

ICS 25.030.10

CCS H 70

团 体 标 准

T/CMES XXXXX—202X

电镀出水金属离子在线分离与循环利用技术规范

Technical specification for online separation and recycling of metal ions in
electroplating wastewater

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国机械工程学会 发布

中国机械工程学会（英文简称 CMES）是具备开展国内、国际标准化活动资质的全国性社会团体。制定中国机械工程学会团体标准，以满足企业需要和市场需求，推动机械工业创新发展，是中国机械工程学会团体标准的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国机械工程学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国机械工程学会团体标准按《中国机械工程学会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国机械工程学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国机械工程学会团体标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国机械工程学会，以便修订时参考。

中国机械工程学会标准征求意见稿

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不许以任何形式复制、传播该标准或用于其他商业目的。

中国机械工程学会地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 4 座 11 层

邮政编码：100048 电话：010-68799027 传真：010-68799050

网址：www.cmes.org 联系人：袁俊瑞 电子信箱：yuanjr@cmes.org

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工程学会提出并归口。

本文件起草单位：暨南大学、中国人民解放军陆军装甲兵学院、华南理工大学。

本文件主要起草人：

本文件首次制定。

中国机械工程学会标准征求意见稿

电镀出水金属离子在线分离与循环利用技术规范

1 适用范围

本文件规定了电镀生产过程中电镀废水在线分离与循环利用系统的技术要求、设计原则、工艺控制指标、性能指标、试验方法、检验规则及运行维护要求。

本文件适用于新建、改建、扩建的镀锌、镀镍、镀铜、镀铬及多金属复合电镀生产线漂洗废液和漂洗废水的在线分离与资源化回用系统。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB21900-2008 电镀污染物排放标准

GB/T 30902-2014 无机化工产品 杂质元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法（ICP-OES）

HJ 579-2010 膜分离法污水处理工程技术规范

HJ 2002-2010 电镀废水治理工程技术规范

HJ 700-2014 水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法

HJ 776-2015 水质 32 种元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法

HJ 1306-2023 电镀污染防治可行技术指南

HJ/T 270-2006 环境保护产品技术要求-反渗透水处理装置

HJ/T 271-2006 环境保护产品技术要求 超滤装置

HG/T 5309-2018 电镀含铜废水处理及回收技术规范

3 术语和定义

3.1

漂洗废水 rinsing wastewater

镀件经镀前处理、电镀或镀后处理后，在漂洗工序中因清洗其表面残留槽液而产生的废水。

3.2

漂洗废液 spent rinsing solution

电镀生产过程中，漂洗槽因污染物累积或水质不满足工艺要求而更换、排出的液体。

3.3

在线分离 Online separation

与电镀生产线同步运行、对漂洗废水进行实时分离并直接回用于生产的配套处理工艺。

3.4

循环利用率 Recycling rate

循环利用至产线的目标金属离子与废水中初始目标金属离子浓度的比值，以%表示。

3.5

低温蒸发技术 Low-temperature evaporation technology

在真空负压条件下降低流体沸点，通过加热汽化与冷凝收集，实现废液无加药浓缩及目标金属离子循环利用的物理分离过程。

4 电镀废水种类

处理的电镀废水主要包括两部分：漂洗废液和漂洗废水。电镀废水金属离子主要来源见表 1。

表 1 电镀废水来源

废水来源	金属离子浓度
漂洗废液	(10~200) g/L
漂洗废水	(0.03~1) g/L

5 工艺设计

5.1 工艺路线选择

5.1.1 电镀废水中金属离子浓度 ≥ 100 g/L，宜依次采用离子交换法、“UF/RO”双膜法与低温蒸发冷凝法，以实现杂质去除、预浓缩及深度浓缩，兼顾目标金属离子循环利用与运行能耗。

5.1.2 电镀废水中金属离子浓度为 10~100 g/L，宜采用离子交换法。

5.1.3 电镀废水中金属离子浓度 < 10 g/L，宜采用低温蒸发冷凝法。

5.2 工艺流程

5.2.1 离子交换法

电镀废水经预处理后进入离子交换柱，由离子交换或螯合树脂吸附目标离子并去除杂质离子。树脂经反洗、解析和再生后循环使用，解析液集中收集并循环利用至产线。具体流程如图 1 所示。

