

电动汽车

结构·原理·检测·维修

宁德发 主编



DIANDONG QICHE 
JIEGOU YUANLI JIANCE WEIXIU

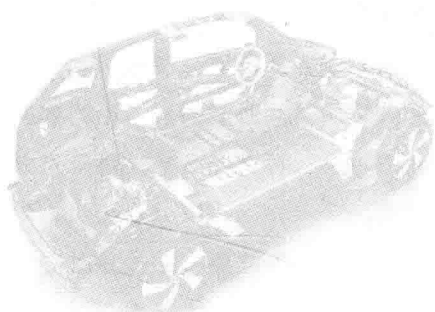


化学工业出版社

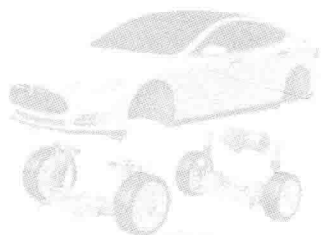
电动汽车

结构·原理·检测·维修

宁德发 主编



DIANDONG QICHE 
JIEGOU YUANLI JIANCE WEIXIU



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要介绍了电动汽车的基础知识,电源系统,电动机及控制器,其他功能系统,充电技术,维护、保养及故障维修,典型车型等内容。本书内容实用,可操作性强,配有大量的图片加以说明,易看、易懂。

本书可作大中专院校汽车相关专业教材,也可作汽车新技术培训参考教材,同时还可供汽车维修技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

电动汽车结构·原理·检测·维修/宁德发主编. —北京:
化学工业出版社, 2017. 3

ISBN 978-7-122-28978-0

I. ①电… II. ①宁… III. ①电动汽车 IV. ①U469.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 019471 号

责任编辑: 陈景薇

文字编辑: 冯国庆

责任校对: 宋 玮

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 中煤 (北京) 印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 336 千字 2017 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

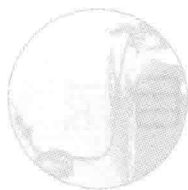
网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

前言 Foreword



电动汽车作为新能源汽车的领军者，尤其受到人们的关注。电动汽车的推广和应用，已成为我国各地实施新能源战略的热门话题。目前电动汽车虽然仍有许多限制因素，但相比过去而言，电动汽车的发展日新月异，性能不断提高。有专家预测，电动汽车在未来 50 年内将有可能取代燃油汽车。为了普及和传播电动汽车的相关知识，为电动汽车走向市场做好技术知识储备，我们编写了此书。

本书共 7 章，内容包括电动汽车基础知识，电源系统，电动机及控制器，其他功能系统，充电技术，维护、保养及故障维修，典型车型。

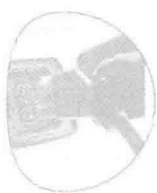
本书内容实用，可操作性强，配有大量的图片并加以说明，易看、易懂。本书可作大中专院校汽车相关专业的教材，也可作汽车新技术培训参考教材，同时还可供汽车维修企业技术人员参考使用。

本书由宁德发主编，参与编写的人员还有杨晓、荣星、郭芑、杜岳、于振斌、许洁、张宁、张祎、张金玉、张静、李良军、肖利萍、李艳飞、李凌、孙雨安、孙莉媛、李丹、宋立音、白雅君。

由于笔者的经验和学识有限，虽然尽心尽力编写，但内容难免有疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编者

