

电动汽车

结构原理与使用维修

吴文琳 主编



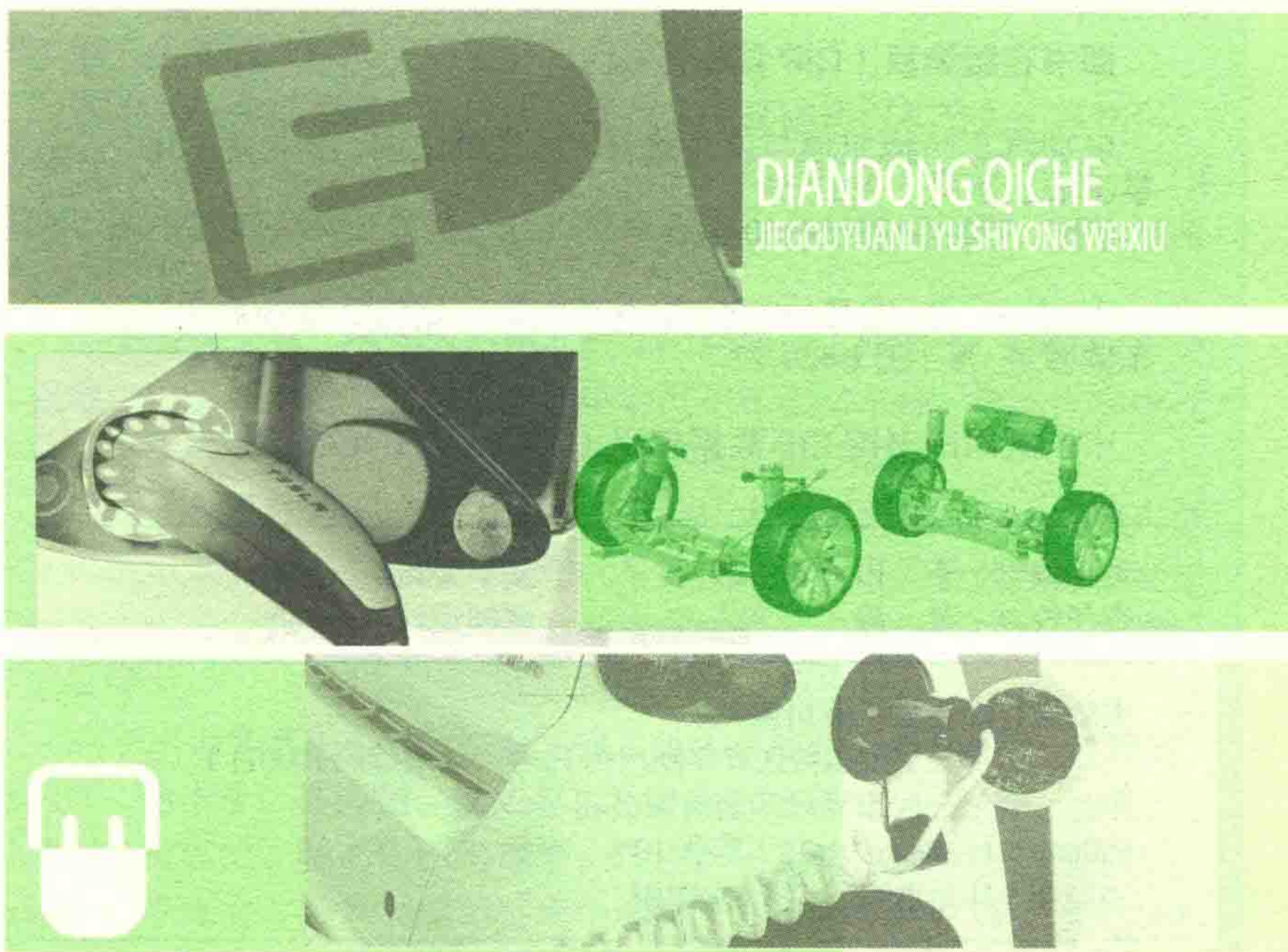
DIANDONG QICHE
JIEGOUYUANLI YU SHIYONG WEIXIU



电动汽车

结构原理与使用维修

吴文琳 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书较为全面、系统地阐述了电动汽车的基本知识和必备维修知识，主要对纯电动汽车进行详细讲解，重点介绍了电动汽车的构造、工作原理、使用维护、常见故障诊断与维修方法。本书内容涉及面广，新颖翔实、实用性强，基本涵盖了电动汽车的各个方面。

