

电池容量的估计方法、装置和计算机存储介质

本申请要求于 2021 年 11 月 26 日提交中国专利局、申请号为 202111422355.6、申请名称为“电池容量的估计方法、装置和计算机存储介质”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

本申请涉及电池管理技术领域，尤其涉及一种电池容量的估计方法、装置和计算机存储介质。

背景技术

人们对新的可再生能源解决方案的强劲需求，例如电动汽车、电动飞机和电动轮船需求促成了锂离子电池的迅速发展。应用于上述系统中的电池将面临更加恶劣的工作条件：更高的功率需求和能量需求，以及更大的温度变化，这些条件都加速了电池老化。因此，有必要跟踪电池的健康状况（State Of Health, SOH）并确定何时终止其使用寿命。SOH 通常被定义为给定时间内电池实际容量与其初始容量之间的比率。

目前，在计算电池容量时，主要是通过对电池进行满充满放来计算充电或放电阶段的总电量，或者在一定电池荷电状态（State of Charge, SOC）区间进行充放电，根据充电或放电电量以及相应的 SOC 区间来计算总的电池容量。该方法估算的精度完全依赖于 SOC 的精度，如果出现 SOC 估算误差较大则会影响电池容量的估计精度。尤其对磷酸铁锂电池来说，SOC 的误差累计会影响电池容量的精度，然而电池容量的误差又会反过来影响 SOC 的精度，形成交叉影响，最终使得电池容量的估算完全失效。

如果采用与实验室对标的方法，则存在两个弊端：第一，实验室的测试非常耗时耗力，成本高昂，且无法穷尽所有工况；第二，在实际使用中与实验室的数据进行对标会过于教条，无法估算出真实的实际电池容量。

发明内容

在发明内容部分中引入了一系列简化形式的概念，这将在具体实施方式部分中进一步详细说明。本申请的发明内容部分并不意味着要试图限定出所要求保护的技术方案的关键特征和必要技术特征，更不意味着试图确定所要求保护的技术方案的保护范围。

为解决上述技术问题，本申请实施例第一方面提出了一种电池容量的估计方法，包括：在电池充电过程中，实时获得所述电池的电压-容量曲线；对所述电压-容量曲线进行差分，以得到电压差分-容量曲线；在所述电压差分-容量曲线中识别出多个波峰；计算每个波峰与其左侧的相邻波谷之间的第一高度和第一宽度、以及每个波峰与其右侧的相邻波谷之间的第二高度和第二宽度；根据所述第一高度、所述第一宽度、所述第二高度和所述第二宽度计算判定指标，其中， $p=2(h1+w1)/(h1-w1)+2(h2+w2)/(h2-w2)$ ，p 表示判定指标，h1 表示第一高度，w1 表示第一宽度，h2 表示第二高度，w2 表示第二宽度；根据具有最小判定指标的波峰确定所述电压-容量曲线中的电压拐点；获取预先标定的电压-容量曲线中电压拐点对应的基准容量值；当所述电池达到满充状态后，获取将所述电池从所述电压拐点充电到满充状态之间的充入电量；基于所述基准容量值和所述充入电量之和得到所述电池的实际容量。

本申请根据电池充电过程中的电压-容量曲线上的电压拐点估计电池的容量，能够提高电

池容量的估计精度，并且无需将电池放空，符合用户的使用习惯。

在一个实施例中，在对所述电压-容量曲线进行差分之前，还包括对所述电压-容量曲线进行平滑滤波的步骤。

在一个实施例中，所述基准容量值是采用如下方式标定的：将所述电池电量放空后，恒流充电至满电状态，记录恒流充电过程中所述电池的基准电压-容量曲线，并根据恒流充电过程中的电压-容量曲线标定所述基准容量值。

在一个实施例中，所述获取将所述电池从所述电压拐点充电到满充状态之间的充入电量，包括：记录将所述电池从所述电压拐点充电到满充状态所用的充电时间；根据所述充电时间和充电电流计算所述充入电量。

