



成都市臭氧前体物协同控制与VOCs减排

成都市环境保护科学研究院 宋丹林

2020年10月28日 大连

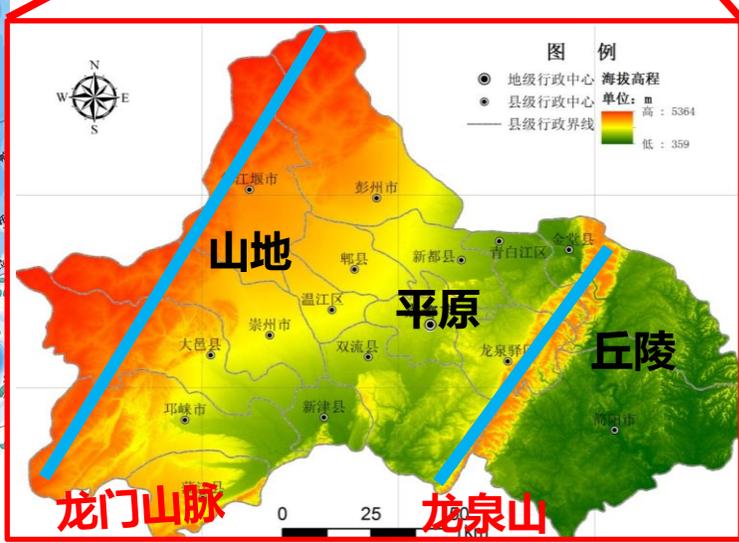


目录

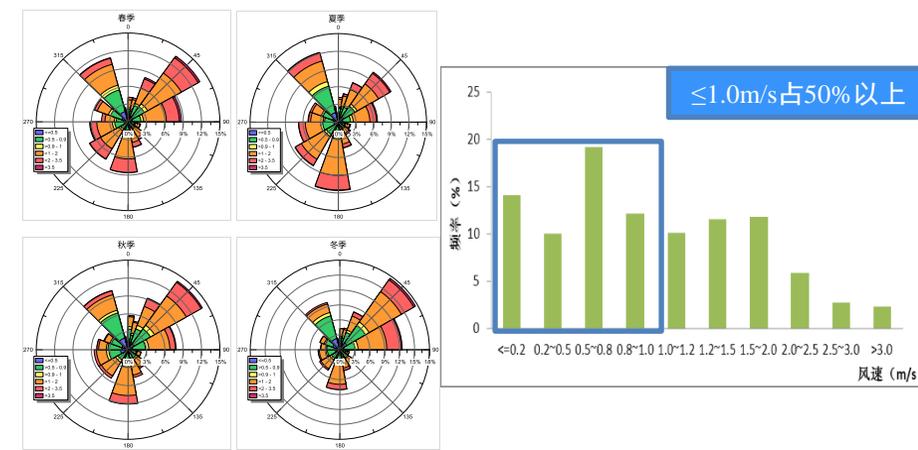
CONTENTS

- 01 成都市臭氧及前体物污染形势
- 02 NO_x和VOCs管控实践
- 03 面临的难点与挑战

自然地理与气候特征——典型盆地特征

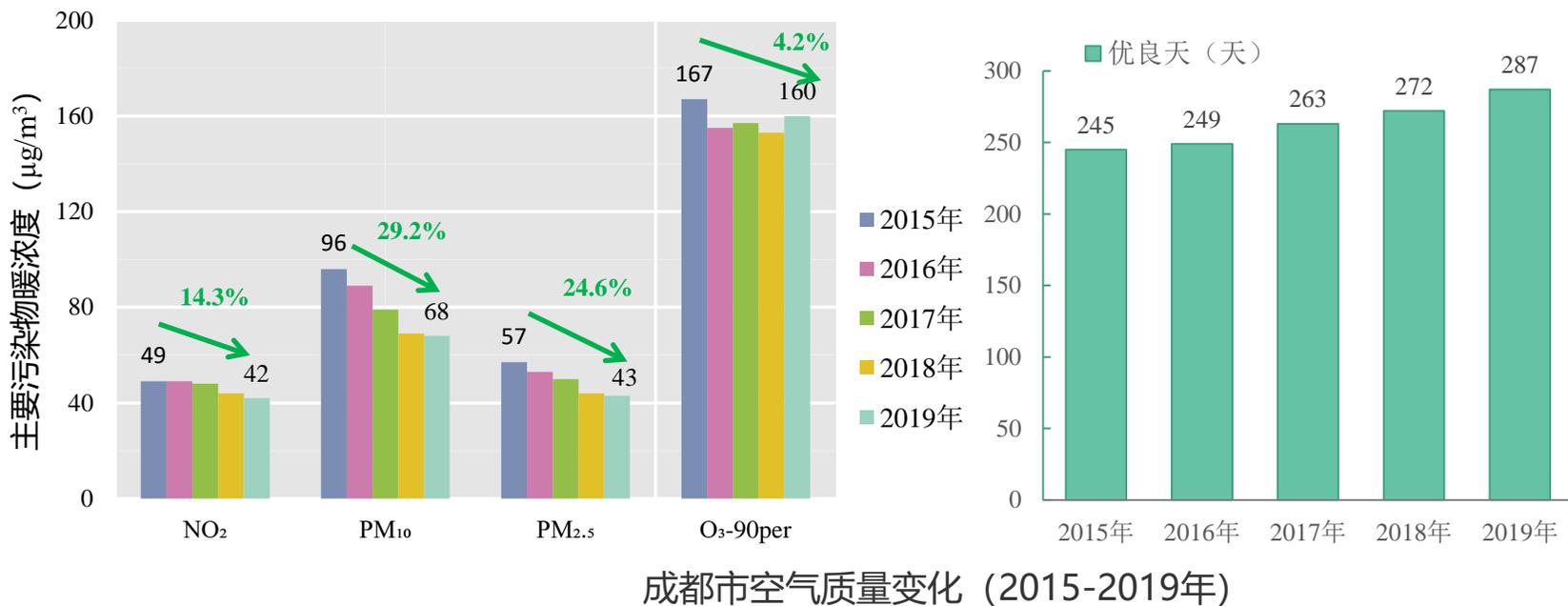


- 相对湿度大、风速小、夏季温度高；
- 属于全国少有的静小风区，年均风速较小（1.1m/s左右）；
- 大气稳定度以中性和稳定性天气为主；秋、冬季节逆温出现频率高。



城市	年平均气温 (°C)	年平均日照时数 (hr)	年平均降水量 (mm)	平均相对湿度 (%)	平均风速 (m/s)
成都	16.7	915.8	945.6	79 ~ 84	1.1
北京	12.3	2457.8	571.9	57	2.5
上海	17.6	1711.4	1173.4	68	2.8
杭州	17.8	1615	1454	70	1.3-2.4
武汉	21.3	1796.2	1205	76	2.8

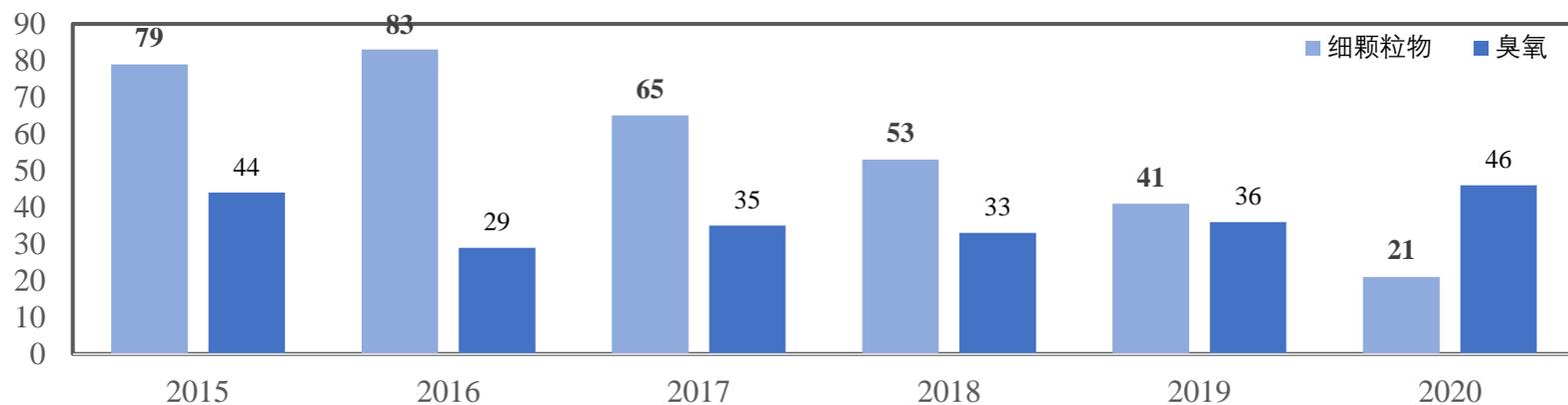
“十三五”期间成都市空气质量明显改善，但臭氧污染相对凸显



空气质量改善明显：2015-2019年，成都市空气质量持续改善，优良天增加32天，PM_{2.5}和PM₁₀浓度分别下降24.6%和29.2%；NO₂浓度下降14.3%。

