

江淮 iEV5 动力电池的结构原理与故障诊断

谢永东

(江苏联合职业技术学院 苏州建设交通分院, 江苏 苏州 215104)

摘要: 介绍了江淮 iEV5 所用动力电池的结构, 对 iEV5 的电池管理系统(BMS)功能进行了系统分析, 说明了控制元件的功能; 说明了动力电池故障诊断流程, 分析了主要故障现象、诊断方法及可能的故障位置。

关键词: 汽车; iEV5 动力电池; 结构原理; 故障诊断

中图分类号: U469.72

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)04-0004-05

江淮 iEV5 是国内首个正向开发的集标杆研究、产品开发和市场应用经验于一身的全新一代 5 人座小型纯电动车, 产品开发获得国家三部委新能源汽车产业技术创新工程项目支持。iEV5 所使用的电池类型从 iEV4 的磷酸铁电池变为三元锂电池, 可用更少的电池容量和质量获得更稳定的续航里程表现。

1 江淮 iEV5 的动力电池

江淮 iEV5 电池总成的基本参数见表 1。

(1) 电池单体。江淮 iEV5 的电池采用 18650 型三元锂离子电池, 其单体电池能量密度高, 达 $180 \text{ W} \cdot \text{h/kg}$; 内阻小、发热量低, 有利于提高电池的使用寿命和功率。不过三元锂电池也有一些先天的劣

势, 相比磷酸铁锂电池其热稳定性较差, 如果工作温度过高, 会永久性地影响电池寿命, 还会起火燃烧甚至爆炸。

表 1 江淮 iEV5 动力电池总成的基本参数

参数名称	参数值
类型	18650 型三元锂离子电池
结构	32 并 92 串 (2 944 个单体)
电压平台/V	331
质量/kg	230

(2) 电池模组(见图 1)。iEV5 动力电池总成包含 3 种模组, 组成左前电池模组总成、右前电池模组总成和后部电池模组总成。其中左前、右前模组总成均由 4 个 32 并 5 串模组和 1 个 32 并 4 串模组组

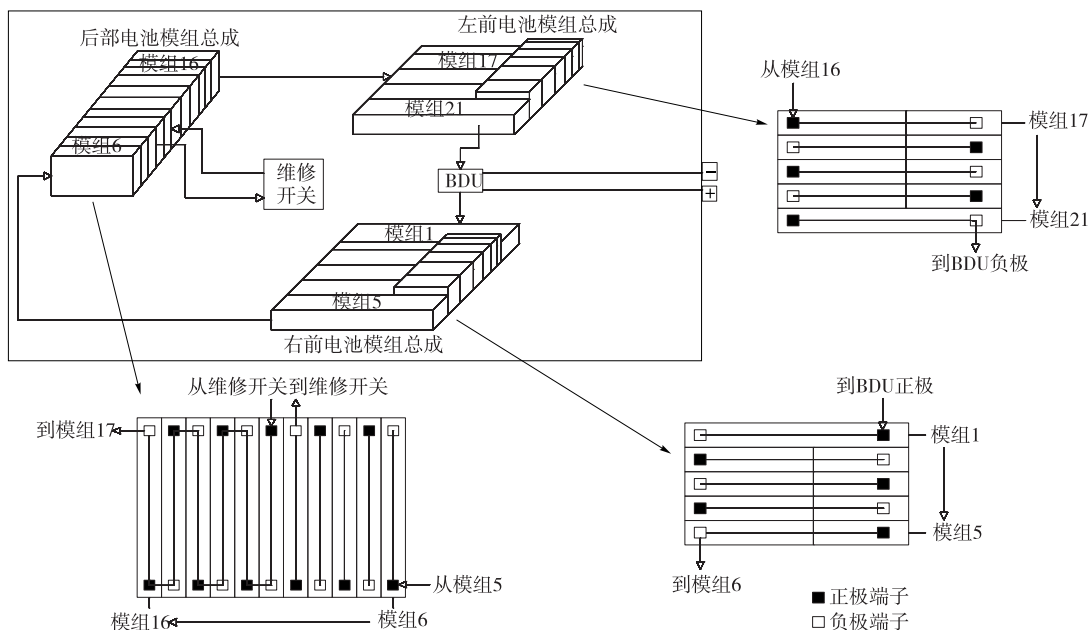


图 1 iEV5 的动力电池模组

成,后部模组总成由 11 个 32 并 4 串模组组成,即江淮 iEV5 电池包内有 21 个模组,共使用 2 944 个单体 18650 型电池。在车辆检测维修时如发现有一个电池单体不正常,则需更换该电池模组。更换后,需对新的电池单体充电均衡,使其电压与动力电池总成其他单体电压一致。

