

(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
2024 年 2 月 22 日 (22.02.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/036737 A1

(51) 国际专利分类号:

G01R 31/392 (2019.01) **G01R 31/378** (2019.01)
G01R 31/367 (2019.01) **G01R 31/389** (2019.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/125720

(22) 国际申请日: 2022 年 10 月 17 日 (17.10.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:

202210985717.0 2022年8月17日 (17.08.2022) CN

(71) 申请人: 山东大学 (SHANDONG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国山东省济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。

(72) 发明人: 段彬 (DUAN, Bin); 中国山东省济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。黄鹏 (HUANG, Peng); 中国山东省济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。张承慧 (ZHANG, Chenghui); 中国山东省济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。康永哲

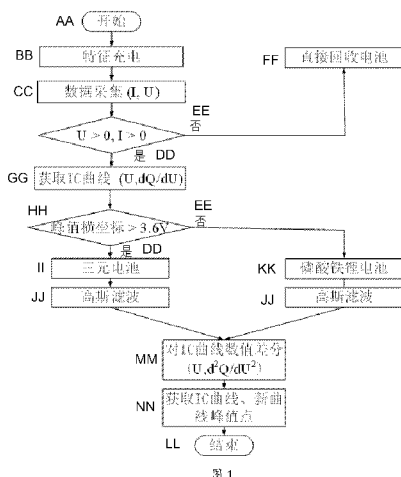
(KANG, Yongzhe); 中国山东省济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。商云龙 (SHANG, Yunlong); 中国山东省济南市历下区经十路 17923 号, Shandong 250061 (CN)。

(74) 代理人: 济南圣达知识产权代理有限公司 (JINAN SHENGDA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国山东省济南市历下区经十路 17703 号华特广场 B510 室, Shandong 250061 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(54) Title: AGING STATE ASSESSMENT AND RETIREMENT SCREENING METHOD AND SYSTEM FOR POWER BATTERY

(54) 发明名称: 一种动力电池老化状态评估与退役筛选方法及系统



AA Start
BB Perform special charging
CC Perform data collection (I, U)
DD Yes
EE No
FF Directly perform battery recycling
GG Acquire an IC curve (U, dQ/dU)
HH Is the peak abscissa greater than 3.6 V?
JJ Ternary battery
JJ Perform Gaussian filtering
KK Lithium iron phosphate battery
LL Finish
MM Differentiate values of the IC curve (U, d²Q/dU²)
NN Acquire peak points of the IC curve and a new curve

(57) Abstract: An aging state assessment and retirement screening method and system for a power battery. The method comprises: performing first-level screening according to the appearance and voltage data of a power battery; acquiring test data obtained when the power battery which has been subjected to the first-level screening is charged within a set time, performing derivation and second derivation on the basis of a capacity-voltage curve of the battery, and respectively extracting a first index and a second index of a set peak of the curve which has been subjected to derivation, which first index and second index are respectively used for determining the category and consistency of the battery, such that second-level screening is realized; and on the basis of the direct-current internal resistance of the battery, performing third-level screening on the battery which has been subjected to the second-level screening. The screening method can effectively shorten the detection time, reduce the test cost, and improve the assessment and screening precision.

(57) 摘要: 一种动力电池老化状态评估与退役筛选方法及系统, 方法包括: 根据动力电池的外观以及电压数据进行第一层次筛选; 获取第一层次筛选后的动力电池的设定时间内充电的测试数据, 基于电池的容量-电压曲线进行求导和二次求导, 分别提取求导后曲线的设定峰值第一指标和第二指标, 分别用于判断电池类别和一致性, 实现第二层次筛选; 基于电池的直流内阻对第二层次筛选后的电池进行第三层次筛选。筛选方法可以有效降低检测时间, 降低测试成本, 提升评估和筛选精度。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

一种动力电池老化状态评估与退役筛选方法及系统

本发明要求于 2022 年 8 月 17 提交中国专利局、申请号为 202210985717.0、发明名称为“一种动力电池老化状态评估与退役筛选方法及系统”的中国专利申请优先权，其全部内容通过引用结合在本发明中。

技术领域

本发明属于电池评估和筛选技术领域，涉及一种动力电池老化状态评估与退役筛选方法及系统。

背景技术

本部分的陈述仅仅是提供了与本发明相关的背景技术信息，不必然构成在先技术。

动力电池是电动汽车和新能源储能系统的“心脏”，尤其是锂离子电池具有高能量密度、长循环寿命和高可靠性等优点而被广泛采用。但是，随着动力电池的不断老化，其性能将逐渐下降。电池容量是反应电池老化状态最直接参数。当电池容量低于额定容量的 80% 时，其性能将无法满足电动汽车的应用需求，但仍具有较高的剩余容量和经济价值，所以将电动汽车退役电池直接丢弃是不合理的，其梯次利用或二次利用已成为必然趋势并引起广泛关注。电池梯次利用可根据实际需求应用于不同场景，如新能源储能系统、低速电动汽车、电动自行车等，其中在新能源储能系统中的应用主要用于解决新能源消纳，支撑新能源稳定发展。综上所述，动力电池从生产制造到梯次利用都需要综合考虑应用场景、经济性和环境等多个因素来完成状态检测和评估。

事实上，动力电池的内部性能差异主要表现在内阻和最大可用容量两个方面。据此，当前对动力电池的筛选方法主要分为两类：第一类是直接测量方法。首先观察电池的外观特征，可以简单判断电池完整性；然后通过充电和放电测试获得电压数据，通过电压值分类筛选。该方法准确性好，但是整个测试过程工序复杂，耗时且繁琐，而且经济性差，难以大规模应用。另一类筛选方法利用容量和内阻的相关特征进行分类。但常用的方法适应性差，不能满足包括 LiNCM、LiFePO₄ 等电池种类多、特性差异大的要求。

中国发明专利申请(申请号 202010273168.5)提出一种以电池的直流内阻 RDC、库伦效率 CE、容量保持率 SOH、温升 ΔT 和电压增量 ΔV 五个电池参数作为指标进行筛选。存在多参数特征获取周期长、缺乏实际验证等问题。中国发明专利申请(202010610610.9)通过测量的电池容量、内阻、温度三个参数进行多层次筛选，但整个筛选过程测试时间过长，尤其是容量指标的获取需要完整的充电过程，并且温度参数的获取会增加筛选过程的成本问题。

电池的增量容量曲线的峰值与电池老化有明显的映射关系，在电池容量估计中获得较多的研究。通常以多个电池峰值作为容量指标，估计效果很好，但是多个峰值就会带来电池充电时间过长的的问题，一个峰值下的容量估计效果往往很不理想。

发明内容

本发明为了解决上述问题，提出了一种动力电池老化状态评估与退役筛选方法及系统，本发明可以有效降低检测时间，降低筛选的测试成本，提升评估和筛选精度。

根据一些实施例，本发明采用如下技术方案：

一种动力电池老化状态评估与退役筛选方法，用于筛选退役动力电池，包括以下步骤：

根据动力电池的外观以及电压数据进行第一层次筛选；

获取第一层次筛选后的动力电池的设定时间内充电的测试数据，基于电池的容量-电压曲线进行求导和二次求导，分别提取求导后曲线的设定峰值第一指标和第二指标，分别用于判断电池类别和一致性，实现第二层次筛选；

基于电池的直流内阻对第二层次筛选后的电池进行第三层次筛选。

作为可选择的实施方式，所述测试数据包括动力电池充电过程中的电压、电流数据。

作为可选择的实施方式，所述设定时间大于等于动力电池能够充电至表现出第一指标和第二指标所需的时间。

作为可选择的实施方式，第二层次筛选的具体过程包括：以电池的容量-电压曲线进行求导得到增量容量曲线，提取滤波后增量容量曲线的第一个峰值作为第一指标，利用第一指标判断电池类别；

