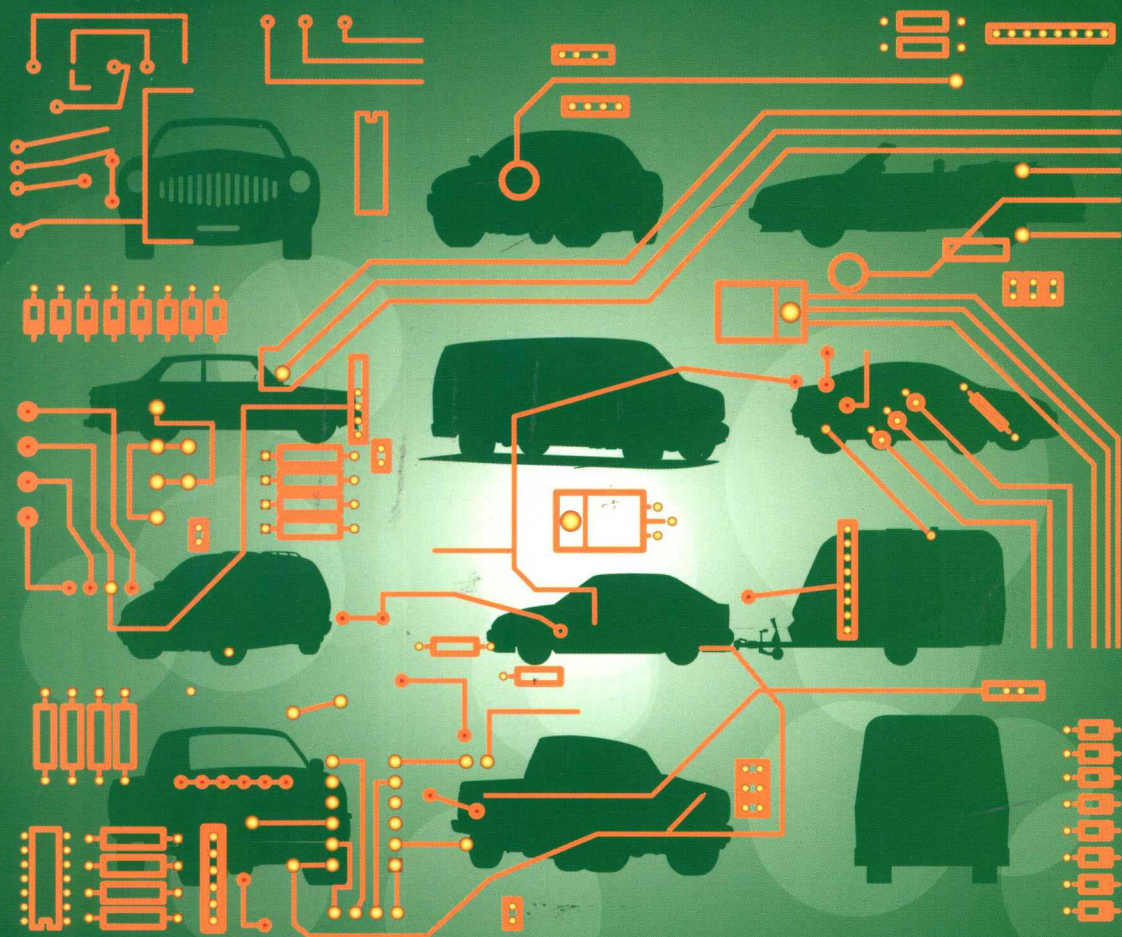


国家示范性高等职业院校成果教材·汽车电子技术系列

电动汽车网络与 电路分析

朱小春 主编 李正国 副主编
董铸荣 主审



清华大学出版社

国家示范性高等职业院校成果教材·汽车电子技术系列

电动汽车网络与 电路分析

朱小春 主编 李正国 副主编

常州大学图书馆
藏书章

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统地介绍了两方面的内容:电动汽车网络技术结构、原理及故障诊断;电动汽车电路图基础、识读方法及实例分析。全书分为7章,分别为概述、车载网络系统的结构与原理、HCS12单片机的通信模块、车载网络系统分析与故障诊断、汽车电路基础知识、汽车电路图识读、电动汽车电路分析——以北汽EV200电动汽车为例。本书注重理论联系实际,内容较为新颖且丰富,具有鲜明的特色。

本书可作为高职高专新能源汽车技术、汽车电子技术等相关专业的教材,也可用作电动汽车维修行业员工的培训教材或工程技术人员的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电动汽车网络与电路分析/朱小春主编. —北京:清华大学出版社,2017

(国家示范性高等职业院校成果教材. 汽车电子技术系列)

ISBN 978-7-302-46501-0

I. ①电… II. ①朱… III. ①电动汽车—计算机网络—高等职业教育—教材 ②电动汽车—电路分析—高等职业教育—教材 IV. ①U469.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第025566号

责任编辑:许 龙 赵从棉

封面设计:常雪影

责任校对:刘玉霞

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:12.75

字 数:311千字

版 次:2017年3月第1版

印 次:2017年3月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:35.00元

产品编号:041127-01

前言

当今关于环保和能源的问题备受关注,为解决这些问题,电动汽车呈现加速发展的趋势。电动汽车的发展将使集中考虑能源、环保和交通成为可能,而且对于促进高科技的发展、新兴工业的兴起以及经济的发展将产生深远的影响。顺应国际汽车工业发展潮流,加快推动电动汽车产业发展,对抢占未来汽车产业竞争制高点、实现我国汽车工业由大变强和自主发展至关重要,也十分紧迫。因此,对新能源汽车技术以及汽车电子类专业的高职学生必须具备的知识和技能提出了新的要求,且教材内容有必要与时俱进。

