

新能源汽车

XINNENGYUAN QICHE

主编 © 吴兴敏 于运涛 刘映凯



新 能 源 汽 车

主 编 吴兴敏 于运涛 刘映凯
副主编 孙连伟 高元伟 惠有利



内 容 简 介

本书共分5章,以图文结合的方式,详细介绍了纯电动汽车、混合动力汽车、氢燃料电池汽车、代用燃料汽车、压缩空气汽车、太阳能汽车及二甲醚汽车的基本结构与工作原理。

本书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和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

新能源汽车 / 吴兴敏, 于运涛, 刘映凯主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2015. 7

ISBN 978 - 7 - 5682 - 0718 - 8

I. ①新… II. ①吴…②于…③刘… III. ①新能源 - 汽车 IV. ①U469. 7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 153518 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 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 17.5

字 数 / 408 千字

版 次 / 2015 年 7 月第 1 版 2015 年 7 月第 1 次印刷

定 价 / 49.00 元

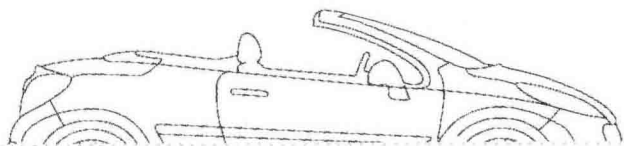
责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 封 雪

责任校对 / 孟祥敬

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,一类是新燃料汽车。新燃料汽车主要是指使用非石油燃料的汽车。

新能源汽车是革命性的,它在传统汽车基础上进行了改进和革新,比如新型变速系统、电驱动系统、储能系统等,这些系统总成之间存在复杂的耦合关系,使得整车集成优化、控制、安全设计等诸多方面都面临巨大的挑战。新能源汽车又是具有多样性的,它包含纯电动汽车、混合动力汽车、氢燃料电池汽车、代用燃料汽车以及其他新能源汽车等。庞大的新能源汽车家庭是人类应对能源与环境危机的集体智慧结晶。

随着新能源汽车的普及应用,汽车维修与运用企业将面临新的技术挑战。为适应高等教育对于新能源汽车教材的需要,作者在充分进行社会调研、亲身研究并查阅大量技术资料的基础上,完成了本书的编写。

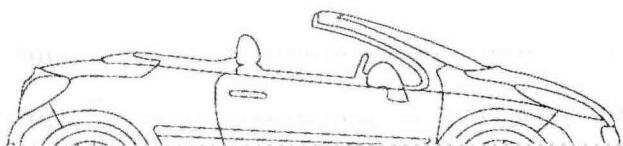
本书共分5章,以图文结合的方式和通俗易懂的语言,介绍了纯电动汽车、混合动力汽车、氢燃料电池汽车、代用燃料汽车、压缩空气汽车、太阳能汽车及二甲醚汽车的基本结构与工作原理。

本书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和汽车维修企业技术人员自学参考用书。

本书由吴兴敏、于运涛、刘映凯任主编,由孙连伟、高元伟和惠有利任副主编,参与本书编写工作的人员还有周旭、孙永晶、吴相位、金艳秋、翟静、陈兆俊、任佳君、黄艳玲等,在此对他们为本书的编写工作所付出的努力深表感谢。

由于新能源汽车技术的飞速发展,导致各车厂生产的新能源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,书中难免会有错漏及不够先进之处,希望读者不吝指正。

编者
2015年03月



目 录

CONTENTS

第1章 纯电动汽车	001
1.1 纯电动汽车的结构与工作原理	001
1.1.1 纯电动汽车的特点	001
1.1.2 纯电动汽车的结构与工作原理	002
1.1.3 纯电动汽车的类型	005
1.1.4 纯电动汽车的驱动系统布置形式	008
1.1.5 增程式纯电动汽车	011
1.2 电动汽车电能源	014
1.2.1 铅酸蓄电池	014
1.2.2 碱性电池	021
1.2.3 物理电池	031
1.2.4 燃料电池	037
1.2.5 储能装置复合结构形式	043
1.2.6 蓄电池管理系统	046
1.3 电动汽车的电动机	058
1.3.1 电动汽车电动机的运行模式	059
1.3.2 电动汽车驱动电动机与工业用电机的区别	059
1.3.3 直流电动机	059
1.3.4 三相异步电动机	066
1.3.5 永磁无刷直流电动机	070
1.3.6 开关磁阻电动机	075
1.3.7 轮毂电动机	080
1.3.8 电动汽车电动机调速控制系统	083
1.3.9 电动机控制器 (MCU)	086
1.4 纯电动汽车的使用	087
1.4.1 电动汽车充电	087
1.4.2 电动汽车高压安全	098
1.4.3 典型电动汽车使用	101

