

(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



(10) 国际公布号

WO 2021/238547 A1

(43) 国际公布日

2021 年 12 月 2 日 (02.12.2021)

(51) 国际专利分类号:

H02J 7/00 (2006.01)

H01M 10/44 (2006.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2021/090081

(22) 国际申请日:

2021 年 4 月 27 日 (27.04.2021)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(30) 优先权:

202010472662.4

2020 年 5 月 29 日 (29.05.2020) CN

(71) 申请人: 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.)

[CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(72) 发明人: 汤瑞超 (TANG, Ruichao); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong

518129 (CN)。黄星迪 (HUANG, Xingdi); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。

(74) 代理人: 深圳中一联合知识产权代理有限公司 (SHENZHEN ZHONGYI UNION INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.);

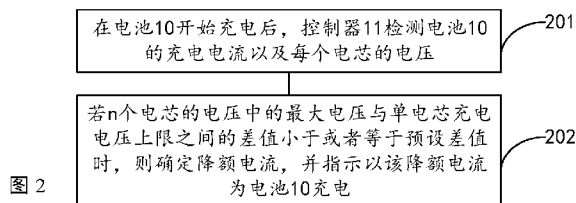
中国广东省深圳市福田区园岭街道深南中路 1014 号报春大厦 9 楼 (5 号信箱), Guangdong 518028 (CN)。

(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, IT, 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,

(54) Title: BATTERY CHARGING METHOD, ELECTRONIC APPARATUS, STORAGE MEDIUM AND PROGRAM PRODUCT

(54) 发明名称: 一种电池充电方法、电子装置、存储介质及程序产品



201 AFTER A BATTERY 10 STARTS TO BE CHARGED, A CONTROLLER 11 MEASURES A CHARGING CURRENT OF THE BATTERY 10 AND THE VOLTAGE OF EACH CELL

202 IF THE DIFFERENCE VALUE BETWEEN THE MAXIMUM VOLTAGE AMONG VOLTAGES OF N CELLS AND A SINGLE-CELL CHARGING VOLTAGE UPPER LIMIT IS LESS THAN OR EQUAL TO A PRESET DIFFERENCE VALUE, DETERMINE A DE-RATED CURRENT, AND PROVIDE AN INDICATION FOR CHARGING THE BATTERY 10 WITH THE DE-RATED CURRENT

(57) Abstract: Provided are a battery charging method, an electronic apparatus, a storage medium and a program product, which relate to the technical field of terminals, and can solve the problem of overcharging of several cells due to uneven voltage division for cells during a charging process of a battery composed of a plurality of cells connected in series. The method comprises: acquiring the current charging current, and voltages of n cells; if the difference value between the maximum voltage among the voltages of the n cells and a preset single-cell charging voltage upper limit is less than or equal to a preset difference value, determining a de-rated current, wherein the preset difference value is greater than or equal to 0, the maximum voltage is less than or equal to the single-cell charging voltage upper limit, and the de-rated current is less than the current charging current; and providing an indication for charging a battery with the de-rated current.

(57) 摘要: 本申请提供一种电池充电方法、电子装置、存储介质及程序产品, 涉及终端技术领域。能够解决多个电芯串联组成的电池在充电过程中由于各个电芯分压不均, 导致个别电芯过充的问题。该方法包括: 获取当前的充电电流, 和n个电芯的电压; 若所述n个电芯的电压中的最大电压与预设的单电芯充电电压上限之间的差值小于或者等于预设差值时, 则确定降额电流, 其中, 所述预设差值大于或者等于0, 所述最大电压小于或者等于所述单电芯充电电压上限, 所述降额电流小于所述当前的充电电流; 指示以降额电流为电池充电。

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。

- (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))。

一种电池充电方法、电子装置、存储介质及程序产品

5 本申请要求于2020年05月29日提交国家知识产权局、申请号为202010472662.4、申请名称为“一种电池充电方法、电子装置、存储介质及程序产品”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

10 本申请属于终端技术领域，尤其涉及一种电池充电方法、电子装置、存储介质及程序产品。

背景技术

15 为了提高充电效率，电子设备中的电池（例如，锂离子电池）常常采用恒流（Constant Current，CC）-恒压（Constant Voltage，CV）充电方式充电。即当电子设备连接到充电器后，充电器一般会先基于电子设备的控制输出较大的充电电流为电池充电，使得电池的充电电压快速上升，这一阶段称为恒流充电阶段。当充电器输出的充电电压上升至电池的充电限制电压时，充电器维持该充电限制电压的输出保持不变，进入恒压充电阶段使得充电电流随时间逐渐减小，直到电池被充满。

20 电子设备中的电池多采用多个电芯串联的电池结构。充电限制电压一般是该多个电芯的额定电压之和。然而，同一规格的电芯的物理特性（例如充电起始电压、内阻、容量等）可能存在差异，导致该多个电芯在充电过程中出现分压不均的问题。这就造成了在充电过程中，充电电压未达到充电限制电压，但某些电芯的电压提前达到电芯的额定电压，并且这部分电芯的电压还会持续升高，从而导致该部分电芯过充，出现电芯鼓包、性能下降等问题。

25 发明内容

 本申请实施例提供了一种电池充电方法、电子装置、存储介质及程序产品，能够解决多个电芯串联组成的电池在充电过程中由于各个电芯分压不均，导致个别电芯过充的问题。

30 第一方面，本申请提供一种电池充电方法，应用于由 n 个电芯构成的电池， n 为大于1的整数，该方法包括：获取当前的充电电流和 n 个电芯的电压；若所述 n 个电芯的电压中的最大电压与预设的单电芯充电电压上限之间的差值小于或者等于预设差值，则确定降额电流，其中，预设差值大于或者等于0，最大电压小于或者等于单电芯充电电压上限，降额电流小于当前的充电电流；指示以降额电流为电池充电。

35 采用本申请提供的方法，每当检测到 n 个电芯的电压中的最大电压到达或者即将到达单电芯充电电压上限时，便对充电电流进行一次降额，使得 n 个电芯的电压减小，从而保证在恒流充电阶段，每个电芯的电压始终不会超过单电芯充电电压上限，避免电芯出现过充的问题。

 可选的，确定降额电流，包括：根据当前的充电电流所在区间，确定对应的降额

电流。

可选的，确定降额电流，包括：从预设的电流序列中确定降额电流。

基于该可选的方式，通过查表法从预设的电流序列中确定降额电流，实现对充电电流按照优化的固定电流值进行降额，简化了降额算法，提高充电效率。

5 可选的，确定降额电流之后，方法还包括：根据降额电流和电池所在充电回路的阻抗计算补偿电压；将电池的充电限制电压和补偿电压相加，得到电池的最大允许充电电压；将最大允许充电电压设置为截止充电电压。

10 基于该可选的方式，在恒流充电阶段，基于降额电流对最大允许充电电压进行 IR 补偿以及更新，并基于更新后最大允许充电电压刷新充电电路的截止充电电压，可以在一定程度上，避免在电池的电压为达到充电限制电压之前，充电电路输出的充电电压提前达到最大允许充电电压。进而避免充电电路提前从恒流充电模式切换为恒压充电模式，保证电池的充电效率。

15 可选的，若当前的充电电流小于第一电流值，且最大电压与单电芯充电电压上限之间的差值小于或者等于预设差值，则方法还包括：若 n 个电芯的电压与预设电压调节值之和小于或者等于电池的最大允许充电电压，则将 n 个电芯的电压与预设电压调节值之和设置为截止充电电压。

可选的，将 n 个电芯的电压与预设电压调节值之和设置为截止充电电压之后，该方法还包括：若检测到充电电流大于电池的满充截止电流，则根据电压调节值减小截止充电电压。

20 可选的，将 n 个电芯的电压与预设电压调节值之和设置为截止充电电压之后，该方法还包括：若检测到充电电流小于或者等于预设的第二电流值，则在充电截止电压和电压调节值的和小于或者等于最大允许充电电压的情况下，根据电压调节值增大截止充电电压，第二电流值小于电池的满充截止电流。

25 基于上述三种可选的方式，可以在充电电流减小为第一电流值之后，通过刷新充电电路的截止充电电压，以使得充电电路的充电模式从恒流充电模式切换为恒压充电模式，实现对充电电流的调节，加快满充检测的速度。可以在确保能够检测到满充条件的情况下，保证 n 个电芯的电压始终不超过单电芯充电电压上限。

第二方面，本申请提供一种电子装置，该电子装置可以是电子设备、电子设备中的电源管理模块、电子设备中的充电管理模块或者是充电管理模块中的充电管理芯片。

30 当电子装置为充电管理芯片时，该充电管理芯片包括处理器，处理器和存储器耦合，所述处理器执行所述存储器中存储的计算机程序或指令，以实现如第一方面或第一方面的任意可选方式所述的电池充电方法。其中，存储器可以设置在该充电管理芯片，也可以位于其他芯片中。

35 可选的，当电子装置为充电管理模块时，该充电管理模块包括充电管理芯片和由 n 个电芯构成的电池和充电电路。充电管理芯片中的处理器与电池和充电电路连接，该处理器和存储器耦合，处理器执行存储器中存储的计算机程序或指令，以实现如第一方面或第一方面的任意可选方式所述的电池充电方法。

可选的，当电子装置为电子设备时，电子设备包括充电管理模块，充电管理模块包括充电管理芯片和由 n 个电芯构成的电池和充电电路。其中，充电管理芯片中的处

理器与电池和充电电路连接，该处理器和存储器耦合，处理器执行存储器中存储的计算机程序或指令，以实现如第一方面或第一方面的任意可选方式所述的电池充电方法。

第三方面，本申请提供一种非易失性计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质存储有计算机程序，计算机程序被处理器执行时实现如第一方面或第一方面的任意可选方式所述的电池充电方法。

