



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111611750 A

(43)申请公布日 2020.09.01

(21)申请号 202010465807.8

(22)申请日 2020.05.28

(71)申请人 北京理工大学

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街5号

(72)发明人 熊瑞 田金鹏 段砚州

(74)专利代理机构 北京市诚辉律师事务所 11430

代理人 范盈

(51) Int. Cl.

G06F 30/27(2020.01)

G06F 30/25(2020.01)

G06F 119/08(2020.01)

G06F 111/06(2020.01)

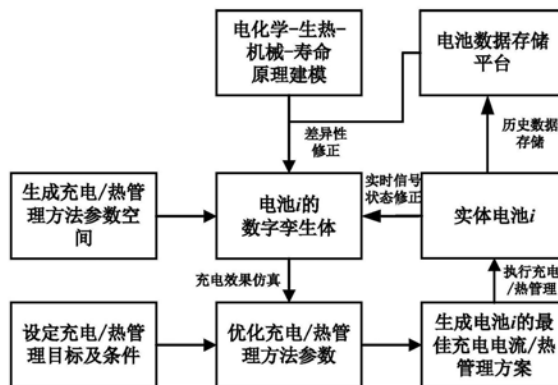
权利要求书2页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

一种应用数字孪生技术的锂离子电池充电及热管理方法

(57)摘要

本发明提供了一种应用数字孪生技术的锂离子电池充电及热管理方法,通过建立电池的数字孪生体适应电池状态、工作环境的改变情况,并针对充电或热管理策略中参数变化的短期及长期影响进行预测。结合管理目标及限制条件,优化了充电及热管理方法,从而能够实现适用于不同电池类型、不同环境下的全寿命周期充电及热管理优化。



1. 一种应用数字孪生技术的锂离子电池充电及热管理方法,其特征在于:具体包括以下步骤:

I. 构建电池充电过程数字孪生体:

步骤一、针对特定实体电池*i*,进行信号采集,获取用于表征其运行状态的数据,并存储于电池数据存储平台;

步骤二、针对该电池*i*建立用于描述其内部反应、生热、散热、应力变化、容量衰退、内阻增长变化过程的通用仿真模型;

步骤三、基于修正算法并利用由所述电池数据存储平台存储的历史运行状态数据,对通用仿真模型进行修正,建立与所述通用仿真模型对应的数字孪生体;

步骤四、通过实时获取的表征电池*i*运行状态的数据,对数字孪生体进行实时状态更新;

II. 充电策略优化:

步骤五、选取适合的充电或者热管理策略,确定策略中的待优化参数,基于所述待优化参数的可行范围,生成待优化参数的参数空间;

步骤六、设定充电或热管理的目标以及限制条件;

步骤七、基于所选取的充电或者热管理策略及所述参数空间,利用由步骤三建立的数字孪生体对所述管理策略进行仿真,确定所述管理策略的短期及长期管理效果。

步骤八、基于管理效果的仿真结果,针对管理策略选取适合的优化算法,结合由步骤六中确定的目标及限制条件,在所述参数空间中选取得到最佳的参数;

步骤九、根据所选取的最佳的参数,生成充电电流执行充电、或执行相应热管理动作;

步骤十、实时更新用于表征电池*i*运行状态的数据,并重复执行前述步骤。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于:所述步骤一中用于表征电池*i*运行状态的数据具体包括:电流、电压、表面及内部温度、应力。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于:所述步骤二中的通用仿真模型基于电化学、热力学、力学角度的考虑来建立,并针对电池*i*的具体型号以及应用场景,确定其内部材料特性、机械结构以及工作环境。

4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于:所述步骤三中对通用仿真模型进行修正,具体通过机器学习、深度学习、偏差补偿算法实现。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于:所述步骤四对数字孪生体进行实时状态更新,具体通过递推参数辨识,状态估计器方式实现。

6. 如权利要求1所述的方法,其特征在于:所述步骤五中的充电策略选择多阶恒流充电、恒流恒压充电、交流充电、脉冲充电方式;热管理策略选择交流加热、短路加热、液体换热、空气换热方式。

