



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103809125 B

(45) 授权公告日 2016.06.01

(21) 申请号 201410049687.8

(22) 申请日 2014.02.13

(73) 专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区 100084-82 信箱

(72) 发明人 刘光明 欧阳明高 卢兰光

李建秋

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事

务所(普通合伙) 11201

代理人 张大威

(51) Int. Cl.

G01R 31/36(2006.01)

审查员 黄素霞

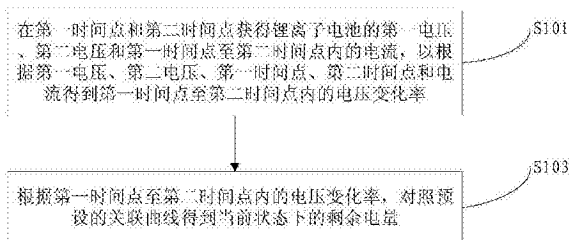
权利要求书3页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

锂离子电池的剩余放电容量估计方法及系统

(57) 摘要

本发明提供一种锂离子电池的剩余放电容量估计方法及系统,其中方法包括以下步骤:在第一时间点和第二时间点获得锂离子电池的第一电压、第二电压和第一时间点至第二时间点内的电流,以根据第一电压、第二电压、第一时间点、第二时间点和电流得到第一时间点至第二时间点内的电压变化率;根据第一时间点至第二时间点内的电压变化率,对照预设的电压变化率和剩余放电容量的关联曲线得到当前状态下的剩余电量。根据本发明实施例的方法,通过得到第一时间点至第二时间点的电压变化率,并利用关联曲线得到当前状态的剩余电量,由此减少了计算量和误差,提高了剩余电量的估计精度,同时简单易行使用方便。



1. 一种锂离子电池的剩余放电容量估计方法,其特征在于,包括以下步骤:

时间段的电压变化率获得步骤,在第一时间点和第二时间点获得锂离子电池的第一电压、第二电压和第一时间点至第二时间点内的电流,以根据所述第一电压、所述第二电压、所述第一时间点、所述第二时间点和所述电流得到所述第一时间点至第二时间点内的电压变化率;以及

剩余电量估计步骤,根据所述第一时间点至第二时间点内的电压变化率,对照预设的关联曲线得到当前状态下的剩余电量;

其中所述关联曲线通过以下步骤求出:

测量步骤,间隔预设时间检测锂离子电池从满电状态放电至截止电压过程中的电压和电流,并获得整个放电时间;

电压变化率获得步骤,根据每个预设时间段检测的电压、所述电流和所述整个放电时间获得每个预设时间段的电压变化率;

关联曲线获得步骤,根据所述每个预设时间段的电流和所述整个放电时间得到所述每个预设时间段结束时的剩余电量,并将所述剩余电量与对应的电压变化率进行关联以获得关联曲线,

所述电压变化率获得步骤具体包括:

根据所述每个预设时间段的开始时间、结束时间和所述电流得到所述每个预设时间段的放电电量;

对所述每个预设时间段的开始时间的电压和结束时间的电压进行差值计算获得电压差;以及

根据所述每个预设时间段的电压差和对应的放电电量得到所述每个预设时间段的电压变化率。

2. 如权利要求1所述的锂离子电池的剩余放电容量估计方法,其特征在于,所述关联曲线获得步骤具体包括:

根据所述每个预设时间段的电流和所述整个放电时间分别得到所述每个预设时间段结束时的剩余电量;以及

分别将所述每个时间段结束时的剩余电量和对应的电压变化率一一对应的进行关联,以得到所述关联曲线。

3. 如权利要求1所述的锂离子电池的剩余放电容量估计方法,其特征在于,所述时间段的电压变化率获得步骤具体包括:

分别在第一时间点和第二时间点获得所述锂离子电池的第一电压、第二电压和所述第一时间点至所述第二时间点内的电流;

根据所第一时间点、所述第二时间点和所述电流得到所述第一时间点至所述第二时间点的放电电量;

对所述第一电压和第二电压进行差值,计算所获得的电压差与所述放电电量的比值得到所述第一时间点至第二时间点内的电压变化率。

4. 如权利要求1所述的锂离子电池的剩余放电容量估计方法,其特征在于,所述每个预设时间段的电压变化率通过如下公式表示,所述公式为,

$$dU'/dQ' = \Delta U'_t / \Delta Q'_{cum},$$

其中,  $dU'/dQ'$  表示所述每个预设时间段的电压变化率,  $\Delta U'_t$  为所述每个预设时间段的电压差,  $\Delta Q'_{cum}$  为所述每个预设时间段的放电量。

5. 如权利要求3所述的锂离子电池的剩余放电容量估计方法, 其特征在于, 所述第一时间点至第二时间点内的电压变化率通过如下公式表示, 所述公式为,

$$dU/dQ = \Delta U_t / \Delta Q_{cum},$$

其中,  $dU/dQ$  表示所述第一时间点至第二时间点内的电压变化率,  $\Delta U_t$  为所述第一时间点至第二时间点内的电压差,  $\Delta Q_{cum}$  为所述第一时间点至第二时间点内的放电量。

