

(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
2015 年 12 月 3 日 (03.12.2015)



(10) 国际公布号
WO 2015/180050 A 1

- (51) 国际分类号 : G05B 13/02 (2006.01)
- (21) 国际申请号 : PCT/CN20 14/078608
- (22) 国际申请日 : 2014 年 5 月 28 日 (28.05.2014)
- (25) 申报语言 : 中文
- (26) 公布语言 : 中文
- (30) 优先权 : 2014 10225424.8 2014 年 5 月 26 日 (26.05.2014) CN
- (71) 申请人 北京理工大学 (BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY) [CN/CN] ; 中国北京市海淀区中关村南大街 5 号 Beijing 100081 (CN)。
- (72) 发明人: 何洪文 (HE, Hongwen); 中国北京市海淀区中关村南大街 5 号 ,Beijing 100081 (CN)。 熊瑞 (XIONG, Rui); 中国北京市海淀区中关村南大街 5 号 ,Beijing 100081 (CN)。 张永志 (ZHANG, Yongzhi); 中国北京市海淀区中关村南大街 5 号 Beijing 100081 (CN)。 彭剑坤 (PENG, Jiankun); 中国北京市海淀区中关村南大街 5 号 Beijing 100081 (CN)。
- (74) 代理人: 北京市邦道律师事务所 (BEIJING BANG-DAO LAW OFFICE); 中国北京市朝阳区东四环 56 号远洋国际中心 D 座 1005 室 Beijing 100025 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, 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)。

[见续页]

- (54) Title: METHOD FOR ESTIMATING PARAMETERS AND STATE OF DYNAMICAL SYSTEM OF ELECTRIC VEHICLE
- (54) 发明名称 : 一种估计电动汽车的动力系统的参数和状态的方法

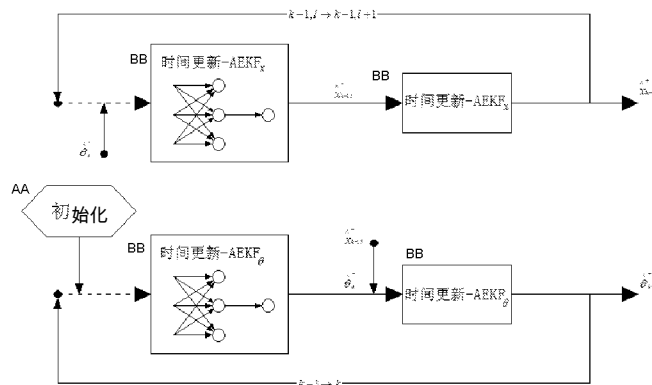


图 1 / FIG. 1

AA INITIALIZATION
BB TIME UPDATE

(57) Abstract: A method for estimating parameters and the state of a dynamical system of an electric vehicle. A multi-time scale model of the dynamical system is set up; a parameter observer AEKFe based on a macroscopic time scale and a state observer AEK-Fx based on a microcosmic time scale in the dynamical system of the electric vehicle are initialized; time update is performed on the parameter observer AEKFe, the updating time span is one macroscopic time scale, and a priori estimation value $\hat{\theta}^{\wedge}_{l-1}$, at the moment t_{l-1} , of the parameter Θ is obtained; time update and measurement update are performed on the state observer AEK-Fx and circulated L times, so that the time of the state observer AEK-Fx is updated to the moment t_{0L} ; and measurement update is performed on the parameter observer AEKFe, and the operation is circulated until the estimation is finished. By means of the method, the parameters and the state of the dynamical system of the electric vehicle are estimated, the precision is high, the calculation time is short, and calculation costs are reduced.

(57) 摘要:

[见续页]



1
2015/180050



根据细则 4.17 的声明：

- 关于申请人有权申请并被授予专利(细则 4.17(ii))
- 发明人资格(细则 4.n(iv))

本国际公布：

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种估计电动车辆的动力系统的参数和状态的方法，建立动力系统的多时间尺度模型，对电动车辆的动力系统中基于宏观时间尺度的参数观测器 $AEKF_{\theta}$ 和基于微观时间尺度的状态观测器 $AEKF_x$ 进行初始化设置，参数观测器 $AEKF_{\theta}$ 进行时间更新，更新时间长度为一个宏观时间尺度，得到参数 θ 在 $t_{1,0}$ 时刻的先验估计值 θ^{\wedge} ；状态观测器 $AEKF_x$ 进行时间更新和测量更新并循环 L 次，使状态观测器 $AEKF_x$ 的时间更新到 $t_{0,L}$ 时刻；参数观测器 $AEKF_{\theta}$ 进行测量更新，并循环上述操作直至估计完成。采用该方法对电动车辆的动力系统的参数和状态进行估计，精度高，计算时间短，降低了计算成本。

一种估计电动汽车的动力系统的参数和状态的方法

技术领域

本发明涉及系统辨识和状态估计领域，尤其涉及对电动汽车中由驱动电机和动力电池构成的动力系统的参数和状态进行估计的方法以及电动汽车的动力电池管理系统。

背景技术

状态空间方法处理非线性控制系统的常用方法。在使用状态空间方法对非线性控制系统进行处理时，状态空间方法利用状态方程描述非线性控制系统的动态特性，利用观测方程描述观测量与非线性控制系统的状态之间的关系，并利用含有噪声的观测信息实时估计非线性控制系统隐含的状态。但是，由于状态方程和观测方程中含有不确定性参数，且该不确定性参数会对非线性控制系统的隐含的状态的估计精度产生影响，导致非线性控制系统的隐含的状态的估计精度低。

为解决该问题，提高非线性控制系统的隐含的状态的估计精度，本领域的技术人员常通过试验的方法辨识获得状态方程和观测方程中的不确定性参数，并基于确定的状态方程开展对非线性控制系统的隐含的状态的估计研究。

例如，在动力电池控制领域，本领域的技术人员在对动力电池的隐含状态进行估计时，常常先通过试验得到动力电池的参数，并根据动力电池的参数建立动力电池的模型，继而基于建立的动力电池的模型开展对动力电池的状态估计和电动汽车能量管理的优化工作。由于动力电池的参数受该动力电池内部因素和外部因素的变化影响，比如动力电池老化、使用环境的变化，导致动力电池的参数也随之发生显著变化，故基于先前建立的动力电池的模型对该动力电池的状态进行估计时难以得到稳定可靠的状态估计值。另外，由于动力电池的参数受该动力电池的内部因素和外部因素的影响而变化，具有缓慢的时变特

性，而其状态因受参数的影响而变化，具有快速时变特性，利用传统的卡尔曼估计方法很难得到参数和状态的收敛解以及最优解，进而导致控制系统的计算成本增加。

综上所述，由于非线性控制系统的参数会发生变化，故在利用通过试验方法辨识获得非线性控制系统的参数对该非线性控制系统的状态进行估计时，难以得到稳定可靠的状态估计值；由于非线性控制系统的参数具有缓慢的时变特性，而其状态具有快速时变特性，故采用传统的卡尔曼估计方法对该非线性控制系统的参数和状态进行估计时，计算时间长，计算成本高。

另外，目前机动车辆上常用的动力电池管理系统在对动力电池的荷电状态(State of Charge, 简称 SoC)进行估计时，估计误差在 5% 以内；在动力电池的可用容量进行估计时，估计误差在 10% 以内。

发明内容

为获得电动汽车的动力系统稳定可靠的状态估计值，并降低估计计算成本，本发明提出一种估计电动汽车的动力系统的参数和状态的方法，该方法包括如下步骤：

步骤一，建立所述动力系统的多时间尺度模型，

$$\begin{cases} x_{k,l+1} = F(x_{k,l}, \theta_k, u_{k,l}) + \omega_{k,l}, \theta_{k+1} = \theta_k + \rho_k \\ Y_{k,l} = G(x_{k,l}, \theta_k, u_{k,l}) + v_{k,l} \end{cases}$$

其中，

θ 表示所述动力系统的参数，

x 表示所述动力系统中隐含的状态，

$F(x_{k,l}, \theta_k, u_{k,l})$ 表示所述多时间尺度模型的状态函数，

$G(x_{k,l}, \theta_k, u_{k,l})$ 表示所述多时间尺度模型的观测函数，

$x_{k,l}$ 为所述动力系统在 $t_{k,l} = t_k + l \chi \Delta t (1 \leq l \leq Z)$ 时刻的状态，且 k 为宏观时

间尺度， l 为微观时间尺度， L 为微观时间尺度与宏观时间尺度进行转换的尺度转换限值，

$u_{k,l}$ 为 $t_{k,l}$ 时刻所述动力系统的输入信息，

$\Gamma_{k,l}$ 为 $t_{k,l}$ 时刻所述动力系统的测量矩阵，

$\omega_{k,l}$ 为所述动力系统的状态的白噪声，其均值为零，协方差为 $Q_{k,l}^x$ ，

$\rho_{k,l}$ 为所述动力系统的参数的白噪声，其均值为零，协方差为 Q_k^θ ，

$v_{k,l}$ 为所述动力系统的测量白噪声，其均值为零，协方差为 $\langle_{k,l}$ ，

且 $\theta_k = \theta_{k,0:L-1}$ ；

步骤二，对基于宏观时间尺度的参数观测器 $AEKF_\theta$ 中的 θ_0 、 P_0^θ 、 Q_0^θ 和 $\langle_{k,l}$ 进行初始化设置，

其中，

θ_0 为所述参数观测器 $AEKF_\theta$ 中的参数初始值，

P_0^θ 为所述参数观测器 $AEKF_\theta$ 中的参数估计误差协方差矩阵的初始值，

Q_0^θ 为所述参数观测器 $AEKF_\theta$ 中所述动力系统噪声协方差矩阵的初始值，

$\langle_{k,l}$ 为所述参数观测器 $AEKF_\theta$ 的观测噪声；

对基于微观时间尺度状态观测器 $AEKF_x$ 中的 $x_{0,0}$ 、 $P_{0,0}^x$ 、 $Q_{0,0}^x$ 和 $\langle_{0,0}$ 进行初始化设置，

其中，

$x_{0,0}$ 为所述状态观测器 $AEKF_x$ 中所述动力系统的状态初始值，

$P_{0,0}^x$ 为所述状态观测器 $AEKF_x$ 中的状态估计误差协方差矩阵的初始值，

$Q_{0,0}^x$ 为所述状态观测器 $AEKF_x$ 中的系统噪声协方差矩阵的初始值，

$R_{0,0}$ 为所述状态观测器 $AEKF_x$ 的观测噪声协方差矩阵的初始值；

且 $R_k = R_{k,L-1}$;

步骤三，所述参数观测器 $AEKF_\theta$ 进行时间更新，且更新的时间长度为一个

宏观时间尺度，得到所述参数 θ 在 $t_{0,1}$ 时刻的先验估计值 $\hat{\theta}_{0,1}^-$ ，且
$$\begin{cases} \hat{\theta}_{0,1}^- = \hat{\theta}_0 \\ P_{0,1}^{x,-} = P_0 + Q_0 \end{cases};$$

