

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 10 月 8 日 (08.10.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/199416 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01R 31/367 (2019.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/095775
- (22) 国际申请日: 2019 年 7 月 12 日 (12.07.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910259977.8 2019 年 4 月 2 日 (02.04.2019) CN
- (71) 申请人: 清华大学(TSINGHUA UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。
- (72) 发明人: 王昱(WANG, Yu); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。 冯旭宁(FENG, Xuning); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。 任东生(REN, Dongsheng); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。 卢兰光(LU, Languang); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。 欧阳明高(OUYANG,

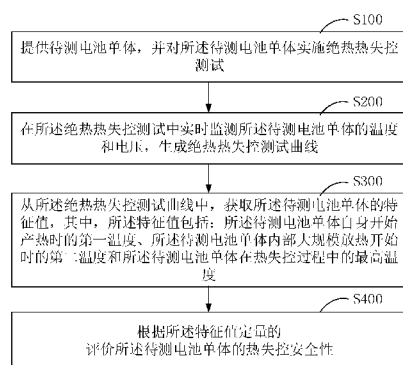
Minggao); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。 何向明(HE, Xiangming); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。 王莉(WANG, Li); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。

(74) 代理人: 北京华进京联知识产权代理有限公司 (ACIP LAW OFFICES); 中国北京市海淀区知春路 7 号致真大厦 A1403, Beijing 100191 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(54) **Title:** QUANTITATIVE EVALUATION METHOD AND SYSTEM FOR THERMAL RUNAWAY SAFETY OF POWER BATTERY

(54) 发明名称: 动力电池热失控安全性的定量评价方法及系统



- 图 1
- S100 Provide a battery cell to be tested, and perform an adiabatic thermal runaway test on said battery cell
- S200 In the adiabatic thermal runaway test, monitor the temperature and voltage of said battery cell in real time, and generate an adiabatic thermal runaway test curve
- S300 Acquire, from the adiabatic thermal runaway test curve, characteristic values of said battery cell, the characteristic values comprising: a first temperature when said battery cell starts to generate heat by itself, a second temperature at the beginning of a large-scale heat release inside said battery cell, and the highest temperature of said battery cell during thermal runaway
- S400 Quantitatively evaluate the thermal runaway safety of said battery cell according to the characteristic values

(57) **Abstract:** A quantitative evaluation method and system for the thermal runaway safety of a power battery. Said evaluation method comprises: performing an adiabatic thermal runaway test on a battery cell to be tested; in the adiabatic thermal runaway test, monitoring the temperature and voltage of said battery cell in real time, and generating an adiabatic thermal runaway test curve (S200); and acquiring, from the adiabatic thermal runaway test curve, a first temperature, a second temperature and the highest temperature during thermal runaway as characteristic values. For battery cells to be tested of different types or different material systems, the thermal runaway characteristics thereof can be evaluated by a uniform set or sets of characteristic values. The battery safety is described by using the characteristic values obtained by a unified testing method, and the safety of a newly developed battery can also be conveniently compared and evaluated transversely with historical battery safety data. Furthermore, the characteristic values are directly related to an internal battery cell thermal runaway process, and can indicate a definite direction for improving battery thermal safety.



(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种动力电池热失控安全性的定量评价方法及系统, 所述评价方法包括对待测电池单体实施绝热热失控测试。在所述绝热热失控测试中实时监测所述待测电池单体的温度和电压, 生成绝热热失控测试曲线(S200)。从所述绝热热失控测试曲线中, 获取第一温度、第二温度和热失控过程中的最高温度作为特征值。对于不同类型或者不同材料体系的待测电池单体, 可以用统一的一组或多组特征值来评价其热失控特性。使用统一测试方法得到的特征值来描述电池安全性, 也可以将新开发电池的安全性方便地与历史电池安全性数据进行横向对比和评价。且所述的特征值与单体电池热失控内部过程直接相关, 可以给电池热安全性的改进指出明确的方向。

动力电池热失控安全性的定量评价方法及系统

相关申请

本申请要求 2019 年 04 月 02 日申请的，申请号为 201910259977.8，名称为“动力电池热失控安全性的定量评价方法及系统”的中国专利申请的优先权，在此将其全文引入作为参考。

技术领域

本申请涉及电池技术领域，特别是涉及一种动力电池热失控安全性的定量评价方法及系统。

背景技术

电动汽车是新能源汽车的主体，动力电池是电动汽车的核心能量源。电动汽车的续驶里程取决于动力电池的比能量和电动汽车搭载的电池数量。由于电动汽车的空间和成本的限制，提高动力电池的比能量成为增加电动汽车续驶里程的关键。一般地，相同体积下更高比能量的动力电池存储的能量更多，在热失控时可能释放出更多的能量，带来更加严重的安全隐患。因此，需要在动力电池设计过程中就对所设计体系的动力电池的热失控安全性进行充分评价和考量。

传统的技术方案在进行动力电池单体安全性评价时，主要针对电池单体在机、电、热滥用条件下的热失控特性进行测试，包括针刺、过充、加热测试等。然而，传统的安全性评价的测试主要涉及对电池材料及电池单体在受热条件下的外部表现进行测试。传统的评价电池单体安全性的指标多为对电池单体热失控现象的定性比较，且与电池单体热失控时内部变化机理无关。仅仅对电池单体热失控安全性给出定性的评价不足以指导电池单体设计方案的改进，也不足以实现对电池单体热失控的积极防控。

发明内容

基于此，有必要针对传统的电池单体热失控安全性评价仅仅通过定性的方法进行，这种定性评价方法与电池单体热失控时的内部变化机理无关，不足以指导电池单体设计方案的改进，也不足以实现对电池单体热失控的积极防控的问题，因此提供一种动力电池热失控安全性的定量评价方法及系统。

一种动力电池热失控安全性的定量评价方法，包括：

S100，提供待测电池单体，并对所述待测电池单体实施绝热热失控测试；

S200，在所述绝热热失控测试中实时监测所述待测电池单体的温度和电压，生成绝热

热失控测试曲线;

S300, 从所述绝热热失控测试曲线中, 获取所述待测电池单体的特征值, 其中, 所述特征值包括: 所述待测电池单体自身开始产热时的第一温度、所述待测电池单体内部大规模放热开始时的第二温度和所述待测电池单体在热失控过程中的最高温度;

S400, 根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性。

在一个实施例中, 所述绝热热失控测试在能够提供绝热环境的量热仪中进行, 在进行所述绝热热失控测试之前确保所述量热仪已经完成校准和标定工作。

在一个实施例中, 在对所述待测电池单体实施绝热热失控测试之前, 对所述待测电池单体进行充电或放电操作, 以使得所述待测电池单体调整至指定的荷电状态。

在一个实施例中, 所述 S400, 根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性, 包括:

提供标准电池对应的第一参考值、第二参考值和第三参考值, 其中, 所述标准电池开始产热时的温度为所述第一参考温度、所述标准电池内部大规模放热开始时的温度为所述第二参考温度、所述标准电池在热失控过程中的最高温度为所述第三参考温度;

将所述待测电池单体的所述第一温度、所述第二温度和所述最高温度, 分别与所述标准电池的所述第一参考温度、所述第二参考温度和所述第三参考温度进行对比;

若所述第一温度小于所述第一参考温度, 则所述待测电池单体的热失控安全性低于所述标准电池的热失控安全性;

若所述第二温度小于所述第二参考温度, 则所述待测电池单体的热失控安全性低于所述标准电池的热失控安全性;

若所述最高温度小于所述第三参考温度, 则所述待测电池单体的热失控安全性高于所述标准电池的热失控安全性。

在一个实施例中, 所述 S400, 根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性, 还包括, 通过以下步骤中的一种或多种评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低:

通过所述第一温度减去所述第一参考温度的差值的绝对值的大小来定量评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低; 或者

通过所述第二温度减去所述第二参考温度的差值的绝对值的大小来定量评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低; 或者

通过所述第三参考温度减去所述最高温度的差值的绝对值的大小来定量评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低。

在一个实施例中, 所述 S400, 根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性, 之前还包括:

根据所述绝热热失控测试曲线, 生成所述待测电池单体的温度-温度变化率的变化曲线;

从所述温度-温度变化率的变化曲线中获取所述待测电池单体的所述最大温升速率;

所述特征值包括: 所述待测试动力电池发生热失控过程中的最大温升速率; 所述标准

电池发生热失控过程中的最大温升速率参考值;

所述 S400, 根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性, 包括:

所述最大温升速率小于所述最大温升速率的参考值, 则所述待测电池热失控安全性高于所述标准电池的热失控安全性。

在一个实施例中, 所述 S400, 根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性, 还包括:

通过所述最大温升速率的参考值减去所述最大温升速率的差值的绝对值的大小用于来定量评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低。

在一个实施例中, 所述 S400, 根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性, 之前还包括:

从所述绝热热失控测试曲线中获取, 从所述待测电池单体自产热开始到所述待测电池单体热失控开始的时间记为所述第一时间段; 以及

从所述绝热热失控测试曲线中获取, 从所述待测电池单体热失控开始到所述待测电池单体达到热失控过程最高温度的时间记为所述第二时间段;

所述特征值包括: 所述待测试电池单体的所述第一时间段和所述第二时间段; 所述标准电池发生热失控过程中的第一时间段参考值和第二时间段参考值;

