

中国大气污染防治科技的发展态势

张远航

北京大学环境科学与工程学院

第二届源清单联盟会议

北京，2017-11-08

提 纲

一、总体状况

二、大气专项

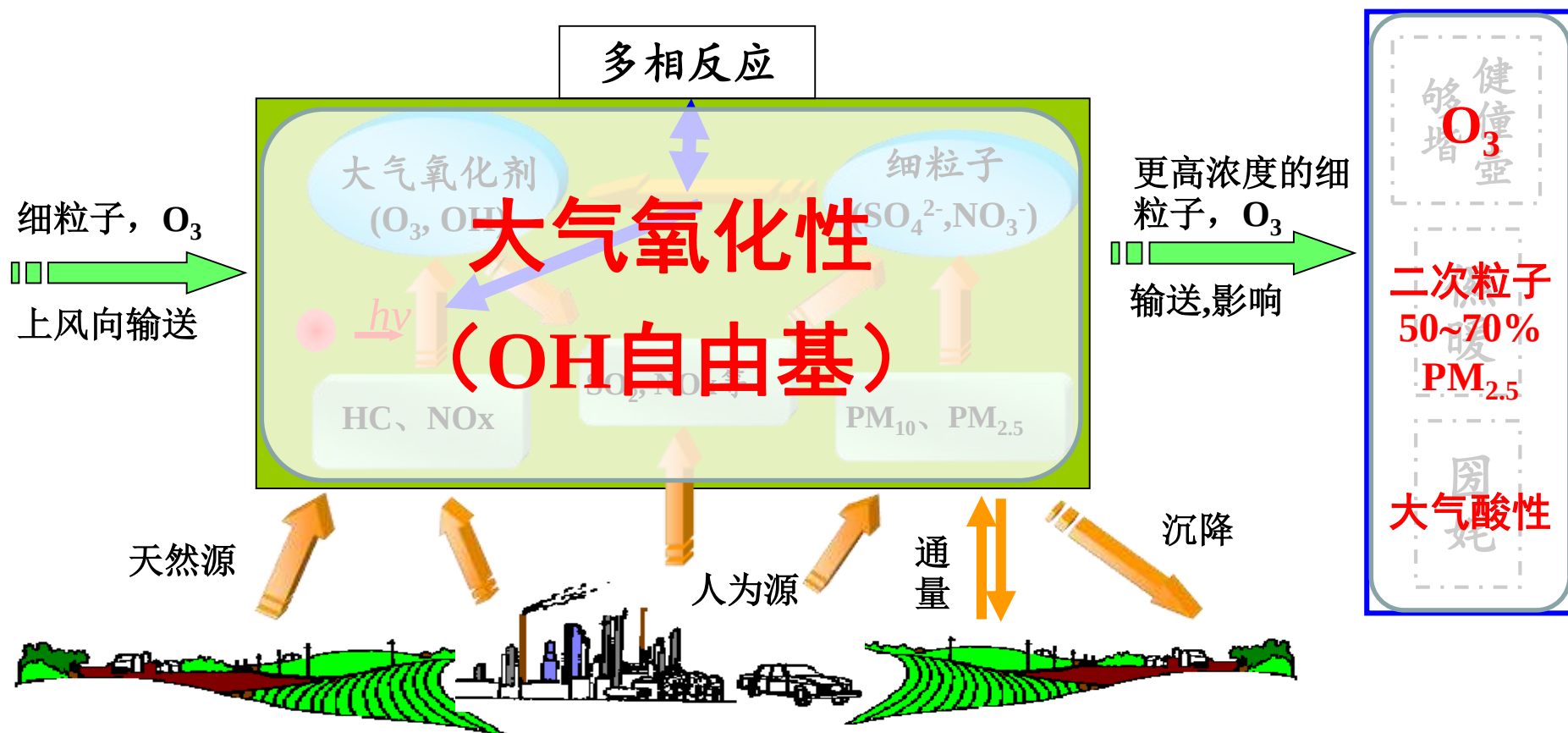
三、近期动态

国家科技计划的总体布局与标志成果

科技计划



大气复合污染形成机制的概念模型（1997）



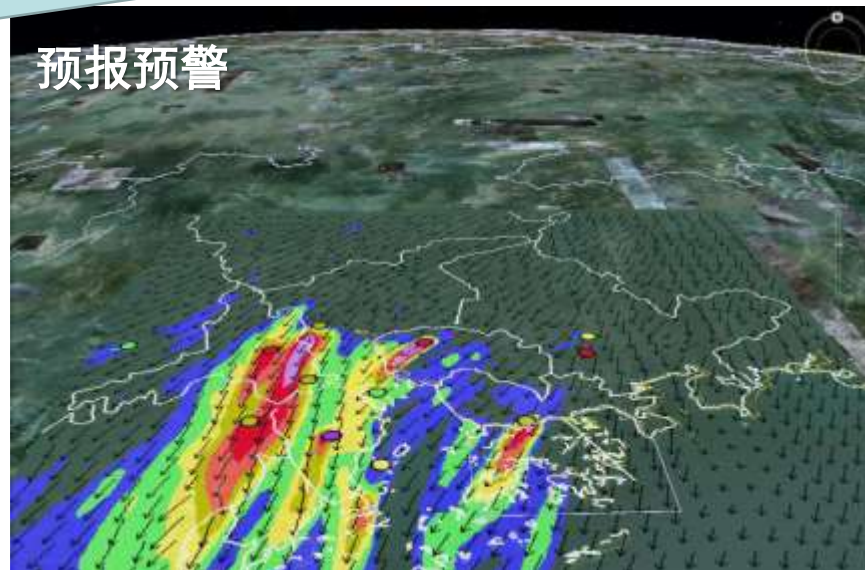
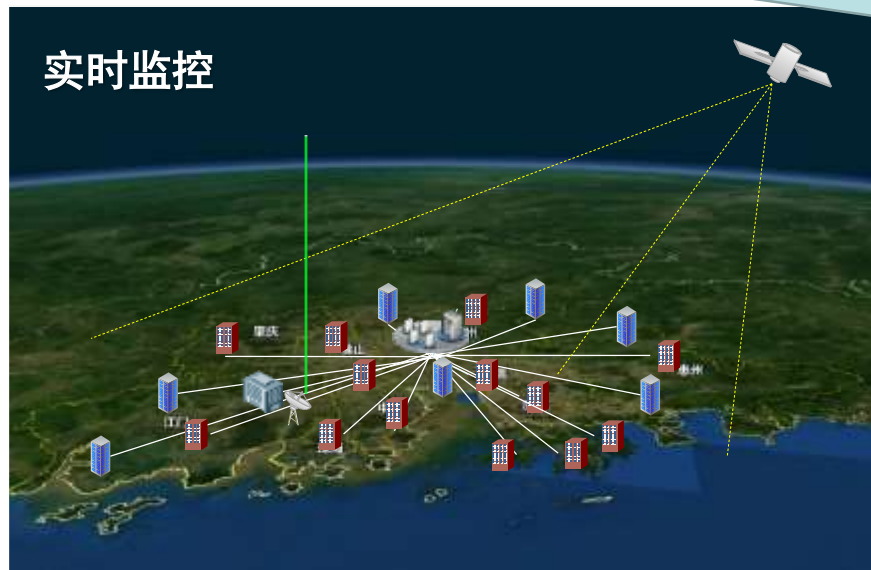
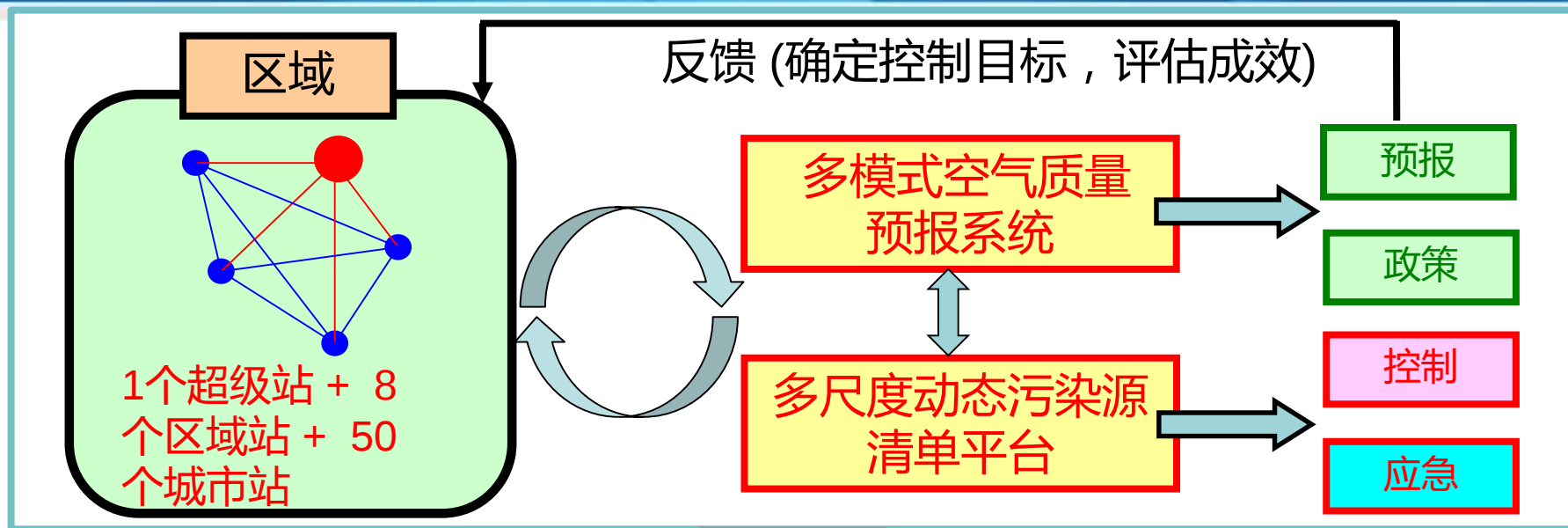
- 多种污染物
- 多种污染类型叠加
- 多种过程耦合

