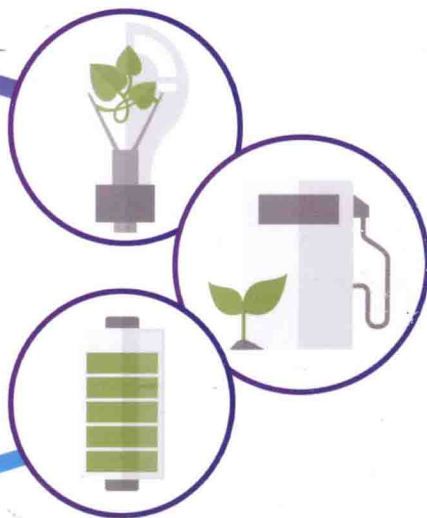




新能源汽车专业规划教材

电动汽车 结构原理与故障诊断

陈黎明 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

新能源汽车专业规划教材



电动汽车结构原理与故障诊断

陈黎明 主 编



机械工业出版社

本书前三章讲述电动汽车的共性技术,包括各种电机驱动系统、动力电池及管理系统、再生制动系统、采暖及空调系统、电源转换系统等及安全性问题。后五章讲述已经规模生产的各类电动汽车代表车型,如弱混合动力汽车(别克君越混合动力)、中混合动力汽车(本田思域混合动力)、强混合动力汽车(丰田普锐斯)、增程型混合动力汽车(通用 VOLT)以及纯电动汽车(奇瑞 M1EV)的结构原理及故障诊断。本书可作为高校电动汽车专业教材,也可供电动汽车行业的相关技术人员和售后服务人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电动汽车结构原理与故障诊断/陈黎明主编. —北京:机械工业出版社, 2015.3

新能源汽车专业规划教材

ISBN 978-7-111-49521-5

I. ①电… II. ①陈… III. ①电动汽车-结构-高等学校-教材②电动汽车-故障诊断-高等学校-教材 IV. ①U469.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 043009 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:赵海青 责任校对:丁 锋

责任印制:乔 宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2015 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·14.25 印张·346 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-49521-5

定价:38.00 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:010-88379833 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649 机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com



前言

从2009年开始,我国已经连续六年成为世界汽车产量最大的国家。随着汽车工业的高速发展,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(2011—2020)”促进新能源汽车发展。新能源汽车包括电动汽车和替代燃料汽车,而电动汽车是发展的重点。在国家政策大力支持下,电动汽车从无到有,已经成为汽车行业发展的重点和热点。许多高校开设了电动汽车专业或者相关课程,为电动汽车行业培养研发、生产和售后服务人才。

国内已出版多部电动汽车设计和维修的教材,主要有两种类型:一是重点从设计角度讲述电动汽车原理,二是以维修手册为基础讲述维修知识。本书把电动汽车的基本原理与具体车型相结合,在讲述电动汽车共性技术的基础上,通过系统介绍各类电动汽车的结构原理,进一步讲述了各种类型电动汽车的特点和维修诊断问题。作者结合讲授“电动汽车结构原理与故障诊断”课程和实验室建设经验,力求全面、系统地讲述国内外已经产业化的电动汽车技术。在章节安排上,先讲述基础和共性知识,再从简单到复杂,讲述各类典型车型,由浅入深,方便学习。由于本书重点是电动汽车的应用技术,车型选取主要根据该车型市场保有量和影响来确定,同时兼顾学校购置实验条件的投入。

本书分8章讲述前面3章讲述电动汽车的基础知识和共性技术,先讲述了汽车工业面临的挑战、电动汽车的优缺点以及开发的历史与现状,其次讲述电动汽车的各种电机驱动系统,及电动汽车对动力电池的要求。第三章讲述电动汽车用的相关技术,包括再生制动系统、采暖及空调系统、电源转换系统等,还讲述了电动汽车的特殊问题——安全性问题。第四章按技术难度和电动化的程度分别讲述弱混合动力汽车(别克君越混合动力)、中混合动力汽车(本田思域混合动力)、强混合动力汽车(丰田普锐斯)、增程型混合动力汽车(通用VOLT)以及纯电动汽车(奇瑞M1EV)的结构原理及故障诊断。

本书在每章前有学习目标,在章后面有习题,可作为高校电动汽车专业教材,也可供电动汽车行业的相关技术人员和售后服务人员参考。本书由陈黎明主编,参加编写的还有王小晋。

本书引用了大量的网上资料和其他同类著作的部分资料,在此衷心地向作者表示感谢!

电动汽车技术正处于快速发展的过程中,因此有一些内容未在书中反映。本书已进行了多次修改与审阅,但因作者水平所限,疏漏与错谬在所难免,敬请各位读者指正(电子邮箱为limingc@tom.com)。



目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 汽车面临的挑战与对策	1
第二节 纯电动汽车的历史与现状	3
第三节 混合动力电动汽车的历史与现状	5
第四节 燃料电池电动汽车的历史与现状	7
第五节 我国电动汽车的发展现状	7
第六节 目前典型电动汽车介绍	8
习题	11
第二章 电动汽车的主要部件及工作原理	13
第一节 驱动电机及控制器	13
第二节 动力电池及管理系统	37
习题	40
第三章 电动汽车相关技术	42
第一节 再生制动	42
第二节 采暖及空调系统	50
第三节 电动汽车的电源转换装置	53
第四节 安全性	55
习题	61
第四章 别克君越混合动力汽车的原理与故障诊断	63
第一节 eAssist 系统组成及运行模式	63
第二节 混合动力控制系统故障诊断	70
第三节 混合动力能量存储系统故障诊断	73
第四节 混合动力冷却系统故障诊断	77
习题	78

