

# 团 体 标 准

T/DZJN XXXX—XXXX

## 锂离子电池故障诊断和预警技术要求

Technical requirements for lithium-ion battery fault diagnostic and  
early warning

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国电子节能技术协会 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 缩略语 .....	2
5 诊断技术要求 .....	2
5.1 基本要求 .....	2
5.2 准确性要求 .....	2
5.3 时间要求 .....	2
5.4 可靠性要求 .....	2
5.5 兼容性要求 .....	3
5.6 诊断项目 .....	3
5.7 诊断方法 .....	3
5.8 故障等级 .....	4
5.9 故障处理方法 .....	4
6 预警技术要求 .....	4
6.1 基本要求 .....	4
6.2 准确性要求 .....	4
6.3 时间要求 .....	5
6.4 可靠性要求 .....	5
6.5 预警项目 .....	5
6.6 预警方法 .....	5
6.7 预警处理分级及方法 .....	6
附录 A （资料性） 锂离子电池常见故障类型及处理方法 .....	7
附录 B （资料性） 锂离子电池常见预警方法 .....	20

## 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。

本文件由中国电子节能技术协会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 锂离子电池故障诊断和预警技术要求

## 1 范围

本文件规定了锂离子电池故障诊断（以下简称“诊断”）技术要求、锂离子电池故障预警（以下简称“预警”）技术要求，并提供了锂离子电池常见故障类型及处理方法、常见预警方法。

本文件适用于带有自诊断和预警功能的汽车动力类、储能类锂离子电池。

## 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/T 19596 电动汽车术语

GB 38031 电动汽车用动力蓄电池安全要求

## 3 术语和定义

GB/T 19596、GB 38031 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**锂离子电池故障诊断** lithium-ion battery fault diagnostic

运用特定的技术、方法和工具，对锂离子电池系统进行全面检测、分析与评估，以判断其是否存在故障，并准确找出故障的类型、位置、严重程度及产生原因的过程。

### 3.2

**锂离子电池故障预警** lithium-ion battery fault early warning

通过数据分析和机器学习技术，对锂离子电池的运行状态进行实时监控，并通过后台数据平台识别潜在的故障迹象，从而提前发出预警信息的一种技术手段。

### 3.3

**诊断系统** fault diagnostic system

用于实现诊断功能的，由一系列软硬件功能模块构成的集合体。

### 3.4

**预警系统** early warning system

用于实现锂离子电池预警功能的，由一系列软硬件功能模块构成的集合体。

### 3.5

**故障检测周期** fault detection cycle

诊断系统两次检测的间隔时间。

### 3.6

**故障检测时间间隔** fault detection time interval

从故障发生到系统检测到故障的间隔时间。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BMS: 电池管理系统 (battery management system)

MCU: 驱动电机控制器 (motor control unit)

SOC: 电池荷电状态 (state of charge)

SOH: 电池健康状态 (state of health)

SOHC: 电池的容量健康状态 (state of health charge)

SOHR: 电池健康状况抵抗力 (state of health resistance)

CAN: 控制器局域网 (controller area network)

AFE: 模拟前端 (analog front end)

## 5 诊断技术要求

### 5.1 基本要求

5.1.1 诊断系统应能及时发现锂离子电池在使用过程中出现的潜在问题,为采取有效的修复措施、优化使用策略提供依据,从而保障锂离子电池系统的安全稳定运行,延长其使用寿命,提升其整体性能和可靠性。

