

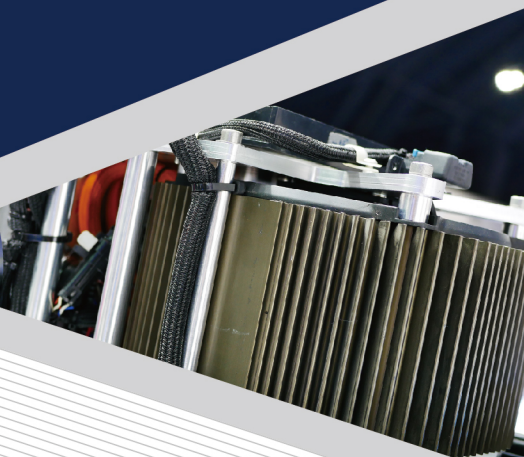
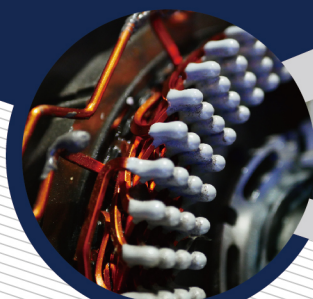
免费提供

★★★ 精品教学资料包

服务热线: 400-615-1233
www.huatengzy.com

中等职业教育新能源汽车技术系列教材

书 名	主 编
汽车电路识图	葛昱麟
电动汽车充电桩安装与维护	鲁建秋
新能源汽车充电系统检修	赵玉田 王江兰 胡克晓
新能源汽车电气系统检修	房宏威 胡克晓 祝政杰
新能源汽车整车控制技术	贺天柱 马占立 吴 喆
新能源汽车动力电池系统检修	胡克晓
新能源汽车驱动电机系统检修	贾燕红 冯 帆 胡克晓
新能源汽车销售实务	丁仰阳 刘云霞



ISBN 978-7-5612-8817-7



定价: 36.00元

新能源汽车驱动电机系统检修

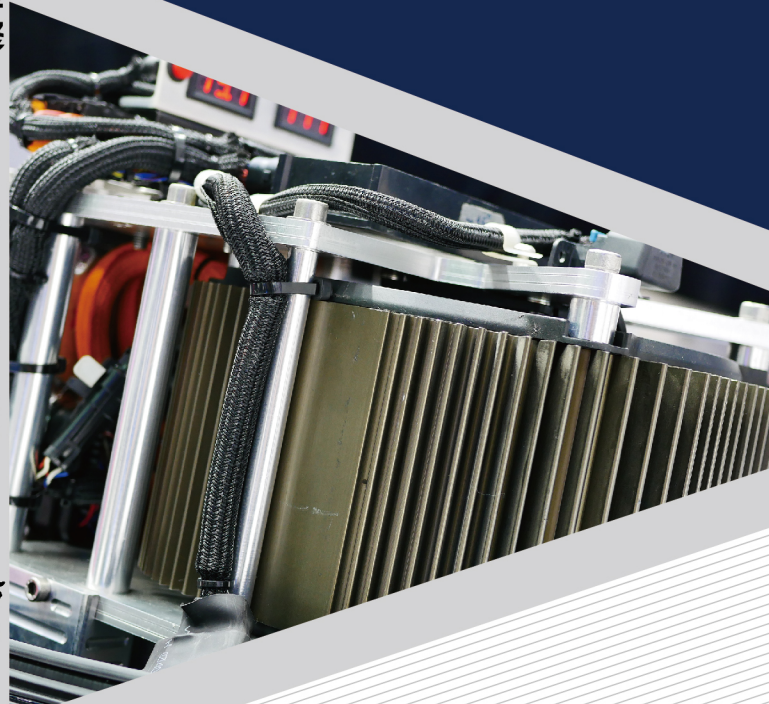
主编 贾燕红 冯帆 胡克晓

西北工业大学出版社

中等职业教育新能源汽车技术系列教材

新能源汽车 驱动电机系统检修

主编 贾燕红 冯 帆 胡克晓

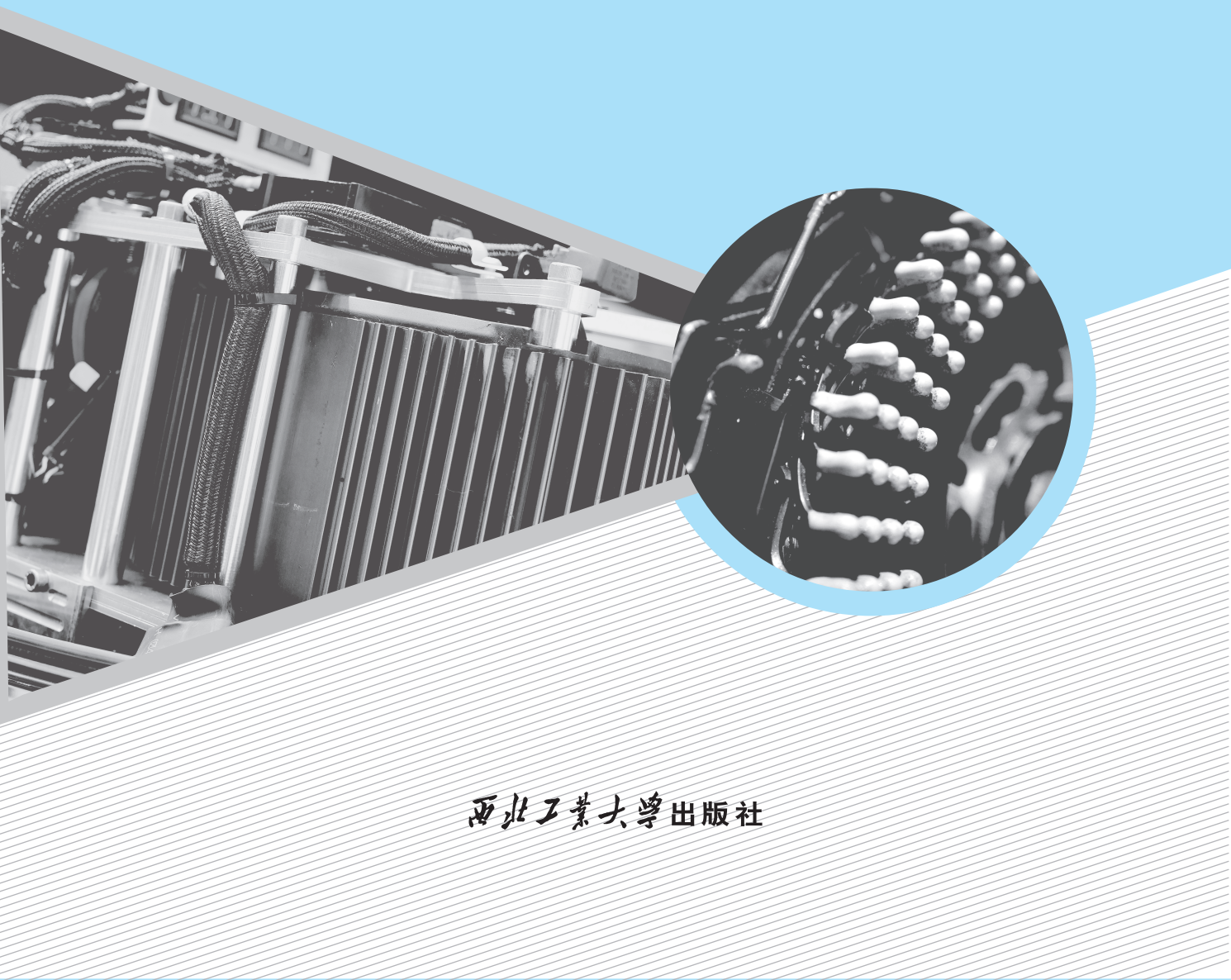


西北工业大学出版社

中等职业教育新能源汽车技术系列教材

新能源汽车 驱动电机系统检修

主编 贾燕红 冯 帆 胡克晓



西北工业大学出版社

【内容简介】 本书全面系统地介绍了新能源汽车典型的交流异步电机、永磁同步电机、开关磁阻电机,还介绍了驱动电机的基本结构组成、工作和控制原理以及检修办法,并针对目前新能源汽车上的能量回收技术和电的转换进行了专门阐述。

本书可作为中等职业院校车辆工程、新能源汽车技术及相关专业学生的教材,也可作为新能源汽车相关工程技术人员、管理人员和科研人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车驱动电机系统检修 / 贾燕红, 冯帆, 胡克晓主编. —西安:西北工业大学出版社, 2023. 7(2025. 8 重印)
ISBN 978 - 7 - 5612 - 8817 - 7