目录 CONTENTS



第1章 电动汽车基础知识	1
1.1 新能源汽车的定义和分类	1
1.1.1 新能源汽车的分类	1
1.1.2 纯电动汽车类型	2
1.2 纯电动汽车的基本组成与工作原理	3
1.2.1 纯电动汽车的基本组成	3
1.2.2 纯电动汽车的工作原理	5
1.3 纯电动汽车的分类	6
1.3.1 按驱动系统组成和布置形式分类	6
1.3.2 按车载电源数不同分类	7
1.3.3 按用途不同分类	7
1.4 纯电动汽车的驱动系统布置形式	7
1.4.1 集中驱动系统	8
1.4.2 轮毂驱动系统	9
1.5 纯电动汽车的关键技术	10
1.5.1 电池及管理技术	10
1.5.2 整车控制技术	10
1.5.3 整车轻量化技术	11
第2章 电动汽车的电源系统	12
2.1 电池概述	12
2.1.1 电池的基本组成	12
2.1.2 电池的基础知识	12
2.1.3 电池的种类	13
2.1.4 电池的性能指标	14
2.1.5 各类车用电池的性能比较	16
2.2 铅酸蓄电池	17
2.2.1 铅酸蓄电池的使用与维护	17
2.2.2 铅酸蓄电池的检测	25
2.2.3 铅酸蓄电池的故障诊断	25
2.2.4 铅酸蓄电池的修复	30
2.3 碱性电池	33
2.3.1 镍-镉电池	33
2.3.2 镍-氢电池	34
2.3.3 锂铁电池	37
2.3.4 钠硫电池	41

2.3.5	空气电池	42
2.4	超级电容器	43
2.4.1	概述	43
2.4.2	超级电容器的结构、工作原理、类型和电解质	47
2.4.3	超级电容器的管理系统	50
2.5	动力电池的管理系统	55
2.5.1	电池管理系统的主要功能	55
2.5.2	电池的等效电路模型	55
2.5.3	充电装备	57
2.5.4	电池的充电与放电特性	60
2.5.5	电池的充电方式	62
2.5.6	电池的“不一致性”对电池性能的影响	62
2.5.7	电池的荷电状态	64
2.5.8	电池的热管理系统	67
2.5.9	电池的能量管理数据处理、通信和显示	68
2.5.10	电动汽车对动力电池性能的要求及动力电池的发展方向	69
2.6	电池性能的检测方法	70
2.6.1	电池充放电性能测试	70
2.6.2	电池容量测定	71
2.6.3	电池循环次数测试	72
2.6.4	电池内阻的测定	73
2.6.5	自放电及储存性能测试	73
2.6.6	安全性测试	74
2.6.7	超级电容器性能检测方法	75

第3章 电动汽车的电动机及控制器

3.1	驱动电动机概述	78
3.1.1	电动机的类型	78
3.1.2	电动机的主要性能参数	79
3.2	直流电动机	80
3.2.1	直流电动机的构造	81
3.2.2	直流电动机的运行原理	83
3.2.3	直流电动机的分类与机械特性	85
3.2.4	直流电动机的启动、调速和反转	88
3.2.5	采用直流电动机的实例	89
3.3	三相异步电动机	91
3.3.1	三相异步电动机的结构	91
3.3.2	三相异步电动机的工作原理	93
3.3.3	三相异步电动机的主要参数	94
3.3.4	三相异步电动机的工作特性	95
3.3.5	三相异步电动机的机械特性	96
3.3.6	采用异步电动机的实例	97

3.4	永磁无刷直流电动机	101
3.4.1	永磁无刷直流电动机的结构	101
3.4.2	永磁同步电动机的转动原理	104
3.4.3	永磁无刷直流电动机的驱动过程	104
3.5	开关磁阻电动机	106
3.5.1	开关磁阻电动机的结构	106
3.5.2	开关磁阻电动机的电力电子功率变换器的主电路	108
3.5.3	开关磁阻电动机的转动原理	109
3.5.4	永磁式开关磁阻电动机	109
3.6	轮毂电动机	109
3.6.1	轮毂电动机的应用	110
3.6.2	轮毂电动机的结构形式	110
3.6.3	轮毂电动机的分类及特点	111
3.6.4	采用轮毂电动机驱动系统的特点	112
3.7	电动机调速控制系统	112
3.7.1	串励直流电动机调速控制系统	113
3.7.2	交流异步电动机调速控制系统	114
3.7.3	开关磁阻电动机调速控制系统	114
3.7.4	无刷直流电动机调速控制系统	114
3.8	电动汽车控制器和整车控制器	115
3.8.1	电动机控制器	115
3.8.2	整车控制器	116
3.9	电动机及控制器的检测	118
3.9.1	电动机的检测	118
3.9.2	控制器的检测	119
第4章 电动汽车其他功能系统		120
4.1	直流/直流转换器	120
4.1.1	DC/DC 电能变换器的形式	120
4.1.2	DC/DC 电能变换器的主要用途	120
4.1.3	升压型 DC/DC 电能变换器的工作原理	121
4.1.4	降压型 DC/DC 电能变换器的工作原理	121
4.1.5	单端正激式降压型 DC/DC 电能变换器的工作原理	122
4.1.6	双向升降压型 DC/DC 电能变换器的工作原理	123
4.2	电动汽车动力转向系统	124
4.2.1	电动转向系统的特点	124
4.2.2	电动转向系统的分类	125
4.2.3	电动转向助力系统的分类	126
4.2.4	EPS 的组成	127
4.2.5	EPS 的工作原理	129
4.3	电动汽车制动系统	131
4.3.1	电动真空助力制动系统	131