6. 如权利要求1所述的锂离子电池的剩余放电容量估计方法, 其特征在于, 所述每个预设时间段结束时的剩余电量通过如下公式获得, 所述公式为,

$$\Delta Q_{remain} = \int I' * t',$$

其中,  $\Delta Q_{remain}$  为所述每个预设时间段结束时的剩余电量,  $I'$  为所述每个预设时间段的电流,  $t'$  为所述每个预设时间至所述整个放电时间。

7. 一种锂离子电池的剩余放电容量估计系统, 其特征在于, 包括:

测量模块, 间隔预设时间检测锂离子电池从满电状态放电至截止电压过程中的电压和电流, 并获得整个放电时间;

电压变化率获得模块, 根据每个预设时间段检测的电压、所述电流和所述整个放电时间获得每个预设时间段的电压变化率;

关联曲线获得模块, 根据所述每个预设时间段的电流和所述整个放电时间得到所述每个预设时间段结束时的剩余电量, 并将所述剩余电量与对应的电压变化量进行关联以获得关联曲线;

时间段的电压变化率获得模块, 在第一时间和第二时间获得所述锂离子电池的第一电压、第二电压和第一时间点至第二时间点内的电流, 以根据所述第一电压、所述第二电压、所述第一时间点、所述第二时间点和所述电流得到所述第一时间点至第二时间点内的电压变化率; 以及

剩余电量估计模块, 根据所述第一时间点至第二时间点内的电压变化率和所述关联曲线得到当前状态下的剩余电量,

所述电压变化率获得模块具体包括:

第一放电量获得单元, 用于根据所述每个预设时间段的开始时间、结束时间和所述电流得到所述每个预设时间段的放电量;

计算单元, 用于对所述每个预设时间段的开始时间的电压和结束时间的电压进行差值计算获得电压差; 以及

第一电压变化率获得单元, 用于根据所述每个预设时间段的电压差和对应的放电量得到所述每个预设时间段的电压变化率。

8. 如权利要求7所述的锂离子电池的剩余放电容量估计系统, 其特征在于, 所述时间段的电压变化率获得模块具体包括:

电压电流获得单元, 分别在第一时间点和第二时间点获得所述锂离子电池的第一电压、第二电压和所述第一时间点至所述第二时间点内的电流;

第二放电量获得单元, 用于根据所第一时间点、所述第二时间点和所述电流得到所述第一时间点至所述第二时间点的放电量;

第二电压变化率获得单元,用于对所述第一电压和第二电压进行差值,计算所获得的电压差与所述放电量的比值得到所述第一时间点至第二时间点内的电压变化率。

## 锂离子电池的剩余放电容量估计方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电池管理技术领域,特别涉及一种锂离子电池的剩余放电容量估计方法及系统。

### 背景技术

[0002] 电动汽车与传统燃油汽车相比,在经济性和环保方面具有很大的优势,有很好的发展前景。由于电动汽车的续驶里程较短,且续驶里程不容易估计,因此在日常使用中容易造成用户的里程焦虑。电动汽车的续驶里程取决于动力电池的剩余放电能量和整车的能量消耗。其中电池的剩余放电能量受未来的放电平均电压和电池剩余放电容量的影响。由于锂离子电池的放电电压曲线较为平缓,未来的放电平均电压较固定,因此剩余放电能量的估计精度主要依赖于电池剩余容量的估计。

[0003] 动力电池的放电容量是指从某一时刻开始直到电池端电压达到放电截止电压的过程中电池累计放出的电荷量。由于当前无法知道电池最终的放电截止时刻,剩余放电容量只能通过估计电池状态的方式进行预测。电池剩余放电容量的影响因素很多,例如电池温度、电池衰减程度、电池组不一致性等等。这些因素都会对电池提供的能量产生影响,进而影响电动汽车的续驶里程。

[0004] 目前已有一些电动汽车动力电池剩余放电容量的计算方法,主要基于电池模型以及电池开路电压OCV与荷电状态SOC的关系。例如,通过电池模型计算放电过程中的开路电压来估计剩余容量。然而在实车工况中放电电流变化剧烈,电池模型不能保证在所有情况下提供准确的开路电压估计值,因此会带来剩余容量的估计误差。还有一些估计方式是,通过累积计算电池放电电量来估计当前SOC,进而计算剩余放电容量。由于实时系统中的电流测量误差和积分计算误差,长时间进行积分计算时会带来较大的累积误差。

[0005] 另外,上述方法均需要计算电池放电终点对应的荷电状态 $SOC_{end}$ ,而 $SOC_{end}$ 在放电电流不同的情况下有较大的变化,很难准确预测。因此以上方法在电流变化较大的情况下不易保持估计精度。不同工况下的标定试验可以提高方法的估计精度,但相应的标定量会非常大。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的旨在至少解决上述的技术缺陷之一。

