**“领跑者”评价技术要求 燃料电池发电系统**

**（征求意见稿）**

**编制说明**

**标准起草组**

**二〇二四年十二月**

目 次

[一、工作简要过程 2](#_Toc73003573)

[二、标准编制原则和主要内容 3](#_Toc73003574)

[三、采用国际标准和国外先进标准情况 5](#_Toc73003575)

[四、主要试验验证情况 5](#_Toc73003576)

[五、与现行法律、法规和政策及相关标准的协调性 10](#_Toc73003577)

[六、贯彻标准的要求和措施建议 10](#_Toc73003578)

[七、其他需要说明的事项 10](#_Toc73003579)

# 一、工作简要过程

（一）任务来源

企业标准“领跑者”是指同行业可比范围内，企业自我声明公开的产品、服务标准中核心指标处于领先水平的产品或服务。企业标准“领跑者”制度是助推高质量发展的一大举措。2018年，市场监管总局等八部门发布了《关于实施企业标准“领跑者”制度的意见》，旨在通过高水平标准引领，支撑高质量发展。自2019年启动企业标准“领跑者”项目以来，中国汽研已建成包括新能源整车、汽柴油整车、汽车用发动机、汽车零部件及配件等4个重点领域、23个细分产品的企业标准“领跑者”评价能力，发布了22项团标，开展了共计58个整车、23个关键系统和零部件的企业标准评价工作，推动了企业标准与消费者痛点问题的结合，弥补了现行国家/行业标准缺失的内容，有效响应了国家高质量发展战略的要求。

2024年7月，中国汽车工程研究院股份有限公司向中国汽车工业协会申请《“领跑者”评价技术要求 燃料电池发电系统》团体标准立项。2024年8月6日，中国汽车工业协会对《“领跑者”评价技术要求 燃料电池发电系统》进行了立项公示。2024年8月26日，中国汽车工业协会正式下文通知《“领跑者”评价技术要求 燃料电池发电系统》完成团体标准立项，项目计划号为2024-48。

（二）主要起草单位及任务分工

本标准在研究制定工作过程中，与燃料电池行业专家进行了多次研讨并开展了广泛的调研工作和大量的试验验证工作，得到了相关燃料电池发电系统及零部件生产企业的支持，取得了大量具有建设性的意见、建议和数据，保证本标准的制定质量。

主要起草单位有：中国汽车工程研究院股份有限公司、中国标准化研究院、国家电投集团氢能科技发展有限公司、东方电气（成都）氢能科技有限公司、国鸿氢能（嘉兴）股份有限公司、深蓝汽车科技有限公司、中国第一汽车集团有限公司、德燃（重庆）动力科技有限公司、博世氢动力系统（重庆）有限公司、现代汽车氢燃料电池系统（广州）有限公司、上海捷氢科技股份有限公司、安徽瑞氢动力科技有限公司、北京氢沄新能源科技有限公司、广东广晟氢能有限公司、广东云韬氢能科技有限公司、氢质氢离（北京）氢能科技有限公司、深圳市氢蓝时代动力科技有限公司、浙江锋源氢能科技有限公司、浙江天能氢能源科技有限公司、山东国创燃料电池技术创新中心有限公司、上海机动车检测认证技术研究中心有限公司、重庆长安跨越车辆有限公司、上海智能新能源汽车科创功能平台有限公司、江苏清能动力科技有限公司、湖南大学、中车工业研究院（青岛）有限公司。

（三）标准研讨情况

1、背景调研

燃料电池发电系统是一种利用氢气等可再生能源作为燃料，通过电化学反应将化学能转化为电能的发电系统，在能量转换的同时还能产生高质量的热能，具有很高的效能，是未来氢能行业备受瞩目的关键技术。与传统的发电系统相比，燃料电池发电技术具有高效能、低污染、低噪音、模块化、易于维护、适应性强等优点，同时在应对未来能源供应的问题中也具有很好的前景。因此，本项目旨在通过燃料电池发电系统测评技术研究，建立更加客观、规范、全面的测试评价标准。

