



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109858084 A

(43)申请公布日 2019.06.07

(21)申请号 201811601061.8

(22)申请日 2018.12.26

(71)申请人 广东电网有限责任公司电力科学研究院

地址 510080 广东省广州市越秀区东风东路水均岗8号

(72)发明人 罗敏 赵伟 孟金岭 邓凯 易斌

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 王莹 李相雨

(51)Int.Cl.

G06F 17/50(2006.01)

H01M 10/42(2006.01)

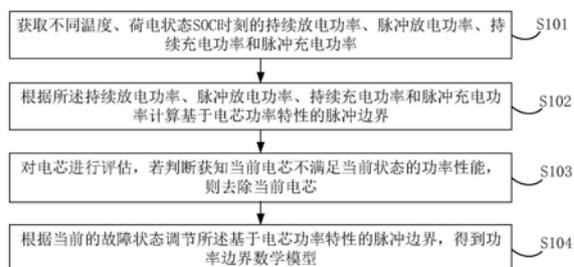
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种功率边界数学模型的建立方法及装置

(57)摘要

本发明实施例公开了一种功率边界数学模型的建立方法及装置,方法包括:获取不同温度、荷电状态SOC时刻的持续放电功率、脉冲放电功率、持续充电功率和脉冲充电功率;根据所述持续放电功率、脉冲放电功率、持续充电功率和脉冲充电功率计算基于电芯功率特性的脉冲边界;对电芯进行评估,若判断获知当前电芯不满足当前状态的功率性能,则去除当前电芯;根据当前的故障状态调节所述基于电芯功率特性的脉冲边界,得到功率边界数学模型。本发明实施例通过计算基于电芯功率特性的脉冲边界来建立功率边界数学模型,能够更精确评估系统的实时性能状态,对电池进行最优的管理,给予车辆最强劲的输出能力,最高效的制动能量回收,并能延长电池使用寿命。



1. 一种功率边界数学模型的建立方法,其特征在于,包括:

获取不同温度、荷电状态SOC时刻的持续放电功率、脉冲放电功率、持续充电功率和脉冲充电功率;

根据所述持续放电功率、脉冲放电功率、持续充电功率和脉冲充电功率计算基于电芯功率特性的脉冲边界;

对电芯进行评估,若判断获知当前电芯不满足当前状态的功率性能,则去除当前电芯;

根据当前的故障状态调节所述基于电芯功率特性的脉冲边界,得到功率边界数学模型。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

对实车进行运行标定,并根据接收的用户反馈数据和实验数据检验并修正所述功率边界数学模型。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述根据所述持续放电功率、脉冲放电功率、持续充电功率和脉冲充电功率计算基于电芯功率特性的脉冲边界之后,还包括:

根据电池包热管理能力和电芯寿命衰减特性对所述基于电芯功率特性的脉冲边界进行优化。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

若新能源汽车根据所述功率边界数学模型得到的实际运行结果与预设值的差值大于阈值,则根据新能源汽车的整体架构、材料、容量和功率部件对所述功率边界数学模型进行调整。

5. 一种功率边界数学模型的建立装置,其特征在于,包括:

功率获取模块,用于获取不同温度、荷电状态SOC时刻的持续放电功率、脉冲放电功率、持续充电功率和脉冲充电功率;

边界计算模块,用于根据所述持续放电功率、脉冲放电功率、持续充电功率和脉冲充电功率计算基于电芯功率特性的脉冲边界;

电芯评估模块,用于对电芯进行评估,若判断获知当前电芯不满足当前状态的功率性能,则去除当前电芯;

模型确定模块,用于根据当前的故障状态调节所述基于电芯功率特性的脉冲边界,得到功率边界数学模型。

6. 根据权利要求5所述的装置,其特征在于,所述装置还包括:

模型修正模块,用于对实车进行运行标定,并根据接收的用户反馈数据和实验数据检验并修正所述功率边界数学模型。

7. 根据权利要求5所述的装置,其特征在于,所述装置还包括:

边界优化模块,用于根据电池包热管理能力和电芯寿命衰减特性对所述基于电芯功率特性的脉冲边界进行优化。

8. 根据权利要求5所述的装置,其特征在于,所述装置还包括:

模型调整模块,用于若根据所述功率边界数学模型得到的实际运行结果与预设值的差值大于阈值,则根据新能源汽车的整体架构、材料、容量和功率部件对所述功率边界数学模型进行调整。

9. 一种电子设备,其特征在于,包括:

至少一个处理器;以及

与所述处理器通信连接的至少一个存储器,其中:

所述存储器存储有可被所述处理器执行的程序指令,所述处理器调用所述程序指令能够执行如权利要求1至4任一所述的方法。

10. 一种非暂态计算机可读存储介质,其特征在于,所述非暂态计算机可读存储介质存储计算机程序,所述计算机程序使所述计算机执行如权利要求1至4任一所述的方法。

## 一种功率边界数学模型的建立方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明实施例涉及计算机技术领域,具体涉及一种功率边界数学模型的建立方法及装置。

### 背景技术

[0002] 在BMS算法研究的初期SOC(state of charge,荷电状态)和SOS(state of safe,安全状态)是最容易得到关注的算法,这两个算法的准确性能直接影响动力电池的可用性和安全性,避免车辆在行驶中抛锚,充电中过充,直接关系产品的使用和用户的安全。而随着动力电池应用的进一步推进,如何更精确的评估系统的实时性能状态,对电池进行最优的管理,给予车辆最强劲的输出能力,最高效的制动能量回收,延长电池使用寿命越来越得到了重视。

### 发明内容

[0003] 由于现有方法存在上述问题,本发明实施例提出一种功率边界数学模型的建立方法及装置。

[0004] 第一方面,本发明实施例提出一种功率边界数学模型的建立方法,包括:

[0005] 获取不同温度、荷电状态SOC时刻的持续放电功率、脉冲放电功率、持续充电功率和脉冲充电功率;

[0006] 根据所述持续放电功率、脉冲放电功率、持续充电功率和脉冲充电功率计算基于电芯功率特性的脉冲边界;

[0007] 对电芯进行评估,若判断获知当前电芯不满足当前状态的功率性能,则去除当前电芯;

[0008] 根据当前的故障状态调节所述基于电芯功率特性的脉冲边界,得到功率边界数学模型。

[0009] 可选地,所述方法还包括:

[0010] 对实车进行运行标定,并根据接收的用户反馈数据和实验数据检验并修正所述功率边界数学模型。

[0011] 可选地,所述根据所述持续放电功率、脉冲放电功率、持续充电功率和脉冲充电功率计算基于电芯功率特性的脉冲边界之后,还包括:

[0012] 根据电池包热管理能力和电芯寿命衰减特性对所述基于电芯功率特性的脉冲边界进行优化。

[0013] 可选地,所述方法还包括:

[0014] 若新能源汽车根据所述功率边界数学模型得到的实际运行结果与预设值的差值大于阈值,则根据新能源汽车的整体架构、材料、容量和功率部件对所述功率边界数学模型进行调整。

[0015] 第二方面,本发明实施例还提出一种功率边界数学模型的建立装置,包括:

- [0016] 功率获取模块,用于获取不同温度、荷电状态SOC时刻的持续放电功率、脉冲放电功率、持续充电功率和脉冲充电功率;
- [0017] 边界计算模块,用于根据所述持续放电功率、脉冲放电功率、持续充电功率和脉冲充电功率计算基于电芯功率特性的脉冲边界;
- [0018] 电芯评估模块,用于对电芯进行评估,若判断获知当前电芯不满足当前状态的功率性能,则去除当前电芯;
- [0019] 模型确定模块,用于根据当前的故障状态调节所述基于电芯功率特性的脉冲边界,得到功率边界数学模型。
- [0020] 可选地,所述装置还包括:
- [0021] 模型修正模块,用于对实车进行运行标定,并根据接收的用户反馈数据和实验数据检验并修正所述功率边界数学模型。
- [0022] 可选地,所述装置还包括:
- [0023] 边界优化模块,用于根据电池包热管理能力和电芯寿命衰减特性对所述基于电芯功率特性的脉冲边界进行优化。
- [0024] 可选地,所述装置还包括:
- [0025] 模型调整模块,用于若根据所述功率边界数学模型得到的实际运行结果与预设值的差值大于阈值,则根据新能源汽车的整体架构、材料、容量和功率部件对所述功率边界数学模型进行调整。
- [0026] 第三方面,本发明实施例还提出一种电子设备,包括:
- [0027] 至少一个处理器;以及
- [0028] 与所述处理器通信连接的至少一个存储器,其中:
- [0029] 所述存储器存储有可被所述处理器执行的程序指令,所述处理器调用所述程序指令能够执行上述方法。
- [0030] 第四方面,本发明实施例还提出一种非暂态计算机可读存储介质,所述非暂态计算机可读存储介质存储计算机程序,所述计算机程序使所述计算机执行上述方法。
- [0031] 由上述技术方案可知,本发明实施例通过计算基于电芯功率特性的脉冲边界来建立功率边界数学模型,能够更精确评估系统的实时性能状态,对电池进行最优的管理,给予车辆最强劲的输出能力,最高效的制动能量回收,并能延长电池使用寿命。

