

# 重点行业 VOCs 管控的政策与技术 经验总结



2016 年 2 月

---

<sup>1</sup>本稿件根据第 11 届中国城市空气质量管理研讨会专家报告、培训材料、补充材料整理。

## 重点行业 VOCs 管控的政策与技术经验总结 ii

©2016 年，亚洲清洁空气中心版权所有。

亚洲清洁空气中心，2016 年，“重点行业 VOCs 管控的政策与技术经验总结”，中国。

只要在引用中注明出处，这份出版物的全部或部分内容可以用于教育或其它非营利目的而不须版权人的特别批准。如果有刊物引用了本中心的出版物，我们希望能收到一份该刊物的副本。未经书面申请许可，此出版物不可用于销售或其它任何商业目的。

### 免责声明

本出版物中所表达的观点来自亚洲清洁空气中心工作人员、顾问和管理专家，不代表亚洲清洁空气中心理事会的意见。亚洲清洁空气中心不担保出版物中所引用数据的准确性，也不对使用这些数据的后果承担任何责任。

### 致谢

本报告由万薇博士（亚洲清洁空气中心空气质量专家）、付璐博士（亚洲清洁空气中心中国区总监）和张伟豪（亚洲清洁空气中心环境研究专员）撰写。

### 联系

亚洲清洁空气中心	中国办公室	印度办公室
3504 - 3505 Robinsons Equitable Tower, ADB Avenue, Ortigas Center, Pasig City, Phillipines 1605	北京市朝阳区秀水街 1 号建国门外外交公寓 11-152, 100600	1st Floor, Building No.4, Thyagraj Nagar Market Lodhi Colony,
电话: +632 6311042	电话: +86 10 8532 6172	New Delhi 110003 India
传真: +632 6311390	传真: +86 10 8532 6172	Tel: +91 11 601 20260
center@cleanairasia.org	china@cleanairasia.org	Fax: +91 11 43850032
		india@cleanairasia.org

8 个国家网络：中国 印度 印度尼西亚 尼泊尔 巴基斯坦 菲律宾 斯里兰卡 越南

### 关于亚洲清洁空气中心 [www.cleanairasia.cn](http://www.cleanairasia.cn)

亚洲清洁空气中心（前身为亚洲城市清洁空气行动中心）通过把知识转化为政策和行动，减少来自交通、能源与其他行业的大气污染与温室气体排放，改善空气质量，打造宜居城市。

亚洲清洁空气中心作为亚洲领先的空气质量管理网络，成立于 2001 年，由亚洲开发银行、世界银行和美国国际开发署共同发起，自 2007 年开始作为一个独立的非营利组织运营。亚洲清洁空气中心在马尼拉、北京和德里设有办公室，并且拥有八个国家（中国、印度、印度尼西亚、尼泊尔、巴基斯坦、菲律宾、斯里兰卡和越南）网络，是联合国认可的合作伙伴机构，在亚洲和世界各地拥有 250 多个机构会员。

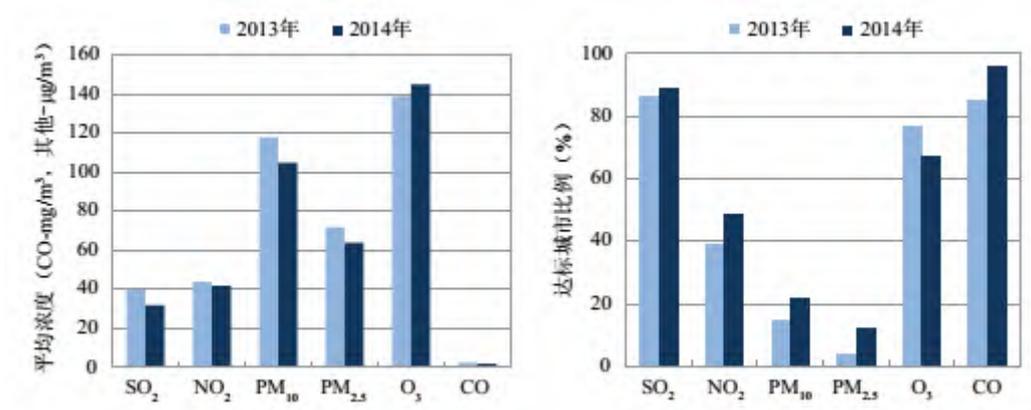
亚洲清洁空气中心通过知识和伙伴关系，帮助亚洲 1000 多个城市和国家政府了解问题，识别有效的政策和措施。目前开展的项目主要分为四类：空气质量与气候变化，低排放城市发展，清洁燃料与车辆，绿色货运与物流。