第五章 本田思域混合动力汽车的原理与故障诊断	80
第一节 IMA 系统组成及运行模式	80
第二节 IMA 混合动力电动部分故障诊断	86
第三节 IMA 混合动力发动机故障诊断	94
第四节 IMA 混合动力制动系统故障诊断	98
习题	106
第六章 丰田普锐斯混合动力汽车的原理与故障诊断	108
第一节 混合动力系统组成及运行模式	108
第二节 混合动力系统变速驱动桥故障诊断	143
第三节 混合动力系统发动机故障诊断	147
第四节 混合动力系统制动系统故障诊断	149
第五节 混合动力系统起动系统	158
习题	167
第七章 通用 VOLT 增程型混合动力汽车的原理与故障诊断	169
第一节 VOLT 混合动力系统组成及运行模式	169
第二节 VOLT 4ET450 电力传动系统故障诊断	179
第三节 VOLT 高压电池存储系统故障诊断	182
习题	186
第八章 纯电动汽车的结构、原理与故障诊断	188



第一节	纯电动汽车的结构及分类	188	故障诊断	213
第二节	纯电动汽车的性能指标	191	习题	217
第三节	纯电动汽车驱动系统设计	197	参考文献	219
第四节	纯电动汽车蓄电池管理系统 ...	203		
第五节	奇瑞 M1EV 系统组成原理及			

学习目标

通过对本章的学习,了解传统汽车面临的挑战及对策,认识电动汽车发展的历史、现状及特点;熟悉批量生产的典型电动汽车,掌握电动汽车的分类方法、种类及特点。

第一节 汽车面临的挑战与对策

一、汽车工业的发展

自 1886 年第一辆汽车诞生以来,汽车工业的蓬勃发展极大地改变了人们的生活方式,提高了人们的生活质量。汽车已成为当今人类社会不可或缺交通工具。汽车工业的发展还给人们造就了大量的就业机会,促进了经济的发展。汽车技术的进步也极大地促进了机械、电子、化工等相关科学技术的进步。可以说,汽车的出现改变了整个世界的面貌。

2007 年,全世界汽车保有量约 9.2 亿辆,预计到 2015 年全球汽车保有量将达到 11.2 亿辆。按全球人口计算,每不到 7 人中就拥有 1 辆汽车。因此,汽车工业已成为国民经济的支柱产业,成为衡量一个国家工业化水平的重要标志。我国汽车工业从 1952 年开始起步,经过几十年的艰苦奋斗,到现在已有了长足发展,到目前已进入一个快速发展的时期。图 1-1 所示为 2000—2012 年我国汽车年销量。2012 年,我国汽车产销量 1931 万辆,连续 4 年成为

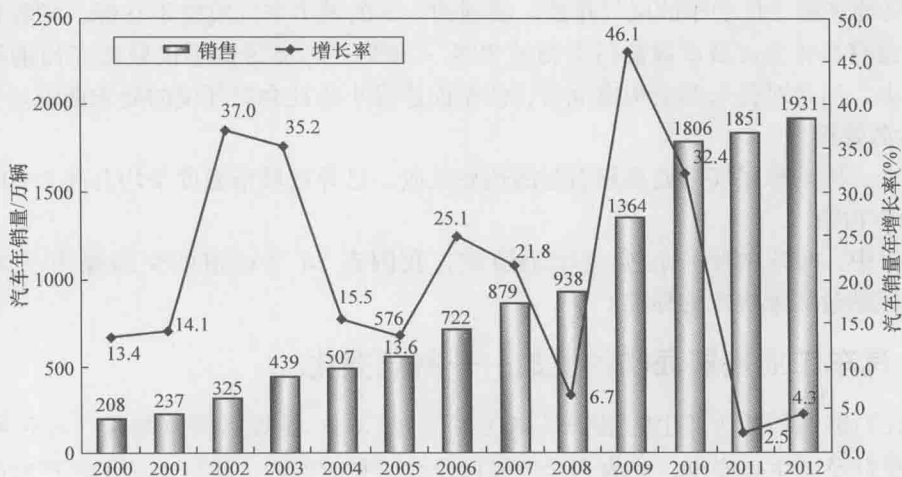


图 1-1 2000—2012 年我国汽车年销量



世界汽车产销第一大国。我国汽车保有量在 2009 年达到 7019 万辆，与 2008 年相比增长 17.81%。预计到 2015 年，我国汽车保有量将超过 1 亿辆，2020 年会达到 2 亿辆左右。

二、汽车工业发展面临的挑战——能源

能源是国家的重要战略资源，在国民经济和社会发展中发挥着十分重要的促进与保障作用。能源问题已成为一个全球性的战略问题，关系到全球经济安全和军事安全。

从全球能源结构来看，石油在所有种类的能源中占主导地位，而目前全球石化能源面临供应短缺的危机。国际能源署（IEA）的统计数据表明，2001 年全球 57% 的石油消费在交通领域（其中美国达到 67%），预计到 2020 年交通用油占全球石油总消耗的 62% 以上。BP 公司（英国石油公司）预测按照目前的开采速度，可支配的石化能源仅可供开采 41 年。美国能源部预测，2020 年以后，全球石油需求与常规石油供给之间将出现净缺口，2050 年的供需缺口几乎相当于 2000 年世界石油总产量的 2 倍。

