

汽车维修行业大气污染物排放标准 编制说明

(征求意见稿)

上海市环境科学研究院

二〇二零年七月

目录

1. 项目背景.....	4
1.1 任务的来源.....	4
1.2 标准编制过程.....	5
2. 上海市汽修行业挥发性有机物排放及控制现状.....	7
2.1 汽修行业与 VOCs.....	7
2.1.1 VOCs 定义与危害.....	7
2.1.2 汽修行业的发展.....	7
2.1.3 汽修行业挥发性有机物排放.....	8
2.1.4 不同油漆修补工艺的 VOCs 特征.....	9
2.2 上海市汽修行业概述.....	12
2.2.1 汽修行业的分类.....	12
2.2.2 上海市汽修行业调查.....	12
2.2.3 汽车维修行业挥发性有机物排放现状.....	17
2.3 汽修行业 VOCs 防治技术.....	24
2.3.1 源头控制.....	24
2.3.2 过程控制.....	25
2.3.3 清洗.....	28
2.3.4 末端控制.....	29
3. 标准制定的必要性.....	32
3.1 应对区域大气符合污染，改善环境质量.....	32
3.2 提升上海汽修环境管理水平，完善管理体系.....	35
3.3 推动行业技术革新，促进行业可持续发展.....	36
4. 标准制定原则及思路.....	36
4.1 标准制定的原则.....	36
4.2 标准制定的政策依据.....	36
4.2.1 《上海市清洁空气行动计划》.....	36
4.2.2 《上海市大气污染防治条例》.....	37
4.2.3 《汽车维修行业专项整治工作通知》沪环保防〔2016〕139 号.....	37

4.3	技术指南制定的总体思路.....	38
5.	国内外汽修行业相关标准.....	39
5.1	国外汽修行业相关标准.....	39
5.1.1	美国.....	39
5.1.2	欧盟.....	41
5.2	国内汽修行业相关标准.....	43
5.2.1	香港.....	44
5.2.2	北京.....	45
5.2.3	深圳.....	46
5.2.4	重庆.....	47
6.	标准主要技术内容.....	57
6.1	标准适用范围.....	57
6.2	术语及定义.....	57
6.3	实施时段.....	57
6.4	涂料要求.....	59
6.5	排放限值.....	61
6.6	监测要求.....	62
7.	效益分析.....	64
7.1	标准效益分析.....	64
7.2	总量削减贡献.....	66

1. 项目背景

1.1 任务的来源

近年来，随着国民经济的飞速发展和人民生活水平的提高，汽车保有量急剧增长。相应的汽车修理养护服务需求不断扩大，汽车修理养护企业扩展势头迅猛。汽车修理养护企业类型有品牌 4S 店，综合修理厂、快修(连锁)店和专项修理店等，一般 4S 店和综合修理厂都配有喷漆烤漆房，开展喷漆烤漆维修业务。喷漆烤漆工艺产生的废气含多种挥发性有机物。研究表明，挥发性有机物(VOCs)在城市群区域大气复合型污染过程中扮演着关键角色。一方面，VOCs 是光化学污染的重要前体物，在一定的光照和温湿度等条件下，活性较强的 VOCs 物种可和氮氧化物发生光化学反应，生成臭氧、过氧化物和醛类等光化学氧化剂，增加大气氧化性，形成光化学污染。另一方面，VOCs 与二次有机气溶胶 SOA 也有着密切的关联。一些活性较强的 VOCs 物种，能与大气中的羟基自由基·OH、O₃等氧化剂发生多途径反应，形成有机酸、多官能团羰基化合物、硝基化合物等半挥发性有机物，再通过吸附、吸收等过程进入颗粒相，生成二次有机气溶胶。

由于目前我国对汽车维修行业 VOCs 排放还未制定具有行业针对性的排放标准，目前上海市汽车维修企业执行的是上海市地方标准《大气污染物综合排放标准》(DB31/933-2015)，造成各级环保部门对该行业难于进行有效的监管，污染控制效果也不尽如人意，另一方面，随着污染控制技术的快速发展，与污染控制技术相比，汽车维修行业执行的排放标准限值过于宽松，已经无法适应当前污染物减排工作的形势，因此迫切需要制定汽车维修行业挥发性有机物排放标准，明确其生产过程中各类大气污染物的排放限值和 control 要求。

为研究汽修行业 VOCs 排放治理，减轻上海雾霾，深入贯彻落实长三角区域大气污染物防治协作机制，推进上海市清洁空气行动计划，保障民众健康的要求，适应经济发展和环境保护工作的需要，上海市环境保护局于 2018 年 3 月下达了制定《汽车维修业大气污染物排放标准》的计划任务，由上海市环境科学研究院负责编制。

1.2 标准编制过程

(1) 2018年3月

确定标准编制工作课题组，拟定工作大纲及实施细则。

(2) 2018年3~4月

完成资料调研，总结梳理国内外汽修行业污染与管理控制对策文献、国内外法律法规标准以及国内外汽修行业治理技术及应用案例,为后续实地调研做好理论准备。

(3) 2018年5~6月

实地踏勘，通过走访汽修企业，了解目前汽修企业在 VOCs 控制与处理方面面临的矛盾，更换绿色工艺或者增设末端处理措施在具体实施过程中会产生的问题，走访政府相关部门可以摸清汽修行业 VOCs 治理的方式方法、现行规范性文件在监管中的作用、汽修行业的相关法律的实际使用效果等。

(4) 2018年7~9月

走访汽修企业，同时对修补漆生产厂商进行调研，对其 VOCs 相关物料进行采样调研，采样对象包括底漆、色漆、清漆、稀释剂、固化剂等，可能含有 VOCs 的物料，调研内容可包含油漆类型、性能、价格、VOCs 含量等。

(5) 2018年10~2019年3月

根据前期资料、走访调研并且选择比较具有代表性的汽车维修企业，进行现场监测工作，监测项目包括汽车维修企业喷烤漆房烟囱挥发性有机物排放浓度，以此对企业的 VOCs 收集装置效果及末端处理装置的效果进行评估。

(5) 2019年3月~2019年12月

根据国内外标准、控制技术资料调研、实地踏勘及测试分析结果等,完成《汽车维修业大气污染物排放标准》初稿,并对其可行性、环境经济效益进行分析,估算相关治理投资运行成本。

选择相关政府部门、环保主管部门、汽修企业代表、VOCs 收集及末端处理厂商等多方全面征询标准初稿的意见。

(6) 计划2020年10月

完成《汽车维修业大气污染物排放标准》正式稿、项目总结报告、结题汇

报。

2. 上海市汽修行业挥发性有机物排放及控制现状

2.1 汽修行业与 VOCs

2.1.1 VOCs 定义与危害

挥发性有机物（Volatile Organic Compounds，简称 VOCs）一般是指饱和蒸汽压较高（20℃下大于或等于 0.01kPa）或者特定适用条件下具有相应挥发性的全部有机物的统称。一般为沸点较低、分子量小、常温状态下易挥发的有机物。通常分为包括烷烃、烯烃、炔烃、芳香烃的非甲烷碳氢化合物（NMHCs），包括醛、酮、醇、醚等的含氧有机物（OVOCs），卤代烃，含氮化合物，含硫化合物等几大类。

虽然大气中挥发性有机物浓度较低，但其在大气中的化学反应，会显著改变大气物理和化学性质，从而对空气质量产生不利影响。首先，大气中的挥发性有机物（VOCs）控制大气中臭氧的形成，是大气氧化性增强的关键因素。大气中，VOCs 与 OH 自由基发生氧化反应，产生二氧化氢、过氧烷基等自由基中间体。自由基中间体促使一氧化氮向二氧化氮转变，二氧化氮光解形成臭氧，进而形成光化学烟雾，带来极大危害。其次，VOCs 在一定条件下会转化生成二次有机气溶胶（SOA），这是细颗粒物 PM_{2.5}中的重要组分。最后，很多 VOCs 物种及其光化学产物对人体健康有直接危害，常见的如苯、甲苯、甲醛、乙醛、丙烯醛等。这些有毒有害挥发性有机物通过呼吸道、皮肤等进入人体，导致各种急慢性健康问题，包括粘膜刺激、炎症、心肺疾病、癌症等。

2.1.2 汽修行业的发展

汽车修理行业是由汽车维护和修理厂点组成的，为汽车运输服务的、相对独立的行业。汽车维修业通过维护和修理来维持和恢复汽车技术状况，延长汽车使用寿命，是汽车流通领域中的重要组成部分。

截止至 2017 年 3 月，上海市的机动车保有量达到 331 万辆，是继北京、成

都、重庆后中国机动车保有量第四的大城市。随着机动车保有数量的不断增长以及汽车维修市场与技术的逐步完善，上海市汽车修理行业的需求也不断增加，汽车维修过程中 VOCs 的排放现状调研和排放管理已经刻不容缓。

2.1.3 汽修行业挥发性有机物排放

汽车维修是汽车维护和修理的泛称。就是对出现故障的汽车通过技术手段排查，找出故障原因，并采取一定措施使其排除故障并恢复达到一定的性能和安全标准，汽车维修企业在汽车维修过程中产生大量含有有毒有害物质的废气、固体废物、废水等，对环境造成污染及危害。

当车辆进入汽修企业，企业会对进厂的车辆进行分类，分别为汽车保养与车辆维修，再根据不同分类实行不同的工艺步骤进行维修，汽修业的挥发性有机物排放环节主要集中在涉及油漆作业的喷漆工序及相关配套工序，车漆修补作业包括：评估受损范围，施工防护，底漆，色漆，清漆等步骤，潜在的排放环节有：油漆调配过程溶剂挥发，油漆转移过程溶剂挥发，补漆过程油漆使用时的溶剂挥发，烘干阶段，腻子使用过程中少量的溶剂挥发等。

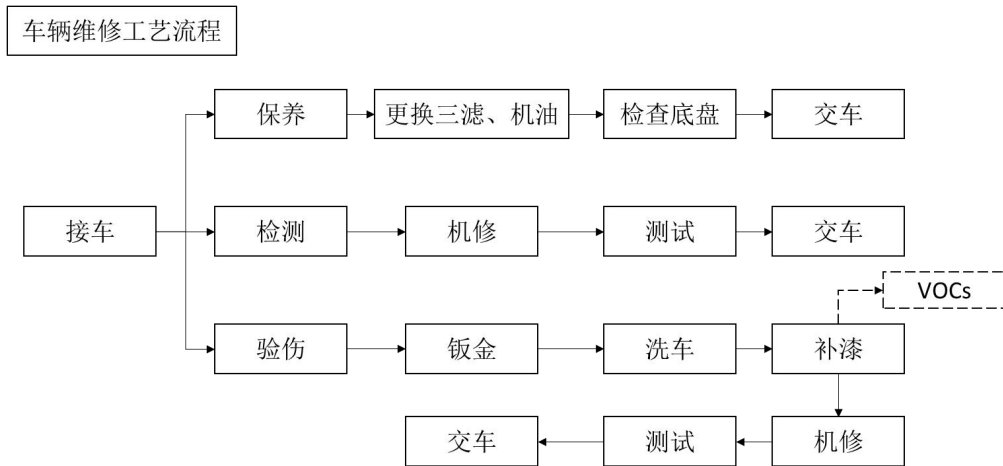


图 2.1 车辆维修工艺流程及主要 VOCs 产生环节

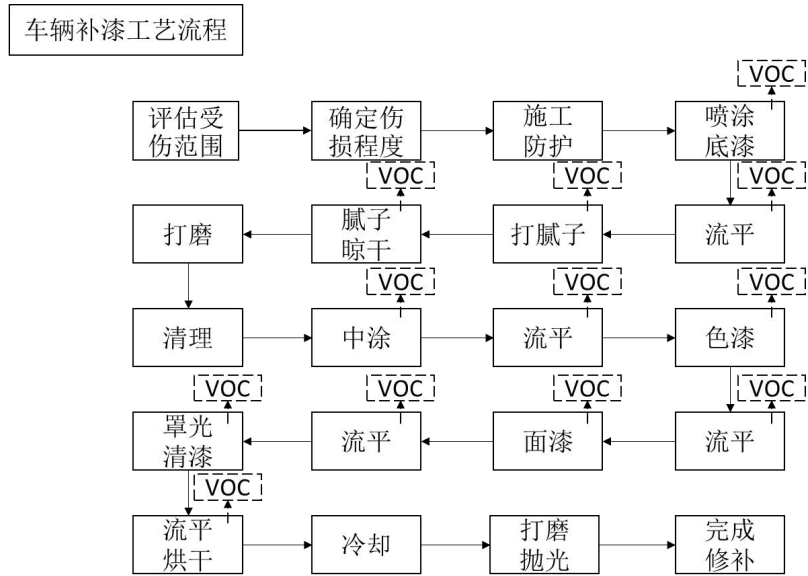


图 2.2 车辆补漆工艺流程及主要 VOCs 产生环节

汽车漆分为原厂漆与修补漆，汽车修补漆是指对汽车车身原厂漆进行重新修补用的油漆，它能解决汽车漆面因为事故或长时间使用而老化造成的各种漆面受损的状况。原厂漆则主要运用于整车制造，汽车制造厂对其整车所用的油漆有专门的要求，在整车制造时，金属车身未经加工，没有塑料件，且涂装的工作是在温控状态下的生产线上完成，所使用的原厂漆都是高温烤漆，调色，喷涂，烤漆温度，烤漆时间等均有严格的品控要求。汽车修补漆需要根据不同的情况对对车漆选择和调配，其烘烤温度也不需要原厂漆的高温烘烤，例如现在的部分快干类油漆，作业后，在 20 摄氏度的情况下，2 小时以内即可抛光。

2.1.4 不同油漆修补工艺的 VOCs 特征

汽车修补漆工艺包括，表面处理、底漆、腻子、中涂漆、清漆、底色漆和面漆等。

(1) 表面处理

表面处理一般包括钣金、清洗、彻底清除已遭破坏的漆膜、打磨除锈以及最后清洗等工艺；受损较严重的车辆（如碰撞引起的表面凹陷）表面处理步骤：①通过钣金使车身进行修复，使车身恢复碰撞前的状态；②清洗受损表面，包括灰尘、油脂等附着物，去除油脂常用的有机溶剂是煤油、汽油、甲苯、二甲苯、三

氯乙烯及四氯化碳等，近年来表面活性剂也常用于表面清洗，北京市汽车修理厂主要以水清洗待修补表面的灰尘/污物，部分附着在旧漆膜表面的污物可以通过打磨去除；③清洗后的车身要进行打磨（部分车辆在清洗工序后需要对裸露金属进行表面调整，去除可能给金属带来腐蚀的其他污垢，增强基材表面的附着力和整个涂装系统的耐介质性能），打磨的主要作用是除锈以及清除那些旧的、已经遭到破坏了的涂层以及砂薄其周围并未破损的涂层等，打磨可分为机械打磨和手工打磨两类，依照待修补部位的损坏面积及损坏程度选取不同打磨方式、不同规格的砂纸，打磨后的汽车表面通过擦拭去除浮渣。

