

《PEM电解槽效率优化规范》

（征求意见稿）

编制说明

《PEM电解槽效率优化规范》编制组

二〇二五年六月

《PEM 电解槽效率优化规范》（送审稿）

团体标准编制说明

一、工作简况

（一）任务来源

本标准由中国联合国采购促进会标准与认定委员会提出并归口。本文件规定了 PEM 电解槽效率优化的优化原则、现状分析、优化方法、优化评价、跟踪与改进、档案管理。

根据联合国全球采购市场联合国标准产品与服务分类代码（UNSPSC），本文件 UNSPSC 代码为“39.12.10”，由 3 段组成。其中：第 1 段为大类，“39”表示“电气系统和照明以及组件和配件和用品”，第 2 段为中类，“12”表示“电气设备、组件和用品”，第 3 段为小类，“10”表示“电力调节设备”。

（二）起草单位情况

本标准起草单位包括：

（三）标准编制过程

（1）成立标准起草组，技术调研和资料收集

2025 年 3 月 2 日—2025 年 3 月 7 日，为保证制订工作的顺利开展、提高标准的质量和可用性，由起草单位和相关技术专家共同组建了标准起草组，负责标准编制。通过制订工作方案，标准起草组进一步明确了目标要

求、工作思路、人员分工和工作进度等。

2025年3月8日—2025年4月1日，标准起草组对相关指标和要求进行了调研，搜集了众多有关 PEM 电解槽效率优化的相关的标准、文献、成果案例等资料，着手标准制定。

（2）确定标准框架，形成标准草案

2025年4月2日—2025年5月1日，起草小组结合前期的调研和资料，多次召开内部研讨会，形成标准大纲，并邀请了专家和相关企业对标准进行技术指导，对《PEM 电解槽效率优化规范》的标准编制工作重点、标准制定依据和编制原则等形成了共识，同时完成标准草案稿的撰写。

（3）形成标准征求意见稿

2025年5月2日—2025年6月12日，标准起草组对标准草案进行修改完善，包括调整基本原则内容、修改错误用词和格式等，在反复讨论和论证的基础上，修改形成了标准征求意见稿。

二、标准制定的目的和意义

在全球积极推动能源转型、大力发展清洁能源的大背景下，氢能作为一种清洁、高效、可持续且应用前景极为广泛的二次能源，在构建未来绿色能源体系中扮演着核心角色。PEM 电解槽凭借其高电流密度、快速响应特性、紧凑的结构设计以及与可再生能源的高度适配性，成为制取绿氢的关键技术手段，在氢能产业链中占据着举足轻重的地位。然而，目前 PEM 电解槽在实际应用中，面临着效率参差不齐、技术规范缺乏统一标准等问题，

严重制约了其大规模商业化推广和产业的可持续发展。本标准的制定，旨在通过明确 PEM 电解槽效率优化的各项技术指标、方法及流程，为行业提供一套系统、科学且具有高度实操性的规范，引导企业开展高效、规范的生产与研发活动，进而全面提升 PEM 电解槽的整体性能与效率，降低制氢成本，有力推动氢能产业的规模化、商业化进程。

通过为市场提供统一的技术准则，能够促使企业依照规范开展生产研发，有效扭转当前无序竞争的混乱局面。同时，标准中针对电极材料、流场设计等关键技术提出的明确要求，将激发企业加大研发投入力度，积极探索创新技术和工艺，进而带动整个产业技术水平的提升，增强我国在该领域的国际竞争力。随着企业遵循标准实现技术创新，产业的整体发展环境也将得到极大改善。

通过助力企业提升电解槽效率，能够有效降低能耗与生产成本，直接增强产品在市场中的价格竞争力，进而激发市场需求。随着市场需求的扩大，更多资源将向该领域汇聚，推动产业规模不断扩张，加速实现商业化普及。这不仅有助于企业实现经济效益的增长，还将带动整个产业链上下游协同发展，形成良好的产业生态，推动氢能产业成为新的经济增长点。

PEM 电解槽制取绿氢可有效消纳可再生能源，减少碳排放，随着标准推动效率的进一步提升，绿氢生产规模将不断扩大，促进氢能在交通、工业、能源存储等多领域的广泛应用，为我国能源结构绿色转型与可持续能源体系构建提供强有力的支撑，助力实现碳达峰、碳中和目标。

三、标准编制依据

本标准在编制的过程中遵循“先进性、科学性、可操作性”的原则，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。

四、标准主要内容

1、标准主要内容

本文件规定了 PEM 电解槽效率优化的全流程要求，包括优化原则、现状分析、具体方法、效果评价、持续追踪改进及档案管理规范，适用于各类 PEM 电解槽的效率提升工作