对增量容量曲线进行求导得到新曲线，提取滤波后新曲线的第一个峰值作为第二指标，利用第二指标确定各类别电池的一致性，筛选出一致性小于设定值的各同类别电池。

作为进一步限定的实施方式，若第一指标所在横坐标值大于预设值，则为三元锂电池，否则为磷酸铁锂电池。

作为进一步限定的实施方式，利用第二指标确定各类别电池的一致性的具体过程包括，利用至少一训练后的随机森林模型，根据第二指标确定每个类别电池的一致性。

作为进一步限定的实施方式，所述随机森林模型的训练过程包括：

通过对部分不同类型的退役电池充电获取电压、电流数据，并利用安时积分法获得退役电池真实的容量值；

利用一部分充电片段的容量-电压数据提取第一指标和第二指标，通过第一指标坐标位置判断电池类型，分别组成不同电池训练样本集，有放回地抽取多个样本，作为一个训练子集；

对于训练子集，从特征集中无放回地随机抽取多个特征，作为决策树上的每个节点分裂的依据，从根结点开始，自上而下生成一个完整的决策树，不断重复直到得到多个决策树，将各决策树组合起来，形成随机森林模型。

作为可以选择的方案，所述电池直流内阻的获取过程包括：对于磷酸铁锂电池，完成充电任务之后放电到第一设定电压后静置一段时间，根据第一设定电压和静置后的电压值，计算得到电池的直流内阻；对于三元电池，获取容量特征之后继续充电到第二设定电压后静置一段时间，根据第二设定电压和静置后的电压值，计算得到电池的直流内阻。

一种动力电池老化状态评估与退役筛选系统，包括：

第一筛选模块，被配置为根据动力电池的外观以及电压数据进行第一层次筛选；

第二筛选模块，被配置为获取第一层次筛选后的动力电池的设定时间内充电的测试数据，基于电池的容量-电压曲线进行求导和二次求导，分别提取求导后曲线的设定峰值第一指标和第二指标，分别用于判断电池类别和一致性，实现第二层次筛选；

第三筛选模块，被配置为基于电池的直流内阻对第二层次筛选后的电池进行

第三层次筛选。

与现有技术相比，本发明的有益效果为：

本发明构建了第一指标和第二指标，只要充电至电池表现出第一指标和第二指标即可，能够大幅缩小测试时间，减少测试所需数据，提高退役电池的筛选速度。

本发明在短时间内获取动力电池的电压、电流数据并快速处理完成电池老化性能评估，速度快、精度高、适应性强，可推广应用于退役电池筛选等领域。

本发明分别利用外观基础数据、容量特性指标和直流内阻可完成多个层次的退役电池筛选。大量的实验测试表明本发明提出的评估和筛选方法有效地减少测试时间，同时保证很高的准确率。通过将性能接近退役电池重组之后进行充放电测试，发现相比于初始模组，重组之后电池单体之间的电压一致性有明显改善。

附图说明

构成本发明的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。

图 1 是动力电池老化状态评估新指标的获取过程；

图 2 是退役电池的随机森林算法流程；

图 3 是多个退役的三元锂电池增量容量曲线和容量-电压二阶导数曲线图；

图 4 是多个退役的磷酸铁锂电池增量容量曲线和容量-电压二阶导数曲线图；

图 5 是退役的三元锂电池的分选结果图；

图 6 是退役的磷酸铁锂电池的分选结果图；

图 7 是退役的三元锂电池重组前和重组后充放电一致性效果图；

图 8 是退役的磷酸铁锂电池重组前和重组后充放电一致性效果图；

图 9 是退役的三元电池在不同 dv 间隔下的筛选准确率图；

图 10 是退役的磷酸铁锂电池在不同 dv 间隔下的筛选准确率图；

图 11 是退役的磷酸铁锂电池在不同采样频率下的筛选准确率图；

图 12 是退役的三元电池在不同采样频率下的筛选准确率图。

具体实施方式：

下面结合附图与实施例对本发明作进一步说明。

应该指出，以下详细说明都是例示性的，旨在对本发明提供进一步的说明。除非另有指明，本文使用的所有技术和科学术语具有与本发明所属技术领域的普通技术人员通常理解的含义。

需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本发明的示例性实施方式。如在这里所使用的，除非上下文另外明确指出，否则单数形式也意图包括复数形式，此外，还应当理解的是，当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时，其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

实施例一

提供了动力电池老化状态评估方法及其退役筛选方法，其中老化状态新指标的获取流程以及随机森林算法流程分别如图 1、2 所示，具体包括如下过程：

(1) 通过拆解退役电池模组为退役电池单体，随后观察电池外观、电压以及自放电率，将其中一部分电池挑选出来直接回收。

在一部分实施例中，电池外观可以由摄像头等拍摄设备采集，经过图像处理模型自动分别，图像处理模型选用现有智能算法模型即可，以识别电池外壳是否存在破损，排除存在破损的电池。

当然，在部分实施例中，也可以人工挑选。

另外，还需要挑出电压和自放电率小于设定值的电池。

(2) 通过特殊充电获取退役电池电压、电流数据，并进行预处理得到增量容量曲线和容量-电压二阶导数曲线，本实施例中，数据的采样频率为 1Hz。

本部分的特殊充电是指只需将电池充电至动力电池能够充电至表现出第一指标和第二指标后即可。

本实施例中，测试工况具体步骤如下：

以 1/3C 恒流充电到增量容量曲线的第一个峰值点（即第一指标），充电截止；

根据第一个峰值点的横坐标是否大于设定值（本实施例中为 3.6V），以判断电池的类型；

如果是磷酸铁锂电池则放电到 3.3V，截止放电，记录 3.3V 下直流内阻值；

如果是三元电池则继续充电到 4.0V，截止充电，记录 4.0V 下直流内阻值；

(3) 基于电池的充电数据提取电池容量相关的特征；

通过对电池的容量-电压曲线进行求导得到增量容量曲线，经过高斯滤波之后提取增量容量曲线的第一个峰值作为其中一个老化指标（即第一指标）；对增量容量曲线进行求导得到新曲线，经过高斯滤波之后，提取新曲线的第一个峰值作为评估老化状态的新指标（即第二指标）。

具体的，电池容量的计算公式如下所示：

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} i(t) dt$$

式中： Q 为电池安时积分法得到的容量， t_1 为充电起始时刻， t_2 为充电终止时刻， $i(t)$ 是充电过程中的电流值。

退役电池增量容量曲线的计算公式如下：

$$\frac{dQ(t)}{dV(t)} = \left(\frac{Q(n+j) - Q(j)}{V(n+j) - V(j)} \right)$$

式中： $Q(t)$ 和 $V(t)$ 分别表示 t 时刻的电量和端电压。 $Q(j)$ 和 $V(j)$ 分别是 $Q(t)$ 和 $V(t)$ 的离散形式。此外， n 是采样间隔。

评估老化状态新指标的计算公式如下所示：

$$\frac{d^2Q(t)}{dV(t)^2} = \left(\frac{Q'(n+j) - Q'(j)}{V(n+j) - V(j)} \right)$$

其中 $Q'(t)$ 表示电量函数在 t 时刻的导数值， $Q'(j)$ 是 $Q'(t)$ 的离散形式， n 是采样间隔。

基于随机森林算法的退役筛选的训练过程包括：

通过对部分不同类型的退役电池充电获取电压、电流数据，并利用安时积分法获得退役电池真实的容量值；

仅利用少量充电片段的容量-电压数据提取上述特征，通过增量容量曲线的峰值坐标位置判断电池类型，分别组成磷酸铁锂电池训练样本集和三元锂电池训练样本集；

这两种退役电池的训练样本集可以分别用于训练两个随机森林模型，并且两个模型训练过程一致，包括：

为了描述方便，假设训练集为 T ，由 N 个样本组成，设特征集为 F 包含第一指标和第二指标，类别集合为 C 。

(a) 从容量为 N 的训练集 T 中，采用自助抽样法 (bootstrap)，即有放回地抽取 N 个样本，作为一个训练子集 T_k ；

(b) 对于训练子集 T_k ，从特征集 F 中无放回地随机抽取 m 个特征，其中

$m=\log_2 M$ (向上取整), 其中 M 表示特征集的维度, 作为决策树上的每个节点分裂的依据, 从根结点开始, 自上而下生成一个完整的决策树 D_k , 不需要剪枝;

