质子交换膜水电解池膜电极性能测试方法

编 制 说 明

目次

[1 编制背景 29](#_Toc513731110)

[2 编制主要原则 29](#_Toc513731111)

[3 主要工作过程 29](#_Toc513731112)

[4 标准结构和内容说明 30](#_Toc513731113)

[5相关标准对比说明 30](#_Toc513731114)

[6标准实施措施说明 31](#_Toc513731115)

1 编制背景

本标准是根据电机咨（2023）512号文，中国电机工程学会关于印发“中国电机工程学会2023年标准计划(第二批)”的通知下达的制定任务，项目序号202310030001对“质子交换膜水电解池膜电极性能测试方法”进行制定。由华北电力大学、国网智能电网研究院有限公司、重庆大学负责起草。

质子交换膜(PEM)水电解制氢技术是解决可再生能源电力系统功率波动和能量存储的一种高效策略。在PEM水电解堆中，膜电极组件(MEA)作为核心部件，是电化学反应的主要场所，其性能直接影响电解池的效率、寿命和经济性。MEA的性能参数，如电流密度、电压效率、气体纯度和耐久性等，是评估整个水电解系统性能的关键指标。根据最新研究，MEA的性能优化可使系统效率提高15-20%，同时降低30-40%的生产成本。因此，准确评估MEA性能对于优化PEM水电解电堆性能及其商业化推广是及其重要的。

尽管PEM水电解技术发展迅速，但国内外尚未就MEA性能测试方法制定统一标准。文献调研显示，不同研究机构采用的测试流程、工步和评价指标存在显著差异。例如，电流密度测试范围从0.1 - 5 A/cm2不等，测试温度从30 – 90℃不一，这导致了实验结果的可比性和可重复性较低。据起草单位和参编单位的调研和实验，由于测试方法不统一，不同实验室间MEA性能数据的偏差可达30 - 50%，严重影响了研究结果的可信度和实用价值。

（3）制定标准的意义

建立统一的MEA性能测试标准具有重要的科学和实践意义。首先，标准化的测试方法可以提高实验数据的可靠性和可比性，促进学术交流和技术创新。其次，统一标准有助于产业链上下游的协同发展，加速新材料、新工艺的产业化进程。根据国际能源署（IEA）的预测，到2030年，全球PEM水电解装机容量将达到30 - 40 GW，在此背景下，制定科学、系统、全面的MEA性能测试和评价标准，将为我国可再生能源耦合PEM水电解制氢产业的快速发展奠定坚实基础，提升我国在国际氢能领域的竞争力和话语权。

2 编制主要原则

本次标准在起草过程中，遵循“统一性、协调性、适用性、一致性和规范性”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》的规定编制，并与相关标准协调统一。

3 主要工作过程

为了更好地推广和规范质子交换膜水电解池膜电极性能测试方法，本标准在系统的实验室研究、严格的试验验证和丰富的实践经验基础上制定。标准制定过程充分考虑了国内外质子交换膜水电解池膜电极的技术特点，并广泛参考了国际权威机构发表的相关文献。本标准涵盖了一系列关键性能指标的测试方法，包括贵金属担载量测定、厚度均匀性评估、单电池活化过程、极化曲线测试、电化学阻抗谱分析以及阳极产物中氢气浓度测定等。这些方法共同构成了一个全面的质子交换膜水电解池膜电极性能评估体系。

《质子交换膜水电解池膜电极性能测试方法》的编制工作可分为三个主要阶段：基础研究阶段、技术应用阶段和标准化编制阶段。

(1) 基础研究阶段

华北电力大学刘建国教授领导的研究团队在质子交换膜水电解制氢领域取得了显著成果：1. 开发了高性能铱基催化剂，提高了电解效率；2. 阐明了质子交换膜的腐蚀机理，为提高膜寿命提供了理论基础；3. 优化了膜电极制备工艺参数，提升了电极性能。此外，由国网智能电网研究院有限公司、华北电力大学和重庆大学承担的2021年国家重点研发计划项目《光伏风电等波动性电源电解制氢材料和过程基础》取得了重要进展：揭示了电解池关键材料在波动电力输入条件下的失活机理；在系统层面研究了电解池的电热质耦合响应特性，为大规模应用提供了理论支撑。

