

## Analysis of vehicle power system based on hybrid system

Chen An

Shaanxi Automobile Holding Group Co., Ltd., Xi'an

**Abstract:** Describes a start - stop function with mild parallel hybrid system solution discussed in the settlement of its automotive fuel economy and emissions of advantage. Analysis of the mildnesses of hybrid functions and works, and the idle start - stop system control strategy were reviewed. And then the mild hybrid analysis of the main parameters, select the design according to production requirements asked to select power components and other accessories required parameters, combined with the power structure of the program and control strategy for production test car.

**Keywords:** Hybrid; start - stop system; mild; solutions

Received: 2019-08-13; Accepted: 2019-09-02; Published: 2019-09-16

# 基于混合动力系统的汽车动力系统分析

陈 安

陕西汽车控股集团有限公司，西安

邮箱: AndrianaKamaMCFO@yahoo.com

**摘 要:** 介绍了一种具有启停功能的并联式弱电混合动力系统的解决方案，论述了其在解决汽车的燃油经济性和排放性上的优势。分析了弱电混合动力汽车功能及工作原理，并对急速启停系统控制策略进行了综述。再对弱电混合动力汽车主要参数进行分析，根据制作要求选择设计制作要求选择动力组件和其他配件所需参数，结合结构方案与控制动力策略制作试验车。

**关键词:** 混合动力 启停系统 弱电 解决方案

收稿日期: 2019-08-13; 录用日期: 2019-09-02; 发表日期: 2019-09-16

---

Copyright © 2019 by author(s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



## 1 前言

未来汽车的发展必定会以节能减排为研发方向,日前各个汽车厂商也极力的研发自己的混合动力车型(HEV)与纯电动车型(BEV)。但是,对于目前的新能源汽车并不能实现大规模推广。主要原因是基于混合动力汽车的缺点:需要两套不同的动力系统分别布置在车架上,这势必会增加整车布置方式的复杂性;二、混合动力汽车由于布置的复杂性,而且还需要再增加一套动力分配机构以消除发动机与电动机之间的干涉,最主要的是需要选用大功率的电动机,因此也需要配备足够电容的蓄电池等其他附属配件(如增压转换器、DC/DC 转换器、空调变频器、HV ECU 等),以上增加的诸多组件势必会大大增加汽车成本,这也是目前不能大规模推广的主因;三、整车的复杂程度越高,其可靠性将降低,维护成本会升高,这也会给汽车经销商在售后服务方面出难题。

作者基于以上缺点,提出种新的汽车动力系统方案——弱电混合动力系统。其可以降低布置上的复杂程度,并大大减少成本。

## 2 弱电混合动力方案设计

### 2.1 弱电混合动力汽车的功能分析

弱电混合动力汽车实现了怠速启停和在低速行驶时利用电动机驱动汽车。起停控制系统包括怠速停机、感知启动及平稳启动三部分。车辆可以在如城市工况下(汽车的走走停停,遇红绿灯,或遇到堵车情势),令发动机直接停止工作,从而改善怠速工况下高耗油与排放污染等问题。弱电混合动力汽车在ECE15 循环测试工况条件下,可实现节省燃油 3%~5%,在城市工况下行驶,更是达到了节油 8%—20%。并且还可以实现动力切换,实现并联式混合系统的功能。

### 2.2 弱电混合动力汽车结构与工作原理

弱电混合动力汽车主要由轮载电机(装有特制单向离合器,可以实现电机、发电机之间的切换)、HV 蓄电池、变频器、离合器 AI 等组成。

利用电动自行车的原理，把电机装在轮胎轮毂上，使汽车在启动时通过设定好的程序运行，直至平稳转换到利用汽车发动机驱动行驶。这样的优势建立，使汽车在遇到怠速工况时可以立即停机，需要启动时，利用电机的快速反应，直接驱动汽车，利用 ECU 控制系统，完成怠速停机 – 感知启动 – 平稳启动的一整套系统设定目标。

## 2.3 怠速启停系统控制策略

在汽车行驶条件下遇到突发工况（即汽车怠速工况条件下），汽车立即停车，此时由 HV 蓄电池提供车内电器用电。当汽车需要启动时，迅速判断汽车启动模式（ $t_1$ ）' 轮载电机根据踏油门的大小驱动车轮进行微加速行驶。当时间为  $t_2$  时，ECU 控制发动机点火启动，发动机怠速（此时离合器  $A_2$  已经平稳接合，离合器  $A_1$  仍未接合）。在  $t_3$  时，轮载电机停止运行并使离合器  $A_1$  慢慢接合（此时  $\varepsilon V_1 > V_2$ ， $\varepsilon$  为在操作档位整个传动系统的传动比， $v_1$  为发动机转速， $v_2$  为  $t_3$  时车轮转速）。当到达  $t_4$  时，离合器  $A_1$  的主动盘与从动盘转速相等。如图 1 所示。

