

第二届中国大气污染源排放清单技术研讨会

长三角区域大气污染源排放清单研究进展 交流汇报

汇报人：黄 成

国家环境保护城市大气复合污染成因与防治重点实验室（筹）

上海市环境科学研究院

2017年11月09日 • 北京



研究方向



研究进展



主要成果



研究方向

国家环境保护城市大气复合污染成因与防治重点实验室

1个城市超级站

5个专业实验室

1个可移动观测平台

气溶胶实验室

- 颗粒物的区域污染特征与来源研究
- 基于观测的颗粒物污染来源解析方法研究
- 高污染过程中细颗粒物化学演变及形成机制研究

挥发性有机物实验室

- 大气挥发性、中等挥发性及半挥发性等活性有机物的测量与溯源方法
- 活性有机物在光化学过程中的作用机制
- 活性有机物对二次有机颗粒生成的影响

大气氧化性实验室

- 大气重要中间体的环境测量
- 城市大气氧化过程的烟雾箱模拟
- 中间体物质在氧化过程中对二次污染物生成的影响。

污染源实验室

- 大气污染源排放因子与成分谱特征研究
- 大气复合污染前体物精细化排放清单研究
- 大气污染源快速测量与动态源清单技术研究

环境模拟实验室

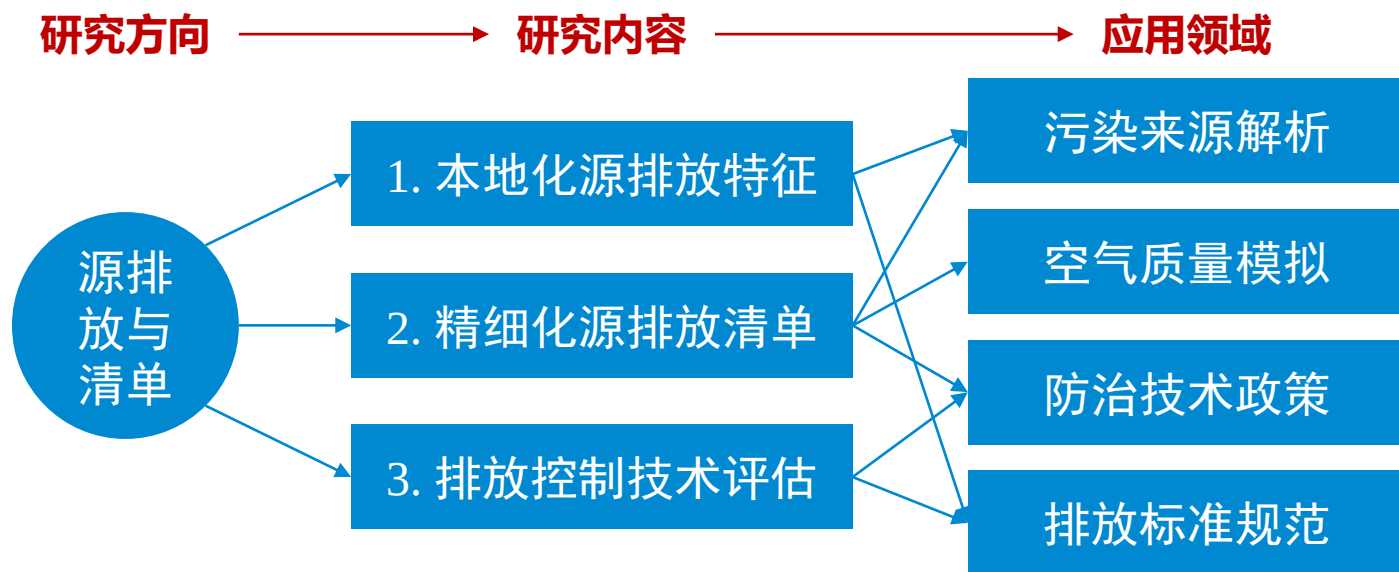
- 大气污染源排放-质量之间的非线性响应关系研究
- 大气污染化学过程模拟和污染成因研究
- 大气污染防控对策和空气质量改善路径





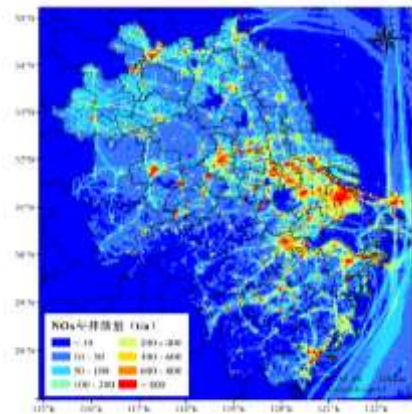
研究方向

■ 大气污染源排放特征及精细化清单研究与应用



研究的总体目标：

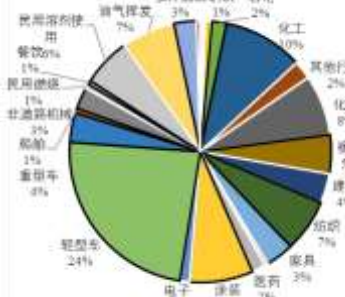
- 本地化——准确反映本地大气污染源排放特点；
- 精细化——精确指导大气复合污染防控的重点；
- 实用性——科学支撑大气污染治理的技术政策。



■ 01 排放因子与成分谱本地化实测

- 累计开展长三角本地重点源实测230余组，实测源类分别占NO_x、VOCs和一次PM_{2.5}排放的89%、57%和48%，不断提升源排放识别准确度。

实测源类VOCs占比：
57%



实测源类PM_{2.5}占比：
48%



源名称	源类型	源位置	核算系数	SO ₂	NO _x	CO	TSP	VOCs	PM ₁₀	PM _{2.5}
固定源调查	热电厂	50MW 炉内脱硫+湿法脱硫	3	√	√				√	
		超临界炉技术	3	√	√				√	
		多管旋风	3	√	√	√			√	
	中小型企业炉	流化床炉	5	√	√	√			√	
		无控制	2	√	√	√			√	
		布袋除尘	3	√	√	√			√	
工业VOCs	天然气锅炉	无控制	2	√	√	√			√	
		无控制	3				√	√	√	
		有机化工	5				√	√	√	
	工业过程源	涂料油墨生产	5				√	√	√	
		橡胶制品	3				√	√	√	
		塑料制品制造	3				√	√	√	
	印刷业来源	船舶维修	2				√	√	√	
		汽车制造	3				√	√	√	
		设备涂装	2				√	√	√	
		家具涂装	2				√	√	√	
机动车	轻型汽油车	国2、国3	61		√	√	√	√	√	√
		国4、国5	5		√	√	√	√	√	
		柴油公交车	国3+国4+国5	19		√	√	√	√	√
	柴油货车和工程机械	国3+国4	28		√	√	√	√	√	√
		液化天然气汽车	改装、国5	6		√	√	√	√	√
		叉车	国4-国5	3		√	√	√	√	√
非道路机械	挖掘机	国1-国2	5		√	√	√	√	√	√
		装载机	国1-国3	3		√	√	√	√	√
		推土机	国2	3		√	√	√	√	√
	压路机	国1	3		√	√	√	√	√	√
		装载机	国1-国3	2		√	√	√	√	√
		叉车	国4-国5	6		√	√	√	√	√
船舶	餐饮	厨房油烟	6				√	√	√	√
		食堂油烟	10				√	√	√	√
		水站	2		√	√			√	√
	秸秆露天焚烧	小麦	3		√	√	√	√	√	√
		大豆	3		√	√	√	√	√	√
		油菜	2		√	√	√	√	√	√
扬尘源	砖瓦厂灶	窑前	3		√	√	√	√	√	√
		水站	2		√	√	√	√	√	√
		灰池	2		√	√	√	√	√	√
	砖瓦厂周边	窑前	3		√	√	√	√	√	√
		水站	2		√	√	√	√	√	√
		灰池	2		√	√	√	√	√	√
扬尘源	道路扬尘	水泥厂周边	3							
		石灰厂周边	3							
		氧化铝厂周边	3							
		水泥厂周边	3							
扬尘源	建筑施工	扬尘	3							
		扬尘	3							



