



全国机械行业职业教育优质规划教材（高职高专）
经全国机械职业教育教学指导委员会审定

新能源汽车技术专业

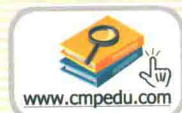
电动汽车 结构与原理

任少云 主编 / 贺萍 曹家喆 副主编



双色
印刷

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



附 电子 课件

全国机械行业职业教育优质规划教材（高职高专）
经全国机械职业教育教学指导委员会审定
新能源汽车技术专业

电动汽车结构与原理

主 编 任少云
副主编 贺 萍 曹家喆
参 编 于 湛 朱小春 张 凯
张亚琛 孙晓莉 何 军

机械工业出版社

本书是新能源汽车专业有关汽车构造前导课程的配套教材。本书包括电动汽车的发展及现状,电动汽车的结构组成,车辆动力装置,车辆传动系统,车辆行驶、转向和制动系统,电动汽车电气系统等内容;并列举了典型电动车结构参数和性能以及电动汽车术语和高压安全注意事项等。本书可为“驱动电机及控制技术”“动力蓄电池及管理系统”“汽车网络与电路分析”等后续专业课程提供专业基础知识,可作为新能源汽车技术专业及相关专业的教材;同时也可作为新能源汽车爱好者的参考书。

本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教育服务网 www.cmpedu.com 下载。咨询电话:010-88379375。

图书在版编目 (CIP) 数据

电动汽车结构与原理/任少云主编. —北京:
机械工业出版社, 2019. 7
全国机械行业职业教育优质规划教材. 高职高专
经全国机械职业教育教学指导委员会审定
ISBN 978 - 7 - 111 - 63469 - 0

I. ①电… II. ①任… III. ①电传动汽车 - 高等职业
教育 - 教材 IV. ①U469. 72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 177886 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: 葛晓慧 蓝伙金 责任编辑: 葛晓慧 赵 帅
责任校对: 刘丽华 李锦莉 封面设计: 鞠 杨
责任印制: 李 昂
北京京丰印刷厂印刷
2019 年 9 月第 1 版 · 第 1 次印刷
184mm × 260mm · 8.25 印张 · 197 千字
0 001—1 900 册
标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 63469 - 0
定价: 23.00 元

电话服务

客服电话: 010-88361066
010-88379833
010-68326294

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com
机工官博: weibo.com/cmp1952
金书网: www.golden-book.com
机工教育服务网: www.cmpedu.com

封底无防伪标均为盗版

序 言

汽车产业是国民经济的重要支柱产业，在国民经济和社会发展中发挥着重要作用。随着我国经济持续快速发展和城镇化进程加速推进，今后一段时期汽车需求量仍将保持增长势头，由此带来的能源紧张和环境污染问题将更加突出。加快培育和发展节能汽车与新能源汽车，既是有效缓解能源和环境压力，推动汽车产业可持续发展的紧迫任务，也是加快汽车产业转型升级、培育新的经济增长点和国际竞争优势的战略举措。为加快培育和发展节能与新能源汽车产业，国务院于2012年6月28日印发了《节能与新能源汽车产业发展规划（2012—2020年）》。规划中明确了新能源汽车是指采用新型动力系统，完全或主要依靠新型能源驱动的汽车，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。技术路线是以纯电驱动为新能源汽车发展和汽车工业转型的主要战略取向，当前重点推进纯电动汽车和插电式混合动力汽车产业化。规划目标：到2020年，纯电动汽车和插电式混合动力汽车生产能力达200万辆、累计产销量超过500万辆，燃料电池汽车、车用氢能源产业与国际同步发展。2017年我国新能源汽车生产77.7万辆，同比增长53.3%，纯电动汽车46.8万辆，占82.1%。

近年来，众多高职院校相继开设了新能源汽车技术专业，2017年在教育部备案的院校数多达189所。为了更好地指导专业建设，全国机械职业教育教学指导委员会（以下简称机械行指委）将新能源汽车技术专业列入首批重点观测专业，开展专业标准建设工作。全国机械职业教育高职汽车类专业教学指导委员会（以下简称汽车专指委）于2017年1月15日在北京召开了新能源汽车技术专业标准建设专题工作会议，汽车专指委部分成员单位及企业近20名专家参加了会议，与会专家围绕新能源汽车技术专业课程体系、教学标准、教师标准、实训基地建设标准等进行了深入的研讨，并对新能源汽车技术专业核心课程教材开发达成了共识。

本套教材由《电动汽车构造与原理》、《新能源汽车使用与维护》《新能源汽车动力蓄电池技术》《新能源汽车驱动电机技术》《新能源汽车电控技术》及配套工作页等组成。教材理论与实践紧密结合，以任务为载体构建职业能力主线，以完成任务为目标系统地进行理论学习和技能训练，旨在培养学生职业综合能力。希望本套教材的出版，能够为丰富新能源汽车技术专业教学资源，提升专业人才培养质量发挥更大作用。

教材编写团队由长春汽车工业高等专科学校、北京电子科技职业学院、深圳职业技术学院、湖南工业职业技术学院、湖南汽车工程职业学院、武汉软件工程职业学院等院校具有丰富教学经验的专家和北京卓创至诚技术有限公司、长春通立汽车服务有限公司等企业工程技术人员共同组成。教材在开发过程中得到了中国第一汽车集团公司新能源汽车分公司、北京新能源汽车股份有限公司、浙江吉利控股集团有限公司等企业的大力支持。在此表示由衷地感谢！

