



新能源汽车技术专业“互联网+”创新型精品教材



扫描二维码
共享立体资源

新能源汽车构造

新能源 汽车构造

工作页式教材

主
编
孙
丽
刘
宏
峰
王
宇

主 编 孙 丽 刘宏峰 王 宇

北京出版集团
北京出版社

北京出版集团
北京出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

新能源汽车构造 / 孙丽, 刘宏峰, 王宇主编. — 北京: 北京出版社, 2020.9 (2023 重印)

ISBN 978-7-200-15929-5

I. ①新… II. ①孙… ②刘… ③王… III. ①新能源—汽车—构造—高等学校—教材 IV. ① U469.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 197385 号

新能源汽车构造

XINNENGYUAN QICHE GOUZA0

主 编: 孙 丽 刘宏峰 王 宇

出 版: 北京出版集团

北 京 出 版 社

地 址: 北京北三环中路 6 号

邮 编: 100120

网 址: www.bph.com.cn

总 发 行: 北京出版集团

经 销: 新华书店

印 刷: 定州启航印刷有限公司

版 印 次: 2020 年 9 月第 1 版 2023 年 5 月修订 2023 年 6 月第 3 次印刷

成品尺寸: 185 毫米 × 260 毫米

印 张: 15.5

字 数: 297 千字

书 号: ISBN 978-7-200-15929-5

定 价: 46.50 元

教材意见建议接收方式: 010-58572162 邮箱: jiaocai@bphg.com.cn

如有印装质量问题, 由本社负责调换

质量监督电话: 010-82685218 010-58572162 010-58572393



目录

学习工作页

学习单元一 新能源汽车概述	2
学习任务 新能源汽车的定义、分类及发展	2
学习单元二 混合动力汽车的认知	5
学习任务一 混合动力汽车布置形式的认知	5
学习任务二 混合动力汽车动力系统的认知	9
学习任务三 混合动力汽车电池的认知	14
学习任务四 混合动力汽车控制系统的认知	17
学习单元三 纯电动汽车的认知	20
学习任务一 纯电动汽车电池的认知	20
学习任务二 纯电动汽车电机的认知	23
学习任务三 纯电动汽车高压控制系统的认知	25
学习单元四 燃料电池汽车的认知	29
学习任务一 燃料电池的认知	29
学习任务二 燃料电池在新能源汽车上的应用	32
学习任务三 丰田 Mirai 氢燃料电池汽车结构的认识	35
学习单元五 其他新能源汽车的认知	39
学习任务 非化学电池能源汽车的认知	39

学习单元六 汽车传动系统的拆解	42
学习任务一 混合动力汽车传动系统的拆解	42
学习任务二 纯电动汽车传动系统的拆解	46
学习单元七 汽车行驶系统的养护与拆检	50
学习任务一 车架的拆解	50
学习任务二 车桥和车轮的养护	52
学习任务三 悬架的拆检	55
学习单元八 汽车转向系统的拆解	57
学习任务一 汽车转向系统的拆装	57
学习任务二 汽车转向系统部件的拆解	61
学习单元九 汽车制动系统的养护与拆检	64
学习任务一 汽车制动系统的养护	64
学习任务二 汽车制动系统部件的拆检	68
学习单元十 汽车车身及其附属设备的拆装与调整	72
学习任务一 汽车车身结构的认识	72
学习任务二 车身附属装置的拆装与调整	74

▶ 学习参考 ◀

学习单元一 新能源汽车概述	78
学习任务 新能源汽车的定义、分类及发展	78
学习单元二 混合动力汽车的认知	83
学习任务一 混合动力汽车布置形式的认知	83
学习任务二 混合动力汽车动力系统的认知	88
学习任务三 混合动力汽车电池的认知	99
学习任务四 混合动力汽车控制系统的认知	102
学习单元三 纯电动汽车的认知	106
学习任务一 纯电动汽车电池的认知	106
学习任务二 纯电动汽车电机的认知	112
学习任务三 纯电动汽车高压控制系统的认知	117
学习单元四 燃料电池汽车的认知	123
学习任务一 燃料电池的认知	123
学习任务二 燃料电池在新能源汽车上的应用	127
学习任务三 丰田 Mirai 氢燃料电池汽车结构的认识	132
学习单元五 其他新能源汽车的认知	138
学习任务 非化学电池能源汽车的认知	138
学习单元六 汽车传动系统的拆解	147
学习任务一 混合动力汽车传动系统的拆解	147
学习任务二 纯电动汽车传动系统的拆解	160

学习单元七 汽车行驶系统的养护与拆检	165
学习任务一 车架的拆解	165
学习任务二 车桥和车轮的养护	168
学习任务三 悬架的拆检	182
学习单元八 汽车转向系统的拆解	190
学习任务一 汽车转向系统的拆装	190
学习任务二 汽车转向系统部件的拆解	197
学习单元九 汽车制动系统的养护与拆检	206
学习任务一 汽车制动系统的养护	206
学习任务二 汽车制动系统部件的拆检	224
学习单元十 汽车车身及其附属设备的拆装与调整	229
学习任务一 汽车车身结构的认识	229
学习任务二 车身附属装置的拆装与调整	234
参考文献	238

XUEXI 学习工作页
GONGZUOYE



学习单元二

混合动力汽车的认知

混合动力汽车是介于内燃机汽车和纯电动汽车之间的一种车型，也是目前商业化最成功的一种车型。混合动力汽车一般有两个或两个以上的动力源，一个作为主动力源，一般为发动机，另一个为辅助动力源，通常为储能电池，用于回收再生制动期间的动能以及补偿主驱动发动机的短时过载功率。其主要特点是降低传统汽车的污染物排放，特别是二氧化碳的排放。另一个主要特点是动力电池组的能量平衡控制。根据车辆的动力匹配情况，一般分为中度混合动力汽车（混合度 20%~40%）和深度混合动力汽车（混合度大于 40%）。通过本单元的学习，学生应能认识混合动力汽车的结构与组成，认识混合动力汽车动力系统的各组成部件，结合实物能够讲述动力电池的类型和动力控制系统的类型、组成和工作原理。

学习任务一 混合动力汽车布置形式的认知

任务描述

同学小李在 4S 店的销售顾问工作岗位实习。客户王女士对混合动力车型特别感兴趣，小李的师傅让小李先给这位客户介绍一下混合动力汽车的布置形式。如果你是小李，请根据你掌握的知识，向王女士介绍混合动力汽车的布置形式。

学习目标

1. 能叙述混合动力汽车的定义、分类及驱动系统的布置形式；
2. 能认识混合动力汽车的结构与组成；
3. 能叙述不同类型混合动力汽车的特点；
4. 培养学生的总结能力与语言表达能力；
5. 培养学生正确的价值观，牢记科教兴国战略、人才强国战略和创新驱动发展战略的强国道路。



学习准备

一、知识准备

1. 混合动力汽车的定义、分类及驱动系统的布置形式（查阅学习参考的“学习单元二学习任务一”）；

2. 驱动系统的布置形式（查阅学习参考的“学习单元二学习任务一”）；

3. 不同混合度的混合动力汽车功能（查阅学习参考的“学习单元二学习任务一”）。

找出任务描述中的关键词，通过查阅“学习参考”和相关维修手册，对应整理出完成该任务所需要的知识点和技能点，填入表 2-1。

表 2-1 完成任务所需要的知识点和技能点

知识点	1.
	2.
	3.
技能点	1.
	2.
	3.

二、学习场所

理实一体化教室。

三、学习器材

混合动力汽车整车或台架、举升机、工具车及拆装工具、安保工具及防护装备、清洁工具等。



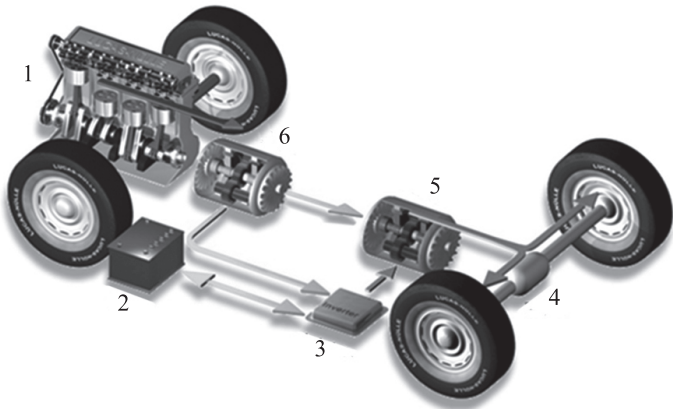
计划与实施

1. 根据实车（或台架），直观了解混合动力汽车的布置形式。

2. 根据电机的型号及电池的额定容量，判断混合度情况。

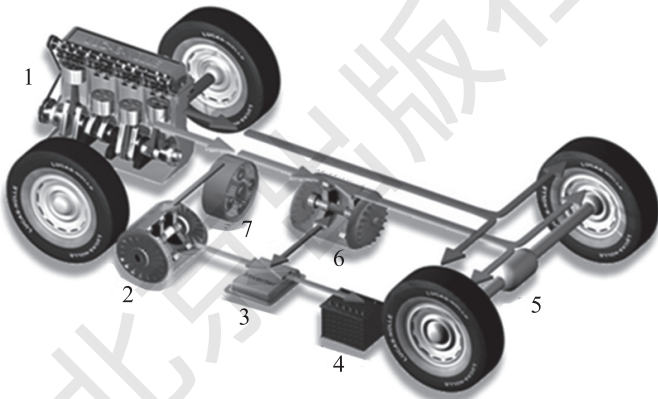
3. 根据相关知识，分组完成下列问题，并由各组进行讲解。

(1) 填写图 2-1 和图 2-2 中各部分的名称。



1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____ 6. _____

图 2-1 串联式混合动力驱动系统



1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____
6. _____ 7. _____

图 2-2 功率分配式混合动力驱动系统

(2) 写出表 2-2 中不同类型混合动力的功能。

表 2-2 混合动力的类型及功能

类型	功能
微混	
轻混	
中混	
重混	
插电混动	



评价与反馈

一、学习效果评价

1. 填空题

- (1) 根据驱动系统能量流和功率流的配置结构关系,混合动力汽车可分为_____、_____、_____。
- (2) 按照两种不同能量的搭配比例不同,混合动力汽车可分为_____、_____及_____。
- (3) 按照外接充电能力,混合动力汽车可分为_____、_____。
- (4) 串联式混合动力汽车(SHEV)主要由_____、_____、_____三大动力总成,用串联方式组成了混合动力汽车的动力系统,完整的动力系统还包括_____和电力电子控制装置。
- (5) 并联式混合动力汽车(PHEV)的_____和_____都是动力总成,两大动力总成的功率可以互相叠加输出,也可以单独输出。
- (6) 混联式混合动力汽车(PSHEV)是综合了_____和_____结构的汽车,主要由_____、_____和_____三大动力总成组成。
- (7) 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所占比重,指的是_____占_____的百分比,即 $H = (\text{ }) \times 100\%$ 。

2. 实践考核

结合自己学校的实训条件,在教师的指导下根据混合动力汽车整车或台架的实际情况,指出混合动力汽车的驱动系统的组成部件并说出名称。学生分组完成,按照技术要求在教师的指导下填写表 2-3。

表 2-3 学生实践记录表

班级		车型及年款	
姓名		车辆识别码	
学号		里 程 数	
实践项目	实践车辆	电机型号	
工具准备		安全事项	
工作流程及结论			
自我评价(等级)	☆ ☆ ☆ ☆ ☆	教师评价(评语)	

二、学习过程评价

在完成本学习任务后,通过个人汇报的形式进行总结和思考。

学习任务二 混合动力汽车动力系统的认知

任务描述

同学小李在 4S 店的销售顾问工作岗位实习。客户王女士对混合动力车型特别感兴趣，小李介绍完混合动力车型的布置形式后，小李的师傅又让他给这位客户介绍一下混合动力电动汽车的结构组成。如果你是小李，请根据你掌握的知识，向王女士介绍混合动力电动汽车的结构组成。

学习目标

1. 能叙述混合动力汽车动力系统的组成；
2. 能叙述普锐斯混合动力系统的结构组成；
3. 培养学生的语言组织能力和表达能力；
4. 培养学生树立正确的价值观，遵守职业道德，贯彻新发展理念。



学习准备

一、知识准备

1. 混合动力汽车驱动系统的结构组成（查阅学习参考的“学习单元二学习任务二”）；
2. 不同形式的混合动力传动桥的结构组成（查阅学习参考的“学习单元二学习任务二”）；
3. 混合动力电池系统的结构组成（查阅学习参考的“学习单元二学习任务二”）。

找出任务描述中的关键词，通过查阅“学习参考”和相关维修手册，对应整理出完成该任务所需要的知识点和技能点，填入表 2-4。

表 2-4 完成任务所需要的知识点和技能点

知识点	1.
	2.
	3.

续表

技能点	1.
	2.
	3.