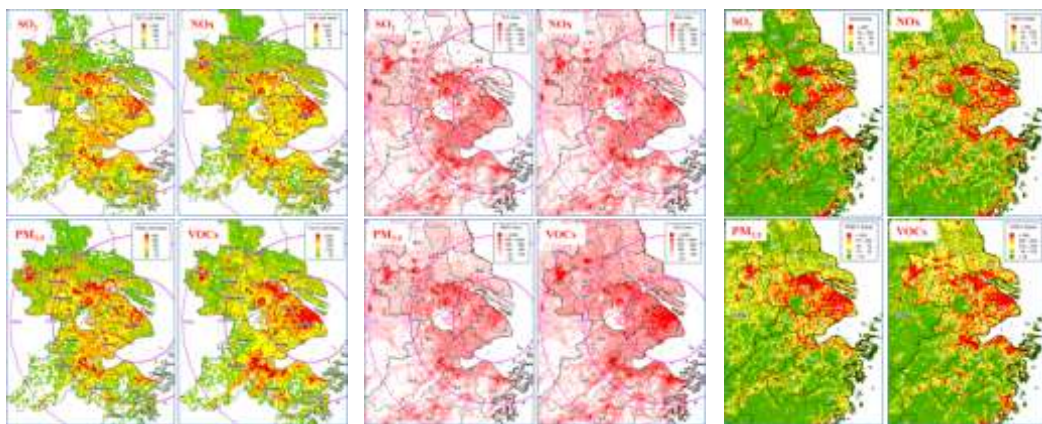


研究进展

02 区域精细化排放清单研究

- 持续开展长三角区域高分辨率排放清单更新，为空气质量模拟和区域大气污染防治提供支撑。

2014年长三角排放清单



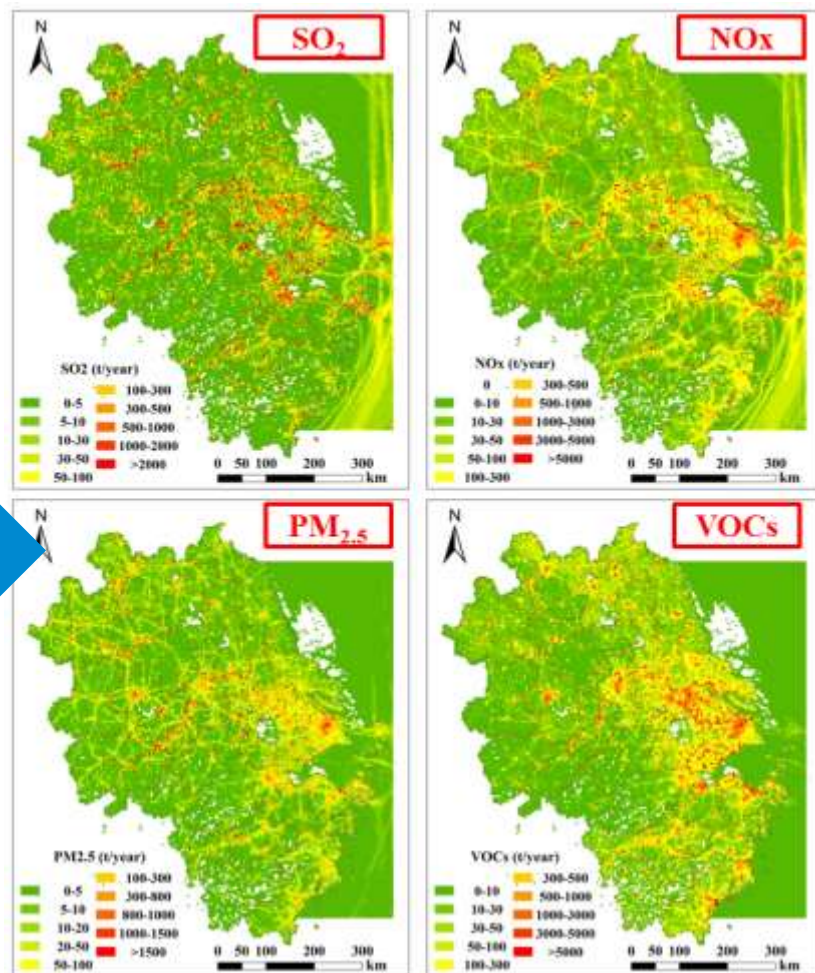
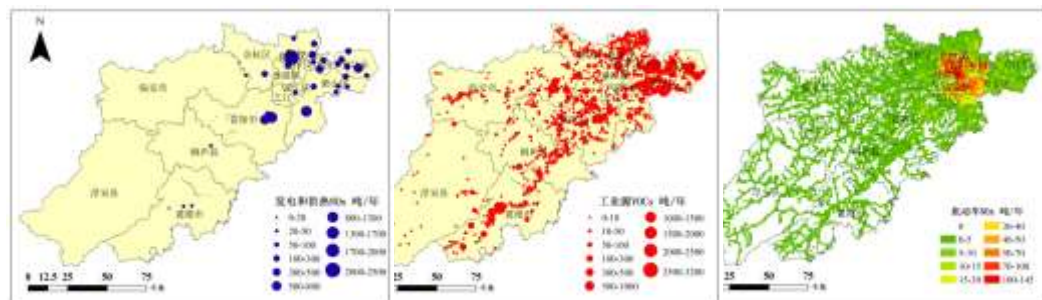
2007

2010

2012

2014

- 支撑杭州市高精度源清单建设，服务G20峰会保障。



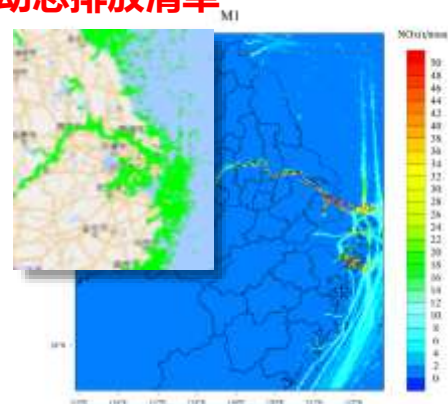


研究进展

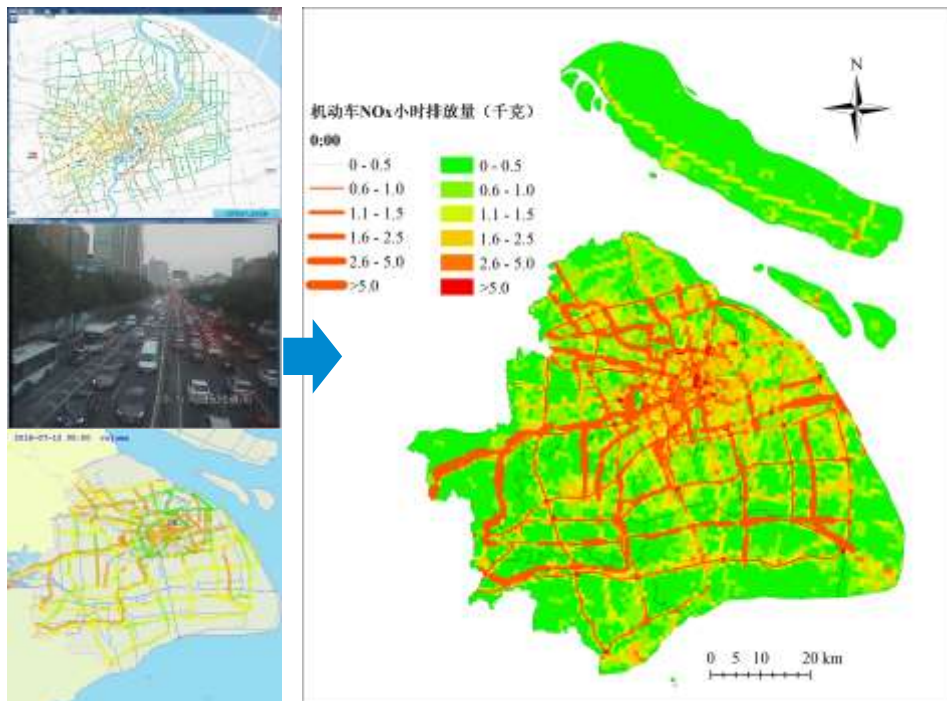
03 实时动态排放清单试点研究

- **机动车动态清单**：耦合实时交通流的机动车动态排放清单
- **船舶动态排放清单**：联合复旦大学，基于AIS的船舶动态清单
- **生物质燃烧动态排放清单**：联合长三角环境气象预报预警中心，建立基于实时卫星火点的生物质燃烧动态排放清单

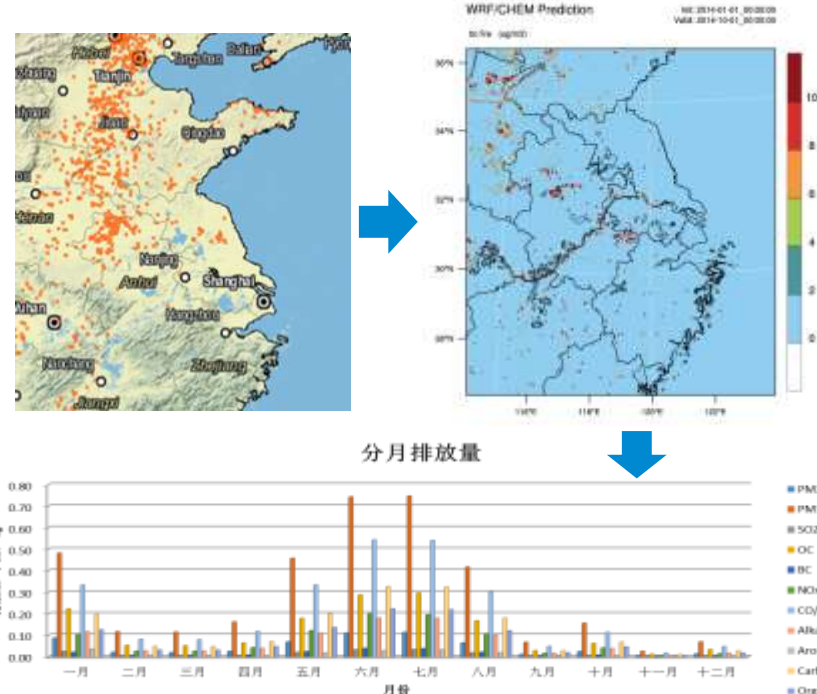
船舶动态排放清单



耦合实时交通流的机动车动态排放清单



卫星火点动态排放清单





主要成果

02 本地化排放特征实测研究成果

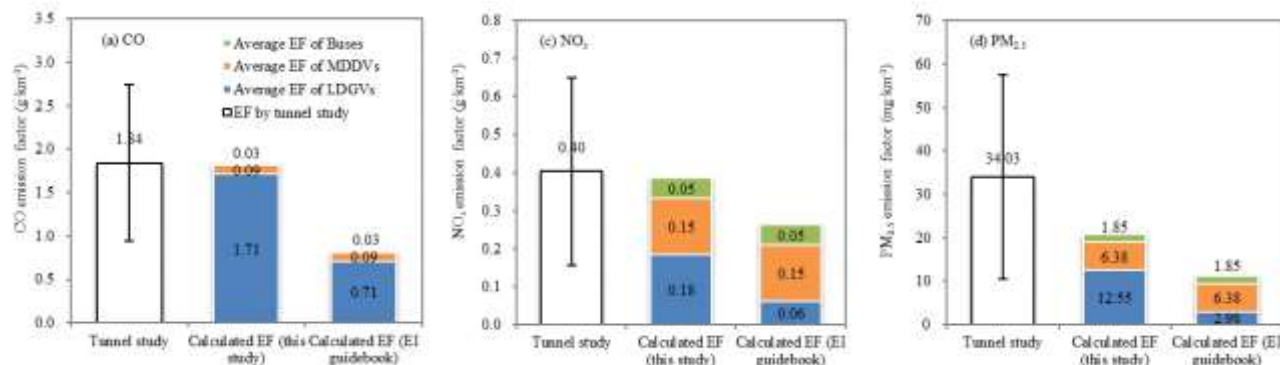
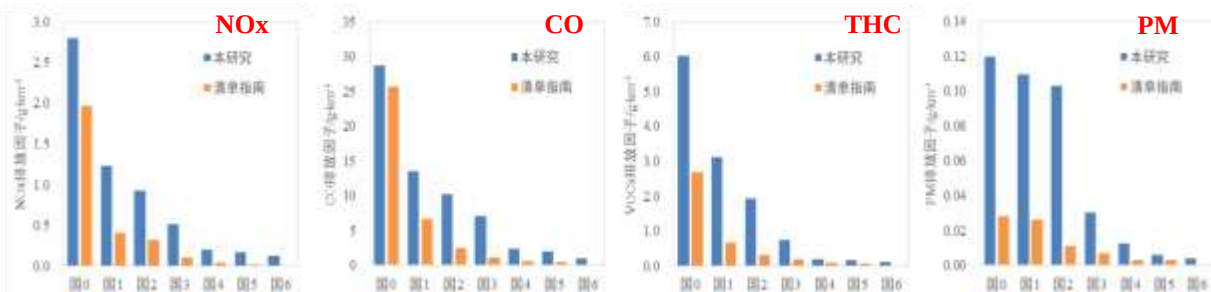
• **轻型汽油车**：结合转鼓实测和隧道监测，发现高排放车对实际道路排放因子具有重要贡献。

