



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114089204 B

(45) 授权公告日 2023. 11. 21

(21) 申请号 202111448034.3

CN 102844931 A, 2012.12.26

(22) 申请日 2021.11.30

WO 2019165796 A1, 2019.09.06

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 112327167 A, 2021.02.05

申请公布号 CN 114089204 A

US 2021041506 A1, 2021.02.11

(43) 申请公布日 2022.02.25

CN 113030758 A, 2021.06.25

(73) 专利权人 蜂巢能源科技(无锡)有限公司

US 2017146609 A1, 2017.05.25

地址 214105 江苏省无锡市锡山经济开发区东部园大成路1066号

US 2013314050 A1, 2013.11.28

WO 2021135921 A1, 2021.07.08

CN 112327193 A, 2021.02.05

(72) 发明人 李东江 李俭 盛杰

US 2020366115 A1, 2020.11.19

KR 20200009920 A, 2020.01.30

(74) 专利代理机构 北京三聚阳光知识产权代理有限公司 11250

XINWEI CONG. An Improved Unscented Particle Filter Method for Remaining Useful Life Prognostic of Lithium-ion Batteries With Li(NiMnCo)O₂ Cathode With Capacity Diving.《IEEE Access》.2020,全文.

专利代理师 马永芬

(51) Int. Cl.

G01R 31/387 (2019.01)

G01R 31/392 (2019.01)

(续)

(56) 对比文件

审查员 何奕昕

US 2013099794 A1, 2013.04.25

CN 112327188 A, 2021.02.05

权利要求书3页 说明书13页 附图4页

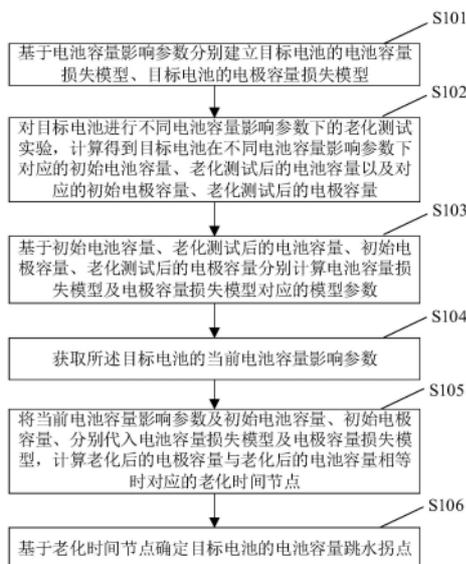
(54) 发明名称

一种电池容量跳水拐点预测方法及装置

(57) 摘要

本发明提供了一种电池容量跳水拐点预测方法及装置,该方法包括:基于电池容量影响参数分别建立目标电池的电池容量损失模型、目标电池的电极容量损失模型;对目标电池进行不同电池容量影响参数下的老化测试实验,计算得到目标电池在不同电池容量影响参数下对应的初始电池容量、老化测试后的电池容量以及对应的初始电极容量、老化测试后的电极容量;基于初始电池容量、老化测试后的电池容量、初始电极容量、老化测试后的电极容量分别计算电池容量损失模型及电极容量损失模型对应的模型参数;获取所述目标电池的当前电池容量影响参数;将当前电池容量影响参数及初始电池容量、初始电极容量、分别代入电池容量损失模型及电极容量损失模型,计算老化后的电极容量与老化后的电池容量相等时对应的老化时间节点;基于老化时间节点确定目标电池的电池容量跳水拐点。通过进行少量的老化测试实验,精准预测出电池的电池容量跳水拐点,提高了预测效率。

CN 114089204 B



[接上页]

(56) 对比文件

Peter Leijen. Use of Effective Capacitance Variation as a Measure of State-of-Health in a Series-Connected Automotive Battery Pack.《IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY》

.2018,全文.

李守涛.三元电池在储能应用下衰退机理分析.《中国优秀硕士学位论文全文数据库》.2021,全文.

高洋.三元材料锂离子电池老化诊断、评估与建模方法.《中国博士学位论文全文数据库》.2020,全文.

1. 一种电池容量跳水拐点预测方法,其特征在于,包括:

基于电池容量影响参数分别建立目标电池的电池容量损失模型、所述目标电池的电极容量损失模型,所述电极容量损失模型包括:正极容量损失模型和/或负极容量损失模型,所述电池容量影响参数包括:电池的充电电流、电池的放电电流、荷电状态、环境温度;

对所述目标电池进行不同电池容量影响参数下的老化测试实验,计算得到所述目标电池在不同电池容量影响参数下对应的初始电池容量、老化测试后的电池容量以及对应的初始电极容量、老化测试后的电极容量;

基于所述初始电池容量、老化测试后的电池容量、初始电极容量、老化测试后的电极容量分别计算所述电池容量损失模型及所述电极容量损失模型对应的模型参数;

获取所述目标电池的当前电池容量影响参数;

将所述当前电池容量影响参数及所述初始电池容量、所述初始电极容量、分别代入所述电池容量损失模型及所述电极容量损失模型,计算老化后的电极容量与老化后的电池容量相等时对应的老化时间节点;

基于所述老化时间节点确定所述目标电池的电池容量跳水拐点。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述计算老化后的电极容量与老化后的电池容量相等时对应的老化时间节点,包括:

计算老化后的正极容量与老化后的电池容量相等时对应的第一老化时间节点;

和/或,计算老化后的负极容量与老化后的电池容量相等时对应的第二老化时间节点;

所述基于所述老化时间节点确定所述目标电池的电池容量跳水拐点,包括:

当所述老化时间节点为所述第一老化时间节点或所述第二老化时间节点时,将所述第一老化时间节点或所述第二老化时间节点确定为所述目标电池的电池容量跳水拐点;

当所述老化时间节点包括:所述第一老化时间节点和所述第二老化时间节点时,将所述第一老化时间节点和所述第二老化时间节点中最小的老化时间节点确定为所述目标电池的电池容量跳水拐点,所述第一老化时间节点和所述第二老化时间节点为充放电循环次数或电池老化时间。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述对所述目标电池进行不同电池容量影响参数下的老化测试实验,计算得到所述目标电池在不同电池容量影响参数下对应的初始电池容量、老化测试后的电池容量、初始电极容量、老化测试后的电极容量,包括:

基于所述目标电池在当前电池容量影响参数下老化测试实验确定所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线;

基于所述目标电池的放电截止电压及所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线,分别确定所述初始电池容量及老化测试后的电池容量;

基于所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线,计算所述初始电极容量及老化测试后的电极容量;

所述基于所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线,计算所述初始电极容量及老化测试后的电极容量,包括:

基于所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线,计算初始负极容量及老化测试后的负极容量;

和/或,基于所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线,计算初始负极容量及老

化测试后的负极容量,基于所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线、所述初始电池容量、老化测试后的电池容量、所述初始负极容量及老化测试后的负极容量,分别计算初始正极容量及老化测试后的正极容量。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,所述基于所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线,计算初始负极容量及老化测试后的负极容量,包括:

对所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线进行微分得到初始电压微分曲线和老化电压微分曲线;

基于所述初始电压微分曲线计算所述目标电池在初始电压微分曲线上预设第二电压平台的第一容量值,基于所述老化电压微分曲线计算所述目标电池在老化电压微分曲线上预设第二电压平台的第二容量值;

基于所述第一容量值和所述第二容量值以及预设负极容量与目标电池在电压微分曲线上预设第二电压平台的容量值间的关系,计算所述初始负极容量及老化测试后的负极容量。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述基于所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线、所述初始电池容量、老化测试后的电池容量、所述初始负极容量及老化测试后的负极容量,分别计算所述初始正极容量及老化测试后的正极容量,包括:

