

广东省涉 VOCs 典型行业综合治理实例汇编 (第一批)

广东省生态环境厅

二〇二二年五月

目 录

总则.....	1
1. 源头替代.....	5
1.1 金属表面涂装业.....	5
案例一 1#企业.....	5
案例二 2#企业.....	7
案例三 3#企业.....	8
案例四 4#企业.....	10
案例五 5#企业.....	11
案例六 6#企业.....	12
1.2 家具制造业.....	14
案例七 7#企业.....	14
案例八 8#企业.....	15
案例九 9#企业.....	16
案例十 10#企业.....	17
案例十一 11#企业.....	18
案例十二 12#企业.....	20
案例十三 13#企业.....	22
1.3 印刷业.....	23
案例十四 14#企业.....	23

案例十五 15#企业.....	25
案例十六 16#企业.....	26
1.4 人造石制造业.....	27
案例十七 17#企业.....	27
2 过程控制.....	29
2.1 电子元件制造业.....	29
案例十八 18#企业.....	29
案例十九 19#企业.....	33
2.2 印刷业.....	37
案例二十 20#企业.....	37
2.3 塑料制品制造业.....	39
案例二十一 21#企业.....	39
案例二十二 22#企业.....	40
案例二十三 23#企业.....	42
案例二十四 24#企业.....	43
案例二十五 25#企业.....	45
2.4 制鞋业.....	48
案例二十六 26#企业.....	48
案例二十七 27#企业.....	51
2.5 金属表面涂装业.....	55
案例二十八 28#企业.....	55
案例二十九 29#企业.....	57

2.6 油墨及类似产品制造业.....	60
案例三十 30#企业.....	60
2.7 其他行业.....	64
案例三十一 31#企业.....	64
3 末端治理.....	66
3.1 涂料、油墨、颜料及类似产品制造业.....	66
案例三十二 32#企业.....	66
案例三十三 33#企业.....	68
案例三十四 34#企业.....	69
案例三十五 35#企业.....	71
案例三十六 36#企业.....	73
3.2 金属表面涂装业.....	76
案例三十七 37#企业.....	76
案例三十八 38#企业.....	77
案例三十九 39#企业.....	79
案例四十 40#企业.....	80
案例四十一 41#企业.....	83
案例四十二 42#企业.....	84
3.3 塑料制品制造业.....	86
案例四十三 43#企业.....	86
案例四十四 44#企业.....	87
3.4 电子元器件制造业.....	90

案例四十五 45#企业.....	90
案例四十六 46#企业.....	91
案例四十七 47#企业.....	93
3.5 印刷业.....	96
案例四十八 48#企业.....	96
案例四十九 49#企业.....	97
案例五十 50#企业.....	100
案例五十一 51#企业.....	102
案例五十二 52#企业.....	104
3.6 其他行业.....	106
案例五十三 53#企业.....	106

总则

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法》，落实党中央、国务院对大气污染防治工作的要求，加快先进污染防治技术示范、应用和推广，我厅组织有关单位筛选了一批**源头替代、过程管理、末端治理**三个方面分别具有代表性和参考价值的挥发性有机物（VOCs）综合治理案例，形成广东省涉 VOCs 典型行业综合治理实例汇编（第一批）。

本文本从源头管理/替代、过程控制、末端治理三个方面，累计介绍了 53 个具体案例（如下表所示），其中源头替代案例有 17 家，涉及金属表面涂装业（6 家）、家具制造业（7 家）、印刷业（3 家）、人造石制造业（1 家）等主要使用涂料、油墨、稀释剂、胶黏剂、清洗剂等产品的企业；过程控制案例有 14 家，涉及电子元件制造业（2 家）、印刷业（1 家）、塑料制品制造业（5 家）、制鞋业（2 家）、金属表面涂装（2 家）、涂料油墨及类似产品制造（1 家）、其他行业（1 家）等企业；末端治理案例共计 22 家，包括涂料油墨及类似产品制造（5 家）、金属表面涂装（6 家）、塑料制品制造（2 家）、电子元器件制造（3 家）、印刷业（5 家）、其他行业（1 家）等企业，主要涉及的治理技术类型以热力氧化法为主。

表1 广东省涉 VOCs 典型行业综合治理实例汇编企业名录（第一批）

案例序号	企业名称	详细地址	行业名称 (参考 GB/T4754-2017)	单套 VOCs 治理 设施风量(m ³ /h)	示范环节	示范内容简述
1	1#企业	东莞市	变压器、整流器和电感器制造(C3821)	/	源头替代	100%低 VOCs 原辅料替代
2	2#企业	东莞市	金属结构制造(C3311)	/	源头替代	100%低 VOCs 原辅料替代
3	3#企业	东莞市	金属结构制造(C3311)	/	源头替代	100%低 VOCs 原辅料替代
4	4#企业	深圳市	家用通风电器具制造(C3853)	/	源头替代	100%粉体涂料使用
5	5#企业	东莞市	电梯、自动扶梯及升降机制(C3435)	/	源头替代	100%粉体涂料使用
6	6#企业	江门市	金属结构制造(C3311)	/	源头替代	100%低 VOCs 原辅料替代
7	7#企业	深圳市	木质家具制造(C2110)	/	源头替代	100%低 VOCs 原辅料替代
8	8#企业	佛山市	木质家具制造(C2110)	/	源头替代	97%低 VOCs 原辅料替代
9	9#企业	珠海市	木质家具制造(C2110)	/	源头替代	85%低 VOCs 原辅料替代
10	10#企业	佛山市	木质家具制造(C2110)	/	源头替代	100%低 VOCs 原辅料替代
11	11#企业	东莞市	木质家具制造(C2110)	/	源头替代	90%低 VOCs 原辅料替代
12	12#企业	东莞市	木质家具制造(C2110)	/	源头替代	78%低 VOCs 原辅料替代
13	13#企业	东莞市	金属家具制造(C2130)	/	源头替代	100%低 VOCs 原辅、无 VOCs 原辅材料替代
14	14#企业	深圳市	书、报刊印刷(C2311)	/	源头替代、 过程管理	1、无溶剂复合；2、涉 VOCs 原辅料通过管道输送
15	15#企业	东莞市	包装装潢及其他印刷(C2319)	/	源头替代	无溶剂复合
16	16#企业	东莞市	包装装潢及其他印刷(C2319)	/	源头替代	90%低 VOCs 原辅料替代
17	17#企业	云浮市	其他建筑材料制造(C3039)	/	源头替代	90%低 VOCs 原辅料替代
18	18#企业	东莞市	显示器件制造(C3974)	/	过程管理	1、全密闭的生产设备和车间；2、再作业手动洗净 拆分台及自动设备洗净装置
19	19#企业	东莞市	电子电路制造(C3982)	/	过程管理	1、规范的涉 VOCs 物料及废弃物存储、输送及危废 管理；2、全密闭的生产设备和车间
20	20#企业	东莞市	书、报刊印刷(C2311)	/	过程管理	涉 VOCs 原辅料通过管道输送

案例序号	企业名称	详细地址	行业名称 (参考 GB/T4754-2017)	单套 VOCs 治理 设施风量(m ³ /h)	示范环节	示范内容简述
21	21#企业	东莞市	塑料零件及其他塑料制品制造 (C2929)	/	过程管理	密闭一体化全自动喷涂
22	22#企业	东莞市	塑料零件及其他塑料制品制造 (C2929)	/	过程管理	中央集中供漆系统、密闭一体化全自动喷涂车间和喷涂设备
23	23#企业	东莞市	塑料零件及其他塑料制品制造 (C2929)	/	过程管理	密闭一体化全自动喷涂车间和喷涂设备
24	24#企业	惠州市	塑料零件及其他塑料制品制造 (C2929)	/	过程管理	1、双螺杆挤出机末端真空泵连接及油污暂存罐 2、真空泵系统第二级除油罐
25	25#企业	佛山市	塑料零件及其他塑料制品制造 (C2929)	/	过程管理	围闭式的生产工序
26	26#企业	广州市	皮鞋制造 (C1952)	/	过程管理	1、生产线进行缩短简化、设备进行技能改造,实现面底同层作业; 2、包围型集气罩收集成型工序的涂胶工位有机废气,下方有脚踏板控制隔离窗的升降; 3、旧物利用改造矿泉水瓶减少待用胶水的挥发
27	27#企业	肇庆市	皮鞋制造 (C1952)	/	过程管理	全密闭的成型生产线
28	28#企业	珠海市	电线、电缆制造 (C3831)	/	过程管理	1.采用密闭包围型的集气方式,收集漆包线浸漆工位有机废气; 2.调漆采用自动泵取,原辅材料通过密闭管道式输送
29	29#企业	中山市	金属结构制造 (C3311)	/	过程管理	全密闭的喷涂生产线,机械手自动静电喷漆
30	30#企业	肇庆市	油墨及类似产品制造 (C2642)	/	过程管理	水性油墨生产过程中转运工序采用密闭的储罐进行转运,研磨调色和包装过程采用全密闭的管道输出,采用全自动灌装方式
31	31#企业	广州市	初级形态塑料及合成树脂制造 (C2651)	/	过程管理	1、原辅材料管道输送、密闭混料; 2、车间围闭
32	32#企业	东莞市	涂料制造业 (C2641)	250000	末端治理	分子筛转轮吸附浓缩 (KPR) +3 室蓄热式高温氧化装置 (RTO)
33	33#企业	江门市	涂料制造业 (C2641)	60000	末端治理	沸石转轮吸附浓缩+蓄热式高温氧化装置 (RTO)
34	34#企业	东莞市	涂料制造业 (C2641)	150000	末端治理	2 级沸石转轮吸附浓缩+3 室蓄热式高温氧化装置 (RTO)

案例序号	企业名称	详细地址	行业名称 (参考 GB/T4754-2017)	单套 VOCs 治理 设施风量(m ³ /h)	示范环节	示范内容简述
35	35#企业	东莞市	涂料制造业 (C2641)	48000	过程管理、末端治理	1、密闭一体化全自动生产程度高; 2、蓄热式燃烧技术 (RTO)
36	36#企业	清远市	涂料制造业 (C2641)	6000	末端治理	催化燃烧处理技术 (CO)
37	37#企业	东莞市	金属表面处理及热处理加工 (C3360)	80000	末端治理	水喷淋+干式过滤/除尘+活性炭吸附浓缩+催化燃烧技术 (CO)
38	38#企业	肇庆市	金属表面处理及热处理 (C3360)	160000	末端治理	活性炭吸附脱附+催化燃烧技术 (CO)
39	39#企业	清远市	金属表面处理及热处理加工 (C3360)	100000	末端治理	蓄热式燃烧技术 (RTO)
40	40#企业	广州市	汽车零部件及配件制造 (C3670)	1500~2500	末端治理	活性炭再生-蓄热式催化燃烧技术 (RCO)
41	41#企业	清远市	金属表面处理及热处理加工 (C3360)	50000	末端治理	蓄热式燃烧技术 (RTO)
42	42#企业	东莞市	照明灯具制造 (C3872)	98000	末端治理	水喷淋+干式过滤器+活性炭吸附+蓄热式催化燃烧系统技术 (RCO)
43	43#企业	广州市	塑料薄膜制造 (C2921)	80000	末端治理	蓄热式燃烧技术 (RTO)
44	44#企业	清远市	塑料板、管、型材制造 (C2922)	23000	末端治理	活性炭纤维吸附+蒸汽脱附再生
45	45#企业	清远市	电子电路制造 (C3982)	36000	末端治理	蓄热式燃烧技术 (RTO)
46	46#企业	东莞市	电子电路制造 (C3982)	25000	末端治理	蓄热式燃烧技术 (RTO)
47	47#企业	东莞市	显示器制造 (C3974)	32500	末端治理	沸石转轮吸附浓缩/脱附+催化燃烧技术 (CO)
48	48#企业	清远市	包装装潢及其他印刷 (C2319)	36000	末端治理	蓄热式燃烧技术 (RTO)
49	49#企业	东莞市	包装装潢及其他印刷 (C2319)	110000	末端治理	高效活性炭纤维 (ACF) 吸附脱附+催化燃烧技术 (CO)
50	50#企业	深圳市	包装装潢及其他印刷 (C2319)	100000	末端治理	蓄热式燃烧技术 (RTO)
51	51#企业	东莞市	塑料薄膜制造 (C2921)	100000	末端治理	蓄热式燃烧技术 (RTO)
52	52#企业	东莞市	包装装潢及其他印刷 (C2319)	39000	末端治理	蓄热式燃烧技术 (RTO)
53	53#企业	东莞市	技术玻璃制品制造 (C3051)	30000	末端治理	干式过滤器+活性炭吸附床+脱附催化燃烧技术 (CO)

1. 源头替代

源头替代是 VOCs 控制的有效方式之一，主要指通过设备或技术改造、工艺或流程改革、改变产品配方或设计及原料替代等，减少 VOCs 排放到大气环境中。基于《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019）、《重点行业挥发性有机物综合治理方案》（环大气〔2019〕53 号）的有关控制要求和控制对象，考虑到该方案对全国范围内 VOCs 综合治理工作具有指导性作用，本实例汇编涉 VOCs 原辅料产品低 VOCs 含量指以质量比低于 10% 为标准。为了确保筛选的示范案例具有很好的代表性、参考性及可操作性，本实例汇编选取低 VOCs 含量产品替代率为 80% 以上的企业作为示范企业，包括涂料、油墨、稀释剂、胶黏剂、清洗剂等产品，主要涉及金属表面涂装业、家具制造业、印刷业、人造石制造业等低 VOCs 含量原辅材料替代工艺较为成熟的行业企业。

1.1 金属表面涂装业

案例一 1#企业

关键示范技术：企业采用低挥发性的绝缘漆及水性漆，基本实现低 VOCs 原辅料全面替代。

基本情况：1#企业位于东莞市，属于变压器、整流器和电感器制造业（C3821），主要从事交流稳定器、调压器、电力变压器、配电柜的生产及加工，主要产品有油浸式变压器、干式变压器及特种变压器等。

生产工艺：企业使用的原辅料类型主要为不含 VOCs 的铜材、钢材、硅钢片以及含 VOCs 的绝缘漆及水性防锈漆等，VOCs 主要来源于绝缘漆和水性防锈漆的使用。对水性漆使用而言（图 1.1-1），其主要生产工艺流程为下料—冲压—折弯—拼接—除锈—防锈（水性漆）—半成品；对于绝缘漆而言（图 1.1-2），其生产工艺为裁剪—卷绕—铁心退火—刷绝缘漆—晾干—组装。

低原辅材料替代情况：根据企业提供的绝缘漆及水性防锈漆物质安全说明书（MSDS）显示，其绝缘漆为不含苯的双组分，总 VOCs 含量为 5%左右。水箱防锈漆 VOCs 含量仅约为 0.4%。从其使用情况来看，经现场调研，该企业除上述绝缘漆及水性防锈漆外，未使用其他任何油性原辅料（如天那水、稀释剂、洗枪水等），企业从投产起一直采用该生产工艺，即采用 100%低 VOCs 含量原辅料。

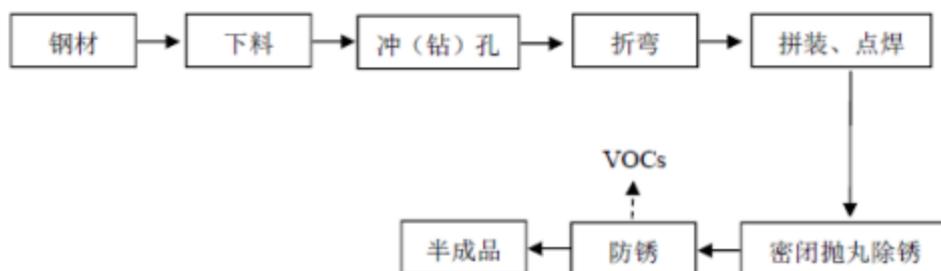


图 1.1-1 夹件生产工艺流程（水性漆生产使用）

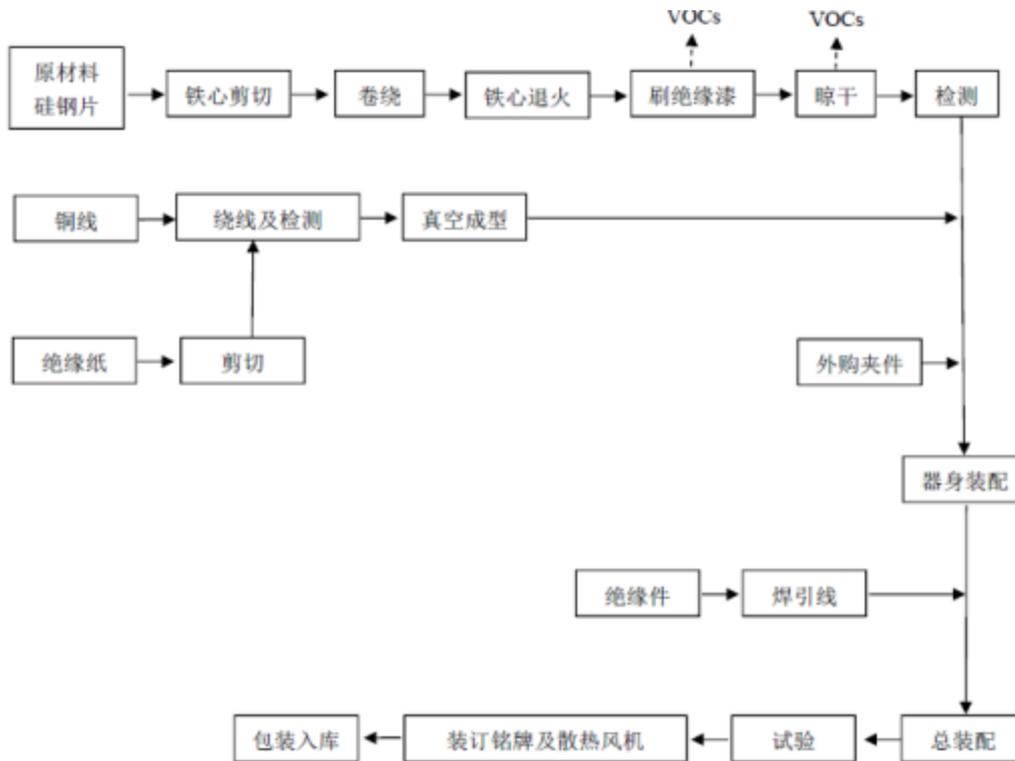


图 1.1-2 H 级绝缘干式变压器生产工艺流程（绝缘漆生产使用）

案例二 2#企业

关键示范技术：企业水性防锈漆（水性无机硅酸锌底漆），基本实现低 VOCs 原辅料全面替代。

基本情况：2#企业位于东莞市，属于金属结构制造业（C3311），主要从事钢结构加工、安装，主要产品为钢构件。

生产工艺：企业所使用原辅料主要为钢材（低合金钢）、焊丝以及涉 VOCs 的水性防锈漆，VOCs 主要来源于水性防锈漆的使用。主要生产工艺为钢材—下料—裁剪—校正—焊接—打砂—喷漆—成品（图 1.1-3）。外购钢材下料后经切割成所需规格后，经剪板机或钻床

加工各零部件，然后焊接组立，经校正后进行装配，再经手工焊接成型，后经抛丸机除锈打磨光滑，再喷上油漆，最后即得成品出货。

低原辅材料替代情况：根据企业提供的水性防锈漆物质安全说明书（MSDS）显示，其水性防锈漆为水性无机硅酸锌底漆，主要成分为锌粉、硅溶胶、乳液以及水，结合经验及现场调研，该物料 VOCs 含量为 3%左右。从其使用情况来看，经现场调研，该企业除上述水性防锈漆外，没使用其他任何油性原辅料（如天那水、稀释剂、洗枪水等），且企业从投产起一直采用该生产工艺，即采用 100%低 VOCs 含量原辅料，其他类似生产企业可以此作为示范参考。

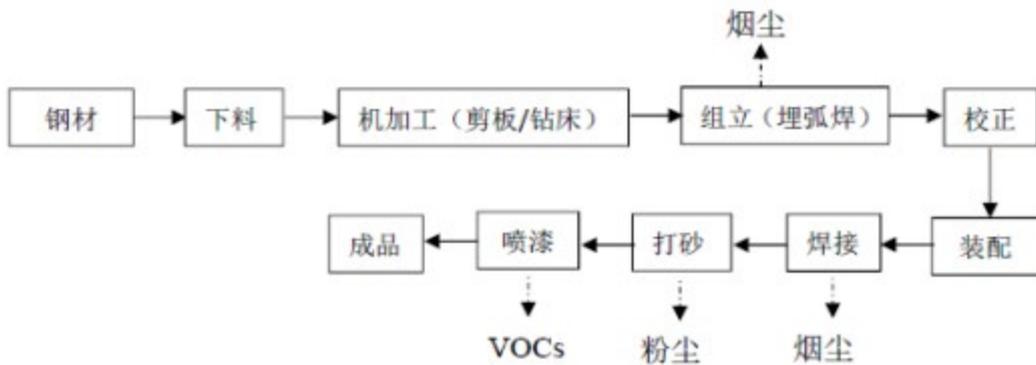


图 1.1-3 生产工艺流程图

案例三 3#企业

关键示范技术：企业使用水性金属防锈漆，基本实现低 VOCs 原辅料全面替代。

基本情况：3#企业位于东莞市，属于金属结构制造行业（C3311），主要从事钢结构加工、安装，主要产品为钢构件，包括 H 钢、C 型钢

及彩板。

生产工艺：企业产品使用原辅料主要为钢材（低合金钢）、焊丝以及含 VOCs 的水性防锈漆，VOCs 主要来源于水性防锈漆的使用。主要生产工艺为钢材—切割—裁剪—组立—焊接—打砂—校正—装配—焊接—除锈—喷漆—成品（图 1.1-4）。外购钢材下料后经切割成所需规格后，经剪板机或钻床加工各零部件，然后焊接组立，经校正后进行装配，再经手工焊接成型，后经抛丸机除锈打磨光滑，喷漆后成品。

低原辅材料替代情况：根据企业提供的水性金属防锈漆物质安全说明书（MSDS）显示，其水性金属防锈漆主要成分为丙烯酸类共聚物乳液、颜料、表面活性剂以及软水，该物料 VOCs 含量约为 7.5%。从其使用情况来看，该企业除上述水性金属防锈漆外，没使用其他任何油性原辅料（如天那水、稀释剂、洗枪水等），且企业从投产起一直采用该生产工艺，即使用 100%低 VOCs 含量原辅料。