(1) 国2和国3车高排放现象突出，排放贡献分别达80%和90%以上；

(2) 实际在用轻型汽油车排放高于排放清单推荐的因子。



轻型汽油车实验室排放测试





主要成果

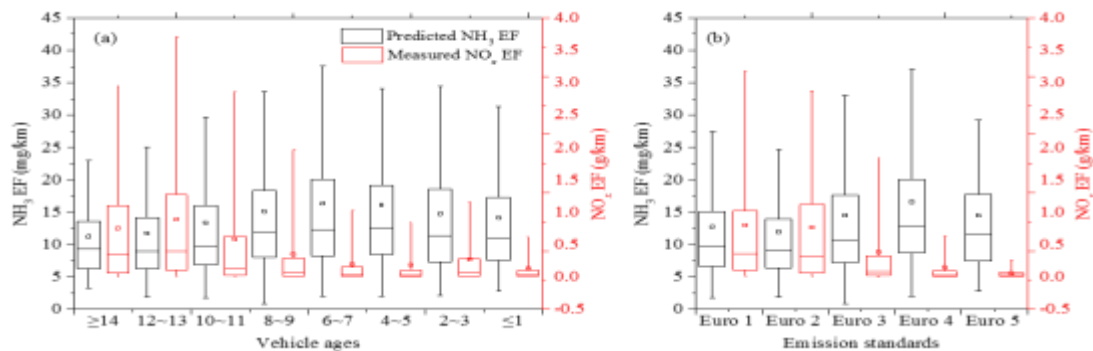
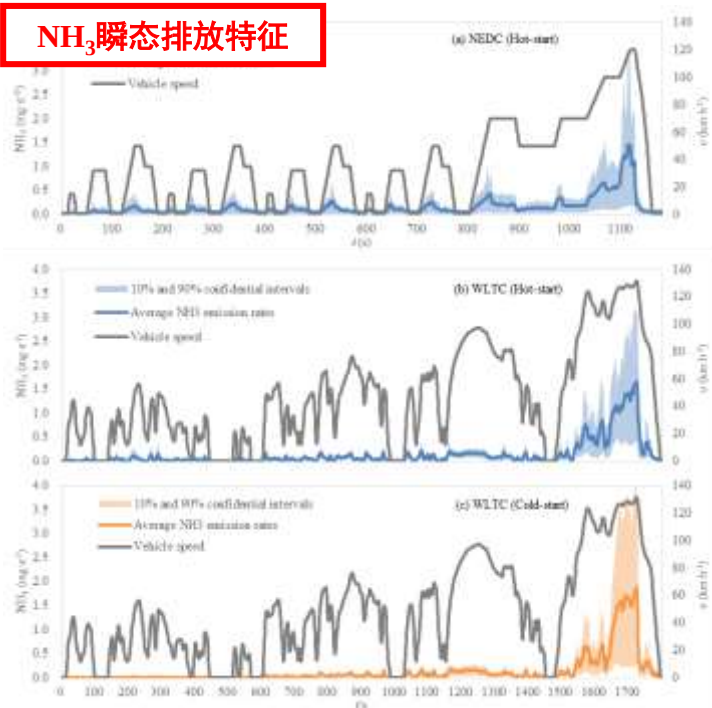
02 本地化排放特征实测研究成果

- 轻型汽油车**：通过实测确定了轻型汽油车 NH_3 排放因子，补充了城市 NH_3 基础数据的不足。

- 高速工况汽油车 NH_3 排放约是城区工况的2.5倍左右；
- 相比 NO_x 排放，汽油车 NH_3 排放随标准呈上升趋势；
- 现有模型对汽油车 NH_3 排放的模拟结果偏差较大。



NH_3 瞬态排放特征



Models	Urban ($\text{mg} \cdot \text{km}^{-1}$)					Highway ($\text{mg} \cdot \text{km}^{-1}$)				
	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5
This study	19	18	21	24	21	47	44	54	62	54
MOVES 2014a	71	55	32	13	12	36	27	11	6	6
COPERT 4v5.1	70	176	2	2	0	63	59	73	73	0
IVE v2.0	58	58	60	63	N/A	66	67	68	71	N/A



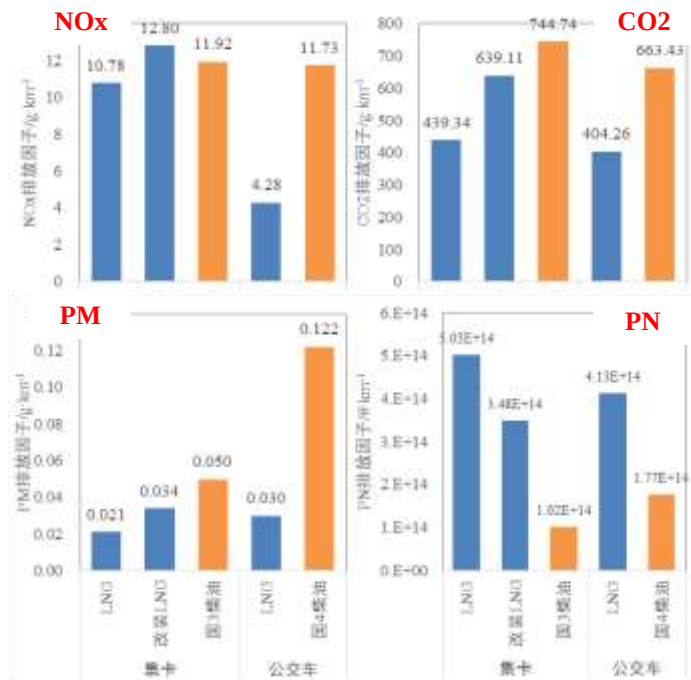
主要成果

02 本地化排放特征实测研究成果

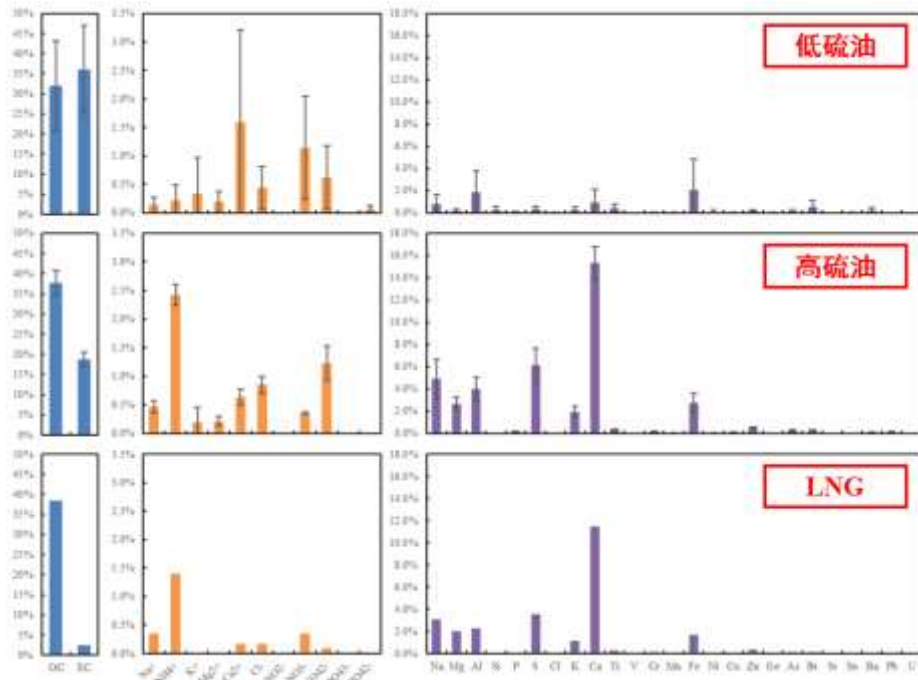
- **重型柴油及天然气汽车**：通过车载和转鼓实测，确定重型车排放因子和成分谱。

- (1) 重型柴油货车和公交实测NO_x存在高排放现象；
- (2) LNG汽车在无控状态下存在较高的NO_x和PM排放，其中有机组分含量丰富。

Emission factors



PM2.5 Profiles



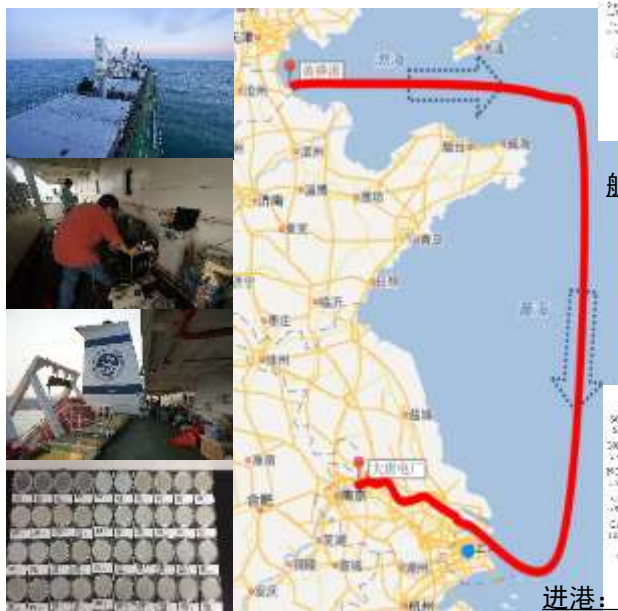
主要成果

02 本地化排放特征实测研究成果

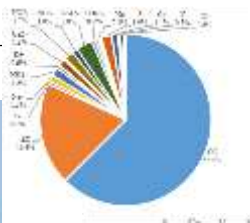
- 船舶**：对内河和近海船舶排放进行实测，分别获得燃普柴和重油船舶的排放因子和成分谱。

- (1) 镍 (Ni) 和钒 (V) 等组分含量与燃油特点相对应，可作为示踪组分；
- (2) 有机碳 (OC) 和硫酸盐 (SO_4^{2-}) 是燃重油船舶颗粒物最主要成分；
- (3) 内河柴油船舶颗粒物排放特征与非道路柴油机械和柴油车相近。