前 言

电动汽车目前已进入快速发展期,纯电动汽车、混合动力电动汽车和燃料电池电动汽车技术性能都已达到一定水平。虽然目前电动汽车不如燃油汽车普及,但因其对环境的污染小,甚至可以做到零污染,降低了汽车对石油资源的依赖程度,相信随着相关关键技术的突破性发展,电动汽车必将得到迅速发展和普及。

本书是为高职高专汽车与交通类专业编写的一本专业基础教材。根据高职高专人才培养所需知识、能力和素质要求,以培养高级应用型人才为目标。针对电动汽车理论系统专业性强的特点,本书以“注重应用、够用为度”的编写原则,注重基本概念引导和结论的总结。

本书是新能源汽车专业有关汽车构造的前导课程配套教材。通过本书学习,可使学生掌握电动汽车的基本构造,了解电动汽车结构的关键技术与基本概念。为后续专业课程“驱动电机及控制技术”“动力电池及管理系统”“汽车网络与电路分析”等提供专业基础知识。同时本书还可为开设新能源汽车专业的院校提供参考,为新能源汽车爱好者提供借鉴。

本书由深圳职业技术学院任少云任主编,贺萍、曹家喆任副主编。于湛负责编写第1章和附录A,张凯、朱小春和任少云共同负责编写第2章,任少云负责编写第3章和第4章,朱小春和张亚琛共同负责编写第5章,何军负责编写第6章,孙晓莉负责编写附录B,贺萍和曹家喆参与了编写。

本书在编写过程中得到学校专业领导和相关专业老师的大力支持和帮助,尤其在教材结构布置、组织编写方面,我校董铸荣和李正国等老师提供了大力支持和帮助。曹家喆老师提出很多宝贵意见,在此表示衷心感谢!

由于水平有限,书中不足和错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

序言	
前言	
项目一 电动汽车基础知识	1
学习任务一 了解电动汽车的发展及现状	2
学习任务二 电动汽车的结构组成认知	4
学习任务三 了解我国对电动汽车生产的要求	9
项目二 车辆动力装置	11
学习任务一 内燃机动力装置认知	11
学习任务二 电驱动动力与储能装置认知	24
项目三 车辆传动系统	34
学习任务一 传统车辆传动系统认知	34
学习任务二 纯电动汽车动力传动认知	42
学习任务三 混合动力车辆动力传动及耦合装置认知	44
学习任务四 燃料电池电动汽车动力传动认知	49
项目四 车辆行驶、转向和制动系统	52
学习任务一 行驶系统认知	52
学习任务二 转向系统认知	64
学习任务三 制动系统认知	69
项目五 电动汽车电气系统	78
学习任务一 低压电气系统认知	79
学习任务二 高压电气系统认知	84
学习任务三 车载网络通信认知	88
项目六 典型电动汽车的结构与性能	92
学习任务一 北汽 EV200 纯电动车认知	92
学习任务二 比亚迪 e5 纯电动车认知	95
学习任务三 比亚迪 K8 纯电动客车认知	99
学习任务四 丰田普锐斯混合动力车认知	102
附录	106
附录 A 电动汽车术语	106
附录 B 电动汽车高压安全概述	111
参考文献	123

项目一 电动汽车基础知识

学习目标:

理解电动汽车的定义。

了解电动车国内外发展现状。

了解国内外电动车发展趋势。

能力目标:

能够收集与整理相关技术文献资料。



相关知识

在我国经济发展“十五”和“十一五”期间，分别启动了“863”计划电动汽车重大科技专项和“863”计划节能与新能源汽车重大项目。其中明确指出：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。新能源汽车包括电动汽车、气体燃料汽车、生物燃料汽车、氢燃料发动机汽车、太阳能等其他新能源汽车。

电动汽车（Electric Vehicle, EV）指全部或部分用电能驱动电机作为动力系统，用于驱动车轮行驶的汽车。驱动电动汽车的电力常见的有各种蓄电池、燃料电池、太阳能电池等。电动汽车大致分为纯电动汽车（Battery Electric Vehicle, BEV）、混合动力电动汽车（Hybrid Electric Vehicle, HEV）、燃料电池电动汽车（Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV）等类型。纯电动汽车是指以车载电源为动力，用电机驱动车轮行驶，符合道路交通、安全法规各项要求的车辆。混合动力电动汽车是指同时具备两种以上车载动力源（如传统内燃机热动力源、电动力源等），单独或耦合后作为动力系统，用于驱动车轮行驶的车辆。燃料电池电动汽车是指采用燃料电池作为电源，用电机驱动车轮行驶的车辆。随着环境保护概念深入人心和国际原油供应的持续紧张，多数发达国家的研究机构和汽车厂商都加大了对新能源汽车技术的研发投资，以替代传统以石油为燃料的汽车，形成了多种技术共同发展的局面，其中部分技术已经在商业化领域取得了重要成功。以美国、德国、日本和中国为代表的国家，特别是通用、福特、大众、宝马、丰田、本田、比亚迪等主要汽车厂商根据本国和公司的实际情况，先后采取了不同的新能源汽车技术发展策略，成功研发了多款电动概念车型和应用车型，其中一些成熟的技术已经投放市场，实现量产。而新能源汽车领域，电动汽车以其高能量利用率和优异的排放性能，成为新能源汽车的主力。中国作为电动汽车发展最快的国家之一，已经成为世界电动汽车研发和生产的主力。

