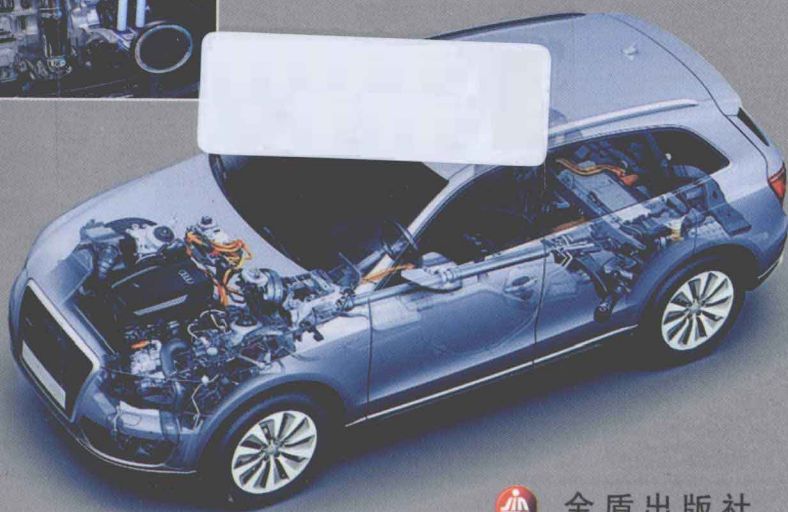


HUNHE DONGLI QICHE
SHIYONG YU WEIXIU

混合动力汽车

使用与维修

朱 帆 编著



金盾出版社

混合动力汽车使用与维修

朱帆 编著

金盾出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了混合动力汽车的类型、工作模式,以及典型混合动力系统的结构、使用与维修。内容通俗易懂,图文并茂。可供汽车维修人员、汽车维修专业师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

混合动力汽车使用与维修/朱帆编著. -- 北京:金盾出版社, 2012.9

ISBN 978-7-5082-7769-1

I. ①混… II. ①朱… III. ①混合动力汽车—车辆修理
IV. ①U469.707

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 152732 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 83219215

传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn

封面印刷:北京凌奇印刷有限责任公司

正文印刷:北京军迪印刷有限责任公司

装订:兴浩装订厂

各地新华书店经销

开本:850×1168 1/32 印张:5.75 字数:140 千字

2012 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1~5 000 册 定价:14.00 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

随着环保与节能的要求越来越严,替代内燃机汽车的方案也越来越多,例如氢能源汽车、燃料电池汽车、混合动力汽车等。但目前最有实用性价值,并已批量生产的只有混合动力汽车。

混合动力汽车(Hybrid Electric Vehicle,简称 HEV)以内燃机与电动机为动力,它既有内燃机比能量和比功率高的长处,又有电动汽车排放低的优点,显著改善了内燃机汽车的燃油经济性和排放性,增加了电动汽车的续驶里程,在由内燃机汽车向电动汽车发展过程中扮演着承上启下的角色。

尽管目前混合动力汽车进入我国时间较短,车型较少,保有量不多,但国内外各汽车公司已加大研发力度,大批混合动力汽车即将上市,对汽车维修人员会带来新的挑战。

混合动力汽车与传统的内燃机汽车有较大差别,汽车维修人员对混合动力汽车还比较陌生,需要对混合动力汽车有所了解,为此,本书系统介绍了混合动力汽车的类型、工作模式、发展状况,以及典型混合动力系统的结构、使用与维修。

本书在编写过程中,参阅了一些相关图书、技术资料和维修手册,在此,对同行们表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 概述	1
第一节 混合动力汽车的定义与特点.....	1
第二节 混合动力汽车的工作模式.....	3
第三节 混合动力汽车的类型.....	8
第四节 混合动力汽车的发展状况	14
第二章 混合动力汽车的电动部件	20
第一节 混合动力系统的蓄电池	20
第二节 混合动力系统的变频器	37
第三节 混合动力系统的电动机	47
第三章 混合动力汽车的结构与使用	59
第一节 丰田普锐斯混合动力系统	59
第二节 丰田普锐斯混合动力发动机.....	109
第三节 丰田普锐斯混合动力变速驱动桥.....	120
第四章 混合动力汽车的维修	135
第一节 混合动力汽车的维修准备.....	135
第二节 丰田普锐斯蓄电池系统的维修.....	139
第三节 混合动力控制系统的维修.....	149
第四节 混合动力发动机控制系统的维修.....	155
第五节 丰田普锐斯混合动力变速驱动桥的维修.....	170