I. ①新… II. ①贾… ②冯… ③胡… III. ①新能源
- 汽车 - 驱动机构 - 车辆检修 IV. ①U469. 707

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 127114 号

XINNENGYUAN QICHE QUDONG DIANJI XITONG JIANXIU

新能源汽车驱动电机系统检修

贾燕红 冯帆 胡克晓 主编

责任编辑: 刘 敏

装帧设计: 黄燕美

责任校对: 李阿盟

出版发行: 西北工业大学出版社

通信地址: 西安市友谊西路 127 号 邮编: 710072

电 话: (029)88491757, 88493844

网 址: www. nwpup. com

印 刷 者: 三河市骏杰印刷有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 10

字 数: 180 千字

版 次: 2023 年 7 月第 1 版 2025 年 8 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 5612 - 8817 - 7

定 价: 36.00 元

如有印装问题请与出版社联系调换



党的二十大报告指出,我国要建设现代化产业体系,坚持把发展经济的着力点放在实体经济上,推进新型工业化,加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国,要推动战略性新兴产业融合集群发展,构建新一代信息技术、人工智能、生物技术、新能源、新材料、高端装备、绿色环保等一批新的增长引擎。

目前,我国大力推广使用新能源汽车,包括混合动力电动汽车、纯电动汽车和燃料电池电动汽车等类型。驱动电机系统是新能源汽车动力系统的核心部件,其必须适应新能源汽车极为苛刻的工况。我国具有大量的稀土资源,这为电机行业的发展提供了很好的条件,使其较易进入全球分工体系,如果引导得力,驱动电机完全可以发展成为优势产业。随着新能源汽车的技术发展和产业发展,社会急需驱动电机系统检修技术方面的专业书籍来培训中等职业学校学生和相关技术人员,并用于指导科研和生产实践。

本书在理论知识内容的深度上遵循“管用、够用、实用”的原则,充分体现职业性、技术性和应用性的职业教育特色;在实践教学内容的安排上以“工学结合”的教学模式为参照目标,努力展现一门具有职业特色、注重岗位职业能力培养的专业技术课程。

本书结合当前新能源汽车驱动电机的主流技术,并结合编者多年来在驱动电机系统检修技术方面的实践和培训经验,全面系统地分析了驱动电机及控制技术。全书共分6个学习项目:项目一驱动电机的认知,主要介绍新能源汽车驱动电机的基础知识和电传动系统的典型结构;项目二典型驱动电机及其附件的工作原理,主要介绍交流异步电机、永磁同步电机、开关磁阻电机及电机转速传感器;项目三驱动电机的更换与检修,主要介绍驱动电机的更换、驱动电机的检修;项目四电的转换,主要介绍AC-DC变换电路、DC-DC变换电路、DC-AC变换电路;项目五电机控制器,主要介绍电机控制器的基础知识、电机控制器性能检测、

电机能量回收系统;项目六电机控制系统检修,主要介绍比亚迪秦 Pro-DM 电机控制系统检修、北汽新能源 EV160 电机控制系统检修及奇瑞瑞虎 3xe 电机控制系统检修。

本书主要突出以下特色:

- (1)将培养学生的学习能力、分析能力及创新能力放在首位。
- (2)在强调基础知识与基本技能训练的同时,注重理论与实践相结合,为学生未来的职业发展打下坚实的基础。
- (3)力求图文并茂,激发学生的学习兴趣。

本书由烟台汽车工程职业学院贾燕红、陕西国防工业职业技术学院冯帆、山东技师学院胡克晓担任主编。其中,贾燕红编写项目一、项目二,冯帆编写项目三、项目四,胡克晓编写项目五、项目六。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥和疏漏之处,恳请广大读者批评指正,以便再版时修改。

编 者

2023 年 5 月



项目一 驱动电机的认知 1

- 任务一 认知新能源汽车驱动电机 1
- 任务二 认知电传动系统的典型结构 15



项目二 典型驱动电机及其附件的工作原理 28

- 任务一 认知交流异步电机 28
- 任务二 认知永磁同步电机 36
- 任务三 认知开关磁阻电机 44
- 任务四 认知电机转速传感器 53



项目三 驱动电机的更换与检修 61

- 任务一 驱动电机的更换 61
- 任务二 驱动电机的检修 71



项目四 电的转换 78

- 任务一 认知 AC-DC 变换电路 78
- 任务二 认知 DC-DC 变换电路 86
- 任务三 认知 DC-AC 变换电路 93



项目五 电机控制器 100

- 任务一 认知电机控制器 100
- 任务二 电机控制器性能检测 111



- ▶ 任务三 认知电机能量回收系统····· 118



项目六 电机控制系统检修····· 127

- ▶ 任务一 比亚迪秦 Pro-DM 电机控制系统检修····· 127
- ▶ 任务二 北汽新能源 EV160 电机控制系统检修 ····· 135
- ▶ 任务三 奇瑞瑞虎 3xe 电机控制系统检修 ····· 142



参考文献····· 153

项目一

驱动电机的认知



任务一 认知新能源汽车驱动电机

案例导入

某客户新买了一辆比亚迪秦轿车,但该客户缺乏对该车辆的了解。作为专业人员,你需要从电机术语和定义、电动汽车电机驱动系统的组成和电动汽车用驱动电机的分类等方面对客户进行讲解。

知识储备

一、驱动电机相关术语和定义

1. 驱动电机系统

驱动电机系统即通过有效的控制策略将动力电池提供的直流电转化为交流电,实现电机的正转或反转控制,在减速/制动时将电机发出的交流电转化为直流电,把能量回收给动力电池或者提供给超级电容等储能设备以供二次制动使用的系统。驱动电机系统示意图如图 1-1 所示。



视频

日产新能源驱动系统

2. 驱动电机

驱动电机即将电能转换成机械能并为车辆行驶提供驱动力的电气装置,该装置也可具备将机械能转换成电能的功能,如图 1-2 所示。



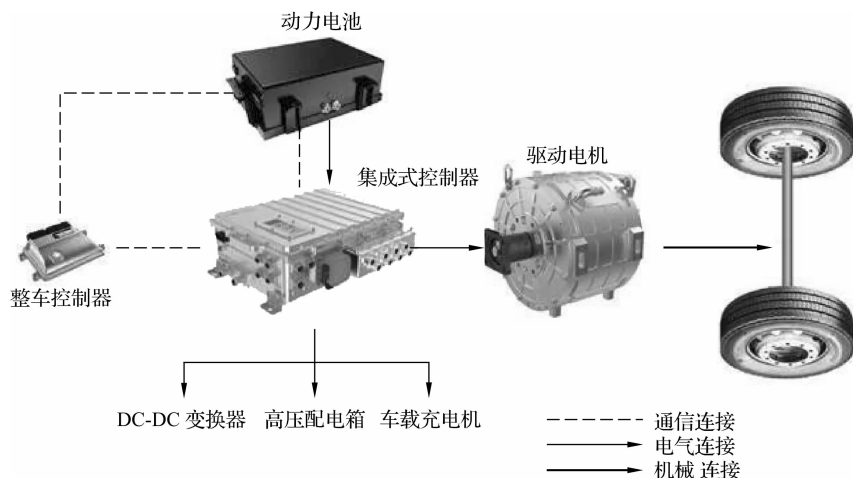
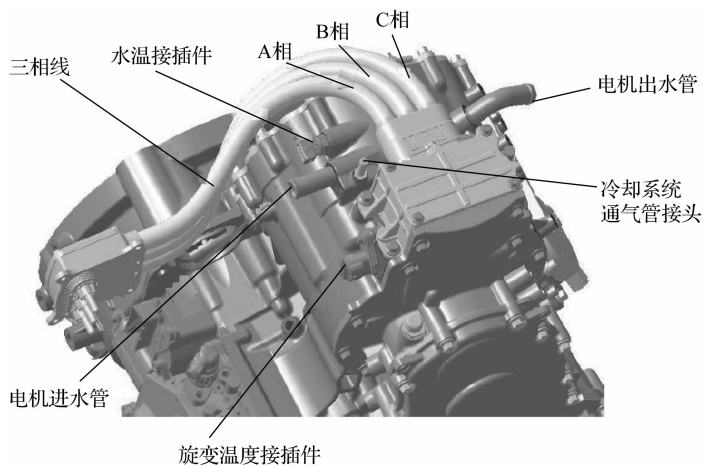