(c) 重复 n 次步骤 (a) 和 (b), 得到 n 个训练子集 $T_1, T_2, \dots, T_n$, 并生成决策树 $D_1, D_2, \dots, D_n$, 将 n 个决策树组合起来, 形成随机森林。

作为一种典型实施例, 本实施例中对退役电池容量-电压曲线进行两次处理来提取表征电池容量的特征; 提取的特征包括: 增量容量曲线的第一个峰值点坐标和容量-电压二阶导数曲线的第一个峰值点坐标。退役电池的容量越低, 峰值点的位置向着右下方移动, 如图 3、4 所示。

通过求取特征与容量之间的皮尔逊相关性系数, 表明特征与容量的相关性较强, 具体结果如表 1 所示。 P_1 和 P_2 分别是退役三元电池的两个曲线的峰值点; P_3 和 P_4 是退役磷酸铁锂电池的两个曲线的峰值点, 其中 P_{i_x} 表示峰值点横坐标, P_{i_y} 表示峰值点纵坐标, ($i=1,2,3,4$)。

表 1 提取特征与容量之间的相关性系数

特征	P_{1_x}	P_{1_y}	P_{2_x}	P_{2_y}	P_{3_x}	P_{3_y}	P_{4_x}	P_{4_y}
系数	-0.77	0.89	-0.70	0.87	-0.56	0.84	0.48	0.77

本实施案例中, 基于退役三元电池的增量容量曲线以及容量-电压二阶导数曲线提取 l 个电池的容量特征构成训练集 $\{(P_{1,1}, P_{1,2}, C_1), (P_{2,1}, P_{2,2}, C_2), \dots, (P_{l,1}, P_{l,2}, C_l)\}$; 基于退役磷酸铁锂电池的增量容量曲线以及容量-电压二阶导数曲线提取 k 个电池的容量特征 $(P_{i,3}, P_{i,4}, C_1)$ 构成训练集 $\{(P_{1,3}, P_{1,4}, C_2), (P_{2,3}, P_{2,4}, SOH), \dots, (P_{k,3}, P_{k,4}, C_k)\}$ 。

基于退役的磷酸铁锂电池数据集训练随机森林模型一, 基于退役的三元电池数据集训练随机森林模型二。随机森林模型由多个独立的决策树组成, 并且将

bootstrap 取样得到 n 个训练样本子集用于训练 n 个决策树，最后生成随机森林。

将测试集输入到训练好的基于随机森林的退役电池筛选模型中，让每个决策树对测试集进行决策，然后采用多数投票法对决策结果投票，最终决定退役电池的类别号，如图 2 所示。本实施例中，基于随机森林的退役电池筛选模型的输出函数具体为：

$$\hat{Y} = \arg \max_c \sum_{j=1}^J F(D_j(T) = C)$$

其中， C 表示实际类别集， $D_j(T)$ 是第 j 个决策树的估计类别， $F(\cdot)$ 是一个 0-1 判断函数， $\arg \max(\cdot)$ 输出票数最多的类别号。

本实施例中选取了 222 节退役的磷酸铁锂电池和 103 节退役的三元电池组成样本集进行训练和测试，其中具体的训练集样本和测试集样本数目如表 2, 3 所示。

表 2 退役的三元电池训练样本和测试样本数目。

类别	1	2	3
总样本	45	47	11
训练样本	30	31	7
测试样本	15	16	4

表 3 退役的磷酸铁锂电池训练样本和测试样本数目

类别	1	2	3
总样本	15	32	175
训练样本	10	22	117
测试样本	5	10	58

为了展示所提出方法的分类效果，依据容量的大小和密集程度将每种退役电池分成三类，每一类都选取一部分退役电池用于训练，通过对比实际分类结果和预测分类结果实现对所提出方法的检验。不同种类的退役电池筛选结果如图 5、6

所示，其中退役的三元电池测试集的分类正确率为 97.14%，磷酸铁锂电池测试集分类正确率为 97.26%。退役电池整体上的筛选准确率高达 97.22%，108 个退役电池中仅有三个被错误分类。此外，由于是小片段的充电测试，所以测试时间大幅度缩减。

测试结果评估函数为：

$$\alpha = \frac{\sum_{\mu=1}^{\lambda} C_{\mu} \odot C'_{\mu}}{\lambda} \times 100\%$$

其中， λ 表示测试集中退役电池的个数， C'_{μ} 表示第 μ 个退役电池的预测分类号， C_{μ} 表示第 μ 个退役电池的实际分类号。

基于电池容量分类的结果，通过提取直流内阻进行第三层次筛选。

两种电池可以利用上述电压点下的直流内阻作为整个电池的内阻。通过以 0.1V 作为电压间隔进行脉冲放电：放电每减少 0.1V，静置一段时间测量电池的直流内阻，发现磷酸铁锂电池在低电压范围内直流内阻变化不明显，可以将 3.3V 下直流内阻作为电池内阻，减少测试时间；而对于三元电池在充电过程中高电压区域内阻变化不明显，所以将 4.0V 下的直流内阻作为电池内阻，可以减少测试时间。

两种电池可以利用上述电压点下的直流内阻作为整个电池的内阻。通过以 0.1V 作为电压间隔进行脉冲放电：放电每减少 0.1V，静置一段时间测量电池的直流内阻，发现磷酸铁锂电池在低电压范围内直流内阻变化不明显，可以将 3.3V 下直流内阻作为电池内阻，减少测试时间；而对于三元电池在充电过程中高电压区域内阻变化不明显，所以将 4.0V 下的直流内阻作为电池内阻，可以减少测试时间。

直流内阻的计算公式如下所示：

$$DCR = \left| \frac{U(t_1) - U(t_1 + 1)}{I(t_1)} \right|$$

$U(t_1)$ 表示 t_1 时刻的电压值, $U(t_1+1)$ 表示 t_1 时刻后静置第 1s 的电压值, $I(t_1)$ 为 t_1 时刻的电流值。

本实施例中, 通过将性能相近的退役三元电池和磷酸铁锂电池分别重组, 每个模组由四个电池单体串联形成。通过简单的完全充放电测试来验证电池单体之间的电压不一致性, 结果如图 7、8 所示。图中可以看出, 重组之后电池一致性相比之前的初始模组有明显的改善。

在部分实施例中, 还包括重组后验证过程, 将性能相近的退役三元电池、磷酸铁锂电池分别串联重组后进行正常充放电测试, 验证筛选重组之后的电池之间的一致性。

实施例二

在一个或多个实施方式中, 公开了动力电池老化状态评估和退役筛选系统, 包括:

一种动力电池老化状态评估与退役筛选系统, 包括:

第一筛选模块, 被配置为根据动力电池的外观以及电压数据进行第一层次筛选;

第二筛选模块, 被配置为获取第一层次筛选后的动力电池的设定时间内充电的测试数据, 基于电池的容量-电压曲线进行求导和二次求导, 分别提取求导后曲线的设定峰值第一指标和第二指标, 分别用于判断电池类别和一致性, 实现第二层次筛选;

第三筛选模块, 被配置为基于电池的直流内阻对第二层次筛选后的电池进行第三层次筛选。

需要说明的是, 上述各模块的具体实现方式已经在实施例一中进行了说明,

此处不再详述。

实施例三

在一个或多个实施方式中，退役电池可在不同电压间隔下获取电池的增量容量曲线以及容量-电压二阶导数曲线。虽然两个曲线会有一定变化，但所提出的动力电池老化状态评估方法及其退役筛选技术依然适用。退役电池测试 100 次的筛选准确率如图 9、10 所示。

实施例四

在一个或多个实施方式中，退役电池可以在不同采样频率下获取电池的电压、电流数据，并且所提出的动力电池老化状态评估方法及其退役筛选技术依然适用。退役电池测试 100 次的筛选准确率如图 11、12 所示。

本领域内的技术人员应明白，本发明的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本发明可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本发明可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质（包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等）上实施的计算机程序产品的形式。

本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备（系统）、和计算机程序产品的流程图和 / 或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和 / 或方框图中的每一流程和 / 或方框、以及流程图和 / 或方框图中的流程和 / 或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制造品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述，但并非对本发明保护范围的限制，所属领域技术人员应该明白，在本发明的技术方案的基础上，本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

