

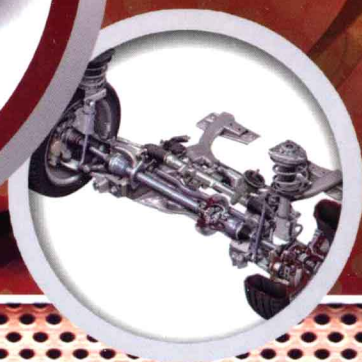
kantu xuexiu qiche hunhe dongli xitong

看图学修



汽车混合动力系统

姚科业 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

看图学修汽车混合动力系统

姚科业 主编



机械工业出版社

本书从实际角度出发,系统、全面地介绍混合动力汽车的分类、混合动力系统的组成、工作原理及典型混合动力系统的维修。全书共分四章,内容主要包括混合动力汽车概述、丰田凯美瑞混合动力系统的结构原理与维修、本田思域混合动力系统的结构原理与维修和别克君越混合动力系统的结构原理与维修。

本书内容全面,翔实具体,实用性强,浅显易懂,适合从事汽车维修、销售和技术管理等工作的工人和技术人员阅读,也可供汽车维修、汽车检测及相关技术人员作为培训或参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

看图学修汽车混合动力系统/姚科业主编. —北京:
机械工业出版社, 2013. 5
ISBN 978-7-111-41798-9

I. ①看… II. ①姚… III. ①混合动力汽车—车辆修
理—图解 IV. ①U469.707-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 048846 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:徐 巍 责任编辑:徐 巍 何士娟

版式设计:潘 蕊 责任校对:刘怡丹 樊钟英

封面设计:赵颖喆 责任印制:乔 宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2013 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·21.5 印张·532 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-41798-9

定价: 56.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

汽车废气排放和能源成本问题一直备受关注，混合动力汽车和电动汽车被看做是一种自然的发展目标。通过了解整个混合动力和电动汽车传动系统能量消耗的详细分析，以及传动系统内部各个相关部件的运转状态，可以最大程度地优化汽车的设计，从而达到改善油耗的目标。

混合动力汽车(Hybrid Electric Vehicle, HEV)是指同时装备两种动力来源的汽车，这是广义的混合动力汽车。狭义上的混合动力汽车是指由传统的汽油机或者柴油机产生与电动力源(电池与电动机)的汽车。混合动力汽车的发动机要使用燃油，而且在起步、加速时，由于有电动机的辅助，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，使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。

在全球汽车市场，丰田堪称是混合动力的鼻祖。丰田成功的因素很多，其中之一就是混合动力技术的开发和应用。混合动力技术是丰田的核心技术。丰田的混合动力系统是全混合系统。它拥有一台汽油机和一个电动机。这种系统能够实现电动机的单独驱动。目前丰田的油电混合动力技术已经发展到第二代。

除了丰田公司外，其他汽车厂家也在混合动力汽车研究和开发上取得了不错的成绩。目前在国内市场上有几款混合动力技术比较成熟的车，如本田思域、别克君越和大众途观等。国内汽车厂家也在这一领域取得了不错的成绩，如比亚迪汽车公司。

目前，市面上有关混合动力汽车方面的书很少，为了让更多人，特别是使用和维修混合动力汽车的人所了解，我们编写了本书。本书以丰田凯美瑞、本田思域、别克君越为主，用通俗的语言和详细的图表说明了混合动力汽车的结构、原理与维修。

本书共分四章，第一章对混合动力汽车的定义、分类、组成等进行了介绍；第二章详细介绍了丰田凯美瑞混合动力汽车的结构、工作原理与维修；第三章详细介绍了本田思域混合动力汽车的结构、工作原理与维修；第四章详细介绍了别克君越混合动力汽车的结构、工作原理与维修。

本书由姚科业主编，参加编写的人员还有李其龙、李春晖、李善良、林瑞康、叶发金、杨飞燕、郑跃伟、潘志光、杨汉珠、杨永建、欧春英、许晓嫦、宣承永等。在本书的编写过程中，编者参考了国内外许多同行、专家的论文及论著的研究内容，在此对他们衷心感谢！

本书可作为技术人员和维修人员学习和掌握混合动力汽车结构、工作原理和维修的入门书，适合从事汽车维修、销售和技术管理等工作的工人和技术人员阅读，也可供汽车维修、汽车检测及相关技术人员作为培训或参考使用。

本书所涉及的技术内容较新，范围较广，但编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者不吝指正。

编 者



目 录

前言

第一章 混合动力汽车基本结构与工作原理	1
第一节 混合动力汽车的基本原理	1
一、混合动力汽车的概念	1
二、混合动力系统的主要部件	2
三、混合动力汽车的优缺点	4
第二节 混合动力系统的类型	4
一、按结构来分类	4
二、按混合程度来分类	6
第三节 混合动力电驱动系统	7
一、混合动力汽车电驱动系统概述	7
二、直流电动机	9
三、三相异步感应交流电动机	10
四、永磁电动机	11
五、开关磁阻电动机	15
六、电动机的控制	16
第二章 丰田凯美瑞汽车混合动力系统维修	19
第一节 凯美瑞汽车混合动力系统的工作原理	19
一、丰田混合动力系统-II (THS-II) 概述	19
二、凯美瑞汽车混合动力系统的组成	25
三、凯美瑞汽车混合动力系统的工作原理	40
四、混合动力系统维修注意事项	63
第二节 混合动力控制系统的维修	65
一、混合动力控制系统	65
二、冷却液(逆变器)	92
三、带转换器的逆变器	94
四、混合动力车辆控制 ECU	100
五、带电动机的水泵	102
六、副散热器	103
七、线束组	104
八、加速踏板拉杆	108
九、前断路器传感器	108
十、检查 IGCT 继电器	109
第三节 混合动力蓄电池系统的维修	109



