

《锂电行业氨氮废水处理及回用技术规范》 国家标准 编制说明

（征求意见稿）

《锂电行业氨氮废水处理及回用技术规范》国家标准起草小组
2026年4月

《锂电行业氨氮废水处理及回用技术规范》国家标准编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

（一）任务来源

根据国家标准化委员会国标委发[2025]47号文《关于下达2025年第八批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》的要求，于2027年完成《锂电行业氨氮废水处理及回用技术规范》国家标准的制定工作，计划编号20254355-T-606。项目完成周期为18个月。计划申报起草单位有：衢州华友钴新材料有限公司、格林美股份有限公司、广东邦普循环科技有限公司、中伟新材料股份有限公司、中海油天津化工研究设计院有限公司。

本标准由全国化学标准化技术委员会（SAC/TC63）归口，本标准由全国化学标准化技术委员会水处理剂分会（SAC/TC63/SC5）执行，主管部门为中国石油和化学工业联合会。

（二）制定背景

人多水少、水资源时空分布不均是我国基本国情和水情。随着经济持续快速发展，工业化、城镇化进程不断推进，水资源短缺、水污染严重问题日益突出，已成为制约经济社会可持续发展的重要因素。工业作为我国用水的重要领域之一，2021年工业用水量占全国用水总量的17.7%，废水排放量约占全国污水排放量的1/4。近年来，为了缓解水资源供需矛盾、推动绿色发展，国家在不断加大对工业废水排放监管力度的同时，也高度重视工业废水的资源化利用，发布了一系列促进工业废水资源化利用的政策。2021年发展改革委、工业和信息化部等十部委发布的《关于推进污水资源化利用的指导意见》提出“积极推动工业废水资源化利用、实施工业废水循环利用工程”等要求；2021年工信部、发展改革委制定的《工业废水循环利用实施方案》提出“突破有色冶炼重金属废水深度处理与回用、湿法冶金高含盐废水回收与资源化等关键核心技术”等要求；2021年国务院发布的《“十四五”节能减排综合工作方案》提出“开展重点行业清洁生产和工业废水资源化利用改造”等要求。随着世界范围内环保法规的日趋严格以及人们环保意识的不断增强，工业废水资源化利用对推动工业绿色发展，促进经济社会绿色低碳高质量发展具有重要的现实意义。

近年来，锂电行业发展迅猛，直接带动了上游钴盐、镍盐、锰盐及前驱体产业的快速增长。随着环保标准日益趋严，锂电行业生产过程中产生的大量工业废水已经成为人们普遍关注的问题。在钴盐净化环节、正极材料前驱体（包括镍钴锰/铝三元素复合氢氧化物、碳酸钴、磷酸铁等）合成反应环节，主流的生产工艺中会大量使用氨水、碳铵等，主要作为皂化剂、络合剂或碳源，以及调节PH，产生大量的高氨氮废水。一方面，高氨氮废水若直接排入水体不仅引起水体富营养化、造成水体黑臭，给水处理的难度和成本加大，甚至对人群及生物产生毒害作用；另一方面，国标委发布的GB 8978《污水综合排放标准》、GB 31573《无机化学工业污染物排放标准》、GB 25467《铜、镍、钴工业污染物排放标准》等标准，均将工业废水中的氨氮及总氮作为重点监管对象，规定了排放上限值，且标准不断提高；再者，锂电行业中的氨氮废水通常具有水量大、硫酸盐浓度高、氨氮含量大等特点，具有一定的资源属性，回收的硫酸铵晶体、氨水、硫酸钠晶体、纯水、镍钴锰金属化合物等可外售或则回用，可以抵消部分废水处理成本。因此，随着环保压力与日俱增，加强对工业废水中氨氮的高效回收利用，在避免环境污染和资源浪费的同时，还可以产生可观的经济效益，在废水达标排放的基础上有效促进行业发展。

目前包括华友钴业、湖南邦普、格林美、中伟新材料等众多锂电企业，已经在钴盐、镍盐、锰盐及前驱体生产过程中实现了氨氮废水的资源化利用。例如华友钴业采用MVR浓缩技术回收处理钴盐生产过程中的

氨氮废水，回收得到的硫酸铵晶体和氯化铵晶体，满足国家标准 GB/T 535《肥料级硫酸铵》和 GB/T 2946《氯化铵》的要求，可年增收入超过 6 千万元。锂电行业氨氮废水种类繁多，具有高氨氮、不同企业的生产工艺和技术装备水平各有差异，导致氨氮废水资源化利用水平参差不齐，且在新能源产业大力发展的背景下，更多企业将涌入锂电行业。行业发展，标准先行。目前尚无针对锂电行业高附加值氨氮废水的处理及回收利用技术规范类标准，为了贯彻落实国务院发布的《工业废水循环利用实施方案》中“推广应用有色冶炼重金属废水深度处理与回用、高盐废水资源化处理等废水循环利用先进装备技术工艺”的要求，为新建锂电企业及技术力量相对薄弱的锂电企业提供可参考应用的氨氮废水处理及回收利用技术，以满足企业环保及降本增效的需求，并促进行业可持续发展，迫切需要制定锂电行业氨氮废水处理及回收利用技术规范标准。

（三）主要工作过程

1、起草阶段（2026.1~2026.3）

① 起草工作组

主要起草单位有：衢州华友钴新材料有限公司、格林美股份有限公司、浙江华友钴业股份有限公司、中海油天津化工研究设计院有限公司、贵州雅友新材料有限公司、广西中伟新能源科技有限公司、北京英诺格林科技有限公司等。

② 分工情况

天津院主要负责标准制修订工作总体协调，及资料收集、编写文献小结、组织召开标准工作会议编写标准各阶段草案、编制说明及相关附件等工作。其他单位主要负责提供试各相关产品工艺流程、验证数据及参加工作会议讨论、对标准过程稿件提出修改意见等。具体分工情况见表 1。