随着我国经济的飞速发展，能源需求量持续增大，目前我国已经成为世界第二大能源消费国，能源消费总量约占世界能源消费总量的 11%，同时石油在能源消费中的比重不断增大。2009 年，我国石油消耗量达 3.93 亿 t，成为世界第二大石油消费国；同年国内原油产量为 1.89 亿 t，石油进口量 2.04 亿 t，对外依存度达到 52%。按目前发展趋势，我国 2020 年车用燃油消费量将超过 3 亿 t，石油对外依存度超过 70%。我国近 60% 的石油消耗在交通领域，大约 1/3 的石油消耗在汽车领域。由于国际油价持续走高，而汽车保有量却井喷式增长，石油供需矛盾已严重危及国民经济的安全稳定，实现我国交通能源转型势在必行。

三、汽车工业发展面临的挑战——环境

1. 空气质量

在汽车保有量持续快速增长的情况下，汽车排放污染对我国大气质量，特别是大城市大气质量形成了严重威胁。我国城市的空气污染已由“烟囱”型转变为“尾气”型，汽车有害排放已经成为大中城市空气污染的重要来源。我国大城市 60% 的 CO、50% 的 NO_x、30% 的 CH 污染均来源于机动车的尾气排放。我国约 2/3 的城市空气质量不达标，颗粒污染物超标严重，而汽车排放占城市颗粒污染物的 20% ~ 30%。环境污染不仅导致高昂的经济成本和环境成本，而且对公众健康构成危害，使全面建设小康社会对环境的要求面临巨大挑战。

2. 热岛效应

近年来，机动车尾气排放集聚引起的热岛效应，已导致城市温度平均升高 2 ~ 4℃。

3. 噪声污染

在城市中，80% 的噪声污染由车辆造成，我国有 56 个城市的交通噪声平均值达到 74dB，远远超过国家规定的标准。

四、汽车工业发展面临的挑战——气候变化

世界化石能源消耗所产生的温室气体（主要为 CO₂）排放量持续增长，导致的全球气候变化严重危及了生态安全，成为当今世界以及今后长时期内人类所面临的最严峻的环境与发展挑战。2007 年，联合国气候变化专门委员会发布的气候变化评估报告预计，到 21 世纪末，全球平均气温可能陡升 6.4℃。旨在遏制全球变暖的《京都议定书》于 2005 年生效，



它要求签字的发达国家到 2012 年必须使 CO_2 等温室气体排放比 1990 年减少 5.2%。虽然《京都议定书》没有为发展中国家设定温室气体减排的约束性义务,但是我国政府于 2009 年 11 月 26 日向世界宣布,到 2020 年,中国单位国内生产总值 CO_2 排放比 2005 年下降 40%~45%,并提出了相应的政策措施和行动,我国 CO_2 减排的国际压力非常巨大。公路交通领域由于消耗了大量的石化能源,因此 CO_2 排放量逐年增加。我国 2007 年发布的《中国应对气候变化国家方案》把交通领域列为应对气候变化的重点领域。 CO_2 排放问题无疑成为我国汽车工业发展所面临的又一巨大挑战。

五、我国汽车工业发展因三大挑战而面临困难

面对日益严峻的能源、环境与气候变化三大挑战,大力发展新能源汽车,实现交通能源转型,成为实现汽车行业可持续发展的重要途径。新能源汽车技术经历了百花齐放的探索期后,主流技术已逐步清晰,实现汽车动力电气化,发展电动汽车是其总体趋势和战略重点,这在国际上已形成共识。

相对于世界汽车工业来说,我国汽车工业还十分年轻,大规模发展轿车工业才不过 20 年的时间,汽车技术,尤其是动力系统技术水平与世界先进水平差距巨大。而我国在电动汽车领域的技术差距较小,巨大挑战在给我国汽车工业发展带来困难的同时,也提供了缩小与发达国家差距的千载难逢的机遇。

六、电动汽车的分类

电动汽车是指全部或部分采用电能驱动电动机作为动力系统的汽车。

普通燃油汽车的发动机是通过活塞运动把燃油在气缸里燃烧时产生的能量转变为旋转运动的,其旋转速度是由改变变速器的齿轮组合和控制燃油燃烧的次数来调节的,因而具有振动大、噪声大以及排放污染物较多等问题。电动汽车的动力源是电能,电动机的旋转能直接传递给驱动部分,因而几乎没有噪声和振动,而且运行时无需预热。

按照目前技术状态和车辆驱动原理的不同,一般将电动汽车划分为纯电动汽车(Electric Vehicle, EV)、混合动力电动汽车(Hybrid Electric Vehicle, HEV)和燃料电池电动汽车(Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV)三种类型。