二、学习场所

理实一体化教室。

三、学习器材

混合动力汽车整车或动力电池系统台架和驱动系统实训台架、举升机、工具车及拆装工具、安保工具及防护装备、清洁工具等。



计划与实施

1. 根据实车（或台架），直观了解混合动力驱动系统的结构组成。
 2. 根据实车或实物，了解混合动力驱动桥的结构组成。
 3. 根据动力电池系统实验台架，了解电池系统的结构组成。
 4. 根据相关知识，分组完成下列问题，并由各组进行讲解。
- (1) 根据丰田普锐斯混合动力汽车，填写图 2-3 至图 2-5 中各部分的名称。

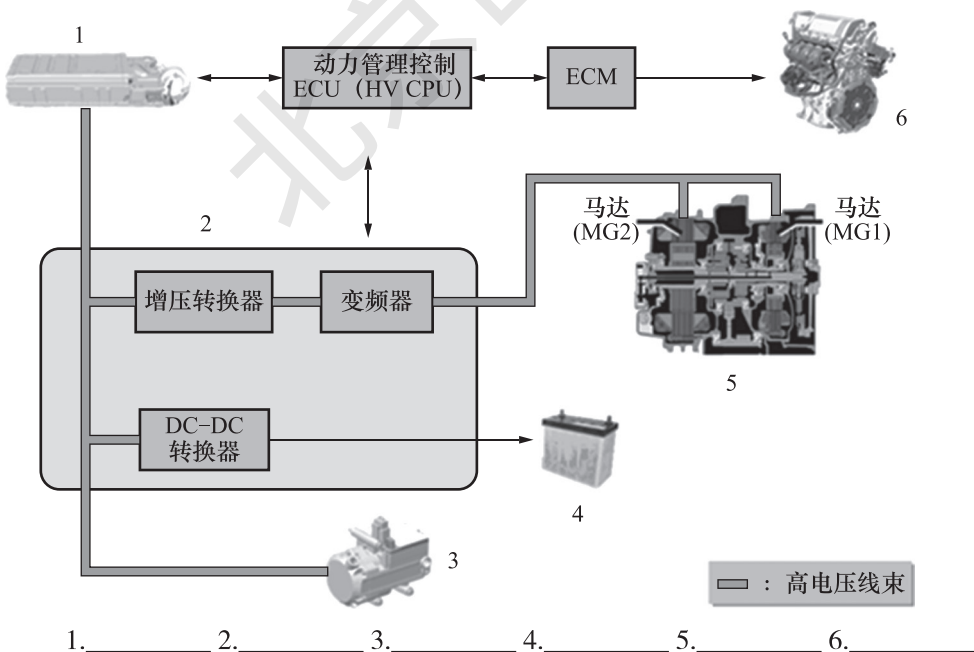


图 2-3 丰田混合动力系统（Toyota hybrid system）的组成

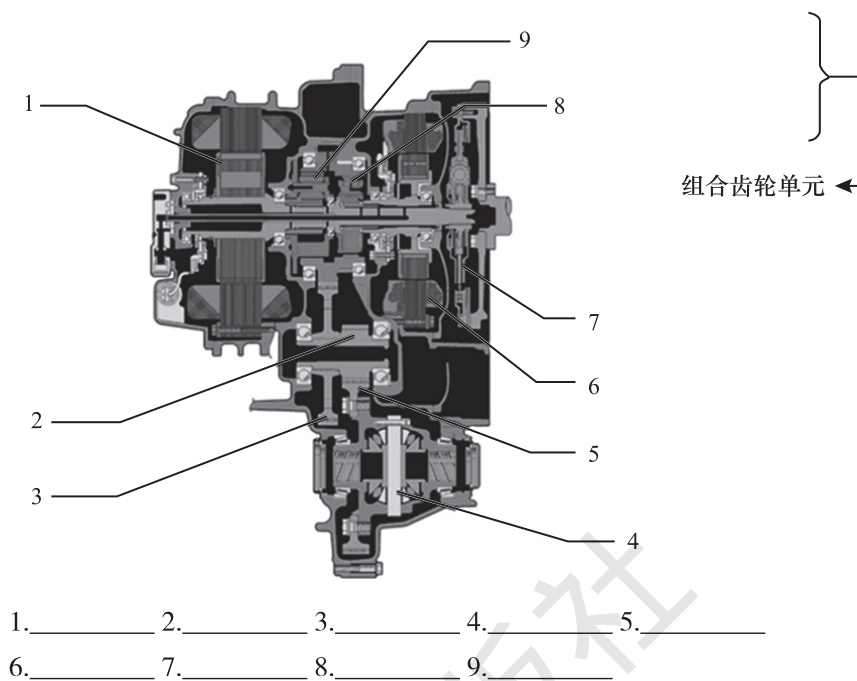


图 2-4 混合动力传动桥的组成

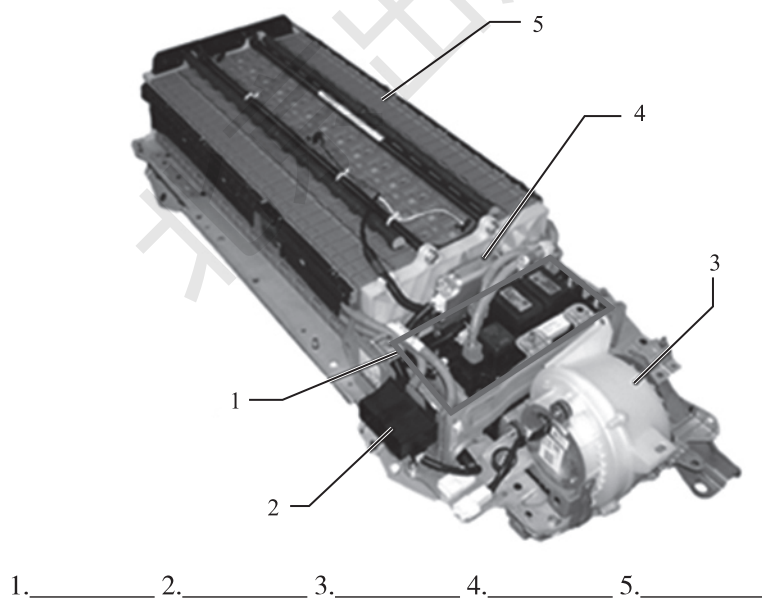
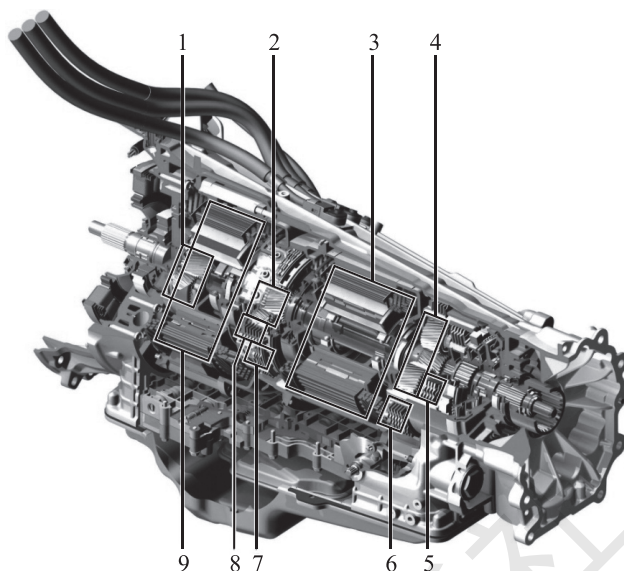


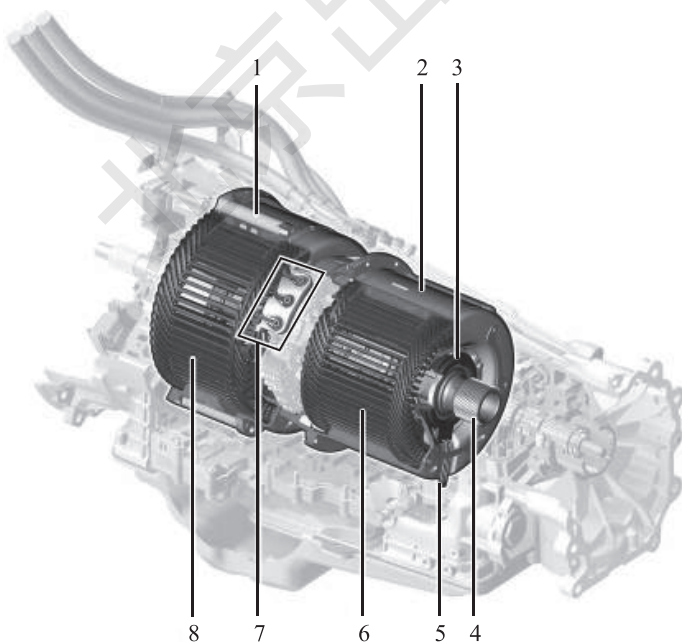
图 2-5 NiMH 电池系统

(2) 填写宝马混合动力汽车驱动系统图 2-6 和图 2-7 的部件名称。



1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____
6. _____ 7. _____ 8. _____ 9. _____

图 2-6 E720 主动变速器剖面图



1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____
5. _____ 6. _____ 7. _____ 8. _____

图 2-7 电动机



评价与反馈

一、学习效果评价

1. 填空题

(1) 丰田普锐斯混合动力系统结构由 _____、_____、_____ 和 _____ 组成。

(2) 电池系统由 _____、保险丝、_____、_____、_____ 和 电池温控系统构成。

(3) 普锐斯是第一辆混联型的油电混合动力系统，它的动力系统由 _____、 _____、_____、行星齿轮、_____ 和 _____ 组成，叫作丰田混合动力系统 (Toyota Hybrid System)。

2. 实践考核

结合自己学校的实训条件，在教师的指导下根据实训车辆或台架的实际情况，指出混合动力汽车的驱动系统的组成部件并说出名称。学生分组完成，按照技术要求在教师的指导下填写表 2-5。

表 2-5 学生实践记录表

班级		车型及年款	
姓名		车辆识别码	
学号		里 程 数	
实践项目		实践车辆	电机型号
工具准备		安全事项	
工作流程及结论			
自我评价 (等级)	☆ ☆ ☆ ☆ ☆	教师评价 (评语)	

二、学习过程评价

在完成本学习任务后，以个人汇报的形式进行总结和思考。

学习任务三 混合动力汽车电池的认知

任务描述

同学小李在 4S 店的销售顾问工作岗位实习。客户王女士对混合动力车型特别感兴趣，小李介绍完混合动力车型的驱动系统后，客户还想了解一下动力电池。如果你是小李，请根据你所掌握的知识，向王女士简单地介绍混合动力汽车的动力电池。

学习目标

1. 能叙述混合动力汽车动力电池的要求；
2. 能叙述混合动力汽车动力电池的分类；
3. 知道动力电池的工作原理；
4. 培养学生的语言组织能力和表达能力。



学习准备

一、知识准备

1. 混合动力汽车动力电池的基本要求（查阅学习参考的“学习单元二学习任务三”）；
2. 混合动力汽车常用动力电池（查阅学习参考的“学习单元二学习任务三”）；
3. 动力电池的工作原理（查阅学习参考的“学习单元二学习任务三”）。

找出任务描述中的关键词，通过查阅“学习参考”和相关维修手册，对应整理出完成该任务所需要的知识点和技能点，填入表 2-6。

表 2-6 完成任务所需要的知识点和技能点

知识点	1.
	2.
	3.
技能点	1.
	2.
	3.