[0007] 为此,本发明一方面提供一种锂离子电池的剩余放电容量估计方法。

[0008] 本发明的另一方面提出一种锂离子电池的剩余放电容量估计系统。

[0009] 有鉴于此,本发明一方面的实施例提出一种锂离子电池的剩余放电容量估计方法,包括以下步骤:时间段的电压变化率获得步骤,在第一时间点和第二时间点获得锂离子电池的第一电压、第二电压和第一时间点至第二时间点内的电流,以根据所述第一电压、所述第二电压、所述第一时间点、所述第二时间点和所述电流得到所述第一时间点至第二时间点内的电压变化率;以及剩余电量估计步骤,根据所述第一时间点至第二时间点内的电

压变化率和,对照预设的关联曲线得到当前状态下的剩余电量;其中所述关联曲线通过以下步骤求出:测量步骤,间隔预设时间检测锂离子电池从满电状态放电至截止电压过程中的电压和电流,并获得整个放电时间;电压变化率获得步骤,根据每个预设时间段检测的电压、所述电流和所述整个放电时间获得每个预设时间段的电压变化率;关联曲线获得步骤,根据所述每个预设时间段的电流和所述整个放电时间得到所述每个预设时间段结束时的剩余电量,并将所述剩余电量与对应的电压变化率进行关联以获得关联曲线。

[0010] 根据本发明实施例的方法,通过得到第一时间点至第二时间点的电压变化率,并利用关联曲线得到当前状态的剩余电量,由此减少了计算量和误差,提高了剩余电量的估计精度,同时简单易行使用方便。

[0011] 在本发明的一个实施例中,所述电压变化率获得步骤具体包括:根据所述每个预设时间段的开始时间、结束时间和所述电流得到所述每个预设时间段的放电时间;对所述每个预设时间段的开始时间的电压和结束时间的电压进行差值计算获得电压差;以及根据所述每个预设时间段的电压差和对应的放电时间得到所述每个预设时间段的电压变化率。

[0012] 在本发明的一个实施例中,所述关联曲线获得步骤具体包括:根据所述每个预设时间段的电流和所述整个放电时间分别得到所述每个预设时间段结束时的剩余电量;以及分别将所述每个时间段结束时的剩余电量和对应的电压变化率一一对应的进行关联,以得到所述关联曲线。

[0013] 在本发明的一个实施例中,所述时间段的电压变化率获得步骤具体包括:分别在第一时间点和第二时间点获得所述锂离子电池的第一电压、第二电压和所述第一时间点至所述第二时间点内的电流;根据所第一时间点、所述第二时间点和所述电流得到所述第一时间点至所述第二时间点的放电时间;对所述第一电压和第二电压进行差值,计算所获得的电压差与所述放电时间的比值得到所述第一时间点至第二时间点内的电压变化率。

[0014] 在本发明的一个实施例中,所述每个预设时间段的电压变化率通过如下公式表示,所述公式为, $dU/dQ_t = \Delta U_t / \Delta Q_{cum}$ ,其中, $dU/dQ_t$ 表示所述每个预设时间段的电压变化率, $\Delta U_t$ 为所述每个预设时间段的电压差, $\Delta Q_{cum}$ 为所述每个预设时间段的放电时间。

[0015] 在本发明的一个实施例中,所述第一时间点至第二时间点内的电压变化率通过如下公式表示,所述公式为, $dU/dQ = \Delta U_t / \Delta Q_{cum}$ ,其中, $dU/dQ$ 表示所述第一时间点至第二时间点内的电压变化率, $\Delta U_t$ 为所述第一时间点至第二时间点内的电压差, $\Delta Q_{cum}$ 为所述第一时间点至第二时间点内的放电时间。

[0016] 在本发明的一个实施例中,所述每个预设时间段结束时的剩余电量通过如下公式获得,所述公式为, $\Delta Q_{remain} = I * t$ ,其中, $\Delta Q_{remain}$ 为所述每个预设时间段结束时的剩余电量, $I$ ,为所述每个预设时间段的电流, $t$ ,为所述每个预设时间至所述整个放电时间。

[0017] 本发明另一方面的实施例提出了一种锂离子电池的剩余放电容量估计系统,包括:测量模块,间隔预设时间检测锂离子电池从满电状态放电至截止电压过程中的电压和电流,并获得整个放电时间;电压变化率获得模块,根据每个预设时间段检测的电压、所述电流和所述整个放电时间获得每个预设时间段的电压变化率;关联曲线获得模块,根据所述每个预设时间段的电流和所述整个放电时间得到所述每个预设时间段结束时的剩余电量,并将所述剩余电量与对应的电压变化量进行关联以获得关联曲线;时间段的电压变化率获得模块,在第一时间和第二时间获得所述锂离子电池的第一电压、第二电压和第一时

间点至第二时间点内的电流,以根据所述第一电压、所述第二电压、所述第一时间点、所述第二时间点和所述电流得到所述第一时间点至第二时间点内的电压变化率;以及剩余电量估计模块,根据所述第一时间点至第二时间点内的电压变化率和所述关联曲线得到当前状态下的剩余电量。