第四方面，本申请实施例提供了一种计算机程序产品，当计算机程序产品在电子设备上运行时，使得电子设备执行上述第一方面或第一方面的任意可选方式所述的电池充电方法。

本申请提供的第二方面至第四方面的技术效果可以参见上述第一方面或第一方面的各个可选方式的技术效果，此处不再赘述。

附图说明

图 1 为本申请提供的一种充电管理模块的结构示意图；

图 2 为本申请提供的一种电池充电方法的一个实施例的流程图一；

图 3 为本申请提供的一种充电场景示意图；

图 4 为本申请提供的一种电池充电方法的一个实施例的流程图二；

图 5 为本申请提供的一种电池充电方法的一个实施例的流程图三；

图 6 为本申请提供的一种采用本申请提供的电池充电方法的测试结果示意图；

图 7 为本申请提供的一种电子设备的结构示意图。

具体实施方式

下文将结合具体实施例，对本申请提供的充电方法进行示例性的描述。描述中将涉及到部分术语。例如，术语“第一”或者“第二”等序数词时，除非根据上下文其确实表达顺序之意，否则应当理解为仅仅是起区分之用。术语“示例性的”或者“例如”等词用于表示作例子、例证或说明。本申请实施例中被描述为“示例性的”或者“例如”的任何实施例或设计方案不应被解释为比其他实施或设计方案更优选或更具优势。确切而言，使用“示例性的”或者“例如”等词旨在以具体方式呈现相关概念。

除非另有说明，本文中“/”一般表示前后关联对象是一种“或”的关系，例如，A/B 可以表示 A 或 B。术语“和/或”仅仅是一种描述关联对象的关联关系，表示可以存在三种关系，例如，A 和/或 B，可以表示：单独存在 A，同时存在 A 和 B，单独存在 B 这三种情况。另外，在本申请的描述中，“多个”是指两个或两个以上。

本申请提供的电池充电方法，适用于采用可充电电池供电的电子设备，例如笔记本电脑、平板电脑、智能手机等。为了便于读者理解本申请提供的电池充电方法，首先结合图 1，对电子设备内的充电管理模块进行示例性的说明。参见图 1 所示的充电管理模块的结构示例，充电管理模块一般可以包括电池 10、控制器 11 和充电电路 12。电池 10 包括串联起来的 n ($n > 1$, n 为整数) 个电芯 101、采样电路 102、控制器 103、保护电路 104。

其中，采样电路 102 包括电压采样模数转换器 (Analog-to-Digital Converter, ADC) 102a、电流采样 ADC102b、电流采样电阻 102c。电压采样 ADC102a 为用于对每个电芯的电压进行采样的 ADC，包括 n 个电压采样端口，即如图 1 所示的 v_1 、 v_2 、 v_3 、...、 v_n 。 n 个电压采样端口分别连接到 n 个电芯的正极，以采集每个电芯的电压。

电流采样 ADC102b 连接到电流采样电阻 102c 的两端，用于以采集电流采样电阻 102c 上的电流。由于电流采样电阻 102c 串联在充电回路（如图 1 中虚线箭头所示的回路）上，因此，电流采样电阻 102c 上的电流等于电池 10 的电流，也等于充电电路 12 输出的充电电流。

5 应注意的是，当下文中提及充电电流或者电池 10 的充电电流时，均是指充电电路 12 输出的充电电流。电池 10 的电流是指流经电池 10 的电流。充电过程中，电池 10 的电流通常等于充电电流 12 输出的充电电流。

当下文中提及充电电压或者电池 10 的充电电压时，是指充电电路 12 输出的充电电压。电池 10 的电压是指 n 个电芯的电压之和。由于充电回路上可能存在阻抗，因此，
10 电池 10 的电压通常小于或者等于充电电路 12 输出的充电电压。

另外，虽未示出，该采样电路 102 还可以包括温度检测模块（例如温度传感器）等，用于采集电池 10 在充电过程中温度。

控制器 103 可以是一个或者多个单片机、中央处理器（central processing unit ,CPU）等能够实现逻辑控制的单元。保护电路 104 包括充电开关 104a 和放电开关 104b。控
15 制器 103 与采样电路 102 和保护电路 104 连接。控制器 103 可以根据采样电路 102 采集到的电压、电流、温度等信息，判断电池 10 是否处于非正常充放电的状态（例如，高温充电、电压异常、电流异常等），并控制充电开关 104a 和放电开关 104b 的通断，以实现
20 对电池 10 进行充放电的保护。此外，控制器 103 还可以根据电路 102 采集到的电压、电流、温度等信息进行满充检测，判断电池 10 是否充满。

20 控制器 11 可以是一个或者多个单片机、CPU 等能够实现逻辑控制的单元。控制器 11、控制 103 和充电电路 12 通过通信总线连接或者直接连接。控制器 11 可以根据控制器 103 上报的电压和电流，向充电电路 12 发送电流指令或电压指令，以控制充电电路 12 输出指定的充电电流或者充电电压，进行充电控制。在本申请实施例中，电流指令是指用于设置充电电路 12 输出的电流的指令。电压指令是指用于设置充电电路
25 12 的截止充电电压的指令。

此外，控制器 11 还可以基于控制器 103 上报的信息对非正常充电的状态进行预判。在确定电池 10 即将进入非正常充电状态时，控制充电电路 12 停止输出，以实现充电保护。例如，高温充电的非正常充电状态为例，当电池 10 在充电过程中温度达到温度
30 阈值 1 时，表示电池 10 进入高温充电的状态。控制器 103 中设置有温度阈值 1，当控制器 10 确定从采样电路 102 中读取到的温度值达到温度阈值 1，控制器 103 即可确定电池 10 处于高温充电状态。然后控制器 103 控制充电开关 104a 断开，使得电池 10 停止接收充电器的输入，从而实现对电池 10 的保护。当控制器 103 确定从采样电路 102 中读取到的温度值未达到温度阈值 1，不需要进行充电保护，控制器 103 则将该温度值上报给控制器 11。控制器 11 中设置有温度阈值 2，温度阈值 2 小于温度阈值 1。当
35 控制器 11 确定接收到的温度值到达温度阈值 2 时，控制器 11 即可确定电池 10 的温度即将上升至温度阈值 2，即电池 10 即将进入高温充电状态。从而控制器 11 可以向充电电路 12 发送指令，控制充电电路 12 停止输出，以提前实现对电池 10 的保护。

需要说明的是，充电管理模块可以包括控制器 103 和控制器 11，或者包括控制器 103 和控制器 11 中的一个控制器。当充电管理模块包括控制器 103 和控制器 11 中的

一个控制器时，该控制器直接与采样电路 102、保护电路 104 和充电电路 12 连接，进行信息（电压、电流、温度等）采集、充放电的控制和保护。

充电电路 12 可以是电子设备中集成的用于与充电器连接的电路组件。例如，充电电路 12 可以包括用于连接充电器的通用串行总线（Universal Serial Bus，USB）接口。

5 该 USB 接口是符合 USB 标准规范的接口，具体可以是 Mini USB 接口，Micro USB 接口，USB Type C 接口等。当充电电路 12 与充电器连接时，充电器可以通过充电电路 12 向电池 10 输出充电电压和充电电流，为电池 10 中的各个电芯充电。

基于图 1 所示的充电管理模块，当充电电路 12 连接到充电器时，控制器 103 控制充电开关 104a 接通充电回路。控制器 103 向控制器 11 上报电池 10 的充电限制电压和
10 额定充电电流（即电池 10 允许的最大充电电流）。控制器 11 向充电电路 12 发送电流指令，指示充电电路 12 按照电池 10 的额定充电电流输出充电电流。可以理解的是，如果充电电路 12 所连接的充电器支持输出该额定充电电流，充电电路 12 则输出该额定充电电流向电池 10 进行恒流充电。如果充电电路 12 所连接的充电器不支持输出该额定充电电流，充电器能够输出的最大电流小于该额定充电电流，充电电路 12 则输出
15 该充电器能够输出的最大电流向电池 10 进行恒流充电。

在恒流充电过程中，电池 10 的充电电流保持不变，充电电压随着时间逐渐增大。相应的，电池 10 的电压（即 n 个电芯的总电压）也随着时间上升。控制器 103 会周期性的获取采样电路 102 采集到的 n 个电芯的电压、温度以及电流，判断电池 10 是否出现温度过高、电压异常、电流异常等情况，以确定是否需要进行断电保护（即断开充电开关 104a）。
20

一般来讲，在充电过程中，为了避免过充，电池 10 的电压是不能超过其充电限制电压的。因此，控制器 11 通常会将电池 10 的充电限制电压作为充电电路 12 能够输出的最大允许充电电压，并通过电压指令将充电电路 12 的截止充电电压设置为该最大允许充电电压。以使得当充电电压随着时间上升至最大允许充电电压时，向充电电路 12
25 则维持输出最大允许充电电压，为电池 10 进行恒压充电，以保证电池 10 的电压不超过其充电限制电压，实现充电保护。在恒压充电过程中，电池 10 的充电电压保持不变，充电电流随时间减小，直至电池充满。

然而，电池 10 的 n 个电芯的物理特性（例如充电起始电压、内阻、容量）可能并不完全一致，这就导致 n 个电芯在充电过程中出现分压不均的问题。而电池 10 的充电
30 限制电压一般为 n 个电芯的额定电压之和。在充电电压未达到最大允许充电电压之前， n 个电芯中有的电芯的电压可能已经超过电芯的额定电压。

例如， $n=4$ ，电芯的额定电压是 4.39V，那么电池 10 的充电限制电压即为
 $4 \times 4.39 = 17.56\text{V}$ 。在恒流充电阶段，由于分压不均，其中一个电芯的电压上升到 4.5V，而剩余三个的电压才上升到 4V。而此时，充电电压上升为 $4.5 + 4 + 4 + 4 = 16.5\text{V}$ ，小于
35 17.56V ，充电电路 12 并不会维持 16.5V 的充电电压进入恒压充电模式。因此，超过额定电压的电芯发生过充，进而会导致出现电芯鼓包、性能下降等问题。

