

四驱混合动力系统匹配分析

Research of the Matching of 4WD-HEV Vehicle Power System

万普鹏, 杜志强, 蔡伟坚, 赵福全

浙江吉利汽车研究院有限公司 浙江杭州 311228

摘要: 本文介绍了一种发动机前驱电机后驱混合动力车辆, 并利用 GT-suite 软件仿真计算混合动力车的动力性和经济性。本文首先仿真传统车, 再仿真混合动力车, 在混合动力仿真过程中详细阐述了整车控制策略, 最后对比两者的性能。结果表明: 在动力性方面, 混合动力比传统车有明显提升; 经济性上, 混合动力的节油率超过 70%。

关键词: GT-SUITE, 四轮驱动, 混合动力, 系统匹配

Abstract: A 4WD-HEV with front engine drive/rear motor drive is introduced in this paper. The hybrid power performance and fuel economy are simulated using GT-suit software with an ICE vehicle first and a HEV second. The vehicle control strategy is particularly discussed in the hybrid power simulation, and both performances are finally compared. The HEV is much better than the ICE vehicle as far as power performance is concerned. In terms of fuel economy, fuel consumption ratio exceeds 70%.

Keywords: GT-SUIT, Wheel Alignment, Hybrid Power, Powertrain Matching

当今, 汽车油耗和排放问题已经成为影响汽车工业发展的两大主题, 为了节约能源和改善环境, 混合动力汽车成为人类研发的另一个方向。我国科技部在“十五”国家 863 计划中, 设立了电动汽车重大专项, 促进了我国电动汽车的发展^[1]。某汽车根据目前汽车节能减排的要求, 在原有的 SUV 车型上以制造成本低 改型设计少 性能指标优为出发点开发了一款实时四轮驱动的混合动力汽车 SUV。前置发动机和变速器驱动前轮, 电机安装在后轴上用于驱动后轮。用于后轮驱动的电机电是供应商提供, 为了减少成本, 使用供应商现成的电机。本文着重研究根据供应商提供的电机电池和整车目标要求来匹配前置的发动机和变速器, 达到整车性能优越, 经济最佳的目标。

整车构型

混合动力实时四驱 SUV 是一种前置发动机驱动前轮后置电机驱动后轮的结构, 见图 1。BSG 与发动机通过皮带连接 实现汽车自动起停和调节发动机发电的功能 电机安装在后轴上, 起到单独驱动, 功率补偿和制动能反馈的作用。传统车的整车基本参数见表 1。

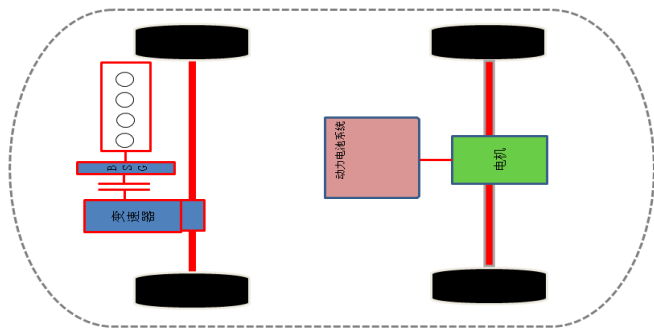


图 1 整车结构图

表 1 整车基本参数

两驱车	搭载 4G24
长×宽×高, mm	4839×1884×1715
轴距, mm	2800
整备质量, kg	1662
满载质量, kg	2187
迎风面积, m2	2.7
迎风阻力系数	0.41
轮胎滚动半径, m	0.359
滚动阻力系数	0.012
传动效率	0.9

在混合动力系统中 各部件特性参数直接决定了整车的动力性 经济性和排放性能^[2], 因此在对混合动力系统进行设计, 有必要通过理论上的计算和分析确定各部件的特性参数。由于电机特性已经确定见表 2, 某企业从节约成本的角度考虑, 直接考虑企业现有成熟的动力系统产品, 即发动机和变速器, 其参数见表 3 及表 4。

