

珠三角区域大气污染特征、 成因及其对策分析

广东省环境监测中心

国家环境保护区域空气质量监测重点实验室

广东省环境保护大气二次污染研究重点实验室

2016年11月15日 成都

报告提纲

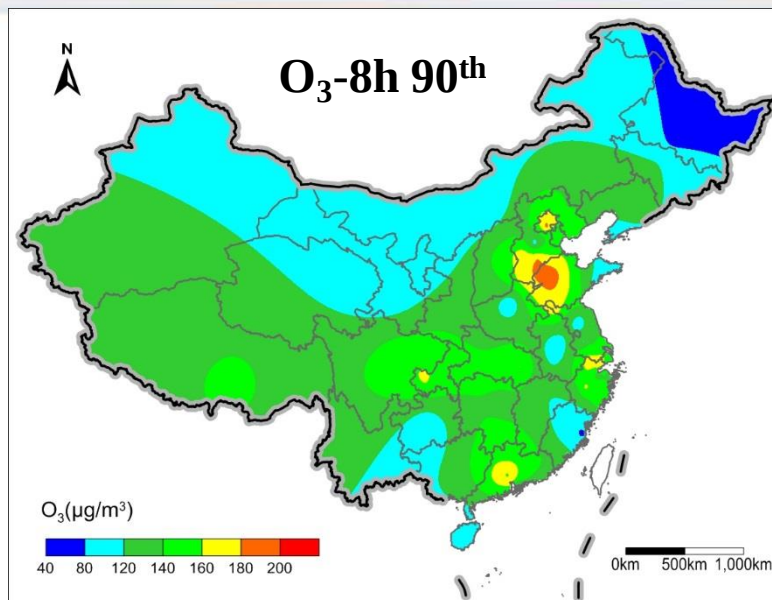
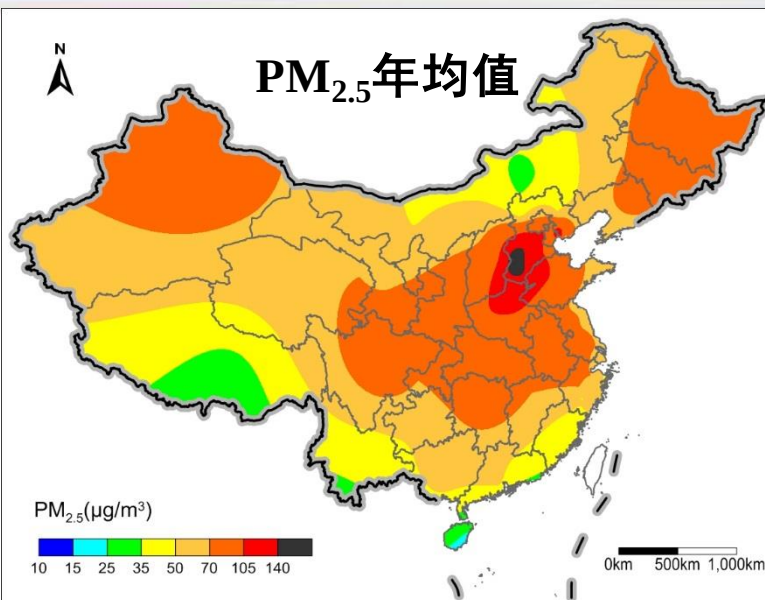
一、空气污染现状与趋势

二、臭氧污染的成因分析

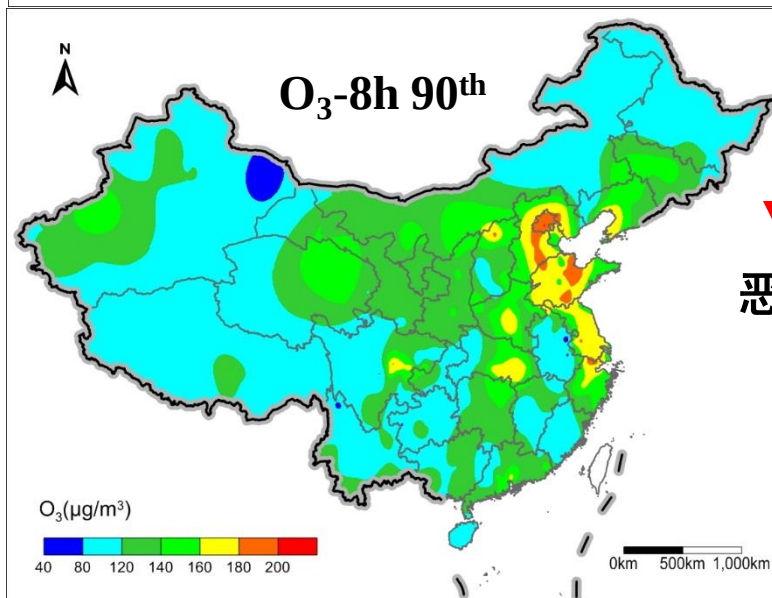
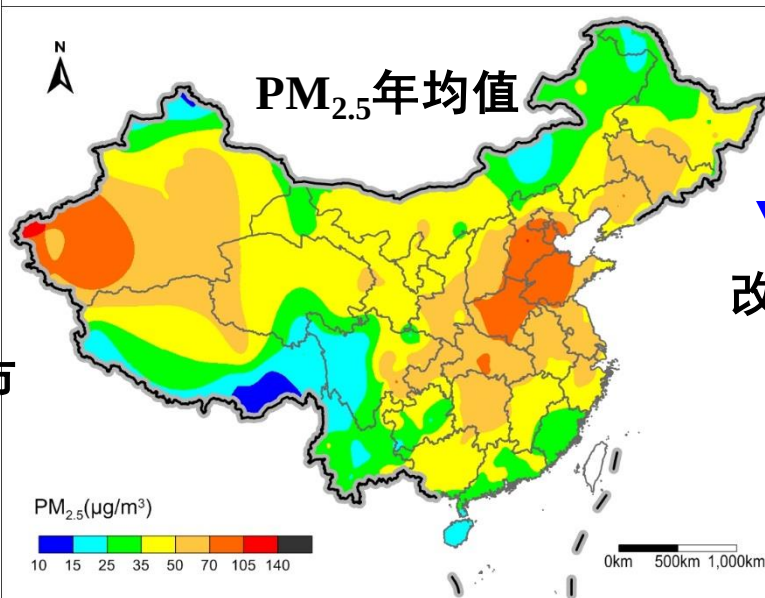
三、主要的污染防治对策

2013-2015年全国空气质量状况

2013
74城市



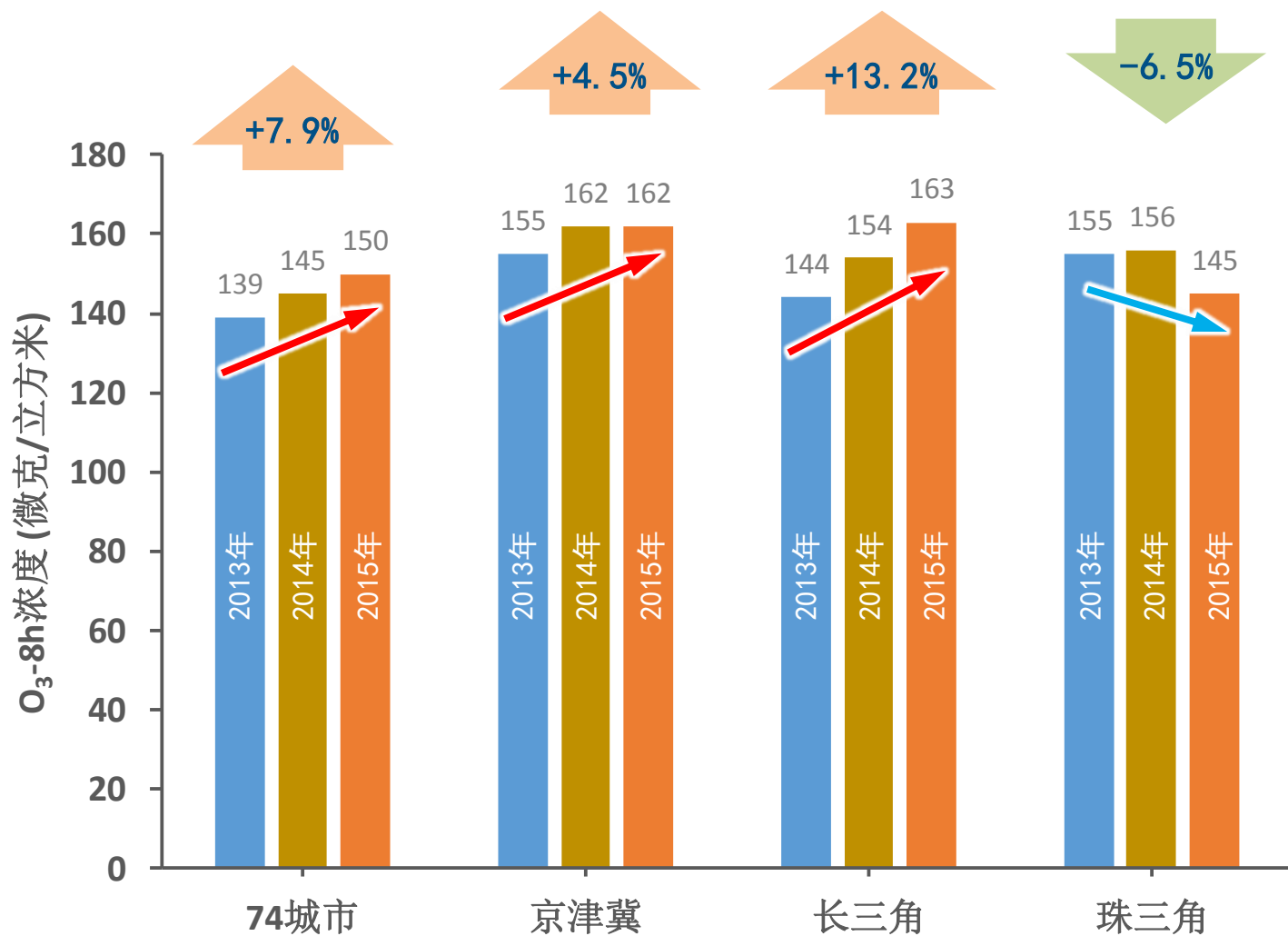
2015
338城市



改善

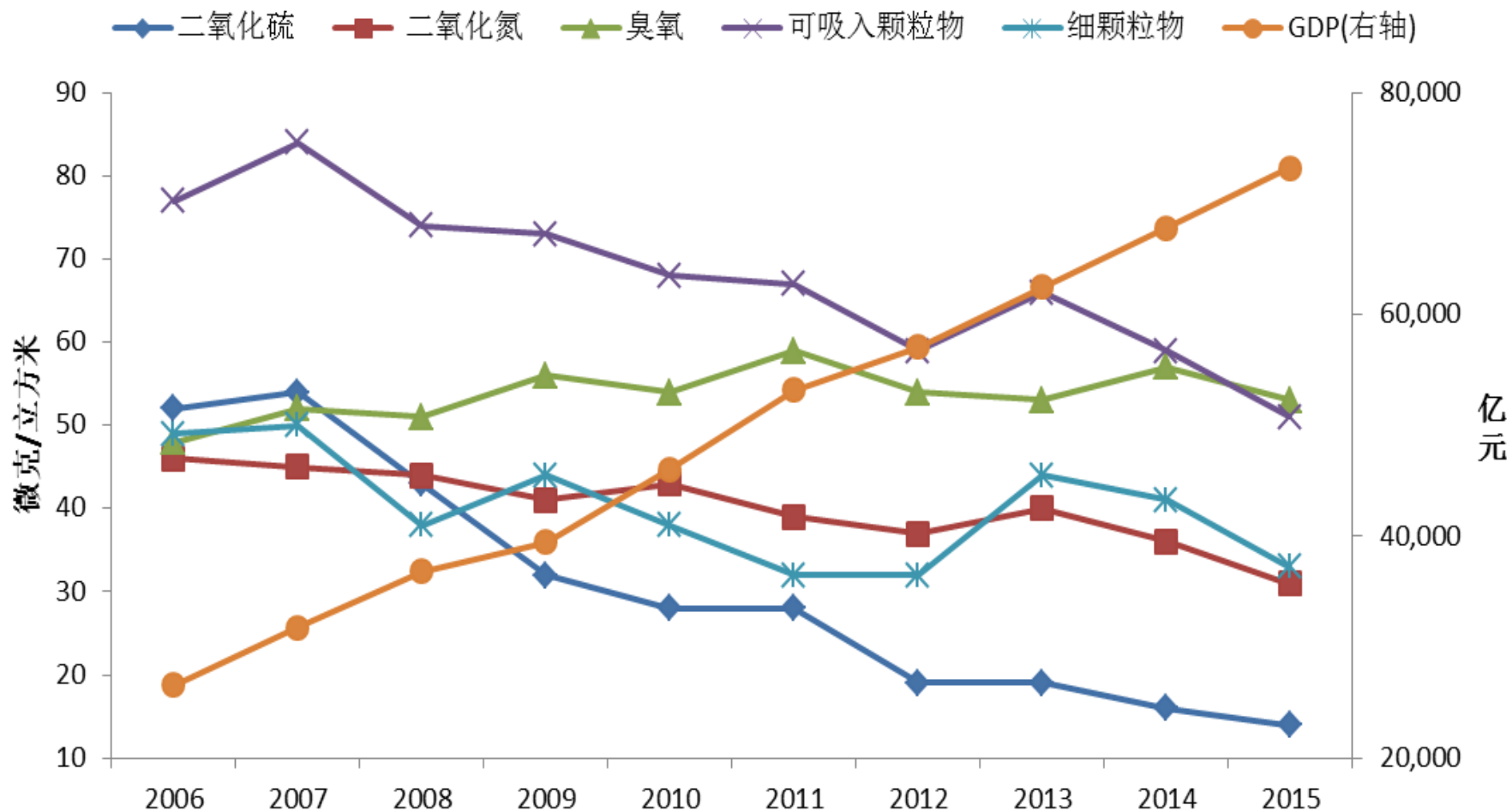
恶化

2013-2015年重点区域臭氧浓度的比较

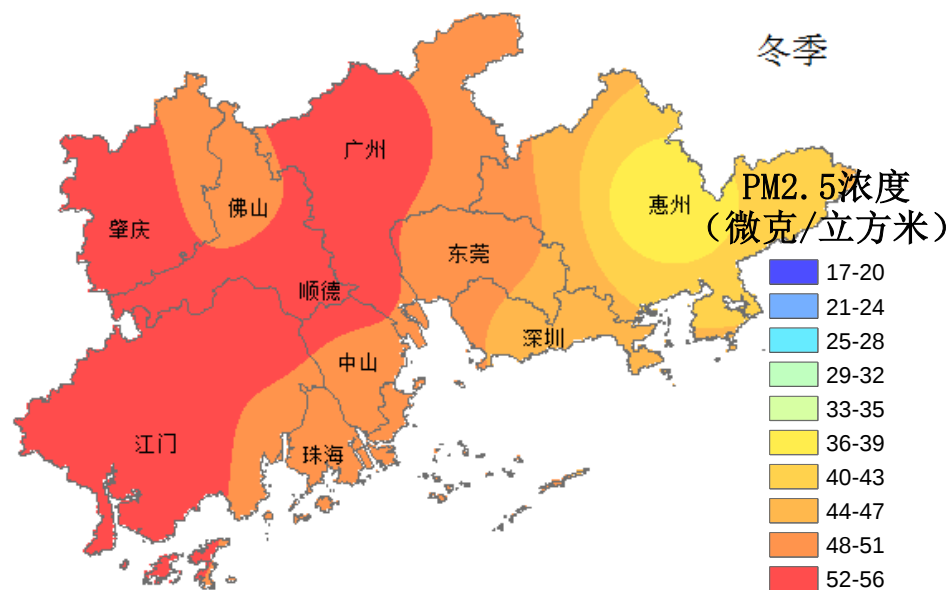
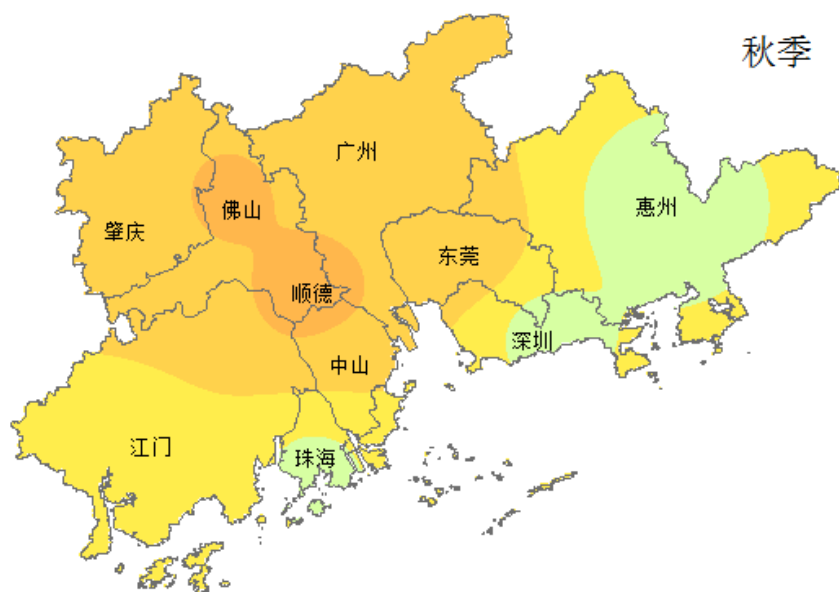
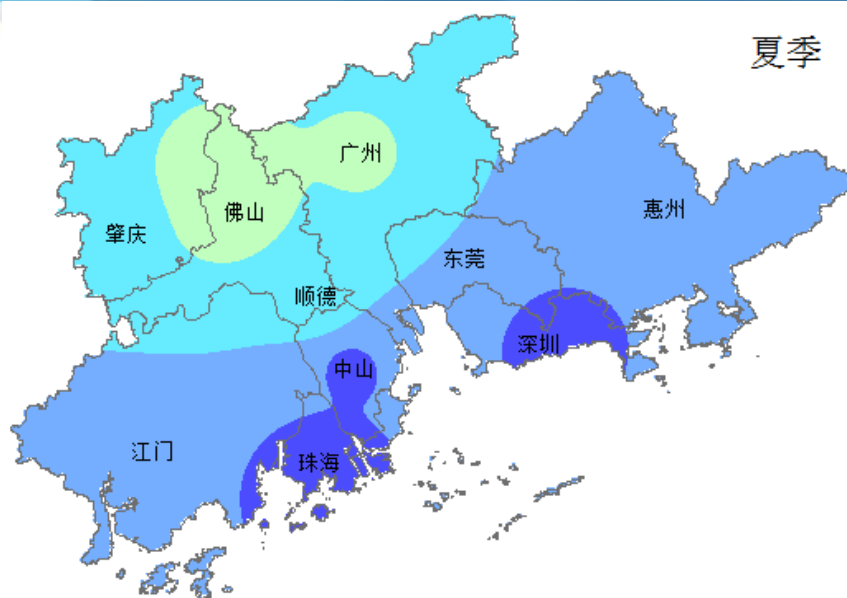
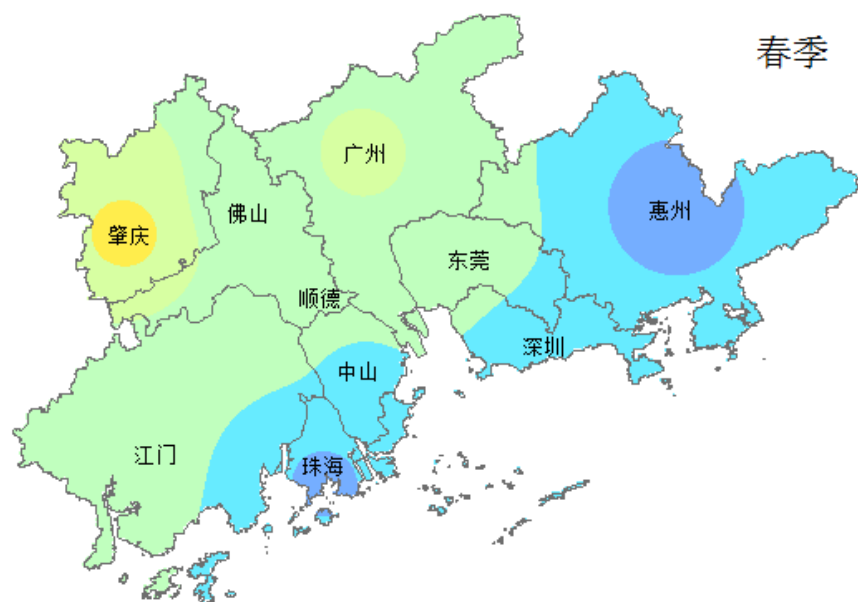


粤港网污染物浓度年际变化趋势（2006-2015）

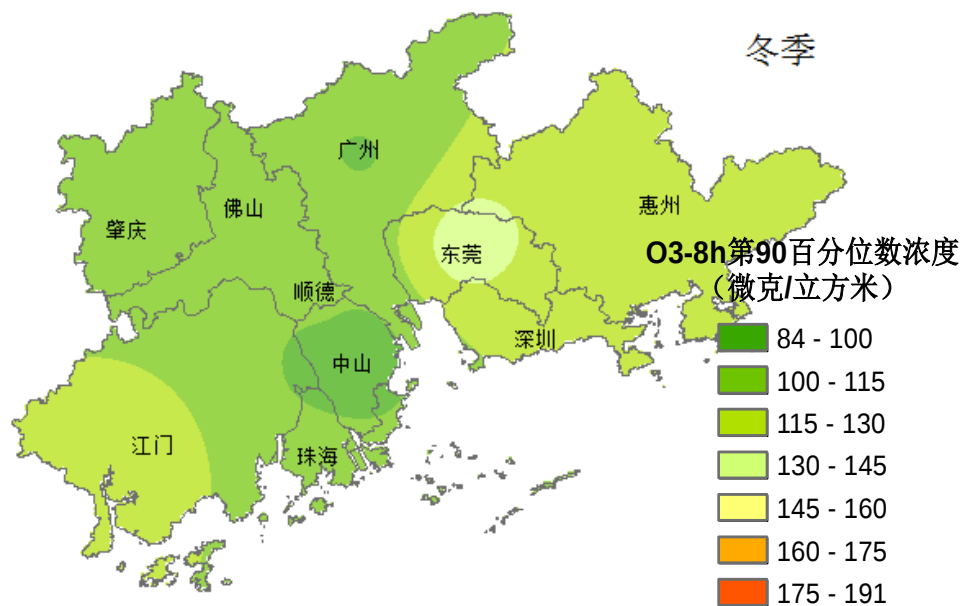
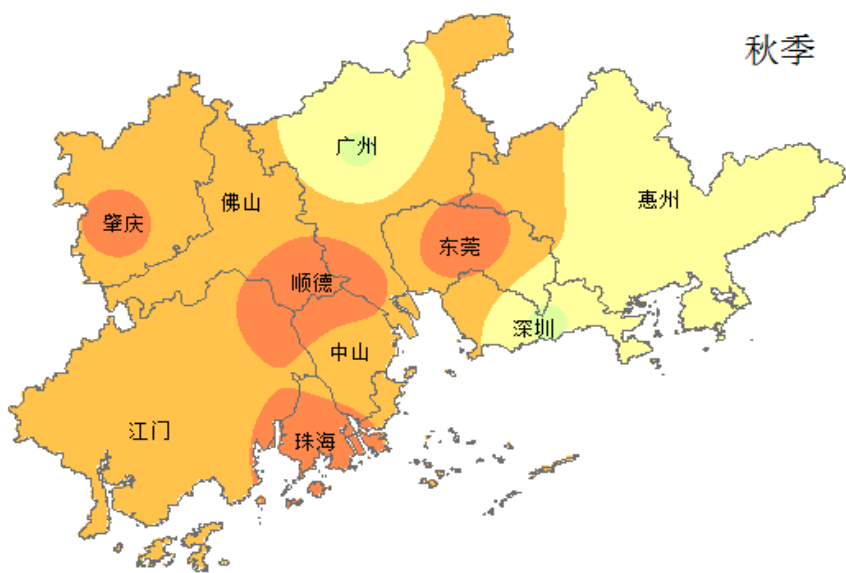
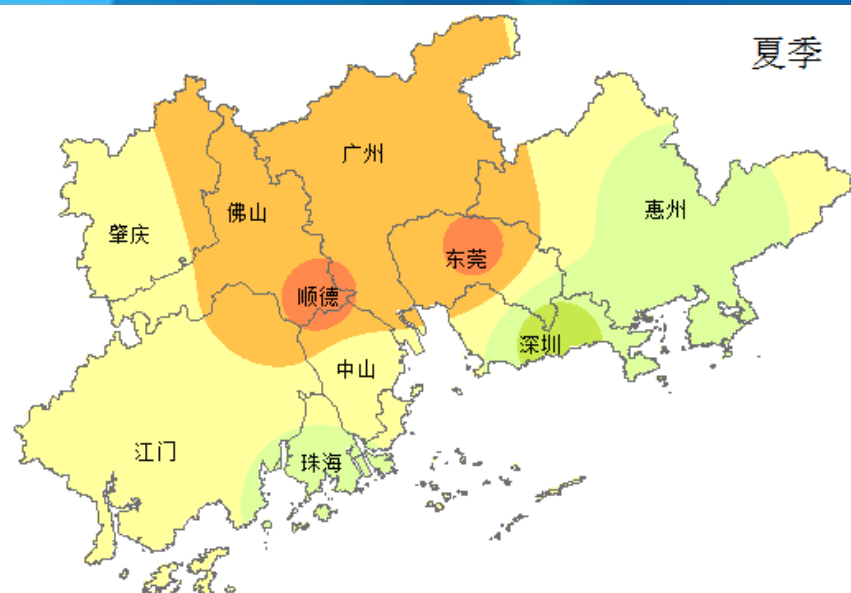
臭氧震荡上升，其他污染物总体呈现下降趋势。



