

ICS 27.180

CCS F19

团 体 标 准

T/CSTE 0637—2024

质量分级及“领跑者”评价要求

碱性水电解制氢系统

Assessment requirements for quality grading and forerunner —
Alkaline Water Electrolysis System for Hydrogen Production

中国技术经济学会

Chinese Society of Technology Economics

2024-08-19 发布

2024-08-19 实施

中国技术经济学会 发布



中国技术经济学会
Chinese Society of Technology Economics



版权保护文件

版权所有归属于该标准的发布机构。除非有其他规定，否则未经许可，此发行物及其章节不得以其他形式或任何手段进行复制、再版或使用，包括电子版，影印件，或发布在互联网及内部网络等。使用许可请与发布机构获取。

目 次

前 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 2

5 评价指标及要求 3

6 评价方法及等级划分 3

附 录 A（规范性）通用要求 5

附 录 B（规范性）气密性试验方法 7

附 录 C（规范性）泄漏量试验方法 8

附 录 D（规范性）氢气产量计算方法 9

附 录 E（规范性）氢气纯度测试方法 11

附 录 F（规范性）氧气纯度测试方法 12

附 录 G（规范性）制氢效率试验方法 13

附 录 H（规范性）电流密度测试方法 14

附 录 I（规范性）电解槽几何特性测量计算方法 15

附 录 J（规范性）宽范围调节试验方法 18

附 录 K（规范性）电解槽一致性试验方法 20



前 言

本文件按照 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》和 T/CAS 700—2023、T/CSTE 0321—2023《质量分级及“领跑者”评价标准编制通则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国技术经济学会提出并归口。

本文件起草单位：北京国氢中联氢能科技研究院有限公司、国家能源集团氢能科技有限责任公司、中船（邯郸）派瑞氢能科技有限公司、厦门大学嘉庚创新实验室、科威尔技术股份有限公司、隆基氢能科技有限公司、阳光氢能科技有限公司、三一氢能有限公司、海德氢能源科技(江苏)有限公司、中国标准化研究院、氢检科技（宁夏）有限公司、苏州中欧氢能技术创新中心、德凯质量认证(上海)有限公司。

本文件主要起草人：刘玮、万燕鸣、刘晓峰、高小平、张新建、崔元帅、马军、饶洪宇、孙龙林、胡俊明、杨燕梅、王雪颖、张锦鹏、刘聪敏、肖晨江、程少伟、朱颖玥。

本文件为首次发布。



中国技术经济学会
Chinese Society of Technology Economics

质量分级及“领跑者”评价要求 碱性水电解制氢系统

1 范围

本文件规定了碱性水电解制氢系统质量分级及企业标准水平的术语和定义、基本要求、评价指标及要求、评价方法及等级划分。

本文件适用于加压型与常压型碱性水电解制氢系统的性能评价，被评价制氢系统应符合如下要求：**额定产氢量 $\geq 200 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 、工作温度 $\leq 100^\circ\text{C}$ ，工作压力为 $0.1 \text{ MPa} \sim 5.0 \text{ MPa}$** 。相关机构开展质量分级和企业标准水平评价、“领跑”产品评价以及相关认证或评价时可参照使用，相关企业在制定企业标准时也可参照本文件。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 19001 质量管理体系 要求
- GB/T 19774 水电解制氢系统技术要求
- GB/T 23331 能源管理体系 要求及使用指南
- GB/T 24001 环境管理体系 要求及使用指南
- GB/T 24499 氢气、氢能与氢能系统术语
- GB/T 29729 氢系统安全的基本要求
- GB 32311 水电解制氢系统能效限定值及能效等级
- GB/T 37562 压力型水电解制氢系统技术条件
- GB/T 37563 压力型水电解制氢系统安全要求
- GB/T 45001 职业健康安全管理体系 要求及使用指南

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。

3.1

额定工况 rated operating status

碱性水电解制氢系统产品备案标志牌或铭牌标称的运行工况。

注1：标志牌或铭牌主要技术参数应至少包括额定氢气产量（ Nm^3/h ）、额定系统压力（MPa）、工作温度范围（ $^\circ\text{C}$ ）、额定电流（A）、运行电压范围（V）、运行电流范围（A）、工作环境温度范围（ $^\circ\text{C}$ ）。

3.2

额定氢气产量 rated hydrogen production

碱性水电解制氢系统产品备案标志牌或铭牌标称的氢气产量，单位为 Nm^3/h 。

注1：本规范中氢、氧气体积为标准状态，即 0°C ， 101.325 kPa （绝压）状态下的气体体积，单位为 m^3 。

3.3

制氢系统标定单位能耗 rated energy consumption of hydrogen producing system by water electrolysis

水电解制氢系统在额定工作状态下，生产 1 Nm^3 氢气所消耗的电量，单位为 $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{Nm}^3 \text{ H}_2$ 。