基于所述目标电池在老化测试前后的负极容量与负极标准电动势曲线,计算所述目标电池在老化测试前后的负极电动势曲线;

基于所述初始电池容量、老化测试后的电池容量、初始负极容量、老化测试后的负极容量、目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线以及负极电动势曲线,分别计算所述目标电池在老化测试前后正极实际使用的电压区间;

基于所述目标电池在老化测试前后正极实际使用的电压区间及所述目标电池的正极标准电动势曲线,分别计算所述目标电池在老化测试前后正极容量与电池容量的关系;

基于所述初始电池容量、老化测试后的电池容量及所述目标电池在老化测试前后正极容量与电池容量的关系,分别计算所述初始正极容量及老化测试后的正极容量。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述基于所述初始电池容量、老化测试后的电池容量、初始负极容量、老化测试后的负极容量、目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线以及负极电动势曲线,分别计算所述目标电池在老化测试前后正极实际使用的电压区间,包括:

基于所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线和负极电动势曲线,得到所述目标电池在老化测试前后的正极电动势曲线;

基于所述目标电池在老化测试前后的正极电动势曲线确定所述目标电池在老化测试前后正极容量为零时对应的起始正极电压;

将所述初始电池容量和老化测试后的电池容量输入所述正极电动势曲线中,得到所述目标电池在老化测试前后对应的截止正极电压;

基于所述目标电池在老化测试前后正极容量为零时对应的起始正极电压和所述目标电池在老化测试前后对应的截止正极电压,分别计算所述目标电池在老化测试前后正极实际使用的电压区间。

7. 根据权利要求6所述的方法,其特征在于,所述基于所述目标电池在老化测试前后正

极实际使用的电压区间及所述目标电池的正极标准电动势曲线,分别计算所述目标电池在老化测试前后正极容量与电池容量的关系,包括:

在老化测试前后的正极标准电动势曲线上分别获取在老化测试前后正极实际使用的电压区间对应的第一容量和第二容量;

基于所述第一容量与在老化测试前正极标准电动势曲线上对应的总容量的关系,计算所述目标电池在老化测试前正极容量与电池容量的关系;

基于所述第二容量与在老化测试后正极标准电动势曲线上对应的总容量的关系,计算所述目标电池在老化测试后正极容量与电池容量的关系。

8. 一种电池容量跳水拐点预测装置,其特征在于,包括:

第一处理模块,用于基于电池容量影响参数分别建立目标电池的电池容量损失模型、所述目标电池的电极容量损失模型,所述电极容量损失模型包括:正极容量损失模型和/或负极容量损失模型,所述电池容量影响参数包括:电池的充电电流、电池的放电电流、荷电状态、环境温度;

第二处理模块,用于对所述目标电池进行不同电池容量影响参数下的老化测试实验,计算得到所述目标电池在不同电池容量影响参数下对应的初始电池容量、老化测试后的电池容量以及对应的初始电极容量、老化测试后的电极容量;

第三处理模块,用于基于所述初始电池容量、老化测试后的电池容量、初始电极容量、老化测试后的电极容量分别计算所述电池容量损失模型及所述电极容量损失模型对应的模型参数;

第四处理模块,用于获取所述目标电池的当前电池容量影响参数;

第五处理模块,用于将所述当前电池容量影响参数及所述初始电池容量、所述初始电极容量、分别代入所述电池容量损失模型及所述电极容量损失模型,计算老化后的电极容量与老化后的电池容量相等时对应的老化时间节点;

第六处理模块,用于基于所述老化时间节点确定所述目标电池的电池容量跳水拐点。

9. 一种电子设备,其特征在于,包括:

存储器和处理器,所述存储器和所述处理器之间互相通信连接,所述存储器中存储有计算机指令,所述处理器通过执行所述计算机指令,从而执行权利要求1-7任一项所述方法。

10. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质存储有计算机指令,所述计算机指令用于使所述计算机从而执行权利要求1-7任一项所述的方法。

一种电池容量跳水拐点预测方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及电池技术领域,具体涉及一种电池容量跳水拐点预测方法及装置。

背景技术

[0002] 近年来,随着新能源汽车、电动(自行)车等移动交通工具的迅猛发展,锂离子电池的性能受到越来越多的重视,尤其是锂离子电池的寿命,直接关系到用户的使用成本、用户体验以及废旧电池回收等。最理想的情况是锂离子电池的寿命可以无限长,既节省了用户的使用成本,又减轻了废旧电池回收处理的环境压力。然而,现实中的锂离子电池不仅会发生容量衰退现象,甚至还会发生容量跳水现象。所谓的容量跳水是指,电池容量衰退到一定程度后,突然加速衰退,在较短的时间内容量衰退至寿命终止。容量跳水现在呈现出不可预测性,不仅严重影响用户体验,还会造成一定程度的安全隐患,是行业中迫切需要解决的问题。

[0003] 目前预测容量跳水的方法主要有实验测试和经验预估两种方法。1.通过加速老化实验测试,记录容量跳水出现时电池总的循环圈数或者累积安时数,将该结果通过仿真模型换算成行驶里程,从而预测电池容量跳水出现的时间。该方法的缺点是:针对每一款电芯产品都要进行大量加速老化测试,且测试周期长,占用大量测试资源,测试成本和时间成本都很高。最重要的是,加速老化测试工况下的容量衰退机理与实际工况下的容量衰退机理不相同,这将导致预测结果不准确。2.第二种常用的方法是通过经验预估。例如,根据经验判断大部分锂离子电池体系的容量跳水拐点约为 $SOH=80\%$,通过该电池寿命衰退规律计算得到此时所对应的行驶里程,从而预估容量跳水出现的时间。该方法虽然减少了实验测试,但是实际情况与预估结果偏差较大。

[0004] 因此,如何对电池容量跳水拐点进行准确的预测,成为迫切需要解决的问题。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明实施例提供了一种电池容量跳水拐点预测方法及装置,以克服现有技术中预测容量跳水的方法所得到的预估结果与实际工况偏差大,预测结果准确性低的问题。

[0006] 本发明实施例提供了一种电池容量跳水拐点预测方法,包括:

[0007] 基于电池容量影响参数分别建立目标电池的电池容量损失模型、所述目标电池的电极容量损失模型,所述电极容量损失模型包括:正极容量损失模型和/或负极容量损失模型,所述电池容量影响参数包括:电池的充电电流、电池的放电电流、荷电状态、环境温度;

[0008] 对所述目标电池进行不同电池容量影响参数下的老化测试实验,计算得到所述目标电池在不同电池容量影响参数下对应的初始电池容量、老化测试后的电池容量以及对应的初始电极容量、老化测试后的电极容量;

[0009] 基于所述初始电池容量、老化测试后的电池容量、初始电极容量、老化测试后的电极容量分别计算所述电池容量损失模型及所述电极容量损失模型对应的模型参数;

