
上海汽车喷涂行业VOCs排放管控 和治理技术应用

宋 创

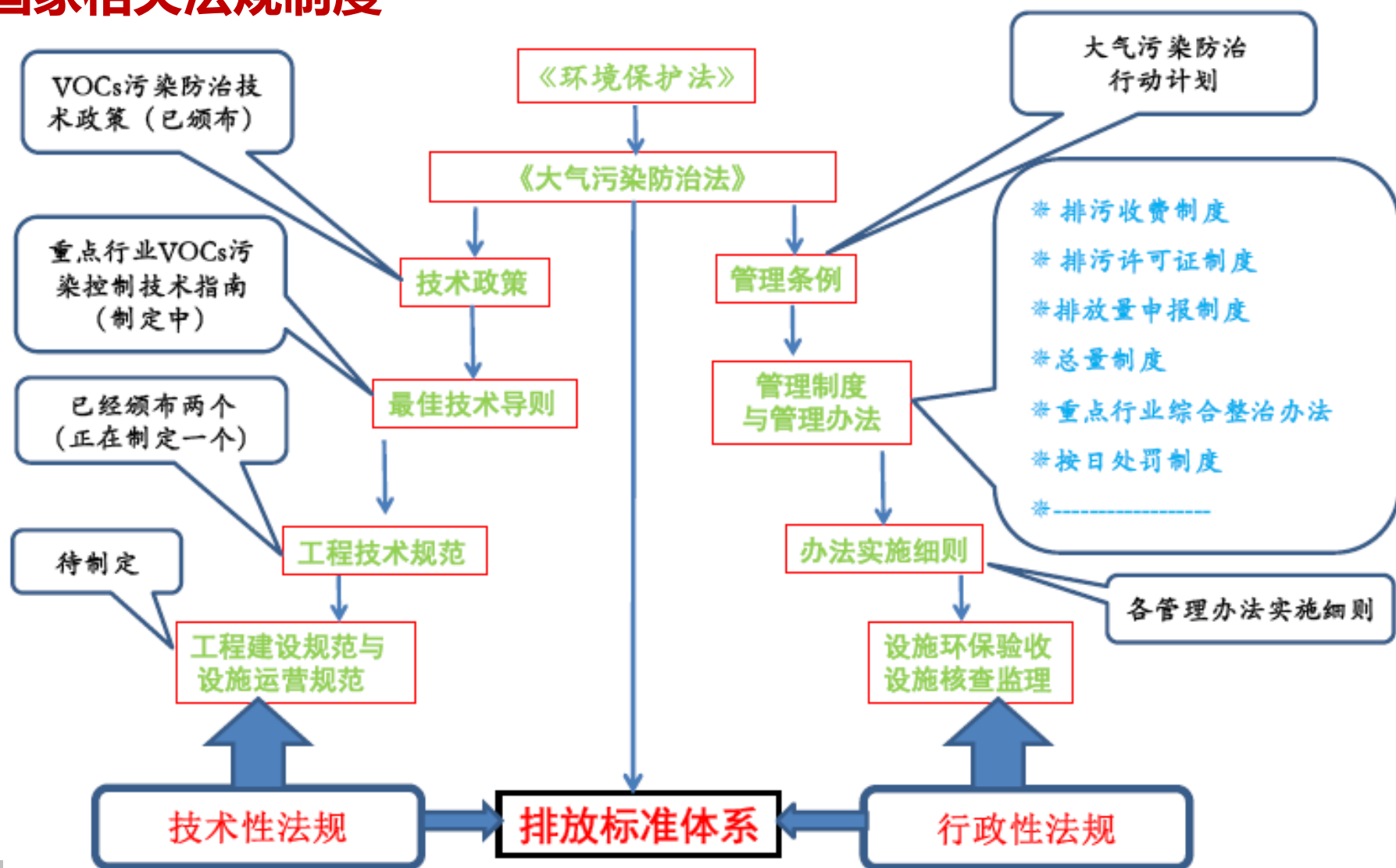
2015.10.14

介绍内容

- ★ 管控背景
- ★ 汽车涂装工艺现状
- ★ 挥发性有机物排放现状
- ★ 排放标准内容
- ★ 标准比较
- ★ 达标分析
- ★ 思考与展望

管控背景

国家相关法规制度



上海市

- ◆ 《上海市大气污染防治条例》(2014.10.1)
- ◆ 《上海市清洁空气行动计划 (2013-2017) 》
- ◆ 《上海市环境保护局关于开展本市挥发性有机物(VOCs)排放重点企业污染治理工作的通知》沪环保防[2014]118号文
- ◆ 《关于做好本市VOCs排放重点企业专项治理方案技术评估工作的通知》
- ◆ 《上海市工业挥发性有机物治理和减排方案》和《上海市工业挥发性有机物减排企业污染治理项目专项扶持操作办法》沪环保防[2015]325号文
- ◆ 上海市工业挥发性有机物减排企业污染治理项目专项扶持操作办法补贴核算方法说明 (制定中)

上海市

- ◆ 《VOCs排放重点企业治理方案编写大纲》沪环保防[2014]118号文
- ◆ 《上海市工业固定源挥发性有机物治理技术指引》SEPB-VOCsBAT-201307-001(R1)
- ◆ 《设备泄露挥发性有机物排放控制技术规程（试行）》沪环保防[2014]327号文
- ◆ 《泄漏和敞开液面排放的挥发性有机物检测技术导则》HJ 733-2014
- ◆ 《固定污染源排气中非甲烷总烃的测定 气相色谱法》HJT 38-1999
- ◆ 《上海市固定污染源VOCs在线监测技术要求》（制定中）

上海市

- ◆ DB 31/373-2010 生物制药行业污染物排放标准
- ◆ DB 31/374-2006 半导体行业污染物排放标准
- ◆ DB 31/844-2014 餐饮业油烟排放标准
- ◆ **DB 31/859-2014 汽车制造业（涂装）大气污染物排放标准**
- ◆ DB 31/872-2015 印刷业大气污染物排放标准
- ◆ DB 31/881-2015 涂料、油墨及其类似产品制造工业大气污染物排放标准
- ◆ 《大气污染物综合排放标准》（报批稿）
- ◆ 《恶臭污染物排放标准》（上海地标制定中）

