

浙江省挥发性有机物污染防治可行技术指南 电子工业

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	3
4 生产工艺与 VOCs 产排情况	4
5 污染预防技术	6
6 污染治理技术	8
7 环境管理措施	10
8 VOCs 污染防治可行技术	11
附录 A	13
附录 B	14

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，推动电子工业污染防治技术进步，制定本指南。

本指南以当前技术发展和应用状况为依据，可作为浙江省电子工业 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：浙江省环境科技有限公司、浙江省生态环境科学设计研究院、东阳市环境保护监测站。

1 适用范围

本指南适用于电子工业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 30981	工业防护涂料中有害物质限量
GB 38507	油墨中可挥发性有机化合物含量的限值
GB 38508	清洗剂挥发性有机化合物含量限值
GB 33372	胶黏剂挥发性有机物化合物限量
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/T397	固定源废气监测技术规范
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 1-92	气体参数测量和采样的固定装置
AQ/T 4274	局部排风设施控制风速检测与评估控制规范
DB 33/2146	工业涂装工序大气污染物排放标准

3 术语和定义

下列属于和定义适用于本指南。

3.1 电子工业

电子工业是制造电子设备、电子元件、电子器件及其专用原材料的工业部门。主要生产电子计算机、通信、雷达、广播、导航、电子控制、电子仪表等设备，生产电阻器、电容器、电感器、印刷电路板，接插元件和电子管、晶体管、集成电路等器件，以及高频磁性材料、高频绝缘材料、半导体材料等专用原材料。

包括 GB/T 4754-2017 中规定的输配电及控制设备制造(C382)、绝缘制品制造(C3839)、计算机、通信和其他电子设备制造业(C39)以及仪器仪表制造业(C40)。

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 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。

3.6 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。

3.7 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。

3.8 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。

3.9 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。

3.10 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。

3.11 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

电子工业行业涉及 VOCs 产生较多的主要是光伏制造和电子元件制造。

光伏行业典型生产工艺为多晶硅电池的生产工艺流程，包括切割、粘结、清洗、印刷、烧结等过程，工艺流程见附图 A.1。

电子元件包括电容器、电阻器、电位器、电感器、电子变压器、控制元件、电子敏感元件、传感器和印制电路板等，以手机配件生产为例，工艺流程见附图 A.2。

4.2 VOCs 产排情况

电子工业行业的 VOCs 污染来源主要包括切割液溶剂挥发、粘结过程胶水溶剂挥发、油墨、涂料等物料调配过程中溶剂挥发、烧结过程溶剂挥发、印刷过程浆料、油墨溶剂挥发、涂装过程涂料溶剂挥发、清洁清洗溶剂挥发、注塑过程注塑废气等。

(1) 切割溶剂挥发：切割液的主要成分为聚乙二醇，在切割过程中挥发产生 VOCs。

(2) 粘结过程溶剂挥发：粘结需用到胶水，胶水主要成分环氧树脂，以酯类、醇类为溶剂，使用过程中挥发产生 VOCs。

(3) 油墨、涂料等物料调配过程中溶剂挥发：企业在具体使用时，通常需要对油墨和涂料进行现场调配，调配过程会有少量溶剂挥发。

(4) 硅电池烧结过程银浆、铝浆中溶剂挥发：银浆、铝浆中含有一定的甲苯、二甲苯、松油醇等有机溶剂，在印刷、烘干、高温烧结过程中挥发产生 VOCs。

(5) 印刷和烘干过程溶剂挥发：印刷油墨由颜料、连结剂、溶剂、辅助剂组成。印刷油墨制备和使用过程中常使用乙醇、异丙醇、丁醇、丙醇、丁酮、醋酸乙酯、醋酸丁酯、甲

苯、二甲苯等有机溶剂。印刷时油墨中溶剂含量越高，则印刷和烘干过程中就会有越多 VOCs 挥发至空气中。目前在印刷过程中大量使用的溶剂型油墨，大约含有 15%-50%的有机挥发性成份，再加上调油墨粘度所需的稀释剂，在印品干燥时，油墨所散发出来的挥发成份的总含量约为 70%-80%。

