



节 ■ 能 ■ 减 ■ 排 ■ 技 ■ 术 ■ 丛 ■ 书

新 能 源 汽 车 研 究 与 开 发 系 列

电动汽车 技术基础

DIANDONG QICHE JISHU JICHU

王文伟 毕荣华 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



节能减排技术丛书

新能源汽车研究与开发系列

电动汽车技术基础

王文伟 毕荣华 编著



机械工业出版社

为了有效达到节能和环保的目的,世界车辆技术的发展正向着燃料脱碳化、能源多元化、动力电动化的方向积极推进。本书详细介绍了电动汽车的发展历史和现阶段的研发技术,并对电动汽车的理论基础、能源系统、电机驱动系统、混合动力驱动系统、电气系统、电动化部件、基础设施,以及技术发展前景等进行了完善的分析。

本书语言简练朴实,对普及电动汽车的基础知识具有极大的帮助,也可作为相关研究人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电动汽车技术基础/王文伟,毕荣华编著. —北京:
机械工业出版社, 2010

(节能减排技术丛书. 新能源汽车研究与开发系列)

ISBN 978-7-111-32006-7

I. ①电… II. ①王…②毕… III. ①电传动汽车
IV. ①U469.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第186922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:何士娟 责任编辑:张亚秋

责任校对:陈延翔 封面设计:马精明

责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2010年11月第1版第1次印刷

169mm×239mm·12.5印张·240千字

0001—5000册

标准书号:ISBN 978-7-111-32006-7

定价:25.00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

社服务中心:(010)88361066

销售一部:(010)68326294

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前言

世界上第一辆电动汽车诞生于 1881 年，比燃油汽车还要早 5 年，但是当时电动汽车的续驶里程太短，充电时间太长，同时内燃机技术趋于完善，一次加油能持续行驶 400 ~ 500km，燃油价格便宜，因此电动汽车逐渐被燃油汽车淘汰了。汽车的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，同时汽车工业的发展给人们造就了大量的就业机会，带来了财富，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。

然而汽车的发展在给人类带来巨大利益的同时也在面对能源、环境与气候问题的挑战。汽车技术在促进科技进步的同时，科技的进步也在极大地促进汽车技术的进步。现有的汽车技术已经使内燃机汽车在节能与排放方面取得了重大的进展，但是世界汽车的保有量在急剧地增加，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，因此燃油汽车每年消耗的能源和排放的污染物的数量也在逐年递增。面对日益严峻的能源、环境和气候问题，世界各国的政府、学术界和工业界都将目光投向了环保与节能的电动汽车，并且都在加大对电动汽车开发的投入力度，加速电动汽车的商品化步伐。

能源、环境与气候问题在我国表现得尤为突出。2009 年，我国汽车产销量分别为 1379.1 万辆和 1364.5 万辆，首次成为世界汽车产销第一大国。我国汽车保有量在 2009 年达到 7619 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。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% 的石油消费在交通领域，大约 1/3 的石油消费在汽车领域。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。我国政府于 2009 年 11 月 26 日向世界宣布了到 2020 年中国单位国内生产总值 CO₂ 排放比 2005 年下降 40%~45% 的目标，并提出了相应的政策措施和行动，我国 CO₂ 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化石能源，因此 CO₂ 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。CO₂ 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。

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，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，三大挑战在给我国汽车工业发展带来困难的同时，也给我国汽车工业提供了缩小与世界发达国家水平距离的千载难逢的机遇。因此，大力培育与发展电动汽车产业是我国汽车工业可持续发展的战略选择。

在电动汽车产业的发展过程中，电动汽车技术的普及与推广也非常重要，为此，我们编写了本书，希望能够对我国电动汽车产业的发展尽微薄之力。本书用通俗的语言，全面介绍了电动汽车的发展历史、关键技术以及未来展望，我们希望能够通过本书让公众对电动汽车技术有一个初步的、全面的了解，从而促进电动汽车的推广应用，让电动汽车能够更快进入寻常百姓家。

本书的编写得到了大洋电机股份有限公司、北京理工大学电动车辆国家工程实验室和科技部创新方法专项课题《中国节能与新能源汽车 CDM 开发方法学研究》的大力支持，特别感谢孙逢春教授、林程教授和鲁楚平董事长给予本书作者的鼓励与支持，还要感谢甄子健博士、王震坡副教授、何洪文副教授、曹万科博士、孙铁雷博士和研究生潘杰在本书编写过程中给予的帮助。在本书的编写过程中，参考了大量的文献及网络上的资料，我们尽量在参考文献中做了说明，但是由于工作量较大，我们对没有说明的文献作者表示歉意和感谢。