两年一届的“更好的空气质量”（BAQ）大会是亚洲清洁空气中心的旗舰盛会，它将决策者、专家和各利益相关方齐聚一堂，相互沟通、学习并分享空气质量管理经验。以往的 BAQ 大会证明该盛会能够影响政策，发起新项目并建立合作伙伴关系。

## 1. 中国 VOCs 污染问题

### 1.1 VOCs 是生成臭氧的重要前体污染物

自国家发布《大气污染防治行动计划》，2013 至 2014 年间城市空气质量改善效果初显，但是 O<sub>3</sub> 浓度不降反升，达标城市比例下降，与 PM<sub>2.5</sub> 等其它 5 项污染物形成鲜明对比：O<sub>3</sub> 日最大 8 小时平均值为 145 微克/立方米，同比上升 4.3%；达标城市比例为 67.6%，同比下降 9.4 个百分点。



图：74 城市平均浓度和达标城市比例年际比较

来源：2014 年环境状况公报

VOCs 与氮氧化物在紫外线下发生复杂的非线性反应，导致对流层臭氧的累积，在静稳气象条件下造成城市光化学烟雾。因为臭氧的生成是复杂的非线性反应，因此不能单纯地控制氮氧化物或者挥发性有机物，当前大中城市的突出问题是应该同时控制氮氧化物和挥发性有机物。

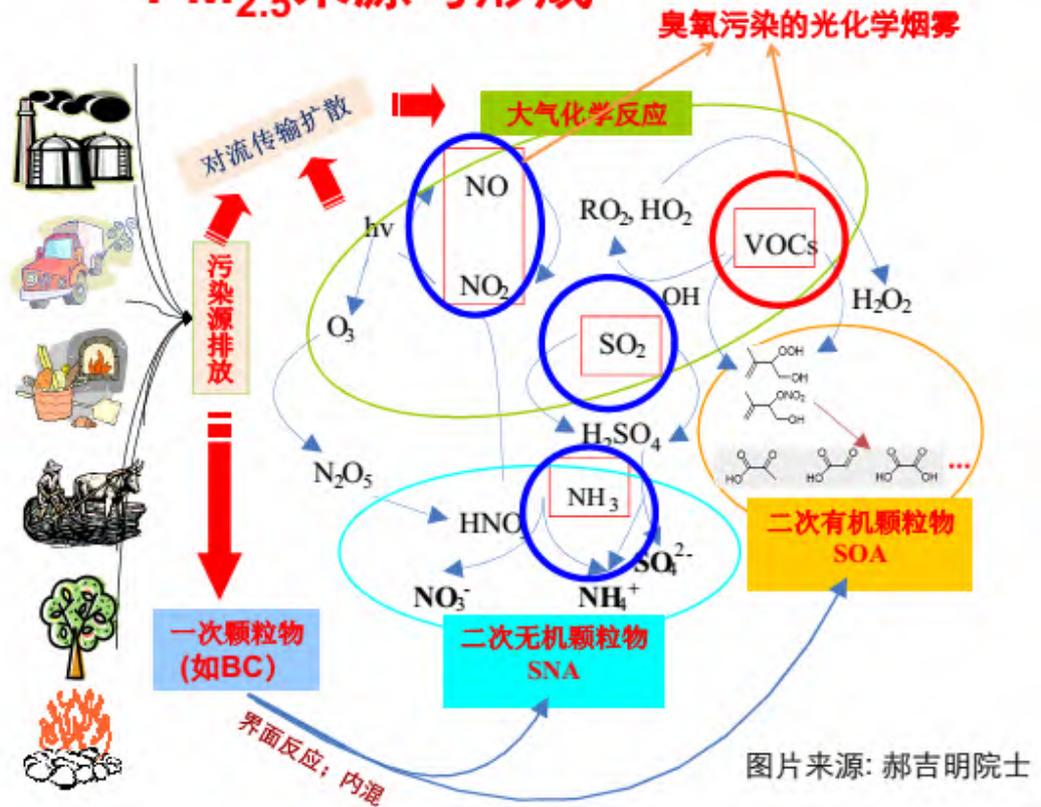
### 1.2 VOCs 加剧雾霾污染

目前的共识是 PM<sub>2.5</sub> 是霾污染的元凶。PM<sub>2.5</sub> 是空气动力学当量直径不大于 2.5 微米的颗粒物的总和。从颗粒物的来源和形成机制上看，包括一次颗粒物和二次颗粒物，一次颗粒物是从污染源直接排放的颗粒物，二次颗粒物则是排入大气的气态污染如通过大气化学反应生成的二次颗粒物。