为了解决多个电芯串联组成的电池在充电过程中由于各个电芯分压不均，导致个别电芯过充的问题。本申请提供一种电池充电方法，采用阶梯式降额的方式控制恒流充电过程中的充电电流，以达到限制电芯的电压上升的目的。即，每当检测到 n 个电

芯的电压中的最大电压到达或者即将到达单电芯充电电压上限时，便对充电电流进行一次降额，使得 n 个电芯的电压减小，从而保证在恒流充电阶段，每个电芯的电压始终不会超过单电芯充电电压上限，避免电芯出现过充的问题。

下面结合具体实施例，对本申请提供的电池充电方法进行示例性的说明。

5 参见图 2，为本申请提供的一种电池充电方法的一个实施例的流程图。以下方法步骤可以由电子设备作为执行主体。示例性的，基于如图 1 所示的电子设备的充电管理模块，以下方法步骤具体可以由电子设备中的控制器 103 或者控制器 11 控制实现。下面基于图 1 所示的充电管理模块，以电子设备中的控制器 11 为例，对本实施例的流程进行说明。如图 2 所示，该方法包括：

10 S201，在电池 10 开始充电后，控制器 11 检测电池 10 的充电电流以及每个电芯的电压。

当电池 10 开始充电后，控制器 103 周期性的从采样电路 102 读取电池 10 的充电信息，充电信息包括充电电流和 n 个电芯的电压，还可以包括温度等。控制器 103 先根据充电信息检测电池 10 是否充满、是否温度过高，是否存在充电异常等情况，以确
15 定是否需要结束充电。当控制器 103 确定需要继续充电时，则将采集到充电信息上报给控制器 11，由控制器 11 继续对充电信息进行检测，判断是否需要控制器 11 进行充电保护。若控制器 11 确定继续充电，则判断获取的充电信息是否满足预设降额条件。

在本申请实施例中，降额条件可以为 n 个电芯的电压中的最大电压与单电芯充电电压上限之间的差值小于或者等于预设差值。

20 其中，单电芯充电电压上限可以是电芯的额定电压。例如，笔记本电脑中常使用的电芯的额定电压通常为 4.35V 或者 4.4V。或者，单电芯充电电压上限也可以根据实际需求设置，例如，单电芯充电电压上限可以设置为小于电芯的额定电压的电压值。对此，本申请不做限制。

预设差值为大于或者等于 0 的值，用于控制最大电压接近单电芯充电电压上限的程度。例如，若设置预设差值为 0，则表示在最大电压达到单电芯充电电压上限情况下，需要对充电电流进行降额，以使得 n 个电芯的电压都降低，从而避免任何一个电芯的电压上升至单电芯充电电压上限以上。

若设置预设差值大于 0，则表示当最大电压与单电芯充电电压上限之间的差值小于或者等于预设差值时，最大电压即将达到单电芯充电电压上限。此时，也可以对充电
30 电流进行降额，以提前降低每个电芯的电压，避免任何一个电芯的电压上升至单电芯充电电压上限以上。

可选的，降额条件还可以包括充电电流大于预设的第一电流值。即在充电电流大于第一电流值时可以对充电电流进行降额，直至充电电流降低至第一电流值为止。

第一电流值可以是充电电路 12 能够基于电流指令的设置输出的电流值中，与电池
35 10 的满充截止电流的差值最小的电流值。电池 10 的满充截止电流是指能够触发满充条件的电流值。例如，满充条件为充电电流小于满充截止电流且持续预设时长。充电电流满足该满充条件时，表示电池 10 已经完成充电。电池 10 的满充截止电流一般基于电池 10 的物理特性测试所得。

例如，电池 10 的满充截止电流为 100 毫安 (mA)。假设，基于电流设置精度，

充电电路 12 基于电流指令可以输出的电流值中与 100mA 差值最小的电流值为 80mA 和 120mA，而 80mA 小于 120mA，因此，第一电流值可以设置为 80mA。或者，假设，基于电流设置精度，充电电路 12 的输出电流可以被设置为 100mA，与电池 10 的满充截止电流相等。那么，第一电流值也可以设置为 100mA。或者，基于电流设置精度，
5 充电电路 12 的输出电流最小可以被设置为 120mA，那么，第一电流值则可以被设置 120mA。

在实际应用中，第一电流值可以基于电池 10 的满充截止电流和充电电路 12 的电流设置精度进行设置，对此，本申请不做限制。

10 S202，若 n 个电芯的电压中的最大电压与单电芯充电电压上限之间的差值小于或者等于预设差值时，则确定降额电流，并指示以该降额电流为电池 10 充电。

示例性的，如图 3 中的 (a) 所示，假设电池 10 从 t_0 时刻开始充电，且充电电流的初始值为 a_1 。其中，初始值可以是电池 10 的额定充电电流（即电池 10 允许的最大充电电流）。额定充电电流可以预先设置在电池 10 的控制器 103 中。当电池 10 开始充电时，控制器 103 可以向控制器 11 上报额定充电电流，由控制器 11 向充电电路 12
15 发送电流指令，以控制充电电路 12 输出额定充电电流，为电池 10 进行恒流充电。当然，初始值也可以为根据实际情况，设置为小于额定充电电流的电流值。示例性的，可以由控制器 103 或者控制器 11 根据当前测量到的电池 10 的电压、温度等信息确定比例（例如，80%），然后将该比例与额定充电电流的乘积作为初始值。对此，本申请不做限制。

20 参见图 3 中的 (b)，电池 10 开始充电后， n 个电芯上产生电压。假设，在 t_0 时刻， n 个电芯中的电芯 m 的电压最大，电芯 m 的电压为 U_1 。随着充电时间的延长，电池 10 中电量的增多，每个电芯的电压也逐渐增大，而电芯 m 的电压始终是 n 个电芯的电压中的最大电压。在 t_1 时刻，控制器 11 检测到电芯 m 的电压达到单电芯充电电压上限（例如，表示为 U_m ）。即由于最大电压与 U_m 之间的差值为 0，小于预设差值，因此，控制器 11 确定当前检测到的 n 个电芯的电压满足降额条件，需要对当前的
25 充电电流 a_1 进行降额处理。

控制器 11 确定一个降额电流 a_2 ($a_2 < a_1$)，并将充电电流从 a_1 减小为 a_2 。例如，控制器 11 确定 a_2 后，向充电电路 12 发送电流指令，指示充电电路 12 输出 a_2 为电池 10 充电。

30 可以理解的是，当充电电流减小时，每个电芯的电压也会随即减少。如图 3 所示，在 t_1 时刻，当充电电流从 a_1 减小为 a_2 后，电芯 m 的电压从 U_m 减小为 U_2 ， U_m 与 U_2 之间的差值（即 $U_m - U_2$ ）大于预设差值。 t_1 时刻后，充电电路 12 以 a_2 作为充电电流继续为电池 10 进行恒流充电。 n 个电芯的电压在减小后，重新随着充电时间增大。直至 t_2 时刻，控制器 11 检测到电芯 m 的电压作为 n 个电芯的电压中的最大电压，增大至 U_3 。由于 $U_m - U_3$ 小于预设差值，因此，控制器 11 确定在 t_2 时刻检测到的 n 个
35 电芯的电压再一次满足降额条件，需要对当前的充电电流再一次进行降额处理。

控制器 11 确定降额电流为 a_3 ，并向充电电路 12 发送电流指令，指示充电电路 12 输出 a_3 为电池 10 进行恒流充电。即在 n 个电芯的电压中的最大电压即将达到 U_m 时，控制器 11 再一次对充电电流进行降额处理，使得每个电芯的电压再一次降低，降低后

的最大电压为 U_4 ， U_4 小于 U_m ，因此每个电芯的电压都不超过 U_m 。

可以理解的是，在 t_2 时刻之后，由于控制器 11 已经将充电电流降额至第一电流值 a_3 ，因此，控制器 11 可以停止基于降额条件对充电电流执行降额处理。

5 基于图 3 可以看出，本申请提供的电池充电方法采用阶梯式降额的恒流充电方式，在每一次检测到 n 个电芯的电压中的最大电压到达或者即将到达单电芯充电电压上限时，便对充电电流进行一次降额，使得 n 个电芯的电压都减小，从而保证任意电芯的电压会超过单电芯充电电压上限。保证电池 10 在恒流充电期间避免任意电芯出现过充的问题，保证了电池的安全。

10 值得说明的是，控制器 11 每次检测到降额条件被满足后，可以选择延迟一段时间（例如，2 秒）后再进行降额操作。或者在连续多次检测到降额条件被满足的情况下，再进行降额操作。从而可以避免由于 n 个电芯的电压发生抖动，而导致降额条件被满足，避免误降导致的充电时间被不合理延长。确保 n 个电芯的电压和充电电流真正满足降额条件时，执行降额操作。

15 另外，还需要说明的是，在电池 10 的充电过程中，可能始终是同一个电芯或者多个电芯（该多个电芯的电压相同）的电压最大。也可能在不同的充电阶段，由于各个电芯的内阻受到温度变化的影响，导致最大电压是不同电芯的电压。

下面结合两个示例，对控制器 11 确定降额电流的过程进行示例性的说明。

示例一，降额电流可以是控制器 11 中预先配置的电流值，也可以是控制器 11 根据预设的降额规则计算的电流值。

20 例如，控制器 11 中预先配置的降额规则包括多个电流区间以及每个电流区间对应的与降额步长或者降额电流。假设，控制器 11 中配置有降额步长调整门限（表示为 c_1 ）、调节步长（表示为 c_2 ）、第一电流值 a_3 、两个降额步长（分别表示为 b_1 和 b_2 ）。其中， $b_1 \geq b_2$ ， $c_1 - b_1 > a_3$ ， $c_2 > b_2$ 。 b_1 和 b_2 可以基于充电电路 12 的设置精度确定。例如， b_1 可以是充电电路 12 的最小电流设置步长， b_2 可以是 b_1 的正整数倍。假设，
25 当前的充电电流的大小为 d ，且当前的充电电流和 n 个电芯的电压满足降额条件，那么降额规则可以如下表 1 所示：

