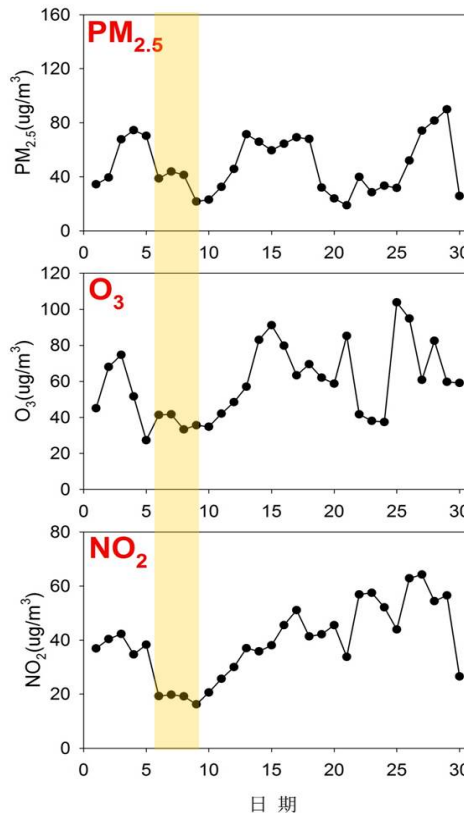
广州亚运空气质量保障

成都全球财富论坛和 华商论坛空气质量保障

亚运期间空气质量全部优良

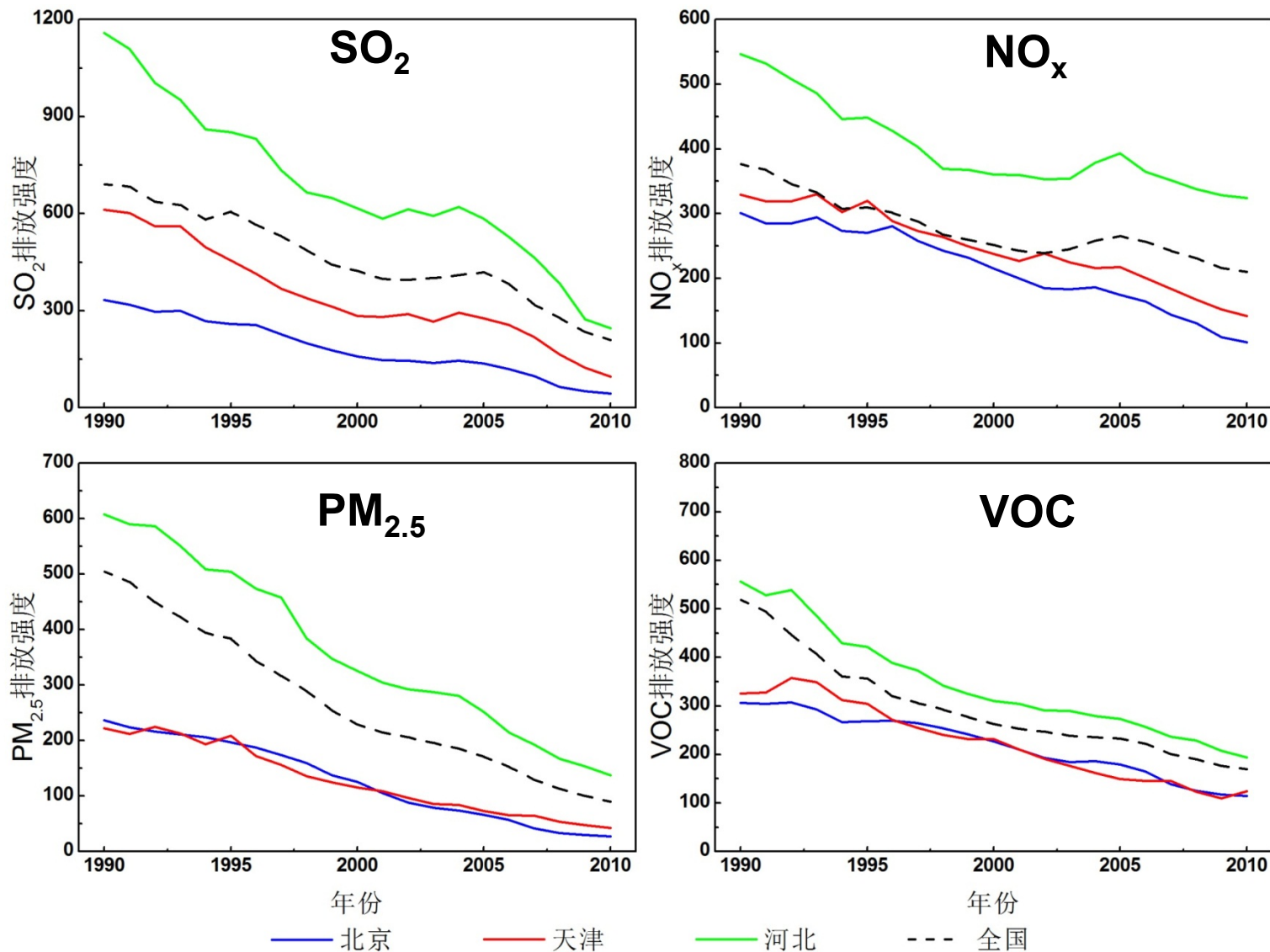


6月财富论坛期间的空气质量 9月华商论坛期间的空气质量



