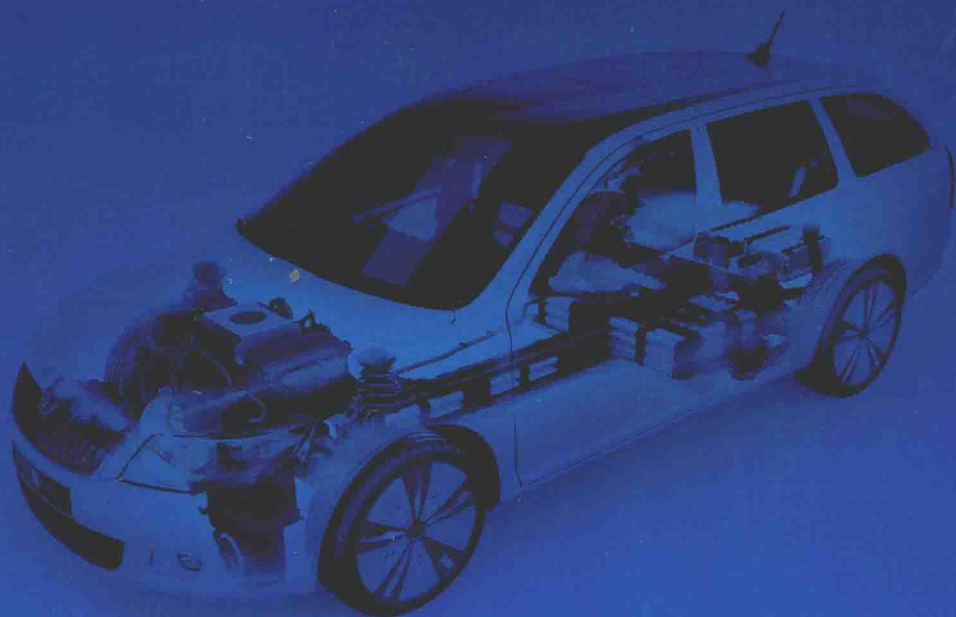


电动汽车 构造、原理与检修

DIANDONG QICHE
GOUZAO、YUANLI YU JIANXIU

主编◎吴兴敏 张 博 王彦光



电动汽车构造、原理与检修

主 编 吴兴敏 张 博 王彦光
副主编 马志宝 宋孟辉 孙连伟



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书共设4个教学项目,以图文结合的方式,以国内合资厂商生产的典型纯电动汽车为例,详细介绍了以下内容:纯电动汽车的类型;纯电动汽车的整体结构原理;蓄电池的结构原理,蓄电池管理系统的组成、工作原理,蓄电池使用、维护、检修及故障诊断;电动机的结构原理,电动机控制系统的组成及控制原理,电动机检修方法;电动汽车变速驱动桥、自动变速系统、直流/直流转换器、动力转向系统、制动助力和电动机再生制动系统、电动汽车仪表、电动汽车空调系统的组成原理;纯电动汽车常见故障的诊断方法。

本书可作为高等院校汽车相关专业教材,也可作为汽车新技术培训参考教材、汽车维修企业技术人员自学参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电动汽车构造、原理与检修 / 吴兴敏, 张博, 王彦光主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2015. 7

ISBN 978-7-309-5682-0-1

I. ①电… II. ①吴…②张…③王… III. ①电动汽车-构造②电动汽车-检修 IV. ①U469.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第158029号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 15.5

字 数 / 363千字

版 次 / 2015年7月第1版 2015年7月第1次印刷

定 价 / 47.00元

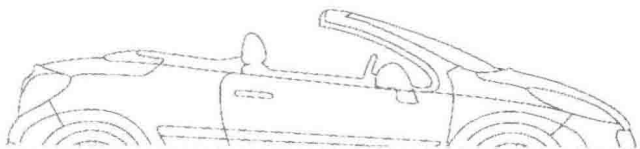
责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 张鑫星

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换



前言

P R E F A C E

当今关于节能和环保的问题备受关注。生产和使用节能环保型汽车成为解决这些问题的重要途径之一。目前，节能环保型汽车可分为两大类：一类是电动汽车；另一类为新燃料汽车。新燃料汽车主要指使用非石油燃料的汽车。新燃料汽车除可在一定程度上改善污染物排放质量外，主要特点是能缓解石油危机的压力。而电动汽车在节约能源和改善环保方面均有突出的表现，所以专家预测：电动汽车在未来 50 年内将有可能取代燃油汽车。

虽然电动汽车在国外发展较早，但国内纯电动汽车（蓄电池电动汽车）、混合动力电动汽车和燃料电池汽车技术已经取得了长足发展，就技术方面而言，中国与国外发达国家相差很少，几乎处于相同的水平。各大汽车厂商纷纷推出自己的新能源汽车产品，国家有关新能源汽车的消费政策、配套措施也陆续出台，消费者对电动汽车的认知程度正逐渐提高，使得电动汽车的社会保有量保持持续增长。

