

第十一届长三角空气质量管理技术研讨会

长三角区域大气污染精细化管控技术与对策 研究及实践

汇报人：黄成

上海市环境科学研究院

国家环境保护城市大气复合污染成因与防治重点实验室、长三角区域生态环境联合研究中心

2023年9月1日

汇报提纲

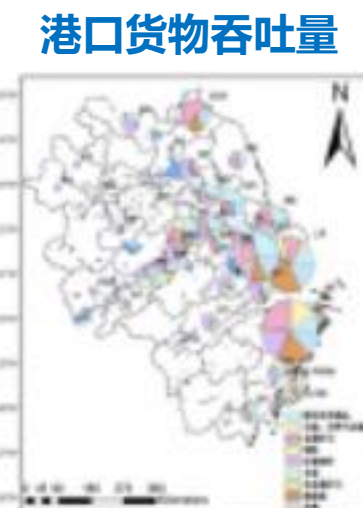
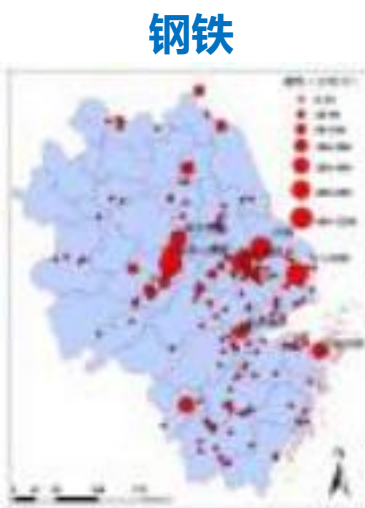
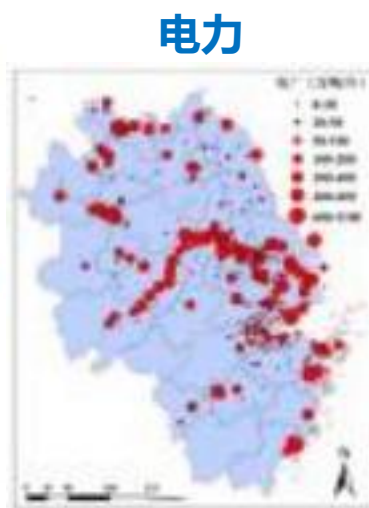
- 1 需求与挑战
- 2 技术与应用
- 3 对策与成效

长三角区域社会经济概况

- 长三角是我国**经济发展最活跃、开放程度最高、创新能力最强**的区域之一
- 亚太地区重要国际门户、全球重要的先进制造业基地，中国率先跻身世界级城市群的地区
- 中国第一大经济区（GDP总量超过20.1万亿，人均1.5万元），世界第五大经济体
- 经济社会发展：以占全国**3.5%**的土地面积，承载了全国**16.5%**的人口，贡献了全国**23%**的GDP总量



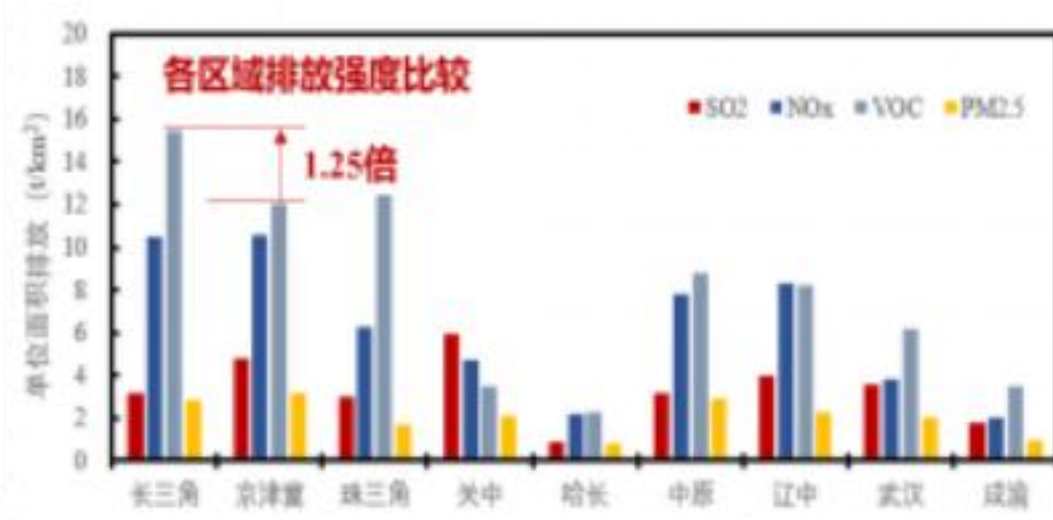
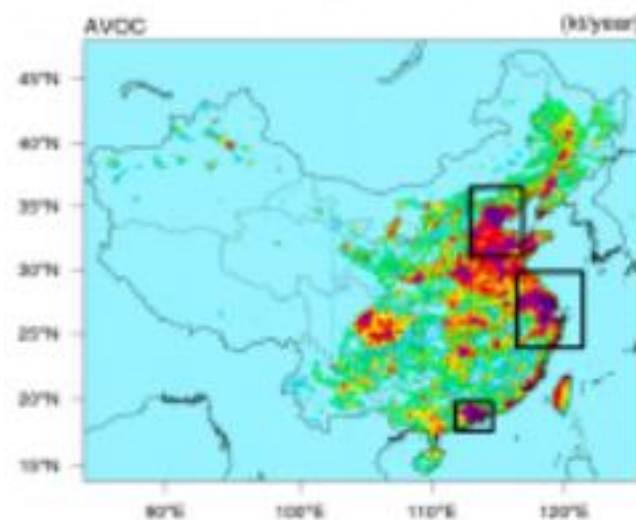
长三角区域结构特点与排放特征



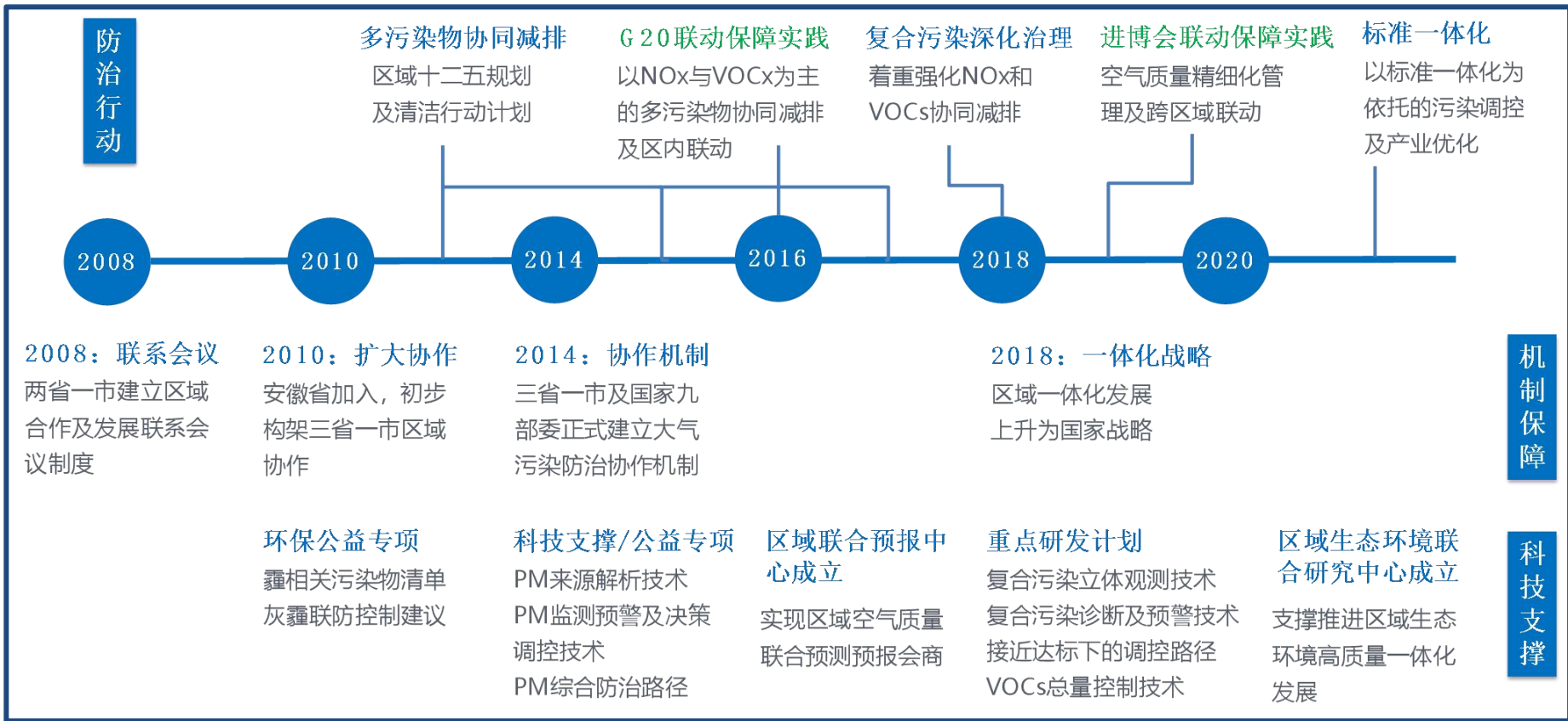
- **结构特点：高排放行业集聚，交通源密集**

- 能源消耗占全国12%
- 工业产值占全国26%
- 货运总量占全国14%

- **排放特征：NO_x和VOC排放强度均居全国首位**



长三角区域大气污染联防联控历程



2008年9月，建立长三角区域
合作与发展联席会议制度

长三角两省一市

2010年，安徽省加入区域协作

2014年1月，正式建立长三角
区域大气污染防治协作机制

三省一市+9国家部委

2021年5月，正式成立长三角
区域生态环境保护协作机制

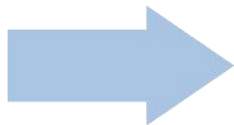
三省一市+16+国家部委

**推进生态绿色一体化
共建美丽和谐长三角**



区域大气污染防治工作持续深入推进

2013~2017年“气十条”

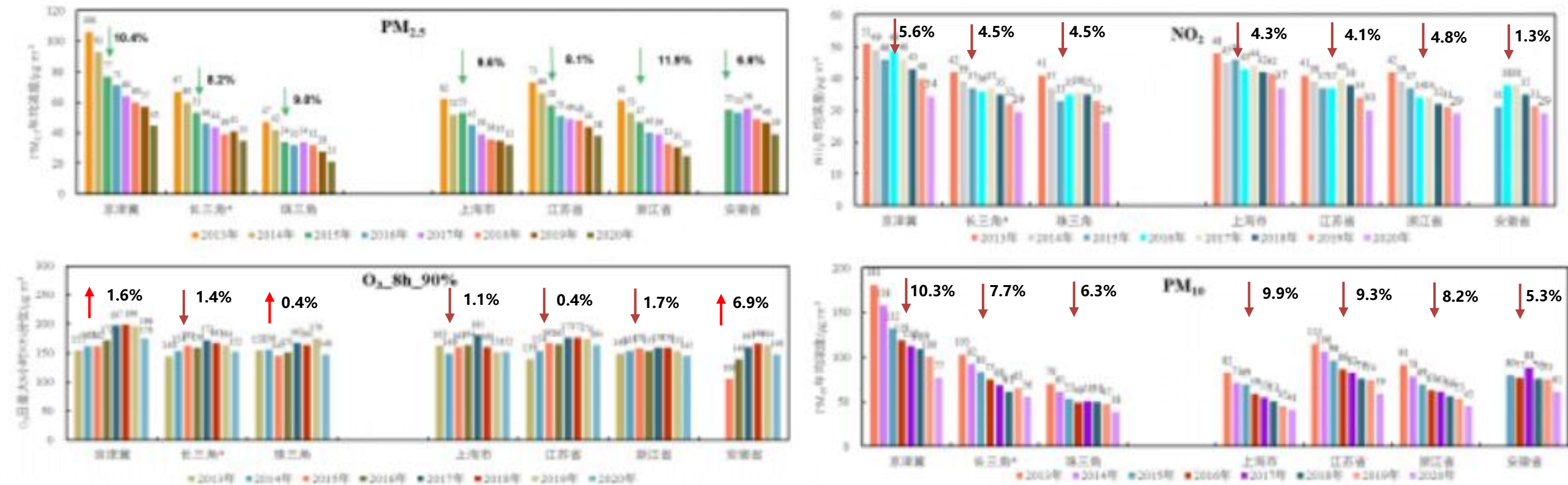


- 落后产能淘汰：累积淘汰水泥产能**1600余万吨**，炼铁炼钢产能**1308万吨**，平板玻璃**740万吨**
- “散乱污”企业整治：完成**超过5万家**“脏乱差”、“低小散”企业（作坊）淘汰整治
- 电厂超低排放改造：完成近**200台**火电机组超低排放改造
- 工业提标改造：重点对火电、钢铁、水泥、平板玻璃等**开展除尘改造**
- 燃煤锅炉整治：累计超过**6万台**小燃煤锅炉淘汰或清洁能源替代或改造
- 民用燃料清洁化
- 移动源排放管控：**全面供应国V标准车用汽柴油**，累计淘汰老旧车或黄标车**190余万辆**，推广新能源车20余万辆，执行船舶ECA控制
- 扬尘综合治理：搅拌站、堆场等密闭化改造，开展建筑工地综合整治，提高道路机械化清扫率（~80%）
- 挥发性有机物治理：基本完成加油站、储油库、运输车油气回收治理，石化、化工等重点行业推行LDAR治理，开展**有机废气治理项目（工程）6000余项**
- 其他：大力推动清洁生产审核

2018~2020年蓝天保卫战

- 产业结构优化：优化布局；严控“两高”行业，淘汰落后产能；**“散乱污”整治近万家**；深化工业治理，化工、水泥行业深度治理，**钢铁行业超低排放改造**；培育绿色产业。
- 调整能源结构：煤炭总量控制；燃煤锅炉整治，**全面完成电厂超低改造**，完成35蒸吨及以下和35蒸吨以上燃煤锅炉淘汰或改造，**开展低氮燃烧改造**，执行特别排放限值；提高能效；清洁能源；
- 调整运输结构：调整货运结构；加快车船与油品升级，**实施轻型车国六排放标准**，落实**第二阶段ECA控制区**；移动源防治；
- 调整用地结构：防风固沙；露天矿山整治；扬尘治理；秸秆和氨排放控制；
- 实施重大专项行动：秋冬季攻坚；柴油货车；**开展工业炉窑综合整治；VOCs专项整治**，重点行业VOCs治理，工业企业源头替代；
- 强化区域联防联控：区域协作机制；重污染天气应急联动；跟踪编制重污染应急减排清单，夯实应急减排措施

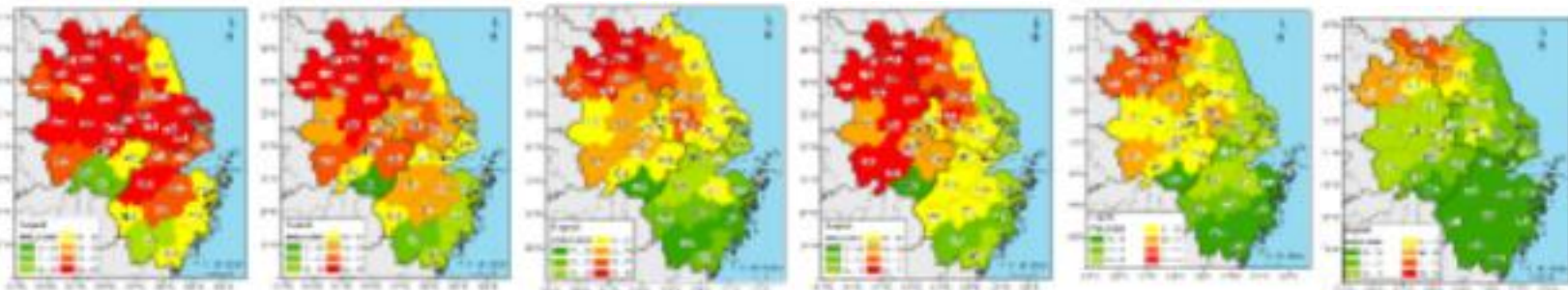
“十三五”期间区域环境空气质量改善显著



- 十三五期间，长三角大气PM_{2.5}、PM₁₀、NO₂年均降幅分别为8.2%，7.7%，4.5%，O₃污染上升趋势基本遏制

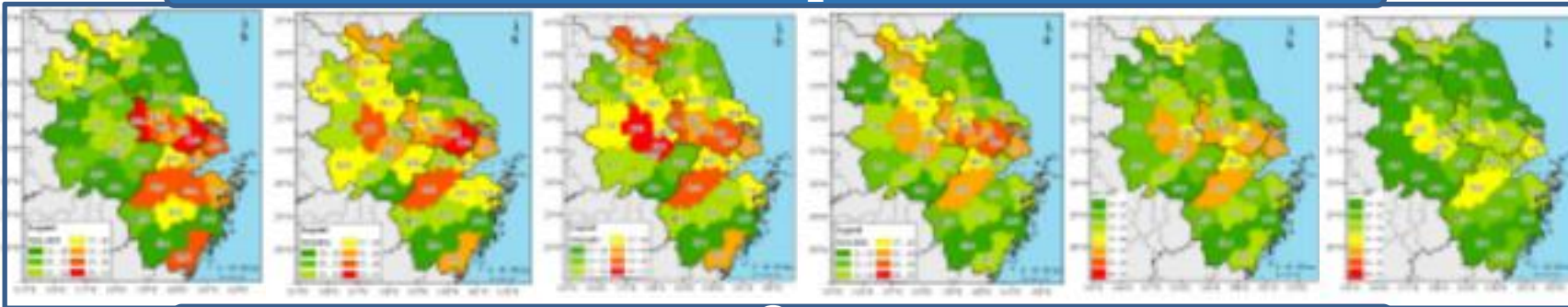
区域空气质量改善存在空间差异

PM_{2.5}



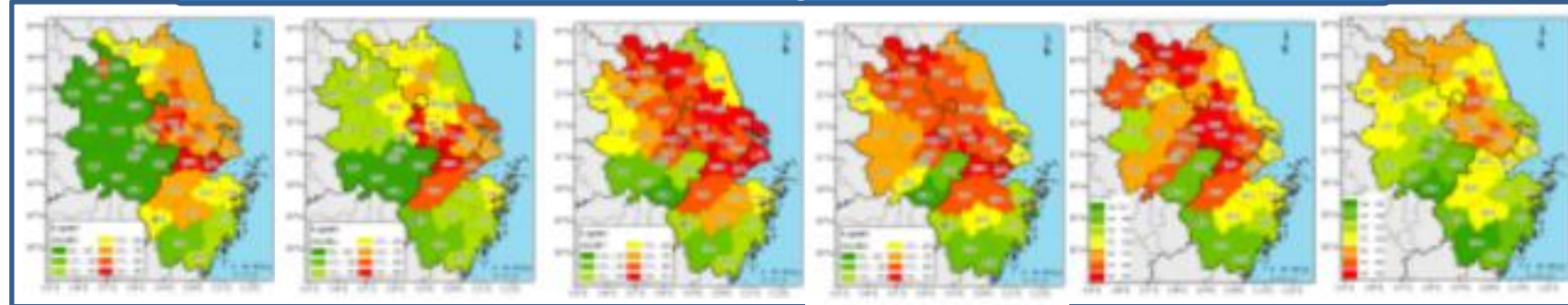
- PM_{2.5}总体改善趋势良好，北部城市仍然存在较大的达标压力

NO₂



- NO₂显著改善，但沿江腹地浓度仍相对较高

O₃



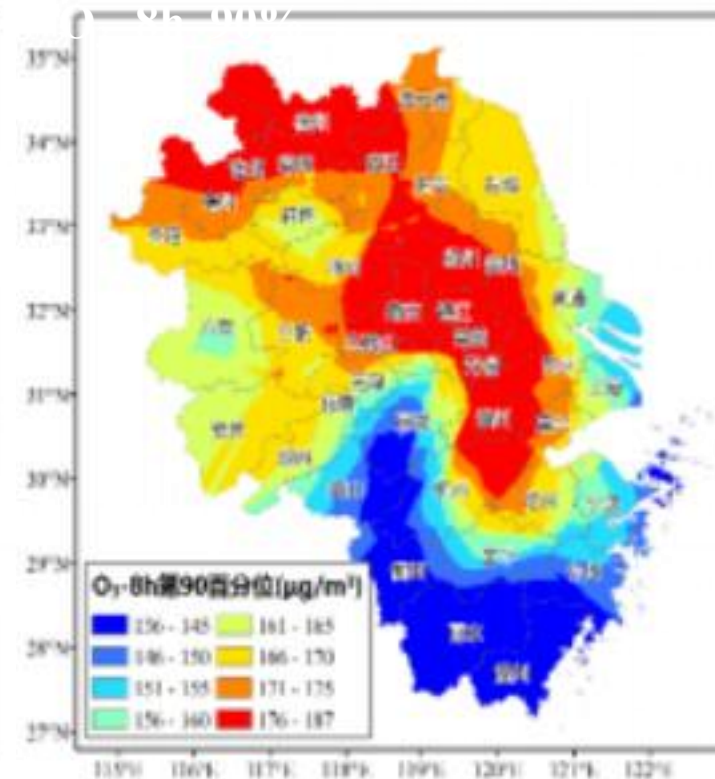
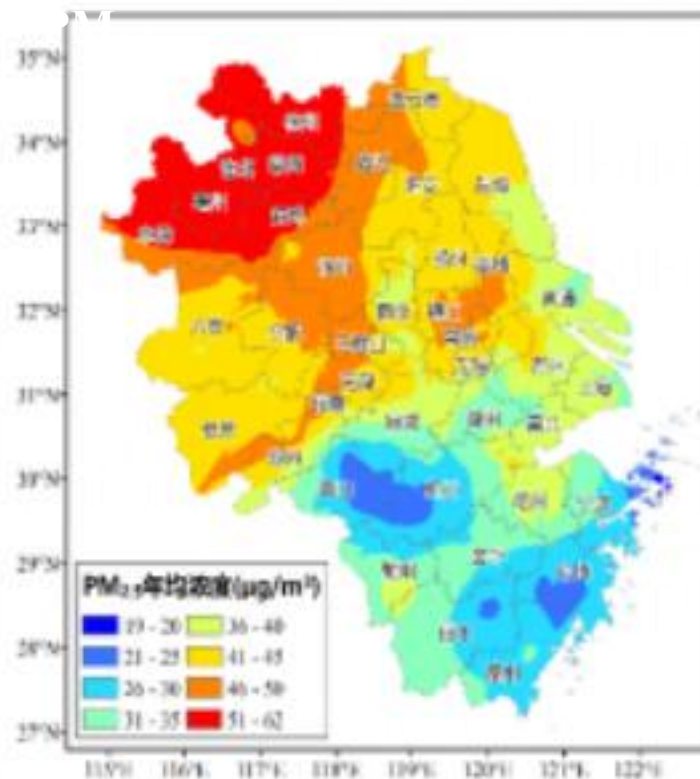
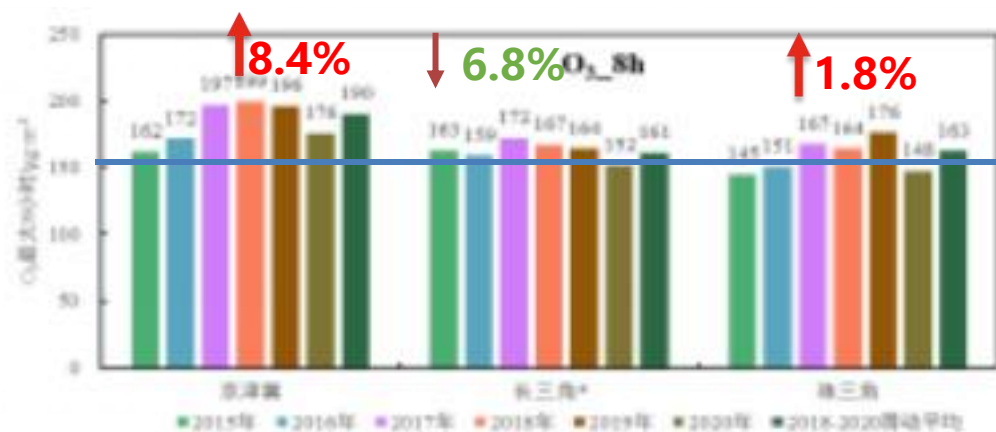
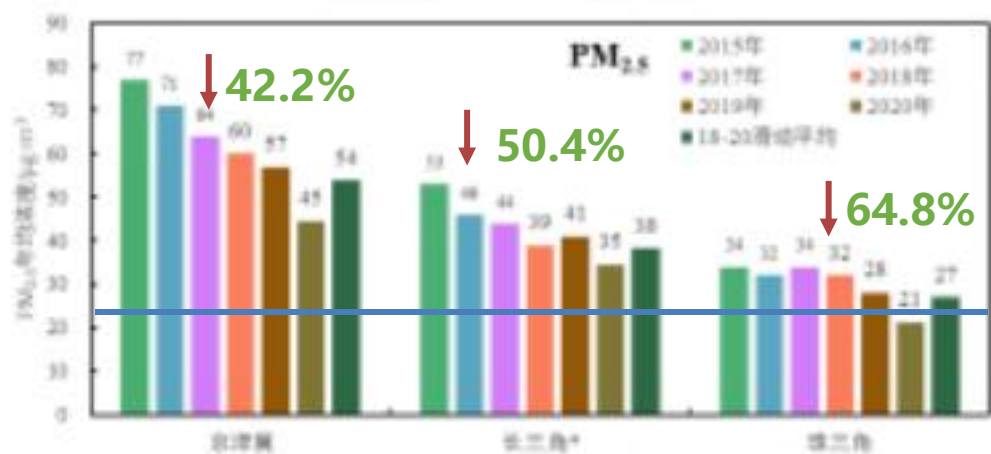
- O₃受气象影响，总体呈波动恶化趋势，腹地及北部城市仍存在超标