在一个实施例中，所述方法还包括：根据所述实际容量和预先标定的所述电池的初始容量估计所述电池的健康状况。

在一个实施例中，所述电池为磷酸铁锂电池。

在一个实施例中，电池的初始容量是通过以下方式确定的：将电池电量放空后再恒流充至满电状态；以及，记录电池的初始容量。

在一个实施例中，根据实际容量和预先标定的电池的初始容量估计电池的健康状况包括： $SOH = Q/Q_{new} * 100\%$ ，其中，实际容量用 Q 表示，初始容量用 Q_{new} 表示，电池的健康状况用 SOH 表示。

本申请实施例第二方面提供一种电池容量的估计装置，所述装置包括存储器和处理器，所述存储器上存储有由所述处理器运行的计算机程序，所述计算机程序在被所述处理器运行时执行如上所述的电池容量的估计方法。

本申请实施例第三方面提供一种计算机存储介质，其上存储有计算机程序，所述计算机程序被执行时实现如上所述的电池容量的估计方法。

本申请实施例的电池容量的估计方法和装置根据电池充电过程中的电压-容量曲线上的电压拐点估计电池的容量，不涉及 SOC 的绝对值，能够提高电池容量的估计精度，并且无需将电池放空，符合用户的使用习惯。

附图说明

通过结合附图对本申请的实施例进行更详细的描述，本申请的上述以及其它目的、特征和优势将变得更加明显。附图用来提供对本申请实施例的进一步理解，并且构成说明书的一部分，与本申请实施例一起用于解释本申请，并不构成对本申请的限制。在附图中，相同的参考标号通常代表相同部件或步骤。

图1为根据本申请实施例的电池容量的估计方法的示意性流程图；

图2为根据本申请实施例的电压-容量曲线的示意图；

图3为根据本申请实施例的电压差分-容量曲线的示意图；

图4为根据本申请实施例的电池容量的估计装置的示意性框图。

具体实施方式

为了使得本申请的目的、技术方案和优点更为明显，下面将参照附图详细描述根据本申请的示例实施例。显然，所描述的实施例仅仅是本申请的一部分实施例，而不是本申请的全部实施例，应理解，本申请不受这里描述的示例实施例的限制。基于本申请中描述的本申请实施例，本领域技术人员在没有付出创造性劳动的情况下所得到的所有其它实施例都应落入本申请的保护范围之内。

在下文的描述中，给出了大量具体的细节以便提供对本申请更为彻底的理解。然而，对于本领域技术人员而言显而易见的是，本申请可以无需一个或多个这些细节而得以实施。在其他的例子中，为了避免与本申请发生混淆，对于本领域公知的一些技术特征未进行描述。

应当理解的是，本申请能够以不同形式实施，而不应当解释为局限于这里提出的实施例。相反地，提供这些实施例将使公开彻底和完全，并且将本申请的范围完全地传递给本领域技术人员。

在此使用的术语的目的仅在于描述具体实施例并且不作为本申请的限制。在此使用时，单数形式的“一”、“一个”和“所述/该”也意图包括复数形式，除非上下文清楚指出另外的方式。还应明白术语“组成”和/或“包括”，当在该说明书中使用时，确定所述特征、整数、步骤、操作、元件和/或部件的存在，但不排除一个或更多其它的特征、整数、步骤、操作、元件、部件和/或组的存在或添加。在此使用时，术语“和/或”包括相关所列项目的任何及所有组合。

为了彻底理解本申请，将在下列的描述中提出详细的结构，以便阐释本申请提出的技术方案。本申请的可选实施例详细描述如下，然而除了这些详细描述外，本申请还可以具有其他实施方式。

下面参照附图来描述本申请实施例提出的电池容量的估计方法和电池容量的估计装置。首先参见图1，图1示出了根据本申请实施例的电池容量的估计方法的示意性流程图。如图1所示，所述电池容量的估计方法包括：