表 1

电流区间	降额电流
$(c_1, +\infty)$	$d - b_1$
$(a_3 + c_2, a_1]$	$d - b_2$
$(a_3, a_3 + c_2]$	a_3

基于表 1 可知，若 $d > c_1$ ，控制器 11 确定的降额电流即为 $d - b_1$ ，并将充电电流从 d 减小为 $d - b_1$ 。

30 若 $a_3 + a_2 \leq d < c_1$ ，控制器 11 确定的降额电流即为 $d - b_2$ ，并将充电电流从 d 减小为 $d - b_2$ 。

若 $a_3 \leq d < a_3 + c_2$ ，控制器 11 确定的降额电流即为 a_3 ，并将充电电流从 d 减小为 a_3 。当控制器 11 将充电电流减小至 a_3 后，控制器 11 可以停止基于降额条件对充电电流进行降额处理。

35 需要说明的是，在示例一中，采样电路 102 测量到实际电流值可能由于抖动，可

能与充电电路 12 输出的充电电流出现误差。例如,充电电路 12 输出的充电电流为 3.58A, 控制器 11 从控制器 103 接收到的电流值为 3.581A。而充电电路 12 可能无法根据电流指令设置 1mA 的步长。因此,控制器 11 可以基于充电电路 12 的电流设置精度,确定与实际电流值对应的理论电流值。例如,充电电路 12 的电流设置精度是 10mA,那么,当接收到的实际电流值为 3.581A 时,可以确定对应的理论电流值为 3.58A。即,此时,控制器 11 获取的充电电流为 3.58A。

示例二,降额规则可以包括多个电流区间以及每个电流区间对应的电流序列。控制器 11 可以采用计数的方式,统计电池 10 在充电过程中,电池 10 的充电电流和 n 个电芯的电压满足降额条件的次数。在 n 个电芯的电压第 1 次满足降额条件时,确定充电电流所在区间对应的电流序列,即确定充电电流的初始值所在区间对应的电流序列。然后确定该电流序列的第 1 个电流值为本次的降额电流。相应的,当 n 个电芯的电压在第 M 次满足降额条件时,确定该电流序列中的第 M 个电流值为本次的降额电流。可以理解的是,每个电流序列中的电流值按照排列顺序逐个减小,最小的电流值为第一电流值。

例如,在该示例中,降额规则可以如下表 2 所示:

表 2

电流区间 (单位 :A)	4.5 ~ 3.86	3.86 ~ 3.58	3.58 ~ 3.32		0.16 ~ 0.12	0.12 ~ 0
1	3.58	3.32	3.14		0.11	0.1
2	3.32	3.14	3.01		0.1	
3	3.14	3.01	2.90			
4	3.01	2.90	2.80			
... ..						

例如,充电电流的初始值为 4.5A,那么充电电流的初始值所在区间为表 2 中的区间 (3.86, 4.5]。当电池 10 的充电电流和 n 个电芯的电压第 1 次满足降额条件时,控制器 11 可以确定区间 (3.86, 4.5]对应的电流值序列{3.58,3.32, 3.14, 3.01,, 0.1}中的第 1 个电流值 3.58,为第 1 次降额处理的降额电流,并将充电电流从 4.5A 减小为 3.58A。

在电池 10 以 3.58A 的充电电流进行恒流充电过程中,当电池 10 的充电电流和 n 个电芯的电压第 2 次满足降额条件时,控制器 11 确定电流值序列{3.58,3.32, 3.14, 3.01,, 0.1}中的第 2 个电流值 3.32,为第 2 次降额处理的降额电流,并将充电电流从 3.85A 减小为 3.32A。依次类推,在控制器 11 未检测到需要结束充电的情况下,直至控制器 11 将充电电流减小为 0.1,控制器 11 停止基于降额条件对充电电流进行降额处理。

可以理解的是,若降额条件中包括充电电流大于第一电流值。那么控制器 11 在对充电电流进行降额处理前,也可以先判断当前检测到的充电电流是否大于第一电流值,然后基于在执行确定降额电流的操作。

在本申请实施例,控制器 11 将充电电流减小为第一电流值后,可以选择直接结束充电。例如,控制器 11 指示充电回路 12 关闭输出,从而结束充电。由于第一电流

值接近电池 10 的满充截止电流，在充电电流逐步减小为第一电流值后，电池 10 的电量其实已经接近充满。例如，电池 10 的电量已经充到 95%。因此，控制器 11 可以选择直接结束充电。

可选的，若第一电流值小于或者等于电池 10 的满充截止电流，那么当充电电流减小为第一电流值时，表示充电电流减小至满充截止电流以下，控制器 103 可以进行电池满充检测。例如，假设满充条件为充电电流在持续 10 分钟内小于或者等于满充截止电流。那么，控制器 11 将充电电流减小为第一电流值，为电池 10 充电 10 分钟后，控制器 103 即可检测到电池的充电电流满足满充条件，确定电池 10 充满电量。控制器 103 向控制器 11 发送结束充电指令，控制器 11 即可控制电池 10 结束充电。

在一种可能的示例中，充电电路 12 通过输出第一电流值为电池 10 充电的过程中， n 个电芯的电压依然会随着充电时间缓慢上升。控制器 103 在检测到满充条件之前， n 个电芯的电压中的最大电压可能又一次上升至与单电芯充电电压上限之间的差值小于预设差值。为了确保控制器 103 能够检测到满充条件，且保证 n 个电芯的电压始终不超过单电芯充电电压上限，控制器 11 可以在充电电流减小为第一电流值之后，通过刷新充电电路 12 的截止充电电压，以使得充电电路的充电模式从恒流充电模式切换为恒压充电模式，实现对充电电流和 n 个电芯的电压的调节。

示例性的，如图 4 所示，为本申请提供的一种电池充电方法的一个实施例的流程图。主要描述在充电电流降低至第一电流值之后，对电池 10 的充电过程。如图 4 所示，该方法包括：

S401，若当前检测到的充电电流小于第一电流值，且 n 个电芯的电压中的最大电压与单电芯充电电压上限之间的差值小于或者等于预设差值，在 n 个电芯的电压与预设电压调节值之和小于或者等于电池的最大允许充电电压，则将充电电压与预设电压调节值之和设置为截止充电电压。

在该示例中，当充电电流降低至第一电流值之后，控制器 11 继续通过第一电流值对电池 10 进行恒流充电，并继续检测 n 个电芯的电压。当 n 个电芯的电压中的最大电压再一次达到或者即将达到单电芯充电电压上限，控制器 11 即可通过设置截止充电电压来调节充电电流，以便于进行满充检测。

例如，若当前检测到的 n 个电芯的电压与预设电压调节值之和小于或者等于电池的最大允许充电电压，则表示当前的充电电压可以上调。那么，控制器 11 可以向充电电路 12 发送电压指令，以刷新充电电路 12 中设置的截止充电电压，即将截止充电电压从开始充电时设置最大允许充电电压，刷新为 n 个电芯的电压与预设电压调节值之和。当充电电路 12 输出的充电电压达到该截止充电电压时，充电电路 12 维持输出截止充电电压，以对电池 10 进行恒压充电，此时充电电流逐渐减小。可以理解的时，截止充电电压从最大允许充电电压降低至 n 个电芯的电压与预设电压调节值之和，充电电路则会提前进行恒压充电，使得每个电芯的电压始终不超过单电芯充电电压。且充电电流提前减小，当控制器 103 检测到充电电流逐渐减小至满充截止电流，并满足满充条件，控制器 103 即可向控制器 11 发送结束充电指令，以使得控制器 11 指示充电电路 12 关闭输出，从而结束充电。因此，加快了满充条件的检测。

其中，电压调节值可以是充电电路 12 的最小电压调节步长。例如，8 毫伏、10

毫伏等，具体可以基于充电电路 12 的电压设置精度设置，对此，本申请不作限制。

当然，若当前检测到的 n 个电芯的电压与预设电压调节值之和大于电池的最大允许充电电压，则表示当前的充电电压不可以上调，控制器 11 可以不执行相关动作。充电电路 12 中的截止充电电压依然为最大允许充电电压。此时，充电电路 12 的充电电压即将达到截止充电电压，并维持输出截止充电电压。因此，可以保证单电芯电压不过充。

可选的，为了确保控制器 103 能够快速识别到满充条件，在对电池 10 进行恒压充电的过程中，控制器 11 可以通过调节充电电路 12 的截止充电电压的大小，控制充电电流的大小。例如，在充电电流大于满充截止电流时，根据电压调节值减小截止充电电压，直至充电电流小于或者等于满充截止电流。或者，在充电电流远小于满充截止电流，例如，小于预设的第二电流值（第二电流值小于满充截止电流，例如，满充截止电流为 100mA，第二电流值为 50mA）时，则根据电压调节值增大截止充电电压，直至充电电流大于或者等于第二电流值，或者直至截止充电电压增大至最大允许充电电压。在该方式中，满充条件为在预设时长内充电电流小于或者等于满充截止电流且大于第二电流值。

示例性的，在上述步骤 S401 之后，该电池充电方法还可以包括如下步骤 S402-207。

S402，控制器 11 检测充电电流是否大于满充截止电流。若是，则执行步骤 S403，否则执行步骤 S405。

S403，控制器 11 根据电压调节值减小截止充电电压。

即控制器 11 在当前充电电压的基础上减小一个电压调节值，然后通过向充电电路 12 发送电压指令，以刷新充电电路 12 的截止充电电压。此时，充电电路 12 输出减小后的截止充电电压，以为电池 10 进行恒压充电。截止充电电压减小后，充电电流随之减小。然后控制器 11 可以继续执行 S404。

