

福建省电镀行业污染防治工作指南

(试行)

福建省生态环境厅

2020年2月

目 录

前 言.....	1
1 总则.....	2
1.1 适用范围.....	2
1.2 术语和定义.....	2
1.2.1 电镀.....	2
1.2.2 化学镀.....	2
1.2.3 阳极氧化.....	2
1.2.4 电镀废水.....	2
1.2.5 重金属废水.....	3
1.2.6 含氰废水.....	3
1.2.7 电镀混合废水.....	3
1.2.8 电镀废液.....	3
1.2.9 镀液.....	3
1.2.10 电镀污泥.....	3
1.2.11 电镀园区.....	3
1.3 行业相关政策.....	3
1.3.1 相关规范、文件、政策.....	3
1.3.2 产业布局.....	3
1.3.3 产业政策.....	4
1.3.4 清洁生产政策.....	5
1.3.5 电镀园区规范条件.....	6
2 生产工艺及污染物排放.....	7
2.1 生产工艺及产污环节.....	7
2.1.1 前处理及产污分析.....	7
2.1.2 镀锌及产污分析.....	8
2.1.3 镀铜及产污分析.....	9
2.1.4 镀镍及产污分析.....	10
2.1.5 镀铬及产污分析.....	10
2.1.6 镀银及产污分析.....	11
2.1.7 镀金及产污分析.....	11
2.1.8 镀合金及产污分析.....	12
2.1.9 其他产污环节.....	12
2.2 污染物排放.....	12
2.2.1 水污染.....	13
2.2.2 大气污染.....	15
2.2.3 固废污染.....	15
3 清洁生产技术.....	17
3.1 绿色设计.....	17
3.1.1 电镀厂房的总体布局.....	17

3.1.2 电镀厂房建筑的防腐蚀要求.....	17
3.1.3 电镀槽的布置要求.....	18
3.2 清洁生产工艺.....	19
3.2.1 前处理清洁生产工艺.....	19
3.2.2 电镀替代工艺.....	19
3.2.3 电镀过程清洁生产工艺.....	20
3.2.4 清洗水减量化技术.....	21
3.2.5 废水槽边回收技术.....	23
3.3 资源综合利用.....	24
3.3.1 含锌废渣的综合利用.....	24
3.3.2 含铬废渣的综合利用.....	24
3.3.3 含镍废渣的综合利用.....	25
3.3.4 含铜废渣的综合利用.....	26
4 污染防治技术.....	27
4.1 水污染防治技术.....	27
4.1.1 废水的收集和分质分流.....	27
4.1.2 前处理废水预处理技术.....	27
4.1.3 含铬废水预处理技术.....	28
4.1.4 含镍废水预处理技术.....	30
4.1.5 含氟废水预处理技术.....	32
4.1.6 含铜废水预处理技术.....	33
4.1.7 综合废水处理技术.....	35
4.1.8 回用水处理技术.....	38
4.1.9 排污总量和排放浓度双重控制.....	39
4.2 大气污染防治技术.....	39
4.2.1 废气抑制.....	39
4.2.2 废气收集.....	40
4.2.3 废气处理技术.....	41
4.3 固废污染防治技术.....	42
4.3.1 危险废物的暂存及处置要求.....	42
4.3.2 废水处理污泥综合利用与处置技术.....	43
4.4 全过程最佳可行技术组合方案.....	45
5 内部环保管理.....	46
5.1 生产现场管理.....	46
5.2 环保管理组织体系.....	46
5.3 内部环境监测.....	46
5.4 环保台账.....	46
5.5 环境应急管理.....	47
5.6 信息化建设.....	47
6 环境监管.....	48
7 指南应用中的注意事项.....	49

前 言

为进一步贯彻落实《土壤污染防治行动计划》（国发〔2016〕31号）和《关于加强涉重金属行业污染防控的意见》（环土壤〔2018〕22号），提升我省电镀行业污染防治水平，减少重金属污染物排放，完善污染防治技术工作体系，特制定本指南。

本指南起草单位：福建省环境保护设计院有限公司、福建师范大学环境科学与工程学院、福建省环境科学研究院。

本指南由福建省生态环境厅解释。

1 总则

为进一步加强电镀行业污染防治工作，按照“整治提升一批、搬迁入园一批、关停淘汰一批”的总体思路，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，推进重金属污染防控监管平台建设，实现“产业园区化、入园标准化、工艺自动化、管网可视化”，减少重金属污染物排放，特制定本技术指南。

本指南为指导性技术文件，可为电镀行业产业政策和污染防治规划制定、排污许可制度贯彻实施、污染防治技术路线选择等环境管理及企业污染防治工作提供技术支撑。

1.1 适用范围

本指南适用于福建省内的电镀园区、电镀企业和拥有电镀设施的企业以及化学镀、阳极氧化、磷化等工序的其他生产企业。

1.2 术语和定义

1.2.1 电镀

在含有金属盐的电解质溶液中，根据电化学的基本原理，以被镀覆金属作为阳极（或用不溶性阳极），欲镀覆金属的工件作为阴极，借助直流电源，在工件表面形成均匀、致密、结合良好的金属或合金沉积层的过程。电镀后的工件起到防止金属氧化（如锈蚀），提高耐磨性、导电性、反光性、抗腐蚀性及增进美观等作用。

1.2.2 化学镀

指在无外加电流的情况下借助合适的还原剂，使镀液中金属离子还原成金属，并沉积到待镀件表面的一种镀覆过程。

1.2.3 阳极氧化

指金属制件作为阳极在电解液中进行电解，使其表面形成一层具有某种功能（如防护性，装饰性或其他功能）的氧化膜的过程。

1.2.4 电镀废水

电镀生产过程中排放的各种废水，包括镀件酸洗废水、漂洗废水、钝化废水、刷洗地坪和极板的废水、由于操作或管理不善引起的“跑、冒、滴、漏”产生的废

水，废水处理过程中自用水以及化验室排水等。

1.2.5 重金属废水

电镀生产中排放的含有镉、铬、铅、镍、银、铜、锌等金属离子的废水。根据废水中所含重金属元素，又分别称为含铬废水、含镍废水、含铜废水、含锌废水、含铅废水、含镉废水、含银废水等。

1.2.6 含氰废水

电镀生产工艺中排放的废水中含氰离子。

1.2.7 电镀混合废水

电镀生产工艺中的不同镀种和不同污染物混合在一起的废水。

1.2.8 电镀废液

电镀生产工艺中因不能满足工艺要求而废弃的溶液。

1.2.9 镀液

电镀工艺中使用的各类配置液体。

1.2.10 电镀污泥

电镀废水治理过程中产生的污泥。

1.2.11 电镀园区

电镀园区是由政府或行业规划倡导，电镀及相关服务企业集聚，污染物集中治理和综合利用的工业园区，亦可称为电镀集中区、集聚区、定点基地。

1.3 行业相关政策

1.3.1 相关规范、文件、政策

- (1)《电镀废水治理设计规范》（GB 50136-2011）
- (2)《电镀废水治理工程技术规范》（HJ2002-2010）
- (3)《电镀污染防治最佳可行技术指南（试行）》（环境保护部 HJ-BAT-11）
- (4)《重金属污水化学法处理设计规范》（CECS92:97）
- (5)《电镀污染物排放标准》（GB21900-2008）
- (6)《关于加强涉重金属行业污染防控的意见》（环土壤〔2018〕22号）

1.3.2 产业布局

（一）根据资源、能源状况和市场需求，科学规划行业发展。新、改、扩建项目应符合国家和地方相关产业政策，项目选址应符合产业规划、生态环境保护

规划、土地利用规划、环境功能区划以及其它相关规划要求。

(二) 根据相关法律法规,在国务院、国务院有关部门和省政府规定的自然保护区、生态功能保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等重点保护区域不得新建、扩建相关项目,已在上述区域内运营的生产企业应根据区域规划和保护生态环境的需要,依法逐步退出。

(三) 新(扩)建项目应取得主要污染物总量指标,依法开展建设项目环境影响评价,建设项目环境影响评价文件经审批后开工建设,环境保护设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用,经竣工环保验收合格后方可正式投入生产使用。新、扩、改、迁项目,在满足污染物排放总量替代的前提下,其选址、规模、工艺、装备、资源利用、污染防治等各项内容可参照本指南的要求。

(四) 2025 年底前,电镀企业集中的地区应完成电镀企业(含设置电镀车间企业,半导体、光电等备置小型电镀设备但不具备独立生产车间的企业除外,下同)入园;工业功能区、电镀园区以外,除保留少数规模大、水平高、污染防治规范、环保手续齐全的标杆式企业外,所有电镀企业应迁入工业功能区、电镀园区。工业功能区、电镀园区应建设污水集中处理设施,对园区内企业污水统一收集、集中处理,稳定达标排放。

1.3.3 产业政策

(一) 现有企业生产规模应符合有关产业政策要求。鼓励对规模较小的企业按照国家有关法律法规进行兼并重组。不对外承揽加工业务的企业配套电镀车间达不到规模要求的应经设区市生态环境局审核同意。

(二) 鼓励企业选用低污染、低排放、低能耗、低水耗、经济高效的清洁生产工艺,推广使用《国家重点行业清洁生产技术导向目录》的成熟技术。无《产业结构调整指导目录》淘汰类的生产工艺和电镀行业规范条件规定的淘汰落后工艺、装备和产品,主要如下:

(1) 《产业结构调整指导目录》中规定的淘汰类的工艺、装备和产品,如氰化镀锌、六价铬钝化、电镀锡铅合金等。

(2) 在生产过程产生和排放含有汞元素的蒸气或废水的工艺或产品。

(3) 加工过程中使用和排放废水中含有镉元素的且用于民品生产的工艺和产品(船舶、飞机及弹性零件除外)。

(4) 加工过程中使用和排放废水中含有铅元素的且用于电子和微电子电镀生产的工艺和产品(国家特殊项目除外)。

(5) 仅有一个且无喷淋、镀液回收等措施普通清洗槽。

(6) 砖砣结构槽体。

(7) 镀层在铬酐浓度 150g/L 以上的钝化液中钝化的工艺。

(8) 淘汰单槽清洗或直接冲洗等落后工艺。

(9) 淘汰手工电镀工艺(金、银等贵金属电镀确需保留手工工艺的, 应经设区市工信、生态环境部门审核同意)。

(10) 含硝酸退镀工艺。

(11) 禁止使用茶籽粉、防染盐等高络合高浓度的化工原料。

(12) 禁止使用全氟辛基磺酸及其盐类和全氟辛基磺酰氟【不含只用于闭环系统的金属电镀(硬金属电镀)】。

1.3.4 清洁生产政策

(一) 所有电镀企业、专门处理电镀废水的集中式污水处理厂应依法实施五年两轮的强制性清洁生产审核。拟保留的电镀企业应通过强制性清洁生产审核, 2020 年底达到《电镀行业清洁生产评价指标体系》III 级清洁生产水平, 2022 年底达到 II 级清洁生产水平。

(二) 鼓励使用先进环保电镀工艺技术和新设备, 大力推广无氰、无氟、无磷、低毒、低浓度、低能耗和少络合剂的清洁生产工艺, 鼓励采用三价铬和无铬钝化工艺, 鼓励采用全自动控制的节能电镀装备。

(三) 电镀企业有重金属和水资源循环利用设施。

(1) 镀铜、镀镍、镀硬铬以及镀贵金属等生产线配备工艺技术成熟的带出液回收槽等回收设施。

(2) 电镀企业单位产品每次清洗取水量不超过 0.04 吨/平方米, 废水自行单独处理的电镀企业中水回用率不小于 50%。

(3) 生产线或车间单独安装水、电计量装置。

(四) 鼓励采用全自动控制的节能电镀装备; 自动化生产线镀槽容积应不小于总容积的 80%, 因特殊工艺要求无法实现自动化或半自动化的应经当地工信、生态环境部门同意。

1.3.5 电镀园区规范条件

(一) 电镀园区规划建设应符合本地区的产业布局及相关规划，具备园区规划、建设标准、入园条件、园区管理、污染防治、配套服务等功能。

(二) 鼓励电镀园区根据本区域特点构建循环产业链，实现产业间、企业间首尾相连、环环相扣、物料循环，实现水资源减量化和循环利用、能源节约和梯级利用以及材料节约和资源化利用，促进废物排放的减量化、再利用和资源化，以及危险废物的资源化和无害化处理。

(三) 电镀企业应结合电镀园区建设规划分阶段入驻。

(四) 电镀园区具备独立检测分析废水中主要污染物的条件，安装主要污染物排放自动监测设备，并与生态环境主管部门的监控设备联网。

(五) 电镀园区应对企业排放废气中主要污染物实施监测。

(六) 电镀园区应建设统一的集中供热设施，按国家政策要求限期淘汰园区内企业燃煤锅炉。

(七) 园区内分产品、分区域进行生产管理，实行雨污分流，电镀企业废水全部纳管；建设统一、集中的废水处理设施，电镀废水按照不同污染物种类分质分流，含一类重金属污染物的废水经单独处理达标后方能与其他废水合并处理。

(八) 电镀园区区内危险化学品集中储存、危险废物集中收集处置。

2 生产工艺及污染物排放

2.1 生产工艺及产污环节

电镀工艺过程大致可以划分为：镀前处理—电镀—镀后处理三个工序。由于电镀加工件的基材不同，电镀件的原始加工状态不同，镀前处理工艺也各不相同，基本可分为机械法清理、除油工序、化学浸蚀等。电镀主要的生产工艺根据应用与要求不同，有镀锌、镀铜、镀镍、镀铬、镀金等工序。另外在各电镀工序后有多道水洗工序，以除去制件表面滞留的前一种溶液。清洗是电镀废水的最主要来源，采用不同的电镀工艺和不同的清洗方式，废水中的有害物质的种类、浓度、排放量等有较强的差别。

2.1.1 前处理及产污分析

电镀前处理是指电镀前的所有工序，主要目的是修正镀件表面，使镀件表面做到无氧化皮、无锈渍、无油污，能完全被水润湿，不挂水珠。

由于电镀加工件的基材不同（如钢铁、铜及铜合金、铝及铝合金、塑料等），电镀件的原始加工状态不同（如冲压件、机加工件、铸锻件等），电镀前处理工艺也各不相同。电镀前处理的工艺方法又可分为机械法清理、除油工序、浸蚀。