步骤四，所述状态观测器 $AEKF_x$ 进行时间更新和测量更新：

所述状态观测器 $AEKF_x$ 进行时间更新，且更新的时间长度为一个微观时间

尺度，得到状态 x 在 $t_{0,1}$ 时刻的先验估计值 $\hat{x}_{0,1}^-$ ，且
$$\begin{cases} \hat{x}_{0,1}^- = F(\hat{x}_{0,0}^-, \hat{\theta}_{0,1}^-, u_{0,1}^-) \\ P_{0,1}^{x,-} = A_{0,1} P_{0,1}^x A_{0,1}^T + Q_{0,1}^x \end{cases},$$

其中，

$A_{0,1}$ 为所述电动车辆的动力系统的状态函数在 $t_{0,1}$ 时刻的雅可比矩阵，且

$$A_{0,1} = \left. \frac{\partial F(x, \theta_0, u_{0,1})}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{0,1}^-},$$

τ 表示矩阵转置；

所述状态观测器 AEK 进行测量更新，得到状态 x 的后验估计值 $\hat{x}_{0,1}^+$ ，

状态估计新息矩阵更新为：
$$v_{0,1} = Y_{0,1} - G(\hat{x}_{0,1}^-, \hat{\theta}_{0,1}^-, u_{0,1}^-),$$

卡尔曼增益矩阵为：
$$K_{0,1} = P_{0,1}^{x,-} (C_{0,1}^x)^T (C_{0,1}^x P_{0,1}^{x,-} (C_{0,1}^x)^T + R_{0,0})^{-1},$$

电压估计误差窗口函数为：
$$J_x = \frac{1}{M_x} \sum_{i=1}^{M_x} e_{0,i} e_{0,i}^T,$$

噪声协方差更新：
$$\begin{cases} R_{0,1} = H_{0,1}^x - C_{0,1}^x P_{0,1}^{x,-} (C_{0,1}^x)^T \\ Q_{0,1}^x = K_{0,1}^x H_{0,1}^x (K_{0,1}^x)^T \end{cases}$$

状态估计值修正：
$$\hat{x}_{0,1}^+ = \hat{x}_{0,1}^- + \pi_{0,1}^x [Y_{0,1} - G(\hat{x}_{0,1}^-, \hat{\theta}_{0,1}^-, u_{0,1}^-)]$$

状态估计误差协方差更新：
$$P_{0,1}^{x,+} = (I - K_{0,1}^x C_{0,1}^x) P_{0,1}^{x,-}$$

其中，

$C_{0,1}^x$ 为在状态估计过程中电动车辆的动力系统的观测函数在 t_{Q1} 时刻的雅可比矩阵，且 $C_{0,1}^x = \left. \frac{\partial G(x, \hat{\theta}_1^-, u_{0,1})}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{0,1}}$ ；

$$C_{0,1}^x = \left. \frac{\partial G(x, \hat{\theta}_1^-, u_{0,1})}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{0,1}} ;$$

循环上述操作 L 次，使所述状态观测器 AEKF 的时间更新到 $t_{0,L}$ 时刻，并转入下一步骤，

步骤五，所述参数观测器 AEKF_θ 进行测量更新，得到参数 θ 在 $t_{1,0}$ 时刻的后验估计值 $\hat{\theta}_1^+$ ，

参数估计新息矩阵更新为： $e_1^\theta = Y_{1,0} - \langle x_{1,0}, \mathbb{1} u_{1,0} \rangle$

卡尔曼增益矩阵为： $\langle \langle = P_1^{\theta,-} (C_1^\theta)^T (C_1^\theta P_1^{\theta,-} + R_0) \rangle^{-1}$

电压估计误差窗口函数： $H_1^\theta = \frac{1}{M_\theta} \sum_{i=1-M_\theta+1}^l e_1^\theta (e_1^\theta)^T$

噪声协方差更新为： $\begin{cases} R_1^\theta = H_1^\theta - C_1^\theta P_1^{\theta,-} (C_1^\theta)^T \\ Q_1^\theta = K_1^\theta H_1^\theta (K_1^\theta)^T \end{cases}$

状态估计修正为： $\hat{\mathbb{1}} = \hat{\theta}_1^+ + K_1^\theta e_1^\theta$

状态估计误差协方差更新为： $\langle \rangle^+ = (I - K_1^\theta C_1^\theta) P_1^{\theta,-}$

其中，

C_1^θ 为在状态估计过程中电动车辆的动力系统的观测函数在 $t_{1,0}$ 时刻的雅可比

矩阵，且 $\langle \langle = \left. \frac{\partial G(\hat{x}_{1,0}, \theta, u_{1,0})}{\partial \theta} \right|_{\theta=\hat{\theta}_1^+}$ 。

循环操作步骤三和四到 $t_{k,i}$ 时刻，

所述参数观测器 AEKF_θ 在进行时间更新，并得到参数 θ 在 $t_{k,i}$ 时刻的先验估

计值 $\hat{\theta}_k^-$, 且
$$\begin{cases} \hat{\theta}_k^- = \hat{\theta}_{k-1} \\ P_k^{\theta,-} = P_{k-1}^{\theta} + Q_{k-1}^{\theta} \end{cases};$$

所述状态观测器 $AEKF_x$ 在进行时间更新 , 并得到状态 x 在 $t_{k,l}$ 时刻的先验估计

计值 $\hat{x}_{k-1,l}^-$, 且
$$\begin{cases} \hat{x}_{k-1,l}^- = F(\hat{x}_{k-1,l-1}, \hat{\theta}_k^-, u_{k-1,l-1}) \\ P_{k-1,l}^{x,-} = A_{k-1,l-1} P_{k-1,l-1}^x A_{k-1,l-1}^T + Q_{k-1,l-1}^x \end{cases},$$

其中,

$f_{k-1,l}$ 为在状态估计中所述电动车辆的动力系统的状态函数在 $t_{k,l}$ 时刻的雅

可比矩阵 , 且
$$A_{k-1,l-1} = \left. \frac{\partial F(x, \hat{\theta}_k^-, u_{k-1,l-1})}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{k-1,l-1}^-};$$

所述状态观测器 AEK 进行测量更新 , 并得到状态 x 在 $t_{k,l}$ 时刻的后验估计

值 $\hat{x}_{k-1,l}^+$, 且

状态估计新息矩阵更新为 :
$$e_{k-1,l} = \langle \hat{x}_{k-1,l}^- - f_{k-1,l}(\hat{x}_{k-1,l}^-, \hat{\theta}_k^-, u_{k-1,l-1}) \rangle,$$

卡尔曼增益矩阵为 :
$$K_{k-1,l}^x = P_{k-1,l}^{x,-} (C_{k-1,l}^x)^T (C_{k-1,l}^x P_{k-1,l}^{x,-} (C_{k-1,l}^x)^T + R_{k-1,l-1})^{-1},$$

自适应协方差匹配 :
$$H_{k-1,l}^x = \frac{1}{M_x} \sum_{i=l-M_x+1}^l e_{k-1,i} e_{k-1,i}^T,$$

噪声协方差更新为 :
$$\begin{cases} Q_{k-1,l}^x = H_{k-1,l}^x - C_{k-1,l}^x R_{k-1,l-1}^{-1} (C_{k-1,l}^x)^T \\ Q_{k-1,l}^x = K_{k-1,l}^x H_{k-1,l}^x (K_{k-1,l}^x)^T \end{cases}$$

状态估计值修正 :
$$\hat{x}_{k-1,l}^+ = \hat{x}_{k-1,l}^- + K_{k-1,l}^x [Y_{k-1,l} - G(\hat{x}_{k-1,l}^-, \hat{\theta}_k^-, u_{k-1,l-1})]$$

状态估计误差协方差更新 :
$$P_{k-1,l}^{x,+} = (I - K_{k-1,l}^x C_{k-1,l}^x) P_{k-1,l}^{x,-}$$

其中,

$C_{k-1,l}^x$ 为在状态估计过程中所述电动车辆的动力系统的观测函数在 $t_{k,l}$ 时刻的

雅可比矩阵，且 $C_{k-1,l}^{\theta} = \left. \frac{\partial G(x, \hat{\theta}_k^-, u_{k-1,l})}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{k-1,l}^-}$ ；

所述参数观测器 $AEKF_{\theta}$ 进行测量更新，并得到参数 θ 在 $t_{k,0:L}$ 时刻的后验估计值 $\hat{\theta}_k^+$ ：

参数估计新息矩阵更新为： $e_k^{\theta} = Y_{k,0} - G(\hat{x}_{k,0}^+, \hat{\theta}_k^-, u_{k,0})$

卡尔曼增益矩阵为： $K_k^{\theta} = P_k^{\theta,-} (C_k^{\theta})^T (C_k^{\theta} P_k^{\theta,-} (C_k^{\theta})^T + R_{k-1})^{-1}$

自适应协方差匹配： $H_k^{\theta} = \frac{1}{M_{\theta}} \sum_{i=i-\Lambda+1}^L e_k^{\theta} (e_k^{\theta})^T$

噪声协方差更新为： $\begin{cases} R_k^{\theta} = H_k^{\theta} - C_k^{\theta} P_k^{\theta,-} (C_k^{\theta})^T \\ Q_k^{\theta} = K_k^{\theta} H_k^{\theta} (K_k^{\theta})^T \end{cases}$

状态估计修正为： $\hat{\theta}_k^+ = \hat{\theta}_k^- + K_k^{\theta} e_k^{\theta}$

状态估计误差协方差更新为： $P_k^{\theta,+} = (I - K_k^{\theta} C_k^{\theta}) P_k^{\theta,-}$

其中，

C_k^{θ} 为在状态估计过程中所述电动车辆的动力系统的观测函数在 $t_{k,0:L}$ 时间段

内的雅可比矩阵，且 $C_k^{\theta} = \left. \frac{\partial G(\hat{x}_{k,0}, \theta, u_{k,0})}{\partial \theta} \right|_{\theta=\hat{\theta}_k^-}$ ；

循环上述估计操作，直至估计完成。

采用本发明对电动车辆的动力系统的参数和状态进行估计时，在同一时刻，宏观时间尺度和微观时间尺度下使用的新息来源相同，有利于提高参数估计值和状态估计值的收敛，进而提高估计精度；采用多时间尺度对电动车辆的动力系统的参数和状态进行估计，缩短了估计计算时间，进而降低了计算成本。

优选地，所述状态观测器 $AEKF_x$ 进行时间更新时，所述微观时间尺度的循

环周期为 $Z=1$ ，当 $l=L$ 时，所述宏观时间尺度由 $k-1$ 变换为 k ，所述微观时间尺度由 L 变换为 0 。

优选地，所述电动车辆的动力系统的循环工况数据实时输入到状态估计滤波器中。这样，状态估计滤波器可根据最贴近电动车辆的动力系统实际状态的工况数据对其参数和状态进行估计，提高了估计精度。

本发明还提出一种应用上述任意一种估计电动车辆的动力系统的参数和状态的方法对所述电动车辆的动力电池的参数和状态进行估计的动力电池管理系统。这样的动力电池管理系统在对电动车辆的动力电池的状态进行估计时，相对现有的主流的动力电池管理系统，估计精度高，耗时短，安全可靠。