综上所述，为适应电动汽车的快速发展，满足电动汽车越来越普及的社会需求，有关电动汽车技术论文的期刊、科普图书及教材陆续出版发行。但限于技术发展的阶段性，目前出版的关于电动汽车的刊物中，或多或少存在一定的局限性。

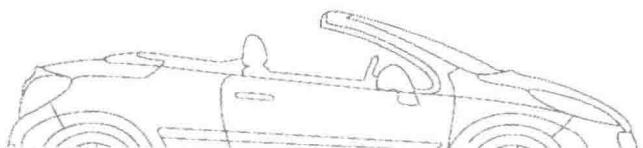
为满足高等院校对电动汽车技术知识的需求，我们组织了相关专业教师及企业专家，在充分总结前人成果的基础上，结合目前电动汽车的发展前沿技术，编写了这本教材。

本书共设 4 个教学项目，以图文结合的方式，以国内典型纯电动汽车为例，详细介绍了以下内容：纯电动汽车的类型；纯电动汽车的整体结构原理；蓄电池的结构原理，蓄电池管理系统的组成、工作原理，蓄电池的使用、维护、检修及故障诊断；电动机的结构原理，电动机控制系统的组成及控制原理，电动机检修方法；电动汽车变速驱动桥、自动变速系统、直流/直流转换器、动力转向系统、制动助力和电动机再生制动系统、电动汽车仪表、电动汽车空调系统的组成原理；纯电动汽车常见故障的诊断方法。本书可作为高等院校汽车相关专业教材，也可作为汽车新技术培训参考教材、汽车维修企业技术人员自学参考用书。

本书由吴兴敏、张博和王彦光主编，由马志宝、宋孟辉和孙连伟任副主编。参与本书编写工作的其他人员有：任山、周旭、高元伟、吴相位、金艳秋、沈沉、任佳君等，在此对他们所付出的努力深表感谢。

电动汽车科学技术的飞速发展，导致各车厂电动汽车技术设计差异很大，技术含量不尽相同，加之作者的水平有限，难免会有错漏及不够先进之处，希望读者不吝指正。

编者



目 录

CONTENTS

项目一 电动汽车整体结构认识	001
任务1 电动汽车类型认识	001
学习目标	001
任务分析	001
相关知识	001
一、新能源汽车的种类	001
二、电动汽车的特点	002
三、电动汽车的类型	003
四、国内外主要电动车品牌	009
技能学习与考核	024
任务2 纯电动汽车整体结构认识	024
学习目标	024
任务分析	025
相关知识	025
一、纯电动汽车的基本组成与工作原理	025
二、纯电动汽车的分类	028
三、纯电动汽车的驱动系统布置形式	030
四、增程式纯电动汽车	034
技能学习与考核	037
思考	038
项目二 电动汽车电源系统维修	039
任务3 蓄电池使用与维护	039
学习目标	039
任务分析	039
相关知识	039
一、电池的性能指标	039
二、铅酸蓄电池	043
三、蓄电池的充电方式与设备	050
技能学习与考核	063

一、蓄电池的充电	063
二、蓄电池的维护	065
三、技能学习考核	066
任务4 蓄电池的维修	068
学习目标	068
任务分析	068
相关知识	068
一、电动汽车的其他电能源	068
二、储能装置复合结构形式	090
三、蓄电池管理系统	092
技能学习与考核	101
一、蓄电池的检测	101
二、蓄电池的故障诊断	102
三、蓄电池的修复	107
四、蓄电池管理系统的参数设置	110
五、技能学习考核	114
思考	116
项目三 电动汽车电动机维修	117
任务5 电动汽车电动机维修	117
学习目标	117
任务分析	117
相关知识	117
一、电动汽车电动机的运行模式	117
二、电动汽车驱动电动机与工业用电机的区别	118
三、直流电动机	119
四、三相异步电动机	126
五、永磁无刷直流电动机	129
六、开关磁阻电动机	135
七、轮毂电动机	140
八、电动汽车电动机调速控制系统	143
九、电动机控制器 (MCU)	146
十、整车控制器 (EV - ECU)	147
技能学习与考核	149
一、控制器的检测	149
二、无刷电动机的检测	149
三、技能学习考核	151
思考	153

项目四 纯电动汽车整车故障诊断	154
任务6 纯电动汽车整车故障诊断	154
学习目标	154
任务分析	154
相关知识	154
一、电动汽车变速器驱动桥	154
二、自动变速系统	156
三、直流/直流转换器	159
四、电动汽车动力转向系统	166
五、制动助力和电动机再生制动	173
六、电动汽车仪表	181
七、电动汽车空调系统	190
八、电动汽车高压安全	199
九、典型电动汽车使用	204
技能学习与考核	207
一、电动车整车和电控装置的维护	207
二、电动车维修方法与技巧	208
三、电动车常见故障诊断	211
四、技能学习考核	221
思考	223
附录 电动汽车术语	224
参考文献	239