（2）底漆

底漆是直接喷涂在金属基材上的涂层，其主要作用是金属防腐蚀和填平金属基材的细微缺陷以及锈斑等，在汽修过程中，底漆的使用量较色漆与清漆而言比较少，因为不是所有的汽车修补都会用到底漆，在评估受损面时，若未伤及底漆或底漆在划伤中未出现裸露状态，则不会用到汽修底漆。

国产汽车修补用底漆过去多采用硝基类、环氧酯类、醇酸类等单组分产品。现在国内外普遍采用的是双组分环氧底漆、双组分聚氨酯底漆和磷化底漆等。其中双组分环氧底漆和聚氨酯底漆中采用的防锈颜料大多为铁红和磷酸锌。早期的磷化底漆大多采用碱式铬酸锌（俗称锌黄），现在出于环保考虑，采用其他的磷酸盐类，主要通过多聚磷酸根离子与金属离子生成螯合物，在金属基材表面形成致密的钝化膜。这类钝化膜难溶于水，硬度高，附着力极强，可有效抑制钢铁等金属的腐蚀。

（3）腻子

原子灰俗称腻子，又称不饱和聚酯树脂腻子，腻子是一种嵌填材料，能很好地附着在物体表面，并在干燥过程中不产生裂纹，一般在汽修行业用于修补表面的机械凹陷，提高其表面平整度，一般在底漆涂装并干透之后进行刮涂。

适用于汽车修补的腻子种类很多，有醇酸树脂、硝基纤维素、环氧树脂以及不饱和聚酯树脂类等。通常腻子由主体灰（基灰）和固化剂两部分组成，主体灰的成分多是不饱和聚酯树脂和填料，固化剂的成分一般是引发剂和增塑剂，起到引发聚合，增强性能的作用，在涂抹过程中需与配套固化剂混合后，固化剂可在温度较低的情况下将腻子中的不饱和键打开并释放能量促使其他双键打开形成

长链分子，从而产生聚合反应，固化腻子，腻子添加了适量的固化剂搅拌后，其中的挥发性有机物也参与固化，所以腻子本身所含的 VOCs 含量并不能代表腻子涂抹过程中排放的 VOCs 总量。

（4）中涂

在复合涂层中，中涂作为承上启下的过渡层，用于提高面漆的丰满度、附着力和其它机械性能及复合涂层的耐候性能，在汽车修补漆行业，中涂漆被称为“苏灰士”（英语 **Surfacer** 的谐音）。并不是所有的工艺都用到中涂，也有部分无中涂的复合涂层工艺，其附着力及其他机械性能也并没有明显的下降。目前常用的中涂漆主要有硝基纤维素类、环氧树脂类、醇酸树脂类、丙烯酸 - 聚氨酯类等。

（5）清漆

清漆又称罩光清漆，在汽车修补漆中占有重要地位，是修补漆体系中最常用、附加值最高的产品。清漆主要作用是赋予汽车良好的清晰度、抛光度、耐擦伤性等。清漆是汽车修补的最后一个涂层，会直接影响到客户对最终修补结果的认可程度。同时，清漆的固化速率也决定了汽车的修补周期和修补效率。所以，如何进一步提高清漆的固化速率是各修补漆品牌的努力方向。目前国内外的清漆使用最广泛的为聚氨酯 - 丙烯酸类涂料。

（6）色漆

色漆是汽车修补漆产品中最重要的一部分，色漆分为两类，即通用色母体系和调合色母体系。在高颜料比例的色浆中，用通用性强的树脂将颜料稀释到一定，使之加入配漆树脂后很易搅拌均匀，这种色浆称为通用色浆，在汽车修补漆中称为色母。所谓调合色母体系就是实色漆和金属底色漆各自行成一套色母体系，直接调色使用，目前，大多数汽修店均需要调色工艺以满足不同客户的需求，调色过程中亦会产生 VOCs 逸散。色母主要由成膜物质、颜料、溶剂和助剂构成，现今市场上的色母按照生产工艺划分，主要包括浓缩色母和平衡色母两种。平衡色母采用传统的主色浆法生产，即将配方中的所有颜料和基料一次性混合，然后进行分散、研磨，至细度合格后，再视需要用某些单色浆进行颜色的微调，配制成漆。而浓缩色母是采用单色浆法进行生产，即预先将配方中的颜料分散至研磨树脂中制成色浆，待使用时根据需要添加成膜物质以制得底色漆或面漆。添加高羟基含量的丙烯酸树脂可以制得面漆，而添加含少量羟基或者其他活性基团的热塑

性丙烯酸树脂可制得底色漆。

(7) 清洗剂

在汽修过程中，包括在表面处理中都有可能使用清洗剂。清洗剂主要用于金属或塑料表面除油、喷枪清洗等，厂家会提供专用的清洗剂，这些清洗剂的 VOCs 含量会稍低，但价格偏高，为了节省成本，企业有可能会选择直接使用稀释剂或其他纯溶剂（香蕉水）担任清洗作用，而这些清洗剂往往 VOCs 含量为 100%，如果不加以控制会产生大量的 VOCs 逸散。

2.2 上海市汽修行业概述

2.2.1 汽修行业的分类

根据《汽车维修业开业条件》(GB/T 16739)，国内目前汽车维修企业分为整车维修（一类、二类）和专项维修（三类）企业，行业主管部门为交通行政主管部门。

整车维修（一类、二类）又分为小型车、大中型客车、大型货车，在申请开业许可时必须具备一定的条件，其中包括固体废弃物及危废集中储存场所、三废排放必须达标、涂漆车间必须具备废水和除尘装置。除大型货车以外，小型汽车及大中型客车必须配备喷烤漆房设备。

专项维修（三类）主要指从事汽车综合小修、发动机维修、车身维修、电气系统维修、自动变速器维修、轮胎动平衡及修补、四轮定位检测调整、汽车润滑与养护、喷油泵和喷油器维修、曲轴修磨、气缸镗磨、散热器维修、空调维修、汽车美容装潢、汽车玻璃安装及修复等专项维修作业的业户。除了满足环境管理的要求外，其中从事车身维修的专项维修必须配置喷烤漆房。

2.2.2 上海市汽修行业调查

2014 年 9 月至 11 月，上海市运输管理处、各区建交委、环保局对本市汽车维修业户 VOCs 污染状况及危险废物环境管理现状展开调查工作。

根据交通委给出名录显示,上海市 17 个区县目前共有 5917 家汽车维修保养企业,其中浦东新区(1479 家)、闵行区(762 家)、松江区(496 家)、嘉定区(495 家)汽修企业较多,占全市汽修企业的 56.8%。

汽修企业各区县分布图见图 2.3:

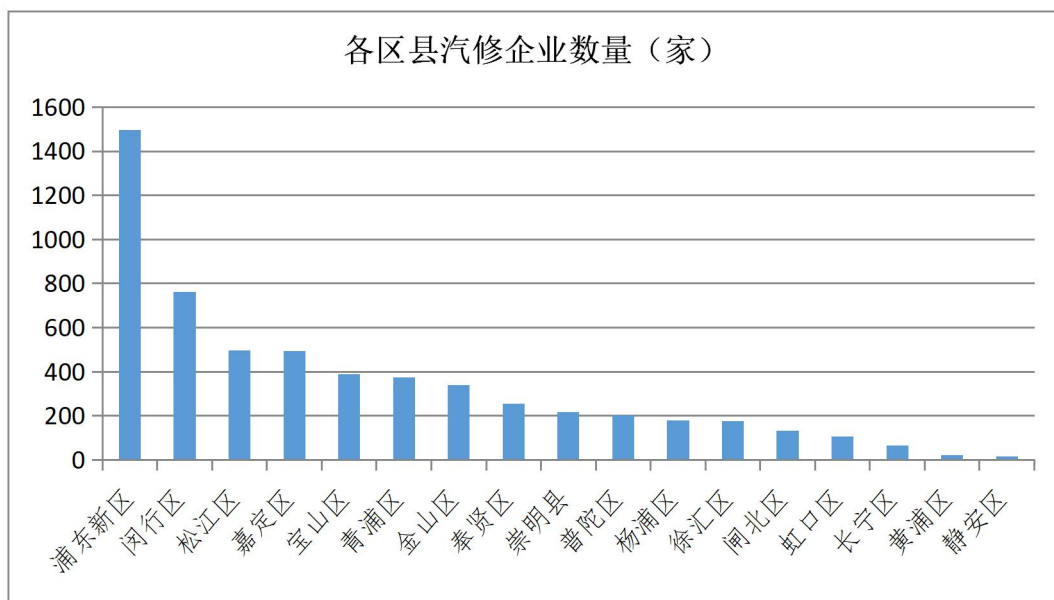


图 2.3 各区县汽修企业数量

调查统计共上报 2522 家汽修企业,根据企业 2013 年统计记录,维修车辆数共计 506.3 万辆次,其中一类企业 124 家(117.0 万辆次)、二类企业 1420 家(338.0 万辆次),三类企业 1020 家(51.3 万辆次),一类、二类企业年维修保养车辆数量占总数量的 90%之多。一/二/三类企业年维修保养车辆比例约为: 19: 5: 1; 一类企业数量较少,但是单家企业承担维修保养车辆数量分别是二类和三类的 4 倍和 20 倍。三类企业中有部分企业不具备喷漆资质,但是存在超经营范围违规承接喷漆业务的情况。

根据表 2.1 的数据汇总表,2013 年统计机油使用量 1523.35 万升、油漆使用量 182.78 万升(其中水性油漆 11.08 万升),清洗剂 12.10 万升、蓄电池 17.06 万只、空调冷媒 36.79 万升。产生危废 HW08: 1061.78 万升,HW49: 308.10 吨,HW12: 308.10 吨,空调冷媒 25.68 吨,废蓄电池 11.67 万只。根据以上结果可粗略估算全市汽修原辅物料使用量,估算结果详情见表 2.1。

表 2.1 2013 年企业调研数据汇总表

类别	项目	单位	实际调研	全市预估
----	----	----	------	------

基本情况	企业数量	家	2522	5917
	年维修保养车辆数	万辆	506.30	1187.85
设备情况	喷漆烘干房	套	2484	5828
	空调冷媒加注回收机	套	2297	5389
原辅物料	机油使用量	万升	1523.35	3574.01
	溶剂型油漆	万升	171.70	402.85
	水性油漆	万升	11.08	25.98
	空调冷媒 ODS	万升	36.79	86.32
	清洗（除锈）剂	万升	12.10	28.40
	蓄电池	万只	17.06	40.02
危废产生	空调冷媒 ODS	万升	25.68	60.26
	HW08（废矿物油）	万升	1061.78	2491.10
	HW12（废漆渣）	吨	308.10	722.85
	HW49（其他废物）	吨	213.69	501.35
	蓄电池	万只	11.67	27.39

汽修行业的 VOCs 的主要来源是油漆及清洗剂的使用过程中以及其储存、调配、运输等过程。

根据 2522 家企业的调查结果及其推算结果，2013 年全市油漆使用量约 402.85 万升，其中水性油漆约 25.98 万升，清洗剂 28.4 万升，水性油漆的使用占比仅为 6.1%。

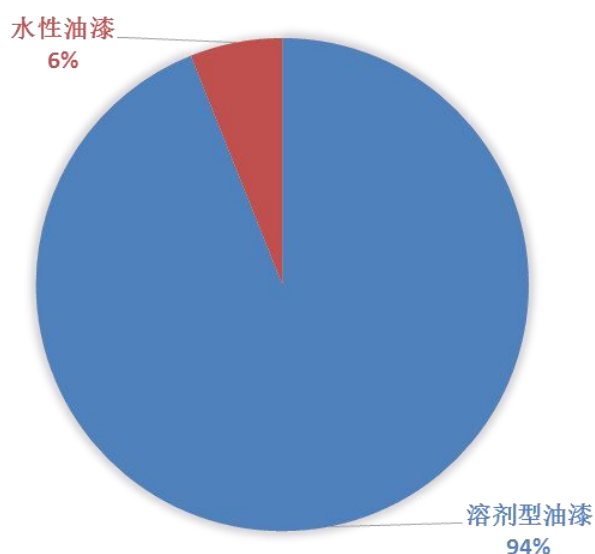


图 2.4 2013 年汽修行业统计水性油漆占比

根据车用油漆 MSDS 及典型油漆挥发份实测结果,溶剂型油漆密度 1.3kg/L, 稀释剂密度 0.8kg/L。油漆 VOCs 含量 54.3%, 油漆中稀释剂质量占比 15%。水性油漆密度 1.35kg/L, VOCs 含量为 15%。清洗剂密度 0.8kg/L, VOCs 质量含量 100%。

表 2.2 2013 年上海市汽修行业 VOCs 产生量估算表

物料名称	使用量 (万升)	VOCs 产生量 (吨)
水性油漆	26.0	52.6
溶剂型油漆	402.8	2900.6
基料	342.4	2417.0
稀释剂	60.4	483.3
清洗剂	28.4	227.1
汇总	457.2	3180.2

2013 年上海市汽修企业共产生 VOCs 量 3180.2 吨。

汽修行业 VOCs 的排放大量主要集中在油漆使用工序,即喷漆工序,调漆工序,清洗工序,所以汽修行业的环保构筑物,包括喷房、调漆间和危废存放地都非常重要,根据《汽车维修业开业条件》(GB/T 16739),汽修行业必须配备喷房,

2013 年调查表对企业的调漆间进行了统计，使用专用调漆间的企业占比 50.1%。28.5%填写“无”，另有 21.4%的企业未填写，在实际生产过程中，若企业没有调漆间，企业可能将调漆作业放在喷漆房中，同样，喷枪清洗等也使用到大量的溶剂，一般企业会在喷房内，或将清洗工序置于调漆间中，反之也可能存在企业随意在敞开环境中喷漆或清洗的情况，所以在环保监管上仍然存在巨大的挑战。

2.2.3 典型汽修涂料测试

色漆是汽车涂料中使用量最多的涂料，随机挑选市场上在用的汽修涂料，选取国内不同厂商的色漆共 10 个样品进行实测。

部分原辅物料无国标测试方法，原辅物料中的挥发组份使用差值法，方法参照《色漆和清漆 挥发性有机化合物(VOC)含量的测定 差值法》GB/T23985-2009、《色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定》GB/T 1725-2007，美国标准 ASTM D3690 《Determining Volatile Organic Compound (VOC) Content of Paints and Related Coatings》及欧洲标准 EN ISO 11890-1 《Paints and varnishes - Determination of volatile organic compound (VOC) content》方法，将涂料涂抹均匀在事先称重的铝箔纸（W1）上，（双组份清漆需在实验前加入固化剂，检测时由涂料供应商协助完成调配），称量铝箔纸与涂抹涂料的总质量（W2），试样量约为 1g。然后将涂有涂料的铝箔纸放入以预先设置好升温程序的烘箱中，在规定时间与温度曲线下烘烤，即使用正常生产中粘结剂烘烤过程相同的烘烤过程，取出铝箔称重（W3）。

