

**“领跑者” 标准评价要求 车用燃料电池发
动机
(征求意见稿)
编制说明**

标准起草组

二〇二一年六月

目 次

一、工作简要过程.....	2
二、标准编制原则和主要内容.....	5
三、采用国际标准和国外先进标准情况.....	6
四、主要试验验证情况.....	7
五、与现行法律、法规和政策及相关标准的协调性.....	12
六、贯彻标准的要求和措施建议.....	12
七、其他需要说明的事项.....	12

一、工作简要过程

（一）任务来源

氢能是我国能源体系的重要组成部分，燃料电池汽车的推广和应用将助推产业链价值不断扩容。质子交换膜燃料电池发动机是燃料电池电动汽车与纯电动汽车的最主要区别，也是燃料电池电动汽车与纯电动汽车安全性差异的根本原因，燃料电池的输出特性是燃料电池电动汽车动力性能的基础，既要满足车用功率需求，也要满足车用环境限制。

2020年9月，五部委联合发布了《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》（财建〔2020〕394号），明确说明：燃料电池系统的额定功率不小于50kW，且与驱动电机的额定功率比值不低于50%；燃料电池汽车所采用的燃料电池启动温度不高于-30℃；燃料电池乘用车所采用的燃料电池堆额定功率密度不低于3.0kW/L，系统额定功率密度不低于400W/kg；燃料电池商用车所采用的燃料电池堆额定功率密度不低于2.5kW/L，系统额定功率密度不低于300W/kg。但现阶段燃料电池系统测试项目不完善、测试方法不统一、关键性能评价指标不明确，难以反映燃料电池系统企业的技术水平。

综上所述，为有效支撑燃料电池汽车示范应用，规范燃料电池汽车检测工作，保证燃料电池行业的健康发展及氢能示范运营的有序进行，切实发挥企业标准对产品品质提升的引领作用，促进企业标准水

平进步，亟需推出《“领跑者”标准评价要求 车用燃料电池发动机》标准。

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。2017年国务院提出加快标准提档升级，全面实施企业标准自我声明公开和监督制度，实施企业标准“领跑者”制度。2018年由国家市场监督管理总局牵头联合八部门发布《关于实施企业标准“领跑者”制度的意见》（国市监标准[2018]84号）。且在近期，中办、国办印发的《国务院办公厅关于深化商事制度改革进一步为企业松绑减负激发企业活力的通知》、《建设高标准市场体系行动方案》中明确提出要优化企业标准“领跑者”制度，完善评估方案，推动第三方评价机构发布一批企业标准排行榜，引导更多企业声明公开更高质量标准。

2021年2月，中国汽车工程研究院股份有限公司向中国汽车工业申请《“领跑者”标准评价要求 车用燃料电池发动机》团体标准立项。2021年4月15日，中国汽车工业协会对《“领跑者”标准评价要求 车用燃料电池发动机》进行了立项公示。2021年5月17日，中国汽车工业协会正式下文通知《“领跑者”标准评价要求 车用燃料电池发动机》完成团体标准立项，项目计划号为2021-11。

（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系统及整车生产企业的支持，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、北京亿华通科技股份有限公司、上海捷氢科技有限公司、上海重塑能源科技有限公司、东方电气（成都）氢燃料电池科技有限公司、广东国鸿氢能科技有限公司、潍柴动力股份有限公司、江苏清能动力科技有限公司、德燃（重庆）动力科技有限公司、重庆明天氢能科技股份有限公司、爱德曼氢能源装备有限公司、海卓动力（青岛）能源科技有限公司、中国第一汽车集团有限公司、重庆长安新能源汽车有限公司、中国重型汽车集团有限公司、广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院、长城汽车股份有限公司保定氢能检测分公司。

（三）标准研讨情况

1、开展调研

2021 年 1 月开始，标准编制相关人员开始进行相关资料收集与调研，主要情况整理如下。

（1）我国燃料电池汽车产业政策环境

随着全球环境问题愈发受到重视。当前，道路交通排放已经占到全球碳排放总量的 18%，是温室气体排放的重要组成部分。“碳峰值”及“碳中和”已成为全球主要汽车市场相关国家和地区的政策目标。2020 年 9 月，财政部、工信部、科技部、发改委、国家能源局五部门联合发布了《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》，支持燃料电池汽车关键核心技术突破和产业化应用，推动形成布局合理、各有侧重、协同推进的燃料电池汽车发展格局。

