

DB37

山 东 省 地 方 标 准

DB37/T 4099—2020

质子交换膜燃料电池发动机故障分类、远程 诊断及处理方法

Fault classification, remote diagnosis and trouble shooting of proton exchange
membrane fuel cell engine

2020 - 08 - 31 发布

2020 - 10 - 01 实施

山东省市场监督管理局 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 定义和术语 1

4 故障分类 2

5 故障远程诊断 5

6 故障处理方法 8

附录 A（资料性附录） 故障记录..... 10

参考文献 11

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由山东省工业和信息化厅提出、归口并组织实施。

本标准起草单位：潍柴动力股份有限公司、中国汽车技术研究中心有限公司、中通客车控股股份有限公司、山东国创燃料电池技术创新中心有限公司。

本标准主要起草人：潘凤文、常会楷、王钦普、时保帆、李可敬、魏倩雯、郭婷、张妍懿、张椿、梁云洁、刘楠楠、郗富强、梁满志、谯凯、侯伟、王侃侃、巩建坡、曹精明、刘晓辉。

本标准为首次发布。

质子交换膜燃料电池发动机故障分类、远程诊断及处理方法

1 范围

本标准规定了质子交换膜燃料电池发动机故障分类、远程诊断和处理方法。
本标准适用于质子交换膜燃料电池发动机。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 20042.1 质子交换膜燃料电池 第1部分：术语
- GB/T 24548 燃料电池电动汽车 术语
- GB/T 28816 燃料电池 术语
- GB/T 32960.3 电动汽车远程服务与管理系统技术规范 第3部分：通信协议及数据格式
- QC/T 893 电动汽车用驱动电机系统故障分类及判断

3 定义和术语

GB/T 20042.1、GB/T 24548和GB/T 28816界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