- 多尺度污染（局地与区域）相互作用
- 多种污染物综合控制

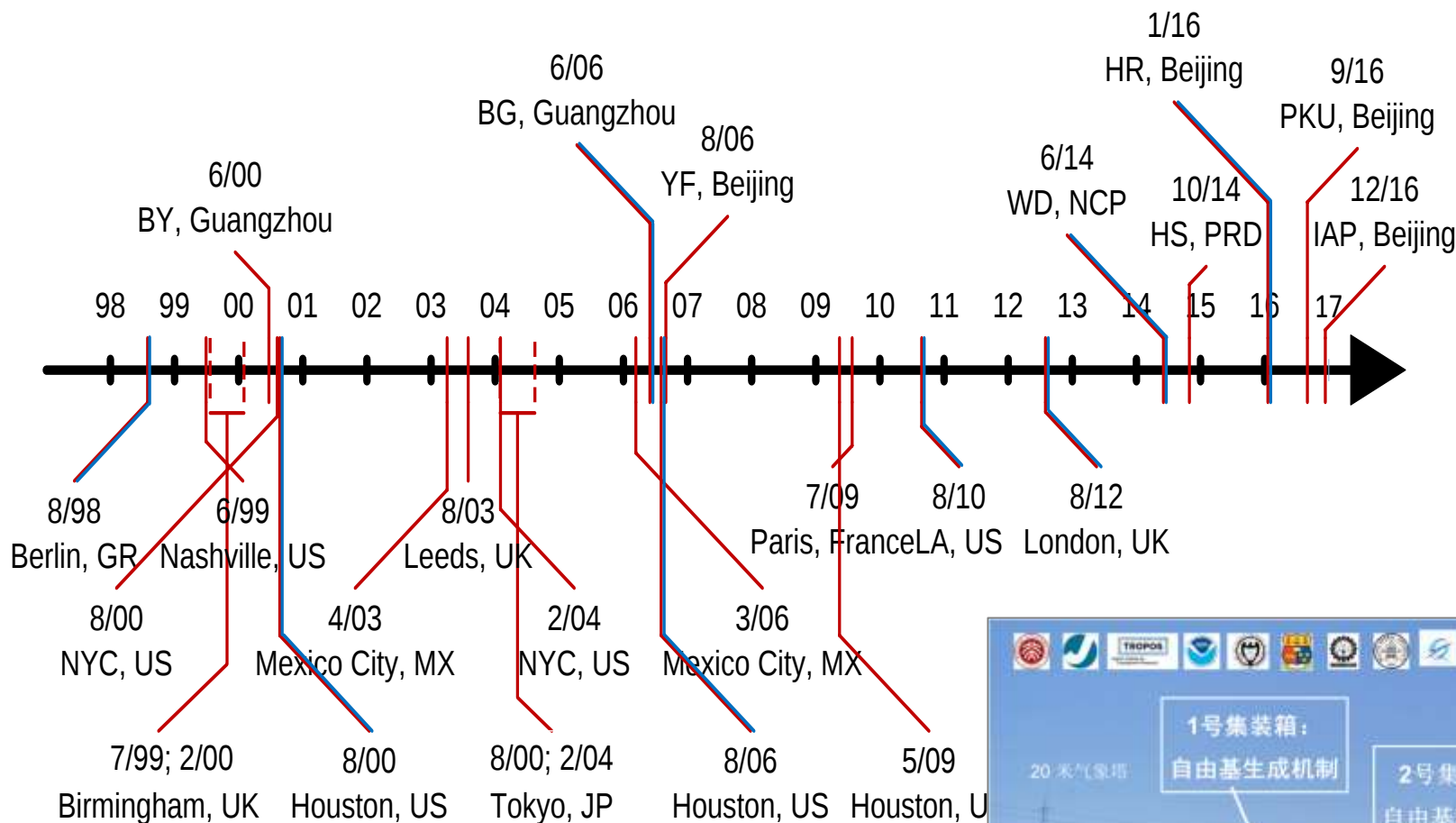
关键污染物

- O₃
- PM_{2.5}

区域空气质量立体监测与集合预报系统



组织实施区域污染大型综合观测工程

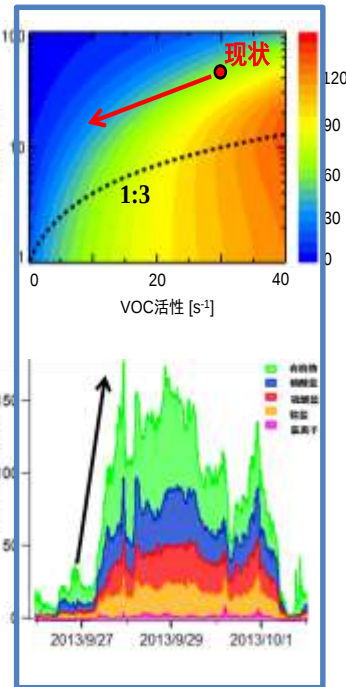
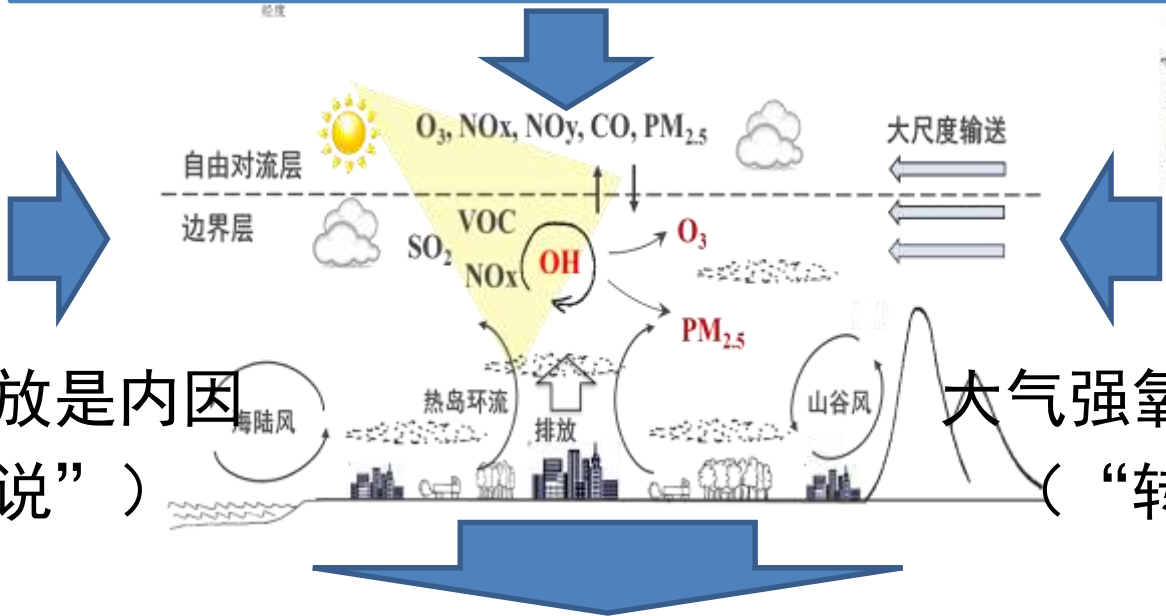
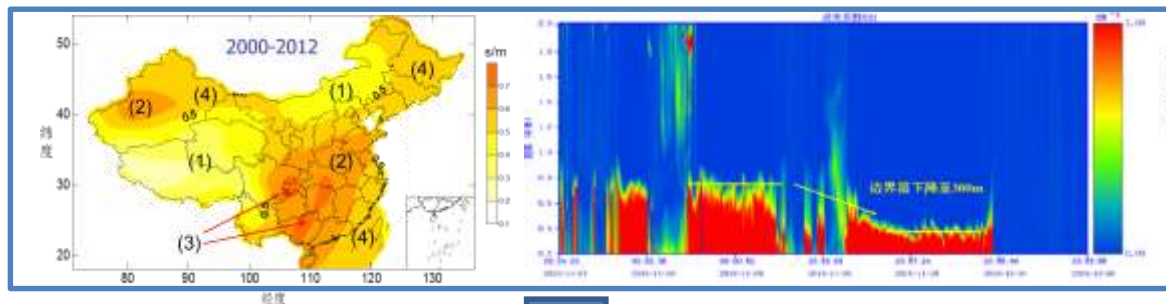


H₂O_x自由基外场观测实验的进展



关于大气污染形成机制的基本认识

不利气象条件是外因（“天气说”）