由于作者水平有限，难免有错误或不当之处，希望读者不吝指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 能源、环境与汽车	1
1.1.1 汽车工业的发展	1
1.1.2 汽车工业发展面临的挑战——能源	2
1.1.3 汽车工业发展面临的挑战——环境	2
1.1.4 汽车工业发展面临的挑战——气候变化	3
1.1.5 我国汽车工业发展因三大挑战而面临困难	3
1.2 什么是电动汽车	3
1.2.1 纯电动汽车	4
1.2.2 混合动力电动汽车	4
1.2.3 燃料电池电动汽车	5
1.3 电动汽车的特点	6
1.4 世界各国最近制定的电动汽车发展战略	9
1.4.1 美国	9
1.4.2 日本	10
1.4.3 欧盟	10
1.5 我国发展电动汽车的优势	11
1.5.1 我国发展电动汽车的政策优势	11
1.5.2 我国发展电动汽车的技术优势	12
1.5.3 我国发展电动汽车的资源优势	12
1.5.4 我国发展电动汽车的市场优势	13
第 2 章 电动汽车的发展历史与现状	14
2.1 纯电动汽车的发展历史与现状	14
2.2 混合动力电动汽车的发展历史与现状	17
2.3 燃料电池电动汽车的发展历史与现状	19
2.4 我国电动汽车的发展现状	21
2.5 目前典型电动汽车介绍	22



2.5.1 日产纯电动汽车 Leaf	22
2.5.2 丰田混合动力汽车 Prius	24
2.5.3 通用 Plug-in 混合动力电动汽车 Volt	26
2.5.4 奔驰燃料电池电动汽车 B 级 F-Cell	27

第3章 电动汽车的理论基础..... 29

3.1 电动汽车的基本结构	29
3.2 电动汽车的行驶性能	33
3.2.1 电动汽车的动力性	33
3.2.2 电动汽车的续驶里程	42

第4章 电动汽车的能源系统..... 46

4.1 动力电池	46
4.1.1 电动汽车对动力电池性能的要求	47
4.1.2 动力电池的关键技术	50
4.1.3 铅酸(Lead-Acid)动力电池	53
4.1.4 镍氢(Ni-MH)动力电池	55
4.1.5 锂离子(Li-Ion)动力电池	58
4.2 燃料电池	62
4.2.1 质子交换膜燃料电池结构与原理	64
4.2.2 质子交换膜燃料电池系统	66
4.2.3 质子交换膜燃料电池性能及其影响因素	68
4.3 可用于电动汽车的其它能量源	69
4.3.1 超级电容	69
4.3.2 超高速飞轮	70
4.4 混合能源系统	72
4.4.1 动力电池 + 超级电容构成的混合能源系统	72
4.4.2 动力电池 + 燃料电池构成的混合能源系统	72

第5章 电动汽车的电机驱动系统..... 74

5.1 电机驱动系统的基本特性	74
5.2 直流电机驱动系统	76
5.2.1 直流电机的基本结构与工作原理	77
5.2.2 直流电机的种类及其基本性能	77
5.2.3 直流电机的控制系统	79
5.3 交流感应电机驱动系统	81



5.3.1 交流感应电机结构与工作原理	81
5.3.2 交流感应电机控制系统	82
5.4 交流永磁电机驱动系统	88
5.4.1 概述	88
5.4.2 永磁同步电机驱动系统	93
5.4.3 永磁无刷直流电机驱动系统	94
5.5 开关磁阻电机驱动系统	96
5.5.1 开关磁阻电机结构和工作原理	96
5.5.2 开关磁阻电机控制系统	100
5.6 电机驱动系统发展现状与趋势	103
5.7 电机驱动系统实例	105
第6章 混合动力驱动系统	106
6.1 混合动力驱动系统的分类	106
6.2 串联式混合动力驱动系统	108
6.3 并联式混合动力驱动系统	110
6.4 混联式混合动力驱动系统	112
6.5 插电式(Plug-in)混合动力驱动系统	113
6.6 典型混合动力驱动系统实例	114
6.6.1 通用轻度混合动力驱动系统 BAS	114
6.6.2 本田并联混合动力驱动系统 IMA	115
6.6.3 日产双离合并联混合动力驱动系统	120
6.6.4 丰田混联式混合动力驱动系统 HSD	121
6.6.5 通用、戴姆勒与宝马联合开发的双模混合动力驱动系统	127
6.6.6 通用 Plug-in 混合动力驱动系统 E-flex	129
第7章 电动汽车的电气系统	131
7.1 电动汽车电气系统的组成	131
7.2 电动汽车整车网络化控制系统	132
7.3 电动汽车总线通信系统	133
7.3.1 CAN 总线	134
7.3.2 LIN 总线	136
7.3.3 TTCAN 总线	137
7.3.4 FlexRay 总线	138
7.4 功率变换器	138
7.4.1 降压功率变换器	139