2015

2020

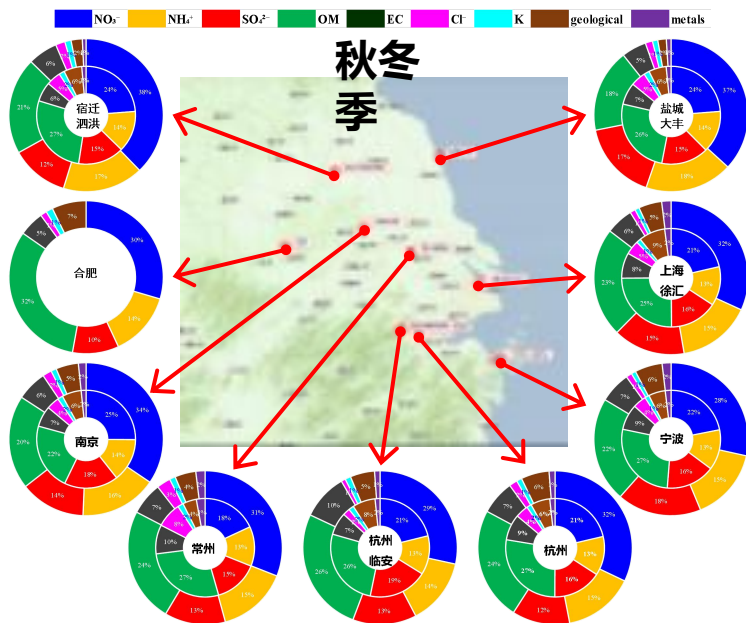
持续改善仍面临较大的挑战

- PM_{2.5}和O₃浓度仍呈现较普遍的超标态势，尤其是O₃污染仍处于高位波动状态，亟需尽快进入下降通道

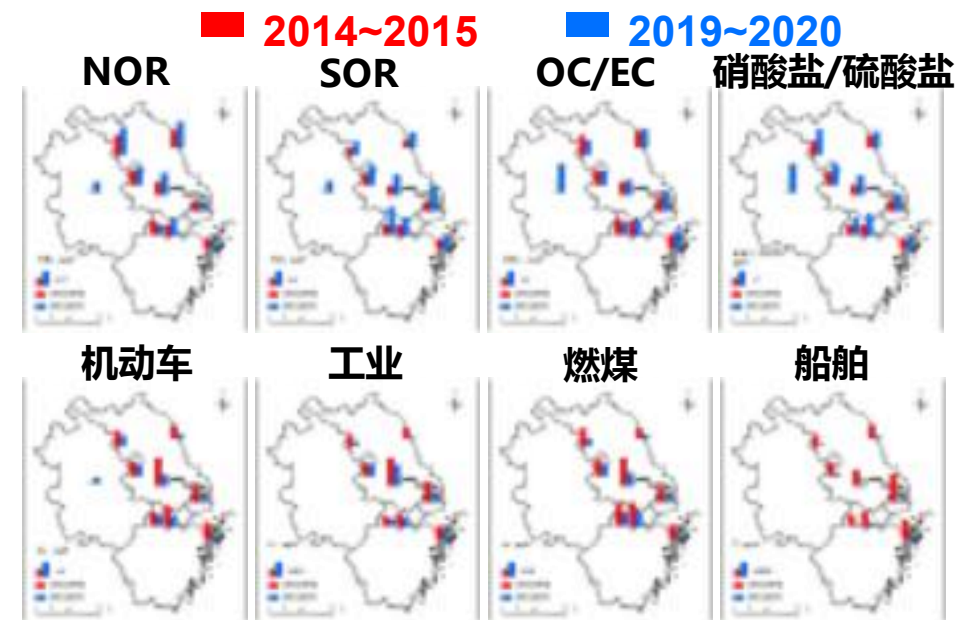
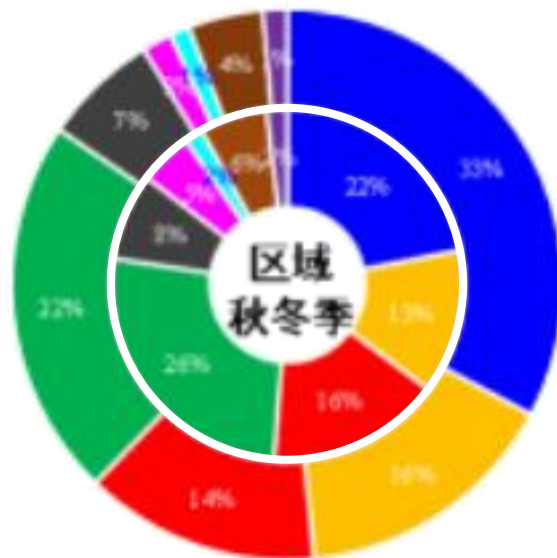


硝酸盐和有机物等二次组分贡献日益显著

- **组分构成：**秋冬季硝酸盐占比33%，有机物占比22%，是PM_{2.5}中排名前二的化学组分
- **组成演变：**相较2014-2015年秋冬季，硝酸盐平均占比上升11%，NOR、SOR增幅显著
- **示踪组分：**机动车、工业、燃煤和船舶一次污染示踪因子浓度均显著减小



内圈 2014-2015年 外圈 2019-2020年

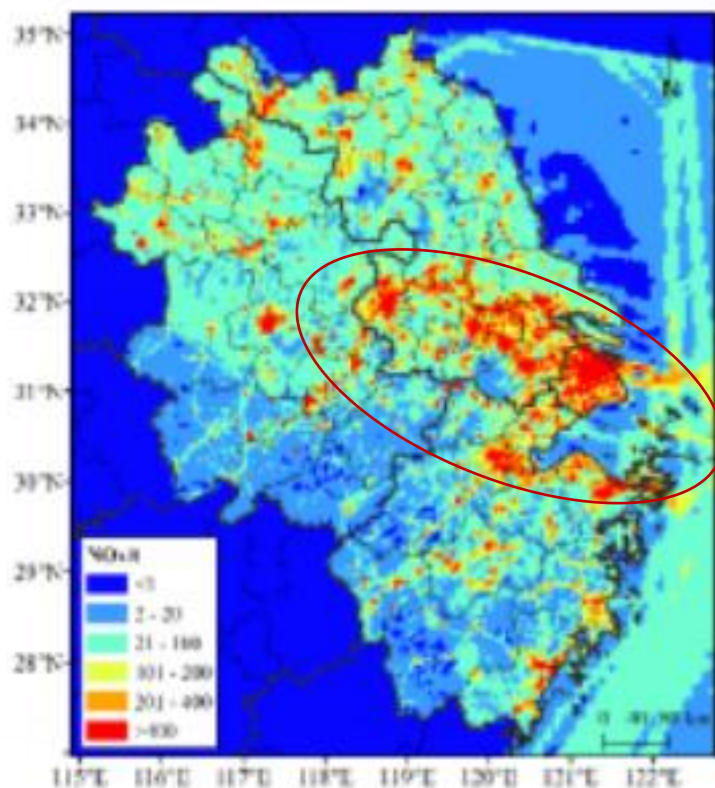


PM_{2.5}一次示踪组分显著下降，二次指标上升

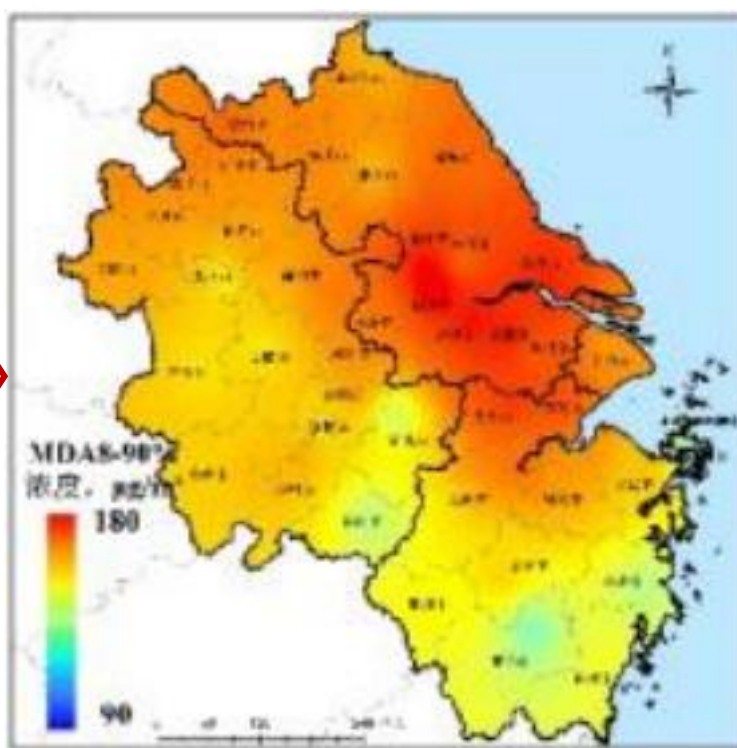
高强度前体物排放是导致二次污染的根源因素

➤ 长三角腹地NO_x和VOCs等前体物排放集聚，与臭氧高污染城市相关性密切

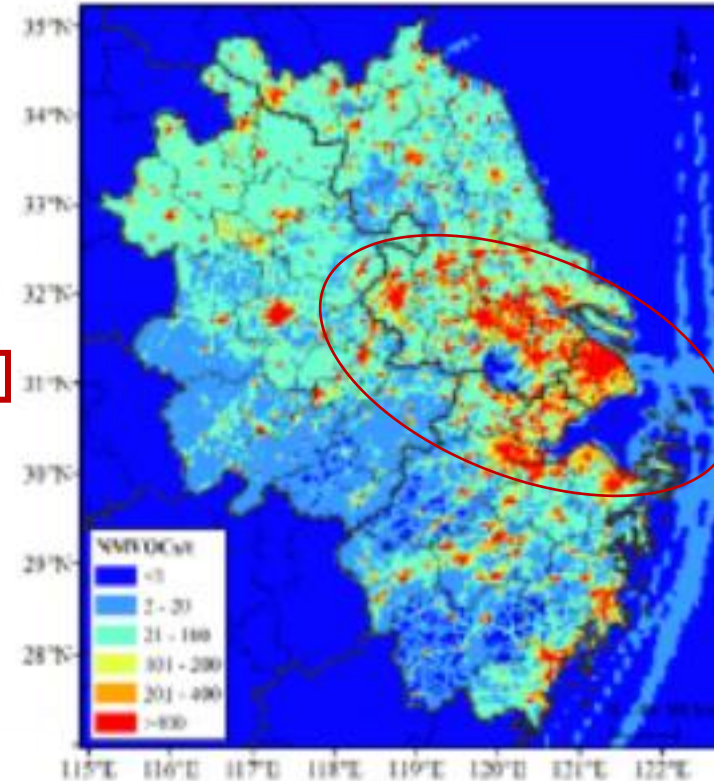
区域NO_x排放清单



臭氧浓度空间分布

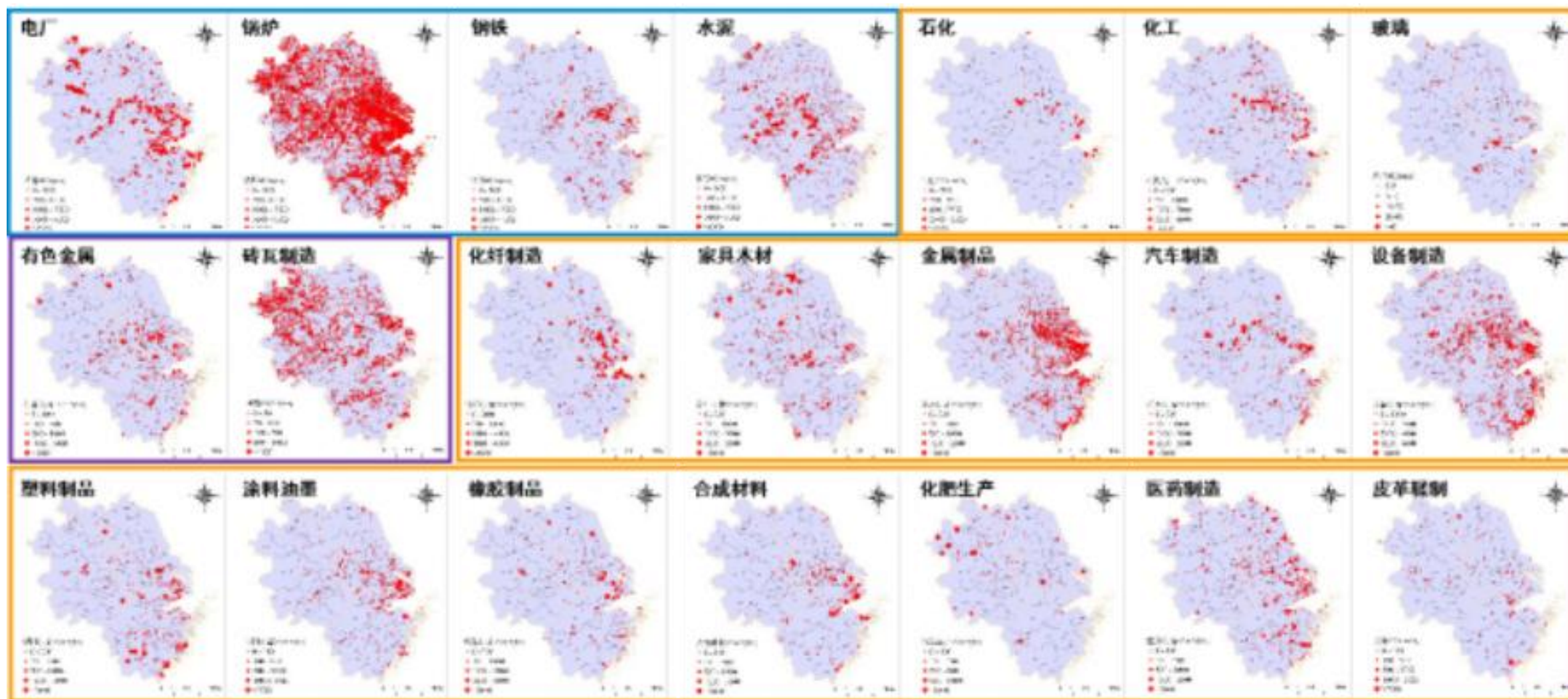


区域VOCs排放清单



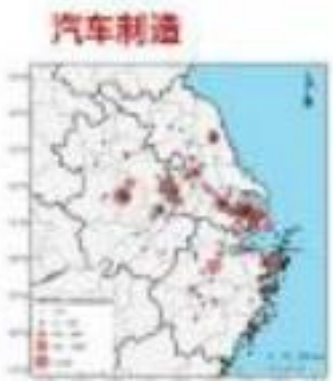
区域行业门类齐全，NO_x和VOCs来源复杂

➤ NO_x、VOCs重点排放行业遍布长三角东部及中北部地区

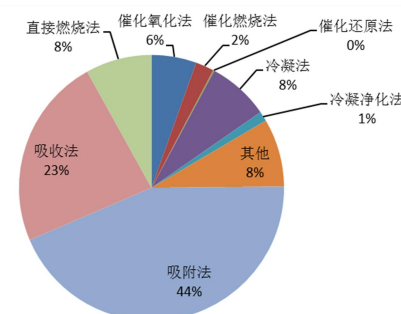


VOCs排放存在极大的治理和监管难点

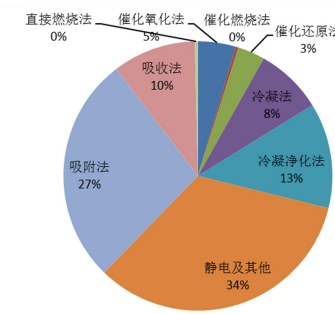
- VOCs排放行业量大面广，难治更难管
- 吸附法、吸收法、静电等低效治理设施占主导，占比在60%~75%左右



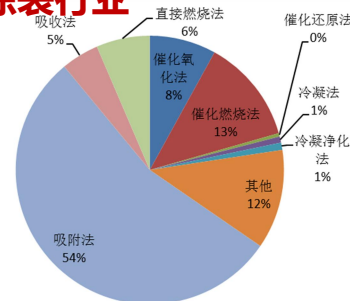
化工行业



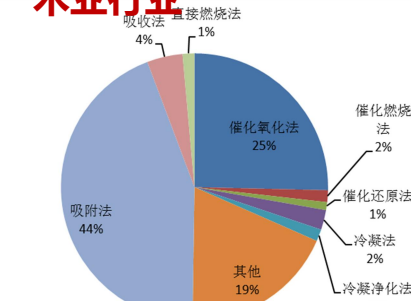
印染行业



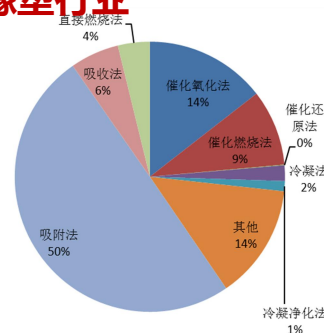
涂装行业



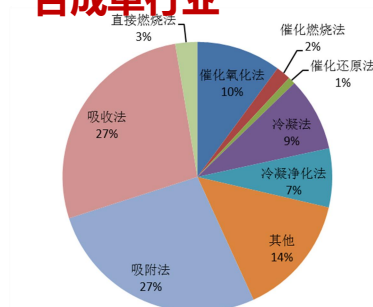
木业行业



橡塑行业

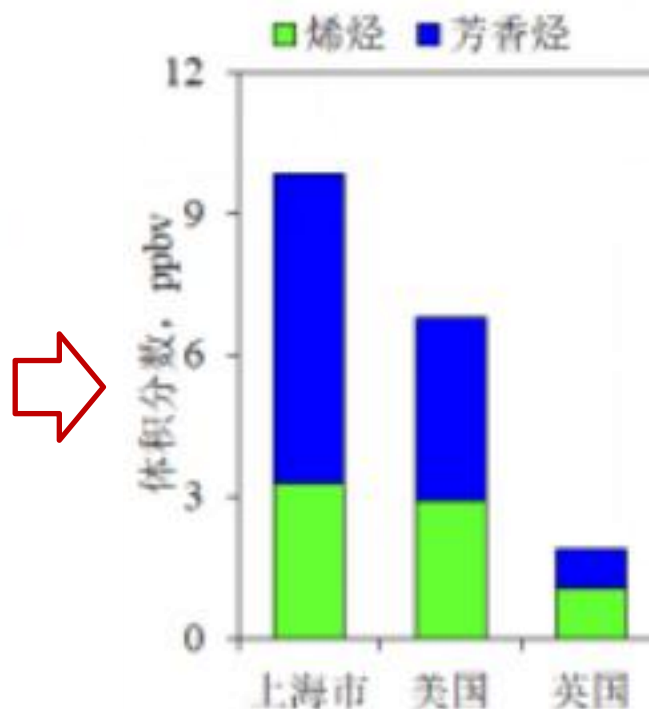
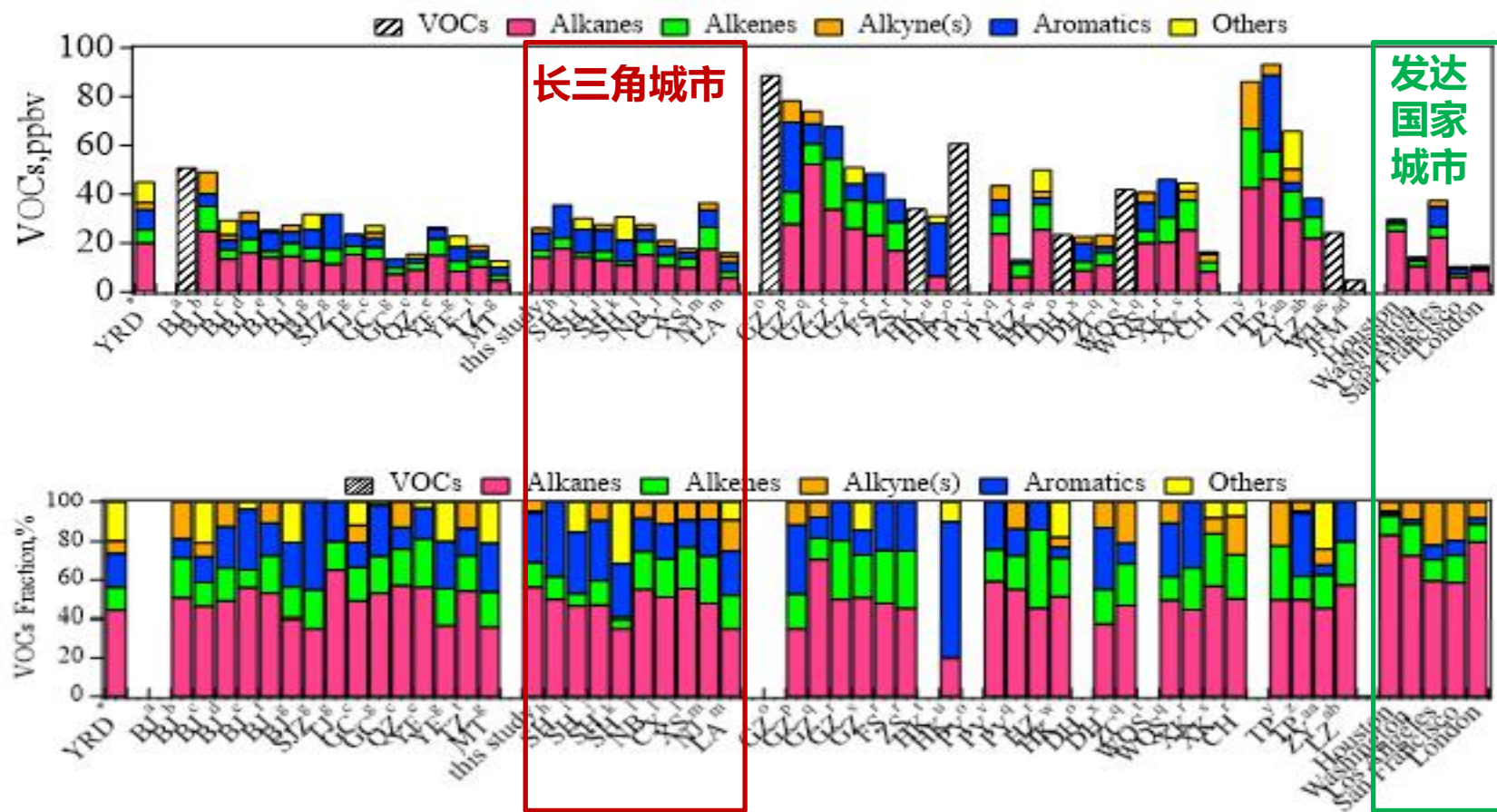


合成革行业

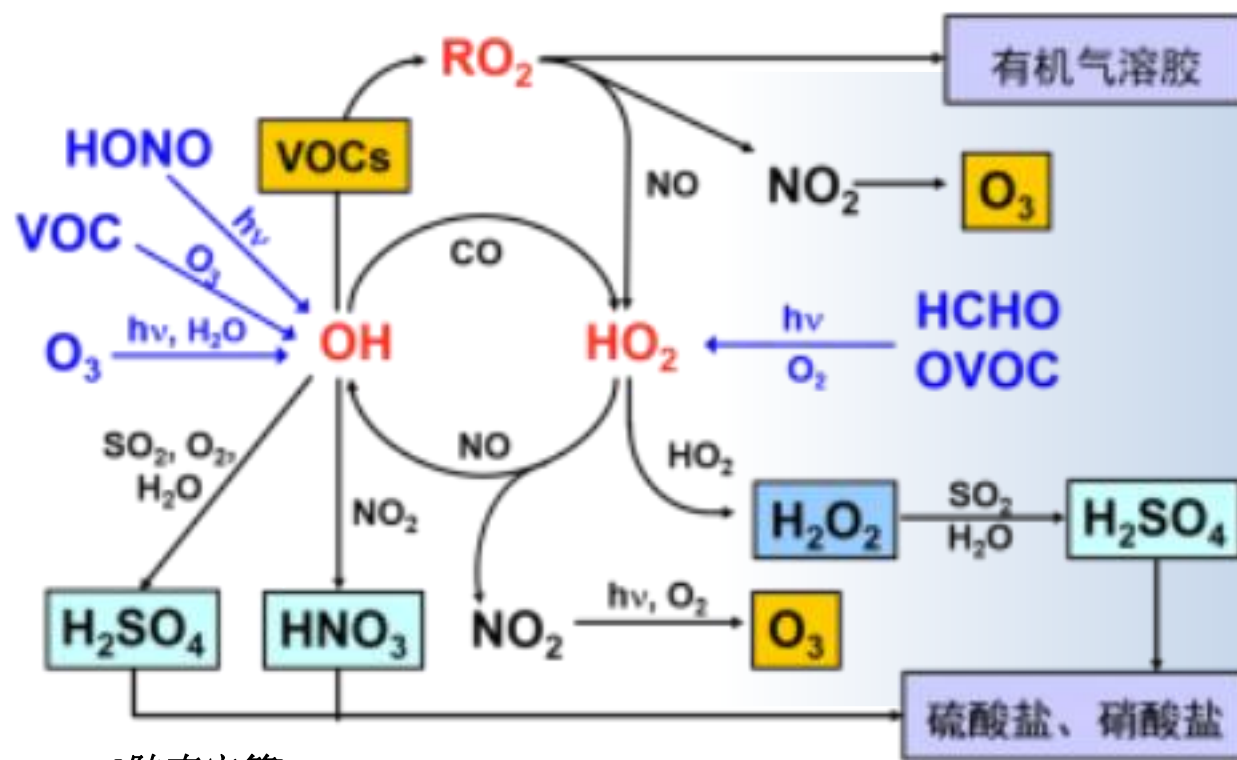
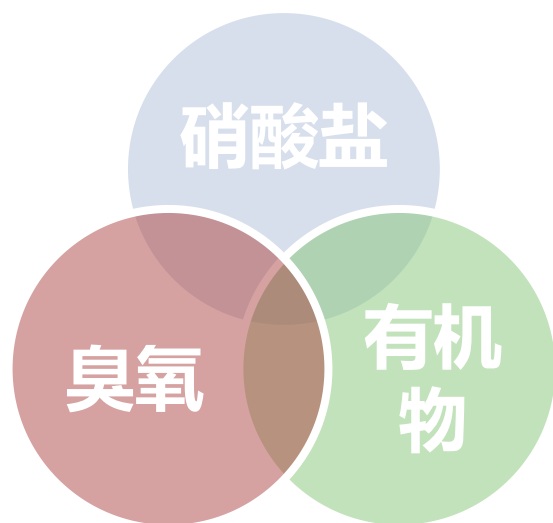


VOCs活性组分浓度显著高于发达国家城市

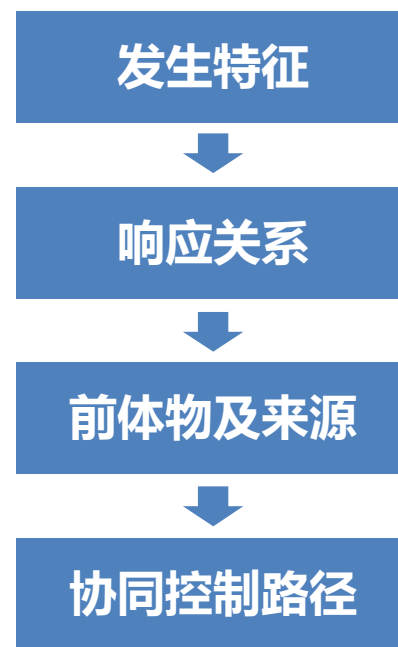
- **浓度水平**: 25.3~34.4ppbv, 平均30.1ppbv, 是发达国家城市的2倍左右
- **组成特征**: 芳香烃等活性组分相对贡献达到20%左右, 相当于发达国家城市的1.4~5倍