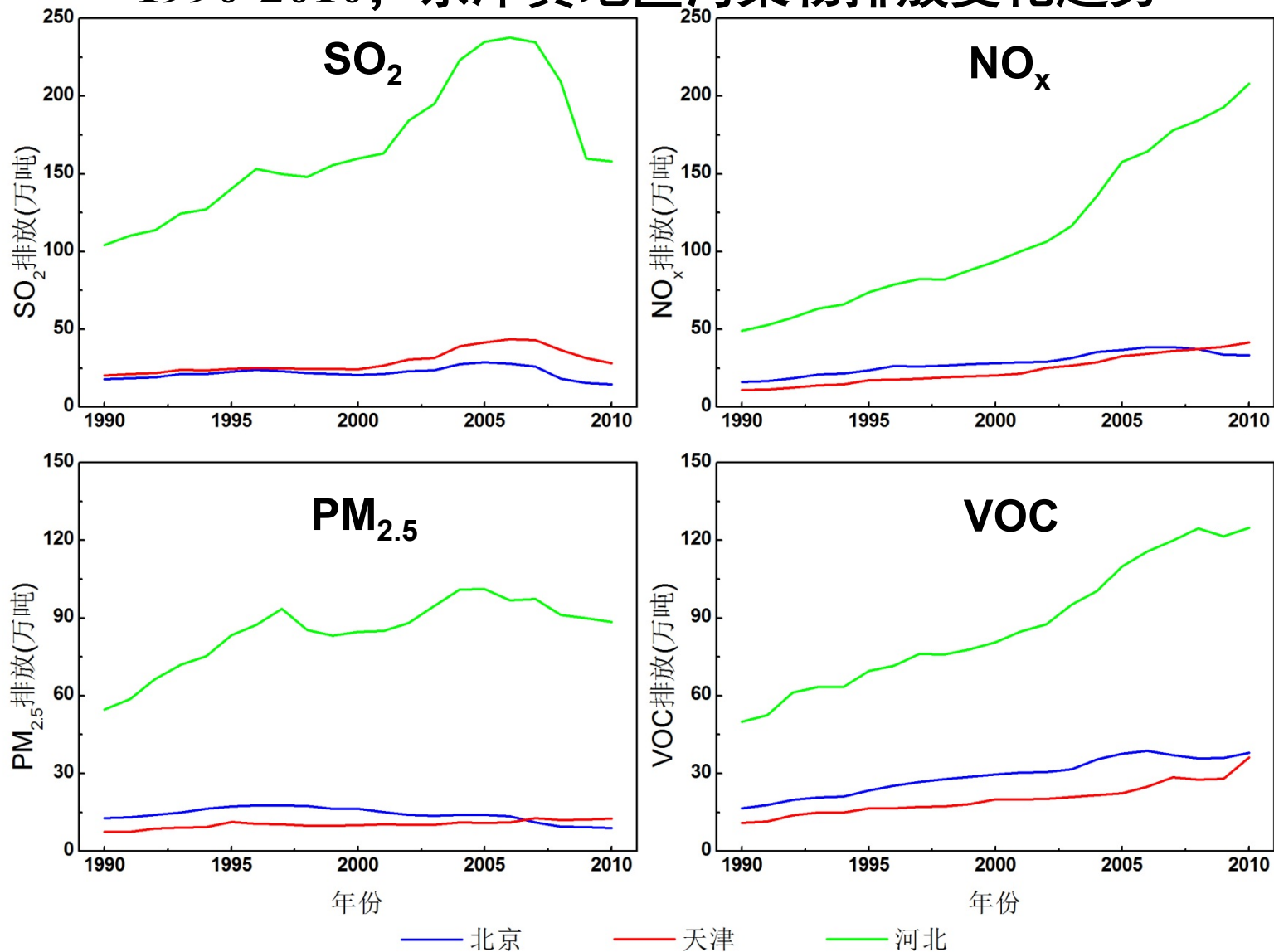
加快速度，加大力度，转变增长方式

1990-2010，京津冀地区亿元GDP（1990价格）的污染物排放强度



加快速度，加大力度，转变增长方式

1990-2010，京津冀地区污染物排放变化趋势



京津冀大气污染防治控制措施（“国十条”）

- 能源结构调整，实施煤炭总量控制，提高外输电比例、增加天然气供应、加大非化石能源利用强度，力争实现煤炭消费总量负增长
- 严控“两高”行业新增产能，淘汰落后产能，压缩过剩产能。重要行业如电厂、工业锅炉、工业窑炉等加快重点行业脱硫、脱硝、除尘改造工程建设
- 限制机动车保有量，加快推进燃油与排放标准，加快淘汰黄标车与老旧车辆
- 削减民用炊事、采暖和设施用煤，加强建筑节能