众多的研究已经表明，城市大气 PM<sub>2.5</sub> 中，由气态污染物形成的二次颗粒物贡献比较大。二次颗粒物的组分包括硫酸盐、硝酸盐、氨盐和有机气溶胶，不同城市中二次颗粒物所占比例也不同。以上海市为例，硫酸盐约占 20% 左右，硝酸盐约占 10%~20%，有机物约占 25%，氨盐约占 10%~15%，黑碳约占不到 10% 等。随着电厂脱硫和脱硝的推进，硫酸盐的比例逐步下降，硝酸盐的比例则随着机动车船的贡献而上升。尤其值得重视的是有机气溶胶，由挥发性有机物( VOCs )形成的二次气溶胶是颗粒物中重要的组成部分，在重污染天气，有机气溶胶可能占 40% 以上。

PM<sub>2.5</sub> 与光化学烟雾形成机制中 VOCs 发挥的作用见下图：

## PM<sub>2.5</sub>来源与形成



## 2. 当前控制政策现状

### 2.1 VOCs 控制政策处于起步阶段

VOCs 作为颗粒物的重要前体物，在其管控方面，与发达国家相比，我国整体上还处于起步阶段，部分省市甚至领先于国家。2012 年，《关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量的指导意见》（国办发〔2010〕33 号）首次把 VOCs 作为重点污染物。2012 年，《重点区域大气污染防治“十二五”规划》环发〔2012〕130 号）开始推动气回收、石化化工等重点行业 VOCs 综合治理。2013 年，《大气污染防治行动计划》（国发〔2013〕37 号）提出：

- 石化、有机化工、表面涂装、印刷包装等重点行业综合治理，首个综合

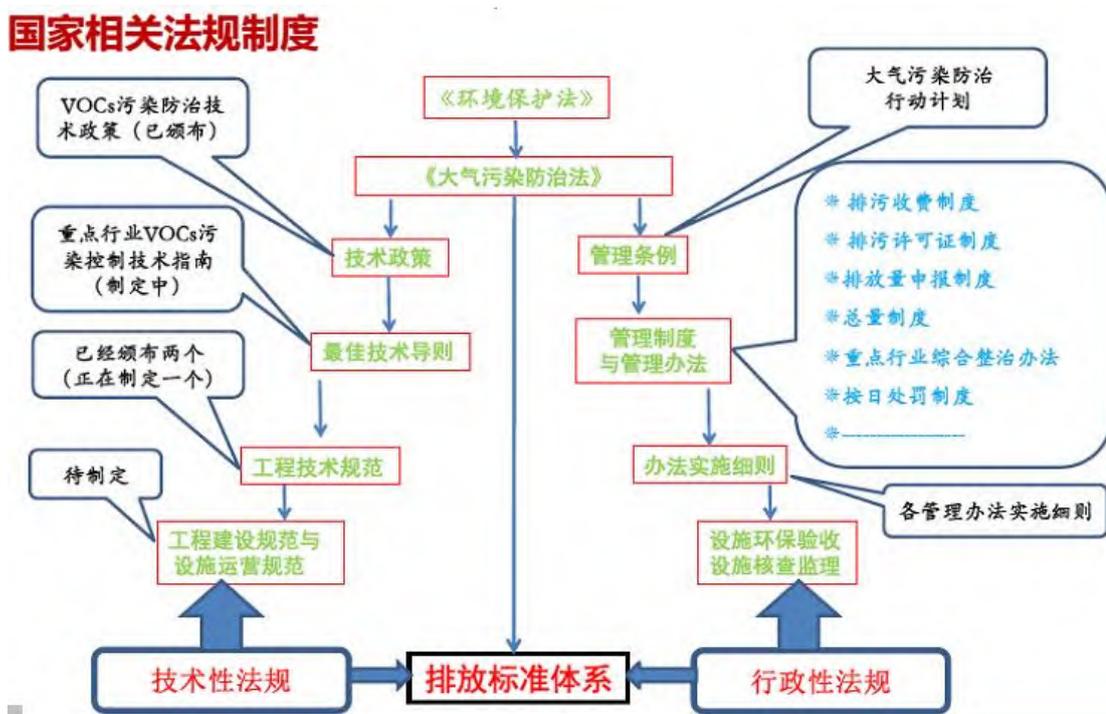
## 重点行业 VOCs 管控的政策与技术经验总结 7

整治方案《石化行业挥发性有机物综合整治方案》已在 2014 年底发布；

- 推广低毒、低挥发性有机溶剂使用，包括：完善涂料、胶黏剂等产品挥发性有机物限值标准，推广使用水性涂料，鼓励生产、销售和使用低毒、低挥发性溶剂；
- VOCs 排污费征收。