在步骤S110，在电池充电过程中，实时获得所述电池的电压-容量曲线；

在步骤S120，对所述电压-容量曲线进行差分，以得到电压差分-容量曲线；

在步骤S130，在所述电压差分-容量曲线中识别出多个波峰；

在步骤S140，计算每个波峰与其左侧的相邻波谷之间的第一高度和第一宽度、以及每个波峰与其右侧的相邻波谷之间的第二高度和第二宽度；

在步骤S150，根据所述第一高度、所述第一宽度、所述第二高度和所述第二宽度计算判定指标，其中， $p=2(h1+w1)/(h1-w1)+2(h2+w2)/(h2-w2)$ ，p表示判定指标，h1表示第一高度，w1表示第一宽度，h2表示第二高度，w2表示第二宽度；

在步骤S160，根据具有最小判定指标的波峰确定所述电压-容量曲线中的电压拐点；

在步骤S170，获取预先标定的电压-容量曲线中电压拐点对应的基准容量值；

在步骤S180，当所述电池达到满充状态后，获取将所述电池从所述电压拐点充电到满充状态之间的充入电量；

在步骤S190，基于所述基准容量值和所述充入电量之和得到所述电池的实际容量。

本申请实施例的电池容量的估计方法通过实时检测电池充电过程中的电压-电池容量曲线，分析曲线特性，寻找电压拐点，根据电压拐点估算电池的实际容量，该方法在电池充电过程中根据材料本身的特征属性对电池的实际容量进行智能估算，不需要对电池进行深度放电，在电池初始SOC状态未知的情况下，也能够精确计算电池的实际容量，并且，由于计算过程不涉及SOC的绝对值，因而不会与SOC的计算产生交叉影响。本申请实施例的电池容量的估计方法不仅可以大大节约实验室的测试成本，而且可以也能够显著提高电池容量计算的效率与精度。本发明根据电池充电过程中的电压-容量曲线上的电压拐点估计电池的容量，能够提高电池容量的估计精度，并且无需将电池放空，符合用户的使用习惯。

具体地，在电池充电过程中，实时获得电池的电压-容量曲线，并在电压-容量曲线中确定电压拐点。其中，所述电池包括锂离子电池，具体可以是磷酸铁锂电池。电压拐点为电压

随容量变化最快的若干点中的一个。下面，参照图2和图3对电压-容量曲线和电压拐点的特征进行说明。

首先参照图2，图2示出了锂离子电池的电压-容量曲线。一般来说，锂离子电池的电压-容量曲线存在三个电压随容量变化较缓慢的区间，称之为电压平台区，每相邻两个电压平台区之间存在一段电压随容量变化较快的区域，该区域内电压变化最快的点称之为电压拐点。本申请实施例的用于估计电池SOH的电压拐点位于第二与第三个电压平台区之间，为该区间内电压随容量变化最快的点。

经研究发现，随着锂离子电池的老化，电压拐点对应的电池容量值到SOC=0对应的电池容量值（即容量值为0）之间的容量差值保持不变。本申请实施例根据电压拐点的这一特性对电池的实际容量进行估算。估算得到电池的实际容量之后，可以根据电池的实际容量计算电池的健康状况（SOH），电池的SOH为电池的实际容量与其初始容量之间的比率，电池的初始容量可以在出厂前通过标定获得，具体可以将电池电量放空后再恒流充至满电状态，记录电池的初始容量（记为 Q_{new} ）。本申请实施例根据电压拐点的特性计算电池的实际容量，避免根据SOC计算电池的实际容量，从而不会产生由于SOC的误差累计而影响SOH的估算精度、以及SOH的误差又对SOC的精度造成影响的问题。

具体地，如上所述，由于电压拐点对应的电池容量值保持不变，本申请实施例根据电压-容量曲线识别到电压拐点以后，计算从电压拐点到电池满充的区间内电池的充入电量（记为QHVP），将充入电量与电压拐点对应的容量值（记为QHVT）求和，即可得到电池的实际容量 Q ， $Q=QHVP+QHVT$ ，并根据电池的实际容量 Q 与预先标定的初始容量 Q_{new} 计算电池的SOH， $SOH=Q/Q_{new}*100\%$ 。