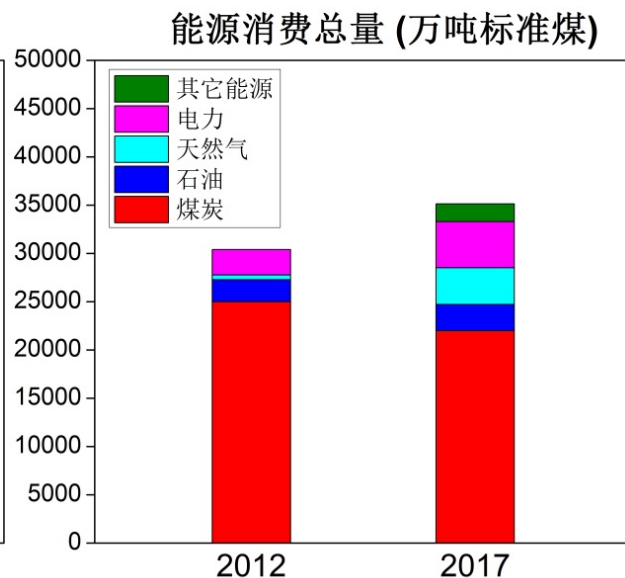
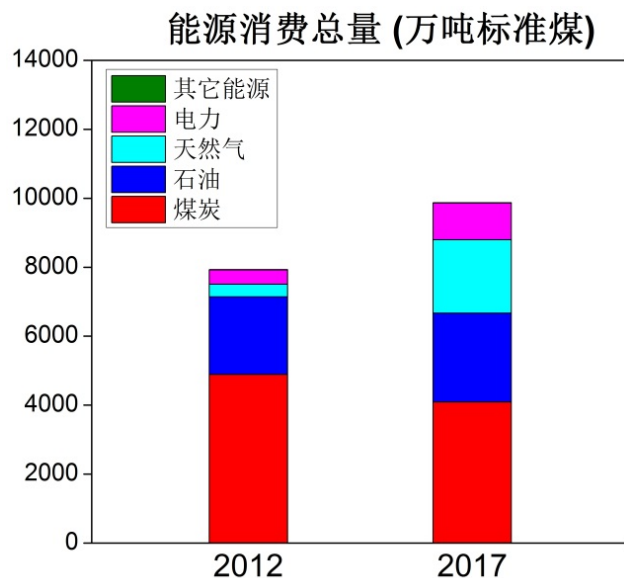
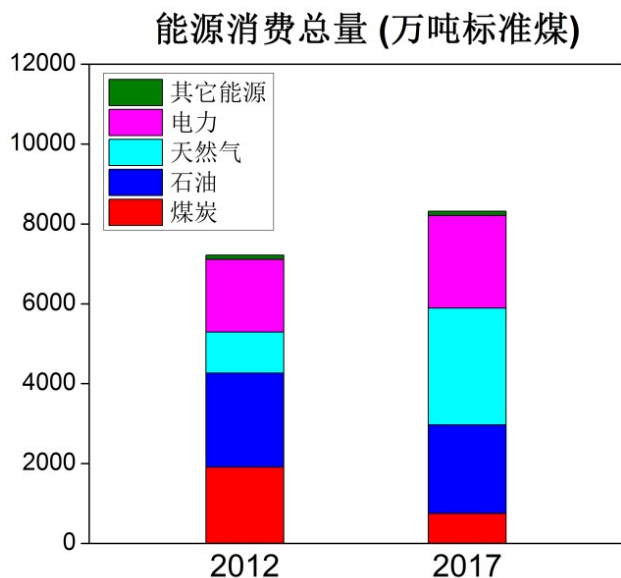
“国十条” 控制措施效果初步分析(1)

京津冀地区主要能源品种消费量预测

北京

天津

河北



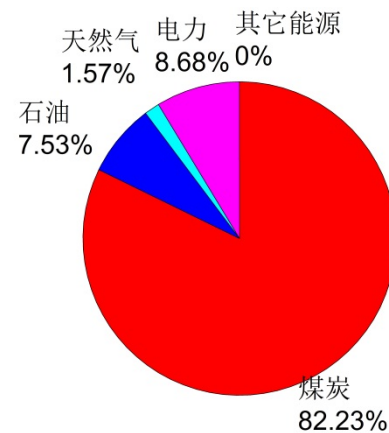
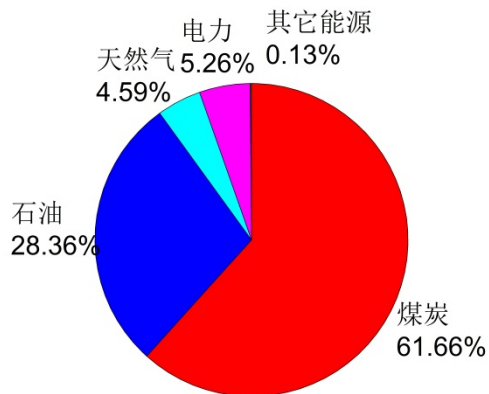
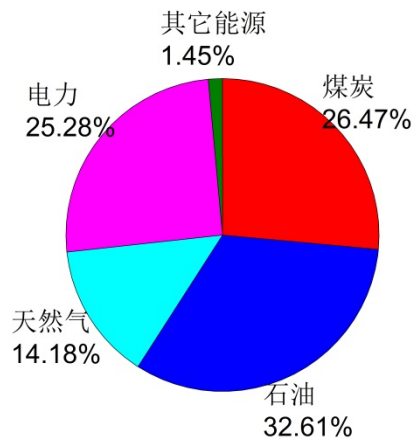
“国十条” 要求：