本标准通过在燃料电池发电系统发电能量效率、响应特性、噪声、环境适应性和可靠性等方面的关键测评技术建立标准，为燃料电池企业产品开发过程中的检测、评价提供参考依据，加速产品开发进程。通过统一燃料电池发电系统的测试方法、评价指标，解决行业内产品横向比较困难的痛点，帮助各家燃料电池企业反应发电系统的真实技术水平，提升产品竞争力、宣传推广优质产品。

2、标准研讨

2024年2月，与燃料电池发电系统相关企业、协会等进行了沟通交流，对相关试验方法、试验指标进行了收集。

2024年5月，召开团标草案研讨会，确定了团标草案基本框架、指标限值等。

2024年7月，召开团标立项审查会，根据会议专家意见，对部分评价指标按功率等级进行了划分，对系统效率、启动能耗、噪声等指标限值进行了调整，并结合发电系统的实际测试修改了实验方法的细节。

2024年9月，标准起草工作组在重庆召开了标准启动会和讨论会，来自中国标准化研究院、国氢科技、东方电气、国鸿氢能、深蓝汽车、中国一汽、德燃动力、博世氢动力、广州现代、捷氢科技、瑞氢动力、氢沄科技、广晟氢能、云韬氢能、氢质氢离、氢蓝时代、浙江锋源、天能氢能、国创中心、上海机动车检测、长安跨越、科创平台、江苏清能、湖南大学、中车研究院等30余家氢能零部件及整车企业、检测机构以及相关单位的50余名燃料电池领域专家及代表参加了本次会议，从燃料电池发电系统的安全性、经济性、可靠性等多角度对考核指标内容进行了探讨。

2024年10月，对标准草案面向十余家企业征求意见，根据企业意见对标准草案规定的试验方法、指标限值进行了进一步修改完善，形成征求意见稿。

# 二、标准编制原则和主要内容

在充分总结和比较了国内外燃料电池发电系统测试方法标准和文献，调研了国内系统厂家对燃料电池零部件相关测试方法的基础上，参考了GB/T 27748.1-2017 固定式燃料电池发电系统 第1部分：安全、GB/T 27748.2-2022 固定式燃料电池发电系统 第2部分：性能试验方法以及GB/T 36544-2018 变电站用质子交换膜燃料电池供电系统等标准中的相关内容。并且在标准撰写的过程中严格遵守以下原则：

1. 通用性原则：本标准提出的测试方法充分考虑行业内燃料电池发电系统使用情况，重整了国标/行标/地标的评价指标，制定的测试要求及方法具有代表性和合理性，通用性高。
2. 规范性原则：本标准根据《中华人民共和国标准法》、GB/T 1.1《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》、T/CAQP 015《“领跑者”标准编制通则》进行编制。
3. 指导性原则：现有国家标准中，没有针对燃料电池发电系统的可靠性、发电稳定性、比功率等的测试评价方法，制定此标准乐意规范试验要求，给行业内提供参考。
4. 协调性原则：本标准提出的方法与目前使用的国家标准不冲突。

本标准对当前国内燃料电池发电系统测试方法进行了很好的填补，若能实施，将会使得国内燃料电池发电系统的发展得到有力提升。

标准的主要内容如下：

1. 细节内容：范围、规范性引用文件、术语和定义、基本要求、评价指标及要求等细节内容；
2. 评价方法及等级划分：为确保不同企业的指标具有可对比性，结果具有公正性，根据行业调研情况，划分先进水平、平均水平和基准水平，明确判断依据。
3. 测试方法定义：明确系统效率、响应特性、开关机特性、噪声、可靠性故障、发电稳定性、占地面积比功率等试验要求及试验方法，及后续评价方法等。

