

ICS 27.070

CCS T 43



团体标准

T/CEATEC XXX—2025

重卡用氢燃料电池系统集成技术规范

Technical specification for integration of hydrogen fuel cell system for

heavy duty trucks

(征求意见稿)

2025-X-XX 发布

2025-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发布

目次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 系统组成与功能要求 2

 4.1 系统组成 2

 4.2 功能要求 2

5 技术要求 3

 5.1 一般要求 3

 5.2 性能要求 3

 5.3 安全要求 4

 5.4 环境适应性要求 4

 5.5 耐久性要求 4

 5.6 电磁兼容性要求 4

6 试验方法 4

 6.1 试验条件 4

 6.2 外观与尺寸检查 5

 6.3 性能试验 5

 6.4 安全试验 6

 6.5 环境适应性试验 6

 6.6 耐久性试验 6

 6.7 电磁兼容性试验 7

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》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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

重卡用氢燃料电池系统集成技术规范

1 范围

本文件规定了用于重型卡车的氢燃料电池系统（以下简称“系统”）集成技术规范的系统组成与功能要求、技术要求、试验方法。

本文件适用于额定功率不低于80kW，以氢为燃料，为重型卡车（最大设计总质量大于12吨）提供主动力的质子交换膜燃料电池系统的集成、制造与检验。

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 1589 汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值
GB/T 5080.7 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案
GB/T 24548 燃料电池电动汽车 术语
GB/T 24549 燃料电池电动汽车 安全要求
GB/T 24554 燃料电池发动机性能试验方法
GB/T 28046.3 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第3部分：机械负荷
GB/T 28046.4 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第4部分：气候负荷
GB/T 30038 道路车辆 电气电子设备防护等级（IP代码）
GB 34660 道路车辆 电磁兼容性要求和试验方法
GB/T 37154 燃料电池电动汽车 整车氢气排放测试方法
GB/T 39851.2 道路车辆 基于控制器局域网的诊断通信 第2部分：传输层协议和网络层服务

3 术语和定义

GB/T 24548界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

重卡用氢燃料电池系统 hydrogen fuel cell system for heavy-duty trucks

为重型卡车提供主要或辅助动力，包含燃料电池电堆、空气供应系统、氢气供应系统、冷却系统、控制系统及配套的传感器、执行器等，能够独立进行电化学反应并将化学能持续转化为电能的成套装置。

3.2

系统额定功率 system rated power

在制造厂规定的条件下，系统能够持续稳定输出的净交流电功率，单位为千瓦（kW）。

3.3

系统峰值功率 system peak power

在制造厂规定的条件下，系统能够短时（通常不超过 30s）输出的最大净功率，单位为千瓦（kW）。

3.4

系统集成度 system integration level

表征系统功率密度和紧凑性的指标，为系统额定功率与系统总质量（不包括储氢瓶）的比值，单位为 kW/kg。

3.5

氢气排放速率 hydrogen emission rate

系统在运行、怠速、吹扫等过程中，单位时间内向大气中排放的氢气质量，单位为 g/h。

3.6

冷启动冷机时间 cold start to rated power time

在规定的低温环境下，从系统启动指令开始，到系统输出功率达到额定功率的 90%所需的时间。

4 系统组成与功能要求

4.1 系统组成

系统通常应包括以下子系统：

- a) 燃料电池堆：由多个单电池串联而成，是发生电化学反应的核心部件；
- b) 空气供应系统：包括空压机、中冷器、增湿器、空气过滤器、节气门/背压阀等，负责为电堆提供洁净、压力、流量和湿度适宜的氧化剂（空气）；
- c) 氢气供应系统：包括氢循环装置（引射器或氢循环泵）、压力调节阀、安全阀、截止阀等，负责为电堆提供压力、流量稳定的燃料（氢气），并实现未反应氢气的回收利用；
- d) 水热管理系统：包括冷却泵、散热器、节温器、去离子器、冷却液加热器（PTC）等，负责维持电堆和关键部件在最佳工作温度范围内；
- e) 电控系统：包括燃料电池控制器（FCU）及相关的传感器（温度、压力、浓度、流量等）、执行器，负责系统的启动、运行、停机、故障诊断与保护。

