

# 浙江省挥发性有机物污染防治可行技术指南 漆包线

浙江省生态环境厅

2021年11月

# 目次

前言 .....	1
1 适用范围 .....	2
2 规范性引用文件 .....	2
3 术语和定义 .....	2
4 生产工艺与 VOCs 产排情况 .....	4
5 污染预防技术 .....	4
6 污染治理技术 .....	5
7 环境管理措施 .....	7
8 VOCs 污染防治可行技术 .....	9
附录 A .....	10
附录 B .....	11

# 前言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》《浙江省大气污染防治条例》，防治挥发性有机物（VOCs）污染，推动漆包线生产过程的污染防治技术进步，制定本指南。

本指南以当前技术发展和应用状况为依据，可作为浙江省漆包线生产过程的VOCs污染防治工作的参考技术资料。

本指南由浙江省生态环境厅组织制定。

本指南起草单位：浙江省生态环境科学设计研究院、宁波市生态环境科学研究院。

## 1 适用范围

本指南适用于漆包线生产过程中产生的挥发性有机物污染控制。

## 2 规范性引用文件

本指南准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本指南。凡是未注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本指南。

GB 14554	恶臭污染物排放标准
GB 16297	大气污染物综合排放标准
GB 37822	挥发性有机物无组织排放控制标准
GB/T 4754	国民经济行业分类
GB/T 16157	固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法
GB/T 16758	排风罩的分类及技术条件
GB/T 38597	低挥发性有机化合物含量涂料产品技术要求
HJ 942	排污许可证申请与核发技术规范 总则
HJ 944	排污单位环境管理台账及排污许可证执行报告技术规范总则（试行）
HJ 1086	排污单位自行监测技术指南 涂装
HJ 2000	大气污染治理工程技术导则
HJ 2026	吸附法工业有机废气治理工程技术规范
HJ 2027	催化燃烧法工业有机废气治理工程技术规范
HJ 1093	蓄热燃烧法工业有机废气治理工程技术规范
HJ/T 397	固定源废气监测技术规范
AQ/T4274	局部排放设施控制风速检测与评估技术规范
DB 33/2146	工业涂装工序大气污染物排放标准

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本指南。

### 3.1 漆包线生产

漆包线由导体和绝缘层两部组成，属于 GB/T 4754-2017 中规定的电线、电缆制造（C3831）的一个品类。漆包线生产指裸线经退火软化后，再经过涂装、烘焙固化的生产工序。

### 3.2 涂装

将涂料涂覆于基底表面形成具有防护、装饰或特定功能的涂层过程，又叫涂料施工。

### 3.3 工业涂装工序

工业生产中涂料调配、表面预处理（脱脂、除旧漆、打磨等）、涂覆（含底涂、中涂、面涂、罩光等）、流平、干燥/固化等环节的生产工序。

### 3.4 固化

由于热作用、化学作用或光作用产生从涂料形成所要求性能连续涂层的缩合、聚合或自氧化过程。

### 3.5 浸涂

将工件浸没于涂料中，取出，除去过量涂料的涂漆方法。

### 3.6 干燥

涂层从液态向固态变化的过程。

### 3.7 溶剂型涂料

以有机溶剂为介质的涂料（或用有机物作为溶剂的涂料）。

### 3.8 辐射固化涂料

通过辐射固化方式固化的一类涂料，如紫外光（UV）固化涂料、电子束（EB）固化涂料等。

### 3.9 固含量

涂料在规定条件下烘干后剩余部分占总量的质量百分数。

### 3.10 即用状态

原料产品调配好即可用于生产的状态。

### 3.11 挥发性有机物（VOCs）

参与大气光化学反应的有机化合物，或者根据有关规定确定的有机化合物。

在表征 VOCs 总体排放情况时，根据行业特征和环境管理要求，可采用总挥发性有机物（以 TVOC 表示）、非甲烷总烃（以 NMHC 表示）作为污染物控制项目。

### 3.12 密闭

污染物质不与环境空气接触，或通过密封材料、密封设备与环境空气隔离的状态或作业方式。

### 3.13 密闭空间

利用完整的围护结构将污染物质、作业场所等与周围空间阻隔所形成的封闭区域或封闭式建筑物。该封闭区域或封闭式建筑物除人员、车辆、设备、物料进出时，以及依法设立的排气筒、通风口外，门窗及其他开口（孔）部位应随时保持关闭状态。