精细化监测厘清区域二次污染成因



[陆克定等]



精细化监管掌握区域重点源动态变化

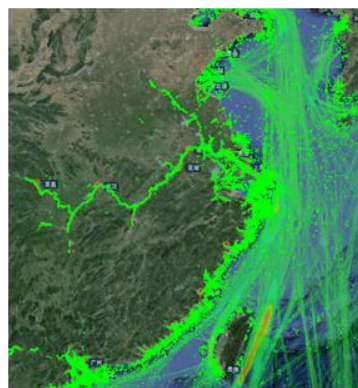
多维度实时源排放数据



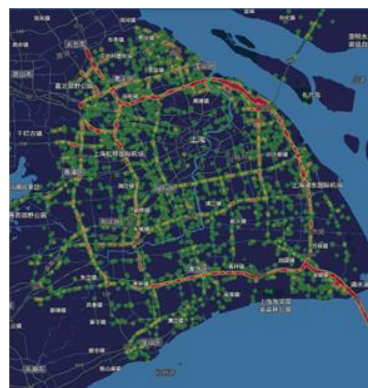
重点源在线监测



应急减排清单



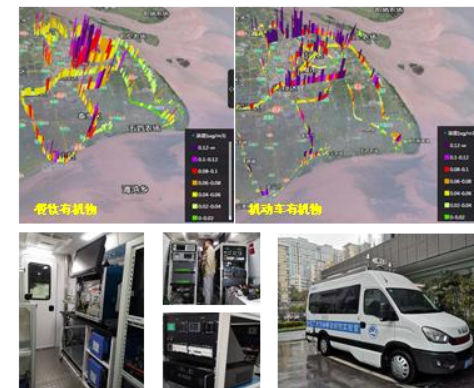
船舶AIS数据



重型柴油车监控平台



非道路机械监控平台



复合污染移动实验室

汇报提纲

- 1 需求与挑战
- 2 技术与应用
- 3 对策与成效

建立并不断完善区域二次污染立体观测体系

- 新增或优化核心点位14个，包括5个区外传输点、7个区内传输点、2个背景点
- 建立质控规范体系，出台全国首个超级站质控质保规范，实现区域一体化应用



强化观测点 2个

常州 传输通道点

上海 城市受体点



通道城市观测点 2个

南京 合肥



区域组分站 (23个)



臭氧激光雷达站 5个

PM_{2.5}激光雷达 6个

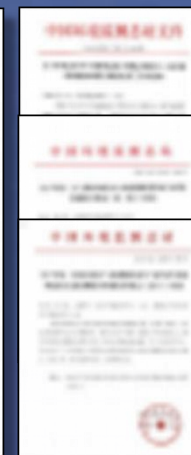


MaxDOAS站 4个



臭氧雷达走航车

VOC组分走航车

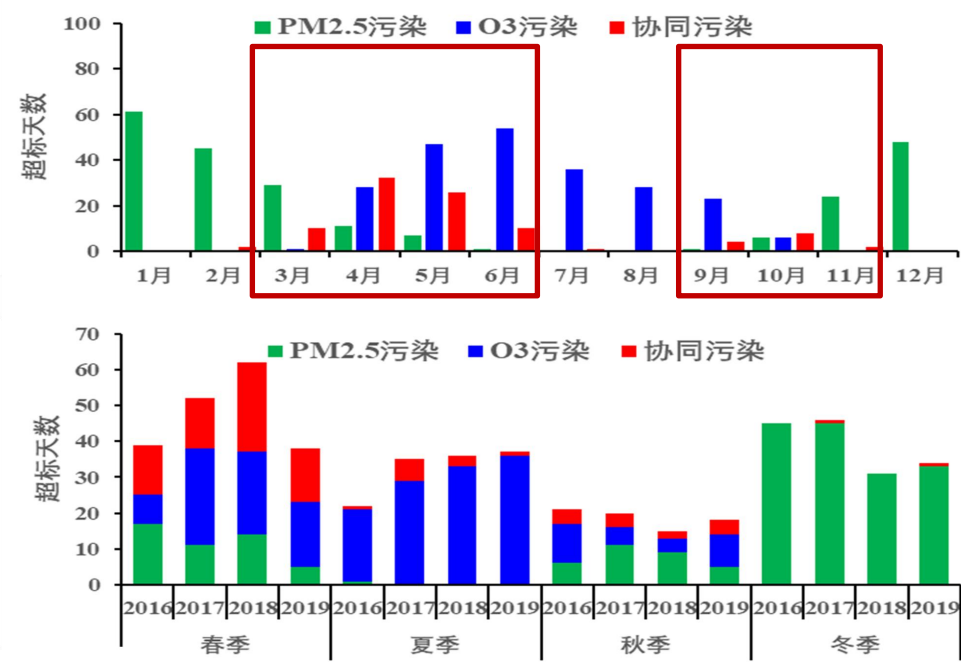


梳理了长三角区域PM_{2.5}和O₃污染的发生特征

长三角属于**亚热带季风气候区**，区域温差较小，冬温夏热

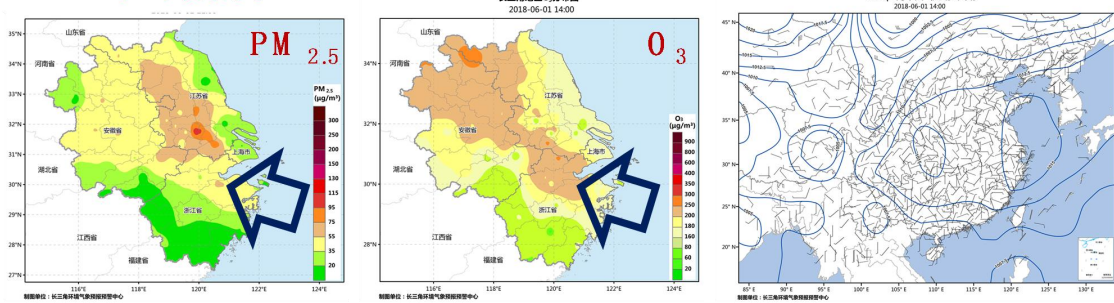
- **秋冬季**易受西路或西北路冷空气传输叠加区域静稳影响，小风、高湿，中北部PM_{2.5}污染较重
- **夏季**通常受副热带高压影响，晴热、小风，全域均可能发生O₃高污染过程
- **春夏及夏秋转换季节**主要受高压控制影响，风速偏小，夜间湿度较高，中部及沿海易发生协同污染

区域PM_{2.5}、O₃及协同污染的发生时段

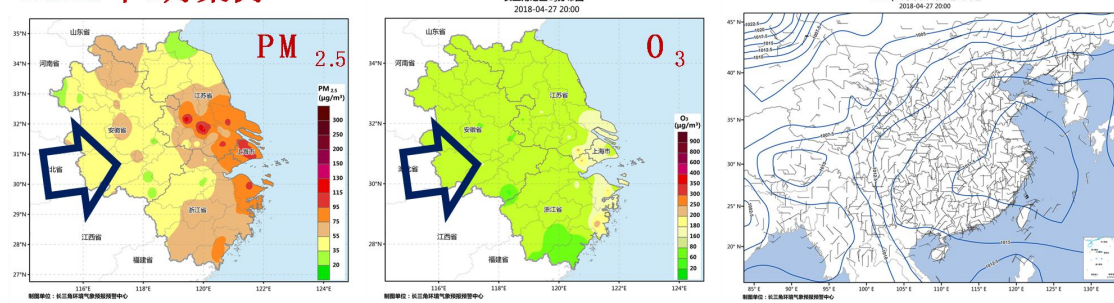


区域协同污染典型案例

2018年6月案例

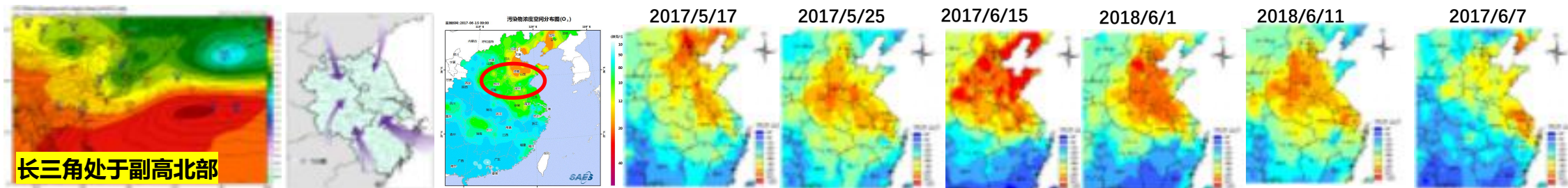


2018年4月案例

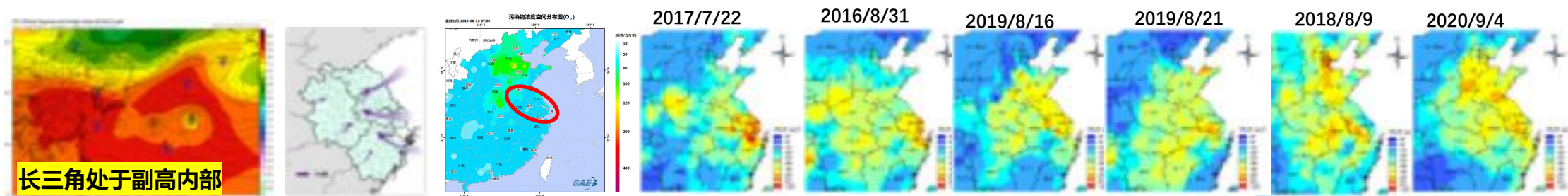


长三角区域臭氧污染的主要通道和发生规律

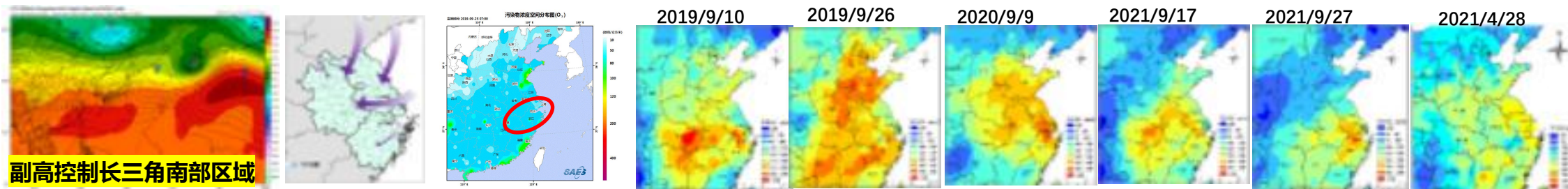
- 春末：偏南和偏北气流交互，跨区域连片污染，占比53%，主要出现在5-6月份



- 夏季：偏东气流主导叠加西南内陆气流，长三角内部气流混合影响，占比26%，主要出现在7-8月份



- 初秋：偏东（东北-东）气流主导，中南部为下沉气流主要影响区域，占比21%，主要出现在9-10月份



针对二次污染主控因素开展区域强化观测

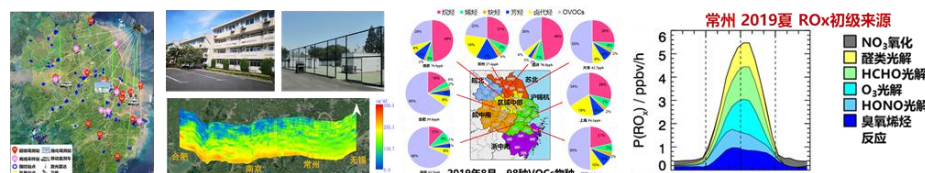
- **观测时段:** 春夏季 (5-6月)、夏季 (9月)、秋冬季 (11-12月, 进博会期间)
- **观测点位:** 区域中部与沪锡杭地区, 包括上海、常州、泰州等
- **观测手段:** 多点位同步, 强化观测站+多组分超级站+走航观测+卫星+离线采样

系统性研究长三角区域PM_{2.5}组分特征



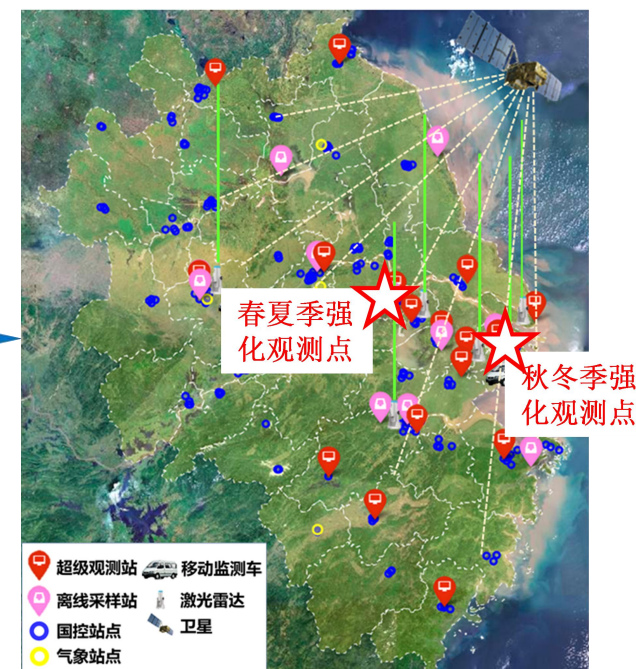
2014年冬季 2015年春夏季

针对长三角区域PM_{2.5}和臭氧污染成因开展立体观测



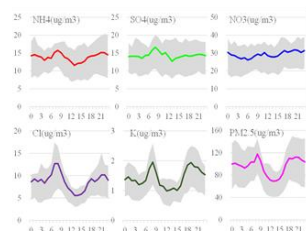
2019年春夏季 2019年秋冬季

长三角综合观测体系

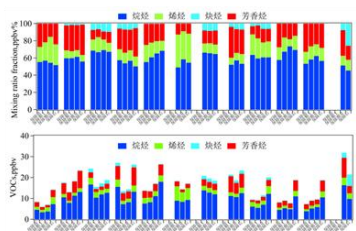


2014 2016 2018 2020

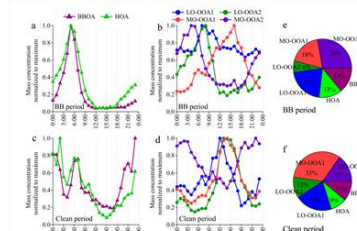
2014年冬季
常州观测



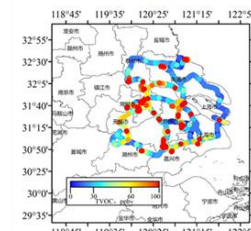
2016年G 20
空气质量保障评估



2018年春夏季
泰州观测



2019年进博会
VOC走航

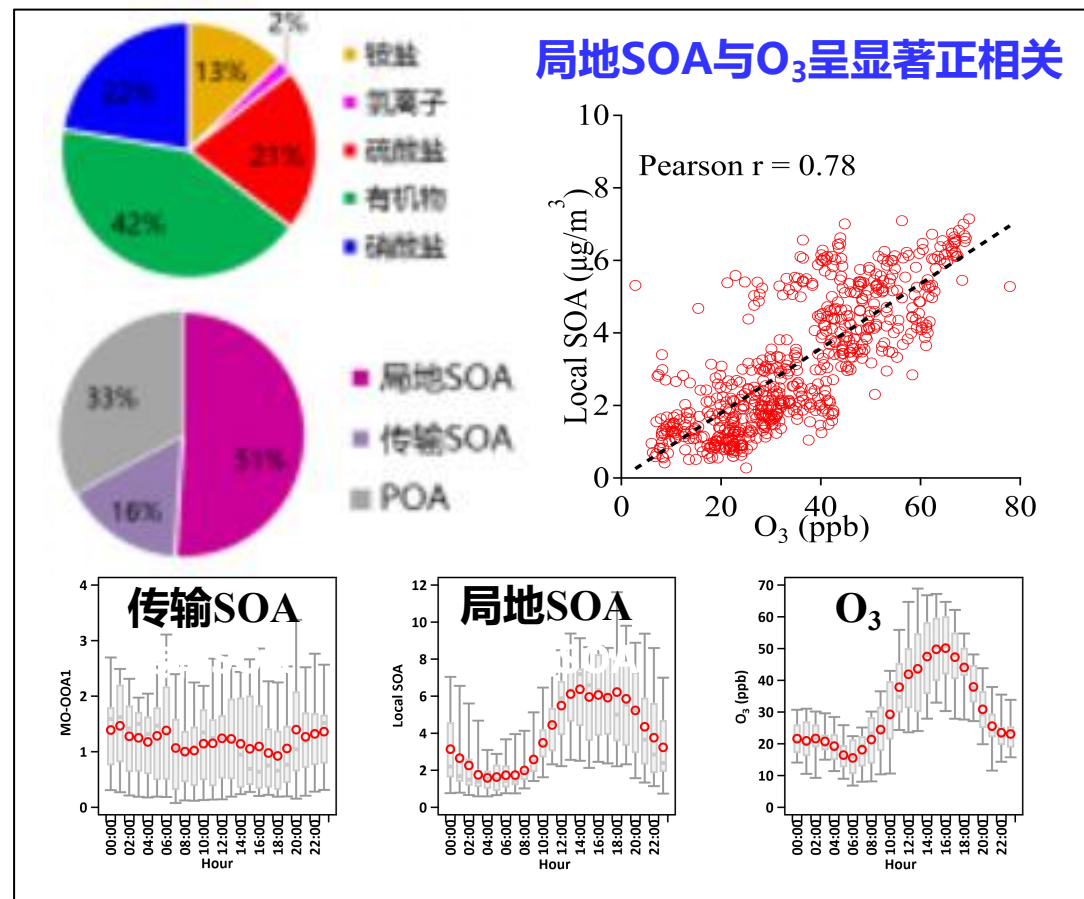
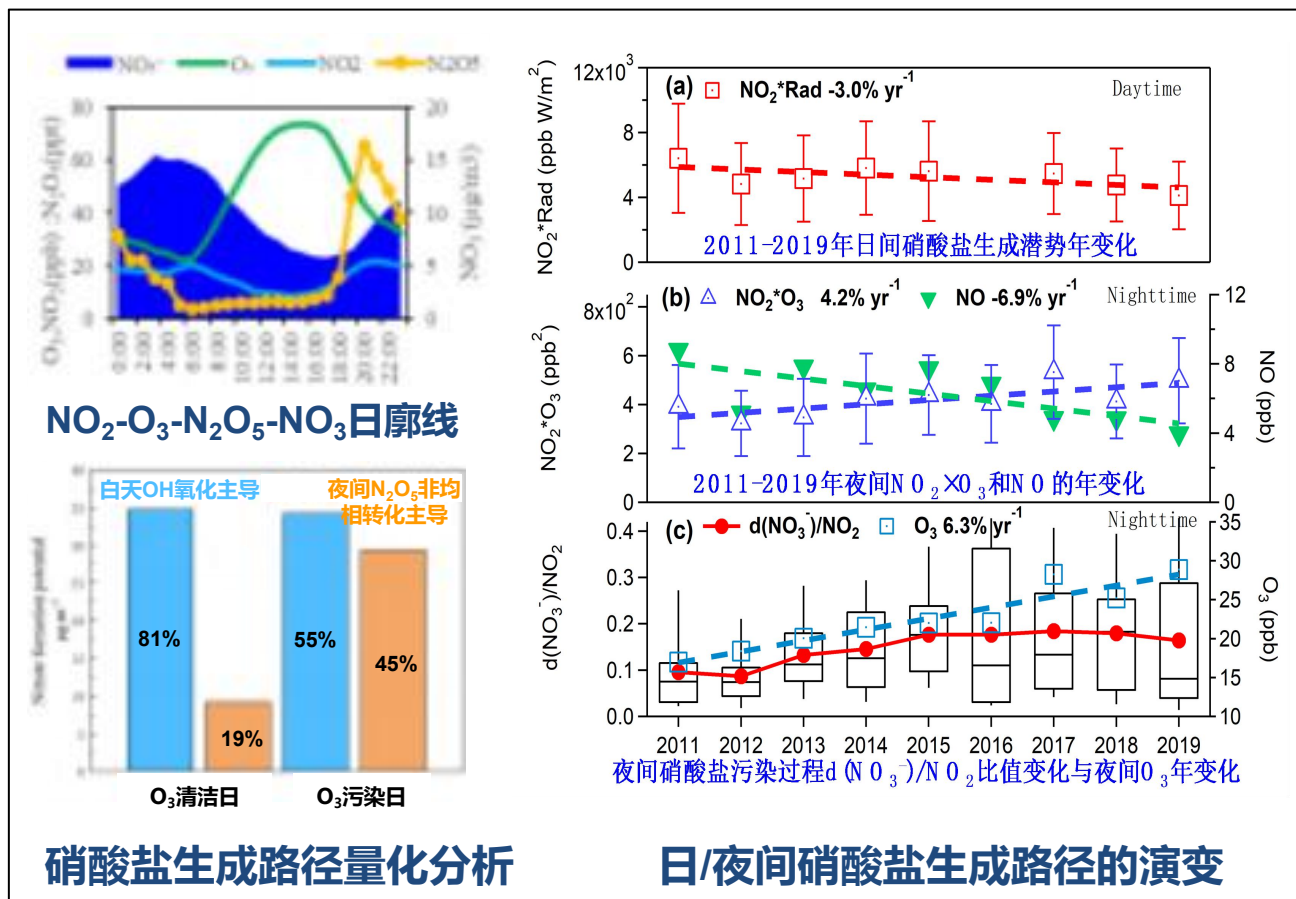


2020年夏季
合肥观测



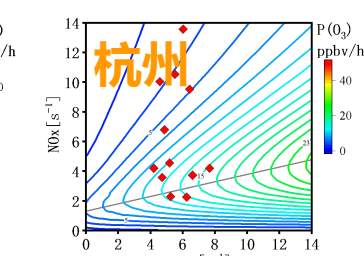
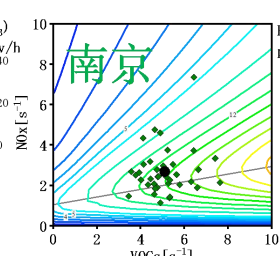
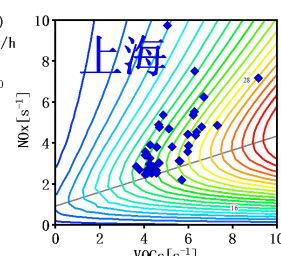
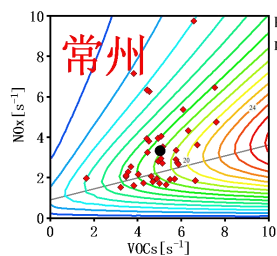
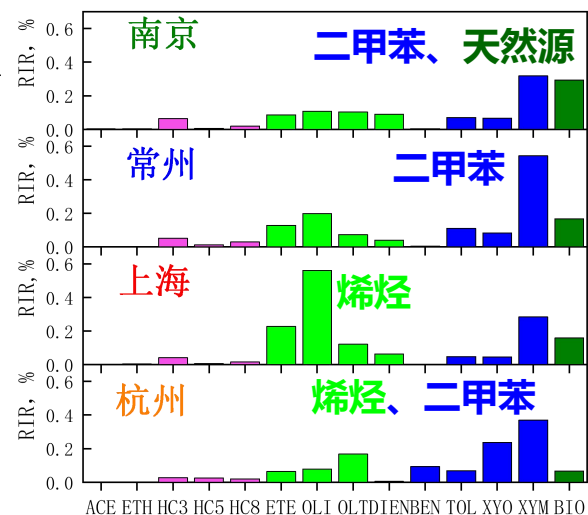
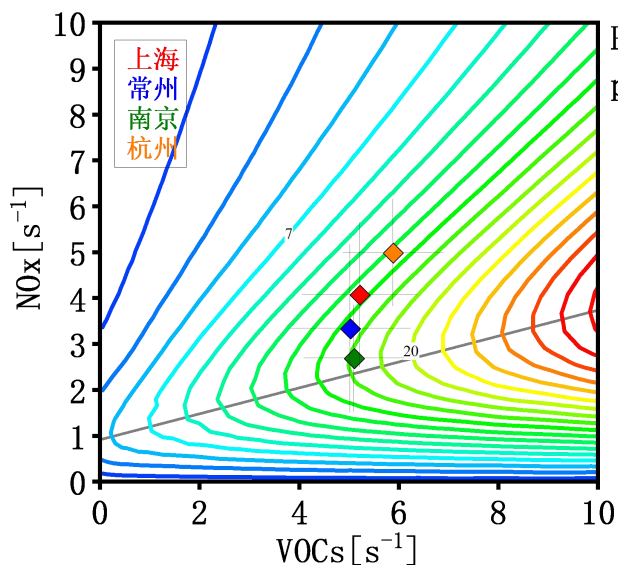
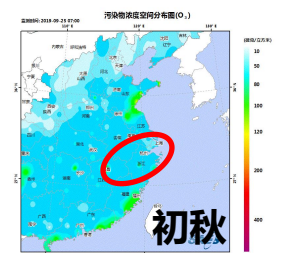
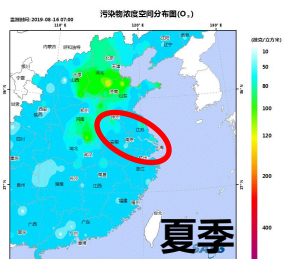
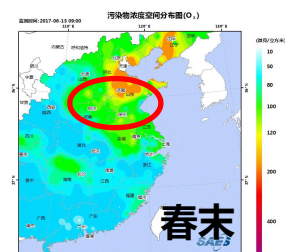
识别了区域PM_{2.5}和O₃污染的关键化学过程

发现**夜间O₃对硝酸盐生成具有重要的驱动作用**，O₃污染日夜间N₂O₅非均相转化的硝酸盐贡献接近50%；
局地静稳污染过程中**光化学反应对SOA生成有重要贡献**，观测时段局地SOA对OA的贡献可达51%



