

SHOUBASHOU JIAONINXUEXIU
DIANDONGQICHE

手把手教您学修车丛书

手把手教您学修

电动汽车



刘春晖 陈国◎主编

汽车维修
入门必备
五星级用书

- 车型全面款式丰富
- 构造清晰原理详尽
- 案例提示举一反三
- 实操图片直观理解



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

SHOUBASHOU JIAONINXUEXIU
DIANDONGQICHE

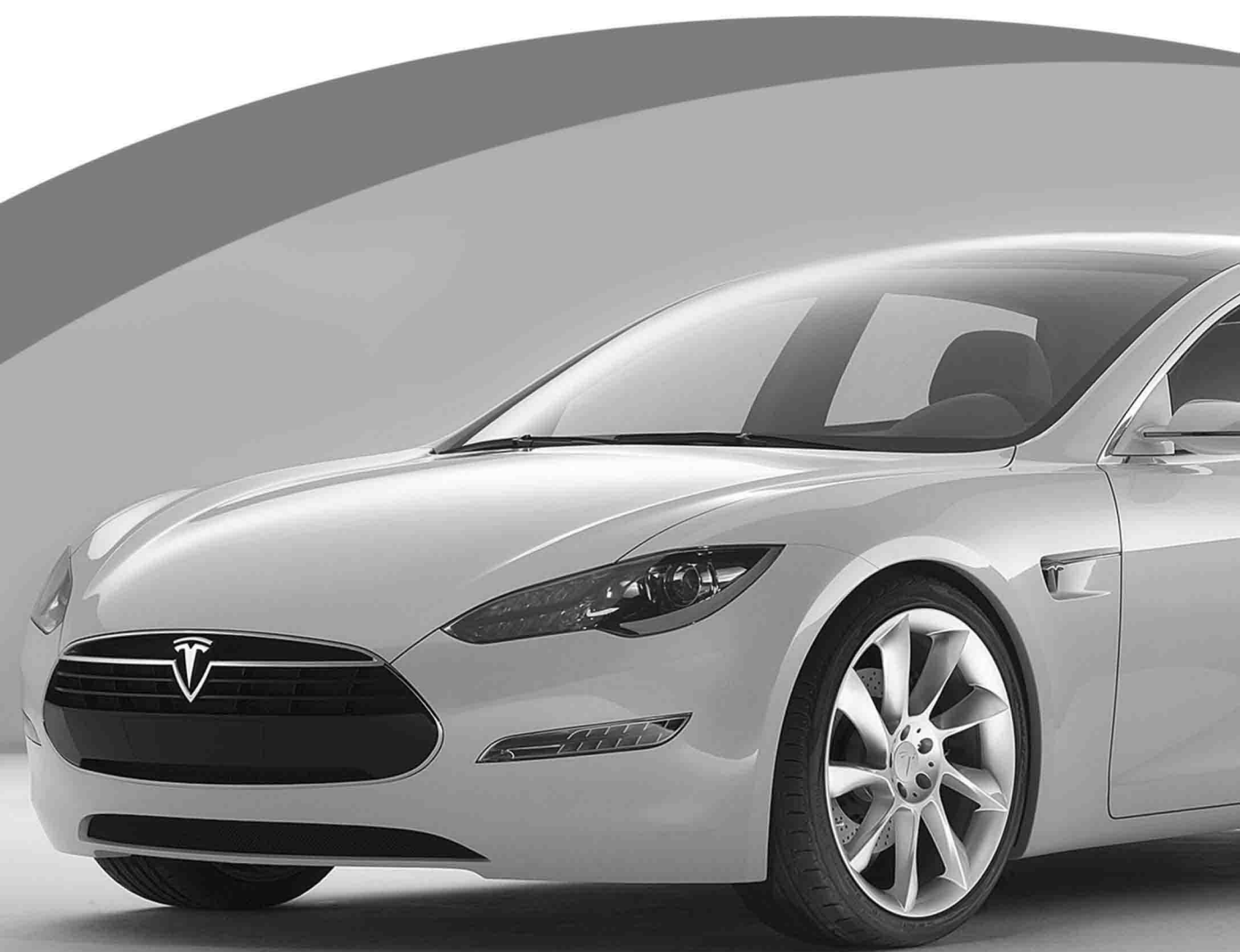
手把手教您学修车丛书

手把手教您学修

电动汽车



刘春晖 陈国◎主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书系统介绍了电动汽车的结构组成与特点,驱动电机及控制器,动力电池系统,电池管理系统,电动汽车的充电,电动汽车的辅助系统,电动汽车维护与故障处理,典型电动汽车的构造原理及技术解析八个方面的内容。

本书内容实用,可操作性强,配有大量的图片,易学、易懂。本书可作为新能源汽车技术培训参考教材,同时还可供汽车维修企业人员学习参考,也可作为大中专院校新能源汽车类专业相关教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

手把手教您学修电动汽车/刘春晖,陈国主编. —北京:机械工业出版社, 2018. 8

(手把手教您学修车丛书)

ISBN 978-7-111-60475-4

I. ①手… II. ①刘… ②陈… III. ①电动汽车-车辆修理
IV. ①U469. 72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 156329 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:杜凡如 责任编辑:杜凡如 责任校对:潘蕊 肖琳
责任印制:张博

三河市国英印务有限公司印刷

2018 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·13.5 印张·331 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-60475-4

定价:45.00 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

随着汽车工业的高速发展，传统汽车给我国带来的环境污染、能源短缺和安全等方面的问题越来越突出。为了保持国民经济的可持续发展，保护居住环境和保障能源供给，国家出台了“节能与新能源汽车产业发展规划（2012—2020）”，促进新能源汽车发展。新能源汽车主要包括纯电动汽车、插电式混合动力汽车及燃料电池汽车，而纯电动汽车是发展的重点。