纵观整个汽车工业发展的历史，电动汽车的发展历程是十分曲折的，从1834年世界第一辆电动汽车诞生开始，直到2017年电动汽车在全球各地广泛使用，电动汽车产业已经发展了近两个世纪。至此，电动汽车无论在种类、技术、性能上都得到空前的突破，纯电动汽

车、混合动力电动汽车和燃料电池电动汽车主要引领电动汽车的发展历程。电动汽车的发展历程可以分为四个主要阶段，即电动汽车的诞生、电动汽车重新兴起、混合动力电动汽车等车型的发展和纯电动汽车市场化发展。

学习任务一 了解电动汽车的发展及现状

问题引导1 电动汽车的发展历程是怎样的？

1834年，苏格兰人托马斯·德文博特（Thomas Davenport）发明了世界第一辆不可充电的干电池汽车，这也是世界上最早的电动汽车（图1-1）。1873年，英国人罗伯特·戴维森（Robert Davidsson）制作了世界上最初的可供实用的电动汽车。这比德国人戴姆勒（Gottlieb Daimler）和本茨（Karl Benz）1886年发明汽油发动机汽车早了10多年。到了19世纪末20世纪初期，电动汽车是主要的交通工具，美国汽车市场上，电动汽车、内燃机汽车和蒸汽机汽车基本均分市场份额。20世纪30年代后，随着内燃机性能的改善，内燃机汽车开始采用大规模流水线生产，成本大幅降低，从而得以高速发展并普及，而电动汽车由于续驶里程短等原因逐渐被冷落，以至从市场上消失。

20世纪60年代末70年代初石油危机爆发，汽油价格持续暴涨，西方国家对电动汽车重新加以重视。由于大量燃油汽车的使用造成城市严重的环境污染，加上政府主导引领企业参与，开始对电动汽车研发增加资金支持，各地纷纷建立研发基地，各方对电动汽车的市场期望不断升高，导致了新一轮电动汽车研发高潮的到来。1965年电动车被日本正式列入国家项目，1971年日本通产省制订了“电动车的开发计划”，对电动车的发展有了一个明确的规划，其中对购买电动车的用户还制订了优惠补贴措施。1975年，美国邮政服务公司从美国汽车公司购买了350辆电动吉普车，用于试验运营。这一行动表明了政府对电动车的鼓励态度。1990年，加利福尼亚州议会通过一项《ZEV法案》，要求在1998年的汽车总销售量中，必须有2%的零排放污染汽车。到2000年，零排放污染汽车应占汽车总销售量的3%。2001年达5%；而2003年增至10%。随后，美国东部的10个州也效仿加利福尼亚州的做法，出台了相应的零排放法案。由此代表着电动汽车的重新兴起。

随着人们对可再生能源和可持续发展认识的提高，世界上越来越多的公司在混合动力电动汽车和纯电动汽车领域开展研发。1997年，日本的丰田汽车公司（Toyota）率先推出了世界上第一款量产的混合动力电动汽车丰田普锐斯（Pruis），从而奠定了日本在世界范围混合动力电动汽车领域的领先地位。在丰田汽车公司的带动下，世界其他汽车厂商也纷纷推出旗下的全新混合动力电动汽车，产销规模逐渐增大，其中许多车型表现出了优良的节能和环保性能，这标志着混合动力电动汽车市场已经成功起步，并且日趋成熟。1965年世界首款氢能动力汽车诞生，1980年我国也成功地制造出了自己的氢能动力汽车。

20世纪90年代末，以纯电动汽车为代表的电动汽车产业得到了前所未有的快速发展，

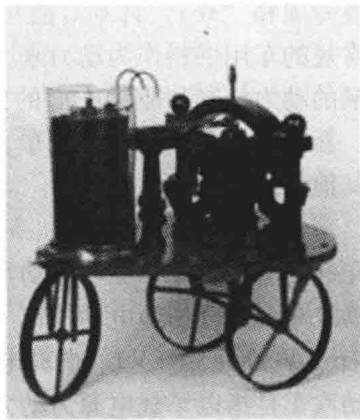


图1-1 世界第一辆电动汽车

主要体现在技术进步呈现多元化趋势,从电动汽车的整车到关键技术都全面获得提升,在核心技术上实现继承式和跨越式的发展。通用汽车公司是第一家使用现代化批量生产的方式,生产和销售纯电动汽车的公司。

问题引导 2: 世界电动汽车产业的发展现状是怎样的?

2017年年底EV Sales公布了2017年1~9月份汽车集团全球电动车销量前十一排名,雷诺日产联盟收购三菱之后毫无悬念地排在第一地位置,特斯拉排在第二位,比亚迪上升至第三位。值得注意的是中国品牌比亚迪、北汽、吉利和上汽的销量均已入围世界前十。全球汽车工业为破解能源、环境的制约,实现可持续发展,特别是2008年以来,面对金融危机、国际油价高位振荡和日益严峻的节能减排压力,世界汽车产业进入全面交通能源转型时期,世界电动汽车产业进入了加速发展的新阶段。