二、学习场所

理实一体化教室。

三、学习器材

混合动力汽车整车或动力电池系统实训台架、充电桩、举升机、工具车及拆装工具、安保工具及防护装备、清洁工具等。



计划与实施

1. 根据实车（或台架），直观了解混合动力电池系统的结构组成。
2. 根据电池剖视图，了解混合动力电池的结构组成。
3. 根据相关知识，分组完成下列问题，并由各组进行讲解。

（1）混合动力汽车动力电池的基本要求：

- ① _____。
- ② _____。
- ③ _____。
- ④ _____。
- ⑤ _____。
- ⑥ _____。

（2）根据图 2-8 和图 2-9，写出化学反应方程式。

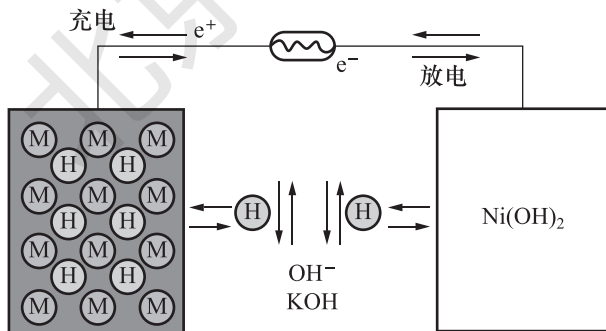


图 2-8 镍氢电池的工作原理

化学反应方程式：_____

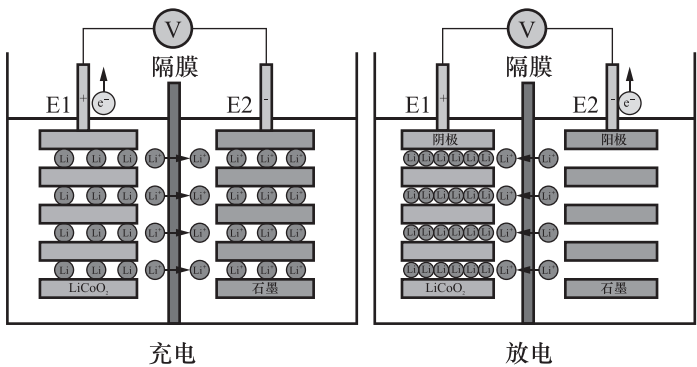


图 2-9 钴酸锂电池工作原理

化学反应方程式：_____



评价与反馈

一、学习效果评价

1. 填空题

- (1) 大多数混合动力汽车使用双压电源系统。_____用于向驱动电动机提供动力，而传统的_____（采用铅酸蓄电池）用于向所有其他汽车运行方面提供动力。
- (2) 现在混合动力汽车的动力电池多采用_____和_____。
- (3) 镍氢电池的正极活性物质主要由_____制成，负极活性物质主要由_____制成，是一种碱性蓄电池。
- (4) 锂离子电池采用液态有机电解质，按照正极材料的不同，目前常用的有以下几种：三元材料锂电池（镍、钴、锰）、_____、_____、_____。

2. 实践考核

结合自己学校的实训条件，在教师的指导下认识其他混合动力汽车整车或动力电池系统实训台架的结构组成，学生分组完成，按照技术要求在教师的指导下填写表 2-7。

表 2-7 学生实践记录表

班级		车型及年款	
姓名		车辆识别码	
学号		里 程 数	
实践项目	实践车辆		电机型号
工具准备		安全事项	
工作流程及结论			
自我评价（等级）	☆ ☆ ☆ ☆ ☆	教师评价（评语）	

二、学习过程评价

在完成本学习任务后，以个人汇报的形式进行总结和思考。

学习任务四 混合动力汽车控制系统的认知

任务描述

同学小李在 4S 店的销售顾问工作岗位实习已有一段时间了，小李的师傅对他进行了一次考核，其中有一个问题就是让他叙述混合动力汽车控制系统的组成及其功能。如果你是小李，请根据你掌握的知识，回答这个问题。

学习目标

1. 能叙述混合动力汽车控制系统的组成；
2. 能叙述混合动力汽车控制系统的功能；
3. 能在实际车辆上找出控制系统的各个部件；
4. 培养学生的语言组织能力和表达能力。



学习准备

一、知识准备

1. 混合动力汽车控制系统的组成（查阅学习参考的“学习单元二学习任务四”）；
2. 混合动力汽车控制系统的功能（查阅学习参考的“学习单元二学习任务四”）。

找出任务描述中的关键词，通过查阅“学习参考”和相关维修手册，对应整理出完成该任务所需要的知识点和技能点，填入表 2-8。

表 2-8 完成任务所需要的知识点和技能点

知识点	1.
	2.
	3.

续表

技能点	1.
	2.
	3.

二、学习场所

理实一体化教室。

三、学习器材

混合动力汽车整车或实训台架、举升机、工具车及拆装工具、安保工具及防护装备、清洁工具等。



计划与实施

1. 根据实车（或台架），直观了解混合动力控制系统的组成及功能。
 2. 根据相关知识，分组完成下列问题，并由各组进行讲解。
- 在图 2-10 中的方框内填上合适的部件名称。

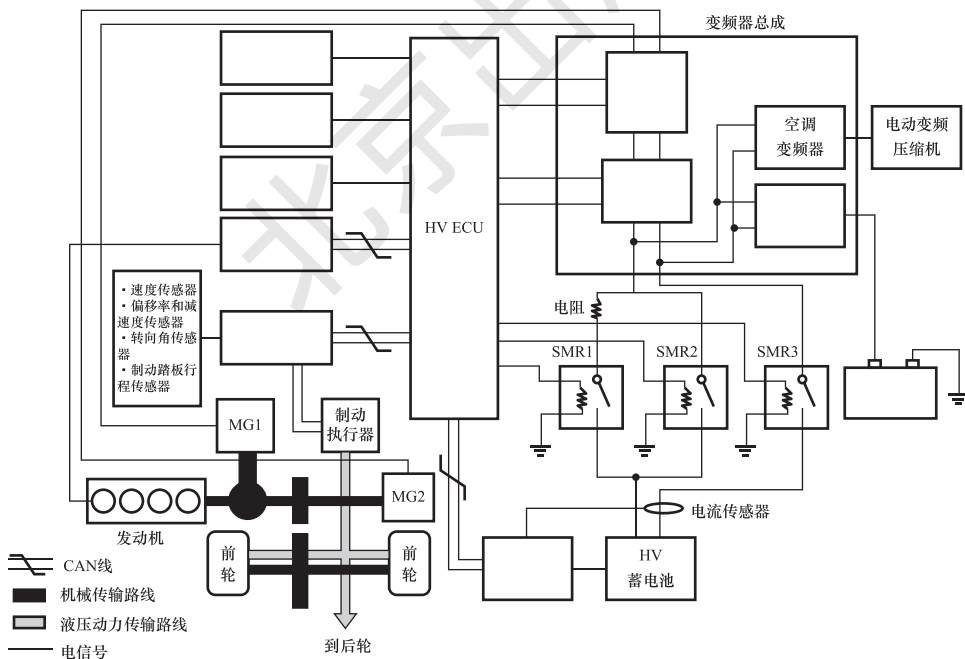


图 2-10 典型混合动力汽车的控制系统



评价与反馈

一、学习效果评价

1. 填空题

典型混合动力汽车的控制系统由 _____ 控制单元、_____ 控制单元、变频器控制总成（ _____、 _____、 _____ 和空调变频器）、发电机（MG1）和电动机（MG2）的控制器、_____ 控制单元、_____ 控制单元以及其他控制信号等组成。

2. 问答题

根据实际车辆，找出控制系统的组成部件。

3. 实践考核

结合自己学校的实训条件，在教师的指导下认识其他混合动力汽车整车或实训台架的结构组成，学生分组完成，按照技术要求在教师的指导下填写表 2-9。

表 2-9 学生实践记录表

班级		车型及年款	
姓名		车辆识别码	
学号		里 程 数	
实践项目	实践车辆	电机型号	
工具准备		安全事项	
工作流程及结论			
自我评价（等级）	☆ ☆ ☆ ☆ ☆	教师评价（评语）	

二、学习过程评价

在完成本学习任务后，以个人汇报的形式进行总结和思考。

XUEXI 学习参考
CANKAO



学习任务一 混合动力汽车布置形式的认知



相关知识

一、根据驱动系统能量流和功率流的配置结构关系分类

(一) 串联式混合动力汽车

串联式混合动力汽车（SHEV）主要是由发动机、发电机和驱动电机等三大动力总成用串联方式组成混合动力电动汽车的动力系统。完整的动力系统还包括电池组和电力电子控制装置，如图 2-1 所示。

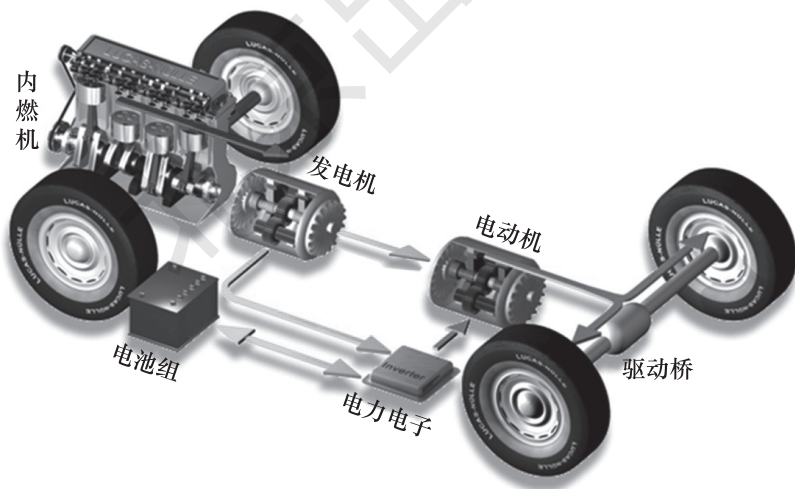


图 2-1 串联式混合动力驱动系统

在串联式混合动力系统中，一个内燃机驱动一个发电机所产生的电能被用于转动车轮。该系统在其最有效范围具有可操作性，而且该系统的内燃机引擎还在车辆利用电力驱动的同时通过发电机对储能元件（高电压电池）进行充电。内燃机引擎未被连接到驱动轴上。

串联式混合动力系统的最大缺点是其双能量转换机理和因此而形成的慢速响应。由于储能元件的容量有限，就不可避免地需要采用更大、更强的内燃机引擎，因而与

并联式混合动力车辆相比排放更大且燃油消耗更多。

（二）并联式混合动力电动汽车

并联式混合动力汽车（PHEV）的发动机和驱动电机都是动力总成，两大动力总成的功率可以互相叠加输出，也可以单独输出。

图 2-2 为带有一个联轴器（离合器）的并联式混合动力系统，图 2-3 为带有两个联轴器（离合器）的并联混合动力系统，这种并联式混合动力系统采用一个内燃机引擎和一个电动机来交替或单独驱动车轮。该电动机还用作增补驱动力以及在能量流相反时作为发电机。为此，这种电机的术语叫作马达发电机。在发电机模式下，该电机对储能元件（高电压电池）进行再充电。控制单元根据车辆的运行状态和驱动条件来决定应该启用电动机或发电机模式。可以通过一个或多个联轴器（离合器）在内燃机引擎和驱动轴之间建立机械连接，从而可以最大程度减少各个组件中的机械和电力损耗。图 2-2 的 P1 系统，电动驱动只能做增补驱动力，不能独立驱动；而图 2-2 中的 P2 系统，其内燃机与电机分开，能做到发动机不工作而只用电动机驱动车辆。

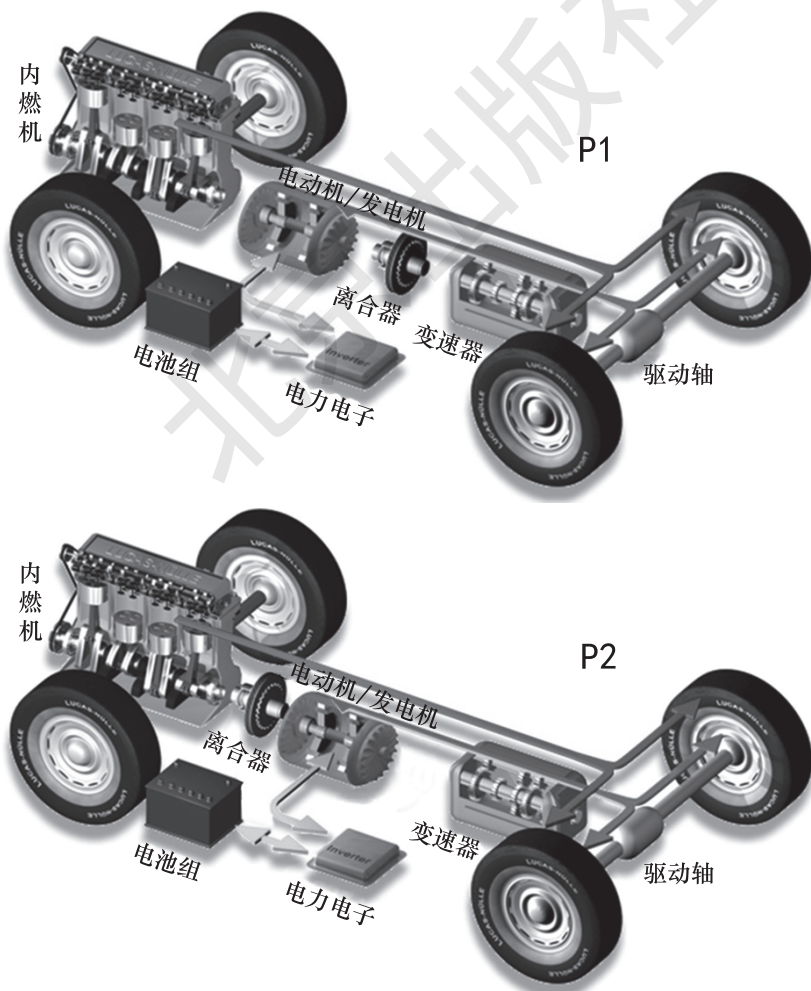


图 2-2 带有一个联轴器的并联式混合动力系统

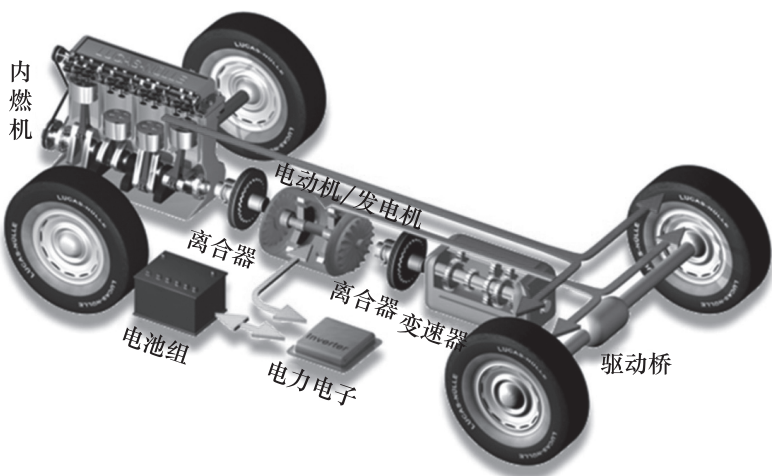


图 2-3 带有两个联轴器的并联混合动力系统

在并联式混合动力驱动的另一变体模式中，推进力被分配至数个轴。这种情形下，内燃机引擎和电机之间不再有直接的机械连接。如图 2-4 所示的轴分配并联混合动力驱动系统，以内燃机引擎负责驱动前轴，马达发电机则负责后轴，通过路面接触增加驱动力。这种分配方式的主要缺点在于高电压电池的充电技术：当车辆处于工作停顿状态时，必须通过内燃机引擎的发电机加上 DC-DC 转换器来对电池进行充电。