7.4.2 升压功率变换器	140
7.4.3 双向功率变换器	142
7.5 电气系统的电磁兼容性	142
7.5.1 电动汽车电磁环境分析	144
7.5.2 抑制电磁干扰的技术措施	145
7.6 高压电气系统的安全性	147
7.7 电动汽车电气系统实例——北京奥运用纯电动客车电气系统	148
7.7.1 高低压电气系统	148
7.7.2 整车网络化控制系统	149
第8章 电动汽车电动化部件	151
8.1 电动助力转向系统	151
8.2 线控转向系统	155
8.3 线控制动系统	157
8.4 电动空调系统	158
第9章 电动汽车的基础设施	162
9.1 电动汽车充电基础设施	162
9.1.1 电动汽车充电机	166
9.1.2 地面充电机的功能模块	167
9.1.3 家用充电设施	168
9.1.4 公共充电设施	169
9.1.5 电动汽车的充电接口	171
9.2 充电站实例——北京公交电动汽车电池更换站	174
9.3 燃料电池汽车加氢站	177
9.3.1 氢和氢的制取与储存	177
9.3.2 燃料电池汽车加氢站	179
9.3.3 北京燃料电池汽车加氢站	180
第10章 电动汽车前瞻性技术畅想	182
10.1 线控技术(X-by-Wire)与电动轮的全面应用	182
10.2 电动汽车成为智能电网的一部分	185
10.3 电动汽车成为物联网的重要组成部分——车联网	187
后记	189
参考文献	190

第 1 章 绪 论

1.1 能源、环境与汽车

1.1.1 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的交通工具。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。

我国的汽车工业从 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，特别是 2000 年以来在投资消费的双重拉动下，进入了一个快速发展的时期。图 1-1 所示为 2000 ~ 2009 年我国汽车年产量。2009 年，我国汽车产销量分别为 1379.1 万辆和 1364.5 万辆，首次成为世界汽车产销第一大国。我国汽车保有量在 2009 年达到 7619 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。

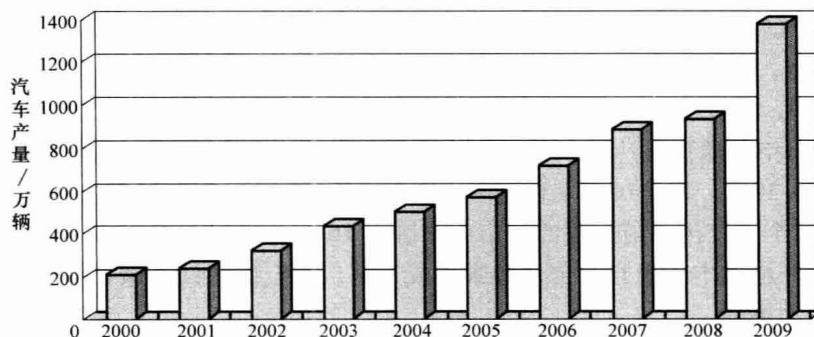


图 1-1 2000 ~ 2009 年我国汽车年产量



1.1.2 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。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。与此同时，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。

随着中国经济的飞速发展，能源需求量持续增大，目前中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。我国石油资源愈加短缺，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。

1.1.3 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%。联合国开发计划署(UNDP)的《中国人类发展报告》指出，目前在全球20个空气污染最严重的城市中中国占16个。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 $2 \sim 4^{\circ}\text{C}$ 。

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。

1.1.4 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 CO_2) 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°C 。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。

1.1.5 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 年左右的时间, 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, 三大挑战在给我汽车工业发展带来困难的同时, 也提供了缩小与世界发达国家差距的千载难逢的机遇。