作为全国高职示范院校,在长期办学实践中,我们深深感到高职教材的编写一定要与专业培养目标定位相适应,在内容上与市场岗位要求保持高度一致,注重培养学生的学习能力、分析能力及创新能力。基于以上方面的思考,本书主要突出以下特色。

首先,将培养学生的学习能力、分析能力及创新能力放在首位。例如在内容编写上不仅要教会学生怎样检修车载网络故障,更重要的是,使学生明白为什么要这样检修,将来遇到类似的故障该如何分析处理。同时,在内容上增加了单片机编程应用实例,激发学生的创新能力;删减了部分传统落后的知识内容,对问题的阐述方面注意由浅入深、循序渐进,以培养学生的学习能力。

第二,在强调基础知识与基本技能训练的同时,特别注意电动汽车新技术、新知识及新的检修仪器与方法的引入,不仅可以开拓学生的视野,还能为学生未来的职业发展打下坚实的基础。

第三,力求图文并茂。作为学生知识的重要来源和主要学习参考资料,编写内容力求丰富多彩,很多内容阐述和分析思路来自作者长期的教学实践经验,大量图片为作者亲手精心绘制。

本书由深圳职业技术学院朱小春副教授主编,深圳职业技术学院李正国教授副主编。编写分工如下:朱小春编写了第2~4、7章,李正国编写了第1、5章,张亚琛编写了第6章。全书由深圳职业技术学院董铸荣教授主审。在本书的编写过程中,参考了较多的同类专著、教材和有关文献资料,在此对有关作者表示感谢。

由于编者水平所限,书中必定有不妥和错误之处,恳请读者提出宝贵意见。

编 者

2016年8月

目录

第 1 章 概述	1
1.1 电动汽车发展	1
1.2 电动汽车结构类型	3
1.3 电动汽车关键技术	9
1.4 车载网络技术	13
思考与练习题	20
第 2 章 车载网络系统的结构与原理	21
2.1 车载网络通信协议	22
2.2 车载 CAN 网络系统	27
2.3 车载 LIN 网络系统	41
2.4 车载 VAN 网络系统	45
2.5 车载 MOST 网络系统	49
2.6 车载 FlexRay 网络系统	53
思考与练习题	55
第 3 章 HCS12 单片机的通信模块	56
3.1 串行通信接口	56
3.2 CAN 总线通信模块	73
思考与练习题	89
第 4 章 车载网络系统分析与故障诊断	90
4.1 车载网络诊断技术	90
4.2 常用车载网络检测仪器	95
4.3 传统汽车车载网络系统分析及故障诊断——以大众车系为例	98
4.4 电动汽车车载网络系统分析及故障诊断——以北汽 EV200 为例	103
思考与练习题	113
第 5 章 汽车电路基础知识	114
5.1 电路概述	114
5.2 汽车电路概述	117

5.3 汽车电路的基本组成元素	124
5.4 汽车电路检修方法	139
思考与练习题	141
第6章 汽车电路图识读	142
6.1 汽车电路图识读方法	142
6.2 各大汽车公司汽车电路图的基础知识	146
思考与练习题	168
第7章 电动汽车电路分析——以北汽 EV200 电动汽车为例	169
7.1 北汽 EV200 的基本装备	169
7.2 电机驱动系统	180
7.3 DC/DC 转换器	186
7.4 充电系统	188
7.5 动力电池系统	193
思考与练习题	197
参考文献	198

第1章 概述

当今关于环保和能源的问题备受关注,为解决这些问题,电动汽车呈现加速发展的趋势。从环保的角度来看,电动汽车是零排放的市区交通工具,即使计入发电厂增加的排气,从总量上看,它也将使空气污染大大减少。从能源的角度来看,电动汽车将使能源的利用多元化(例如可使用各种再生能源)和高效化,达到能源的可靠、均衡和无污染地利用的目的。在改善交通安全和道路使用方面,电动汽车更容易实现智能化。电动汽车的发展将使集中考虑能源、环保和交通成为可能,而且,它对于促进高科技的发展、新兴工业的兴起,以及经济的发展将产生深远的影响。

1.1 电动汽车发展

1834年,Thomas Davenport 制造了一辆电动三轮车,它由一组不可充电的干电池驱动,但只能行驶一小段距离。1881年在法国巴黎街上出现了世界上第一辆以可充电电池为动力的电动汽车,它是法国工程师 Gustave Tinuве 装配的以铅酸电池为动力的三轮车。1886年, Frank Sprague 设计生产了有轨电车。19世纪末,美国、英国和法国的许多公司都开始生产电动汽车。最早的电动汽车制造厂是由 Morri 和 Salom 拥有的电动客车和货车公司。另一个比较早的电动汽车生产商是 Pope 制造公司,到 1898 年底, Pope 制造了大约 500 辆 Columbia 型电动汽车。1896—1920 年期间, Riker 电动汽车公司生产了多种车型的电动汽车,其中 1897 年生产的 Victoria 是一种设计较好的车型。除了美国电动汽车制造厂外,英国的伦敦电动出租汽车公司 1897 年生产了 15 辆电动出租车。而且,法国的 BGS 公司在 1899—1906 年也生产了几种不同类型的商用型电动汽车,包括小汽车、货车、客车和豪华轿车。