权利要求书

1、一种动力电池老化状态评估与退役筛选方法，其特征是，包括以下步骤：

根据动力电池的外观以及电压数据进行第一层次筛选；

获取第一层次筛选后的动力电池的设定时间内充电的测试数据，基于电池的容量-电压曲线进行求导和二次求导，分别提取求导后曲线的设定峰值第一指标和第二指标，分别用于判断电池类别和一致性，实现第二层次筛选；

基于电池的直流内阻对第二层次筛选后的电池进行第三层次筛选。

2、如权利要求1所述的一种动力电池老化状态评估与退役筛选方法，其特征是，所述测试数据包括动力电池充电过程中的电压、电流数据。

3、如权利要求1所述的一种动力电池老化状态评估与退役筛选方法，其特征是，所述设定时间大于等于动力电池能够充电至表现出第一指标和第二指标所需的时间。

4、如权利要求1所述的一种动力电池老化状态评估与退役筛选方法，其特征是，第二层次筛选的具体过程包括：以电池的容量-电压曲线进行求导得到增量容量曲线，提取滤波后增量容量曲线的第一个峰值作为第一指标，利用第一指标判断电池类别；

对增量容量曲线进行求导得到新曲线，提取滤波后新曲线的第一个峰值作为第二指标，利用第二指标确定各类别电池的一致性，筛选出一致性小于设定值的各同类别电池。

5、如权利要求4所述的一种动力电池老化状态评估与退役筛选方法，其特征是，若第一指标所在横坐标值大于预设值，则为三元锂电池，否则为磷酸铁锂电池。

6、如权利要求4所述的一种动力电池老化状态评估与退役筛选方法，其特征

是，利用第二指标确定各类别电池的一致性的具体过程包括，利用至少一训练后的随机森林模型，根据第二指标确定每个类别电池的一致性。

7、如权利要求 6 所述的一种动力电池老化状态评估与退役筛选方法，其特征是，所述随机森林模型的训练过程包括：

通过对部分不同类型的退役电池充电获取电压、电流数据，并利用安时积分法获得退役电池真实的容量值；

利用一部分充电片段的容量-电压数据提取第一指标和第二指标，通过第一指标坐标位置判断电池类型，分别组成不同电池训练样本集，有放回地抽取多个样本，作为一个训练子集；

对于训练子集，从特征集中无放回地随机抽取多个特征，作为决策树上的每个节点分裂的依据，从根结点开始，自上而下生成一个完整的决策树，不断重复直到得到多个决策树，将各决策树组合起来，形成随机森林模型。

8、如权利要求 1 所述的一种动力电池老化状态评估与退役筛选方法，其特征是，所述电池直流内阻的获取过程包括：对于磷酸铁锂电池，完成充电任务之后放电到第一设定电压后静置一段时间，根据第一设定电压和静置后的电压值，计算得到电池的直流内阻；对于三元电池，获取容量特征之后继续充电到第二设定电压后静置一段时间，根据第二设定电压和静置后的电压值，计算得到电池的直流内阻。

9、如权利要求 8 所述的一种动力电池老化状态评估与退役筛选方法，其特征是，所述电池直流内阻的获取过程包括：将各类电池设定电压下的直流内阻作为整个电池的内阻。

10、一种动力电池老化状态评估与退役筛选系统，其特征是，包括：

第一筛选模块，被配置为根据动力电池的外观以及电压数据进行第一层次筛选；

第二筛选模块，被配置为获取第一层次筛选后的动力电池的设定时间内充电的测试数据，基于电池的容量-电压曲线进行求导和二次求导，分别提取求导后曲线的设定峰值第一指标和第二指标，分别用于判断电池类别和一致性，实现第二层次筛选；