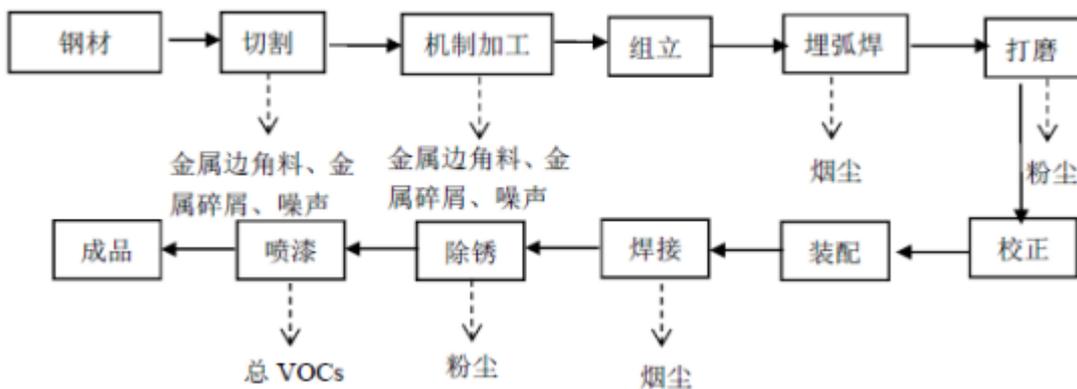


图 1.1-4 生产工艺流程图

案例四 4#企业

关键示范技术：企业使用粉末涂料，基本实现低 VOCs 原辅料全面替代。

基本情况：4#企业位于深圳市，属于家用通风电器具制造业（C3853），产品包括电风扇、电暖器、换气扇、养生机、加湿机、空净机、电压力锅、电饭煲、电磁炉等系列小家电。

生产工艺：企业全部采用粉末涂料，采用全自动静电回转喷粉生产线，主要原理为静电发生器通过喷枪枪口的电极针向工件方向的空间释放高压静电（负极），该高压静电使从喷枪口喷出的粉末和压缩空气的混合物以及电极周围空气电离（带负电荷）。工件经过挂具通过输送链接地（接地极），喷枪和工件之间形成一个电场粉末在电场力和压缩空气压力的双重推动下到达工件表面，依靠静电吸引在工件表面形成一层均匀的涂层。

低原辅材料替代情况：根据企业提供的粉末涂料 MSDS 来看，其主要成分为环氧树脂、聚酯树脂、助剂以及颜料，其中助剂主要目的为流平、消光、脱气、固化以及纹理等，大部分为高温（120°C）易挥发的有机物。4#企业喷粉烘烤温度约为 180°C，未达到树脂的裂解温度（300°C），故其 VOCs 主要来源于粉体涂料的助剂挥发即约为 4%。经现场调研，企业原来使用油性涂料进行生产，经生产工艺改造后，全部使用粉体涂料。

案例五 5#企业

关键示范技术：企业使用粉末涂料，基本实现低 VOCs 原辅料全面替代，VOCs 产生量削减比例高达 81%。

基本情况：5#企业位于东莞市，属于电梯、自动扶梯及升降机制制造业（C3435），主要从事电梯加工生产，主要产品包括直梯、扶梯以及人行道等。

生产工艺：企业使用原辅料主要为钢材、硅钢片，以及 VOCs 的粉末涂料，VOCs 主要来源工序为喷漆和喷粉，其喷粉工序固化阶段产生的 VOCs 排放量极低，具体生产工艺流程见图 1.1-5。

低原辅材料替代情况：该企业使用的粉末涂料为聚酯树脂粉，是一种新型的、不含溶剂，100%固体粉末状涂料，具有不用溶剂、无污染，节省能源和资源，减轻劳动强度和涂膜机械强度高等特点。该企业 2017 年 VOCs 产生量约为 5.4 吨，实施源头替代后，企业 VOCs 产生量约为 1 吨，即实施低 VOCs 原辅材料全面替代后，VOCs 产生量削减比例高达 81%，极大地削减了源头 VOCs 的产生量。

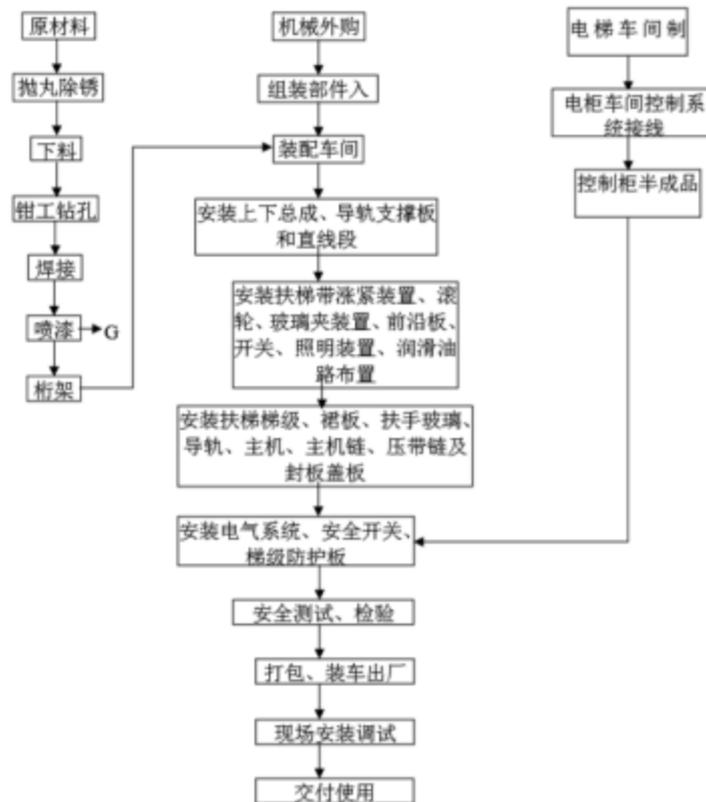


图 1.1-5 5#企业生产工艺流程图

案例六 6#企业

关键示范技术：企业使用水性漆，基本实现低 VOCs 原辅料全面替代，VOCs 产生削减量达 10 吨。

6#企业位于江门市，属于电梯、自动扶梯及升降机制制造业（C3435），项目主要从事脚手架的生产加工。公司涉 VOCs 的生产工艺流程图见图 1.1-6 所示，VOCs 产生工序主要为浸漆和晾干工序，VOCs 来源主要为水性漆。企业使用的涉 VOCs 原辅料主要为水性醇酸漆，根据供应商提供的检测报告，VOCs 含量为 33g/L，符合《工业

防护涂料中有害物质限量》（GB 30981-2020）水性涂料的限值。经估算，企业已于 2021 年全部使用水性漆，VOCs 产生削减量达 10 吨。

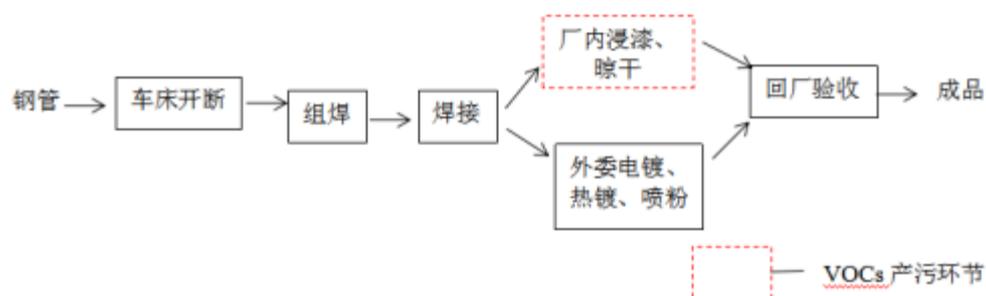


图 1.1-6 生产工艺流程图

1.2 家具制造业

案例七 7#企业

关键示范技术：企业使用双组分水性透明哑光面漆、水性棕色底修色以及双组分水性透明底漆，基本实现低 VOCs 原辅料全面替代。

基本情况：7#企业位于深圳市，属于木质家具制造业（C2110），主要制造与销售现代高档木皮板式家具，包括地柜、鞋柜、餐桌、餐椅等客厅家具。

生产工艺：企业主要生产工艺为木板—开料—压板—雕花—成型—打磨—喷涂—晾干（烘烤）—成品（图 1.2-1），涉 VOCs 产生工艺是喷漆工艺，包括底漆和面漆喷涂。

低原辅材料替代情况：企业目前已全部使用水性原辅料，包括双组分水性透明哑光面漆、水性棕色底修色以及双组分水性透明底漆。从其提供的水性原辅料 MSDS 来看，双组分水性透明哑光面漆、水性棕色底漆以及双组分水性透明底漆 VOCs 含量均为 4%左右。经现场调研核实，企业原来使用油性涂料进行生产，包括油性油漆、天那水、稀释剂、洗枪水以及白电油等，经生产工艺改造后，已全部采用水性涂料生产。

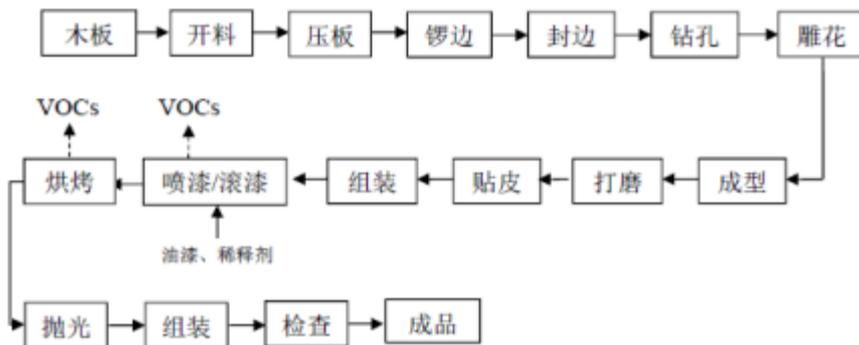


图 1.2-1 生产工艺流程图

案例八 8#企业

关键示范技术：企业使用双组分水性透明哑光面漆、水性棕色底修色以及双组分水性透明底漆，实现 97% 的低 VOCs 原辅料替代。

基本情况：8#企业位于佛山市，属于木质家具制造业（C2110），主要产品是家具，如床、衣柜和书台等木质家具。

生产工艺：企业使用中纤板和实木等材料经开钻加工后再喷漆，主要的涉 VOCs 生产工序为擦色、喷底漆（含晾干）、修色（含晾干）、喷面漆等过程。具体生产流程见图 1.2-2。企业使用的涉 VOCs 原辅材料有改性聚氨酯面漆、稀释剂、油性漆固化剂、水性底漆、水性漆面漆、水性漆固化剂、水性修色液、水性擦色液等。

低原辅材料替代情况：从供应商提供的水性底漆和面漆的检测报告来看（如图 1.2-3），水性双组分清面漆和水性双组分清底漆的 VOCs 质量浓度在 57~58g/L 之间，折算成 VOCs 含量均分别约为 5.3% 和 5.2%。该企业低 VOCs 原辅材料替代率 97%，因该企业少量配件为板木，所以保留了使用少量油性漆的使用。

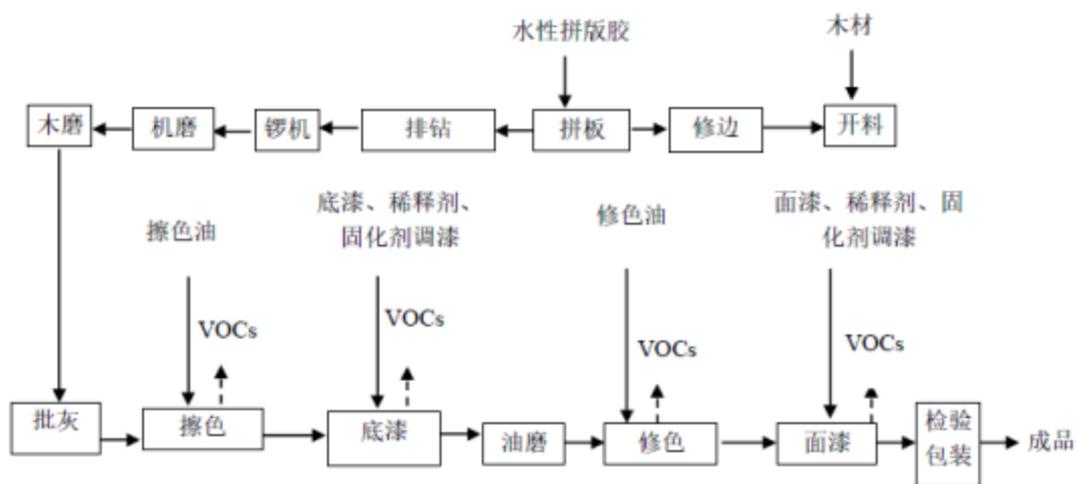


图 1.2-2 喷漆房生产工艺流程



序号	检测项目	单位	检测方法	检测结果	判定依据
1	挥发性有机物 (VOCs)	g/L	GB 17359-2019 (《水性涂料、胶粘剂、腻子等有害物质限量》)	85	合格

图 1.2-3 企业水性底漆检测报告关键页

案例九 9#企业

关键示范技术：企业使用树脂粉末涂料、UV 辊涂漆、水性漆、水性固化剂和环保热熔胶，实现 85%的低 VOCs 原辅料替代。

基本情况：9#企业位于珠海市，属于木质家具制造业（C2110），主要生产木质家具、铁制家具和软体家具。其中，铁制家具主要使用粉末涂料，软体家具主要使用少量喷胶，故木质家具生产环节是该企业主要的涉 VOCs 生产工艺。

生产工艺：实木、板式等木质家具主要生产工艺为：开料、封边、钻孔、打磨、喷涂、组装、包装，生产工艺流程图及 VOCs 产排环节见图 1.2-5。该企业喷涂工序主要有手工底漆喷涂、手工面漆喷涂，并设一条 UV 漆自动喷涂线。视产品类型而定，板式家具需要多层喷涂+UV 辊涂；大班台不需要 UV 辊涂。因此，涂胶、喷涂等工序是 9# 企业生产木质或板式家具产生 VOCs 的主要环节。

低原辅材料替代情况：企业生产过程所用涉及的 VOCs 原辅材料主要为粉末涂料、PU 漆、UV 漆、胶水、水性涂料、稀释剂等。根据供应商提供的物质安全说明书，树脂粉末涂料、UV 辊涂漆、水性漆、水性固化剂和环保热熔胶的 VOCs 含量分别 0.5%、8%、6%、0.2%和 1%。企业实行低 VOCs 原辅材料替代后，从源头上减少了 37 吨以上的 VOCs 产生量，即低 VOCs 原辅材料替代率将近 85%。其中，低 VOCs 涂料替代约比为 98%，低 VOCs 胶水替代比为 62%。

案例十 10#企业

关键示范技术：企业使用水性 PU 木器漆和环保型白乳胶，采用全自动喷漆技术，基本实现低 VOCs 原辅料全面替代。

基本情况：10#企业位于佛山市，属于木质家具制造业（C2110），主要从事床垫、木床、五金床、沙发床的加工生产。其涉 VOCs 产生的生产工艺主要是木家具喷漆生产工艺，五金床的成品上漆统一外包给其他公司。该企业主要产生 VOCs 的主要过程为木家具喷漆过程和晾干过程、涂胶过程。

生产工艺：10#企业主要使用水性 PU 木器漆和环保型白乳胶。根据供应商提供的 MSDS 以及查阅相关资料，水性 PU 木器漆（型号：AM8010）的化学品组成包括水性聚氨酯树脂、表面活性剂、硬脂酸锌粉、消泡剂、流平剂、防霉水和水；水性 PU 木器漆（型号：AM8023）化学品组成包括水性聚氨酯树脂、表面活性剂、消光粉、消泡剂、流平剂、防霉水和水；水性 PU 木器漆（型号：AM8080）化学品组成包括水性聚氨酯树脂、表面活性剂、颜料粉、消光粉、消泡剂、流平剂、防霉水和水，水性 PU 木器器 VOCs 的含量约为 1.5%；环保型白乳胶化学品组成包括聚乙烯醇、VAE 三元共聚乳液、助剂、增塑剂和辛酸等，其 VOCs 的含量约为 1%。

低原辅材料替代情况：目前企业采用了全自动喷漆技术进行喷漆加工，喷漆房内设置两支全自动喷枪和一支人工喷枪，喷涂时涂料被压缩空气吸入真空空间，将涂料雾化成细小的雾滴，涂覆于被涂件的表面，生产过程中只要使用全自动喷枪，人工喷枪用于少部分工件补漆。

案例十一 11#企业

关键示范技术：企业使用水性 PU 木器漆和环保型白乳胶，采用全自动喷漆技术，基本实现低 VOCs 原辅料全面替代，综合成本降低。

基本情况及生产工艺：11#企业位于东莞市，属于木质家具制造业（C2110），主要从事木质家具和五金家具加工生产。涉及 VOCs 生产的区域为喷漆、晾干车间及烤粉车间。企业涉 VOCs 的生产工艺流程图见图 1.2-4 所示，产生 VOCs 的工序为调漆、喷漆、晾干及拼

花、封边、组装、烤粉工序。封边加工过程中需对热熔胶进行加热，热熔胶由于受热作用会产生少量 VOCs。烤粉过程中由于粉末涂料的受热作用会产生少量 VOCs。故在调漆、喷漆、晾干及拼花、封边、组装、烤粉过程中会产生一定量的 VOCs。

低原辅材料替代情况：企业主要使用的涉 VOCs 原辅材料有 PU 底漆、NC 底漆、NC 面漆水、NC 固化剂、水性底漆、水性面漆、天那水、热熔胶、白乳胶、粉末涂料、木工胶、蜂窝铝胶等。从供应商提供的水性底漆、水性面漆的检测报告来看，其 VOCs 含量分别在 35~42 (g/L) 和 50~67 (g/L) 之间。该企业使用的粉末涂料、热熔胶、木工胶、木工黄胶和蜂窝铝胶亦符合《木器涂料中有害物质限量》(GB18581-2020)粉末涂料限值要求和胶粘剂挥发性有机化合物限量 (GB 33372-2020) 水基型或本体型胶粘剂限值要求。

产品质量及改造成本：水性涂料产品颜色不够亮，漆膜不够厚，厚度与油漆差不多，水性漆硬度与油性漆相比差得远，所以不耐刮花。水性漆产品售出价格与油性漆产品差不多。水性漆相对油性漆干得要慢，油漆的烘烤晾干时间要延长。水性油漆的购入价格比油性漆贵一倍，而喷枪、喷房无需改造或更换，故水性漆投入成本比油性高 1 倍。经初步估算，企业当前水性涂料、水基型或本体型胶粘剂等低 VOCs 原辅材料的替代率将近 90%，企业 VOCs 产生削减量为可达到 4 吨以上。该企业水性底漆和水性面漆的采购单价在 32~36 元/公斤。从环保投入来看，因无需深度治理，故综合成本实则降低。

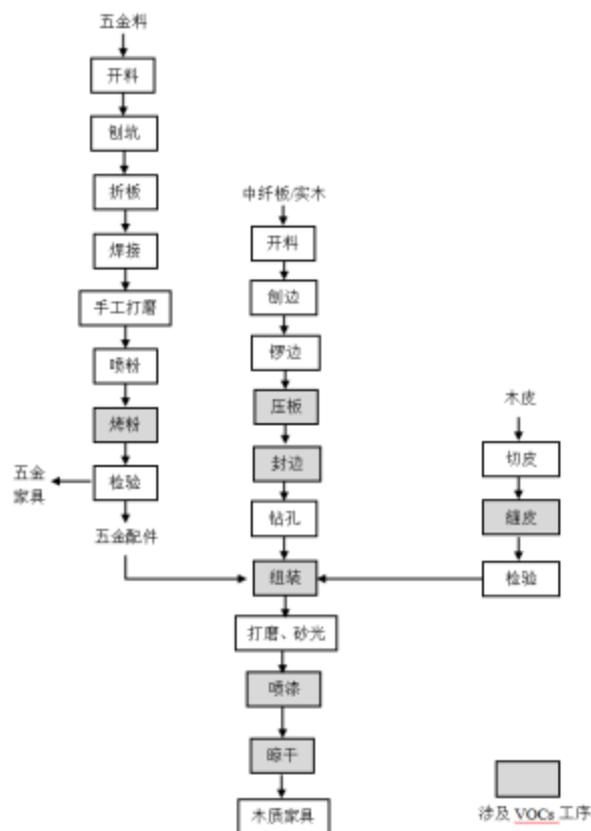


图 1.2-4 工艺流程图

案例十二 12#企业

关键示范技术：企业使用水性丙烯酸面漆，综合环保投入成本降低。

基本情况及生产工艺：12#企业位于东莞市，属于木质家具制造业（C2110），主要从事夹板木门、木地板、家具、木制品、工艺品的加工生产，并以木门生产为主。

该企业木制品生产工艺流程及产污环节如图 1.2-5 所示，企业的涉 VOCs 排放的生产工序包括自动和人工喷漆、烘干/晾干、调漆、辊

涂及 UV 固化、封边、拼版等，其中自动喷漆线较少使用，目前暂以手工空气喷涂为主。

低原辅材料替代情况：在喷漆—烘干—晾干工序中，企业部分产品使用了 UV 漆、水性漆和水性丙烯酸面漆等低 VOCs 原辅材料，替代了传统的 PU 漆，其 VOCs 含量均 < 5%，根据企业 2020 年原辅材料台账数据统计，企业的低 VOCs 原辅材料替代率约为 78%。

产品质量及改造成本：企业反馈水性涂料的使用目前为止未明显影响产品质量，计划逐步取消 PU 漆的使用，于 2021 年底实现全水性替代。企业推行原辅材料全水性替代，其生产工艺设备不需要发生改变，故仍主要采用手工空气喷涂方式，需要注意的是喷涂速度要有所放缓，产品烘干/晾干的时间有所增加，需要注意合理安排生产。此外，使用的水性涂料价格（50 元/kg）较 PU 涂料（37 元/kg）贵，其价格大概是 PU 涂料的一倍多。从环保投入来看，因无需深度治理，故综合成本实则降低。

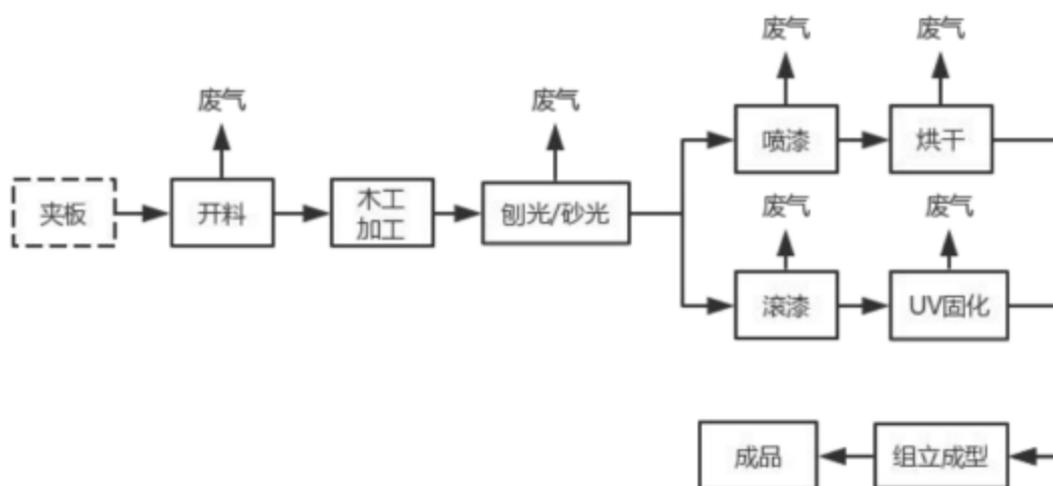


图 1.2-5 木制品生产工艺及 VOCs 产污环节

案例十三 13#企业

关键示范技术：企业变更生产和销售产品类型（铝合金金属家具），实现全面低 VOCs 原辅料替代。

基本情况及生产工艺：13#企业位于东莞市，属于金属家具制造业（C2130），主要生产和销售金属办公家具。企业主要生产工艺流程为：铝锭—拉伸成型—打磨—抛光—组装—成品，铝锭经过熔铸后，根据事先制作好的形状模具，然后利用挤压机将加热好的铝锭从模具中挤出成形，再经过打磨、抛光后组装成品，不涉及 VOCs 产生工序。