第一章 概 述

第一节 混合动力汽车的定义与特点

一、混合动力汽车的定义

20 世纪 90 年代以来,世界各国对环保的呼声日益高涨,各种各样的电动汽车脱颖而出。虽然人们普遍认为未来是电动汽车的天下,但是,目前的电池技术问题阻碍了电动汽车的应用。由于电池的能量密度与汽油相比差上百倍,远未达到人们所要求的数值,专家估计在 10 年以内电动汽车还无法取代内燃机汽车(除非燃料电池技术有重大突破)。

现实迫使汽车工程师们想出了一个两全其美的办法,开发了一种混合动力装置的汽车。所谓混合动力装置,就是将电动机与辅助动力单元组合在一辆汽车上作为汽车的动力系统,辅助动力单元实际上是一台小型内燃机或动力发电机组。形象一点说,就是将传统发动机尽量做小,让一部分动力由电池—电动机系统承担。这种混合动力装置既发挥了发动机持续工作时间长、动力性好的优点,又可以发挥电动机无污染、低噪声的好处,两者“并肩战斗”,取长补短,汽车的热效率可提高 10% 以上,废气排放可改善 30% 以上。

根据国际电工委员会电动汽车技术委员会的建议,对混合动力汽车定义如下:有多于一种能量转换器用来提供驱动动力的混合型电动汽车。混合动力汽车英文缩写为 HEV(Hybrid Electric Vehicle)。根据这个定义,混合动力汽车有很多种形式,为了避免混淆,业内通常用内燃机和蓄电池动力混合的车辆来代表混合动

力汽车。

从狭义上讲,混合动力汽车是指同时装备两种动力源——热动力源(汽油机或柴油机)与电动力源(电动机)的汽车。在混合动力汽车上使用电动机,使得动力系统可以按照整车的实际运行工况要求灵活调控,而发动机保持在综合性能最佳的区域内工作,从而降低油耗与排放。也可以认为混合动力汽车通常是指既有蓄电池可提供电力驱动,又装有一个相对小型内燃机的汽车。混合动力是一种因为推广电动汽车的时机不成熟,而开发的一种折中的技术。

从广义上来讲,混合动力汽车指的是装备有两种具有不同驱动装置的车辆。这两种驱动装置中有一个是车辆的主要动力来源,它能够提供稳定的动力输出,满足汽车稳定行驶的动力需求,由于内燃机在汽车上成功地应用,使之成为首选的驱动装置;另外还有一个辅助驱动装置,它具有良好的变工况特性,能够进行功率的平衡、能量的再生与存储。目前应用最多的是油电混合动力系统。

二、混合动力汽车的特点

1. 混合动力汽车的优点

混合动力汽车具有以下优点:

①采用混合动力后,可按平均需用的功率来确定发动机的最大功率,此时,发动机在油耗低、污染少的最优工况下工作。当发动机功率不足时,由电动机来补充;负荷小时,发动机富余的功率可发电,给蓄电池充电。由于发动机可持续工作,又可以给蓄电池不断充电,故其行驶和普通汽车一样。