不同前处理工艺产生的污染物不同，主要包括酸、油脂等有机物、金属、氰化物、悬浮物、磷酸盐以及表面活性剂等废水，盐酸、硫酸、有机气体以及粉尘等废气，含金属、布毛的碎渣、残酸、残碱、废溶剂等。

电镀前处理工艺产污图如下：

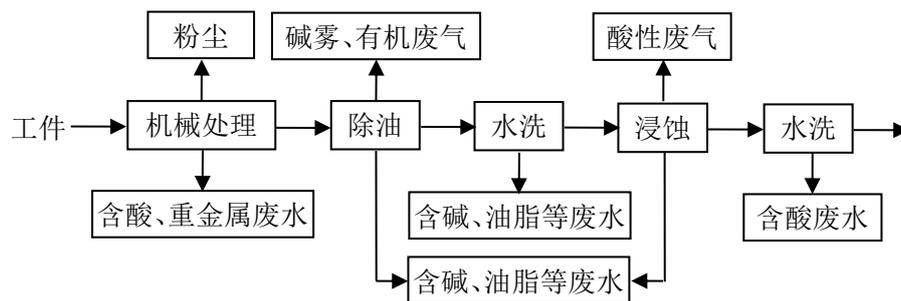


图 2.1-1 电镀前处理工艺产污图

电镀前处理主要水污染物见表 2.1-1。

磨光、抛光、滚光、喷砂等机械法前处理会产生含硅金属、布毛等粉尘，滚光将有磨料粉末和金属粉末随水洗而带出。

除油工序中，由于使用大量的有机溶剂、碱、助洗剂、络合剂、表面活性剂等。除油槽液是有一定寿命的，当其中杂质含量到达一定程度必须进行更新，除油液中含大量的有机溶剂、残碱液、乳化液、油脂皂化液等，是电镀废水 COD 的主要来源。

浸蚀（除锈、活化）工序产生大量的酸性废水。浸蚀液是有一定寿命的，当溶液中积聚的金属离子达到一定浓度时，浸蚀液必须更新，浸蚀废液中含大量金属离子和残酸，应进行回收或综合利用。

表 2.1-1 电镀前处理主要污染物

工 序	污 染 物 排 放
磨光、抛光、喷砂等	粉尘
电抛光	含氟化物、六价铬废水
滚光	含酸、重金属盐废水
化学除油	含乳化、油脂皂化液废水，碱雾及有机废气
溶剂除油	含溶剂、油脂等废水
电解除油	含碱、油脂皂化液等废水
除锈	含盐酸、硫酸等废水，酸雾
强腐蚀	含酸、重金属盐、氟化物、六价铬等，酸雾

2.1.2 镀锌及产污分析

镀锌工艺污染物主要包括含锌废水、含铬废水、酸碱废气、电镀废液等。典型镀锌工艺产污图如下：

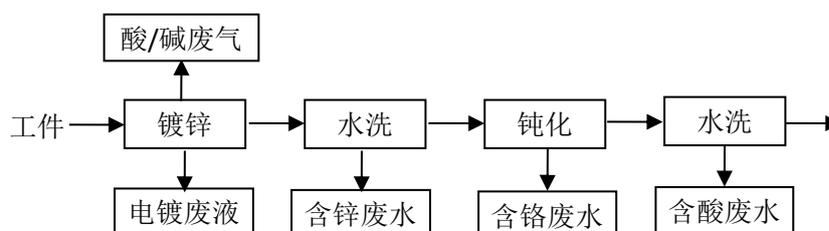


图 2.1-2 典型镀锌工艺产污图

废水主要来源于镀锌工序后镀件清洗水、过滤机清洗水、极板的清洗等，镀锌工艺主要水污染物见下表。

表 2.1-2 镀锌工艺主要水污染物

工 艺		废水中主要污染物
镀锌	锌酸盐镀锌	氧化锌、氢氧化钠和部分添加剂、光亮剂等。
	硫酸盐镀锌	硫酸锌、硫脲和部分光亮剂等。
	钾盐镀锌	氧化锌、氯化钾、硼酸和部分光亮剂等。
钝化		三价铬、 锌等金属离子和硫酸等；含有被钝化的金属离子和盐酸、硝酸以及部分添加剂、光亮剂等。

2.1.3 镀铜及产污分析

典型镀铜工艺种类包括：

- ①氰化预镀铜、②酸性镀铜、③焦磷酸盐镀铜、④化学镀铜、⑤HEDP 镀铜、⑥柠檬酸-酒石酸盐镀铜。

镀铜工艺污染物主要包括含氰废水、含铜废水、酸碱废气、有机废气、电镀废液等。镀铜工艺产污情况见下图。

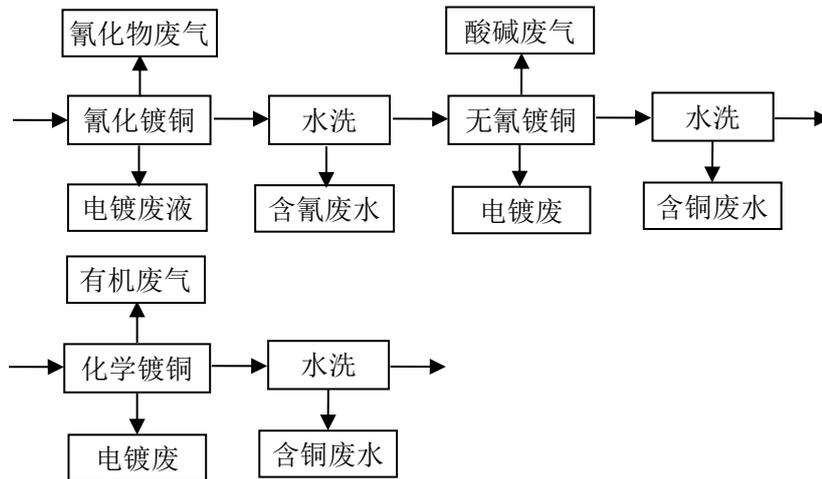


图 2.1-3 镀铜工艺产污图（上，电镀铜 下，化学镀铜）

镀铜废水主要来源于镀铜工序后镀件清洗、过滤机清洗、极板的清洗等，镀铜工艺主要水污染物见下表。

表 2.1-3 镀铜工艺主要水污染物

工 艺		废水中主要污染物
电镀铜	氰化物镀铜	氰的络合铜离子、游离氰、氢氧化钠、碳酸钠、部分添加剂、光亮剂等。
	硫酸盐镀铜	硫酸铜、硫酸和部分光亮剂。
	焦磷酸盐镀铜	焦磷酸铜、焦磷酸钾、柠檬酸钾、氨三乙酸等以及部分添加剂、光亮剂等。
	HEDP 镀铜	硫酸铜、HEDP、氯化钾、碳酸钾、氢氧化钾和部分光亮剂等。柠檬酸-酒石酸盐。
	柠檬酸-酒石酸盐镀铜	柠檬酸铜、酒石酸钾、柠檬酸钠和部分添加剂、光亮剂等。
化学镀铜		硫酸铜、甲醛、氢氧化钠、EDTA、二钠盐等。

2.1.4 镀镍及产污分析

镀镍工艺按镀层的外观、结构特征，可分为普通镀镍（暗镍）、光亮镍、高硫镍、镍封、缎面镍、高应力镍等。

镀镍工艺污染物主要包括含镍废水、含磷酸盐（包括次磷酸盐、亚磷酸盐）废水、有机物废水、酸性废气、电镀废液等。镀镍工艺产污图如下。

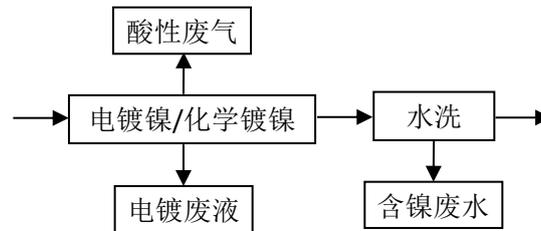


图 2.1-4 镀镍工艺产污图

镀镍废水主要来源于镀镍工序后镀件清洗水、过滤机清洗水、极板的清洗等，镀镍工艺主要水污染物见下表。

表 2.1-4 镀镍废水主要污染物

工艺		废水中主要污染物
镀镍	普通镀镍	硫酸镍、氯化镍、硼酸、氯化钠等盐类。
	光亮镍	氯化镍、硼酸、氯化钠等盐类以及部分添加剂、光亮剂等。
	高硫镍	
	镍封	
	高硫镍	
	缎面镍	
	高应力镍	
	其他镀镍	硫酸镍、柠檬酸盐、氨基磺酸盐、氯化钠等。
化学镀镍		镍离子（以络合态存在）、磷酸盐（包括次磷酸盐、亚磷酸盐）及有机物。

2.1.5 镀铬及产污分析

镀铬分装饰镀铬和镀硬铬。镀铬工艺污染物主要包括含铬废水、铬酸废气、电镀废液等。镀铬工艺产污图如下：

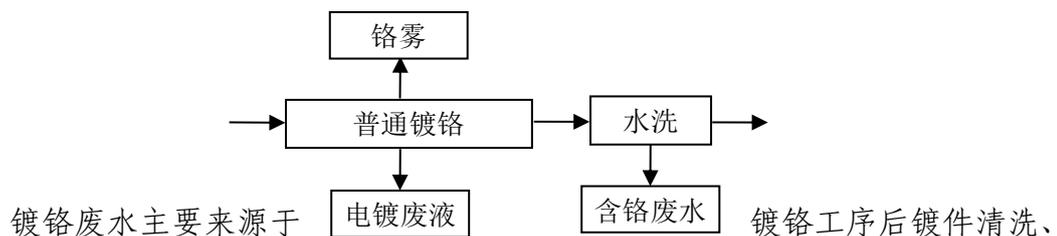


图 2.1-5 镀铬工艺产排污图

过滤机清洗水、极板的清洗等，镀铬工艺主要水污染物见下表：

表 2.1-5 镀铬废水主要污染物

工艺	废水中主要污染物
普通镀铬	六价铬、铜、铁等金属离子和硫酸、盐酸、硝酸以及部分添加剂、光亮剂等。
复合镀铬	六价铬、硫酸、氟硅酸等。
自动调节镀铬	六价铬、硫酸锶、氟硅酸钾等。
快速镀铬	六价铬、硫酸、硼酸、氧化镁等。
四铬酸盐镀铬	四铬酸盐镀铬 六价铬、硫酸、柠檬酸钠、氟化钠等。
三价铬镀铬	三价铬、甲酸钾、甲酸铵、草酸铵等。

2.1.6 镀银及产污分析

镀银工艺按照镀液成分可分为有氰工艺和无氰工艺。镀银工艺污染物主要包括含银废水、含氰废水、含氰废气、酸碱废气、电镀废液等。镀银工艺产污图如下：

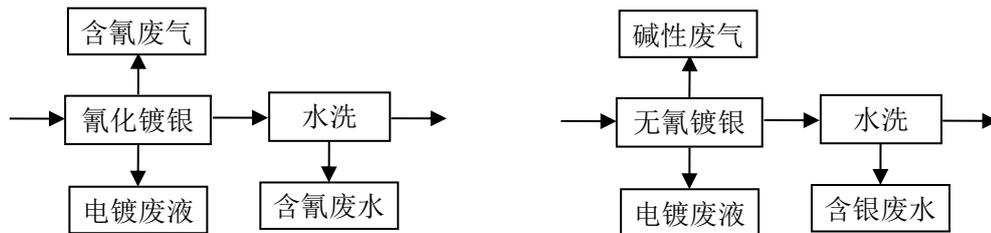


图 2.1-6 镀银工艺产污图（左图：氰化物镀银 右图：无氰镀银）

镀银废水主要来源于镀银工序后镀件清洗、过滤机清洗、极板的清洗等，镀银工艺主要水污染物见下表：

表 2.1-6 镀银工艺主要水污染物

工艺	废水中主要污染物
氰化物镀银	氰化银、银氰化钾、氯化银、硝酸银、氰化钾、碳酸钾等。
无氰镀银	硫代硫酸钠、酸银、硫代硫酸铵、醋酸铵、亚氨基二磺酸铵、烟酸、碳酸钾等。

2.1.7 镀金及产污分析

镀金液通常分为氰化物镀液与无氰镀液；氰化镀液又分为高氰和低氰镀液，无氰镀液以亚硫酸盐镀金液应用较多。镀金工艺污染物主要包括含金废水、含氰废水、含氰废气、酸碱废气、电镀废液等。镀金工艺产污图如下：

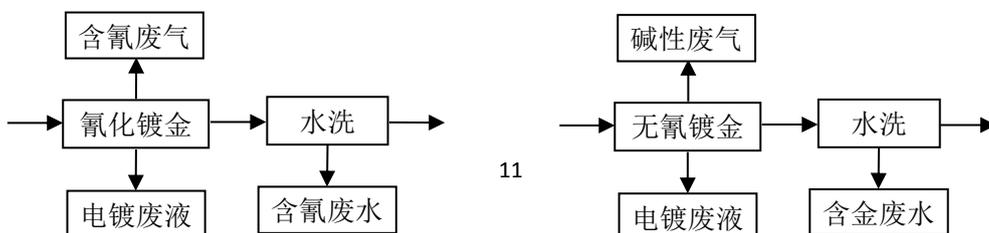


图 2.1-7 镀金工艺产污图（左图：氰化物镀金 右图：无氰镀金）

镀金废水主要来源于镀金工序后镀件清洗、过滤机清洗水、极板的清洗等，镀金工艺主要水污染物见下表：

表 2.1-7 镀金工艺主要水污染物

工艺	废水中主要污染物
碱性氰化物镀金	氰化钾、氰化钾、碳酸盐、磷酸盐。
酸性和中性镀金	金氰化钾、氰化钾、碳酸盐、磷酸盐。
亚硫酸盐镀金	氯化金、亚硫酸钠、亚硫酸铵、柠檬酸钾、柠檬酸铵、EDTA 等。