注 1：本规范中制氢系统能耗指水电解直流电耗及制氢系统内碱液循环泵、补水泵及控制用交流能耗。

注 2：直流能耗按照 1.60 MPa 氢气堆出口压力进行核算，当出口压力为其他工况时需按附录 G 方法进行换算。

3.4

电解槽直流能耗 rated energy consumption of hydrogen producing electrolyzer by water electrolysis

水电解制氢装备在稳态运行过程中，生产标准状态下 1 m^3 氢气，电解槽所消耗的总电量，单位为 $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{Nm}^3 \text{ H}_2$ 。

3.5

标定电流密度 rated peak current density

标定电流密度是指制氢系统在稳压状态下，工作温度为标志牌或铭牌标称的额定工作温度，压力为额定工作压力，平均小室电压为 $1.92 \text{ V}\pm 0.01 \text{ V}$ ，稳定运行 10 min 以上可以达到的电流密度。

3.6

有效电解面积 effective electrolytic area

有效电解面积是指水电解制氢系统在运行过程中单个小室可以参与电解水反应的电极面积，单位为 m^2 。

注 1：一般认为同一个电解槽的每个电解小室的有效电解面积相同，电极面积计算方法见附录 I。

3.7

电解槽体积 volume of electrolyzer

电解槽的主体体积，不包含端压板、拉杆等附件，单位为 m^3 。

3.8

电解槽单位体积产氢量 hydrogen production per unit volume of electrolyzer

单位产氢量所对应的电解槽体积，单位为 $\text{Nm}^3 \text{ H}_2/\text{m}^3$ 。

4 基本要求

4.1 近三年，企业无较大及以上质量、环境、安全等事故。

4.2 企业未列入国家信用信息严重失信主体相关名录。

4.3 企业可根据 GB/T 19001、GB/T 23331、GB/T 24001、GB/T 45001 建立并运行相应质量、能源、环境和职业健康安全等管理体系，鼓励企业根据自身运营情况建立其他高水平的相关管理体系。

4.4 碱性水电解制氢系统产品应为量产产品，符合国家强制性标准及 GB/T 19774、GB/T 37562、GB/T 37563 等规定的要求。

5 评价指标及要求

5.1 评价指标分类

- 5.1.1 依据 T/CSTE 0321，结合本产品特点进行评价指标分类。
- 5.1.2 碱性水电解制氢系统评价指标体系包括基础指标、核心指标。
- 5.1.3 基础指标包括气密性、泄漏量、额定氢气产量、氢气纯度、功率运行范围内氧中氢含量。
- 5.1.4 核心指标包括电解槽直流能耗、制氢系统交流能耗、电流密度、电解槽单位体积产气量、功率波动范围、小室电压一致性；核心指标分为三个等级，包括领跑水平，相当于企业标准排行榜中 5 星级水平；优质水平，相当于企业标准排行榜中 4 星级水平；达标水平，相当于企业标准排行榜中 3 星级水平。

5.2 评价指标体系

5.2.1 碱性水电解制氢系统评价指标体系符合表 1 的规定。

表 1 碱性水电解制氢系统评价指标体系

序号	指标类型	评价指标		指标来源	指标水平分级			判定依据/方法
					领跑水平 (5 星级)	优质水平 (4 星级)	达标水平 (3 星级)	
1	基础指标	气密性		GB/T 37562	符合 GB/T 37562 要求			附录 B
2		泄漏量		GB/T 37562	小于 0.5%/h			附录 C
3		额定氢气产量		本文件	符合系统设计指标要求			附录 D
4		氢气纯度		本文件	≥99.7%			附录 E
5		功率运行范围内氧中氢含量		本文件	≤1.5%			附录 F
6	核心指标	电解槽直流能耗 (kWh/Nm³@额定产气量)		本文件	≤4.3	(4.3-4.5]	(4.5-4.6]	附录G
7		制氢系统交流能耗 (kWh/Nm³@额定产气量)		本文件	≤4.35	(4.35-4.55]	(4.55-4.65]	附录G
8		电流密度 (A/m²@1.92V)		本文件	≥4000	[3000-4000)	[2500-3000)	附录H
9		电解槽单位体积产气量 (Nm³H₂/m³)		本文件	≥80	[60-80)	[50-60)	附录I
10		功率波动范围	稳定低载 负荷 (%)	本文件	≤30	(30-40]	(40-50]	附录J
11			稳定过载 负荷 (%)	本文件	≥120	[110-120)	[100-110)	附录J
12		小室电压一致性 (%)		本文件	≤4	[4-6]	[6-8]	附录K

