

在电池管理系统中，故障诊断是一个关键环节，完善的故障诊断策略是保障车辆正常、安全运行的必备条件。本文基于一套电池管理系统，实现了对电池 4 个类别共 14 项故障的全面诊断与处理，有效提高了动力电池及整车安全运行的可靠性。

□ 江淮汽车集团新能源乘用车公司 刘平 秦李伟 李申申 姜点双

电动汽车电池管理系统故障诊断与处理

电池管理系统（Battery Management System，BMS）是纯电动汽车动力系统的核心，其主要任务是保证电池系统安全性、耐久性及动力性。电池故障诊断是保证电池安全的必要技术之一，国家（推荐性）标准 GB/T 38661—2020 规定电池管理系统需具备电池故障诊断功能，并规定了电池故障诊断基本项目及可扩展项目共 17 项故障。基于我司 C 项目，我们开发了一套具有故障诊断功能的电池管理系统，该系统将电池故障分为电池安全故障、电池严重故障、电池一般故障及硬件故障 4 个类别共 14 项故障（图 1），通过对这些故障进行诊断并处理，保证了纯电动汽车动力电池系统的安全可靠。

故障诊断与处理

1. 安全类电池故障

安全类电池故障会威胁到客户的人身安全，如车辆起火等。此类故障主要包含电池热失控故障。锂离子电池（三元）的安全工作区域如图 2 所示，当电池温度超过 150℃ 时，电池电芯易发生热失控起火爆炸，进而热扩散，导致电池包甚至整车起火燃烧，严重影响驾驶员人身安全。GB 38031—

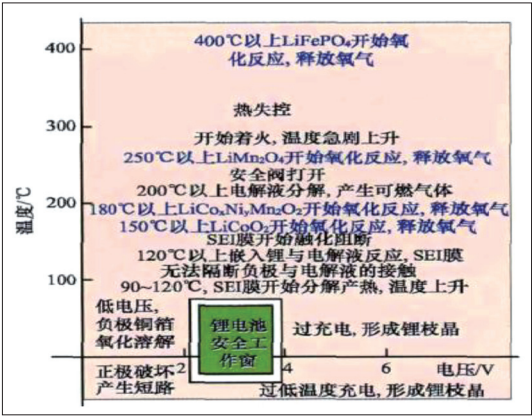


图 2 锂离子电池安全工作区域示意

2020《电动汽车用动力蓄电池安全要求标准》最新规定，电池包或系统在由于单个电池热失控引起热扩散，进而导致乘员舱发生危险之前 5 min，应提供一个热事件报警信号。

C 项目管理系统，当电池包内某一单体发生热失控时，可实时上报报警信号，VCU 识别到报警信号后提示客户离开，并启动电池液冷系统对电池包进行冷却降温，保证了客户的人身安全，见表 1。

2. 电池严重故障

电池严重故障为可造成车辆动力中断的故障，影响车辆正常行驶。此类故障主要包含电池外短路、电池绝缘、电池过充、过放、过温、充电过流和放电过流故障，见表 2。

电池外短路故障：电池在充放电过程中，高压回路发生短路会导致锂电池发生损坏，造成车辆动力中断。BMS 通过识别高压回路中的电流大小，来判断电池包发生外短路故障；

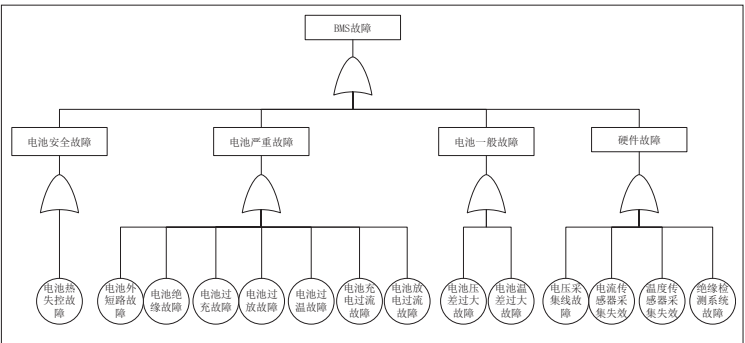


图 1 具有故障诊断功能的电池管理系统

表 1 安全类电池故障的诊断与处理

故障名称	故障码	故障诊断	故障处理
电池热失控故障	DTC-01	BMS 识别到单体热失控标志	1. 仪表提示客户离开 2. 启动电池液冷系统

VCU 识别到故障码后迅速断开接触器—熔断器高压保护回路，避免电池发生损坏。

电池绝缘故障：电池绝缘阻值降低时，造成电池发生漏电现象，可能会导致客户发生触电，对客户人身安全产生影响。C 项目管理系统，通过电阻桥法对高压回路绝缘阻值进行实时测量，当绝缘阻值低于某一故障阈值后，BMS 上报绝缘严重故障。VCU 识别到故障后，提示客户前往 4S 店保养电池。