2.1.8 镀合金及产污分析

镀合金工艺污染物主要包括含锌、铜、镍、铬、镉、锡、贵金属等废水、含氰废水、含氰废气、铬酸废气、酸碱废气、电镀废液等。镀合金工艺产污情况见下图。

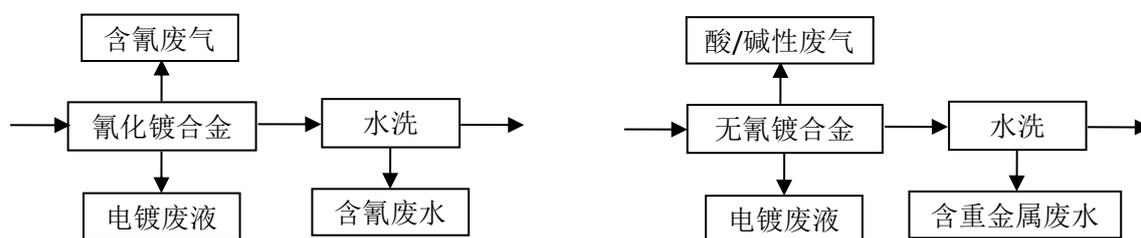


图 2.1-8 镀合金工艺产污图（左图：氰化物镀合金 右图：无氰镀合金）

镀合金废水主要来源于镀合金工序后镀件清洗、过滤机清洗水、极板的清洗等。

2.1.9 其他产污环节

- (1) 退镀：酸性废气、废水、退镀废液（危废 HW34）。
- (2) 喷漆/封漆工艺：VOCs。
- (3) 纯水制备：再生废液、反冲洗废水、废活性炭等。
- (4) 锅炉加热系统：粉尘、SO₂、NO_x 等。

2.2 污染物排放

电镀工艺产生的污染包括水污染、大气污染、固体废物污染和噪声污染，其中水污染（主要含重金属、氰化物、酸碱和有机污染物）、大气污染（主要含各

类酸雾和粉尘)和电镀废水处理污泥污染(主要含重金属和有机物)是主要环境问题。

2.2.1 水污染

电镀废水含有数十种无机和有机污染物,其中无机污染物主要为铜、锌、铬、镍、镉等重金属离子以及酸、碱、氰化物等;有机污染物主要为化学需氧量、氨氮、油脂等。

电镀废水主要分为以下几类:

前处理废水:包括工件除锈、除油、脱脂、除蜡等电镀前处理工序产生的废水,主要污染物为有机物、悬浮物、盐酸、硫酸、氢氧化钠、碳酸钠、磷酸钠等。其中除油脱脂废水是电镀废水中 COD 的主要来源,宜单独收集并采用生化法处理,降低综合废水的 COD 浓度。

含氰废水:包括氰化预镀铜,碱性氰化物镀金,中性和酸性镀金、银、铜锡合金,仿金电镀等氰化电镀工序产生的废水,主要污染物为氰化物、络合态重金属离子等。该类废水剧毒,须单独收集、处理。

含铬废水:包括镀铬、镀黑铬、铬钝化、退镀以及塑料电镀前处理粗化、铬酸阳极化、电抛光等工序产生的废水。主要污染物为三价铬、六价铬、总铬等。该类废水毒性大,含一类污染物,须单独收集、处理。

含镍废水:包括电镀镍、镍封、镀镍合金、化学镍等工序产生的废水。主要污染物为总镍、金属络合物和有机络合剂(如柠檬酸、酒石酸等)。该类废水毒性大,含一类污染物,须单独收集、处理。

电镀混合废水:包括多种工序镀种混排的清洗废水和难以分开收集的地面废水。一般含有镀种配方的成分材料,如镀铜、锌等金属及其合金产生的废水以及阳极氧化、磷化工艺产生的废水。主要污染物因厂而异,组分复杂多变,主要污染物有铜、锌等金属盐,金属络合物和有机络合剂(如柠檬酸、酒石酸和乙二胺四乙酸等)。

络合废水主要来源于焦磷酸镀铜、铜锡合金、化学镀等,这类废水成分复杂处理方法也不同,常用分流管道收集。

电镀废水的种类、来源及主要污染物如下表所示:

表 2.2-1 电镀废水的种类、来源和主要污染物

序号	废水种类	废水来源	主要污染物及水平
1	前处理废水	镀前处理中的除油、除蜡、除锈、腐蚀和浸酸、出光等废水	硫酸、盐酸、硝酸等各种酸类和氢氧化钠、碳酸钠等各种碱类，以及各种盐类、表面活性剂、洗涤剂，同时还含有铁、铜、铝等金属离子及油类、氧化铁皮、砂土等杂质。一般酸、碱废水混合后偏酸性，COD浓度为300~500 mg/L。
2	含氰废水	预镀铜、镀金、镀银、镀合金等氰化镀槽	氰的络合金属离子、游离氰、氢氧化钠、碳酸钠等盐类，以及部分添加剂、光亮剂等。一般废水中氰浓度在50mg/L以下，pH 8~11。
3	含铬废水	镀铬、钝化、化学镀铬、阳极化处理等	六价铬、三价铬、铜、铁等金属离子和硫酸等；钝化、阳极化处理等废水还含有被钝化的金属离子和盐酸、硝酸以及部分添加剂、光亮剂等。一般废水中六价铬浓度在100 mg/L以下，pH 4~6。
4	含镍废水	镀镍、镍封、镀镍合金	硫酸镍、氯化镍、硼酸、硫酸钠等盐类，以及部分添加剂、光亮剂等。一般废水中含镍浓度在100 mg/L以下，pH 值在6左右。
5	含铜废水	酸性镀铜	硫酸铜、硫酸和部分光亮剂。一般废水中含铜浓度在100 mg/L以下，pH 2~3。
6		焦磷酸镀铜	焦磷酸铜、焦磷酸钾、柠檬酸钾、氨三乙酸等，以及部分添加剂、光亮剂等。一般废水中含铜浓度在50 mg/L以下，pH在7左右。
7	含锌废水	碱性锌酸盐镀锌	氧化锌、氢氧化钠和部分添加剂、光亮剂等。一般废水中含锌浓度在50 mg/L以下，pH在9以上。
		钾盐镀锌	氧化锌、氯化钾、硼酸和部分光亮剂等。一般废水中含锌浓度在100 mg/L以下，pH在6左右。
		硫酸锌镀锌	硫酸锌、硫脲和部分光亮剂等。一般废水中含锌浓度在100 mg/L以下，pH为6~8。
		铵盐镀锌	氯化锌、氧化锌、锌的络合物、氨三乙酸和部分添加剂、光亮剂等。一般废水中含锌浓度在100 mg/L以下，pH为6~9。
8	含银废水	氰化镀银、硫代硫酸盐镀银	银离子、游离氰离子、络合物和部分添加剂，pH 值8~11，银离子≤50mg/L、总氰根离子10~50mg/L
9	磷化废水	磷化处理	磷酸盐、硝酸盐、亚硝酸钠、锌盐等。一般废水中含磷浓度在100 mg/L以下。
10	电镀混合废水	(1)除含氰废水系统外，将电镀车间排出废水混在一起的废水 (2)除各种分质系统	其成分根据电镀混合废水所包括的镀种而定。

序号	废水种类	废水来源	主要污染物及水平
		废水，将电镀车间排出废水混在一起的废水	

2.2.2 大气污染

电镀工艺产生的大气污染物包括颗粒物和多种无机污染废气。无机污染废气包括酸性废气、碱性废气、含铬酸雾、含氟废气等。电镀工艺大气污染物及来源见下表。

表 2.2-2 电镀工艺大气污染物及来源

废气种类	产污环节	主要污染物
含尘废气	抛光（喷砂、磨光等）	砂粒、金属氧化物及纤维性粉尘
酸性废气	酸洗、出光和酸性镀液等	氯化氢、硫酸雾、硝酸雾等
碱性废气	化学、电化学脱脂，碱性镀液等	氢氧化钠等
铬酸雾废气	镀铬、镀硬铬工艺	铬酸雾
含氟废气	氟化镀铜、镀锌、铜锡合金及仿金等	氟化氢
氮氧化物	硝酸酸洗	NO _x
有机废气	化学镀铜、油漆封闭	甲醛、甲苯、二甲苯等
氟化氢	氟化氢浸蚀	氟化氢
锅炉废气	锅炉加热系统	粉尘、SO ₂ 、NO _x 等

2.2.3 固废污染

电镀工艺产生的固体废物主要为处理电镀废水的过程中产生的电镀废水处理污泥、电镀槽维护产生的“滤渣”、废电镀液、化学品包装物等。对不确定属性的固体废物应按照相关标准做危险废物浸出测试，并采用相应的管理措施。

表 2.2-3 电镀工艺固废污染物及来源

固废种类	产污环节	属性

污水处理污泥	污水处理	危险废物
电镀槽渣(滤渣)	电镀槽液过滤及槽泥清理	危险废物
镀槽废液	电镀槽	危险废物
化学品包装物	原材料使用	危险废物
阳极残料	电镀阳极	一般固废

3 清洁生产技术

3.1 绿色设计

电镀车间在生产过程中使用大量的酸、碱、盐类化工原料，会产生和排放大量腐蚀性液体和气体，厂房内的温度和湿度也较高。所以，电镀厂房的方位、形式、参数、防腐防渗、通风采光、消声防火及污染治理等均有相应的要求和措施。

3.1.1 电镀厂房的总体布局

(1) 在总平面布置中，宜减少相邻装置间的腐蚀影响。生产过程中大量散发腐蚀性气体或粉尘的生产装置，应布置在厂区全年最小频率风向的上风侧。

(2) 电镀工厂的电镀车间是厂区的主厂房，其位置应处于行政管理部门建筑物全年主导风向的下风向，并与周围环境绿化带隔离。

(3) 生产或储存腐蚀性溶液的大型设备，宜布置在室外，并不宜临近厂房基础。

(4) 生产或储存腐蚀性介质的设备，宜按介质的性质分类集中布置。

3.1.2 电镀厂房建筑的防腐蚀要求

电镀厂房建筑设计应严格执行《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB50046),设计时应重点关注以下几点要求:

(1) 建筑物的承重构件除具有足够的强度、刚度和稳定性以外，还应具有较好的防腐蚀性能，并按具体情况采取相应的防腐蚀措施。

(2) 酸洗间、电镀间的地面应耐酸、耐碱、耐热、防水、防滑和易清洗，并有足够的强度和抗冲击性能。

电镀工厂各工作车间的地面、墙裙、墙面及顶棚的防腐要求和常用做法见下表:

表 3.1-1 电镀车间防腐要求和常用做法

工作间名称	地面		墙裙	墙面及顶棚
	要求	常用作法		
酸洗间	耐酸碱、耐冲击、耐温、抗渗易清洗	花岗石板、耐酸瓷砖、耐酸瓷板	瓷板墙裙	耐酸涂料
电镀车间	耐酸碱、耐冲击、耐温、抗渗易清洗	耐酸瓷板(30mm)、花岗石板、耐酸瓷砖、玻璃钢	瓷板墙裙、耐酸涂料墙裙或踢脚板、水泥砂浆墙裙或踢脚板	耐酸涂料或胶质粉刷

工作间名称	地面		墙裙	墙面及顶棚
	要求	常用作法		
化学分析间或工艺试验间	耐酸碱、清洁	耐酸瓷板、水磨石、软聚氯乙烯板	耐酸涂料墙裙及踢脚板	耐酸涂料或胶质粉刷
化学品库	易冲洗	水磨石、密实混凝土压光	不做	白色胶质粉刷
抛光间或直流电源间	清洁	水磨石、密实混凝土压光	不做	白色胶质粉刷
喷砂间、挂具间、滚光间	无特殊要求	密实混凝土压光	不做	白色胶质粉刷
酸仓库/酸贮槽	防强酸、防渗	耐酸瓷板(30mm)、花岗石板等	瓷板墙裙、耐酸涂料墙裙或踢脚板	耐酸涂料或耐酸围堰

其中电镀车间地坪自下而上至少设垫层、隔离层和面层三层：车间垫层采用厚度 150 毫米以上、强度 C28 标号以上、并双向 $\phi 8-\phi 12@150$ 配筋的钢筋混凝土；隔离层采用高分子材料；面层采用高分子材料或厚度 30 毫米以上耐酸瓷板、花岗石板、耐酸瓷砖、玻璃钢敷设。

(3) 防腐蚀地面应有适当的坡度，底层地面坡度应 $\geq 2\%$ ，楼层地面坡度应 $\geq 1\%$ ，坡向排水明沟。排水明沟应考虑防腐、防渗和耐温的要求，沟底底部坡度宜为 0.5~1%，有条件的地方可加大到 3~4%，以防废渣和泥沙堵塞、沉积。

(4) 电镀厂房的基础，应考虑防腐蚀措施，在选用基础材料和防腐蚀要求时考虑防腐蚀要求。

3.1.3 电镀槽的布置

(1) 车间合理布局，设施摆放整齐，严格控制车间内电镀线密度，电镀槽投影面积应不超过车间建筑面积的 30%；电镀车间单位面积的电镀槽总容积一般不高于 50 升/平方米；原则上每条电镀生产线车间建筑面积不小于 500 平方米，占地面积不少于 1000 平方米，同时电镀生产线车间建筑面积应不大于车间总建筑面积 50%（镀金镀银等特殊电镀工艺除外）。

(2) 新建生产车间应为不少于二层楼的多层建筑，其中将一层设为仓库等，二层以上布置电镀流水线，电镀生产车间确需设置在一层的，电镀流水线应实施架空放置，镀槽距离地坪 50cm 以上。

3.2 清洁生产工艺

3.2.1 前处理清洁生产工艺

(1) 超声波除油技术

超声波除油是利用了超声波在液体中的空化作用，在超声波作用下，基体表面会产生局部液力冲击波，从而使粘附在基体表面的各类污垢被剥落。与此同时，在超声场作用下，清洗液的脉动和搅拌加剧，溶解和乳化加速，从而加强了清洗。