4.3.2	电动机再生制动	132
4.3.3	电动汽车能量回馈控制	134
4.4	电动汽车空调系统	138
4.4.1	电动汽车空调的制冷方式	138
4.4.2	电动汽车空调的制热方式	141
4.4.3	电动涡旋式压缩机	144
4.5	电动汽车电气系统	146
4.5.1	电动汽车电气系统概述	146
4.5.2	电动汽车的用电安全技术	147

第5章 电动汽车充电技术

5.1	充电设备	155
5.1.1	充电机	155
5.1.2	充电桩	158
5.2	充电模式	159
5.2.1	正常充电模式	159
5.2.2	快速充电模式	160
5.2.3	换电模式	160
5.2.4	充电系统对电池的影响	160
5.3	充电接口	161
5.3.1	充电接口要求	161
5.3.2	充电接口形式	161
5.4	充电站	163
5.4.1	主要功能与布局	163
5.4.2	建设形式	165
5.5	充电系统的布局	165
5.5.1	家庭用充电设施	166
5.5.2	公共充电设施	166

第6章 电动汽车的维护、保养及故障维修

6.1	整车维护与保养	169
6.2	关键零部件的维护与保养	169
6.2.1	动力电池系统	170
6.2.2	驱动电动机	171
6.2.3	其他高压系统	172
6.2.4	电气线束	172
6.2.5	动力转向系统	172
6.2.6	制动系统	173
6.3	电动汽车常见故障及处理	173
6.3.1	故障检测方法	173
6.3.2	动力系统常见故障及处理方法	174
6.3.3	汽车底盘常见故障及处理方法	178

6.3.4	电气设备常见故障及处理方法	181
6.3.5	空调系统常见故障及处理方法	182
6.3.6	典型车辆故障表	184
第7章 纯电动汽车典型车型		190
7.1	日产 Leaf 纯电动汽车和三菱纯电动汽车	190
7.1.1	蓄电池组装于车身中部位	190
7.1.2	高压电力系统的安全防护	190
7.1.3	纯电动汽车的专用车身	192
7.1.4	E 动力总成的安装部位和安装形式	192
7.1.5	动力蓄电池组总成	193
7.1.6	碰撞时高压电断开系统	193
7.1.7	局域网与电力、电子系统	194
7.1.8	动力蓄电池组的管理系统 BMS	195
7.1.9	日产 Leaf 纯电动汽车仪表、充电显示	197
7.2	比亚迪纯电动汽车	197
7.2.1	EV 总体组成与基本工作原理	197
7.2.2	比亚迪纯电动汽车电池组电池管理系统	198
7.2.3	比亚迪纯电动汽车的电池充电设备	203
7.3	特斯拉纯电动汽车	204
7.3.1	概述	204
7.3.2	电池系统	204
7.3.3	特斯拉 Model S 充电情况	206
7.4	通用 EV-1 型电动轿车	208
7.4.1	EV-1 型电动轿车的技术性能	208
7.4.2	EV-1 型电动轿车的动力系统	208
7.4.3	EV-1 型电动轿车的驱动系统	209
7.4.4	EV-1 型电动轿车的操纵装置	210
7.4.5	EV-1 型电动轿车的控制系统	210
7.4.6	EV-1 型电动轿车的 DC/DC 转换器和低压电池组	210
7.5	中国远望 YW6120DD 型电动大客车	211
7.5.1	YW6120DD 型电动大客车的主要技术性能	211
7.5.2	YW6120DD 型电动大客车的动力系统	212
7.5.3	YW6120DD 型电动大客车的驱动系统	212
7.5.4	YW6120DD 型电动大客车的操纵装置	213
7.5.5	YW6120DD 型电动大客车的控制系统	213
7.5.6	YW6120DD 型电动大客车的车身	213
7.5.7	YW6120DD 型电动大客车的制动系统和制冷系统	214
7.6	奇瑞 M1EV 电动汽车	214
7.6.1	M1EV 系统组成原理	214
7.6.2	M1EV 系统组成	214
参考文献		216