(2) 技术应用阶段

本标准涵盖了一系列先进的测试方法，包括贵金属担载量测定、厚度均匀性评估、单电池活化、极化曲线测试、电化学阻抗分析以及阳极产物氧中氢浓度测定等。这些方法为质子交换膜水电解池的性能和寿命特性表征提供了全面而精确的手段，已在多家企业成功实施并获得积极反馈。相关研究成果发表于Angew、Adv Energy Mater、ACS Catal等国际顶级期刊，彰显了其科学价值，并在学术界获得广泛认可。

(3) 标准化编制阶段

2023年6月，在中国电机工程学会标准化工作专家委员会氢能技术专业委员会的支持下，华北电力大学启动了《质子交换膜水电解池膜电极性能测试方法》的标准申报工作。这一过程是对多年研究成果和实验经验的系统化提炼和总结。

2023年11月至12月期间，中国电机工程学会标准化工作专家委员会对编写组提交的项目申报书及标准草案进行了两轮严格审查。经评估，该标准被列入重点开展工作项目，并正式纳入2023年标准编制申报序列。

2024年1月，中国电机工程学会正式批准了《质子交换膜水电解池膜电极性能测试方法》的立项申请。该标准被列入中国电机工程学会2023年标准计划（第二批），项目编号为202310030001。

4 标准结构和内容说明

该标准由九章构成，涵盖范围、规范性引用文件、术语和定义、贵金属担载量测试、厚度均匀性测试、单电池活化、极化曲线测试、阻抗测试以及阳极产物氧中氢浓度测试。

第一章界定了标准适用于各类质子交换膜水电解池膜电极性能测试。第二章列出相关规范引用。第三章明确关键术语定义。第四至九章分别详细规定了各项测试方法，包括测试仪器、样品要求、操作流程和数据处理等。其中，第四章规定贵金属担载量测试流程；第五章明确厚度均匀性测试参考标准；第六章详述单电池活化过程及判断标准；第七章阐明极化曲线测试方法；第八章规定阻抗测试流程；第九章描述阳极产物氧中氢浓度测试方法。

编写组在中国电机工程学会组织的两次审查中，积极回应委员会提出的质疑，并对草案进行了相应修改，以确保标准的科学性和实用性。

5 相关标准对比说明

本标准的制定填补了国内外在质子交换膜水电解池膜电极性能测试方面的空白，无重复风险。

编制过程中，编写组参考了多项国际和国内标准，包括：ISO 22734-2019-1和ISO 22734-2019-2中关于电解水系统的通用测试协议和安全要求；GB/T 37562-2019《压力型水电解制氢系统技术条件》；T/CES 175-2022《质子交换膜水电解制氢系统性能试验方法》中关于碱性水电解和商用质子交换膜电解水制氢系统的测试标准。本标准与现行法律、法规和强制性国家标准保持一致，未发现与相关法律法规和强制性标准存在冲突。这确保了标准的合法性和实施可行性。

6 标准实施措施说明

标准发行范围：建议将本标准发行至质子交换膜水电解池膜电极研发、生产、测试和应用的相关企业、研究机构和高校；并向行业主管部门、标准化机构和相关行业协会发布，以扩大标准影响力；考虑将标准内容纳入氢能专业教材，促进标准在教育领域的传播。

标准培训工作：组织编制标准解读材料和培训教程，确保培训内容全面、准确；定期举办线上和线下培训课程，针对不同层次的从业人员设置相应的培训内容；开发在线学习平台，提供随时随地的学习和咨询服务。

推广应用标准的手段和方式：通过行业展会、学术会议等平台宣传推广本标准；选择典型企业进行试点应用，形成示范效应；鼓励行业协会将标准纳入会员单位的技术规范；与相关微信公众号合作，发布标准解读文章和视频，扩大影响力。

标准贯彻效果检查和评估：建立标准实施情况定期报告制度，收集各相关单位的实施反馈；开展标准实施效果的问卷调查，了解行业对标准的接受度和满意度；定期召开标准实施效果评估会议，分析存在的问题并提出改进建议；根据评估结果，适时启动标准的修订工作，确保标准与行业发展同步。