该方法减少了有机溶剂的用量，减少了有机污染物的排放。

(2) 电解除油技术

电解除油是在碱性溶液中，以零件为阳极或阴极，采用不锈钢板、镍板、镀镍钢板或钛板为第二电极，在直流电作用下加入少量表面活性剂将零件表面油污除去的过程。

该方法可提高除油效果，且产生的泡沫可抑制碱雾溢出。

该方法一般作为电镀前最后一道除油手段。

(3) 除油除锈一步法

将有机或无机酸与表面活性剂混合，配置成酸性除油液，零件表面上的锈蚀氧化层溶于酸中，而油污则借助于表面活性剂的乳化作用而被去除。

该方法简化了预处理工艺，减少了设备用量，节省占地面积、水及化工原料，减少了污染物的产生。

该方法适用于油污和氧化皮不严重的工件。

3.2.2 电镀替代工艺

(1) 达克罗表面处理技术

达克罗(DACROMET, 国内命名为锌铬涂层)是一种新型的表面处理技术,其以一种锌粉、铝粉、铬酸和去离子水为主要成分的新型防腐涂料沾在金属基体上,经过全闭路循环涂覆烘烤,形成薄薄的防腐涂层。

该方法与传统的电镀工艺相比,是一种“绿色电镀”。

该方法适用于替代传统电镀工艺。

(2) 纳米喷镀

纳米喷镀是采用专用设备和先进的材料,应用化学原理通过直接喷涂的方式使被涂物体表面呈现金、银、铬及各种彩色(红黄紫绿蓝)等各种镜面高光效果。

该技术喷涂的制品，具有优异的附着力、抗冲击力、耐腐蚀性、耐气候性、耐磨性和耐擦伤性，具有良好的防锈性能。

该方法工艺简单、用途广泛，无重金属、无三废排放。

该方法应用于汽车生产商和电器生产商等精密产品的表面处理，亦可作为其它行业的表面装饰和保护等喷涂。

(3) 真空离子镀

真空离子电镀是采用在真空条件下，通过蒸馏或溅射等方式在塑件表面沉积各种金属和非金属薄膜，通过这样的方式可以得到非常薄的表面镀层。

该方法具有速度快附着力好的突出优点，减少废水的产生。

该方法适用的金属类型较少，环境、设备要求高，单价比水电镀贵。

3.2.3 电镀过程清洁生产工艺

(1) 无氰镀锌技术

无氰镀锌技术是以氯化物或碱性锌酸盐替代氰化物的镀锌技术。

该技术由于不使用氰化物，因此，电镀过程不产生含氰污染物。氯化物镀锌技术已经广泛应用于电镀锌工艺。

该技术适用于电镀锌工艺。

(2) 无氰酸性镀铜技术

无氰酸性镀铜技术是在酸性溶液条件下，为工件电（或化学）镀铜。镀液由五水硫酸铜、硫酸、阻化剂、络合剂、还原剂等组成。其原理是：选择适合镀铜液的酸盐与阻化剂合理配位，抑制铜离子与钢铁的置换反应；以葡萄糖等组成的复合还原剂，使二价铜离子(Cu^{2+})在金属表面形成结合力牢固的镀层。

该技术镀层结晶细致牢固、电流效率高、沉积速度快、镀液稳定、电镀成本低。镀液不含氰化物、甲醛及强络合剂等有害成分，生产中无有毒、有害气体挥发。

该技术适用于钢铁、铜、锡基质工件直接镀铜工艺。可替代氰化闪镀铜工艺和复合镀层中铜锡合金工艺。

(3) 羟基亚乙基二膦酸镀铜技术

羟基亚乙基二膦酸（HEDP）镀铜技术是在碱性（pH 9~10）条件下，在铜、铁工件上电镀铜，镀液成分简单、分散能力好，镀层细密半光亮，结合力良好。

加入特种添加剂，电流密度扩大至 $3\text{A}/\text{dm}^2$ ，可提高整平性能。

该技术深镀能力较好。要求工件表面无油污，无盐酸活化后酸性残留液。该技术适用于钢铁、铜基质工件装饰性镀铜工艺。

(4) 电镀多层镍技术

电镀多层镍技术是指在基体上先镀一层不含硫或少含硫的镀镍层，在上面再镀一层含硫量高的光亮镀镍层，用于抗腐蚀要求高的镀件。在镍层总厚度相同的情况下，具有电化学保护作用的双层镍（半光亮+光亮镍）的耐腐蚀性超过光亮镍镀层及无光亮镍镀层。

该技术可提高镀层的耐腐蚀性，也可减少镍用量。

该技术适用于防护性要求较高的镀镍件。

(5) 三价铬镀铬技术

三价铬电镀采用了氨基乙酸体系和尿素体系镀液，镀层质量、沉积速度、耐腐蚀性、硬度和耐磨性等都与六价铬镀层相似，且工艺稳定，电流效率高，节省能源，同时还具有微孔或微裂纹的特点；但铬层颜色与六价铬有差别，且镀层增厚困难，还不能取代功能性镀铬及硬铬。

三价铬镀液毒性小，可有效防治六价铬污染，对环境和操作人员的危害比较小。

该技术适用于装饰性电镀铬工艺。

(6) 锌镍合金镀层替代镀镉技术

无镉电镀技术是以锌镍合金镀层部分替代镀镉工艺。

锌镍合金镀层的防护性能优良，具有高耐磨性，且无重金属镉的排放，是目前理想的代镉镀层，耐腐蚀性好，同时具有低脆性、良好的成型和焊接性能；但仍需进行适当的钝化处理，否则表面容易氧化和腐蚀，破坏镀层的外观和使用性能。

该技术适用于汽车部件、五金工具及部分军工产品替代电镀镉工艺。

3.2.4 清洗水减量化技术

(1) 多级逆流清洗技术

多级逆流清洗技术是由若干级清洗槽串联组成清洗自动线，从末级槽进水，第一级槽排出清洗废水，其水流方向与镀件清洗移动方向相反；必要时可在漂洗

槽中增加空气搅拌，提高漂洗效率，减少漂洗耗水量。该技术基本工艺流程如下图所示：

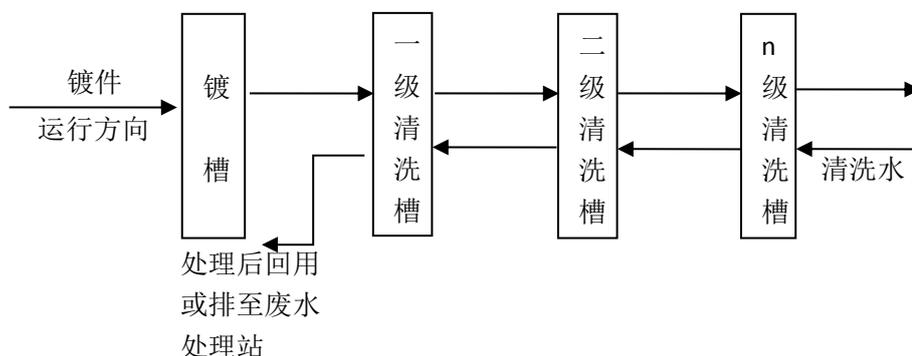


图 3.2-1 多级逆流清洗技术的基本工艺流程图

该技术可大大减少镀件清洗的用水量。

该技术适用于挂镀、滚镀自动化生产工艺，不适用于体积大于清洗槽的大型镀件电镀。

(2) 反喷洗清洗技术

反喷洗清洗技术是指镀件每次浸洗后采用后一级槽的清洗水进行反喷洗，镀件从未级清洗槽提出时，宜用补充水喷洗。所有清洗和喷洗采用自动控制，并与电镀自动生产线相协调。反喷洗清洗法的喷洗泵取水口应设在槽体中下部。该技术基本工艺流程如下图所示：

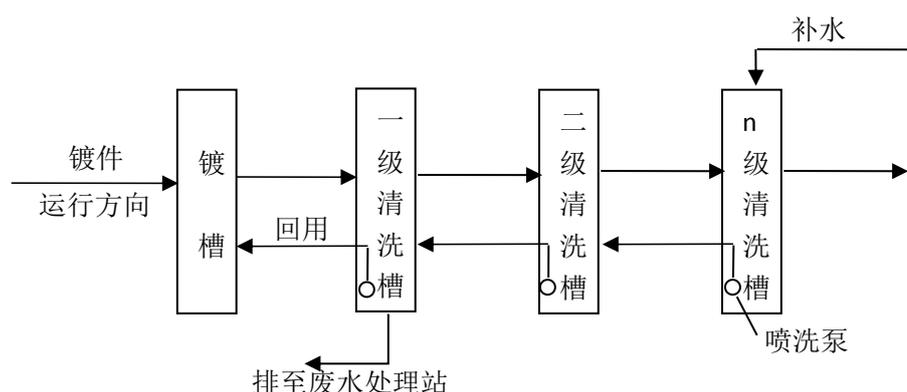


图 3.2-2 反喷洗清洗技术的基本工艺流程图

反喷洗分为喷淋水洗和喷雾水洗。喷淋水洗是通过水泵使水经喷管、喷嘴、喷孔等喷淋装置进行清洗；喷雾水洗是采用压缩空气的气流使水雾化，通过喷嘴

形成汽水雾冲洗镀件。

该技术由于喷嘴可调到任意需要的角度，可提高冲洗效率，对品种单一、批量较大的镀件有一定的优越性；但对于复杂工件的水洗效果较差；由于喷雾清洗喷出的水滴很细，且具有压力，一般喷雾槽需加盖，防止水雾扩散影响车间环境。

该技术适用于自动或半自动电镀生产线，与生产线动作协调控制。

(3) 废水的分质分级利用技术

电镀生产线上的用水点很多，不同的用水点有不同的水质标准。根据不同用水要求分级使用废水，实现分质用水，一水多用。

该技术具有投资省、运行成本低、操作简单等特点。可获得约 30% 的节水效果。

该技术适用于绝大多数电镀企业。

3.2.5 废水槽边回收技术

(1) 离子交换技术

离子交换技术是在逆流清洗基础上，应用离子交换树脂（或纤维）将第一级清洗废水分离处理，处理后的清水回用于镀槽，补充镀液的损耗。树脂再生过程中回收贵金属。离子交换树脂可根据需要选择强酸性或弱酸性阳离子交换树脂，目前最常用的是丙烯酸型弱酸性阳离子交换树脂。以下是离子交换槽边回收含镍废水流程图：

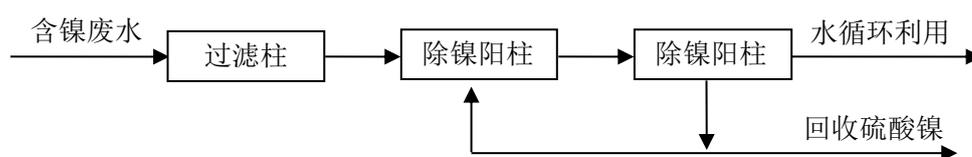


图 3.2-3 离子交换法处理含镍废水工艺流程图

该技术比一般的并联清洗系统省水，可减少废水的排放，且各槽间水是以重力方式连续逆流补给，不需要动力提升。

该技术适用于镀镍等电镀贵金属生产线。

(2) 离子交换 - 蒸发浓缩技术

离子交换 - 蒸发浓缩技术是通过蒸发浓缩装置将经过阳离子交换柱分离的第一级清洗槽液蒸发浓缩，浓缩液补充回镀槽，蒸馏水返回末级清洗槽循环使用。

该技术可有效回收水及镀液，操作简单，且减少废水和镀液的排放；但蒸发

浓缩要消耗能量，离子交换树脂（纤维）饱和后需进行再生处理。

该技术适用于用水量较大的电镀生产线的贵金属回收。

（3）反渗透膜分离技术

反渗透膜分离技术是在逆流清洗基础上，应用反渗透系统将第一级清洗水过滤分离，浓缩液返回镀槽，淡水用于末级清洗槽循环使用。

该技术不消耗化学药品，不产生废渣，无相变过程，操作简便易自动化、可靠性高、无二次污染。但设备投资较高，能耗较高。

该技术适用于电镀镍等贵金属清洗废水的在线回收利用。

3.3 资源综合利用

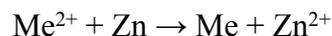
3.3.1 含锌废渣的综合利用

含锌废水单独收集处理生成的废渣，主要是 $Zn(OH)_2$ 和 $ZnCO_3$ 。该废渣通过严格除杂处理后，可用于镀锌工序。其操作工程分为溶解废渣和去除金属杂质两步：

（1）溶解废渣。将废渣放入耐酸容器中，用自来水调整位为流化状态，在搅拌状态下加入 50% 的硫酸溶液，用可洗式压滤机过滤并洗涤滤渣至含 Zn^{2+} 在 2mg/kg 以下（按干物质计），将洗涤水抽回到盛放含锌废水的储存池。



（2）去除金属杂质。调整滤液的 pH 至 4，加热至 80℃，加锌粉置换出铜、镍等，其反应如下：



将溶液过滤，再加热至 80℃，加高锰酸钾并搅拌，升温至 100℃，除去溶液中的铁、锰及有机杂质。反应完成后，调整 pH 至 5，并过滤、蒸发，至温度为 50℃。冷却结晶，离心脱水，干燥后即成品，可再溶解回用于镀槽。

3.3.2 含铬废渣的综合利用

含铬废水经过处理后的废渣主要是 $Cr(OH)_3$ 。含铬废渣综合利用的前提是含铬废水经过严格的分流处理，否则只能按混合废渣进行处理。

目前，含铬废渣的综合利用主要有以下几种途径：

（1）制作抛光膏

用焦亚硫酸钠、亚硫酸氢钠、亚硫酸盐等还原剂还原含铬废水并行性中和反应，所得到的 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 污泥中含铁量少，可用于制作绿色抛光膏；采用硫酸亚铁法、电解法得到的含铬废渣中，含较多的铁，可用于制作红色抛光膏。

(2) 制作铬鞣剂

三价铬具有与皮质胶原分质形成稳定复合物的能力，称为铬鞣剂[即 $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$]。采用含铬污泥制作铬鞣剂，可为含铬污泥的综合利用开辟一条新的途径，是物质利用最充分、投入原料少，生产效益可观的资源综合利用项目。

(3) 焙烧回收

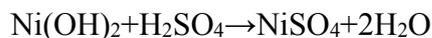
铬盐生产工厂使用的原料主要是铬矿石，该矿含 Cr_2O_3 约 50% 左右。而经亚硫酸钠处理含铬废水产生的 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 污泥，按干物质计，含 Cr_2O_3 约 55%，该污泥中含有的一些杂质经焙烧后均可被去除，如有机物经焙烧后可分解； $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 数量少，焙烧后分解成 CuO 、 NiO ，在铬酸钠溶解时都被沉淀去除。若有大量的经亚硫酸钠处理含铬废水产生的 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 污泥，则焙烧回收利用适合批量生产。