第1章

电动汽车基础知识

1.1 新能源汽车的定义和分类

近年来我国高度重视电动汽车技术的发展。我国于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》，此规则明确指出：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，形成的技术原理先进、具有新技术、新结构的汽车。

1.1.1 新能源汽车的分类

(1) 电动汽车 电动汽车包括纯电动汽车、混合动力电动汽车（图1-1）及燃料电池电动汽车。纯电动汽车是指以电池为储能单元，以电动机作为驱动系统的汽车；混合动力电动汽车是指同时装备两种动力源——热动力源（由传统的汽油机或者柴油机产生）和电动力源（电池与电动机）的汽车（混合动力汽车的主要组成包括发动机、电动机和电池）；燃料电池电动汽车是指采用燃料电池作为电源的电动汽车。

(2) 气体燃料汽车 气体燃料汽车（图1-2）是指利用可燃气体作为能源驱动的汽车。汽车的气体代用燃料种类较多，常见的有天然气和液化石油气。按照汽车使用的可燃气体的形态不同，燃料可分为3种，即压缩天然气（CNG），主要成分是甲烷；液化天然气（LNG），主要成分是甲烷经深度冷冻液化；液化石油气（LPG），主要成分是丙烷与丁烷的混合物。



图 1-1 混合动力电动汽车



图 1-2 气体燃料汽车

气体燃料汽车通常有 3 种, 即专用气体燃料汽车、两用燃料汽车及双燃料汽车。专用气体燃料汽车是以液化石油气、天然气或煤气等气体作为发动机燃料的汽车, 这种汽车能够充分发挥天然气理化性能特点, 价格低、污染少, 属于最清洁的汽车; 两用燃料汽车是指具有两套相对独立的供给系统, 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, 两套燃料供给系统可分别但不可共同向气缸供给燃料的汽车, 如汽油/压缩天然气两用燃料汽车、汽油/液化石油气两用燃料汽车等; 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其他燃料, 两套燃料供给系统按预定的配比向气缸供给燃料, 并在气缸中混合燃烧的汽车, 如柴油/压缩天然气双燃料汽车、柴油/液化石油气双燃料汽车等。

(3) 生物燃料汽车 燃用生物燃料或燃用掺有生物燃料的汽车称为生物燃料汽车(图 1-3), 与传统汽车相比, 生物燃料汽车结构上无重大改动, 但排放总体上较低, 如乙醇燃料汽车和生物柴油汽车等。

(4) 氢燃料汽车 氢燃料汽车(图 1-4)是指以氢为主要能量驱动的汽车。通常汽车使用汽油或柴油作为内燃机的燃料, 而氢燃料汽车则使用气体氢作为内燃机的燃料。氢内燃机在汽车上的应用方式分为以下 3 种。



图 1-3 生物燃料汽车



图 1-4 氢燃料汽车

① 纯氢内燃机 只产生 NO_x , 但中、高负荷时存在爆燃, 而且 NO_x 生成量远大于汽油机, 发动机功率受限且氢气消耗量大, 续驶里程短, 这些问题需要进一步研究解决。

② 氢气/汽油两用燃料内燃机 可根据燃料的存储状况灵活选用汽油或氢气进入纯汽油或纯氢气内燃机模式。

③ 氢气/汽油双燃料内燃机 可将少量氢气作为汽油添加剂与空气混合, 氢气扩散速率大, 可以促进汽油的蒸发、雾化和与空气的混合; 氢气燃烧过程中产生活性自由基, 可使汽油火焰传播速度显著加快, 得到较大的热效率, 并产生较低的排放。