1.2 什么是电动汽车

电动汽车是主要以电池为能量源、全部或部分由电机驱动的汽车, 是涉及机械、电子、电力、微机控制等多学科的高科技技术产品。

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所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。

1.2.1 纯电动汽车

纯电动汽车的动力系统主要由动力蓄电池、驱动电机及其控制系统组成,动力系统可从电网取电(或更换蓄电池)获得电力,并通过动力蓄电池向驱动电机提供电能,以驱动汽车行驶。

典型的纯电动汽车结构如图 1-2 所示。动力电池组输出电能驱动电机,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。

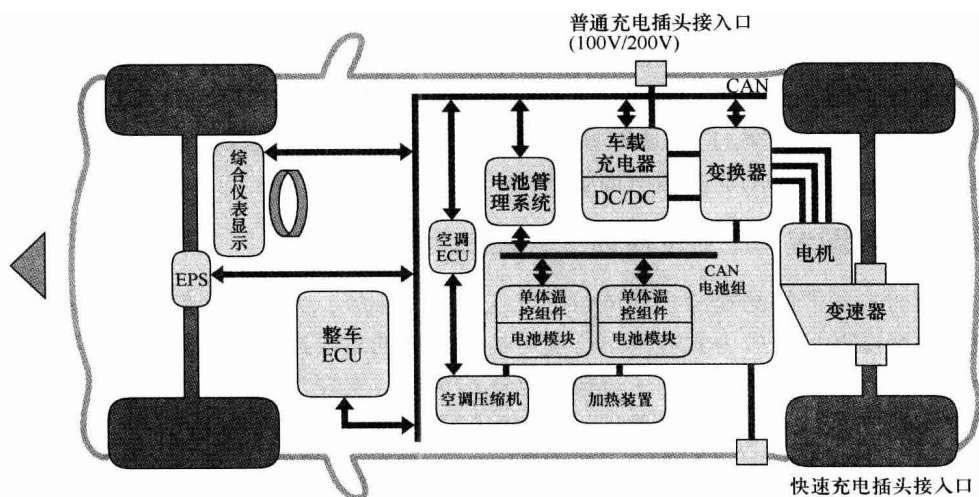


图 1-2 典型的纯电动汽车结构图

纯电动汽车是其他类型电动汽车(HEV 和 FCEV)的基础,具有零排放、噪声小、结构简单、维护较少的优点。相对于燃油汽车和其它类型的电动汽车,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在夜间用电低谷时充电,因此还具有调节电网系统峰谷负荷、提高电网效能的作用。

1.2.2 混合动力电动汽车

混合动力电动汽车主要是指在传统内燃机汽车基础上增加一套由驱动电机和动力蓄电池组成的辅助动力系统,由其进行功率的平衡、耦合以及能量的再生与



存储等,从而降低油耗与污染物排放。按照动力耦合方式的不同,混合动力电动汽车又可以分为串联式、并联式、混联式和插电式等类型。

串联式混合动力系统:发动机输出的机械能首先通过发电机转化为电能,转化后的电能一部分用来给蓄电池充电,另一部分经由电动机和传动装置驱动车轮。尽管串联式混合动力的结构简单,但它需要三个驱动装置:发动机、发电机和电动机。因而,该种混合方式的车辆的效率通常较低。

并联式混合动力系统:采用发动机和电机两套独立的驱动系统驱动车轮。发动机和电机通常通过不同的离合器来驱动车轮,可以采用发动机单独驱动、电机单独驱动或者发动机和电机混合驱动三种工作模式。当发动机提供的功率大于车辆所需驱动功率时或者当车辆制动时,电机工作于发电机状态,给蓄电池充电。与串联式混合动力相比,它只需要两个驱动装置,即发动机和电机。而且,在蓄电池放完电之前,如果要得到相同的性能,并联式比串联式的发动机和电机的尺寸要小。

混联式混合动力系统:在结构上综合了串联式和并联式的特点。与串联式相比,它增加了机械动力的传递路线;与并联式相比,它增加了电能的传输路线。尽管综合了串、并联的优点,但其结构复杂,成本高。然而,随着控制技术和制造技术的发展,一些现代混合动力电动汽车更倾向于选择这种结构。

插电式混合动力系统:插电式混合动力电动汽车(Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV)是可以使用电力网(包括家用电源插座)对动力电池充电的混合动力汽车(图 1-3),具有较长的纯电动行驶里程,同时还能以混合动力模式工作,具有良好的燃油经济性。