[0018] 根据本发明实施例的系统,通过得到第一时间点至第二时间点的电压变化率,并利用关联曲线得到当前状态的剩余电量,由此减少了计算量和误差,提高了剩余电量的估计精度,同时简单易行使用方便。

[0019] 在本发明的一个实施例中,所述电压变化率获得模块具体包括:第一电量获得单元,用于根据所述每个预设时间段的开始时间、结束时间和所述电流得到所述每个预设时间段的电量;计算单元,用于对所述每个预设时间段的开始时间的电压和结束时间的电压进行差值计算获得电压差;以及第一电压变化率获得单元,用于根据所述每个预设时间段的电压差和对应的电量得到所述每个预设时间段的电压变化率。

[0020] 在本发明的一个实施例中,所述时间段的电压变化率获得模块具体包括:电压电流获得单元,分别在第一时间点和第二时间点获得所述锂离子电池的第一电压、第二电压和所述第一时间点至所述第二时间点内的电流;第二电量获得单元,用于根据所述第一时间点、所述第二时间点和所述电流得到所述第一时间点至所述第二时间点的电量;第二电压变化率获得单元,用于对所述第一电压和第二电压进行差值,计算所获得的电压差与所述电量的比值得到所述第一时间点至第二时间点内的电压变化率。

[0021] 本发明附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

## 附图说明

[0022] 本发明上述的和/或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中,

[0023] 图1为根据本发明一个实施例的锂离子电池的剩余放电容量估计方法的流程图;

[0024] 图2为根据本发明一个实施例的关联曲线的生成流程图;

[0025] 图3为根据本发明实施例的锂离子电池在放电过程中电压与剩余放电容量的关系图;

[0026] 图4为根据本发明实施例的在不同放电电流下电池电压和剩余放电容量的相似性的示意图;

[0027] 图5为根据本发明实施例的电压变化率和剩余放电容量的关系的示意图;以及

[0028] 图6为根据本发明一个实施例的锂离子电池的剩余放电容量估计系统的结构框图。

## 具体实施方式

[0029] 下面详细描述本发明的实施例,实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0030] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“上”、“下”、

“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0031] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0032] 图1为根据本发明一个实施例的锂离子电池的剩余放电容量估计方法的流程图。如图1所示,根据本发明实施例的锂离子电池的剩余放电容量估计方法包括以下步骤:在第一时间点和第二时间点获得锂离子电池的第一电压、第二电压和第一时间点至第二时间点内的电流,以根据第一电压、第二电压、第一时间点、第二时间点和电流得到第一时间点至第二时间点内的电压变化率(步骤101)。根据第一时间点至第二时间点内的电压变化率和,对照预设的关联曲线得到当前状态下的剩余电量(步骤103)。

[0033] 根据本发明实施例的方法,通过得到第一时间点至第二时间点的电压变化率,并利用关联曲线得到当前状态的剩余电量,由此减少了计算量和误差,提高了剩余电量的估计精度,同时简单易行使用方便。

[0034] 在步骤101中,分别在第一时间点和第二时间点获得锂离子电池的第一电压、第二电压和第一时间点至第二时间点内的电流。根据所第一时间点、第二时间点和电流得到第一时间点至第二时间点的放电电量。对第一电压和第二电压进行差值,计算所获得的电压差与放电电量的比值得到第一时间点至第二时间点内的电压变化率。

[0035] 在本发明的一个实施例中,第一时间点至第二时间点内的电压变化率通过如下公式表示,公式为, $dU/dQ = \Delta U_t / \Delta Q_{cum}$ ,其中, $dU/dQ$ 表示第一时间点至第二时间点内的电压变化率, $\Delta U_t$ 为第一时间点至第二时间点内的电压差, $\Delta Q_{cum}$ 为第一时间点至第二时间点内的放电电量。

[0036] 图2为根据本发明一个实施例的关联曲线的生成流程图。如图2所示,关联曲线的生成包括以下步骤:间隔预设时间检测锂离子电池从满电状态放电至截止电压过程中的电压和电流,并获得整个放电时间(步骤201)。根据每个预设时间段检测的电压、电流和整个放电时间获得每个预设时间段的电压变化率(步骤203)。根据每个预设时间段的电流和整个放电时间得到每个预设时间段结束时的剩余电量,并将剩余电量与对应的电压变化率进行关联以获得关联曲线(步骤205)。

[0037] 在步骤201和步骤203中,根据每个预设时间段的开始时间、结束时间和电流得到每个预设时间段的放电电量。对每个预设时间段的开始时间的电压和结束时间的电压进行差值计算获得电压差。根据每个预设时间段的电压差和对应的放电电量得到每个预设时间段的电压变化率。

[0038] 在本发明的一个实施例中,每个预设时间段的电压变化率通过如下公式表示,公式为, $dU_t/dQ = \Delta U_t / \Delta Q_{cum}$ ,其中, $dU_t/dQ$ ,表示每个预设时间段的电压变化率, $\Delta U_t$ 为每