除上面提到的 4 类新能源汽车外, 新能源汽车还包括利用太阳能、原子能等其他能量形式驱动的汽车。

1.1.2 纯电动汽车类型

纯电动汽车是指以车载电源为动力, 用电动机驱动车轮行驶, 符合道路交通、安全法规各项要求的车辆, 通常采用高效率充电蓄电池为动力源。纯电动汽车不需要用内燃机, 所以, 纯电动汽车的电动机相当于传统汽车的发动机, 蓄电池相当于原来的油箱, 电能属于二

次能源，可以来源于风能、水能、热能、太阳能等。

(1) 用单一蓄电池作为动力源的纯电动汽车 用单一蓄电池作为动力源的纯电动汽车，只安装了蓄电池组，它的电力和动力传输系统如图 1-5 所示。



图 1-5 用蓄电池作为动力源的纯电动汽车的电力和动力传输系统

(2) 装有辅助动力源的纯电动汽车 用单一蓄电池作为动力源的纯电动汽车，蓄电池的比能量与比功率较低，蓄电池组的重量和体积较大。所以，在某些纯电动汽车上增加辅助动力源，如超级电容器、发电机组、太阳能等，由此改善纯电动汽车的启动性能并且增加续航里程。装有辅助动力源的纯电动汽车的电力和动力传输系统如图 1-6 所示。

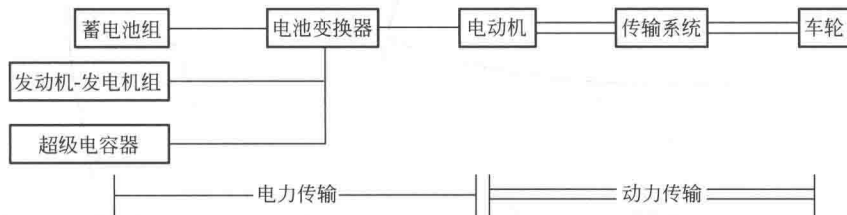


图 1-6 装有辅助动力源的纯电动汽车的电力和动力传输系统

1.2 纯电动汽车的基本组成与工作原理

1.2.1 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，按照传统的汽车构造结构划分方式，也可将纯电动汽车分成电动机、底盘、车身及电气四部分。图 1-7 所示为典型纯电动汽车的主要总成布置。

(1) 电动机 电动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，作为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。电动汽车发动机采用两种冷却方式，即空气冷却和水冷却，通常电动汽车发动机多采用水冷却。

(4) 传动系统 图 1-8 所示为典型的纯电动汽车底盘，因为电动机具有良好的牵引特性，所以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动机经传动系统传来的转矩，并通过驱动轮和路面间的附着作用，产生路面对电动汽车的牵引力，以确保整车正常行驶。此外，它应尽可能缓和

不平路面对车身造成的冲击和振动，确保电动汽车正常行驶。

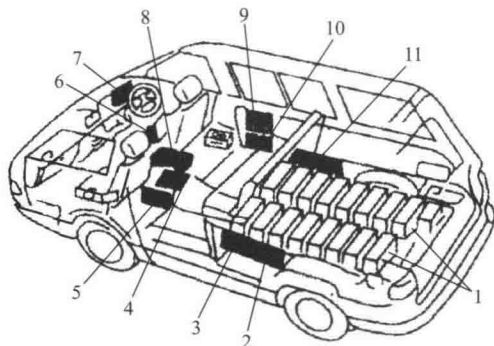


图 1-7 典型纯电动汽车的主要总成布置

- 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

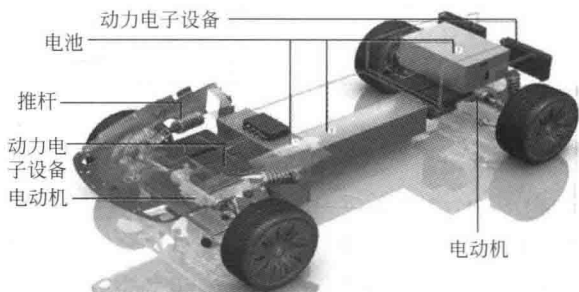


图 1-8 典型的纯电动汽车底盘

(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。

转向系统由方向盘、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。驾驶员通过操纵转向系统，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，方向盘没有摆动，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、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。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、发电机、照明灯具、仪表、音响装置、刮水器等。