本书适合广大汽车驾驶人员、修理人员和工程技术人员阅读，可作为电动汽车新技术培训班的培训教材和大专院校汽车相关专业的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电动汽车结构原理与使用维修 / 吴文琳主编. —北京 : 化学工业出版社, 2017.5
ISBN 978-7-122-29460-9

I. 电… II. ①吴… III. ①电动汽车 - 结构②电动汽车 - 车辆修理 IV. ①U469.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 071253 号

责任编辑 : 辛 田 刘 琳
责任校对 : 吴 静

文字编辑 : 冯国庆
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 : 三河市延风印装有限公司
850mm × 1168mm 1/32 印张 10¹/₂ 字数 288 千字
2017年5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 : 58.00 元

版权所有 违者必究

前言 Foreword



随着汽车工业的快速发展，能源危机和环境污染已经成为人类社会发展的突出矛盾，为了解决能源短缺、环境污染等社会问题，减少汽车对不可再生的石油资源的依赖，相继出台了各种节能减排的法规和标准，制定了各种鼓励研发、推广新能源汽车的政策和措施，使新能源汽车迅速推向市场，出现了以蓄电池为能源的纯电动汽车、混合动力（也称复合动力）电动汽车和以燃料电池为能源的新能源汽车。由于新能源汽车车型复杂及节能装置结构新颖、技术先进，目前大部分人还不熟悉其结构和工作原理，更不熟悉使用与维修。为了满足广大电动汽车驾驶人员和维修人员驾驶与维修的需要，我们编写了本书。

本书较为全面系统地阐述了电动汽车的基础知识和必备维修知识，主要对纯电动汽车进行了详细讲解，重点介绍了电动汽车的构造、工作原理、使用维护、常见故障诊断和维修方法。本书涉及面广，基本涵盖了电动汽车的各个方面。

全书分为七章，内容包括电动汽车的结构与工作原理、电动汽车动力电池、电动汽车电力驱动系统、电动汽车底盘与车身、电动汽车电气系统、电动汽车的使用与维护 and 电动汽车的故障与排除。

本书资料新颖翔实、实用性强，适合广大汽车驾驶人员、修理人员和工程技术人员阅读，可作为电动汽车新技术培训班的培训教材和大专院校汽车相关专业的参考书，是电动汽车快速入门的良师益友，快速精通的好帮手。

本书由吴文琳主编，参加编写的人员还有林瑞玉、吴丽霞、林春霞、苏剑炜、何木泉、林国强、蚁文荣、阮清开、林金燕、陈继贤、林志强、吴沈阳、黄志松、林志坚、宋建平、陈山、杨光明、林宇猛、林玉山、陈谕磊、李剑文。在本书编写过程中参阅了大量的文献资料，在此向各位文献资料的作者、对本书给予帮助的同事、同行表示衷心的感谢！

由于笔者水平有限，涉及内容新，以及电动汽车各种技术的不断发展更新，书中不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正，以便修订和改正，共同促进此学科的发展。

编者



1 第一章 Page
 CHAPTER 电动汽车的结构与工作原理 1

一、	电动汽车的定义及特点	1
二、	纯电动汽车的结构与工作原理	2
三、	纯电动汽车的分类	11
四、	纯电动汽车的驱动系统布置形式	14
五、	增程式纯电动汽车	17
六、	纯电动汽车的高压安全及注意事项	19
七、	触电急救	30

2 第二章 Page
 CHAPTER 电动汽车动力电池 33

第一节	电动汽车动力电池的组成与性能指标	33
一、	动力电池系统的组成与工作原理	34
二、	动力电池的分类与性能指标	35
第二节	电动汽车常用蓄电池	43
一、	铅酸电池	44
二、	镍镉电池	49
三、	镍氢电池	50
四、	锂离子电池	52
五、	超级电容器	58
第三节	电动汽车动力电池管理系统	59
一、	电池管理系统的基本组成与工作原理	60
二、	电池管理系统的功能	63
三、	蓄电池的热管理	65
四、	电动汽车冷却系统	70