项目一

电动汽车整体结构认识

任务1 电动汽车类型认识



- (1) 能够正确描述新能源汽车的种类。
- (2) 能够正确描述电动汽车的特点。
- (3) 能够正确描述电动汽车的类型。
- (4) 能够针对具体的电动汽车，通过观察，说明其类型及结构特点。



电动汽车以蓄电池的电能为动力源，具有环保性能好、行驶平稳、乘坐舒适、操纵稳定性好及驾驶轻便等优点，使得电动汽车受到越来越多人的喜爱，其市场保有量快速增加，从而使得对电动汽车的维修成为汽车维修行业急需学习和掌握的重要技能。

维修技师应该做到通过阅读电动汽车维修手册，并借助对实车的观察分析，掌握所维修电动汽车的类型及结构特点，以便正确制订和实施之后的维修计划。



一、新能源汽车的种类

我国2009年7月1日正式实施了《新能源汽车生产企业及产品准入管理规则》，明确指出：新能源汽车是指采用非常规的车用燃料作为动力来源（或使用常规的车用燃料、采用新型车载动力装置），综合车辆的动力控制和驱动方面的先进技术，形成技术原理先进，具有新技术、新结构的汽车。新能源汽车包括电动汽车、气体燃料汽车、生物燃料汽车、氢燃料汽车等。

电动汽车包括纯电动汽车、混合动力（电动）汽车和燃料电池电动汽车。

汽车的气体代用燃料种类很多，常见的有天然气和液化石油气。专用气体燃料汽车是以液化石油气、天然气或煤气等气体为发动机燃料的汽车，包括两用燃料汽车和双燃料汽车。

两用燃料汽车是指具有两套相对独立的燃料系统，一套供给天然气或液化石油气，另一套供给天然气或液化石油气之外的燃料。两套燃料供给系统可分别但不可共同向气缸供给燃

料，如汽油/压缩天然气两用燃料汽车等。

双燃料汽车是指具有两套燃料供给系统，一套供给天然气或液化石油气，另一套供给天然气或液化石油气之外的燃料。两套燃料供给系统按预定的配比向气缸供给燃料，在气缸内混合燃烧，如柴油/液化石油气双燃料汽车等。

生物燃料汽车是指燃用生物燃料或燃用掺有生物燃料的燃油的汽车。与传统汽车相比，结构上无重大改动，排放量总体上较低，包括乙醇燃料汽车和生物柴油汽车等。

氢燃料汽车是以氢为主要能量驱动的汽车。一般的内燃机，通常注入柴油或汽油，氢汽车则改为使用气体氢。氢内燃机在汽车上的应用方式有 3 种：纯氢内燃机、氢/汽油双燃料内燃机、氢—汽油混合燃料内燃机。

另外，还有利用太阳能、原子能等其他能量形式驱动的汽车。

石油能源节能电驱动类型包括汽油 HEV（混合动力汽车）、柴油 HEV；天然气新能源驱动类型包括点燃式 CNGV（压缩天然气汽车）、压燃式 CNGV，点燃式 LNGV（液化天然气汽车）和压燃式 LNGV；煤新能源驱动类型包括点燃式 M85 甲醇汽油发动机、M15 甲醇汽油发动机（部分新能源）、压燃式 DME（二甲醚）发动机、煤制汽油发动机、煤制柴油发动机；生物能源驱动类型包括 E10 乙醇汽油发动机（部分新能源）、生物柴油发动机（部分新能源）；来自于煤、铀、水力、风力、太阳能的电池电动机系统。

经过多年讨论和探索，国内外对于汽车工业未来发展比较一致的看法是：21 世纪面临能源和环境的巨大挑战，传统燃油汽车将向高效低排放的电动汽车方向发展。我国虽然在传统汽车领域落后于发达国家近二三十年，但在电动汽车领域，与国外的技术水平和产业化程度差距相对较小，基本处在同一起跑线上。

二、电动汽车的特点

1. 电动汽车的定义

电动汽车是一种电力驱动的道路交通工具。这个概念包含广泛，包括电池电动车、混合动力电动车和燃料电池电动车等。电动汽车的英文缩写为 EV，即 Electric Vehicle。电动汽车以蓄电池的电能为动力源，其优点是：环保性能好（无尾气污染、噪声低）、行驶平稳、乘坐舒适、操纵稳定性好及驾驶轻便等。这些得天独厚的优点，使得电动汽车受到越来越多人的喜爱。

电动汽车不仅是交通工具，而且是一个新的社会高科技系统体现的集合体。它集现代汽车、新能源、新材料、电力电子、电动机及环保等高新技术于一体，有着广阔的市场前景。中国汽车工程学会 2014—2015 中国汽车产业发展报告中的数据显示，截止 2014 年底，我国新能源汽车销量中，电动汽车为 45 048 辆，位居第一位，其中以电动乘用车为主（约占 80%）。

