

电镀行业重金属污染的全过程控制技术与实践

一、电镀行业重金属污染概述

1. 电镀行业重金属污染来源及危害

(1) 电镀行业在金属加工和表面处理过程中，重金属污染的来源主要包括电镀液、镀件、添加剂以及设备运行产生的废水。电镀液中的重金属离子在电镀过程中被沉积到镀件表面，而镀件和添加剂在电镀过程中可能释放出重金属离子，这些离子随着废水排放进入环境。电镀过程中，由于操作不当或设备老化，可能造成电镀液泄漏，进一步加剧重金属污染。

(2) 重金属污染对环境的危害主要体现在以下几个方面：首先，重金属离子进入水体后，会通过食物链累积，最终影响人体健康；其次，重金属污染会破坏土壤结构和功能，影响农作物的生长和品质；再者，重金属污染会导致生态系统失衡，影响生物多样性。此外，重金属污染还会对地下水资源造成破坏，影响地下水质量。

(3)

在空气环境中，重金属污染同样具有严重危害。重金属颗粒物可以通过呼吸系统进入人体，对呼吸系统造成损害，甚至引发肺癌等疾病。同时，重金属污染物还会对大气环境造成污染，影响空气质量，进而影响人类健康和生活质量。因此，对电镀行业重金属污染的来源及危害进行深入研究，对于制定有效的污染控制措施具有重要意义。

2. 电镀行业重金属污染现状分析

(1) 目前，电镀行业重金属污染问题在国内外都较为严重。由于电镀工艺的特殊性，重金属污染物难以彻底去除，导致废水、废气、固体废物等污染物的排放量较大。尤其是在发展中国家，由于环保意识相对较弱，电镀企业的污染治理水平普遍较低，重金属污染问题更加突出。

(2) 重金属污染已成为电镀行业面临的主要环境问题之一。据统计，电镀行业产生的废水中含有大量的铜、锌、镍、镉等重金属离子，这些重金属离子在排放过程中会进入水体，造成水污染。同时，废气中的重金属颗粒物也会对大气环境造成污染，影响人类健康和生态环境。此外，固体废物中的重金属污染问题也不容忽视，如未经妥善处理，将严重危害土壤和地下水资源。

(3) 面对电镀行业重金属污染现状，各国政府和相关部门已采取了一系列措施进行治疗。例如，制定严格的环保法规和标准，加大对违法排放行为的处罚力度；推广清洁生产技术，提高电镀企业的污染治理水平；鼓励企业进行技术创

新，研发低毒、低害、低浓度的电镀材料和工艺。然而，由于电镀行业污染治理的复杂性和艰巨性，目前仍存在一些问
题，如污染治理设施运行效果不稳定、污染治理成本较高等，
需要继续加大投入和探索新的治理途径。

3. 电镀行业重金属污染相关法规与标准

(1) 电镀行业重金属污染的相关法规与标准在我国主要涉及《中华人民共和国水污染防治法》、《中华人民共和国大气污染防治法》以及《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等法律法规。这些法律法规明确了电镀企业应承担的环境保护责任，规定了重金属污染物的排放标准和治理要求。

(2) 在具体的标准方面，我国制定了《电镀污染物排放标准》（GB 21900-2008），对电镀行业废水的排放限值、废气排放浓度以及固体废物的处理要求进行了详细规定。此外，针对不同的电镀工艺和污染物，还制定了相应的行业标准，如《镀锌废水治理技术规范》等。

(3) 国际上，针对电镀行业重金属污染的相关法规与标准也较为完善。例如，欧盟颁布了《关于限制使用某些有害物质的指令》（RoHS 指令），禁止在电子电气设备中使用含铅、镉、汞、六价铬和聚溴联苯等有害物质。此外，美国环保署（EPA）也发布了《电镀业最佳可行技术指南》，为电镀企业提供了污染控制的技术参考。这些法规和标准对于推动电镀行业清洁生产、降低重金属污染具有重要作用。

二、全过程控制技术体系

1. 污染源头控制技术

(1)

污染源头控制技术是电镀行业重金属污染防治的重要手段之一。这种技术通过优化生产过程、改进电镀工艺和设备，从源头上减少重金属污染物的产生。例如，采用无氰电镀技术可以减少氰化物的使用，从而降低对水体的污染；而使用无铅电镀技术则可以减少铅的使用，减少对环境和健康的潜在风险。

(2) 在污染源头控制技术中，循环水处理系统扮演着关键角色。通过将废水循环利用，可以有效减少废水的产生和排放，同时减少对新鲜水资源的需求。此外，采用先进的离子交换技术、电渗析技术或膜分离技术等，可以进一步提高废水中重金属的回收率，减少对环境的污染。