样品挥发性组分计算公式如下，部分水性涂料计算需豁免水组分：

$$\text{挥发性组份含量 (\%)} = (W3 - W1) / (W2 - W1) \times 100\% \quad (2-1)$$

表 2.3 VOCs 含量测试结果

涂料编号	涂料颜色	涂料类型	平均 VOCs 含量 (g/L)
1	色母 粗银	双组份	393.4
2	纯黑	双组份	335.1
3	标准蓝	双组份	552.2
4	大红（溶剂型）	双组份	770.9
5	标准蓝（溶剂型）	单组份	640.1
6	白	双组份	259.9
7	大众魔力黑	单组份	410.2

8	兰相特黑	单组份	443.8
9	钻石银	双组份	490.6
10	红珍珠（溶剂型）	双组份	800.7

2.2.4 典型汽车维修行业挥发性有机物排放现状

(1) 有组织排放

标准编制过程中对上海市 23 家有完善末端治理装置的汽车维修企业排气筒挥发性有机物排放进行检测，在所有工序，包括前处理、底漆、面漆、罩光清漆的喷涂操作都在喷烤漆房内完成，废气经过处理设备集中从排气筒有组织排放。检测数据整理如下：

表 2.4 汽车维修企业排气筒非甲烷总烃排放测试结果

企业序号	末端处理装置	末端排放浓度	实际处理风量	排放速率
		mg/m ³	m ³ /h	kg/h
企业 1	更换式活性炭	2.6	8510	0.02
企业 2	更换式活性炭	2.7	10000	0.03
企业 3	更换式活性炭	1.3	5340	0.01
企业 4	更换式活性炭	1.2	8000	0.01
企业 5	更换式活性炭	3.8	6290	0.02
企业 6	更换式活性炭	1.0	8000	0.01
企业 7	光催化氧化	7.3	10000	0.07
企业 8	活性炭+催化氧化	12.4	40000	0.50
企业 9	活性炭+催化氧化	6.6	16200	0.11
企业 10	活性炭+催化氧化	12.0	48000	0.58
企业 11	活性炭+催化氧化	8.6	14300	0.12
企业 12	活性炭+催化氧化	3.1	5970	0.02
企业 13	更换式活性炭	13.9	6863	0.10
企业 14	过滤棉	56.5	23811	1.35
企业 15	更换式活性炭	4.2	17500	0.07
企业 16	光催化	18.1	40850	0.74
企业 17	更换式活性炭	26.2	13157	0.34
企业 18	活性炭+光催化	2.3	20000	0.05
企业 19	活性炭+催化氧化	2.0	16000	0.03
企业 20	更换式活性炭	22.0	20000	0.44

企业 21	活性炭吸附	42.5	10000	0.43
企业 22	吸附+催化燃烧	8.5	15000	0.13
企业 23	活性炭吸附	11.6	12500	0.15

通过检测看出 23 家企业的排放量相差较大，但排放浓度较低，按照现行标准上海市《大气污染物综合排放标准》(DB31/933-2015) 中非甲烷总烃的排放限值 $70\text{mg}/\text{m}^3$ ，所有企业均达到排放标准要求，其中浓度最高值为企业 14，企业仅使用过滤棉作为 VOCs 消除手段，其非甲烷总烃排放浓度达到了 $56.5\text{mg}/\text{m}^3$ ，排放速率也达到了企业中的最高值， $1.35\text{kg}/\text{h}$ ，但均符合上海市大气综排的标准。

对 5 家企业进行其他污染因子排放测试，其排放浓度均符合上海市大气污染物综合排放标准中的限值。

表 2.5 汽车维修企业排气筒其他污染物排放测试

企业及对应喷房		苯		甲苯		二甲苯		颗粒物		标态排气流量
		mg/m ³	kg/h	mg/m ³	kg/h	mg/m ³	kg/h	mg/m ³	kg/h	m ³ /h
企业 24	喷房 1	ND	ND	4.3	0.0654	0.768	0.012	<20	/	15200
	喷房 2	ND	ND	0.927	0.0145	0.206	0.0032	<20	/	15600
企业 25	喷房	0.6	0.01	ND	ND	ND	ND	<20	/	17900
企业 26	喷房 1	ND	ND	0.025	0.0003	0.31	0.0032	<20	/	10400
	喷房 2	0.01	0.0001	0.881	0.0097	0.33	0.0036	<20	/	11000
企业 27	喷房	0.11	0.0018	0.07	0.0011	4.31	0.071	<20	/	16400
企业 28	喷房 1	0.034	0.0003	1.49	0.0112	0.363	0.0029	<20	/	7970
	喷房 2	0.047	0.0004	1.52	0.012	0.743	0.0057	<20	/	7700

(2) 无组织排放

标准编制过程中对 1 家汽车维修企业进行无组织排放测试，分别对水性油漆及溶剂型油漆测试喷漆、洗喷枪及调漆过程中，周边非甲烷总烃浓度，测试结果如下。

溶剂型涂料在清洗情况下，周边非甲烷总烃平均浓度达到 $42\text{mg}/\text{m}^3$ ，最小浓度达到 $13\text{mg}/\text{m}^3$ ，在调漆与喷漆情况下周边平均浓度约为 $5\text{-}6\text{mg}/\text{m}^3$ ，最小浓度约为 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 。使用水性涂料时，平均测试浓度约为 $2\text{-}3\text{mg}/\text{m}^3$ ，最小浓度约为 $1\text{-}2\text{mg}/\text{m}^3$ 。厂界的平均浓度约为 $2\text{mg}/\text{m}^3$ ，最小浓度约为 $0.8\text{mg}/\text{m}^3$ 。

腻子涂覆过程中，周边颗粒物平均浓度约为 5.57 mg/m³，最小浓度约为 3 mg/m³。

表 2.6 汽车维修企业非甲烷总烃污染物无组织排放测试

样品名称	工况	最大浓度 (mg/m ³)	平均浓度 (mg/m ³)	最小浓度 (mg/m ³)
油性油漆	喷漆	16.88	6.52	1.60
	洗喷枪	100.79	42.20	13.74
	调漆	17.76	5.55	1.29
水性油漆	喷漆	3.46	2.40	1.66
	洗喷枪	9.08	3.07	2.25
	调漆	10.18	2.69	1.39
厂界		4.42	1.85	0.83
腻子 (颗粒物)		17.54	5.57	2.89

2.2.5 典型涂装工艺/工况排放测试

标准编制过程中对某汽车漆修补培训中心进行色漆修补喷涂 VOCs 产生浓度测试，测试水性和溶剂型涂料在喷涂与烘干/干燥作业过程中 VOCs 产生量，以非甲烷总烃浓度计。使用仪器为德国 J.U.M.的氢离子火焰监测器 (FID)，监测参照美国 EPA 标准方法 25a (EPA method 25a: Determination of total gaseous organic concentration using a flame ionization analyzer)。测试地点为喷烘房排气管末端，并且于测试前去除 VOCs 末端处理装置中活性炭填充。测试时长为全喷涂过程，辅以其他数据监测，如管道温度、湿度、风速等。测试期间，培训中心喷烘房内同时进行 2 个面 (车门) 的色漆修补工作，如图 5.1，图 5.2 所示，详细记录油漆用量，喷漆各工序时长，喷涂面积等。



图 2.5 测试中所使用的车门



图 2.6 水性色漆喷及烘干工序涂实景

表 2.7 喷涂情况记录表

序号	涂料名称	油漆用量			喷涂起止时间		烘烤/干燥起止时间		喷涂面积, m ²	备注
		喷涂前, g	喷涂后, g	油漆使用量, g	开始	结束	开始	结束		
1	L041 特黑 (水性) 1	913.7	827.5	86.2	0s	+56s	+56s	+9m10s	0.74	
2	L041 特黑 (水性) 2	845.1	744.5	99.6	0s	+56s	+56s	+9m10s	0.74	
3*	黑 溶剂型 1	919.5	752.7	166.8	0s	+44s	+44s	+5m01s	0.74	第一层喷涂时间
4*	黑 溶剂型 2	885.6	757.7	127.9	+5m01s	+5m33s	+5m33s	+ 约 15m	0.74	第二层喷涂时间
*溶剂型涂料喷涂共需喷涂两层，但记录表中仅记录总喷涂量，第一层油漆使用量：第二层油漆使用量约为 1：0.7。										

水性色漆测试使用色漆 L041 特黑，同时喷涂 2 个修补面，喷涂情况记录如表 5.1 所示。水性色漆工艺要求喷涂 1 层，喷涂时间约 56 秒，吹干时间约 8 分 14 秒，共用时约 9 分 10 秒。两个修补面分别使用 L041 特黑色漆 86.2g、99.6g，合计 185.8g。排放口处非甲烷总烃测试平均浓度为 0.71 mg/m³，峰值浓度为 2.88mg/m³，非甲烷总烃排放速率 0.03kg/h，其中喷涂阶段非甲烷总烃平均浓度为 2.3g/m³，产生速率为 0.08g/h，共排放非甲烷总烃 1.3g，单位面积排放 1.75g/m²；干燥阶段非甲烷总烃平均浓度为 0.53g/m³，产生速率为 0.02g/h，共排放非甲烷总烃 2.9g，单位面积排放 3.87g/m²，水性色漆（L041 特黑）喷漆+烘干全过程单位面积产生量为 5.63g/m²，非甲烷总烃产生系数约为 2.2g/100g 涂料。

表 2.8 水性 L041 测试数据

	平均浓度 (mg/m ³)	峰值浓度 (mg/m ³)	排放速 率 (kg/h)	排放量 (g)	面 积 (m ²)	单位面积 排 放 (g/m ²)	非甲烷总烃产生系 数(g/100g 涂料)
喷涂阶段	2.30	2.88	0.08	1.30	0.74	1.75	2.24
干燥阶段	0.53	2.00	0.02	2.87		3.87	
合计	0.71	2.88	0.03	4.16	0.74	5.63	2.24

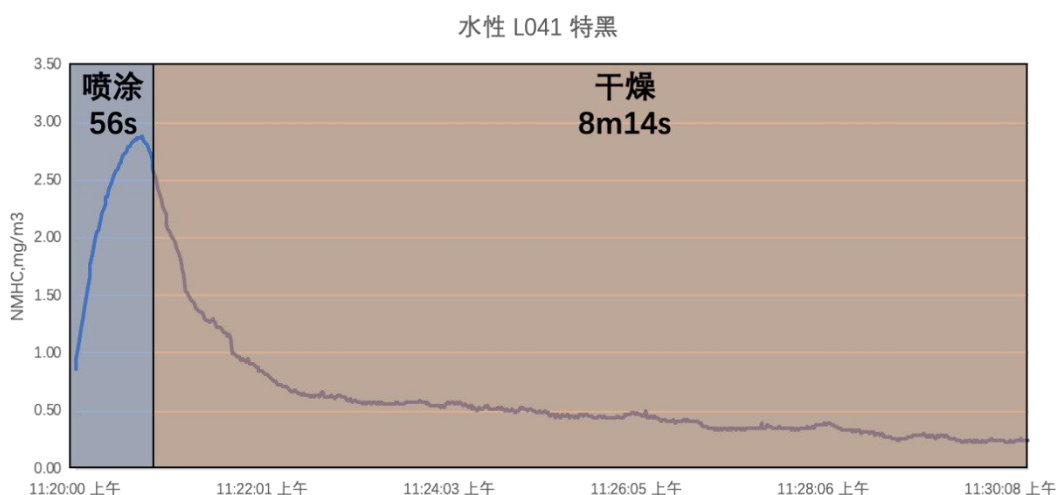


图 2.7 水性 L041 特黑非甲烷总烃产生浓度曲线

溶剂型色漆测试使用溶剂型色漆，同时喷涂 2 个修补面，喷涂情况记录如表

1 所示。溶剂型色漆工艺要求喷涂 2 层，第 1 层喷涂时间约 44 秒，吹干时间约 4 分 17 秒，第二层喷涂时间约为 32 秒，干燥时长约 12 分钟。两个修补面分别使用溶剂型色漆 166.8g、127.9g，合计 294.7g。排放口处非甲烷总烃测试平均浓度为 7.75mg/m³，峰值浓度为 76.37mg/m³，非甲烷总烃排放速率 0.28kg/h，其中 2 次喷涂阶段非甲烷总烃平均浓度分别为 76.29g/m³和 76.34g/m³，产生速率为 1.77 和 1.94g/h，共排放非甲烷总烃 3.71g，单位面积排放 26.95g/m²；2 次干燥阶段非甲烷总烃平均浓度为 50.14g/m³和 38.25g/m³，产生速率为 0.17g/h 和 0.11g/h，共排放非甲烷总烃 0.28g，单位面积排放 19.74g/m²，溶剂型色漆喷漆+烘干全过程单位面积产生量为 93.38g/m²，非甲烷总烃产生系数约为 23.45g/100g 涂料。

表 2.9 溶剂型色漆测试数据

	平均浓度 (mg/m ³)	峰值浓度 (mg/m ³)	排放速率 (kg/h)	排放量 (g)	面积 (m ²)	单位面积排 放 (g/m ²)	非甲烷总烃产生系 数(g/100g 涂料)
喷涂阶段 1	49.76	76.29	1.77	22.1	0.74	29.87	23.45
干燥阶段 1	4.68	50.14	0.17	12.0		16.19	
喷涂阶段 2	54.57	76.37	1.94	17.8		24.03	
干燥阶段 2	3.08	38.25	0.11	17.2		23.30	
合计	7.75	76.37	0.28	69.1	0.74	93.38	23.45

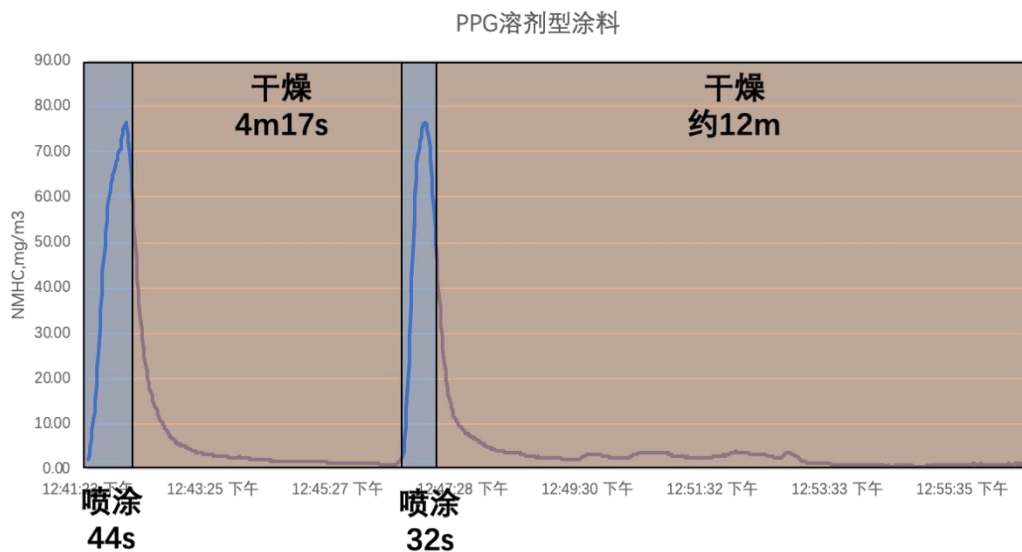


图 2.8 溶剂型涂料非甲烷总烃产生浓度曲线

2.3 汽修行业 VOCs 防治技术

2.3.1 源头控制

在汽修漆工序中，所用到的油漆有腻子，底漆，中涂，色漆，清漆等，根据钣喷行业的行业特点，底漆与中涂仅在伤痕较严重的情况下，金属表面有裸露时才需要修补，普通的刮擦一般使用腻子、色漆和清漆，色漆与清漆的使用量约占所有油漆使用量分别约 40%与 30%，这两者是汽修行业使用量最大的油漆。