2. 电动汽车的特点

1) 整车效率高

目前，虽然经历了长时间的发展，内燃机技术已经趋于成熟，但是内燃机汽车对燃油的能量转化效率低，约为 38%，如果考虑到车辆在城市内行驶过程中频繁的起停、低速行驶和等待等多种行驶工况，其最终效率仅为 12% 左右。相对而言，电动汽车采用电动机驱动系统，没有空转损失，电动汽车电池能量的 80% 可以转化为汽车的驱动力，即使考虑由原油发电，再给蓄电池系统充电运行，加上发电效率、送配电效率、充放电效率等，车辆最终

也可得到 29% 左右的能量转化效率。再有，电动汽车在制动时有回收能量的能力，这样就更加提高了电动汽车的能量利用率。

2) 对环境污染小

电动汽车在行驶过程中没有废气的排放，不同于燃油汽车，电动汽车即使以全部能量都归结为火力发电的状况计算，其废气排出量也会有很大程度的减少。电动汽车和燃油汽车相比，几乎不对环境造成污染。

3) 可应用多种能源

电动汽车利用二次电力能源驱动，只要有电能的供给，就有动力源泉，不受天然石油资源的限制。而电能的获得可以利用核能发电、水力发电、风力发电、太阳能等多种形式的原始资源。特别对于我国，水力和风力等能源的潜在发电量是相当高的，如果能有效地利用这些能源，不仅有利于环保，节约宝贵的石油资源，解决全球面临的石油资源枯竭危机，而且更符合我国经济的可持续发展战略。

4) 噪声相对较低

和内燃机汽车相比，电动汽车明显减小了发动机（电动机）引起的振动和噪声，而发动机的振动和噪声恰恰是整车振动和噪声的主要来源。这使得电动汽车的运行噪声比传统的燃油汽车减小了很多。据专家估计，电动汽车的噪声将比燃油汽车低约 15dB。

5) 机械结构多样化

由于电动机的驱动方式多变，而且可以采用不同车轮分别驱动等方案，使电动汽车的结构更加多样化。一方面可以更合理地对系统机械结构进行配置，另一方面也可以采用多样化的造型，以满足不同消费者的需求。在电动汽车研发的初始阶段，可以进行简单的动力部件替代，将燃油发动机汽车动力性的仿真用电动机替代得到与传统汽车相仿的特性。进而，双轮独立驱动乃至四轮独立驱动被认为是电动汽车一个有前景的发展方向，由此可实施更复杂和更灵活的系统控制以达到更高级的运行性能。

6) 优异的控制性能

电动汽车以电动机取代了传统的内燃机，其带来的直接好处就是动力系统可以方便地通过电气参量进行控制，从而使得电动汽车的可控性增强。另一方面，由于电气驱动可以采取双（四）轮独立驱动的形式，这将使得可控变量的自由度（自由可控变量数）增加，从而为进一步提高车辆的动力性能和操纵性能创造良好的硬件条件。

7) 更有利于智能化

由于电动汽车已达到电气化，因此电动汽车系统更有利于采用先进的电子信息技术，提高汽车的智能化程度。电动汽车的电动机控制系统，可与各个电子控制系统包括无级变速系统、制动防抱死系统、制动能量回收系统、安全气囊系统、自动空调系统等相协调，在电动汽车上实现计算机智能控制。

三、电动汽车的类型

电动汽车按不同的分类方法，有多种类型。

1. 按电动机转速分类

目前，我国电动汽车产品可分为高速和低速两类。高速电动汽车的典型代表为比亚迪 F3DM 混合动力车，低速电动汽车的代表为康迪小电跑。

2. 按车辆的用途分类

电动汽车按车辆的用途可分为：电动轿车、电动观光车、电动老年代步车、电动公交车、电动巡逻车、电动货运平板车、电动送餐车、电动物流升降车等。

3. 按供电和驱动方式分类

电动汽车按供电和驱动方式分类，主要有三种类型：纯电动汽车（BEV）、混合动力汽车（HEV）、燃料电池汽车（FCEV）。

1) 纯电动汽车

纯电动汽车（BEV）即由电动机驱动的汽车，电动机的驱动电能来源于车载可充电蓄电池或其他能量储存装置。大部分车辆直接采用电动机驱动，有一部分车辆把电动机装在发动机舱内，也有一部分直接以车轮作为四台电动机的转子，其难点在于电力储存技术。纯电动汽车本身不排放污染大气的有害气体，即使按所耗电量换算为发电厂的排放，除硫和微粒外，其他污染物也显著减少。由于电厂大多远离人口密集的城市，对人类伤害较少，而且电厂是固定不动的，集中排放，清除各种有害排放物较容易，也已有了这方面相关的技术。由于电力可以从多种一次能源获得，如煤、核能、水力、风力、光、热等，解除了人们对石油资源日渐枯竭的担心。电动汽车还可以充分利用晚间用电低谷时富余的电力充电，使发电设备日夜都能被充分利用，大大提高其经济效益。有关研究表明，同样的原油，经过粗炼送至电厂发电，经充入电池，再由电池驱动汽车，其能量利用效率比经过精炼变为汽油，再经汽油机驱动汽车高，因此有利于节约能源和减少二氧化碳的排放量。正是这些优点，使电动汽车的研究和应用成为汽车工业的一个“热点”。有专家认为，对于电动汽车而言，目前最大的障碍就是基础设施建设以及价格影响了产业化的进程。与混合动力汽车相比，纯电动汽车更需要基础设施的配套，而这不是一家企业能解决的，只有各企业联合起来与当地政府部门一起建设，纯电动汽车才会有大规模推广的机会。图 1-1 所示为三菱公司的一款纯电动汽车。