②有了蓄电池,可以十分方便地回收制动、下坡、怠速时的能量。

③在繁华市区,可关停发动机,由电动机单独驱动,实现“零”排放。

④有了发动机,可以十分方便地解决耗能大的空调取暖、除霜等纯电动汽车遇到的难题。

⑤可以利用现有的加油站加油,不必再投资。

⑥可以让蓄电池保持良好的工作状态,不发生充电、过放电的情况,延长了其使用寿命,降低成本。

2. 混合动力汽车的缺点

混合动力汽车有两套动力,再加上两套动力的管理控制系统,结构复杂,技术难度较大,价格较高。

在电动汽车时代到来之前,混合动力汽车只是一种过渡产品。

第二节 混合动力汽车的工作模式

一、丰田普锐斯混合动力工作模式

丰田普锐斯(Prius)混合动力系统如图 1-1 所示。MG1 为发电机, MG2 为电动机。

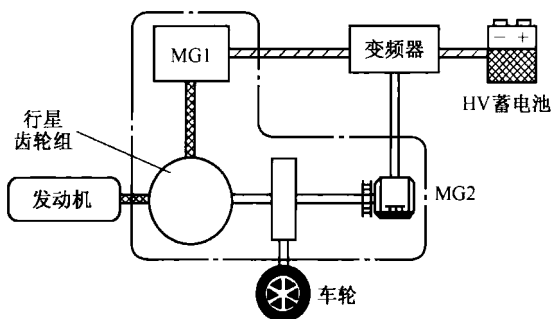


图 1-1 丰田普锐斯(Prius)混合动力系统示意图

1) HV 蓄电池通过变频器向电动机(MG2)供电,电动机(MG2)带动行星齿轮旋转,驱动车辆行驶,如图 1-2 所示。

2) 发动机带动行星齿轮旋转,同时,发动机通过行星齿轮带动 MG1(发电机)发电,并通过变频器向 MG2(电动机)供电, MG2(电动机)带动行星齿轮旋转,驱动车辆行驶,如图 1-3 所示。

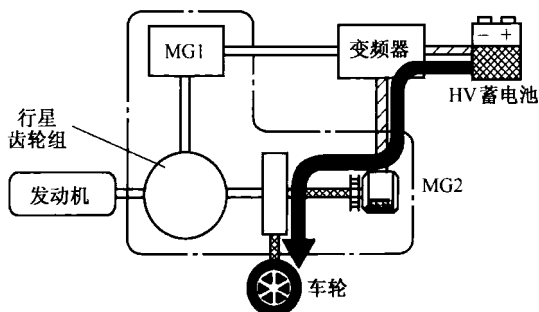


图 1-2 电动机驱动车辆行驶

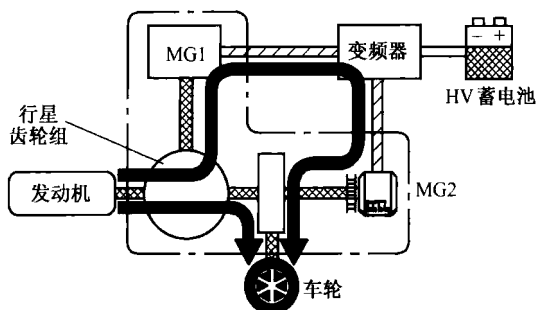


图 1-3 发动机与 MG2(电动机)驱动车辆行驶

3) 由发动机通过行星齿轮带动 MG1(发电机)发电, 为 HV 蓄电池充电, 如图 1-4 所示。

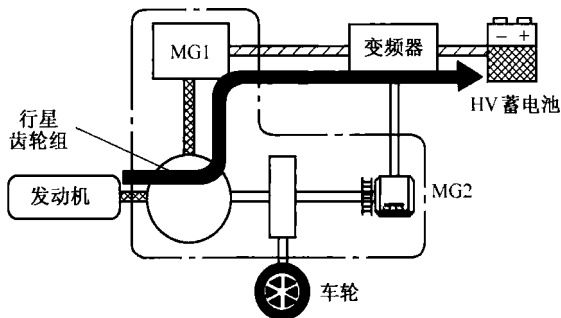


图 1-4 HV 蓄电池充电(一)