1) 各国政府相继发布电动汽车发展战略和国家计划,进一步为产业发展指明了方向。例如,美国政府实施绿色新政,把电动汽车作为国家战略的重要组成;日本把发展电动汽车作为“低碳革命”的核心内容,并计划普及包括电动汽车在内的“下一代汽车”目标;德国政府计划普及纯电动汽车和插电式混合动力汽车,并宣称该计划的实施,标志着德国将进入电动汽车时代。国家战略的发布实施,对产业发展有着十分重要的导向作用,必将进一步加快国际电动汽车产业发展的进程。

2) 动力蓄电池得到高度重视,研发投入急剧增加,电动汽车技术瓶颈突破的预期大大增强。美国政府2009年8月宣布安排24亿美元支持PHEV(插电式混合动力电动汽车)的研发与产业化,其中20亿美元用来支持先进动力蓄电池的研发和产业化。日本政府提出“谁控制了电池,谁就控制了电动汽车”,并组织实施国家专项计划。2018年日本宣布以举国之力研发新电池,日本新能源产业技术综合开发机构将与丰田汽车和松下等企业启动新一代高效电池——“全固体电池”核心技术的开发。德国在未来3年,将在动力蓄电池系统开发中投入超过400亿欧元的资金。为满足2035年的欧盟市场需求,预计将需要270GWh的动力蓄电池规模总量。

3) 各国政府加大政策支持力度,全力推进电动汽车产业化。政府加大对消费者的政策激励,加快电动汽车的市场培育。

问题引导 3: 我国电动汽车产业的发展现状是怎样的?

我国电动汽车的研究与发展大体上是从20世纪80年代开始的。在电动汽车及产业的发展过程中,我国政府一直给予高度重视与大力支持。1991~1995年,国家计划委员会和科技委员会就把电动汽车关键技术研究正式列入国家科技重点攻关项目。1996~2000年,我国开始推广电动汽车,科学技术部把电动汽车列入国家重大产业工程项目,完成了纯电动汽车先导车的研制和全新纯电动轿车概念的开发,建成了我国电动汽车运行试验示范区。2001~2005年,科学技术部组织实施国家“863”计划“电动汽车重大专项”,期间投入9.5亿元研发经费。专项确立了“三纵三横”的国家电动汽车研发布局(图1-2),确定发展纯电动汽车、混合动力电动汽车和燃料电池电动汽车三项整车技术(为“三纵”),以及多能源动力总成控制系统、电机驱动与控制单元系统和动力蓄电池与电池组管理系统三项关键零部件技术(为“三横”)。

通过十几年，特别是2001~2005年期间的重点攻关，我国逐步围绕纯电动客车和纯电动轿车形成了一个品种齐全、配套能力较强的产品技术链。在使用大容量锂离子动力蓄电池方面攻克了成组使用、充放电性能、安全性能和快速更换等技术难题，技术逐渐成熟。2006年开始，随着相关技术的进步和国家政策的大力支持，电动汽车产业得到快速发展，启动新一轮电动汽车推广应用工作。



图 1-2 我国电动汽车研发布局（“三纵三横”）

目前，我国混合动力电动汽车与纯电动汽车技术和应用都已取得很大进展，燃料电池电动汽车还处于起步期。电池技术研发方面，我国自主研发的镍氢和锂离子动力蓄电池系列产品，能量密度和功率密度接近国际水平，同时突破安全技术瓶颈，在世界上首次规模应用于城市公交系统。我国纯电动汽车整车产品技术和产业化基础，与国际基本同步，而且在某些领域还具有独特优势，其中纯电动客车不仅实现国产化，而且已成功出口到美国、英国、荷兰等西方国家。随着我国经济的持续快速发展，居民可支配收入水平不断提高，为我国的电动汽车产业化发展提供了强大的动力。电动汽车产业的生产形成规模化生产以后，成本将大幅下降，这将促使电动汽车的广泛普及，使其占据国内较大的市场份额。

学习任务二 电动汽车的结构组成认知

知识准备

电动汽车系统可以分为四个子系统，即动力系统、电气系统、车身系统和底盘系统。电

电动汽车的动力系统由电池系统、电机系统和电控系统等组成。通常，电动汽车的电池系统由储能装置（如各类蓄电池、超级电容、燃料电池、高速飞轮等）、电池箱、冷却系统及温度传感器等组成。而电机系统则由电机（如直流电机、异步电机、永磁电机、磁阻电机等）、温度传感器、电机冷却系统及变速机构等部分组成。电控系统主要由整车控制系统、电池管理系统、电机控制器、功率变换器及各种辅助系统控制器等组成。电动汽车的电气系统包括低压电气系统、高压电气系统和整车网络化控制系统。车身系统包括车身壳体、车前板制件、车门、车窗、车身外部装饰件和内部装饰件、座椅以及通风、暖气、空调装置等。底盘系统包括悬架、传动轴、差速器、底盘电控系统、轮毂、轮胎、转向系统、制动系统等。

与燃油汽车相比，电动汽车的结构特点是具有很大灵活性。具体表现为：第一，能量传递方式不同，电动汽车的能量主要通过柔性的电缆电线，而不是通过刚性联轴器和传动轴传递，因此电动汽车各部件的布置具有很大的灵活性。第二，电动汽车驱动系统的布置不同，如采用四轮驱动或轮毂电动驱动系统等，会使系统机构与传统车辆区别很大，采用不同类型的电机也会对汽车的结构、质量、尺寸和形状等产生较大影响。第三，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。另外，能源补充不同，不同的能源补充装置需要不同的硬件和机构，同时能源补充的方式也不尽相同，这对整车的结构产生影响。

