

附件三：

《电镀工业污染防治最佳可行技术指南》

（征求意见稿）

编制说明

环 境 保 护 部

二〇一一年八月

目 录

1. 任务来源	2
2. 指南编制的意义	2
3. 《指南》编制的原则、方法和技术依据	2
3.1 编制原则.....	2
3.2 编制方法.....	3
3.3 技术依据.....	3
4. 主要编制工作过程	4
5. 国外相关环境技术管理体系研究概况	5
5.1 欧盟 BAT 概况.....	5
5.2 美国 BAT 概况	5
6. 行业技术现状调研情况	7
6.1 电镀行业概况	7
6.2 电镀行业工艺技术水平	7
6.3 电镀行业技术装备水平	7
6.4 我国电镀行业能耗、物耗水平	8
6.5 电镀行业污染物排放量	8
7. 最佳可行技术的确定原则和评估、筛选方法	8
7.1 最佳可行技术的确定原则.....	8
7.2 最佳可行技术的评估、筛选方法.....	9
8. 主要技术内容及说明	9
8.1 电镀污染物的特性及环境问题	9
8.2 电镀工业污染防治（备选）技术	13
8.3 最佳可行技术的评估与筛选	28
9. 最佳可行技术指南实施的环境效益与经济技术分析	30
9.1 环境效益.....	30
9.2 技术经济分析.....	30

1. 任务来源

2007 年，环境保护部发布了《关于印发〈国家环境技术管理体系建设规划〉的通知》（环办[2007]150 号），并于 2009 年下达了制定《电镀工业污染防治最佳可行技术指南》文件的工作任务。江西金达莱环保研发中心有限公司、南昌航空大学、中国环境科学学会、中国环境科学研究院联合成立课题组承担该技术文件的编制工作。

2. 指南编制的意义

1) 实现电镀工业可持续发展

电镀污染防治技术是生产全过程中清洁生产及污染物末端治理技术的合理整合，即通过先进可行的清洁生产技术和污染治理技术，达到生产工艺的合理配置和资源的合理利用。电镀工业污染防治最佳可行技术指南是国家环境技术管理体系的重要组成部分，可为电镀行业污染源稳定达标排放、污染物总量削减、节能减排和环境保护目标的实现提供可靠的技术保障。

2) 实现节能减排目标

国务院颁布的《节能减排综合性工作方案》中明确提出“十一五”主要污染物排放量要减少 10%，固体废物综合利用率达到 60% 以上，加强污染防治技术的推广与应用是实现节能减排目标的重要手段，污染防治最佳可行技术指南的编制是加强污染防治技术管理的重要内容。

3) 促进电镀工业污染防治先进技术的推广应用和发展

推动企业技术进步和产品升级，提升污染防治水平。通过技术筛选和评估，淘汰落后的生产工艺，鼓励采用污染防治最佳可行技术，使先进的污染防治技术得以广泛地推广应用。

综上所述，制订电镀工业污染防治最佳可行技术指南是十分必要的，意义重大。可指导企业选择合理的污染防治技术，为电镀工业全面提升工艺技术水平、环境保护水平、实现电镀工业可持续发展、节能减排目标提供技术支撑，为环境技术管理体系的进一步完善提供技术保障，是指导电镀企业和环保部门因地制宜地选择技术的重要依据。

3. 《指南》编制的原则、方法和技术依据

3.1 编制原则

1) 科学性与实用性相结合

通过对电镀生产工艺调研，掌握电镀工业污染防治技术工艺和设备水平、资源能源利用水平、污染物产生指标，废物回收利用指标和环境管理水平，并进行技术经济比较分析，筛选确定不同条件下电镀工业污染防治最佳可行技术，使指南具有较强的科学性、指导性和可操作性。

2) 全过程控制和管理原则

规定电镀生产中前处理、电镀、后处理各工序的污染防治最佳可行技术及其环境管理要求，从而实现对环境的整体保护。

3) 因地制宜的原则

我国幅员辽阔，资源、能源分布不均，因此在选择最佳可行技术时，紧密结合电镀企业所在的地域、资源等具体情况，因地制宜地选择污染防治的最佳可行技术。

4) 以国家环保的技术政策为依据

在清洁生产、发展循环经济和节能减排、污染物末端治理实施中，国家制订了一系列技术政策，制订污染防治最佳可行技术指南应以这些技术政策为依据。

5) 清洁生产与循环经济原则

实施全过程清洁生产，从源头上减少污染物的产生，从而降低和减轻污染物末端治理的压力，提高环境污染防治和管理水平。

3.2 编制方法

根据指南内容，编制工作计划及编制大纲，在国内外资料调研的基础上，完成典型电镀工业生产工

艺污染防治技术现场考察和书面调研报告；依据电镀行业专家对调研报告的评估意见，进一步调研数据、收集资料、筛选和评估最佳可行技术，进而编制指南初稿；根据专家意见和征求意见回馈内容进一步完善补充相关内容，编制指南征求意见稿和送审稿，最后形成报批稿。具体工作步骤为：

1) 项目研究拟采用的方法为国内外资料调研、典型电镀企业书面调研相结合的方式，以资料调研为主，书面调研为辅；

2) 组织专家座谈研讨；

3) 我国典型电镀企业中污染防治技术的现场调研和测试，掌握电镀工业生产工艺与设备水平发展现状、资源能源利用水平、污染物产生指标、废物回收利用指标、生产工艺污染防治技术类型、运行参数、处理效果、经济性和环境管理水平等进行调查，并进行技术经济比较分析；

4) 对调研结果进行综合评价分析，依靠系统科学的分析方法筛选确定不同条件下的不同电镀工艺污染防治 BAT 技术；

5) 编写指南初稿，进行反复论证修改后提出最终研究报告并报批。

3.3 技术依据

在编制过程中，全面检索、收集了国内外有关资料，主要包括：国内外环境政策和方针，欧盟《金属和塑料表面处理最佳可行技术参考文件》、美国以控制技术为基础的水污染物排放指南和标准体系以及金属的表面处理 BAT 文件，《电镀手册》、《清洁生产标准 电镀行业》（HJ/T314）、《电镀废水治理设计规范》（GBJ136）、《重金属污水化学法处理设计规范》（CECS 92：97）、《电镀污染物排放标准》（GB21900），金属和塑料表面处理方面的专著和论文以及专题研究和技术交流材料等。并对珠三角、长三角、重庆、西安、北京、太原、大连、沈阳等地的几十家电镀企业、电镀工业园区、线路板（PCB）企业，进行现场调研和考察，基本掌握了企业生产工艺、环保治理技术和管理措施等实际情况，获取了企业生产过程中的第一手材料。

对调研和实地调查情况进行了全面分析、整理，根据电镀不同工序可能产生的污染物情况及其危害程度，考虑多数企业环保治理现状（目前所采取的防治技术所能达到的环境绩效），在广泛参阅国内外现有政策、规范和标准和有关防治技术资料，对主要问题和疑难问题进行了反复的研讨和论证等综合因

素的前提下，确定了电镀工业污染防治备选技术。本指南是在下列法律、法规、技术政策指导下制订的。

《中华人民共和国环境保护法》

《中华人民共和国环境影响评价法》

《中华人民共和国大气污染防治法》

《中华人民共和国水污染防治法》

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》

《中华人民共和国环境噪声污染防治法》

《中华人民共和国清洁生产促进法》

《中华人民共和国节约能源法》

《全国生态环境保护纲要》

《国务院批转国家经贸委等部门关于进一步开展资源综合利用的通知》（国发[1996]36 号）

《国务院关于加强发展循环经济的若干意见》（国发[2005]22 号）

《用能单位能源计量器具配备和管理通则》（GB 17167）

《企业能量平衡通则》（GB/T3484）

《企业水平衡测试通则》（GB/T12452）

《工业清洁生产评价指标体系编制通则》（GB/T20106）

《工业清洁生产审核指南编制通则》（GB/T21453）

4. 主要编制工作过程

1) 2009 年 3 月 20 日成立《电镀工业污染防治最佳可行技术指南》编制组。

2) 收集国内外有关指南编制的资料；检索国内外最新发布的相关技术指南，对有关的内容进行翻译学习，消化吸收；对编制的指南体例及内容进行研究，确定指南编写大纲。

3) 2009年5月至2009年9月间，对典型的电镀企业污染防治情况进行现场考察调研。同时，向电镀企业发调查表、测试查阅国内外文献资料。

4) 整理调研资料，确定编制大纲及人员分工，2009年9月~2009年11月完成《指南》（初稿）。

5) 2010年2月5日，在北京召开了《电镀工业污染防治最佳可行技术指南》实施方案论证会。会议听取了编制组对《电镀工业污染防治最佳可行技术指南》实施方案的介绍，并进行了讨论。专家组认为，该指南的编制对于解决我国电镀工业的污染问题，实现污染减排目标具有重要意义。实施方案确定的编制原则和工作方案较为合理，思路清晰，指导思想正确，原则明确，可以指导《电镀工业污染防治最佳可行技术指南》的编制工作，同意通过论证。

6) 根据专家意见，编制组对指南（初稿）进行了进一步的补充、修改，完成了《电镀工业污染防治最佳可行技术指南（讨论稿）》，并于2010年6月18日在南昌召开了专家论证会；

7) 编制组根据《指南》（讨论稿）专家论证会意见，进一步补充、修改完善指南的相关内容，于2011年4月完成《电镀工业污染防治最佳可行技术指南》（征求意见稿）。

5. 国外相关环境技术管理体系研究概况

5.1 欧盟 BAT 概况

1) BAT 体系的建立

1996 年 9 月 24 日，欧盟委员会指令 96/91/EC 要求建立能够在各成员国之间实现综合污染防治和管理排污许可证的立法，提出建立最佳可行技术（BAT）体系。到 2004 年，欧盟的 BAT 体系已经基本建立完成，并在各行各业建立起相应的参考性文件，开始发挥其指导作用。

欧盟《金属和塑料表面处理最佳可行技术参考文件》（BAT）提供了欧盟 15 国及几个大型电镀企业的消耗和排放水平的数据。如法国和意大利提供了有关用水、污水处理和排放量，示范水厂执行情况等信息；德国提供了多个最佳实践技术应用情况；英国提供了全氟辛烷磺酸盐（PFOS）毒性的新数据；捷克和匈牙利等国提供了特殊技术细节；行业协会提供了特殊领域的技术资料。行业专家们提供了有关技术适用性和执行情况的运行数据。