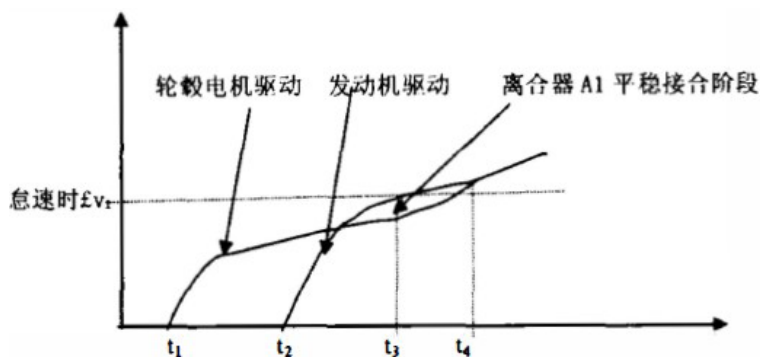


图 1 启停系统 T—V 坐标图

## 3 弱电混合动力汽车主要参数选择与匹配

### 3.1 发动机功率的选择

根据汽车动力性评价指标—最高车速、加速

能力、爬坡能力。可以通过设定汽车的最高车速（最高车速其实已经反映

汽车加速能力和爬坡能力), 来选择发动机的功率, 由汽车功率平衡方程式可知, 发动机的功率为:

$$Pe = \frac{1}{\eta_r} \left( \frac{Gfu_{amax}}{3600} + \frac{C_D Au_{amax}^3}{76140} \right)$$

式中  $u_{amax}$ —汽车设定的最高车速 (m/s);

$f$ —滚动阻力系数;

$\eta^r$ ——传动系传动效率;

$G$ —作用于汽车上的重力 (N);

$C_D$ 、 $A$ ——空气阻力系数、汽车行驶方向投影面积 ( $m^2$ );

根据计算所得出结论, 选择能够满足策略需求的发动机。

具体参数:

$u_{amax} = 14 \text{ m/s}$ ,  $f=0.12$ ,  $\eta_r=0.96$ ,  $G=1300\text{N}$ ,  $C_D=0.29$ ,  $m=130\text{kg}$ .

### 3.2 主减速器传动比的选择

在动力与其他传动参数不变的条件下, 先确定主减速器的传动比范围, 然后从大到小改变  $L$  值, 每对应一个  $L$  值, 就可以试验测出不同的加速时间

与每升燃油行驶的里程数. 可以得到不同  $t$  时对燃油经济性——加速时间的曲线, 来确定最佳主减速器传动比. 计算时可以使用下列公式:

$$i = \frac{0.377V_{max}r}{u_{max}}$$

式中  $V_{max}$ ——发动机最大转速 (r/min);

$r$ —车轮半径 (m);  $u_{max}$ —汽车最高车速;

带入相关数据, 计算出传动比, 再根据所得坐标图进行选择。

$V_{max} = 6000 \text{ r/min}$ ,  $r=0.24\text{m}$ ,  $u_{max}=50\text{km/h}$

### 3.3 轮毂电机的选择

根据策略需求, 结合车辆动力性需求, 计算出使用轮毂电机驱动时需要的峰值功率, 在实际选择时, 轮载电机的峰值功率及最大功率应该大于计算所得峰值功率。而且轮载电机需要具备电动机—发电机的功能, 以使汽车在制动或

者下坡的行驶工况时，能回收能最。

### 3.4 蓄电池参数的选择

选择蓄电池应该考虑两个因素：满足功率与电容。首先蓄电池需要满足轮载电机的最大功率需求，电池组的峰值功率应该大于轮载电机的最大功率。其次，蓄电池应该有足够的电容，以使在纯电动模式驱动下，弱电混合动力汽车有足够长的续航能力。

假设汽车在纯电动模式下以 30km/h 行驶在良好工况条件下，此时已知轮载电机的最大功率  $P_a$  (KW)，轮载电机的总效率  $\eta$ ，可以得到以下公式对蓄电池输出功率  $P_a$  进行计算：

$$P_a = \frac{P_{\omega}}{\eta}$$

计算出输出效率以后，可以根据输出效率小于蓄电池峰值效率原则进行选择。

再计算蓄电池应有的电容  $Q_m$  公式如下：

$$Q_m = \frac{W}{U_e} = \frac{P_a}{U_e} = \frac{P_a S}{V U_e}$$

式中  $S$ —等速 30km/h 的续航里程 (km)； $V$ —30km/h； $U_e$ —蓄电池端电压 (V)；根据确定的所需续航里程数与速度，可以计算出蓄电池的电容从  $Q_m$  (Ah)。

