

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101305509 B

(45) 授权公告日 2010.12.29

(21) 申请号 200680041919.9

CN 1311860 A, 2001.09.05, 全文.

(22) 申请日 2006.11.09

US 2004/0018419 A1, 2004.01.29, 全文.

(30) 优先权数据

US 2003/0102871 A1, 2003.06.05, 全文.

11/272, 371 2005.11.10 US

US 2005/0046388 A1, 2005.03.03, 全文.

(85) PCT申请进入国家阶段日

US 6441586 B1, 2002.08.27, 全文.

2008.05.09

CN 1668933 A, 2005.09.14, 全文.

(86) PCT申请的申请数据

US 6534954 B1, 2003.03.18, 全文.

PCT/KR2006/004682 2006.11.09

CN 1610986 A, 2005.04.27, 全文.

(87) PCT申请的公布数据

审查员 史文庆

W02007/055520 EN 2007.05.18

(73) 专利权人 LG 化学株式会社

地址 韩国首尔

(72) 发明人 圭葛里·L·普力特

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 梁晓广 陆锦华

(51) Int. Cl.

H02J 7/00 (2006.01)

H01M 10/48 (2006.01)

(56) 对比文件

US 5701068 A, 1997.12.23, 全文.

CN 1488954 A, 2004.04.14, 全文.

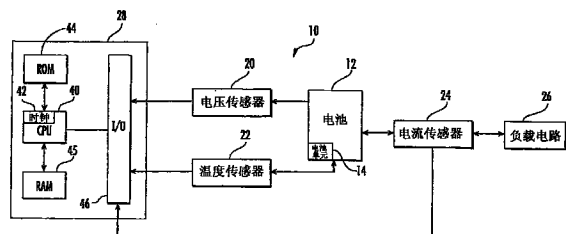
权利要求书 4 页 说明书 9 页 附图 9 页

(54) 发明名称

用于确定估计电池状态向量的系统和方法

(57) 摘要

本发明提供了用于确定表示电池状态的估计电池状态向量的系统和方法。所述方法基于多个预测电池状态向量、多个预测电池输出向量和第一电池输出向量,来确定表示第一预定时间的电池状态的第一估计电池状态向量。



CN 101305509 B

1. 一种用于确定表示在第一预定时间的电池状态的估计电池状态向量的方法,该方法包括:

确定第一组多个估计增广电池状态向量,所述第一组多个估计增广电池状态向量用来表示在所述第一预定时间之前的第二预定时间的电池状态、电池输入噪声、传感器噪声、电池状态的不确定性、电池输入噪声的不确定性和传感器噪声的不确定性;

基于所述第一组多个估计增广电池状态向量来确定第二组多个预测电池状态向量,所述第二组多个预测电池状态向量表示在所述第一预定时间的电池状态和电池状态的不确定性;

基于所述第一组多个估计增广电池状态向量和所述第二组多个预测电池状态向量来确定第三组多个预测电池输出向量,所述第三组多个预测电池输出向量表示在所述第一预定时间的该电池的至少一个输出变量和该输出变量的不确定性;

确定具有电池输出变量的至少一个测量值的第一电池输出向量;和

基于所述第二组多个预测电池状态向量、所述第三组多个预测电池输出向量和所述第一电池输出向量来确定第一估计电池状态向量,所述第一估计电池状态向量表示在所述第一预定时间的电池状态。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中,确定所述第一组多个估计增广电池状态向量包括:

从存储器检索表示在所述第二预定时间的所述电池的状态的估计电池状态向量;

基于所述估计电池状态向量、期望电池输入噪声向量和期望传感器噪声向量,确定表示在所述第二预定时间的所述电池状态、电池输入噪声和传感器噪声的第一估计增广电池状态向量;

从存储器检索表示在所述第二预定时间的电池状态的不确定性的估计电池状态向量协方差矩阵;

基于所述估计电池状态向量协方差矩阵、表示所述电池输入噪声的不确定性的协方差矩阵和表示所述传感器噪声的不确定性的协方差矩阵,确定第一估计增广电池状态向量协方差矩阵;和

基于所述第一估计增广电池状态向量和所述第一估计增广电池状态向量协方差矩阵,确定所述第一组多个估计增广电池状态向量。

3. 如权利要求 2 所述的方法,其中,确定所述第一组多个估计增广电池状态向量包括:

设定所述第一组多个估计增广电池状态向量中的一个成员等于所述第一估计增广电池状态向量;

设定所述第一组多个估计增广电池状态向量中的 L 个成员构成的第一附加集合等于所述第一估计增广电池状态向量加上常数值乘以从所述第一估计增广电池状态向量协方差矩阵的矩阵平方根提取的各列,其中 L 是所述第一估计增广电池状态向量的长度;和

设定所述第一组多个估计增广电池状态向量中的 L 个成员构成的第二附加集合等于所述第一估计增广电池状态向量减去所述常数值乘以从所述第一估计增广电池状态向量协方差矩阵的矩阵平方根提取的各列。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其中,确定所述第一组多个估计增广电池状态向量包括:从存储器检索表示在所述第二预定时间的电池状态的估计电池状态向量;

基于所述估计电池状态向量、期望电池输入噪声向量和期望传感器噪声向量,确定表

示在所述第二预定时间的所述电池状态、所述电池输入噪声和所述传感器噪声的第一估计增广电池状态向量；

从存储器检索表示在所述第二预定时间的所述电池状态的不确定性的估计电池状态向量平方根协方差矩阵；

基于所述估计电池状态向量平方根协方差矩阵、表示电池输入噪声的不确定性的协方差矩阵和表示传感器噪声的不确定性的协方差矩阵，确定表示电池状态的不确定性、电池输入噪声和传感器噪声的第一估计增广电池状态向量平方根协方差矩阵；和

基于所述第一估计增广电池状态向量和所述第一估计增广电池状态向量平方根协方差矩阵，确定所述第一组多个估计增广电池状态向量。

5. 如权利要求 4 所述的方法，其中，确定所述第一组多个估计增广电池状态向量包括：

设定所述第一组多个估计增广电池状态向量中的一个成员等于所述第一估计增广电池状态向量；

设定所述第一组多个估计增广电池状态向量中的 L 个成员构成的第一附加集合等于所述第一估计增广电池状态向量加上常数值乘以从所述估计增广电池状态向量平方根协方差矩阵提取的各列，其中 L 是所述估计增广电池状态向量的长度；和

设定所述第一组多个估计增广电池状态向量中的 L 个成员构成的第二附加集合等于所述第一估计增广电池状态向量减去所述常数值乘以从所述第一估计增广电池状态向量平方根协方差矩阵提取的各列。

6. 如权利要求 1 所述的方法，其中，确定所述第二组多个预测电池状态向量包括：

从所述第一组多个估计增广电池状态向量提取表示所述在所述第二预定时间的所述电池状态和所述电池状态的不确定性的值，以得到第四组多个估计电池状态向量；

从所述第一组多个估计增广电池状态向量提取表示在所述第二预定时间的所述电池输入噪声和所述电池输入噪声的不确定性的值，以得到第五组多个估计电池输入噪声向量；

产生具有在所述第二预定时间的电池输入变量的至少一个测量值的所述第一电池输入向量；和

基于所述第四组多个预测电池状态向量、所述第五组多个预测电池输入噪声向量和所述第一电池输入向量，确定所述第二组多个预测电池状态向量。

7. 如权利要求 1 所述的方法，其中，确定所述第三组多个预测电池输出向量包括：

从所述第一组多个估计增广电池状态向量提取表示在所述第二预定时间的所述传感器噪声和所述传感器噪声的不确定性的值，以得到第四组多个估计传感器噪声向量；

产生具有在所述第一预定时间的电池输入变量的至少一个测量值的所述第一电池输入向量；和

基于所述第二组多个预测电池状态向量、所述第一电池输入向量和所述第四组多个估计传感器噪声向量，确定所述第三组多个预测电池输出向量。

8. 如权利要求 1 所述的方法，其中，确定所述第一估计电池状态向量包括：

基于所述第二组多个预测电池状态向量来确定表示在所述第一预定时间的电池状态的第一预测电池状态向量；

基于所述第三组多个预测输出向量来确定表示在所述第一预定时间电池的至少一个输出变量的第一预测电池输出向量；

基于所述第一预测电池状态向量、所述第一预测电池输出向量、所述第二组多个预测电池状态向量和所述第三组多个预测电池输出向量来确定增益矩阵；和

基于所述第一预测电池状态向量、所述第一预测电池输出向量、所述增益矩阵和所述第一预测电池输出向量来计算所述第一估计电池状态向量。

9. 如权利要求 8 所述的方法，其中，确定所述第一预测电池状态向量包括计算所述第二组多个预测电池状态向量的加权平均值。

10. 如权利要求 8 所述的方法，其中，确定所述第一预测电池输出向量包括计算所述第三组多个预测电池输出向量的加权平均值。

11. 如权利要求 8 所述的方法，其中，确定所述增益矩阵包括：

基于所述第一预测电池输出向量和所述第三组多个预测电池输出向量来确定第一预测电池输出向量协方差矩阵；

基于所述第一预测电池输出向量、所述第三组多个预测电池输出向量、所述第一预测电池状态向量和所述第二组多个预测电池状态向量来确定电池输出向量与电池状态向量之间的第一预测交叉协方差矩阵；和