3.3.3 含镍废渣的综合利用

在未设置离子交换、反渗透设施的含镍废水单独收集、处理产生的污泥，其杂质含量相对比较少些，便于回收利用，利用方法与过程如下：

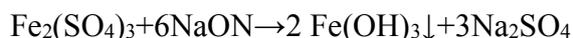
(1) 硫酸溶解

采用化学法处理含镍废水，回收的固形物是氢氧化镍。在这种氢氧化镍中，有机械性杂质、有机物和其他不溶性金属化合物等，必须用硫酸溶解，去除杂质，才能回用到电镀生产中。



(2) 去除铁杂质

溶解后的硫酸镍溶液浓度，控制在相对浓度 1.21，含 NiSO_4 18%，去杂处理的第一步，要去除铁杂质：



具体操作方法是，取含量 30% 的双氧水加入回收液中，加入数量按小试确定。加热溶液到 $80^\circ\text{C} \sim 90^\circ\text{C}$ ，不断搅拌，缓缓加入碳酸镍，将溶液调至 pH 为 4.5 ~ 5，静置冷却。

(3) 电解除铜（如有必要）

如溶液中不含铜，即可回收至槽作回收液，如含铜要用电解去铜，以铅、锑合金板作阳极，铜片作阴极进行电解，铜在阴极析出，除铜后的溶液可回槽使用。

3.3.4 含铜废渣的综合利用

含铜废水采用分流贮存，单独处理生成的废渣，回收铜盐的方法是：将废渣用硫酸溶解，控制其 pH3 ~ 4，过滤，蒸发到浓缩液密度为 1.34g/cm^3 时，倒入结晶缸中，待 48h 后，用塑料筐将结晶沥干或用离心机甩干，即为合格的 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 成品。

4 污染防治技术

4.1 水污染防治技术

4.1.1 废水的收集和分质分流

(1) 废水的收集

车间内应落实防腐、防渗、防混措施，实施干湿区分离，湿区地面应敷设网格板，湿镀件加工作业应在湿区进行，四周设置围堰（高度不低于 0.1 米）。新、改、扩建电镀生产线离地距离应不小于 0.5 米，槽底根据镀种设置托盘并接入对应废水管。

废水收集应采取明管、明管套明沟或架空敷设。废水收集管道应布设整齐，并按废水类别进行涂色与标识，且应有足够的检修空间。废水管道应满足防腐、防渗漏、防堵塞的要求。排水系统，特别是建（构）筑物进出水管应有防腐蚀、防沉降、防折断措施。

电镀液过滤后产生的滤渣和电镀废液、电镀槽液不得进入废水收集和处理设施，应作危废处理。

(2) 废水分质分流

电镀企业（园区）应规范废水收集系统，实行雨污分流、清污分流、污水分质分流，不同镀种废水、含氰废水、前处理废水和综合废水分质分类收集。

含铬废水、含镍废水等含一类污染物废水必须单独收集，并将一类污染物单独预处理至车间排放口限值后再与其他废水混合处理。

含氰废水必须单独收集、处理，且严禁与酸性废水混合。

电镀废水宜分为含铬废水、含镍废水、含铜废水、含氰废水、前处理废水、综合废水等至少六股收集处理；具体分流应根据处理需要和当地生态环境部门要求，确定工程的实际分流种类。

各车间内按照分质分流要求分别设置各股废水的收集池，各股废水均单独压力管输送到集中废水处理站，杜绝混排。

集中废水处理站的各股废水均应设置调节池，各调节池有效停留时间不少于 8h，并应设搅拌系统均化水质水量。

4.1.2 前处理废水预处理技术

前处理废水一般采用一级反应-沉淀技术进行预处理，去除废水中部分浮油、

SS 及少量的重金属。其工艺流程一般如下：

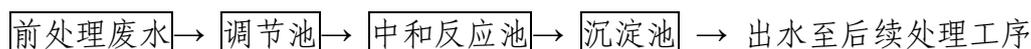


图 4.1-1 前处理废水处理基本工艺流程图

化学沉淀处理前处理废水应满足以下技术条件和要求：

- 1 中和池内将 pH 调节至 8~9；
- 2 混凝反应时间为 15~20min，絮凝剂可选用硫酸亚铁、聚合氯化铝等，助凝剂采用聚丙烯酰胺；
- 3 沉淀池表面负荷宜不大于 $0.8\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ；
- 4 前处理废水的一级反应-沉淀出水 COD 仍较高，需至后续处理工艺进一步处理。

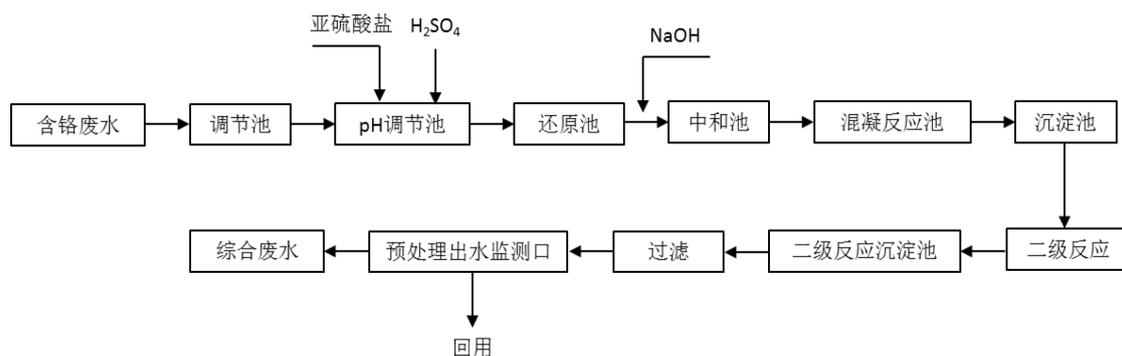
4.1.3 含铬废水预处理技术

(1) 一般规定

含铬废水应单独收集处理，不得将其他废水混入。将六价铬还原为三价铬调节 pH 并固液分离后将总铬、六价铬处理至车间排放口标准限值后，可与其他重金属废水混合处理。

(2) 亚硫酸盐还原处理技术

①亚硫酸盐还原法处理含铬废水，宜采用下图所示的基本工艺流程：



注：为应对总铬、六价铬《电镀污染物排放标准》(GB21900-2008) 表 3 达标要求，可设置二级反应、二级沉淀、过滤等深度处理工艺。

图 4.1-2 含铬废水处理基本工艺流程图

②亚硫酸盐宜选用焦亚硫酸钠、亚硫酸氢钠、亚硫酸钠等；

③含铬废水量小于 40t/d 时，且六价铬离子浓度变化较大时，宜采用间歇式处理，当设置两个反应池交替处理时，可不设调节池，其固液分离方式宜采用静

置沉淀。含铬废水量大于或等于 40t/d 时，可采用连续式处理，固液分离方式可采用斜管（板）沉淀池、膜分离等设施。采用连续式处理含铬废水时，反应过程的 pH 值和氧化还原电位至应采用在线自动控制。

④采用亚硫酸盐还原法处理含铬废水应符合以下规定：

1 废水还原反应的 pH 宜为 2.5~3，氧化还原电位宜为 230mV ~ 270mV。

2 亚硫酸盐与废水的混合反应时间宜为 25~30min。

3 亚硫酸盐与废水还原反应后，应加碱调整 pH 值至 7~8，中和反应时间应大于 20min；反应后的沉淀时间宜为 1.0h ~ 1.5h，沉淀池表面负荷宜不大于 $0.8\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。

4 沉淀剂宜为氢氧化钠、氢氧化钙、碳酸钙等。通常根据沉淀速率、污泥生成量、脱水效果和污泥是否回收进行选择。

5 亚硫酸盐还原的反应池应满足处理一次的周期时间。反应池内宜采用机械搅拌，不宜采用空气搅拌。

（3）微电解处理技术

①采用微电解处理含铬废水时，宜采用图 4.1-3 所示的基本工艺流程：

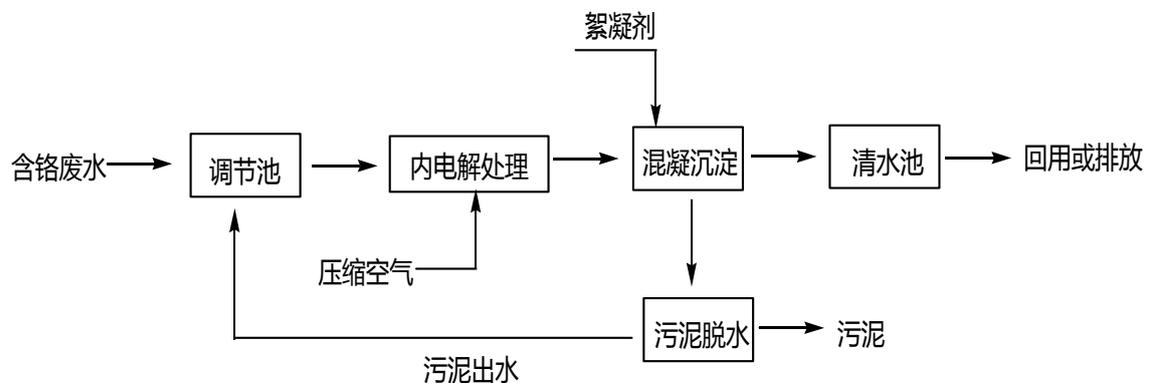


图 4.1-3 微电解处理含铬废水基本工艺流程

②采用微电解处理含铬废水时，应满足以下技术条件和要求：

1 处理废水量大于或等于 $5\text{m}^3/\text{h}$ 时，可采用连续式处理；小于 $5\text{m}^3/\text{h}$ 时，宜采用间歇式处理；

2 进水 pH 宜控制在 2~3，微电解装置的出水应加碱调 pH 至 8~9。

③铁填料在填装设备前，应进行除杂、除油和除锈处理。在运行过程中，为防止铁屑结块，应定时对其进行气水联合反冲，反冲洗水应进入污泥沉淀池。

④在设施检修或停运期间，微电解装置内的铁填料层必须保持用水浸没，防

止空气氧化和板结。

4.1.4 含镍废水预处理技术

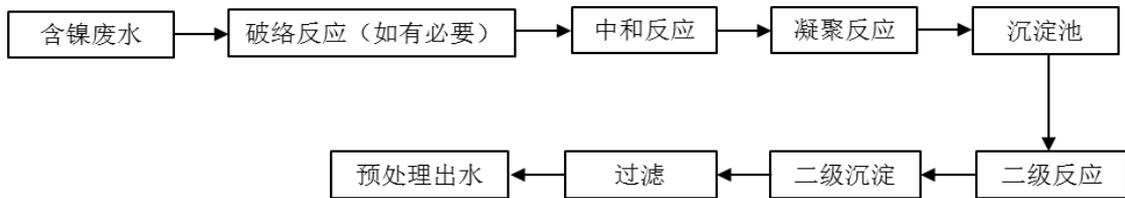
(1) 一般规定

①含镍废水应单独收集处理，不得将其他废水混入。将总镍处理至车间排放口标准限值后，可与其他重金属废水混合处理。

②对于含络合镍废水，应首先经氧化破络再经后续处理。

(2) 化学沉淀处理技术

采用化学沉淀处理含镍废水时，宜采用下图所示的基本处理单元。



注：应对总镍《电镀污染物排放标准》（GB21900-2008）表3达标要求，可设置二级反应、沉淀-过滤工艺。

图 4.1-4 含镍废水处理基本工艺流程

化学沉淀处理含镍废水应满足以下技术条件和要求：

- 1 在废水中投加氢氧化钠，反应 pH 应大于 9；
- 2 反应时间不宜少于 20min，并采用机械搅拌；
- 3 为加快悬浮物沉淀，可投加铁盐混凝剂；
- 4 二级反应可采用高级氧化、电化学等强化处理工艺；二级沉淀可采用膜分离代替；
- 5 沉淀池表面负荷宜不大于 $0.8\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。

(3) 离子交换处理技术

离子交换处理镀镍清洗废水，宜采用下图所示的双阳柱基本工艺流程：

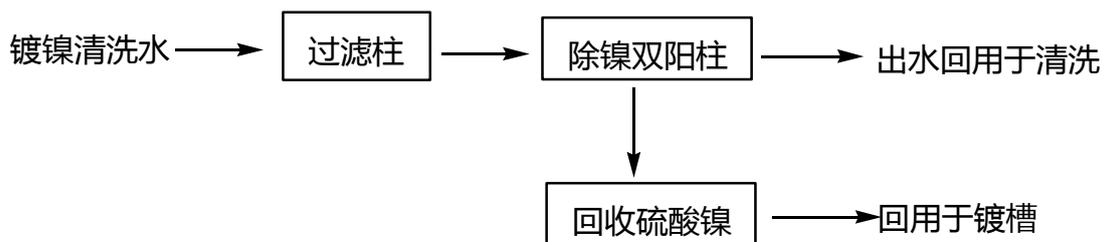


图 4.1-5 离子交换处理镀镍清洗水基本工艺流程

采用离子交换处理镀镍清洗水时，应满足以下技术条件和要求：

- 1 进水镍离子浓度不宜大于 200mg/L；
- 2 阳离子交换剂宜采用凝胶型强酸阳离子交换树脂、大孔型弱酸阳离子交换树脂或凝胶型弱酸阳离子交换树脂，均应以 Na 型投入运行；
- 3 强酸阳离子交换树脂在交换、再生等过程中胀缩率较小，而弱酸阳离子交换树脂的胀缩率很大，当树脂由 Na 型转化为 Ni 型或 H 型时，其体积比(Ni 型/Na 型或 H 型/Na 型)达 0.5~0.6 左右，因此，在设计交换柱时，树脂层上部应留有足够的空间；
- 4 当进水中悬浮物浓度超过 10mg/L 时，应设置过滤柱；
- 5 离子交换处理含镍废水回收的硫酸镍溶液，宜作为镀镍槽的蒸发损失的补充液或作为调整镀镍槽槽液 pH 值的调整液使用。其中，镀光亮镍生产工艺的清洗水经处理后回收的硫酸镍溶液，应返回镀光亮镍镀槽，不可回用于半光亮镍镀槽；
- 6 当回收的硫酸镍溶液中含有的硫酸钙、硫酸镁、硫酸钠等杂质超过镀镍槽液允许限值时，应进行净化后才能回用。