第二节 纯电动汽车的历史与现状

一、纯电动汽车历史

1834 年,苏格兰人德文博特(T. Davenport)制造了一辆电动三轮车,它由一组不可充电的简单玻璃封装的干电池驱动,只能行驶一小段距离。1859 年,法国人普兰特(G. Plante)发明了世界上第一只可充电的蓄电池,为后来纯电动汽车的发展奠定了基础。1881 年,法国工程师特鲁夫(G. Trouve)第一次将直流电动机和可充电的铅酸电池用于私人车辆,并在同年巴黎举办的国际电器展览会上展出了一辆能实际操作使用的电动三轮车。1885 年,在德文博特的电动车问世半个世纪后,德国人卡尔·奔驰(K. Benz)发明了汽油机驱动的汽车,并于 1886 年 1 月 26 日获得专利,成为人类历史上的伟大创举。但是,由于



当时纯电动汽车比燃油汽车结构简单,且只需配有电动机和电池,制造起来比较容易,而燃油汽车性能比较差,发动机起动也很困难,在初期阶段,纯电动汽车得到了发展。

19 世纪末,许多美国、英国和法国的公司都开始生产纯电动汽车。最早的纯电动汽车制造厂是由 Morria 和 Salam 拥有的电动客车和货车公司,图 1-2 所示的是由马车改装而成的纯电动汽车。另一个比较早的纯电动汽车生产商是 Pope 制造公司,到 1898 年底,Pope 生产了大约 500 辆 Calumbria 型纯电动汽车。1896—1920 年期间,Riker 纯电动汽车公司生产了多种不同类型的纯电动汽车,其中 1897 年生产的 Victoria 是一种设计较好的车型。除了美国纯电动汽车制造厂外,英国的伦敦电动出租汽车公司在 1897 年生产了 15 辆电动出租车,如图 1-3 所示。法国的 BGS 公司在 1899—1906 年也生产了几种不同类型的商用型纯电动汽车,包括小汽车、货车、客车和豪华轿车。1899 年,比利时人 Camille Jenatzy 驾驶的电力驱动汽车 Jamais Contente 首次实现了每小时百公里以上的车速。



图 1-2 Morria 和 Salom 公司生产的纯电动汽车

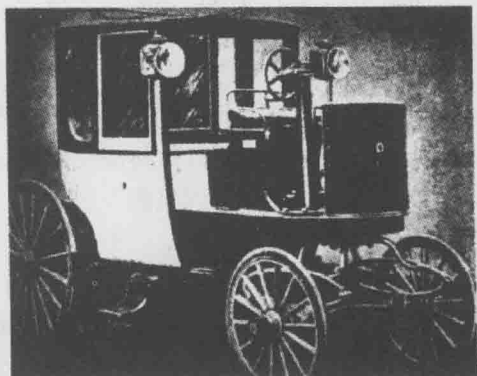


图 1-3 1897 年英国伦敦的电动出租车

1895 ~ 1915 年是早期纯电动汽车的黄金时代。1900 年,在美国销售的 4200 辆汽车中有 38% 是纯电动汽车,22% 是燃油汽车,40% 是蒸汽机汽车。在当时,纯电动汽车是金融巨头的代步工具及财富的象征。

进入 20 世纪以后,由于大量发现油田,石油开采提炼和内燃机技术迅速进步,而纯电动汽车则由于电池技术进步缓慢,在性能、价格等方面都难以与燃油车竞争而逐步被燃油汽车所取代。1911 年,Kettering 发明了汽车发动机起动机,使得燃油汽车更具吸引力,从此打破了纯电动汽车在市场的主导地位。而福特汽车公司的出现彻底结束了纯电动汽车的生命,到 19 世纪 30 年代,纯电动汽车几乎消失了。

直到 20 世纪七八十年代,石油危机和空气污染等原因才促使人们重燃对纯电动汽车的兴趣。

二、纯电动汽车的现状

20 世纪 70 年代初期,美国、英国、法国、德国、意大利和日本开始发展纯电动汽车。20 世纪 70 年代后期,世界上许多国家和地区的公司都开始研制纯电动汽车。但是石油价格在 20 世纪 70 年代末开始下跌,在纯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变得不再严重,因而纯电动汽车的商业化失去了动力,纯电动汽车的发展显著变慢,又开始走入低谷。



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, 纯电动汽车的发展再次获得生机。20 世纪 90 年代初, 一些国家和城市开始实行更严格的排放法规, 1990 年, 美国加利福尼亚州大气资源管理局 (CARS) 颁布了一项法规, 规定 1998 年在加利福尼亚州出售的汽车中, 2% 必须是零排放车辆 (ZEVs), 到 2003 年零排放车辆应达到 10%。受加利福尼亚州法规的影响, 美国其他州以及世界上其他国家开始制定类似的法规, 纯电动汽车被认为是符合零排放标准的唯一可用的技术, 所以纯电动汽车迅速发展起来。

