《多级逆流双极膜电渗析系统再生酸碱操作规范》

编制说明

**标准编制组**

**2024年12月**

# 一、工作简况

# （一）任务来源

随着工业废盐水的循环利用日益得到重视，完善相关技术操作规范对高盐水深度处理具有重要意义。为全面贯彻“工业废水循环利用”的国家发展战略需求，科学指导高盐水的深度处理，计划于2025年6月底前完成《多级逆流双极膜电渗析系统再生酸碱操作规范》标准的制订工作。

# （二）承担单位

本文件由中国科学院过程工程研究所负责编制。

# （三）编制背景

随着工业化进程的加快，化工、印染、食品、制药等行业在生产过程中会产生大量废盐水，目前，我国每年产生的高盐废水超过3亿立方米，废盐水产生量的逐年增长给环境保护带来了巨大压力。《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等法律法规对废盐水及废盐的处置提出了严格要求，强调资源的循环利用和环境的可持续发展。因此，废盐的处理和处置已成为亟待解决的环境问题。

多级逆流双极膜电渗析再生酸碱技术作为一种先进的水处理技术，能够将高盐水中的盐分转化为对应的酸和碱，实现资源的再利用，具有广阔的应用前景。这一技术的推广和应用，不仅能够满足环保要求，还能为企业带来经济效益。

然而，目前国内关于多级逆流双极膜电渗析再生酸碱技术尚未形成操作标准，缺乏统一的行业规范，导致在实际应用中存在效率低下、操作不当及设备损耗等问题。随着这一技术在废盐水处理领域的应用逐渐增多，亟需制定相关的操作规范，以指导企业在实际应用中科学、合理地使用这一技术。

本文件的编制旨在为多级逆流双极膜电渗析再生酸碱技术的实施提供系统的指导，确保设备的安全、高效运行。通过明确操作流程、性能检测标准和安全管理措施，促进技术的规范化和标准化。本文件适用于盐水的资源化处理。

# （四）主要工作过程

1.起草阶段

2024年11月：成立标准编制工作组，确定标准编制任务，明确标准的主题、原则和目标。

2024年12月至2025年1月：开展标准调研，梳理国内外现有的高盐水处理技术标准或规范文件的主要内容和核心目标。

2025年2月：形成标准内容框架和技术流程总体思路，并向无锡市环境保护协会提交了标准制订立项申请书。

2025年2月：在全国团体标准信息平台对立项项目进行公示。

2024年3月：起草小组按立项要求起草团体标准。

2025年5月：根据无锡市环境保护产业协会标准制订程序，协会组织召开了团体标准立项专家评审会，评审专家一致同意《多级逆流双极膜电渗析系统再生酸碱操作规范》标准立项。

2.征求意见阶段

2025年2月至2025年4月，完成标准征求意见稿和征求意见稿编制说明。工作组发布征求意见的函件，向有关部门、社区和专家公开征求意见，对征求意见的结果进行汇总和整理。对标准征求意见稿进行修改，形成标准送审稿。

3.审定报批阶段

2025年3月至5月，工作组按照团体标准评审的程序和规定，提交标准送审稿，正式发函通知相关专家和代表，组织召开标准审查会。根据审查意见进行稿件的修改完善，形成标准报批稿和标准编制说明，完成标准审定并报批。

4.发布实施阶段

2025年6月下旬完成标准的发布与实施。

# 二、标准制修订原则

本文件为制订标准，遵循系统性、指导性和规范性原则，与国家现行的法律法规、部门规范性文件以及相关资料整编规程相衔接，充分考虑标准的前瞻性、可操作性和规范性，并按照GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求和规定起草。

1.系统性原则

围绕工业废水中高盐水再生酸碱技术的操作内容完整、操作流程合理的原则，按照多级逆流双极膜电渗析系统再生酸碱操作的术语和定义、整体要求、操作流程、性能检测等内容等分别开展相关具体内容的编制。