(3) 优化电镀工艺参数也是污染源头控制的重要措施。通过精确控制电镀液成分、pH值、温度和电流密度等参数，可以减少不必要的金属沉积，降低重金属的流失。此外，定期对电镀设备进行维护和更新，确保设备处于最佳工作状态，也是减少污染排放的关键。通过这些综合措施，可以有效降低电镀行业重金属污染的源头风险。

2. 污染过程控制技术

(1) 污染过程控制技术在电镀行业重金属污染治理中扮演着关键角色。这种技术通过在电镀过程中对污染物进行有效控制，减少其对环境的影响。常见的污染过程控制技术包括循环水处理技术、沉淀分离技术和酸碱中和技术。循环水处理技术通过不断循环使用水，减少新鲜水的消耗和废水

的排放，同时通过添加化学药剂来稳定水质。

(2)

沉淀分离技术则是通过添加化学药剂或利用物理方法，使废水中的重金属离子形成不溶性沉淀物，从而实现重金属的去除。这种方法操作简单，成本相对较低，但可能需要定期更换沉淀池，且对水质变化敏感。酸碱中和技术则是通过调节废水的 pH 值，使重金属离子形成难溶的氢氧化物沉淀，达到净化水质的目的。

(3) 在污染过程控制中，废气处理技术也至关重要。电镀过程中产生的废气中可能含有挥发性有机化合物和重金属蒸气，这些物质对环境和人体健康都有潜在危害。因此，采用活性炭吸附、催化燃烧和冷凝等技术，可以有效去除废气中的有害物质，降低对大气的污染。此外，通过优化生产流程，减少废气产生，也是污染过程控制的重要手段之一。

3. 污染末端控制技术

(1) 污染末端控制技术是电镀行业重金属污染治理的最后一步，旨在确保排放到环境中的废水、废气和固体废物符合国家环保标准。膜生物反应器（MBR）技术是一种先进的末端控制技术，它结合了膜分离技术和生物处理技术，能够有效去除废水中的悬浮物、有机物和重金属离子。MBR 系统具有处理效率高、占地面积小、运行稳定等优点，是电镀废水处理的重要选择。

(2)

电渗析技术是另一种常用的末端控制技术，通过在电场作用下，利用离子交换膜的选择透过性，实现废水中有害离子的去除。该技术对重金属离子的去除效果显著，操作简单，运行成本低，尤其适用于处理含有较高浓度重金属离子的电镀废水。电渗析技术还可以与其他处理工艺如混凝沉淀、过滤等相结合，提高整体处理效果。

(3) 活性炭吸附技术是针对电镀废水中有机污染物和部分重金属离子的末端控制技术。活性炭具有巨大的比表面积和丰富的孔隙结构，能够有效地吸附废水中的污染物。在电镀废水中，活性炭可以吸附氰化物、重金属离子等有害物质，达到净化水质的目的。活性炭吸附技术操作简便，处理效果稳定，但需要定期更换活性炭，以保持吸附效果。此外，吸附后的活性炭可以通过化学处理或焚烧等方式进行资源化利用。

三、污染源头控制技术实践

1. 无氰电镀技术

(1) 无氰电镀技术是电镀行业中一种重要的环保技术，它通过替代传统的氰化物电镀液，减少了对环境的污染和对人体健康的危害。无氰电镀技术主要采用有机酸盐、无机酸盐或金属盐等作为电镀液中的主盐，通过优化电镀工艺参数，实现金属的沉积。

(2) 无氰电镀技术的应用范围广泛，包括镀锌、镀镍、镀铜、镀银等多种电镀工艺。与传统氰化物电镀相比，无氰

电镀液具有更高的稳定性和更低的毒性，且电镀效果良好。无氰电镀工艺的推广，有助于减少电镀行业对水资源的污染，降低重金属离子对生态环境的破坏。

(3)

无氰电镀技术的研发和推广，对于推动电镀行业可持续发展具有重要意义。目前，国内外研究者已成功开发出多种无氰电镀液配方和工艺，如硼砂镀锌、柠檬酸盐镀铜、磷酸盐镀镍等。这些无氰电镀技术不仅能够满足电镀行业对产品质量的要求，而且有助于提高企业的环保意识和竞争力。随着环保法规的日益严格，无氰电镀技术将在电镀行业得到更广泛的应用。

2. 无铅电镀技术

(1) 无铅电镀技术是针对传统铅电镀工艺中铅污染问题的一种创新技术。铅作为一种有害重金属，其使用在电镀过程中会对环境和人体健康造成严重危害。无铅电镀技术通过使用替代材料，如锡、铟、银等，来减少或消除铅的使用，从而降低电镀过程中的环境污染风险。

(2) 无铅电镀技术的研究和应用，不仅符合全球对环境保护和可持续发展的要求，而且在实际生产中也表现出良好的应用前景。无铅电镀工艺可以应用于多种电镀产品，如电子产品、汽车零部件、医疗器械等。通过优化电镀液配方、工艺参数和沉积条件，无铅电镀技术能够提供与铅电镀相似或更好的电镀效果。