图 1-1 三菱纯电动汽车

纯电动汽车的优点：技术相对简单成熟，只要有电力供应的地方都能够充电。

纯电动汽车的缺点：目前蓄电池单位重量储存的能量太少，电动汽车的电池较贵，又没形成经济规模，故购买价格较贵。至于使用成本，有些使用价格比燃料汽车贵，有些价格仅为燃料汽车的 1/3，这主要取决于电池的寿命及当地的油、电价格。

2012 年 5 月 11 日，《纯电动乘用车技术条件》GB/T 28382—2012 正式发布实施，该标准适用于使用动力蓄电池驱动、5 座以下的纯电动车，对车速、安全、质量分配、加速性能、爬坡性能、低温性能、可靠性等方面的技术指标做了详细的规定。

2) 混合动力汽车

混合动力汽车指能够至少从下述两类车载储存的能量中获得动力的汽车：一是可消耗的燃料；二是可再充电能/能量储存装置。

混合动力汽车按不同的分类标准有多种类型。

(1) 根据动力系统结构形式分类。

根据这种分类方法，混合动力汽车可分为串联式、并联式、混联式和复合式四类。

① 串联式混合动力汽车 (SHEV)。图 1-2 所示为串联式混合动力汽车动力系统结构图，车辆的驱动力只来源于电动机，主要由发动机（内燃机）、发电机、电池组（带变频器）、电动机、减速机构和驱动轮等组成。其结构特点是发动机带动发电机发电，电能通过电动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。这种混合动力系统通常在城市公交车上使用。

② 并联式混合动力汽车 (PHEV)。图 1-3 所示为并联式混合动力汽车动力系统结构图，车辆的驱动力由电动机及发动机同时或单独供给，主要由发动机、电池组（带变频器）、电动机、减速机构、变速箱和驱动轮等组成。其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。

并联式混合动力系统结构简单、成本低，适用于多种行驶工况，尤其适用于复杂的路况，所以在轿车中应用较多，如本田 Accord 和思域轿车上即采用了这种系统。

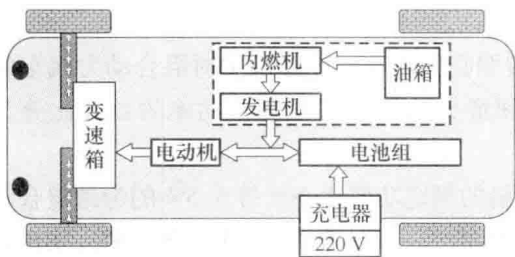


图 1-2 串联式混合动力汽车动力系统结构图

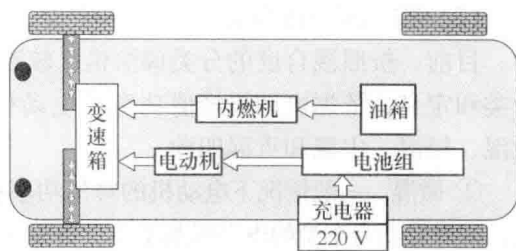


图 1-3 并联式混合动力汽车动力系统结构图

③ 混联式混合动力汽车 (CHEV)。混联式混合动力汽车同时具有串联式、并联式驱动方式。图 1-4 所示为混联式混合动力汽车动力系统结构图，其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。由于这种类型混合动力系统可以设计成用发动机驱动前轮，用电动机驱动后轮，因此适合应用于四轮驱动的车辆，目前在丰田普锐斯车上应用较多。

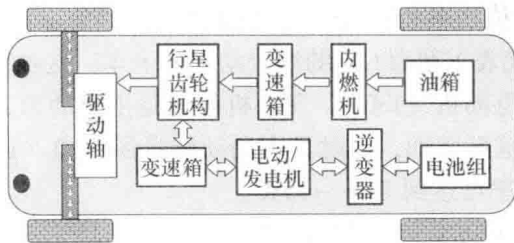


图 1-4 混联式混合动力汽车动力系统结构图

④ 复合式混合动力汽车。图 1-5 所示为复合式混合动力汽车动力系统简化结构图，复

合式混合动力汽车结构更复杂，难以把它归于上述三种中的哪一种。其结构似乎与混联式混合动力汽车相似，因为它们都有起发电机和电动机作用的电动机，二者的主要区别在于复合式混合动力汽车中的电动机允许功率流双向流动，而混联式混合动力汽车中的发电机只允许功率流单向流动。双向流动的功率流可以有更多的运行模式，这对于采用三个驱动动力装置的混联式混合动力汽车而言是不可能达到的。复合式混合动力汽车同样具有结构复杂、成本高的缺点，不过，现在有些新型的混合动力汽车也采用这种双轴驱动的组合式系统。

