

**挥发性有机物（VOCs）废气治理
&移动源排放污染治理
典型案例汇编**

浙江省生态环境厅

2019年4月

目 录

案例一（石化化工—LDAR）：宁波某智能技术有限公司	1
案例二（化工—制药）：台州某科技股份有限公司	12
案例三（化工—制药）：绍兴某制药有限公司	25
案例四（化工—精细化工）：衢州某锦纶有限责任公司	27
案例五（化工—染料）：绍兴某集团股份有限公司	31
案例六（化工—涂料油墨制造）：湖州某新材料科技有限公司	40
案例七（涂装—整车制造）：某汽车有限公司宁波某工厂	42
案例八（涂装—薄膜涂布）：杭州某薄膜有限公司	49
案例九（涂装—铝箔涂布）：杭州某电讯材料有限公司	56
案例十（涂装—木质家具）：嘉兴某木门集团有限公司	62
案例十一（涂装—金银丝涂膜）：东阳市某金银线有限公司	65
案例十二（涂装—机械制造）：湖州某装备有限公司	70
案例十三（涂装—金属制品）：武义某机械制造有限公司	73
案例十四（涂装—船舶维修）：舟山某船舶修造有限公司	80
案例十五（涂装—五金）：丽水市某保安用品有限公司	82
案例十六（包装印刷—凹版印刷）：温州某科技有限公司	85
案例十七（包装印刷—平版印刷）：台州某包装印刷企业	92
案例十八（包装印刷—复合）：海宁市某包装彩印有限公司	97
案例十九（制鞋）：温州某鞋业股份有限公司	102
案例二十（涂装—钢琴行业）：德清县钢琴行业	105
案例二十一（涂装—卫浴行业）：萧山区卫浴行业	108

案例一（石化化工—LDAR）：宁波某智能技术有限公司

一、企业简介

宁波某智能技术有限公司是一家专业从事石油化工企业节能减排技术咨询、系统开发和专业服务的高科技公司，注册资金为 1000 万元人民币，位于宁波国家高新技术产业开发区内的宁波智慧园区。

泄漏检测与修复（简称 LDAR）技术主要是对石油化工、生物制药等相关行业装置的阀门、法兰、机泵、压缩机、开口阀、密闭系统排放口、人孔、排污沟，容易发生物料泄漏的地方进行定期泄漏检测，筛查出已发生泄漏的位置，安排人员进行维修和更换。

由于 LDAR 工作涉及到成千上万个密封点，企业如何有效管理 LDAR 工作，环保部门如何监管企业的 LDAR 工作，往往成为难点和痛点。宁波某智能技术有限公司通过 5 年时间的开发和实践，推出了泄漏检测与修复（LDAR）公共服务平台，有效地解决了企业管理和环保部门监管的难点和痛点。

通过建立泄漏检测与修复（LDAR）公共服务平台，一方面为企业 提供密封点管理和图形建档以及为企业的检测与修复提供高效服务，同时为监管部门（环保局）提供有效的监管服务。

泄漏检测与修复（LDAR）公共服务平台包含企业泄漏检测与修复子平台和政府泄漏检测与修复监管子平台。

对于实施 LDAR 的企业，通过应用泄漏检测与修复（LDAR）公共服务平台，可以实现以下目标：

- 1) 帮助企业建立规范的泄漏检测与修复（LDAR）管理流程，满足企业对泄漏检测与修复（LDAR）的管控或企业对第三方检测服务公司对泄漏检测与修复（LDAR）的管控；

- 2) 收集和分析企业泄漏检测与修复（LDAR）的检测和修复情况以及 VOCs 减排情况，量化企业 VOCs 控制管理水平，促进企业提

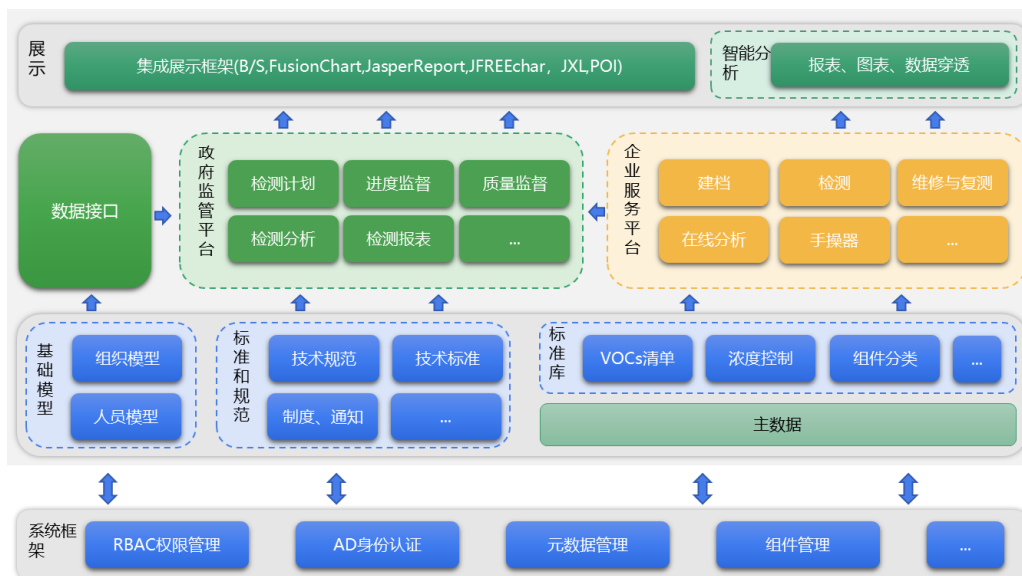
高 VOCs 控制能力；

- 3) 减少污染物的排放，改进企业现场的环境空气质量；
- 4) 避免因泄漏引起的火灾或爆炸事故。

对于政府环保管理部门，通过通过应用泄漏检测与修复（LDAR）公共服务平台，可以实现以下目标：

- 1) 规范 LDAR 的控制标准和技术要求；
- 2) 加强对第三方检测公司的规范化管理；
- 3) 监督企业 LDAR 实施的工作进度情况；
- 4) 监督企业 LDAR 实施的工作质量情况；
- 5) 分析 VOCs 减排数据，加强了 VOCs 排放控制。

根据泄漏检测与修复（LDAR）管理的需求，泄漏检测与修复（LDAR）管理平台应用框架见下图：



二、亮点工作

1、平台功能

泄漏检测与修复（LDAR）公共服务平台包含企业泄漏检测与修复子平台和政府泄漏检测与修复监管子平台。

1) 政府监管子平台功能

政府监管子平台的主要实现对第三方检测公司的管理和对企业

LDAR 工作进度和质量的监督检查以及 LDAR 检测的绩效分析，具体功能如下：

进度监督检查：

政府监管部门下达每年的年度检测计划并实现工作进度的监督；包括年度检测计划、进度检查和检测报告三个功能菜单。

质量监督检查：

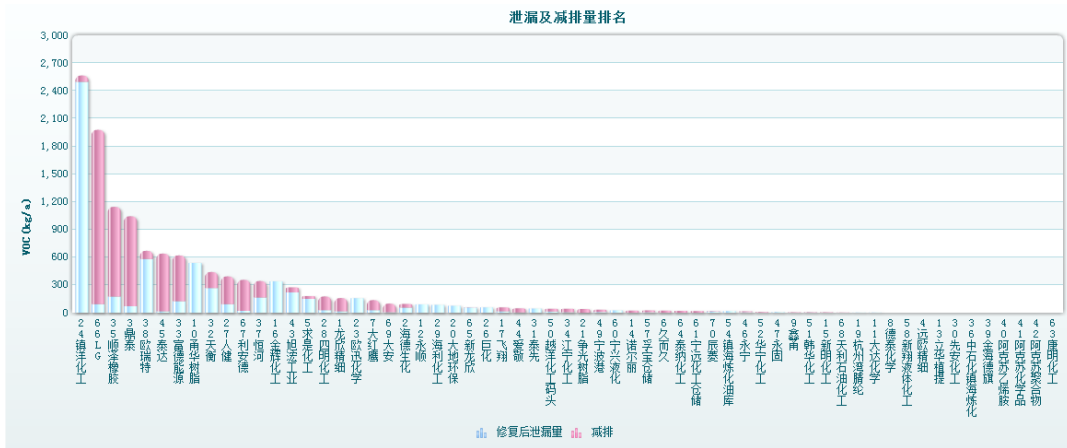
通过对检测过程的监控实现检测质量的检查，包括检测过程 GIS 监控、检测时间间隔监控、数据上传监控和检测仪器监控。



检测过程 GIS 监控

检测分析：

对各个企业泄漏检测与修复情况的综合分析，包括各企业的查漏分析、泄漏分析、组件类型分析、装置泄漏分析、罐区泄漏分析、罐区泄漏趋势分析以及企业 LDAR 工作进度情况分析等。



泄漏及减排量排名

检测报表:

主要从各企业的排放源的泄漏情况、泄漏量等统计和分析。主要包括各企业的查漏统计、泄漏统计、修复统计、排放统计、泄漏综合查询、密封点查询、检测查询、维修查询和不成功修复记录，以及单个企业的各类报表。

检测机构管理:

政府监管部门通过该功能模块管理第三方检测机构的资质信息和检测仪器信息，例如监管检测仪器的校准有效期限；还可定期对检测机构进行考核，包含了考核标准，考核批次和考核打分功能。

标准配置:

政府监管部门依照国家要求或是根据地方规定发布泄漏检测与修复（LDAR）泄漏控制浓度（泄漏定义值）和泄漏等级。

系统配置:

对用户进行基础的信息配置和管理；主要包括配置管理：角色管理、用户管理和检测机构用户；日志管理：登录日志和操作日志。

2) 企业 LDAR 子平台功能

企业 LDAR 子平台主要内容有建档、检测、维修与复测、报表查询、综合查询、统计查询、系统管理等。其功能架构图如下：



具体功能如下：

建档：

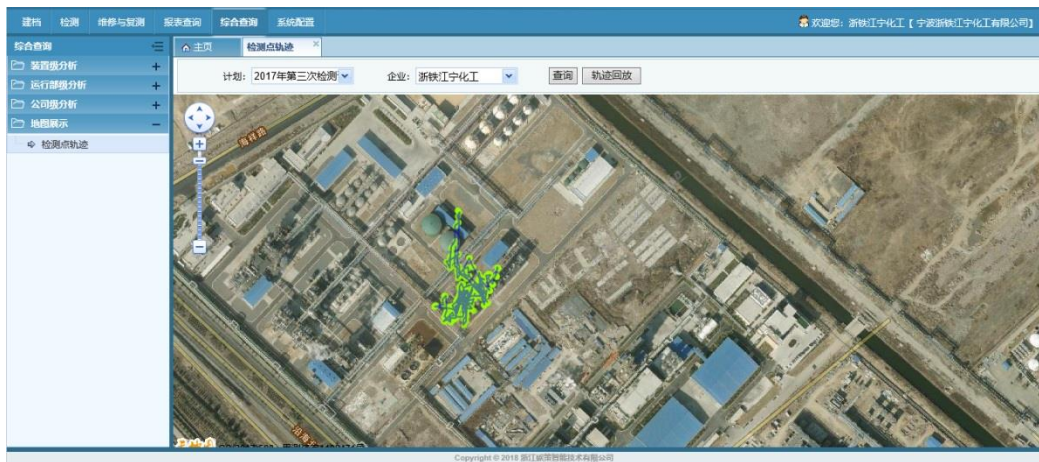
建档包括台账建档、图像建档、基础数据等内容。主要内容：部门、装置、区域、设备、子区域、分组、图像和密封点的命名、介质、介质类型、密封点类型、是否可测、管径等。

检测：

检测包括现场检测、数据管理等内容。主要内容有：建立年度检测计划、计划路径检测、检测确认、仪器检测数据导入导出、泄漏跟踪和报警、泄漏计算、维修通知单、维修记录、维修复检等功能。

TVA 仪器检测、导入、导出：

根据已建立的企业泄漏点模型，根据检测路径，导出密封点的位置，区域等，检测仪器根据导入的泄漏点信息，进行现场检测，最后将检测结果导入系统中。



检测轨迹查询

维修与复测:

维修与修复主要包括工单创建、维修、复测、延迟修复等内容。

维修通知单、记录:

泄漏跟踪产生的维修通知单、维修建议和非延迟修复的要求，对现场泄漏点进行维修，记录维修过程。

泄漏计算:

根据仪器检测的数据和泄漏检测周期，计算本周期内泄漏损失量，如进行修复后，可以得到在本检测周期内减少排放 VOCs 的总量。

LDAR 手操器:

主要满足检测人员应用智能防爆终端开展 LDAR 工作，实现导出、检测、提交、复测以及复测提交等功能，可实现自动读取仪器数据。

报表查询:

报表查询主要包括查询统计、装置级报表、公司级报表等。

统计查询:

统计查询将从装置、公司两个层次对查漏、泄漏、修复等方面进行查询统计，主要的统计功能如下：

泄漏综合查询：统计装置密封点泄漏情况及查漏工作。

装置层次：查漏分析包含了查漏出来的泄漏、处理情况、装置的密封点分类分析、修复情况等。

公司层次：公司层次分析包含了各公司的查漏、处理情况，按泄漏分析、装置泄漏率、装置修复减排情况，汇总各装置密封点的泄漏情况等。

泄漏统计：统计装置各泄漏点的类型分布。

泄漏量统计：按设备类型、密封点类型统计泄漏量及实施修复工作后的预期减排量。

密封点报警统计：按密封点类型（法兰、泵、阀等）统计密封点的报警次数、最大泄漏量、最小泄漏量和平均泄漏量以及最近报警时间。

修复评价：图文方式展示企业、装置的修复后的泄漏情况。

综合查询：

主要有装置级分析、公司级分析等；以综合图表的形式直观展示了各类统计数据，包括排放量、减排量、泄漏率等。

系统管理：

包含了企业泄漏建模包括照片、图纸、管线、泄漏点、检测仪器、分组；企业计算参数、公式、检测周期定义；以及系统安全管理和用户权限等等。

3) LDAR 信息公示功能

通过扫描二维码的方式，获取企业 LDAR 检测的公示信息，包括检测点数，泄漏情况和排放情况等内容，使用电子围栏功能，制定区域内扫码有效，区域外扫码需登录查看，保证信息安全。



二维码公示牌



LDAR 公示内容

2、平台接口

泄漏检测与修复（LDAR）公共服务平台支持以下的接口：

实现与主流的 LDAR 检测仪器（PHX21，TVA2020 等）直接连接，上传检测数据。不允许通过 EXCEL 方式导入。

满足图文档案的导出以及手操器应用，系统可提供手操器软件（安卓系统），手操器可获取常规检测仪器的数据，并可直接上传。

三、支撑材料

LDAR 本质是一种对企业 VOCs “微泄漏”进行管理和控制的方法，对于企业和环保局来说，实施 LDAR 能带来以下效益：

1) 经济效益

通过建立完整的 LDAR 体系，企业可以修复泄漏组件，进行有针对性的设备维护，降低维修成本，并提高设备使用寿命；

LDAR 的实施可以有效减少企业物料损失。无组织排放的物质大部分均为可出售的物料，通过减少无组织散逸，可以提高产品收率，获得更多生产效益；

LDAR 的实施，实现 VOCs 的减排，可以减少企业的排污费；

通过政府云服务方式，为辖区内企业提供高效的免费服务，为企业每年减少了不少的投资费用。

2) 社会效益

由于减少了 VOCs 排放，降低了异味扰民的风险，保护区域范围内的大气环境，从而产生良好的社会效益。

通过 LDAR 的实施，可以提前发现生产现场的安全隐患，提高生产的安全性和可靠性；

实施 LDAR 可以降低现场工作人员的污染暴露风险。化工企业排放的 VOCs 中有一部分也是有毒空气污染物，这些物质的排放量过高对装置操作人员的健康产生危害；

分析 VOCs 减排数据，加强了 VOCs 排放控制，改善区域内的大气环境。

另外对于环保监管部门，在提升工作效率、监督检测进度和质量以及有针对性开展 VOCs 的减排也有诸多的促进有益：

工作效率大幅提升：在没有建设 LDAR 公共服务平台前，环保部门要了解和汇总企业 LDAR 开展情况时，需要打电话给企业，并将企业上报的表格进行汇总统计，工作量巨大。建立 LDAR 公共服

务平台后，环保部门可以在平台上实时查询检测进度，检测情况自动汇总，工作效率大幅提升。

检测质量得到有效监督：在没有建设公共服务平台前，缺少对第三方检测机构的检测质量的监督检查手段。建立 LDAR 公共服务平台后，可进行检测路径 GIS 监控、检测时间监控、数据上传监控、检测仪器监控，根据检测情况对第三方检测机构进行考核，使检测质量得到有效监督。

VOCs 减排更有针对性：LDAR 公共服务平台可以对企业的泄漏率、修复率、减排率、泄漏量和减排量进行排名和分析，通过分析可以有针对性的采取 VOCs 减排措施。

五、投资和运行费用

以一个 30 万个密封点的区/县级环保局建设 LDAR 公共服务平台为例，投资运行费用可以采用两种模式：

第一种是环保局直接购买平台软件的模式，软件平台和实施费用约 30 万元人民币，另外需要额外购买配套的应用服务器一台和数据库一套约 10 万元人民币，合计投资费用为 40 万人民币，过了 1 年质保期后，每年维护费约为 3 万元人民币。

第二种是环保局租用 LDAR 云服务的模式，云服务费用每年约为 8 万元人民币，不需要额外购买配套的应用服务器一台和数据库，也不需要额外支付运行费用。

六、小结

泄漏检测与修复（LDAR）公共服务平台，有效地解决了企业 LDAR 工作中涉及到成千上万个密封点的管理以及环保部门对 LDAR 工作其监管的难点和痛点。具有同类产品不具有的特点和优点。

泄漏检测与修复（LDAR）公共服务平台的主要优点为：

1) 满足企业、集团、园区不同层次对 LDAR 管理和监控的要求。

2) 支持 EPA95 估算协议和《石化行业 VOCs 污染源排查工作指南》的排放量计算方法；展示 LDAR 检测过程的 GIS 信息，实现对企业检测路径的真实性监督。

3) 实现与主流的 LDAR 检测仪器（PHX21, TVA2020 等）直接连接，上传检测数据。不允许通过 EXCEL 方式导入；满足图文档案的导出以及手操器应用，系统可提供手操器软件（安卓系统），手操器可获取常规检测仪器的数据，实现导出、检测、提交、复测以及复测提交等功能，实现自动读取检测仪器数据并上传系统，进一步避免了人工干预检测数据的可能性。

4) 实现政府监管部门下达每年的年度检测计划并实现工作进度的监督。

5) 实现政府监管部门对 LDAR 质量监督检查，包括检测过程 GIS 监控、检测时间间隔监控、数据上传监控和检测仪器监控。

6) 实现政府监管部门对第三方检测机构管理，包括资质信息、检测仪器信息，同时可定期对检测机构进行考核。

7) 实现政府监管部门对整个辖区的泄漏检测与修复情况的综合分析，包括各种组件类型的泄漏情况分析、年度泄漏率、减排量变化趋势分析等，为辖区内 VOCs 减排提高科学的依据。

本方案适合涉及到 LDAR 工作的企业和管理部门使用，通过本方案的建设，实现了对 LDA 工作的有效管理和监管，提高 VOCs 管控水平。

案例二（化工—制药）：台州某科技股份有限公司

一、企业简介

台州某科技股份有限公司位于浙江省台州市黄岩经济开发区永椒路，成立于 1986 年，属于医药制造业化学药品原料药制造行业。主要从事医药原料药及其中间体的研究、开发和制造。

公司长期追求科技创新，重视产品工艺技术的研发与改进，通过产业提升，优化工艺、改进设备、加大自动化投入、规范化设计，实现车间的管道化、自动化、密闭化、信息化，大大改善了生产作业环境，提高了生产的安全性和可操作性，进一步为企业的安全生产与环境治理，创造了良好的条件。

公司主要产品包括齐多夫定、LT025 等在产的 16 个医药原料药及医药中间体。这些产品均涉及 VOCs 排放，主要产生 VOCs 工序有溶剂储存、反应工序、蒸馏工序、离心工序、烘干工序及车间高浓废水暂存池、污水池、危废房等。

公司配有主要生产设备为各类专用反应釜、双锥回转真空干燥机、石墨冷凝器、密闭式过滤器、“二合一”过滤机、双锥回转真空干燥机、螺旋板式冷凝器、电动/气动隔膜泵、三合一过滤器、专用密闭抽桶器、自动稳定压力控制、密闭式在线取样器、固体投料器等。