汽车制造商在不断推动纯电动汽车技术发展的同时, 开始将纯电动汽车商业化。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纯电动汽车或者涉及纯电动汽车领域。美国的通用、福特、克莱斯勒、美国纯电动汽车公司以及 Solectria 为了响应加州的法规, 在纯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、日产、本田、马自达、大发、三菱、铃木和五十铃等汽车公司等都制定了自己的商业化纯电动汽车的发展计划; 欧洲的许多国家, 尤其是法国、德国、意大利和英国都启动了纯电动汽车发展计划, 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、欧宝和菲亚特等。除了汽车生产商以外, 还有一些电力公司和电池生产商在纯电动汽车的示范中也起着积极的作用, 其目的都是促进以充电电池为动力的纯电动汽车的商业化, 并最终获得商业利益。通常他们和汽车生产商合作来发展纯电动汽车, 或者选购纯电动汽车用于电池评估和演示。虽然在这一阶段, 纯电动汽车得到了各大企业的重视, 但是由于电力电子学尚未建立, 既没有完善的科学理论做指导, 更缺乏高科技含量的电力电子装置可供采用, 特别是, 当时几乎只有铅酸蓄电池可供使用, 而铅酸蓄电池体积大、质量重、能量密度小、功率密度低、充电时间长以及每次充足电后续驶里程较短, 再加上电力传动系统的制造成本过高等因素困扰, 阻碍了纯电动汽车的大规模发展。

2000 年来, 随着各国对纯电动汽车技术研发投入的不断加大, 车用动力电池、电机及其控制系统等瓶颈技术取得了重大进展, 电力电子、控制和信息技术的广泛应用促使纯电动汽车技术深入发展、日臻完美, 产品的可靠性、寿命得到明显提升, 成本得到有效控制, 纯电动汽车技术在世界范围内得到快速发展, 一批装备了先进动力电池的纯电动汽车已经进入或即将进入消费市场。

第三节 混合动力电动汽车的历史与现状

早在 20 世纪初, 混合动力电动汽车就已经出现在汽车市场上。1916 年, 美国芝加哥的伍德 (Woods) 汽车公司推出了一辆并联混合动力电动汽车, 除了用电动机驱动外, 还装有一台 12 马力 4 缸汽油机 ($1 \text{ 马力} = 0.735 \text{ kW}$), 用于高速行驶及对电池充电。在纯电动模式下, 最高车速为 32 km/h , 两种驱动系统都工作时, 最高车速可达 58 km/h 。1899 年, 在巴黎美术展览馆展出了两款混合动力电动汽车, 一款是比利时 Pieper 研究院开发的并联式混合动力电动汽车, 装有一台由电动机和铅酸蓄电池组辅助的小型空冷汽油发动机; 另一款是法国 Vendovelli 与 Priestly 公司制造的串联式混合动力电动汽车, 与 1.1 kW 发电机相组合的一台 0.75 马力的汽油发动机安装在拖车上, 以通过对电池组的再充电延长其续驶里程。1899 ~ 1914 年期间, 出现了兼有并联和串联模式的其他形式的混合动力电动汽车。

早期的混合动力电动汽车是为了辅助那时功率偏小的内燃机汽车, 或是为了增加电动汽



车的续驶里程。与纯电动汽车的命运相似，第一次世界大战后，混合动力电动汽车从市场上逐渐消失了。

20 世纪 70 年代的石油危机并没有促使混合动力电动汽车成功进入市场，那时人们的焦点还在纯电动汽车上。到了 90 年代，当人们认识到纯电动汽车还难以达到实用化程度后，又对混合动力电动汽车产生了浓厚的兴趣。世界各主要汽车厂商都投入巨资来开发混合动力电动汽车，并取得不少成果。在混合动力电动汽车商品化的过程中，丰田的普锐斯和本田的 Insight 是最具有历史意义的两款车型。丰田第一代普锐斯（图 1-4）于 1997 年上市，本田第一代 Insight（图 1-5）于 1999 年上市。



图 1-4 丰田第一代混合动力电动汽车普锐斯



图 1-5 本田第一代混合动力电动汽车 Insight

2000 年以后，混合动力汽车市场增长加快，产品系列从日本丰田一枝独秀向多元化发展，多车型投入商业化应用，通用、戴克、大众、雪铁龙、雷诺、宝马、日产、现代和三菱等世界大型汽车公司纷纷推出具有各自特色的混合动力汽车。

目前，混合动力电动汽车技术发展表现如下。

1) 轿车混合动力系统的模块化愈加明显，逐步推进汽车动力的电气化。从具备自动起停、怠速关机功能的“轻混合”，以并联式混合动力发动机为主体的“中混合”和以混联式为特征的“深混合”，随着电功率比例的逐步提高，混合程度不断提高，最终过渡到可充电式的“全混合”方式。

2) 城市客车混合动力系统出现平台化趋势。发电机组 + 驱动电机 + 储能装置构成了混合动力系统的基本技术平台。通过换用不同的发电机组（API），结合用汽油、柴油内燃机到气体燃料发动机各种不同的能源动力转化装置，形成油 - 电、气 - 电、电 - 电各种不同混合动力系统，促进动力系统的平稳过渡与转型。

3) 插电式混合动力技术越来越引起人们的关注。通用汽车公司生产的插电式混合动力汽车 Volt 配备新一代驱动系统，混合形式为串联型。采用通过两个额定功率为 40kW 轮边电机驱动前轮的驱动方式，配合 1.0L 3 缸涡轮增压汽油发动机，以及最大输出功率为 53kW 的电机。该车采用锂离子充电电池，其容量在 16kW · h 以上。该锂离子充电电池可以利用家用电源充电，充电一次可使电动汽车行驶约 40mile（1mile = 1.609km）。此外，双模式混合动力和液压混合动力等技术也都取得了较大进展，相继有样车问世。