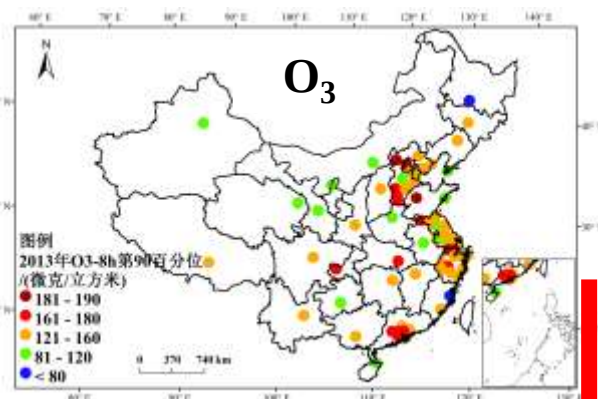
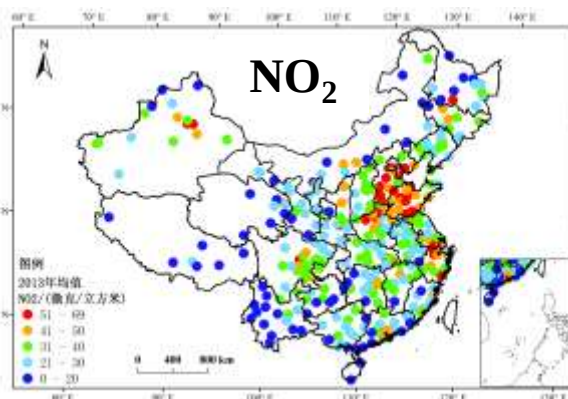
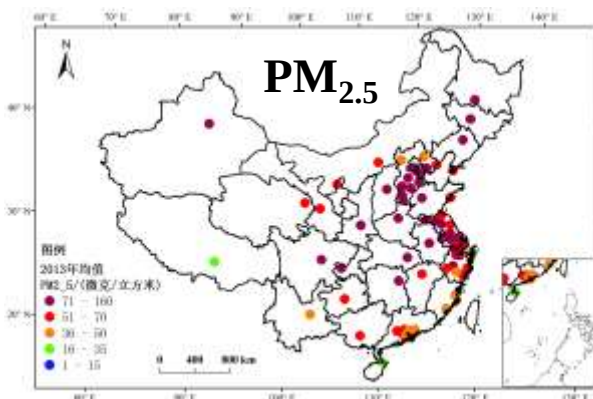
超强污染排放是内因
（“排放说”）

大气强氧化性是动力
（“转化说”）

在宏观和中观尺度上形成了共识，为大气污染防治
提供了理论基础

2013-2016年全国空气质量状况

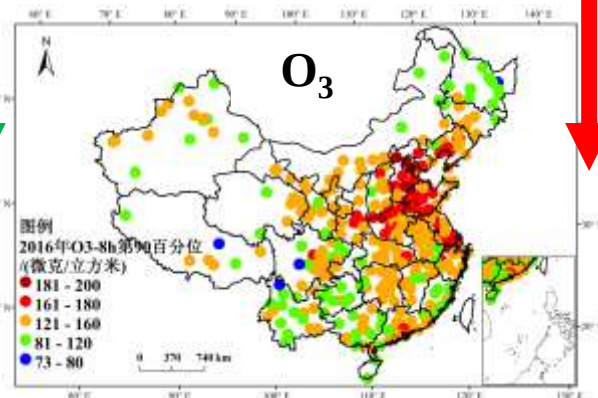
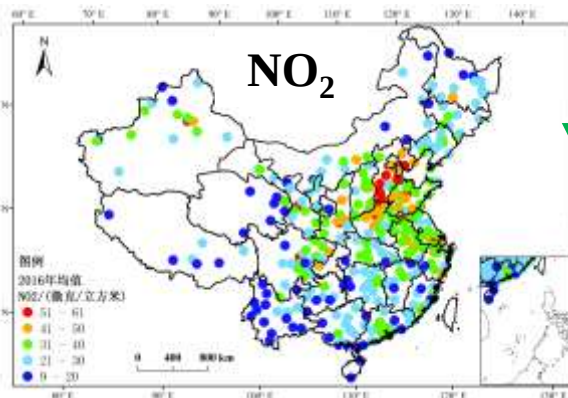
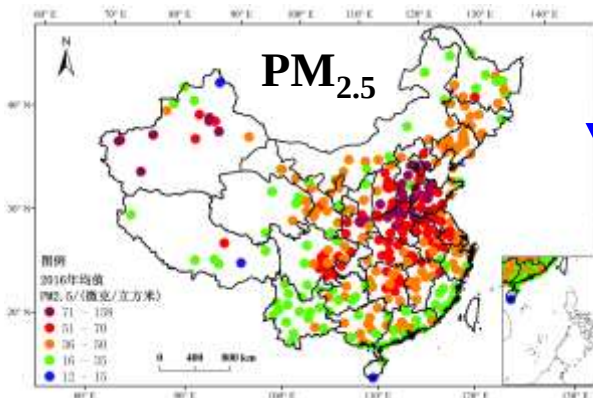
2013年 74城市