## 附图说明

- [0032] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些图获得其他的附图。
- [0033] 图1为本发明一实施例提供的一种功率边界数学模型的建立方法的流程示意图;
- [0034] 图2为本发明一实施例提供的电池包温度、电池包电压、电流与SOC窗口的关系示意图;
- [0035] 图3为本发明一实施例提供的动力电池功率边界的组成示意图;
- [0036] 图4为本发明一实施例提供的电池系统与功率边界的关系示意图;

- [0037] 图5为本发明一实施例提供的水箱模型示意图；
- [0038] 图6为本发明一实施例提供的不同电压值下电池允许的放电和充电功率示意图；
- [0039] 图7为本发明一实施例提供的电芯整体评估的流程示意图；
- [0040] 图8为本发明一实施例提供的各部分数据融合的示意图；
- [0041] 图9为本发明一实施例提供的整车驾驶机械能评估的流程示意图；
- [0042] 图10为本发明一实施例提供了一种功率边界数学模型的建立装置的结构示意图；
- [0043] 图11为本发明一实施例提供的电子设备的逻辑框图。

### 具体实施方式

[0044] 下面结合附图,对本发明的具体实施方式作进一步描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案,而不能以此来限制本发明的保护范围。

[0045] 图1示出了本实施例提供的一种功率边界数学模型的建立方法的流程示意图,包括:

[0046] S101、获取不同温度、荷电状态SOC时刻的持续放电功率、脉冲放电功率、持续充电功率和脉冲充电功率；

[0047] S102、根据所述持续放电功率、脉冲放电功率、持续充电功率和脉冲充电功率计算基于电芯功率特性的脉冲边界；

[0048] S103、对电芯进行评估,若判断获知当前电芯不满足当前状态的功率性能,则去除当前电芯；

[0049] S104、根据当前的故障状态调节所述基于电芯功率特性的脉冲边界,得到功率边界数学模型。

[0050] 动力电池功率边界(或可用功率)SOP(state of power)算法的目的就是权衡多重因素的影响指导控制单元(如VCU)更合理的使用动力电池系统。对于纯电动车辆,动力电池是唯一的能量获取来源SOP策略相对简单,而对于混合动力车辆而言,一方面动力电池容量小则必然在运行中需要高倍率输出,对功率平稳输出的优化就更为重要。另一方面内燃机系统(或燃料电池系统)如何与动力电池进行功率分配才得以实现低能耗、高性能也需要通过SOP算法来优化。设计者可以根据实际需求来选择是希望车辆性能更强劲或是电池系统寿命更长久或两者兼得。

[0051] 本实施例通过计算基于电芯功率特性的脉冲边界来建立功率边界数学模型,能够更精确评估系统的实时性能状态,对电池进行最优的管理,给予车辆最强劲的输出能力,最高效的制动能量回收,并能延长电池使用寿命。

[0052] 进一步地,在上述方法实施例的基础上,所述方法还包括:

[0053] S105、对实车进行运行标定,并根据接收的用户反馈数据和实验数据检验并修正所述功率边界数学模型。

[0054] 进一步地,在上述方法实施例的基础上,S102还包括:

[0055] S1023、根据电池包热管理能力和电芯寿命衰减特性对所述基于电芯功率特性的脉冲边界进行优化。

[0056] 进一步地,在上述方法实施例的基础上,所述方法还包括:

[0057] S106、若新能源汽车根据所述功率边界数学模型得到的实际运行结果与预设值的

差值大于阈值,则根据新能源汽车的整体架构、材料、容量和功率部件对所述功率边界数学模型进行调整。

[0058] SOP算法设计不仅仅取决于电芯特性本身,同时与电池包系统设计技术,整车功率需求及工况特性都有着密切的关系。从算法设计上可以分别从电池包评估、电芯评估、故障评估、实车运行标定四方面进行。

[0059] 第一,电池包评估

[0060] 评估电池包功率边界的第一步是需要通过电芯实验、热仿真分析、数据拟合得到不同温度、SOC时刻的持续放电功率、脉冲放电功率、持续充电功率、脉冲充电功率。如脉冲功率可先通过HPPC实验获取电芯内阻特性曲线,从而计算基于电芯功率特性的脉冲边界。需要注意的是在通常情况下电芯在45℃以上的功率性能可能比常温下更加优异,如图2所示的电池包温度、电池包电压、电流与SOC窗口的关系,因此电池包功率边界还需要结合电池包热管理能力和电芯寿命衰减特性对功率边界进行优化,如图3所示,动力电池功率边界包括了电芯电参数、电池管理系统性能和汽车功率部件。