(6) 涂装过程溶剂挥发：涂料由很多原料组成，通常可分为成膜物质、溶剂、助溶剂、颜料四大类。溶剂是能将树脂等溶解在其中的物质，溶剂型涂料中所占比例较高，但在涂料成膜后全部挥发，溶剂成分有甲苯、二甲苯、醋酸乙酯、醋酸丁酯、甲醛、丁醇等。涂装时涂料中溶剂含量越高，则喷涂和烘干过程中就会有越多 VOCs 挥发至空气中。

(7) 清洗过程溶剂挥发：电子元件生产过程需要保证元件表面清洁，通常会进行擦拭，常见的清洗剂是酒精、异丙醇，清洗过程中挥发产生 VOCs。多晶硅清洗的洁净程度对太阳能电池的后续加工有着重大的影响，直接影响电池的成品率和性能，企业采用清洗剂进行清洗，清洗剂主要成分为硅酸钠、氢氧化钠、表面活性剂等，清洗过程会有少量溶剂挥发。

(8) 注塑过程：电子元件配件中有注塑工序，塑料在高温加热过程中产生 VOCs，主要成分为丙烯腈、苯乙烯、非甲烷总烃。

4.3 VOCs 排放特征

表 4.1 电子工业 VOCs 排放特征

工艺类型	主要含 VOCs 原辅材料	VOCs 排放特征	VOCs 特征污染物
切割	切割液	多晶硅切割过程中排放 VOCs，VOCs 排放浓度较低	聚乙二醇
粘结	胶水	粘结过程中排放 VOCs，VOCs 排放浓度较低	醇类、酯类
调配	油墨、涂料	油墨和涂料进行现场调配溶剂挥发，VOCs 排放浓度较低	异丙醇、乙醇、丁醇、丁酮、醋酸乙酯、醋酸丁酯、甲苯、二甲苯等
烧结	银浆、铝浆	印刷、烘干、高温烧结过程中排放 VOCs，VOCs 排放浓度低	甲苯、二甲苯、松油醇等
印刷及烘干	油墨	印刷与烘干过程排放 VOCs，使用溶剂型油墨，VOCs 排放浓度较高；使用水性油墨，VOCs 排放浓度较低	酮、醇、醚、酯和芳烃类
喷涂及	涂料	喷涂与烘干过程排放 VOCs，使用溶剂型	甲苯、二甲苯、醋酸乙酯、

工艺类型	主要含VOCs原辅材料	VOCs排放特征	VOCs特征污染物
烘干		涂料，VOCs排放浓度较高；使用水性涂料，VOCs排放浓度较低	醋酸丁酯、甲醛、丁醇等
清洁	清洗剂	清洁清洗过程中挥发排放VOCs，VOCs排放浓度较低	乙醇、异丙醇、非甲烷总烃
注塑	塑料	高温注塑过程排放VOCs，VOCs排放浓度较低	丙烯腈、苯乙烯、非甲烷总烃

5 污染预防技术

5.1 原辅料替代技术

使用符合国家有关低 VOCs 含量产品规定的涂料、油墨、胶粘剂、清洗剂等，有组织和无组织排放浓度稳定达标且排放速率满足相关规定的，相应生产工序可不要求建设 VOCs 末端治理设施。

对于涂料产品，低 VOCs 含量产品指符 GB/T 38597 的水性涂料、无溶剂涂料。对于油墨产品，低 VOCs 含量产品指符 GB38507 的水性油墨和能量固化油墨。对于清洗剂产品，指符合 GB38508 规定的水基型、半水基型清洗剂产品。对于胶粘剂产品，低 VOCs 含量产品指符合 GB 33372 的水基型胶粘剂和本体型胶粘剂。

使用 VOCs 含量（质量比）均低于 10%原辅材料的工序，无组织排放浓度达标的，可不要求采取 VOCs 无组织排放收集和处理措施。如果存在颗粒物等其他非 VOCs 大气污染物，应采取必要的收集处理措施，确保该类大气污染物达标排放。