(4) 反渗透处理技术

采用反渗透处理镀镍清洗水时，宜采用图 4-6 所示的基本工艺流程：

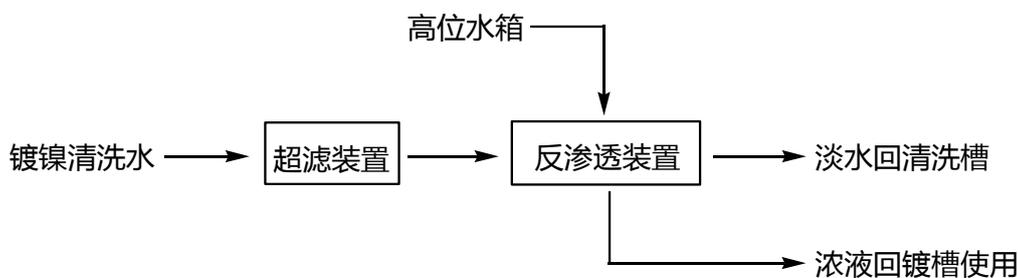


图 4.1-6 反渗透处理含镍清洗水基本工艺流程

采用反渗透处理镀镍清洗水时，应满足以下技术条件和要求：

- 1 采用反渗透膜分离处理镀镍清洗水时，镀件的清洗方式必须采用二级、三级或多级逆流漂洗，以减少反渗透装置的容量；
- 2 在反渗透装置上方应设一个高位水箱，当高压泵停止工作时，水就自动从高压水箱流经管膜内，使膜保持湿润；高压水管路上应装有安全阀门，并设旁通管路。一旦压力超过工作压力，安全阀自动降压，原液经旁通管路流回原液槽；
- 3 为防止反渗透膜的化学损伤，进水中余氯含量应小于 0.1mg/L；去除氧化

剂的方法可采用颗粒活性炭吸附，也可投加还原剂（如亚硫酸氢钠），并通过 ORP 进行监控；

4 采用反渗透装置处理后的淡水可用于镀件漂洗，浓液可直接返回镀镍槽使用。

4.1.5 含氰废水预处理技术

(1) 一般规定

①含氰废水应单独处理。在处理前，不得与其他废水混合。

②化学法处理含氰废水宜采用碱性氯化法；其废水中氰离子浓度不宜大于 50mg/L。

③含氰废水处理应避免铁、镍离子混入。

④含氰废水经过处理，游离氰达到控制要求后可进入混合废水处理系统，去除重金属离子。

⑤处理过程可能产生少量 CNCl 气体，故应在密闭和通风条件下操作，并采取防护措施。收集的气体应经过处理后，通过排气筒排放。

(2) 碱性氯化处理技术

①废水处理量较小、水质浓度变化不大的，宜采用间歇式一级氧化处理；废水处理量较大、水质浓度变化幅度较大，而且对排放水质要求较高的，宜采用连续式二级氧化处理。

②含氯氧化剂宜选用次氯酸钠、二氧化氯、液氯等。选取氧化剂既要考虑经济性，也要注重安全性。

③采用碱性氯化处理含氰废水时，宜采用下图所示的基本工艺流程：

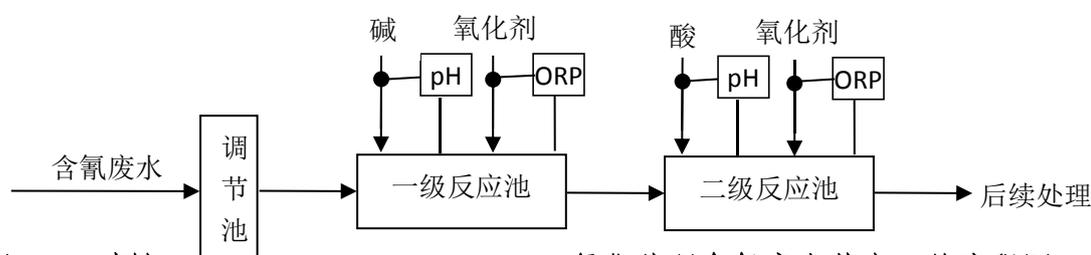


图 4.1-7 碱性

氯化处理含氰废水基本工艺流程图

④采用碱性氯化处理含氰废水时，应满足以下技术条件和要求：

1 氧化剂的投入量应通过试验确定。当无条件试验时，其投入量宜按氰离子与活性氯的重量比计算确定。其重量比：当一级氧化处理时宜为 1: 3 ~ 1: 4；二

级氧化处理时宜为1: 7~1: 8。一级氧化和二级氧化所需氧化剂应分阶段投加，投加比为1: 1；

2 pH值控制和反应时间：一级氧化的pH应控制在10~11，反应时间宜为10min~15min；二级氧化的pH应控制在6.5~7.0，反应时间宜为10min~15min；

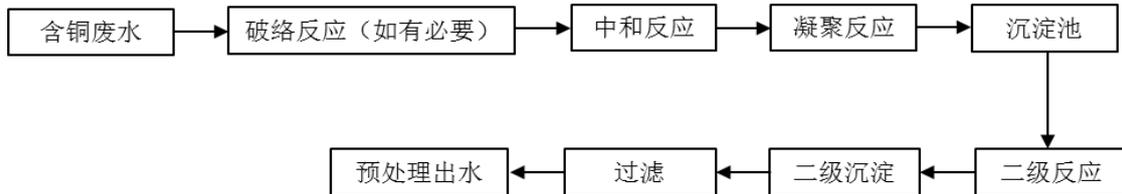
3 有效氯的投加量可采用氧化还原电位（ORP）自动控制。一级处理，ORP达到300mV时反应基本完成；二级处理，ORP需达到650mV；

4 废水温度宜控制在15℃~50℃。反应后废水中余氯量应在2mg/L~5mg/L范围内。

4.1.6 含铜废水预处理技术

(1) 化学沉淀处理技术

采用化学沉淀法处理含铜废水时，宜采用下图所示的基本处理单元。



注：应对《电镀污染物排放标准》（GB21900-2008）表3达标要求可设置二级反应、沉淀、过滤等处理工艺。

图 4.1-8 化学沉淀法处理含铜废水工艺流程图

化学沉淀法处理含铜废水应满足以下技术条件和要求：

- 1 在废水中投加氢氧化钠，反应 pH 应大于 9；
- 2 反应时间不宜少于 20min，并采用机械搅拌；
- 3 为加快悬浮物沉淀，可投加铁盐混凝剂；
- 4 沉淀池表面负荷宜不大于 $0.8\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。

(2) 离子交换处理技术

①离子交换处理氰化镀铜和铜锡合金废水时，宜采用下图所示的基本工艺流程：



图 4.1-9 离子交换处理氰化镀铜锡合金废水基本工艺流程

②如废水中含钙、镁离子浓度较高时，可在阴离子交换柱前增设 H 型弱酸

阳离子交换柱。

③采用离子交换处理氰化镀铜和铜锡合金废水时，应满足以下技术条件和要求：

1 进水中总氰离子浓度不宜大于 100mg/L；

2 阴树脂饱和后，应在负压条件下加酸进行再生。阴树脂再生柱下方应设置一个敞口碱槽，槽内贮存溶液量应大于二分之一树脂量、碱液浓度不低于 10mol/L；

3 处理装置所在场地应有每小时换气 8 次~12 次的机械通风设施。通风设施的电气开关应安装在门外或门口；

4 在运行和再生等过程排出的反洗水、淋洗水、废再生液以及更新后排出的循环水等，均含有氰离子，应经破氰处理。

④采用离子交换处理硫酸铜镀铜废水时，宜采用下图所示的双阳柱全饱和基本工艺流程，并满足以下技术条件和要求：

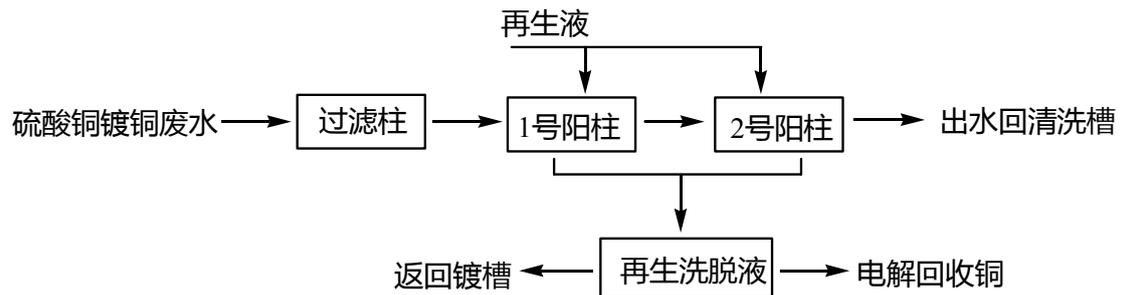


图 4.1-10 离子交换处理硫酸铜镀铜废水基本工艺流程

1 可与电解联合使用，从再生洗脱液中回收铜；

2 处理系统循环水的补充水应用除盐水；

3 阳柱再生宜采用硫酸作为再生液，同时避免循环水中混入钙、镁离子。如再生洗脱液中有硫酸钙、硫酸镁白色沉淀时，应通过静置沉淀和过滤除去；

4 处理后水应循环利用。

采用离子交换处理焦磷酸铜镀铜废水时，宜采用下图所示的双阴柱全饱和基本工艺流程，并应满足以下技术条件和要求：

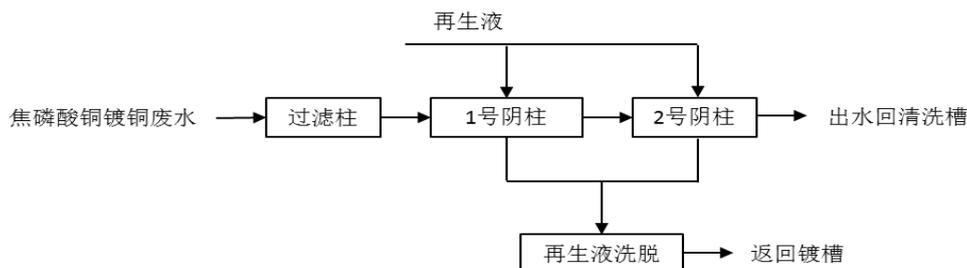


图4.1-11 离子交换处理焦磷酸铜镀铜废水基本工艺流程

1 再生柱的洗脱液，含有较高浓度的铜离子，可直接回镀槽作为补充液使用。

2 如运行中循环水和补充水采用自来水，由于自来水中钙、镁等离子形成白色沉淀，加重了过滤柱负荷，所以，应在过滤柱前增设一个阳柱。

4.1.7 综合废水处理技术

综合废水是指经过预处理后的各股废水与电镀混合废水混合后的废水。其废水中含有各种重金属、氰化物、金属络合物和有机络合剂、COD、氨氮、TN、TP 等污染物，其处理方法主要有以下方法：

(1) 化学沉淀法

一般采用化学沉淀法对混合废水进行预处理，其工艺流程图一般如下所示：

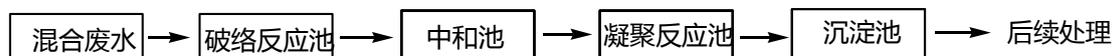


图4.1-12 化学沉淀法处理混合废水基本工艺流程图

其使用时宜满足以下技术条件：

1 混合废水中含有络合物时，应采用次氯酸钠等氧化剂先破络；

2 混合废水中含有铬、铜、镍、锌时，处理过程中 pH 宜控制在 8~9；当有镉离子时，废水 pH 应大于或等于 10.5，同时应防止混合废水中两性金属的再溶解；

3 处理过程中，可根据需要投加絮凝剂和助凝剂，其品种和投加量应通过实验确定。

化学沉淀法处理效果好，投资相对较低；但是工艺流程较长、污泥量大，且 COD、氨氮去除效果一般。

(2) 微电解法

微电解法处理电镀混合废水时，宜采用下图所示的基本工艺流程：

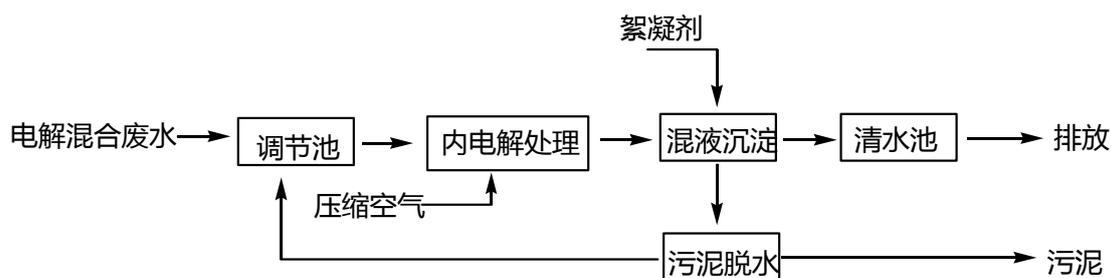


图 4.1-13 微电解法预处理混合废水

采用微电解法处理电镀混合废水时，应满足以下技术条件和要求：

- 1 微电解处理设备的材质宜选用不锈钢或碳钢，内壁应做防腐处理；
- 2 铸铁屑粒径宜大于 5mm；装填高度不宜小于 1.5m；
- 3 进水 pH 值宜控制在 2~4；废水与铁屑填料的接触时间不宜少于 30min；
- 4 处理系统在运行期间，应定时向微电解设备自动通入压缩空气。空气通入量为 $0.1\text{m}^3/(\text{min}\cdot\text{m}^2) \sim 0.13\text{m}^3/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ ；压力为 0.3Mpa ~ 0.7Mpa；通气时间为 1min ~ 3min；脉冲频率宜为 2s ~ 5s；周期宜为 1h ~ 2h；