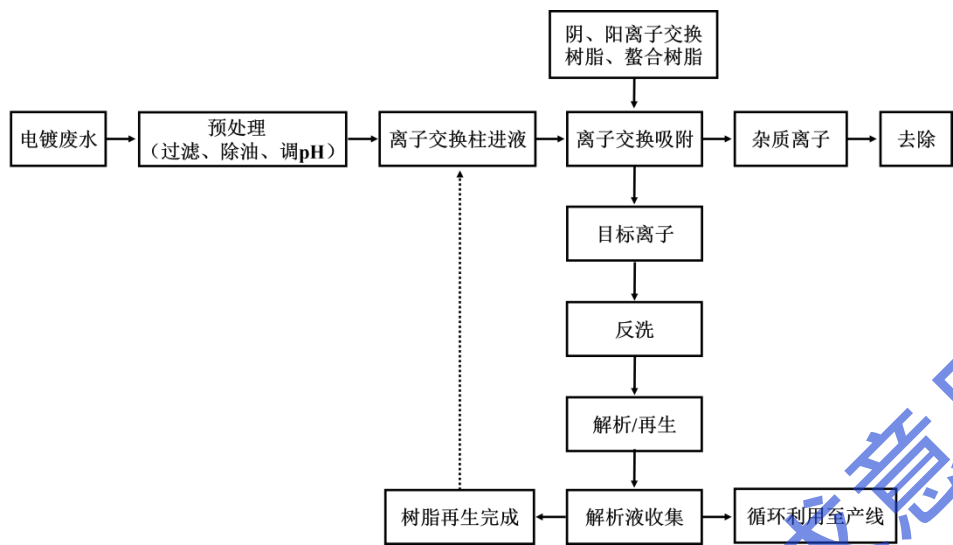


图1 离子交换树脂吸附工艺路线

5.2.2 超滤/反渗透（UF/RO）双膜分离法

该工艺采用“预处理—超滤（UF）—反渗透（RO）”组合膜系统处理电镀废水，通过药剂调节、膜分离及循环回流实现污染物截留与水质净化，并设置膜清洗回路，UF、RO浓缩液进入后续处理，产水进一步回用或处理。具体流程如图2所示。

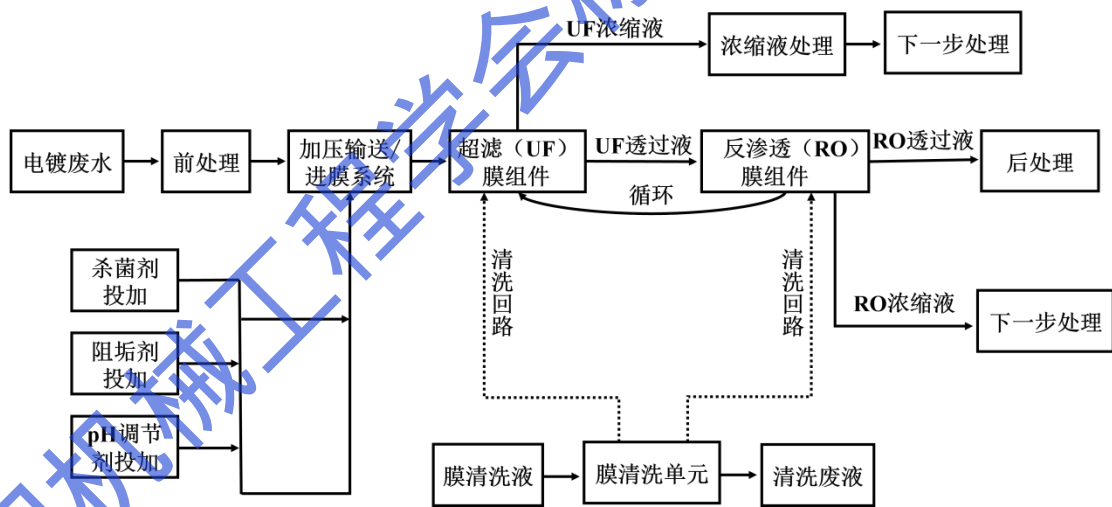


图2 超滤/反渗透（UF/RO）双膜分离工艺路线

5.2.3 耐酸碱低温蒸发法

反渗透浓水进入循环预热槽加热后，经耐酸碱低温蒸发器蒸发浓缩，湿热空气经冷凝机冷凝回收；浓缩液沉淀分离杂质离子后，目标离子浓缩液循环回用于生产线。具体流程如图3所示。