[0061] 得到了脉冲功率和持续功率的数据表后,考虑什么时候允许脉冲功率输出,什么时候只允许持续功率输出。如图4所示:电池系统在启动初期对VCU发送功率边界为脉冲功率,当实际运行电流超过允许的持续电流时,对超过部分进行功率积分,当累计溢出功率超过设定值后,BMS按设定速率不断降低功率边界至当前电池的持续功率,直至电池功率特性恢复后功率边界再按特定速率恢复脉冲功率。

[0062] 根据以上分析,可将功率边界问题想像为“水箱模型”,如图5所示。水箱下方的出水龙头表示当前实际的输出功率,水箱上方的进水龙头的流速表示电池自身的功率恢复能力。水箱中的水容量代表电池可承受的脉冲功率输出的能力(pulse power-continuous power)\*t。当水箱中的水降至告警线时,则需要通过降低功率边界减少实际出水量,当水箱水位达到复位线则可允许出水量达到脉冲值。通过这个简单的物理模型我们就可以用算法来计算实时的功率边界曲线。

[0063] 新能源汽车电池包SOP水箱数学模型因整体架构、材料、容量、功率部件等有直接关系。预测值与实际运行结果偏差超出允许范围,需要调整模型和修正算法。

[0064] 第二,电芯评估

[0065] 电芯评估的目的是对电池包评估的结果进行补充,防止电池组系统中的一致性差异导致个别极端的电芯不满足当前状态(SOC&温度)的功率性能。一旦出现了类似情况可能导致单体过充、过放的事件。因此在电池包评估的基础上同时叠加电芯评估。如图6所示的表中定义了在不同电压值下电池允许的放电和充电功率,图7示出了电芯整体评估的流程示意图。

[0066] 第三,故障评估

[0067] 由于电池组系统中可能出现除电池以外的其他故障,如绝缘故障、通信故障、热管理系统故障等。当触发该类故障是可能导致系统整体性能的下降,需要降低功率输出或者进入跛行模式。因此还需要考虑故障状态调节功率边界。

[0068] 故障诊断的准确性和可靠性,是衡量故障评估的最主要指标,如图8所示。

[0069] 第四,实车运行标定

[0070] 上述三部分主要从电池系统的角度进行了最优功率边界的设计,但动力电池作为

整车的零部件之一,局部最优的考虑或许得不到整体最优,因此实车运行标定是必不可少的环节,甚至可以说起到画龙点睛的作用。如图9所示为对整车驾驶机械能评估的流程示意图。实车运行标定的目的就是根据人的感觉和实验数据检验和修正SOP估算的模型。例如从电池实验数据上看很容易得出高倍率的充放电会加速电池寿命衰减,那电池的功率边界区间是否是越窄对延长电池寿命越有帮助呢?通过实际驾驶来论证。

[0071] 例如某款燃料电池与锂电池混合动力车型的开发。电机峰值功率75kw,燃料电池最大输出功率35kw。由于燃料电池功率响应速率较迟缓,瞬间的功率需求由动力电池输出。在软件中充电功率限制在22kw,实际驾驶跑车的现象是电池温升较快,且soc较难控制在理想工作区间(40%~55%)。进一步分析原因在于充电功率边界限制在22kw导致燃料电池的输出偏低,车辆加速时80%的功率需求加载在了动力电池上,导致运行期间动力电池吞吐量较大,且放出电量与充入电量不平衡。在软件中修改对充电功率限制标定为33kw,从而更大程度的发挥了燃料电池的输出,从运行数据上看动力电池吞吐量显著降低,充放电电量更为平衡,电池温升也得到了有效的控制。说明放大了功率边界区间反而减少了功率负担。

[0072] 动力电池功率边界的设计对提升整车性能、避免动力电池触发运行故障、延长动力电池寿命等方面有着极其关键的作用。在实现SOP算法过程中需充分考虑电芯、热管理、故障处理等因素的影响,同时实车运行标定对整体系统的优化有着重要的意义。

[0073] 图10示出了本实施例提供的一种功率边界数学模型的建立装置的结构示意图,所述装置包括:

[0074] 功率获取模块1001,用于获取不同温度、荷电状态SOC时刻的持续放电功率、脉冲放电功率、持续充电功率和脉冲充电功率;