5 微电解设备出水应用碱（或石灰乳）调 pH 值为 8~11 进行固液分离，为加快污泥沉淀，可适当投加助凝剂；

6 当采用连续式处理时，宜设水质自动检测和投药自动控制装置；间歇循环式处理废水，微电解设备内的流速不宜低于 20m/h；

7 微电解设备在检修或不运行期间，应保持设备内的水位始终浸没铁屑填料。如设备维修需将废水排空时，其设备维修和注满水的时间间隔应不超过 4h。

微电解法处理效果好，且具备一定的 COD 去除功能，在去除重金属的同时可提高废水的可生化性。但是操作管理较复杂、污泥量大。

（3）生物处理技术

电镀废水中的 COD、石油类、总磷、氨氮与总氮等污染物，应采用生物处理达标后排放。

生物法处理电镀混合废水，宜采用下图所示的基本工艺流程：

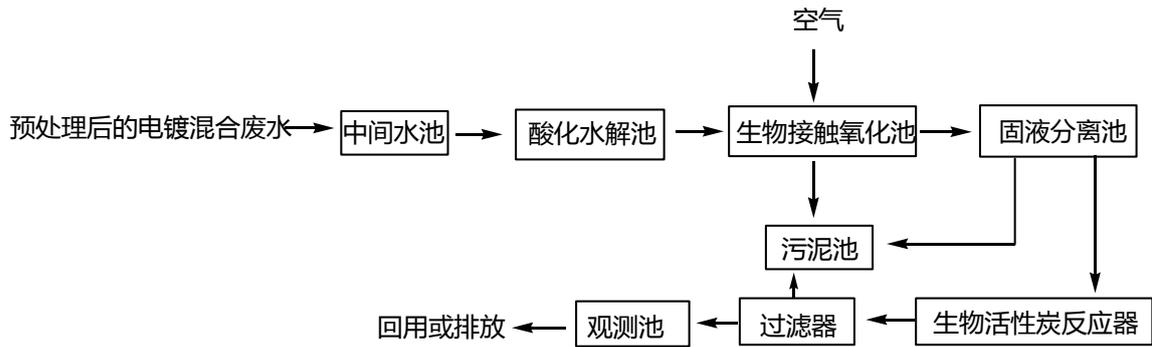


图4.1-14 生物处理综合电镀废水基本工艺流程

生物处理技术应用时，应满足以下技术条件：

1 铬、镍、铜、锌等重金属及盐分等对微生物均有毒害作用，因此，进入生物处理系统的重金属离子应经过预处理，一般进入生物池的有害物质允许浓度如下：

序号	有害物质名称	允许浓度 (mg/L)
1	三价铬	3
2	六价铬	0.5
3	铜	1
4	锌	5
5	镍	2
6	镉	0.1
7	铅	0.5
8	铁	10
9	氯化物	4000

2 宜根据综合废水的水质及出水要求，合理选用酸化水解池、接触氧化池作为二级处理、生物活性炭、高效过滤器作为深度处理工艺；

3 固液分离池一般选用沉淀池；也可选用膜分离系统，采用膜分离系统时，可将接触氧化池改为膜生物反应（MBR）池，但考虑到电镀废水可生化性差、污泥增殖慢等特点应慎用膜生物反应池；

4 处理过程中所产生的污泥，经管道汇集后自流入污泥浓缩池，经浓缩、脱水后外运集中处理，上清液重新流回调节池。

该技术可有效去除 COD、氨氮等污染物。

4.1.8 回用水处理技术

(1) 总体要求

电镀废水回用宜遵循分质处理、分质回用的原则；镀镍、金、银等贵金属后的漂洗废水应开展在线处理回用，并回收贵金属。

应优先考虑采用在线回用处理工艺，在线回用处理工艺包括膜法、离子交换法等。

一般可将处理达标后的综合废水作为回用水处理系统的水源。

回用水处理系统主要工艺过程包括多介质过滤、超滤、反渗透和离子交换法等，应综合考虑进水水质、回用水水质要求、回用率以及经济技术指标等因素确定合理的工艺组合。

应根据电镀线具体回用点位的用水水质要求开展电镀废水的深度处理；一般低品质出水回用于前处理用水，高品质出水回用于镀后漂洗用水。

回用水质主要关注电导率、浊度、离子浓度等指标，因此回用处理工艺主要选择以脱盐为主的处理工艺。目前最常用的脱盐工艺为反渗透处理工艺。

应注意污水回用后污染物、含盐量的累积造成废水处理难度的增加。

(2) 反渗透处理技术

反渗透膜分离技术是利用高压泵在浓溶液侧施加高于自然渗透压的操作压力，逆转水分子自然渗透的方向，迫使浓溶液中的水分子部分通过半透膜成为稀溶液侧净化产水的过程。全过程均属物理法，不发生相变。该技术适用于电镀企业各种电镀生产线废水的深度脱盐处理。

反渗透工艺的关键在反渗透膜前的预处理，降低膜污染，减少清洗频率，延长膜使用寿命；良好的预处理是保证膜系统运行的首要条件。

其预处理工艺过程包括多介质过滤、精密过滤、微滤或超滤等。

常用的电镀废水回用处理工艺如下：

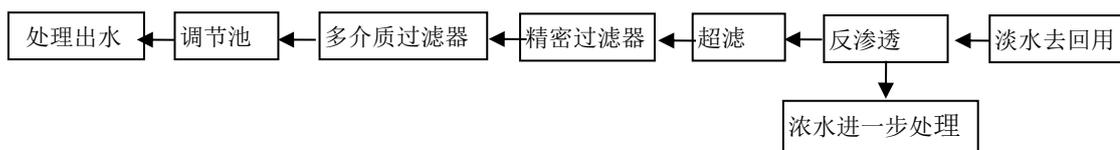


图 4.1-15 回用水处理典型工艺流程图

反渗透处理技术应用时，应满足以下技术条件和要求：

1 重点关注进膜前废水的 COD、胶体、钙离子等对膜的污堵。一般情况下，进膜预处理系统的废水 COD 浓度应不高于 100mg/L。

2 为防止反渗透膜的化学损伤，进水中余氯含量应小于 0.1mg/L。去除氧化剂的方法可采颗粒活性炭吸附，也可投加还原剂（如亚硫酸氢钠），并通过 ORP 进行监控。

3 膜浓水不应直接返回调节池，宜经独立处理系统处理达标后排放。

4.1.9 排污总量和排放浓度双重控制

（1）新、改、扩建电镀项目必须按照重点重金属污染物排放“减量置换”或“等量置换”的原则，力争 2025 年全省电镀行业重点重金属污染物排放总量比 2019 年下降 30%以上。

（2）逐步推进电镀企业废水执行重金属污染物的特别排放限值。2020 年 7 月 1 日起，鼓励电镀企业水污染物主要重金属污染物（总铬、六价铬）排放执行《电镀污染物排放标准》（GB21900）表 3 限值。

4.2 大气污染防治技术

4.2.1 废气抑制

减少电镀加工过程的废气首先是从工艺本身入手，改良生产工艺技术减少有害废气产生；另一方面是添加气雾抑制剂，将气雾控制在液面的泡沫层中，自然集聚后再回落到槽液中。

电镀溶液添加的气雾抑制剂要求发泡性能好，不参与电极反应，对槽液和镀层性能无不良影响，且易于脱洗。一般多采用非离子型表面活性剂作为气雾抑制剂。

（1）盐酸、硫酸酸雾的抑制

盐酸酸洗溶液可考虑投加兼具除油除锈功能的酸雾抑制剂；硫酸酸洗液可投加十二烷基硫酸钠或 OP 乳化剂。

（2）铬酸雾的抑制

镀硬铬槽中可投加 5-20mm 的聚乙烯或聚氯乙烯空心塑料球，大小相同地铺在镀铬槽液表面。

装饰性镀铬槽中可投加不含 PFOS 成分的液态铬雾抑制剂 12，其可在槽液表面形成很好的泡沫层、降低槽液表面张力以消除铬雾和减少槽液的带出损失。

(3) 碱雾的抑制

化学除油过程采用中、低温除油工艺，并选择中、低温除油药剂，减轻碱雾的产生；电解除油槽添加高泡型表面活性剂如十二烷基硫酸钠和 OP 乳化剂各 0.01g/L，可在槽液表面形成足够厚度的泡沫层，起到较好的抑雾作用。

4.2.2 废气收集

(1) 在设计废气集气罩时，应根据有害物质的特性与散发规律，工艺设备的结构与操作特点，合理的确定集气罩的形式，在不影响生产操作的情况下应尽可能设置全密闭式或半密闭式集气罩，保证在排风口处的风速。

(2) 氢氰酸雾、铬酸雾、硝酸产生工段应单独设置收集、处理装置，其集气罩应采用槽边条缝罩。

(3) 同一工种槽子的排风应尽可能合并成一个排风系统，但一个排风系统的集气点不宜超过 4 个，否则每个集气点的集气效果不易平衡。

(4) 当设置槽边集气罩时，应符合以下要求：

①槽宽小于 500mm 时宜采用单侧集气；槽宽在 500~800mm 时宜采用双侧集气；槽宽在 800~1200mm 时必须采用双侧集气。

②槽宽大于 1200mm 时采用吹吸式集气罩（即吹吸罩）。

③槽边集气罩应设在槽的长边一侧，沿槽边的排风速度应分布均匀。

④槽长 \leq 1500mm 时，可采用单吸风口；槽长 $>$ 1500mm 时，建议采用多吸风口；槽长 $>$ 3000mm 时，必须采用多吸风口。

(5) 为提高槽边集气效果，应使需槽边排风的槽尽量靠墙；条件允许的情况下，槽面上可设置活动窗封闭式集气罩。

(6) 铬酸雾槽的液面排风风速为 0.4~0.5m/s，氰化氢槽的液面排风风速为 0.3~0.4m/s，其他酸雾槽的液面排风风速不小于 0.2m/s，碱雾槽的液面排风风速不小于 0.3m/s。

(7) 手动酸洗应设专门操作间，废气应采取半密闭罩形式收集，尽可能减少酸性废气的无组织逸散，确保废气收集效率。

(8) 手动镀槽废气应采取半密闭罩形式收集。

(9) 有条件的自动线设置辅助密闭间，集中收集车间逸散型废气，并注意主风管设置方式和空间 25 次/h 的换气次数。

4.2.3 废气处理技术

(1) 总体要求

①废气处理设施应严格按照规范进行设计，合理确定吸收设备参数。

②设计的吸收系统宜考虑 pH 自控，尽可能做到吸收条件稳定，并确保系统的联锁控制。

③废气吸收产生的废水严格按照分类收集，纳入污水站集中分类处理；

④其他如有机废气、粉尘等应单独处理。

(2) 中和法治理酸性、碱性废气技术

喷淋塔中和法是根据酸碱中和的原理，将酸性、碱性废气在喷淋塔中分别与碱性、酸性材料中和。喷淋塔由塔体、液箱、喷雾系统、填料、气液分离器等构成，废气由进风口进入塔体，通过填料层和喷雾装置使废气被吸收液净化，净化后气体再经气液分离器，由通风机排至大气。

该技术对各种酸性、碱性废气均具有高效率吸收净化的特点。

该技术适用于前处理、酸洗、钝化、出光等工序产生的碱性、酸性气体的净化。

(3) 凝聚回收法治理铬酸废气技术

喷淋塔凝聚回收法是利用滤网过滤、阻挡废气中的铬酸微粒。铬酸废气通过滤网时，微粒受多层塑料网板的阻挡而凝聚成液体，顺着网板壁流入下导槽，通过导管流入回收容器内。

经冷却、碰撞、聚合、吸附等一系列分子布朗运动后，凝成液滴并达到气液分离被回收。残余废气经循环喷淋化学处理达到排放要求后，经排气筒排放。

该技术铬酸废气回收率约 95%，具有自动化程度高、铬回收率高的特点。

该技术适用于处理镀铬、镀黑铬、铬酸阳极化、电抛光等工序产生的铬酸废气。

(4) 吸收氧化法治理氰化物废气技术

喷淋塔吸收氧化法是用 15%氢氧化钠和次氯酸钠溶液或硫酸亚铁溶液，在碱性状态下吸收、氧化氰化物废气，处理后生成氨、二氧化碳和水。

该技术氰化物净化率 90%~96%，具有技术成熟、操作简便、氰化物去除率高的特点。

该技术适用于处理氰化预镀铜、碱性氰化物镀金、氰化物镀银、仿金电镀等含氰电镀生产线产生的氰化物废气。

(5) 袋式除尘技术

袋式除尘技术是利用纤维织物的过滤作用对含尘气体进行净化。

该技术除尘效率高，适用范围广，可同时去除烟气中的颗粒物。

该技术适用于抛/磨光系统的粉尘治理。

(6) 高效湿式除尘技术

高效湿式除尘技术是指粉尘颗粒通过与水雾强力碰撞、凝聚成大颗粒后被除掉，或通过惯性和离心力作用被捕获。

该技术运行成本低，适用于抛/磨光系统的粉尘治理。

4.3 固废污染防治技术

4.3.1 危险废物的暂存及处置要求

(1) 根据“减量化、资源化、无害化”的原则，对固废进行分类收集、规范处置。废槽液、槽渣、废腐蚀液、废洗涤液、废水处理污泥以及含有或沾染毒性感染性危险废物的包装物、容器、过滤吸附介质严格按照危险废物管理，禁止废液直接排入污水处理系统。

(2) 危险废物贮存场所应遵循《危险废物贮存污染控制标准》的要求，设雨棚、围墙或围堰，地面作硬化防渗处理，设置能够将废水、废液纳入污水处理设施的废水导排管道或渠道。贮存场所外要设置危险废物警示标志，危险废物容器和包装物上要设置危险废物标签。

(3) 建立危险废物管理台账，如实记录危险废物贮存、利用处置情况。进行危险废物申报登记，如实申报危险废物种类、产生量、流向、贮存、处置等有关资料。危险废物应当委托具有相应危险废物经营资质的单位利用处置，严格执行危险废物转移计划审批和转移联单制度。

(4) 废水处理污泥宜按照废水分质处理产生的污泥如含镍污泥、含铜污泥、含铬污泥、综合污泥等分别设置污泥浓缩池及污泥脱水设备，以利于污泥的资源回收与综合利用。

(5) 废水处理污泥经污泥浓缩池浓缩后，可采用板框压滤机脱水，宜采用高压隔膜压滤机脱水，将污泥含水率降低至 60%以下，实现污泥减量。浓缩池上

清液和压滤液应返回按照废水分类收集的要求返回相应的废水调节池重新处理。

4.3.2 废水处理污泥综合利用与处置技术

(1) 水泥固化技术

水泥固化技术是利用新型干法水泥回转窑焚烧有毒有害工业污泥,使电镀污泥中存在的重金属元素固化在熟料矿物中。电镀污泥经过高温煅烧处理后可以用作水泥的原材料,对水泥制品质量无不良影响,也不会构成对环境和人体的威胁。