表 1 起草单位及人员分工情况

| 序号 | 单位 | 姓名 | 分工 |
|----|------------------|-----|------------------------------------|
| 1 | 衢州华友钴新材料有限公司 | 刘凤梅 | 参加工作会议讨论、负责试验方法验证、对标准过程稿件提出修改意见 |
| 2 | 格林美股份有限公司 | 许开华 | 参加工作会议讨论、负责试验方法验证、对标准过程稿件提出修改意见 |
| 3 | 浙江华友钴业股份有限公司 | 李锋 | 参加工作会议讨论、负责试验方法验证、对标准过程稿件提出修改意见 |
| 4 | 中海油天津化工研究设计院有限公司 | 张凯 | 编写标准各阶段草案、组织召开标准工作会议 |
| 5 | 贵州雅友新材料有限公司 | 林奕 | 参加工作会议讨论、负责试验方法验证、对标准过程稿件提出修改意见 |
| 6 | 广西中伟新能源科技有限公司 | 袁国和 | 参加工作会议讨论、负责试验方法验证、对标准过程稿件提出修改意见 |
| 7 | 北京英诺格林科技有限公司 | 徐斌 | 参加工作会议讨论、负责试验方法验证、对标准过程稿件提出修改意见 |
| 8 | 衢州华友钴新材料有限公司 | 王志刚 | 参加工作会议讨论、负责试验方法验证、对标准过程稿件提出修改意见 |
| 9 | 格林美股份有限公司 | 王慧 | 参加工作会议讨论、负责试验方法验证、对标准过程稿件提出修改意见 |
| 10 | 浙江华友钴业股份有限公司 | 吴倩 | 参加工作会议讨论、开展试验验证工作 |
| 11 | 贵州雅友新材料有限公司 | 李万 | 参加工作会议讨论、负责试验方法验证 |
| 12 | 广西中伟新能源科技有限公司 | 阎硕 | 参加工作会议讨论、开展试验验证工作 |
| 13 | 北京英诺格林科技有限公司 | 扈圣军 | 参加工作会议讨论、开展试验验证工作 |
| 14 | 衢州华友钴新材料有限公司 | 单祥雷 | 参加工作会议讨论、开展试验验证工作 |
| 15 | 格林美股份有限公司 | 徐鑫 | 参加工作会议讨论、开展试验验证工作 |
| 16 | 中海油天津化工研究设计院有限公司 | 王莹 | 负责标准制修订工作总体协调、编写标准各阶段草案、组织召开标准工作会议 |

③调查研究过程

天津院接到上级部门下达制定《锂电行业氨氮废水处理及回用技术规范》的计划后，首先查阅了国内外标准及有关技术资料，并向生产、使用单位发函，进行调查并广泛征求对标准制定工作的意见，在此基础上提出了文献小结。2026年4月7日由中海油天津化工研究设计院有限公司在天津组织了工作方案会，会上生产单位就各自的生产工艺、产生氨氮废水环节及回收利用方式进行了介绍。与会代表就此标准的特征值、处理及回用工艺流程、处理及回用技术要求、回用水质及产品要求、环境保护要求等内容进行了深入、细致的讨论，提出了工作方案，并对各项工作任务及工作进度做了详细的安排。

④工作组讨论稿

根据前期调查情况，起草单位于2026年4月7日由中海油天津化工研究设计院有限公司在天津召开了工作方案会，在试验验证的基础上工作组提出工作组讨论稿。

2、标准征求意见阶段（2026.5~2025.7）

① 广泛征求意见

在起草阶段工作组讨论稿基础上，由负责起草单位提出标准草案征求意见稿及编制说明。于2026年7月向水处理剂分会的委员、生产企业、使用、科研及检验机构等单位发送了电子文件征求意见稿及编制说明，并在网上（www.trici.com.cn）公开征求意见。同时于2026年7月开始在国标委网站上公开征求意见，在国标委网站征求意见期间未收集到意见反馈。

② 意见的反馈与处理

发送征求意见稿的单位数 个，收到征求意见稿后回函单位数 个，收到征求意见稿后回函并有建议或意见的单位数 个，没有回函的单位数 个。对收到的意见全部进行处理，收到意见全部采纳，无未采纳及部分采纳意见，处理情况详见征求意见稿意见汇总处理表

3、标准预审会阶段（2026.8）

2026年7月起草小组在山西太原召开了标准预审会，与会代表对征求意见稿和网上征求意见的反馈结果进行了认真细致地讨论，并通过讨论对征求意见稿进一步修改、完善，形成了预审会会议纪要。会后按照会议纪要的要求，天津院对标准征求意见稿进行修改。2026年9月对征求意见稿进行修改形成标准送审稿及编制说明。报送全国化学标准化技术委员会无机化工分技术委员会审查。

4、标准审查阶段（2026.11）

5、报批阶段（2027.）

二、国家标准编制原则、标准体系和确定国家标准主要内容

（一）国家标准编制原则

- 1 按 GB/T 1.1 的规定起草；
- 2 积极采用国际标准和国外先进标准；
- 3 有利于加强对环境及人身安全保护；

- 4 有利于合理利用资源和节能减排；
、 遵循科学性、先进性、统一性。

（二） 编制依据

根据国内现有具有代表性、具有推广意义、已经工业化的锂电行业氨氮废水处理及回收利用技术、企业调研情况以及收集到的技术文献资料编制本标准。

（三） 确定国家标准制定主要内容的论据

1、 范围的确定：

本文件规定了锂电行业氨氮废水的特征值、处理及回用工艺流程、处理及回用技术要求、回用水质及产品要求、环境保护要求。

本文件适用于锂电行业氨氮废水的处理及回用。

2、 主要内容的确定

2.1 锂电行业氨氮废水来源

在双碳背景下，我国锂电行业发展迅猛，带动锂离子电池及其上游原材料出货量大幅增长。EVTank 数据显示，2025 年中国锂离子电池出货量达到 1888.6GWh，同比增长 55.5%，较 2024 年增速高 18.6 个百分点，在全球锂离子电池总体出货量的占比达到 82.8%，出货量占比持续提升。GGII 调研显示，2025 年中国锂电正极材料出货量达 502.5 万吨，同比激增 50%，较 2023 年 248 万吨实现翻倍，2026 年预计出货量将增长至 650 万吨以上，行业高景气延续；2025 年我国六氟磷酸锂产量约 28.4 万吨，同比增幅达 36.5%。

锂离子电池正极材料前驱体及其原材料作为电池产业链衔接上游资源与下游材料的关键中间产品，其市场需求也伴随下游正极材料的迅速扩产而显著增加。数据显示，2025 年中国三元前驱体产量为 91.8 万吨，同比增长 7.9%；磷酸铁产量为 324.48 万吨，同比增长 65.64%；氯化钴、四氧化三钴产量约 7.3 万金吨、12.13 万实物吨，同比分别大幅增长 16.92%、28.71%，呈现稳步攀升态势。我国新能源汽车产业逐步进入全面市场化拓展期，在政策和市场的双重作用下，随着渗透率快速提升，锂电正极材料前驱体及其原材料市场空间广阔。

在锂离子电池正极材料前驱体及其原材料生产过程中，硫酸钴、氯化钴的萃取环节，和碳酸钴、磷酸铁、镍钴锰/铝三元素复合氢氧化物的合成及洗涤环节，以及六氟磷酸锂的合成尾气吸收环节中，会大量使用氨水、碳铵等，主要作为皂化剂、络合剂、碳源或吸收剂，以及调节 PH，对应产生大量的高氨氮废水。

2.1.1 硫酸钴、氯化钴、碳酸钴生产过程氨氮废水

国内硫酸钴、氯化钴、碳酸钴生产企业主要包括衢州华友钴新材料有限公司、格林美股份有限公司、金川集团股份有限公司、赣州寒锐新能源科技有限公司、中伟新材料股份有限公司、浙江华友钴业股份有限公司等，主要以粗制钴盐、含钴回收料等含钴原料，经浸出、萃取、合成/蒸发结晶等工序制备。硫酸钴、氯化钴、碳酸钴典型的工艺流程见图 1，氨氮废水主要来源于萃取、合成、洗涤环节，生产每金属吨硫酸钴、氯化钴将产生氨氮废水约 40~50 t，生产每金属碳酸钴将产生氨氮废水约 30~50 吨。