企业环评文件及批复或排污许可证中对 VOCs 排放总量有控制要求的，从其规定。

5.1.1 水性涂料替代技术

适用于光伏行业、电子元件等基材涂料的替代，常见的水性涂料包括水性环氧漆、水性丙烯酸漆、水性聚氨酯漆等。采用水性涂料替代溶剂型涂料，VOCs 产生量一般可减少 80% 以上。

5.1.2 粉末涂料替代技术

适用于电子元件、光伏行业等基材涂料的替代，使用高压静电把粉末涂料沉积附着到基板上涂装，粉末涂料的喷涂过程 VOCs 产生量很少。

5.1.3 水性油墨替代技术

包含水性凹印油墨和水性凸印油墨，水性凸印油墨适用于纸包装、标签、塑料包装等的凸版印刷工艺，水性凹印油墨适用于塑料表印、塑料轻包装及纸张凹版印刷工艺。

5.1.4 能量固化油墨替代技术

适用于平版、凸版及网版印刷工艺对标签、纸包装等的印刷。

5.1.4 水基型清洗剂替代技术

适用于表面组装印刷网版、印刷电路版、回流炉波峰焊炉膛等焊接前后松香、油污等污染物的清洗，水基型清洗剂由水、表面活性剂及助剂等成分组成，VOCs 含量 ≤ 50 g/L。

5.1.4 半水基型清洗剂替代技术

适用于清除顽固的助焊剂和锡膏残留物，包括无铅焊料、松香焊料、免洗焊料和粘性助焊剂，半水基型清洗剂由水、表面活性剂、有机溶剂及助剂等成分组成，较溶剂型清洗剂 VOCs 含量能减少 2/3。

5.2 设备或工艺革新技术

5.2.1 高压无气喷涂技术

高压无气喷涂技术适用于传统空气喷涂的替代。使用高压柱塞泵，直接将油漆加压，形成高压力的油漆，喷出枪口形成雾化气流作用于基材。与传统的空气喷涂相比，高压无气喷涂提高了涂料利用率，可降低涂料使用量，从源头减少 VOCs 排放。与之相比还有高流量低气压喷涂、低流量低气压喷涂、低流量中气压喷涂等工艺，同传统空气喷涂相比均可实现不同程度的 VOCs 削减。

5.2.2 无溶剂清洗技术

清洗是电子工业行业涂装前的必要工序，采用不含挥发性溶剂组分的清洗剂进行清洗，以替代传统的以醇类为主要成分的清洗剂。

5.2.3 流水线自动涂装技术

适用于形状较为规则的基材表面涂覆，涂装方式可采用喷涂、辊涂、淋涂。自动化涂装线的涂料利用率高，且有利于 VOCs 收集治理，无组织排放较少。涂装过程自动化后可实现部分废气内循环，达到“减风增浓”的效果。

6 污染治理技术

6.1 一般原则

应根据生产工艺、操作方式、废气性质和污染物类型，对工艺废气实施分类收集、分质处理，按照“应收尽收”的原则提高废气收集率，减少污染物的无组织排放；按照与生产设施“同启同停”或“先启后停”的原则提高治理设施运转率，按照“适宜高效”的原则提高治理设施去除率，减少污染物的排放。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 VOCs 废气，优先采用冷凝、吸附回收等技术对废气中的 VOCs 回收利用，并辅以催化燃烧、热力燃烧等治理技术实现达标排放及 VOCs 减排。采用燃烧法 VOCs 治理技术产生的高温废气宜进行热能回收。

中、低浓度 VOCs 废气，有回收价值时宜采用吸附技术回收处理，无回收价值时优先采用吸附浓缩 - 燃烧技术处理。

含非水溶性 VOCs 的废气不得仅采用水或水溶液洗涤吸收方式处理，原则上禁止将高浓度废气直接与大风量、低浓度废气混合处理。

末端治理设施应按照相关技术规范要求进行设计、建设与管理，相关技术规范包括但不限于 HJ 1093、HJ2000、HJ 2026、HJ 2027、HJ/T 397 等。