所述 S400, 根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性, 包括:

所述第一时间段大于所述第一时间段参考值, 则所述待测电池热失控安全性高于所述标准电池的热失控安全性;

所述第二时间段大于所述第二时间段参考值, 则所述待测电池热失控安全性高于所述标准电池的热失控安全性。

在一个实施例中, 所述 S400, 根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性, 还包括, 通过以下步骤中的一种或多种评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低:

通过所述第一时间段的长度减去所述第一时间段参考值的长度的差值的绝对值的大小来定量评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低; 或者

通过所述第二时间段的长度减去所述第二时间段参考值的长度的差值的绝对值的大小来定量评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低。

在一个实施例中, 所述对所述待测电池单体实施绝热热失控测试的步骤包括:

S10, 提供待测电池单体;

S20, 确认温度条件和电压条件, 确认环境条件可满足绝热状态;

S30, 在所述待测电池单体的外表面和内部分别设置一个或多个温度检测装置, 在所述待测电池单体的极耳处连接电压采集装置;

S40, 对所述待测电池单体实施绝热热失控测试, 并记录热失控过程中的电池单体电压和热失控过程中的电池单体温度。

在一个实施例中, 所述待测电池单体包括软包电池、方形电池或者圆柱形电池中的任意一种。

在一个实施例中，在对所述待测电池单体实施绝热热失控测试过程中：

电压测试频率和温度测试频率相同，且电压测试频率和温度测试频率大于等于 1Hz。

在一个实施例中，在所述待测电池单体的外表面和内部分别设置一个或多个温度检测装置，在所述待测电池单体的极耳处连接电压采集装置的步骤包括：

S301，在干房或者手套箱中对所述待测电池单体部分拆解，以便于布置温度检测装置；

S302，提供保护层，对所述温度检测装置进行保护，并将保护后的所述温度检测装置布置在所述待测电池的內部，在所述待测电池的內部布置一个或多个保护后的所述温度检测装置；

S303，对所述待测电池进行二次密封设置，并在密封后的所述待测电池的极耳处设置一组或多组电压采集装置。

一种动力电池安全性评价系统，所述系统包括：

绝热装置，用于为待测电池单体提供绝热条件；

一组或多组电压采集装置，设置于所述待测电池单体壳体的极耳处，用于测试所述待测电池单体的电压；

一个或多个温度检测装置，设置于所述待测电池单体的内部或外表面，用于测试所述待测电池单体的温度；

控制装置，与所述多个电压采集装置和所述多个温度检测装置分别电连接，用于根据所述待测电池单体的温度和电压，生成绝热热失控测试曲线，以及用于评价所述待测电池单体的热失控安全性。

一种计算机设备，包括存储器和处理器，所述存储器存储有计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现上述任一项所述动力电池热失控安全性的定量评价方法的步骤或者所述计算机设备用于执行上述所述控制装置的功能。

本申请涉及一种动力电池热失控安全性的定量评价方法及系统。本申请的评价方法包括提供待测电池单体，并对所述待测电池单体实施绝热热失控测试。在所述绝热热失控测试中实时监测所述待测电池单体的温度和电压，生成绝热热失控测试曲线。从所述绝热热失控测试曲线中，获取所述待测电池单体的特征值。所述特征值包括：所述待测电池单体自身开始产热时的第一温度、所述待测电池单体内部大规模放热开始时的第二温度和所述待测电池单体在热失控过程中的最高温度。根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性。因此，对于不同类型或者不同材料体系的待测电池单体，可以用统一的一组或多组特征值来评价其热失控特性。使用统一测试方法得到的特征值来描述电池安全性，也可以将新开发电池的安全性方便地与历史电池安全性数据进行横向对比和评价。且本申请涉及的特征值与单体电池热失控内部过程直接相关，可以给电池热安全性的改进指出明确的方向。

附图说明

为了更清楚地说明本申请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

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申请的实施例，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，还可以根据公开的附图获得其他的附图。

图 1 为本申请一个实施例中提供的一种动力电池热失控安全性的定量评价方法的流程示意图；

图 2 为本申请一个实施例中提供的一种动力电池热失控安全性的定量评价方法的流程示意图；

图 3 为本申请一个实施例中提供的绝热热失控测试的步骤流程示意图；

图 4 为本申请一个实施例中提供的绝热热失控测试的步骤流程示意图；

图 5 为本申请实施例中提供的对所述待测电池单体设置温度检测装置及电压采集装置的步骤流程图；

图 6 为本申请实施例中提供的动力电池安全性评价系统示意图。

附图标记说明

动力电池安全性评价系统 100

绝热装置 10

电压采集装置 20

温度检测装置 30

控制装置 40

具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，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，都属于本申请保护的范围。

目前，在进行动力电池单体安全性评价时，主要针对电池单体在机、电、热滥用条件下的热失控特性进行测试，包括针刺、过充、加热测试等。然而，目前的安全性测试主要涉及电池单体在受热条件下的外部表现，评价指标多为对热失控现象的定性比较，且与电池热失控时内部变化机理无关，不同电池单体间的测试数据可比较的指标很少。

基于上述分析，需要提供一种对于不同类型与材料体系的电池，可以用统一的一组或多组定量指标来评价其热失控特性的方法。且评价指标与单体电池热失控内部过程直接相关，可以给电池热安全性的改进指出明确的方向。对于电动车用动力电池的安全设计与热失控防控具有重要的实用价值和指导意义。

请参阅图 1，本申请实施例提供一种动力电池热失控安全性的定量评价方法。所述动力电池热失控安全性的定量评价方法。

S100，提供待测电池单体，并对所述待测电池单体实施绝热热失控测试。

本步骤中，所述待测电池单体可以为软包电池、方形电池或者圆柱形电池中的任意一

种。本实施例中所能检测的电池单体还可以是其他形态的电池单体，在此不作限定。在对所述待测电池单体实施绝热热失控测试之前需要确认绝热热失控的实验条件与测试环境是否满足热失控的安全测试要求。所述绝热热失控测试可以在能够提供绝热环境的大型量热仪中进行，在进行绝热热失控测试之前需确保量热仪已经完成校准和标定工作，避免测试过程中发生危险。另外，在所述绝热热失控测试进行前，需要通过充、放电设备按测试需求将所述待测电池单体调整至指定的荷电状态。

S200，在所述绝热热失控测试中实时监测所述待测电池单体的温度和电压，生成绝热热失控测试曲线。

本步骤中，可以设置温度检测装置和电压采集装置实时监测所述待测电池单体在热失控过程中的温度和电压。根据测试数据生成所述绝热热失控测试曲线，可以参阅图 5 所示。图 5 左图中的横坐标为时间，坐标时间范围即测试时间范围，即从数据采集装置开始记录数据到电池温度恢复至 100℃ 以下的时间。图 5 右图中的横坐标为温度变化率。

S300，从所述绝热热失控测试曲线中，获取所述待测电池单体的特征值。其中，所述特征值包括：所述待测电池单体自身开始产热时的第一温度、所述待测电池单体内部大规模放热开始时的第二温度和所述待测电池单体在热失控过程中的最高温度。

本步骤中，所述特征值包括所述第一温度、所述第二温度和所述最高温度。当然所述评价方法中还可以包括其他的特征值，来定量评价待测试电池单体的热失控安全性。

S400，根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性。

本步骤中，对于所述待测电池单体的热失控安全性的评价可以比较所述特征值的大小，所述特征值越大，所述待测电池单体的热失控安全性越高，或者所述特征值越小，所述待测电池单体的热失控安全性越低。对于所述待测电池单体的热失控安全性的评价，也可以设定参考电池以及参考特征值，比较所述特征值与所述参考特征值的关系，来判定所述待测电池单体的热失控安全性。本步骤中，所述参考电池的选取可以根据经验也可以根据实际应用环境的需要进行调整。

本申请的评价方法包括提供待测电池单体，并对所述待测电池单体实施绝热热失控测试。在所述绝热热失控测试中实时监测所述待测电池单体的温度和电压，生成绝热热失控测试曲线。从所述绝热热失控测试曲线中，获取所述待测电池单体的特征值。所述特征值包括：所述待测电池单体自身开始产热时的第一温度、所述待测电池单体内部大规模放热开始时的第二温度和所述待测电池单体在热失控过程中的最高温度。根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性。对于不同类型与材料体系的电池，可以用统一的一组或多组定量指标来评价其热失控特性。且定量评价指标（即本申请中提到的所述待测试电池的特征值）与单体电池热失控内部过程直接相关，可以给电池热安全性的改进指出明确的方向。

请参阅图 2，在一个实施例中，所述 S400，根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性，包括：

S401，提供标准电池对应的第一参考值、第二参考值和第三参考值，其中，所述标准电池开始产热时的温度为所述第一参考温度、所述标准电池内部大规模放热开始时的温度

为所述第二参考温度、所述标准电池在热失控过程中的最高温度为所述第三参考温度。

本步骤中，设置一项标准电池，所述标准电池可以为已有绝热热失控特性测试数据的某已知材料体系和设计参数的电池。参考特征值即为该电池热失控过程中的第一参考温度、第二参考温度和第三参考温度。

S402，将所述待测电池单体的所述第一温度、所述第二温度和所述最高温度，分别与所述标准电池的所述第一参考温度、所述第二参考温度和所述第三参考温度进行对比。本步骤中，对两种温度值实施对比的动作可以采用控制器或者计算机来实现。