明显
改善

缓慢
改善

恶化



2016年 338城市

大气污染防治科技的基本态势

- 基础理论：若干方向快速突破、
整体水平缓慢提升
- 防治体系：关键技术日臻完善、
区域实践举步维艰
- 综合管理：科学决策初见成效、
联防联控亟待加强

提 纲

一、总体状况

二、大气专项

三、近期动态

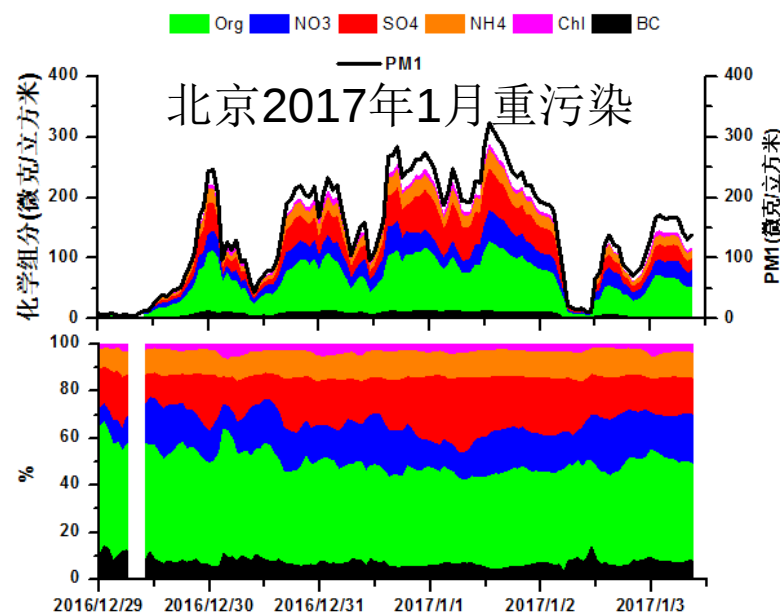
大气污染的格局和特征

主要污染特征：

- 二次污染突出：
 - 对 $\text{PM}_{2.5}$ 的贡献高达60-80%
 - O_3 成为夏季大气的首要污染物
- 爆发性发生：污染在2-3小时内增加几倍
- 区域性蔓延：超100万 km^2
- 持续时间长：3-7 天