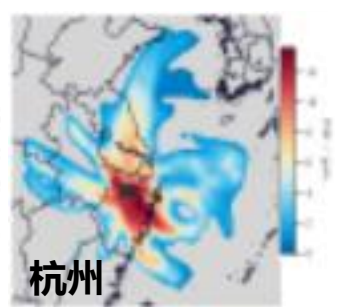
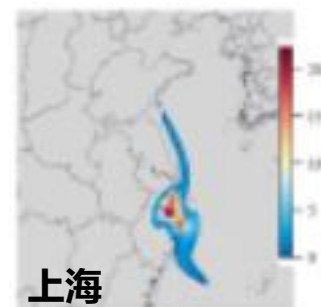
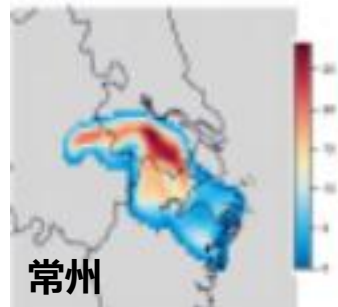
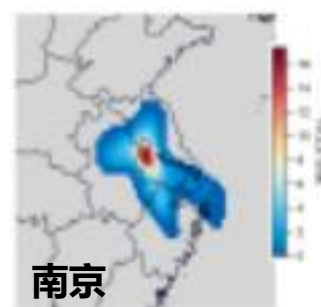
明确了VOCs对各重点城市O₃污染的主控作用

- **前体物敏感性：**重点城市总体以VOCs控制为主，区域中部至东部VOCs敏感性逐渐增强
- **VOCs贡献源区：**环杭州湾及中部腹地城市VOCs排放对O₃贡献大，敏感性组分存在城市差异



不同地区O₃对前体物敏感性

注：南京、上海、常州为夏初观测数据，
杭州为秋季观测数据



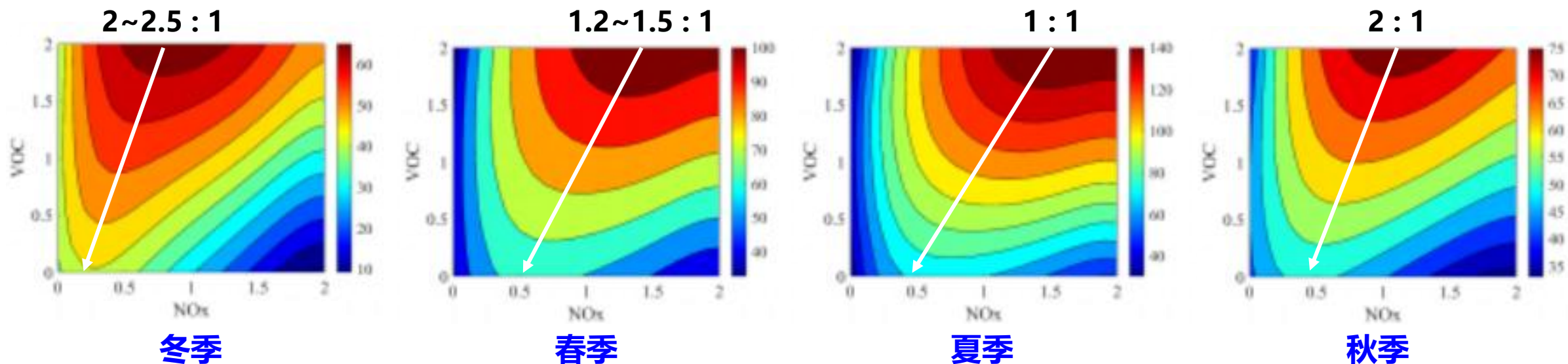
O₃污染期间VOCs主要贡献源区

VOCs和NO_x与臭氧的响应关系：以上海为例

- **夏季：**处于协同控制区，NO_x或VOC减排对控制臭氧都是有利的
- **春季和秋季：**为过渡区，削减VOCs更为有利
- **冬季：**处于VOCs控制区，NO_x减排反而导致臭氧浓度升高，同时导致二次PM_{2.5}加剧，须强化VOCs减排

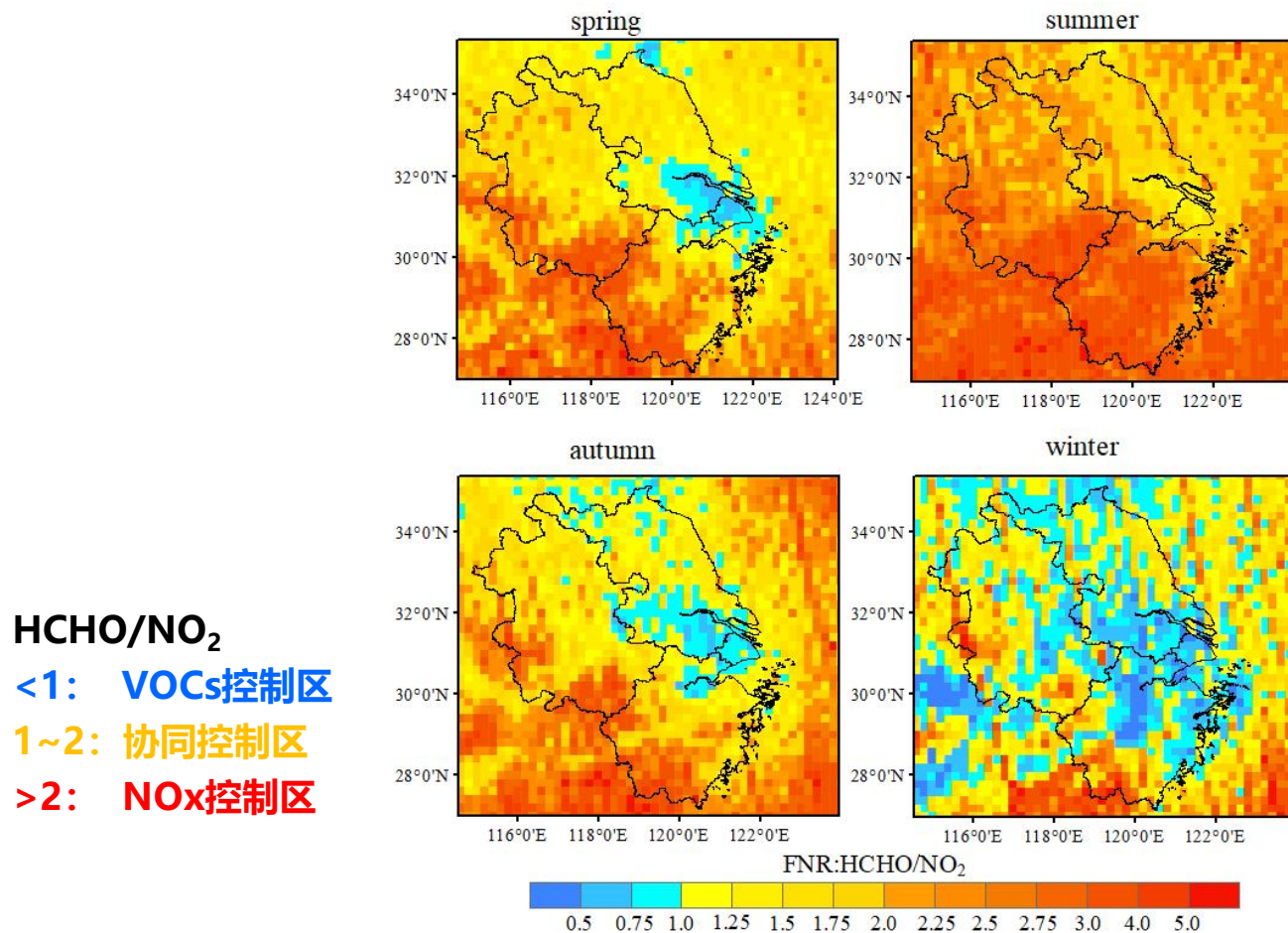


VOCs减排需贯穿全年始终，对臭氧和PM_{2.5}同时受益



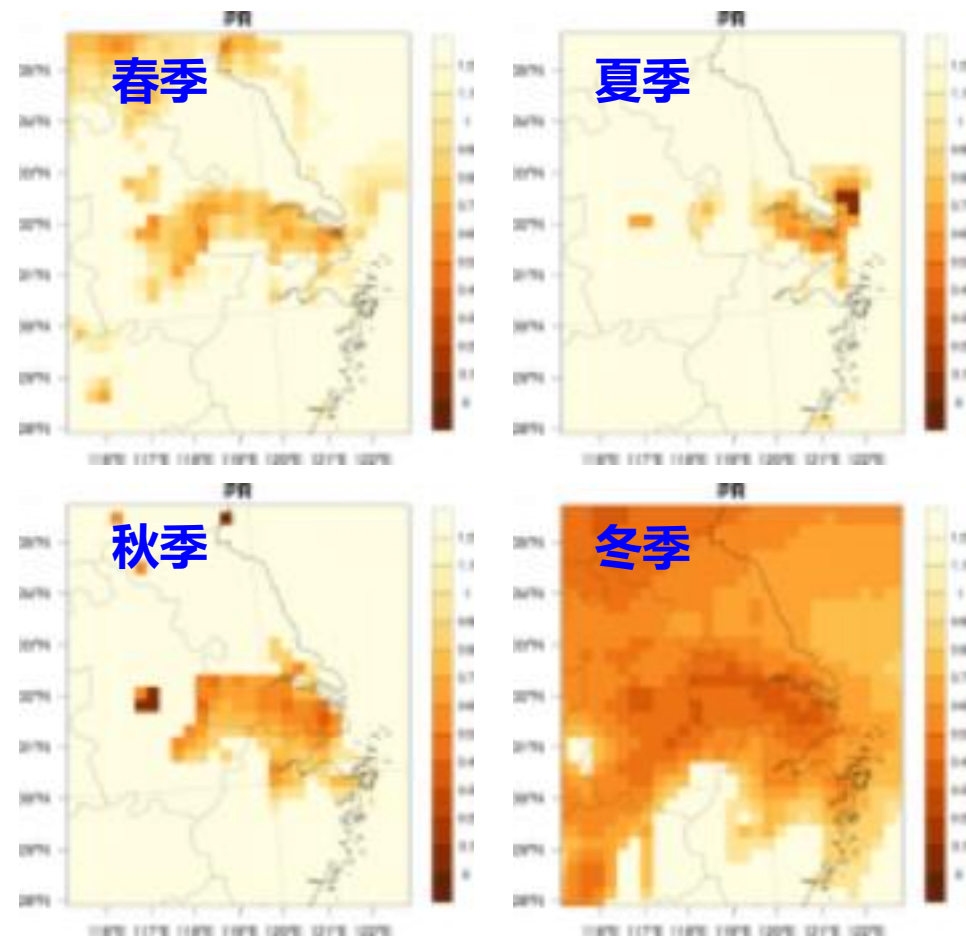
VOCs和NO_x与臭氧的响应关系：区域典型季节

□ 卫星观测和模型模拟结果均表明，夏季上海市及近周边区域总体处于协同控制区，冬季则为强VOCs控制区



HCHO/NO₂
<1: VOCs控制区
1~2: 协同控制区
>2: NO_x控制区

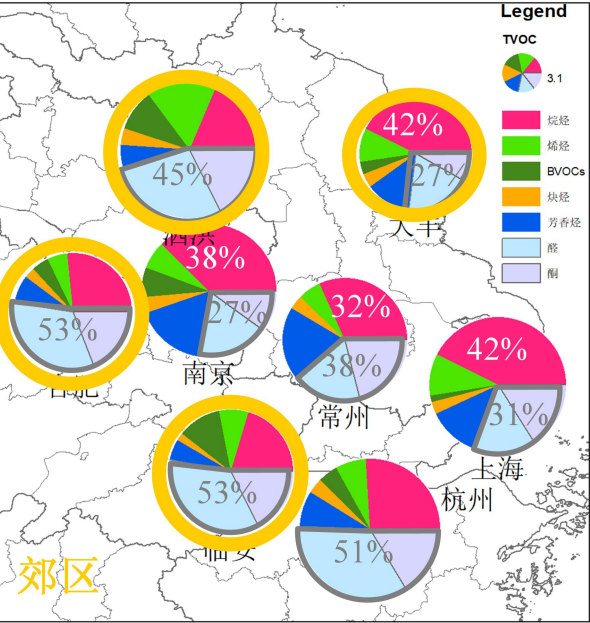
卫星实测HCHO/NO₂比值



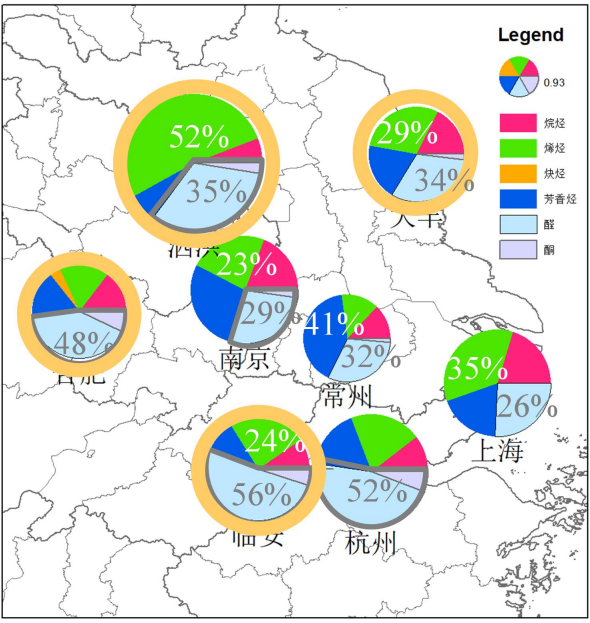
模型模拟的FNR值

区域VOCs组分构成及其来源分布

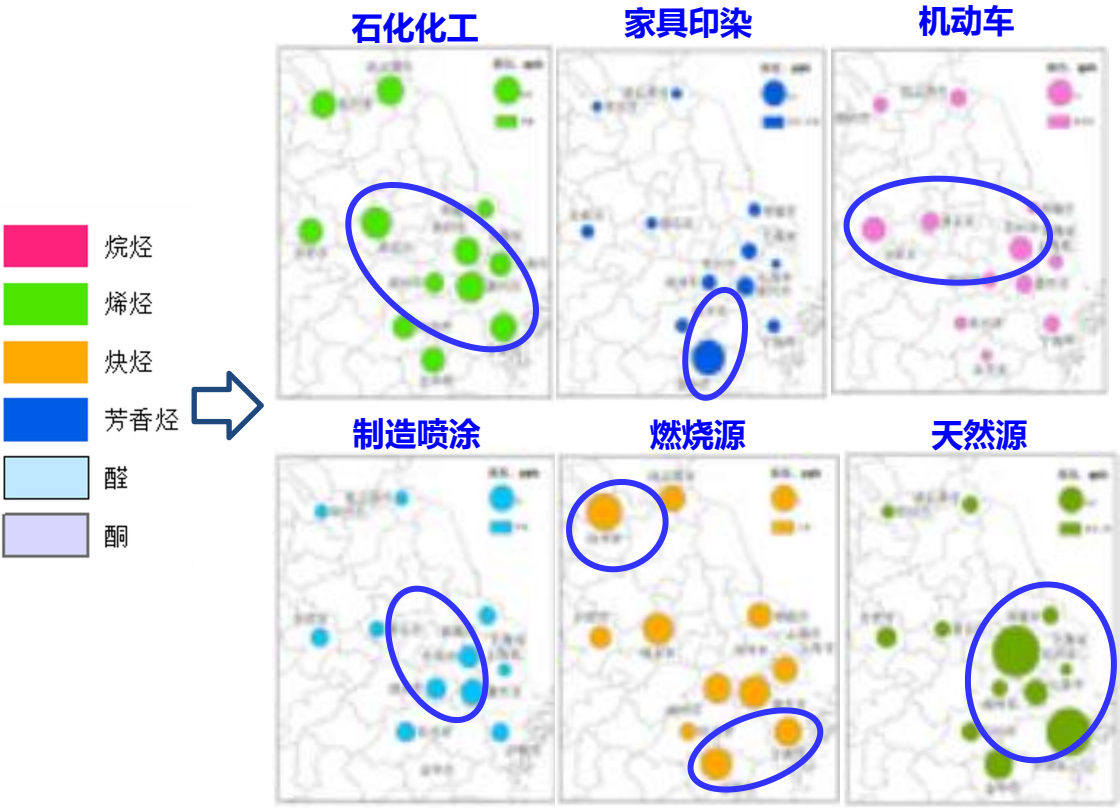
- **区域组分构成：**区域OVOCs浓度平均贡献最高，为41%（27-53%），人为源活性贡献36%(26-56%)，对区域臭氧生成有重要贡献
- **区域组分分布：**区域东部和中部石化化工、机动车、涂装，南部印染、天然源，北部燃烧源



区域VOCs组分分布



区域人为源VOCs活性分布

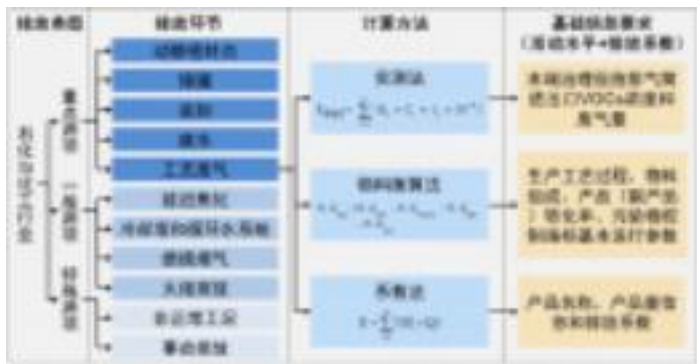


区域VOCs主要来源分布情况

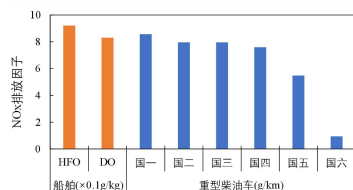
建立了区域NO_x和VOCs活性组分精细化排放清单

- ① **精细定量：**建立了石化化工“源项 - 工艺 - 控制技术”及移动源“车型-油品-工况”精细定量方法
- ② **源谱扩充：**重点补充OVOCs物种实测，建立了包括300余个源类、400余种组分的VOCs谱库
- ③ **空间细化：**集成了企业级高分辨率排放清单，提升了点源化率，空间精细度进一步提升

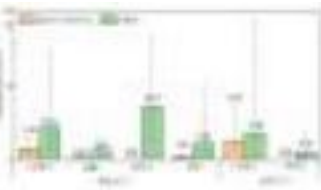
精细定量方法优化



石化化工VOCs排放优化定量算法

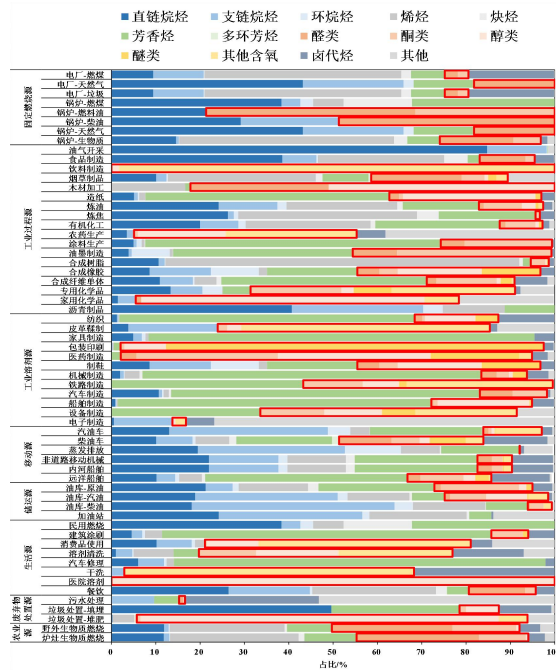


移动源NO_x排放因子



化工VOCs排放因子

VOCs谱库优化

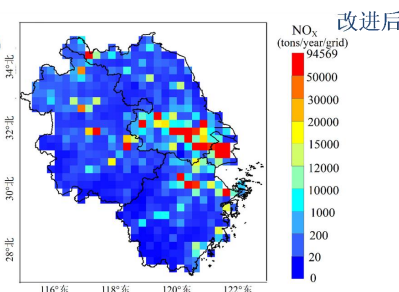


含氧有机物占19%

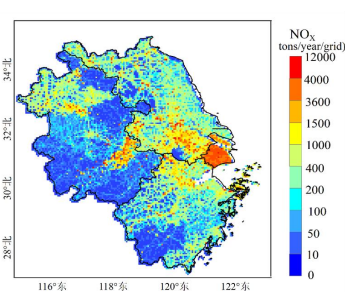
空间分辨率细化

改进前
(M ETC)

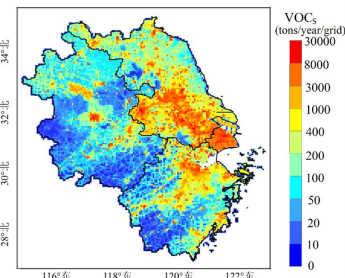
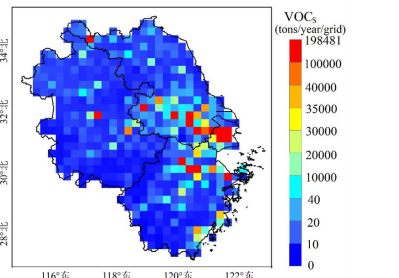
NO_x



改进后



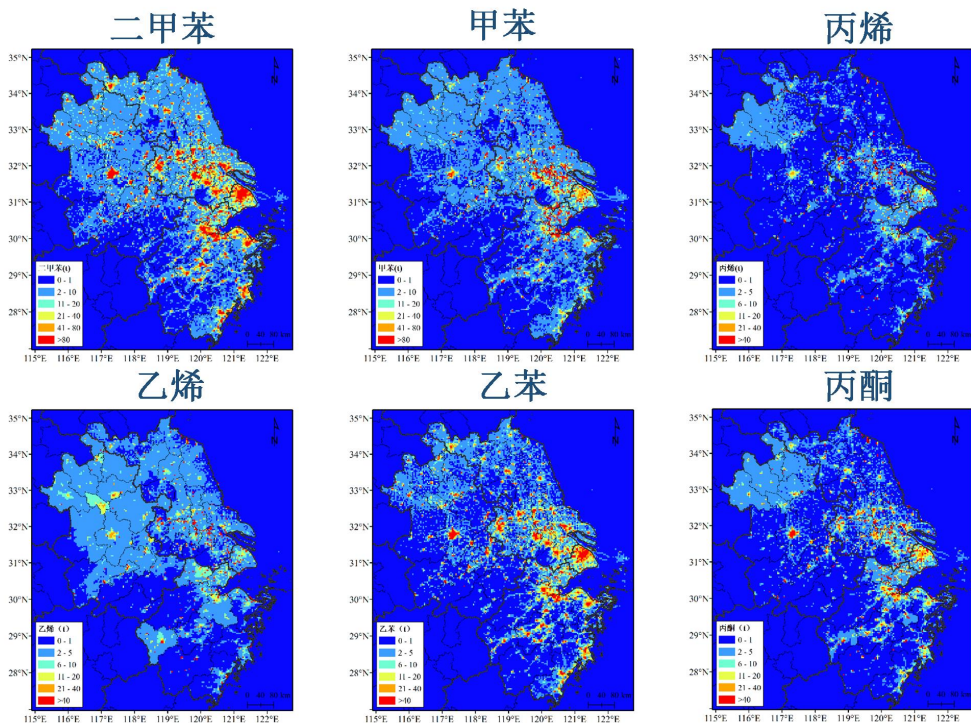
VOCs



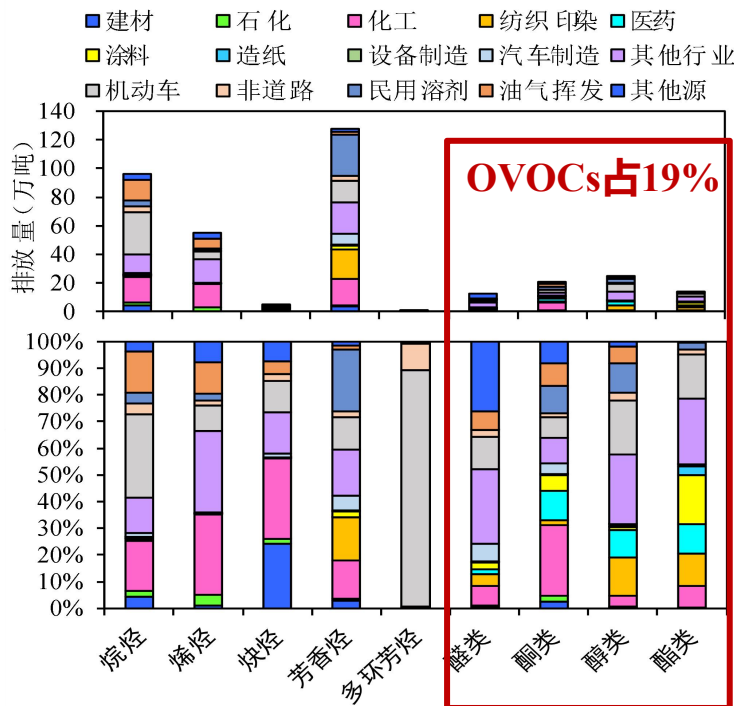
区域VOCs活性组分排放构成及来源贡献

- **主要组分：**长三角区域VOCs排放中芳香烃占主导（33%），含氧有机物占比合计达19%
- **主要行业：**化工、橡塑、涂装、纺织、家具等行业的臭氧和SOA综合潜势较高