2.指导性原则

在已发布实施的《均相电渗析膜》（GB/T 45010-2024）、《高盐水浓缩电渗析器》（GB/T 43089-2023）、《中华人民共和国水污染防治法》和《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等基础上，结合当前我国工业水处理现场和发展需求，所规定的技术标准既符合国家政策及规范性文件要求，又满足实际，发挥标准能效。

3.规范性原则

召开标准编写研讨会，专家及相关人员就标准的框架、结构、内容广泛讨论，发表意见。标准的格式和语言表述符合GB/T1.1-2020的要求，确保标准内容的规范性。

# 三、标准主要条文或技术内容的依据；专利情况说明；修订标准应说明新旧标准水平的对比情况

《多级逆流双极膜电渗析系统再生酸碱操作规范》共8章，主要内容包括多级逆流双极膜电渗析系统再生酸碱操作的术语和定义、总体要求、操作流程、性能检测、安全管理等内容。

1.关于本文件的范围

本文件规定了多级逆流双极膜电渗析再生酸碱技术的总体要求、操作流程、性能检测及安全管理。

本文件适用于使用多级逆流双极膜电渗析技术进行酸碱再生处理的设备操作与管理。

2.关于本文件的引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 45010-2024《均相电渗析膜》。

GB/T 43089-2023《高盐水浓缩电渗析器》

GB 4793-2024《测量、控制和实验室用电气设备安全技术规范》

HJ/T 334-2006《环境保护产品技术要求 电渗析装置》

HY/T 034.4-1994《电渗析技术 脱盐方法》

3.关于术语和定义

本文件定义了“双极膜电渗析”、“酸碱再生”、“膜堆”和“多级逆流双极膜电渗析器”等名词。

4.关于工艺流程的描述

本文件针对多级逆流双极膜电渗析再生酸碱技术的操作流程进行了详细描述，以确保操作人员能够准确理解并规范操作。操作流程主要包括准备阶段、启动阶段、运行阶段以及停机操作四个环节，每个环节均有明确的操作步骤和控制要求。

（1）准备阶段

在启动设备之前，需对整个系统进行全面检查和准备工作。首先，操作人员需确认设备的完整性，包括双极膜电渗析器、电源柜、循环辅助设备的连接是否正确且紧固。其次，需检查进水水质是否符合标准要求，水温、pH值、悬浮固体、重金属离子等指标必须在规定范围内，以确保工艺运行的稳定性和再生酸碱的品质。

（2）启动阶段

启动阶段分为水泵和进水阀门的操作以及电源柜的操作两个部分。首先，通过逐级开启进水阀门和自循环水泵，以确保进水流量和膜堆内循环流速达到设计要求。操作过程中需避免突然开启或关闭阀门和水泵，以防止系统压力波动对设备造成损害。随后，逐级开启电源柜，并通过控制面板调节电压和电流，使设备进入稳定运行状态。此阶段要求操作人员密切关注设备的电气参数，确保电压、电流处于正常范围内。

（3）运行阶段

在此阶段，操作人员需实时监控系统的运行参数，包括电压、电流、流量、温度、膜堆压力及出口料液浓度等。通过调节电流、电压和流量，确保出口料液的酸碱浓度符合设计要求。同时，需严格控制进入双极膜电渗析器的料液温度在40℃以下，防止高温对膜组件造成损害。若发现异常或故障，应立即停机并联系专业人员检修，以保证设备的安全运行。

（4）停机操作

首先，在关闭电源之前应调降电流，防止突然断电对电子元件造成损害。随后，逐级关闭各级膜堆的自循环水泵，并缓慢关闭进水阀门。

通过上述工艺流程的规范化操作，可以实现多级逆流双极膜电渗析系统的高效稳定运行，确保再生酸碱的质量和能耗水平符合设计要求。同时，规范的操作流程有助于延长设备的使用寿命，降低运行成本，并保障操作人员的安全。

