

中华人民共和国中电联标准

《碱性水电解制氢系统性能测试规范》

（征求意见稿）

编 制 说 明

标准编制工作组

2025 年 4 月

## 中电联标准

### 《碱性水电解制氢系统性能测试规范》

#### （征求意见稿）编制说明

#### 一、任务来源及背景

碱性水电解制氢技术是实现我国碳中和目标的重要技术之一。目前，美国、欧洲和日韩均将碱性电解水制氢技术视为未来的主流发展方向推进整体技术研发。碱性水电解制氢系统性能对绿氢成本平价化及制氢系统技术竞争力都起着极其重要的作用，应当制定碱性水电解制氢系统性能评价规则，引导技术健康有序发展。

我国对于水电解制氢系统发布了系列国家标准，包括 GB 32311 《水电解制氢系统能效限定值及能效等级》、GB/T 19774-2005 《水电解制氢系统技术要求》、GB/T 24499-2009 《氢气、氢能与氢能系统术语》、GB/T 29729-2013 《氢系统安全的基本要求》、GB/T 37562-2019 《压力型水电解制氢系统技术条件》与 GB/T 37563-2019 《压力型水电解制氢系统安全要求》等。这些标准对碱性水电解制氢系统提出了制氢能效、泄漏量、产气量、气体纯度等多种技术指标与安全要求。然而，各标准都是从单一维度对碱性水电解制氢系统提出要求，缺失对水电解制氢系统性能的多维度指标整体评价规则的制定以及关键核心指标的提出，关键核心指标是碱性水电解制氢系统技术竞争力的体现，且现有标准存在测试方法不完善、未完全覆盖水电解制氢系统核心技术指标，包括电流密度等关键技术指标等问题，难以反映我国碱性电解水制氢系统核心技术水平和综合技术水平现状。因

此，有必要制定碱性水电解制氢系统性能评价导则，从而实现国内水电解制氢系统在统一评价体系与统一边界下的性能评价，通过将评价方法标准化并推广实施，为水电解制氢系统提供评价依据，为相关质量控制企业及质监部门提供标准参考，引导我国水电解制氢系统关键核心技术迭代升级，从而进一步推动整个氢能产业可持续高质量发展，提升国际技术竞争力。

经中国电力企业联合会批复立项，编写《碱性水电解制氢系统性能测试规范》，编制工作由国家能源集团氢能科技有限责任公司、国能氢创科技（北京）有限责任公司、氢检科技（内蒙古）有限公司等单位负责。

## **1.1 主要工作过程**

### **1.1.1 成立标准起草组**

2023 年 11 月，国家能源集团氢能科技有限责任公司、国能氢创科技（北京）有限责任公司、氢检科技（内蒙古）有限公司、中船（邯郸）派瑞氢能科技有限公司等主要起草单位组成标准编制组，召开标准内部启动会，对标准编制方案，框架进行讨论，启动《碱性水电解制氢系统性能测试规范》标准研究工作。

### **1.1.2 开展调研，形成标准草案**

2023 年 12 月，标准编制组开展企业公开企标调研及分析、相关标准研究及企业调研工作，形成标准草案。

### **1.1.3 行业专家研讨，形成征求意见稿**

2024 年 1 月，《碱性水电解制氢系统性能测试规范》标准研讨会以线下会议形式举办，大家对标准编制的框架、技术指标制定及行业调研数据的搜集结果展开了充分的研讨，形成标准征求意见稿，并完成编制说明。

### **1.1.4 征求意见处理，形成征求意见稿**

2024 年 9 月，以线下会议形式组织召开了《碱性水电解制氢系统性能测试规范》标准征求意见稿审查会，审查组对提交的送审文件进行了认真、细致的评审，提出了修改意见，会后编制组认证落实修改意见，完成标准征求意见稿及编制说明。

## **二、标准编制原则和主要内容**

### **2.1 标准编制原则和依据**

#### **2.1.1 标准编制原则**

本标准在编制过程中，总体遵循了科学性、实用性、规范性的原则。

1、科学性。根据《中华人民共和国标准化法》相关法律法规，主要参照了 GB/T 19774-2005 《水电解制氢系统技术要求》、GB/T 29411-2012 《水电解氢氧发生器技术要求》、GB 32311-2015 《水电解制氢系统能效限定值及能效等级》、GB/T 34539-2017 《氢氧发