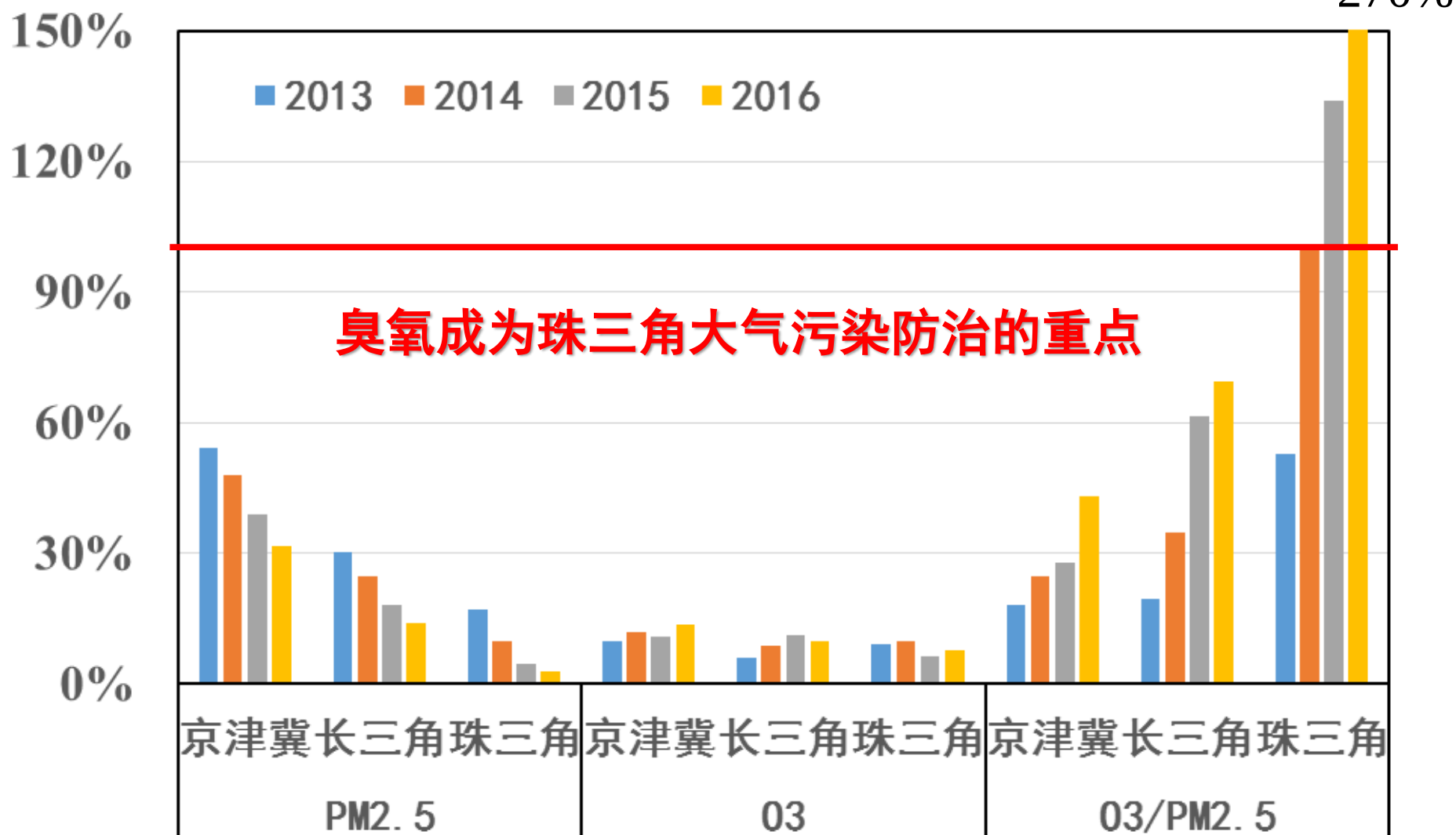
2016年 $\text{PM}_{2.5}$ 污染状况

- 达标城市： **96** (29)
- 超标 <20%: **57**
- 超标 20-50 % : 74
- 超标 >50%: 111



PM_{2.5}和O₃超标率及比值

270%



空气质量持续改善的科技需求

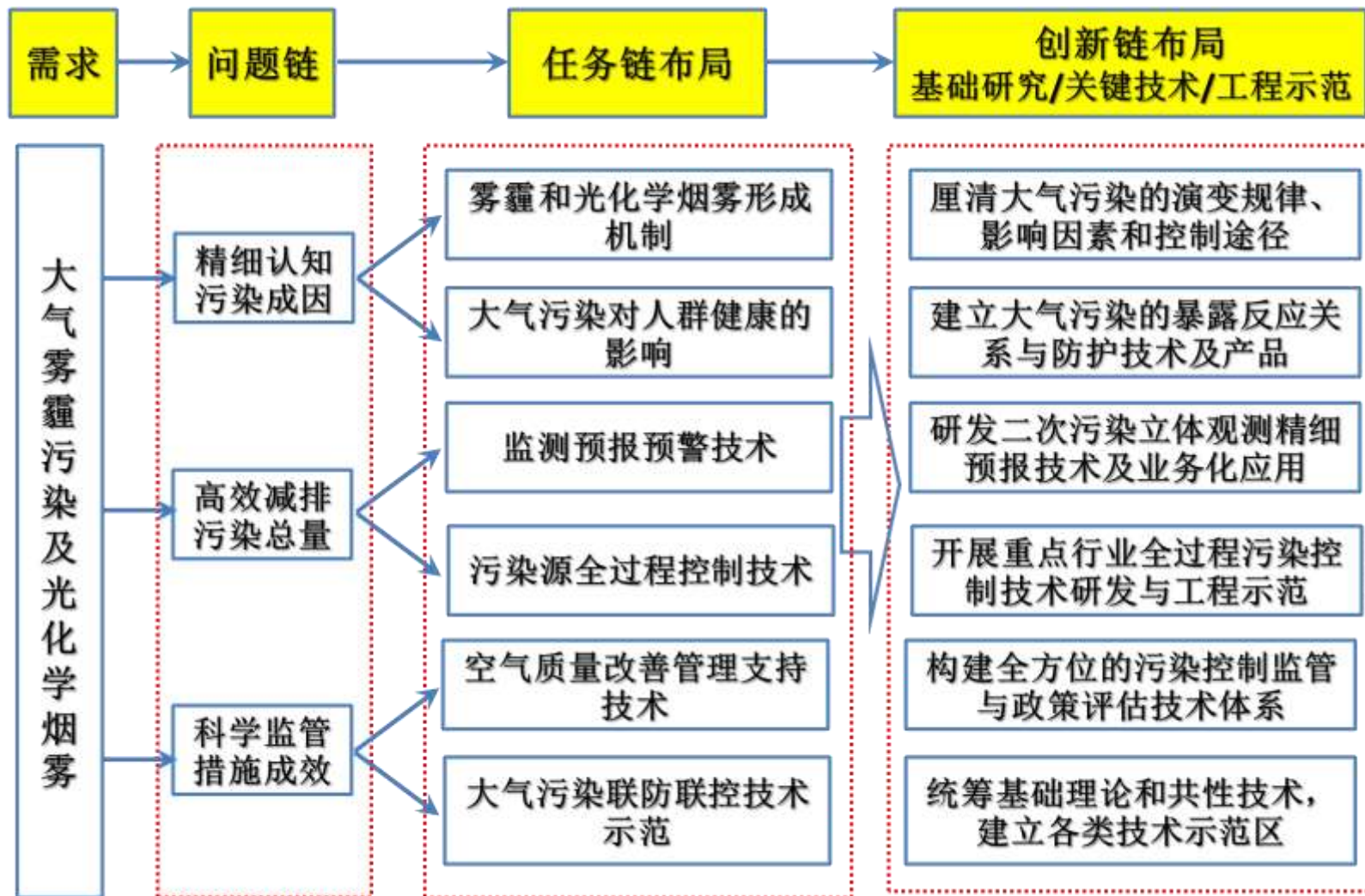
为实现空气质量达标，需要在以下方面加强科技创新：

- 防治重点：从应对雾霾天气**转向**PM_{2.5}和臭氧的协同防控
- 减排途径：从末端控制为主**转向**全过程控制的深度净化
- 管理决策：从总量减排为主**转向**多目标约束的目标管理
- 技术装备：从松散技术合作**转向**全创新链条的深度融合



构建基础研究-技术研发-应用示范贯通的创新链

“大气污染成因与控制技术研究”重点专项



贯穿现状评估、来源成因、环境影响、污染控制、管理决策**全过程**

研究主题：监测预报预警技术

主要任务

基本解决**雾霾和大气二次污染**监测的技术难题，建立中长期精细化大气环境数值预警预报系统，研究应用一批适应于新标准的污染源在线监测仪器，形成监测预警的质量控制和质量保证技术体系，促进监测预警数据共享，**满足新常态和新标准下环境质量和污染源监管的技术需求。**

任务分解

大气污染监测技术

自由基与纳米粒子化学
气固相有机物组成
边界层大气污染垂直探测
源排放高精度在线监测

大气污染预警技术

精细网格动态污染源清单
全耦合空气质量预报模型
污染跨界输送定量评估
突发污染事故应急预警

监测数据共享及应用

污染与气象多参数长期测量
大型区域综合观测实验
质控-同化-大数据分析
标准化共享数据集

研究主题：大气污染联防联控技术示范

主要任务

统筹监测预警-源头治理-监督管理等技术集成应用，建立适合不同区域的经济发展-污染源调控-空气质量改善相结合的大气污染防治技术方案，在重点区域建成大气污染联防联控技术示范区，加快大气污染防治先进技术转化应用，显著提升我国大气污染综合防治的科技水平和国际竞争力。

任务分解

污染源解析与空气质量调控技术

在线源解析集成技术
动态调控与多目标决策
机动车控制与绿色交通

污染防治先进技术评估与示范

污染防治技术筛选与评估
大气环保产业链优化布局
先进适用技术的转化推广

重点地区联防联控技术集成与示范

联防联控技术示范区
工业园全过程控制示范区
区域污染整体技术方案

已启动的源清单和源解析重点项目

精细网格动态源清单 技术研发及应用示范

全面提升人为源与天然源排放表征精度，**将主要污染物不确定性约束在30%以内**，建立可支持业务化运行的精细网格排放交换信息平台 and 源清单处理模式。

大气污染多组分在线 源解析集成技术

针对源解析结果不可比，精细化程度不高和时效性差等科学问题，研发大气污染在线多组分来源解析技术，**建立多技术融合的源解析集成技术体系及平台**。

研究主题：雾霾和光化学烟雾形成机制

主要任务

掌握典型区域大气条件下大气二次污染演变特征和**形成机制**，阐明大气污染和气象因素的交互影响及其与区域大气环境容量的关系，找准大气PM_{2.5}爆发性增长的主控因子，**为确定污染减排与空气质量改善之间的响应关系提供理论基础。**