进入无马车时代以后,电动汽车就进入了一个商业化的发展阶段,此时的电动汽车有辐条车轮、充气轮胎、舒适的弹簧椅和豪华的车内装饰。到 1912 年,美国有 34000 辆电动汽车注册。1899—1916 年期间, Baker 电气公司一直是美国最重要的电动汽车制造厂之一。1901—1920 年,英国伦敦电动汽车公司生产了后轮轮毂电动机式、后轮驱动、斜轮转向和充气轮胎的电动汽车。1907—1938 年期间,底特律电气公司生产的电动汽车不仅具有无噪声、清洁可靠的优点,而且最高时速达到 40km/h,续驶里程为 129km。

1911年, Kettering 发明了汽车起动机, 使得燃油汽车比依赖于方便驾驶的电动汽车来说更具吸引力, 从此打破了电动汽车在市场的主导地位。而福特的想法彻底结束了电动汽车的生命, 他大批量生产福特 T 型车, 使其价格从 1909 年的 850 美元降到了 1925 年的 260 美元, 因此加速了电动汽车的消失。而燃油汽车的续驶里程是电动汽车的 2~3 倍, 且使用成本低, 因而使得电动汽车的制造商想占领一定的市场份额已不可能。到 20 世纪 30 年代, 电动汽车几乎消失了。

20 世纪 70 年代的能源危机和石油短缺使电动汽车重新获得生机。20 世纪 70 年代初期, 世界上许多国家如美国、英国、法国、德国、意大利和日本都开始发展电动汽车。70 年代后期, 世界上许多国家和地区的公司, 如澳大利亚、比利时、巴西、保加利亚、加拿大、中国、丹麦、法国、德国、荷兰、印度、意大利、日本、墨西哥、芬兰、瑞士、英国、美国 and 苏联等都开始生产电动汽车。但是石油价格在 70 年代末开始下跌, 在电动汽车成为商业化产品发展起来之前, 能源危机和石油短缺问题已不再严重。因而电动汽车的商业化失去了动力, 电动汽车的发展显著变慢, 开始走入低谷。

20 世纪 80 年代, 由于人们日益关注空气质量和温室效应所产生的影响, 电动汽车的发展再次获得生机。20 世纪 90 年代开始, 一些国家和城市开始实行更严格的排放法规。汽车制造商在不断推动电动汽车技术的发展, 并开始将电动汽车商业化。在世界范围内, 尤其在美国、日本和欧洲, 许多汽车生产商开始生产电动汽车或者涉及电动汽车领域。美国的通用、福特、克莱斯勒、美国电动汽车公司以及 Solectna 为了响应加州的法规, 在电动汽车的发展中起着很重要的作用。在日本几乎所有的汽车生产商, 如丰田、尼桑、本田、马自达、大发、三菱、铃木、五十铃汽车公司等都制定了自己的商业化电动汽车的发展计划。欧洲的许多国家, 尤其是法国、德国、意大利和英国都发起了进入电动汽车市场的电动汽车发展计划, 其中较活跃的汽车公司有雪铁龙、雷诺、宝马、奔驰、奥迪、沃尔沃、大众、欧宝、菲亚特等。除了汽车生产商以外, 还有一些电力公司和电池生产商在电动汽车的示范中也起着积极的作用, 其目的都是为了促进以充电电池为动力的电动汽车的商业化, 最终获得商业利益。通常他们和汽车生产商合作来发展电动汽车, 或者选购电动汽车用于电池评估和演示。电动汽车具有能源利用效率高、能源多样性和环保的特点, 为了对电动汽车的使用做出相应的反应, 能源和环保机构也积极参与促进电动汽车技术的发展及其商业化的活动中。另外, 一些研究所和大学不断研究电动汽车新技术, 以使电动汽车能与燃油汽车相竞争。

21 世纪以来, 在当前全球汽车工业面临金融危机和能源环境问题的巨大挑战的情况下, 发展电动汽车, 实现汽车能源动力系统的电气化, 推动传统汽车产业的战略转型, 在国际上已经形成了广泛共识。电动汽车一旦取得市场突破, 必将对国际汽车产业格局产生巨大而深远的影响。各国政府都加大了政策支持力度, 全力推进电动汽车产业化。一方面, 政府加大对消费者的政策激励, 加快电动汽车的市场培育。美国对 PHEV 实施税收优惠, 减税额度在 2500 美元和 15000 美元之间。日本从 2009 年 4 月 1 日起实施新的“绿色税制”, 对包括纯电动汽车、混合动力车等低排放且燃油消耗量低的车辆给予税赋优惠, 一年的减税规模约为 2100 亿日元。英国从 2009 年 4 月 1 日起执行新汽车消费税, 对纯电动汽车免缴消费税。法国对购买低排放(二氧化碳)汽车的消费者给予最高 5000 欧元的奖励, 对高排放汽车进行最高 2600 欧元的惩罚。另一方面, 政府通过加大信贷支持等措施, 鼓励整车企业加快电动汽车产业化。美国政府对电动汽车生产予以贷款资助。2009 年 6 月 23 日, 福特、日

产北美公司和 Tesla 汽车公司获得 80 亿美元的贷款,主要用于混合动力和纯电动汽车的生产。欧盟在 2009 年上半年发放 70 亿欧元贷款,支持汽车制造商发展电动汽车;此外,美国新的汽车燃油经济性法规和欧盟新车平均二氧化碳排放法规,对汽车的技术要求大幅提高,如果不推动电动汽车技术,汽车制造商将很难达到新法规的要求。