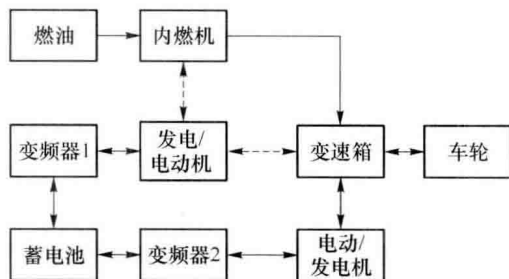


图 1-5 复合式混合动力汽车动力系统简化结构图（两虚线箭头只能有 1 个）

为了实现混联式以及复合式的混合驾驶模式，发动机与发电/电动机之间以及电动机与变速器之间必须进行机械连接，其中机械连接装置可以选择行星齿轮机构。

（2）按照混合度分类。

目前，按照混合度的分类说法也比较流行。按照我国汽车行业标准中对混合动力汽车的分类和定义，依据电动机峰值功率（电动机的瞬间最大功率）占发动机功率的百分比分为微混、轻混、中混和重混四种。

① 微混。一般情况下电动机的峰值功率和发动机的额定功率比小于等于 5% 的为微混合动力，微混合动力车型的电动机基本不具备驱动车辆的功能，一般是用作迅速起动发动机，实现起动/停止功能，其代表车型有 PSA 的混合动力 C3、丰田混合动力（Vitz）、奇瑞 A5。微混合，也称“起停（Start - Stop）式”，在交通拥堵的城市，可实现节油率 5% ~ 10%。这种混合动力系统是在传统发动机的起动电动机上加装了皮带，以驱动起动电动机，所以也被称为 BSG 系统。该电动机为发电/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 12 V 和 24 V 两种，其中 24 V 主要用于柴油混合动力系统。从严格意义上讲，微混合动力汽车不属于真正的混合动力汽车，电动机仅作为发电机/起动机使用，并没有为汽车行驶提供持续的动力。

② 轻混。电动机的峰值功率和发动机的额定功率比在 5% ~ 15% 的为轻混合动力，也称为“辅助驱动混合”，其代表车型为 GM 的混合动力皮卡车。这种类型系统中，在发动机和变速器之间装有集成起动电动机（ISG），发动机依然是主要动力，电动机不能单独驱动汽车，只是在爬坡或加速时辅助驱动，同时具有制动能量回收和“起停”功能。发动机排量可减少 10% ~ 20%，节油率可达到 10% ~ 15%。

③ 中混。电动机的峰值功率和发动机的额定功率比在 15% ~ 40% 的为中混合动力，其代表车型有本田 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，但与轻混合动力系统不同，中混合动力系统采用的是高压电动机。另外，中混合动力系统还增加了一个功能，即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不足。

④ 重混。电动机的峰值功率和发动机的额定功率比在 40% 以上的为重混合动力，也称为全混合或强混合动力系统，其代表车型是丰田普锐斯和 Estima。这种动力系统采用了 272 ~ 650 V 的高压起动电动机，混合程度更高。

中混和重混这两类车型可由电动机或发动机单独驱动。重混合电动车的电动机和发动机可以独立或联合驱动车辆，低速起步、倒车和低速行驶时可以纯电动驱动，同时具有制动能量回收和“起停”功能。电动机的功率约为发动机的 50% 时，节油率可达到 30% ~ 50%。重混合动力系统技术难度较大，成本增加多。

(3) 按能否外接电源进行充电分类。

按此分类方法，混合动力汽车分为插电式混合动力汽车（见图 1-6）和非插电式混合动力汽车。

插电式混合动力系统根据欧美驾车习惯而来，更有利于节能减排。这种模式的出现基于对欧美人群用车情况的分析。国外研究机构根据资料统计得出结论，法国城镇居民 80% 以上日均驾里程少于 50 km，美国汽车驾驶者也有 60% 以上日均行驶里程少于 50 km，80% 以上日均行驶里程少于 90 km。因此，在车辆上安装一套巨大的电池组，使其电量足以撑过这一历程，就可以在大部分日常行驶中达到零排放。