S403，若所述第一温度小于所述第一参考温度，则所述待测电池单体的热失控安全性低于所述标准电池的热失控安全性。

本步骤中，由于所述第一温度表示电池单体开始产热时的温度。所述第一温度越高，则电池在滥用条件下越不容易达到所述第一温度。不容易达到所述第一温度时，电池单体热失控安全性越高。相反，所述第一温度越低，电池单体热失控安全性越差。

S404，若所述第二温度小于所述第二参考温度，则所述待测电池单体的热失控安全性低于所述标准电池的热失控安全性。

本步骤中，由于所述第二温度表示电池单体内部大规模放热开始时的温度。所述第二温度越高，则电池在滥用条件下越不容易达到所述第二温度。不容易达到所述第二温度时，电池单体热失控安全性越高。相反，所述第二温度越低，电池单体热失控安全性越差。

S405，若所述最高温度小于所述第三参考温度，则所述待测电池单体的热失控安全性高于所述标准电池的热失控安全性。

本步骤中，所述第三参考温度为电池单体在热失控过程中的最高温度。所述最高温度越高，则电池发生热失控时，反应越剧烈。因此所述最高温度越高，电池单体热失控安全性越差。相反，所述最高温度越低，电池单体热失控安全性越高。

本实施例中，通过所述特征值的大小，定量地给出了所述待测电池单体的热失控安全性的评价方法。根据所述第一温度、所述第二温度和所述最高温度评价所述动力电池热失控安全性的评价结果更加明确、更加客观。

在一个实施例中，所述 S400，根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性，之前还包括：根据所述绝热热失控测试曲线，生成所述待测电池单体的温度-温度变化率的变化曲线。从所述温度-温度变化率的变化曲线中获取所述待测电池单体的所述最大温升速率。

所述特征值包括：所述待测试动力电池发生热失控过程中的最大温升速率。所述标准电池发生热失控过程中的最大温升速率参考值。

所述 S400，根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性，包括：

S411，所述最大温升速率小于所述最大温升速率的参考值，则所述待测电池热失控安全性高于所述标准电池的热失控安全性。

本实施例中，提供所述最大温升速率作为另外一种所述特征值。通过所述最大温升速率来评价电池单体的热失控安全性的。电池单体在热失控过程中所述最大温升速率越小，电池单体的安全性越高。

在一个实施例中,所述 S400,根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性,之前还包括:

从所述绝热热失控测试曲线中获取,从所述待测电池单体自产热开始到所述待测电池单体热失控开始的时间记为所述第一时间段。以及

从所述绝热热失控测试曲线中获取,从所述待测电池单体热失控开始到所述待测电池单体达到热失控过程最高温度的时间记为所述第二时间段。

所述特征值包括:所述待测试电池单体的所述第一时间段和所述第二时间段。所述标准电池发生热失控过程中的第一时间段参考值和第二时间段参考值。

所述 S400,根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性,包括:

S421,所述第一时间段大于所述第一时间段参考值,则所述待测电池热失控安全性高于所述标准电池的热失控安全性。

S422,所述第二时间段大于所述第二时间段参考值,则所述待测电池热失控安全性高于所述标准电池的热失控安全性。

本实施例中,提供所述第一时间段和所述第二时间段作为另外两种所述特征值。通过所述第一时间段和所述第二时间段来评价电池单体的热失控安全性的。电池单体在热失控过程中所述第一时间段和所述第二时间段越长,电池单体越不容易发生热失控,或者说在发生热失控之前越容易预防,电池单体的热失控安全性越高。

以上实施例中,所述第一温度、所述第二温度和所述最高温度分别代表所述待测电池单体自身开始产热的温度、所述待测电池单体热失控开始的温度、所述待测电池单体在热失控过程中的最高温度。

以上实施例中,所述最大温升速率代表所述待测电池单体热失控剧烈发生时的最大温升速率。

以上实施例中,所述第一时间段代表从所述待测电池单体自产热开始到所述待测电池单体热失控开始的时间。所述第二时间段代表从所述待测电池单体自产热开始到所述待测电池单体达到热失控过程最高温度的时间。

在一个具体的实施例中以上述六种特征值为例,综合分析所述待测电池单体的热失控安全性。由于电池单体内置传感器(可以是热电偶)最接近电池材料在热失控过程中的真实温度,因此使用电池内置传感器测量温度数据的所述特征值(所述第一温度 T1、所述第二温度 T2、所述最高温度 T3、所述最大温升速率 dT/dt 、所述第一时间段 t1 和所述第二时间段 t2)作为电池热安全性定量评价的指标,是较为合理并且准确的。

具体的综合上述六种特征值对电池热安全性定量评价的过程中,所述 S400,根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性,还包括,通过以下步骤中的一种或多种评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低:

通过所述第一温度减去所述第一参考温度的差值的绝对值的大小来定量评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低;或者

通过所述第二温度减去所述第二参考温度的差值的绝对值的大小来定量评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低;或者

通过所述第三参考温度减去所述最高温度的差值的绝对值的大小来定量评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低；或者

通过所述最大温升速率的参考值减去所述最大温升速率的差值的绝对值的大小来定量评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低；或者

通过所述第一时间段的长度减去所述第一时间段参考值的长度的差值的绝对值的大小来定量评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低；或者

通过所述第二时间段的长度减去所述第二时间段参考值的长度的差值的绝对值的大小来定量评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低。本实施例中，通过将六种特征值进行定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低。比如，参照其他的电池评价方法可能得出所述待测试电池会比另外一块电池（或者是参考电池）的安全性好，但无法得知热失控特性在哪些方面表现的更好，也无法知道热失控特性的某一个性能具体好了多少。本实施例中，可以具体得知，如：从自生热温度的角度，所述待测电池相比于另外一块电池（或者是参考电池）有 20℃ 的提升。本实施例中，提供的定量评价方法，还可以给电池的安全性改进提供指导方向。比如通过本申请的方法得知，所述待测电池的自生热温度差，就可以专注于提高所述待测试电池的自生热温度。具体提高所述待测试电池的自生热温度的方法可以包括找新材料替代、通过一些包覆方法或者调整电解液的方法来实现，但也并不仅仅限于以上的调节方法。

请参阅图 5 为电池绝热热失控的温度、温升速率曲线及三个特征温度点、最大温升速率、特征时间示意。图 5 中 T1 为所述第一温度，即量热仪探测到所述待测电池单体开始产热的温度，即所述待测电池单体的自产热温度。T1 反映了所述待测电池单体原始界面开始失去热稳定性时的温度。对于目前广泛使用的液态有机电解质体系，即为负极固体电解质膜开始分解的温度。在 T1 之后量热仪进入绝热工作模式。

图 5 中 T2 为所述第二温度，即 T2 为所述待测电池单体温升速率达到某一特征温升速率时的电池温度。一般地，该温升速率比上一时刻高一个数量级，即所述待测电池单体热失控开始的温度。图 5 中 T3 为所述最高温度，T3 为所述待测电池单体在整个热失控过程中的最高温度。

请参考图 5 右侧为所述待测电池单体温度-温升速率的变化曲线。图 5 中所述待测电池单体在热失控过程中，温升速率的最大值记为 dT/dt 。

所述第一时间段，从电池单体自产热开始，到电池单体热失控开始的时间记为 t_1 。所述第二时间段，从电池单体热失控开始，到电池单体达到热失控过程最高温度的时间记为 t_2 。

具体的，电池单体热失控的评价方法可以参照以下：

T1 越低，电池单体越容易发生自生热，电池单体安全性越差。T1 数值即为电池自生热安全性的定量评价指标。

T2 越低，电池单体在自生热后越容易引发热失控，电池单体安全性越差。T2 数值即为电池热失控安全性的定量评价指标。

T3 越低，电池单体在热失控后造成的危害越小，热量越不容易传递给周边的其它电池

单体或可燃物，电池单体的安全性越好。T3 数值即为电池热失控危害性的定量评价指标。

dT/dt 越小，电池单体在热失控后造成的危害越小，热量越不容易传递给周边的其它电池单体或可燃物，电池单体的安全性越好。dT/dt 数值即为电池热失控危害性的定量评价指标。

t1 越长，电池单体在自生热后发展成热失控所需的时间越长，热量累积速度慢，电池单体的安全性越好。

t2 越长，电池单体在热失控后达到热失控最高温度所需的时间越长，电池热失控后热量释放速度慢，电池单体的安全性越好。t1、t2 数值即为电池热失控热量积累以及电池热失控后热量释放速度的定量评价指标。

本实施例中，上述定量评价指标即本申请中提到的所述待测试电池的特征值。本实施例中，使用电池单体内置传感器（比如热电偶）测量所述特征值，根据所述特征值实现对不同电池单体的热安全性的评价。

按照上述的方法，对四种不同体系某型号电池单体实施绝热热失控测试。实施绝热热失控测试的结果如表 1 所示。四种电池体系的负极均为石墨，正极为不同种类的活性材料。

表 1：不同体系电池单体热失控特征值

编号	Cell 1	Cell 2	Cell 3	Cell 4
特征值/体系	磷酸铁锂/ 石墨	钴酸锂/石 墨	三元 111/石 墨	三元 532/石 墨
T1 (°C)	158.6	116.5	85.3	87
T2 (°C)	232.1	185	264.8	207.8
T3 (°C)	403.1	683.2	876.1	933.4
dT/dt (°C /min)	3.3	33505.7	2900	3079.2
t1 (h)	7.2	5.3	6.3	5.4
t2 (s)	95	75	80	67