第三筛选模块，被配置为基于电池的直流内阻对第二层次筛选后的电池进行第三层次筛选。

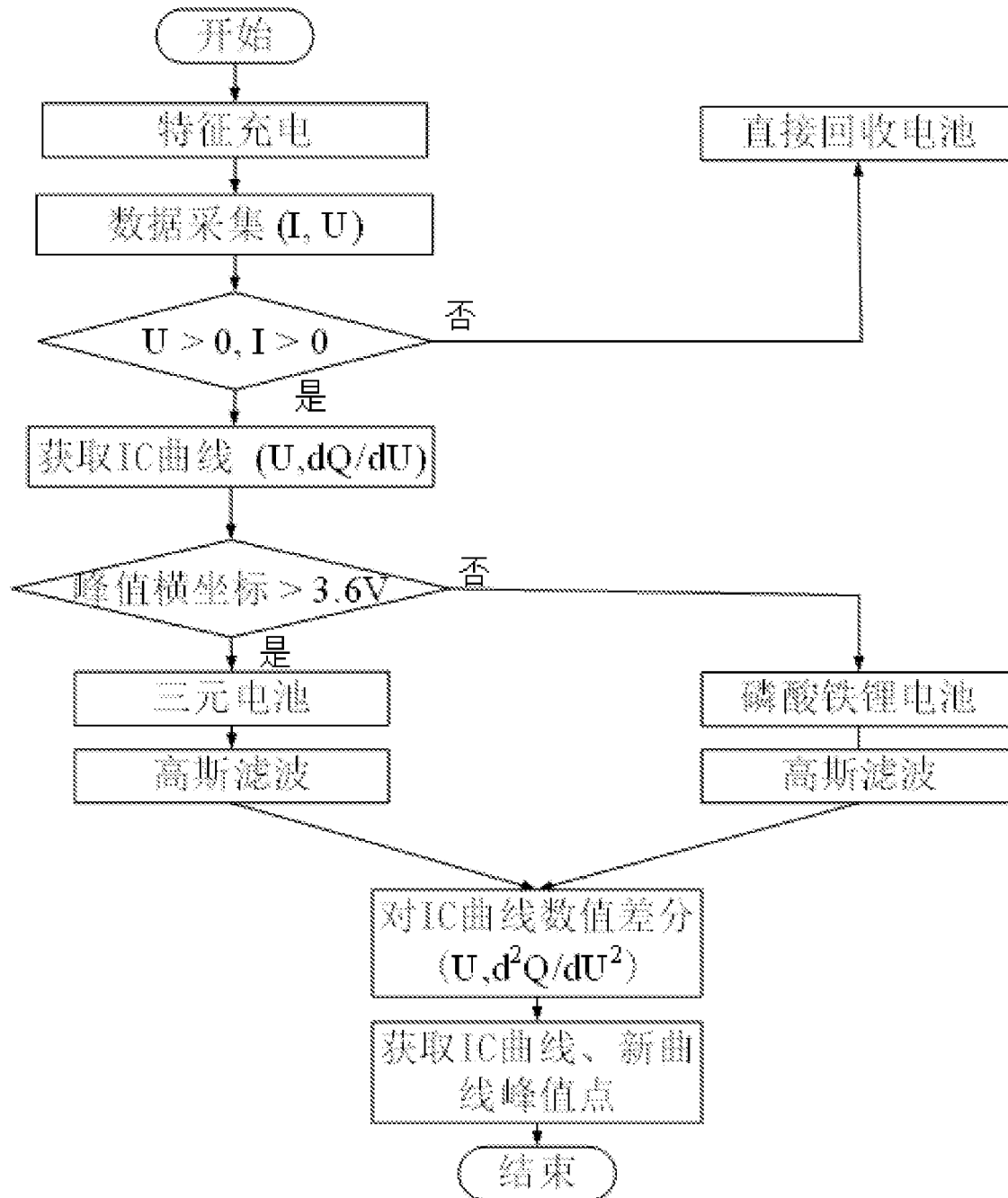


图 1

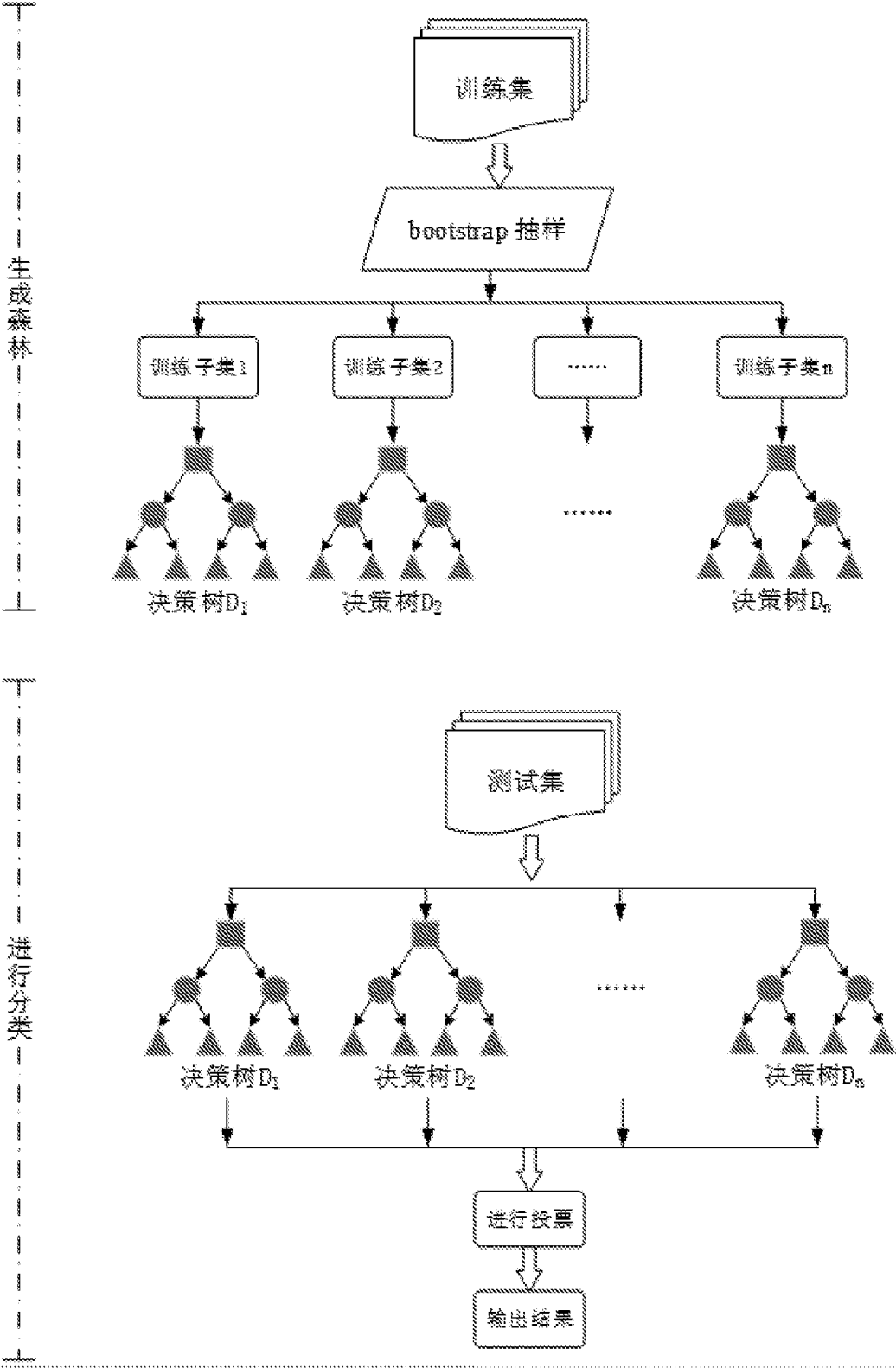


图 2

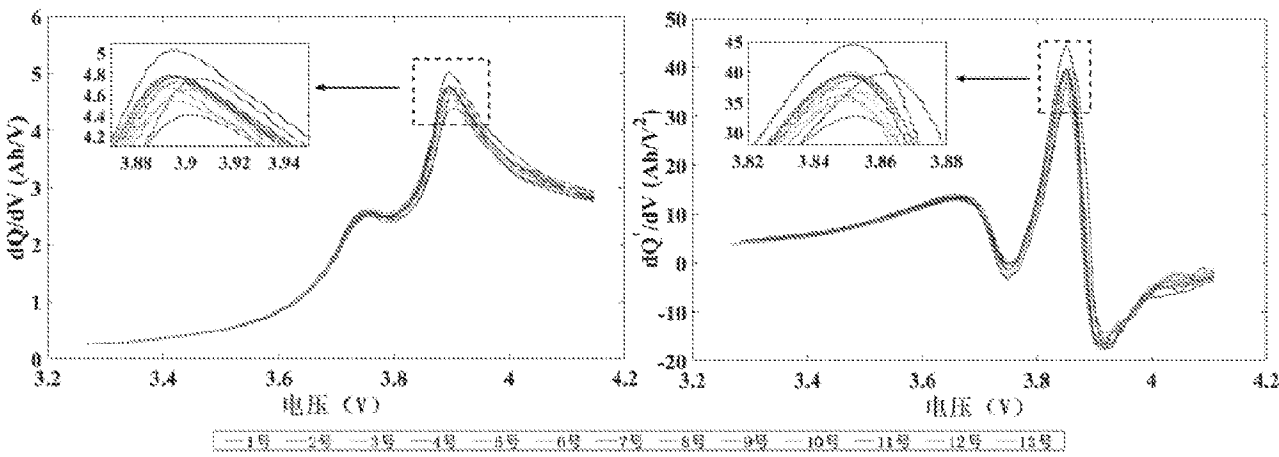


图 3

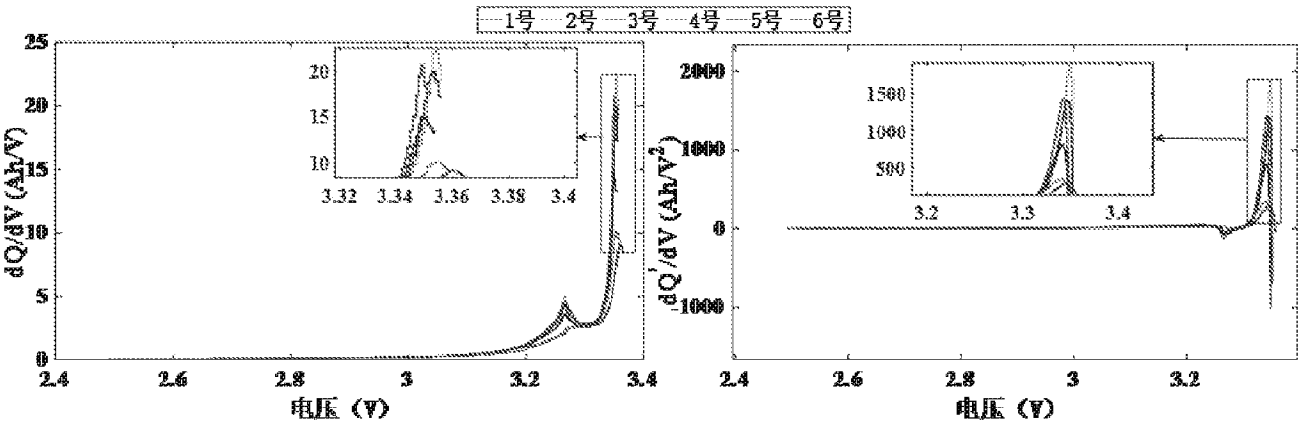


图 4

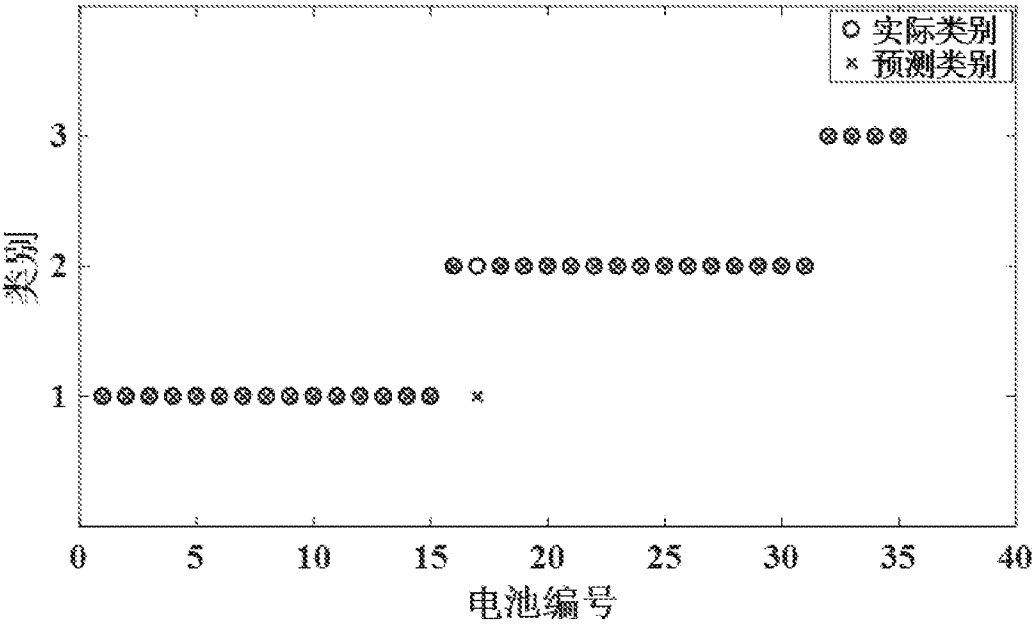


图 5

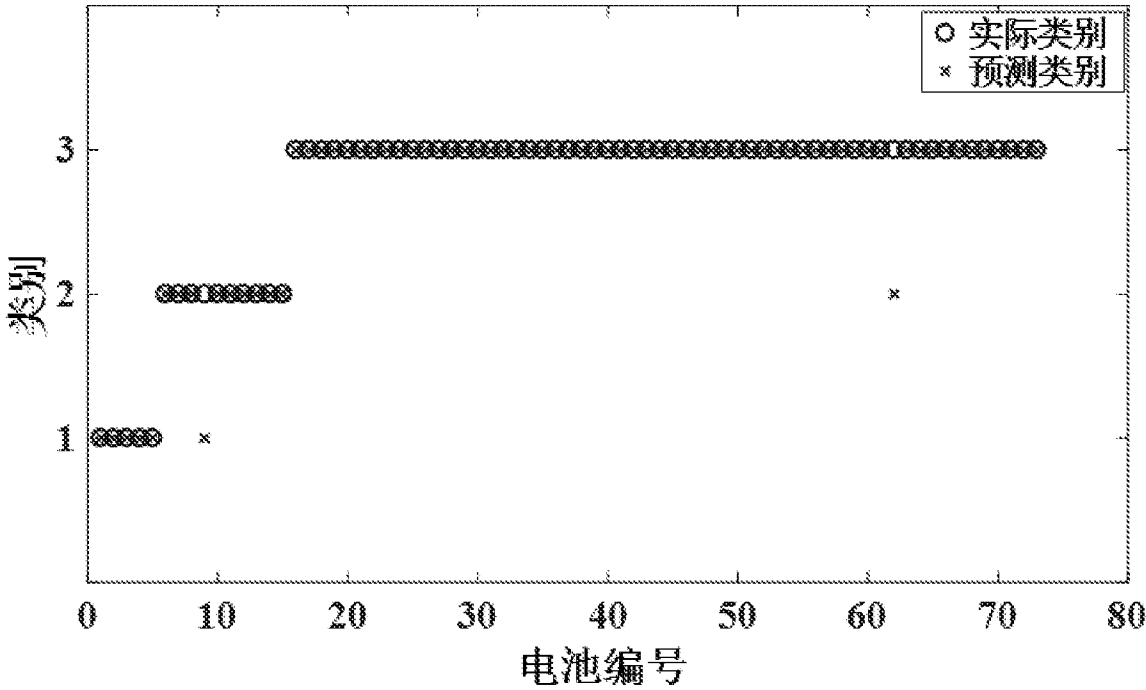


图 6

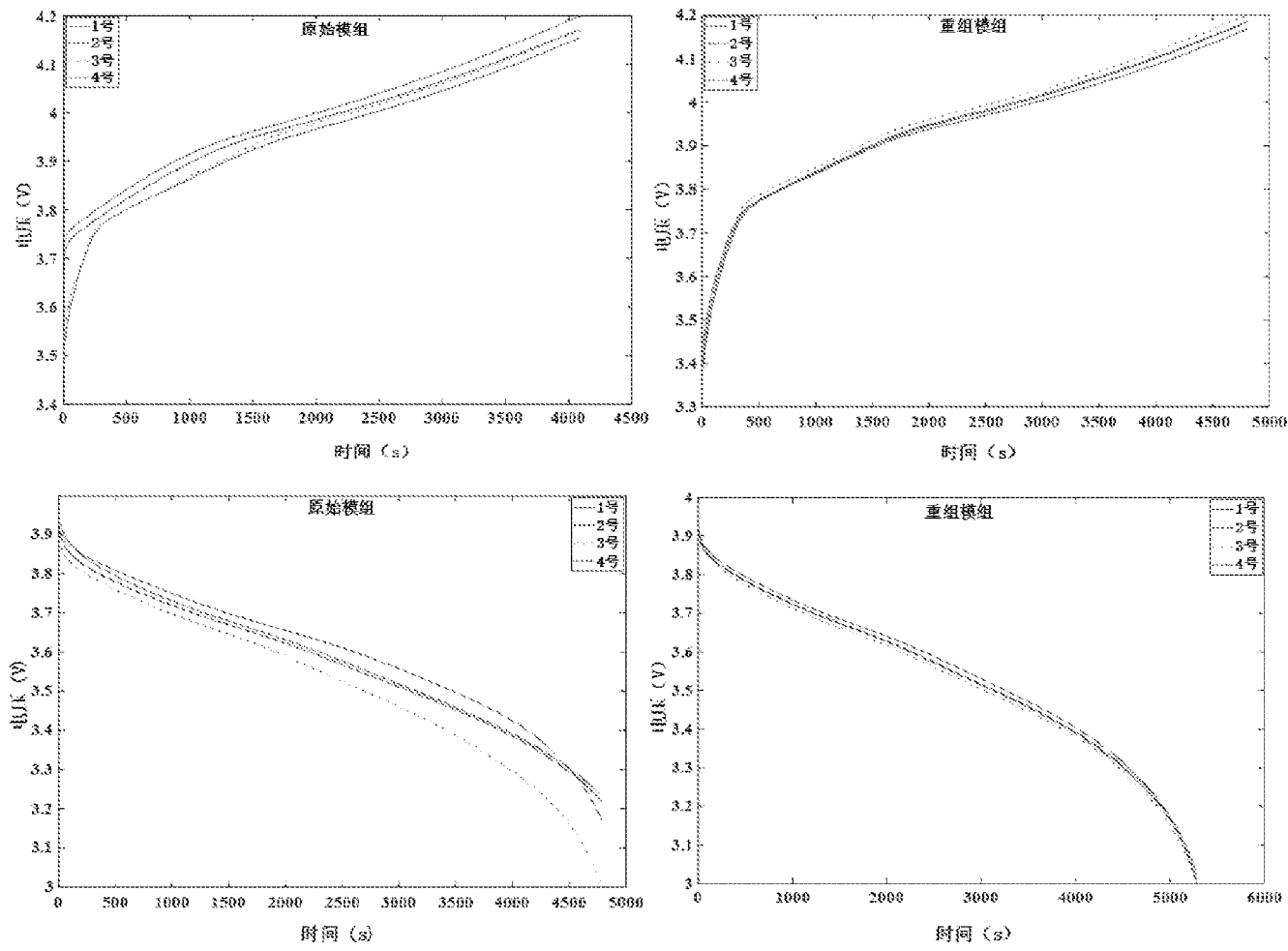


图 7

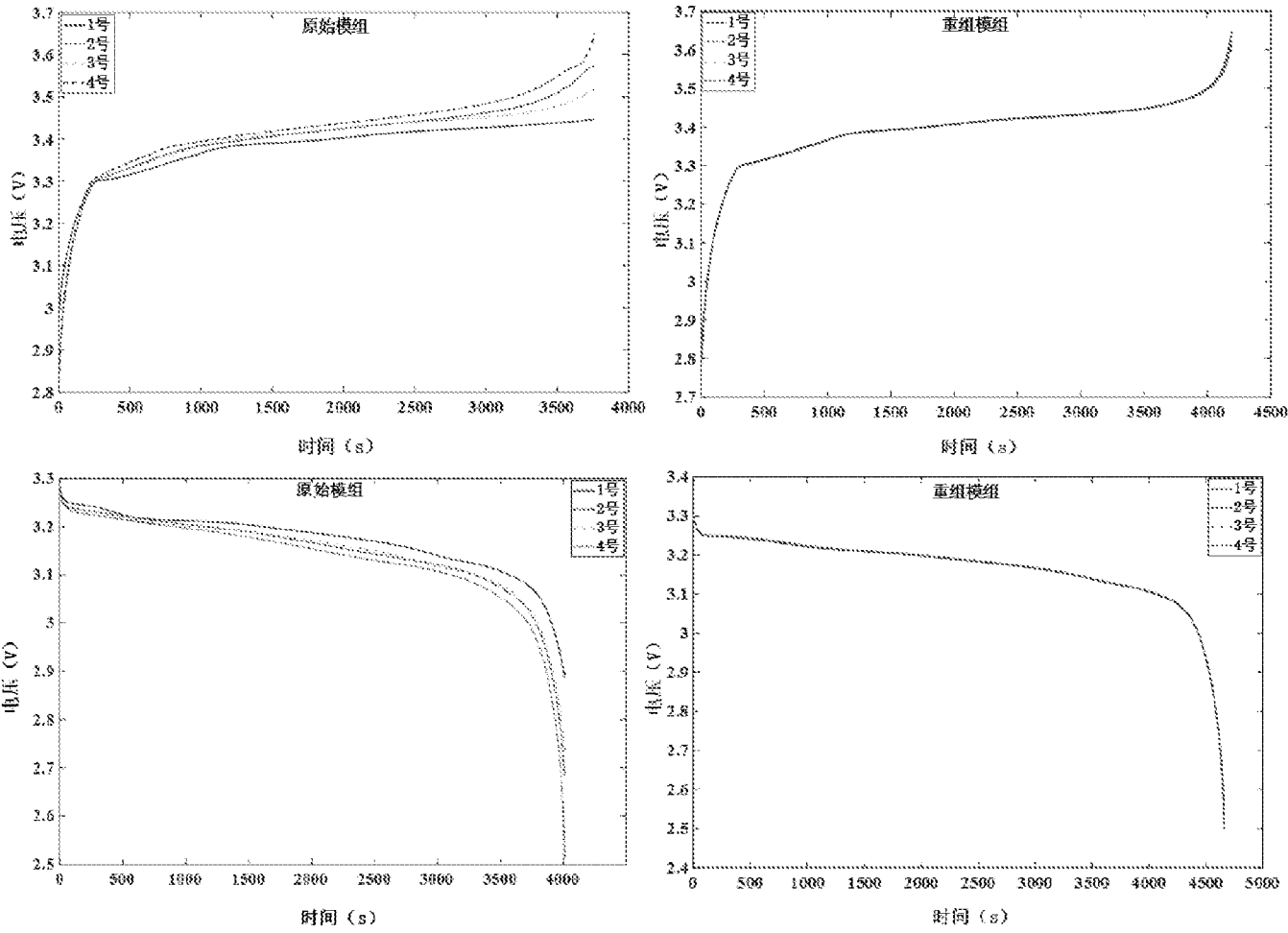


图 8

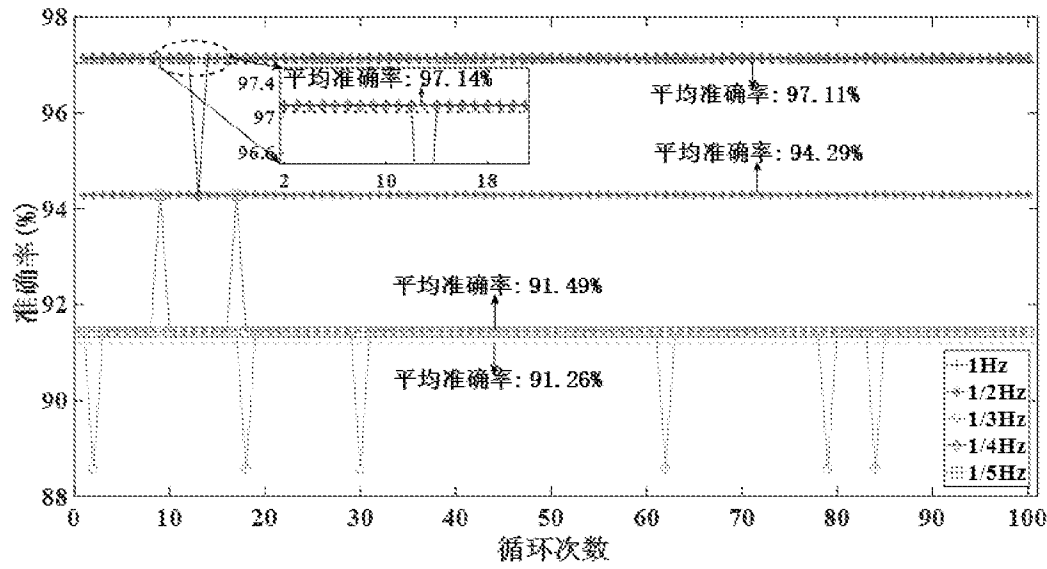


图 9

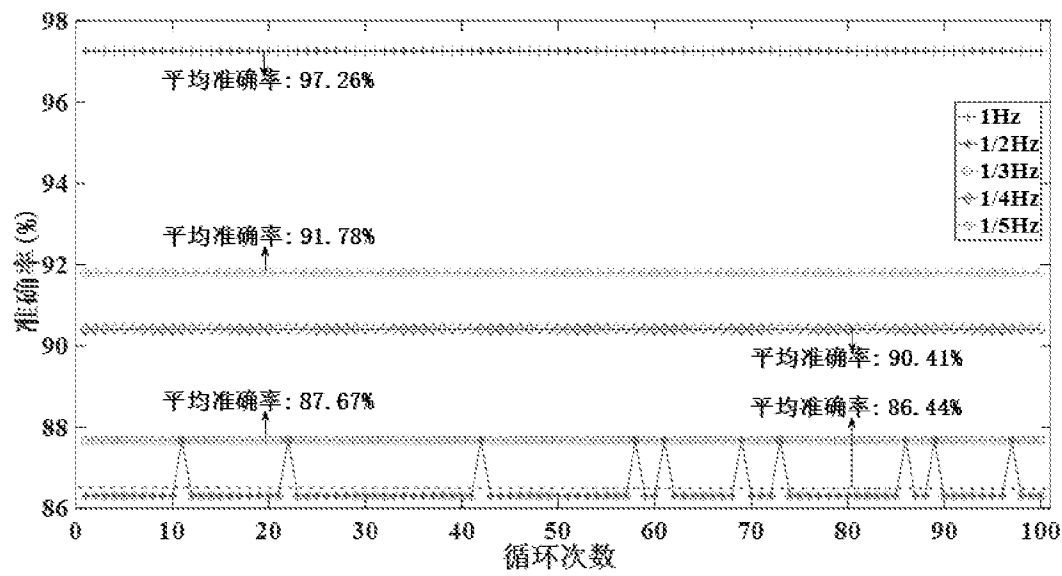


图 10

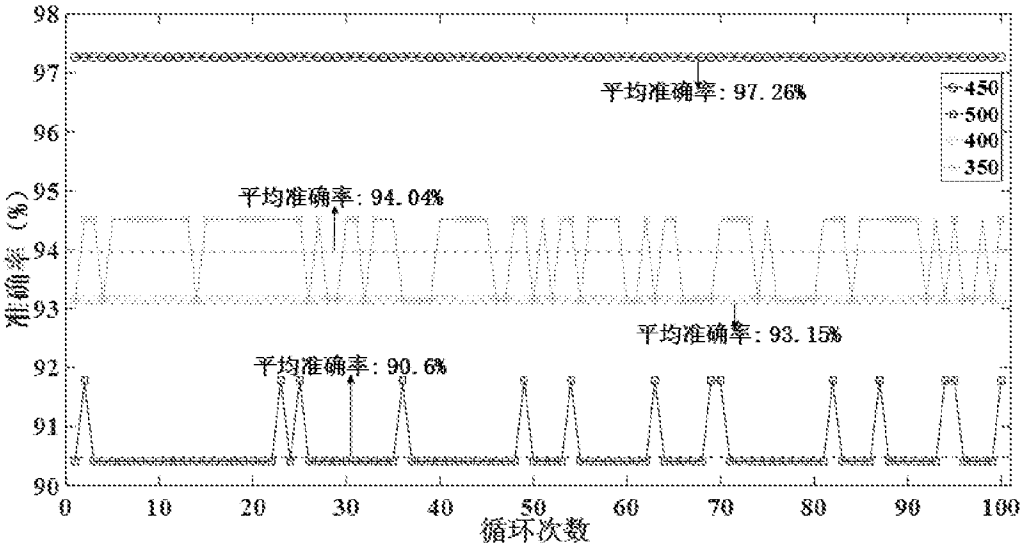


图 11

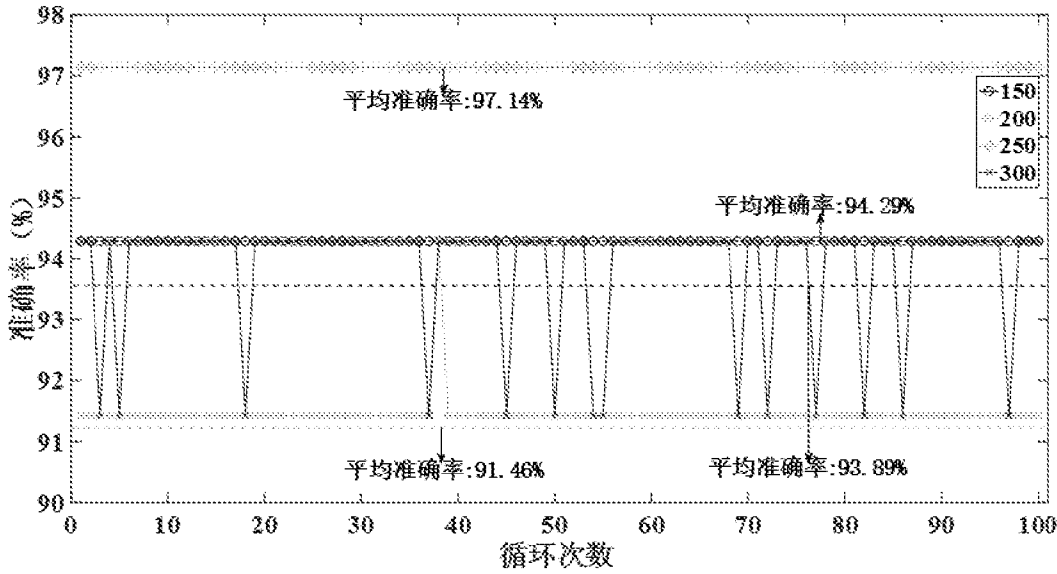


图 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/125720

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R31/392(2019.01)i;G01R31/367(2019.01)i;G01R31/378(2019.01)i;G01R31/389(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)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
G01R31

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 电池, 退役, 筛选, 老化, 外观, 容量, 电压, 曲线, 求导, 峰值, 一致性, 随机森林, 模型, 训练, 内阻, battery, aging, retirement, screen+, capacity, voltage, curve, derivation, random forest, consistancy, model, train+, max, resistance

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 115166563 A (SHANDONG UNIVERSITY) 11 October 2022 (2022-10-11) claims 1-10, description, paragraphs [0007]-[0120], and figures 1-12	1-10