生产或使用 VOCs 物料的工序，如不符合国家有关低 VOCs 含量产品规定，当收集的废气中非甲烷总烃初始排放速率 ≥ 2 kg/h 时，配置 VOCs 治理设施的处理效率不应低于 80%。行业排放标准中有更严的处理效率要求的，从严执行。

6.2 吸附法

该技术利用吸附剂（活性炭、分子筛等）吸附废气中的 VOCs 污染物，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。采用吸附处理技术的含尘、含气溶胶、高湿、高温废气，应事先采用高效除尘装置、除雾装置、冷却装置等进行预处理。

6.2.1 固定床吸附技术

该技术适用于调漆、喷漆、流平、晾干工艺废气的治理。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。工业涂装工序一般使用活性炭、分子筛作为吸附

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 $1\text{mg}/\text{m}^3$ ，温度宜低于 40°C ，相对湿度（RH）宜低于 80%。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，不宜采用活性炭吸附技术。该技术的技术参数应满足 HJ 2026 的相关要求。活性炭吸附材料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

该技术适用于工况相对连续稳定的工艺产生的中低浓度涂装废气处理。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。工业涂装工序一般使用分子筛作为吸附剂，用于低浓度 VOCs 废气的预浓缩，脱附废气一般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 $1\text{mg}/\text{m}^3$ ，温度宜低于 40°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 $3.5\text{m}/\text{s}$ ，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，工业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）。

这四种废气处理工艺均适用于流水线自动涂装+减风增浓后的工艺废气的治理，也适用于烘干工艺废气的治理。此外这四种废气处理工艺的燃烧控制温度、热效率和处理效率均存在一定的差别，具体技术参数参照 HJ 1093 和 HJ 2027 的相关要求。

处理含腐蚀性或颗粒物的废气，应采用高效水喷淋装置、化学喷淋吸收装置活除尘措施等进行预处理。当 VOCs 浓度高且波动较大时，应对废气中 VOCs 浓度进行实时监测，确保进入燃烧装置的 VOCs 浓度低于爆炸下限的 25%；不宜采用直接排空的应急措施。

6.4 喷淋吸收法

该技术适用于溶剂型涂装工艺废气的预处理和水性涂料工业废气的治理。通过吸收剂的持续均匀喷入，使废气中的污染物与吸收剂充分接触，利用相似相容的原理，将水溶性物质和小颗粒捕集，从而达到污染物去除的目的。常采用的喷淋吸收技术为水喷淋吸收。

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防治技术，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水性涂料、UV 涂料、粉末涂料等污染物产生水平较低的涂料。

规范涂料、稀释剂、固化剂、清洗剂等含 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储存，属于危化品的管理应符合危化品储存相关规定。

末端治理设施应按照相关技术规范要求进行设计、建设与管理，相关技术规范包括但不限于 HJ 1093、HJ2000、HJ 2026、HJ 2027、HJ/T 397 等。

生产或使用 VOCs 物料的工序，如不符合国家有关低 VOCs 含量产品规定，当收集的废气中非甲烷总烃初始排放速率 ≥ 2 kg/h 时，配置 VOCs 治理设施的处理效率不应低于 80%。行业排放标准中有更严的处理效率要求的，从严执行。

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、固化剂、清洗剂等 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、废漆渣、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、固化剂等 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料系统，其他企业涂装作业后应将剩余的涂料等原辅材料送回调漆室或储存间。