一、混合动力蓄电池系统	109
二、HV 蓄电池	114
三、蓄电池智能单元	120
四、HV 继电器总成	120
五、检查蓄电池鼓风机继电器	125
六、维修塞把手	125
七、蓄电池鼓风机	127
八、混合动力车辆转换器	128
第四节 混合动力变速器和传动桥的维修	131
一、车上检查混合动力传动桥系统	131
二、更换混合动力传动桥油	132
三、变速杆位置传感器	133
四、混合动力车辆传动桥	136
五、变速杆	141
六、混合动力传动桥油封	149
七、输入轴油封	150
八、传动桥控制拉索总成	151
第三章 本田思域汽车混合动力系统维修	155
第一节 思域混合动力系统的工作原理	155
一、混合动力系统的组成	155
二、混合动力系统的工作原理	158
三、IMA 控制系统	161
四、混合动力车型制动系统	162
五、IMA 系统维修前的注意事项	163
第二节 IMA 混合动力系统的维修	165
一、一般故障处理信息	165
二、IMA 系统故障码诊断	168
三、指示灯	223
四、IPU 模块	228
五、BCM 模块的拆卸与安装	229
六、DC-CD 转换器的拆卸与安装	230
七、电源控制装置(PCU)	230
八、更换 MCM	232
九、蓄电池	232
十、接线板	233
十一、更换高压接触器	234
十二、更换旁通接触器	235
十三、更换旁通电阻器	235
十四、IMA 电机	236



第四章 别克君越汽车混合动力系统的维修	243
第一节 君越混合动力系统的工作原理	243
一、君越混合动力 BAS 系统	243
二、君越混合动力能量存储系统	248
三、君越混合动力冷却系统	250
第二节 混合动力控制系统的维修	250
一、混合动力控制系统故障码诊断程序	250
二、混合动力控制系统各部件的维修	280
第三节 混合动力冷却系统的维修	291
一、混合动力冷却系统故障码诊断程序	291
二、混合动力冷却系统各部件的维修	294
第四节 混合动力能量存储系统的维修	296
一、混合动力能量存储系统故障码诊断程序	296
二、混合动力能量存储系统各部件的维修	318
参考文献	337

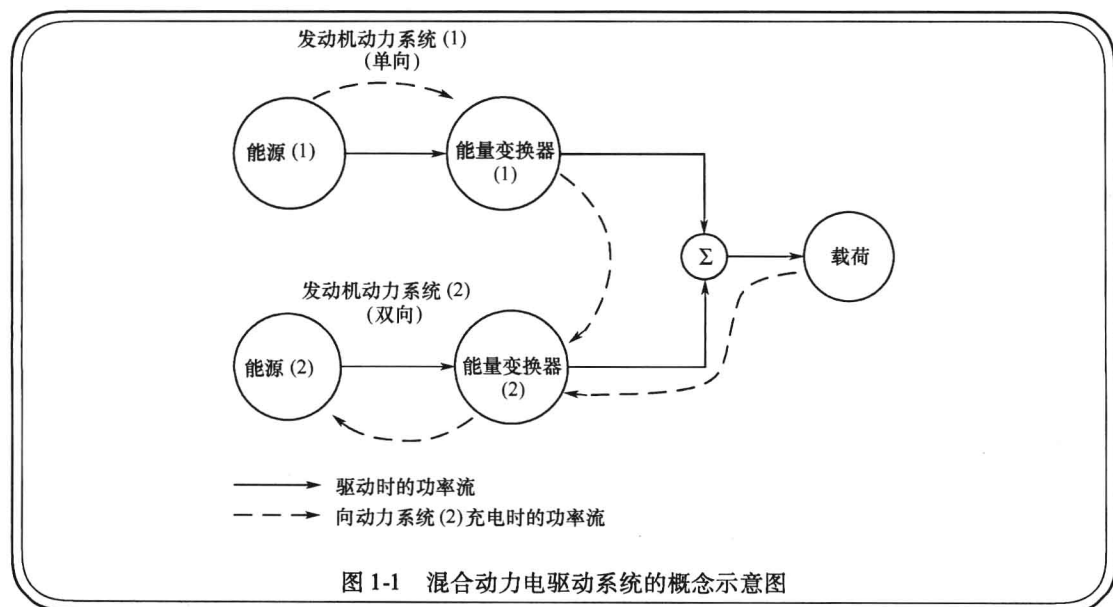
第一章

混合动力汽车基本结构与工作原理

第一节 混合动力汽车的基本原理

一、混合动力汽车的概念

从广义上说，混合动力汽车是指拥有至少两种动力源，使用其中一种或多种动力源提供部分或者全部动力的车辆，也叫复合动力汽车。但是，在现今的实际生活中，混合动力汽车多半是指采用传统的内燃机和电动机作为动力源，通过混合使用热能和电力两套动力系统的汽车。使用的内燃机既有柴油机又有汽油机，因此可以使用传统汽油或者柴油，也有的发动机经过改造使用其他替代燃料，如压缩天然气、丙烷和乙醇燃料等。使用的电力系统中包括高效强化的电动机、发电机和蓄电池。图 1-1 所示是混合动力电驱动系统的概念示意图，以及可能的各种动力流的通路。