A	CN 111974709 A (NANJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 24 November 2020 (2020-11-24) description, paragraphs [0004]-[0105], and figures 1-3	1-10
A	CN 109800446 A (CHINA AUTOMOTIVE BATTERY RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.) 24 May 2019 (2019-05-24) description, paragraphs [0007]-[0111], and figures 1-9	1-10
A	CN 109768340 A (CHINA AUTOMOTIVE BATTERY RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.) 17 May 2019 (2019-05-17) entire document	1-10
A	CN 114487887 A (CIHON WIRELESS (BEIJING) NEW TECHNOLOGY CO., LTD.) 13 May 2022 (2022-05-13) entire document	1-10



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

“D” document cited by the applicant in the international application

“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

16 February 2023

Date of mailing of the international search report

22 February 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/125720**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 108993931 A (SUN YAT-SEN UNIVERSITY et al.) 14 December 2018 (2018-12-14) entire document	1-10
A	US 2015066406 A1 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF MICHIGAN) 05 March 2015 (2015-03-05) entire document	1-10
A	US 2016061908 A1 (YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION) 03 March 2016 (2016-03-03) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/125720

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	115166563	A	11 October 2022	None			
CN	111974709	A	24 November 2020	None			
CN	109800446	A	24 May 2019	None			
CN	109768340	A	17 May 2019	None			
CN	114487887	A	13 May 2022	None			
CN	108993931	A	14 December 2018	None			
US	2015066406	A1	05 March 2015	US	10393813	B2	27 August 2019
				WO	2015031437	A1	05 March 2015
US	2016061908	A1	03 March 2016	EP	2990818	A2	02 March 2016
				EP	2990818	B1	27 November 2019
				US	10126369	B2	13 November 2018

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/125720

A. 主题的分类

G01R31/392 (2019.01) i; G01R31/367 (2019.01) i; G01R31/378 (2019.01) i; G01R31/389 (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)

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

G01R31

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, WPI, EP0D0C: 电池, 退役, 筛选, 老化, 外观, 容量, 电压, 曲线, 求导, 峰值, 一致性, 随机森林, 模型, 训练, 内阻, battery, aging, retirement, screen+, capacity, voltage, curve, derivation, random forest, consistency, model, train+, max, resistance

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
PX	CN 115166563 A (山东大学) 2022年10月11日 (2022 - 10 - 11) 权利要求1-10, 说明书第[0007]-[0120]段, 图1-12	1-10
A	CN 111974709 A (南京工程学院) 2020年11月24日 (2020 - 11 - 24) 说明书第[0004]-[0105]段, 图1-3	1-10