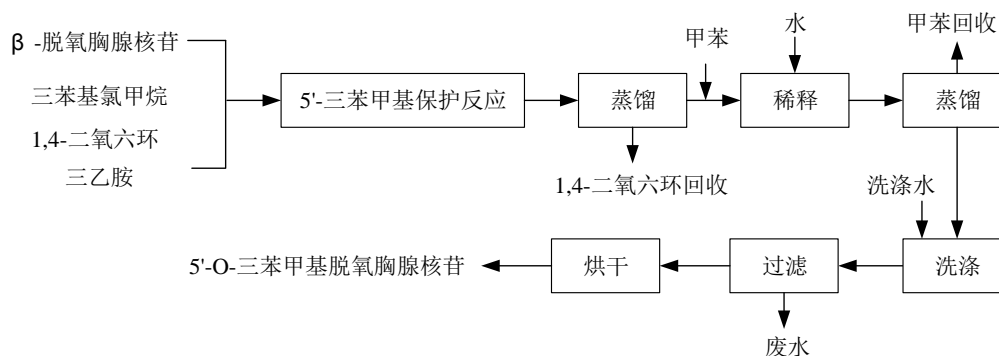


图 1-1 齐多夫定羧保护反应流程图

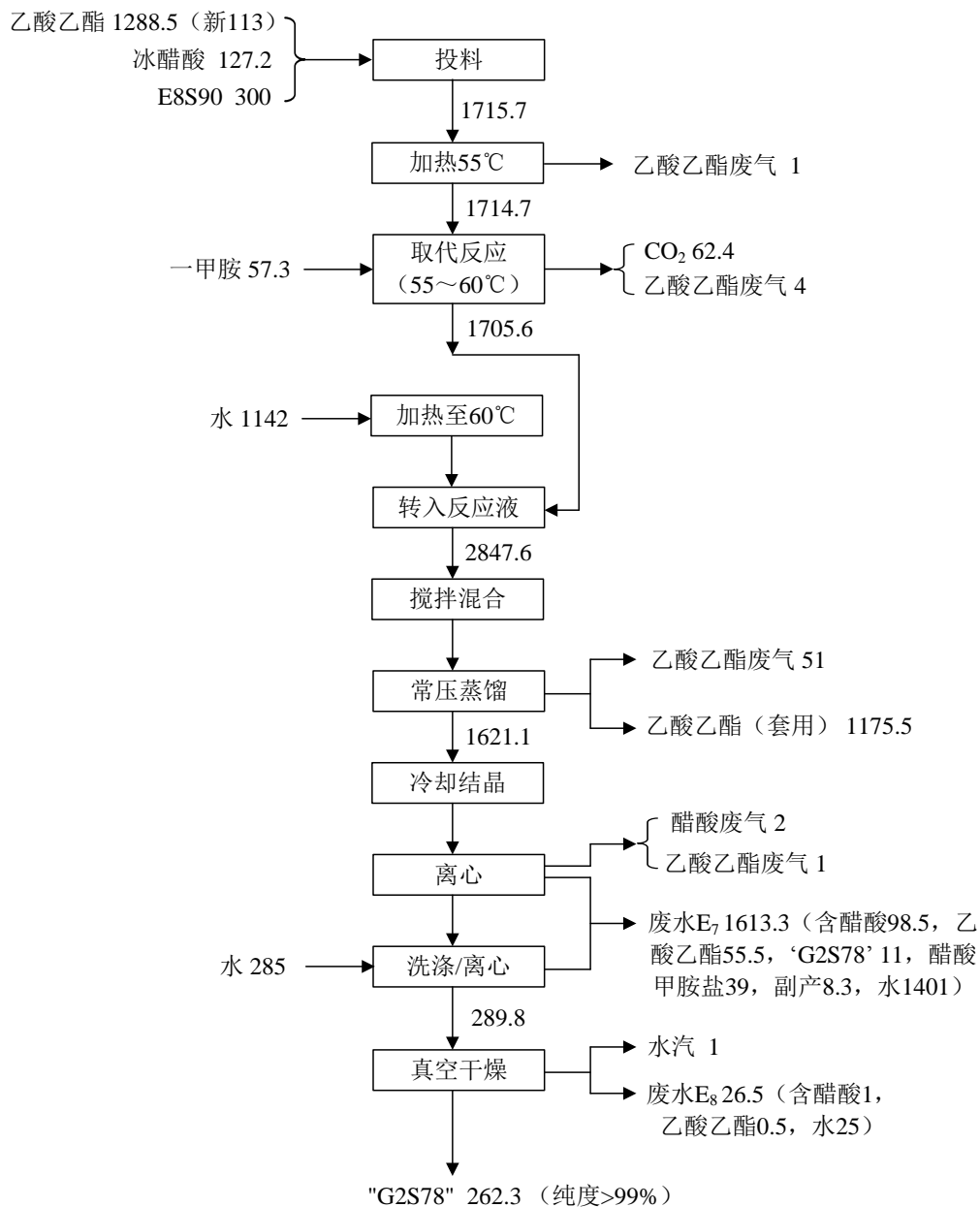


图 1-2 某生产成品制备工段流程图

二、VOCs 产生特征

1、主要涉 VOCs 原辅材料情况

公司主要涉 VOCs 原辅料种类、年用量、成分及含量情况见下表。

表 2-1 主要涉 VOCs 原辅材料情况

名称	含量≥%	年消耗量 t	名称	含量≥%	年消耗量 t
2,2-二甲基丙烷	99	53.8	甲磺酰氯	99%	26.4
2,4,6-三氯苯肼	99	22.86	甲基肼水溶液	40%	71.05

名称	含量≥%	年消耗量 t	名称	含量≥%	年消耗量 t
2,6-二氟苯甲腈	99	76.19	甲基叔丁基醚	99	28.91
2,6-二氯苯腈	99	196.25	甲基异丙胺	99	97.98
28% 甲醇钠	99	68.48	邻氨基苯甲酸	99.9	52.9
DMF	99%	31.9	硫酸二甲酯	99	345.53
J6U80 二氯甲烷溶液	32.5	28.81	氯甲酸乙酯	99.5	48.64
苯醇	99	109.95	氯甲酸苄酯	99	96.36
丙酮	99	5.59	氯甲酸乙酯	99	264.54
草酸二乙酯	98	266.81	氰乙酸乙酯	99	13.94
多聚甲醛	95	1.63	三苯基氯甲烷	99%	57.5
二氟乙酸乙酯 (DFEE)	99%	83.17	三乙胺	99%	40.46
二甲苯	99	437.75	一甲胺	99	17.48
二氯甲烷	99%	49.2	乙醇钠	99%	52.29
环丙酰胺	99	178.72	乙醇钠	18	689.36
环丁砜	99	17.5	乙酸乙酯	99	241.96
环己烷	99	38.88	异丙醇	99	31.71
环戊二烯	99	37.74	异己烷	99	25.02
甲苯	99%	172.56	原甲酸三乙酯	99%	97.44
甲醇	99%	175.76	正丙醇	99	10.21
甲醇氨溶液	25	153.19	正戊酰氯	99	85.5

2、废气污染源收集处理情况

废气污染源种类、集气方式及去向汇总如下表。

表 2-2 废气污染源收集处理情况

来源及废气产生节点		集气方式及预处理措施	去向
物料贮存	溶剂储罐	安装呼吸阀，氮封，灌装时采用平衡管。要求供货商槽罐车必须带平衡管接口	进入 RTO
	盐酸储罐	单独收集	进入 RTO 后面碱喷淋设施
物料输送	真空抽料（酸性物料）	尾气经多级冷凝后接入车间外喷淋塔	进入 RTO
	泵正压输送	储槽经阀门接入车间外喷淋塔	

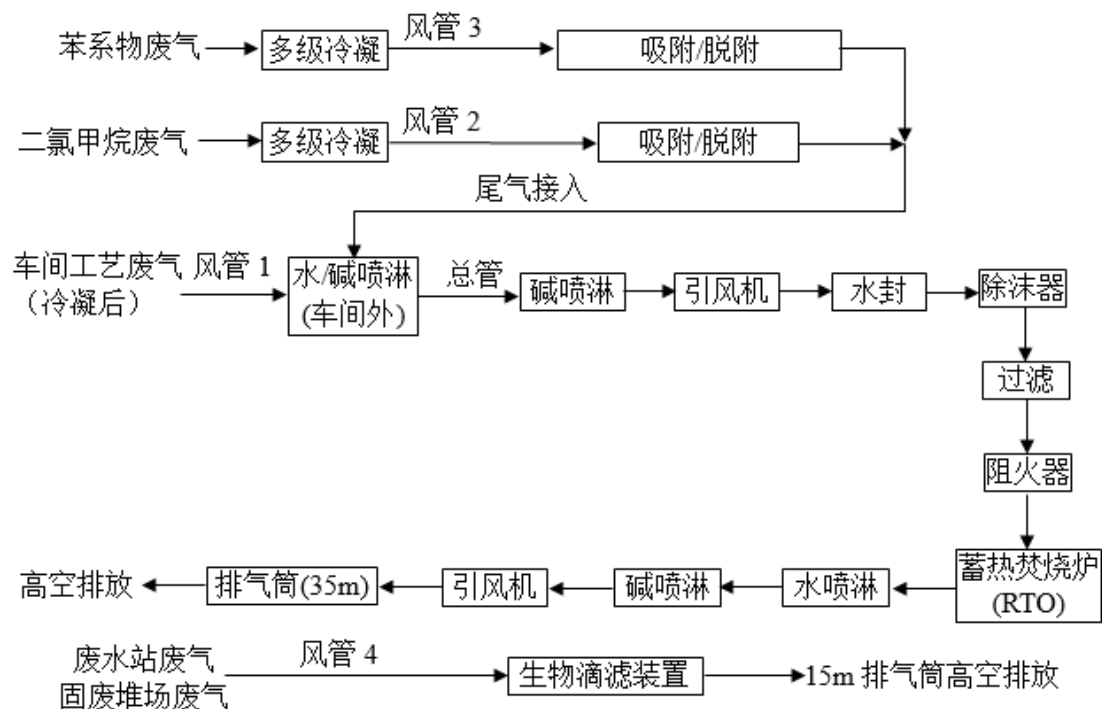
来源及废气产生节点		集气方式及预处理措施	去向
投料	液体投料	车间内中间罐、高位槽接入车间外喷淋塔	
	固体投料	采用固体投料器，接入车间外喷淋塔	
生产及废水预处理过程	溶解、反应、分层、脱色、常压蒸/精馏	多级冷凝后接入车间外喷淋塔。	进入 RTO
	真空系统	泵前、泵后多级冷凝后接入废气管路	
	固液分离	多级冷凝后接入废气管路	
污水站	无组织散发	加盖引风至废气管路。	接入生物滴滤装置处理
固废堆放	无组织散发	固废堆场废气引风至废气管路。	

3、废气污染因子

主要污染因子有：二氯甲烷、甲基叔丁基醚、二甲基甲酰胺、甲醛、甲醇、乙醇、苯、甲苯、二甲苯、环己烷、乙酸乙酯、丙烯腈、异丙醇、丙酮、乙酸、乙酸乙酯等。

4、废气处理

目前全厂废气处理流程如下：



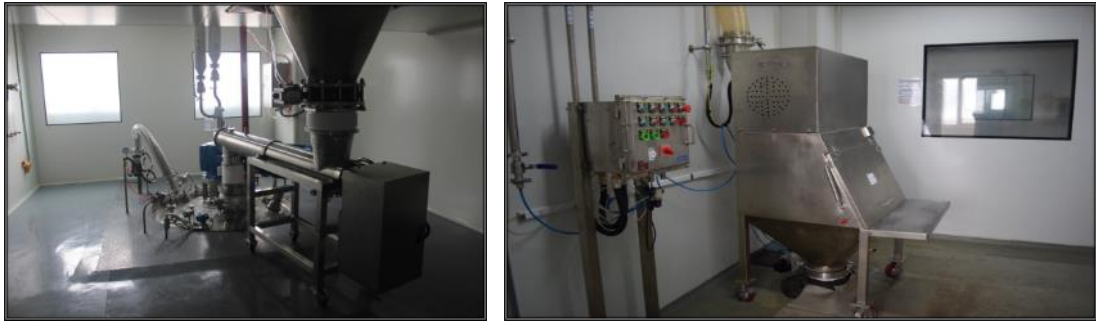
目前企业共有 2 套末端处理设施。(1) RTO 主要用于处理企业绝大部分的有机废气，包括生产工艺废气、储罐废气。系统设计风量

为 15000~20000m³/h, 设计进气温度~25℃, 燃烧室温度 820~850℃, 尾气排放温度 70~110℃, 燃烧后的废气经 35m 排气筒高空排放。(2) 生物滴口。主要用于处理污水站废气和固废库废气。系统设计风量为 10000m³/h。

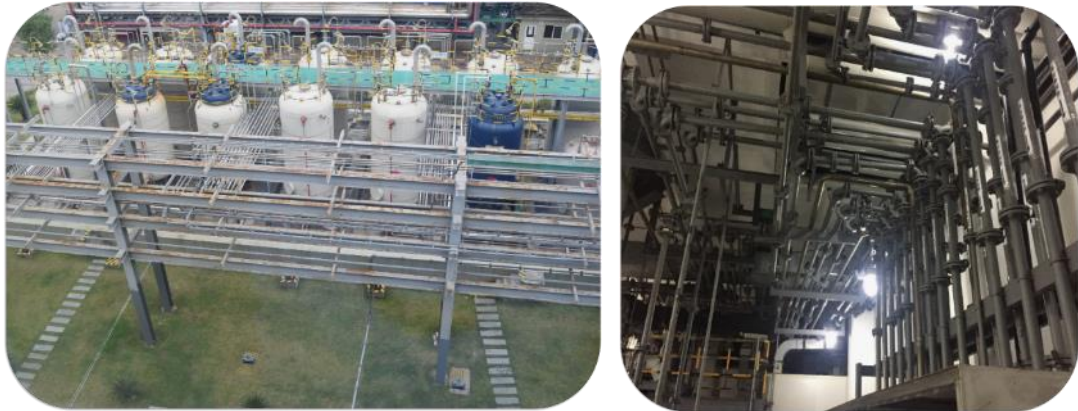
三、亮点工作

1、全面提升生产装备水平，加强过程控制

完全密闭式固体投料。对于固体原料的投料，使用封闭式固体物料加料装置，让员工与物料完全隔离，且该装置不跑料，不漏料。新增星型固体转料器、固体投料器、吨袋投料器、手套箱式投料器等固体投料设备 11 套，设置固体投料间 8 个。



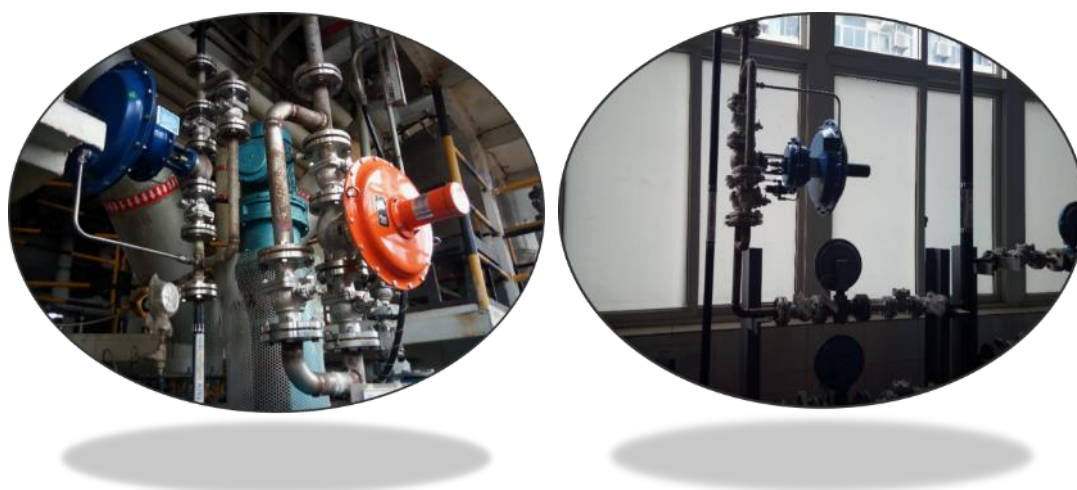
大宗溶剂管道化输送。公司从源头设计上解决问题，提高管道化输送水平，通过梳理现有产品所用原料，在彻底拆除原老旧车间，新建车间配备专用罐区，达到高程度的管道化过程，保证了生产过程中无组织废气的排放。



桶装液体密闭进料。设计进料间、专用密闭抽桶器、送排风系统。

对生产过程中不可避免使用的桶装物料，结合物料来料、转运及生产使用特点，设计独立的抽桶间。使用专用抽桶器连接平衡管，增加桶装物料氮封装置，确保物料惰化环境，减少加料风险；增加尾气连接装置，减少无组织废气排放；增加清洗、吹扫装置，减少跑、冒、滴、漏，避免环境污染，可根据需要选择泵输送、压料（必须有氮气保护避免空气进入尾气系统）方式。液体抽料间设置有专用的排风系统，在液体抽料操作过程中保持房间相对的负压，收集废气进行处理。

自动稳定压力控制和氮封保护系统。使用自控仪表实现反应压力自动控制，并辅以反应充氮保护等安全设计，充分保证生产自动化水平提高，且完全性高。自动压力控制亦可充分减少大量的尾气产生，并最大限度的减少尾气中溶剂，反应轻组分等物料的含量，有效降低下游废气处理装置的负荷。



密闭式在线取样系统。通过分析生产工艺，优化改进取样方式，避免设备开人孔操作，确保设备密闭环境。方便多次取样，确保取样代表性；可清洗、吹扫取样系统，确保取样代表性。



密闭式固液分离装置。在普及二合一、三合一过滤器、下卸料密闭离心机等密闭固液分离装置的基础上，在一般的密闭下卸料离心机的基础上进一步升级，采用拉袋式离心机，去除了清洗、更换滤布等开盖式操作，实现真正意义上全过程密封操作。



重力流设计流程式密闭出料间。为实现废气提标整治工作，公司新建厂房采用最新的4层厂房结构，从投料区、生产区、分离区到出料区，呈重力流布置机构，整个生产过程基本处于完全密闭模式下进行，可大大减少无组织废气的排放。



2、加强废气收集，采用高效治理措施

冷凝回收系统强化。公司实行多级梯度冷凝管理模式，对溶剂使用量较大或挥发性较高、易产生恶臭的溶剂回收系统采用深冷技术进行回收，提高溶剂回收效率；各车间废气进入总管前设置大面积换了冷井，进一步降低 VOCs 的产生量。



加强废气收集密闭化。为提高废气收集效率，防止泄漏污染环境，造成区域恶臭，公司将原轴链式风机更换成填料密封式风机。



提升废气 RTO 装置焚烧处理效率，做到一备一用。为确保废气排放口达到我省地方排放标准，公司在科学控制车间废气气量后，总计投资 800 万元建设了一套设计更合理、处理效率更高、系统运行更安全稳定废气处理装置（RTO），使用后废气稳定处理达标。



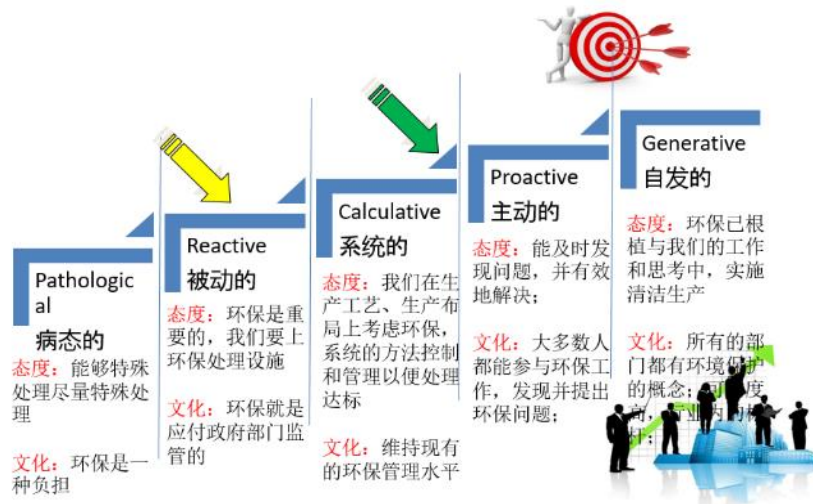
含卤废气大孔树脂吸附预处理装置。考虑到医药化工原料的多样性，公司投资 80 万配备了一套含卤废气大孔树脂吸附预处理装置，在每个车间预留含卤废气管道，对产生含卤废气项目进行针对性处理，确保 RTO 设施的正常稳定运行，也保证排放二噁英的达标排放。



废水站、危废堆场废气生物过滤除臭装置。为解决废水站、危废堆场废气带来的恶臭问题，公司在原有生物滴滤的基础上新建一套生物过滤装置，并配备活性炭吸附解析预处理措施，确保废气达标排放。

3、建立健全环保管理制度，实施长效管理

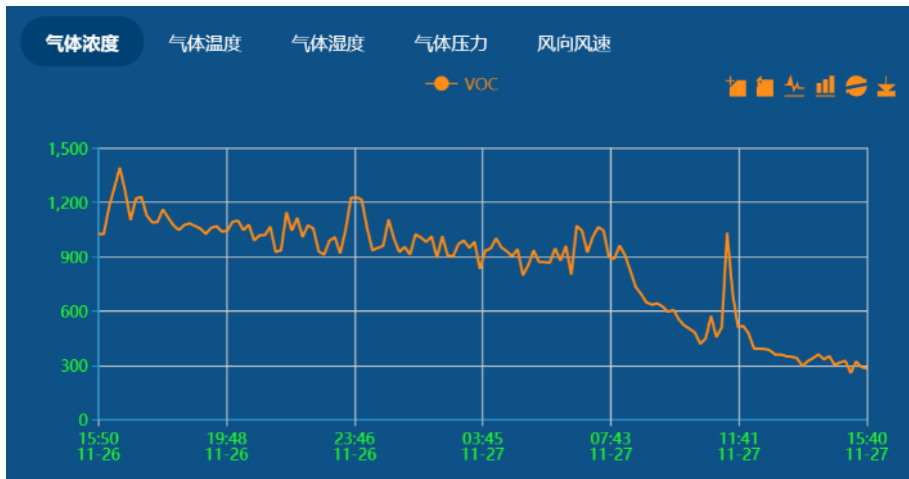
实施环保文化提升项目。环保工作是全员、全过程的工作，开展环保文化建设，提高全员环保意识。



公司成立了环保文化提升项目小组，实施强化工艺环评、促进清洁生产；各部门提出并实施污染物减排计划；3 建立废气整治排查制度，消除恶臭；实施项目“三废”物料平衡核算；环境污染隐患排查；环保优秀案例分享；开展环保减排理念推广等环保文化行动项，通过提升环保管理水平来保证区域大气环境的改善。

LADR 检测常态化。公司实行 LADR 检测常态化管理工作，定期对生产区、管道区进行检测并落实修复工作，做到厂区全覆盖。

厂区全方位 VOCs 浓度在线监控。为更有效的监控厂区 VOCs 的泄漏情况，提高 LADR 的检测效率，公司分别在东西生产厂区、三废处理区、厂界设计了 VOCs 浓度在线检测仪，实时监控厂区空气 VOCs 浓度，并最快速度响应与修复泄漏。



定期开展环境事故应急演练。公司于 2017 年委托第三方编制了专业的突发性环境事件应急预案，报送当地环保主管部门备案，定期开展环境事故应急演练。

环保自行监测能力建设。为更科学的实行环境保护管理工作，公司不断加强环境保护自行监测团队建设，对废水、废气各部位相关指标进行严密监测，避免超标排放污染环境，对部分监测能力要求较高的项目，委托有资质第三方定期协助监测。

四、投资费用

公司对储罐系统、投料系统、取样系统、出料系统、干燥系统、

管道输送系统等装备进行了提升，整改内容包括更换“二合一”等离心设备、增加密闭投料器和密闭取样器、安装氮封系统和平衡管、改进过滤系统、更换原有老旧废气管网、建设桶装料输送密闭房等，基本做到了生产工艺、干燥设备和输送设备密闭性、液体有机化学品储存规范化、提升了介质传输工艺、优化了进出料方式。装备提升在原有基础上增加投入 1800 万元。