问题引导 1：电动汽车的结构类型有哪些？

电动汽车应用范围很广，分类也较复杂。由于电动汽车的结构复杂，形式多样，进行必要的分类，对认识电动汽车和熟悉电动汽车非常必要。电动汽车可以从能源类型、驱动结构和车辆速度上进行分类。按照使用和用途分类比较简单，即根据电动汽车的主要装载物及功能进行区分，可分为载客电动汽车、载货电动汽车、电动轿车、电动观光汽车、电动工具车等。部分电动汽车的功能复杂，可能存在以上叙述的多种功能，这样的汽车称为多功能电动汽车。下面将根据电动汽车的电力驱动系统、储能装置和速度进行电动汽车结构类型介绍。

1. 电动汽车电力驱动系统的结构类型

电力驱动系统是电动汽车的核心，也是电动汽车区别于内燃机汽车的最大不同点。电动汽车对驱动系统的要求很高。一般认为，驱动系统应符合下列要求：

- 1) 瞬时功率大，短时过载能力强，以满足爬坡及加速的需要。
- 2) 调速范围宽广。
- 3) 在运行的全部速度范围和负载范围内，具有较高的效率，也就是在电机所有工作范围内综合效率高，以尽量提高电动汽车一次续驶里程。
- 4) 可靠性高，使用方便简单，价格低廉。
- 5) 功率密度高，体积小，质量小。

一般地，驱动系统由电气和机械系统组成。电气系统由电子控制器、功率变换器、驱动电机组成；机械系统由机械传动装置和车轮组成。驱动系统的功能是将储存在蓄电池中的电能高效地转化为车轮的动能进而推进汽车行驶，并能够在汽车减速制动或下坡时，实现再生制动。

根据驱动轮所施加驱动转矩的来源，电动汽车所采用的驱动方式总体上可分为两种：集中驱动和车轮独立驱动。

集中驱动利用一个动力源通过变速器和减速器（或只通过减速器）降速增矩，最后经差速器将驱动转矩大致平均地分配给左右驱动半轴，可以采用前轮驱动、后轮驱动或四轮驱动的形式，其结构如图 1-3 所示。车轮独立驱动利用多个动力源分别驱动单个车轮，可以分为两轮独立驱动和四轮独立驱动，其结构如图 1-4 所示。

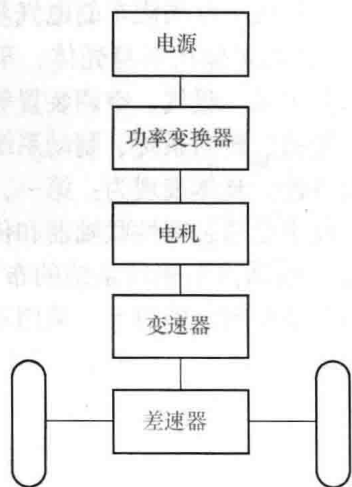


图 1-3 集中驱动

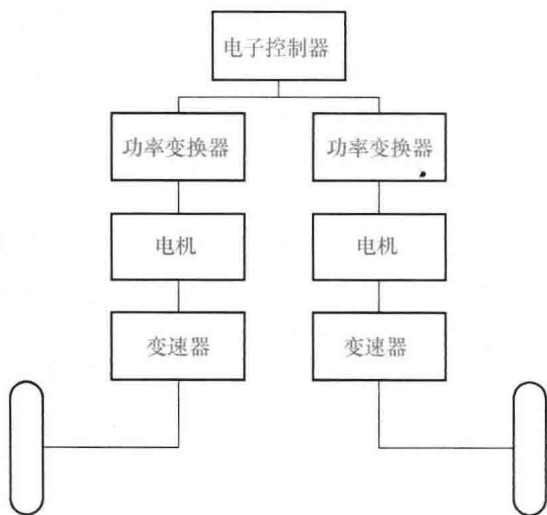


图 1-4 车轮独立驱动

现代电动汽车常用的电机驱动系统有：直流电机驱动系统、永磁同步电机驱动系统、异步电机驱动系统、永磁无刷电机驱动系统和开关磁阻电机驱动系统等。

(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。尤其是对无线电信号的干扰，这对高度智能化的未来电动汽车是致命的弱点。直流电机驱动系统在电动汽车领域应用不多。

(2) 永磁同步电机驱动系统 永磁同步电机是转子上带有永久磁铁的交流电机。与其他驱动电机相比，永磁同步电机最大的特点是功率密度高，或者说，在相同的体积和重量下，永磁同步电机能够为电动汽车提供最大的动力输出。其缺点是转子的永磁材料在高温、振动和过载情况下容易产生磁性衰退现象。

(3) 异步电机驱动系统 这种电机结构简单，制造容易，效率比直流电机高，与永磁无刷电机、开关磁阻电机相比，成本最为低廉，但控制较为复杂。总的来说，异步电机驱动系统的性价比具有一定的优势，尤其是异步电机的高可靠性、免维护、成本低廉的优点，使其广泛用于电动汽车，尤其是电动公交客车上。

(4) 永磁无刷电机驱动系统 永磁无刷电机驱动系统效率高是其最大特点，重量轻、体积小，也无须维护。与异步电机相比，永磁无刷电机成本较高，可靠性和使用寿命也较差，同时永磁体还存在失磁的可能。在控制上，由于永磁体的存在，弱磁控制有一定的难度，因此限制了这种电机系统在电动汽车上的大量使用。长远来看，随着稀土永磁材料作为一个行业不断发展壮大，不论是从成本上，还是从性能上，永久磁钢都有长足的进步，永磁无刷电机在电动汽车上有广阔的应用前景。