其中，由于电压-容量曲线中的电池容量是电池管理系统根据SOC计算得到的，为了避免引入SOC的误差，本申请实施例采用预先标定的电压拐点对应的基准容量值来计算电池的实际容量。示例性地，在电池出厂前，将电池电量放空后再恒流充至满电状态，并记录电池充电过程中的电压-容量曲线，通过分析该电压-容量曲线的特性，离线标定确定电压拐点对应的基准容量值。在计算从电压拐点到满充状态之间的充入电量时，则可以记录到达电压拐点的时间和到达满充状态的充电时间，根据实际的充电电流和将电池从电压拐点充电到满充状态所用的充电时间来计算。由于电压拐点对应的基准容量值是准确值，充入电量也是准确值，对二者求和能够得到较为准确的电池实际容量。

本申请实施例在估算电池实际容量的过程中不涉及SOC绝对值，能够避免采用传统方式计算电池实际容量时过度依赖SOC估算精度的弊端。并且，本申请实施例不需要对电池进行放空，符合普通用户使用习惯，实验证明，在低于60%SOC时开始充电都能够精确计算电池的实际容量。

示例性地，由于电压拐点是电压随容量变化最快的点，因此，可以根据电压差分-容量曲线确定电压拐点，电压拐点对应电压差分-容量曲线的波峰。具体地，对电压-容量曲线进行差分，以得到电压差分-容量（ $dV/dQ-Q$ ）曲线，根据电压差分-容量曲线的波峰确定电压拐点对应的容量值。

电压差分-容量曲线中一般存在多个波峰，为了确定电压拐点，需要在其中确定出特征峰，即对应于电压拐点的波峰。本申请实施例根据每个波峰的周长与面积的比值寻找特征峰，根据该特征峰确定的电压拐点即为满足容量不变特性的电压拐点。

具体地，参见图3，首先在电压差分-容量曲线中识别出多个波峰，计算每个波峰与其左侧的相邻波谷之间的第一高度和第一宽度、以及每个波峰与其右侧的相邻波谷之间的第二高

度和第二宽度。第一高度为每个波峰与其左侧相邻的波谷之间的电压差分的差值，第一宽度为每个波峰与其左侧相邻的波谷之间的容量的差值；第二高度为每个波峰与其右侧相邻的波谷之间的电压差分的差值的绝对值，第二宽度为每个波峰与其右侧相邻的波谷之间的容量的差值的绝对值。

之后，根据第一高度、第一宽度、第二高度和第二宽度为每个波峰计算判定指标，利用每个波峰左右两个半边峰的周长与面积之比之和作为判定指标，具体地，判定指标 $p=2(h_1+w_1)/(h_1 \cdot w_1)+2(h_2+w_2)/(h_2 \cdot w_2)$ ， h_1 表示第一高度， w_1 表示第一宽度， h_2 表示第二高度， w_2 表示第二宽度。为每个波峰计算出判定指标后，将具有最小判定指标的波峰作为特征峰，用于确定电压拐点。

在一些实施例中，为了减小误差，在对电压-容量曲线进行差分之前，还包括对电压-容量曲线进行平滑滤波的步骤。确定电压拐点之后，即可根据上文描述的方式估计电池的实际容量。

本申请实施例在电池充电过程中实时检测并分析电压-容量曲线，不需要对电池进行深度放电，符合用户的使用习惯，具有较大的技术优势和市场价值；在计算过程中不需要确定电池的初始SOC，也不涉及SOC的绝对值，只需在充电过程中识别电压拐点，便可计算得到电池的实际容量，从而提高了电池实际容量估算的精度；进而还可以得到电池的SOH，提高了SOH的估算精度和速度。并且，在识别电压拐点时使用了周长/面积的特征实现了自动识别，不需要人为根据不同车型、不同老化程度进行阈值设定，普适性更强。

本申请实施例还提供一种电池容量的估计装置，该装置可以用于实现上文所述的电池容量的估计方法。参见图4，图4示出了根据本申请实施例的电池容量的估计装置400的示意性框图。