混合动力电驱动系统通过被采用的动力系统向载荷供应其动力。在由汽油(柴油)机(发动机动力系统1)和蓄电池-电动机(电力系统2)混合集成的情况下,与载荷需求相配合的由两动力系统运作的有效模式共有九种,分别如下:

模式①,发动机动力系统1单独向载荷提供动力

这一模式是单发动机驱动模式,可应用于蓄电池组近乎完全放电而发动机没有剩余功率给蓄电池组充电的情况,或可应用于蓄电池组已完全充电而发动机能供应足够的动力去满足车辆动力需求的情况。

模式②,电力系统2单独向载荷提供动力

这一模式是纯粹的电驱动模式,其中发动机是关闭的。这一模式可应用于发动机不能有效地运行的场合,如极低速状态,或在严禁排放的区域内行驶的场合。

模式③,发动机动力系统1和电力系统2两者都向载荷提供动力

这一模式是混合牵引模式,可应用于需要大量动力供给的情况,如当急剧加速或爬陡坡之际。

模式④,电力系统2由载荷获得功率(再生制动)

这一模式是再生制动模式,由此借助于电动机运行在发电机状态,车辆的动能或位能得以回收。回收的能量储存于蓄电池组,并在以后重复利用。

模式⑤,电力系统2从发动机动力系统1中获得功率

这一模式是发动机向蓄电池组充电的模式,这时车辆处于停止、惯性滑行或小坡度下坡运行状态,没有动力应用于载荷或来自载荷。

模式⑥,电力系统2从发动机动力系统1和载荷中同时获得功率

这一模式是同时存在再生制动和内燃机向蓄电池组充电的模式。

模式⑦,发动机动力系统1同时向载荷和电力系统2提供动力

这一模式是发动机驱动车辆和同时向蓄电池组充电的模式。

模式⑧,发动机动力系统1向电力系统2提供功率,同时电力系统2向载荷提供动力

这一模式是发动机向蓄电池组充电,同时蓄电池组向载荷供应功率的模式。

模式⑨,发动机动力系统1向载荷提供动力,同时载荷向电力系统2提供功率

这一模式是借助于车辆的质量,来自于热机的动力流进入蓄电池组的模式。

在混合动力汽车中,稳定的功率可由内燃机、斯特林发动机或燃料电池等提供。因为动态功率取自动态功率源,故所采用的内燃机或燃料电池比单动力系统设计中的内燃机或燃料电池要小得多,于是便能令其稳定地运行在最佳效率区。动态功率可由配置蓄电池组的电动机、超级电容器组或飞轮组(机械蓄电池组)提供,或可由它们组合配置提供。

二、混合动力系统的主要部件

1. 发动机

内燃机是现今应用于汽车最主要的动力装置。在可预见的将来,它将仍是主要的汽车动力装置。在混合动力汽车中,内燃机也将是主要电源的第一选择。然而,混合动力汽车的工作与传统汽车有所不同,混合动力汽车中的发动机需较长时间以高功率运转,而不需频繁改变功率输出。到目前为止,专为混合动力汽车设计和控制的发动机系统还没有得到充分的



开发。

混合动力汽车可以广泛地采用四冲程内燃机(包括汽油机和柴油机)、二冲程内燃机(包括汽油机和柴油机)、转子发动机、燃气轮机和斯特林发动机等。一般转子发动机和燃气轮机的燃烧效率比较高,排放也比较洁净,采用不同的发动机就可以组成不同的混合动力汽车。

2. 电动机

混合动力汽车的电动机作为辅助动力来降低燃料的消耗和实现低污染,或在纯电动驱动模式时实现“零污染”。混合动力汽车上电动机的工作条件及其工作模式与传统电动机相比有着很大的区别,这些区别使得工业电动机不适合在汽车上使用。混合动力汽车可以采用直流电动机、交流感应电动机、永磁电动机和开关磁阻电动机等。随着混合动力汽车的发展,直流电动机已经很少采用,多数采用了感应电动机和永磁电动机,开关磁阻电动机的应用也得到重视,还可以采用特种电动机为混合动力汽车的驱动电动机,采用不同的电动机就可以组成不同的混合动力汽车。