欧盟 BAT 文件对金属和塑料表面处理各工序的各种工艺技术进行了讨论和评价，如实地反映了欧盟各国当前的电镀工艺水平；在确定出金属和塑料表面处理最佳可行技术的同时，提出了有毒材料的替代方案及工艺；推荐的电镀新技术、新工艺，引领欧盟金属和塑料表面处理行业发展的方向。该文件已成为欧盟各国对电镀企业进行管理工作的重要参考文件。

2) BAT 体系的管理

欧盟 BAT 文件在实施的过程中，定期进行评审，根据所依据法令和法规的变化随时保持更新，以保证与科学技术的同步发展，并根据 BAT 执行经验的反馈，对 BAT 限值进行修正。环保部门鼓励发展和引入能满足 BAT 要求的新技术和改进的技术，从而有利于整个环境质量的持续提高。因此企业经营者必须保证与生产活动相关的最佳可行技术的随时更新。

5.2 美国 BAT 概况

在清洁水法（CWA）和清洁大气法（CAA）框架下实行分解质管理。制定基于技术的排放标准是美国工业污染控制体系最为突出的特点。

以《清洁水法》为例，直接和间接排放的工业废水污染源被划分为七个控制技术等级，在制定相应的排放标准过程中，对各等级技术进行综合评价，从而确定技术上可行、经济上可接受、环境负荷适宜的排放标准。

美国的技术评价过程虽然没有对各种类别的环境效应进行量化，但特别重视排放标准的成本效益分析，对排放标准可能导致的技术改造费用、不达标企业关闭带来的经济和社会影响等方面给予了更为详细的分析。

美国国家环保署通过针对不同的工业部门制定不同的技术标准，并以此为基础再颁布各自相应的排放限值指令，从而实现对污染物排放的有效控制。在美国清洁水法案（CWA）中规定，现行的环境技术标准主要包括：

对于直接排放的污染物，执行：最佳控制技术（BPT），最佳常规污染物控制技术（BCT），经济可行

的最佳可行技术（BAT）和以最佳控制技术为基础的新排放源执行标准（NSPS）即 BDT。

对于间接排放的污染物，执行：现有排放源的预处理标准（PSES）和新排放源的预处理标准（PSNS）。

1）最佳控制技术（BPT）

清洁水法案（CWA）建立的第一个控制向美国海域中排放污染物的以技术为基础的标准。BPT 排放限值指令一般以行业内工厂的现有最佳技术水平的平均值为基础。

BPT 排放限值适用于所有直接排放源。BPT 排放限值指令以各个行业不同规模，不同年限，不同单元工艺的工厂控制污染物情况为基础。建立 BPT 排放限值指令，环保署（EPA）需要综合考虑为达到排放削减量所需的成本和达到排放削减量的所获得的效益，设备和设施的使用年限，操作人员，工艺改进的需要，控制技术的工程应用，除水质以外的其他环境影响（包括能量消耗）和其他因素。BPT 可以在不同的行业之间通用。

2）最佳常规污染物控制技术（BCT）

指对于任何确定的发生源，在同时考虑能量、环境、经济和其他成本的条件下，现有的能够使其向环境中污染物的排放量达到最少的可行技术。BCT 技术是控制污染物排放的最重要的可行技术，主要污染源的控制必须采用 BCT 技术，除非已经证实该技术在能源、环境或经济方面存在不合理因素。BCT 代表了现在投入使用的最佳技术的平均水平。

属于常规污染物有：生化需氧量（BOD₅）、总悬浮固体（TSS）、大肠杆菌、pH 值、油脂（1979 年 7 月增加）和管理者规定的其他污染物。BCT 不是附加标准，而是作为控制常规污染物的 BAT 替代标准。BCT 限值制定时应考虑成本的合理性。因此，作为 BCT 的技术必须经过两个分部的费用合理性测试。根据法案，管理者在确定 BCT 时，应考虑为达到一定的排污削减量，所需费用和带来的效益之间的合理关系，并比较公共污水处理厂（POTWs）和各个工业污染点源为达到相同排放削减量所需费用之间的关系。

3）经济可行的最佳可行技术（BAT）

以现有最佳的污染物控制和处理方法为基础的一种技术水平，并在给定的工业范畴和子范畴内具有经济可行性。清洁水法案（CWA）中提出的以技术为基础的全局性标准，是控制有毒和非常规污染物直接排放的最有效方法。一般来说，BAT 排放限值指令，代表了工业点源在经济上可行的条件下，现在投入使用的最好的处理技术。

总体上说，BAT 排放限值代表了在技术可行的基础上，行业内现有的经济上可行的最佳操作水平。环保署建立 BAT 作为控制向水体排放有毒或非常规污染物的重要的国家标准。最初共有 65 种污染物被指定为有毒污染物，管理者可以对其进行增加或删减，环保署（EPA）已经计划增补一些有毒污染物，但是现在还没有发现有删减的可能。对于这些有毒污染物，要求环保署根据 BAT 的技术水平建立起严格的排放限值标准。非常规污染物指那些不包含在常规污染物和有毒污染物内的所有其他污染物。评估 BAT 时应考虑的因素包括：设备和设施的使用年限，操作人员，潜在的工艺改进，除水质外的其他环境影响（包括能量消耗）。环保署考虑决定这些因素的权重。BAT 可以在不同行业之间转换。BAT 可能包括工业实践中比较特殊的工艺改进或内部控制。

4) 新排放源执行标准 (BDT) 即 (NSPS)

已经验证的最佳控制技术,是能够最大限度的减少排放量并已经实践验证过的最佳可行技术、工艺、方法和其他措施。BDT 适用于新排放源,是强制其执行的有关技术,处理标准高于现有的排放源。通常与 BAT 相似。

6. 行业技术现状调研情况

6.1 电镀行业概况

2009 年 5 月至 2009 年 11 月,编制组实地调研了珠三角、长三角、中西部地区、东北及京津地区的 20 座城市 44 家电镀企业、7 个电镀工业园区。在 44 家电镀企业中,国有企业 7 家,占 16%;民营企业 22 家,占 50%;外资企业 15 家,占 34%。电镀工艺分析:镀锌 50%;镀铜、镍、铬 30%;氧化铝、阳极氧化膜 15%;镀铅、锡、金 5%。生产能力:2~15 万平方米/年的企业占 34%;15~50 万平方米/年占 50%;50~100 万平方米/年占 11%;100~500 万平方米/年占 5%。所服务行业分布:航空、航天、仪器仪表业占 39%;机械制造业 34%;轻工业 20%;电子工业 7%。

6.2 电镀行业工艺技术水平

由于我国制造业的发展,与之配套的电镀业迅速发展,工艺技术水平逐步缩小了和国际先进水平的差距,电镀较为集中的镀种是镀锌、装饰镀铬和硬铬。镀锌用钾盐和锌酸盐代替氰化镀锌用的较普遍,一些军工企业也在使用,这一工艺的应用有效减少了有毒材料的使用。六价铬污染是我国突出的问题,近年来低铬工艺镀铬、低铬钝化、三价铬钝化等技术已在很多电镀企业使用,均取得了较好的效果。

但全国很大一部分电镀企业没有普遍推广使用。出现技术问题未能及时排除,由于生产不能停止,有走回头路现象,因此我国六价铬的污染仍较严重。电镀合金镀层代替镀镉推广较差,使用不普遍,企业对新工艺推广使用的进度缓慢。部分电镀厂工艺技术水平落后,生产效率低,原材料消耗高,环境污染严重等问题是我国当前电镀行业发展的巨大障碍。

6.3 电镀行业技术装备水平

随着电子技术的发展,近年来电镀设备自动化程度迅速发展,我国电镀设备自动化程度的发展及应用已逐步接近了发达国家水平。电镀企业通过产业优化升级、机构合并、资产重组、园区建设、及部分大型企业改建和扩建项目,引进先进的电镀设备,采用了先进电镀设施。大批的电镀自动生产线用于电镀企业,特别在南方沿海地区广东、浙江、福建厦门地区、江苏等地和已建成的电镀基地,电镀自动线设施投入使用,提高了我国电镀自动化生产程度。

由于我国电镀企业较多,普遍规模较小,企业为了自身效益,承接加工的产品多品种、因此涉及到的镀种较多,企业增加的产品种类繁多未形成专业化生产,产品生产专业化程度低,使电镀生产线不规范。许多在小型企业沿用老的设备,由于设施使用年限较长没有能力投资更新,电镀设备处于老化并耗能高,跑、冒、滴、漏严重,先进电镀设备更新力度不大。污水处理设施处于老化,没有资金进行改造更新等,这样的电镀企业大量存在,使得我国电镀企业在设施的配备总体仍然比较落后。

6.4 我国电镀行业能耗、物耗水平

我国电镀行业能耗、物耗水平见表 1。

表 1 我国电镀行业能耗、物耗水平

项 目		水耗 (t/m ²)	电耗 (Kwh/m ²)	蒸汽 (m ³ /m ²)	金属原料利用率 (%)				
					锌	铜	镍	装饰铬	硬铬
国际先进水平		0.08	0.4	0.08		90	90	24	
国内先进水平		0.3	0.5	0.11	76			10.8	60
国内平均水平		3.0	5	15		65	75	9	40
清 洁 生 产 标 准 (HJ/T314-2006)	一级	0.1			85	85	95	60	90
	二级	0.3			80	80	92	24	80
	三级	0.5			75	75	80	20	70
现场调研资料		0.83	1.95	2.8	78	80	93	10	75

6.5 电镀行业污染物排放量

电镀行业污染物排放量见表 2。

表 2 电镀行业污染物排放量

污染物	排放量 (t)
总铬	45~135
六价铬	9~45
总镍	9~90
总镉	0.9~9
总银	9~45
总铅	9~90
总汞	0.45~4.5
总铜	27~90
总锌	90~180
总铁	180~450
总铝	180~450
氟化物	900
总氰化物	18~45