生器安全技术要求》、GB/T 37562-2019 《压力型水电解制氢系统技术条件》、GB/T 37563-2019 《压力型水电解制氢系统安全要求》、ISO 22734:2019 Hydrogen generators using water electrolysis-Industrial, commercial, and residential applications等相关标准，确定标准条款。

2、实用性。结合国内氢能发展需求、氢能技术进步、电解水制氢系统检测各环节单位需求等，对本标准的相关要求作出全面规定，实用性强。标准内容经过起草组反复讨论，语言表达力求准确、精炼，条理清晰，具备可操作性。

3、规范性。标准格式按照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》的规定编写。

### **2.1.2 标准编制的依据**

本标准根据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》进行编制。在制定过程中参考借鉴了GB/T 19774-2005《水电解制氢系统技术要求》、GB/T 24499-2009《氢气、氢能与氢能系统术语》、GB/T 29729-2013《氢系统安全的基本要求》、GB 32311-2015《水电解制氢系统能效限定值及能效等级》、GB/T 37562-2019《压力型水电解制氢系统技术条件》、GB/T 37563-2019《压力型水电解制氢系统安全要求》等相关标准。

## **2.2 标准适用范围及主要内容**

### **2.2.1 范围**

本文件规定了碱性水电解制氢系统的测试总则、测试条件、测量仪器、测试准备、测试项目及方法、测试报告等。

本文件适用于额定产氢量 $200 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 及以上、应用于可再生能源制氢场景的碱性水电解制氢系统，其他产氢量和应用场景的碱性水电解制氢系统可参照执行。

### **2.2.2 规范性引用文件**

列出了该标准的规范性引用文件，主要引用标准共计15项，其中引用国内文件15项。

### **2.2.3 术语和定义**

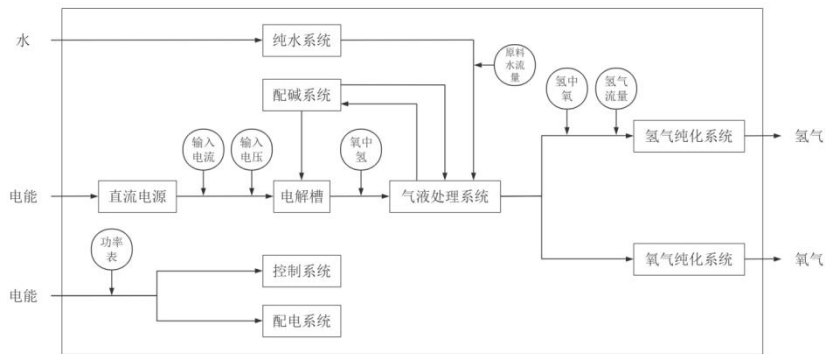
GB 32311-2015、GB/T 19774-2005、GB/T 37562-2019、GB/T 37563-2019界定的以及下列术语和定义适用于本文件，本标准共涉及32条术语和定义。

### **2.2.4 测试总则**

碱性制氢系统的安全测试包括：电气接地测试、气密性测试和泄漏量测试；性能测试包括：电解槽一致性测试、氢气产量测试、原料水消耗量测试、制氢能耗测试、极化曲线测试、耐久性测试等；此外，可再生能源具有间歇性和波动性特点，可再生能源制氢场景下的碱性

水电解制氢系统必须具备合适的运行调节范围和动态性，相关动态性测试包括：功率调节范围测试、变载工况响应时间测试、冷启动测试和热启动测试。

典型碱性水电解制氢系统范围见下图，由包括电解槽、直流电源、气液处理系统在内的各部件组成，系统中部件的定义按 GB/T 24499、GB/T 37562 或相关引用标准的要求。