S404，控制器 11 检测充电电流是否大于满充截止电流。若是，则返回执行步骤 S403。或者，若否（即充电电流小于或者等于满充截止电流），则执行步骤 409。

S405，控制器 11 检测充电电流是否小于或者等于第二电流值。若是，则执行步骤 S406。或者，若否（即充电电流大于满充截止电流），则执行步骤 409。

S406，判断当前的截止充电电压和电压调节值之和是否小于最大允许充电电压。若是，则执行步骤 S407。或者，若否（即当前的充电电压和电压调节值之和大于或者等于最大允许充电电压），则执行步骤 409。

S407，控制器 11 根据电压调节值增大截止充电电压。

即在当前的截止充电电压和电压调节值之和小于最大允许充电电压的情况下，表明当前的截止充电电压还可以上调，那么，控制器 11 在当前截止充电电压的基础上增加一个电压调节值，然后通过向充电电路 12 发送电压指令，以刷新充电电路 12 的截止充电电压。此时，充电电路 12 检测到当前输出的充电电压小于刷新后的截止充电电压，那么充电电路 12 即可维持当前输出的充电电流的大小，直至输出的充电电压又增大至刷新后的截止充电电压时，充电电路 12 继续维持该刷新后的截止充电电压为电池 10 进行恒压充电。截止充电电压增大后，充电电流随之增大。然后控制器 11 可以继续执行 S408。

S408, 控制器 11 检测充电电流是否小于或者等于第二电流值。若是, 则执行步骤 S406。或者, 若否, 则执行步骤 409。

5 充电过程中, 需要保证电池 10 的电压始终不能超过电池 10 的充电限制电压, 因此, 控制器 11 在调整截止充电电压时, 一旦检测到调整后的截止充电电压大于最大允许充电电压时, 则需要将截止充电电压设置为最大允许充电电压。

S409, 控制器 11 进行满充检测。

10 其中, 所谓满充检测是指由控制器 103 检测充电电流是否满足满充条件, 即检测充电电流是否在预设时长内充电电流小于或者等于满充截止电流且大于第二电流值。若充电电流在预设时长内充电电流小于或者等于满充截止电流且大于第二电流值, 则表示电池 10 充满。控制器 103 即可向控制器 11 发送结束充电指令, 控制器 11 若接收到控制器 103 发送的结束充电指令, 则确定电池 10 充满, 然后指示充电电路 12 关闭输出, 从而结束充电。

15 可选的, 为了保证满充检测的准确度, 控制器 103 可以进行多次满充检测。例如, 控制 103 在连续多次检测到充电电流满足满充条件的情况下, 确定电池 10 充满, 并向控制器 11 发送结束充电指令, 以使得控制器 11 指示充电电路 12 关闭输出, 从而结束充电。在任意一次检测到充电电流不满足满充条件, 则返回步骤 402, 重新开始进行充电电流的检测。

20 当然, 可以理解的是, 在执行上述步骤 S201-202 以及步骤 S401-402 的过程中, 一旦控制器 103 检测到充电器拔出、高温充电、电流异常、电压异常、电池 10 故障等情况, 控制器 103 可以立即控制器 11 发送结束充电指令, 以得控制器 11 指示充电电路 12 关闭输出, 结束充电。以及控制器 11 在接收到控制器 103 上报的充电信息后, 一旦检测到电池 10 即将进入非正常充电状态, 控制器 11 也可以指示充电电路 12 关闭输出, 从而结束充电。

25 在一种可能的场景中, 充电管理模块的充电回路上, 通常存在阻抗。例如, 包括集成有该充电管理模块的印刷电路板上铜线的阻抗、USB 接口的阻抗、充电器的阻抗、充电电缆的阻抗等。当充电电流流经这些阻抗时, 会产生压降, 消耗一部分充电电压。从而电池 10 的电压往往小于充电电路 12 输出的充电电压。

例如, 假设充电回路的阻抗 (即各部分阻抗之和) 为 0.1Ω , 充电电流为 $2A$, 充电电压为 $13.2V$, 那么电池 10 的电压即为 $13.2 - 0.1 * 2 = 13V$ 。

30 在这种情况下, 如果依然将电池 10 的最大允许充电电压设置为电池 10 的充电限制电压, 那么, 就会导致在电池 10 的电压还没有达到充电限制电压时, 充电电路 12 输出的充电电压已经达到最大允许充电电压。导致充电电路 12 在电池 10 的电压上升至充电限制电压之前, 提前结束恒流充电模式, 并切换至恒压充电模式为电池 10 充电, 进而导致充电时间延长。

35 例如, 假设电池 10 的充电限制电压为 $13.2V$ 。电池 10 开始充电时, 控制 103 将充电限制电压上报给控制器 11, 控制器 11 确定最大允许充电电压为 $13.2V$, 并通过电压指令将充电电路 12 的截止电压设置为 $13.2V$ 。当充电电路 12 输出的充电电压达到 $13.2V$ 时, 由于充电回路中存在 0.1Ω 的阻抗, 因而电池 10 的电压为 $13V$, 没有达到充电限制电压。而此时, 充电电路 12 却输出的充电电压达到 $13.2V$ 而到恒压充电模式。

为了避免充电电路 12 提前将充电模式切换到恒压充电模式,本申请实施例提供一种 IR 补偿方案,可以由控制器 11 在每次进行充电电流设置时,基于设置的充电电流,对电池 10 的最大允许充电电压进行 IR 补偿,并基于 IR 补偿后的最大允许充电电压来设置充电电路 12 的截止充电电压。即控制器 11 每次确定降额电流之后,根据确定的降额电流和电池 10 所在充电回路的阻抗计算补偿电压,并将电池 10 的充电限制电压和补偿电压相加,得到电池 10 的最大允许充电电压,然后在基于该最大允许充电电压设置充电电路 12 的截止充电电压。以避免出现在电池 10 的电池为达到充电限制电压之前,充电电路 12 输出的充电电压提前达到最大允许充电电压的情况。

下面结合如图 5 所示的流程图,对本申请提供的 IR 补偿方案进行示例性的说明。

参见图 5,为本申请提供的另一种实施例的流程图,主要涉及在电池进行阶梯式降额的恒流充电阶段,进行对最大允许充电电压进行 IR 补偿的过程。如图 5 所示,该方法包括:

S501,控制器 103 检测到充电回路接通后,向控制器 11 上报初始充电电流 $a1$ 和充电限制电压 $U5$ 。

S502,控制器 11 向充电电路 12 发送电流指令,控制充电电路 12 输出恒定的初始充电电流 $a1$ 为电池 10 充电。

在本申请实施例中,充电电路 12 开始向电池 10 充电后,电池 10 内的控制器 103 则会控制采样电路 102 周期性的对电池 10 的各个数据采集,包括电池 10 的电流、电池 10 中每个电芯的电压,还可以包括电池 10 的温度等。控制器 103 先根据检测到的电池 10 的电流、每个电芯的电压、温度等信息检测电池 10 是否满足结束充电条件。其中,结束充电条件可以包括电池 10 充满、高温充电、电流异常、电压异常、电池 10 故障和/或充电器被拔掉等事件发生。

如果控制器 103 检测到电池 10 不满足结束充电条件,控制器 103 即可将采集到的数据上报给控制器 11,并由控制器 11 执行如下步骤 S503,继续进行充电流程。否则,控制器 103 向控制器 11 发送结束充电指令,以使得控制器 11 控制充电电路 12 关闭输出,以结束充电。

S503,控制器 11 根据初始充电电流 $a1$ 和充电回路的阻抗 R 计算补偿电压 $U6$ (即 $U6=a1*R$),并将 $U6$ 与 $U5$ 相加得到最大允许充电电压,并将截止充电电压设置为 $U6+U5$ 。

在进入降额阶段之前,控制器 11 可以基于初始充电电流 $a1$ 、阻抗 R 以及电池 10 的充电限制电压对最大允许充电电压进行 IR 补偿。得到补偿后的最大允许充电电压后,向充电电路 12 发送电压指令,以将充电电路 12 的截止充电电压设置为该补偿后的最大允许充电电压。避免提前进入降额阶段,保证充电效率。

S504,当进入降额阶段后,每当控制器 11 确定降额电流,控制器 11 根据确定的降额电流、阻抗 R 和充电限制电压对最大允许充电电压进行 IR 补偿,并将截止充电电压设置为补偿后的最大允许充电电压。

其中,所谓进入降额阶段是指从充电电流 $a1$ 和 n 个电芯的电压初次满足降额条件开始,控制器 11 基于降额条件对充电电流进行降额处理的过程。

例如,基于图 3 所示的示例,当电池 10 的充电电流 $a1$ 和 n 个电芯的电压满足降

额条件时,进入降额阶段,控制器 11 确定降额电流 a_2 ,并将充电电流减小为降额电流 a_2 。然后根据 a_2 和充电回路的阻抗 R 计算补偿电压 U_7 (即 $U_7=a_2 \cdot R$),并将 U_7 与 U_5 相加得到最大允许充电电压。此时,最大允许充电电压从 U_6+U_5 减小为 U_7+U_5 。然后向充电电路 12 发送电压指令,以将充电电路 12 的截止充电电压设置为 U_7+U_5 。

5 同理,在充电电路 12 以 a_2 为充电电流为电池 10 进行恒流充电的过程中,当充电电流 a_2 和 n 个电芯的电压满足降额条件时,控制器 11 确定降额电流 a_3 ,并将充电电流从 a_2 减小为 a_3 。相应的,控制器 11 根据 a_3 、阻抗 R 计算补偿电压 U_8 ($U_8=a_3 \cdot R$),并将 U_8 与 U_5 相加得到最大允许充电电压。此时,最大允许充电电压从 U_7+U_5 减小为 U_8+U_5 。然后向充电电路 12 发送电压指令,以将充电电路 12 的截止充电电压设置为 U_8+U_5 。