图 1-1 驱动电机系统示意图



视频
奥迪 E-TRON
新 能 源 驱 动
电 机

图 1-2 驱动电机

3. 驱动电机控制器

驱动电机控制器即控制动力电池与驱动电机之间能量传输的装置，由控制信号接口电路、驱动电机控制电路和驱动电路组成。驱动电机控制器如图 1-3 所示。



图 1-3 驱动电机控制器

4. 直流母线电压

直流母线电压即驱动电机系统的直流输入电压。

5. 额定电压

额定电压即直流母线电压的标称值。

6. 最高工作电压

最高工作电压即直流母线电压的最大值。

7. 输入输出特性

输入输出特性表示驱动电机、驱动电机控制器或驱动电机系统的转速、转矩、功率、效率、电压、电流等参数间的关系。

8. 持续转矩

持续转矩即规定的长期工作的最大转矩。

9. 持续功率

持续功率即规定的长期工作的最大功率。

10. 工作电压范围

工作电压范围即能够正常工作的电压范围。

11. 转矩/转速特性曲线

转速特性曲线一般是形容频率的曲线,转矩特性曲线是确定电压变化的曲线。

12. 峰值转矩

峰值转矩即电机可以达到的并可以短时工作而不出现故障的最大转矩。

13. 堵转转矩

堵转转矩即机械设备转速为零(堵转)时的转矩。

14. 最高工作转速

最高工作转速即电机达到最大功率时的最高转速。

二、电动汽车电机驱动系统的组成

电机驱动系统是电动汽车(electric vehicle, EV)和混合动力汽车(hybrid electric vehicle, HEV)的核心组成部分,其主要由电机、功率变换器、电机控制器和电源(动力电池)构成,其任务是在驾驶员的控制下,高效率地将动力电池的电能转化为驱动车轮的动能,或者在车辆制动时,将制动能量回收至动力电池中。典型电机驱动系统的基本组成如图 1-4 所示。电动汽车的电机驱动系统主要根

据以下因素来选择:驾驶员对行驶性能的期望、车辆规定的性能参数及车载能源的性能。驾驶员对行驶性能的期望主要由包括加速性能、最高车速、爬坡能力、制动性能和行驶里程在内的行驶循环予以定义。

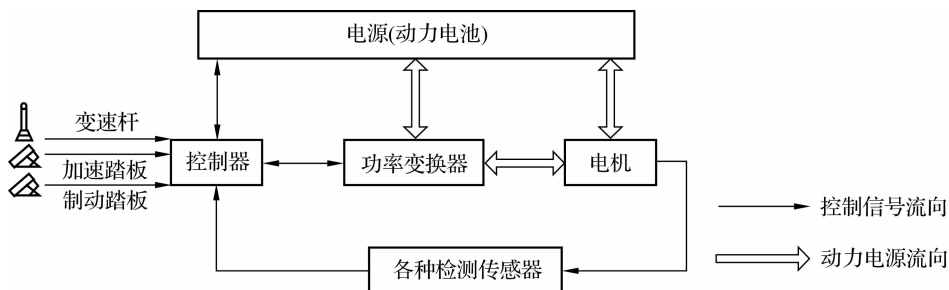


图 1-4 典型电机驱动系统的基本组成

1. 电机

早期的电动汽车主要采用直流电机作为驱动电机,控制方法简单易行,但是其缺点为换向器和电刷需要经常维护,因而限制了其应用的范围。随着现代电力电子技术的发展,交流电机驱动系统逐渐取代了直流电机驱动系统。

2. 功率变换器

功率变换器根据所选的电机类型可分为直流-直流(DC-DC)变换器和直流-交流(DC-AC)变换器,其作用是根据整车控制器对电机输出转矩的要求,将动力电池的电压与电流转换为控制电机所需的特定电压和电流。功率变换器中包括各种检测传感器,对电机的电压、电流、转速、转矩及温度进行检测,从而提高电机的控制性能。功率变换器如图 1-5 所示。

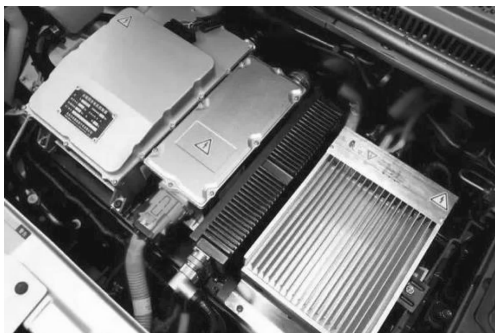


图 1-5 功率变换器

3. 电机控制器

电机控制器是电动汽车特有的核心功率电子单元,通过接收整车控制器的

行驶控制指令,控制电机输出指定的转矩和转速,驱动车辆行驶。另外,在能量回收过程中,电机控制器还要负责将驱动电机副转矩产生的交流电进行整流回充给动力电池。电机控制器如图 1-6 所示。



图 1-6 电机控制器

4. 能源系统

含体积和质量在内的车辆性能约束取决于车型、车的质量和载重量。能源系统则与蓄电池、燃料电池、超级电容、飞轮及各种混合型能源相关联。因此,能源系统的特性优选和组件选择过程必须在系统层面上实施,还必须研究各子系统间的相互作用及权衡系统中可能的影响,如图 1-7 所示。

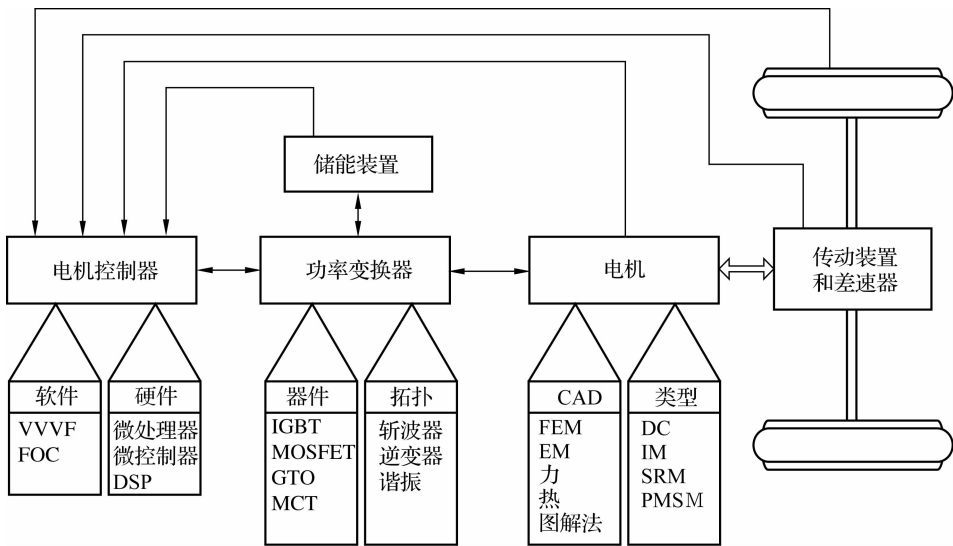


图 1-7 能源系统

三、电机的分类

电机的分类如图 1-8 所示。电动汽车驱动电机有直流电机、交流异步电机、永磁同步电机和开关磁阻电机等。早期应用的直流电机虽易于控制,调速性能

好,但由于其存在换向装置而可靠性较低,维修成本也较高。随着交流变频调速技术和机械制造技术的发展,交流异步电机、永磁同步电机和开关磁阻电机的优势逐渐凸显,在电动汽车领域获得了广泛应用。