新能源汽车是世界汽车产业升级转型的必经之路，各国纷纷出台相应的配套政策，目前我国已经启动制定停止生产销售传统能源汽车的时间表。从国际层面来看，目前多个国家已经相继完成了传统燃油车禁止生产时间表的制定。法国已经颁布将从2040年开始全面停止出售汽油车和燃油车，并在2050年实现碳平衡。汽车工业强国德国也于2016年通过了将在2030年停止销售燃油车的提案，此外，荷兰与挪威则制定了将于2025年全面禁止传统燃油车的销售。

数据显示，2009~2015年，我国新能源汽车年销量从不足1万辆迅速提升到33万多辆，成为全球最大的新能源汽车市场。2017年，新能源汽车发展势头强劲，产销均接近80万辆，实现了国内、国际市场双增长。

从长远来看，纯电动汽车将是新能源汽车的主要技术发展方向。为使广大读者尽快了解电动汽车的结构原理，本书广泛搜集电动汽车的相关资料，围绕电动汽车技术的三大核心（即“三电”——电池、电机、电控）展开，主要内容包括电动汽车的结构组成与特点，驱动电机及控制器，动力电池系统，电池管理系统，电动汽车的充电，电动汽车辅助系统，电动汽车维护与故障处理，典型电动汽车的构造原理及技术解析八个方面的内容。

本书由山东华宇工学院刘春晖、陈国主编，参加本书编写工作的还有山东华宇工学院张文志、曹金静、方玉娟、顾雅青、高春刚、李凤芹、任斌、唐娟、王东盈、郎仲杰、王如兵。

在本书编写的过程中，除了所列参考文献外，还参考了许多发表在网站上相关文章的内容，在此对原作者、编译者表示由衷的感谢。由于编者水平所限，书中难免有错误和不当之处，恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