新形势下对环境保护工作提出了新要求

- ★ 完善环境标准体系，提升行业污染控制管理能力
- ★ 应对长三角区域大气复合污染，推进上海市清洁空气行动计划的实施
- ★ “倒逼”上海市汽车产业升级



上海汽车涂装工艺现状

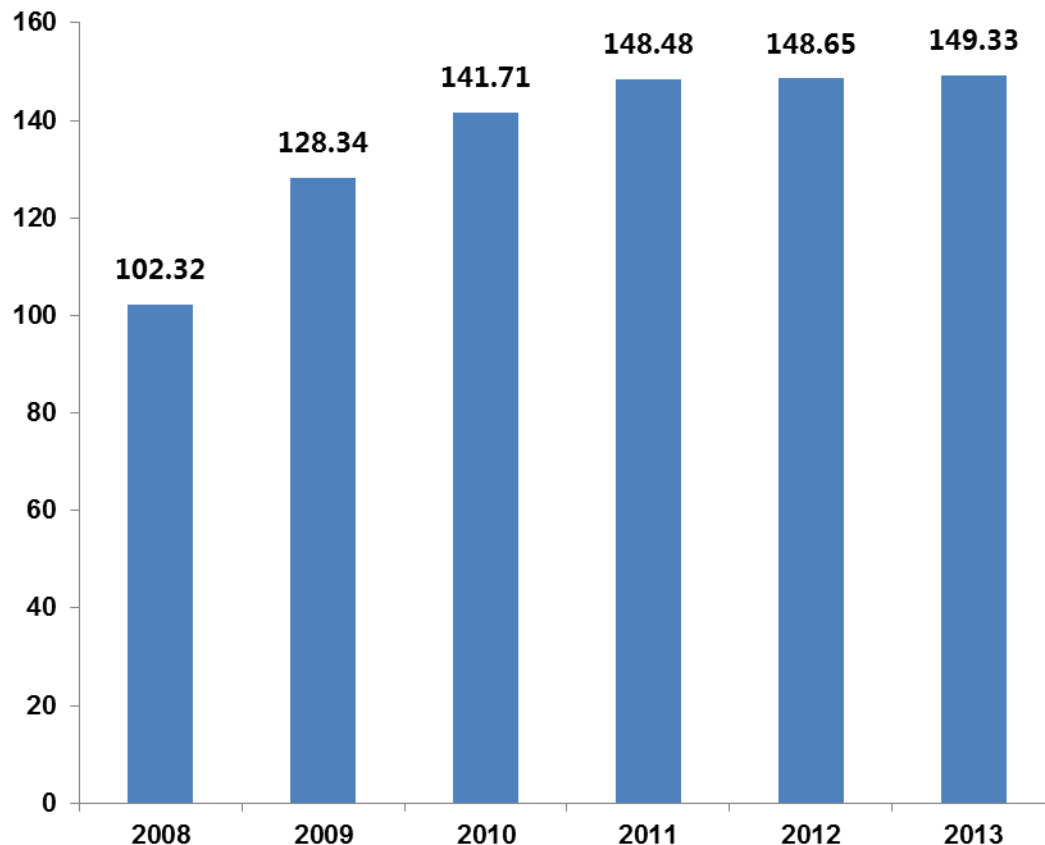
上海市汽车生产现状

□ 整车制造产量占全国10%
万辆

□ 乘用车占90%以上，
其余为客车。

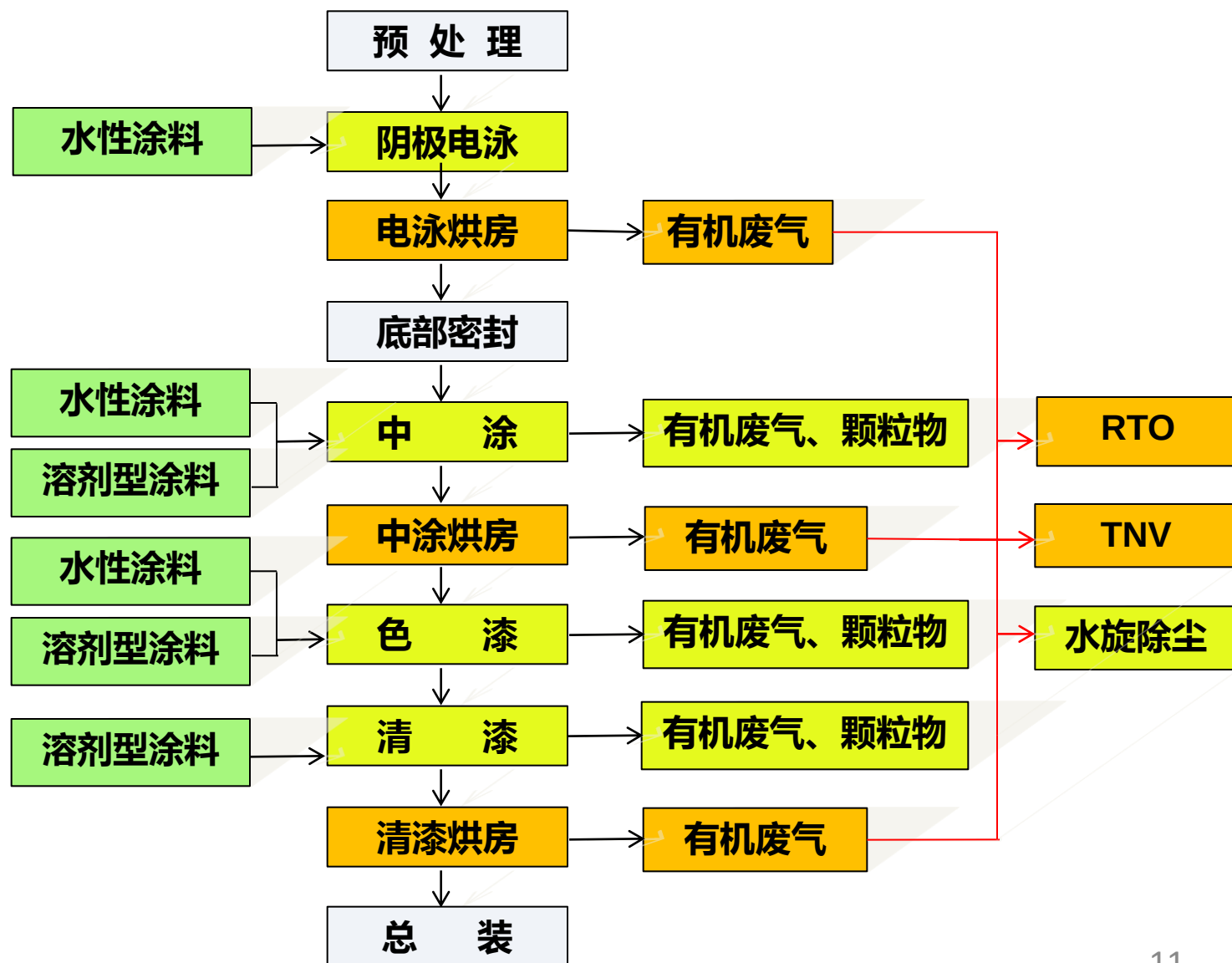
□ 产能集中

上海市汽车产量

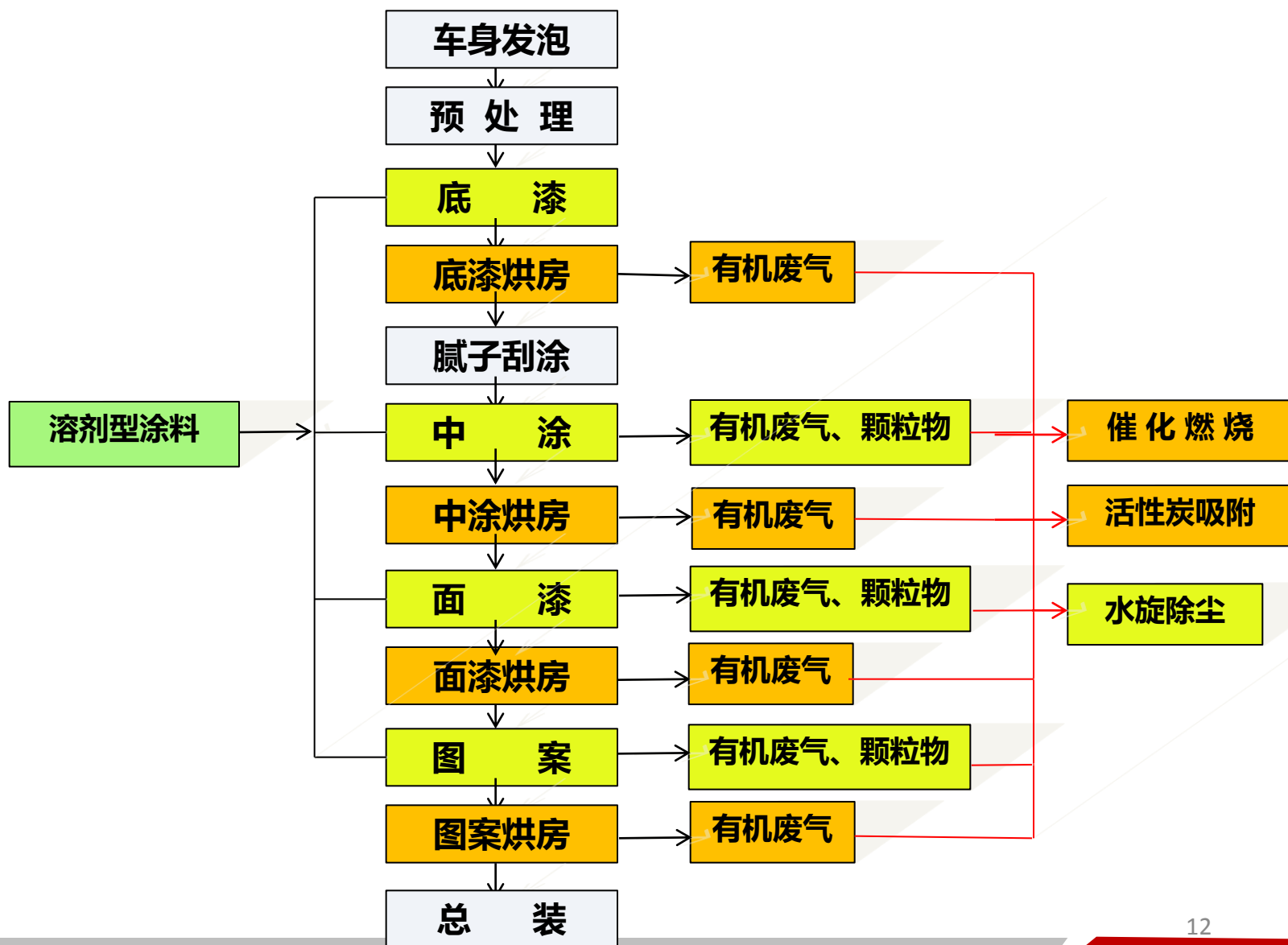


数据来自上汽集团

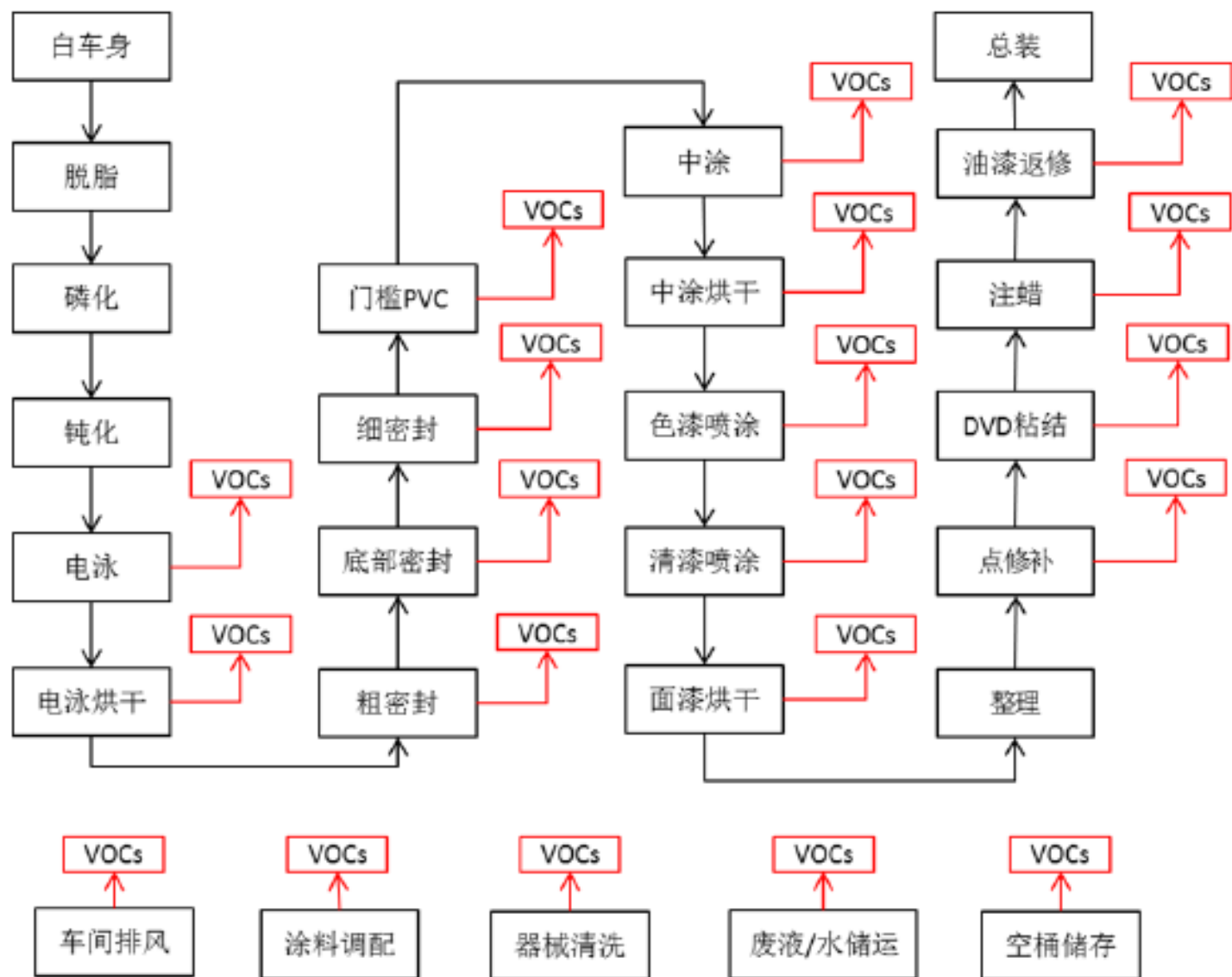
乘用车表面涂装工艺



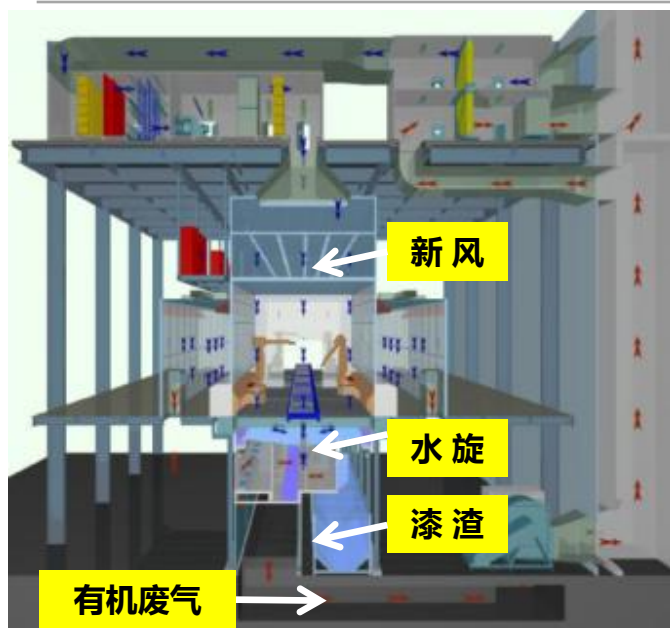
客车表面涂装工艺



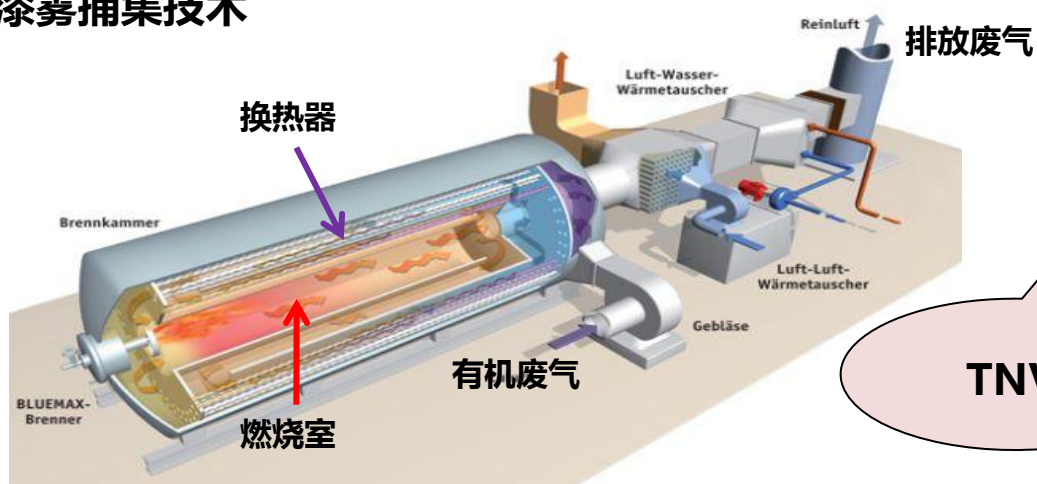
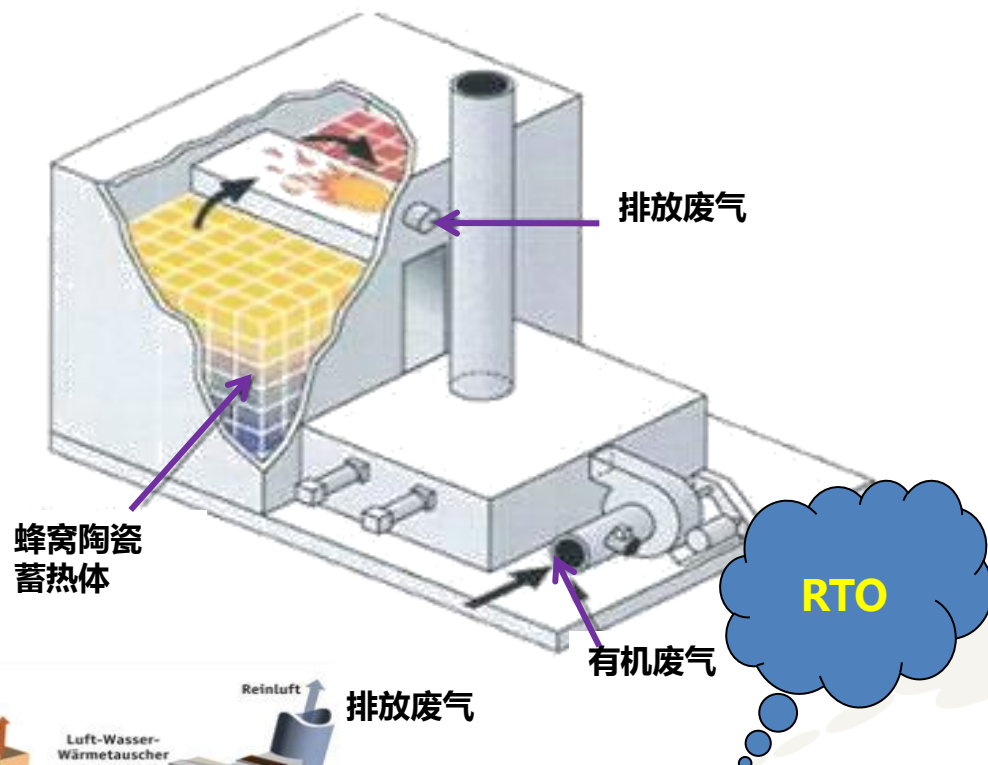
VOCs排污环节



大气污染物处理技术



湿式漆雾捕集技术



有机废气直接燃烧技术

TNV

挥发性有机物排放现状

挥发性有机物

参与大气光化学反应的有机化合物，或者根据规定的方法测量或核算确定的有机化合物。