在末端污染防治方面，针对溶剂回收、废气预处理、末端处理等进行了整改，整改内容包括改善冷凝系统及增加深冷设备、对预处理设施进行了维修保养、对未加盖的污水池进行了加盖、新建了 1 套 RTO 焚烧设备、新建了生物过滤处理设备、完善危废堆场废气收集系统等，在原有基础上增加投入 1300 万元。

五、小结

通过产品结构调整、工艺改进、装备水平提升改造，能够大大降低源头上 VOCs 的产生量，提高废气收集率，降低无组织废气排放，解决区域恶臭问题。通过强化末端治理，分类收集后采用先进、高效的末端处理技术，可以大大提高 VOCs 的处理效率，实行更高的排放标准，达到 VOCs 排放削减的目标。通过引进先进的废气自动监控管理体系，可以强化环保监管水平，达到及时发现、及时处理，避免了泄漏导致环境污染；通过加强环保管理，实施环保文化等活动，可以提高企业的环境污染管理防治水平，配合 LADR 等监管工具，可以明显改善环境质量，提高企业车间自觉做好环保工作的意识。

公司由于产品较多，原辅料使用和废气成分比较复杂，采用的预处理措施、工艺种类较多，投资成本较高，在老厂区实施改造难度极大，且存在重复投资、无效投资的情况，导致资源浪费。由于缺少新厂区整体规划污染防治工作的条件，受整体老厂房框架结构的闲置，部分废气收集、治理思路，先进装备水平难以达

到最好的预期使用效果，建议重点污染行业企业在实施老厂区改造时候参考使用。

案例三（化工—制药）：绍兴某制药有限公司

一、企业简介

绍兴某制药有限公司，位于绍兴市越城区临海路，主要从事高级医药原料药及中间体生产。主要生产工序包括反应、结晶、分层、离心、干燥等。主要设备为反应釜、离心机、干燥机、三合一等。

二、VOCs 产生特征

产生 VOCs 的原辅材料主要包括甲醇、乙醇、甲苯、丙酮、异丙醇、异丙醚、乙酸异丙酯、二氯甲烷等。年用量在 5000 吨以上。

主要污染因子包括甲醇、乙醇、苯系物、丙酮、异丙醇、二氯甲烷等。废气处理设施 RTO（蓄热式燃烧炉）设计风量 25000 立方米/小时。废气进口为常温。

三、亮点工作

2018 年投资新增 RTO 废气处理装置和液氮深冷装置。RTO 装置采用的是德国杜尔技术。同时改造提升车间废气收集管路系统。

含卤素的有机废气通过专门的收集管路系统进入液氮深冷系统进行处理，其余废气进入 RTO 装置处理。该 RTO 处理装置适合低浓度不含卤素的有机废气。

四、支撑材料

RTO 燃烧系统主要包括：前洗涤塔、缓冲罐、气液分离罐、过滤器、RTO 炉体、急冷塔、后洗涤塔。液氮深冷装置主要包括：预冷器、主冷器、冷凝液收集罐。装置现场见下图。



五、投资和运行费用

RTO、液氮深冷装置、管道收集系统，总投资约 1600 万元。装置年运行费用约 350 万元。

六、小结

医药化工由于使用的原辅材料较多且间歇性生产，导致废气成分复杂多变。含卤素废气焚烧后会产生大量的酸性气体，还可能产生二噁英，因此一般均单独收集处理，低沸点的可以采用液氮深冷装置。其余 VOCs 废气采用 RTO 燃烧处理，处理效率高，由于浓度的波动，LEL 监控必须进行冗余设计，及设计两套 LEL 装置，避免一套 LEL 装置出现数据偏移后，爆炸性混合气体进入 RTO 炉膛发生安全事故。

本案例建议作为医药化工企业改造时参考，低沸点、小风量的含卤素废气可采用液氮深冷，不含卤素的有机废气可采用 RTO 燃烧。

案例四（化工—精细化工）：衢州某锦纶有限责任公司

一、企业简介

衢州某锦纶有限责任公司，位于衢州市柯城区巨化北二道，占地面积约 28.64 公顷，在职员工总数 401 人，主要经营环己酮、环己醇、环己烷、己内酰胺、硫酸铵等产品。

二、VOCs 产生特征

8 万吨/年环己酮装置采用环己烷无催化氧化工艺，其核心工艺是以环己烷与压缩空气反应，反应后氧化尾气含 97% 氮气、压力 1.08MPa(G)、温度 8~10℃，流量约 13000Nm³/h。装置中氧化尾气经冷却、洗涤后直接排空，排放的废气中主要含有乙烷、丙烷、丁烷、戊烷、环己烷、环己酮和环己醇等有机物。

三、亮点工作

通过催化氧化脱除氧化尾气中的有机物，产出的高温氮气经能量回收后排放大气。催化氧化是典型的气-固相催化反应，其实质是活性氧参与的深度氧化作用。在催化氧化过程中，催化剂的作用是降低活化能，同时催化剂表面具有吸附作用，使反应物分子富集于表面提高了反应速率，加快了反应的进行。借助催化剂可使有机物在较低的起燃温度条件下，发生无焰燃烧，并氧化分解为 CO₂ 和 H₂O，同时放出大量热能。

本工艺是集团公司第一套 VOCs 治理采用催化氧化工艺的装置。项目采用安全、成熟、可靠的技术，既治理了尾气对环境的污染，又充分利用了尾气中的能量，完全符合国家产业政策和环保政策，实现节能降耗。装置现场见下图。



四、支撑材料

1、工艺流程

来自氧化岗位气液分离罐的氧化尾气进入原料气缓冲罐，去除可能夹带的液体并起到缓冲作用，之后经气气换热器预热、电加热器加热至 250℃左右从催化氧化反应器顶部进入，反应后的过程气经气气换热器降温至 200-280℃后进入汽水换热器制副产蒸汽，之后进入水冷却器，进一步冷却至 40℃左右，降温后的过程气去净化分离器，分离的液相排入污水系统，气体进入放空管直接放空。

2、主要设备

主要设备及参数

序号	名称 位号	规格 型号	设计压力 MPa	设计温 度℃	材质
1	原料气缓冲 罐 V-01201	Φ=1800mm H=8990mm V=20m ³	1.2	80	S30408、 S30408 II
2	净化气分离 器 V-01202	Φ=1000mm H=4690mm V=3.1m ³	1.2	80	S30408、 S30408 II
3	催化反应器 R-01201	Φ=1100mm H=9860mm	1.2	500	S30408、 S30408 II

序号	名称 位号	规格 型号	设计压力 MPa	设计温 度℃	材质
4	气气换热器 E-01201	Φ=800mm H=4158mm F=112.4m ²	壳程：1.2 管程：1.2	壳程：300 管程：500	S30408、 S30408 II
5	汽水换热器 E-01203	Φ=700/1400mm H=4578mm F=95m ²	壳程：1.0 管程：1.2	壳程：180 管程：300	S30408、 S30408 II
6	水冷却器 E-01204	Φ=700mm H=5261mm F=125.1m ²	壳程：1.2 管程：1.0	壳程：200 管程：80	S30408、 S30408 II
7	放空管 X-01201	Φ=800mm H=12500mm	0.1	250	Q245R、20
8	电加热器 E-01202		1.2	300	S30408
		介质:O2/N2/CH4/C2H6/CmHn/C6H12/C6H12O 流量: 13000 Nm ³ /h Power (kw): ~400 KW (可控硅调节)			
9	消音器 X-01202	DWSP200/500	0.1	80	
10	消音器 X-01203	DWSP500/1200	0.1	250	

3、分析数据

满负荷测试期间非甲烷总烃监测数据（来自第三方，2019年）

取样时间	样品	进口 (mg/m ³)	出口 (mg/m ³)	去除率
2月26日下午	氧化尾气处理后	1558	8.74	99.99%
2月27日上午	氧化尾气处理后	1470	5.27	99.99%
2月27日下午	氧化尾气处理后	1550	8.45	99.99%
2月28日上午	氧化尾气处理后	1428	6.42	99.99%
2月28日下午	氧化尾气处理后	1504	10.21	99.99%

4、主要工艺指标

主要工艺指标

序号	控制内容	控制项目	控制指标	目前指标值
1	原料气进界区压力	压力	1.0~1.25MPa	1.060MPa
2	尾气去放空压力	压力	0.88~1.13MPa	0.917 MPa
3	蒸汽压力	压力	0.10~0.45MPa	0.15 MPa
序号	控制内容	控制项目	控制指标	目前指标值
4	原料气进 E0102 温度	温度	200~280℃	214℃

序号	控制内容	控制项目	控制指标	目前指标值
5	原料气去 R0101 温度	温度	200~280℃	215℃
6	R0101 热点温度	温度	250~445℃	470℃
7	处理后气体有机物 (C3 及以上)	含量	≤90ppm	≤30ppm

五、投资和运行费用

本项目总投资 800 万左右，其中催化剂 290 万，技术费 100 万，设备及安装约 400 万。

本项目每小时可产蒸汽 1.2 吨(1221.6kg/h)，按照副产蒸汽 150 元/吨、年运行 8000 小时计算，年产副产蒸汽效益： $1.2\text{T/h} \times 8000\text{h} \times 150\text{元/T} = 1440000\text{元} = 144\text{万元}$ 。催化剂更换费用每年 100 万左右。总计本项目每年可产生效益 44 万元左右。

六、小结

本工艺适用于连续性化工生产尾气的治理，有机物浓度小于 5000mg/m^3 的工况，且反应产生的尾气热量回用，能产生一定的经济效益。

本案例建议作为精细化工企业改造时参考。

案例五（化工—染料）：绍兴某集团股份有限公司

一、企业简介

绍兴某集团股份有限公司（以下简称某集团）创建于 1970 年，位于杭州湾上虞经济技术开发区，产品类别主要包含染料及中间体。某集团以世界级纺织用化学品生产和服务商为核心定位，发挥规模化、专业化、技术化以及品牌化的优势，引领染料行业的前进方向。

二、VOCs 产生特征

染料生产过程包括染料及中间体合成、染料商品化后处理两部分。中间体合成主要为烷基化反应。染料合成主要为重氮偶合工序，重氮原料（芳香族伯胺）与亚硝酰硫酸发生重氮化反应制备重氮液后再与偶合组分原料发生偶合反应。染料合成经重氮偶合工序得到染料滤饼或浆料，染料滤饼或染料浆料经预分散、砂磨、湿拼或调浆等预处理过程后，送入喷塔进行喷雾造粒干燥。

染料及中间体合成过程中与 VOCs 产生相关的原辅材料主要是各类重氮原料（芳香族伯胺），其中主要的有：对硝基氯苯、还原物、对硝基苯胺、氯化苄、丙烯腈、醋酸等。

重氮偶合过程及中间体合成过程尾气夹带微量原料粉尘和 VOCs，是某集团主要的 VOCs 及敏感异味废气来源。中间体合成和染料重氮偶合反应过程中的废气目前一般采用碱液喷淋的方式处理。重氮偶合尾气中异味来自于尾气中有机成分，主要有芳胺类、苯酚类、醋酸等，虽经喷淋处理达标，但部分敏感性有机废气还是无法彻底根除。

染料商品化后处理包含砂磨预处理及染料干燥等工序。干燥是后处理加工的重要环节，业内普遍采用喷雾造粒干燥技术。喷塔干燥过程尾气风量大，尾气夹带微量染料尘和有机物成分。

染料喷雾干燥过程中与 VOCs 产生相关的原辅材料主要是各类染料滤饼或染料浆料，滤饼年用量在 101590t/a（折干），染料浆料年

用量为 100000t/a（折干），木质素年用量在 100000t/a（折干），MF 年用量在 260000t/a（折干）。

喷塔尾气中臭味来自于尾气中染料粉尘和微量有机物成分（主要有芳胺类、苯酚类、萘系物、甲醛以及染料尘等），目前工业上虽也有较多的去除方式，但处理效果仍不理想。同时，喷塔尾气具有风量_大、浓度低的特性，根据塔径的不同（业内喷塔直径一般 ϕ 5,000~ ϕ 10,000），染料喷雾干燥塔的排放风量可达 40,000~120,000m³/h。

三、亮点工作

针对染料合成过程中敏感有机废气无法根除的情况，某集团结合重氮偶合尾气中各股尾气特点，针对性的采用喷淋+RTO 焚烧相结合的方式处理，有机废气处理效率达到 98% 以上。显著改善现场及周边空气环境。

针对染料商品化过程中，焚烧喷塔尾气气量大导致治理难度大的根源，结合烟气脱白的要求和现场条件，进行以尾气循环利用为核心的染料喷塔废气的治理方案，实施喷塔尾气 80% 以上循环利用的改造，大幅降低尾气排放总量，尾气脱白，实现染料干燥尾气的有效治理，较现有工艺减少粉尘排放 80% 以上。

四、支撑材料

染料合成车间重氮化固体投料产生的粉尘废气经过滤+二级水喷淋处理后纳入 RTO 焚烧处理。偶合工序产生的含硫酸雾、醋酸废气，经一级水喷淋后，进入 RTO 装置处理。中间体尾气经冷凝+喷淋吸收后，送入 RTO 焚烧处理。另外，各生产车间生产装置区域尽可能做到密闭，重氮化区域废气、部分固体投料仓产生的少量粉尘废气和敏感原料所在的无组织废气经收集后送 RTO 焚烧处理。



RTO 装置现场图

染料合成以年产 1100t/a 分散红 R73 为例：

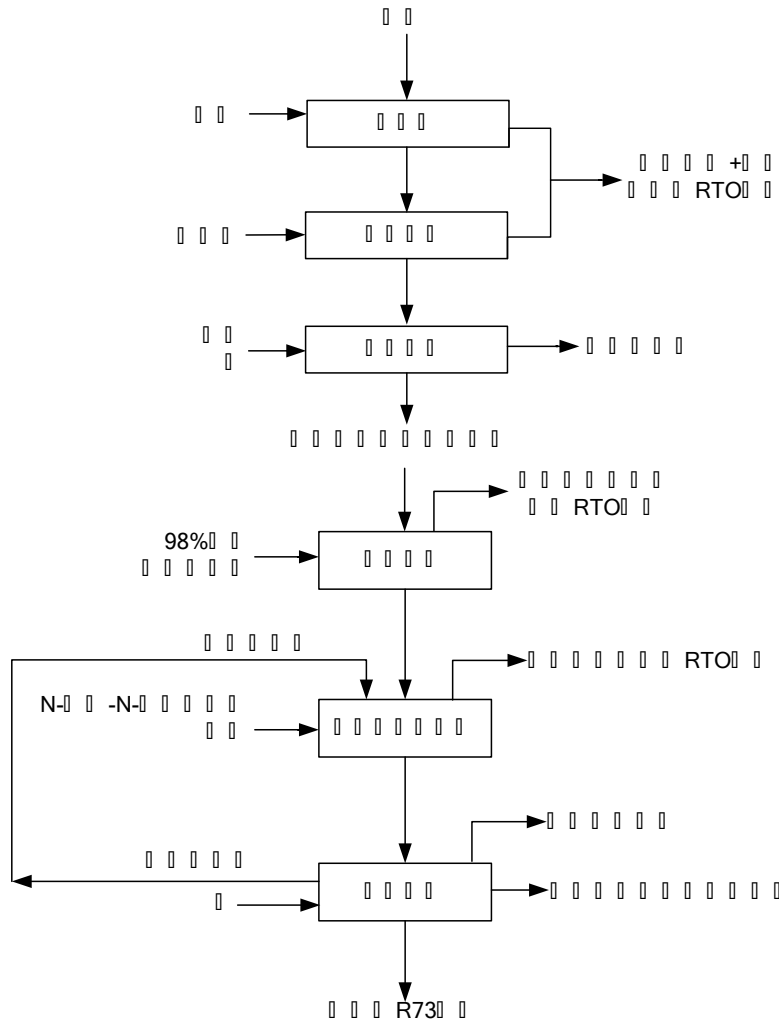
分散红 R73 包含中间体 N-乙基-N-氰乙基苯胺合成、染料滤饼合成过程。1.中间体合成：以苯胺为原料，通过和乙醇的烷基化反应生成 N-乙基苯胺，再通过和丙烯腈的反应得到中间体 N-乙基-N-氰乙基苯胺。2.染料合成：以 2-氰基-4-硝基-苯胺为重氮原料，在亚硝酰硫酸作用下合成重氮盐，再与偶合原料 N-乙基-N-氰乙基苯胺发生偶合反应得到染料。

中间体合成过程与 VOCs 产生相关的原辅材料包含乙醇、苯胺和丙烯腈，其中乙醇用量为 153t/a、苯胺用量为 307t/a、丙烯腈用量为 179t/a。染料重氮偶合反应过程与 VOCs 产生相关的原辅材料包含 2-氰基-4-硝基-苯胺原料粉尘和醋酸，其中 2-氰基-4-硝基-苯胺用量为 584t/a，醋酸为回用水中夹带。

分散红 R73 染料中间体尾气中的废气因子主要是乙醇、苯胺和丙烯腈；染料重氮偶合反应过程中的尾气中的废气因子主要是 2-氰基-4-硝基-苯胺原料粉尘和醋酸。目前一般采用喷淋吸收的方式处理。虽能达标，但其中含有的敏感有机废气少量排放，对周边环境的影响难以彻底根除。

针对上述情况，公司将中间体合成过程中产生的有机废气经冷凝+碱喷淋之后，将染料合成过程中的重氮投料尾气、偶合尾气及车间

无组织废气经碱喷淋处理后，均进入 RTO 焚烧处理，有机废气去除率达到 98%以上，可彻底去除敏感有机废气。分散红 R73 滤饼及其中间体合成过程废气处理方式见下图：



分散红 R73 滤饼及其中间体合成过程废气处理工艺流程示意图

喷干尾气采用旋风、布袋进行除尘并冷凝后，80%尾气回用后，剩余 20%尾气再经进行碱液双氧水碱喷淋+臭氧催化氧化吸收+脱白（预冷+升温）处理后排放。

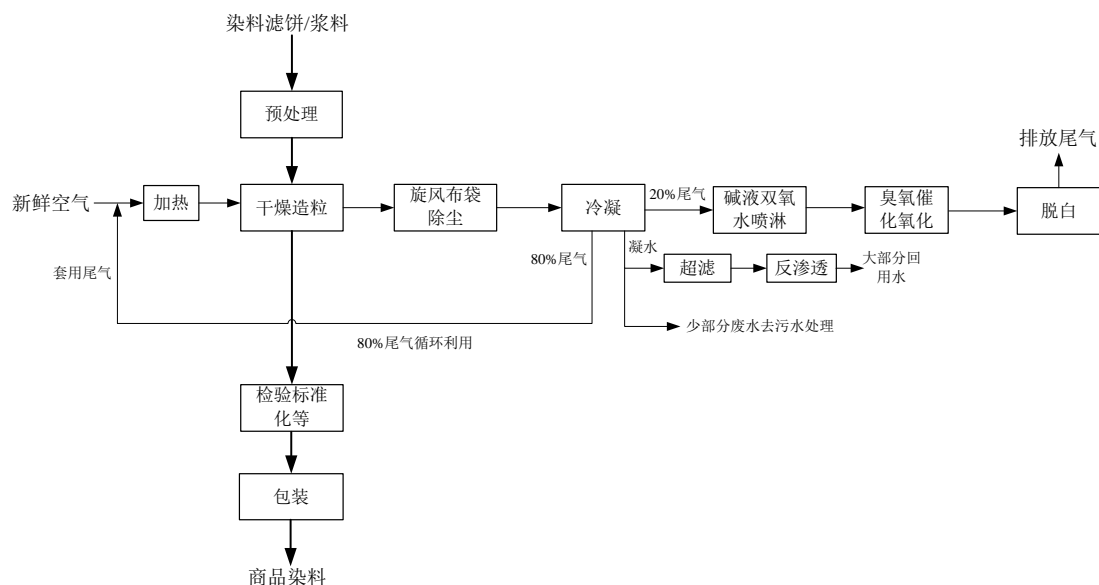


喷塔尾气回用装置现场图

染料商品化喷塔以 $\phi 8000$ 喷塔为例：

$\phi 8000$ 喷干塔的废气量为 $100000\text{m}^3/\text{h}$ 。根据现有喷塔监测数据，粉尘排放浓度均在 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，保守按照 $12\text{mg}/\text{m}^3$ 进行核算，则喷干尾气粉尘排放量为 $8.6\text{t}/\text{a}$ 。

改造后，喷干尾气经旋风、布袋进行除尘后，再冷凝，冷凝后的喷塔尾气，80%尾气 ($80000\text{m}^3/\text{h}$) 回用，剩余 20% 尾气 ($20000\text{m}^3/\text{h}$) 经碱液双氧水喷淋+臭氧催化氧化处理+脱白（预冷+升温）处理后排放，年可减少尾气排放量 57600 万 m^3/h 。按照 $12\text{mg}/\text{m}^3$ 进行核算，粉尘排放量为 $1.7\text{t}/\text{a}$ ，粉尘排放量减少 80%，显著降低喷塔恶臭气体的排放量。喷塔尾气处理方式见下图：



喷塔尾气处理工艺流程示意图

喷塔尾气运行监测数据见下表：

喷塔尾气运行监测数据

喷塔状况	采样位置	频次	标态干废气量 (N.D.m ³ /h)	颗粒物排放浓度 (mg/m ³)	臭气浓度	备注
未进行回用改造喷塔	2#喷塔进口	第一次	85673	7.9	550	
		第二次	84383	8.1		
	2#喷塔出口	第一次	76879	1.1	412	
		第二次	74819	1.2		
已进行回用改造喷塔	5#喷塔进口	第一次	57670	6.3	733	
		第二次	60365	6.0		
	5#、6#喷塔出口	第一次	8571*	3.8	232	含两个喷塔尾气
		第二次	12102*	3.5		

注：5#、6#两个喷塔为同个出口，5#喷塔废气量按 1/2 计算

由运行监测数据可以看出，未进行回用改造的 2#喷塔进口气量为 85208 (N.D.m³/h)，出口废气量为 75849 (N.D.m³/h)，进出口废气量减少 10.8%；回用改造的 5#喷塔进口气量为 59018 (N.D.m³/h)，出口废气量为 5168 (N.D.m³/h)，进出口废气量减少 91.2%。