表 2 动力系统参数

	电机参数	BSG 参数	电池参数	
峰值功率, kW	60	10	电压 V	332
峰值扭矩, Nm	160	18.42	容量 Ah	40

持续功率, kW	40	3.8	持续放电功率 kW	45
持续扭矩, Nm	103	7	峰值功率 kW	94
最高转速, r/min	14000	17000	重量 kg	150
平均效率	0.9	85%		
重量, kg	63	14		
速比	12.3/4.2	4		

表 3 发动机参数

型 号		4G24	4G20	4G18
重量	kg	133	133	117
排 量	L	2.378	1.997	1.79
最大功率	kW/r/min	113.4/5700	105/6000	102/6200
最大扭矩	Nm/r/min	212.7/4000	183/4800	172/4200
怠速稳定转速	r/min	800	800	800

表 4 变速器参数

型 号	6AT	型号	VT2 无级变速器
一档	3.308	最小速比	0.443
二档	1.913	最大速比	2.416
三档	1.258	速比跨度	5.1
四档	0.943	主减速比常数	5.76
五档	0.763	重量, kg	59
六档	0.643		
主减速比	4.158		
重量, kg	40		

根据排列组合知识和企业的实际匹配情况, 只考虑如下 3 种组合。其对应的整车重量如表 5。

表 5 动力系统组合形式及整车重量

组合形式		整备质量 kg	满载质量 kg
发动机	变速器	1700	2255
4G18	CVT	2036	2591
4G20	6AT	2023	2578
4G24	6AT	2023	2578

根据确定的参数，利用 GT 仿真软件计算上述四种组合下，整车的性能并分析其原因。

控制策略

混合动力的控制策略对整车的动力性和经济性有比较重要的影响。策略不同，各动力部件的功能就不一样。本文研究的四轮驱动所要实现的功能是低速纯电动行驶，智能启停，辅助驱动，辅助充电，具体见表 6。

表 6 整车控制策略

控制策略		
后驱 & 4 驱	制动能量回收	整车需要制动时，先电机制动，不足有机械制动补充 1. 电机制动时，BSG 不要参与制动 2. 在制动过程中，后置电机不要换挡
	纯电动	电池有电时低速纯电动 注：有纯电动和混动的模式选择开关
	智能启停	制动停机，快速启动
	混合驱动	在需要大功率或扭矩时，电机和发动机同时输出 SOC<40%, 发动机为主，电机助力； SOC>40%电机为主，发动机助力。
前驱	驱动发电	没电时，发动机驱动车辆并且 BSG 发电 驱动电机不参与发电
	纯发动机模式	发动机单独驱动

换挡策略	
前置变速器	根据油门踏板和转速二维控制换挡
后置变速器	根据车速一维控制换挡

仿真分析

本文利用 GT-suit 软件模拟四驱混合动力动力性和经济性。仿真模型如图 2，整车目标控制器根据当前车速和目标车速计算出功率需求，传给电机控制器，电机控制器根据电机特性和电池功率输出能力得出电机实际输出功率用来驱动车辆前进。仿真结果如表 7。表中的传统车是指增加电机电池质量之后的只要发动机单独驱动的车辆。从表中可以看出混合动力的动力性和经济性比传统车有明显的提升。最高车速能提升约 20%，混合动力加速时间能在 10s 左右，4G18+CVT 组合的爬坡度提升明显，从 20%的爬坡度提升至大于 30%。这是由于整车控制策略里有电机助力的功能，在全负荷的情况下，电机和发动机同时输出力矩驱动车辆前进。所有驱动力矩比单发动机驱动提供的力矩要大，所有动力性能有明显提升。在节油率上，混合动力节油率超过 70%，按照国家标准计算出的加权油耗接近 3L/100km。整车有智能启停功能，而且在低速和有电的情况下，整车有纯电动形式模式，在低速没电的情况下，发动机直接驱动，BSG 会通过发电来调节发动机的工作区域，使其工作在最优区域。在高速或大负荷的情况下，有电时电机机会调节发动机工作区域，没电时，BSG 会调节发动机工作区域，其作用是使发动机工作在最优区域。所有混合动力比传统车节油，而且效果很明显。