5.1.2 诊断系统应能实时监测电池系统的运行状态,包括电池电压、电流、温度、绝缘电阻、BMS 自身状态、电气部件状态、SOC、SOH 等参数。

5.1.3 诊断系统所使用的电压、电流、温度等采样数据和 SOC、SOH 等计算数据,应保证其合规性,应根据系统设计特性保证其精度。

5.1.4 当检测到电池系统出现故障时,诊断系统应能及时发出故障报警信号,提醒驾驶员或相关人员注意。

5.1.5 诊断系统应具备故障记录功能,能够记录故障发生的时间、故障码、故障发生时的相关数据等信息,以便后续故障分析和排查。

5.1.6 应能通过诊断接口与外部诊断设备进行通信,实现故障码读取、数据流分析、诊断系统标定等功能。

### 5.2 准确性要求

5.2.1 诊断系统对各类故障的诊断准确率应不低于 95%。

5.2.2 对于不同类型的故障,诊断系统应能够准确区分。

### 5.3 时间要求

5.3.1 诊断的故障检测周期应不小于诊断信号的采样周期,应不大于诊断的故障检测时间间隔,故障检测时间间隔宜大于 3 个故障检测周期。

5.3.2 故障处理时间间隔应小于故障容错时间间隔。

注:故障处理时间间隔指的是从故障发生到系统进入安全状态或紧急运行模式的总时间,包含故障检测时间间隔和故障响应时间间隔。

### 5.4 可靠性要求

5.4.1 诊断系统在锂离子电池系统正常工作的环境下应稳定可靠,不应出现因环境因素(如电磁兼容、电气负荷、气候负荷、机械负荷等)导致的诊断错误或失效。

5.4.2 系统应具备自诊断功能，能够对自身硬件和软件进行检测，当发现自身存在故障时，应及时报警并采取相应的措施，确保诊断的可靠性。

## 5.5 兼容性要求

5.5.1 诊断系统应与其匹配的部件兼容，在整个电池系统运行过程中能够协同工作，准确诊断故障。

5.5.2 诊断系统宜与不同品牌和型号的外部诊断设备兼容，方便维修人员进行诊断和维修等操作。

## 5.6 诊断项目

涉及电池破裂、着火、爆炸等安全问题的诊断项目应作为强制项目；功能类、性能类的诊断为推荐项目，可根据锂离子电池使用需求参考选用。具体项目分类见表1。

表1 诊断项目分类

诊断类别	常用诊断	强制/推荐
电压诊断	电池单体电压异常	强制
	电池单体电压不均衡	推荐
电流诊断	充电电流过大、放电电流过大	强制
温度诊断	电池温度过高，电池温度过低	强制
	电池温度不均衡	推荐
SOC 诊断	SOC 过低，SOC 过高，SOC 跳变	推荐
SOH 诊断	容量过低	推荐
内阻诊断	内阻过大，内阻不平衡	推荐
绝缘诊断	绝缘电阻过低	强制
热失控诊断	热失控诊断	强制
BMS 系统故障	电源供电异常，传感器采样类故障，输出控制电路故障，MCU 相关故障，从控相关故障	强制
对外交互类故障	通讯故障，CAN 总线关闭（Busoff）	推荐
高压类故障	高压开关状态异常，高压互锁故障	强制
	高压保险熔断，爆炸保险断开，预充故障	推荐
其它诊断	漏液检测、碰撞	强制
注：储能类的电池的碰撞检测可调整为推荐。		

## 5.7 诊断方法

5.7.1 诊断的通用方法：通过采样系统获取系统表现，判断系统表现是否偏离系统设计目标，如确认偏离，设定故障报警，并根据偏离影响程度，执行对应的处理措施。

5.7.2 获取系统表现的方法：获取传感器采样值、数字输入信号、芯片寄存器状态等信息，结合时机和时间来识别故障工况，总结出系统表现；也可通过诊断的使能条件，故障触发的条件，故障检测周期，故障确认时间，对系统表现进行参数化总结。

5.7.3 故障的判定方法：将获取到的参数化的系统表现和参数化的系统设计目标进行对比判断，当系统表现偏离系统设计目标时，则触发条件成立，故障成立。

5.7.4 故障报送和响应方法：故障成立后，诊断系统应在系统设计允许的将故障报送给上级控制器或监控终端，同时，BMS 根据故障处理机制进行故障响应。

5.7.5 常见诊断可参照附录 A。

## 5.8 故障等级

故障等级分类见表 2。

表2 故障等级分类

故障等级	严重度	判定标准	处理优先级	故障处理建议
一级	提示	短时间无异常表现	低	记录故障码
二级	一般	次要功能出现异常,或性能存在下降等	中	限制功率
三级	严重	主要功能出现异常,如无法充电、放电	高	禁止充放电,断开接触器
四级	紧急	可能导致安全问题,如爆炸、起火、触电等	最高	断开接触器/断开爆炸保险/锁止电池

## 5.9 故障处理方法

故障处理方法设定为:

- a) 记录故障码;
- b) 限制功率;
- c) 禁止充电;
- d) 禁止放电;
- e) 延时断开继电器;
- f) 立即断开继电器;
- g) 断开爆炸保险;
- h) 锁止电池。

## 6 预警技术要求

### 6.1 基本要求

- 6.1.1 预警系统应能预测潜在的问题并提前采取措施,避免故障发生或减少故障带来的影响。
- 6.1.2 预警系统的设计目标包括数据收集与预处理、预警模型建立、预警触发条件设定、预警响应措施、持续监控与更新。
- 6.1.3 预警系统应能实时接收锂离子电池系统的电压、温度、电流、内阻、SOC、SOH、循环次数、绝缘电阻、采样线状态等参数。
- 6.1.4 当检测到预警成立后,预警系统应能及时发出预警信号,并发出预警处理建议。
- 6.1.5 预警系统应提供可视化人机交互界面,可实现电池状态展示功能,具备功能设置和参数标定功能,可实现多维度查询功能(时间,设备 ID、预警类型等)。
- 6.1.6 预警系统人机交互部分应具备安全和权限管理。
- 6.1.7 预警系统应能够存储车辆全生命周期的预警原始数据,便于溯源分析。