个预设时间段的电压差,  $\Delta Q_{cum}$  为每个预设时间段的放电量。

[0039] 在步骤205中, 根据每个预设时间段的电流和整个放电时间分别得到每个预设时间段结束时的剩余电量。分别将每个时间段结束时的剩余电量和对应的电压变化率一一对应的进行关联, 以得到关联曲线。

[0040] 在本发明的一个实施例中, 每个预设时间段结束时的剩余电量通过如下公式获得, 公式为,  $\Delta Q_{remain} = \int I \cdot dt$ , 其中,  $\Delta Q_{remain}$  为每个预设时间段结束时的剩余电量,  $I$  为每个预设时间段的电流,  $t$  为每个预设时间至整个放电时间。

[0041] 在本发明的一个实施例中, 以标准放电电流下进行放电, 从满电状态开始直到电池端电压达到放电截止电压。由放电过程每个预设时间段的单位累积放电量  $\Delta Q_{cum}$ , 以及每个预设时间段的起止时刻对应的电池电压差  $\Delta U_t$ , 计算每个预设时间段的电池电压变化率  $dU/dQ$ , 即  $dU/dQ = \Delta U_t / \Delta Q_{cum}$ 。在计算每个预设时间段的剩余放电容量时, 从电池放电截止时刻起进行电量反向积分, 得到某预设时间段对应的电池剩余放电容量  $Q_{remain}$ 。以此次标定的电压变化率  $dU/dQ$  与剩余放电容量  $Q_{remain}$  的关系作为实时应用中估计电池剩余容量的基础。

[0042] 在本发明的一个实施例中, 在较小时间段的第一时间点  $t_1$  (开始时刻) 和第二时间点  $t_2$  (结束时刻) 上计算锂电池的累积放电容量  $\Delta Q_{cum} = \int I \cdot dt$ 。第一电压  $U_{t1}$  和第二电压  $U_{t2}$  的电压差  $\Delta U_t = U_{t1} - U_{t2}$ 。从而得到该时间段对应的电压变化率  $dU/dQ = \Delta U_t / \Delta Q_{cum}$ 。在放电过程中, 实时计算当前的电压变化率  $dU/dQ$ , 并检测其数值变化。

[0043] 将实时计算的电压变化率  $dU/dQ$  与标定得到的电压变化率-剩余放电容量的对应关系 ( $dU/dQ - Q_{remain}$ ) 进行对比, 通过查表方式确定电池当前的剩余放电容量  $Q_{remain}$ 。

[0044] 图3为根据本发明实施例的锂离子电池在放电过程中电压与剩余放电容量的关系图。如图3所示, 满电状态的剩余放电容量记为  $Q_{remain, full}$ , 电池放电截止电压为  $U_{t, end}$ 。随着放电电池的电压逐渐降低, 剩余放电容量逐渐减少。在锂离子电池的放电初段, 电压下降较为缓慢, 因此单位电量变化对应的电压变化较小。在电池放电末段, 电压下降非常迅速, 单位电量变化对应的电压变化比放电初段大。因此可以通过检测单位累积电量对应的电压变化  $dU/dQ$  来确定锂离子电池的放电状态, 并确定剩余放电容量。由于锂离子电池都有放电末段电压迅速下降的特点, 因此这一方法适用于不同种类的锂离子电池。

[0045] 图4为根据本发明实施例的在不同放电电流下电池电压和剩余放电容量的相似性的示意图。如图4所示, 在不同放电电流下电池端电压和剩余放电容量存在相似的对应关系, 这一规律主要存在于锂离子电池放电的末段。假设三组不同的放电电流  $I_1$ 、 $I_2$  和  $I_3$ , 其中  $I_1$  小于  $I_2$ ,  $I_2$  小于  $I_3$ , 三组电流下的放电曲线如图4所示。图4中, 满电状态的剩余放电容量记为  $Q_{remain, full}$ , 电池放电截止电压为  $U_{t, end}$ 。其中在放电末段, 在放电曲线电压变化率相同的  $A_1$ 、 $A_2$  和  $A_3$  点, 电池的剩余放电容量  $Q_{remain, 1}$ 、 $Q_{remain, 2}$  和  $Q_{remain, 3}$  相差不大。因此在不同的放电电流下, 通过检测当前的电压变化率  $dU/dQ$  就可以估计电池的剩余放电容量  $Q_{remain}$ 。

[0046] 图5为根据本发明实施例的电压变化率和剩余放电容量的关系的示意图。如图5所示, 随着放电过程的进行, 电池的电压变化率  $dU/dQ$  逐渐增大, 对应的剩余放电容量  $Q_{remain}$  逐渐减少。电池放电结束, 即剩余放电容量为0的点对应的电压变化率记为  $dU/dQ_{end}$ 。假设当前时刻为  $t$ , 计算得到的电压变化率为  $dU/dQ(t)$ , 则通过电压变化率和剩余放电容量的关系曲线可以查得对应的剩余放电容量为  $Q_{remain}(t)$ 。