同样,我国政府对电动汽车的发展采取了很多措施。自 2004 年起,在国家的长远规划和能源政策中,新能源汽车产业和技术的发展被多次强调。2007 年以来,新能源汽车产业相关政策鼓励力度不断增大,可操作性不断增强,针对产业扶持到市场推动制定了相关政策,包括准入管理、补贴政策、研发资金、示范工程等措施。在 2009 年 1 月发布的《新能源汽车示范推广通知》中,提出对公共交通领域的新能源汽车购置进行补贴,对新能源汽车市场的成长起到了巨大的推动作用;同年 3 月出台的《汽车产业调整和振兴规划》中,新能源汽车成为规划的热点,并计划在 2011 年底形成 50 万辆的产能,为中国新能源汽车产业的发展指明了方向和目标;同年 5 月 6 日国务院决定以贴息贷款的方式安排 200 亿元资金支持汽车产业的技改,为产业发展提供了充裕的资金支持。

2010 年 3 月,广东省政府发布《广东省电动汽车发展行动计划》,提出到 2015 年,初步建立适应电动汽车发展要求的配套设施网络、产业支撑体系和政策环境,形成电动汽车地方性标准规范。2009 年 9 月,深圳市政府制订《深圳市节能与新能源汽车示范推广实施方案》,提出从 2009 年至 2012 年,在市公交(出租)、公务、家用车等三个重点领域,示范推广各类新能源汽车 24000 辆,其中公交车 4000 辆(混合动力大巴 3000 辆,纯电动公交车 1000 辆)、出租车 2500 辆、公务车 2500 辆、私家车 15000 辆。通过示范推广方案的实施,率先在全国建成新能源汽车示范推广先导城市和新能源汽车产业基地。争取中央财政 14.49 亿元,地方财政安排 21.05 亿元,用于新能源汽车的市场推广和科研。2010 年 7 月 6 日,“深圳市私人购买新能源汽车补贴试点实施方案”正式出台。2010 年 8 月,深圳市公布重点培养项目,其中“深圳市国家级新能源汽车产业基地”项目总投资约 500 亿元人民币,位于坪山新区坪山汽车城,拟占地约 10km^2 ,打造国内集新能源汽车整车、关键零部件及关键材料研发制造、国家级新能源汽车测试、新能源汽车示范运行及人才培养为一体的国内产业规模最大、技术水平较高的国家级新能源汽车产业基地。

因此,顺应国际汽车工业发展潮流,把握交通能源动力系统转型的战略机遇,坚持自主创新,动员各方面的力量,加快推动电动汽车产业发展,对抢占未来汽车产业竞争制高点、实现我国汽车工业由大变强和自主发展至关重要,也十分紧迫。

1.2 电动汽车结构类型

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具有以下几个独特的特点:①电动汽车的能量主要是通过柔性的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电动汽车驱动系统的布置不同(如独立的四轮驱动系统和轮毂电动机驱动系统等)会使系统结构区别很大,采用不同类型的电动机(如直流电动机和交流电动机)会影响到电动汽车的质量、尺寸和形状;③不同类型的储能装置(如蓄电池和燃料电池)也会影响电动汽车的质量、尺寸及形状;④不同的补充能

源装置具有不同的硬件和机构,例如蓄电池可通过感应式和接触式的充电机充电,或者采用替换蓄电池的方式,将替换下来的蓄电池再进行集中充电。

如图 1-1 所示,电动汽车系统可分为三个子系统,即电力驱动子系统、主能源子系统和辅助控制子系统。

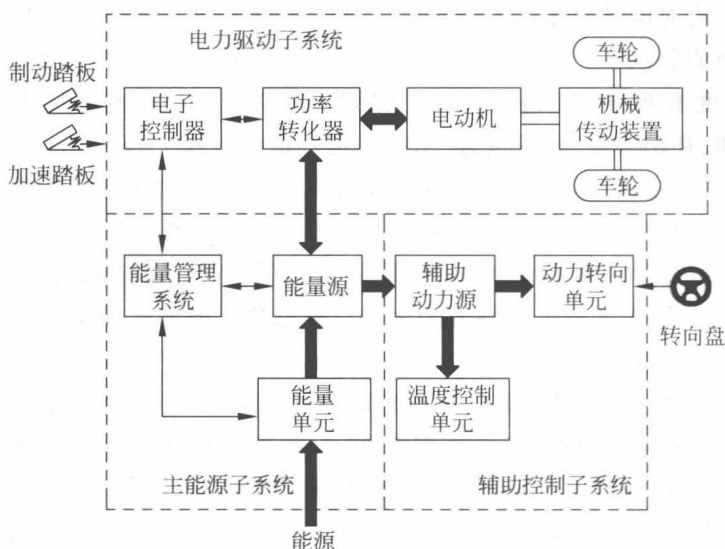


图 1-1 电动汽车的基本结构

图 1-1 中,双线表示机械连接,粗实线表示电气连接,细线表示控制信号连接,线上的箭头表示电功率和控制信号流动的方向。电力驱动子系统由电控单元、功率转换器、电动机、机械传动装置和驱动车轮组成;主能源子系统由主电源、能量管理系统和充电系统构成;辅助控制子系统具有动力转向、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的通断,从而调节电动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能量回收,能量管理系统和充电器一同控制充电并监测电源的使用情况。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。