电镀行业重金属年排放量 400~1000 吨，占《第一次全国污染源普查》工业源 2.43 万吨的 5%。

7. 最佳可行技术的确定原则和评估、筛选方法

7.1 最佳可行技术的确定原则

- 1) 电镀工业污染防治最佳可行技术的选择应根据我国现阶段国民经济的发展水平，体现先进性、适用性、经济性、稳定性的原则。
- 2) 鼓励电镀企业污染防治新工艺和新技术的开发和利用，促进我国电镀企业整体污染防治水平的提升。
- 3) 在确保电镀生产质量与安全运行的原则下，实现电镀企业的清洁生产、循环经济和节能减排，

充分体现以防为主、防治结合、资源能源高效利用的思想。

7.2 最佳可行技术的评估、筛选方法

● 编制组通过查阅文献、考察现场、问卷调查、采样实测等方法，针对资源能源消耗水平、污染物产生节点、污染物特征及浓度、控制措施、运行管理等指标，汇集了现行的电镀工业污染防治和治理技术。

● 依靠电镀行业专家和环境管理专家的初步咨询、判断，从现行的电镀工业污染防治技术中确定备选技术，缩小技术评估和筛选的范围。

● 应用决策科学和系统科学中的综合评价方法，对电镀工业污染防治（备选）技术，进行系统、科学的评估、选择和验证，筛选出综合效益最佳的技术。形成电镀工业污染防治最佳可行技术体系。

● 所谓综合评估方法是多指标评价方法，即在专家评价、经济分析的基础上，从多个角度对电镀工业污染防治备选技术进行评价，最后确定综合效果最佳的技术为电镀工业污染防治最佳可行技术。评估指标体系见表 3。

表 3 最佳可行技术评估指标体系

评价指标		判断标准
技 术 性 能	资源能源消耗	高：主要原材料、水、能源的消耗强度处于落后水平 中：主要原材料、水、能源的消耗强度处于一般水平 低：主要原材料、水、能源的消耗强度处于先进水平
	污染物排放	高：排污强度处于落后水平 中：排污强度处于一般水平 低：排污强度处于先进水平
	自动化程度	高：自动控制，无人值守 中：半自动化操作 低：以手工操作为主
经 济 性 能	投资成本	高：投资成本高，中小企业难以承受 中：投资成本适中，多数企业可以承受 低：投资成本低，绝大多数企业均可承受
	运行费用	高：运行费用高，中小企业难以负担 中：运行费用适中，多数企业可以负担 低：运行费用低，绝大多数企业均可负担
环境影响性能		以是否破坏生态环境，评判：好、中、差
资、能源 回收率	能源	以回收率表示
	重金属	以回收率表示
综合评估		综合上述指标，对电镀工业污染防治备选技术进行评价，最后确定综合效果最佳的技术为电镀工业污染防治最佳可行技术（BAT）

8. 主要技术内容及说明

8.1 电镀污染物的特性及环境问题

8.1.1 产污环节及主要污染物

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（含重金属离子和有机污染物）和大气污染（各类酸雾）是主要环境问题。

8.1.1.1 水污染

电镀废水成分复杂，污染物浓度高，含有数十种无机和有机污染物，其中无机污染物主要是铜、锌、铬、镍、镉等重金属离子以及酸、碱、氰化物等；有机污染物主要是含碳有机物、含氮有机物等。电镀废水主要由以下几类废水组成：

1) 酸碱废水：包括预处理及其它酸洗槽、碱洗槽产生的废水，主要污染物为盐酸、硫酸氢、氢氧化钠、碳酸钠、磷酸钠等。

2) 含氰废水：包括氰化镀铜、碱性氰化物镀金、中性和酸性镀金、银、铜锡合金、仿金电镀等含氰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。有剧毒，须单独收集处理。

3) 含铬废水：包括镀铬、镀黑铬、表面钝化、退镀以及塑料电镀前处理粗化等工序产生的废水。主要污染物为六价铬、总铬等。毒性大，须单独收集、处理。

4) 重金属废水：包括镀镍、镉、铜、锌等金属及其合金产生的废水，焦磷酸盐镀铜废水、钯镍合金电镀废水及化学镀废水以及阳极氧化、磷化工艺产生的废水。主要污染物为镍、氯化镉、硫酸镉及氰化镉、硫酸铜、氯化锌、氧化锌、硫酸锌、氯铵以及络合态重金属离子及络合剂类有机物、甲醛和乙二胺四乙酸（EDTA）等。

5) 有机废水：包括工件除锈、脱脂、除油、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、重金属等。

6) 混合废水：包括多种工序排放的废水，组分复杂多变，主要污染物为多种金属离子、添加剂、络合剂、染料、分散剂等有机物、悬浮物、石油类、磷酸盐以及表面活性剂等。

电镀废水污染物种类多，成分复杂，含有“三致物质”，破坏生态环境，损害人体健康。

8.1.1.2 大气污染

电镀工艺产生的大气污染物中含有颗粒物和多种无机污染物。颗粒物主要为粉尘，无机类污染物包括酸性废气、碱性废气、含铬酸雾、含氰废气等。对环境和人体健康均有重大影响。电镀废气主要由以下几种废气组成：

1) 含尘废气

主要由喷砂、磨光及抛光等工序产生，含有砂粒、金属氧化物及纤维性粉尘等，此类废气不但污染空气，也会对从业者咽喉、肺部造成伤害。

2) 酸碱废气

采用盐酸、硫酸等酸性物质进行酸洗、出光和化学抛光等工艺所产生酸性废气。如：氯化氢、二氧化硫、氟化氢及磷酸等气体和酸雾。具有极强的刺激性气味，对操作者咽喉、气管及肺部产生危害。还会腐蚀厂房及设备，污染大气或形成酸雨。

电镀过程中使用氢氧化钠、碳酸钠及磷酸钠等碱性物质，由于加热等工艺操作所产生的碱性气体。可产生碱雾的工艺主要有：化学除油、电化学除油、强碱性电镀（如碱性镀锌和碱性镀锡等）和氰化电镀等。碱雾对操作者咽喉、气管、肺部刺激很大。

3) 含铬酸雾

在镀铬工艺中产生，铬雾具有很强的毒性和腐蚀性，对人体和环境造成极大伤害和污染。铬雾经呼吸道吸入人体，对呼吸道有刺激和腐蚀作用，可引起鼻部严重病变，如急性鼻炎、鼻穿孔、咽炎及支气管炎等，皮肤长期接触铬雾，还可引起皮炎或湿疹，铬雾还会致畸、致癌及致突变。

4) 含氰废气

由氰化电镀产生，如氰化镀铜、镀锌、铜锡合金及仿金等。氰化物遇酸反应，能够产生毒性更强的氰化氢气体，吸入微量就可致人于死命。

8.1.1.3 固体废物污染

电镀工艺产生的固体废物较少，固体废物主要为处理电镀废水的过程中产生的污泥。氢氧化物、硫化物及重金属污染物从废水中转移到污泥中，属于危险废物。但当金属含量达到精矿含量要求时，可不作为废物处理而进行资源化综合利用。

8.1.1.4 噪声污染

电镀工艺产生的噪声分为机械噪声和空气动力性噪声，主要噪声源包括磨光机、振光机、滚光机、空压机、水泵、超声波、电镀通风机、送风机等设备。噪声源强通常为 65~100dB(A)。

8.1.2 电镀污染物的危害

8.1.2.1 电镀废水的危害性

电镀废水含高毒物质种类多，危害性是很大的。未经处理的电镀废水排入河道、池塘、渗入地下，不但破坏生态环境，而且污染饮用水和工业用水。电镀废水中的污染物、污染源及其危害见表 4。

表 4 电镀废水中的污染物、污染源及其危害

有害成分	危害性	废物形式
碱	腐蚀性	废水、废液
酸	腐蚀性	废水、废液
表面活性剂	微毒性	废水
油脂	微毒性	废水、废溶剂
铬	毒性、致癌物	废镀液、清洗水、钝化液、粗化液
氰化物	毒性大	废镀液、带出液、清洗水
其它重金属离子	毒性	废镀液、带出液、清洗水
三氯乙烷、氯乙烷等溶剂	对呼吸系统、皮肤有害	废溶剂
含化学品废弃物	毒性	盛料空桶、失效化学品

8.1.2.2 电镀废气的危害性

电镀废气所含酸、碱、氰化物、重金属等污染物，如不经有效治理而排入大气，不但破坏大气环境，而且直接损害工人的身体健康。电镀废气中的污染物、污染源及其危害见表 5。

表 5 电镀废气中的污染物、污染源及其危害

废气种类	有害成分	危害性
含尘废气	沙粒、金属氧化物及纤维性粉尘	对从业者咽喉、肺部造成伤害
酸碱废气	氯化氢、二氧化硫、氟化氢、硫化氢及磷酸等气体和酸雾；氢氧化钠、碳酸钠及磷酸钠等	腐蚀厂房及设备，污染大气或形成酸雨；对操作者咽喉、气管、肺部刺激很大。

含铬酸雾	铬	致畸、致癌及致突变
含氰化物废气	氰化氢气体	毒性大吸入微量就可致人于死命

8.1.2.3 电镀污泥的危害性

电镀废水处理过程中，产生的污泥含有重金属，它具有积累、不稳定、易流失等特点，如不加以妥善处理，任意堆放，其直接后果是：污泥中的铜、镍、锌、铬等重金属在雨水淋溶作用下，将沿着污泥→土壤→农作物→人体的路径迁移，并可能引起地表水、土壤、地下水的污染，危及生物链，对人造成严重的伤害。

8.1.2.4 电镀噪声的危害性

电镀的噪声污染不严重，但是一些过程或者相关工序会产生巨大的噪声，尤其以滑板输送器架上卸载金属部件、磨光和抛光、外置式的电机和风扇等所产生的噪声最大。

8.1.2.5 电镀污染治理情况

- 1) 电镀废水治理达标率：45%，主要超标污染物为：镍、COD_{Cr}、pH、氟化物、铝、锌、铬、铜、氰化物等。
- 2) 电镀废气治理达标率：95%，主要超标污染物为：铬酸雾、氰化氢、氟化氢等。
- 3) 现场调研 44 个企业电镀废渣、污泥产生量 3116 吨/年，处理处置方法各不相同，可交专业公司贮存、综合利用、制砖、制陶粒；有的委托回收利用、集中焚烧、固化填埋等。