### 2.2.5 测试条件

规定了碱性水电解制氢系统测试所需环境条件与外围测试条件。

### 2.2.6 测试条件

规定了测试所用检测器、仪表需精度要求。

### 2.2.7 测试准备

规定了测试开始前所需的准备工作，主要包含系统检查、氮气吹扫以及几何尺寸测量等。

## 2.2.8 测试项目及测试方法

测试项目分为安全测试、性能测试与动态性测试三大类。

### 2.2.8.1 安全性测试

安全性测试主要包括电气接地、气密性测试、泄漏率测试，均按照 GB/T 37562 要求进行。

### 2.2.8.2 性能测试

性能测试主要包含电解槽一致性测试、氢气产量测试、单位产氢量下的原料水消耗量测试、制氢能耗测试、极化曲线测试、耐久性测试。

电解槽一致性测试的目的是验证碱性水电解制氢系统中的电解槽在运行过程中小室电压的一致性。

氢气产量测试测量碱性水电解制氢系统在额定工况下的产氢量。测试步骤为：启动系统后，保持系统在额定工况下运行，温度、压力、氢氧纯度等参数稳定后开始进行测试，测试时长不宜低于 30 min，测量结果应标注测试方法，测试方法包括电解槽输入电流计算法、容积法和流量计法三种。

单位产氢量下的原料水消耗量测试主要测量额定工况下的原料水消耗量。测试步骤为：启动系统后，保持系统在额定工况下运行，温度、压力、氢氧纯度等参数稳定后开始进行测试，测试周期宜在 3~5 个不睡循环内，测试时需保持氢、氧分离器液位高度不变（液位差保持在 1mm 以下），向系统补充环境温度下的原料水，使用流量



计测量原料水消耗量，并采用累计值法计算原料水消耗量。

制氢能耗测试测量碱性水电解制氢系统在额定工况下的能耗，分别测量直流能耗、电流效率、电解槽能效、电解槽总效率、制氢系统总效率。

极化曲线测试是在工作温度下对碱性水电解制氢系统中的电解槽进行性能表征的基本测试方法，分为低压测试和带压测试两种。低压测试时，碱性水电解制氢系统运行压力为 0.1 MPa；带压测试时，碱性水电解制氢系统的运行压力为额定工况下的工作压力。极化曲线测试前，应根据制造商规定对电解槽进行活化。

碱性水电解制氢系统运行在工作温度和测试压力下，采取恒电流方式，按照规定好的电流密度运行参数测试电解槽输入电流和输入电压，每个电流密度运行 15 min，记录电压值。从低电流密度加载到高电流密度和从高电流密度卸载到低电流密度均需测试；当工作电压高于最大工作电压时终止测试。

耐久性测试将碱性水电解制氢系统运行至额定工况，并保持 1000 h 后再测试一组电解槽极化曲线，计算电解槽的衰减速率。

### 2.2.8.3 动态性测试

动态性测试包括功率调节范围测试、变载工况响应时间测试、冷启动测试与热启动测试。

功率调节范围测试的目的是确定碱性水电解制氢系统在功率过载与低载工况下的性能，如最大功率、最小功率、调节范围等。该测试应重点测量并记录电能输入（含电压、电流、功率）、工作温度、

气体输出（产氢量、氢气/氧气压力、氢中氧浓度、氧中氢浓度）等参数。

变载工况响应时间测试包含了最小-最大功率响应时间测试、标称-最大功率响应时间测试、标称-待机响应时间测试三种测试，主要目的为了测试碱性水电解制氢系统的动态性能。变载工况响应时间测试期间，应全程实时监测氧中氢、氢中氧数据，并保证系统联锁处于正常工作状态，能在紧急情况发生时触发联锁，保证人员和设备的安全。

冷启动、热启动测试主要是为了确定碱性水电解制氢系统冷/热启动时的启动时间。

2.2.9 测试报告

测试报告的概述、目录与内容要求。

2.2.10 附录

附录A详细规定了典型碱性水电解制氢系统范围及测点位置。

三、主要实验（或验证）情况分析

1) 测试在直流电流密度为  $2500\text{A/m}^2 \pm 100\text{A/m}^2$ ，制氢系统的温度为工作温度  $90^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ，工作压力为  $0.1\text{MPa} \sim 5\text{MPa}$ 。

