

团 体 标 准

T/CMES XXXXX—202X

电镀出水在线处理及回用技术规范

Technical specification for on-line treatment and reuse of
electroplating effluent

(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。

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

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
4.1 系统目标	2
4.2 基本原则	2
5 系统设计与技术要求	3
5.1 废水分类收集	3
5.2 工艺选择	3
5.3 预处理单元	3
5.4 离子交换单元	3
5.5 超滤单元	4
5.6 反渗透单元	4
5.7 蒸发浓缩单元	4
6 运行与维护	5
6.1 一般规定	5
6.2 日常运行	5
6.3 维护与更换	5
7 安全与环保	5
7.1 安全防护	5
7.2 废弃物处置	5
附 录 A （规范性） 典型工艺流程图及产水回用策略	6

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：|

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

电镀出水在线处理及回用技术规范

1 范围

本文件规定了电镀出水在线处理与回用系统的术语和定义、总则、系统设计与技术要求、运行与维护、安全与环保。

本文件适用于电镀企业新建、改建和扩建的电镀生产线出水在线处理与回用系统，也适用于电镀园区集中式的出水处理与回用中心。

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。

GB 8978-1996 污水综合排放标准
GB 18597-2023 危险废物贮存污染控制标准
GB 21900-2008 电镀污染物排放标准
GB/T 19923-2024 城市污水再生利用 工业用水水质
GB/T 20103-2006 膜分离技术 术语
GB/T 21534-2021 节约用水 术语
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)
GB/T 39296-2020 中水回用膜法处理技术规范
HG/T 5168-2017 工业废水中盐分结晶蒸发技术规范
HJ/T 353-2007 水污染源在线监测系统安装技术规范(试行)
HJ 828-2017 水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法
HJ 2002-2010 电镀废水治理工程技术规范
HJ 2024-2012 离子交换法污水处理工程技术规范
HJ 579-2010 膜分离法污水处理工程技术规范
电镀行业清洁生产评价指标体系（中华人民共和国国家发展和改革委员会）

3 术语和定义

GB/T 21534、GB/T 20103 和 HJ 2002 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电镀出水 electroplating effluent

电镀生产过程中产生的各类废水的统称。包括镀件漂洗水、镀前处理废水、镀后处理废水及车间“跑、冒、滴、漏”收集水。

3.2

在线处理 on-line treatment

在电镀生产线附近或车间内，对电镀出水进行连续处理并直接回用于生产的工艺过程。

3.3

多级耦合分离 multistage coupled separation

集成离子交换、超滤、反渗透、蒸发浓缩等两种以上分离单元，通过串联组合实现杂质截留与纯水产出的集成工艺。

3.4

分质回用 quality-based reuse

根据电镀不同工序对用水水质的要求，将处理后的出水按水质等级分别供给相应工序的用水模式。

3.5

高通量产水 high-flux water production

在保证出水水质稳定的前提下，通过优化膜材料结构与系统设计，实现单位膜面积产水量显著提升的水处理过程。

3.6

水回用率 reuse rate

在一定计量周期内，处理并回用水量与同期总电镀出水量的百分比。

3.7

浓水 concentrated water

膜分离或蒸发浓缩过程中产生的高含盐量、高污染物浓度的副产水。

4 总则

4.1 系统目标

4.1.1 应建立以电导率、特定重金属离子浓度为核心的回用水质控制体系，涵盖总硬度、pH 值、COD 等指标的回用水质控制体系，确保回用水质不影响电镀产品质量。

4.1.2 在线处理与回用系统的整体设计水回用率不应低于 95%，关键特征金属回收率不应低于 90%。

4.1.3 系统末端排放水水质应符合 GB 21900 及地方排放标准的要求。

4.2 基本原则

4.2.1 应遵循“源头减排、分类收集、多级耦合、分质回用”的原则。

4.2.2 不同性质或易发生有害反应的废水应分别收集、单独处理，不应盲目混合。

4.2.3 工艺选择应优先采用低耗、稳定、资源化程度高的技术，减少危废污泥产生量。

4.2.4 系统设计处理能力应与电镀生产线最大排水量相匹配，并留有不低于 10% 的处理能力设计裕量。

5 系统设计与技术要求

5.1 废水分类收集

- 5.1.1 应根据镀种、工序性质及污染物浓度，在车间内设置独立、防渗漏的分类收集管网。管材应选用耐腐蚀材料，管道公称压力不应低于 0.6 MPa。
- 5.1.2 含铬废水应单独收集，收集管路应设置明显标识，并与其他废水管路物理隔离。
- 5.1.3 综合电镀清洗水应统一收集后进入主处理系统。
- 5.1.4 收集管网应设置管道颜色与流向标识。