低原辅材料替代情况：企业原来生产喷漆（喷粉）金属家具，使用油性漆或水性漆、稀释剂及清洗剂等，现采用打磨、抛光工序代替原来的喷漆工序，使用的原辅料仅为铝锭，整个生产过程不再使用含 VOCs 的油漆和稀释剂等原辅料，从源头杜绝 VOCs 排放。

产品质量及改造成本：铝合金金属家具在外观、光泽等方面与原喷漆产品无异，使用打磨、抛光工序代替原来的喷漆工序，节省购买涂料、稀释剂及清洗剂等的成本，此外，可利用企业原有的抛光、打磨生产设备，不需另外添置生产设备，且从环保角度来看，无需对有机废气收集及末端治理进行投入，有效节省投资成本，经济成本和环境效益均好于原来喷漆工序。

1.3 印刷业

案例十四 14#企业

关键示范技术：企业采用复合技术-无溶剂复合、中央供墨系统，大大减少了油墨不必要的逸散。

基本情况及生产工艺：14#企业位于深圳市，属于书、报刊印刷业（C2311），主要从事各类印刷生产活动。企业产品主要为书刊印刷，主要生产工艺流程如图 1.3-1 所示，其 VOCs 主要来源于印刷、表面处理和裱纸等过程。使用了 UV 底油、UV 光油、水性覆膜胶、水性光油、水性哑光油、无溶剂复合等低挥发性的原辅材料。

低原辅材料替代情况及环境效益：该企业低 VOCs 含量原辅料替代率约为 60%，部分原辅料检测报告见图 1.3-2。此外，还使用了较为环保、先进的复合技术-无溶剂复合，如 BOPP 预涂胶膜、PET 预涂胶膜以及亮光预涂胶膜等，预涂膜覆膜过程中避免了使用有机溶剂，胶粘剂耗用量可节约 50%左右，无须像溶剂型复合（即涂膜覆膜）工艺调兑胶液。生产过程中也无须控制涂胶量，无须对胶黏剂进行烘干，有效降低能耗成本，提高工作效率，同时亦大大地减少 VOCs 的排放及有机溶剂残留问题，对溶剂型复合工艺 VOCs 综合治理具有很好的借鉴意义。

此外，14#企业所用原辅料经中央调墨系统调配后（图 1.3-3），通过管道集中输送到各印刷机进行印刷生产，有效减少原辅材料贮存、配制及供应过程 VOCs 的无组织排放，减少印刷作业结束后剩余油墨的浪费。

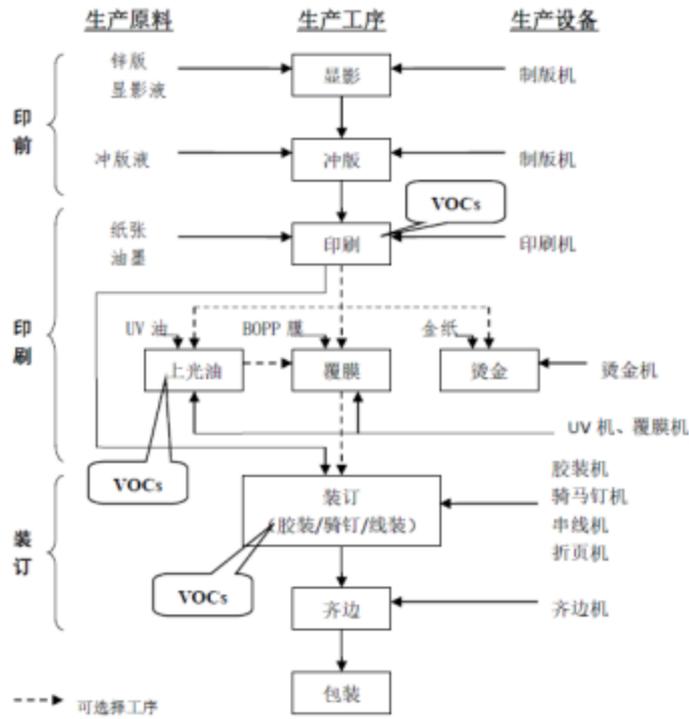


图 1.3-1 14#企业书刊生产工艺流程图

检测报告编号: W31-2015-07-06-018 (4/4)

环境标志产品认证检测报告

检测单位名称: 上海... 分析测试中心 共2页 第2页

序号	检测项目	指标及技术要求	检测结果	单项判定
1	挥发性有机化合物含量 (%)	≤4	3	合格
2	苯类物质含量 (%)	≤1	未检出	合格
3	铅 (mg/kg)	≤90	11	合格
4	镉 (mg/kg)	≤75	4	合格
5	六价铬 (mg/kg)	≤60	未检出	合格
6	汞 (mg/kg)	≤60	未检出	合格
7	铜、镍、六价铬、苯总量 (mg/kg)	≤100	15	合格

说明: (本报告附图④页, 表④页)
 苯检出限为 0.1 mg/kg
 铅检出限为 4 mg/kg
 镉检出限为 2 mg/kg
 六价铬检出限为 1mg/kg
 以下空白

Test Results

Report ID: MZ22QDHA7984518 page 1 of 2

Sample Description and Number	Test Items	Test Results
A7984518 U3004 高光无灯管 UV 油	VOC, g/L	Not Detected (<2)
End of Report	End of Report	End of Report

www.gmpcc.com.cn @Shanghai 400-618-1118

图 1.3-2 14#企业部分原辅材料 MSDS 关键页

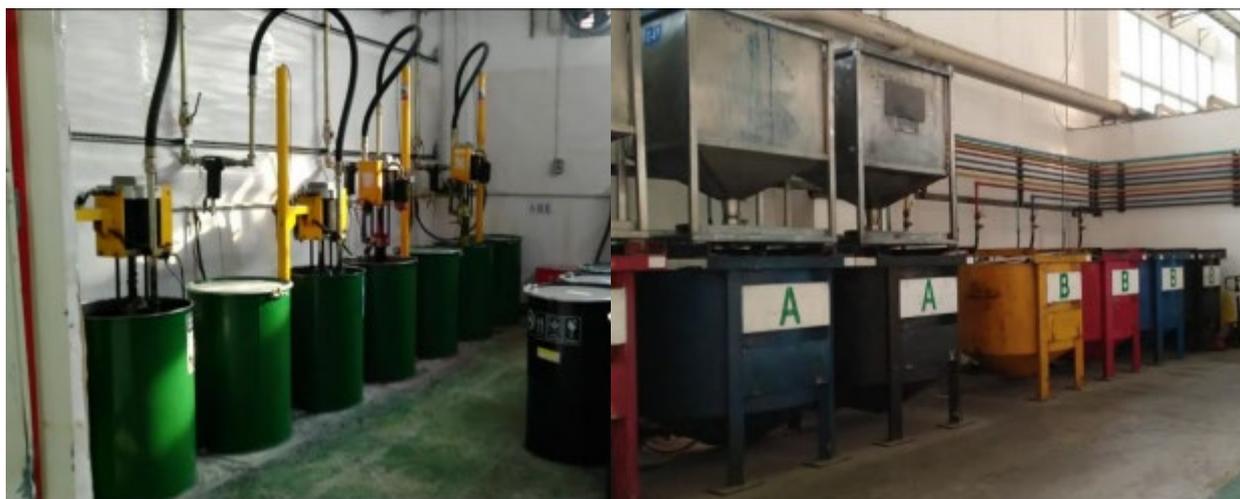


图 1.3-3 14#企业中央供墨系统

案例十五 15#企业

关键示范技术:企业使用 PP 预涂膜、水性油墨、白乳胶等低 VOCs 原辅材料。

基本情况及生产工艺: 15#企业位于东莞市，属于包装装潢及其他印刷业（C2319），以生产纸制品（纸盒、纸箱）为主。该企业大型纸箱的生产工艺过程为原纸经粘合、印刷、丝印、裁切、粘合、钉合、平孔、检测、包装出货。彩色的纸箱或纸盒（美妆工艺）的生产工艺过程为：裁纸、平版印刷、覆膜、丝印后可成品。其中产生的 VOCs 的关键工序环节是印刷、丝印环节。

低原辅材料替代情况: 企业大盒印刷环节使用的原辅材料为树脂水性油墨，贴合环节使用白乳胶；美妆工艺的印刷环节使用平版胶印油墨，贴合环节使用白乳胶，覆膜工艺采用 PP 预涂膜，丝印环节使

用上光油、UV 油墨（墨+树脂+色母+PH 调节剂+快干剂）、快干等。

案例十六 16#企业

关键示范技术：企业采用胶印油墨、UV 油墨、裱纸水性胶水、水性覆膜胶、精装盒胶等低 VOCs 原辅材料。

基本情况及生产工艺：16#企业位于东莞市，属于包装装潢及其他印刷业（C2319），主要从事精品（礼品）盒的生产。涉 VOCs 生产工序包括印刷、覆膜、裱纸、粘盒、清洗等。

低原辅材料替代情况及成本：使用的原辅材料主要有油墨、胶粘剂、清洗剂三大类，其中油墨有胶印油墨和 UV 油墨两种，其 VOCs 含量均为 0.1%，价格分别为 155 元/套（四色）、130 元/kg；胶粘剂有裱纸水性胶水、水性覆膜胶、精装盒胶、730 胶粘剂，除 730 胶粘剂（VOCs 含量为 60%）外，其它均为水性胶粘剂，其 VOCs 含量在 2g/L~26g/L 之间，价格介于 14 元/kg~20 元/kg。企业除清洗剂及稀释剂暂无替代之外，企业使用的胶粘剂和油墨基本为低 VOCs 原辅材料。

1.4 人造石制造业

案例十七 17#企业

关键示范技术：企业变更生产和销售产品类型（无机水磨石），实现 90%低 VOCs 原辅料替代。

基本情况及生产工艺：17#企业位于云浮市，主要从事石材（天然及人造石材荒料、板材）制造和加工销售，目前主要生产人造岗石和水磨无机石。传统的人造岗石的生产工艺流程如图 1.4-1 所示，产生 VOCs 的工序为搅拌、真空成型（布料和压模），生产过程涉及到不饱和树脂和固化剂的使用，不饱和聚酯树脂、固化剂等在不饱和树脂或布料作用下会产生以苯乙烯为主的有机废气。

低原辅材料替代情况：企业原来主要以生产有机人造岗石为主，使用的涉 VOCs 原辅材料为不饱和树脂和固化剂等。企业目前改为生产无机水磨石为主，主要使用原辅料为石粉、水泥和减水剂（主要作用为改善水泥工作性，减少单位用水量，改善混凝土拌合物的流动性；或减少单位水泥用量，节约水泥），不需使用不饱和树脂。减水剂为阴离子表面活性剂，属于无机盐，不含任何有机物，即企业水磨石不涉及有机原辅料的使用，完全替代不饱和树脂的使用，企业当前无机水磨石产量占比高达 90%以上。

产品质量及改造成本：水磨无机石在光泽、耐磨、抗压等性能方面与有机石无异，部分性能优于有机石，能完全替代有机石，且生产过程固化时间比有机石生产固化要短，生产线及生产设备不需改造，直接通用，且从环保角度来看，无需对有机废气收集及末端治理进行

投入，有效节省投资成本。此外，水泥及减水剂的销售价格比不饱和树脂和固化剂便宜得多（减水剂价格约为不饱和树脂的 1/4，且使用量比不饱和树脂要小），总体来说有效降低生产成本。

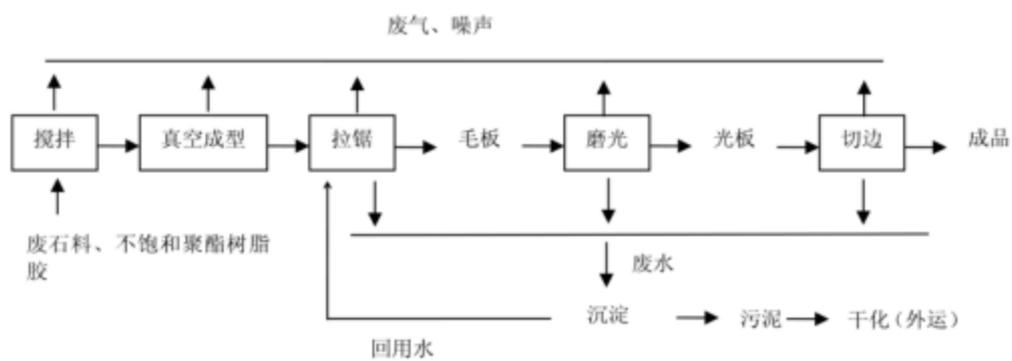


图 1.4-1 企业工艺流程图

2 过程控制

过程控制是 VOCs 排放控制的有效方式之一，主要指通过对工艺设计、设备性能、运行操作以及技术管理的要求，提高涉 VOCs 生产工序密闭效果、提高 VOCs 废气收集效率、对 VOCs 废气“应收尽收、分质收集”，减少工艺过程无组织排放。基于《重点行业挥发性有机物综合治理方案》（环大气〔2019〕53号）、《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019）有关要求，本实例汇编基于涉 VOCs 使用及生产工序密闭效果，重点关注广东省工业源 VOCs 排放主要来源行业：电子元件制造业、印刷业、塑料制品制造业、制鞋业、金属表面涂装、印刷业、油墨及类似产品制造业等。

2.1 电子元件制造业

案例十八 18#企业

关键示范技术：全密闭的生产设备和生产车间，再作业手动洗净拆分台及自动设备洗净装置。

基本情况：18#企业隶属于东莞市，属于显示器件制造业(C3974)，企业主要有 CP/OLB 生产线、LAMI 生产线、组装检查生产线和在作业自动清洗生产线，生产的产品主要是有机发光二极管（OLED）显示器原件。生产车间内主要的生产工艺为 AMOLED 显示屏生产工艺和不良品再作业工艺。车间内的主要生产设备有偏光片附贴机、导电膜压贴机、柔性电路压贴机、紫外线硬化机、芯片压贴机、外框（window）组装机、打编码机和补强剂涂敷机等。使用的涉 VOCs

原辅材料主要有 6 种清洗剂、3 种油墨和 9 种粘合剂，其 VOCs 含量均符合相关标准含量限值要求。

生产工艺：AMOLED 显示屏生产工艺流程如图 2.1-1 所示，产生 VOCs 的环节主要有补强剂涂敷、防湿胶涂敷和 UV 固化、保护膜粘贴、表面清洁、外框组装、紫外线固化、编码打印；不良品再作业生产工艺流程如图 2.1-2 所示，VOCs 产生环节为表面清洁工序。

废气收集现状：企业生产车间均为密闭式，人员需从门口身穿防护服和佩戴口罩才能进入。AMOLED 显示屏生产车间内部机械化程度高，相关生产工序均在密闭的空间内进行操作且原辅料存放在机器呈装原辅料的容器内，容器敞口面积小，主要利用管路将容器中的原辅料输送到需要使用的位置，原辅料使用过程的密闭性好。对于 VOCs 产生工序，企业均在机器内部或外部安装集气管路收集产生的 VOCs 气体，产生的气体（除外框组装废气）经管道收集后分别进入对应的废气治理设施进行处。此外，AMOLED 显示屏生产车间也使用人工进行产品清洁作业，清洁环节使用原辅料为酒精或丙酮，产品清洁工作的平台上均安装有集气罩用于收集产生的 VOCs 气体，集气罩口距离操作平台的位置近，罩口附能够明显感受到抽风效果，产品清洁工序生的 VOCs 废气经过管道收集后引入对应的治理设施进行治理。另外，待用的原辅料存放在储柜中（密闭，未使用时），且柜子上部安装有集气装置收集柜子里的气体，气体经管道输送到对应的废气治理设施进行处理。车间现场照片如图 2.1-3、图 2.1-4 所示。

再作业生产车间主要是对不合格的 AMOLED 显示屏进行拆分和

清洗、将洗后的显示屏返回生产线生产。再作业车间也是密闭生产车间，该车间主要使用无水乙醇或丙酮进行清洗，手动洗净拆分操作台三面安装有挡板且均安装有集气装置，集气罩口处能够明显感受到抽风效果，能够对挥发的酒精或丙酮进行有效收集，收集后的气体经管道引入对应的废气治理设施进行治理。集气管道外观没有出现老化或者破损。同时，呈装清洗剂容器的敞口面积小，能够有效减少不必要的 VOCs 产生。

此外，企业 2017 年进行技术改造，在车间使用了自动洗净设备，洗净操作在密闭的空间内进行，上部均有集气管道对挥发乙醇和酒精进行收集。另外，未用的清洗剂主要存放原辅料柜中，柜子上部安装有集气装置收集柜子中的气体并引入废治理设施进行治理。车间现场照片如图 2.1-5 所示。

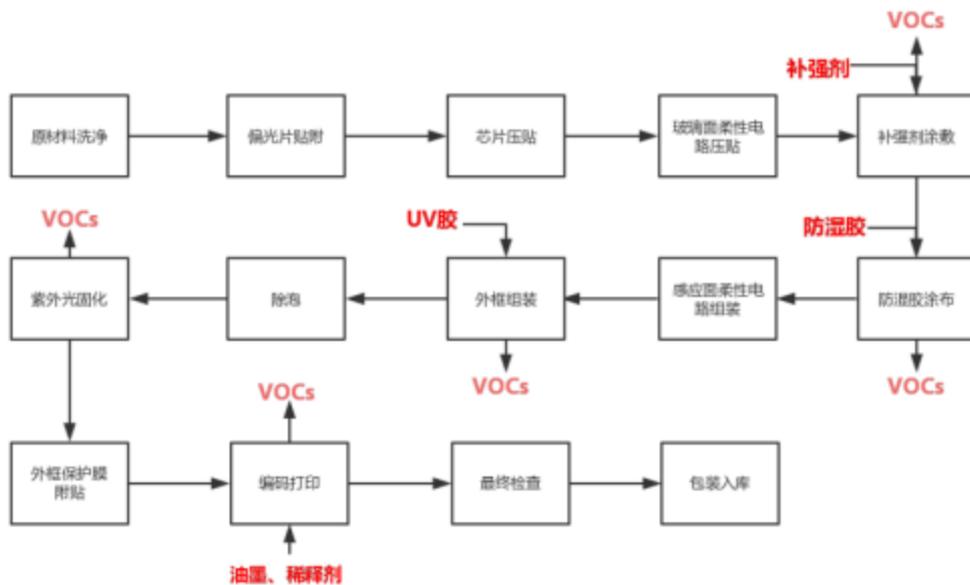


图 2.1-1 AMOLED 显示屏生产工艺流程及 VOCs 产污环节

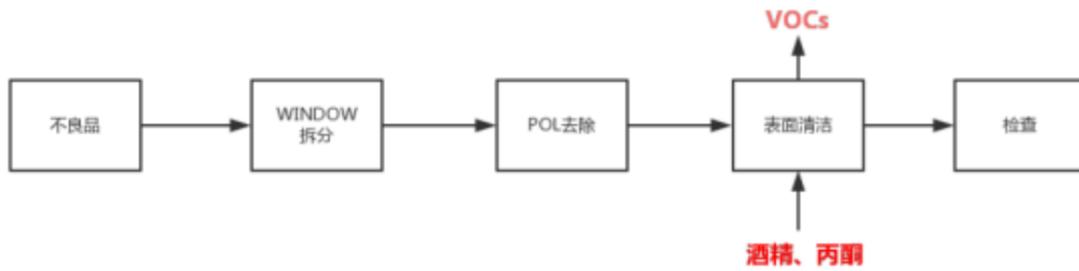


图 2.1-2 不良品（AMOLED）再作业生产工艺流程及 VOCs 产污环节



图 2.1-3 补强剂涂敷（密闭空间作业）和 VOCs 收集（密闭的集气管道）



图 2.1-4 防湿胶涂敷（密闭作业）及 UV 胶 VOCs 收集和密闭容器存放



图 2.1-5 再作业手动洗净拆分台及自动设备洗净装置

案例十九 19#企业

关键示范技术：全密闭的生产设备和生产车间，规范的涉 VOCs 物料及废弃物存储、输送及危废管理。

基本情况：19#企业位于东莞市，属于电子电路制造业（C3982），主要生产印刷电路板。涉 VOCs 原辅材料主要为内层工序的湿膜、阻焊/丝印/塞孔工序的油墨、油墨稀释剂和洗网水、表面处理喷锡工序的助焊剂等。产生 VOCs 的工序主要有内层、阻焊、字符、塞孔及喷锡，具体的生产工艺流程及 VOCs 产生环节如图 2.1-6 所示。

生产工艺：内层制作包括除油、水洗、微蚀、水洗、烘干、涂布、烘板、曝光、显影等工段。产生 VOCs 有机废气的工段仅为涂膜/烘板。由于该工序使用油墨的主要目的通过曝光显影不同区域制作内层线

路，故而水性油墨的水溶特性决定了电子电路制作行业内暂不可能存在其替代溶剂型油墨的可能性。

阻焊及字符工序包括酸洗、磨板、喷涂/丝印、预烘、曝光、显影、清洗、后烘、文字印刷/喷涂和烘烤。产生 VOCs 有机废气的工段主要为丝印及文字印刷/喷涂过及整个流程烘烤过程。和内层工序一样，丝印和字符使用油墨的主要功能也是帮助实现线路板的图形转移要求，因此水性油墨也暂时无法应用在丝印/字符工序。

塞孔工艺流程包括塞孔、烘板、磨板。产生 VOCs 有机废气的工段主要塞孔和烘板过程，该阶段不需要进行图形选择，因此目前使用的油墨为能量固化型油墨和胶印油墨，均为低挥发性油墨能量固化型油墨。

喷锡流程包括微蚀、清洗、新助焊剂、喷锡和清洗过程。喷锡流程中在喷纯锡前需要用助焊剂对电路板表面进行预处理，使用浸润助焊剂的方式涂覆在电路板表面，避免金属暴露在空气中形成氧化层。助焊剂（松香）除了能够清除氧化层，防止氧化外，其融化后，漂浮在焊料表面，形成隔离层，防止焊接面的氧化。在喷锡的过程中，会有少量 VOCs 挥发，该表面处理类型产品在公司的占比很小，年使用量极少。

废气收集现状：该企业的涉 VOCs 物料密封存放于仓库内，由仓管员将密封包装的物料送到使用车间，物料的使用及存放规范，废弃物处理得当，危废仓按要求进行管理，具体如图 2.1-7 所示。企业的生产车间密闭，内层、阻焊、字符、塞孔、喷锡、洗网、调配等工序

均在密闭车间内进行，内层涂膜废气收集系统全密闭，阻焊、字符等工序废气通过集气罩收集，车间的有机废气再通过整体抽风收集。车间废气收集情况如图 2.1-8 所示。



图 2.1-6 生产工艺流程及 VOCs 产污环节

	
<p>仓库储存情况：物料（油墨-均为小型罐装），仓储时密封状态，仓库内有序摆放</p>	<p>物料输送过程：由仓管员将密封包装的物料送到使用车间</p>
	
<p>现场存放情况：物料限高摆放，并有序放置托盘上</p>	<p>空桶存放处有托盘，要求使用完的空桶放置车间专门的存放处</p>
	
<p>废弃物处理：使用完的空桶盖好盖子，放至塑料袋中，打包运到废料仓</p>	<p>危废仓：专门区域存放，空桶存放废弃物并做好标识，废弃物由有资质第三方回收</p>