8.1.3 电镀工艺的发展趋势

随着电子信息、汽车、航天、家电工业、建筑业及相应的装饰工业的发展，电镀工业已由一个单独的生产行业逐渐融合进入多个行业加工生产工序，电镀将保持上升趋势，生产线将有较大幅度的增加，国内电镀技术也必将迅速发展，主要趋势表现如下几个方面：

1) 电镀工艺向低污染、低毒性方向发展

环境保护和劳动条件的改善，已成为人们共同关注的问题。电镀槽液中含有危害人体健康和造成环境污染的有毒有害物质，例如， Cr^{6+} 和 Cd^{2+} 易造成重金属离子的环境污染。因此，开发低污染低毒性的电镀工艺已经成为重大研究课题。

2) 电镀工艺向降低成本、提高效益的方向发展

随着市场经济的进一步发展，产品竞争愈加激烈，促使人们向工艺和管理要效益，千方百计降低产品成本。

3) 电镀工艺向闭路循环工艺方向发展

改变电镀清洗方式，引入在线监测系统，加强电镀液的回收，提高资源的利用率，做到电镀工艺的闭路循环。

4) 电镀设备向着自动化、智能化、计算机化方向发展

电镀设备的自动化、智能化、计算机化将有助于提高工效，保证产品质量，改善劳动条件，降低生产成本。

8.2 电镀工业污染防治（备选）技术

8.2.1 电镀工艺过程污染预防技术

8.2.1.1 有毒原辅材料替代技术

1) 无氰镀锌技术

无氰镀锌技术是以氯化物镀锌或碱性锌酸盐镀锌来代替氰化物的镀锌工艺。由于新型添加剂的应用,该技术的质量有了明显提高,特别是氯化物镀锌的发展更为迅速。

该技术适用于电镀锌,目前采用的已经占镀锌的90%左右。

2) 无氰酸性镀铜技术

无氰酸性镀铜(又称 CDS 镀铜)技术是在酸性($\text{pH}1.0\sim3.0$)溶液条件下,为钢铁、铜、锡工件电(化学)镀铜。镀液由 $\text{CuSO}_4\cdot5\text{H}_2\text{O}$, 阻化剂, 络合剂, 还原剂等组成。其原理是: 选择适合 CDS 酸性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 Cu^{2+} 在金属表面形成镀层而不是置换层, 工件基体与镀层结合牢固; 组合络合剂使酸性镀铜液产生的有害成分和带入的杂质, 有效分离沉淀。从而获得结合力牢固的镀铜层。

该技术具有镀层结晶细致牢固、工艺稳定、电流效率高、操作简单等特点。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。对人体、环境无害, 符合清洁生产要求。

该工艺流程: 工件→碱性化学除油→三连水洗→酸性化学除油→三连水洗→电解除油→水洗→酸活化 →CDS 镀铜→水洗→活化→镀酸性光亮铜(管状)→三连水洗→镀光亮镍及其它镀层。

该技术沉积速度快, 镀液稳定, 质量可靠、电镀成本低, 适用于钢铁、铜、锡基质工件直接镀铜。

3) 丙尔金镀金替代氰化物镀金技术

采用一水合柠檬酸一钾二(简称丙尔金)镀液替代氰化亚金钾镀金工艺。其原理是黄金在王水(强氧化剂)中溶解生成三氯化金, 三氯化金在络合剂和丙二腈的作用下与柠檬酸盐反应生成柠檬酸金钾, 经电离还原后金离子沉积在镀件上。

柠檬酸金钾镀层不发生氰溶蚀过程, 镀层附着力强, 表面光洁度高, 镀金色泽呈 24K 纯正金黄色。理化性能如可焊性、抗氧化性、耐盐雾等都十分优良, 不仅克服了氰化亚金钾镀金的环境污染镀金的环境污染问题, 还解决了氰化镀金表面外观发白、发红、暗灰等不良现象。

废水中无氰化物排放, 达到清洁生产的目的。

该技术适用于功能性电镀金及装饰性电镀金工艺, 可替代氰化物电镀金工艺。

4) 亚硫酸盐镀金替代氰化物镀金技术

以亚硫酸盐镀金液代替氰化物镀金工艺。该技术电流效率高, 镀层细致光亮, 沉积速度快, 孔隙少, 镀层与镍、铜、银等金属结合力好, 镀液中如果加入铜盐或钨盐, 硬度可达到 350HV; 但镀液稳定性不如含氰镀液, 而且硬金耐磨性差, 接触电阻变化较大。阳极不溶解, 需经常补加溶液中的金。

该技术适用于装饰性电镀金工艺。

5) 三价铬电镀技术

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,而且工艺稳定,且具有微孔或微裂纹的特点。但镀层增厚困难,还不能取代功能性镀铬。

三价铬镀液的毒性小,可有效防止六价铬的污染。电流效率高,可以节省能源,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、钝化等工艺。

6) 纳米合金电镀替代电镀铬技术

纳米合金电镀技术是通过电沉积的方法,在合金电镀溶液中添加经过特殊制备、分散的纳米铝粉材料,使合金与纳米材料共沉积于镀层,生成纳米合金复合镀层使其性能得到改善。

纳米合金复合镀层的耐腐蚀性能、耐烧蚀性能、耐磨性能等综合指标均超过硬铬电镀。工艺简单,全部自动化控制。不使用含铬化工原料,因此,无重金属铬排放。该技术电流效率高达80%,材料利用率95%以上。但原材料成本高于硬铬电镀约20%。

该技术适用于功能性电镀铬工艺。

7) 无镉电镀技术

无镉电镀技术是以锌镍合金镀层代替镀镉工艺。锌镍合金镀层是的防护性能优良,具有高耐性;但仍需进行适当的钝化处理,否则表面容易氧化和腐蚀,破坏镀层外观和使用性能。

该技术适用于代镉电镀,尤其适用于在恶劣的工业大气和严酷的海洋环境中使用。

8.2.1.2 电镀清洗水减量化技术

1) 多级逆流清洗技术

多级逆流清洗是用水量少而清洗效率高的清洗技术。由若干级清洗槽串联组成,从末级槽进水,从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。为了提高清洗效果,各清洗槽内安装有空气搅拌装置;应用电导传感器控制清洗水量;或安装脚踏开关或光敏电触点开关自动控制清洗水量等。

该技术使得生产的用水量大大减少,并间接减少化学品的用量;但该技术需要更高的空间;并增加总投资(增加槽、工件传输设备和控制设备)。

该技术适用于挂镀、滚镀自动化生产线,不适用于钢卷及体积大于清洗槽的大型镀件。

2) 间歇逆流清洗技术

间歇逆流清洗技术也称清洗废水全翻槽方法。当末级清洗槽里的镀液(或某离子)含量,高于该镀件清洗水的标准含量时,对电镀清洗槽逐级向前更换清洗水(全翻槽)一次。即把第一清洗槽清洗液全部注入备用槽,把第二清洗槽清洗液全部注入第一清洗槽,以此类推,在最后一个空槽中加满水,就可继续电镀一个翻槽周期。

该技术水利用率大于90%;化工原料回收利用率100%。可有效防止电镀污染。

该技术适用于镀种单一的电镀生产线。

3) 喷射水洗技术

喷射水洗技术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，通过喷嘴形成气水雾冲洗镀件。

该技术由于喷嘴可调到任意需要的角度，能提高冲洗效率，对品种单一、批量较大的镀件有一定的优越性；但对于复杂工件喷射水洗效果较差。

为了提高清洗效果，各清洗槽内安装有空气搅拌装置；应用电导传感器控制清洗水量；或安装脚踏开关或光敏电触点开关自动控制清洗水量等。

该技术适用于自动或半自动电镀线，与生产线动作协调控制。

4) 废水的分质梯度利用技术

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。根据不同用水要求梯度使用废水，分质用水，一水多用。可以减少用水总量。

一级水质清洗使用后，可以成为二级、三级水质的用水；二级水质清洗使用后，可以成为三级水质的用水。在使用上述方法时，要充分考虑不影响各镀槽镀层质量和清洗效果。一水多用技术投资省、运行成本可以忽略、简易可行、见效快。

该技术适用于绝大多数电镀厂，可获得 30%的节水效果。

8.2.1.3 清洗废水槽边回收技术

1) 逆流清洗—离子交换技术

逆流清洗—离子交换技术是在逆流清洗基础上，应用离子交换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。离子交换纤维是纤维状的离子交换材料，具有交换速度快、再生速度快、通水阻力小、净化度高、产品形态满足要求等特点。

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

连续逆流清洗适用于生产批量大、用水量较大的连续生产车间；间歇逆流清洗适用于间歇、小批量生产的电镀车间。

2) 逆流清洗—离子交换—蒸发浓缩技术

逆流清洗—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。

该技术可有效地回收水及镀液，比较经济简单，但蒸发浓缩要消耗能量，离子交换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。

3) 逆流清洗—反渗透薄膜分离技术

逆流清洗—反渗透薄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，是一种经济简便、可靠性高、无二次污染的先进技术。

该技术适用于电镀镍、铬等贵金属清洗废水回收利用。

4) 逆流清洗—电解回收技术

逆流清洗—电解回收技术是将第一级清洗槽的出水引入电解槽。当处理含铜废水时，电解槽采用无隔膜、单极性平板电极，直流电源。电解槽的阳极材料为不溶性材质，阴极材料为不锈钢板或铜板；在直流电场的作用下，铜离子凝聚于阴极。电解槽出水补充第二级清洗水；铜回收率 100%。

当处理含银废水时，电解槽采用无隔膜、单极性平板电极电解槽或同心双筒电极旋流式电解槽。直流或脉冲电源。电解破氰的最佳工艺条件：电解槽电压 3~4V；电流密度 10~13A/dm²；氯化钠浓度 3%~5%；氰酸根去除率大于 99%；白银回收率 100%。

该技术适用于酸性镀铜、氰化镀铜、氰化镀银等工艺过程。

5) 槽内化学清洗技术

槽内化学清洗法技术是在镀液槽后面设置一台化学反应槽和一台清洗水槽。化学反应槽中含有大量的化学药品，镀件进入化学反应槽时，带出液的99%被化学清洗液反应生成无毒或低毒的物质。镀件进入清洗水槽时，已无污染物质，清洗水可以循环利用。化学反应槽沉淀的重金属盐可回收。