混合动力电动汽车由于采用了小排量的发动机,而且发动机可以经常工作在高效低排放区,因此与普通燃油汽车相比,提高了能量转化效率,降低了燃油消耗和排放。而与纯电动汽车相比,由于混合动力电动汽车可以利用现有的加油设施,因此具有传统燃油汽车相同的续驶里程,克服了目前纯电动汽车一次充电续驶里程短的缺陷。

1.2.3 燃料电池电动汽车

燃料电池电动汽车,其动力系

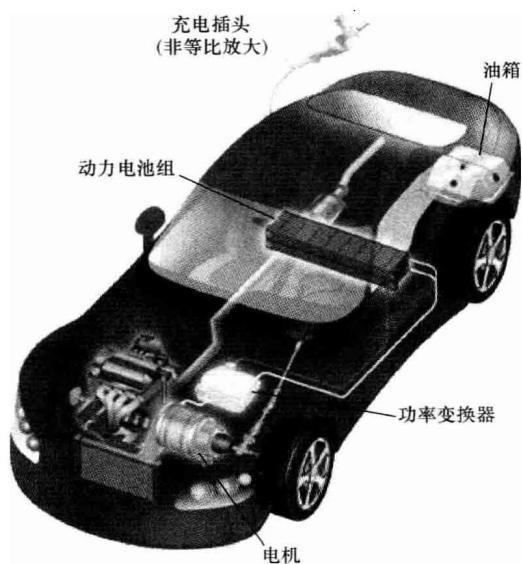


图 1-3 插电式混合动力汽车



统主要由燃料电池发动机、燃料箱、驱动电机、动力蓄电池等组成,采用燃料电池发电作为主要能量源,通过电机驱动车辆前进。燃料电池是利用氢气和氧气(或空气)在催化剂的作用下直接经电化学反应产生电能的装置。本田汽车燃料电池电动汽车动力系统如图 1-4 所示。

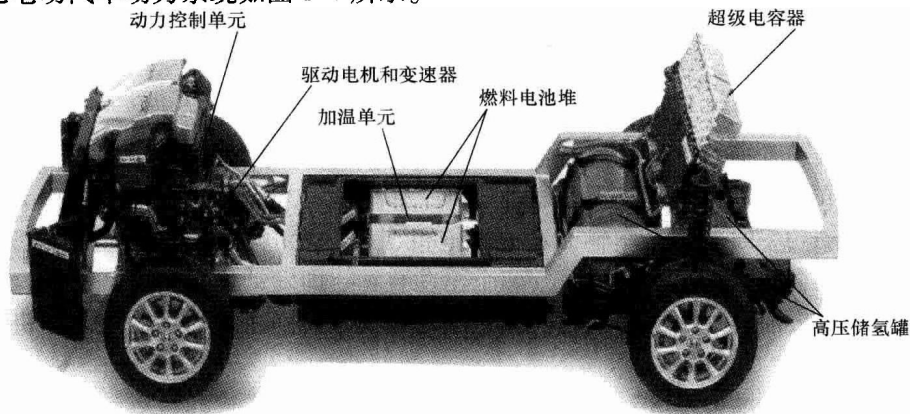


图 1-4 本田汽车燃料电池电动汽车动力系统

燃料电池汽车具有效率高、节能环保(以氢气为能源、排放物为水)、运行平稳、噪声小等优点。

燃料电池作为电动汽车的动力来源,其特点主要表现在:

1) 能量转化效率高。燃料电池的能量转换效率可高达 60%~80%,为内燃机的 2~3 倍。

2) 不污染环境。燃料电池的燃料是氢和氧,生成物是清洁的水,它本身工作不产生 CO 和 CO₂,也没有硫和微粒排出,没有高温反应,也不产生 NO_x。如果使用车载的甲醇重整催化器供给氢气,仅会产生微量的 CO 和较少的 CO₂。

但现阶段,燃料电池的许多关键技术还处于研发试验阶段。此外,燃料电池的理想燃料——氢气,在制备、供应、储运等方面距离产业化还有大量的技术与经济问题有待解决。在车上存储大量压缩氢气的安全性也需要认真对待。

作为燃料电池必不可少的反应催化剂,稀有金属铂金(Pt)被大量应用。按照现有燃料电池对铂金的消耗量,地球上所有储量都用来制作车用燃料电池,也仅能满足几百万辆车的需求。因此如何降低稀有金属用量也是燃料电池电动汽车推广应用的技术和资源瓶颈之一。