前 言

第一章 认识电动汽车 1

第一节 电动汽车概述 1

一、电动汽车的定义 1

二、电动汽车的基本组成 1

第二节 电动汽车结构原理及其特点 4

一、电动汽车独特特点 4

二、电驱动的结构形式 5

三、储能装置的结构形式 7

第二章 电动汽车驱动电机及控制器 8

第一节 电动汽车驱动系统 8

一、电动汽车驱动系统的组成、种类及特点 8

二、电动汽车对驱动电机性能的基本要求 10

三、电动汽车驱动电机的分类 11

第二节 电动汽车用直流电机 12

一、直流电机的工作原理和基本构造 12

二、直流电机的励磁方式 15

三、直流电机的特点及性能参数 16

四、直流电机的工作特性 16

五、直流电机的控制 17

六、直流电机的起动、调速和反转 18

七、直流电机在电动汽车上的应用 20

第三节 电动汽车用三相异步感应电机 20

一、三相异步感应电机的特点、结构、原理与性能 20

二、三相异步电机的控制 25

三、三相异步电机在电动汽车中的应用 26

第四节 电动汽车用永磁电机 26

一、永磁电机的种类及特点 26

二、永磁同步电机 26

三、永磁无刷直流电机 28

四、永磁混合电机 28

五、永磁同步电机在电动汽车上的应用 29

第五节 电动汽车用开关磁阻电机 30

一、开关磁阻电机的结构与原理 30

二、开关磁阻电机的优势和不足 31

三、开关磁阻电机在电动汽车中的应用 33

第六节 电动汽车用轮毂电机 33

一、轮毂电机的结构及特点 33

二、轮毂电机的驱动方式 34

三、轮毂电机在电动汽车中的应用 35

四、案例：轮毂驱动式电动汽车行驶中突然动力下降 35

第七节 电机调速控制系统 36

一、串励直流电机调速控制系统 37

二、交流异步电机调速控制系统 38

三、开关磁阻电机调速控制系统 38

四、无刷直流电机调速控制系统 39

第八节 电动汽车电机控制器和整车控制器 39

一、电机控制器 39

二、整车控制器的功能 40

第三章 动力电池系统 43

第一节 动力电池的结构及参数 43

一、动力电池的分类 43

二、化学能与电能转换基本原理 44

三、动力电池的基本结构 44

四、电池的基本参数 45

五、案例：江淮同悦电动汽车行驶时突然掉电 53

第二节 动力电池的充电方法 55



一、动力电池充电功能	55	一、动力电池热管理系统的功能	90
二、典型的动力电池充电方法	55	二、电池内传热的基本方式	90
三、案例：比亚迪 F3DM 混合动力汽车 红色电池灯报警	58	三、电池组热管理系统设计实现	90
第三节 铅酸动力电池	59	第五节 动力电池的电安全管理及数据 通信	92
一、铅酸蓄电池的类型	59	一、动力电池电安全管理系统的功能	92
二、铅酸蓄电池的储能原理	60	二、绝缘检测方法	93
三、铅酸蓄电池的结构	61	三、动力电池数据通信系统	94
四、铅酸动力电池应用	62	第六节 电池管理系统的检测和管理	96
五、铅酸蓄电池的回收	64	一、基础电池模块电池电压检测	96
第四节 碱性动力电池	64	二、动力电池母线继电器开闭状态检测与 高压回路绝缘检测	97
一、镍镉电池结构及储能原理	64	三、动力电池母线电流与电压检测	100
二、镍氢电池结构及储能原理	66	四、动力电池控制策略	100
三、碱性动力电池的应用	68	第五章 电动汽车的充电	104
四、镍氢动力电池在电动汽车上的应用	68	第一节 电动汽车充电技术	104
第五节 锂离子动力电池	69	一、输入电能的供给方式	104
一、锂离子动力电池的类型	69	二、电能变换方式	105
二、锂离子动力电池的工作原理	70	三、动力电池成组充电方式	107
三、锂离子正极材料	70	四、电能的传输方式	110
四、锂离子负极材料	73	第二节 电动汽车的充换电	112
五、锂离子电池的优缺点	74	一、电动汽车的充电系统	112
六、锂离子动力电池的应用状况	74	二、电动汽车的换电	113
七、锂离子动力电池在电动汽车上的应用 实例	75	三、电动汽车的充（换）电站	114
八、锂离子动力电池的失效机理	77	四、案例：江淮同悦电动车无法充电	115
第四章 电动汽车电池管理系统	78	第三节 电动汽车的充电桩	116
第一节 电池管理系统功能及参数采集	78	一、充电桩的基本形式	116
一、电池管理系统的功能	78	二、充电桩的构成和功能	116
二、单体电压采集方法	79	三、充电接口	118
三、电池温度采集方法	82	四、非车载充电机的充电过程	123
四、电池工作电流采集方法	82	五、案例：同悦 IEV3 简易充电桩不能 充电	127
五、烟雾采集方法	82	第六章 电动汽车辅助系统	129
第二节 动力电池电量管理系统	84	第一节 电动汽车制动系统	129
一、电池荷电状态（SOC）估算精度的 影响因素	84	一、电动真空助力制动系统	129
二、精确估计 SOC 的作用	84	二、电机再生制动	130
三、SOC 估计常用的算法	85	三、电动汽车能量回馈控制	132
第三节 动力电池的均衡管理	87	第二节 电动汽车转向系统的结构	136
一、能量耗散型均衡管理	87	一、电动助力转向系统的几种形式	136
二、非能量耗散型均衡管理	88	二、齿条驱动式电动助力转向系统	138
三、电池均衡管理系统应用中存在的 问题	89	第三节 电动汽车空调系统	141
第四节 动力电池的热管理	90	一、涡旋式压缩机	141
		二、三相永磁同步电机驱动机构	143



三、空调的制热源	145	四、电气设备常见故障及处理方法	179
四、空调维修的安全操作	147	五、空调系统常见故障及处理方法	180
第四节 电动汽车的电源转换装置	147	第八章 典型电动汽车构造原理及	
一、DC/DC 功率变换器的功用	147	技术解析	182
二、双向 DC/DC 功率变换器的应用	147	第一节 江淮电动汽车 i EV5	182
三、DC/DC 功率变换器的分类	148	一、江淮 i EV5 整车结构与电驱动技术	
四、其他类型的功率变换器	149	解析	182
第五节 电动汽车的高压安全	149	二、江淮 i EV5 典型故障分析	186
一、电动汽车高压的危害	149	第二节 特斯拉电动汽车	188
二、电动汽车安全要求标准解读	150	一、电池结构	188
三、高压绝缘分析及防护	151	二、电池系统安全措施	190
四、系统级的电安全防护措施及分析	154	三、特斯拉 Model S 充电方式	194
五、高压电安全测量实例	157	第三节 燃料电池电动汽车	197
第六节 电动汽车的四驱系统	161	一、燃料电池电动汽车类型	197
一、电动四驱系统与传统四驱系统的		二、燃料电池电动汽车基本组成与	
差异	161	原理	198
二、电动四驱系统的优缺点	161	三、丰田燃料电池电动汽车的驱动	
三、电动车如何实现四驱	161	模式	202
第七章 电动汽车维护与故障处理	164	四、燃料电池电动汽车特点	203
第一节 电动汽车的维护与保养	164	第四节 东南 V5 电动汽车动力驱动	
一、整车维护与保养	164	系统	204
二、关键零部件的维护与保养	165	一、动力驱动系统部件	204
第二节 电动汽车常见故障处理	170	二、动力控制逻辑	206
一、电动汽车故障诊断方法	170	三、冷却系统	207
二、动力系统常见故障及处理方法	171	参考文献	210
三、底盘常见故障及处理方法	175		

第一章

认识电动汽车

第一节 电动汽车概述

一、电动汽车的定义

电动汽车是完全由可充电电池（如铅酸电池、镍镉电池、镍氢电池或锂离子电池）提供动力源，以电机为动力的汽车（图 1-1）。其动力系统主要由动力电池、驱动电机组成，从电网取电或更换蓄电池获得电能。

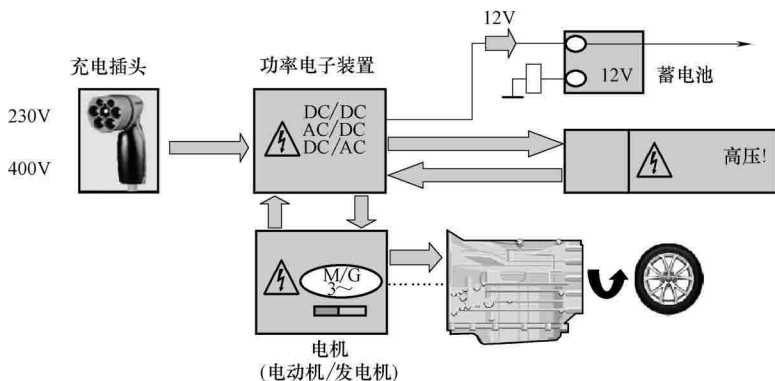


图 1-1 电动汽车动力系统简图

二、电动汽车的基本组成

电动汽车由车载电源、电池组管理系统、电源辅助设施、电机、控制器、底盘、车身等部分组成。按照传统的汽车构造划分方式，也可将纯电动汽车分成电机、底盘、车身及电气四部分。图 1-2 所示为典型电动汽车的主要总成布置。

(1) 电机 电机是电动汽车的动力装置，它是依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。它的主要作用为产生旋转运动，是用电设备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 冷却系统通常由散热器、水泵、风扇、节温器、冷却液温度表和放水开关等组成。



(4) 传动系统 图 1-3 所示为典型的电动汽车底盘，因为电机具有良好的牵引特性，所以蓄电池电动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机的转速即可实现。