按照喷塔相同进口气量和上述废气减排比例进行折算，5#喷塔的颗粒物排放量较 2#喷塔排放量减少 84.4%，恶臭排放量减少 94.5%。喷塔尾气回用改造后，不仅在保持甚至提高颗粒物、臭气浓度治理效

率的同时，通过尾气 80%以上循环利用，废气量大幅度减少，使得颗粒物和臭气总排放量大幅度降低。

有机废气 RTO 处理及喷塔尾气回用主要设备见下表：

主要设备清单

序号	设备名称	规格型号	材料	单位	数量	备注
一	有机废气 RTO 处理设备					
1	蓄热式焚烧炉	30000m ³ /h	组合件	台	1	
2	阻焰器	/	不锈钢	台	2	
3	阻火器	/	不锈钢	台	2	
4	废气风机	/	不锈钢	台	3	
5	洗气塔	/	不锈钢	台	1	
6	吸收塔	/	不锈钢	台	2	
7	循环泵	/	不锈钢	台	6	
8	集水槽	/	不锈钢	台	1	
9	出料泵	/	不锈钢	台	1	
10	废气除雾器	/	不锈钢	台	1	
11	烟囱	/	/	台	1	
二	喷塔尾气回用设备					
1	尾气预冷器	1000m ²	不锈钢	台	1	
2	尾气冷凝器	1500m ²	不锈钢	台	1	
3	除雾器	φ1300	不锈钢	台	1	
4	冷凝水暂存槽	φ1000*1000	不锈钢	台	1	
5	蓝式过滤器	φ300	不锈钢	台	1	
6	尾气加湿泵	IHF-25-20-125	衬四氟	台	2	
7	喷淋洗涤泵	IHF80-65-160	衬四氟	台	1	
8	循环冷却水塔	300m ³ /hr	FRP	台	1	
9	循环水膨胀槽	φ2800*4200	不锈钢	台	1	
10	循环水泵	150-360A	碳钢	台	2	
11	循环水膨胀槽	φ2800*4200	不锈钢	台	1	

五、投资和运行费用

投资和运行费用情况

有机废气焚烧处理装置投资和运行费用	
序号	金额（万元）
一、投资	630
1.收集系统	30
2.RTO 设备投资	600
二、运行费用	503
1.电费	87
2.药剂费	21
3.燃料费	300
4.耗材更换费	20
5.人工费	35
6.日常维护费用	40
喷塔尾气回用装置投资和运行费用	
序号	金额（万元）
一、投资	1110
1.收集系统	100
2.尾气回用设备投资	1010
二、运行费用	510
1.电费	300
2.药剂费	50
3.燃料费	30
4.耗材更换费	30
5.人工费	50
6.日常维护费用	50

六、小结

本案例适用于染料及中间体合成、染料商品化喷雾干燥尾气或其他类似干燥废气的大气污染防治。涉及的技术具有良好的推广前景，能够实现整个园区的染料及中间体合成敏感有机废气彻底治理，实现

喷塔尾气回用，减少粉尘减排及恶臭尾气彻底解决，对于提升园区管理形象，具有积极的推动作用。但是，也存在以下一些问题：

1、RTO 燃烧成本偏高，可能产生二氧化硫、氮氧化物等二次污染物。

2、染料品种多、生产规模小，干燥设备会多次更换品种，尾气成分可能会有较大的差异，需要针对尾气成分特性开发相应的耦合技术，以及开发工程化技术来保证实现处理技术的最优化效果。

案例六（化工—涂料油墨制造）：湖州某新材料科技有限公司

一、企业简介

湖州某新材料科技有限公司建于 1996 年，是国内较早专注于中高档油墨涂料研发、生产和销售的高新技术企业。属于涂料制造行业，行业代码为 C2461。

二、VOCs 产生特征

VOCs 废气产生于原辅材料储存、投料、分散和包装等过程，以溶剂油、甲苯、二甲苯、乙酸乙酯等为主。

废气风量 30000m³/h，排气浓度≤300mg/m³。

三、亮点工作

针对中小风量、低浓度、间歇生产等废气产生特点，面向中小企业，定向开发了一体化尾气处理设备。整体设备撬装化设计，出厂前即完成调试，现场安装简单，整体设备可移动性强。

处理废气通过二级过滤去除夹带的胶和固体杂质后，进入吸附净化-原位催化再生装置进行处理，处理后的尾气达标排放。

过滤器配置压差报警，实时监控内部滤网阻力变化，当阻力达到设定值时，系统报警并提示更换过滤棉，确保系统稳定运行。催化氧化炉中采用电加热器对废气进行加热，使燃烧室温度控制在 325℃左右，确保 VOCs 氧化完全。

吸附材料采用第三方自行研发的碳硅复合材料，吸附容量大，脱附再生温度低，使用寿命长。催化材料采用复合催化剂，对典型有机分子具有较低的起燃温度，矿化率高。



四、小结

该废气处理设施适用于化工行业间歇生产、中低低浓度、中小风量的废气处理，对溶剂型涂料、油墨、胶粘剂生产具有一定的实用意义，但需要做好安全措施，确保安全稳定运行。

案例七（涂装—整车制造）：某汽车有限公司宁波某工厂

一、企业简介

1、企业基本信息

浙江某控股集团始建于 1986 年，1997 年进入汽车行业，多年来专注实业，专注技术创新和人才培养，取得了快速发展，现资产总值超过千亿元。某汽车有限公司宁波某工厂(以下简称“某工厂”)是某集团旗下汽车制造工厂之一。

2、与 VOCs 排放相关的生产工艺

某工厂涉及总 VOCs 产生的主要是涂装车间(整车涂装车间和小件涂装车间)。

1) 整车涂装工艺

整车涂装车间总体工艺为：酸洗磷化→电泳→烘干→PVC 工段→水性中涂→烘干→水性面漆→油性罩光漆→烘干。

2) 小件涂装工艺

小件涂装总体工艺为：脱脂→烘干→除静电→底漆→流平→烘干→打磨→面漆→罩光漆→烘干。

3、典型生产设备

典型生产设备主要有电泳生产线、PVC 自动喷涂设备、喷涂机器人、输调漆设备、喷漆室、烘干室等。

二、VOCs 产生特征

1、原辅材料使用情况

原辅材料用量及成分表

工段	材料名称	GC-2 单耗 (kg/辆)	NL-3 单耗 (kg/辆)	消耗量 (t/a)	备注
电泳涂装线	电泳乳液	6.5	6.8	769.516	固含量约 50%，溶剂含量约 0.8-1.2%，其余为水
PVC 密封线	焊缝密封胶	8.14	8.03	929.701	主要成分为聚氯乙烯 PVC，脱芳香烃溶剂 D80 约 2%
中涂漆生产线	水性中涂漆	2.4	2.8	304.358	固含量 55%，溶剂量 5.6%（丁醇 1.7%，三丙二醇单丁醚 3.9%），水。
面漆生产线	水性色漆	3	3.5	380.448	固含量 50%，溶剂量 12.3%：辛醇 2.9%，乙二醇丁醚 9.4%，其余为水
罩光漆生产线	溶剂型罩光漆	2.03	2.33	254.755	固含量 45%，溶剂量 55%：三甲苯 45.6%，丁醇 8.1%，甲醇 1.3%
	清漆固化剂	0.65	0.78	83.946	溶剂含量 20%（乙苯 ≥ 15% - < 20%、二甲苯 ≥ 20% - < 25%）
喷枪清洗	水性清洗溶剂	0.8	0.8	92.127	溶剂含量 87%，具体如下： 2-(二甲氨基)乙醇 ≥ 1% - < 2%、 2-丁氧基乙醇 ≥ 75% - ≤ 100%
	罩光漆清洗溶剂	0.8	0.8	92.127	溶剂含量 100%，包括正丁醇、 1,2,4-三甲苯、异丙苯、正丙苯、 1,3,5-三甲苯、乙酸丁酯、 轻芳烃溶剂石脑油(石油)等
小件涂装线	底漆	0.6	0.7	76.090	固含量为 43.6%，醋酸丁酯 20%， 二甲苯 34.6%，三甲苯 1.8%
	色漆	1.2	1.4	152.179	固含量为 32.3%，醋酸丁酯 20.8%， 丁醇 7.7%，乙二醇丁醚 27.7%，二 甲苯 11.5%
	罩光漆	0.75	0.9	96.861	固含量为 46.4%，醋酸丁酯 22.6%， 二甲苯 25.5%，三甲苯 5.5%
	罩光漆固化剂	0.25	0.3	32.287	素色漆溶剂含量 40%，包括乙苯、 二甲苯

2、VOCs 废气的主要大气污染因子

VOCs 废气的主要大气污染因子为苯系物及其他非甲烷总烃。

3、废气处理设施

VOCs 废气处理设施情况

污染源	油漆种类	净化工艺	净化效率	风量 (m ³ /h)
整车喷涂有组织 (中涂、面涂)	水性漆	文丘里漆雾净化	90%	520000
整车喷涂有组织 (罩光漆)	油性漆	文丘里漆雾净化后沸石转轮 浓缩+RTO 装置	95%	252000
电泳烘干	水性漆	热力回收式焚烧	95%	8319
中涂烘干	水性漆	热力回收式焚烧	95%	8832
整车面漆烘干	水性漆	热力回收式焚烧	95%	8328
小件喷漆	油性漆	RTO	95%	29000

三、亮点工作

1、原料使用

企业整车涂装底漆、中涂漆、面漆均采用水性漆，仅罩光清漆采用油性漆，整车涂装原料选用已考虑到从源头减排。

2、工艺情况

整车涂装以静电旋杯自动喷涂工艺为主、手动空气喷涂为辅(自动喷涂难喷涂位置采用手动喷涂)，油漆利用率高；小件涂装采用手动静电喷涂工艺；喷漆均采用自动流水线，其中整车涂装采用喷涂机器人。

3、废气处理情况

公司罩光漆喷漆废气原先经收集后仅经除漆雾处理后直排大气，公司于 2017~2018 年采用“吸附浓缩+蓄热式燃烧”用于治理罩光漆工段的 VOCs 废气。

沸石吸附浓缩+蓄热式燃烧系处理汽车涂装油性漆喷漆废气的最佳技术之一，其工艺技术成熟可靠。

4、日常规范管理

某工厂专门成立安技环保办，配置人员 8 人，专门从事公司的环保和安全工作，其中环境管理岗 1 名，并在各生产车间和部门配置专（兼）职的环保工作人员，负责各厂部环保工作的开展，管理完善公司环保类管理台账，组织每年的环保监测。

公司建立了 VOCs 排放控制信息管理台帐，全面统计涂料、稀释剂等物料的 VOCs 含量信息，逐班统计作业场所、作业负荷、涂料和稀释剂品名和消耗量，VOCs 捕集和净化设施的运行参数，涂料和稀释剂空桶数量等信息。

四、支撑材料

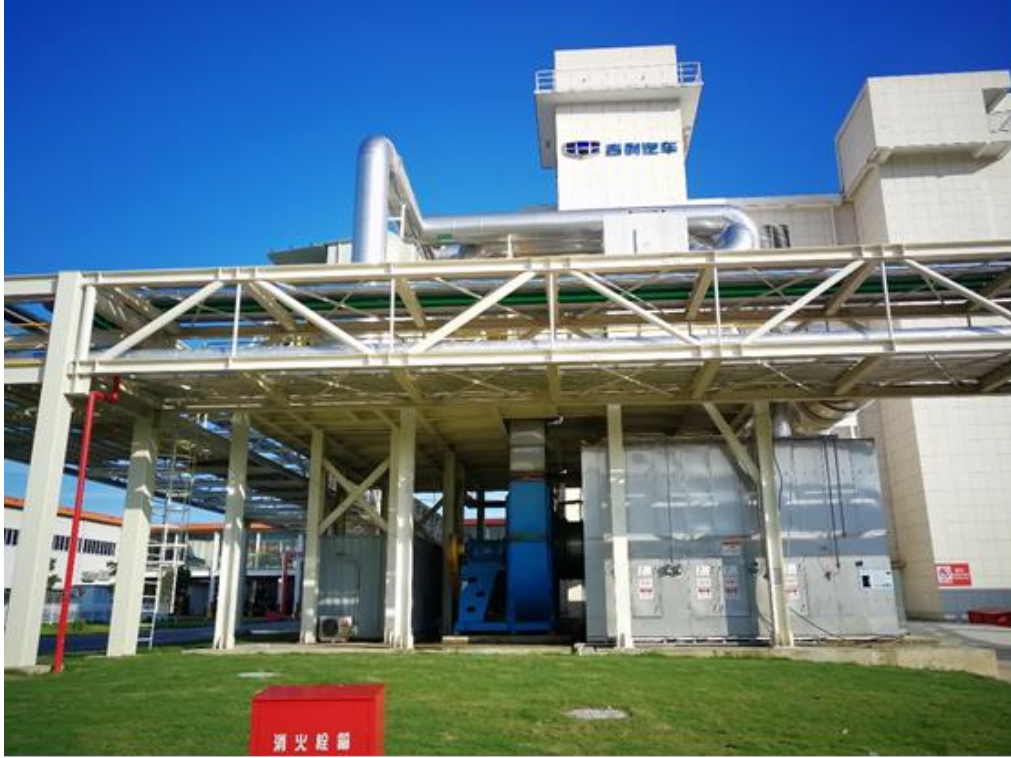
1、设备参数

废气处理设备主要参数

序号	部件名称	项目	规格参数	
1	废气处理设备名称	沸石转轮浓缩系统+ RTO 处理设备		
2	设备型号	HLRTO15	1 套	
3	处理废气成份	苯类、酯类、醇类、酮类等		
4	沸石浓缩转轮	品牌	西部技研	
5		净化效率	90%	
6		浓缩转轮数量	2 台	
7	RTO	处理负荷	13000Nm ³ /h	
8		净化效率	≥99%	
9		RTO 蓄热效率	≥95%	
10		氧化室温度	930 ℃	
11		蓄热体	高效堇青石（兰泰克）	
12		保温棉	陶瓷纤维棉（伊索）	
13	燃烧器	品牌	Elipse	
14		热功率	1319kW	
15	系统风机	吸附风机	防火花设计	变频调节
16		脱附风机		
17		RTO 引风机		

序号	部件名称	项目	规格参数	
18		吹扫风机		
19		助燃风机		

2、设备照片及检测报告



检测报告

报告编号: EMBB4T0A85760555

第 1 页, 共 3 页

采样日期		2018.01.25~2017.01.26		检测日期		2018.01.25~2018.02.01				
委托单位		浙江仁欣环科院有限责任公司								
项目名称		浙江吉利汽车有限公司建设项目竣工环境保护验收项目								
受测地址		宁波市北仑区春晓大道 188 号								
样品类别		有组织废气								
检测项目		非甲烷总烃, 氮氧化物, 甲苯, 二甲苯								
检测依据		见附表								
所用主要仪器		见附表								
采样日期	样品编号/采样位置	检测项目	排气筒高度(m)	标况风量 (m ³ /h)	排放浓度 (mg/m ³)			排放速率 (kg/h)		
					第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
2018.01.25	A85760555-1~3, 7~9, 13~15 转轮吸附+RTO 处理设施进口①1#	甲苯	30	8.63×10 ⁴	0.59	0.51	0.30	0.051	0.044	0.026
		二甲苯			0.29	0.34	0.27	0.025	0.029	0.023
		非甲烷总烃 (以碳计)			65.4	61.9	76.3	5.6	5.3	6.6
		氮氧化物 (以 NO ₂ 计)			<0.7	<0.7	<0.7	0.030	0.030	0.030
	A85760555-4~6, 10~12, 16~18 转轮吸附+RTO 处理设施出口②2#	甲苯			<0.01	<0.01	<0.01	5.5×10 ⁻⁴	5.5×10 ⁻⁴	5.5×10 ⁻⁴
		二甲苯			<0.01	<0.01	<0.01	5.5×10 ⁻⁴	5.5×10 ⁻⁴	5.5×10 ⁻⁴
		非甲烷总烃 (以碳计)			6.11	6.06	5.84	0.67	0.67	0.64
		氮氧化物 (以 NO ₂ 计)			<0.7	<0.7	<0.7	0.039	0.039	0.039
2018.01.26	A85760555-19~21, 25~27, 31~33 转轮吸附+RTO 处理设施进口①1#	甲苯	30	8.65×10 ⁴	0.26	0.74	0.66	0.022	0.064	0.057
		二甲苯			0.26	0.48	0.43	0.022	0.042	0.037
		非甲烷总烃 (以碳计)			59.2	69.9	65.6	5.1	6.0	5.7
		氮氧化物 (以 NO ₂ 计)			<0.7	<0.7	<0.7	0.030	0.030	0.030
	A85760555-22~24, 28~30, 34~38 转轮吸附+RTO 处理设施出口②2#	甲苯			<0.01	<0.01	<0.01	5.4×10 ⁻⁴	5.4×10 ⁻⁴	5.4×10 ⁻⁴
		二甲苯			<0.01	<0.01	<0.01	5.4×10 ⁻⁴	5.4×10 ⁻⁴	5.4×10 ⁻⁴
		非甲烷总烃 (以碳计)			4.91	6.14	4.50	0.54	0.67	0.49
		氮氧化物 (以 NO ₂ 计)			<0.7	<0.7	<0.7	0.038	0.038	0.038

备注: ①检测点位、检测项目、检测频次由委托单位指定。

②检测结果小于方法检出限时, 以二分之一方法检出限计算排放速率。

五、投资和运行费用

VOCs 设备费用是 662 万元, 运行费用见下表。

沸石转轮浓缩系统+ RTO 处理设备运行费用明细

1	能源	类别	年用量	年费用 (元)	合计
		天然气	67755	¥215,460.90	¥597,567.30
电	469383	¥375,506.40			
压缩空气	5000	¥6,600.00			
2	耗材	类别	年更换量 (个)	年费用	¥239,665.60
		G4 漆雾粘	1152	¥138,240.00	
		G4 过滤器	576	¥26,363.52	

		F7 过滤袋	576	¥32,446.08	
		F9 过滤袋	480	¥40,800.00	
		高纯氮	8	¥1,816.00	
3	维修费用	类别	年耗量	年费用	¥75,624.00
		润滑油	4	¥12,180.00	
		齿轮油	4	¥12,180.00	
		易损件皮带	10	¥49,000.00	
		限位开关	4	¥2,264.00	
4	运维费用	单价 (元/次)	运维周期	年运维费	¥144,000.00
		3000	4 次/月	¥144,000.00	
合计					¥1,056,856.90

六、小结

本案例（沸石转轮+蓄热焚烧技术）适用于大部分汽车制造（整车）行业和印刷行业的 VOCs 废气治理改进，优点包括：

1.采用沸石作为吸附剂，安全性能好，采用热气流再生时不易发生着火现象；

2.采用沸石作为吸附剂，再生温度可以提高，适用于从低沸点到高沸点各种 VOCs 的净化；

3.设备阻力适中，运行成本低；

4.吸附后尾气中有机污染物的浓度稳定，便于控制。

缺点是其应用过程中需注意废气中如含有较多高沸点物质则不宜直接使用此系统处理，这主要有由于出于安全考虑系统脱附温度一般难以达到高沸点 VOCs 脱附温度导致高沸点 VOCs 累积占据吸附位置，影响系统性能；另一方面废气需要较好的预处理以确保废气湿度控制在 75% 以上、颗粒物含量低，以避免物质在沸石内部沉积，影响吸附性能。

案例八（涂装—薄膜涂布）：杭州某薄膜有限公司

一、企业简介

杭州某薄膜有限公司是日本某工业株式会社于1994年12月在华投资兴建的高科技外资企业，是国内现有最大并具有国际先进水平的反光膜生产厂家之一。

企业位于杭州市萧山区，属于塑料薄膜制造行业，主要产品有反光膜、PVC保鲜膜、母体树脂和粘接剂等。目前设有年生产能力918万平方米的反光膜生产线、年产5235吨食品保鲜膜生产线、年产1500吨玻璃微珠(中间产品，反光膜生产原料)生产装置和年产3420吨丙烯酸树脂(中间产品，涂布剂，反光膜生产原料)生产装置。

产生VOCs废气的主要部位有：YH原料罐处、YH反应设备、YH配料设备、RS老工厂涂布线、UL涂布线、RS新工厂涂布线等。

对于高浓度的废气直接进入RTO蓄热燃烧设备处理，对于低浓度的废气先进入沸石转轮浓缩装置处理，浓缩后的高浓度气体进入RTO蓄热燃烧处理，废气净化效率98.5%以上。

二、VOCs产生特征

1、主要原辅材料种类与用量

主要原辅材料使用情况

原辅料种类	单位	2017年消耗量	最大储存量	包装/储存方式
丙烯酸酯树脂	t	3508.7	200	180kg铁桶
甲苯	t	993.4	20	25m ³ 储罐
乙酸乙酯	t	1657.1	20	25m ³ 储罐
甲基异丁基甲酮	t	442.9	20	25m ³ 储罐
甲基丙烯酸甲酯	t	237.7	20	25m ³ 储罐
丙烯酸乙酯	t	368.8	20	25m ³ 储罐
丙烯酸异辛酯	t	98.7	12	15m ³ 储罐
丙烯酸丁酯	t	347.3	12	15m ³ 储罐

2、主要污染因子

公司产生的废气主要为挥发性的有机物，主要污染因子为：甲苯、乙酸乙酯、甲基异丁基甲酮等 VOCs，全部进入 RTO 设备处理，处理后的达标废气排放到大气中。

三、亮点工作

1、废气高效收集

1) 采用密封、负压、吸风罩等方式（见下图）收集低溶度的气体，进入浓缩装置浓缩，浓缩后的高浓度的气体进入 RTO 设备处理。所有产生 VOCs 废气的设备或场所均配置高效的废气收集系统，收集效率不低于 98%，减少 VOCs 排放。



2) 物料在贮存、运输、生产过程中做好密封收集工作。部分 VOCs 废气产生点应尽可能采用管道直连的收集方式，如反应釜、配合、涂工头、干燥烘箱等。含有 VOCs 有机化学品或异味明显的固废（危废）贮存场所需封闭设计，废气经收集处理后排放。