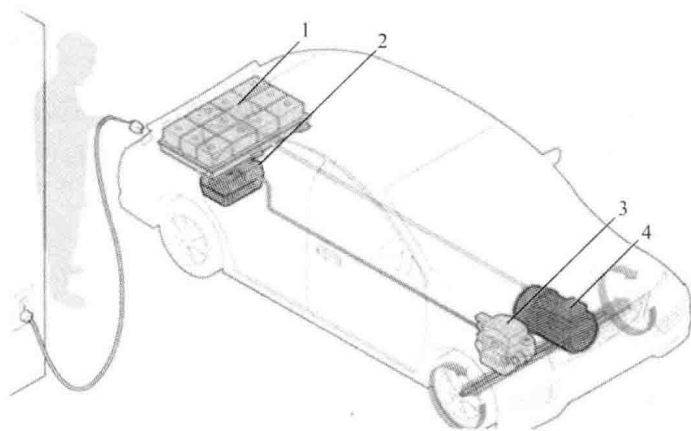


图 1-6 插电式混合动力汽车

1—电池组；2—油箱；3—发动机；4—电动机

插电式混合动力汽车的特征是由电能单独驱动，并配备一个大容量的可外部充电的蓄电池组，显著的特性是可通过外部工业 380 V 或家庭 220 V 电源进行充电。插电式混合动力汽车电动机的功率接近发动机，可实现较长距离的纯电动行驶，电池容量根据纯电动行驶里程来选定，电池成本增加很多，节油率在不计电能时最大可达到 100%。

比亚迪 F3DM 和雪佛兰 VOLT 以及长春一汽新能源汽车公司下线并投入市场的奔腾 B50 插电式混合动力轿车都属于这种类型。

非插电式混合动力汽车的电池不能由车外部的电源进行充电，即只能由本车的发电机或发动机来充电。

(4) 按运行模式分类。

按运行模式分类，混合动力汽车可分为单一模式混合动力汽车和双模式混合动力汽车。

① 单一模式混合动力汽车。这种类型的混合动力汽车可以按照三种方式操控，即仅使

用电力驱动、仅使用发动机驱动和发动机与电力驱动的任意组合。如果在交通拥堵、时停时走的状态下，仅使用电力驱动，延长发动机的关闭时间，则可以实现完全意义上的节油。这种模式适用于低速度和负荷较小的情况。

② 双模式混合动力汽车。这种类型混合动力汽车的核心实质是一个电控可调变速箱。它利用现有的传动系统，配有两个电动机，可以在两种混合动力运行模式之间实现自如切换。在双模式混合动力系统下，精准的控制机构将决定汽车在特定的行驶状态下采用何种驱动方式。控制机构输入功率将取决于行驶时所需的扭矩，并向发动机和电动机发出相应的指令。发动机和电动机将扭矩传送给变速箱中的一系列齿轮，利用与传统自动变速箱类似的原理将扭矩扩大，从而驱动汽车行驶。但与传统的持续型可变变速箱不同的是，双模式混合动力电子控制系统并不使用皮带或传送带。两种模式之间是同步切换，即切换模式时无须改变发动机速度，从而实现平稳加速。这种模式主要适用于高速公路驾驶。

除电力驱动辅助外，发动机可以在必要时起动全部气缸，如超车、拖载或爬坡时。它整合了尖端电子控制技术、随选排量技术、凸轮调整以及进气门延迟启闭系统，使发动机的动力输出更加灵活、有效。

目前国内市场上，混合动力车辆的主流都是汽油混合动力，而国际市场上柴油混合动力车型发展也较快。

总体而言，混合动力汽车具有以下优点：

① 采用混合动力可按平均需用的功率来确定内燃机的最大功率，此时在油耗低、污染少的最优工况下工作。大负荷内燃机功率不足时，由电池来补充；负荷少时，富余的功率可发电给电池充电。由于内燃机可持续工作，电池又可以不断得到充电，故其行程和普通汽车一样。

② 因为有了电池，可以方便回收制动、下坡、怠速时的能量。

③ 在繁华市区，可关停内燃机，由电池单独驱动，实现“零排放”。

④ 有了内燃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 可让电池保持在良好的工作状态，不发生过充、过放，延长其使用寿命，降低成本。

混合动力汽车的缺点：长距离高速行驶基本不能省油。

3) 燃料电池汽车

燃料电池汽车是以燃料电池作为动力电源的汽车。燃料电池的化学反应过程不会产生有害产物，因此，燃料电池汽车是无污染汽车。燃料电池的能量转换效率比内燃机要高2~3倍，因此，从能源的利用和环境保护方面，燃料电池汽车是一种理想的车辆。单个的燃料电池必须结合成燃料电池组，以便获得必需的动力，满足车辆使用的要求。

近几年来，燃料电池技术已经取得了重大的进展。2013年1月28日，戴姆勒宣布，将与福特汽车、日产汽车共同合作开发燃料电池汽车。预计2017年上市，且价格完全具有市场竞争力。目前，燃料电池汽车的样车正在进行试验，以燃料电池为动力的运输大客车在北美的几个城市中正在进行示范项目。在开发燃料电池汽车中仍然存在着技术性挑战，如燃料电池组的一体化，在提高商业化电动汽车燃料处理器和辅助部件技术方面，汽车制造厂都在朝着集成部件和减少部件成本的方向努力，并已取得了显著的进步。与传统汽车相比，燃料电池汽车具有以下优点：