槽内化学清洗法把电镀生产和废水处理融为一体，电镀带出液在没有污染前就进行化学反应。处理药剂利用率高，效果稳定，操作管理方便，节约大量的清洗水。但该方法占用生产面积，增加了操作工序，提高了劳动强度。

该技术适用于六价铬镀铬、氰化物电镀铜、镀镍、镀锌等工艺过程。

6) 镀铬废液回收利用技术

镀铬废液回收利用技术是采用高强度、选择性阳离子交换树脂处理带出的镀铬废液和受到金属污染的镀铬废液，当溶液中铬酐浓度低于 150g/L 时，使用树脂消除其中的铜、锌、镍、铁等金属杂质，再经过蒸发浓缩，即可全部回用于镀铬槽。

该技术可大量节省材料，铬镀液及其废液中铬酸回用率达到 95%以上。

该技术适用于传统的镀铬工艺生产线改造和新建电镀铬生产线。

7) 溶剂萃取—电解还原法回收废蚀刻液技术

采用溶剂萃取—电解还原法对蚀刻废液进行再生处理。包括四个闭路循环：1) 蚀刻液的闭路循环：使用萃取剂 NH₃将废蚀刻液中的铜萃取进入萃取剂，成为富铜油相，油水分离后的水相（已无铜）只需补充氨水等，恢复蚀刻功能后，即为再生蚀刻液，循环使用。2) 电解液的闭路循环，3) 萃取剂的闭路循环，4) 油相洗水的闭路循环。

该技术适用于废蚀刻液的再生利用。

8.2.2 电镀废水治理技术

8.2.2.1 含氰废水治理技术

8.2.2.1.1 碱性氯化法处理含氰废水

1) 技术原理

含氰废水在碱性条件下（pH10~11），投加氯系氧化剂，反应生成氰酸根（CNO⁻）毒性较小，此为一级破氰处理；进一步处理氰酸根，用稀硫酸将 pH 调至 7.5~8.5，投加氯系氧化剂，将碳氢键完全破坏，完成二级破氰处理过程。处理方法可以是间歇式的，也可以是连续的，为了确保处理效果，投药须

分步投加。

2) 工艺流程

连续式二级处理流程见图 1。

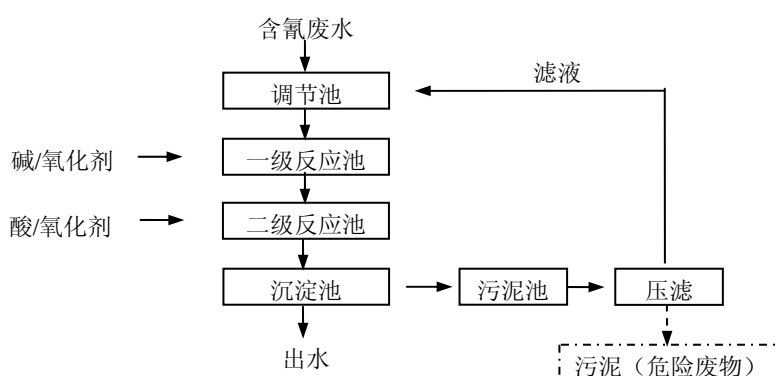


图 1 碱性氯化法处理流程

3) 工艺参数

基本工艺参数见表 6。

表 6 碱性氯化法处理含氰废水的基本工艺参数

项目		一级处理	二级处理	备注
理论投药量	简单氰化物	CN ⁻ :Cl ₂ =1:2.73	CN ⁻ :Cl ₂ =1:4.1	该比值为重量比, 实际投药量增加 1.2~1.5 倍
	络合氰化物	CN ⁻ :Cl ₂ =1:1.34	CN ⁻ :Cl ₂ =1:4.1	
反应	pH 值	10~12	7.5~8.5	
	反应时间 min	10~15	10~15	
	搅拌	采用水力或机械搅拌。空气搅拌会逸出刺激性气体。		
沉淀	pH 值	6.5~8.5	7.5~8.5	
	沉淀时间	1.0~1.5h	1.0~1.5h	

4) 技术适用性及特点

该技术适用于处理含氰废水，破氰彻底。重金属离子转移到污泥中，属于危险废物，须按规定交有资质的专业公司处理。

8.2.2.1.2 电解食盐水法处理含氰废水

1) 技术原理

在直流电的作用下电解食盐水，在阳极产生的氯气发生水解，在阴极产生的氢气，一方面搅动溶液加快氯气的水解，另一方面使电解液的 pH 值升高，产生的次氯酸根在混合反应槽内与废水中的氰根接触并将氰根氧化成氰酸盐，进一步氧化，生成二氧化碳和氮气。电解过程中有许多副反应发生，对产生次氯酸钠不利。因此在电解过程中要适当控制工艺条件。

2) 工艺流程

工艺流程和碱性氧化法的工艺流程基本相似，不同之处在于氧化剂的来源方式，电解食盐水法是利用电解制取次氯酸钠，须有一套电解装置。其流程见图 2。

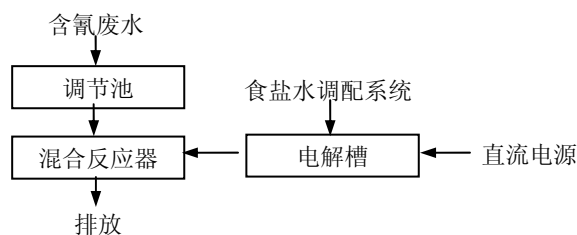


图 2 电解食盐水法处理工艺流程

3) 基本工艺参数

- 阳极电流密度：8~15A/dm²
- 盐水浓度：30~40g/L；流量 25 L/hr
- 槽电压：3~4 V

4) 物料能源消耗

阳极材料采用不溶性材料钛基涂二氧化铅；阴极材料采用不锈钢。生产 1kg 次氯酸钠耗电量：4.5~

6.5 KW·h；生产 1kg 次氯酸钠耗盐量：4.0~6.0 kg。

8.2.2.1.3 其它方法处理含氰废水

1) 臭氧处理法

臭氧处理电镀含氰废水，其原理和碱性氯化法是相似的，臭氧首先将氰根氧化成氰酸根，然后在过量氧化剂的作用下继续氧化成 N₂ 和 HCO₃⁻。

用臭氧处理电镀含氰废水，关键在于臭氧发生器本身和气—液反应器。目前臭氧发生器设备昂贵，电耗大，运行成本高，同时缺少高效的气—液反应器，臭氧利用率低，影响了该技术的推广运用。随着技术的发展，如果臭氧的成本降低，该技术将会有很好的应用前景。

2) 活性炭处理法

含氰废水流入经过浸铜处理的活性炭，氰根在活性炭上催化氧化分解成氨和碳酸根，氨气逸出，铜与碳酸根反应生成碱式碳酸铜吸附在活性炭表面上。活性炭饱和后用 20%硫酸再生，生成硫酸铜。

3) 电解直接氧化法

电解直接氧化法是以不溶性石墨为阳极，以铁板为阴极，含氰废水中的氰根在直流电的作用下，在阳极氧化成无毒物质，金属离子在阴极上析出。

电解直接氧化法，常用来处理较高浓度的含氰废水的处理（如氰化废镀液的处理），随着废水中氰浓度的不断降低，电流效率不断下降，当进水的氰离子浓度较低时，由于有副反应的产生，电流效率很低，增加运行费用。为提高处理效率常在实际运行中添加少量的食盐水，其作用原理和电解食盐水法相似。

8.2.2.2 含铬废水治理技术

8.2.2.2.1 化学还原法处理含铬废水

1) 技术原理

控制 pH 值在 2.5~3.0。常用的还原剂有亚硫酸盐、硫酸亚铁、水合肼等。还原以后的三价铬，调

整 pH7~9，以 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 形式沉淀去除。

在选择还原剂和沉淀剂时，不仅要考虑六价铬的还原和去除效率，还要考虑药剂的来源和成本。同时还要考虑沉淀污泥的处置和利用的可能性。

2) 工艺流程

工艺流程见图 3。

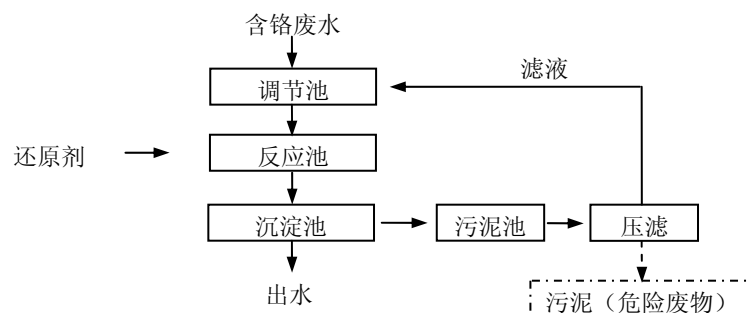


图 3 化学沉淀法工艺流程

3) 工艺参数

亚硫酸盐还原法是国内常用的处理含铬废水的方法之一，其优点是处理后的废水达标有保证，可以回收氢氧化铬污泥。工艺参数如下：

- 废水的 pH 值控制在 2.5~3.0，若废水的六价铬浓度很高(1000mg/L 左右)，还原 pH 值要求为 1，还原反应完成后 pH 保持在 3.0 左右；
- 投药量要适当，亚硫酸盐与 Cr^{6+} 的投药比见表 7。

表 7 亚硫酸盐与 Cr^{6+} 的投药比

亚硫酸盐: Cr^{6+}	理论投药比	实际投药比
NaHSO_3 : Cr^{6+}	3.0: 1.0	4.0~5.0: 1.0
Na_2SO_3 : Cr^{6+}	3.6: 1.0	4.0~5.0: 1.0
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$: Cr^{6+}	2.74: 1.0	3.5~4.0: 1.0

- 还原反应时间: 20~30min;
- Cr^{3+} 沉淀 pH 值控制在 7~8，沉淀反应时间 20~30min;
- 沉淀剂常用 20% 的氢氧化钠溶液，根据实际情况也可选用石灰、碳酸钠等碱性材料。