4) 车轮通过行星齿轮带动 MG2(电动机)发电, 为 HV 蓄电池充电, 如图 1-5 所示。

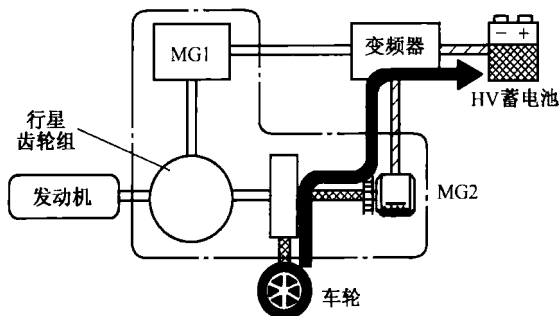


图 1-5 HV 蓄电池充电(二)

二、本田思域混合动力工作模式

本田思域(Civic)混合动力系统如图 1-6 所示。

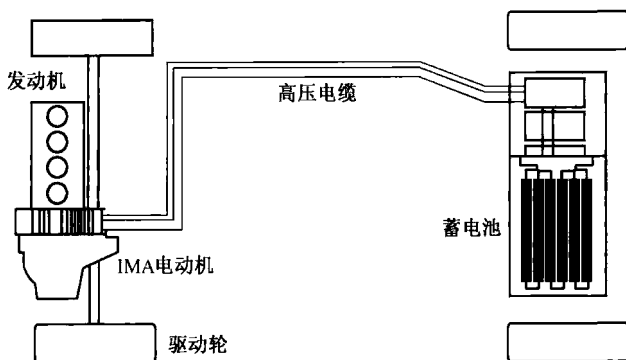


图 1-6 本田思域(Civic)混合动力系统示意图

1) 发动机起动时, 高压蓄电池向 IMA 电动机供电, 以起动发动机, 如图 1-7 所示。在高压蓄电池充电不足的状态下, 也可以使用 12V 电压的起动系统起动发动机。

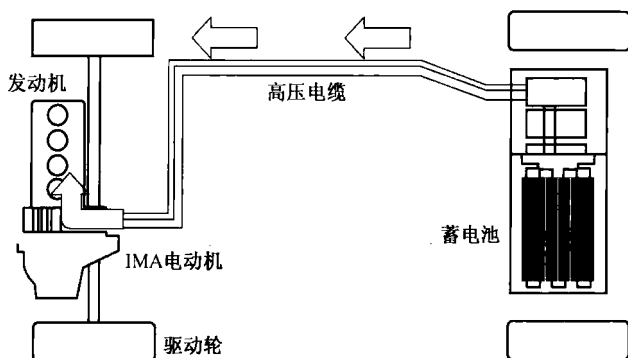


图 1-7 电动机起动发动机

2) 车辆加速时, IMA 电动机将提供辅助动力, 由发动机和 IMA 电动机驱动车辆行驶, 如图 1-8 所示。这样可以允许使用较小排量的发动机, 从而提高车辆的燃油经济性。

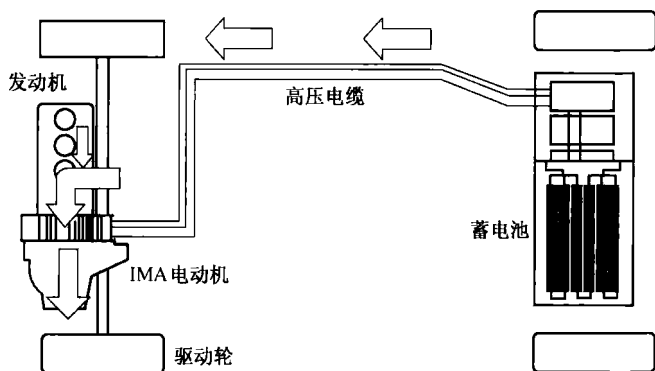


图 1-8 发动机和 IMA 电动机驱动车辆行驶

3) 在车辆巡航状态下, 当车辆行驶速度必须是 $10 \sim 50 \text{ km/h}$ 且发动机转速小于 1000 r/min 时, 发动机“滑行”, 仅由 IMA 电动机提供动力驱动车辆行驶, 如图 1-9 所示。