腻子是一种粘稠物质，由体质颜料、催干剂、溶剂组成，对受损的凹陷部位使用合金原子灰刮涂，俗称打腻子。腻子漆由原子灰和固化剂混合而成，当与配套固化剂混合后，腻子内的有机聚酯组分会产生交联反应，使腻子固化，填平凹坑，所以 VOCs 排放较少。

根据目前的行业主流技术分析，底漆、中涂与清漆鉴于遮盖力、抗撞击性、膜厚、表面保护、干燥速度与工艺等要求，水性中涂、底漆、清漆在市面上比较少见，可以通过使用高固份涂料进行削减 VOCs 排放，这也是映照了欧洲与北美的汽修漆技术。高固份涂料相较于传统溶剂型涂料具有较低的溶剂含量，但成本较高，但改变并不多，技术上可行。

水性修补色漆的技术近几年已有大量的推广，水性色漆相较于传统的溶剂型色漆价格略高。受价格、新工艺新技术接受程度及合格的钣喷技师人群数量等因素的影响，导致水性色漆销量仅占整个市场份额的 1.5%，但它的增长速度近几年均以翻倍计算。水性漆对工艺的要求比较严格，汽车维修行业用水性漆代替溶剂型涂料喷涂需要对喷漆房的空气条件，温度条件，湿度条件进行严格的控制，再配备专用的水性漆喷枪，水性漆吹风枪，水性漆洗枪机，工艺改造难度不大，技术上可行。

清洗剂可选用低 VOCs 的清洗剂，这种水性的清洗剂大约包含 80%的水，15%的溶剂和 5%的表面活性剂，乳化之后，可以对汽车表面进行除油，但是缺点是作用比较单一，汽修企业购买纯溶剂的清洗剂可以有很多用途，例如车辆前处理，稀释和喷枪清洗，很多业主倾向于购买溶剂作为清洗剂清洗剂来降低投资，虽然

水性清洗剂可以降低 VOCs 排放，减少工人的健康损害，但用途单一仍是此类清洗剂推广的很大障碍。但是在技术上，使用专用清洗剂、水性清洗剂或低 VOCs 清洗剂可以降低 VOCs 总排放，技术上可行。

2.3.2 过程控制

2.3.2.1 调漆

根据上海市大气污染防治条例第五十二条中的描述，“产生含挥发性有机物废气的生产经营活动，应当在密闭空间或者设备中进行，设置废气收集和处理系统，并保持其正常使用。”

调漆，包括混合基料、稀释剂、固化剂，或色漆调色，作为喷漆工艺中必不可少的一个环节，会有 VOCs 产生，所以调漆过程应在专用的调配间或其他密闭空间内进行，如喷烤漆房，调漆作业不得在敞开的车间内进行，这是防止 VOCs 逸散，改善工人的作业环境最基本的要求。



图 2.5 某 4s 店敞开区域调漆实景照

在现场调研的过程中，很多汽修企业调漆均在敞开环境中进行，并且完成调漆作业后并未盖严漆盖，造成车间内环境脏乱，建议使用调漆浆盖，进行作业。调漆浆盖具有密封性好，精确控制出漆量，并且可以在取用油漆的时候最大限度地减少 VOCs 的无组织逸散，改善环境，并且目前市场上单个调漆浆盖价格在 20-100 元不等，可适用于各种漆桶。



图 2.6 浆盖基本结构图



图 2.7 浆盖使用现场图

在调漆过程中，工人应做到避免过多调配油漆造成的浪费及污染排放，此类排放完全可以避免，并且对企业来说也是控制成本的手段，所以企业应积极加强培训和管理。

2.3.2.2 喷漆烤漆

在《汽车维修开业条件》第九章中明确，汽车维修必须配备喷烤漆房及设备，并且需通过交通产品认证（大中型客车允许外协）。所以可以进行喷漆作业的汽修店均已配备少一间喷烤漆房。

为了满足上海市大气污染防治条例中对涉及 VOCs 的工作密闭作业的要求，

所有喷漆施工，不论单一漆面修补或整车喷涂，必须在喷烤漆房内进行，并且在作业过程中喷烤漆房须处于密闭，排风开启状态，最大限度收集漆雾与喷漆废气。喷漆间需要定期维护，避免由于喷漆间的损坏或不能密封造成不必要的 VOCs 排放。

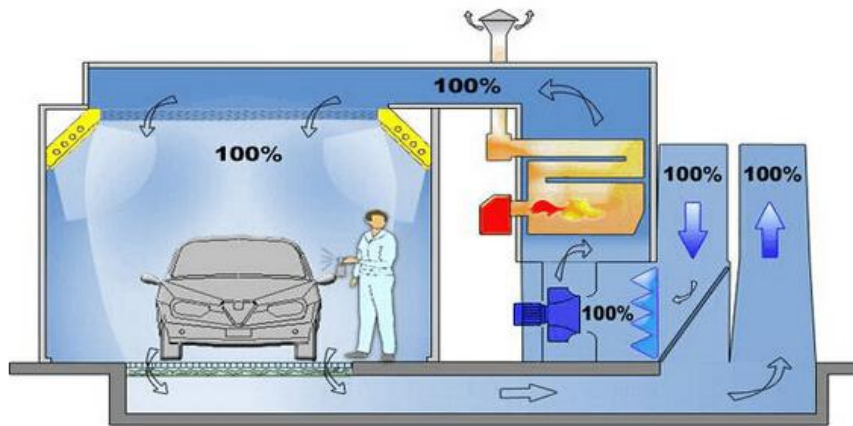


图 2.8 喷漆房进行喷漆作业时空气循环示意图

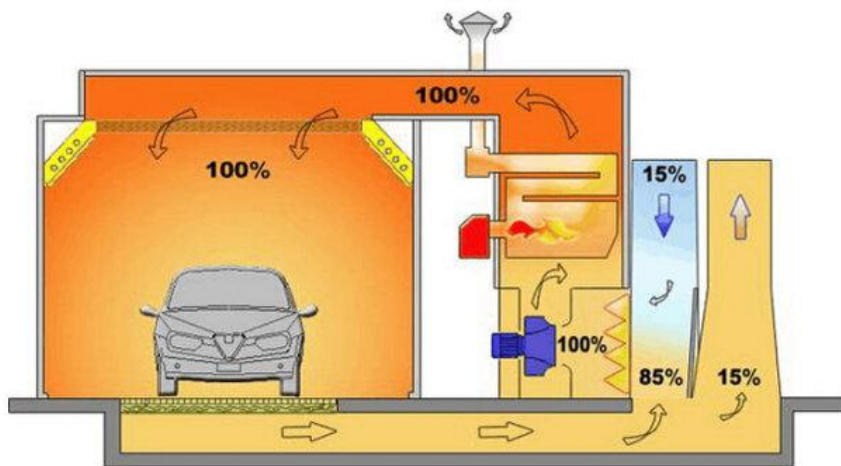


图 2.9 喷漆房进行烘干作业时空气循环示意图

在喷漆的过程中，使用高流低压喷枪（HVLP）可以提高传质效率，增加喷涂的附着率，减少油漆使用量，减少 VOCs 的排放。美国、欧盟、香港等地发布的汽修行业指南中也提到高流量低压（HVLP）喷枪比一般的高压喷枪节省物料多达 20%~25%。传统喷枪使用空气压力，涂料的喷射速度较快，传质一般仅为 30%~45%，HVLP 喷枪以极低的风帽雾化压力雾化涂料，提高油漆的附着力，减少飞散及反弹，使用 HVLP 喷枪可有效降低 VOCs 排放约 30%~45%。根据目前

国内的市场调研，上海市许多 4s 店已采用此类型喷枪且市场上 HVLP 喷枪也已经非常普及，汽修企业使用 HVLP 喷枪，而避免使用常压喷枪，可以从过程控制中减少 VOCs 的排放。

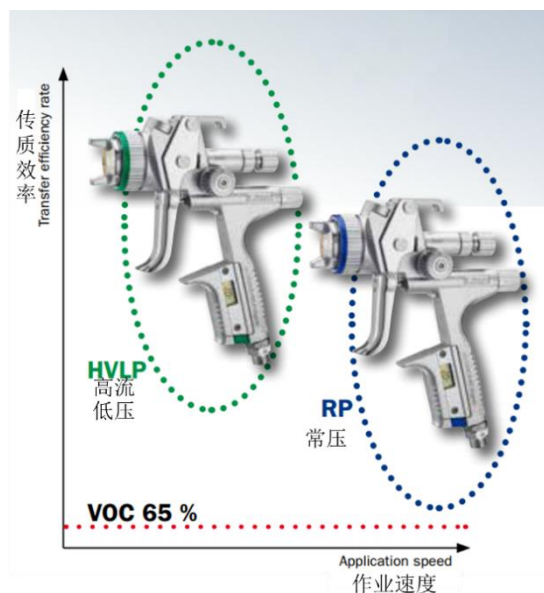


图 2.10 高流低压喷枪与常压喷枪传质效率与作业速度对比

2.3.3 清洗

当工人金属或塑料表面除油或喷枪完成作业以及更换油漆颜色时，需要用到清洗剂，各大油漆商提供专业的清洗剂，其 VOCs 含量约在 15%左右，而迫于成本压力及操作方便，大多数企业不会购买此类清洗剂，而是使用纯溶剂稀释剂来进行清洗。

在清洗的过程中，喷枪清洗机可以通过加盖或其他手段减少 VOCs 的挥发，并且及时有效地收集废旧溶剂，将整个清洗工序的 VOCs 排放降低，是一种高效环保的喷枪清洗设备。



图 2.11 喷枪清洗机

清洗作业会释放大量的 VOCs，故清洗不可在敞开区域内实施。

2.3.4 末端控制

在汽车维修喷漆的工序中会产生主要污染物为 VOCs 和颗粒物，通常对颗粒物的去除方式主要使用干式去除法，即使用过滤棉过滤漆雾，并且定期更换过滤棉，少量大型 4s 店可能使用湿式去漆雾方式，如水幕，文丘里等；去除 VOCs 的技术就相对复杂，根据《上海市工业固定源挥发性有机物治理技术指引》中的汇总，VOCs 治理方法有冷凝法、吸附法、燃烧法、静电法、膜法、吸收法、等离子法、光催化氧化法等，技术指引中推荐工业企业使用冷凝，吸附与燃烧方法。

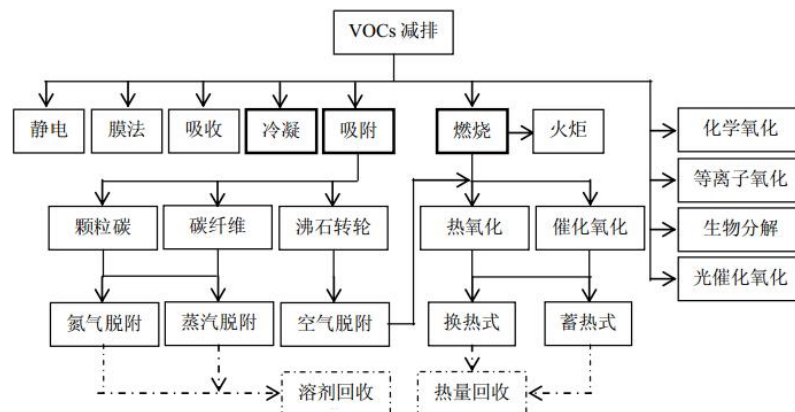


图 2.12 VOCs 末端治理技术汇总

在汽修工序使用溶剂型油漆的情况下，排气筒排放非甲烷总烃浓度通常为 100-500mg/m³，在工业 VOCs 排放中属于中低浓度排放，所以不适用于冷凝与燃

烧工艺,因为这两种工艺通常需要高浓度 VOCs 排放来确保回收效率及燃烧效率,在考虑处理效率及投资成本的情况下,这三类方法中,吸附工艺是最适用于汽修行业的处理方法。

吸附工艺早在二十世纪五十年代就广泛用于 VOCs 的高效回收,随着吸附剂改良以及吸附系统改进,吸附技术在 VOCs 治理应用更加广泛,深入。吸附原理为 VOCs 气体通过多孔固体物质(吸附剂),使之附着于其固体表面上,从而达到去除的目的。

最常用的吸附剂是活性炭,其由煤、木材、果壳、石油焦等原材料制得,具有巨大表面积的内部孔结构。吸附剂的有效性主要取决于吸附 VOCs 的表面积,一般来说表面积越大吸附能力越大。吸附剂的吸附能力用吸附容量表征,其是重要的技术性能参数之一。活性炭吸附 VOCs 的饱和吸附容量约 20%至 40%wt;用于吸附装置中活性炭的实际有效吸附量约为饱和容量的 40%以下。

更换式颗粒活性炭吸附装置在活性炭吸附饱和后,需将碳床内失效活性炭全部重新更换。更换下来的失效活性炭应作为危废合规处置。

再生式固定床颗粒活性炭吸附装置是实际应用中较有效 VOCs 治理装置。装置中至少有 2 个床体装填活性炭,其中 1 个可以离线脱附再生,而其余吸附床可以连续吸附,其处理流程示意图如下。

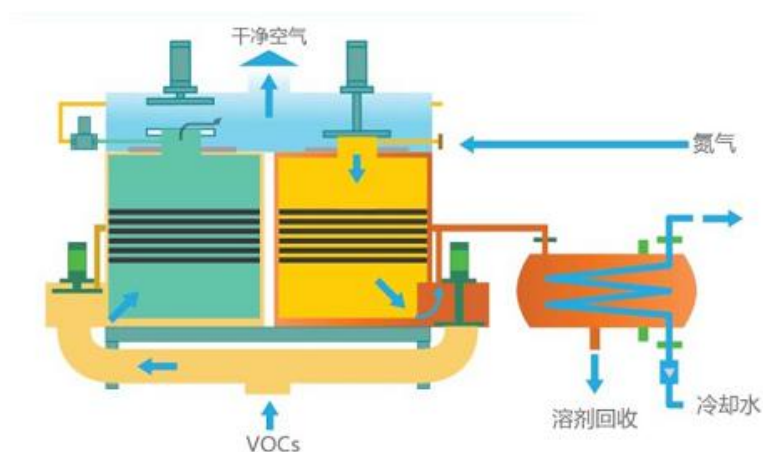


图 2.13 再生式活性炭处理系统示意图

活性炭吸收 VOCs 后,使用热氮气(或水蒸气)进行脱附再生,蒸汽逆向(与吸附反向)送入碳床,待碳床和床体受热升温后,蒸汽将 VOCs 从活性炭中脱出

并携带至冷凝器。冷凝液进入重力分离器，溶剂与水中分离得到回收。不凝性气体返回吸附床。但与溶剂分离后的水会成为二次污染。氮气脱附由于无需干燥，所以整个脱附周期约需 45~60 分钟，与传统的蒸汽脱附不同，由于采用氮气作为传热和脱附的介质，所以回收的溶剂液体中水的含量很低，对于水溶性较大的溶剂更具回收优势。同时由于不像传统的蒸汽再生系统那样需要较多的水蒸汽量作为动力输送蒸汽并在后续的冷凝器中被冷凝而消耗，系统的总体能耗相对较低。另外，由于采用热气体脱附回收，对于一些通常操作条件下易水解、水蒸气脱附较困难的沸点较高的组分也有良好的脱附回收效果。