5.2 工艺选择

- 5.2.1 处理工艺应根据原水水质、回用水质要求、处理规模及经济性综合确定。
- 5.2.2 典型工艺路线为“离子交换（IX）—超滤（UF）—反渗透（RO）—蒸发浓缩”四级耦合工艺，实现水资源回用和金属资源回收。典型工艺流程见附录 A。
- 5.2.3 各处理单元的关键运行参数应在本文件第 4.3~4.7 条规定的范围内，根据进水水质和处理规模通过设计计算确定。

5.3 预处理单元

- 5.3.1 预处理单元应包括均质调节、破络处理、固液分离和精细过滤等工序，去除络合态重金属、悬浮物及强氧化性物质，出水应满足后续膜系统进水要求。
- 5.3.2 含 EDTA、柠檬酸、焦磷酸根等络合剂的废水，应设置破络处理工序。破络可采用高级氧化法、酸析法或电催化氧化法。
- 5.3.3 破络后应进行 pH 回调、混凝反应和固液分离。混凝剂宜选用聚合氯化铝或聚合硫酸铁，絮凝剂宜选用聚丙烯酰胺。
- 5.3.4 以回收返槽为目的的含铬废水，预处理过程中应保持六价铬价态稳定，不应设置还原工序。
- 5.3.5 预处理出水水质应符合：浊度≤2 NTU，SS≤5 mg/L，游离余氯≤0.1 mg/L。

5.4 离子交换单元

- 5.4.1 离子交换单元用于去除铁、铜、锌等杂质金属离子及钙、镁硬度离子，降低后续膜组件的结垢风险。
- 5.4.2 系统宜设置阳离子交换柱和阴离子交换柱，阳柱与阴柱串联运行，每类交换柱宜按一用一备配置，单柱处理能力应满足生产线最大瞬时流量。树脂层有效高度宜为 1.5 m~2.0 m，柱内上部应预留树脂层高度 30%~40%的膨胀空间。
- 5.4.3 运行空床流速宜控制在 15 BV/h~20 BV/h，接触时间不应小于 3 min。
- 5.4.4 应配备全自动再生控制系统，实现进液、反洗、置换、正洗全过程自动控制。再生参数应符合表 1 的规定。

表 1 离子交换树脂再生控制参数

再生步骤	再生剂	浓度	用量（树脂床体积倍数）	流速（BV/h）
反洗	清水	—	2~3	5~10
再生	盐酸或硫酸	0.5 mol/L~2.0 mol/L	2~4	0.5~2.0
置换	清水	—	1~2	0.5~1.0
正洗	清水	—	至出水中性	2~4

5.4.5 当出水杂质金属离子总浓度 $>7.5\text{ g/L}$ 或总硬度（以 CaCO_3 计） $>150\text{ mg/L}$ 时，应切换至备用柱并对失效柱进行再生。

5.4.6 再生废液应收集至前端调节池循环处理，不得直接外排。

5.5 超滤单元

5.5.1 超滤单元作为反渗透的预处理屏障，应选用耐污染、耐腐蚀的膜组件，截留分子量宜为 $10\text{ kDa}\sim 100\text{ kDa}$ 。

5.5.2 超滤宜采用错流过滤模式，运行压力宜为 $0.1\text{ MPa}\sim 0.4\text{ MPa}$ ，跨膜压差不宜大于 0.10 MPa ，最大不应超过 0.20 MPa 。

5.5.3 超滤水回收率不应低于 95% ，浓水应回流至前端调节池。

5.5.4 应设置自动物理反冲洗，反冲洗周期不应小于 30 min ，单次冲洗时间宜为 $30\text{ s}\sim 3\text{ min}$ 。

5.5.5 应定期进行化学增强反洗（CEB），宜采用低浓度次氯酸钠（有效氯 $50\text{ mg/L}\sim 200\text{ mg/L}$ ）与氢氧化钠混合溶液。