# 三、采用国际标准和国外先进标准情况

本标准属于团体标准，与现行法律、法规、规章和政策以及有关基础和相关标准不矛盾。国内、国外均没有本标准所评价内容的评测标准。

# 四、主要试验验证情况

1、评价指标分类

—— 燃料电池发电系统“领跑者”标准的评价指标分为：基础指标、核心指标和创新性指标。

—— 基础指标包括：气体泄漏、机械强度、正常运行、电气过载、绝缘强度、防水防尘等级。

—— 核心指标包括：系统效率、响应特性、开关机特性、噪声、振动。

—— 创新性指标包括：可靠性故障率、发电稳定性和占地面积比功率。

2、评价指标验证

2024年2月-10月，标准牵头起草单位对多个燃料电池发电系统开展了试验验证工作。主要验证项目包括系统效率试验、响应特性试验、开关机特性试验、噪声试验等。

（1）系统效率试验

对比现有的燃料电池发电系统标准，系统效率的试验方法和试验要求都存在一定差异，且部分标准试验方法复杂，各家单位对标准的理解存在差异，不利于企业间进行横向比较。结合实际试验验证，在进行效率测量与计算时，选择氢气燃料作为能量输入，电能和热能作为能量输出更符合燃料电池发电系统的实际运行情况。经试验验证，先进的燃料电池发电系统可到达电效率≥50%，热效率≥45%，总能量效率≥95%的水平。

（2）响应特性试验

响应特性试验考核怠速-额定，额定-怠速过程燃料电池发电系统电功率和热功率的响应时间，通过实际测试可以发现发电系统的响应特性受功率等级的影响较大，兆瓦级的燃料电池发电系统电功率上升时间和下降时间主要受冷却水路升降温速率、阀门的响应速率及氢气供应稳定性的影响。因此要达到较快的响应速率，对燃料电池的控制精度有了更高要求。目前发电系统主流的升载响应时间在50s以内，降载响应时间在40s以内。

（3）开关机特性试验

开关机特性试验主要用于评估固定式燃料电池发电系统在启动过程中的响应速率和能耗，以及停机过程中的降载、吹扫时间。在启动过程中，燃料电池发电系统需要经历一系列的变化，包括电化学反应的启动、温度、湿度以及气体、水流量的变化等。这些因素都会影响系统的开关机时间和能耗，先进系统的启动时间通常在1min以内，关机时间在5min以内，启动能量消耗与功率等级挂钩，通常在5kj/kW以内。

（4）噪声试验

噪声试验的主要目的是测量和分析固定式燃料电池发电系统在额定工况下发出的噪声水平，评估其是否符合相关噪声标准和规定，以确保系统不会对周围环境和使用者造成过度的噪声污染。通常考核发电系统的最大噪声等级和平均噪声等级，先进水平的系统可达到最大噪声等级＜80dB，平均噪声等级＜75dB。

