(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118962510 A
(43)申请公布日 2024.11.15

(21)申请号 202411452873.6

(22)申请日 2024.10.17

(71)申请人 石家庄步沐电子有限公司
地址 050000 河北省石家庄市鹿泉区石柏南大街179号

(72)发明人 马丽琴 路景鸿 彭丽娟 李志军 牛敬儒

(74)专利代理机构 石家庄国铖天玺专利代理事务所(普通合伙) 13155
专利代理师 王朝

(51)Int.Cl.
G01R 31/396(2019.01)
G01R 31/392(2019.01)
G01R 31/389(2019.01)

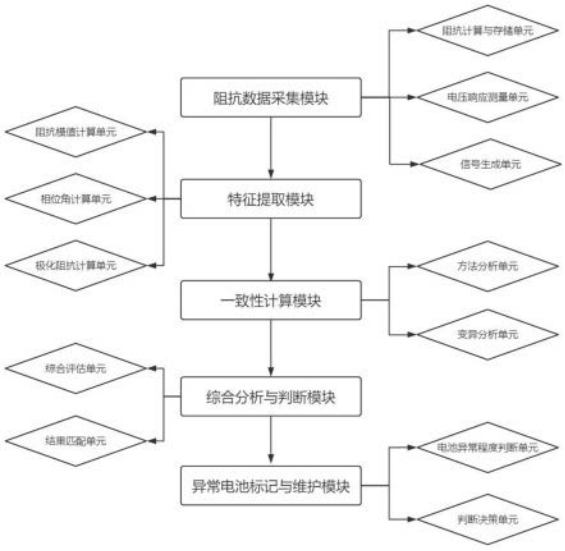
权利要求书3页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

一种动力电池阻抗谱检测方法及系统

(57)摘要

本发明公开了一种动力电池阻抗谱检测方法及系统,涉及动力电池检测技术领域,系统运行时通过阻抗谱分析方法对每个单体电池进行多频率扫描,获取阻抗Z(f)数据,精确捕捉电池内部的电化学变化。接着,特征提取模块提取电池的特征参数,形成特征参数矩阵Pi,并进行的计算,得到电池组的一致性指标变异系数CV和方差分析值F,并通过综合分析与判断模块将这些结果结合,获取综合评估指数Rcon并与预设的电池组一致性评估阈值YZ对比,自动化生成电池组一致性评估结果。最后,异常电池标记与维护模块根据评估结果识别并标记出异常电池,制定相应的维护策略,能够更早地捕捉到电池组内不一致性问题,从而有效预防潜在的电池失效。



CN 118962510 A

1.一种动力电池阻抗谱检测系统,其特征在于:包括阻抗数据采集模块、特征提取模块、一致性计算模块、综合分析与判断模块和异常电池标记与维护模块;

所述阻抗数据采集模块通过使用阻抗谱分析方法,对每个单体电池进行多频率扫描,采集在不同频率下的阻抗信息,获取阻抗Z(f);

所述特征提取模块对阻抗Z(f)数据进行处理,提取电池的阻抗模值$|Z(f)|$、相位角$\theta(f)$和低频段的极化阻抗Rp,组成特征参数矩阵Pi;

所述一致性计算模块对特征参数矩阵Pi进行计算电池组一致性指标,获取变异系数CV和方差分析值F;

所述综合分析与判断模块通过将变异系数CV和方差分析值F进行结合,获取综合评估指数Rcon,并与预设的电池组一致性评估阈值YZ进行匹配,获取电池一致性评估结果;

所述异常电池标记与维护模块根据电池一致性评估结果进行识别和标记出异常的单体电池,并根据电池的异常程度获取电池维护策略方案。

2.根据权利要求1所述的一种动力电池阻抗谱检测系统,其特征在于:所述阻抗数据采集模块包括信号生成单元、电压响应测量单元和阻抗计算与存储单元;

所述信号生成单元生成一个覆盖多个频率范围的交流信号,通过扫描不同频率的电流来刺激电池并获取响应信息,获取不同频率下的交流电流信号I(f),其中f表示频率;

所述电压响应测量单元录电池对施加的不同频率的电流信号的电压响应信息,通过捕捉电压信号的幅值V0和相位差ϕ,生成电池在不同频率下的电压响应信号V(f);

所述阻抗计算与存储单元根据交流电流信号I(f)和电压响应信号V(f)使用阻抗谱分析方法进行计算,获取单体电池在不同频率下的阻抗Z(f),其中阻抗Z(f)为复数形式,包括实部Re(Z(f))和虚部Im(Z(f)),分别代表电池的欧姆阻抗和电化学极化现象,同时对阻抗Z(f)进行存储至系统数据库中;

所述阻抗Z(f)通过$Z(f)=\frac{V(f)}{I(f)}$计算公式获取。

3.根据权利要求2所述的一种动力电池阻抗谱检测系统,其特征在于:所述特征提取模块包括阻抗模值计算单元、相位角计算单元和极化阻抗计算单元;所述阻抗模值计算单元对阻抗Z(f)数据进行处理,包括提取处理,获取实部Re(Z(f))和虚部Im(Z(f)),并进行计算获取阻抗模值$|Z(f)|$;

所述阻抗模值$|Z(f)|$通过$|Z(f)|=\sqrt{RE(Z(f))^2+Im(Z(f))^2}$计算公式获取;

所述相位角计算单元通过计算获取若干个频率f下的相位角$\theta(f)$,进行突出电池内容内部电流与电压的相移,具体表示了电池内部的极化和电容效应,以及判断电池内部的反应速率和储能能力;

所述相位角$\theta(f)$通过$\theta(f)=\arctan\left(\frac{Im(Z(f))}{Re(Z(f))}\right)$计算公式获取;