为了摸清底数，不少省市已经开展 VOCs 排放源调查与清单编制，了解 VOCs 污染排放现状及行业排放特征。此外，移动源排放控制对 VOCs 的减排也将起到一定推动作用，目前国 VI 标准在制定中，各城市也在加速淘汰在用老旧车与黄标车。

国家针对 VOCs 相关的管控制度包含排放标准体系、行政法规与技术想法规三大方面（如下图所示）。



来源：上海市环境监测中心 宋钊

## 2.2 VOCs 管控亟待解决的问题

虽然各省市先行先试已经积累一定的经验，但是仍有不少待解决的问题。

在治理技术方面，工业污染源排放特征的复杂性给控制技术的选择带来了困难。目前国内企业本身比较缺乏经验，已有的研究基础薄弱也无法有效提供技术支持，第三方检测数据质量不可靠。面临鱼龙混杂的新兴 VOC 治理市场，有治理需求的企业无从甄别可靠的技术与供应商，在选择治理技术时并不是最为经济有效的，且在工艺细节上与国外有落差。企业技术经验不足，也导致普遍存在“重工程效率、轻运行维护”的现象，多数治理措施不能稳定运行。针对这种情况，北京市开展了重点行业 VOCs 污染控制技术的筛选和评估，浙江省也正在准备可推广的行业最佳治理技术案例汇编。

在配套政策方面，各省市都出台了 VOCs 治理相关的政策文件和整治任务，但对应的标准和监测方法却相对滞后，带来治理项目无验收依据、先行治理的企业跟不上政策标准不断出台的要求而需要重复建设等鞭打快牛的问题。也存在不区别行业特征制定技术规范的时候一刀切，例如要求所有行业去除率 90%对于低浓度排气的溶剂行业很难通过现有的治理技术达到。

在管理能力方面，部分省市提出目前：1) 监管能力薄弱：手段不足、专业队伍缺乏等因素掣肘了政府对于排污企业进行有效的监管。2) 底数不清：源清单建立仍在初级阶段，但是排放量核算方法并不完善；3) 原理不明：不了解如何实现 VOCs 与 NO<sub>x</sub> 的协同控制。

在部门协调方面，目前在国家顶层制度设计中未完全明确部委和相关机构职责，使得跨部门协调存在一定难度，影响了 VOCs 治理方案的推进。例如，地方环保部门限于管理权限不能有效进行水性、低挥发性涂料的推广。

### 3. VOCs 管控的政策经验

美国的 VOC 管控体系包括排放标准、排污许可证制度、最佳可得技术要求与排污收费、监测监督等主要模块，而台湾学习沿用美国经验形成了较为相似的管理体系。

#### 3.1 设置重点行业排放标准与达标监管

##### 台湾

标准中对 VOCs 的定义：指在一大气压下，测量所得初始沸点在摄氏二百五十度以下有机化合物之空气污染物总称；但不包括甲烷、一氧化碳、二氧化碳、二硫化碳、碳酸、碳酸盐、碳酸铵、氰化物或硫氰化物等化合物。

台湾 VOCs 管控相关的标准以“制程别”分，在制定的时候考虑的主要原则是最大控制技术原则与最佳可得技术原则。要求排放企业必须符合相应的技术规范，方能获取排放许可证，对于不能达到排放标准的企业则除以罚款、关闭等严厉的处罚手段。

主要标准包括：

- 加油站油气回收设施标准

- 干洗作业空气污染防制设施管制标准
- 半导体制造业空气污染管制及排放标准
- 挥发性有机物空气污染管制及排放标准（石化业）
- 汽车制造业表面涂装作业空气污染物排放标准
- 光电材料及组件制造业空气污染管制及排放标准
- 胶带制造业挥发性有机物空气污染管制及排放标准
- 聚氨酯甲酸酯合成皮业挥发性有机物空气污染管制及排放标准

其中，喷涂行业中只有汽车制造业有专门标准，主要限值为：烘房废气之挥发性有机物应符合总破坏去除效率 90%及排放管道排放标准未经含氧量校正 60mg/Nm<sup>3</sup>，喷房挥发性有机物排放标准应符合 110g/m<sup>2</sup>，实施标准前为 200+g/m<sup>2</sup>。随着台湾汽车制造业不断萎缩，标准已经停止加严。