下面将根据电动汽车的电力驱动系统、储能装置和行驶速度进行电动汽车结构类型介绍。

1.2.1 电动汽车电力驱动系统的结构类型

现代的电动汽车多种多样:采用不同的电力驱动系统可构成不同结构形式的电动汽车。下面主要根据电力驱动系统把电动汽车分为以下 6 种结构类型,如图 1-2 所示。

(1) 如图 1-2(a)所示,电动汽车驱动系统由电动机、离合器、变速器和差速器组成。该类型的电动汽车是根据传统的汽车发展而来,将电动机替代内燃机。该种电动汽车保留了离合器和挡位变速器,离合器用来切断或接通电动机到变速器之间的动力传递,便于变速器的挡位切换。在低速时,车轮为获得较大力矩而将变速器置于低速挡,就可以避免由于电动机力矩不足引起的车辆加速性能不足问题。在高速时,车轮需要高转速,扭矩需求不高,这

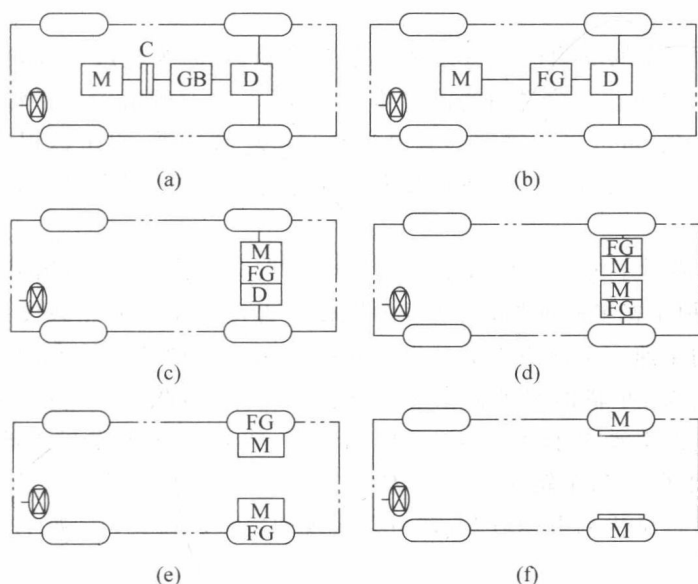


图 1-2 电力驱动的 6 种结构形式

M—驱动电动机；FG—(固定速比)减速器；D—差速器；C—离合器；GB—变速器

时将挡位置于高速挡,以获得车辆的高速运行。这种情况在所采用电动机性能不足尤其是输出扭矩不足时常常采用。

(2) 如图 1-2(b)所示,该类型的电动汽车采用的是固定速比的减速器,一般是用来减速增扭使用。该种结构去掉了离合器,采用电动机通过减速器与主减速器直接连接。这种结构的车辆的车轮始终与电动机连接,通过控制电动机的转速来控制车速,车辆的行驶方向也是通过电动机变换转动方向来实现。这种结构相比图 1-2(a)所示结构要简单,由于去掉了离合器,可明显减小传动系统的重量,结构更加紧凑,体积更小。随着电动机技术的不断发展,电动机的性能不断提升,电动机低转速下实现大扭矩的特性不断改善,因此采用这种结构的电动汽车越来越多。但这种结构也有其缺点,为了获得较大的车辆爬坡能力,减速器一般会选择较大的减速比,这样就带来了车辆的速度范围比较窄,一般不能满足车辆的高速行驶性能。

(3) 图 1-2(c)所示的电动汽车结构类似于发动机横置的车辆,这种结构的特性与图 1-2(b)所示结构类似,但是要比其更加紧凑。它是把电动机、减速器和差速器集成为一个整体,采用两个半轴连接驱动车轮。这种结构的电动机功率一般不大,整个电动机减速器和差速器系统的体积不大,重量相对较小。该结构常见于一些小型电动汽车上,采用该种结构还有利于降低成本,更适合大批量生产制造。

(4) 图 1-2(d)所示的电动汽车结构是采用两个电动机,采用相同固定速比的减速器连成一个整体,然后用半轴的方式或者直接连接的方式分别驱动两个车轮。由于每个电动机都可以独立控制调节,这就可以省略差速器,该种结构即平常所说的电子差速模式。采用该种结构的车辆整体布置比较简单,而且更易实现多种功能,例如驱动防滑、制动力分配、防侧滑等。由于采用了两个电动机,因此对电动机的要求要远低于图 1-2(b)和图 1-2(c)所示两种结构,更易实现较大车辆的驱动问题。该种结构方式目前多出现在一些中型或大型的载

客汽车上。

(5) 有些电动汽车的电动机也可以装在车轮里面,称之为轮毂电动机。该种结构可以进一步缩短电动机到驱动车轮之间的传递路径,如图 1-2(e)所示。为了将电动机的转速降低到理想的车轮转速,可以采用固定的减速比的行星轮减速器,它可以提供较大的减速比,而且输入与输出轴可以布置在同一条轴线上。这样就可以进一步缩小电动机和减速器等占用的空间。

(6) 图 1-2(f)表示了另一种轮毂电动机的电动汽车结构,这种结构采用了低速的外转子电动机,彻底去掉了机械减速器,电动机的外转子直接与车轮的轮毂设计在一起,车轮的转速和电动汽车的车速完全取决于电动机转速的控制。该种结构的电动汽车,由于电动机到驱动轮没有减速器,车辆的驱动完全靠电动机的扭矩,因此其总重量目前还不能做到很大。采用该种结构的电动汽车多是小型的电动汽车,质量较轻,目前较多地出现在一些概念车型上,由于车辆的驱动与车轮在一起,车辆的布置更加自由,几乎不受约束和限制,造型都比较前卫。采用该种结构的电动汽车,还可以实现四轮全驱模式,车辆的加速性能和速度都会有很大提升。