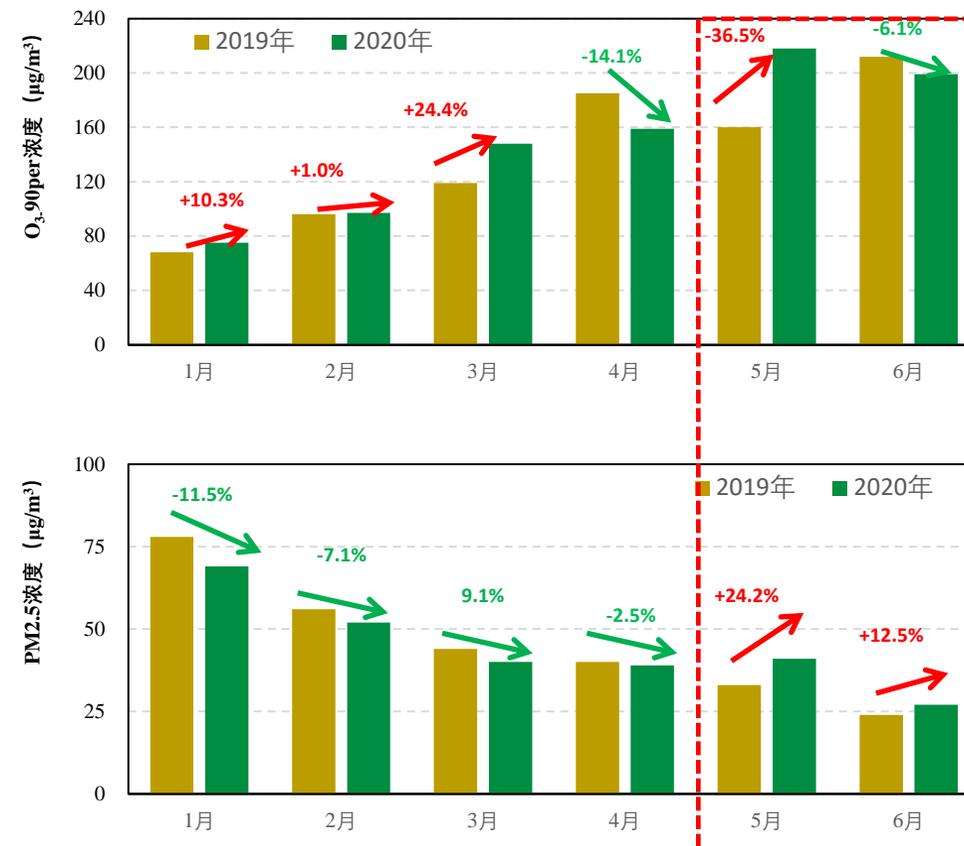
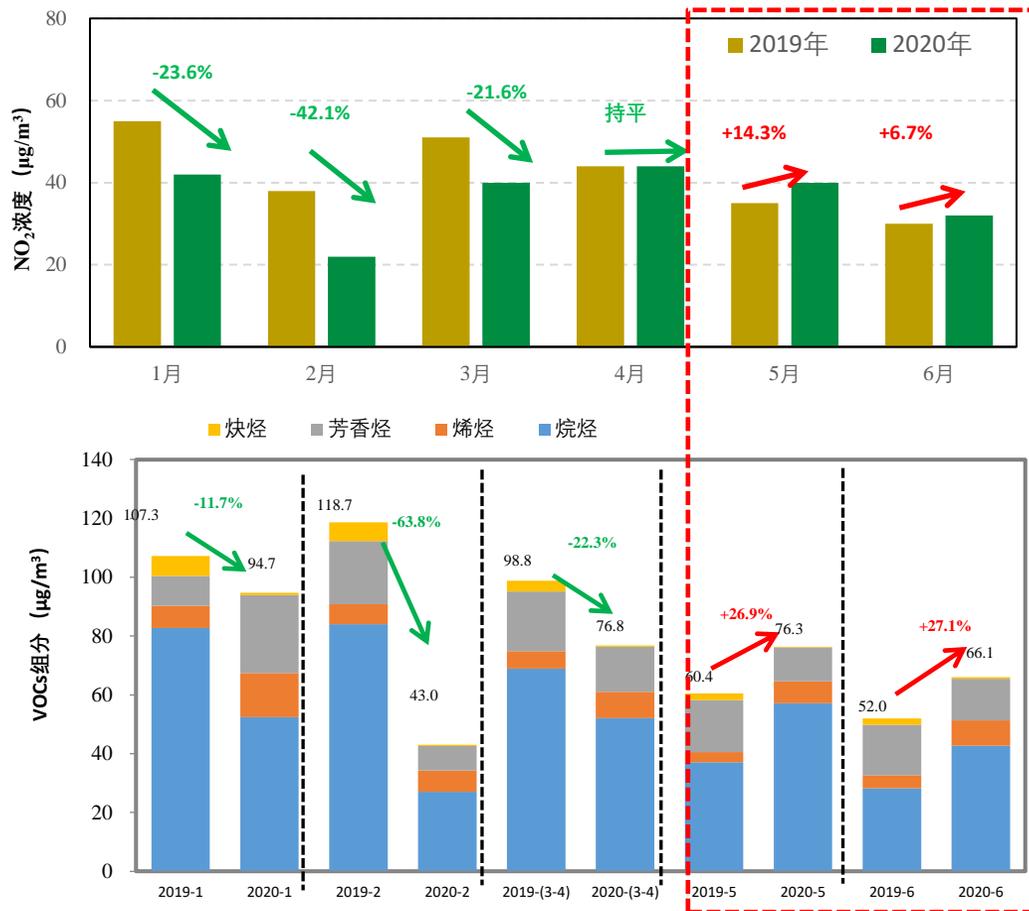
臭氧污染形势仍然突出：虽然臭氧浓度总体呈小幅下降（4.2%），但臭氧已成为影响优良天的主要因素，在污染天中的比重持续增大，且受极端天数影响易反弹。

2020年超标天46天，将可能超过PM_{2.5}污染天。



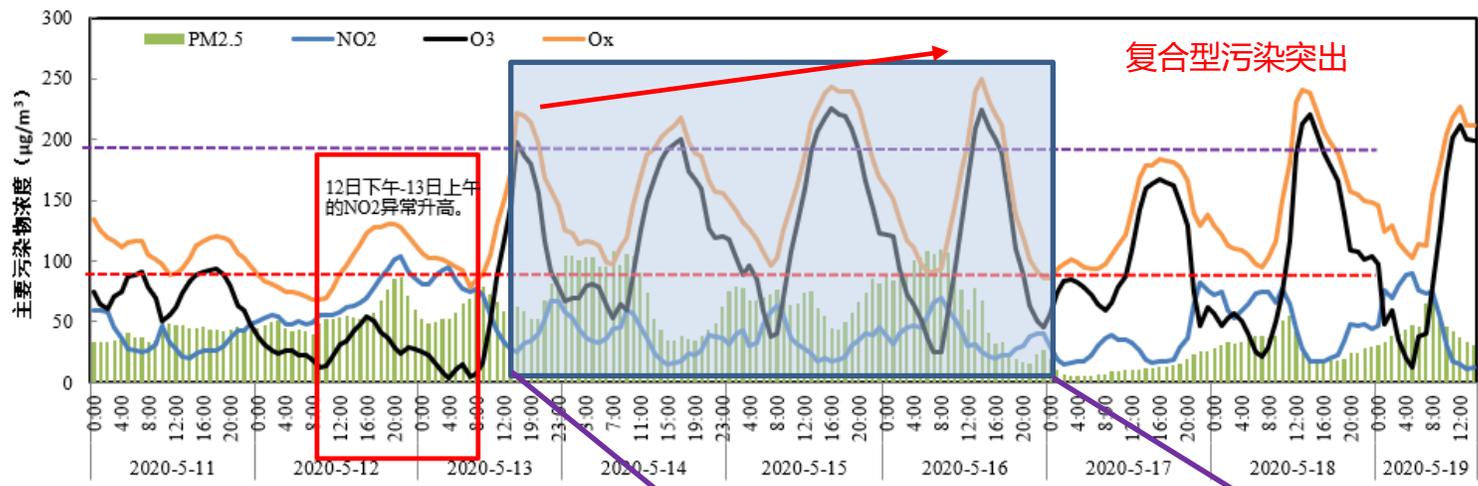
成都市细颗粒物和臭氧污染天数统计 (2015-2020年)

大气复合型污染问题突出



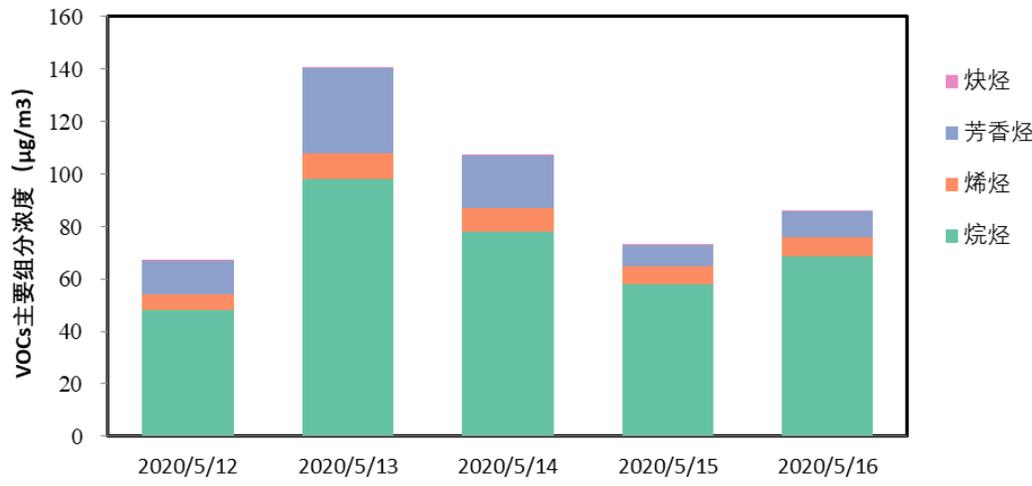
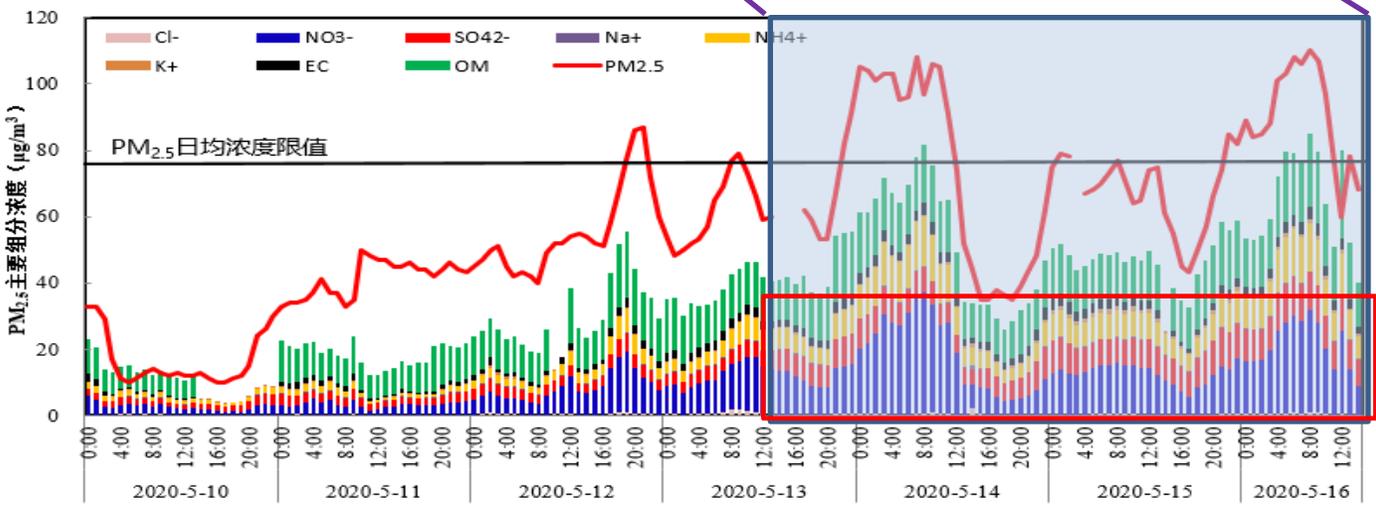
- 1-3月受疫情影响，NO₂和VOCs浓度均同比显著下降，其中**2月**尤为突出，**NO₂和VOCs分别下降四成和六成**；
- 4月气象条件总体较去年同期偏好，O₃及前体物均稳中有降；
- 5-6月，随着社会活动水平全面恢复，并超过去年同期，**NO₂和VOCs等前体物浓度均显著升高，PM_{2.5}同比明显反弹，臭氧浓度总体呈升高趋势。**

