

# 电镀废水治理和回用技术研究

李珊羽<sup>1</sup> 陈飞虎<sup>2</sup>

1. 浙江仁欣环科院有限责任公司 浙江 宁波 315000

2. 宁波市甬环苑环保工程科技有限公司 浙江 宁波 315000

**摘要:** 电镀废水治理与回用技术研究旨在探索高效、环保的电镀废水处理方法, 以实现水资源的循环利用和减少环境污染。本文综述了电镀废水的主要成分及危害, 分析当前电镀废水治理技术的优缺点, 并重点探讨电镀废水回用的主要方法与技术。通过对比不同技术的处理效果、成本及环境影响, 本研究提出了一套适用于电镀行业的废水治理与回用方案, 旨在为电镀企业的绿色发展提供技术支持和实践指导。

**关键词:** 电镀废水; 治理; 回用技术

## 1 电镀废水的来源

电镀废水主要产生于电镀工艺的各个环节, 其来源多样且复杂。具体来说, 电镀废水主要来源于镀件清洗过程, 这一环节产生的废水所占比重较大, 其中含有大量在电镀过程中附着于镀件表面的多余电镀液及其他杂质。废电镀液也是电镀废水的重要来源之一, 这些废液可能由于长期使用而积累了多种金属离子或其他杂质, 影响镀层质量而被废弃。除上述两种主要来源外, 电镀废水还包括冲刷车间地面、刷洗极板等产生的废水, 以及通风设备的冷凝水。由于镀槽渗漏或操作管理不当, 还可能导致“跑、冒、滴、漏”现象, 从而产生额外的废水。另外, 虽然设备冷却水在使用过程中主要发生的是温度升高, 并未受到其他污染, 但严格意义上讲, 它也属于电镀废水的范畴。电镀废水中含有铬、镉、镍、铜等多种重金属离子以及氰化物等有害物质, 对人类和环境具有极大的危害。必须采取有效的处理措施, 确保电镀废水在排放前达到相关环保标准, 以减少对环境的污染。

## 2 电镀废水的主要成分及危害

### 2.1 重金属离子

电镀废水中含有的重金属离子是其最为显著的特征之一。这些重金属离子包括六价铬( $\text{Cr}^{6+}$ )、镍( $\text{Ni}^{2+}$ )、铜( $\text{Cu}^{2+}$ )等, 它们通常来源于电镀槽液、镀件清洗水以及废电镀液的排放。六价铬是一种高毒性的重金属离子, 它在水体中稳定存在, 不易被降解。六价铬具有强氧化性, 能破坏细胞结构, 影响人体酶的活性, 从而对人体健康造成损害。长期接触或摄入六价铬, 可能导致皮肤炎症、呼吸系统疾病, 甚至增加患癌风险<sup>[1]</sup>。镍离子在水体中同样具有较高的毒性, 镍是致癌物质之一, 长期接触或摄入镍可能导致肺癌、鼻咽癌等恶性肿瘤。镍还能

引起接触性皮炎、过敏性鼻炎等健康问题。铜离子虽然毒性相对较低, 但大量排放仍会对环境造成严重影响。铜是植物生长的非必需元素, 过量的铜会抑制植物的生长, 影响土壤肥力和农作物产量。铜离子在水体中也可能与有机物结合, 形成难以降解的有机铜化合物, 进一步加剧水体污染。

### 2.2 氰化物

氰化物是电镀废水中另一种重要的有毒物质。氰化物通常以游离态或络合态存在于电镀废水中, 具有极高的毒性。氰化物对人体有剧毒作用, 它可通过皮肤吸收、呼吸道吸入或误食等途径进入人体。氰化物能与细胞内的氧化酶结合, 阻断细胞的呼吸链, 导致组织缺氧和细胞死亡。急性氰化物中毒可迅速导致昏迷、抽搐和死亡, 即使幸存, 也可能留下神经系统后遗症。氰化物还具有环境持久性, 不易被自然降解。在水体中, 氰化物可以转化为其他形式的氮化合物, 但这一过程通常需要较长时间, 且可能产生其他有毒中间产物。

### 2.3 有机物与酸碱物质

电镀废水中还含有大量的有机物和酸碱物质。这些有机物可能来源于电镀液中的添加剂、整平剂、光亮剂等, 而酸碱物质则主要来源于电镀过程中的酸洗、碱洗等工序。有机物在水体中难以降解, 容易积累并导致水体富营养化。富营养化会导致藻类大量繁殖, 消耗水中的氧气, 使水质恶化, 影响水生生物的生存。有机物还可能与重金属离子结合, 形成难以降解的有机金属化合物, 进一步加剧水体污染。酸碱物质则会对水体的pH值造成显著影响。酸洗废水中含有大量的酸类物质, 如硫酸、盐酸等, 这些酸类物质会降低水体的pH值, 破坏水体的酸碱平衡。碱洗废水中则含有大量的碱类物质, 如氢氧化钠、碳酸钠等, 这些碱类物质会提高水体的pH