4) 技术适用性及特点

该技术适用于处理含铬废水，三价铬以氢氧化铬的形态沉淀在污泥中，属于危险废物，需交有资质的专业公司处理。

8.2.2.2.2 电解法处理含铬废水

1) 技术原理

电解法处理含铬废水，是利用铁板作阳极，在直流电的作用下，铁阳极溶解生成亚铁离子，亚铁离子在酸性条件下与六价铬反应生成三价铬离子；阴极则析出氢气，使 pH 值上升，生成氢氧化铬和氢氧化铁沉淀。

生成的 Fe^{3+} 与 OH^- 结合形成的氢氧化铁起到了凝聚和吸附作用，加快了废水的固液分离。为了防止

铁阳极的钝化，确保铁阳极的正常溶解，处理含铬废水时须投加适量的氯化钠。

2) 工艺流程

电解净化基本工艺流程见图 4。

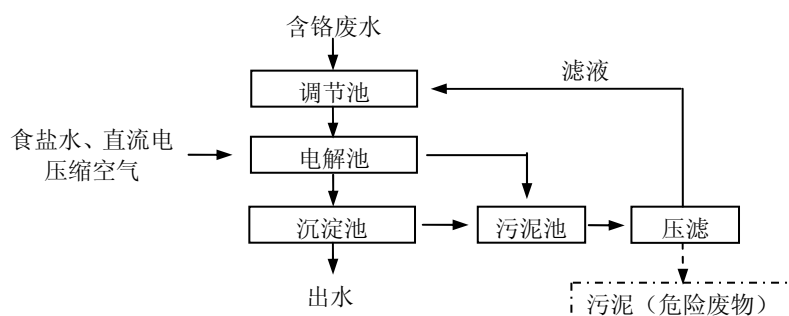


图 4 含铬废水电解净化基本工艺流程

3) 物料能源消耗

电极板为普通碳素钢板，消耗铁板量大，投加食盐增加导电率、降低电压、减少电能消耗，并利用食盐中的氯离子活化铁阳极，减少阳极表面的钝化，但投加食盐后使水中的离子增多，影响水的回用。接入压缩空气是在电解槽停止运行时，用来吹脱附着在极板上的污物和杂质，否则将影响电流效率。

4) 主要工艺参数：

- 废水 pH 值 4~6.5；
- 废水中的铬离子浓度小于 100mg/L；
- 电解时间 10~20min；电流密度为 0.15~0.30A/dm²；
- 沉淀池或气浮池进水的 pH 值为 8~9；
- 沉淀时间 2h。

5) 技术适用性及特点

该技术适用于含铬废水处理。含三价铬离子电镀污泥属于危险废物，需交有资质的专业公司处置。

8.2.2.3 重金属废水治理技术

8.2.2.3.1 化学沉淀法处理重金属废水

1) 技术原理

经调节水量水质后，加碱调高 pH 值，形成重金属氢氧化物絮体，进入沉淀池，进行固液分离，含重金属固形物的污泥进入污泥池，压滤机压缩。回收压滤后的含重金属固体物污泥。

2) 工艺流程

化学沉淀法处理重金属废水的基本工艺流程见图 5。

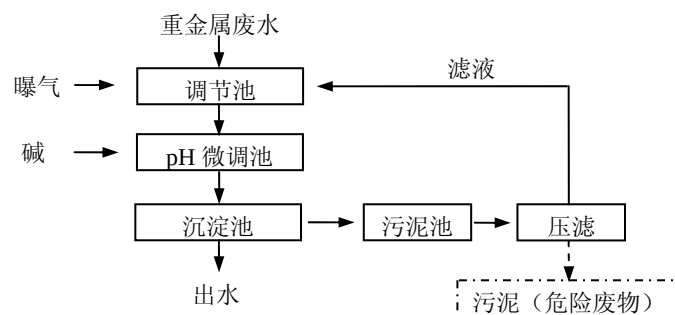


图 5 重金属废水处理基本工艺流程图

3) 工艺参数

调整 pH 值 6 以上；加药反应时间：15~20min。

4) 技术适用性及特点

该技术适用于重金属废水处理。电镀污泥可提炼回收重金属。

8.2.2.3.2 化学法+膜分离法处理重金属废水技术

1) 技术概述

含氰废水经化学破氰、含铬废水经化学还原后以及其他重金属废水，在碱性状态下，形成金属氢氧化物或硫化物，采用膜分离技术截留收集重金属。微滤/超滤膜作为固液分离的介质，可回收含重金属固体物 100%；回收利用水资源 95%。

2) 工艺流程

化学法+膜分离法处理重金属废水工艺流程见图 6。

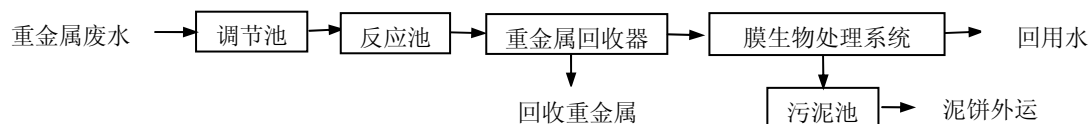


图 6 化学法+膜分离法处理重金属废水工艺流程

3) 技术适用性及特点

该技术省去沉淀池和污泥池，占地少，节省工程总投资。具有污泥量少、运行费用低等特点。该技术适用于处理各种重金属废水和混合废水。

8.2.2.4 有机废水治理技术

8.2.2.4.1 A/O（缺氧/好氧）生物处理技术

1) 技术概述

属于活性污泥法，是利用微生物的活性降解废水中的碳源污染物，达到污水净化的目的。废水在调节池内通过曝气搅拌均匀水质水量，兼有初曝气作用，然后依次进入缺氧池和好氧池，利用活性污泥中的微生物降解废水中的有机污染物。通常缺氧池采用水解酸化工艺，好氧池采用接触氧化工艺。

2) 污染物最终可达的去除效果

当进水 COD_{Cr} 低于 500mg/L 时，COD_{Cr} 去除率 80%以上，出水 COD_{Cr} 低于 100mg/L。

3) 技术适用性及特点

该技术可有效去除悬浮颗粒物，但缺氧池抗冲击负荷能力较差。

8.2.2.4.2 A²/O（厌氧—缺氧/好氧）生物处理技术

1) 技术概述

A²/O 工艺是在 A/O 工艺中缺氧池前增加一个厌氧池，利用厌氧微生物先将复杂的长链大分子有机物降解为小分子，提高废水的可生物降解性，利于后续生化处理。

2) 污染物最终可达的去除效果

当进水 COD_{Cr} 低于 500mg/L、氨氮低于 50mg/L 时，COD_{Cr} 去除率 80%~90%，氨氮去除率 80%~90%，出水 COD_{Cr} 50~100mg/L，氨氮 5mg/L~10mg/L。

3) 技术适用性及特点

该技术可有效去除 COD_{Cr}、氨氮等有机污染物；但占地面积较大，工艺流程较长，运行费用较高。

8.2.2.4.3 A/O²(缺氧/好氧—好氧)生物处理技术

1) 技术概述

A/O² 工艺是在 A/O 工艺中好氧池后增加一个好氧池，俗称短流程硝化—反硝化工艺。其中 A 段为缺氧反硝化段，第一个 O 段为亚硝化段，第二个 O 段为硝化段。

2) 污染物最终可达的去除效果

当进水 COD_{Cr} 低于 500mg/L、氨氮低于 50mg/L 时，COD_{Cr} 去除率 80%~90%，氨氮去除率 85%~90%，出水 COD_{Cr} ~100mg/L，氨氮 5~7.5mg/L。

3) 技术适用性及特点

该技术可有效去除 COD_{Cr}、氨氮等污染物；但占地面积较大，工艺流程较长，运行费用较高。

8.2.2.4.4 好氧/膜生物处理技术

1) 技术概述

活性污泥法与膜分离技术相结合。由于膜高效截留的特性，生物反应池内污泥浓度 3000 mg/L~5000mg/L，污水经过好氧生物反应池降解，从而充分地氧化有机物，膜分离代替二沉池，得到高品质产水。

2) 污染物最终可达的去除效果

当进水 COD_{Cr} 低于 500mg/L、氨氮低于 50mg/L、总磷低于 5mg/L 时，COD_{Cr} 去除率 90%~95%，氨氮去除率 85%~90%，总磷去除率 70%~75%，出水 COD_{Cr} 50~75mg/L，氨氮 5~7.5mg/L。总磷 1.25~1.5mg/L。

3) 技术适用性及特点

该技术可有效去除 COD_{Cr}、氨氮等有机污染物；但去除总磷效果较差，运行费用较高。

8.2.2.4.5 缺氧（或兼氧）/膜生物处理技术

1) 技术概述

生物反应池处于缺氧状态，控制溶解氧 0.2~0.5mg/L，膜箱内处于好氧状态，控制溶解氧不低于 2.0mg/L。生物反应池内污泥浓度 8000~12000mg/L，在特性菌的作用下，在射流曝气的搅动下，池内形成旋流，实现高效特性菌定向富集培养，增强污泥活性。污水经过缺氧生物和好氧生物交替氧化，从

而充分地降解有机污染物。与好氧膜生物法处理技术相比，湿污泥减量 95%以上，容积负荷提高一倍以上。

2) 污染物最终可达的去除效果

当进水 CODcr 低于 500mg/L、氨氮低于 50mg/L、总磷低于 5mg/L 时，CODcr 去除率 93%~95%，氨氮去除率 90%~95%，总磷去除率 90%~95%，出水 CODcr 25~35mg/L，氨氮 2.5~5.0mg/L。总磷小于 0.5mg/L。

3) 技术适用性及特点

该技术可有效去除 CODcr、氨氮、总磷等污染物。

8.2.2.4.6 厌氧—缺氧（或兼氧）/膜生物处理技术

1) 技术概述

在缺氧膜生物反应池前增加厌氧池，厌氧池采用水解酸化工艺，生物反应池内污泥浓度 10000~15000mg/L，污泥回流比 100%~500%，取得污水资源化、有机污泥量少、降解有机污染物的同时除磷脱氮、节能降耗等效果。

2) 污染物最终可达的去除效果

当进水 CODcr 低于 500mg/L、氨氮低于 50mg/L、总磷低于 5mg/L、总氮低于 60mg/L 时，CODcr 去除率 93%~95%，氨氮去除率 90%~95%，总磷去除率 90%~95%，总氮去除率大于 90%，出水 CODcr 25~35mg/L，氨氮 2.5~5.0mg/L，总磷小于 0.5mg/L，总氮不大于 6mg/L。