附图说明

图 1 为本发明提出的多时间尺度自适应扩展卡尔曼滤波算法的原理图；

图 2 为电动车辆的动力电池等效为具有一阶 RC 网络的等效电路模型时的等效电路图；

图 3 为电动车辆的动力电池单体循环工况数据，其中，图 3(a) 为该动力电池单体循环时的电流变化曲线；图 3(b) 为该动力电池单体循环时的 SoC 状态变化曲线；

图 4 为电动车辆的动力电池等效为具有一阶 RC 网络的等效电路模型时的开路电压变化曲线图；

图 5 为基于多时间尺度对电动车辆的动力电池的参数和状态进行联合估计的估计结果，且时间尺度转换限值 $L=60s$ 、动力电池的荷电状态 SoC 的初值为 60%，其中，图 5(a) 为该动力电池的电压估计误差曲线；图 5(b) 为该动力电池的荷电状态 SoC 的估计误差曲线；图 5(c) 为该动力电池的可用容量估计结果曲线；图 5(d) 该动力电池的可用容量的估计误差曲线；

图6为基于同一时间尺度对电动车辆的动力电池的参数和状态进行联合估计的估计结果，且时间尺度转换限值 $L=1s$ 、动力电池的荷电状态 SoC 的初值为 60%，其中，图6(a)为该动力电池的电压的估计误差曲线，图6(b)为该动力电池的荷电状态 SoC 的估计误差曲线，图6(c)为该动力电池的可用容量估计结果曲线，图6(d)该动力电池的可用容量的估计误差曲线；

图7为电动车辆的动力电池等效为具有二阶RC网络的等效电路模型时的等效电路图；

图8为为基于多时间尺度对电动车辆的动力电池的参数和状态进行联合估计的估计结果，且时间尺度转换限值 $L=60s$ 、动力电池的荷电状态 SoC 的初值为 60%，其中，图8(a)为该动力电池的电压估计误差曲线；图8(b)为该动力电池的荷电状态 SoC 的估计误差曲线；图8(c)为该动力电池的可用容量估计结果曲线；图8(d)该动力电池的可用容量的估计误差曲线。

具体实施方式

下面结合图1具体说明本发明估计电动车辆的动力系统的参数和状态的方法的具体实施步骤：

步骤一，建立电动车辆的动力系统的多时间尺度模型，如式(1)所示，

$$\begin{cases} x_{k,l+1} = F(x_{k,l}, \theta_k, u_{k,l}) + \omega_{k,l}, \theta_{k+1} = \theta_k + \rho_k \\ Y_{k,l} = G(x_{k,l}, \theta_k, u_{k,l}) + v_{k,l} \end{cases} \quad (1)$$

其中，

θ 表示电动车辆的动力系统的参数，且当宏观时间尺度不变，微观时间尺度从 0 至 $L-1$ 时，参数的值保持不变，即 $\theta_k = \theta_{k \circ L-1}$ ，且 k 为宏观时间尺度值， L 为将一个宏观时间尺度转换为微观时间尺度时的尺度转换限值，即 $t_{k,0} = t_{k-1,0} + Z \chi \Delta t$ ， Δt 为一个微观时间尺度；

x 表示电动车辆的动力系统中隐含的状态；

$F(\Lambda_{k,l}, \theta_k, u_{k,l})$ 表示电动车辆的动力系统在 $t_{k,l}$ 时刻的状态函数；

$G(\Lambda_{k,l}, \theta_k, u_{k,l})$ 表示电动车辆的动力系统在 $t_{k,l}$ 时刻的观测函数；

$x_{k,l}$ 为电动车辆的动力系统在 $t_{k,l}$ 时刻的状态， l 为微观时间尺度值，且 $1 \leq l \leq L$ ， $t_{k,l} = t_{k,0} + l \chi \Delta t (1 \leq l \leq L)$ ；

$u_{k,l}$ 为 $t_{k,l}$ 时刻电动车辆的动力系统输入到状态估计滤波器中的输入信息 (控制矩阵)，该输入信息包括电动车辆的动力系统中电流、动力电池的电压和荷电状态 (State of Charge 即 SoC)；

$Y_{k,l}$ 为 $t_{k,l}$ 时刻电动车辆的动力系统的观测矩阵 (测量矩阵)，该观测矩阵包括电动车辆的动力系统中动力电池的电压、荷电状态 SoC 和可用容量；

$\omega_{k,l}$ 为 $t_{k,l}$ 时刻电动车辆的动力系统的状态白噪声，其均值为零，协方差矩阵为 $\langle \cdot \rangle_l$ ，

ρ_k 为 $t_{k,l}$ 时刻电动车辆的动力系统的参数白噪声，其均值为零，协方差矩阵为 $\langle \cdot \rangle_k$ ，

$v_{k,l}$ 为 $t_{k,l}$ 时刻电动车辆的动力系统的测量白噪声，其均值为零，协方差为 $R_{k,l}$ 。

步骤二，对电动车辆的动力系统中基于宏观时间尺度的参数观测器 $AEKF_\theta$ 和基于微观时间尺度的状态观测器 $AEKF_x$ 进行初始化设置。

具体地，对参数观测器 $AEKF_\theta$ 中的参数 Θ_k 、 $\langle \cdot \rangle_k$ 、 Q_k^θ 和 R_k^θ 进行初始化设置得到 Θ_0 、 P_0^θ 、 Q_0^θ 和 R_0^θ ，其中，

Θ_0 为电动车辆的动力系统的参数初始值，

P_0^θ 为电动车辆的动力系统的参数估计误差协方差矩阵 $\langle \cdot \rangle_k$ 的初始值，

Q_0^θ 为电动车辆的动力系统的系统噪声协方差矩阵 $\langle \cdot \rangle_k$ 的初始值，

R_0 为参数观测器 $AEKF_\theta$ 的观测噪声协方差 R_k 的初始值。

对状态观测器 $AEKF_x$ 中的参数 $F_{k,l}$ 、 $Q_{k,l}^x$ 和 $R_{k,l}$ 进行初始化设置得到 $x_{0,0}$ 、 $P_{0,0}^x$ 、 $Q_{0,0}^x$ 和 $R_{0,0}$ ，其中，

$x_{0,0}$ 为电动车辆的动力系统的状态 $x_{k,l}$ 的初始值，

$P_{0,0}^x$ 为电动车辆的动力系统的状态估计误差协方差矩阵 $P_{k,l}^x$ 的初始值，

$Q_{0,0}^x$ 为电动车辆的动力系统的系统噪声协方差矩阵 $Q_{k,l}^x$ 的初始值，

$R_{0,0}$ 为状态观测器 $AEKF_x$ 的观测噪声协方差矩阵 $R_{k,l}$ 的初始值。

由于参数观测器 $AEKF_\theta$ 的观测噪声协方差与状态观测器 $AEKF_x$ 的观测协方差满足 $R_k = R_{k \times L-1}$ ，故 $R_0 = R_{0,0}$ 。

步骤三，基于宏观时间尺度的参数观测器 $AEKF_\theta$ 进行时间更新即进行先验参数估计，且更新的时间长度为一个宏观时间尺度，得到参数 θ 在 $t_{1,0}$ 时刻的先验估计值 $\hat{\theta}_1^-$ ，且

$$\begin{cases} \hat{\theta}_1^- = \hat{\theta}_0 \\ R_{k,l}^- = R_{k,l} + Q_0^p \end{cases} \quad (2)$$

步骤四，状态观测器 $AEKF_x$ 进行时间更新和测量更新。

首先，基于微观时间尺度的状态观测器 $AEKF_x$ 进行时间更新即进行先验参数估计，且更新的时间长度为一个微观时间尺度 Δl ，得到状态 x 在 $t_{0,1}$ 先验估计值 $x_{0,1}^-$ ，且

$$\begin{cases} x_{0,1}^- = F(x_{0,0}^-, \hat{\theta}_0^-, u_{0,1}) \\ P_{0,1}^{x,-} = A_{0,1} P_{0,1}^x A_{0,1}^T + Q_{0,1}^x \end{cases} \quad (3)$$

其中，

$A_{0,1}$ 为状态估计中电动车辆的动力系统的状态函数在 $t_{0,1}$ 时刻的雅可比矩阵，

且

$$A_{0,1} = \left. \frac{\partial F(x, \hat{\theta}_0^-, u_{0,1})}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{0,1}^-} \quad (4)$$

T 表示矩阵转置。

接着, 基于微观时间尺度的状态观测器 $AEKF_x$ 进行测量更新, 得到状态 x 的后验估计值 $\hat{x}_{0,1}^+$, 此时,

$$\text{状态估计新息矩阵更新为: } e_{0,1} = Y_{0,1} - G(\hat{x}_{0,1}^-, \hat{\theta}_1^-, u_{0,1}) \quad (5)$$

$$\text{卡尔曼增益矩阵为: } K_{0,1} = P_{0,1}^{x,-} (C_{0,1}^x)^T (C_{0,1}^x P_{0,1}^{x,-} (C_{0,1}^x)^T + R_{0,0})^{-1} \quad (6)$$

电压估计误差窗口函数 (又称为自适应协方差匹配) 为:

$$H_{0,1}^x = \frac{1}{M_x} \sum_{i=1-M_x+1}^l e_{0,1} e_{0,1}^T \quad (7)$$

$$\text{噪声协方差更新: } \begin{cases} Q_{0,1}^x = K_{0,1}^x H_{0,1}^x (K_{0,1}^x)^T \\ \langle \langle 1 - H_{0,1}^x - C_{0,1}^x P_{0,1}^{x,-} (C_{0,1}^x)^T \end{cases} \quad (8)$$

$$\text{状态估计值修正: } \hat{x}_{0,1}^+ = \hat{x}_{0,1}^- + K_{0,1}^x [Y_{0,1} - G(\hat{x}_{0,1}^-, \hat{\theta}_1^-, u_{0,1})] \quad (9)$$

$$\text{状态估计误差协方差更新: } P_{0,1}^{x,+} = (I - K_{0,1}^x C_{0,1}^x) P_{0,1}^{x,-} \quad (10)$$

其中,

$C_{0,1}^x$ 为状态估计过程中电动车辆的动力系统的观测函数在 $t_{0,1}$ 时刻的雅可比矩阵, 且

$$C_{0,1}^x = \left. \frac{\partial G(x, \hat{\theta}_1^-, u_{0,1})}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{0,1}^-} \quad (11)$$