企业每月自己向环保署提交监测报告与佐证资料，证明排放达标。环保署下属的环境检验所对代检业进行资质考核。

台湾并不对设备本身认证，设备管理由代检业的第三方实验室承担，环保署下属的环境检验所对代检业进行资质考核。实验室会去企业现场监测数据，并与企业在线监测的结果做比对，如果结果在偏差内，环保署则接受企业申报的数据。如果是非常重要的污染源，结果会直接传输至环保局，申报系统会自动计算小时平均值，将结果与第三方实验室监测结果比对，如果超过就得到处罚。为避免作弊情况的发生，要求将原始数据保存 2 年，比对上传资料与原始数据，如不一致需要严重处罚。

### 3.2 通过许可证制度管理固定源 VOCs 排放

#### 加州

美国加州 VOCs 管控政策针对最主要的排放源包括：涂装与其他含 VOCs 物料使用的行业、石化行业、与移动源等。管控措施的选择标准包括：减排潜力与减排率、技术可行性、费用有效性、可执行性、公众接受度、法律合规性。各个行业减排均有其完备的法规要求体系，老法规会不断修改加严，随着新问题的出现，新法规不断制定。对于含 VOCs 物料使用的行业，加州南海岸空气质量管理局规定了消费品名录，包括用于建筑喷涂、印刷、干洗、人造板材、金属、汽修、粘合剂等，规定了不同产品 VOCs 的含量限值，使用效率，并鼓励 VOCs 低排放或零排放技术，法院判决也已确认 VOCs 限值相关技术的可行性。对于石化行业，规定涉及加油站、油库与码头装卸、储罐、焦化厂、泄漏检测与修复、火炬气回收、废水系统等。

美国各州建立了以设备为基础的许可证制度作为加强减排的关键手段，每个排污设备均需要许可证。其两步许可程序包括建设前许可证与运营许可证：只有获得建设许可证才可以开工，在最终检测和评估后，才可获得最终的运营许可证，并且每五年需要重新申请。许可证制度除了确认所有设备符合排放标准外，其包含的以下内容还可实现进一步的减排：1) 环评，业主可承诺实施法规没有要求的措施，以降低项目对环境的影响，这样更容易得到许可，也可作为执法依据；2) 新建与改建项目如果排放增加，需应用最佳防治技术、或实现最低可达排放率，此技术需要经过严格评审，可产生额外的 VOCs 减排；3) 排放抵消，在空气质量未达标地区，如有项目产生新的排放源，需要减少等量或更多的现有排放

源；4) 公众参与，公众会参与许可证审批过程，可使得审批更完善并符合当地需求；5) 排污申报，企业必须每季度申报排污情况，主动证明本身是复合排放标准及环评承诺，而不是靠环保单位被动稽核取缔来维持环境质量。

发放许可的两大重要前提是通过环境影响评价，并且应用了最佳控制技术。加州环境质量法案要求所有建设项目都必须做环评来评估对环境的影响，说清企业采取了最佳控制技术，项目范围不只包括施工项目，还有任何认为可以产生社会经济改变的项目，比如建立社会制度或法案等。如有轻微影响，需提交影响评估报告；如有较大影响，需要制定减缓影响的措施，提交相关报告后，再提交环境质量评估报告。无法改变其影响的，申请许可证时候需要严格评审，经过公众参与等环节都通过后才能发放许可，环评的承诺条件可以并入许可条件作为执法依据。

美国 EPA 与加州都认为企业在新建与改建项目时，是应用最佳控制技术的最好时机，其法规也都分别做了严格规定，要求实践应用类似项目已达成的最佳技术或最低排放率。有些低排放技术若已在州执行计划中列出，则必须在新建或改建时实践。任何其他低排放技术或具有技术可行性的控制技术，也必须在评比确认费用有效性符合预定水平后方可实践。

部门制定法规时必须基于当时可能的最佳控制技术。各种技术特性不同所以要求不同，比如燃烧效率最高可以达到 98%，而活性炭回收最高达 95%。法律规定不同项目必须用各自适用的最佳的技术与标准，如只规定一个限值，可能对于其他技术不是最严格要求。

## 3.3 针对 VOCs 排放征收排污费

台湾

台湾 VOCs 相关的主要行业排放标准涉及汽车制造业表面涂装、加油站油气回收、干洗作业等，不同行业的同种类 VOC 限值可不同。标准中规定采用最大可达去除率，或设定工厂最大可达总排放量。对于 VOCs 的空污费收费费率，排放量越大，单价越高，特定种类的 VOCs 排放还需要累加收费。