## 4 弱电混合动力汽车制作

利用以上参数选择，对弱电混合动力汽车进行制作，以下是制作出整车选择的核心部件参数（如下表 3）利用解决方案设计，以改装 125cc 发动机和组装内燃机和电动机为主体工作，以及车身设计和底盘设计等内容。通过对内燃机的合理改装，使其燃油经济性增强，同时更有利于结构上与电动机结合，充分发挥两者的性能优势，实现节能

目的。同时应用全新的汽车启停系统，即 SST (STOP&START) 弱电混合动力系统，实现传动系统的连接。底盘部分包括车架，转向系统和刹车系统等。车

架根据动力部分的结构优化设计的一体式车架，整体布局本着结构简单，经济耐用的原则完成，材料采用铝合金空心方管。车身参考海豚造型，外形以最低的水滴型流线体向海豚过渡而成，材料为自行配比的合成树脂和玻璃纤维组成。

表 3 弱电混合动力试验车主要部件参数

体积（长*宽*高）	2450mm*450mm*600mm	行驶最高车速	80km/h
整备质量	70kg	空气阻力系数	0.29
驱动方式	后置后驱	发动机最大功率	6.18kw/7500r/min
发动机型式	125cc 单缸四冲程强制风冷	电动机功率	250W
电动机型式	36v 无刷永磁轮载电机	轴距	1500mm

#### 4.1 车架制作与试验

车架是汽车的骨架，整车的绝大部分部件需要车架来承重和支承，因此对千车架首先要定好骨架形状，使用立体架式车架底盘。同时车架选材轻，刚度好，可以很好的适应底盘零件和车身的安装。此外对车架利用有限元分析软件 ANSYS 进行有限元建模分析，以 MSC/PATRAN、MSC Nastran 为基本工具，对其结构进行优化设计。分析计算其扭转刚度和弯曲刚度，并用计算出的刚度数值相对于主要零件板厚的灵敏度分析，通过对比车架各零件的刚度和质量灵敏度，找出对刚度性能影响不大的，可以适当降低料厚和零件质量的部位，实现节能车的轻量化设计。车架材料：40\*20 铝合金方管

#### 4.2 动力系统组装

利用选定的整车关键部件，在弱电混合动力结构进行 UG 仿真模型，并组装出整车。

#### 4.3 台架试验与模拟工况试验

此次试验主要针对在动力装置与传动系统不变的条件下，通过规定发动机在同样的油门开度下（发动机转速相等），相同工况的耗油量进行比对。

台架试验规定实验条件：整车以 30km/h 进行空转，时间为 30min，首先使整车在未使用启停系统的条件下工作，每五分钟后以怠速工作 15s，随后又正常

工作,连续怠速五次,进行十次试验,记录每次实验结束时燃油消耗量。再通过使用启停系统,同样条件下,每五分钟后停机工作 15s 启动。

模拟工况试验规定实验条件:利用驾驶循环(NEDC)的城市工况条件,规定每行驶 7km,未使用启停系统条件下整车怠速 12 次,每次怠速 15s,记录燃油消耗量。同时,在相同条件下,使用启停系统整车停机 12 次,每次 15s,记录燃油消耗量。

## 5 结论

1) 改善了发动机的工作情况,使发动机尽量只在发动机外特性曲线的最佳燃油消耗率的范围内运转(比如在低速运转时,也可以单独使用电机驱动)。

2) 使汽车在城市或者其他复杂工况运行时,避免汽车在遇到红绿灯或者汽车走走停停等工况下因为怠速运行而浪费燃油。

3) 利用轮毂电机启动汽车比传统的利用发动机怠速再启动汽车快许多,比如轮毂电机从启动到时速到达 20km/h 只需要 0.5—1 秒,而其他条件相同的情况下一般汽车从启动到时速达到 20km/h 需要 2—3.5 秒,这些时间可以大大节省汽车在堵车时,通过红绿灯的速度,从而缓解交通压力。

4) 弱电混合对技术要求不高,只需要轮毂电机提供汽车快速启动所需要的动力。而且匹配性高,厂家只需要设计匹配轮毂电机安装在轮子上,也不需要体积庞大的电池,无需对原先整车进行大改动,对汽车厂家节约成本也有益处。

5) 根据节油效果,汽车可以达到国家对新能源车的补贴要求,可以减少甚至抵消因为搭载了这项技术而投入的成本。

## 参考文献

- [1] 戴道亮,牛建. 浅谈弱电智能化系统[J]. 工程技术: 文摘版, 2011(23): 00114-00114.
- [2] 宗世勇. 弱电智能化系统在建筑工程中的应用分析[J]. 智能建筑与智慧城市, 2017(5): 48-49.