任务分解

雾霾与光化学烟雾特征及成因

有机物降解转化机制及环境效应
细颗粒物爆发增长机制与调控原理
大气氧化能力与空气质量的调控原理

污染演变与气象过程相互作用

重污染累积与天气过程的双向反馈
影响区域排放与沉降响应的关键过程
污染输送多时空尺度的相互作用



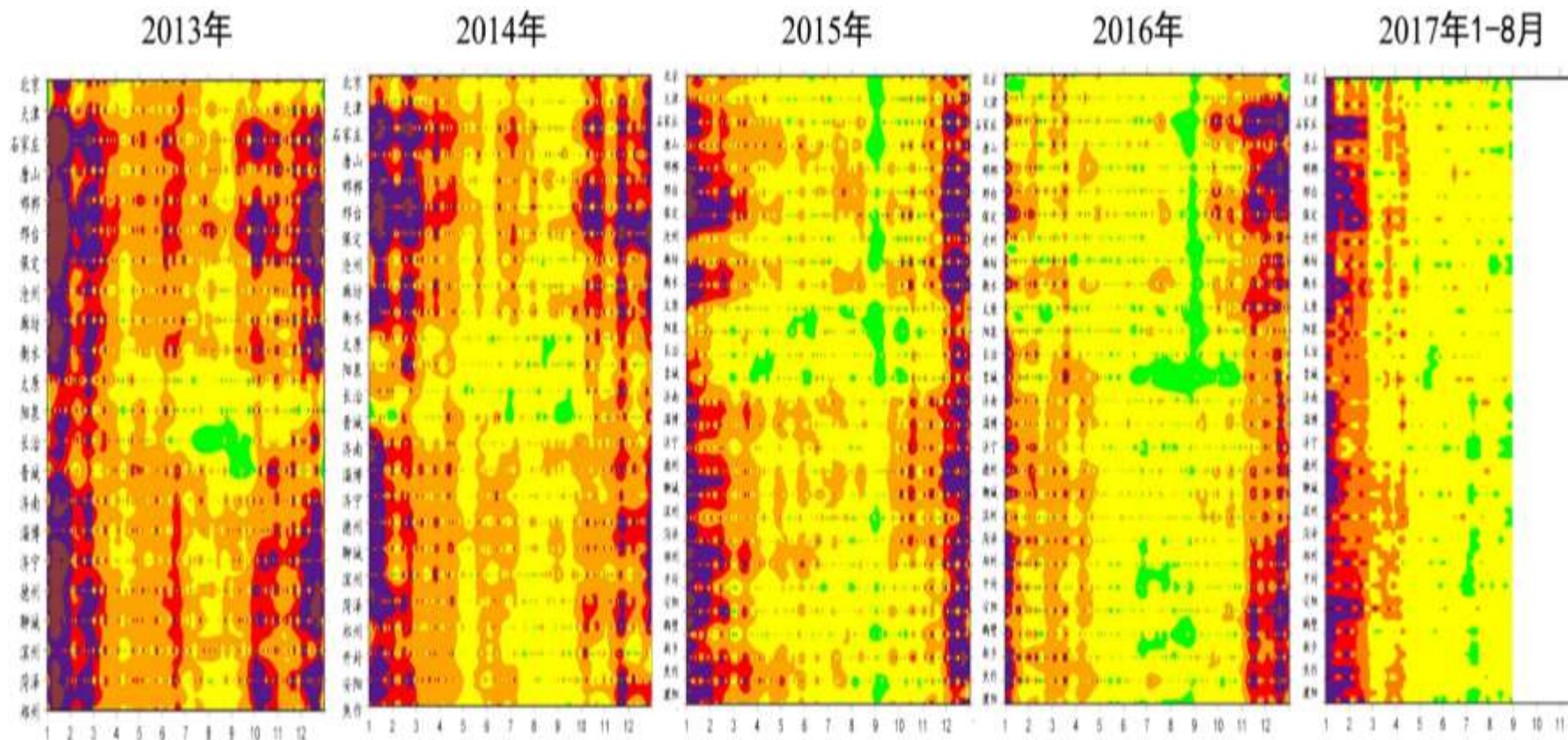
提 纲

一、总体状况

二、大气专项

三、近期动态

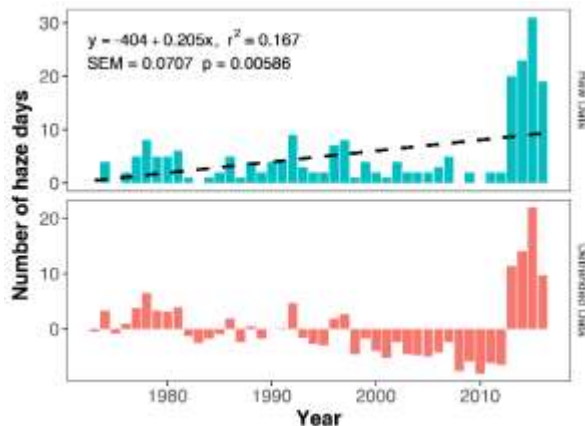
京津冀鲁豫秋冬区域大气重污染的格局



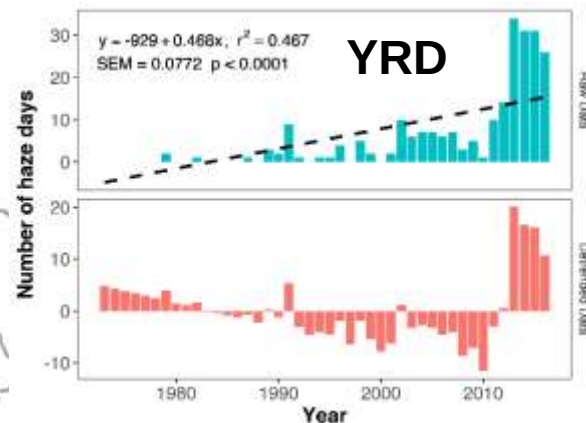
充分认识冬季重污染的严峻性和紧迫性

四大城市群冬季区域灰霾过程的变化趋势

BTH

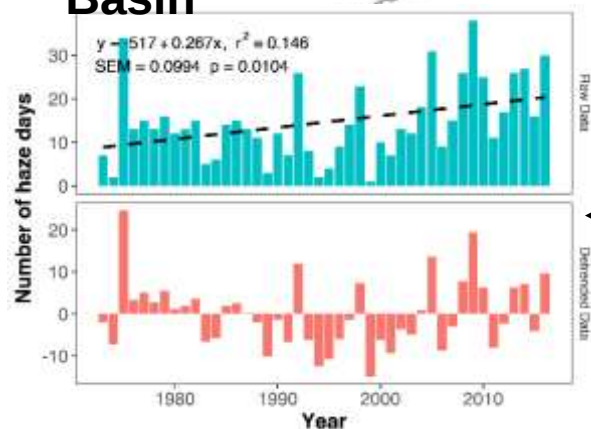


YRD

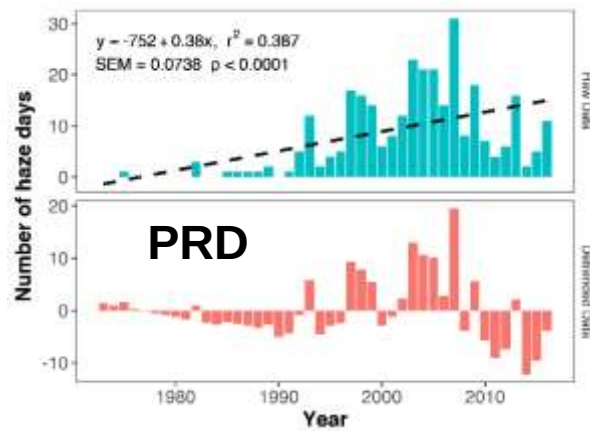


Sichuan

Basin



PRD



环保部工作需求

夯实基础

成因及来源

- 1、天地一体化综合立体观测
- 2、区域大气颗粒物精细化来源解析
- 3、秋冬季大气重污染成因与主控因子
- 4、京津冀及周边地区大气环境承载力
- 5、大气污染物比较风险评估与急性健康影响

排放现状评估和 强化管控技术

- 6、区域动态高时空分辨率大气污染源排放清单编制和快速量化响应技术
- 7、区域内非电领域大气污染治理及调控政策工具研究
- 8、区域内煤炭使用强度降低和清洁利用政策工具研究
- 9、降低移动源排放强度及治理技术政策工具研究
- 10、农村和农业排放状况及强化治理方案

科学管理

大气环境质量改善路径 及重污染天气应对策略

- 11、大气污染防治综合科学决策支撑平台
- 12、京津冀及周边地区空气质量改善路线图
- 13、重污染天气应急管理
- 14、大气污染源动态监管
- 15、舆情应对管理
- 16、环境管理政策措施库