基于所述第一预测交叉协方差矩阵和所述第一预测电池输出向量协方差矩阵来计算所述增益矩阵。

12. 如权利要求 11 所述的方法，其中，确定所述第一预测电池输出向量协方差矩阵包括：

基于所述第一预测电池输出向量和所述第三组多个预测电池输出向量来确定第一预测电池输出向量平方根协方差矩阵；

基于所述第一预测电池输出向量平方根协方差矩阵和所述第一预测电池输出向量平方根协方差矩阵来计算所述第一预测电池输出向量协方差矩阵。

13. 如权利要求 8 所述的方法，其中，计算所述第一估计电池状态向量包括：

基于所述第一预测电池输出向量和所述第一预测电池输出向量来确定新的向量；

基于所述增益矩阵和所述新的向量来确定更新的向量；和

基于所述预测电池状态向量和所述更新的向量来计算所述第一估计电池状态向量。

14. 如权利要求 8 所述的方法，进一步包括基于所述第一预测电池状态向量、所述第二组多个预测电池状态向量、所述增益矩阵和所述第一预测电池输出向量协方差矩阵来确定在所述第一预定时间的估计电池状态向量协方差矩阵。

15. 如权利要求 8 所述的方法，进一步包括基于所述第一预测电池状态向量、所述第二组多个预测电池状态向量、所述增益矩阵和预测电池输出向量平方根协方差矩阵来确定在所述第一预定时间的估计电池状态向量平方根协方差矩阵。

16. 一种用于确定表示在第一预定时间的电池状态的估计电池状态向量的系统，该系统包括：

传感器，被配置用来产生表示电池的输出变量的第一信号；和

计算机，可被耦合至所述传感器，所述计算机被配置用来确定第一组多个估计增广电池状态向量，所述第一组多个估计增广电池状态向量表示在所述第一预定时间之前的第二预定时间的电池状态、电池输入噪声、传感器噪声、电池状态的不确定性、电池输入噪声的不确定性和传感器噪声的不确定性，所述计算机进一步被配置用来基于所述第一组多个估

计增广电池状态向量来确定第二组多个预测电池状态向量,所述第二组多个预测电池状态向量表示在所述第一预定时间的电池状态和电池状态的不确定性,所述计算机进一步被配置用来基于所述第一组多个估计增广电池状态向量和所述第二组多个预测电池状态向量来确定第三组多个预测电池输出向量,所述第三组多个预测电池输出向量表示在所述第一预定时间的电池的至少一个输出变量和该输出变量的不确定性,所述计算机进一步被配置用来基于所述第一信号来确定第一电池输出向量,所述计算机进一步被配置用来基于所述第二组多个预测电池状态向量、所述第三组多个预测电池输出向量和所述第一电池输出向量来确定第一估计电池状态向量,所述第一估计电池状态向量表示在所述第一预定时间的电池状态。

17. 如权利要求 16 所述的系统,其中,所述计算机进一步被配置用于从存储器检索表示在所述第二预定时间的电池状态的估计电池状态向量,所述计算机进一步被配置用于基于所述电池状态估计向量、期望电池输入噪声向量和期望传感器噪声向量来确定表示在所述第二预定时间的电池状态、电池输入噪声和传感器噪声的第一估计增广电池状态向量,所述计算机进一步被配置用于从存储器检索表示在所述第二预定时间的电池状态的不确定性的估计电池状态向量协方差矩阵,所述计算机进一步被配置用于基于所述估计电池状态向量协方差矩阵、表示电池输入噪声的不确定性的协方差矩阵和表示传感器噪声的不确定性的协方差矩阵来确定表示电池状态的不确定性、电池输入噪声和传感器噪声的第一估计增广电池状态向量协方差矩阵,所述计算机进一步被配置用于基于所述第一估计增广电池状态向量和所述第一估计增广电池状态向量协方差矩阵来确定第一组多个估计增广电池状态向量。

18. 如权利要求 16 所述的系统,其中,所述计算机进一步被配置用于基于所述第二组多个预测电池状态向量来确定表示在所述第一预定时间的电池状态的第一预测电池状态向量,所述计算机进一步被配置用于基于所述第三组多个预测输出向量来确定表示在所述第一预定时间的电池的至少一个输出变量的第一预测电池输出向量,所述计算机进一步被配置用于基于所述第一预测电池状态向量、所述第一预测电池输出向量、所述第二组多个预测电池状态向量和所述第三组多个预测电池输出向量来确定增益矩阵,所述计算机进一步被配置用于基于所述第一预测电池状态向量、所述第一预测电池输出向量、所述增益矩阵和所述第一电池输出向量来计算所述第一估计电池状态向量。

用于确定估计电池状态向量的系统和方法

技术领域

[0001] 电池被用于多种不同的电子和电气设备中。希望能够估计电池的内部状态,包括荷电状态(SOC)。所述SOC是表示可用于工作的电池当前可用容量的值。

背景技术

[0002] 已经利用数学算法来确定电池的状态。然而,本发明的发明人认识到,对于具有非线性工作特性的电池,这些数学算法没有被充分最优化,所以它们不能提供电池内部状态的高度精确的估计。由于电池通常具有非线性的工作特性,所以需要更精确的方法。

[0003] 因而,这里的发明人认识到,需要一种用于更精确地确定估计电池状态的系统和方法。

发明内容

[0004] 根据示例性实施例,提供了一种用于确定表示在第一预定时间的电池状态的估计电池状态向量的方法。该方法包括确定第一组多个估计增广电池状态向量,所述第一组多个估计增广电池状态向量表示在第一预定时间之前的第二预定时间的电池状态、电池输入噪声、传感器噪声、电池状态的不确定性、电池输入噪声的不确定性和传感器噪声的不确定性。该方法进一步包括基于第一组多个增广估计电池状态向量来确定第二组多个预测电池状态向量,所述第二组多个预测电池状态向量表示在第一预定时间的电池状态和电池状态的不确定性。该方法进一步包括基于第一组多个估计增广电池状态向量和第二组多个预测电池状态向量来确定第三组多个预测电池输出向量,所述第三组多个预测电池输出向量表示在第一预定时间的电池的至少一个输出变量和该输出变量的不确定性。该方法进一步包括确定具有电池输出变量的至少一个测量值的第一电池输出向量。该方法进一步包括基于第二组多个预测电池状态向量、第三组多个预测电池输出向量和第一电池输出向量来确定表示在第一预定时间的电池的状态的第一估计电池状态向量。

[0005] 根据另一个示例性实施例,提供了一种用于确定表示在第一预定时间的电池状态的估计电池状态向量的系统。所述系统包括传感器,构造该传感器以产生表示电池的输出变量的第一信号。该系统进一步包括可耦合到传感器的计算机,构造该计算机以确定第一组多个估计增广电池状态向量,所述第一组多个估计增广电池状态向量表示在第一预定时间之前的第二预定时间的电池状态、电池输入噪声、传感器噪声、电池状态的不确定性、电池输入噪声的不确定性和传感器噪声的不确定性。进一步构造该计算机以基于第一组多个估计增广电池状态向量来确定第二组多个预测电池状态向量,所述第二组多个预测电池状态向量表示在第一预定时间的电池状态和电池状态的不确定性。进一步构造该计算机以基于第一组多个估计增广电池状态向量和第二组多个预测电池状态向量来确定第三组多个预测电池输出向量,所述第三组多个预测电池输出向量表示在第一预定时间的电池的至少一个输出变量和该输出变量的不确定性。进一步构造该计算机以基于第一信号来确定第一电池输出向量。进一步构造所述计算机以基于第二组多个预测电池状态向量、第三组多个

预测电池输出向量和第一电池输出向量来确定第一估计电池状态向量,所述第一估计电池状态向量表示在第一预定时间的电池状态。

[0006] 根据另一个示例性实施例,提供了一种生产制品。所述生产制品包括计算机存储介质,所述计算机存储介质具有被编码于其中的、用于确定估计电池状态向量的计算机程序,所述估计电池状态向量表示在第一预定时间的电池状态。所述计算机存储介质包括用于确定第一组多个估计增广电池状态向量的编码,所述第一组多个估计增广电池状态向量表示在第一预定时间之前的第二预定时间的电池状态、电池输入噪声、传感器噪声、电池状态的不确定性、电池输入噪声的不确定性和传感器噪声的不确定性。所述计算机存储介质进一步包括用于基于第一组多个估计增广电池状态向量来确定第二组多个预测电池状态向量的编码,所述第二组多个预测电池状态向量表示在第一预定时间的电池状态和电池状态的不确定性。所述计算机存储介质进一步包括基于第一组多个估计增广电池状态向量和第二组多个预测电池状态向量来确定第三组多个估计电池输出向量的编码,所述第三组多个估计电池输出向量表示在第一预定时间的电池的至少一个输出变量和该输出变量的不确定性。所述计算机存储介质进一步包括用于确定具有电池输出变量的至少一个测量值的第一电池输出向量的编码。所述计算机存储介质进一步包括用于基于第二组多个预测电池状态向量、第三组多个预测电池输出向量和第一电池输出向量来确定表示在第一预定时间的电池状态的第一估计电池状态向量的编码。

[0007] 参考下面的附图和详细描述,对于本领域普通技术人员而言,根据实施例的其它系统和/或方法将是显而易见的。所有这种其它的系统和方法均在本发明的保护范围内,并根据权利要求来保护。

附图说明

[0008] 图 1 是根据示例性实施例的用于确定估计电池状态向量的系统的示意图;

[0009] 图 2-5 是根据另一个示例性实施例的用于确定估计电池状态向量的方法的流程图;