所述极化阻抗计算单元通过计算获取在低频段下的阻抗实部:极化阻抗Rp,突出了电池内部的离子扩散和电极反应过程相关信息,且极化阻抗Rp随着电池老化而比例增加,以及反映了电池运行状态;

所述极化阻抗Rp通过$Rp=Re(Z(f,low))$计算公式获取；

所述特征参数矩阵Pi={$|Z(f)|$，$\theta(f)$，Rp}。

4.根据权利要求3所述的一种动力电池阻抗谱检测系统，其特征在于：所述一致性计算模块包括变异分析单元和方法分析单元；

所述变异分析单元对特征参数矩阵Pi进行计算电池组一致性指标，具体通过从特征参数矩阵Pi中获取若干个电池的阻抗模值$|Z(f)|$，并进行统计分析，计算获取阻抗模值$|Z(f)|$的均值$\mu(Z)$和标准差$\sigma(Z)$，并进行计算获取，获取变异系数CV，进行反应电池中阻抗模值$|Z(f)|$的相对波动情况；

所述变异系数CV通过$CV=\frac{\sigma(Z)}{\mu(Z)}$计算公式获取。

5.根据权利要求4所述的一种动力电池阻抗谱检测系统，其特征在于：所述方法分析单元对特征参数矩阵Pi进行计算电池组一致性指标分析，具体通过对若干单体电池进行分组，包括行分组和列分组，进行统计分析获取分组后的每组电池的阻抗模值均值$\mu(Z)$，并对每组电池进行计算不同电池组之间的阻抗模值差异获取组间方差MSbet，再对每组内的电池进行统计分析组内阻抗模值差异获取组内方差MSwithin，并对组间方差MSbet组内方差MSwithin进行计算获取方差分析值F；

所述方差分析值F通过$F=\frac{MSbet}{MSwithin}$计算公式获取；

所述组间方差MSbet通过以下计算公式获取：

$$MSbet=\frac{\sum_{k=1}^{m}nk(\mu k-\mu(Z))^2}{m-1};$$

式中，m表示分组后的组总数，k表示第k组，nk表示第k组中的电池数量n，μk表示第k组电池的阻抗模值均值；

所述组内方差MSwithin通过以下计算公式获取：

$$MSwithin=\frac{\sum_{i=1}^{n}(Zi-\mu k)^2}{n-m};$$

式中，Zi表示第i个电池的阻抗模值，具体表示第k组中第i个电池的阻抗模值$|Z(f)|$。

6.根据权利要求5所述的一种动力电池阻抗谱检测系统，其特征在于：所述综合分析与判断模块包括综合评估单元和结果匹配单元；

所述综合评估单元通过将变异系数CV和方差分析值F进行结合，包括加权结合计算，获取综合评估指数Rcon；

所述综合评估指数Rcon通过一下计算公式获取：

$$Rcon=\frac{\alpha*CV+\beta*F}{\alpha+\beta};$$

式中，α和β分别表示变异系数CV和方差分析值F的预设权重值，具体数值由用户设定，且$\alpha+\beta=1$。

7.根据权利要求6所述的一种动力电池阻抗谱检测系统，其特征在于：所述结果匹配单

元通过将综合评估指数Rcon与预设的电池组一致性评估阈值YZ进行匹配,获取电池一致性评估结果;

所述电池一致性评估结果通过以下计算公式获取:

当综合评估指数Rcon≤电池组一致性评估阈值YZ时,获取电池一致性评估结果为合格结果;

当综合评估指数Rcon>电池组一致性评估阈值YZ时,获取电池一致性评估结果为合不格结果,提示进行检查和维护。

8.根据权利要求7所述的一种动力电池阻抗谱检测系统,其特征在于:所述异常电池标记与维护模块包括电池异常程度判断单元和判断决策单元;

所述电池异常程度判断单元根据电池一致性评估结果进行识别和标记出异常的电池组中的单体电池,并记录为异常电池数量Y和异常电池位置WZ,并进行拟合组成异常电池影响指数EZ,

所述异常电池影响指数EZ通过以下计算公式获取:

$EZ=e1*Y+e2*WZ$;

式中,e1和e2分别表示异常电池数量Y和异常电池位置WZ的预设权重值,具体数值由用户设定,且$e1+e2=1$。

9.根据权利要求8所述的一种动力电池阻抗谱检测系统,其特征在于:所述判断决策单元根据异常电池影响指数EZ与预设的电池异常影响评估阈值DZ进行匹配,获取电池维护策略方案;

当异常电池影响指数EZ<电池异常影响评估阈值DZ时,获取电池维护策略方案为按照预设维护计划进行维护;

当异常电池影响指数EZ≥电池异常影响评估阈值DZ时,获取电池维护策略方案为检测出现异常电池,增加实时维护检测计划,并调整电池监控频率至原检测频率的两倍;

当异常电池影响指数EZ≥电池异常影响评估阈值DZ两倍时,获取电池维护策略方案为更换电池,进行预警和提示当前更换电池的信息。

10.一种动力电池阻抗谱检测方法,应用权利要求1~9任一项所述的一种动力电池阻抗谱检测系统,其特征在于:包括以下步骤:

步骤一:阻抗数据采集模块通过使用阻抗谱分析方法,对每个单体电池进行多频率扫描,采集在不同频率下的阻抗信息,获取阻抗Z(f);

步骤二:特征提取模块对阻抗Z(f)数据进行处理,提取电池的阻抗模值$|Z(f)|$、相位角$\theta(f)$和低频段的极化阻抗Rp,组成特征参数矩阵Pi;