2 iEV5 的电池管理系统

iEV5 的电池管理系统(BMS)对动力电池的动态参数进行监控并管理控制单元,是一个集电池状态参数采集、电池荷电状态估算及动力电池热管理等功能于一体的控制系统。图 2 为 iEV5 的 BMS 控制示意图。

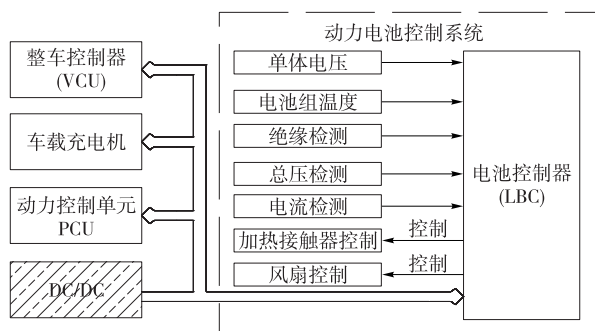


图 2 iEV5 的 BMS 控制示意图

2.1 BMS 的主要功能

iEV5 的 BMS 除具有过压保护、低压保护、高温保护、低温保护、过流保护、故障诊断、报警和网络通信功能外,还具有单体电池组间均衡功能、SOC 估算功能和热管理功能。

(1) 单体电池组间均衡功能。单体电池组间不均衡会严重影响电池组的使用效率,间接影响电池组的性能和使用寿命。为维持电池组单体电池容量和对外特性保持一致,通常采用均衡控制算法和策略。iEV5 电池容量均衡采用被动均衡法,又称为电阻放电法,其原理见图 3。iEV5 通过电池控制器 (LBC) 检测单体电压,如某个单体电池的剩余容量高于其他电池,则并联在该单体电池两端的电阻闭合,释放该单体动力电池的多余能量,直到该电池与其他电池达到均衡。被动均衡法虽然效果明显,但其将电能转化为热能释放,降低了动力电池的使用效率。

(2) SOC 估算功能。江淮 iEV5 所用电池具有实时计算动力电池剩余容量与在相同的充放电状态下电池总容量的比值的功能,即 SOC 估算功能。该

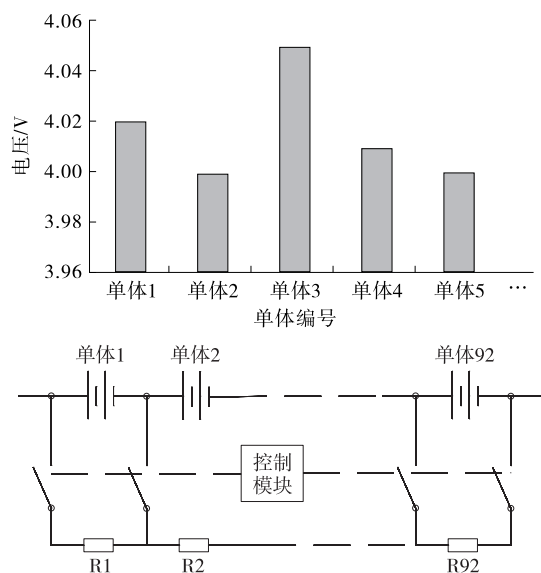


图 3 电池容量被动均衡法原理示意图

功能能反映电池荷电状态,估算电池的剩余容量,为驾驶者提供更为精确的续航里程。此外,该功能可合理优化电动汽车对动力电池的使用,避免出现过充、过放等不利于动力电池使用的状态。

(3) 热管理功能。动力电池的性能与温度密切相关,电池的容量和输出特性在不同温度下差异很大。为维持电池组稳定的工作温度,江淮 iEV5 的动力电池采用风冷方式进行冷却,每颗电池和电池之间都有一定的空隙,空气可在这些间隙内流通。其电池包内集成了一个专用的蒸发器和风机,蒸发器同车载空调系统相连,直接调用 iEV5 上搭载的电动空调压缩机为其工作,布置在电池包正中央的蒸发器和风机将电池包内的空气带动循环,及时为每块电池降温,将电池包的温度控制在一个恒定的范围。