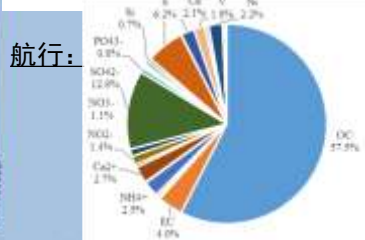
船舶排放实测路线及现场



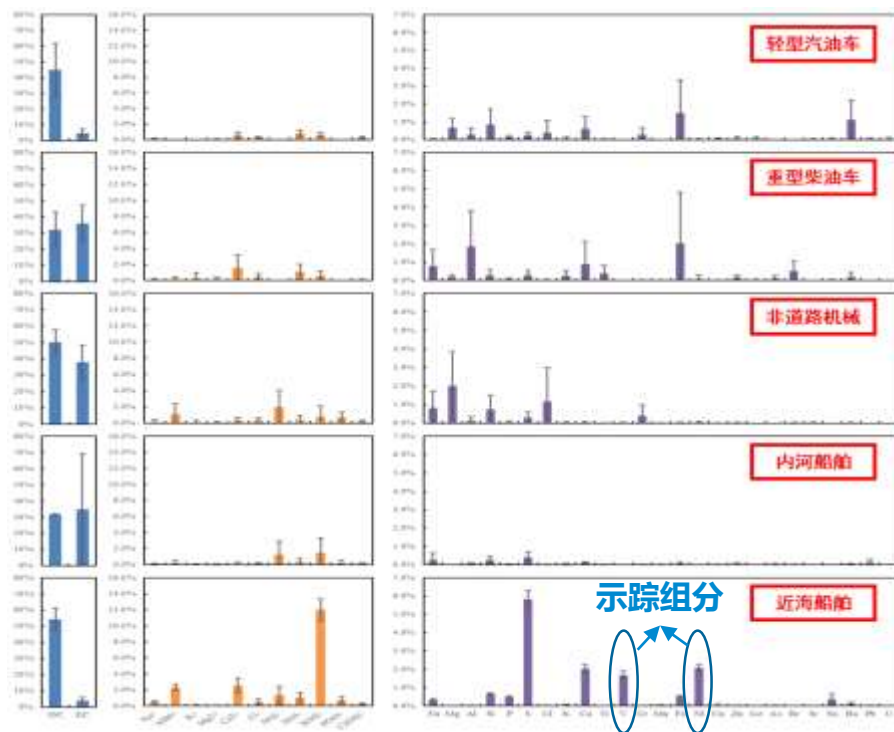
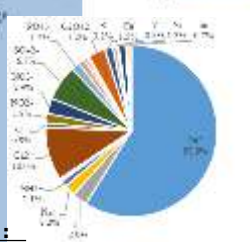
停靠:



航行:



进港:



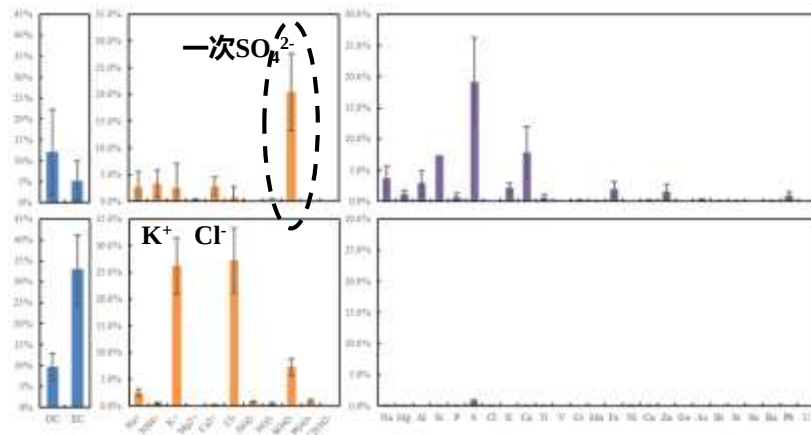
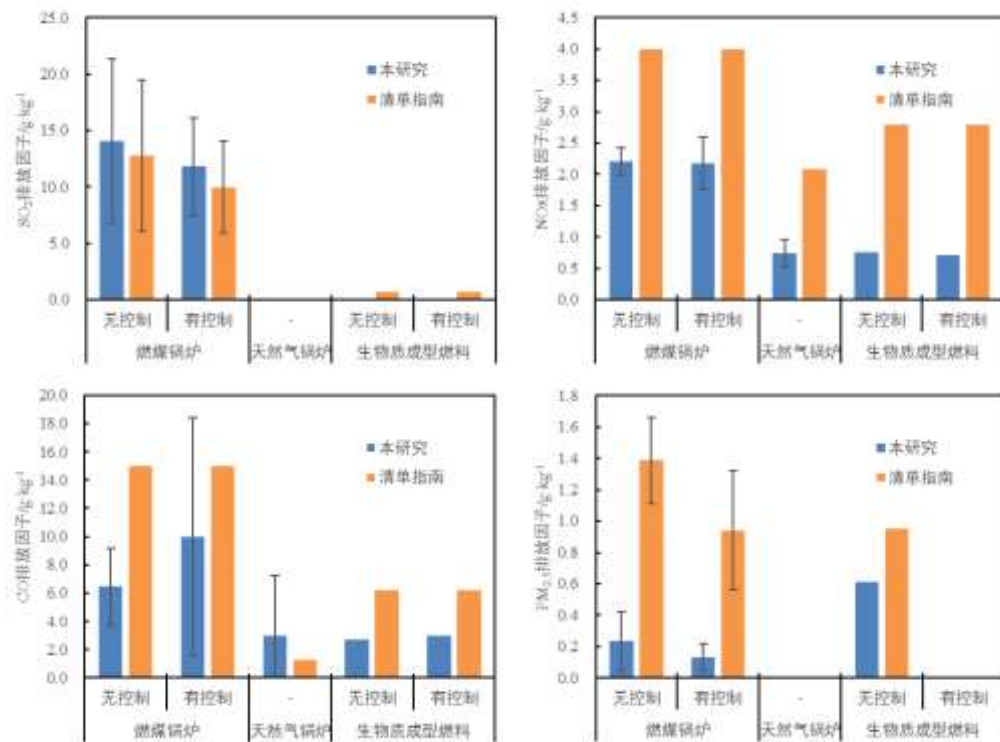


主要成果

02 本地化排放特征实测研究成果

● **中小锅炉**：对燃煤、天然气和生物质成型燃料中小锅炉排放因子及成分谱进行实测。

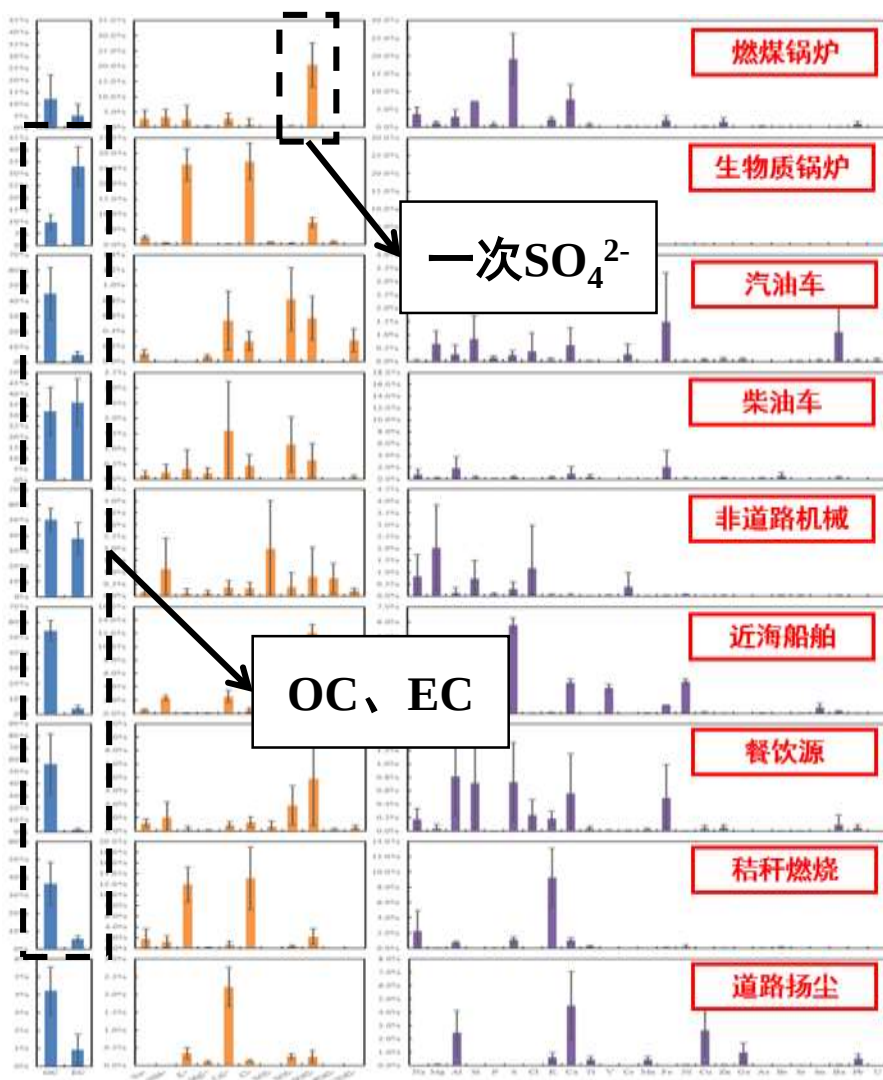
- (1) 实测 NO_x 和颗粒物排放因子低于原清单推荐的因子，原清单可能存在高估；
- (2) 中小燃煤锅炉 $\text{PM}_{2.5}$ 排放中含有20%~30%的一次硫酸盐组分；
- (3) 生物质成型燃料锅炉 $\text{PM}_{2.5}$ 排放中含有大量OC、EC、 K^+ 和 Cl^- 组分。