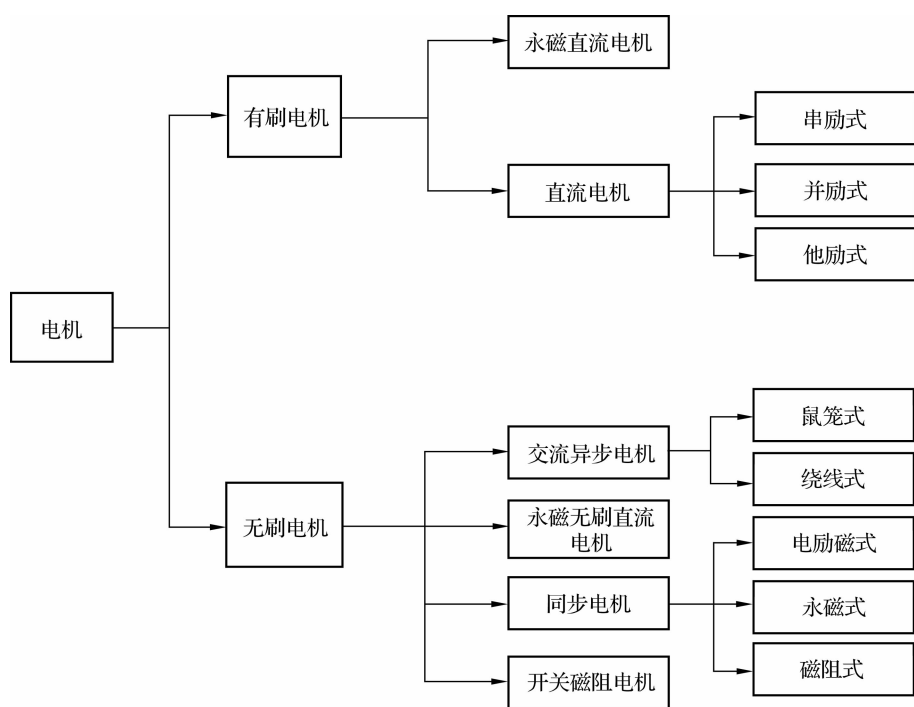


图 1-8 电机的分类

四、电动汽车用驱动电机的性能比较

1. 直流电机

直流电机有结构简单、价格低廉、控制简单、启动和调速性能好等优点,早期的电动汽车均采用直流电机作为动力源。目前,直流电机仍是低速小型电动汽车的首选。同时,直流电机也有缺点,首先其转速范围较窄,最高仅为 6 000 r/min 左右,其次其功率密度和效率都不高,而且其体积、质量也相对较大,增加了整个设备的质量。这些缺点制约了直流电机在中大型电动汽车上的应用。

2. 交流异步电机

交流异步电机是目前电动汽车领域运用最广泛的电机。由于电子控制技术的迅速发展,交流异步电机曾经的技术瓶颈都得到了突破,上海汽车集团股份有限公司的荣威 ERX5、特斯拉公司的 Model S 等中高端电动车均采用交流异步电机。交流异步电机具有质量和体积较小、调速范围宽、响应迅速等优点,但其所



使用的交流电必须是通过逆变器将动力电池输出的直流电转换的交流电,这加大了控制系统的复杂程度,提高了成本。

3. 永磁同步电机

永磁同步电机目前主要应用在高端电动汽车上,其不仅具有效率高、体积和质量小、调速范围宽等优点,最大的特点是电机启动时电流冲击小,电流随负载变化小,这能够提高高端车型的乘坐舒适性。但高昂的成本、复杂的控制系统也拉高了其使用门槛。



视频

特斯拉线圈旋

转交流电机

4. 永磁无刷直流电机

永磁无刷直流电机是一种利用单块或多块永磁体来构造磁场的直流电机,性能上接近恒定励磁电流的他励式直流电机,它的调速过程可以通过改变电枢电压来实现。与他励式直流电机相比,其具有体积更小、效率更高、结构更简单等优点,是小功率直流电机的主要类型,目前被广泛应用于汽车、摩托车等领域。

5. 开关磁阻电机

开关磁阻电机目前还未得到广泛应用,但其具有很大的开发潜力。开关磁阻电机不仅结构简单,体积和质量小,而且调速范围宽。但其控制系统复杂,而且在负载时会产生振动噪声,负载效率不高。目前这些问题还未得到很好的解决,未来这些问题解决后开关磁阻电机可能会得到广泛应用。

五、电动汽车对驱动电机的要求

用于电动汽车上的驱动电机与常规工业用驱动电机有很大的不同,工业用驱动电机通常工作在额定的工作点,而电动汽车用驱动电机通常运行在驱动/制动、加速/减速等需要频繁变换的工况中,要求低速行驶或爬坡时具有高转矩,高速行驶时则具有低转矩,并且应具有较大的调速范围。电动汽车对驱动电机性能的具体要求主要如下。

1. 过载能力强

为保证车辆具有较好的动力性,要求电机具有较好的转矩过载和功率过载能力,峰值扭矩一般为额定转矩的 2 倍以上,峰值功率一般为额定功率的 1.5 倍以上,且峰值扭矩和峰值功率的工作时间一般要求在 5 min 以上。

2. 转矩响应快

电动汽车驱动电机一般采用低速恒转矩和高速恒功率的控制方式,要求转





矩响应快、波动小和稳定性好。

3. 调速范围宽

要求驱动电机具有较宽的调速范围,最高转速是基速的 3 倍以上,并且能够四象限工作。

4. 功率密度高

为便于驱动电机及其控制系统在车辆上的安装布置,要求系统具有很高的功率密度。

5. 可靠性高和具有一定的容错运行能力

电动汽车的驱动电机应该能够在恶劣环境下长期正常工作,并具有机械强度高、抗振性好、耐温性能强、耐潮性能强、电磁兼容性好和易于维护等特性。

6. 能够实现能量回馈

能量回馈性能的好坏对车辆的续驶里程、运行性能和能源利用率等有着重要的影响。电动汽车在减速或制动时对车辆的制动能量进行部分回收,使车辆具有更高的能量利用率。

7. 成本低

电动汽车要取得与燃油汽车竞争的优势,在满足性能要求的前提下必须考虑降低各零部件的成本,而驱动电机成本的高低是决定电动汽车是否能够产业化的一个重要因素。

六、电机的工作原理

1. 交流电机的工作原理

单相交流异步电机通过电容移相作用,将单相交流电分离出另一相与其相位差为 90° 的交流电。将这两相交流电分别送入两组或四组电机线圈绕组,就在电机内形成旋转的磁场,旋转磁场在电机转子内产生感应电流,感应电流产生的磁场与旋转磁场方向相反,转子被旋转磁场推拉进入旋转状态。由于转子必须切割磁力线才能产生感应电流,所以转子转速必须低于旋转磁场转速,因此称其为异步电机。

三相交流异步电机不必通过电容移相,本身就有相差为 120° 的三相交流电,因此产生的旋转磁场更均匀,效率更高。

永磁同步电机的磁场由永久磁铁产生,转子线圈通过电刷供电,转速与交流电频率为整倍数(分数)关系(视转子线圈绕线数而定),因此称其为同步电机。



视频

电机的工作原理及其零件和功能

2. 直流电机的工作原理

直流电机主要由定子和转子两大部分组成。定子上有磁极(绕组式或永磁式),转子上有绕组,通电后转子上形成磁场(磁极),定子和转子的磁极之间就会有一个夹角,由定、转子磁场(N极和S极之间)的相互吸引而使电机旋转。改变电刷的位置,就可以改变定、转子之间的磁极夹角(假设以定子的磁极为夹角起始边,转子的磁极为另一边,由转子的磁极指向定子的磁极的方向就是电机的旋转方向)的方向,从而改变电机的旋转方向。

七、直流电机的结构

1. 永磁直流电机

永磁直流电机由永磁体、转子绕组、电刷和机壳等组成,如图 1-9 所示。

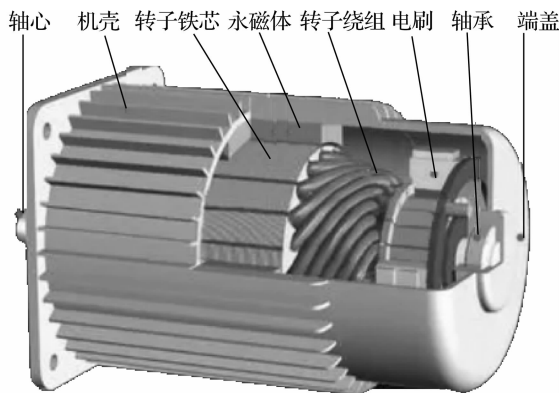


图 1-9 永磁直流电机

定子磁极采用永磁体(永久磁铁),制成永磁体的材料有铁氧体、铝镍钴、钕铁硼等。按其结构形式可分为圆筒型和瓦块型等。

转子一般采用硅钢片叠压而成,漆包线绕在转子铁芯的两槽之间(三槽即有三个绕组),各接头分别焊在换向器的金属片上。

电刷是连接电源与转子绕组的导电部件,具备导电与耐磨两种性能。永磁直流电机的电刷多为单性金属片电刷、金属石墨电刷或电化石墨电刷。

2. 永磁无刷直流电机

永磁无刷直流电机由永磁体转子、多极绕组定子和位置传感器等组成。

永磁无刷直流电机的特点是无刷,采用半导体开关器件(如霍尔元件)来实现电子换向,即用电子开关器件代替传统的接触式换向器和电刷,具有可靠性

高、无换向火花、机械噪声低等优点。永磁无刷直流电机如图 1-10 所示。



视频

永磁电动机的
工作原理

图 1-10 永磁无刷直流电机

位置传感器按转子位置的变化,沿着一定次序对定子绕组的电流进行换流即检测转子磁极相对定子绕组的位置,并在确定的位置处产生位置传感信号,经信号转换电路处理后控制功率开关电路,按一定的逻辑关系进行绕组电流切换。