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 DB 33/2146、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	技术适用条件
预防技术	水性涂料替代技术	适用于金属制品、塑料制品等基材涂料的替代
	粉末涂料替代技术	适用于金属制品、塑料制品等基材涂料的替代
	水性油墨替代技术	适用于纸包装、标签、塑料包装等的凸版印刷工艺，及塑料表印、塑料轻包装及纸张凹版印刷工艺
	能量固化油墨替代技术	适用于平版、凸版及网版印刷工艺对标签、纸包装等的印刷
	水基型清洗剂替代技术	适用于表面组装印刷网版、印刷电路版、回流炉波峰焊炉膛等焊接前后松香、油污等污染物的清洗
	半水基型清洗剂替代技术	适用于清除顽固的助焊剂和锡膏残留物，包括无铅焊料、松香焊料、免洗焊料和粘性助焊剂
	高压无气喷涂技术	适用于传统空气喷涂的替代
	流水线自动涂装技术+减风增浓	适用于形状较为规则的基材表面涂覆，部分废气内循环，削减风量，提高排放废气浓度

类型	可行技术	技术适用条件
治理技术	RTO/CO/RCO 技术	适用于流水线自动涂装/印刷+减风增浓后的 VOCs 污染治理，也适用于烘干废气的治理。余热可回用。
	多级过滤（仅针对喷涂废气）+沸石转轮吸附浓缩-RTO 技术	适用于涂装/印刷/清洗（指调配、喷涂、辊涂、浸涂、流平、印刷、清洗等工序）过程 VOCs 污染治理
	多级过滤（仅针对喷涂废气）+活性炭/固定床分子筛/沸石转轮吸附浓缩-CO	适用于涂装/印刷/清洗（指调配、喷涂、辊涂、浸涂、流平、印刷、清洗等工序）过程 VOCs 污染治理
	分散吸附-集中再生活性炭法	适用于小微企业集中的园区、小微园、集聚区等，设置集中式活性炭脱附再生装置
	多段喷淋吸收技术	适用于水性涂料/水性油墨印刷/水基型及半水基型清洗剂清洗的 VOCs 治理
	气旋/布袋+降温+静电技术	适用于使用含塑化剂类原料的喷塑工艺过程 VOCs 污染治理

附录 A

(资料型附录)