碳床离线脱附再生时间确定有 2 种办法。最有效的办法是在碳床出口处设置 VOCs 浓度检测仪，根据实测浓度确定脱附再生时间；另一种办法是根据活性炭供货商提供的穿透曲线和 VOCs 产生量，估算吸附周期，定时离线脱附再生。吸附周期也可以利用便携式 VOCs 检测仪通过现场检测穿透时间来确定。

相对于更换式活性炭，再生式活性炭处理系统的初期投资更高，但是降低了更换活性炭作为危废处置的压力。

一般情况下年喷漆涂料用量较小的可以使用吸附法，采用更换式活性炭吸附处理工艺，年喷漆涂料使用量较大的可以采用活性炭吸附现场脱附方式，企业若已完成水性色漆替代，企业可根据自身情况选取更换式或再生式活性炭处理方式。

目前市场上主流的末端处理系统还包括低温等离子技术和光催化工艺。

低温等离子系统是在离子产生的过程中，高频放电所产生的瞬间高能足够打开一些有害气体分子的化学能，使之分解为单质原子或无害分子；等离子体中包含大量的高能电子、正负离子、激发态粒子和具有强氧化性的自由基，这些活性粒子和部分臭气分子碰撞结合，在电场作用下，使臭气分子处于激发态。当臭气分子获得的能量大于其分子键能的结合能时，臭气分子的化学键断裂，直接分解成单质原子或由单一原子构成得无害气体分子。同时产生的大量 $\cdot\text{OH}$ 、 $\cdot\text{HO}_2$ 、 O 等活性自由基和氧化性极强的 O_3 ，与有害气体分子发生化学反应，最终生成无害产物。

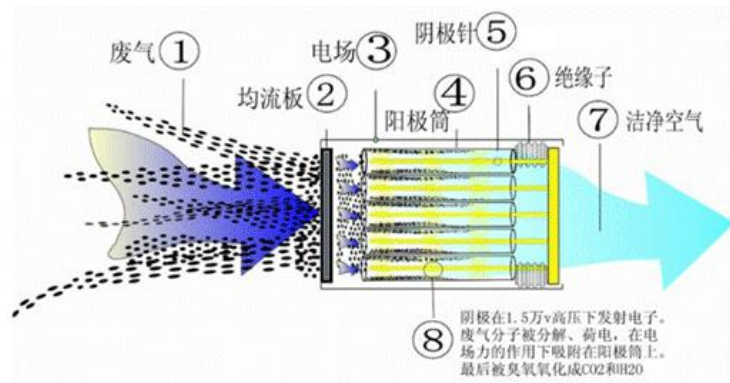


图 2.14 低温等离子废气处理流程示意图

光氧催化主要是利用光催化剂（如 TiO_2 ）的光催化性，氧化吸附在催化剂表面的 VOCs。利用特定波长的光照射 TiO_2 光催化剂，激发出“电子-空穴”对，这种“电子-空穴”对与水、氧发生化学反应，产生具有极强氧化能力的自由基活性物质，将吸附在催化剂表面上的有机物氧化为 CO_2 和 H_2O 等无毒无害物质。

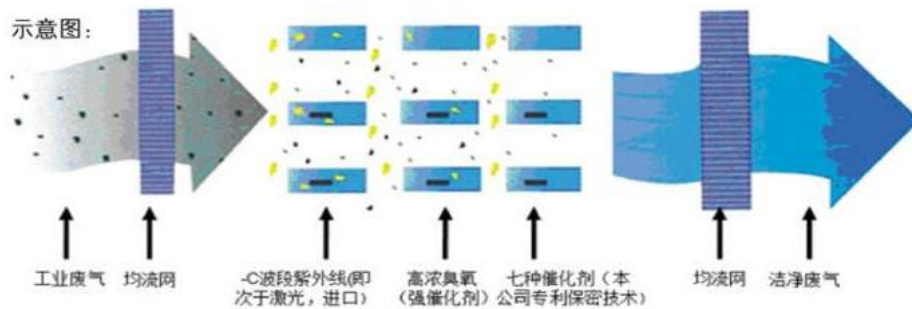


图 2.15 光氧催化废气处理流程示意图

3. 标准制定的必要性

3.1 国家及省生态环境主管部门的相关要求

国家层面，“十三五”期间全面推进 VOCs 污染防治工作，汽修行业的面源 VOCs 的重点排放行业，涉及的政策文件和控制要求如下：国家《“十三五”VOCs 污染防治工作方案》要求：大力推广使用水性、高固体分涂料，京津冀大气污染传输通道城市、长三角、珠三角等汽修行业要率先推进底色漆使用水性、高固体分涂料。推广采用静电喷涂等高涂着效率的涂装工艺，喷漆、流平和烘干等工艺

操作应置于喷烤漆房内，使用溶剂型涂料的喷枪应密闭清洗，产生的 VOCs 废气应集中收集并导入治理设施，实现达标排放。开展露天喷涂汽车维修作业清理整顿工作；推进政府绿色采购，要求汽车维修等政府定点招标采购企业使用低挥发性原辅材料。

2014 年 7 月 25 日上海市十四届人大常委会第十四次会议审议通过的《上海市大气污染防治条例》是生态环境部门应当会同市质量技术监督等部门，制定本市重点行业挥发性有机物排放标准、技术规范的重要文件，也明确指出街镇需在区县生态环境部门的指导下开展汽修行业污染防治工作。所以研究汽修涂料 VOCs 含量不仅可以为企业 提供污染控制的帮助，推进低 VOCs 涂料的使用，也可以帮助生态环境部门开展管理工作。

2016 年 4 月 28 日，上海市生态环境局、市交通委按照《上海市大气污染防治条例》和《〈上海市清洁空气行动计划（2013-2017 年）〉2016 年重点任务》（沪环保防〔2016〕68 号）的有关要求，本市将开展汽车维修行业专项整治，以提升汽修行业污染防治水平，改善城市环境空气质量。其工作目标是到 2016 年底中心城区全面完成汽修行业整治，郊区完成不少于 30% 汽修企业整治；到 2017 年底全面完成汽修行业专项整治，并进一步完善长效管理机制。

针对全市范围内一类汽车整车维修企业、二类汽车整车维修企业（GB/T 16739.1 标准规定的一类、二类汽修企业）、汽车专项维修业户（GB/T 16739.1 标准规定的三类汽修业户）和无维修许可证从事汽车维修的业户开展此项整治工作。

整治的重点为大气污染防治。重点针对喷漆、烘干等汽车维修作业过程中产生的挥发性有机物（VOCs）排放，兼顾颗粒物排放和加热燃烧设备的废气排放等；以及危险废物管理与规范经营许可等。

总体来说，随着全市大气污染防治工作的持续推进，汽车维修行业大气污染防治工作也列入大气污染防治年度工作任务中，但由于缺乏相关技术规范 and 标准，治理工作难以推进和落实，亟需出台汽修行业大气污染物排放标准，规范与指导全省汽车维修企业开展深度治理。

3.2 主要生态环境问题

汽车维修行业排放的大气污染物主要包括颗粒物与 VOCs，其中 VOCs 排放最为突出，也是本标准研究的重点指标。据初步测算，2017 年江苏省人为源排放的挥发性有机物总量 130 万吨，居全国前三位，是江苏省重点控制的大气污染物，也是大气污染防治工作中最为薄弱的环节之一。VOCs 是导致城市灰霾和光化学烟雾的关键因子之一，可直接对人体健康造成一定的危害。产生的生态环境问题主要有：

(1) 排放特征物种光化学活性大，空气质量影响大。汽车维修行业 VOCs 排放主要来自表面涂装过程使用的种类繁多的涂料、有机溶剂以及涂装工艺造成的 VOCs 挥发。其排放的污染物主要有甲苯、乙苯等，对臭氧和二次细粒子生成具有显著贡献。

(2) 排放特征物种毒性大，健康危害大。汽修企业排放的苯、二甲苯、甲苯等芳香烃类物质，以及酮类、醚类物质具有一定毒性，尤其是苯具有较强的致癌性，吸入毒性和经皮毒性较高，长期接触影响人体健康。

(3) 企业布局不合理现象普遍，对城市居民健康影响大。汽车维修企业数量多且零散，维修过程尤其是喷涂操作过程中涉及到多种有机溶剂的使用，调漆、运输等过程管理到位，极易造成 VOCs 挥发逸散产生无组织排放。汽修企业与人口分布具有明显的重合，虽然方便了客户，但是人口密集区的环境敏感性也较高，部分汽修店距离居民楼不足 50 米，严重危害周边居民健康。汽修企业大气污染物多为低空排放，周围林立的建筑物不利于污染物的扩散。

3.3 行业清洁生产工艺和污染防治技术的最新进展

汽车维修行业 VOCs 清洁生产要贯彻源头削减、过程控制、末端治理的理念。使用环保的低 VOCs 含量的涂料和清洗剂替代溶剂型涂料和清洗剂，从生产物料的使用上减少 VOCs 的产生。虽然水性漆或高固体份等低 VOCs 含量的涂料和清洗剂的价格相对较高，但能获得更高的环境效益。保持设备的完好，例如保持喷漆房的密封，使用调漆柜保证污染物收集，定期检测污染物处理装置及更换活

性炭；使用环保的工具 HVLP 喷枪、溶剂回收机等，既能降低生产成本，又能在生产过程中尽量减少 VOCs 的产生和控制其流向。

汽修 VOCs 污染防治技术包括回收利用技术、销毁技术以及这两种技术的组合形式。回收利用技术主要包含冷凝法、吸收（洗涤）法、吸附法、膜分离法；销毁技术包含燃烧法、催化燃烧法、生物降解法、光催化降解法、等离子体技术。其中膜分离法、光催化降解法以及等离子体技术为近几年兴起的新技术。但对于汽车维修企业这些技术往往成本较高，因此主要还是采取活性炭吸附的方法。

为全面加强挥发性有机物（VOCs）污染防治工作，强化重点地区、重点行业、重点污染物的减排，提高管理的科学性、针对性和有效性，遏制臭氧上升势头，促进环境空气质量持续改善，2017 年生态环境部、发展改革委、财政部、交通运输部、质检总局和能源局六部委制定了《“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案》，明确提出了推动汽修行业 VOCs 治理。大力推广使用水性、高固体分涂料，京津冀大气污染传输通道城市、长三角、珠三角等汽修行业要率先推进底色漆使用水性、高固体分涂料。推广采用静电喷涂等高涂着率的涂装工艺，喷漆、流平和烘干等工艺操作应置于喷烤漆房内，使用溶剂型涂料的喷枪应密闭清洗，产生的 VOCs 废气应集中收集并导入治理设施，实现达标排放。

3.4 提升上海汽修环境管理水平，完善管理体系

上海已在全市范围内开展汽修行业专项整治，自 2016 年 5 月起，到 2017 年年底全面完成汽修整治，但上海尚未颁布针对汽修行业的 VOCs 污染控制技术指南，给汽修整治带来了一定的阻力。近年来，随着汽车保有量的不断增长，上海市汽修行业发展迅速，仅仅依靠上海市大气污染物综合排放标准及相关标准来指导，约束汽修行业也远远不够，因此，为完善行业管理体系建设，提升汽修业 VOCs 污染控制认知，提升污染控制管理能力。

3.5 推动行业技术革新，促进行业可持续发展

目前，上海市汽修行业技术水平参差不齐，环境保护和污染治理的能力与投入有限，加之目前上海大气污染物综合排放标准对 VOCs 的控制有一定的要求，中小型汽修行业不能有效完成 VOCs 的管理及控制，甚至部分大型汽修企业也在控制 VOCs 方面存在很多疏漏。因此，通过制定专门的汽修行业 VOCs 技术指南，既可以帮助或淘汰部分规模小、污染严重、技术水平低下的汽修业中小企业，又有利于推动整个行业的技术升级和进步，促进行业持续健康发展。

4. 标准制定原则及思路

4.1 标准制定的原则

- (1) 遵循技术经济可行性原则，以汽修业现有成熟的、经济合理的污染治理措施和技术为依托，并将之作为确定标准的依据及有关技术要求之一。
- (2) 合理借鉴国外、国内其他地区同行业的标准及技术的经验，指导标准的制定工作。
- (3) 贯彻源头治理大于过程控制与末端处理的原则，所有的控制方法首先考虑源头是否可以减排，再考虑过程与末端处理。
- (4) 本标准的制定，应具有科学性和可操作性，真正为实现汽修行业挥发性有机废气污染控制服务。

4.2 标准制定的政策依据

4.2.1 《上海市清洁空气行动计划》

2013 年 10 月推出的《上海市清洁空气行动计划（2013-2017）》，旨在加快改善环境空气质量，以大幅削减污染物排放为核心，深化拓展并加快落实能源、工业、交通、建设、农业、生活等六大领域的治理措施，大力推动生产方式和生活

方式的转变，全面推进二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物、颗粒物等污染物的协同控制和污染减排。到 2017 年，重污染天气大幅减少，空气质量明显改善，细颗粒物（PM_{2.5}）年均浓度比 2012 年下降 20%左右。主要措施之一是加快工业挥发性有机物治理。深化重点企业治理，在完成挥发性有机物泄漏检测与修复技术示范和总量控制试点的基础上，到 2015 年，完成各汽车整车制造企业的挥发性有机物废气收集净化治理。分行业推进挥发性有机物综合治理，积极推动低毒、低挥发性有机溶剂的使用；以涂料生产、合成材料、有机化工、设备涂装、电子设备、木材加工和家具制造行业为重点，通过调整优化工艺设计，开展易挥发有机原料、中间产品与成品装卸、储存装置的密闭回收改造，实施生产工艺挥发性有机物废气收集净化治理。到 2017 年，全面推进企业挥发性有机物治理，现役工业源挥发性有机物在 2012 年基础上减排 30%以上。

汽修行业作为有机溶剂使用行业，其 VOCs 的控制与管理是清洁空气行动计划的重要组成部分，必须要尽快掌握行业概况，并制定行业 VOCs 排放及控制标准，才能促进减排目标达成。