7. 如权利要求1所述的方法,其特征在于:所述步骤六所述的目标根据用户的预期的电池使用时间、电池寿命及安全性考虑,选取充入电量、充电速度、预期电池温度、预期电池加热或冷却速度目标;所述的限制条件根据电池当前健康状态、环境温度的考虑,选取最大电流倍率、最大电压、最高或最低温度、最大温升或散热速度的条件。

8. 如权利要求1所述的方法,其特征在于:所述步骤七中通过仿真确定的管理效果包括:基于预期电池寿命、能量效率、电池温度分布、电池安全性。

9. 如权利要求1所述的方法,其特征在于:所述步骤八中的优化算法,采用遗传算法、粒子群优化、最小二乘算法。

一种应用数字孪生技术的锂离子电池充电及热管理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电池系统领域,尤其涉及基于数字孪生技术的锂离子电池的充电及热管理方法设计。

背景技术

[0002] 锂离子电池的充电及热管理策略对电池系统以及载运工具的可靠性与耐久性具有重要影响,目前的电池管理系统确定充电或热管理策略大多是针对某种类型的电池,通过进行离线实验研究的方式来实现。在面对一些电池状态、工作环境、用户需求等条件变化较大的情况时,无法进行有针对性的调整,而且不能考虑同类型不同电池之间的差异性。

[0003] 数字孪生技术(Digital Twin)能够在一定程度上有效地克服传统电池管理策略的缺陷,其通过上传动力电池历史数据至云端大数据平台,基于平台的强大算力和存储空间构建电池孪生模型,实现车云协同的动力电池全周期精细化、智能化、网联化管理。然而,现有的采用数字孪生技术的电池管理策略研究还不够深入,尚停留在较为初级的阶段,对于充电、热管理等重要环节如何实现最优策略仍缺乏相应的理论。因此,如何在电池管理策略的关键环节进行必要的改进优化,并与数字孪生技术结合发挥更好的效果,是本领域中亟待解决的技术问题。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明提供了一种锂离子电池充电及热管理方法,基于数字孪生技术实现,其具体包括以下步骤:

[0005] I. 构建电池数字孪生体:

[0006] 步骤一、针对特定实体电池*i*,进行信号采集,获取用于表征其运行状态的数据,并存储于电池数据存储平台;

[0007] 步骤二、针对该电池*i*建立用于描述其内部反应、生热、散热、应力变化、容量衰退、内阻增长变化等过程的通用仿真模型;

[0008] 步骤三、基于修正算法并利用由所述电池数据存储平台存储的历史运行状态数据,对通用仿真模型进行修正,建立与所述通用仿真模型对应的数字孪生体;

[0009] 步骤四、通过实时获取的表征电池*i*运行状态的数据,对数字孪生体进行实时状态更新;

[0010] II. 充电及热管理策略优化:

[0011] 步骤五、选取适合的充电或者热管理策略,确定策略中的待优化参数,基于所述待优化参数的可行范围,生成待优化参数的参数空间;

[0012] 步骤六、设定充电或热管理的目标以及限制条件;

[0013] 步骤七、基于所选取的充电或者热管理策略及所述参数空间,利用由步骤三建立的数字孪生体对所述管理策略进行仿真,确定所述管理策略的短期及长期管理效果。

[0014] 步骤八、基于管理效果的仿真结果,针对管理策略选取适合的优化算法,结合由步

骤六中确定的目标及限制条件,在所述参数空间中选取得到最佳的参数;

[0015] 步骤九、根据所选取的最佳的参数,生成充电电流执行充电、或执行相应热管理动作;

[0016] 步骤十、实时更新用于表征电池*i*运行状态的数据,并重复执行前述步骤。

[0017] 进一步地,所述步骤一中用于表征电池*i*运行状态的数据具体包括:电流、电压、表面及内部温度、应力等。

[0018] 进一步地,所述步骤二中的通用仿真模型基于电化学、热力学、力学等角度的考虑来建立,并针对电池*i*的具体型号以及应用场景,确定其内部材料特性、机械结构以及工作环境。

[0019] 进一步地,所述步骤三中对通用仿真模型进行修正,具体通过机器学习、深度学习、偏差补偿等的算法实现。

[0020] 进一步地,所述步骤四对数字孪生体进行实时状态更新,具体通过递推参数辨识,状态估计器等方式实现。

[0021] 进一步地,所述步骤五中的充电策略选择多阶恒流充电、恒流恒压充电、交流充电、脉冲充电等方式;热管理策略选择交流加热、短路加热、液体换热、空气换热等方式。