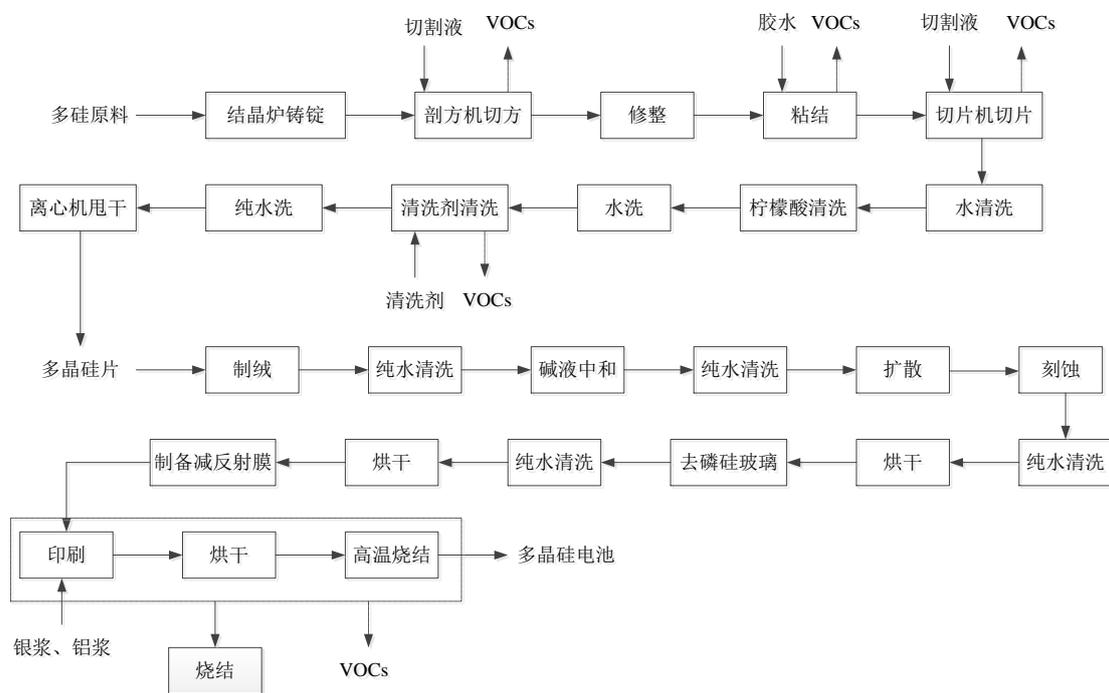


图 A.1 典型光伏行业涂装工序工艺流程和 VOCs 废气产排流程图

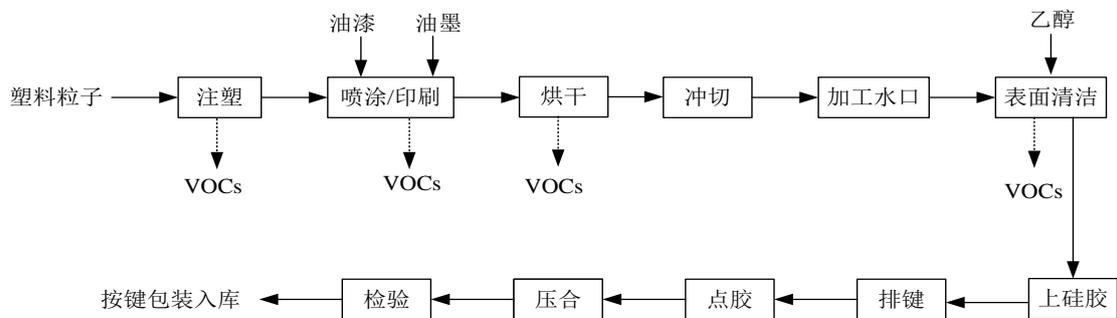


图 A.2 典型电子元件行业涂装工序工艺流程和 VOCs 废气产排流程图

附录 B

(资料型附录)

涂装生产废气收集技术

B.1 废气收集的一般规定

应根据废气性质、排放方式及污染物种类、浓度等,分类收集工业涂装工序产生的废气。

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、检修方便等设计原则,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。废气收集系统宜避免横向气流干扰。

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,测量点应选取在距排风罩开口面最远处的 VOCs 无组织排放位置,控制风速不应低于 0.3 m/s(行业相关规范有具体规定的,按相关规定执行)。

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、流平晾干车间等),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/h。

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。

纯颗粒物的收集系统应独立于 VOCs 收集系统,收集处理应符合相关规范要求。VOCs 废气中的漆雾及颗粒物进入收集系统前应先进行除尘预处理。水帘柜(或水幕)需定期换水时,应做好换水台帐记录(包括换水水量、时间等),并确保换水废水达标排放。

VOCs 污染气体的收集和输送应满足 HJ 2000 要求,管路应有明显的区分及走向标示。所有产生 VOCs 的密闭、半密闭空间原则上应保持微负压,并设置负压标识。

废气收集系统的输送管道应密闭。废气收集系统应在负压下运行,若处于正压状态,应对输送管道组件的密封点进行泄漏检测,泄漏检测值不应超过 500 $\mu\text{mol/mol}$,亦不应有感官可察觉泄漏。废气收集的管路系统宜设置用于调节风量平衡的调节阀门。

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。

B.2 工艺过程废气收集

涂装、流平、烘干等产生 VOCs 的过程应采用密闭设备或在密闭空间内操作，废气收集至 VOCs 处理系统；无法密闭的，应采取局部气体收集措施，废气收集至 VOCs 处理系统。

调漆间宜设置局部排风或整体排风系统。

温度较高的烘干废气不宜与喷涂、流平废气混合收集处理。

涂装、流平、烘干等车间或工序应根据相应的技术规范和工艺要求设计合理的通风量，不可通过加大送排风量或其他通风措施稀释排放。采用烘道烘干的，应做好热风循环与废气收集。

采用低挥发性涂料的工段，宜与溶剂型涂料喷漆废气分开收集处理。

采用烘箱进行序批式烘干的工序，需通过密闭区域换风方式或在开口处顶部设置吸风罩，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。