4.2.2 《上海市大气污染防治条例》

2014 年 7 月 25 日上海市十四届人大常委会第十四次会议审议通过的《上海市大气污染防治条例》是环保部门应当会同市质量技术监督等部门，制定本市重点行业挥发性有机物排放标准、技术规范的重要文件，也明确指出街镇需在区县环保部门的指导下开展汽修行业污染防治工作。所以汽修行业的技术指南的制定不仅可以为企业提供污染控制的帮助，也可以帮助环保部门开展管理工作。

4.2.3 《汽车维修行业专项整治工作通知》沪环保防〔2016〕139 号

2016 年 4 月 28 日，上海市环保局、市交通委按照《上海市大气污染防治条例》和《〈上海市清洁空气行动计划（2013-2017 年）〉2016 年重点任务》（沪环保防〔2016〕68 号）的有关要求，本市将开展汽车维修行业专项整治，以提升

汽修行业污染防治水平，改善城市环境空气质量。其工作目标是到 2016 年底中心城区全面完成汽修行业整治，郊区完成不少于 30% 汽修企业整治；到 2017 年底全面完成汽修行业专项整治，并进一步完善长效管理机制。

针对全市范围内一类汽车整车维修企业、二类汽车整车维修企业（GB/T 16739.1 标准规定的一类、二类汽修企业）、汽车专项维修业户（GB/T 16739.1 标准规定的三类汽修业户）和无维修许可证从事汽车维修的业户开展此项整治工作。

整治的重点为大气污染防治。重点针对喷漆、烘干等汽车维修作业过程中产生的挥发性有机物（VOCs）排放，兼顾颗粒物排放和加热燃烧设备的废气排放等；以及危险废物管理与规范经营许可等。

4.3 技术指南制定的总体思路

- （1）明确标准的使用范围
- （2）提出汽修行业大气污染治理的总体要求
- （3）考虑到目前上海汽修行业使用的油漆的组分差异是影响企业 VOCs 产生和排放的重要因素，并且水性化程度不高，因此标准会根据工艺使用原辅材料（底漆，腻子，中涂，色漆，清漆，清洗剂等）的不同，提出不同种类油漆（处于即用状态）中 VOCs 含量限值，旨在推动企业采购低 VOCs 含量（水性或高固份）的油漆和有机溶剂，从源头削减 VOCs 产生量。
- （4）本标准规定了汽修刷企业原辅材料储存和使用、主要 VOCs 排放工艺环节要遵守的运营及监控要求，并且根据实测数据提出了统一的 TOC 的排放限值。

5. 国内外汽修行业相关标准

5.1 国外汽修行业相关标准

5.1.1 美国

(1) EPA

由美国环境保护署（USEPA）污染控制技术中心于 1988 年 10 月发布的“**汽修 VOCs 排放削减技术指南（Reduction of Volatile Organic Compound Emissions from Automobile Refinishing）**”中，详细地讲述了美国在汽修行业控制 VOCs 方面做出的研究及推荐的 VOCs 控制削减方法，以及美国各州对汽修行业的标准现状。

美国大约 66000 家汽修店（1988 年），对一个典型的汽修店来说，大约有 90% 的工作包含了点面的修补，喷漆，在喷漆过程中，不管是点，面或者是整车喷漆，必经的步骤有：汽车表面必须完全清洁，确保油漆合适的粘附性能，金属部分必须涂底漆，面漆（可能是一层色漆或是底漆与清漆结合），喷枪设备必须用溶剂进行清洗，对汽修行业来说，VOCs 的排放来源于溶剂的挥发，在车辆准备，底漆面漆喷涂以及最后的喷枪清洗中均有存在。

削减技术方面，该指南中提到了低 VOCs 清洗剂、洗涤剂替换、提高喷枪传质效率、使用水性油漆、以及末端处理的推荐等。

低 VOCs 清洗剂：这种水性的清洗剂大约包含 80% 的水，15% 的溶剂和 5% 的表面活性剂，乳化之后，可以对汽车表面进行除油，但是缺点是作用比较单一，有的汽修企业，购买纯溶剂的清洗剂可以有很多用途，例如车辆前处理，稀释和喷枪清洗，很多业主倾向于购买这种溶剂的清洗剂来降低投资，但是使用低 VOCs 的清洗剂可以大大降低企业的 VOCs 排放。

高流低压（HVLP）喷涂：使用涡轮来产生雾化空气，工作时，涡轮将过滤空气吸入，涡轮工作可达到 10500 转/分钟，产生高流量，干燥，温暖的空气进入喷枪，压力可低至 7psi，低压力可以使喷枪的控制更加容易，也可以减少过喷和漆雾。对喷枪的更换普遍可以得到 30-45% 的 VOCs 下降，并且由于传质效率

增高，油漆花费可节省。

低 VOCs 涂料（水性涂料或高固份涂料）：目前已有低 VOCs 涂料已经被投入到很多汽修生产线中了，这些涂料的表现甚至超越了传统的涂料。在使用低 VOCs 的涂料时，其喷涂工艺会与传统的油漆喷涂工艺有差别，如水性涂料喷涂后，干燥时间将大大增加，并且水性涂料对喷涂环境要求较高；高固份涂料的粘度比传统涂料要高，生产与喷枪工艺要稍作改变以适应高粘度油漆。

喷枪清理系统：使用溶剂对喷枪进行清洗，避免敞开清洗，将清洗液可以直接放入回收桶中，相对于传统的清洗步骤，可以减少 75%到 80%的 VOCs 排放。

末端处理装置：可以是热燃烧装置，催化燃烧和活性炭吸附装置，但即使末端处理装置的处理效果非常明显，但是由于价格的局限性，它的推广仍然很困难。

汽车修补漆 VOCs 限值：1999 年 1 月 11 日，美国联邦政府开始实施汽车修补涂料 VOC 排放标准,要求在美国境内维修的汽车（包括乘用车、货车、卡车和其它交通工具）用涂料都要按照该标准执行：

表 5.1 美国联邦法令汽车修补涂料 VOCs 限值

涂料类别	VOC 含量限制 (g/L)
预处理蚀洗底漆	780
底漆、中涂底漆	580
封闭底漆	550
单、双涂层面漆	600
多涂层面漆	630
多色面漆	680
特种涂料	840

美国对汽车修补涂料 VOC 治理路线采取联邦政府制定基本 VOC 限值，各州根据本地实际情况细化要求。这样操作的好处是各地区有的放矢，有针对性的治理 VOC 污染，但与此同时对汽车修补涂料制造商和供应商来说，面对不同法规需提供不同产品以迎合法规，对研发能力、产品种类及销售渠道管控提出了极高的要求。

（2）加州

加州 Automotive Refinishing Operations（RULE1116）中对涂料中的 VOC 含量做了限值规定。

表 5.2 涂料种类和 VOC 限值

涂料种类	VOC 管理限值 g/L (lb/gal)
	2011-7-1 后生效
助粘剂	540 (4.5)
清漆	250 (2.1)
色漆	420 (3.5)
多彩色漆	680 (5.7)
预处理漆	660 (5.5)
底漆	250 (2.1)
底漆封闭剂	250 (2.1)
单级漆	340 (2.8)
临时保护漆	60 (0.5)
卡车床保护漆	310 (2.6)
车身下方保护漆	430 (3.6)
均一修补漆	540 (4.5)
其他类型漆	250 (2.1)

表 5.3 涂料种类和 VOC 限值

涂料种类	VOC 管理限值 g/L (lb/gal)	
	组 1*2011-7-1 日前	组 2**2011-7-1 日前
预处理清洗底漆	780 (6.5)	780 (6.5)
底漆	250 (2.1)	250 (2.1)
底漆密封	250 (2.14)	340 (2.8)
面漆	340 (2.8)	420 (3.5)
金属面漆	420 (3.5)	420 (3.5)
特殊性能	420 (3.5)	420 (3.5)

*组 1：共用运输车和移动设备，包括但不限于：卡车车身、卡车拖车、通用车身、露营挂车罩、移动式起重机、推土机、道路清扫车、高尔夫球车、农用车等不严格要求颜色匹配的。

**组 2：私人乘用车：大型/中型卡车和底盘重量超过 10000lb 的车辆；轻型、中型卡车和总重在 10000 磅左右的货车，以及组 1 中要求颜色匹配的车辆。

5.1.2 欧盟

2000 年，欧盟委员会发布了关于如何削减汽修行业 VOCs 排放的研究报告

(Reducing VOC emissions from the Vehicle Refinishing Sector)。欧洲当时共有 75000 家汽修企业，到 2007 年可能会减少到 60000 家，汽修油漆中的 85% 由阿克苏诺贝尔，巴斯夫，杜邦和庞贝捷提供。该报告中称汽修行业的 VOCs 排放下降不仅可以降低对人身健康的影响，而且还可以减少对农作物，材料（油漆，橡胶，纺织品）的影响，减少对森林和生态系统的影响。报告指出，最有效的方法是使用低 VOCs 的涂料，总体来说，使用这些低 VOCs 的涂料可能会使保险费和修理费小幅上升，但汽修店是可以承担这些更换油漆所带来的成本上浮的。即使使用了低 VOCs 的涂料，也需要一些正确的操作来控制 VOCs 的排放，这也是非常重要的一部分。

报告中也介绍了一些其他可行的控制方法，减少浪费的油漆，提高喷涂效率，喷枪清洗使用专用清洗剂等。

汽修店的排放不仅仅局限于 VOCs，也会存在一定的颗粒物和异味，而这些问题不应该跟 VOCs 的问题分割开，应当是一同治理的目标。

2004 年，欧洲委员会发布了《涂料、清漆和汽车修补涂料的 VOC 限值指令》(limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain paints and varnishes and vehicle refinishing products)，VOCs 含量如下表所示：

表 5.4 欧洲委员会汽车修补涂料 VOC 含量限值

涂料类别	VOC 含量限值 (g/L)
预处理剂	850
预清洁剂	200
原子灰	250
表面/填充和普通（金属）底漆	540
蚀洗底漆	780
面漆	420
特殊效果涂料	840

欧洲委员会在 2011 年对该指令的实施情况进行调研，研究报告显示委员会曾评估过降低汽车修补涂料 VOC 含量限制的可能性，其结论是没有必要进一步调整该限值。主要原因有：降低限值要求将增加执法、用户的负担和成本；调整后也不会对环境污染带来显著影响；存在缺少合规产品的窘状。故维持该限值不变。

5.2 国内汽修行业相关标准

5.2.1 国家

中国的第一部设立了汽车涂料 VOC 限值的国标是，该标准适用于乘用车、商用车、挂车、汽车列车用原厂涂料、修补涂料和零部件涂料，标准中对汽车使用的涂料进行了细分，将汽车涂料分为两类：A 类为溶剂型涂料，分为热塑型、单组分交联型和双组分交联型；B 类为水性(含电泳涂料)、粉末和光固化涂料，但标准仅对溶剂型涂料的 VOC 最高限量做出了规定，针对是 VOC 的有害性的预防，而不是降低 VOC。

VOCs 含量限值见表 5.5。

表 5.5 VOCs 含量限值要求

涂料品种		VOCs 含量 (g/l)
热塑型	底漆、中涂、底色漆（效应颜料漆、实色漆）、罩光清漆、本色面漆	≤ 770
单组分 交联型	底漆	≤ 750
	中涂	≤ 550
	底色漆（效应漆颜料、实色漆）	≤ 750
	罩光清漆、本色面漆	≤ 580
双组分 交联型	底漆、中涂	≤ 670
	底色漆（效应漆颜料、实色漆）	≤ 750
	罩光清漆	≤ 560
	本色面漆	≤ 630

目前在国家正在修订《汽车涂料中有害物质限量》GB24409-2009，制定《低挥发性有机化合物含量涂料产品技术要求》等，按涂料类型（水性涂料、溶剂型涂料、辐射固化涂料、无溶剂涂料）分类，规定了低 VOCs 涂料的 VOCs 含量限值，其中车辆涂料涵盖汽车原厂涂料、汽车修补涂料、轨道交通车辆涂料、零部件涂料等，截止至课题组结题，该标准尚未发布。

无汽车维修大气污染物排放国家标准。

5.2.2 香港

香港环境保护署于 2011 年 2 月发布“应用含低挥发性有机化合物及水溶性汽车修补漆所需设备技术指引”，首先技术指引中规定自 2010 年 10 月 1 日起，汽修行业必须符合《空气污染管制（挥发性有机化合物）规例》所规定的挥发性有机化合物含量最高限制（即用状态）。

表 5.6 香港汽修原辅物料挥发性有机物含量限值

序号	受控汽车修补涂料	挥发性有机化合物含量的最高限值 (g/L)
1	粘合促进剂	840
2	透明涂料	420
3	透明涂料（哑光装饰）	840
4	彩色涂料	420
5	多彩涂料	680
6	预处理涂料	780
7	底漆	540
8	单级涂料	420
9	临时保护涂料	60
10	纹理及柔软效果涂料	840
11	卡车货斗内衬涂料	310
12	车身底部涂料	430
13	均匀装饰涂料	840
14	其他汽车修补涂料	250

以往水溶性油漆可能出现附着能力差，漆膜较软等问题，现在都已得到解决，现在的水性漆不仅缩短了漆膜所需的干燥时间，亦大幅提高其附着力、耐磨性和硬度，各种相应的喷涂设备也日趋完善。水性漆可以减少 VOCs 的污染，改善工作环境，降低火警和爆炸的危险。高固底漆/清漆亦可符合新法规要求，因为其仍是溶剂型，所以对汽修厂来说，此类油漆更易掌握，并且逐步替代传统的溶剂

型涂料。

高流量低压（HVLP）喷枪比一般的高压喷枪节省物料多达 20%~25%。传统喷枪使用空气压力，涂料的喷射速度较快，传质一般仅为 30%~45%，HVLP 喷枪以极低的风帽雾化压力雾化涂料，提高油漆的附着力，减少飞散及反弹。

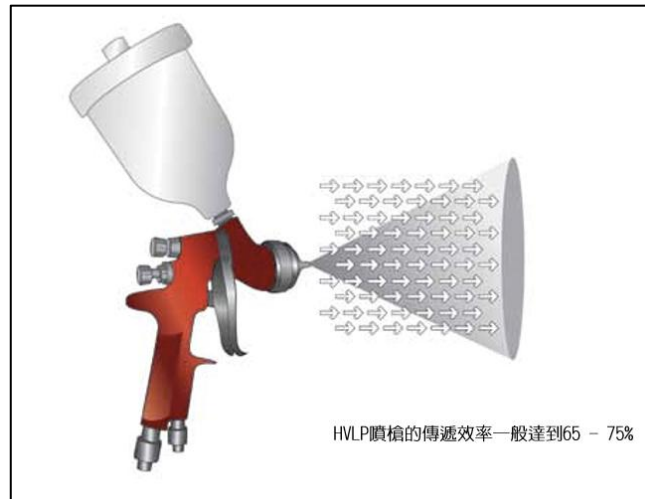
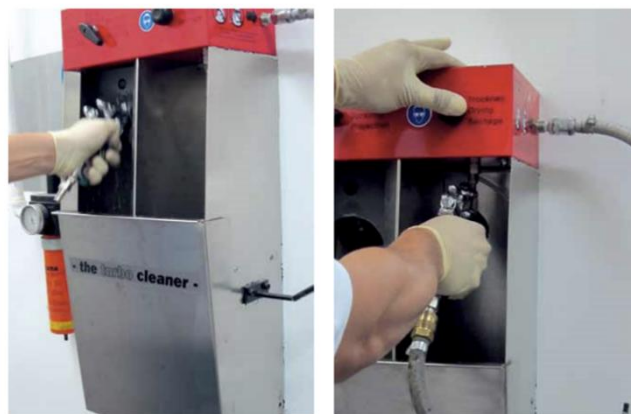