2.2 BMS 的主要元件

(1) 温度传感器。iEV5 动力电池总成内部共有 8 个温度传感器,均采用负温度电阻,电阻值随着温度的升高而降低。分别为:电池单体温度传感器 5 个,通过卡扣固定在电池单体表面;空气温度传感器 1 个,固定在电池切断单元 (BDU) 壳体固定槽内部;蒸发器温度传感器 1 个,固定在蒸发器冷媒管表面;加热器温度传感器 1 个,固定在加热器内部。

(2) 电池切断单元 (BDU)。BDU 安装在动力电池与高压接线盒之间,包括主接触器、预充电接触器、加热接触器、加热熔断器、电流传感器和预充电电阻等。图 4 为其原理示意图。其中:主接触器控制动力电池总成到整车的高压电路的通断;预充电

触器防止高压回路在钥匙启动瞬间出现大电流;加热接触器控制风扇蒸发器总成加热器的通断;电流传感器测量高压电路电流,由整车控制器(VCU)计算电池容量。当系统发生故障时,VCU根据故障等级断开高压主接触器,保护整车电气安全。

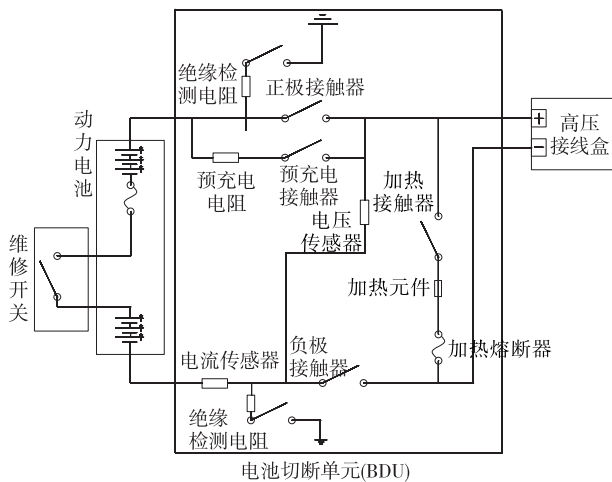


图4 电池切断单元原理示意图

(3) 电池控制器(LBC)。LBC是电池管理系统的核心部件,监测并上报电池单体电压、电流、温度及整车高压绝缘等信息至VCU,VCU根据以上信息控制动力电池总成充、放电。LBC安装于动力电池总成内部,其外形结构见图5。

(4) 风扇蒸发器总成。风扇蒸发器总成安装于动力电池总成内部,主要包括蒸发器、加热器及2个风扇,其外形结构见图6。其作用是冷却和加热动力电池总成,VCU依据LBC上报的温度信息控制

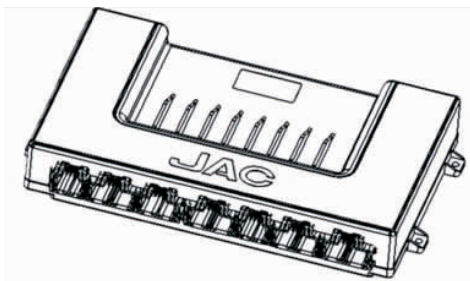


图5 电池控制器

冷却和加热功能的启动或关闭。

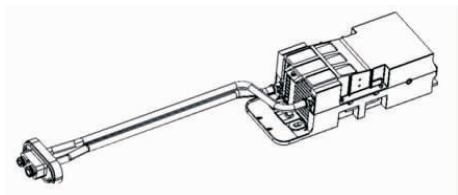


图6 风扇蒸发器总成

3 动力电池的故障诊断

江淮 iEV5 所用动力电池的故障诊断流程:

(1) 获取故障症状信息。获取故障码(DTC),打印或记下DTC和冻结帧,查看相关服务通告。若客户描述了故障症状,则进入第2步;若客户没有描述出故障症状,则进入第3步。