- **用于核算或者备案的VOCs则指20℃时蒸汽压不小于10 Pa或者101.325 kPa标准大气压下，沸点不高于260 °C的有机化合物或者实际生产条件下具有以上相应挥发性的有机化合物的统称，但是不包括甲烷。**
- **以非甲烷总烃（NMHC）作为排气筒、厂界大气污染物监控、厂区内大气污染物监控点以及污染物回收净化设施去除效率的挥发性有机物的综合性控制指标。**

“参与大气光化学反应的有机化合物”

- 反映了环境保护目的，表征了针对VOCs的主要环境效应。

“或者根据规定的方法测量或核算确定的有机化合物”

- 使得定义更加全面，能够覆盖各行业管控的特征污染物。
- 测量和核算（管控方式）。
- 除光化学反应性，同样关注VOCs的健康毒性、臭味扰民。

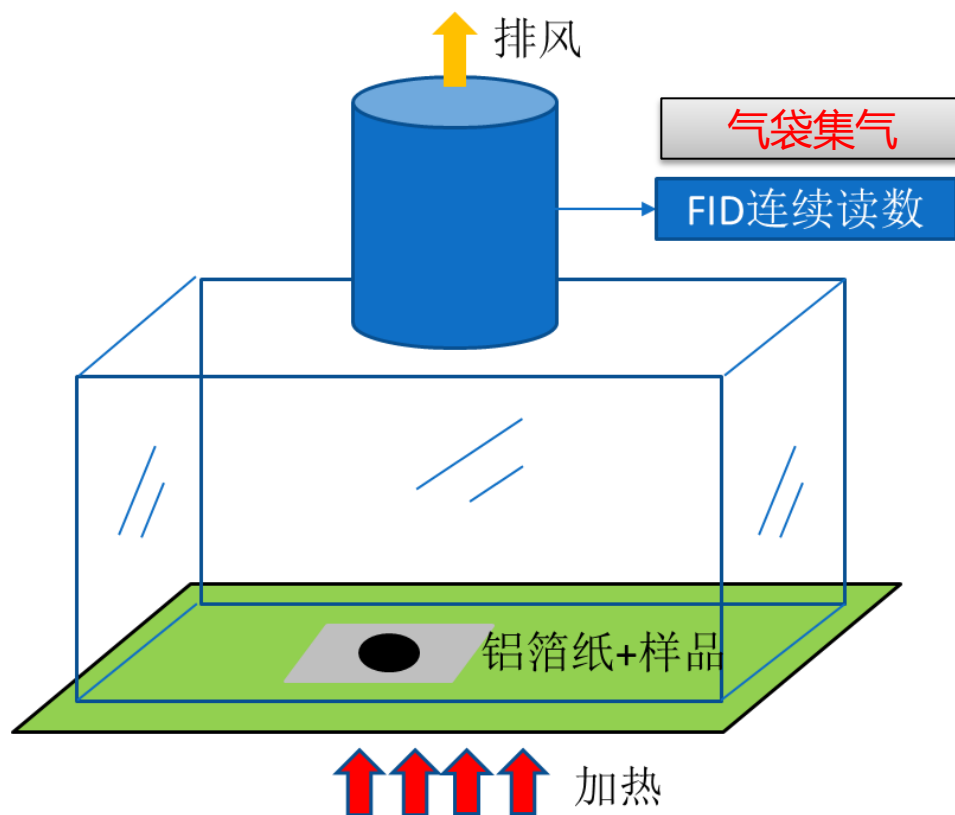
监测因子选择

依 据	特征因子	分析方法
● 现行法规要求中的特征因子 ● 成熟合适的分析方法 ● 毒性、光化学性、浓度高	● 苯系物 ● 非甲烷总烃 ● VOCs ● TOC	● 气袋采样-气相色谱法（苯系物） ● 环境空气苯系物的测定固体吸附/热脱附-气相色谱法（HJ 583） ● 固定污染源排气中非甲烷总烃的测定气相色谱法（HT/T38） ● USEPA TO-15+PAMS（VOCs） ● 使用自动检测仪测定废气中挥发性有机化合物的测定方法 JIS B 7989 ● 氢火焰离子化分析法（USPEA method 25A）