图 5.2 高流量低压喷枪示意图

喷枪清洗在该技术指引中推荐专用的喷枪清洗机，可以很好地减少 VOCs 排放。



以上喷枪快速清洗机(相片)的左邊是用作清洗用途，而右邊則是用作吹乾噴槍

图 5.3 喷枪清洗机

5.2.3 北京

北京市于 2015 年发布了汽车维修业大气污染物排放标准，该标准对汽车维修过程中使用的处于即用状态的涂料挥发性有机物含量限值（以单位体积涂料

中挥发性有机物的质量浓度计, g/L) 做出了规定, 以 2017 年 1 月 1 日为界限, 分为 2 个阶段执行, 在第二阶段的限值中, 各类油漆的挥发性有机物含量已收严至行业领先水平。

表 5.7 涂料挥发性有机物含量限值 (单位: g/L)

涂料种类	I 时段	II 时段
底涂	670	540
中涂	550	540
底色漆 (效应颜料漆, 实色漆)	750	420
罩光清漆	560	480
本色面漆	580	420

标准中规定第一时段最高允许排放浓度为非甲烷总烃 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 、苯 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 、苯系物 $20\text{mg}/\text{m}^3$; 第二时段最高允许排放浓度为非甲烷总烃 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 、苯 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 、苯系物 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

无组织排放按照现有标准北京市《大气污染物综合排放标准》

(DB11/501-2007) 中的非甲烷总烃 $2\text{mg}/\text{m}^3$ 、苯 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 、苯系物 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 。并将无组织排放监测点位设于车间门口或操作工位旁 1 米处。

该标准对工艺措施和管理提出了一定的要求, 例如: 含挥发性有机物原辅材料在运输和储存过程中应保持密闭, 使用过程中随取随开, 用后应及时密闭, 以减少挥发; 应设置专门的调漆室, 并安装集气系统, 保证调配环节产生的挥发性有机物经由集气系统导入挥发性有机物控制设施, 达标排放; 使用溶剂型涂料的喷枪, 应密闭清洗等。

5.2.4 深圳

深圳市于 2015 年 8 月 1 日发布《汽车维修行业喷涂涂料及排放废气中挥发性有机化合物含量限值》的技术规范。技术规范中提到, 汽车维修企业经营者应每月记录使用含挥发性有机化合物的原料名称、挥发性有机化合物含量、购入量、使用量和输出量等资料, 以供主管单位核查汽车涂装生产线挥发性有机化合物排放总量控制情况。同时汽车维修企业喷涂使用的涂料必须具备 VOCs 检测报告,

检测报告由有资质的检测结构出具，如更换涂料，则 VOCs 含量检测报告也需要相应更新。同时技术规范中也提出了 VOCs 原辅料的使用和操作应在密闭空间或设备中进行，产生的 VOCs 经由密闭排气系统导入污染控制设备或排放管道，产生 VOCs 的生产工艺和装置应设立气体收集系统和集中净化处理装置，废气收集装置和治理装置必须按照设计和调试确定的参数条件运行等要求，也规定了排气筒限值，无组织排放限值，监测方法，采样方法，分析方法等。

技术规范中给出了 VOCs 含量限值要求与排气筒 VOCs 排放限值。

表 5.8 深圳汽修行业技术规范规定涂料中 VOCs 含量限值

涂料类型		VOCs 含量 (g/L)	限用溶剂含量 (%)
溶剂型 涂料	底漆	≤670	苯≤0.3
	中涂	≤550	甲苯、乙苯和二甲苯总量≤40
	色漆	≤750	乙二醇甲醚、乙二醇乙醚、乙二醇甲醚醋酸酯、乙二醇乙醚醋酸酯、二乙二醇丁醚醋酸酯总量≤0.03
	清漆	≤560	
水性涂 料	底漆、中涂	≤540	乙二醇甲醚、乙二醇乙醚、乙二醇甲醚醋酸酯、乙二醇乙醚醋酸酯、二乙二醇丁醚醋酸酯总量≤0.03
	色漆	≤420	

5.2.5 重庆

重庆市于 2016 年 1 月 22 日发布《汽车维修业大气污染物排放标准》DB50/661，规定了重庆市含有喷涂、烘干等作业环节的汽修企业在汽车修理过程中大气污染物排放的控制要求，以及标准的实施与监督等相关规定。在标准中提出了大气污染物排放控制要求，自本标准实施之日起至 2016 年 12 月 31 日止，现有污染源执行第 I 时段的排放限值。自 2017 年 1 月 1 日起，现有污染源执行第 II 时段的排放限值，且自标准实施之日起，新建污染源执行第 II 时段的排放限值。

在生产工艺与管理要求中，该标准希望推广水性涂料，并且规定汽修过程喷涂和烘干必须在装有密闭排气系统的空间内作业，产生的 VOCs 应经密闭排气系统进入 VOCs 末端处理系统。

表 5.9 重庆排气筒排放大气污染物的最高允许排放浓度

项目	排气筒排放浓度限值 (mg/m ³)			
	I 时段		II 时段	
	城市建成区	其他区域	城市建成区	其他区域
苯	1	1	1	1
苯系物	45	50	30	35
非甲烷总烃	100	120	50	60
颗粒物	20	50	10	20

5.3 挥发性有机物含量对比

表 5.11 国内外汽修涂料 VOCs 含量限值汇总

	欧洲	美国	国家		北京	香港	深圳	江苏
			GB24409	GBT 38597				
底涂	540	780	580	540	540	540	570	540
中涂	540	--	560	540	540	--	550	540
底色漆	420	420	770	--	420	420	750	--
罩光清漆	420	450	哑光 630 其他 480	420	480	420	560	420
本色面漆	--	420	580	540	420	420	--	540
清洗剂	200	--	--	--	--	--	--	--
腻子	250	--	--	--	--	--	--	--

其他	--	--	--	--	--	250	--	--
特殊涂料	840	840	--	--	--	--	--	--
(金属表面) 蚀洗用涂料	780	--	--	--	--	--	--	--
水性底漆	--	--	420	380	--	--	540	380
本色面漆	--	--	420	380	--	--		380
水性底色漆	--	--	--	--	--	--	--	--
水性中涂	--	--	--	--	--	--	540	--
水性色漆	--	--	--	--	--	--	420	--

5.4 排放限值对比

表 5.12 其他省市排放标准控制指标与排放限值

单位：mg/m³

城市	行业	时段	苯	甲苯	二甲苯	甲苯与二甲苯	苯系物	非甲烷总烃	VOCs	颗粒物	备注
天津	溶剂储运以及混合、搅拌、清洗、涂装工艺	I	1			30			80		/
		II	1			20			50		
	维修烘干工艺	I	1			30			60		
		II	1			20			40		
上海	大气综合排放标准		1	10	20		40	70			/
北京	汽车维修	I	1				20	30			/
		II	0.5				10	20			

城市	行业	时段	苯	甲苯	二甲苯	甲苯与二甲苯	苯系物	非甲烷总烃	VOCs	颗粒物	备注		
深圳	汽车维修	I	1			30			120		规定了不同排气筒高度对应的最高允许排放速率		
		II	1			18			75				
重庆	汽车维修	城市建成区	I	1				45	100		20	设立了推荐性限值，不作为强制性执行规定（苯：0.5；苯系物 10；非甲烷总烃 20；颗粒物 10）	
			II	1				30	50		10		
		其他区域	I	1					50	120			50
			II	1					35	60			20
河北	表面涂装		1			20		50			规定了非甲烷总烃的最低去除效率(70%)，但对于废水处理有机废气收集处理装置、以水性材料为主的有机废气排放口不做要求。		
陕西	表面涂装		1	5	15			50			规定了非甲烷总烃最低		

城市	行业	时段	苯	甲苯	二甲苯	甲苯与二甲苯	苯系物	非甲烷总烃	VOCs	颗粒物	备注
											去除效率
四川	表面涂装	I	1	7	20				80		
		II	1	5	15				60		
福建	涂装工序		1	5	15		30	60			
浙江	涂装工序		1.0				40	80	150	30	规定了非甲烷总烃处理效率要求和大气污染物特别排放限值
山东	汽车维修	I	1.0	10	30				120		至 2019 年 12 月 31 日止
		II	0.5	5.0	15				50		自 2020 年 1 月 1 日起
江苏	汽车维修		1				18	25		10	
		重点地区	0.5				10	20		10	

表 5.13 国内其他省市相关标准中指标项目无组织排放限值情况

单位: mg/m³

地方	行业	监控位置	苯	甲苯	二甲苯	苯系物	非甲烷总烃	总 VOCs	颗粒物
天津	除石油炼制行业外的其他行业	厂界	0.1	0.6	0.2			2.0	
上海	大气综合排放标准	厂界	0.1	0.2	0.2	0.4	4.0		
		车间门窗、装置区、储罐区下风向 1m					10		
北京	汽车维修业	厂房门或窗口或露天操作工位旁 1m 处	0.1			1.0	2.0		1.0
深圳	汽车维修业	下风向厂界	0.1	0.6	0.2			1.8	
重庆	汽车维修业	生产厂房或场地边界外 1m 处	0.1			1.0	2.0		1.0
河北	除石油炼制和石油化学外其他企业	企业边界	0.1	0.6	0.2		2.0		
		生产车间门或窗口或生产设备外 1m	0.4	1.0	1.2		4.0		
陕西	重点行业 VOCs	车间门窗、装置区、储罐区外 1m					10		
		厂界	0.1	0.3	0.3		3		
四川	除石油炼制外其他企业		0.1	0.2	0.2			2.0	

地方	行业	监控位置		苯	甲苯	二甲苯	苯系物	非甲烷总烃	总 VOCs	颗粒物
福建 (报批稿)	除船舶制造业的船台涂装、飞机制造业的整机涂装外的涂装工序	生产车间门或窗口或生产设备外 1m						8.0		
		厂界		0.1	0.6	0.2		2.0		
浙江	所有涂装企业	在厂房门窗或通风口、其他开口(孔)等排放口外 1m 或操作工位下风向 1m						10		
		厂界		0.1			2.0	4.0		
山东	表面涂装行业	厂界		0.1	0.2	0.2			2.0	
国家	涉及 VOCs 无组织排放的现有和新建企业	厂房门窗或通风口、其他开口(孔)等排放口外 1m	排放限值					10(1h 平均浓度) 30(任意一次浓度值)		
			特别排放限值					6(1h 平均浓度) 20(任意一次浓度值)		

地方	行业	监控位置		苯	甲苯	二甲苯	苯系物	非甲烷总烃	总 VOCs	颗粒物
江苏	汽车维修	厂界		0.4						
		厂房门窗或通风口、其他开口（孔）等排放口外 1m	排放限值	0.1			1	2(1h 平均浓度) 8（任意一次浓度值）		1.0

6 标准主要技术内容及确定依据

6.1 标准适用范围

本标准规定了汽修行业工艺过程中的处于即用状态油漆的 VOCs 含量限值，规定了汽修工艺过程的大气污染物排放限值、监测和监控要求，以及标准的实施与监督等相关规定。本标准适用于现有汽修企业的大气污染排放管理。

本标准适用于指引对汽修行业生产设施建设的环境影响评价、环境保护设施设计、竣工验收及其投产后的大气污染物排放控制和管理。

本标准适用于法律允许的污染物排放行为。新设立污染源选址和特殊保护区域内现有污染源的管理，按照《中华人民共和国大气污染防治法》、《中华人民共和国水污染防治法》、《中华人民共和国海洋环境保护法》、《中华人民共和国固体废物污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》等法律、法规、规章的相关规定执行。

6.2 术语及定义

本标准根据上海市汽车维修业大气污染物排放标准的需要，对汽车维修企业，喷烤漆房，油漆类型，挥发性有机物、非甲烷总烃、无组织排放等 17 项术语进行了定义，以满足标准要求。

6.3 实施时段

本标准中规定新建污染源自本标准实施之日起执行本控制及排放限值。现有污染源自2020年*月*日起执行本控制及排放限值。无组织排放监控点浓度限值、排气筒高度要求以及工艺措施和管理要求自本标准实施之日起执行。

6.4 污染物项目选择

汽车维修企业大气污染物主要包括颗粒物与 VOCs，其中 VOCs 特征物种的

选择难度较大。由于喷涂件及涂装工艺的不同，涂料溶剂等使用原料和末端废气中所含 VOCs 物种也有所差异，在标准制定中对每种 VOCs 物种设置排放限值不仅没有实际意义且不具备实际采样分析操作性。为了控制汽车维修行业 VOCs 污染，限制 VOCs 排放，设置综合性控制因子与特征物种进行分析。特征物种的选择以涂料成分及排放监测物质中含量高的物种为基础，根据以下原则筛选：

(1) 优先控制排放浓度高、毒性与健康危害大以及光化学反应活性强的污染因子；

(2) 充分考虑控制指标的监测分析方法的可操作性；

(3) 对于一些污染物浓度低、毒性小的指标尽量通过综合性指标项目控制；根据筛选原则，主要的筛选指标包括使用量、排放量、光化学反应活性、毒性、有无监测方法、其他标准采纳情况几个指标，具体如表 5.5-1 所示。

汽车维修行业排放废气所含 VOCs 物种繁杂，其物种组成与使用原料直接相关，溶剂种类不同其所含 VOCs 物种组成亦不同；其次使用原料释放的 VOCs 经有机废气末端设施燃烧或吸附处理后其 VOCs 物种组成与溶剂原料有一定的差异。故 VOCs 物种是否属于汽车维修行业的特征污染因子，是本次 VOCs 单项控制因子选择的首要考虑因素。

毒性大小是评价具体 VOCs 物种对人体健康影响的重要指标，同时也是汽车零部件涂装 VOCs 单项控制因子选择的重要依据。以汽车零部件涂装行业使用量与排放量大的特征 VOCs 污染物种为基础，分析其毒性情况。其中苯是强致癌物质，其余大部分物质属于低毒类。

最大增量反应活性系数 (Maximum Incremental Reactivity, MIR) 表示单位质量 VOCs 组分生成 O₃ 的潜势 (OFP)，评价其光化学反应活性大小。MIR 值越大，表示单位质量的 VOCs 组分生成的 O₃ 越多，即对光化学污染的贡献越大。涂装工序排放的高光化学活性物质 (MIR 大于 3.5) 主要包括二甲苯、甲苯、三甲苯指标。