永磁无刷直流电机的位置传感器有磁敏式、光电式和电磁式 3 种类型。

(1)磁敏式。采用磁敏式位置传感器的永磁无刷直流电机,其磁敏传感器件(如霍尔元件、磁敏二极管、磁敏三极管、磁敏电阻等)装在定子组件内用来检测永磁体转子旋转时产生的磁场变化。电动汽车多用的是霍尔元件。

(2)光电式。采用光电式位置传感器的永磁无刷直流电机,在定子组件上按一定位置配置光电传感器件,转子上装有遮光板,光源为发光二极管或小灯泡,转子旋转时,由于遮光板的作用,定子上的光敏元器件将会按一定频率间歇产生脉冲信号。

(3)电磁式。采用电磁式位置传感器的永磁无刷直流电机,在定子组件上安装电磁传感器件(如耦合变压器、接近开关谐振电路等),当永磁体转子位置发生变化时,电磁效应将使电磁传感器产生高频调制信号(其幅值随转子位置而变化)。

定子绕组的工作电压由位置传感器输出控制的电子开关电路提供。



视频

无刷电机与永
磁同步电机的
区别



视频

永磁电动机的
性能



八、电机故障的检修

电机的故障有机械故障与电气故障两大类,机械故障比较容易发现,而电气故障就要通过测量电压或电流进行分析判断了。以下介绍电机常见故障的检测与排除方法。

1. 电机的空载电流大

当电机的空载电流大于极限数据时,说明电机出现故障。电机空载电流大的原因有电机内部机械摩擦大、线圈局部短路、磁钢退磁等。对电机做有关的测试与检查,可以进一步判断出故障出现的原因或故障部位,如可以检测电机的空载/负载转速比。打开电源,使电机高速空载转动 10 s 以上,等电机转速稳定以后,测量此时电机的空载最高转速。在标准测试条件下,行驶 200 m 以后,开始测量电机的负载最高转速。当电机的空载/负载转速比大于 1.5 时,说明电机的磁钢退磁已经相当严重了,应该更换整个电机。

2. 电机发热

电机发热的直接原因是电流过大。在电动汽车的整车维修实践中,处理电机发热故障的方法一般是更换电机。

3. 电机在运行时内部有机械碰撞或机械噪声

无论是高速电机还是低速电机,在负载运行时都不应该出现机械碰撞或不连续、不规则的机械噪声。不同形式的电机可运用不同的方法进行维修。

4. 续驶里程缩短、电机乏力

续驶里程缩短与电机乏力(俗称电机没劲)的原因比较复杂,但是在排除了以上电机故障之后,整车续驶里程缩短的故障基本可以排除是电机引起的,一般与电池容量衰减、充电器充不满电、控制器参数漂移[脉冲宽度调制(pulse width modulation,PWM)信号没有达到 100%]等有关。

5. 无刷电机缺相

无刷电机缺相一般是由无刷电机的霍尔元件损坏引起的。通过测量霍尔元件输出引线相对霍尔地线和霍尔电源线的电阻,可以用比较法判断是哪个霍尔元件出现故障。



视频

永磁电动机的

优点



视频

永磁电动机

演示



视频

内置式永磁同

步电机



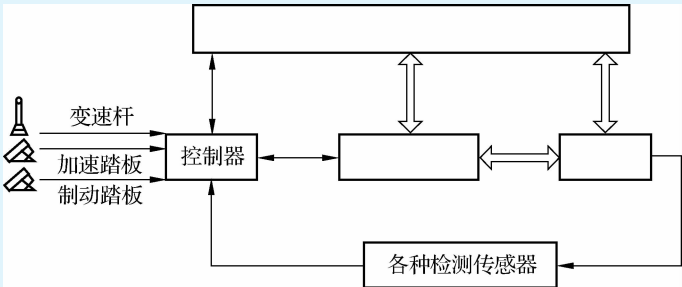
视频

特斯拉永磁电

动机



任务实施

认知新能源汽车驱动电机		工作任务单		班级:
				姓名:
结合所学内容,解释以下名词				
序号	名词			特点
1	驱动电机系统			
2	驱动电机			
3	驱动电机控制器			
4	直流母线电压			
5	最高工作电压			
写出下图各部件的名称和特点				
序号	部件		名称	特点
1				
2				
根据所学内容,补全以下空白框				
				

 拓展知识

一、电动汽车的优越性

1. 排放污染小

电动汽车在行驶过程中尾气的排放量很少甚至没有尾气排放,因此,大力发展电动汽车对全球环境改善有着积极的意义。

2. 能源利用率高

传统内燃机汽车的燃油能量转换率不高是个很难突破的瓶颈,在过去的一个多世纪的发展中,研究人员不断改进内燃机的结构和性能,但其能量转换效率始终没有太大的提高。理想情况下,内燃机的能量转换效率约为 38%,若考虑实际工况,即考虑汽车的频繁启停、长时间低速行驶、怠速等工况,实际的能量转换效率不到 14%。电动汽车以电机为驱动装置,其有两大优势:第一,相比于传统内燃汽车,电动汽车无空转损失,大大节约了能量;第二,电机具有制动能量回收功能,即制动时能将机械能转化为电能储存起来再利用。这两大优势使电动汽车的能量转化效率较高。

3. 能源来源多样化

电动汽车使用的能源属于清洁能源,而清洁能源在最近几年的发展和进步比较迅速,种类也非常丰富,除了人们熟悉的太阳能、风能、电化学能之外,还有一些新兴的潮汐能、地热能、核能和氢能等。电动汽车所需能源的获得途径多种多样。随着清洁能源技术的迅速发展,将以上清洁能源运用在电动汽车上只是时间问题。这些清洁能源在地球上取之不尽、用之不竭,而且合理开发和使用这些清洁能源还可以带动新兴科技产业蓬勃发展。

4. 噪声污染小

传统燃油汽车与电动汽车的主要区别在于传动系统和能量来源两个方面。汽车的传动系统是噪声的主要来源。电动汽车动力传递的灵活性和电机优越的性能在很大程度上减少了噪声的产生,电气控制技术的广泛应用使电动汽车的动力传输系统少了许多机械连接,因而最大限度地减少了摩擦产生的噪声。电动汽车全新的能源管理系统也减少了噪声的产生。



二、电动汽车的整车性能参数定义

在设计传统燃油汽车时,需要对整车性能参数(包括动力性参数、燃油经济性参数等)进行标定。电动汽车也一样,但是由于其动力源为蓄电池中储存的电能,所以在设计电动汽车时需要把续驶里程作为一项重要的指标。电动汽车的整车性能参数包括最高车速、加速性能、最大爬坡度和续驶里程等。

1. 最高车速

最高车速即电动汽车平稳行驶所能达到的最大速度。最高车速的制定主要取决于该电动汽车的市场定位。

2. 加速性能

电动汽车的加速性能主要通过加速时间或者加速距离来评价。良好的加速性能能帮助驾驶员更快地完成超车、避险等动作,也能给驾驶员带来更好的驾驶感受。对加速性能的标定通常分为起步加速性能和超车加速性能。

3. 最大爬坡度

最大爬坡度是指电动汽车在良好的铺装路面上所能爬升的最大坡度。坡度通常用垂直距离与水平距离之比(一般用百分比)来表示。

4. 续驶里程

续驶里程表示在满电情况下电动汽车所能行驶的最大里程。该指标是衡量电动汽车性能的重要指标,续驶里程太小会增加充电次数,造成使用不方便,甚至导致半路抛锚。



课后练习

一、填空题

1. 驱动电机系统可通过有效的控制策略将动力电池提供的_____转化为交流电,实现电机的正转以及反转控制。
2. _____即控制动力电源与驱动电机之间能量传输的装置,由控制信号接口电路、驱动电机控制电路和驱动电路组成。
3. 电机驱动系统是电动汽车和混合动力汽车的核心组成部分,其主要由_____构成。