燃料电池发动机 fuel cell engine

包括燃料电池模块和燃料电池辅助系统，在外接氢源的情况下可以正常工作。
框图见图1。

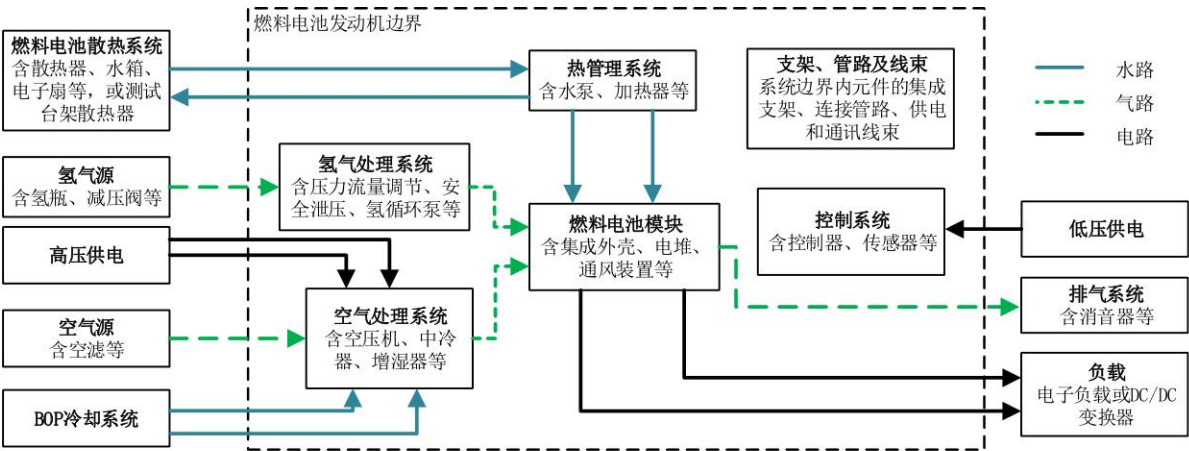


图1 燃料电池发动机框图

3.2

本质故障 essential fault

在规定使用条件下，由于燃料电池发动机本身固有因素或缺陷而引起的故障。

示例：燃料电池发动机性能下降超过规定值。

3.3

误用故障 misuse fault

不按规定条件使用、维修和保养，或由于外界因素而引起的故障。

示例：未按使用说明书规定维护保养而引起的故障。

3.4

从属故障 dependent fault

由某一故障引起的派生故障。

示例：空压机发生故障，导致增湿器或其他一系列零部件损坏，则增湿器或其他零部件损坏均属从属故障。

3.5

故障码 diagnostic trouble code

能够代表或标示出故障的一组数字或字母数字组合。

3.6

关机 normal shutdown

按照生产商规定的程序，燃料电池发动机从运行状态过渡到停止运行的状态。

3.7

紧急关机 emergency shutdown

根据工艺参数而采取的控制系统的措施，立即停止燃料电池发动机和它的所有反应，以避免设备的损坏和/或人员的伤害。

4 故障分类

4.1 故障分类方法

根据危害程度，故障分为致命故障、严重故障、一般故障和轻微故障，对应的故障等级分别为四级故障、三级故障、二级故障和一级故障，故障分类及特性描述见表1。

表1 故障分类及特性描述

序号	故障等级	故障类型	故障特性描述
1	四级故障	致命故障	1) 某项参数超出规定值的安全范围，燃料电池发动机紧急关机； 2) 危及人身安全； 3) 影响行车安全； 4) 对周围环境造成严重危害； 5) 重要零部件报废, 造成重大经济损失； 6) 主要零部件功能失效

表1 故障分类及特性描述（续）

序号	故障等级	故障类型	故障特性描述
2	三级故障	严重故障	1) 某项参数超出规定值，但在安全范围内，燃料电池发动机关机； 2) 主要零部件 ^a 功能失效； 3) 燃料电池发动机无法响应启动
3	二级故障	一般故障	1) 某项参数超出规定值，但在可接受范围内，影响燃料电池发动机正常运行； 2) 不需要更换主要零部件
4	一级故障	轻微故障	1) 某项参数偏离正常范围，不影响燃料电池发动机正常运行； 2) 不需要更换零部件
注：重要零部件包括燃料电池堆等。			
^a 类主要零部件包括氢气浓度传感器、燃料电池发动机控制器、电流传感器、氢气调压阀等。			
^b 类主要零部件包括空压机、空压机控制器、水泵、电控三通阀、中冷器、增湿器、氢气循环泵、温度传感器、氢气电磁阀、电子节气门等。			

4.2 故障分类判定原则

- 4.2.1 优先以燃料电池发动机零部件的故障模式来描述故障。
- 4.2.2 难以用零部件描述故障或无法确认是某一零部件发生故障时，可以用上一级部件直至功能系统或燃料电池发动机的故障模式来描述故障。
- 4.2.3 表现为燃料电池发动机综合功能或性能方面的故障，以燃料电池发动机的故障模式来描述故障。
- 4.2.4 本质故障和从属故障同时存在时，应按造成最严重后果的故障判定。
- 4.2.5 按照产品说明书中规定，燃料电池发动机定期更换易损件，定期保养进行关机，不应判定为故障。
- 4.2.6 燃料电池发动机可监测故障模式及等级，包括但不限于表2。

表2 可监测故障模式及等级表

序号	故障模式	故障特性描述	故障等级
1	燃料电池堆电流过流	燃料电池堆输出电流超过规定值	二级故障、三级故障、四级故障
2	燃料电池堆电流过低	燃料电池堆输出电流低于规定值	一级故障、二级故障、三级故障
3	燃料电池堆电压过高	燃料电池堆电压超过规定值	二级故障、三级故障
4	燃料电池堆电压过低	燃料电池堆电压低于规定值	二级故障、三级故障、四级故障
5	单电池电压过高	燃料电池堆单电池电压超过规定值	二级故障、三级故障
6	单电池电压过低	燃料电池堆单电池电压低于规定值	二级故障、三级故障、四级故障
7	燃料电池堆进口冷却液温度过高	燃料电池堆进口冷却液温度超过规定值	一级故障、二级故障、三级故障
8	燃料电池堆进口冷却液温度过低	燃料电池堆进口冷却液温度低于规定值	一级故障、二级故障