第一节	电动汽车整车控制器	72
一、	整车控制器控制系统的结构	72
二、	整车控制器功能	74
三、	CAN 通信网络	76
第二节	电动机控制器	78
一、	电动机控制器的结构与类型	78
二、	电动机控制器的功能	79
第三节	驱动电动机	80
一、	电动机的基本结构与类型	81
二、	直流电动机	85
三、	交流异步电动机	87
四、	永磁同步电动机	88
五、	开关磁阻电动机	90
六、	轮毂电动机	92
第四节	机械传动装置	94

第一节	电动汽车的制动系统	97
一、	电动真空助力制动系统	97
二、	电动机再生制动	99
三、	再生液压混合制动系统的基本结构	102
第二节	电动汽车转向系统	105
一、	电动助力转向系统的结构、分类与工作原理	106
二、	线控转向系统	113
第三节	电控悬架系统	116
一、	电控悬架系统的功能	116
二、	电控悬架系统分类	117
三、	全主动式电控悬架系统	118
第四节	纯电动汽车车身	120

第一节	电动汽车电气系统的组成与原理	123
一、	电动汽车电气系统的组成	123
二、	电动汽车高低压电气系统	127
三、	高压电气系统安全技术	135
四、	电气系统的电磁兼容性	140
第二节	电动汽车电能转换器	141
一、	电能转换器的结构、功能与类型	141
二、	DC/DC 电能转换器	143
三、	DC/AC 电能转换器	146
四、	AC/DC 电能转换器	146
第三节	电动汽车仪器与仪表	147
一、	传统燃油汽车仪表	147
二、	电动汽车仪器与仪表	151
第四节	电动汽车空调系统	159
一、	电动压缩机制冷系统	161
二、	电动汽车热泵式空调系统	171
三、	电动压缩机制冷与电加热器制热混合调节空调系统	173
第五节	电动汽车通信系统	175
一、	CAN 通信网络	175
二、	FlexRay 总线系统	181
三、	LIN 总线系统	182

第一节	典型电动汽车的驾驶要领	184
一、	驾驶操作要领	185
二、	纯电动乘用车驾驶技巧	193
三、	纯电动客车驾驶技巧	196
四、	电动环卫车驾驶技巧	197

五、电动专用汽车的上装操作	199
第二节 电动汽车的使用	201
一、电动汽车使用注意事项	201
二、动力电源系统的使用	202
三、电动机系统的使用	203
四、高压电气安全使用规范	204
五、电动汽车运行安全保证工作预案	207
第三节 电动汽车的维护	208
一、电动汽车的维护	208
二、动力电池系统的维护	215
三、电动机系统的维护	219
四、其他电气系统的维护	220
五、制动系统的维护	224
六、维护安全	225
第四节 电动汽车的充电	226
一、传统有线充电方式	226
二、无线充电方式	228
三、电动汽车的充电接口	232
四、充电设施	238
五、充电设施的操作管理规范	250
六、电动汽车充电的运用与应急措施	256

7
CHAPTER

第七章

电动汽车的故障与维修

Page

260

第一节 电动汽车故障维修方法与技巧	260
一、故障维修方法	260
二、故障诊断方法	261
三、故障维修技巧	263
四、电路故障诊断与检修应注意事项	264
第二节 电动汽车电气系统故障与维修	265
一、高压电气系统故障	265
二、电动汽车常见故障与维修	268

三、电动汽车动力系统常见故障与排除	271
四、电动汽车底盘常见故障与排除	278
五、电气设备常见故障与排除	283
六、空调系统常见故障与排除	292
七、典型电动汽车故障原因与排除方法对照表	292
八、电动汽车维修实例	300
附录 电动汽车术语	306
参考文献	328