➤ 2017年京津冀煤炭总量削减6300万吨，新增天然气用量500亿立方米

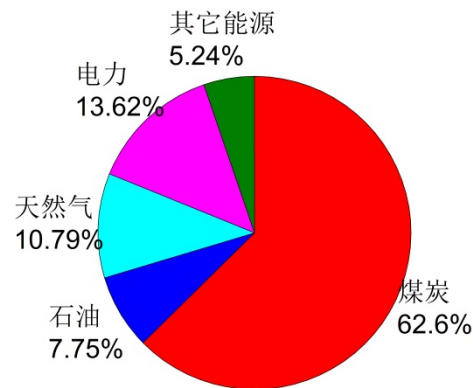
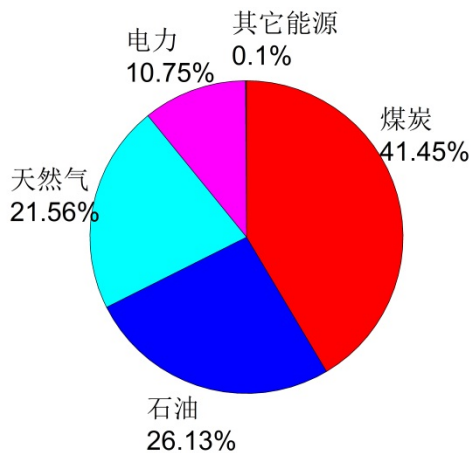
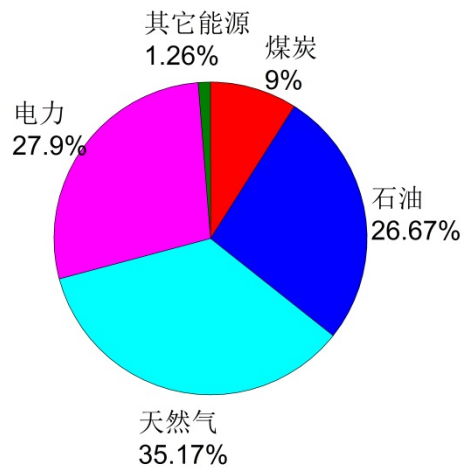
“国十条” 控制措施效果初步分析(2)