4) 车辆减速时, 车轮带动 IMA 电动机发电, 为高压蓄电池充

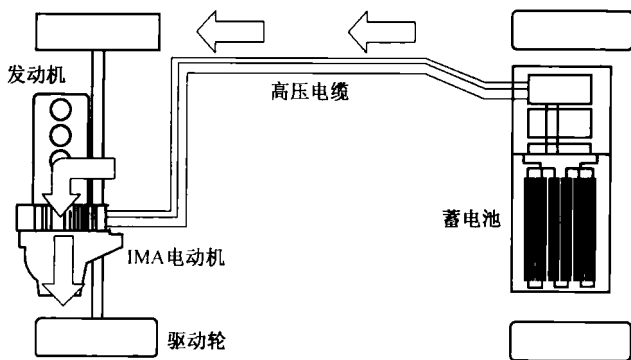


图 1-9 IMA 电动机驱动车辆巡航行驶电,如图 1-10 所示。

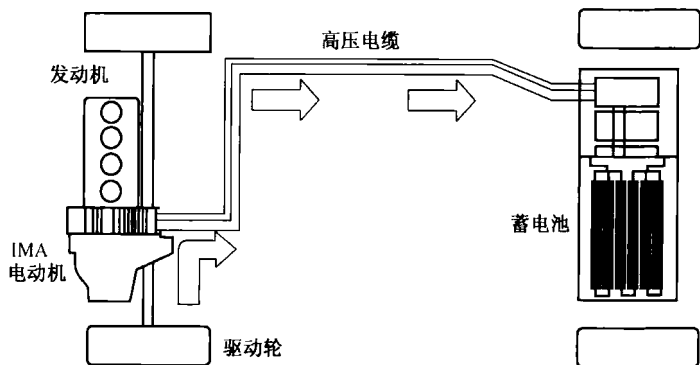


图 1-10 高压蓄电池充电

5) 停车时,发动机在车速低于 12km/h 时会怠速停止,以达到节油的目的,如图 1-11 所示。在怠速停止时,高压蓄电池会继续向空调压缩机和车辆 12V 电气系统供电。当制动踏板松开时,IMA 电动机会重新启动发动机。

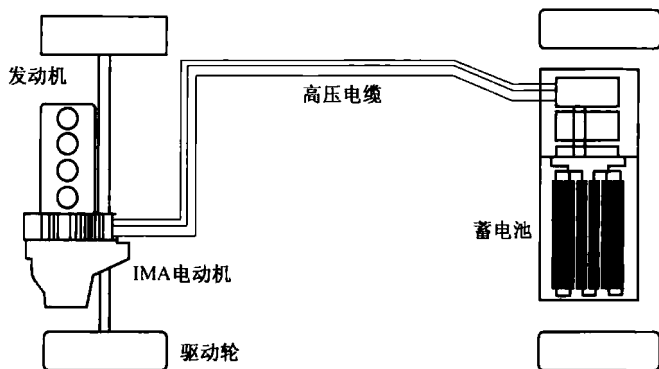


图 1-11 发动机怠速停止

第三节 混合动力汽车的类型

一、按混合动力联结方式分类

按混合动力的联结方式,混合动力汽车主要分为串联式混合动力汽车(SHEV)、并联式混合动力汽车(PHEV)和混联式(串、并联式)混合动力汽车(PSHEV)。

1. 串联式混合动力汽车(SHEV)

串联式混合动力汽车(Series Hybrid Electric Vehicle, 简称 SHEV)的混合动力系统如图 1-12 所示,主要由发动机、发电机、变频器、蓄电池、电动机、减速机构、驱动轮等组成。

发动机直接带动发电机发电,发电机产生的电能或蓄电池的电能通过变频器传输给电动机,由电动机驱动齿轮机构使车辆行驶。蓄电池对发电机产生的电能和电动机需要的电能进行调节。