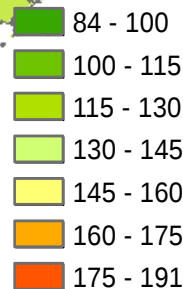
珠三角区域PM_{2.5}时空分布特征



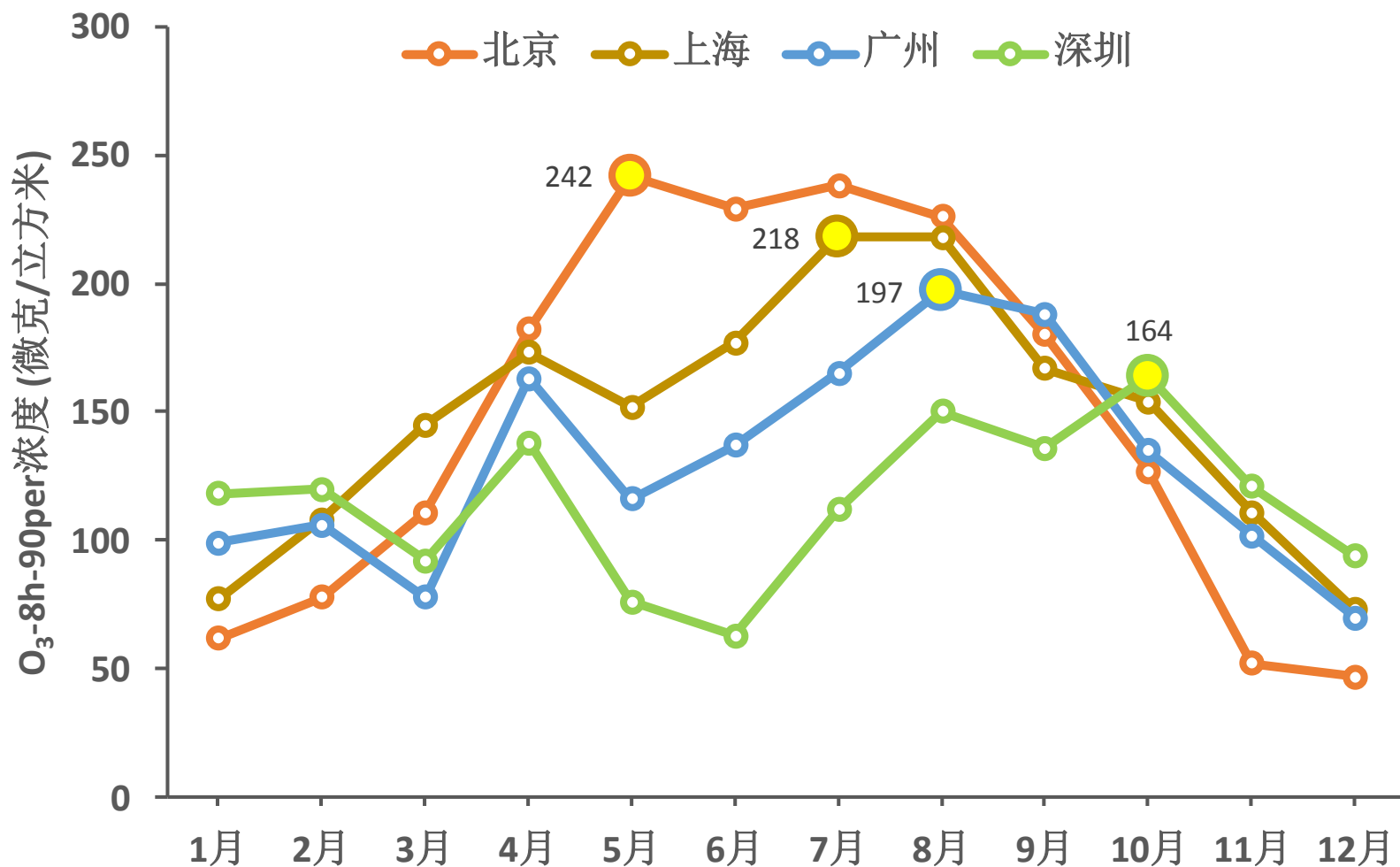
珠三角区域O₃时空分布特征



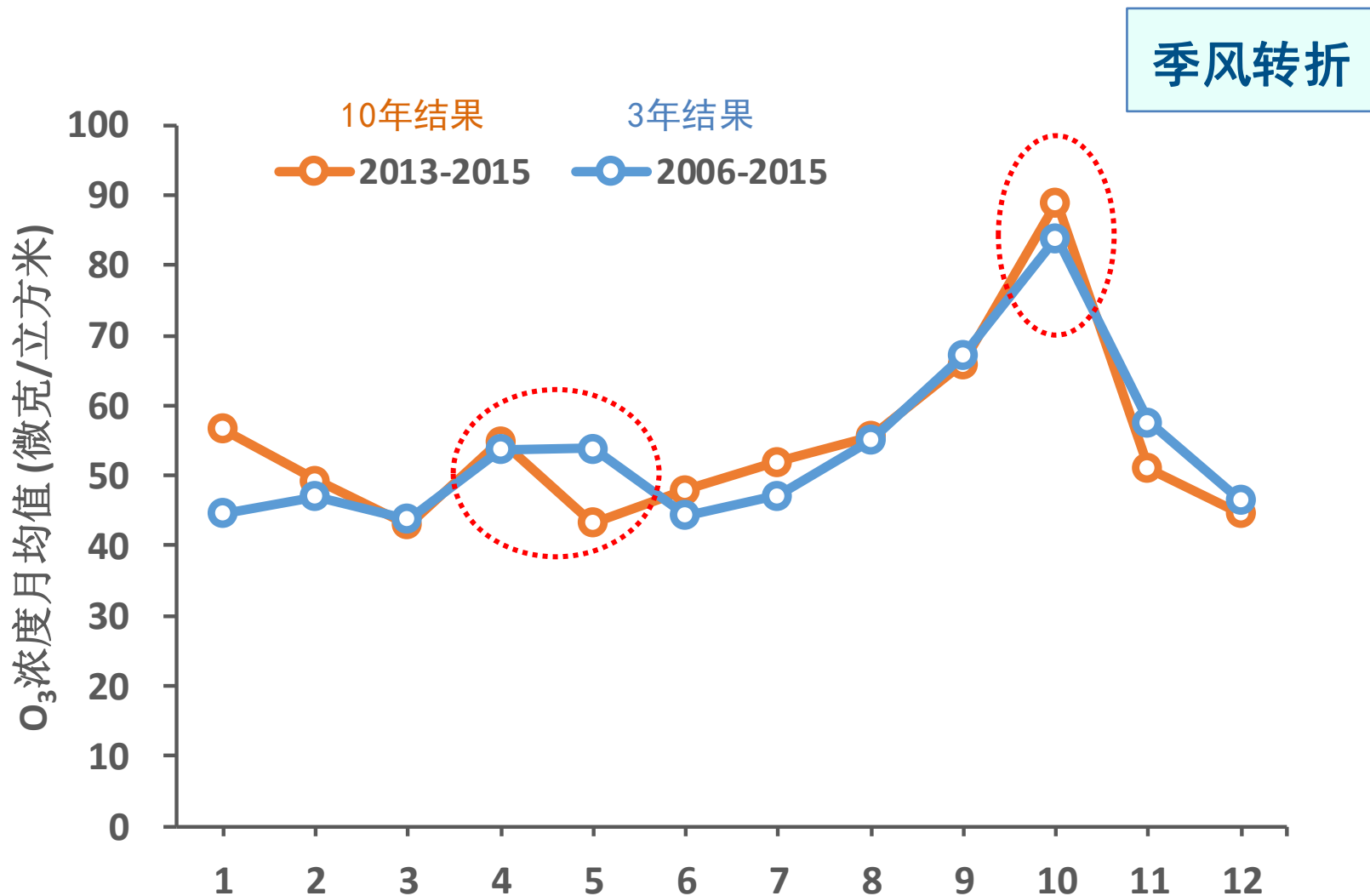
O₃-8h第90百分位数浓度
(微克/立方米)