从表 1 中对比可以看出，所述第一温度 T1(自生热起始温度)：Cell 1>Cell 2>Cell 3≈Cell 4。即从自产热温度讲，Cell 1 的安全性好于 Cell 2，Cell 2 好于 Cell 3 和 Cell 4。进一步讲，若评价电池热失控自产热（以 Cell 1 作为参考电池），则 Cell 2 相比参考电池热稳定性有 42.1°C 的下降，Cell 3 相比参考电池热稳定性降低 73.3°C，Cell 4 相比参考电池热稳定性有 71.6°C 的下降。

所述第二温度 T2（热失控起始温度）：Cell 3>Cell 1>Cell 4>Cell 2。即从热失控触发温度讲，热失控安全性：Cell 3>Cell 1>Cell 4>Cell 2。进一步讲，若评价电池热失控触发的难易程度（以 Cell 1 作为参考电池），则 Cell 2 相比参考电池热稳定性有 47.1°C 的下降，Cell 3 相比参考电池热稳定性提高 32.7°C，Cell 4 相比参考电池热稳定性有 24.3°C 的下降。

所述最高温度 T3（热失控最高温度）：Cell 4>Cell 3>Cell 2>Cell 1。即从反应总放热即热失控危害性来看，热失控安全性：Cell 4<Cell 3<Cell 2<Cell 1。进一步讲，若评价电池热失控后的危害性（以 Cell 1 作为参考电池），则 Cell 2 相比参考电池热稳定性有 280.1°C 的下降，Cell 3 相比参考电池热稳定性降低 473°C，Cell 4 相比参考电池热稳定性有

530.3℃的下降。

所述最大温升速率 dT/dt : Cell 2 > Cell 4 > Cell 3 > Cell 1。即从反应总放热即热失控危害性来看, 热失控安全性: Cell 2 < Cell 4 < Cell 3 < Cell 1。进一步讲, 若定量评价电池热失控后的危害性(以 Cell 1 作为参考电池), 则 Cell 2 和 Cell 3 相比参考电池热失控最大温升速率提高了约 1000 倍, Cell 4 相比参考电池热失控最大温升速率提高了约 10000 倍。

所述第一时间段 t_1 (电池自产热到热失控触发的时间): Cell 1 > Cell 3 > Cell 4 ≈ Cell 2。即从热量积累速度来看, 热失控安全性: Cell 1 > Cell 3 > Cell 4 ≈ Cell 2。进一步讲, 若定量评价电池热失控发展速度(以 Cell 1 作为参考电池), 则 Cell 3 相比参考电池热失控提前了 0.9 小时, Cell 4 和 Cell 2 相比参考热失控提前了约 1.9 小时。

所述第二时间段 t_2 (电池热失控触发到电池热失控最高温度的时间): Cell 1 > Cell 3 > Cell 2 > Cell 4。即从热失控后热量释放速度来看, 热失控安全性: Cell 1 > Cell 3 > Cell 2 > Cell 4。进一步讲, 若定量评价电池热失控能量释放速度(以 Cell 1 作为参考电池), 则 Cell 3 相比参考电池热失控过程中能量释放速度快 15 秒, Cell 2 相比参考电池热失控过程中能量释放速度快 20 秒, Cell 4 相比参考电池热失控过程中能量释放速度快 28 秒。

综上, 几款电池的综合安全性为: Cell 1 (磷酸铁锂/石墨) > Cell 2 (钴酸锂/石墨) > Cell 3 (三元 111/石墨) ≈ Cell 4 (三元 532/石墨)。另外由于电池的三个定量评价指标(所述特征值)与热失控过程直接相关, 还可以给出不同款电池的改进方向: 三元 111 和三元 532 材料可以通过负极包覆或电解液添加剂等方法, 提高 SEI 的分解温度以提高 T_1 , 改善安全性; 三元 532 和钴酸锂材料可以通过使用热稳定性更高的隔膜、提高内短路或正负极接触温度, 以进一步提高 T_2 来提高全电池的热失控安全性。 T_3 通常与电池的比能量直接相关, 较难通过材料改性来改进, 可以考虑在三元材料电池的实际应用中加强散热环节。

以上通过一具体实施例详细的解释了本申请提出的动力电池热失控安全性的定量评价方法。所述评价方法以动力电池单体可重复的绝热热失控试验为基础, 结合动力电池单体的热失控机理, 选取热失控过程中的特征值来评价动力电池单体的热失控安全性。所述特征值包括所述第一温度、所述第二温度、所述最高温度、所述最大温升速率、所述第一时间段和所述第二时间段。所述特征值可以通过实验测试的手段定量确定。通过对比定量确定的所述特征值实现对动力电池单体的热失控安全性评价。

请参阅图 3, 在一个实施例中, 所述对所述待测电池单体实施绝热热失控测试的步骤包括:

S10, 从第一类电池单体中选取一个待测电池单体。

S20, 确认温度条件和电压条件, 确认环境条件处于绝热状态。

S30, 在所述待测电池单体的外表面和内部分别设置一个或多个温度检测装置, 在所述待测电池单体的极耳处连接电压采集装置。

S40, 对所述待测电池单体实施绝热热失控测试, 并记录热失控过程中的电池单体电压和热失控过程中的电池单体温度。

本实施例中, 给出了对一种类型的所述待测电池单体实施绝热热失控测试的具体步骤。可以理解所述具体步骤并不限定, 还可以通过其他方式来实现。

在一个实施例中，在对所述待测电池单体实施绝热热失控测试过程中：电压测试频率和温度测试频率相同，且电压测试频率和温度测试频率大于等于 1Hz。

本实施例中，在进行电池单体的绝热热失控测试时，需要实时记录热失控过程中电池单体的电压、电池单体的温度。在对电池单体电压和电池单体温度进行测量时，采集数据的频率应大于 1Hz（即每秒最少采集一次数据）。并且电压和温度测量频率需保持一致，以保证能够准确的获取所述特征值。

请参阅图 4，在一个实施例中，所述 S30，在所述待测电池单体的外表面和内部分别设置多个温度检测装置，在所述待测电池单体的极耳处连接电压采集装置的步骤包括：

S301，在干房或者手套箱中对所述待测电池单体部分拆解，以便于布置温度检测装置。本步骤中，所述温度检测装置可以是热电偶。对所述待测电池单体部分拆解可以理解为，当所述待测电池单体是软包电池，可以在软包电池外包的铝塑膜上开一个小口（小口的大小足够将热电偶塞进去即可），然后从小口把热电偶塞进去，之后进行相应的固定操作，以完成所述温度检测装置的布设。对所述待测电池单体部分拆解还可以理解为，当所述待测电池单体是方壳电池，沿所述方壳电池的顶盖锯开，把热电偶塞进去之后进行相应的固定操作（比如用胶封上），以完成所述温度检测装置的布设。

S302，提供保护层，所述保护层可以用隔膜或其他材料对所述温度检测装置进行保护。并将保护后的所述温度检测装置布置在所述待测电池的內部（比如可以是正极与隔膜间，或负极与隔膜间）。可以在所述待测电池的內部布置一个或多个保护后的所述温度检测装置。

S303，对所述待测电池进行二次密封设置，并在密封后的所述待测电池的极耳处设置一组或多组电压采集装置。

本实施例中，至少在电池单体的内部布置一个温度检测装置（所述温度检测装置可以是温度传感器）。在设置所述温度传感器时需要在干房或手套箱中将电池部分拆解。将温度传感器布置在拆解后的电池单体的内部，并对电池单体进行二次密封。具体的可以根据需要在电池单体内部的不同位置及电池单体表面不同位置布置多个温度传感器。设置多个温度传感器是为了能够准确的获取所述电池单体在热失控过程中的不同位置的溫度值。另外，可以使用多组电压传感器进行测量，以防止电池单体在热失控过程中由于传感器脱落造成的数据缺失或不稳定。

请参阅图 6，在一个实施例中提供一种动力电池热失控安全性评价系统 100。所述系统包括：绝热装置 10、多个电压采集装置 20、多个温度检测装置 30 和控制装置 40。

所述绝热装置 10 用于为待测电池单体提供绝热条件。所述绝热装置 10 可以包括绝热加速量热仪。

所述多个电压采集装置 20 设置于所述待测电池单体的极耳处。所述多个电压采集装置 20 可以为电压表，用于测试所述待测电池单体的电压。为了防止所述电压采集装置 20 在测试过程中的脱落可以在所述待测电池单体的极耳处设置多个电压采集装置 20。

所述多个温度检测装置 30 设置于所述待测电池单体的内部。所述多个温度检测装置 30 可以是温度传感器。比如热电偶或者热电阻。所述多个温度检测装置 30 用于测试所述

待测电池单体的温度。

所述控制装置 40 与所述多个电压采集装置和所述多个温度检测装置分别电连接。所述控制装置 40 用于根据所述待测电池单体的温度和电压，生成绝热热失控测试曲线。所述控制装置还用于评价所述待测电池单体的热失控安全性。所述控制装置可以是计算机或者基于计算及的控制设备。