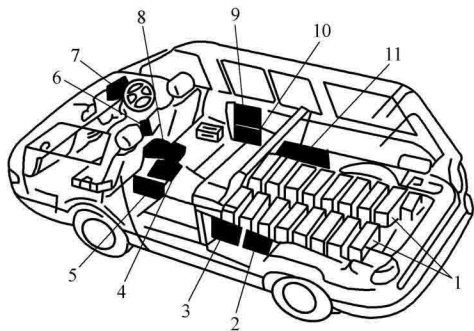


图 1-2 典型电动汽车的主要总成布置

1—主电池 2—空调控制装置 3—空调逆变器

4—电机 5—压缩机 6—操纵电动机

7—SOC 仪表 8、11—逆变器 9—操

纵控制装置 10—ECU

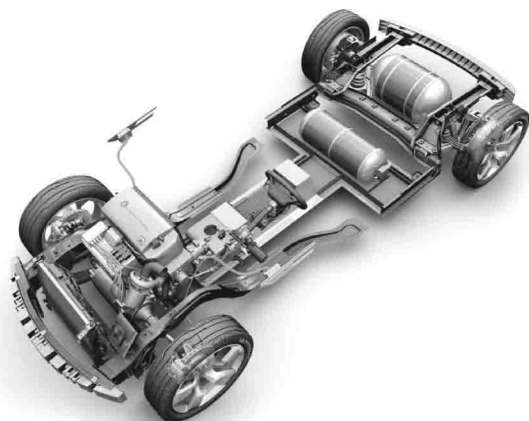


图 1-3 电动汽车底盘

(5) 行驶系统 行驶系统和燃料汽车相似，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收电机经传动系统传来的转矩，并通过驱动轮和路面间的附合作用，产生路面对电动汽车的牵引力，以确保整车正常行驶。此外，它尽可能缓和不对路面造成的冲击和振动，确保电动汽车正常行驶。

(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汽车的行驶方向，它包括转向操纵机构、转向器和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，要确保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，转向轮不会发生自振，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与减速系统的总称，它的作用是使行驶中的电动汽车降低速度或停止行驶，或使已经停驶的电动汽车保持不动。制动系统包括制动器（图 1-4）、制动传动装置。现代电动汽车制动系统中还安装了制动防抱死装置等。



图 1-4 电动汽车的制动系统部件



与燃料汽车类似，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包括蓄电池、照明灯具、仪表、音响装置、刮水器和空调器等。

1) 蓄电池。蓄电池的作用是供起动机和电动机用电。为了满足电动汽车对高电压的需求，纯电动汽车通常是以多个 12V 或 24V 的电池串、并联形成的动力电池组作为动力源，动力电池组的电压是 155~400V，以周期性的充电来补充电能。动力电池组是电动汽车的关键装备，它储存的电能及其自身的重量和体积对电动汽车的性能起决定性影响。

动力电池组在电动汽车上占据极大部分有效的装载空间，在布置上有相当大的难度，一般有集中布置和分散布置两种形式。通用公司的 EV-1 使用的 AC 德科电池组，采用集中式布置形式，如图 1-5 所示。动力电池组的支架是 T 形架（装在车辆的地板下面及行李舱下面的车架上）。动力电池组固定在 T 形架上，有良好的稳定性，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车辆停车及车辆出现故障时切断电源，确保高压电路的安全。

如图 1-6 所示，新一代沃蓝达所采用的电池由 LG 公司提供，由 96 组共 192 个串联电池组成。每一个电池组件具有自己的固定框架以及温度调节装置，整个 96 组电池呈字母“T”形分布在车身中轴线以及后排座椅下方，以尽量减少对车内空间的使用。整个电池组设置有 3 个 DC/AC 变换器。通过电化学装置的重新设计，新一代沃蓝达所采用的动力电池在重量上减少了 13kg，并且增加了容量。

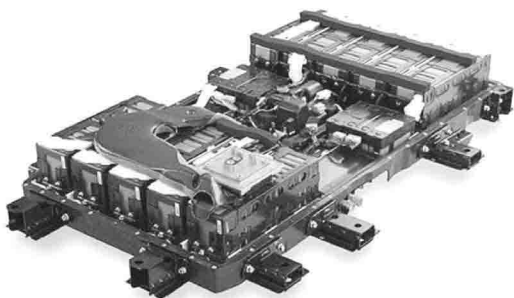


图 1-5 EV-1 动力电池组的集中式布置方式

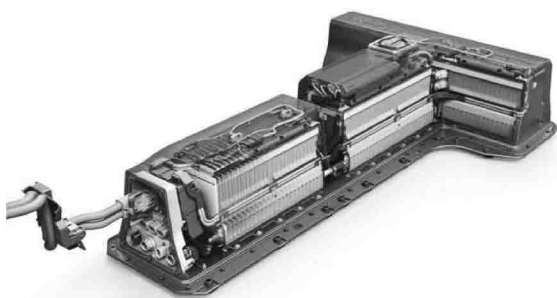


图 1-6 新一代沃蓝达所使用的电池组

2) 灯具和仪表。灯具和仪表是提供照明并且显示电动汽车状态的部件组合。如图 1-7 所示，仪表通常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，智能型仪表还可以显示整车各电气部件的故障情况。



图 1-7 电动汽车的仪表显示



(9) 能量回收系统 能量回收系统(图1-8)的作用是在电动汽车滑行(或制动)时,可以将滑行时的惯性机械能转化为电能,并将其存储在电容器中或为动力蓄电池充电,在使用时可快速将能量释放。