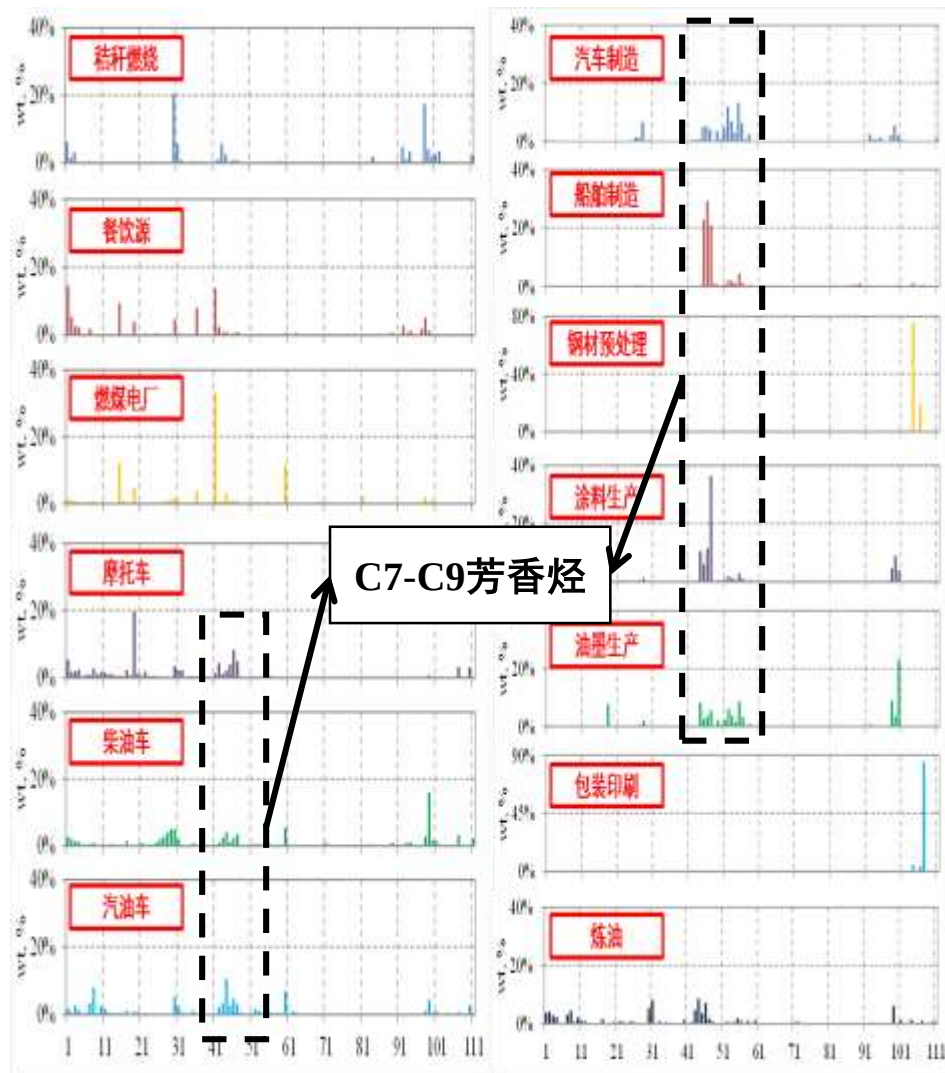


主要成果

02 本地化排放特征实测研究成果



PM&VOCs Profiles

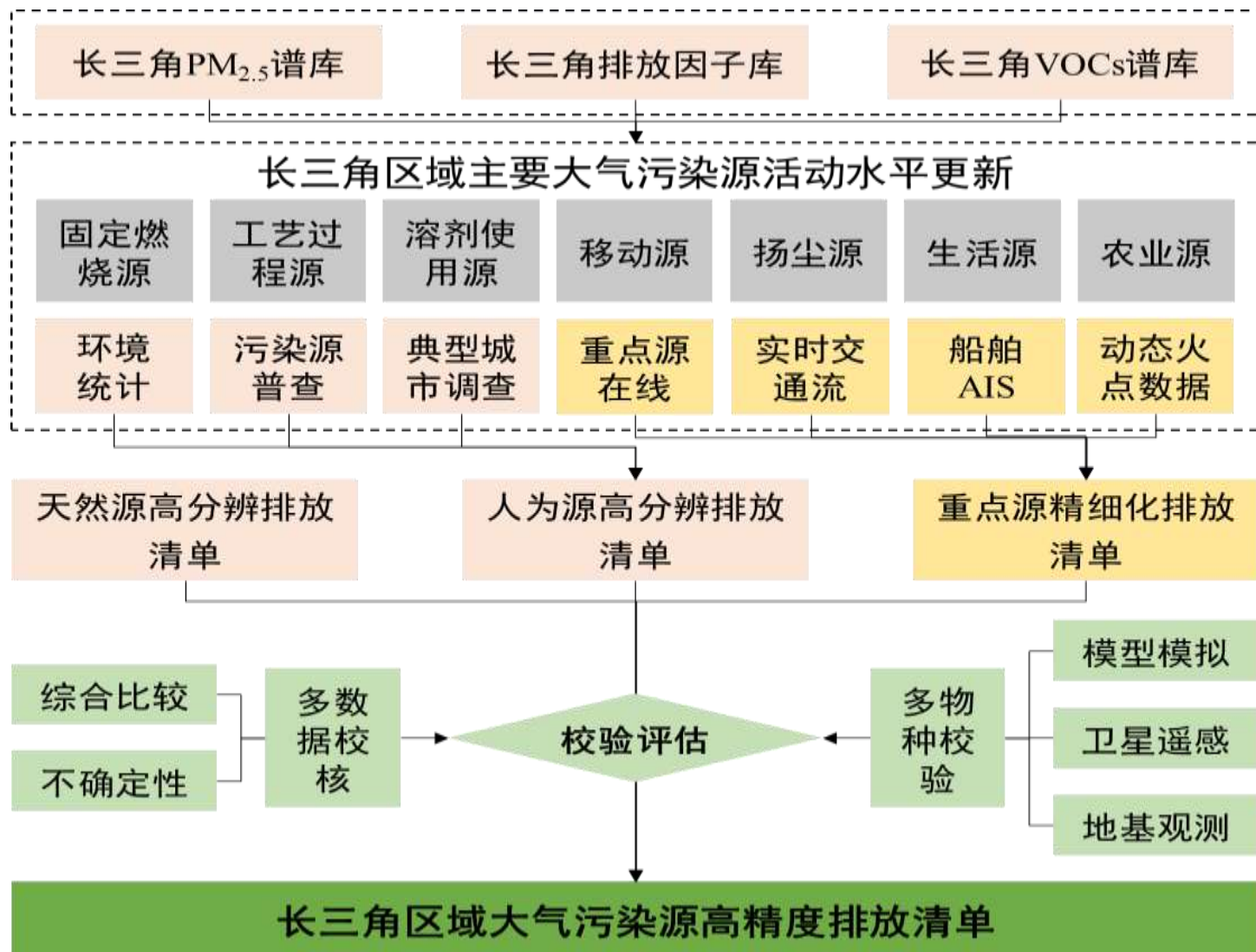




主要成果

03 区域精细化排放清单

• 技术方法

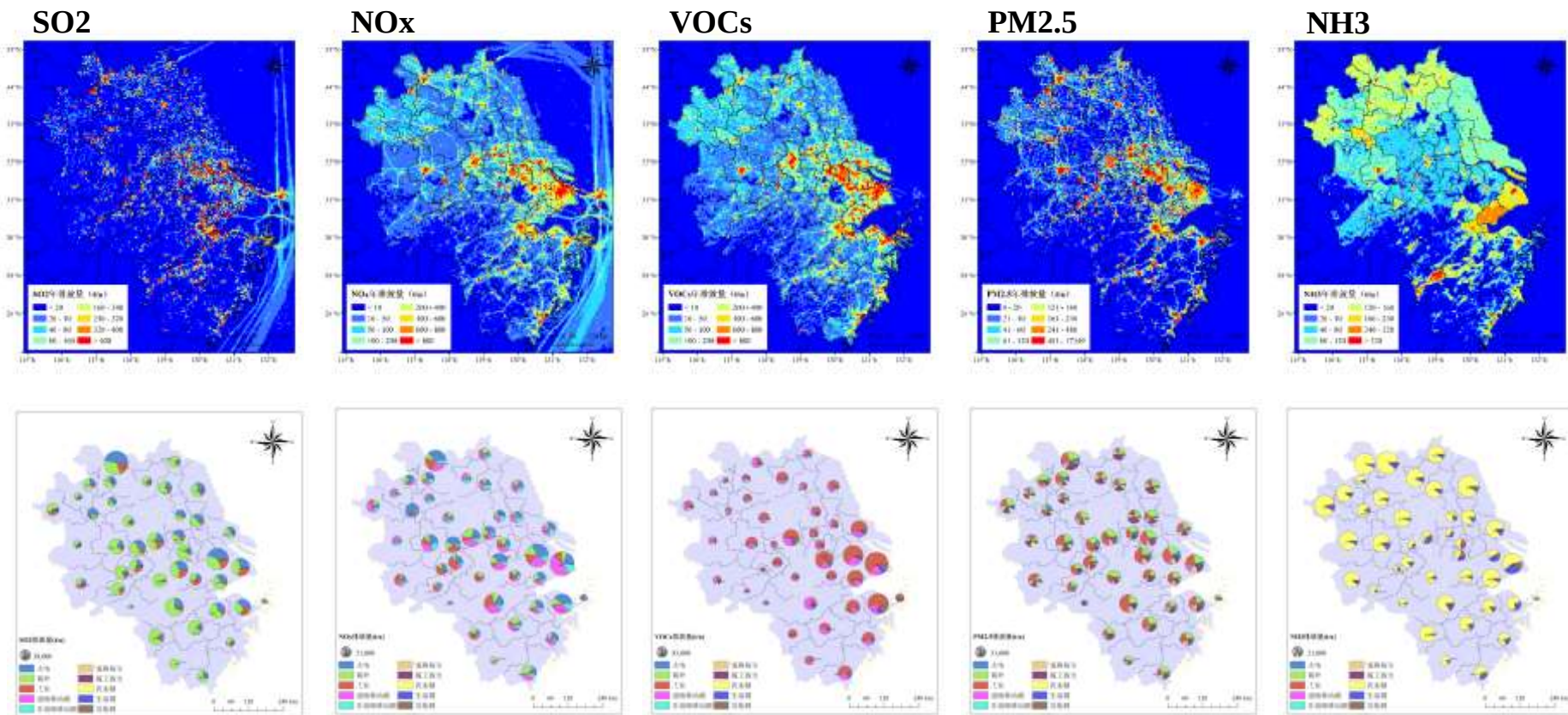




主要成果

03 区域精细化排放清单

- 长三角人为源排放清单**：对2014年长三角人为源清单进行了更新，空间分辨率可达到 $1\text{km}\times 1\text{km}$ ，污染源类可细分至50余种，覆盖非道路机械、船舶等区域关键源。