大气复合型污染问题突出



□ O₃和PM_{2.5}交替污染: 臭氧污染期间, 由于大气氧化性增强, 同时叠加清晨逆温影响, 夜间至上午时段伴随着PM_{2.5}污染, 其中硝酸盐呈现爆发式增长, 占比达到40%。

□ NO₂和VOCs是协同控制的关键: 成都市NO₂和VOCs浓度偏高, 是复合型污染突出的重要原因。



成都市PM_{2.5}与O₃协同防治策略

目标：促进PM_{2.5}与O₃共同下降，实现空气质量全面达标。

关键因子： VOCs和NO_x。

防控策略：短期内以VOCs减排为主，协同控制NO_x；本地减排为主，成都平原区域协同。

防控方向：移动源、工艺过程源、溶剂使用源、高架点源、生活面源等。





目录

CONTENTS

- 01 成都市臭氧及前体物污染形势
- 02 **NO_x和VOCs管控实践**
- 03 面临的难点与挑战

成都市臭氧及前体物防治历程

进行大气VOCs手工罐采样

- 前期臭氧污染防、控调研
- 国内外臭氧污染防治经验梳理
- 完善VOCs污染源排放清单

- VOCs网格化手工采样、传输通道在线连续观测
- 进行四川盆地臭氧污染生成机理机制研究
- 进行臭氧气象、时空特征、传输、复合污染、来源解析、措施评估等研究

- 开展基于VOCs和NOx总量减排的臭氧污染防治专项行动
- 寻求区域协同减排
- VOCs等臭氧前体物同步在线连续观测

- 继续开展臭氧污染防治专项行动，调整策略为基于VOCs、NOx重点行业企业减排，常态化部分措施
- 实施区域联防联控
- 深入开展臭氧前体物管控策略研究
- 着手建立光化学组分观测网络
- 更新VOCs组分污染源清单

- 持续进行臭氧污染防治专项行动，调整策略为以VOCs活性减排为导向，明确各区市县考核目标和控制重点
- 区域协同减排，更长时段、更多城市
- 建成光化学组分观测网络
- 建成四川盆地（成都）特殊地理气候背景下的大气复合污染研究和防控院士（专家）工作站

● 臭氧污染防治的长期性和反复性。保持战略定力的重要性。

2014

2015

2016

2017

2018

2019

2020

发现臭氧问题凸显、初步判断将成为未来空气质量改善和达标的主要制约因素，开始开展成都城区、郊区的臭氧前体物浓度水平观测

收集大气臭氧污染的区域调控和前体物防控政策与技术

大致掌握成都臭氧前体物时空分布
大致掌握本地化的臭氧形成机制
大致系统认识科学防治臭氧基本思路

臭氧污染防治机制初步建立
实现与周边城市联动
实现市生态环境、经信、城管、交通等多部门协作

实现成都与周边城市联防联控，由臭氧污染管控经验形成的“现状 <-> 科研 <-> 措施 <-> 执行 <-> 评估”
五步闭环工作法全面落地

遏制臭氧污染快速上升态势
实现联防联控常态化
实现臭氧前体物观测常态化
实现臭氧防治科技支撑常态化

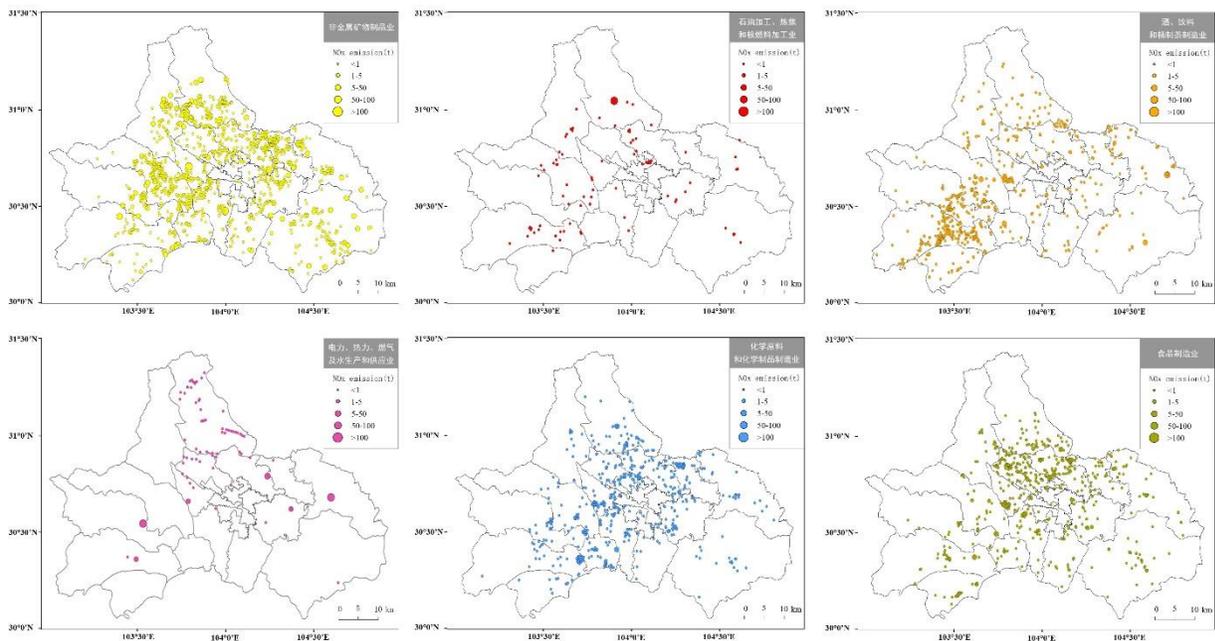
充分利用预测预报、数值模拟、光化学监测等技术手段，进一步细化活性VOCs导向、高空NOx控制，等臭氧污染控制策略以日保月、以月保年，保障措施切实落地。

建立动态更新机制，推动污染源排放清单精细化和动态化

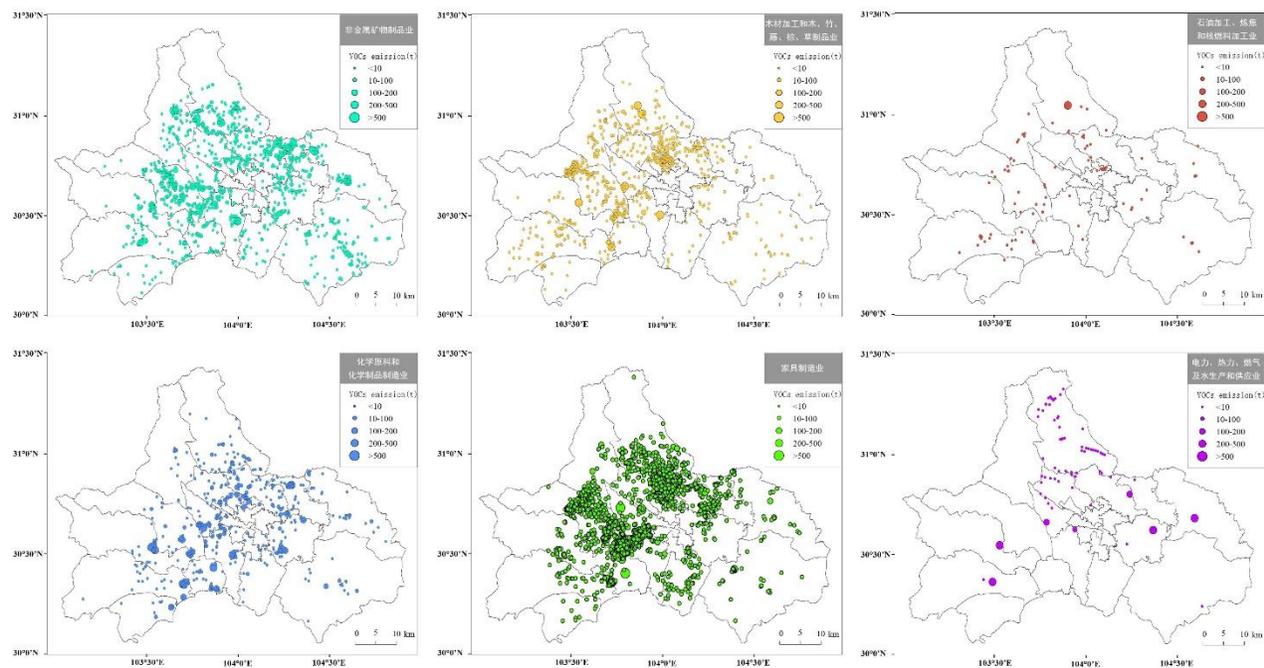
整合企业**电力数据**、**机动车卡口数据**、**工程机械备案登记**、**航班起降**、**污染源在线监测**等多源数据，
建立**污染源清单动态更新机制**。