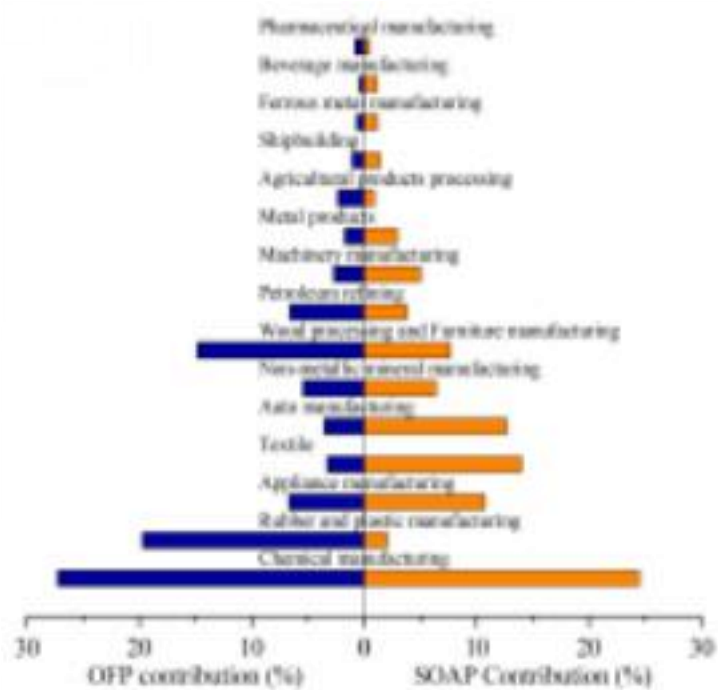
长三角区域组分清单



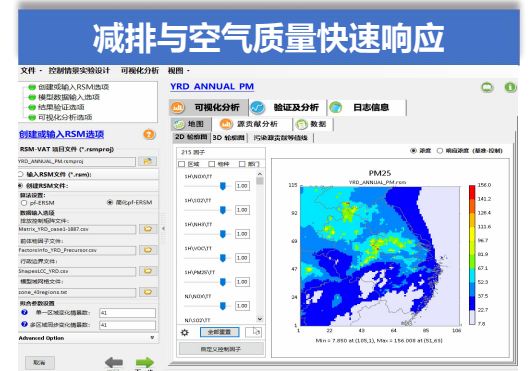
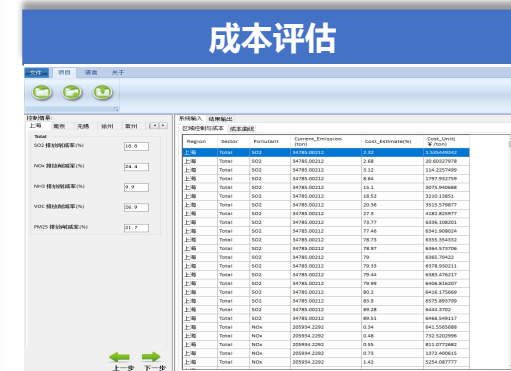
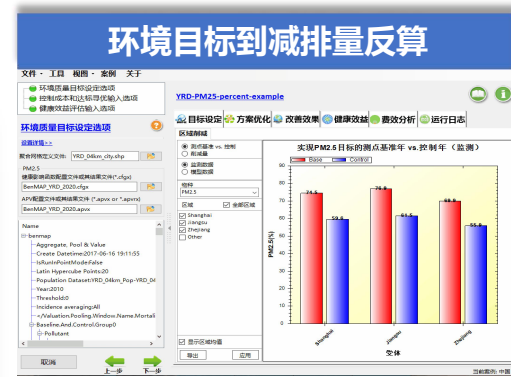
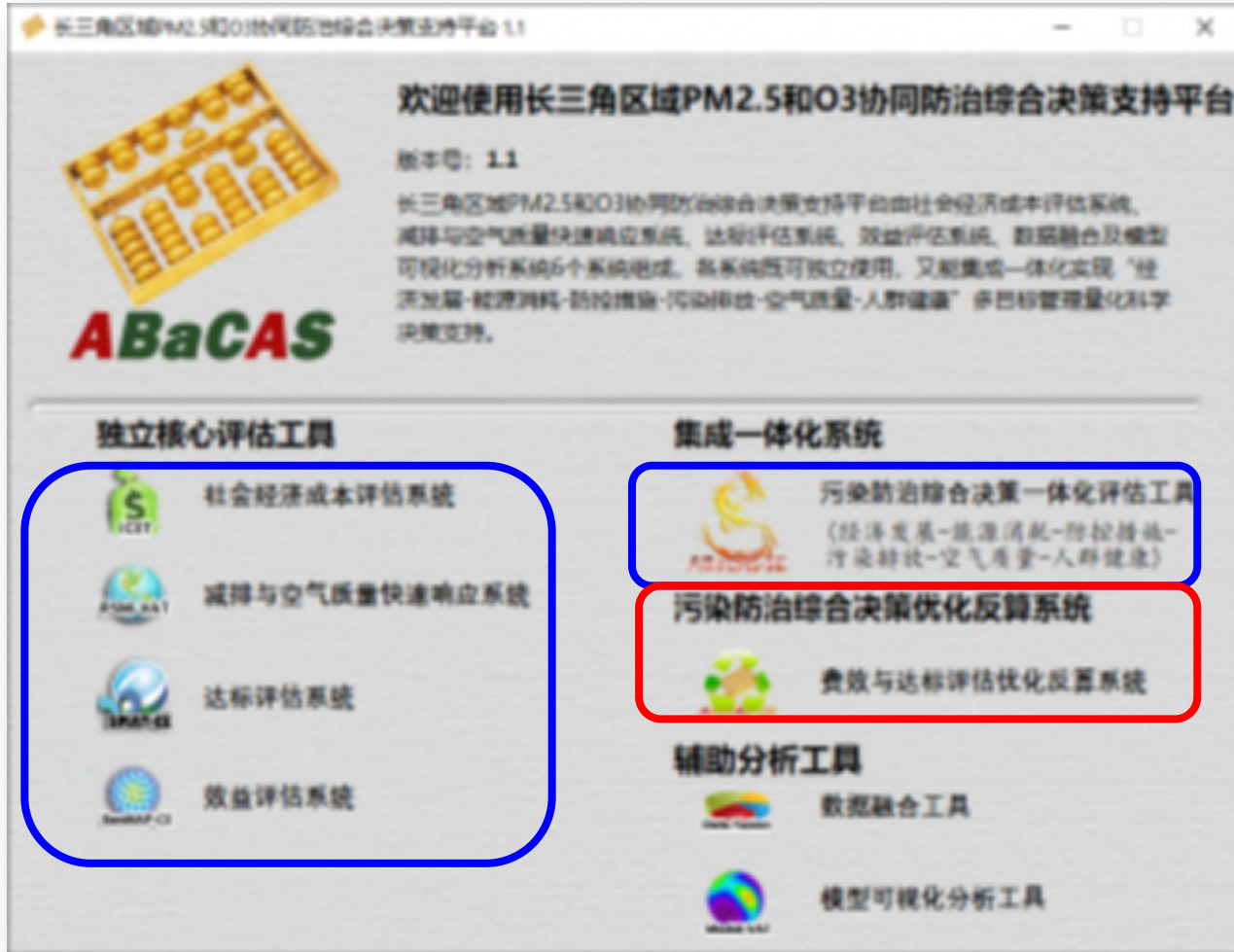
各行业VOCs排放构成



各行业臭氧和SOA潜势



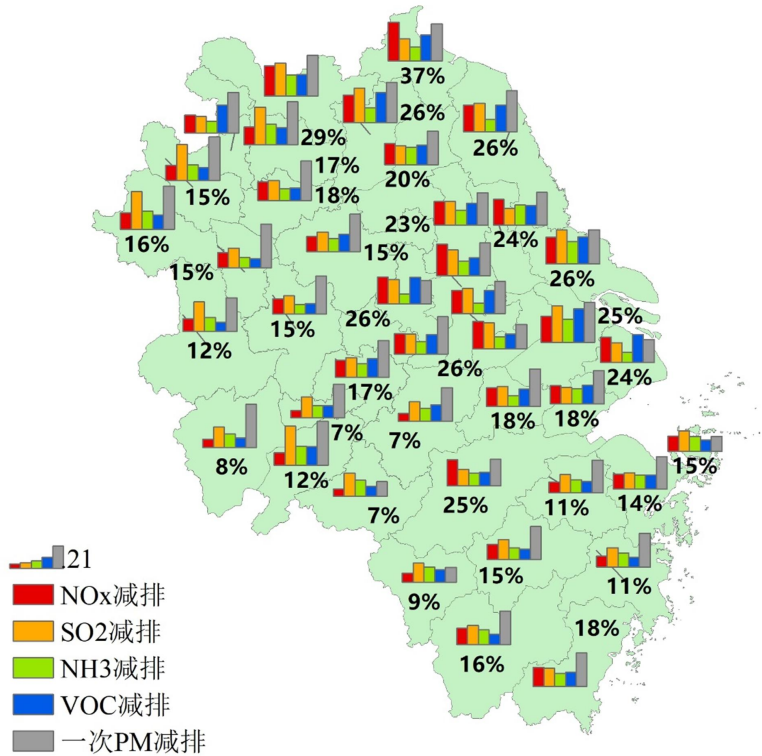
搭建了区域PM_{2.5}和O₃协同防治决策支持平台



PM_{2.5}和O₃双目标下的分城市总量控制需求

- **十四五规划情景：**区域SO₂、NO_x、VOCs、NH₃和一次PM_{2.5}减排23%、16%、18%、14%和33%
- **双达标情景：**区域SO₂、NO_x、VOCs、NH₃和一次PM_{2.5}减排26%、50%、28%、28%和55%

不同改善目标下的总量控制需求

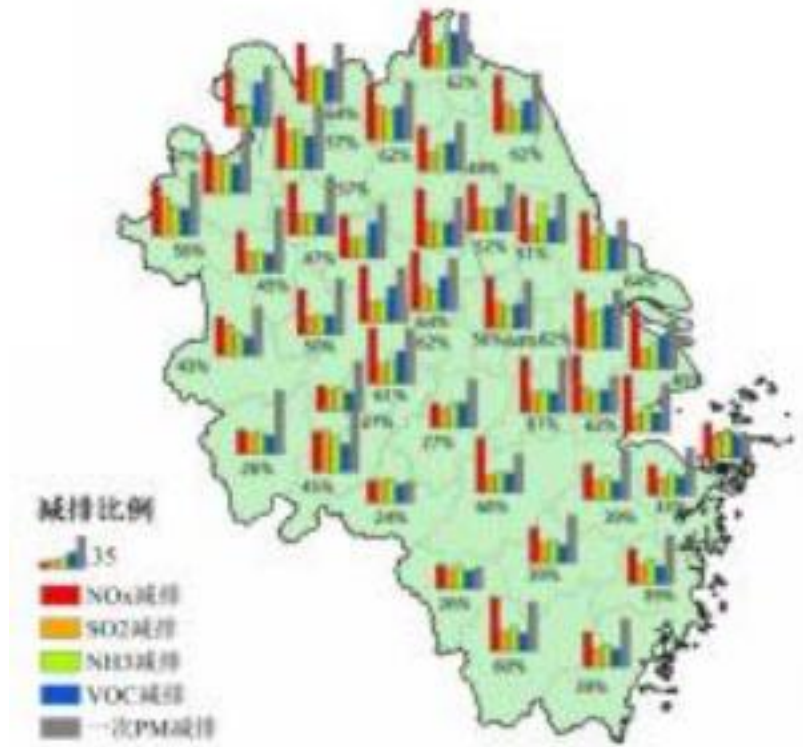


“十四五”目标下41城市减排需求：

- NO_x 16% （7%-37%）
- SO₂ 23% （15%-37%）
- NH₃ 14% （9%-22%）
- VOC 18% （9%-32%）
- 一次PM_{2.5} 33% （14%-42%）

“双达标”目标下41城市减排需求：

- NO_x 50% （24%-65%）
- SO₂ 26% （18%-45%）
- NH₃ 28% （22%-43%）
- VOC 28% （20%-47%）
- 一次PM_{2.5} 55% （23%-70%）



以2017年为基准，标注数值为NO_x减排比例

基于多源数据的区域大气污染源排放精准管控

□ 耦合重点源、工业用电量、实时车流量、船舶AIS、民航LTO等在线数据源，实现了5大源类25个行业自下而上方法的大气污染物和CO₂逐日排放计算，为动态跟踪城市减污降碳成效提供方法基础

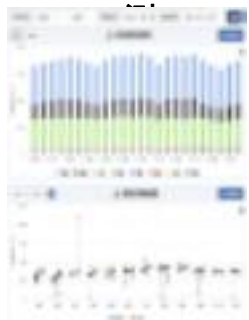
多维动态活动水平数据融合



重点源在线监



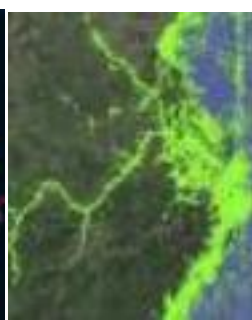
重型柴油车监控平台



工业用电量

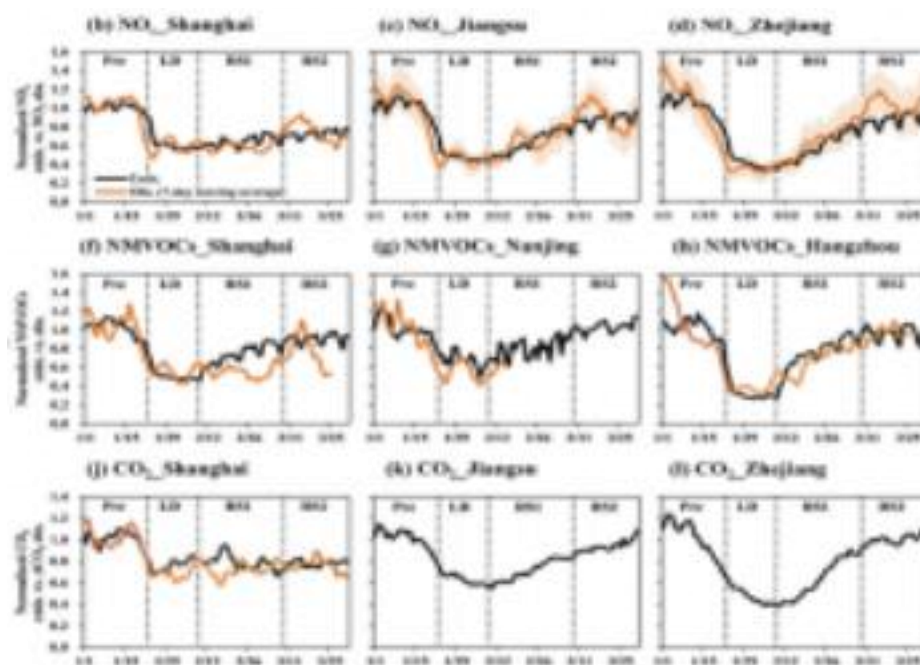


非道机械监控平台

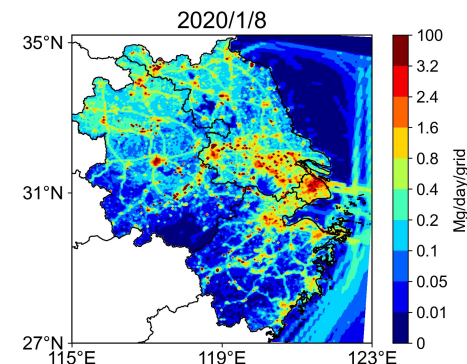


船舶AIS数据

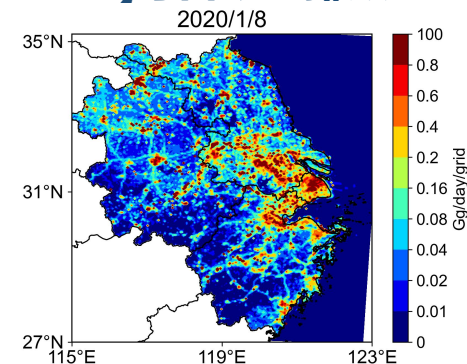
动态排放演变与监测数据对比



NO_x每日动态排放



CO₂每日动态排放



区域大气污染源排放实时监控数据系统

➤ 污染源在线监测：

长三角区域接入在线监测企业由2021年的1118家增至**2522家**，增加**126%**，监测点位由2851个增加至**5646个**，增加**98%**，新增烟气流量、氧含量等参数

➤ 重型柴油车远程监控：

长三角区域实时定位车辆超过**87万辆**，上海市重柴排放实时远程在线监控车辆达到**10万辆**以上

➤ 非道路移动机械远程监控：

实时跟踪三省一市**6.7万**台重点企业挖掘机活动情况

重点源在线监测平台



区域排放逐日跟踪

排放数据异常诊断

排放热点溯源分析

重型柴油车监控平台



区域重柴活动排放

高排车辆识别监管

车辆集中地指引

非道机械监控平台



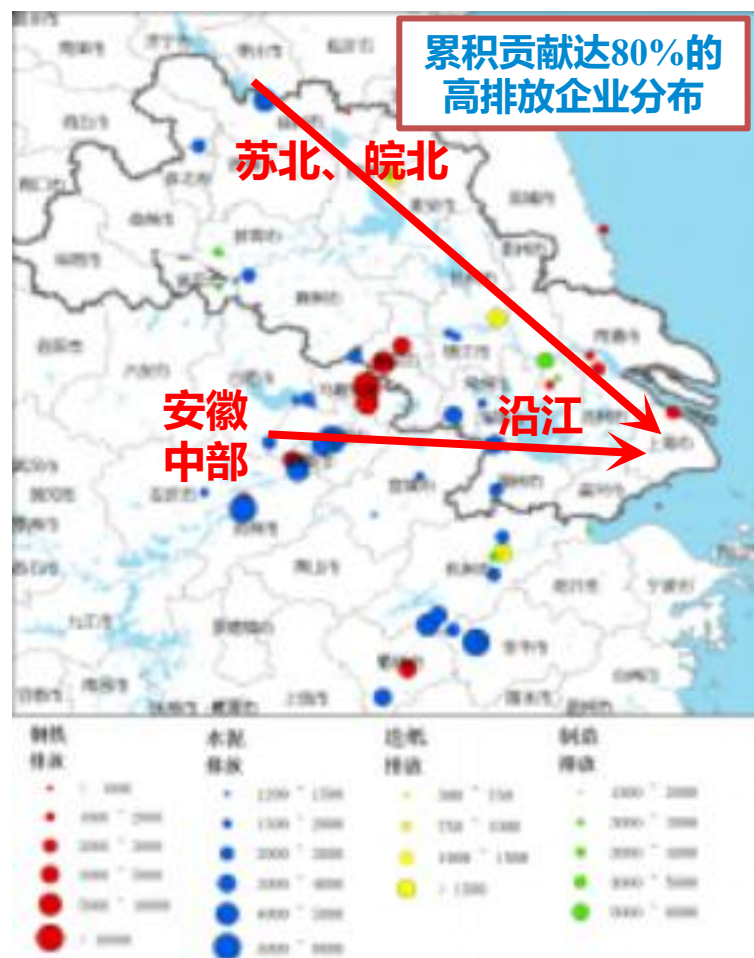
高污染热点识别

活跃工地远程监管

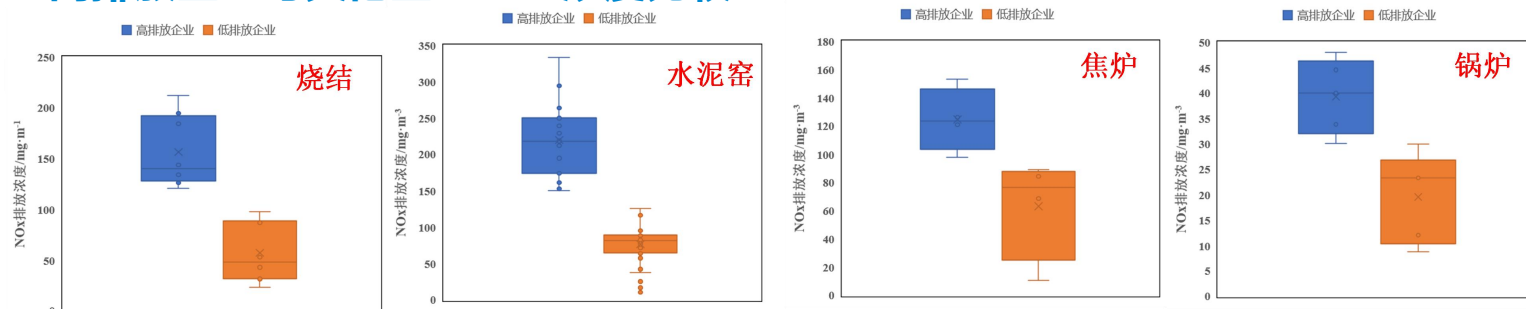
污染源	数据来源	更新频次
电厂	√ 长三角电力绿色调度日报	每日
工业	√ 长三角执法检查及减排落实情况	每日
	√ 长三角区域重点源在线数据	小时
	√ 长三角各省市用电量数据	每日
	√ NOx和VOCs等前体物走航监测	实时
扬尘	√ 长三角扬尘源管控及执法检查情况	每日
	√ 上海市渣土车运行动态变化	小时
流动源	√ 长三角重柴运行及排放动态变化	秒级
	√ 上海市重柴远程在线监控平台	秒级
	√ 交通站实时监测数据	小时
	√ 上海市非道路机械运行动态变化	小时
	√ 上海港船舶每日签证数	每日
	√ 长三角船舶实时AIS及排放动态变化	小时
	√ 上海港口污染物在线监测数据	小时
	√ 机场飞机起落架次	每日
面源	√ 长三角每日污染源督查检查日报	每日
	√ 上海市加油站汽柴油销售量	每日
	√ 长三角卫星火点图片	每日

重点源高排放排口跟踪分析案例

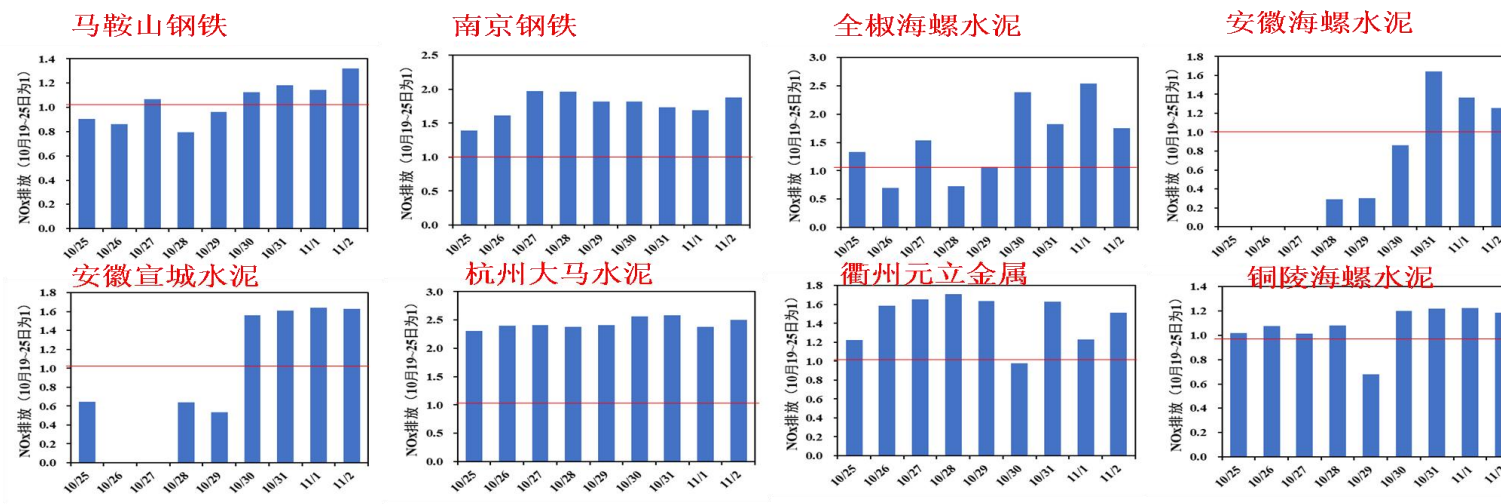
□ 部分未完成超低排放治理或治理水平偏低的企业，排放浓度为其他企业的1.5~4倍，占该行业总量的80%，且近期部分企业排放仍呈现上升趋势



高排放企业与其他企业NO_x浓度比较



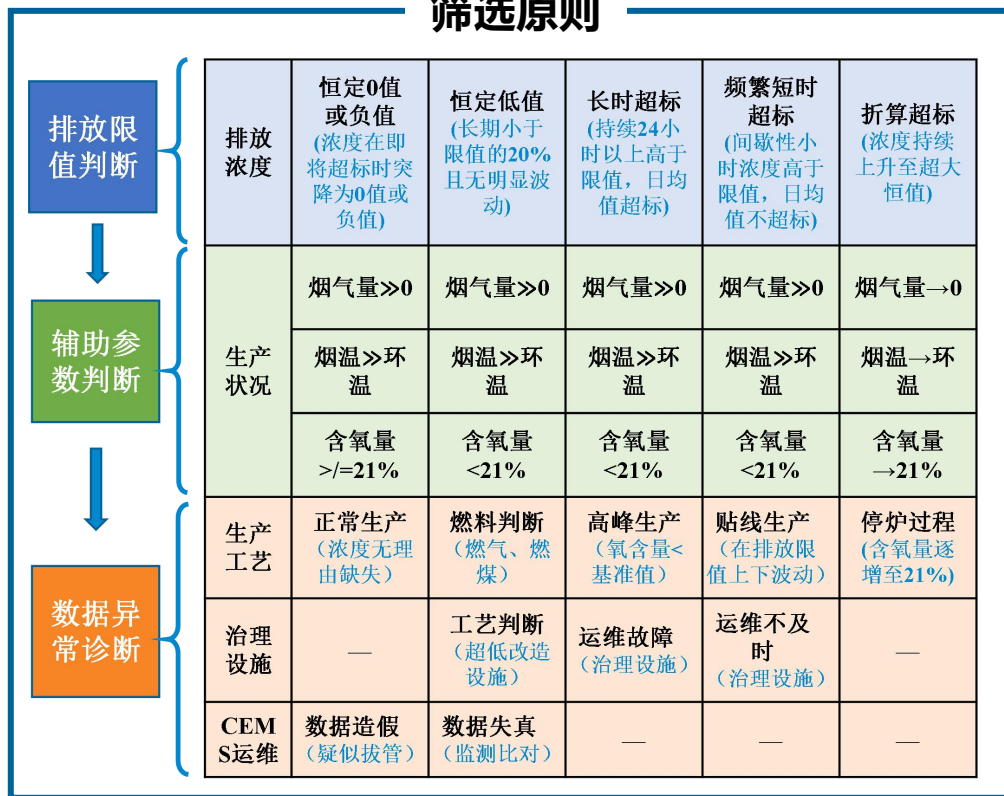
未完成超低排放企业保障期间排放与管控前比较



在线监测数据问题检查与监测执法闭环

- 基于固定源在线监测数据，结合生产状况相关参数（含氧量、烟气量、烟温），初步建立了在线监测排放疑似异常的诊断方法，确认问题主要为虚假标记、CEMS设备及治理设施运维不当等