（2）我国燃料电池汽车产业市场分析

氢能是我国能源体系的重要组成部分，燃料电池汽车的推广和应用将助推产业链价值不断扩容。根据《中国氢能源及燃料电池产业白皮书》，氢能将成为中国能源体系重要组成部分，2050年能源体系中占比约10%，氢气需求量达6000万吨，加氢站10000座以上，燃料电池汽车产量达520万辆/年。统计了2018-2021年由工信部发布的《新能源汽车推广应用推荐车型目录》，结果表明，推广目录中燃料电池车占比整体呈现升高态势，从2020年全年来看，推广目录中燃料电池车占比为5%，特别是在2020年第12批中，燃料电池车占总新能源车比例达到了14%，燃料电池车渗透率有望逐渐提升。展望燃料电池车远期市场空间，《节能与新能源汽车技术路线图（2.0版）》提出了2025年、2030-2035年燃料电池保有量分别达到10万辆、100万辆的目标，依据发展目标对燃料发动机的市场规模进行计算，为达成上述路线图提出的保有量目标，2020-2025年、2025-2035年保有量的年复合增速需分别达到68.5%、25.9%。

（3）我国燃料电池发动机标准体系现存问题

车用燃料电池发动机功率通常达到几十至上百千瓦，使用过程中氢气流量大，产热功率大，输出电压电流大，涉及机械、电气、热、化学等多种安全要求，且集中于紧凑有限的空间中；另外还要承受车辆运行过程中的振动冲击和冷热雨尘等环境影响，这对燃料电池发动机的安全可靠性能提出了非常高的要求。对标国内外标准，主要从燃料电池发动机性能试验、安全要求和可靠性三方面进行标准的制定工

作。然而现阶段国内制定的标准还存在测试项目不完善、测试方法不统一、交叉重复、关键性能评价指标不明确等问题，难以反映燃料电池系统企业的技术水平。

为切实发挥企业标准对质量提升的引领作用，贯彻 2018 年八部委发布的《关于实施企业标准“领跑者”制度的意见》文件，我司开展“领跑者”标准评价要求 车用燃料电池发动机团体标准研制，通过重整国标/行标/地标的评价指标，发挥团体标准的作用，建立完善的测试评价方案，明确行业先进水平的性能指标，支撑性能指标的认证认可体系，引导整车和零部件企业对产品进行优化升级，促进中国燃料电池汽车和交通产业链向更安全、更高效的方向发展。

2、标准研讨

2021 年 2 月，与燃料电池发动机、燃料电池整车等相关企业、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。

2021 年 3 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。

2021 年 3 月，召开团标立项审查会，根据会议专家意见，对标准的适用范围进行了界定，增加了低温冷启动过程能耗等经济性指标，并结合示范运营补贴政策对指标项和指标值划分进一步确认划分。

2021 年 5 月，标准起草工作组在重庆召开了标准启动会，来自中国标准化研究院、上海捷氢、上海重塑、北京亿华通、广东国鸿、爱德曼氢能源装备、潍柴动力、重庆明天氢能、长安新能源、德燃动力、东方电气、广汽研究院、海卓动力、康明斯、中国一汽、江苏清

能、长城汽车氢能检测、中国重汽等国内外 18 家燃料电池系统企业、整车企业、检测机构以及相关单位的 40 余名燃料电池领域专家及代表参加了会议，从燃料电池发动机的安全可靠、环境适应性、经济性等多角度对考核指标内容进行了探讨。

2021 年 5 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动机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 24554-2009 燃料电池发动机性能试验方法、GB/T 25319-2010 汽车用燃料电池发电系统 技术条件、GB/T 28183-2011 客车用燃料电池发电系统测试方法、GB/T 33979-2017 质子交换膜燃料电池发电系统低温特性测试方法、GB/T 34593-2017 燃料电池发动机氢气排放测试方法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动机使用情况，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，没有针对车用燃料电池发动机的噪声、耐振动、可靠性等的测试评价方法，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动机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动机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、术语定义、评价指标分类、基本要求等细节内容；

(2) 评价指标体系水平等级划分：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：明确质量比功率、低温冷启动过程能耗、噪声、可靠性故障、耐振动特性及系统效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

—— 车用燃料电池发动机“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：气密性、绝缘强度、紧急停机功能、防水防尘等级。

—— 核心指标包括：额定功率、质量比功率、动态响应时间、起动特性、低温冷启动能力。

—— 创新性指标包括：噪声、可靠性故障、耐振动特性、系统效率。

2、评价指标限值验证

2021年2月-5月，标准牵头起草单位对多台燃料电池发动机开展了试验验证工作。主要验证项目包括额定功率质量比功率、动态响应时间、起动特性、低温冷启动能力、系统效率、噪声、耐振动特性等。