### 6.2 准确性要求

- 6.2.1 预警系统对各类故障的预警准确率应不低于 95%,预警准确性可通过对预警车辆验证下发,拆接预警包体验证准确性。
- 6.2.2 对于不同类型的预警,预警系统应能够准确区分。

### 6.3 时间要求

6.3.1 设备接入预警系统的时间应少于 5 s。

6.3.2 预警系统根据预警的风险等级设定预警的提前时间，电池包存在异常，但不会对用户日常使用造成影响的预警应在至少提前 7 天进行预警，电池包存在异常，易造成车辆抛锚等风险，会对用户日常使用造成影响的预警，应在小时/天级时间进行预警；安全风险，应以分钟/小时级时间进行预警。

6.3.3 预警系统应具备预警记录功能，能够记录预警发生的时间、预警码、预警发生时的相关数据等信息，以便后续预警分析和排查，预警记录保存时间应不少于 1 年。

6.3.4 预警系统的全量数据应每日备份，增量数据应实时同步。

### 6.4 可靠性要求

6.4.1 预警系统数据在通讯正常的情况下传输完整性应不低于 99.9%，数据传输周期应不超过 30 s，突发异常情况下的快速采样传输周期应不超过 1 s，数据同步误差应不大于 50 ms。

6.4.2 关键节点（终端网关、云服务器）采用双机热备或者集群部署，故障切换时间不超过 100ms。

6.4.3 预警系统终端具备离线缓存功能，网络中断时本地存储不少于 7 天数据。

6.4.4 预警系统应具备心跳机制，设备与平台保活间隔应不超过 60 s，断线重连时间应不超过 5 s。

6.4.5 预警系统数据传输应具备加密机制，避免受到网络攻击导致数据被篡改或者数据丢失。

### 6.5 预警项目

主要的预警项目见表 3。

表3 预警项目分类

预警类别	常用预警
容量预警	容量健康状态，容量衰减率
自放电一致性预警	自放电一致性预警
电池极差预警	电压极差均方根
内阻预警	内阻增长率、内阻一致性
电压预警	电压波动相关性
绝缘预警	绝缘失效预警
采样线状态预警	采样线状态预警
其它预警	电池包漏液预警
注：预警项目全部为推荐	

### 6.6 预警方法

#### 6.6.1 数据收集与预处理

6.6.1.1 数据源：包括但不限于 BMS 提供的电压、电流、温度等实时数据；车辆行驶数据如速度、加速度；环境数据如外界温度等，以上数据由车端上传至云端，预警系统可调取云端长时车辆原始数据。

6.6.1.2 数据清洗：去除异常值，使用统计方法或机器学习算法识别并移除不合理的数值；填补缺失值：采用插值法或其他合适的方法补全丢失的数据点。

6.6.1.3 特征工程：例如充放电循环次数、平均充电速率、最大/最小电压、温度等，特征工程根据数据使用需求进行总结。

6.6.1.4 时间序列分析：考虑数据的时间维度，提取趋势、周期性等成分。

### 6.6.2 预警模型建立

6.6.2.1 模型选择：可根据锂离子电池的电化学特性建立专业模型，或依据大量电池数据建立机器学习模型或神经网络模型用于异常检测。

6.6.2.2 持续优化：根据新收集的数据不断调整模型参数，保持其准确性。

### 6.6.3 预警触发条件设定

6.6.3.1 安全边界：基于实验室测试和理论计算确定电池的安全操作范围，比如最高工作温度、最大允许充电电流、电压等。

6.6.3.2 阈值设定：为不同的预警级别（信息提示、警告、严重警告、紧急情况）设置具体的阈值。

6.6.3.3 动态调整：考虑到不同环境条件下电池的行为差异，实现预警阈值的动态调整。

### 6.6.4 预警响应措施

预警系统应采取分级预警通知，依据预警等级发送不同程度的通知给相关人员或系统，确保及时响应。

### 6.6.5 持续监控与更新

6.6.5.1 实时监控平台：开发云监控界面，展示电池健康状态、整体监控情况、用户使用习惯等重要信息，应具备车辆基础信息查询，故障车辆预警信息查询等功能。

6.6.5.2 技术升级：引入更先进的传感器技术，确保数据的准确性和可靠性。同时，加强数据清洗、去噪和校验机制，以提高数据质量；实时性提升，减少数据延迟，加快数据传输速度。；跟踪最新研究进展，引入新技术不断提升模型预警准确性。

### 6.6.6 常见预警

常见预警参照附录 B。

## 6.7 预警处理分级及方法

预警处理分级及方法见表 4。

表4 预警分级及处理方法

预警等级	严重度	判定标准	处理优先级	预警处理方法
一级	提示	中长期风险	低	等待用户维修
二级	一般	短期功能、性能类风险	中	提示用户维修
三级	严重	存在安全风险	高	提示用户停止使用电池

