



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111261973 A

(43)申请公布日 2020.06.09

(21)申请号 202010062895.7

H01M 10/6554(2014.01)

(22)申请日 2020.01.19

H01M 10/6568(2014.01)

(71)申请人 重庆大学

G06N 3/08(2006.01)

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙坪坝正街  
174号

G06N 3/04(2006.01)

G06F 17/15(2006.01)

B60L 58/24(2019.01)

(72)发明人 谢翌 王晨阳 胡晓松 张扬军  
刘钊铭 唐小林 冯飞

(74)专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有  
限公司 11275

代理人 赵荣之

(51)Int.Cl.

H01M 10/613(2014.01)

H01M 10/625(2014.01)

H01M 10/633(2014.01)

H01M 10/635(2014.01)

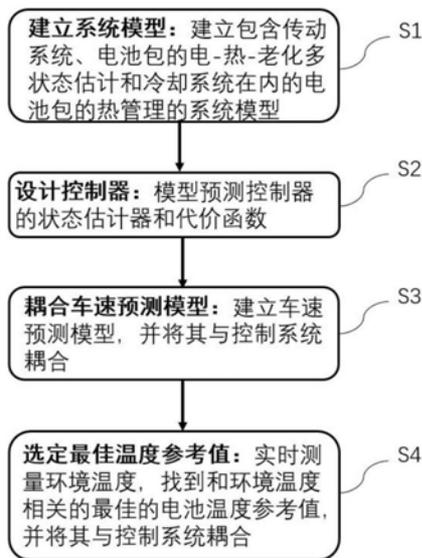
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

基于模型预测控制的电动汽车整车电池热管理方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于模型预测控制的电动汽车整车电池热管理方法,属于新能源汽车领域。该方法包含如下主要步骤:S1:建立包含传动系统、电池包的电-热-老化多状态估计和冷却系统在内的系统模型;S2:设计模型预测控制器的状态估计器和代价函数;S3:将车速预测和控制系统耦合;S4:实时监测环境温度,找到和环境温度相关的最佳电池温度参考值,并与控制器耦合。本发明算法复杂度低,有着很好的可行性;同时在控制系统中考虑到了电池的温度管理、老化管理和冷却系统的能耗管理,为整车电车热管理系统提供了新思路。利用本发明方法可以进一步实现系统且高效的电池热管理策略。



1. 基于模型预测控制的电动汽车整车电池热管理方法, 其特征在于: 该方法包含如下步骤:

S1: 建立包含传动系统、电池包的电-热-老化多状态估计和冷却系统在内的电池包的热管理的系统模型;

S2: 设计模型预测控制器的状态估计器和代价函数;

S3: 建立车速预测模型, 并将其与控制系统耦合;

S4: 在不同的环境温度下, 找到和环境温度相关的最佳电池温度参考值, 并将其与控制系统耦合。

2. 根据权利要求1所述的基于模型预测控制的电动汽车整车电池热管理方法, 其特征在于: 所述步骤S1具体包含如下步骤:

S11: 建立系统模型框架, 确立各个子模型之间的关系;

S12: 建立由电池包驱动, 满足车辆车速动态变化需求的传动系统模型;

S13: 建立随电池包载荷变化的, 电池的电-热-老化模型;

S14: 建立电池包的冷却系统, 该冷却系统是由冷板、水泵和散热器构成的单回路冷却模型。

3. 根据权利要求1所述的基于模型预测控制的电动汽车整车电池热管理方法, 其特征在于: 所述状态估计器和代价函数的控制目标是: 将电池包的温度维持在某一温度参考值, 电池老化程度最小化, 电池模组间的温差最小化, 以及冷却系统水泵耗能最少; 模型预测控制的状态估计器为:

$$Z = \Lambda x(k) + \Phi U + \Psi D$$

其中,

$$\begin{cases} Z = [z(k+1|k), z(k+2|k), \dots, z(k+N_p|k)]^T \\ U = [u(k|k), u(k+1|k), \dots, u(k+N_u-1|k)]^T; 0 \leq u(k) \leq 24L/min \\ D = v(k) \\ z(k+i|k) = [T_{bat}(k+i|k) \ SOH(k+i|k) \ T_{dif}(k+i|k)] \end{cases}$$