注 1：氢气纯度为碱性水电解系统（不含纯化装置）出口氢气。

6 评价方法及等级划分

6.1 可对碱性水电解制氢系统企业标准的全部指标进行综合评价，评价结果划分为领跑水平、优质水平、达标水平，划分依据见表 2。

- 6.2 综合评价满足表 1 和表 2 中领跑水平的企业标准为“领跑者”标准，经检测或测试，产品各指标符合表 1 和表 2 中领跑水平要求的产品为“领跑”产品，自我声明标识可使用 T/CSTE 0421—2023 中 4.4 图 4-1 自我声明“领跑”标识，采用第三方评价或认证时，标识可使用 T/CSTE 0421—2023 中 4.5 图 5-1“领跑者”产品评价或认证标识。
- 6.3 综合评价满足表 1 和表 2 中优质水平的企业标准为“优质”标准，经检测或测试，产品各指标符合表 1 和表 2 中优质水平要求的产品为“优质”产品，自我声明标识可使用 T/CSTE 0421—2023 中 4.4 图 4-2 自我声明“优质”标识，采用第三方评价或认证时，标识可使用 T/CSTE 0421—2023 中 4.5 图 5-2“优质”产品评价或认证标识。
- 6.4 综合评价满足表 1 和表 2 中达标水平的企业标准为“达标”标准，经检测或测试，产品各指标符合表 1 和表 2 中达标水平要求的产品为“达标”产品，自我声明标识可使用 T/CSTE 0421—2023 中 4.4 图 4-3 自我声明“达标”标识，采用第三方评价或认证时，标识可使用 T/CSTE 0421—2023 中 4.5 图 5-3“达标”产品评价或认证标识。

表 2 指标评价要求及等级划分

标准等级	满足条件		
领跑水平	基本要求	基础指标要求	核心指标全部满足领跑水平（5 星级）要求
优质水平			核心指标不低于优质水平（4 星级）要求
达标水平			核心指标不低于达标水平（3 星级）要求

附录 A
(规范性)
通用要求

A.1 测试前准备

- A.1.1 资料审核：测试前，应检查所有制造厂商提供的各种标志牌、合格证、仪表校验证书、技术文件、图纸资料、例行试验记录、特种设备使用登记证，上述文件、资料齐全，并逐一进行核对无误后进行测试。
- A.1.2 系统检查：水电解制氢系统组装完成后需按照工艺流程图进行系统检查，确认外观和各种相关尺寸、各类气液管路和电气线路连接正确。
- A.1.3 测试前应对制氢系统进行绝缘、接地、安全连锁等检查，应符合 GB/T 37562-2019 的规定。
- A.1.4 测试前应编制测试方案并制定相应安全应急措施。

A.2 测试要求

- A.2.1 测试内容包含：气密性测试、泄漏量测试、氢气产量测试、氢气纯度测试、氧气纯度测试、制氢效率测试、电流密度测试、电解槽几何特性测试、宽范围调节测试、电解槽一致性测试。
- A.2.2 碱性水电解制氢系统测试环境应清洁、通风良好，工作环境温度宜为5℃~45℃，相对湿度不高于75%。
- A.2.3 碱性水电解制氢系统测试所处场所，相关爆炸危险的区域及等级的划分，应符合GB 50177、GB 50058的规定。
- A.2.4 测试所用原料水及碱液技术指标应符合 GB/T 19774 的相关要求。
- A.2.5 测试所用检测器、仪表需符合表 3 中的精度要求，并符合相应的技术标准及规程。
- A.2.6 从测试开始至测试完成时止，所用检测器、仪表等的校准报告或检定报告均应在有效期内。

表 3 碱性水电解制氢系统测试仪器仪表精度要求

序号	仪器仪表名称	准确度等级/最大允许误差	参考标准	备注
1	直流电流表	不低于 0.5 级	GB 32311	
2	直流电压表	不低于 0.5 级	GB 32311	
3	电流传感器	不低于±0.5%RDG+1A	本文件	
4	电压传感器	不低于±0.05%RDG+0.05V	本文件	
5	功率因数表	不低于 0.5 级	本文件	
6	交流功率表	不低于 0.5 级	本文件	
7	其他电气仪表	不低于 1 级	GB 32311	
8	氧中氢分析仪	0-5%VOL，≤±2%F.S.	本文件	
9	氢中氧分析仪	0-5%VOL，≤±2%F.S.	本文件	
10	氢气质量流量计	≤±1%F.S.	本文件	

11	压差变送器	$\leq \pm 0.5\% \text{F.S.}$	本文件	
12	温度变送器	$\leq \pm 0.5^\circ\text{C}$	本文件	
13	压力表	不低于 1.0 级	本文件	
14	卷尺	I 级精度	本文件	
15	温度计	不低于 $\pm 1^\circ\text{C}$	本文件	
16	湿度计	不低于 $\pm 5\% \text{RH}$	本文件	
17	绝压测量仪	不低于 $\pm 0.3 \text{hPa}$	本文件	
18	秒表	不低于 $\pm 0.5 \text{S/d}$	本文件	