第四节 燃料电池电动汽车的历史与现状

1968年,通用汽车公司生产出了世界第一辆可使用的燃料电池电动汽车。该燃料电池汽车以厢式货车为基础制造,装载了最大功率为150kW的燃料电池组,燃料为低温冷藏的液氢,汽车的续驶里程为200km。但由于该车结构复杂,自身部件几乎占去所有车内空间,加上当时人们环境意识的淡薄且能源供需矛盾并不突出,因此后续的开发工作停止了。到了20世纪90年代,作为解决环境污染和能源供需问题的重要途径之一的燃料电池电动汽车技术受到了空前重视,主要汽车厂商都投入了大量的人力和物力研发燃料电池电动汽车。1993年,加拿大巴拉德(Balard)公司研制出世界第一辆燃料电池公共汽车。

戴姆勒汽车公司是世界上最大的燃料电池电动汽车厂商之一,从1994年开始,戴姆勒公司相继推出了necar 1(New Electric Car 1)、necar 2、necar 3、necar 4和necar 5燃料电池电动汽车。2003年,戴姆勒启动了世界上范围最广的燃料电池汽车系列试验,范围涉及燃料电池轿车、客货车以及公共汽车。目前,已经有100多辆燃料电池汽车投入日常运营,从而为戴姆勒的工程师们提供了包括整车和部件优化、基础设施建设以及提高氢燃料电池技术市场认可度等方面的宝贵资料。

作为汽车动力系统转型的前瞻技术,国外企业界纷纷组成强大的跨国联盟,以期达到优势互补的目的,如日本丰田与美国通用公司、日本东芝公司与美国国际燃料电池公司、雷诺汽车公司与意大利De Nora公司分别组成联盟开发燃料电池电动汽车。目前几乎所有的国外大企业集团全部介入,投入资金总额将近130亿美元,并正在进行各种示范验证。目前全球投入商业化示范运行的燃料电池汽车超过100辆。

目前,燃料电池汽车样车开发和示范运行都已证明其技术的可行性,但要达到实用化还面临很多的挑战,主要如下:

1) 燃料电池的寿命需要进一步提高。目前燃料电池的使用寿命只有2000~3000h,而实用化的目标寿命应大于5000h,因此减缓和消除工况循环下材料与性能的衰减、增加对燃料与空气中杂质的耐受力、提高0℃以下储存和起动能力等成为研究热点。

2) 燃料电池的成本要大幅度降低。2005年,美国能源部依据现有材料与工艺水平,预测在批量生产条件下燃料电池系统的成本为108美元/kW,到2010年达到的目标成本是35美元/kW,为此需要研究满足寿命与性能要求的廉价替代材料与改进关键部件的制备工艺,并逐步建立批量生产线。

3) 解决氢源和基础设施问题。结合本地资源情况,选择合适的制氢途径,进行加氢站的建设和示范。同时开展车载储氢材料和储氢方法研究,提高整车续驶里程。

第五节 我国电动汽车的发展现状

“八五”期间,国家计委和国家科委将电动汽车项目正式列入国家研究和攻关计划。“九五”期间,国家科技部把电动汽车列入国家重大产业工程项目,完成了纯电动轿车先导车的研制和全新纯电动轿车概念车的开发,建成了我国唯一的国家电动汽车运行试验示范区。另外,还研制了我国首辆纯电动大客车YW6120DD和我国首辆具有完全自主知识产权



的纯电动公交车 BJD6100EV, 完成了为期 3 年的载客示范试验。

“十五”期间, 我国以开发电动汽车整车技术和关键零部件技术为重点, 采取整车牵头、零部件配合、产学研相结合的模式, 推动了电动汽车技术的研发。

“十一五”期间, 国家继续坚持以电动汽车市场为产品开发的导向, 以整车产品为载体, 以电动汽车动力系统技术平台为核心, 促进企业产品的开发和创新; 以关键零部件工程化、系列化促进产业链的建设; 以共性基础技术促进平台、总成和零部件的深入研究; 以公共服务平台、基础设施和政策法规建设促进市场应用和推广。

通过十几年的努力, 尤其是“十五”以来的重点攻关, 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电池方面克服了成组使用时充放电性能、安全性能和快速更换等技术难题, 技术逐步成熟。

我国混合动力汽车已初步具备产业化生产能力, 已进入小批量商业示范应用。在轿车领域选择了从“轻混合”和“中混合”的大规模产业化开始, 逐步过渡到“全混合”和“可充电混合”的发展战略; 在客车领域以“发电机组 + 驱动电机 + 储能装置”为基本平台, 通过换用不同的辅助动力总成 (APU) 形成“油 - 电”“气 - 电”“电 - 电”多能源一体化混合动力汽车通用技术。一汽、东风、奇瑞、长安、上汽、比亚迪和中通客车等企业都已有产品投入示范运行。

我国燃料电池电动汽车采用了与国际同领域权威单位不同的技术路线, 开发出了独具特色的能量混合型和功率混合型两种燃料电池混合动力系统, 具有电 - 电混合、平台结构、模块集成的技术特征, 燃料经济性高于国外同类样车, 特别是纯燃料电池驱动模式样车, 轿车和客车两种车型节氢效果均十分显著, 现已成为国际上主流系统构型。