四、主要试验、验证及试行结果

在编制《多级逆流双极膜电渗析系统再生酸碱操作规范》过程中，为确保规范内容的科学性、适用性和可操作性，进行了大量的试验、验证及试行工作。包括：形成了多级逆流双极膜电渗析系统再生酸碱性能检测的试验方法：处理量、产碱能耗、盐转化率等测试方法；考察了原料浓度、进料流速、电流、电压等参数对多级逆流双极膜电渗析系统再生酸碱性能的影响；建立了该系统的在线调控方案；并在硫酸锂、葡萄糖酸钠、氯化钠等多种体系中验证了利用多级逆流双极膜电渗析系统再生酸碱的操作流程。在获得的优选参数的情况下，开展中试实验，取得较好的效果。主要的试验、验证及试行结果如下：

**（1）硫酸锂体系**

以150g/L的硫酸锂为原料，利用三级逆流双极膜电渗析系统制备氢氧化锂，第一级膜堆和第二级膜堆的电流密度为500A/m2，第三级膜堆的电流密度在350 A/m2。多级逆流系统的单位有效面积处理量为5L/(h·m2)，产LiOH浓度达到1.91mol/L，硫酸锂转化率为88.15%，产LiOH能耗为2.97 kWh/kg LiOH。

调节进料流速控制多级系统再生酸碱性能：以150g/L的硫酸锂为原料，利用三级逆流双极膜电渗析系统制备氢氧化锂，第一级膜堆和第二级膜堆的电流密度为480A/m2，第三级膜堆的电流密度在330 A/m2。调节多级逆流系统的进料流速，即单位有效面积处理量由5.6L/(h·m2)调至7L/(h·m2)，硫酸锂转化率由79.1%降至66.9%，产LiOH浓度由1.64mol/L降至1.41mol/L，产LiOH能耗由3.11kWh/kg 降至2.89kWh/kg。

**（2）葡萄糖酸钠体系**

以1.37mol/L的葡萄糖酸钠溶液为原料，利用三级逆流双极膜电渗析系统制备将葡萄糖酸钠转为葡萄糖酸，同时生成氢氧化钠，第一级膜堆和第二级膜堆的电流密度为350A/m2，第三级膜堆的电流密度在200 A/m2，盐室液、碱室液进料流速比为1:1。多级逆流系统的单位有效面积处理量为7L/(h·m2)，葡萄糖酸钠转化率为96.2%，产NaOH浓度为1.33mol/L，产NaOH能耗为1.79 kWh/kg，膜通量8.65mol/m2/h。

盐室、碱室进料流速比为2:1，仍以1.37mol/L的葡萄糖酸钠溶液为原料，利用三级逆流双极膜电渗析系统制备将葡萄糖酸钠转为葡萄糖酸，同时生成氢氧化钠，第一级膜堆和第二级膜堆的电流密度为400A/m2，第三级膜堆的电流密度在210 A/m2。多级逆流系统的单位有效面积处理量为7L/(h·m2)，葡萄糖酸钠转化率为96%，产NaOH浓度为2.28mol/L，产NaOH能耗为1.91kWh/kg，膜通量8.83mol/m2/h。

调节双极膜电渗析器电压控制多级系统再生酸碱性能：以2mol/L的葡萄糖酸钠溶液为原料，盐室、碱室进料流速比为3:2，利用三级逆流双极膜电渗析系统制备将葡萄糖酸钠转为葡萄糖酸，同时生成氢氧化钠。通过调节电压的方法改变各级双极膜电渗析器的电流密度，将各级双极膜电渗析器的电流密度由350A/m2、350A/m2、260A/m2，调至350A/m2、350A/m2、480 A/m2。葡萄糖酸钠转化率由90.5%提升至97.7%，产NaOH浓度由2.2mol/L提升至2.5mol/L，产NaOH能耗由1.86kWh/kg增加至2.41kWh/kg