循环上述操作 L 次, 使基于微观时间尺度的状态观测器 $AEKF_x$ 的时间更新到 $t_{0,L}$ 即 t_{1Q} 时刻, 并转入下一步骤,

步骤五,基于宏观时间尺度的状态观测器 $AEKF_\theta$ 进行测量更新,得到参数 θ

在 $t_{1,0}$ 时刻的后验估计值 $\hat{x}_{1,0}^+$, 此时,

$$\text{参数估计新息矩阵更新为: } \langle \cdot \rangle = \langle \cdot \rangle_{1,0} - \langle \cdot \rangle_{1,0}^+ \langle \cdot \rangle_{1,0}^- \quad (12)$$

$$\text{卡尔曼增益矩阵为: } \langle \cdot \rangle = P_1^{\theta,-} (C_1^\theta)^T (C_1^\theta P_1^{\theta,-} (C_1^\theta)^T + R_0)^{-1} \quad (13)$$

$$\text{电压估计误差窗口函数即自适应协方差匹配: } H_1^\theta = \frac{1}{M_\theta} \sum_{i=1}^M e_1^\theta (e_1^\theta)^T \quad (14)$$

$$\text{噪声协方差更新为: } \begin{cases} R_1^\theta = H_1^\theta - C_1^\theta P_1^{\theta,-} (C_1^\theta)^T \\ Q_1^\theta = K_1^\theta H_1^\theta (K_1^\theta)^T \end{cases} \quad (15)$$

$$\text{状态估计修正为: } \hat{x}_{1,0}^+ = \hat{x}_{1,0}^- + K_1^\theta e_1^\theta \quad (16)$$

$$\text{状态估计误差协方差更新为: } \langle \cdot \rangle^+ = (I - K_1^\theta C_1^\theta) P_1^{\theta,-} \quad (17)$$

其中,

$\langle \cdot \rangle$ 为状态估计过程中电动车辆的动力系统的观测函数在 $t_{1,0}$ 时刻的雅可比矩阵, 即 C_1^θ 为电动车辆的动力系统的观测函数对于状态的偏微分方程, 故

$$C_1^\theta = \left. \frac{\partial G(\hat{x}_{1,0}, \theta, u_{1,0})}{\partial \theta} \right|_{\theta = \hat{\theta}_1^-} \quad (18)$$

循环操作步骤三和四到 $t_{k,l}$ 时刻, 此时,

基于宏观时间尺度的参数观测器 $AEKF_\theta$ 在进行时间更新, 并得到参数 θ 在

$t_{k,l}$ 时刻的先验估计值 $\hat{\theta}_k^-$, 且

$$\begin{cases} \hat{\theta}_k^- = \hat{\theta}_{k-1}^- \\ P_k^{\theta,-} = P_{k-1}^\theta + Q_{k-1}^\theta \end{cases} \quad (19)$$

基于微观时间尺度的状态观测器 $AEKF_x$ 在进行时间更新, 并得到状态 x 在

$t_{k,l}$ 时刻的先验估计值 $\hat{x}_{k-1,l}^-$, 且

$$\begin{cases} \hat{x}_{k-1,l}^- = F(\hat{x}_{k-1,l-1}^-, \hat{\theta}_k^-, u_{k-1,l-1}) \\ P_{k-1,l}^{x,-} = A_{k-1,l-1} P_{k-1,l-1}^x A_{k-1,l-1}^T + Q_{k-1,l-1}^x \end{cases} \quad (20)$$

其中，

$A_{k-1,l-1}$ 为状态估计中电动车辆的动力系统的状态函数在 $t_{k,l}$ 时刻的雅可比矩阵，且

$$A_{k-1,l-1} = \left. \frac{\partial F(x, \theta_k^-, u_{k-1,l-1})}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{k-1,l-1}^-} \quad (21)$$

基于微观时间尺度的状态观测器 $AEKF_x$ 进行测量更新，并得到状态 x 在 $t_{k,l}$ 时刻的后验估计值 $\hat{x}_{k-1,l}^+$ ，此时，

$$\text{状态估计新息矩阵更新为：} e_{k-1,l} = Y_{k-1,l} - G(\hat{x}_{k-1,l}^-, \hat{\theta}_k^-, u_{k-1,l-1}) \quad (22)$$

$$\text{卡尔曼增益矩阵为：} K_{k-1,l}^x = P_{k-1,l}^{x,-} (C_{k-1,l}^x)^T (C_{k-1,l}^x P_{k-1,l}^{x,-} (C_{k-1,l}^x)^T + R_{k-1,l-1})^{-1} \quad (23)$$

$$\text{自适应协方差匹配：} H_{k-1,l}^x = \frac{1}{M_x} \sum_{i=l-M_x+1}^l e_{k-1,i} e_{k-1,i}^T \quad (24)$$

$$\text{噪声协方差更新为：} \begin{cases} R_{k-1,l} = H_{k-1,l}^x - C_{k-1,l}^x P_{k-1,l}^{x,-} (C_{k-1,l}^x)^T \\ Q_{k-1,l}^x = K_{k-1,l}^x H_{k-1,l}^x (K_{k-1,l}^x)^T \end{cases} \quad (25)$$

$$\text{状态估计值修正：} \hat{x}_{k-1,l}^+ = \hat{x}_{k-1,l}^- + K_{k-1,l}^x [Y_{k-1,l} - G(\hat{x}_{k-1,l}^-, \hat{\theta}_k^-, u_{k-1,l-1})] \quad (26)$$

由于 $\hat{x}_{k,0}^+ = \hat{x}_{k-1,L}^+$ ，故，

$$\frac{d\hat{x}_{k,0}^+}{d\hat{\theta}_k^-} = \frac{d\hat{x}_{k-1,L}^+}{d\hat{\theta}_k^-} = \frac{d}{d\hat{\theta}_k^-} \left(\hat{x}_{k-1,L}^- + K_{k-1,L-1}^x \left(Y_{k-1,L-1} - G(\hat{x}_{k-1,L}^-, \hat{\theta}_k^-, u_{k-1,L-1}) \right) \right) \quad (27)$$

$$\frac{d}{d\hat{\theta}_k^-} (K_{k-1,L-1}^x Y_{k-1,L-1}) = Y_{k-1,L-1} \frac{\partial K_{k-1,L-1}^x}{\delta \hat{\theta}_k^-} \quad (28)$$

$$\begin{aligned} & \frac{d}{d\hat{\theta}_k} \left(K_{k-1,L-1}^x G \left(x_{k-1,L-1}^{\wedge-}, \theta_k^{\wedge-}, u_{k-1,L-1} \right) \right) \\ &= K_{k-1,L-1}^x \frac{dG \left(x_{k-1,L-1}^{\wedge-}, \theta_k^{\wedge-}, u_{k-1,L-1} \right)}{d\hat{\theta}_k} + \frac{\partial K_{k-1,L-1}^x}{\partial \hat{\theta}_k} G \left(x_{k-1,L-1}^{\wedge-}, \theta_k^{\wedge-}, u_{k-1,L-1} \right) \end{aligned} \quad (29)$$

状态估计误差协方差更新： $P_{k-1,l}^{x,+} = (I - K_{k-1,l}^x C_{k-1,l}^x) P_{k-1,l}^{x,-}$ (30)

其中，

$C_{k-1,l}^x$ 为状态估计过程中电动车辆的动力系统的观测函数在 $t_{k,l}$ 时刻的雅可比矩阵，且

$$C_{k-1,l}^x = \left. \frac{\partial G(x, \theta_k^{\wedge-}, u_{k-1,l})}{\partial x} \right|_{x=x_{k-1,l}^{\wedge-}} \quad (31)$$

基于宏观时间尺度的参数观测器 $AEKF_{\theta}$ 进行测量更新，并得到参数 θ 在 $t_{k,0:L}$ 时刻的后验估计值 $\hat{\theta}_k^+$ ，此时，

参数估计新息矩阵更新为： $\langle = \langle_{\circ} - \langle_{x_{k,0}^{\wedge+}, \theta_k^{\wedge-}, u_{k,0}}$ (32)

卡尔曼增益矩阵为： $K_k^{\theta} = P_k^{\theta,-} (C_k^{\theta})^T (C_k^{\theta} P_k^{\theta,-} (C_k^{\theta})^T + R_{k-1})^{-1}$ (33)

自适应协方差匹配： $H_k^{\theta} = \frac{1}{M_{\theta}} \sum_{i=1}^l e_k^{\theta} (e_k^{\theta})^T$ (34)

噪声协方差更新为： $\begin{cases} R_k^{\theta} = H_k^{\theta} - C_k^{\theta} P_k^{\theta,-} (C_k^{\theta})^T \\ Q_k^{\theta} = K_k^{\theta} H_k^{\theta} (K_k^{\theta})^T \end{cases}$ (35)

状态估计修正为： $\theta_k^{\wedge+} = \theta_k^{\wedge-} + K_k^{\theta} e_k^{\theta}$ (36)

状态估计误差协方差更新为： $P_k^{\theta,+} = (I - K_k^{\theta} C_k^{\theta}) P_k^{\theta,-}$ (37)

其中，

C_k^{θ} 为状态估计过程中电动车辆的动力系统的观测函数在 $t_{k,0:L}$ 时间段内的雅可比矩阵，且

$$C_k^\theta = \left. \frac{\partial G(\hat{x}_{k,0}, \theta, u_{k,0})}{\partial \theta} \right|_{\theta = \hat{x}_k^-} \quad (38)$$

循环上述估计操作，直至估计完成。

在推算过程中，在完成 k 时刻的参数和状态的估计流程后，将状态估计滤波器从时间 $(k)^+$ 推算到 $(k+1)^-$ ，并准备进行 $(k+1)$ 时刻的状态估计，且令 $\hat{x}_k^+ = \hat{x}_k^-$ ， $\hat{\theta}_k = \hat{\theta}_k^+$ 。

在使用上述估计方法对电动车辆的动力系统的参数和状态进行估计时，电动车辆的动力系统的循环工况数据实时输入到状态估计滤波器中，以便于状态估计滤波器根据最贴近电动车辆的动力系统实际状态的工况数据对其参数和状态进行估计，提高估计精度。可见，动力电池的参数的实时性对于保证动力电池状态估计值的可靠性和精确性意义明显。

另外，在估计过程中，在同一时刻，宏观时间尺度和微观时间尺度下的新息均来源于电动车辆的动力系统的同一电压观测误差，这样，有利于提高参数估计值和状态估计值的收敛，进而提高估计精度。

实施例 1

下面，以使用本发明对电动车辆的动力电池的参数和状态进行估计为例，说明使用本发明对电动车辆的动力系统的参数和状态进行估计的优势。

将电动车辆的动力电池等效为具有一阶 RC 网络的等效电路模型，其等效电路如图 2 所示，并建立该动力电池等效电路的状态函数和观测函数如式 (39) 所示，

$$\begin{cases} x_{k,l+1} = F(\Lambda_l, \theta_k, u_k l) + \omega_k l \\ Y_{k,l} = G(x_{k,l}, \theta_k, u_k l) + v_{k,l} \end{cases} \quad (39)$$

$$\text{故} \begin{cases} x_{k,l+1} = \begin{bmatrix} \exp\left(-\frac{T_l}{R_D C_D}\right) & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} x_{k,l} + \begin{bmatrix} \left(1 - \exp\left(-\frac{1}{R_D C_D}\right)\right) R_D \\ -\frac{T_l}{C_a} \end{bmatrix} u_{k,l+1} + \omega_{k,l+1} \\ Y_{k,l} = g(x(2), C_a) - x(1) - R_l u_{k,l} + v_{k,l} \end{cases} \quad (40)$$