第2章 混合动力汽车	107
2.1 混合动力汽车的组成与分类	107
2.1.1 混合动力汽车的定义与特点	107
2.1.2 混合动力汽车的组成	108
2.1.3 混合动力汽车的分类	109
2.2 混合动力汽车结构、特点及工作模式	113
2.2.1 串联式混合动力汽车	113
2.2.2 并联式混合动力汽车	117
2.2.3 混联式混合动力汽车	120
2.2.4 插电式混合动力汽车	123
2.3 BAS 和 ISG 混合动力系统	125
2.3.1 BAS 混合动力系统	126
2.3.2 ISG 混合动力系统	133
2.4 典型的混合动力汽车	136
2.4.1 丰田普锐斯混合动力汽车	136
2.4.2 比亚迪 F3DM 混合动力汽车	191
第3章 氢燃料电池汽车	195
3.1 燃料电池	195
3.1.1 燃料电池的发电原理	195
3.1.2 燃料电池的分类	195
3.1.3 燃料电池的特点及应用	197
3.1.4 燃料电池汽车发展	199
3.1.5 PEMFC 的结构与工作原理	202
3.2 燃料电池发电系统与车载氢气安全	205
3.2.1 燃料电池发电系统	205
3.2.2 车载氢气系统安全措施	210
3.3 典型的氢燃料电池汽车	213
3.3.1 本田系列氢燃料电池汽车	213
3.3.2 奥迪 Q5 HFC	214
3.3.3 其他车型	215
第4章 代用燃料汽车	219
4.1 气体燃料汽车	219
4.1.1 天然气汽车	219
4.1.2 氢能发动机汽车	233

4.2 液体代用燃料汽车	239
4.2.1 甲醇混合燃料汽车	239
4.2.2 乙醇混合燃料汽车	244
4.2.3 生物柴油汽车	246
第5章 其他清洁能源汽车	251
5.1 压缩空气汽车	251
5.2 太阳能汽车	254
5.3 二甲醚汽车	257
附录 电动汽车术语	261
参考文献	268

第1章

纯电动汽车



- (1) 纯电动汽车的特点。
- (2) 纯电动汽车的结构与工作原理。
- (3) 纯电动汽车的类型。
- (4) 纯电动汽车的驱动系统布置形式。
- (5) 典型纯电动汽车的结构特点。
- (6) 电动汽车电能源的类型、结构与工作原理。
- (7) 电动汽车电动机的类型、结构与工作原理。
- (8) 纯电动汽车的使用要点。

1.1 纯电动汽车的结构与工作原理

1.1.1 纯电动汽车的特点

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。纯电动汽车的特点有:其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;由于电厂大多建于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,排放集中,清除各种有害排放物较容易,且已有了相关技术;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,解除人们对石油资源日见枯竭的担心;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量。正是这些特点,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,对于纯电动汽车而言,目前最大的障碍就是基础设施建设。与混合动力汽车相比,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,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示意图。

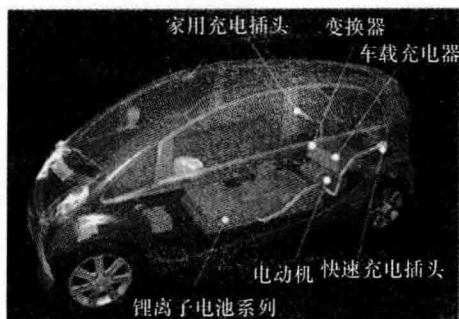


图 1-1 三菱 iMiEV

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，电动车的电池较贵，又未形成经济规模，故价格较贵。至于使用成本，有些使用价格比汽车价格高，有些价格仅为汽车价格的 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。

1.1.2 纯电动汽车的结构与工作原理

纯电动车相比燃油汽车而言，主要差别体现在四大部件上，即驱动电动机、调速控制器、动力蓄电池及车载充电电动机。也就是说，纯电动车的品质差异取决于这四大部件，其价值高低也取决于这四大部件的品质，纯电动汽车的用途也与这四大部件的选用配置直接相关。

1. 纯电动汽车的基本组成

纯电动汽车由车载电源、电池组管理系统、电源辅助设施、电动机、控制器、底盘、车身七部分组成，按传统的汽车构造结构划分方式，可将纯电动汽车分成电动机、底盘、车身和电气四部分。图 1-2 所示为典型纯电动汽车主要总成布置。