- [0010] 获取所述目标电池的当前电池容量影响参数；
- [0011] 将所述当前电池容量影响参数及所述初始电池容量、所述初始电极容量、分别代入所述电池容量损失模型及所述电极容量损失模型，计算老化后的电极容量与老化后的电池容量相等时对应的老化时间节点；
- [0012] 基于所述老化时间节点确定所述目标电池的电池容量跳水拐点。
- [0013] 可选地，所述计算老化后的电极容量与老化后的电池容量相等时对应的老化时间节点，包括：
- [0014] 计算老化后的正极容量与老化后的电池容量相等时对应的第一老化时间节点；
- [0015] 和/或，计算老化后的负极容量与老化后的电池容量相等时对应的第二老化时间节点。
- [0016] 可选地，所述基于所述老化时间节点确定所述目标电池的电池容量跳水拐点，包括：
- [0017] 当所述老化时间节点为所述第一老化时间节点或所述第二老化时间节点时，将所述第一老化时间节点或所述第二老化时间节点确定为所述目标电池的电池容量跳水拐点；
- [0018] 当所述老化时间节点包括：所述第一老化时间节点和所述第二老化时间节点时，将所述第一老化时间节点和所述第二老化时间节点中最小的老化时间节点确定为所述目标电池的电池容量跳水拐点，所述第一老化时间节点和所述第二老化时间节点为充放电循环次数或电池老化时间。
- [0019] 可选地，所述对所述目标电池进行不同电池容量影响参数下的老化测试实验，计算得到所述目标电池在不同电池容量影响参数下对应的初始电池容量、老化测试后的电池容量、初始电极容量、老化测试后的电极容量，包括：
- [0020] 基于所述目标电池在当前电池容量影响参数下老化测试实验确定所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线；
- [0021] 基于所述目标电池的放电截止电压及所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线，分别确定所述初始电池容量及老化测试后的电池容量；
- [0022] 基于所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线，计算所述初始电极容量及老化测试后的电极容量。
- [0023] 可选地，所述基于所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线，计算所述初始电极容量及老化测试后的电极容量，包括：
- [0024] 基于所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线，计算初始负极容量及老化测试后的负极容量；
- [0025] 和/或，基于所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线，计算初始负极容量及老化测试后的负极容量，基于所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线、所述初始电池容量、老化测试后的电池容量、所述初始负极容量及老化测试后的负极容量，分别计算初始正极容量及老化测试后的正极容量。
- [0026] 可选地，所述基于所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线，计算初始负极容量及老化测试后的负极容量，包括：
- [0027] 对所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线进行微分得到初始电压微分曲线和老化电压微分曲线；

[0028] 基于所述电压微分曲线和所述老化电压微分曲线分别计算所述目标电池在电压微分曲线上预设第二电压平台的第一容量值和第二容量值；

[0029] 基于所述第一容量值和所述第二容量值以及预设负极容量与目标电池在电压微分曲线上预设第二电压平台的容量值间的关系,计算所述初始负极容量及老化测试后的负极容量。

[0030] 可选地,所述基于所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线、所述初始电池容量、老化测试后的电池容量、所述初始负极容量及老化测试后的负极容量,分别计算所述初始正极容量及老化测试后的正极容量,包括:

[0031] 基于所述目标电池在老化测试前后的负极容量与负极标准电动势曲线,计算所述目标电池在老化前后的负极电动势曲线;

[0032] 基于所述初始电池容量、老化测试后的电池容量、初始负极容量、老化测试后的负极容量、目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线以及负极电动势曲线,分别计算所述目标电池在老化测试前后正极实际使用的电压区间;

[0033] 基于所述目标电池在老化测试前后正极实际使用的电压区间及所述目标电池的正极标准电动势曲线,分别计算所述目标电池在老化测试前后正极容量与电池容量的关系;

[0034] 基于所述初始电池容量、老化测试后的电池容量及所述目标电池在老化测试前后正极容量与电池容量的关系,分别计算所述初始正极容量及老化测试后的正极容量。

[0035] 可选地,所述基于所述初始电池容量、老化测试后的电池容量、初始负极容量、老化测试后的负极容量、目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线以及负极电动势曲线,分别计算所述目标电池在老化测试前后正极实际使用的电压区间,包括:

[0036] 基于所述目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线和负极电动势曲线,得到所述目标电池在老化测试前后的正极电动势曲线;

[0037] 基于所述目标电池在老化测试前后的正极电动势曲线确定所述目标电池在老化测试前后正极容量为零时对应的起始正极电压;

[0038] 将所述初始电池容量和老化测试后的电池容量输入所述正极电动势曲线中,得到所述目标电池在老化测试前后对应的截止正极电压;

[0039] 基于所述目标电池在老化测试前后正极容量为零时对应的起始正极电压和所述目标电池在老化测试前后对应的截止正极电压,分别计算所述目标电池在老化测试前后正极实际使用的电压区间。

[0040] 可选地,所述基于所述目标电池在老化测试前后正极实际使用的电压区间及所述目标电池的正极标准电动势曲线,分别计算所述目标电池在老化测试前后正极容量与电池容量的关系,包括:

[0041] 在老化测试前后的正极标准电动势曲线上分别获取在老化测试前后正极实际使用的电压区间对应的第一容量和第二容量;

[0042] 基于所述第一容量与在老化测试前正极标准电动势曲线上对应的总容量的关系,计算所述目标电池在老化测试前正极容量与电池容量的关系;

[0043] 基于所述第二容量与在老化测试后正极标准电动势曲线上对应的总容量的关系,计算所述目标电池在老化测试后正极容量与电池容量的关系。

[0044] 本发明实施例还提供了一种电池容量跳水拐点预测装置,包括:

[0045] 第一处理模块,用于基于电池容量影响参数分别建立目标电池的电池容量损失模型、所述目标电池的电极容量损失模型,所述电极容量损失模型包括:正极容量损失模型和/或负极容量损失模型,所述电池容量影响参数包括:电池的充电电流、电池的放电电流、荷电状态、环境温度;

[0046] 第二处理模块,用于对所述目标电池进行不同电池容量影响参数下的老化测试实验,计算得到所述目标电池在不同电池容量影响参数下对应的初始电池容量、老化测试后的电池容量以及对应的初始电极容量、老化测试后的电极容量;

[0047] 第三处理模块,用于基于所述初始电池容量、老化测试后的电池容量、初始电极容量、老化测试后的电极容量分别计算所述电池容量损失模型及所述电极容量损失模型对应的模型参数;

[0048] 第四处理模块,用于获取所述目标电池的当前电池容量影响参数;

[0049] 第五处理模块,用于将所述当前电池容量影响参数及所述初始电池容量、所述初始电极容量、分别代入所述电池容量损失模型及所述电极容量损失模型,计算老化后的电极容量与老化后的电池容量相等时对应的老化时间节点;

[0050] 第六处理模块,用于基于所述老化时间节点确定所述目标电池的电池容量跳水拐点。

[0051] 本发明实施例还提供了一种电子设备,包括:存储器和处理器,所述存储器和所述处理器之间互相通信连接,所述存储器中存储有计算机指令,所述处理器通过执行所述计算机指令,从而执行本发明实施例提供的方法。

[0052] 本发明实施例还提供了一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质存储计算机指令,所述计算机指令用于使所述计算机执行本发明实施例提供的方法。

[0053] 本发明技术方案,具有如下优点:

[0054] 本发明实施例提供了一种电池容量跳水拐点预测方法及装置,通过基于电池容量影响参数分别建立目标电池的电池容量损失模型、目标电池的电极容量损失模型,电极容量损失模型包括:正极容量损失模型和/或负极容量损失模型,电池容量影响参数包括:电池的充电电流、电池的放电电流、荷电状态、环境温度;对目标电池进行不同电池容量影响参数下的老化测试实验,计算得到目标电池在不同电池容量影响参数下对应的初始电池容量、老化测试后的电池容量以及对应的初始电极容量、老化测试后的电极容量;基于初始电池容量、老化测试后的电池容量、初始电极容量、老化测试后的电极容量分别计算电池容量损失模型及电极容量损失模型对应的模型参数;获取目标电池的当前电池容量影响参数;将当前电池容量影响参数及初始电池容量、初始电极容量、分别代入电池容量损失模型及电极容量损失模型,计算老化后的电极容量与老化后的电池容量相等时对应的老化时间节点;基于老化时间节点确定目标电池的电池容量跳水拐点。从而通过建立电池及电极的容量损失模型,通过进行少量的老化测试实验,得到老化测试前后的电池及电极对应的容量,并以此完成模型参数的标定,从而可根据实际工况确定电池与电极的容量损失模型出现容量值相等的老化时间节点进而精准预测出电池的电池容量跳水拐点,并且无需过多测试资源,降低了测试周期,节约测试资源和时间成本,提高了预测效率,为解决容量跳水带来的各种安全隐患提供了准确的数据基础。