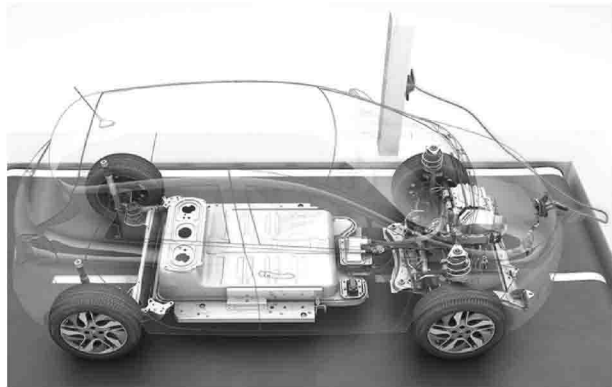


图 1-8 制动能量回收系统

(10) 散热系统 因为蓄电池在车辆运行的过程中会产生大量的热量,因此,拥有一个良好的散热系统,不论是对电动汽车的安全还是对其蓄电池的寿命长短都至关重要。

(11) 车身 车身分为主头和车厢两个部分。主头部分通常可乘坐驾驶人及前排乘客两人。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。为了使乘客获得最大的舒适度,电动汽车通常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 工业装置是工业用电动汽车用来完成作业要求而专门布置的,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一般由电机驱动的液压系统完成。

第二节 电动汽车结构原理及其特点

一、电动汽车独特特点

与燃油汽车相比,电动汽车的结构特点是灵活,这种灵活性源于电动汽车与燃油汽车相比具有如下几点不同:

(1) 能量传递方式不同 电动汽车的能量主要是通过柔性的电缆电线而不是通过刚性联轴器和转轴传递的,因此,电动汽车各部件的布置具有很大的灵活性。

(2) 驱动系统的布置不同 独立的四轮驱动系统和轮毂电机驱动系统等会使系统结构区别很大,采用不同类型的驱动电机也会影响电动汽车的重量、尺寸和形状。

(3) 储能装置不同 不同类型的储能装置也会对电动汽车的结构、质量、尺寸和形状产生影响。不同的储能装置需要不同的硬件和机构,例如动力电池可通过感应式和接触式的充电桩充电,或者采用替换动力电池的方式,再对替换下来的动力电池进行集中充电。

如图1-9所示,电动汽车可分为三个子系统:电驱子系统、能源子系统和辅助控制系统。其中,电驱子系统由电子控制器、功率转换器、电机、机械传动装置和驱动车轮组成;能源子系统由主电源、能量管理系统和充电系统构成;辅助控制系统具有动力转向、温度控制和辅助动力供给等功能。

根据从制动踏板和加速踏板输入的信号,电子控制器发出相应的控制指令来控制功率转换器中功率装置的通断,功率转换器的功能是调节电机和电源之间的功率流。当电动汽车制动时,再生制动的动能被电源吸收,此时功率流的方向要反向。能量管理系统和电控系统一起控制再生制动及其能量的回收,能量管理系统和充电桩一同控制充电并监测电源的使用情

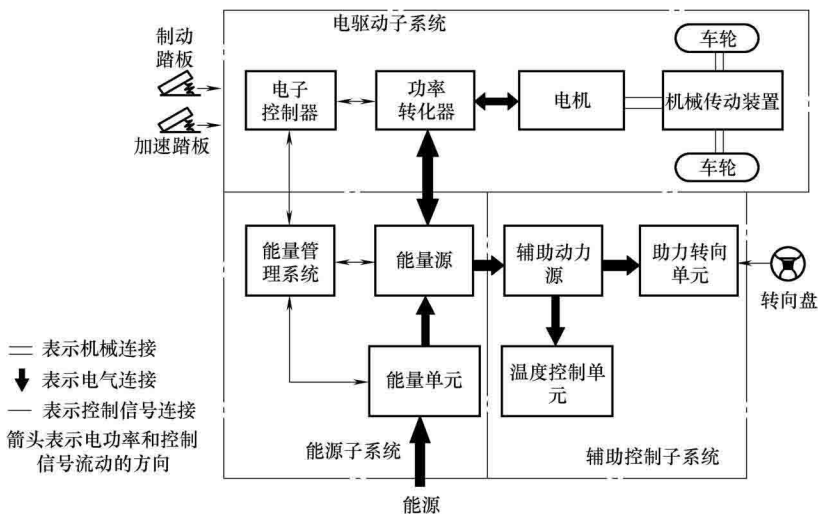


图 1-9 电动汽车的基本结构

况。辅助动力供给系统供给电动汽车辅助系统不同等级的电压并提供必要的动力，它主要给动力转向、空调、制动及其他辅助装置提供动力。除了从制动踏板和加速踏板给电动汽车输入信号外，转向盘输入也是一个很重要的输入信号，助力转向系统根据转向盘的角位置来决定汽车能否灵活地转向。

二、电驱动的结构形式

依托于传统内燃汽车，采用驱动电机替代原有的内燃机，可形成最为简单的电驱动系统。如图 1-10 所示，电驱动系统一般由驱动电机、离合器、齿轮箱和差速器组成，这是电动汽车传动系统布置的常规形式。在此种形式中，传统内燃机被一组动力电池和一台驱动电机所代替，离合器、变速器和差速器的布置形式与传统内燃机车辆的布置形式一致，其中的

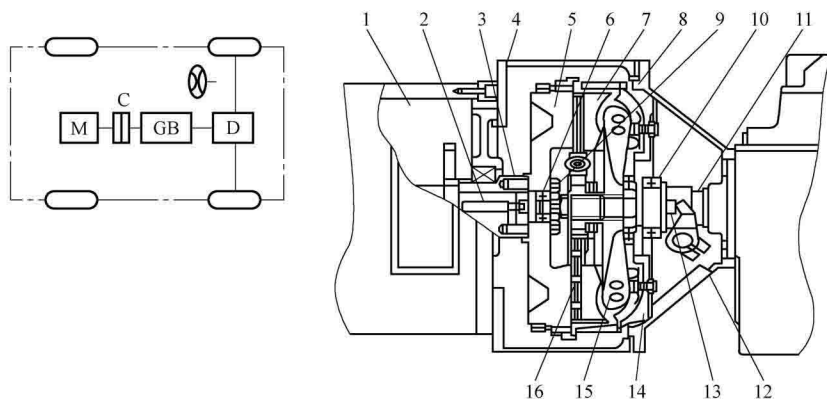


图 1-10 纯电动汽车传动系统布置和装置结构图

- 1—电机 2—螺栓 3—套筒 4—飞轮壳 5—飞轮 6、10—轴承 7—压盘 8—离合器壳 9—螺栓
11—输入轴 12—分离叉 13—分离套筒 14—离合器盖 15—分离杠杆 16—从动盘
C—离合器 D—差速器 GB—变速器 M—驱动电机