第一章

电动汽车的结构与工作原理

一、电动汽车的定义及特点

1 电动汽车的定义

电动汽车是主要以电池为能量源，全部或部分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。

按照目前技术状态和车辆驱动原理，一般将电动汽车分为纯电动汽车（electric vehicles, EV 或 BEV）、混合动力电动汽车（hybrid electric vehicles, HEV）和燃料电池电动汽车（fuel cell electric vehicles, FCEV）三种类型。

（1）纯电动汽车 它完全由可充电电池（如铅酸电池、镍镉电池、镍氢电池或锂离子电池等）或其他能量储存装置，为汽车提供动力源，通过电池向电动机提供电能。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，也有一部分车辆直接以车轮作为四台电动机的转子，能量由电缆传递，用电动机来驱动车辆行驶。

（2）混合动力电动汽车 装有两种或两种以上动力源的汽车，目前主要以电力驱动，同时搭载汽油或柴油内燃机。

（3）燃料电池电动汽车 采用燃料电池作为动力源的电动汽车。

2 纯电动汽车的特点

纯电动汽车（BEV）在外形上与传统的汽车并无显著区别，它们的主要区别在于动力源和驱动系统。纯电动汽车无需再用内燃机，因此纯电动汽车的电动机相当于原来的发动机，而蓄电池相当于原来的油箱。

纯电动汽车是其他类型电动汽车（HEV 和 FCEV）的基础，在行驶过程中零排放、零污染、噪声小、结构简单、维修方便。相对于燃油汽车和其他类型的电动汽车，纯电动汽车能量利用效率最高，而且电力价格便宜，使用成本低。由于纯电动汽车可以利用夜间用电低谷充电，只要有电力供应的地方都能够充电。因此，它还具有调节电网系统峰谷负荷、提高电网效能的作用。

纯电动汽车的缺点是，蓄电池单位质量储存的能量太少，电动车的电池较贵，又未形成经济规模，故价格较高。至于使用成本，有些车辆使用价格比燃油汽车价格高，有些车辆价格仅为燃油汽车价格的 1/3，这主要取决于电池的寿命及当地的油、电价格。

二、纯电动汽车的结构与工作原理

1 纯电动汽车的组成

纯电动汽车与传统的燃油汽车在结构上没有很大的区别，纯电动汽车由车载动力电源、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，按传统的汽车构造划分方式，可将纯电动汽车分成电动机驱动系统、底盘、车身和电气四大部分。

电力驱动及控制系统相当于传统汽车中的发动机与其他功能以机电一体化方式相结合，电力驱动及控制系统由驱动电动机、电源和电动机的调速控制装置等组成。它是电动汽车的核心，也是区别于燃油汽车的最大不同点。除了电力驱动控制系统外，电动汽车的其他装置基本与传统燃油汽车相同，不过有些部件根据所选的驱动方式不同，已被简化或省去了。