[0022] 进一步地,所述步骤六所述的目标根据用户的预期的电池使用时间、电池寿命及安全性考虑,选取充入电量、充电速度、预期电池温度、预期电池加热或冷却速度等;所述的限制条件根据电池当前健康状态、环境温度的考虑,选取最大电流倍率、最大电压、最高或最低温度、最大温升或散热速度等。

[0023] 进一步地,所述步骤七中通过仿真确定的管理效果,包括基于预期电池寿命、能量效率、电池温度分布,电池安全性等。

[0024] 进一步地,所述步骤八中的优化算法,采用遗传算法、粒子群优化、最小二乘等算法。

[0025] 上述本发明所提供的方法,通过建立电池的数字孪生体适应电池状态、工作环境的改变情况,并针对充电或热管理策略中参数变化的短期及长期影响进行预测。结合管理目标及限制条件,优化了充电及热管理方法,从而能够实现适用于不同电池类型、不同环境下的的全寿命周期充电及热管理优化。

附图说明

[0026] 图1是本发明所提供方法的示意图;

[0027] 图2是基于本发明的方法并采用多阶恒流充电及交流加热策略的示意图。

具体实施方式

[0028] 下面将结合附图对本发明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。

[0029] 本发明提供一种锂离子电池充电及热管理方法,基于数字孪生技术实现,如图1所示,其具体包括以下步骤:

[0030] I. 构建电池数字孪生体:

[0031] 步骤一、针对特定实体电池*i*,进行信号采集,获取用于表征其运行状态的数据,并存储于电池数据存储平台;用于表征电池*i*运行状态的数据具体包括:电流、电压、表面及内部温度、应力等。

[0032] 步骤二、针对该电池*i*建立用于描述其内部反应、生热、散热、应力变化、容量衰退、内阻增长变化等过程的通用仿真模型;通用仿真模型基于电化学、热力学、力学等角度的考虑来建立,并针对电池*i*的具体型号以及应用场景,确定其内部材料特性、机械结构以及工作环境。

[0033] 步骤三、基于修正算法并利用由所述电池数据存储平台存储的历史运行状态数据,对通用仿真模型进行修正,建立与所述通用仿真模型对应的数字孪生体;修正过程可通过机器学习、深度学习、偏差补偿等的算法实现。

[0034] 步骤四、通过实时获取的表征电池*i*运行状态的数据,对数字孪生体进行实时状态更新,比如通过递推参数辨识,状态估计器等方式实现;

[0035] II. 充电及热管理策略优化:

[0036] 步骤五、选取适合的充电或者热管理策略,确定策略中的待优化参数,基于所述待优化参数的可行范围,生成待优化参数的参数空间。如图2所示,充电策略选择多阶恒流充电方式,则可其充电方法参数可包括恒流阶数、每阶的充电电流值、每阶的时长等。选择交流加热策略,则可选的加热方法可包括交流电周期、频率等。

[0037] 步骤六、设定充电或热管理的目标以及限制条件充电及热管理的目标及限制条件由用户设定,考虑预计使用时间、充电或调温速度等。并考虑电池系统安全性要求,得到最终目标及限制条件。

[0038] 步骤七、基于所选取的充电或者热管理策略及所述参数空间,利用由步骤三建立的数字孪生体对所述管理策略进行仿真,确定所述管理策略的短期及长期管理效果,如预期电池寿命、能量效率、电池温度分布,电池安全性等。

[0039] 步骤八、基于管理效果的仿真结果,针对管理策略选取适合的优化算法,如遗传算法、粒子群优化、最小二乘等,结合由步骤六中确定的目标及限制条件,在所述参数空间中选取得到最佳的参数;

[0040] 步骤九、根据所选取的最佳的参数,生成充电电流执行充电、或执行相应热管理动作。根据步骤八中的优化结果,得到最佳充电电流或者生热、散热策略,对电池进行充电或热管理操作。