## 附录 A

(资料性)

## 锂离子电池常见故障类型及处理方法

表 A.1 给出了锂离子电池常见故障类型及处理方法。

表A.1 锂离子电池常见故障类型及处理方法

序号	故障分类	故障名称	诊断使能条件	故障触发条件	故障处理机制	故障恢复条件
1	电池状态诊断	总电压过高	BMS 正常工作(供电电压正常,总电压采样正常)	蓄电池总压 $\geq$ 触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 禁止充电 延时断开继电器	电池包总压 $<$ 恢复设定值(根据蓄电池和单体电池特性制定)
2	电池状态诊断	总电压过低	BMS 正常工作(供电电压正常,总电压采样正常)	蓄电池总压 $\leq$ 触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 禁止放电 延时断开继电器	电池包总压 $>$ 恢复设定值(根据蓄电池和单体电池特性制定)
3	电池状态诊断	放电电流过大一级	BMS 正常工作(供电电压正常,电流采样正常)	放电电流 $\geq$ 一级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率	放电电流 $<$ 一级恢复设定值(根据蓄电池和单体电池特性制定)
4	电池状态诊断	放电电流过大二级	BMS 正常工作(供电电压正常,电流采样正常)	放电电流 $\geq$ 二级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率 延时断开继电器	放电电流 $<$ 二级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
5	电池状态诊断	放电电流过大三级	BMS 正常工作(供电电压正常,电流采样正常)	放电电流 $\geq$ 三级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率 立即断开继电器 断开爆炸保险	放电电流 $<$ 三级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
6	电池状态诊断	恒流充电电流过大一级	BMS 正常工作(供电电压正常,电流采样正常)	恒流充电电流 $\geq$ 一级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率	恒流充电电流 $<$ 一级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)

表A.1 (续)

序号	故障分类	故障名称	诊断使能条件	故障触发条件	故障处理机制	故障恢复条件
7	电池状态诊断	恒流充电电流过大二级	BMS 正常工作(供电电压正常, 电流采样正常)	恒流充电电流 $\geq$ 二级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率 延时断开继电器	恒流充电电流 $<$ 二级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
8	电池状态诊断	恒流充电电流过大三级	BMS 正常工作(供电电压正常, 电流采样正常)	恒流充电电流 $\geq$ 三级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率 立即断开继电器 断开爆炸保险	恒流充电电流 $<$ 三级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
9	电池状态诊断	回馈充电电流过大一级	BMS 正常工作(供电电压正常, 电流采样正常)	回馈充电电流 $\geq$ 一级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率	回馈充电电流 $<$ 一级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
10	电池状态诊断	回馈充电电流过大二级	BMS 正常工作(供电电压正常, 电流采样正常)	回馈充电电流 $\geq$ 二级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率 延时断开继电器	回馈充电电流 $<$ 二级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
11	电池状态诊断	回馈充电电流过大三级	BMS 正常工作(供电电压正常, 电流采样正常)	回馈充电电流 $\geq$ 三级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率 立即断开继电器 断开爆炸保险	回馈充电电流 $<$ 三级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
12	电池状态诊断	单体电压过高一级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体电压采样正常)	电芯最高电压 $\geq$ 一级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率 禁止充电	电芯最高电压 $<$ 一级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
13	电池状态诊断	单体电压过高二级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体电压采样正常)	电芯最高电压 $\geq$ 二级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率 禁止充电 延时断开继电器	电芯最高电压 $<$ 二级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)

表A.1 (续)

序号	故障分类	故障名称	诊断使能条件	故障触发条件	故障处理机制	故障恢复条件
14	电池状态诊断	单体电压过高三级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体电压采样正常)	电芯最高电压 $\geq$ 三级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率 禁止充电 立即断开继电器	电芯最高电压 $<$ 三级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
15	电池状态诊断	单体电压过低一级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体电压采样正常)	电芯最低电压 $\leq$ 一级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率 禁止充电	电芯最低电压 $>$ 一级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
16	电池状态诊断	单体电压过低二级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体电压采样正常)	电芯最低电压 $\leq$ 二级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率 禁止放电 延时断开继电器	电芯最低电压 $>$ 二级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
17	电池状态诊断	单体电压过低三级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体电压采样正常)	电芯最低电压 $\leq$ 三级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率 禁止放电 立即断开继电器	诊断服务清除
18	电池状态诊断	单体温度过高一级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体温度采样正常)	电芯最高温度 $\geq$ 一级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码	电芯最高温度 $<$ 一级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
19	电池状态诊断	单体温度过高二级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体温度采样正常)	电芯最高温度 $\geq$ 二级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率	电芯最高温度 $<$ 二级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)

表A.1 (续)

