



手把手教您学修车丛书

李伟◎主编

SHOUBASHOU JIAONINXUE

XIUHUNHEDONGLI

QICHE

手把手教您学 **修**

混合动力汽车

汽车维修
入门必备
五星级用书

- 理解基本原理
- 了解整体构造
- 学会部件拆装
- 掌握维修技能





手把手教您学修车丛书

李伟◎主编

SHOUBASHOU JIAONINXUE

XIUHUNHEDONGLI

QICHE

手把手教您学修

混合动力汽车



本书介绍了混合动力汽车的类型、工作原理、结构特点以及故障诊断和维修方法等，书中详细讲述混合动力汽车的基础知识，对混合动力汽车的储能装置、驱动系统、能源管理和回收系统、充电技术以及车载网络技术在汽车上的应用进行了全面、系统的论述。同时以国内常见的混合动力汽车，如丰田普锐斯、宝马X6、奔驰S400、奥迪Q5等车型为例，对各车型的结构图、原理图、电路图进行详细的讲解，并引导读者对各系统进行充分的学习。

本书内容丰富、图文并茂、实用性强，可帮助读者尽快掌握混合动力汽车的故障诊断和维修技术。本书可作为高等院校及其相关专业的本科生教材，也可作为新能源汽车相关领域的工程技术人员、管理人员和科研人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

手把手教您学修混合动力汽车/李伟主编. —北京: 机械工业出版社, 2015.6

(手把手教您学修车丛书)

ISBN 978-7-111-50544-0

I. ①手… II. ①李… III. ①混合动力汽车-车辆修理
IV. ①U469.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 132445 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: 连景岩 责任编辑: 连景岩 刘 焯

责任校对: 陈立辉 责任印制: 乔 宇

北京京丰印刷厂印刷

2015 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17.25 印张·448 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-50544-0

定价: 49.90 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

服务咨询热线: 010-88361066 机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294 机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

前

言

石油短缺、环境污染和气候变暖是全球汽车产业面对的共同挑战，各国政府及产业界积极应对，纷纷提出各自的发展战略。我国是一个能源短缺的国家，非常重视节能汽车的研发。混合动力汽车凭借其节能、环保的优点日渐成为汽车工业的发展热点。在我国汽车业规划中，节能汽车被列为我国汽车行业今后5年发展的重中之重。节能汽车发展重点的是汽车电动化和动力混合化。

新型混合动力汽车将两种或更多种能量的转换技术（如发动机、燃料电池、发电机）和一种或多种能量存储技术集于一体。这种混合减少了汽车尾气排放，降低了油耗。在结构上，混合动力汽车与传统的汽油机或柴油机有很大不同，如新款丰田普锐斯动力系统采用了650V高压电、电动空调、电动水泵等新技术。国内汽车维修图书有很多，但是关于混合动力汽车维修方面的书籍却较少，为了帮助使用和维修混合动力汽车的人员，对混合动力汽车有所了解，我们特编写了此书。本书以目前最新款丰田普锐斯、奥迪Q5、奔驰S400、宝马X6为例，阐述混合动力汽车的结构、原理与维修。

本书全面、系统地论述了混合动力汽车的基础知识，对现有主流混合动力车型进行详细讲解，同时注重图文结合，使内容充实生动，书中采用大量的结构图、原理图、电路图配合文字进行讲解与描述。

参与本书编写的还有李校航、于洪燕、李春山、李校研等。由于本书涉及内容新，加之编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

→ 目 录

CONTENTS

前言

第一章 混合动力汽车基础知识

- 一 混合动力汽车的定义 2
- 二 混合动力汽车的分类 2
- 三 混合动力汽车的结构原理 3
- 四 混合动力汽车的特点 7

第二章 混合动力汽车的电动机与汽车储能装置

- 第一节 混合动力汽车的电动机特点、分类及性能要求 9
 - 一 混合动力汽车的电动机系统特点 9
 - 二 混合动力汽车驱动电动机分类 9
 - 三 混合动力汽车对电动机性能的基本要求 10
- 第二节 电动机 11
 - 一 直流电动机 11
 - 二 交流电动机 12
 - 三 永磁式电动机 13
 - 四 开关磁阻型电动机 19
 - 五 电动机控制系统 22

第三章 丰田普锐斯混合动力汽车原理

- 第一节 丰田混合动力汽车混合动力系统 25
 - 一 丰田混合动力系统组成与元件功能 25
 - 二 组件安装位置 25
 - 三 混合动力系统工作原理 27
 - 四 混合动力系统工作过程 28
 - 五 主要组件结构 31
 - 六 丰田普锐斯的控制系统组成 43

七 丰田普锐斯的控制系统结构	44
八 各组件控制原理	46
第二节 丰田普锐斯混合动力汽车电动机及变速驱动桥	53
一 丰田普锐斯混合动力电动机	53
二 混合动力变速驱动桥	54
三 变速控制系统	57
第三节 制动系统	65
一 系统概述	65
二 制动系统工作原理	65
三 制动控制系统	66
四 主要部件位置及功能	69
五 再生制动联合控制	71
六 制动主缸执行器及液压回路	71
七 维护要点	72
第四节 丰田普锐斯混合动力起动系统	75
一 混合动力起动系统及主要部件功能	75
二 点钥匙	77
三 智能进入和起动系统	80
第五节 空调系统	84
一 丰田普锐斯全电动空调系统的特点及工作原理	84
二 电动空调系统的控制原理及系统特征	85
三 系统的组成及部件功能	86
四 系统控制	87
五 丰田普锐斯全电动空调系统的检修	94
第六节 HUD玻璃投射式显示器结构	95
一 总体介绍	95
二 玻璃投射式显示器附属开关的功能及显示信息	96
三 设置模式	97
第七节 丰田普锐斯车的检修	98



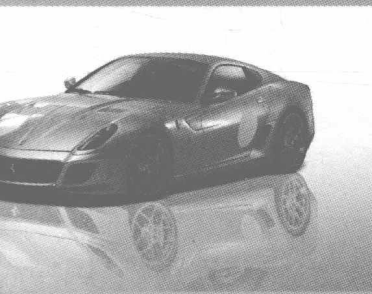
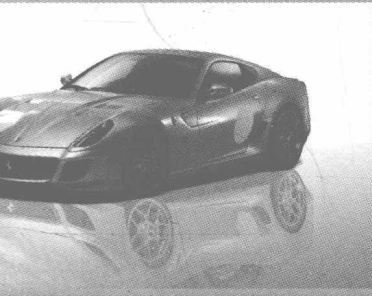
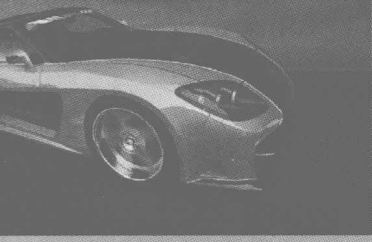
一 混合动力控制系统维修注意事项	98
二 混合动力系统的检查	99
三 混合动力控制系统故障判断	102
四 驱动电动机变频器电压过低诊断	106
五 驱动电动机无法运转诊断	109
六 混合动力电池系统的维修	112
第四章 宝马X6混合动力结构与工作原理	121
第一节 宝马X6混合动力发动机	122
一 改进型N63发动机	122
二 带传动机构	123
第二节 宝马X6混合动力主动变速器	124
一 概览	124
二 系统电路图	126
三 分布式功能	127
四 自适应变速器控制系统	128
五 主动变速器的状态	129
六 档位形成	132
七 润滑供给系统	135
八 中央变速器	136
九 混合动力驻车锁	138
十 直接换档模块 (DSM)	141
第三节 燃油供给系统	142
一 概述	142
二 组件	143
第四节 混合动力制动系统	145
一 概述	145
二 功能	147
三 制动操纵模式	147

四 系统组件	149
第五节 总线系统	154
一 总线概览	154
二 总线系统进行的调整	155
三 新的总线系统和控制单元	156
四 供电系统	161
五 服务信息	179
第六节 供电电子装置	183
一 供电电控箱 (APM)	183
二 配电箱 (PDB)	187
第七节 显示和操作单元	189
一 组合仪表内的显示	190
二 中央信息显示屏内的显示内容	191
三 操作	193
第八节 空调系统	193
一 电动空调压缩机 (EKK)	193
二 制冷系统	195
第五章 奥迪Q5混合动力车的结构与工作原理	197
第一节 新款奥迪Q5混合动力车的识别及基本工作原理	198
一 识别标记	198
二 混合动力技术的基本原理	198
三 其他概念	201
四 奥迪混合动力系统的工作原理	203
第二节 奥迪Q5混合动力发动机及底盘	205
一 2.0I-TFSI-发动机的变化	205
二 底盘	208
第三节 电气系统	209
一 混合动力蓄电池单元AX1	209



二 蓄电池调节控制单元J840	210
三 安全理念	213
四 蓄电池冷却	219
第四节 电驱动装置的功率和控制电子系统	220
一 组成	220
二 安装位置及结构原理	222
三 电驱动装置的电机V141	223
第五节 空调装置	226
一 结构	226
二 制冷	227
三 安装位置	228
第六节 高压系统	228
一 高压线及高压插头	228
二 功率控制电子装置的连接	230
第七节 12V车载供电网	232
一 蓄电池安装位置及电路图	232
二 12V辅助起动机及跨接起动机螺栓	233
三 电子点火开关	233
第八节 系统管理	234
一 系统功能	234
二 混合动力模式时的显示和操纵单元	236
第九节 混合动力检测适配接头及术语	239
一 混合动力检测适配接头VAS 6558/1A	239
二 术语	241
第六章 奔驰S400混合动力车的结构与工作原理	242
第一节 奔驰S400混合动力车概述	243
一 特点	243
二 部件安装位置	244
三 驱动模式	244

四 发动机	245
第二节 电动机及电动压缩机	246
一 电动机	246
二 电动制冷剂压缩机	247
第三节 电力电子模块	248
一 电力电子控制单元	248
二 电力电子和DC/DC转换器冷却	249
三 高压蓄电池模块	249
第四节 制动踏板总成	251
一 制动踏板结构	251
二 功能	251
三 RBS制动助力器	252
四 电动真空泵	252
第五节 S400HYBRID 混合动力概念的系统说明	253
一 驱动模式	253
二 转矩协调	254
三 发动机自动停机	255
四 能量管理	256
五 减速模式	257
六 再生制动	258
七 点火接通/关闭	260
第六节 车载电气系统	261
一 控制单元的位置	261
二 高电压/12V车载电气系统的联网	262
三 互锁	262
四 混合动力发动机罩接触开关	263
五 诊断	264
六 断电	265



第一章

混合动力汽车基础知识

一 混合动力汽车的定义

混合动力汽车定义

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(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。通过在混合动力汽车上使用电机,使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

从广义上来讲,混合动力汽车指的是装备有两种具有不同特点驱动装置的车辆。这两个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的应用,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,目前应用最多的是电混合系统

国际电子技术委员会对混合动力车辆的定义为:在特定的工作条件下,可以从两种或两种以上的能量存储器、能量源或能量转化器中获取驱动能量的汽车。其中至少一种存储器或转化器要安装在汽车上。混合动力汽车至少有一种能量存储器、能量源或能量转化器可以传递电能。串联式混合动力车辆只有一种能量转化器可以提供驱动力,而并联式混合动力车辆则不止由一种能量转化器提供驱动力

二 混合动力汽车的分类

按照动力系统结构型式划分

根据混合动力汽车零部件的种类、数量和连接关系,可以将其分为串联式混合动力汽车 SHEV、并联式混合动力汽车 PHEV 和混联式混合动力汽车 PSHEV

串联式混合动力汽车是指车辆行驶系统的驱动力只来源于电动机的混合动力汽车。它的结构特点是发动机带动发电机发电,电能通过电机控制器输送给电动机,由电动机驱动汽车行驶。另外,动力电池也可以单独向电动机提供电能驱动汽车行驶

并联式混合动力汽车是指车辆行驶系统的驱动力由电动机及发动机同时或单独供给的混合动力汽车。它的结构特点是并联式驱动系统可以单独使用发动机或电动机作为动力源,也可以同时使用电动机和发动机作为动力源驱动汽车行驶

混联式混合动力汽车是指同时配有串联式和并联式两种混合动力系统结构的混合动力汽车。它的结构特点是可以在串联混合模式下工作,也可以在并联混合模式下工作,同时兼顾了串联式和并联式的特点

按照混合度划分

按照电动机相对于燃油发动机的功率比大小,可以将其分为微混合型混合动力汽车、轻度混合(弱混合)型混合动力汽车、中度混合型混合动力汽车和重度混合(强混合)型混合动力汽车

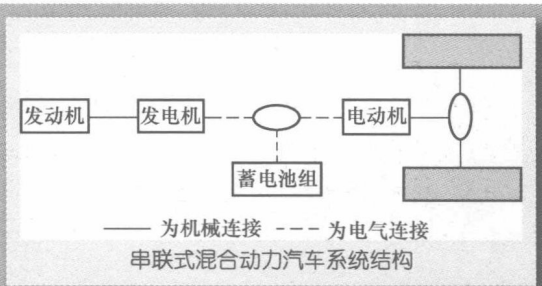
微混合型混合动力汽车是以发动机为主要动力源,没有纯电动行驶模式的混合动力汽车。只有停车怠速停机功能的混合动力汽车是一种典型的微混合模式

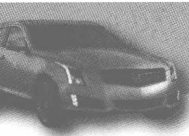
按照混合度划分	<p>一般情况下，电动机的峰值功率和发动机的额定功率比$\leq 5\%$。轻度混合（弱混合）型混合动力汽车是以发动机为主要动力源，电动机作为辅助动力，在车辆加速和爬坡时，电动机可向车辆行驶系统提供辅助驱动力矩，但不能单独驱动车辆行驶的混合动力汽车。一般情况下，电动机的峰值功率和发动机的额定功率比为$5\% \sim 15\%$</p> <p>中度混合型混合动力汽车是以发动机或电动机为动力源的混合动力汽车</p> <p>一般情况下，电动机的峰值功率和发动机的额定功率比为$15\% \sim 40\%$</p> <p>重度混合（强混合）型混合动力汽车是以发动机或电动机为动力源，且电动机可以独立驱动车辆行驶的混合动力汽车。一般情况下，电动机的峰值功率和发动机的额定功率比$>40\%$</p>
按照外接充电能力划分	<p>按照是否能够外接充电，可分为可外接充电型混合动力汽车和不可外接充电型混合动力汽车。可外接充电型混合动力汽车是一种可以在正常使用情况下从非车载装置中获取能量的混合动力汽车。不可外接充电型混合动力汽车是一种在正常使用情况下，从车载燃料中获取全部能量的混合动力汽车</p>
按照行驶模式的选择方式划分	<p>可分为有手动选择功能的混合动力汽车和无手动选择功能的混合动力汽车</p> <p>有手动选择功能的混合动力汽车是指具备行驶模式手动选择功能的混合动力汽车，车辆可选择的行驶模式包括热机模式、纯电动模式和混合动力模式三种</p> <p>无手动选择功能的混合动力汽车是指不具备行驶模式手动选择功能的混合动力汽车，车辆的行驶模式根据不同工况自动切换</p>
按照车辆用途划分	<p>可以分为混合动力乘用车、混合动力客车和混合动力货车</p>
按照与发动机混合的可再充电能量储存系统划分	<p>可以划分为动力蓄电池式混合动力汽车、超级电容器式混合动力汽车、机电飞轮式混合动力汽车和动力蓄电池与超级电容器组合式混合动力汽车</p>

混合动力汽车的结构原理

串联式混合动力汽车

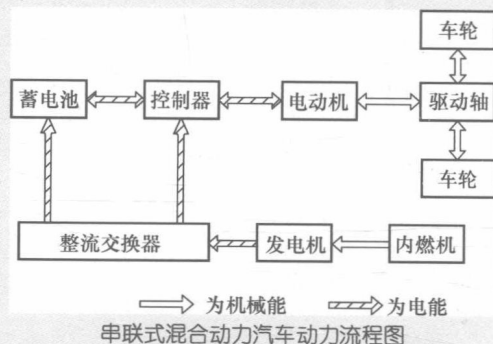
串联式混合动力汽车系统结构如图所示。发动机仅用于发电，发电机发出的电能通过电动机控制器直接输送到电动机，由电动机产生的电磁力矩驱动汽车行驶。发电机发出的部分电能向蓄电池充电，以延长混合动力汽车的行驶里程。另外，蓄电池还可以单独向电动机提供电能来驱动汽车，使混合动力汽车在零污染状态下行驶





串联式混合动力汽车

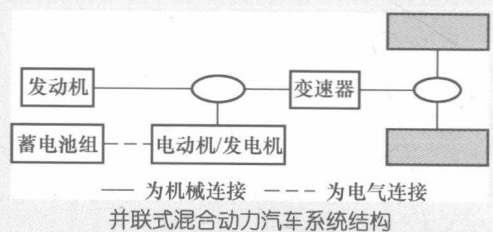
在串联式混合动力汽车上，由发动机带动发电机所产生的电能和蓄电池输出的电能，共同输出到电动机来驱动汽车行驶，电力驱动是唯一的驱动模式。动力流程图如图所示。电动机直接与驱动桥相连，发动机与发电机直接连接产生电能，以驱动电动机或者给蓄电池充电，汽车行驶时的驱动力由电动机输出，将存储在蓄电池中的电能转化为车轮上的机械能。当蓄电池的荷电状态 SOC 降到一个预定值时，发动机即开始对蓄电池进行充电。发动机与驱动系统并没有机械地连接在一起，这种方式可以很大程度地减少发动机所受到的车辆瞬态响应。瞬态响应的减少可以使发动机进行最优的喷油和点火控制，使其在最佳工况点附近工作



笔记

并联式混合动力汽车

并联式混合动力汽车系统结构如图所示，它主要是由发动机、电动机/发电机和蓄电池等部件组成，有多种组合形式，可以根据使用要求选用。并联式混合动力系统采用发动机和电动机两套独立的驱动系统驱动车轮。发动机和电动机通常通过不同的离合器来驱动车轮，可以采用发动机单独驱动、电动机单独驱动或者发动机和电动机混合驱动三种工作模式。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。发动机和电动机的功率可以互相叠加，发动机功率和电动机/发电机功率约为电动汽车所需最大驱动功率的 0.5 ~ 1 倍。因此，可以采用小功率的发动机与电动机/发电机，使得整个动力系统的装配尺寸、质量都较小，造价也更低，行驶里程也可以比串联式混合动力汽车的长一些，其特点更加趋近于内燃机汽车。并联式混合动力驱动系统通常被应用在小型混合动力汽车上

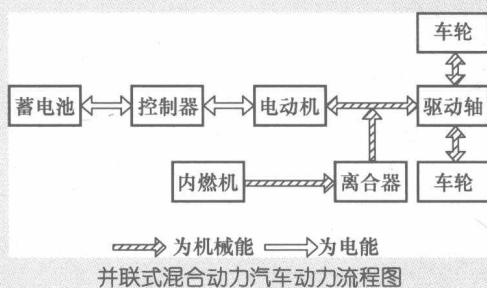


笔记

并联式混合动力汽车

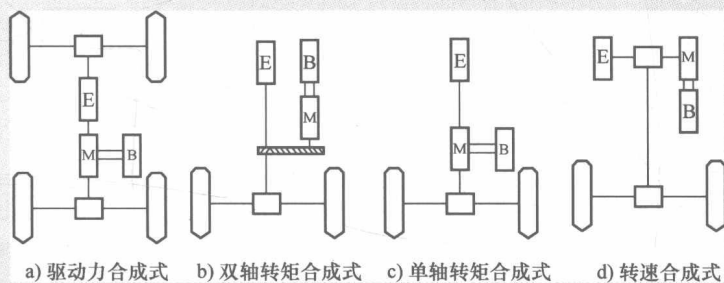
并联式混合动力汽车的动力流程图如图所示。发动机和电动机通过某种变速装置同时与驱动桥直接相连接。电动机可以用来平衡发动机所受的载荷，使其能在高效率区域工作，因为通常发动机工作在满负荷（中等转速）下燃油经济性最好。当车辆在较小的路面载荷下工作时，内燃机车辆的发动机燃油经济性比较差，而并联式混合动力汽车的发动机此时可以关闭掉而只用电动机来驱动汽车，或者增加发动机的负荷使电动机作为发电机，给蓄电池充电以备后用（即一边驱动汽车，一边充电）。由于并联式混合动力汽车在稳定的高速下发动机具有比较高的效率和相对较小的质量，所以它在高速公路上行驶时具有比较好的燃油经济性

并联式驱动系统有两条能量传输路线，可以同时使用电动机和发动机作为动力源来驱动汽车，这种设计方式可以使其以纯电动汽车或低排放汽车的状态运行，但是此时不能提供全部的动力能源



笔记

说明：并联式驱动系统的主要元件为动力合成装置，由于动力合成的实现方法具有多样性，相应的动力传动系统结构也多种多样，通常可归类为驱动动力合成式、转矩合成式和转速合成式三种，如图所示。

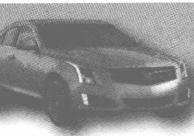


并联式混合动力汽车的驱动方式
E—发动机 M—电动机 B—蓄电池

并联式混合动力汽车驱动方式

驱动动力合成式

驱动动力合成式并联混合动力汽车示意图，如上图 a 所示。其采用一个小功率的发动机，单独地驱动汽车的前轮。另外一套电动机驱动系统单独地驱动汽车的后轮，可以在汽车起动、爬坡或加速时增加混合动力汽车的驱动力。两套驱动系统可以独立驱动汽车，也可以联合驱动汽车，使汽车变成四轮驱动的电动汽车。此种混合动力汽车具有四轮驱动汽车的特性



并联式混合动力汽车驱动方式

转矩合成式
(双轴式和单轴式)

转矩合成式并联混合动力汽车示意图，如上图 b、c 所示。发动机通过传动系统直接驱动混合动力汽车，并直接（单轴式）或间接（双轴式）带动电动机/发电机转动向蓄电池充电。蓄电池也可以向电动机/发电机提供电能，此时电动机/发电机转换成电动机，可以用来启动发动机或驱动汽车