离合器和变速器也可以被自动变速器所代替。差速器的功能是通过机械传动使车辆在曲线行驶时两侧车轮能够以不同速度转动。

由于驱动电机能够在较长的速度范围内提供相对恒定的功率，因此多级变速器可以被一个固定速比减速器所代替（即无变速器），并且离合器也可以省去，其传动形式如图 1-11 所示。这种传动系统一方面可以节省机械传动结构的重量和体积，另一方面可以减少由于换挡所带来的控制难度。

第三种传动形式与第二种传动形式类似，但是驱动电机、固定速比减速器和差速器被进一步整合为一体，布置在驱动轴上，如图 1-12 所示，整个驱动传动系统被大大简化和集成化。从再生制动的角度出发，这种传动形式可以很容易地实现电能从车轮到电机的回收（驱动轮以外的动能通过制动转化为热能），所以有利于全轮驱动。因为没有传动装置，所以运转更加容易，但是这样的布置形式要求有低速大转矩、速度变化范围大的电机，同时增加了电机和逆变器的容量。

如图 1-13 所示，在第三种传动形式的基础上，差速器被两个独立的牵引电机所代替。每个牵引电机单独完成一侧车轮的驱动任务，即无机械差速器的传动形式。在车辆进行曲线行驶时，两侧的电机就会分别工作在不同的速度下。图 1-14 所示为双电机驱动模式下的底盘结构。前轴两个半桥上分别用一个电机驱动一侧车轮的行驶，但是控制难度较大。图 1-14 所示为 ZF 研发的双驱动电机驱动桥结构，驱动电机置于两侧，分别控制、驱动两侧车轮。这种驱动桥间没有大型的差速器桥包，因此可以降低质心。

为了进一步简化驱动系统，牵引电机与车轮之间取消了传统的传动轴，由驱动电机直接驱动车轮前进，如图 1-15a 所示。同时一个单排的行星轮用来减小转速和增强转矩，以满足不同工况的功率要求。单排行星轮可以提供良好的减速比和线性的输入输出特性。

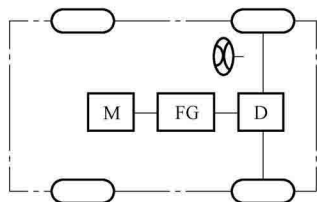


图 1-11 固定速比减速器系统
D—差速器 FG—固定速比减速器
M—电机

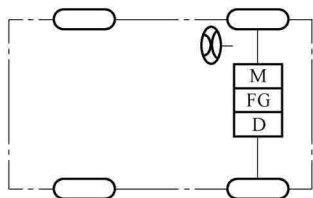


图 1-12 驱动电机与传动同向布置形式
D—差速器 FG—固定速比减速器 M—电机

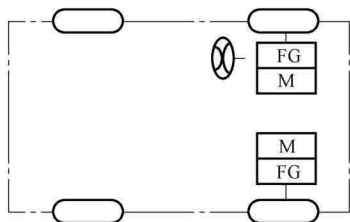


图 1-13 双驱动电机—固定速比变速器
FG—固定速比减速器 M—电机

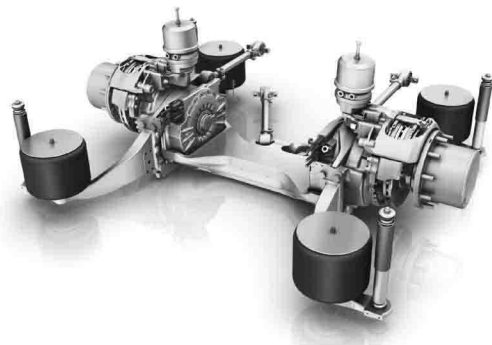


图 1-14 双驱动电机驱动桥

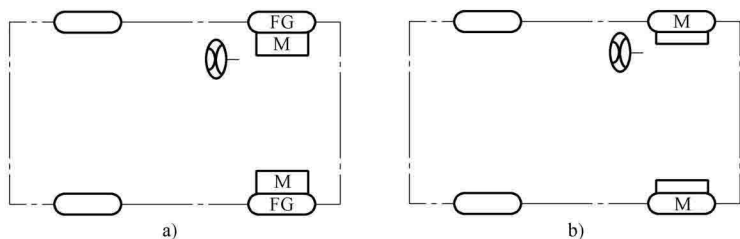


图 1-15 轮边或轮边电机驱动形式

FG—固定速比变速器 M—驱动电机

在完全舍弃驱动电机和驱动轮之间的机械传动装置之后，轮毂电机的外转子直接接在驱动轮上，驱动电机转速控制与车轮转速控制融为一体，构成了所谓的双轮毂电机，使车速控制变得简单。然而，这种分布方式需要驱动电机提供更高的转矩来起动和加速车辆，如图 1-15b 所示。轮毂驱动电机的安装位置如图 1-16 所示。



图 1-16 轮毂驱动电机的安装位置

三、储能装置的结构形式

动力电池系统是纯电动汽车能量的唯一来源，是混合动力汽车、燃料电池汽车的主要能量来源。

电动汽车能源装置布置形式可以分为两类。图 1-17a 为电动汽车储能装置最常见的结构形式——动力电池系统（作为唯一能量源为电动汽车提供动力）。该结构的储能及控制相对简单。设计者可根据整车设计需要合理安排储能装置的位置和容量，但对动力电池的要求比较苛刻，一般按照电动汽车的功能和使用工况要求，选择比能量和比功率较高的动力电池来保障整车的续航里程、加速性和爬坡能力。