附图说明

[0055] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式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,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,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,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0056] 图1为本发明实施例中的电池容量跳水拐点预测方法的流程图;

[0057] 图2为本发明实施例中电池电动势曲线进行微分得到微分曲线的示意图;

[0058] 图3为本发明实施例中电池容量跳水拐点预测的工作过程示意图;

[0059] 图4为本发明实施例中电池容量跳水拐点的示意图;

[0060] 图5为本发明实施例中的电池容量跳水拐点预测装置的结构示意图;

[0061] 图6为本发明实施例中的电子设备的结构示意图。

具体实施方式

[0062] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,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、完整地描述,显然,所描述的实施例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,本领域技术人员在没有作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。

[0063] 下面所描述的本发明不同实施方式中所涉及的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互结合。

[0064] 目前预测容量跳水的方法主要有实验测试和经验预估两种方法。1.通过加速老化实验测试,记录容量跳水出现时电池总的循环圈数或者累积安时数,将该结果通过仿真模型换算成行驶里程,从而预测电池容量跳水出现的时间。该方法的缺点是:针对每一款电芯产品都要进行大量加速老化测试,且测试周期长,占用大量测试资源,测试成本和时间成本都很高。最重要的是,加速老化测试工况下的容量衰退机理与实际工况下的容量衰退机理不相同,这将导致预测结果不准确。2.第二种常用的方法是通过经验预估。例如,根据经验判断大部分锂离子电池体系的容量跳水拐点约为SOH=80%,通过该电池寿命衰退规律计算得到此时所对应的行驶里程,从而预估容量跳水出现的时间。该方法虽然减少了实验测试,但是实际情况与预估结果偏差较大。

[0065] 基于上述问题,本发明实施例提供了一种电池容量跳水拐点预测方法,如图1所示,该电池容量跳水拐点预测方法具体包括如下步骤:

[0066] 步骤S101:基于电池容量影响参数分别建立目标电池的电池容量损失模型、目标电池的电极容量损失模型。

[0067] 具体地,在本发明实施例中,电极容量损失模型包括:正极容量损失模型和/或负极容量损失模型,电池容量影响参数包括:电池的充电电流、电池的放电电流、荷电状态、环境温度。在实际应用中,还可以根据电池容量跳水拐点预测准确性的要求及电池容量的影响因素对电池容量影响参数进行适应的调整,本发明并不以此为限。上述各个容量损失模型描述的是容量与充放电循环次数或电池老化时间的关系模型。

[0068] 步骤S102:对目标电池进行不同电池容量影响参数下的老化测试实验,计算得到目标电池在不同电池容量影响参数下对应的初始电池容量、老化测试后的电池容量以及对

应的初始电极容量、老化测试后的电极容量。

[0069] 具体地,在本发明实施例中,假设各个电池容量影响参数对各容量损失模型的影响都是独立的,通过将目标电池在固定的充放电循环次数及电池老化时间情况下,分别以电池的充/放电电流、荷电状态、环境温度中一个参数变化,另外两个参数固定来进行三组不同的老化测试实验。在本发明实施例中,初始电极容量包括:初始正极容量和/或初始负极容量,老化测试后的电极容量包括:老化测试后的正极容量和/或老化测试后的负极容量。

[0070] 步骤S103:基于初始电池容量、老化测试后的电池容量、初始电极容量、老化测试后的电极容量分别计算电池容量损失模型及电极容量损失模型对应的模型参数。

[0071] 具体地,上述各个容量损失模型可以表示为容量与各个电池容量影响参数即电池的充/放电电流、荷电状态、环境温度的函数关系的组合形式,模型参数即为各个电池容量影响参数的函数关系中的固定系数。

[0072] 步骤S104:获取目标电池的当前电池容量影响参数。

[0073] 具体地,在本发明实施例中,该当前电池容量影响参数包括:目标电池当前的充电电流、当前的荷电状态及当前环境温度,此时目标电池的当前放电电流固定不变,。在实际应用中,当前电池容量影响参数也可以根据电池容量跳水拐点预测准确性的要求及电池容量的影响因素对电池容量影响参数进行适应的调整,本发明并不以此为限。

[0074] 步骤S105:将当前电池容量影响参数及初始电池容量、初始电极容量、分别代入电池容量损失模型及电极容量损失模型,计算老化后的电极容量与老化后的电池容量相等时对应的老化时间节点。

[0075] 具体地,通过计算老化后的正极容量与老化后的电池容量相等时对应的第一老化时间节点;和/或,计算老化后的负极容量与老化后的电池容量相等时对应的第二老化时间节点。由于上述各个容量损失模型的模型参数已经确定,从而可根据实际的电池容量影响参数计算不同充放电循环次数或电池老化时间各个容量损失模型对应的容量值。

[0076] 步骤S106:基于老化时间节点确定目标电池的电池容量跳水拐点。

[0077] 具体地,当老化时间节点为第一老化时间节点或第二老化时间节点时,将第一老化时间节点或第二老化时间节点确定为目标电池的电池容量跳水拐点;当老化时间节点包括:第一老化时间节点和第二老化时间节点时,将第一老化时间节点和第二老化时间节点中最小的老化时间节点确定为目标电池的电池容量跳水拐点,第一老化时间节点和第二老化时间节点为充放电循环次数或电池老化时间。

[0078] 需要说明的是,在本发明实施例中为了进一步提高最终电池容量跳水拐点预测结果的准确性,是以电极容量损失模型为正极容量损失模型和负极容量损失模型,初始电极容量包括:初始正极容量和初始负极容量,老化测试后的电极容量包括:老化测试后的正极容量和老化测试后的负极容量为例进行的说明,在实际应用中,也可以仅采用正极容量损失模型或负极容量损失模型,对应的,初始电极容量和老化测试后的电极容量也可对应模型进行选择,本发明并不以此为限。

[0079] 在实际工况中,在电池正常运行时,电池的正极容量和负极容量是大于电池容量的,而当电池发生容量跳水现象后,电池的正极容量和负极容量会小于电池容量,因此,本发明实施通过将出现电池容量与正极容量或负极容量相等时的老化时间节点确定为电池

容量跳水拐点,更加符合电池实际运行工况。

[0080] 其中,电池处于初始态时,正、负极的容量均大于电池锂离子容量,但在后续老化过程中,正、负极容量的衰退速率会超过锂离子损失的速率,因此会得到容量跳水的拐点。为了避免容量跳水带来的各种安全隐患,本发明实施例中,将正负极中容量的衰退速率较快的老化时间节点确定为电池容量跳水拐点。在实际应用中,在不考虑该隐患的情况下也可以将容量的衰退速率较慢的老化时间节点确定为电池容量跳水拐点,或者根据两个不同的老化时间节点取均值等方式来确定电池容量跳水拐点,上述几种不同电池容量跳水拐点的预测结果的差异值与整个电池的使用寿命相比可以忽略不计,因此,通过上述方式可以实现电池容量拐点的准确预测。