代价函数为:

$$J(z_k) = \min \sum_{i=0}^{N_p} \left\{ P_{pump} + \omega_b (T_{bat}(k+i|k) - T_{bat}^{ref})^2 + \omega_{soh} (soh_{bat}(k+i|k) - 1)^2 + \omega_{dif} (T_{dif}(k+i|k))^2 \right\} .$$

4. 根据权利要求3所述的基于模型预测控制的电动汽车整车电池热管理方法, 其特征在于: 所述步骤S3包含如下步骤:

S31: 对车速数据库进行分类, 根据车速的特征值, 即平均车速、怠速时间比例、速度方差、加速度均值和速度乘加速度方差, 建立子数据库; 对各个子数据库进行训练, 建立响应的神经网络模型;

S32: 将相邻的时段的历史车速的车速特征值作为判别依据选择响应的神经网络模型, 将历史车速和特征值作为网络模型的输入, 得到预测车速的初始数据;

S33:对神经网络输出数据中的异常数据进行处理,最终得到该时刻的预测数据段;

S34:将预测到的未来车速信息与控制耦合。

5.根据权利要求4所述的基于模型预测控制的电动汽车整车电池热管理方法,其特征在于:所述步骤S4包含如下步骤:

S41:在某一特定环境温度下,做出SOH和冷却能耗的帕累托边界曲线,找到该环境温度下最佳电池温度参考值;

S42:在不同的环境温度下,做出不同的SOH和冷却能耗的帕累托边界,找到最佳温度参考值与环境温度的关系;

S43:根据实时监测到的环境温度,将合理的温度参考值输入到控制器内。

## 基于模型预测控制的电动汽车整车电池热管理方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于新能源汽车领域,涉及基于模型预测控制的电动汽车整车电池热管理方法。

### 背景技术

[0002] 动力电池作为电动汽车的能源存储装置,它的许多工作特性受温度的影响很大,这就要求设计高效的电池热管理系统使电池的温度维持在合理的范围。对电池热管理技术的需求是推动本发明的一个重要背景。

[0003] 几年来,有许多关于电池热管理系统的控制方法,例如:基于on-off控制的控制策略、基于主动控制的控制策略、基于模型预测控制的控制策略。但是这些模型没有考虑到在春秋两季,乘员舱不需要空调时,电池的冷却用不含有chiller的冷却回路。而且大多是针对冷却系统能耗的探究,没有考虑到电池冷却对老化的影响。

[0004] 本发明以模型预测控制算法作为主要的支撑算法,并将其与车速预测模型耦合,对整车电池热管理系统进行控制管理。同时,本发明不仅考虑到电池冷却情况对能耗的影响,同时找出随天气信息变化的最佳冷却温度参考值,创新性地考虑到它对老化的影响。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种基于模型预测控制的电动汽车整车电池热管理方法。为了减小车速对状态估计器的扰动,将车速预测模型与模型预测控制算法耦合。同时,对冷却系统能耗和电池SOH进行多目标优化。

[0006] 为达到上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0007] 基于模型预测控制的电动汽车整车电池热管理方法,该方法包含如下步骤:

[0008] S1:建立包含传动系统、电池包的电-热-老化多状态估计和冷却系统在内的电池包的热管理的系统模型;

[0009] S2:设计模型预测控制器的状态估计器和代价函数;

[0010] S3:建立车速预测模型,并将其与控制系统耦合;

[0011] S4:在不同的环境温度下,找到和环境温度相关的最佳电池温度参考值,并将其与控制系统耦合。

[0012] 可选的,所述步骤S1具体包含如下步骤:

[0013] S11:建立系统模型框架,确立各个子模型之间的关系;

[0014] S12:建立由电池包驱动,满足车辆车速动态变化需求的传动系统模型;

[0015] S13:建立随电池包载荷变化的,电池的电-热-老化模型;

[0016] S14:建立电池包的冷却系统,该冷却系统是由冷板、水泵和散热器构成的单回路冷却模型。

[0017] 可选的,所述状态估计器和代价函数的控制目标是:将电池包的温度维持在某一温度参考值,电池老化程度最小化,电池模组间的温差最小化,以及冷却系统水泵耗能最

少;模型预测控制的状态估计器为:

$$[0018] \quad Z = \Lambda x(k) + \Phi U + \Psi D$$

[0019] 其中,

$$[0020] \quad \begin{cases} Z = [z(k+1|k), z(k+2|k), \dots, z(k+N_p|k)]^T \\ U = [u(k|k), u(k+1|k), \dots, u(k+N_u-1|k)]^T; 0 \leq u(k) \leq 24L/min \\ D = v(k) \\ z(k+i|k) = [T_{bat}(k+i|k) \ SOH(k+i|k) \ T_{dif}(k+i|k)] \end{cases}$$