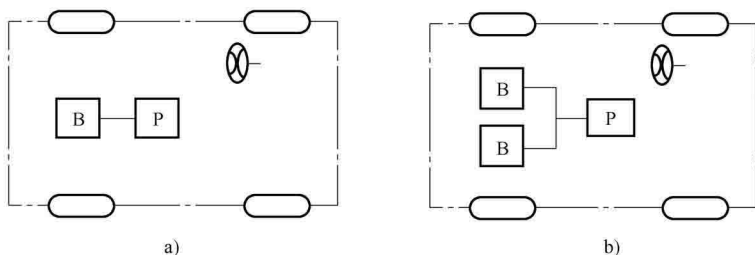


图 1-17 典型储能装置的结构形式

B—动力电池 P—功率变换器

为了解决一种动力电池不能同时满足对比能量和比功率要求的问题，有些电动汽车同时采用了两种不同的动力电池，其中一种能提供高比能量（如能量型锂离子电池、锌空气电池），另外一种提供高比功率（如功率型锂离子电池、超级电容器）。图 1-17b 所示为采用两种电池作为混合能量源的结构。这种结构不仅满足了比能量和比功率的要求，而且在电动汽车的制动能量回收方面起到了较为显著的效果。除此以外，目前还可以利用燃料电池、超级电容器和飞轮等共同作为电动汽车的新型储能装置，共同提高电动汽车的续航里程或者整车的动力性能。

第二章

电动汽车驱动电机及控制器

第一节 电动汽车驱动系统

一、电动汽车驱动系统的组成、种类及特点

1. 电动汽车驱动系统的组成

电动汽车驱动系统的功用是在驾驶人的控制（通过加速踏板和制动踏板）下，高效率地将蓄电池（燃料电池或发电机）的能量转化为车轮的动能，或者将车轮上的动能反馈到蓄电池中。电动汽车驱动系统的组成各种各样，一般都由电气和机械两大部分组成。图 2-1 所示为电气式驱动系统组成示例。电气部分主要由电机、功率转换器和电子控制器三个子系统组成。电子控制器由传感器、中间连接电路与处理器等组成。传感器把电流、电压、温度、速度、转矩以及磁通等测量数据转变为电信号，通过连接电路把这些电信号调整到合适的值，然后输入到处理器。处理器的输出信号通常经过中间电路放大后驱动功率转换器的半导体元件。

在驱动和能量回收过程（指把车轮上的动能反馈到蓄电池的过程，亦称能量再生）中，能量源与电机之间的能量流动是通过功率转换器进行调节的。电机与车轮通过机械传动装置连在一起，也可以直接装在车轮上，用电机直接驱动。机械部分主要包括机械传动装置和车轮等，其中机械传动部分是可选的。图 2-1 中虚线连接的部分表示制动能量回收系统，不同的车辆略有不同。

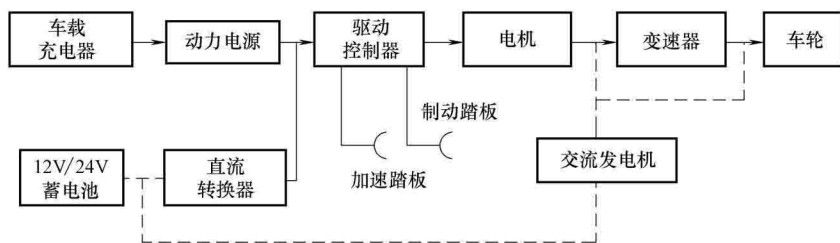


图 2-1 电动汽车驱动系统组成示例

2. 电动汽车驱动系统的种类

电动汽车的驱动系统有着多种多样的组合形式，且每个电动汽车的驱动系统都具有自身



的结构特点。

(1) 根据驱动轮的布置方式分 电动汽车驱动轮的布置方式,可分为前轮驱动、后轮驱动和全轮驱动等。根据基本布置方式不同,可分为机械驱动系统、半机械驱动系统和纯电气驱动系统等。

1) 机械驱动系统的特点是只用电机及其控制系统取代内燃机及其控制系统,在其传动系统中,选用或保留了内燃机汽车的变速器、传动轴、后桥和半轴等传动部件。早期开发的电动汽车上多采用机械驱动系统,这样有利于集中精力来研制和开发电机及其控制系统,并能更快地进行大量试验和改进工作,造价也较低。但其传动效率较低,并且不能充分满足电动汽车动力性能的要求。

2) 半机械驱动系统充分利用电机调速范围宽的特点,取消了传动效率低、操作繁琐的齿轮变速器,只采用了一部分机械传动的齿轮、差速器、半轴等零部件来传递动力。

3) 纯电气驱动系统由左右两个双联式电机或轮毂式电机组成,分别直接驱动左右两个驱动车轮。在双联式电机或轮载电机之间装有电子控制的差速器,控制双联电机或轮毂电机在电动汽车直线行驶时同步转动和在转弯时差速转动。由于纯电气驱动系统仅采用两根半轴来驱动车轮或用轮毂电机直接驱动车轮,使得电动汽车驱动系统的模式产生了根本变化,使驱动系统结构紧凑、传动效率高,也使得整车的结构有了很大的改变,扩大了乘坐及载货空间,有利于在底盘上布置蓄电池。因而,纯电气驱动形式将会成为未来电动汽车的主要驱动形式。