### 3.14 污染预防技术

为减少污染物排放，在生产过程中采用避免或减少污染物产生的技术。

### 3.15 污染治理技术

在污染物产生后，为了消除或者降低对环境的影响而采用的处理技术。

### 3.16 环境管理措施

企事业单位内，为实现污染物有效预防和控制而采取的管理方法和措施。

### 3.17 污染防治可行技术

根据一定时期内环境需求和经济水平，在污染防治过程中综合采用污染预防技术、污染治理技术、环境管理措施，使污染物排放稳定达到污染物排放标准、规模应用的技术。

## 4 生产工艺与 VOCs 产排情况

### 4.1 生产工艺

漆包线生产工序一般由涂料调配、拉丝、退火、涂覆（包漆）、干燥/固化、收线等环节组成。其中采用的包漆作业主要为浸涂，干燥/固化方式为热烘干。

浙江省典型漆包线生产工艺流程详见附录 A。

### 4.2 VOCs 产排特征

漆包线生产过程 VOCs 主要来源于涂料、稀释剂等原辅材料中的有机溶剂组分挥发，主要排放环节包括：

#### （1）涂料调配

涂料和稀释剂在送至生产线前，需要根据产品需要进行调配，调配一般在密闭间内进行，使用搅拌机进行混合，期间会散发 VOCs 废气。

#### （2）包漆

将调配好的涂料在涂装室涂覆在基材表面的过程产生 VOCs。漆包线生产采用浸涂涂覆方式。

#### （3）烘干

涂覆了绝缘漆的漆包线在烘干过程中，基材表面的剩余溶剂全部挥发，产生 VOCs 废气。VOCs 产生量一般大于涂料调配、包漆工序的产生量。烘干工序产生的 VOCs 废气风量稳定、VOCs 浓度较高。