3. 电池

混合动力汽车具有两个蓄电池系统:一个是12V直流蓄电池系统,它主要是为车上常规的用电器提供电压;另一个是电压更高的直流蓄电池系统,它经过DC-DC转换器将直流转换后给电机提供交流电能,同时它还将存储电机发电所产生并经DC-DC转换器转换后的直流电。高压直流蓄电池系统储电量和电压随混合动力系统的要求而变化。混合动力汽车的高压直流蓄电池从36V到600V以上不等,所有混合动力设计采用串联连接的蓄电池均是为了获取所需的直流电源电压。

4. 混合动力控制系统

在混合动力汽车上普遍地采用以计算机为核心的现代计算机技术和自动控制技术,各种智能控制系统包括自适应控制技术、模糊控制技术(Fuzzy)、专家控制系统(Expert System)、神经网络控制系统(Neural Networks)等,它逐渐应用到混合动力汽车上,使混合动力汽车更加安全、节能、环保和舒适。

(1) 混合动力汽车控制系统的功能

① 使混合动力汽车的动力性能能够达到或接近现代内燃机汽车的水平,逐步实现混合动力汽车的实用化。

② 最大程度地发挥了电动机驱动的辅助作用,使混合动力汽车的燃油消耗量尽量降低,实现发动机的节能化。目前混合动力汽车已达到3L/100km左右的水平。

③ 在环保方面,实现“超低污染”的环保标准。

④ 在混合动力汽车上实现对发动机驱动系统和对电动机驱动系统的双重控制。发动机与电动机的动力系统应进行最有效的组合,实现最佳匹配和高效利用,能够回收再生制动能量,延长车辆的行驶里程,改进混合动力汽车的环保性能。

⑤ 在操纵装置和操纵方法上继承或沿用内燃机汽车主要的操纵装置和操纵方法,适应驾驶人的操作习惯,使操作简单化和规范化。

⑥ 在整车控制系统中,采用全自动、机电一体化控制系统,达到安全、可靠、节能、环保和控制灵活的目的。

混合动力汽车一般是传统内燃机汽车的替代和延伸,继承和沿用了很大部分内燃机汽车



的传动系统，保留了内燃机汽车的操纵装置，包括发动机控制装置加速踏板、制动踏板、离合器、自动离合器、变速器的操纵装置等。由这些操纵装置发出控制信号，通过中央控制器和各种控制模块，向内燃机的驱动系统或电动机驱动系统发出单独驱动指令或混合驱动指令，来获得不同的驱动模式，按照驾驶人的意图，实现混合动力汽车的起动、行驶、加速、爬坡、减速和制动时驱动模式转换的控制。

(2) 混合动力汽车控制系统的组成部分

- ① 控制系统，由操纵装置、中央控制器和各种控制模块共同组成。
- ② 发动机及其驱动系统，以及发动机和发动机驱动系统的控制系统。
- ③ 电动机及其驱动系统，以及电动机和电动机驱动系统的控制系统。
- ④ 信号反馈及检测装置，包括各电信号检测装置、显示装置和自诊断系统等。

三、混合动力汽车的优缺点

1. 混合动力汽车的优点

① 混合动力汽车按平均需用的功率来确定发动机的最大功率，此时处于油耗低、污染少的最优工况下工作。需要大功率但发动机功率不足时，由蓄电池来补充；负荷少时，富余的功率可发电给蓄电池充电，由于发动机可持续工作，蓄电池又可以不断得到充电，故其行程和普通汽车一样。

② 因为有了蓄电池，可以十分方便地回收制动时、下坡时、怠速时的能量。

③ 在繁华市区，可关闭发动机，由蓄电池单独驱动，实现“零”排放。

④ 发动机可以十分方便地解决空调、取暖、除霜耗能大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 可让蓄电池保持在良好的工作状态，不发生过充电及过放电，延长其使用寿命，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，各自有各自的管理控制系统，结构更复杂，技术更难，成本更高。