[0081] 通过执行上述步骤,本发明实施例提供的电池容量跳水拐点预测方法,通过建立电池及电极的容量损失模型,通过进行少量的老化测试实验,得到老化测试前后的电池及电极对应的容量,并以此完成模型参数的标定,从而可根据实际工况确定电池与电极的容量损失模型出现容量值相等的老化时间节点进而精准预测出电池的电池容量跳水拐点,并且无需过多测试资源,降低了测试周期,节约测试资源和时间成本,提高了预测效率,为解决容量跳水带来的各种安全隐患提供了准确的数据基础。

[0082] 具体地,在一实施例中,上述的步骤S102具体包括:

[0083] 步骤S201:基于目标电池在当前电池容量影响参数下老化测试实验确定目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线。

[0084] 具体地,以老化测试前的电动势曲线确定过程为例,可以通过将目标电池在当前电池容量影响参数下以恒定电流 I_{ch} 充电至电压 $(V_{cut-off}^{up} - 0.01V)$,其中 $V_{cut-off}^{up}$ 为该电池体系充电的上限截止电压;然后切换为恒流 $0.05C$ 充电至 $V_{cut-off}^{up}$ 。充电结束后静置1小时,以 $0.1C$ 恒流放电至放电截止电压 $V_{cut-off}^{low}$,并静置1小时。重复以上充电和静置步骤,但将放电电流一次设为 $0.2C, 0.3C, 0.5C, 1C$ 。从而得到一系列不同放电倍率下的电压曲线后,采用回归算法计算放电电流恒等于0时的电压曲线,此时的电压曲线即为电池的老化测试前的初始电动势曲线。老化测试后的电动势曲线确定过程与初始电动势曲线确定过程类似,在此不再进行赘述。

[0085] 步骤S202:基于目标电池的放电截止电压及目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线,分别确定初始电池容量及老化测试后的电池容量。

[0086] 具体地,在电池初始电动势曲线上充电截止电压所对应的容量即为初始电池容量 $Q_{max,Li}^0$,在经过老化测试实验后如:经历任意存储时间后的日历老化如1个月等,或是经历任意充放电循环圈数后的循环老化如300圈等之后,此时电池对应的电动势曲线上放电截止电压所对应的容量即为老化测试后的电池容量 $Q_{max,Li}^t$ 。

[0087] 步骤S203:基于目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线,计算初始电极容量及老化测试后的电极容量。

[0088] 具体地,上述步骤S203通过基于目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线,计算初始负极容量及老化测试后的负极容量。

[0089] 进一步地,通过对目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线进行微分得到初始电压微分曲线和老化电压微分曲线。

[0090] 示例性地,对电池的初始电动势曲线进行微分分析后得到的初始电压微分曲线如图2所示。

[0091] 基于电压微分曲线和老化电压微分曲线分别计算目标电池在电压微分曲线上预设第二电压平台的第一容量值和第二容量值。

[0092] 示例性地,图2是以磷酸铁锂电池为例,展示微分曲线的基本信息。大致来讲,微分曲线按照容量突变情况可以划分为3个区域,如图2所示,分别标记为I,II,III。其中区域II即为预设第二电压平台。

[0093] 基于第一容量值和第二容量值以及预设负极容量与目标电池在电压微分曲线上预设第二电压平台的容量值间的关系,计算初始负极容量及老化测试后的负极容量。

[0094] 具体地,如图2所示,区域II的宽度(Q_{II}^0)与石墨负极的容量是正相关的,满足:初始负极容量 $Q_{max,-}^0 = \frac{Q_{II}^0}{\delta}$,其中 δ 为石墨负极的第二个电压平台占总容量的比例, δ 为定值由目标电池的材料所确定,以磷酸铁锂电池为例 δ 为0.25。同理,通过对任意老化态及老化测试后的电动势曲线进行微分分析,可以计算得到老化测试后的负极容量 $Q_{max,-}^t = \frac{Q_{II}^t}{\delta}$ 。

具体地,在另一可替换实施方式中,上述步骤S203在计算上述初始负极容量及老化测试后的负极容量之后,还通过基于目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线、初始电池容量、老化测试后的电池容量、初始负极容量及老化测试后的负极容量,分别计算初始正极容量及老化测试后的正极容量。

[0095] 具体地,通过基于所述目标电池在老化测试前后的负极容量与负极标准电动势曲线,计算所述目标电池在老化前后的负极电动势曲线;基于初始电池容量、老化测试后的电池容量、初始负极容量、老化测试后的负极容量、目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线以及负极电动势曲线,分别计算目标电池在老化测试前后正极实际使用的电压区间。

[0096] 进一步地,通过基于目标电池在老化测试前后的电池电动势曲线和负极电动势曲线,得到目标电池在老化测试前后的正极电动势曲线;基于目标电池在老化测试前后的正极电动势曲线确定目标电池在老化测试前后正极容量为零时对应的起始正极电压;将初始电池容量和老化测试后的电池容量输入正极电动势曲线中,得到目标电池在老化测试前后对应的截止正极电压;基于目标电池在老化测试前后正极容量为零时对应的起始正极电压和目标电池在老化测试前后对应的截止正极电压,分别计算目标电池在老化测试前后正极实际使用的电压区间。

[0097] 示例性地,在上述步骤中计算得到 $Q_{max,-}^0$ 和 $Q_{max,-}^t$ 后,结合石墨负极的标准电动势曲线(可通过半电池测试获得),计算得到电池中石墨负极真实的电极电势曲线 V_-^0 (老化测试前初始态)与 V_-^t (老化测试后任意老化态)。根据公式(1)、(2):

$$[0098] \quad V_+^0 = V_b^0 + V_-^0 \quad (1)$$

$$[0099] \quad V_+^t = V_b^t + V_-^t \quad (2)$$

[0100] 计算得到电池中正极真实电极电动势曲线 V_+^0 (初始态)与 V_+^t (任意老化态)。上述公式(1)、(2)中 V_b^0 与 V_b^t 分别表示电池在初始态与老化态时的电动势曲线。

[0101] 得到正极电极电势曲线 V_+^0 (初始态)与 V_+^t (任意老化态)后,结合电池实际使用电压窗口以及该电压窗口下负极所对应的电势值,按照如下公式(3)到(6)计算电池中正极实际使用的电压区间:

$$[0102] \quad V_+^0(Q=0) = V_b^0(Q=0) + V_-^0(Q=0) \quad (3)$$

$$[0103] \quad V_+^0(Q=Q_{max,Li}^0) = V_b^0(Q=Q_{max,Li}^0) + V_-^0(Q=Q_{max,Li}^0) \quad (4)$$

$$[0104] \quad V_+^t(Q=0) = V_b^t(Q=0) + V_-^t(Q=0) \quad (5)$$

$$[0105] \quad V_+^t(Q=Q_{max,Li}^t) = V_b^t(Q=Q_{max,Li}^t) + V_-^t(Q=Q_{max,Li}^t) \quad (6)$$

[0106] 从而由 $V_+^0(Q=0)$ 和 $V_+^0(Q=Q_{max,Li}^0)$ 确定目标电池在老化测试前正极实际使用的电压区间,由 $V_+^t(Q=0)$ 和 $V_+^t(Q=Q_{max,Li}^t)$ 确定目标电池在老化测试后正极实际使用的电压区间。