本实施例中提供的所述动力电池安全性评价系统 100 包括所述绝热装置 10、所述多个电压采集装置 20、所述多个温度检测装置 30 和所述控制装置 40。所述动力电池安全性评价系统 100 可以根据所述多个电压采集装置 20 和所述多个温度检测装置 30 获取待测电池单体的电压和温度。通过所述控制装置 40 生成所述绝热热失控测试曲线。通过所述控制装置 40 从所述绝热热失控测试曲线中，获取所述待测电池单体的特征值。所述动力电池安全性评价系统 100 可以获取不同类型电池材料的特征值，根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性。根据本申请，对于不同类型与材料体系的电池，可以用统一的一组或多组定量指标来评价其热失控特性。且定量评价指标与单体电池热失控内部过程直接相关，可以给电池热安全性的改进指出明确的方向。

另外结合本申请的技术方案，在电池设计阶段，根据不同种类材料电池测试的特征值，指出电池安全性改进的方向，指导材料组合制成安全性较高的动力电池。基于动力电池绝热热失控测试曲线和特征值来指导电动车用动力电池的设计，可以进一步提高动力电池安全性设计的效率、节约电池研发成本，对于电动车用动力电池的安全设计与防控具有重要的实用价值和指导意义。

一种计算机设备，包括存储器和处理器，所述存储器存储有计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现上述任一项所述方法的步骤。或者所述计算机设备用于执行所述控制装置 40 的功能。

本领域普通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，所述的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读存储介质中，该计算机程序在执行时，可包括如上述各方法的实施例的流程。其中，本申请所提供的各实施例中所使用的对存储器、存储、数据库或其它介质的任何引用，均可包括非易失性和/或易失性存储器。非易失性存储器可包括只读存储器(ROM)、可编程ROM(PROM)、电可编程ROM(EPROM)、电可擦除可编程ROM(EEPROM)或闪存。易失性存储器可包括随机存取存储器(RAM)或者外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限，RAM 以多种形式可得，诸如静态 RAM(SRAM)、动态 RAM(DRAM)、同步 DRAM(SDRAM)、双数据率 SDRAM(DDRSDRAM)、增强型 SDRAM(ESDRAM)、同步链路(Synchlink) DRAM(SLDRAM)、存储器总线(Rambus)直接 RAM(RDRAM)、直接存储器总线动态 RAM(DRDRAM)、以及存储器总线动态 RAM(RDRAM)等。

最后，还需要说明的是，在本文中，诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包

括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个……”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

本说明书中各个实施例采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

对所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本申请。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，本文中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现。因此，本申请将不会被限制于本文所示的这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

权利要求

1、一种动力电池热失控安全性的定量评价方法，其特征在于，包括：

S100，提供待测电池单体，并对所述待测电池单体实施绝热热失控测试；

S200，在所述绝热热失控测试中实时监测所述待测电池单体的温度和电压，生成绝热热失控测试曲线；

S300，从所述绝热热失控测试曲线中，获取所述待测电池单体的特征值，其中，所述特征值包括：所述待测电池单体自身开始产热时的第一温度、所述待测电池单体内部大规模放热开始时的第二温度和所述待测电池单体在热失控过程中的最高温度；

S400，根据所述特征值定量地评价所述待测电池单体的热失控安全性。

2、如权利要求 1 所述的动力电池热失控安全性的定量评价方法，其特征在于，所述绝热热失控测试在能够提供绝热环境的量热仪中进行，在进行所述绝热热失控测试之前确保所述量热仪已经完成校准和标定工作。

3、如权利要求 1 所述的动力电池热失控安全性的定量评价方法，其特征在于，在对所述待测电池单体实施绝热热失控测试之前，对所述待测电池单体进行充电或放电操作，以使得所述待测电池单体调整至指定的荷电状态。

4、如权利要求 1 所述的动力电池热失控安全性的定量评价方法，其特征在于，

所述 S400，根据所述特征值定量地评价所述待测电池单体的热失控安全性，包括：

提供标准电池对应的第一参考值、第二参考值和第三参考值，其中，所述标准电池开始产热时的温度为所述第一参考温度、所述标准电池内部大规模放热开始时的温度为所述第二参考温度、所述标准电池在热失控过程中的最高温度为所述第三参考温度；

将所述待测电池单体的所述第一温度、所述第二温度和所述最高温度，分别与所述标准电池的所述第一参考温度、所述第二参考温度和所述第三参考温度进行对比；

若所述第一温度小于所述第一参考温度，则所述待测电池单体的热失控安全性低于所述标准电池的热失控安全性；

若所述第二温度小于所述第二参考温度，则所述待测电池单体的热失控安全性低于所述标准电池的热失控安全性；

若所述最高温度小于所述第三参考温度，则所述待测电池单体的热失控安全性高于所述标准电池的热失控安全性。

5、如权利要求 4 所述的动力电池热失控安全性的定量评价方法，其特征在于，所述 S400，根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性，还包括，通过以下步骤中的一种或多种评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低：

通过所述第一温度减去所述第一参考温度的差值的绝对值的大小来定量评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低；或者

通过所述第二温度减去所述第二参考温度的差值的绝对值的大小来定量评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低；或者

通过所述第三参考温度减去所述最高温度的差值的绝对值的大小来定量评价所述待

测电池单体的热失控安全性的高低。

6、如权利要求 4 所述的动力电池热失控安全性的定量评价方法，其特征在于，所述 S400，根据所述特征值定量地评价所述待测电池单体的热失控安全性，之前还包括：

根据所述绝热热失控测试曲线，生成所述待测电池单体的温度-温度变化率曲线；

从所述温度-温度变化率曲线中获取所述待测电池单体的所述最大温升速率；

所述特征值包括：所述待测试动力电池发生热失控过程中的最大温升速率；所述标准电池发生热失控过程中的最大温升速率参考值；

所述 S400，根据所述特征值定量地评价所述待测电池单体的热失控安全性，包括：

所述最大温升速率小于所述最大温升速率的参考值，则所述待测电池热失控安全性高于所述标准电池的热失控安全性。

7、如权利要求 6 所述的动力电池热失控安全性的定量评价方法，其特征在于，

所述 S400，根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性，还包括：

通过所述最大温升速率的参考值减去所述最大温升速率的差值的绝对值的大小用于来定量评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低。

8、如权利要求 6 所述的动力电池热失控安全性的定量评价方法，其特征在于，

所述 S400，根据所述特征值定量地评价所述待测电池单体的热失控安全性，之前还包括：

从所述绝热热失控测试曲线中获取，从所述待测电池单体自产热开始到所述待测电池单体热失控开始的时间记为所述第一时间段；以及

从所述绝热热失控测试曲线中获取，从所述待测电池单体热失控开始到所述待测电池单体达到热失控过程最高温度的时间记为所述第二时间段；

所述特征值包括：所述待测试电池单体的所述第一时间段和所述第二时间段；所述标准电池发生热失控过程中的第一时间段参考值和第二时间段参考值；

所述 S400，根据所述特征值定量地评价所述待测电池单体的热失控安全性，包括：

所述第一时间段大于所述第一时间段参考值，则所述待测电池热失控安全性高于所述标准电池的热失控安全性；

所述第二时间段大于所述第二时间段参考值，则所述待测电池热失控安全性高于所述标准电池的热失控安全性。

9、如权利要求 8 所述的动力电池热失控安全性的定量评价方法，其特征在于，所述 S400，根据所述特征值定量的评价所述待测电池单体的热失控安全性，还包括，通过以下步骤中的一种或多种评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低：

通过所述第一时间段的长度减去所述第一时间段参考值的长度的差值的绝对值的大小来定量评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低；或者

通过所述第二时间段的长度减去所述第二时间段参考值的长度的差值的绝对值的大小来定量评价所述待测电池单体的热失控安全性的高低。

10、如权利要求 9 所述的动力电池热失控安全性的定量评价方法，其特征在于，所述

对所述待测电池单体实施绝热热失控测试的步骤包括:

S10, 提供待测电池单体;

S20, 确认温度条件和电压条件, 确认环境条件可满足绝热状态;

S30, 在所述待测电池单体的外表面和内部分别设置一个或多个温度检测装置, 在所述待测电池单体的极耳处连接电压采集装置;

S40, 对所述待测电池单体实施绝热热失控测试, 并记录热失控过程中的电池单体电压和热失控过程中的电池单体温度。

11、如权利要求 10 所述的动力电池热失控安全性的定量评价方法, 其特征在于, 所述待测电池单体包括软包电池、方形电池或者圆柱形电池中的任意一种。

12、如权利要求 10 所述的动力电池热失控安全性的定量评价方法, 其特征在于, 在对所述待测电池单体实施绝热热失控测试过程中:

电压测试频率和温度测试频率相同, 且电压测试频率和温度测试频率大于等于 1Hz。

13、如权利要求 10 所述的动力电池热失控安全性的定量评价方法, 其特征在于, 所述 S30, 在所述待测电池单体的外表面和内部分别设置多个温度检测装置, 在所述待测电池单体的极耳处连接电压采集装置的步骤包括:

S301, 在干房或者手套箱中对所述待测电池单体部分拆解, 以便于布置温度检测装置;

S302, 提供保护层, 对所述温度检测装置进行保护, 并将保护后的所述温度检测装置布置在所述待测电池的內部, 在所述待测电池的內部布置一个或多个保护后的所述温度检测装置;