图 2.1-7 涉 VOCs 物料及废弃物存储、输送及危废管理



图 2.1-8 车间废气收集情况

2.2 印刷业

案例二十 20#企业

关键示范技术：使用中央调墨缸、油墨活塞缸加墨称重系统，管道输送油墨，全密闭、连续化、自动化生产。

基本信息及生产工艺：20#企业位于东莞市，属于书、报刊印刷业（C2311），主要印刷南方日报和南方都市报等新闻报纸（4色）。主要生产工艺流程：卫星传画（版式）—自动印报机印刷—包装—报纸。总部在临打印前进行卫星传画（版式），保持机密性，防止报纸内容或者版式提前泄露；然后根据卫星传画（版式）输入打印程序进行自动印刷。生产过程中使用的原料主要为大豆油墨等，其VOCs含量不高，最高约为0.16%。

废气收集现状及环境效益：企业所用使用的大豆油墨通过中央调墨缸进行搅拌（图 2.2-1a），以降低油墨粘度，然后通过油墨活塞缸加墨称重系统，经管道输送到各个印刷机进行印刷生产（图 2.2-1b），均为全密闭、连续化、自动化生产，相对于传统的人工调墨、供应，该生产方式能有效减少原辅材料贮存、配制及供应过程VOCs的无组织排放，可减少印刷作业结束后剩余油墨的浪费，一般情况下油墨损耗可降低8-10%，可节约10%左右的油墨，减少VOCs排放，同时易于控制油墨的温度及粘度，可保证连续生产工况下油墨的供给，降低工人劳动强度，提高生产效率及车间环境，亦可减少外来脏物进入油墨对印刷质量的影响。



图 2.2-1 20#企业油墨储存及自动供墨系统 (a) 和自动供墨管道 (b)

2.3 塑料制品制造业

案例二十一 21#企业

关键示范技术：使用密闭一体化全自动喷涂设备。

基本情况及生产工艺：21#企业位于东莞市，属于塑料零件制品制造业（C2929），主要生产和销售车用硅胶和塑胶零件。该企业生产工艺流程图如 2.3-1 所示，主要涉 VOCs 生产工艺有成型、印刷、喷漆、烤漆等，成型主要是通过注塑机进行注塑成型，注塑温度约为 250-320℃；印刷则是通过印刷机对产品进行图案印刷，喷涂主要对塑胶产品进行表面处理。所使用的原辅料主要有油墨、油漆、稀释剂、以及固化剂等。

废气收集现状及环境效益：企业喷涂采用全自动喷涂生产线（图 2.3-2），所用油漆调配后经油泵泵送到自动喷涂线进行喷涂生产，自动喷涂线全密闭、集中化式生产。相对传统的手工喷涂，全自动喷涂生产线上漆率较高，约为普通手工喷涂的 1.5 倍，避免了人工喷涂容易出现的涂层质量不稳定问题，使工件表面喷涂更加均匀，降低油漆和有机溶剂的用量，提高材料利用率，据统计自动喷涂可节省 30% 左右的涂料，还具有生产连续性强，大大提高了劳动效率。

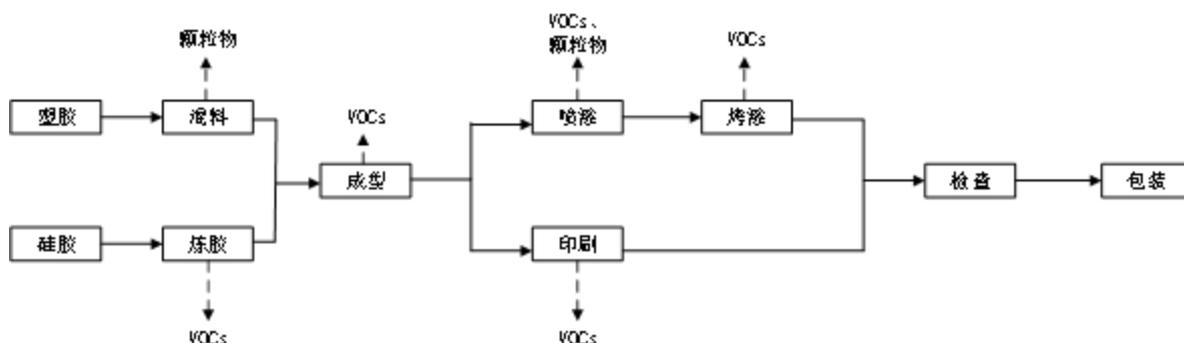


图 2.3-1 生产工艺流程图



图 2.3-2 全自动喷涂生产线

案例二十二 22#企业

关键示范技术：使用中央集中供漆系统、密闭一体化全自动喷涂车间和喷涂设备。

基本情况：22#企业位于清远市，属于塑料零件及其他塑料制品制造业（C2929），主要通过注塑、电镀、喷涂等工艺进行生产汽车零部件，产品则包括汽车格栅、车侧、饰条、尾标、中央挡泥板、后牌照板、前三角盖板、行李架、轮圈盖、尾翼以及中柱盖板等。

生产工艺：主要以塑料粒子为原材料，通过注塑机注塑成型后，再进行表面处理工艺制作成产品，表面处理工艺包括电镀和喷涂两种处理工艺，具体生产工艺流程图见图 2.3-3。主要涉 VOCs 原辅料为色漆、底漆、清漆以及各油漆稀释剂等。企业所用油漆为聚氨酯漆。

废气收集现状：涂装生产线包括喷漆和烘干两道工序，手工涂装线设置在水帘喷漆柜内，自动涂装线均设置在密闭的喷漆柜内进行，并对自动涂装线进行多重密闭包围和阻隔，并设有现场参观通道（图

2.3.4)，车间干净整洁。经现场勘察，喷漆房外基本无异味，喷漆和烘干产生的 VOCs 密闭负压收集。企业设置了手工涂装线、半自动涂装一线、全自动涂装二线和全自动涂装三线共 4 条涂装线，均使用油性聚氨酯漆和稀释剂进行涂装。自动涂装系统油漆经调配后，通过管道输送到各个喷漆房进行喷涂生产，均为全密闭、连续化、自动化生产，相对于传统的人工调漆、转移，该生产方式能有效减少原辅材料贮存、配制及供应过程 VOCs 的无组织排放，可减少涂装作业结束后剩余涂料的浪费，据统计中央集中供漆系统平均可节约 10%左右的油漆用量，减少 VOCs 排放，同时易于控制漆液温度及粘度，可保证连续生产工况下漆液的供给，提高生产效率。

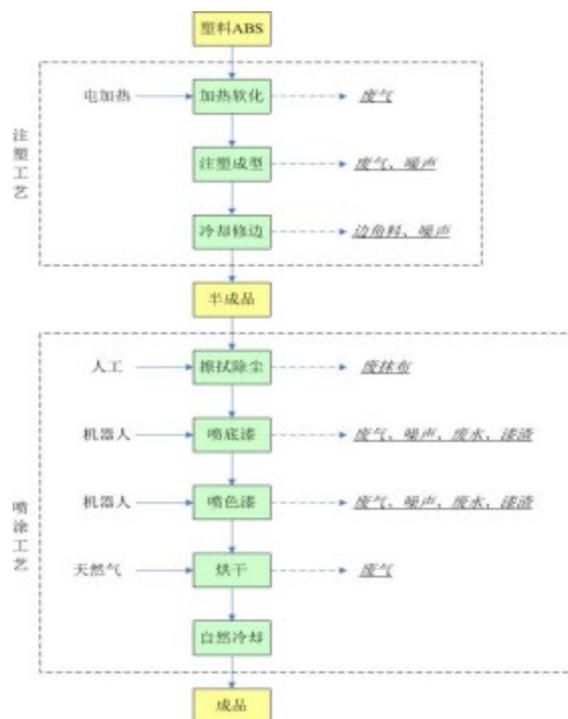


图 2.3-3 生产工艺流程图



图 2.3-4 密闭生产车间和自动喷漆设备

案例二十三 23#企业

关键示范技术：密闭一体化全自动喷涂车间和喷涂设备。

基本情况及生产工艺：23#企业位于东莞市，属于塑料零件制品制造业（C2929），主要从事塑胶电池盖的生产。生产工艺流程如图 2.3-5 所示：原料—混料—注塑成型—超声清洗—喷底漆—真空镀膜—喷中漆—镭雕—固化—成品。主要涉 VOCs 工序为注塑、喷底漆、喷中漆、烘烤以及固化，现设有喷漆和烤漆车间 3 个。使用的原辅料包括塑胶原料、钢丝、电子零件、胶圈、螺母、油性油漆以及天那水等，涉 VOCs 原辅

料则为加热熔融的塑胶料、油性油漆、天那水以及 UV 油漆。

废气收集现状：喷漆工序均设置水帘柜，并对自动涂装线进行多重密闭包围和阻隔，为万级密闭无尘车间，空间的密闭效果很好，生产加工状态下车间为微负压状态，车间干净整洁。经现场勘察，其水帘柜抽风表面风速达到 1.2m/s，风速较为强劲，喷漆房外基本无异味，喷漆和烘干产生的 VOCs 密闭负压收集，其整体废气收集效率可达 100%。

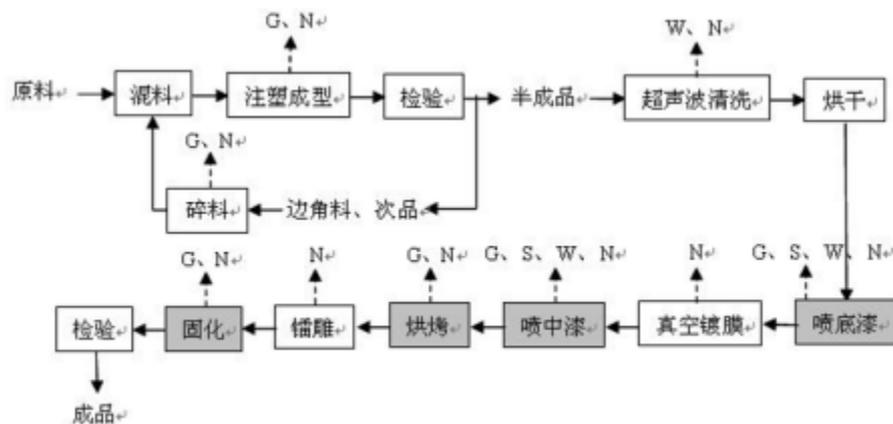


图 2.3-5 企业生产流程图

案例二十四 24#企业

关键示范技术：双螺杆挤出机末端真空泵连接及油污暂存罐、真空泵系统第二级除油罐。

基本情况及生产工艺：24#企业主要生产产品为改性塑料，包括 HIPS 塑胶粒、改性 ABS 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑胶粒、改性聚苯醚塑胶粒、PC/ABS 塑胶粒、PC 聚碳酸酯塑胶粒、PP 聚丙烯塑胶粒、PA 尼龙、改性 AS 苯乙烯-丙烯腈塑胶粒、改性聚醚砜塑胶粒、PE 聚乙烯塑胶粒等。主要生产工艺如图 2.3-6 所示。

废气收集现状及环境效益：企业的生产设备为双螺杆挤出机（如图 2.3-7 所示），将原料通过人工送入到失重式喂料秤中进行配料称重，再通过人工送入到原料搅拌机和自动配混系统中进行混料，通过集中吸料系统从原料搅拌机和自动配混系统输送到双螺杆挤出机中进行加热熔融塑化挤出成条状，原料熔融之后通过真空泵吸收一些杂质和水汽。企业在挤出机出口前，采用了无水真空泵系统对熔融后的杂质和水汽进行二级收集（如图 2.3-8 所示），该做法极大减少了挤出机挤出口烟气油污和水汽，减少了后续治理设施的处理压力。采用无水真空泵后端冷却产生的油污量明显比有水真空泵少，企业危废产生量也极大减少，并且真空系统密闭，冷却水不与油污物料接触，不产生含油废水，也减少了油水收集池捞渣环节的无组织排放。

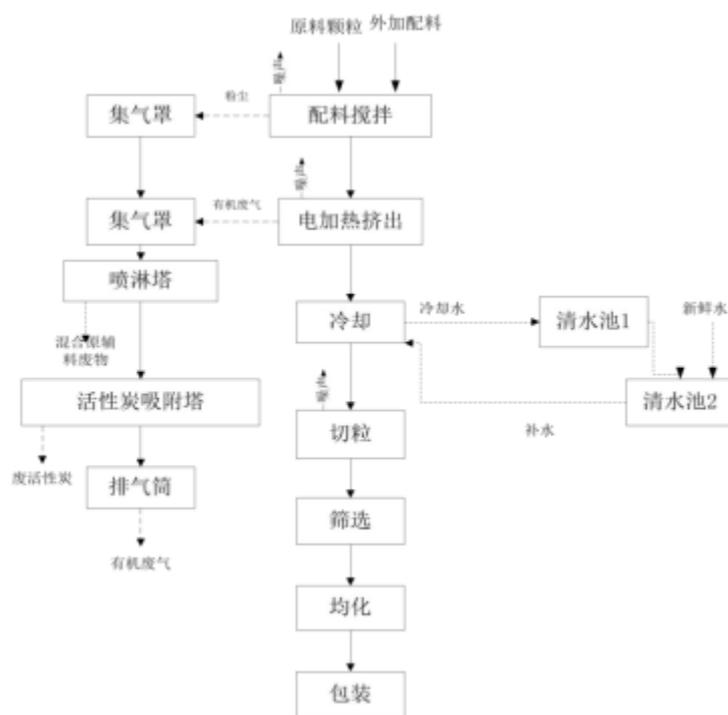


图 2.3-6 改性塑料制品生产工艺图



图 2.3-7 双螺杆挤出机末端真空泵连接及油污暂存罐



图 2.3-8 真空泵系统第二级除油罐

案例二十五 25#企业

关键示范技术：围闭式的生产工序。

基本情况及生产工艺：25#企业位于佛山市，属于塑料零件及其他塑料制品制造（C2929），主要生产 PVC 人造革。企业主要产生 VOCs 生产工艺为 PVC 压延、发泡、涂布。其中 PVC 压延工艺由于生产装置大、工段长，VOCs 物料加热面积大、产污点宽等问题，导

致废气收集相对困难，省内大多数同类型企业压延工段车间上空均存在废气收集不善、车间上空烟雾弥漫、车间感官差、PVC加热气味浓、烟粉尘无组织逸散严重等现象。

废气收集现状：企业对压延段采取了加热工段，采用铝合金门窗围闭，根据实际工作情况能围尽围、应收尽收，部分工段做套管收集，使得压延工段加热熔融工段的含油烟有机废气得到有效收集，车间环境改善、加热后的塑料异味得到了极大减少。如图 2.3-9 所示，企业对加热辊轴产污工段围闭，仅留出料口、检查工位以推拉门形式，减少逸散，对于顶端物料传输至下一工段采用固定式集气罩，尽可能下压，保证收集效果。图 2.3-10 为生产工段中围闭收集改造细节，上图为物料检测孔，采用推拉窗围闭，需检查或定期检验物料时可部分打开；下图为传输带输送的通道，一般生产工艺该工段为全敞开，该企业采用了整体围闭，并缩小了空间，仅留物料传输带予以通过，做到了应围尽围、应收尽收。



图 2.3-9 压延高温加热辊轴工段收集情况



图 2.3-10 工段产污工位精细化围闭收集

2.4 制鞋业

案例二十六 26#企业

关键示范技术：生产线进行缩短简化、设备进行技能改造，实现面底同层作业；包围型集气罩收集成型工序的涂胶工位有机废气，下方有脚踏板控制隔离窗的升降；旧物利用改造矿泉水瓶减少待用胶水的挥发。

基本情况及生产工艺：26#企业位于广州市，属于皮鞋制造业（C1952），主要从事女鞋生产，产品包括单鞋、凉鞋、靴子。该公司制鞋总工艺流程见图 2.4-1，其中贴底成型主要工艺流程见图 2.4-2，底加工（即组底）工艺流程见图 2.4-3。主要的涉 VOCs 工序是帮面针车、贴底成型（刷胶及加热、刷处理剂及加热等工序）和组底工艺（刷胶和加热工序）。VOCs 主要来源于胶粘剂、处理剂、天那水、清洗剂的使用。

废气收集现状及环境效益：企业原有的传统生产大线，占用面积较大，目前已较难适应市场的快速变化，且严重浪费生产场地资源。企业结合生产模式、员工配置等实际因素，对传统生产大线进行升级改造。改造内容一是将生产线进行缩短简化、设备进行技能改造，实现面底同层作业，便于订单的快速响应，提升生产效率，节能降耗，使相同空间增加一倍产能，有效缓解原有的生产空间资源紧缺带来的产能制约。这样的布局设置使得有机废气易于收集，同时车间还做了密闭，采用空调换气。面部工序将改造后的废矿泉水用作白乳胶、水性 PU 胶的涂胶工具（如图 2.4-4），减少无组织逸散；成型工序的涂

胶点采用包围型集气罩收集有机废气，涂胶工作人员坐于隔离窗前，下方有脚踏板控制隔离窗的升降，可有效减少 VOCs 挥发（如图 2.4-4）。二是对制鞋工艺进行优化升级，去除不合理的工序，鞋面定型采用冷冻定型，加硫、冷冻关键工序采用真空定型，提升制鞋品质与品味，制鞋往高端化方向转变，适应市场消费转型升级需求。

企业这种将“大生产线”改“小生产线”，旧物利用改造矿泉水瓶减少待用胶水的挥发，使用带有脚踏板控制隔离窗升降的包围型集气罩等提升有机废气收集效率的方式，在制鞋行业内具有极高的推广价值。



图 2.4-1 制鞋总工艺流程图

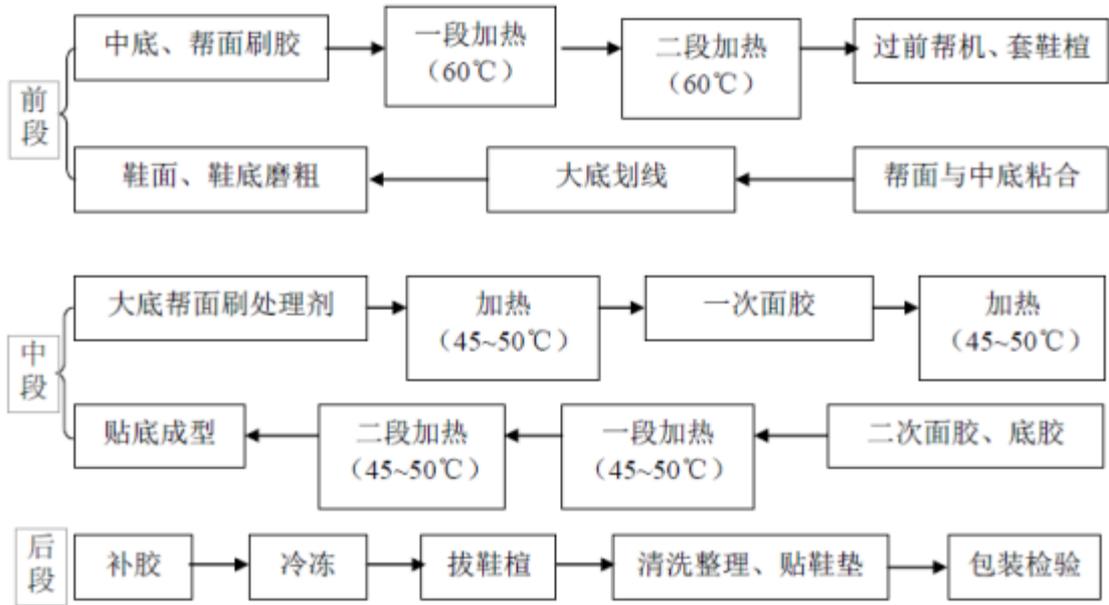


图 2.4-2 贴底成型工艺流程图

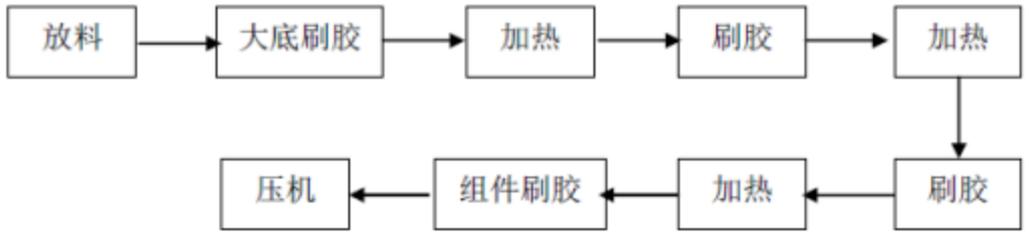


图 2.4-3 组底工艺流程图

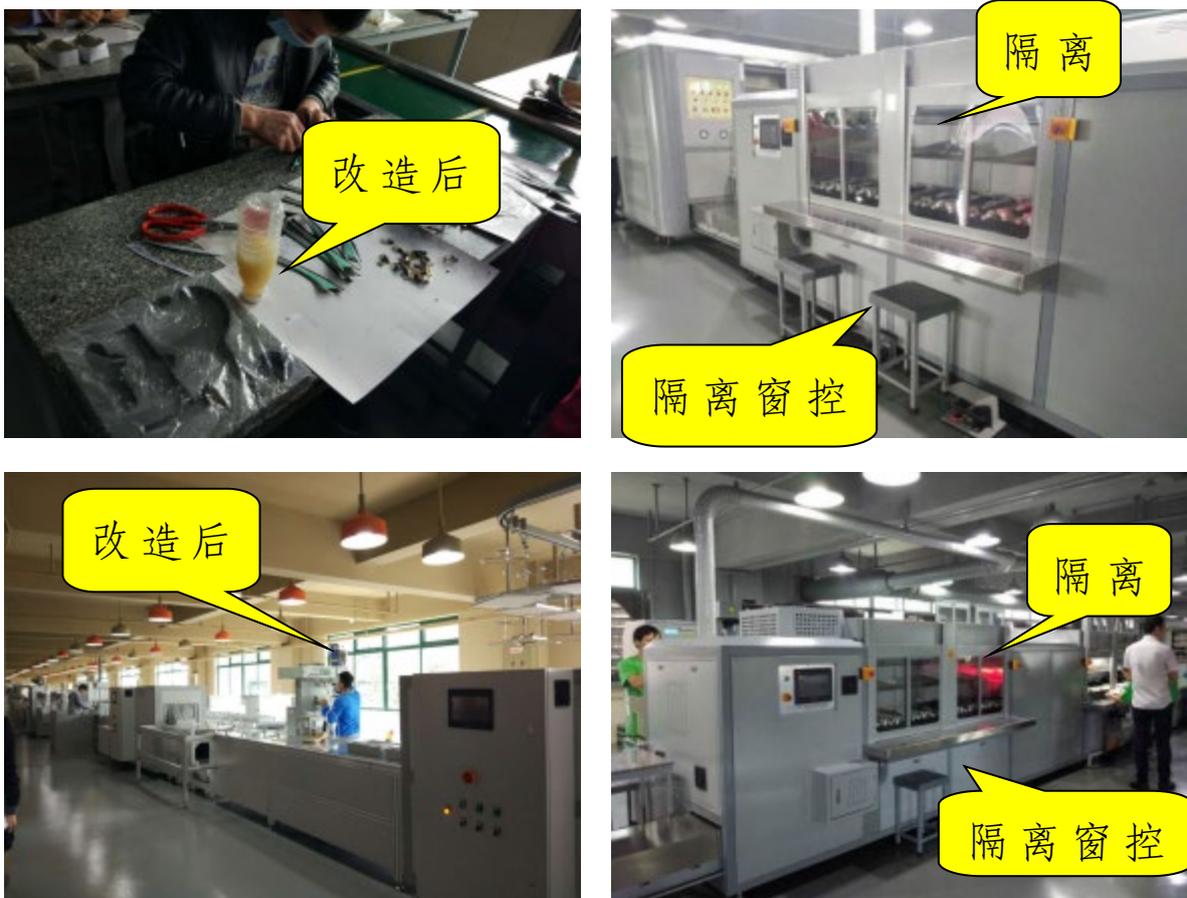


图 2.4-4 面部生产线和成型生产线现场废气收集状况

案例二十七 27#企业

关键示范技术：全密闭的成型生产线。

基本信息及生产工艺：27#企业位于肇庆市，属于制鞋业(C1830)，主要生产、销售自产的各类男女装皮鞋、旅游鞋、休闲鞋、运动鞋和各种鞋的鞋面、半成品。该企业生产工艺流程图如 2.4-5 所示，主要涉 VOCs 生产工艺有刷胶成型、印刷、喷漆等，成型主要是刷胶粘合成型，烘烤温度约为 50-80℃；印刷则是通过丝印机对产品进行图案印刷，喷涂主要对部分鞋子产品进行补色。所使用的原辅料主要有胶