A.3 测试报告要求

A.3.1 测试报告应准确、清晰和客观的提供足够多的信息证明测试的所有测试项都已完成。报告的最低要求包括标题页、目录和总结报告。

A.3.2 标题页应展现以下信息：

- a) 报告名称；
- b) 被测产品型号及制造商名称；
- c) 测试地址；
- d) 测试日期；
- e) 报告日期；
- f) 报告编号。

A.3.3 目录应按顺序展现报告中每章的标题、副标题及页码。

A.3.4 测试报告总结应包含以下信息：

- a) 测试依据；
- b) 测试项目；
- c) 测试用仪器及设备的描述；
- d) 测试单位资质和测试人员的签字；
- e) 非直接可读取测试结果的计算方法；
- f) 显示测试结果的表格、图片；
- g) 测试数据与结论；
- h) 测试单位盖章（单位公章及资质标记）。

附录 B
(规范性)
气密性试验方法

B.1 范围

该方法适用于水电解制氢系统。

B.2 试验方法

B.2.1 气密性试验，对压力型水电解制氢系统以干燥、洁净空气或氮气进行气密性试验。气密性试验压力为电解槽设计压力，试验开始后逐渐升压，达到规定压力后，保持 30 min，检查所有连接处，焊接、法兰、垫片，以无漏气为合格。

B.2.2 对常压型水电解制氢系统的气密性试验压力为 0.05 MPa 或注满水静置试验。



中国技术经济学会
Chinese Society of Technology Economics

附录 C
(规范性)
泄漏量试验方法

C.1 范围

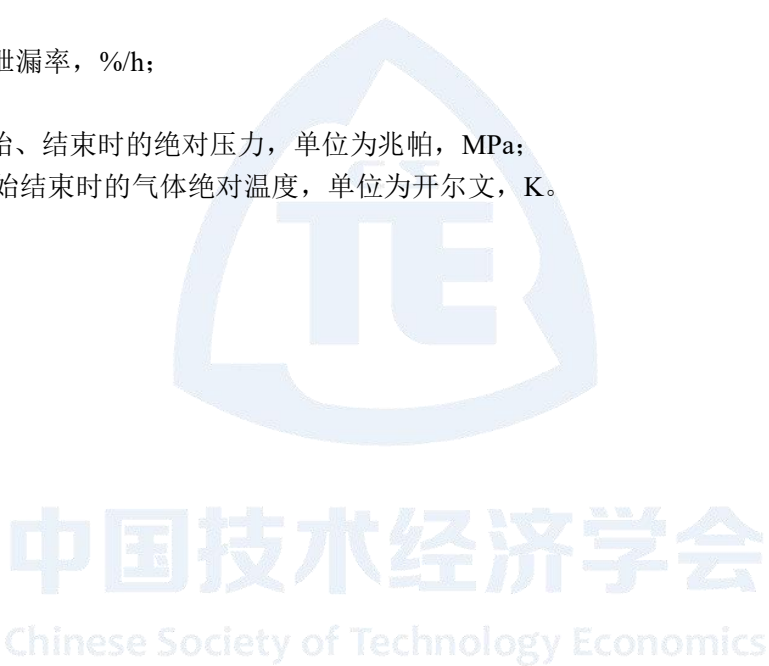
该方法适用于水电解制氢系统。

C.2 试验方法

C.2.1 泄漏量试验。水电解制氢系统在气密性试验合格后，以干燥、洁净空气或氮气进行泄漏量试验。试验压力为系统设计压力；试验时间为 24 h。泄漏量试验过程中认真记录系统内气体的温度、压力。以平均每小时泄漏率不超过 0.5%/h 为合格。平均每小时泄漏率 A 按公式 (C.1) 计算。

$$A = \frac{100}{t} \left(1 - \frac{p_2 T_1}{p_1 T_2} \right) \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：
A—平均每小时泄漏率，%/h；
t—试验时间，h；
p₁，p₂—试验开始、结束时的绝对压力，单位为兆帕，MPa；
T₁，T₂—试验开始结束时的气体绝对温度，单位为开尔文，K。



附录 D
(规范性)
氢气产量计算方法

D.1 范围

该方法适用于水电解制氢系统。

- D.1.1 启动系统后，保持系统在额定工况下运行，温度、压力参数稳定后开始进行试验；
D.1.2 测量系统氢气产量，并记录系统的温度、压力参数值。可采用直流电流测试值计算方法、容积法、流量计法进行产氢量测量，参照 GB/T 19774 的规定。

D.2 计算方法：电流法

- D.2.1 依据电解定律——任何物质在电解过程中，数量上的变化服从法拉第定律。
D.2.2 水电解制氢时的法拉第定律

在标准状况下，用 $2 \times 96500 \text{ C}$ 电量，可电解 1 mol 水制 1 mol 氢气和 $1/2 \text{ mol}$ 氧气。