[0107] 基于目标电池在老化测试前后正极实际使用的电压区间及目标电池的正极标准电动势曲线,分别计算目标电池在老化测试前后正极容量与电池容量的关系。

[0108] 进一步地,通过在老化测试前后的正极标准电动势曲线上分别获取在老化测试前后正极实际使用的电压区间对应的第一容量和第二容量;基于第一容量与在老化测试前正极标准电动势曲线上对应的总容量的关系,计算目标电池在老化测试前正极容量与电池容量的关系;基于第二容量与在老化测试后正极标准电动势曲线上对应的总容量的关系,计算目标电池在老化测试后正极容量与电池容量的关系。

[0109] 基于初始电池容量、老化测试后的电池容量及目标电池在老化测试前后正极容量与电池容量的关系,分别计算初始正极容量及老化测试后的正极容量。

[0110] 示例性地,以上述初始态为例,在正极标准电势曲线(可通过半电池测试得到)上截取 $\Delta V_1 = V_+^0(Q_{max,Li}^0) - V_+^0(0)$ 电压区间所对应的容量 Q_+^1 ,计算 Q_+^1 与正极标准电势曲线总容量的比值:

$$[0111] \quad \delta_+ = \frac{Q_+^1}{Q_+} \quad (7)$$

[0112] 电池初始态时正极的实际最大容量即初始正极容量 $Q_{max,+}^0$ 通过如下公式(8)计算:

$$[0113] \quad Q_{max,+}^0 = \frac{Q_{max,Li}^0}{\delta_+} \quad (8)$$

[0114] 同理,也可以计算任意老化态时正极的实际最大容量即老化测试后的正电极容量 $Q_{max,+}^t$ 。

[0115] 下面将结合具体应用示例,对本发明实施例提供的电池容量跳水拐点预测方法,

进行详细的说明。

[0116] 以目标电池为锂离子电池为例,电池老化条件包括温度(T),电流(I),电荷状态SOC(x),充放电循环圈数(n),电池老化时间(t)。其中,电流(I)包括:充电电流和放电电流。设锂离子损失方程为 $f_q = f(I, T, x, n, t)$, f_q 为电流(I)、温度(T)、SOC(x)、循环圈数(n)、时间(t)的函数,电池容量损失模型可以用公式(9)表示:

$$[0117] \quad Q_{max, Li}^t = Q_{max, Li}^0 - f(I, T, x, n, t) \quad (9)$$

[0118] 假设电流(I)、温度(T)、SOC(x)对容量损失的影响是独立的,上式(9)可以写为:

$$[0119] \quad Q_{max, Li}^t = Q_{max, Li}^0 - f_1(I, n, t) f_2(T, n, t) f_3(x, n, t) \quad (10)$$

[0120] $f_1(I, n, t)$ 、 $f_2(T, n, t)$ 、 $f_3(x, n, t)$ 具体可以通过设计矩阵老化测试标定其解析式。

[0121] 设电池的正极容量衰退方程为 $F_q = F(I, T, x, n, t)$, F_q 为电流(I)、温度(T)、SOC(x)、循环圈数(n)、时间(t)的函数,正极容量损失模型可以用公式(11)表示:

$$[0122] \quad Q_{max, +}^t = Q_{max, +}^0 - F(I, T, x, n, t) \quad (11)$$

[0123] 假设电流(I)、温度(T)、SOC(x)对容量损失的影响是独立的,上式(11)可以写为:

$$[0124] \quad Q_{max, +}^t = Q_{max, +}^0 - F_1(I, n, t) F_2(T, n, t) F_3(x, n, t) \quad (12)$$

[0125] $F_1(I, n, t)$ 、 $F_2(T, n, t)$ 、 $F_3(x, n, t)$ 具体可以通过设计矩阵老化测试标定其解析式。

[0126] 设电池的负极容量衰退方程为 $\Gamma_q = F(I, T, x, n, t)$, Γ_q 为电流(I)、温度(T)、SOC(x)、循环圈数(n)、时间(t)的函数,负极容量衰退模型可以用公式(13)表示:

$$[0127] \quad Q_{max, -}^t = Q_{max, -}^0 - \Gamma(I, T, x, n, t) \quad (13)$$

[0128] 假设电流(I)、温度(T)、SOC(x)对容量损失的影响是独立的,上式(13)可以写为:

$$[0129] \quad Q_{max, -}^t = Q_{max, -}^0 - \Gamma_1(I, n, t) \Gamma_2(T, n, t) \Gamma_3(x, n, t) \quad (14)$$

[0130] $\Gamma_1(I, n, t)$ 、 $\Gamma_2(T, n, t)$ 、 $\Gamma_3(x, n, t)$ 具体可以通过设计矩阵老化测试标定其解析式。

[0131] 分别设计以下加速老化测试实验:第一组实验中两个电池保持温度(T_0)和SOC区间(x_0)相同,而充放电的电流分别设为 I_1 和 I_2 ,其中 I_1 和 I_2 中对应的放电电流相同,而充电电流不同;第二组实验中两个电池保持温度(T_0)和电流(I_0)相同,而循环区间分别设为 x_1 和 x_2 ;第三组实验中两个电池保持电流(I_0)和SOC区间(x_0)相同,而温度分别设为 T_1 和 T_2 。测试周期设为循环300圈,如图3所示,按照上述实施例方法分别计算三组测试中的 $Q_{max, Li}^0$ 和 $Q_{max, Li}^t$ 、 $Q_{max, -}^0$ 和 $Q_{max, -}^t$ 、 $Q_{max, +}^0$ 和 $Q_{max, +}^t$ 。计算得到参数如表1所示。

[0132]

状态	第一组实验		第二组实验		第三组实验	
	$T = T_0, x = x_0$		$T = T_0, I = I_0$		$I = I_0, x = x_0$	
	$I = I_1$	$I = I_2$	$x = x_1$	$x = x_2$	$T = T_1$	$T = T_2$
初始容量	$Q_{max,Li}^0(I_1, T_0, x_0)$	$Q_{max,Li}^0(I_2, T_0, x_0)$	$Q_{max,Li}^0(x_1, T_0, I_0)$	$Q_{max,Li}^0(x_2, T_0, T_0)$	$Q_{max,Li}^0(T_1, I_0, x_0)$	$Q_{max,Li}^0(T_2, I_0, x_0)$
正极容量	$Q_{max,+}^0(I_1, T_0, x_0)$	$Q_{max,+}^0(I_2, T_0, x_0)$	$Q_{max,+}^0(x_1, T_0, I_0)$	$Q_{max,+}^0(x_2, T_0, T_0)$	$Q_{max,+}^0(T_1, I_0, x_0)$	$Q_{max,+}^0(T_2, I_0, x_0)$
负极容量	$Q_{max,-}^0(I_1, T_0, x_0)$	$Q_{max,-}^0(I_2, T_0, x_0)$	$Q_{max,-}^0(x_1, T_0, I_0)$	$Q_{max,-}^0(x_2, T_0, T_0)$	$Q_{max,-}^0(T_1, I_0, x_0)$	$Q_{max,-}^0(T_2, I_0, x_0)$
老化容量	$Q_{max,Li}^t(I_1, T_0, x_0)$	$Q_{max,Li}^t(I_2, T_0, x_0)$	$Q_{max,Li}^t(x_1, T_0, I_0)$	$Q_{max,Li}^t(x_2, T_0, T_0)$	$Q_{max,Li}^t(T_1, I_0, x_0)$	$Q_{max,Li}^t(T_2, I_0, x_0)$

[0133]