[0010] 图 6-9 是根据另一个示例性实施例的用于确定估计电池状态向量的方法的流程图。

具体实施方式

[0011] 参考图 1,说明了用于估计与电池 12 相关联的状态向量的系统 10。所述电池 12 至少包括电池单元 14。当然,电池 12 可包括多个其它电池单元。每个电池单元可以是可再充电的电池单元或者是不可再充电的电池单元。另外,可以利用本领域普通技术人员公知的具有电化学构造的阳极和阴极来构造每个电池单元。输入变量被定义为在特定时间的电池输入信号值。例如,输入变量可包括进入电池的电流和电池温度中的一个。输出变量被定义为在特定时间的电池输出信号值。例如,输出变量可包括电池输出电压和电池压力中的一个。

[0012] 系统 10 包括一个或多个电压传感器 20、负载电路 26 和如计算机 28 的计算单元,并且还可包括温度传感器 22 和电流传感器 24 中的一个或多个。

[0013] 提供电压传感器 20 以产生第一输出信号,所述第一输出信号表示由电池 12 的一

个或多个电池单元产生的电压。电压传感器 20 电耦合在计算机 28 和电池 12 的 I/O 接口之间。电压传感器 20 将第一输出信号传送至计算机 28。为清楚说明,这里将描述单个电压传感器。然而,应当注意,在系统 10 的替代实施例中,系统 10 中采用了多个电压传感器(例如,每一电池单元一个电压传感器)。

[0014] 提供温度传感器 22 以产生第二输出信号,所述第二输出信号表示电池 12 的一个或多个温度。温度传感器 22 紧贴电池 12 设置,并电耦合到计算机 28 的 I/O 接口 46。所述温度传感器 22 将第二输出信号传送至计算机 28。为清楚说明,这里将描述单个温度传感器。然而,应当注意,在系统 10 的替代实施例中,系统 10 中采用了多个温度传感器(例如,每一电池单元一个温度传感器)。

[0015] 提供电流传感器 24 以产生第三输出信号,所述第三输出信号表示电池 12 的电池单元产生(source)的电流或补充(sink)到电池 12 的电池单元的电流。电流传感器 24 电耦合在电池 12 和负载电路 26 之间。电流传感器 24 进一步电耦合到计算机 28 的 I/O 接口 46。电流传感器 24 将第三输出信号传送至计算机 28。

[0016] 负载电路 26 电耦合至电流传感器 24 将电流补充到电池或从电池 12 获得电流。所述负载电路 26 包括任何可以电耦合至电池 12 的电力装置。

[0017] 提供计算机 28 用于确定与电池 12 相关联的估计电池状态向量,如以下将更详细地说明的。计算机 28 包括中央处理单元(CPU)40、只读存储器(ROM)44、如随机存取存储器(RAM)45 的易失性存储器和输入/输出(I/O)接口 46。CPU 40 可与 ROM 44、RAM 45 和 I/O 接口 46 进行通信。CPU 40 包括时钟 42。包括 ROM 44 和 RAM 46 的可读取介质可利用多数公知的存储器器件(例如,PROM、EPROM、EEPROMS、闪存或能够存储数据的任何其它电的、磁的、光的或组合存储器器件)中的任一来实现,所述数据中的一些提供 CPU 40 使用的可执行指令。

[0018] 为了理解,将描述以下方法的等式中所使用的符号。抑扬符号表示估计或预测的量(例如, \hat{x} 表示真实量 x 的估计值)。上标符号“-”表示先验估计(即,基于过去的数据对量的当前值的估计)。上标符号“+”表示后验估计(例如, \hat{x}_k^+ 是真实量 x 在时间标引 k 时基于所有进行的测量且包括时间 k 的估值)。符号 \sim 表示估量的误差(例如, $\tilde{x}_k^- = x_k - \hat{x}_k^-$ 和 $\tilde{x}_k^+ = x_k - \hat{x}_k^+$)。符号 $\Sigma_{xy} = E[xy^T]$ 表示在其下标中的变量的相关性或交叉相关性(本文所述的量是 0 均值,因而所述相关性与协方差相同)。符号 Σ_x 表示与 Σ_{xx} 相同的量。上标“T”是矩阵/向量转置算符。

[0019] 在提供用于确定与电池 12 相关联的状态的方法学的详细讨论之前,将提供综述。所述状态向量可包括,例如,与电池 12 相关联的荷电状态(SOC)值、滞后电压(hysteresis voltage)或极化电压(polarization voltage)。SOC 值是 0-100% 的值,这表示电池 12 可用于工作的当前可用容量。

[0020] 在所述方法中,利用电池单元行为(behavior)的数学模型来计算电池 12 的状态向量的估值。如下面将详述的,假定电池单元动力学的数学模型是已知的,并可利用包括状态方程和输出方程的离散时间状态空间模型来表示。

[0021] 用于确定与电池 12 相关联的状态向量的状态方程如下:

$$[0022] \quad x_k = f(x_{k-1}, u_{k-1}, w_{k-1}, k-1)$$

[0023] 其中,

[0024] x_k 是在时间标引 k 时与电池 12 相关联的状态向量；

[0025] u_k 是表示电池 12 的已知 / 确定性输入的变量；

[0026] w_k 是用来模拟一些影响系统状态的未测得输入的电池输入噪声向量；和

[0027] $f(x_{k-1}, u_{k-1}, w_{k-1}, k-1)$ 是状态转换函数。

[0028] 利用以下等式确定与电池 12 相关联的输出向量：

$$[0029] \quad y_k = h(x_k, u_k, v_k, k)$$

[0030] 其中，

[0031] $h(x_k, u_k, v_k, k)$ 是测量函数；和

[0032] v_k 是影响在无记忆模式下电池 12 的输出的测量、但不影响电池 12 的状态向量的传感器噪声；

[0033] 参考图 2-5，现在将根据示例性实施例来说明用于表示电池 12 的状态的估计电池状态向量的方法。可利用由控制器 28 执行的软件算法来实现该方法。所述软件算法被存储于 ROM 44 或 RAM 45 中。

[0034] 在步骤 60 中，计算机 28 产生电池输入向量 u_k ，该输入向量包括在第一预定时间得到的电池输入变量的至少一个测量值。

[0035] 接下来，在步骤 62 中，计算机 28 产生电池输出向量 y_k ，该输出向量包括在第一预定时间得到的电池输出变量的至少一个测量值。

[0036] 接下来，在步骤 64 中，计算机 28 利用等式：

$$[0037] \quad \hat{x}_{k-1}^{a,+} = \left[\left(\hat{x}_{k-1}^+ \right), \left(E[w_{k-1}] \right)^T, \left(E[v_{k-1}] \right)^T \right]^T$$

[0038] 确定估计增广电池状态向量 $\hat{x}_{k-1}^{a,+}$ ，用于表示在第一预定时间之前的第二预定时间的电池状态，

[0039] 其中，

[0040] \hat{x}_{k-1}^+ 对应于表示在第二预定时间的电池状态的估计电池状态向量；

[0041] $E[w_{k-1}]$ 对应于第二预定时间的电池输入噪声向量的期望值；

[0042] $E[v_{k-1}]$ 对应于第二预定时间的传感器噪声向量的期望值；和

[0043] T 是矩阵 / 向量转置算符。

[0044] 接下来，在步骤 66 中，计算机 28 利用等式：

$$[0045] \quad \Sigma_{\hat{x},k-1}^{a,+} = \text{diag} \left(\Sigma_{\hat{x},k-1}^+, \Sigma_w, \Sigma_v \right)$$

[0046] 确定与估计增广电池状态向量相关联的估计增广电池状态向量协方差矩阵 $\Sigma_{\hat{x},k-1}^{a,+}$ ，

[0047] 其中，

[0048] $\Sigma_{\hat{x},k-1}^+$ 对应于与第二预定时间的估计电池状态向量相关联的估计电池状态向量协方差矩阵；

[0049] Σ_w 对应于与电池输入噪声向量相关联的协方差矩阵；

[0050] Σ_v 对应于与传感器噪声向量相关联的协方差矩阵；和

[0051] $\text{diag}()$ 是根据它的输入参数构成块对角矩阵的函数。

[0052] 接下来，在步骤 68 中，计算机 28 利用以下等式：

[0053]
$$X_{k-1}^{a,+} = \left\{ \hat{x}_{k-1}^{a,+}, \hat{x}_{k-1}^{a,+} + \gamma \sqrt{\Sigma_{\hat{x},k-1}^{a,+}}, \hat{x}_{k-1}^{a,+} - \gamma \sqrt{\Sigma_{\hat{x},k-1}^{a,+}} \right\}$$

[0054] 确定多个估计增广电池状态向量 $X_{k-1}^{a,+}$, 其每个均表示在第二预定时间的 电池状态,

[0055] 其中,

[0056] $\sqrt{\Sigma_{\hat{x},k-1}^{a,+}}$ 对应于 $\Sigma_{\hat{x},k-1}^{a,+}$ 的乔里斯基 (Cholesky) 矩阵平方根; 和

[0057] γ 对应于常数值。

[0058] 接下来, 在步骤 70 中, 计算机 28 利用以下等式:

[0059]
$$X_{k,i}^{x,-} = f\left(X_{k-1,i}^{x,+}, u_{k-1}, X_{k-1,i}^{w,+}, k-1\right)$$

[0060] 确定多个估计电池状态向量 $X_k^{x,-}$, 每个表示在第一预定时间的电池状态,

[0061] 其中,

[0062] $X_{k,i}^{x,-}$ 对应于多个 $X_k^{x,-}$ 的第 i 成员;