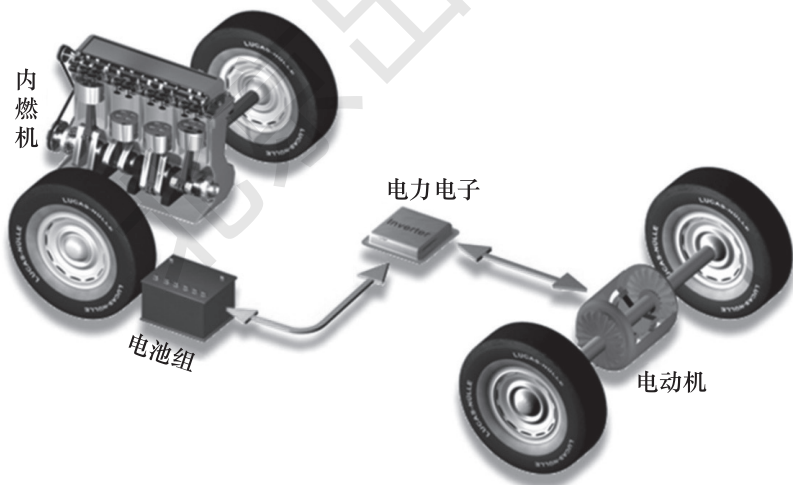


图 2-4 轴分配并联混合动力驱动系统

(三) 混联式混合动力电动汽车

混联式混合动力电动汽车（PSHEV）是综合了串联式和并联式的结构而组成的电动汽车，主要由发动机、发电机和驱动电机（马达发电机）三大动力总成组成。

图 2-5 所示为串并联混合动力系统。这种设计通过在电机之间整合一个联轴器（离合器）而区别于串联式混合动力驱动。当该联轴器（离合器）脱开时，该系统的

运作类似于串联式混合动力驱动模式。当该联轴器（离合器）闭合以形成一种非积极（non-positive）连接时，能量直接从内燃机传送至驱动轴。这就形成了并联式混合动力驱动模式。

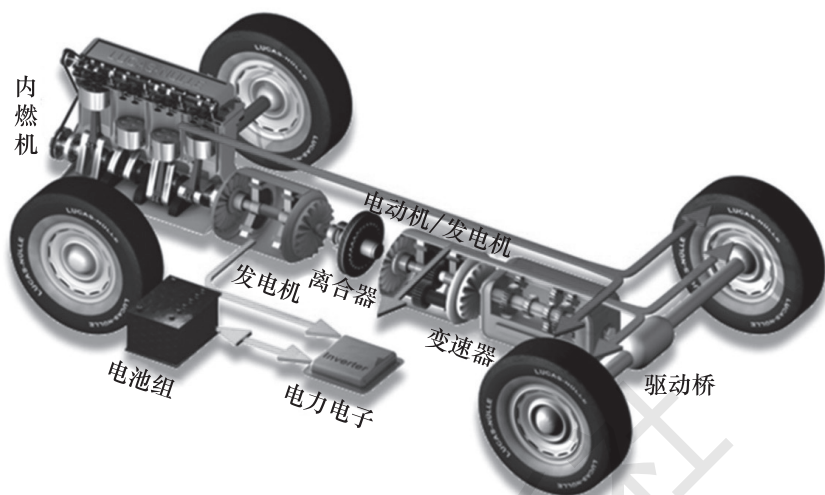


图 2-5 串并联混合动力系统

图 2-6 所示为功率分配式混合动力驱动系统。这种混合动力拓扑结构的核心特点是具有一个行星齿轮将内燃机引擎的功率在机械路径和电力路径之间进行分配。根据车辆的工作状态，内燃机引擎的功率要么被传输至驱动单元，要么被用于对高电压电池进行充电。由第二部电机产生补充扭矩推动车辆。在滑行和再生制动过程中，该电机提供能量帮助对高电压电池进行充电。



混合动力汽车
动力模式切换

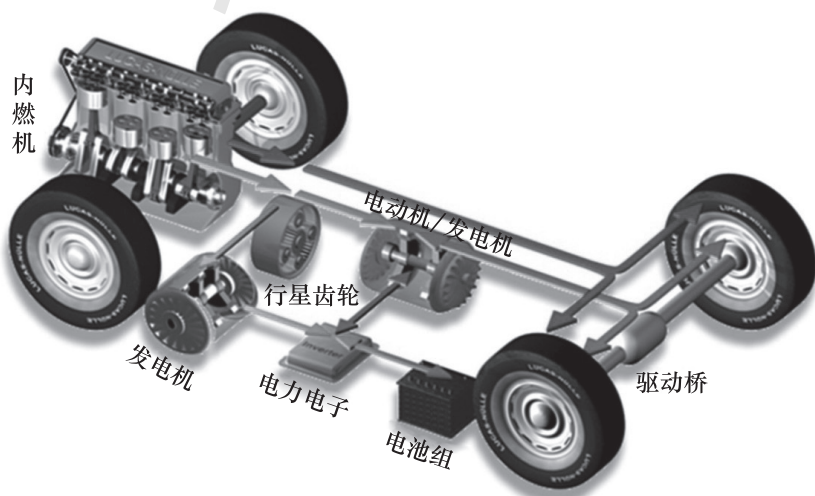


图 2-6 功率分配式混合动力驱动系统

二、根据混合动力电动汽车混合度分类

在混合动力系统中，根据电机的输出功率在整个系统输出功率中所占比重，即电系统功率 P_{elec} 占动力源总功率 P_{total} 的百分比，表达式为 $H = (P_{\text{elec}}/P_{\text{total}}) \times 100\%$ 。混合度不同，功能要求也有差别，如表 2-1 所示。

表 2-1 不同混合度类型及功能列表

类型	功能要求
微混	发动机自动启停
轻混	发动机自动启停 + 回馈制动
中混	发动机自动启停 + 回馈制动 + 电动辅助
重混	发动机自动启停 + 回馈制动 + 电动辅助 + 纯电动驱动
插电混动	发动机自动启停 + 回馈制动 + 电动辅助 + 纯电动驱动 + 电网充电

（一）微混合动力系统

这种混合动力系统对传统发动机的起动机进行了改造，形成由带传动的发电启动一体式电机（Belt-driven Starter Generator, BSG）。该电机用来控制发动机快速启停，因此可以取消发动机的怠速过程，降低了油耗和排放。微混系统搭载的电机功率比较小，仅靠电机无法使车辆起步，起步过程仍需要发动机介入，因为微混系统是一种初级的混合动力系统。在微混合动力系统里，电机的电压通常有 12 V 和 42 V 两种。其中，42 V 主要用于柴油混合动力系统。这种系统在城市循环工况下，节油率一般在 5%~10%。

（二）轻混合动力系统

该混合动力系统采用了集成启动电机（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电机控制发动机的启停外，还能够在车辆制动和下坡工况下，实现对部分能量进行回收；在行驶过程中，发动机的动力可以在车轮的驱动需求和发电机发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。

（三）中混合动力系统

该混合动力系统同样采用了集成启动电机（ISG）系统。与轻度混合动力系统不同之处在于，中混合动力系统采用的是高压电机，在汽车加速或者大负荷工况时，电机能够辅助发动机驱动车辆，补充发动机本身动力输出的不足，提高整车性能。这种系统的混合程度较高，可以达到 30% 左右，在城市循环工况下节油率可以达到 20%~30%，目前技术比较成熟，应用广泛。

（四）重度混合动力系统

重度混合动力系统采用了 272~650 V 的高压电机，混合度可以达到 50% 以上，在

城市循环工况下节油率可以达到 30%~50%。其特点是动力系统以发动机为基础动力,以动力电池为辅助动力,采用的电动机功率更为强大,完全可以满足车辆在起步和低速时的动力要求。因此,重度混合车型无论是在起步还是低速行驶状态下都不需要启动发动机,电机可以完全胜任。重度混合车在低速时就像纯电动车。在急加速和爬坡运行工况下车辆需要较大的驱动力时,电机和发动机同时对车辆提供动力。随着电机、电池技术的进步,重度混合动力系统逐渐成为混合动力技术的主要发展方向。

(五) 插电式混合动力系统

插电式混合动力汽车(Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV)是可以利用电网对动力电池充电的混合动力汽车。该车型可以使用纯电模式驱动车辆行驶,且纯电动行驶里程较长;电能不足时,车辆可以重度混合模式行驶。一般插电式混合动力轿车都有车载充电机,可以使用家用电源为电池充电,而插电式混合动力公交车由于行驶路线固定,通常利用外接充电机充电。插电式混合动力系统的电机功率比纯电动汽车用的电机功率稍小,动力电池的容量介于重混系统和纯电动系统之间。由于具有可在夜间用电低谷时对动力电池充电、降低排放等优势,插电式混合动力汽车已成为主流发展方向之一。

学习任务二 混合动力汽车动力系统的认知



相关知识

一、普锐斯混合动力系统的结构组成

普锐斯油电混合动力系统使发动机和电动机协同驱动,实现低油耗、低排放。在减速、制动和下坡时还能回收能量以供再利用。当遇到红灯停驶时,发动机会自动停止工作,这将没有任何燃油的消耗,因此,油耗和尾气排放都得到了有效改善。

普锐斯是第一辆混联型的油电混合动力系统,它的动力系统由发动机、发电机、电动机、行星齿轮、逆变器和动力蓄电池组组成,叫作丰田混合动力系统(Toyota Hybrid System),如图 2-7 所示。电机可以做发电机,也可以做电动机,分别是 MG1 和 MG2。行星齿轮将两个电机和发动机有机地联系起来。电机是交流永磁同步无刷电机,最大功率分别为 33 kW 和 16 kW。

丰田普锐斯混合动力系统结构布置如图 2-8 所示。

(一) 混合动力传动桥

混合动力传动桥由发电机(MG1)、电动机(MG2)和行星齿轮组组成。

(1) 发电机(MG1)通过发动机带动其旋转产生高压电,以驱动电动机(MG2)或为高压蓄电池充电。同时,它还可以作为启动机启动发动机。

(2) 电动机 (MG2) 由发电机 (MG1) 或高压蓄电池的电驱动, 产生动力, 驱动车辆行驶。制动期间或制动踏板未被踩下时, 它产生电能为 HB 蓄电池再次充电 (再生制动控制)。