由于汽车维修行业使用的有机溶剂种类繁杂，排放物种多，很多物种目前没有分析方法，考虑到监测可操作性与代表性，本标准以非甲烷总烃作为总 VOCs 的控制指标。

表 6.1 控制指标选择

序号	物种	排放是否检出	毒性	光化学活性 MIR	是否有监测方法	其他标准采纳情况
1	乙酸丁酯	是	微毒	0.77	有	是
2	二甲苯	是	低毒	8.65	有	是
3	三甲苯	是	低毒	11.94	有	是（苯系物）
4	2-丁氧基乙醇	/	低毒	/	无	否
5	甲苯	是	低毒	3.93	有	是
6	丙二醇甲醚	/	低毒	0.76	无	否
7	乙酸乙酯	是	低毒	0.59	有	是
8	乙苯	是	低毒	2.96	有	是（苯系物）
9	2-丁醇	是	低毒	/	有	否
10	苯乙烯	是	低毒	/	有	是（苯系物）
11	丙二醇甲醚醋酸酯	/	低毒	0.72	有	否
12	甲氧基乙酸甲酯	/	低毒	/	无	否
13	异丙基苯	是	低毒	/	有	否
14	甲基异丁基酮	/	低毒	0.35	无	否

表 6.2 控制指标筛选结果与依据

序号	物种	采纳理由
1	苯	具有强致癌性
2	苯系物	光化学活性强，用量较大
3	非甲烷总烃	综合性指标，易监测，反应挥发性有机物排放水平
4	颗粒物	前处理、焊接等环节无组织排放

6.5 涂料要求

汽车修补涂料主要包括腻子、底漆、面漆、清漆，在使用过程中相应添加稀释剂、固化剂等添加剂，限值涂料中挥发性有机物的含量可以直接从源头减少挥

发性有机物的含量限值。

在汽修漆工序中，所用到的油漆有腻子，底漆，中涂，色漆，清漆等，根据钣喷行业的行业特点，底漆与中涂仅在伤痕较严重的情况下，金属表面有裸露时才需要修补，普通的刮擦一般使用腻子、色漆和清漆，色漆与清漆的使用量约占所有油漆使用量分别约 40%与 30%，这两者是汽修行业使用量最大的油漆。

腻子是一种粘稠物质，由体质颜料、 催干剂、 溶剂组成，对受损的凹陷部位使用合金原子灰刮涂，俗称打腻子。腻子漆由原子灰和固化剂混合而成，当与配套固化剂混合后，腻子内的有机聚酯组分会产生交联反应，使腻子固化，填平凹坑，所以 VOCs 排放较少，主要污染物为颗粒物排放，标准中不对腻子进行 VOCs 含量限值规定。

根据目前的行业主流技术分析，底漆、中涂与清漆鉴于遮盖力、抗撞击性、膜厚、表面保护、干燥速度与工艺等要求，水性中涂、底漆、清漆在市面上比较少见，可以通过使用高固份涂料进行削减 VOCs 排放，这也是映照了欧洲与北美的汽修漆技术。高固份涂料相较于传统溶剂型涂料具有较低的溶剂含量，但成本较高，但改变并不多，技术上可行。

水性修补色漆的技术近几年已有大量的推广，水性色漆相较于传统的溶剂型色漆价格略高。受价格、新工艺新技术接受程度及合格的钣喷技师人群数量等因素的影响，导致水性色漆销量仅占整个市场份额的 1.5%，但它的增长速度近几年均以翻倍计算。水性漆对工艺的要求比较严格，汽车维修行业用水性漆代替溶剂型涂料喷涂需要对喷漆房的空气条件，温度条件，湿度条件进行严格的控制，再配备专用的水性漆喷枪，水性漆吹风枪，水性漆洗枪机，工艺改造难度不大，技术上可行。

综上所述，结合国内外汽修涂料 VOCs 含量限值，及根据《低挥发性有机化合物含量涂料产品技术要求》GB/T 38597-2020 中汽车修补漆含量推荐值，课题组给出汽车维修过程中使用的处于即用状态的涂料挥发性有机物含量推荐值（以单位体积涂料中挥发性有机物的质量浓度计，g/L），表 6.3 为即用状态下涂料中挥发性有机物含量限值。

表 6.3 涂料中挥发性有机物含量限值

涂料种类	限值
底漆	540
中涂	540
色漆（底色漆、本色面漆）	540/380（水性）
罩光清漆	420

6.6 排放限值

本标准区分了排气筒有组织排放源和无组织排放源。

排气筒排放是指，对生产工艺过程中产生的含 VOCs 废气进行统一收集，并通过高于 15 米（含 15 米）的排气筒排放废气。不经过排气筒的无规则排放，如：通过排气扇、车间风机强排或自然通风方式排放工艺过程产生的含 VOCs 废气，均视为无组织排放。无组织排放监控点是为判别无组织排放是否超过标准而设立的监测点。本标准无组织排放监控点的设置根据 HJ/T 55 确定。

在我国已颁布和将颁布的污染物排放标准中，无一例外地均将污染物的浓度作为标准值的形式。这种形式由于具有数据获得容易，并能直接用于控制和管理，因而已被我国广大的环保工作者和管理者所接受并应用。

本标准规定了排气筒（有组织排放）和无组织排放监控点的苯、甲苯、二甲苯及 TVOCs、TOC、NMHC 的最高允许排放浓度。

根据抽测结果，所有企业的有组织排放均达到综合排放标准要求，本标准非甲烷总烃排放限值收严至 20，考虑到汽修企业风量普遍不高，排放速率收严至 0.4kg/h。调研的 23 家企业中有 6 家企业不达标，占总数的 26.1%，需要继续进行改造。

表 6.4 喷烤漆房排气筒大气污染物排放限值

污染物项目	浓度限值 (mg/m ³)
苯	0.5
苯系物	10
非甲烷总烃	20

颗粒物	10
-----	----

汽车修理过程中打磨和刮腻子的流程是在车间进行的,但是部门小型修理厂并未设置车间,因此刮腻子和打磨等操作是在露天进行的,由于腻子中也含有挥发性有机物,可能在使用过程中产生挥发性有机物逸散,喷烤漆房在喷烤漆时操作人员进出可能会有挥发性有机物逸散到周围环境中,调漆室在调漆的过程中也会产生挥发性有机物;在打磨时会产生颗粒物粉尘,本标准对车间的无组织排放进行了限值要求,包括非甲烷总烃、苯、苯系物;无组织根据现场监测结果,车间刮腻子、调漆室、喷漆房门口等挥发性有机物逸散的点位,非甲烷总烃浓度在10~30mg/m³之间。

表 6.5 无组织排放监控点浓度限值

污染物项目	浓度限值	限值含义	无组织监控点位置
苯	0.1	监控点处 1h 平均浓度值	在厂房外设置 监控点
苯系物	1.0		
颗粒物	0.5		
非甲烷总烃	2	监控点处任意一次浓度值	
	8		

6.7 监测要求

涂料中挥发性有机物含量检测按照 GB/T 3186 的规定对即用状态涂料进行取样,涂料中挥发性有机物含量的测定应按照表 6.6 规定的方法执行。

表 6.6 涂料有机化合物含量检测方法

序号	涂料类型	标准名称	标准号
1	溶剂型涂料	色漆和清漆挥发性有机化合物 (VOC) 含量的测定差值法	GB/T23985
2	水性涂料	色漆和清漆挥发性有机化合物 (VOC) 含量的测定气相色谱法	GB/T 23986

排气筒监测

(1) 应按规定设置废气采样口和采样平台,并满足 GB/T 16157 和 HJ/T 397

规定的采样条件。

(2) 排气筒废气的监测采样按照 GB/T16157、HJ/T397、HJ732 的规定执行。

无组织排放的监测

(1) 汽车维修企业污染物无组织排放监测应按 HJ/T55 的规定执行。

(2) 无组织监测点位设在车间门或窗口 1m，最低高度 1.5m 出；无车间露天操作的无组织监测点位设在操作工位 1 米处；监控点的数量不少于 3 个，并选取浓度最大值。

挥发性有机物的测定方法按表 6.7 执行。

表 6.7 汽车维修企业挥发性有机物浓度测定方法

序号	污染物	标准名称	标准号
1	苯	环境空气 苯系物的测定 固体吸附/热脱附-气相色谱法	HJ 583
2	苯系物	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 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
		环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759
2	非甲烷总烃	固定污染源废气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 气相色谱法	HJ 38
		环境空气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 直接进样-气相色谱法	HJ 604
		环境空气和废气 总烃、甲烷和非甲烷总烃便携式监测仪技术要求及检测方法	HJ 1012
		固定污染源废气非甲烷总烃连续监测系统技术要求及检测方法	HJ 1013
3	颗粒物	固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法	HJ 836
		环境空气总悬浮颗粒物的测定 重量法	GB/T 15432
		固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定	HJ 836

监测工况要求

对于建设项目环境保护设施竣工验收监测或限期治理后的监测，采样期间的工况不应低于设计工况的 75%。对于监督性监测，不受工况和生产负荷限制。生产设施应采用合理的通风措施，不应稀释排放。

7 效益分析

7.1 标准效益分析

本标准提出了挥发性有机物的控制要求，有利于指引汽修行业加强挥发性有机物控制，保护环境，保护人体健康。本标准实施后，将促进重视并开展企业对汽车修理工作过程中所产生的挥发性有机物的治理工作，通过原辅材料中修补漆底色漆的水性替代，可以明显降低 VOCs 的产生量，在所有修补漆中底色漆的用量较大，水性化技术成熟，通过标准限值要求底色漆全部采用水性漆，可以减排约 30%~40%；加强末端治理，通过要求企业定期更换吸附材料，防止吸附穿透，可以减少 VOCs 排放 10%左右，通过其他管理措施，可以进一步减少操作过程中的挥发性有机物产生量，虽然企业的治理成本会不同程度的增加，但是在大气污染物减排方面效果显著，污染物治理有利于改善企业职工劳动环境，并降低对周围环境的损害，标准实施的环境效益显著。

7.2 实施本标准的经济技术分析

汽修企业应根据企业经营情况，VOCs 不同治理技术的适用性、投资运行成本结合以期达到的即将出台的汽车维修 VOCs 排放标准限值，合理选用 VOCs 污染防治技术。各项治理技术的经济、技术可行性分析如下：

（1）源头控制

使用低挥发性有机物含量的原料可从源头有效降低汽车维修行业 VOCs 产生量。其中，面漆的水性涂料替代技术成熟、效果最为显著，替代后 VOCs 产生量可减少 50%左右，其余的底漆、中涂和清漆也有可行的高固体份、水性涂料可替代。与传统溶剂型涂料相比，使用低挥发性有机物含量的涂料喷涂工艺的要求比较严格，需要对喷漆房的空气条件、温度条件、湿度条件进行严格的控制，再配备专用的低挥发性有机物含量原料喷枪、吹风枪、洗枪机，并对涂装工艺人员

进行培训，因此工艺改造的难度不大，且在工艺技术上可行的。换用低 VOCs 含量涂料成本大约上升 20%-40%，喷枪、洗枪机等设备升级改造、涂装工作人员培训等产生的成本约需 1-5 万元不等。涂料替代的经济性较好，可操作性强，且能获得很好的环境效益，引用的江苏省《涂料中挥发性有机物限量》（DB32/T 3500-2109）中要求的底色漆 VOCs 含量限值 420g/L 目前需要采用水性漆替代技术才能达到。

（2）过程管理

按照标准要求的工艺措施与管理要求，做好有机溶剂的密闭存储、运输与取用，采用溶剂型涂料的喷枪密闭清洗等措施，主要是需要操作管理人员具有良好的环保意识，加强对喷漆工的培训和宣传，经济、技术方面可行性强，对降低 VOCs 产生量、控制无组织排放具有很好的效果。

（3）末端治理

由于汽车维修 VOCs 废气在工业 VOCs 中属于中低浓度排放，排放量相对较小，企业可接受的成本也有限。目前，单级处理技术存在难以达到治理要求或不经济的问题。根据不同治理技术的优势，采用组合工艺不仅可以满足排放要求，同时可降低设备运行费用。推荐的治理技术包括：

对于有机溶剂年用量在 1t 以下的小微型企业可全面采用水性、高固体份等低 VOCs 含量涂料替代技术后加装活性炭吸附等较为简单的治理设施达标排放。单套活性炭装置投资费用在 3 万元左右，年运行费用在 0.5 万元左右。

对于其他大中型汽修企业，可采用以下处理技术达标排放：

①吸附浓缩+燃烧：国内外低浓度 VOCs 治理的主流技术之一，也是本标准推荐的处理技术。一套活性炭吸附浓缩+催化燃烧装置（1 万 m³/h），投资成本在 25 万元/套左右，运行成本 5-6 万元/年。

治理效率更高的是沸石转轮吸附浓缩+催化燃烧或 RTO 燃烧，一次设备投资和运维费用较高，适合规模大，废气风量大、浓度高或不稳定、排放量高，经济效益好的维修企业选用。处理效率可达到 90%以上。单套设备成本（3 万 m³/h）最低可控制在 200 万元-300 万元之间，运行费用 400 元/小时。适用于大型钣喷中心或区域集中喷涂中心的末端治理。

②活性炭吸附脱附+催化氧化：目前市场已有专门为汽修行业量身定制的采用该工艺的废气处理系统，该设备高度集成，占比面积少，便于整体运输搬迁；设置多个温控点和多套冷却系统，保障设备和人员的安全；安装投资成本和运行适中，适合规模较小、排放量不高，经济效益也不高的企业维修企业选用。实际处理效率可达到 50%-70%，对于源头替代措施实施较到位的企业可采用该技术达标排放，单套设备投资成本在 10-15 万之间，运行成本约 3-5 万元/年。

在汽修企业较为集中的地区建议建立区域集中喷涂中心，可采用投资和运行成本较高的沸石转轮吸附浓缩+燃烧法处理。

7.3 总量削减贡献

根据 2013 年调查结果，上海市汽修行业共产生挥发性有机物 3180 吨，如果若全上海实施水性油漆替代，则 VOCs 总量预计下降约 900 吨，标准实施后，末端处理装置增设以及提升工艺及捕集效率，预计 VOCs 削减量为 600 至 700 吨。所以汽修行业整治可以削减约 1500 吨 VOCs 排放，为总量削减做出贡献。

8 标准实施建议

(1) 制定政策鼓励汽修企业采用喷烤漆房升级改造、原料替代等清洁生产技术，从源头减少污染物产生，以减轻后端污染物控制与治理压力，节约社会成本。制定汽车主城区内汽修企业布局调整政策，减少对周边居民的健康影响。

(2) 本标准规定了许多污染控制技术管理要求，单靠环保部门难以全面检测，可引入第三方环境服务机构为企业提供检测服务，环保部门抽查为辅，加强对第三方服务机构的监督管理。

(3) 为汽修企业实施标准提供技术支撑，应配套汽修行业大气污染防治技术规范等技术指导文件，指导企业的生产管理、无组织废气收集和污染物治理工作。

(4) 制定相应的技术经济政策，鼓励企业和科研单位开发更高效、经济的污染物处理技术和装备。