如图4所示，所述电池容量的估计装置400包括存储器410、处理器420及存储在所述存储器410上且在所述处理器420上运行的计算机程序，所述处理器420执行所述计算机程序时可以实现如上所述的电池容量的估计方法。所述处理器420可以通过软件、硬件、固件或者其组合实现，可以使用电路、单个或多个为特定用途集成电路（Application Specific Integrated Circuit, ASIC）、数字信号处理器（Digital Signal Processor, DSP）、数字信号处理装置（Digital Signal Processing Device, DSPD）、可编程逻辑装置（Programmable Logic Device, PLD）、现场可编程门阵列（Field Programmable Gate Array, FPGA）、中央处理器（Central Processing Unit, CPU）、控制器、微控制器、微处理器中的至少一种，从而使得所述装置可以执行本申请的各个实施例中的电池容量的估计方法的部分步骤或全部步骤或其中步骤的任意组合。

本申请实施例还提出了一种计算机存储介质，其上存储有计算机程序，该计算机程序被执行时可以实现本申请实施例的电池容量的估计方法。

本申请实施例的电池容量的估计装置400和计算机存储介质用于实现上文所述的电池容量的估计方法，因而也具备类似的优点。

尽管这里已经参考附图描述了示例实施例，应理解，上述示例实施例仅仅是示例性的，并且不意图将本申请的范围限制于此。本领域普通技术人员可以在其中进行各种改变和修改，而不偏离本申请的范围和精神。所有这些改变和修改意在包括在所附权利要求所要求的本申请的范围之内。

本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每

个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的设备和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的设备实施例仅仅是示意性的，例如，所述单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个设备，或一些特征可以忽略，或不执行。

在此处所提供的说明书中，说明了大量具体细节。然而，能够理解，本申请的实施例可以在没有这些具体细节的情况下实践。在一些实例中，并未详细示出公知的方法、结构和技术，以便不模糊对本说明书的理解。

类似地，应当理解，为了精简本申请并帮助理解各个发明方面中的一个或多个，在对本申请的示例性实施例的描述中，本申请的各个特征有时被一起分组到单个实施例、图、或者对其的描述中。然而，并不应将该本申请的方法解释成反映如下意图：即所要求保护的本申请要求比在每个权利要求中所明确记载的特征更多的特征。更确切地说，如相应的权利要求书所反映的那样，其发明点在于可以用少于某个公开的单个实施例的所有特征的特征来解决相应的技术问题。因此，遵循具体实施方式的权利要求书由此明确地并入该具体实施方式，其中每个权利要求本身都作为本申请的单独实施例。

本领域的技术人员可以理解，除了特征之间相互排斥之外，可以采用任何组合对本说明书（包括伴随的权利要求、摘要和附图）中公开的所有特征以及如此公开的任何方法或者设备的所有过程或单元进行组合。除非另外明确陈述，本说明书（包括伴随的权利要求、摘要和附图）中公开的每个特征可以由提供相同、等同或相似目的的替代特征来代替。

此外，本领域的技术人员能够理解，尽管在此所述的一些实施例包括其它实施例中所包括的某些特征而不是其它特征，但是不同实施例的特征的组合意味着处于本申请的范围之内并且形成不同的实施例。例如，在权利要求书中，所要求保护的实施例的任意之一都可以以任意的组合方式来使用。

本申请的各个部件实施例可以以硬件实现，或者以在一个或者多个处理器上运行的软件模块实现，或者以它们的组合实现。本领域的技术人员应当理解，可以在实践中使用微处理器或者数字信号处理器（DSP）来实现根据本申请实施例的一些模块的一些或者全部功能。本申请还可以实现为用于执行这里所描述的方法的一部分或者全部的装置程序（例如，计算机程序和计算机程序产品）。这样的实现本申请的程序可以存储在计算机可读介质上，或者可以具有一个或者多个信号的形式。这样的信号可以从因特网网站上下下载得到，或者在载体信号上提供，或者以任何其他形式提供。

应该注意的是上述实施例对本申请进行说明而不是对本申请进行限制，并且本领域技术人员在不脱离所附权利要求的范围的情况下可设计出替换实施例。在权利要求中，不应将位于括号之间的任何参考符号构造成对权利要求的限制。本申请可以借助于包括有若干不同元件的硬件以及借助于适当编程的计算机来实现。在列举了若干装置的单元权利要求中，这些装置中的若干个可以是通过同一个硬件项来具体体现。单词第一、第二、以及第三等的使用不表示任何顺序。可将这些单词解释为名称。