典型的纯电动汽车的结构如图 1-1 所示，动力电池组输出电能

驱动电动机，从而推动车辆行驶，在车辆行驶一定的里程后，电池通过充电系统进行电能的补充。

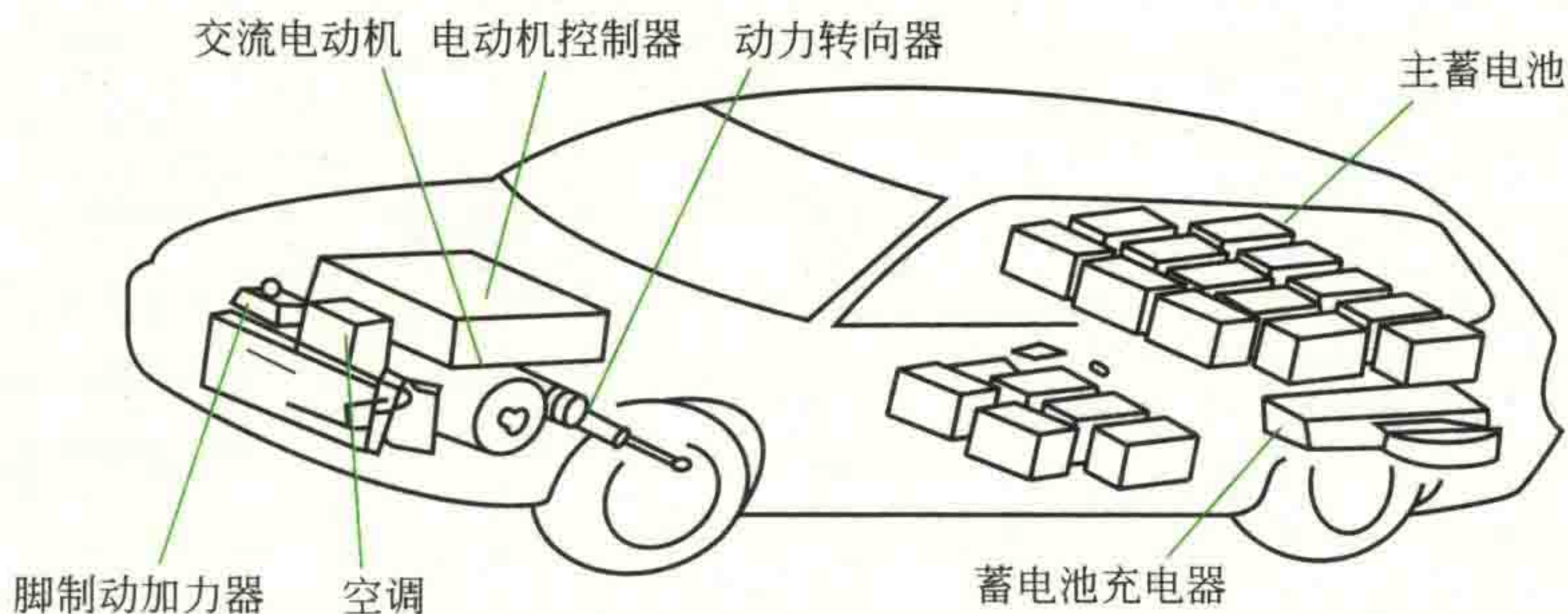


图 1-1 典型的纯电动汽车的结构

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。纯电动汽车和常规汽车组成的区别见表 1-1。

表 1-1 纯电动汽车和常规汽车组成的区别

组成要素	纯电动汽车	常规汽车
能量补给方式	从电网充电	从加油站加油
车载能量源	动力电池组	汽（柴）油箱
动力装置	电动机	发动机
传动系统	变速器等	离合器、变速器、传动轴、差速器等
辅助系统	车身电气、低压供电、整车控制、制动 / 空调 / 转向等	车身电气、低压供电、制动 / 空调 / 转向等

（1）电动机驱动系统

① 动力源 纯电动汽车时速快慢和启动速度取决于驱动电动机的功率及性能，其续航里程的长短取决于车载动力电池容量的大小。驱动电动机的作用是将电池的电能转化为机械能，直接或通过传动装置驱动车轮工作。

蓄电池除了向电动机供电，驱动汽车行驶外，还要给底盘的行驶安全装置和车身的舒适装置供电，所以既要求它容量大，以增加汽车的续航里程，又要求它输出电流大，以便于电动机产生大的扭

矩增加其动力性。

纯电动汽车的蓄电池一般使用 96 ~ 288V 的高电压供电。电动汽车之所以采用高电压供电，是因为在功率不变的情况下，提高电压可以降低电动机的工作电流。其好处是，减少了导线的直径，也就减轻了整车的重量，降低了整车的成本；减少了能量在电路内部的损耗，既提高了能量的利用效率，又降低了蓄电池、电动机和电能转换器的工作温度，减少了对冷却系统的压力。