(5) 开关磁阻电机驱动系统 该电机转子没有绕组做成凸极,结构简单,可靠性高,快速响应好,效率与异步电机相当。由于转子无绕组,该电机系统特别适合频繁的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,电路简单,能较方便地实现宽调速和制动能量的反馈。因此,这种系统在电动汽车中有一定的应用。其缺点主要在于其结构带来的噪声和振动较大。

2. 电动汽车储能装置的结构类型

除了采用不同的电力驱动系统会对车辆结构产生影响外,采用不同类型的储能装置,如不同的蓄电池、燃料电池、超级电容和飞轮动能电池等,也会构成不同的电动汽车结构形式。评价电动汽车储能装置性能的重要指标是比能量和比功率。比能量又称为能量密度,是指储能装置单位重量或单位体积对外输出的能量,比能量指标影响电动汽车的续航里程。比功率又称为功率密度,是描述电池在瞬间能放出能量的能力,比功率指标影响电动汽车的加速性能。

1) 最常见的一种就是采用纯电池供电的电动汽车。该种电动汽车的储能及控制相对简单,整车使用动力蓄电池这一种储能装置。该种结构的车辆由单一的动力蓄电池供电,在新能源车辆的划分上,称为纯电池电动汽车(Battery Electric Vehicle, BEV)。目前,动力蓄电池的种类非常繁多,从铅酸蓄电池、镍氢蓄电池、镍镉蓄电池、硅蓄电池到锌空气蓄电池等,都属于动力蓄电池的范畴。

2) 除了蓄电池外,还可以用燃料电池作为储能装置,对于电动汽车来说,燃料电池相当于一个小型的发电机。目前,燃料电池的种类较多,常见的就是氢燃料电池。氢燃料电池的原理就是利用可逆的电解过程,在特定的介质和工况下,氢气和氧气结合,产生电能和水。

3) 超级电容的出现使电动汽车有了一个新的选择。超级电容类似于蓄电池,但是其工作原理完全不同。超级电容以物理方式储存电能。目前,也有许多汽车单纯用超级电容作为能量源驱动汽车。与动力蓄电池相比,超级电容器的特点是比功率高而比能量低,通常不单独使用,而作为配合动力蓄电池的辅助储能装置。

4) 与超级电容类似,高速飞轮也是一种高比功率和高制动能量回收的储能器,而且高速飞轮也是一种物理储能。高速飞轮既是一个发电机,也是一个电动机。当作为能量源时,作为一个发电机,将飞轮高速运转的动能转化为电能;当充电时,又能将电能转化为飞轮的动能储存起来。这种飞轮和蓄电池混合能量源的结构,选用的电池需具备高比能量。

5) 由于一种动力蓄电池存在不能同时满足比功率和比能量的问题,有些电动汽车则采用了两种不同的储能装置,其中一种可以提供高的比能量,而另一种可以提供高的比功率。两种电池作为混合能量源的基本结构,这种结构不仅解决了比功率和比能量的矛盾,而且还可以在车辆的制动能量回收方面起到较为显著的效果。

6) 因为目前蓄电池的比能量和比功率还不能完全让人们满意,特别是蓄电池的充电方面,不能像普通的燃油汽车一样随时加油。为了获得更长的续航里程,就出现了一种在蓄电池后面加装一组传统燃油发动机带动的发电机组。车辆以电力驱动,正常情况下用蓄电池提供能量驱动,在蓄电池电能不足时,发动机起动,带动发电机给蓄电池充电,以获得更长的续航里程。该结构的汽车不能完全实现零排放,但是如果发动机和发电机合理配备,确保发动机以最经济的工况工作,相对传统汽车,还是能够明显减少排放的。

3. 电动汽车按行驶速度分级

电动汽车按照车速可分为低速电动汽车、中速电动汽车、高速电动汽车和极速电动汽车等。这里所谓的车速是指车辆的行驶速度能力，主要以车辆设计的最高车速表达。对于电动汽车，车辆的速度也是影响性能的关键因素，针对车辆的用途，车辆设计的最高时速也不尽相同。

(1) 低速电动汽车 一般来说，最高车速低于 30km/h 的电动汽车，称为低速电动汽车，如各种电动工具车、电动平板车等。

(2) 中速电动汽车 最高车速在 30 ~ 60km/h 的电动汽车，称为中速电动汽车。这类汽车类型较多，如电动观光车、电动高尔夫车等。

(3) 高速电动汽车 高速电动汽车的最高设计速度一般在 60 ~ 180km/h，这类汽车主要是一些乘用车或轿车类的载客汽车。目前大多数载人电动汽车均属于这一范围。

(4) 极速电动汽车 极速电动汽车是指为追求高速度的驾驶体验而设计的电动汽车，目前最快的电动汽车已经达到传统汽车的最高行驶速度。这类汽车最高设计速度超过了 200km/h，甚至超过 300km/h。目前的极速电动汽车绝大多数是试验车或概念车，没有量产，而且造型特殊具备流体力学的外观和特殊的稳定机构，如图 1-5、图 1-6 所示。据有关数据介绍，由美国俄亥俄州立大学设计的锂电池电动汽车更是达到了前所未有的 491km/h 的速度（该速度还有待国际汽车联合会的认可）。虽然是一种追求速度的实验性电动汽车，但是这已经表明了电动汽车的速度性能可以不亚于传统汽车。