串联式混合动力汽车(SHEV)是用电动机驱动的“电动汽车”,也是混合动力汽车的一种。这种混合动力系统通常在城市公交车上使用,而很少在轿车上使用。

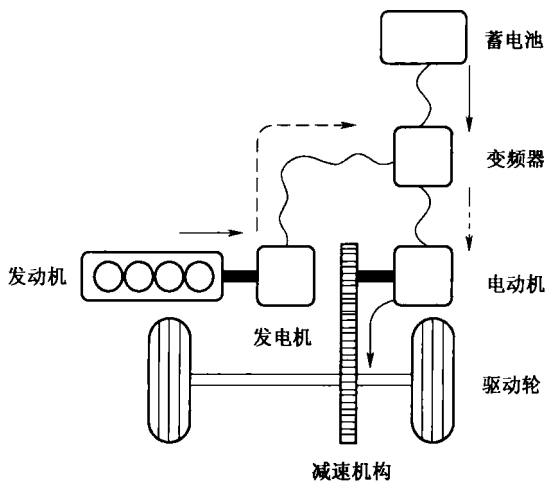


图 1-12 串联式混合动力系统示意图

2. 并联式混合动力汽车(PHEV)

并联式混合动力汽车(Parallel Hybrid Electric Vehicle, 简称 PHEV)的混合动力系统如图 1-13 所示, 主要由发动机、变频器、蓄电池、电动机/发电机、减速机构、变速器、驱动轮等组成。

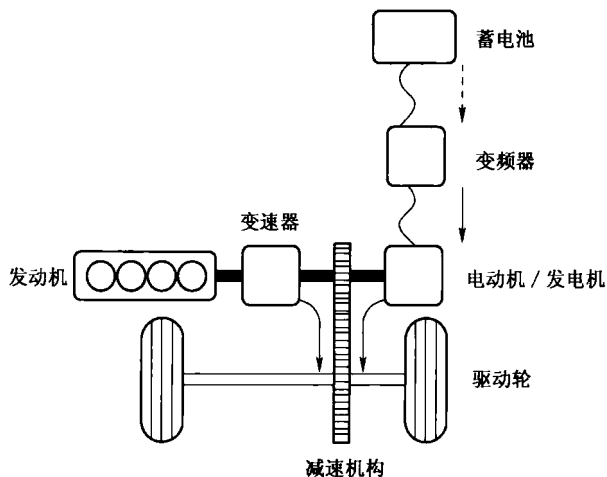


图 1-13 并联式混合动力系统示意图

并联式混合动力汽车采用发动机和电动机两个动力驱动,以发动机为主动动力,电动机作为辅助动力。发动机和电动机可以独自驱动车辆,也可以同时协调工作。并联式混合动力汽车主要以发动机驱动车辆行驶,在汽车起步、加速等工况用电动机辅助驱动,以降低发动机油耗。当发动机提供的功率大于车辆所需驱动功率时或者当车辆制动时,电动机工作于发电机状态,给蓄电池充电。

对于发动机与电动机的动力组合,电动机动力的接入位置有下列几种:

1) 发动机输出轴处。结构紧凑,电动机比功率大,已形成系列产品,采用中间离合器可以减少回收能量损失,但制动回收能量损失较大。

2) 变速器处。与变速器制成一体,但变速器改动大,不适合现有车辆改装。

3) 驱动轮处。不改动发动机总成,适合单一的无怠速系统,可以使用 12V 电源,但功能单一,需要设置一个增扭器。

并联式混合动力系统结构比较简单,成本低,适用于多种行驶工况,尤其适用于复杂的路况。这种混合动力系统在本田改为中文名称(Accord)和思域上应用较多。

3. 混联式混合动力汽车(PSHEV)

混联式混合动力汽车(Split Hybrid Electric Vehicle,简称 PSHEV)的混合动力系统即串联式与并联式的混合动力系统,如图 1-14 所示,主要由发动机、电动机、发电机、蓄电池、变频器、动力分离装置、减速机构等组成。

发动机和电动机采用轮系将动力结合在一起,可以灵活地根据车辆行驶工况来调节发动机的功率输出和电动机的运转。在车辆起步和低速行驶时只用电动机驱动,在车速提高时发动机和电动机配合驱动。发动机的动力通过动力分离装置分成两部分,一