[0021] 代价函数为:

$$[0022] \quad J(z_k) = \min \sum_{i=0}^{N_p} \left\{ P_{pump} + \omega_b (T_{bat}(k+i|k) - T_{bat}^{ref})^2 + \omega_{soh} (soh_{bat}(k+i|k) - 1)^2 + \omega_{dif} (T_{dif}(k+i|k))^2 \right\} .$$

[0023] 可选的,所述步骤S3包含如下步骤:

[0024] S31:对车速数据库进行分类,根据车速的特征值,即平均车速、怠速时间比例、速度方差、加速度均值和速度乘加速度方差,建立子数据库;对各个子数据库进行训练,建立响应的神经网络模型;

[0025] S32:将相邻的时段的历史车速的车速特征值作为判别依据选择响应的神经网络模型,将历史车速和特征值作为网络模型的输入,得到预测车速的初始数据;

[0026] S33:对神经网络输出数据中的异常数据进行处理,最终得到该时刻的预测数据段;

[0027] S34:将预测到的未来车速信息与控制耦合。

[0028] 可选的,所述步骤S4包含如下步骤:

[0029] S41:在某一特定环境温度下,做出SOH和冷却能耗的帕累托边界曲线,找到该环境温度下最佳电池温度参考值;

[0030] S42:在不同的环境温度下,做出不同的SOH和冷却能耗的帕累托边界,找到最佳温度参考值与环境温度的关系;

[0031] S43:根据实时监测到的环境温度,将合理的温度参考值输入到控制器内。

[0032] 本发明的有益效果在于:

[0033] 建立包含传动系统、电池包的电-热-老化多状态估计和冷却系统在内的电池包的热管理的系统模型,利用模型预测控制算法对电池温度进行,使其维持在某一温度左右,不超过其最佳工作温度范围。同时,为了减小车速对控制器状态估计模型的扰动,将车速预测模型与控制耦合,提供未来车速信息,增加控制的精确性,提高控制器对参考温度的追踪性,减少冷却系统能耗。同时考虑到电池的SOH程度的最大化与水泵的耗能的最小化在不同电池温度参考值设定不同时呈现帕累托特性,选择使这两个矛盾目标平衡的合理电池参考温度值。做出不同环境温度下的帕累托边界,找出最佳电池温度与天气温度信息的关系,在保证电池SOH相对最大的前提下,减少冷却系统的能量消耗。

[0034] 将作为控制目标,有效延长电池寿命和节约冷却系统能耗。与现有技术相比,本发明所具有的优点:

[0035] 1) 通过模型预测控制算法,提高了计算过程中的实时性(与诸如动态规划算法相比),不需要知道整个过程的工况即可进行优化控制。

[0036] 2) 利用BP神经网络对车速进行预测,将其与控制器耦合,减小车速对控制系统的扰动。

[0037] 3) 在电池热管理中,首次考虑电池的SOH作为代价函数的优化项之一。

[0038] 4) 找到实时环境温度下,最佳的电池温度参考值,增加SOH降低能耗。

[0039] 本发明的其他优点、目标和特征在某种程度上将在随后的说明书中进行阐述,并且在某种程度上,基于对下文的考察研究对本领域技术人员而言将是显而易见的,或者可以从本发明的实践中得到教导。本发明的目标和其他优点可以通过下面的说明书来实现和获得。

## 附图说明

[0040] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明作优选的详细描述,其中:

[0041] 图1为本发明整体的方法流程图;

[0042] 图2为系统模型结构图;

[0043] 图3为冷板结构示意图;

[0044] 图4为车速预测模型示意图;

[0045] 图5为SOH及冷却能耗的帕累托边界曲线;

[0046] 图6为本发明整体控制器的结构框图。

## 具体实施方式

[0047] 以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式,本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用,本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用,在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。需要说明的是,以下实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本发明的基本构想,在不冲突的情况下,以下实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0048] 其中,附图仅用于示例性说明,表示的仅是示意图,而非实物图,不能理解为对本发明的限制;为了更好地说明本发明的实施例,附图某些部件会有省略、放大或缩小,并不代表实际产品的尺寸;对本领域技术人员来说,附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的。