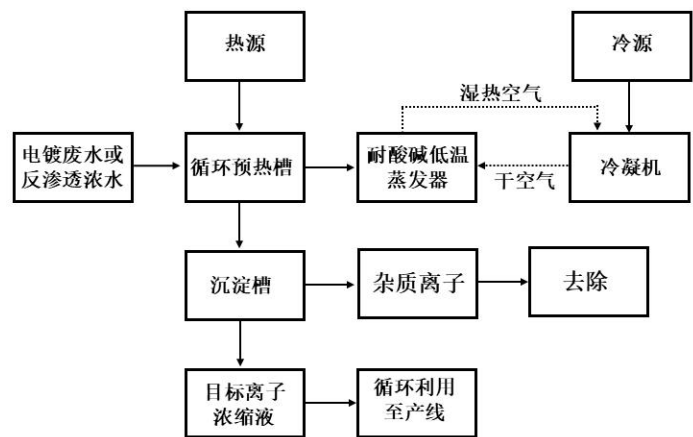


图 3 耐酸碱低温蒸发系统工艺路线

5.3 设计要求

5.3.1 离子交换法

- 5.3.1.1 单位体积树脂的交换容量及树脂的选择性应满足分离工艺的要求。
- 5.3.1.2 应根据目标离子的类型选取阳离子交换树脂、阴离子交换树脂或螯合树脂。
- 5.3.1.3 球状树脂磨后圆球率或渗磨圆球率宜不低于 90%，范围粒度合格率宜不低于 95%；粒度、湿视密度、湿真密度及孔结构等指标应符合相应树脂产品标准及工艺要求。
- 5.3.1.4 酸性阳离子交换树脂或螯合树脂宜采用 1.0 mol/L~2.0 mol/L 盐酸或 0.5 mol/L~1.0 mol/L 硫酸再生，阴离子交换树脂宜采用 1.0 mol/L~2.0 mol/L 氢氧化钠或与目标离子相适配的专用解析剂再生。
- 5.3.1.5 再生剂投加量宜为理论交换当量的 1.2 倍~2.0 倍，再生液用量宜为树脂床体积的 2 倍~4 倍，再生流速宜为 0.5 BV/h~2.0 BV/h，接触时间宜为 30 min~120 min。

5.3.2 “UF/RO” 双膜法

- 5.3.2.1 UF、RO 膜组件的类型、材质及数量应根据进水水质、处理规模、产水要求及膜材料耐受性确定；水质波动较大时，宜通过中试确定设计参数。
- 5.3.2.2 RO 进水浊度应不大于 1 NTU，SDI 应不大于 5；采用聚酰胺复合膜时，余氯应不大于 0.1 mg/L。超过限值时，应强化预处理。
- 5.3.2.3 UF 膜孔径宜为 0.02~0.05 μm、通量 20~50 L/(m²·h)；RO 膜脱盐率应≥95%、通量 12~20 L/(m²·h)。
- 5.3.2.4 整个系统宜在 5~45℃、pH 为 2~10 下运行，具体压力和回收率应根据进水水质及膜组件要求确定。
- 5.3.2.5 进水应经过滤、除油和 pH 调节，并根据结垢及微生物污染风险投加阻垢剂或杀菌剂；所用药剂应与膜材料相容。
- 5.3.2.6 膜面积应根据设计处理量和设计膜通量计算，并考虑温度、膜污染、反洗、化学清洗及膜性能衰减的影响。

5.3.3 低温蒸发冷凝法

- 5.3.3.1 系统应适用于酸碱性和电镀废水的低温蒸发浓缩处理。

- 5.3.3.2 与废液接触的设备、管路及部件应具备耐酸碱腐蚀性能。
- 5.3.3.3 加热、蒸发与冷凝单元宜采用分体式设计，便于清洗维护。
- 5.3.3.4 浓缩液应设置收集及排放接口，并满足后续回用或处置要求。
- 5.3.3.5 系统应设置废气收集接口，可与配套废气处理设施连接。
- 5.3.3.6 系统应具备自动运行、状态监测及关键参数显示功能。
- 5.3.3.7 系统应设置手动与自动控制模式，并具备必要的安全联锁功能。
- 5.3.3.8 系统设计不应影响电镀生产线的正常、连续运行。

5.4 工艺参数

- 5.4.1 上述流程中目标金属离子是指对该电镀生产线有用的离子，而杂质离子是指除目标离子以外且对电镀生产线有影响的离子。
- 5.4.2 经上述工艺处理后，杂质离子浓度应低于 10 mg/L。
- 5.4.3 工艺性能指标见表 2。

表 2 工艺性能指标

技术参数	离子交换法	膜分离法	低温蒸发冷凝法
目标金属离子循环利用率	≥ 98%	-	≥ 98%
杂质离子浓度阈值	10 mg/L	10 mg/L	10 mg/L