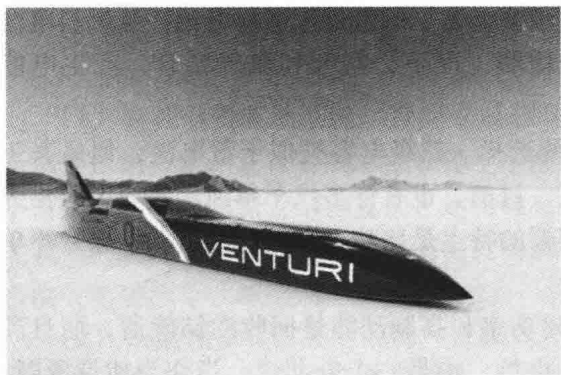


图 1-5 美国俄亥俄州立大学设计制造的纯电动汽车

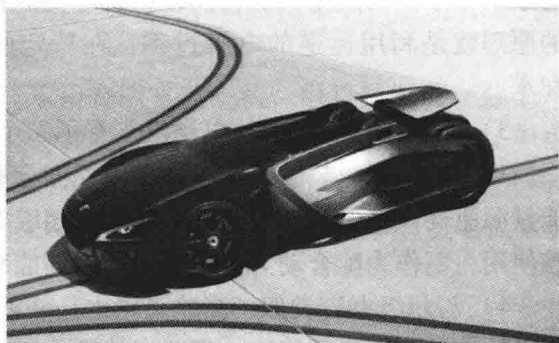


图 1-6 标致 EX1

问题引导 2：电动汽车的行驶性能如何评价？

电动汽车的操纵稳定性、平顺性及通过性与传统车辆相同。电动汽车的能量供给和消耗，与储能设备密切相关，直接影响电动汽车的动力性和续驶里程。对于电动汽车的特性更加关注的是其动力性和续驶里程。

1. 电动汽车的动力性

和传统汽车一样，电动汽车的动力性也可用最高车速、驾驶性能和最大爬坡度来进行描述。但是与燃油汽车不同的是，电机存在不同的工作制，如 1min 工作制、5min 工作制和 30min 工作制等，即存在瞬时功率、连续功率和小时功率，在描述或评价电动汽车的动力性

时,要进行说明。

1) 电动汽车的最高车速是指汽车在无风条件下,在水平、良好的硬路面上所能达到的最高车速。现在电动汽车的最高车速已经大大提高,甚至超越了传统汽车。

2) 电动汽车的加速能力是用汽车原地起步的加速能力和超车加速能力来表示的,通常采用电动汽车加速过程中所经过的加速时间和加速距离作为评价汽车的加速性能指标。

3) 电动汽车的爬坡能力是指汽车在良好路面上,以低车速行驶上坡的最大坡度,坡度值一般用百分比来表示。对于电动汽车而言,不同的用途和使用工况,对汽车的爬坡能力的要求是不一样的。

2. 电动汽车的续驶里程

电动汽车的续驶里程也是评价电动汽车性能的关键因素。由于传统汽车是采用燃油作为能源的,无论是柴油还是汽油,在车辆油料不足时,通常在加油站即可以快速补充,因而于传统车辆而言,续驶里程不是其关键的评价因素。电动汽车则不然,除了燃料电池电动汽车外,其他电动汽车均需要充电,而充电的过程相对来说较长,一旦电量用完,必须回到特定的充电站来进行充电。因此,电动汽车的续驶能力是电动汽车的一个重要指标。

续驶能力是指车辆在特定工况下,可以连续行驶的最大距离。对于电动汽车而言,续驶能力又有标定续驶能力和普通工况续驶能力之分。标定续驶能力是指按照国家相关规定,车辆加载规定的载荷在无风、温度适宜条件下,在平直无坡的硬路面上连续行驶所能行驶的最大距离。在这一过程中,有着严格的控制,如载荷、风速、温度、路面条件、转弯、行驶速度、停车时间等都要符合要求。目前标定续驶里程还可以在制定工况下在测功机上进行测试。标定续驶能力是国家规定的一种电动汽车的续驶能力的标准,也便于区别不同车辆的性能。但是在电动汽车的实际使用过程中,由于工况和路况都比较复杂,实际续驶能力与标定续驶能力有很大不同。即使同一辆电动汽车在不同的工况和路况下,续驶能力也是不一样的。

学习任务三 了解我国对电动汽车生产的要求

任何车辆都需要符合国家或行业的相关标准和法规,这是一个合格产品的首要条件。针对设计人员来说,电动汽车的标准和法规就是设计准则。所设计的产品或所选用的零部件均要符合这一要求。

自从电动汽车出现开始,有关电动汽车的法律法规和标准便不断产生。标准内容规定越来越细,要求也越来越高,同时也越来越专业化、系统化和针对性强,而且标准也在不断地更新。因此对国家的相关法律法规以及标准要有所了解,尤其是纯电动汽车的设计人员,更要详细阅读,认真比对,对标准和法规中所规定的性能要求和参数要求要严格执行。下面列举电动汽车的使用、安全、性能和环境保护四个方面的电动汽车标准。