- (1) 零排放或近似零排放。
- (2) 减少了机油泄漏带来的污染。
- (3) 降低了温室气体的排放。
- (4) 提高了燃油经济性。
- (5) 提高了发动机燃烧效率。
- (6) 运行平稳、无噪声。

四、国内外主要电动车品牌

1. 国外主要电动车品牌

1) 美国

(1) 别克君越 Eco-Hybrid。BSG 电动机布置在发动机前端轮系处，36 V 镍氢电池组布置在后备厢。此系统可实现怠速停机、制动能量回收和扭矩辅助功能。百公里油耗由原车的 9.8 L 降低到目前的 8.3 L。

别克君越 Eco-Hybrid 车型基本参数见表 1-1。

表 1-1 别克君越 Eco-Hybrid 车型基本参数

混合程度	微混
发动机	2.4 L VVT Ecotec 汽油发动机
电动机	BSG 电动机
发动机最大功率, kW/ (r · min ⁻¹)	123/6 300
电动机最大功率/kW	3
发动机最大扭矩, N · m/ (r · min ⁻¹)	221/4 500
动力电池类型	镍氢
输出最大电压/V	36

(2) 福特 Escape SUV (见图 1-7)。发电机、驱动电动机与电动机控制器和一套行星轮系集成在一起组成一个变速器结构，并与发动机结合起来横向布置在机舱内。300 V 的镍氢电池组布置在后备厢地板下部。该混合动力车百公里油耗为 6.32 L，燃油经济性较普通车型提高，其基本参数见表 1-2。

(3) 凯迪拉克 Escalade (见图 1-8)。电池组布置在地板中部，全电子双模混合动力变速箱与发动机结合后采用纵向布置。电动机控制器以及逆变器等电子部件布置在机舱内部。

双模式系统由双 ISG 电动机 + 行星轮系结构 + 发动机组成。根据整车需求及控制策略，两个 ISG 电动机可以同时作为发电机，同时作为驱动电动机或者一个作为发电机、另一个作为驱动电动机。这样既可以保证系统的最大功率输出，又可以保证最好的燃油经济性。

该车型工作可分为两种模式：

① 低速轻负荷模式。该模式下，汽车可以工作在纯电动、混合动力或者纯发动机模式下。该模式下，发动机只有 4 个缸工作。

② 高速或大负荷模式。此时发动机 8 个缸同时工作，汽车同样可以工作在纯电动、混合动力或者发动机工作模式。但此时汽车发出的动力性能要高得多。

凯迪拉克 Escalade 车型基本参数，见表 1-3。



图 1-7 福特 Escape SUV

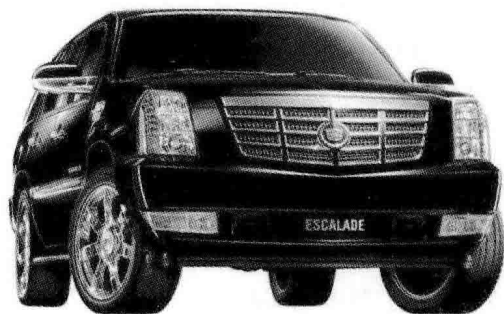


图 1-8 凯迪拉克 Escalade

表 1-2 福特 Escape SUV 车型基本参数

整车参数		发动机参数	
车身结构	五门五座	类型	L4 汽油机 (Atkinson)
驱动形式	前横置前驱 (四驱)	排量/L	2.4
整备质量/kg	1 645 (2WD) / 1 720 (4WD)	功率, kW/ (r · min ⁻¹)	97/6 000
百公里加速时间/s	10.3	扭矩, N · m/ (r · min ⁻¹)	175/4 500
百公里油耗/L	6.32	压缩比	12.3 : 1
电动机参数		变速器型式	E - CVT
类型	永磁交流同步电动机	电池类型	镍氢电池
电动机功率, kW/ (r · min ⁻¹)	70/ (3 000 ~ 5 000)	电池电压/V	300
发电机功率/kW	20		

表 1-3 凯迪拉克 Escalade 车型基本参数

整车参数		发动机参数	
车身结构	五门八座	类型	V8 汽油机
驱动形式	前纵置后驱 (四驱)	排量/L	6.0
整备质量/kg	—	功率, kW/ (r · min ⁻¹)	248/5 100
百公里油耗/L	11.8	扭矩, N · m/ (r · min ⁻¹)	497/4 100
电池类型	镍氢电池	变速器型式	全电子双模混合动力变速箱
电池电压/V	300		

(4) 通用雪佛兰 VOLT (见图 1-9)。增程式混合动力汽车，整个系统采用串联式结构。发动机的动力经过发电机转化后再传递给驱动电动机。动力系统由 1.0 L 三缸涡轮增压柔性燃料发动机和 16 kW · h 锂电池组组成，可实现最大行驶里程 1 030 km，单靠电池驱动里程为