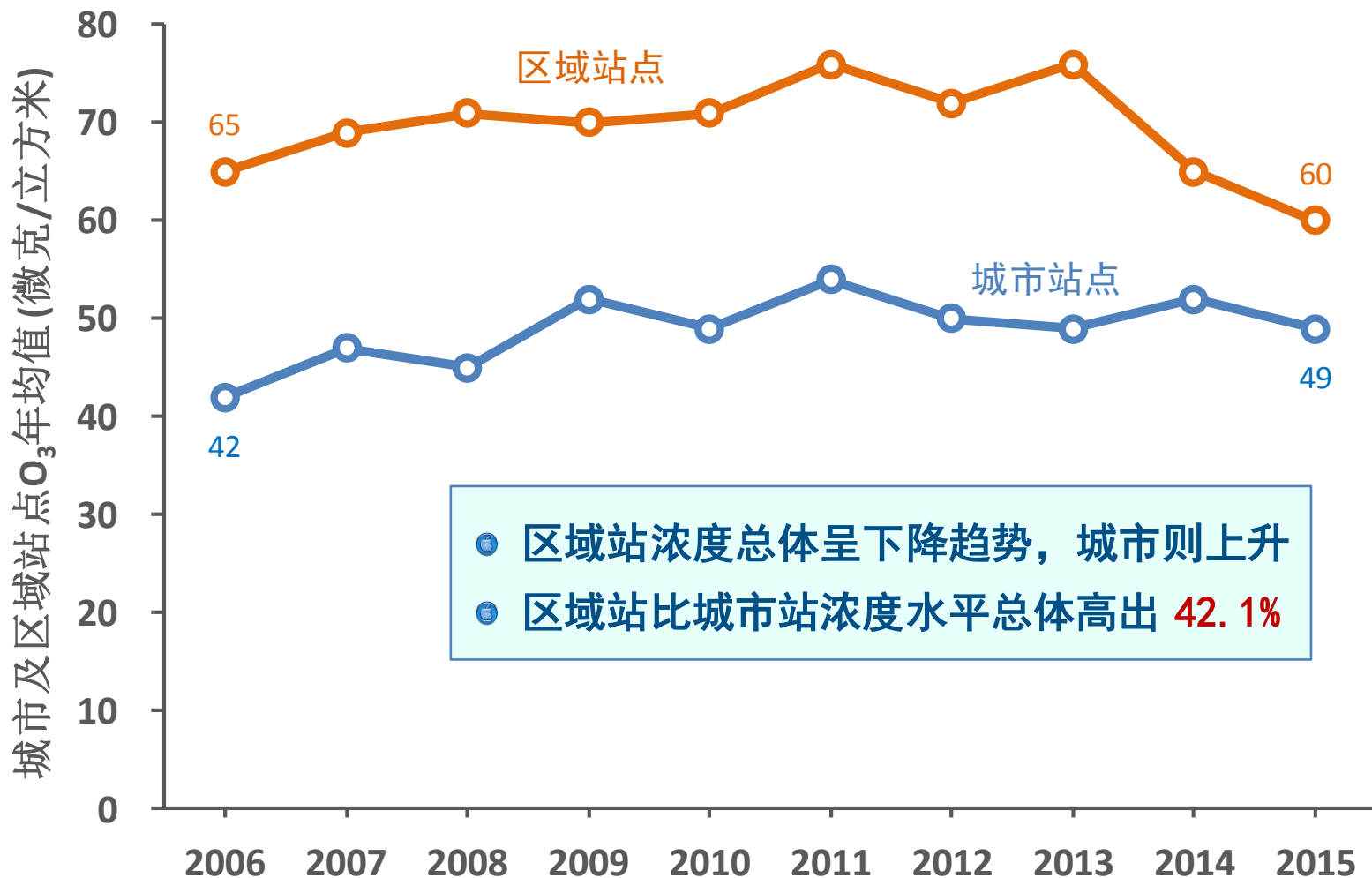
2013-2015年O₃-8h月变化的比较



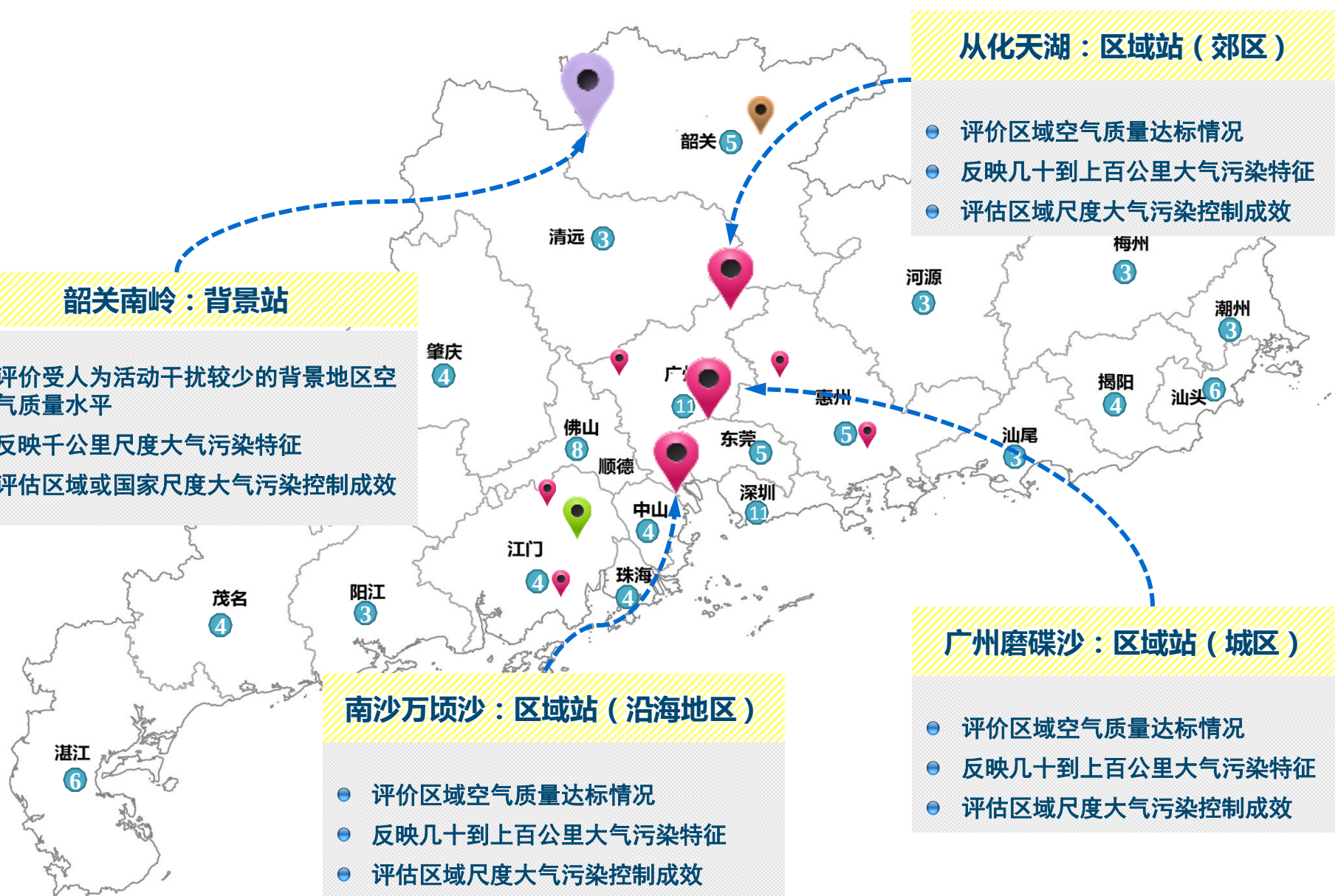
2006-2015年珠三角O₃浓度的月变化



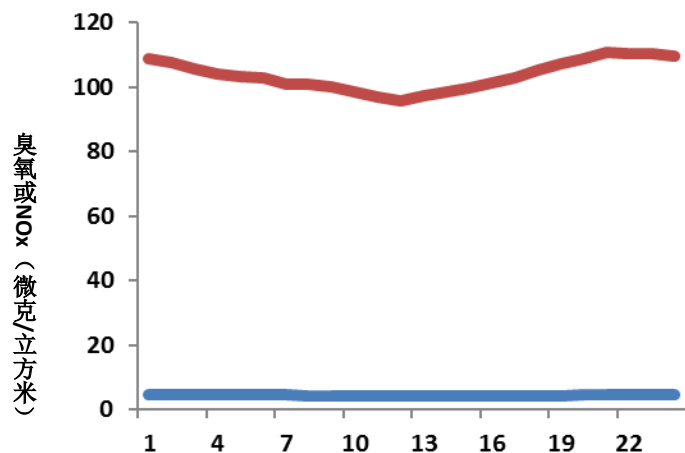
区域站与城市站臭氧长期趋势的比较



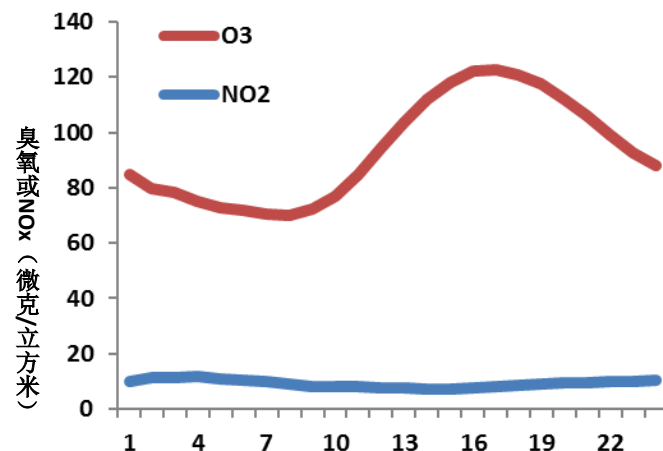
监测点位代表性



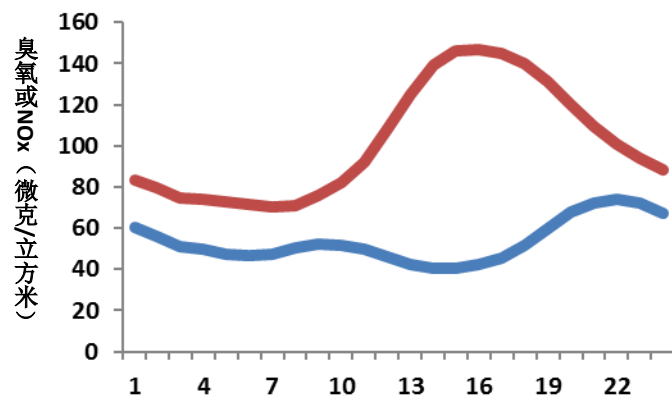
O₃-NO₂日变化特征



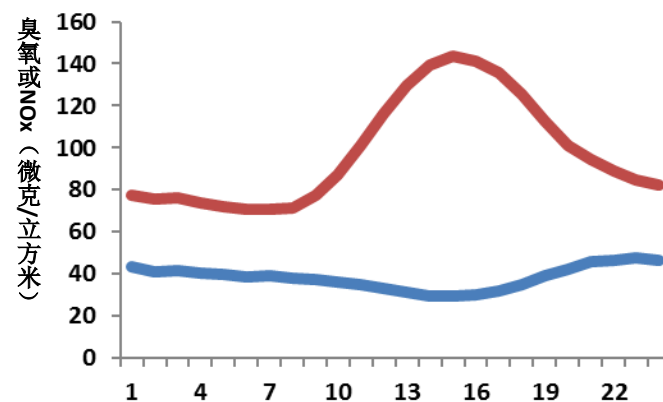
南岭-国家背景站



从化天湖-区域站

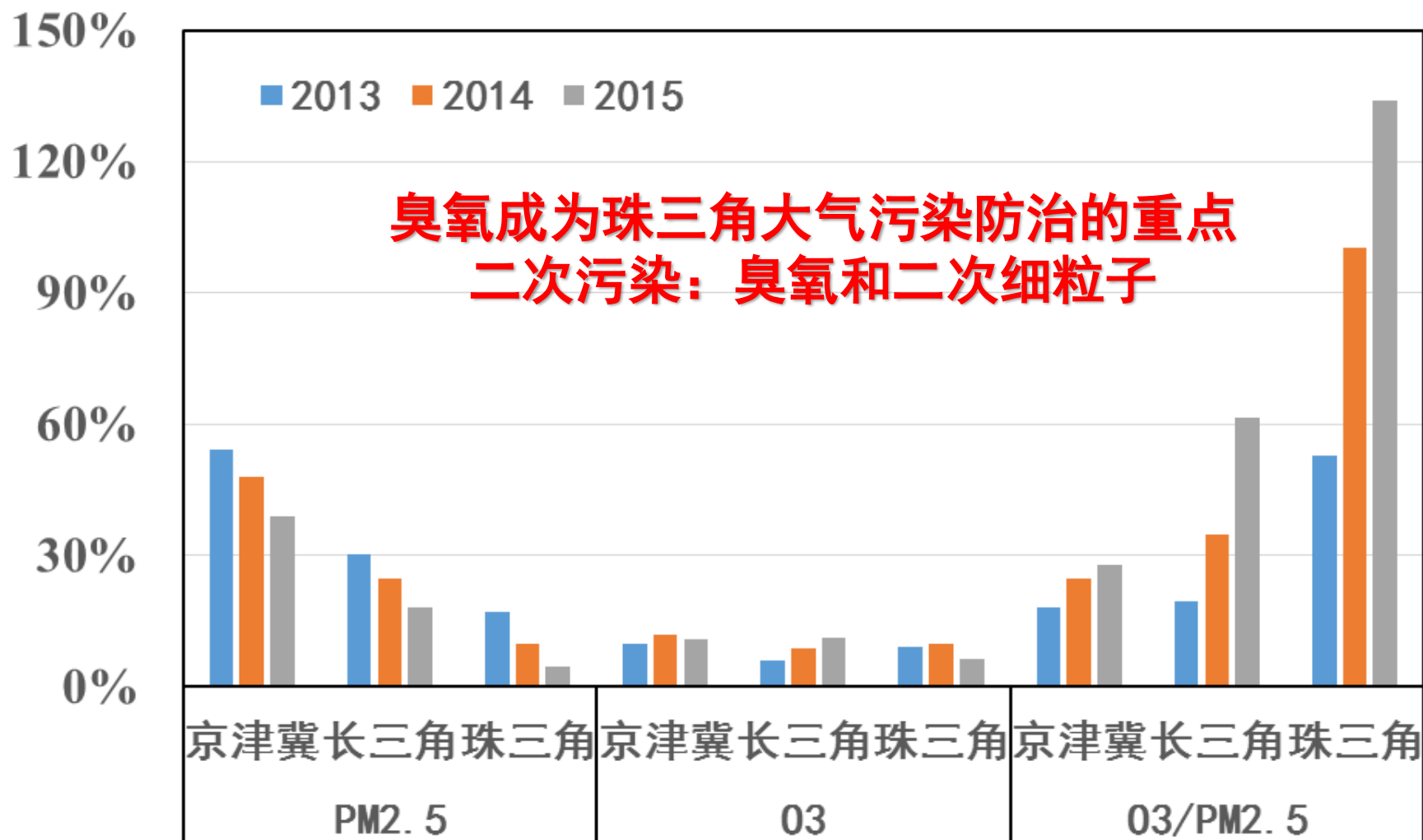


广州磨碟沙-城市站



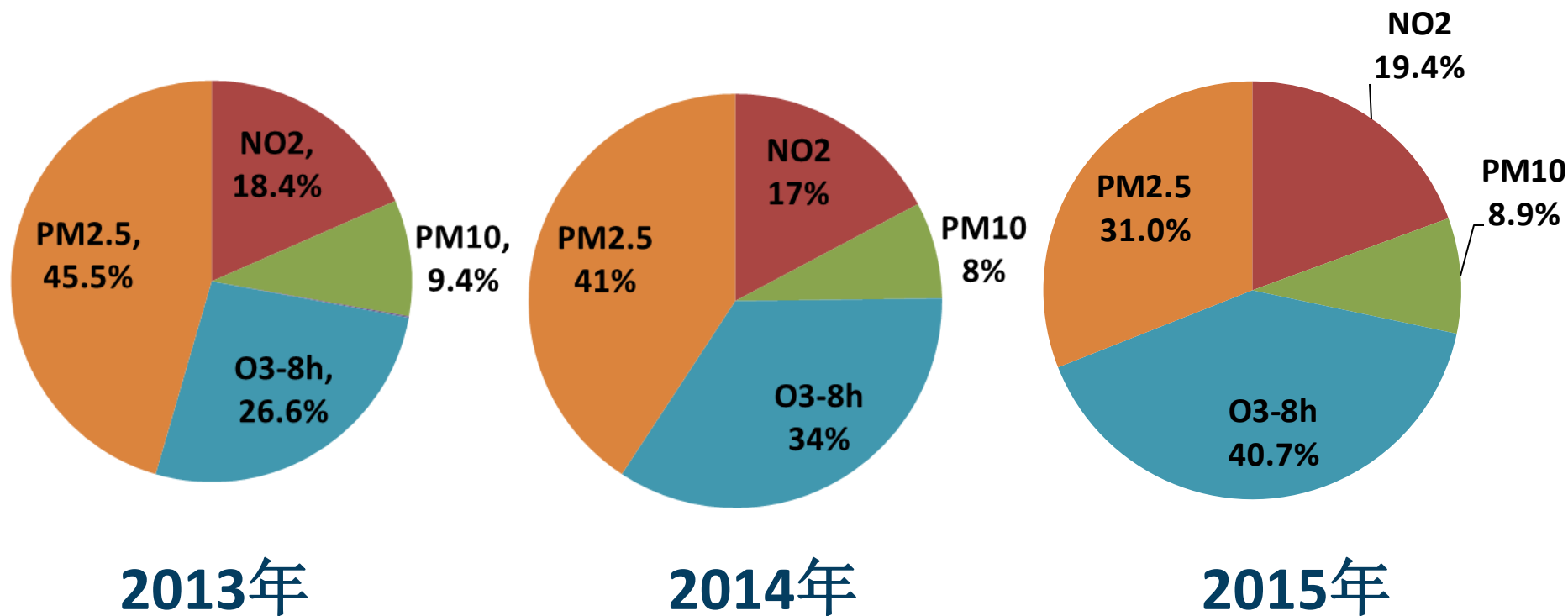
万顷沙-区域站

臭氧超标率与PM_{2.5}超标率的比值



2013年-2015年 首要污染物变化

2015年珠三角首要污染物主要是O₃，占比超过40%，O₃作为首要污染物的比例逐年上升。



报告提纲

一、空气污染现状与趋势

二、臭氧污染的成因分析

三、主要的污染防治对策

臭氧污染影响因素

本地污染源排放

- 化石燃料燃烧
- 有机溶剂使用
- 天然源（植被）
-

外来污染输送

- 区域传输贡献
- 边界层传输贡献
-

气象因素

- 光照强度
- 温度
- 湿度
- 风速风向
-

3

气象条件的影响分析

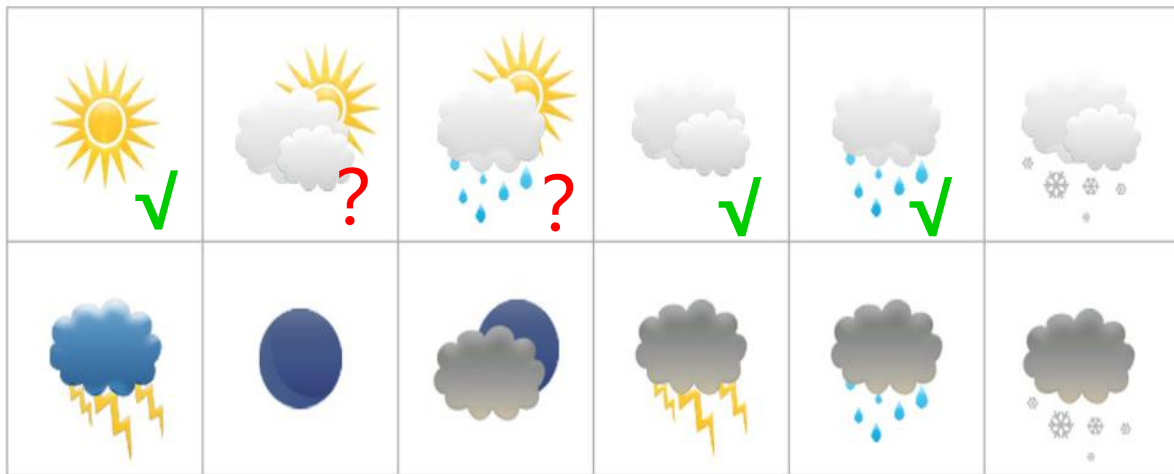
臭氧污染的重要影响因素

晴: 天空云量不足3成;

晴到多云: 天空云量不足3成转
天空云量占3-8成;

多云: 天空云量占3-8成;

阴: 天空云量占9成或以上

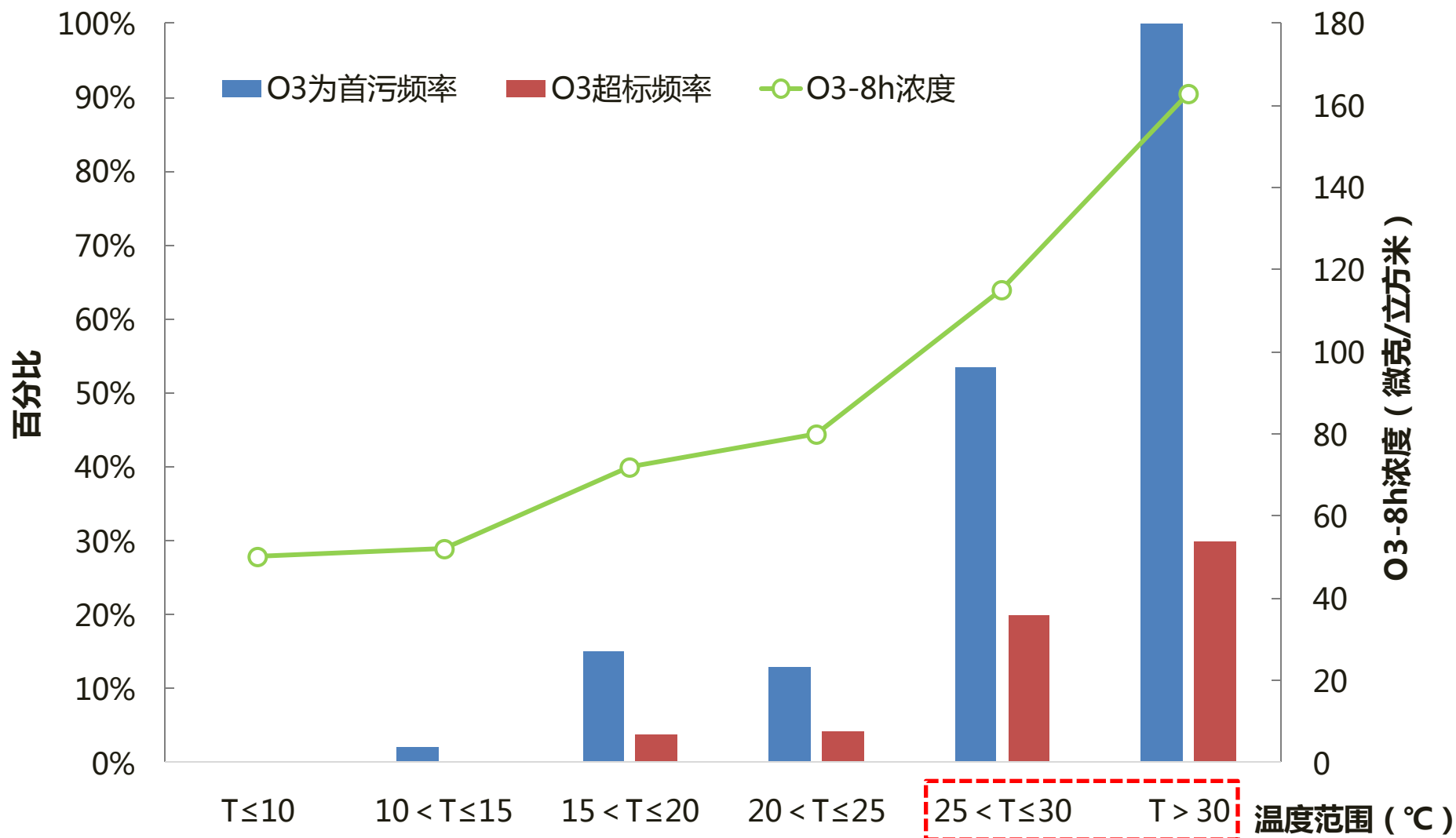


精细预报	23:00	27日02:00	05:00	08:00	11:00	14:00	17:00	20:00
天气现象								
气温	26.7℃	25.9℃	25.2℃	27.8℃	29.3℃	29.8℃	29.1℃	26.4℃
降水	0.1毫米	1.3毫米	2.1毫米	1.3毫米	13.2毫米	16.0毫米	2.0毫米	0.3毫米
风速	2.3米/秒	2.1米/秒	1.7米/秒	3.0米/秒	2.6米/秒	3.3米/秒	3.5米/秒	2.2米/秒
风向	东南风	东南风	东南风	东南风	东南风	东南风	东南风	东南风
气压	-	-	-	-	-	-	-	-
相对湿度	93.4%	95.7%	96.3%	94.2%	92.8%	91.4%	90.8%	80.5%
云量	46.6%	93.3%	100.0%	100.0%	80.5%	91.0%	77.1%	98.6%
能见度	-	-	-	-	-	-	-	-

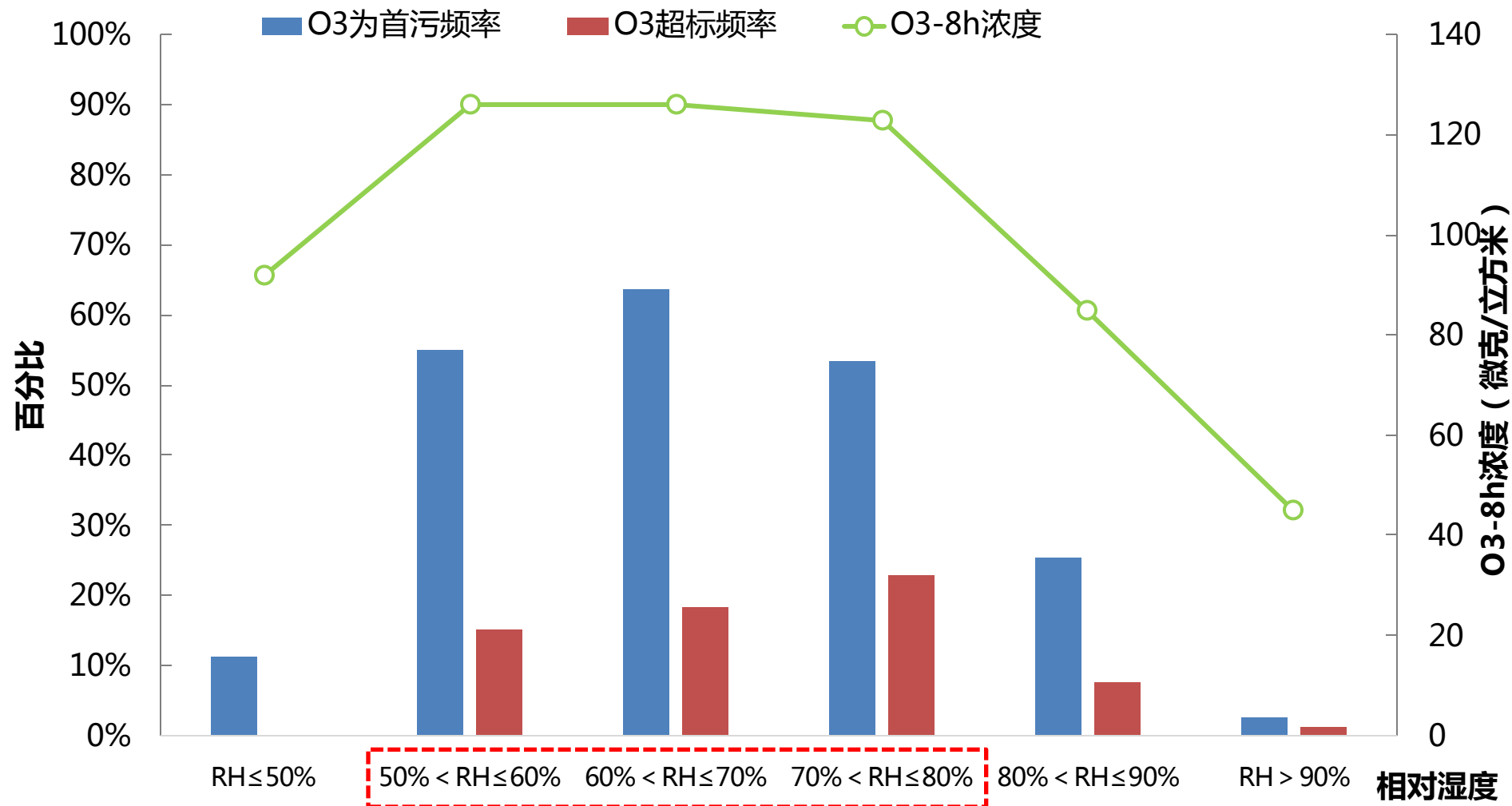
气象因素影响分析-以东莞市为例

统计时段	评价指标	有效统计天数 (天)	统计时段内O3为 首污天数(天)	统计时段内O3为 超标天数(天)
20150522 至 20160522	温度 (°C)	348	116	41
	相对湿度 (%)	348	116	41
	风速 (m/s)	346	116	41
	风向 (°)	348	116	41
	降雨量 (mm)	340	113	39