[0075] 边界计算模块1002,用于根据所述持续放电功率、脉冲放电功率、持续充电功率和脉冲充电功率计算基于电芯功率特性的脉冲边界;

[0076] 电芯评估模块1003,用于对电芯进行评估,若判断获知当前电芯不满足当前状态的功率性能,则去除当前电芯;

[0077] 模型确定模块1004,用于根据当前的故障状态调节所述基于电芯功率特性的脉冲边界,得到功率边界数学模型。

[0078] 本实施例通过计算基于电芯功率特性的脉冲边界来建立功率边界数学模型,能够更精确评估系统的实时性能状态,对电池进行最优的管理,给予车辆最强劲的输出能力,最高效的制动能量回收,并能延长电池使用寿命。

[0079] 进一步地,在上述装置实施例的基础上,所述装置还包括:

[0080] 模型修正模块,用于对实车进行运行标定,并根据接收的用户反馈数据和实验数据检验并修正所述功率边界数学模型。

[0081] 进一步地,在上述装置实施例的基础上,所述装置还包括:

[0082] 边界优化模块,用于根据电池包热管理能力和电芯寿命衰减特性对所述基于电芯功率特性的脉冲边界进行优化。

[0083] 进一步地,在上述装置实施例的基础上,所述装置还包括:

[0084] 模型调整模块,用于若根据所述功率边界数学模型得到的实际运行结果与预设值的差值大于阈值,则根据新能源汽车的整体架构、材料、容量和功率部件对所述功率边界数学模型进行调整。

[0085] 本实施例所述的功率边界数学模型的建立装置可以用于执行上述方法实施例,其原理和技术效果类似,此处不再赘述。

[0086] 参照图11,所述电子设备,包括:处理器(processor)1101、存储器(memory)1102和总线1103;

[0087] 其中,

[0088] 所述处理器1101和存储器1102通过所述总线1103完成相互间的通信;

[0089] 所述处理器1101用于调用所述存储器1102中的程序指令,以执行上述各方法实施例所提供的方法。

[0090] 本实施例公开一种计算机程序产品,所述计算机程序产品包括存储在非暂态计算机可读存储介质上的计算机程序,所述计算机程序包括程序指令,当所述程序指令被计算机执行时,计算机能够执行上述各方法实施例所提供的方法。

[0091] 本实施例提供一种非暂态计算机可读存储介质,所述非暂态计算机可读存储介质存储计算机指令,所述计算机指令使所述计算机执行上述各方法实施例所提供的方法。

[0092] 以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,其中所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性的劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0093] 通过以上的实施方式的描述,本领域的技术人员可以清楚地了解到各实施方式可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现,当然也可以通过硬件。基于这样的理解,上述技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品可以存储在计算机可读存储介质中,如ROM/RAM、磁碟、光盘等,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行各个实施例或者实施例的某些部分所述的方法。

[0094] 应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

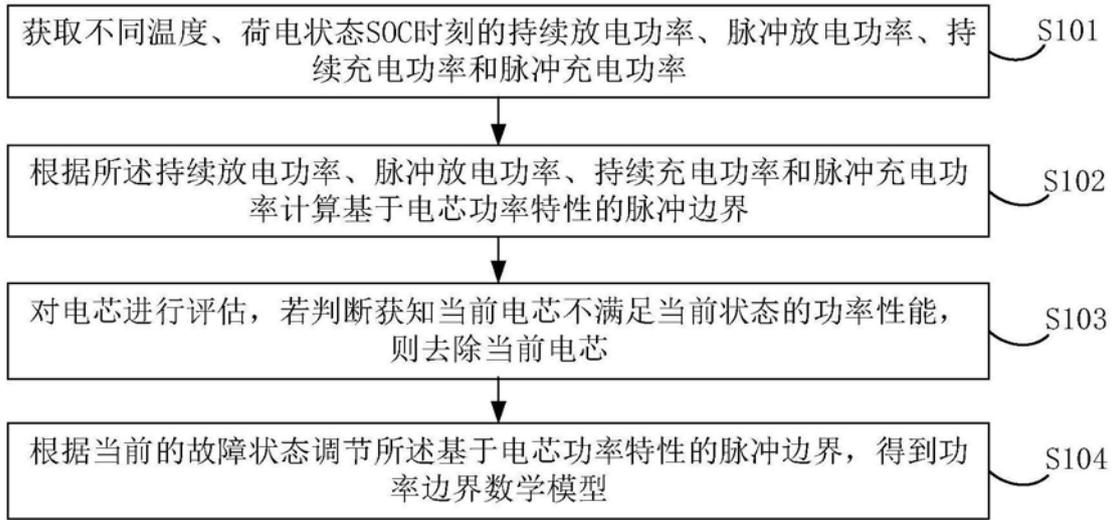


图1

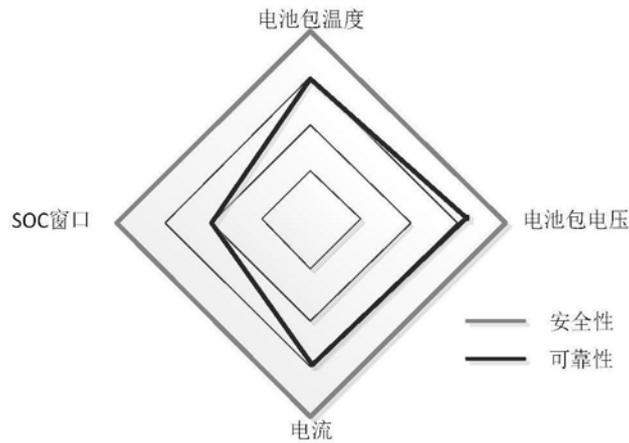


图2

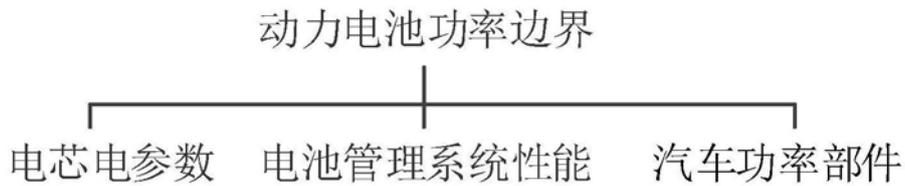


图3

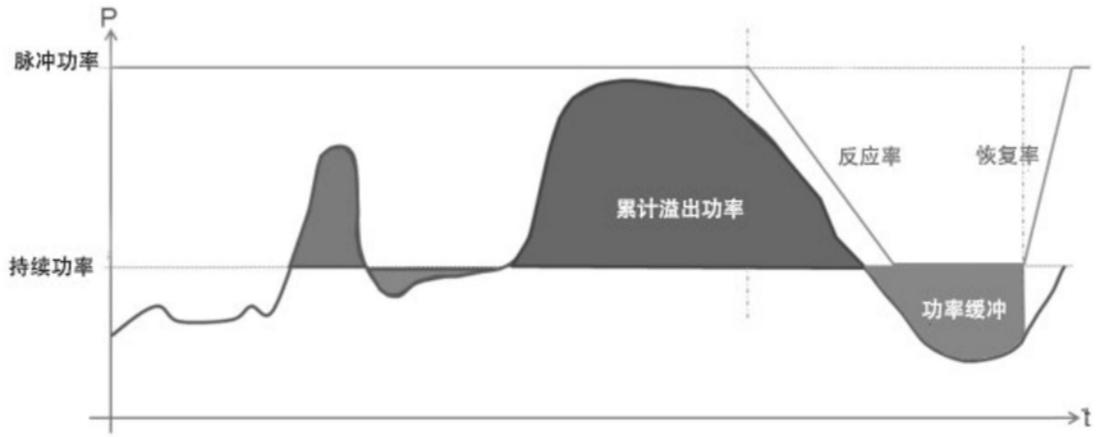


图4

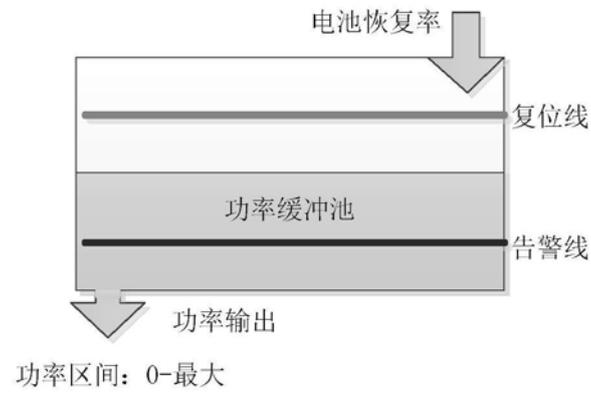


图5

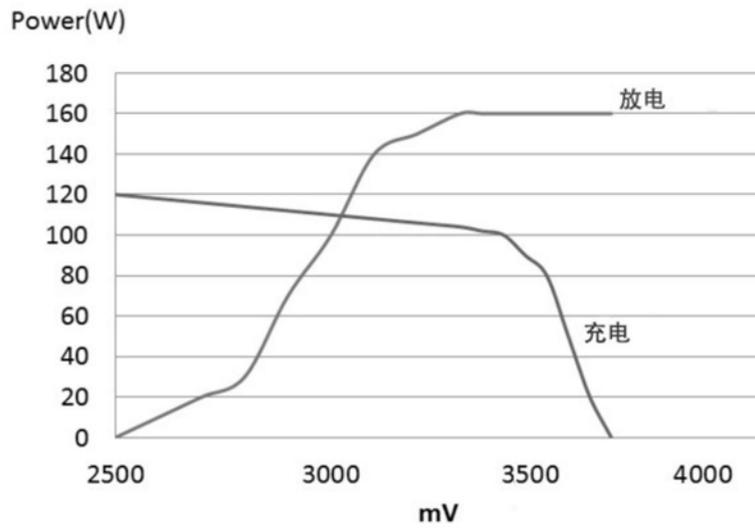


图6

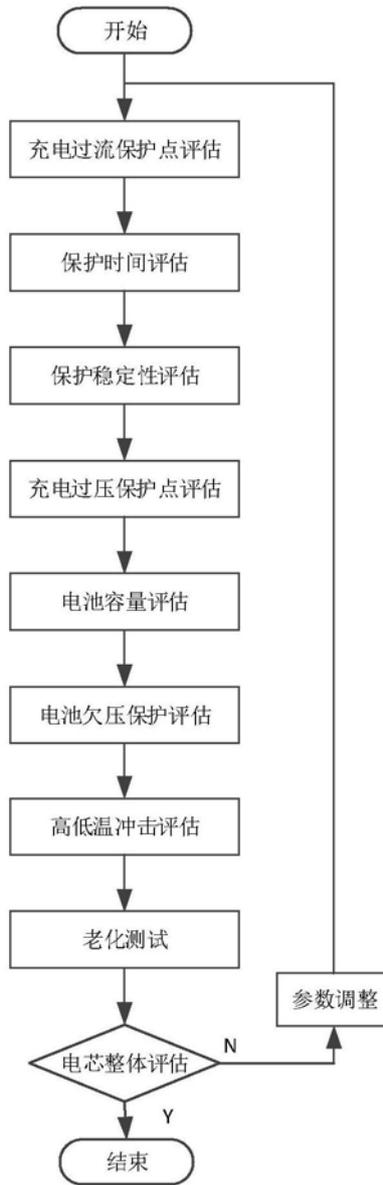