其中，

T_l 为采样时间，

R_D 为动力电池的极化内阻，

C_D 为动力电池的极化电容，

R_l 为动力电池的欧姆内阻，

C_a 为动力电池的可用容量，

$g(x(2), C_a)$ 为动力电池的开路电压模型，

动力电池待估计的参数 $\theta = [R_D \quad C_D \quad R_l \quad C_a]$ ，

x 为动力电池待估计的状态，且该状态 x 包括 $x(1)$ - I 和 $x(2)$ -SoC， U 为动力电池的极化电压。

设定采样时间乃为 1s (秒)，对上述动力电池进行测试，得到其循环工况的电流数据如图 3 (a) 所示，可见，动力电池在循环工况下电流波动剧烈，且最大值可达到 70A (安培)；得到该动力电池单体循环时的荷电状态 SoC 变化曲线如图 3 (b) 所示，可见，动力电池的荷电状态 SoC 在循环工况下持续下降，且在下降过程中存在小幅波动；得到该动力电池的开路电压曲线如图 4 所示，可见，该动力电池的荷电状态 SoC 随其开路电压的下降而下降，且其可用容量为 31.8Ah (安培小时)。

采用本发明对上述动力电池的参数和状态进行联合估计，并将时间尺度 L 设置为 60s，采样点为 21000 个，估计结果如图 5 所示。可见：

第一、在电动车辆的动力电池的可用容量和荷电状态 SoC 的初值都不精确

的条件下，收敛后的动力电池电压估计误差被有效限制在 25 mV 以内、动力电池的荷电状态 SoC 的估计误差被限制在 0.5% 以内、动力电池可用容量的估计误差被限制在 0.5 Ah 以内。由此可见，在同一时刻采用同一新息来源对动力电池基于宏观时间尺度变换的参数和基于微观时间尺度变化的状态进行估计时，可用容量估计值逐渐趋于稳定，充分收敛后的可用容量的估计误差在 0.5Ah 以内，估计精度远高于现有的主流电动车辆的动力电池管理系统的设计要求，故本发明估计电动车辆的动力系统的参数和状态的方法可应用到电动车辆的动力电池的管理系统中以对动力电池的参数和状态进行估计。

第二、动力电池的可用容量的估计结果变化平稳，并不因为不确定性的电流或者功率激励而发生估计抖动，且能够很快的收敛于测试得到的参考值。

第三、所消耗的估计计算时间为 2.512s。

综上所述，采用本发明估计方法对动力电池的参数和状态进行估计时，对不精确的动力电池可用容量和荷电状态 SoC 的初值具有较好的校正能力，且估计计算时间为 2.512s，计算速度快。

对比例

采用本发明估计方法对上述电动车辆的动力电池的参数和状态进行联合估计，并将时间尺度 L 设置为 1s，采样点为 21000 个。在进行估计时，由于时间尺度 L 被设置为 1s，故所采用的估计方法由采用多时间尺度对动力电池的参数和状态进行联合估计的方法退化为采用单一时间尺度对动力电池的参数和状态进行联合估计的方法，且估计结果如图 6 所示。可见：

第一、动力电池的电压估计误差小于 40mV（毫伏），荷电状态 SoC 的估计误差小于 1%，可用容量误差小于 1Ah，即可用容量的估计误差小于 $1\text{Ah}/31.8\text{Ah}\approx 3.1\%$ 。由此可见，在同一时刻采用同一新息来源对动力电池基于宏观时间尺度变换的参数和基于微观时间尺度变化的状态进行估计时，可用容量估计值逐渐趋于稳定，充分收敛后的可用容量的估计误差在 1Ah 以内，估计精

度高于现有的主流电动车辆的动力电池管理系统的设计要求。

第二、收敛后的动力电池最大电压估计误差小于 35 mV、SoC 最大估计误差小于 1%、可用容量最大误差小于 1 Ah。由此可见，采用本发明对动力电池的荷电状态 SoC 和可用容量的估计精度高，且即使是在初始误差较大的 SoC 和可用容量下，也仍然能够保证动力电池的参数和状态的估计精度。

第三、当动力电池的工作电流较大时，其电压和可用容量估计值的波动较大，由图 6(a) 和图 6(c) 中均出现明显的尖峰可知，此时动力电池由大电流激励转为静置状态。由于动力电池在进行参数估计和状态估计时使用同一来源的新息，可用容量估计值逐渐趋于稳定，充分收敛后的可用容量误差在 1 Ah 以内。

第四、所消耗的估计计算时间为 4.709s。

综上所述，采用本发明对动力电池的参数和状态进行估计时，对不精确的动力电池可用容量和荷电状态 SoC 的初值具有较好的校正能力，且估计计算时间为 4.709s，计算速度快。

比较图 5 和图 6 可知，相对于采用单一时间尺度对动力电池的参数和状态进行估计，采用多时间尺度对动力电池的参数和状态进行联合估计，对动力电池的可用容量和荷电状态 SoC 的估计具有更高的估计精度，进而可使动力电池的管理系统能够安全、可靠、高效的工作；对于可用容量和荷电状态 SoC 的初值均不精确的动力电池，能够使其可用容量和荷电状态 SoC 的估计值更加迅速、平稳地收敛于测试得到的参考值，故能够有效解决估计参数不收敛的问题；动力电池收敛后的电压、荷电状态 SOC 和可用容量的估计误差均在 1% 以内，比目前主流的动力电池管理系统对动力电池的荷电状态 SOC 和可用容量的估计精度的要精确很多；估计计算时间由 4.709s 缩短至 2.512s，即节省了 47% 的计算时间，降低了动力电池的管理系统的计算成本。

实施例 2

将电动车辆的动力电池等效为具有二阶 RC 网络的等效电路模型，其等效电

路如图 7 所示，并建立该动力电池等效电路的状态函数和观测函数如式 (41) 所示，

$$\begin{cases} x_{k,l+1} = \begin{bmatrix} \exp\left(-\frac{T_l}{R_{D1}C_{D1}}\right) & 0 & 0 \\ 0 & \exp\left(-\frac{T_l}{R_{D2}C_{D2}}\right) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} x_{k,l} + \begin{bmatrix} \left(1 - \exp\left(-\frac{1}{R_{D1}C_{D1}}\right)\right) R_{D1} \\ \left(1 - \exp\left(-\frac{T_l}{R_{D2}C_{D2}}\right)\right) R_{D2} \\ -\frac{T_l}{C_a} \end{bmatrix} u_{k,l} + v_{k,l} \\ y_{k,l} = g(x(3), C_a) - x(1) - x(2) - R_i u_{k,l} + v_{k,l} \end{cases} \quad (41)$$

其中，

R_{D1} 和 R_{D2} 为极化内阻，

C_{D1} 和 C_{D2} 为极化电容，

R_i 为动力电池的欧姆内阻，

C_a 为动力电池的可用容量，

$g(x(3), C_a)$ 为动力电池的开路电压模型；

动力电池的待估计参数 $\theta = [R_{D1} \ C_{D1} \ R_{D2} \ C_{D2}]$ ，

x 为动力电池待估计的状态，且该状态 x 包括 $x(1) - iV_{D1}$ 、 $x(2) - iV_{D2}$ 和 $x(3) - SoC$ ，

u_{D1} 和 u_{D2} 动力电池的极化电压。

采用本发明对上述动力电池的参数和状态进行联合估计，并将时间尺度 L 设置为 60s，采样点为 21000 个，估计结果如图 8 所示。可见：

第一、在电动车辆的动力电池的可用容量和荷电状态 SoC 的初值都不精确的条件下，收敛后的动力电池电压估计误差被有效限制在 30 mV 以内、动力电池的荷电状态 SoC 的估计误差被限制在 1% 以内、动力电池可用容量的估计误差被限制在 0.5 Ah 以内。由此可见，在同一时刻采用同一新息来源对动力电池基于宏观时间尺度变换的参数和基于微观时间尺度变化的状态进行估计时，可用

容量估计值逐渐趋于稳定，充分收敛后的可用容量的估计误差在 0.5Ah 以内，估计精度远高于现有的主流电动车辆的动力电池管理系统的设计要求，故本发明估计电动车辆的动力系统的参数和状态的方法可应用到电动车辆的动力电池的管理系统中以对动力电池的参数和状态进行估计。

第二、动力电池的可用容量的估计结果变化平稳，并不因为不确定性的电流或者功率激励而发生估计抖动，且能够很快的收敛于测试得到的参考值。

第三、所消耗的估计计算时间为 4.084s。

对实施例 1 和实施例 2 的估计结果进行比较可知，二者的估计精度相近，但随着所建立的等效电路模型中的 RC 网络的阶次的增加，计算时间也增加，进而导致计算成本增加。

权利要求书

1、一种估计电动车辆的动力系统的参数和状态的方法，其特征在于，该方法包括如下步骤：

步骤一，建立所述动力系统的多时间尺度模型，

$$\begin{cases} x_{k,l+1} = F(x_{k,l}, \theta_k, u_{k,l}) + \omega_{k,l}, \theta_{k+1} = \theta_k + \rho_k \\ Y_{k,l} = G(x_{k,l}, \theta_k, u_{k,l}) + v_{k,l} \end{cases}$$

其中，

θ 表示所述动力系统的参数，

x 表示所述动力系统中隐含的状态，

$F(x_{k,l}, \theta_k, u_{k,l})$ 表示所述多时间尺度模型的状态函数，

$G(x_{k,l}, \theta_k, u_{k,l})$ 表示所述多时间尺度模型的观测函数，

$x_{k,l}$ 为所述动力系统在 $t_{k,l} = t_k + l \chi \Delta t (1 \leq l \leq L)$ 时刻的状态，且 k 为宏观时间尺度， l 为微观时间尺度， L 为微观时间尺度与宏观时间尺度进行转换的尺度转换限值，

$u_{k,l}$ 为 $t_{k,l}$ 时刻所述动力系统的输入信息，

$Y_{k,l}$ 为 $t_{k,l}$ 时刻所述动力系统的测量矩阵，

$\omega_{k,l}$ 为所述动力系统的状态的白噪声，其均值为零，协方差为 $Q_{k,l}$ ，

$\rho_{k,l}$ 为所述动力系统的参数的白噪声，其均值为零，协方差为 $\langle \rangle$ ，

$v_{k,l}$ 为所述动力系统的测量白噪声，其均值为零，协方差为 $R_{k,l}$ ，

且 $\theta_k = \theta_{k,0:L-1}$ ，

步骤二，对基于宏观时间尺度的参数观测器 AEK 巧中的 θ_0 、 P_0 、 Q_0 和 R_0 进行

初始化设置，

其中，

θ_0 为所述参数观测器 $AEKF_\theta$ 中的参数初始值，

P_0^θ 为所述参数观测器 $AEKF_\theta$ 中的参数估计误差协方差矩阵的初始值，

Q_0^θ 为所述参数观测器 $AEKF_\theta$ 中所述动力系统噪声协方差矩阵的初始值，

$\langle \cdot \rangle$ 为所述参数观测器 $AEKF_\theta$ 的观测噪声；

对基于微观时间尺度状态观测器 $AEKF_x$ 中的 $x_{0,0}$ 、 $P_{0,0}^x$ 、 $Q_{0,0}^x$ 和 $\langle \cdot \rangle$ 进行初始化设置，