水、油漆、稀释剂及油墨等。

废气收集现状及环境效益：生产过程中企业将成型刷胶工序进行围蔽，同时可以减少车间内废气收集的风量，并提高了成型工序废气收集效率，与开放式集气罩收集效率相比较，该密闭式收集效率将原有的40%收集效率提升至90%的收集效率，同时提升了车间内环境空气的质量，减少车间内刷胶产生的胶水气味。

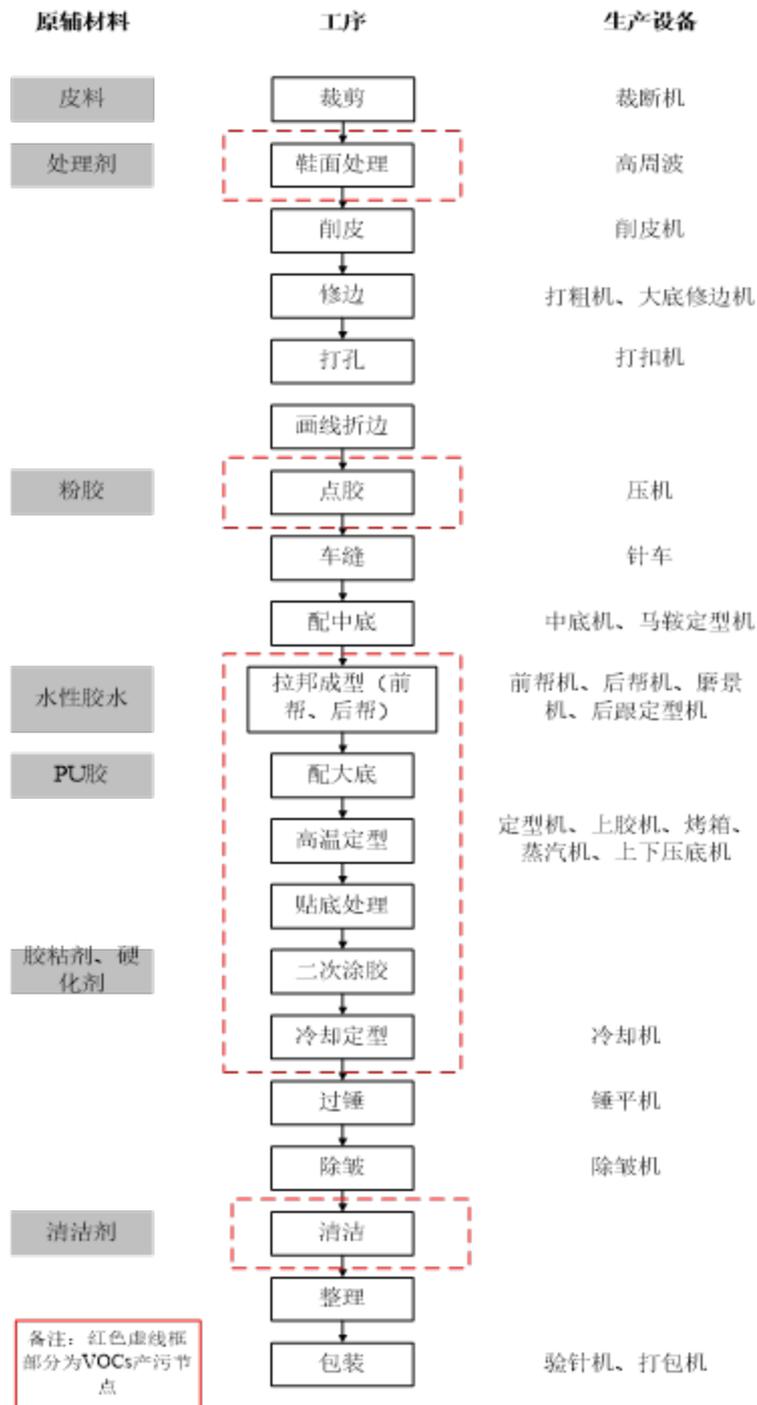


图 2.4-5 生产工艺流程图



图 2.4-6 27#企业成型线

2.5 金属表面涂装业

案例二十八 28#企业

关键示范技术：采用密闭包围型的集气方式，收集漆包线浸漆工位有机废气；调漆采用自动泵取，原辅材料通过密闭管道式输送。

基本情况及生产工艺：28#企业位于珠海市，属于电线电缆制造业（C3831），主要产品是漆包线。该企业使用的原辅材料中会产生VOCs的主要原辅材料为绝缘漆（包括聚氨酯漆、尼龙漆、自粘线漆、聚酯亚胺漆、聚酯酰胺漆）、稀释剂、润滑油等。28#企业生产工艺流程见图 2.5-1，有机废气主要是在包漆机生产过程中，漆包线涂漆（也称“浸漆”）烘焙时绝缘漆中的溶剂受热蒸发，逸出少量挥发酚类、苯、甲苯和二甲苯等有机废气。

废气收集现状及环境效益：目前企业 146 台漆包机浸漆工位都安装了封闭式集气管道、采用玻璃窗全密闭化（如图 2.5-2 所示），有机废气统一收集后都通过的设备自带催化燃烧装置+分子筛二次催化燃烧装置净化处理。此外，该企业的调漆是采用自动泵取的方式，原辅材料是密闭管道式输送（如图 2.5-2 所示）。28#企业采用密闭包围型的集气方式，有效了减少了 VOCs 的无组织排放，提高了废气收集效率。

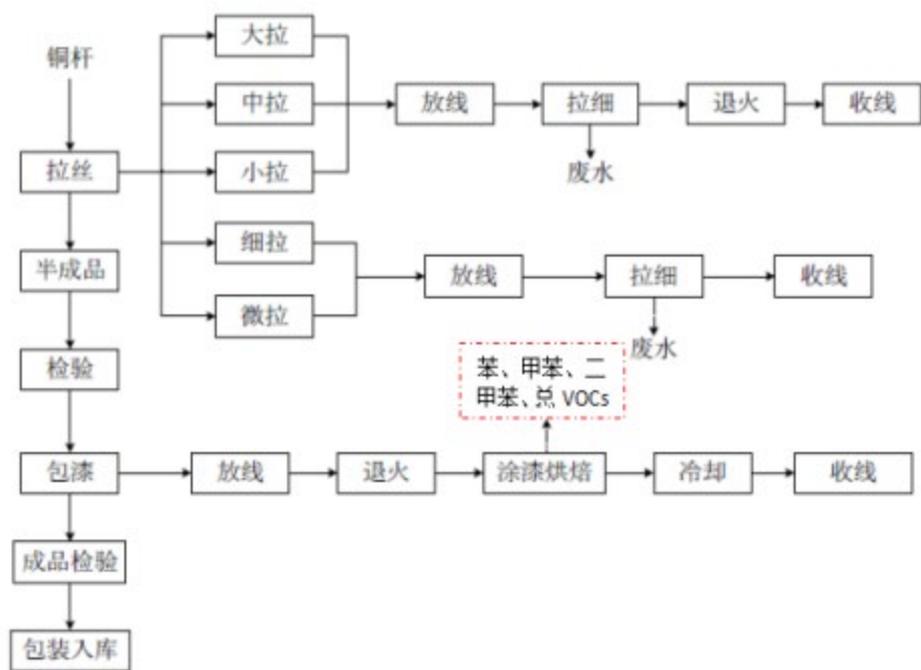


图 2.5-1 企业生产工艺流程





漆包机密闭现状

图 2.5-2 生产车间现场照片

案例二十九 29#企业

关键示范技术：全密闭的喷涂生产线，采用机械手自动静电喷漆。

基本信息及生产工艺：29#企业位于中山市，主要从事铝材喷涂，属于金属结构制造行业（C3311），主要产品为铝板、铝型材、单元板块和钢结构。企业使用的涉 VOCs 原辅材料为氟碳油漆（年用量约 30 吨）、苯类溶剂、硅酮结构胶等。企业生产的钢构件及铝材需喷涂处理，喷涂前表面处理采用脱脂、钝化，二级脱脂后，采用二级水洗，钝化委外加工。前处理后工件先经烘干，使表面水分蒸发，再进入喷

漆房进行喷漆，喷漆后烘干固化，喷漆、烘烤工序（如图 2.5-3 所示）因使用氟碳油漆和苯类溶剂会产生一定量的 VOCs。

废气收集现状：企业主要 VOCs 产生环节为喷涂车间，喷涂先经表面处理，在密闭喷漆房采用机械手自动静电喷漆后烘烤固化（如图 2.5-4 所示），喷涂生产线密闭性良好，无需人员进出，最大限度减少无组织排放，烘烤固化炉出口采用半封闭罩收集，减少无组织排放，喷涂废气收集后采用一体化塔进行处理。

环境效益：企业在生产过程管理方面具体一定的示范性，一是企业喷涂线为自动静电喷涂，不使用人工喷涂，大大提高了涂着效率；二是企业设有专人管理涂料、稀释剂，并在专门仓库存放，选用密闭式压力泵、管道输送涂料到喷漆位；三是企业喷漆车间全密闭，密闭性良好，有效提升了废气收集效果，最大限度减少了无组织排放。

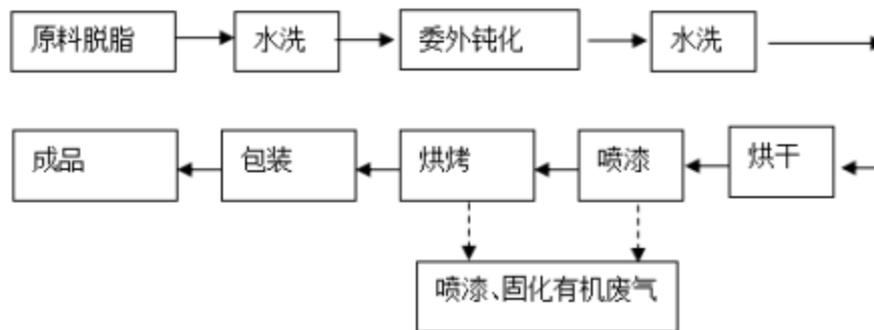


图 2.5-3 29#企业喷涂生产工艺流程



密闭的喷漆房



密闭喷漆房废气收集系统



自动喷漆机械手臂

图 2.5-4 29#企业密闭的喷漆车间和自动喷漆机械手臂

2.6 油墨及类似产品制造业

案例三十 30#企业

关键示范技术：水性油墨生产过程中转运工序采用密闭的储罐进行转运，研磨调色和包装过程采用全密闭的管道输出，采用全自动灌装方式。企业有效的对投料、搅拌、分散、研磨、包装等关键 VOCs 产生环节单独密闭，并进行有效的废气收集。

基本情况：30#企业位于肇庆市，属于油墨及类似产品制造业（C2642），主要从事研发、生产、销售水性油墨、溶剂油墨和水性树脂三大系列产品。企业生产的产品主要有水性树脂（VOCs 含量为 0%）、水性油墨（VOCs 含量为 3-5%）和溶剂油墨（VOCs 含量为 25-60%）。由于该公司生产的水性树脂不含 VOCs，且一般树脂生产是在一定的温度下酸酐、多元醇等和有机溶剂发生聚合反应，加热过程中有机溶剂易挥发，因此其生产均在密闭式反应釜内进行，因此下面仅对该企业水性油墨、溶剂油墨生产工艺过程进行描述。

生产工艺过程及废气收集现状：企业水性油墨生产工艺流程如图 2.6-1 所示，其中产生 VOCs 的工序环节为搅拌溶解、投料、分散、研磨、包装等。水性油墨生产过程采用的原辅材料均为无溶剂或低溶剂的物料，在水性油墨生产过程中的转运工序采用密闭的储罐进行转运，研磨调色和包装过程采用全密闭的管道输出和全自动包装，最大限度地减低了对环境污染。水性油墨车间密闭情况如图 2.6-2（a）所示。

企业油性油墨生产工艺流程如图 2.6-2 所示，其中产生 VOCs 的

工序环节为投料、搅拌、分散、研磨、包装等。在生产过程中，**投料工序**的溶剂主要是采用管道将埋地储罐中的溶剂输送到车间的溶剂投放点进行溶剂投放，如图 2.6-3 (b) 所示；**搅拌及分散工序**采用带有密闭罩的搅拌设备进行搅拌并对搅拌过程中产生的 VOCs 气体进行收集，减少溶剂无组织挥发（如图 2.6-3c 所示）；**研磨工序**采用密闭管道将溶剂罐和砂磨机连接成一个密闭研磨系统，溶剂罐带有密闭盖大大减少溶剂挥发，砂磨机为全密闭设备，可有效减少溶剂挥发（如图 2.6-3d 所示）；**包装工序**采用人工手动包装工艺，包装时溶剂油墨储罐使用密封盖进行密封，油墨通过油墨储罐底部排料口、管道和泵进入密闭过滤器进行过滤后灌入包装桶进行包装（如图 2.6-3e 所示）。溶剂油墨生产过程中产生 VOCs 废气投料工序、搅拌及分散工序、研磨工序、包装工序均已通过有效的外部型集气设备、或包围型集气设备、或密封负压集气设备进行有效的有机废气收集。

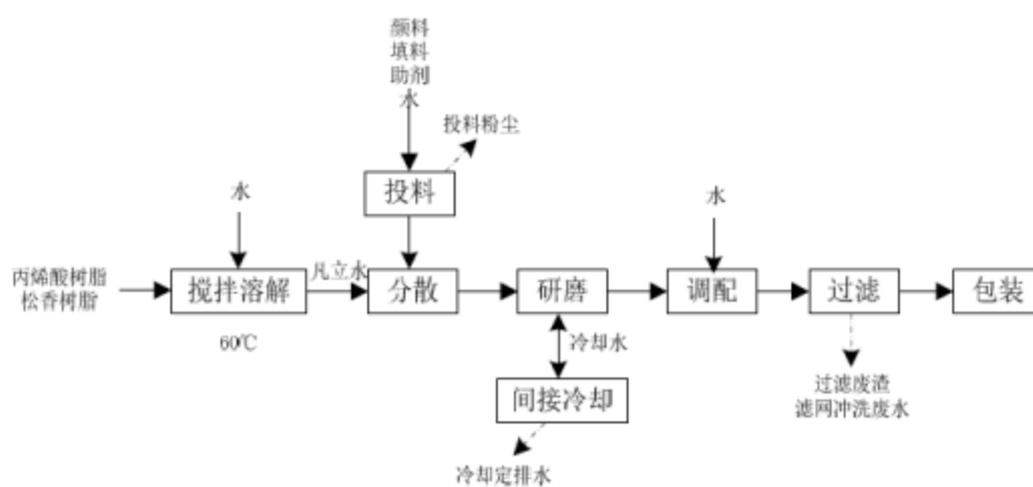


图 2.6-1 水性油墨生产工艺流程图

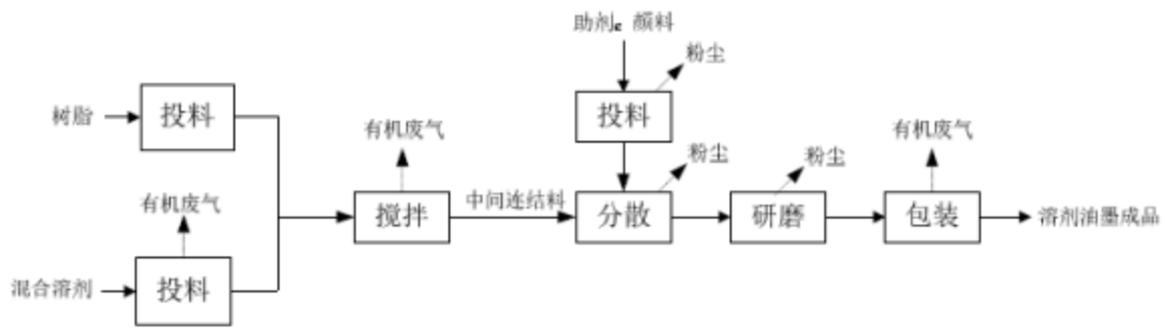


图 2.6-2 油性油墨生产工艺流程图



(a) 水性油墨车间密闭情况



(b) 油性油墨溶剂投料点现场情况



(c) 油性油墨搅拌机分散工序现场情况



(d) 油性油墨研磨工序现场密闭情况



(e) 油性油墨包装工序现场情况

图 2.6-3 企业生产现场状况

2.7 其他行业

案例三十一 31#企业

关键示范技术：原辅材料管道输送、密闭混料；车间围闭。

基本情况及生产工艺：31#企业位于广州市，属于初级形态塑料及合成树脂制造业（C2651），企业主要生产工艺为两部分，一部分为生产线路板印刷所需的菲林，感光材料聚酯胶片外购，主要为涂布加工，在聚酯胶片中间涂布树脂，另一部分为塑料制品制造：卷材菲林的塑胶筒和配件。

废气收集现状：该企业做得较好的是黄菲林部的车间围闭、涂布材料调配及车间废气收集，其中，车间是无尘室要求，整体做到密闭，另外企业对涂布上胶段再次进行了围闭，针对性收集（如图 2.7-1）。另外，涂布的胶料原料为 200L 桶，但集中放置，采用管道传输至调配间，密闭调配，调配好之后密闭运输至涂布上胶段，料桶清洗同样位于调配间，密闭清洗后清洗废液通过管道输送到废液桶收集，收集处亦采用集气管针对性收集。涂布工段高浓度废气进入 RTO 燃烧炉处理。无尘间外的车间通道空间密闭（如图 2.7-2），采用整体抽风至吸附脱附催化氧化装置，做到不同浓度废气分别收集处理。



图 2.7-1 涂布胶料管道输送、密闭混料

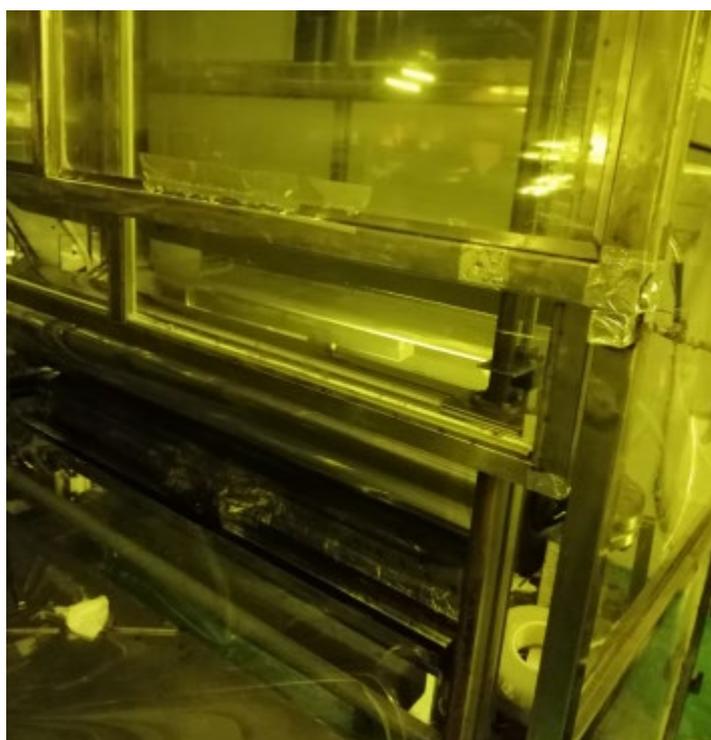


图 2.7-2 无尘室内涂布上胶工位围闭提高收集效率

3 末端治理

在进行末端治理技术选择时，首先要考虑废气排放特性和污染物理化特性，不同治理技术具有不同的适用排放浓度、风量范围和处理对象。基于《重点行业挥发性有机物综合治理方案》（环大气〔2019〕53号）、《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019），同时结合《广东省打赢蓝天保卫战实施方案（2018-2020年）》（粤府〔2018〕128号）的有关要求，本实例汇编 VOCs 污染治理末端治理示范筛选主要基于具有普遍适用性、高处理效率、可复制性及可实操性的末端治理技术，如吸附脱附+催化燃烧技术（CO）、蓄热式热氧化焚烧技术（RTO）以及催化燃烧技术（CO）等，涉及行业包括涂料油墨及类似产品制造业、金属表面涂装行业、塑料制品制造业、电子元器件制造业、印刷业等。

3.1 涂料、油墨、颜料及类似产品制造业

案例三十二 32#企业

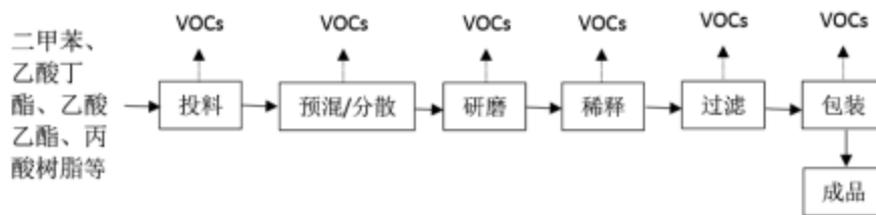
关键示范技术：采用“分子筛转轮吸附浓缩（KPR）+3室蓄热式高温氧化装置（RTO）”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：32#企业位于东莞市，属于涂料制造业（C2641），主要生产工业木器漆、金属漆以及塑胶漆等。三种油漆产品生产工艺过程类似，不同之处在于原辅料使用种类有所不同，以工业木器漆为例（如图 3.1-1 所示），其生产工艺流程为：原辅料—投料—预混分散—研磨—稀释—过滤—包装—成品。所有生产产品使