[0049] 本发明实施例的附图中相同或相似的标号对应相同或相似的部件;在本发明的描述中,需要理解的是,若有术语“上”、“下”、“左”、“右”、“前”、“后”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,因此附图中描述位置关系的用语仅用于示例性说明,不能理解为对本发明的限制,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的具体含义。

[0050] 请参阅图1,构建基于模型预测控制的电动车整车电池热管理策略的步骤如下:

[0051] S1:建立包含传动系统、电池包的电-热-老化多状态估计和冷却系统在内的电池包的热管理的系统模型;

[0052] S2:设计模型预测控制器的状态估计器和代价函数;

[0053] S3:建立车速预测模型,并将其与控制系统耦合;

[0054] S4:实时测量环境温度,找到和环境温度相关的最佳的电池温度参考值,并将其与控制器耦合。

[0055] 步骤S1构建如图2所示的系统模型,具体步骤如下:

[0056] S11:建立电动汽车的传动模型,整车的传动系统由电池包提供所需的牵引功率,以满足所需的车辆速度。其数学模型如下:

$$[0057] \quad P_{trac} = -v_{veh} \left( \delta m_{veh} a_{veh} + f m_{veh} g + \frac{1}{2} C_d A \rho_{air} v_{veh}^2 \right) \#(1)$$

$$[0058] \quad P_{pac} = \frac{P_{trac}}{\eta} \#(2)$$

$$[0059] \quad I_{pac} = \frac{P_{pac}}{U_{pac}} \#(3)$$

[0060] 其中, $P_{trac}$ 是车辆的牵引功率、 $P_{pac}$ 是电池包提供的电功率、 $I_{pac}$ 是电池包的电流、 $v_{veh}$ 是行驶速度、 $\delta m_{veh} a_{veh}$ 是车辆所需的加速阻力、 $f m_{veh} g$ 是车辆受到的道路的滚动阻力,以及 $\frac{1}{2} C_d A \rho_{air} v_{veh}^2$ 是车辆受到的空气阻力, $\eta$ 是电池包与传动系统之间的机械效率。

[0061] S12:建立电池包的电-热-老化模型。该电池包由24个模组构成,每个模组由12个单体3并4串构成。忽略电池之间差异,根据安培定律可知:

$$[0062] \quad \begin{cases} I_{mod} = 3 * I_{cell} \\ I_{pac} = I_{mod} \end{cases} \#(4)$$

$$[0063] \quad \begin{cases} U_{mod} = 4 * U_{cell} \\ U_{pac} = 24 * U_{mod} \end{cases} \#(5)$$

[0064] 单体的端电压由一阶R-C模型计算而来,单体的电模型如式-6所示:

$$[0065] \quad U_{cell} = U_{ocv}(SOC, C) + I_{cell} * R_o(SOC, T, C) - U_p \#(6)$$

[0066] 电池模组的热模型忽略了电池单体之间的产热差异,其数学模型如式-7所示:

$$[0067] \quad \begin{cases} m_{mod} c_p \frac{dT}{dt} = \dot{Q}_{genmod} - h A_{mod} (T_p - T) \\ \dot{Q}_{genmod} = 12 * \dot{Q}_{gencell} \\ \dot{Q}_{gen} = I_{cell} (U_{mod} - U_{ocv}) + I_{cell} T \frac{dU_{ocv}}{dT} \end{cases} \#(7)$$

[0068] 其中,电池模组比热容 $c_p$ 是根据电池各层材料的质量比热由集中参数法求得, $\frac{dU_{ocv}}{dT}$ 是电池的温度系数是由实验测得的, $h A_{mod} (T_d - T)$ 代表了电池模组和冷板之间的热交换。

[0069] 电池的健康状态在电池容量损失20%后,SOH为零,其数学模型如式-8所示:

$$[0070] \quad \begin{cases} Q_{loss} = B * e^{\frac{-34700+kC}{R_h * T}} * Ah^z \\ SOH = 1 - \frac{Q_{loss}}{20} \% \end{cases} \quad \#(8)$$