10 在恒流充电阶段,通过基于降额电流对最大允许充电电压进行 IR 补偿以及更新,并基于更新后最大允许充电电压刷新充电电路 12 的截止充电电压,可以在一定程度上,避免在电池 10 的电池为达到充电限制电压之前,充电电路 12 输出的充电电压提前达到最大允许充电电压。进而避免充电电路 12 提前从恒流充电模式切换为恒压充电模式,保证电池 10 的充电效率。

15 示例性的,图 6 示出了采用本申请提供的电池充电方法的测试结果示意图。图 6 中,包括电芯的电压随时间变化的曲线(包括正常电芯的电压曲线和异常电芯的电压曲线),和充电电流随时间变化的充电电流曲线。在充电过程中,异常电芯的分压小于正常电芯的分压。而在充电电路 12 输出的充电电压未达到充电截止电压之前,随时充电时间的延长,各个电芯的电压会持续增长。这就容易导致正常电芯的电压在达到额定电压(4400mv)的时候,电池的总电压由于异常电芯的电压小于额定电压,而不会超过其充电限制电压,也就导致充电 12 输出的充电电压未达到充电截止电压。进而导致正常电芯的电压继续增长,超过 4400mv。而利用本申请提供的电池充电方法后,基于图 6 可以看出,从第 781s 开始,每当正常电芯的电压达到 4400mV 时,充电电流进行一次降额,使得正常电芯的电压减小,不超过 4400mv,直至电池充满。因此,采用本申请提供的电池充电方法,可以有效的控制正常电芯的电压,避免正常电芯过充。

20 对应于上文实施例所述的电池充电方法,本申请提供一种电子装置。该电子装置可以是电子设备、电子设备中的充电管理模块或者是充电管理模块中的充电管理芯片。

30 当电子装置为充电管理芯片时,该充电管理芯片包括处理器,处理器和存储器耦合,所述处理器执行所述存储器中存储的计算机程序或指令,以实现如上文实施例所述的电池充电方法。其中,存储器可以设置在该充电管理芯片,也可以位于其他芯片中。

例如,该充电管理芯片中的处理器可以是如图 1 中的控制器 11 或者控制器 103。

35 其中,处理器可以包括如下至少一种类型:中央处理单元(Central Processing Unit, CPU),该处理器还可以是其他通用处理器、数字信号处理器 (Digital Signal Processor, DSP)、专用集成电路 (Application Specific Integrated Circuit, ASIC)、现成可编程门阵列 (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。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

处理器中还可以设置存储器，用于存储指令和数据。在一些实施例中，处理器中的存储器为高速缓冲存储器。该存储器可以保存处理器刚用过或循环使用的指令或数据。如果处理器需要再次使用该指令或数据，可从所述存储器中直接调用。避免了重复存取，减少了处理器的等待时间，因而提高了系统的效率。

5 存储器可用于存储软件程序以及模块，处理器通过运行存储在存储器的软件程序以及模块，从而执行电子设备的各种功能应用以及数据处理。存储器可主要包括存储程序区和存储数据区，其中，存储程序区可存储至少一个功能所需的程序（比如本申请提供的充电方法的程序等）等；存储数据区可存储根据电子设备的使用所创建的数据（比如充电限制电压、最大允许充电电压、降额规则等）等。此外，存储器可以包
10 括高速随机存取存储器，还可以包括非易失性存储器，例如至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他易失性固态存储器件。

可选的，当电子装置为充电管理模块时，该充电管理模块包括充电管理芯片和由
n 个电芯构成的电池和充电电路。充电管理芯片中的处理器与电池和充电电路连接，
该处理器和存储器耦合，处理器执行存储器中存储的计算机程序或指令，以实现如上
15 文实施例所述的电池充电方法。

示例性的，该充电管理模块可以为如图 1 所示的充电管理模块。其中，充电管理芯片可以是图 1 中的控制器 11 或者控制器 103。充电电路可以是图 1 中的充电电路 12，
电池可以是图 1 中的电池 10，或者为图 1 中的 n 个电芯。

可选的，当电子装置为电子设备时，参见图 7，该电子设备包括电管理模块，充
20 电管理模块包括充电管理芯片和由 n 个电芯构成的电池和充电电路。其中，充电管理芯片中的处理器与电池和充电电路连接，该处理器和存储器耦合，处理器执行存储器中存储的计算机程序或指令，以实现如上文实施例所述的电池充电方法。

另外，尽管未示出，电子设备通信模块、显示模块、存储器、音频电路、传感器模块等，在此不再赘述。

25 本申请实施例还提供了一种非易失性计算机可读存储介质。上述实施例中描述的方法可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或者其任意组合来实现。如果在软件中实现，则功能可以作为一个或多个指令或代码存储在计算机可读介质上或者在计算机可读介质上传输。计算机可读介质可以包括计算机存储介质和通信介质，还可以包括任何可以将计算机程序从一个地方传送到另一个地方的介质。存储介质可以是可由计
30 算机访问的任何可用介质。

作为一种可选的设计，计算机可读介质可以包括只读存储器（read-only memory，ROM）或可存储静态信息和指令的其他类型的静态存储设备，随机存取存储器

（random access memory，RAM）或者可存储信息和指令的其他类型的动态存储设备，也可以是电可擦可编程只读存储器（Electrically erasable programmable memory，EEPROM）或其它光盘存储器，磁盘存储器或其它磁存储设备，或可用于承载的任何
35 其它介质或以指令或数据结构的形式存储所需的程序代码，并且可由计算机访问。而且，任何连接被适当地称为计算机可读介质。例如，如果使用同轴电缆，光纤电缆，双绞线，数字用户线（DSL）或无线技术（如红外，无线电和微波）从网站，服务器或其它远程源传输软件，则同轴电缆，光纤电缆，双绞线，DSL 或诸如红外，无线电

和微波之类的无线技术包括在介质的定义中。如本文所使用的磁盘和光盘包括光盘（CD），激光盘，光盘，数字通用光盘（DVD），软盘和蓝光盘，其中磁盘通常以磁性方式再现数据，而光盘利用激光光学地再现数据。上述的组合也应包括在计算机可读介质的范围内。

- 5 本申请实施例还提供了一种计算机程序产品。上述实施例中描述的方法可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或者其任意组合来实现。如果在软件中实现，可以全部或者部分得通过计算机程序产品的形式实现。计算机程序产品包括一个或多个计算机指令。在计算机上加载和执行上述计算机程序指令时，全部或部分地产生按照上述方法实施例中描述的流程或功能。上述计算机可以是通用计算机、专用计算机、计算机
- 10 网络、网络设备、用户设备或者其它可编程装置。

在上述实施例中，对各个实施例的描述都各有侧重，某个实施例中沒有详述或记载的部分，可以参见其它实施例的相关描述。

- 15 以上所述实施例仅用以说明本申请的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明，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申请各实施例技术方案的精神和范围，均应包含在本申请的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1.一种电池充电方法，应用于由 n 个电芯构成的电池， n 为大于 1 的整数，其特征在于，所述方法包括：

获取当前的充电电流和所述 n 个电芯的电压；

5 若所述 n 个电芯的电压中的最大电压与预设的单电芯充电电压上限之间的差值小于或者等于预设差值时，则确定降额电流，其中，所述预设差值大于或者等于 0，所述最大电压小于或者等于所述单电芯充电电压上限，所述降额电流小于所述当前的充电电流；

指示以所述降额电流为所述电池充电。

10 2.根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述确定降额电流，包括：

根据所述当前的充电电流所在区间，确定对应的降额电流。

3.根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述确定降额电流，包括：从预设的电流序列中确定降额电流。

15 4.根据权利要求 1-3 任一项所述的方法，其特征在于，所述确定降额电流之后，所述方法还包括：

根据所述降额电流和所述电池所在充电回路的阻抗计算补偿电压；

将所述电池的充电限制电压和所述补偿电压相加，得到所述电池的最大允许充电电压；

将所述最大允许充电电压设置为截止充电电压。

20 5.根据权利要求 1-4 任一项所述的方法，其特征在于，若所述当前的充电电流小于预设的第一电流值，且所述最大电压与所述单电芯充电电压上限之间的差值小于或者等于所述预设差值，则所述方法还包括：

若所述 n 个电芯的电压与预设电压调节值之和小于或者等于所述电池的最大允许充电电压，则将所述 n 个电芯的电压与预设电压调节值之和设置为截止充电电压。

25 6.根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述将所述 n 个电芯的电压与预设电压调节值之和设置为截止充电电压之后，所述方法还包括：

若检测到充电电流大于所述电池的满充截止电流，则根据所述电压调节值减小所述截止充电电压。

30 7.根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述将所述 n 个电芯的电压与预设电压调节值之和设置为截止充电电压之后，所述方法还包括：

若检测到充电电流小于或者等于预设的第二电流值，则在所述充电截止电压和所述电压调节值的和小于或者等于所述最大允许充电电压的情况下，根据所述电压调节值增大所述截止充电电压，所述第二电流值小于所述电池的满充截止电流。

8.一种电子装置，其特征在于，包括处理器，所述处理器和存储器耦合，所述处理器执行所述存储器中存储的计算机程序或指令，以实现如权利要求 1 至 7 任一项所述的电池充电方法。

5 9.根据权利要求 8 所述的电子装置，其特征在于，所述电子装置还包括充电电路和由 n 个电芯构成的电池，所述处理器与所述电池和所述充电电路连接， n 为大于 1 的整数。

10.一种非易失性计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求 1 至 7 任一项所述的电池充电方法。