表 2 可监测故障模式及等级表（续）

序号	故障模式	故障特性描述	故障等级
9	燃料电池堆出口冷却液温度过高	燃料电池堆出口冷却液温度超过规定值	一级故障、二级故障、三级故障
10	燃料电池堆出口冷却液温度过低	燃料电池堆出口冷却液温度低于规定值	一级故障、二级故障
11	燃料电池堆进出口冷却液温度差过高	燃料电池堆进出口冷却液温度差值超过规定值	一级故障、二级故障、三级故障
12	燃料电池堆进出口冷却液温度差过低	燃料电池堆进出口冷却液温度差值低于规定值	一级故障、二级故障
13	燃料电池堆进口空气温度过高	燃料电池堆进口空气温度超过规定值	二级故障、三级故障
14	燃料电池堆进口空气温度过低	燃料电池堆进口空气温度低于规定值	二级故障、三级故障
15	燃料电池堆出口空气温度过高	燃料电池堆出口空气温度超过规定值	二级故障、三级故障
16	燃料电池堆出口空气温度过低	燃料电池堆出口空气温度低于规定值	二级故障、三级故障
17	燃料电池发动机进口氢气压力过高	燃料电池发动机进口氢气压力超过规定值	二级故障、三级故障、四级故障
18	燃料电池发动机进口氢气压力过低	燃料电池发动机进口氢气压力低于规定值	二级故障、三级故障、四级故障
19	燃料电池堆进口氢气压力过高	燃料电池堆进口氢气压力超过规定值	三级故障、四级故障
20	燃料电池堆进口氢气压力过低	燃料电池堆进口氢气压力低于规定值	二级故障、三级故障、四级故障
21	燃料电池堆出口氢气压力过高	燃料电池堆出口氢气压力超过规定值	三级故障、四级故障
22	燃料电池堆出口氢气压力过低	燃料电池堆出口氢气压力低于规定值	三级故障、四级故障
23	燃料电池堆进口空气压力过高	燃料电池堆进口空气压力超过规定值	二级故障、三级故障
24	燃料电池堆进口空气压力过低	燃料电池堆进口空气压力低于规定值	二级故障、三级故障
25	燃料电池堆进口冷却液压力过高	燃料电池堆进口冷却液压力超过规定值	二级故障、三级故障
26	燃料电池堆进口冷却液压力过低	燃料电池堆进口冷却液压力低于规定值	二级故障、三级故障
27	燃料电池堆出口冷却液压力过高	燃料电池堆出口冷却液压力超过规定值	二级故障、三级故障
28	燃料电池堆出口冷却液压力过低	燃料电池堆出口冷却液压力低于规定值	二级故障、三级故障
29	冷却液电导率过高	燃料电池发动机冷却液电导率超过规定值	二级故障、三级故障
30	绝缘阻值过低	燃料电池发动机绝缘电阻值低于规定值	二级故障、三级故障、四级故障
31	氢气浓度过高	氢气浓度超过规定值	一级故障、二级故障、三级故障、四级故障
32	空气流量过高	空压机空气流量超过规定值	二级故障、三级故障
33	空气流量过低	空压机空气流量低于规定值	二级故障、三级故障
34	风扇反馈转速过低	箱体强制通风用风扇，转速低于规定值或反转	二级故障、三级故障、四级故障
35	电机设备堵转	转速为零，仍有扭矩输出的情况	三级故障、四级故障
36	电机设备超速	转速超过规定值	三级故障、四级故障
37	低压电源电压过高	低压电源电压超过规定值	二级故障

表 2 可监测故障模式及等级表（续）

序号	故障模式	故障特性描述	故障等级
38	低压电源电压过低	低压电源电压低于规定值	二级故障
39	短路	电路中不同电位之间由于绝缘损坏等发生线路短路	二级故障、三级故障、四级故障
40	开路	电路中线束等连接断开	一级故障、二级故障、三级故障、四级故障
41	燃料电池发动机或其零部件通讯超时	燃料电池发动机控制器和零部件通讯时间超过规定值	三级故障
42	燃料电池发动机或其零部件开机超时	开机时间超过规定值	三级故障、四级故障
43	燃料电池发动机或其零部件关机超时	关机总时间或关机子状态时间超过规定值	三级故障、四级故障