3) 技术适用性及特点

该技术可有效去除 CODcr、氨氮、总磷、总氮等污染物。

8.2.2.5 混合废水治理技术

8.2.2.5.1 化学沉淀法处理电镀混合废水

1) 技术概述

电镀混合废水包括多种工序排放的废水，如电镀前处理酸洗、除油、除锈，后处理氧化、钝化、着色、以及退镀工序中所产生的废水等。组分复杂多变，含有多种金属离子、油类、有机添加剂、络合剂等污染物。含氰废水和含铬废水不能排入混合废水处理系统，只有将氰氧化破坏，六价铬还原后，才能与混合废水一起处理。如废水 CODcr 浓度较高，再进一步采用生化法处理。

2) 工艺流程

混合废水的典型工艺流程如图 7。

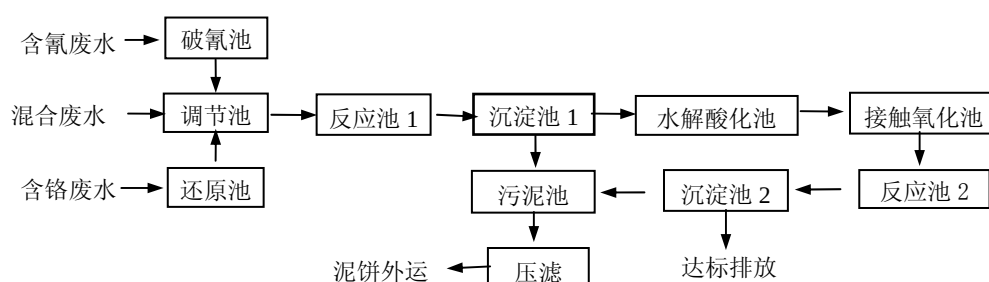


图 7 化学沉淀法处理电镀混合废水工艺流程

3) 技术适用性及特点

该技术适用于处理电镀混合废水，可简化中小型电镀厂点的废水处理工艺和设备，节省投资，提高处理效率，降低运行成本。

- pH 值的影响

不同金属氢氧化物沉淀的 pH 值不同，应选择各种金属离子去除的最佳 pH 值范围。

- 自动控制系统

采用 pH 和 ORP 自动控制系统将有助于整个废水处理系统的稳定性，提高处理效率和确保出水水质。自动控制系统内有控制、调节、显示、记录和检测等仪表，处理过程中将根据出水水质的情况及时调节投药量，不合格的处理出水将由系统控制返回集水池重新处理。

- 固液分离设备

常用的固液分离设备有平流式沉淀池、气浮池、斜板沉淀池和斜管沉淀池等。

8.2.2.5.2 电解法+膜分离法处理电镀混合废水

1) 技术概述

电解法+膜分离法处理技术是在电镀废水经过电解处理后，出水再经膜分离技术深度处理的工艺过程。电解填料采用铸铁屑，粒径大于 5mm；装填高度 1.5m；进水 pH 值 2~5；废水与铁屑的接触时间 20min；电解设备出水 pH 值为 8~11 进行固液分离，以六价铬达标为终点。铁屑填料易氧化结块，须保持浸没在水下。

2) 工艺流程

电解法+膜分离法处理电镀混合废水工艺流程见图 8。

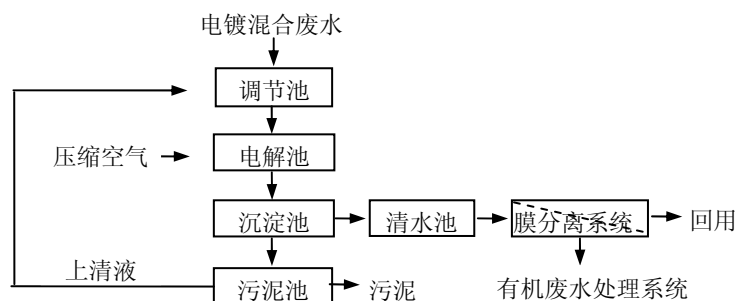


图 8 电解法+膜分离法处理混合废水基本工艺流程

3) 技术适用性及特点

该技术处理电镀混合废水时，应根据回用水水质、水量要求，选择膜分离工艺形式。对膜分离产生的浓水，应进入有机废水生化处理系统，经处理达标后排放。

该技术适用于电镀企业混合废水的处理。

8.2.2.6 反渗透膜深度处理技术

利用反渗透 (RO) 薄膜分离技术，对经过专项实用技术处理达标的各种电镀废水进行深度脱盐处理，从而得到优质的工业用水。其工艺过程包括盘式过滤器或精密过滤器、微滤或超滤、反渗透等。

反渗透系统产生的淡水回用于生产线，浓水可经独立处理系统处理后达标排放，也可将浓水排入生化处理系统或混合废水调节池作进一步处理。该技术工艺流程短，减少占地面积。不投加药剂，不产生

污泥。全过程均属物理法，不发生相变。

该技术适用于所有电镀企业的各种电镀生产线的废水资源化工程。

8.2.2.7 电镀废水治理技术评估比较

电镀废水治理技术评估比较见表 8。

表 8 电镀废水治理技术评估比较表

电镀废水治理技术	技术适用性及特点
碱性氯化法处理含氰废水	破氰完全、操作灵活、运行成本较低，连续运行时，设备较复杂。
电解食盐水法处理含氰废水	电解食盐水产生次氯酸根，避免加药，增加电解装置，运行成本较高。
臭氧处理法处理含氰废水	原理与碱性氯化法相似，设备昂贵，操作复杂，运行成本高。
活性炭处理法处理含氰废水	适于较小水量。活性炭饱和后须再生，工艺复杂。
电解直接氧化法处理含氰废水	废水氰离子浓度较低时，有副反应，电流效率很低，增加运行费用。
化学还原法处理含铬废水	处理后的废水达标有保证，可以回收氢氧化铬污泥。
电解法处理含铬废水	消耗铁板量大，投加食盐影响水的回用，操作复杂。
化学沉淀法处理重金属废水	重金属以氢氧化物或硫化物形态沉淀，水质好，污泥可提炼回收重金属。
化学法+膜法处理重金属废水	重金属以氢氧化物或硫化物形态被膜截留，水质好，回收含重金属固形物。
A/O 生物法处理有机废水	有效去除悬浮颗粒物，缺氧池抗冲击负荷能力较差。
A ² /O 生物法处理有机废水	有效去除 COD _{Cr} 、氨氮等污染物；占地较大，工艺流程长，运行费用较高。
A/O ² 生物法处理有机废水	有效去除 COD _{Cr} 、氨氮等污染物；占地较大，工艺流程长，运行费用较高。
好氧/膜生物法处理有机废水	有效去除 COD _{Cr} 、氨氮等污染物；但去除总磷效果较差，运行费用较高。
缺氧/膜生物法处理有机废水	有效去除 COD _{Cr} 、氨氮、总磷等污染物
A ² /膜生物法处理有机废水	有效去除 COD _{Cr} 、氨氮、总磷、总氮等污染物
化学沉淀法处理电镀混合废水	简化废水处理工艺和设备，节省投资，提高处理效率，降低运行成本。
电解法+膜分离处理混合废水	膜分离出水补充清洗水；铁屑填料易氧化结块，须保持浸没在水下。
反渗透膜深度处理技术	全过程均属物理法，不发生相变。工艺流程短，占地少。不产生污泥。

8.2.3 电镀废气治理技术

8.2.3.1 喷淋塔电镀废气治理技术

8.2.3.1.1 喷淋塔中和法处理酸碱废气

喷淋塔中和法是根据酸碱中和的原理，将酸性废气采用在喷淋塔中与碱性材料中和。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。

该技术对各种酸性废气均具有高效率吸收净化的特点。

该技术适用于酸洗、钝化、出光等工序产生的硫酸，盐酸，硝酸，氢氟酸等酸性气体的净化。

8.2.3.1.2 喷淋塔凝聚法回收铬酸废气

喷淋塔凝聚法回收法是铬酸废气通过过滤网时，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，经由塑料风机排放空间。

该技术铬酸废气回收率 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、镀黑铬以及钝化等工序产生的铬酸废气。

8.2.3.1.3 喷淋塔吸收法处理氰化物废气

喷淋塔吸收法是用 15%氢氧化钠和次氯酸钠溶液或硫酸亚铁溶液吸收氰化物废气。处理后生成物为氨、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镀铜、碱性氰化物镀金、中性和酸性镀金、氰化物镀银、氰化镀铜锡合金、仿金电镀等含氰电镀生产线产生的氰化物废气。

8.2.3.2 除尘技术

8.2.3.2.1 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。

8.2.3.2.2 高效湿式除尘技术

颗粒与水雾强力碰撞、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。

8.2.4 电镀污泥综合利用及处理处置技术

8.2.4.1 电镀污泥综合利用技术

8.2.4.1.1 熔炼法技术

熔炼法是传统的火法冶金方法。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。熔点以上温度时炼出所需重金属。

冰铜和粗镍可直接用电解法进行金属分离和提纯。剩余的炉渣可以达到冶金行业废弃物标准，进行安全填埋或作为水泥生产的原料。在熔炼过程中，部分金属会随烟气排放，必须安装废气处理装置回收金属，做到废气达标排放，防止空气污染。

该技术适用于化学法处理含氰、含铬、含镍、含铜、含镉废水以及退镀废水等产生的电镀污泥。

8.2.4.1.2 氨水浸出法技术

氨水浸出法从电镀污泥中浸出铜和镍；再用氢氧化物沉淀法、溶剂萃取法或碳酸盐沉淀法把铜和镍分离出来。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。

氨有刺激性气味，当 NH_3 的浓度大于 18% 时，氨容易挥发，不仅造成氨的损失，而且影响操作环境，因此，对浸出装置密封性要求较高。

该技术适用于含铜、镍等重金属废水处理过程中产生的电镀污泥。

8.2.4.1.3 硫酸浸出法技术

硫酸浸出法或硫酸铁法从电镀污泥中浸出铜和镍；再用溶剂萃取法或碳酸盐沉淀法把铜和镍分离出来。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。如果电镀污泥的硫酸浸出液