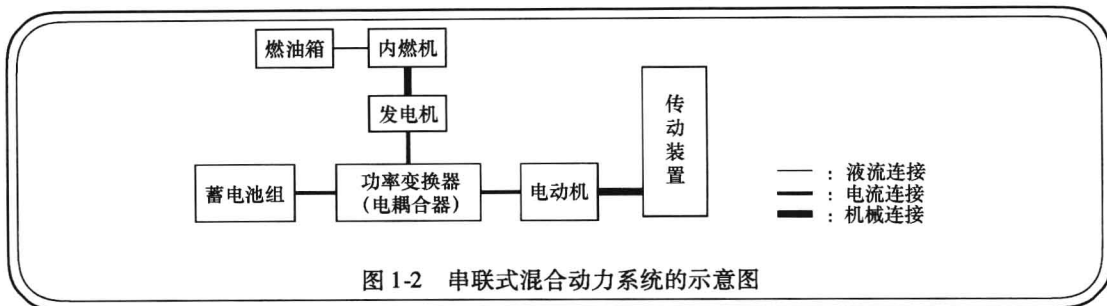
第二节 混合动力系统的类型

一、按结构来分类

目前世界各国研究开发的混合动力汽车有不同的结构形式，根据其动力传动系统的配置和组合方式不同，分为串联式、并联式、混联式和复合式四种形式。

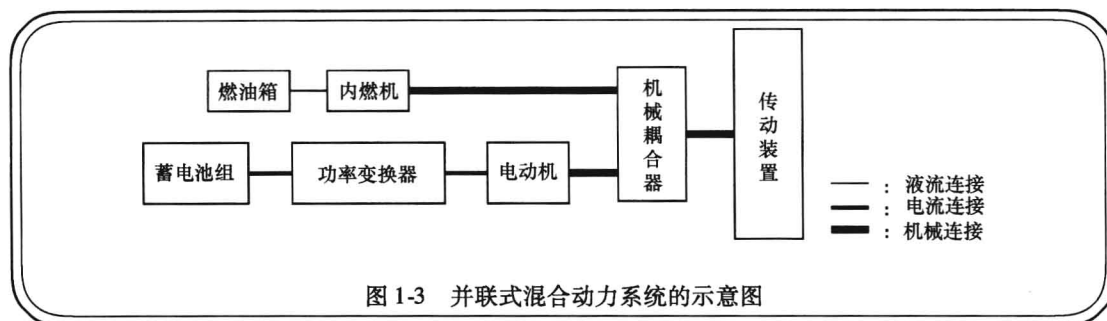
1. 串联式混合动力系统

图 1-2 所示为串联式混合动力系统的示意图。串联式混合动力系统的关键特征是在功率变换器中两个电功率被加在一起。该功率变换器起电功率耦合器的作用，控制从蓄电池组和发电机到电动机的功率流，或反向控制从电动机到蓄电池组的功率流。燃油箱、发动机和发电机组成基本能源，而蓄电池组则起能量缓冲器的作用。



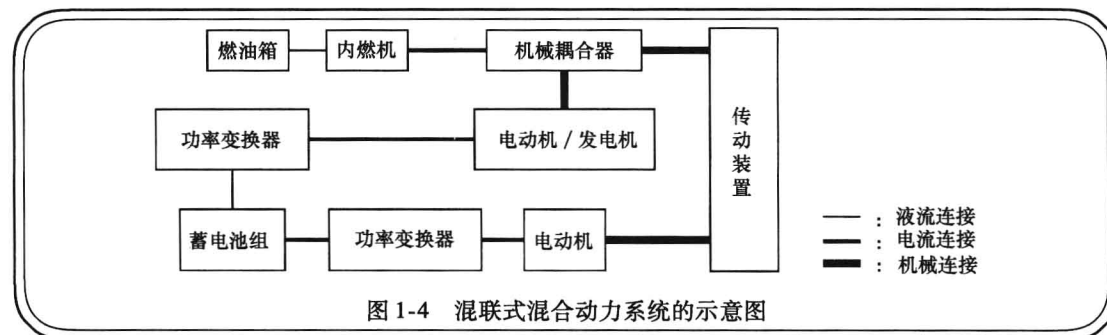
2. 并联式混合动力系统

图 1-3 所示为并联式混合动力系统的示意图。它的关键特征是在机械耦合器中两个机械功率被加在一起。发动机是基本能源设备，而蓄电池组和电动机驱动装置则组成能量缓冲器。此时，功率流仅受动力装置——发动机和电动机所控制。



3. 混联式混合动力系统

图 1-4 所示为混联式混合动力系统的示意图。这一构造的明显特征是使用两个功率耦合器——机械的和电气的耦合器。实际上，这一构造是串联式和并联式结构的组合，它具有两者的主要特性，并且相比于串联式或并联式的单一结构，拥有更多的运行模式。从另一方面来说，它的结构相对地更为复杂，且多半成本较高。