1 mol 氢气在标准状况下的体积为 $22.43 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ；
故在标准状况下，制取 1 m^3 氢所需理论电量为式 (D.1)：

$$\frac{2 \times 96500 \times 1000}{3600 \times 22.43} = 2390 \text{ A} \cdot \text{h} / \text{m}^3 \dots\dots\dots (\text{D.1})$$

D.2.3 电流测试值计算气体产量

电流测试值计算气体产量按公式 (D.2) 进行：

$$Q = \frac{I n \eta}{2390} \dots\dots\dots (\text{D.2})$$

式中：
Q—氢气产量， m^3/h ；
I—通过电解小室的直流工作电流，A；
n—电解室数，个；
 η —电流效率，单位 (%) 表示，可设定为 100%。

D.3 计算方法：容积法

- D.3.1 若具备符合容积法测量方法，则优先采用容积法进行氢气产量的测量，相关试验方法参考 GB/T 19774-2005 附录 B。

D.4 计算方法：流量计法

- D.4.1 若具备符合精度要求的氢气流量计检测条件，则可采用氢气质量流量计进行氢气产量的测量。根据流量计的功能和误差情况，采用累积值法，计算方法按公式 (D.3) 进行：

$$Q = \frac{(Q_t - Q_0)}{t} \dots\dots\dots (\text{D.3})$$

式中：
Q—氢气产量，单位为 Nm^3/h ；
 Q_0 —试验开始时刻的氢气累积流量，单位为 Nm^3 ；

Q_t —试验结束时刻的氢气累积流量，单位为 Nm^3 ；

t —试验时间，单位为 h。



中国技术经济学会
Chinese Society of Technology Economics

附录 E
(规范性)
氢气纯度测试方法

E.1 范围

该方法适用于水电解制氢系统。

E.2 测试仪器

分析氢气中氧含量，按照 GB/T 3634.2 中对氧气含量采用同手工分析或气相色谱仪对比过的仪表进行分析。试验用仪表等级要求参照表 3 要求，所用仪表应符合相应的技术标准及规程。