10 11.一种计算机程序产品，其特征在于，当计算机程序产品在电子设备上运行时，使得电子设备执行如权利要求 1 至 7 任一项所述的电池充电方法。

15

20

25

30

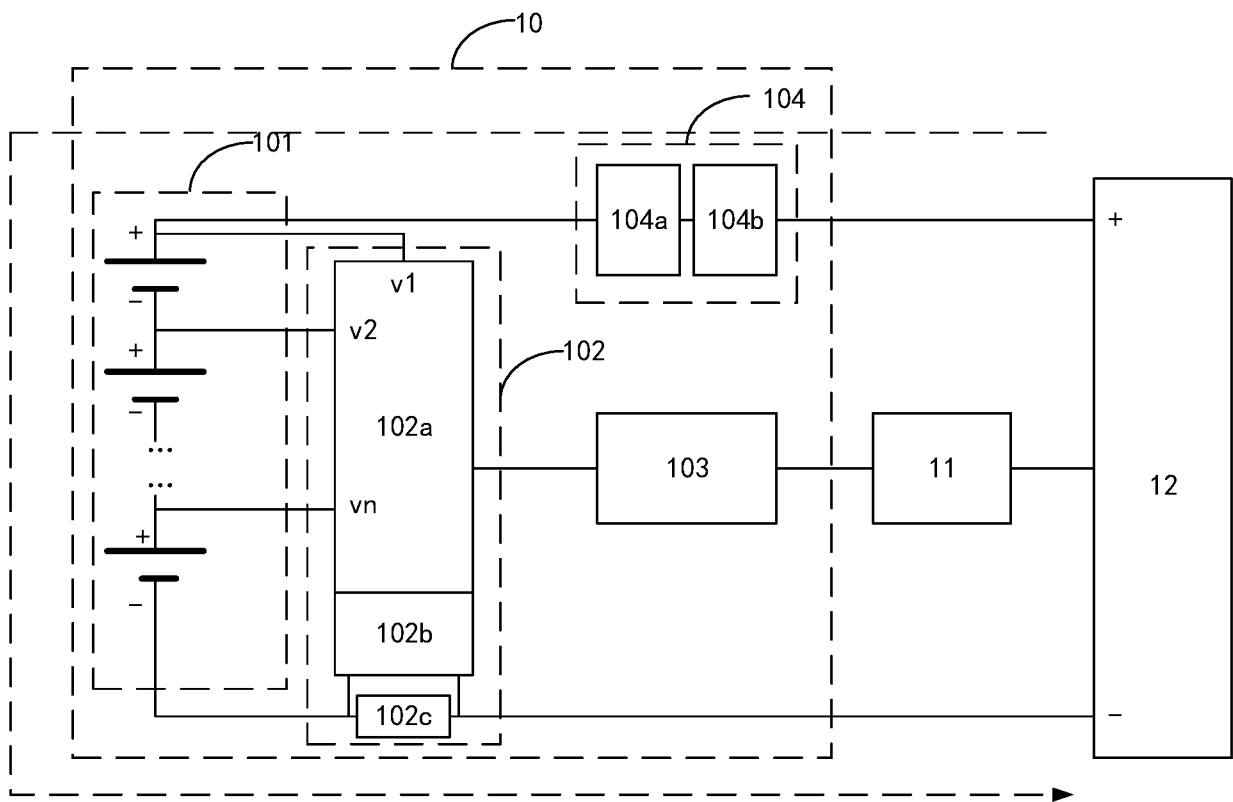


图 1

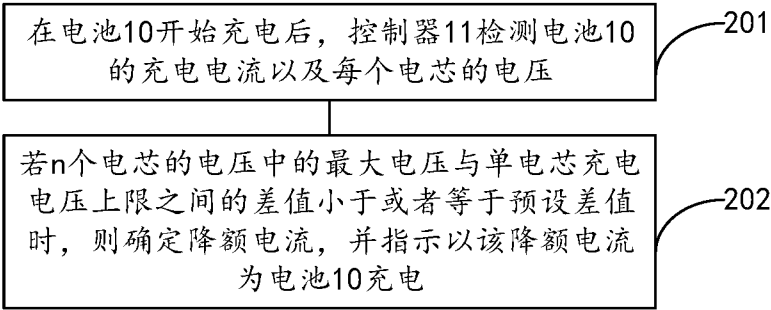


图 2

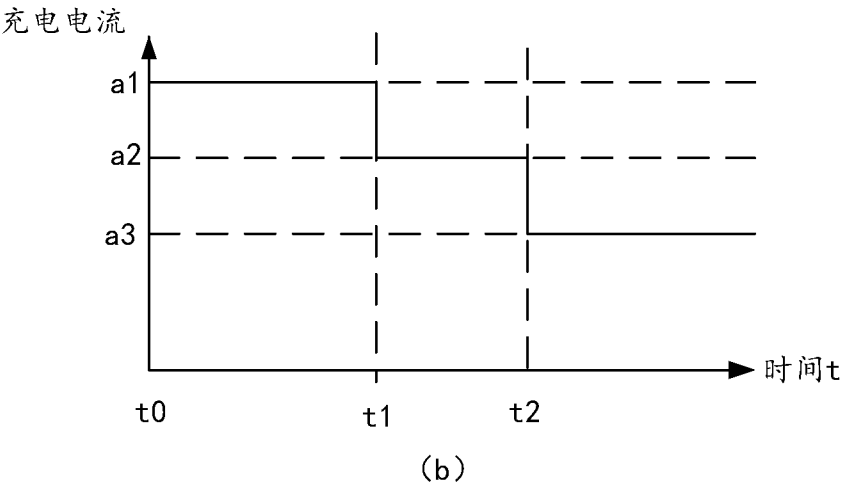
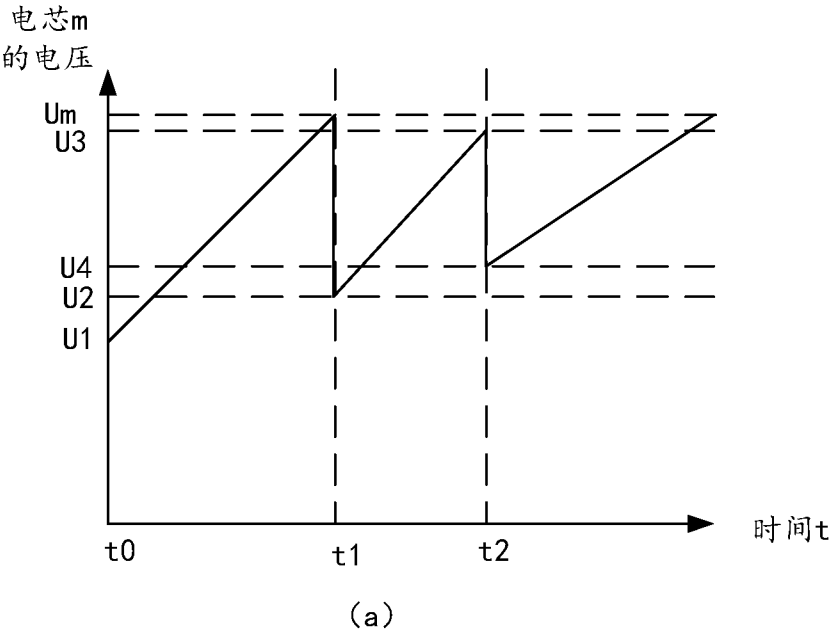


图 3

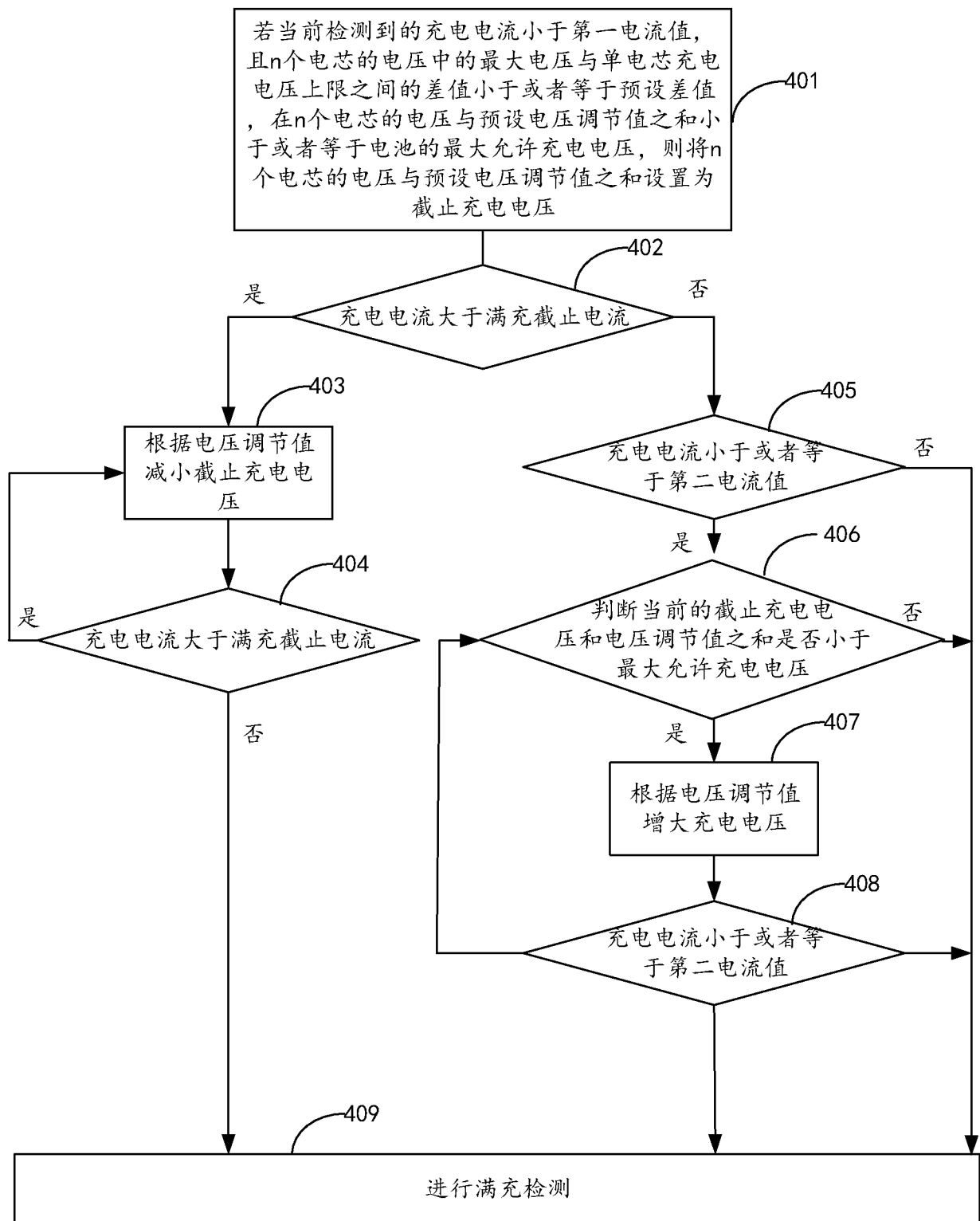


图 4

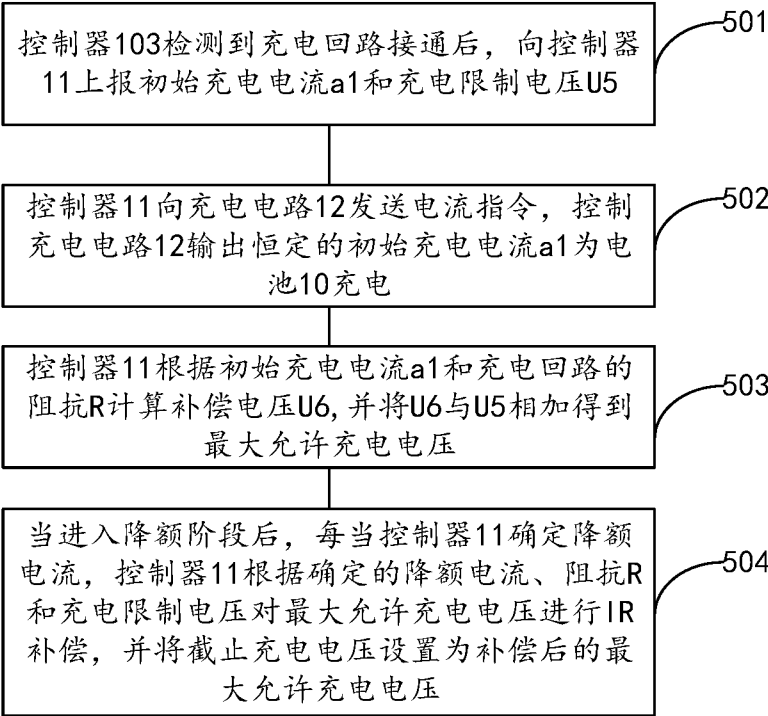


图 5

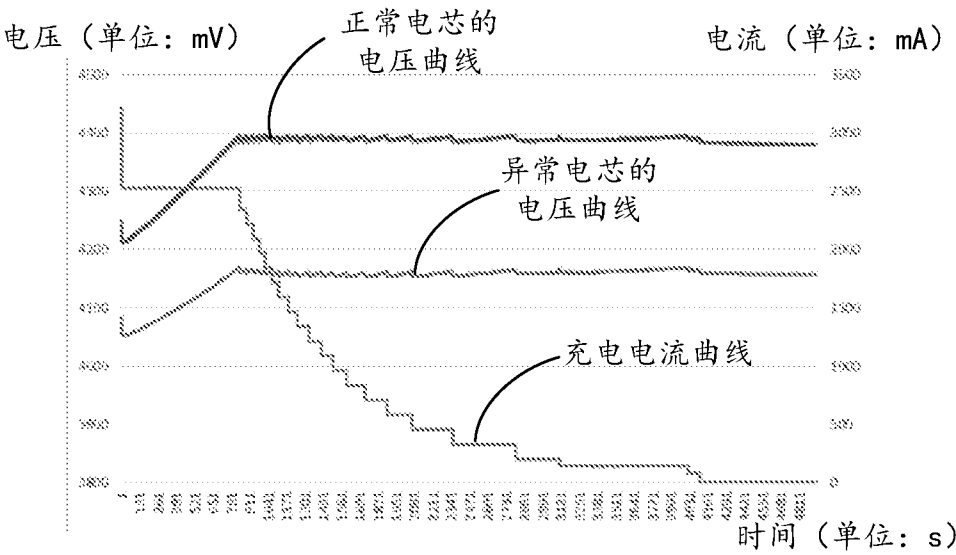


图 6

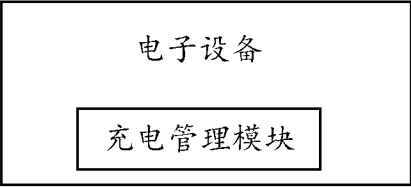


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/090081

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 7/00(2006.01)i; H01M 10/44(2006.01)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)

H02J H01M

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)

CNABS; CNTXT; VEN; EPTXT; USTXT; WOTXT; CNKI: 华为, 电池, 电芯, 充电, 过充, 电压, 电流, 最大, 最高, 阶梯式, 降额, 降低, 减小, batter+, charg+, protect+, balanc+, current, voltage, decrease, reduce

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101488591 A (COMPAL ELECTRONICS, INC.) 22 July 2009 (2009-07-22) description, page 8 line 6 - page 22 line 7, figures 1-19	1-11
X	CN 103094944 A (GALLOPWARE ENTERPRISE CO., LTD.) 08 May 2013 (2013-05-08) description, paragraphs [0031]-[0035], and figures 1-7	1-11
X	CN 101795010 A (HUIZHOU EPOWER ELECTRONIC CO., LTD.) 04 August 2010 (2010-08-04) description, paragraphs [0025]-[0041], and figures 1-4	1-11
A	CN 101312296 A (COMPAL ELECTRONICS, INC.) 26 November 2008 (2008-11-26) entire document	1-11
A	US 5965996 A (VECTRIX CORPORATION) 12 October 1999 (1999-10-12) entire document	1-11



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

16 June 2021

Date of mailing of the international search report

15 July 2021

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
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/090081

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	101488591	A	22 July 2009	CN	101488591	B	07 December 2011
CN	103094944	A	08 May 2013	TW	201403994	A	16 January 2014
CN	101795010	A	04 August 2010	CN	101795010	B	18 July 2012
CN	101312296	A	26 November 2008	CN	101312296	B	22 December 2010
US	5965996	A	12 October 1999	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/090081

A. 主题的分类 H02J 7/00(2006.01)i; H01M 10/44(2006.01)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) H02J H01M 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)) CNABS;CNTXT;VEN;EPTXT;USTXT;WOTXT;CNKI: 华为, 电池, 电芯, 充电, 过充, 电压, 电流, 最大, 最高, 阶梯式, 降额, 降低, 减小, batter+, charg+, protect+, balanc+, current, voltage, decrease, reduce																				
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>CN 101488591 A (仁宝电脑工业股份有限公司) 2009年 7月 22日 (2009 - 07 - 22) 说明书第8页第6行-第22页第7行, 附图1-19</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 103094944 A (德臻科技股份有限公司) 2013年 5月 8日 (2013 - 05 - 08) 说明书第[0031]-[0035]段, 附图1-7</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 101795010 A (惠州市亿能电子有限公司) 2010年 8月 4日 (2010 - 08 - 04) 说明书第[0025]-[0041]段, 附图1-4</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101312296 A (仁宝电脑工业股份有限公司) 2008年 11月 26日 (2008 - 11 - 26) 全文</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5965996 A (VECTRIX CORP) 1999年 10月 12日 (1999 - 10 - 12) 全文</td> <td>1-11</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	CN 101488591 A (仁宝电脑工业股份有限公司) 2009年 7月 22日 (2009 - 07 - 22) 说明书第8页第6行-第22页第7行, 附图1-19	1-11	X	CN 103094944 A (德臻科技股份有限公司) 2013年 5月 8日 (2013 - 05 - 08) 说明书第[0031]-[0035]段, 附图1-7	1-11	X	CN 101795010 A (惠州市亿能电子有限公司) 2010年 8月 4日 (2010 - 08 - 04) 说明书第[0025]-[0041]段, 附图1-4	1-11	A	CN 101312296 A (仁宝电脑工业股份有限公司) 2008年 11月 26日 (2008 - 11 - 26) 全文	1-11	A	US 5965996 A (VECTRIX CORP) 1999年 10月 12日 (1999 - 10 - 12) 全文	1-11
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
X	CN 101488591 A (仁宝电脑工业股份有限公司) 2009年 7月 22日 (2009 - 07 - 22) 说明书第8页第6行-第22页第7行, 附图1-19	1-11																		
X	CN 103094944 A (德臻科技股份有限公司) 2013年 5月 8日 (2013 - 05 - 08) 说明书第[0031]-[0035]段, 附图1-7	1-11																		
X	CN 101795010 A (惠州市亿能电子有限公司) 2010年 8月 4日 (2010 - 08 - 04) 说明书第[0025]-[0041]段, 附图1-4	1-11																		
A	CN 101312296 A (仁宝电脑工业股份有限公司) 2008年 11月 26日 (2008 - 11 - 26) 全文	1-11																		
A	US 5965996 A (VECTRIX CORP) 1999年 10月 12日 (1999 - 10 - 12) 全文	1-11																		
☐ 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 “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 2021年 6月 16日		国际检索报告邮寄日期 2021年 7月 15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 周权 电话号码 (86-512)88997258																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/090081

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	101488591	A	2009年 7月 22日	CN	101488591 B 2011年 12月 7日
CN	103094944	A	2013年 5月 8日	TW	201403994 A 2014年 1月 16日
CN	101795010	A	2010年 8月 4日	CN	101795010 B 2012年 7月 18日
CN	101312296	A	2008年 11月 26日	CN	101312296 B 2010年 12月 22日
US	5965996	A	1999年 10月 12日	无	