4.2.7 燃料电池发动机不可监测故障模式及类型，包括但不限于表 3。

表3 不可监测故障模式及类型表

序号	故障模式	故障特性描述	故障类型
1	氢脆	氢原子进入金属后使晶格应变增大，因而降低韧性及延性，引起脆化的现象	严重故障、致命故障
2	中毒	燃料电池堆的膜电极受到污染，导致燃料电池发动机性能降低	严重故障、致命故障
3	气体泄漏	除正常排气和放空外，供气系统和燃料电池发动机出现的气体外泄的现象	一般故障、严重故障
4	锈蚀	金属在大气中由于氧、水分及其它杂质而引起的生锈	轻微故障、一般故障
5	卡滞	电气节气门等零部件在规定的运动轨迹上有间歇或受阻的现象	一般故障、严重故障
6	滑丝	受力过大或其他原因导致螺牙磨损，螺纹连接无法拧紧	轻微故障、一般故障、严重故障、致命故障
7	穴蚀	水泵接触液体零件的表面，因气泡爆炸、电化学等腐蚀原因而造成麻点状和针状小孔的现象	一般故障、严重故障
8	喘振	叶片式压缩机的流量减少到一定程度时所发生的一种非正常工况下的振动	严重故障
9	异常振动	燃料电池发动机内旋转件出现明显振动，常伴有异响	一般故障、严重故障
10	啸叫	空压机或者电机工作时出现尖锐的高频噪声	严重故障

4.2.8 其他故障模式可参照 QC/T 893—2011 中附录 A 的规定。

5 故障远程诊断

5.1 远程通信连接

按照GB/T 32960.3，建立燃料电池发动机远程通信连接。

5.2 实时数据流

5.2.1 燃料电池发动机数据

按照GB/T 32960.3上传数据，燃料电池发动机数据上传周期应不大于30 s，数据内容、描述及要求包括但不限于表4。

表4 燃料电池发动机数据内容、描述及要求

数据内容	描述及要求
燃料电池发动机输出电压	有效值范围:0~20 000(表示 0 V~2 000 V),最小计量单元:0.1 V,“0xFF, 0xFE”表示异常,“0xFF, 0xFF”表示无效
燃料电池发动机输出电流	有效值范围:0~20 000(表示 0 A~+2 000 A),最小计量单元:0.1 A,“0xFF, 0xFE”表示异常,“0xFF, 0xFF”表示无效
燃料消耗率	有效值范围: 0~60 000 (表示 0 kg/100 km~600 kg/100 km), 最小计量单元: 0.01 kg/100 km, “0xFF, 0xFE”表示异常, “0xFF, 0xFF”表示无效
燃料电池发动机温度探针总数	N 个燃料电池发动机温度探针, 有效值范围: 0~65 531, “0xFF, 0xFE”表示异常, “0xFF, 0xFF”表示无效
探针温度值	有效值范围: 0~240 (偏移量 40 ℃, 表示-40 ℃~+200 ℃), 最小计量单元: 1 ℃
氢气浓度	有效值范围: 0~60 000 (表示 0 ppm~60 000 ppm), 最小计量单元: 1 ppm, “0xFF, 0xFE”表示异常, “0xFF, 0xFF”表示无效
燃料电池发动机工作状态	00: 关闭; 01: 工作; “0xFE”表示异常, “0xFF”表示无效

5.2.2 燃料电池堆数据

燃料电池堆数据上传周期应不大于30 s，数据内容、描述及要求包括但不限于表5和表6。

表5 燃料电池堆数据内容、描述及要求

数据内容	描述及要求
燃料电池堆个数	有效值范围: 1~250, “0xFE”表示异常, “0xFF”表示无效
燃料电池堆标称电压	有效值范围:0~20 000(表示 0 V~2 000 V),最小计量单元:0.1 V,“0xFF, 0xFE”表示异常,“0xFF, 0xFF”表示无效
燃料电池堆标称电流	有效值范围: 0~20 000 (表示 0 A~+2 000 A), 最小计量单元: 0.1 A, “0xFF, 0xFE”表示异常, “0xFF, 0xFF”表示无效
燃料电池堆信息表	包括但不限于表 6