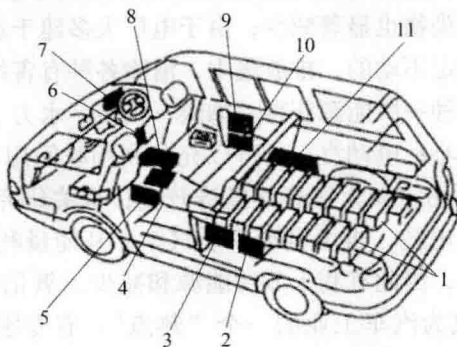


图 1-2 典型纯电动汽车主要总成布置

- 1—主电池；2—空调控制装置；3—空调逆变器；4—电动机；5—压缩机；6—操纵电动机；
7—SOC 仪表；8—D/D 逆变器；9—操纵控制装置；10—ECU；11—逆变器

1) 电动机

电动机是电动车的动力装置。它是根据电磁感应原理实现电能转换的一种电磁装置，在电路中用字母 M 表示。它的主要作用是产生旋转运动，作为用电器或各种机械的动力源。

2) 发电机

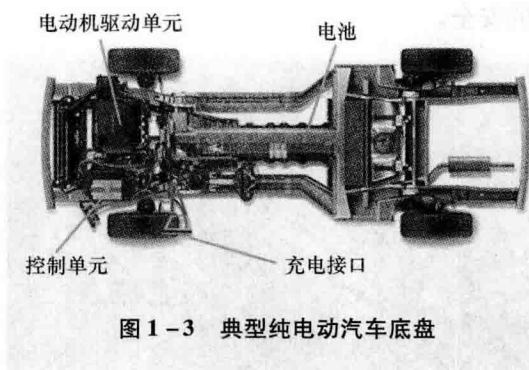
发电机的主要作用是将机械能转化为电能，它在电路中用字母 G 表示。

3) 冷却系统

冷却系统一般由散热器、水泵、风扇、节温器、冷却液温度表和放水开关等组成。电动汽车采用两种冷却方式，即空气冷却和水冷却。一般电动汽车多采用水冷却。

4) 传动系统

如图 1-3 所示，由于电动机具有良好的牵引特性，因此蓄电池汽车的传动系统不需要离合器和变速器。车速控制由控制器通过调速系统改变电动机的转速即可实现。



5) 行驶系统

行驶系统与燃料汽车相似，主要包括车架、车桥、车轮和悬架等。

电动汽车行驶系统的作用是接受电动机经传动系统传来的转矩，并通过驱动轮与路面间的附着作用，产生路面对电动汽车的牵引力，以保证整车正常行驶。此外，它应尽可能缓和凹凸路面对车身造成的冲击和振动，保证电动汽车正常行驶。

6) 转向系统

电动汽车转向系统的作用是保持或者改变电动车的行驶方向。包括转向操纵机构、转向器、转向传动机构等部件。

转向系统由转向盘、转向器、转向节、转向节臂、横拉杆、直拉杆等组成。电动汽车在转向行驶时，要保证各转向轮之间有协调的转角关系。驾驶人通过操纵转向系统，使电动汽车保持在直线或转弯运动状态，或者在上述两种运动状态间互相转换；还要保证在行驶状态下，转向轮不会产生自振、转向盘没有摆动、转向灵敏、最小转弯直径小、操纵轻便。

7) 制动系统

制动系统是电动汽车装备的全部制动和减速系统的总称，它的作用是使行驶中的电动汽车降低速度或停止行驶，或使已停驶的电动汽车保持不动。

制动系统包括制动器、制动传动装置。现代电动汽车制动系统中还装设了制动防抱死装置。

与燃料汽车相似，纯电动汽车的制动系统也由行车制动和驻车制动两套装置构成。

8) 电气设备

电动汽车电气设备主要由蓄电池、发电机、灯具、仪表、音响装置、刮水器等组成。

(1) 蓄电池。蓄电池的作用是供给全车用电。为了满足电动汽车对高电压的需要，纯电动汽车一般是以由多个 12V 或 24V 的电池串、并联形成的动力电池组作为动力源，动力电池组的电压为 155 ~ 400V，用周期性的充电来补充电能。动力电池组是纯电动汽车的关键装备，它储存的电能及其自身的质量和体积对纯电动汽车的性能起决定性影响。

动力电池组在纯电动汽车上占据很大一部分有效的装载空间，在布置上有相当的难度，通常有集中布置和分散布置两种形式。图 1-4 所示的通用公司的 EV-1 动力电池组，采用集中式布置形式，动力电池组的支架为 T 形架。T 形架装在车辆的地板下面和行李舱下面的车架上，动力电池组固定在 T 形架上，有很好的稳定性，它从车辆的尾部安装。在 T 形架上装有动力电池组的通风系统、电线保护套等，用自动和手动断路器在停车和车辆出现故障时切断电源，保证高压电路的安全。