提高源清单点源化率和节点化率，建立分行业**NOx和VOCs精细化排放清单**。

NO_x排放企业空间分布



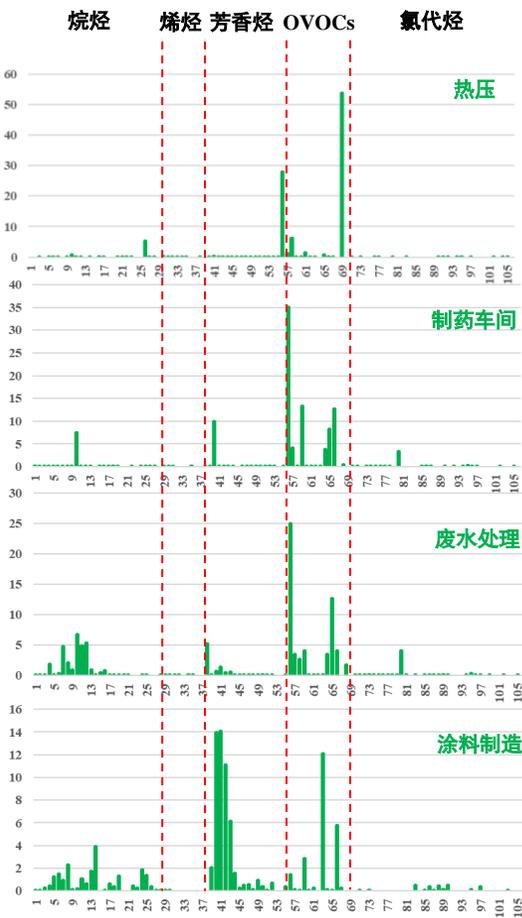
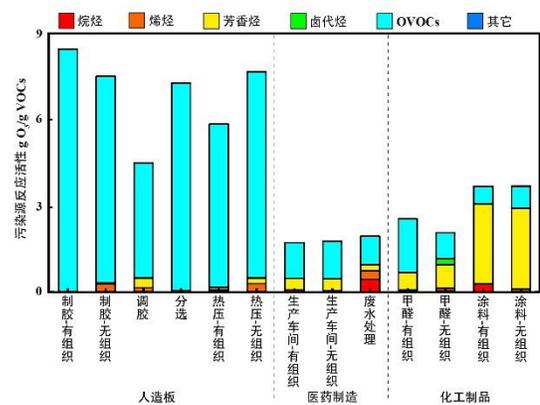
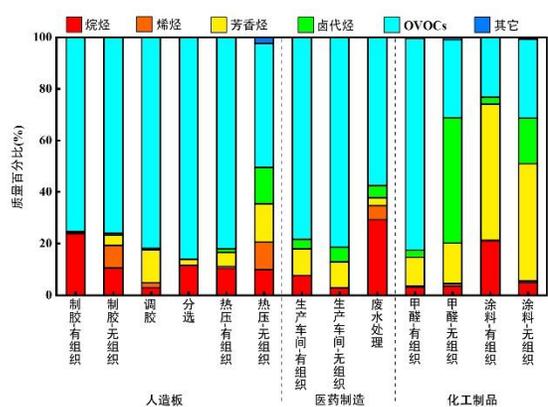
VOCs排放企业空间分布



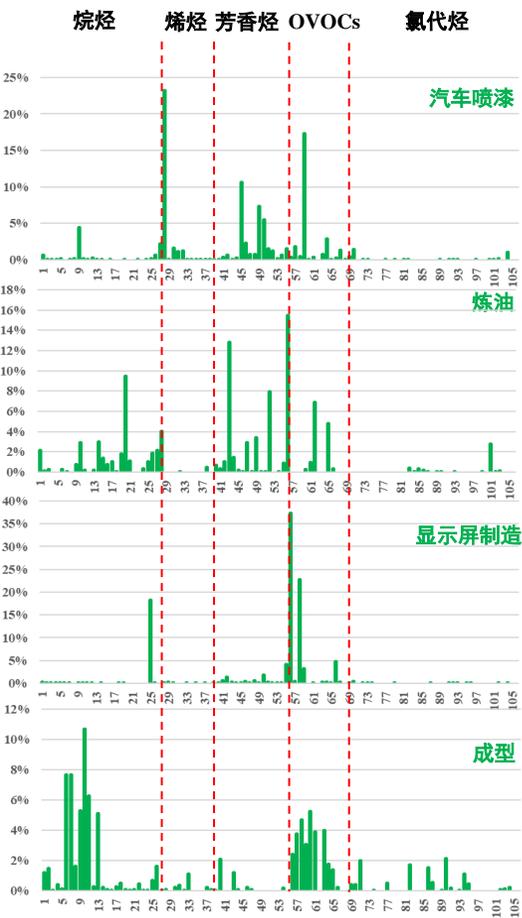
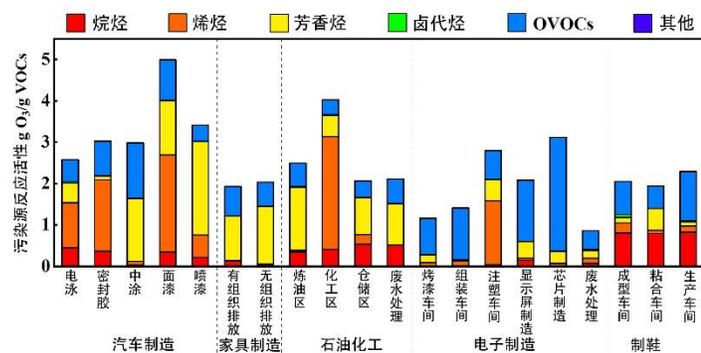
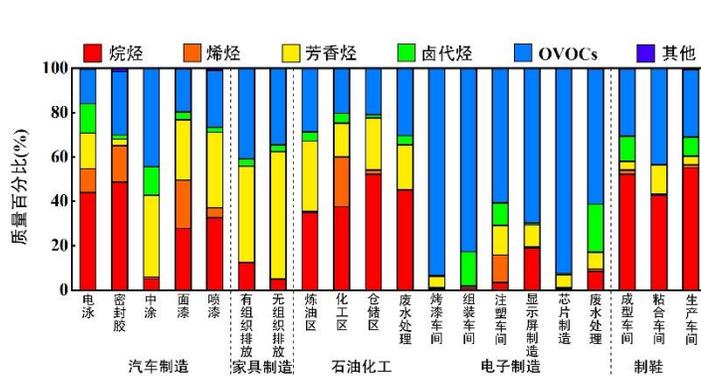
建立动态更新机制，推动污染源排放清单精细化和动态化

建立重点行业VOCs精细化组分清单，为以活性管控为导向的臭氧防控策略提供技术支撑。

工艺过程源



溶剂使用源与石油化工

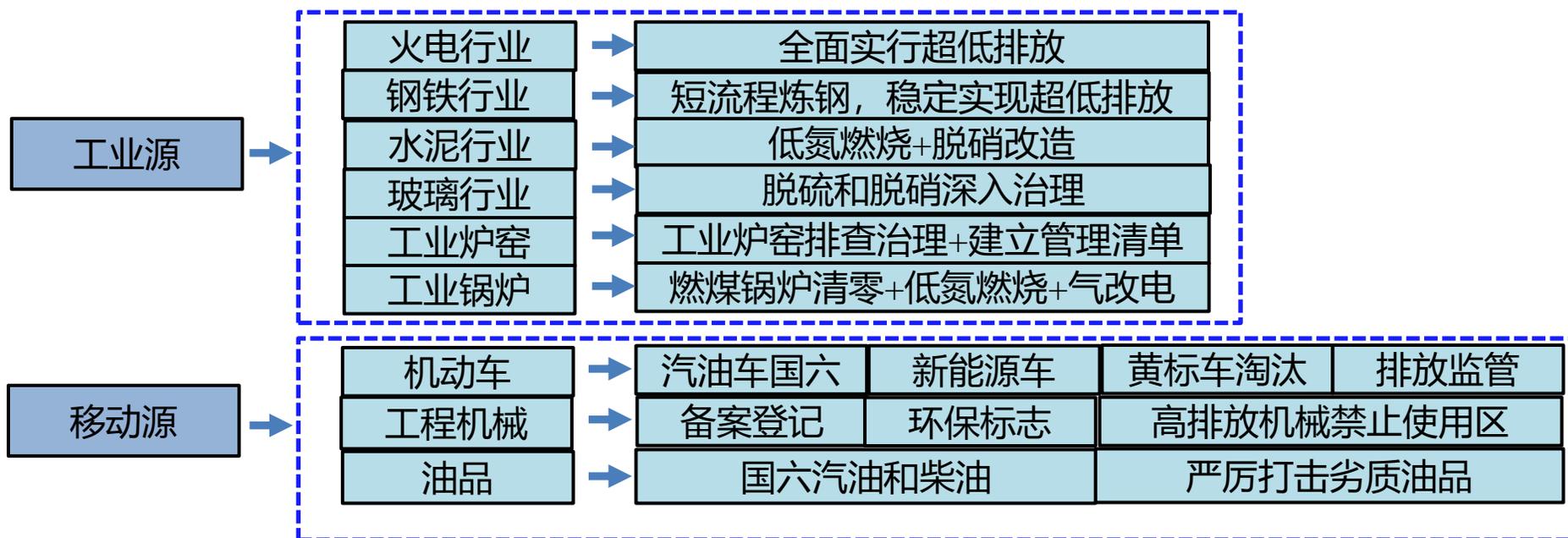


精准施策，持续推进NOx和VOCs协同减排

□ **实施路径**：通过年度650行动方案、阶段性管控（夏季臭氧与秋冬季攻坚）、短期应急措施相结合，针对不同行业、不同污染源，制定**不同时间尺度、不同力度的NOx和VOCs减排策略**。