(2) 确认故障。确诊客户描述的故障症状,熟悉确认故障后的正确操作方法和安全保护措施。

(3) 执行DTC确认步骤。

(4) 检查故障部位。若表2中有对应故障描

表2 DTC/电路诊断对照表

DTC	故障名称	DTC 诊断条件	可能故障点
P3122	动力电池连接阻抗增加	LBC 检测到动力电池连接阻抗明显增加	高压连接铜排、LBC
P3123	动力电池内阻增加	LBC 检测到动力电池内阻明显增加	电池单体、LBC
P3124	CAN 通信 BUS OFF 故障	持续接收不到 CAN 通信信号	CAN 通信线束、LBC
P3125	CAN 通信 Rolling Counter 故障	检测到 VCU 发生 Rolling Counter 故障	VCU、LBC
P3128	电流传感器故障	电流传感器电压异常,比正常值高	线束或接插件、电流传感器、LBC
P3129	电流传感器故障	电流传感器电压异常,比正常值低	线束或接插件、电流传感器、LBC
P312A	电流传感器故障	电流传感器两路检测通道测量值偏差过大	线束或接插件、电流传感器、LBC
P312B	温度传感器故障	LBC 检测电池温度电压值接近 5 V 电源电压	线束或接插件、温度传感器、LBC
P312C	温度传感器故障	LBC 检测电池温度电压值接近零	线束或接插件、温度传感器、LBC
P312D	绝缘检测故障	LBC 采集绝缘检测电压值接近 5 V 电源电压	LBC
P312E	绝缘检测故障	LBC 采集绝缘检测电压值接近零	LBC
P312F	绝缘检测故障	LBC 采集绝缘检测电压值振幅保持不变	LBC
P3130	总压检测故障	LBC 采集总压检测电压值接近 5 V 电源电压	LBC

续表 2

DTC	故障名称	DTC 诊断条件	可能故障点
P3131	总压检测故障	LBC 采集总压检测电压值接近零	LBC
P3132	单体电压检测故障—IIC 通信故障	LBC 采集单体电压通信故障	LBC
P3133	单体电压检测 AD 转换故障	LBC 单体电压检测 AD 转换过程中发生故障	LBC
P3134	单体电压采集线松动	LBC 电池单体采集线接触不良	LBC、电压采集线束
P3135	温度采集失真	LBC 检测温度传感器异常	线束或接插件、温度传感器、LBC
P3136	电流与总压不匹配	LBC 检测电池电流或总压采集异常	电流传感器、LBC
P3137	单体电压与总压不匹配	LBC 检测单体电压值与总压存在明显偏差	LBC
P3138	均衡误开启	均衡控制电路失效	LBC
P3139	均衡误关闭	均衡控制电路失效	LBC
P313E	加热器误开启	VCU 发送关闭加热器指令,LBC 反馈加热器状态为开启	LBC、加热器控制高压线缆、加热器控制低压、加热器继电器
P313F	加热器误关闭	VCU 发送开启加热器指令,LBC 反馈加热器状态为关闭	LBC、加热器控制高低压线束、加热器控制低压接插件、加热器继电器、加热器
P3140	加热器温度过高	LBC 检测加热器工作温度过高	温度传感器、加热器、LBC
P3141	加热器指令错误	LBC 检测加热器指令异常	LBC、温度传感器、加热器继电器
P3142	风扇 2 误开启	VCU 未发送开启风扇指令,LBC 反馈风扇状态为开启	LBC
P313C	风扇 1 误开启	VCU 未发送开启风扇指令,LBC 反馈风扇状态为开启	LBC
P313D	风扇 1 误关闭	VCU 发送开启风扇指令,LBC 反馈风扇状态为关闭	LBC、风扇控制线束、风扇
P3143	风扇 2 误关闭	VCU 发送开启风扇指令,LBC 反馈风扇状态为关闭	LBC、风扇控制线束、风扇
P3144	风扇电流过大	LBC 检测风扇工作电流过大	LBC、风扇控制线束、风扇
P3146	电池单体动态压差过大	LBC 检测到电池单体动态电压过大	LBC、高压连接铜排、电池单体、电压采样线束
P3147	电池单体静态压差过大	LBC 检测到电池单体静态电压过大	LBC、高压连接铜排、电池单体、电压采样线束
P3160	动力电池温度不均衡	LBC 检测到动力电池温度不均衡	温度传感器、风扇
P316E	高压互锁故障	检测不到维修开关上的高压互锁信号	维修开关、线束、LBC
P3170	总压硬件故障	总压严重过压或欠压触发的硬件故障	LBC
P3171	充放电过流硬件故障	充放电电流超过正常工作范围触发的硬件故障	LBC
P3176	12 V 铅酸电池电压过低	12 V 铅酸电池电压低于 9 V	12 V 蓄电池、连接线束、接插件、DC/DC、LBC
P3177	12 V 铅酸电池电压过高	12 V 铅酸电池电压高于 18 V	DC/DC
P3178	热失稳故障	LBC 检测到热失稳故障	电池单体
P3179	严重热失稳故障	LBC 检测到热失稳故障	电池单体
P31A3	电池单体电压严重过低	电池单体电压相当低,达到电池损坏阈值	长时间搁置、电池单体、LBC、VCU
P31A6	总压过高	充电过程中总压过高,超出正常范围	VCU、LBC
P31A7	总压严重欠压	总压过低,超出正常电压范围	LBC、用户使用习惯
P31A8	充电严重过流	充电过程中或放电制动能量回收时进入动力电池的电流过大	电池单体、电流传感器、LBC