2. 规范性引用文件

文件引用了 GB/T 1040.3《塑料拉伸性能的测定 第3部分：薄膜和薄片的试验条件》、GB/T 24499《氢气、氢能与氢能系统术语》及 ISO 13602—1《技术能量系统 分析方法 第1部分：总则》，分别为材料性能测试、术语定义及能量系统分析提供了方法学依据和标准框架。

3. 术语和定义

明确了 PEM 电解槽核心概念，如以质子为导电电荷的质子交换膜（PEM）、由膜与催化层组成的膜电极组件（MEA）、兼具导电与反应物分配功能的双极板，以及阴阳极、电流密度等关键术语，定义均参考 GB/T 45539—2025 等现有标准，确保行业技术语言的统一性。

4. 优化原则

效率优化需遵循系统性、科学性与经济性原则：从电解槽材料、结构、工艺到运行全生命周期统筹考量，避免单一组件优化的局限性；基于实验与运行数据开展迭代优化，通过持续数据采集分析完善方案与，GB/T 24499 中“数据驱动”的技术发展导向一致；在满足性能指标的前提下，优先选用性价比高的材料与成熟工艺，平衡效率提升与成本控制。

5. 现状分析

优化前需通过效率测试获取氢中氧/氧中氢含量、产气纯度、寿命等初始数据，结合极化损失（活化、欧姆、浓差极化）与辅助系统损耗（热管理、水循环能耗）分解，识别效率瓶颈。其中一级瓶颈包括催化剂活性不足（如 Ir 载量 $>0.4 \text{ mg/cm}^2$ ）、质子膜氢渗透率超标等效率损失 $\geq 10\%$ 的因素，二级瓶颈为流道压降梯度过大等联合损失 $\geq 8\%$ 的因素，最终基于诊断结果设定优化目标。质子交换膜优化基于 GB/T 45332《电解水制氢用质子交换膜》的要求，结合企业实际情况进行优化。

6. 优化方法

优化涵盖材料、结构、装配工艺、运行参数与系统集成五方面：材料优化涉及低铱催化剂、薄型低渗透质子膜、镀铂双极板等；结构优化包括膜电极催化层孔隙率梯度设计、电解槽接口与附件的精密化设计；装配工艺强调膜电极对齐精度、双极板镀铂层控制及堆叠预紧力管理；运行参数优化明确 $40^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ 工作温度、 $1.0 \text{ MPa} \sim 5.0 \text{ MPa}$ 产氢压力等动态调节区间；系统集成优化聚焦废热回收效率（ $\geq 40\%$ ）、电力匹配效率（ $\geq 97\%$ ）

及水质管控（电导率 $\leq 1 \mu\text{S}/\text{cm}$ ）。参考 GB/T 45539-2025《PEM 电解槽技术要求》的要求，进一步对 PEM 电解槽提出更高的要求。

7. 优化评价

通过气密性测试（设计压力下 10 分钟无泄漏）、产气纯度（干基计算氢 / 氧纯度）、氢中氧 / 氧中氢含量监测及寿命测试（恒电流单次 > 150 小时循环）评估优化效果，所有指标均需与初始值及目标值对比，确保效率提升达标。测试方法参考了 GB/T 45541-2025《PEM 电解槽性能测试方法》。

8. 追踪与改进

建立全周期跟踪机制，每月检测膜电极厚度，季度分析效率衰减，年度评估系统性能；通过 PDCA 循环持续改进，委托第三方开展能效审计（达标率 $\geq 85\%$ ），每半年组织技术研讨会共享行业前沿成果，形成“诊断-优化-验证”的闭环管理。

9. 档案管理

对设计图纸、优化方案、测试报告等技术资料实施全生命周期管理：纸质档案需防潮防火，电子档案定期备份；随优化工作推进及时更新档案，确保数据时效性；按程序销毁无保存价值的档案并留存记录，为技术追溯与迭代提供支撑。

五、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准起草过程中无重大分歧。

六、贯彻标准的措施建议

标准只有通过实施才能起作用，如果不能实施，再好的标准也是“一纸空文”，更无法体现它的作用。贯彻实施标准要做好宣传教育工作、有良好的实施方法和检查监督机制。具体来说：（1）加大宣贯力度。利用报纸、电视、电台及微信、微博等各种新媒体，大力宣传，为标准的实施营造良好的社会氛围。（2）加强标准实施反馈。对在标准实施过程中发现的问题及提出的意见，要进行深入探讨和研究，做好标准的修订和完善工作。

七、废止现行有关标准的建议

本标准不涉及现行标准的废止。

八、其他应予说明的事项

无。

《PEM 电解槽效率优化规范》编制组

2025年6月