图7

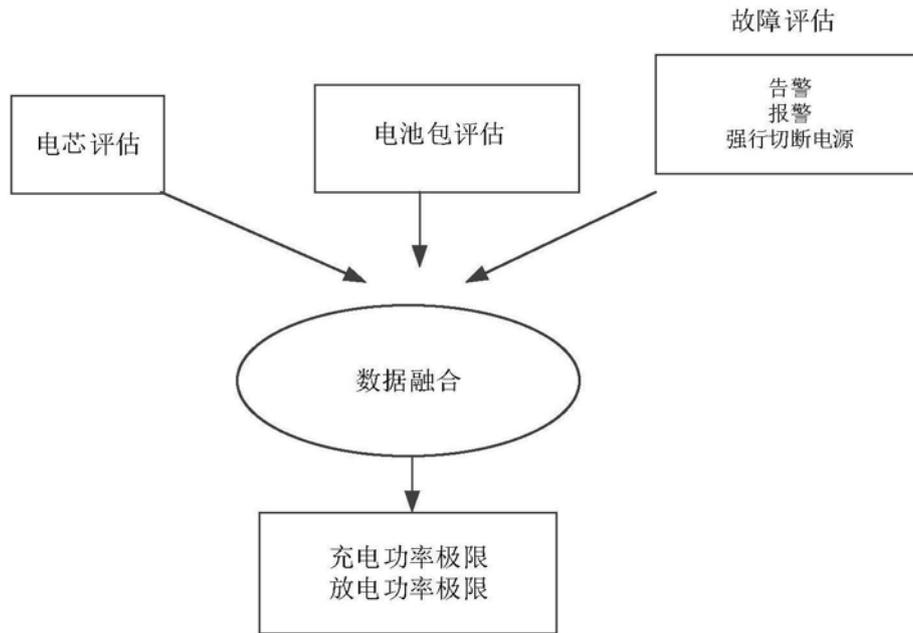


图8

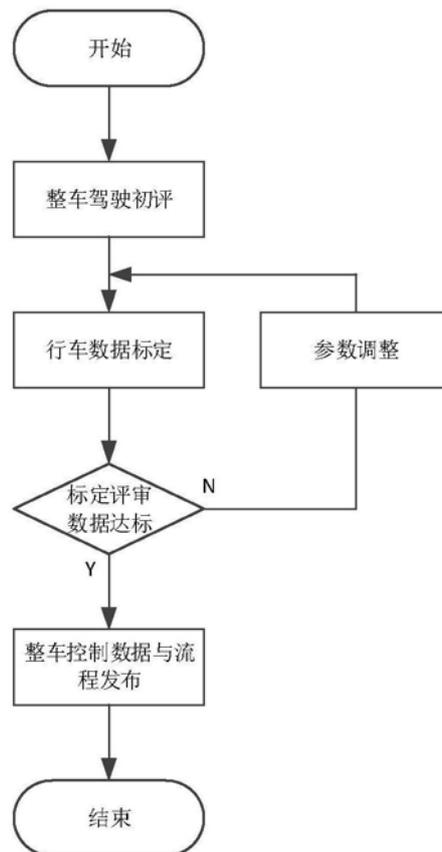


图9

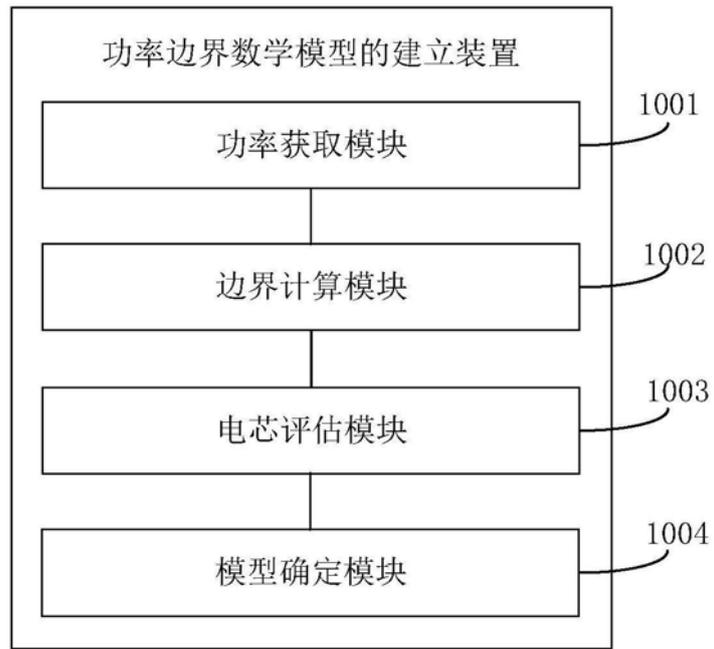


图10

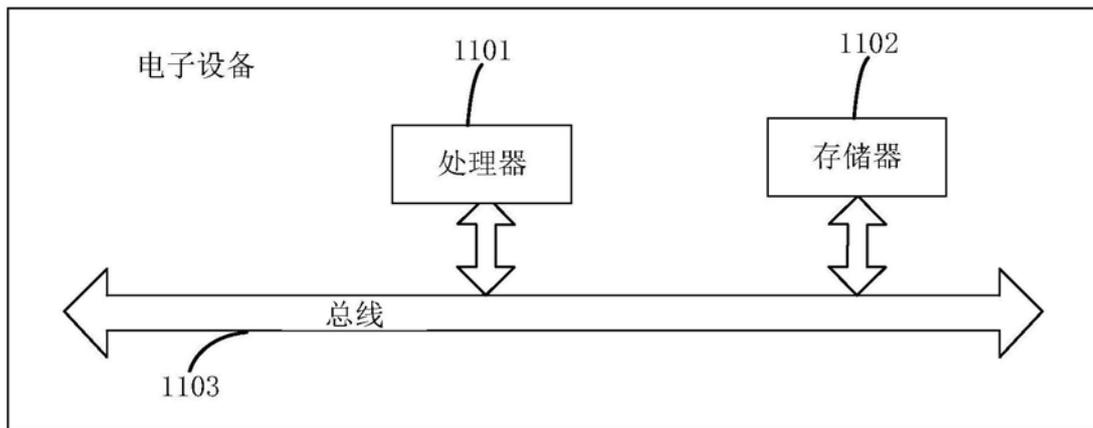


图11