

基于氢燃料电池的汽车能量管理策略设计与应用

吴麦青 宋丹丹
长城汽车股份有限公司

摘要：针对新能源汽车，本文开发了一套基于氢燃料电池的汽车能量管理方法。本设计旨在根据整车实际运行状态以及各用电部件之间的能量剩余及使用情况进行判断，从而有效地设计各工况下整车的能量分配及管理方法。实践证明，该系统在实际生产运行中具有较强的实用性、通用性及迭代性，具有广泛的现实意义及应用意义。

关键词：氢燃料电池；新能源汽车；能量管理

0 前言

随着能源的日渐缺乏和环境污染问题日益严重，新能源汽车（纯电动汽车、混合动力汽车以及氢燃料电池车）越来越受到政府及整车产业的强烈关注，但是由于当前电池技术的约束，导致纯电动车续航里程不能满足长途行驶的需求，目前还不能被普遍认可及大量普及。混合动力汽车也面临环境污染和能源匮乏的问题，氢燃料电池汽车逐渐走进了人们的视线。氢能是一种清洁环保型的能源，其排放物一般为水，并且不含 CO_2 、 NO_x 及 SO_x 等有害气体物质。

1 技术背景

氢燃料电池是利用氢气和氧气的化学作用，将化学能转化为电能或者机械能的一种能量转换装置，将氢气与氧气反应的化学能直接转化为电能或者机械能储存在电池中或者驱动车辆行驶。现在燃料电池汽车的研究以各大汽车企业为主，现代、丰田等都相继推出了自己的燃料电池汽车。同时，一些商用车生产厂家也相继推出了各自的产品，如宇通客车。

氢燃料电池存在特性曲线较软且功率响应较慢的缺点，还有响应不及时的问题，对客户会产生不好的驾驶感受，因此不太适合直接给车辆等功率变化较频繁的负载做电源使用。为了解决这个问题，本方案在现有方案的基础上设计开发了一种插电式氢燃料电池汽车

的能量管理方法，在满足驾驶需求的同时，还可以兼顾氢燃料电池汽车的经济性指标。

2 需重点解决的问题

（1）动态响应疲软问题

总体来看，目前市场多以非插电式燃料电池汽车为主，但这种车存在动态响应疲软不及时的问题，同时在较大功率需求的情况下，氢燃料电池系统不能工作在最佳的工作区间，造成经济性差的问题。本方案意在解决氢燃料电池汽车行驶过程中动力电池和氢燃料电池之间的能量分配及其管理策略，完美地实现动态响应的同时实现较好的经济性指标。

（2）低电量控制问题

当前的技术方案中针对 BMS（动力电池管理系统）的特性设置了防止 BMS 过放电的 SOC （电池剩余电量）下限，在混合动力汽车中，当 SOC 达到下限的时候，VCU（整车控制器）会请求发动机起动，再根据整车能量管理策略，起动发动机驱动车辆的同时，根据整车需求及发动机的热效率，给动力电池充电。当前氢燃料电池的策略沿用混动控制策略，在达到 BMS 设置的 SOC 下限时起动氢燃料电池系统，但是没有针对此设置点进行细致分析及过多的考虑，这样就带来了很大风险，尤其在低温环境动力电池输出受限的情况下，不仅仅会带来氢燃料电池起动失败、动力电池过放电的问题，还可能导致整车无法行驶。

3 技术方案

(1) 能量管理逻辑控制

本技术方案依据驾驶需求及动力电池 SOC 状态来确定当前能量管理策略，通过对 SOC 状态的判断以及当前驾驶员功率需求的情况，实现插电式氢燃料电池汽车的能量管理，具体逻辑如图 1 所示。

本技术方案将动力电池 SOC 分三个区间，分别对应氢燃料电池系统的三种工作模式：最大功率输出模式、额定功率输出模式和最大效率输出模式。

1) 当动力电池 SOC 小于 15% (TBD, 需要根据 PTC、空压机等功率需求预留足够动力电池自加热及氢燃料电池系统起动的功率) 时，氢燃料电池起动并以最大功率输出。

图 2 中绿色部分为当前氢燃料电池最大输出功率，当需求功率低于燃料电池最大输出功率时，也就是 a 到 b 的阶段，氢燃料电池输出功率用于驱动车辆，剩余的部分用作给动力电池充电，也就是图中 a 到 b 阶段红线