最终结合实验验证和标准讨论形成的评价指标体系框架如表1所示。

表1 燃料电池发电系统评价指标体系框架

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 |
| 先进水平 | 平均水平 | 基准水平 |
| 1 | 基础指标 | 气体泄漏 | GB/T 27748.1-2017 | 自然通风或机械通风条件下，满足标准规定的泄漏量要求 | GB/T 27748.1-2017 |
| 2 | 机械强度 | 在压力保持过程中,不得发生破裂、断裂、变形或者其他物理损坏 |
| 3 | 正常运行 | 电功率符合铭牌上的数值 |
| 4 | 电气过载 | 稳定运行10min（电功率±3%，热功率±3%），不应有物理损坏的危险 |
| 5 | 绝缘强度 | GB/T 19826-2014 | 各独立电路与地(即金属框架)之间的绝缘电阻≥10MΩ无电气联系的各电路之间的绝缘电阻≥10MΩ | GB/T 19826-2014 |
| 6 | 防水防尘等级 | GB/T 4208-2017 | ≥IP23 | GB/T 4208-2017 |
| 7 | 核心指标 | 系统效率（0~1MW） | 电效率 | GB/T 27748.2-2022 | ηel≥50% | 50%＞ηel≥45% | 45%＞ηel≥40% | 附录A |
| 8 | 热回收效率 | ηth≥45% | 45%＞ηth≥40% | 40%＞ηth≥35% |
| 9 | 总能量效率 | ηtotal≥95% | 95%＞ηtotal≥85% | 85%＞ηtotal≥75% |
| 10 | 响应特性（0~1MW） | 电功率上升响应时间 | GB/T 27748.2-2022 | tup≤50s | 50s＜tup≤80s | 80s＜tup≤120s | 附录B |
| 11 | 电功率下降响应时间 | tdown≤40s | 40s＜tdown≤70s | 70s＜tdown≤120s |
| 12 | 热功率上升响应时间 | tup≤80s | 80s＜tup≤160s | 160s＜tup≤240s |
| 13 | 热功率下降响应时间 | tdown≤70s | 70s＜tdown≤140s | 140s＜tdown≤240s |
| 14 | 开关机特性（0~1MW） | 启动时间 | GB/T 27748.2-2022 | △tst≤60s | 60s＜△tst≤90s | 90s＜△tst≤120s | 附录C |
| 15 | 关机时间 | △tshut≤5min | 5min＜△tshut≤7min | 7min＜△tshut≤10min |
| 16 | 启动能量 | Est≤5kj/kW | 5kj/kW＜Est≤8kj/kW | 8kj/kW＜Est≤12kj/kW |
| 17 | 系统效率（≥1MW） | 电效率 | GB/T 27748.2-2022 | ηel≥48% | 48%＞ηel≥43% | 43%＞ηel≥38% | 附录A |
| 18 | 热回收效率 | ηth≥42% | 42%＞ηth≥37% | 37%＞ηth≥32% |
| 19 | 总能量效率 | ηtotal≥90% | 90%＞ηtotal≥80% | 80%＞ηtotal≥70% |
| 20 | 响应特性（≥1MW） | 电功率上升响应时间 | GB/T 27748.2-2022 | tup≤60s | 60s＜tup≤90s | 90s＜tup≤150s | 附录B |
| 21 | 电功率下降响应时间 | tdown≤50s | 50s＜tdown≤80s | 80s＜tdown≤150s |
| 22 | 热功率上升响应时间 | tup≤100s | 100s＜tup≤180s | 180s＜tup≤300s |
| 23 | 热功率下降响应时间 | tdown≤90s | 90s＜tdown≤160s | 160s＜tdown≤300s |
| 24 | 开关机特性（≥1MW） | 启动时间 | GB/T 27748.2-2022 | △tst≤90s | 90s＜△tst≤120s | 120s＜△tst≤150s | 附录C |
| 25 | 关机时间 | △tshut≤7min | 7min＜△tshut≤10min | 10min＜△tshut≤15min |
| 26 | 启动能量 | Est≤6kj/kW | 6kj/kW＜Est≤10kj/kW | 10kj/kW＜Est≤15kj/kW |
| 27 | 噪声 | 最大噪声等级 | GB/T 27748.2-2022 | SPL≤80dB | 80dB＜SPL≤85dB | 85dB＜SPL≤90dB | 附录D |
| 28 | 平均噪声等级 | SPL≤75dB | 75dB＜SPL≤80dB | 80dB＜SPL≤85dB |
| 29 | 振动 | 最高振动级别 | GB/T 27748.2-2022 | VL≤70dB | 70dB＜SPL≤75dB | 75dB＜SPL≤85dB | GB/T 27748.2-2022 |
| 30 | 创新性指标 | 可靠性故障率 | 可靠性评分 | 本文件 | 评分≥80分 | 70分≤评分＜80分 | 60分≤评分＜70分 | 附录E |
| 31 | 平均失效前时间 | *MTTFF*≥300h | 200h≤*MTTFF*＜300h | 100h≤*MTTFF*＜200h |
| 32 | 平均失效间隔时间 | *MTBF*≥200h | 100h≤*MTTFF*＜200h | 50h≤*MTTFF*＜100h |
| 33 | 发电稳定性 | 本文件 | $σ\_{V}$≤3% | 3%＜$σ\_{V}$≤6% | 6%＜$σ\_{V}$≤10% | 附录F |
| 34 | 占地面积比功率 | 本文件 | SPF≥25 kW/m2 | 20 kW/m2≤SPF＜25 kW/m2 | 10 kW/m2≤SPF＜20 kW/m2 | 附录G |
| **注：**燃料电池发电系统的系统效率、响应特性、开关机特性按照功率等级划分进行评级，分为0~1MW和≥1MW两个功率等级。 |

# 五、与现行法律、法规和政策及相关标准的协调性

本标准与现有的法律、法规和强制性国家标准无冲突。

# 六、贯彻标准的要求和措施建议

建议标准实施后组织标准宣讲，促进标准顺利实施。

# 七、其他需要说明的事项

无。