该技术适用于化学法处理电镀废水产生的处理污泥。

(2) 烧制建筑用砖

电镀废水处理污泥混合废渣经高温烧制,将氢氧化物脱水为氧化物,氧化物与黏土中的氧化硅、氧化钙等产生玻璃相反应,就生成不溶于水的稳定化合物,在解毒的同时,也能使砖的强度有所增加。

该技术适用于化学法处理电镀废水产生的处理污泥。

(3) 熔炼技术

熔炼技术是将经烘干处理的电镀污泥和铁矿石、铜矿石、石灰石等辅助材料装入炉内,以煤炭、焦炭为燃料和还原物质进行还原反应,炼出所需重金属。

该技术适用于化学法处理电镀废水产生的处理污泥。

(4) 氨水浸出技术

氨水浸出技术是指用氨水从电镀废水处理污泥中浸出铜和镍,再用氢氧化物沉淀法、溶剂萃取法或碳酸盐沉淀法将铜和镍分离。

该技术对铜和镍的浸出选择性好,浸出效率高,铜离子和镍离子在氨水中极易生成铜氨和镍氨络合离子,溶解于浸出液中,氨浸出液如只有含铜的铜氨溶液,可直接用作生产氢氧化铜或硫酸铜的原料。

该技术适用于处理处置含铜、镍等贵金属废水处理污泥。

(5) 硫酸(硫酸铁)浸出技术

硫酸(硫酸铁)浸出技术是指用硫酸或硫酸铁从电镀废水处理污泥中浸出铜和镍,再用溶剂萃取法或碳酸盐沉淀法将铜和镍分离。浸出的铜和镍以硫酸盐的形式存在,该方法反应时间较短,效率较高。但该技术置换效率低,且对铬等其他金属未能有效回收,有一定的局限性。

该技术过程较简单,且废水可循环使用,基本无二次污染;但硫酸具有较强

的腐蚀性，对反应容器防腐要求较高；同时，浸出时温度达到 80~100℃时，会产生蒸汽和酸性气体；溶剂萃取法的操作过程和设备较复杂，成本较高。

该技术适用于处理含铜、镍等重金属废水处理污泥。

4.4 全过程最佳可行技术组合方案

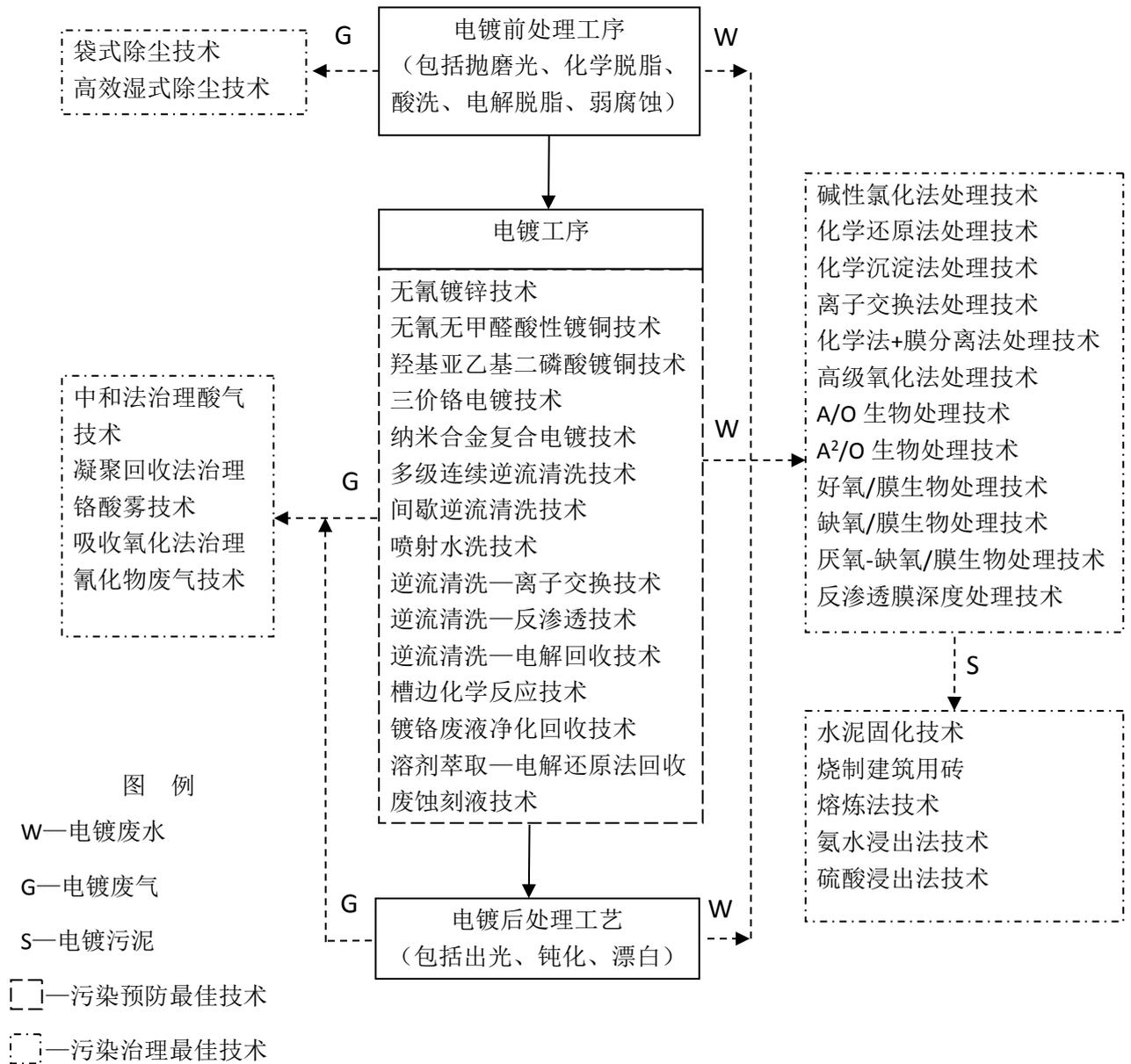


图 4.5-1 电镀行业污染防治最佳可行技术组合

5 内部环保管理

5.1 生产现场管理

(1) 生产线或车间安装用水（包含自来水、纯水、回用水）计量装置，污水处理及废气处理设施安装独立电表。

(2) 生产现场环境清洁、整洁、管理有序，危险品有明显标识，生产过程中无跑冒滴漏现象。

(3) 车间内实施干湿区分离，湿区地面敷设网格板，湿镀件作业在湿区进行，湿区废水/液单独收集。

(4) 生产车间地面采取防渗、防漏和防腐措施，厂区道路经过硬化处理。

(5) 厂区实行雨污分流，有雨水管网及污水管网图纸，并报生态环境部门备案，设置初期雨水收集池，有效容积满足初期雨量要求。

(6) 车间及厂区污水收集和排放系统等各类污水管线设置清晰，按照不同种类废水涂色及标识。

5.2 环保管理组织体系

(1) 电镀企业（园区）建立完善环保组织体系，健全环保规章制度，规范环保台帐系统（包括污染治理设施运行和危险废物管理等），记录每天的废水、废气处理设施运行、加药、电耗、维修情况，污染物监测台帐规范完备，制定危险废物管理计划，如实记录危险废物的产生、贮存及处置情况。

(2) 电镀园区应设立专门的环保管理机构，统一负责园区环保日常监管。电镀企业配备专职、专业人员负责日常环境管理和“三废”处理，建立企业领导、环境管理部门、车间负责人和专职环保员组成的企业环境管理责任体系。

5.3 内部环境监测

设置废水处理站的电镀企业、专门处理电镀废水的集中式污水处理厂、电镀园区应设置水质监测化验室。建成规范化排污口，按规范安装污染物自动监测及视频监控设备，并与生态环境部门联网。企业应按有关规定及监测规范对污染物排放及周边环境开展监测。

5.4 环保台账

(1) 相关档案齐全，每日的废水、废气处理设施运行、加药、电耗及维修

记录、污染物监测台账规范完备。

(2) 建立工业危险废物管理台账，如实记录危险废物贮存、利用处置相关情况；制定危险废物管理计划并报县级以上生态环境部门备案；通过省固废管理信息平台进行危险废物申报登记，如实申报危险废物种类、产生量、流向、贮存、处置等有关资料。

(3) 危险废物应委托具有相应危险废物经营资质的单位利用处置，执行危险废物转移计划审批和转移电子联单制度。

5.5 环境应急管理

(1) 电镀企业（园区）应编制突发环境事件应急预案并相互衔接，预案具备可操作性，并及时更新完善；建立应急组织体系，组织环境安全隐患排查治理、配备相应的应急物资与设备，定期开展突发环境事件应急演练。

(2) 电镀企业（园区）应设置应急事故水池，应急事故水池符合应急预案要求，并做好防渗漏处理，确保环境安全。应急事故水池位置合理，能自流式或确保事故状态下顺利收集事故产生的废水，日常保持足够的容量。

(3) 雨、污排放口应设置应急阀门，有专人负责阀门切换，保证泄漏物、受污染的消防水和雨水排入应急事故水池。

(4) 危险化学品使用、贮存等，符合《化学危险物品安全管理条例》等安全生产法律法规和标准要求，危险化学品应实行专库储存，库房、生产作业场所符合安全生产条件，并具有防台风、洪水、火灾等自然灾害功能。

(5) 硫酸、液碱等贮罐周围建有围堰，围堰高度满足应急要求，配酸碱、存酸碱所在地应防渗、防腐。

5.6 信息化建设

(1) 完善软硬件设施。鼓励企业在重点产废、贮存环节、污染源总排口等关键部位安装污染源在线监测、视频监控等设备，实时采集产污、治污及排污环节数据，并与省生态云固体废物环境监管平台互联互通，及时处理预警信息。

(2) 应用省生态云固体废物环境监管平台，按要求开展危险废物管理计划申报、转移电子联单、在线监测数据、产废数据上传等工作。

6 环境监管

(1) 电镀企业、专门处理电镀废水的集中式污水处理厂应依法持有排污许可证，并按照排污许可证的规定排放污染物。

(2) 电镀企业（园区）应及时公开有关排污信息，自觉接受公众监督。未依法公开或者不如实公开有关环境信息的，由县级以上生态环境主管部门责令公开，依法处以罚款，并予以公告。

(3) 加快推进电镀园区和重点企业监管平台建设，实现企业在线监测、生产能耗、污染治理设施、运行工况等数据实时传输，加强集成数据应用和分析，完善企业电子档案，提升信息化管理水平。

(4) 县（市、区）生态环境部门应开展电镀企业（园区）的污水排放口、雨水排放口及周边环境的监督性监测，对电镀园区还应将地下水纳入监测范围。

(5) 县（市、区）生态环境部门应加强企业环保信息管理，建立完善的企业项目审批、环保设施建设、竣工验收、日常检查、监测结果等档案。加强现场执法，对违法排污的企业，除依法实施行政处罚外，由实施行政处罚的生态环境部门推送至省政务数据汇聚共享平台，供金融监管部门纳入企业征信系统。

(6) 电镀企业相对集中的所在地县（市、区）政府应组织自然资源、生态环境、农业农村等部门对关停、搬迁电镀企业原厂区开展土地重金属残留监测和土壤调查评估，落实超标土壤的修复和限用措施。

7 指南应用中的注意事项

- (1) 建立健全各项数据记录和生产管理制度。
- (2) 加强操作运行管理，建立并执行岗位操作规程，制定应急预案，定期对员工进行技术培训和应急演练。
- (3) 合理使用设备，加强设备的维护和维修管理，保证设备正常运转。
- (4) 按要求设置污染源标志，重视污染物的检测和计量管理工作，定期进行全厂物料平衡测试。
- (5) 使用高频开关电源、可控硅电源、脉冲电源，不准高耗能电源入驻，节省能源。
- (6) 严格物料管理，减少化学品流失和泄漏，减少废物排放。
- (7) 加强镀液管理，保证电镀质量，减少污染物产生、降低成本。
- (8) 加强槽液循环过滤。
- (9) 镀件出槽时，在镀槽上空停留片刻（一般 10~15 秒），在不影响镀层质量的前提下，让挂具和工件上的带出液尽可能滴回电镀槽。
- (10) 电镀清洗用水通常采用流动水洗，在水槽进水口安装可调控的流量计，或者清洗水自动控制给水，避免浪费，节约用水。
- (11) 在槽体间安装挡板，使镀液或清洗水流回槽内，保持地面清洁。
- (12) 水洗槽导入空气搅拌，提高水洗效率。
- (13) 贯彻“节流与开源并重、节流优先、治污为本”的用水原则，全面推广“分质用水、串级用水、循环用水、一水多用、废水回用”的节水技术，提高水的重复利用率。
- (14) 化学或电化学抛光中，如废水中含铬，单独预处理后再进入综合废水处理系统。
- (15) 改进挂具和镀件的吊挂方式，减少带出液量，降低清洗水的浓度。
- (16) 生产线上增设镀液回收槽、滴液器等回收装置，回收电镀液。
- (17) 工件出镀槽时，增加空气吹脱设施，减少镀液带出量。
- (18) 定期检查喷淋塔的塔体，液箱，喷雾系统、填料，气液分离器等完好性，及时更换填料。
- (19) 抽风设备风量调试平衡后，采用全自动控制，使各抽风点处于合理风

量范围。

(20) 对于电镀产生的疑似危险废物，应按照相关标准做危险废物鉴别。

(21) 电镀废水处理污泥金属含量达到冶炼原料要求时，优先进行资源化综合利用。

(22) 采用低噪声设备或采用隔声、减震措施，控制噪声源强。

(23) 对于各类风机、空压机、水泵等噪声源，采用消声器等方式降低噪声。

(24) 持续开展清洁生产，导入健康安全环境管理体系；按照清洁生产的理念，设计园区的电镀生产线；园区内企业持续开展清洁生产。

(25) 根据相关政策、标准规定，明确园区、企业污染治理责任，保证污染物达标排放。

(26) 进入电镀废水收集池、污水池时，必须根据水池内的污染物及可能的有毒气体种类充分做好安全防护措施，防止中毒。