其中，

$x_{0,0}$ 为所述状态观测器 $AEKF_x$ 中所述动力系统的状态初始值，

$P_{0,0}^x$ 为所述状态观测器 $AEKF_x$ 中的状态估计误差协方差矩阵的初始值，

$\langle \cdot \rangle$ 为所述状态观测器 $AEKF_x$ 中的系统噪声协方差矩阵的初始值，

$R_{0,0}$ 为所述状态观测器 $AEKF_x$ 的观测噪声协方差矩阵的初始值；

且 $R_{k+1} = \langle \cdot \rangle$ ；

步骤三，所述参数观测器 $AEKF_\theta$ 进行时间更新，且更新的时间长度为一个宏观

时间尺度，得到所述参数 θ 在 t_1 时刻的先验估计值 $\hat{\theta}_1^-$ ，且
$$\begin{cases} \hat{\theta}_1^- = \hat{\theta}_0 \\ P_1^{\theta,-} = P_0^\theta + Q_0^\theta \end{cases} ;$$

步骤四，所述状态观测器 $AEKF_x$ 进行时间更新和测量更新：

所述状态观测器 $AEKF_x$ 进行时间更新，且更新的时间长度为一个微观时间尺度，

得到状态 x 在 t_1 时刻的先验估计值 $\hat{x}_{0,1}^-$ ，且
$$\begin{cases} \hat{x}_{0,1}^- = F(\hat{x}_{0,0}^-, \hat{\theta}_0^-, u_{0,1}^-) \\ P_{0,1}^{x,-} = A_{0,1} P_{0,1}^x A_{0,1}^T + Q_{0,1}^x \end{cases} ,$$

其中，

A_{Q1} 为所述电动车辆的动力系统的状态函数在 $t_{0,1}$ 时刻的雅可比矩阵，且

$$A_{0,1} = \left. \frac{\partial F(x, \hat{\theta}_0^-, u_{0,1})}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{0,1}}$$

T 表示矩阵转置；

所述状态观测器 $AEKF_x$ 进行测量更新，得到状态 x 的后验估计值 $\hat{x}_{0,1}^+$ ，

状态估计新息矩阵更新为： $e_{0,1} = Y_{0,1} - G(\hat{x}_{0,1}^-, \hat{\theta}_1^-, u_{0,1})$ ，

卡尔曼增益矩阵为： $K_{0,1}^x = P_{0,1}^{x,-} (C_{0,1}^x)^T (C_{0,1}^x P_{0,1}^{x,-} (C_{0,1}^x)^T + R_{0,0})^{-1}$ ，

电压估计误差窗口函数为： $H_{0,1}^x = \frac{1}{M_x} \sum_{i=1-M_x+1}^i e_{0,1} e_{0,1}^T$ ，

噪声协方差更新：
$$\begin{cases} R_{0,1} = H_{0,1}^x - C_{0,1}^x P_{0,1}^{x,-} (C_{0,1}^x)^T \\ Q_{0,1}^x = K_{0,1}^x H_{0,1}^x (K_{0,1}^x)^T \end{cases}$$

状态估计值修正： $\hat{x}_{0,1}^+ = \hat{x}_{0,1}^- + K_{0,1}^x [Y_{0,1} - G(\hat{x}_{0,1}^-, \hat{\theta}_1^-, u_{0,1})]$

状态估计误差协方差更新： $P_{0,1}^{x,+} = (I - K_{0,1}^x C_{0,1}^x) P_{0,1}^{x,-}$

其中，

$C_{0,1}^x$ 为在状态估计过程中电动车辆的动力系统的观测函数在 $t_{0,1}$ 时刻的雅可比矩

阵，且
$$C_{0,1}^x = \left. \frac{\partial G(x, \hat{\theta}_1^-, u_{0,1})}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{0,1}}$$
；

循环上述操作 L 次，使所述状态观测器 $AEKF_x$ 的时间更新到 $t_{0,L}$ 时刻，并转入下

一步骤，

步骤五，所述参数观测器 $AEKF_\theta$ 进行测量更新，得到参数 θ 在 $t_{1,0}$ 时刻的后验估

计值 $\hat{\theta}_1^+$ ，

参数估计新息矩阵更新为： $e_1^\theta = Y_{1,0} - G(\hat{x}_{1,0}^+, \hat{\theta}_1^-, u_{1,0})$

卡尔曼增益矩阵为： $K_1^\theta = P_1^{\theta,-} (C_1^\theta)^T (C_1^\theta P_1^{\theta,-} (C_1^\theta)^T + \langle \rangle)^{-1}$

电压估计误差窗口函数： $H_1^\theta = \frac{1}{M_\theta} \sum_{i=1-M_\theta+1}^L e_1^\theta (e_1^\theta)^T$

噪声协方差更新为：
$$\begin{cases} R_1 = H_1^\theta - C_1^\theta P_1^{\theta,-} (C_1^\theta)^T \\ Q_1 = K_1^\theta H_1^\theta (K_1^\theta)^T \end{cases}$$

状态估计修正为： $\hat{x}_1 = \hat{x}_1^+ + K_1^\theta e_1^\theta$

状态估计误差协方差更新为： $\langle \rangle^+ = (I - K_1^\theta C_1^\theta) P_1^{\theta,-}$

其中，

C_1^θ 为在状态估计过程中所述动力系统的观测函数在 $t_{1,0}$ 时刻的雅可比矩阵，且

$$C_1^\theta = \left. \frac{\partial G(\hat{x}_{1,0}, \theta, u_{1,0})}{\partial \theta} \right|_{\theta = \hat{x}_1^+}$$

循环操作步骤三和四到 $t_{k,l}$ 时刻，

所述参数观测器 AEKF_θ 在进行时间更新，并得到参数 θ 在 $t_{k,l}$ 时刻的先验估计值

$$\hat{Q}_k^-, \text{ 且 } \begin{cases} \hat{\theta}_k^- = \hat{\theta}_{k-1}^- \\ P_k^{\theta,-} = P_{k-1}^\theta + Q_{k-1}^\theta \end{cases};$$

所述状态观测器 AEKF_x 在进行时间更新，并得到状态 x 在 $t_{k,l}$ 时刻的先验估计值

$$\hat{x}_{k,l}^-, \text{ 且 } \begin{cases} \hat{x}_{k-1,l}^- = F(\hat{x}_{k-1,l-1}^-, \hat{\theta}_k^-, u_{k-1,l-1}) \\ P_{k-1,l}^{x,-} = A_{k-1,l-1} P_{k-1,l-1}^x A_{k-1,l-1}^T + Q_{k-1,l-1}^x \end{cases},$$

其中，

$A_{k-1,l-1}$ 为在状态估计中所述动力系统的状态函数在 $t_{k,l}$ 时刻的雅可比矩阵，且

$$A_{k-1,l-1} = \left. \frac{\partial F(x, \hat{\theta}_k^-, u_{k-1,l-1})}{\partial x} \right|_{x = \hat{x}_{k-1,l-1}^-};$$

所述状态观测器 AEK 进行测量更新，并得到状态 x 在 $t_{k,l}$ 时刻的后验估计值

$\hat{x}_{k-1,l}^+$ ，且

状态估计新息矩阵更新为： $e_{k-1,l}^- = Y_{k-1,l} - G(x_{k-1,l}^-, \hat{\theta}_k^-, u_{k-1,l})$ ，

卡尔曼增益矩阵为： $K_{k-1,l}^x = P_{k-1,l}^{x,-} (C_{k-1,l}^x)^T (C_{k-1,l}^x P_{k-1,l}^{x,-} (C_{k-1,l}^x)^T + R_{k-1,l})^{-1}$ ，

自适应协方差匹配： $H_{k-1,l}^x = \frac{1}{M_x} \sum_{i=l-M_x+1}^l e_{k-1,i}^- e_{k-1,i}^{T}$ ，

噪声协方差更新为：
$$\begin{cases} R_{k-1,l} = H_{k-1,l}^x - C_{k-1,l}^x P_{k-1,l}^{x,-} (C_{k-1,l}^x)^T \\ Q_{k-1,l}^x = K_{k-1,l}^x H_{k-1,l}^x (K_{k-1,l}^x)^T \end{cases}$$

状态估计值修正： $\hat{x}_{k-1,l}^+ = \hat{x}_{k-1,l}^- + K_{k-1,l}^x [Y_{k-1,l} - G(x_{k-1,l}^-, \hat{\theta}_k^-, u_{k-1,l})]$

状态估计误差协方差更新： $P_{k-1,l}^{x,+} = (I - K_{k-1,l}^x C_{k-1,l}^x) P_{k-1,l}^{x,-}$ ，

其中，

$C_{k-1,l}^x$ 为在状态估计过程中所述动力系统的观测函数在 $t_{k,l}$ 时刻的雅可比矩阵，且

$$C_{k-1,l}^x = \left. \frac{\partial G(x, \hat{\theta}_k^-, u_{k-1,l})}{\partial x} \right|_{x=\hat{x}_{k-1,l}^-} ;$$

所述参数观测器 AEK 进行测量更新，并得到参数 θ 在 $t_{k,0}$ 时刻的后验估计值

$\hat{\theta}_k^+$ ：

参数估计新息矩阵更新为： $e_k^\theta = Y_{k,0} - G(x_{k,0}, \hat{\theta}_k^-, u_{k,0})$

卡尔曼增益矩阵为： $K_k^\theta = P_k^{\theta,-} (C_k^\theta)^T (C_k^\theta P_k^{\theta,-} (C_k^\theta)^T + R_{k-1})^{-1}$

自适应协方差匹配： $H_k^\theta = \frac{1}{M_\theta} \sum_{i=1-M_\theta+1}^l e_k^\theta (e_k^\theta)^T$

噪声协方差更新为：
$$\begin{cases} R_k^\theta = H_k^\theta - C_k^\theta P_k^{\theta,-} (C_k^\theta)^T \\ Q_k^\theta = K_k^\theta H_k^\theta (K_k^\theta)^T \end{cases}$$

状态估计修正为： $\hat{\theta}_k^+ = \hat{\theta}_k^- + K_k^\theta e_k^\theta$

状态估计误差协方差更新为： $P_k^{\theta,+} = (I - K_k^{\theta} C_k^{\theta}) P_k^{\theta,-}$

其中，

C_k^{θ} 为在状态估计过程中所述动力系统的观测函数在 $t_{k,0} \sim L$ 时间段内的雅可比矩阵，

$$\text{且 } C_k^{\theta} = \left. \frac{\partial G(\hat{x}_{k,0}, \theta, u_{k,0})}{\partial \theta} \right|_{\theta = \hat{\theta}_k} ;$$

循环上述估计操作，直至估计完成。

2、根据权利要求 1 所述的估计电动车辆的动力系统的参数和状态的方法，其特征在于，所述状态观测器 $AEKF_x$ 进行时间更新时，所述微观时间尺度的循环周期为 $l=1 \sim L$ ，当 $l=L$ 时，所述宏观时间尺度由 $k-1$ 变换为 k ，所述微观时间尺度由 L 变换为 0 。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的估计电动车辆的动力系统的参数和状态的方法，其特征在于，所述电动车辆的动力系统的循环工况数据实时输入到状态估计滤波器中。