S303, 对所述待测电池进行二次密封设置, 并在密封后的所述待测电池的极耳处设置一组或多组电压采集装置。

14、一种动力电池安全性评价系统, 其特征在于, 所述系统包括:

绝热装置, 用于为待测电池单体提供绝热条件;

一组或多组电压采集装置, 设置于所述待测电池极耳处, 用于测试所述待测电池单体的电压;

一个或多个温度检测装置, 设置于所述待测电池单体的内部或外表面, 用于测试所述待测电池单体的温度;

控制装置, 与所述多个电压采集装置和所述多个温度检测装置分别电连接, 用于根据所述待测电池单体的温度和电压, 生成绝热热失控测试曲线, 以及用于评价所述待测电池单体的热失控安全性。

15、一种计算机设备, 包括存储器和处理器, 所述存储器存储有计算机程序, 所述处理器执行所述计算机程序时实现权利要求 1-13 中任一项所述动力电池热失控安全性的定量评价方法的步骤或者所述计算机设备用于执行权利要求 15 中所述控制装置的功能。

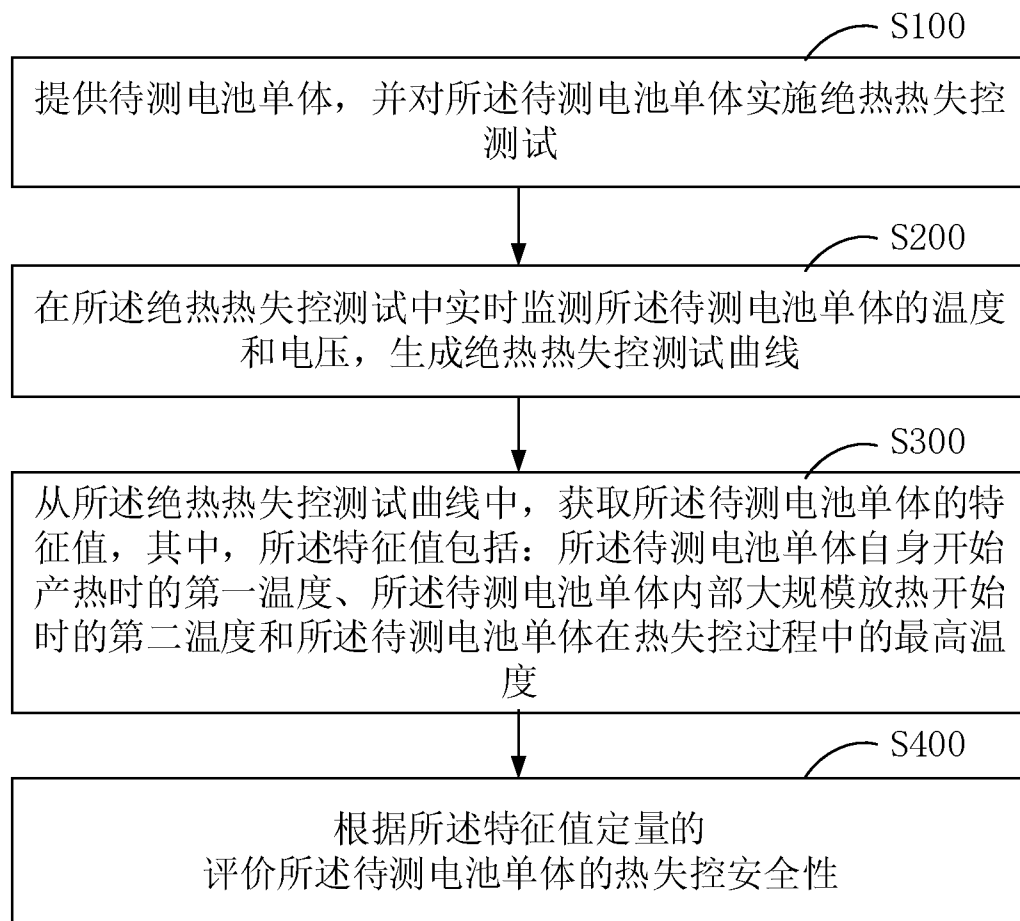


图 1

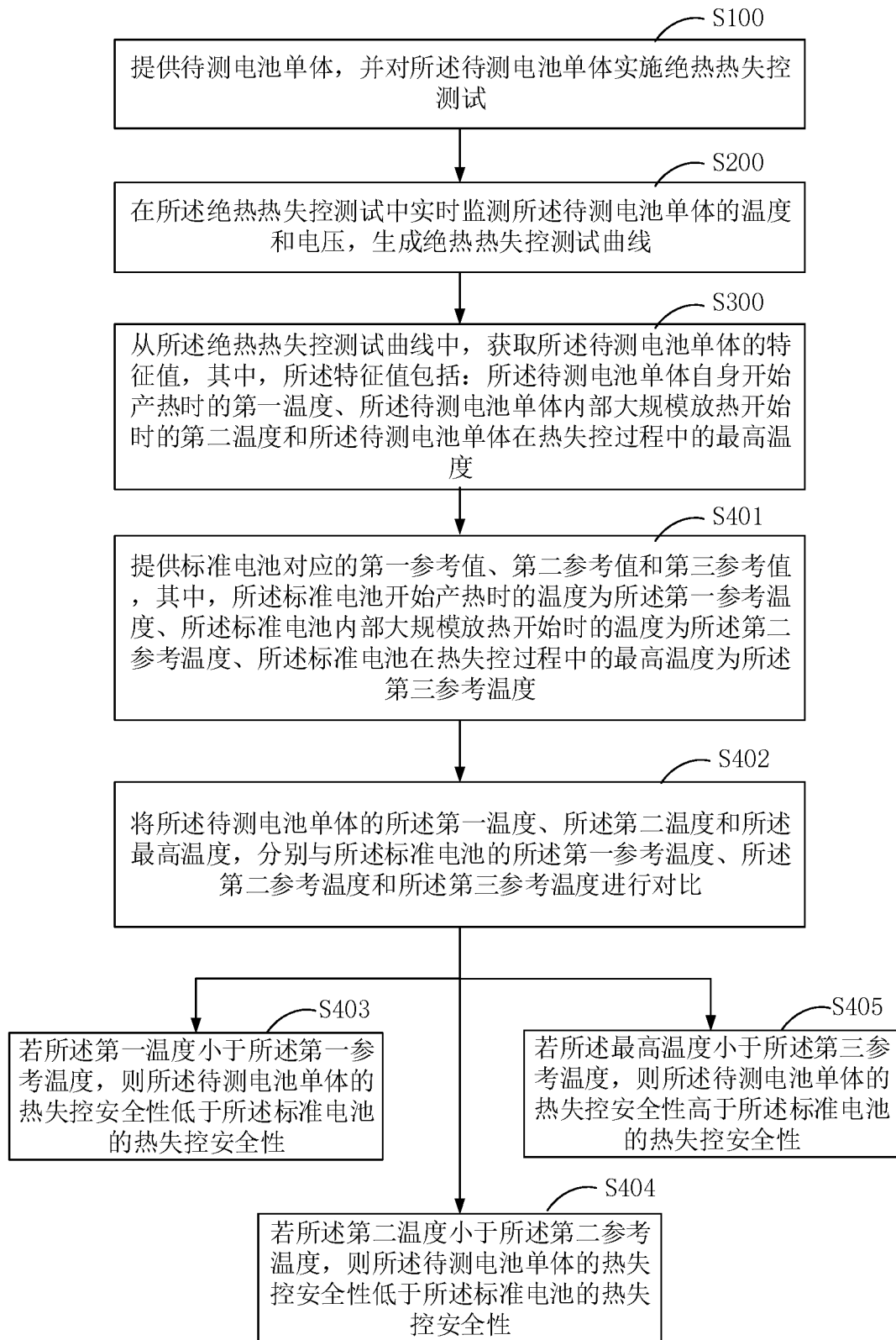


图 2

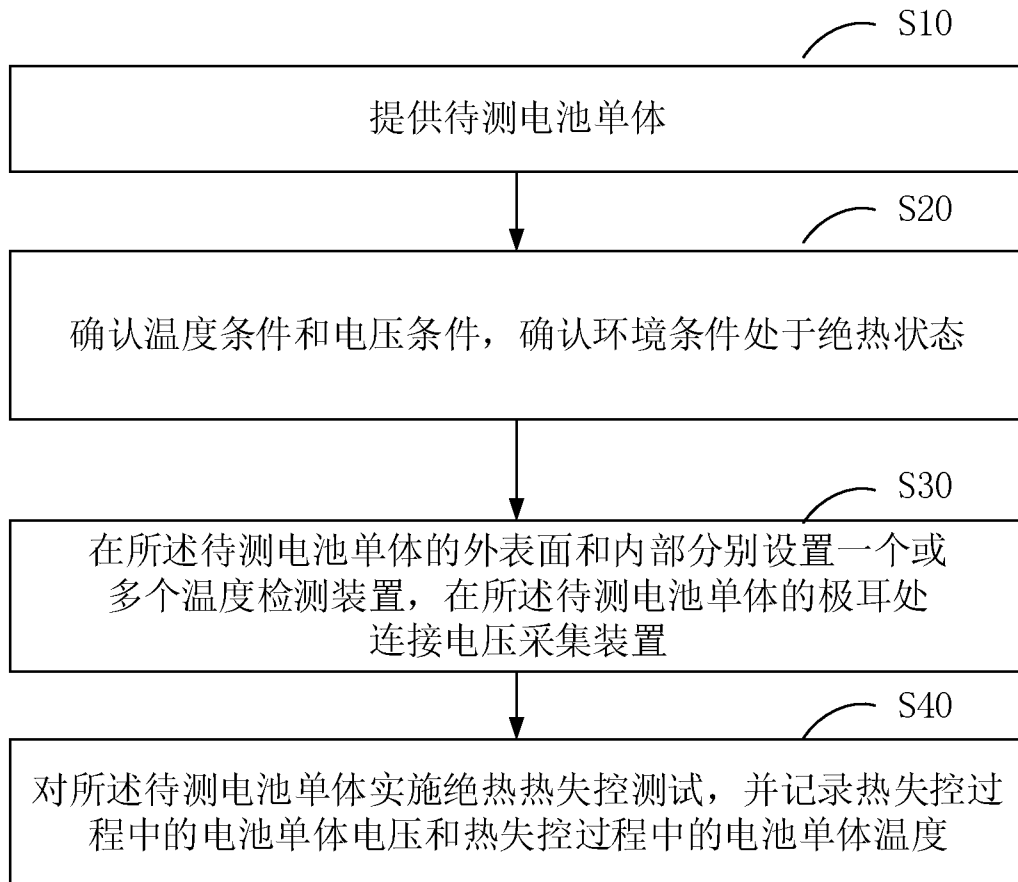


图 3

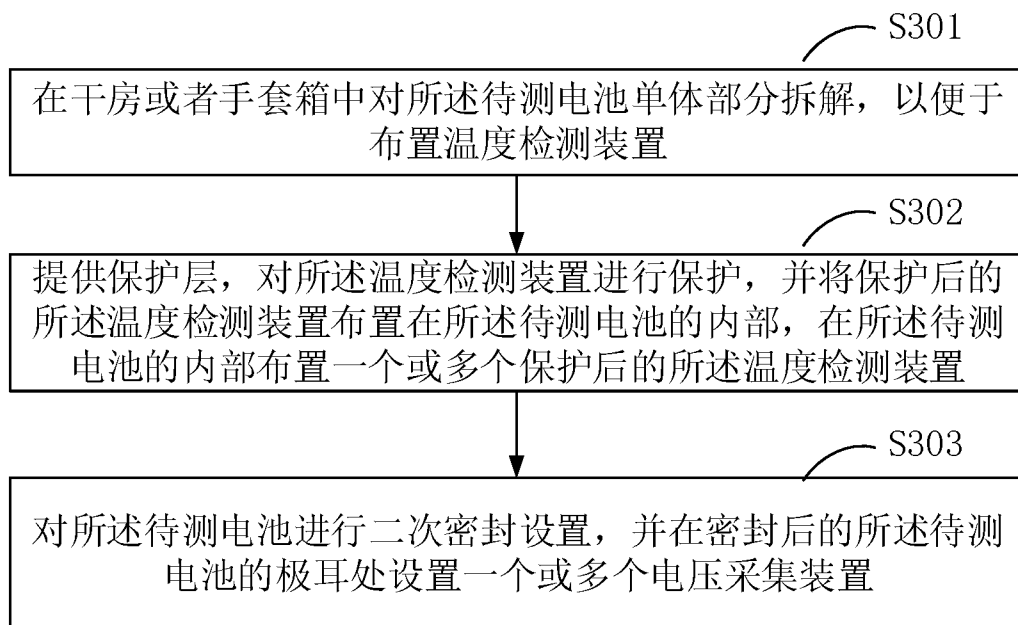


图 4

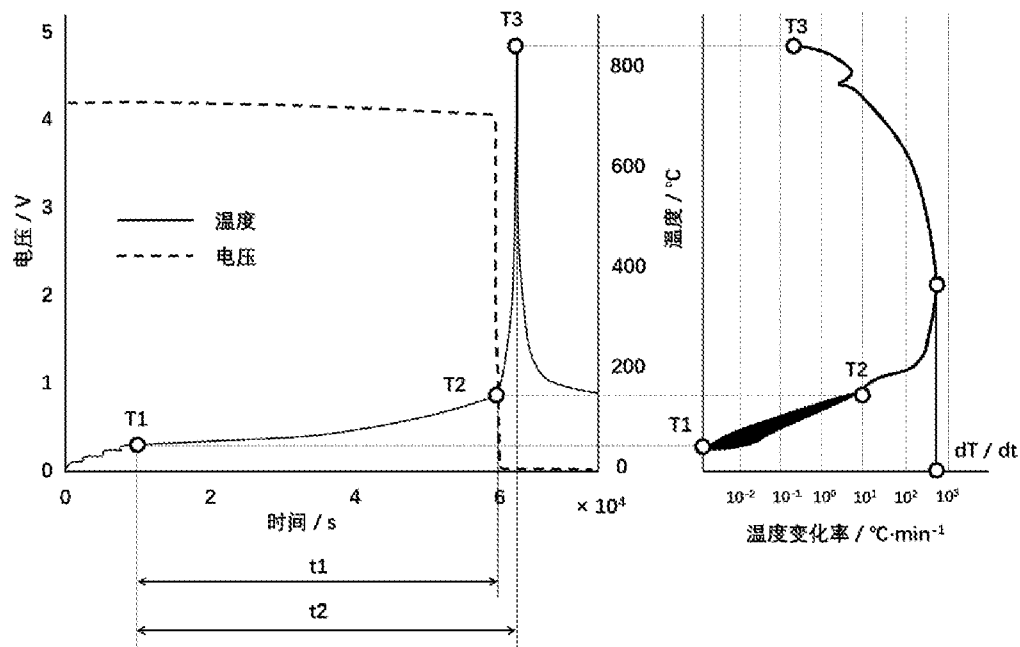


图 5

100

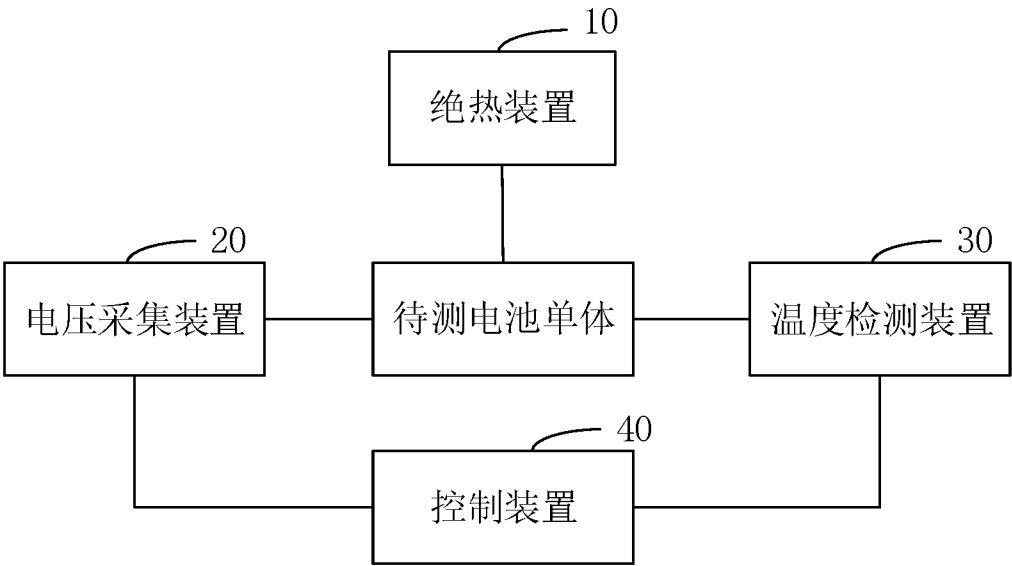


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/095775

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01R 31/367(2019.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC														
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01R Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI: 电池, 热失控, 绝热, 定量, 曲线, 特征值, 温度, 电压, 变化率, 温升, 时间, 时长, battery, accumulator, thermal, lose control, run away, ration, curve, eigenvalue, character, temperature, voltage, variety, ascend, time														
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>冯旭宁 (FENG, Xuning). "车用锂离子动力电池热失控诱发与扩展机理、建模与防控 (Thermal Runaway Initiation and Propagation of Lithium-Ion Traction Battery for Electric Vehicle: Test, Modeling and Prevention)" 中国博士学位论文全文数据库 工程科技II辑 (Engineering Science and Technology II, China Doctoral Dissertations Full-Text Database), 15 May 2018 (2018-05-15), main body, pages 53-60, 65, 66, 101 and 102</td> <td>1-3, 14, 15</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>冯旭宁 (FENG, Xuning). "车用锂离子动力电池热失控诱发与扩展机理、建模与防控 (Thermal Runaway Initiation and Propagation of Lithium-Ion Traction Battery for Electric Vehicle: Test, Modeling and Prevention)" 中国博士学位论文全文数据库 工程科技II辑 (Engineering Science and Technology II, China Doctoral Dissertations Full-Text Database), 15 May 2018 (2018-05-15), main body, pages 53-60, 65, 66, 101 and 102</td> <td>4-13</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>王莉 等 (WANG, Li et al.). "锂离子电池安全性评估的ARC测试方法和数据分析 (ARC Experimental and Data Analysis for Safety Evaluation of Li-ion Batteries)" 储能科学与技术 (Energy Storage Science and Technology), Vol. 7, No. 6, 30 November 2018 (2018-11-30), main body, pages 1261-1270</td> <td>4-13,</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	冯旭宁 (FENG, Xuning). "车用锂离子动力电池热失控诱发与扩展机理、建模与防控 (Thermal Runaway Initiation and Propagation of Lithium-Ion Traction Battery for Electric Vehicle: Test, Modeling and Prevention)" 中国博士学位论文全文数据库 工程科技II辑 (Engineering Science and Technology II, China Doctoral Dissertations Full-Text Database), 15 May 2018 (2018-05-15), main body, pages 53-60, 65, 66, 101 and 102	1-3, 14, 15	Y	冯旭宁 (FENG, Xuning). "车用锂离子动力电池热失控诱发与扩展机理、建模与防控 (Thermal Runaway Initiation and Propagation of Lithium-Ion Traction Battery for Electric Vehicle: Test, Modeling and Prevention)" 中国博士学位论文全文数据库 工程科技II辑 (Engineering Science and Technology II, China Doctoral Dissertations Full-Text Database), 15 May 2018 (2018-05-15), main body, pages 53-60, 65, 66, 101 and 102	4-13	Y	王莉 等 (WANG, Li et al.). "锂离子电池安全性评估的ARC测试方法和数据分析 (ARC Experimental and Data Analysis for Safety Evaluation of Li-ion Batteries)" 储能科学与技术 (Energy Storage Science and Technology), Vol. 7, No. 6, 30 November 2018 (2018-11-30), main body, pages 1261-1270	4-13,