1) 额定功率和质量比功率

质量比功率是反应燃料电池发动机技术水平的重要指标之一，与燃料电池发动机的最大总质量直接相关。国际上先进的燃料电池发动机由于具有高的比功率使其在车辆有限空间能提供交大功率，满足车辆动力需求。另外，从降低成本的角度，提高功率密度可以降低燃料电池材料、部件等硬件消耗，进而可以显著地降低燃料电池成本。通

过对企业现有发动机质量比功率进行计算，最终确定了团标相关限值。

2) 动态响应时间

动态响应在一定程度上影响着燃料电池发动机的性能和寿命，是商业化的阻碍之一。燃料电池发动机在装车实际运行与操作中，燃料电池发动机的性能不是稳定不变的，而经常随着外界因素不断变化，引起变化的原因很多，如气体浓度、膜内水含量、操作条件变化等。在燃料电池发动机动态响应中，如果排水性能不好，液态水堵塞气体通道，燃料电池性能会由此逐渐变差。参照 GB/T 24554-2009 《燃料电池发动机性能试验方法》的加载动态响应和卸载动态响应试验方法进行了验证。

3) 起动特性

启动工况是车用燃料电池发动机的主要动态工况之一，燃料电池发动机的启动特性可以很好的反应发动机的动态性能，燃料电池发动机的典型启动状态分为冷机启动和热机启动两种方式。冷机方式是指燃料电池发动机（冷却液加注完成）在规定的温度和湿度条件下保温住够长的时间以保证燃料电池发动机内部温度与环境温度相同；热机方式是指燃料电池发动机工作在一定功率，同时检测燃料电池堆冷却液的出口温度，一旦燃料电池堆冷却液的出口温度达到正常工作温度，即燃料电池发动机达到热机状态。参照 GB/T 24554-2009 《燃料电池发动机性能试验方法》中的试验方法进行了验证。评价指标为冷机启动时间和热机启动时间。

4) 低温冷启动性能

燃料电池发动机对环境的适应性能是决定其能否在实际中广泛应用的重要因素，而其中低温冷启动性能是燃料电池发动机面对的重要挑战之一，在低于 0℃ 的工作环境下，阴极侧反应生成的水易结冰导致催化层、扩散层堵塞，阻碍反应的进行，并且水结冰产生的体积变化也会对膜电极组件的结构产生破坏，降低燃料电池性能。从环境适应性、安全性、经济性角度出发，评价指标为在-30℃条件下，燃料电池发动机怠速起动时间、怠速到额定功率时间、启动至怠速状态的过程能耗 3 项指标，并参照 GB/T 33979-2017《质子交换膜燃料电池发电系统低温特性测试方法》进行试验。

5) 噪声

噪声主要聚焦于舒适性。噪声测试时燃料发动机应模拟整车状态（包括布置、连接），应包含燃料电池空压机等附件，不包含燃料电池散热系统，燃料电池系统可增加进气消音器、排气消音器、降噪包裹材料等能在整车上实施的降噪措施。评价指标包括燃料电池发动机在怠速和额定功率状态下的噪声值。

6) 可靠性故障

燃料电池发动机作为燃料电池汽车的核心，是一个具有较多输入输出变量的非线性系统，该系统主要包括燃料电池电堆、空气供给系统、氢气供给系统、冷却系统、增湿系统、电力输出和控制等。燃料电池发动机运行状况的好坏直接影响着燃料电池汽车动力的输出。作为发动机的重要质量指标，发动机的可靠性不仅是产品设计者、制造者所应考虑的问题，也是使用者最为关注的焦点问题。燃料电池发动

机在启动、怠速、半载、满载和峰值循环工况下进行可靠性试验，采集被测燃料电池发动机的故障数，以此进行评价。

7) 耐振动特性

燃料电池发动机的耐振动性主要考察其安全性能，参照 GB/T 31467.3-2015《电动汽车用锂离子动力蓄电池包和系统第3部分：安全性要求与测试方法》进行随机振动试验，试验结束后，对发动机进行气密性测试、绝缘电阻测试和额定功率试验，检查燃料电池发动机是否工作正常，并且其额定功率和额定功率下的系统效率应符合燃料电池系统技术协议规定。