#### （4）平顺润滑

收线时平顺润滑处理，使用 120 号溶剂油做润滑油溶剂，由于漆包线温度仍然较高，在平顺润滑过程中有 VOCs 排放。

## 5 污染预防技术

### 5.1 原料替代技术

#### 5.1.1 漆包线高固含量绝缘漆替代技术

推广使用漆包线高固含量绝缘漆，鼓励使用即用状态下固含量 40% 以上的绝缘涂料。

### 5.1.2 辐射固化涂料替代技术

鼓励使用辐射固化绝缘涂料，适用于聚氨酯丙烯酸酯等溶剂型涂料的替代，多以紫外光为固化能量，并同步改变生产工艺。

### 5.1.3 低挥发性润滑油替代技术

平顺润滑处理优先采用低挥发性环保型润滑油，减少使用以 120 号溶剂油为溶剂的润滑油，原则上润滑油的挥发性组分含量不高于 30%。

## 5.2 设备或工艺革新技术

### 5.2.1 集中供漆技术

利用的集中供漆技术以减少分散供漆，可降低油漆输送环节的 VOCs 无组织挥发。

### 5.2.2 模具涂漆技术

鼓励使用模具法涂漆，直径 0.15mm 以上的漆包圆线和各种截面尺寸的漆包扁线逐步淘汰毛毡法涂漆。

## 6 污染治理技术

### 6.1 一般原则

应加强对涂装生产工序废气的收集，减少 VOCs 无组织排放。VOCs 无组织废气的收集和控制应符合 GB 37822 的要求，废气收集技术可参考附录 B。

高浓度的涂漆、烘干 VOCs 废气以催化燃烧、热力燃烧等高级氧化销毁技术实现达标排放及 VOCs 减排，热能回用于热烘干。

平顺润滑的溶剂挥发废气优先采用吸附浓缩 - 燃烧技术处理，产生量不大的亦可采用吸附技术处理。

### 6.2 吸附技术

该技术利用吸附剂（活性炭、活性碳纤维、分子筛等）吸附废气中的 VOCs，使之与废气分离，简称吸附技术，主要包括固定床吸附技术、移动床吸附技术、流化床吸附技术、旋转式吸附技术。工业涂装生产工序常用的吸附技术为固定床吸附技术和旋转式吸附技术。以活性炭为吸附剂的宜采用颗粒炭，不建议年溶剂型原辅料使用量大于 5 吨的企业采用一次性活性炭吸附抛弃法。配套吸附处理单元的含尘、含气溶胶、高湿废气、高温废气，应事先采用高效除尘、除雾装置、冷却装置等进行预处理。

#### 6.2.1 固定床吸附技术

该技术适用于调配、包漆工序无组织废气、平顺润滑无组织废气、三级催化燃烧后未除尽的烘干尾气及其混合废气的治理。吸附过程中吸附剂床层处于静止状态，对废气中的

VOCs 进行吸附分离。若废气中的污染物易在活性炭存在时发生聚合、交联、氧化等反应，不宜采用活性炭做吸附剂，漆包线涂装废气宜采用分子筛作为吸附剂（不做再生处理的，可采用活性炭吸附），平顺润滑可采用活性炭或分子筛为吸附剂。应根据污染物处理量、处理要求等定时再生或更换吸附剂以保证治理设施的去除效率。入口废气颗粒物浓度宜低于  $1\text{ mg/m}^3$ ，温度宜低于  $40\text{ }^\circ\text{C}$ ，相对湿度（RH）宜低于 80%。该技术的技术参数应满足 HJ 2026 的相关要求。吸附剂可通过解吸而循环利用，脱附的 VOCs 可通过冷凝技术进行回收或通过燃烧技术进行销毁。

### 6.2.2 旋转式吸附技术

该技术适用于调配、包漆工序无组织废气、平顺润滑无组织废气、三级催化燃烧后未除尽的烘干尾气及其混合废气收集后的预浓缩。吸附过程中废气与吸附剂床层呈相对旋转运动状态，对废气中的 VOCs 进行吸附分离，一般包括转轮式、转筒（塔）式。漆包线涂装废气可使用分子筛作为吸附剂，平顺润滑可采用活性炭或分子筛为吸附剂，脱附废气可采用催化燃烧或蓄热燃烧技术进行治理。入口废气颗粒物浓度宜低于  $1\text{ mg/m}^3$ ，温度宜低于  $40\text{ }^\circ\text{C}$ ，相对湿度（RH）宜低于 80%。该技术的技术参数应满足 HJ 2026 的相关要求。转轮中沸石分子筛含量不宜低于 50%（wt%），设计风速不宜高于  $3.5\text{ m/s}$ ，转轮厚度不宜低于 400mm。

## 6.3 燃烧法

通过热力燃烧或催化燃烧的方式，使废气中的 VOCs 反应转化为二氧化碳、水等物质，简称燃烧技术，涂装工序常用的燃烧技术包括热力燃烧技术（TO）、蓄热燃烧技术（RTO）、催化燃烧技术（CO）、蓄热催化燃烧技术（RCO）。

### 6.3.1 热力燃烧技术（TO）

适用于包漆工序无组织废气、平顺润滑无组织废气、三级催化燃烧后未除尽的烘干尾气及其混合废气的治理。低浓度废气收集后应先进行浓缩处理。该技术采用燃烧的方法使废气中的 VOCs 反应转化为二氧化碳、水等物质。该技术产生的高温废气宜进行热能回收，并用于烘干工序。

### 6.3.2 蓄热燃烧技术（RTO）

适用于包漆工序无组织废气、平顺润滑无组织废气、三级催化燃烧后未除尽的烘干尾气及其混合废气的治理。采用燃烧的方法使废气中的 VOCs 反应转化为二氧化碳、水等物质，并利用蓄热体对燃烧产生的热量蓄积、利用。包漆工序无组织废气、平顺润滑无组织