表6 燃料电池堆数据内容、描述及要求

数据内容	描述及要求
单电池平均电压	有效值范围: 0~2 500(表示 0 V~2.5 V), 最小计量单元: 0.001 V, “0xFF, 0xFE”表示异常, “0xFF, 0xFF”表示无效
燃料电池堆出口冷却液温度	有效值范围: 0~250(偏移量-40℃, 表示-40℃~210℃), 最小计量单元: 1℃
氢气入口压力	有效值范围: 0~3 000(偏移量-100 kPa, 表示-100 kPa~200 kPa), 最小计量单元: 0.1 kPa
空气入口压力	有效值范围: 0~3 000(偏移量-100 kPa, 表示-100 kPa~200 kPa), 最小计量单元: 0.1 kPa

5.2.3 辅助系统

燃料电池发动机辅助系统数据上传周期应不大于30 s, 数据内容、描述及要求包括但不限于表7。

表7 燃料电池发动机辅助系统数据内容、描述及要求

数据内容	描述及要求
空压机状态	00: 关闭; 01: 启动
空压机电机控制器输入电压	有效值范围: 0~10 000(表示 0 V~1 000 V), 最小计量单元: 0.1 V, “0xFF, 0xFE”表示异常, “0xFF, 0xFF”表示无效
空压机电机控制器输出电压	有效值范围: 0~10 000(表示 0 V~1 000 V), 最小计量单元: 0.1 V, “0xFF, 0xFE”表示异常, “0xFF, 0xFF”表示无效
空压机转速	有效值范围: 0~100 000(表示 0 r/min~200 000 r/min), 最小计量单元: 2 r/min
空压机工作功率	有效值范围: 0~35(偏移量-5 kW, 表示-5 kW~30 kW), 最小计量单元: 1 kW, “0xFF, 0xFE”表示异常, “0xFF, 0xFF”表示无效
氢气循环泵电机控制器输入电压	有效值范围: 0~250(表示 0 V~50 V), 最小计量单元: 0.2 V, “0xFF, 0xFE”表示异常, “0xFF, 0xFF”表示无效
氢气循环泵转速	有效值范围: 0~255(表示 0 r/min~10 200 r/min), 最小计量单元: 40 r/min
冷却水泵控制器输入电压	有效值范围: 0~10 000(表示 0 V~1 000 V), 最小计量单元: 0.1 V, “0xFF, 0xFE”表示异常, “0xFF, 0xFF”表示无效
冷却水泵转速	有效值范围: 0~20 000(表示 0 r/min~10 000 r/min), 最小计量单元: 0.5 r/min

5.3 实时故障警示

- 5.3.1 燃料电池发动机运行过程中发生故障时, 应在远程平台进行弹窗警示。
- 5.3.2 故障发生时间、地点等信息可通过邮箱或其他方式对相关责任人进行故障推送提醒。
- 5.3.3 故障警示触发后, 数据上传周期自动更改为不大于 1 s, 数据上传时间截至故障消失。
- 5.3.4 故障发生前 30 s 数据, 应通过数据补发机制进行上传, 数据上传周期不大于 1 s。