(3) 行星齿轮组通过组合以最佳的比例分配发动机驱动力来直接驱动车辆和发电机。

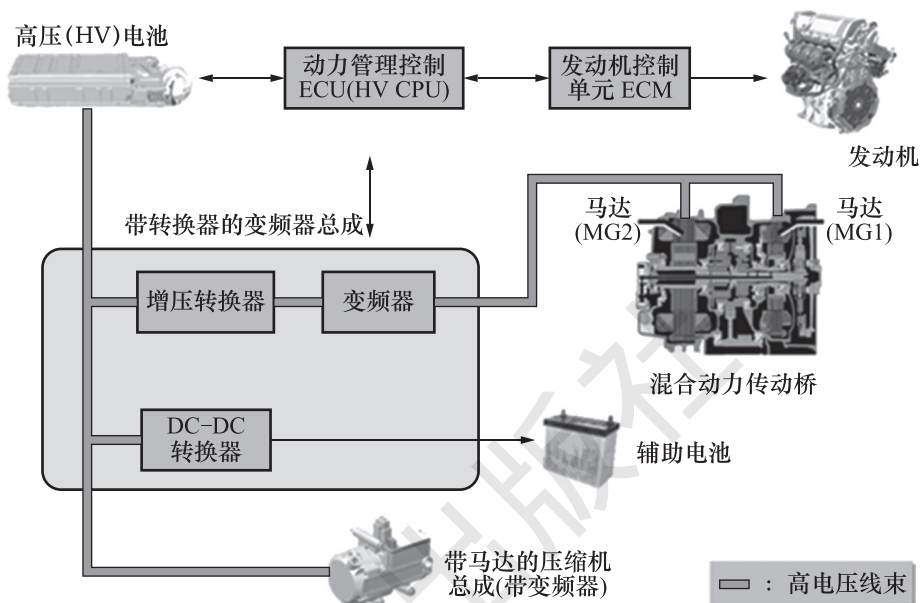


图 2-7 丰田混合动力系统的组成

(二) 高压蓄电池

在起步、加速和上坡时, 高压蓄电池将电能提供给电动机或发电机。

(三) 变频器总成

变频器可将高压直流电 (DC) (高压蓄电池) 转换为交流电 (AC), 也可将 AC 转换为 DC。其包括增压转换器、DC-DC 转换器和空调变频器。

(1) 增压转换器可将高压蓄电池的最高电压从 DC 201.6 V 升压到 DC 500 V, 也可将 DC 500 V 降压到 DC 201.6 V。

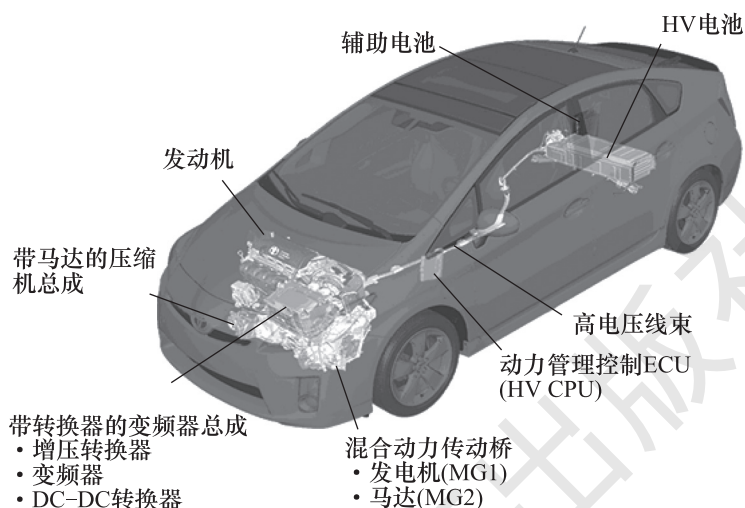
(2) DC-DC 转换器可将最高电压从 DC 201.6 V 降压转换为 DC 12 V, 为车身电气组件供电以及为备用蓄电池再次充电 (DC 12 V)。

(3) 空调变频器可将高压蓄电池的额定电压 DC 201.6 V 转换为 AC 201.6 V, 为空调系统中的电动变频压缩机供电。

(四) 混合动力系统控制单元 (动力管理控制 ECU)

混合动力系统控制单元的控制根据请求扭矩、再生制动控制和高压蓄电池的 SOC (充电状态) 控制发电机 (MG1)、电动机 (MG2) 和发动机。具体工作状态由挡位、加速踏板踩下角度和车速来确定。混合动力系统 ECU 监控高压蓄电池的 SOC 和高压蓄

电池的温度、发电机（MG1）和电动机（MG2）以对这些项目实施最优控制。车辆处于“空挡（N）”挡时，动力管理控制 ECU 实施关闭控制，自动关闭发电机（MG1）和电动机（MG2）。车辆在陡坡上松开制动而启动时，上坡辅助控制可以防止车辆下滑。如果驱动轮在没有附着时空转，动力管理控制 ECU 提供电动机牵引力控制，抑制电动机（MG2）旋转，进而保护行星齿轮组，同时防止发电机（MG1）产生过大的电流。为防止电路电压过高并保证电路切断的可靠性，动力管理控制 ECU 通过三个继电器的作用实施系统主继电器控制来连接和关闭高压电路。



混合动力电动汽车的优缺点分析

图 2-8 普锐斯混合动力系统的元件的结构布置

二、混合动力传动桥

丰田 Prius 所采用的混合驱动方式，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。Prius 采用行星齿轮作为变速机构，可以实现电机与发动机的动力分配和无极变速。动力总成和传递机构主要由电机 MG1、电机 MG2、动力分配行星排、减速行星排、过渡齿轮、主减速器和差速器等组成，如图 2-9 所示。

（一）组合齿轮单元结构

组合齿轮单元结构如图 2-10 所示。

在动力分配行星排中，行星架与发动机相连，太阳轮与 MG1 相连，齿圈通过过渡齿轮与主减速器相连。发动机输出的动力被分成用于驱动 MG1 发电的动力（电动力）和用于直接驱动车轮的动力（机械动力）两个部分。

在减速行星排中，行星架固定，太阳轮与 MG2 相连，齿圈与动力分配行星排的齿圈相连。MG2 的动力经过减速行星排减速增矩后，也通过过渡齿轮向主减速器输出。

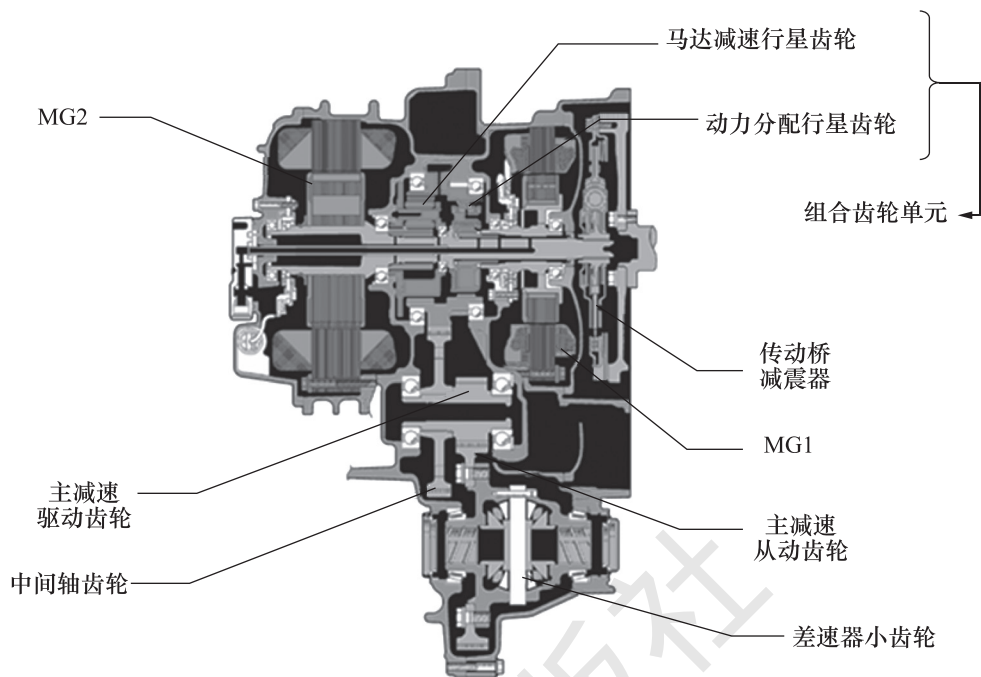


图 2-9 混合动力传动桥的组成

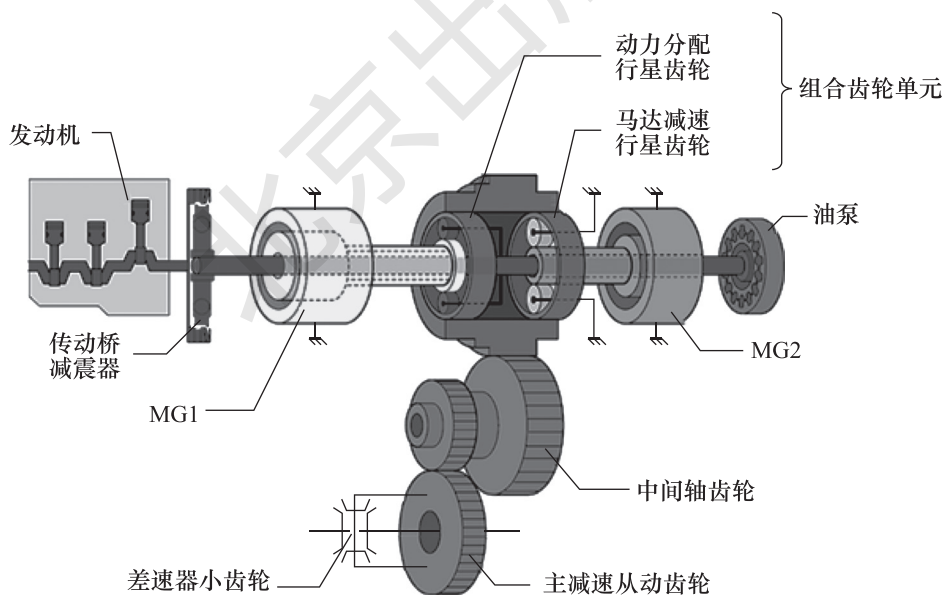


图 2-10 Prius 电机与行星齿轮传动机构示意图

(二) 高输出功率电动机

Prius 油电混合动力系统的电机 MG1、MG2 是交流同步电机。MG1 和 MG2 结构如图 2-11 所示。

MG1 主要用于调速，MG2 主要作为驱动电机，两个电机均可以作为发电机和电动机。

1. MG1 作用

MG1 作为电机，启动发动机，把发动机从静止拖动到 1 000 r/min 左右，然后发动机喷油点火。在发动机有轴功输出时，MG1 正转，作发电机，对电池充电和对 MG2 供电；MG1 反转时，则作为电动机，消耗电能。

通过调节 MG1 的转速来实现发动机在某个高效功率点运行；随车速的变化，调节 MG1 的转速，实现行星齿轮无级变速的功能。

2. MG2 作用

EV 模式运行时，MG2 作电动机，独立驱动汽车；汽车加速和需要辅助功率时，MG2 作电动机；汽车中等速度巡航时，发动机输出功率较低，MG1 反转作电动机，MG2 作发电机，对电池充电和对 MG1 供电；汽车制动时 MG2 发电；倒车时，MG2 反转驱动汽车。

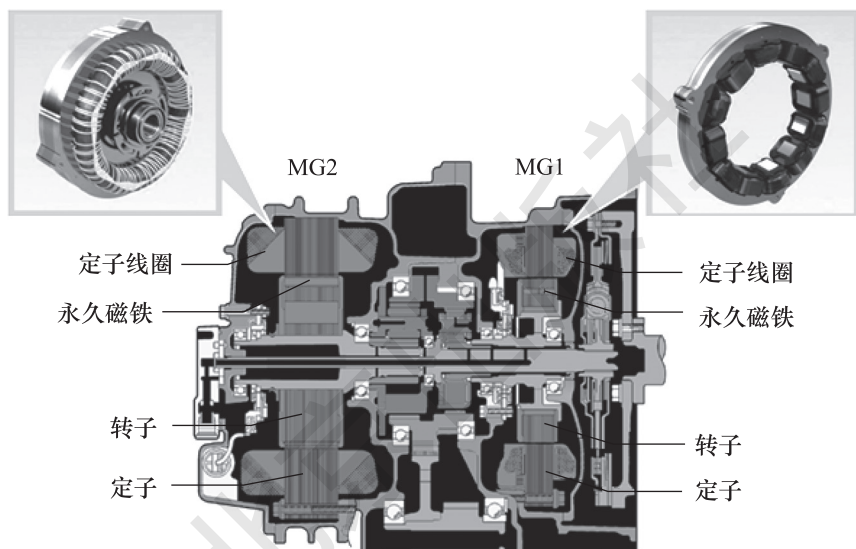


图 2-11 MG1、MG2 结构

三、电池系统

电池系统由电流传感器、保险丝、服务插销、系统主继电器、电池控制模块 ECU 和电池温控系统构成。如图 2-12 所示为 Ni-MH 电池系统。系统主继电器如图 2-13 所示，有三个 SMR 继电器和一个熔断器，继电器分别是高压导线正侧极继电器 SMRB、负极侧继电器 SMRG 和预充继电器 SMRP，随着点火钥匙的 ON/OFF 而闭合或断开，点火钥匙转到 OFF 时，主继电器切断高压系统以确保安全，当汽车受到碰撞或系统有故障时，主继电器也会断开高压电。

电池控制模块根据电池的电流、电压和温度来计算电池的 SOC，并把它送到整车控制系统，同时它还检测电池是否正常。

电池温控系统利用装在通风道上的风扇把来自驾驶室的风，通过过滤器、通风管路，送到高压电池盒，这是风冷系统。现在采用的为水冷系统，电池组上有冷却回路对电池进行温度调控，温度高了可以降温，冬季还可以提升电池温度，使电池组能保