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
X	冯旭宁 (FENG, Xuning). "车用锂离子动力电池热失控诱发与扩展机理、建模与防控 (Thermal Runaway Initiation and Propagation of Lithium-Ion Traction Battery for Electric Vehicle: Test, Modeling and Prevention)" 中国博士学位论文全文数据库 工程科技II辑 (Engineering Science and Technology II, China Doctoral Dissertations Full-Text Database), 15 May 2018 (2018-05-15), main body, pages 53-60, 65, 66, 101 and 102	1-3, 14, 15												
Y	冯旭宁 (FENG, Xuning). "车用锂离子动力电池热失控诱发与扩展机理、建模与防控 (Thermal Runaway Initiation and Propagation of Lithium-Ion Traction Battery for Electric Vehicle: Test, Modeling and Prevention)" 中国博士学位论文全文数据库 工程科技II辑 (Engineering Science and Technology II, China Doctoral Dissertations Full-Text Database), 15 May 2018 (2018-05-15), main body, pages 53-60, 65, 66, 101 and 102	4-13												
Y	王莉 等 (WANG, Li et al.). "锂离子电池安全性评估的ARC测试方法和数据分析 (ARC Experimental and Data Analysis for Safety Evaluation of Li-ion Batteries)" 储能科学与技术 (Energy Storage Science and Technology), Vol. 7, No. 6, 30 November 2018 (2018-11-30), main body, pages 1261-1270	4-13,												
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.														
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family														
Date of the actual completion of the international search 20 December 2019		Date of mailing of the international search report 02 January 2020												
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer Telephone No.												

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/095775**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104035048 A (SHANGHAI ENTRY-EXIT INSPECTION AND QUARANTINE BUREAU, INDUSTRIAL PRODUCTS AND RAW MATERIALS DETECTION TECHNOLOGY CENTER) 10 September 2014 (2014-09-10) entire document	1-15
A	CN 104008243 A (TSINGHUA UNIVERSITY et al.) 27 August 2014 (2014-08-27) entire document	1-15
A	CN 104375087 A (CHINESE ACADEMY OF INSPECTION AND QUARANTINE) 25 February 2015 (2015-02-25) entire document	1-15
A	CN 202583429 U (CHANGSHA UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY) 05 December 2012 (2012-12-05) entire document	1-15
A	US 9250297 B2 (TSINGHUA UNIVERSITY et al.) 02 February 2016 (2016-02-02) entire document	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/095775

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	104035048	A	10 September 2014	None			
CN	104008243	A	27 August 2014	CN	104008243	B	06 June 2017
CN	104375087	A	25 February 2015	None			
CN	202583429	U	05 December 2012	None			
US	9250297	B2	02 February 2016	CN	103675685	A	26 March 2014
				TW	201411162	A	16 March 2014

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/095775