以上所述，仅为本申请的具体实施方式或对具体实施方式的说明，本申请的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内，可轻易想到的变化或替换，都应涵盖在本申请的保护范围之内。本申请的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

权 利 要 求 书

1. 一种电池容量的估计方法，包括：

在电池充电过程中，实时获得（S110）所述电池的电压-容量曲线；

对所述电压-容量曲线进行差分（S120），以得到电压差分-容量曲线；

在所述电压差分-容量曲线中识别出（S130）多个波峰；

计算（S140）每个波峰与其左侧的相邻波谷之间的第一高度和第一宽度、以及每个波峰与其右侧的相邻波谷之间的第二高度和第二宽度；

根据所述第一高度、所述第一宽度、所述第二高度和所述第二宽度计算（S150）判定指标，其中， $p=2(h_1+w_1)/(h_1 \cdot w_1)+2(h_2+w_2)/(h_2 \cdot w_2)$ ， p 表示判定指标， h_1 表示第一高度， w_1 表示第一宽度， h_2 表示第二高度， w_2 表示第二宽度；

根据具有最小判定指标的波峰确定（S160）所述电压-容量曲线中的电压拐点；

获取（S170）预先标定的电压-容量曲线中电压拐点对应的基准容量值；

当所述电池达到满充状态后，获取（S180）将所述电池从所述电压拐点充电到满充状态之间的充入电量；以及

基于所述基准容量值和所述充入电量之和得到（S190）所述电池的实际容量。

2. 根据权利要求 1 所述的电池容量的估计方法，其中，在对所述电压-容量曲线进行差分之前，还包括对所述电压-容量曲线进行平滑滤波的步骤。

3. 根据权利要求 1-2 中任一项所述的电池容量的估计方法，其中，所述基准容量值是采用如下方式标定的：

将所述电池电量放空后，恒流充电至满电状态，记录恒流充电过程中所述电池的电压-容量曲线，并根据恒流充电过程中所述电池的电压-容量曲线标定所述基准容量值。

4. 根据权利要求 1-3 中任一项所述的电池容量的估计方法，其中，所述获取将所述电池从所述电压拐点充电到满充状态之间的充入电量，包括：

记录将所述电池从所述电压拐点充电到满充状态所用的充电时间；以及

根据所述充电时间和充电电流计算所述充入电量。

5. 根据权利要求 1-4 中任一项所述的电池容量的估计方法，其中，还包括：

根据所述实际容量和预先标定的所述电池的初始容量估计所述电池的健康状况。

6. 根据权利要求 1-5 中任一项所述的电池容量的估计方法，其中，所述电池为磷酸铁锂电池。

7. 根据权利要求 5 所述的电池容量的估计方法，其中，所述电池的初始容量是通过以下

方式确定的：

将电池电量放空后再恒流充至满电状态；以及

记录电池的初始容量。

8. 根据权利要求 5-7 中任一项所述的电池容量的估计方法，其中，根据所述实际容量和预先标定的所述电池的初始容量估计所述电池的健康状况包括：

$SOH = Q/Q_{new} * 100\%$ ，其中，所述实际容量用 Q 表示，所述初始容量用 Q_{new} 表示，所述电池的健康状况用 SOH 表示。

9. 一种电池容量的估计装置（400），包括存储器（410）和处理器（420），所述存储器（410）上存储有由所述处理器（420）运行的计算机程序，所述计算机程序在被所述处理器（420）运行时执行如下步骤：

在电池充电过程中，实时获得所述电池的电压-容量曲线；

对所述电压-容量曲线进行差分，以得到电压差分-容量曲线；

在所述电压差分-容量曲线中识别出多个波峰；

计算每个波峰与其左侧的相邻波谷之间的第一高度和第一宽度、以及每个波峰与其右侧的相邻波谷之间的第二高度和第二宽度；

根据所述第一高度、所述第一宽度、所述第二高度和所述第二宽度计算判定指标，其中， $p = 2(h1 + w1) / (h1 \cdot w1) + 2(h2 + w2) / (h2 \cdot w2)$ ， p 表示判定指标， $h1$ 表示第一高度， $w1$ 表示第一宽度， $h2$ 表示第二高度， $w2$ 表示第二宽度；

