

文章编号:1000-582X(2004)04-0027-04

混合动力电动汽车的研发实践*

任勇¹,秦大同²,杨亚联²,杨阳²

(1. 长安汽车股份有限公司,重庆 400023;2. 重庆大学机械传动国家重点实验室,重庆 400030)

摘要:混合动力汽车 HEV(Hybrid Electric Vehicle)有两个以上的动力源,通过加速助力、再生制动、怠速启停等措施和系统能量管理,可实现比常规汽车 CV(Conventional Vehicle)更好的动力性、经济性和排放性能。采用集成发电机/电动机 ISG(Integrated Starter and Generator)和 ISG 控制器作为助力装置,采用蓄电池和电池管理系统作为能量平衡单元,采用多能源动力总成管理系统作为混合动力系统的中央控制单元,分别采用手动变速器 MT(Manual Transmission)和自动变速器 CVT 作为混合动力汽车的传动系统,完成了两款混合动力电动汽车样车的研制。

关键词:混合电动汽车;ISG 电机;蓄电池;无级变速器

中图分类号:U469.72

文献标识码:A

汽车给人们生活带来便利的同时,也带来了“能源消耗,环境污染”两大问题。目前,世界上 46% 以上的石油被汽车所消耗,已探明的石油资源只够人们充分使用到 2040~2050 年^[1],而且城市污染 50% 以上也来源于汽车。北京市机动车尾气排放对大气污染物中 CO、HC、NO_x 的分担率分别为 63.4%、73.5% 和 46%,上海市更为严重,分别为 86%、96% 和 56%;广州、天津、重庆等许多大中型城市情况也类似^[2]。

为了满足人类可持续发展的需要,许多国家都开始了新一代汽车的研制。1993 年美国开始执行“新一代汽车伙伴计划—PNGV(Partnership for a New Generation of Vehicles)”,随后日本也启动了政府“先进清洁汽车项目—ACE(Advanced Clean Energy Vehicle Project)”,而欧洲则提出了“明日汽车—The Car of Tomorrow”计划。1999 年 4 月,中国政府在北京召开了“全国清洁汽车行动大会”,决定在北京、上海等 12 个大城市进行“清洁汽车试验示范”活动,以实施城市“蓝天”计划。

电动汽车能量来源广泛,是理想的清洁汽车,而混合动力汽车兼顾了传统汽车和电动汽车的优点,有较

好的环保、节能效果,成本及运营成本低,是目前世界上最为成熟的电动汽车^[3-5],正逐步得到推广与应用。

1 混合动力电动汽车原理

混合动力电动汽车(Hybrid Electric Vehicle,简称 HEV)采用了两种动力装置(内燃机和电动机),通过储能装置(蓄电池等)和控制系统对能量的调节,实现最佳的能量分配,达到整车的低排放、低油耗和高性能。HEV 融合了燃油汽车和电动汽车的优点,是最具有市场价值的低排放和低油耗汽车。

1.1 混合动力电动汽车原理

混合动力电动汽车有两个动力源,当汽车爬坡或加速时,如图 1 所示,两个动力源联合输出动力,蓄电池输出的电能通过电机进行助力;当汽车在下坡或制动时,发电机发电可以对再生或制动能量进行回收,以电能形式储存在蓄电池中;当汽车较长时间怠速停车时,可以通过控制发动机熄火,实现怠速启停,节省燃油。

由于辅助动力的助力作用,在保证汽车相同的动力性能条件下,可相应减小混合动力电动汽车发动机

* 收稿日期:2003-10-10

基金项目:国家自然科学基金资助项目 50305037;国家 863 重点项目 2001AA501300;重庆市科委攻关项目资助 7532;重庆市科委应用基础研究项目资助

作者简介:任勇(1965-),男,重庆市人,长安混合动力汽车项目副总设计师,主研方向为混合动力传动、电气传动。



图1 HEV原理简图

的功率及排量需求,减少了汽车燃油消耗;同时通过再生及制动能量的回收,以及避免汽车在油耗较高的怠速工况区运行(怠速启停),进一步减少了汽车燃油消耗;混合动力电动汽车通过控制辅助动力的功率及扭矩输出大小,可以优化控制发动机的工作点,使整车的废气排放得到显著的改善。因此混合动力电动汽车既具有良好的动力性、经济性,也有较低的废气排放水平。

1.2 混合动力电动汽车的类型

按照动力传动系统的连接方式,混合动力电动汽车可分为串联式混合动力电动汽车 SHEV (Series HEV)、并联式混合动力电动汽车 PHEV (Parallel HEV)和混联式混合动力电动汽车 CHEV (Combined HEV)。

