

长安大学汽车学院马建教授团队研究成果：基于值率模型的 电动汽车动力电池电压异常检测

【技术领域】 下线检测

【技术方向】 智能化

【关键词】 动力电池；电压异常检测；故障评估

【信息来源】

https://mp.weixin.qq.com/s/HXAR3J_9xBnxbjy-sFh8LQ

【研究机构】 长安大学汽车学院

【技术摘要】

为保障电动汽车动力电池运行过程中的安全可靠，高效且准确的故障诊断策略成为必然需求。长安大学提出一种基于电压变化率的新型动力电池电压故障诊断方法，引入了评估系数对电压波动进行定量表征。基于实车数据，验证了方法的有效性及其可靠性，得到电池系统中电压异常风险情况的分布，可以为车企动力电池系统检测及整车的结构设计提供参考。

【技术解析】

技术内涵：诊断单体电压的异常波动故障能够更加全面的评估电池系统的安全性能，传统基于模型的方法可靠性高但计算过程复杂难以应用，非模型的方法往往需要牺牲计算效率。该方案基于电压变化率，选取表征电压异常波动的特征参数。构建电压异常波动故障检测数学模型：实车数据经过清洗及去噪处理后以时间和单体电池数构成电压矩阵 $V_{t,n}$ ，计算每个单体电池连续

时间内的电压差，进而根据数据采样频率计算各单体电压变化率矩阵 $B_{m,n}$ 。

$$\Lambda^{i'u} = \begin{bmatrix} \Lambda^{i'1} & \Lambda^{i'5} & \Gamma & \Lambda^{i'u} \\ W & W & \Lambda^{i'1} & W \\ \Lambda^{j'1} & \Lambda^{j'5} & \Gamma & \Lambda^{j'u} \\ \Lambda^{l'1} & \Lambda^{l'5} & \Gamma & \Lambda^{l'u} \end{bmatrix} \rightarrow \rho^{i'1} = \frac{\Delta t}{\Delta \Lambda} = \frac{\nabla t}{\Lambda^{i+1} - \Lambda^{i'1}} \rightarrow B^{u'u} = \begin{bmatrix} \rho^{u'1} & \rho^{u'5} & \Gamma & \rho^{u'u} \\ W & W & \rho^{i'1} & W \\ \rho^{j'1} & \rho^{j'5} & \Gamma & \rho^{j'u} \\ \rho^{l'1} & \rho^{l'5} & \Gamma & \rho^{l'u} \end{bmatrix}$$

$$B_{m,n} = \begin{bmatrix} b_{1,1} & b_{1,2} & L & b_{1,n} \\ b_{2,1} & b_{2,2} & L & b_{2,n} \\ M & M & b_{i,j} & M \\ b_{m,1} & b_{m,2} & L & b_{m,n} \end{bmatrix} \rightarrow A = \frac{b - b_{me}}{\sigma_b} \rightarrow Z_{m,n} = \begin{bmatrix} A_{1,1} & A_{1,2} & L & A_{1,n} \\ A_{2,1} & A_{2,2} & L & A_{2,n} \\ M & M & A_{i,j} & M \\ A_{m,1} & A_{m,2} & L & A_{m,n} \end{bmatrix}$$

其后，引入电压异常波动评估系数：基于改进的 Z 分数理论来量化电压的波动情况。并采用统计学中 $Z=1.96$ 的 95% 置信区间方法来筛选异常值后计算向量的标准差，从而获得电压异常波动的评估系数 A。随后通过统计学工具提取出评估系数阈值为 $|A|=4$ ，即当单体的评估系数满足 $|A| \geq 4$ 时判断该单体存在电压异常波动故障。

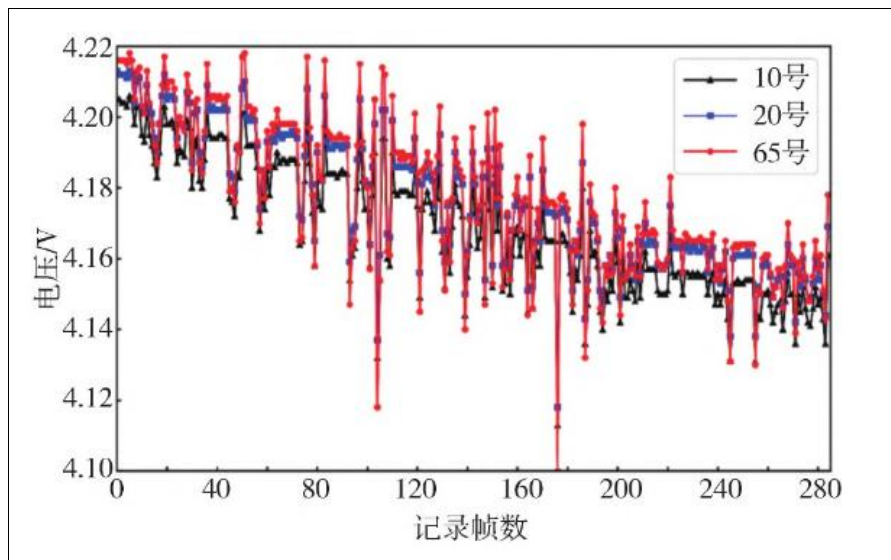


图 正常电压和异常电压波动对比（65 号为异常单体）

技术优势：1. **电压故障诊断策略有效性及可靠性**：基于实车数据，验证该策略可以准确识别故障单体，不存在误报警、漏报警和延迟现象，具有较高的可靠性。2. **策略准确率和计算效率**：与常用熵方法进行对比分析，该方法具有可靠的故障诊断结果和较高的计算效率，准确率超过 99%。

技术应用：用于检测电池组中单体电压的异常波动故障，得到相关车型电池系统中电压异常风险的分布情况，可为车企动力电池检测或整车结构设计提供参考，具有重要的工程应用价值。

技术洞见：该方案所提方法适用于同一辆车全生命周期潜在故障风险的评估，尤其在产线释放端，车企可参考该技术方案，对新能源动力系统形成针对性检测工序，对电压异常波动形成有效质量控制手段，可以更加全面地评估新能源汽车安全性。