持在正常的工作温度范围内。

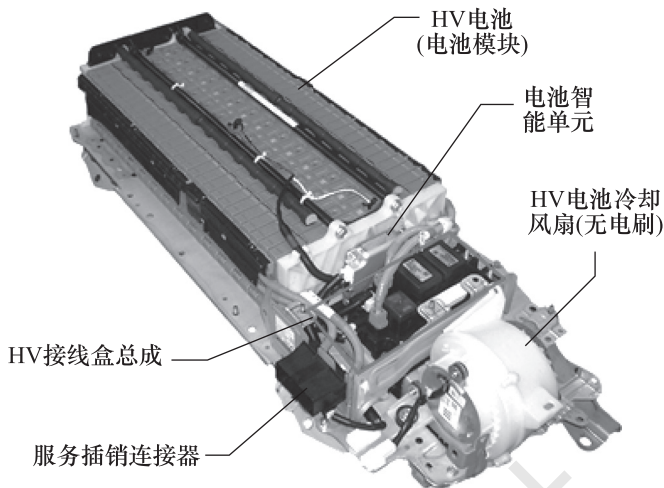


图 2-12 Ni-MH 电池系统

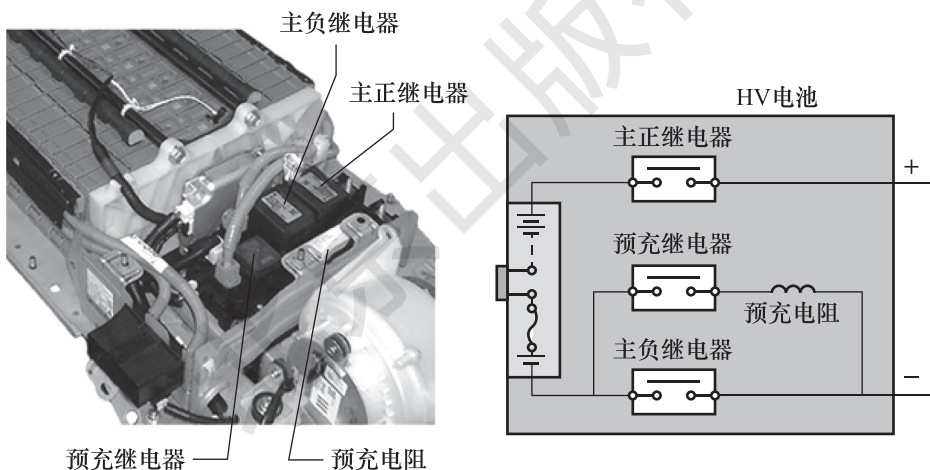


图 2-13 系统主继电器

四、其他车型的混合动力传动桥

(一) 宝马的 E720 传动桥

ActiveHybridX6 (研发代码 E720) 是宝马公司于 2009 年底推出的一款采用混合动力驱动装置的全能轿跑车, 这也是宝马公司推出的第一款采用混合动力技术的量产车型。其采用的是双模式主动变速器。E720 主动变速器的结构如图 2-14 所示, 总体由行星齿轮组、电动机和片式离合器组成。

主动变速器上有两个电动机 A 和 B, 由定子、转子、电机位置传感器和高压接口等组成, 结构如图 2-15 所示。

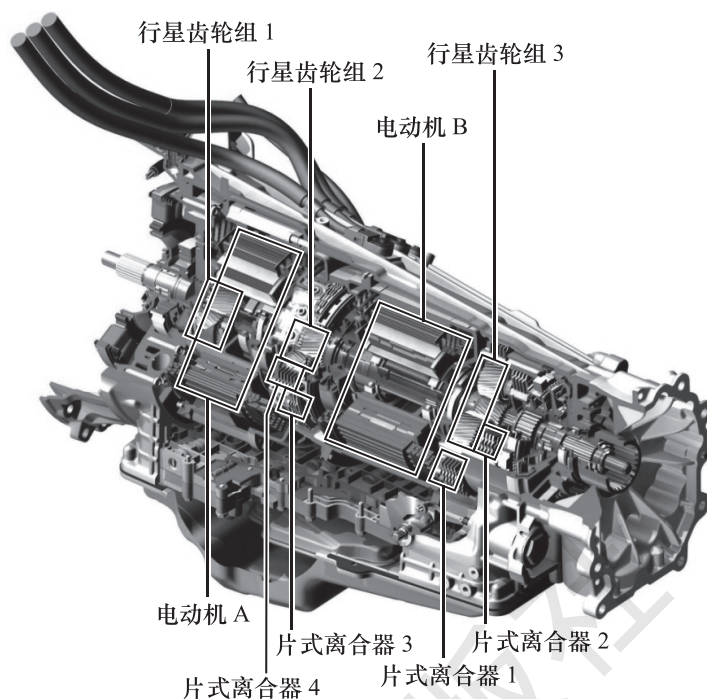


图 2-14 E720 主动变速器剖面图

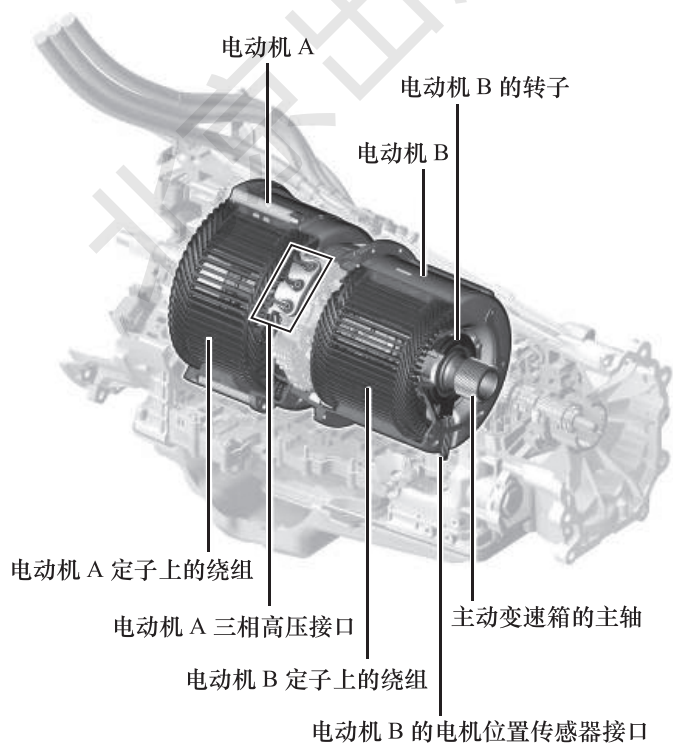


图 2-15 电动机

E720 的混合动力驱动装置也带有自适应变速器控制功能,该功能在混合动力主控控制单元内进行计算。该功能根据诸如加速踏板角度等传感器信号识别出驾驶员指令并相应调节换挡策略,从而确保尽可能舒适的驾驶过程。与传统宝马自动变速器一样,E720 主动变速器共有驾驶模式、运动模式和手动模式三种模式可供选择。

主动变速器的内部状态包括“没有动力传输”的状态、两个 ECVT 模式和 4 个固定的基本挡位。之后将这些内部状态分配给从驾驶员角度出发的相应挡位。与两个 ECVT 模式不同,对于主动变速器固定的基本挡位而言,变速器输入轴与变速器输出轴间的传动比固定不变。因此发动机转速变化时,车速也会发生相应程度的改变。

处于所有固定的基本挡位时(除基本挡位 4 外),电动机均可以无负荷旋转;电动机作为电机驱动,为发动机提供支持;电动机作为发电机驱动,为高电压蓄电池充电。另外,处于固定的基本挡位 4 时,电动机 B 静止不动,因此只有电动机 A 可以灵活使用。

除了机械传动装置,还配有混合动力主控控制单元等电子控制装置。

(1) 混合动力主控控制单元的功能。

- ①分析驾驶员指令并确定挡位(P、R、N、D、S、M)。
- ②选择换挡模式。
- ③确定正确挡位。
- ④自适应变速器控制系统。
- ⑤计算内部片式离合器上的所需力矩。
- ⑥计算变速器输出端上的额定扭矩。

(2) 混合动力变速器控制系统的功能。

- ①控制变速器油循环回路。
- ②操控和监控片式离合器。
- ③确保对电动机进行冷却。
- ④读取并向控制单元网络提供有关主动变速器状态的传感器信号。
- ⑤监控变速器状态并根据需要启用应急模式。
- ⑥电子禁启动防盗锁。

(二) 宝马 530Le (序列代号为 F18 PHEV) 传动桥

宝马 530Le 是一款采用锂离子高压蓄电池的全混合动力车辆,可用家用插座充电。电动机、辅助扭转减震器和分离离合器固定集成在了八速变速箱壳体中。这些组件位于双质飞轮后面。电动机、扭转减震器和分离离合器连同双质飞轮一起共同占据了液压变矩器的安装空间。

宝马 530Le 的混合动力系统采用了并联式混合动力系统。发动机和电动机均与驱动轮机械连接。车辆驱动时,两个驱动系统既能单独使用也能同时使用。电动机安装位置和辅助组件如图 2-16 所示,电动机剖视图及转子和定子如图 2-17 所示,电动机