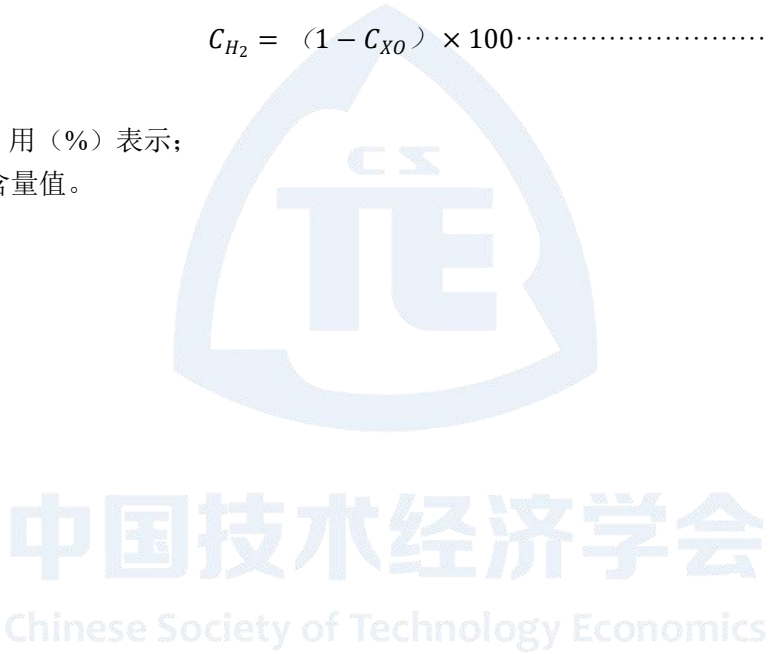
E.2.1 氢中氧含量测试

将氢气送入分析仪进口接头，分析仪就直接显示出体积氧含量值。

E.2.1.1 氢气纯度计算按公式 (E.1) 进行 (仅对氧含量规定)；

$$C_{H_2} = (1 - C_{XO}) \times 100 \dots\dots\dots (E.1)$$

式中：
 C_{H_2} —氢气纯度，用 (%) 表示；
 C_{XO} —仪显示氧含量值。



附录 F
(规范性)
氧气纯度测试方法

F.1 范围

该方法适用于水电解制氢系统。

F.2 测试仪表

试验用仪表等级要求参照表 3 要求，所用仪表应符合相应的技术标准及规程。

F.3 测试方法

将氧气送入分析仪进口接头，分析仪就直接显示出体积氢含量值。

F.3.1 氧气纯度计算按公式 (F.1) 进行 (仅对氢含量规定)；

$$C_{O_2} = (1 - C_{XH}) \times 100 \dots\dots\dots (F.1)$$

式中：
 C_{O_2} —氧气纯度，用 (%) 表示；
 C_{XH} —仪表显示氢含量值。



附录 G (规范性) 制氢效率试验方法

G.1 范围

该方法适用于碱性水电解制氢系统。

G.2 试验要求

G.2.1 制氢系统额定单位能耗保留两位小数。

G.2.2 参照表 1，在额定工况下进行直流能耗的测量，在额定工况下进行制氢系统能耗的测定。

G.2.3 试验用仪表等级要求参照表 3 要求，所用仪表应符合相应的技术标准及规程。

G.2.4 单位直流能耗测试次数不宜少于 6 次，间隔 10 min，取平均值。每次测试时待状态稳定 10 min 后读取数值。

G.3 计算方法

G.3.1 单位交流能耗采用交流功率表（累计式），接入相应的回路中，测试时间为 1 h。

G.3.2 根据测得的直流电流值，电解槽的小室数，按照 GB 32311 计算出制氢系统的氢气产量。

G.3.3 根据测得的直流电压值，电解槽的小室数，按照 GB 32311 计算出电解槽在测试条件下工作压力下的平均小室电压及单位直流能耗 W_d 。

G.3.4 制氢系统标定单位能耗中直流能耗（ W_{ds} ）按照 1.6 MPa 氢气堆出口压力进行核算，当出口压力低于 1.6 MPa 时，氢气压力提升至 1.6 MPa 所需耗电量按照（G.1，G.2）进行计算，当出口压力高于 1.6 MPa 时，氢气压力由 1.6 MPa 降低至制氢系统出口压力所需耗电量计算按公式（G.3，G.2）进行：

$$W_{ds}=W_d+E \cdots \cdots (G.1)$$

$$W_{ds}=W_d-E \cdots \cdots (G.2)$$

$$E = \frac{nRT \times (\ln P_2 - \ln P_1)}{3.6 \times 10^6 \times \eta \times 11.2} \cdots \cdots (G.3)$$