东莞市臭氧污染与温度关系

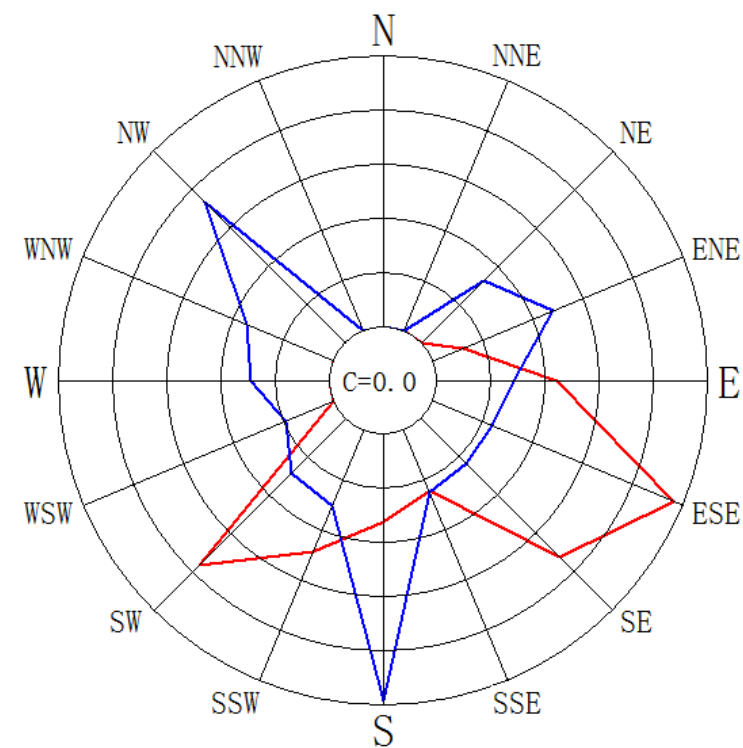


东莞市臭氧污染与湿度关系



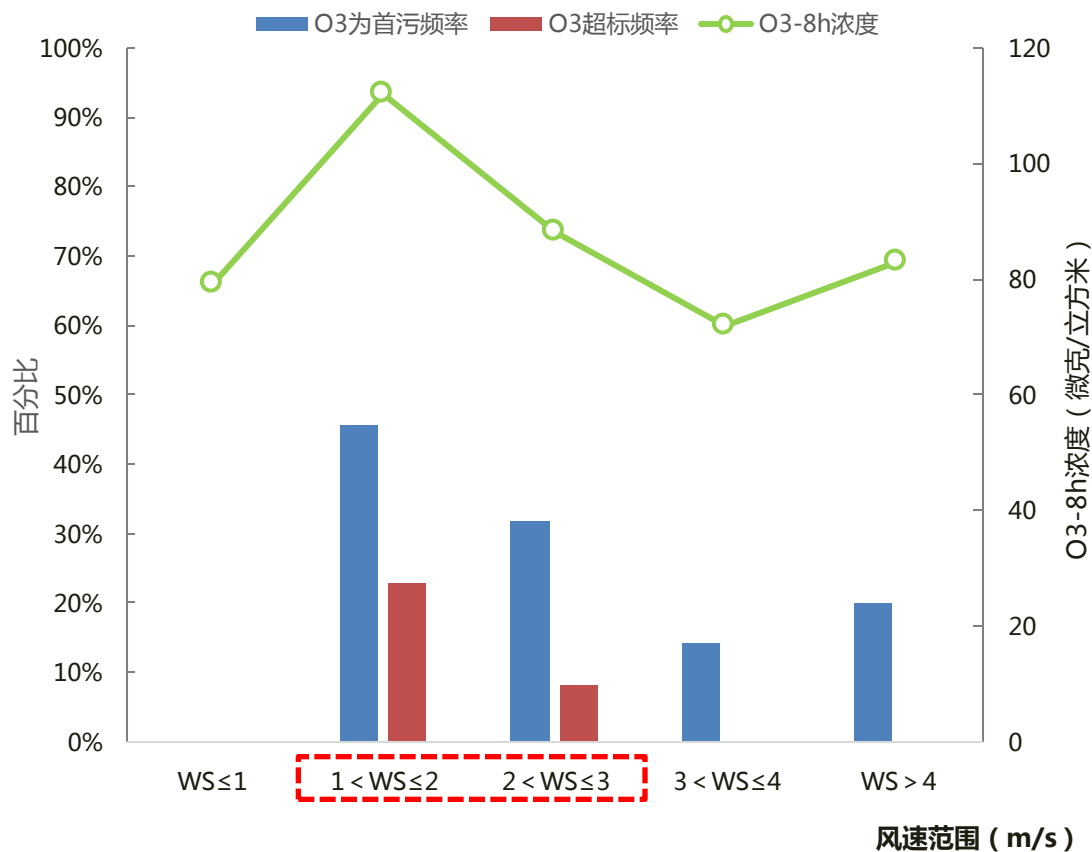
东莞市臭氧污染与风向风速关系

- 风向为东南偏东风、西南风和东南风时，臭氧超标频率较高
- 风速在1-2m/s时，臭氧超标频率最高

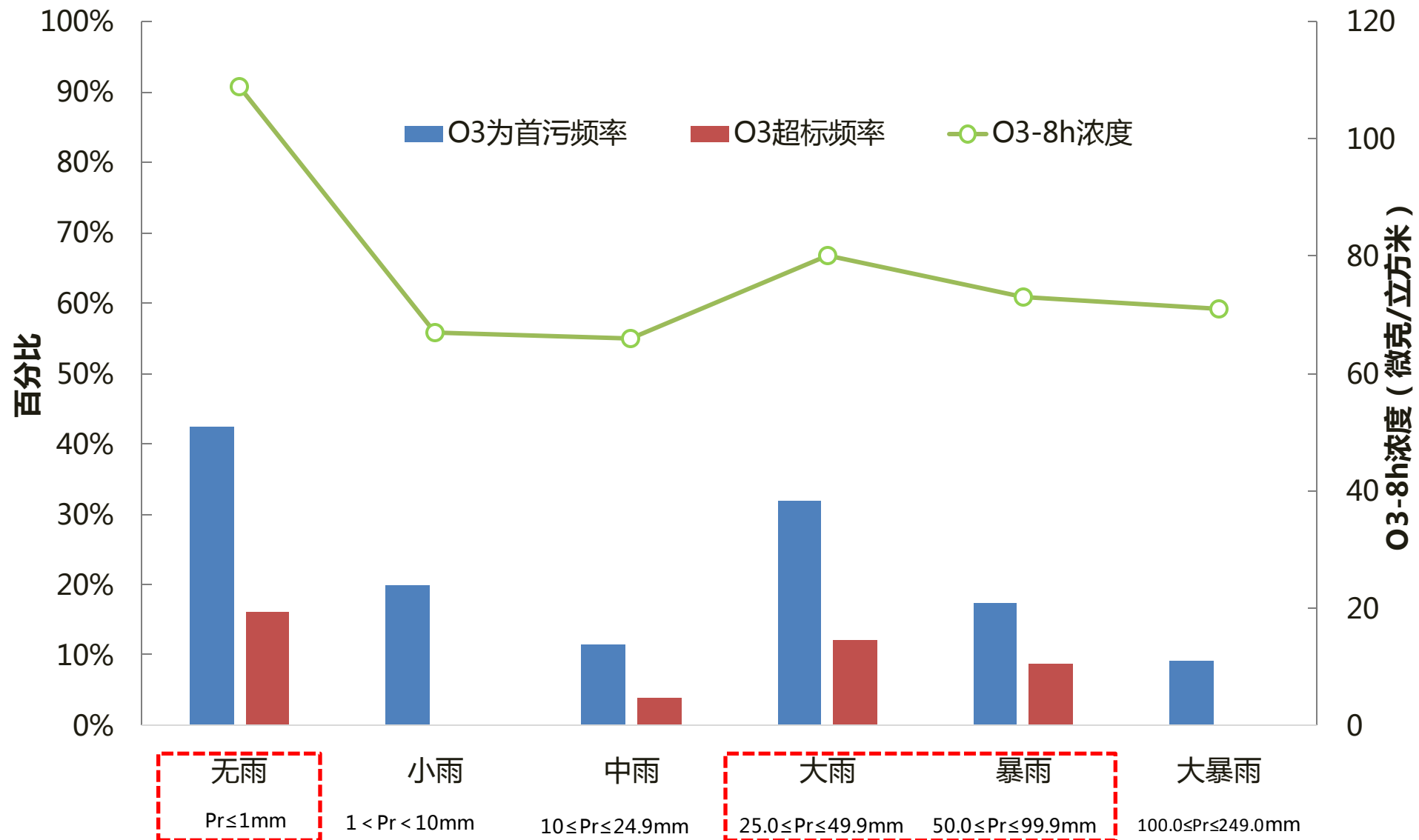


- 玫瑰图中O₃超标频率每圈间隔为：5%
- 玫瑰图中风速每圈间隔为：1.8m/s

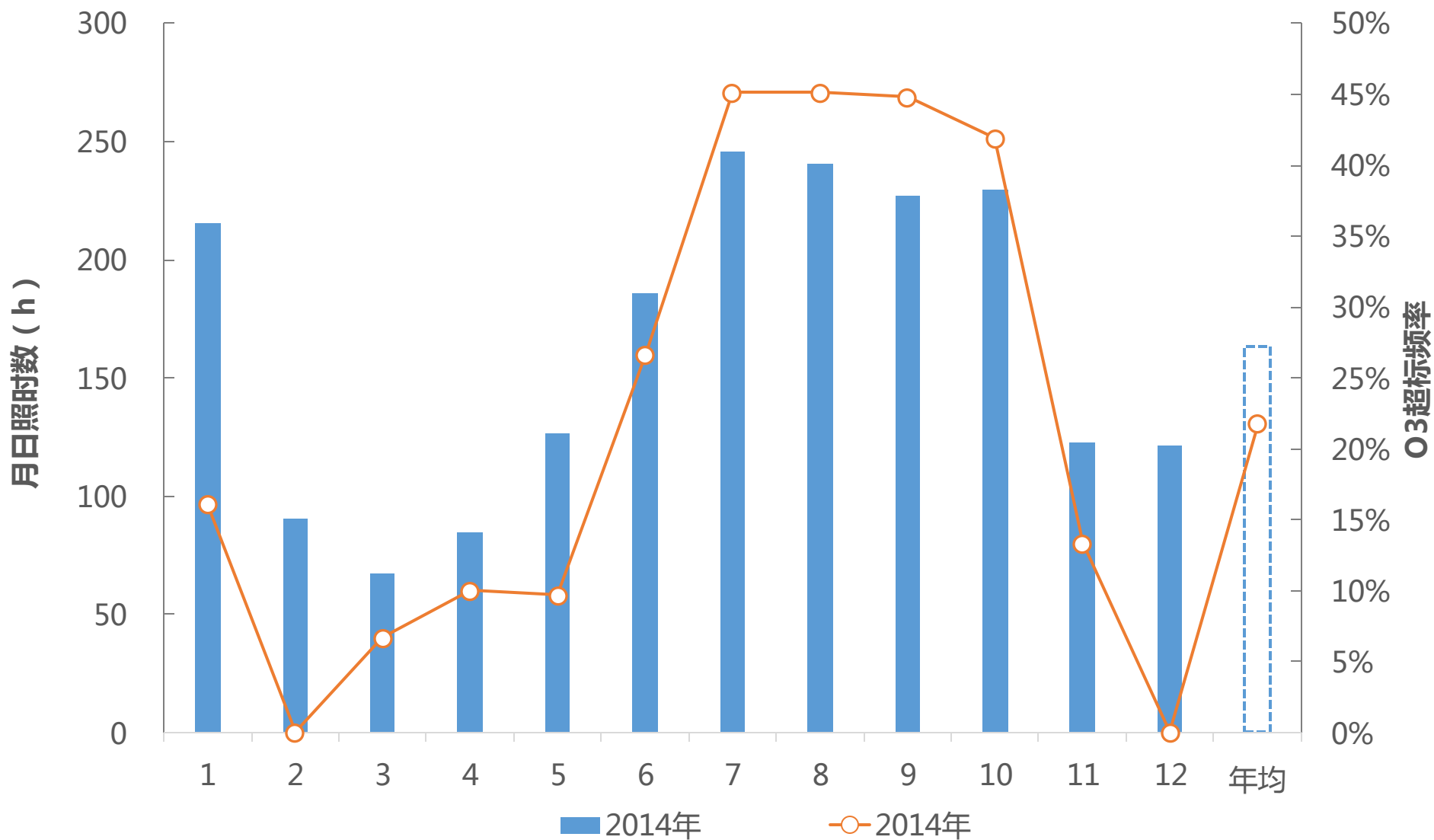
—— 表示O₃超标频率
—— 表示风速大小



东莞市臭氧污染与降雨量关系



东莞市臭氧污染与日照时数关系



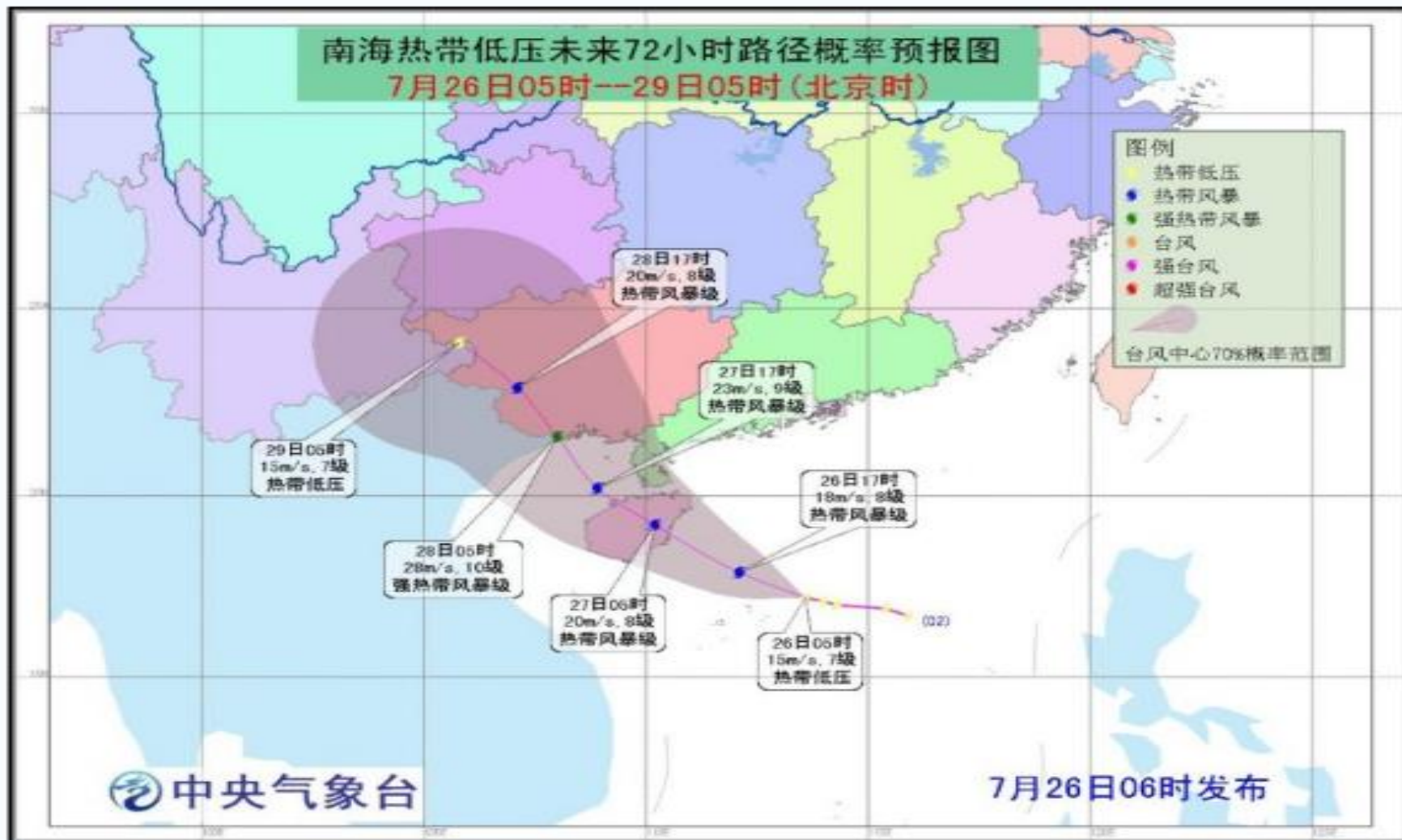
台风外围下沉气流影响

台风外围下沉气流影响

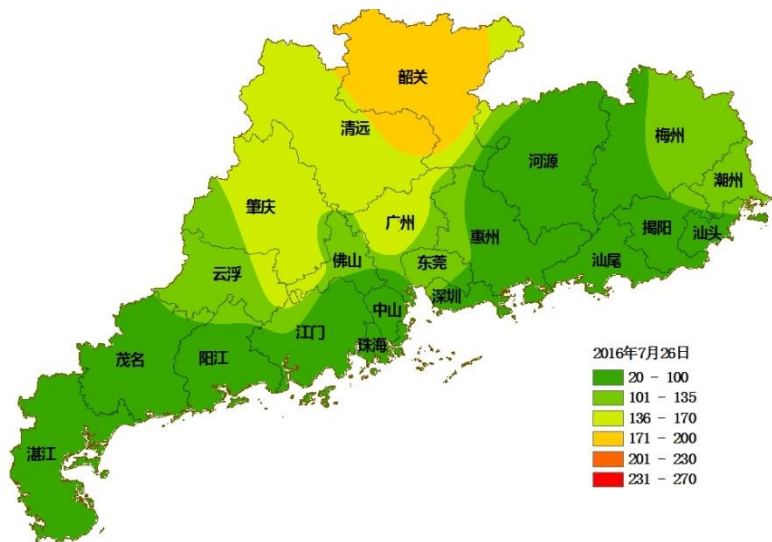
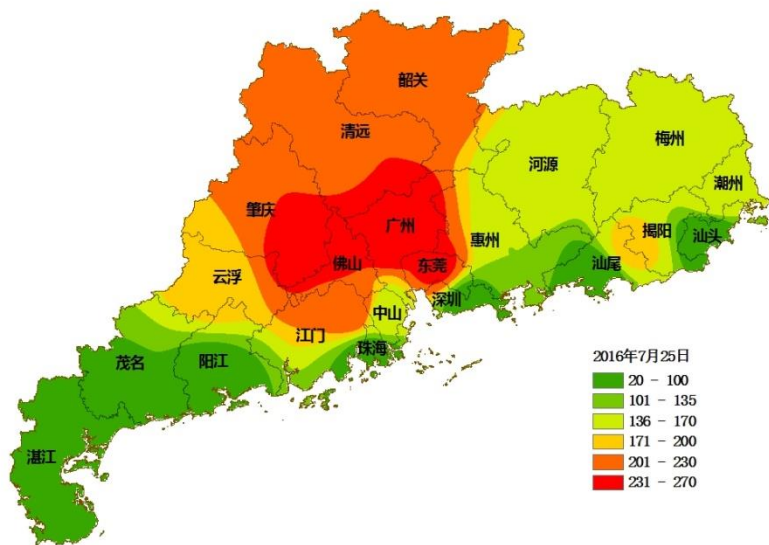
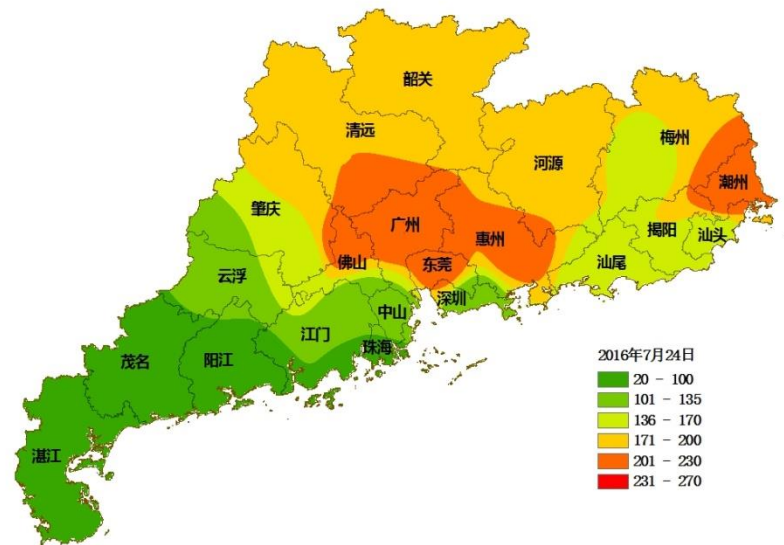
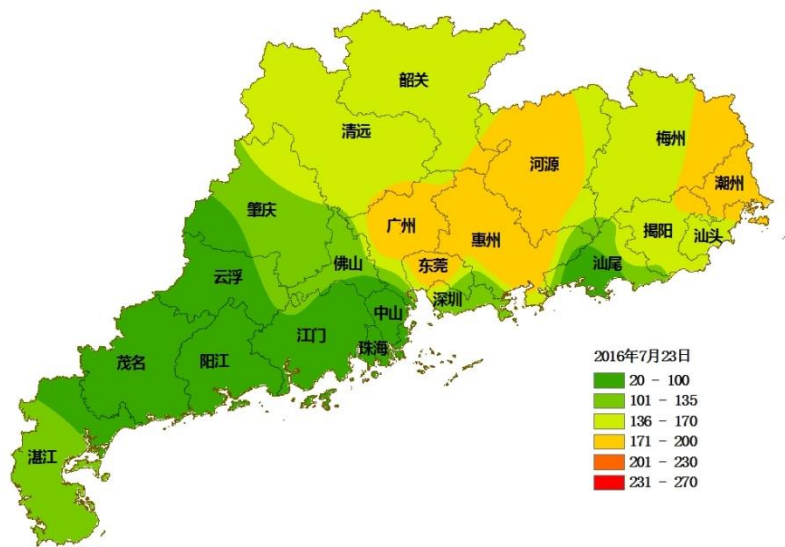
当距离台风1000-4000KM时，一般会出现较严重的臭氧污染。

1. 受热带风暴外围下沉气流的影响，会造成静稳晴热天气，利于臭氧生成；
2. 可能将较高层（400-1000m）的臭氧往下输送，造成近地面臭氧浓度上升。

7月下旬台风



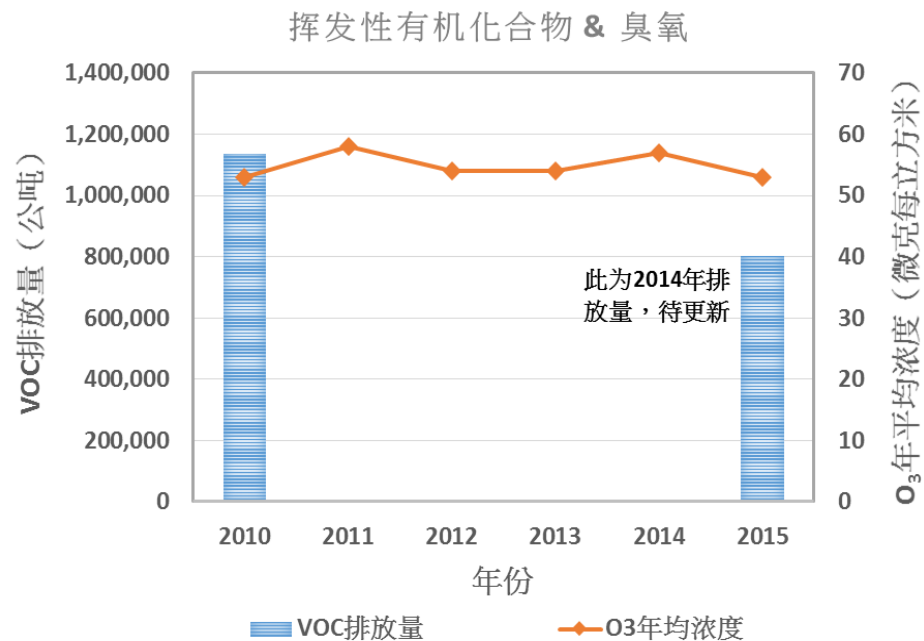
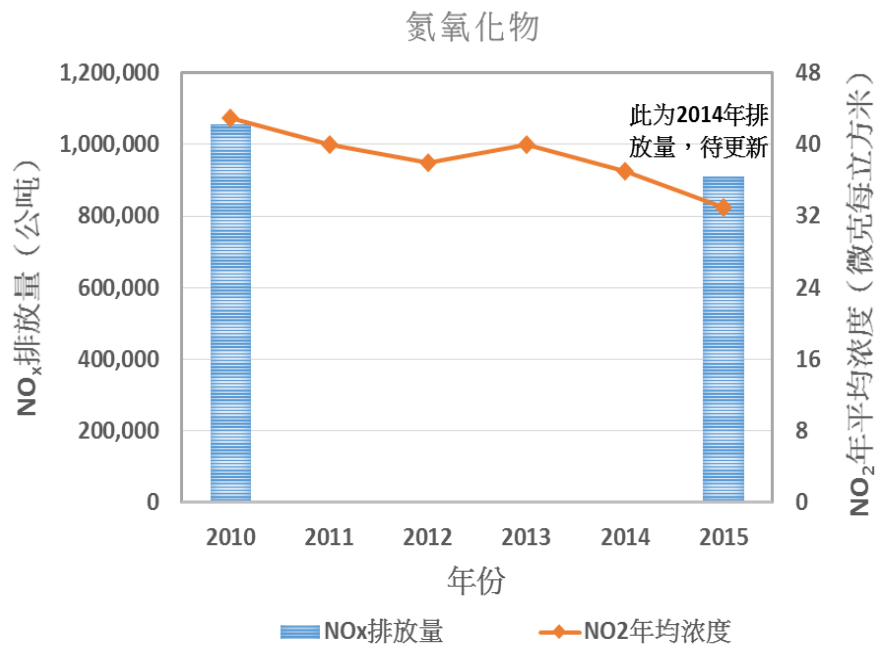
台风导致臭氧污染



主要污染源影响分析

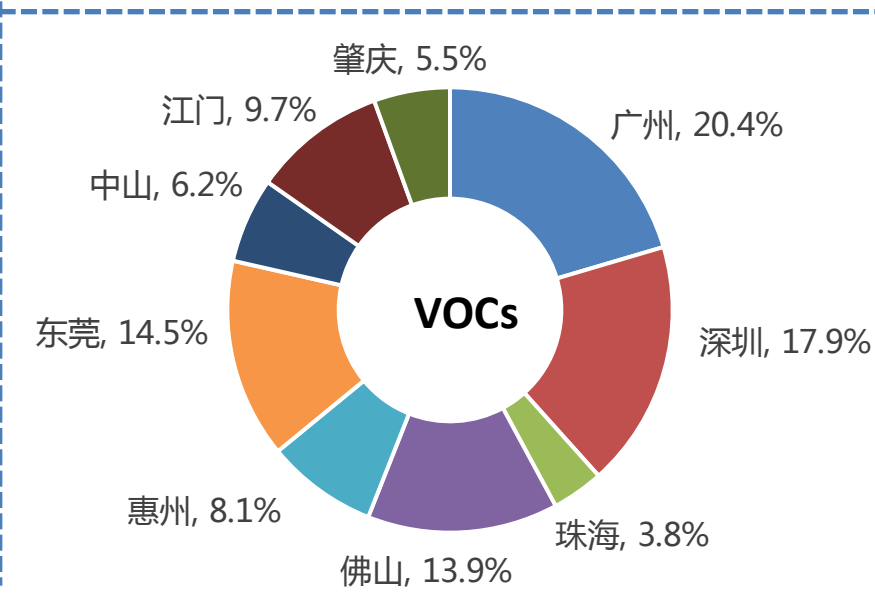
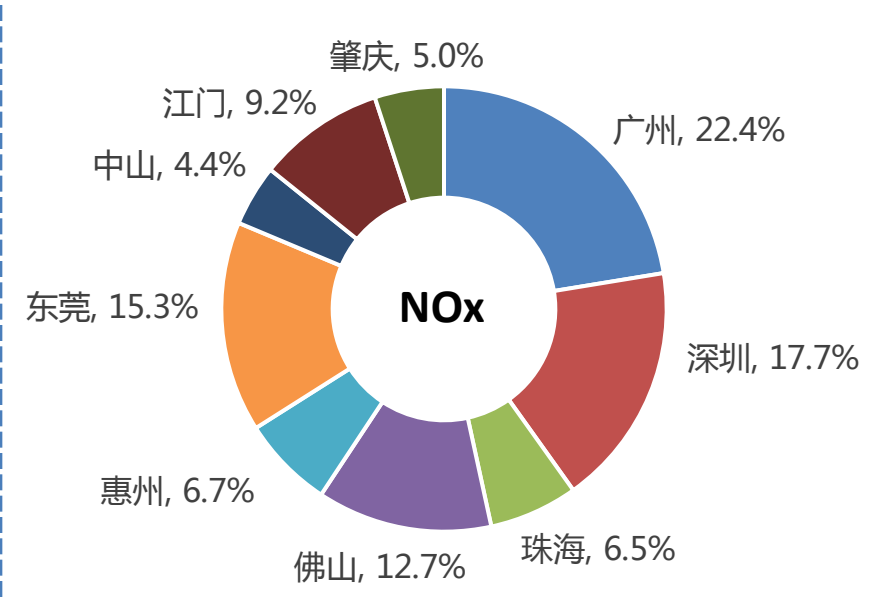
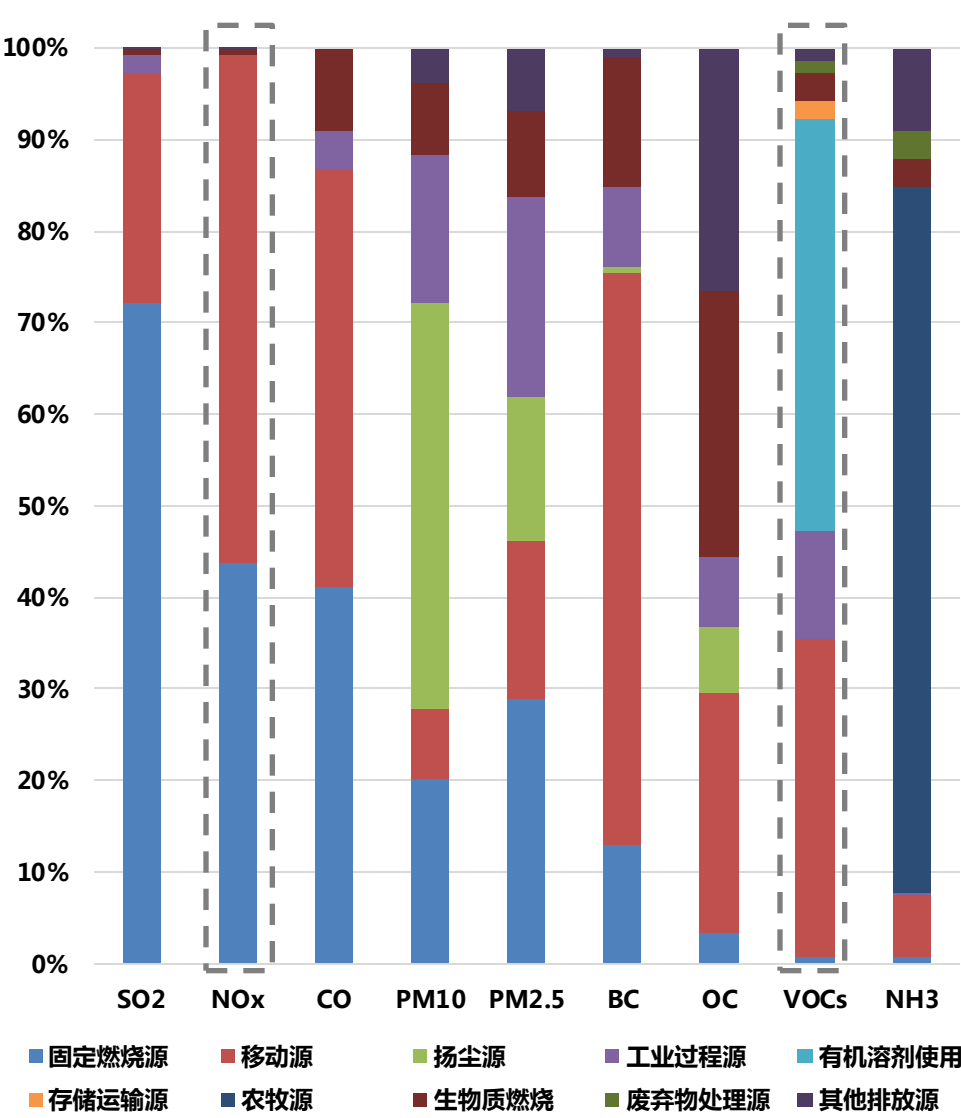
----人为源