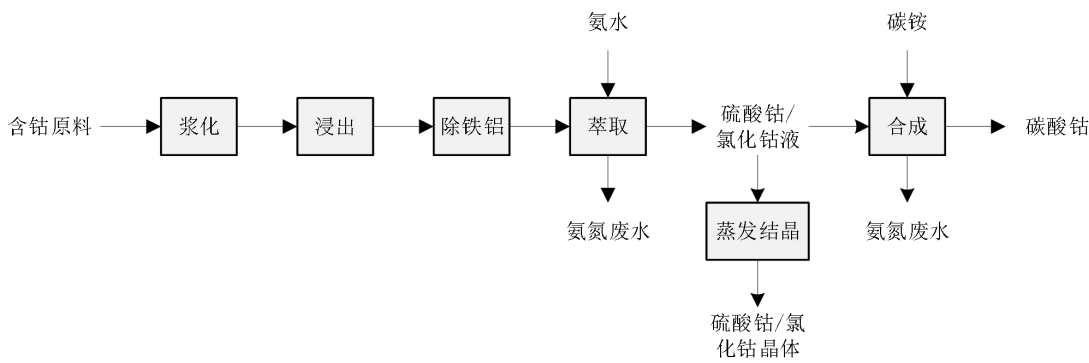


图1 硫酸钴、氯化钴、碳酸钴典型工艺流程图

硫酸钴、氯化钴生产过程氨氮废水的检测结果如表1，主要污染物为硫酸铵、pH值、油分等。通常情况下，硫酸铵浓度通常在120g/L~140g/L之间、油分浓度在0.05g/L~0.3g/L之间、pH值在4.0~7.5之间。

表1 硫酸钴、氯化钴生产过程氨氮废水检测结果

| 主要项目 | 1# | 2# | 3# | 4# | 5# | 6# |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| (NH ₄) ₂ SO ₄ , g/L | 135.99 | 130.02 | 132.69 | 124.38 | 127.59 | 135.28 |
| pH | 6.5 | 6.5 | 7 | 6.5 | 7 | 7.5 |
| 油, g/L | 0.071 | 0.16 | 0.12 | 0.058 | 0.14 | 0.27 |

碳酸钴合成母液中氨氮废水的检测结果如表2，主要污染物为硫酸铵/氯化铵、钴金属、pH值等。通常情况下，硫酸铵/氯化铵浓度在60g/L~90g/L之间、钴金属浓度0.05g/L~0.2g/L之间、pH值在5.0~9.0之间。

表2 碳酸钴生产过程氨氮废水检测结果

| 主要项目 | 1# | 2# | 3# | 4# | 5# | 6# |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| (NH ₄) ₂ SO ₄ , g/L | 67.21 | 69.38 | 82.41 | 77.54 | 81.38 | 73.39 |
| Co, g/L | 0.1868 | 0.1357 | 0.1734 | 0.1727 | 0.1206 | 0.064 |
| pH | 8.34 | 8.13 | 8.31 | 8.25 | 8.11 | 8.33 |

2.2.2 磷酸铁生产过程氨氮废水

国内磷酸铁生产企业主要包括湖南裕能、湖北宜化、天赐材料、安纳达、云天化等，主要生产工艺包括铵法、钠法、铁法及回收法。其中铵法具有技术成熟、产品形貌和振实密度控制较好、成本优势等，是目前主流的磷酸铁生产工艺（见图2），代表企业包括华友钴业、中伟、天赐材料、湖北万润等。典型的生产工艺流程图见图3，氨氮废水主要来源于合成、洗涤环节，生产每吨磷酸铁产品将产生母液约12~15 t，产生洗水约35~45 t。

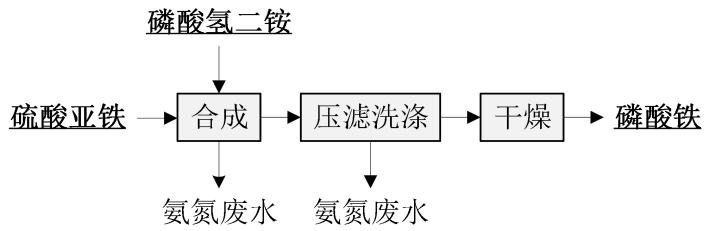
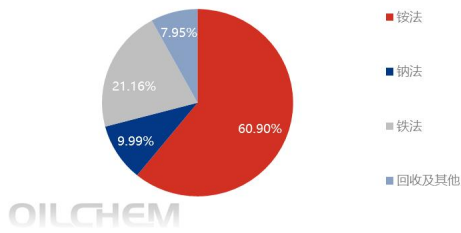


图2 2025年国内磷酸铁主流工艺占比图（数据来源：隆众资讯）

图3 铵法-磷酸铁典型生产工艺流程图

磷酸铁合成母液中氨氮废水的检测结果如表3，废水主要成分为硫酸铵，主要污染物为氨氮、铁、磷、pH值等。通常情况下，氨氮浓度在6000ppm~9000ppm之间、铁金属离子浓度50ppm~200ppm、pH值在1.0~3.0之间。

表3 磷酸铁生产过程氨氮废水检测结果

| 主要项目 | 1# | 2# | 3# | 4# | 5# | 6# |
|--------------------------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
| NH ₃ -N, mg/L | 7282.5 | 7367.5 | 6757.5 | 11365 | 9450 | 9170 |
| Fe, mg/L | 78.91 | 55.74 | 159.70 | 5.684 | 68.15 | 12.52 |
| P, mg/L | 91.669 | 90.86 | 1065.00 | 7990.72 | 2194.07 | 995.42 |
| Ca, mg/L | 10.032 | 12.10 | 25.99 | 18.13 | 11.75 | 12.07 |
| Mg, mg/L | 440.404 | 446.71 | 307.67 | 41.71 | 378.03 | 279.02 |
| Mn, mg/L | 126.16 | 127.81 | 103.38 | 10.86 | 125.25 | 112.14 |
| pH | 2.09 | 2.05 | 2.32 | 2.23 | 1.87 | 2.28 |

2.2.3 镍钴锰/铝三元素氢氧化物生产过程氨氮废水

目前镍钴锰/铝三元素氢氧化物主要采用共沉淀工艺生产，主要分为直接沉淀法、均匀沉淀法、络合沉淀法和控制结晶法。其中络合沉淀法采用氨水作为络合剂（还起到调节pH的作用），能够降低结晶过程中的成核速率，提高样品的堆积密度，应用最为广泛，代表企业包括华友钴业、格林美、中伟、湖南邦普等。典型的生产工艺流程图见图3，氨氮废水主要来源于合成、洗涤环节，生产每吨镍钴锰/铝三元素氢氧化物将产生氨氮废水约15~30 t。