废气、三级催化燃烧后未除尽的烘干尾气及其混合废气收集后，宜采用吸附技术进行预浓缩，再经 RTO 治理，典型治理技术路线为“旋转式分子筛吸附浓缩+RTO”。采用固定换热床的 RTO 装置宜设计不少于三室，技术参数应满足 HJ 1093 的相关要求。

### 6.3.3 催化燃烧技术（CO）

该技术适用于包漆、烘干、平顺润滑等工序废气的治理。在催化剂作用下，废气中的 VOCs 反应转化为二氧化碳、水等物质。该技术反应温度低、不产生热力型氮氧化物。包漆、烘干工序采用的典型治理技术路线为“三级催化燃烧”。包漆工序无组织废气、平顺润滑无组织废气、三级催化燃烧后未除尽的烘干尾气及其混合废气收集后，宜采用吸附技术进行预浓缩，采用“固定床分子筛/旋转式分子筛吸附浓缩-CO”治理技术。该技术的技术参数应满足 HJ 2027 的相关要求。

## 7 环境管理措施

### 7.1 一般原则

企业应根据实际情况优先采用污染预防技术，若仍无法稳定达标排放，应采用适合的末端治理技术。

新建、改建、扩建项目应优先使用漆包线高固含量涂料、辐射固化涂料、低挥发性润滑等污染物产生水平较低的涂料。

规范涂料、稀释剂等含 VOCs 化学品的储存。对所有有机溶剂和含有有机溶剂的原辅料采取密封存储和密闭存放，属于危化品的应符合危化品相关规定。

### 7.2 环境管理制度

企业应按照 HJ 944 的要求建立台账，记录含 VOCs 原辅材料的名称、采购量、使用量、回收量、废弃量、去向、VOCs 含量，污染治理设施的工艺流程、设计参数、投运时间、启停时间、温度、风量，过滤材料更换时间和更换量，吸附剂脱附周期、更换时间和更换量，催化剂更换时间和更换量，以及溶剂回收量等信息。台账保存期限不少于五年。

### 7.3 无组织排放控制措施

涂料、稀释剂等 VOCs 物料密闭储存。盛装 VOCs 物料的容器或包装袋应密闭储存于室内，或存放于设置有雨棚、遮阳和防渗设施的专用场地。盛装 VOCs 物料的容器或包装袋在非取用状态时应加盖、封口，保持封闭。

废涂料、废稀释剂、废清洗剂、废催化剂、废毛毡、废活性炭等含 VOCs 废料（渣、液）以及 VOCs 物料废包装物等危险废物密封储存于危废贮存场所。

涂料、稀释剂等 VOCs 物料的调配过程应采用密闭设备或在密闭空间内操作，并设置专

门的密闭调配间，调配废气应排至 VOCs 废气收集处理系统；无法密闭的，应采取局部气体收集措施，废气应排至 VOCs 废气收集处理系统。

含 VOCs 物料转运和输送应采用密闭管道或密闭容器等，涂料用量大的企业宜采用集中供漆系统，涂装作业后应将剩余的涂料等原辅材料送回漆缸或漆桶等储存器内。

包漆作业应在有效 VOCs 收集系统的密闭空间内进行。

#### 7.4 污染治理设施的运行维护和监测监控

企业应按照相关法律法规、标准和技术规范等要求运行污染治理设施，并定期进行维护和管理，保证治理设施正常运行，污染物排放应符合 DB33/2146、GB 16297、GB 37822、GB 14554 等的要求，有更严格国家标准、行业标准发布的，从严执行。

企业应按照 GB/T 16157 技术规范的要求，设计、建设、维护永久性采样口、采样测试平台和排污口标志。

环保设施应先于其对应的生产设施运转，后于对应设施关闭，保证在生产设施运行波动情况下仍能正常运转，实现达标排放。产生大气污染物的生产工艺和装置需设立局部或整体气体收集系统和净化处理装置，集气方向应与污染气流运动方向一致。