串联式混合动力系统利用发动机和发电机提供电能,电动机是唯一的驱动源,如图2。由于发动机与驱动车轮之间没有直接的机械连接,发动机不受汽车行驶工况影响,始终在最佳工作区稳定运行,特别适用于在市区低速运行的工况,汽车在起步和低速时还可以关闭发动机,只利用电池提供驱动功率,达到零排放要求。

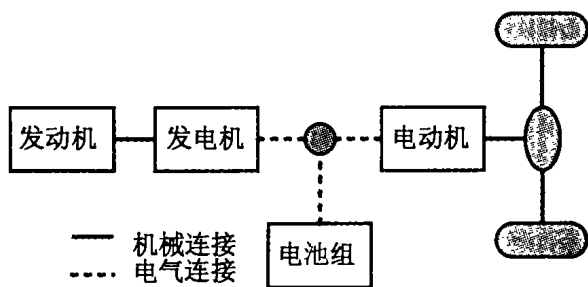


图2 串联式混合动力系统 SHEV 构成简图

它的主要缺点是发电机和电动机功率较大,发动机输出的机械能需经过两次能量转换变为驱动汽车的机械能,能量转化损失大,机电能量转换效率较低,使燃油利用率比较低。

并联式混合动力系统中有发动机和电动机两套驱动系统,如图3所示,利用发动机和电机共同驱动车轮。它们可分开工作也可一起协调工作,共同驱动,所以可以在比较复杂的工况下使用,应用范围比较广。

由于发动机与驱动车轮之间机械连接,没有串联将机械能转换为电能的发电机,因此提高了能量转化效率。并联系统结构紧凑,比较适用于轿车。但并联混合动力系统的传动系统较为复杂,工作模式较多,控制系统复杂。

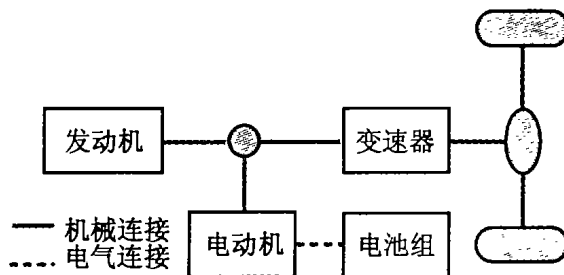


图3 并联式混合动力系统 PHEV 构成简图

混联式(串并联式)混合动力电动汽车则综合了串联式和并联式混合动力电动汽车的结构特点。混合动力电动汽车按照电机相对发动机的功率比大小可以分为助力型(轻度混合)、双模式型(中度混合)和续驶里程延长型。按行驶过程中电池电量的控制方式可分为电量维持型混合动力系统和电量消耗型混合动力系统。

1.3 混合动力电动汽车的基本构成

混合电动汽车主要由原动机,包括发动机及牵引电机 (Traction Motor), 载荷均衡装置 (Load Leveling Device) 或能量管理单元、动力传动系统 (Power Transmission) 组成。

电机是电气驱动系统的核心,电机的性能、效率直接影响电动汽车的性能,此外,电机的尺寸、重量也影响到汽车的整体效率。在电动汽车和混合动力电动汽车中常用的牵引电机有交流异步电动机、永磁电动机(包括永磁同步电机和永磁无刷直流电机)和开关磁阻电动机等。

能量管理系统是提高混合动力汽车经济性、动力性和减少废气排放水平的关键,该系统包括储能单元、能量管理单元和混合动力系统中央控制单元。常用的储能单元有电化学电池、燃料电池、飞轮电池及超大容量电容等。

动力传动系统用于均衡、传递并调节混合动力源的输出转矩与功率,以满足整车动力驱动的需要。主要包括扭矩或转速合成器、离合器、变速器、传动轴、驱动车轮等。

2 HEV 研发实践

长安汽车公司在国家 863 重点项目的资助下,在

长安“羚羊”轿车平台上开展了长安混合动力汽车的研发工作。所研发的混合动力汽车系统结构如图 4 所示：长安混合动力系统中采用了两个动力源，一个是传统的四缸电喷发动机，采用发动机电控单元 ECU (Engine Control Unit) 和电子油门进行控制，另一个是集成的发电机/电动机 ISG (Integrated Starter and Generator) 作为动力辅助单元，ISG 的额定功率相对发动机较小，是一种轻度混合动力系统。当混合动力汽车上坡及加速工况时，ISG 用作电动机使用，对整车进行助力，提高汽车的爬坡能力和动力性；当下坡或刹车制动工况时，ISG 作发电机使用，再生或制动的能量通过 ISG 发电，将电能储存在蓄电池中；当汽车处于长期怠速的驻车工况时，系统通过 ECU 自动使发动机熄火，达到节能、环保的目的。