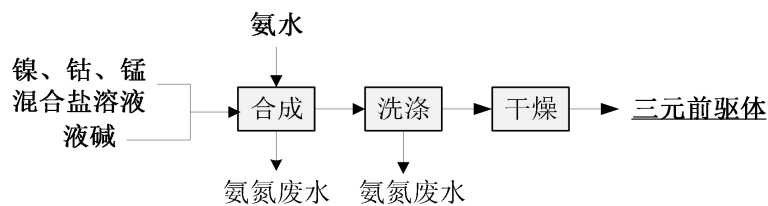


图4 镍钴锰/铝三元素氢氧化物典型工艺流程图

镍钴锰/铝三元素复合氢氧化物合成母液中氨氮废水的检测结果如表4，主要污染物为pH值、氨浓度、镍/钴/锰金属等。通常情况下，氨氮浓度在2000ppm~5000ppm之间、镍金属离子浓度在0.5ppm~40ppm之间、钴金属和锰金属离子浓度均在0.1ppm~2ppm之间、pH值在10~13之间。

表4 镍钴锰/铝三元素复合氢氧化物生产过程氨氮废水检测结果

| | | | | | | |
|-------------------------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 主要项目 | 1# | 2# | 3# | 4# | 5# | 6# |
| NH ₃ -N, ppm | 3963 | 4104.5 | 4628 | 4359.5 | 2370.5 | 2308.5 |
| Ni, ppm | 14.8 | 3.6 | 16.4 | 32.8 | 0.5 | 1.5 |
| Co, ppm | 1.4 | 1.5 | 1.4 | 1.5 | 0.2 | 0.5 |
| Mn, ppm | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | 0.2 |
| pH | 10.86 | 11.02 | 10.96 | 11.19 | 11.91 | 12.03 |

2.2.4 六氟磷酸锂生产过程氨氮废水

目前六氟磷酸锂主要采用氟化氢溶剂法和有机溶剂法来生产，其中氟化氢溶剂法其技术成熟、产品纯度高的优势，占据着市场的主导地位，约有80%以上的产能采用此工艺，代表企业包括多氟多、森田化工、新泰材料、永太科技等。氟化氢溶剂法生产六氟磷酸锂过程中产生的尾气主要有HF、HCl、PF₅，氨氮废水主要来源氨吸收尾气环节。

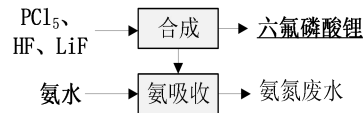


图5 六氟磷酸锂典型工艺流程图

3 锂电行业氨氮废水特征值

锂电行业氨氮废水特征值及负荷见表5。

表5 氨氮废水主要污染物及负荷

| 生产单元 | 产生环节 | 主要污染物及负荷 |
|-------------------|------------------|---|
| 硫酸钴、氯化钴生产厂 | 浸出、萃取 | 主要污染物为pH值、硫酸铵浓度、油分等，通常情况下，其中pH值4.0~7.5；硫酸铵浓度100g/L~150g/L；油分0.05g/L~2.0g/L。 |
| 碳酸钴生产厂 | 合成、洗涤 | 主要污染物为pH值、硫酸铵/氯化铵浓度、钴金属离子等，通常情况下，其中pH值7.0~9.0；硫酸铵浓度60g/L~90g/L；钴金属离子浓度0.02g/L~0.2g/L。 |
| 磷酸铁生产厂 | 合成、压滤、洗涤 | 主要污染物为pH值、硫酸铵浓度、磷酸根离子、镁金属离子、锰金属离子、铁金属离子等，通常情况下，其中pH值1.0~3.0；硫酸铵浓度10g/L~50g/L；磷浓度0.1g/L~20g/L；镁金属离子浓度0.02g/L~0.5g/L；锰金属离子浓度0.02g/L~0.3g/L；铁金属离子浓度0.05g/L~0.4g/L。 |
| 镍钴锰/铝三元素复合氢氧化物生产厂 | 镍钴锰/铝三元素复合氢氧化物合成 | 主要污染物为pH值、氨氮、钠盐、镍金属离子等，通常情况下，其中pH值9.0~13.0之间；氨氮浓度0.5g/L~5g/L；镍金属离子浓度0.0001g/L~0.2g/L。 |
| 六氟磷酸锂生产厂 | 合成尾气吸收 | 主要污染物为氟离子、氯化铵浓度、氯离子等，通常情况下，其中氟离子浓度约10g/L。 |

4 锂电行业氨氮废水处理及回用工艺流程

4.1 硫酸钴、氯化钴、碳酸钴生产过程氨氮废水处理及回用

4.1.1 工艺原理及优势

钴盐、碳酸钴生产过程中产生的氨氮废水中主要含有铵盐、油分、重金属离子，可经除重、除油、蒸发等工序可以回收硫酸铵晶体副产品，主要采用“预处理+蒸发结晶+膜处理”组合法处理及回用氨氮废水。预处理阶段主要除油、回收钴等有价金属，保护后续蒸发结晶系统。蒸发结晶阶段主要采用 MVR 技术，相较于多效蒸发，能耗更低，运行成本更优，实现铵盐回收利用。膜处理阶段主要采用过滤+反渗透膜技术对硫酸铵蒸发冷凝水进行浓缩减量，来实现氨氮废水中水的回收利用，制备的纯水返回生产使用。

4.1.2 应用实例及工艺流程

硫酸钴、氯化钴生产过程中产生氨氮废水主要是氨水皂化后液，主要含有硫酸铵、油分、重金属离子等。氨氮废水经调节 pH、树脂除油、调节 pH 后，与蒸发冷凝水进行换热，再通过 MVR 或多效蒸发结晶、离心、干燥得到铵盐产品；蒸发冷凝水经板式换热器换热后，通过膜处理法得到纯水和浓水，纯水可工艺回用，浓水重新进行蒸发结晶，实现氨氮废水的全组分资源化利用。

碳酸钴生产过程中产生氨氮废水主要是合成母液、洗水，主要含有硫酸铵/氯化铵浓度、钴金属离子等。氨氮废水先通过树脂吸附法或硫化铵除钴，得到的含钴解析液/含钴回收料（返投浸出或萃取工序，实现钴金属回收利用）、除钴后氨氮废水；除钴后氨氮废水再经过再通过 MVR 或多效蒸发结晶、离心、干燥得到铵盐产品；蒸发冷凝水经板式换热器换热后，通过膜处理法得到纯水和浓水，纯水可工艺回用，浓水重新进行蒸发结晶，实现氨氮废水的全组分资源化利用。