二、判断题

1. 驱动电机即将电能转换成机械能为车辆行驶提供驱动力的电气装置,该

装置也可具备将机械能转换成电能的功能。 ()

2. 输入特性用于表示驱动电机、驱动电机控制器或驱动电机系统的转速、转矩、功率、效率、电压、电流等参数间的关系。 ()

3. 良好的加速性能能帮助驾驶员更快地完成超车、避险等动作,对加速性能的标定通常分为起步加速性能和超车加速性能。 ()



任务二 认知电传动系统的典型结构

案例导入

某客户打算购买一辆新能源汽车,但该客户缺乏对该新能源汽车的了解。作为汽车销售人员,你需要从混合动力汽车的驱动形式和纯电动汽车动力传动系统布置方案等方面对该客户进行讲解。

知识储备

一、混合动力汽车的驱动形式

混合动力汽车是由两种或两种以上的动力来驱动的,当前大多数的油电混合动力汽车主要由内燃机的热能和电力两种动力进行驱动。

根据内燃机与电力之间连接的方式,可以将混合动力汽车的驱动形式分为串联式、并联式以及混联式 3 种,如图 1-11 所示。

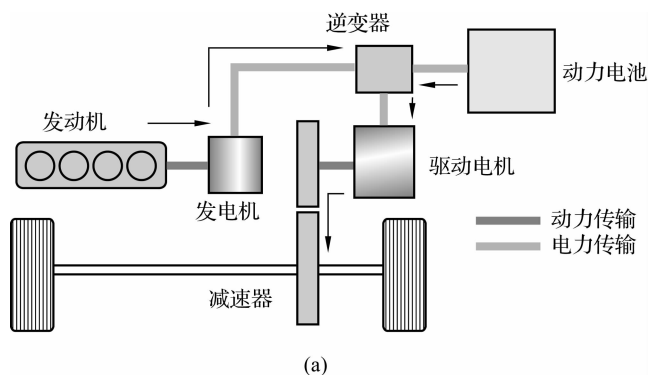
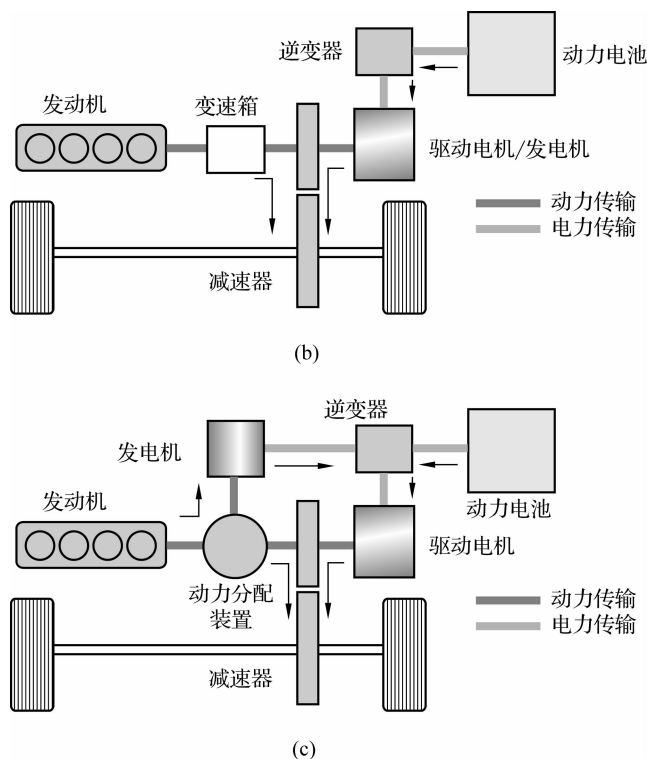


图 1-11 混合动力汽车的驱动形式





续图 1-11 混合动力汽车的驱动形式

(a)串联式；(b)并联式；(c)混联式

1. 串联式混合动力驱动单元

串联式混合动力驱动单元中车辆的驱动力只来源于驱动电机，其结构特点是发动机(即内燃机)带动发电机发电，发电机发电得到的电能通过驱动电机控制器输送给驱动电机，再由驱动电机驱动汽车行驶。另外，动力电池也可以单独向驱动电机提供电能驱动汽车行驶。如雪佛兰 VOLT (见图 1-12)就是采用这种形式的驱动单元。



图 1-12 雪佛兰 VOLT

1) 雪佛兰 VOLT 驱动单元主要结构形式

雪佛兰 VOLT 驱动单元内部设置有单级单排行星齿轮机构、2 个电机(发电机 A、驱动电机 B)和 3 个离合器(C1、C2、C3)、电源转换器模块(PIM)、内燃机(ICE)等,其连接关系如图 1-13 所示。

内部行星齿轮机构的太阳轮与驱动电机 B 刚性连接,齿圈受离合器 C1 和

产生电能以提供电能至驱动电机 B,将转矩提供至车轮,同时将多余的电能存储在动力电池中。此时驱动单元内部的动力传递形式为:离合器 C1 将保持行星齿轮机构的齿圈处于静止状态,离合器 C3 将发电机 A 与内燃机相连接,发电机 A 产生的电能传递给驱动电机 B,驱动行星齿轮机构的太阳轮,由于齿圈保持静止状态,所以转矩通过行星架传输到差速器,并通过差速器传输到驱动轮上。

2. 并联式混合动力驱动单元

并联式混合动力驱动单元中车辆的驱动力由电机和发动机同时或单独供给,其结构特点是可以单独使用发动机或驱动电机作为动力源,也可以同时使用驱动电机和发动机作为动力源驱动汽车行驶。如本田 Insight(见图 1-14)就是采用这种形式的驱动单元。

3. 混联式混合动力驱动单元

混联式混合动力驱动单元指具备串联式和并联式两种结构的混合动力驱动单元,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。混联式混合动力驱动单元多了动力分离装置,动力一部分用于驱动车轮,另一部分用于发电。如丰田普锐斯(见图 1-15)就是采用这种形式的驱动单元。



图 1-14 本田 Insight



图 1-15 丰田普锐斯

丰田普锐斯混合动力系统采用 P410 混合驱动桥,其主要由发动机、两台电机(MG1、MG2)和动力分配行星组件组成,如图 1-16 所示。采用混联驱动形式的丰田普锐斯混合动力汽车有以下几种运行模式。

1) 车辆停止后发动机被启动

车辆停止时电机 MG2 处于静止状态,此时发动机停机不工作。当电源控制模块监测到充电状态过低或电载荷过大不符合条件需要启动发动机时,电源控制模块向主 ECU 发出信号控制电机 MG1 运转从而启动发动机。电机 MG2 处于静止状态,电机 MG1 驱动太阳轮正向旋转,因此行星架连接发动机做正向减

速输出运动,即发动机被启动。在发动机被启动期间,为防止电机 MG2 运转,此时电机 MG2 将接收电流以施加制动。在发动机启动完成后,电机 MG1 的驱动电流会被立即切断,此时电机 MG2 仍然静止,发动机带动行星架输入太阳轮正向增速输出,即电机 MG1 被驱动并作为发电机对动力电池进行充电。

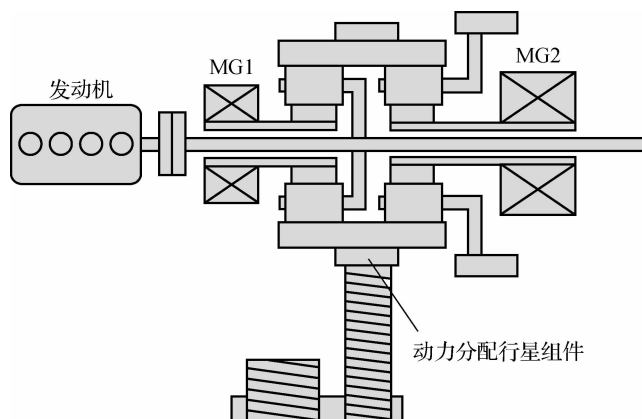


图 1-16 丰田普锐斯混合动力驱动桥总成结构示意图

2) 车辆低负荷工况

车辆发动机在低负荷工况时处在高油耗、高排放污染区域,而丰田普锐斯混合动力汽车的 EV 模式能够仅利用由动力电池向电机 MG2 提供的电能驱动车辆行驶。此时发动机停机不运行,加速踏板开度不大,电机 MG1 反向旋转但不发电。主 ECU 便控制动力电池向电机 MG1 供电使其以较低转速正向旋转从而启动发动机。首先,电机 MG1 的驱动电流会使其停止转动,此时发动机已经开始正向旋转,车速的高低决定了电机 MG1 正向旋转的转速大小;在电源控制模块接收到发动机已经运转的信号后会立即切断电机 MG1 的驱动电流,已经启动的发动机带动电机 MG1 正向旋转,使其作为发电机对动力电池进行充电。