纯电动汽车的主动力源子系统包括主电源和能量管理系统，带有车载充电设备的纯电动汽车还应包括车载充电设备。

a. 主电源 主电源是纯电动汽车的动力来源，通过电能转换器向电动机提供电能，同时，也是能量管理系统和整车电子控制系统的电源。目前纯电动汽车的主要电源通常采用铅酸电池、镍氢电池、锂离子电池等蓄电池。有些纯电动汽车配备超级电容或飞轮电池等辅助蓄能装置，以提高能量源的瞬时供电能力和能量回馈的效率。

b. 能量管理系统 能量管理系统的主要作用是对蓄电池进行监测与管理，包括对蓄电池 SOC（荷电状态）、电压、电流和温度等参数的监测及存电量显示，终止放电显示与报警，能量回馈控制，充放电控制等。对于配备辅助蓄能装置的纯电动汽车，能量管理系统还具有能量协调控制的功能。

c. 车载充电设备 车载充电设备用于向主电源充电，充电的电源为工业或民用电力电网的电源插座。因此，车载充电设备应具有变压、调压、整流和滤波等基本功能。功能较为完备的车载充电设备还接受能量管理系统的控制，可自动进行充电方式（定压、定流、均衡充电等）选择、充电终了判别、自动停止充电控制、充电异常（温度、电压、电流异常）的判别和自动停充保护控制等。

② 电力驱动子系统 电力驱动子系统由整车控制器、电能转换器、驱动电动机、机械传动装置和驱动车轮等部分组成，其中机械传动装置因纯电动汽车的结构类型不同而差别较大。

a. 整车控制器 整车控制器根据从制动踏板和加速踏板输入的信号，发出相应的控制指令来控制电能转换器中功率开关的通断，进而对电动机的转速和转矩进行控制。同时，整车控制器通过对能量管理系统和电能转换器的协调控制，实现能量回馈控制和能量匹

配控制。

b. 电能转换器 电能转换器的主要功能是控制电动机和电源之间的功率流。当电动汽车在驱动工况时，电能转换器的功率开关在控制器输出的控制信号触发下适时地通断，以控制电动机的转矩、转速及转向；当电动汽车制动时，电能转换器使功率流的方向反向，以使电动机工作在发电状态，将再生制动的动能转换为电能，并被主电源吸收。

c. 驱动电动机 驱动电动机的作用是将电源的电能转化为机械能，通过传动装置或直接驱动车轮和工作装置。纯电动汽车所使用的电动机有直流和交流之分。直流电动机有绕线式和永磁式之分，绕线式电动机有串励式、并励式和复励式之分；交流电动机则分为感应式和同步式两种。

但直流电动机由于存在换向火花、功率小、效率低、维护保养工作量大等问题，随着电动机控制技术的发展，势必逐渐被直流无刷电动机（BLDCM）、开关磁阻电动机（SRM）和交流异步电动机所取代。

③ 调速控制装置 电动机调速控制装置是为电动汽车的变速和方向变换等设置的，其作用是控制电动机的电压或电流，完成电动机的驱动转矩和旋转方向的控制。

在驱动电动机的旋向变换控制中，直流电动机依靠接触器改变电枢或磁场的电流方向，实现电动机的旋向变换，这使得电路复杂、可靠性降低，现已很少采用。当采用交流异步电动机驱动时，电动机转向的改变只需变换磁场三相电流的相序即可，可使控制电路简化。此外，采用交流电动机及其变频调速控制技术，使电动汽车的制动能量回收控制更加方便，控制电路更加简单。

目前，电动汽车上应用较广泛的是晶闸管斩波调速，通过均匀地改变电动机的端电压，控制电动机的电流，来实现电动机的无级调速。随着电力电子技术的不断发展，晶闸管斩波调速装置正逐渐被其他晶体管（如GTO、MOSFET、BTR及IGBT）斩波调整装置所取代。从技术的发展来看，伴随着新型驱动电动机的应用，电动汽车的调速控制转变为直流逆变技术的应用，将成为必然趋势。

④ 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。

(2) 电动汽车底盘 电动汽车底盘是整个汽车的基体，不仅起着支撑蓄电池、电动机、电动机控制器、汽车车身、空调及各种辅助装置的作用，同时也可将电动机的动力进行传递和分配，使其按驾驶人的意志(加速、减速、转向、制动等)行驶。汽车底盘包括传动、行驶、转向和制动四大系统。