[0071] 其中,B是关于放电倍率的函数,k、Rh及z分别为相关系数。

[0072] S13:建立冷却系统模型。该系统的冷却结构由冷板、水泵和散热器构成的单冷却回路。

[0073] 冷板之间结构如图3所示,该结构由2条并联的主冷却支路,每条支路由三部分串联,第一部分由四块冷板并联,每块冷板上仿放置两个模组;第二部分由三块冷板并联,每块冷板上放一个模组;第三部分有一块冷板,每块冷板上放一个模组。本实施例的控制对象为第三部分上所置模组。假定并联冷板之间没有差异,即出入口温度一致;串联冷板前者出口温度为后者进口温度。冷板的换热过程没有热量损失也没有相变,其换热公式如式-9所示:

$$[0074] \quad \dot{m}_{cool} c_{cool} (T_{coolout} - T_{coolin}) = h_{cool} A_{mod} \left( T - \frac{T_{coolin} + T_{coolout}}{2} \right) \quad \#(9)$$

[0075] 其中,由水作为冷却剂,其流量由水泵控制。

[0076] 水泵的功率由水流流量和流量加速度决定,由实验数据拟合得到的水泵功率的多项式响应面模型如式-10所示:

$$[0077] \quad P_{pump}(dm, d(dm)) = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^3 p_{pumpij} dm^{i-1} d(dm)^{j-1} \quad (10)$$

[0078] 散热器模型采用NTU的方法建立,假定该散热器内没有相变过程和热损失,其数学模型如式-11所示:

$$[0079] \quad \begin{cases} \dot{m}_{cool} c_{cool} (T_{coolout} - T_{coolin}) = \epsilon C_{min} (T_{coolout} - T_{coolin}) \\ C_{min} = \text{MIN}(\dot{m}_{cool} c_{cool}, \dot{m}_{air} c_{air}); C_{max} = \text{MAX}(\dot{m}_{cool} c_{cool}, \dot{m}_{air} c_{air}) \\ \dot{m}_{air} = kv \\ \epsilon = 1 - e^{-\frac{c_r NTU}{c_r}} \\ c_r = \frac{C_{min}}{C_{max}} \end{cases} \quad (11)$$

[0080] S2:电池的热管理系统采用了模型预测控制的控制方法。控制系统的控制目标是使电池温度维持在特定的温度参考值,电池老化的健康状态(SOH)最佳,模组之间的温差最小,最大温差控制在5℃内,以及冷却系统能耗最小。将上述模型线性化后得到的状态空间方程作为控制器的状态估计器,如式-12所示:

$$[0081] \quad Z = \Lambda X(k) + \Phi U + \Psi D \quad \#(12)$$

[0082] 其中

$$[0083] \quad \begin{cases} Z = [z(k+1|k), z(k+2|k), \dots, z(k+N_p|k)]^T \\ U = [u(k|k), u(k+1|k), \dots, u(k+N_u-1|k)]^T; 0 \leq u(k) \leq 24L/min \\ D = v(k) \\ z(k+i|k) = [T_{bat}(k+i|k) \ SOH(k+i|k) \ T_{dif}(k+i|k)] \end{cases}$$

[0084] 代价函数为:

$$\begin{aligned}
 [0085] \quad J(z_k) = \min \sum_{i=0}^{N_p} \left\{ P_{pump} + \omega_b (T_{bat}(k+i|k) - T_{bat}^{ref})^2 + \omega_{soh} (soh_{bat}(k+i|k) - 1)^2 \right. \\
 \left. + \omega_{dif} (T_{dif}(k+i|k))^2 \right\} \quad (13)
 \end{aligned}$$

[0086] 其中,  $N_p$ 是预测时域;  $N_U$ 是控制时域;  $Z(k+i|k)$ 是系统在 $k$ 时刻,  $k+i$ 预测时刻的状态输出量, 包括电池的温度、SOH和模组间的温差;  $u$ 是系统的控制量, 即水泵流量, 控制在24L/min内;  $D$ 是系统模型的扰动量, 即车速;  $\Lambda$ 、 $\Phi$ 、和 $\Psi$ 是系统模型线性化后的状态空间的系数矩阵,  $\omega_b$ 、 $\omega_{soh}$ 和 $\omega_{dif}$ 是不同项的权重  $T_{bat}^{ref}$ 是控制器的电池参考温度值。

[0087] S3: 建立如图4所示的车预测模型并于控制器耦合, 其具体步骤如下:

[0088] S31: 求取历史车速(60s)数据库样本的特征值, 即平均车速、怠速时间比例、速度方差、加速度均值和速度乘加速度方差。并根据平均车速  $v_{ave}$  和怠速时间比例  $I_p$ , 划分出5个子数据库, 划分界限为: 1) :  $v_{ave} < 5\text{m/s}$ ; 2) :  $5\text{m/s} \leq v_{ave} < 15\text{m/s}$ ,  $I_p > 20\%$ ; 3) :  $5\text{m/s} \leq v_{ave} < 15\text{m/s}$ ,  $I_p \leq 20\%$ ; 4) :  $15\text{m/s} \leq v_{ave} < 25\text{m/s}$ ; 5) :  $25\text{m/s} \leq v_{ave}$ 。

[0089] S32: 以子数据库中的历史车速(前20s)及车速特征值为输入层, 未来车速(未来60s)为输出层, 对子神经网络进行训练, 得到5个神经网络模型。

[0090] S33: 根据特征值, 判断选取相应的神经网络模型, 以历史车速及车速特征值作为输入, 依据式-14得到神经网络模型的输出, 并对其及进行处理, 使其加速度在最大加速范围内, 即得到预测的未来车速信息。

$$[0091] \quad [Y]_{30 \times 1} = [W_2]_{30 \times 80} \times ([W_1]_{80 \times 25} \times [X]_{25 \times 1} + [B_1]_{80 \times 1}) + [B_2]_{30 \times 1} \quad (14)$$

[0092] 其中,  $[Y]_{30 \times 1}$ 和 $[X]_{25 \times 1}$ 分别是输出和输入矩阵,  $[W_2]_{30 \times 80}$ 和 $[W_1]_{80 \times 25}$ 分别是输出层和隐藏层的权重,  $[B_2]_{30 \times 1}$ 和 $[B_1]_{80 \times 1}$ 分别是输出层和隐藏层的偏值。

[0093] S34: 将未来车速信息与控制器耦合。将状态估计器的扰动输入换为未来车速序列, 而非当前车速常量, 即将式-12中扰动改下如下序列:

$$[0094] \quad D = [v(k+1|k), v(k+2|k), \dots, v(k+N_p|k)]^T$$

[0095] S4: 找到最佳电池温度参考值和环境温度的关系, 并将其与控制系统耦合, 具体步骤如下:

[0096] S41: 在环境温度为20°C, 温度参考值为20°C时, 仿真车辆行驶过程, 电池包SOC从90%消耗到10%。计算得到电池SOH及水泵能耗。改变温度参考值, 得到如图5所示的SOH及冷却能耗的帕累托边界曲线, 根据该图可知选取最佳温度参考值为21°C较为合理。

[0097] S42: 改变环境温度, 得到不同环境温度下的SOH及冷却能耗的帕累托边界曲线, 得到最佳温度参考值与环境温度的关系。

[0098] S43: 对环境温度进行实时测量, 并实时改变控制器的温度参考值, 即将式-13的代价函数改为式-15:

$$\begin{aligned}
 [0099] \quad J(z_k) = \min \sum_{i=0}^{N_p} \left\{ P_{pump} + \omega_b (T_{bat}(k+i|k) - T_{bat}^{ref}(k))^2 + \omega_{soh} (soh_{bat}(k+i|k) - 1)^2 \right. \\
 \left. + \omega_{dif} (T_{dif}(k+i|k))^2 \right\} \quad (15)
 \end{aligned}$$

[0100] 根据上述步骤,可以建立如图6所示的基于模型预测控制的电动车整车电池热管理策略。

[0101] 实施例的作用与效果

[0102] 采用本实施例所涉及的基于模型预测控制的电动车整车电池热管理方法的优点是:1)有效延长电池寿命和节约冷却系统能耗;2)通过模型预测控制算法,提高了计算过程中的实时性(与诸如动态规划算法相比),不需要知道整个过程的工况即可进行优化控制;3)利用BP神经网络对车速进行预测,将其与控制器耦合,减小车速对控制系统的扰动;4)在电池热管理中,首次考虑电池的SOH作为代价函数的优化项之一;5)找到实时环境温度下,最佳的电池温度参考值,增加SOH降低能耗。

[0103] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本技术方案的宗旨和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