[0047] 根据本发明实施例的方法,通过得到第一时间点至第二时间点的电压变化率,并利用关联曲线得到当前状态的剩余电量,由此减少了计算量和误差,提高了剩余电量的估计精度,同时简单易行使用方便。

[0048] 图6为根据本发明一个实施例的锂离子电池的剩余放电容量估计系统的结构框图。如图6所示,根据本发明实施例的锂离子电池的剩余放电容量估计系统包括:测量模块100、电压变化率获得模块300、关联曲线获得模块500、时间段的电压变化率获得模块700和剩余电量估计模块900。

[0049] 具体地,测量模块100间隔预设时间检测锂离子电池从满电状态放电至截止电压过程中的电压和电流,并获得整个放电时间。电压变化率获得模块300根据每个预设时间段检测的电压、电流和整个放电时间获得每个预设时间段的电压变化率。关联曲线获得模块500根据每个预设时间段的电流和整个放电时间得到每个预设时间段结束时的剩余电量,并将剩余电量与对应的电压变化量进行关联以获得关联曲线。时间段的电压变化率获得模块700在第一时间和第二时间获得锂离子电池的第一电压、第二电压和第一时间点至第二时间点内的电流,以根据第一电压、第二电压、第一时间点、第二时间点和电流得到第一时间点至第二时间点内的电压变化率。剩余电量估计模块900根据第一时间点至第二时间点内的电压变化率和关联曲线得到当前状态下的剩余电量。

[0050] 在本发明的一个实施例中,电压变化率获得模块300具体包括:第一电量获得单元310、计算单元330和第一电压变化率获得单元350。

[0051] 具体而言,第一电量获得单元310用于根据每个预设时间段的开始时间、结束时间和电流得到每个预设时间段的放电量。计算单元330用于对每个预设时间段的开始时间的电压和结束时间的电压进行差值计算获得电压差。第一电压变化率获得单元350用于根据每个预设时间段的电压差和对应的放电量得到每个预设时间段的电压变化率。

[0052] 在本发明的一个实施例中,时间段的电压变化率获得模块700具体包括:电压电流获得单元710、第二电量获得单元730和第二电压变化率获得单元750。

[0053] 具体地,电压电流获得单元710分别在第一时间点和第二时间点获得锂离子电池的第一电压、第二电压和第一时间点至第二时间点内的电流。第二电量获得单元730用于根据所第一时间点、第二时间点和电流得到第一时间点至第二时间点的放电量。第二电压变化率获得单元750用于对第一电压和第二电压进行差值,计算所获得的电压差与放电量的比值得到第一时间点至第二时间点内的电压变化率。

[0054] 在本发明的一个实施例中,第二电压变化量获得单元750通过如下公式表示, $dU/dQ = \Delta U_t / \Delta Q_{cum}$ ,其中, $dU/dQ$ 表示第一时间点至第二时间点内的电压变化率, $\Delta U_t$ 为第一时间点至第二时间点内的电压差, $\Delta Q_{cum}$ 为第一时间点至第二时间点内的放电量。

[0055] 在本发明的一个实施例中,第一电压变化率获得单元350通过如下公式获得每个预设时间段的电压变化率,该公式为 $dU/dQ = \Delta U_t / \Delta Q_{cum}$ ,其中, $dU/dQ$ 表示每个预设时间段的电压变化率, $\Delta U_t$ 为每个预设时间段的电压差, $\Delta Q_{cum}$ 为每个预设时间段的放电量。

[0056] 在本发明的一个实施例中,剩余电量估计模块900通过如下公式获得每个预设时间段结束时的剩余电量该公式为, $\Delta Q_{remain} = \int I * t$ ,其中, $\Delta Q_{remain}$ 为每个预设时间段结束时的剩余电量, $I$ 为每个预设时间段的电流, $t$ 为每个预设时间至整个放电时间。

[0057] 在本发明的一个实施例中,以标准放电电流下进行放电,从满电状态开始直到电池端电压达到放电截止电压。由放电过程每个预设时间段的单位累积放电电量  $\Delta Q_{cum}$ ,以及每个预设时间段的起止时刻对应的电池电压差  $\Delta U_t$ ,计算每个预设时间段的电池电压变化率  $dU/dQ$ ,即  $dU/dQ = \Delta U_t / \Delta Q_{cum}$ 。在计算每个预设时间段的剩余放电容量时,从电池放电截止时刻起进行电量反向积分,得到某预设时间段对应的电池剩余放电容量  $Q_{remain}$ 。以此次标定的电压变化率  $dU/dQ$ ,与剩余放电容量  $Q_{remain}$  的关系作为实时应用中估计电池剩余容量的基础。