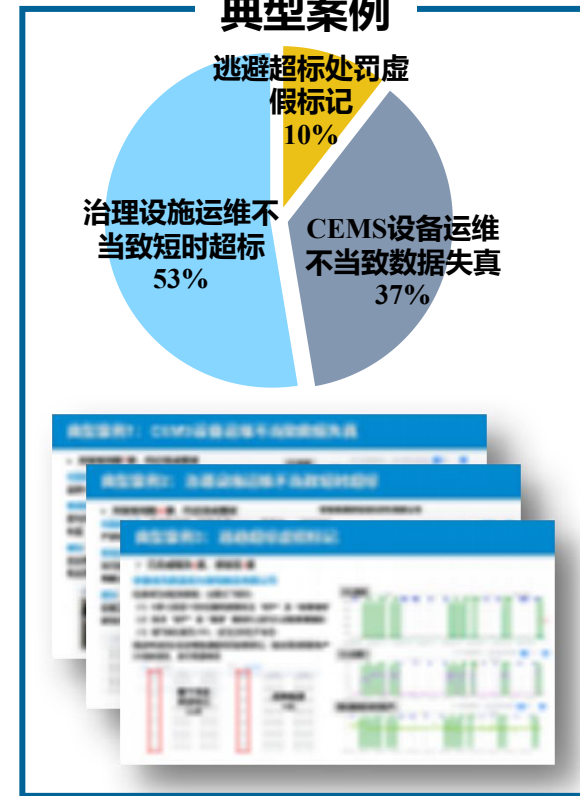
筛选原则



问题反馈

序号	问题类型	问题反馈	问题处理
1	逃避超标 虚假标记	生产期间治理设施标记“停运”	核查中
2		生产期间擅自停运脱硝系统，并标记“停运”	立案处罚
3	CEMS设备运 维不当致数 据失真	采样镜片起水雾致PM短时超标	已整改
4		反吹不及时，采样探头冷凝水附着	已整改
5		轻微零位正漂移	已整改
6		温压流检测设备故障	已整改
7		设备精度不够，量程设置不合规	已整改
8		烟尘仪量程设置不合理	已整改
9		疫情影响，运维不及时	已整改
10	治理设施 运维不当 致短时超 标	配比氨水浓度较前期偏低	已整改
11		运行管理不到位，加碱处理不及时	已整改
12		脱硫泵电机故障	已整改
13		脱硫泵电机故障	已整改
14		脱硫泵电机故障	已整改
15		运行管理不到位，加碱处理不及时	已整改
16		水泵故障，运行管理不到位	已整改
17		运行管理不到位，加碱处理不及时	已整改
18		运行管理不到位，加碱处理不及时	已整改
19		配比脱硝剂浓度偏低	已整改

典型案例

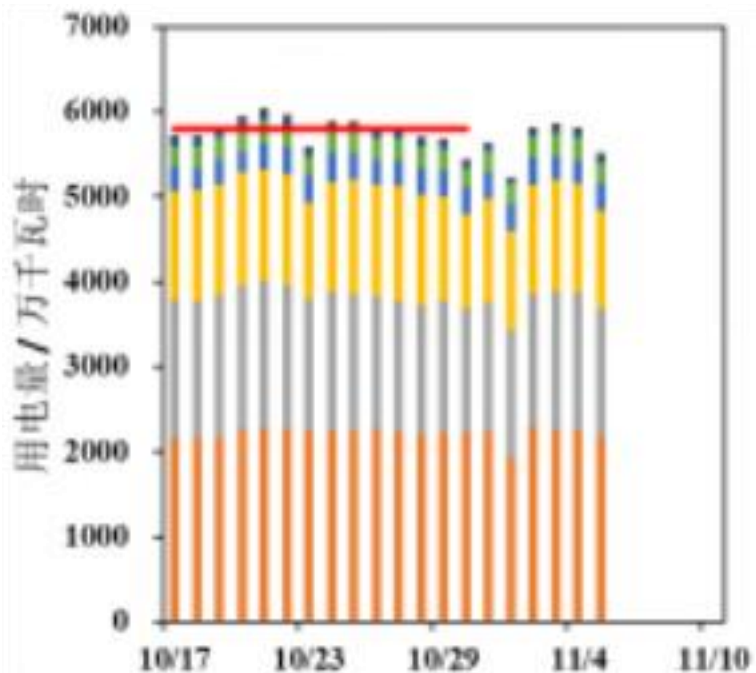


基于工业用电量的协议减排措施落实情况评估

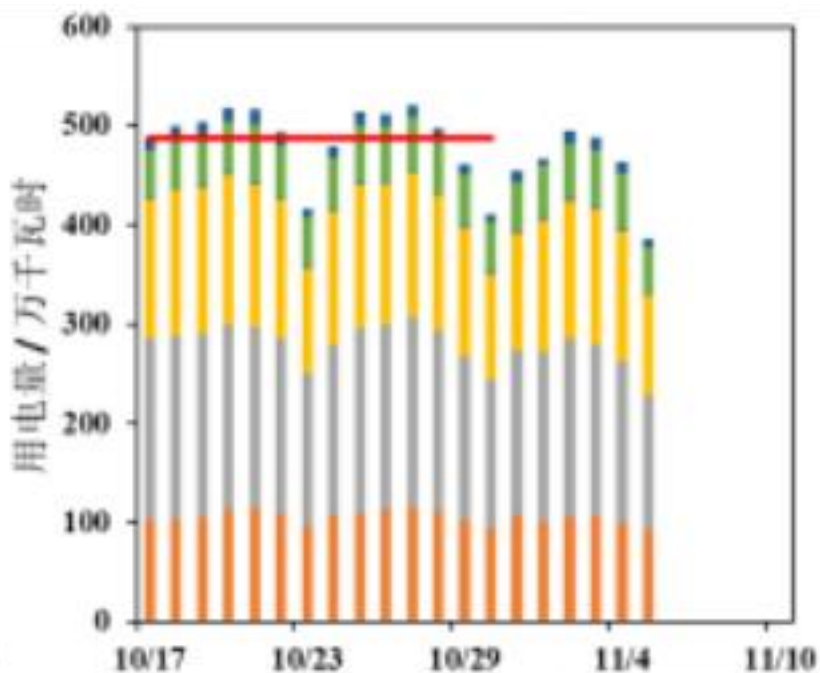
□ 利用工业用电量数据对重点企业减排措施落实情况开展核查评估

- 案例：保障期间，全市工业用电量较基准无明显变幅，协议减排企业用电量较基准降低21%，主要为涂装和其他行业，其他企业较基准无明显变化

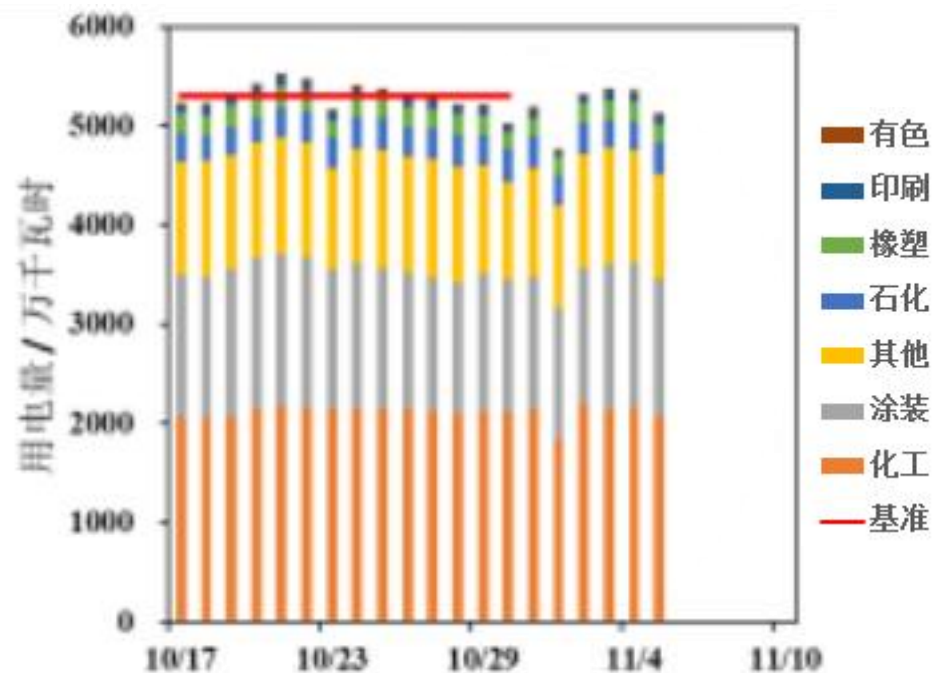
全市重点企业



协议减排企业



其他企业



有色
印刷
橡塑
石化
其他
涂装
化工
基准

利用大数据技术支撑移动源监测执法闭环

- 搭建上海市重型柴油车排放远程在线监控系统，在线联网车辆超过14万台，实现了NO_x排放、尿素液位、MIL灯、后处理装置等排放相关参数的实时监控，开发了“车、油、路、企”一体化监管功能

数据源

车辆基础信息

远程排放监控

北斗导航

I/M站

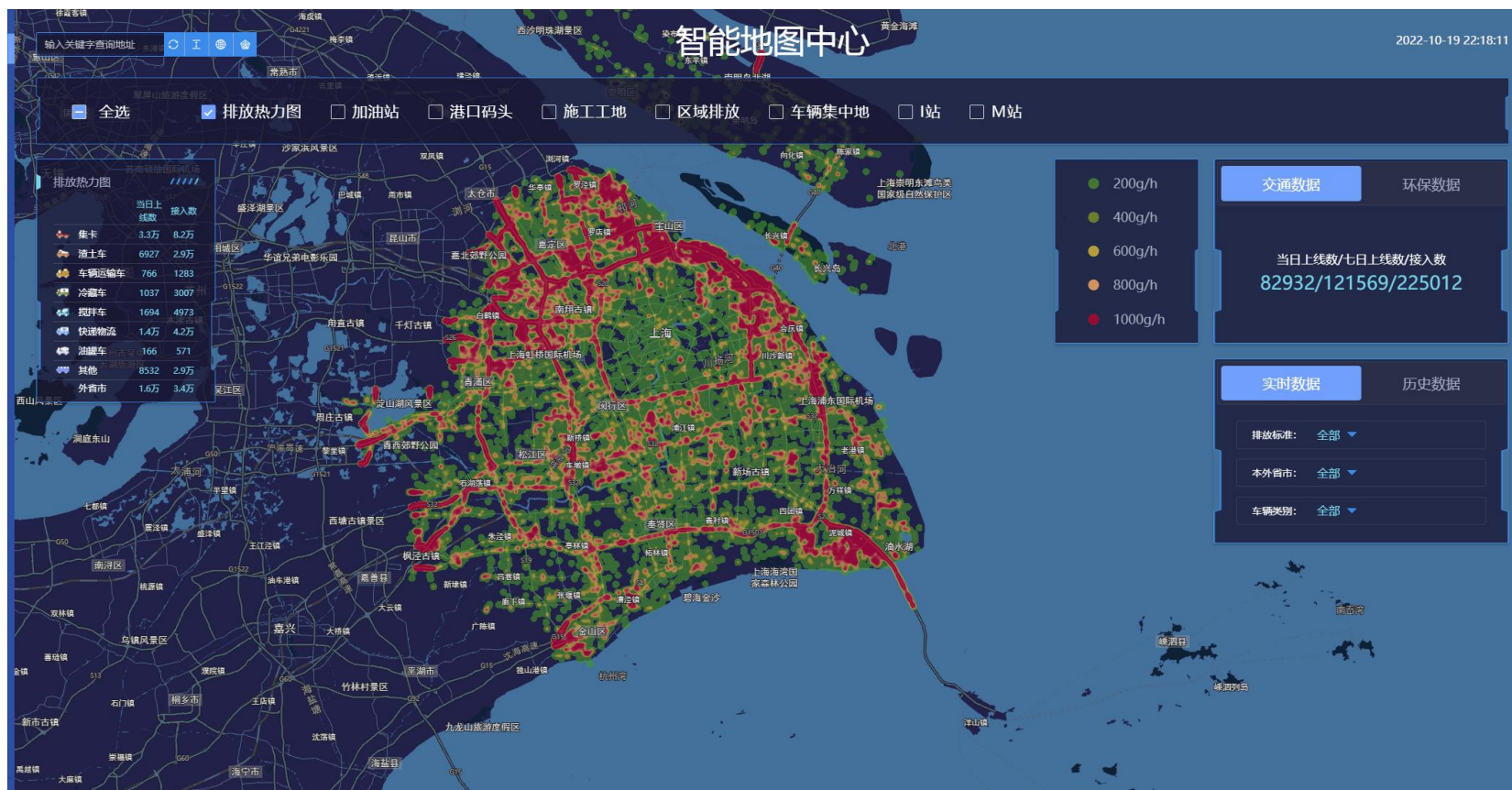
港口码头

重点企业

加油站

施工工地

系统平台



功能场景

区域重柴排放运行
情况

高排放车辆识别
监管

用车大户、重点
企业车辆监管

非社会加油点监
管

高污染热点区域、
通道识别

重型柴油车高排放问题实时诊断与监管

□进博会空气质量保障期间，试行问题车辆测管联动

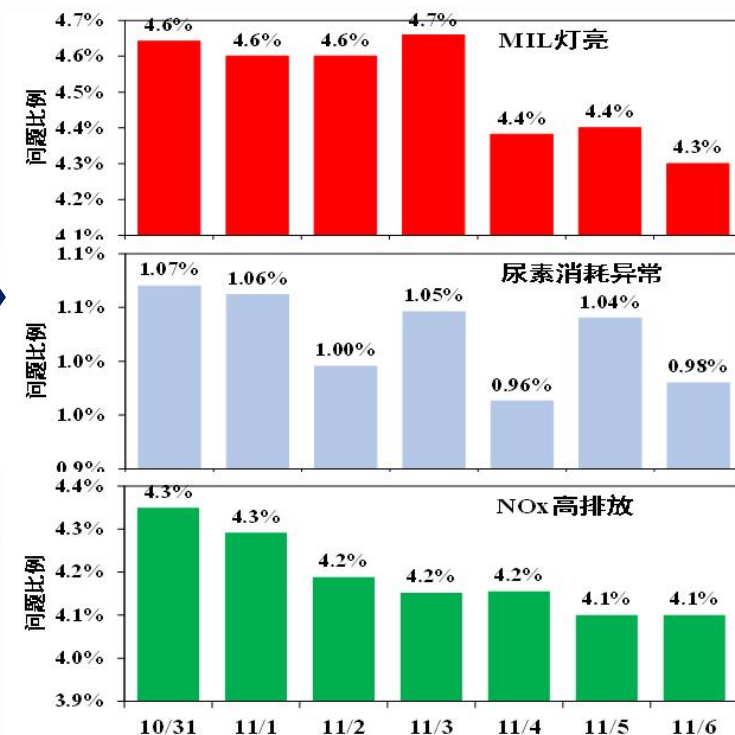
- 每日推送问题车辆集中企业清单，开展入户检查。通过整改修复异常车辆179辆、172辆、97辆，修复率为40%、30%、22%，修复后NO_x浓度下降39%、14%、33%，各类问题比例总体呈下降趋势



上海安捷轿车运输有限公司



上海安吉轿车运输有限公司



车辆聚集地识别支撑问题执法检查

- 建立了国三、国四等老旧车、渣土车等重点车型的聚类算法，支撑了老旧车聚集地、活跃工地等环境管理重点点位的快速诊断，识别并推送关键点位1000余处，提升移动源监测执法效率



工地、水泥搅拌桩、渣土倾倒点

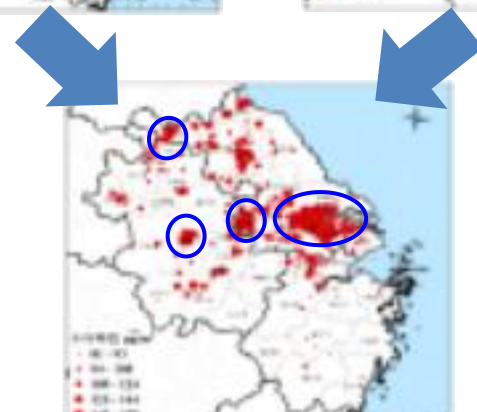
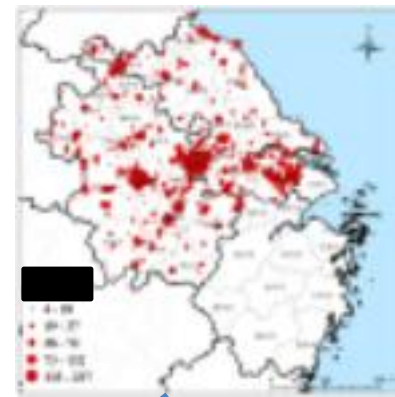


物流集散中心

国三车辆聚集地



活跃工地分布
(施工机械相关)



近期氮氧化物高值点个数及峰值分布

非社会加油站实时定位与精准检查

□ 结合油箱液位等参数，实现非社会加油站实施精准定位，自2021年10月起，向各区县推送非社会加油点名单月报，支撑环保督察“回头看”

加油事件识别

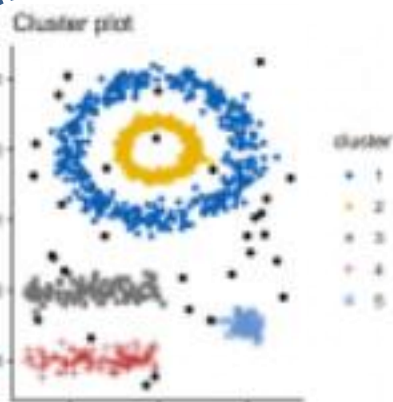
3、休息

2、加油

00:00 洋山港提箱
2021/5/26 0:01
03:00 外高桥加油
04:00 宝山区休息
07:00 再次出发
11:00 完成送箱

1、提箱

4、送箱



聚类算法



属性判断

非社会加注点识别和管理



社会加油站

非社会加油站

非社会加油站



日常问题报送



现场检查

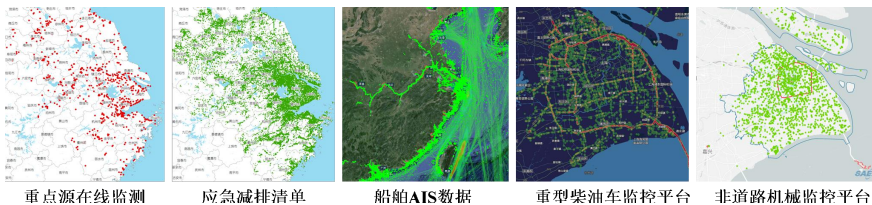
全面支撑进博会空气质量保障精细化管理

- 污染传输通道每日动态研判，锁定关键城市 and 关键来源，改变了以往“圈层式”大范围保障模式，管控城市由最初的42个减少到21个，最大限度减少对社会正常生产和生活的影响

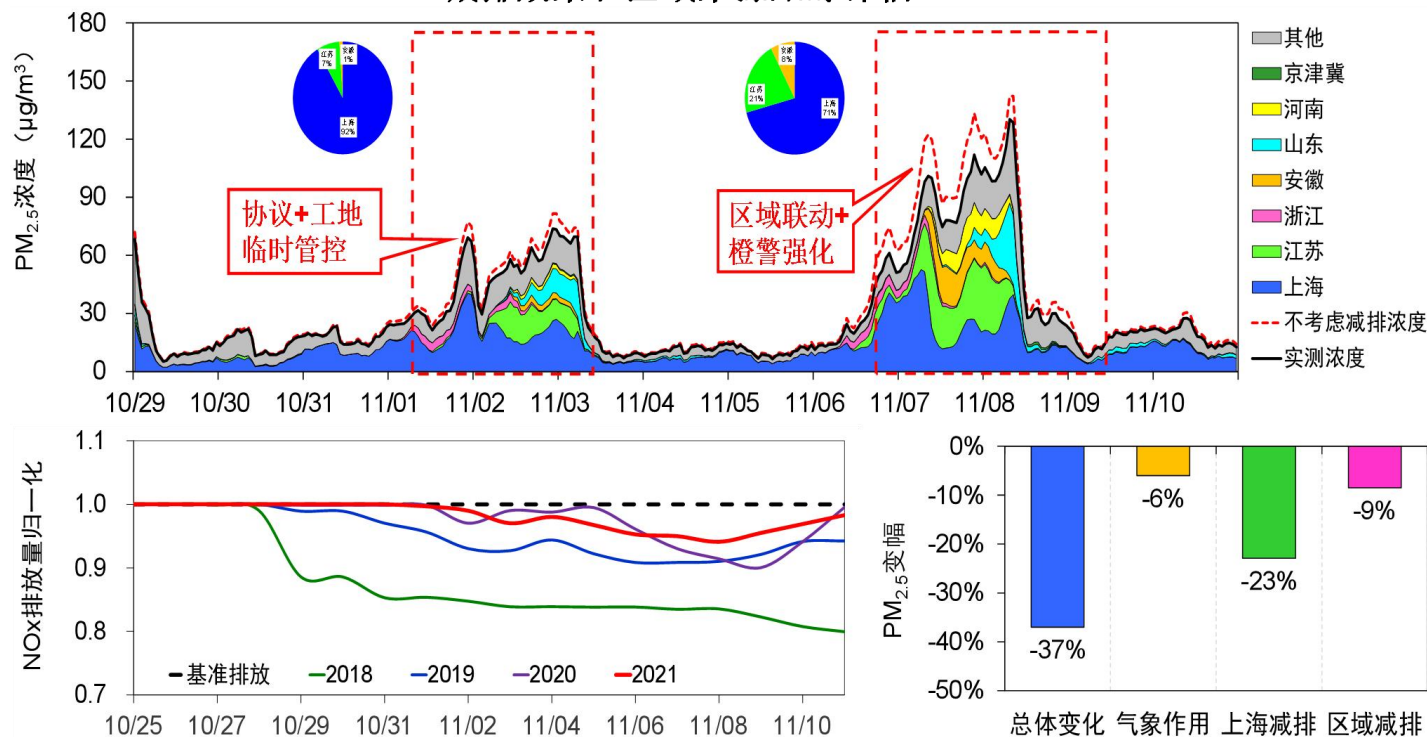
进博会保障天空地一体化监测网

- 382个省控和市控监测站点
 - 12个超级站
 - 11个VOCs在线监测站
 - 37个VOCs加密布点采样
 - 5辆走航车
- 所有超级站会前全面完成质控自查和交叉抽查

多维度实时源排放数据

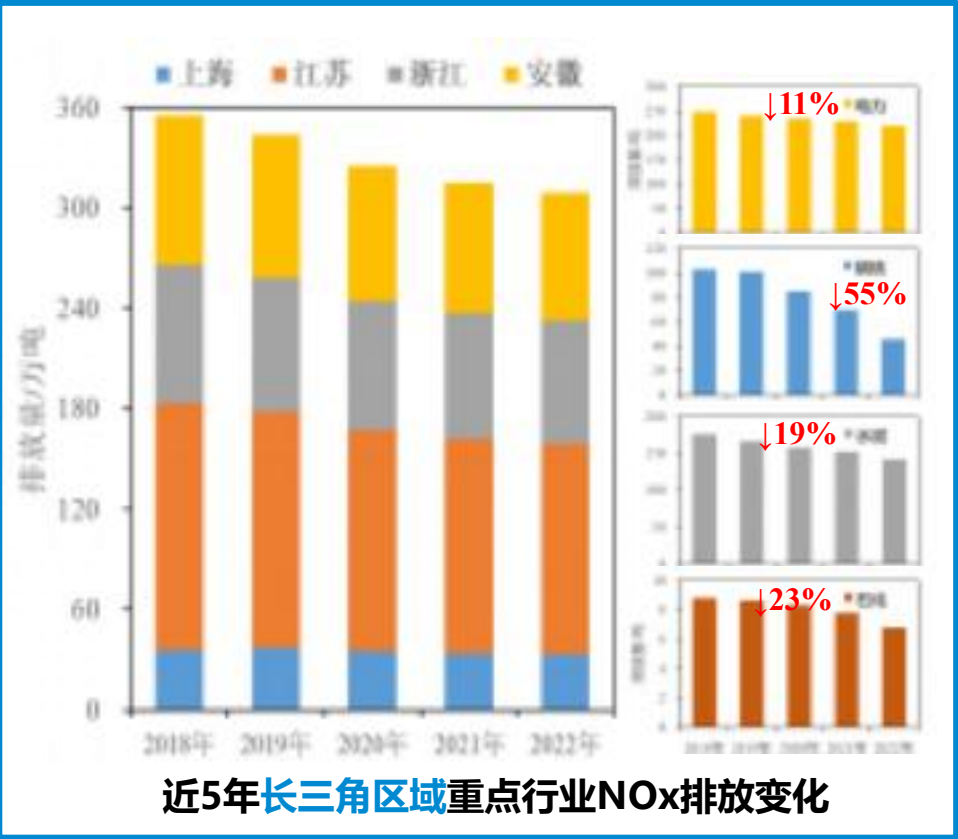


减排效果和区域来源跟踪评估



跟踪评估发现长效减排为空气质量保障奠定重要基础

□ 2018年以来，长三角区域长效措施使NO_x排放累计下降13%，其中，电力、钢铁、水泥和石化等重点行业降幅分别为11%、55%、19%和23%；上海市NO_x排放累计下降16%，其中，机动车、电力、钢铁和工艺过程源分别下降21%、8%、11%和10%