“攻关项目”的总体思路和技术路线

大气重污染成因与治理攻关

专题一

京津冀及周边地区大气重污染成因和来源

4个
专题

7个课题

张远航
刘文清
徐祥德
柏仇勇

28个
课题

牵头
专家

专题二

排放现状评估和强化管控技术

9个课题

贺克斌
李海生
贺泓
刘学军

专题三

大气污染防治综合科学决策支撑

7个课题

郝吉明
柴发合
王金南

专题四

大气污染对人群的健康影响研究

5个课题

施小明
朱彤
徐东群

专题一的技术思路和研究重点

针对重污染发生、演变和消散全过程核心科学问题

大气污染及边界层气象同步观测闭合实验

大气污染及边界层气象的数值闭合研究

气象过程

地气交换

污染过程

客观印证

气象机制

化学机制

相互作用机制

大气污染来源成因解析技术的业务化系统

多技术融合的城市与区域精细化污染源解析

专题二的技术思路和研究重点

关键技术攻关



成果落地应用

1 项基础技术

“2+26”城市
排放清单编制
和快速量化响
应技术



7 个关键领域

冶金

建材

VOCs

散乱
污

煤炭
使用

柴油
机

农业
源

重点研究：

- 1、高分辨率排放清单编制技术
- 2、多维校验技术和快速量化技术平台

重点研究：

- 1、大气污染物排放特征
- 2、环境监管技术方法
- 3、排放治理技术和结构优化方案
- 4、特别是重污染天气的行业调控政策



“2+26”城市的清单编制

大气专项与攻关项目的相互支撑

大气重污染成因与治理攻关

专题一

京津冀及周边地区大气重污染成因和来源



专题二

排放现状评估和强化管控技术



专题三

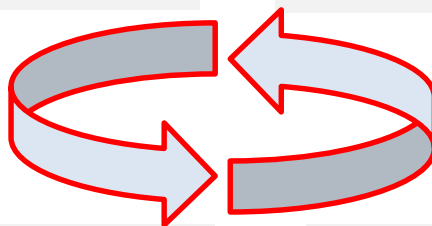
大气污染防治综合科学决策支撑



专题四

大气污染对人群的健康影响研究

资源共享、典型案例



技术支撑、合作研究

监测预警
污染成因

源清单
源头控制
管理对策

管理对策
联防联控

健康影响

大气污染成因与控制技术研究

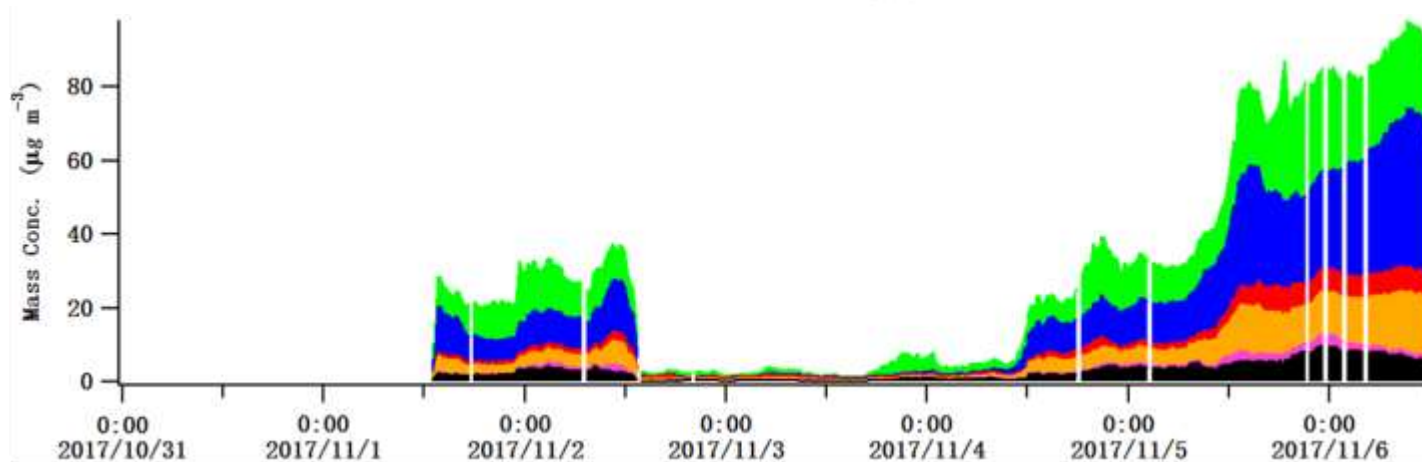
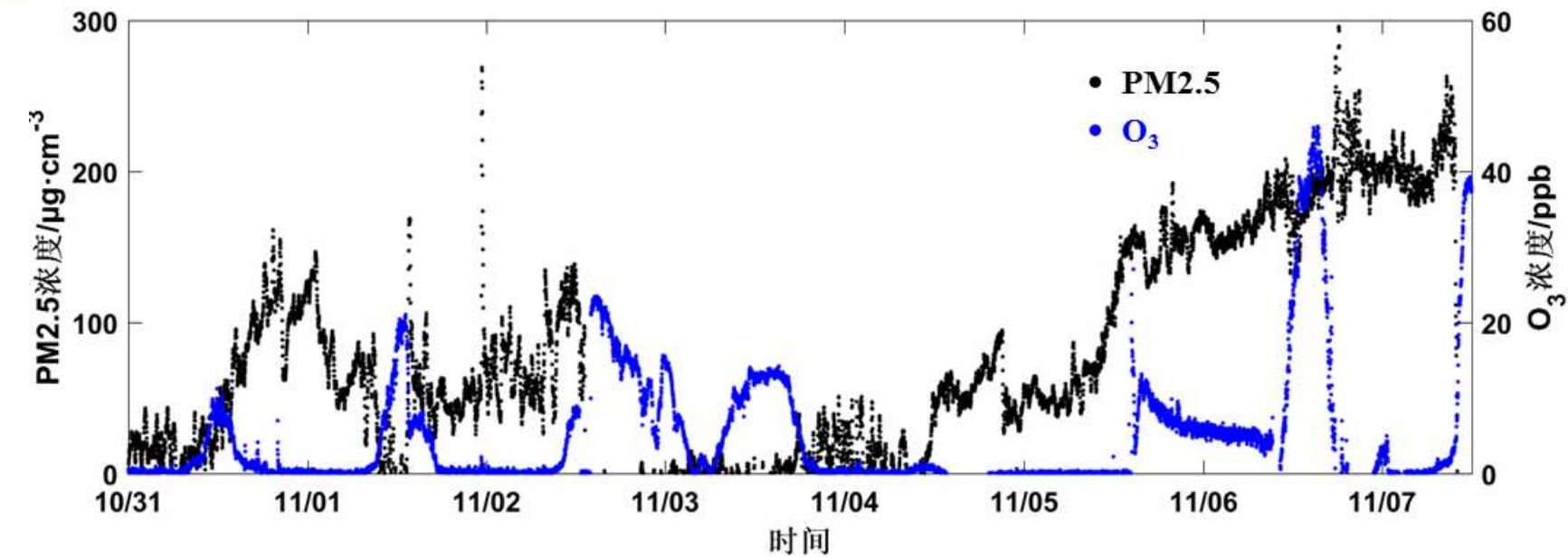
京津冀冬季区域监测网络与综合观测实验



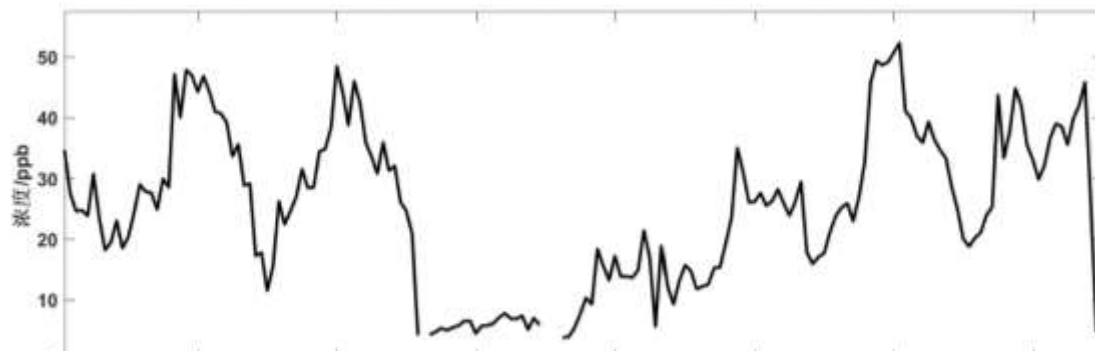
北京大学城市定位站

1. 气象和边界层 (反应条件)	地面气象	风温湿压
	光辐射	J value
	微波辐射计	水汽总量及温湿廓线
	风廓线雷达	风廓线
	能见度仪	能见度
	激光雷达 (MPL)	颗粒物消光廓线
	Camera Lidar	近地面颗粒物消光廓线
	全自动太阳光度计	大气气溶胶光学厚度
2. 大气氧化性 (反应途径、速率等)	Thermo系列	NO、NO ₂ 、O ₃ 、CO、SO ₂ 、Noy
	Piccarro NH ₃	氨气
	LIF	OH、HO ₂
	LOPAP	HONO
	Hanstch	甲醛
	PAN	PAN
	CEAS	N ₂ O ₅
	过氧化氢	过氧化氢
	GAC	气体/颗粒物水溶性离子
	Online-GCMS	VOCs
	PTR-ToF-MS	VOCs
	Nitrate CIMS	硫酸、有机物、HOMs
3. 气溶胶理化特征 (热动力学：气-粒转化速率、 途径等)	PSM	1-3nm颗粒物数浓度
	SMPS	3-500 nm颗粒物数浓度
	APS	500nm-10um颗粒物数浓度
	HR-ToF-AMS	分粒径非难熔颗粒物化学组成
	MAAP	颗粒物吸光系数
	Aethelometer	颗粒物吸光系数
	Nephelometer	颗粒物散射系数
	f(RH)	含水量、kappa、CCN相函数、SSA
	CPMA-SP2	单颗粒黑碳颗粒物
	重金属分析仪	重金属
	在线EC/OC	颗粒物EC/OC浓度
	PM2.5膜采样器	POM:GCMS、Orbitrap
	MOUDI	分粒径化学组成 (过程)
	H/V-TDMA	颗粒物吸湿性/挥发性
	颗粒物粘性 and 相态仪	颗粒物粘性和相态
	CCNc	云凝结核数浓度