① 蓄电池 蓄电池的作用是供给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。动力电池组是纯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极大一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 Delco 电池组，采用集中式布置形式，动力电池组的支架是 T 形架（图 1-9）。T 形架装在车辆的地板下面及后备厢下面的车架上，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。

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 12V 的镍-氢电池组成，总电压为 288V。动力电池组分成数个“小组”，呈分散式布置在车架上，再串联起来，这样可以充分利用车辆底盘上的有效空间。典型的动力电池组分散布置形式如图 1-10 所示。动力电池组设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。

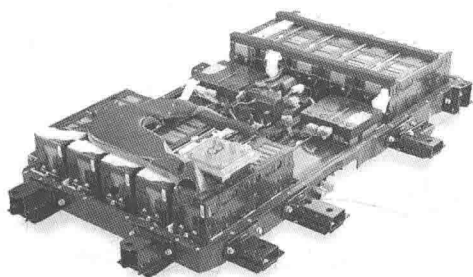
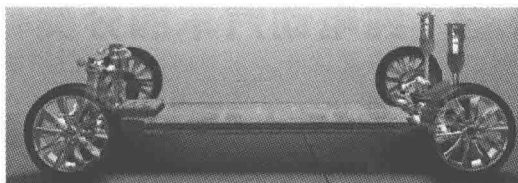


图 1-9 EV-1 动力电池组的集中式布置方式



电池

图 1-10 典型的动力电池组分散布置形式

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。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。

(9) 能量回收系统 能量回收系统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。

(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，所以，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 车身分头为车头和车厢两个部分。车头部分通常可乘坐驾驶员和副驾驶员两人。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感，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 工业装置是工业用纯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动机驱动的液压系统完成。

1.2.2 纯电动汽车的工作原理

纯电动汽车是由蓄电池的能量使得电动机驱动车轮前进，其工作原理示意如图 1-11 所示。能量流动路线：蓄电池→电力调节器→电动机→动力传动系统→驱动轮。其中，蓄电池

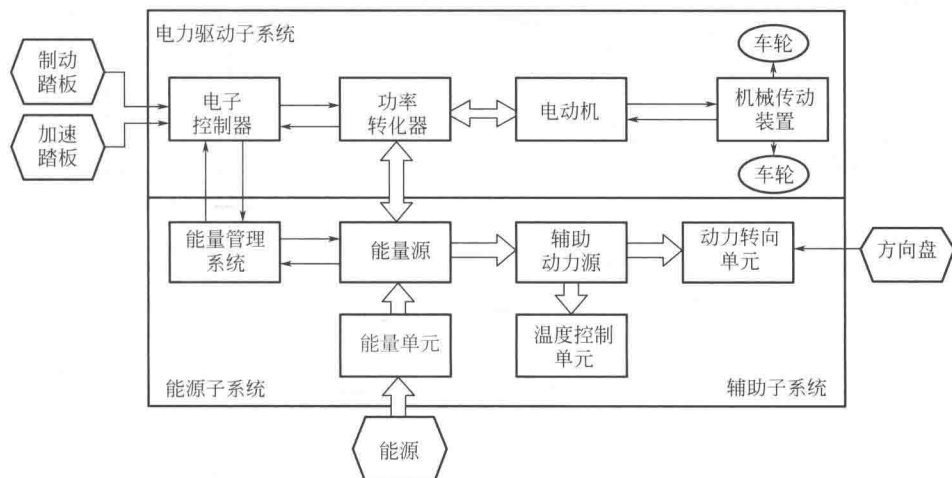


图 1-11 纯电动汽车工作原理示意

提供电流，经过电力调节器后输出至电动机，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。

1.3 纯电动汽车的分类

1.3.1 按驱动系统组成和布置形式分类

根据电动驱动系统的组成和布置形式，纯电动汽车分为机械传动型、无变速器型、无差速器型及电动轮型四种。

(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 1-12(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得来的，保留了内燃机汽车的传动系统，不同之处是将内燃机换成了电动机。这种结构可以保证纯电动汽车的启动转矩及低速时的后备功率，对驱动电动机要求低，所以，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 1-12(b) 所示，该结构的最大特点是取消了离合器与变速器，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重量轻、体积小，但是对电动机的要求比较高，不仅要求具有较高的启动转矩，而且要求具有较大的后备功率，以确保纯电动汽车的起步、爬坡、加速等动力性能。