由于蓄电池和电动机在底盘上的布置比较灵活，可以根据设计要求进行多种驱动方式的配置。

纯电动汽车的底盘和传统汽车基本相同，主要差别在驱动方式、在制动系统中设置制动能量回收系统、动力转向机构三方面不同。纯电动汽车底盘的基本结构示意图如图 1-2 所示。

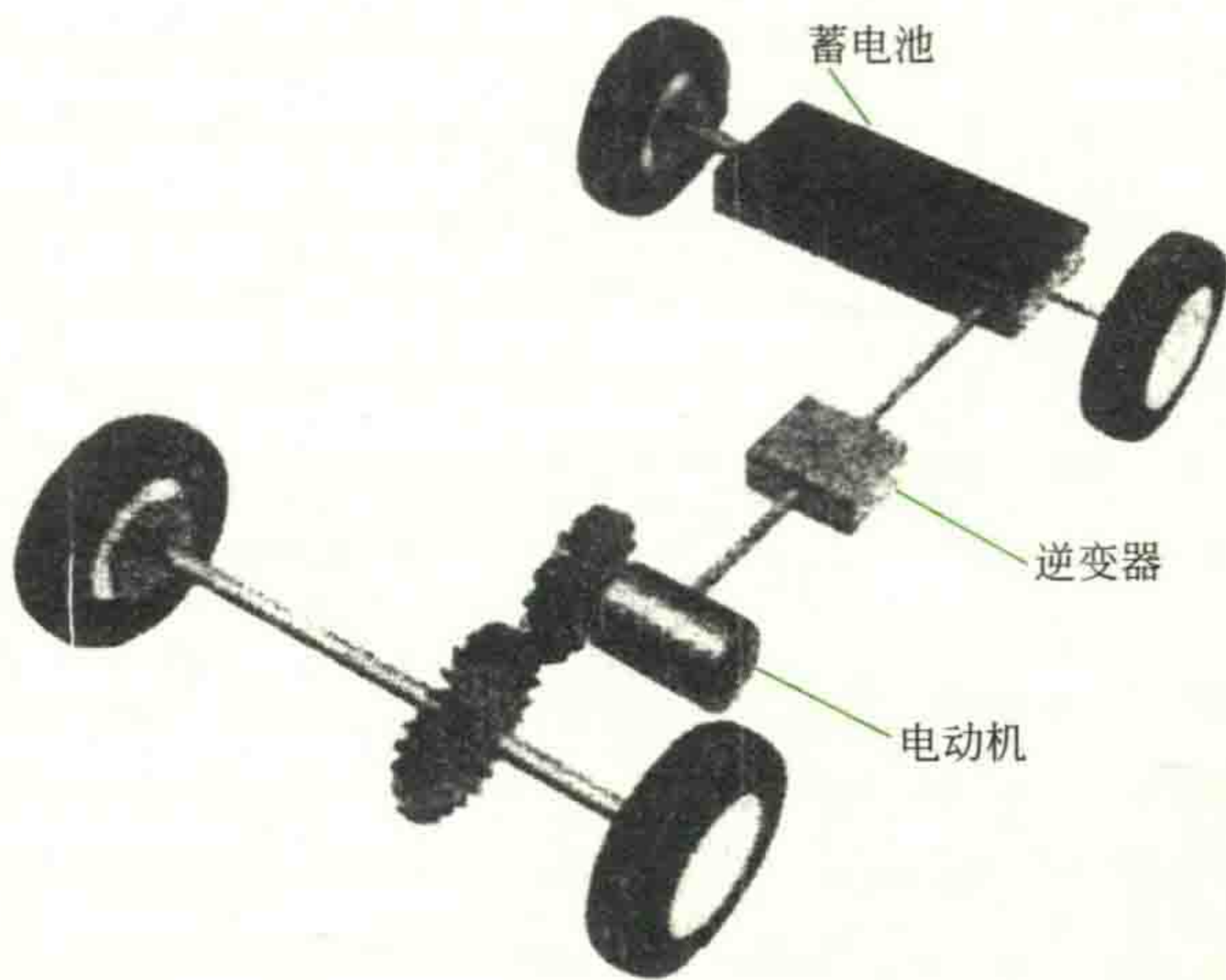


图 1-2 纯电动汽车底盘的基本结构示意图

① 传动装置 对于纯电动汽车，其传动系统根据所选驱动方式的不同，不少被简化或省略。

由于电动机具有良好的牵引特性，因此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动机的转速即可实现。

电动汽车传动装置的作用是将电动机的驱动转矩传给汽车的驱

动轴，当采用电动轮驱动时，传动装置的多数部件常常可以忽略。因为电动机可以带负载启动，所以电动汽车上无需传统内燃机汽车的离合器。因为驱动电动机的旋向可以通过电路控制实现变换，所以电动汽车无需内燃机汽车变速器中的倒挡。当采用电动机无级调速控制时，电动汽车可以忽略传统汽车的变速器。当采用电动轮驱动时，电动汽车也可以省略传统内燃机汽车传动系统的差速器。

② 行驶装置 行驶系统与燃油汽车相似，主要包括车桥、车架、悬架、车轮和轮胎，其中车桥，如采用轮毂电动机驱动则可省去；车架是整个汽车的装配基体，其作用主要是支撑连接汽车的各零部件，承受来自车内和车外的各种载荷；悬架是车架（或车身）与车轮（或车桥）之间的一切传力连接装置的总称，主要由弹性元件、减振器和导向机构等组成，它与充气轮胎一起缓和不平路面对车辆的冲击振动；车轮主要由轮辋、轮辐等组成，其内部还需要安装制动器，且可能还要安装轮毂电动机，所以结构会很紧凑；为减小电动汽车行驶时的滚动阻力，轮胎要求采用子午线轮胎。

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，它应尽可能缓和不平路面对车身造成的冲击和振动，保证电动汽车正常行驶。

③ 转向装置 转向装置是为实现汽车的转弯而设置的，由转向机、方向盘、转向机构和转向轮等组成。作用在方向盘上的控制力，通过转向机和转向机构使转向轮偏转一定的角度，实现汽车的转向。多数电动汽车为前轮转向，工业中用的电动叉车常常采用后轮转向。电动汽车的转向装置有机械转向、液压转向、液压助力转向和电动助力转向等类型。