1. 使用方面

1) GB/T 19596—2017《电动汽车术语》。

2) GB/T 18487.1—2015《电动汽车传导充电系统 第1部分:通用要求》。

3) GB/T 18487.2—2017《电动汽车传导充电系统 第2部分:非车载传导供电设备电磁兼容要求》。

4) GB/T 18487.3—2001《电动车辆传导充电系统 电动车辆交流/直流充电动机

(站)》。

- 5) GB/T 18488.1—2015《电动汽车用驱动电机系统 第1部分：技术条件》。
- 6) GB/T 18488.2—2015《电动汽车用驱动电机系统 第2部分：试验方法》。
- 7) GB/T 19836—2005《电动汽车用仪表》。
- 8) GB/T 24548—2009《燃料电池电动汽车整车 术语》。
- 9) GB/T 24158—2009《电动摩托车和电动轻便摩托车通用技术条件》。

2. 安全方面

- 1) GB/T 18384.1—2015《电动汽车 安全要求 第1部分：车载可充电储能系统 (REESS)》。
- 2) GB/T 18384.2—2015《电动汽车 安全要求 第2部分：操作安全和故障防护》。
- 3) GB/T 18384.3—2015《电动汽车安全要求第3部分：人员触电防护》。
- 4) GB/T 4094.2—2005《电动汽车操纵件、指示器及信号装置的标志》。
- 5) GB/T 20234.1—2015《电动汽车传导充电用连接装置 第1部分：通用要求》。
- 6) GB/T 20234.2—2015《电动汽车传导充电用连接装置 第2部分：交流充电接口》。
- 7) GB/T 20234.3—2015《电动汽车传导充电用连接装置 第3部分：直流充电接口》。
- 8) GB/T 24549—2009《燃料电池电动汽车 安全要求》。

3. 性能方面

- 1) GB/T 18385—2005《电动汽车 动力性能 试验方法》。
- 2) GB/T 18386—2017《电动汽车 能量消耗率和续驶里程 试验方法》。
- 3) GB/T 18387—2017《电动车辆的电磁场发射强度的限值和测量方法》。
- 4) GB/T 18388—2005《电动汽车 定型试验规程》。
- 5) GB/T 19750—2005《混合动力电动汽车 定型试验规程》。
- 6) GB/T 19752—2005《混合动力电动汽车 动力性能 试验方法》。
- 7) GB/T 24554—2009《燃料电池发动机性能试验方法》。
- 8) GB/T 24156—2009《电动摩托车和电动轻便摩托车 动力性能 试验方法》。
- 9) QC/T 791—2007《电动摩托车和电动轻便摩托车 定型试验规程》。

4. 环境保护方面

- 1) GB/T 19753—2013《轻型混合动力电动汽车能量消耗量试验方法》。
 - 2) GB/T 19754—2015《重型混合动力电动汽车能量消耗量试验方法》。
 - 3) GB 19755—2016《轻型混合动力电动汽车污染物排放控制要求及测量方法》。
 - 4) GB/T 24157—2017《电动摩托车和电动轻便摩托车续驶里程及残电指示试验方法》。
- 以上标准中的专业术语见书中附录 A。

思考题

1. 简述新能源汽车与电动汽车的含义。
2. 简述电动汽车的发展历程。
3. 简述电动汽车的基本构造。
4. 简述电动汽车的分类。

项目二 车辆动力装置

学习目标:

了解电动汽车动力装置类型、功能和特色。

掌握燃油发动机工作原理、基本组成和特性。

掌握常用驱动电机工作原理、基本结构和工作特性。

能力目标:

能够对电动汽车动力装置原理、结构和性能分析。

电动汽车除了纯电动汽车外，还包含混合动力汽车。混合动力汽车通常采用燃油发动机和驱动电机两种动力装置形式。

学习任务一 内燃机动力装置认知



知识准备

内燃机通常指传统汽车燃油发动机。该装置通过燃料的燃烧，将燃料化学能转变为热能，再通过机械转换装置输出机械能。

问题引导 1：内燃机用动力源是什么？

传统内燃机使用的燃料主要是汽油和柴油，分别称为汽油发动机和柴油发动机。随着世界范围出现能源危机和环保减排认知提高，出现了替代燃料，如液化天然气（LNG）、压缩天然气（CNG）、液化石油气（LPG）、氢气、甲醇和乙醇等。

问题引导 2：四冲程发动机的原理是什么？

内燃机要获得机械动力输出，必须完成新鲜空气与燃料进气、混合、燃烧、膨胀、排废气等过程，过程中通过传动机构可以输出动力（矩）。过程必须持续不断循环才能获得机械动力。

汽车中普遍采用四冲程发动机。四冲程发动机是指通过实现进气、压缩、做功和排气四个行程完成一个循环的发动机，如图 2-1 所示。

(1) 进气行程 进气行程如图 2-1b 所示，活塞在曲轴带动下由上止点（即最高位置点）向下止点（即最低位置点）运行，这时进气门打开，排气门关闭。在活塞移动过程中气缸容积逐渐增大，形成一定的真空度，这样，可燃混合气通过进气门被吸压入气缸，直到活塞到达下止点，进气行程结束。

(2) 压缩行程 压缩行程如图 2-1c 所示，活塞在曲轴带动下由下止点向上止点运行，这时进气门和排气门均关闭。在活塞移动过程中气缸容积逐渐减小，形成燃烧室内的高压混