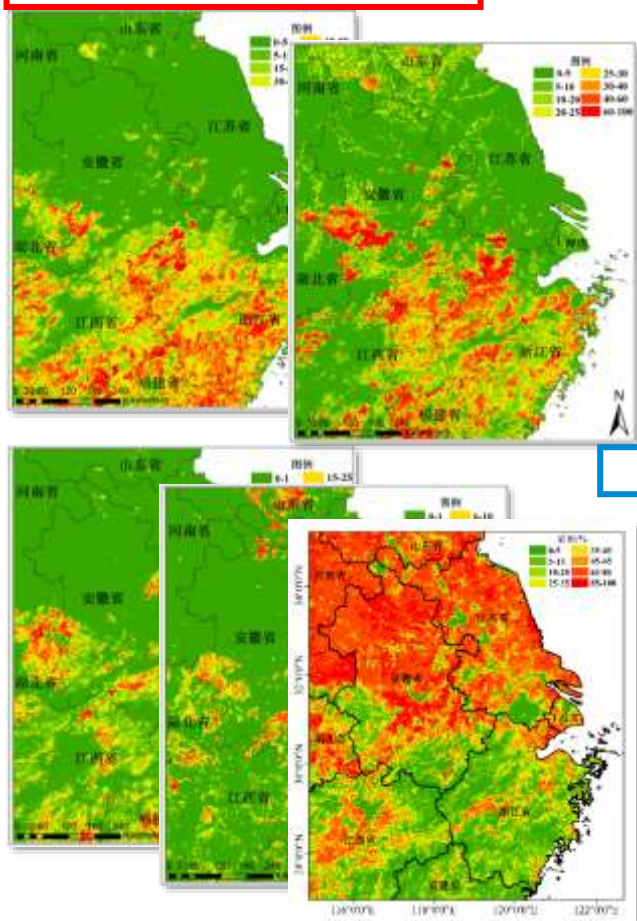


主要成果

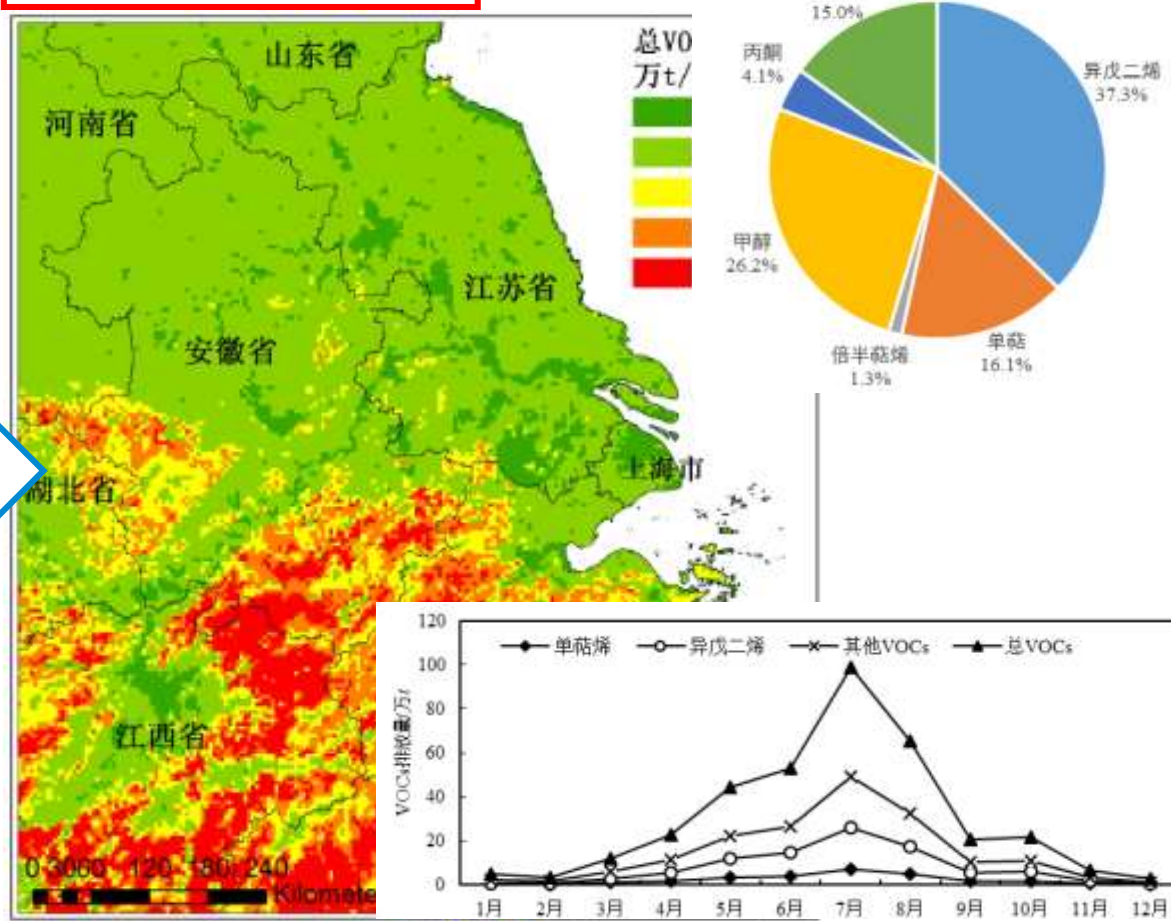
03 区域精细化排放清单

- 长三角天然源排放清单：利用MEGAN模型，获得了长三角天然源VOCs排放时空分布特征。

长三角植被类型遥感解译



长三角天然源VOCs排放



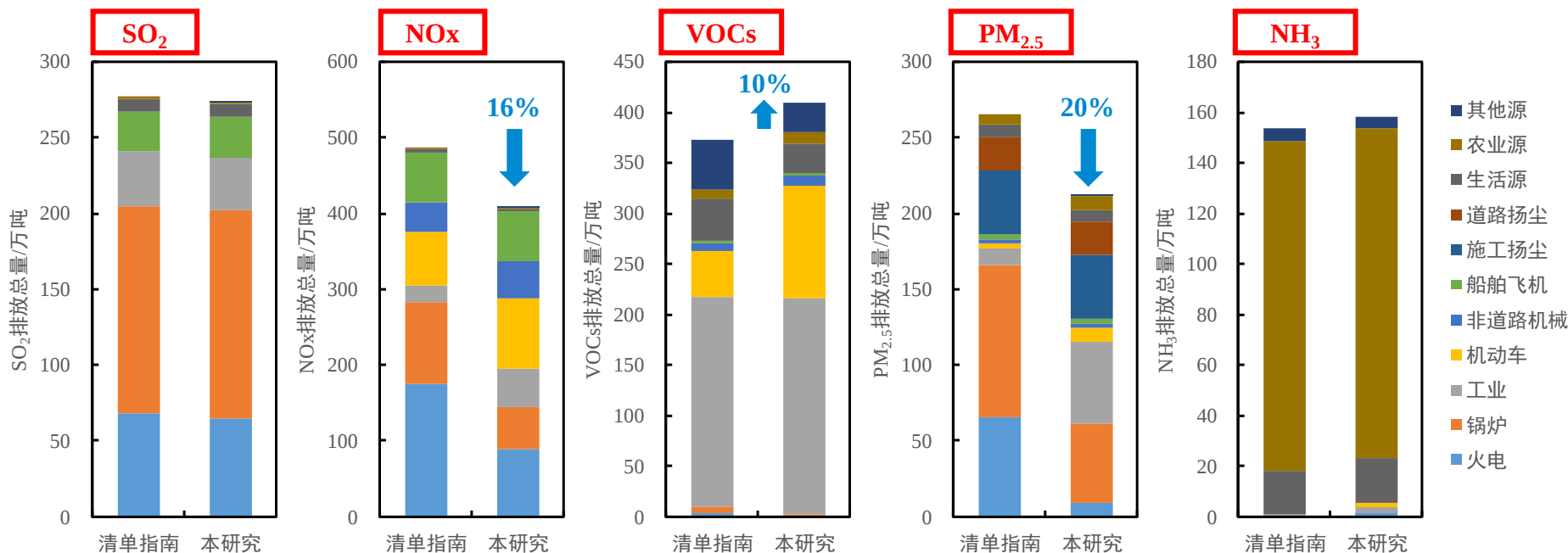


主要成果

03 区域精细化排放清单

采用不同排放因子库的清单结果比较

- (1) SO₂排放均采用物料衡算方法，不确定性较小，清单结果十分接近；
- (2) 本研究NO_x和一次PM_{2.5}排放略低，其中，火电和锅炉排放均显著低于指南方法，移动源贡献则明显增加；
- (3) 本研究VOCs排放略高于指南方法，主要为移动源排放贡献显著增加。





主要成果

■ 03 区域精细化排放清单

• 与其他相关研究比较

地区/城市	年份	年排放总量/万吨							数据来源
		SO ₂	NO _x	CO	VOCs	PM ₁₀	PM _{2.5}	NH ₃	
江浙沪	2014年	174.8	247.4	2373.8	329.7	315.7	137.9	99.1	本研究
	2012年	191.5	246.2	1143.0	342.7	226.3	103.1	123.5	本课题研究团队
	2012年	222.5	369.4	1435.7	411.1	100.9	44.9	82.0	清华大学MEIC清单
	2012年				520.8				Wu et al., 2016
江苏省	2014年	100.2	131.5	1266.7	156.0	176.1	77.9	54.4	本研究
	2012年	114.2	164.2	768.0	174.7	139.4	94.1	110.0	Zhou et al., 2017
	2012年	127.7	207.5	920.0	202.5	63.9	25.5	57.9	清华大学MEIC清单
	2012年				222.5				Wu et al., 2016
浙江省	2014年	64.6	90.3	937.2	134.6	119.9	50.7	37.4	本研究
	2015年	38.2	82.0	232.7	112.3	65.9	27.4	14.8	浙江环科院清单
	2012年	56.0	115.8	348.2	151.9	26.3	15.1	21.2	清华大学MEIC清单
	2012年				215.7				Wu et al., 2016
上海市	2014年	10.0	25.6	169.9	39.1	19.7	9.3	7.3	本研究
	2015年	7.6	33.8	86.9	39.8	19.9	7.0	8.2	上海市试点清单
	2012年	38.8	46.1	167.5	56.7	10.6	4.3	2.9	清华大学MEIC清单
	2012年				82.6				Wu et al., 2016