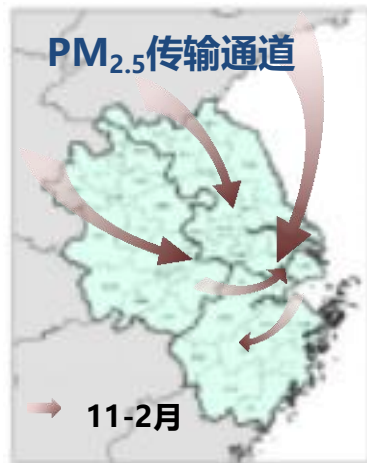


汇报提纲

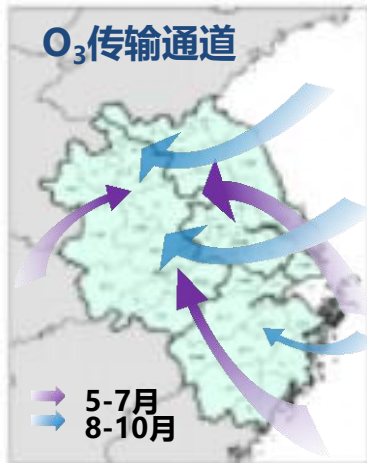
- 1 需求与挑战
- 2 技术与应用
- 3 对策与成效

区域PM_{2.5}和O₃污染的时空协同策略

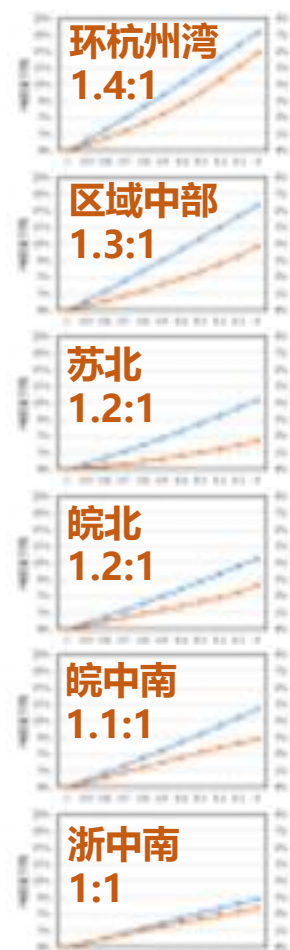
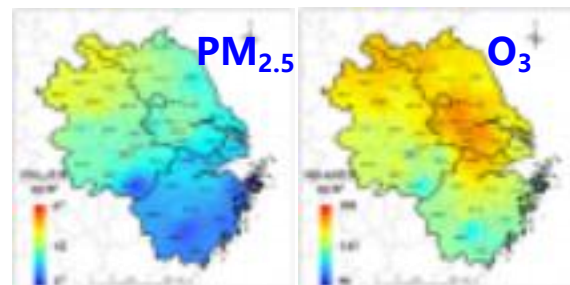
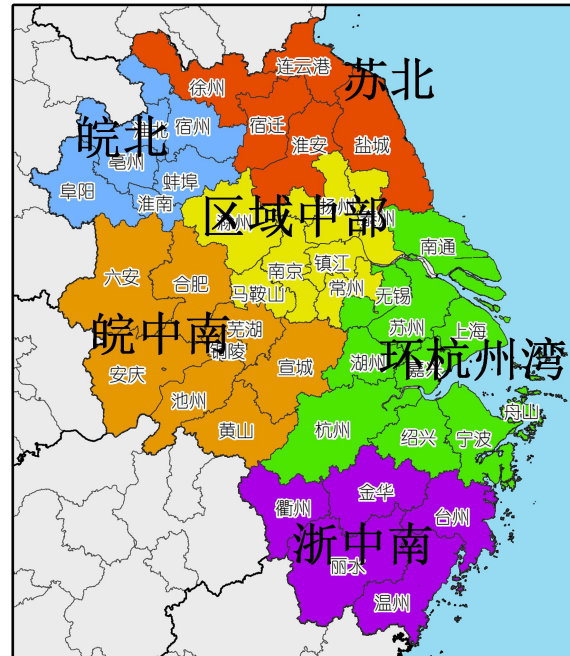
- **空间协同：**根据各分区污染气象和传输特征及PM_{2.5}和O₃与前体物响应关系，提出“内外协同、分区施治”区域差异化控制策略



PM_{2.5}：
—苏北皖北强化与河南、山东、河北等省市跨区域联动
—其他区域加强区内联动



O₃：
—推动更大区域联防联控
—重点关注区域东部和中部高排放城市群



环杭州湾、区域中部

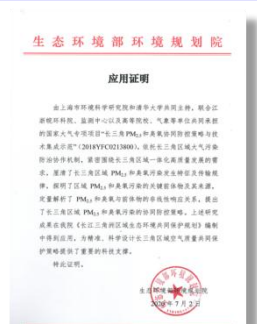
- PM_{2.5}和O₃均突出，NO_x和VOCs排放集中
- 深入推进VOCs和NO_x协同减排，深化绿色低碳发展

苏北皖北

- PM_{2.5}仍较突出，本地污染与冀鲁豫传输叠加、煤烟型污染尚未消除
- 重点强化NO_x和一次颗粒物治理，协同推进VOCs减排

空气质量达标地区

- 以推进清洁能源使用为重点，探索源头减排和产业升级



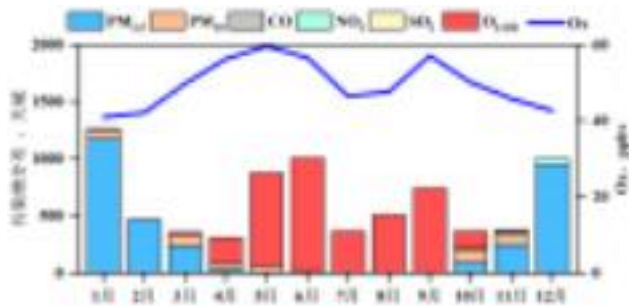
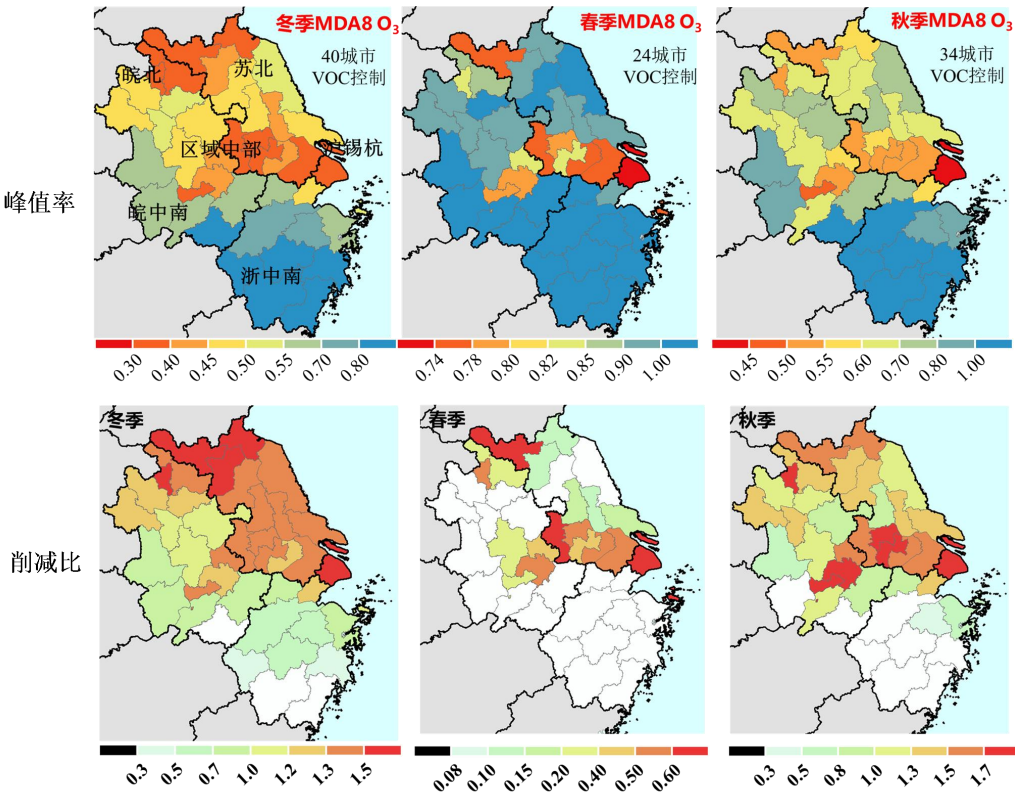
区域PM_{2.5}和O₃污染的时空协同策略

■ 季节协同:

冬季：PM_{2.5}主导，部分城市PM_{2.5}仍受强氧化性影响，需在持续削减NO_x同时，加强VOC协同减排

夏季：O₃主导，以O₃的VN_r为约束抑制区域O₃浓度反弹，加强城区VOC减排，实现削峰降频

春秋季：PM_{2.5}和O₃污染同时存在，建议基于O₃的VN_r协同优化多污染物减排比例，实现PM_{2.5}和O₃污染双降

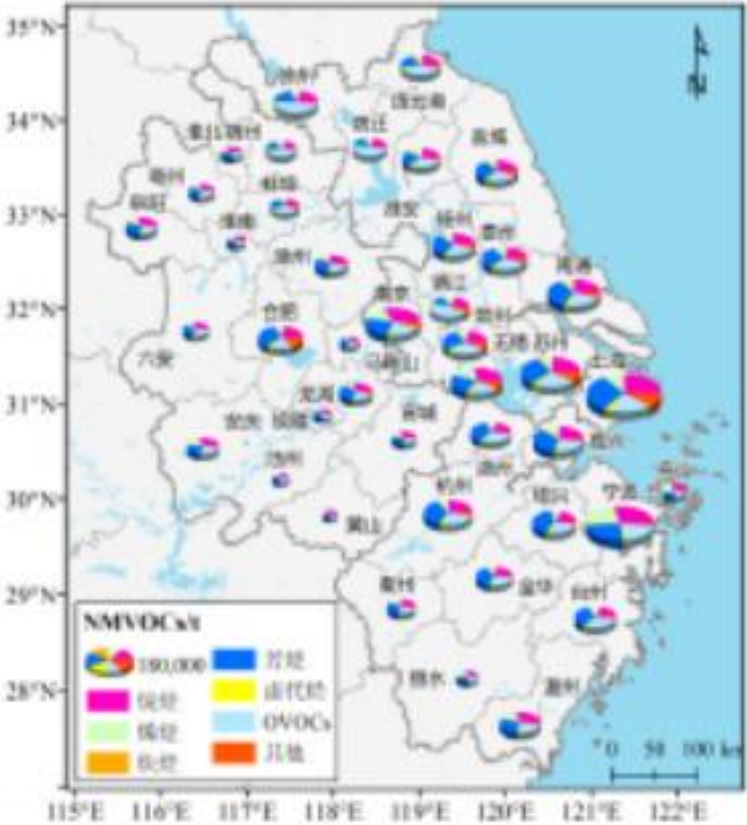


各季
节首
要污
染物
分布

总结	约束指标	VN _r	
		平均值	最大值
冬季	PM _{2.5}	0.33	0.9
春季	O ₃ 与PM _{2.5} 中VN _r 较大者	0.35	0.75
夏季	O ₃	/	/
秋季	O ₃ 与PM _{2.5} 中VN _r 较大者	1.29	2.26

进一步聚焦重点行业活性物种来源实施深化治理

长三角区域组分清单

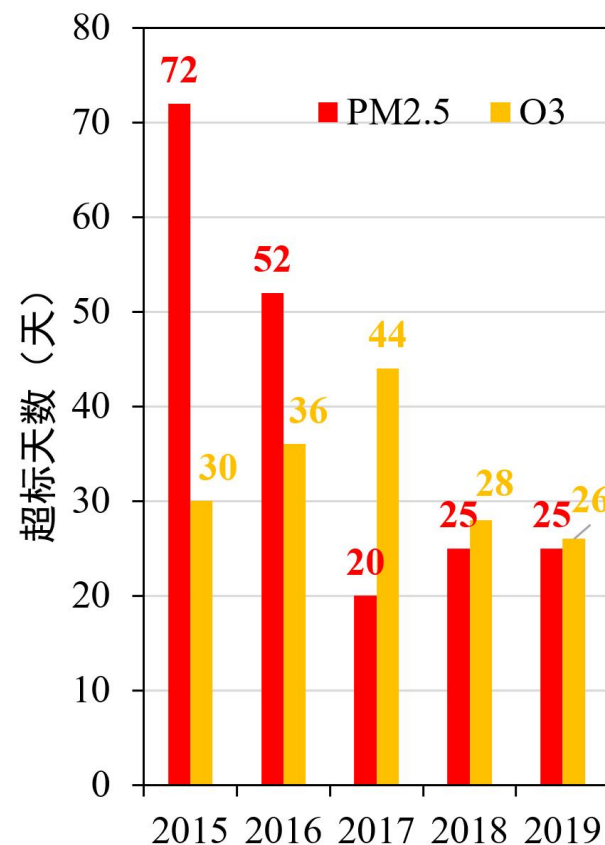
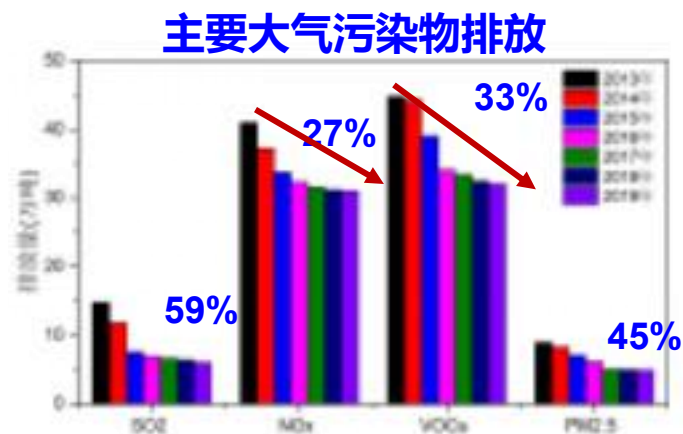
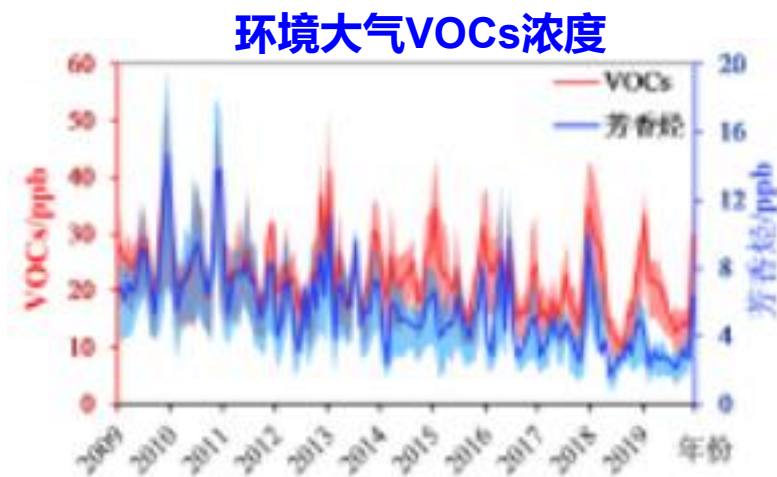


上海市VOCs优控行业和物种案例

序号	工业行业	OFP占比	TOP 10										芳烃	烯烃	烷烃	OVOC	其他
1	有机化学原料制造	17%	乙烯(26%)	丙烯(23%)	间/对-二甲苯(11%)	甲苯(6%)	邻二甲苯(5%)	异戊二烯(3%)	1,2,4-三甲苯(2%)	甲基乙烯基酮(2%)	1,3,5-三甲苯(2%)	反-2-丁烯(2%)					
2	汽车制造业	12%	1,2,4-三甲苯(20%)	乙基甲苯(15%)	1,3,5-三甲苯(13%)	间/对-二甲苯(9%)	邻二甲苯(6%)	1,2,3-三甲苯(6%)	对-乙基甲苯(5%)	邻-乙基甲苯(5%)	乙醛(3%)	乙苯(2%)					
3	船舶及相关装置制造	9%	间/对-二甲苯(43%)	邻二甲苯(25%)	乙苯(9%)	1,2,4-三甲苯(6%)	乙醇(5%)	乙基甲苯(2%)	1,3,5-三甲苯(2%)	1,2,3-三甲苯(2%)	对-乙基甲苯(1%)	邻-乙基甲苯(1%)					
4	精炼石油产品制造	9%	丙烯(26%)	乙烯(20%)	间/对-二甲苯(11%)	甲苯(6%)	反-2-丁烯(3%)	邻二甲苯(2%)	异戊烷(2%)	异戊二烯(2%)	甲基乙烯基酮(2%)	顺-2-丁烯(2%)					
5	化学纤维制造业	8%	间/对-二甲苯(39%)	甲苯(16%)	邻二甲苯(7%)	丙烯(5%)	乙烯(5%)	1,2,4-三甲苯(4%)	乙苯(2%)	1,3,5-三甲苯(2%)	异丁烷(2%)	反-2-丁烯(1%)					
6	合成纤维单（聚合）体制造	6%	间/对-二甲苯(39%)	甲苯(16%)	邻二甲苯(7%)	丙烯(5%)	乙烯(5%)	1,2,4-三甲苯(4%)	乙苯(2%)	1,3,5-三甲苯(2%)	异丁烷(2%)	反-2-丁烯(1%)					
7	涂料、油墨、颜料及类似产品制造	6%	1,2,4-三甲苯(13%)	甲基乙基酮(12%)	己醛(6%)	间-乙基甲苯(9%)	甲苯(9%)	间/对-二甲苯(8%)	1,3,5-三甲苯(8%)	对-乙基甲苯(5%)	邻二甲苯(4%)	乙苯(4%)					
8	金属制品业	4%	甲苯(18%)	甲基乙烯基酮(11%)	间/对-二甲苯(11%)	乙醇(11%)	己醛(8%)	乙二醇二醛(4%)	顺-2-丁烯(3%)	1-戊烯(3%)	甲基环戊烷(3%)	甲基环己烷(3%)					
9	塑料制品业	3%	丙烯(77%)	乙烯(20%)	丙烷(0%)	甲苯(0%)	间/对-二甲苯(0%)	异戊二烯(0%)	顺-2-丁烯(0%)	丙醛(0%)	丙酮(0%)	邻二甲苯(0%)					
10	橡胶制品业	3%	1,1,3-三甲基环己烷(18%)	乙醛(11%)	1,2,4-三甲基环己烷(11%)	十二醛(11%)	萜烯(8%)	1-乙氧基-2-丙醇(4%)	3-乙基己烷(3%)	3-甲基壬烷(3%)	正十一烷(3%)	壬烷(3%)					

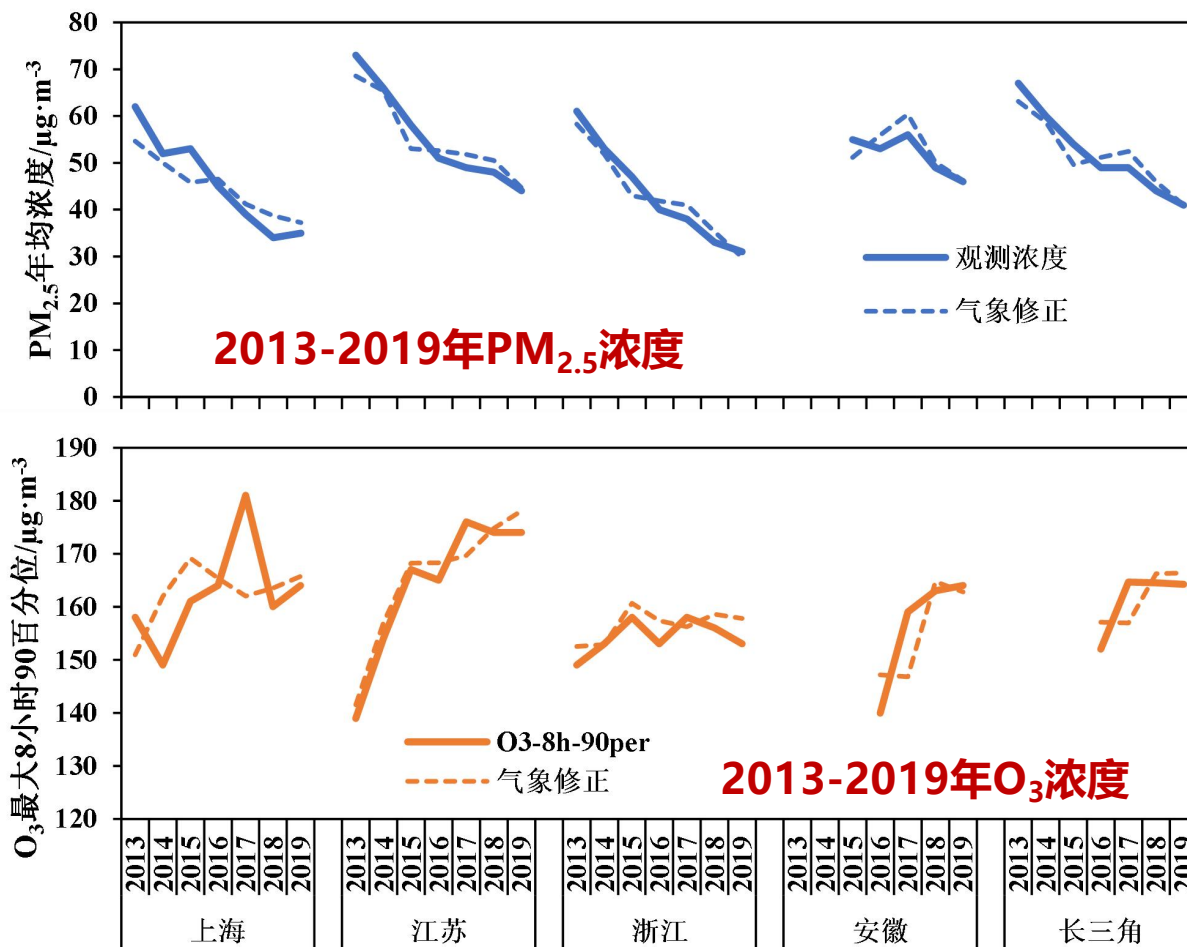
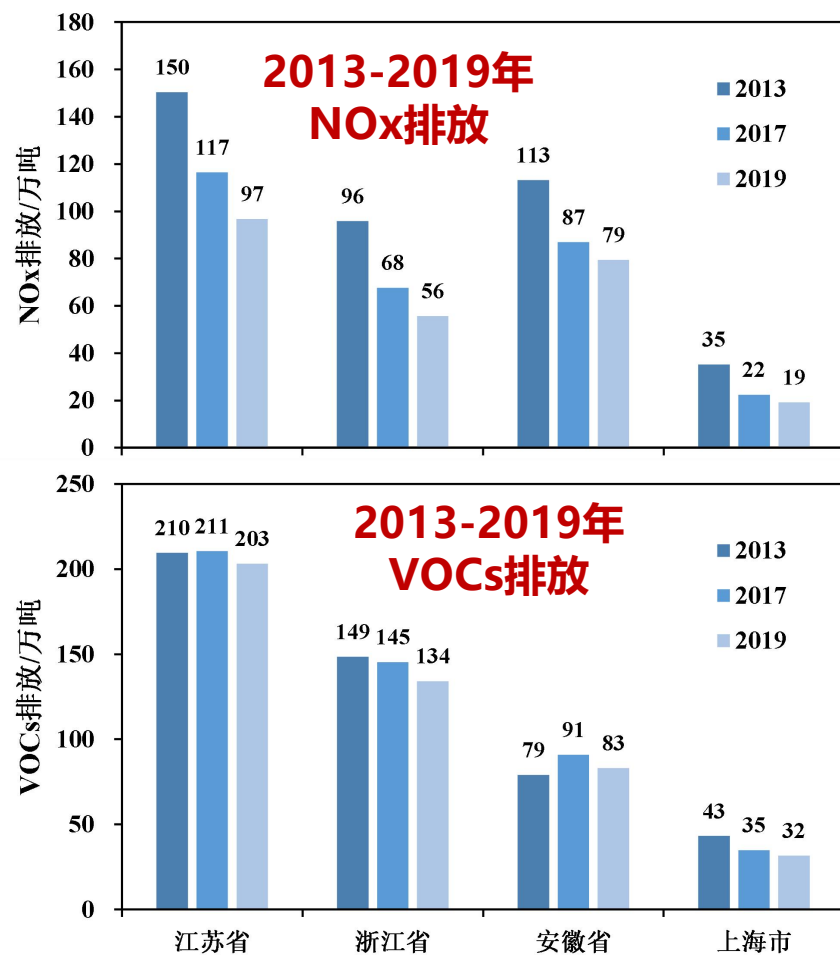
进一步聚焦重点行业活性物种来源实施深化治理

- **减排历程：**2013年以来全市NO_x和VOCs排放总量分别削减27%和33%
- **环境成效：**城区大气芳香烃等VOCs重要组分浓度持续下降，臭氧浓度上升趋势基本得到遏制



区域减排的协同性仍须进一步加强

- 长三角NO_x排放自2012年起呈下降趋势，累计削减约30%左右；VOCs排放则维持高位
- 在区域PM_{2.5}总体改善的趋势下，上海、浙江的O₃总体得到遏制，安徽、江苏上升较明显



区域PM_{2.5}和臭氧协同防控的总体考虑

立足结构调整 降低排放总量

- 通过结构调整**从根本上**降低区域NO_x和VOCs排放强度
- **产业结构方面**，应重点关注钢铁、水泥、焦化、石化、化工等行业；**能源结构方面**，应加大燃煤锅炉淘汰力度和工业窑炉清洁化；**交通结构方面**，应加快推进“公转铁、公转水”、车船结构升级、提升油品质量等措施

补齐减排短板 谋划重大工程

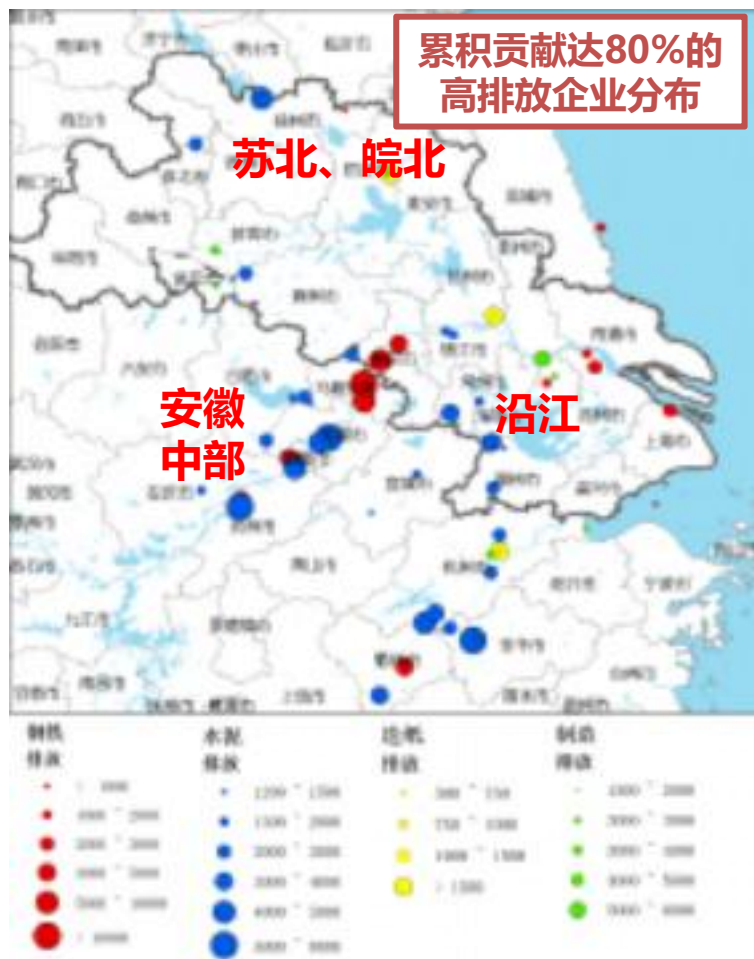
- **NO_x减排**应以工业深度治理、交通运输轨道化、船舶机械深度治理、能源清洁化为主
- **VOCs减排**应加强烯烃、芳香烃、醛类等大气光化学反应活性强的VOCs排放控制，强化源头替代、过程管理、末端处理，补齐VOCs治理控制短板
- 制定一大批切实可行的重点工程，**以大工程带动大治理**，实现大减排