本文的目的是匹配前置的发动机和变速器，达到整车性能优越，经济最佳的目标。从表 5 可以看出，4G18+CVT 的组合不够理想，因为其百公里加速时间超过 10s，分析市场和车展上公布出来的同类型车型看出，混合动力车辆百公里加速时间一般在 10s 之内。而至于其它两种组合从性能的角度可以认为都满足要求。至于选择哪一种或者两者都选择则需要根据成本和市场来决定。

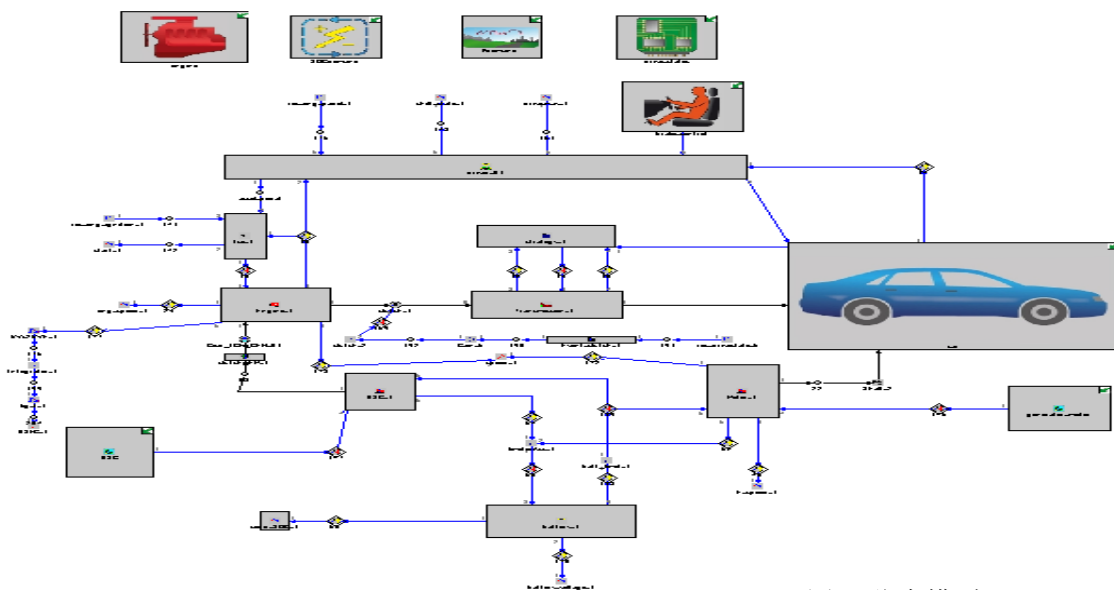


图 2 仿真模型

表 7 仿真结果

动力配置	最高车速 km/h		0-100km/h 加速时间 s		爬坡度		油耗 L/100km		节油率
	传统车	混合动力	传统车	混合动力	传统车	混合动力	传统车	混合动力	
4G18+CVT	150	201	31.42	10.63	20%	>30%	12.29	3.02	75.43%
4G24+6AT	165	215	17.05	8.21	>30%	>30%	12.75	2.89	77.33%
4G20+6AT	146	199	20.65	8.88	>30%	>30%	10.6	2.89	72.73%

结论

本文首先介绍混合动力四驱车辆的结构和参数，并应用 GT-SUITE 软件模拟分析混合动力四驱车辆和传统车的动力性和经济性，对比两者的仿真结果，分析得出混合动力车辆在动力性和经济性方面比传统车要优越。

参考文献

- [1] 朱建新 四驱混合动力汽车车轮转矩分配策略的研究[J]. 汽车工程, 2010. 11: 967-971.
- [2] Mehrdad Ehsani 等著 《现代电动汽车、混合动力电动汽车和燃料电池车—基本原理、理论和设计》机械工业出版社 2010. 10.