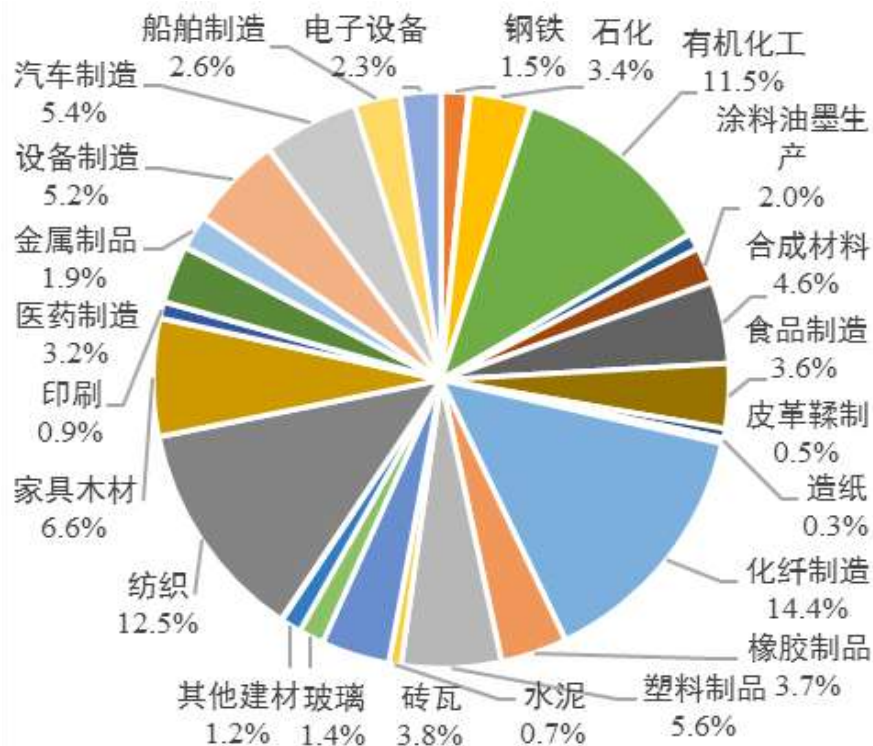


主要成果

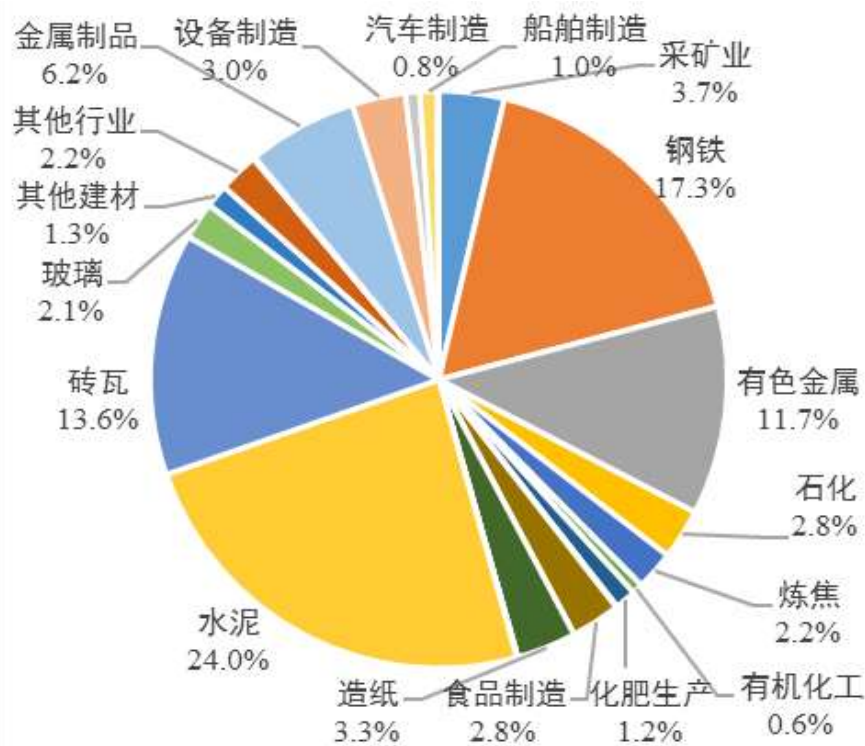
03 区域精细化排放清单

- 工业行业细化**：对工业行业排放进行了细化和落地，为各城市重点行业治理提供支撑。

工业VOCs分担



工业PM_{2.5}分担

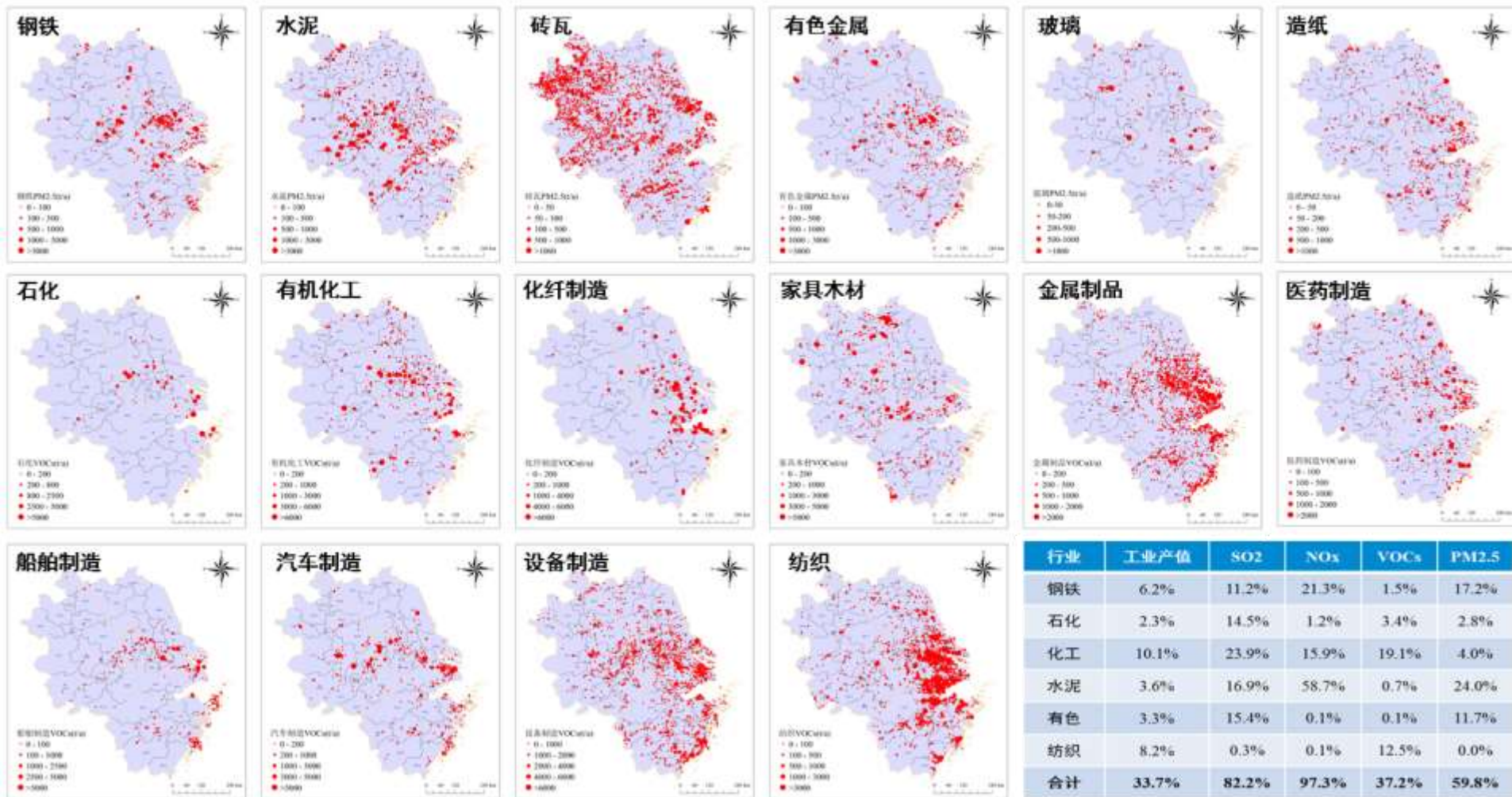




主要成果

03 区域精细化排放清单

- 工业行业细化**：对工业行业排放进行了细化和落地，为各城市重点行业治理提供支撑。





主要成果

03 区域精细化排放清单

- 流动源完善**：补充了非道路移动机械和船舶等关键源，弥补了原有研究在NO_x和PM_{2.5}排放方面的缺失。

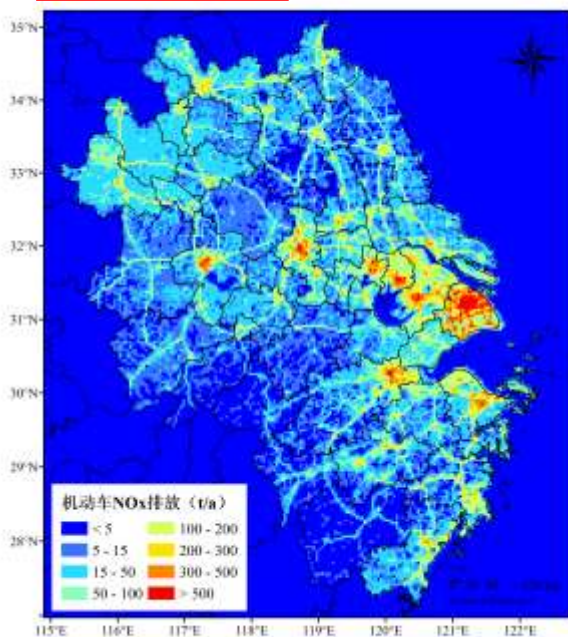
NO_x



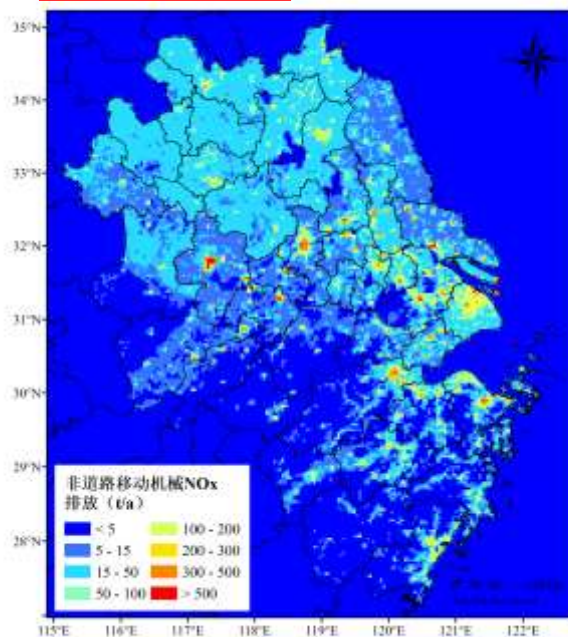
PM_{2.5}



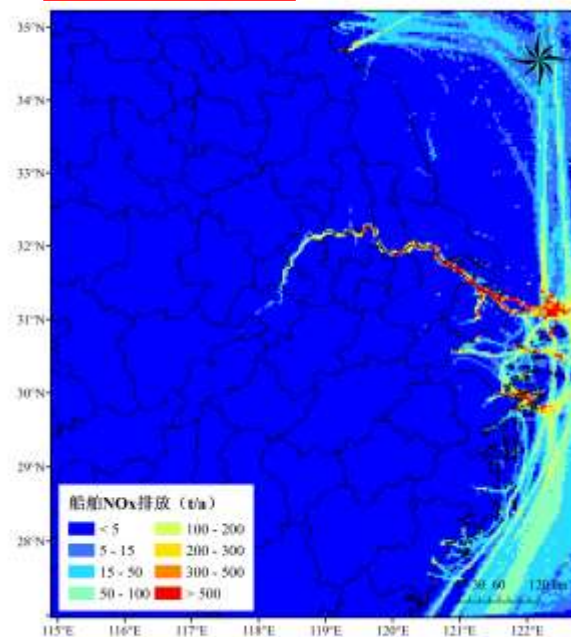
机动车



非道路机械



船舶



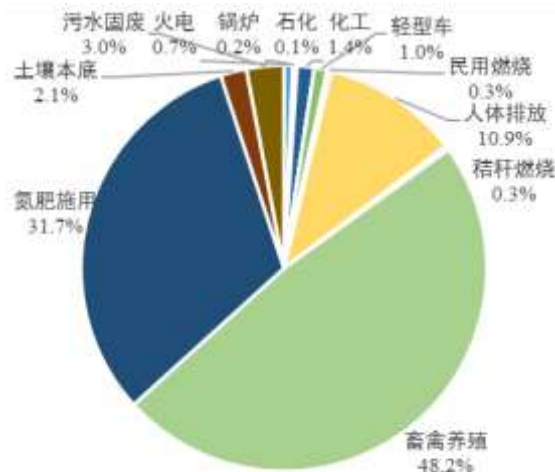