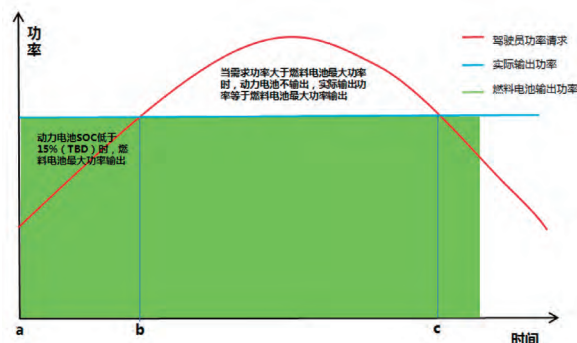


图 2 输出功率趋势图

以上部分功率用于给动力电池充电；当随着驾驶员功率需求不断增大，超过氢燃料电池最大输出功率时，氢燃料电池停止给动力电池充电，全功率驱动车辆，此时如果动力电池 SOC 还低于 15%，则动力电池限制输出，整车以低于驾驶员功率需求的功率驱动车辆行驶，如果动力电池 SOC 大于 15%，则动力电池和氢燃料电池同时输出功率驱动车辆，直到动力电池 SOC 再次低于 15%，限制动力电池输出。

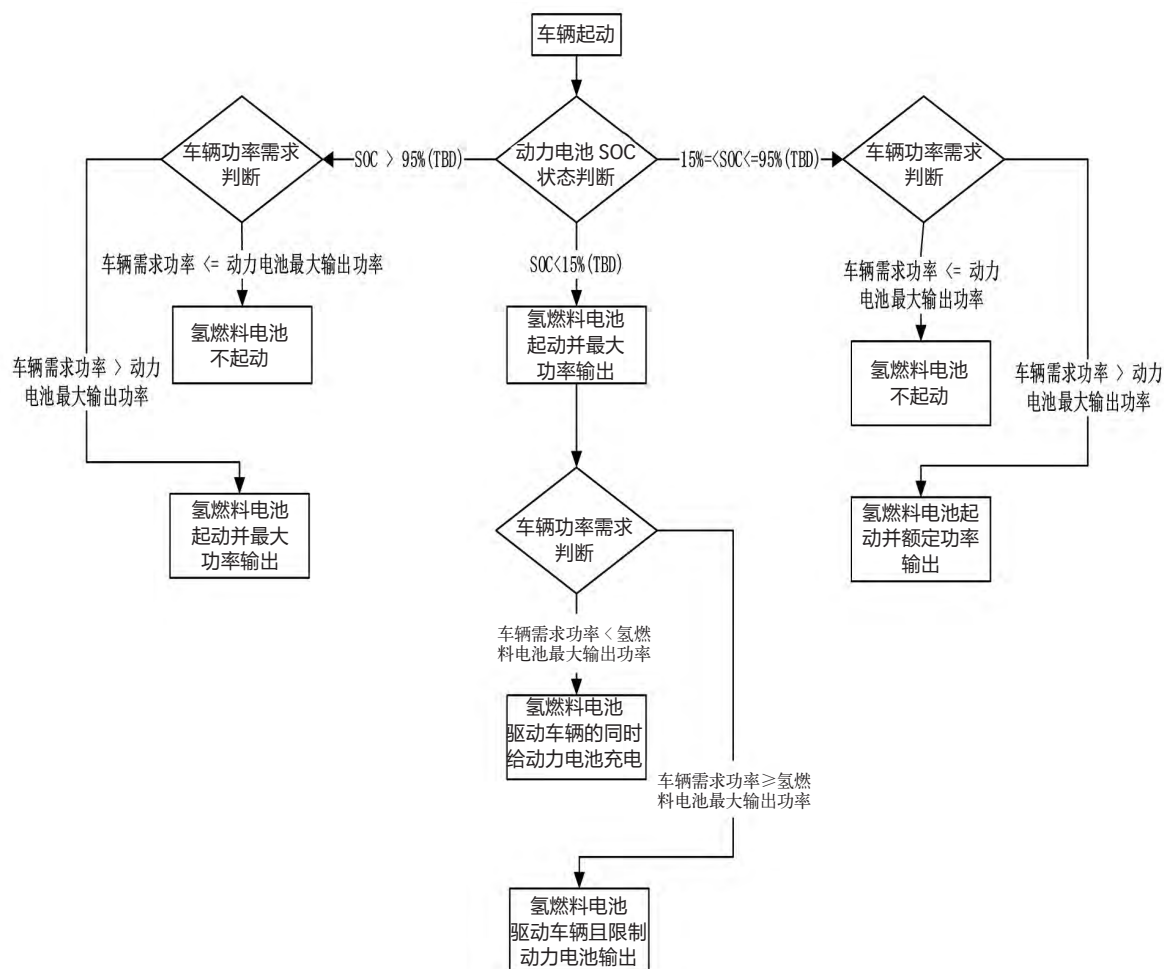


图 1 能量管理逻辑

2) 当动力电池 SOC 大于等于 15% 且小于等于 95% 时, 考虑经济性问题, 根据驾驶员功率请求先由动力电池驱动整车, 如果驾驶员功率需求不大于动力电池最大输出功率, 则一直由动力电池驱动整车, 直到 SOC 低于 15%, 启动氢燃料电池系统; 随着驾驶员功率需求变化, 当功率需求大于动力电池最大功率输出时, 启动氢燃料电池系统, 并使氢燃料电池系统在额定功率运行, 此时由氢燃料电池和动力电池共同给整车提供能量来源; 此时如果功率需求继续增加, 增加到大于氢燃料电池额定功率与动力电池此时最大输出功率之和, 氢燃料电池系统通过恒压或者恒流控制跳到更高功率以满足驾驶需求。