硫酸钴、氯化钴、碳酸钴氨氮废水回收利用的典型工艺流程图见图 6。

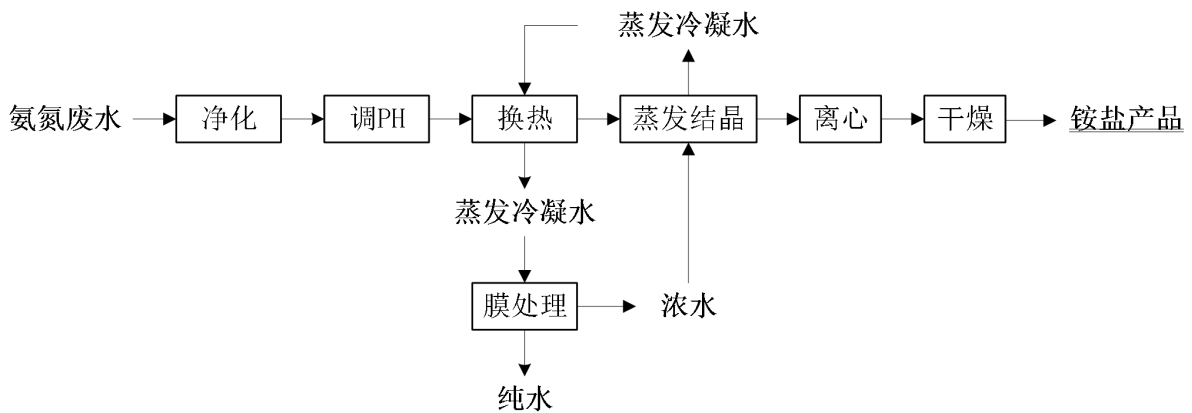


图6 硫酸钴、氯化钴、碳酸钴氨氮废水处理及回用工艺流程

4.1.3 主要技术要求

- 1) 宜采用“预处理+蒸发结晶+膜处理”组合法处理及回用氨氮废水。
- 2) 硫酸钴、氯化钴、碳酸钴生产过程中氨氮废水须经过净化后方可生产铵盐副产品。
- 3) 硫酸钴、氯化钴生产过程中产出的氨氮废水的油分浓度较高，净化工序宜采用树脂或活性炭进行吸附除油。净化后的氨氮废水中油分不大于0.02g/L。
- 4) 碳酸钴生产过程中产出的氨氮废水的钴金属浓度较高，净化工序宜采用树脂吸附法或沉重法除钴，沉重剂宜选用硫化铵。净化后的氨氮废水中钴金属离子浓度不大于0.02g/L。

- 5) 进入MVR蒸发前的氨氮废水应调节pH值，组分为硫酸铵的氨氮废水pH值宜控制在4~6范围内，组分为氯化铵的氨氮废水pH值宜控制在6~7.5范围内。
- 6) 蒸发结晶过程中硫酸铵产品的蒸发温度宜控制在 $85^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ ，氯化铵产品的蒸发温度宜控制在 $85^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ 。
- 7) 蒸发冷凝水温度较高，宜采用板式换热器与蒸发前液进行换热，进行余热利用。
- 8) 蒸发冷凝水宜采用膜处理法进行处理及回用。纯水电导率 $\leq 10\mu\text{s} / \text{cm}$ ，应工艺回用；浓水进入蒸发结晶工序。
- 9) 硫酸铵晶体应符合HG/T 5744《工业硫酸铵》的要求，氯化铵晶体应符合GB/T 2946《氯化铵》的要求。

4.2 磷酸铁生产过程氨氮废水处理及回用

4.2.1 工艺原理及优势

在采用铵法生产磷酸铁工艺过程中，废水水量较大，含有大量氨氮和硫酸根，和较多的铁、镁、钙、锰、钛等金属离子，且pH均较低（呈强酸性），通常采用“预处理+膜浓缩+蒸发结晶”组合工艺来处理。预处理阶段这一工艺不仅能有效去除废水中的污染物，还能实现水资源的循环利用和有价值成分的回收。预处理阶段主要是去除废水中的重金属（铁、锰、镁等）、悬浮物等，为后续的膜系统“减负”；膜浓缩阶段主要是实现水资源回用的核心，通过超滤、反渗透等膜技术，将预处理后的清水和高盐/高浓度废水分开；蒸发结晶阶段主要是对于浓缩后的高浓度废水，通过MVR或多效蒸发生产铵盐，蒸发冷凝水返膜处理。

4.2.2 应用实例及工艺流程

磷酸铁生产过程中产生氨氮废水主要含有氨氮、硫酸根、铁离子、镁离子、锰离子、磷酸根离子等。氨氮废水主要经预处理（调节pH、净化等）去除废水中的铁锰离子、悬浮物质和固体颗粒；再通过膜处理（超滤、反渗透膜等）制备纯水和浓水，纯水可工艺回用，浓水进入蒸发结晶；最后通过蒸发结晶生产硫酸铵副产品，实现氨氮废水的全组分资源化利用，典型的工艺流程图见图7。

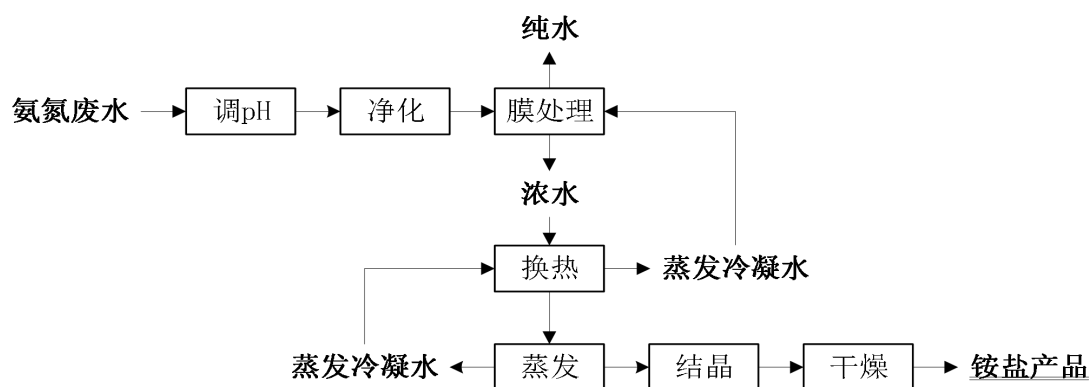


图7 磷酸铁生产过程中氨氮废水处理及回用工艺流程图

4.2.3 主要技术要求

- 1) 宜采用“预处理+膜浓缩+蒸发结晶”组合法处理及回收氨氮废水。
- 2) 磷酸铁生产过程中产生的氨氮废水的铁离子、镁离子、锰离子、磷酸根离子浓度较高，采用氨水调节氨氮废水pH值去除钙镁等金属离子，pH宜控制在8~8.5范围内。