(3)

无铅电镀技术的研发涉及多个方面，包括电镀液的配方设计、电镀工艺的优化、沉积层的性能评估等。此外，无铅电镀技术的推广也面临着成本控制、技术成熟度和市场接受度等挑战。随着技术的不断进步和成本的降低，无铅电镀技术有望成为电镀行业的主流技术，为环境保护和人类健康作出贡献。

3. 低浓度电镀液技术

(1) 低浓度电镀液技术是电镀行业的一种环保创新技术，旨在通过降低电镀液中金属离子的浓度，减少废水中重金属的排放，从而降低对环境的污染。这种技术通过优化电镀液的配方和操作工艺，实现了在保证电镀质量的前提下，大幅度降低电镀液的金属离子浓度。

(2) 低浓度电镀液技术的关键在于开发高效、低毒、低成本电镀液配方，以及采用先进的电镀工艺。例如，通过使用螯合剂和缓冲剂来稳定电镀液，提高金属离子的利用率，减少电镀液的消耗；同时，通过改进电镀工艺参数，如电流密度、温度、pH值等，确保电镀效果不受影响。

(3) 低浓度电镀液技术的应用不仅有助于环境保护，还能为企业带来经济效益。通过减少电镀液的消耗和废水的排放，企业可以降低生产成本，提高资源利用效率。此外，随着环保意识的提升和法规的严格，低浓度电镀液技术将成为电镀行业发展的必然趋势，对推动行业可持续发展具有重要意义。

四、污染过程控制技术实践

1. 循环水处理技术

(1)

循环水处理技术是电镀行业废水处理的关键技术之一，它通过将电镀过程中产生的废水进行循环利用，有效减少新鲜水的消耗和废水的排放。这种技术主要包括物理处理、化学处理和生物处理等多种方法，旨在去除废水中的悬浮物、重金属离子、有机污染物等。

(2) 在循环水处理系统中，物理处理方法如沉淀、过滤和离心等，主要用于去除废水中的大颗粒悬浮物。化学处理方法如混凝、氧化还原等，则用于去除废水中的溶解性污染物，如重金属离子、有机污染物等。生物处理方法如活性污泥法、生物膜法等，则通过微生物的作用，降解废水中的有机污染物。

(3) 循环水处理技术的实施需要考虑多个因素，包括循环水系统的设计、运行管理、维护保养等。合理设计循环水系统，确保废水在循环过程中能够得到有效处理，同时保持水质稳定。此外，通过定期监测和调整循环水水质，可以及时发现和处理潜在问题，保证循环水处理系统的长期稳定运行。循环水处理技术的应用，对于实现电镀行业废水零排放、节约水资源具有重要意义。

2. 酸碱中和技术

(1) 酸碱中和技术是电镀行业废水处理中的一种常见技术，其主要目的是通过调节废水的 pH 值，使其达到适宜的酸碱度，从而优化后续处理工艺的效果。这种技术通过添加酸或碱，使废水中的重金属离子转化为不溶性的氢氧化物

沉淀，便于后续的固液分离。

(2)

酸碱中和技术在电镀废水处理中的应用十分广泛，特别是在处理含有铜、锌、镍等重金属离子的电镀废水中效果显著。通过控制废水的 pH 值，可以有效地降低重金属离子的溶解度，减少其毒性，并提高后续处理工艺的效率。此外，酸碱中和还可以去除废水中的悬浮物和部分有机污染物。

(3) 酸碱中和技术在实际操作中需要注意控制添加酸碱的量和速度，以避免对环境造成二次污染。同时，为了提高处理效果和节约成本，可以结合其他处理技术，如沉淀、絮凝、过滤等。此外，定期监测废水的 pH 值和重金属离子浓度，及时调整处理参数，是确保酸碱中和技术有效运行的关键。通过酸碱中和技术，电镀行业可以在减少环境污染的同时，实现废水的资源化利用。

3. 沉淀分离技术

(1) 沉淀分离技术是电镀行业废水处理中的一种基本方法，通过向废水中添加化学药剂，使重金属离子与其他物质反应生成不溶性的沉淀物，从而实现重金属的去除。这种方法操作简单，成本低廉，是电镀废水处理中广泛应用的单元操作。

(2) 在沉淀分离技术中，常用的化学药剂包括硫酸盐、氢氧化物、碳酸盐等。这些药剂与废水中的重金属离子反应后，形成沉淀物，可以通过过滤、离心或静置沉淀等方式从废水中分离出来。沉淀分离技术对重金属的去除效率较高，尤其适用于处理含有较高浓度重金属离子的废水。

(3)

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/398104130117007036>