台湾环保局空气保护处与立法委员协商，一方面通过收费手段压制排放量，另一方面将所得专款专用，强化空气质量管理措施，包含上述许可证制度，以及污染改善辅助措施，因而获得台湾立法院支持推动。制定办法中，在衡量缴费划算还是治理划算时，由于政府缺少经费，最后的费率确定原则偏向于扩大税收，增加政府经费的目的。通过收取空污费，可雇佣第三方机构帮助治理污染。VOCs 排污收费费率（单位/台币）如下表所示：

污染物种类 <sup>Ⓔ</sup>	费率 <sup>Ⓔ</sup>		适用之公私场所 <sup>Ⓔ</sup>
	二级防制区 <sup>Ⓔ</sup>	一、三级防制区 <sup>Ⓔ</sup>	
挥发性有机物 <sup>Ⓔ</sup>	25 元/公斤 <sup>Ⓔ</sup>	30 元/公斤 <sup>Ⓔ</sup>	第一级： <sup>Ⓔ</sup> 季排放量扣除起征量后 > 49 公吨 <sup>Ⓔ</sup>
	20 元/公斤 <sup>Ⓔ</sup>	25 元/公斤 <sup>Ⓔ</sup>	第二级： <sup>Ⓔ</sup> 6.5 公吨 < 季排放量扣除起征量后 ≤ 49 公吨 <sup>Ⓔ</sup>
	15 元/公斤 <sup>Ⓔ</sup>	20 元/公斤 <sup>Ⓔ</sup>	第三级： <sup>Ⓔ</sup> 季排放量扣除起征量后 ≤ 6.5 公吨 <sup>Ⓔ</sup>
个别物种 <sup>Ⓔ</sup>	甲苯、二甲苯 <sup>Ⓔ</sup>	5 元/公斤 <sup>Ⓔ</sup>	
	苯、乙苯、苯乙烯、二氯甲烷、1,1-二氯乙烷、1,2 二氯乙烷、三氯甲烷(氯仿)、1,1,1-三氯乙烷、四氯化碳、三氯乙烯、四氯乙烯 <sup>Ⓔ</sup>	30 元/公斤 <sup>Ⓔ</sup>	
			排放挥发性有机物中含本项个别物种者，加计本项空气污染防制费 <sup>Ⓔ</sup>

来源：台湾工业技术研究院/广东俐峰环保科技有限公司 赖庆智

用于确定排污收费的 VOCs 排放核算系数可以用经核准的企业自建系数或应用管理部门统一规定的系数。因为政府规定的系数通常偏高，规模较大的企业用自建系数比较省钱，需要将计算说明写成说明书送至环保局，环保局召开专家评审会，做科学性合理性审查。通过后企业可使用自建系数的方式，这也能将排放量计算的更准确。

## 4. VOCs 管控的技术经验

### 4.1 石化行业

#### 加州

泄漏挥发被认定为石化行业 VOCs 排放的重要来源，泄露检测与修复(LDAR)系统被广泛应用于石化行业的 VOCs 排放控制。LDAR 中需要检测的组件包括：阀门、法兰、螺纹接头、泵、压缩机、泄压装置、开口管线、视镜、仪表。LDAR 的关键内容包括 6 个环节：查明——计算——监测——修复——记录保存——报告。首先要明确所有需要修复的含 VOCs 的泄漏点，不是所有泄漏点都有 VOCs。同一炼油厂 1990-2010 动态更新的 VOCs 排放清单显示，持续实施 LDAR 实现了 VOCs 排放量的大幅削减，从 1990 年的 17520 吨/年降为了 2010 年的 1081 吨/年。现行的条例 1173 对 LDAR 做出了新要求，加严了泄漏限值与修复期限，泄漏检测方法则采用美国环保署标准方法 21。

LDAR 常见问题包括：泄漏点识别可能不准确，不可达泄漏点与豁免泄漏点的确定不正确，泄漏定义与修复时间不明确，监测结果可能不可靠。改进方法包括：直接在筛查点上监测读数，监测距离必须足够近；在最大泄漏处定位监测；在泄漏点监测时间要够长，坚持反应时间的 2 倍时长；所有的可能泄漏点都要监测；严格依据美国环保署标准方法 21；提升建设监测设备与数据管理。LDAR 项目中，管理者角色应为：明确条例要求与实施指南；为检测员与技师提供统一与标准化的培训、认证体系；有效和持续的现场执法行动，从一开始的频繁检查（每日到每周一次，持续 5-7 年）到成熟期的例行检查（每月或更久一次）；年度检查（又称为蓝天检查，每次 2-4 天，查几千个点的数据）；如果需要的话，根据具体目标开展审计。