监测对象

- 原料（油漆、清洗剂）中的VOCs含量
- 烘房、喷房排气筒废气中的VOCs含量
- 厂界空气中VOCs含量

- 失重法：ISO 11890-1、ASTM D3690
- 现场连续监测：USEPA M25A
- 实验室分析：
HJ/T38-1999 气相色谱法





- 采样方法：固定污染源废气挥发性有机物的采样气袋法
- 分析方法：USEPA TO15（包含PAMS在内的102种有机物）

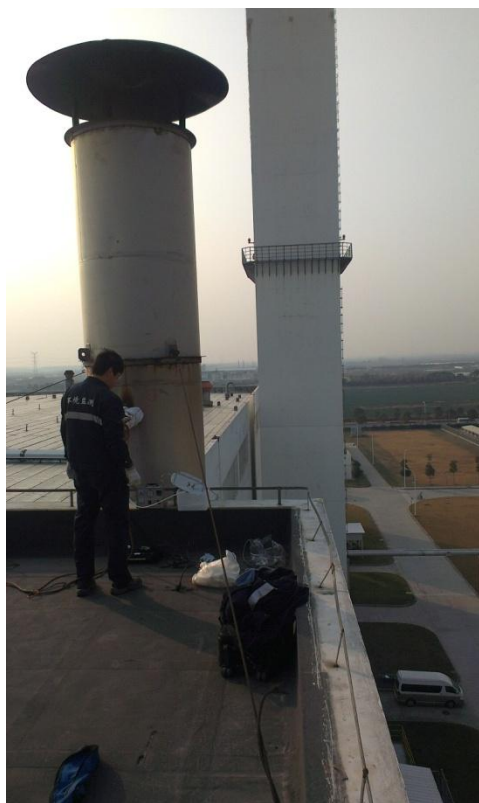
名称	品牌	颜色	VOCs含量 (现场连续监测)	VOCs含量 (实验室分析)
水性色漆	B	黑	4.72%	1.43%
		钛金	6.35%	1.19%
	A	黑(含固化剂)	3.57%	0.41%
		白(含固化剂)	3.34%	0.55%
		银	8.75%	1.95%

名称	品牌	VOCs含量 (现场连续监测)	VOCs含量 (实验室分析)	失重法
清漆	B	23.22%	8.68%	37.9%
	A	22.66%	9.36%	35.5%

名称	品牌	VOCs含量 (现场连续监测)	VOCs含量 (实验室分析)	失重法
清漆清洗剂	B	52.11%	31.83%	100.0%
	B	50.71%	30.92%	100.2%
	A	68.87%	41.56%	100.2%
色漆清洗剂	C	8.85%	2.85%	/

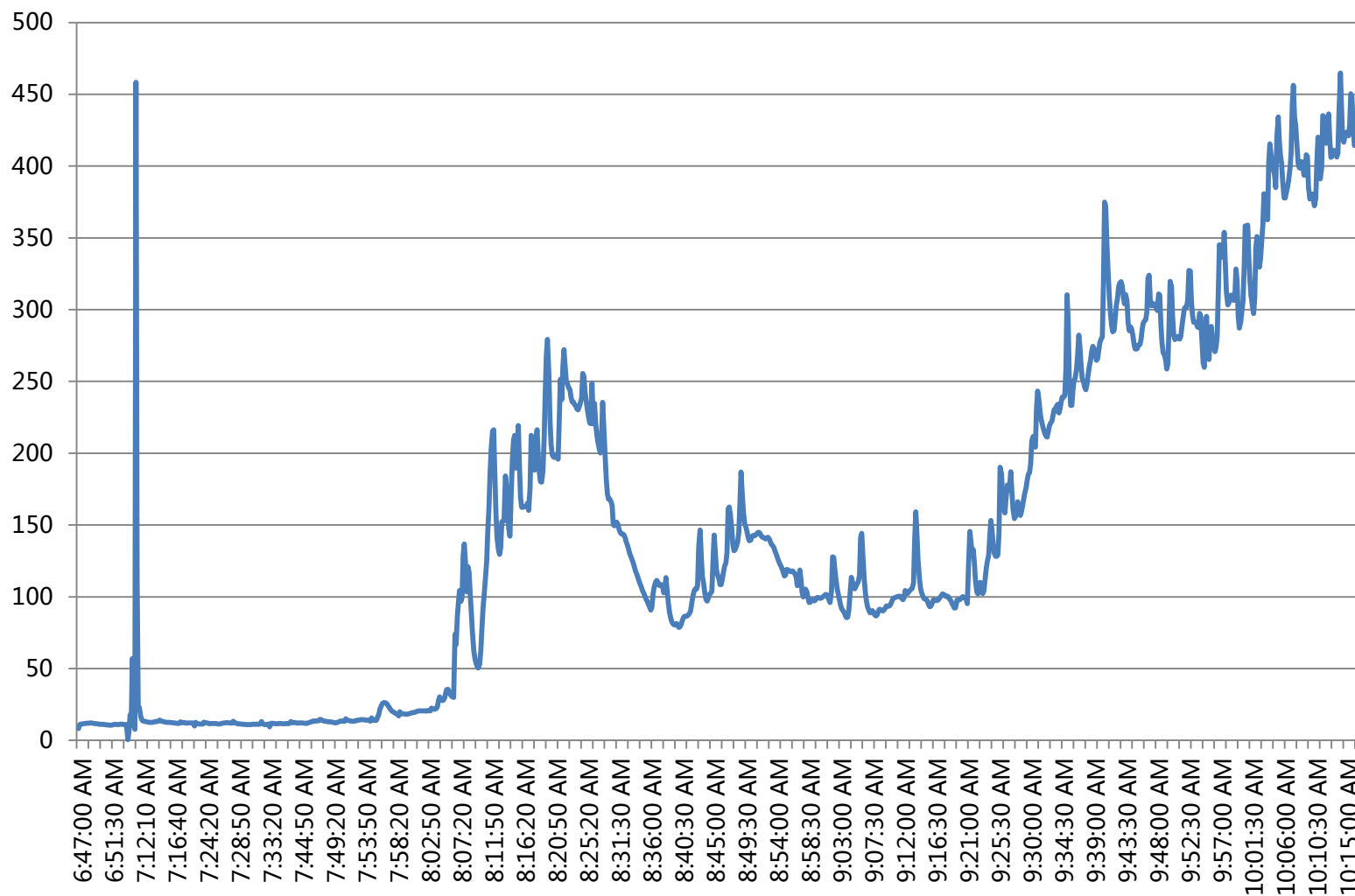
失重法>现场连续监测>实验室分析

□ 烘房、喷房、PVC、电泳



● 喷漆房废气便携式在线监测

NMHC(mg/m³)



中涂和面漆

中涂喷房



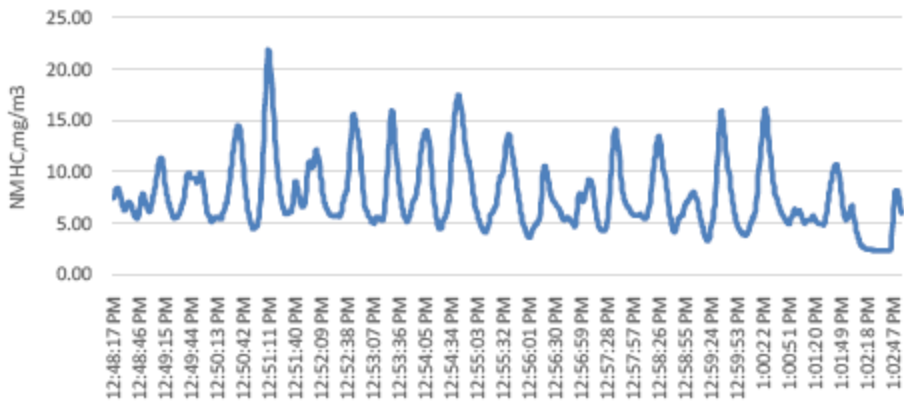
中涂烘房



面漆喷房



面漆烘房



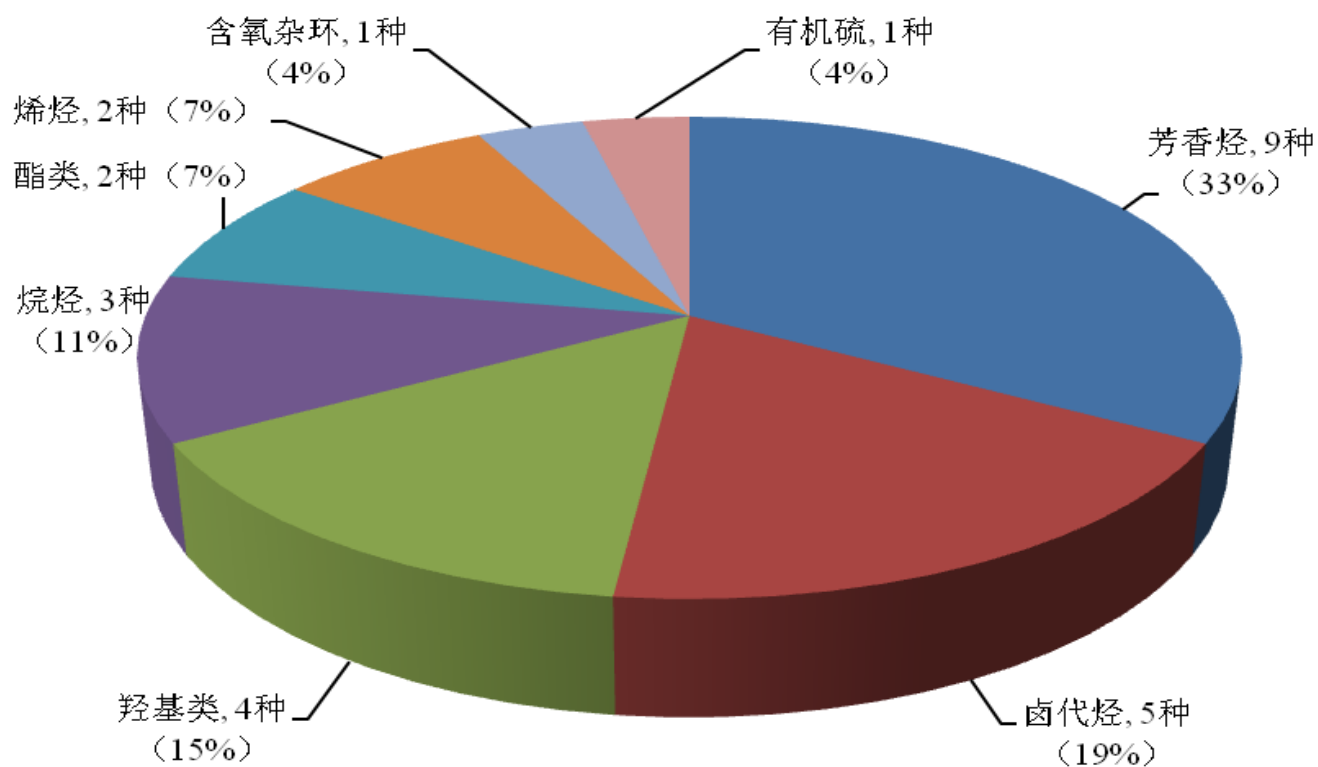
● 四家不同类型企业监测数据

污染物		非甲烷总烃浓度 (mg/m ³)			
工艺	溶剂型 (A)	溶剂型+水性	水性	溶剂型 (B)	
中涂	11.5 ~ 15.4	14.2 ~ 18.6	3.7 ~ 4.7	21.1 ~ 34.4	
色漆	45.5 ~ 58.8	3.6 ~ 4.4	5.7 ~ 8.0	80.1 ~ 120.9	
清漆	20.6 ~ 34.9	22.0 ~ 35.3	24.6 ~ 35.5	/	
烘房	29.4 ~ 37.1	4.7 ~ 6.0	5.8 ~ 33.2	63.1 ~ 135.5	