分时集中攻坚 分区精准施策

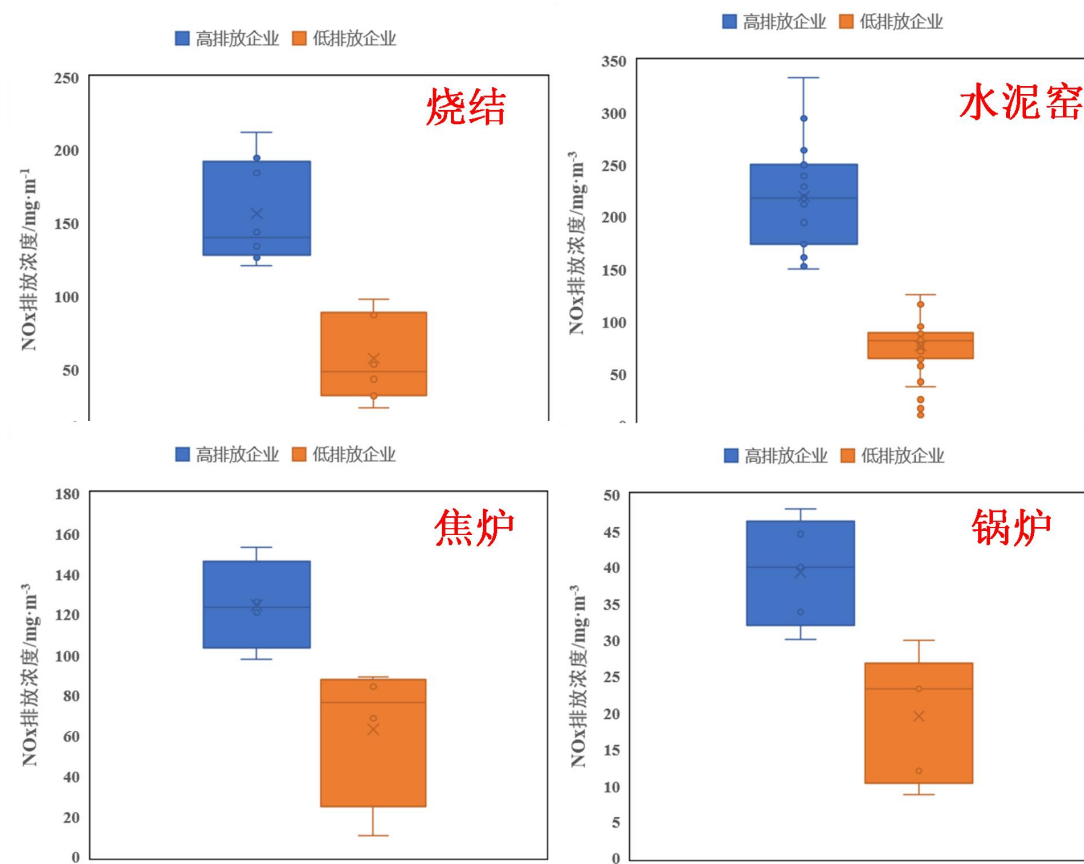
- 持续开展**秋冬季PM_{2.5}治理**攻坚，加强**夏秋季O₃污染管控**
- 根据重点行业企业分布特点、污染物超标情况、气象传输特点，分为**沿江沿湾地区**、**苏北皖北地区**和**空气质量达标地区**，分区施策

NO_x方面：聚焦重点行业和移动源综合治理

- 仍有部分企业未完成超低排放治理或NO_x治理水平偏低，排放浓度为其他企业的1.5~4倍，占该行业总量的80%



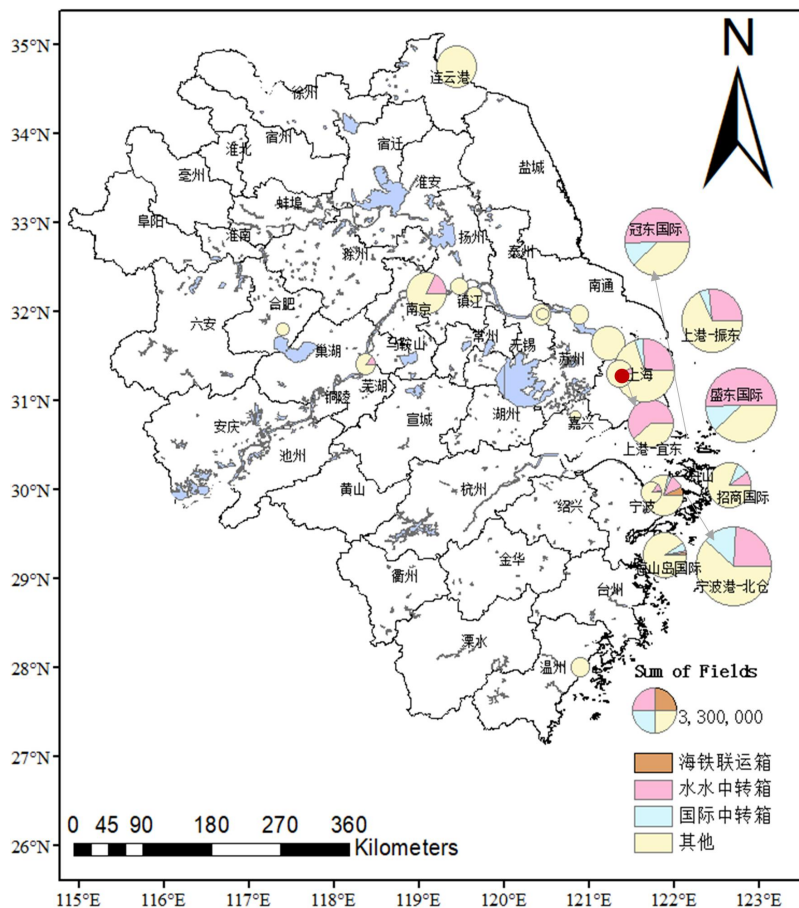
高排放企业与其他企业NO_x浓度比较



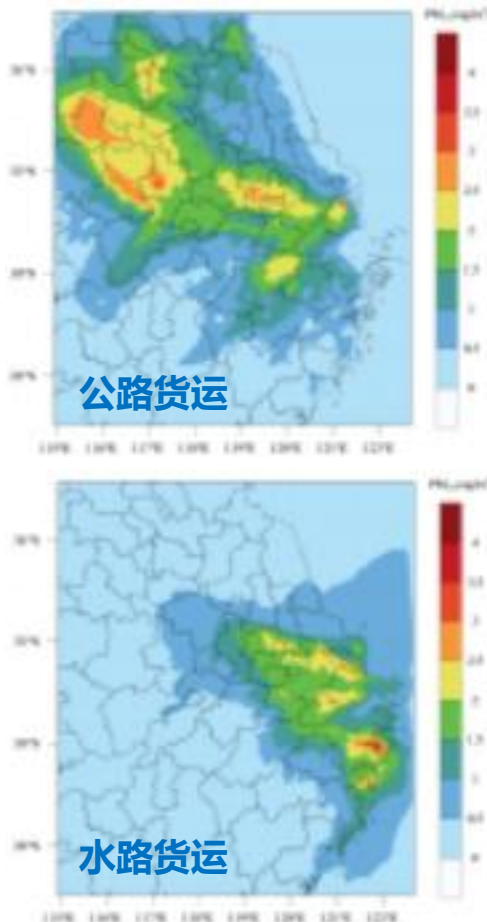
NO_x方面：聚焦重点行业和移动源综合治理

➤ 区域交通结构优化调整建议

长三角港口群多式联运现状



公路和水路货运PM_{2.5}影响



主要货运通道分析



区域层面：

- ①推进港口、码头、铁路多式联运体系建设
- ②优化港口集疏运结构，提高水水中转比例
- ③开展区域高排放柴油车联防联控和信息共享

城市层面：

- ①调整重点港区布局，推进铁路专用线建设；
- ②优化集装箱堆场布局，建设区域中心站；
- ③提高岸电利用率；
- ④实施柴油货车智能化和精细化监管

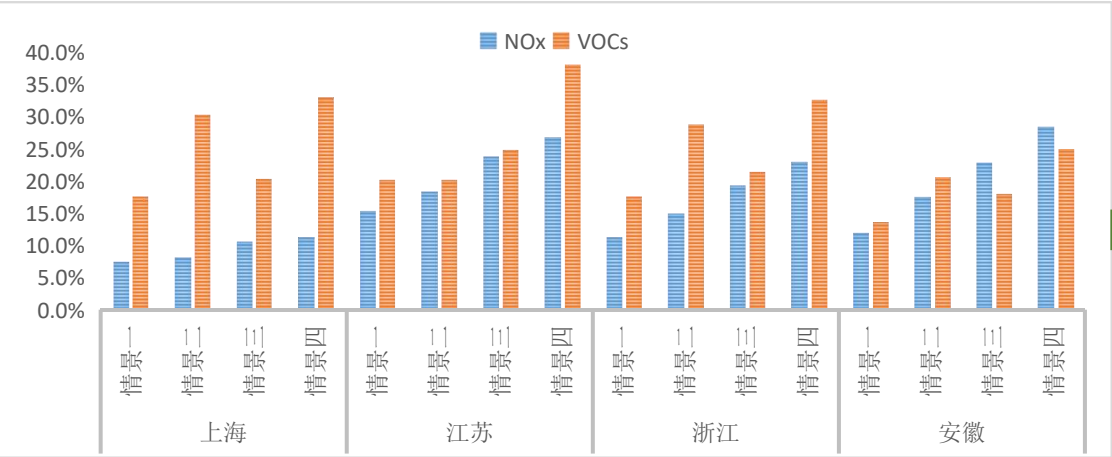
货运铁路建设方案



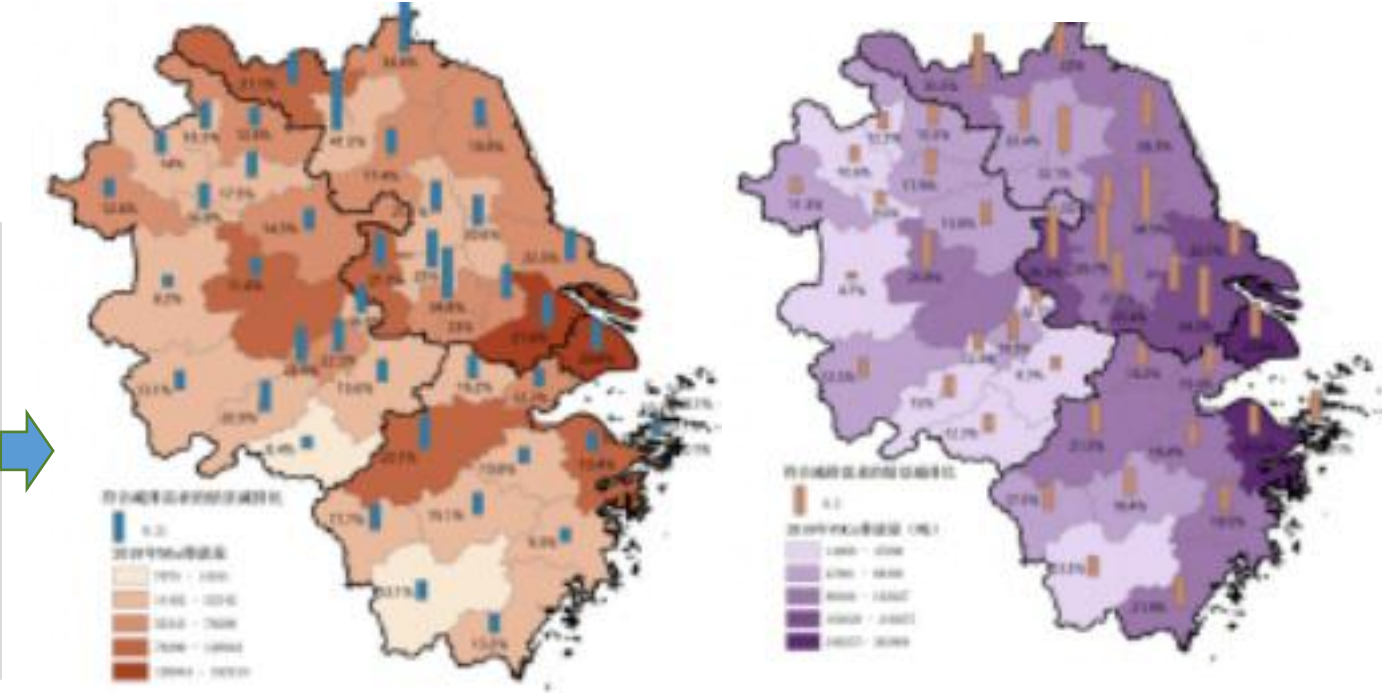
VOCs方面：推进分城市分行业VOCs总量控制

➤ 耦合减排需求与不同情景减排潜力，提出分城市总量控制方案，提出不同城市控制重点与减排措施

情景	措施
结构调整	现有气候能源政策约束下能源和产业结构调整情景（BAU1）
	碳达峰、碳中和背景下的能源和产业结构强化调整情景（BAU2）
污染控制	现有污染物控制技术（PC1）
	最佳污染控制技术（PC2）



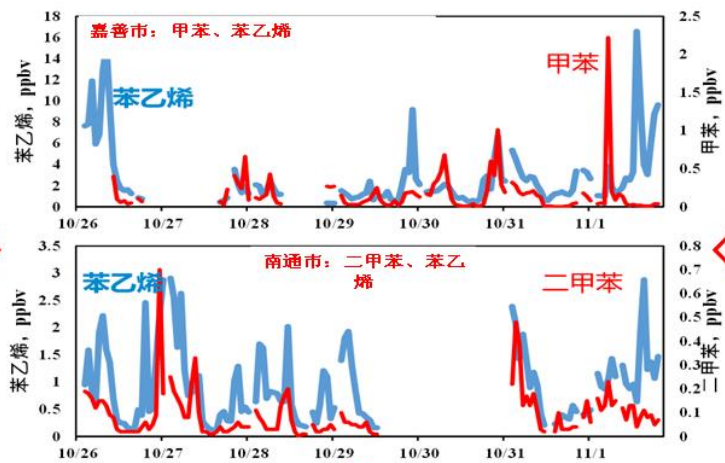
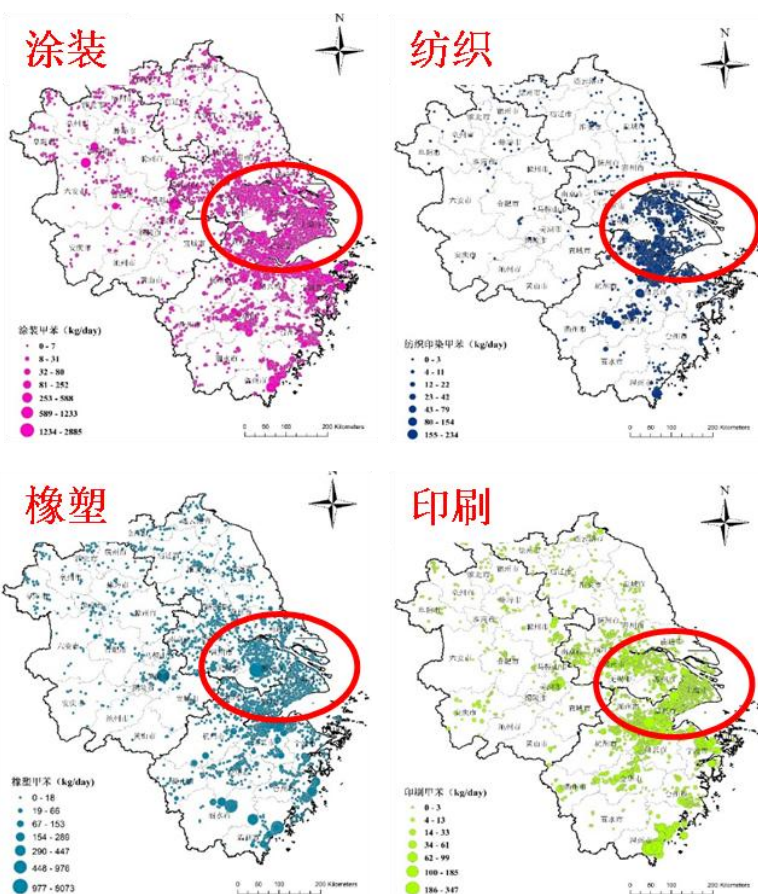
- BAU1+PC1: 温州、嘉兴、湖州、绍兴、金华、衢州、台州、合肥、芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、黄山、池州、宣城
- BAU1+PC2: 南京、苏州、淮安、淮北、滁州
- BAU2+PC1: 无锡、常州、盐城、扬州、宿迁、杭州、宁波、舟山、丽水、蚌埠、淮南、阜阳、宿州
- BAU2+PC2: 徐州、镇江、泰州、亳州
- 强化结构调整 (NOx潜力小): 上海、南通、连云港、六安
- 强化VOCs减排 (NOx与VOCs减排不协同): 常州、淮北、铜陵、安庆、池州、宣城



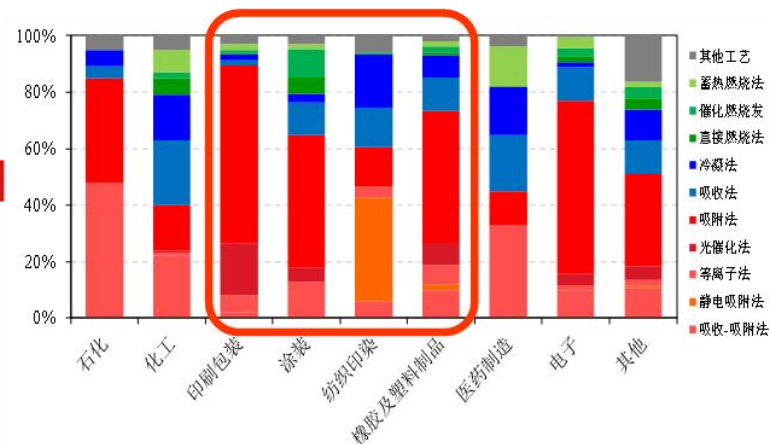
VOCs方面：强化重点行业VOCs排放监管

- 区域中部和沿海城市群涂装、纺织、橡塑、印刷等甲苯高排放行业聚集度高，低效治理设施占比仍相对较高，重点时段共检查出337家问题企业，60%以上集中在上述行业

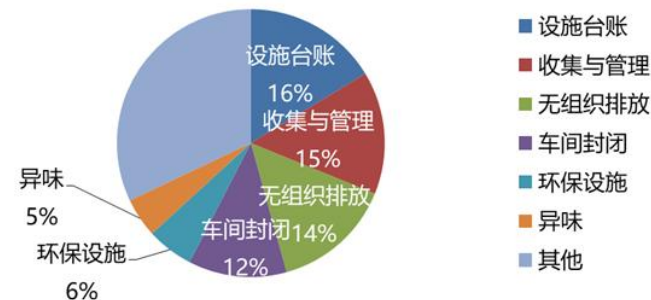
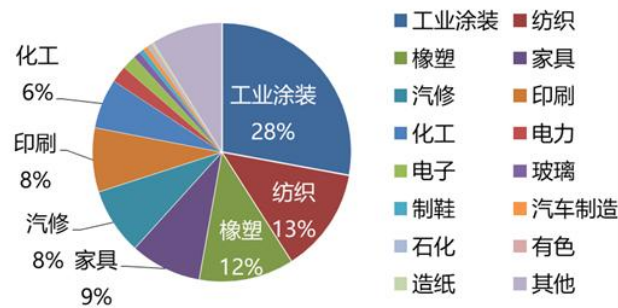
近周边甲苯排放行业聚集度高



上述行业末端治理技术相对低效

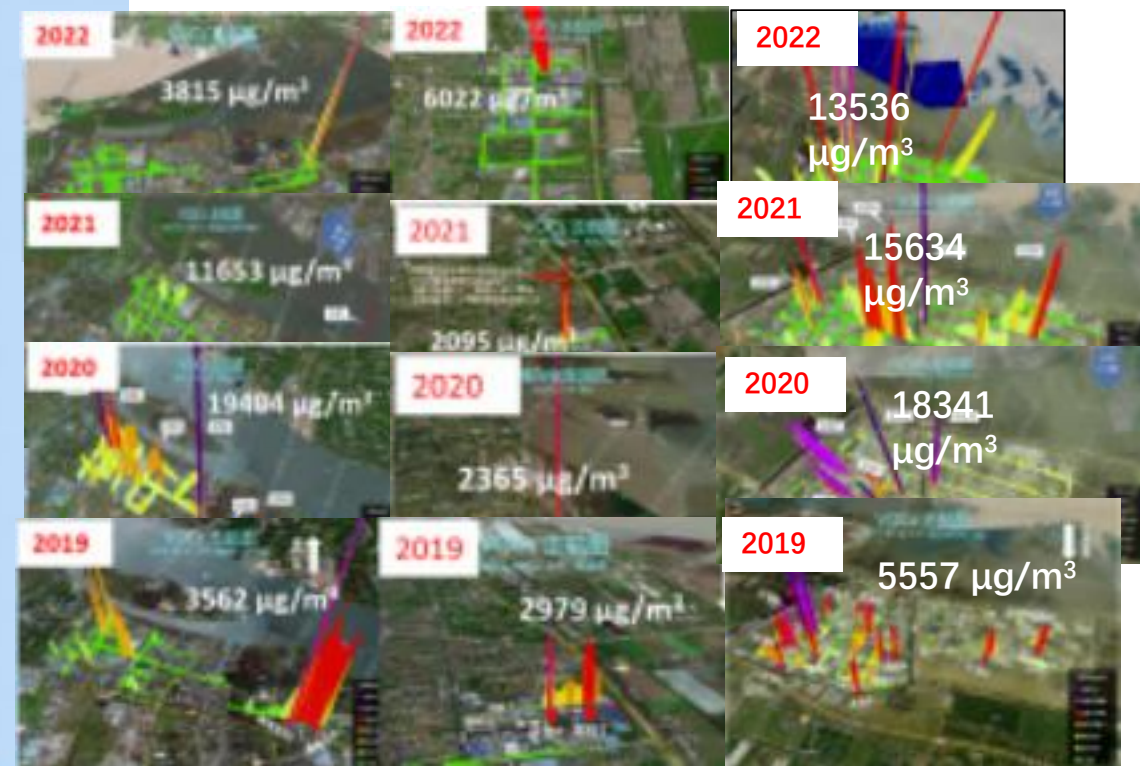


上述行业（共337家）执法检查发现问题突出

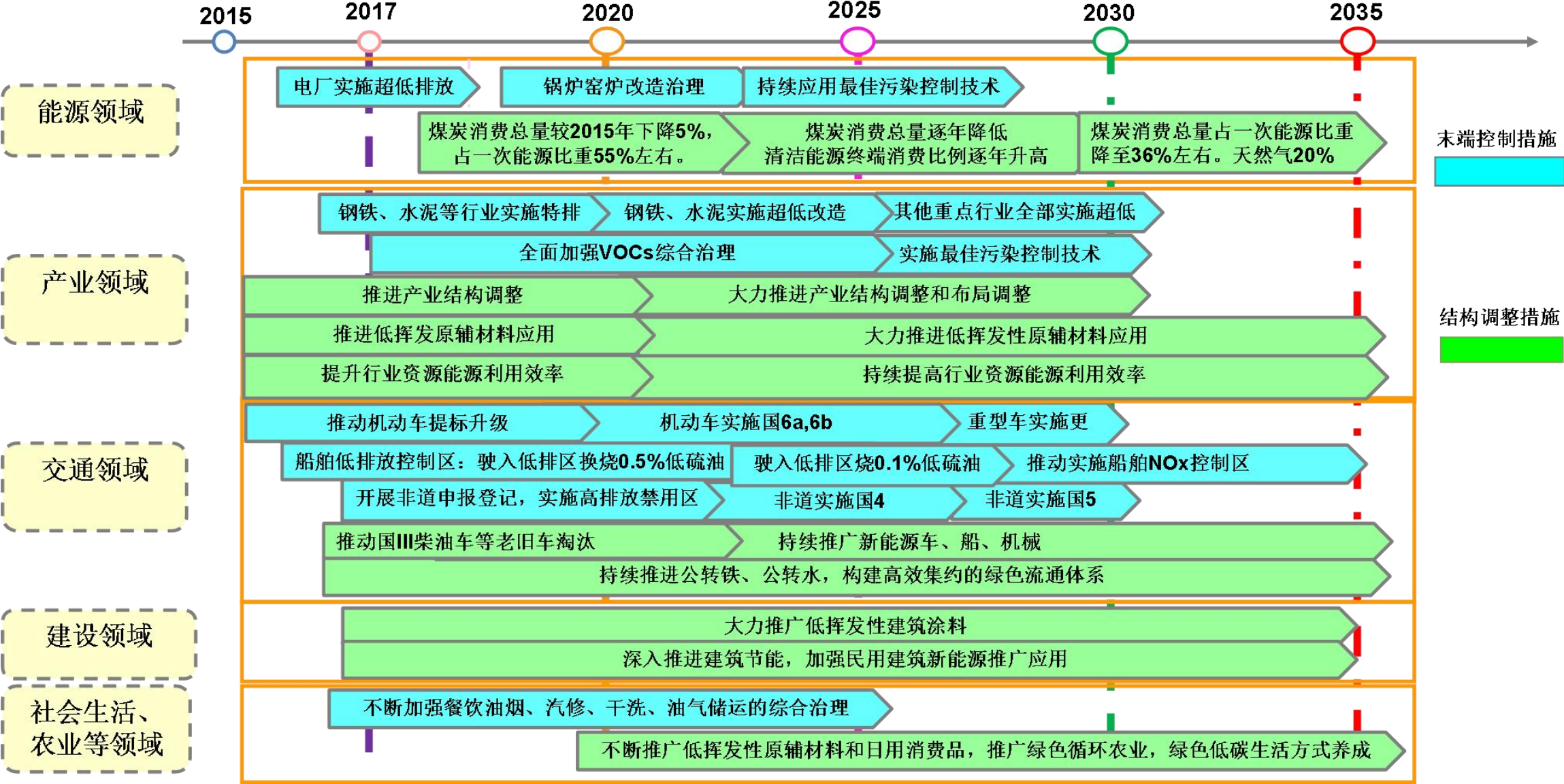


VOCs方面：强化重点行业VOCs排放监管

- 区域VOCs走航依然发现不少活性组分高排放问题，需要进一步加强区域VOCs排放监管力度



总体路径：区域重点领域空气质量持续改善措施建议





**敬请各位专家批评指正
谢谢!**

- Email: huangc@saes.sh.cn
- 手机: 13916912911