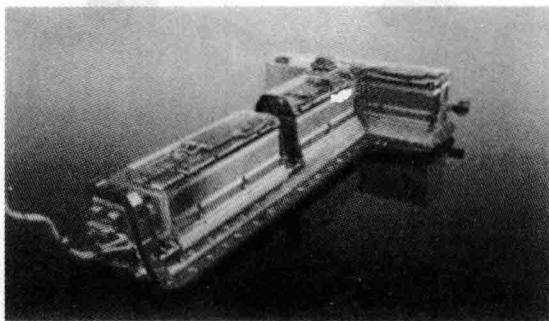


图 1-4 EW-1 动力电池组的集中式布置方式

日本丰田汽车公司的 RAV4 EV 是将动力电池组用支架固定在纯电动汽车的车架上，动力电池组由 24 节 12 V 的镍-氢电池组成，总电压为 288 V。动力电池组分成若干个“小组”，呈分散式布置在车架上，然后串联起来，这样可以充分利用车辆底盘上的有效空间。典型动力电池组分散式布置形式如图 1-5 所示。动力电池组布置在纯电动汽车地板下面是最常见的布置方法，这样方便安装和拆卸。

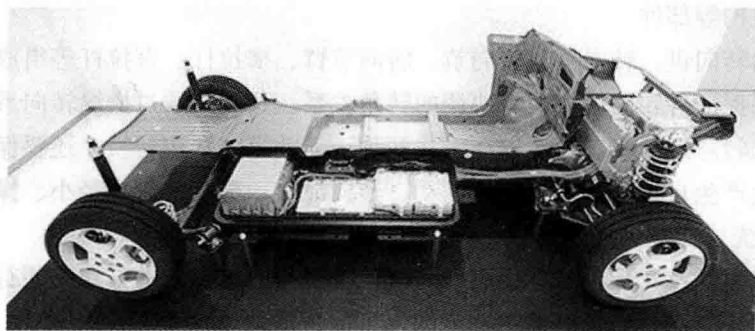


图 1-5 典型动力电池组分散式布置形式

(2) 灯具、仪表。灯具、仪表是提供照明并显示电动车状态的部件组合。仪表一般提

供蓄电池电压显示、整车速度显示、行驶状态显示、灯具状态显示等，智能型仪表还能显示整车各电气部件的故障情况。

9) 能量回收系统

能量回收系统的作用是在电动汽车滑行时，能够将下滑时产生的热能转换成机械能，并将其存储在电容器中或为动力蓄电池充电，在使用时可迅速将能量释放。

10) 散热系统

由于蓄电池在车辆运行过程中会产生大量的热量，因此，拥有一个良好的散热系统，无论是对电动汽车的安全还是其蓄电池的寿命长短都至关重要。

11) 车身

车身分为车头和车厢两个部分。车头是乘坐驾驶人的位置，一般可乘坐驾驶人和副驾驶人两人。车厢是根据客户需求改装而来，包括车厢配置、用料、空间设计等。

为了使乘员获得最大的舒适感，电动汽车一般采用单人座并排的方式，至于座椅的数量则根据具体车型而有所不同。

12) 工业装置

工业装置是工业用纯电动汽车上用来完成作业要求而专门设置的，如电动叉车的起升装置、门架、货叉等。货叉的起升和门架的倾斜通常由电动机驱动的液压系统完成。

2. 纯电动汽车的工作原理

纯电动汽车是由蓄电池的能量使电动机驱动车轮前进，如图 1-6 所示。能量流动路线为蓄电池→电流→电力调节器→电动机→动力传动系统→驱动轮。其中，蓄电池提供电流，经过电力调节器后输出到电动机，然后由电动机提供扭矩，经传动装置后驱动车轮实现车辆的行驶。