2010–2015年间珠三角地区臭氧浓度变化趋势 和前体物排放量对比



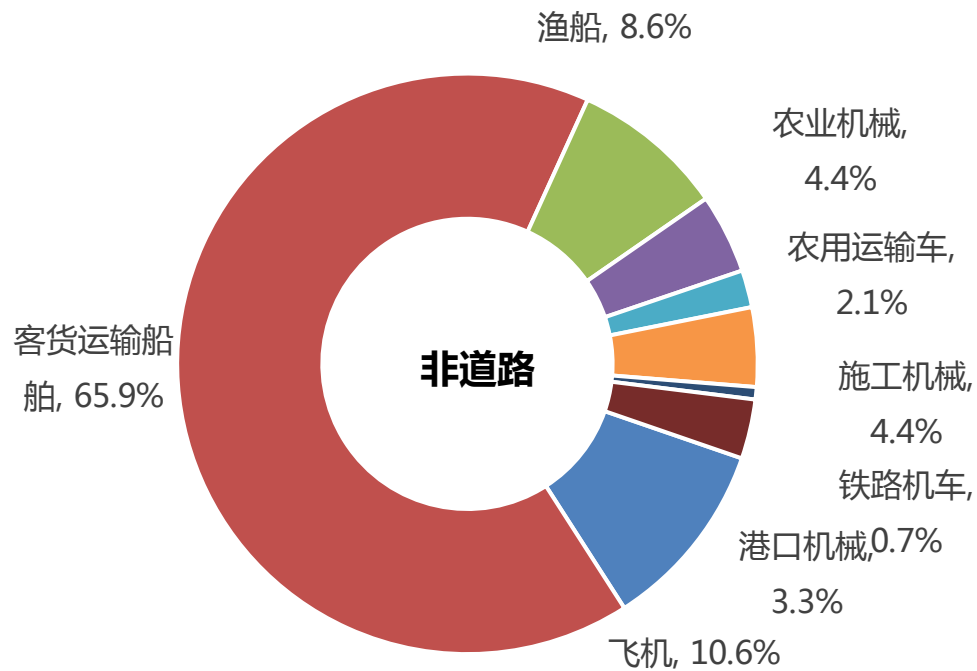
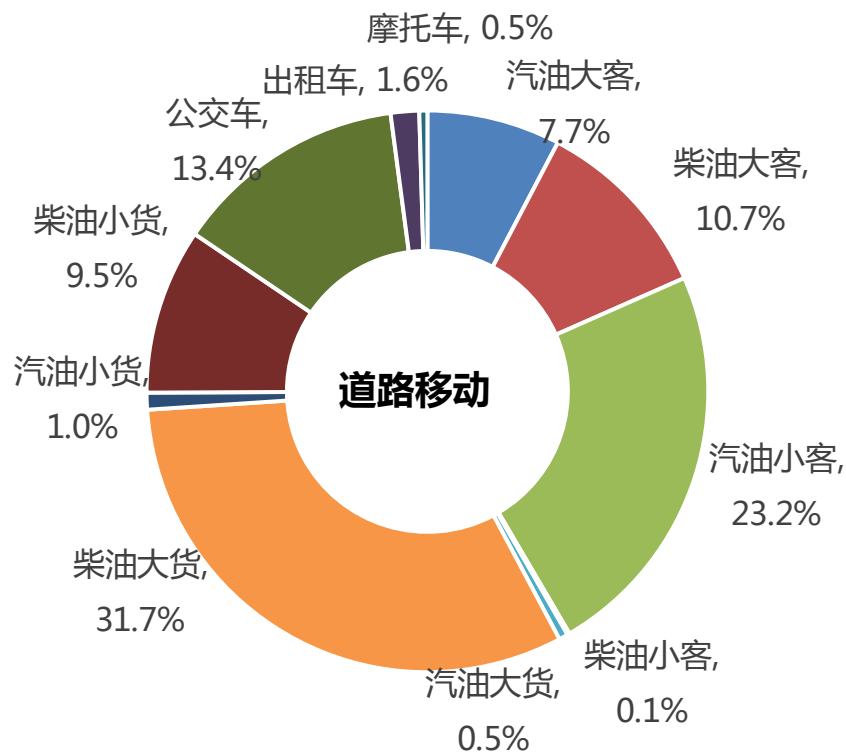
- NO_x的排放与浓度均有所下降
- VOCs的排放有所下降，但臭氧平均浓度没有下降
- 臭氧污染的控制显得特别困难

2014年珠三角大气污染物排放源清单初步结果

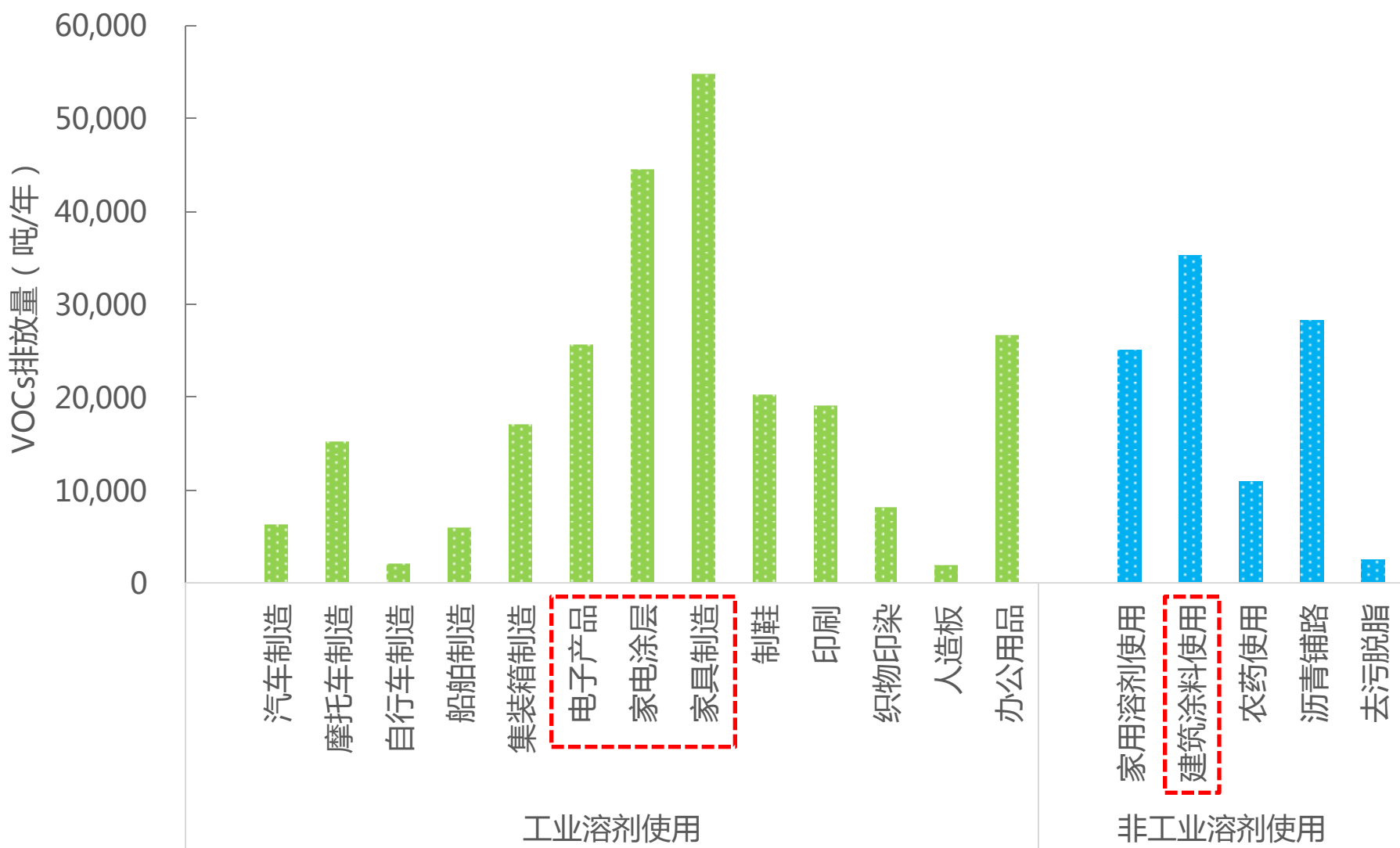


珠三角区域氮氧化物（NO_x）排放源贡献率

- NO_x排放贡献较大的机动车车型：柴油大货车>汽油小客车>公交车
- NO_x排放贡献较大的非道路机械类型：客货运输船舶>飞机>渔船

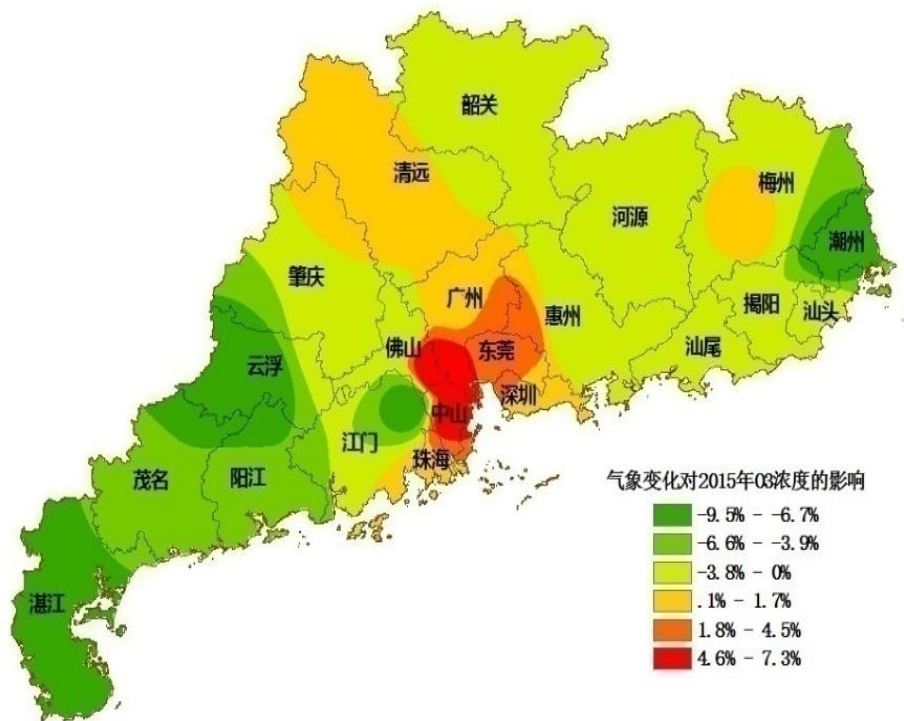


珠三角区域挥发性有机化合物（VOCs）排放源贡献率

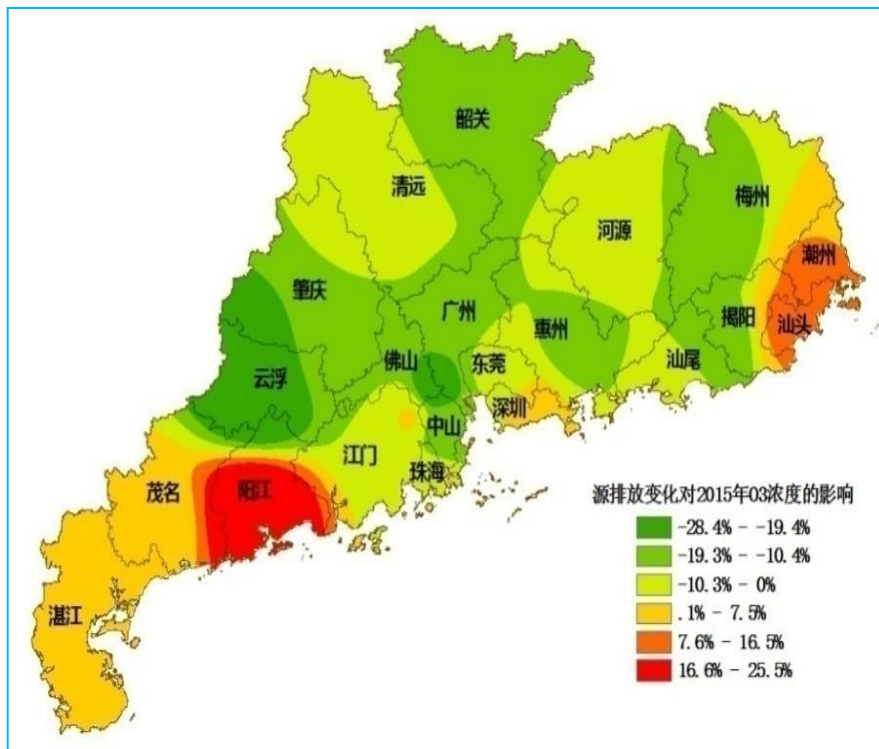


定量识别气象条件与污染源排放对O₃浓度影响

气象变化影响



源排放变化影响



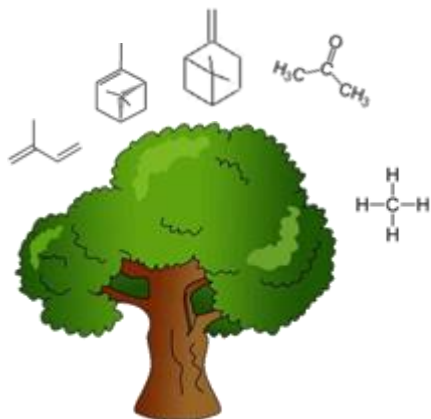
- 源排放变化对珠三角中部、云浮与揭阳等地O₃浓度变化有较强的削减作用，显示这些地区的减排工作较有效
- 粤东与粤西部分地区的源排放变化对臭氧污染起加剧的作用
- 广东省东部与西部大部分地区气象条件较有利于浓度下降

主要污染源影响分析

-----天然源

BVOCs排放表现出显著的多样性

化学多样性



➤目前被鉴定出来的BVOCs**超过100多种**，包括烷烃、烯烃、芳香烃和它们的氧化产物或衍生物（以醇、醛、酸为主）

➤**萜烯类化合物**（包括异戊二烯、单萜烯和倍半萜烯等）是最主要的一类BVOCs，其中**异戊二烯**、 **α -蒎烯**等少数物种的排放最显著

➤不同物种大气寿命差异显著， $<1\text{ hr} \sim >1\text{ day}$

生物多样性

➤**植物间**总BVOCs排放速率具有多样性， $\leq 0.01 \sim \geq 100\text{ }\mu\text{g g}^{-1}\text{ h}^{-1}$

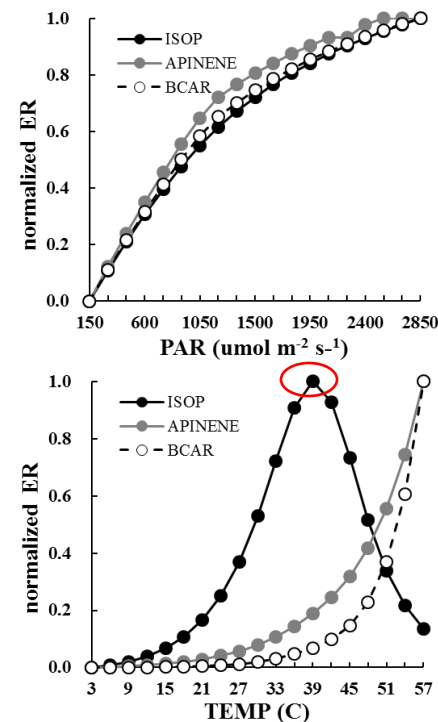
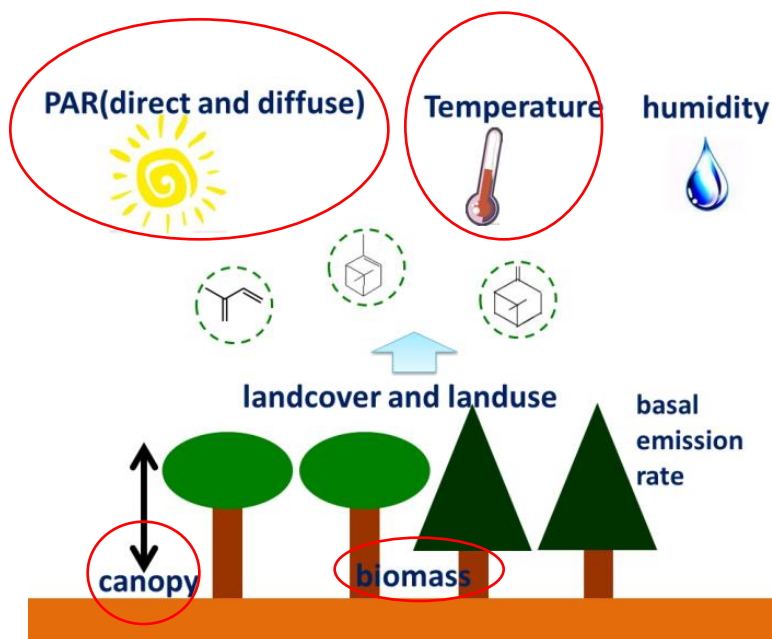
➤在**不同气候带同一物种**的BVOCs排放速率具有多样性，南方高于北方

➤**同属不同种**的植物的BVOCs排放速率和组成具有多样性

➤同一植物个体**不同生长阶段**的BVOCs排放具有多样性

➤不同植被类型的BVOCs排放“**指纹**”**特征**具有多样性

BVOCs排放表现出强烈的环境依赖性



植被冠层是叶片分布的主要部位，其内部的风速、温度、湿度和辐射分布是不均匀(Yi, 2008)，造成冠层内BVOCs排放的不均匀

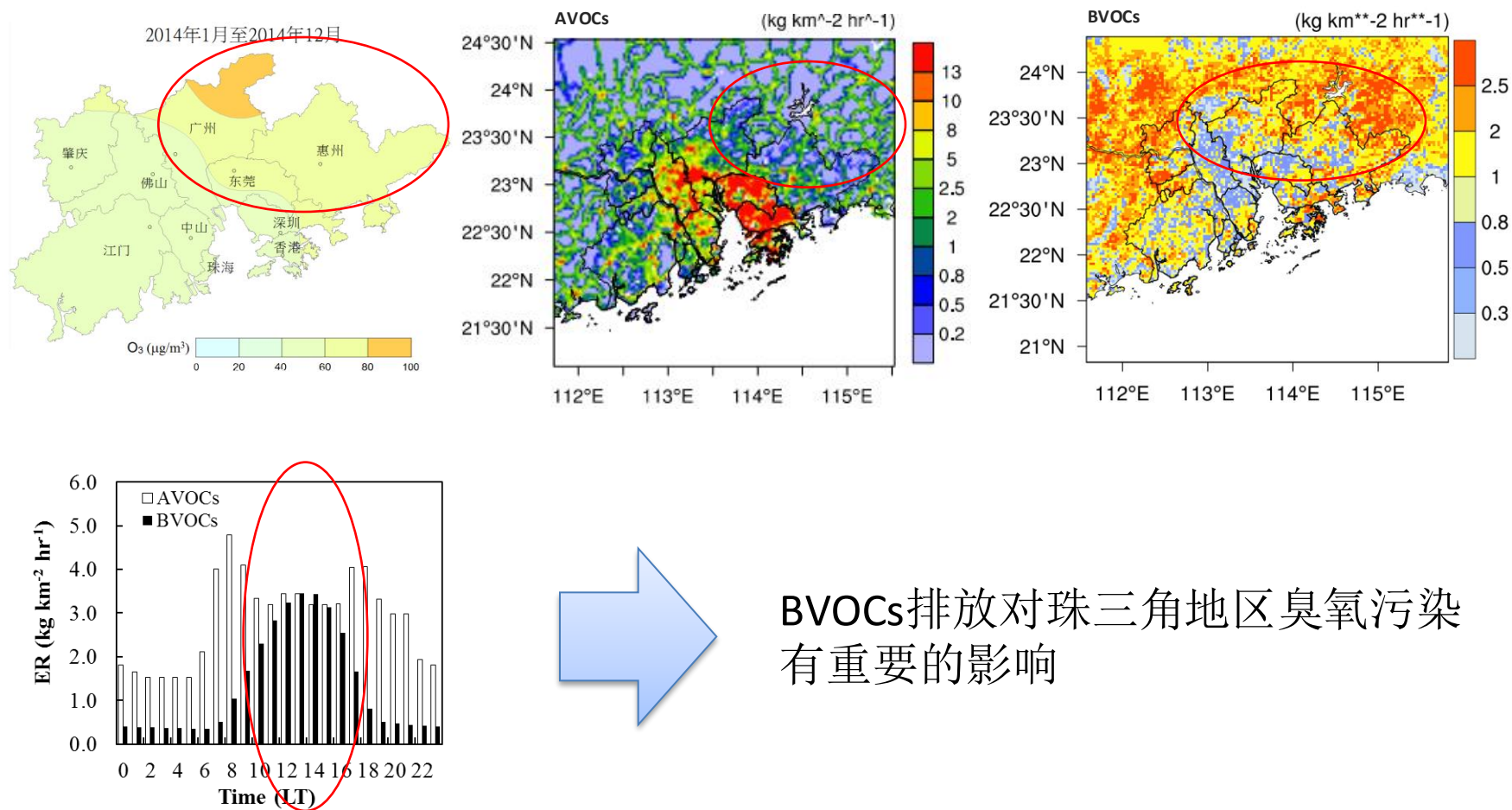
不同地区BVOCs排放通量比较

范围	面积 ($\times 10^4 \text{ km}^2$)	异戊 二烯	单萜烯	倍半 萜烯	参考文献
珠三角	4.97	1.55	1.32	0.09	本研究
	4.70	1.36	1.89		Zheng et al., 2010
香港	0.11	2.36	3.09		Tsui et al., 2009
北京	1.80	0.89	0.22		Wang et al., 2003
中国	962	0.42	0.36		Klinger et al., 2002
		0.80	0.33		Tie et al., 2006
北美地区	2400	1.22	0.75		Guenther et al., 2000
全球（陆地）	14680	3.43	0.87		Guenther et al., 1995