从图 1-2 还可以看出,电动汽车的驱动结构有的采用了单电动机驱动,有的采用了双电动机甚至多电动机驱动。差速器是传统汽车的标准组件,传统汽车是采用一台发动机驱动,对于采用单电动机的电动汽车来说,与传统汽车类似,差速器也是必需的设备。汽车在转弯时,外侧车轮的转弯半径比内侧车轮的大,为了避免车轮出现滑移而引起的轮胎磨损、转向困难、道路附着力变差的情况,必须使用差速器来调整。因此图 1-2(a)~(c)的电动汽车类型中都有机械式差速器的存在。如果电动汽车采用双电动机甚至多电动机驱动,由于每个电动机的转速可以有效地独立调节控制,因此可以实现电子差速,在这种情况下,可以完全抛弃机械式差速器,见图 1-2(d)~(f)。

相对于机械式差速器来说,电子差速器的体积更小、质量更轻,在汽车转弯时可以实现精确电子控制,提高电动汽车的性能。使用电子差速器的电动汽车也有缺点,主要是由于增加了电动机和功率转换器,因而相应增加了不少成本,而且不同条件下,对两个电动机的精确控制的可靠性远没有机械式差速器高。不过近年来,随着电动机控制技术的不断发展,电子控制器的容错能力显著提升,其可靠性得到了很大的改善。一般的电子差速器是由三个微处理器组成,其中两个分别控制两个电动机,另一个用来控制与协调,通过监测器来监视彼此的工作情况,从而发出相应指令,控制两个电动机的转速和驱动力,实现电子差速功能。

1.2.2 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类型。由于储能装置种类繁多,而且多数可以配合使用,甚至三种储能装置一起使用,电动汽车的类型很多,这里列举目前较常见的一些类型,如图 1-3 所示,为了便于理解,图中只列出储能及功率转换器(或称电动机控制器)之前的部分,简要说明如下。

(1) 图 1-3(a)所示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,整车使用动力电池这一种储能装置。该种结构的车辆是单一的动力电池供电,在新能源车辆的划分上,称之为 BEV(battery electric vehicle),就是所说的纯电池

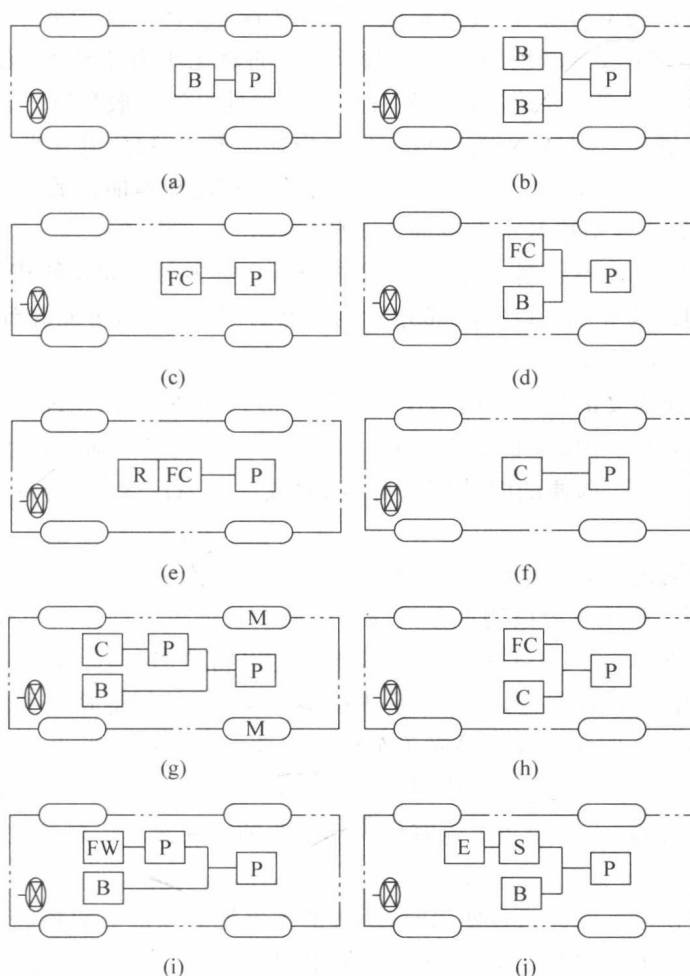


图 1-3 储能装置的 10 种结构形式

B—动力电池；C—超级电容；FC—燃料电池；FW—高速飞轮；P—功率转换器；R—重整器；E—发动机；S—发电机

电动汽车。目前动力电池的种类非常繁多，从铅酸电池、镍氢电池、镍镉电池、硅电池到锌空气电池等，都属于动力电池的范畴。采用该种结构的电动车的电池布置相对简单，电池可以布置在车辆的四周，也可以集中分布在车辆的尾部、前部、底部或者顶部。这种结构对蓄电池要求较为苛刻，一般按照电动汽车的功能和使用工况，要选择较高比能量（或称能量密度）和比功率（或称功率密度）的电池，比能量影响整车的续驶里程，比功率则影响电池的大功率放电性能，因而影响电动汽车的加速性能和爬坡能力。