4.2 功能要求

4.2.1 空气供给系统

应符合下列要求：

- a) 空压机应能提供足够的空气流量和压力，空气流量范围为 200L/min~1000L/min，出口压力范围为 0.15MPa~0.3MPa；
- b) 中冷器应将压缩空气温度冷却至 $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 后送入燃料电池堆；
- c) 加湿器应保证进入堆内的空气相对湿度在 60%~90% 之间，湿度调节响应时间 $\leq 20\text{ms}$ 。

4.2.2 氢气供给系统

应符合下列要求：

- a) 应能根据系统功率需求，精准调节氢气供给量，氢气压力稳定在设定范围±0.05MPa 内；
- b) 氢气喷射器响应时间≤10ms，喷射精度误差≤±3%；
- c) 氢气循环泵应保证堆内氢气充分循环，循环流量可调范围为 50L/min~300L/min；
- d) 系统应具备氢气泄漏检测功能，当环境氢气浓度超过 1% VOL 时，立即触发报警并切断氢气供给。

4.2.3 水热管理系统

应符合下列要求：

- a) 应能将燃料电池堆工作温度控制在 60℃~85℃之间，温度波动≤±3℃；
- b) 冷却液循环流量可调范围为 80L/min~300L/min，水泵工作噪音≤75dB (A)；
- c) 系统应具备冬季防冻功能，冷却液冰点≤-40℃，在冷启动温度下无结冰现象。

4.2.4 电控系统

应符合下列要求：

- a) 燃料电池控制器应具备多参数采集、逻辑控制、故障诊断等功能，数据采集频率≥100Hz；
- b) 通讯协议应符合 GB/T 39851.2 的规定，支持与整车控制器实时通讯，通讯延迟≤50ms；
- c) 故障诊断功能应能识别至少 30 种常见故障，故障报警响应时间≤1s，并存储故障码及相关数据。

5 技术要求

5.1 一般要求

- 5.1.1 系统外观应整洁，无明显的划伤、变形、锈蚀。铭牌、标识清晰、牢固。
- 5.1.2 所有零部件应安装牢固，连接可靠，无松动现象。管路和线束走向应合理，固定可靠，无干涉。

5.2 性能要求

系统的基本性能应符合表 1 的要求。

表 1 系统性能要求

性能参数	要求
额定功率（kW）	≥制造商声称值
峰值功率（持续 30s，kW）	≥额定功率的 110%
额定功率下系统效率（%）	≥45
电压调节范围（V）	制造商规定值
动态响应特性（s）	从 10%额定功率升至 90%额定功率时间≤5

性能参数	要求
冷启动能力（s）	-30℃环境温度下，冷启动至额定功率时间≤120
系统额定功率下噪声（dB(A)）	≤85（距系统外壳 1m 处）
系统集成度（kW/kg）	≥0.35
系统防护等级	不低于 IP67（控制器、高压接插件等关键部件）
氢气排放速率（g/h）	≤1.5（稳态运行平均）
氢气利用率	在额定功率工况下，氢气利用率≥85%； 在部分负荷工况（25%~75% 额定功率）下，氢气利用率≥80%

5.3 安全要求

应符合下列要求：

- a) 系统应符合 GB/T 24549 的规定，高压部件绝缘电阻≥1MΩ（500V DC）；
- b) 氢气泄漏量应符合 GB/T 37154 的要求，静态泄漏量≤0.05L/min（标准工况下）；
- c) 系统应具备过压、过流、过热、过温保护功能，保护动作响应时间≤50ms；
- d) 碰撞安全性应符合 GB 1589 的相关规定，在 15g 加速度碰撞试验后，无氢气泄漏、高压短路等风险。

5.4 环境适应性要求

应符合下列要求：

- a) 工作环境温度范围：-40℃～65℃；
- b) 工作环境相对湿度范围：10%～95%（无冷凝）；
- c) 耐振动性能应符合 GB/T 28046.3 的规定，在 10Hz～2000Hz 频率范围内，加速度 2g 条件下，连续振动 4h 无故障；
- d) 耐气候性能应符合 GB/T 28046.4 的规定，经高低温循环、湿热循环试验后，性能衰减≤5%。

5.5 耐久性要求

应符合下列要求：

- a) 系统累计工作寿命≥10000h，寿命末期额定功率衰减≤15%；
- b) 启动/停止循环次数≥5000 次，循环后额定功率衰减≤10%；
- c) 高低温循环（-30℃～85℃）次数≥100 次，循环后无结构损坏，性能衰减≤8%。