□ **NOx减排思路**：**重点行业深度减排与移动源管控**相结合。

NOx相关措施

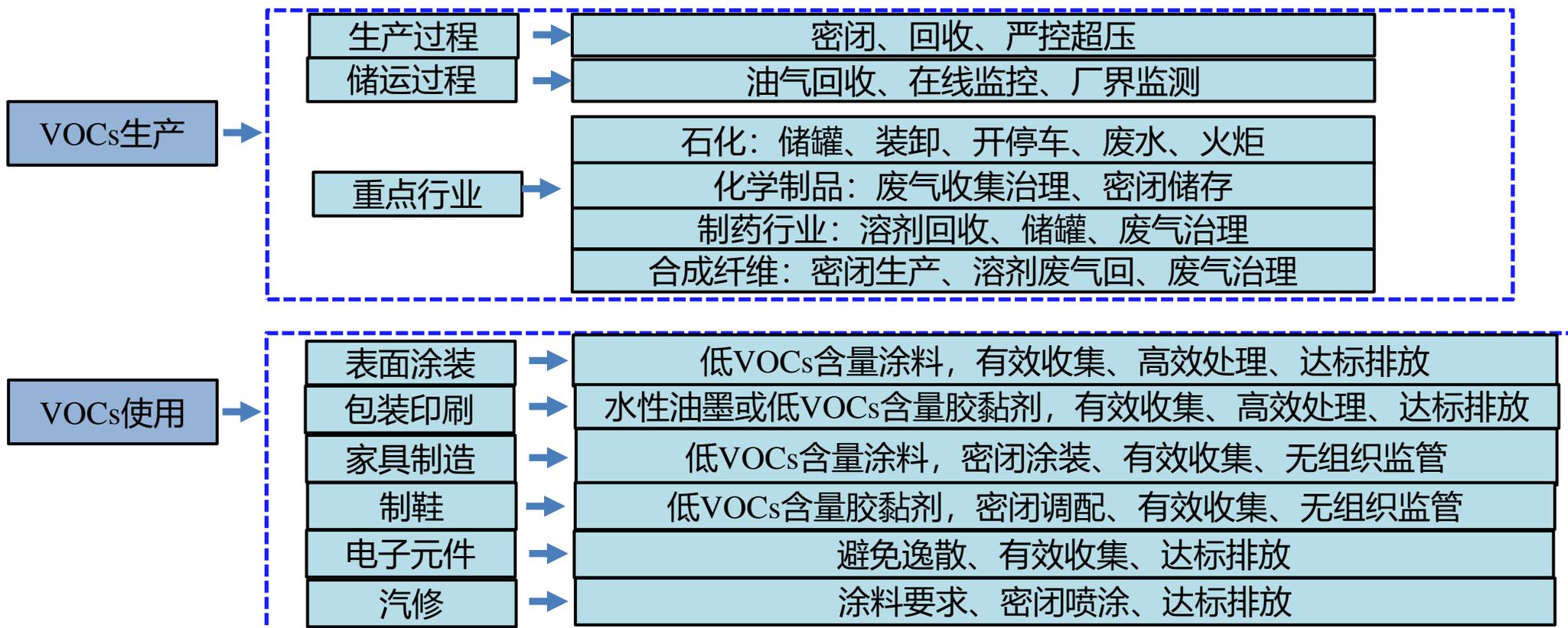


精准施策，持续推进NOx和VOCs协同减排

□ **实施路径**：通过年度650行动方案、阶段性管控（夏季臭氧与秋冬季攻坚）、短期应急措施相结合，针对不同行业、不同污染源，制定**不同时间尺度、不同力度的NOx和VOCs减排策略**。

□ **VOCs减排思路**：一是**分类分级管理，差异化管控**；二是**源头替代与全过程控制**。

VOCs相关措施



NO_x管控举措——清洁能源改造+非电行业结构调整



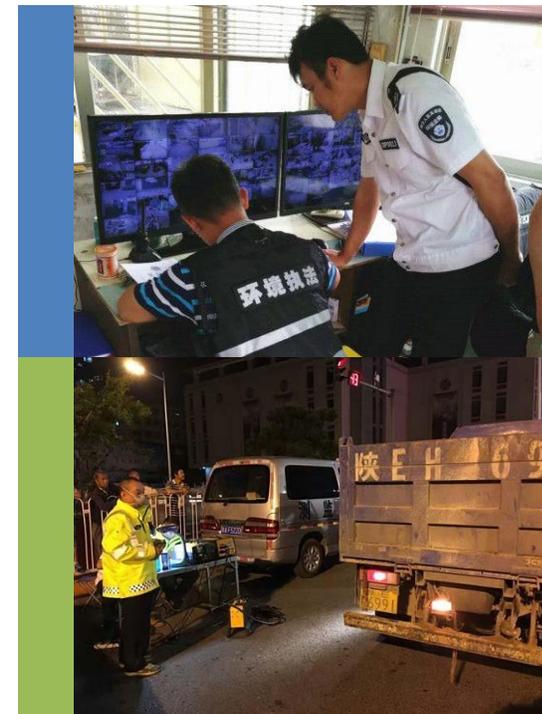
- 深入推进燃煤锅炉淘汰和清洁能源改造，完成燃煤锅炉清洁能源改造，淘汰燃煤小锅炉。2019年全市仅剩6台大蒸吨燃煤锅炉**已完成清洁能源改造3台**（剩余3台正在实施改造）。
- 对国电金堂电厂、三瓦窑电厂实施**冬季错峰生产**和**压减发电量**，减少燃煤使用。
- 制定钢铁、水泥、平板玻璃、砖瓦窑等非电行业产业结构调整方案。完成水泥、平板玻璃等7个行业334家企业**绿色发展绩效考核**，打造水泥、平板玻璃等行业15家**绿色生产标杆企业**。
- 重点企业实施**超低排放升级改造**，实现绿色调度。
- 各区（市）县**重点企业清洁生产审核工作纳入目标管理**，强化评估验收。

NOx管控举措——制定控车减油办法，强化“车油路”管控



中国路面机械网
www.lmjx.net
买卖设备上中国路面机械网

- 1.创新开展**机动车检验机构积分管理制度**和**非道路移动机械标志管理**，累计发放“身份证”5万余台。
- 2.印发《**关于加快推进非道路移动机械摸底调查和编码登记工作的通知**》，**成都经验**上升为国家政策。
- 3.制定《**成都市机动车和非道路移动机械排气污染防治办法**》，须扫“二维码”录入信息后方可进场作业，划定高排放非道路移动机械禁止使用区，强化非道路移动机械监管。

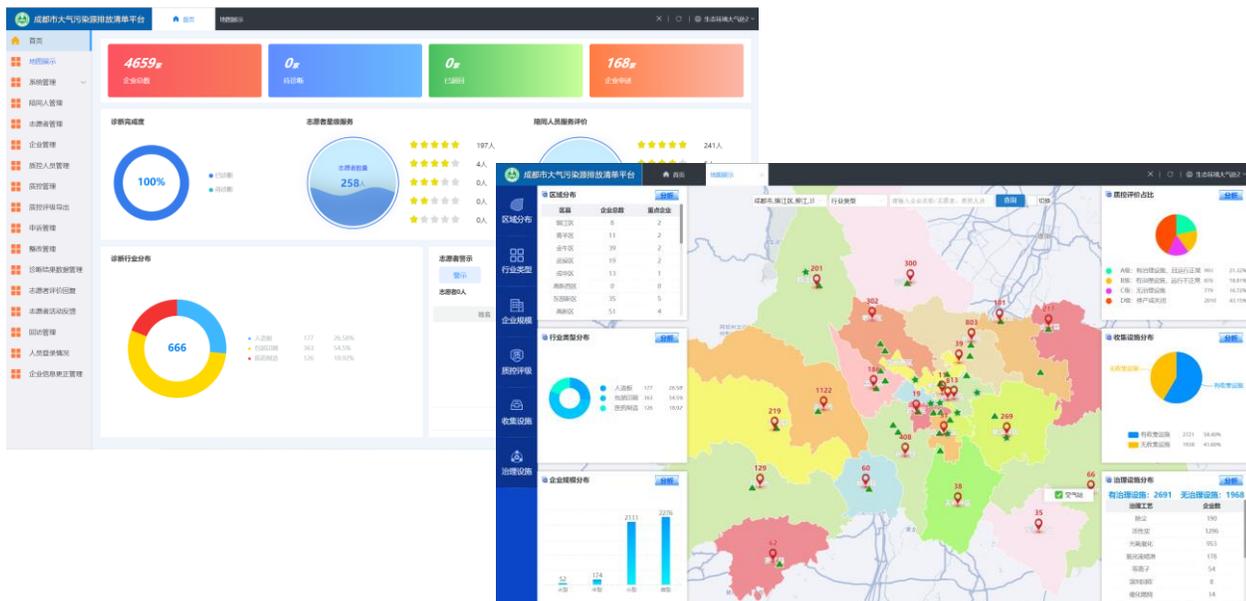


过境车辆排放监控（上）和污染实时检查（下）

严格落实I/M制度，定期不定期开展路检、场检工作。开展新能源汽车产融合作，登记注册新能源汽车9.5万辆，完成565座充电站和2.3万个充电桩建设。加快淘汰老旧机动车。

VOCs管控举措——小微企业“义诊帮扶”，帮助企业提升整治

- 组织社会力量，对成都市涉及VOCs排放的小微工业企业开展VOCs治理“义诊”现场帮扶，涉及家具制造、人造板制造、包装印刷、工业涂装、橡胶塑料、制鞋、医药制造、油墨涂料生产等8大类共计 **4658** 家企业。
- 建立了在线义诊平台和质控体系，编制出版了行业挥发性有机物治理手册。



义诊结果

小微工业企业VOCs整体治理水平低下、整体效率在20%左右；主要体现在收集水平低、VOCs无组织排放严重，治理效率低，多数治理设施属于摆设。

挥发性有机物治理手册：8个行业

The image shows the cover of a manual titled '成都市小微工业企业挥发性有机物治理手册' (Chengde City Small and Medium Enterprises Volatile Organic Compounds Treatment Manual). The cover features an illustration of a printing process with various equipment and materials. The text on the cover includes: '人造板行业小微企业挥发性有机物治理手册' (Treatment Manual for Volatile Organic Compounds in Small and Medium Enterprises of the人造板 Industry), '成都市环境保护科学研究院' (Chengde City Environmental Protection Science Research Institute), and '2020年10月' (October 2020). A legend at the bottom right indicates: '✗ 室外存放，未防雨防渗' (Outdoor storage, no rain prevention or seepage prevention) and '✓ 密闭存放于遮雨棚' (Sealed storage under a rain shelter).