正极容量	$Q_{max,+}^t(I_1, T_0, x_0)$	$Q_{max,+}^t(I_2, T_0, x_0)$	$Q_{max,+}^t(x_1, T_0, I_0)$	$Q_{max,+}^t(x_2, T_0, T_0)$	$Q_{max,+}^t(T_1, I_0, x_0)$	$Q_{max,+}^t(T_2, I_0, x_0)$
负极容量	$Q_{max,-}^t(I_1, T_0, x_0)$	$Q_{max,-}^t(I_2, T_0, x_0)$	$Q_{max,-}^t(x_1, T_0, I_0)$	$Q_{max,-}^t(x_2, T_0, T_0)$	$Q_{max,-}^t(T_1, I_0, x_0)$	$Q_{max,-}^t(T_2, I_0, x_0)$

[0134] 利用表1中的各个容量结果对上述公式(10)、(12)、(14)中各个函数中的参数进行标定,如:根据 $Q_{max,Li}^0(T_0, x_0, I_1)$, $Q_{max,Li}^0(T_0, x_0, I_2)$ 以及

$Q_{max,Li}^t(T_0, x_0, I_1)$, $Q_{max,Li}^t(T_0, x_0, I_2)$ 标定公式(10)中的 $f_1(I, n, t)$ 的参数等。

[0135] 然后将实际老化条件 T, I, x ,以及电芯的基本参数 $Q_{max,Li}^0, Q_{max,+}^0, Q_{max,-}^0$ 代入参数标定后的公式(10)、(12)、(14)中,计算当 $Q_{max,Li}^t = Q_{max,+}^t$ 或者 $Q_{max,Li}^t = Q_{max,-}^t$ 时所对应的循环圈数 n 或老化时间 t ,如图4所示。

[0136] 最后,通过比较将循环圈数较小的 n 或老化时间较小的 t 确定为该锂离子电池的容量跳水拐点。

[0137] 本发明实施例提供的技术方案基于电池容量损失模型、正极容量损失模型、负极容量损失模型综合判断容量跳水的拐点,只需少量电芯测试数据即可准确地预估容量跳水出现的时间。本方案既可以节省测试资源和时间成本,又可以提升容量跳水预测的精度。同时,与实验标定的方法相比,本方案不会占用太多测试资源,测试周期也较短,可以节省大量的测试资源和时间成本。

[0138] 通过执行上述步骤,本发明实施例提供的电池容量跳水拐点预测方法,通过建立电池及电极的容量损失模型,通过进行少量的老化测试实验,得到老化测试前后的电池及电极对应的容量,并以此完成模型参数的标定,从而可根据实际工况确定电池与电极的容量损失模型出现容量值相等的老化时间节点进而精准预测出电池的容量跳水拐点,并且无需过多测试资源,降低了测试周期,节约测试资源和时间成本,提高了预测效率,为解决容量跳水带来的各种安全隐患提供了准确的数据基础。

[0139] 本发明实施例还提供了一种电池容量跳水拐点预测装置,如图5所示,该电池容量跳水拐点预测装置包括:

[0140] 第一处理模块101,用于基于电池容量影响参数分别建立目标电池的电池容量损失模型、目标电池的电极容量损失模型,电极容量损失模型包括:正极容量损失模型和/或负极容量损失模型,电池容量影响参数包括:电池的充电电流、电池的放电电流、荷电状态、环境温度。详细内容参见上述方法实施例中步骤S101的相关描述,在此不再进行赘述。

[0141] 第二处理模块102,用于对目标电池进行不同电池容量影响参数下的老化测试实验,计算得到目标电池在不同电池容量影响参数下对应的初始电池容量、老化测试后的电池容量以及对应的初始电极容量、老化测试后的电极容量。详细内容参见上述方法实施例中步骤S102的相关描述,在此不再进行赘述。

[0142] 第三处理模块103,用于基于初始电池容量、老化测试后的电池容量、初始电极容量、老化测试后的电极容量分别计算电池容量损失模型及电极容量损失模型对应的模型参数。详细内容参见上述方法实施例中步骤S103的相关描述,在此不再进行赘述。

[0143] 第四处理模块104,用于获取目标电池的当前电池容量影响参数。详细内容参见上述方法实施例中步骤S104的相关描述,在此不再进行赘述。

[0144] 第五处理模块105,用于将当前电池容量影响参数及初始电池容量、初始电极容量、分别代入电池容量损失模型及电极容量损失模型,计算老化后的电极容量与老化后的电池容量相等时对应的老化时间节点。详细内容参见上述方法实施例中步骤S105的相关描述,在此不再进行赘述。

[0145] 第六处理模块106,用于基于老化时间节点确定目标电池的容量跳水拐点。详细内容参见上述方法实施例中步骤S106的相关描述,在此不再进行赘述。

[0146] 通过上述各个组成部分的协同合作,本发明实施例提供的电池容量跳水拐点预测装置,通过建立电池及电极的容量损失模型,通过进行少量的老化测试实验,得到老化测试前后的电池及电极对应的容量,并以此完成模型参数的标定,从而可根据实际工况确定电池与电极的容量损失模型出现容量值相等的老化时间节点进而精准预测出电池的容量跳水拐点,并且无需过多测试资源,降低了测试周期,节约测试资源和时间成本,提高了

预测效率,为解决容量跳水带来的各种安全隐患提供了准确的数据基础。

[0147] 上述各个模块的更进一步的功能描述与上述对应方法实施例相同,在此不再赘述。

[0148] 根据本发明实施例还提供了一种电子设备,如图6所示,该电子设备可以包括处理器901和存储器902,其中处理器901和存储器902可以通过总线或者其他方式连接,图6中以通过总线连接为例。

[0149] 处理器901可以为中央处理器(Central Processing Unit,CPU)。处理器901还可以为其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等芯片,或者上述各类芯片的组合。

[0150] 存储器902作为一种非暂态计算机可读存储介质,可用于存储非暂态软件程序、非暂态计算机可执行程序以及模块,如本发明方法实施例中的方法所对应的程序指令/模块。处理器901通过运行存储在存储器902中的非暂态软件程序、指令以及模块,从而执行处理器的各种功能应用以及数据处理,即实现上述方法实施例中的方法。

[0151] 存储器902可以包括存储程序区和存储数据区,其中,存储程序区可存储操作装置、至少一个功能所需要的应用程序;存储数据区可存储处理器901所创建的数据等。此外,存储器902可以包括高速随机存取存储器,还可以包括非暂态存储器,例如至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他非暂态固态存储器件。在一些实施例中,存储器902可选包括相对于处理器901远程设置的存储器,这些远程存储器可以通过网络连接至处理器901。上述网络的实例包括但不限于互联网、企业内部网、局域网、移动通信网及其组合。

[0152] 一个或者多个模块存储在存储器902中,当被处理器901执行时,执行上述方法实施例中的方法。

[0153] 上述电子设备具体细节可以对应参阅上述方法实施例中对应的相关描述和效果进行理解,此处不再赘述。

[0154] 本领域技术人员可以理解,实现上述实施例方法中的全部或部分流程,是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,的程序可存储于一计算机可读取存储介质中,该程序在执行时,可包括如上述各方法的实施例的流程。其中,存储介质可为磁碟、光盘、只读存储记忆体(Read-Only Memory,ROM)、随机存储记忆体(Random Access Memory,RAM)、快闪存储器(Flash Memory)、硬盘(Hard Disk Drive,缩写:HDD)或固态硬盘(Solid-State Drive,SSD)等;存储介质还可以包括上述种类的存储器的组合。

[0155] 虽然结合附图描述了本发明的实施例,但是本领域技术人员可以在不脱离本发明的精神和范围的情况下作出各种修改和变型,这样的修改和变型均落入由所附权利要求所限定的范围之内。