步骤三:一致性计算模块对特征参数矩阵Pi进行计算电池组一致性指标,获取变异系数CV和方差分析值F;

步骤四:综合分析与判断模块通过将变异系数CV和方差分析值F进行结合,获取综合评估指数Rcon,并与预设的电池组一致性评估阈值YZ进行匹配,获取电池一致性评估结果;

步骤五:异常电池标记与维护模块根据电池一致性评估结果进行识别和标记出异常的单体电池,并根据电池的异常程度获取电池维护策略方案。

一种动力电池阻抗谱检测方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及动力电池检测技术领域,具体为一种动力电池阻抗谱检测方法及系统。

背景技术

[0002] 动力电池广泛应用于电动汽车、电网储能、工业设备等多个领域,随着全球对碳排放控制和可持续发展的重视,新能源领域的重要性愈加凸显,而动力电池作为储能和动力输出的核心组件,扮演着至关重要的角色。在动力电池技术中,电池组的性能和寿命对系统的整体表现有直接影响。尤其是在电动汽车行业,电池组的健康状态不仅关系到续航能力,还直接影响车辆的安全性。因此,动力电池组的检测与评估逐渐成为核心工作之一。

[0003] 在动力电池组中,每个单体电池的健康状态可能有所不同,由于工作环境、生产工艺或使用时间等因素的影响,电池组内可能会出现性能不一致的问题。如果不及时发现这些问题,某些电池会因性能劣化导致早期失效,进而影响整个电池组的运行效率。目前,常见的电池组监测手段大多依赖于电压和电流监控,虽然能够判断电池的基本状态,但这种方法难以深入探测电池内部的电化学变化,特别是无法识别电池组中各单体电池的阻抗差异。电池的阻抗特性直接反映了电池内部的老化、极化效应和健康状态,因此,仅依靠电压和电流的测量很难做到准确的电池一致性评估,从而可能错失早期检测电池失效的机会。

发明内容

[0004] 针对现有技术的不足,本发明提供了一种动力电池阻抗谱检测方法及系统,解决了背景技术中提到的问题。

[0005] 为实现以上目的,本发明通过以下技术方案予以实现:一种动力电池阻抗谱检测系统,包括阻抗数据采集模块、特征提取模块、一致性计算模块、综合分析与判断模块和异常电池标记与维护模块;

所述阻抗数据采集模块通过使用阻抗谱分析方法,对每个单体电池进行多频率扫描,采集在不同频率下的阻抗信息,获取阻抗Z(f);

所述特征提取模块对阻抗Z(f)数据进行处理,提取电池的阻抗模值$|Z(f)|$、相位角$\theta(f)$和低频段的极化阻抗Rp,组成特征参数矩阵Pi;

所述一致性计算模块对特征参数矩阵Pi进行计算电池组一致性指标,获取变异系数CV和方差分析值F;

所述综合分析与判断模块通过将变异系数CV和方差分析值F进行结合,获取综合评估指数Rcon,并与预设的电池组一致性评估阈值YZ进行匹配,获取电池一致性评估结果;

所述异常电池标记与维护模块根据电池一致性评估结果进行识别和标记出异常的单体电池,并根据电池的异常程度获取电池维护策略方案。

[0006] 优选的,所述阻抗数据采集模块包括信号生成单元、电压响应测量单元和阻抗计算与存储单元;

所述信号生成单元生成一个覆盖多个频率范围的交流信号,通过扫描不同频率的电流来刺激电池并获取响应信息,获取不同频率下的交流电流信号I(f),其中f表示频率;

所述电压响应测量单元录电池对施加的不同频率的电流信号的电压响应信息,通过捕捉电压信号的幅值V0和相位差ϕ,生成电池在不同频率下的电压响应信号V(f);

所述阻抗计算与存储单元根据交流电流信号I(f)和电压响应信号V(f)使用阻抗谱分析方法进行计算,获取单体电池在不同频率下的阻抗Z(f),其中阻抗Z(f)为复数形式,包括实部Re(Z(f))和虚部Im(Z(f)),分别代表电池的欧姆阻抗和电化学极化现象,同时对阻抗Z(f)进行存储至系统数据库中;

所述阻抗Z(f)通过$Z(f)=\frac{V(f)}{I(f)}$计算公式获取。

[0007] 优选的,所述特征提取模块包括阻抗模值计算单元、相位角计算单元和极化阻抗计算单元;

所述阻抗模值计算单元对阻抗Z(f)数据进行处理,包括提取处理,获取实部Re(Z(f))和虚部Im(Z(f)),并进行计算获取阻抗模值$|Z(f)|$;

所述阻抗模值$|Z(f)|$通过$|Z(f)|=\sqrt{RE(Z(f))^2+Im(Z(f))^2}$计算公式获取;

所述相位角计算单元通过计算获取若干个频率f下的相位角$\theta(f)$,进行突出电池内容内部电流与电压的相移,具体表示了电池内部的极化和电容效应,以及判断电池内部的反应速率和储能能力;

所述相位角$\theta(f)$通过$\theta(f)=\arctan\left(\frac{Im(Z(f))}{Re(Z(f))}\right)$计算公式获取;

所述极化阻抗计算单元通过计算获取在低频段下的阻抗实部:极化阻抗Rp,突出了电池内部的离子扩散和电极反应过程相关信息,且极化阻抗Rp随着电池老化而比例增加,以及反映了电池运行状态;

所述极化阻抗Rp通过$Rp=Re(Z(f,low))$计算公式获取;

所述特征参数矩阵Pi={$|Z(f)|$, $\theta(f)$, Rp}。

[0008] 优选的,所述一致性计算模块包括变异分析单元和方法分析单元;

所述变异分析单元对特征参数矩阵Pi进行计算电池组一致性指标,具体通过从特征参数矩阵Pi中获取若干个电池的阻抗模值$|Z(f)|$,并进行统计分析,计算获取阻抗模值$|Z(f)|$的均值$\mu(Z)$和标准差$\sigma(Z)$,并进行计算获取,获取变异系数CV,进行反应电池中阻抗模值$|Z(f)|$的相对波动情况;

所述变异系数CV通过$CV=\frac{\sigma(Z)}{\mu(Z)}$计算公式获取。

[0009] 优选的,所述方法分析单元对特征参数矩阵Pi进行计算电池组一致性指标分析,具体通过对若干单体电池进行分组,包括行分组和列分组,进行统计分析获取分组后的每组电池的阻抗模值均值$\mu(Z)$,并对每组电池进行计算不同电池组之间的阻抗模值差异获取组间方差MSbet,再对每组内的电池进行统计分析组内阻抗模值差异获取组内方差

MSwithin,并对组间方差MSbet组内方差MSwithin进行计算获取方差分析值F;

所述方差分析值F通过$F=\frac{MSbet}{MSwithin}$计算公式获取;

所述组间方差MSbet通过以下计算公式获取:

$$MSbet=\frac{\sum_{k=1}^{m}nk(\mu k-\mu(Z))^2}{m-1};$$

式中,m表示分组后的组总数,k表示第k组,nk表示第k组中的电池数量n,μk表示第k组电池的阻抗模值均值;

所述组内方差MSwithin通过以下计算公式获取:

$$MSwithin=\frac{\sum_{i=1}^{n}(Zi-\mu k)^2}{n-m};$$

式中,Zi表示第i个电池的阻抗模值,具体表示第k组中第i个电池的阻抗模值$|Z(f)|$。

[0010] 优选的,所述综合分析与判断模块包括综合评估单元和结果匹配单元;

所述综合评估单元通过将变异系数CV和方差分析值F进行结合,包括加权结合计算,获取综合评估指数Rcon;

所述综合评估指数Rcon通过一下计算公式获取:

$$Rcon=\frac{\alpha*CV+\beta*F}{\alpha+\beta};$$

式中,α和β分别表示变异系数CV和方差分析值F的预设权重值,具体数值由用户设定,且$\alpha+\beta=1$。

[0011] 优选的,所述结果匹配单元通过将综合评估指数Rcon与预设的电池组一致性评估阈值YZ进行匹配,获取电池一致性评估结果;

所述电池一致性评估结果通过以下计算公式获取:

当综合评估指数Rcon≤电池组一致性评估阈值YZ时,获取电池一致性评估结果为合格结果;

当综合评估指数Rcon>电池组一致性评估阈值YZ时,获取电池一致性评估结果为合不格结果,提示进行检查和维护。

[0012] 优选的,所述异常电池标记与维护模块包括电池异常程度判断单元和判断决策单元;

所述电池异常程度判断单元根据电池一致性评估结果进行识别和标记出异常的电池组中的单体电池,并记录为异常电池数量Y和异常电池位置WZ,并进行拟合组成异常电池影响指数EZ,

所述异常电池影响指数EZ通过以下计算公式获取:

$$EZ=e1*Y+e2*WZ;$$

式中,e1和e2分别表示异常电池数量Y和异常电池位置WZ的预设权重值,具体数值由用户设定,且$e1+e2=1$。

[0013] 优选的,所述判断决策单元根据异常电池影响指数EZ与预设的电池异常影响评估阈值DZ进行匹配,获取电池维护策略方案;

当异常电池影响指数EZ<电池异常影响评估阈值DZ时,获取电池维护策略方案为

按照预设维护计划进行维护；

当异常电池影响指数EZ≥电池异常影响评估阈值DZ时，获取电池维护策略方案为检测出现异常电池，增加实时维护检测计划，并调整电池监控频率至原检测频率的两倍；

当异常电池影响指数EZ≥电池异常影响评估阈值DZ两倍时，获取电池维护策略方案为更换电池，进行预警和提示当前更换电池的信息。

[0014] 一种动力电池阻抗谱检测方法，包括以下步骤：

步骤一：阻抗数据采集模块通过使用阻抗谱分析方法，对每个单体电池进行多频率扫描，采集在不同频率下的阻抗信息，获取阻抗Z(f)；

步骤二：特征提取模块对阻抗Z(f)数据进行处理，提取电池的阻抗模值$|Z(f)|$、相位角$\theta(f)$和低频段的极化阻抗Rp，组成特征参数矩阵Pi；

步骤三：一致性计算模块对特征参数矩阵Pi进行计算电池组一致性指标，获取变异系数CV和方差分析值F；

步骤四：综合分析与判断模块通过将变异系数CV和方差分析值F进行结合，获取综合评估指数Rcon，并与预设的电池组一致性评估阈值YZ进行匹配，获取电池一致性评估结果；

步骤五：异常电池标记与维护模块根据电池一致性评估结果进行识别和标记出异常的单体电池，并根据电池的异常程度获取电池维护策略方案。

[0015] 本发明提供了一种动力电池阻抗谱检测方法及系统，具备以下有益效果：

(1)系统运行时通过阻抗谱分析方法对每个单体电池进行多频率扫描，获取阻抗$_{Z(f)}$数据，精确捕捉电池内部的电化学变化。接着，特征提取模块提取电池的关键参数，如阻抗模值$|Z(f)|$、相位角$\theta(f)$和低频段的极化阻抗Rp，形成特征参数矩阵Pi，为后续评估提供数据支持。结合一致性计算模块对特征参数矩阵Pi进行的计算，得到电池组的一致性指标变异系数CV和方差分析值F，并通过综合分析与判断模块将这些结果结合，获取综合评估指数Rcon并与预设的电池组一致性评估阈值YZ对比，自动化生成电池组一致性评估结果。最后，异常电池标记与维护模块根据评估结果识别并标记出异常电池，制定相应的维护策略。与传统方法相比，该系统的优势在于其能够深入分析电池阻抗变化，准确识别早期的性能劣化。通过分析每个电池的阻抗模值和相位角参数，解决了以往仅依赖电压、电流监控的局限性，能够更早地捕捉到电池组内不一致性问题，从而有效预防潜在的电池失效。这不仅提高了电池组运行的可靠性，减少了因单体电池失效导致的性能损失，同时通过自动化的检测与维护流程降低了人工成本。

[0016] (2)通过阻抗模值计算单元、相位角计算单元和极化阻抗计算单元进一步细化分析了每个电池的性能参数。阻抗模值提供了电池总阻抗的大小信息，反映了整体的电化学阻力。相位角的计算则突出了电池内部电流和电压的相移现象，具体体现了电池的极化和电容效应，能够判断出电池的反应速率和储能能力。而极化阻抗Rp则专门对低频段的阻抗实部进行了深入分析，反映了电池内部的离子扩散和电极反应情况，尤其能够随着电池老化的进展逐渐增加，提供了电池老化状态的重要依据。

[0017] (3)通过变异系数CV提供电池组内整体一致性评估，还能通过方差分析值F精确定位电池组不同区域如行和列的差异程度。这种双重一致性评估机制，使得系统能够快速识

别电池组内局部区域的不一致性,从而为后续的维护或更换策略提供有力的数据支持,有效避免了单一参数评估可能带来的误判,并确保了电池组运行状态的均衡性和可靠性。

[0018] (4)通过异常电池影响指数EZ精确量化异常电池对电池组的负面影响,从而为判断决策单元提供有力的数据支持,依据EZ与电池异常影响评估阈值D的匹配结果,自动生成多层次的电池维护策略方案。这种基于量化指标的维护决策,能够根据异常程度的不同动态调整电池的监控频率或直接提出更换建议,确保在问题恶化前及时采取行动,提升电池组的长期可靠性和安全性。与传统的维护方法相比,该系统不仅能够自动识别和标记异常电池,还能根据异常的严重程度精准制定相应的维护方案,有效避免了维护不及时或过度维护的问题。

附图说明

[0019] 图1为本发明一种动力电池阻抗谱检测系统框图示意图;

图2为本发明一种动力电池阻抗谱检测方法步骤示意图。

具体实施方式

[0020] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例,基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0021] 实施例1

本发明提供一种动力电池阻抗谱检测系统,请参阅图1,包括阻抗数据采集模块、特征提取模块、一致性计算模块、综合分析与判断模块和异常电池标记与维护模块;

所述阻抗数据采集模块通过使用阻抗谱分析方法,对每个单体电池进行多频率扫描,采集在不同频率下的阻抗信息,获取阻抗Z(f);

所述特征提取模块对阻抗Z(f)数据进行处理,提取电池的阻抗模值$|Z(f)|$、相位角$\theta(f)$和低频段的极化阻抗Rp,组成特征参数矩阵Pi;

所述一致性计算模块对特征参数矩阵Pi进行计算电池组一致性指标,获取变异系数CV和方差分析值F;

所述综合分析与判断模块通过将变异系数CV和方差分析值F进行结合,获取综合评估指数Rcon,并与预设的电池组一致性评估阈值YZ进行匹配,获取电池一致性评估结果;

所述异常电池标记与维护模块根据电池一致性评估结果进行识别和标记出异常的单体电池,并根据电池的异常程度获取电池维护策略方案。

[0022] 本实施例中,系统通过模块化的设计,从阻抗数据的采集到最终的异常电池维护策略方案制定,实现了全流程的电池组健康状态评估。首先,阻抗数据采集模块通过阻抗谱分析方法对每个单体电池进行多频率扫描,获取阻抗$Z(f)$数据,精确捕捉电池内部的电化学变化。接着,特征提取模块提取电池的关键参数,如阻抗模值$|Z(f)|$、相位角$\theta(f)$和低频段的极化阻抗Rp,形成特征参数矩阵Pi,为后续评估提供数据支持。结合一致性计算模块对特征参数矩阵Pi进行的计算,得到电池组的一致性指标变异系数CV和方差分析值F,并通过综合

分析与判断模块将这些结果结合,获取综合评估指数Rcon并与预设的电池组一致性评估阈值YZ对比,自动化生成电池组一致性评估结果。最后,异常电池标记与维护模块根据评估结果识别并标记出异常电池,制定相应的维护策略。与传统方法相比,该系统的优势在于其能够深入分析电池阻抗变化,准确识别早期的性能劣化。通过分析每个电池的阻抗模值和相位角参数,解决了以往仅依赖电压、电流监控的局限性,能够更早地捕捉到电池组内不一致性问题,从而有效预防潜在的电池失效。这不仅提高了电池组运行的可靠性,减少了因单体电池失效导致的性能损失,同时通过自动化的检测与维护流程降低了人工成本。

[0023] 实施例2

本实施例是在实施例1中进行的解释说明,请参照图1,具体的:所述阻抗数据采集模块包括信号生成单元、电压响应测量单元和阻抗计算与存储单元;

所述信号生成单元生成一个覆盖多个频率范围的交流信号,通过扫描不同频率的电流来刺激电池并获取响应信息,获取不同频率下的交流电流信号I(f),其中f表示频率;

所述电压响应测量单元录电池对施加的不同频率的电流信号的电压响应信息,通过捕捉电压信号的幅值V0和相位差ϕ,生成电池在不同频率下的电压响应信号V(f);

所述阻抗计算与存储单元根据交流电流信号I(f)和电压响应信号V(f)使用阻抗谱分析方法进行计算,获取单体电池在不同频率下的阻抗Z(f),其中阻抗Z(f)为复数形式,包括实部Re(Z(f))和虚部Im(Z(f)),分别代表电池的欧姆阻抗和电化学极化现象,同时对阻抗Z(f)进行存储至系统数据库中;

所述阻抗Z(f)通过$Z(f)=\frac{V(f)}{I(f)}$计算公式获取。

[0024] 所述特征提取模块包括阻抗模值计算单元、相位角计算单元和极化阻抗计算单元;

所述阻抗模值计算单元对阻抗Z(f)数据进行处理,包括提取处理,获取实部Re(Z(f))和虚部Im(Z(f)),并进行计算获取阻抗模值$|Z(f)|$;

所述阻抗模值$|Z(f)|$通过$|Z(f)|=\sqrt{RE(Z(f))^2+Im(Z(f))^2}$计算公式获取;

所述相位角计算单元通过计算获取若干个频率f下的相位角$\theta(f)$,进行突出电池内容内部电流与电压的相移,具体表示了电池内部的极化和电容效应,以及判断电池内部的反应速率和储能能力;

所述相位角$\theta(f)$通过$\theta(f)=\arctan\left(\frac{Im(Z(f))}{Re(Z(f))}\right)$计算公式获取;

所述极化阻抗计算单元通过计算获取在低频段下的阻抗实部:极化阻抗Rp,突出了电池内部的离子扩散和电极反应过程相关信息,且极化阻抗Rp随着电池老化而比例增加,以及反映了电池运行状态;

所述极化阻抗Rp通过$Rp=Re(Z(f,low))$计算公式获取;

所述特征参数矩阵Pi={$|Z(f)|$, $\theta(f)$, Rp}。

[0025] 本实施例中,通过阻抗模值计算单元、相位角计算单元和极化阻抗计算单元进一步细化分析了每个电池的性能参数。阻抗模值提供了电池总阻抗的大小信息,反映了整体

的电化学阻力。相位角的计算则突出了电池内部电流和电压的相移现象,具体体现了电池的极化和电容效应,能够判断出电池的反应速率和储能能力。而极化阻抗Rp则专门对低频段的阻抗实部进行了深入分析,反映了电池内部的离子扩散和电极反应情况,尤其能够随着电池老化的进展逐渐增加,提供了电池老化状态的重要依据。通过系统化的数据采集、处理与分析,该检测系统不仅能实时评估电池健康状况,还能够对电池的老化和劣化做出前瞻性判断,显著提高了电池管理的精准度和可预测性。

[0026] 实施例3

本实施例是在实施例2中进行的解释说明,请参照图1,具体的:所述一致性计算模块包括变异分析单元和方法分析单元;

所述变异分析单元对特征参数矩阵Pi进行计算电池组一致性指标,具体通过从特征参数矩阵Pi中获取若干个电池的阻抗模值$|Z(f)|$,并进行统计分析,计算获取阻抗模值$|Z(f)|$的均值$\mu(Z)$和标准差$\sigma(Z)$,并进行计算获取,获取变异系数CV,进行反应电池中阻抗模值$|Z(f)|$的相对波动情况;

所述变异系数CV通过$CV=\frac{\sigma(Z)}{\mu(Z)}$计算公式获取。

[0027] 所述方法分析单元对特征参数矩阵Pi进行计算电池组一致性指标分析,具体通过对若干单体电池进行分组,包括行分组和列分组,进行统计分析获取分组后的每组电池的阻抗模值均值$\mu(Z)$,并对每组电池进行计算不同电池组之间的阻抗模值差异获取组间方差MSbet,再对每组内的电池进行统计分析组内阻抗模值差异获取组内方差MSwithin,并对组间方差MSbet组内方差MSwithin进行计算获取方差分析值F;

所述方差分析值F通过$F=\frac{MSbet}{MSwithin}$计算公式获取;

所述组间方差MSbet通过以下计算公式获取:

$$MSbet=\frac{\sum_{k=1}^{m}nk(\mu k-\mu(Z))^2}{m-1};$$

式中,m表示分组后的组总数,k表示第k组,nk表示第k组中的电池数量n,μk表示第k组电池的阻抗模值均值;

所述组内方差MSwithin通过以下计算公式获取:

$$MSwithin=\frac{\sum_{i=1}^{n}(Zi-\mu k)^2}{n-m};$$

式中,Zi表示第i个电池的阻抗模值,具体表示第k组中第i个电池的阻抗模值$|Z(f)|$。

[0028] 本实施例中,通过变异系数CV提供电池组内整体一致性评估,还能通过方差分析值F精确定位电池组不同区域如行和列的差异程度。这种双重一致性评估机制,使得系统能够快速识别电池组内局部区域的不一致性,从而为后续的维护或更换策略提供有力的数据支持,有效避免了单一参数评估可能带来的误判,并确保了电池组运行状态的均衡性和可靠性。

[0029] 实施例4

本实施例是在实施例3中进行的解释说明,请参照图1,具体的:所述综合分析与判断模块包括综合评估单元和结果匹配单元;

所述综合评估单元通过将变异系数CV和方差分析值F进行结合,包括加权结合计算,获取综合评估指数Rcon;

所述综合评估指数Rcon通过一下计算公式获取:

$$Rcon=\frac{\alpha*CV+\beta*F}{\alpha+\beta};$$

式中,α和β分别表示变异系数CV和方差分析值F的预设权重值,具体数值由用户设定,且$\alpha+\beta=1$。

[0030] 所述结果匹配单元通过将综合评估指数Rcon与预设的电池组一致性评估阈值YZ进行匹配,获取电池一致性评估结果;

所述电池一致性评估结果通过以下计算公式获取:

当综合评估指数Rcon≤电池组一致性评估阈值YZ时,获取电池一致性评估结果为合格结果;

当综合评估指数Rcon>电池组一致性评估阈值YZ时,获取电池一致性评估结果为合不格结果,提示进行检查和维护。

[0031] 所述异常电池标记与维护模块包括电池异常程度判断单元和判断决策单元;

所述电池异常程度判断单元根据电池一致性评估结果进行识别和标记出异常的电池组中的单体电池,并记录为异常电池数量Y和异常电池位置WZ,并进行拟合组成异常电池影响指数EZ,

所述异常电池影响指数EZ通过以下计算公式获取:

$$EZ=e1*Y+e2*WZ;$$

式中,e1和e2分别表示异常电池数量Y和异常电池位置WZ的预设权重值,具体数值由用户设定,且$e1+e2=1$。

[0032] 所述判断决策单元根据异常电池影响指数EZ与预设的电池异常影响评估阈值DZ进行匹配,获取电池维护策略方案;

当异常电池影响指数EZ<电池异常影响评估阈值DZ时,获取电池维护策略方案为按照预设维护计划进行维护;

当异常电池影响指数EZ≥电池异常影响评估阈值DZ时,获取电池维护策略方案为检测出现异常电池,增加实时维护检测计划,并调整电池监控频率至原检测频率的两倍;

当异常电池影响指数EZ≥电池异常影响评估阈值DZ两倍时,获取电池维护策略方案为更换电池,进行预警和提示当前更换电池的信息。

[0033] 本实施例中,通过异常电池影响指数EZ精确量化异常电池对电池组的负面影响,从而为判断决策单元提供有力的数据支持,依据EZ与电池异常影响评估阈值D的匹配结果,自动生成多层次的电池维护策略方案。这种基于量化指标的维护决策,能够根据异常程度的不同动态调整电池的监控频率或直接提出更换建议,确保在问题恶化前及时采取行动,提升电池组的长期可靠性和安全性。与传统的维护方法相比,该系统不仅能够自动识别和标记异常电池,还能根据异常的严重程度精准制定相应的维护方案,有效避免了维护不及时或过度维护的问题。

[0034] 实施例5

一种动力电池阻抗谱检测方法,请参照图2,具体的:包括以下步骤:

步骤一:阻抗数据采集模块通过使用阻抗谱分析方法,对每个单体电池进行多频率扫描,采集在不同频率下的阻抗信息,获取阻抗Z(f);

步骤二:特征提取模块对阻抗Z(f)数据进行处理,提取电池的阻抗模值$|Z(f)|$、相位角$\theta(f)$和低频段的极化阻抗Rp,组成特征参数矩阵Pi;

步骤三:一致性计算模块对特征参数矩阵Pi进行计算电池组一致性指标,获取变异系数CV和方差分析值F;

步骤四:综合分析与判断模块通过将变异系数CV和方差分析值F进行结合,获取综合评估指数Rcon,并与预设的电池组一致性评估阈值YZ进行匹配,获取电池一致性评估结果;

步骤五:异常电池标记与维护模块根据电池一致性评估结果进行识别和标记出异常的单体电池,并根据电池的异常程度获取电池维护策略方案。

[0035] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变形,本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

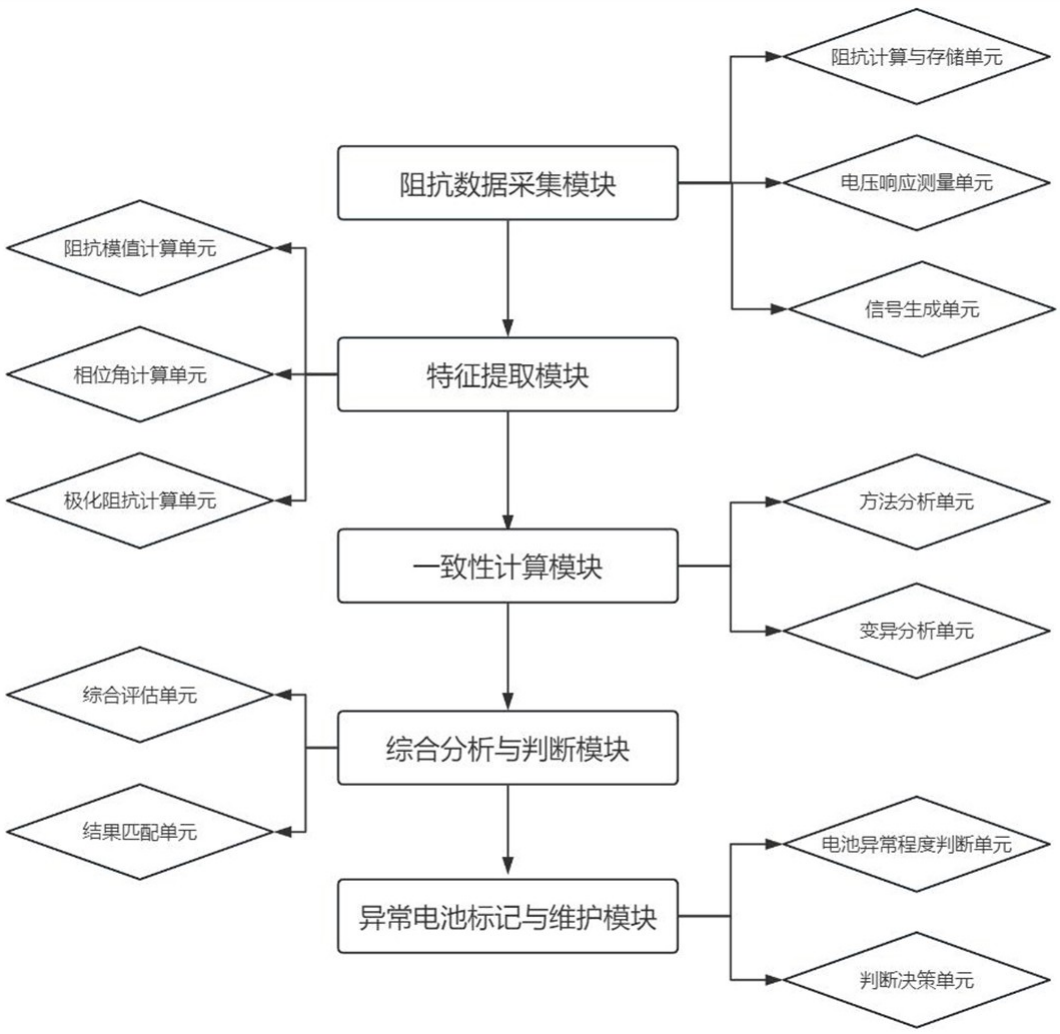

阻抗数据采集模块
阻抗计算与存储单元
电压响应测量单元
信号生成单元
特征提取模块
阻抗模值计算单元
相位角计算单元
极化阻抗计算单元
一致性计算模块
方法分析单元
变异分析单元
综合分析与判断模块
综合评估单元
结果匹配单元
异常电池标记与维护模块
电池异常程度判断单元
判断决策单元

图1

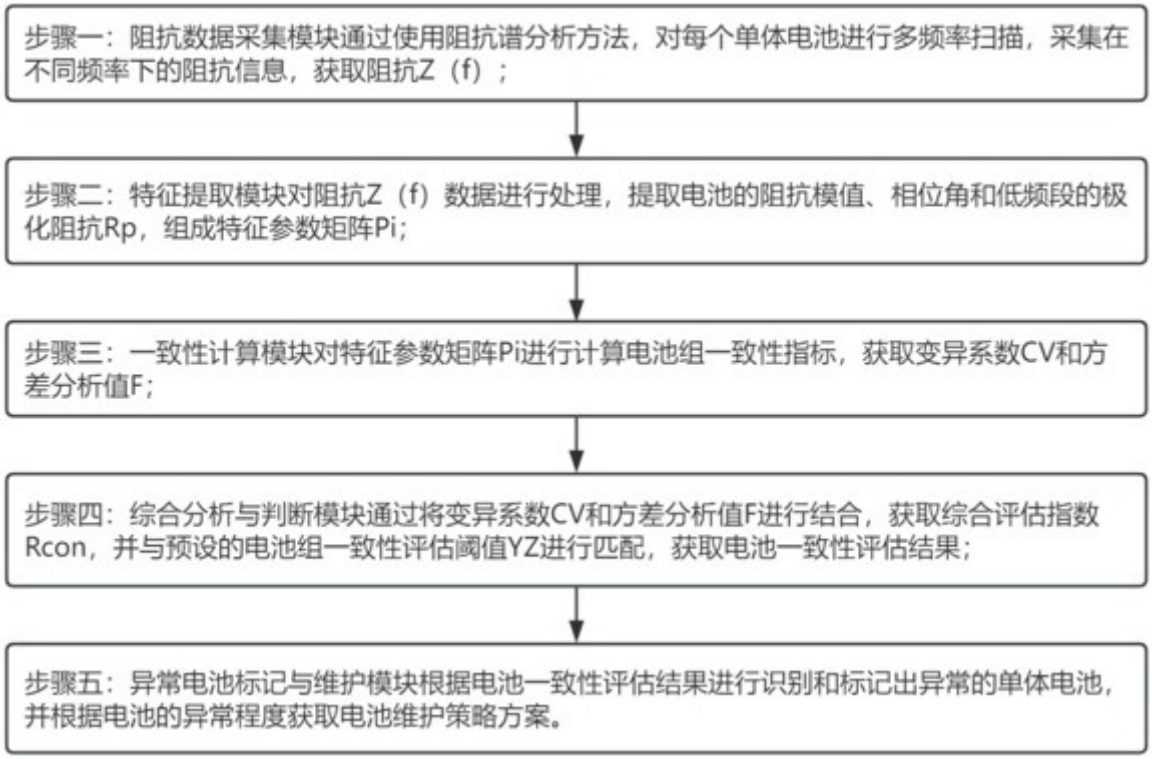

步骤一：阻抗数据采集模块通过使用阻抗谱分析方法，对每个单体电池进行多频率扫描，采集在不同频率下的阻抗信息，获取阻抗Z（f）；
步骤二：特征提取模块对阻抗Z（f）数据进行处理，提取电池的阻抗模值、相位角和低频段的极化阻抗Rp，组成特征参数矩阵Pi；
步骤三：一致性计算模块对特征参数矩阵Pi进行计算电池组一致性指标，获取变异系数CV和方差分析值F；
步骤四：综合分析与判断模块通过将变异系数CV和方差分析值F进行结合，获取综合评估指数Rcon，并与预设的电池组一致性评估阈值YZ进行匹配，获取电池一致性评估结果；
步骤五：异常电池标记与维护模块根据电池一致性评估结果进行识别和标记出异常的单体电池，并根据电池的异常程度获取电池维护策略方案。

图2