[0063] u_{k-1} 对应于第二预定时间的电池输入向量;

[0064] $X_{k-1,i}^{x,+}$ 对应于根据多个 $X_{k-1}^{a,+}$ 的第 i 成员提取的估计电池状态向量;

[0065] $X_{k-1,i}^{w,+}$ 对应于根据多个 $X_{k-1}^{a,+}$ 的第 i 成员提取的估计电池输入噪声向量; 和

[0066] $k-1$ 对应于第二预定时间。

[0067] 接下来, 在步骤 72 中, 计算机 28 利用以下等式:

[0068]
$$Y_{k,i} = h\left(X_{k,i}^{x,-}, u_k, X_{k-1,i}^{v,+}, k\right)$$

[0069] 确定多个预测电池输出向量 Y_k , 每个均表示第一预定时间的电池的输出,

[0070] 其中,

[0071] $Y_{k,i}$ 对应于多个 Y_k 的第 i 成员;

[0072] $X_{k-1,i}^{v,+}$ 对应于根据多个 $X_{k-1}^{a,+}$ 的第 i 成员提取的单个估计传感器噪声向量; 和

[0073] k 对应于第一预定时间。

[0074] 接下来, 在步骤 74 中, 计算机 28 利用以下等式:

[0075]
$$\hat{x}_k^- = \sum_{i=0}^p \alpha_i^{(m)} X_{k,i}^{x,-}$$

[0076] 通过计算多个预测电池状态向量 $X_k^{x,-}$ 的加权平均值来确定对应于第一时间的预测电池状态向量 \hat{x}_k^- ,

[0077] 其中,

[0078] $\alpha_i^{(m)}$ 对应于一组常数值; 和

[0079] p 对应于多个 $X_k^{x,-}$ 中的成员数减 1。

[0080] 接下来, 在步骤 76 中, 计算机 28 利用以下等式:

[0081]
$$\Sigma_{\hat{x},k}^- = \sum_{i=0}^p \alpha_i^{(c)} \left(X_{k,i}^{x,-} - \hat{x}_k^- \right) \left(X_{k,i}^{x,-} - \hat{x}_k^- \right)^T$$

[0082] 确定预测电池状态向量协方差矩阵 $\Sigma_{\hat{x},k}^-$,

[0083] 其中,

[0084] $\alpha_i^{(c)}$ 对应于一组常数值。

[0085] 接下来, 在步骤 78 中, 计算机 28 利用以下等式:

[0086]
$$\hat{y}_k = \sum_{i=0}^p \alpha_i^{(m)} Y_{k,i}$$

[0087] 确定表示在第一预定时间的电池输出的预测电池输出向量 \hat{y}_k 。

[0088] 接下来,在步骤 80 中,计算机 28 利用以下等式:

$$[0089] \quad \Sigma_{\hat{y},k} = \sum_{i=0}^p \alpha_i^{(c)} (Y_{k,i} - \hat{y})(Y_{k,i} - \hat{y})^T$$

[0090] 确定预测电池输出向量的协方差矩阵 $\Sigma_{\hat{y},k}$ 。

[0091] 接下来,在步骤 82 中,计算机 28 利用以下等式:

$$[0092] \quad \Sigma_{\hat{x}\hat{y},k}^- = \sum_{i=0}^p \alpha_i^{(c)} (X_{k,i}^{x,-} - \hat{x}_k^-)(Y_{k,i} - \hat{y}_k)^T$$

[0093] 确定预测交叉协方差矩阵 $\Sigma_{\hat{x}\hat{y},k}^-$ 。

[0094] 接下来,在步骤 84 中,计算机 28 利用以下等式:

$$[0095] \quad L_k = \Sigma_{\hat{x}\hat{y},k}^- \Sigma_{\hat{y},k}^{-1}$$

[0096] 确定增益矩阵 L_k 。

[0097] 接下来,在步骤 86 中,计算机 28 利用以下等式:

$$[0098] \quad \hat{x}_k^+ = \hat{x}_k^- + L_k [y_k - \hat{y}_k]$$

[0099] 确定表示在第一预定时间的电池状态的估计电池状态向量 \hat{x}_k^+ 。

[0100] 接下来,在步骤 88 中,计算机 28 利用以下等式:

$$[0101] \quad \Sigma_{\hat{x},k}^+ = \Sigma_{\hat{x},k}^- - L_k \Sigma_{\hat{y},k} L_k^T$$

[0102] 确定与估计电池状态向量相关联的估计电池状态向量协方差矩阵 $\Sigma_{\hat{x},k}^+$ 。

[0103] 接下来,在步骤 90 中,计算机 28 选择新的第一和第二预定时间。在步骤 90 之后,该方法回到步骤 60。

[0104] 参考图 6-9,现在将说明根据另一个示例性实施例的用于确定表示电池 12 的状态的估计电池状态向量的方法。可利用由控制器 28 执行的软件算法来实现该方法。所述软件算法被存储于 ROM 44 或 RAM 45 中。

[0105] 在步骤 100 中,计算机 28 产生电池输入向量 u_k ,该电池输入向量包括在第一预定时间得到的电池输入变量的至少一个测量值。

[0106] 接下来,在步骤 102 中,计算机 28 产生电池输出向量 y_k ,该电池输出向量包括在第一预定时间得到的电池输出变量的至少一个测量值。

[0107] 接下来,在步骤 104 中,计算机 28 利用等式:

$$[0108] \quad \hat{x}_{k-1}^{a,+} = \left[\left(\hat{x}_{k-1}^+ \right)^T, \left(E[w_{k-1}] \right)^T, \left(E[v_{k-1}] \right)^T \right]^T$$

[0109] 确定估计增广电池状态向量 $\hat{x}_{k-1}^{a,+}$,表示在第一预定时间之前的第二预定时间的电池 12 的状态。

[0110] 其中,

[0111] \hat{x}_{k-1}^+ 对应于表示在第二预定时间的电池状态的估计电池状态向量;

[0112] $E[w_{k-1}]$ 对应于第二预定时间的电池输入噪声向量的期望值;

[0113] $E[v_{k-1}]$ 对应于第二预定时间的传感器噪声向量的期望值;和

[0114] T 是矩阵 / 向量转置算子。

[0115] 接下来,在步骤 106 中,计算机 28 利用等式:

$$[0116] \quad S_{\hat{x},k-1}^{a,+} = \text{diag} \left(S_{\hat{x},k-1}^+, S_w, S_v \right)$$

[0117] 确定与估计增广电池状态向量相关联的估计增广电池状态向量平方根协方差矩

阵 $S_{\hat{x},k-1}^{a,+}$,

[0118] 其中,

[0119] $S_{\hat{x},k-1}^{a,+}$ 对应于与在第二预定时间的估计电池状态向量相关联的估计电池状态向量的平方根协方差矩阵;

[0120] S_w 对应于与电池输入噪声向量相关联的平方根协方差矩阵;

[0121] S_v 对应于与传感器噪声向量相关联的平方根协方差矩阵;和

[0122] $\text{diag}()$ 是根据它的输入参数构成块对角矩阵的函数。

[0123] 接下来,在步骤 108 中,计算机 28 利用以下等式:

$$[0124] \quad X_{k-1}^{a,+} = \left\{ \hat{x}_{k-1}^{a,+}, \hat{x}_{k-1}^{a,+} + \gamma S_{\hat{x},k-1}^{a,+}, \hat{x}_{k-1}^{a,+} - \gamma S_{\hat{x},k-1}^{a,+} \right\}$$

[0125] 确定多个估计增广电池状态向量 $X_{k-1}^{a,+}$, 每个均表示在第二预定时间的电池状态,

[0126] 其中,

[0127] γ 对应于常数值。

[0128] 接下来,在步骤 110 中,计算机 28 利用以下等式:

$$[0129] \quad X_{k,i}^{x,-} = f\left(X_{k-1,i}^{x,+}, u_{k-1}, X_{k-1,i}^{w,+}, k-1\right)$$

[0130] 确定多个预测电池状态向量 $X_k^{x,-}$, 每个均表示在第一预定时间的电池状态,

[0131] 其中,

[0132] $X_{k,i}^{x,-}$ 对应于多个 $X_k^{x,-}$ 的第 i 成员;

[0133] u_{k-1} 对应于在第二预定时间的电池输入向量;

[0134] $X_{k-1,i}^{x,+}$ 对应于根据多个 $X_{k-1}^{a,+}$ 的第 i 成员提取的估计电池状态向量;

[0135] $X_{k-1,i}^{w,+}$ 对应于根据多个 $X_{k-1}^{a,+}$ 的第 i 成员提取的估计电池输入噪声向量;和

[0136] $k-1$ 对应于第二预定时间。

[0137] 接下来,在步骤 112 中,计算机 28 利用以下等式:

$$[0138] \quad Y_{k,i} = h\left(X_{k,i}^{x,-}, u_k, X_{k-1,i}^{v,+}, k\right)$$

[0139] 确定多个预测电池输出向量 Y_k , 每个均表示在第一预定时间的电池 12 的输出,

[0140] 其中,

[0141] $Y_{k,i}$ 对应于多个 Y_k 的第 i 成员;