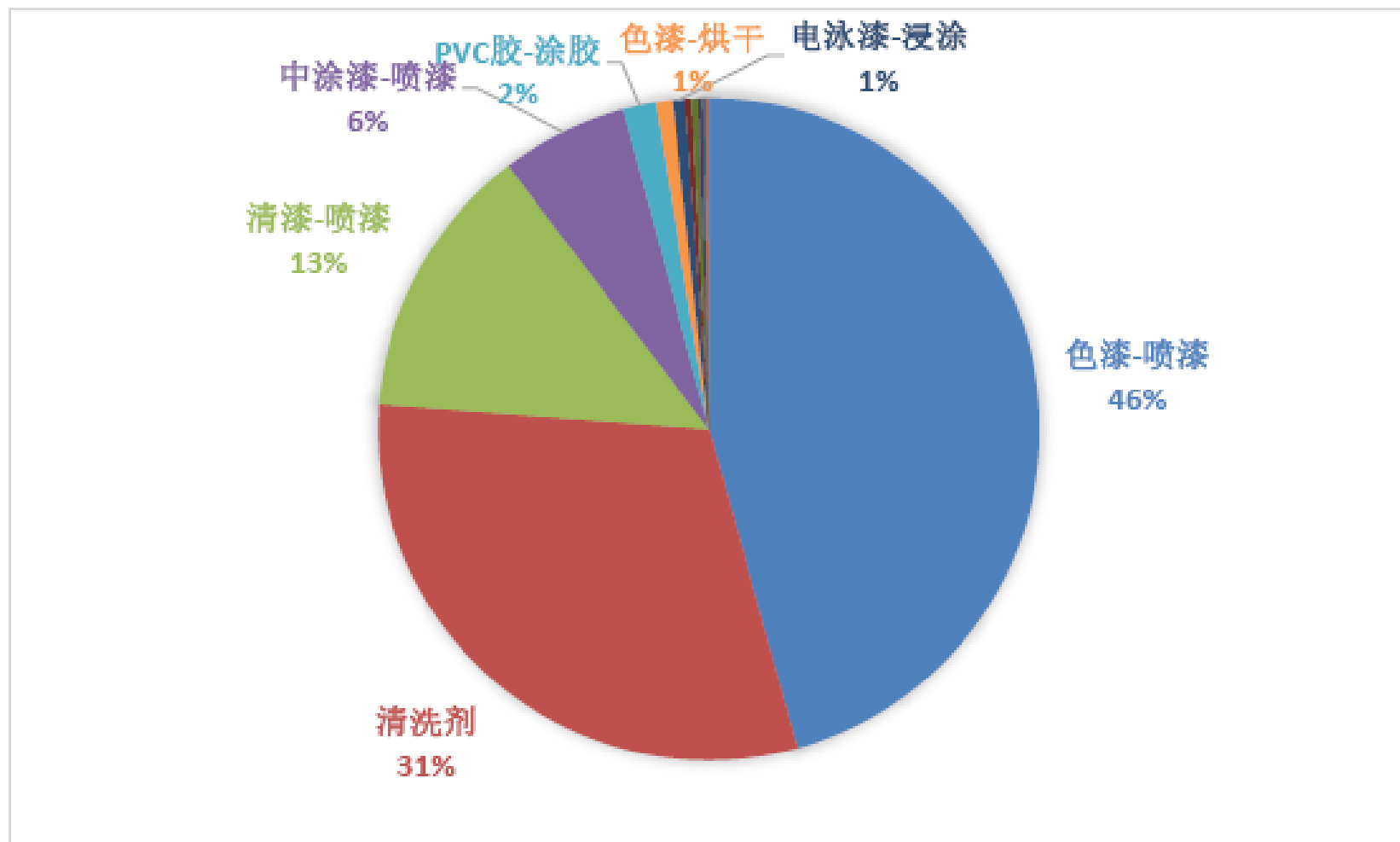
共检出27种VOCs化合物

- 检出率大于50%的VOCs化合物有：间，对-二甲苯、邻-二甲苯、1,2,4-三甲苯、1,3,5-三甲苯、乙苯、甲苯、4-乙基甲苯、氯甲烷、丙酮；
- 检出率小于50%的VOCs化合物有：苯、苯乙烯、氯乙烷、二氯甲烷、氯仿、1,2-二氯乙烷、异丙醇、甲乙酮、甲基异丁基酮、正己烷、环己烷、庚烷、乙酸乙酯、乙酸乙烯酯、丙烯、1,3-丁二烯、四氢呋喃、二硫化碳。

典型溶剂型涂装废气VOCs成分



典型溶剂型涂装废气VOCs质量平衡



厂界排放浓度

企业信息	排放浓度 (mg/m ³)		
	苯	甲苯	二甲苯
A厂	4.28E-03	1.02E-02	1.94E-02
B厂	1.72E-03	2.54E-03	3.56E-03
C厂	4.01E-03	4.87E-03	5.58E-03
D厂	1.91E-03	1.82E-03	3.88E-03
E厂 (客车)	4.15E-03	2.65E-02	3.47E-02

标准内容

- ◆ 与国家、上海市相关环保方针政策保持一致
- ◆ 标准的代表性、先进性、持续性
- ◆ 指标科学、技术可行、经济合理、可操作性强

法律 法规 政策 性文 件

- 《中华人民共和国大气污染防治法》
- 国务院《大气污染防治十条措施》
- 环境保护部《重点区域大气污染防治“十二五”规划》
- 《上海市大气污染防治条例》
- 《上海市清洁空气行动计划（2013-2017）》

相关 标准

- 北京、广东、江苏、香港和台湾等省市相关表面涂装（汽车制造业）排放标准
- 德国、美国、欧盟、日本等国家和地区相关标准

基础 资料

- 汽车涂装企业实际监测数据
- 上海市汽车涂装现状及发展趋势调研资料

□ 适用范围

- 适用于上海市汽车涂装（**乘用车和客车**）大气污染物排放控制，以及新、改、扩建项目的环境影响评价、设计、竣工验收及其建成后的大气污染物排放控制
- 标准中涂装指从汽车车身底漆开始，到最后的面涂罩光、修补、注蜡等所有工艺阶段
- **不包括零部件涂装**
- **不适用于汽车改装企业**

□ 术语定义

- 规定了**15**个术语

□ 执行时段

- 现有企业：2017.1.1
- 新建企业：2015.2.1



□ 控制指标选取依据

- 检出频次多且排放浓度高
- 毒性与健康危害大
- 光化学反应活性强
- 成熟的分析方法

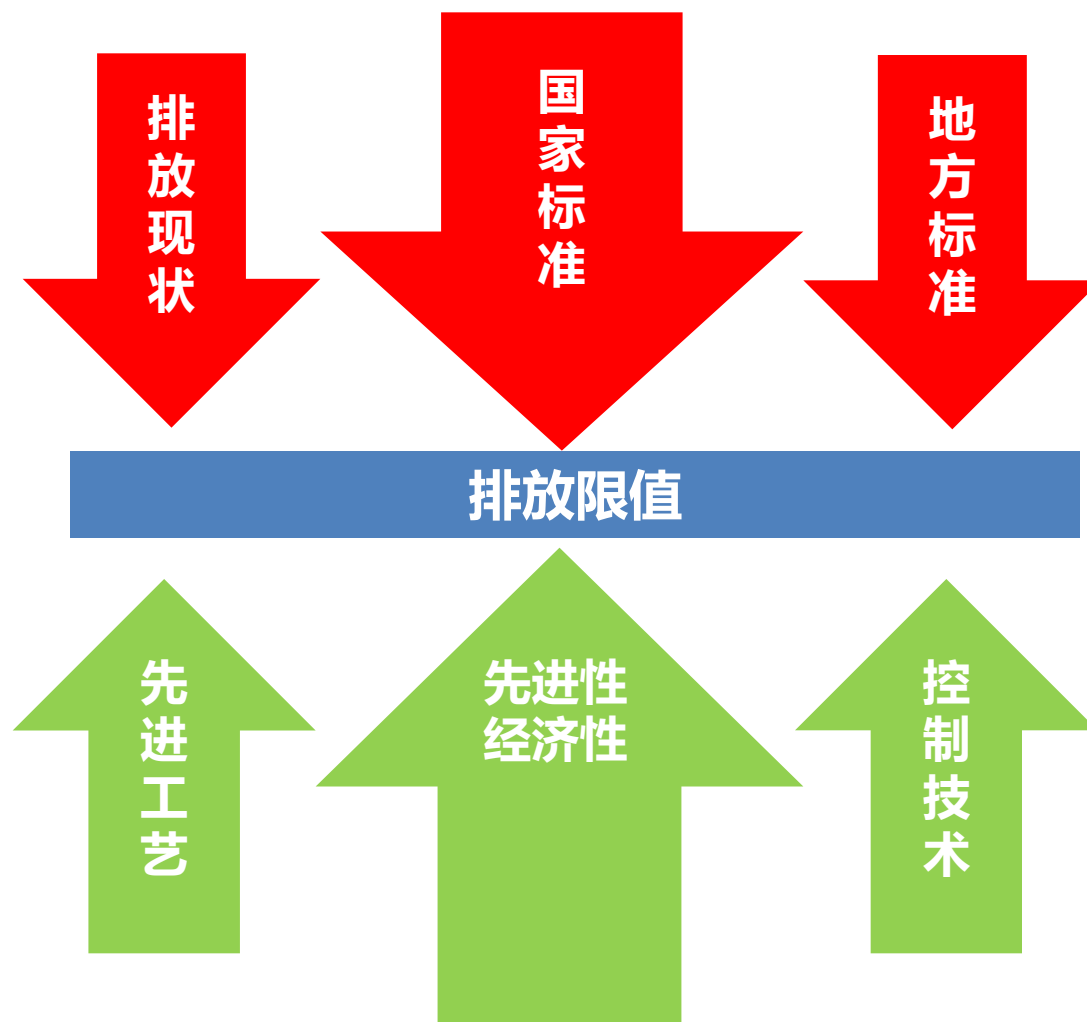
□ 控制指标

- 苯、甲苯、二甲苯、苯系物
- 非甲烷总烃
- 颗粒物

□ 控制形式

- 排放浓度（污染源与厂界监控点）
- 排放总量（污染源排放速率和单位涂装面积VOC排放总量）
- 生产工艺与管理要求

限值确定原则



排放限值

污染物	污染源	
	最高允许排放浓度 (mg/m^3)	最高允许排放速率 (kg/h)
苯	1	0.6
甲苯	3	1.2
二甲苯	12	3.2
苯系物	21	8.0
非甲烷总烃	30	24
颗粒物	20	3.0