3) 当动力电池 SOC 大于 95% 时, 如果驾驶员功率请求小于动力电池最大输出功率, 氢燃料电池系统不起动, 由动力电池直接驱动车辆行驶, 直到 SOC 小于 15%; 如果驾驶员功率请求大于当前动力电池最大输出功率, 氢燃料电池启动, 额定功率输出, 此时氢燃料电池和动力电池共同驱动车辆行驶。

(2) 低电量控制方法

氢燃料电池启动所需能量等于氢燃料电池高压回路附件启动过程中所消耗的能量, 氢燃料电池高压回路附件包括空气压缩机、空气循环泵加升压 DC-DC。同时需要考虑温度对氢燃料电池启动的影响, 随温度的变化, 氢燃料电池的启动时间也不一样, 启动时间随温度变化的曲线如图 3 所示。

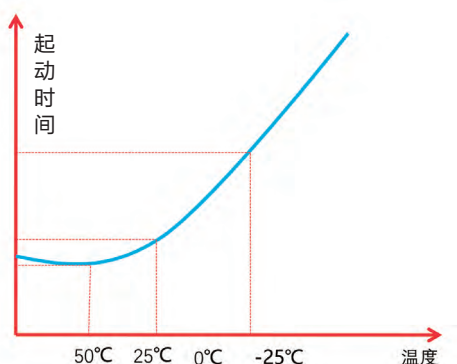


图 3 启动时间随温度变化趋势

由图 3 可知, 不同的温度下氢燃料电池启动所需的时间不同, 氢燃料电池回路高压附件所需的能量不同。

$$\text{所需能量} = \text{高压附件额定功率} \times \text{启动时间} \quad (1)$$

$$\text{启动过程中高压附件需要消耗的能量} = \text{高压附件额定功率} \times \text{启动时间} \quad (2)$$

$$\text{高压附件所需要的功率} = \text{升压 DC-DC 额定功率} +$$

$$\text{空气压缩机工作所需最大功率} + \text{空气循环泵工作所需最大功率} \quad (3)$$

启动时间由氢燃料电池启动时间随温度变化曲线查表得到。

$$\text{高压附件消耗能量} = (\text{升压 DC-DC 额定功率} + \text{空气压缩机工作所需最大功率} + \text{空气循环泵工作所需最大功率}) \times \text{启动时间} \quad (4)$$

高压附件消耗的能量则是动力电池应该为氢燃料电池启动所预留的能量。

在 VCU 逻辑控制中还需要根据氢燃料电池启动状态, 判断是否预留此部分能量为氢燃料电池启动做准备, 如果当前氢燃料电池启动状态为已启动, 则不需要预留, 如果未启动则不预留, 即所需预留能量为 0。计算逻辑如图 4 所示。

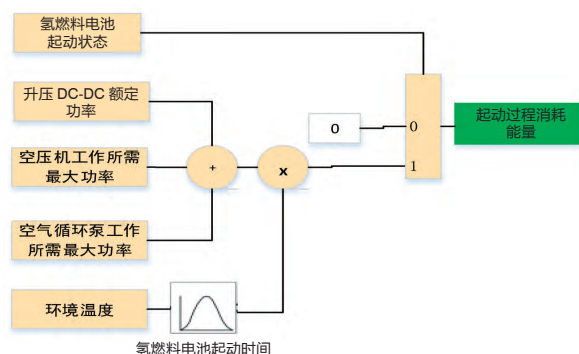


图 4 消耗能量计算逻辑

$$\text{氢燃料电池车为满足氢燃料电池启动所需预留的能量} = \text{BMS 防止过放电所预留的能量} + \text{高压附件在燃料电池启动过程中消耗的能量} \quad (5)$$

4 结束语

本技术方案在根据氢燃料电池系统工作的几个模式将动力电池 SOC 分为三个不同的工作区间, 根据驾驶员需求以及当前的 SOC 状态实时调整氢燃料电池系统与动力电池系统的工作状态, 实现氢燃料电池系统与动力电池系统之间更合理的能量管理, 通过这种方法, 在满足用户驾驶需求的前提下实现更好的经济性指标, 进而提升续驶里程。本技术方案所述的能量管理方法适用范围广, 可以适用于各种插电式氢燃料电池车的能量管理, 尤其是选用大容量动力电池的氢燃料电池汽车。而且通过本技术方案, 不仅解决了当前所预留能量无法启动氢燃料电池存在的风险问题, 同时也根据环境温度实时计算所需预留的能量, 保证了车辆随时可以启动。