电池过充、过放及过温故障：如图 2 所示，当电池过充时，电池容易形成锂枝晶造成电池内短路；电池过放时，正极破坏造成短路；电池过温时会导致电池发生热失控；电池过充、过放及过温均会对电池造成不可逆损坏，甚至发生热失控安全事故。C 项目管理系统，通过识别电池电压、温度来判断电池是否发生过充、过放及过温故障。

电池充电过流、放电过流故障：当电池充电电流或放电电流高于故障阈值时，会对电池造成不可逆的损坏。VCU 识别到 BMS 上报的电池充电过流或放电过流故障后，断开高压，停止当次充放电过程。

3. 一般类电池故障

一般电池故障不会造成车辆动力中断，但会对电池功能产生影响，如影响车辆续驶里程，对车辆进行限功率等，此类故障主要包括电池压差、电池温差故障，见表 3。

电池压差过大故障：当电池

中某一串模块自放电较为严重时，该模块电压与其他相比压差较大，当压差超过故障阈值时，BMS 即会上报电池压差故障。由于车辆放电过程以 V_{min} 作为判断依据，电池压差较大，会造成车辆可用续驶里程减少，甚至会引起 SOC 不准，影响车辆正常行驶。

电池温差过大故障：电池电压与温度强相关，当电池温差较大时，最高温度点与最低温度点对应电压差值会增大，造成电池一致性降低，压差增大，会造成车辆可用续驶里程减少，甚至会引起 SOC 不准，影响车辆正常行驶。

4. 硬件故障

硬件故障主要是对电池电压、电流、温度及绝缘等信息的采集单元进行诊断，若采集单元发生故障，则电池信息将无法上报，车辆将无法正常使用。硬件故障主要包含电压采集线松动、电流传感器采集失效、温度传感器短路/开路、绝缘检测系统故障，见表 4。

电压采集线松动故障：电压采集线松动时，采集线对应电池单体的采集电压将异常偏高或偏低，若不将此异常电压剔

除，则易触发电池欠压或过压故障，造成车辆无法正常行驶。当 BMS 检测到某一单体电压有异常变化时，BMS 即上报采集线松动故障。

电流传感器采集失效：电流传感器采集失效时，采集的电流值将为无效值，造成车辆安时积分不准确，SOC 不准，影响车辆正常行驶。当 BMS 检测到电池电压变化但电流未发生变化时，即上报电流传感器采集失效故障。

温度传感器采集失效：温度传感器采集失效时，采集线束对应温感的采集温度将异常偏高和偏低，若不将此异常温度剔除，则易触发电池过温故障，造成车辆无法正常行驶。当 BMS 检测到某一温感信息有异常时，BMS 即上报温度传感器采集失效故障。

绝缘检测系统故障：当绝缘检测系统发生故障时，BMS 无法检测到高压回路绝缘状态。若高压回路此时绝缘发生异常，BMS 无法上报绝缘严重故障，可能会造成客户触电风险。

(下转第 18 页)

表 2 电池严重故障及诊断处理

故障名称	故障码	故障诊断	故障处理
电池外短路故障	DTC-02	高压回路电流高于故障阈值	断开接触器 - 熔断器高压保护回路
电池绝缘故障	DTC-03	电池绝缘阻值低于故障阈值	1. 断高压 2. 提示客户保养电池
电池过充故障	DTC-04	充电电压高于故障阈值	断高压，停止当前充电
电池过放故障	DTC-05	放电电压低于故障阈值	断高压，停止当前放电
电池过温故障	DTC-06	电池温度高于故障阈值	1. 整车进入限功率模式 2. 提示客户保养电池
电池充电过流故障	DTC-07	充电电流高于故障阈值	断高压，停止当前充电
电池放电过流故障	DTC-08	放电电流高于故障阈值	断高压，停止当前放电

表 3 一般电池故障及诊断处理

故障名称	故障码	故障诊断	故障处理
电池压差过大故障	DTC-09	电池压差高于故障阈值	提示客户保养电池
电池温差过大故障	DTC-10	电池温差高于故障阈值	提示客户保养电池