在电动汽车产品开发的同时, 其示范应用同步进行。在各地政府的大力支持下, 科技部在全国建立了电动汽车商业化示范城市, 在北京、天津、杭州、株洲、威海和深圳等城市开展了不同车型、不同示范运营主体、不同运营管理方式和不同线路的小规模示范: 一是在示范运行过程中检验了产品的可靠性, 使得产品技术得到持续改进; 二是通过区域和线路的商业化运行示范, 探索了符合市场规律的商业运行模式, 积累了丰富的运营管理经验; 三是建立多元化、互动型的电动汽车示范运营技术服务体系, 在运营过程中采集数据, 为示范运营车辆的考核、评估和改进提供科学依据; 四是在运营中逐步建立电动汽车商业化运行的政策支撑体系, 研究政策效益, 促进形成推广应用电动汽车的市场氛围。此外, 通过示范运营进行科普教育, 使广大民众了解、认识和尝试了电动汽车新技术, 为人们进一步接受电动汽车打下一定的基础。

2008 年 12 月, 科技部启动了新能源汽车的“十城千辆”大规模示范运行, 连续 3 年在 10 个以上有条件的大中城市开展千辆级以电动汽车为主的新能源汽车的大规模示范运行, 目前各项目已在各城市逐步展开。

第六节 目前典型电动汽车介绍

一、日产纯电动汽车 Leaf

2009 年 9 月, 日产发布纯电动汽车 Leaf, 如图 1-6 所示。并宣布在 2010 年底在日本、



美国及欧洲上市, 2011 年进入中国市场销售。它采用以现款日产骐达车型为基础开发的新一代电动汽车平台, 具有电动汽车特殊设计的底盘布局 (图 1-7), 采用锂离子电池驱动电动机, 续驶里程超过 160km, 可以满足一般的驾车需求。

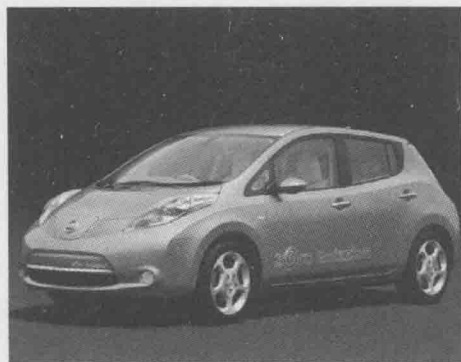


图 1-6 日产 Leaf

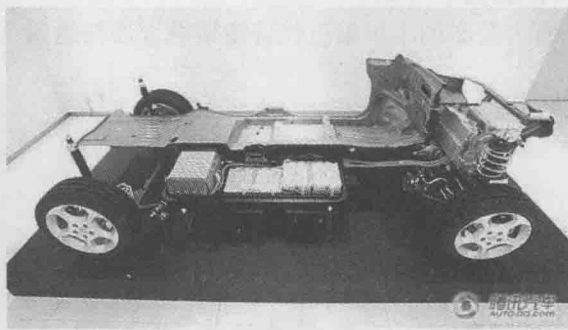


图 1-7 Leaf 专用底盘

日产 Leaf 电动汽车的一大突破便是锂电池的应用。Leaf 电动汽车采用薄型锂电池模块, 由日产与 NEC 合资的 AESC 汽车能源公司提供。在完全充满电的情况下, 日产 Leaf 电动汽车最长续驶里程可以达到 160km, 这一续驶能力已经可以满足 70% 消费者每日的驾驶所需。另外, 日产 Leaf 电动汽车搭载输出功率为 80kW, 最大转矩 280N·m 的电机, 最高车速为 140km/h。日产声称 Leaf 电动汽车的加速性能可以与英菲尼迪 G35 媲美, 当然电机低速高转矩的动力输出特性造就了电动汽车潜力相当强大的加速性能。

为了提升电动汽车的实用性, 日产 Leaf 电动汽车提供两种充电插槽和两种充电方式: 其中快速充电插槽可在 30min 内充电 80%; 利用一般家庭 220V 电源进行充电, 则需时约 8h 完成充电。

二、丰田混合动力汽车普锐斯

自 1997 年第一代普锐斯问世以来, 截止到 2012 年底, 丰田混合动力汽车普锐斯已经在 40 个国家售出超过 300 万辆, 是世界上最早量产的混合动力车型, 至今仍是全球销量最高的混合动力车型。

为了减少车辆的动力消耗, 第三代普锐斯 (图 1-8) 的近光灯采用 LED 车灯设计, 尾部制动灯也采用 LED 车灯设计。此外, 排气系统配备高温废气循环系统, 从而减少热量的浪费, 用来在发动机冷启动的时候加热发动机冷却液, 同时它还可以对车内空间进行加热。全新电动水泵以及升级的空调系统等也都有助于提高燃油经济性。

第三代丰田普锐斯对混合动力系统进行了改进 (图 1-9), 搭载 1.8L 4 缸

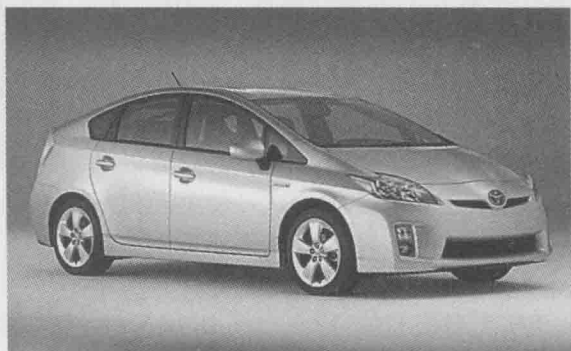


图 1-8 丰田第三代普锐斯



发动机，取代老款的 1.5L 发动机。最大功率为 98 马力，比老款提高 22 马力，转矩则达到 $142\text{N} \cdot \text{m}$ ，比老款增加了 $31\text{N} \cdot \text{m}$ 。加上电机动力，整车最大功率为 134 马力，低速转矩进一步提升。这也意味着低速时能获得更好的燃油经济性，0—100km/h 加速减少 1s，达到 9.8s。