略低于香港地区，这可能与植被覆盖类型和覆盖率有关

高于北京地区，这主要是因为（1）植被覆盖高于北京地区；（2）光热高于北京地区。

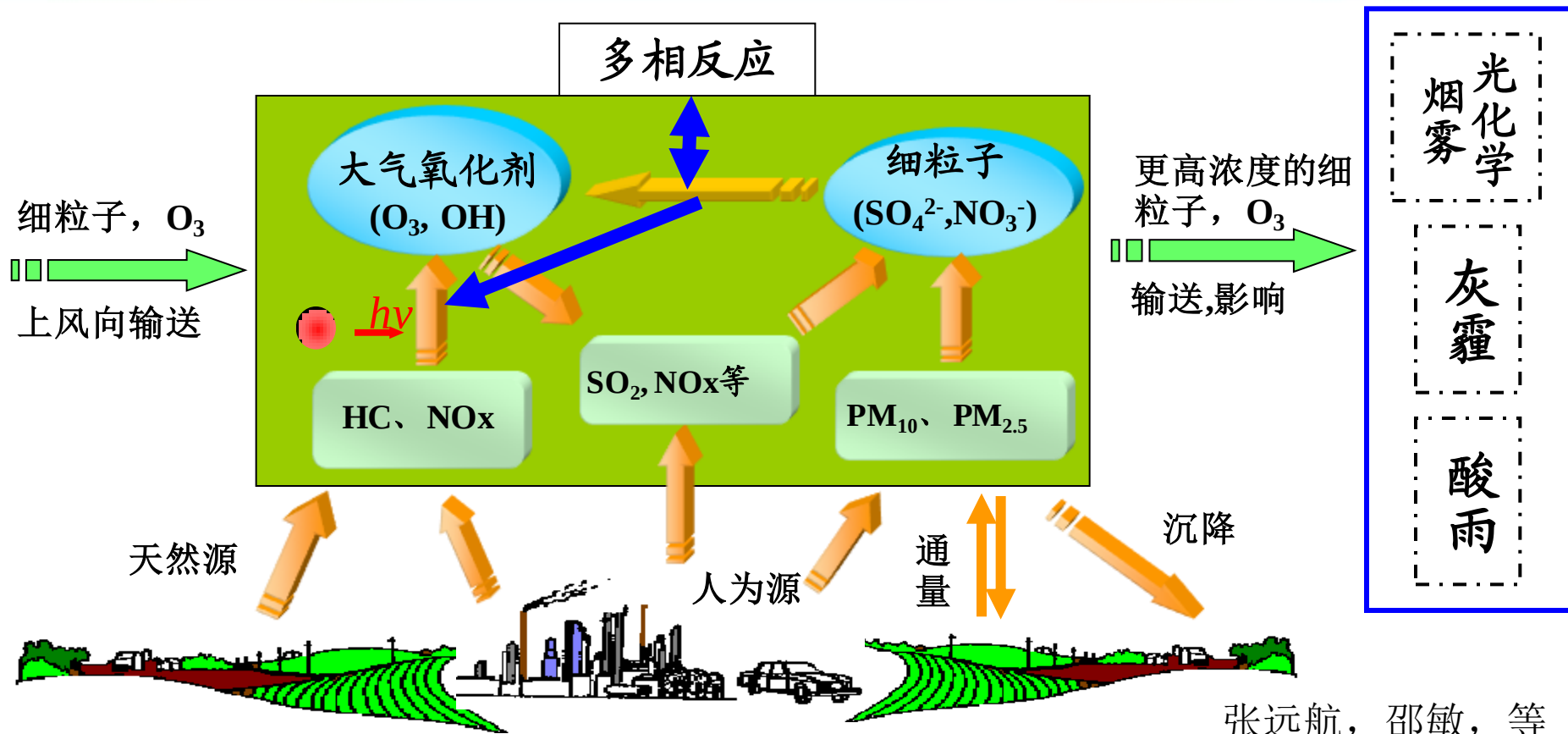
BVOCs排放对珠三角臭氧污染的潜在影响



BVOCs排放对珠三角地区臭氧污染有重要的影响

本地排放**叠加**区域输送对臭氧污染 的影响分析

复杂的大气复合污染问题



张远航, 邵敏, 等

- 多种污染物共存
- 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}

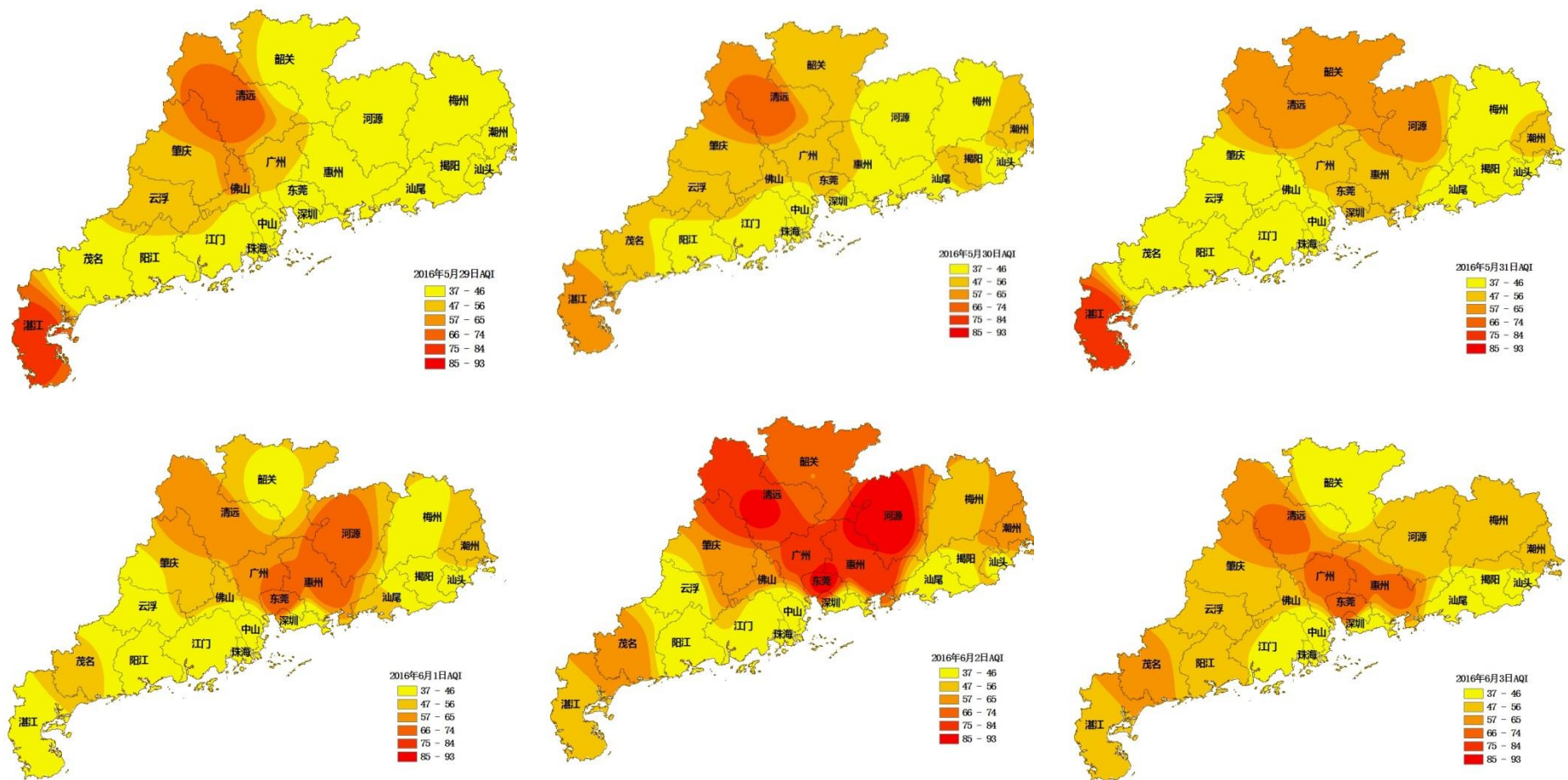
夏季近地面物污染传输路径

受夏季南海季风影响，排放源强度较高的广佛莞肇地区污染气团会扩散至粤北及粤东北地区。



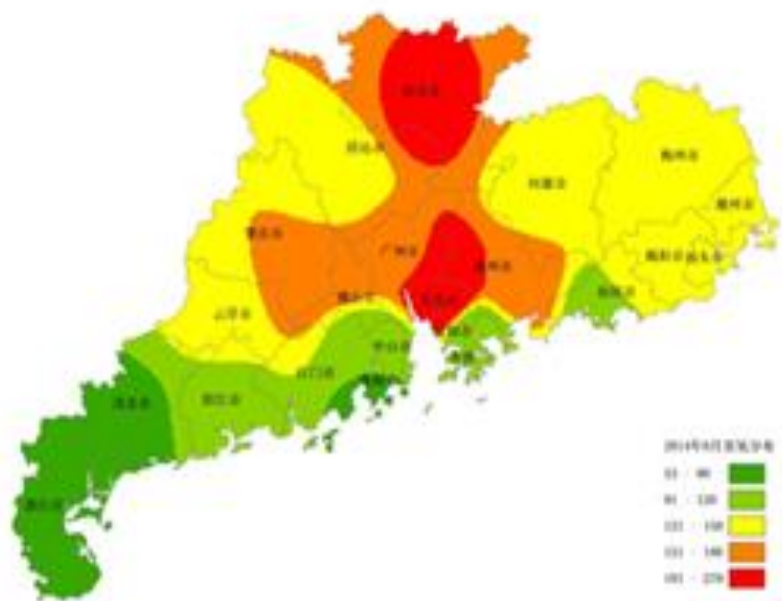
区域输送对O3的影响

夏季受偏南气流的影响，珠三角等地的污染物向东北输送，清远、韶关与河源等地的臭氧浓度一般会略高于其它地区

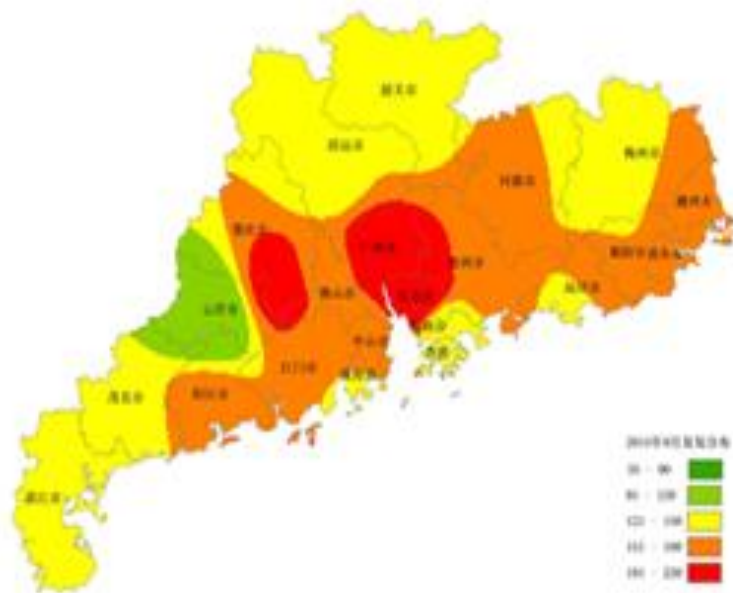


本地排放叠加区域输送对O₃的影响

主导风向改变导致臭氧部分污染区域相应改变



2014年8月
偏南主导风向影响



2015年9月
偏北主导风向影响

综合观测与分析诊断

点位最终选取结果



点位属性:

5个区域点位: 天湖、磨碟沙、万顷沙、端芬、西角

2个超级站: 花果山、西丽

3个城市点位: 城中、吉大、南城元岭，其中城中、吉大和南城元岭属于国控点位。

点位补充说明:

- *PM_{2.5}敏感区点位: 城中
- *O₃敏感区点位: 吉大、南城元岭
- *对照点位: 天湖

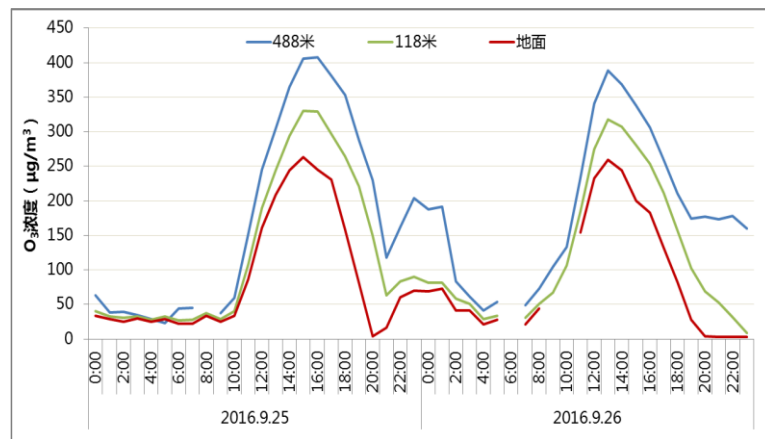
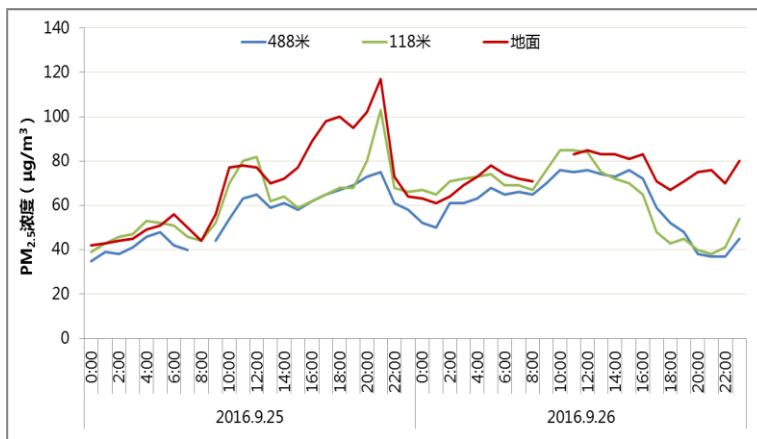
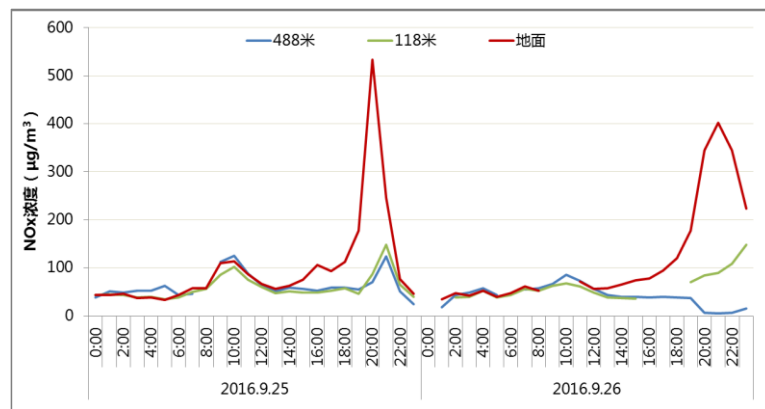
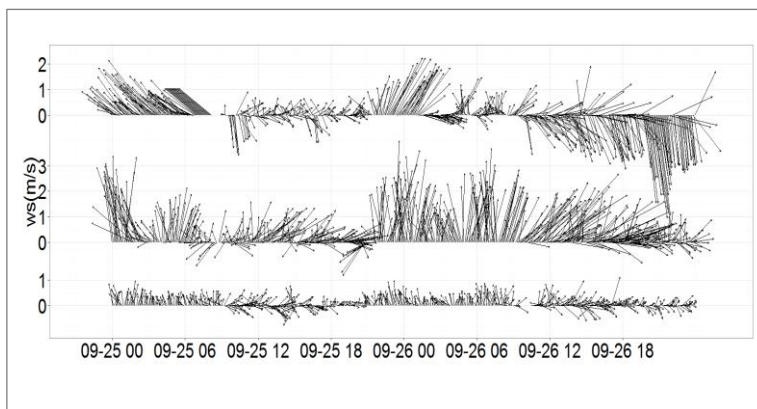
	百分位数	SO ₂ μg/m ³	NO ₂ μg/m ³	PM ₁₀ μg/m ³	CO mg/m ³	O ₃ μg/m ³	PM _{2.5} μg/m ³
62个监测点位月均值		10.53	27.05	45.27	0.79	41.03	29.03
选取10个监测点位月均值	30	9.60	20.15	43.35	0.64	46.64	28.51
相对误差		-8.8%	-25.5%	-4.2%	-18.6%	13.7%	-1.8%
62个监测点位月均值		14.61	35.34	56.62	0.93	50.38	37.24
选取10个监测点位月均值	50	13.75	30.11	54.67	0.77	55.37	34.50
相对误差		-5.9%	-14.8%	-3.5%	-17.4%	9.9%	-7.4%
62个监测点位月均值		22.61	51.02	80.80	1.21	68.06	55.31
选取10个监测点位月均值	80	23.12	47.26	78.12	1.01	72.66	50.61
相对误差		2.2%	-7.4%	-3.3%	-16.3%	6.8%	-8.5%
62个监测点位月均值		28.27	60.44	95.11	1.38	78.87	66.31
选取10个监测点位月均值	90	28.93	57.18	94.25	1.20	87.34	62.44
相对误差		-2.1%	-14.5%	-3.3%	-15.8%	10.6%	-5.8%

CO的代表性较差，对NO₂浓度小的时候代表性较差。
 选取的十个点位对其余几种污染物的代表性都较好！

臭氧生成优势物种

优势物种	MIR	浓度 (10^{-9})	OFP (10^{-9})
异戊二烯	10.61	0.92	9.76
甲苯	4.00	1.55	6.21
乙烯	9.00	0.53	4.79
丙烯	11.66	0.22	2.59
对二甲苯	9.75	0.17	1.71
异戊烷	1.45	0.62	0.90
正丁烷	1.15	0.74	0.85
正己烷	1.24	0.59	0.73
丙烷	0.49	1.32	0.65
邻二甲苯	7.64	0.08	0.63
总浓度	*	6.74	28.82
TVOC贡献	*	63.9%	81.7%

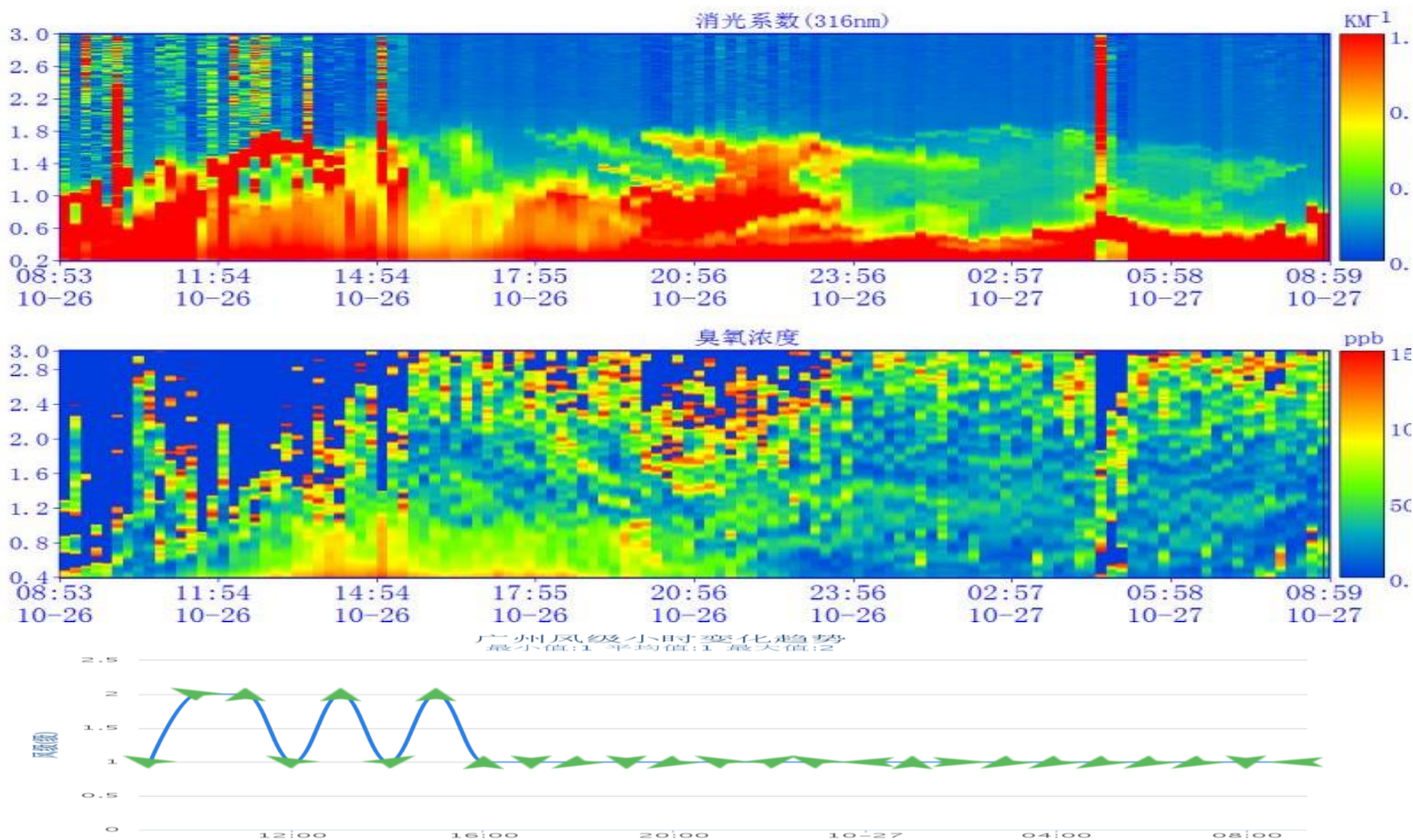
研究PM_{2.5}和O₃立体污染特征



存在复杂的生成机制，以及臭氧的区域输送现象

来源：广州市环境监测中心站

研究PM_{2.5}和O₃立体污染特征



从消光可以发现，**27日夜间0时~8时**为静稳天气，低空颗粒物累计较严重。

高空臭氧对地面臭氧影响较小，地面臭氧浓度较低。[广东省环境监测中心](#)、[中科院安徽光机所和安光中心](#)

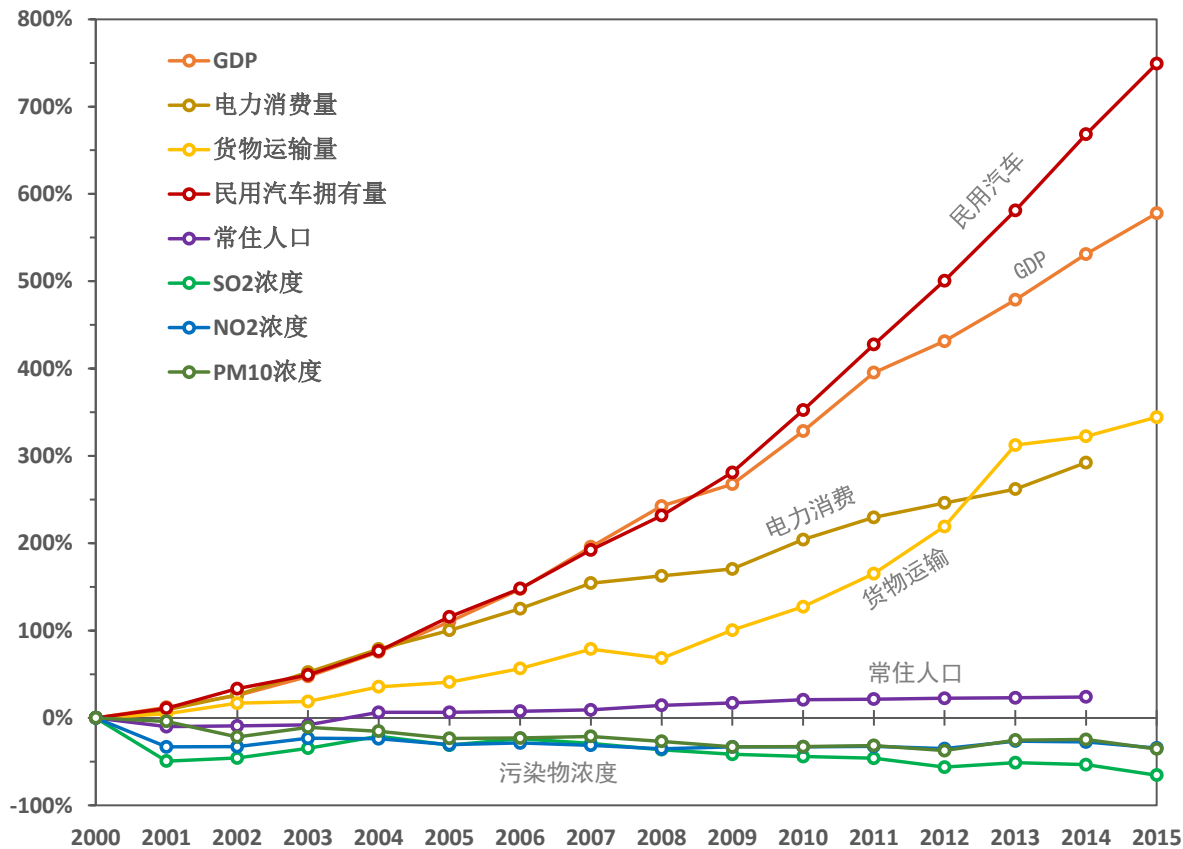
报告提纲

一、空气污染现状与趋势

二、臭氧污染的成因分析

三、主要的污染防治建议

广东率先走上经济发展和环境改善双赢道路



- **GDP**增长 578%
- **电力**消费增长 292%
- **货物**运输增长 344%
- **民用汽车**增长 749%
- **常住**人口增长 24%
- **SO₂**浓度降低 57%
- **NO₂**浓度降低 34%
- **PM₁₀**浓度降低 41%