2、废气处理提升

公司投入建造了 3 套废气处理设施，分别是沸石转轮浓缩装置（低浓度有机废气浓缩成高浓度后送 RTO 燃烧处理）和 2 套 RTO 处理装置。

沸石转轮浓缩装置工作共分为 3 个步骤，分别为吸附、脱附和冷却。吸附时大量待处理气体通过蜂窝构造体，VOCs 被其中的分子筛

吸附。随着转轮的旋转，吸附了的蜂窝构造体转动到脱附再生区，吸附的 VOCs 经高温小风量的脱附再生热气体作用而脱离，然后送往 RTO 设施，转轮再转动至冷却区，被小风量常温气体冷却，恢复吸附能力。

丙烯酸酯树脂生产和配料时产生的有机废气经收集后由沸石转轮浓缩装置将低浓度有机废气浓缩成高浓度有机废气后进入 RTO 处理，净化后气体由 15 米高排气筒排放。反光膜涂布产生的废气再密闭负压生产线由管道收集后进入 RTO 处理，处理后的部分高热量气体进入余热锅炉进行热交换，热交换后的气体由 15 米高排气筒进行排放，余热锅炉产生的蒸汽进入车间回用。

公司对新投入的三套设备要求如下：

1) 完善开停工、检修制度。废气处理设施应先于进料前开启，设备完全停工后关闭。开工过程和停工过程中产生的 VOCs 废气，均通过有效的处理方式处理后达标排放。

2) 对于正常浓度的有机废气，通过管道直接送入 RTO 蓄热式氧化炉中处理后达标排放，总净化效率达到 98.5% 以上。

3) 对于低浓度的有机废气，先通过吸附浓缩装置，把低浓度有机废气浓缩成高浓度有机废气，再送入 RTO 蓄热式氧化炉中处理后达标排放，总净化效率达到 98.5% 以上。

4) 从原来催化燃烧到现在 RTO 氧化挥发性有机废气的处理效率由 95% 提升到现在的 98.5% 以上。

3、强化管理水平

1) 开展清洁生产审核，通过采用新技术、新工艺、新设备降低生产中的物耗、能耗，最大限度地对资源进行回收利用，减少“三废”的产生量，从而降低有机废气的排放。

2) 定期开展 LDAR 检测工作。

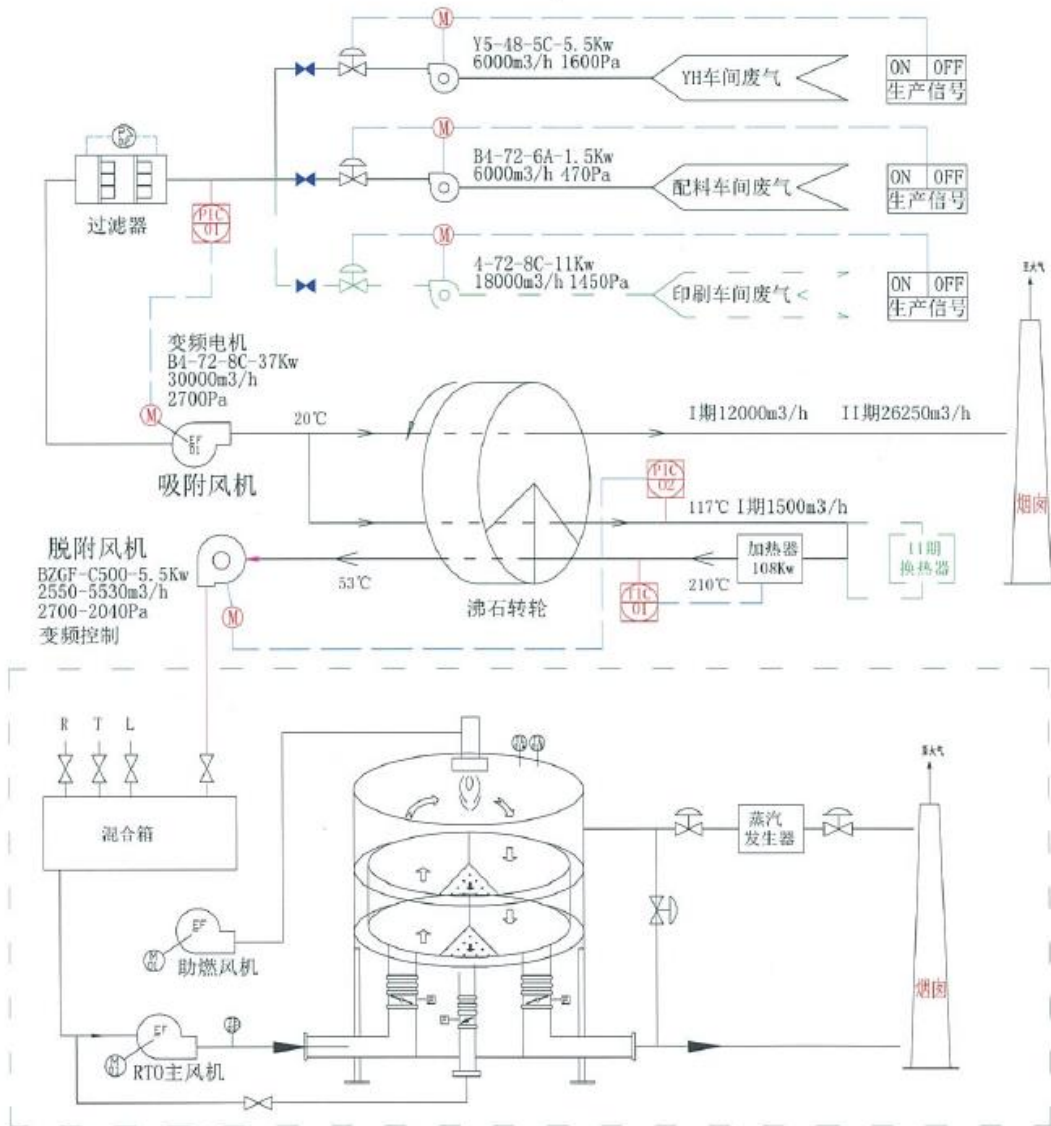
3) 严格遵守 RTO 废气处理设备操作规程，定期对废气处理设备

维护保养。

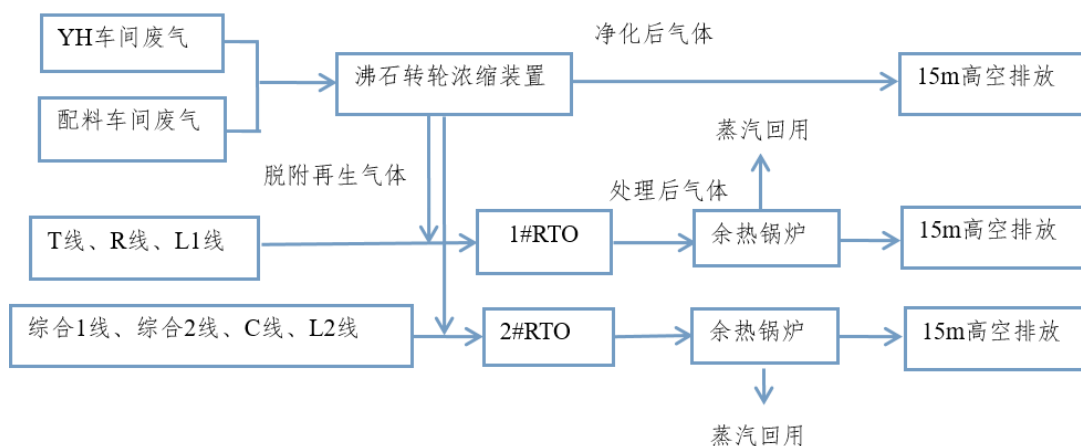
四、支撑材料

1、废气处理工艺流程及运行参数

工艺流程



沸石转轮废气处理流程



RTO 废气处理流程

2、主要设备清单

主要设备清单

设备名称	规格	数量	备注
炉体	圆筒形，陶瓷纤维模块保温 200T	1	Unifrax 保温
旋转阀	多阀门式	1	
燃烧器	2,500,000kcal/h	1	北美
主风机	90KW，变频，西门子电机	1	上海通用风机
助燃风机	11KW，西门子电机	1	上海通用风机
余热锅炉	3.2 吨/h，170℃	1	华电
蓄热材料	蜂窝陶瓷，43×43 孔	1	
PLC 控制柜	西门子	1	
MCC 控制柜	三菱	1	
HMI 系统	西门子	1	
现场仪表	横河	1	

2、操作管理要点

- 1) 除自动控制系统记录运行参数外，每隔两个小时，专人对 RTO 设备燃烧室的温度、废气进出口温度；余热锅炉的水位、温度、压力、风机的运行情况等进行点检确认，如发现异常进行联络并做记录。
- 2) 定期对设备进行维护保养。
- 3) 对废气排放口进行在线和离线监测，实时监控运行情况。

3、废气处理设备运行参数

废气处理设备运行参数

设备名称	入口温度 (°C)	燃烧温度 (°C)	出口温度 (°C)	锅炉出口 温度(°C)	蒸汽压力 (MPa)	设计风量 (m ³ /h)
沸石转轮	常温	-	常温	-	-	30000
1#RTO	50~90	820~900	100~180	150~180	0.5~0.82	36000
2#RTO	50~90	820~900	100~180	150~180	0.5~0.82	36000

五、投资和运行费用

两套 RTO 装置和一套沸石转轮浓缩装置加配套设施的总投资金额为 3000 万元。运行费用如下：

沸石转轮浓缩装置运行费用一览表

序号	名称	日消耗数量	单价	日消耗费用（元）
1	电费	947.66	0.776 元/kwh	735.38

按年 350 天计，沸石转轮浓缩装置年运行费用约为 25.7 万元；设备年保养维修费用是 3 万元。

1#RTO 装置运行费用一览表

序号	名称	日消耗数量	单价	日消耗费用（元）
1	电费	1408.68 kwh	0.776 元/kwh	1093.14
2	天然气	2.71 m3	3.27 元/m3	8.86
3	自来水	37.33 吨	2.5 元/吨	93.33
4	盐酸	4.29 kg	3 元/kg	12.87
5	盐	0.026 吨	1020 元/吨	26.52
6	药剂	2.57 kg	42 元/kg	107.94
总计				1342.66

按年 350 天计，1#RTO 装置年运行费用约为 47 万元；设备年保养维修费用是 50 万元。

2#RTO 装置运行费用一览表

序号	名称	日消耗数量	单价	日消耗费用（元）
1	电费	1408.68kwh	0.776 元/kwh	1093.14
2	天然气	5.06 m3	3.27 元/m3	16.55
3	自来水	24.17 吨	2.5 元/吨	60.43

序号	名称	日消耗数量	单价	日消耗费用(元)
4	盐酸	4.29 kg	3 元/kg	12.87
5	盐	0.026 吨	1020 元/吨	26.52
6	药剂	2.57 kg	42 元/kg	107.94
总计				1317.45

按年 350 天计，2#RTO 装置年运行费用约为 46 万元；设备年保养维修费用是 50 万元。

六、小结

蓄热式氧化炉（RTO）优点：

- 1) 操作费用低，超低燃料费；在正常浓度下，可无燃料运行；
- 2) 不存在因压力变化产生的脉冲现象；
- 3) 利用余热，可生产蒸汽供生产线使用，余热回收率高达 95% 以上；
- 4) 可实现全自动化控制，操作简单，运行稳定，安全可靠。高。
- 5) 在大幅节省运行费用的同时，降低能耗(同时生产可用动力)。
- 6) 采用分级燃烧技术，延缓状燃烧下释出热能；炉内升温均匀，烧损低，加热效果好，不存在传统燃烧过程中出现的局部高温高氧区，抑制了热力型氮氧化物（NO_x）的生成，无二次污染。

蓄热式燃烧炉（RTO）缺点(局限性)：

- 1) 如果废气浓度低，会发生燃烧不充分，处理效率降低，需要将低浓度浓缩成高浓度；
- 2) 设备前期的投资较大。

建议印刷和涂装行业废气产生较多、连续运行的企业可以优先考虑使用该设施。

案例九（涂装—铝箔涂布）：杭州某电讯材料有限公司

一、企业简介

杭州某电讯材料有限公司位于杭州市临安区玲珑工业园区，是一家归属于铝塑复合行业，以生产电缆屏蔽层、油烟机耐高温烟管原料为主的企业，企业主要以铝箔和塑料薄膜为主原料，塑料薄膜通过复合机涂布口涂布一层聚氨酯胶水（乙酸乙酯为溶剂），通过 75℃ 的烘箱烘干蒸发胶水中的乙酸乙酯，出烘箱后，通过挤压使铝箔与塑料薄膜复合在一起形成铝塑复合带。

生产过程中主要在涂布口、烘箱中会有大量的乙酸乙酯挥发出来。

二、VOCs 产生特征

原辅料一览表

原料	年用量（吨）	成分	含量(%)
聚氨酯胶水主剂	300	聚氨酯胶水	50
		乙酸乙酯	50
固化剂	60	固化剂	50
		乙酸乙酯	50
乙酸乙酯	300	乙酸乙酯	100

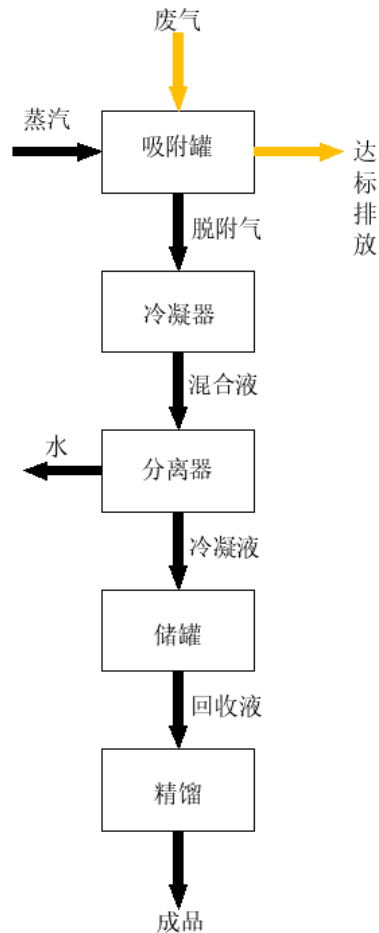
三、亮点工作

1、废气高效处理

根据企业的实际生产规律和现场实际，选用了高效的吸附回收法作为废气处理工艺，本工艺处理效率高，且回收的乙酸乙酯作为工厂的原料可以直接回用，为企业创造了极大的经济效益。

本工艺通过对收集废气的预处理过滤降温，进入活性炭吸附装置对废气进行吸附处理，处理率高达 95%；临近吸附饱和后关闭吸附阀门，进入待脱附状态。脱附时水蒸气加热后脱附出的高浓度乙酸乙酯

气体和水蒸气混合气进入冷凝器用循环水进行冷凝，冷凝后混合液体进入重力分离器，利用密度差进行分离冷凝水和乙酸乙酯，分离出的乙酸乙酯进入粗品罐，冷凝水进入储水罐，乙酸乙酯再通过精馏进一步提纯去除水分，达到回用标准。



废气处理工艺流程图

2、日常管理规范

企业根据重点设备及仪表建立巡回检制度，制定点检表，确定三级责任制，由操作工日常巡检，车间领导一周一检，公司领导一月一检，做到有问题及时发现、及时汇报、及时处理，使环保设备正产运行，减少因故障引起的环保设备停止运行。

建立环保设备运行台账，记录环保设备开停车情况，及设备运行情况，确保环保设备处理效果、回收效果正常达标。

现场管道标识、阀门状态、设备标识牌、清楚具体一目了然，张贴设备开停车手册，危险化学品信息卡、安全标识。

四、支撑内容

1、设计运行参数

设计参数表

进气风量 (Nm ³ /h)	20000
进气浓度 (g/Nm ³) (按乙酸乙酯计)	2.5
进气气体温度 (°C)	53
进气气体压力	常压
吸附温度 (°C)	≤40
脱附温度 (°C)	90-130

2、主要设备清单

设备一览表

序号	名称	数量
1	粗品罐	1
2	成品罐	1
3	分离器	2
4	碳罐	2
5	水罐	1
6	吸附冷却器	1
7	脱附换热器	1
8	精馏换热器	1
9	精馏塔	1
10	风机	1

3、照片



环保设备现场照片

4、进出口监测数据

测点	周期	—				
	测试序号	测试项目	检测结果		单位	
1# (进口)	1	管道截面积	0.6362		m ²	
	2	烟气温度	35		°C	
	3	烟气含湿量	2.0		%	
	4	烟气流量	9360		m ³ /h	
	5	标干态烟气流量	8182		m ³ /h	
	6	非甲烷总烃浓度	第一次	2.03 × 10 ³	均值 2.04 × 10 ³	mg/m ³
			第二次	2.12 × 10 ³		
			第三次	1.98 × 10 ³		
	7	非甲烷总烃排放速率	16.69		kg/h	
8	乙酸乙酯浓度	第一次	1.80 × 10 ³	均值 1.80 × 10 ³	mg/m ³	
		第二次	1.83 × 10 ³			
		第三次	1.76 × 10 ³			
9	乙酸乙酯排放速率	14.73		kg/h		

测试序号	周期	—			单位
	测试项目	检测结果			单位
1	管道截面积	0.5026			m ²
2	烟气温度	22			℃
3	烟气含湿量	2.0			%
4	烟气流量	7758			m ³ /h
5	标干态烟气流量	7022			m ³ /h
6	非甲烷总烃浓度	第一次	16.22	均值 16.41	mg/m ³
		第二次	16.98		
		第三次	16.03		
7	非甲烷总烃排放速率	0.115			kg/h
8	乙酸乙酯浓度	第一次	13.48	均值 13.89	mg/m ³
		第二次	14.50		
		第三次	13.68		
9	乙酸乙酯排放速率	0.098			kg/h

备注:废气处理工艺为催化氧化+活性炭吸附脱附;非甲烷总烃去除率99.2%;乙酸乙酯去除率99.2%。
参考限值:根据杭州清雨环保工程有限公司编制的《杭州东兴电讯材料有限公司扩建项目环境影响报告表》中非甲烷总烃、乙酸乙酯均参考《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表2中排气筒高度15米的二级标准限值要求。

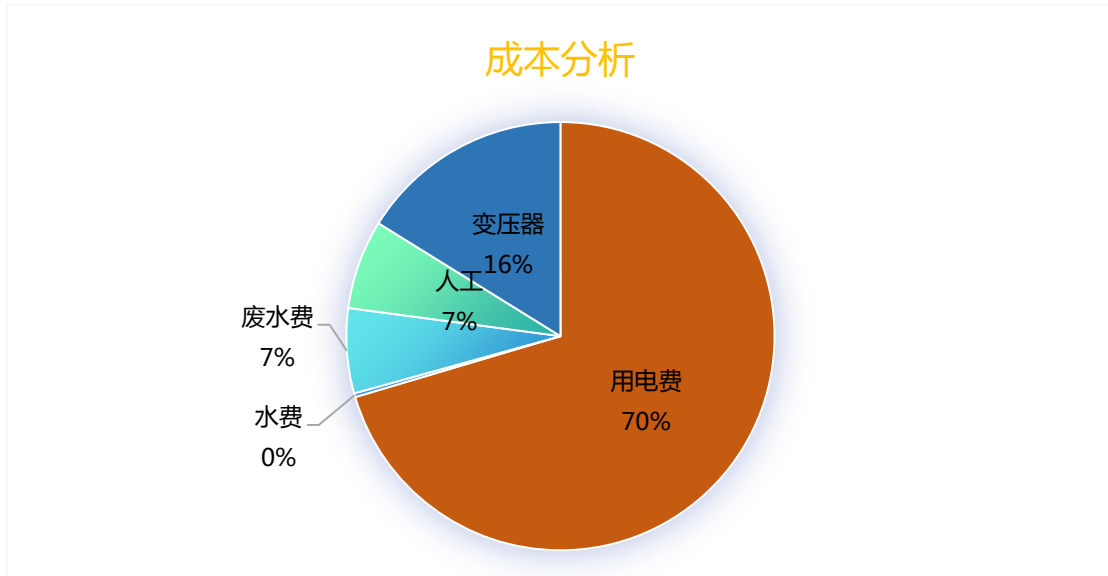
进口非甲烷总烃浓度在 2040mg/m³、乙酸乙酯浓度 1800mg/m³, 出口非甲烷总烃浓度在 16.41mg/m³、乙酸乙酯浓度 13.89mg/m³, 远低于排放标准中 120mg/m³ 的限值。

5、操作管理要求

本系统采用 PLC 自动控制系统,采取全自动操作,无人员值守,有自动报警装置,系统只需操作人员定时对设备,仪器进行巡检,确保系统正产运行,减少大量人工操作。

6、投资运行费用

投资费用在 200~280 万元,运行费用在 3000 元/吨,乙酸乙酯原料价在 8300 元/吨,每吨乙酸乙酯盈利 5300 元/吨。



成本分析图

本系统采用电锅炉作为蒸汽发生器，故电费和扩容的变压器成本占到了成本的 86%，如有条件的企业可以直接采用公用蒸汽，成本将大幅降低。

五、小结

本系统既解决了企业的废气处理问题，又有经济价值，相比其他的废气处理工艺，不是单单的增加企业负担，而是为企业创造了经济价值。

对行业类别和废气成分要求高，除非建有自备精馏回收设施，一般只能针对单一成分的废气进行收集回收。

适用于软包装的复合工段、加油站油气回收、化工溶剂回收、单一涂布溶剂回收等场合。

案例十（涂装—木质家具）：嘉兴某木门集团有限公司

一、企业简介

嘉兴某木门集团有限公司原嘉兴某木业有限公司，地址位于嘉善县惠民街道，排放行业工业涂装，行业代码家具制造业（C21），产品类别实木复合门、家具（橱柜）等。年产销实木门达 100 多万套，是中国第一、亚洲最大的木门超大规模型企业之一。

某木门集团有限公司累计投资近 2 亿元进行了以“机器换人”为主的技术改造，主要是实施木门生产流水线自动化及“油改水”环保项目。全部车间已完成“油改水”改造，公司产品已经使用水性漆进行生产。通过“油改水”项目运行，从源头削减企业挥发性有机污染（VOCs）排放量。

主要生产设备如下：

主要生产设备表

序号	设备名称	数量	备注
1	手工喷房	24	一道底漆
2	烘干窑	3	烘干
3	手工喷房	24	二道底漆
4	烘干窑	3	烘干
5	半自动喷涂机	18	修色
6	半自动喷涂机	18	面漆
7	烘干窑	45	烘干
8	自动喷涂线	18	修色
9	自动喷涂线	18	面漆
10	烘干窑	45	烘干

二、VOCs 产生特征

1、“油改水”前后原辅材料用量

物料名称	单位	年用量		
		技改前	技改后	变化量
聚氨酯胶	t	389.18	272	+3752.82
水性胶	t		3870	
水性漆	t	1353	3800	+2447
UV 漆	t	2280	1120	-1160
PU 白面漆	t	121.73	0	-121.73
PU 哑光清面漆	t	213.03	0	-213.03
稀释剂	t	214.05	0	-214.05
固化剂	t	168.28	0	-168.28

2、原辅材料性质

原材料名称	成分性质	挥发性总含量%
PU 清面漆	丙烯酸树脂 80%、甲苯 10%、二甲苯 5%、醋酸丁酯 5%	
聚氨酯胶	EVA+树脂 45-60%、其他物质 40-55%	0
水性胶	聚醋酸乙烯酯 44-65%、水 35-56%	0.11%
水性漆	2-丙醇≤6.8%、2-丁氧基乙醇≤3%	9.8%
UV 漆	改性环氧树脂 50-60%、三羟甲基丙烷三丙烯酸酯 3-10%、光引发剂 3.0~5.0%、二缩三丙二醇二丙烯酸酯 3-5%	6%

3、“油改水”前后挥发性油漆废气产生情况

技改前 VOCs 产生情况 (t/a)		技改后 VOCs 产生情况 (t/a)	
胶水	0.012	聚氨酯胶	0
UV 底漆	0	水性胶	4.26
水性底漆	57.22	水性漆	372.40
水性面漆	53.00	UV 漆	67.20
PU 白面漆	56.27		
PU 哑光清面漆	109.79		
稀释剂	214.04		
固化剂	62.26		

技改前 VOCs 产生情况 (t/a)		技改后 VOCs 产生情况 (t/a)	
合计	552.59	合计	443.86

三、亮点工作

企业的“机器换人”技改项目，进一步提升了喷涂等工序的自动化程度，进一步提高油漆使用效率，成功实现油漆的使用量削减，2017年油漆等用量为 3177850.8 千克，2018 年油漆等用量为 3059326.5 千克，减少用量 118524.3 千克。

全部车间完成“油改水”改造，公司产品全部使用水性漆进行生产，通过“油改水”项目运行，企业挥发性有机污染（VOCs）的产生量明显减少，VOCs 产生量比原来减近 110 多吨。调漆、喷漆、流平及烘干设独立密闭车间，采用负压收集，喷漆车间废气经干式棉除漆雾后高空排放。

四、小结

本案例可用于木质家具企业从原辅材料替代角度削减 VOCs 时作为参考。

案例十一（涂装—金银丝涂膜）：东阳市某金银线有限公司

一、企业简介

东阳市某金银线有限公司成立于 1980 年，主营镀（涂）膜业务，目前拥有国内最先进的涂膜生产线 16 条（台），主要有涂布生产线、真空镀膜机、色粉投料斗、溶剂储罐、树脂储罐等生产设备。

二、VOCs 产生特征

原辅材料主要有聚酯薄膜、铝粒、甲醇、二甲苯乙酸乙酯、环己酮、颜料色粉等。在涂膜生产的配料、上色、烘干等工序中均会有废气产生，主要成分为甲醇、二甲苯、乙酸乙酯、环己酮。在涂膜生产的配料、上色、烘干等工序中均会有废气产生。

废气治理设施参数：最大风量 33000m³/h，最小风量 10000m³/h，氧化室温度 800-860℃。

三、亮点工作

为更好地提升污染治理水平，提高生产密闭化和自动化程度，有效改善作业环境和减少污染物排放，企业引进先进的密闭化、自动化设备，实现配色、涂布生产线的环保提升改造。

1、溶剂储存和配色环节密闭化、管道化

整改前，原料溶剂、树脂采用桶装，配色工序采用人工拉缸搅拌成型涂布所用色浆。无废气收集处理设施。

整改后，溶剂、树脂等主要原料采用密闭罐装储存，通过 DCS 控制自动计量配比形成 7 大主色系（红黄蓝白黑灰绿）和透明（树脂、溶剂混合而成，俗称白料）浆料，暂存至 10 个对应的浆料釜，色浆和白料按一定比例配比打入调色釜混合均匀，比色卡后加入相应色浆或白料微调合格后利用密闭管道打到涂布车间生产线。呼吸废气、配

色罐放空废气接入 RTO 装置焚烧处理。



整改前后配料车间现场（左图为整改前，右图为整改后）



反应釜调配



管道送料

2、涂布、烘干环节整改

整改前，利用涂布生产线给真空镀铝后的聚酯薄膜辊涂上色并烘干定型。无废气收集处理设施。

整改后，打开密闭容器阀门，微调合格的色浆涂料流入涂布工段（密闭集气）涂料槽内，生产线自动辊涂上色后烘干定型。涂布及烘干废气接入 RTO 装置焚烧处理。



整改前后镀膜车间现场（左图为整改前，右图为整改后）

3、运维管控

- 1) 定期检查废气收集和治理情况，确保设施有效运行；
- 2) 采用 DCS 自动控制系统，由厂商负责技术支持和检测，确保治理效果；

3)采用手持式 VOCs 检测机自行检测,定期委托专业机构检测。

四、支撑材料

1、RTO 设施

公司于 2017 年引入上海市是达环保节能设备有限公司 RTO 设施,把有机废气加热到 800 摄氏度以上,使废气中的 VOCs 分解成 CO₂ 和 H₂O,余热回收利用。氧化产生的热量被蓄热室吸收储存,用于加热刚进入的有机废气,有效实现 VOCs 的末端治理。经过监测,废气达标排放,其中 VOCs 处理效率可达 90% 以上。

2、VOCs 减排情况

公司生产线整合前分散落后加工点的挥发性有机污染物 VOCs 排放规模约 1056t/a,经集聚减排后削减规模约 1001.877t/a,远大于本项目总量控制需替代削减量,废气中 VOCs 排放总量经落实后也符合总量控制要求。RTO 装置进出口监测浓度见下表。

进出口监测浓度表

采样点位	甲醇 (mg/m ³)	二甲苯 (mg/m ³)	乙酸乙酯 (mg/m ³)	环己酮 (mg/m ³)	非甲烷总烃 (mg/m ³)
排气筒进口 浓度均值	984	78.9	386	<0.25	238
排气筒出口 浓度均值	<1.0	3.57	0.72	<0.25	18.1
处理效率	99.96%	96.14%	99.85%	13.51%	93.40%

五、投资和运行费用

2017 年以来,公司投入 350 万余元进行环保整改,实现清洁节能生产。

六、小结

本案例中企业进行了重建,对原辅料调配和输送均采用了密闭方式,大幅减少废气无组织排放,可以适用于工业涂装、包装印刷、合成革、涂层等行业中溶剂用量大的企业,从源头减少 VOCs 产生。

采用 RTO 装置对 VOCs 的热能回收效率和处理效率均较高，适用于连续生产过程中产生的中高浓度 VOCs 废气处理。但 RTO 设施投资较大，对废气产生规模小、VOCs 浓度低的存在一定的局限性，更适合适合废气产生规模较大、VOCs 浓度较高的项目。

案例十二（涂装—机械制造）：湖州某装备有限公司

一、企业简介

湖州某装备有限公司成立于 2003 年，专注于履带式起重机及衍生产品的研发、生产及销售。四年多来，公司研究院已开发出一批标志性、带动性强的履带起重机产品，获市场、行业及政府的认可，每年接近 50% 的产品用于出口，远销北美、欧州、东南亚、印度、俄罗斯等市场，可全面涵盖物流吊装及基础施工领域。

二、VOCs 产生特征

企业 VOCs 废气主要产生于涂料喷涂、烘干工序，主要成份为甲苯、二甲苯等，企业年使用油漆量约 300 吨，其中油性油漆 120 吨，水性油漆 180 吨，VOCs 排放量约 7.8 吨，排放速率及排放浓度执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的二级标准。

三、亮点工作

2018 年，为减少涂装过程中的 VOCs 排放，公司投入 610 万用于 VOCs 整治提升工作，在“源头减量、过程密闭、高效处置”方面多管齐下。

其中源头控制包括两方面：一是将 60% 涂料改为水性涂料，剩余 40% 油性涂料均使用 VOCs 含量低于 420g/L 的双组分油漆；二是涂装工序全部采用密闭流水线作业，喷漆室保持微负压环境。

四、支撑材料

1、改造前原辅材料成分

ZP8460 双组分环氧底漆：环氧树脂 30-55%，二甲苯 5-20%，正丁醇 2-15%，滑石粉 10-25%，聚酰胺 15-20%。

ZP1353 各色新型脂肪族聚氨酯面漆：钛白粉 10-35%，二甲苯 5-20%，聚氨酯 10-25%，硫酸钡 2-8%。

聚天门冬氨酸酯涂料 (A 组分): 聚天门冬氨酸酯树脂 20-40%, 丙二醇甲醚醋酸酯 1-10%, 炭黑 3-15%, 其它颜填料 10-30%, 助剂 4-12%。

聚天门冬氨酸酯涂料 (B 组分): 丙二醇甲醚醋酸酯 5-10%, 脂肪族异氰酸酯 90-95%。

2、改造后原辅材料成分

水性灰色环氧底漆: 4,4-(1-甲基亚乙基)二苯酚与 2,2-[(1-甲基亚乙基)二(4,1-亚苯基氧亚甲基)]二(环氧乙烷)的聚合物 10-25%, 砂 3-5%, 磷酸锌 1-3%, 1-甲氧基-2-丙醇 1-3%, 丙酮 1-3%, 改性 BPA/ECH 树脂 1-3%, C12-14-烷基缩水甘油醚 1-3%, 氧化锌 0.3-1%, 2-丁氧基乙醇 0.3-1%, 2,4,7,9-四甲基-5-癸炔-4,7-二醇 $\leq 0.1\%$ 。

水性双组份环氧固化剂: 2-丙醇 10-25%, 多元胺加合物 5-10%, 2-丁氧基乙醇 5-10%, 腐蚀抑制剂混合物 1-3%, 丙酸 1-3%, 亚硝酸钠 1-3%, 1,3-间苯二甲胺 1-3%, 2,4,6-三[(二甲氨基)甲基]苯酚 0.3-1%。

水性红色聚氨酯面漆: 2-丁氧基乙醇 3-5%, 轻芳烃溶剂石脑油 1-3%, 癸二酸双(1,2,2,6,6-戊甲基-4-哌啶基)酯 0.3-1%, α -[3-[3-(2H-苯并三唑-2-基)-5-异丁基-4-羟基苯基]-1-酰丙基]- ω -羟基-聚(氧基-1,2-乙二基) 0.3-1%, α -[3-[3-(2H-苯并三唑-2-基)-5-(1,1-二甲基乙基)-4-羟基苯基]-1-氧代丙基]- ω -[3-[3-(2H-苯并三唑-2-基)-5-(1,1-二甲基乙基)-4-羟基苯基]-1-氧代丙氧基]-聚(氧基-1,2-乙二基) 0.3-1%, 2,4,7,9-四甲基-5-癸炔-4,7-二醇 0.1-0.3%, 癸二酸甲基-1,2,2,6,6-五甲基-4-哌啶酯 0.1-0.3%。

水性黑色中光聚氨酯面漆: 2-丁氧基乙醇 3-5%, 轻芳烃溶剂石脑油 1-3%, 癸二酸双(1,2,2,6,6-戊甲基-4-哌啶基)酯 0.3-1%, α -[3-[3-(2H-苯并三唑-2-基)-5-异丁基-4-羟基苯基]-1-酰丙基]- ω -羟基-聚(氧基-1,2-乙二基) 0.3-1%, α -[3-[3-(2H-苯并三唑-2-基)-5-(1,1-二甲基乙基)-4-羟基苯基]-1-氧代丙基]- ω -[3-[3-(2H-苯并三唑-2-基)-5-(1,1-

二甲基乙基)-4-羟苯基]-1-氧代丙氧基]-聚(氧基-1,2-乙二基) 0.3-1%，2,4,7,9-四甲基-5-癸炔-4,7-二醇 0.1-0.3%，癸二酸甲基-1,2,2,6,6-五甲基-4-哌啶酯 0.1-0.3%。

水性双组份聚氨酯固化剂：1,6-二异氰酸根合己烷的均聚物 25-50%，琥珀酸二甲酯 5-10%，5-异氰酸根合-1-(异氰酸根合甲基)-1,3,3,-三甲基环己烷的均聚物 5-10%，脂肪族多异氰酸酯 3-5%，二甲苯 1-3%，乙苯 0.3-1%，1,6-己二异氰酸酯 0.1-0.3%。

五、小结

装备制造行业的工件较大，涂装过程产生大量的 VOCs 废气，从源头进行削减是最行之有效的控制方式。

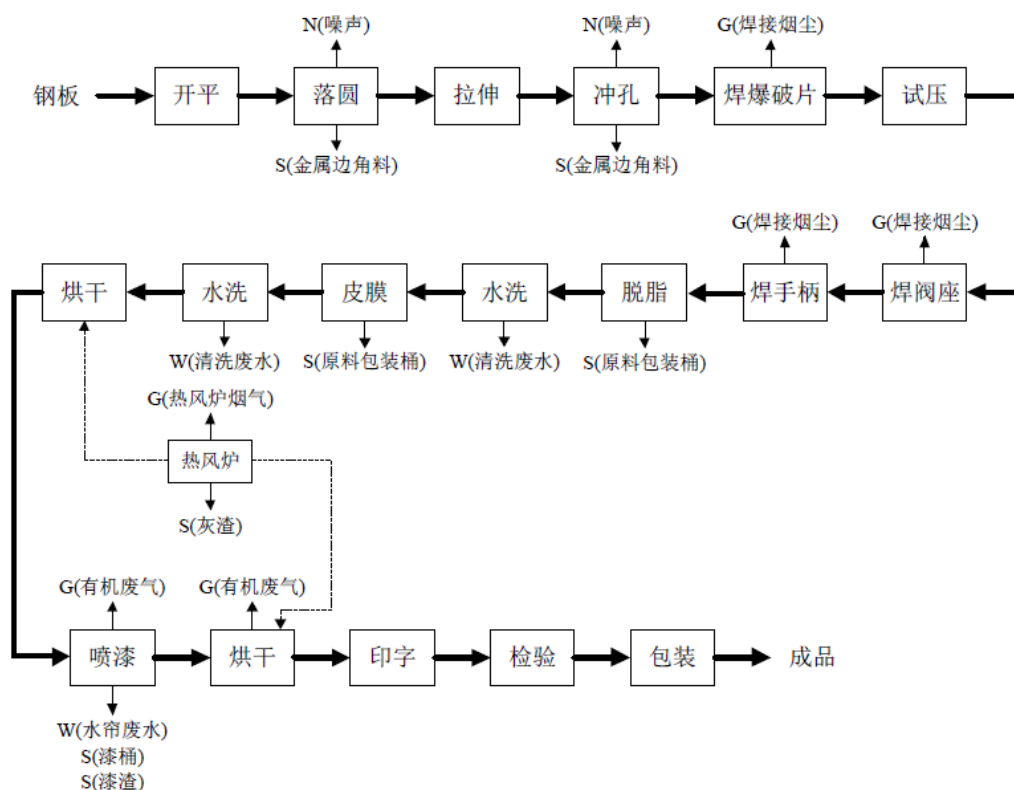
根据《浙江省挥发性有机物深化治理与减排工作方案（2017—2020 年）》的要求，工程机械制造行业要推广使用高固体分、粉末涂料，到 2020 年底前，使用比例达到 30% 以上，试点推行水性涂料。

将溶剂型涂料改为水性涂料，将从源头上大幅减少 VOCs 产生，是下一步中小涂装企业 VOCs 减排的重点方向。

案例十三（涂装—金属制品）：武义某机械制造有限公司

一、企业简介

武义某机械制造有限公司，位于武义县经济开发区百花山工业功能，从事钢瓶生产，该项目年产量为 400 万只。生产工艺见下图：



二、VOCs 产生特征

有机废气产生点位喷漆和烘干过程，项目采用静电喷涂工艺，设置两个喷台，其中一个自动喷漆台，一个为手动补漆台，均为水帘喷台。主要原辅材料适用情况见下表：

油漆、固化剂、稀释剂年用量

序号	名称	年用量 t/a	主要成份
1	油漆	60	醇酸树脂：颜料：溶剂=55：25：20
2	固化剂	15	聚氨酯树脂：二甲苯：醋酸丁酯=60：20：20
3	稀释剂	15	二甲苯：醋酸丁酯：二丙酮醇=30：30：40

溶剂的单位时间耗量

序号	名称	年消耗 t/a	天消耗量 kg/d	工作时间 h/d	时耗量 kg/h	溶剂比例 %	溶剂耗量 kg/h
1	油漆	60	200	8	25.00	20	5.00
2	固化剂	15	50	8	6.25	40	2.50
3	稀释剂	15	50	8	6.25	100	6.25
4	合计						13.75
年工作时间按 300 天，日工作时间按 8h。							

根据企业喷房尺寸及排气筒数量对废气产生量进行核算，喷房的控制风速按 0.6m/s，调漆室换风次数按 30 次/h。废气产生量如下：

产生量统计表

序号	名称	尺寸 (m) 长×宽×高	数量	单个风量 (m ³ /h)
1	自动喷漆台	3.4×3.9×2.5	1	18360
2	手动喷漆台	2.4×2.2×2.5	1	12960
3	调漆室	4.0×2.5×2.5	1	750
4	流平段、烘房		1	3000
5	合计			35070

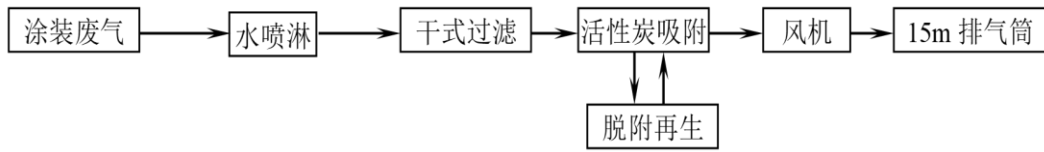
三、亮点工作

公司整个涂装生产线采用自动流水线，由水帘喷漆室、调漆室、流平室和烘道组成，为封闭式结构，并配套净化送风系统、排风管道等，整个涂装过程在封闭空间内完成。



密闭涂装生产线

废气处理工艺见下图：



喷涂废气和烘干废气合并处理，废气首先经过喷淋柜去除大部分漆雾，再经干式过滤器过滤后进入活性炭吸附塔进行吸附，经处理达标的喷漆废气经 15m 排气筒外排；活性炭达到饱和状态时，将催化氧化炉产生的热气流直接通入床层加热吸附剂，以实现变温脱附；脱附后产生的高浓度有机物在催化氧化炉内进行无焰燃烧，产生的热流经换热后部分高空外排，部分高温气体和冷空气混合后进入活性炭吸附塔用于脱附。

考虑一定的系统漏风及余量，设计规模按 $40000\text{m}^3/\text{h}$ ，废气的收集效率按 90%，则进入系统的溶剂量约 $12.38\text{kg}/\text{h}$ ，则废气浓度为 $309\text{mg}/\text{m}^3$ 。



废气处理设施

四、支撑材料

1、主要设备参数

主要设备参数

序号	名称	参数	备注
1	处理风量	40000m ³ /h	
2	工作方式	间歇运行, 8h/d	
3	VOC 去除率	≥80%	
4	卧式喷淋柜	4000×2800×2800mm, 3.0kW	1 台
5	循环水箱	5000×2500×2500mm	1 台
6	过滤箱	3000×3100×2750mm	1 台
7	活性炭床	2700×2700×5000mm	3 台, 2 吸 1 脱
8	活性炭装填量	单床 4m ³ , 共 12m ³	
9	碳床厚度	单层 0.1m, 6 层共 0.6m	
10	碳床过流风速	0.8m/s	
11	吸附风机	Q: 40000m ³ /h, P: 2500Pa、 N:45kW, 喉口防爆	1 台
12	催化燃烧装置	Q=3000m ³ /h	
13	催化燃烧升温运行功率	90kw	最大运行功率
14	脱附风机	Q=6610m ³ /h*2226Pa*2240rpm*7.5kw, 喉口防爆	1 台
14	活性炭脱附温度	~90℃	可调
15	制氮机组功率	1.5kw	
16	设备总功率	147kw	

2、治理效果

废气中的 VOCs 主要成份为酯类和苯系物, 经监测该项目排放的主要污染物均达到浙江省地方标准《工业涂装工序大气污染物排放标准》(DB33 2146-2018) 的表 2 标准, 非甲烷总烃去除效率约 83%。

五、投资和运行费用

1、主要设备投资

主要设备投资

序号	名称	数量	单位	备注
1	卧式喷淋柜	1	台	镀锌钢板 2.5mm
2	循环水箱	1	台	碳钢 6mm
3	干式过滤器	1	台	镀锌钢板 2.5mm
5	压力传感器	1	台	美国德威尔
6	活性炭吸附床	3	台	镀锌钢板 2.5mm
7	蜂窝活性炭	12	立方	景德镇
8	温控探头	6	支	优质国产
9	吸附风阀	6	套	镀锌钢板 2.5mm
10	脱附风阀	9	套	镀锌钢板 2.5mm
11	防火阀	2	套	镀锌钢板 2mm
12	CO 催化燃烧装置	1	台	碳钢板
13	催化剂	0.26	立方	博锐催化
14	阻火除尘器	2	套	碳钢板 4mm
15	混流换热器	1	台	镀锌钢板 2.5mm
16	制氮机组	1	套	南通鸿扬
17	吸附管道	1	套	镀锌钢板 2.5mm
18	脱附管道	1	套	镀锌钢板 2.5mm
19	吸附风机	1	台	优质国产
20	脱附风机	1	台	优质国产
22	自动控制系统	1	台	变频控制
23	排空烟囱	1	套	碳钢 4mm
24	检修平台	1	个	型材和钢板
25	辅助材料	1	套	
26	总投资约 78 万元。			

2、运行成本

电费

序号	名称	装机功率 (kW)	使用功率 (kW)	时间 (h)	单价 (元/度)	费用 (元/d)
1	吸附过程	48	40.8	8	0.86	280
2	脱附过程	99		6	0.86	62
3	合计	147				342