无变速器型纯电动汽车的另外一种结构如图 1-12(c) 所示，这种结构和传统燃油汽车的发动机横向前置、前轮驱动的方式相似。它把电动机、固定速比减速器以及差速器集成

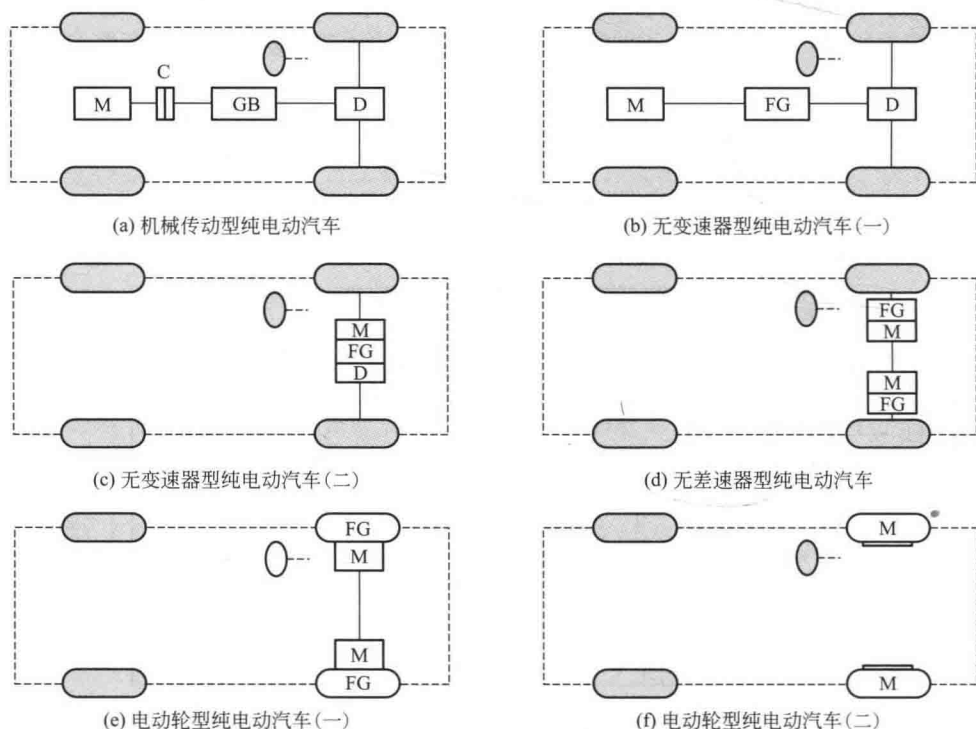


图 1-12 驱动系统的组成和布置形式

C—离合器；D—差速器；FG—固定速比减速器；GB—变速器；M—电动机

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非常普遍。

(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 1-12(d) 所示，这种结构采用两台电动机，通过固定速比减速器来分别驱动两个车轮，能够实现对每个电动机转速的独立调节。所以，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，从而达到转向的目的。但是，这种结构的电动机控制系统相对来说非常复杂。

(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 1-12(e) 所示，这种结构是将电动机直接安装在驱动轮内（也称轮毂电动机），可以进一步地缩短电动机至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，但想要实现纯电动汽车的正常工作，还需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至理想的车轮转速。

电动轮型纯电动汽车的另一种结构如图 1-12(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，所以电动机和车辆的驱动车轮之间没有任何机械传动装置，无机械传动损失，能量的传递效率高，空间的利用率大。但是这种结构对于电动机的性能要求较高，要求其具有很高的启动转矩以及较大的后备功率，以确保车辆的可靠工作。