(2) 为了解决一种动力电池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蓄电池，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。图 1-3(b) 所示的就是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，而且由于较大比功率电池的存在，还可以在车辆的制动能量回收方面起到较为显著的效果。

(3) 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。目前氢气的储存是一个较为麻烦的问题。由于氢气的液化压力非常大,而液化温度又比较低,氢气很难被液化,因而需要耐高压的储存容器。目前氢气一般是以气态的形式储存在一个高压的车载氢气罐中,少量以液态氢或金属氢化物的形式储存,氧气则可以直接从空气中获得。燃料电池虽然可以提供一种非常高的比能量,但是却不能回收制动的再生能量,如图 1-3(c)所示,目前这种结构基本上被混合式替代。

(4) 为解决燃料电池不能制动再生利用这一缺点,更多的时候在使用燃料电池的同时,将蓄电池一同使用。这样既可以吸收部分燃料电池的多余能量,更能起到吸收制动再生能量的问题,如图 1-3(d)所示。

(5) 燃料电池所需要的氢气目前不仅以氢气的形式存在,还以压缩空气、液态氢或金属氢化物的形式储存,并可由常温的液态燃料,如甲醇、乙醇或汽油随车产生。这就需要车辆带有一个小型的重整器,以便随时分解甲醇、乙醇或汽油来产生氢气,供燃料电池使用,如图 1-3(e)所示。

(6) 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。目前也有许多用单纯超级电容作为能量源驱动的电动汽车,如图 1-3(f)所示。超级电容是以物理储存电能的装置,不存在化学反应,因此可以较大倍率的充放电,而且几乎不受温度影响,使用寿命也很长,维护也较为简单。超级电容的另一个明显的优势是对于车辆的制动再生能量的吸收非常好。但是目前超级电容器的使用受到一定的限制,其比能量虽然不算低,但是其可用的比能量不算高,而且其密度较低,占用空间较大。用超级电容作为动力源的电动汽车一般续驶里程都不长,多数用于公共交通方面。

(7) 当超级电容与蓄电池组合使用时,所选的蓄电池必须能够提供高比能量,因为超级电容本身比蓄电池具有更高的比能量和比功率,由于用在电动车上的超级电容相对而言电压都比较低,要达到与蓄电池相同的电压需要数量众多的超级电容器才行,因此,为了平衡电压,同时也为了减少电容器的使用数量,一般需要在蓄电池和超级电容器之间加一个 DC/DC 功率转换器。图 1-3(g)显示了用蓄电池和超级电容作混合能量源的结构。

(8) 当超级电容与燃料电池组合使用时,由于燃料电池和超级电容都有较高的比能量和比功率,只要这两种能量源的电压匹配,就能组合成一组较为合理的混合能量源结构。而超级电容提供了优良的制动能量回收性能,避免了燃料电池不能制动能量回收的问题,因此这种结构在燃料电池领域有了新的应用,如图 1-3(h)所示。

(9) 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。但是高速飞轮与传统的低速笨重飞轮是不同的,这种飞轮的重量轻,但是转速非常高。为了能够达到高速运转,而且能量自衰减率非常低,对高速飞轮的制造有着特殊的要求,这种高速飞轮一般是在一个高真空的密闭容器内高速旋转。超高速飞轮与具有两种工作模式(电动机和发电机)的电动机转子相结合,能够将电能和机械能进行双向转换,因此它既是一个发电机,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。图 1-3(i)显示了这种飞轮和蓄电池混合能量源的结构,所选用的电池需具备高比能量。另外,这种混合结构应该在高速飞轮和蓄电池之间加一个 AC/DC 功率转换器。

(10) 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,为了获得更长的续驶里程,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,正常用蓄电池提供能量驱动,在蓄电池电能不足时,发动机启动,带动发电机给蓄电池充电,以获得更长的续驶里程。采用这种结构的车辆就是增程式电动汽车,如图 1-3(j)所示。这是在电池还不能完全替代发动机时的一种过渡方案,在发动机不启动的情况下,其就是纯粹的一辆由蓄电池驱动的电动汽车。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。

1.2.3 电动汽车按行驶速度分级

电动汽车按车速分为低速电动汽车、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其性能的关键因素,针对车辆的用途,车辆的设计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,例如各种电动工具车、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,例如电动观光车、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时速一般要在 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。这类汽车的最高设计时速超过了 200km/h,甚至超过了 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。

1.3 电动汽车关键技术

目前,推动电动汽车发展的主要动力来自于环境问题而不是能源问题。那么,现在要回答的主要问题是能否造出让人们负担得起的电动汽车,目前电动汽车存在的主要问题是初始成本高和行驶里程不理想。为解决行驶里程的问题,现在正在开发一些先进的电池,如镍

氢电池、锌空气电池和锂离子电池。为了降低电动汽车的成本,人们现在正努力改善电动汽车的各个子系统,比如电动机、功率转换器、电子控制器、能量管理系统、充电器、电池,以及其他辅助设施,同时对电动汽车整车系统进行综合和优化。

电动汽车的关键技术包括汽车技术、电气技术、电子技术、信息技术和化学技术等。尽管电源技术至关重要,但车身设计、电力驱动、能源系统、能量管理系统、车载网络和系统优化也同样重要,事实上,所有这些领域技术上的整合才是电动汽车技术成功的关键。