[0142] $X_{k-1,i}^{v,+}$ 对应于根据多个 $X_{k-1}^{a,+}$ 的第 i 成员提取的单个估计传感器噪声向量;和

[0143] k 对应于第一预定时间。

[0144] 接下来,在步骤 114 中,计算机 28 利用以下等式:

$$[0145] \quad \hat{x}_k^- = \sum_{i=0}^p \alpha_i^{(m)} X_{k,i}^{x,-}$$

[0146] 通过计算多个预测电池状态向量 $X_k^{x,-}$ 的加权平均值来确定对应于第一时间的预测电池状态向量 \hat{x}_k^- ,

[0147] 其中,

[0148] $\alpha_i^{(m)}$ 对应于一组常数值;和

[0149] p 对应于多个 $X_k^{x,-}$ 中的成员数减 1。

[0150] 接下来,在步骤 116 中,计算机 28 利用以下等式:

$$[0151] \quad S_{\hat{x},k}^- = qr \left\{ \left[\sqrt{\alpha_i^{(c)}} \left(X_{k,(0;p)}^{x,-} - \hat{x}_k^- \right)^T \right]^T \right\}$$

[0152] 确定预测电池状态向量平方根协方差矩阵 $S_{\hat{x},k}^-$

[0153] 其中，

[0154] $\alpha_i^{(c)}$ 对应于一组常数值。

[0155] $qr\{\}$ 是计算其输入参数的 Q-R 矩阵分解并返回 R 矩阵的上三角部分的函数。

[0156] 接下来，在步骤 118 中，计算机 28 利用以下等式：

$$[0157] \hat{y}_k = \sum_{i=0}^p \alpha_i^{(m)} Y_{k,i}$$

[0158] 确定表示在第一预定时间的电池的输出的预测电池输出向量 \hat{y}_k 。

[0159] 接下来，在步骤 120 中，计算机 28 利用以下等式：

$$[0160] S_{\hat{y},k} = qr \left\{ \left[\sqrt{\alpha_i^{(c)}} (Y_{k,(0:p)} - \hat{y}_k)^T \right]^T \right\}$$

[0161] 确定预测电池输出向量的平方根协方差矩阵 $S_{\hat{y},k}$ 。

[0162] 接下来，在步骤 122 中，计算机 28 利用以下等式：

$$[0163] \Sigma_{\hat{x}\hat{y},k}^- = \sum_{i=0}^p \alpha_i^{(c)} (X_{k,i}^{x,-} - \hat{x}_k^-) (Y_{k,i} - \hat{y}_k)^T$$

[0164] 确定预测交叉协方差矩阵 $\Sigma_{\hat{x}\hat{y},k}^-$ 。

[0165] 接下来，在步骤 124 中，计算机 28 利用以下等式：

$$[0166] L_k = \Sigma_{\hat{x}\hat{y},k}^- (S_{\hat{y},k}^T S_{\hat{y},k})^{-1}$$

[0167] 确定增益矩阵 L_k 。

[0168] 接下来，在步骤 126 中，计算机 28 利用以下等式：

$$[0169] \hat{x}_k^+ = \hat{x}_k^- + L_k [y_k - \hat{y}_k]$$

[0170] 确定表示在第一预定时间的电池状态的估计电池状态向量 \hat{x}_k^+ 。

[0171] 接下来，在步骤 128 中，计算机 28 利用以下等式：

$$[0172] S_{\hat{x},k}^+ = \text{downdate} \{ S_{\hat{x},k}^+, L_k S_{\hat{y},k} \}$$

[0173] 确定与估计电池状态向量相关联的估计电池状态向量平方根协方差矩阵 $S_{\hat{x},k}^+$ ，

[0174] 其中 $\text{downdate}\{\}$ 利用其第二参数在其第一参数上计算矩阵降级运算。

[0175] 接下来，在步骤 130 中，计算机 28 选择新的第一和第二预定时间。在步骤 130 之后，该方法回到步骤 100。

[0176] 用于确定表示电池状态的估计电池状态向量的系统、方法和生产制品提供了优于其他系统和方法的实质性优点。具体地，系统、方法和生产制品提供了更精确地确定对于具有非线性工作特性的电池的估计电池状态向量的技术效果。

[0177] 上述方法可以具体化为含有被记录在实体介质（例如，软盘、CDROM、硬盘或者其他可读取存储介质）中的指令的计算机程序代码的形式，其中，当所述计算机程序代码被载入计算机并由计算机执行时，所述计算机成为用于实施本发明的设备。上述的方法还可以具体化为计算机程序代码的形式，例如，无论存储在存储介质内、载入计算机内和/或由计算机执行，或通过一些传送介质传送、载入计算机内和/或由计算机执行，或通过一些传送介质（例如，通过电线或电缆、穿过光纤、或经由电磁辐射）传送，其中，当所述计算机程序代码被载入计算机执行时，所述计算机成为实施所述方法的设备。当在通用的微处理器上实现时，所述计算机程序代码段对微处理器进行配置以生成特定的逻辑电路。

[0178] 虽然参考示例性实施例描述了本发明,但是,本领域的技术人员将理解,可不脱离本发明的范围做出各种变化并可用等效要素代替示例要素。此外,可不脱离本发明的范围对本发明的示教做出许多修改以适应于具体情况。因此,本发明并不限于所公开的用于实现本发明的实施例,本发明包括落入权利要求范围内的所有实施例。此外,词语第一、第二等并非用于指任何重要程度的次序,而是用于要素互相之间区分。