## 4.2 喷涂行业

### 国内喷漆废气处理主流包括：

- (1) 利用干式过滤技术或者湿式过滤技术除去废气中油漆雾；
- (2) 利用热力氧化或者催化氧化技术使废气中有机物质变成水与二氧化碳。

废气过滤技术可以达到的预期目标：一级过滤效率 > 70%；二级过滤过滤效率 > 90%；经过三级过滤后，总的过滤效率 > 98%。但存在更换过滤器劳动强度大，喷漆量大的场合不合适等缺陷。

热力氧化技术可以将有机物质转化充分、彻底，设备运行过程理论上没有损耗材料；但是存在产生 NO<sub>x</sub> 的风险。催化氧化技术可将有机物质转化效率 99%

以上，催化剂存在使用寿命问题，世界品牌使用寿命在 3 年以上，国内通常在 1-2 年之间。

(3) 喷漆废气属于低浓度，大风量的废气，直接利用氧化装置氧化存在设备投资大，运行废气高的缺陷，由此，开发出了废气浓缩技术。浓缩的目的是利用吸附方法将废气分离成两个部分，一个部分是洁净空气直接排放，另外，一部分含高浓度有机废气的空气，送氧化装置处理。目前常用的浓缩装置有：

- 固定床浓缩装置：包含活性炭浓缩装置和活性炭纤维浓缩装置。固定床的缺陷在于出口不稳定、体积大。
- 转轮浓缩装置：出口稳定，属于国际主流技术。重点讲述分子筛浓缩转轮。

## 台湾

目前喷涂行业对于没有回收价值的废气通常采用焚烧方法处理，主流技术包括：蓄热式焚化技术、触媒焚化技术、沸石轮转浓缩后焚化技术。其他发展中的治理技术包括：内置式低温催化技术、矿物油吸收式浓缩技术等。

浓缩技术优缺点比较如下图所示：

表 2：浓缩技术优缺点比较表（单位：台币）

	沸石转轮	活性炭吸脱附	矿物油吸收
优点	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 体积小</li> <li>• 无着火风险</li> <li>• 光电半导体厂实绩多</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 活性炭便宜(20 元/kg)</li> <li>• 多数企业采用活性炭吸附</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 矿物油更便宜(8 元/kg)</li> <li>• 石化业较常见</li> <li>• 矿物油闪点较高(120°C 以上)</li> <li>• 反应性、聚合性气体均适用</li> </ul>
缺点	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 较昂贵 (150 元/kg)</li> <li>• 易受高沸点物质影响</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 体积大</li> <li>• 反应性、聚合性气体</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 体积大</li> <li>• 民生化工业无实绩</li> </ul>

## 重点行业 VOCs 管控的政策与技术经验总结 17

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 聚合性气体，如苯乙 烯等不适用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 再生温度小于 120℃</li> <li>• 浓缩倍率受限</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 发展中技术</li> </ul>
---	---	---

	沸石转轮	活性炭吸脱附	矿物油吸收
优点	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 体积小</li> <li>• 无着火风险</li> <li>• 光电半导体厂实绩多</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 活性炭便宜(20 元/kg)</li> <li>• 多数企业采用活性炭吸 附</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 矿物油更便宜(8 元/kg)</li> <li>• 石化业较常见</li> <li>• 矿物油闪点较高(120℃以 上)</li> <li>• 反应性、聚合性气体均适用</li> </ul>
缺点	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 较昂贵(150 元/kg)</li> <li>• 易受高沸点物质影响</li> <li>• 聚合性气体，如苯乙 烯等不适用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 体积大</li> <li>• 反应性、聚合性气体</li> <li>• 再生温度小于 120℃</li> <li>• 浓缩倍率受限</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 体积大</li> <li>• 民生化工业无实绩</li> <li>• 发展中技术</li> </ul>

来源：台湾工业技术研究院/广东俐峰环保科技有限公司 赖庆智

### 4.3 油墨涂料生产行业

油墨涂料生产行业 VOCs 的排放控制措施主要包括：使用低挥发性溶剂替代、调整工艺和设备、生产过程控制（自动化、密闭化）、末端排放控制、加强运行和排放监管。涂料与油墨生产行业的有机废气具有漆雾颗粒多、风量大、浓度低、成分复杂等特点，治理难度较大。