其中：

E—压缩过程能耗，单位为 kWh/Nm³；

n—1kg 氢气的摩尔数，值为 500 mol；

P₁—压缩前的压力，单位为 Pa；

P₂—压缩后的压力，单位为 Pa；

R—气体常数，为 8.314 J/mol·K；

T—气体温度，值为 293.15 K；

η—压缩机效率，取为 85%。

G.3.5 根据测得的碱液泵、补水泵及控制用电功率，按照 GB 32311 计算出制氢系统的交流单位能耗 W_a 。

G.3.6 制氢系统额定单位能耗（kWh/Nm³@额定产气量）等于 $W=W_{ds}+W_a$ 。

附录 H
(规范性)
电流密度测试方法

H.1 范围

该方法适用于碱性水电解制氢系统。

H.2 试验方法

H.2.1 制氢系统最大电流密度保持整数。

H.2.2 测试工作在制氢系统的温度为标志牌或铭牌中标称工作温度，工作压力为 0.1 MPa~5 MPa。

H.2.3 根据电解槽小室数，按平均小室电压 1.92 V 设置电解槽总电压。

H.2.4 根据制氢系统工作电流，按照额定电流调节速率进行电流调节，同时观察电压值的变化。

H.2.5 当电压值达到设定电压值时，停止调节电流，并记录电流值。

H.2.6 系统在满足测试工作条件下，稳定运行 10 min 以上。

H.2.7 根据有效电解面积和记录的电流值，计算出电流密度。



附录 I
(规范性)
电解槽几何特性测量计算方法

I.1 范围

该方法适用于碱性水电解制氢系统。

I.2 试验方法

I.2.1 本试验主要为测量碱性水电解制氢系统电解槽的有效电解面积及体积。根据电解槽构型，测量步骤如下。

I.2.2 当电解槽构型为圆柱体型时，几何特性测量参照下述方法。

I.2.2.1 利用卷尺测定电解槽长度 L （含端压板），并与电解槽设计图纸核对；

I.2.2.2 利用卷尺测定主极板半径 R_1 （以极框为界），并与电解槽设计图纸核对；

I.2.2.3 利用卷尺测定有效电解半径 R_2 （以主极板电极焊缝为界，电极能接触碱液的最大几何面积），并与电解槽设计图纸核对；

I.2.2.4 根据下式计算电解槽体积：

$$V = \pi (R_1)^2 \cdot L \dots\dots\dots (I.1)$$

式中：

V —电解槽计算体积，单位为 m^3 ，保留两位有效小数；

R_1 —为主极板半径，单位为 m ，保留两位有效小数；

L —含端压板的电解槽长度，单位为 m ，保留两位有效小数。

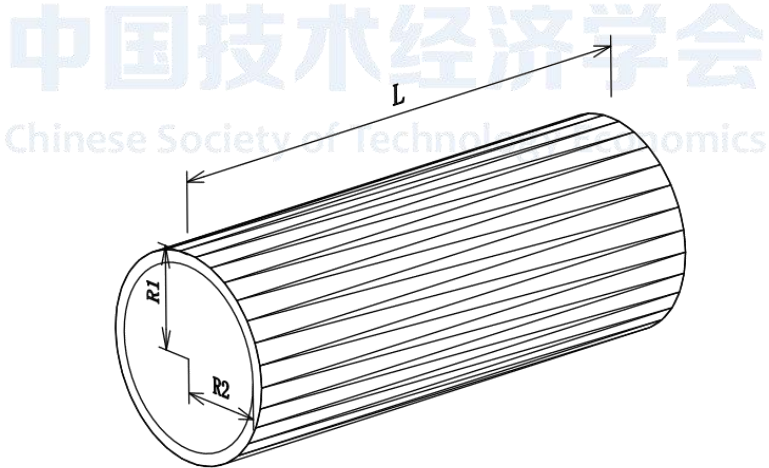


图 1 测量示意图

I.2.2.5 根据下式计算电解槽有效电解面积：

$$S = \pi (R_2)^2 \dots\dots\dots (I.2)$$

式中：

S: 电解槽有效电解面积, 单位为 m^2 , 保留两位有效小数;

R_2 : 有效电解半径, 单位为 m , 保留两位有效小数。

I.2.2.6 根据下式计算电解槽单位体积产氢量:

$$\partial V = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots (\text{I.3})$$

式中:

Q—电解槽额定产氢量, 单位为 Nm^3H_2 ;

∂V —电解槽单位体积产氢量, 单位为 $\text{Nm}^3\text{H}_2/\text{m}^3$ 。

I.2.3 当电解槽构型为长方体型, 几何特性测量参照下述方法。

I.2.3.1 利用卷尺测定电解槽长度 L、宽度 W、高度 H, 并与电解槽设计图纸核对;

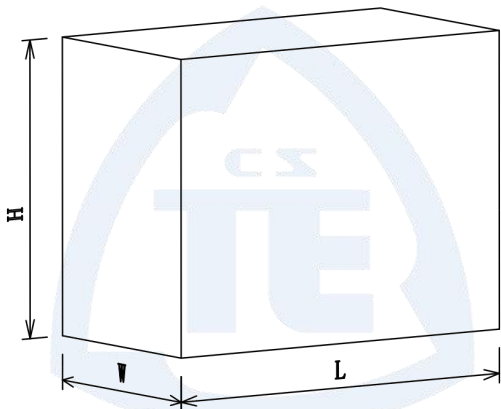


图 2 测量示意图

I.2.3.2 根据下式计算电解槽体积:

$$V = L \cdot W \cdot H \dots\dots\dots (\text{I.4})$$

式中:

V—电解槽计算体积, 单位为 m^3 , 保留两位有效小数;

L—电解槽长度, 单位为 m , 保留两位有效小数;

W—电解槽宽度, 单位为 m , 保留两位有效小数;

H—电解槽高度, 单位为 m , 保留两位有效小数。

I.2.3.3 根据下式计算电解槽有效电解面积:

$$S = L \cdot H \dots\dots\dots (\text{I.5})$$

式中:

S: 电解槽有效电解面积, 单位为 m^2 , 保留两位有效小数。

I.2.3.4 根据下式计算电解槽单位体积产气量:

$$\partial V = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots (\text{I.6})$$

式中：

Q —电解槽额定产氢量，单位为 Nm^3H_2 ；

∂V —电解槽单位体积产气量，单位为 $\text{Nm}^3\text{H}_2/\text{m}^3$ 。



中国技术经济学会
Chinese Society of Technology Economics

附录 J
(规范性)
宽范围调节试验方法

J.1 范围

该方法适用于碱性水电解制氢系统。本试验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。

该试验应重点测量并记录电能输入（含电压、电流、功率）、碱液循环流量、电解槽入口温度、电解槽氧侧出口温度、气体输出（产氢量、系统压力、氢气/氧气压差、氢中氧浓度、氧中氢浓度）等参数，变工况下允许调整碱液循环流量和电解槽入口温度。

J.2 功率过载性能测试

J.2.1 过载试验开始前，系统在额定功率下稳定后运行 30 min 以上；

J.2.2 开始试验，试验期间定时测量系统参数；

J.2.3 在额定功率基础上向上拉载功率 10%，将系统停留在该功率值下稳定后运行 10 min 以上，变负荷期间保证系统电压、系统压力、电解槽氧侧出口温度、氢氧侧液位差平稳，氧中氢、氢中氧合格；

J.2.4 当系统稳定运行后，继续向上拉载功率 10%，并将系统停留在该功率下稳定后运行 10 min 以上，变负荷期间保证系统电压、系统压力、电解槽氧侧出口温度、氢氧侧液位差平稳，氧中氢、氢中氧合格；

J.2.5 重复 J.2.3-J.2.4 步骤，直至系统达到供应商规定的最大功率；

J.2.6 若在下一次拉载后电压无法稳定，或工作温度持续攀升无法下降、气体输出异常，则将系统降载至当前功率，当前功率值即为系统的稳定过载功率 $P_{\max}$ ；