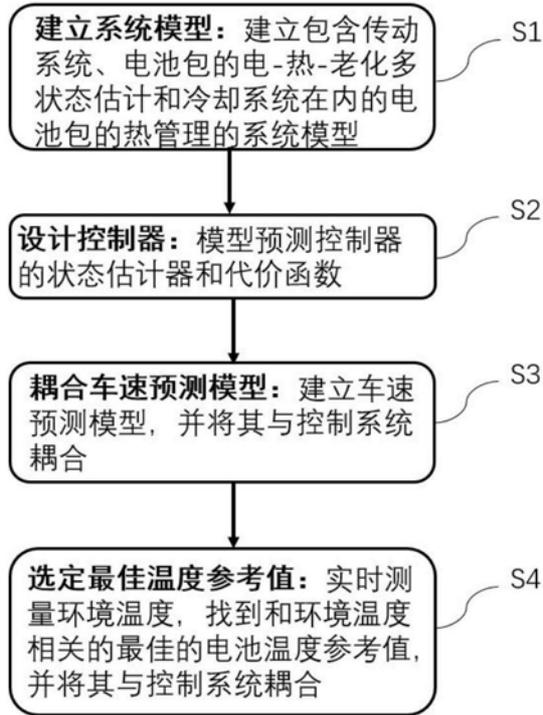


图1

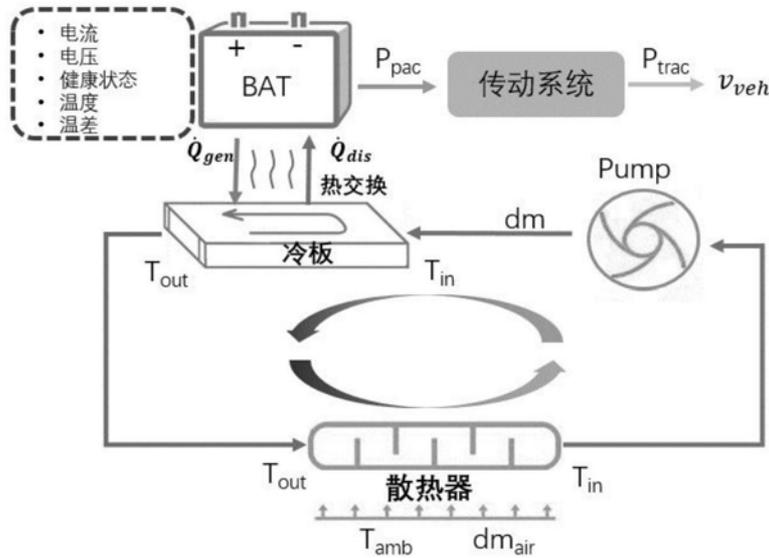


图2

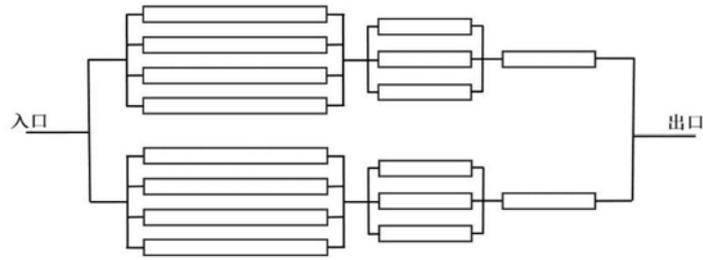


图3