- 3) 净化工序采用多介质过滤器（如锰砂过滤器）去除废水中的铁锰离子、悬浮物质和固体颗粒。净化后的氨氮废水的出水浊度宜不大于5NTU。
- 4) 膜处理工序采用多级膜处理系统（包括超滤、纳滤、反渗透等膜浓缩技术）去除废水中的溶解性盐类和有机物，同时实现废水的浓缩和纯水的回收。
- 5) 蒸发结晶工序采用多效蒸发或机械式蒸汽再压缩（MVR）技术生产硫酸铵，进水pH值宜控制在6~10范围内，蒸发结晶温度宜控制在85°C~100°C范围内。
- 6) 蒸发冷凝水温度较高，宜采用板式换热器与蒸发前液进行换热，进行余热利用。
- 7) 蒸发冷凝水宜采用膜处理法进行处理及回用。纯水电导率 $\leq 10\mu\text{s}/\text{cm}$ ，回用到磷酸铁装置作为洗涤水和原料溶解用水；浓水进入蒸发结晶工序。
- 8) 硫酸铵晶体应符合国家标准HG/T 5744《工业硫酸铵》的要求。

4.3 镍钴锰/铝三元素复合氢氧化物氨氮废水处理及回用

4.3.1 工艺原理及优势

镍钴锰/铝三元素复合氢氧化物氨氮废水中，主要含有未反应的镍、钴、锰等重金属离子、高浓度氨氮，以及高浓度的硫酸钠盐分。其中氨氮多以铵离子（ NH_4^+ ）和游离氨（ NH_3 ）的状态存在，二者并保持平衡，平衡关系受PH值影响，当PH值为7时，氨氮多以 NH_4^+ 的状态存在，而当PH值为10左右时，氨氮以 NH_3 形态存在。传统的脱氨氮工艺，如化学沉淀、折点加氯、硝化反硝化等，不能满足国家和地方的环保要求和处理成本高的问题；而传统的石灰除重工艺也存在除重不彻底，产生大量废渣无法处理的情况。因此，通常采用“预处理+汽提法+蒸发结晶+膜浓缩”组合法处理及回收利用镍钴锰/铝三元素复合氢氧化物生产过程中的氨氮废水。

预处理阶段主要是加液碱提高pH，促进铵离子（ NH_4^+ ）向游离氨（ NH_3 ）形态转变；核心是汽提法，该技术基于氨与水分子相对挥发度的差异，在精馏塔内进行数十次气液相平衡，将氨以分子氨的形式从水中分离，然后以氨水或液氨的形式进行回收；蒸发结晶阶段主要通过沉重和结晶分离，回收含镍钴回收料和硫酸钠盐；膜浓缩阶段深度处理蒸发冷凝水，制备纯水返回工艺使用，实现工业用水的回用。

4.3.2 应用实例及工艺流程图

镍钴锰/铝三元素复合氢氧化物氨氮废水，主要包括含氨氮的合成母液和洗涤废水，主要采用汽提法来处理及回用。将氨氮废水的pH值调节到10以上后，进入氨汽提塔，塔釜用蒸汽加热；在塔中，水中分子态氨以气体的形式从塔顶排出，并被冷凝器冷却到常温成为高纯氨水，可以直接回用于生产，实现资源化循环利用。脱氨后液经与脱氨前液进行换热后，压滤得到的脱氨回收料可返溶工艺回用，实现有价金属回收利用；压滤后液进一步MVR蒸发结晶得到硫酸钠晶体（可外售），冷凝水进行膜处理，纯水工艺回用，浓水与蒸发母液一并返回脱氨塔进行脱氨，实现氨氮废水的全组分资源化利用。

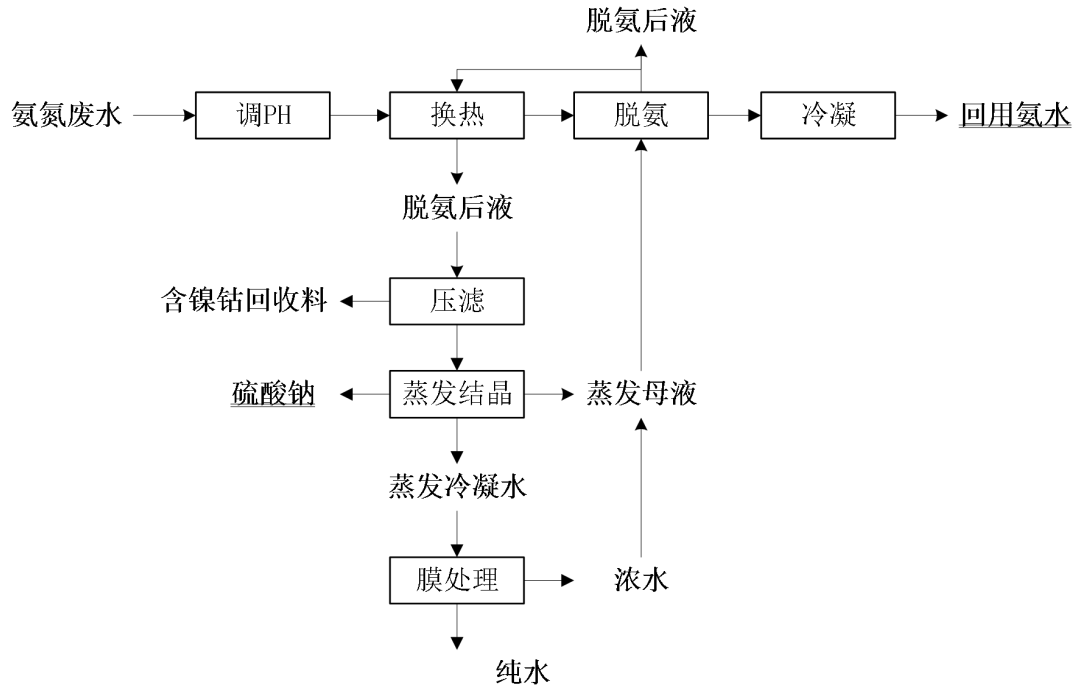
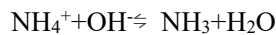


图 8

镍钴锰/铝三元素复合氢氧化物氨氮废水回收利用工艺流程

氨氮废水中氨氮多以铵离子(NH₄⁺)和游离氨(NH₃)的状态存在，两者并保持平衡，平衡关系为：



这一关系受pH值的影响，当pH值升高时，平衡向右移动，游离氨所占比例增大，有利于吹脱。同时温度也有一定的影响，温度高吹脱效果就好。但要保证远低于水的沸点否则水挥发过快而使废水浓度增高，造成人为处理难度增加。因此，为了提高氨氮废水中氨氮的回用率，并保证脱氨后液达到排放要求，兼顾成本与环保要求，在汽提法处理氨氮废水过程中，需要控制氨氮废水进入汽提塔前的pH值和温度，以及塔釜的温度和压力。为了保证蒸发结晶后硫酸钠晶体的产品质量，需要控制脱氨后液的氨含量（以NH₃计）、pH值。