5.5.6 当跨膜压差达到 0.20 MPa 或产水通量衰减超过 15% 时，应进行化学清洗（CIP），酸性清洗宜采用 $1\%\sim 2\%$ 柠檬酸溶液。

5.5.7 超滤出水水质应符合： $\text{SDI}\leq 3$ ，浊度 $\leq 1\text{ NTU}$ 。

5.6 反渗透单元

5.6.1 反渗透单元用于高比例纯水产出和重金属浓缩，应选用高选择性、耐氧化的复合膜元件，脱盐率不应低于 99% 。

5.6.2 系统宜采用一级二段或多段排列，各段间应配置高压增压泵，宜设置浓水内循环管路。

5.6.3 反渗透单元应实现高通量产水，膜通量应根据进水水质和膜组件要求确定，宜为 $15\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})\sim 25\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

5.6.4 反渗透进水游离余氯应 $\leq 0.1\text{ mg/L}$ 。

5.6.5 反渗透产水水质应符合：电导率 $\leq 50\text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$ ，总硬度（以 CaCO_3 计） $\leq 10\text{ mg/L}$ ，pH为 $6.0\sim 8.0$ ， $\text{COD}\leq 15\text{ mg/L}$ 。

5.6.6 产水应优先回用于电镀漂洗工序或镀槽配液，回用水箱应设置液位联锁控制。

5.6.7 当标准化产水量下降超过 15% 、脱盐率下降超过 10% 或段间压差增加超过 15% 时，应进行化学清洗，清洗顺序宜为碱性清洗 $\rightarrow$ 酸性清洗 $\rightarrow$ 冲洗。

5.6.8 系统停运超过 24 h 时，应向膜壳内注入 1% 亚硫酸氢钠保护液；停运超过 7 d 时，应定期检查并更换保护液。

5.7 蒸发浓缩单元

5.7.1 蒸发浓缩单元用于处理反渗透浓水，进一步浓缩有价值金属并回收冷凝水。宜采用MVR蒸发工艺，水回收率不应低于 95% 。

5.7.2 直接接触高浓度重金属浓水的设备、管路应选用钛材（TA2）或聚四氟乙烯（PTFE）内衬，不得使用普通不锈钢。

5.7.3 蒸发冷凝水应优先回用于漂洗工序。浓水经检验合格后可回补至对应主镀槽，检验项目应包括主盐浓度、杂质金属离子浓度、有机物含量和pH值。

5.7.4 浓水回补应采用分批方式，每批回补前应进行全项检验；首次回补应通过小槽试验确认对镀层质量无不良影响。

5.7.5 应设置阻垢剂投加装置，投加量应根据药剂品种和进水水质确定，宜为 $5\text{ mg/L}\sim 30\text{ mg/L}$ ；连续运行 $20\text{ d}\sim 30\text{ d}$ 或传热系数衰减超过 15% 时，应进行化学清洗。

5.7.6 系统停运超过 24 h 时，应使用纯水清洗置换并排空。

6 运行与维护

6.1 一般规定

- 6.1.1 系统投入运行前，企业应建立岗位操作规程、运行记录制度、设备保养规范和应急预案。
- 6.1.2 在线处理系统应与电镀生产线联动控制、同步运行。系统停运时应开启应急储存设施，不应直接外排未经处理的电镀出水。
- 6.1.3 操作人员应经专业培训合格后上岗，熟悉各单元工艺参数和安全操作要求。
- 6.1.4 运行记录应包括各单元流量、压力、pH 值、电导率、药剂投加量等，保存期限不应少于 3 年。

6.2 日常运行

- 6.2.1 运行人员应定期对各单元进行一次巡检，记录运行数据。发现异常应及时处理并上报。
- 6.2.2 预处理单元应重点监控调节池液位、加药系统运行状态和出水水质。
- 6.2.3 离子交换单元应监控出水杂质金属离子浓度和总硬度，达到穿透限值时及时切换再生。
- 6.2.4 超滤单元应监控跨膜压差和产水流量，按规定周期执行反冲洗和化学增强反洗。
- 6.2.5 反渗透单元应监控进水余氯、工作压力、产水电导率和段间压差，余氯超标时应立即联锁停机。
- 6.2.6 蒸发浓缩单元应监控蒸发温度、真空度和冷凝水电导率，蒸发温度超过 70℃时应联锁停机。

6.3 维护与更换

- 6.3.1 超滤膜组件正常使用寿命不应低于 3 年，反渗透膜元件正常使用寿命不应低于 2 年。
- 6.3.2 离子交换树脂经多次再生后工作交换容量衰减超过 30%时，应评估更换。
- 6.3.3 报废膜组件和失效树脂属于危险废物，应按 GB 18597 的规定贮存，交由有资质单位处置。
- 6.3.4 各类泵、阀门、仪表应按设备说明书定期维护保养。