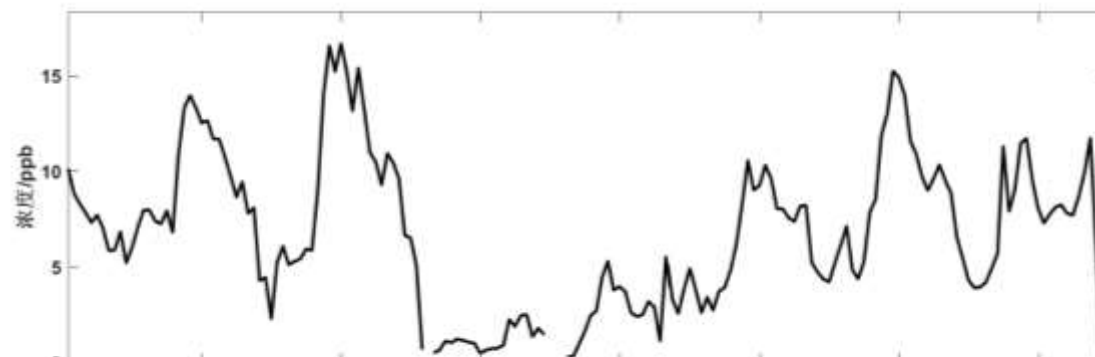
初步结果1



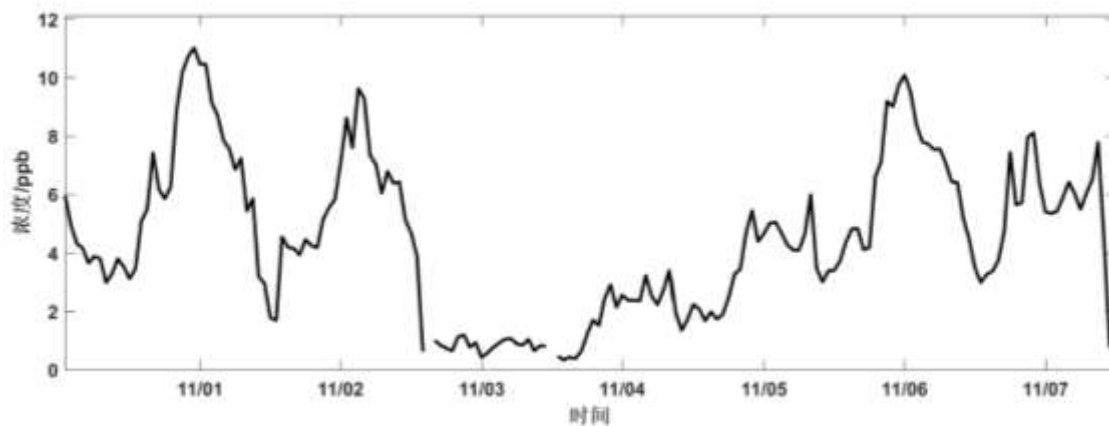
初步结果2



烷烃

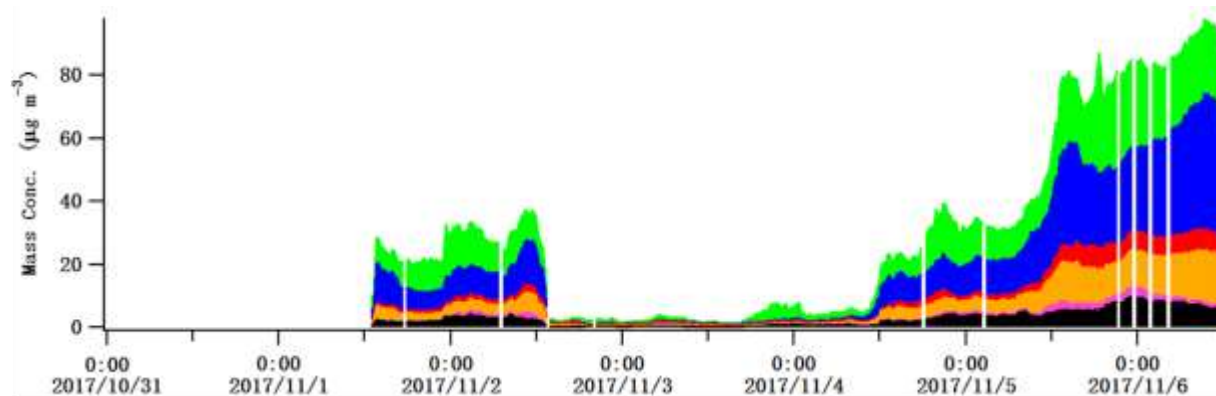
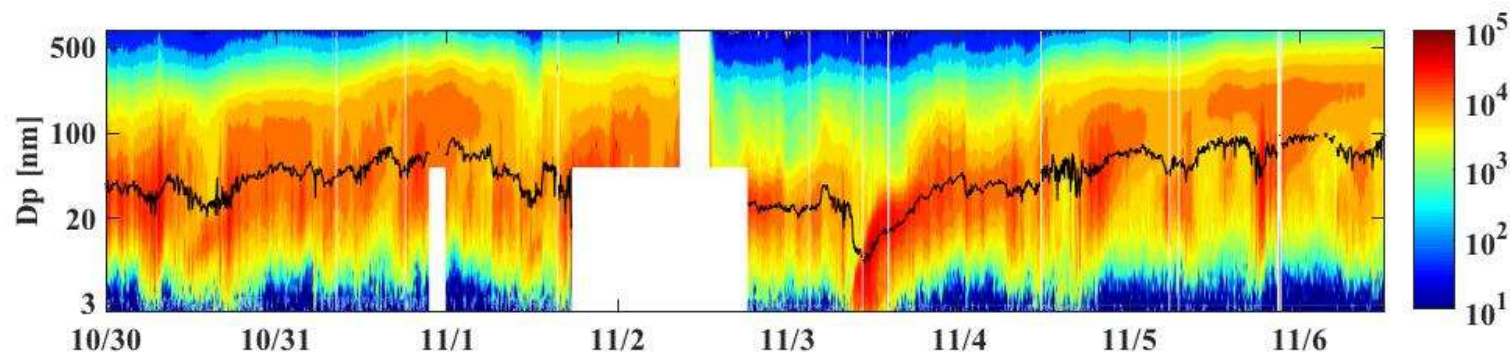
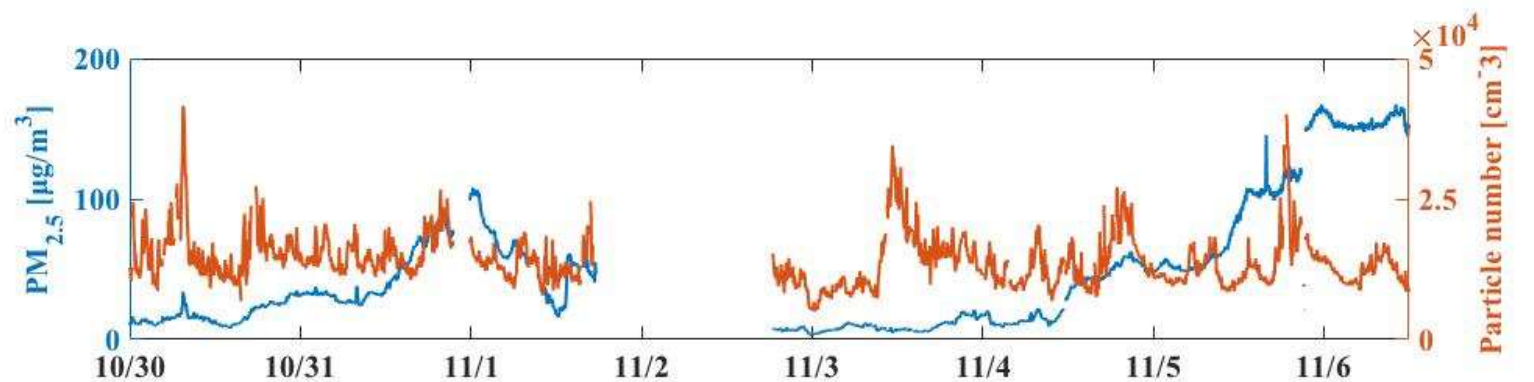


烯烃



芳烃

初步结果3



A scenic landscape photograph of a calm body of water, likely a lake or pond, reflecting the surrounding environment. The sky is a clear, vibrant blue. The far bank is lined with a variety of trees, some of which have turned bright red and orange, indicating autumn. A traditional Chinese pavilion with a dark, tiled roof and red walls is visible on the right side of the bank. The water is very still, creating a perfect mirror image of the trees and the pavilion. The overall atmosphere is peaceful and serene.

谢谢！