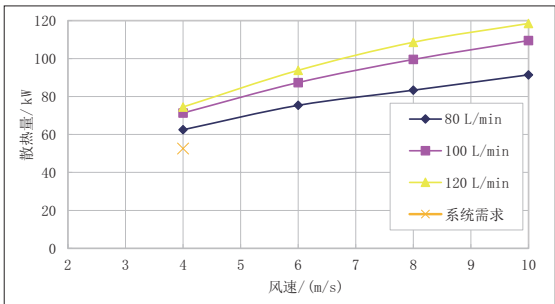


图3 散热器性能曲线

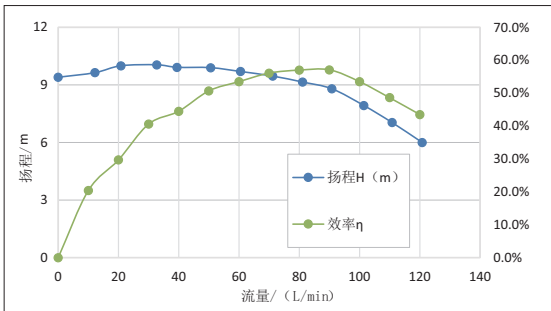


图4 电子水泵性能曲线

器流量，预估散热器流量为 82 L/min，从散热器换热性能曲线（图3）可以看出，在风速 4.3 m/s，水流量 82 L/min 时，可满足系统散热需求。

2. 水泵选型

根据水泵流量 82 L/min，结合系统内各零部件流阻数据统计，选择水泵型号，其性能和效率曲线如图 4 所示。

3. 加热器选型

根据设计目标要求，水加热器把小循环水从 -20℃ 加热到 0℃ 用时不超过 3 min，据此计

算加热器功率大小：

$$Q=C \times m \times \Delta T=P \times \Delta t \times \eta \quad (3)$$

式中， C 为冷却液比热； m 为冷却液质量； ΔT 为冷却液温升； P 为加热器功率； Δt 为加热时间； η 为加热器效率。其中，水加热器效率为 95%，小循环回路中冷却液容积约为 10 L，代入公式（3），则 $P=3.9 \text{ kW}$ 。所以选用 4 kW 功率加热器。

4. 膨胀水壶选型

膨胀水壶在冷却系统主要起排气补水的作用，排气管路分别接在电堆和散热器高

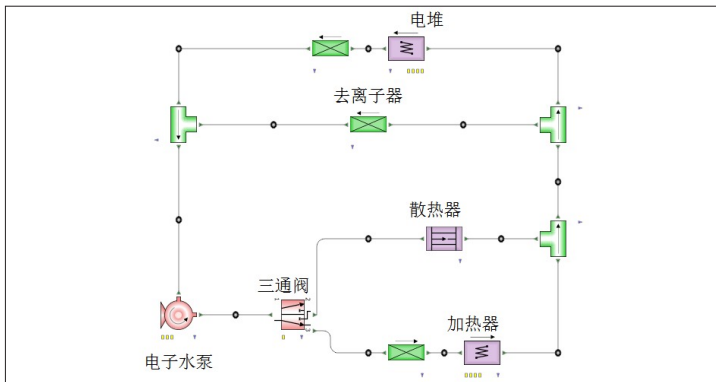


图5 电堆冷却系统一维仿真模型

表2 仿真结果

电堆进口水温		电堆进出口温差	
目标值	仿真值	目标值	仿真值
$\leq 70^\circ\text{C}$	66.8℃	$\leq 8^\circ\text{C}$	7.2℃

点，补水管路接在水泵前。膨胀水壶容积要求不小于系统总容积的 20%，系统总容积约为 12 L，则膨胀水壶最小容积为： $V=12 \times 18\%=2.16 \text{ L}$ 。因此，选型 2.3 L 容积膨胀水壶。

系统仿真检验

根据电堆冷却系统原理搭建 Flowmaster 仿真模型（图 5）。环境温度 40℃，车速 100 km/h，代入零部件参数（流阻、风阻、性能等参数），仿真结果见表 2。电堆进口水温 $66.8^\circ\text{C} < 70^\circ\text{C}$ ，满足设计要求；电堆进出口温差 $7.2^\circ\text{C} < 8^\circ\text{C}$ ，也满足设计要求。AI

（上接第 16 页）

结束语

电池管理系统及动力电池的故障诊断与处理，对保障动力电池及保障整车安全可靠运行具有重要意义。

本文详细介绍了我司自主研发的电池管理系统中的故障诊断与处理功能，实现了对电池安全故障、电池严重故障、

表4 硬件故障及诊断处理

故障名称	故障码	故障诊断	故障处理
电压采集线故障	DTC-11	传感器采集电压值异常	提示客户保养电池
电流传感器采集失效	DTC-12	传感器采集电流值异常	提示客户保养电池
温度传感器采集失效	DTC-13	传感器采集温度值异常	提示客户保养电池
绝缘检测系统故障	DTC-14	绝缘系统自检故障	提示客户保养电池

电池一般故障及硬件故障的全面故障与处理，可精确诊断并上报对应故障码，同时整车识

别到故障码后也会做相应预警与处理，充分保证了车辆安全及可靠运行。AI