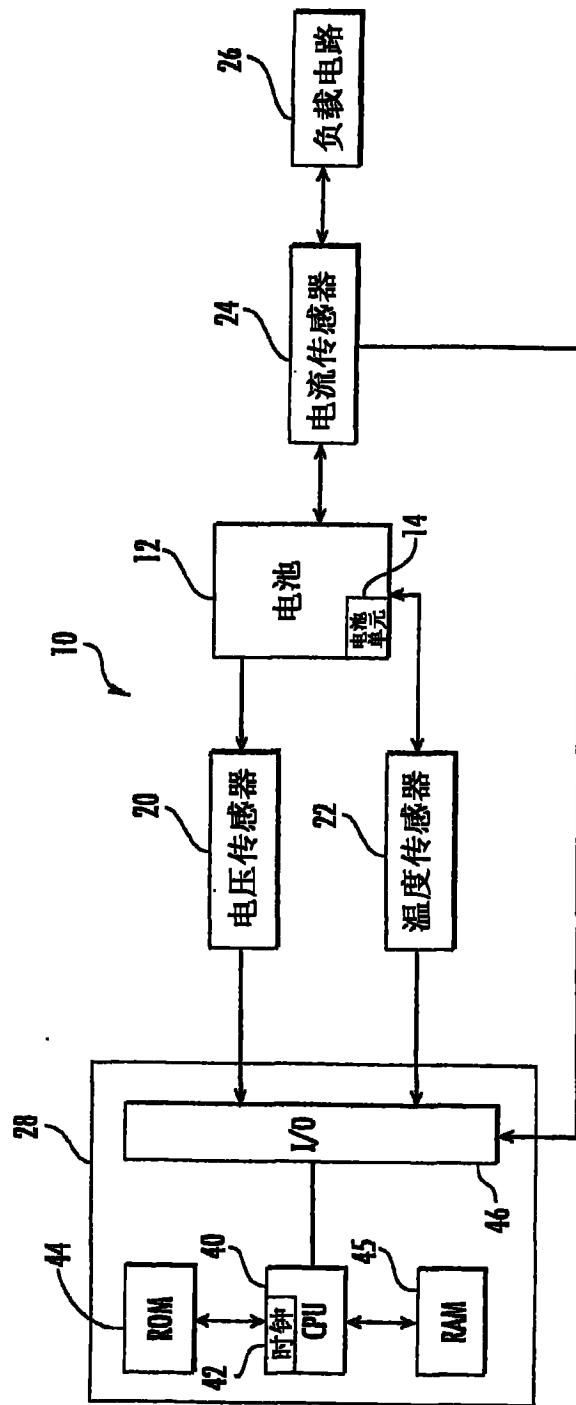


图1

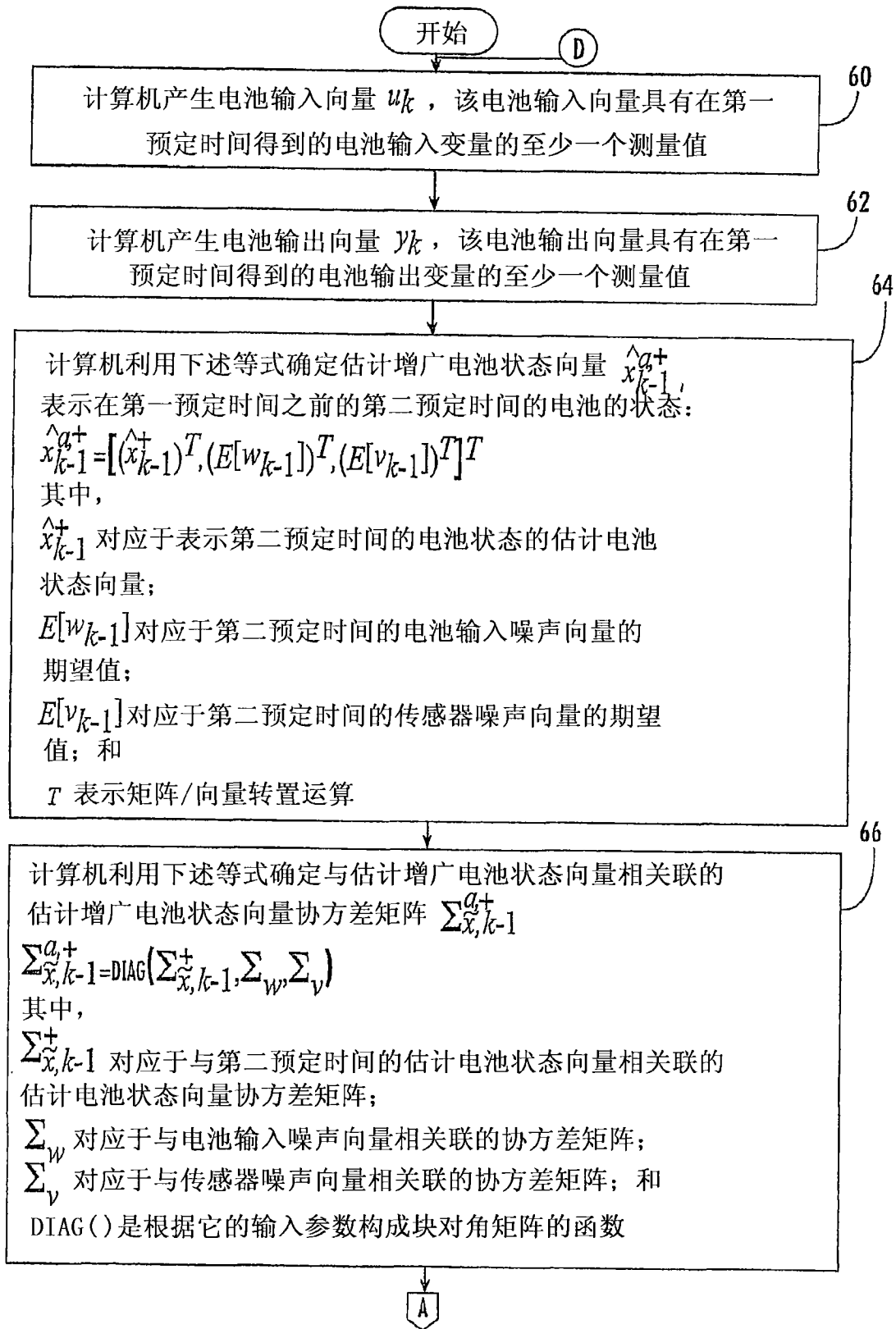


图 2

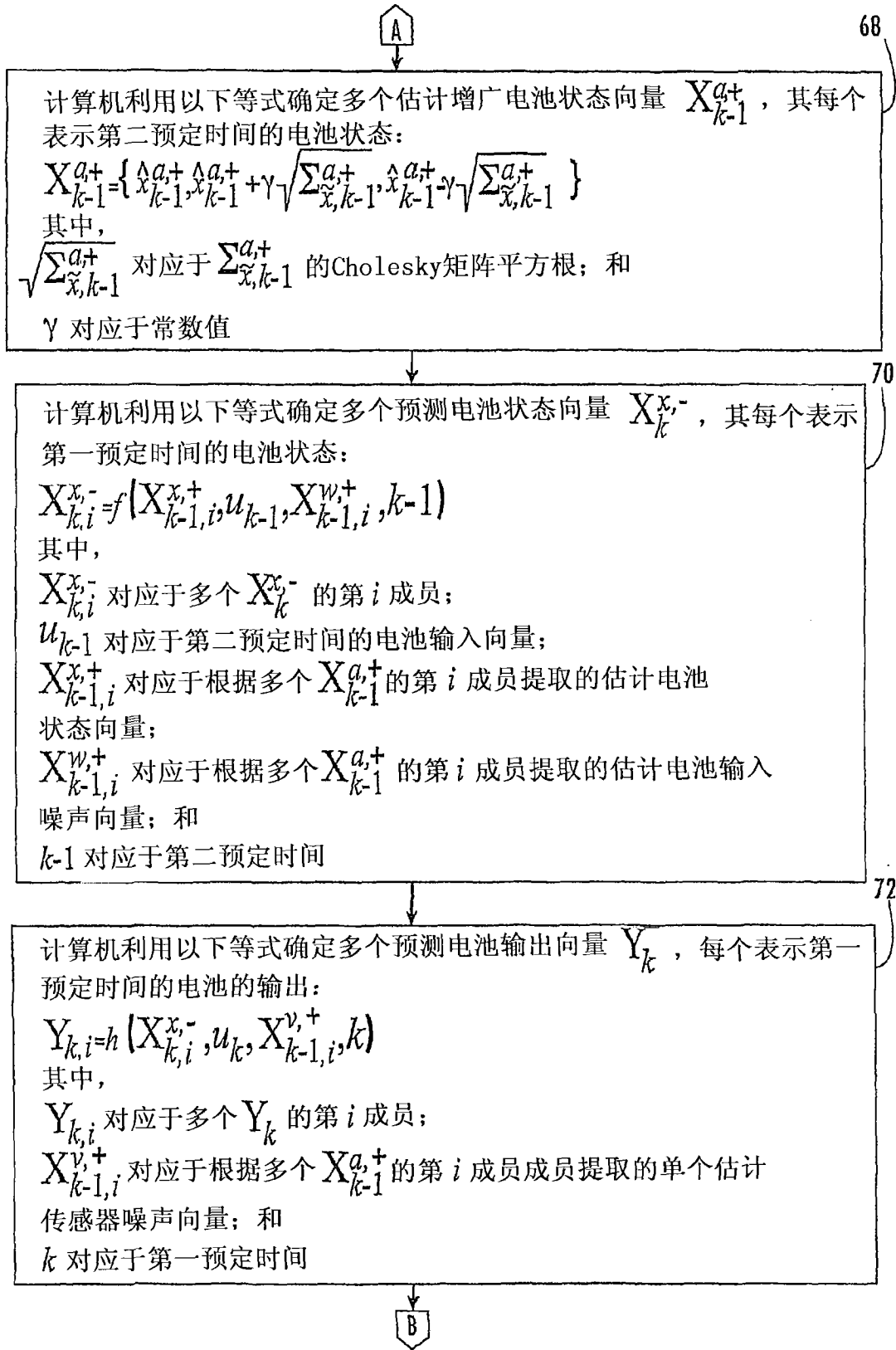


图 3