**（3）氯化钠体系**

以1mol/L的氯化钠溶液为原料，利用三级逆流双极膜电渗析系统制备氢氧化钠，第一级膜堆和第二级膜堆的电流密度为450A/m2，第三级膜堆的电流密度在350 A/m2，盐室液:酸室液:碱室液的进料流速比为3:3:1。多级逆流系统的单位有效面积处理量为16L/(h·m2)，产NaOH浓度为2.1mol/L，氯化钠转化率为77.49%，产NaOH能耗为1.57kwh/kg。

调节进料流速控制多级系统再生酸碱性能：以1mol/L的氯化钠溶液为原料，利用三级逆流双极膜电渗析系统制备氢氧化钠，第一级膜堆和第二级膜堆的电流密度为450A/m2，第三级膜堆的电流密度在350 A/m2，盐室液:酸室液:碱室液的进料流速比为3:3:1。调节多级系统进料流速，即多级逆流系统的单位有效面积处理量由16L/(h·m2)降至12L/(h·m2)，产NaOH浓度由2.1mol/L提升至2.5mol/L，氯化钠转化率由77.49%升至95.13%，产NaOH能耗由1.57kwh/kg增至1.76kwh/kg。

# 五、与相关标准的关系分析

本文件与现有法律、法规和国家标准没有矛盾和抵触。不存在标准题目为：《多级逆流双极膜电渗析系统再生酸碱操作规范》现行有效的国家标准、行业标准、江苏省地方标准。

本文件符合《中华人民共和国标准法》、《中华人民共和国水污染防治法》以及《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的相关要求。本文件是对国家现行标准《高盐水浓缩电渗析器》（GB/T 43089-2023）、现行行业标准《环境保护产品技术要求 电渗析装置》（HJ/T 334-2006）、《电渗析技术 脱盐方法》（HY/T 034.4-1994）等的整合，结合工业高盐废水处理相关技术标准形成相互衔接、相互补充的整体。

# 六、采用国际标准的程度及水平说明

不涉及。

# 七、重大分歧或重难点的处理经过和依据

不涉及。

# 八、标准推广应用措施及预期效果

为了保证标准的落实与应用，进一步扩大宣传，增加社会认知。

一是组织措施。厂区作为“高盐废水”建设的基本单元，应发挥本文件编制和发布机构的优势，可以通过微信公众号、官方网站、当地主流媒体平台以及宣贯培训等方式开展标准宣贯，组织各有关单位进行本文件的学习和培训，提升标准的知晓度和应用范围。

1.宣贯对象

面向监管者：通过宣贯，增强污水处理厂区所在的街道（镇）政府和有关行业主管部门对本文件的理解、掌握和运用。

面向厂区运行负责人：加强学习高盐水处理的理论及应用知识的学习，包括有：技术要点、工艺特性以及工艺相关设备、配件的构建等。

面向厂区员工：落实技术培训，牢抓生产要义，加强安全意识。

2.宣贯方式

可通过微信公众号、官方网站、当地主流媒体平台以及宣贯培训等线上方式开展标准宣贯。同时，可在日常监管过程中采取发放标准文本、上门解疑答惑等线下方式开展标准宣贯。

二是技术措施。厂区作为高盐水处理的微观空间，是实现高盐废水全流程规范处理的重要载体。中国科学院过程工程研究所在工业高盐废水的深度处理方面开展了大量工作，可为工业高盐废水处理提供良好的技术支撑。尽快将标准应用于实践，不断收集反馈信息，及时总结经验，开展关键内容研究，为下一次修订奠定基础。

# 评审意见及处理

标准论证研讨和专家咨询会过程中，各专家均提出了建设性意见、建议共有。。。条。标准编制组对相关意见进行分类归纳处理，经讨论分析，采纳或部分采纳的建议。。。条、不采纳。。条。意见处理如表1所示：

表1 意见处理汇总表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 专家意见 | 处理情况 | 备注 |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| 4 |  |  |  |
| 5 |  |  |  |
| 6 |  |  |  |
| 7 |  |  |  |
| 8 |  |  |  |
| 9 |  |  |  |
| 10 |  |  |  |
| 11 |  |  |  |
| 12 |  |  |  |
| 13 |  |  |  |
| 14 |  |  |  |