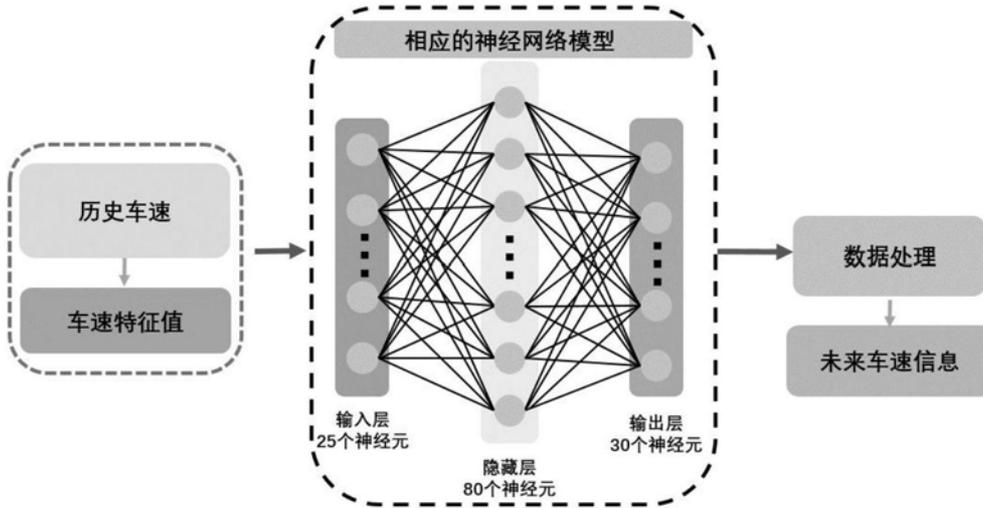


图4

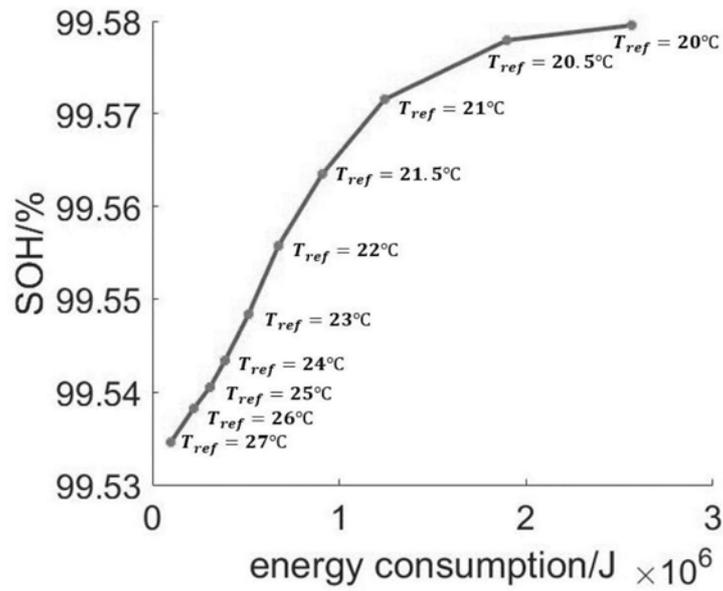


图5

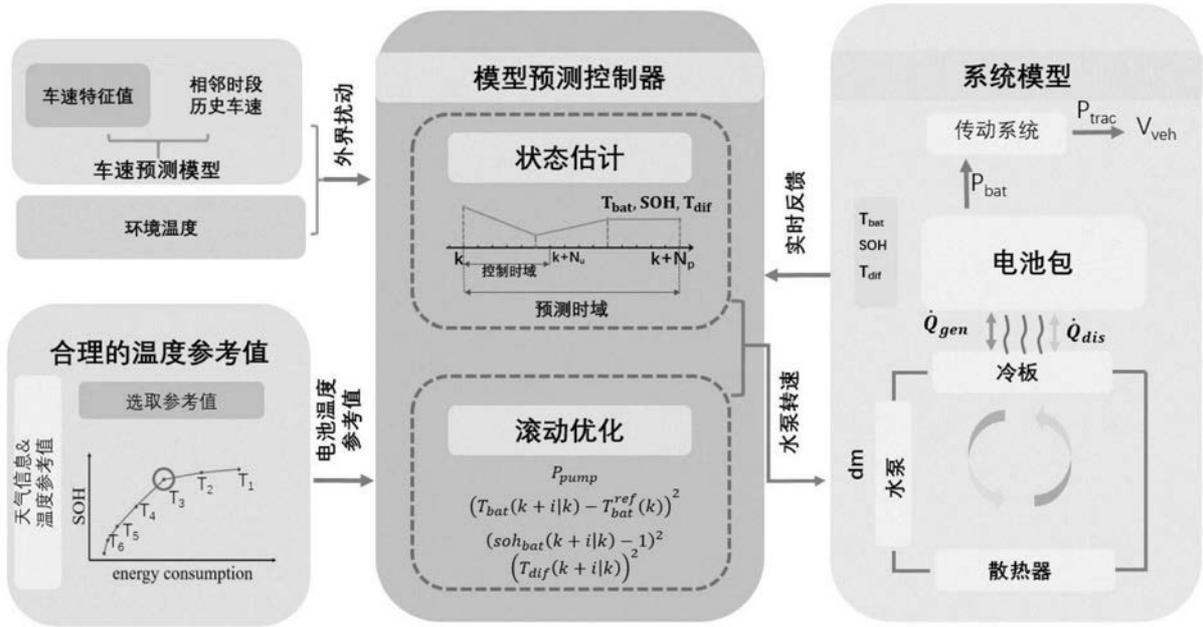


图6