(2) 根据驱动系统是否采用轮毂电机分 根据电动汽车驱动系统中是否采用轮毂电机,可分为轮毂电机式驱动系统和非轮毂电机式驱动系统。这里主要介绍轮毂电机式驱动系统。

轮毂电机式驱动系统的驱动电机装在电动汽车车轮的轮毂中,可以直接驱动电动汽车的驱动轮,传动效率高;占用电动汽车车身和底盘的空间少,乘客空间大;腾出了用于传动系统布置的空间,便于蓄电池的安装和布置电机驱动系统,而且减少了车辆的簧载质量;可以是两轮驱动,也可以是四轮驱动,由电子控制系统来保证几个车轮间直线行驶时的同步转动、转弯时的差速转动和在坏路面上各个车轮的制动力分配。轮毂采用不同数量和不同功率的轮毂电机,可以组成系列化的电动汽车。轮毂电机式驱动系统可分为带变速器的驱动系统和不带变速器的驱动系统,两种系统的差别如图 2-2 所示。

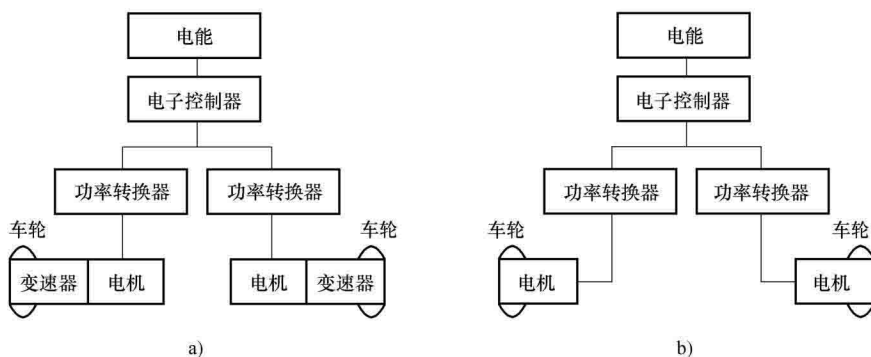


图 2-2 轮毂电机式驱动系统的组成

a) 带变速器的驱动 b) 不带变速器的驱动



(3) 根据电动汽车驱动用电机的数量分 根据电动汽车驱动用电机的数量,可分为单电机驱动系统和多电机驱动系统。单电机驱动系统由于只用一个电机,能最大限度地减小相应的体积、质量及成本。多电机驱动系统采用多个电机单独驱动每一个车轮。多电机系统能减少单个电机的电流和功率的额定值,效率较高,容易均衡电机的尺寸和质量,但必须安装电子差速器或采用电子控制系统实现差速,因而成本较高。

3. 电动汽车驱动系统的特点

电动汽车驱动系统一般都包括控制元件、电机和传动系统(如变速器等)。控制元件把踏板位置所要求的电流和电压传送给电机,踏板的控制功能类似于内燃机车辆的加速踏板。电机的成本很大程度上取决于电动汽车驱动系统要求的转矩范围。从经济学的角度考虑,应将电机转速在传至驱动车轮之前最大限度地降低。为了获得期望的爬坡能力和最高车速,电动汽车驱动用电机应匹配单速或多速变速器(根据电机的性能及转速范围)。由于受电池输出功率的限制及行驶阻力曲线的制约,车辆必须在牵引力—车速曲线指定的范围内运行。电力驱动车辆与内燃机车辆不同之处是它必须区分短期工作性能和长期工作性能。电机的短期最大输出性能工况通常取决于控制元件,而长期工作性能是按30min输出确定的,这时电机的温度是主要限制因素。这一区别也适用于大多数蓄电池系统。依据所应用的驱动系统的类型,短期工作功率与长期工作功率之比为1.5:3。电力驱动车辆必须对最大功率输出进行监测和控制,以反映控制元件、电机及蓄电池的发热量。

对于电动汽车而言,其性能试验方法中一般规定测量30min最高车速。例如,GB/T 18385—2005《电动汽车动力性能试验方法》中规定的电动汽车动力性能就有车辆能够持续行驶超过30min的最高车速,即30min最高车速 v_{30} 。图2-3所示为他励直流电机及两速变速器汽车的牵引力—车速曲线。图2-3中同时给出了短期(30min)和最大蓄电池输出功率曲线。可见,极限行驶车速和持续30min的最高车速是不同的。

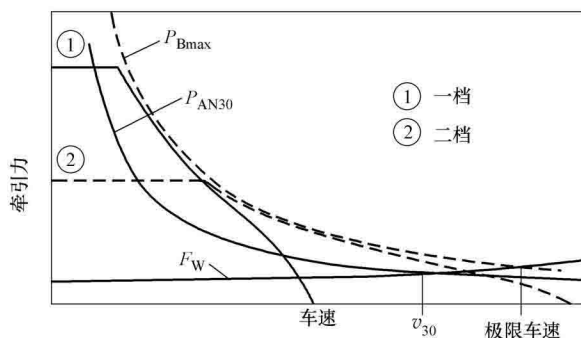


图2-3 他励直流电机及两速变速器汽车的牵引力—车速曲线
 P_{Bmax} —蓄电池最大输出功率 P_{AN30} —30min输出功率
 F_W —行驶阻力

二、电动汽车对驱动电机性能的基本要求

汽车行驶的特点是频繁地起动、加速、减速和停车等。在低速或爬坡时需要高转矩,在高速行驶时需要低转矩。电机的转速范围应能满足汽车从零到最大行驶速度的要求,即要求电机具有高的比功率和功率密度。电动汽车电机应满足的主要要求可归纳为如下10个方面。

1) 高电压。在允许的范围内,尽可能采用高电压,这可以减小尺寸,特别是可以降低逆变器的成本。图2-4所示为安装THS(Toyota Hybrid System)和THSⅡ系统的丰田普锐斯混合动力汽车采用的永磁同步交流电机的功率—转速、转矩—转速曲线。工作电压由THS的274V提高到THSⅡ的500V。在尺寸不变的条件下,最大功率由33kW提高到50kW,最