主要能源品种消费比重

2012

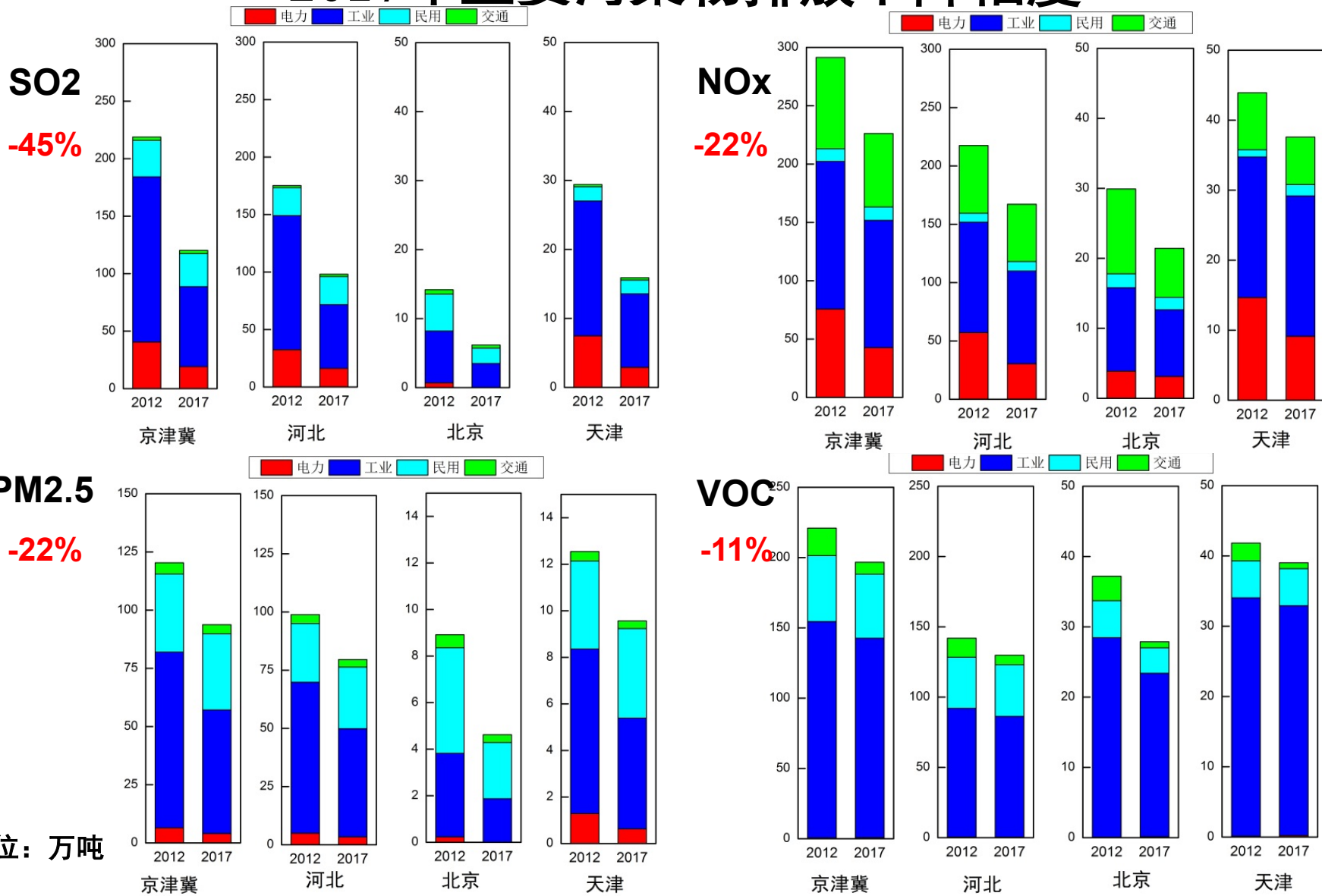


2017



“国十条” 控制措施效果初步分析(3)

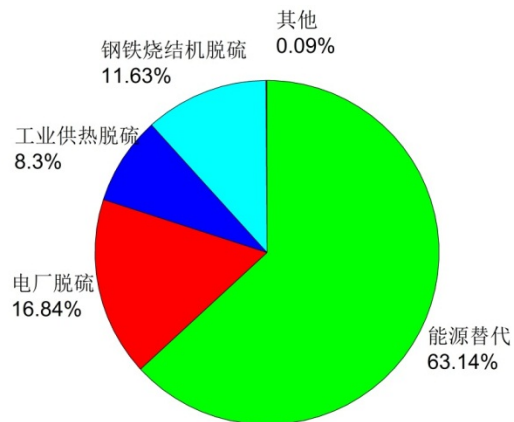
2017年主要污染物排放下降幅度



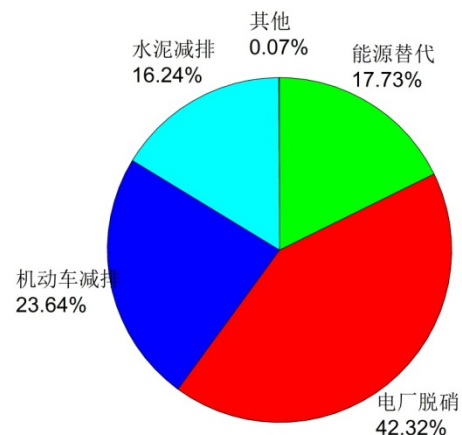
“国十条” 控制措施效果初步分析(4)