富含铜，不含或只含微量的镍，若要分离镍必将增加很多不必要的费用，在这种情况下，直接采用置换反应生产铜金属是最经济的办法，通常采用与铜有一定电位差的金属如铁、铝等进行置换铜金属，这样可以得到品位在 90% 以上的海绵铜粉，铜的回收率达 95%。但该技术采用置换方式来回收铜，置换效率低，且对铬等其它金属未能有效回收，有一定的局限性。该工艺过程较简单，主要包括浸出、置换和废水净化。循环运行，基本不产生二次污染，环境效益显著。

硫酸具有较强的腐蚀性，对反应容器防腐要求较高；同时，浸出时温度将达到 80~100℃，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，工艺有待于进一步优化。

该技术适用于处理含铜、镍等重金属废水处理过程中产生的电镀污泥。

8.2.4.2 电镀污泥处置办法

电镀污泥含有重金属、有机污染物、废化学药剂、生物残渣等污染物，应采用浓缩和机械脱水的方法进行减量化。干污泥经鉴定为危险废物的，应按照《危险废物安全填埋污染控制标准》（GB18598）处置；经鉴定为一般废物的，按照《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599）处置。

8.2.5 电镀噪声防治技术

噪声污染主要从声源、传播途径和受体防护三个方面进行防治。尽可能选用低噪声设备，采用消声、隔振、减震等措施从声源上控制噪声；采用隔声、吸声、绿化等措施在传播途径上降噪。

8.2.6 电镀工业污染防治新技术

8.2.6.1 生物脱脂技术

生物脱脂技术是利用微生物的生长特性，净化工件表面上的油污，使油污降解为二氧化碳和水。该技术可代替传统的乳化、皂化等脱脂方法。微生物脱脂温度低，节约能源；使用寿命长，节约资源；脱脂液不含磷，减少了对环境的污染。该技术脱脂必须由一个生物降解装置和脱脂槽连接组成一个循环系统，分离死菌，补充营养，保持微生物的浓度和活性、满足生产的要求。

该技术适用于镀件单一的新建大型电镀企业。

8.2.6.2 无氰碱性镀银技术

无氰碱性镀银技术是在碱性（pH8.8~9.5）及室温（15.5℃~24℃）条件下，采用 E-Brite 50/50 添加剂，直接在黄铜，铜，化学镍等工件表面无氰碱性镀银的工艺。该技术无需预镀银，镀层与工件的结合力优于氰化物镀银。镀件的颜色洁白，美观。镀液中银的补给来自银阳极，镀液稳定，阳极溶解效率高。具有镀层致密，光滑，结晶细致，极低空隙，焊接性能强的特点。

该技术适用于黄铜、铜、化学镍等工件直接镀银工艺。

8.2.6.3 吸附交换法回收废酸液技术

吸附交换法回收废酸液技术是利用离子交换树脂酸阻滞特性，将废液中的酸吸附，其他金属盐顺利通过，然后利用纯水解析树脂回收酸。第一步除去废酸液中的悬浮固体物。第二步对废酸液净化处理。

通过离子交换树脂等实现溶解的金属离子与未反应的酸分离。该材料有优异的亲酸性，当它与酸接触时，酸被吸附截留。对于酸液中的其它物质，例如金属离子，会流出系统。当吸酸柱饱和后，再用水

洗掉吸酸柱吸附的酸成为再生酸液。
该技术适用于废酸液的回收利用。

8.2.6.4 生物治理含铬废水技术

生物治理含铬废水技术是利用复合菌（由具核梭杆菌、脱氮副球菌、迟钝爱得华氏菌、厌氧消化球菌组合而成）在生长过程中，其代谢产物将以 HCrO_4^- 、 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 、 CrO_4^{2-} 形式存在的 Cr^{6+} 还原为 Cr^{3+} ,形成氢氧化铬 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ，与菌体其他金属离子的氢氧化物、硫化物混凝沉淀而被除去。

该工艺流程：复合菌在生活污水（或啤酒、食品废水）中培养 24h；培养好的复合菌加入含铬废水净化池 1，停留 3h 后进入净化池 2，停留 13h；进入沉淀池，沉淀 8h。上清液排放，铬去除率 99% 以上。

污泥量仅为化学法的 1%，沉淀的氢氧化铬、氢氧化铜、氢氧化镍、氢氧化锌均可回收。
该技术适用于处理电镀企业含铬废水。

8.3 最佳可行技术的评估与筛选

8.3.1 电镀工艺过程污染预防最佳可行技术的评估与筛选

电镀工艺过程污染预防最佳可行技术的评估与筛选见表 9。

表 9 电镀工艺过程污染预防最佳可行技术评估筛选表

治理技术	技术性能			经济性能		环境影响性能	资源能源回收再利用性能	
	资源能源消耗	污染物排放	自动化程度	投资成本	经济效益		能源	重金属
无氰镀锌技术	低	无氰	高	中	中	好	省	95%以上
无氰酸性镀铜技术	低	无氰	高	低	高	好	省	—
丙尔金无氰镀金技术	低	无氰	高	中	高	好	省	100%
纳米合金电镀替代电镀铬技术	中	无铬	高	稍高	中	好	省	95%以上
三价铬电镀技术	中	低毒	高	中	中	好	省	95%以上
多级逆流清洗技术	低	无	高	稍高	高	好	50%	95%以上
间歇逆流清洗技术	低	无	中	中	高	好	90%	100%
喷射水洗技术	中	无	高	稍高	高	好	70%	95%以上
逆流清洗—离子交换技术	稍高	无	高	稍高	高	好	90%	100%
逆流清洗—反渗透技术	稍高	无	高	稍高	高	好	90%	100%
逆流清洗—电解回收技术	低	无	高	中	高	好	90%	100%
槽边化学反应技术	稍高	无	高	稍高	高	好	90%	100%
镀铬废液回收技术	稍高	无	中	稍高	中	好	90%	100%
电解法回收废蚀刻液技术	稍高	无	中	稍高	中	好	90%	100%

8.3.2 电镀废水治理最佳可行技术的评估与筛选

电镀废水治理最佳可行技术的评估与筛选见表 10。

表 10 电镀废水治理最佳可行技术的评估与筛选表

治理技术	技术性能	经济性能	环境	资源能源回收再利用性能
------	------	------	----	-------------

	资源能源消耗	污染物达标	自动化程度	投资成本	运行费用	影响性能	能源	重金属
碱性氯化法处理技术	稍高	√	较高	中	中	好	—	95%
化学还原法处理技术	稍高	√	较高	中	中	好	—	98%
化学沉淀法处理技术	稍高	√	中	稍高	稍高	好	—	98%
化学法+膜分离法处理技术	稍高	√	高	稍高	中	好	90%	99%
A/O 生化处理技术	稍高	√	中	中	低	好	—	—
A ² /O 生化处理技术	高	√	中	稍高	稍高	好	—	—
好氧/膜生物处理技术	稍高	√	高	稍高	稍高	好	95%	90%
缺氧/膜生物处理技术	低	√	高	稍高	低	好	95%	100%
反渗透深度处理技术	中	无污染	高	稍高	中	好	90%	—

8.3.3 电镀废气治理最佳可行技术的评估与筛选

电镀废气治理最佳可行技术的评估与筛选见表 11。

表 11 电镀废气治理最佳可行技术的评估与筛选表

治理技术	技术性能			经济性能		环境影响性能	资源能源回收再利用性能	
	资源能源消耗	污染物达标	自动化程度	投资成本	运行费用		能源	重金属
喷淋塔中和法处理技术	低	√	高	中	中	好	—	95%以上
凝聚法回收铬雾技术	低	√	高	中	中	好	—	95%以上
喷淋塔吸收法处理技术	低	√	高	中	低	好	—	95%以上
袋式除尘法净化技术	低	√	高	稍高	稍高	好	—	100%
湿式除尘法处理技术	低	√	高	稍高	稍高	好	—	100%

8.3.4 电镀污泥治理最佳可行技术的评估与筛选

电镀污泥治理最佳可行技术的评估与筛选见表 12。

表 12 电镀污泥治理最佳可行技术的评估与筛选表

治理技术	技术性能			经济性能		环境影响性能	资源能源回收再利用性能	
	资源能源消耗	污染物达标	自动化程度	投资成本	运行费用		能源	重金属
熔炼法技术	低	√	中	稍高	中	好	—	95%以上
氨水浸出法技术	低	√	中	稍高	中	好	—	95%以上
硫酸浸出法技术	低	√	中	稍高	中	好	—	95%以上

8.3.5 电镀工业最佳环境管理实践

本节从电镀生产线设计、电镀生产过程、电镀废水处理达标以及电镀工业园区等方面叙述了最佳环境管理实践的内容。

9. 最佳可行技术指南实施的环境效益与经济技术分析

9.1 环境效益

采用低毒、低污染工艺技术是减少污染物产生的根本措施, 锌-镍合金等代替镀铬技术, 三价铬镀铬、三价铬钝化技术和低铬钝化、低铬电镀技术的推广使用以及替代电镀新工艺的推广应用, 如机械镀技术、热喷涂技术、气相沉积技术、粉末喷涂技术、热镀锌技术、达克罗技术等, 这些新技术不产生或少量产生污染物, 环境效益显著。

9.2 技术经济分析

根据某城市的调查资料, 开展清洁生产审核的电镀企业平均每户节水 $75242\text{m}^3/\text{a}$; 节电 $330671\text{kwh}/\text{a}$; 减少废水排放 $76865\text{m}^3/\text{a}$ 。按全国 15000 家电镀企业计算, 如全部执行本指南, 经济效益概算如下:

- 1) 每年节水 11.3 亿立方米, 每立方米水价按 3 元计算, 节约 33.9 亿元;
- 2) 节电 49.6 亿 kwh, 每度电按 0.60 元计算, 节约 29.76 亿元;
- 3) 减少废水排放量 11.53 亿立方米, 每立方米废水处理费用按 15 元计算, 节约废水处理费用 172.95 亿元;
- 4) 减少电镀污泥排放量 2306 万吨, 每吨电镀污泥平均处理费用按 2000 元计算, 节约电镀污泥处理费用 461.2 亿元。