废气燃烧装置应按设计温度运行，并安装燃烧温度连续监控系统。采用一次性活性炭吸附技术的，应定期更换活性炭，废旧活性炭应及时再生或处理处置。

严格执行 HJ 942、HJ 1086 等规定的自行监测管理要求。

纳入重点排污单位名录的，排污许可证中规定的主要排污口安装自动监控设施。

限产、停产、检修等非正常工况下，应保证自动监控设施正常运行。

## 8 VOCs 污染防治可行技术

VOCs 污染防治可行技术见表 8.1。

表 8.1 VOCs 污染防治可行技术

类型	可行技术	技术适用范围
预防技术	漆包线高固含量绝缘漆应用技术	适用于线规格 0.10mm 以上的包漆工序
	辐射固化涂料应用技术	适用于聚氨酯丙烯酸酯、环氧丙烯酸酯、丙烯酸酯等溶剂型树脂涂料的替代，要求同步改变生产工艺
	低挥发性润滑油替代技术	适用于无特定需求的漆包线的平顺润滑处理工序
	集中供漆技术	适用于油漆种类规格相对单一的生产工序
	模具涂漆技术	适用于规格 0.15mm 以上的漆包线生产，鼓励规格 0.10~0.15mm 的漆包线生产应用
治理技术	三级催化燃烧技术	适用于烘干工序 VOCs 污染治理
	固定床分子筛/沸石转轮吸附浓缩-CO 技术	适用于调配、包漆工序无组织废气、平顺润滑无组织废气、三级催化燃烧后未除尽的烘干尾气及其混合废气的治理
	沸石转轮吸附浓缩+RTO 技术	适用于调配、包漆工序无组织废气、平顺润滑无组织废气、三级催化燃烧后未除尽的烘干尾气及其混合废气的治理
	分散吸附-集中再生活性炭法	适用于 VOCs 年产生量不大的平顺润滑无组织废气，且区域配套有活性炭集中再生企业的

附录 A

(资料型附录)