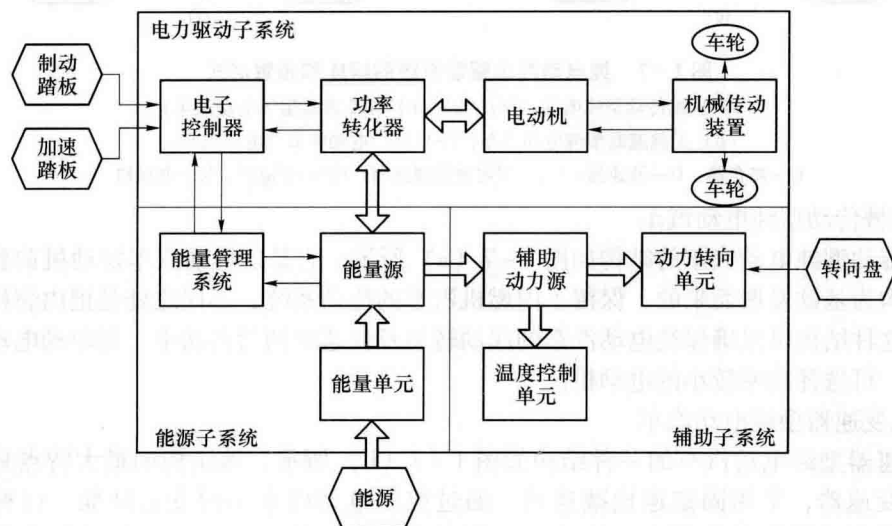


图 1-6 纯电动汽车的工作原理示意图

1.1.3 纯电动汽车的类型

纯电动汽车发展至今，种类较多，通常按车辆驱动系统组成和布置形式、车载电源数目

以及车辆的用途对纯电动汽车进行分类。

1. 按车辆驱动系统组成和布置形式不同分类

按车辆驱动系统组成和布置形式不同,纯电动汽车分为机械传动型、无变速器型、无差速器型和电动轮型四种,图1-7是各种形式的示意图。

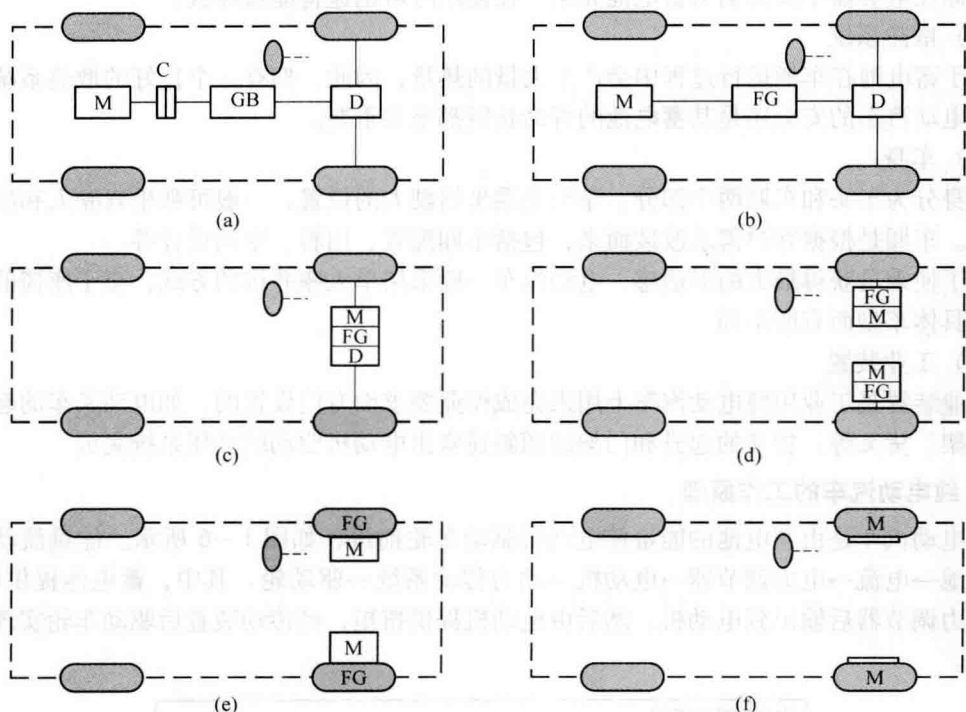


图1-7 纯电动汽车驱动系统的组成和布置形式

(a) 机械传动型纯电动汽车; (b) (c) 无变速器型纯电动汽车;

(d) 无差速器型纯电动汽车; (e) (f) 电动轮型纯电动汽车

C—离合器; D—差速器; FG—固定速比减速器; GB—变速器; M—电动机

1) 机械传动型纯电动汽车

机械传动型纯电动汽车的结构如图1-7(a)所示。它是以燃油汽车发动机前置、后轮驱动的结构为基础发展而来的,保留了内燃机汽车的传动系统,不同之处是把内燃机换成了电动机。这种结构可以确保纯电动汽车的起动转矩及低速时的后备功率,对驱动电动机要求低,因此,可选择功率较小的电动机。

2) 无变速器型纯电动汽车

无变速器型纯电动汽车的一种结构如图1-7(b)所示。该结构的最大特点是取消了离合器和变速器,采用固定速比减速器,通过控制电动机来实现变速功能。这种结构的优点是机械传动装置的质量小、体积小,但对电动机的要求比较高,不仅要求具有较高的起动转矩,而且要求具有较大的后备功率,以保证纯电动汽车的起步、爬坡、加速等动力性能。