主要控制措施的减排贡献

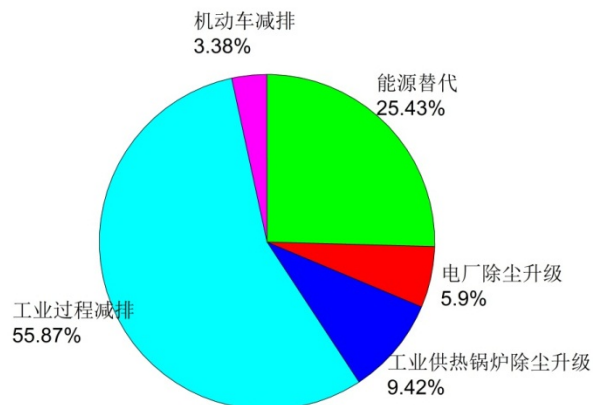
SO₂



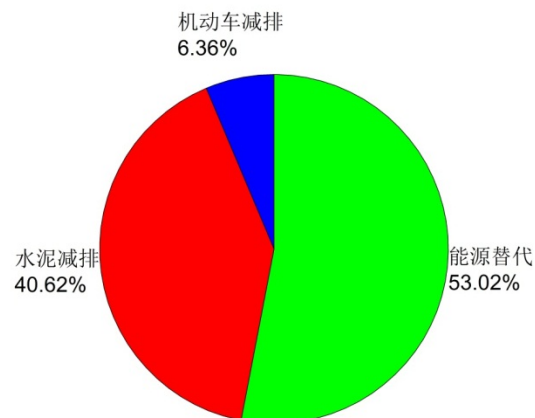
NO_x



PM_{2.5}



CO₂

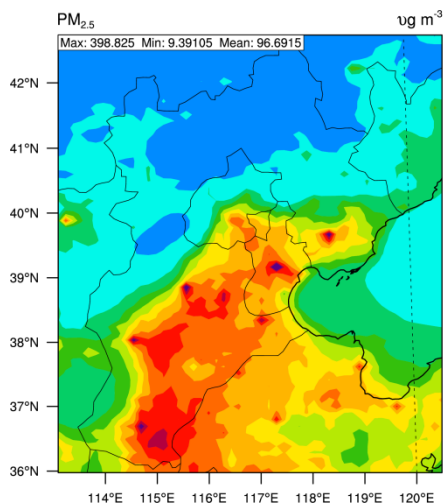


“国十条” 控制措施效果初步分析(5)