典型漆包线生产工序工艺流程

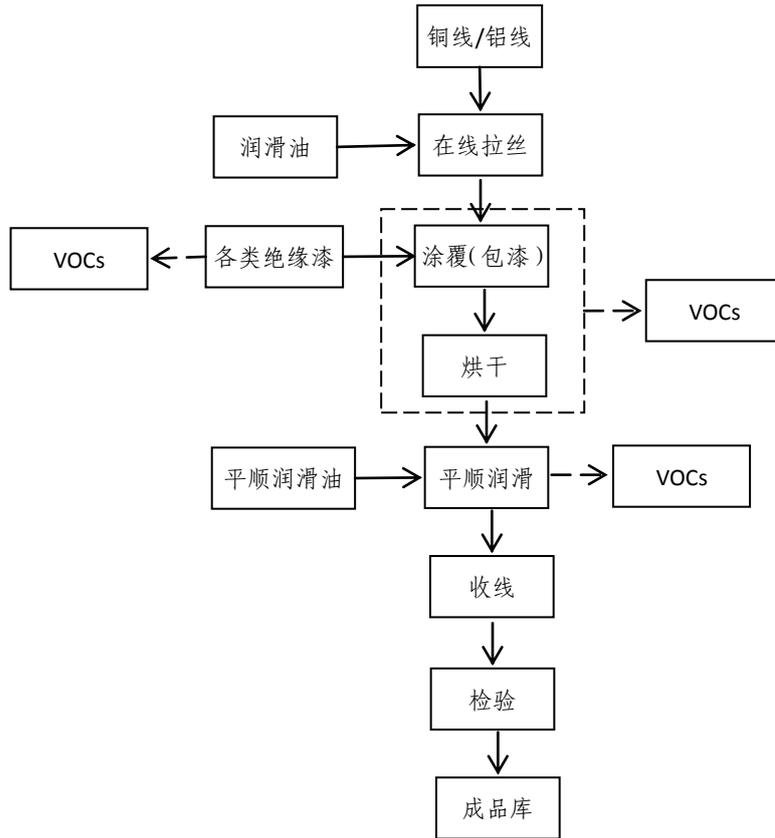


图 A.1 典型漆包线生产工艺流程

## 附录 B

### (资料型附录)

#### 漆包线生产废气收集技术

##### B.1 废气收集的一般规定

漆包线生产过程应根据废气性质、排放方式及污染物种类、浓度等分类进行收集。

废气收集可采用密闭罩(如局部密闭罩、整体密闭罩、大容积密闭罩)、外部罩(如上吸罩、下吸罩、侧吸罩等)等方式收集,应符合 GB/T 16758 要求,要遵循形式适宜,位置正确、风量适中、强度足够、检修方便的设计原则,罩口风速或控制点风速足以将发生源产生废气吸入罩内,确保达到最大限度收集废气。

采用外部罩收集时,应该根据不同的工艺操作要求和技术经济条件选择适宜的外部罩。设置有采暖设备或空调的车间,废气宜优先采用局部收集措施。采用外部排风罩的,应按 GB/T 16758、AQ/T 4274 规定的方法测量控制风速,在距离排风罩开口面最远处的 VOCs 有组织排放位置,控制平均风速不应低于 0.3 m/s,确保达到最大限度收集废气。

采用密闭罩收集时,可根据实际需求采用生产线整体密闭或车间整体密闭的形式(如涂装车间、烘干车间、流平车间等),换风次数应满足设计要求。密闭区域内换风次数原则上不少于 20 次/h,采用车间整体密闭换风,车间换风次数原则上不少于 8 次/小时。

采用整体收集并且有人员在密闭空间中作业时,废气收集系统风量应同时考虑控制风速和有害物质的接触限值;气流组织宜确保送风或补风先经过人员呼吸带,并保证空间内无废气滞留死角。

VOCs 污染气体的收集和输送应满足 HJ2000 要求,管路应有明显的颜色区分及走向标示。所有产生 VOCs 的密闭、半密闭空间应保持微负压,并设置负压标识。

废气收集系统应与生产设备同步运行,VOCs 废气收集处理系统发生故障或检修时,对应的生产工艺设备应停止运行,待检修完毕后同步投入使用;生产工艺设备不能停止运行或不能及时停止运行的,应设置废气应急处理设施或采取其他替代措施。

废气排风量应纳入车间的风量平衡计算;对于有洁净度和压差要求的车间,压差控制应考虑排风量的影响。

废气收集的管路系统宜设置用于调节风量平衡的调试阀门。

废气收集系统宜避免横向气流干扰。

废气收集系统不宜跨越防火分区,如无法避免,在跨越处的风管应设置防火阀并符合 GB 50016 的规定。

##### B.2 工艺过程废气收集

漆缸、烘干等产生 VOCs 的过程应采用生产线密闭方式进行收集，废气收集至 VOCs 处理系统；

卧式机包漆工位设置可活动的密闭式集气罩，负压收集集气罩内的废气；

立式机包漆工位设置落地式密闭间，常闭面采用玻璃、岩棉夹芯板或其他硬质围挡隔离，常开面采用自吸式软帘隔离，确保非进出时间密闭间呈密闭状态，密闭间废气收集应保持微负压状态；

包漆工序无组织废气再收集可采用二次密闭收集方式。

平顺润滑工序可采用外部罩收集或整体密闭收集方式。

包漆、烘干、平顺润滑等车间应根据相应的技术规范设计送排风速率，不可通过加大送排风量或其他通风措施稀释排放。

烘箱烘干过程结束后，保持进气口持续进风，排气口持续将废气排至 VOCs 废气收集处理系统，待烘箱内部温度降至室温后，再打开烘箱，取出产品；若烘箱未设置进出口管道或不便于废气收集的情况，则将烘箱设置于密闭空间或车间内，通过密闭区域换风方式将废气排至 VOCs 废气收集处理系统。

其他无组织废气收集宜优先采用整体收集的形式；在不具备整体收集条件的情况下，宜采用外部罩进行收集。