无变速器型纯电动汽车的另一种结构如图1-7(c)所示。这种结构与传统燃油汽车的发动机横向前置、前轮驱动的布置方式类似。它把电动机、固定速比减速器以及差速器集成为一个整体,两根半轴连接驱动车轮。这种结构在小型电动汽车上应用十分普遍。

3) 无差速器型纯电动汽车

无差速器型纯电动汽车的结构如图1-7(d)所示。这种结构采用了两台电动机,通过固定速比减速器来分别驱动两个车轮,可以实现对每个电动机转速的独立调节。因此,当汽车转向时,可以通过电动机的电子控制系统控制两个车轮的差速,从而实现转向的目的。但是,这种结构的电动机控制系统相对来说比较复杂。

4) 电动轮型纯电动汽车

电动轮型纯电动汽车的一种结构如图1-7(e)所示。这种结构是将电动机直接装在驱动轮内(也称轮毂电动机),可以进一步缩短电动机到驱动车轮之间的动力传递路径,减少能量在传动路径上的损失,但要实现纯电动汽车的正常工作,还需要添加一个减速比较大的行星齿轮减速器,将电动机的转速降低到理想的车轮转速。

电动轮型纯电动汽车的另一种结构如图1-7(f)所示。这种结构将低速外转子电动机的外转子直接安装在车轮的轮缘上,去掉了减速齿轮,因此电动机和车辆的驱动车轮之间没有任何机械传动装置,没有机械传动损失,能量的传递效率高,空间的利用率最大。但是这种结构对电动机的性能要求较高,要求其具有很高的起动转矩和较大的后备功率,以确保车辆的可靠工作。

2. 按车载电源数目不同分类

按车载电源数目不同,纯电动汽车可以分为单电源纯电动汽车和多电源纯电动汽车两种。

1) 单电源纯电动汽车

在单电源纯电动汽车上,其主要电源一般是蓄电池,如铅酸蓄电池、镍-氢电池、锂电池等。单电源纯电动汽车的结构较为简单,控制也比较简单,其主要缺点是主电源的瞬时输出功率容易受蓄电池性能的影响,车辆制动能量的回馈效率也会受制于蓄电池的最大可接受电流及蓄电池的荷电状态。

2) 多电源纯电动汽车

多电源纯电动汽车一般由蓄电池加蓄能装置构成。采用蓄电池加超级电容或蓄电池加飞轮电池的电源组合,可以降低对蓄电池的容量、比能量、比功率等的要求。当汽车起步、加速、爬坡时,辅助蓄能装置(超级电容、飞轮电池)可短时间内输出大功率,协助蓄电池供电,使电动汽车的动力性提高;当汽车制动时,则利用辅助蓄能装置可接受大电流充电,提高制动能量回馈的效率。

3. 按车辆的用途不同分类

按车辆的用途不同,纯电动汽车可以分为纯电动轿车、纯电动货车和纯电动客车三种。

1) 纯电动轿车

纯电动轿车是目前最常见的纯电动汽车。除了一些概念车,纯电动轿车已经有了小批量生产,并已经进入市场。

2) 纯电动货车

纯电动货车主要用于运送货物。目前,用作公路运输的纯电动货车还比较少见,而在矿山、工地及一些特殊场地,则早已出现了一些大吨位的纯电动货车。

3) 纯电动客车

纯电动客车是一种以载客为目的的纯电动汽车。目前,纯电动小型客车也比较少见;纯

电动大客车多用作公共汽车。

除上述三种外，还有一种纯电动汽车称为纯电动微型汽车。它有载客式、载货式及其他用途式，如图 1-8 所示。这种纯电动汽车的特点是体积小，时速低，一般最高车速在 50 ~ 60 km/h，行驶里程较短，成本低。

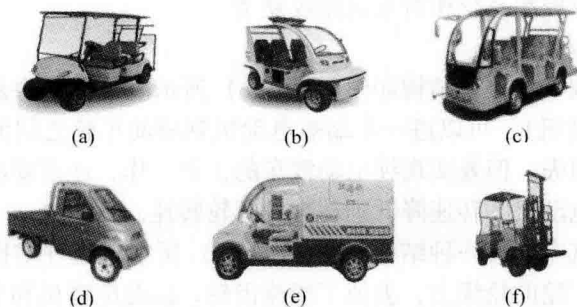


图 1-8 纯电动微型汽车示例

(a) 电动高尔夫球车；(b) 电动巡逻车；(c) 电动观光车；
(d) 电动微型载货车；(e) 电动垃圾车；(f) 电动工程车

1.1.4 纯电动汽车的驱动系统布置形式

纯电动汽车的驱动系统由驱动电动机和操纵系统共同组成，其结构形式不同，采用的驱动系统也不同。纯电动汽车的驱动系统有集中驱动系统和轮毂驱动系统两种。任何一种电动机都可以与不同的传动系统组合成集中驱动系统或轮毂驱动系统，并组成不同形式的系列化的纯电动汽车。