根据具有最小判定指标的波峰确定所述电压-容量曲线中的电压拐点；

获取预先标定的电压-容量曲线中电压拐点对应的基准容量值；

当所述电池达到满充状态后，获取将所述电池从所述电压拐点充电到满充状态之间的充入电量；以及

基于所述基准容量值和所述充入电量之和得到所述电池的实际容量。

10. 根据权利要求 9 所述的电池容量的估计装置（400），其中，在对所述电压-容量曲线进行差分之前，所述计算机程序还执行：对所述电压-容量曲线进行平滑滤波。

11. 根据权利要求 9-10 中任一项所述的电池容量的估计装置（400），其中，所述基准容量值是采用如下方式标定的：

将所述电池电量放空后，恒流充电至满电状态，记录恒流充电过程中所述电池的电压-容量曲线，并根据恒流充电过程中所述电池的电压-容量曲线标定所述基准容量值。

12. 根据权利要求 9-11 中任一项所述的电池容量的估计装置（400），其中，所述获取将

所述电池从所述电压拐点充电到满充状态之间的充入电量，包括：

记录将所述电池从所述电压拐点充电到满充状态所用的充电时间；以及

根据所述充电时间和充电电流计算所述充入电量。

13. 根据权利要求 9-12 中任一项所述的电池容量的估计装置 (400)，其中，所述计算机程序还执行：

根据所述实际容量和预先标定的所述电池的初始容量估计所述电池的健康状况。

14. 根据权利要求 9-13 所述的电池容量的估计装置 (400)，其中，所述电池为磷酸铁锂电池。

15. 一种计算机存储介质，其上存储有计算机程序，其中，所述计算机程序被执行时实现如下步骤：

在电池充电过程中，实时获得所述电池的电压-容量曲线；

对所述电压-容量曲线进行差分，以得到电压差分-容量曲线；

在所述电压差分-容量曲线中识别出多个波峰；

计算每个波峰与其左侧的相邻波谷之间的第一高度和第一宽度、以及每个波峰与其右侧的相邻波谷之间的第二高度和第二宽度；

根据所述第一高度、所述第一宽度、所述第二高度和所述第二宽度计算判定指标，其中， $p=2(h_1+w_1)/(h_1 \cdot w_1)+2(h_2+w_2)/(h_2 \cdot w_2)$ ，p 表示判定指标，h₁ 表示第一高度，w₁ 表示第一宽度，h₂ 表示第二高度，w₂ 表示第二宽度；

根据具有最小判定指标的波峰确定所述电压-容量曲线中的电压拐点；

获取预先标定的电压-容量曲线中电压拐点对应的基准容量值；

当所述电池达到满充状态后，获取将所述电池从所述电压拐点充电到满充状态之间的充入电量；以及

基于所述基准容量值和所述充入电量之和得到所述电池的实际容量。

16. 根据权利要求 15 所述的计算机存储介质，其中，在对所述电压-容量曲线进行差分之前，所述计算机程序还实现：对所述电压-容量曲线进行平滑滤波。

17. 根据权利要求 15-16 中任一项所述的计算机存储介质，其中，所述基准容量值是采用如下方式标定的：

将所述电池电量放空后，恒流充电至满电状态，记录恒流充电过程中所述电池的电压-容量曲线，并根据恒流充电过程中所述电池的电压-容量曲线标定所述基准容量值。

18. 根据权利要求 15-17 中任一项所述的计算机存储介质，其中，所述获取将所述电池

从所述电压拐点充电到满充状态之间的充入电量，包括：

记录将所述电池从所述电压拐点充电到满充状态所用的充电时间；以及
根据所述充电时间和充电电流计算所述充入电量。

19. 根据权利要求 15-18 中任一项所述的计算机存储介质，其中，所述计算机程序还实现：

根据所述实际容量和预先标定的所述电池的初始容量估计所述电池的健康状况。

20. 根据权利要求 15-19 所述的计算机存储介质，其中，所述电池为磷酸铁锂电池。