续表 2

DTC	故障名称	DTC 诊断条件	可能故障点
P31AA	电池单体温度过高	动力电池温度非常高	驱动电机或 VCU、电池单体、风扇、温度传感器、环境温度、大电流放电、LBC
P31AB	电池单体温度过低	动力电池温度过低	天气寒冷、长时间搁置、温度传感器失效
P31AD	单体电压过低	单体电压低于允许工作电压范围	电池单体、LBC、用户使用习惯
P31AE	电池单体电压过高	单体电压超过允许工作电压范围	VCU、电池单体、LBC、高压铜排、线束或接插件
P31B2	严重绝缘故障	整车高压系统与整车低压地之间的绝缘电阻值非常低	整车高压线束、动力电池、LBC
P315D	轻微绝缘故障	整车高压系统与整车低压地之间的绝缘电阻值较低	整车高压线束、动力电池、LBC
P31A9	动力电池放电电流过大	动力电池放电电流超过正常工作范围	电流传感器、整车高压线束、LBC
P31BD	EEPROM 故障	在存储或读取 EEPROM 时发生故障	LBC

述,则通过诊断步骤检查故障部位;若表 2 中无该症状描述,则检查输入和输出信号或电压。

(5) 修理或更换故障零件。

(6) 试车,若 DTC 复现或仍有故障症状,则返回第 2 步。直至故障现象消失,检查结束。

参考文献:

[1] 王朝帅.比亚迪 e6 纯电动汽车动力系统的结构及检修

研究[J].公路与汽运,2015(3).

[2] 毛子通.动力电池管理系统的仿真测试及研究[D].杭州:浙江大学,2015.

[3] 卢强,周革.江淮纯电动汽车 iEV5 技术解析与故障分析[J].汽车电器,2016(8).

[4] 张洪渊.一种新型纯电动城市客车锂电池组的 PACK 及管理[J].客车技术与研究,2013(6).

收稿日期:2016-12-14

《公路与汽运》杂志 2018 年征订启事

《公路与汽运》杂志由长沙理工大学主办,是一份介绍汽车、道路、桥梁等公路交通领域科技信息的面向国内外公开发行的技术类科技期刊。国际标准刊号:ISSN1671-2668,国内统一刊号:CN43-1362/U。发行代号:国内 42-95,国外 DK43002。本刊为首届(2006 年)中国高校特色科技期刊、湖南省一级期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊,被中国期刊全文数据库及中文科技期刊数据库全文收录、万方数据—数字化期刊群全文上网,并荣获首届《CAJ-CD 规范》执行优秀期刊奖。

本刊立足公路交通系统,报道国内外汽车与公路交通领域的最新研究成果,荟萃汽车运用与维修技术,传播公路交通安全知识,介绍公路运输行业的新技术与管理经验,刊登公路交通工程的新工艺、新技术和新材料。2018 年拟设主要栏目:汽车工程;交通规划与管理;运输与物流;道路工程;桥隧工程;工程经济与管理等。

本刊为双月刊,逢单月 25 日出版。每期定价 15 元,全年 90 元。热烈欢迎订阅。读者可在当地邮局订阅,也可直接向本刊编辑部索取订单订阅。订阅款请汇至本刊或银行账号。

通信地址:长沙理工大学云塘校区 8 号信箱

邮政编码:410004

联系电话:0731-85258189(含传真)

联系人:王文

开户行:长沙市农行高云支行

户名:长沙理工大学

账号:18-051401040000158