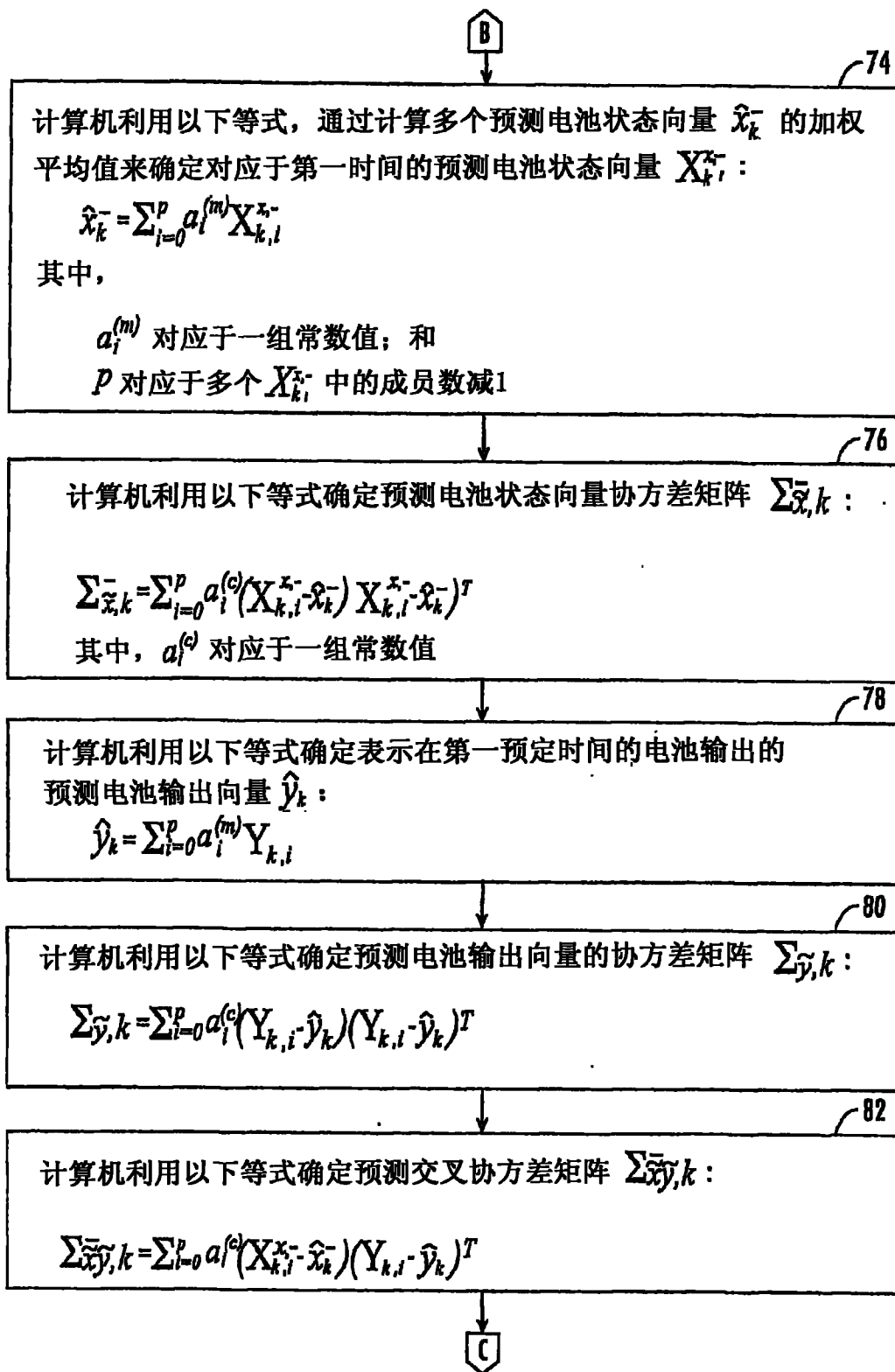


图 4

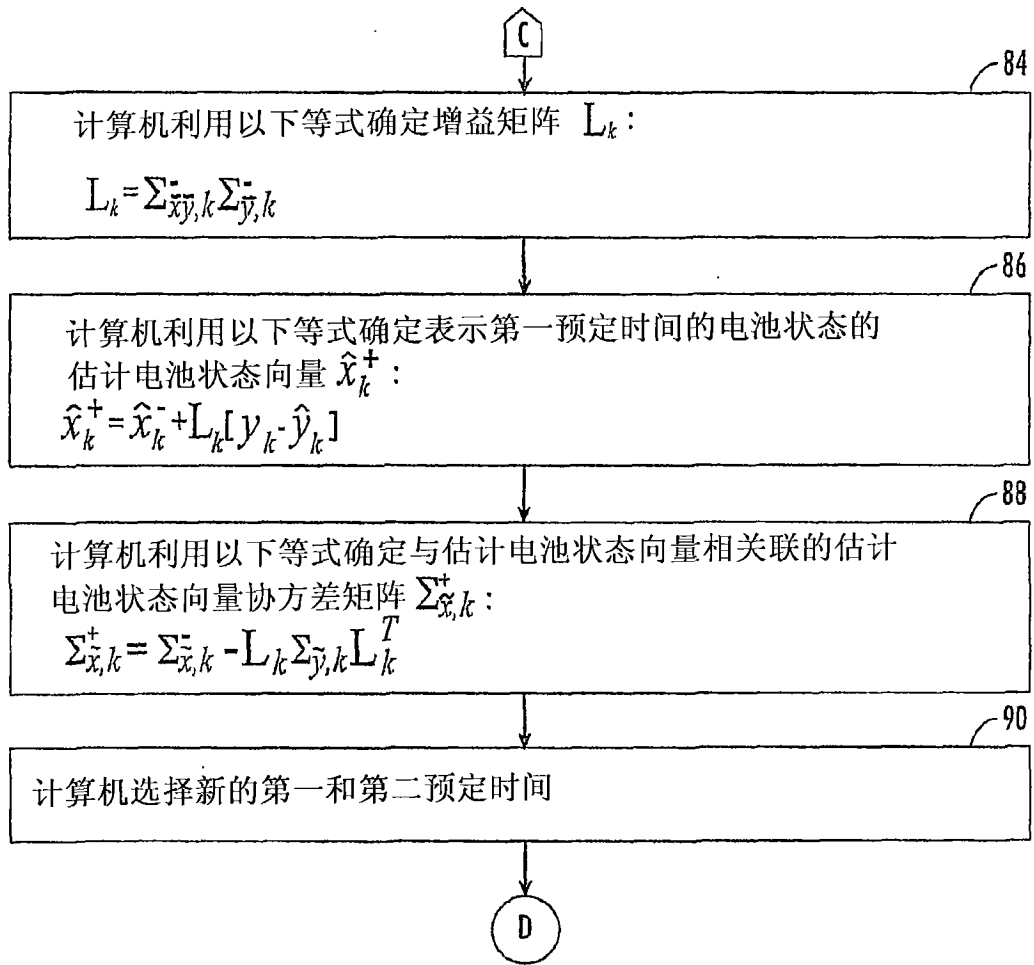


图 5

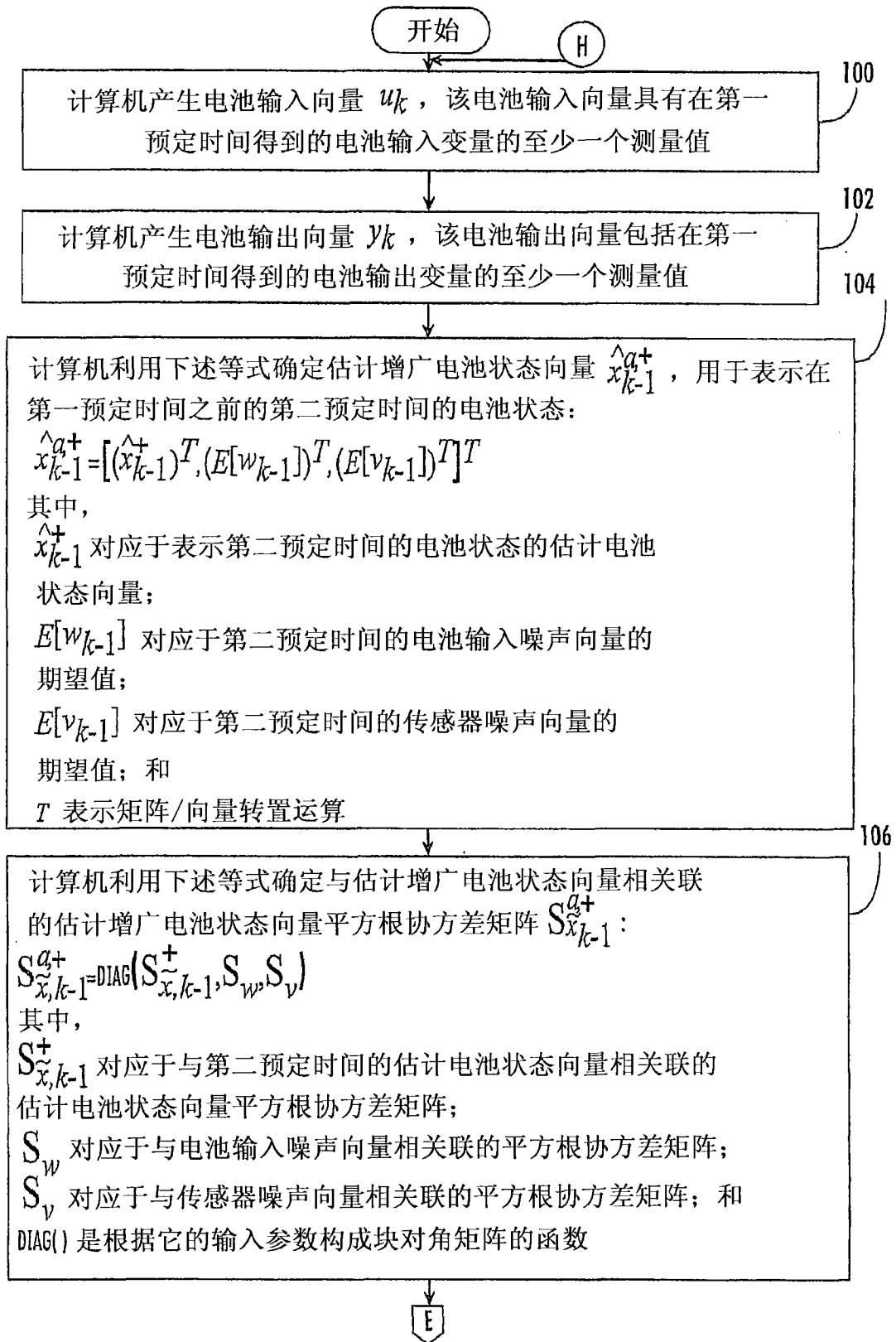


图 6