不区分高度

车 型	单位涂装面积VOCs排放总量限值 (g/m^2)	
乘用车	35	
客 车	年产量>2000辆	150
	年产量 $\leq$ 2000辆	210

污染物	厂界浓度限值 (mg/m ³)
苯	0.1
甲苯	0.2
二甲苯	0.2
非甲烷总烃	4.0
颗粒物	0.5

序号	污染物	方法名称	标准号
1	苯系物	环境空气 苯系物的测定 固体吸附/热脱附-气相色谱法	HJ 583
		环境空气苯系物的测定 活性炭吸附二硫化碳解吸-气相色谱法	HJ 584
		环境空气挥发性有机物的测定 吸附管采样-热脱附/气相色谱-质谱法	HJ 644
		固定污染源废气 苯系物的测定 气袋采样-气相色谱法	附录C
		固定污染源废气挥发性有机物的测定 固相吸附-热脱附/气相色谱-质谱法	HJ 734
2	非甲烷总烃	固定污染源排气中非甲烷总烃的测定 气相色谱法	HJ/T 38
3	颗粒物	环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法	GB/T15432-1995
		固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法	GB/T 16157-1996

□ 生产工艺要求

- ✓ 涂料与有机溶剂
- ✓ 涂装生产线
- ✓ 排气系统与污染物处理设施
- ✓ 推进环保型涂料与工艺的应用

□ 管理要求

- ✓ 在线监测
- ✓ 单位涂装面积VOCs排放总量核算资料
- ✓ 污染物处理设施运行数据资料统计



□ 附录A 单位涂装面积VOC排放总量计算方法

1.单位涂装面积VOCs排放总量 (g/m^2) = VOCs排放总量/涂装总面积

2. VOCs排放总量 = T - T1 - T2

式中：

T——原料中VOCs的量（原料产品说明书）

T1 ——VOCs回收量（回收计量设备强制检定）

T2 ——VOCs减排量（监督监测或在线监测数据）

□ 附录B 等效排气筒有关参数计算方法

□ 附录C 固定污染源废气 苯系物的测定 气袋采样-气相色谱法

排放标准比较

- 欧洲：限制涂料及有机溶剂中VOCs含量（g/L）和单位涂装面积排放的总VOCs量（g/m²）。
- 美国：限制涂料及有机溶剂中VOCs含量（g/L）。
- 日本：汽车涂装设备VOCs排放浓度限值（排风能力10万m³/h以上）：现有700ppmc；新源400ppmc。
- 台湾：干燥室大气污染物去除率应达到90%，管道排放标准为60mg/Nm³（没经氧校正）以及汽车涂装相关作业的大气污染物排放标准为110g/m²。

清洁生产：

- 《HJ/T293-2006清洁生产标准-汽车制造业（涂装）》3C3B涂层：一级水平 $\leq 40\text{g/m}^2$ 二次水平 $\leq 60\text{g/m}^2$ 。（非强制）
- 《GB24409-2009汽车涂料中有害物质限量》中两类涂料：A类：溶剂型涂料，热塑型、单组分交联型和双组分交联型，B类：水性。

排放标准：

- 《表面涂装(汽车制造业)挥发性有机化合物排放标准》 DB 44/816-2010 (广东)
- 《工业企业挥发性有机物排放控制标准》 DB 12/524-2014 (天津)
- 《汽车制造业 (涂装) 大气污染物排放标准》 DB 31/859-2014 (上海)
- 《汽车整车制造表面涂装大气污染物排放标准》 DB 50/ 577-2015 (重庆)
- 《汽车整车制造业 (涂装工序) 大气污染物排放标准》 DB11/ 1227-2015 (北京)
- 《表面涂装 (汽车制造业) 挥发性有机物排放标准》 (江苏省报批稿)
- 《机动车及挂车制造业 (涂装) 挥发性有机化合物排放标准》 (山东省报批稿)

地区	挥发性有机物 (VOCs)
广东	在101325 Pa标准大气压下，任何沸点低于或等于250℃的有机化合物，简称VOCs。
天津	在293.15K条件下蒸汽压大于或定于10Pa，或者特定适用条件下具有相应挥发性的全部有机化合物（不包括甲烷），简称VOCs。
上海	参与大气光化学反应的有机化合物，或者根据规定的方法测量或核算确定的有机化合物。 a) 用于核算或者备案的VOCs则指20℃时蒸汽压不小于10 Pa或者101.325 kPa标准大气压下，沸点不高于260 °C的有机化合物或者实际生产条件下具有以上相应挥发性的有机化合物的统称，但是不包括甲烷。 b) 以非甲烷总烃（NMHC）作为排气筒、厂界大气污染物监控、厂区内大气污染物监控点以及污染物回收净化设施去除效率的挥发性有机物的综合性控制指标。
重庆	在20℃时，饱和蒸汽压大于或等于0.01kPa，或者特定适用条件下具有相应挥发性的全部有机化合物的统称，简称VOCs。根据控制对象与控制方法的不同，本标准规定了不同的VOCs 控制指标： a) 针对污染源和无组织排放的VOCs，以特定的单项物质和涵盖该行业主要挥发性有机化合物为代表的综合性指标作为控制指标； b) 针对原料中的VOCs，指实际生产条件下具有相应挥发性的全部有机化合物的统称。
北京	参与大气光化学反应的有机化合物，或者根据规定的方法测量或核算确定的有机化合物。
江苏	除CO、CO ₂ 、H ₂ CO ₃ 、金属碳化物、金属碳酸盐、碳酸铵之外，任何参加大气光化学反应的碳化合物。
山东	指293.15K时蒸汽压不小于10 Pa，或在101.325 kPa标准大气压下，沸点不高于260 °C的具有挥发性的全部有机化合物（不包括甲烷）的总称，英文简称VOCs。主要包括烃类、卤代烃、醛酮类、醚酯醇类、苯类、胺类和腈（氰）类等有机化合物。

地区	总挥发性有机物 (TVOCs)	分析方法
广东	1) 采用一种监测方法测定所有预期的有机物； 2) 采用多种特定监测方法分别测定所有的预期的有机物。	采样管+气相色谱
天津	同广东	气袋或summa罐+气相色谱/质谱
上海	以非甲烷总烃 (NMHC) 作为表征挥发性有机物的综合性控制指标。	气袋/针筒+气相色谱
重庆	广东+上海	广东+上海
北京	以非甲烷总烃 (NMHC) 作为表征挥发性有机物的综合性控制指标。	气袋/针筒+气相色谱
江苏	17种有机物计，未识别峰以甲苯计。	采样管+气相色谱
山东	指293.15K时蒸汽压不小于10 Pa，或在101.325 kPa标准大气压下，沸点不高于260 °C的具有挥发性的全部有机化合物（不包括甲烷）的总称，英文简称VOCs。主要包括烃类、卤代烃、醛酮类、醚酯醇类、苯类、胺类和腈（氰）类等有机化合物。	采样管+气相色谱质谱