序	厂家	直流能耗	交流能
---	----	------	-----

号			耗
1	厂家 1	4.20	0.032
2	厂家 2	4.50	0.004
3	厂家 3	4.26	0.045
4	厂家 4	4.32	0.044

2) 根据电解槽小室数,按平均小室电压 2.0V 计算电解槽总电压,并设置电压值

序号	厂家	小室数	电流密度 A/m <sup>2</sup> @2V
1	厂家 1	388	4200
2	厂家 2	356	3463
3	厂家 3	366	4000
4	厂家 4	366	3300

#### 四、标准中涉及专利情况

无。

#### 五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效益等情况

《氢能产业发展中长期规划(2021-2035 年)》中提出规划鼓励行

业优势企业与服务机构，牵头搭建氢能产品检验检测及认证综合服务等支撑平台，推动氢能产品质量认证体系建设，加强氢能相关特种设备的检验、检测等先进技术研发，服务行业创新发展。当前氢能技术飞速发展的同时，以电解水制氢装备为代表的氢能装备由于行业缺乏规范的评判依据，给氢能行业发展带来诸多安全隐患，加强氢能装备的测试评价工作显得尤为重要。

同时，目前氢能装备市场监管能力还不能完全维护公平竞争市场秩序和促进产业高质量发展的现实需要，造成了终端应用信息不对称、技术装备指标宣传迭创新高、供应链体系化不足等一系列行业痛点，亟需完善氢能产业链标准体系，对标国际一流技术指标，建立客观公平的评价体系，推进氢能产品检验检测和认证公共服务平台建设，推动氢能产业关键核心技术和安全技术协同发展，促进行业稳健、安全、持续发展的重要体现。迫切需要从全产业链视角推动完善氢能标准检测体系，促进技术装备创新迭代，以支持氢能产业发展形成新格局。

最后，可结合电解水制氢装备评价与测试的数据积累挖掘和标准能效提升工作，建立氢系统装备工程检验检测、性能认证等第三方优质公共服务平台和培训基地；建立我国氢能产业技术路线图动态评估机制，为政府科学决策和企业科技研发方向提供支撑。根据后续检测认证链的完善与国际接轨，支持企业通过一次检测、一次认证、多国证书模式“走出去”，参与国际产能合作，真正起到激励我国水电解行业技术进步，增强产品在国内、国际市场上的竞争力的作用。

本标准实施后，对环境无影响。

## 六、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况

本标准文件未采用国际标准和国外先进标准。经起草组调研，目前 ISO22734-2019 主要涉及电解水制氢系统型式测试相关内容。

未形成测试标准的测试方法层面，美国国家可再生能源实验室（NREL）基于 Wind-To-Hydrogen 项目建立了在风电、光伏多工况条件下，由 10 千瓦级碱性电解水制氢系统、PEM 电解水制氢系统、加氢站与氢供能的氢能综合利用实证平台。在该平台运营过程中，项目方采集了电解堆的产氢量、制氢效率、极化曲线等数据，形成了初步的测试方法与框架，测试方法尚停留在电解堆层级，存在测试参数有限、未考虑启停对电解堆寿命影响等短板，未形成体系化的测试规程。

欧盟委员会联合研究中心（JRC）通过工况提取、内部特性表征等方法开发了面向碱水、PEM、AEM 等多技术路线的单电池、电解堆、系统的标准化测试方法，涵盖了制氢效率、寿命等多种指标。电解系统层级，JRC 针对稳态、电网平衡以及可再生能源离网三种工况，为电解水制氢系统构建了相对完整的性能评测体系，测试指标体系包含电压、电流、电流密度、产氢量、产氢压力、氢气纯度、制氢效率、制氢比能耗、响应时间、运行最小负荷、冷启动时间、负荷变载速率。

## 七、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

本标准符合我国有关法律、法规的要求，并与国家相关政策、规划等保持一致。

## 八、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准编制过程中未出现重大分歧意见。

## 九、标准性质的建议说明

本标准方法标准，建议作为推荐性行业标准。

## 十、贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法、实施日期等）

标准发布后 1 年内，将根据各方反馈意见择期召开标准宣贯会议。向监管部门、技术审评部门、检验机构、生产企业等使用单位发放标准宣贯资料，并解答标准中相关技术难点和疑点。建议本标准在发布之日起 12 个月实施。

## 十一、废止现行相关标准的建议

无。

## 十二、其他应予说明的事项

无。