[0058] 在本发明的一个实施例中,在较小时间段的第一时间点  $t_1$ (开始时刻)和第二时间点  $t_2$ (结束时刻)上计算锂电池的累积放电容量  $\Delta Q_{cum} = \int I * t$ 。第一电压  $U_{t1}$  和第二电压  $U_{t2}$  的电压差  $\Delta U_t = U_{t1} - U_{t2}$ 。从而得到该时间段对应的电压变化率  $dU/dQ = \Delta U_t / \Delta Q_{cum}$ 。在放电过程中,实时计算当前的电压变化率  $dU/dQ$ ,并检测其数值变化。将实时计算的电压变化率  $dU/dQ$  与标定得到的电压变化率-剩余放电容量的对应关系 ( $dU/dQ - Q_{remain}$ ) 进行对比,通过查表方式确定电池当前的剩余放电容量  $Q_{remain}$ 。

[0059] 根据本发明实施例的系统,通过得到第一时间点至第二时间点的电压变化率,并利用关联曲线得到当前状态的剩余电量,由此减少了计算量和误差,提高了剩余电量的估计精度,同时简单易行使用方便。

[0060] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在不脱离本发明的原理和宗旨的情况下在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

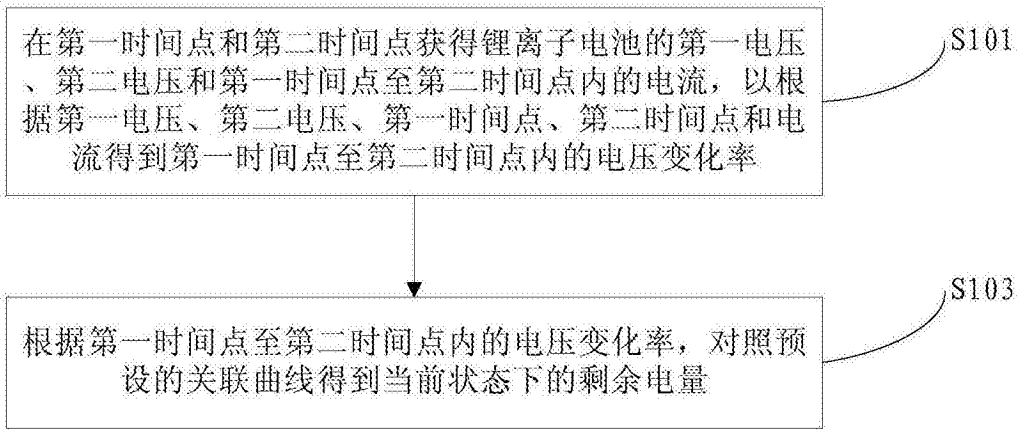


图1

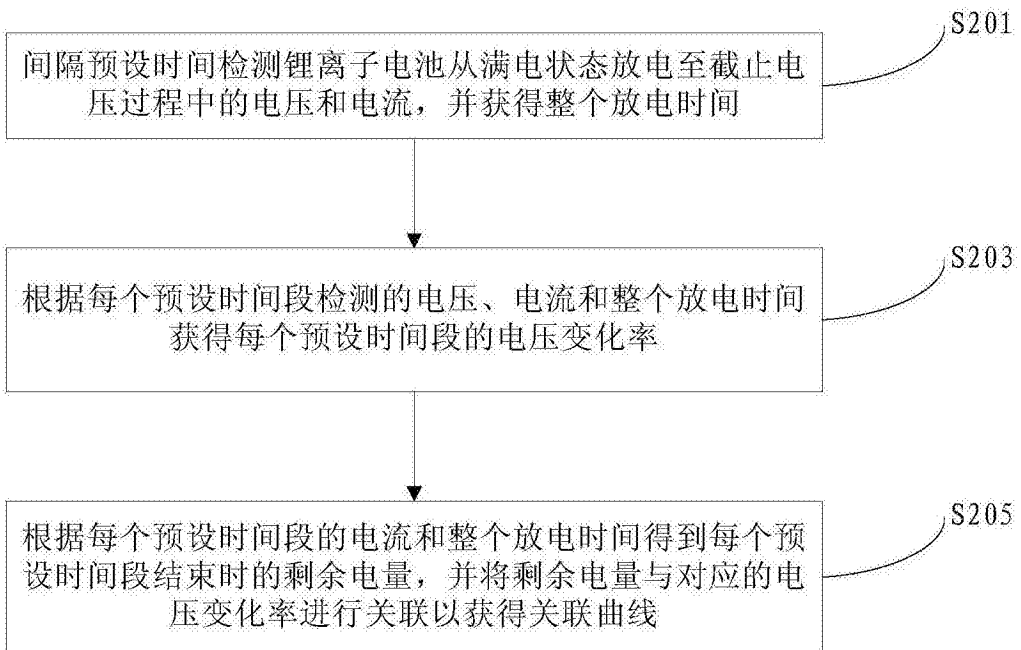


图2

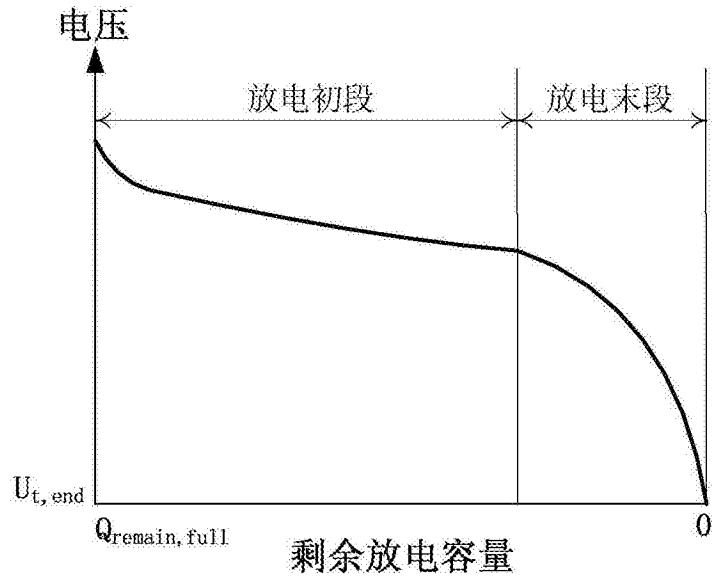


图3

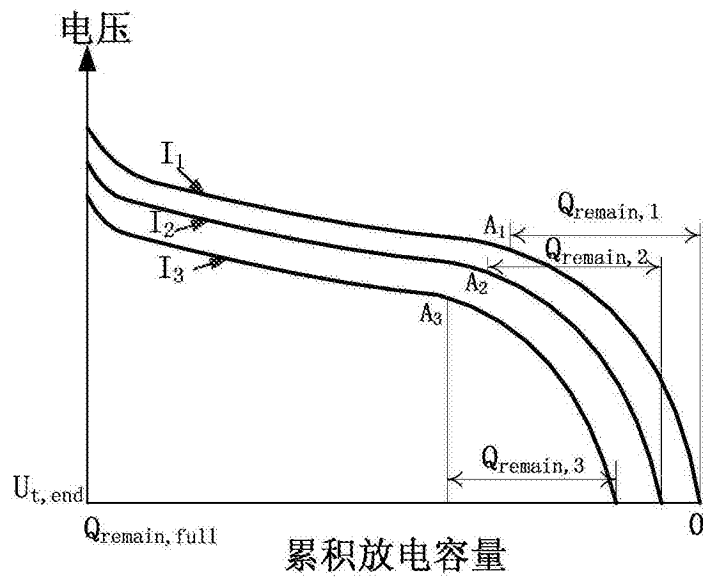


图4

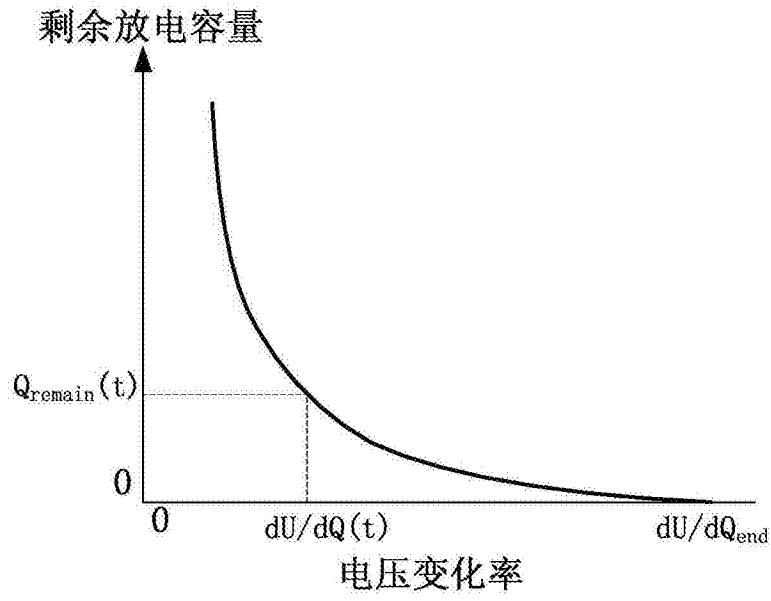


图5

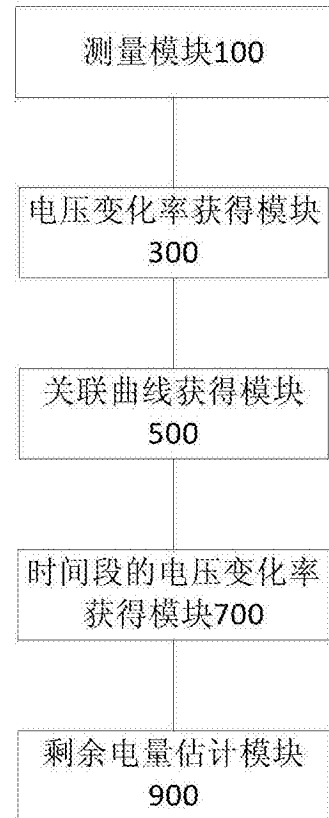


图6