纯电动汽车的转向系统一般都采用电动助力转向系统，这种系统能量效率比较高。

④ 制动装置 电动汽车的制动装置同其他汽车一样，是为汽车减速或停车而设置的，通常由制动器及其操纵装置组成。

a. 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。与燃油汽车相似，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。

b. 纯电动汽车不能像汽油车和柴油车那样，利用进气歧管的真空产生的负压进行制动，所以就需要配置专门的电动真空泵产生负压，或配置电动油压泵产生油压提供制动所需的制动力。

c. 纯电动汽车的制动系统还需要配置制动能量回收装置，当车辆制动或减速时，电动/发电机转换为发电机进行发电，向蓄电池充电。

d. 在电动汽车滑片式空气压缩机上，一般还有电磁制动装置，它可以利用驱动电动机的控制电路实现电动机的发电运行，使减速制动时的能量转换成对蓄电池充电的电流，从而得到再生利用。目前国内大功率载客汽车主要采用压缩空气制动，耐力滑片式空气压缩机常用于给电动汽车提供制动空气。

(3) 电动汽车电气设备 电动汽车电气设备包括蓄电池、辅助动力源、电能转换器和车载用电设备等，主要由辅助蓄电池、发电机、控制器、电能转换器、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，通过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。动力电池组布置在纯电动汽车地板下面是常采用的布置方法，这样方便安装和拆卸。

目前，电动汽车上应用最广泛的电源完全由二次电池（如铅酸电池、镍镉电池、镍氢电池或锂离子电池）和飞轮电池等提供能量。

② 辅助动力源 辅助动力源用于向电动汽车上的电器和电子控制装置提供电力。辅助动力源通常配备 DC/DC 电能转换器，以便将主电源的电压转换为车载用电设备所需的电压。

③ 电能转换器（在简单电动汽车上称为逆变器）电能转换器的主要功能是控制电动机和电源之间的功率流。当电动汽车在驱动工况时，电能转换器的功率开关在控制器输出的控制信号触发下适时