值, 同样对水体的酸碱平衡造成破坏。

#### 2.4 对环境及人体的危害

电镀废水对环境及人体的危害是多方面的。首先, 电镀废水中的重金属离子和氰化物等有毒物质会严重污染水体, 影响水生生物的生存和繁衍。这些有毒物质还可能通过食物链进入人体, 导致各种健康问题。其次, 电镀废水中的有机物和酸碱物质会破坏水体的生态平衡, 导致水质恶化。这些物质还会与土壤中的矿物质结合, 改变土壤的结构和肥力, 影响农作物的生长和产量。另外, 电镀废水还可能对地下水造成污染, 由于电镀废水通常含有较高的盐分和重金属离子, 这些物质在渗透过程中会改变地下水的化学成分, 使其不再适合饮用或灌溉。最后, 电镀废水中的有毒物质还可能通过空气传播, 对人体健康造成威胁。例如, 电镀过程中产生的废气可能含有重金属蒸气、氰化物蒸气等有害物质, 这些物质在空气中的浓度达到一定水平时, 会对人体的呼吸系统、神经系统等造成损害<sup>[2]</sup>。

### 3 电镀废水治理技术

电镀废水因其含有的重金属离子、氰化物、有机物及酸碱物质等有害物质, 对环境和人体健康构成严重威胁。为了有效处理电镀废水, 保护生态环境和人类健康, 科研人员开发了多种治理技术。

#### 3.1 化学方法

化学方法是电镀废水治理中最为传统和常用的一类技术。它主要通过化学反应将废水中的有害物质转化为无害或低毒物质, 从而达到净化水质的目的。化学沉淀法是化学方法中最为常用的一种, 该方法通过向废水中投加化学药剂(如硫化物、氢氧化物等), 使废水中的重金属离子与其反应生成难溶的沉淀物, 然后通过沉淀、过滤等步骤将沉淀物从废水中分离出来。化学沉淀法具有操作简单、处理效率高、成本较低等优点, 但沉淀物的后续处理和处置是一个需要解决的问题。氧化还原法则是利用氧化剂或还原剂将废水中的有害物质转化为无害或低毒物质。例如, 对于含氰废水的处理, 可以采用氯化法或次氯酸钠氧化法, 将氰化物氧化为氮气和二氧化碳; 对于含铬废水, 则可以采用硫酸亚铁还原法, 将六价铬还原为三价铬, 然后生成氢氧化铬沉淀进行去除。氧化还原法具有处理效果好、适用范围广等优点, 但需要注意药剂的选择和投加量, 以避免产生二次污染。

#### 3.2 物理方法

物理方法主要通过物理作用将废水中的有害物质分离出来, 包括吸附、膜分离、离子交换等技术。吸附法

是利用吸附剂的吸附作用将废水中的重金属离子、有机物等有害物质吸附在吸附剂表面, 从而达到净化水质的目的。常用的吸附剂有活性炭、树脂、沸石等。吸附法具有处理效率高、操作简便等优点, 但吸附剂的再生和处置是一个需要解决的问题。膜分离法则是利用半透膜的选择透过性将废水中的有害物质与水分离开。常用的膜分离技术有超滤、纳滤、反渗透等。膜分离法具有处理效果好、占地面积小等优点, 但膜组件的清洗和更换成本较高。离子交换法则是利用离子交换树脂的离子交换作用将废水中的重金属离子等有害物质与树脂上的离子进行交换, 从而达到去除有害物质的目的。离子交换法具有处理精度高、可再生等优点, 但树脂的再生和处置同样是一个需要解决的问题。

#### 3.3 生物化学方法

生物化学方法主要利用微生物的代谢作用将废水中的有害物质转化为无害物质。该方法具有处理成本低、环境友好等优点, 但需要较长的处理时间。生物絮凝法是利用微生物产生的絮凝剂将废水中的悬浮物、胶体等凝聚成较大的颗粒, 然后通过沉淀或过滤等方式将其从废水中分离出来。生物絮凝法具有处理效率高、操作简单等优点, 但絮凝剂的制备和性能优化是一个需要解决的问题。生物吸附法则是利用微生物细胞壁上的官能团对废水中的重金属离子等有害物质进行吸附。该方法具有吸附容量大、可再生等优点, 但微生物的筛选和驯化是一个需要解决的问题<sup>[3]</sup>。生物降解法则是利用微生物的代谢作用将废水中的有机物等有害物质分解为二氧化碳、水等无害物质。该方法适用于处理含有有机物的电镀废水, 但需要较长的处理时间和适宜的生长环境。

#### 3.4 物化结合方法

物化结合方法是将物理方法和化学方法相结合, 利用两者的优点共同处理电镀废水。该方法具有处理效率高、适用范围广等优点。混凝沉淀-过滤法是先通过混凝剂使废水中的悬浮物、胶体等凝聚成较大的颗粒, 然后通过沉淀将其从废水中分离出来, 最后通过过滤进一步去除悬浮物。该方法适用于处理含悬浮物、胶体的电镀废水。电解-气浮法则是利用电解产生的气泡将废水中的悬浮物、胶体等浮选到水面, 然后通过刮渣等方式将其从废水中分离出来。该方法适用于处理含油、含悬浮物的电镀废水。膜生物反应器(MBR)则是将膜分离技术与生物降解技术相结合, 利用膜组件将微生物与废水分离, 同时利用微生物的代谢作用将废水中的有机物等有害物质分解为无害物质。MBR具有处理效率高、占地面积小、出水水质好等优点, 但膜组件的清洗和更换成本