1.3.2 按车载电源数不同分类

按车载电源数不同，纯电动汽车可以分为单电源纯电动汽车与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，其主要电源通常是蓄电池，如铅酸电池、镍-氢电池、锂离子电池等。单电源纯电动汽车的结构比较简单，控制也不难，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 多电源纯电动汽车通常由蓄电池加蓄能装置构成。采用蓄电池加超级电容器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（超级电容器、飞轮电池）能够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接受大电流充电，增大制动能量回馈的效率。

1.3.3 按用途不同分类

按照用途不同，纯电动汽车可以分为纯电动轿车、纯电动货车及纯电动客车三种。

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

(2) 纯电动货车 纯电动货车就是主要用于运送货物的纯电动汽车，用作公路运输的纯电动货车目前还比较罕见，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载货汽车。

(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；纯电动大客车多数用作公共汽车。

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与驱动操纵系统共同组成，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包括集中驱动系统和轮毂驱动系统两种。任何一

种电动机均可与不同的传动系统组合形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可以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，结构更为紧凑。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。

1.4.1 集中驱动系统

集中驱动系统大部分是由电动机、变速器和差速器等组成的。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和结构不改变，故设计制造成本低，但传动效率低，通常用于小型电动汽车。按照有无变速器，它又可分为传统驱动模式和电动机-驱动桥组合模式。

(1) 传统驱动模式 传统驱动模式的驱动系统主要包括电动机、变速器、差速器以及半

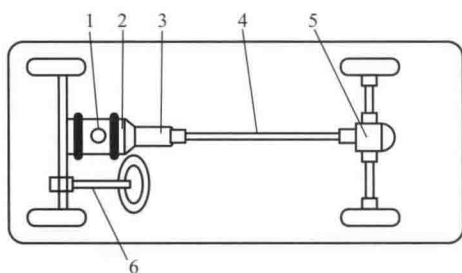


图 1-13 传统驱动模式的结构

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

轴。它用电动机替代发动机，但仍然使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，其结构复杂，效率低，无法充分发挥电动机的性能。传统驱动模式包括电动机前置、驱动桥前置，电动机前置、驱动桥后置等多种形式，其结构如图 1-13 所示。

(2) 电动机-驱动桥组合模式 电动机-驱动桥组合式驱动系统根据电动机和驱动桥的组合方式又分为平行式、同轴式和双联式三种模式。

① 平行式电动机-驱动桥组合式驱动系统 它是在电动机输出端的外壳下部，装置机械式传动装置的减速齿轮以及差速器齿轮，动力经过左右两个半轴来驱动车轮，其结构如图 1-14 所示。这种电动机-驱动桥组合式驱动系统结构紧凑，安装、使用和维护均十分方便。它包括电动机前置、驱动桥前置，电动机后置、驱动桥后置等驱动模式。

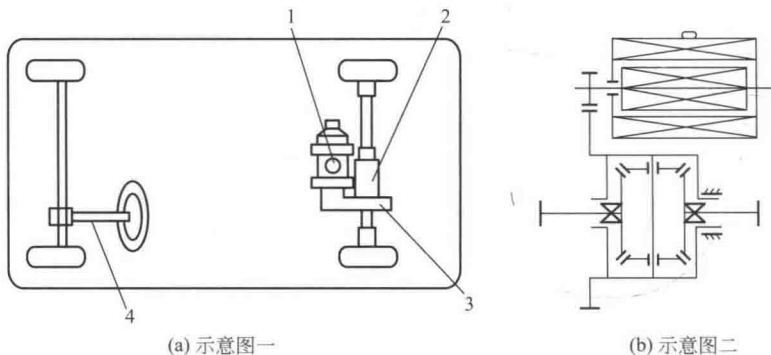


图 1-14 平行式电动机-驱动桥组合式驱动系统的结构

1—电动机；2—差速器；3—减速齿轮；4—转向装置

② 同轴式电动机-驱动桥组合式驱动系统 同轴式电动机-驱动桥组合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及差速器。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和车轮相连，左半轴通过