转速合成式

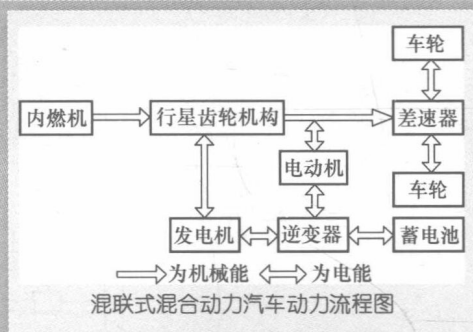
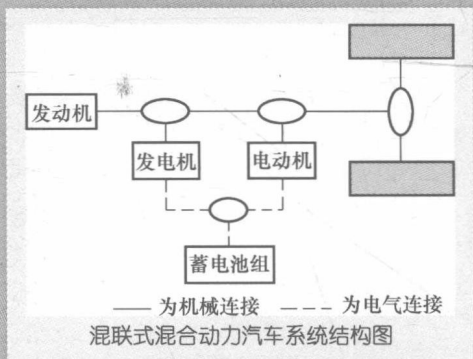
转速合成式并联混合动力汽车示意图，如上图 d 所示。发动机通过离合器和一个“动力组合器”来驱动汽车，电动机也是通过“动力组合器”来驱动汽车。可以利用普通内燃机汽车的大部分传动系统的总成，电动机只需通过“动力组合器”与传动系统连接，结构简单、改制容易、维修方便。通常的“动力组合器”就是一个行星齿轮机构，这种装置可以使发动机或电动机之间的转速灵活分配，它们组合在特定的“动力组合器”中，“动力组合器”使它们的转矩固定在电动汽车行驶时的转矩上，用调节发动机节气门的开度来与电动机的转速相互配合，才能获得最佳传动效果，因而使得控制装备变得十分复杂

混联式混合动力汽车

混联式驱动系统是串联式与并联式的综合，其系统结构如图所示，它主要由发动机、发电机、电动机、行星齿轮机构和蓄电池组等部件组成。发动机发出的功率一部分通过机械传动输送给驱动桥，另一部分则驱动发电机发电。发电机发出的电能输送给电动机或蓄电池，电动机产生的驱动力矩通过动力复合装置输送给驱动桥。混联式驱动系统的控制策略是：在汽车低速行驶时，驱动系统主要以串联方式工作；当汽车高速稳定行驶时，则以并联工作方式为主

目前，混联式混合动力结构一般采用行星齿轮机构作为动力分配装置。有一种最佳的混联式结构是将发动机、发电机和电动机通过一个行星齿轮装置连接起来，动力从发动机输出到与其相连的行星架，行星架将一部分转矩传送到发电机，另一部分传送到传动轴，同时发电机也可以驱动电动机来驱动传动轴。这种机构有两个自由度，可以自由地控制两个不同的速度。此时车辆并不是串联式或并联式，而是两种驱动形式同时存在，充分利用两种驱动形式的优点，其动力流程图如图所示

混联式驱动系统充分发挥了串联式和并联式的优点，能够使发动机、发电机、电动机等部件进行更多的优化匹配，从而在结构上保证了在更复杂的工况下使系统在最优状态下工作，所以更容易实现排放和油耗的控制目标，因此是最具影响力的混合动力汽车。与并联式相比，混联式的动力复合形式更复杂，因此对动力复合装置的要求更高。目前的混联式结构一般以行星齿轮作为动力复合装置的基本构架



笔记

四 混合动力汽车的特点

混合动力汽车的特点

混合动力汽车是将原动机、电动机、能量存储装置(蓄电池)等组合在一起,它们之间的良好匹配和优化控制,可充分发挥内燃机汽车和电动汽车的优点,避免各自的不足。混合动力汽车是当今最具实际开发意义的低排放和低油耗汽车。较之纯电动汽车,混合动力汽车具有如下优点

1) 由于有原动机作为辅助动力,蓄电池的数量和质量可减少,因此汽车自身质量可以减小

2) 汽车的续驶里程和动力性可达到内燃机的水平

3) 借助原动机的动力,可带动空调、真空助力、转向助力及其他辅助电器,不用消耗蓄电池组有限的电能,从而保证了驾车和乘坐的舒适性

较之内燃机汽车,混合动力汽车具有如下优点

1) 可使原动机在最佳的工况区域稳定运行,避免或减少了发动机变工况下的不良运行,使发动机的排污和油耗大为降低。

2) 在人口密集的商业区、居民区等地可用纯电动方式驱动车辆,实现零排放

3) 可通过电动机提供动力,因此可配备功率较小的发动机,并可通过电机回收汽车减速和制动时的能量,进一步降低了汽车的能量消耗和排污

显然,混合动力汽车研究开发的主要目的就是要减少石油能源的消耗,减少汽车尾气中的有害气体量,降低大气污染