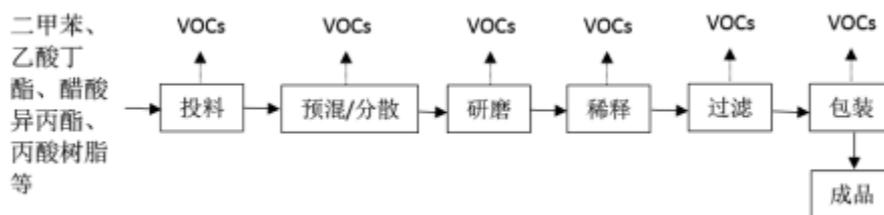
用的原辅料包括树脂、二甲苯、甲苯、乙酸乙酯、丙酮、丁酮、异丙醇、环己酮等等，使用量较大，部分原辅料使用 50m³的 C 类立式内浮顶储罐储存。VOCs 主要来源于投料、分散、研磨、稀释、过滤、包装以及罐洗过程。

废气收集现状：企业现有生产车间预混/分散、研磨等生产工序均位于密闭的生产车间内，车间密闭效果较好，正常生产工作时，车间呈微负压状态，废气收集效果较好。经现场勘察，生产车间外基本无异味，其整体废气收集效率约为 95%。

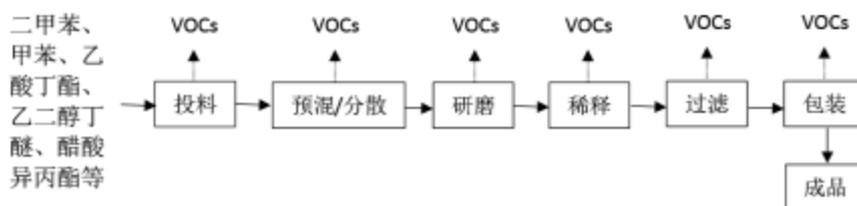
有机废气治理设施：采用分子筛转轮吸附浓缩（KPR）+3 室蓄热式高温氧化装置（RTO）对 VOCs 废气进行处理。设计处理总风量约为 250000m³/h，浓缩进入燃烧塔处理风量约为 5000m³/h。现场核查发现，该企业对废气中的颗粒物、水分等进行了预处理，确保对处理系统的影响降到最低，并设置了超温泄放装置。此外，该废气处理设施运维管理比较到位，每天间隔一定时间详细记录了天然气消耗量、吸附温度、脱附温度、三室燃烧温度以及废气进出口温度等 RTO 处理系统关键影响参数。通过进一步查看原辅材料 MSDS 及检测报告，该公司排放的有机废气中不含酸碱、卤素、氯、硅、氮等成分，不会造成处理效率低下及产生安全隐患，或额外二次污染。根据企业提供的第三方检测报告显示，该治理设施处理效率达到 96.4%。



A 工业木器漆生产工艺流程



B 金属漆生产工艺流程



C 塑胶漆生产工艺流程

图 3.1-1 生产工艺流程图

案例三十三 33#企业

关键示范技术：采用“沸石转轮吸附浓缩+蓄热式高温氧化装置（RTO）”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：33#企业位于江门市，属于涂料制造业（C2641），主要生产汽车修补漆、稀释剂、腻子等配套产品。企业

生产工艺流程主要为：原辅料—高速分散—混合—包装（如图 3.1-2 所示）。所有原料均为物理分散混合过程，不发生化学反应。所使用的原辅料包括树脂、二甲苯、甲苯、乙酸乙酯、丙酮等，使用量较大，部分原辅料使用不同容量的卧式储罐存储。VOCs 主要来源于投料、分散、研磨、包装、清洗等过程。

有机废气治理设施：VOCs 综合治理前，企业生产过程产生的 VOCs 废气采用水喷淋+活性炭吸附处理，其活性炭更换频率低、更换量不足，导致 VOCs 废气处理效率不甚理想。综合治理后，企业采用沸石转轮吸附浓缩+蓄热式高温氧化装置（RTO）对 VOCs 废气进行处理，设计处理总风量约为 60000m³/h，并采用干式过滤对废气中的颗粒物、水分等进行预处理。

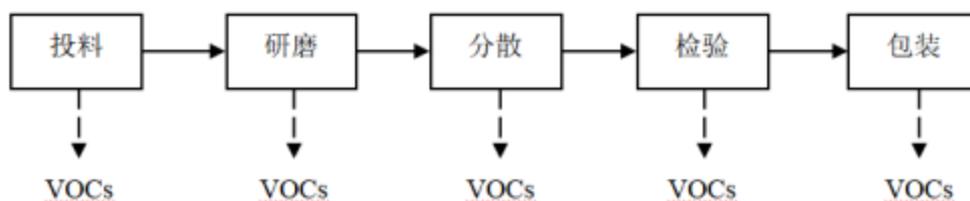


图 3.1-2 油漆生产工艺流程简图

案例三十四 34#企业

关键示范技术：采用“2级沸石转轮吸附浓缩+3室蓄热式高温氧化装置（RTO）”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：34#企业位于东莞市，属于涂料制造业（C2641），主要生产油性油漆、水性油漆、天那水等木器漆、金属

涂料、建筑涂料及其他相关配套产品。各产品生产工艺过程类似，以硝基清漆生产为例（图 3.1-3），其生产工艺流程为：原辅料—高速分散—混合—包装。所有原料均为物理分散混合过程，不发生化学反应。所使用的原辅料包括树脂、二甲苯、甲苯、乙酸乙酯、丙酮、甲基异丁酮等等，使用量较大，部分原辅料使用不同 30~100m³ 不等的储存容量的内浮顶储罐储存。VOCs 主要来源于分散、研磨、包装、罐洗以及打样试喷过程。

废气收集现状：企业现有生产车间分散釜生产工序均位于密闭的生产空间内，空间密闭效果较好，所有搅拌缸/分散机盖板做成密闭空间，安装粉体投料收集装置和液体投料收集装置，开口面风速可达 0.5m/s，保持密闭罩内一定的均匀微负压；包装区出料口则增设透明的密闭废气收集装置。经现场勘察，生产车间外基本无异味，其整体废气收集效率约为 90%。

有机废气治理设施：企业实施 VOCs 综合治理前，原油性漆、天那水等生产过程产生的 VOCs 废气采用布袋除尘+活性炭吸附处理，约设有十套废气处理设施，根据企业提供的活性炭更换记录，其活性炭更换频率低下、更换量不足，导致 VOCs 废气处理效率不甚理想。综合治理后，企业采用 **2 级沸石转轮吸附浓缩+3 室蓄热式高温氧化装置**对 VOCs 废气进行处理。设计处理总风量约为 125000m³/h，浓缩进入燃烧塔处理风量约为 20000m³/h。现场核查发现，该企业对废气中的颗粒物、水分等成分进行了三级干式过滤预处理，确保对处理系统的影响降到最低，并设置了超温泄放装置。此外，该废气处理设施运

维管理比较到位，每天间隔一定时间详细记录了天然气消耗量、吸附温度、脱附温度、三室燃烧温度以及废气进出口温度等 RTO 处理系统关键影响参数。通过进一步查看该公司原辅材料 MSDS 及检测报告，该公司排放的有机废气成分主要为二甲苯、乙酸乙酯和乙酸丁酯等，不含酸碱、卤素、氯、硅、氮等不适宜 RTO 燃烧处理的成分，不会造成处理效率低下及产生安全隐患，或额外二次污染。根据企业提供的第三方检测报告显示，该 RTO 处理系统处理效率达到 97%。

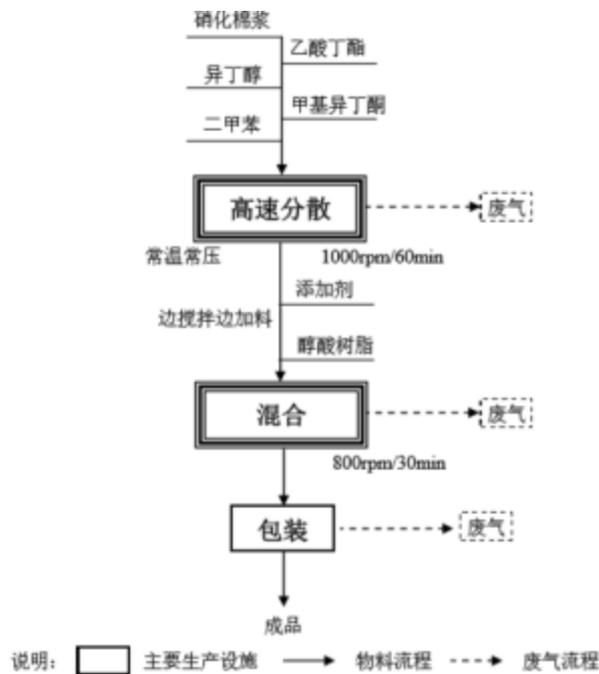


图 3.1-3 硝基清漆生产工艺流程图

案例三十五 35#企业

关键示范技术：采用“蓄热式燃烧技术（RTO）”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：35#企业现位于东莞市，属于涂料制造业（C2641），主要从事开发、生产和销售半导体、元器件专用材料（线

路板成型专用感光性干膜)及机能性树脂(含漆包线用绝缘漆)。企业生产工艺包括涂料制造和感光膜制造,但以涂料制造产品为主,涂料主要生产工艺流程为(图 3.1-4):加料、配料—聚合反应—检测—过滤包装,采用的是典型自由基聚合反应合成方式,单体通过滴加到反应釜内溶液中进行聚合加成反应,反应温度约为 100℃。涉 VOCs 原辅料主要有甲基丙烯酸甲酯、丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸、甲基丙烯酸乙酯、丙酮及丙二醇甲醚等。生产后的涂料产品用于感光膜的生产,感光膜制造和线路板印刷类似,但生产环境比线路板印刷要求高,需要在密闭、避光、无尘环境内进行,感光膜制造使用到的原辅料主要为上述生产的树脂涂料。

废气收集现状:从涉 VOCs 工序密闭及废气收集效果来看,涂料合成全部采用密闭反应釜生产,原辅料通过管道输送到反应釜,全程密闭,反应釜内废气冷凝回用后再集中处理,灌装工序设有外吸式集气罩,现场调研集气风速强劲。感光膜制造位于密闭、避光、无尘车间内,废气收集效果好,企业涂料生产和感光膜制造废气收集效率约为 90%和 100%。

有机废气治理设施:企业投产时就采用蓄热式燃烧技术(RTO)进行有机废气处理,治理设施运维相对做得较好。通过查看该公司原辅材料 MSDS 及检测报告,该公司排放的有机废气中不含酸碱、卤素、氯、硅、氮等成分,不会造成处理效率低下及产生安全隐患,或额外二次污染。经现场实际采样监测验证,其处理前有机废气主要以丙酮、甲基丙烯酸甲酯和甲苯组分为主,占处理前总浓度的 60.5%、11.7%

和 13.45，处理效率则分别为 78.9%、91.2%和 68.4%，实测总体处理效率约为 71.3%（仅实施一次监测，监测结果供参考）。需要指出的是，该 RTO 处理系统从企业投产时就已经运行，到目前已安全运行约 18 年，仍然具有较高的处理效率。

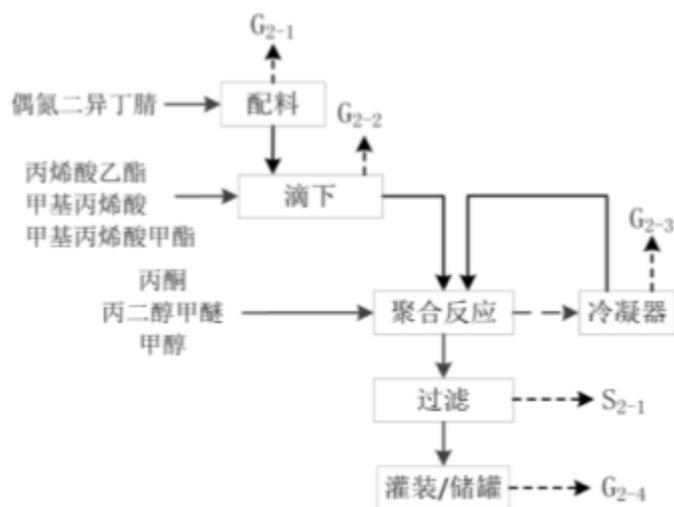


图 3.1-4 生产工艺流程图

案例三十六 36#企业

关键示范技术：采用“催化燃烧技术（CO）”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：企业位于清远市，属于涂料制造业（C2641），主要生产涂料、树脂及颜料，主要原辅料有二甲苯、甲醇、乙二醇单丁醚、DMP（邻苯二甲酸二甲酯）、PMA（丙二醇甲醚醋酸酯）、甲基丙烯酸甲酯、部分无机助剂以及粉料，如钛白粉及颜料等，上述有机原辅料通过管道输送到密闭反应釜内进行生产，每个反应釜均设有冷凝回收装置。生产工艺（如图 3.1-5 所示）主要包括投料、搅拌、混匀、分散、研磨、反应及灌装等过程，VOCs 主要来

源于反应釜内冷凝后废气及灌装工序。

废气收集现状：涂料制造全部采用密闭反应釜生产，原辅料通过管道输送到反应釜，全程密闭，反应釜内废气冷凝回用后再集中收集经统一处理，灌装工序设有上吸式集气罩。涂料生产冷凝后及灌装工序废气收集效率均约为 95%。

有机废气治理设施：企业投产时就使用**催化燃烧技术（CO）**进行涂料制造 VOCs 废气处理，处理系统总风量约为 8000m³/h。经现场采样监测及实验室分析，36#企业处理前共检出 33 种 VOCs 组分，以苯系物和烷烃为主；处理后共检出 19 种 VOCs 组分，以苯系物组分为主。经初步核算，该催化燃烧处理效率约为 95.9%（仅实施一次监测，监测结果供参考），具有很高的处理效率，治理设施同时还配套有脱硫脱硝系统。根据监测结果，该公司排放的有机废气中不含酸碱、卤素、氯、硅、氮等成分，不会造成处理效率低下及产生安全隐患，或额外二次污染。现场调研时，该催化燃烧系统运行管理较为简单，易于操作，工人不需经过专门培训即可进行运维操作，对废气收集风量不大的行业 VOCs 末端治理如涂料生产行业具有很好的借鉴及参考意义。

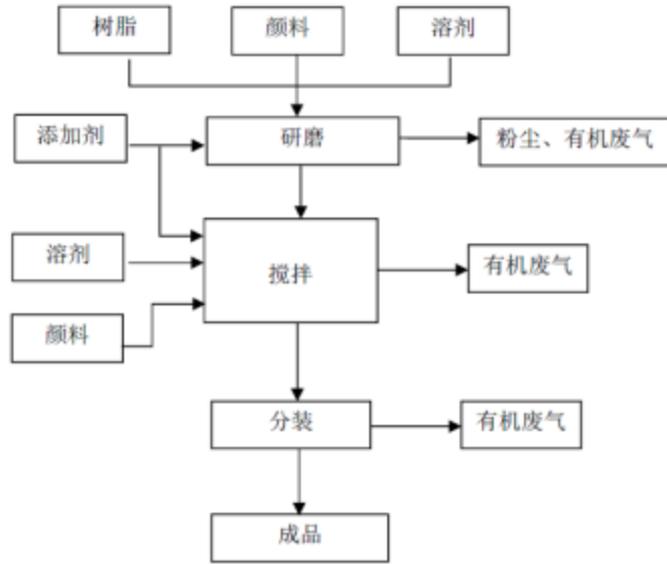


图 3.1-5 生产工艺流程图

3.2 金属表面涂装业

案例三十七 37#企业

关键示范技术：采用“水喷淋+干式过滤/除尘+活性炭吸附浓缩+催化燃烧技术（CO）”治理有机废气。

基本情况：37#企业位于东莞市，属于金属表面处理及热处理加工行业（C3360），主要从事餐具、烤盘的加工生产。生产工艺流程包括：铁板材—冲压—压花—前处理—喷漆—烤漆—成品包装。涉VOCs工序主要为喷漆和烤漆，其中喷漆包括部分静电喷漆和手工喷漆。使用的涉VOCs原辅料主要为油性油漆、水性油漆和天那水。

废气收集现状：企业手工喷漆和自动静电喷漆均为密闭的空间内，仅留有供物料和人员进出的门，手工喷漆房出风口设在水帘柜后面，同时车间采用整体顶上送风，使车间内气流形成对流，并使抽风量略大于送风量，正常生产工作时，整个密闭空间处于负压状态，产生的VOCs密闭负压收集，废气收集效果比较好。喷漆后进入密闭隧道炉内使用天然气进行烤漆，烤漆产生的VOCs密闭收集，其整体废气收集效率约为95%。

有机废气治理设施：企业通过VOCs治理后，采用水喷淋+干式过滤/除尘+活性炭吸附浓缩+催化燃烧技术处理有机废气，其中活性炭吸附共有9室吸附脱附床。设计处理总风量约为100000m³/h，浓缩进入燃烧塔处理风量约为3000m³/h，浓缩比达到97%，浓缩效率高。现场核查发现，该处理系统脱附温度控制在90-100℃之间，并对废气中的颗粒物、水分等成分进行了水喷淋和干式过滤预处理，确保对处

理系统的影响降到最低，还设置了超温高温报警装置，确保处理系统稳定运行。通过查看该公司原辅材料 MSDS 或检测报告，该公司排放的有机废气中基本不含醇类、酸碱、卤素、氯、硅、氮、易自聚物质（苯乙烯、油烟、焦油等），不会产生安全隐患，或额外二次污染，基本适用于水喷淋+干式过滤/除尘+活性炭吸附浓缩+催化燃烧处理。

案例三十八 38#企业

关键示范技术：采用“活性炭吸附脱附+催化燃烧技术（CO）”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：38#企业位于肇庆市，属于金属表面处理及热处理（C3360），主要从事加工铝质建筑材料。该企业生产工艺流程图如 3.2-1 所示，主要涉 VOCs 生产工艺有喷漆、固化等，喷涂主要对铝型材产品进行表面处理。所使用的原辅料主要有油漆、稀释剂等。企业喷漆、固化工序均在较密闭空间内进行，并采用整体抽风方式收集废气，且有明显微负压，其整体废气收集效率约为 90%。

有机废气治理设施：企业 VOCs 综合治理前，企业喷漆和烘烤工序采用水喷淋+UV 光解设施处理，大约有 7 套水喷淋+UV 光解设施处理，根据企业提供的油漆性质均为油性油漆，废气组分水溶性差，同时 UV 光解设施停留时间较短，该组合治理设施无有效处理效果。综合治理后，企业采用**活性炭吸附脱附+催化燃烧技术（CO）**对 VOCs 废气进行处理（如图 3.2-2 所示）。设计处理总风量约为 160000m³/h，浓缩进入催化燃烧室处理风量约为 20000m³/h，现场核查发现，该企

业对废气中的颗粒物、水分等成分采用水喷淋及干式过滤方式处理，确保对处理系统的影响降到最低，并设置了超温泄放装置。此外，该废气治理设施催化燃烧温度可达 320℃，脱附温度为 110℃，且企业生产过程不含酸碱、卤素、氯、硅、氮等不适宜 CO 燃烧处理的成分，不会造成处理效率低下及产生安全隐患，或额外二次污染。

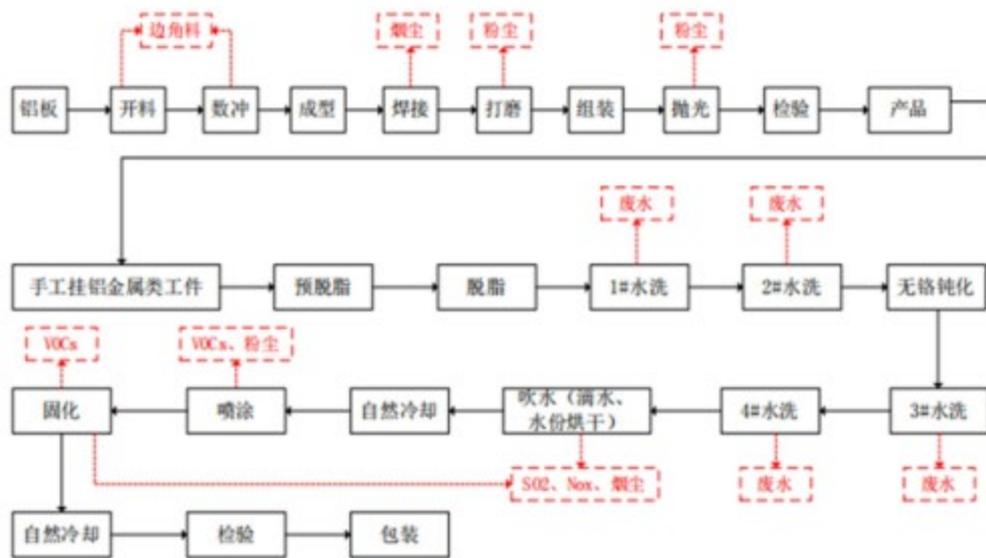


图 3.2-1 生产工艺流程图



图 3.2-2 企业治理设施现场图

案例三十九 39#企业

关键示范技术：采用“蓄热式燃烧技术（RTO）”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：39#企业位于清远市，企业属于金属表面处理及热处理加工（C3360），主要生产铝板天花板。生产工艺流程如图 3.2-3 所示。该企业产生 VOCs 的工序主要是调漆、涂漆和烤漆环节，主要使用的原辅料为铝板、清洗剂、膜、油漆、稀释。企业涂漆车间密闭，烤漆环节全密闭；涂漆和烤漆车间废气均通过统一收集后集中处理，其整体废气收集效率约为 90%。

有机废气治理设施：企业现有一条涂装生产线，涂漆和烤漆车间产生的有机废气均通过统一收集后通过蓄热式燃烧技术（RTO）治理，该公司排放的有机废气成分主要为丙酮、乙酸丁酯、异丙醇等，不含酸碱、卤素、氯、硅、氮等不适宜 RTO 燃烧处理的成分，不会造成处理效率低下及产生安全隐患，或额外二次污染。结合企业提供 RTO 处理系统运维管理记录，该公司如能持续有效运维管理，该治理技术基本能实现设立的净化目标（90%）。

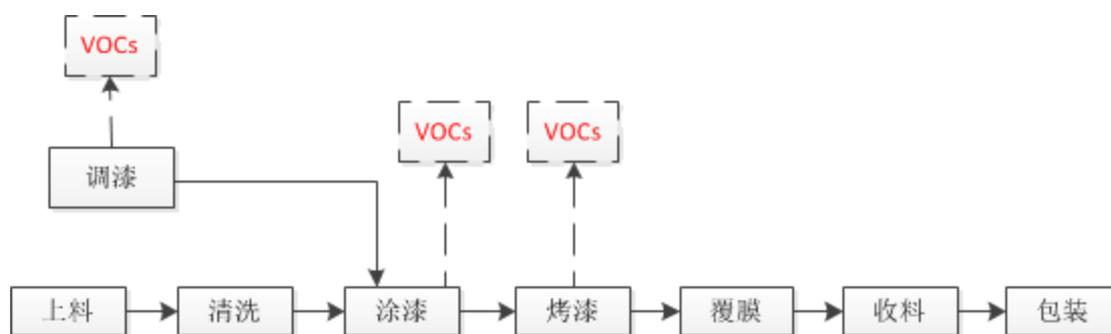


图 3.2-3 生产工艺流程图

案例四十 40#企业

关键示范技术：采用“活性炭再生-蓄热式催化燃烧技术（RCO）”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：40#企业位于广州市，属于汽车零部件及配件制造业（C3670），主要业务为汽车零部件及配件制造。生产流程包括了铸造、机加工、涂装等工艺，其中主要的涉 VOCs 过程是涂装工艺，产生 VOCs 的工段全部在喷涂车间进行，喷涂车间设有喷粉房、喷漆房、烘箱，产生的 VOCs 密闭负压收集，喷漆后进入密闭烘箱中进行烘干，烘干产生的 VOCs 密闭收集。企业主要的涉 VOCs 原辅材料为油漆、粉末涂料和稀释剂。此外，企业通过优化和更新涂装喷漆房喷枪设备，将纯空气枪喷涂改成旋杯枪与空气枪混搭，提高了油漆附着效率，减少漆雾的产生，减少 25%~35%油漆的使用量。

有机废气治理设施：40#企业早前使用的废气治理工艺为水喷淋+UV 光解+活性炭吸附工艺，但是由于管理不善，活性炭更换不足，导致废气质量效率偏低。因此，40#企业考虑使用该工艺会产生大量的废活性炭，增加了一套**活性炭再生-蓄热式催化燃烧系统（RCO）**，活性炭吸附饱和后将更换下来的活性炭送到脱附装置进行脱附，脱附后将废气进行燃烧，燃烧产生的热量可回用于烘箱进行烘干。

活性炭再生设备是利用 80~120℃的热空气加热吹脱吸附在活性炭上的有机物，使吸附在活性炭上的有机物从活性炭上分离，以恢复其吸附性能，从而达到重复使用的目的。吹脱的有机物采用蓄热式催化燃烧（RCO）设备燃烧处理，利用燃烧放热来维持系统运行所需要

的能耗，活性炭再生工艺流程图如图 3.2-4 所示。再生设备一般由连接管道，活性炭装填器、蓄热式催化燃烧（RCO）设备、阀门、风机、烟囱和控制系统组成。再生设备的设计参数如表 3.2-1 所示。通过查看该公司原辅材料 MSDS 或检测报告，该公司排放的有机废气中基本不含醇类、酸碱、卤素、氯、硅、氮、易自聚物质（苯乙烯、油烟、焦油等），不会产生安全隐患，或额外二次污染。

表 3.2-1 活性炭再生设备和蓄热式催化燃烧（RCO）设备的设计参数

序号	名称	单位	参数	
			再生方案 1	再生方案 2
活性炭装填器				
1	活性炭装填器		装填数量 1m ³ ，大小： 2200×1770×2600。 装填器内胆与外层均采用 Q235 板制作，内胆与外层保温材料厚度为 100mm	装填数量 1m ³ ，大小： 2500×2070×2750。 装填器内胆与外层均采用 Q235 板制作，内胆与外层保温材料厚度为 100mm
活性炭再生设备				
2	活性炭再生量	kg	1m ³ （约 500kg）	2m ³ （约 1000kg）
3	再生时间	h	8~10	8~10
4	再生温度	°C	90~115	
5	脱附风量	m ³ /h	1000~1500	2000~2500
6	再生效率（失重率）	%	5~15	5~15
7	启动加热功率	kW	30	50
8	总装机容量	kW	34	55.5
9	设备外型尺寸（L×B×H）	mm	7300×1770×2600	8600×2070×2750
蓄热式催化燃烧（RCO）设备				
10	再生风量	m ³ /h	1500	2500
11	催化温度	°C	300~400	
12	空速	h ⁻¹	10000	
12	催化净化效率	%	≥95%	

序号	名称	单位	参数	
			再生方案 1	再生方案 2
活性炭装填器				
1	活性炭装填器		装填数量 1m ³ , 大小: 2200×1770×2600。装填器内胆与外层均采用 Q235 板制作, 内胆与外层保温材料厚度为 100mm	装填数量 1m ³ , 大小: 2500×2070×2750。装填器内胆与外层均采用 Q235 板制作, 内胆与外层保温材料厚度为 100mm
13	催化剂体积	L	144	256
14	蓄热体体积	m ³	0.3	0.6
15	设备阻力	Pa	≤1500	
16	启动加热功率	kW	30	50
17	风管大小	mm	200	300
18	外形尺寸	mm	2100×1770×2600	2500×2070×2750

注：外型尺寸仅供参考，一般会根据再生的活性炭形状进行调整。

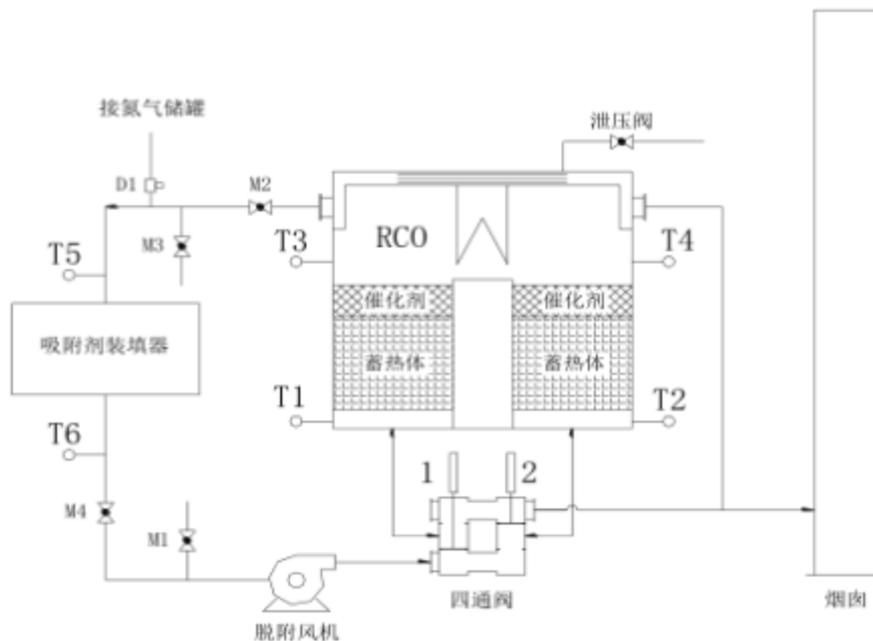


图 3.2-4 活性炭再生-蓄热式催化燃烧工艺流程图

案例四十一 41#企业

关键示范技术：采用“蓄热式燃烧技术（RTO）”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：41#企业位于清远市，属于金属表面处理及热处理加工行业（C3360），主要生产辊涂铝卷、铝塑板。企业主要生产工艺流程为：铝卷放卷—清洗—烘干/冷却—背涂/烘烤—底涂/烘烤—三次印花套色/烘烤—面涂烘烤—成品收卷。收放卷仅为机械收放过程，不产生 VOCs；清洗工序仅使用无铬钝化液、除脂酸洗液等无机清洗剂，主要用于清洗铝箔表面的油脂，不使用有机溶剂，仅有背涂、底涂、面涂、印花套色及配套烘烤等工序产生 VOCs（即“六涂六烘”），同时在涂装前需要对涂料进行调色、搅拌等，主要涉 VOCs 原辅料为辊涂漆和稀释剂。

有机废气治理设施：通过查看该公司原辅材料 MSDS、检测报告，该公司排放的有机废气中基本不含酸碱、卤素、氯、硅、氮、易自聚物质（苯乙烯、油烟、焦油等），不会产生安全隐患，或额外二次污染。企业调配、辊涂及烘烤等工序产生的 VOCs 废气经收集后，采用**三室蓄热式燃烧技术（RTO）**处理，处理系统总风量约为 50000m³/h，具有较高的处理效率，且排放口配套有 FID 在线监测系统。现场调研时，该 RTO 燃烧系统运行管理较为简单，易于操作，一般工人即可运维操作，对金属表面涂装行业，尤其是具有“多涂多烘”生产工艺的金属表面涂装行业 VOCs 末端治理具有较好的借鉴及参考意义。

案例四十二 42#企业

关键示范技术：采用“水喷淋+干式过滤器+活性炭吸附+蓄热式催化燃烧技术（RCO）”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：42#企业位于东莞市，属于照明灯具制造业（C3872），主要进行照明灯具的设计研发及生产。生产工艺流程（如图 3.2-5 所示）包括：压铸成型—焊接—打磨抛光—喷砂—喷粉/喷漆—烘干—组装—成品。压铸成型、焊接、打磨抛光以及喷砂均不使用有机原辅料，无 VOCs 产生。主要涉 VOCs 工序为调漆、喷漆及烘干过程，主要涉 VOCs 原辅料为粉末涂料、水性油漆、油性油漆以及天那水等。

废水收集现状：喷粉在密闭喷粉房中进行，采用全自动喷粉工艺，该工段会产生粉尘，但粉末涂料在喷涂时不会产生 VOCs，喷粉后进入烘箱中进行固化，此时会产生部分 VOCs，烘箱中产生的 VOCs 密闭收集；调漆在密闭调漆房中进行，调漆工段设有集气罩进行收集；喷漆在密闭喷漆房中进行，采用流水线式的自动喷漆工艺，产生的 VOCs 密闭负压收集，喷漆后进入密闭烘箱中进行烘干，烘干产生的 VOCs 密闭收集，其整体废气收集效率约为 95%。

有机废气治理设施：企业经综合治理后，改用水喷淋+干式过滤器+活性炭吸附+蓄热式催化燃烧技术（RCO）。通过查看该公司原辅材料 MSDS、检测报告及项目组实际监测，该公司排放的有机废气中基本不含酸碱、卤素、氯、硅、氮、易自聚物质（苯乙烯、油烟、焦油等），不会产生安全隐患，或额外二次污染。经现场实际调研及

采样监测,42#企业废气处理系统处理效率达 87.3%(仅实施一次监测,监测结果供参考),能达到有效削减 VOCs 的目的,且具有运行管理较为简单,易于操作等特点。



图 3.2-5 生产工艺流程图

3.3 塑料制品制造业

案例四十三 43#企业

关键示范技术：采用“蓄热式燃烧技术（RTO）”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：43#企业位于广州市，属于塑料薄膜制造业（C2921），主要涉 VOCs 生产工艺为印刷工序和复合工序，涉 VOCs 原辅料则有油性油墨、水性油墨、溶剂（其中醋酸乙酯、醋酸正丙酯、丁酮、异丙醇）等。

废气收集现状：从涉 VOCs 工序密闭效果及废气收集效率来看，企业印刷和复合工序位于密闭车间，车间呈微负压状态，其中印刷无密闭，采用外部式集气罩收集废气，烘干产生的 VOCs 密闭收集，其整体废气收集效率约为 90%。

有机废气治理设施：45#企业末端治理整改前使用活性炭吸附处理，由于管理上存在不足，活性炭更换不足，导致废气处理效率严重偏低。根据企业 VOCs 产生量，若采用单一活性炭吸附处理，则活性炭用量非常大，且企业需要使用到丙酮、丁酮等酮类原辅料，而活性炭吸附并不适用含酮类的 VOCs 废气处理，企业综合考虑 VOCs 产生量及原活性炭吸附处理工艺活性炭产生量及适用性后，采用**蓄热式燃烧技术（RTO）**处理 VOCs（见图 3.3-1）。

通过查看该公司原辅材料 MSDS、检测报告及项目组实际监测，该公司排放的有机废气中基本不含酸碱、硅、氮以及易自聚物质（苯乙烯、油烟、焦油等），尽管该企业 VOCs 废气中含有少量的二氯甲烷、三氯乙烯以及 1,2-二氯乙烷等（可能会产生二噁英），但其燃烧

温度约为 900°C 左右，而二噁英在 700°C 时开始分解，在 800°C 时 2 秒完全分解，该 RTO 处理技术基本不会产生安全隐患，或额外二次污染。通过现场采样监测分析，45#企业 RTO 处理前共检出 16 种 VOCs 组分，以酯类组分为主；处理后共检出 15 种组分，以含氧有机物组分为主。从处理效率来看，该 RTO 处理系统处理效率较高，约为 87.8%（仅实施一次监测，监测结果供参考）。



图 3.3-1 45#企业 RTO 处理系统

案例四十四 44#企业

关键示范技术：采用“活性炭纤维吸附+蒸汽脱附再生”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：44#企业位于清远市，属于塑料板、管、型材制造业（C2922），主要生产 PVC 地板。主要生产工艺流程为（图 3.3-2）：基布—开炼—压延—印刷—发泡—贴合—冷却成型—切边—

成品，其中印刷是 VOCs 排放的绝对排放环节。主要使用的原辅料包括 PVC 树脂、DOP（邻苯二甲酸二辛酯）、油墨、稳定剂、发泡剂及稀释剂等，其中油墨和稀释剂是产生 VOCs 的主要源。PVC 粒料常温下不产生 VOCs，高温发泡时产生少量 VOCs。油墨调配及印刷工序在密闭车间进行，印刷槽上方设有集气罩，风量大，车间负压比较明显，其整体废气收集效率约为 90%。

有机废气治理设施：46#企业末端治理采用活性炭纤维吸附+蒸汽脱附再生处理技术，通过查看该公司原辅材料 MSDS、检测报告及项目组实际监测，该公司排放的有机废气中不含对活性炭纤维造成损害的组分，即该企业采用的**活性炭纤维吸附+蒸汽脱附再生**处理技术处理不会产生安全隐患，或额外二次污染。通过现场采样监测分析（由于企业根据订单批量生产，现场采样进行一半时刚好批量生产完成，故监测结果仅作为参考），乙醇、4-甲基-2-戊酮、2-丁酮及乙酸乙酯的回收效率可达 90.2%、67.0%、61.8%和 42.0%，乙醇的回收效率最高。当活性炭纤维吸附一定量的 VOCs 气体后趋于逐渐饱和时，再启动热蒸汽对饱和的活性炭纤维进行加热脱附，脱附后活性炭纤维再进行热风干燥，恢复吸附能力后再进入吸附工作阶段，高温蒸汽脱附出的乙醇、4-甲基-2-戊酮及水的混合液经冷凝分离+净化，得到可循环生产再用的原辅料。

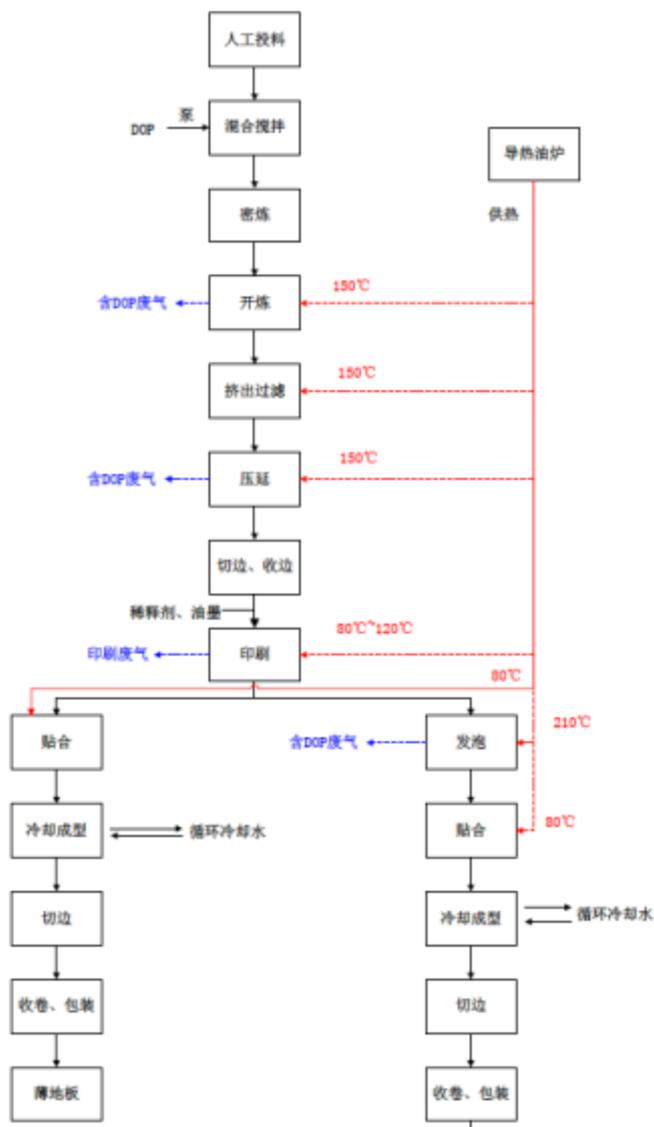


图 3.3-2 生产工艺流程图

3.4 电子元器件制造业

案例四十五 45#企业

关键示范技术：采用“蓄热式燃烧技术（RTO）”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：45#企业现位于清远市，属于电子电路制造业（C3982），主要生产半导体元器件专用材料（纸基电器线路板专用），同时生产胶粘剂用于生产半导体元器件专用材料用。如图 3.4-1 所示，其生产工艺包括涂料制造和纸基覆铜板制造，但涂料制造为辅生产，纸基覆铜板制造为主产品。涉 VOCs 生产工艺则有调胶、加热烘干工序，主要涉 VOCs 原辅料有环氧树脂、甲醇等。

废气收集现状：原辅料通过管道输送到反应釜进行反应生成酚醛树脂，并进行调胶然后通过管道输送到上胶工序，全过程均为密闭，仅有工人打开反应釜检查胶液配置情况时有少量挥发，工位设有上吸式废气收集与处理设施。纸板涂胶后通过以导热油为介质的加热装置进行加热烘干，在高温反应过程中产生大量 VOCs，通过管道统一收集处理。覆铜板生产线为密闭车间，车间呈微负压状态，烘干产生的 VOCs 密闭收集，企业涂料生产和纸基覆铜板制造废气收集效率约为 95%和 90%。

有机废气治理设施：企业 2002 年建厂投产时就配套采用蓄热式燃烧技术（RTO）进行有机废气处理，现场调研时，其治理设施运维相对做得较好。通过查看该公司原辅材料 MSDS、检测报告，该公司排放的有机废气中不含酸碱、卤素、氯、硅、氮等成分，不会造成处理效率低下及产生安全隐患，或额外二次污染。基于现场采样监测，

其处理前后浓度均以甲苯组分为主，分别占处理前后总浓度的 94.7% 和 80.9%，甲苯的处理效率则为 72.4%，整体处理效率约为 67.7%（仅实施一次现场监测，监测结果供参考）。需要指出的是，该 RTO 处理系统从企业投产时就已经运行，到目前已运行约 18 年，仍然具有较高的处理效率。

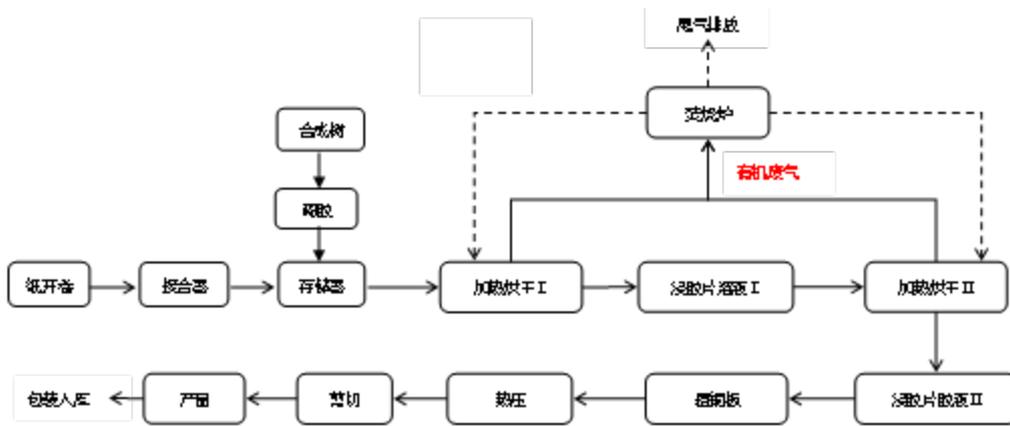


图 3.4-1 生产工艺流程图

案例四十六 46#企业

关键示范技术：采用“蓄热式燃烧技术（RTO）”治理有机废气。

基本情况：46#企业位于东莞市，该企业属于电子电路制造业（C3982），主要产品有阻燃型环氧玻璃布覆铜板、涂树脂铜箔、挠性板、复合基材环氧覆铜板及多层板用系列半固化片，产品主要供制作单、双面及多层线路板，广泛用于手机、汽车、通讯设备、计算机以及各种高档电子产品中。

生产工艺及废气收集现状：企业主要生产工艺流程为：混胶—上胶—烘干—叠片—层压—剪切—检验—包装，混胶系指把环氧树脂在

混胶工序与丙酮、双氰胺、二甲基咪唑以及固化剂等混合均匀制备成胶水，产生一定量有机废气。上胶系指将制备好的胶水在上胶工序被均匀地涂布在玻璃布上，并经上胶机烘干制成粘结片。叠片系指将制好的粘结片被裁切成片状后在配料工序叠合成特定的厚度，并在叠卜工序覆上铜箔并与镜面钢板组合隔好。层压：送入层压机进行加热反应成型，制作成覆铜板，在分发时覆铜板和镜面钢板分开。主要的涉 VOCs 工序为混胶及烘干，具体工艺流程见图 3.4-2。混胶工段在密闭房间中进行，混胶过程则全部在密闭反应釜中进行，产生的少量 VOCs 通过负压收集处理。上胶工段在密闭房中进行，整个房间密闭负压收集。烘干在密闭烘箱中进行，产生的废气密闭负压收集，其整体废气收集效率可达 99%。

有机废气治理设施：企业投产时就采用**蓄热式燃烧技术（RTO）**进行有机废气处理，治理设施运维相对做得较好。通过查看该公司原辅材料 MSDS 及检测报告，该公司排放的有机废气中基本不含酸碱、卤素、氯、硅、氮等成分，主要以 2-丁酮和丙酮组分为主，不会造成处理效率低下及产生安全隐患，或额外二次污染。经项目组现场实际采样监测，其有机废气主要以 2-丁酮、丙酮和二甲苯组分为主，三者处理效率约为 78.2%、64.2%和 54.3%（仅实施一次现场监测，监测结果供参考）。需要指出的是，该 RTO 处理系统从企业投产时就已经运行，到目前已安全运行 15 年，仍然具有比较高的处理效率。