现在国内 90%以上的末端治理技术采用更换式活性炭吸附装置。该技术的缺点明显：无监控手段，无更换记录，且活性炭为危险废物，处置成本高。欲实现达标排放，可采用分级别处理或整体处理的方式。分级别处理中：高浓度废气采用冷凝回收或者蓄热式焚烧；低浓度废气采用浓缩-脱附再生冷凝回收或者浓缩-蓄热式焚烧；极低浓度废气采用吸附+监控。整体处理将所有废气收集后，采用吸附浓缩-蓄热式焚烧，或沸石轮转浓缩-蓄热式焚烧技术。对于吸附应注意：含

有环己酮等酮类易燃气体时，不得采用热空气再生，脱附后气流中有机物的浓度应该严格控制在其爆炸极限下限的 25% 以下；丙烯酸、丙烯酸丁酯、丁酸、二丁胺、二乙烯三胺、丙烯酸乙酯、丙烯酸异丁酯、异佛尔酮、环己酮、甲基丙烯酸甲酯废气不宜采用活性炭吸附法。其他技术还包括：生物滤池、光解技术、光催化技术、等离子体技术、膜分离技术、液氮深冷技术等。技术的发展趋势为回收技术结合销毁技术。未来应强化并落实日常环境管理，提高管理的科学性与信息化。

### 5. 建议

**摸清底数，建立 VOCs 排放清单。**针对石化、有机化工、合成材料、化学药品原药制造、塑料产品制造、装备制造涂装、通信设备计算机及其他电子设备制造、包装印刷等重点行业，开展挥发性有机物排放调查工作，制定分行业挥发性有机物排放系数，编制重点行业排放清单，摸清挥发性有机物行业和地区分布特征，筛选重点排放源，建立挥发性有机物重点监管企业名录。在复合型大气污染严重地区，开展大气环境挥发性有机物调查性监测，掌握大气环境中挥发性有机物浓度水平、季节变化、区域分布特征。

**加强科学决策，制定 VOCs 与 NO<sub>x</sub> 协同减排策略。**从治理战略上来说，大气污染治理的重点已经从污染物总量控制阶段向环境质量和风险控制阶段过渡，从控制局地污染向区域联防联控拓展，从控制一次污染物向同时控制一次污染和二次污染物延伸，从单独控制个别污染物向多污染物协同控制转变。但是地方上还未充分了解本地光化学污染形成机制简单控制某种或几种前体污染物可能导致臭氧不降反升的风险。因此，与科研机构合作，摸清原理，开发适用于

本地的 VOCs 与 NO<sub>x</sub> 协同减排策略尤为重要。

**加快标准制定、出台配套政策、加强监管能力。**尽快制定相关行业挥发性有机物排放标准、清洁生产评价指标体系和环境工程技术规范；加快制定完善环境空气和固定污染源挥发性有机物测定方法标准、监测技术规范以及监测仪器标准在挥发性有机物污染典型企业集中度较高的工业园区，开展挥发性有机物污染综合防治试点工作，探索挥发性有机物的监测、治理技术和监督管理机制。

**建立排污许可证制度，对点源进行三重管理（应用技术、排放浓度、排放量）。**目前我国对于固定污染源的管理政策措施繁多，包括环境影响评价、排放标准、总量控制、排污收费等，然而这些政策之间存在职能交叉或缺失，未能有效形成合力。由于不同政策对污染源排放控制的要求存在差异，甚至可能影响到对一些企业提出合理的排放控制要求。另一个问题在于目前的政策工具并未覆盖所有的大气污染物，例如 VOCs 排放的管控在以往就未纳入总量控制范围。目前我们迫切需要通过排污许可证制度对固定污染源进行综合、简化的管理，从应用技术、排放浓度、排放总量三个层面进行规制。目前《环保法》和《大气法都提出了》建立排污许可制度，这一制度在社会各界也取得了共识，“十三五”将是建立这一制度的极佳时机。

**尽快落实重点行业排污收费政策。**2015 年 6 月，国家财政部、发展改革委和环境保护部三部委联合发布《挥发性有机物排污收费试点办法》（国发[2013]37 号）。该办法将石油化工和包装印刷两个行业作为全国的 VOCs 排污收费试点行业，从 2015 年 10 月 1 日起试点征收 VOCs 排污费。但是目前排污收费在地方进展相对缓慢，需要尽快落实以发挥价格机制的杠杆作用。

**引导与规范第三方治理。**由于 VOC 治理的复杂性，目前企业 VOCs 多交由第三方专业的系统解决方案提供商进行处理，但是目前新兴的 VOCs 治理市场鱼龙混杂，企业很难甄别有效的技术与可靠的技术供应商。地方政府可通过发布行业技术指南与案例汇编等方式为企业选择第三方治理机构提供引导与参考；并且适时结合技术机构力量，推出技术认证和评审系统来规范治理技术市场。