经过几十年的发展，新开发和研制出来的纯电动汽车的动力性能已经能够与内燃机汽车相媲美。纯电动汽车的驱动系统比内燃机汽车的驱动系统更加先进，结构更加紧凑。现代纯电动汽车大多数装备了专用电动机，有利于实现机电一体化和自动控制。

1. 集中式驱动方式

集中式驱动方式大部分是由电动机、变速器和差速器等组成。它采用单电动机驱动代替内燃机，而传统内燃机汽车零部件及结构不改变，故设计制造成本低，但传动效率低，一般用于小型电动车辆。按有无变速器它又可分为传统型和电动机驱动桥型，而电动机驱动桥型又分为电动机驱动桥组合型和电动机驱动桥整体型两种。

1) 传统驱动方式

驱动系统主要由电动机、变速器、差速器、半轴组成。它用电动机替代发动机，但仍然采用内燃机汽车的传动系统，包括离合器、变速器、传动轴和驱动桥等总成，结构复杂，效率低，不能充分发挥电动机的性能。它有电动机前置、驱动桥前置，电动机前置、驱动桥后置等驱动模式，其结构如图 1-9 所示。

2) 电动机-驱动桥组合方式

电动机-驱动桥组合方式也称为“平行

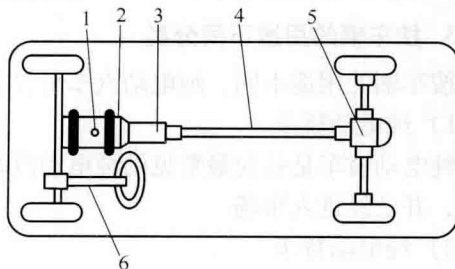


图 1-9 传统驱动方式

1—电动机；2—离合器；3—变速器；
4—传动轴；5—差速器；6—转向装置

式电动机-传动装置组合式驱动系统”。它是在电动机的输出端的外壳下部安装机械式传动装置的减速齿轮和差速器齿轮，动力经过左右两个半轴来驱动车轮，其结构如图 1-10 所示。这种电动机-传动装置组合式驱动系统结构紧凑，安装、使用和维护都十分方便。它有电动机前置、驱动桥前置，电动机后置、驱动桥后置等驱动模式。

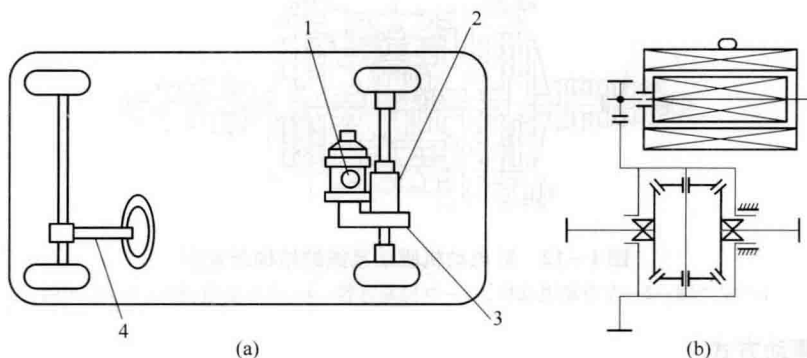


图 1-10 电动机-驱动桥组合方式

(a) 布置图；(b) 传动原理示意图

1—电动机；2—差速器；3—减速齿轮；4—转向装置

3) 电动机-驱动桥整体式驱动方式

(1) 同轴式驱动系统。同轴式驱动系统的电动机是一种特殊的空心轴电动机，在电动机一端的外壳中安装传动装置的减速齿轮和差速器。差速器带动左右两个半轴，其中右半轴是通过电动机的空心轴与车轮相连，左半轴通过左端外壳与车轮相连，如图 1-11 所示。电动机和传动装置组合成一个整体驱动桥，形成“机电一体化”驱动桥的传动系统，使纯电动汽车的传动系统更加紧凑，簧载质量大大减小，有利于提高车辆的平顺性。