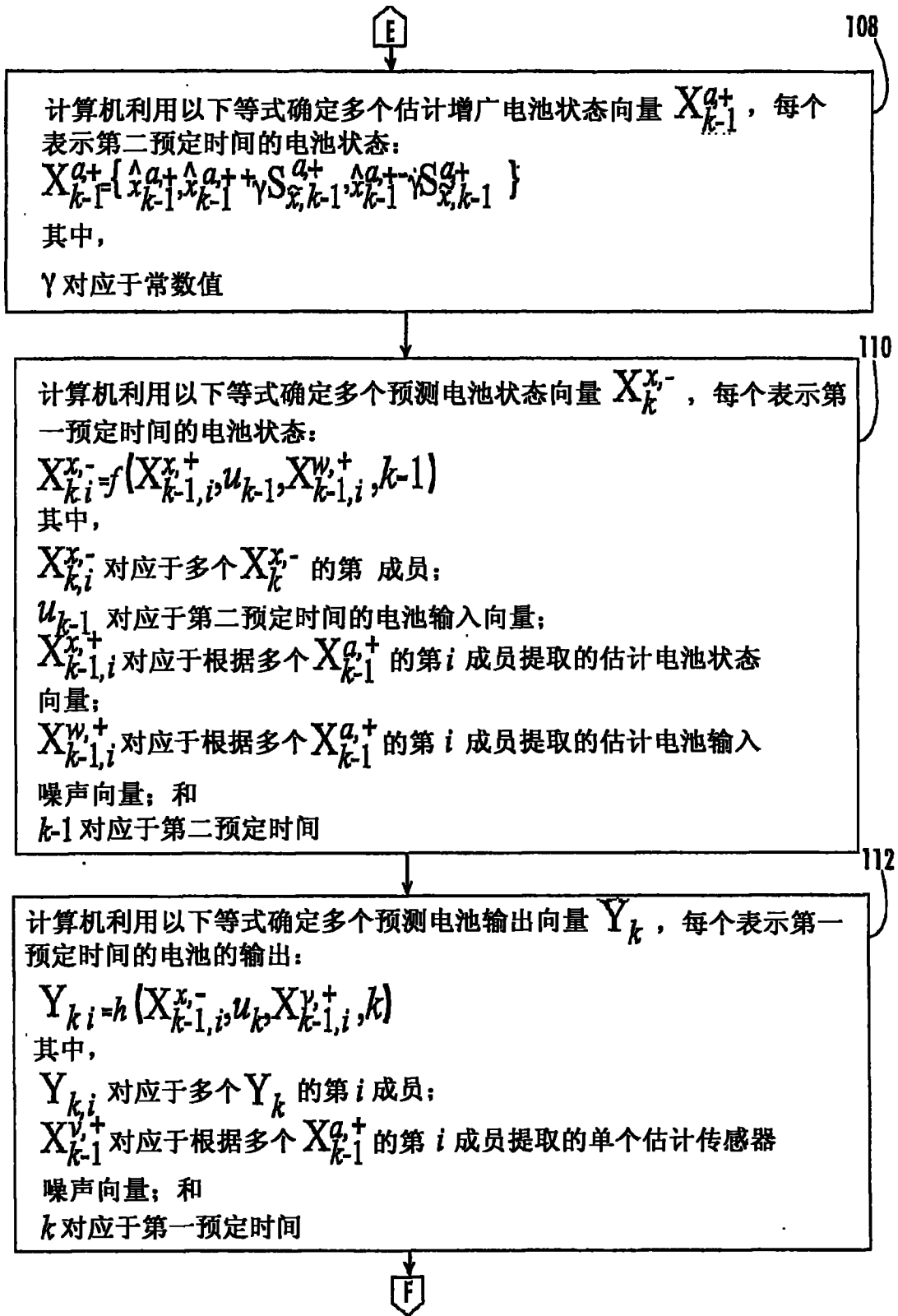


图 7

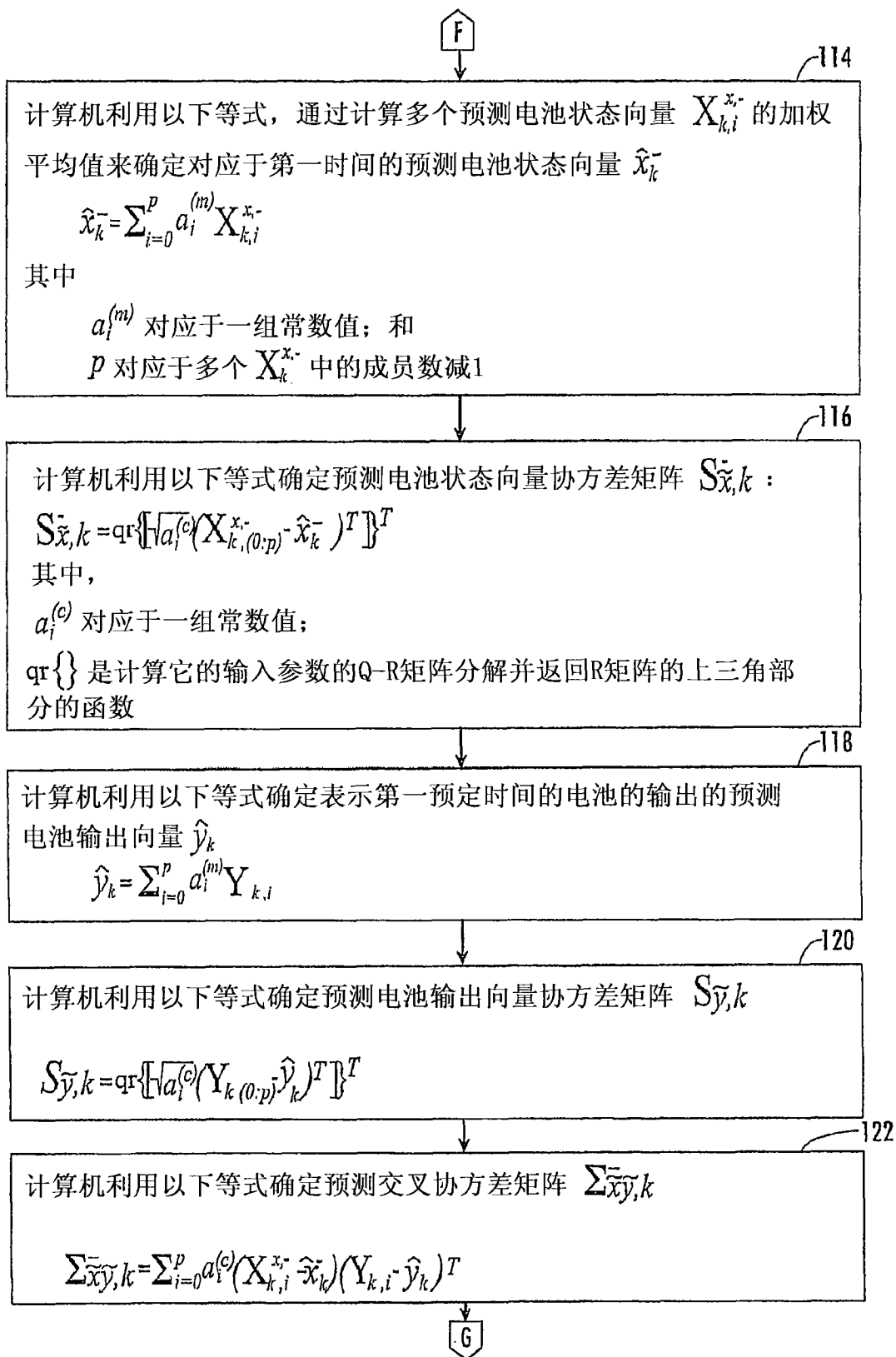


图 8

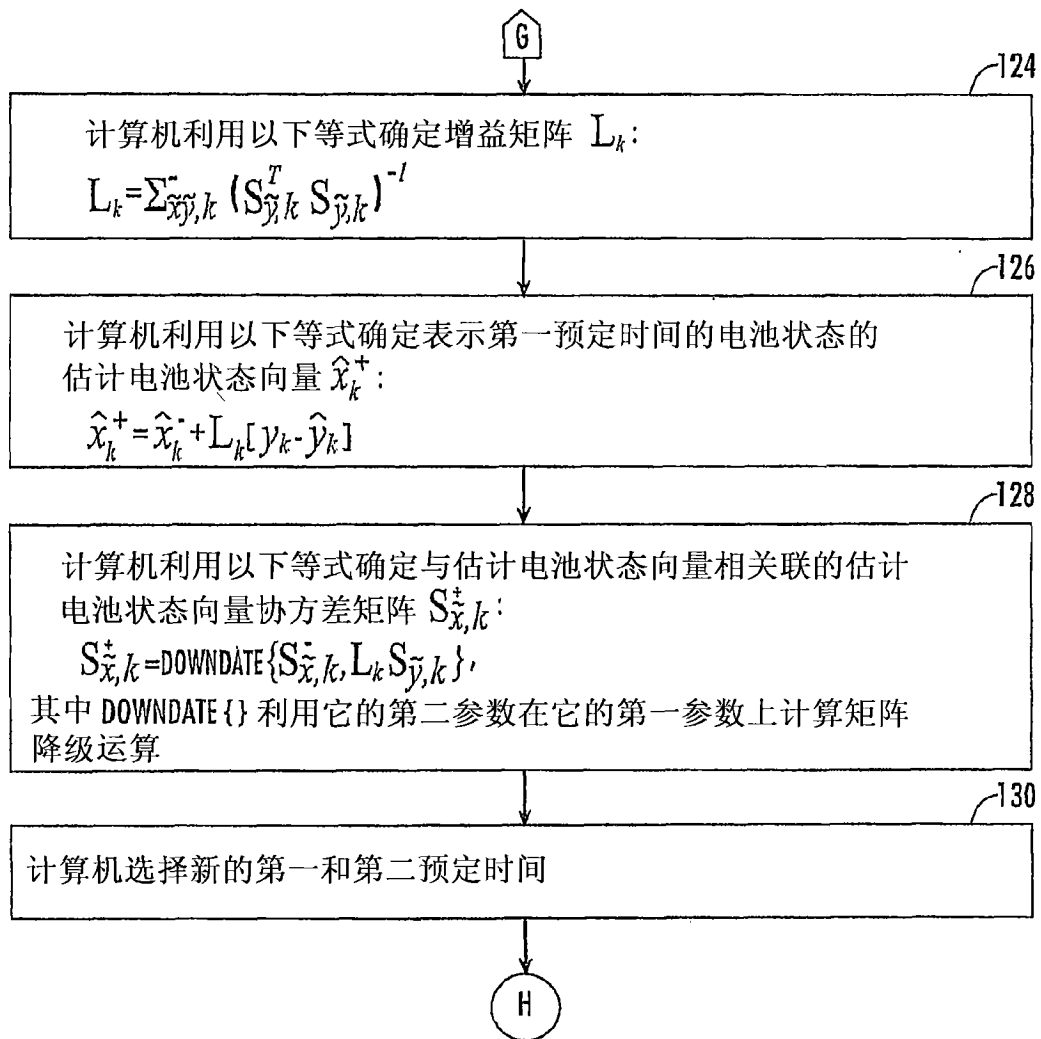


图 9