精准治污全面实施城市空气质量达标管理

治气思路：以PM_{2.5}和O₃为核心，实施多污染物协同控制

珠三角地区

重点污染物：氮氧化物和VOCs协同控制

- 电厂、工业锅炉
- 机动车
- 船舶码头等非道路移动源
- 石化、集装箱、印刷、汽车涂装等13个VOCs重点行业

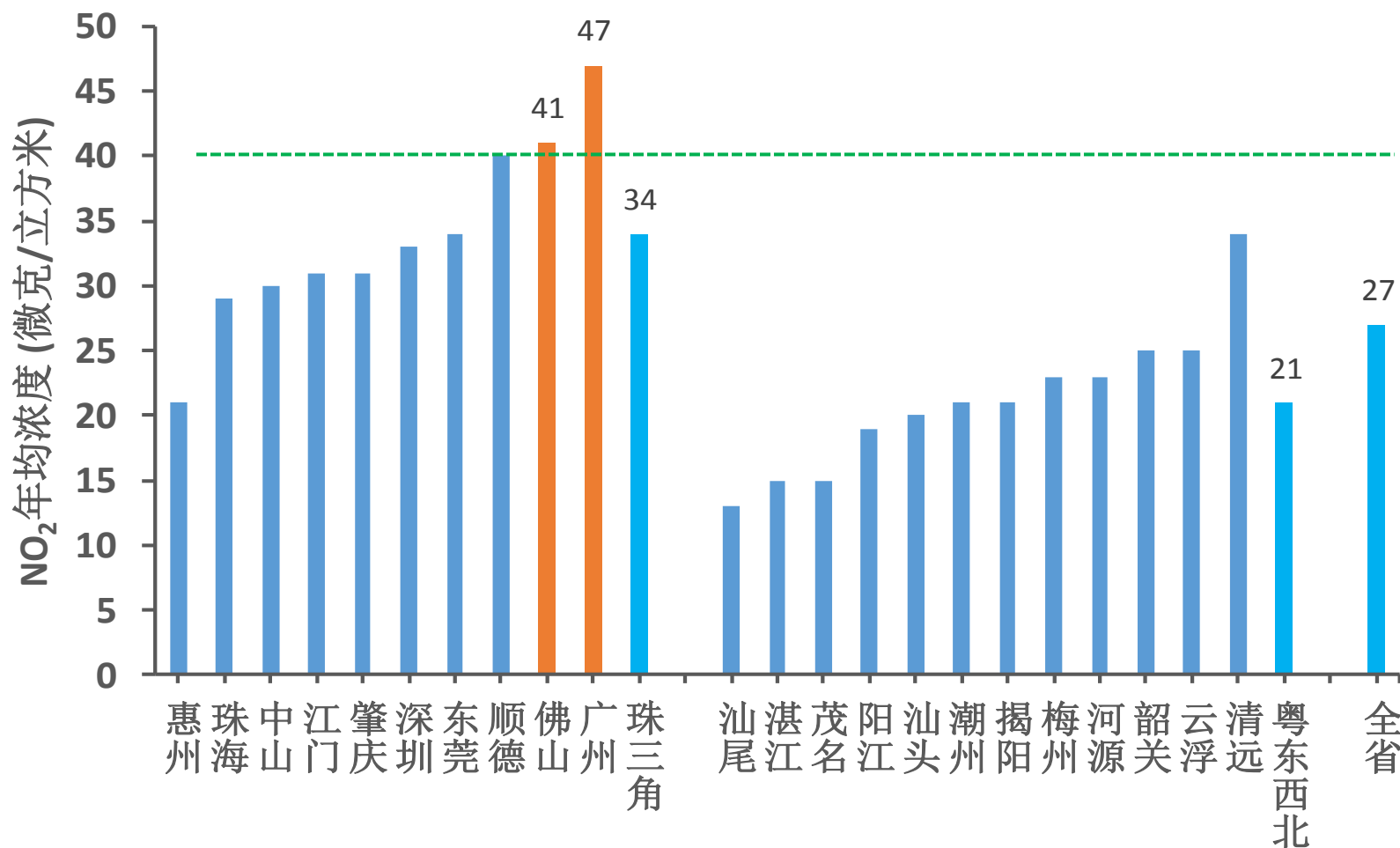
粤东西北地区

重点污染物：颗粒物和氮氧化物

- 电厂、工业锅炉
- 水泥、陶瓷、玻璃、钢铁、石化
- 机动车
- 扬尘与露天焚烧

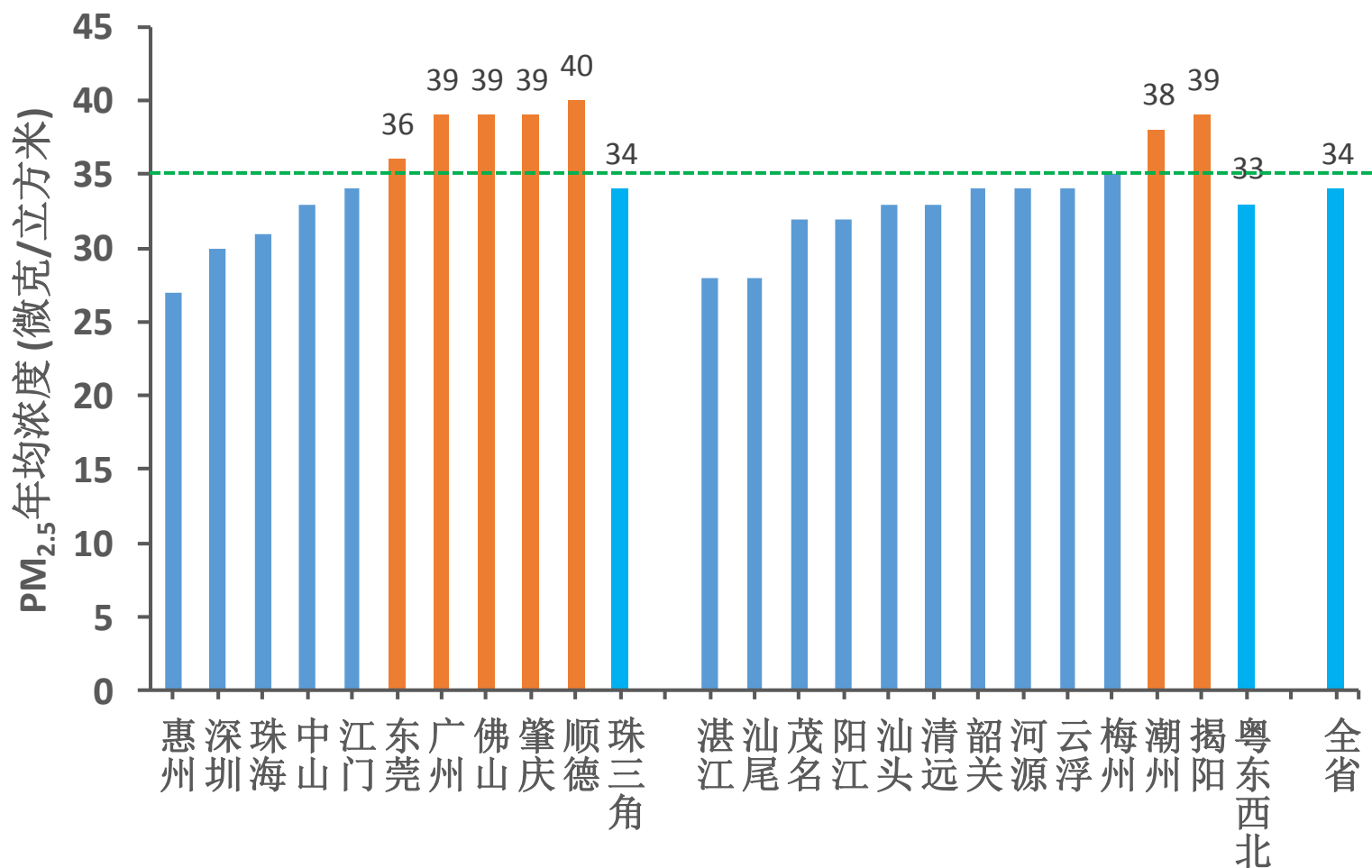
1-力促短板城市实现空气质量达标

2015年各城市NO₂浓度年均值



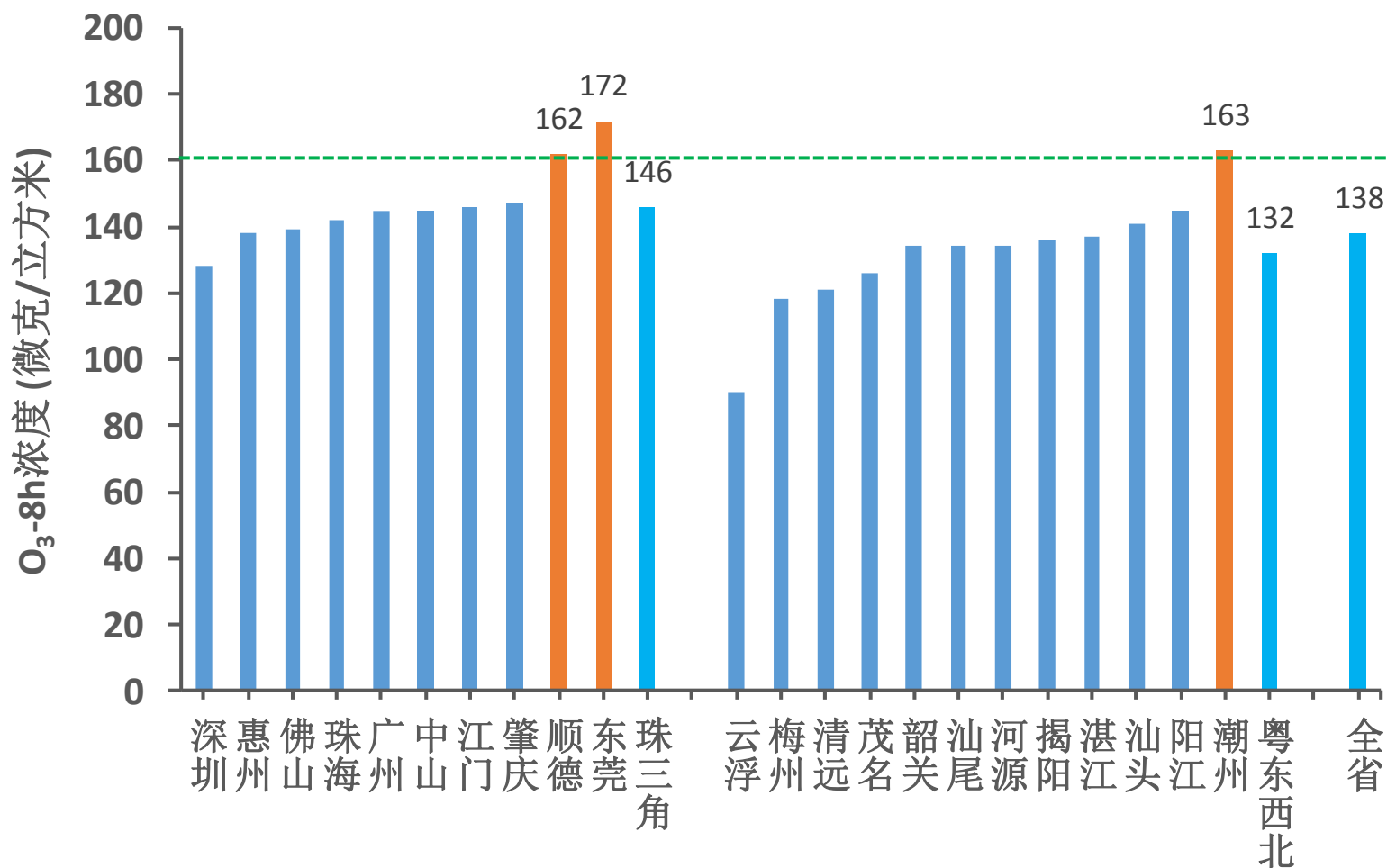
1-力促短板城市实现空气质量达标

2015年PM_{2.5}未达标城市：珠三角5个，粤东西北2个

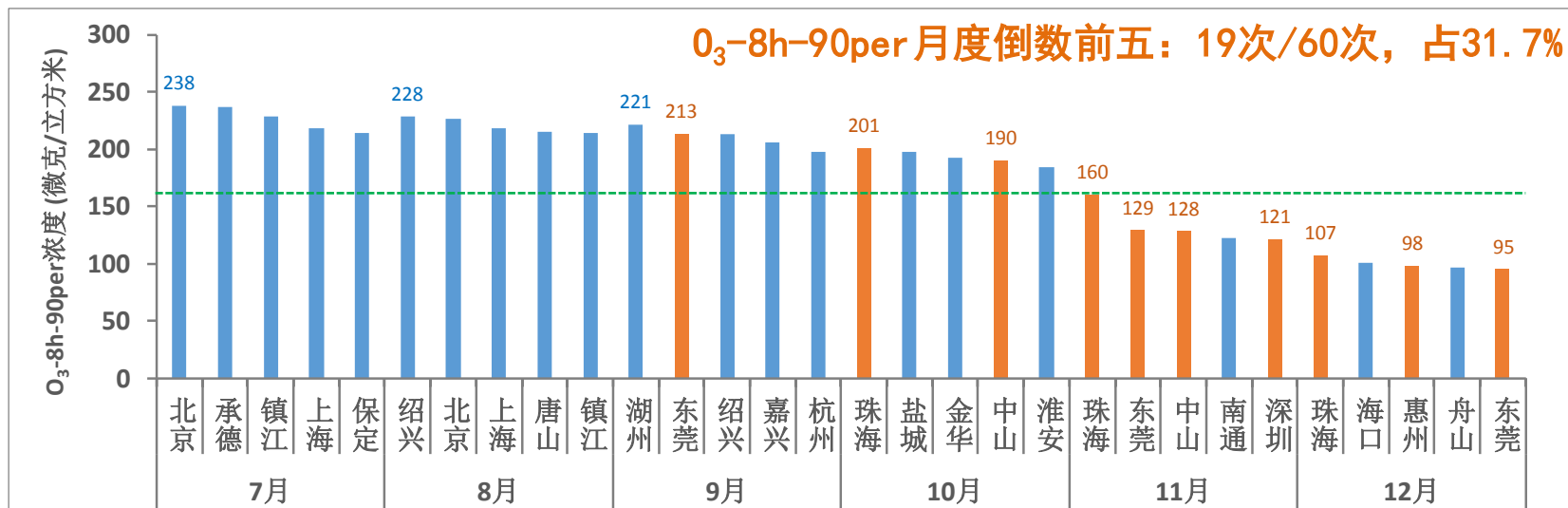
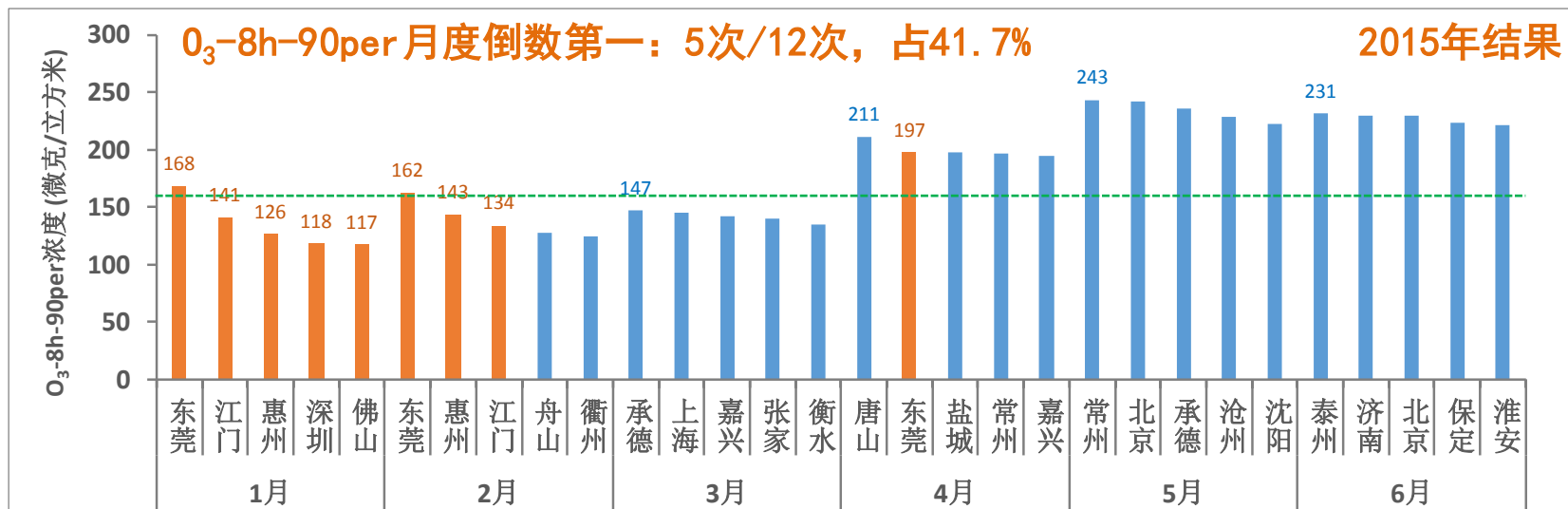