外部接口如图 2-18 所示,电动机高压接口如图 2-19 所示,电动机传感器安装位置如图 2-20 所示。



图 2-16 电动机的安装位置和辅助组件

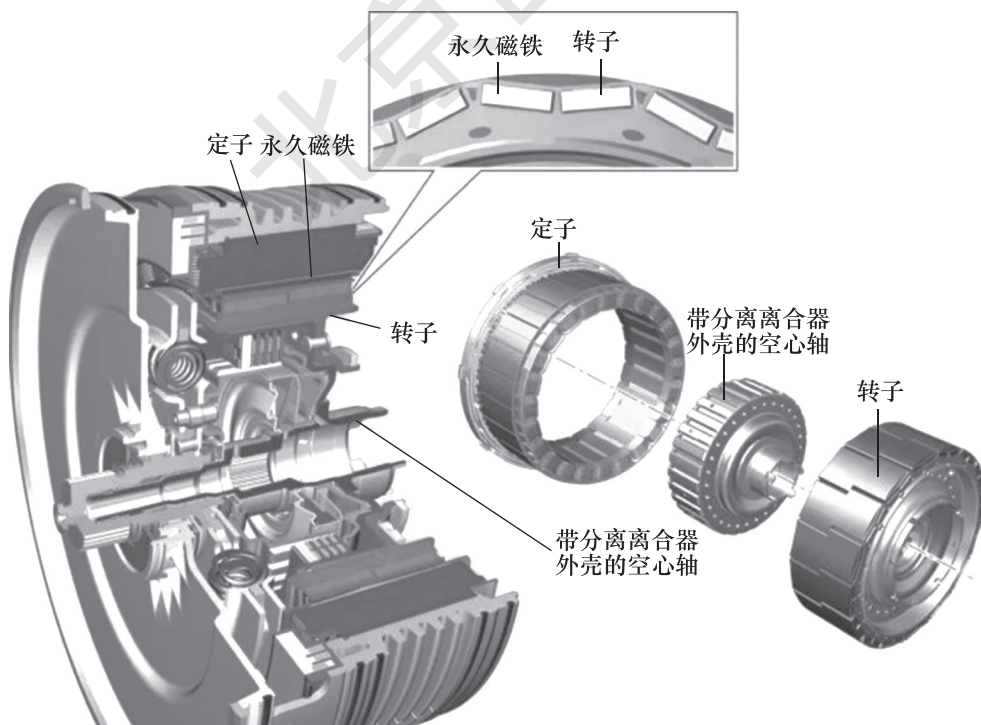


图 2-17 电动机剖视图及转子和定子

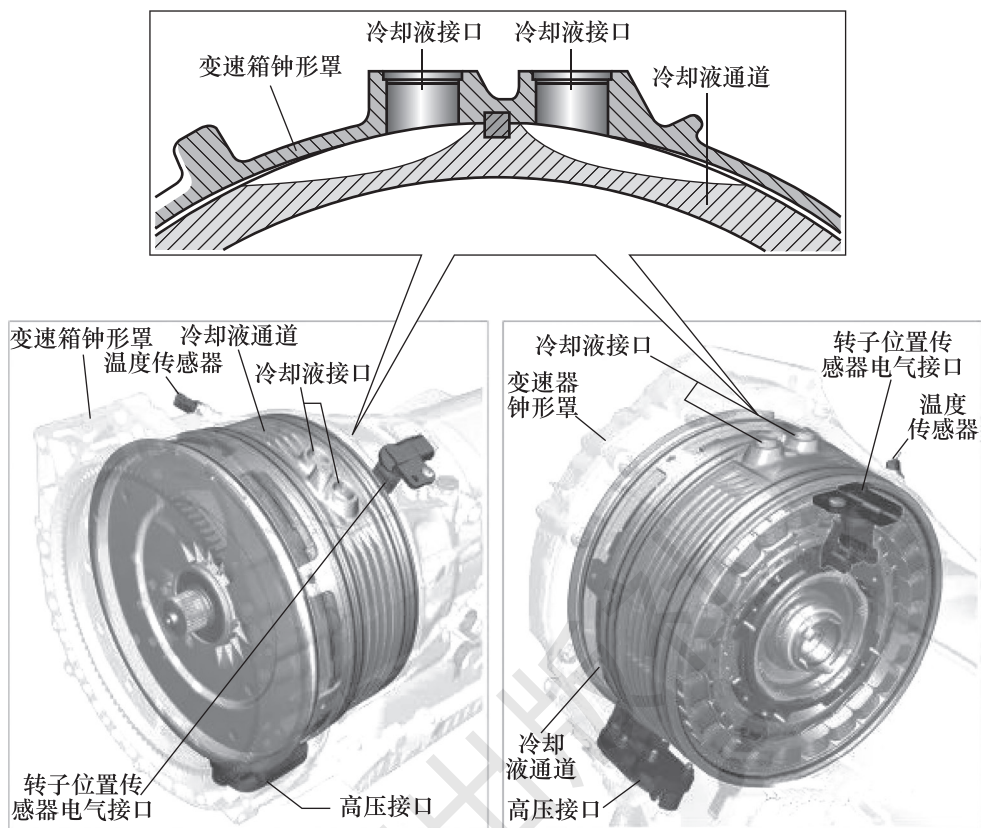


图 2-18 电动机外部接口



图 2-19 电动机高压接口

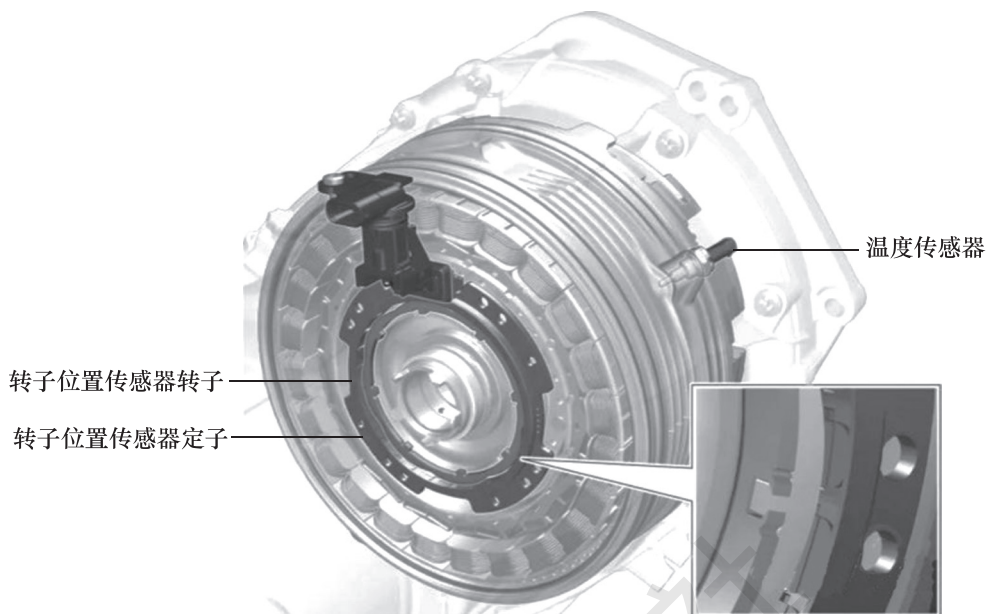


图 2-20 电动机传感器安装位置

发动机也通过一个分离离合器与电动机和传动系统的其余部分断开。在宝马 530Le 中，这个分离离合器布置在辅助扭转减震器和电动机之间，如图 2-21 所示。分离离合器固定集成到电动机壳体中，为开放结构的湿式多片离合器，因此优化了摩擦损耗。

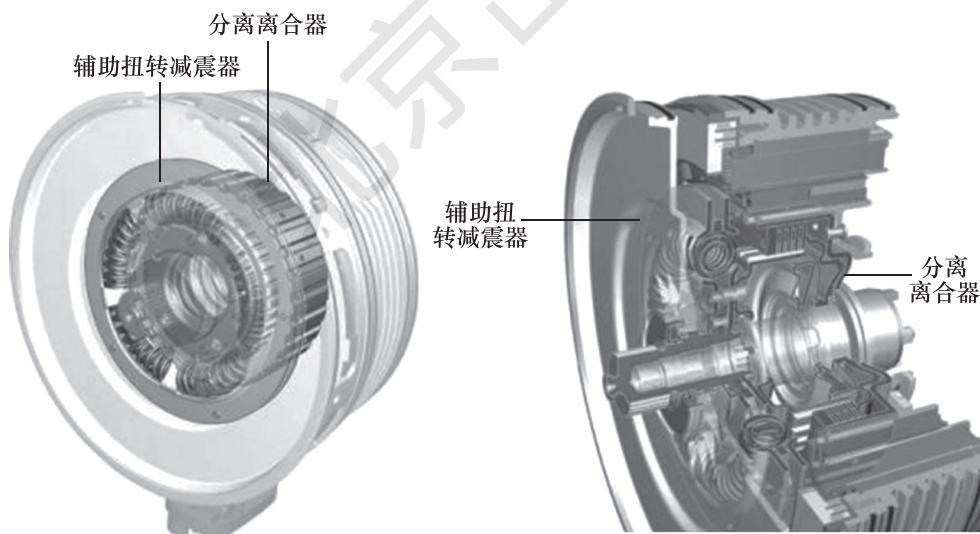


图 2-21 变速箱的分离离合器



拓展知识

电动机是电动汽车的心脏，对于混合动力电动汽车来说，电动机的重要性与发动机是等同的。混合动力汽车对驱动电动机的要求是能量密度高、体积小、重量轻、效率高。从发展的趋势来看，电驱动系统的研发主要集中在交流感应电动机和永磁同步电动机上。对于高速、匀速行驶工况，采用感应电动机驱动较为合适；而对于经常启动、停车、低速运行的城市工况，永磁同步电动机驱动效率较高。

驱动电动机的控制技术包括大功率电子器件、转换器、微处理器以及电动机控制算法等。高性能的电力电子器件仍处于研究中，并且向微电子技术及电力电子技术集成的新一代功率集成电路方向发展。转换器技术随着功率器件的发展而发展，可分为 DC-DC 直流斩波器和 DC/AC 逆变器，分别用于直流和交流电动机。电动机控制微处理器主要有单片机和 DSP 芯片，目前电动机控制专用 DSP 芯片已被广泛采用。将微处理器与功率器件集成到一块芯片上（即 PTC 芯片），是目前的研究热点。

学习任务三 混合动力汽车电池的认知



相关知识

一、混合动力汽车动力电池的基本要求

在混合动力汽车上，动力电池是辅助电力能源，用作发动机的辅助动力源，以提高整车的动力性能，或作为电动机驱动车辆时的电源。动力电池一般提供直流电，经过变频或逆变器转换成频率和电压幅值可调的交流电，供给驱动电机来驱动车辆行驶。

混合动力电动汽车采用的动力电池组要求有较大的比功率；而纯电动汽车采用的动力电池组要求有较大的比能量。

混合动力电动汽车动力电池的基本要求如下。

- (1) 有较大的比能量，以保证混合动力汽车能够达到基本合理的行驶里程。
- (2) 充电时间短。动力电池快速充电达到额定容量 50% 时的时间为 20 min 左右。
- (3) 连续放电率高，自放电率低。连续 1 h 放电率可以达到额定容量的 70% 左右。
- (4) 不需要适应复杂的运行环境。保温热管理系统能够适应混合动力汽车行驶时的震动。
- (5) 安全可靠。动力电池应干燥、洁净，电解质不会渗漏腐蚀接线柱和外壳。
- (6) 寿命长，免维修。动力电池循环寿命不低于 1 000 次，使用寿命期内不需要进行维护。

二、混合动力汽车动力电池

现在混合动力电动汽车的动力电池多采用镍氢电池和锂离子电池。

(一) 镍氢电池

镍氢电池是 20 世纪 90 年代发展起来的一种新型电池。它的正极活性物质主要由镍制成，负极活性物质主要由储氢合金制成。它是一种碱性蓄电池。其特点是，比能量高，功率高，适合大电流放电，可循环充放电，无污染，被誉为“绿色电源”。标称电压为 1.2 V，比能量可达到 70~80 W·h/kg，有利于延长混合动力汽车的行驶里程。比功率可达到 200 W/kg，是铅酸电池的 2 倍，能够提高车辆的启动性能和加速性能。

可将氢氧化镍粉末与添加剂钴等金属、塑料和黏合剂等制成涂膏，用自动涂膏机涂在正极板上，然后经过干燥处理成发泡的氢氧化镍正极板。镍氢电池的工作原理即充放电过程及结构如图 2-22 所示。

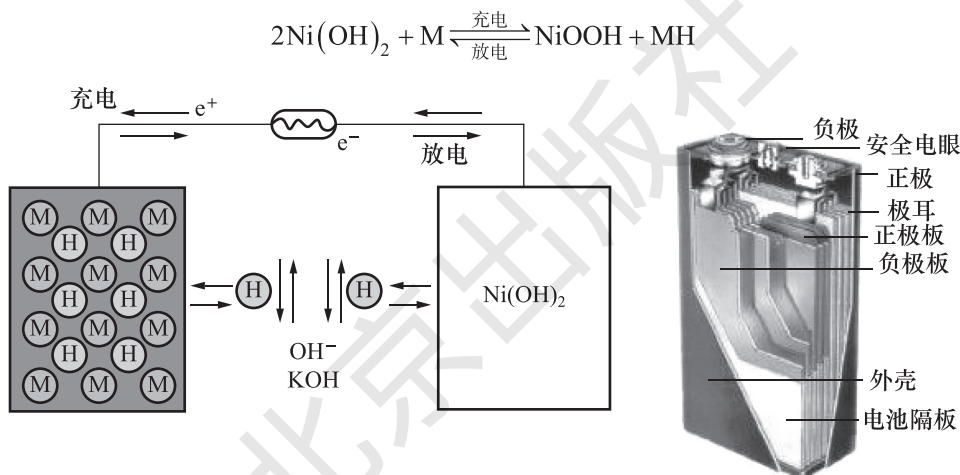


图 2-22 镍氢电池的工作原理及结构

(二) 锂离子电池

锂离子电池特点是工作电压高（是镍镉电池、镍氢电池的 3 倍），比能量大（可达 165 W·h/kg，是氢镍电池的 3 倍），体积小，质量轻，循环寿命长，自放电率低，无记忆效应，无污染，快速充电；自放电率低；工作温度范围宽和安全可靠等优点。

锂离子电池采用的是液态有机电解质。按照正极材料的不同，目前常用的锂离子电池有三元材料锂电池（镍、钴、锰）、钴酸锂电池、锰酸锂电池和磷酸铁锂电池。

电池在充电时，锂离子从正极材料的晶格中脱出，通过电解质溶液和隔膜，嵌入负极中；放电时，锂离子从负极脱出，通过电解质溶液和隔膜，嵌入正极材料晶格中。在整个充放电过程中，锂离子往返于正负极之间。图 2-23 所示为钴酸锂电池工作原理示意图。

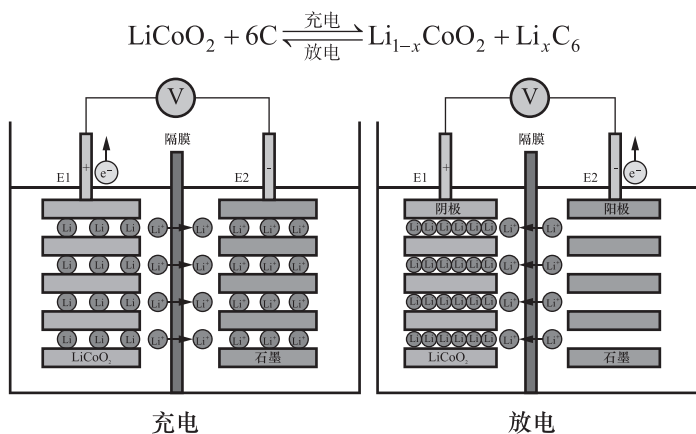


图 2-23 钴酸锂电池工作原理



拓展知识

轻度混合动力系统（混合度低于 20% 以下），是早期的混合动力系统，是混合动力电动汽车发展的初级阶段，主要用于发动机启停功能。相对纯内燃机车辆，这种混动车辆可以节省燃油。这种混动车辆采用 48 V 电压系统，有的车辆 12 V 系统和 48 V 系统同时存在。

当 48 V 系统出现后，在保留之前 12 V 系统的基础上，增加了一套 48 V 系统来支持弱混和中混系统。标准 48 V 系统由电机、锂离子电池组以及 DC-DC 转换器组成，如图 2-24 所示。