1.3.1 车身设计

生产电动汽车有两种基本方法,一种是改装,另一种是专门设计制造。对于改装的电动汽车,燃油车中原来安装发动机以及相关组件的部位由电动机、功率转换器和电池所取代,由于可采用现有的燃油汽车底盘,对于小批量生产而言,这种方法较经济。但是,对于大部分改装车而言,均具有自重较大、重心位置较高以及质量分配不合理等缺点,因而这种方法逐渐被淘汰。目前,现代电动汽车大部分是为特定目的而设计的,这种特定设计的电动汽车与改装车相比有一定的优势,它允许工程师灵活地调整和整合各子系统,使之能有效地工作。

在设计电动汽车时,对影响整车整体性能(如续驶里程、爬坡能力、加速能力以及最高车速)的参数需要进一步改进,比如减轻整车的质量、降低风阻系数和减小滚动阻力等。汽车的质量直接影响整车性能,特别是续驶里程和爬坡能力,可采用铝合金和合成材料制作车身和底盘来减轻汽车的自重。车身风阻系数越低,汽车行驶时的空气阻力就越小,因而可以大大提高汽车在公路上行驶的续驶里程。采用流线型的车头和车尾,隐藏式和平坦的车身底部可减小空气阻力。当汽车以中低速行驶时,采用滚动阻力系数小的轮胎可以有效地减小汽车的滚动阻力,也有利于延长汽车在市区内行驶的续驶里程。

1.3.2 电力驱动

电力驱动子系统的主要任务是把电能转换为机械能,使汽车能克服空气阻力、滚动阻力和加速阻力而前进。另外,现代电动机的高转矩、低转速和恒功率、高转速的工作范围可以通过电子控制来获得,使得电动汽车的驱动系统设计更加灵活多样。例如,可采用单电动机或多电动机驱动,可选用或不用变速器,可选用或不用差速器,可选用轴式电动机或轮边电动机等。

电力驱动系统由电气系统、变速装置和车轮组成,其中变速装置是选用的。电力驱动系统的关键是电气系统,电气系统由电动机、功率变换器和电子控制器等组成。对电动机驱动系统的要求如下:

- (1) 恒功率输出和高功率密度;
- (2) 在汽车起步和爬坡时具有低速-高转矩的输出特性以及汽车巡航时的高速-低转矩特性;
- (3) 具有较大的转速范围,足以覆盖恒转矩区和恒功率区;
- (4) 快速的转矩响应特性;
- (5) 在转矩/转速特性的较宽范围内具有高的效率;

- (6) 再生制动时的能量回收效率高;
- (7) 坚固,能在不同的工作条件下可靠地工作;
- (8) 成本低。

为了满足这些特定的要求,扩大驱动电机高效率运行工作范围,人们正在寻求新的电动机设计技术和控制策略,同时,应用新开发的一些电子技术以改善系统的性能及降低成本。随着先进的电动机、功率电子、微电子技术以及控制策略的发展,现在越来越多的电机可用于电动汽车。由于直流电动机在低速时的转矩很高且容易控制,所以早期的电动汽车都采用直流电动机驱动系统,但直流电动机的换向器和电刷需定期维护。目前,随着技术的发展,许多先进的电动机驱动技术显示出优于直流电动机的性能,它们在高效率、高功率密度、有效的再生能量回馈、坚固性、可靠性和免维护性等方面具有明显的优势。在这些电动机中,矢量控制的感应电动机最受欢迎,技术也最成熟,但它的缺点是在小负荷范围内效率低。永磁无刷电动机比其他电动机的效率和功率密度都高,但它在高速恒功率工作区很难进行弱磁控制。永磁混合式无刷电动机是一种特殊的永磁无刷电动机,这种电动机加入了励磁绕组,永磁磁通分量和励磁磁通分量在气隙中叠加形成气隙磁通,气隙磁通可通过调节励磁电流来控制,因而这种电动机在宽转速范围内具有最佳效率。开关磁阻电动机应用在电动汽车上是很有前途的,因为它自身的结构和相应的功率转换器的结构都非常简单可靠,且它的转速范围宽、散热能力强,能在各种环境下工作并且再生制动的能量回收效率高,但必须解决转矩脉动和噪声问题。

1.3.3 能源系统

目前推广电动汽车的主要障碍是一次充电的续驶里程和初始价格,而电动汽车的能源系统是引起这些问题的主要原因。在目前以及不久的将来,能源系统是电动汽车实现市场化的关键。能源系统要求如下:

- (1) 高的比能量和能量密度;
- (2) 高的比功率和功率密度;
- (3) 快充和深放电的能力;
- (4) 寿命长;
- (5) 自放电率小、充电效率高;
- (6) 安全性好且成本低廉;
- (7) 免维修;
- (8) 对环境无危害,可回收性好。

目前还没有一种能源能完全满足上述要求,选用某一种蓄电池只能满足上述部分要求。相对而言,铅酸电池具有成本低廉和比功率高的优点,但它的寿命短且比能量低;而镍氢电池的比能量高但其价格也高;锂基电池,如锂离子电池和锂聚合物电池在现代电动汽车中的应用将会有很好的前景;超级电容器和超高速飞轮由于其高的比功率也将有希望用于电动汽车。总之,任何一种蓄电池都不可能同时满足对比能量、比功率和价格的要求。在不久的将来,燃料电池能从根本上解决电动汽车续驶里程短的问题,被公认为是目前电动汽车最重要的能源之一,若燃料电池能大大降低其初始成本,在下一代的路面交通工具中它将最有希望和现在的燃油汽车相媲美。