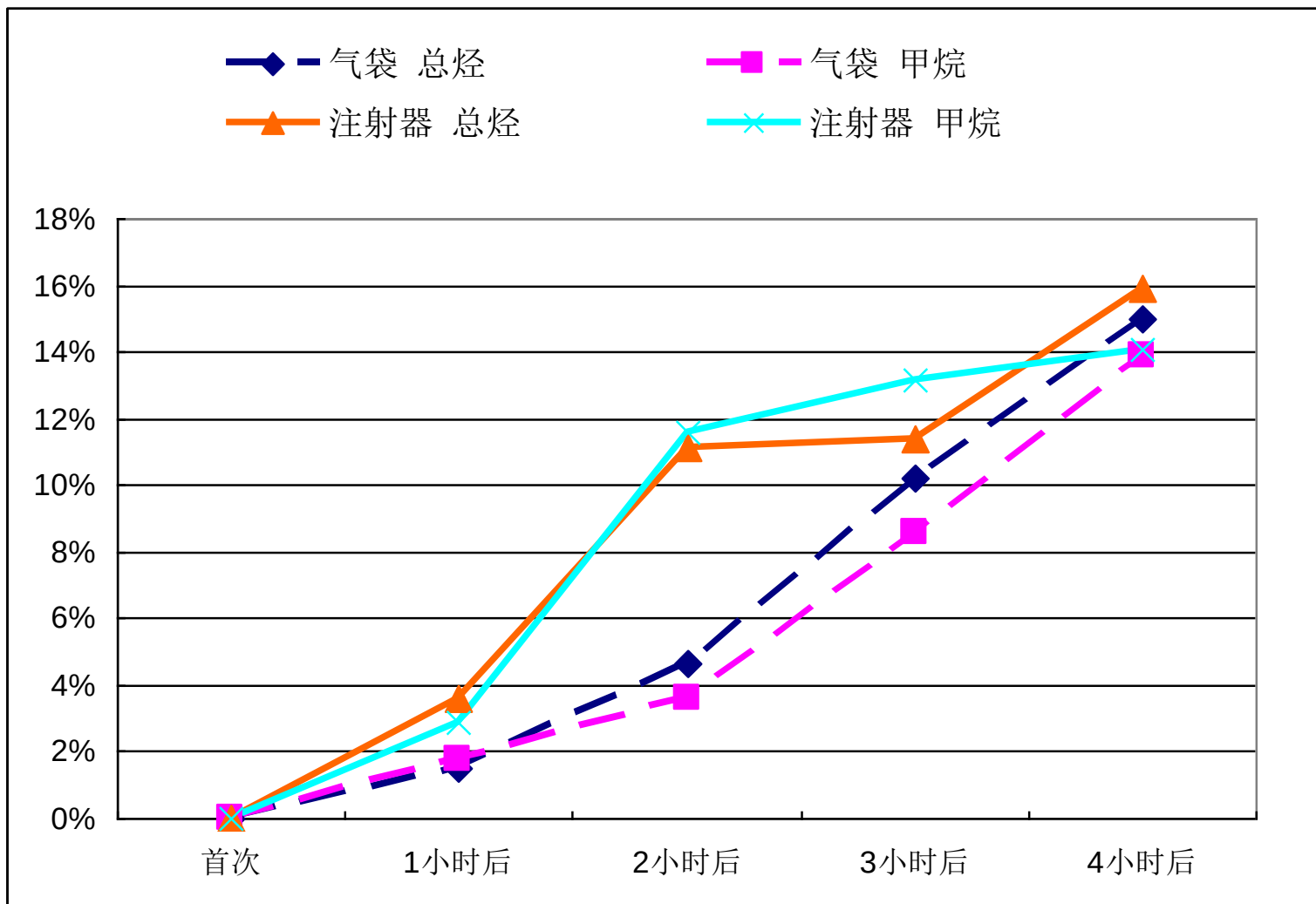
样品采集

固定污染源废气 挥发性
有机物的采样 气袋法
(HJ 732-2014)

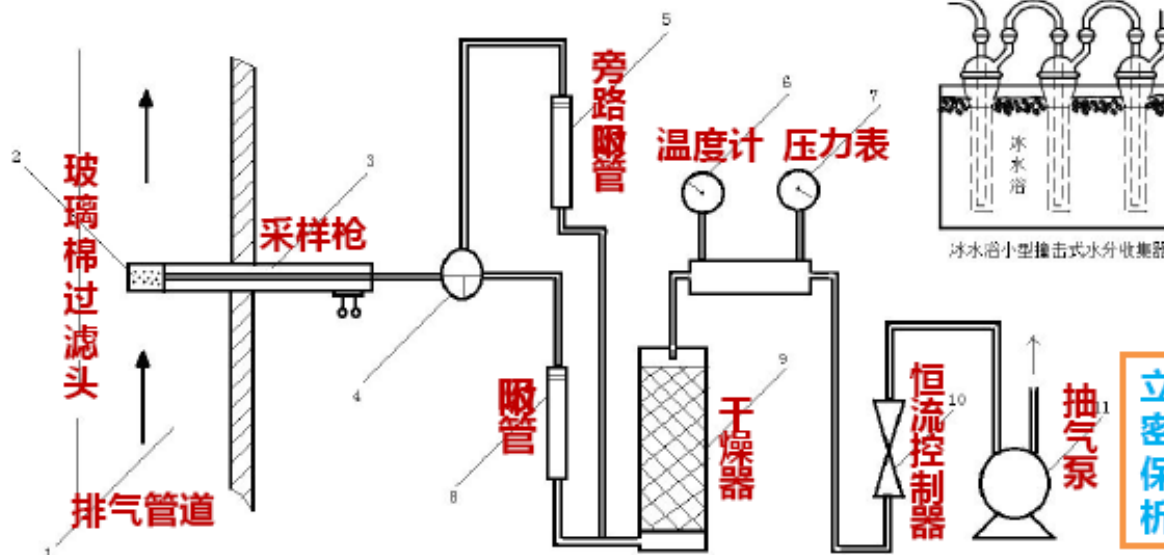


泰德拉气袋

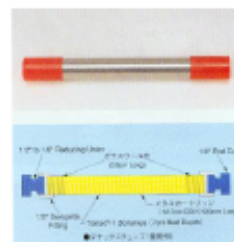
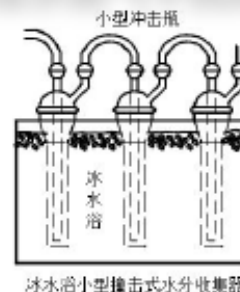




吸管采样系统



存在水蒸气干扰时



立即采样管两端密封，4℃避光保存，7日内分析

正己烷、正庚烷、1-癸烯、1-十二烯、苯、甲苯、乙苯、对/间二甲苯、苯乙烯、邻二甲苯、异丙醇、丙酮、3-戊酮、环戊酮、2-庚酮、2-壬酮、苯甲醛、乙酸乙酯、六甲基二硅氧烷、乳酸乙酯、乙酸丁酯、丙二醇单甲醚乙酸酯、苯甲醚

组合1 吸附管，内装Tenax GR、Carbopack B，长度分别为30、25 mm

组合2 吸附管，内装Carbopack B、Carboxen 1000，长度分别为30、10 mm

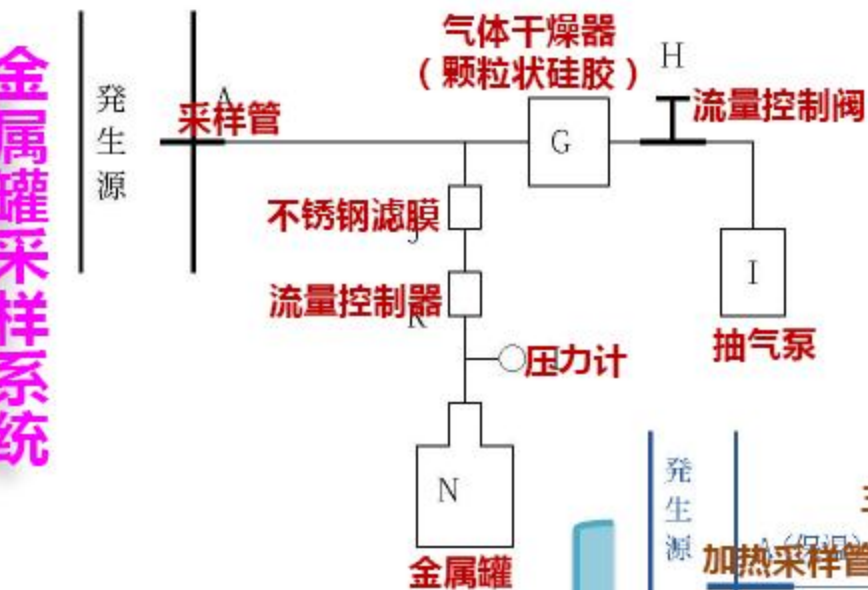
组合3 吸附管，内装Carbopack C、Carbopack B、Carboxen 1000，长度分别为13、25、13 mm

差异

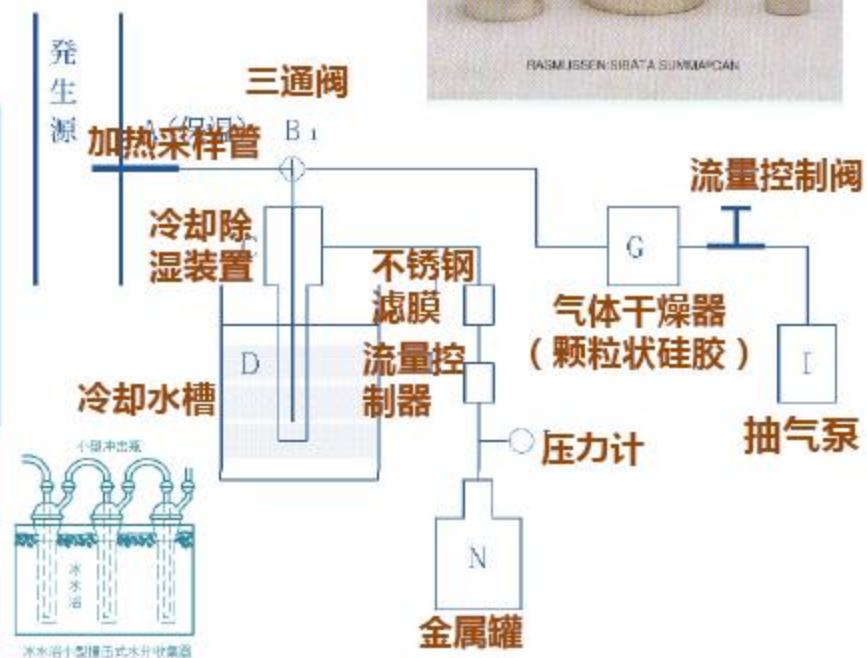
吸附剂	解吸技术	采集的化合物	沸点起点[°C]	主要优点和缺点
Tenax TA	热解吸	• 大多数非极性VOCs • 萜烯 • 略低级性VOCs • >C₅醛 • (酸>C₃) *	>60	- 低背景 - 已有充分研究 - 某些分解产物 (苯甲醛、苯乙酮)
Carbotrap	热解吸	• 大多数非极性VOCs • 略低极性VOCs	>60	- 低背景 - 某些物质有反应 (如醛、萜烯)
活性炭	溶剂/热解吸	• 大多数非极性VOCs • 略低极性VOCs	>50	- 高容量 - 某些物质有反应
Porapak Q	热解吸	• 大多数非极性VOCs • 略低极性VOCs	>60	- 高背景 - 热稳定性差
Porapak S 或 R、N	热解吸	• 大多数非极性VOCs • 中等极性VOCs	>40	- 高背景 - 热稳定性差
有机分子筛	热解吸	• 极性和非极性VOCs	>-80	- 吸附水