1-力促短板城市实现空气质量达标

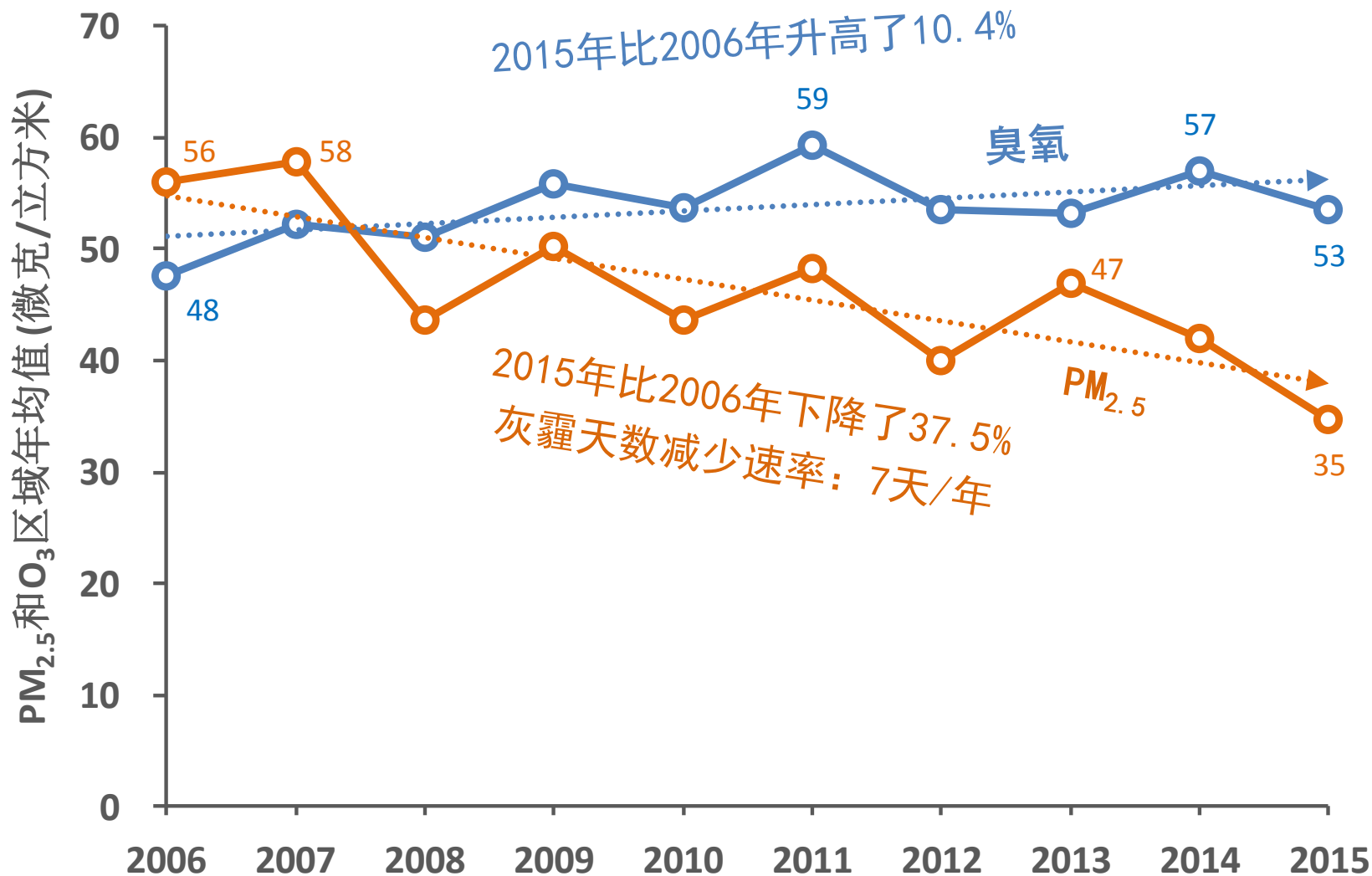
2015年O₃未达标城市：珠三角2个，粤东西北1个



2-高度认识臭氧污染形势的严峻性

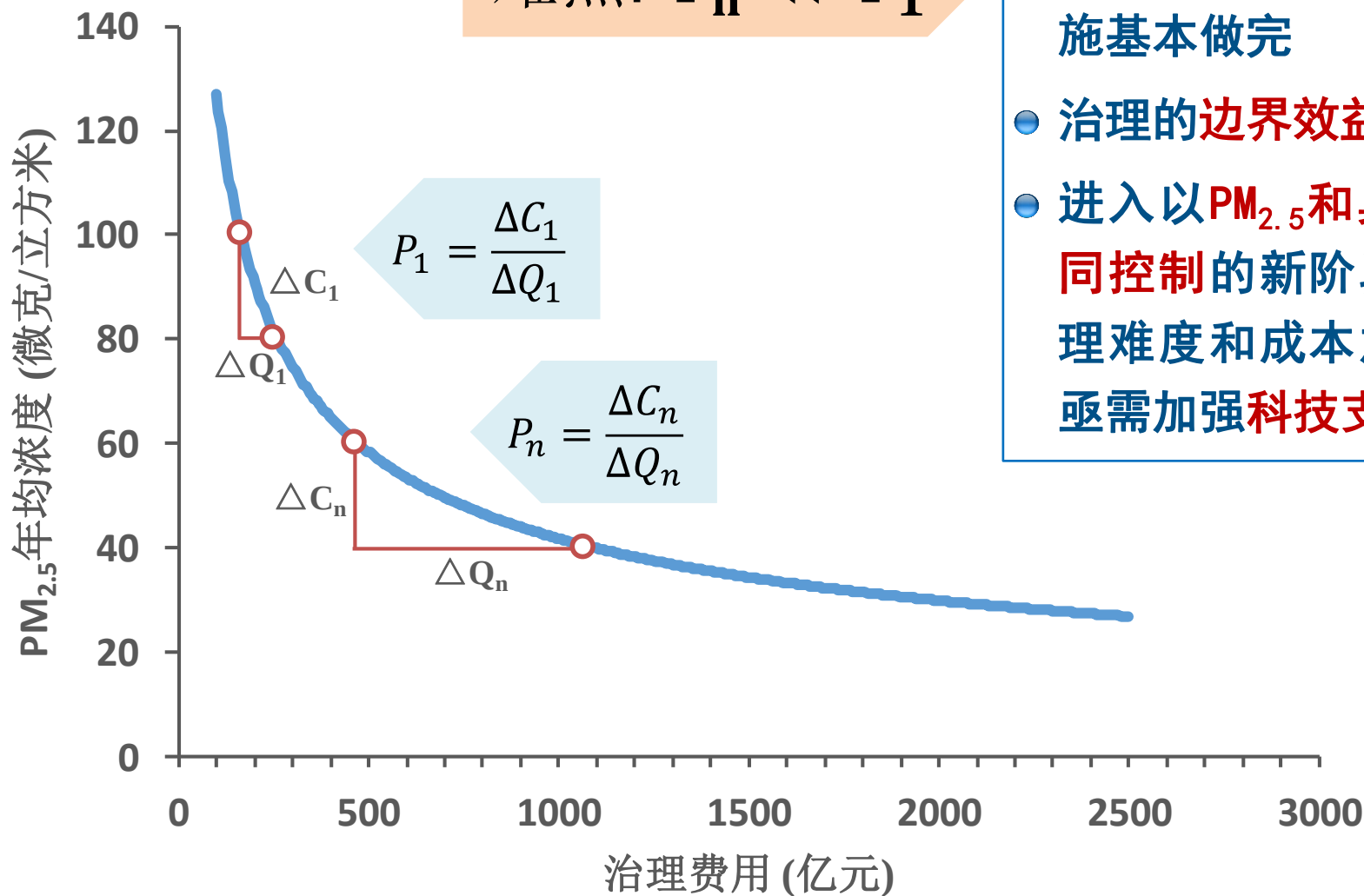


2-高度认识臭氧污染形势的严峻性



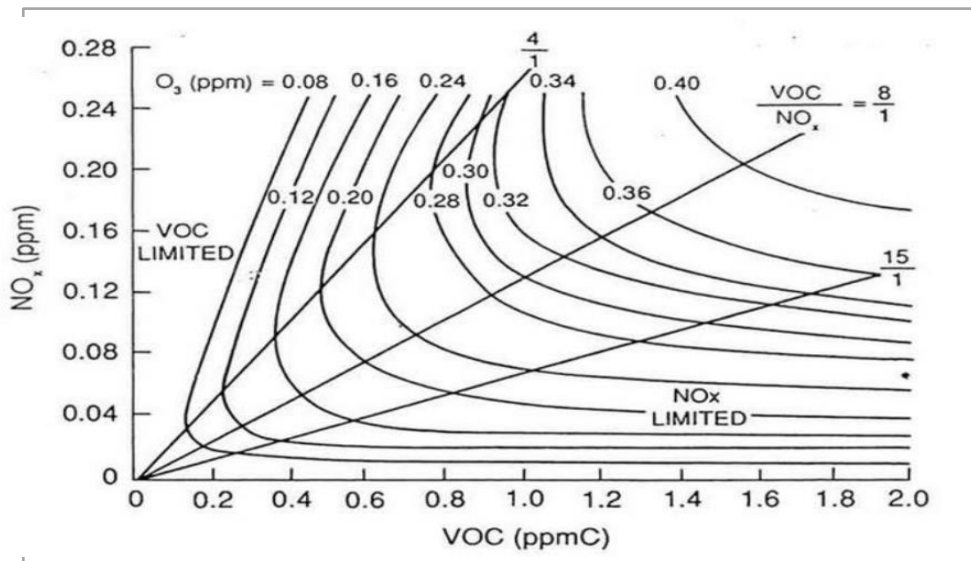
2-高度认识臭氧污染形势的严峻性

难点: $P_n \ll P_1$



- 容易做且见效快的措施基本做完
- 治理的边界效益递减
- 进入以PM_{2.5}和臭氧协同控制的新阶段，治理难度和成本加大，亟需加强科技支撑

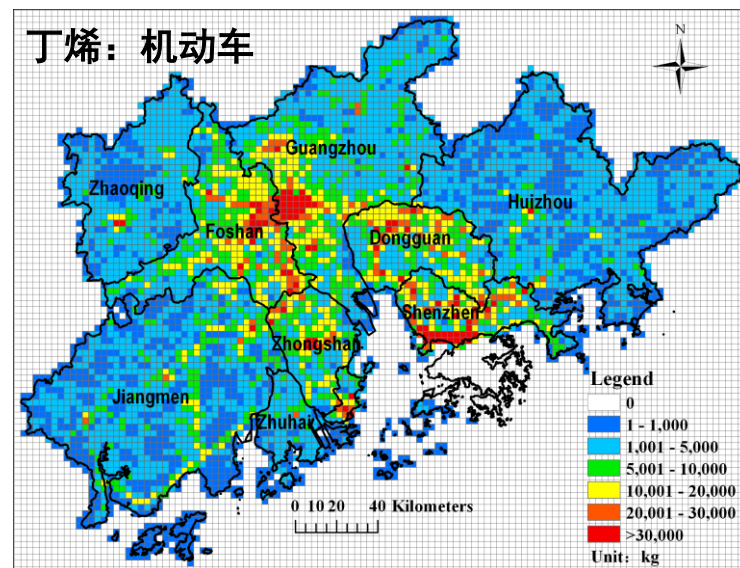
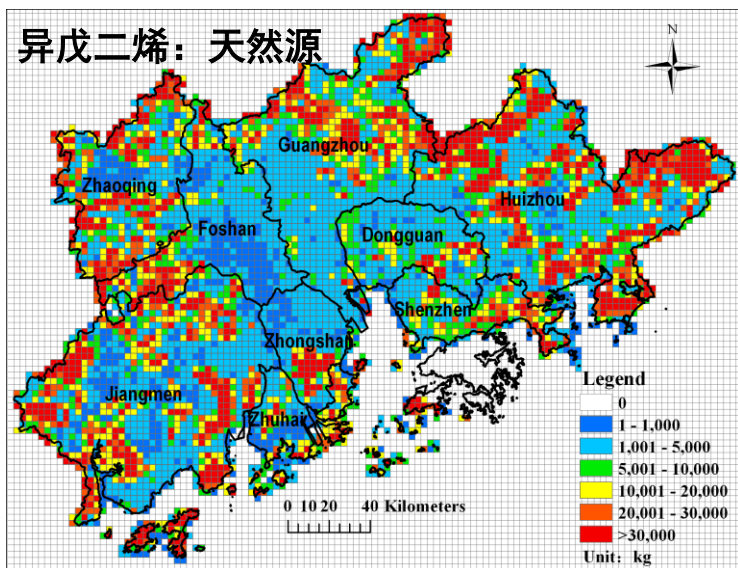
3-处理好臭氧前体物减排的配比关系



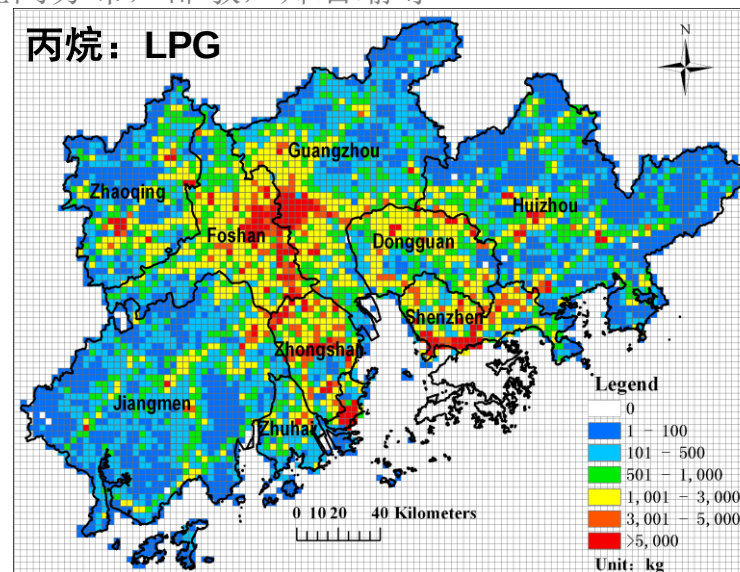
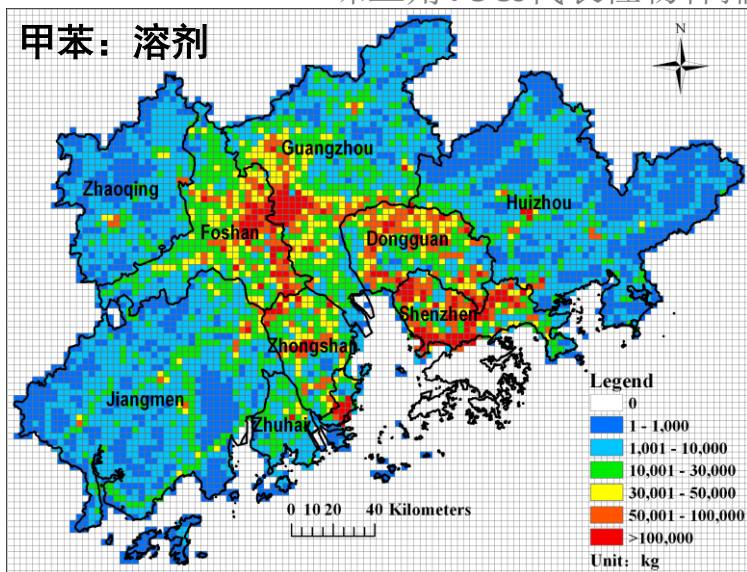
NO_x与VOCs排放总量控制

- **NO_x (实招)**：脱硝、超洁净排放技术(近零排放技术)、低氮燃烧、燃煤总量控制、机动车控制；且集中
- **VOCs (虚招)**：缺乏法律、标准、技术、监管等手段；且量大面广

VOCs减排：从空间到总量到关键性组分

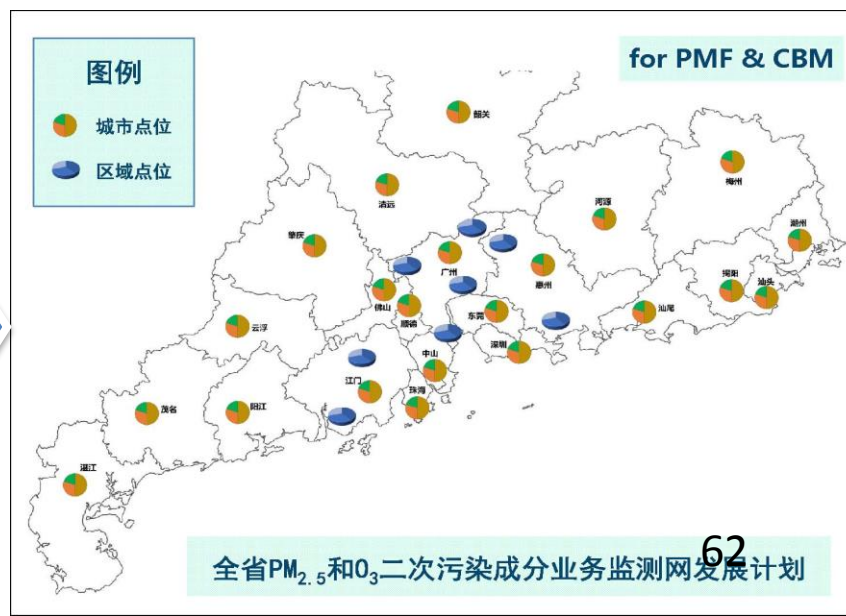
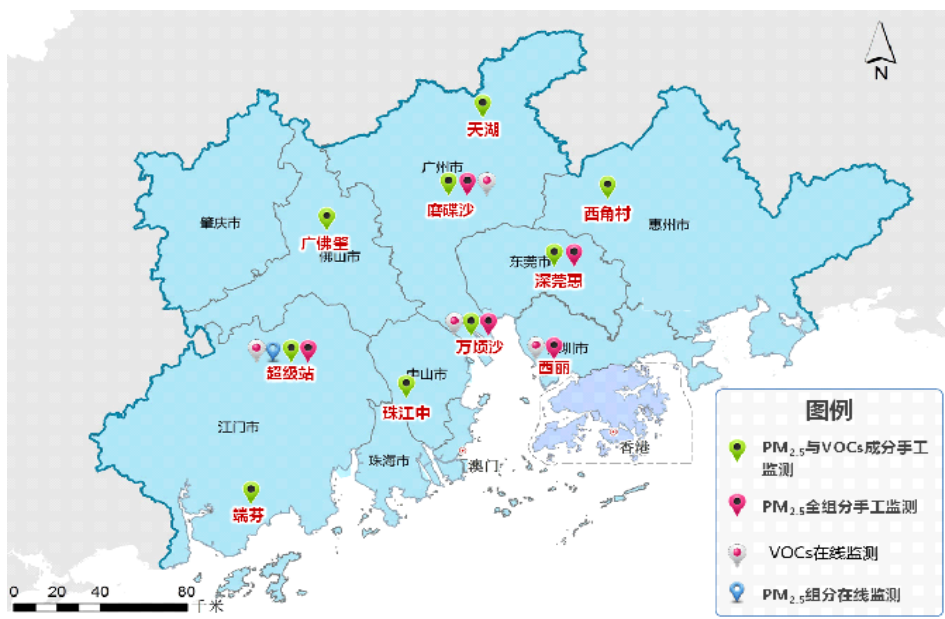


珠三角VOCs代表性物种排放量的空间分布，邵敏，郑君瑜等

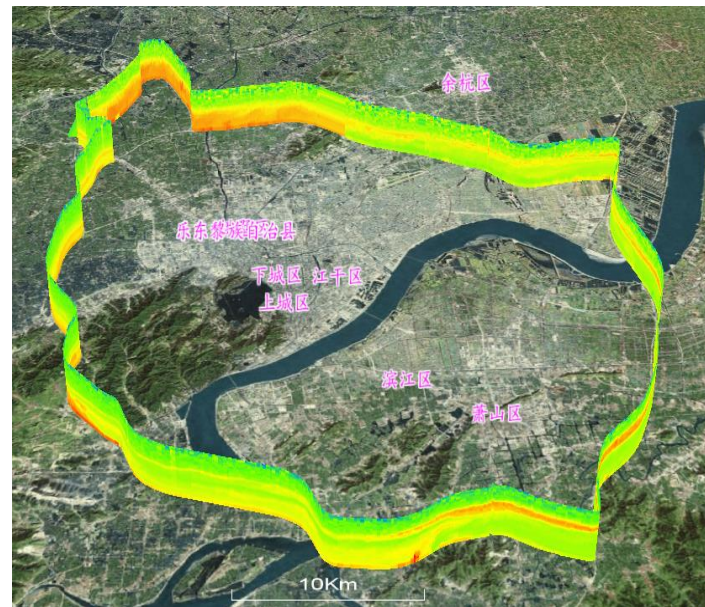
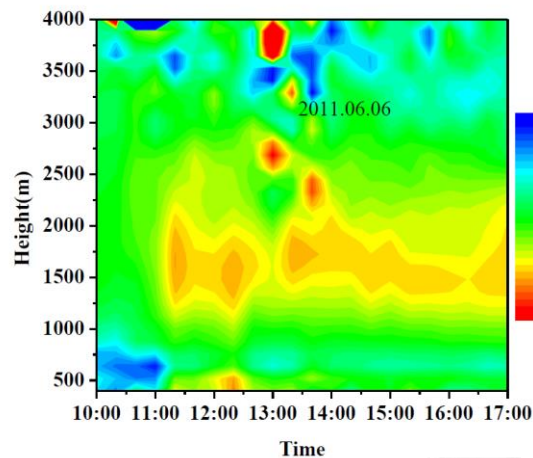


4、逐步建立PM_{2.5}和VOCs成分监测网络

- 逐步增加二次成分网点位数量，在粤东西北地区加设多个站点，将其覆盖范围由**珠三角**逐步扩大**至全省**
- 提高二次成分网监测能力，配置一批高时间分辨率、高性能的PM_{2.5}组分和大气VOC组分在线监测设备（如在超级站增配AMS和PTR-MS），并实现二次成分网业务化运行
- 搭建二次成分数据管理平台，推动实现基于PM_{2.5}和VOC监测结果的在线源解析。



逐步开展臭氧及颗粒物的垂直监测业务



卫星遥感监测

OMI. 整层信息。易受云雨影响。资料缺失度较高。



地基光度计监测

Brewer. 整层信息。精细化度不高。中国仅有昆明一个站。



飞机机载监测

@2km. 污染物的对流层信息。受天气、代价因素限制。



近地面监测

20m以下。无法说清污染物的来源、趋势。



高层

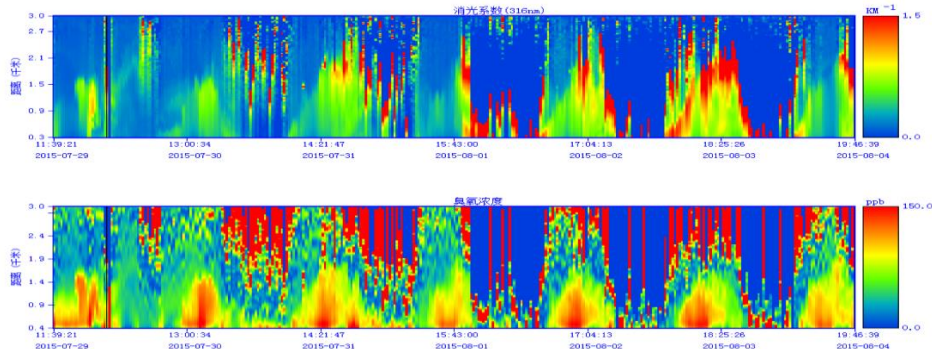
平流层

对流层

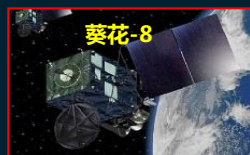
边界层

系留气球监测

2km以下廓线。空间分辨率差。放空要求。无法实时在线。



建立区域大气立体监测网



地面监测、雷达探测、卫星遥测



图例



城市站

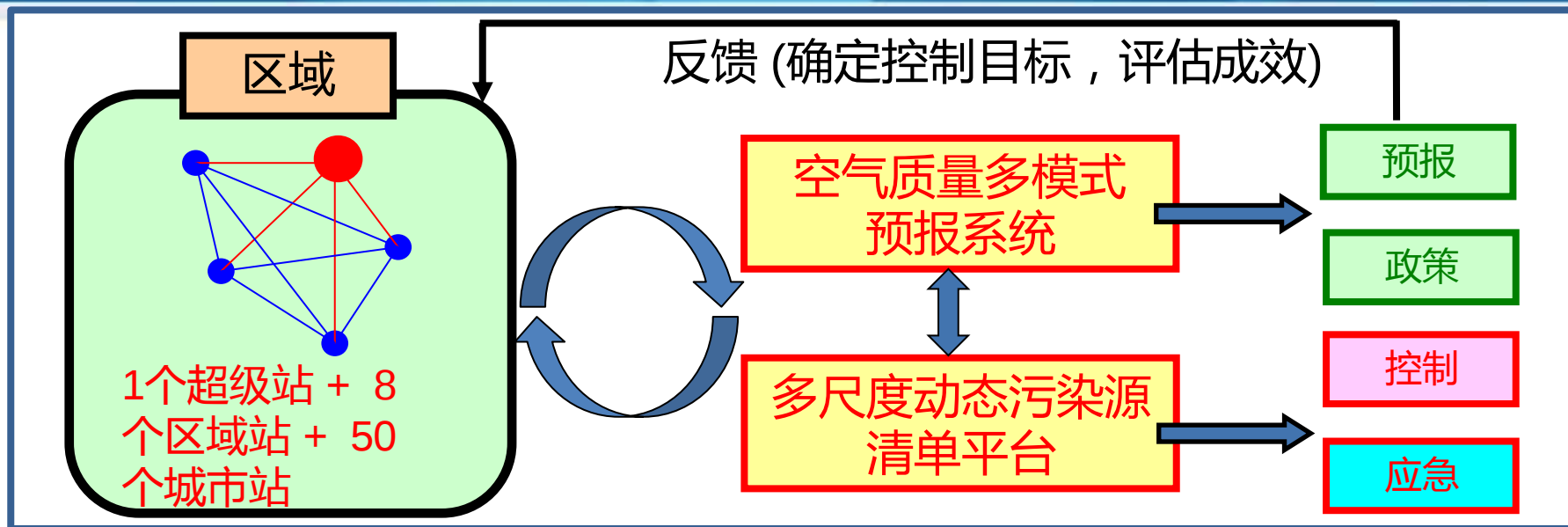


区域站

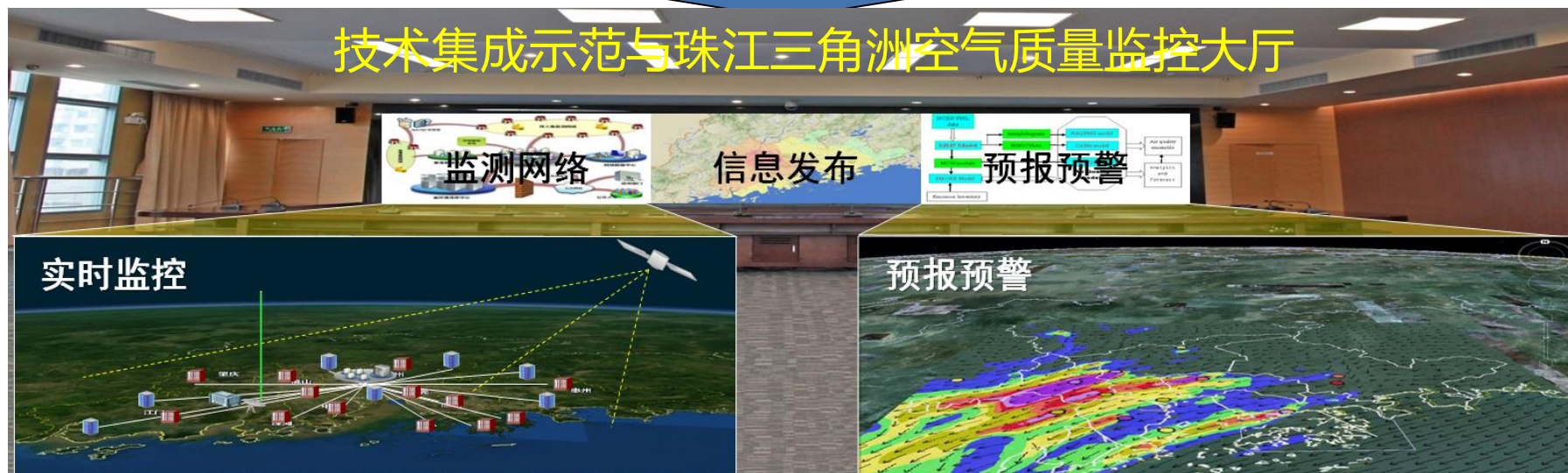


超级站

5-建立大气复合污染立体监测预警系统



技术集成示范与珠江三角洲空气质量监控大厅



监测和预报技术支撑空气质量精细化管理



谢谢各位领导和专家！

请指正

（ 陈多宏：13710967699@139.com ）