技术

活性炭吸附

炭吸附

炭吸附

高压、热压

两级活性炭

佳推荐采用

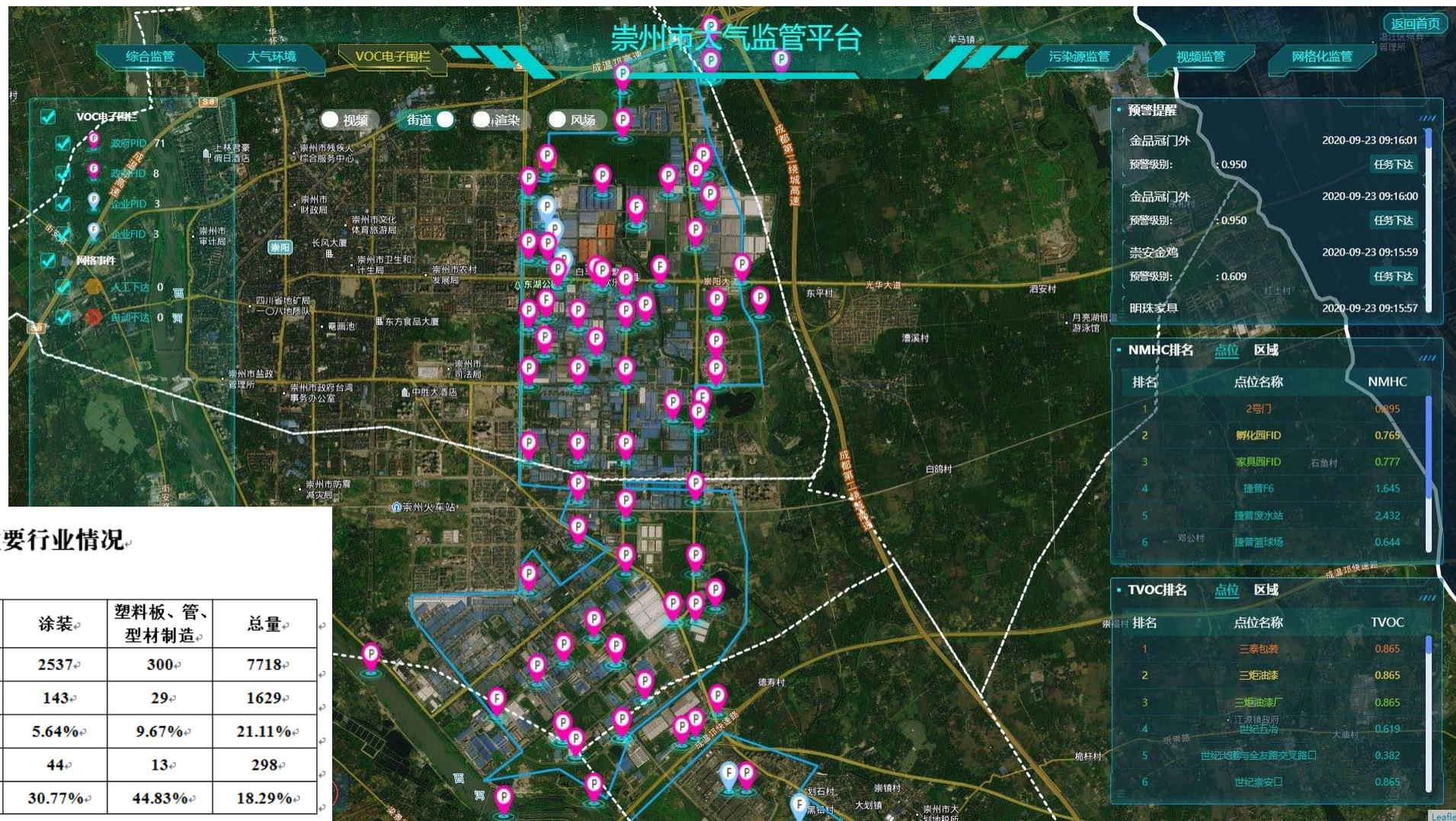
活性炭吸附

附：旋风分

性炭吸附

VOCs管控举措——建立园区VOCs在线监测电子围栏 (2020)

成都市崇州生态环境局VOCs监管案例



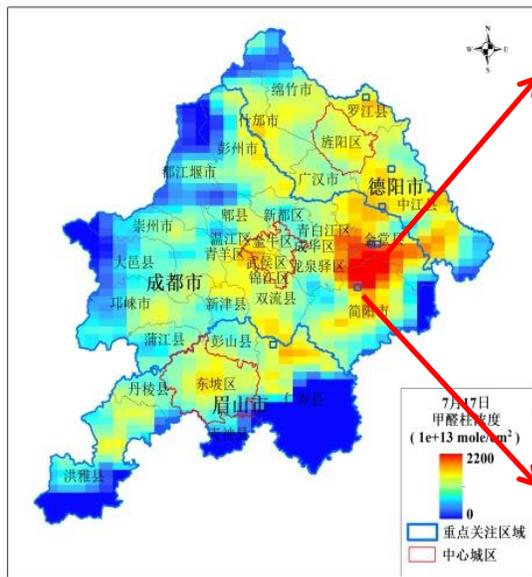
智能应用功能区涉 VOCs 主要行业情况

	家具	制鞋	印刷	涂装	塑料板、管、型材制造	总量
成都市数量 (家)	3571	621	689	2537	300	7718
崇州市数量 (家)	1305	96	56	143	29	1629
占成都市比例	36.54%	15.46%	8.13%	5.64%	9.67%	21.11%
园区内数量 (家)	184	30	27	44	13	298
占崇州市比例	14.10%	31.25%	48.21%	30.77%	44.83%	18.29%

VOCs管控举措——VOCs走航和卫星遥感技术，及时发现问题

遥感发现问题 → VOCs走航证据固化 → 执法检查与监督

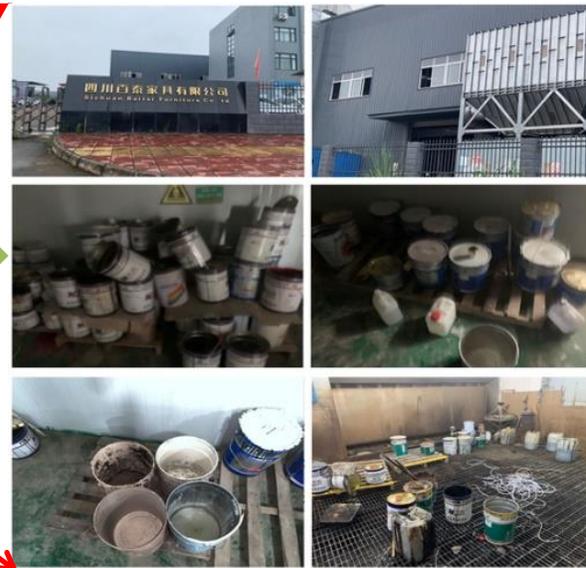
全过程闭环跟踪管理



7月17日 卫星遥感反演简阳市贾家镇贾家工业园区附近甲醛浓度较高



7月22日 简阳市贾家工业园VOCs走航图



7月22日 现场检查的情况

VOCs管控举措——VOCs走航和卫星遥感技术，打通减排最后一公里

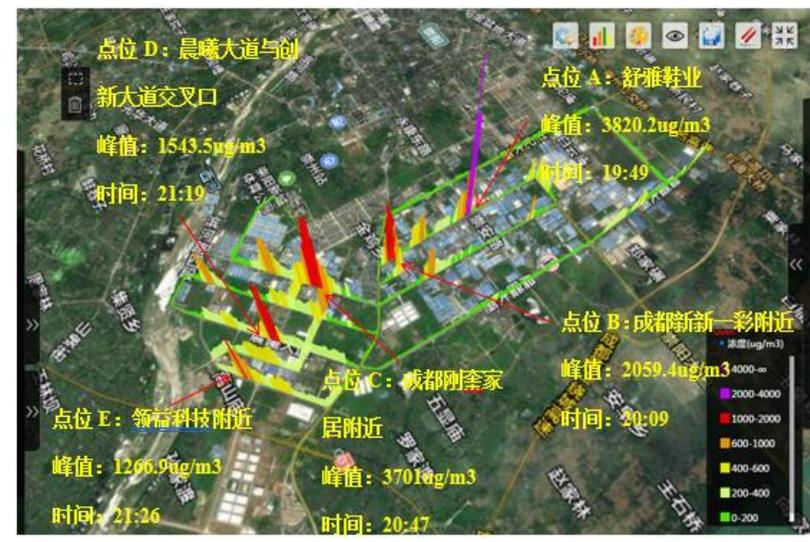
□ **走航队伍：**由市生态环境局**大气处、市环科院、监察支（大）队、监测站**联合组成的走航督查队伍连续高强度地开展走航工作，实现测管协同。

□ **走航时段：**4月以来，根据空气质量预测预报制定走航计划，**上午时段主要针对城区的汽修、加油站等源集中区域进行走航；夜间重点针对工业园区走航。**

□ **走航设备：**VOCs走航车+便携式VOCs检测设备。



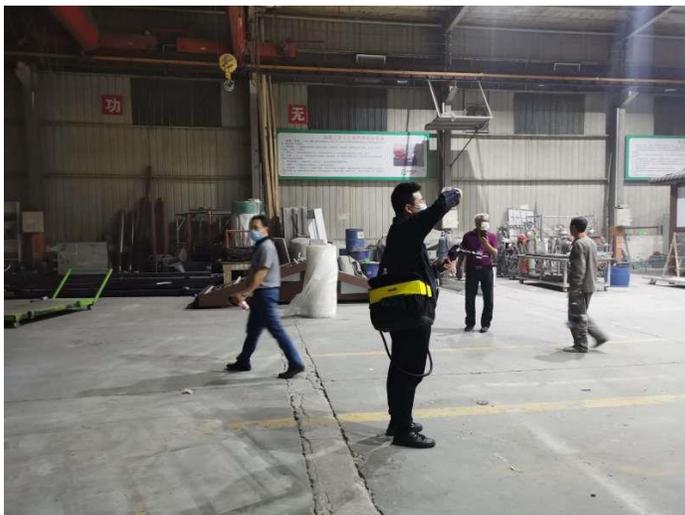
双流区（6月5日）



崇州（6月28日）

VOCs管控举措——VOCs走航和卫星遥感技术，打通减排最后一公里

现场取证排查



— 成都市新都生态环境局 —

2020年7月4日，为做好夏季臭氧防控工作，成都市新都生态环境局对新繁街道普文社区的成都杏田木业有限公司、成都伊洛佳门业有限公司、成都富豪门业有限公司、今龙头门业、四川川泰线缆有限公司、成都高文容家具有限公司、成都好运来钢木制品有限公司及四川可心酒店用品有限公司等涉Vocs废气排放企业进行了专项检查。