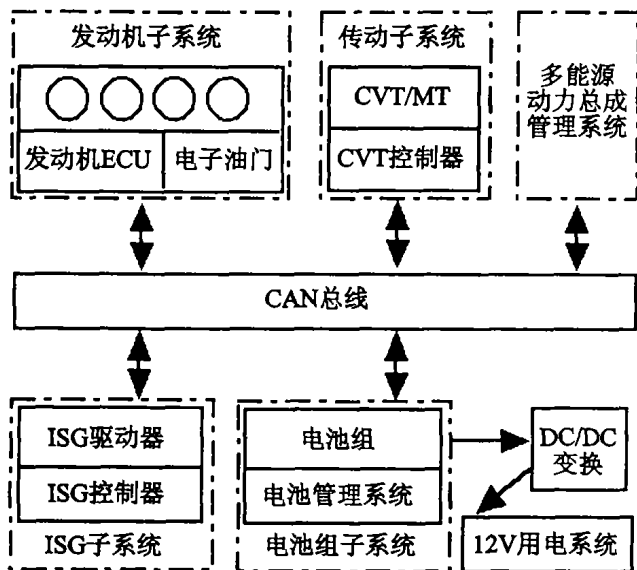


图 4 长安混合动力汽车的系统结构

ISG 通过 ISG 控制器和驱动器进行控制。电池组的荷电状态通过电池能量管理系统进行控制，传统的 12V 用电系统则通过 DC/DC 变换，将电池组的高电压转换成 12V 系统所需的充电电压，对 12V 系统进行充电。长安混合动力汽车的传动系统既可采用手动换挡变速器 MT (Manual Transmission)，也可采用无级自动变速器 CVT (Continuously Variable Transmission)。混合动力系统中所有的控制子系统，通过 CAN (Controller Area Network) 总线向多能源动力总成管理系统发送子系统运行信息，同时接受多能源总成管理系统的控制命令，混合动力系统的控制协调通过多能源总成管理系统实现。

2.1 装用 MT 的混合动力电动汽车方案

装用 MT 的混合动力系统如图 5 所示。

为了降低混合动力系统的复杂程度，降低制造成

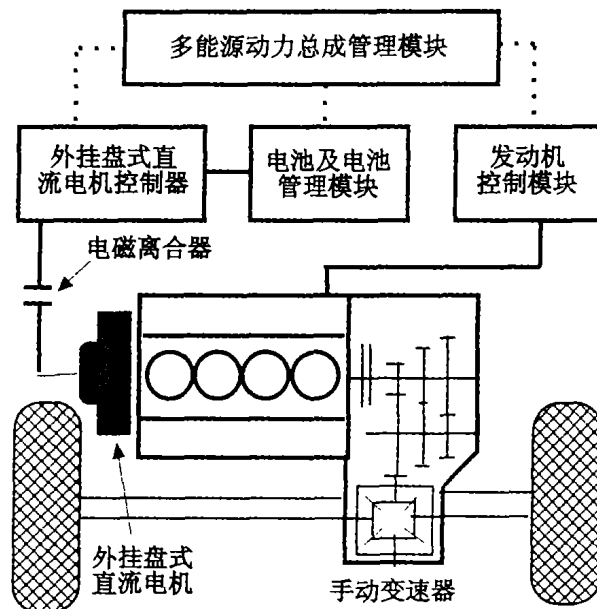
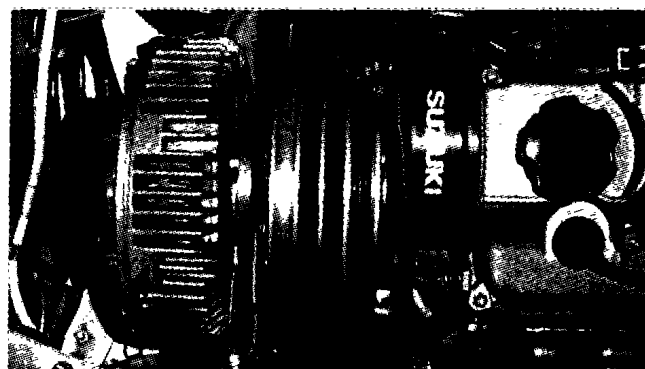