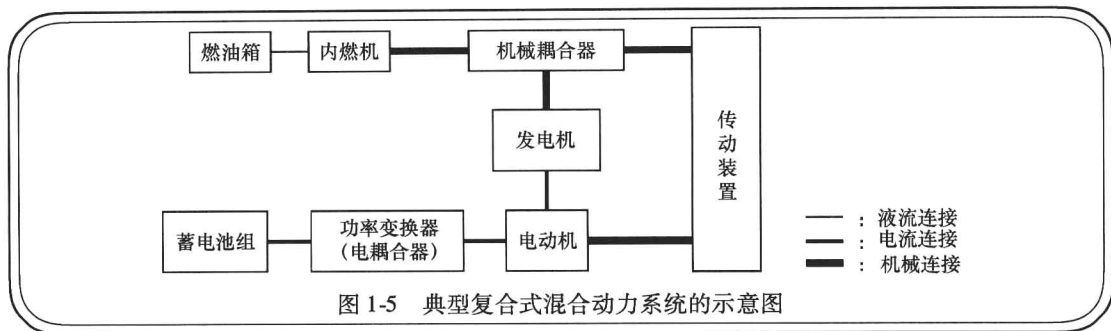


4. 复合式混合动力系统

图 1-5 所示为典型复合式混合动力系统的示意图，它具有与混联式相似的结构。唯一的



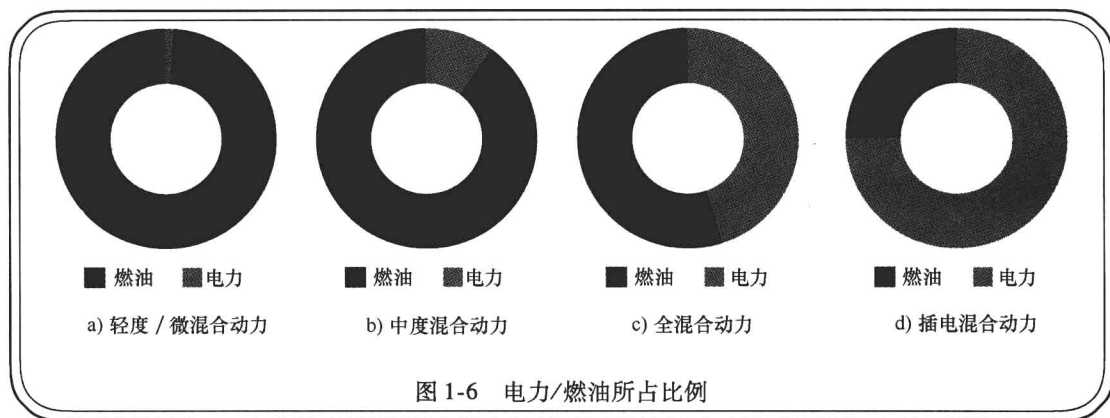
差异在于电耦合功能由功率变换器转移到蓄电池组，并且在电动机/发电机组和蓄电池组之间加入一个功率变换器。



上述分类在科学意义上并非十分清晰，且可能引起混淆。实际上，混合动力汽车中，在驱动系统内存在着两类能量流：一类是机械能量流；另一类是电能量流。在功率交汇点处，始终以同一类功率形式，即电气的或机械的功率形式，而不是呈现着两个功率的相加或将一个功率分解为两个功率。这样，或可由功率耦合或解耦特性来更精确地定义混合动力汽车电力驱动系统的构造，例如电耦合驱动系统、机械耦合驱动系统以及机械-电气耦合驱动系统。

二、按混合程度来分类

根据在混合动力系统中，电机的输出功率在整个系统输出功率中占的比重，也就是常说的混合度的不同，混合动力系统还可以分为微混合动力系统、轻混合动力系统、中混合动力系统、完全混合动力系统和插电混合动力系统五种类型，它们的电力/燃油所占比例如图 1-6 所示。



1. 微混合动力系统(BSG 系统)

微混合动力系统在传统发动机上的起动机(一般为 12V)上加装了带驱动起动机(Belt-alternator Starter Generator, BSG)。该电机为发电机-起动机(Stop-Start)一体式电机，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。从严格意义上说，微混合动力系统的汽车不属于真正的混合动力汽车，因为它的电机并没有为汽车行驶提供持续的动力。在微混合动力系统里，电机的电压通常有两种：12V 和 42V，其中 42V 主要用于柴油混合动力系统。微混合动力系统代表的车型是 PSA 公司的混合动力版 C3 和丰田公司的混



合动力版 Vitz。

2. 轻混合动力系统(ISG 系统)

轻混合动力系统采用了电动机-发电机一体化(Integrated Starter Generator, ISG)。与微混合动力系统相比,轻混合动力系统除了能够实现用发电机控制发动机的启动和停止外,还能够实现:

① 在减速和制动工况下,对部分能量进行吸收。

② 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。轻混合动力系统的代表车型是通用汽车公司的混合动力皮卡车。

3. 中混合动力系统

中混合动力系统同样采用了 ISG 系统,但与轻度混合动力系统不同的是高压电机。此外,中度混合动力系统还增加了一个功能:在车辆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,从而提高了整车的性能。这种系统的混合程度可以达到 30% 左右,技术已经成熟,应用比较广泛。中混合动力系统的代表车型是本田公司旗下混合动力的音赛特(Insight),雅阁和思域等车型。

4. 完全混合动力系统

完全混合动力系统采用了 272 ~ 650V 的高压起动机,混合程度更高。与中混合动力系统相比,完全混合动力系统的混合度可以达到 50% 以上。技术的发展将使得完全混合动力系统逐渐成为混合动力技术的主要发展方向。完全混合动力系统的代表车型是丰田公司的普锐斯和未来的 Estima。

5. 插电混合动力系统

插电式混合动力系统是一种将纯电动系统和现有混合动力系统相结合的产物。由于车辆带有外接插入式充电系统,车辆可以单独利用电动机行驶较长的距离,将内燃机的工作比例进一步缩小,提供更好的节油比例,但会消耗一定的电能。同时,又解决了目前纯电动汽车续航里程短的问题。但随着电池技术的发展,插电式混合动力系统仅仅是一种过渡方案。

以上五种不同的混合方式,都能在一定程度上降低油耗和排放。各大汽车厂商经过多年研发投入,试验总结,商业应用,形成了各具特色的混合动力技术之路。

第三节 混合动力电驱动系统

一、混合动力汽车电驱动系统概述

1. 混合动力汽车电驱动系统的特点

混合动力汽车是利用电驱动作为辅助动力,来降低燃料的消耗,实现低污染,或在纯电动驱动模式时实现零污染。混合动力汽车上电驱动系统的工作条件及其工作模式与传统电动机相比有着很大的区别,这些区别使得工业电动机不适合在汽车上使用。相对于传统工业电动机而言,混合动力汽车上所使用的电驱动系统一般有以下特点:

① 混合动力汽车上所使用的电机的响应性能要求更高。混合动力汽车上的电机往往要求频繁起停、频繁加减速以及频繁切换工作模式(作为电动机使用时驱动汽车,作为发电机使用时实现能量回收及发电)。



② 混合动力汽车电驱动系统具有体积小、质量轻、功率密度和工作效率高性能，这是因为汽车内部空间有限。

③ 相对于传统电机而言，混合动力汽车的电机具有更高的可靠性、抗振性和抗干扰性。混合动力汽车电驱动系统的工作环境更为恶劣，干扰更大。

④ 传统电动机一般工作在额定功率附近，而混合动力汽车电动机的工作范围相对较宽，且由于混合动力汽车上电机工作模式的特殊性(工况经常处于动态变化中)，额定功率这个参数对于混合动力所使用的电动机而言没有特别大的意义，所以对其额定功率的要求并不严格。而在高效工作区间，这个参数则更为实际和重要。

⑤ 在供电方式上，传统电机由常规标准电源供电，而混合动力汽车用电动机所使用的电能来源于蓄电池，且由功率变换器直接供给。另外电机的使用电压及形式并不确定，从减少功率损耗及降低电动机逆变器成本的角度而言，一般倾向于使用较高的电压。

2. 混合动力汽车驱动电动机的种类

传统电动机的种类很多，用途广泛，功率的覆盖面非常大。相对而言，混合动力汽车所采用的电动机种类较少，功率覆盖面也较窄。

混合动力汽车最早采用了控制性能好和成本较低的直流电动机。随着电子技术、机械制造技术和自动控制技术的发展，直流电动机逐步被性能更加优越的交流电动机、永磁电动机和开关磁阻电动机所取代。现今混合动力汽车所采用的电动机种类如图 1-7 所示。

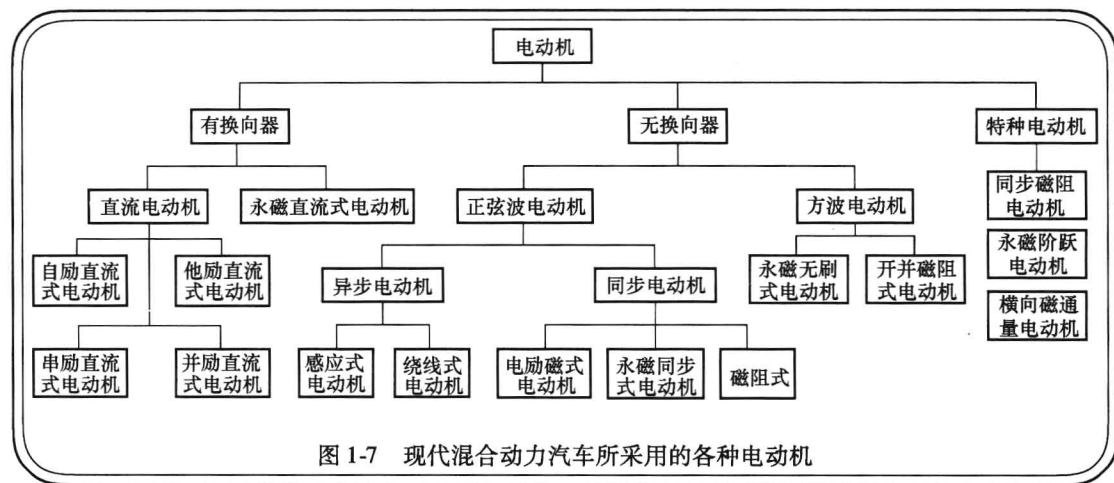


图 1-7 现代混合动力汽车所采用的各种电动机

3. 混合动力汽车对电动机性能的基本要求

混合动力汽车驱动电动机的主要参数为：电动机类型、额定电压、机械特性、效率、尺寸参数、质量参数、可靠性和成本等。表 1-1 所示为现今混合动力汽车所采用的各种电动机的基本性能比较。此外，电动机所配置的电子控制系统和驱动系统，也会影响驱动电动机的性能。

表 1-1 各种电动机的基本性能比较

项目	直流电动机	感应式电动机	永磁式电动机	开关磁阻式电动机
功率密度	低	中	高	较高
过载能力(%)	200	300~500	300	300~500
峰值效率(%)	85~89	94~95	95~97	90



(续)

项目	直流电动机	感应式电动机	永磁式电动机	开关磁阻式电动机
负荷效率(%)	80 ~ 87	90 ~ 92	97 ~ 85	78 ~ 86
功率因数(%)	—	82 ~ 85	90 ~ 93	60 ~ 65
恒功率区	—	1: 5	1: 2.25	1: 3
转速范围/(r/min)	4000 ~ 6000	12000 ~ 20000	4000 ~ 100000	> 15000
可靠性	一般	好	优良	好
结构的坚固性	差	好	一般	优良
电动机外形	大	中	小	小
电动机质量	重	中	轻	轻
控制操作性能	最好	好	好	好
控制器成本	低	高	高	一般