5.6 电磁兼容性要求

系统的电磁兼容性应符合 GB 34660 的要求。

6 试验方法

6.1 试验条件

试验应在下述条件下进行：

- a) 环境温度：25℃±5℃；
- b) 相对湿度：15%~85%；
- c) 大气压力：91kPa~104kPa；
- d) 试验用氢气：纯度≥99.97%；
- e) 试验用空气：洁净、干燥，符合系统要求。

6.2 外观与尺寸检查

目视检查系统外观，使用符合精度要求的量具（如卷尺、三维坐标测量仪）测量系统外形尺寸和质量。

6.3 性能试验

6.3.1 功率试验

按 GB/T 24554 的规定，连接测功机或电子负载，使系统运行在额定工况和峰值功率工况，测量并记录系统的净输出功率。

6.3.2 效率试验

在额定功率点稳定运行，测量系统的净输出电功率和氢气的质量流量。系统效率按公式（1）计算。

$$\eta = \frac{P_{net}}{m_{H_2} \times LHV} \quad (1)$$

式中：

η ——系统效率；

P_{net} ——系统净输出功率，单位为千瓦（kW）；

m_{H_2} ——氢气质量流量，单位为克每秒（g/s）；

LHV ——氢气低热值，取 119.96MJ/kg。

6.3.3 电压调节范围试验

通过负载调整，测量系统在允许工作范围内输出电压的最大值和最小值。

6.3.4 动态响应试验

控制负载，使系统输出功率在 10%额定功率和 90%额定功率之间阶跃变化，用数据采集系统记录功率变化过程，计算上升时间。

6.3.5 冷启动试验

将系统置于-30℃±2℃的环境舱中，静置至系统内部温度稳定。在低温环境下执行启动程序，记录从启动指令开始到系统输出功率达到额定功率 90%所需的时间。

6.3.6 噪声试验

在额定功率下稳定运行，在距系统外壳表面 1m、离地面 1.2m 的四个方向进行测量，取平均值。

6.3.7 系统集成度试验

测量系统的总质量（不包括储氢瓶），计算系统集成度。

6.3.8 系统防护等级试验

按 GB/T 30038 和 GB/T 4208 的规定进行。

6.3.9 氢气排放试验

将系统排气口连接至气袋或在线分析仪，在稳态运行工况下，收集或测量单位时间内排出的氢气总量，计算平均排放速率。

6.3.10 氢气利用率试验

在额定功率和部分负荷工况下，通过氢气流量计分别测量供给到堆内的氢气总量和未参与反应的氢气排放量，计算氢气利用率。

6.4 安全试验

应按照以下方法进行：

- a) 绝缘电阻测试：按 GB/T 24549 的规定，使用 500V 绝缘电阻表测量高压部件绝缘电阻；
- b) 氢气泄漏测试：在静态和额定功率工况下，使用氢气检测仪测量系统各连接部位及周围环境氢气浓度，记录泄漏量；
- c) 保护功能测试：通过模拟过压、过流、过热、过温等故障工况，检测系统保护动作响应时间；
- d) 碰撞试验：按照 GB 1589 的规定，将系统安装在模拟车架上进行 15g 加速度碰撞试验，试验后检查系统密封性和电气安全性。

6.5 环境适应性试验

应按照以下方法进行：

- a) 温度适应性试验：将系统置于环境箱内，分别在-40℃、65℃下稳定运行 2h，测试系统性能；
- b) 湿度适应性试验：将系统置于相对湿度 95%（无冷凝）的环境箱内，稳定运行 4h，测试系统性能；
- c) 振动试验：按 GB/T 28046.3 的规定进行；
- d) 气候循环试验：按 GB/T 28046.4 的规定，进行-40℃~65℃高低温循环、40℃/95%RH 湿热循环试验，各循环 10 次，试验后测试系统性能。

6.6 耐久性试验

应按照以下方法进行：

- a) 寿命试验：按 GB/T 5080.7 的规定进行；
- b) 启动/停止循环试验：按照“启动-运行 30min-停止-静置 30min”的循环模式，进行 5000 次循环试验，循环后测试额定功率；
- c) 高低温循环试验：将系统置于环境箱内，进行-30℃~85℃高低温循环试验，每次循环包括升温 2h、高温保持 2h、降温 2h、低温保持 2h，共 100 次循环，试验后检查系统结构及性能。

6.7 电磁兼容性试验

按 GB 34660 的规定进行。