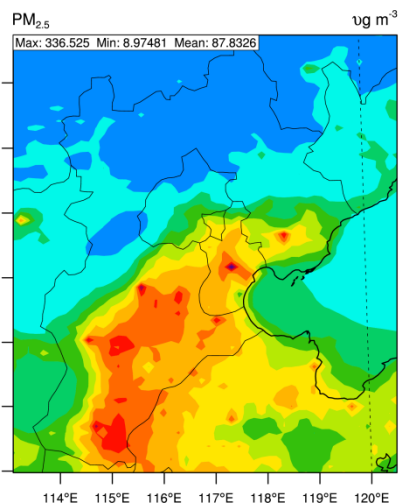
实施“国十条”后2017年京津冀地区PM_{2.5}浓度下降情况

1月

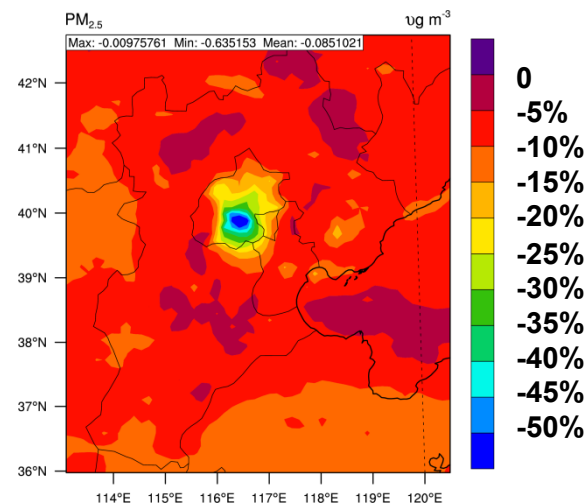
2012年



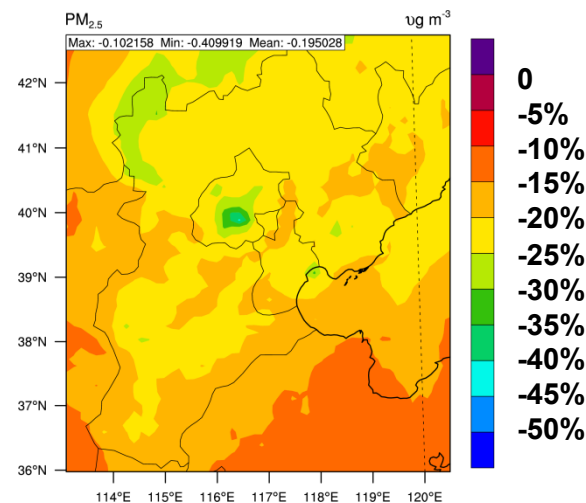
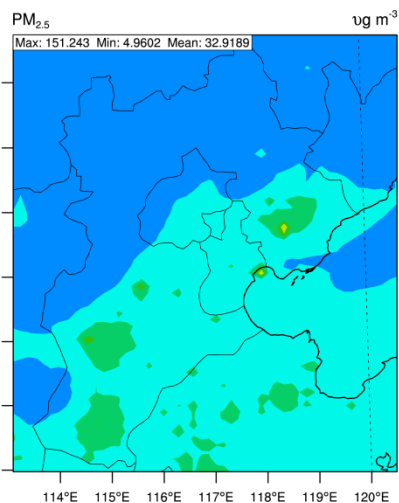
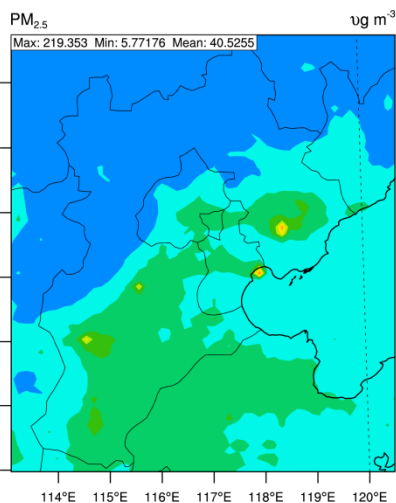
2017年



浓度下降比例



7月



“国十条” 中有待细化明确的措施

- 加强重点行业挥发性有机物综合治理，推广使用水性涂料、低挥发性溶剂
- 实施重点污染企业搬迁改造
- 实施建筑节能改造，推动绿色建筑发展
- 加强农村面源污染治理，开发缓释肥料新品种，减少化肥施用过程中氨的排放
- ○ ○ ○ ○ ○ ○

小结

- 京津冀地区是中国细颗粒物污染最重的地区之一，具有浓度绝对值高、区域性特征明显、二次组分比例高等特点。
- 大气“国十条”针对京津冀地区一次颗粒物及二次颗粒物气态前体物排放强度高的特点，针对重点排放源提出了强有力的控制对策。
- 依据现行可明确量化措施的初步分析结果表明，实施“国十条”后，京津冀地区PM_{2.5}浓度降幅显著，但仍有部分地区存在达不到2017年浓度降低25%的风险。
- 各地区需要对“国十条”进行细化，逐一明确量化各类控制措施，将“国十条”落实为实际的污染物减排量。
- 同时应当加大对NO_x、VOC、NH₃的控制力度，实现PM_{2.5}多组分协同减排。

谢谢!