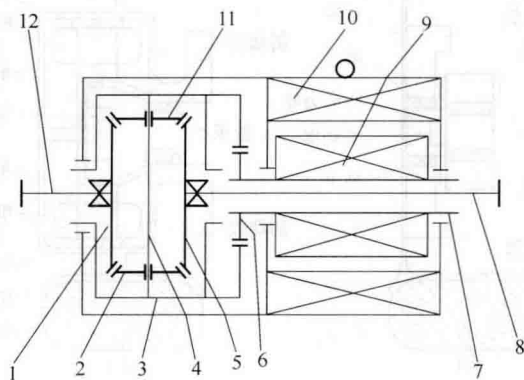


图 1-11 同轴式电动机-驱动桥整体式驱动方式

1, 5—半轴齿轮；2, 11—行星齿轮；3—差速器壳；4—行星轮支架；6—减速齿轮；

7—空心电动机轴；8, 12—半轴；9—电动机转子；10—电动机定子

(2) 双联式驱动系统。双联式驱动系统，取消了齿轮传动机构，完全实现了“机电一体化”传动方式。它由左、右两个永磁电动机直接通过半轴驱动车轮转动。左、右两个电动机由中央控制器的电控差速模块控制，形成机电一体化的差速器，使驱动系统的结构大大减小，质量大大减小，它要比一般机械式差速器可靠和轻便。图 1-12 为由两个永磁电动机组成的双电

动机驱动系统的结构示意图。双电动机驱动桥传动系统与相同功率的单电动机驱动桥传动系统相比较,电动机的直径要小得多,因此可以将双联式电动机驱动桥布置在纯电动汽车的地板下面,这样更加有利于车辆的整体布置。但双联式电动机的轴向长度要长一些。

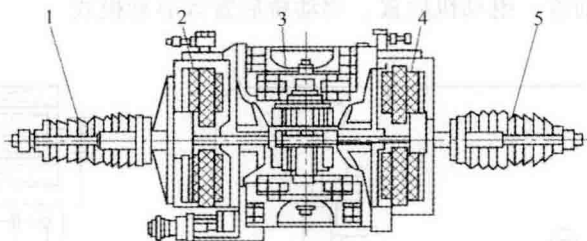


图 1-12 双电动机驱动系统的结构示意图

1—左半轴; 2—左驱动电动机; 3—电控差速器; 4—右驱动电动机; 5—右半轴

2. 轮毂驱动方式

电动轮驱动系统可以布置在纯电动汽车的两个前轮、两个后轮或四个车轮的轮毂中,成为前轮驱动、后轮驱动或四轮驱动的纯电动汽车。

轮毂电动机驱动方式有两种结构:一种是内定子外转子结构,其外转子直接安装在车轮的轮缘上,由于这种结构没有机械减速机构提供减速,因此通常要求电动机为低速转矩电动机;另一种是内转子外定子结构,其转子作为输出轴与固定减速比的行星齿轮变速器的太阳轮相连,而车轮轮毂与其齿圈连接,这样能提供较大的减速比,来放大其输出转矩。两种结构的轮毂电动机的结构示意图如图 1-13 所示。

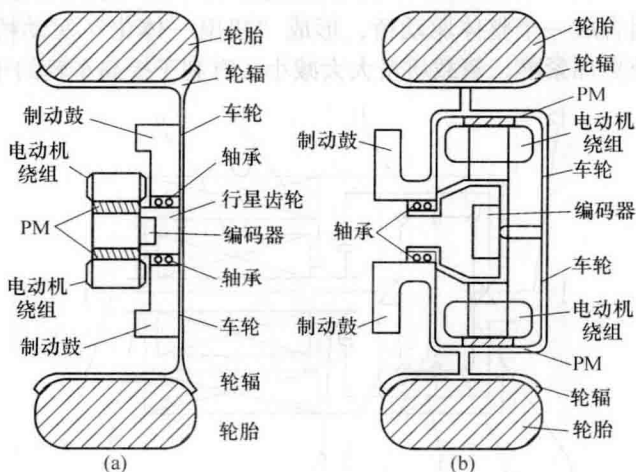


图 1-13 轮毂电动机驱动系统的结构示意图

(a) 内定子外转子结构; (b) 内转子外定子结构

图 1-14 为轮毂电动机的实物图,当采用轮毂电动机驱动时,纯电动汽车上驱动电动机输出的扭矩传递到驱动车轮的传递路径大大缩短,这样可腾出足够的空间,便于对总体而言的进一步优化,而且当采用内定子外转子结构时,还能够提高对车轮动态响应的控制性能。采用轮毂电动机时,由于可以对每台电动机的转速进行单独调节控制,因此可以实现电子差