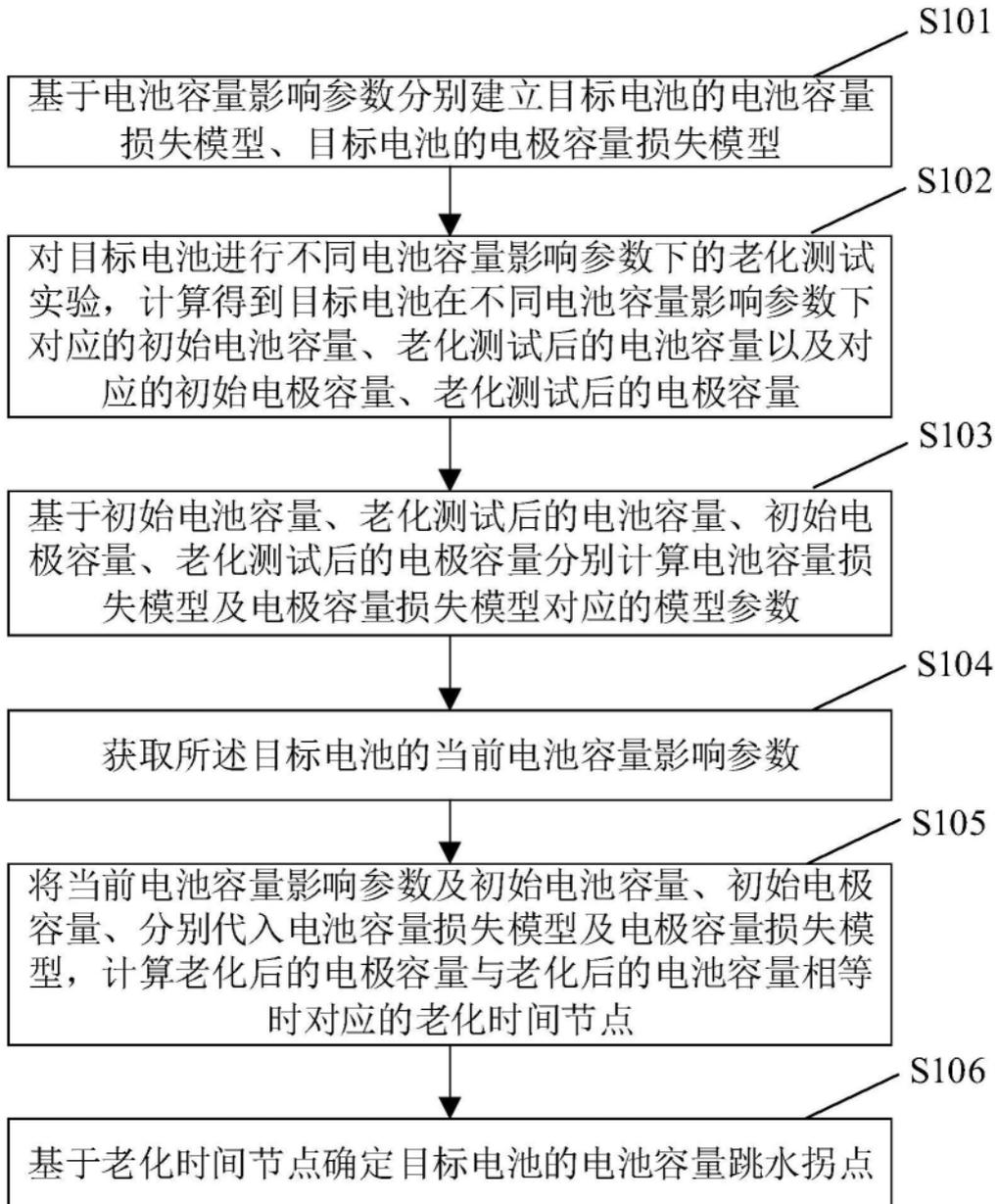


图1

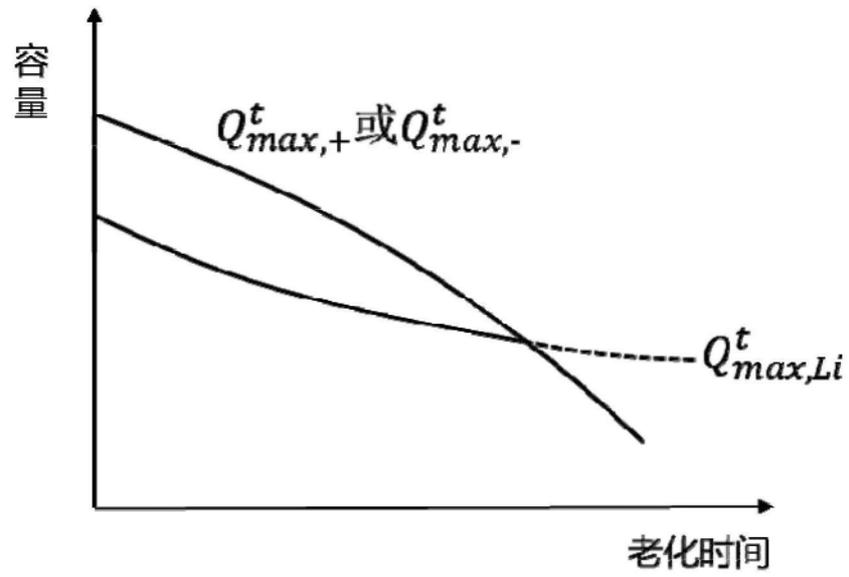


图4

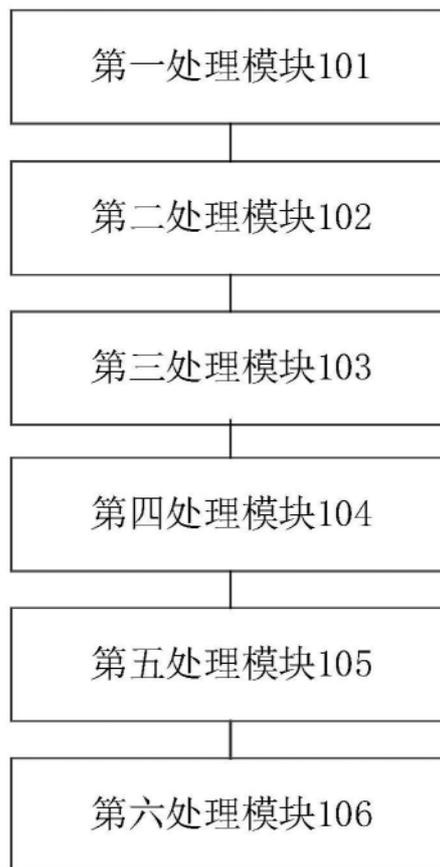


图5

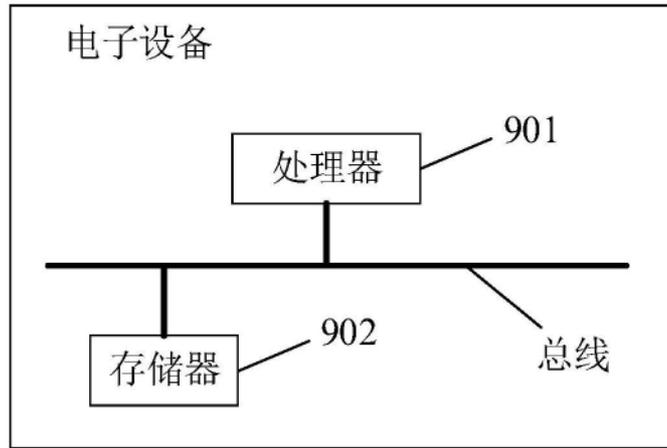


图6