01

- 走航过程中，若发现高值点，则及时排查周围企业。
- 排查中，由监察支队和区县监察大队共同带队，携带便携式VOC检测仪器对厂区内的VOC浓度展开实时检测；此外由技术人员对企业的VOC处理设施进行检查并给予现场指导。

HAVE A NICE DAY

02



HAVE A NICE DAY

03



HAVE A NICE DAY

- 记录VOC浓度较高的企业并及时上报，由属地生态环境局也对该区域进行了专项检查。

建立“数字大气”系统，围绕“五步闭环”工作思路，实现科学精准调度

环境现状平台

科学分析平台

决策支持平台

在线调度平台

考核评估平台



现状



科研

站点：金堂三星大学城
报警类型：市控报警
报警描述：该站点当前小时AQI为102，其变化幅度超过周边省、市控站点平均变化幅度的50%。
起止时间：2019-07-19 08时至2019-07-19 08时
指标：AQI
设备情况：--
备注：--

决策

执行



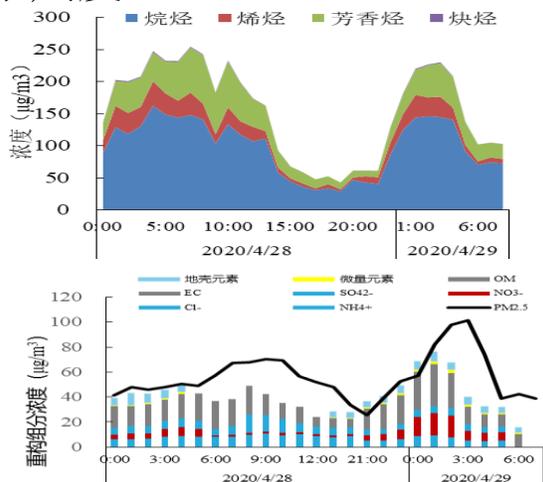
评估

短期决策尺度

表1 未来一周空气质量预报结果表

日期	数值预报结果								人工预报		目标
	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	CO	O ₃	PM _{2.5}	AQI	AQI _{24h}	等级	首要污染物	
2020/8/23	11	44	39	1.19	146	28	73-103	50-80	优或良	0	力保
2020/8/24	13	41	27	1.26	79	18	36-66	80-110	良至轻度污染	0	力争
2020/8/25	20	64	68	1.6	267	47	183-215	121-151	轻度至中度污染	0	削峰
2020/8/26	20	69	88	1.43	265	64	183-215	135-165	轻度至中度污染	0	削峰
2020/8/27	16	70	97	1.46	277	74	187-217	145-175	轻度至中度污染	0	削峰
2020/8/28	15	59	81	1.3	214	63	133-165	100-130	良至轻度污染	0	削峰
2020/8/29	15	47	40	1.07	107	34	43-73	50-80	优或良	0	力保

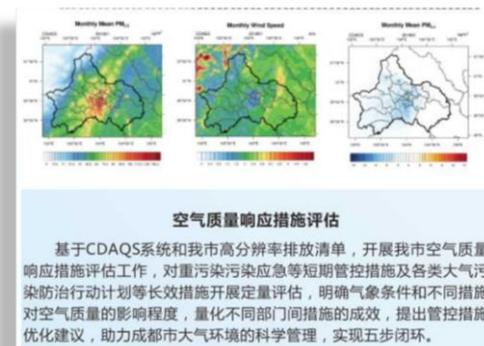
以时保日、以日保周
以周保月、以月保年



中期决策尺度

- 《年度650工程》
- 《夏季臭氧专项行动》
- 《秋冬攻坚行动》
- 《柴油车攻坚方案》
- 《重点行业超低排放》
- 《燃气锅炉低氮燃烧》
- 《公交车、出租车电能替代》
- 《非道路工程机械标识管理制度》

措施成效评估





目录

CONTENTS

- 01 成都市臭氧及前体物污染形势
- 02 NO_x和VOCs管控实践
- 03 面临的难点与挑战

难点一：主城区的NOx减排潜力减小，减排矛盾集中在移动源

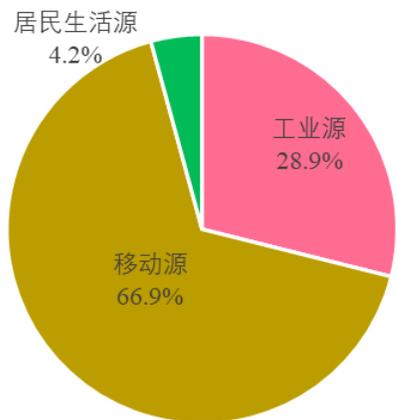


图 全市NOx排放结构

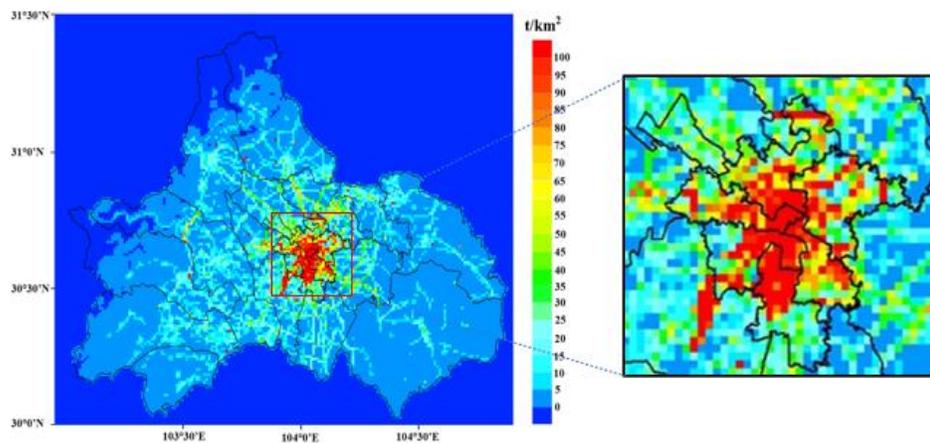


图 全市以及主城区NOx排放强度空间分布图

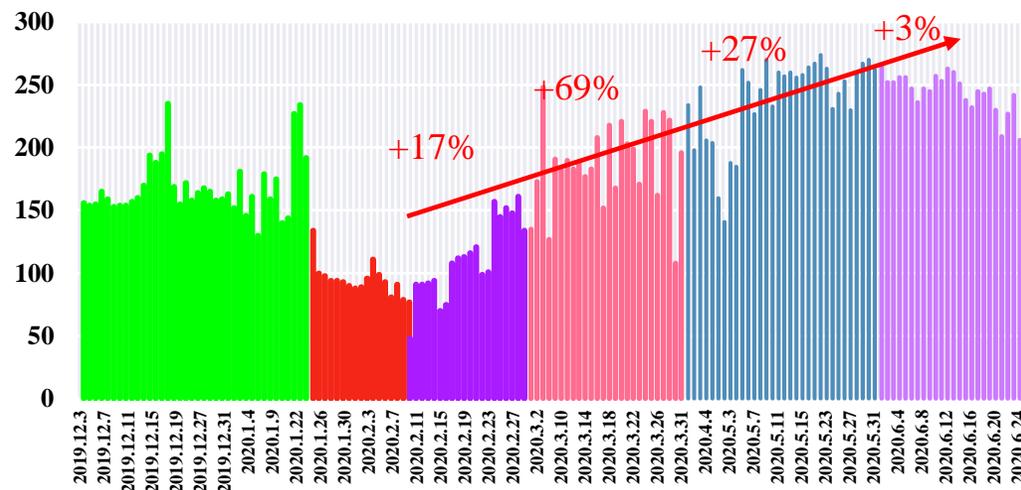
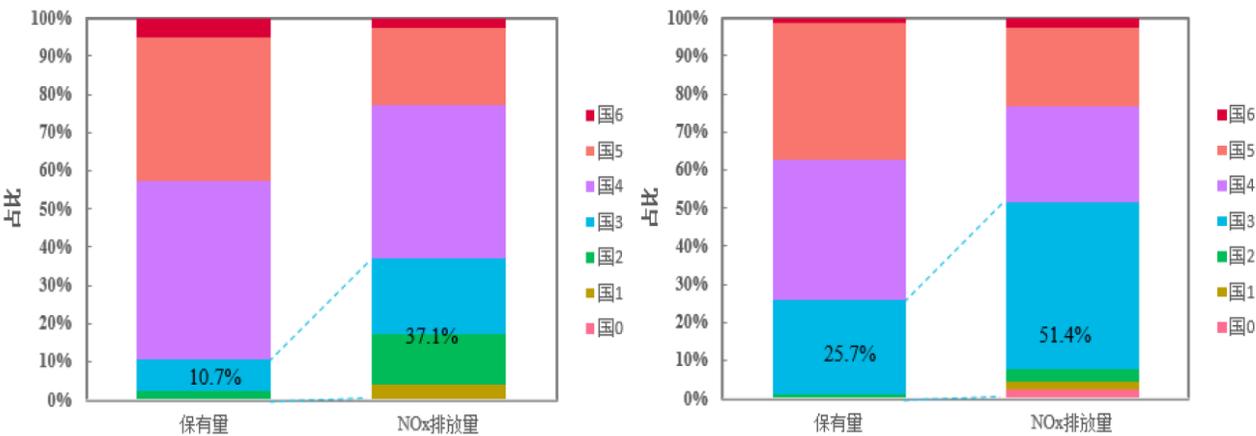