图 5 ISG 型 MT 混合动力系统结构

本，采用装用手动变速器 MT (Manual Transmission) 的混合动力汽车方案。ISG 采用外挂盘式电机与发动机曲轴相连。其布置如图 6 所示。采用多能源动力总成管理模块总成对整个混合系统进行协调与控制。



外挂盘式 ISG 电机

4 缸电喷发动机

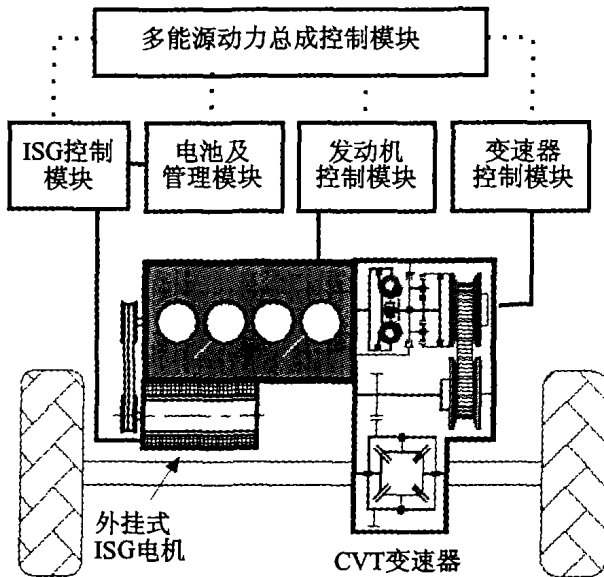
图 6 ISG 型 MT 混合动力样车发动机仓布置

2.2 装用 CVT 的混合动力电动汽车方案

为了提高混合动力系统的性能，我们同时也开发了装用 CVT 自动变速器的高技术含量的混合动力样车，如图 7 所示。CVT 的速比连续变化，在混合动力系统的运行过程中，CVT 既能连续调节发动机的工作点，也能调控 ISG 电机的工作点，能有效提高系统的综合效率，提高整车燃油经济性，减少排放，也可以减少工况切换过程中的冲击振动，提高乘坐舒适性。

3 结论

1) 混合动力系统通过加速助力、再生制动、怠速启停等措施，实现了整车动力性、经济性的提高和排放的减少。



a) ISG 型 CVT 混合动力汽车系统结构



图 7 b) ISG 型 CVT 混合动力样车

2) 混合动力系统包括动力源、传动系统、能量平衡及管理单元构成,按动力传动系统的连接方式可以分为串联、并联及混联式混合动力系统。

3) 研发的 MT 及 CVT 型 ISG 混合动力系统初步获得了成功,系统功能初步完备。实践表明了混合动力传动原理的正确性,但混合动力汽车性能的提高,还需要对混合动力汽车系统的匹配和控制进行进一步的优化。因此,在 2003 年的工作中,长安将继续在 2002 年的工作上,开展 MPV 车用 ISG 混合动力系统的研制。

参考文献:

- [1] 黄旭,影响汽车技术发展的两大因素——环境与能源[J]. 内燃机,2001,(2):25-27.
- [2] 毕道治. 电动车电池的开发现状及展望[J]. 电池工业,2000,5(2):56-63.
- [3] 张俊智,王丽芳. 不同混合动力电动轿车方案的比较与分析[J]. 汽车工程,2002,24(4):290-293.
- [4] 陈全世,杨宏亮等,混合动力电动汽车结构分析[J]. 汽车技术,2001,(9):6-11.
- [5] 杨为琛,孙逢春. 混合电动汽车的技术现状[J]. 车辆与动力技术,2001,(4):41-46.
- [6] 杨亚联. 金属带无级自动变速传动的关键问题研究[D]. 重庆:重庆大学,2002.

Researching and Developing a Hybrid Electrical Vehicle

REN Yong, QIN Da-tong, YANG Ya-lian, YANG Yang

(1. Chongqing Chang'an Automobile Ltd. Co., Chongqing 400023, China;

2. State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: There are more than two power source in Hybrid Electrical Vehicle(HEV). By using of assist accelerating, power regeneration, Idle stop and power management, HEV gains more acceleration performance and more fuel economy and better gas emission than Conventional Vehicle(CV). With Integrated Starter and Generator(ISC) as a auxiliary power source, batteries and battery control module and power manage module as a Load leveling Device (LLD), two prototype HEV separately equipped Manual Transmission (MT) and Continuously Variable Transmission (CVT) was successfully developed.

Key words: hybrid electrical vehicle(HEV); integrated starter and generator(ISC); battery; continuously variable transmission(CVT)