A	CN 109800446 A (国联汽车动力电池研究院有限责任公司) 2019年5月24日 (2019 - 05 - 24) 说明书第[0007]-[0111]段, 图1-9	1-10
A	CN 109768340 A (国联汽车动力电池研究院有限责任公司) 2019年5月17日 (2019 - 05 - 17) 全文	1-10
A	CN 114487887 A (彩虹无线 (北京) 新技术有限公司) 2022年5月13日 (2022 - 05 - 13) 全文	1-10
A	CN 108993931 A (中山大学 等) 2018年12月14日 (2018 - 12 - 14) 全文	1-10

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 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

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“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

2023年2月16日

国际检索报告邮寄日期

2023年2月22日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

张博

电话号码 (+86) 010-53962599

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	US 2015066406 A1 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF MICHIGAN) 2015年3月5日 (2015 - 03 - 05) 全文	1-10
A	US 2016061908 A1 (YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION) 2016年3月3日 (2016 - 03 - 03) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/125720

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	115166563	A	2022年10月11日	无	
CN	111974709	A	2020年11月24日	无	
CN	109800446	A	2019年5月24日	无	
CN	109768340	A	2019年5月17日	无	
CN	114487887	A	2022年5月13日	无	
CN	108993931	A	2018年12月14日	无	
US	2015066406	A1	2015年3月5日	US 10393813 B2	2019年8月27日
				WO 2015031437 A1	2015年3月5日
US	2016061908	A1	2016年3月3日	EP 2990818 A2	2016年3月2日
				EP 2990818 B1	2019年11月27日
				US 10126369 B2	2018年11月13日