官方公布的丰田第三代普锐斯综合油耗达到 4.9L/100km，高速路况为 5.2L/100km。

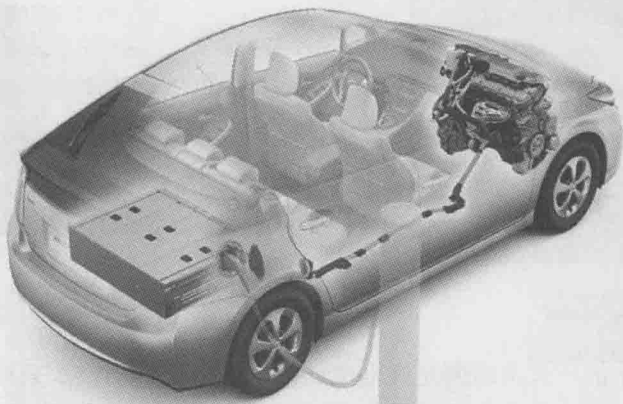


图 1-9 丰田第三代普锐斯混合动力系统位置

三、通用插电式混合动力电动汽车 VOLT

2008 年 9 月 16 日，美国通用汽车公司在其全球百年庆典上发布首款准量产版的插电式混合动力电动汽车 VOLT（图 1-10），并宣布于 2010 年在美国上市。

通用 VOLT 采用一台额定功率为 45kW（峰值输出功率为 120kW）电机驱动前轮的驱动方式，配合 1.0L 三缸涡轮增压发动机，以及最大输出功率为 53kW 的发电机。发动机和发电机安装在车前部的发动机舱中。锂离子充电电池则配备在车辆的中央通道位置。通用 VOLT 的车载电池采用美国 A123 公司的锂离子充电电池，其容量为 $16\text{kW} \cdot \text{h}$ ，是丰田汽车销售的现有混合动力汽车普锐斯装备电池容量的 12 倍。这套锂离子电池可以利用家用电源充电，充电一次可使电动汽车行驶约 64km。单从电池容量来看，它已经可以和不少纯电动汽车相媲美。



图 1-10 通用 VOLT

VOLT 利用 110V 插座充电 6h 就可以充满。VOLT 的运行方式有两种，纯电池电力驱动和增程型电力驱动。在电池电力驱动下，VOLT 依靠储存在锂电池中的电力来驱动车辆行驶，可以实现零油耗、零排放，而当电池电量消耗至最低界限值时，VOLT 将自动转为增程



型电力驱动行驶模式。在这种模式下,车载的汽油或 E85 乙醇燃料发电机开始工作发电,为 VOLT 继续提供电能、从而实现数百公里的续驶里程。当车辆在急加速或爬坡的行驶条件下需要额外动力时,车载电池与发电机一起工作,确保车辆的正常行驶。VOLT 底盘结构如图1-11所示。

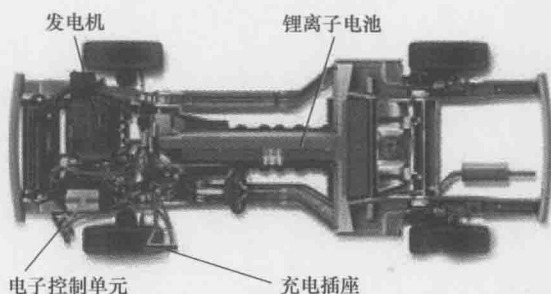


图 1-11 VOLT 底盘结构

习 题

一、选择题

1. 哪种混合动力系统只用电机就能推进汽车行驶? ()
 - A. BAS
 - B. 强(全)混合动力
 - C. 中度混合动力
 - D. 轻度混合动力
2. 哪种混合动力汽车的设计费用最少? ()
 - A. 强混合动力汽车
 - B. 串联式混合动力汽车
 - C. 中混合动力汽车
 - D. 弱混合动力汽车
3. 哪种混合动力汽车有怠速停止操作? ()
 - A. 仅强混合动力一种
 - B. 强、轻度和中度混合动力
 - C. 仅轻度混合动力一种
 - D. 仅中度混合动力一种
4. 技术中 A 说,晚上,多数混合动力汽车需要插入电源来供电,帮助推进汽车行驶。技术员 B 说,汽车停止时,在大多数情况下,HEV 中的内燃机也停止运行。哪个技术员说得对? ()
 - A. 技术员 A
 - B. 技术员 B
 - C. 技术员 A 和 B
 - D. 技术员 A 和 B 都说错了
5. 技术员 A 说大多数混合动力汽车使用串联式设计。技术员 B 说,有些混合动力汽车有 42V 电池。哪个技术员说得对? ()
 - A. 技术中 A
 - B. 技术员 B
 - C. 技术员 A 和 B
 - D. 技术员 A 和 B 都说错了