4、一种应用权利要求 1-3 中任意一项所述的方法对电动车辆的动力电池的参数和状态进行估计的动力电池管理系统。

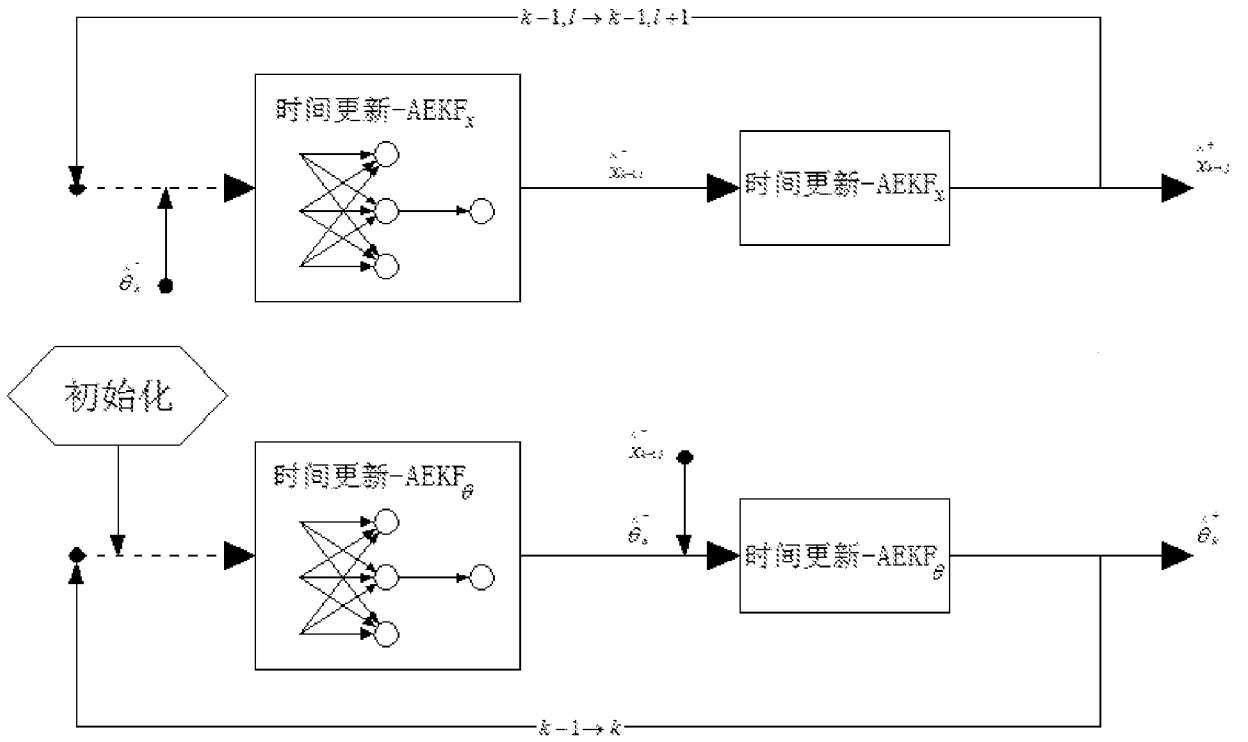


图 1

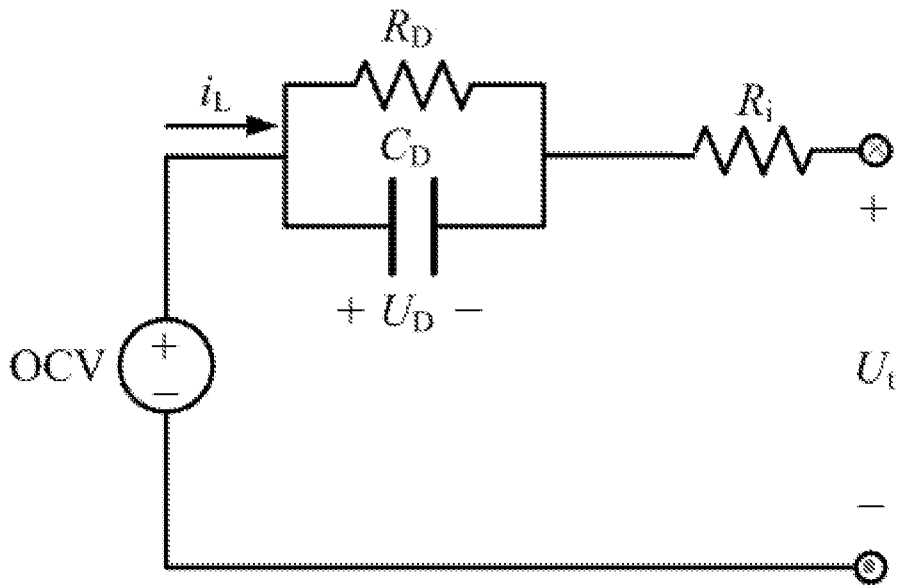


图 2

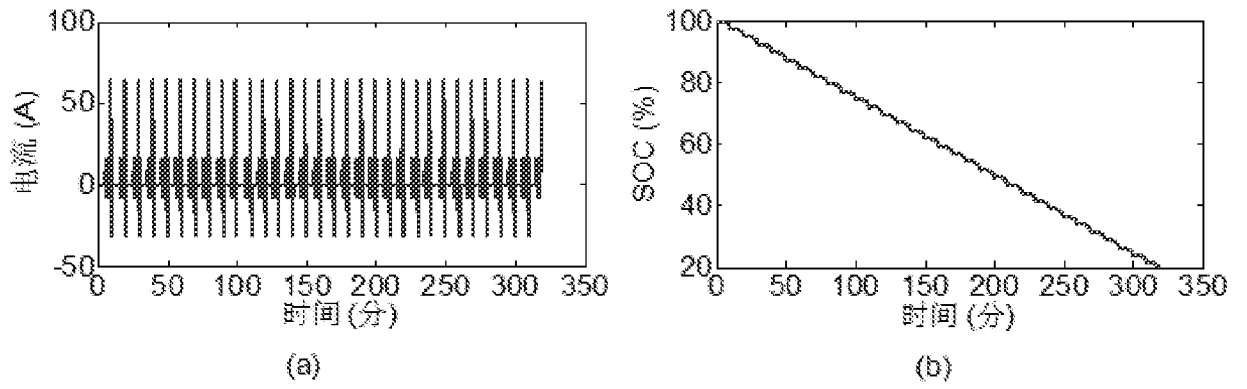


图 3

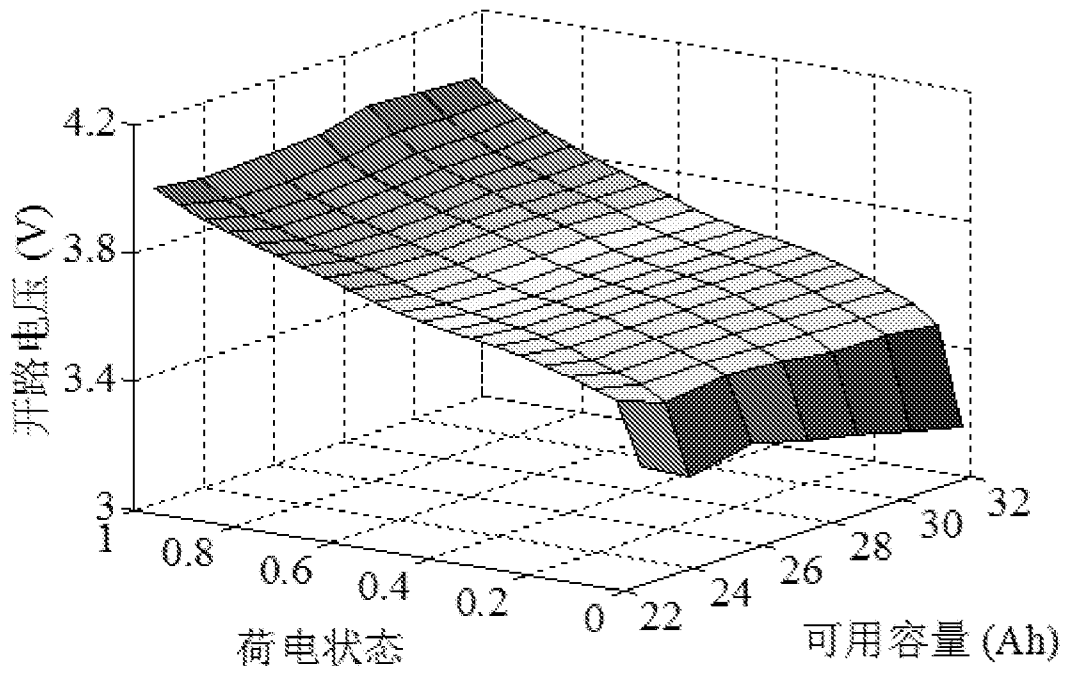


图 4

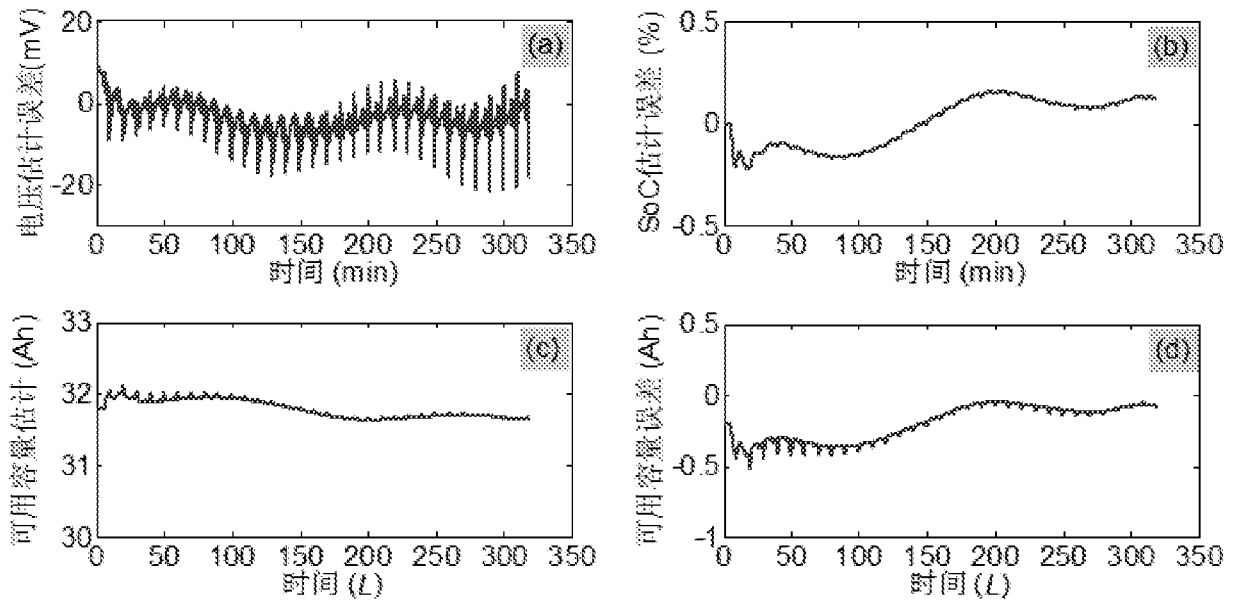


图 5

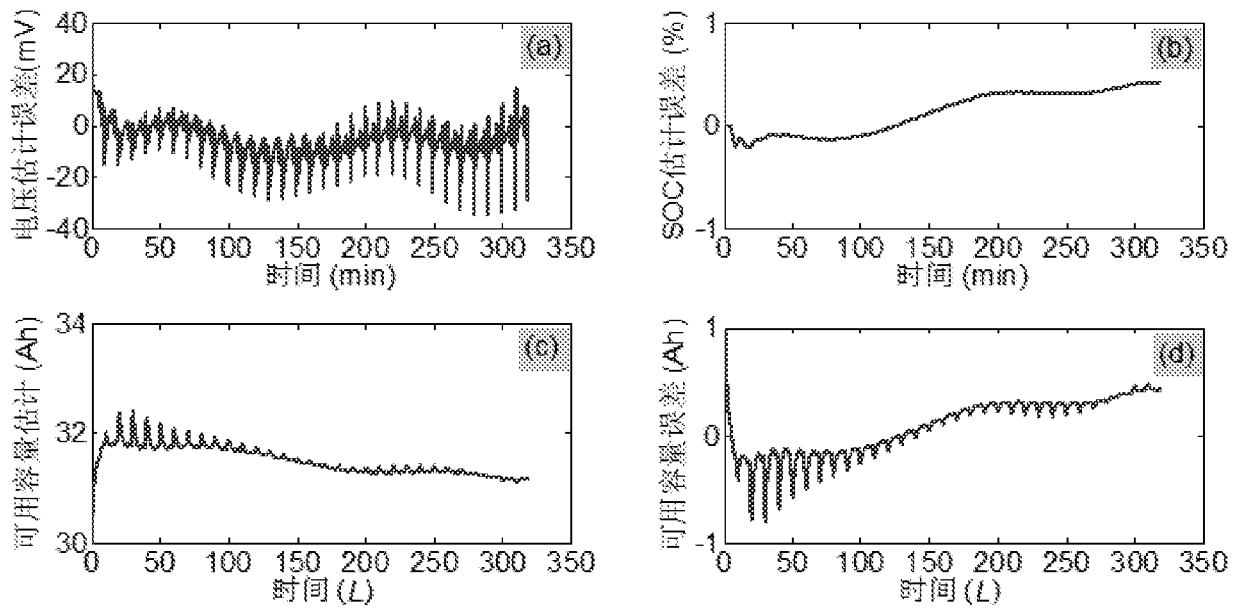


图 6

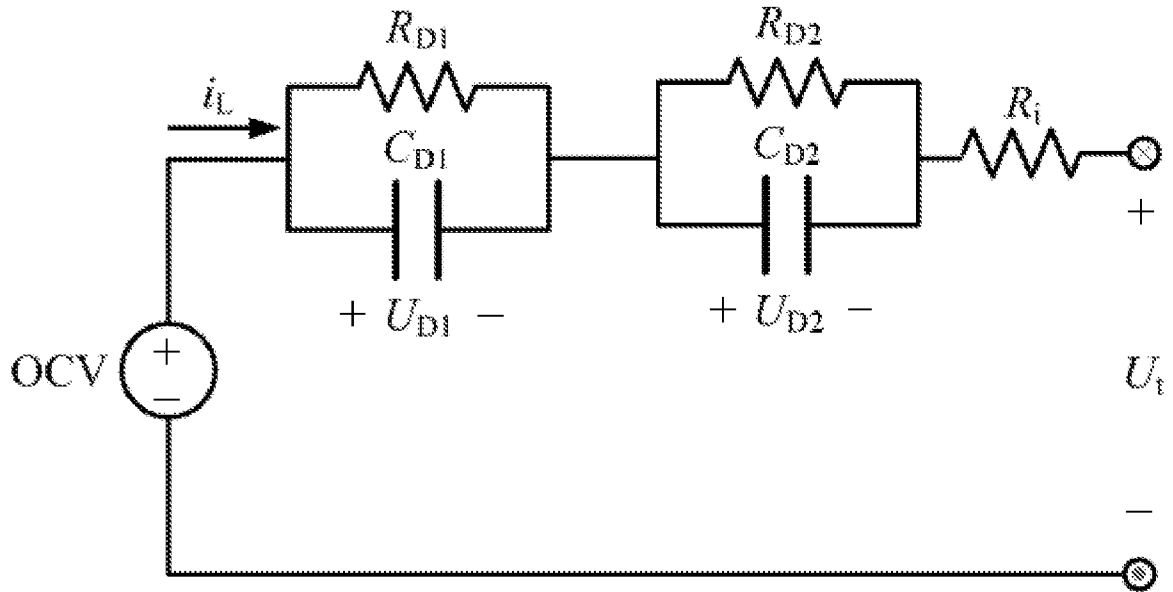


图 7

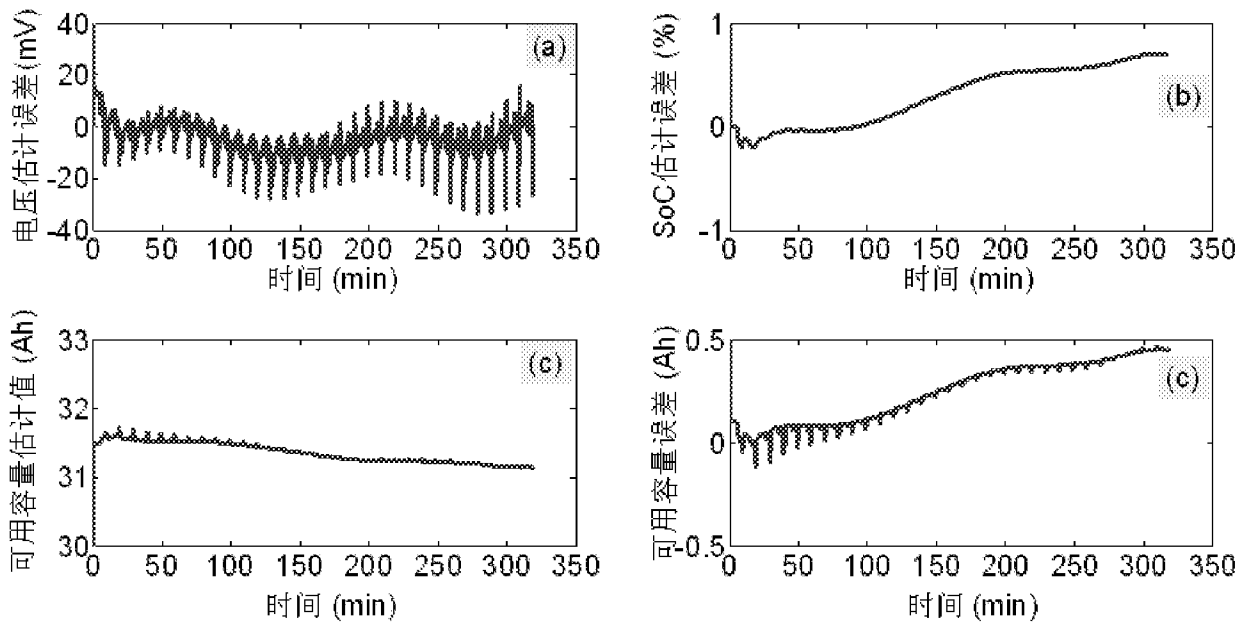


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2014/078608

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05B 13/02 (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)

G05B; G06F; G01R; B60W

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)

EPODOC, WPI, CNPAT, CNKI: multiple time scale, model, macroscopic, microscopic, function, dynamic, BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY, multi+, time, scale, electric, vehicle, car, automobile, battery, cell, estate, state, parameter, estimat+, predict+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103592604 A (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS LLC), 19 February 2014 (19.02.2014), description, paragraphs 35-71, and figures 1-4B	1-4
A	CN 102289557 A (HANGZHOU DIANZI UNIVERSITY), 21 December 2011 (21.12.2011), the whole document	1-4
A	US 2013006454 A I (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES L.L.C.), 03 January 2013 (03.01.2013), the whole document	1-4
A	CN 101359036 A (BYD COMPANY LIMITED), 04 February 2009 (04.02.2009), the whole document	1-4
A	CN 101256218 A (JILIN UNIVERSITY), 03 September 2008 (03.09.2008), the whole document	1-4

II Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 24 November 2014 (24.11.2014)	Date of mailing of the international search report 31 December 2014 (31.12.2014)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer W U Yuting Telephone No.: (86-10) 62414152

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