序号	故障分类	故障名称	诊断使能条件	故障触发条件	故障处理机制	故障恢复条件
20	电池状态诊断	单体温度过高三级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体温度采样正常)	电芯最高温度 $\geq$ 三级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	电芯最高温度 $<$ 三级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
21	电池状态诊断	单体温度过低一级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体温度采样正常)	电芯最低温度 $\leq$ 一级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码	电芯最低温度 $>$ 一恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
22	电池状态诊断	单体温度过低二级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体温度采样正常)	电芯最低温度 $\leq$ 二级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率	电芯最低温度 $>$ 二级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
23	电池状态诊断	单体温度过低三级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体温度采样正常)	电芯最低温度 $\leq$ 三级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 限制功率 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	电芯最低温度 $>$ 三级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
24	电池状态诊断	压差过大一级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体电压采样正常)	压差 $\geq$ 一级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码	压差 $<$ 一级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
25	电池状态诊断	压差过大二级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体电压采样正常)	压差 $\geq$ 二级触发设定值, 二级触发设定值要大于一级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码	压差 $<$ 二级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
26	电池状态诊断	压差过大三级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体电压采样正常)	压差 $\geq$ 三级触发设定值, 三级触发设定值要大于二级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码	压差 $<$ 三级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)

表A.1 (续)

序号	故障分类	故障名称	诊断使能条件	故障触发条件	故障处理机制	故障恢复条件
27	电池状态诊断	温差过大一级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体温度采样正常)	温差 $\geq$ 一级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码	温差 $<$ 一级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
28	电池状态诊断	温差过大二级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体温度采样正常)	温差 $\geq$ 二级触发设定值, 二级触发设定值要大于一级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码	温差 $<$ 二级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
29	电池状态诊断	温差过大三级	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体温度采样正常)	温差 $\geq$ 三级触发设定值, 三级触发设定值要大于二级触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码	温差 $<$ 三级恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
30	电池状态诊断	热失控诊断	BMS 正常工作(供电电压正常, 单体温度采样正常)	通过温度变化、电压变化、采样线状态、气压变化、气体成分探测等因子, 以单一条件或者多个条件结合的方式判定	记录故障码 限制功率 禁止充电 立即断开继电器 锁止电池	维修后, 诊断服务清除故障
31	电池状态诊断	SOC 过低	BMS 正常工作(供电电压正常)	SOC $\leq$ 触发设定值(根据电芯及 Pack 设计特性和系统功率需求制定)	记录故障码	SOC $>$ 恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
32	电池状态诊断	SOC 过高	BMS 正常工作(供电电压正常)	SOC $\geq$ 触发设定值(根据电芯及 Pack 设计特性和系统功率需求制定)	记录故障码	SOC $<$ 恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
33	电池状态诊断	SOC 跳变	BMS 正常工作(供电电压正常)	相邻两个周期的 SOC 变化量 $\geq$ 触发设定值(根据系统 SOC 允许跳变范围制定)	记录故障码	相邻两个周期的 SOC 变化量 $<$ 恢复设定值 (具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
34	电池状态诊断	容量过低	BMS 正常工作(供电电压正常)	SOHC $\leq$ 触发设定值(根据电芯及 Pack 设计特性和系统功率需求制定)	记录故障码	SOHC $>$ 恢复设定值(根据电芯及 Pack 设计特性和系统功率需求制定, 恢复阈值应考虑滞回设计)

表A.1 (续)

序号	故障分类	故障名称	诊断使能条件	故障触发条件	故障处理机制	故障恢复条件
35	电池状态诊断	内阻异常	BMS 正常工作(供电电压正常)	SOHR $\geq$ 触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码	SOHR $<$ 恢复设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定,恢复阈值应考虑滞回设计)
36	电池状态诊断	内阻不平衡	BMS 正常工作(供电电压正常)	内阻最大值-内阻最小值  $\geq$ 触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码	内阻最大值-内阻最小值  $<$ 触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)
37	电池状态诊断	漏液检测	BMS 正常工作(供电电压正常)	根据内部压力传感器、温度传感器、单体电压、气体传感器等多传感器数据融合判断(根据电芯及 Pack 设计特性和系统功率需求制定)	记录故障码 限制功率 禁止充电 立即断开继电器 锁止电池	维修后,诊断服务清除故障
38	高压类诊断	预充失败	BMS 正常工作(供电电压正常) 总电压采样有效 输出总压采样有效	预充接触器和主负接触器闭合后,预充接触器两端电压之差的绝对值不在预期范围内(根据预充电阻和预充电流制定)	记录故障码 禁止充电 禁止放电	预充成功
39	高压类诊断	高压开关无法闭合	BMS 正常工作(供电电压正常,诊断电路正常工作,高压开关驱动电路正常工作,高压开关驱动电压正常) 控制高压开关动作进入闭合状态时	通用方法 1:根据高压开关两侧的电压来进行诊断 压差 $>$ 判定阈值(根据产品高压回路特性制定) 通用方法 2:采用辅助触点方案,通过辅助触点的状态来判断高压回路状态 其他的诊断方法,可根据诊断原理制定故障触发条件	记录故障码 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	满足以下任一条件: 1) 不满足故障触发条件 2) BMS 下电恢复

表A.1 (续)

序号	故障分类	故障名称	诊断使能条件	故障触发条件	故障处理机制	故障恢复条件
40	高压类诊断	高压开关非预期断开	BMS 正常工作(供电电压正常, 诊断电路正常工作, 高压开关驱动电路正常工作, 高压开关驱动电压正常) 高压开关处于闭合状态	通用方法 1: 根据高压开关两侧的电压来进行诊断 压差>判定阈值(根据产品高压回路特性制定) 通用方法 2: 采用辅助触点方案, 通过辅助触点的状态来判断高压回路状态 其他的诊断方法, 可根据诊断原理制定故障触发条件	记录故障码 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	系统下电恢复
41	高压类诊断	高压开关无法断开	BMS 正常工作(供电电压正常, 诊断电路正常工作, 高压开关驱动电路正常工作, 高压开关驱动电压正常) 控制高压开关动作进入断开状态时	通用方法 1: 根据高压开关两侧的电压来进行诊断 压差>判定阈值(根据产品高压回路特性制定) 通用方法 2: 采用辅助触点方案, 通过辅助触点的状态来判断高压回路状态 其他的诊断方法, 可根据诊断原理制定故障触发条件	记录故障码 禁止充电 禁止放电 断开爆炸保险	维修后, 诊断服务清除故障
42	高压类诊断	高压保险熔断	BMS 正常工作(供电电压正常, 诊断电路正常工作)	通用方法: 根据高压保险两侧的电压来进行诊断 压差>判定阈值(根据产品高压回路特性制定)	记录故障码 禁止充电 禁止放电 立即断开继电器	维修后, 诊断服务清除故障
43	高压类诊断	爆炸保险断开	BMS 正常工作(供电电压正常, 诊断电路正常工作)	通用方法: 根据爆炸保险两侧的电压来进行诊断 压差>判定阈值(根据产品高压回路特性制定)	记录故障码 禁止充电 禁止放电 立即断开继电器	维修后, 诊断服务清除故障

表A.1 (续)

序号	故障分类	故障名称	诊断使能条件	故障触发条件	故障处理机制	故障恢复条件
44	高压类诊断	绝缘电阻低一级	BMS 正常工作(供电电压正常, 绝缘电阻检测电路正常) 绝缘电阻计算有效	检测电池或者车辆高压系统绝缘阻值 < 500 $\Omega/V$	记录故障码 禁止充电 禁止放电	不满足故障触发条件
45	高压类诊断	绝缘电阻低二级	BMS 正常工作(供电电压正常, 绝缘电阻检测电路正常) 绝缘电阻计算有效	检测电池或者车辆高压系统绝缘阻值 < 100 $\Omega/V$	记录故障码 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	不满足故障触发条件
46	高压类诊断	高压互锁异常	BMS 正常工作(供电电压正常, 高压互锁电路正常)	检测到的信号状态与注入信号源产生的预设信号状态不一致	记录故障码 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	不满足故障触发条件
47	高压类诊断	碰撞事件	BMS 正常工作(供电电压正常)	检测到碰撞事件的硬线信号或接收到碰撞事件 CAN 报文	记录故障码 禁止充电 禁止放电 立即断开继电器 断开爆炸保险	维修后, 诊断服务清除故障
48	电池管理系统诊断	电池数据不更新故障	BMS 正常工作(供电电压正常, 采样功能正常)	通用方法 1: 所有单体电压不变化 通用方法 2: 最大单体电压和最小单体电压不变化且 SOC 变化量 $\geq$ 触发设定值(具体根据蓄电池和单体电池特性制定)	记录故障码 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	不满足故障触发条件

表A.1 (续)

序号	故障分类	故障名称	诊断使能条件	故障触发条件	故障处理机制	故障恢复条件
49	电池管理系统诊断	控制输出回路异常	BMS 正常工作(供电电压正常)	检测到实际输出状态与控制输出产生的预设信号状态不一致(短路到地、短路到电源、开路) 其他的诊断方法,可根据诊断原理制定故障触发条件	记录故障码 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	不满足故障触发条件
50	电池管理系统诊断	单体电压采样异常	BMS 正常工作(供电电压正常)	通用方法 1: 选用的 AFE 采样芯片诊断机制 通用方法 2: 采用冗余设计进行校验 根据功能具体设计方案进行诊断,包括对开路、短电源、短地、有效性等诊断内容	记录故障码 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	不满足故障触发条件
51	电池管理系统诊断	单体温度采样异常	BMS 正常工作(供电电压正常)	通用方法 1: 选用的 AFE 采样芯片诊断机制 通用方法 2: 采用冗余设计进行校验 根据功能具体设计方案进行诊断,包括对开路、短电源、短地、有效性等诊断内容	记录故障码 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	不满足故障触发条件
52	电池管理系统诊断	高压采样采样异常	BMS 正常工作(供电电压正常)	通用方法 1: 选用的 ASIC 采样芯片诊断机制 通用方法 2: 采用冗余设计进行校验 根据功能具体设计方案进行诊断,包括对开路、短电源、短地、有效性等诊断内容	记录故障码 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	不满足故障触发条件

表A.1 (续)

序号	故障分类	故障名称	诊断使能条件	故障触发条件	故障处理机制	故障恢复条件
53	电池管理系统诊断	总电流采样异常	BMS 正常工作(供电电压正常)	通用方法 1: 选用的 ASIC 采样芯片诊断机制 通用方法 2: 采用冗余设计进行校验 根据功能具体设计方案进行诊断, 包括对开路、短电源、短地、有效性等诊断内容	记录故障码 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	不满足故障触发条件
54	电池管理系统诊断	绝缘电阻检测电路异常	BMS 正常工作(供电电压正常)	根据功能具体设计方案进行诊断, 包括对开路、短电源、短地、有效性等诊断内容	记录故障码 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	不满足故障触发条件
55	电池管理系统诊断	MCU 自身故障——周期性检测	BMS 正常工作(供电电压正常)	MCU 芯片周期性检测故障的安全机制的故障标志位(计算错误, 逻辑错误, 内存错误等)	芯片自响应类故障: 通过底层配置, 按照芯片设定的响应执行故障处理, 例如芯片复位; 无芯片自响应类故障(需要读取寄存器结果): 记录故障码	安全机制未触发
56	电池管理系统诊断	MCU 自身故障——初始化阶段检测	BMS 正常工作(供电电压正常) 初始化阶段诊断一次	芯片安全机制的故障标志位(应用层软件读取故障位)	1. 芯片自响应类故障: 通过底层配置, 按照芯片设定的响应执行故障处理, 例如芯片复位; 2. 无芯片自响应类故障(需要读取寄存器结果): 记录故障码	不满足故障触发条件

表A.1 (续)

序号	故障分类	故障名称	诊断使能条件	故障触发条件	故障处理机制	故障恢复条件
57	电池管理系统 诊断	AFE 电源供电 故障	BMS 正常工作(供电电压 正常)	触发方式 1: 芯片安全机制的故障标志位 (应用层软件读取故障位) 触发方式 2: 软件设定阈值, MCU 读取 AFE 供电回路的电压值, 判断是否超过阈值	1. 芯片自响应类故障: 通过底层配置, 按照芯片的硬件保护机制执行故障处 理, 例如过流故障, 芯片自动限制电流 输出; 2. 无芯片自响应类故障(需要读取寄存 器结果): 记录故障码 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	不满足故障触发条件
58	电池管理系统 诊断	AFE 级联通讯 故障	BMS 正常工作(供电电压 正常)	触发方式 1: 芯片安全机制的故障标志位 (应用层软件读取故障位) 触发方式 2: MCU 进行回读和写入, 判断 结果不符合预期	记录故障码 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	不满足故障触发条件
59	电池管理系统 诊断	AFE 自身故障	BMS 正常工作(供电电压 正常)	芯片安全机制的故障标志位(应用层软 件读取故障位)	1. 芯片自响应类故障: 通过底层配置, 按照芯片的硬件保护机制执行故障处 理, 例如过流故障, 芯片自动限制电流 输出; 2. 无芯片自响应类故障(需要读取寄存 器结果): 记录故障码 禁止充电 禁止 放电 延时断开继电器	不满足故障触发条件
60	电池管理系统 诊断	均衡开路故 障	BMS 正常工作(供电电压 正常)	指示均衡开路故障的寄存器置位	记录故障码	不满足故障触发条件

表A.1 (续)

序号	故障分类	故障名称	诊断使能条件	故障触发条件	故障处理机制	故障恢复条件
61	电池管理系统诊断	从控芯片电源故障	BMS 正常工作(供电电压正常)	触发方式 1: 芯片安全机制的故障标志位(应用层软件读取故障位) 触发方式 2: MCU 进行电压读取, 判断电源是否在合理范围内	根据从控芯片的所承担的功能实现确定故障响应等级	不满足故障触发条件
62	电池管理系统诊断	从控芯片通讯故障	BMS 正常工作(供电电压正常)	触发方式 1: 芯片安全机制的故障标志位(应用层软件读取故障位) 触发方式 2: MCU 进行回读和写入, 判断结果是否符合预期	根据从控芯片的所承担的功能实现确定故障响应等级	不满足故障触发条件
63	电池管理系统诊断	从控芯片自身故障	BMS 正常工作(供电电压正常)	芯片安全机制的故障标志位(应用层软件读取故障位)	根据从控芯片的所承担的功能实现确定故障响应等级	不满足故障触发条件
64	对外交互类诊断	电池管理器供电高	BMS 正常工作(供电电压正常)	电池管理器供电电压高于控制器允许的最大工作电压	记录故障码 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	电池管理器供电恢复为正常范围
65	对外交互类诊断	电池管理器供电低	BMS 正常工作(供电电压正常)	电池管理器供电电压低于控制器允许的最小工作电压	记录故障码 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	电池管理器供电恢复为正常范围