A. 主题的分类 G01R 31/367(2019.01) i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G01R 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNPAT, CNKI, EPDOC, WPI: 电池, 热失控, 绝热, 定量, 曲线, 特征值, 温度, 电压, 变化率, 温升, 时间, 时长, battery, accumulator, thermal, lose control, run away, ration, curve, eigenvalue, character, temperature, voltage, variety, ascend, time																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>冯旭宁. “车用锂离子动力电池热失控诱发与扩展机理、建模与防控” 中国博士学位论文全文数据库 工程科技II辑, 2018年 5月 15日 (2018 - 05 - 15), 正文第53-60, 65-66, 101-102页</td> <td>1-3, 14-15</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>冯旭宁. “车用锂离子动力电池热失控诱发与扩展机理、建模与防控” 中国博士学位论文全文数据库 工程科技II辑, 2018年 5月 15日 (2018 - 05 - 15), 正文第53-60, 65-66, 101-102页</td> <td>4-13</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>王莉 等. “锂离子电池安全性评估的ARC测试方法和数据分析” 储能科学与技术, 第7卷, 第6期, 2018年 11月 30日 (2018 - 11 - 30), 正文第1261-1270页</td> <td>4-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104035048 A (上海出入境检验检疫局工业品与原材料检测技术中心) 2014年 9月 10日 (2014 - 09 - 10) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104008243 A (清华大学 等) 2014年 8月 27日 (2014 - 08 - 27) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104375087 A (中国检验检疫科学研究院) 2015年 2月 25日 (2015 - 02 - 25) 全文</td> <td>1-15</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	冯旭宁. “车用锂离子动力电池热失控诱发与扩展机理、建模与防控” 中国博士学位论文全文数据库 工程科技II辑, 2018年 5月 15日 (2018 - 05 - 15), 正文第53-60, 65-66, 101-102页	1-3, 14-15	Y	冯旭宁. “车用锂离子动力电池热失控诱发与扩展机理、建模与防控” 中国博士学位论文全文数据库 工程科技II辑, 2018年 5月 15日 (2018 - 05 - 15), 正文第53-60, 65-66, 101-102页	4-13	Y	王莉 等. “锂离子电池安全性评估的ARC测试方法和数据分析” 储能科学与技术, 第7卷, 第6期, 2018年 11月 30日 (2018 - 11 - 30), 正文第1261-1270页	4-13	A	CN 104035048 A (上海出入境检验检疫局工业品与原材料检测技术中心) 2014年 9月 10日 (2014 - 09 - 10) 全文	1-15	A	CN 104008243 A (清华大学 等) 2014年 8月 27日 (2014 - 08 - 27) 全文	1-15	A	CN 104375087 A (中国检验检疫科学研究院) 2015年 2月 25日 (2015 - 02 - 25) 全文	1-15
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	冯旭宁. “车用锂离子动力电池热失控诱发与扩展机理、建模与防控” 中国博士学位论文全文数据库 工程科技II辑, 2018年 5月 15日 (2018 - 05 - 15), 正文第53-60, 65-66, 101-102页	1-3, 14-15																					
Y	冯旭宁. “车用锂离子动力电池热失控诱发与扩展机理、建模与防控” 中国博士学位论文全文数据库 工程科技II辑, 2018年 5月 15日 (2018 - 05 - 15), 正文第53-60, 65-66, 101-102页	4-13																					
Y	王莉 等. “锂离子电池安全性评估的ARC测试方法和数据分析” 储能科学与技术, 第7卷, 第6期, 2018年 11月 30日 (2018 - 11 - 30), 正文第1261-1270页	4-13																					
A	CN 104035048 A (上海出入境检验检疫局工业品与原材料检测技术中心) 2014年 9月 10日 (2014 - 09 - 10) 全文	1-15																					
A	CN 104008243 A (清华大学 等) 2014年 8月 27日 (2014 - 08 - 27) 全文	1-15																					
A	CN 104375087 A (中国检验检疫科学研究院) 2015年 2月 25日 (2015 - 02 - 25) 全文	1-15																					
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> * 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 </td> <td style="vertical-align: top;"> “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件 </td> </tr> </table>			* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																			
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																						
国际检索实际完成的日期 2019年 12月 20日		国际检索报告邮寄日期 2020年 1月 2日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 葛加伍 电话号码 86-(10)-53961485																					

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 202583429 U (长沙理工大学) 2012年 12月 5日 (2012 - 12 - 05) 全文	1-15
A	US 9250297 B2 (TSINGHUA UNIVERSITY 等) 2016年 2月 2日 (2016 - 02 - 02) 全文	1-15

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/095775

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	104035048	A	2014年 9月 10日	无	
CN	104008243	A	2014年 8月 27日	CN 104008243	B 2017年 6月 6日
CN	104375087	A	2015年 2月 25日	无	
CN	202583429	U	2012年 12月 5日	无	
US	9250297	B2	2016年 2月 2日	CN 103675685	A 2014年 3月 26日
				TW 201411162	A 2014年 3月 16日