3) 车辆正常行驶工况

车辆正常行驶时,发动机和电机 MG2 一同驱动。此时发动机能够在最佳工况下运转,一部分动力直接输出到驱动车轮,剩余的动力带动电机 MG1 作为发电机发电,通过变频器总成一系列的调整和转换电能驱动电机 MG2 输出动力。当动力电池的电量少时,发动机的输出功率会提高,带动电机 MG1 加大发电量向动力电池充电。当车辆由正常行驶状态进入巡航状态时,电机 MG1 的转速会



有所下降,这样发动机就可以在较低的经济转速下工作,从而提高车辆的经济性。

二、纯电动汽车传动系统布置方案

传统燃油汽车动力总成布置存在着质量大、体积大、形状不规则等问题。相比于传统燃油汽车,纯电动汽车的传动系统布置更加灵活。在汽车行驶过程中,发动机运转所带来的振动冲击也要明显大于电机,会大大影响乘客的乘坐舒适性。

纯电动汽车电机的布置可以分为前置、中置和后置 3 种类型,驱动形式可以分为前驱、后驱和四驱 3 种类型。由于电机有着良好的输出特性曲线,所以对于其传动系统而言,既可以与传统燃油汽车一样匹配离合器与变速器,也可以采用固定挡减速器。传统燃油汽车的油箱通常需要做成不规则形状适应整车布置,但动力电池不同,如何合理规划布置方案以安置更多的电池是需要研究的关键性问题。

1. 确定布置方案应考虑的因素

对于纯电动汽车传动系统,不同的布置方案有着不同的优点。在选择合理的布置方案时,要全方位考虑车型定位以及消费者的需求。

1) 空间布置

电机及其控制系统相对于发动机来说质量和体积都要小得多,比较容易布置,但是动力电池如果比较多往往会占据较大的空间,电池少又会导致续驶里程短。因此,在布置动力电池时,采用的解决方法往往是将电池拆分成若干小电池包,电池包之间用导线连接,以充分利用整车较小的空间。

2) 轴荷分配

轴荷的分配直接影响操控稳定性、动力性等。一般来说,整备状态下前后轴载荷比达到 50 : 50 为最佳。纯电动汽车可以合理地分配电机、动力电池等的位置以达到合理的轴荷分配要求。

3) 散热问题

电机与动力电池运转时会产生热量,若没有良好的通风散热能力,热量聚集将影响动力电池和电机的工作状态,甚至产生安全隐患。因此,在布置动力电池和电机时要充分考虑其通风散热问题。此外,控制系统也应当对温度进行实时监控,当温度过高时应当调整动力系统工作状态并提醒驾驶员。

4) 传动效率

传动效率直接影响纯电动汽车的续驶里程,因此在布置传动系统时,应该尽

量减少传输距离和传输角度,减少不必要的能量损失。

5) 系统安全性

系统的安全性是指纯电动汽车的电力系统不会对驾驶员及乘客造成伤害。纯电动汽车的动力电池通常电压较高,存在短路等安全隐患。在发生碰撞等事故时,要求动力电池不会因受到挤压而发生起火或爆炸。为了避免危险情况的发生,能量管理系统应具备监测动力电池故障以及自行切断电路的功能。

2. 纯电动汽车传动系统布置形式

目前纯电动汽车传动系统布置形式可以大致分为传统布置形式、机电集成布置形式、机电一体化布置形式和轮毂电机布置形式 4 种。

1) 传统布置形式

传统布置形式(见图 1-17)是在传统燃油汽车的布置形式上改造而来的,只是将油箱与发动机换成了动力电池与电机,因此比较容易实现,是早期纯电动汽车常用的布置形式。但是这种布置形式的传动系统传动路线太长,导致传动效率相对较低。由于电机良好的输出特性,所以在某些车型上也可以用固定速比的减速器替换离合器和变速器,这样可以减少整车质量,提高传动效率。

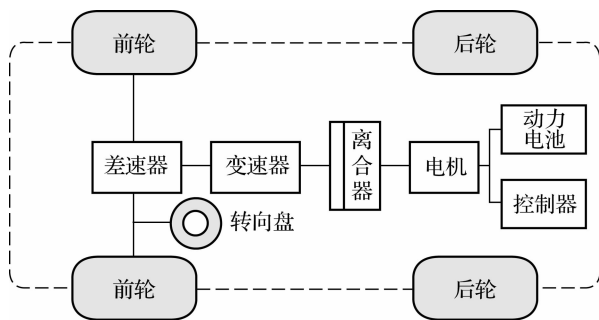


图 1-17 传统布置形式

2) 机电集成布置形式

机电集成布置形式(见图 1-18)是在机械布置的基础上将电机、减速器和差速器整合成一个整体的布置形式。这种布置形式结构紧凑,传动系统有体积小、质量轻、布置容易、传动效率较高等优点。

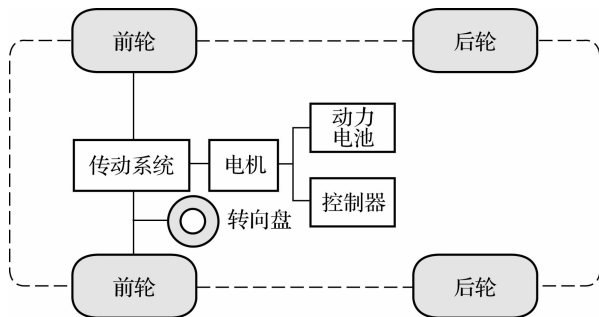


图 1-18 机电集成布置形式

3) 机电一体化布置形式

机电一体化布置形式(见图 1-19)最大的特点是取消了差速器,转而使用两个电机通过减速器来分别驱动两个车轮。由于每台电机可以独立进行控制,所以可以使电动汽车更加灵活,有更好的操控性能。传动系统的进一步简化使纯电动汽车的质量、体积进一步减小,传动效率也得到了进一步提升。但是由于增加了一个电机,所以使成本有所提高,并且对两台电机进行精确控制也是一个挑战。

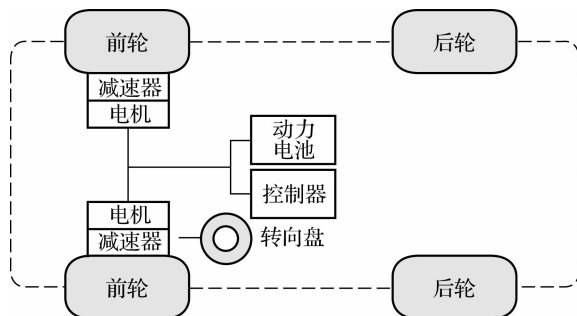


图 1-19 机电一体化布置形式

4) 轮毂电机布置形式

轮毂电机布置形式(见图 1-20)直接将电机装载在驱动轮上,彻底取消了传统的传动系统,大大减小了占用空间。直接驱动车轮的驱动方式使其在传动效率上有较大优势,但由于轮毂电机与传统电机有着不同的结构,所以需要重新设计匹配以满足性能要求以及较小的安装空间的要求。该布置形式下车轮转速完全由轮毂电机决定,因此对电机控制器的控制精度有着很高的要求。这种紧凑、高效的布置形式是未来纯电动汽车的发展趋势。

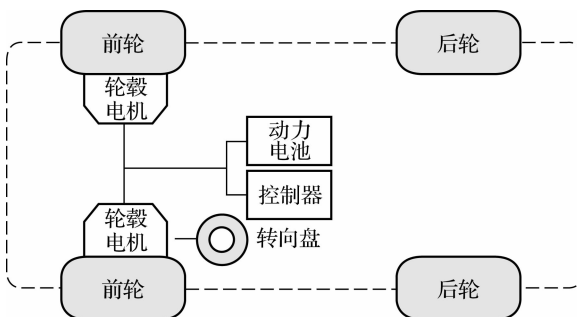


图 1-20 轮毂电机布置形式(前轮驱动)