表A.1 (续)

序号	故障分类	故障名称	诊断使能条件	故障触发条件	故障处理机制	故障恢复条件
66	对外交互类诊断	CAN 通讯超时	BMS 正常工作(供电电压正常) 没有 bus off 故障或者 bus off 故障恢复后保持正常 500 ms 网络管理状态进入正常工作模式后持续 500 ms CAN 通讯不处于静默状态	BMS 未收到定义的报文	记录故障码 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	BMS 接收到定义的报文
67	对外交互类诊断	CAN Bus Off	BMS 正常工作(供电电压正常)	CAN 通讯进入 Bus Off 的次数大于 3 次	记录故障码 禁止充电 禁止放电 延时断开继电器	整车 CAN 通讯进入 Bus Off 的次数为 0
注：有些故障可以通过芯片的寄存器配置，使能芯片的自响应或者寄存器置位，有些硬件故障(例如电源类的)，无法配置，芯片会自行复位						

附 录 B  
(资料性)  
锂离子电池常见预警方法

表 B.1 给出了锂离子电池常见预警方法

表 B.1 锂离子电池常见预警方法

序号	预警分类	预警名称	预警描述	常用公式	公式备注
1	质量类	容量健康状态	锂离子电池当前时刻的满充容量与出厂时的标称容量比值的百分数	$SOHC = \frac{Cap_t}{Cap_0}$	SOHC——锂离子电池的容量健康状态； Cap <sub>t</sub> ——锂离子电池当前时刻的满充容量，单位为安时(Ah)； Cap <sub>0</sub> ——锂离子电池出厂时的标称容量，单位为安时(Ah)。
2	质量类	容量衰减率	单位时间内或单位里程内，锂离子电池容量衰减量（出厂容量健康状态与当前容量健康状态的差值）与使用年限（单位：年）或公里数（单位：万公里）比值	$K_{SOHC} = \frac{SOHC_0 - SOHC_t}{N}$	K <sub>SOHC</sub> ——容量衰减率，单位为%/年或%/万公里； SOHC <sub>0</sub> ——出厂时的容量健康状态得分，一般默认为100% SOHC <sub>t</sub> ——当前的容量健康状态得分 N——使用年限（单位：年）或公里数（单位：万公里）
3	质量类	自放电一致性	自放电一致性指的是在一个电池组内，各单体电池自放电率的一致性水平。	$\Delta SOC$ $= \max(SOC_1, SOC_2, \dots, SOC_n)$ $- \min(SOC_1, SOC_2, \dots, SOC_n)$	SOC <sub>n</sub> ——锂离子电池包第n节电芯荷电状态，单位%

表 B.1 (续)

序号	预警分类	预警名称	预警描述	常用公式	公式备注
4	质量类	电压极差均方根	锂离子电池包充电过程中同一时刻最高电压与最低电压差值的均方根	$\sigma_V = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{j=1}^k (V_{max} - V_{min})^2}$	$\sigma_V$ ——在充电过程中的最高电压曲线数据与最低电压曲线数据的均方根误差； $V_{max}$ ——充电过程同一时刻单体电压的最大电压值，单位为伏(V)； $V_{min}$ ——充电过程同一时刻单体电压的最小电压值，单位为伏(V)；
5	质量类	内阻一致性	锂离子电池包体所有单体电芯的直流内阻的最大值与最小值的比值的百分比	$\delta_R = \frac{R_{max}}{R_{min}} \times 100\%$	$\delta_R$ ——内阻一致性； $R_{max}$ ——锂离子电池包体所有单体电芯的直流内阻的最大值，单位为毫欧(m $\Omega$ )； $R_{min}$ ——锂离子电池包体所有单体电芯的直流内阻的最小值，单位为毫欧(m $\Omega$ )。
6	安全类	绝缘失效报警	根据一段时间内的电池包绝缘阻值变化趋势进行评估，通过绝缘阻值趋势的严重程度分级报警。	/	/
7	安全类	电池包漏液报警	根据电池包内部压力传感器、温度传感器、气体传感器等多传感器数据融合，排除环境干扰，根据电解液泄露严重程度分级报警。	/	/