主要成果

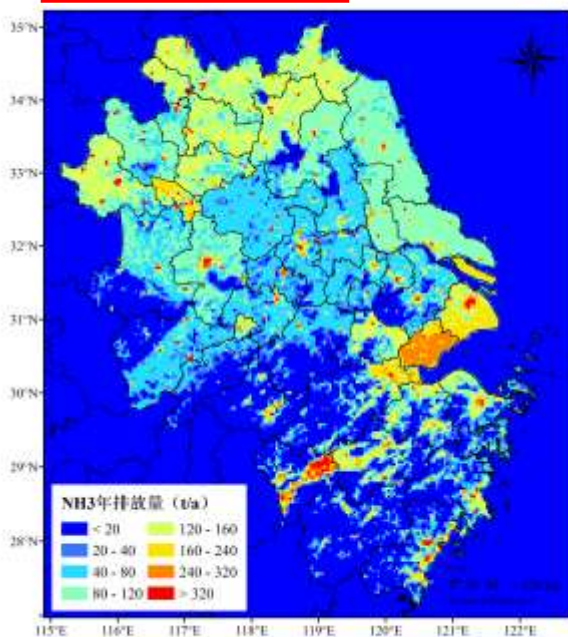
03 区域精细化排放清单

- 农业源NH₃排放更新**：农业源是区域NH₃排放的最主要来源，机动车和生活源对城区NH₃排放有一定贡献，更新后气态NH₃和硝酸盐的模拟结果得到较好的提升。

NH₃排放分担率



NH₃排放分布



请帮助补充下NH₃和硝酸盐的模拟结果，最好两种不用NH₃排放结果比较下。

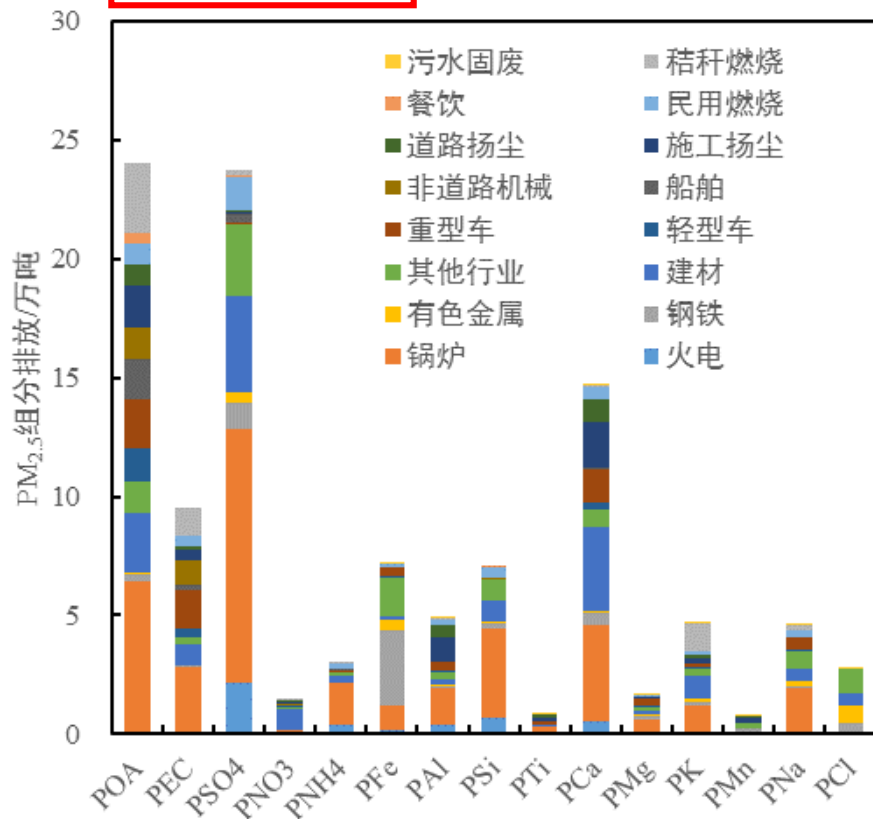


主要成果

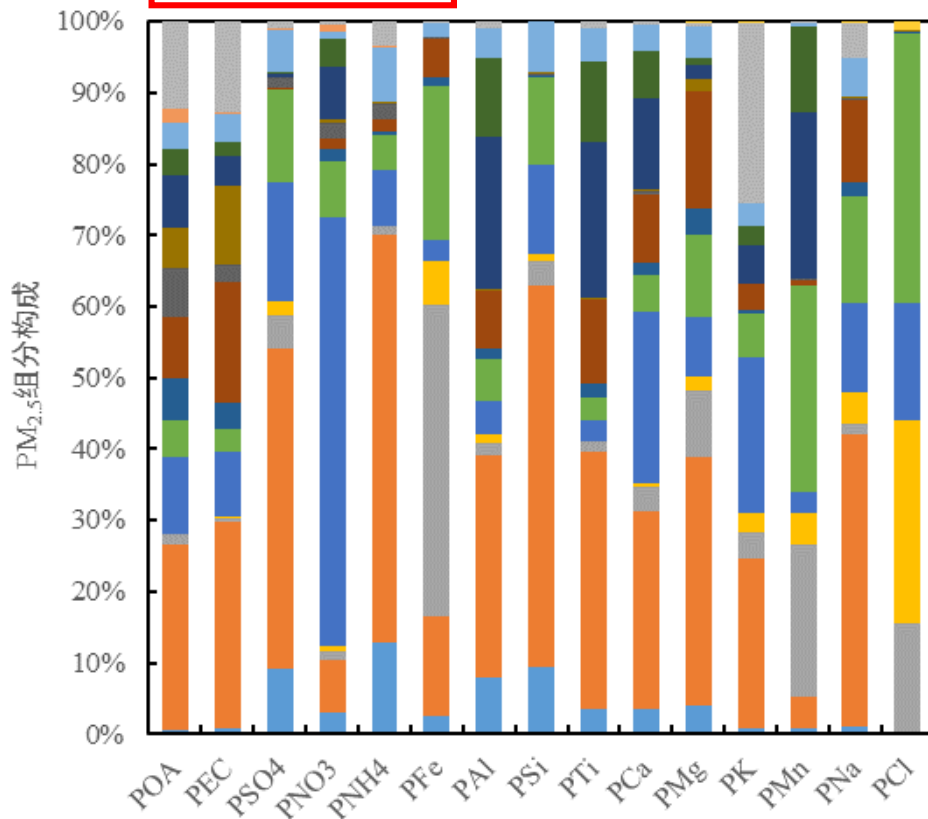
03 区域精细化排放清单

- 物种更新**：利用长三角区域PM和VOCs成分谱数据库，对污染物种进行了细化更新。

PM_{2.5}组分排放



PM_{2.5}组分构成

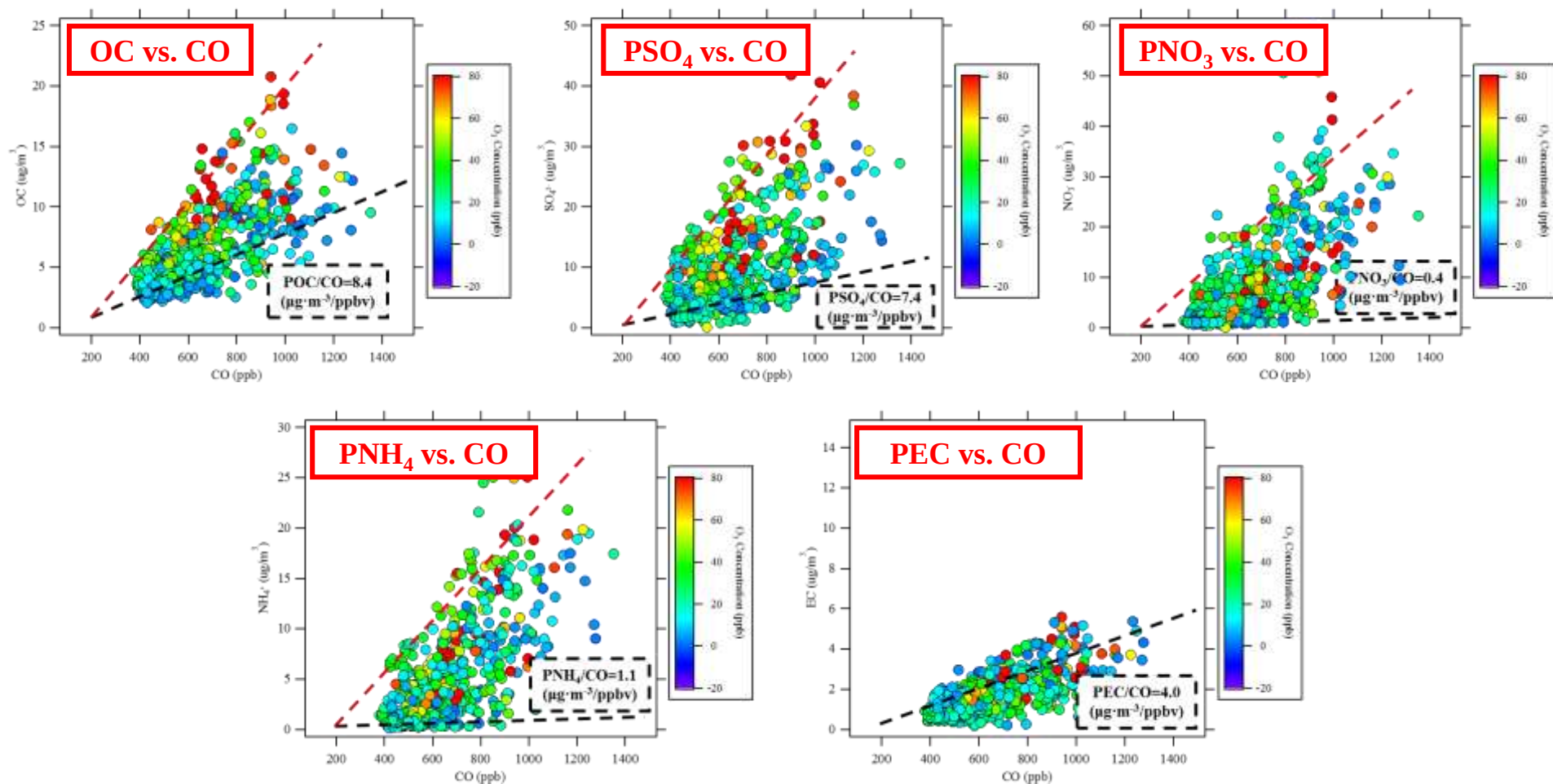




主要成果

03 区域精细化排放清单

- 组分清单与初始排放比较：观测PM_{2.5}组分初始排放 (PM_{Species}/CO) 与清单结果基本一致。



谢谢， 敬请批评指正！

汇报人：黄 成

联系方式：huangc@saes.sh.cn

2017年11月09日 • 北京