5.5 分析检测

- 5.5.1 所有离子检测参照 GB/T 30902-2014、HJ 700-2014 以及 HJ 776-2015。
- 5.5.2 数据记录与存储系统则用于保存运行参数、水质变化、报警信息和处理效果，为后续工艺优化和环保管理提供依据。
- 5.5.3 目标金属离子循环利用率计算公式参照附录 A.1。
- 5.5.4 杂质离子浓度阈值计算公式参照附录 A.2。

6 验收

6.1 工艺性能验收

- 6.1.1 各目标金属离子循环利用率达到设计文件和本文件规定值。
- 6.1.2 循环利用至产线的目标金属离子不影响镀液稳定性和产品质量。
- 6.1.3 验收期间系统运行稳定，无明显金属离子穿透、异常泄漏或回收单元失效现象。

6.2 劳动安全和职业卫生验收

- 6.2.1 废水、噪声、固废等符合国家及地方环保相关规定。
- 6.2.2 电气安全、机械防护、防腐防渗、应急设施等符合安全生产与职业卫生要求。
- 6.2.3 系统运行无跑冒滴漏，回用与排放路径清晰、标识规范。
- 6.2.4 系统电气安全、机械防护、接地接零、防腐、防渗、防漏电、防烫伤等符合安全生产规范。
- 6.2.5 设备操作平台、爬梯、护栏、通风、照明、应急冲洗/洗眼器等设置齐全、完好有效。
- 6.2.6 化学品（酸、碱、氧化剂、清洗剂）储存、转运、使用、泄漏应急处置符合职业卫

生要求。

- 6.2.7 安全操作规程、警示标识、防护用品配备与使用制度健全并落实到位。
- 6.2.8 运行与维护人员经安全培训、应急演练合格，具备岗位操作与应急处置能力。
- 6.2.9 现场通风、防腐、降噪、防腐蚀、防化学伤害等措施满足职业卫生限值要求。

6.3 验收判定

- 6.3.1 工程、性能、环保、劳动安全和职业卫生全部满足要求，判定为合格。
- 6.3.2 任一项不满足，应整改后重新验收。

7 运行、维护与安全管理

7.1 一般规定

- 7.1.1 电镀出水金属离子在线分离与循环利用系统应制定完善的运行管理制度、维护保养制度、安全操作规程及应急处置预案，所有设施设备应按设计工艺与本文件要求运行使用。
- 7.1.2 系统运行、维护、检修及安全管理应符合国家、行业及地方相关标准规范要求。
- 7.1.3 针对设备故障、泄漏、停水停电及人员伤害等异常情况制定应急预案，明确停机、隔离、疏散和报告流程，并配备应急物资、定期演练。

7.2 运行管理与日常巡检

- 7.2.1 运行管理人员与操作人员须经专项培训合格，掌握系统工艺原理、设备操作、控制指标、故障判断与应急处置技能。
- 7.2.2 各岗位安全操作规程、工艺参数、巡检要点、注意事项应在明显位置公示。
- 7.2.3 操作人员应按时、准确记录运行数据，发现异常立即处理并上报。
- 7.2.4 按规定定期巡检泵、阀、膜组件、离子交换柱、加药装置等设备，确保稳定运行。
- 7.2.5 离子交换、膜分离、蒸发冷凝等单元应按工艺要求控制流量、压力、pH，保证金属离子循环利用指标达标。

7.3 现场人员安全防护措施

- 7.3.1 操作人员必须按规定佩戴防化手套、护目镜、防护口罩、耐腐工作服等防护用品。
- 7.3.2 现场应设置应急冲洗装置、洗眼器、紧急喷淋，并保持完好可用、标识清晰。
- 7.3.3 设备检修必须执行断电、挂牌、上锁、泄压、清洗置换等安全确认程序。
- 7.3.4 定期开展安全培训、应急演练与职业健康体检，提升人员安全防护与自救互救能力。

附录 A

A.1 目标金属离子循环利用率计算

$$\eta_e = \frac{C_e}{C_0} \times 100\% \quad \text{..... (A.1)}$$

式中：

η_e ——目标离子循环利用率，%；

C_e ——验收周期内实际循环利用的目标金属离子浓度，单位为毫克每升（mg/L）；

C_0 ——验收周期内进入在线分离与循环利用系统的初始目标金属离子浓度，单位为毫克每升（mg/L）。

A.2 杂质离子浓度阈值计算

$$C_{\text{总}} = \sum_{i=1}^n C_i \quad \text{..... (A.2)}$$

式中：

$C_{\text{总}}$ ——除目标金属离子以外的所有杂质离子浓度，单位为毫克每升（mg/L）；

C_i ——单个杂质金属离子浓度，单位为毫克每升（mg/L）；

n ——杂质离子个数。