[0041] 步骤十、实时更新用于表征电池*i*运行状态的数据,并重复执行前述步骤。所考虑的电池工作环境如温度、湿度等随季节、地域因素发生变化的因素,所考虑的状态如电池在应用过程中逐步发生变化的健康状态,功率状态以及荷电状态等。

[0042] 应理解,本发明实施例中各步骤的序号的大小并不意味着执行顺序的先后,各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定,而不应对本发明实施例的实施过程构成任何限定。

[0043] 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、替换和变型,本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

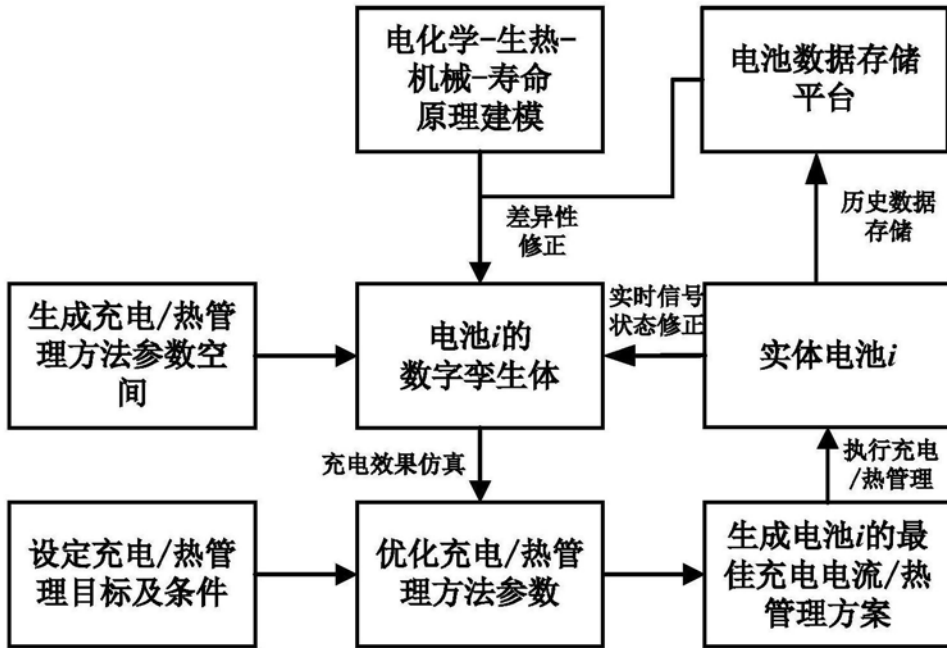
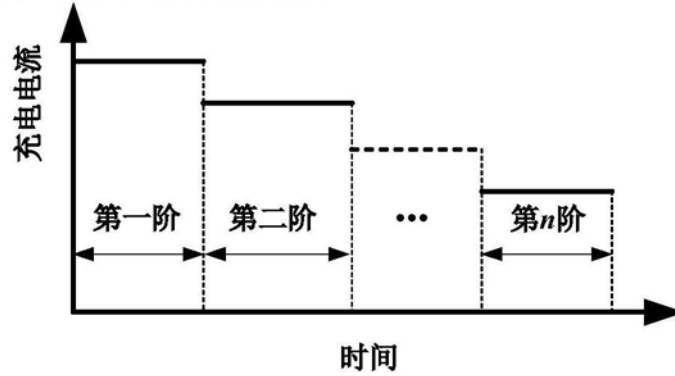


图1

(a)多阶恒流充电电流示意图



(b)交流加热示意图

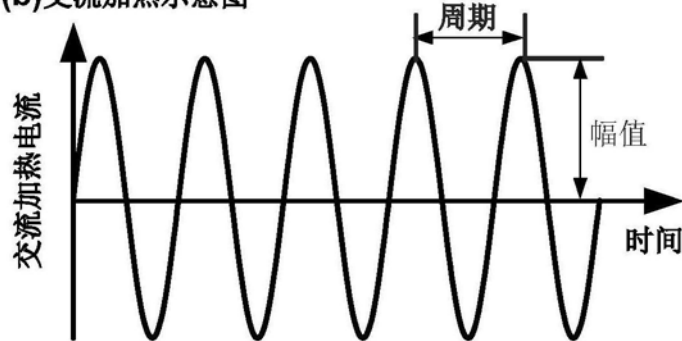


图2