图 主城区道路车流量变化趋势



不同阶段轻型客车（左）和载货汽车（右）保有量和NOx排放量占比

- ❑ **NOx排放结构：**全市NOx排放总量为11.9万吨，其中移动源占66.9%（7.9万吨），工业源占28.9%。生活源占4.2%。从移动源排放特征看，柴油货车保有量较小，但NOx排放量大；其次则为老旧车辆，单车排放量显著偏高。
- ❑ **主城区路网密集，机动车排放强度高。**主城区移动源NOx排放占比高达93.2%（其中机动车占81.8%，非道路移动源占11.4%）；单位面积平均NOx排放强度高达94.6吨/km²·年。
- ❑ **车流量持续维持高位：**6月平均日总车流量为244万辆，较4-5月进一步上升（3%，6万辆），机动车排放进一步加剧。7-8月虽略有小幅下降，但仍处于高位。

难点二——工业源排放占比大，但城区机动车排放强度高

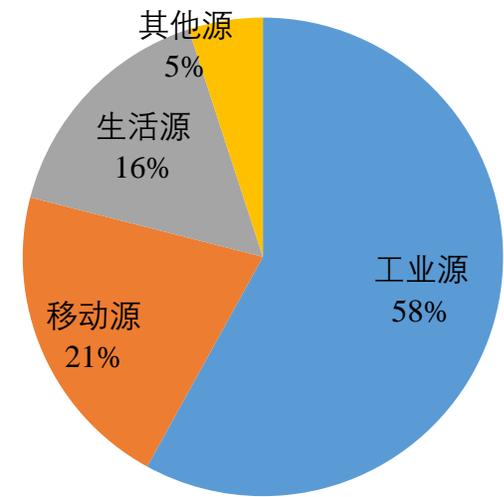


图 全市VOCs排放结构

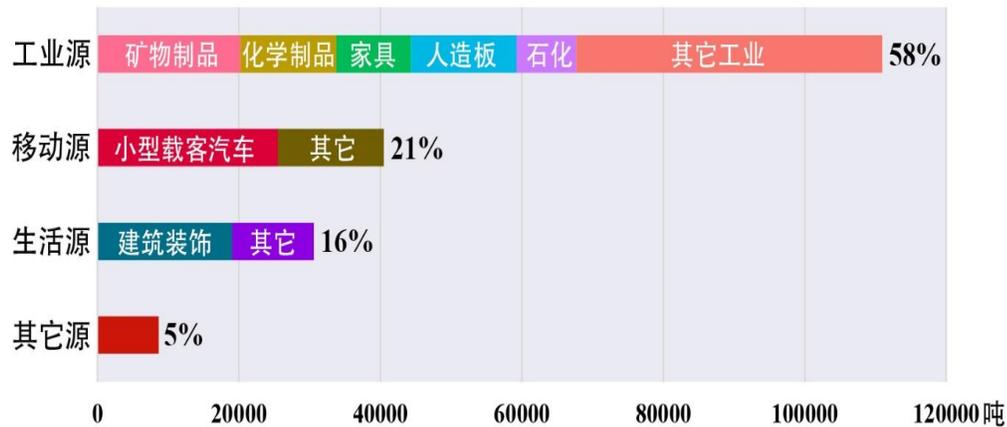


图 全市VOCs排放结构

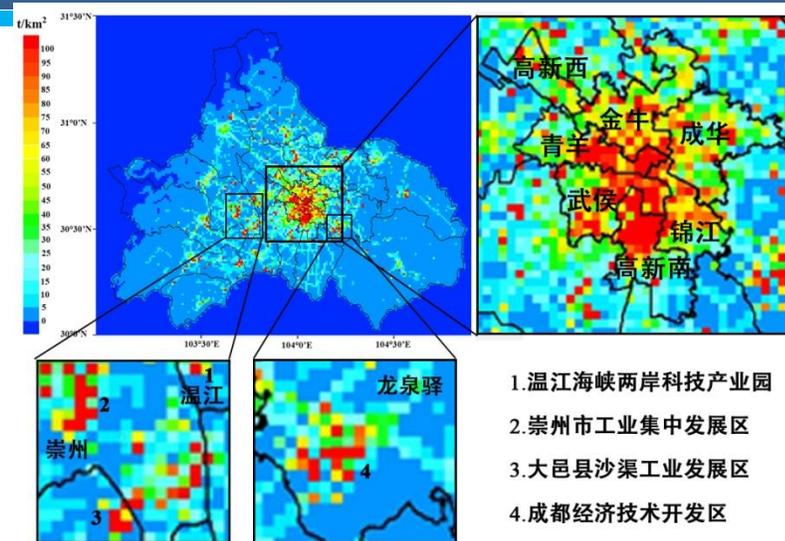


图 全市以及主城区、部分重点区域VOCs排放强度空间分布图



图 全市工业VOCs排放特征

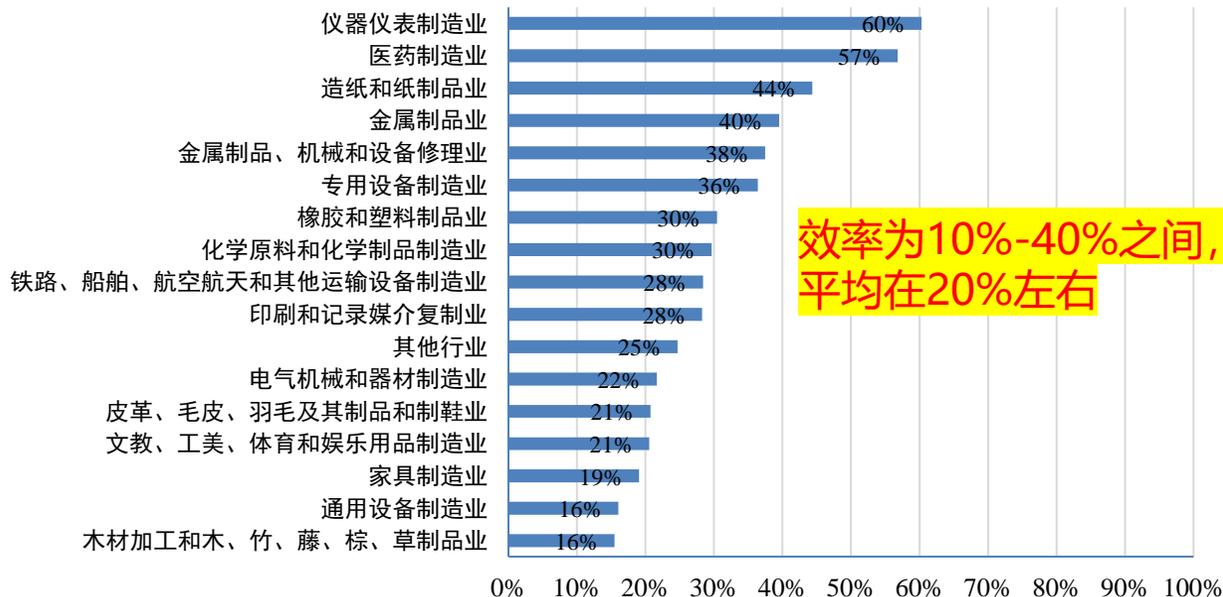
- VOCs排放结构：**全市人为源VOCs排放总量为19万吨，其中工业源占58%（11.1万吨），移动源（机动车运行与蒸发排放等）占21%（4.1万吨），生活源占16%，其他源占5%。
- 主城区机动车VOCs排放强度高：**主城区VOCs排放量为3.4万吨，其中移动源排放占56%，尤其以汽油车排放为主；单位面积平均VOCs排放强度为73.6吨/km².年。**其中国4和国5车辆保有量大，单车排放量较高，是移动源VOCs的主要来源，**
- 工业VOCs处理效率普遍偏低：**仅在10~40%之间（平均为20%左右），仅有整车及配件制造和医药制造达到50%。

难点三——小微企业管控水平低，亟需整体提升

VOCs “义诊” 跟踪分析结果

- **储存环节**：44%的企业存在VOCs物料的容器未密闭的问题，68%的企业未设置密闭室内环境储存VOCs物料。
- **转移和输送**：53%的企业未采用密闭方式转移和输送VOCs物料
- **工艺过程控制及废气处理设施**：53%的企业涉及VOCs排放的工序未设置密闭的生产车间，35%的企业未对VOCs进行收集，仅25%的企业现场诊断其治理设施可正常运行。
- **废弃物管理**：72%的企业未对含有VOCs残留的危险废弃物进行密封储存。

小微企业所属行业VOCs平均治理效率



小微企业减排潜力

- VOCs “义诊” 覆盖企业4657家，生成过程中每日产生VOCs 149吨，治理后排放106吨，理论上平均治理效果29%，但结合现场诊断情况，实际平均治理效果应低于20%，**小微企业整体管控水平亟需提升。**
- **在采取短期VOCs强化治理措施后**，若所有企业治理效率达到50%或以上，VOCs每日可减少排放37吨，减排比例35%，**但小微企业在VOCs治理方面还面临较大的问题，要实现减排的压力较大。**

成都市臭氧及前体物污染防控面临的挑战

- **大气污染治理进入深水区。** 减排潜力持续收窄，受气象条件的制约仍然突出，空气质量持续改善的压力较大，PM_{2.5}与臭氧协同防治、NO_x和VOCs的协同防治是“十四五”期间大气污染防治工作的重点，也是下一阶段成都市能否实现空气质量全面达标的**关键**。
- **中小企业VOCs减排难度大：**成都市工业结构总体以中小企业为主，VOCs减排的难度明显增大，尤其是在今年“六保”、“六稳”的形势下，中小企业治理设施收集、处理效率低下，运行状态差，企业管理水平低，无组织排放问题突出，如何针对中小企业，制定科学、精准、可行的减排措施非常重要。
- **机动车污染防控是关键也是难点：**无论是NO_x还是VOCs排放结构中，机动车均是主要来源，机动车减排是PM_{2.5}和臭氧协同防治的关键也是难点。尤其是正对中心城区VOCs减排力度须大于NO_x，均指向汽油车，在一方面加大力度淘汰国三及以下的老旧车辆和新能源替代外，面对保有量庞大的国四和国五车辆存量（占汽车的80%），现有的措施和力度仍然有限。
- **区域协同是重要手段：**成都平原区在区域联防联控方面进行了积极探索，市长联席、局长联席和区域联合会商等，但如何借助成德眉资同城化、成渝双城记等契机，打破传统的以行政区划为界限的大气污染防治工作，真正实现“六个统一”，实现一把尺子管理，对“十四五”期间区域空气质量持续改善尤为关键。



雪山下的公园城市

谢谢，请批评指正！