三、纯电动汽车常用的电机驱动系统

纯电动汽车常用的电机驱动系统有直流电机驱动系统、交流异步电机驱动



系统、永磁同步电机驱动系统和开关磁阻电机驱动系统 4 种。

1. 直流电机驱动系统

直流电机驱动系统采用有刷直流电机,电机控制器一般采用斩波器控制方式。它具有成本低、易于平滑调速、控制器简单、控制相对成熟等优点,但由于其需要电刷和换向器,结构复杂,运行时有火花和机械磨损,所以电机运行转速不宜太高。还有就是无线电信号的干扰,对高度智能化的未来纯电动汽车来讲也是致命的弱点。鉴于直流电机驱动系统的电机控制器部分优势突出,直流电机驱动系统在当前燃料电池纯电动汽车领域仍占有一席之地。

2. 交流异步电机驱动系统

交流异步电机结构简单,制造容易,效率比直流电机高。与永磁同步电机、开关磁阻电机相比,其成本较为低廉,但控制较为复杂。总的来说,交流异步电机驱动系统的综合性价比具有一定的优势,尤其是交流异步电机具有高可靠性、免维护、成本低廉的优点。使用交流异步电机的特殊功能车辆如图 1-21 所示。



图 1-21 使用交流异步电机的特殊功能车辆

3. 永磁同步电机驱动系统

永磁同步电机驱动系统最大的特点是效率高,此外其还具有质量轻、体积小、无须维护的优点。与交流异步电机相比,永磁同步电机成本较高、可靠性较差、使用寿命也较短,同时永磁体还存在失磁的可能。另外,其制造工艺也比交流异步电机的复杂。在控制上,由于永磁体的存在,弱磁控制有一定的难度。目前大多数纯电动汽车的永磁同步电机都带有冷却系统。

4. 开关磁阻电机驱动系统

开关磁阻电机转子没有绕组做成凸极,其结构简单、可靠性高、响应快速,效率与交流异步电机相当。由于转子无绕组,所以该电机驱动系统特别适合频繁正反转及冲击负载等工况。开关磁阻电机驱动系统驱动电路采用的功率开关元件较少并且电路简单,能较方便地实现宽调速和制动能量的反馈。因此,这种系统在纯电动汽车中也有一定的应用,其缺点主要在于其结构带来的噪声和振动较大。



任务实施

认知电传动系统的典型结构		工作任务单	班级:
			姓名:
结合所学内容,描述混合动力汽车的三种驱动形式			
序号	驱动形式		
1			
2			
3			
在空白方框内填入正确的内容			
根据丰田普锐斯混合动力驱动桥总成结构示意图,描述混联式混合动力驱动单元的运行模式和特点			
结构示意图		运行模式	特点



拓展知识

一、电动汽车国外发展现状

美国、日本和德国等传统燃油汽车工业强国在电动汽车传动系统匹配技术领域仍具有明显优势。其中,日本是发展电动汽车最早的国家之一,因为日本虽然工业发达,但人口密度大、资源匮乏,所以日本政府特别重视电动汽车技术的开发。目前,随着计算机技术的发展,汽车在开发过程中的概念阶段就可以实现各参数的理论匹配,因此模拟计算的精度对仿真结果起到至关重要的作用。合理、准确的仿真模型不但能大大缩短开发周期,减少研发成本,还能对目标车型的整车基本性能进行一定的预估。

在计算机建模仿真技术方面,美国通用公司从二十世纪七八十年代就开始针对汽车建模仿真进行了软件开发,该软件名为 GPSIM,能对汽车的动力性和经济性进行仿真计算。由于该项技术的优越性,所以世界各大汽车公司开始相继开发汽车建模仿真软件,其中比较知名的有奥地利 AVL 公司开发的 AVL Cruise 软件和美国可再生能源实验室开发的基于 MATLAB 的 Advisor 软件等。有研究者根据电机相关参数(转速、转矩、效率等)、整车参数及整车性能要求,利用 Advisor 仿真软件进行电动汽车传动系统关键部件的匹配及选型,使所设计的电动汽车满足性能要求。也有研究者基于电动汽车仿真模型,以经济性及排放性作为优化目标,对电动汽车传动系统主要参数进行优化算法研究。

二、电动汽车国内发展现状

我国作为汽车产销大国,近年来在政府的大力推动下,电动汽车的产销量均得到了大幅提升。目前我国电动汽车产销主要以小型车为主,涉足电动汽车市场的企业也越来越多,知名企业有北汽新能源、长安新能源、比亚迪等。

我国相关部门将电动汽车确定为国家七大战略性新兴产业之一,印发了《新能源汽车产业发展规划(2021—2035 年)》,积极引导和鼓励国内电动汽车产业的发展,形成了“三纵三横”的电动汽车产业格局。其中,“三纵”是指纯电动、插电式混合动力、燃料电池 3 条技术路线,“三横”是指动力电池与管理系统、驱动电机与电力电子、网联化与智能化技术 3 种共性技术。在各项政策的促进下,国内各大汽车企业及学者不断加大对电动汽车及相关技术研发的投入,在突破电池、电



机、电控等关键技术,完善基础设施以及推动电动汽车产业化等方面取得了长足的进步。

2010年,吉林大学的郭孔辉等人以某电动汽车为基础,对其传动系统进行了设计匹配并基于遗传算法对电机效率、传动比等传动系统主要参数进行了优化分析,使电动汽车在电池参数不变的情况下整车性能有所提升。

2011年,湖南大学的周兵等人对某两挡变速器纯电动汽车传动系统主要部件进行了设计匹配,以汽车加速性能和续驶里程作为纯电动汽车的两个目标函数并引入加权因子,建立了两挡变速器纯电动汽车双目标函数传动比优化模型,利用模拟退火的粒子群优化算法对两挡变速器的速比进行了优化。相对于单目标函数优化,该算法在两个目标函数下有个更好的权衡。

2015年,武汉理工大学的田韶鹏等人基于 AVL Cruise 仿真软件对纯电动客车进行建模仿真,并利用 Isight 软件对其电驱动机械式自动变速箱进行速比优化,得出满足动力性要求下的最佳经济性方案,可使纯电动客车百千米能耗减少 5.27%。

2016年,合肥工业大学的黄康等人利用微行程法建立了合肥市典型城市工况,基于该工况,以传动比作为优化变量,提出区间优化的方法对纯电动汽车传动系统速比进行优化,取得了满足动力性要求下的传动比可行区间,基于我国典型城市工况能使优化结果更加接近实际使用情况。

2018年,清华大学黄晨为提高纯电动汽车底盘的综合性能,以制动能量回收性能和制动安全性能为控制目标,提出了一种实现纯电动汽车复合制动与主动悬架协同控制方法。此方法完成轮胎纵向力学特性试验,建立轮胎纵向力学模型和车辆动力学模型,并设计模糊协同控制策略,通过 Carsim 软件和 Simulink 软件的联合仿真,验证协同控制的性能。

2019年,青岛大学赵东伟以某纯电动汽车底盘车架为研究对象,运用 HyperMesh 软件建立纯电动汽车的有限元车架模型,在保证汽车各方面性能的前提下,优化后的车架总质量减轻了 12.7%,同时第 7 阶模态避开了电动汽车共振区域,弯曲刚度提升了 6.4%,扭转刚度提升了 9.4%。

2022年,武汉理工大学王朝辉等对纯电动汽车充电路径规划问题进行了研究,提出了一种基于行驶工况的多目标纯电动汽车路径规划方法,充分考虑了驾驶特性、环境因素以及交通路况对电动汽车能耗的影响,建立了行驶工况数据库。



总而言之,我国许多学者在电动汽车传动系统匹配方面做了大量的研究。尽管近年来我国电动汽车产业发展突飞猛进,但在核心技术掌握与产品质量方面仍然与世界先进水平有一定的差距,希望我国能在未来迎头赶上。



课后练习

一、填空题

1. _____是由两种或两种以上的动力来驱动的,当前大多数的油电混合动力汽车主要由内燃机的热能和电力两种动力进行驱动。
2. _____中车辆的驱动力由电机和发动机同时或单独供给。
3. 纯电动汽车电机的布置可以分为前置、中置和后置,驱动形式可以分为_____。

二、判断题

1. 混联式混合动力驱动单元是指具备串联式和并联式两种结构的混合动力驱动单元。 ()
2. 永磁同步电机驱动系统最大的特点是效率高、质量轻、体积小。 ()
3. 目前大多数纯电动汽车的永磁同步电机都带有冷却系统。 ()