4.3.3 主要技术要求

- 1) 宜采用汽提法处理及回用氨氮废水。
- 2) 预处理过程中，宜采用液体氢氧化钠调节氨氮废水的pH值，宜控制在10~14范围内；废水的温度宜控制在70°C~90°C。
- 3) 宜采用脱氨塔进行脱氨，塔釜温度宜控制在90°C~110°C，塔釜压力宜控制在19kPa~32kPa。
- 4) 脱氨后液的氨含量（以NH₃计）不大于0.02g/L。
- 5) 脱氨后液宜通过板式换热器先与合成母液进行热交换，压滤后得到含镍钴回收料。含镍钴回收料返溶后可工艺回用。
- 6) 宜采用MVR蒸发法（蒸汽机械再压缩技术或三效蒸发技术）处理及回收压滤后的脱氨后液，其pH值宜控制在8~10范围内。
- 7) 回用氨水中氨浓度宜控制在10%以内，可工艺回用。
- 8) 硫酸钠晶体应符合GB/T 6009《工业无水硫酸钠》的要求。

4.4 六氟磷酸锂生产过程中氨氮废水处理及回用

4.4.1 工艺原理及优势

目前六氟磷酸锂主要采用氟化氢溶剂法和有机溶剂法来生产，其中氟化氢溶剂法其技术成熟、产品纯度高的优势，占据着市场的主导地位，约有80%以上的产能采用此工艺，代表企业包括多氟多、森田化工、新泰材料、永太科技等。氟化氢溶剂法生产六氟磷酸锂过程中产生的尾气主要有HF、HCl、PF₅，常用的尾气处理措施为直接用清水吸收得到混酸(盐酸质量分数28%~30%，氢氟酸质量分数4%~6%)销售。然而含氟混酸售价低，有长期储存风险，应用范围小，经济效益差。而通过氨吸收、除氟、蒸发结晶等工序将HCl转化为氯化铵副产物，可大幅提高其价值，经济效益明显。

4.4.2 应用实例及工艺流程图

六氟磷酸锂生产过程中产生的氨氮废水中主要含有氟离子、氨氮、氯离子等，在生产氯化铵副产品时，为保障氯化铵副产品应用价值，并避免带来环境风险，必须进行脱氟处理。故其生产工序主要包括氨吸收、除氟、蒸发结晶等工序，宜采用图9所示的处理工艺。

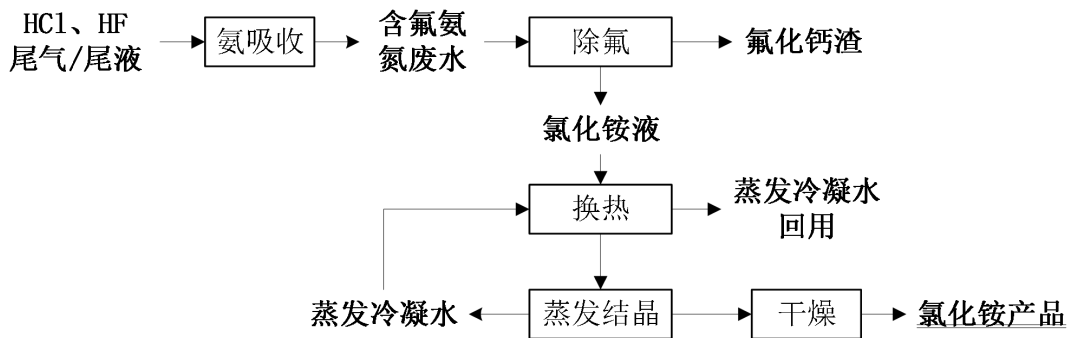


图9 六氟磷酸锂生产过程中氨氮废水处理及回用工艺流程图

4.4.3 主要技术要求

- 1) 应采用“除氟+蒸发结晶”组合法处理及回用氨氮废水。
- 2) 除氟工序采用钙盐沉淀法除氟，pH值宜控制在6.5~7.5范围内，加入过量的CaCl₂（过量系数约1.1），除氟后的氯化铵溶液中氟离子浓度应小于5mg/L。
- 3) 蒸发结晶工序采用多效蒸发或机械式蒸汽再压缩(MVR)技术生产氯化铵产品，进水pH值宜控制在6~7.5范围内，蒸发温度宜控制在85℃±25℃。
- 4) 蒸发冷凝水温度较高，宜采用板式换热器与蒸发前液进行换热，进行余热利用。
- 5) 蒸发冷凝水宜回用于六氟磷酸锂装置。
- 6) 氯化铵晶体应符合国家标准GB/T 2946《氯化铵》的要求。

5 氨氮废水中氨氮回用率计算方法

5.1 铵盐

5.1.1 氨氮废水中氨氮平衡如图10。

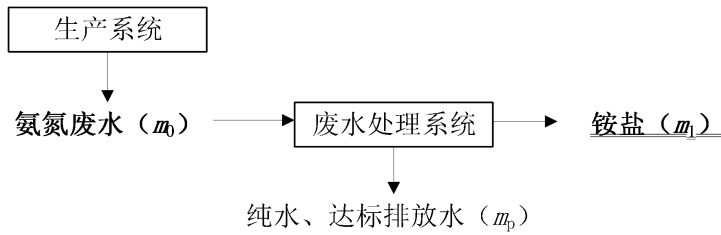


图10 钴盐、四氧化三钴、磷酸铁氨氮废水中氨氮平衡图

5.1.2 氨氮废水中氨氮回用率（以N计）的计算方法如下：

$$\varphi = m_1/m_0 \times 100\% = (m_s \times \omega_s) / (V_0 \times \rho \times 0.001) \times 100\%$$

式中：

φ —氨氮回用率，单位为%；

m_1 —铵盐中N的质量，单位为吨（t）；

m_0 —氨氮废水中的N的质量，单位为吨（t）；

m_s —铵盐质量，单位为吨（t）；

ω_s —铵盐中N的质量分数，单位为%；

V_0 —氨氮废水体积，单位为立方米（ m^3 ）；

ρ —氨氮废水中N的质量浓度，单位为毫克每升（ mg/L ）；

0.001—单位转化系数。

5.2 回用氨水

5.2.1 氨氮废水中氨氮平衡如图11。

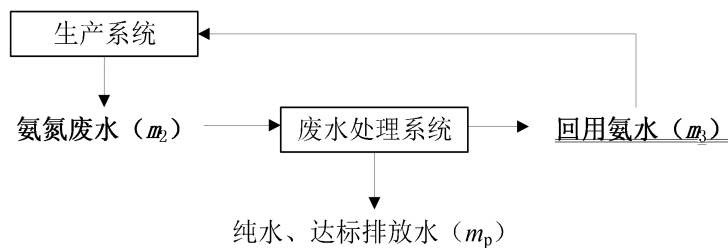


图11 三元前驱体氨氮废水中氨氮平衡图

5.2.2 氨氮废水中氨氮回用率（以氨氮计）的计算方法如下：

$$\varphi = m_3/m_2 \times 100\% = (V_h \times \rho_h \times 0.001) / (V_f \times \rho_f \times 0.001) \times 100\%$$

式中：

φ —氨氮回收率，单位为%；

m_3 —回用氨水中的N的质量，单位为吨（t）；

m_2 —氨氮废水的N的质量，单位为吨（t）；

V_h —回用氨水的体积，单位为立方米（ m^3 ）；

ρ_h —回用氨水中N的质量浓度，单位为毫克每升（ mg/L ）；

V_f —氨氮废水的体积，单位为立方米（ m^3 ）；

ρ_f —氨氮废水中N的质量浓度，单位为毫克每升（ mg/L ）；

0.001—单位转化系数。

6 环境保护要求

6.1 废水

企业在处理氨氮废水过程中，外排的废水应符合GB 25467、GB 31573的要求。

6.2 废气

企业在处理氨氮废水过程中，产生的废气经处理后应符合GB 25467、GB 16297、GB 31573的要求。

6.3 固体废物

企业在处理氨氮废水过程中，产生的固体废物应按GB 5085的规定鉴别，并统一收集、贮存，具有危险废物特性的应交给具有相关处理资质的单位进行处理。

三、综述报告、技术经济论证、预期的经济效果

1、综述报告

标准实施后，可在锂电行业内有效推广氨氮废水回收利用技术，促进氨氮废水中有价金属（Ni、Co、Mn）、氨氮、余热、水、钠盐回收利用，实现氨氮废水的全组分资源化利用及“零”排放。

2、技术经济论证

降低全产业链综合生产成本，提升锂电产品市场竞争力 原料（氨、镍钴锰）、水资源、环保运维三项核心成本同步下降，传导至正极材料、动力电池终端产品，国内锂电产业链相较海外企业具备持续成本优势，巩固产业出口经济收益。消除行业恶性低价环保内卷 无标准阶段大量低价低效环保工程扰乱市场，后期频繁改造形成重复浪费。国家标准划定最低技术门槛，倒逼环保工程竞争转向工艺效率、资源化能力比拼，减少全行业重复改造的巨额沉没成本。减少区域水环境治理公共财政支出 企业内部实现氨氮、重金属深度治理与资源化，降低政府城镇污水厂深度脱氮、重金属处置配套投入，节约地方财政环境治理公共开支，释放财政资金投向产业升级。

排污成本大幅削减废水排放量、总氮、氨氮排污量同步下降，企业污水排污费、环境保护税缴纳金额显著减少，形成年度持续性税费节约。绿色产业政策补贴落地增收 规范后的资源化、节水、低碳废水系统符合工业循环经济、节水标杆、绿色工厂申报条件，企业可申领节水改造补贴、循环经济专项资金、低碳技改补助，新增政策性现金收益；同时满足锂电出口 ESG、绿色供应链审核要求，提升产品议价能力，拓展海外订单带来间接营收增长。碳交易衍生收益 标准优先推广低能耗低碳脱氨工艺，企业可核算碳减排量参与碳市场交易，产生额外碳资产收益。

3、预期达到的经济效果

标准实施后，可在锂电行业内有效推广氨氮废水回收利用技术，促进氨氮废水中有价金属（Ni、Co、Mn）、氨氮、余热、水、钠盐回收利用，实现氨氮废水的全组分资源化利用及“零”排放。

经济效益：将废水从“环保负担”转化为“经济资源”，一方面通过从氨氮废水中回收硫酸铵晶体、氨水等附加值副产品，直接创造销售收入；另一方面，通过氨水回用和综合环保成本下降，实现降本增效，经济效益显著。

社会效益：有效规范行业发展与保障水资源安全，不仅填补标准空白，引导行业规范发展；而且通过推动工业废水循环利用，缓解水资源供需矛盾，社会效益显著。

生态效益：促进锂电行业氨氮废水高值化利用，不仅削减污染物排放，遏制水体富营养化；而且推动"近零排放"与绿色循环，生态效益显著。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

国内相关标准有 GB/T 36496《含氨（铵）废液处理处置方法》，适用于含无机氨（铵）废液的处理处置过程，主要规定了汽提精馏法、吹脱法、MVR 蒸发法、离子交换法、气敏脱气膜法、生物法、磷酸铵镁沉淀法、折点加氯法八种氨氮废水处理处置方法。

锂电行业氨氮废水存在高盐高氨氮、油分高、重金属杂质高且可回收的特性。因此，本标准在采用 GB/T 36496 汽提精馏法、MVR 蒸发法的基础上，还另有关键的净化过程（包括调 pH、除油、除重等工序），确保铵盐、回用氨水的产品质量，并回收 Co、Ni 等贵金属；此外，回收利用过程产出的蒸发冷凝水、脱氨后液通常还会进行余热利用，并进一步进行膜处理、压滤、蒸发结晶等过程，得到铵盐、钠盐、回用氨水、纯水，均可外售或工艺回用，实现氨氮废水的全组分资源化利用及“零”排放。

综上所述，本标准结合锂电行业氨氮废水、处理及回用的特性，在 GB/T 36496 标准的基础上，完善了净化过程（包括调 pH、除油、除重等工序）、脱氨后液和蒸发冷凝水的余热利用和处理回用过程、氨氮废水回用率计算方法等，与 GB/T 36496 标准有效配套，促进锂电行业氨氮废水的全组分资源化利用，经济、社会、生态效益显著。

目前没有查阅到国际标准和国外先进标准，也没有发现相关的国家标准和行业标准。本标准结合锂电行业氨氮废水、处理及回用的特性，在 GB/T 36496 标准的基础上，完善了净化过程（包括调 pH、除油、除重等工序）、脱氨后液和蒸发冷凝水的余热利用和处理回用过程、氨氮废水回用率计算方法等，与 GB/T 36496 标准有效配套，促进锂电行业氨氮废水的全组分资源化利用，经济、社会、生态效益显著。本标准内容具有科学性、实用性和先进性，可为含锂电行业氨氮废水处理及回用提供参考和科学依据。综合分析，本标准可达到国内先进水平。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

本标准未采用国际标准和国外先进标准，本标准属于我国自主研发的标准，没有对应的国际和国外标准。

六、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准的要求与现行相关法律、法规、规章和强制性标准的关系不矛盾、不冲突，其相互关系协调一致，没有冲突。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见。征求意见稿在网上公开征求意见，意见的处理见《标准征求意见汇总处理表》。

八、涉及专利的有关说明

本标准不涉及专利相关问题。

九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

建议尽快实施。实施后可以通过会议或公众号等形式进行宣贯。建议过渡期和实施日期为标准发布后 6 个月。

十、公平竞争审查说明

经审查，本标准不存在违反《公平竞争审查条例》规定的内容。

十一、其他应予说明的事项

本标准不存在侵犯相关国际、国外及国内机构版权的情况。

《锂电行业氨氮废水处理及回用技术规范》
国家标准起草工作组 2026.4 月