① 在允许的范围内,尽可能采用高电压。这样可以减小电动机和导线等的尺寸,特别是可以降低逆变器的造价。

② 高转速。电动汽车所采用的感应式电动机的转速可以达到 8000 ~ 12000r/min。高转速电动机的体积较小,质量较轻,有利于降低混合动力汽车的整车装备质量。

③ 质量轻。电动机采用铝合金外壳,以降低电动机的质量,各种控制装置和冷却系统的质量等也要求尽可能轻。

④ 电动机应具有较大的起动转矩和较大范围的调速性能。大的起动转矩和较大范围的调速性能使混合动力汽车具有良好的起动性能和加速性能,以获得所需要的起动、加速、行驶、减速、制动等的功率与转矩。

⑤ 电动机具有自动调速功能。装备自动调速功能电动机的车辆可以减轻驾驶人的操纵强度,提高驾驶的舒适性,并且能够达到与内燃机汽车加速踏板同样的控制响应。

⑥ 电驱动系统应效率高、损耗低,并在车辆减速时能实现再生制动将制动能量回收。再生制动回收的能量一般可达到总能量的 10% ~ 15%。

⑦ 电动机的工作电压可以达到 300V 以上,其电气系统和控制系统的安全性都必须符合国家(或国际)有关车辆电气控制的安全性能的标准和规定,装备有高压保护设备。

除了上面所述的这些以外,电驱动系统还要求可靠性好、耐温和耐潮性能强、运行时噪声低、能够在较恶劣的环境下长时间工作、结构简单、适合大批量生产、使用维修方便、价格便宜等。

二、直流电动机

1. 直流电动机的种类和基本性能

在混合动力汽车上最常见的直流电动机有串励直流电动机和他励直流电动机两种。

(1) 串励直流电动机

串励直流电动机的励磁电流和电枢电流相等,能获得每单位电流的最高转矩,起动转矩大,有较好的起动特性以及较宽的恒功率调速范围,有利于提高混合动力汽车的动力性能。



(2) 他励直流电动机

他励直流电动机能够分别控制励磁电流和电枢电流, 来实现对电动机的控制。他励直流电动机具有线性特性和稳定输出特性, 可以扩大其调速范围, 能够实现在减速和制动时的再生制动, 回收一部分能量。

2. 直流电动机的特点

直流电动机的磁场和电枢可以分别控制, 因此控制起来比较容易, 而且控制性能较好。直流电动机的容量范围很广, 可以根据所需的转矩和最高转速来选用所需要的容量。直流电动机的制造技术和控制技术都较成熟, 驱动系统价格较便宜。

因为直流电动机上有电刷、换向器等接触零件, 它们容易磨损。在高速旋转时电刷与换向器之间会产生火花, 严重时形成“环火”, 限制了直流电动机转速的提高。

直流电动机的优点是具有优良的电磁转矩控制特性, 调速比较方便, 控制装置简单、价廉。缺点是结构较复杂, 效率较低, 可靠性较差, 重量大, 体积大, 价格高, 需要经常维护和修理。

3. 直流电动机的控制系统

直流电动机在电源电路上可以采用少量的控制元器件, 最常采用的有 IGBT 电子功率开关的斩波器作为控制装置。IGBT 斩波器是在直流电源与直流电动机之间的一个周期性的通断开关装置, 斩波器根据直流电动机输出转矩的需要, 脉冲输出和变换直流电动机所需的电压(从零到最高), 与直流电动机输出的功率相匹配, 来驱动和控制直流电动机运转。

三、三相异步感应交流电动机

1. 三相异步感应交流电动机的类型与结构

三相异步感应交流电动机有鼠笼式异步感应电动机(简称感应电动机)和绕线式异步感应电动机两种。

鼠笼式感应电动机是应用最为广泛的电动机, 三相异步感应电动机的定子和转子由层叠、压紧的硅钢片组成, 两端采用铝盖封装, 在转子和定子之间没有相互接触的部件, 结构简单, 运行可靠, 经久耐用, 价格低廉。

2. 三相异步感应交流电动机的基本性能

三相异步感应电动机的功率容量覆盖面很宽广, 从零点几瓦到几千千瓦, 最高转速可以达到 10000 ~ 12000r/min, 采用空气冷却或液体冷却方式, 冷却自由度高, 对环境的适应性好, 并且能够实现再生制动。与同样功率的直流电动机相比较, 效率较高, 质量约要轻 50% 左右。三相异步感应电动机已经能够大批量地生产, 有各种不同型号规格的系列产品供用户选用。价格便宜, 维修简单方便, 得到普遍的应用。

3. 三相异步感应交流电动机的控制系统

在混合动力汽车上, 一般采用发电机或动力电池组作为电源。三相异步感应电动机不能直接使用直流电源, 另外, 三相异步感应电动机具有非线性输出特性。因此, 在采用三相异步感应电动机时, 需要应用逆变器中的功率半导体交换器件, 将直流电变换为频率和幅值都可以调节的交流电, 来实现对感应式电动机的控制。在混合动力汽车上, 通常功率电路有以下三种基本形式: