

《光伏电池生产废水处理及回用技术规程》

（征求意见稿）

编制说明

《光伏电池生产废水处理及回用技术规程》编制组

二〇二四年十月

目 录

1	任务来源	1
2	标准制定的必要性、编制依据、编制原则	1
3	主要工作过程	3
4	国内外相关标准研究	3
5	同类工程现状调研	4
6	主要技术内容及说明	4
7	标准实施的环境效益与经济技术分析	9
8	标准实施建议	10

《光伏电池生产废水处理及回用技术规程》编制说明

1 任务来源

2024年，中华环保联合会下达了“关于《城市排水防涝设施资产信息采集技术规程》、《光伏电池废水处理及回用应用技术规程》等4项团体标准立项的公告”（中环联字【2024】10号），其中提出了制定《光伏电池废水处理及回用应用技术规程》团体标准的任务。南京大学承担该标准的主要编制工作。参与编制单位有中华环保联合会水环境治理专业委员会、浙江沃乐科技有限公司、苏州仕净科技股份有限公司、苏州湛清环保科技有限公司、成都美富特环保产业股份有限公司、江苏南大环保科技有限公司、南京信息工程大学、燕山大学等。

2 标准制定的必要性、编制依据、编制原则

2.1 标准制定的必要性

伴随着我国光伏产业的迅猛发展，光伏电池生产废水排放对生态环境的压力与日俱增，其作为补充水源的重要性日渐凸显。

针对光伏电池生产废水排放量大且增长迅速、酸碱性强、污染物种类多、特征污染物去除困难、重复利用率低、深度处理和回用技术参差不齐、缺乏相应技术标准支撑等问题，开展基于光伏电池生产废水处理与回用技术评估方法研究，建立一套突出行业特点、系统性强、可操作性强、针对性强的设计标准，可为企业提供光伏电池生产废水处理与回用工程的设计依据，引导企业进行废水处理与回用工程的建设。

本标准的编写和颁布实施，将有利于光伏行业废水处理与回用技术体系的标准化建设，使其从设计、建设到运行管理、维护的全过程能够有一个技术标准来进行控制，促使工程建设单位自觉遵守规范的技术要求，从而使废水处理设施建设与运行得到可靠的技术保障，也使得环境保护主管部门拥有监管光伏电池生产废水处理与回用工程质量和日常运行的技术依据，以保证工程的建设和运行的质量，促进环境技术管理的深化。

同时本标准的制定也是健全环境技术管理体系、完善废水处理工艺方法标准体系建设的重要组成部分。

2.2 编制依据

本标准的编制以国家环境保护现有法律、法规、标准为主要依据，参考水处理行业相关的技术规范和设计手册，充分考虑光伏电池生产废水处理与回用的基本要求、废水处理工艺、废水处理与回用流程、水质指标与分析、运行维护和二次污染控制等方面，确定本标准的指标要求，总结制定了本标准。

本标准依据的法律、法规、标准主要有：

GB 3096	声环境质量标准
GB 3838	地表水环境质量标准
GB 7484	水质 氟化物的测定 离子选择电极法
GB 8978	污水综合排放标准
GB 16297	大气污染物综合排放标准
GB 18597	危险废物贮存污染控制标准
GB 18599	一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
GB/T 18920	城市污水再生利用 城市杂用水水质
GB/T 19923	城市污水再生利用 工业用水水质
GB 30484	电池工业污染物排放标准
GB 50014	室外排水设计标准
GB 50187	工业企业总平面设计规范
GB 50231	机械设备安装工程施工及验收通用规范
GB 50252	工业安装工程施工质量验收统一标准
GB 51137	电子工业废水废气处理工程施工及验收规范
HJ 488	水质 氟化物的测定 氟试剂分光光度法
HJ 819	排污单位自行监测技术指南 总则
HJ 944	排污单位环境管理台账及排污许可证执行报告技术规范 总则

2.3 编制原则

根据《国家生态环境标准制修订工作规则》，本标准的编制遵循下列基本原则：

(1) 协调性、统一性原则

确保标准内容与现行国家有关法律法规及标准规定协调统一，并尽可能与国际通行标准接轨，使本标准成为有关法律法规及标准规定的有力支撑。

(2) 科学性、成熟性原则

以国内外公认的主流和应用较广的先进技术为基础，充分考虑技术成熟程度和可行性，

符合国家产业政策和行业污染防治政策,确保标准内容与当前我国光伏电池生产废水处理及回用技术的发展水平相适应。

(3) 完整性原则

根据污染控制全过程管理的要求,本标准的内容覆盖了光伏行业废水处理与回用工程技术的设计、运行全过程,包括术语和定义、光伏电池生产废水处理与回用的基本规定、光伏电池生产废水分类与来源、光伏电池生产废水常规处理工艺设计、氟化物处理工艺设计、总氮处理工艺设计、深度处理与回用工艺设计、施工与验收、运行维护等九个方面的技术要求,力争形成对光伏电池生产废水处理及回用技术的整体性指导。

(4) 规范性原则

标准内容严格按照《标准化工作导则》(GB/T 1.1-2009)的规定进行编写和表述,力争在标准框架、结构和内容方面符合标准要求。

3 主要工作过程

(1) 接到标准编制任务后,2024年1月,中华环保联合会水环境治理专业委员会组织召开编制组第一次工作会议,制定标准编制组工作计划,明确分工与责任。

(2) 2024年1月至8月,编制组完成了政策背景调研、文献资料调研以及国内外标准调研,梳理汇总了光伏电池生产废水的主要处理和回用工艺及其现行国家标准、行业标准、地方标准中的相关处理规范,编写完成了标准草案和编制说明。

(3) 2024年9月11日,编制组参加了《光伏电池生产废水处理及回用技术规程(草案稿)》团体标准技术审查会,专家组听取了标准编制工作介绍,同意编制组提出的规程名称修改为《光伏电池生产废水处理及回用技术规程》,审核了标准草案及编制说明,经讨论同意形成了标准修改意见。

(4) 2024年9月至10月,标准编制组根据专家意见修改,并进一步的调研,经编制组修改后,于2024年10月形成《光伏电池生产废水处理及回用技术规程(征求意见稿)》及编制说明,并在互联网上公开征求意见。

4 国内外相关标准研究

拟制定的标准遵循现行的相关国家标准,包括 GB 8978《污水综合排放标准》、GB 30484《电池工业污染物排放标准》与 GB/T 32327《工业废水处理与回用技术评价导则》。拟制定的标准目前无对应的国际/国外先进标准。本标准中所涉及的特种树脂吸附法可稳定将光伏电池生产废水中氟化物含量由 3~5 mg/L(经钙法沉淀、铝盐混凝处理后的典型浓度范围)降低至 1 mg/L 以下,且运营成本维持在较低水平(<1.0 元/吨水),相比现有主流混凝沉淀

技术具有显著的技术经济性优势；晶种诱导结晶法可在去除废水中氟化物的同时回收高品位氟化钙（萤石，>95%），相比现有主流含氟污泥外排处置具有明显的技术先进性。

5 同类工程现状调研

光伏电池生产废水中的大部分污染物可通过常规水处理技术有效去除，但需专门的水处理单元去除氟化物等特征污染物。目前国内外均有大量关于废水中氟化物去除技术的研究与工程应用报道，均以钙法沉淀与铝盐混凝（含除氟剂、磁混凝等）为主，国内相关技术水平与国际先进水平整体处于并跑状态。此外，国内还发展出了颇具特色的特种树脂吸附法、晶种诱导结晶法等氟化物深度处理与资源化技术，为光伏电池生产废水处理与回用提供了有力支撑，相关技术已处于国际领先水平。

6 主要技术内容及说明

6.1 适用范围

本部分首先简要说明了标准规定的主要内容和适用范围。在使用范围中表明了本标注适用的主体和对象。

本文件适用于光伏电池生产废水处理与回用工程的设计、施工与验收和运行维护。

6.2 规范性引用文件

根据技术内容的需要，本标准引用了部分现行的国家标准和行业标准作为本标准的延伸技术规定，引用文件的管理规定和技术要求视为本标准的一部分。

6.3 术语和定义

为了便于对标准条文的理解，对本标准中涉及的技术名词予以定义。

对在其它法律、法规和技术规范上已经定义的术语如果适用于本标准的，本标准不再重新定义。对于有关标准和规范上没有标准定义而本标准中需要解释的给予了命名和规范。

对于本标准中涉及的一些最为核心的名词，虽然在其他标准中已有定义，在本标准中也重新进行了解释。

下列术语和定义适用于本文件。

（1）深度处理(Advanced Treatment): 采用吸附、膜处理、高级氧化等处理方式去除常规处理无法完全去除的光伏电池生产废水中的有机物、氟化物、总磷、总氮、氨氮等杂质的净化过程。

（2）分质回用(Graded Reuse): 根据光伏电池生产对用水水质要求，分类、分级处理生产废水并回用于工业生产或城市杂用的过程。

6.4 光伏电池生产废水处理与回用的总体要求

本部分为光伏电池生产废水处理与回用系统的原则性要求。

(1) 规定了光伏电池生产废水处理与回用系统总体布置和设计的基本原则。

(2) 规定了光伏电池生产废水处理与回用技术设计的环境管理要求，切实满足光伏电池生产废水污染物排放及回用目标，遵守环境监测制度，防止二次污染问题的产生。

本标准总体要求的撰写参考以下标准规范：

参考标准文件《声环境质量标准》(GB 3096)、《地表水环境质量标准》(GB 3838)、《水质 氟化物的测定 离子选择电极法》(GB 7484)、《污水综合排放标准》(GB 8978)、《大气污染物综合排放标准》(GB 16297)、《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597)、《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB 18599)、《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920)、《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T 19923)、《电池工业污染物排放标准》(GB 30484)、《室外排水设计标准》(GB 50014)、《工业企业总平面设计规范》(GB 50187)、《机械设备安装工程施工及验收通用规范》(GB 50231)、《工业安装工程施工质量验收统一标准》(GB 50252)、《电子工业废水废气处理工程施工及验收规范》(GB 51137)、《水质 氟化物的测定 氟试剂分光光度法》(HJ 488)、《排污单位自行监测技术指南 总则》(HJ 819)、《排污单位环境管理台账及排污许可证执行报告技术规范 总则》(HJ 944)等相关规定。

6.5 光伏电池生产废水处理工艺

6.5.1 废水的分类

生产废水可根据主要特征污染物种类和浓度分为浓酸废水、浓碱废水、稀酸废水、稀碱废水、氨氮废水。

6.5.2 特征污染物的类别与来源

光伏电池生产废水中主要特征污染物为酸、碱、氟化物、硝酸盐氮、氨氮等。特征污染物来源包括下列内容：

(1) 酸、碱可来源于硅片清洗过程中使用的氢氟酸、硝酸、盐酸、氢氧化钠与氢氧化钾等。

(2) 氟化物可来源于刻蚀工序中使用的氢氟酸，硅片清洗过程中使用的氢氟酸等。

(3) 氨氮可来源于电池生产过程中，等离子体增强化学气相沉积(PECVD)工序、正面镀膜、背面镀膜、氮化硅薄膜制备等工序中，以及硅烷塔废气吸收产生的高浓氨氮废水。。

(4) 硝酸盐氮可来源于制绒、刻蚀工艺中添加的硝酸原料。

6.5.3 常规处理工艺设计

(1) 预处理工艺：生产废水应经物理预处理，宜使用格栅去除较大的悬浮物和固体颗粒。之后通过沉砂池沉降。生产废水水质和水量宜采用调节池或均质池均衡。调节池内应初步进行 pH 调节。

(2) 物化处理工艺：采用混凝、沉淀等物化处理工艺时，应向进水中投加混凝剂，生成的絮体沉积到底部形成污泥，去除浊度、悬浮物和部分重金属。沉淀池底部污泥应输送到板框压滤机中固液分离。滤液可返回到工艺流程中继续处理。

(3) 生化处理工艺：采用生化处理工艺时，应采用活性污泥法，通过曝气提供氧气，促进好氧微生物对生产废水有机物降解。对有机物浓度高于 500 mg/L 的生产废水，可先通过厌氧生物处理降低整体有机负荷，提高处理效率。

6.5.4 氟化物处理工艺设计

(1) 结晶流化床法：可适用于进水氟化物浓度大于 200 mg/L 的情况，宜通过回收氟化钙，实现资源再利用。

(2) 钙法沉淀：可适用于进水氟化物浓度 20~50 mg/L 的情况，宜采用石灰乳、氯化钙作为沉淀剂有效去除氟化物。

(3) 铝盐混凝：当出水氟化物浓度需要控制在排放标准为 2~8 mg/L 的较低水平时，宜采用药剂法深度除氟工艺，宜以铝盐、铁盐为主要除氟剂，并可添加硅、锆、钛等元素复配强化。

(4) 吸附法：当出水氟化物浓度需要控制在排放标准为 1.5 mg/L 以下更高要求时，宜在铝盐混凝处理后接吸附法深度除氟工艺，吸附材料可采用除氟树脂、活性氧化铝、羟基磷灰石等具有吸附氟离子功能的材料。氟化物处理工艺选择应根据进水氟化物浓度和出水排放标准确定，并应符合表 1 的规定。

表1 氟化物处理工艺

单位：mg/L

处理工艺	适用进水氟浓度	出水氟浓度	主要药剂/材料
结晶流化床（可选）	>200	≤50	石灰
钙法沉淀	≤50	8~10	石灰、氯化钙
铝法混凝	≤10	2~8	聚合氯化铝、除氟剂

吸附法	≤5	≤1.5	除氟树脂、活性氧化铝
-----	----	------	------------

6.5.5 总氮处理工艺设计

(1) 高效脱氮工艺：应采用高效脱氮反应去除进水硝酸盐氮大于 1000 mg/L 的高浓度硝酸盐氮，宜利用反硝化颗粒污泥生物脱氮。

(2) 汽提脱氮工艺：硅烷排废水进水氨氮大于 1000 mg/L 的高浓度氨氮废水处理，宜采用汽提脱氮及节能措施的氨回收资源化工艺，回收的氨氮应转化为不小于 15% 的工业氨水或硫酸铵进行资源化利用。

(3) 缺氧-好氧脱氮工艺：进水氨氮浓度小于 1000 mg/L 的低浓度氨氮废水处理宜采用缺氧-好氧（A/O）脱氮工艺，一级脱氮系统未满足脱氮负荷时，可设置两级脱氮系统。总氮处理工艺选择应根据进水总氮浓度和出水排放标准确定，并应符合表 2 的规定。

表2 总氮处理工艺

单位：mg/L

处理工艺	适用进水氮浓度	出水氮浓度	主要药剂/材料
高效脱氮	硝氮大于1000	硝氮不大于200	反硝化颗粒污泥
汽提脱氮	氨氮大于1000	氨氮不大于200	液碱
一级A/O脱氮	总氮不大于1000	总氮不大于100	碳源，活性污泥
二级A/O脱氮（可选）	总氮不大于200	总氮不大于30	碳源，活性污泥

6.5.6 深度处理与回用工艺设计

废水处理工艺选择时，应以连续稳定达标排放为前提，按生产废水分类收集后的水质、水量、回用标准，经技术经济比较确定。

(1) 深度处理工艺：生产废水中特征污染物通过吸附、膜分离、高级氧化等深度处理工艺得到净化处理时，宜采用深度处理流程，深度处理流程宜结合常规处理开展前处理。对于氟化物有更加严格的排放限值要求时，宜在常规钙盐沉淀除氟的基础上，投加除氟剂协同高效沉淀进一步除氟，再接除氟树脂深度处理，树脂再生液宜回流至前端再处理。

(2) 回用流程：当处理水质达到回用标准时，可直接回用；未达到标准时，应进一步处理，回用处理流程宜结合深度处理开展前处理。对于除氟脱氮处理后的废水，回用处理宜

采用多介质过滤+软化+超滤+反渗透的工艺流程；对于不含氮的稀酸稀碱废水，当氟化物浓度低于 200 mg/L 时，可采用从电池产线排水进行回用处理，宜采用多介质过滤+超滤+反渗透的工艺流程。

6.6 水质排放标准

外排水水质指标应符合 GB 8978、GB 30484、GB 11893、GB/T 7477、HJ 505、HJ 828、HJ 1147 及地方排放标准的规定，氟化物和总溶解性固体（TDS）应符合 GB 3838 对受纳水体功能目标的规定。

回用水水质指标应符合 GB/T 18920、GB/T 19923 回用水水质的规定。

6.7 运行与维护

6.7.1 一般规定

生产废水处理与回用工程应配备维护保养及技术管理资源，应确保工程持续稳定运行并不断提升改进。

6.7.2 水质检测

（1）光伏电池生产废水处理与回用系统应按工艺要求，定期采样分析。

（2）采样频次和监测项目应根据排放标准和工艺控制要求确定，并应符合 GB 30484、HJ 819 的规定。

（3）应根据实际情况，明确监测点检验周期，氟化物处理流程和总氮处理流程应实行每日监测，其他处理流程应实行每周监控。

（4）检测仪器应按检测项目配备。

6.7.3 污泥监控

（1）排泥周期应根据水质、水量监测结果、污泥积累规律确定。

（2）生产废水处理与回用过程中产生的污泥应鉴别性质后，按 GB 18599、GB 18597 的规定处置。污泥中萤石等有价值矿物含量高于 30%时，宜流化床结晶等工艺综合回收。

6.7.4 应急措施

（1）突发环境事件应急预案应按生产工艺及周边环境特点确定，并交由上级环保部门验收、评审和完成备案，企业应成立组织机构，配齐人员、物资、通信等。

（2）企业应定期检查储备的应急物资。应定期组织应急演练并改进。

（3）水处理设施出水水质超标时，可先将水输送至事故池，及时调整工艺参数后再处

理。

(4) 事故池有效容积应包括可能流出厂区全部流体之和，应包括事故延续期间的消防用水量、事故装置可能溢出的流体量及事故时雨水量等。事故池非事故状态占用时，占用量不应超过事故池容积的 1/3。

6.7.5 信息记录与管理

(1) 废水处理与回用工程应建立生产活动、设备设施运行、工艺控制、监测管理等管理台账记录，并应符合 HJ 944 的规定。

(2) 设备设施记录应包括正常情况与异常情况。

(3) 台账记录应包括纸质版和电子版，存储事件不应低于 3 年。

6.8 二次污染控制要求

在光伏电池生产废水处理与回用系统运行过程中会产生大量废液、废渣、废气和噪声问题，如不进行控制将对环境造成二次污染，编制组根据《电池工业污染物排放标准》(GB 30484)、《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T 19923) 对光伏电池生产废水处理与回用系统运行过程中易产生的二次污染问题进行了规定。

(1) 建设和运行过程中产生的废水、废气、固体废物、噪声及其它二次污染防治应符合 GB 3096、GB 8978、GB 16297、GB 18599 和地方标准的规定。

(2) 固体废物可包括栅渣、浮渣、物化生化污泥及废浓缩液等。污泥可在厂内就地处理，也可在专用污泥处理设施处理。污泥处理宜符合 GB 50014 的规定，并应进行资源化利用。

(3) 噪声源可包括水泵和风机等设备。噪声污染控制宜按声源、传播途径和受体防护确定，应选用低噪声设备，宜采取减振、消声、隔声、吸声等噪声控制措施。

(4) 建设和运行过程中，应采取优化生产工艺，提高能源利用效率的措施；应实施能源管理系统，监控和调整能源使用情况。

7 标准实施的环境效益与经济技术分析

实施本标准后，光伏电池生产废水将通过先进的处理工艺显著减少特征污染物的排放，达到国家排放标准。这将有效降低周边水体的污染，提升水环境质量，减少对生态系统的影响。通过降低废水中氟化物和氮的排放，将更好地保护水生生物的栖息地，增强生态系统的恢复能力，促进生物多样性。同时，废水的处理与回用将显著提高水资源利用效率，降低对地下水和地表水的依赖，助力可持续发展。

从经济角度来看，尽管标准实施初期需要一定的投资，但长期而言，降低处理费用和减少环境治理罚款将显著降低企业的整体运营成本。此外，所采用的先进处理技术已在其他行业成功应用，具备成熟性和可行性。这一标准的实施还将促进环保设备制造及相关技术服务行业的发展，推动绿色经济的创新。因此，实施本标准将为环境管理和经济可持续发展提供双重支持。

8 标准实施建议

本标准为首次制定，建议在实施初期进行试行，根据实际应用情况进行修订和完善，以满足光伏电池生产废水处理及回用技术的指导需求。随着技术的进步，相关技术内容和要求也应相应调整和拓展。为确保标准的实用性和可操作性，建议建立长效反馈机制，广泛收集各方意见和建议，及时解决应用中的问题，不断更新标准，以更好地满足环境管理的需要。