 Information on patent family members

International application No.
 PCT/CN2014/078608

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103592604 A	19 February 2014	US 2014049226 A I DE 102013215894 A I	20 February 2014 20 February 2014
CN 102289557 A	21 December 2011	None	
US 2013006454 A I	03 January 2013	CN 102849063 A DE 102012210883 A I	02 January 2013 03 January 2013
CN 101359036 A	04 February 2009	None	
CN 101256218 A	03 September 2008	None	

A. 主题的分类 G05B 13/02 (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) G05B ; G06F ; G01R ; B60W 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)) EPODOC, WPI, CNPAT, CNKI : 电动, 车, 多时间尺度, 模型, 电池, 状态, 参数, 估计, 预测, 宏观, 微观, 函数, 动力, 北京理工大学, multi 十, time, scale, electric, vehicle, car, automobile, battery, cell, estate, state, parameter, estimat+, predict+	
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	CN 103592604 A (通用汽车环球科技运作有限责任公司) 2014 年 2 月 19 日 (2014 - 02 - 19) 说明书第 35-71 段, 附图 1-4B 1-4
A	CN 102289557 A (杭州电子科技大学) 2011 年 12 月 21 日 (2011 - 12 - 21) 全文 1-4
A	US 2013006454 AI (FORD GLOBAL TECHNOLOGIES L.L.C.) 2013 年 1 月 03 日 (2013 - 01 - 03) 全文 1-4
A	CN 101359036 A (比亚迪股份有限公司) 2009 年 2 月 04 日 (2009 - 02 - 04) 全文 1-4
A	CN 101256218 A (吉林大学) 2008 年 9 月 03 日 (2008 - 09 - 03) 全文 1-4
□ 其余文件在 c 栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 2014 年 11 月 24 日	国际检索报告邮寄日期 2014 年 12 月 31 日
ISA/CN 的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088 中国 传真号 (86-10) 62019451	授权官员 吴雨亭 电话号码 (86-10) 62414152

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/078608

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	103592604	A	2014年2月19日	US	2014049226	A1	2014年2月20日
				DE	102013215894	A1	2014年2月20日
CN	102289557	A	2011年12月21日	无			
US	2013006454	A1	2013年1月03日	CN	102849063	A	2013年1月02日
				DE	102012210883	A1	2013年1月03日
CN	101359036	A	2009年2月04日	无			
CN	101256218	A	2008年9月03日	无			