5.4 故障预警

- 5.4.1 远程平台应对造成燃料电池发动机性能衰减或危及安全的隐患等进行预警。

5.4.2 根据历史数据或历史故障的统计分析,当某种现象出现时,后期可能会发生燃料电池发动机致命故障,应进行预警。

5.4.3 不能通过历史数据或历史故障规律预测的故障,不进行预警,如高压互锁、通信故障等。

5.5 故障诊断

5.5.1 燃料电池发动机应具备远程故障诊断功能,可远程读取燃料电池发动机控制器型号、软件版本号等系统信息。

5.5.2 可远程读取基于 UDS 或其他诊断协议的燃料电池发动机数据流和故障码等。

5.5.3 除致命故障外,可远程清除燃料电池发动机所有故障码。

5.6 溯源管理

5.6.1 燃料电池发动机生产商需编制燃料电池发动机唯一识别码,燃料电池发动机远程平台应根据燃料电池发动机唯一识别码,对燃料电池发动机进行全生命周期管理。

5.6.2 燃料电池发动机故障溯源管理内容包括但不限于燃料电池发动机运行时长、故障发生时间、故障发生地点、故障发生周期和故障类别等。

5.6.3 燃料电池发动机故障溯源管理应具有历史故障查询等功能。

6 故障处理方法

6.1 燃料电池发动机故障检测

6.1.1 燃料电池发动机应能直接或者通过其他方式获取功能部件的相关数据,并检测是否偏离正常范围。数据包括但不限于:燃料电池堆电压、燃料电池堆电流、燃料电池堆单电池电压、燃料电池堆进口氢气压力、燃料电池堆进口空气压力、燃料电池堆进出口冷却液温度/压力、燃料电池堆进出口空气温度、空压机空气流量、氢气浓度、绝缘电阻值等。

6.1.2 燃料电池发动机应能直接或通过其他方式持续检测功能部件的故障状态。

6.2 燃料电池发动机故障处理和触发报警系统要求

6.2.1 燃料电池发动机发生一级故障,进行故障提示。

6.2.2 燃料电池发动机发生二级故障,应采用限制输出等方式保证燃料电池发动机工作,同时触发报警系统进行声光报警。

6.2.3 燃料电池发动机发生三级故障,应进行关机,触发报警系统进行声光报警,故障清除前不允许启动。

6.2.4 燃料电池发动机发生四级故障,应紧急关机,触发报警系统进行声光报警,故障清除前不允许启动。

6.2.5 燃料电池发动机存在当前故障,应一直发送故障信息,直至故障消失,故障消失后应处理为历史故障。

6.3 燃料电池发动机故障信息记录、保存和清除

6.3.1 燃料电池发动机应记录当前故障和历史故障,故障信息应包括但不限于故障等级和故障码。

6.3.2 燃料电池发动机供电断开后,应保存所有故障信息。

6.3.3 历史故障在燃料电池发动机运行 200 小时内不再被检测到时可自动清除。

6.3.4 燃料电池发动机发生一级故障或二级故障,故障消失后,可自动清除故障信息。

- 6.3.5 燃料电池发动机发生三级故障，故障消失后，应通过外部系统清除或下电清除故障信息。
- 6.3.6 燃料电池发动机发生四级故障，故障消失后，应下电清除故障信息。
- 6.3.7 使用诊断工具或维修工具可以清除历史故障信息。

6.4 故障记录

包括误用故障在内的所有故障应有故障记录，记录内容包括但不限于表A.1。

附 录 A
(资料性附录)
故障记录

表A.1 故障记录表

型号：_____ 订货号：_____ 出厂编号：_____

故障发生时间			
故障发生地点			
零部件名称		零部件厂家	
燃料电池发动机 累计运行时间		故障记录人	
故障等级		故障类型	
故障描述			
故障原因			
故障解决措施			
固化措施			
故障解决人			
备注			

参 考 文 献

- [1] GB 17691—2018 重型柴油车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）
 - [2] GB/T 24648.2—2009 工程农机产品可靠性考核评定指标体系及故障分类通则
 - [3] GB/T 25319—2010 汽车用燃料电池发电系统 技术条件
 - [4] GB/T 29838—2013 燃料电池 模块
 - [5] GB/T 33978—2017 道路车辆用质子交换膜燃料电池模块
 - [6] GB/T 38661—2020 电动汽车用电池管理系统技术条件
 - [7] JB/T 11323—2013 中小功率柴油机 可靠性评定方法（代替JB/T 51127—1999）
 - [8] JB/T 51127—1999 中小功率柴油机产品可靠性考核
-