J.2.7 保持电功率输入在最大值稳定后运行 1 h 以上，且过程中系统与安全相关的参数（如氢气压力、氧气压力、氢氧压差、氢中氧浓度、氧中氢浓度等）不能超过设计范围；

J.2.8 功率过载性能测试过程中限定氧中氢浓度小于 1.5%。

J.3 功率低载性能测试

J.3.1 开始低载试验前，将系统降载至额定功率下稳定后运行 30 min 以上；

J.3.2 开始试验，试验期间定时测量系统参数；

J.3.3 在额定功率基础上向下降载功率 20%以内，将系统停留在该功率值下稳定后运行 10 min 以上，变负荷期间保证系统电压、系统压力、电解槽氧侧出口温度、氢氧侧液位差平稳，氧中氢、氢中氧合格；

J.3.4 当系统稳定运行后，继续向下降载功率 20%以内，并将系统停留在该功率下稳定后运行 10 min 以上，变负荷期间保证系统电压、系统压力、电解槽氧侧出口温度、氢氧侧液位差平稳，氧中氢、氢中氧合格；

J.3.5 重复 J.3.3-J.3.4 步骤，直至系统达到供应商规定的最小功率；

J.3.6 若在下一次降载后电压、系统压力、电解槽氧侧出口温度无法稳定，或氧中氢浓度超限，则关停系统，当前功率值即为系统的稳定低载功率 $P_{\min}$ ；

J.3.7 每次降载幅度至少为额定工况的 5%；

J.3.8 50%及以下工况点对槽温不做限制；稳定运行时间 30 min 以上；

J.3.9 保持电功率输入在最小功率稳定后运行至少 1 h，且过程中系统与安全相关的参数（如氢中氧浓度、氧中氢浓度、气液分离器液位差等）不能超过设计范围；

J.3.10 功率低载性能测试过程中限定氧中氢浓度小于 1.5%。

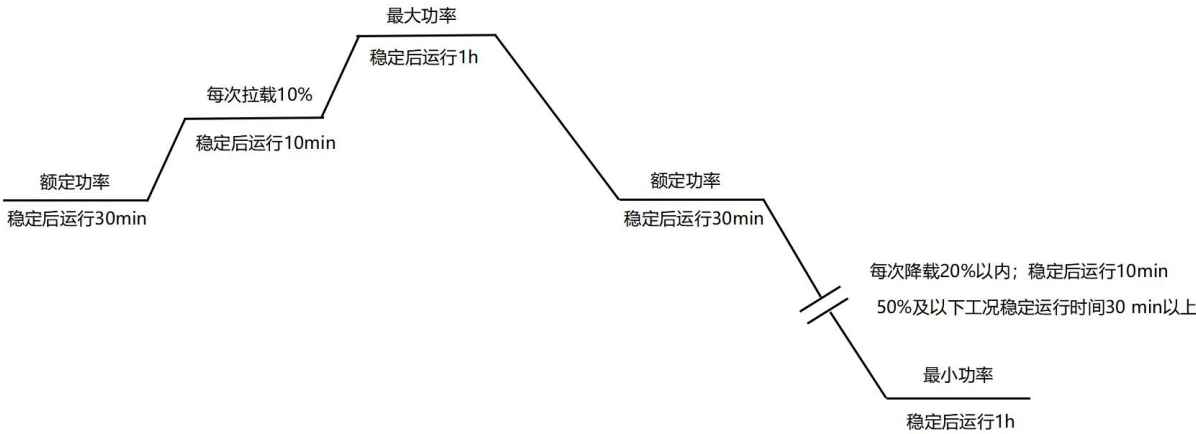


图 3 过载/低载试验示意图



附录 K
(规范性)
电解槽一致性试验方法

K.1 范围

该方法适用于碱性水电解制氢系统。

K.2 试验方法

K.2.1 试验开始前，系统运行至额定工况；

K.2.2 制氢系统工作压力至额定压力，压力控制在 ± 0.1 MPa；

K.2.3 利用符合表 3 精度要求的小室电压巡检仪器记录电解槽中各小室电压数据，并计算电解槽的小室电压分布。

K.2.4 根据下式计算剔除端板旁第一个小室的小室电压幅值 ΔV ，即为极差：

$$\Delta V = V_{\max} - V_{\min} \dots\dots\dots (K.1)$$

式中：

$V_{\max}$ —为测试所得小室电压最大值，单位为 V；

$V_{\min}$ —为测试所得小室电压最小值，单位为 V。

K.2.5 根据下式计算极差与平均小室电压的比率：

$$\omega = \frac{\Delta V}{(V/n)} * 100\% \dots\dots\dots (K.2)$$

式中：

V—电解槽总电压，单位为 V；

n—为电解槽设计小室数。