较高。

#### 4 电镀废水回用的意义与途径

电镀行业作为制造业的重要组成部分，在生产过程中不可避免地会产生大量废水。然而，这些废水往往含有重金属离子、有机物、酸碱物质等有害物质，若直接排放不仅会对环境造成污染，还会浪费宝贵的水资源。电镀废水的回用具有深远的意义，并已成为当前环保与可持续发展的重要议题。

##### 4.1 节约水资源，降低生产成本

在水资源日益紧张的今天，电镀废水的回用首先意味着水资源的节约。电镀行业在生产过程中需要消耗大量水资源，尤其是在清洗、冷却等环节。通过回用电镀废水，可以显著减少新鲜水的使用量，从而减轻对自然资源的依赖。电镀废水的回用还能有效降低生产成本。新鲜水的采购、运输、处理等环节都需要投入大量资金，而回用水则避免了这些额外的费用，使得企业在保证生产质量的同时，实现了成本的有效控制。从更宏观的角度看，电镀废水的回用也有助于缓解水资源短缺带来的社会问题。随着人口的增长和工业化进程的加速，水资源短缺已成为全球性问题。电镀废水的回用不仅为企业自身带来了经济效益，也为社会的可持续发展做出了贡献。

##### 4.2 减少环境污染，提高生态效益

电镀废水中含有的重金属离子、有机物等有害物质若直接排放到环境中，会对土壤、水体和生态系统造成严重的污染。这些污染物具有累积性和生物放大效应，能够通过食物链进入人体，对人类健康构成潜在威胁。电镀废水的回用不仅是节约水资源的需要，更是减少环境污染、提高生态效益的重要途径。通过回用电镀废水，可以显著减少有害物质的排放。废水在回用前需要经过一系列的处理过程，如混凝沉淀、过滤、氧化还原、吸附等，以去除其中的有害物质。这些处理过程不仅提高了废水的质量，也降低了其对环境的污染风险。回用水还可以减少电镀废水处理厂的负荷，降低处理成本，从而进一步提高生态效益<sup>[4]</sup>。电镀废水的回用还有助于推动电镀行业的绿色发展，随着环保意识的提高和环保法规的日益严格，电镀企业面临着越来越大的环保压力。回用电镀废水不仅符合环保法规的要求，也是企业实现绿色生产、提高竞争力的有效手段。

##### 4.3 电镀废水回用的主要方法与技术

电镀废水的回用需要依靠先进的技术和方法来实

现。目前，电镀废水回用的主要方法包括物理处理法、化学处理法、生物处理法以及膜分离技术等。物理处理法主要通过沉淀、过滤、离心等方式去除废水中的悬浮物、胶体等杂质。这种方法操作简单、成本低廉，但处理效果有限，通常作为预处理手段使用。化学处理法则通过化学反应去除废水中的有害物质。化学处理法具有处理效果好、适用范围广等优点，但需要注意药剂的选择和投加量，以避免产生二次污染。生物处理法主要利用微生物的代谢作用去除废水中的有机物等有害物质。这种方法具有处理成本低、环境友好等优点，但需要较长的处理时间和适宜的生长环境。生物处理法还容易受到水质波动的影响，需要稳定的进水水质来保证处理效果。膜分离技术则是利用半透膜的选择透过性将废水中的有害物质与水分离开来。常用的膜分离技术包括超滤、纳滤、反渗透等。膜分离技术具有处理效果好、占地面积小、操作简便等优点，但膜组件的清洗和更换成本较高。膜分离技术还需要考虑废水的预处理和膜污染等问题。在实际应用中，电镀废水回用往往需要多种方法的组合使用。例如，可以先通过物理处理法去除废水中的悬浮物等杂质，然后通过化学处理法去除有害物质，最后通过膜分离技术进一步提高水质。这种组合使用的方法可以充分发挥各种技术的优点，提高电镀废水回用的效率和效果。

#### 结束语

电镀废水治理与回用技术的研究与应用对于推动电镀行业的可持续发展具有重要意义。通过不断的技术创新和优化，有望实现电镀废水的高效治理和资源的最大化利用。未来，电镀企业应更加注重环保与效益的双重提升，加强废水治理与回用技术的研发与应用，为保护生态环境和人类健康做出更大的贡献。

#### 参考文献

- [1]王垂涨, 陈博.探究电镀重金属废水治理技术应用[J].资源节约与环保, 2020(9): 87-88.
- [2]陈栋, 张朝升, 荣宏伟, 等.基于战略成本管理分析的电镀废水清洁生产新技术—冰冻法[J].电镀与涂饰, 2020, 39(1): 57-62.
- [3]顾业明.工业废水综合治理及其回收利用技术[J].化工管理, 2020(35): 34-35.
- [4]潘梓华.电镀废水处理及回用系统工程设计要点分析[C].科技经济导刊,2020,28(02):44-45.