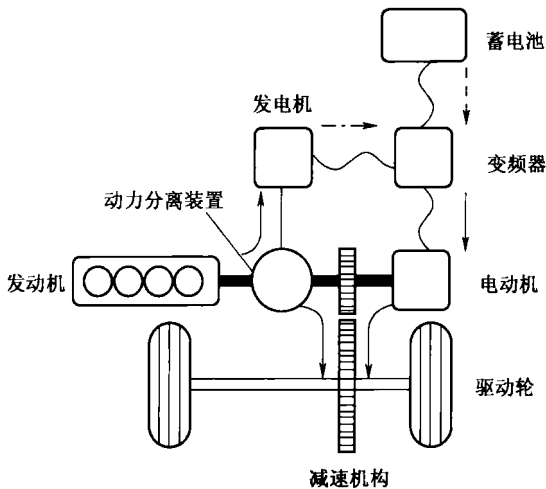


图 1-14 混联式混合动力系统示意图

部分用来直接驱动车辆,另一部分用来带动发电机发电。

但混联式混合动力汽车结构复杂,成本高。但随着控制技术和制造技术的发展,一些混合动力汽车倾向于选择这种结构。

混联式混合动力系统在丰田普锐斯上应用较多。另外,发动机直接驱动前轮,电动机驱动后轮,适合于四轮驱动车辆。

二、按动力混合度分类

按混合动力系统中电动机的输出功率在整个动力系统输出功率中所占的比重,也就是常说的动力混合度的不同,混合动力汽车可以分为微混合动力汽车、轻混合动力汽车、中混合动力汽车和全混合动力汽车。

1. 微混合动力汽车

微混合(Micro Hybrids)也称为“起/停混合”。微混合动力汽车的代表车型是 PSA 的混合动力 C3、丰田的混合动力(Vitz)、奇瑞 A5。这种混合动力系统在传统发动机上的起动电机(一般为 12V)上加装了皮带驱动起动电动机(也就是常说的 Belt-alterna-

tor Starter Generator,简称 BSG 系统)。该电机为发电/起动一体式电动机,用来控制发动机的起动和停止,从而取消了发动机的怠速,降低了油耗和排放。微混合动力系统电动机的电压通常有 12V 和 42V,其中,42V 主要用于柴油混合动力系统。从严格意义上讲,微混合动力系统的汽车不属于真正的混合动力汽车,电动机仅作为发动机的发电机/起动机使用,并没有为汽车行驶提供持续的动力。

2. 轻混合动力汽车

轻混合(Mild Hybrids)也称“辅助驱动混合”。轻混合动力汽车的代表车型是通用(GM)的混合动力皮卡车。这种混合动力系统采用了集成起动电动机(也就是常说的 Integrated Starter Generator,简称 ISG 系统)。车辆还是以发动机为主要动力,电动机安装在发动机和变速器之间,作为辅助动力。当行驶中需要更大驱动力时,它被用做电动机;当需要起动发动机时,它被用做起动机。

与微混合动力系统相比,轻混合动力系统除了能够实现用电动机控制发动机的起动和停止外,还能够实现在减速和制动工况下,对部分能量进行吸收,而在行驶过程中,发动机等速运转,发动机产生的能量可以在车轮的驱动需求和发电机的充电需求之间进行调节。轻混合动力系统的混合度一般在 20%以下。

3. 中混合动力汽车

中混合动力汽车的代表车型是本田(Insight)、(Accord)和思域、别克君越(Eco Hybrid)。中混合动力系统同样采用了 ISG 系统。与轻度混合动力系统不同,中混合动力系统采用的是高压电机。另外,中混合动力系统还增加了一个功能,当汽车处于加速或者大负荷工况时,电动机能够辅助驱动车轮,从而补充发动机本身动力输出的不足,从而更好地提高整车的性能。这种系统的混合度较高,可以达到 30%左右,目前技术已经成熟,应用广泛。