差异

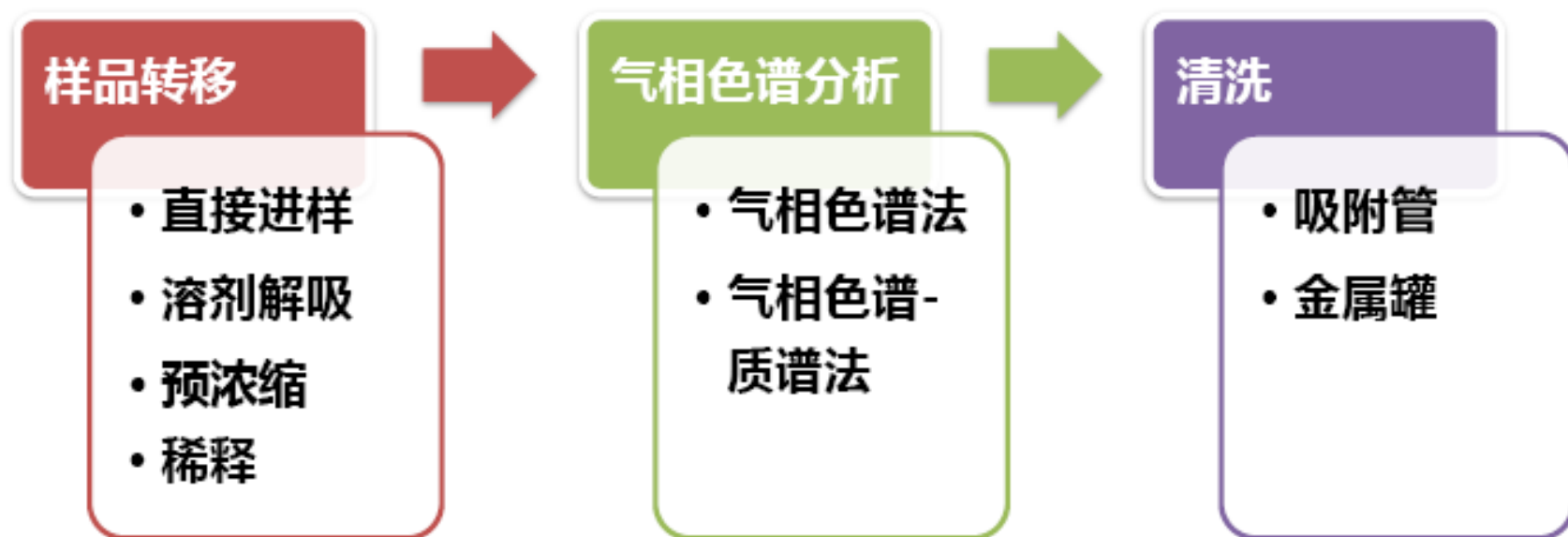
金属罐采样系统



除水份



实验室分析



标准体系

地区	标准体系			
	污染源	无组织	原料	工艺和管理要求
广东	浓度+排放速率（分高度）	厂界	涂料VOCs含量应符合GB 24409中的规定，单位涂装面积VOCs含量	密闭、台账记录、有机物处理效率90%
天津	浓度+排放速率（分高度）	厂界	单位涂装面积VOCs含量	密闭、台账记录、有机物处理效率90%，VOCs在线监测
上海	浓度+排放速率（不分高度）	厂界	涂料VOCs含量应符合GB 24409中的规定，单位涂装面积VOCs含量	密闭、台账记录、有机物处理效率90%，VOCs在线监测
重庆	浓度+排放速率（分高度）	厂界	涂料VOCs含量应符合GB 24409中的规定，单位涂装面积VOCs含量	密闭、台账记录、有机物处理效率90%，VOCs在线监测，自愿性排放限值
北京	浓度	车间	收严涂料VOCs含量，单位涂装面积VOCs含量	密闭、台账记录、水性、非水性涂料废气分开处置
江苏	浓度+排放速率（不分高度）	厂界	涂料VOCs含量应符合GB 24409中的规定，单位涂装面积VOCs含量	密闭、台账记录、有机物处理效率90%，VOCs在线监测
山东	浓度+排放速率（分高度）	厂界	涂料VOCs含量应符合GB 24409中的规定	VOCs在线监测

小结

- 以非甲烷总烃表征污染源中VOCs是现有技术条件下可操作性较好的方法。
- 非甲烷总烃作（综合性指标）+苯系物（单项指标）
- 建立污染源苯系物附录方法
- 气袋方式采集污染源中VOCs样品的采集具有相对灵活性。
- 在线监测

达标分析

喷房和烘房废气

企业名称	污染源	苯	甲苯	二甲苯	苯系物	非甲烷总烃
A厂（一线）	喷房	-	-	100%	100%	6%
	烘房	-	-	-	-	100%
A厂（二线）	喷房	-	-	33%	33%	-
	烘房	-	-	-	-	-
B厂	喷房	-	-	-	33%	33%
	烘房	-	-	-	-	-
C厂	喷房	-	-	33%	33%	33%
	烘房	-	-	-	-	-
D厂	喷房	-	-	33%	33%	25%
	烘房	-	-	-	-	100%
E 客车厂	喷房	-	100%	100%	100%	33%
	烘房	-	-	-	-	-

单位涂装面积VOCs排放量

企业名称 (g/m ²)	现 状	排放限值
乘用车	30~80	35
客车	350~403	150

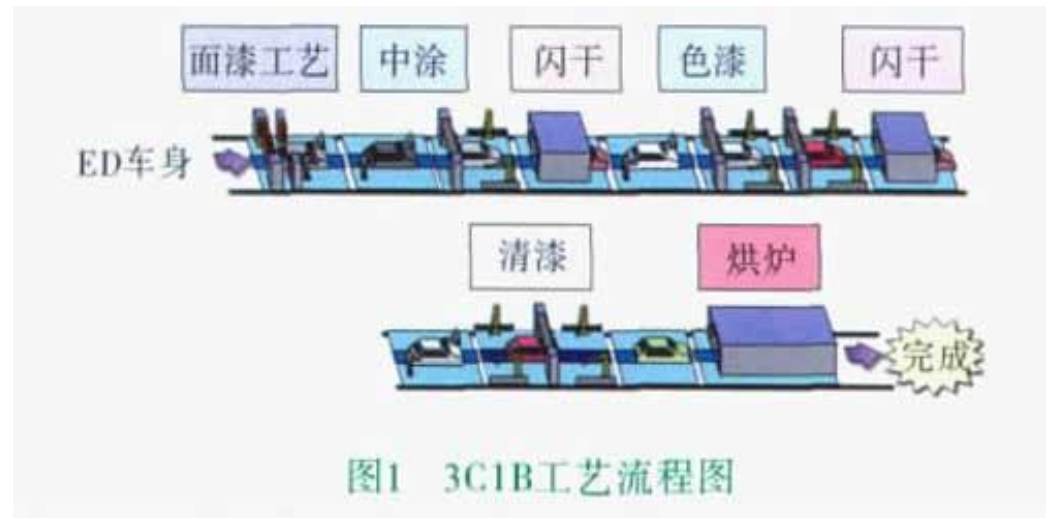
乘用车达标技术分析

□ 引导环保型涂料应用

- 水性涂料、粉末涂料和高固体成分涂料

□ 改进涂装工艺

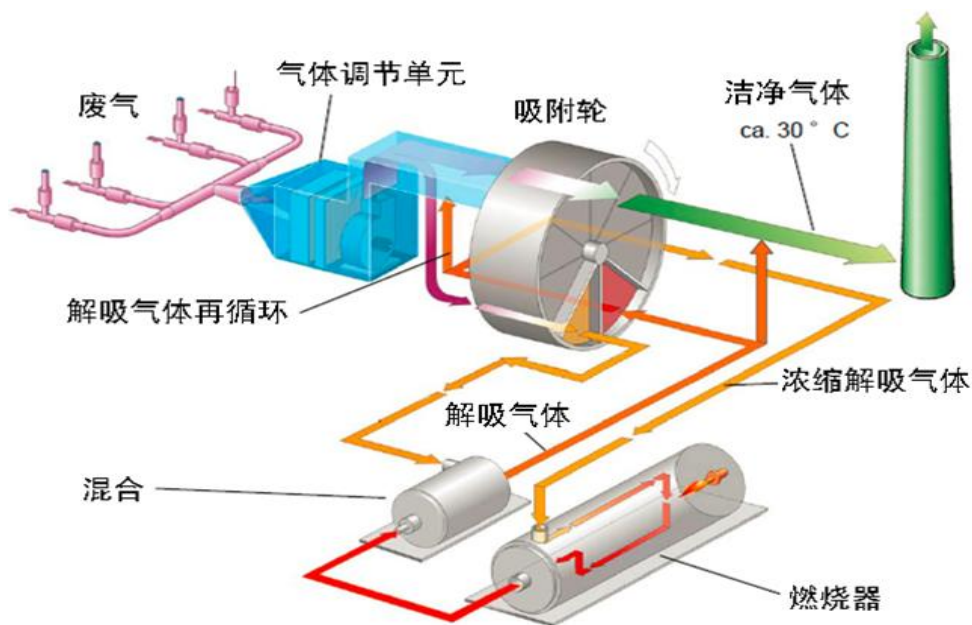
- “3C1B”
- 双底色无中涂
- 多功能色漆



□ 改进大气污染物处理技术

➤ 干式漆雾处理技术

➤ 沸石转轮浓缩-燃烧技术



乘用车达标技术分析

项目	数据
处理量	400000Nm3/h
浓缩比	15 : 1 ~ 20:1左右
转换效率	大于90%
RTO处理量	27000NM3/H
热效率	95%
RTO处理效率	98%
氧化温度	760度以上
停留时间	1秒
装机功率	600KW
天然气耗量（最大值）	80Nm3/h

乘用车达标技术分析

投资成本 (万)	燃气成本 (元/h)	电费 (元/h)	维护成本 (万/年)	产量 (台/h)	折合单台成本 (元/台)
5000	398.7	225	45	40	17.84元

企业名称	改造措施	新建项目
A	喷房废气焚烧	水性色漆+ “3C1B” 工艺+喷房废气焚烧
B	水性色漆+ 喷房废气焚烧	水性中涂+ 水性色漆+喷房废气焚烧
C	喷房废气焚烧	-

客车达标技术分析

□ 现有客车工艺

- 底漆+中涂+色漆+清漆+彩条
- 人工喷涂
- 全溶剂型涂料
- 低温烘干 (50~80℃)

□ 改造技术

- 水性漆
- 电泳底漆
- 机器人喷涂
- 废气焚烧



客车乘用车达标技术分析

	工 艺	喷 房	烘 房
底漆	手工喷漆（水性漆）	水旋喷房，无废气燃烧	燃气烘房+废气燃烧
中涂	手工喷漆（水性漆）	同上	同上
面漆+彩条漆 +清漆	手工喷漆（溶剂漆）	水旋喷房+废气燃烧	同上

注：溶剂型油漆选用高固份低黏度型。

技改后达到210g/m³

- ◆ **依法管控，强制末端治理，加强过程控制，引导源头预防。**
- ◆ **研究不同工艺排气中采样与分析方法表征VOCs总量与特征因子方法适用性。**

谢谢，请指正！