8) 系统效率

相较于传统内燃机，燃料电池发动机除具有环保的优势外，效率也明显较高。参考 GB/T 24554-2009《燃料电池发动机性能试验方法》中稳态特性工况进行试验，并计算燃料电池发动机的效率。评价燃料电池发动机的系统效率时，采用高效运行工作区间和额定功率下的最高效率以及额定功率点时的最高效率作为评价指标。高效运行区间的定义为燃料电池发动机从怠速到峰值功率的工作区间内，系统效率达到45%以上的占比。

最终根据试验数据形成的各指标限值如表1所示。

表1 车用燃料电池发动机评价指标体系框架

序号	指标类型	评价指标	判断依据	指标水平分级			测试方法
				先进水平	平均水平	基准水平	
1	基础	气密性	GB/T	符合标准要求			GB/T
2		绝缘强度	24554-2009	符合标准要求			24554-2009

3	指标	紧急停机功能		符合标准要求					
4		防水防尘等级	GB/T 4208-2017	≥IP67			GB/T 4208-2017		
5	核心指标	额定功率	本文件	$P_E \geq 100kW$	$80 \leq P_E < 100$	$50 \leq P_E < 80$	附录 A		
6		质量比功率	本文件	$MP_F \geq 0.60kW/kg$ (金属板)	$0.50kW/kg \leq MP_F < 0.60kW/kg$ (金属板)	$0.40kW/kg \leq MP_F < 0.50kW/kg$ (金属板)	附录 A		
			本文件	$MP_F \geq 0.55kW/kg$ (石墨板)	$0.45kW/kg \leq MP_F < 0.55kW/kg$ (石墨板)	$0.35kW/kg \leq MP_F < 0.45kW/kg$ (石墨板)			
7		动态响应速率	加载状态 (10%P _E ~90%P _E)	GB/T 24554-2009	$t \leq 12s$	$12s < t \leq 18s$	$18s < t \leq 30s$	GB/T 24554-2009	
8		卸载状态 (90%P _E ~10%P _E)	GB/T 24554-2009	$t \leq 8s$	$8s < t \leq 15s$	$15s < t \leq 20s$	GB/T 24554-2009		
9		启动特性	冷机状态至怠速工况	GB/T 24554-2009	$t < 15s$	$15s \leq t < 20s$	$20s \leq t < 25s$	GB/T 24554-2009	
10			热机状态至怠速工况	GB/T 24554-2009	$t \leq 10s$	$10s < t \leq 15s$	$15s < t \leq 20s$	GB/T 24554-2009	
11		低温冷启动能力 @-30℃	怠速启动时间	GB/T 33979-2017	$t \leq 3min$	$3min < t \leq 6min$	$6min \leq t < 10min$	GB/T 33979-2017	
12			怠速到额定功率时间	GB/T 33979-2017	$t \leq 1.5min$	$1.5min < t \leq 2.5min$	$2.5min < t \leq 3.5min$	GB/T 33979-2017	
13			过程能耗 (启动至怠速状态, 外部供能加本身氢耗)	本文件	$W \leq 0.40kWh$ (金属板)	$0.40kWh < W \leq 0.55kWh$ (金属板)	$0.55kWh < W \leq 0.70kWh$ (金属板)	附录 B	
		$W \leq 0.50kWh$ (石墨板)			$0.50kWh < W \leq 0.65kWh$ (石墨板)	$0.65kWh < W \leq 0.80kWh$ (石墨板)			
14		创新性指标	噪声	怠速状态	本文件	$SPL \leq 75dB$	$75dB < SPL \leq 80dB$	$80dB < SPL \leq 85dB$	附录 C
15				额定功率	本文件	$SPL \leq 80dB$	$80dB < SPL \leq 85dB$	$85dB < SPL \leq 90dB$	附录 C
16	可靠性故障		本文件	评分 ≥ 80 分	$70 \text{ 分} \leq \text{评分} < 80 \text{ 分}$	$60 \text{ 分} \leq \text{评分} < 70 \text{ 分}$	附录 D		

17		耐振动特性	本文件	评分 \geq 80 分	70 分 \leq 评分 $<$ 80 分	60 分 \leq 评分 $<$ 70 分	附录 E
18	系统效率	45%以上的高效工作区间占比	本文件	$n \geq 60\%$	$55\% \leq n < 60\%$	$50\% \leq n < 55\%$	附录 F
19		额定功率	本文件	$\eta \geq 45\%$	$42\% \leq \eta < 45\%$	$38\% \leq \eta < 40\%$	附录 F

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。