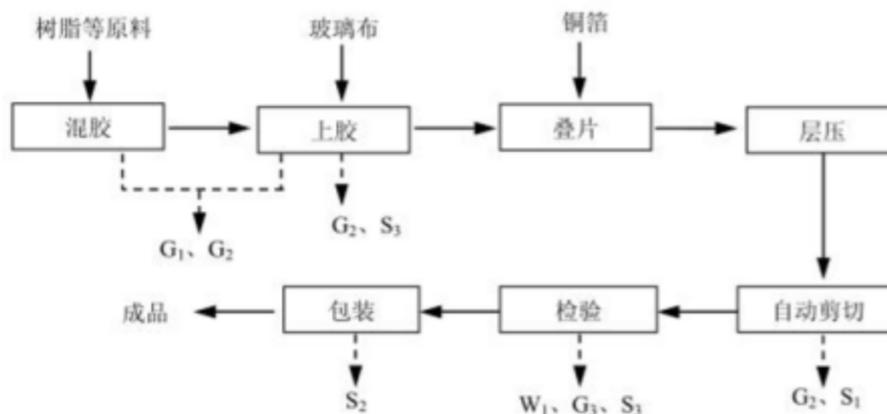


图 3.4-2 生产工艺流程图

案例四十七 47#企业

关键示范技术：采用“沸石转轮吸附浓缩/脱附+催化燃烧技术(CO)”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：47#企业位于东莞市，属于显示器制造业(C3974)，主要从事生产和销售 AMOLED 显示器件（平板显示器及显示屏）。企业主要生产工艺流程为：洗净的原材料经过偏光片贴附、芯片压贴、玻璃面柔性电路压贴、补强剂涂敷、防湿胶涂敷和 UV 固化、感应面柔性电路组装、自动检查、保护膜附贴之后，对工件进行激光切割，切除多余的偏光片，再进行外框组装，之后用除泡机除去气泡，再对工件进行紫外线固化、外框保护膜附贴、特性检查、编码打印、最终检查、包装入库，具体工艺流程见图 3.4-3。

废气收集现状：显示屏正常生产所用的含 VOCs 原辅料主要有油墨（编码打印工序）、稀释剂（编码打印工序）、补强剂（补强剂涂敷工序）、防湿胶（防湿胶涂敷工序）、乙醇（保护膜附贴工序、背

光板组装工序、外框组装工序）、PMK-3（外框组装工序）和UV胶（外框组装工序）；再作业生产所用的含VOCs原辅料为丙酮和无水乙醇（外框拆分和表面清洁）。上述所有生产工序均在密闭万级无尘车间内进行，整个房间密闭负压收集，废气收集效果非常好，其整体废气收集效率可达100%。

有机废气治理设施：企业整改前使用单一活性炭吸附处理，由于管理上存在不足，活性炭更换不足，导致废气处理效率严重偏低。根据企业VOCs产生量，若采用单一活性炭吸附处理，则活性炭用量非常大，且企业需要使用到丙酮，而活性炭吸附并不适用丙酮废气处理，企业综合考虑VOCs产生量及原活性炭吸附处理工艺活性炭产生量及适用性后，采用**沸石转轮吸附浓缩/脱附+催化燃烧技术（CO）**处理。通过查看该公司原辅材料MSDS、检测报告及项目组实际监测，该公司排放的有机废气中基本不含酸碱、卤素、氯、硅、氮等成分，不会造成处理效率低下及产生安全隐患，或额外二次污染，基本适用于整改后的“沸石转轮吸附浓缩/脱附+催化燃烧技术（CO）”工艺。经现场实际采样监测，企业废气处理系统处理效率达86.4%（仅实施一次监测，监测结果供参考），尤其是对2-丁酮及乙醇组分的处理效率高达94.7%（仅实施一次监测，监测结果供参考）和92.1%（仅实施一次监测，监测结果供参考）。

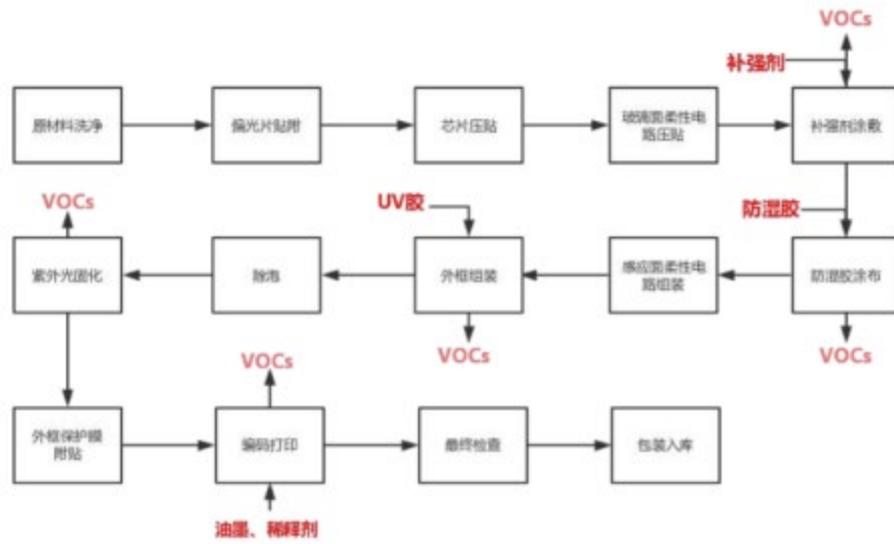


图 3.4-3 生产工艺流程图

3.5 印刷业

案例四十八 48#企业

关键示范技术：采用“蓄热式燃烧技术（RTO）”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：48#企业位于清远市，属于包装装潢及其他印刷业（C2319），是一家集研发、生产于一体的各类PVC、OPP、PET塑料标签企业。主要生产工艺流程为印刷—分条—合掌—切片—成品，以PVC、OPP及PET塑料薄膜为原料，通过凹版印刷工艺，把图案、文字等印刷到塑料薄膜表面上，最终形成塑料薄膜标签纸，VOCs主要来源于调墨和印刷环节。使用的原辅料包括油墨、醋酸乙酯、醋酸正丙酯、醋酸甲酯、混合溶剂以及PVC薄膜、OPP薄膜及PET薄膜等，其中油墨及各类溶剂等是产生VOCs的主要来源。

废气收集现状：企业调配和印刷均在使用铝合金围挡制作成的密闭空间内进行（图3.5-1），采用顶部印刷机集气、底部送风的形式进行废气收集，整体收集效果较好，正常工作时密闭间呈负压状态，其整体废气收集效率约为95%。

有机废气治理设施：企业实施VOCs综合治理前印刷和调配VOCs废气收集汇总后采用单一活性炭吸附处理，无集气罩等集气设施，根据企业提供的活性炭更换记录，活性炭更换频率低下、更换量不足，导致VOCs废气处理效率不甚理想。企业实施VOCs综合治理后，改用蓄热式燃烧技术（RTO）处理，设计处理风量约为60000m³/h。通过进一步查看该公司原辅材料MSDS及检测报告，该公司排放的有机废气成分主要为乙酸乙酯、乙酸正丁酯等，不含酸碱、卤素、氯、

硅、氮等不适宜 RTO 燃烧处理的成分，不会造成处理效率低下及产生安全隐患，或额外二次污染。



图 3.5-1 印刷生产线密闭情况

案例四十九 49#企业

关键示范技术：采用“高效活性碳纤维（ACF）吸附脱附+催化燃烧（CO）”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：49#企业位于东莞市，属于包装装潢及其他印刷（C2319），主要从事彩盒、个性化相册及书刊等生产。生产工艺流程为（图 3.5-4）：原料（纸张）经过开槽机开料，然后胶印、丝印、凹印，再过光油，然后覆膜、烫金、裱纸，压纹、然后机切，再经过糊盒机糊盒，最后检验成品。个性化相册和书刊印刷生产类似，主要涉 VOCs 工艺为胶印、丝印、凹印、烘干、丝印、上油以及覆膜等。使用的涉 VOCs 原辅料主要包括白电油、异丙醇、无水乙醇、正丙酯、洗网水、UV 油墨、白乳胶等。

废气收集现状：企业生产车间均为全密闭车间，车间恒温、恒湿，

印刷机和复合烘干工序为全密闭式烘干箱，其整体废气收集效率可达95%。

有机废气治理设施：实施 VOCs 综合治理后，企业印刷和复合环节产生的有机废气采用 8 床**活性炭纤维吸附脱附（ACF）+催化燃烧技术处理**，设计总风量约为 110000m³/h。同时设置了由粗效、中效、精细过滤三级过滤材料组成的过滤净化器，去除废气中的水分、颗粒物等杂质，过滤干净后的废气进入催化燃烧处理系统，干净的尾气由风机出口烟囱排放。用热空气对吸附饱和后的净化设备进行脱附再生，脱附下来的高浓度有机废气经换热器进入催化氧化设备进行催化氧化，具体设备参数见表 3.5-1。该废气处理设施运维管理比较到位（图 3.5-3），中控系统逐时详细记录了天然气消耗量、吸附温度、脱附温度、燃烧温度以及废气进出口温度等活性炭纤维吸附脱附（ACF）+催化燃烧处理系统关键影响参数。通过进一步查看该公司原辅材料 MSDS 或检测报告，该公司排放的有机废气中基本不含醇类、酸碱、卤素、氯、硅、氮、易自聚物质（苯乙烯、油烟、焦油等），不会产生安全隐患，或额外二次污染。

表 3.5-1 活性炭纤维吸附+催化燃烧设备设计参数

设备名称	ACF 碳纤维浓缩催化燃烧系统
处理风量（m ³ /h）	110000
吸附设备数量	1
催化设备	1
废气有害成份	含甲苯、二甲苯、酯类、醇醚类等有机气体
废气浓度（mg/m ³ ）	≤200
适用废气进口温度（℃）	≤30

设备名称		ACF 碳纤维浓缩催化燃烧系统
净化效率 (%)		≥95
废气出口浓度和排放速率		符合北京市地方标准《DB11 北京市地方标准》DB11/1201—2015 时段标准的 50%。
设备阻力 (Pa)		≤2000
碳纤维	比表面积:	≥1300m ² /g
	碘吸附量:	≥1000mg/g
	苯吸附量:	≥35 %
催化剂	种类	蜂窝陶瓷贵金属催化剂
	空速	20000/h ¹
	反应起燃温度	300°C
	反应温度	315°C
电器控制		自动控制装置留有接口, 可与印刷生产线总控系统连接
		PT 型热电偶采用普通导线连接



图 3.5-2 活性炭纤维吸附+催化燃烧处理系统中控监控系统

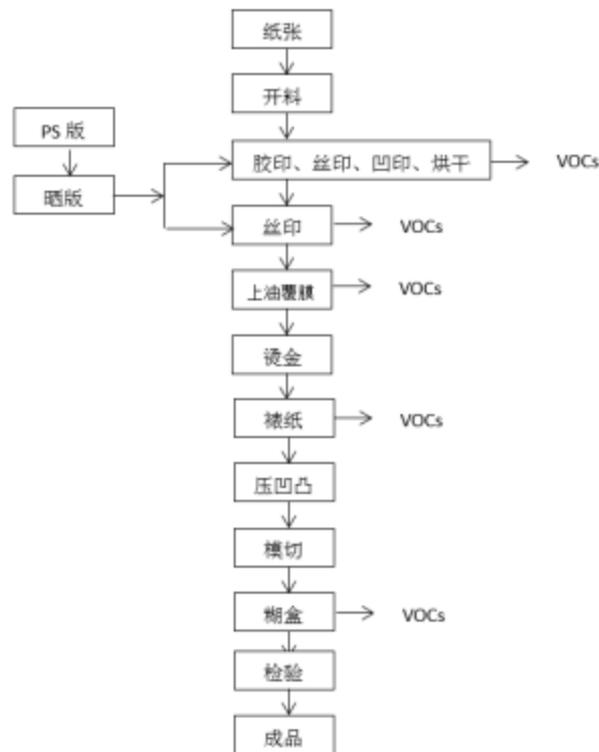


图 3.5-3 彩盒生产工艺流程图

案例五十 50#企业

关键示范技术：采用“蓄热式燃烧技术（RTO）”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：50#企业位于深圳市，属于包装装潢及其他印刷业（C2319），主要生产购物用塑料袋（厚度大于 0.025 毫米）。主要涉 VOCs 生产工艺为印刷工序和复合工序（如图 3.5-4 所示），涉 VOCs 原辅料则有油性油墨、溶剂（其中醋酸乙酯、醋酸正丙酯、丁酮、异丙醇）等。

废气收集现状：从涉 VOCs 工序密闭效果及废气收集效率来看，该企业印刷和复合工序位于密闭车间，密闭效果非常好，车间呈微负压状态，进出需穿防护服，其中印刷无密闭，采用外部式集气罩收集

废气，烘干产生的 VOCs 密闭负压收集，其整体废气收集效率约为 90%。

有机废气治理设施：企业末端治理整改前采用 UV 催化光解+活性炭吸附处理，从现场调研来看，其 UV 光解设备功率严重不足，总功率只有几千瓦，而单套实际处理风量达 30000m³/h 左右，活性炭也未按时进行足额的更换，导致废气处理效率严重偏低。根据企业 VOCs 产生量，若继续采用 UV 催化光解+活性炭吸附处理，一方面活性炭用量非常大，另一方面 UV 光解功率耗能过大，且企业需要使用到丙酮、丁酮等酮类原辅料，而活性炭吸附并不适用含酮类的 VOCs 废气处理，企业综合考虑 VOCs 产生量、废气性质及活性炭产生量，改用**蓄热式燃烧技术(RTO)**处理 VOCs。通过查看该公司原辅材料 MSDS、检测报告及项目组实际监测，该公司排放的有机废气中基本不含酸碱、硅、氮以及易自聚物质（苯乙烯、油烟、焦油等），尽管该企业 VOCs 废气中含有少量的二氯甲烷（可能会产生二噁英），但其燃烧温度约为 900°C 左右，而二噁英在 700°C 时开始分解，在 800°C 时 2 秒内完全分解，该 RTO 处理不会产生安全隐患，或额外二次污染。

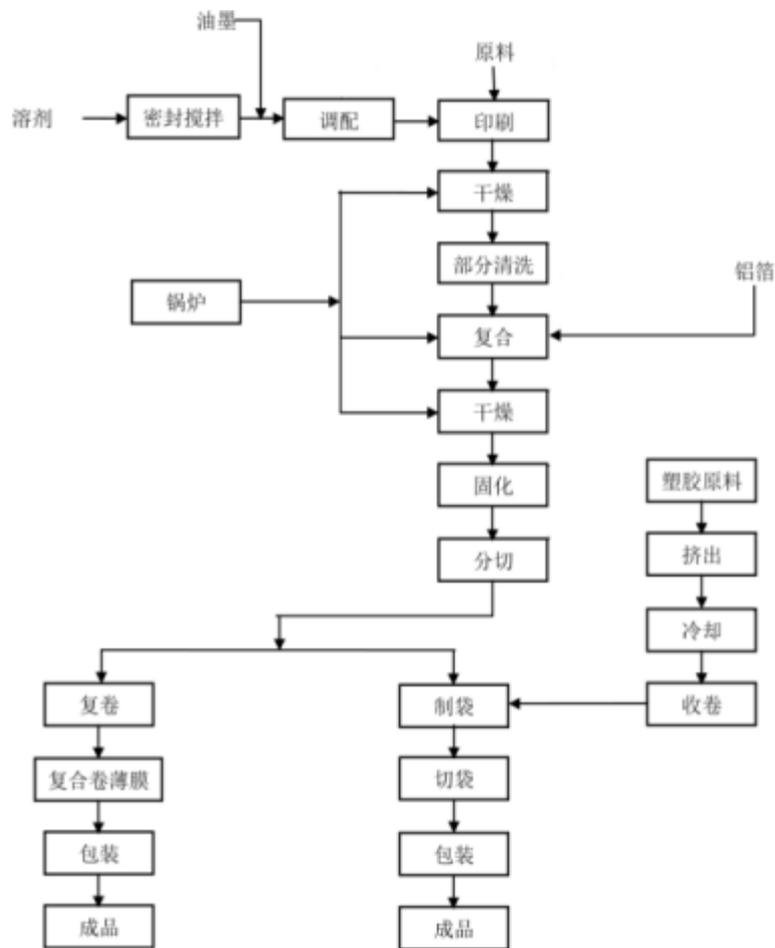


图 3.5-4 生产工艺流程图

案例五十一 51#企业

关键示范技术：采用“蓄热式燃烧技术（RTO）”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：51#企业位于东莞市，属于包装装潢及其他印刷业（C2319），是一家专业从事复合胶薄膜和复合卷薄膜生产企业。企业主要生产复合胶薄膜及复合卷薄膜，生产工艺流程则为（如图 3.5-5 所示）：印刷—干燥—复合—干燥—固化—分切。主要涉 VOCs 工序则为印刷、复合、固化和调配。所使用的主要材料有油性油墨、

水性油墨、溶剂（其中醋酸乙酯、醋酸正丙酯、丁酮、异丙醇）以及胶黏剂等。

废气收集现状：企业印刷和复合生产车间为 30 万级密闭无尘车间，需经两道门才能进入车间，密闭效果好，生产加工状态下车间为微负压状态，车间干净整洁。经现场勘察，车间进进出口处风速较为强劲，印刷和复合车间外基本无异味，印刷和复合产生的 VOCs 密闭负压收集，其整体废气收集效率可达 95%。

有机废气治理设施：企业实施 VOCs 综合治理提升后，考虑 VOCs 产生量及有效稳定的处理效果，印刷和复合 VOCs 废气收集后采用蓄热式燃烧技术（RTO）进行处理，设计风量约为 100000m³/h。通过查看该公司原辅材料 MSDS、检测报告，该公司排放的有机废气成分主要为乙酸乙酯、乙酸正丁酯等，不含酸碱、卤素、氯、硅、氮等不适宜 RTO 燃烧处理的成分，不会造成处理效率低下及产生安全隐患，或额外二次污染。



图 3.5-5 生产工艺流程图

案例五十二 52#企业

关键示范技术：采用“蓄热式燃烧技术（RTO）”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：52#企业位于东莞市，属于包装装潢及其他印刷业（C2319），主要生产包装装潢印刷品以及其他印刷品。主要涉 VOCs 生产工艺包括印刷、复合及固化，其生产工艺流程图如 3.5-6 所示。主要涉 VOCs 原辅料有油墨、正丁酯、乙酸乙酯、正丙醇、稀释剂、复合胶水以及溶剂等。

有机废气治理设施：52#企业涉 VOCs 生产工序产生的 VOCs 废

气经收集后，采用单室蓄热式燃烧系统（RTO）处理，处理系统总风量约为 39000m³/h，经现场采样监测及实验室分析，其处理前共检出多达 44 种 VOCs 组分，以含氧组分的酯及酮类组分为主；处理后共检出 36 种 VOCs 组分，亦以含氧组分的酯及酮类组分为主。从处理效率来看，尽管其 RTO 处理系统处理效率并不太高，约为 61.6%（仅实施一次监测，监测结果供参考），但对塑料薄膜包装印刷行业 VOCs 末端治理来说，仍具有一定的借鉴意义。

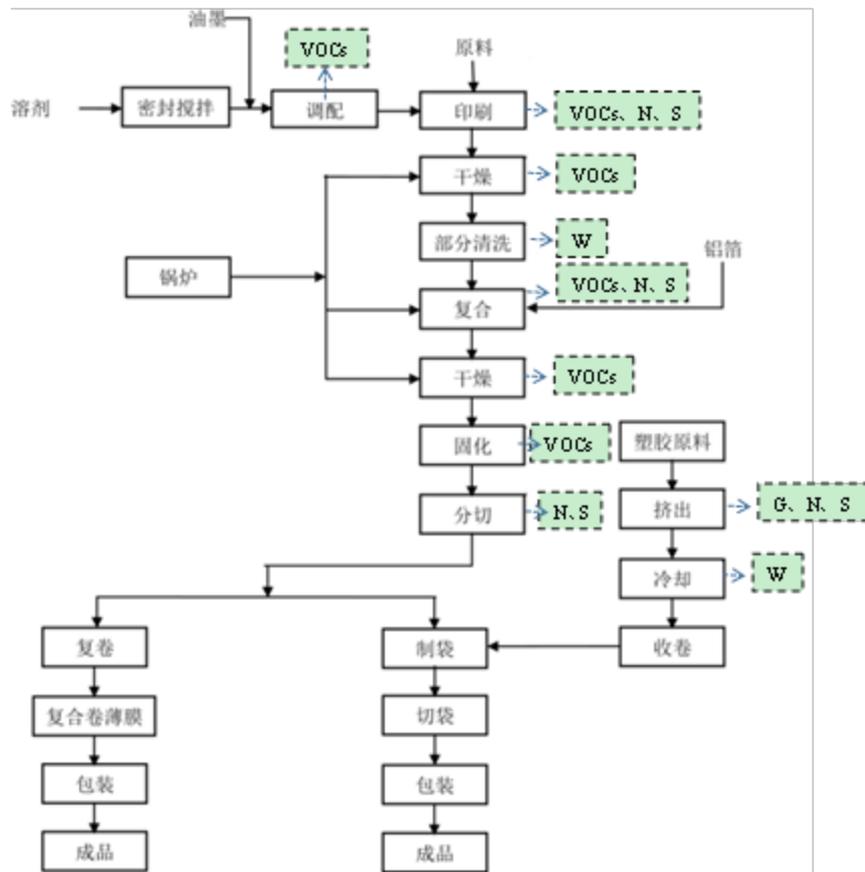


图 3.5-6 生产工艺流程图

3.6 其他行业

案例五十三 53#企业

关键示范技术：采用“干式过滤器+活性炭吸附床+脱附催化燃烧技术”治理有机废气。

基本情况及生产工艺：53#企业位于东莞市，属于技术玻璃制品制造业（C3051），主要从事玻璃以及镜板的加工生产。生产工艺包括切割、磨边、夹胶、中空、钢化、丝印、热弯以及镜板加工，主要涉 VOCs 生产工艺则为镜板加工，其生产工艺流程为（图 3.6-1）：企业外购玻璃原片经上片机自动输送到清洗机上进行清洗（清洗剂主要为预调好的预洗剂、稀土抛光粉）。然后在输送带上在玻璃表面淋上一层氯化钡（调配好的）；然后对玻璃进行置换银加工（主要是在玻璃上再淋上一层配好的药剂），加工成镜面；然后进行烘烤处理，再进行淋底漆、烘烤、风冷、淋面漆、烘烤、风冷等处理后再进行清洗处理，清洗后经下片机下片后经检验合格即为成品。使用的原辅料主要为油性面漆、油性底漆和水性油墨。淋漆为铝合金围蔽成的密闭空间，密闭效果较好；烘烤则为密闭隧道炉烘烤，密闭效果好；正常生产工作时呈微负压状态，淋漆和烘烤工序 VOCs 废气均负压收集，企业淋漆、丝印以及烘烤工序 VOCs 废气收集效率约 90%。

有机废气治理设施：企业治理前淋漆和烘烤工序 VOCs 废气收集后采用单一活性炭吸附处理，约有两套活性炭吸附设施；丝印、烘烤废气收集后采用单一活性炭吸附处理，约有 3 套活性炭吸附设施。根据企业提供的活性炭更换记录，其活性炭更换频率低下、更换量不足，

导致 VOCs 废气处理效率不甚理想。企业经综合治理后，淋漆及烘烤工序 VOCs 废气采用干式过滤器+活性炭吸附床+脱附催化燃烧技术处理，其中活性炭吸附床为 3 室吸附床，每个炭床活性炭用量约为 1.5m³，设计处理总风量约为 20000m³/h。现场核查发现，该处理系统脱附温度控制在 90-100℃之间，并对废气中的温度、颗粒物、水分等成分进行了水喷淋降温和干式过滤预处理，确保对处理系统的影响降到最低。通过查看该公司原辅材料 MSDS 或检测报告，该公司排放的有机废气中基本不含醇类、酸碱、卤素、氯、硅、氮、易自聚物质（苯乙烯、油烟、焦油等），不会产生安全隐患，或额外二次污染。



图 3.6-1 镜板加工生产工艺流程图