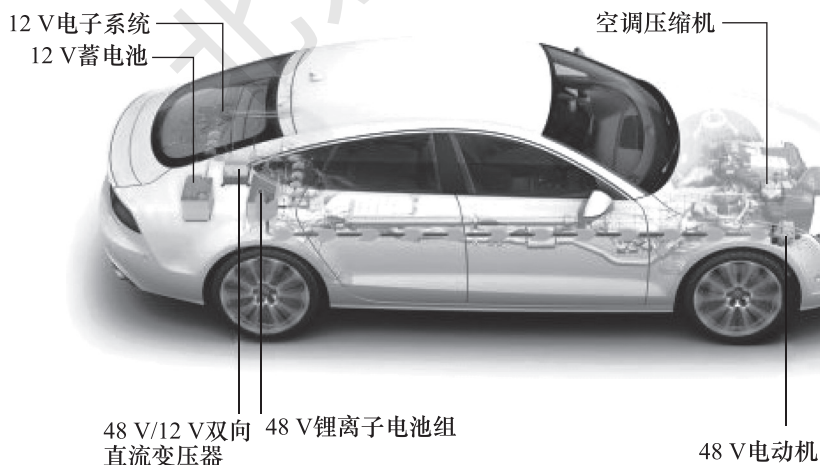


图 2-24 48 V 电源系统组成

在混合动力汽车上搭载 48 V 系统，通过两个 DC-DC 转换器，形成 12 V-48 V-HEV 电气系统架构；普通混合动力汽车的电气架构是 12 V-HEV 模式，通过 DC-DC 转换器直接联通 12 V 系统和 HEV 高压系统。

学习任务四 混合动力汽车控制系统的认知



相关知识

一、混合动力汽车控制系统的组成

典型混合动力汽车的控制系统（图 2-25）由混合动力系统 ECU 的控制单元、发动机 ECU 的控制单元、变频器控制总成（变频器、增压转换器、DC-DC 转换器和空调变频器）、发电机（MG1）和电动机（MG2）的控制器、制动防滑控制 ECU 的控制单元、蓄电池 ECU 的控制单元以及其他控制信号等组成。

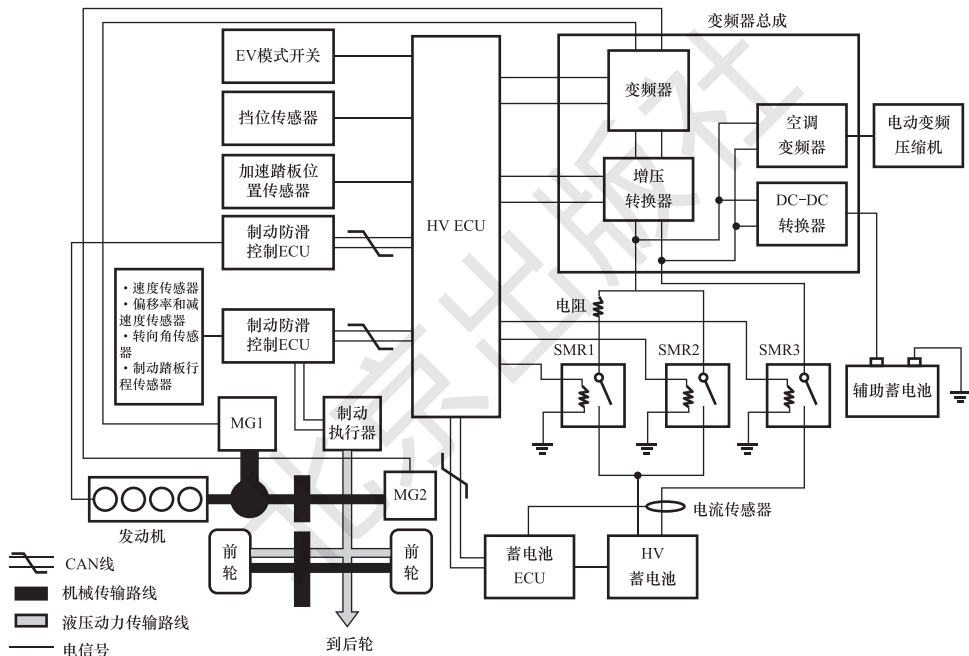


图 2-25 典型混合动力汽车的控制系统

（一）混合动力系统 ECU 的控制

根据请求扭矩、再生制动控制和 HV 蓄电池的 SOC（充电状态）控制发电机（MG1）、电动机（MG2）和发动机。具体工作状态由挡位、加速踏板踩下角度和车速来确定。

混合动力系统 ECU 监控 HV 蓄电池的 SOC 和 HV 蓄电池的温度、发电机（MG1）和电动机（MG2）以对这些项目实施最优控制。

车辆处于“空挡（N）”挡时，HV ECU 实施关闭控制，自动关闭发电机（MG1）和电动机（MG2）。车辆在陡坡上松开制动而启动时，上坡辅助控制可以防止车辆下滑。

如果驱动轮在没有附着力时空转, HV ECU 提供电动机牵引力控制, 抑制电动机 (MG2) 旋转, 进而保护行星齿轮组, 同时防止发电机 (MG1) 产生过大的电流。

(二) 发动机 ECU 的控制

发动机 ECU 接收 HV ECU 发送的目标发动机转速和所需的发动机动力信号, 来控制智能电子节气门控制系统 (ETCS-i)、燃油喷射量、点火正时和智能可变气门正时系统 (VVT-i)。

(三) 变频器的控制

根据 HV ECU 提供的信号, 变频器将 HV 蓄电池的直流电转换为交流电来驱动发电机 (MG1)、电动机 (MG2), 也可进行逆向过程。此外, 变频器将发电机 (MG1) 的交流电提供给电动机 (MG2)。

HV ECU 向变频器内的功率晶体管发送信号, 来转换发电机 (MG1)、电动机 (MG2) 的 U、V 和 W 相来驱动发电机 (MG1) 和电动机 (MG2)。

HV ECU 从变频器接收到过热、过流或故障电压信号后即关闭。

(四) 制动防滑控制 ECU 的控制

制动时, 制动防滑控制 ECU 计算所需的再生制动力并将信号发送到 HV ECU。一接收到信号, HV ECU 立刻将实际的再生制动控制数据发送到制动防滑控制 ECU, 根据这个结果, 制动防滑控制 ECU 计算并执行所需的液压制动力。

(五) 蓄电池 ECU 的控制

蓄电池 ECU 实施监视控制, 监视 HV 蓄电池和冷却风扇控制的状态, 使 HV 蓄电池保持在预定的温度。这样, 对这些组件实施最优控制。

二、混合动力汽车控制系统主要功能

(一) HV ECU 控制功能

HV ECU 根据加速踏板位置传感器发出的信号检测加速踏板上所施加力的大小。HV ECU 收到发电机 (MG1) 和电动机 (MG2) 中速度传感器发出的车速信号, 并根据挡位传感器的信号检测挡位。HV ECU 根据这些信息确定车辆的行驶状态, 对发电机 (MG1)、电动机 (MG2) 和发动机的动力进行最优控制。此外, HV ECU 对动力的扭矩和输出进行最优控制以实现低耗油和更清洁排放等目标。Prius 系统框图如图 2-26 和图 2-27 所示, 在图 2-26 中高压系统基本上能以最理想的方式满足驾驶员的需求。

在图 2-27 中蓄电池共有 3 个温度传感器和一个进气温度传感器。基于这些温度传感器, 会有一个合适的 DR 控制鼓风机来维持或调解到特定值。充电状态是由蓄电池 ECU 根据电流传感器和电压传感器信号计算得出, 并把计算结果告知 HV ECU。如果空调系统正在对车厢冷却, 鼓风机就关闭或处于低档, 因为蓄电池的进气就是车辆内部气体。

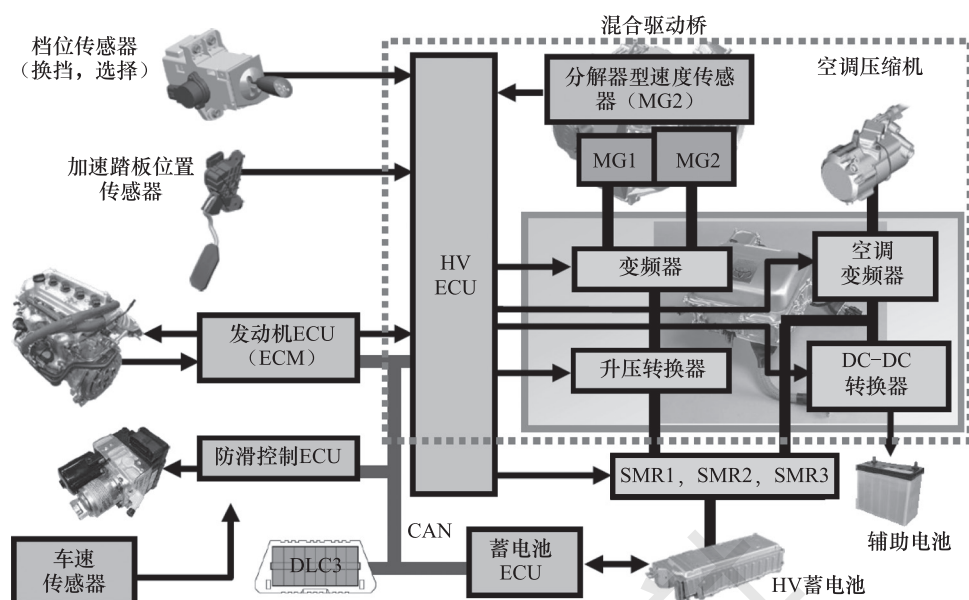


图 2-26 Prius 系统框图 1

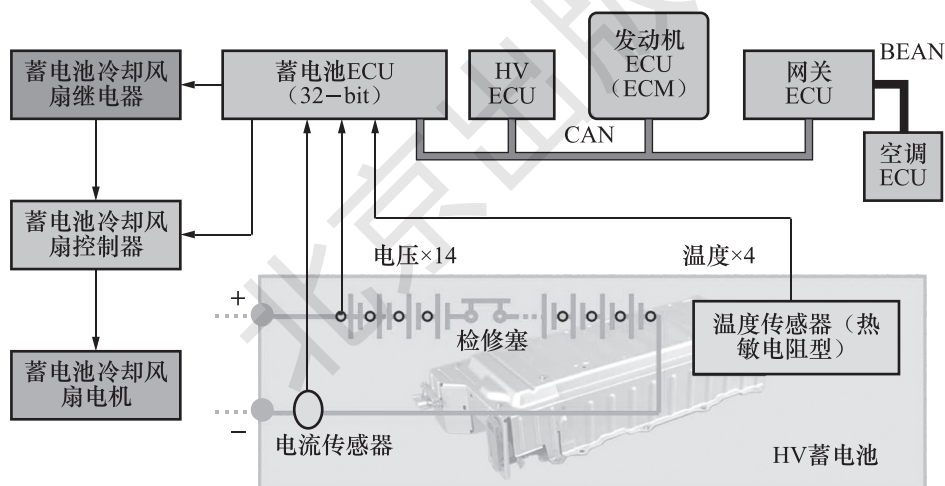


图 2-27 Prius 系统框图 2

(二) 发动机 ECU 控制功能

发动机 ECU 接收到 HV ECU 发送的目标发动机转速和所需的发动机动力信号，控制智能电子节气门控制系统 (ETCS-i)、燃油喷射量、点火正时和智能可变气门正时系统 (VVT-i)。

(1) 发动机 ECU 将发动机工作状态信号发送到混合动力系统 ECU。

(2) 按照基本 THS- II (Toyota Hybrid System- II) 控制，在接收到混合动力系统 ECU 发送的发动机停止信号后，发动机 ECU 将使发动机停机。

(3) 系统出现故障时，发动机 ECU 通过混合动力系统 ECU 的指令打开检查发动机

警告灯。

（三）变频器控制功能

根据 HV ECU 提供的信号，变频器将 HV 蓄电池的直流电转换为交流电给发电机（MG1）、电动机（MG2）供电，或执行相反的过程。此外，变频器将发电机（MG1）的交流电提供给电动机（MG2），但是电流由发电机（MG1）提供给电动机（MG2）时，电流在变频器内转换为 DC。

根据发电机（MG1）、电动机（MG2）发送的转子信息和从蓄电池 ECU 发送的 HV 蓄电池 SOC 等信息，HV ECU 将信号发送到变频器内部的功率晶体管来转换发电机（MG1）、电动机（MG2）定子线圈的 U，V 和 W 相。关闭发电机（MG1）、电动机（MG2）的电流时，HV ECU 发送信号到变频器。

（四）蓄电池 ECU 控制

蓄电池 ECU 检测 HV 蓄电池的 SOC（充电状态）、温度、是否泄漏和电压，并将这些信息发送到 HV ECU。蓄电池 ECU 通过 HV 蓄电池内的温度传感器检测其温度，并操作冷却风扇来控制温度。

HV 电池状态监视控制蓄电池 ECU 始终监视以下项目并将这些信息发送给 HV ECU。

（1）通过电流传感器，检测电流。HV 蓄电池通过估计充电放电电流来计算 SOC。

（2）SOC 控制。

（3）冷却风扇控制。

蓄电池 ECU 根据 HV 蓄电池内的 3 个温度传感器和 1 个进气温度传感器检测到蓄电池温度上升。



系统主继电器（SMR）、变频器 and 制动防滑控制 ECU 的控制功能