注：脱附过程电加热功率全开按 1 小时，总脱附过程按 6 小时算，2 天脱附 1 次。

耗材

序号	名称	数量	单价 (元)	更换周期	费用 (元/d)
1	过滤棉	12m ²	8	30 天	3.2
2	中高效滤袋	26 只	70	60 天	30.3
3	合计				33.5

综合各项花费，废气处理设施日运行费用为 375.5 元。

六、小结

1、优点

1) 废气处理设施于 2018 年 10 月投入运行，运行正常，各项指标均达到浙江省地方标准《工业涂装工序大气污染物排放标准》(DB33 2146-2018) 的表 2 标准，非甲烷总烃去除效率 $\geq 80\%$ 。

2) 本项目预处理采用水喷淋+干式过滤去除漆雾，水喷淋采用独特的卧式结构，漆雾去除效率高，带自动吐漆渣功能，清理方便。增设水喷淋可以大幅延长干式过滤器耗材的更换周期，根据类似工程对比经验，更换周期延长一倍以上。

3) 设备可就近安装在车间生产线上方，节约用地，方便管理。



水喷淋吐漆渣口

2、缺点

水喷淋工段会带来废水处理问题，废水更换周期约 1 个月，排放量约 5m^3 ，进入厂区废水处理站（物化+生化工艺）综合处理。

3、适用范围

本案例适用于大部分涂装类废气的处理，在有效去除漆雾的基础上，通过活性炭吸附+催化燃烧脱附工艺处理 VOCs 废气，可以满足排放标准和地方管理的需要。

目前，部分企业的油漆附着率较低，导致漆雾浓度大，必须在进活性炭前将绝大部分漆雾去除；同时应有效甄别进入活性炭的 VOCs 饱和蒸气压情况，避免 VOCs 无法从活性炭中脱附。

案例十四（涂装—船舶维修）：舟山某船舶修造有限公司

一、企业简介

舟山某船舶修造有限公司是一家专业修理大型船舶的合资企业，2013 年以来，公司以建设“技术主导型的绿色船企”理念而不断努力。在投入大量资金引进先进的技术装备的同时，也与世界顶尖技术研发机构进行了紧密的合作，一同探索研制世界上先进的船舶涂装工程的领先技术和装备，同时也加强了企业内部的自主创新，喷涂防漆雾扩散装置，就是该公司自主创新的一项成果。

舟山某船舶修造有限公司于 2017 年 9 月份开始自主研发设计该装置，并专门成立了喷涂防漆雾扩散装置研发团队，投入专项研发资金 100 万余元。经过将近 9 个月时间的不断研发试验，于 2018 年 5 月份初步形成可行的设计方案，并生产了 10 套防漆雾扩散装置，开始了进入试运行及逐步使用阶段。

二、VOCs 产生特征

船舶修理过程中，外板的涂装作业是一项主要工程，由于作业面大、废气收集难，施工作业全部在开放式场所进行，所以作业过程中将产生大量的油漆颗粒物、VOCs 无组织废气。

三、亮点工作

喷涂防漆雾扩散装置是安装于高空车上使用的防漆雾设备，可随作业点移动收集产生的漆雾和 VOCs 废气，收集效率高。

该装置中的框架，在涂装作业时紧贴船舶外板，形成了一个相对封闭的涂装作业场所；在油漆喷枪的周边，设置有吸风口，风机和漆雾过滤箱安装于高空车篮筐下方。作业时操作人员在防护装置内部进行正常喷涂作业，风机运转在吸风口处产生负压，将包含漆雾的空气吸收，并经过漆雾过滤箱的过滤后排出。这样可以有效防止漆雾的扩

散，最大程度的减少涂装作业过程中油漆颗粒物对环境的污染。
主要组成为主体框架、透明包裹、漆雾过滤系统等组成。



四、小结

《中华人民共和国大气污染防治法》的第四十五条规定：产生含挥发性有机物废气的生产和服务活动，应当在密闭空间或者设备中进行，并按照规定安装、使用污染防治设施；无法密闭的，应当采取措施减少废气排放。由于船体等大型工件涂装及补漆较难实施密闭作业，废气收集难度较大，本案例设计采用的收集设施，可在这类废气收集工作中进行推广。

案例十五（涂装—五金）：丽水市某保安用品有限公司

一、企业简介

丽水市某保安用品有限公司，位于青田县温溪镇利益工业区，占地约 30000 平方米，主要从事安防行业和防火门用闭门器的生产和销售，公司拥有 2 条喷漆线，年产 VOCs 量为 108.6 吨。

二、VOCs 产生特征

改造前公司原辅材料为油性漆，敞开式喷漆作业，产品粉尘污染严重，漆雾对员工健康影响很大；喷涂方式为单面喷涂，需要反复喷涂 5 遍，需要耗费大量涂装时间，产生大量的废漆渣、废溶剂。

三、亮点工作

从原辅材料上替代，从而工艺的源头上减少 VOCs 量的产生。

改造后公司的原辅材料改为水性漆，密闭式喷漆作业，产品粉尘污染较少，有效降低了对员工的危害。喷涂方式为 360 度喷涂，只需要喷涂一遍，节约大量的原料及时间，且不会产生废溶剂，且废渣不属于危废。

四、支撑材料

1、改造前后原辅材料成分

1) 改造前

灰色底漆（A 组分）：甲苯 20-25%，醋酸丁酯 5-10%，醋酸乙酯 5-10%，乙二醇丁醚 4%，硝化棉（1/4 黏度）5%，硝化棉（1/2 黏度）14%，锌粉 5%，马林酸树脂 5%，醇酸树脂 25%。

灰色底漆（B 组分）：醋酸丁酯 10-15%，醋酸乙酯 5-10%，异丁醇 5-8%，乙二醇丁醚 5-8%，甲苯 40-45%，二甲苯 20-22%。

硝基白底漆（A 组分）：甲苯 20-25%，醋酸丁酯 5-10%，醋酸乙

酯 5-10%，乙二醇丁醚 4%，硝化棉（1/4 黏度）5%，硝化棉（1/2 黏度）14%，锌粉 5%，马林酸树脂 5%，醇酸树脂 25%。

硝基白底漆（B 组分）：醋酸丁酯 10-15%，醋酸乙酯 5-10%，异丁醇 5-8%，乙二醇丁醚 5-8%，甲苯 40-45%，二甲苯 20-22%。

NC 稀释剂 3312：醋酸丁酯 10-15%，醋酸乙酯 5-10%，异丁醇 5-10%，乙二醇丁醚 5-10%，甲苯 40-45%，二甲苯 15-22%。

HQ200 耐候金属漆：铝金属颜料 5-20%，丙烯酸树脂 60-70%，聚氨酯树脂 10-20%，丁酯 10-20%，二甲苯 2-10%，苯 \leq 0.5%（杂质）。

HQ200 稀释剂：酯类溶剂 100%。

HQ 耐候固化剂：酯类溶剂 \leq 50%，六亚甲基二异氰酸酯 \leq 0.4%。

2) 改造后

水性双组分银漆（A 组分）：环氧乳液 58-65%，铝银浆 11-16%，去离子水 16-20%，滑石粉 6-10%。

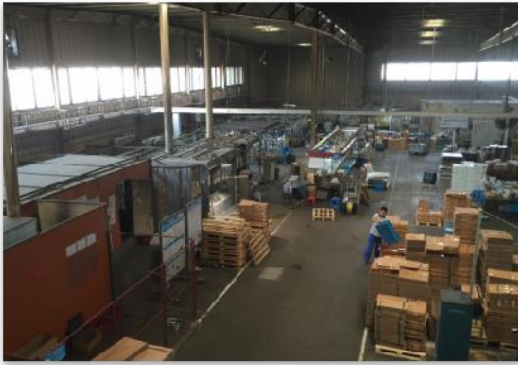
水性双组分银漆（B 组分）：改性胺类固化剂 50-55%，滑石粉 6-10%，去离子水 38-45%。

2、改造前后油漆用量

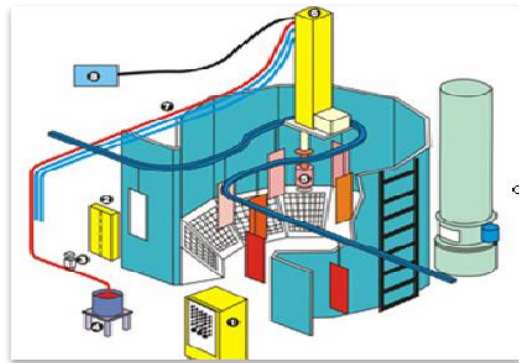
2014-2016 年度产量、油漆用量表

年份	产量 (kg)	油漆用量 (kg)
2014 年	2679609	136483
2015 年	2150313	108513
2016 年	2285312	78323

3、改造前后生产线照片



生产线改造前



生产线改造后

五、投资和运行费用

投资额约 180 万。

六、小结

本案例可以作为涂装行业特别是五金涂装行业的源头替代参考，从原辅材料改进、涂装方式角度进行提升，对较难采用高效末端处理技术的中小企业更为适用。

案例十六（包装印刷—凹版印刷）：温州某科技有限公司

一、企业简介

温州某科技有限公司是一家集热转印花膜、模内贴研发、生产、销售为一体的综合型企业。利用热转印模、内贴技术制作的产品可以在各种各样的塑料、金属、玻璃、木头等介质上任意制作文字图案，应用领域十分广泛，且制作环保、见效快，因此具有广阔的市场前景和极高的推广价值。

公司于 2016 年 2 月份通过国有土地出让获得苍南县龙港西河水深区 A1-02-1 地块，该地块位于苍南县龙港镇世纪大道 1090-1162 号，经过 2 年半的时间，在各级政府的大力支持下，于 2018 年 8 月底完成土建建设项目。总建筑面积 38316 平方米。企业投资约 9000 万元左右用于实施年产 2000 万 m^2 热转印花膜生产线建设投资项目，全部投产后预计达到亿元的产值。

与 VOCs 排放相关的生产工艺包括印刷、检验、复合、熟化、冲膜和包装等，主要生产设备包括凹版印刷机和复合机。

二、VOCs 产生特征

1、车间生产工艺与排放量

1) 印刷车间

企业现有 6 台印刷机，均为汕樟 9 色中速机，目前企业已经安装热泵处理设备，根据现场勘测，每台印刷机烘箱进风风机风量为 3000-5000 m^3/h ，通过收集减风，每台印刷机总排风量为 6000-8000 m^3/h ，浓度约为 1000-2000 mg/m^3 ，溶剂收集量约 1t/d。车间开工率按照 90% 设计，总排风量为 40000 m^3/h 。

2) 涂布车间

企业有 5 台涂布机，每台涂布机 4-5 个烘道，每个风道风机风量

约 1500m³/h，通过收集减风，每台涂布机排放风量约为 2000m³/h，浓度约为 2000-3000mg/m³，溶剂收集量约 1t/d。车间开工率按照 100% 设计，总排风量为 10000m³/h。

2、VOCs 产生的原辅材料种类、年用量、成分及含量

1) 原辅材料用量（据 2019 年 1-3 月用量预估）

油墨：年用量约 95 吨（颜料 30%+合成树脂 25%+乙酸乙酯 20%+乙酸正丙酯 10%+丁脂 10%+其他 5%）

胶水：年用量约 105 吨（合成树脂 50%+乙酯 40%+其他 10%）

溶剂：年用量 120 吨（乙酸乙酯、乙酸正丁酯、异丙醇等）

2) VOCs 废气的主要大气污染因子、废气处理设施风量、废气进口温湿度情况等信息

VOCs 废气信息

废气流量	≤55000m ³ /hr
废气温湿度	<50℃，70%
废气组成	乙酸乙酯、乙酸正丁酯、异丙醇等
溶剂排放量	每小时平均排放量 50kg/h， 溶剂排放平均浓度为 1000mg/m ³ 。
日生产时长	18hr
年生产时长	320 天

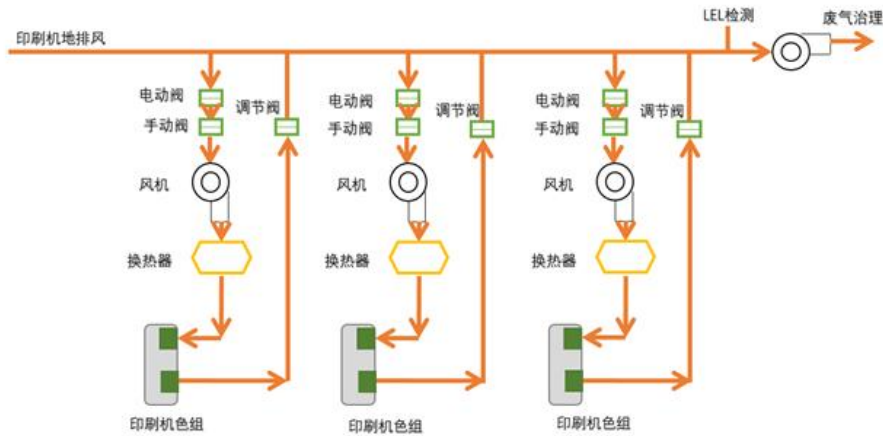
三、亮点工作

1、前端处理方案

每台印刷机外置一个热泵节能系统，将部分地排风通入热泵系统，进行过滤加热（利用催化燃烧的热量产生热水加热），各色组热泵支管道进入烘箱，每节烘箱与热泵系统连接进气口与出气口，这样印刷机烘箱与热泵系统形成一个相对封闭系统，形成热回风循环，减少电加热供热，达到节能效果，同时印刷机烘箱的有机物会转移到热泵系统中，通过变频风机将有机物排放到催化燃烧器进行治理。

结合企业自身生产情况，控制系统根据不同的产品采用不同色数以及烘干风量进行调节，以此来保证产品的质量过关，同时为了更好

的节能与降低风量，通过出风口调节阀控制，从而实现烘箱微负压，保证车间环境的同时不增加排风量。总排风口进行浓度检测，保证烘箱浓度在爆炸下限 25% 以下。



通过烘箱微负压，新风微输送以及地排收集，机器设备的相对密闭处理，使整个空间形成一个微负压的环境。再改良生产工艺从产品使用往食用型包装发展，在使用油墨和胶水等材料要求达到环保无苯无酮型油墨及重金属检测标准等要求，从源头上控制减少 VOCs 产生。

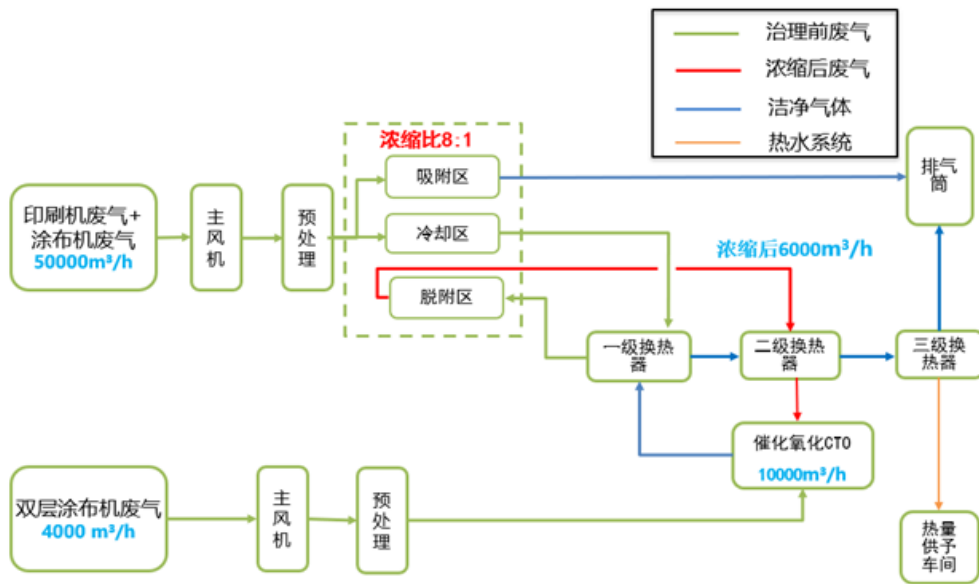
2、废气处理工艺

设计两个排放口，其中印刷机烘箱废气经收集采用“转轮浓缩+催化燃烧+热量回用”工艺处理，涂布机烘箱废气经收集后采用“催化燃烧+热量回用”，废气处理后的排放浓度符合 VOCs 排放浓度小于 $70\text{mg}/\text{m}^3$ 的地标要求。

印刷机废气收集后进入各热泵系统，通过对各烘箱换热后实现浓缩排放，浓缩后气体进入催化燃烧装置，气体经过催化燃烧经过气体换热器（满足催化燃烧热量）和液体换热器（提供印刷机加热热量）后实现热量利用，气体热量利用后达标排放。

涂布机同样经过稳压箱浓缩后，直接进入催化燃烧装置，气体在催化剂作用下反应变成 CO_2 以及 H_2O ，燃烧后的气体经过气体换热器和液体换热器实现热量回用，气体热量利用后达标排放。

工艺流程见下图：



四、支撑材料

1、主要设备

1) 催化燃烧装置

将饱和状态下的活性炭吸附箱中的有机气体源通过引风机作用送入净化装置，首先通过除尘阻火器系统，然后进入换热器，再送入到加热室，通过加热装置，使气体达到燃烧反应温度，再通过催化床的作用，使有机气体分解成二氧化碳和水，再进入换热器与低温气体进行热交换，使进入的气体温度升高达到反应温度。如达不到反应温度，这样加热系统就可以通过自控系统实现补偿加热，使它完全燃烧，这样节省了能源，废气有效去除率达到 97% 以上，符合国家排放标准。

阻火器：由特制的多层金属网组成，可阻止火焰通过，过滤掉气体中较大的颗粒（污物），是本净化装置的安全装置之一。

换热器：板式换热结构，它的作用是利用催化反应放出的热量，加热进口废气，提高热能利用率，减少加热电能。

预热室：由燃烧器加热换热器预热后的废气，提高进气温度达到催化反应条件。

热电阻：采用不锈钢保护管测量进气加热温度及净化温度。

催化床：由多层蜂窝状催化剂组成，为本装置的核心。

防爆器：膜片泄压方式，当设备运行出现异常时，可及时裂开泄压，防止意外事故发生。

风机：采用后引风式，使本装置在负压下工作。

阀门：控制调节气体流量大小。

本净化装置的特点：

用贵金属钯、铂镀在蜂窝陶瓷载体上作催化剂，净化效率高达97%以上，催化剂使用寿命长，且可以再生，气流通畅，阻力小。

安全设施：设有阻火除尘器、泄压口、超温报警等保护设施。

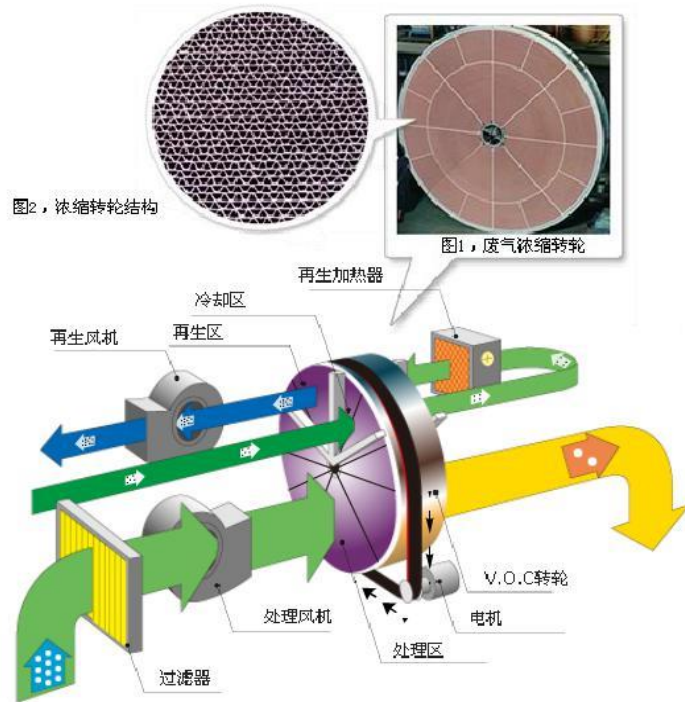
耗用功率：工始工作时，预热15~30分钟全功率加热，正常工作时只消耗风机功率即可。当废气浓度较低时，自动间歇补偿加热。

操作方便：设备工作时，实现自动控制，无需专人看守。占地面积小，使用寿命长。

2) 转轮浓缩装置

转轮吸附材料是可以吸附有机溶剂的疏水性分子筛。转轮被分为3个区域即处理区、冷却区和再生区，转轮在一个电机带动下旋转，旋转速度2-8转/小时。

含有机溶剂的气体从处理区流过后变成相对干净的空气，其有机溶剂含量最低可降至 $70\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，达到国家环保排放要求。部分含有机溶剂的空气在再生风机的作用下从冷却区流过后，被再生加热器加热到 190°C 左右，然后流过转轮的再生区。当再生空气流过转轮时，吸附在转轮上的有机溶剂在高温作用下被脱附出来，同时被再生空气带走。转轮工作时，再生空气与处理空气的比例在 $1/3\sim 1/10$ 之间，再生空气中有机溶剂的浓度最高可达到处理前浓度的5-10倍。



转轮浓缩装置示意图

2、主要设备技术参数

1) 预处理装置：

两级安保过滤装置，共 2 套；

2) 催化氧化装置，共 1 套

设计风量 10000m³/h，天然气加热

催化剂：铂钯贵金属

材质：碳钢

主要配置：热电偶温度计，压力变送器；

3) 热水换热系统，共 1 套

热水换热系统换热量：约 500kw；

4) 转轮浓缩装置，共 1 套

设计风量：50000m³/h

设计吸附浓度：1000-1500mg/m³

浓缩倍数：8:1

转轮脱附浓度：10000g/m³

转轮脱附风量：6000m³/h

转轮脱附温度：180-210°C

五、投资和运行费用

催化燃烧运行能耗：印刷机-涂布机废气处理系统设计风量为50000m³/h，进气浓度为1200mg/m³，经过沸石分子筛转轮浓缩后废气量为6000m³/h，浓缩为10000mg/m³，催化燃烧放热量为350kw，供沸石分子筛转轮换热220kw，可提供热水系统130kw热量，除去热损失，则提供给印刷机的热量为60kw。双层涂布机废气处理设计风量为4000m³/h，进气浓度为3000mg/m³，催化燃烧放热量为50kw，基本可实现自平衡。