7 安全与环保

7.1 安全防护

- 7.1.1 高压泵、反渗透膜壳及高压管路应安装过压保护阀和压力联锁断电装置。
- 7.1.2 可能释放有害气体的区域（如离子交换再生区、加药间）应设置强制通风设施，换气次数不应低于 12 次/h，电气开关应安装在室外。
- 7.1.3 现场应配备防毒面具、耐酸碱防护服、护目镜、应急冲洗装置和洗眼器。
- 7.1.4 化学品储存、使用应符合国家相关安全规定，酸碱药剂应分开存放。

7.2 废弃物处置

- 7.2.1 系统产生的污泥、废膜组件、失效树脂及废盐渣属于危险废物，应按 GB 18597 的规定分类收集、贮存，交由有资质单位处置。
- 7.2.2 化学清洗废液应回流至前端调节池处理，不得直接外排。
- 7.2.3 末端排放水应符合 GB 21900 及地方排放标准的要求。
- 7.2.4 应建立危险废物管理台账，记录废物种类、产生量、贮存和处置情况。

附录 A

(规范性)

典型工艺流程图及产水回用策略

A.1 典型工艺流程

电镀出水在线处理及回用系统应采用“IX 深度净化—UF 预处理—RO 深度浓缩—MVR 蒸发化”的多级耦合在线闭路自循环集成工艺，其典型界面物料流向及过程控制网络拓扑结构应符合图 A.1 的规定：

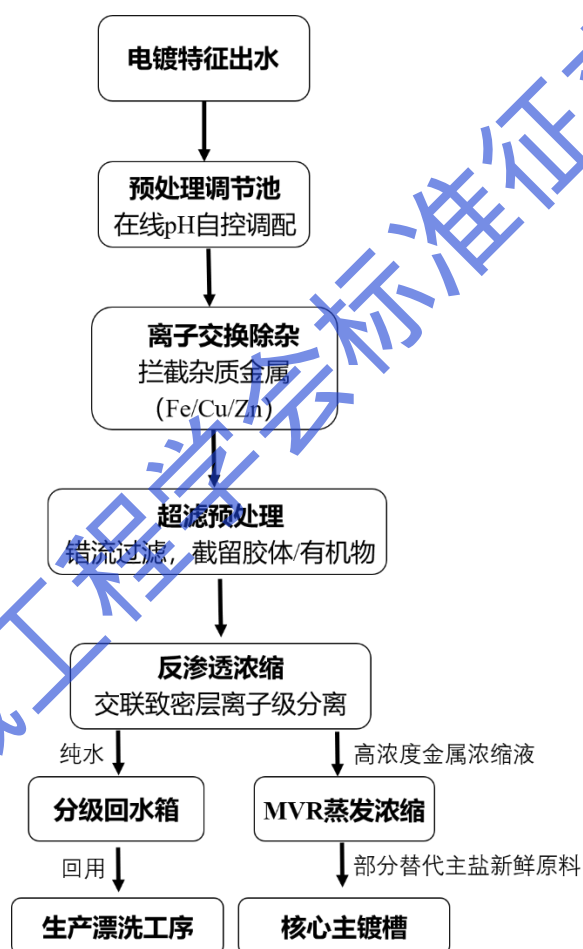


图 A.1 IX-UF-RO 多级耦合分离及分质回用成套工艺总线流程图

A.2 分质精准回用路径规范

A.2.1 镀铬漂洗水闭路再利用：反渗透深度分离产出的透过液，其在线电导率 $\leq 15\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 、总硬度 $\leq 5\ \text{mg}/\text{L}$ ，应通过切向专用回水高压管路输送至生产线后端的喷淋水洗或高位热水洗清洗槽，替代新鲜自来水。

A.2.2 核心有价值金属高比例返槽回用：反渗透产出的浓水经 MVR 蒸发系统进行高效冷凝提取后，析出的高纯度重金属（铬）富集液，其主盐成分纯度经检验符合工艺规范要求后，应优先回补至对应的核心主镀槽内，替代新鲜重金属盐原料，减少危废污泥产生量，提高水与重金属资源的循环利用水平。

中国机械工程学会标准征求意见稿