催化燃烧炉每天预热0.5h，需要热量300kw，则每天（以18h工作时间计）可实现热能回用为60×18-300=780kw，按每千瓦0.7元计，则一年（按320天计）实现热能回用价值：17万元。

正常的电费一天600度，天然气150立方，则一年（按320天计）预估为40万元/年，人工费用，维护及催化剂更换费用15万/年（10000m³/h）。

六、小结

分子筛吸附浓缩+催化燃烧装置是目前针对中低浓度VOCs废气最高效的处理工艺之一。分子筛对VOCs的浓缩比高、耐温好、寿命长，因为对VOCs的适用性更好；催化燃烧处理效率较高，起燃温度相对较低，可降低能源消耗量。

本案例适合作为凹版印刷企业改造时参考。

案例十七（包装印刷—平版印刷）：台州某包装印刷企业

一、企业简介

企业位于浙江省台州市路桥区，所属行业是包装装潢及其他印刷(C2319)，主要从事平板印刷，一年产能是 600 万只彩色包装盒。VOCs 产生工序主要是印刷产生的废气、印刷机清洗产生的废气。具体设备清单如下：

序号	设备名称	型号	数量
1	三面切书机	QS70	1
2	胶装联动线	SB-09	1
3	骑马钉配页联动线	HTS-30	1
4	马天尼骑马订书机	PRIMERA C110	2
5	全自动锁线机	3215 Ventura	1
6	半自动捆书机	DK800-1	1
7	切纸机	QZY-1370	7
8	折页机	ZYHD-660	7
9	全自动复膜机	SWAFM-1050	1
10	复膜机	SW-1050GL	1
11	复膜机	SW-1200G	1
12	复膜机	SW-560	1
13	纸面压纹机	YW950A 型	1
14	UV 全面上光机	FOR-146A-1650	1
15	海德堡四开 4 色印刷机	XL 75-4	1
16	海德堡对开 10 色印刷机	SM 102-10-P	1
17	海德堡六开 5 色印刷机	SM 52-5	1
18	海德堡四开 5 色印刷机	CD 74-5-C	1
19	海德堡 6+1	XL 105-6+L	1
20	高宝 142 印刷机	RA 142-4	1
21	高宝 750E5 色印刷机	RAPIDA 75-5	1
22	海德堡四开 7 色印刷机	XL 75-7+1	1
23	良明 780 印刷机	RYOBI 750	1
24	海德堡 1+1 印刷机	SM 102-2-P	1
25	对开双面胶印机	CSS920	1
26	海德堡对开 5+1	XL 105-5+1	1

序号	设备名称	型号	数量
27	海德堡对开 2+2	XL 105-2+2	1
28	三菱全张印刷机	5F-5	1
29	高宝 164 印刷机	RA 164-6 FAPC	1
30	CTP 制版机	TS800AL	3
31	CP 冲版机	W-PTP-45CDN	4

二、VOCs 产生特征

主要包括与 VOCs 产生相关的原辅材料种类、年用量、成分及含量见下列表格：

序号	原辅材料名称	技改后用量	备注
1	铜版纸	2000	--
2	白板纸	4000	--
3	白卡纸	800	--
4	双胶纸	300	--
5	不干胶纸	100	--
6	TGS 胶印快干油墨	78	200kg/桶
7	洗车水	8	--
8	异丙醇	0	--
9	玉米淀粉	4.5	--
10	润版液	4	--
11	热熔胶	4	--
12	UV 光油	5	--
13	水性上光油	10	--
14	热敏显影液	14	--
15	CTP 板材	14	万平方米
16	抹布	7	--
17	PP 膜	24	--
18	橡皮布	3	--
19	白乳胶	15	--

VOCs 废气的主要大气污染因子见下表：

原料名	组份	CAS 号	比例 (%)
TGS 胶印快干油墨	合成树脂	--	30
	植物油	--	25
	矿物油	--	25
	颜料	--	15

	辅助剂	--	5
	高沸点矿物油	64742-47-8	12
	催干类助剂	15956-58-8	3
洗车水	D60(脱芳烃溶剂油)	--	90
	山梨酸醇聚氧乙烯醚	--	3
	辛基酚聚氧乙烯醚	--	3
	壬基酚聚氧乙烯醚	--	4
润版液	水	7732-18-5	40
	烷基醚二甘醇	112-34-5	25
	阿拉伯树脂	9000-01-5	10
	非离子性表面活性剂	复合混合物	10
	磷酸钠	7558-80-7	3
	柠檬酸钠	68-04-2	5
	N-烷基吡咯烷酮	2687-94-7	3
	5-氯-2-甲基-4-异噻唑啉-3-酮	26172-55-4	2
	2-溴-2, 硝基-1,3-丙二醇	52-51-7	2
热熔胶	乙烯-醋酸乙烯酯共聚物(EVA)	24937-78-8	70
	氢化树脂	69430-35-9	30
UV 光油	三聚丙二醇二丙烯酸酯	42978-66-5	31
	三羟甲基丙烷三丙烯酸酯	15625-89-5	26
	丙烯酸树脂	9003-01-4	35
	二苯甲酮	119-61-9	7
	助剂	63148-62-9	1
热敏显影液	水	7732-18-5	86
	硅酸钠	6834-92-0	9
	聚醚 L64	9003-11-6	2
	聚丙烯酸	9003-0104	3
水性上光油	乳液树脂	25085-34-1	48
	水溶性树脂	25767-39-9	23
	异丙醇	67-63-0	3
	去离子水	7732-18-5	24
	乳化剂	9004-82-4	2

汇总以上信息，企业设计风量是 20000m³/h。

三、亮点工作

1、原辅料替代。主要从以下三方面进行源头替代：（1）油墨。之前使用的油墨主要成份是矿物油，VOCs 含量在 5%左右；现在使用油墨为 TGS 胶印快干油墨，主要成份为合成树脂、颜料、松香改性酚醛树脂、大豆油、高沸点矿物油、催干类助剂等，含有少量挥发性有机物，根据颜色不同，VOC 含量约在 0.24%~0.35%之间，平均约为 0.3%。（2）润版液。之前使用的润版液含异丙醇，现在是无醇润版液，大大减少了有机物的挥发。

2、生产装备水平提升。因企业生产规模扩大，油墨用量增大，企业改变原有的油墨供应方式，采取了管道输送方式，大大减少了油墨使用过程中 VOCs 的挥发。另外在更换油墨的过程中，油墨清洗方式也产生了很大的影响。之前采用人工手动清洗，产生的挥发性有机物全部无组织挥发；现在采用半自动清洗方式，油墨清洗在半密闭的设备内清洗，减少了有机物的挥发。

四、支撑内容

生产装备水平提升。



（管道供墨筒）



(管道供墨至印刷机)

五、投资和运行费用

企业共投资约 100 万元（设备+管道）

日运行费用约 250 元，无药剂费等。

六、小结

企业采用大豆基等油墨，只能用于平版印刷，凹印、柔印等印刷方式不适用。另外，企业采用管道供墨方式对于油墨用量大的企业适用，小企业成本高，不适用。

案例十八（包装印刷—复合）：海宁市某包装彩印有限公司

一、企业简介

海宁市某包装彩印有限公司创建于 1998 年，公司位于海宁市丁桥镇工业园区，为规模以下小型企业，主要生产食品级塑料包装袋、膜。2018 年企业实施技术改造，项目投产后将形成年产 1680 吨软包装材料生产规模。

生产工艺如下：BOPP/PET/PA 薄膜→印刷→烘干→复合→熟化→制袋→入库。

典型生产设备包括高速印刷机和无溶剂复合机。

二、VOCs 产生特征

VOCs 产生环节主要有印刷、烘干，原辅料种类有油墨、醋酸乙酯、醋酸丁酯和乙酸正丙酯等，设计年用量为油墨 110 吨、醋酸乙酯 35 吨、醋酸丁酯 10 吨和乙酸正丙酯 56 吨。VOCs 废气的主要污染因子为异丙醇、醋酸乙酯、醋酸丁酯和乙酸正丙酯等。RTO 废气治理设施设计处理风量为 10000m³。

三、亮点工作

1、生产装备水平提升

淘汰 2 台干式复合机，更换为无溶剂复合机，不再使用稀释剂，胶水从固含量 75% 改为 100% 的低挥发性胶水，从源头减少 VOCs 使用量。

2、废气高效收集

对复合车间实施密闭化收集，车间废气收集后接入废气处理系统。对原有印刷车间实施改造，按照每台印刷机大小合理设计生产车间，并形成微负压，减少废气无组织排放，同时配套建设 ESO 设备进行

减风增浓，便于后续焚烧处理。ESO 采用独有的平衡送风方式使各干燥烘箱的排风多级利用，在不减少烘箱干燥风量的情况下大幅度减少生产设备的总体排风量，形成浓缩效果，达到节能目的；采用总量控制富集技术，使干燥烘箱内的 VOCs 浓度沿总排风方向逐步升高，并通过调节总排风量控制最高 VOCs 浓度低于爆炸下限的 25%，既可在大幅度减小排风量的同时确保生产安全。

3、提升废气处理效率

淘汰原有的水喷淋+低温等离子处理设施，新建 1 套 RTO 废气处理设施，2019 年 3 月 25 日投入试运行。RTO 废气处理设施将含有 VOCs 气体经旋转阀分配至蓄热室，经蓄热材料预热后进入燃烧室，通过燃烧器将气体加热至 800℃ 以上氧化分解，充分燃烧生成二氧化碳和水，排放的气体符合环保标准。同时配套设置余热回用装置，由于设备具有高热效率（ $\geq 95\%$ ），燃烧释放的能量可给水箱加热，加热后的热水反哺印刷机，给印刷机以及烘箱供热，增强资源利用效率，降低生产运营成本。

四、支撑材料

1、生产装备水平提升

干式复合机车速为 120m/min，配套烘干系统；提升后的无溶剂复合机车速为 375 m/min，无烘干系统。通过生产装备提升，胶水从固含量 75% 改为 100% 的低挥发性胶水，可减少醋酸乙酯使用量约 60 吨/年、减少胶水使用量 26 吨/年，运行成本降低 60%。



复合生产车间：无溶剂复合机



胶水装置（双组份 PU 粘合剂、双组分聚氨酯粘合剂 1:1 配比）

2、车间密闭及 ESO 设备



印刷车间

3、废气治理设施

RTO 主要工艺运行和控制参数：设计处理风量 10000m³/h，处理负荷范围 30%~100%，热效率≥95%，VOCs 处理效率≥99%，高温滞留时间≥1.0s，燃烧室温度 750℃~950℃。



RTO 废气处理设施

五、投资和运行费用

投资费用如下：装修投资 20 万元，ESO 设备投资 60 万元，RTO 废气处理设施投资 180 万元，天然气投资 20 万元。

运行费用如下：每天平均用气 200-350m³，费用 700-1225 元/天。

六、小结

1、优点

1.实现源头控制，减少含 VOCs 原辅料使用量；加强过程管控，生产车间从大车间密闭改为生产线小范围密闭，并形成微负压，减少无组织排放；强化末端治理，采用高效治理技术，提高废气处理效率，污染物排放明显减少。

2.配置 ESO 设备，并通过调节总排风量控制最高 VOCs 浓度低于爆炸下限的 25%，确保生产安全。

3.设置余热回用装置，燃烧释放的能量可给水箱加热，加热后的热水反哺印刷机，给印刷机以及烘箱供热，增强资源利用效率，降低生产运营成本。

2、缺点

企业属于小型企业，目前实行1班12小时生产，RTO废气处理设施再启用时需使用天然气加热升温，增加了天然气用量。

3、适用范围

建议在包装印刷行业连续性生产的企业中使用。

案例十九（制鞋）：温州某鞋业股份有限公司

一、企业简介

温州某鞋业股份有限公司温州生产基地位于永嘉县瓯北镇，位于王家圩路的老厂区占地面积 37989 平方米，建筑面积 48120 平方米，位于五星村的新产区占地面积 54723 平方米，建筑面积 93719.7 平方米。现老厂区有 12 条生产制鞋流水线，年生产能力可达 600 万双，新厂区有 8 条生产制鞋流水线，年生产能力可达 220 万双。

公司自创办以来积极寻求商品与文化的交融、企业与社会、人与自然的和谐，倡导社会责任理念和生态文明建设，注重环保和节能减排，率先在行业中通过了环境、质量、职业健康安全体系认证，率先在行业中推行清洁生产，通过节能环保技术手段的应用，有效降低了能耗，实现了污染物减量化、无害化和达标排放。

二、VOCs 产生特征

长期以来，胶粘皮鞋都是采用含有 VOCs 的溶剂型粘合剂（油性 PU 胶）作为胶粘的主体材料。溶剂型粘合剂的使用是导致制鞋过程 VOCs 污染的关键因素。

三、亮点工作

使用环保型水性 PU 胶替换油性 PU 胶可从源头上减少 VOCs 的排放。通过多次试验，公司加深了对水性 PU 胶特性的认识，掌握了应用水性 PU 胶的工艺技术。

水性 PU 胶的应用明显改善了车间空气质量。2008 年苯含量在 0.5-1.2mg/m³ 之间，2009 年 <0.05mg/m³，2010-2011 年未检出。甲苯的检测指标从 2006 年-2008 年的平均 20mg/m³ 左右，下降到 2011 年 1.11mg/m³。二甲苯未检出。达到了从源头治理的目的。

四、支撑材料

1、水性 PU 胶与油性 PU 胶的技术指标对比

水性PU胶指标					
序号	项目	单位	GB/19340-2003 标准要求	水性PU胶检 验结果	评价
1	苯	g/kg	≤5.0	未检出	合格
2	甲苯二甲苯	g/kg	≤200	未检出	合格
3	初粘性	N/mm	≥1.0	7.9	合格
4	剥离强度	N/mm	≥4.0	14.0	合格
5	耐老化性	N/mm	≥4.0	13.1	合格
油性PU胶指标					
序号	项目	单位	GB/19340-2003 标准要求	水性PU胶检 验结果	评价
1	苯	g/kg	≤5.0	未检出	合格
2	甲苯二甲苯	g/kg	≤200	185	合格
3	初粘性	N/mm	≥1.0	1.6	合格
4	剥离强度	N/mm	≥4.0	11.2	合格
5	耐老化性	N/mm	≥4.0	10.4	合格

2、水性 PU 胶使用现场



五、小结

水性 PU 胶相比于传统的油性 PU 胶具有以下优势：

- 1、不含或少含 VOCs，对人体和生态环境无危害。
- 2、不易燃易爆，储藏安全，无消防隐患，高固含量。

3、PU 树脂含量达到 50%，是传统油性产品的 3-4 倍，因此可以达到高于油性产品的后期粘合效果。

4、水性 PU 胶不易挥发，明显减少浪费。水性 PU 胶可采用一次胶流程以及超薄的涂布，明显节省用量。

使用水性 PU 胶替换油性 PU 胶可从源头上减少制鞋过程 VOCs 的排放，适合作为制鞋企业改造时参考。

案例二十（涂装—钢琴行业）：德清县钢琴行业

一、行业简介

德清钢琴产业发端于 1985 年在德清县洛舍镇成立的湖州钢琴厂，这是中国内地第五家钢琴制造企业。1994 年湖州钢琴厂改制解体后，厂内走出的数十位技术工人纷纷自行办厂，经过 30 多年的发展逐渐形成了德清洛舍钢琴产业块状经济。目前，德清县共集聚钢琴制造及配件企业 147 家，从业人员 3500 余人，年产钢琴 5 万多台、约占全国总产量的 1/8，品牌影响力日趋扩大，涌现出杰士德、乐韵、华谱等一批初具规模的钢琴生产企业，产品出口欧洲、东南亚等 20 多个国家和地区。

二、VOCs 产生特征

钢琴企业在外壳、铁盘油漆过程中产生 VOCs，使用苯乙烯作为稀释剂。与普通喷漆相比，钢琴漆在亮度、致密性特别是稳定性上的要求高出很多，钢琴油漆工艺废气处理难度相对更大，目前国内尚无在钢琴外壳加工过程中利用低挥发性水性漆的成功案例。

三、存在问题

德清县钢琴业存在的普遍问题如下：

1) 治污设施不够完善

部分涉及油漆工艺的钢琴企业（个体）生产规模小，治污设施不齐全、设备老化或部分生产环节无污染治理设施等情况较为普遍。

2) 环境管理不够规范

部分企业污染防治日常自身管理要求不够高，意识不够强，导致相应的管理水平较为滞后。

四、亮点工作

为有序推进钢琴业整治，德清县印发了《德清县钢琴行业挥发性

有机物（VOCs）专项整治行动方案（德治气办发[2018]19号)》。通过整治，累计关停淘汰企业 20 家，淘汰污染油漆生产线 38 条，完成原地整治提升企业 10 家，启动“钢琴小镇”建设工作，已规划 680 亩土地用于钢琴企业（个体）搬迁集聚。园区一期 70 亩 8 万平方米标准厂房已建成，14 家钢琴企业入驻。园区二期 70 亩 8.2 万平方米标准厂房已建成，17 家钢琴企业入驻。预计项目建成投产后可年产 1 万台钢琴及部分配件，年产值 3 亿元。



钢琴园区

为提升集聚区废气处理水平，已委托环保专家研究集中喷涂中心建设实施方案。全力规范钢琴企业合法有序生产，优化产业结构和区域布局，提升工艺装备、污染防治和清洁生产水平，促进钢琴行业健康、规范和可持续发展。

部分龙头企业也对钢琴生产前段进行了源头控制，建设静电喷涂、淋涂等涂料附着力高、VOCs 产生量小的涂装工艺，并在积极研发水性底漆，争取技术成熟、市场接受后可以进行替代。对原有无序的打磨、切割粉尘进行收集，建设相应的除尘设施，提高整个厂区的工作环境。



打磨车间粉尘收集设施



粉尘处理设施

五、小结

本案例针对散乱污企业及集群采用了分类措施，关停淘汰力度大，通过建设产业园对小企业进行集聚，优化产业结构和区域布局，提升工艺装备、污染防治和清洁生产水平，建议作为散乱污治理时参考。

案例二十一（涂装—卫浴行业）：萧山区卫浴行业

一、行业简介

萧山区卫浴行业主要分布在瓜沥镇、党湾镇、南阳街道等地区，主要生产浴缸、台盆、淋浴房、浴室柜等卫生洁具制品。

二、VOCs 产生特征

卫浴行业在生产过程中的 VOCs 废气主要来自于木材粘合、PVC 吹塑成型、表面涂装等工序。由于所使用的涂料主要为溶剂型涂料，且仅通过水帘处理后直接排放，导致 VOCs 排放量大、影响面广。

三、存在问题

1) 企业数量多，整治前企业总数量为 526 家，规模普遍偏小，生产及污染治理设施使用不规范，VOCs 废气基本处于直排状态，导致“散、乱、污”问题突出，严重阻碍整个区域环境质量提高。

2) 卫浴行业所需的生产装备较为简单，进入门槛较低，很多卫浴企业（作坊）是外来人口租用本地厂房开办，环保意识淡薄，各类手续不齐，不是在正规厂房生产，有些甚至是农民房架空层作坊式的生产。大部分卫浴企业员工数量不足 10 人，管理比较粗糙。

3) 个别镇街个别村（社区）呈现高密度的卫浴加工集群，虽然单个企业排污量小，但集聚后总量增大，容易对大气产生影响，对百姓生活带来一定影响。

四、亮点工作

对全区 526 家卫浴企业进行集中整治，通过整治验收企业 70 家，其余 456 家企业全部实施关停取缔，并在 2017 年 11 月 8 日前全面“三清”到位。累计拆违企业 86 家，拆违面积达到 59577 平方。整治过程中的主要做法如下：

（一）统一整治标准

严格按照区委区政府提出“卫浴企业必须在合法场所内生产经营”和“一票否决”的验收标准和“三清、两断、一注销”的关停标准一以贯之执行到位。

（二）合理分工协同推进

为加大整治推进力度，由经信、环保、安监、消防、国土、规划等部门抽调人员建立工作组，其中四个小组分区域进行督查指导，一个小组在瓜沥设立受理中心，受理验收申请、工商营业执照注销等申请以及政策咨询等。

在推进过程中，对不配合工作的企业，联合萧山国税局、区地税局配合镇街开展执法检查，通过执法倒逼的手段促使企业关停、“三清”到位。同时，及时对申请整治验收企业现场验收和指导督查，督促企业按规定标准及时整改到位。

（三）合理有序发展

对2016年规上企业或2016年亩产效益综合评价为A类和B类且原经过环保部门合法审批的企业，在取得合法生产场所后，支持其继续从事卫浴生产和销售。其中场所仍在原地的，直接予以核准生产；场所发生变更的，在符合环境功能区划的相关要求下予以核准生产。个别企业还建设了吸附浓缩+催化燃烧的高效治理设施。

在瓜沥和益农寻找合适的区域，利用合法的闲置厂房或闲置土地，规划建设了一定面积的卫浴行业小微企业园区。支持优质小微卫浴企业入园集聚发展，对喷漆、打磨等污染较重的生产工艺环节，实现统一生产加工、统一污染治理，并安装污染在线监测监控装置，强化对排污行为的监管。

（四）强化信息公开

对70家初步通过整治验收准予保留卫浴生产和销售资质的卫浴企业，分别在瓜沥镇、益农镇和南阳街道进行公示，接受群众的监督和举报，确保整治结果公正、公平、公开。

萧山电视台、萧山日报每日在整治期间每日都对卫浴行业专项整治工作进行连续报道，宣传报道组对网上、微信、微博上的舆情进行监控，并及时进行处置。区公安分局还针对出现的 2 起企业主和职工聚集事件及时进行处置。

（五）实施网格化管理

全区特别是东片区域镇街要对全区域进行网格化管理，落实人员分区域定期进行巡查，一是加强对整治提升的监督，二是防止关停取缔企业在原生产区域“死灰复燃”，三是防止卫浴企业非法流入。对巡查发现的违法企业，在违法场所内的由镇街采用拆违手段及时进行处理；在合法场所内的，镇街及时向环保、消防、安监等相关部门反映，由相关职能部门依法进行处理。

五、小结

本案例针对散乱污企业及集群按照“先整治、再规范、后发展”的工作思路进行集中整治，关停、拆违力度大，整治过程中形成了一系列制度化的经验做法，建议作为散乱污治理时参考。