1.3 电动汽车的特点

电动汽车由于全部或部分采用电力驱动,因此与普通燃油汽车相比具有其特有的优点。



1. 电动汽车可以减少石油消耗量, 改变能源消耗结构

通过发展电动汽车技术和推广电动汽车的应用, 可以减少石油燃料的消耗量。与普通燃油汽车相比, 电动汽车能量利用效率高。据测算, 将原油提炼成汽、柴油并用于燃油汽车驱动时, 平均能量利用率仅为 14% 左右。纯电动汽车即使使用燃烧重油发电的电厂输出的电, 其能量经重油提炼、电厂热电转换、电力输配、电池充电、电机损耗等环节, 在电机输出轴也可得到 20% 左右的能量。如果是其他发电方式应用于纯电动汽车, 能量利用率将更高。

电动汽车可以改变能源消耗结构。因电动汽车使用二次电力能源, 不受石油资源的限制, 可利用核能、煤炭、水力、太阳能、风能、地热等一切可以用来转化为电能的能量, 从而解除人们对石油资源日渐枯竭的担心。据有关专家对石油有效利用情况分析, 若利用上述类型的电能, 纯电动汽车比燃油汽车节能 70% 左右, 能源费用可节省 50% 左右, 这对于中国这样一个人口众多, 能源紧缺的国家是相当重要的。

2. 纯电动汽车可以改善电网系统峰谷负荷平衡问题

世界各国供电系统都存在峰谷负荷平衡问题, 北京市电网峰谷负荷差已超过 40% (上海更是达到 60%)。目前我国发电装机容量增长迅速, 2007 年一年就增加了 1 亿 kW, 2007 年底已达 7.13 亿 kW, 总装机容量很快可达 8 亿 kW, 电网夜间“积压”一半 (接近 4 亿 kW), 而随着我国核电 (其发电功率要求日夜恒定) 的不断发展和几个“风电三峡”的建成 (我国风场夜间风大), “谷电”卖不出去的形势更为严峻, 电网调峰的任务日益加重。目前, 除了利用夜间用电价格便宜, 鼓励使用“谷电”的方式外, 解决峰谷不平衡的主要方式是建设抽水蓄能电站, 而建设抽水蓄能电站投入成本较大。以北京十三陵 80 万 kW 抽水蓄能电站为例, 其建设费用为 37.31 亿人民币 (约合 4664 元/kW), 如建 5000 万 kW 抽水蓄能电站就需 2000 多亿人民币, 同时抽水蓄能电站的建设要有合适的场地, 而且抽水蓄能电站能量效率仅约为 70%。采用电动汽车夜间充电蓄能避免了电能的二次回收消耗, 效率约 90%。若一辆电动汽车每天夜间平均能吸收 $50\text{kW} \cdot \text{h}$ 的电能, 需几十万辆电动汽车才能完成一个千万千瓦级电厂的调峰任务。以北京为例, 300 万辆轿车中如有 100 万辆是纯电动汽车, 以平均每辆 2kW 的功率充电, 即可消耗 200 万 kW 的“谷电”, 相当于两个半十三陵抽水蓄能电站。因此, 利用夜间对电动汽车充电, 现有电网容量已经能适应若干年电动汽车发展电能需求, 不但有利于电动汽车的能量补充, 也有利于电网的峰谷平衡, 减少为维持电网低负荷运转而引起的费用。美国、德国等发达国家已把发展电动汽车与蓄电池储能纳入电网发展规划。

3. 电动汽车可以极大地减少污染物和温室气体排放

纯电动汽车和燃料电池电动汽车在运行阶段没有有害的尾气排放, 在本质上



是一种零排放汽车。使用纯电动汽车替代燃油汽车后环境质量的变化主要受以下四个因素影响：①使用纯电动汽车替代燃油汽车后汽车污染排放物数量的变化所导致的环境质量改善程度；②噪声降低所引起的环境质量改善；③因使用电动汽车使得电力需求增加所引起的发电厂污染排放增加导致环境质量下降；④动力电池的生产、使用对环境的破坏程度。

表 1-1 是世界自然基金组织提供的燃油汽车和美国及欧洲纯电动汽车 CO₂ 排放量的对比，可以看出纯电动汽车 CO₂ 排放量得到了明显的降低。

表 1-1 纯电动汽车与燃油汽车的 CO₂ 排放比较

		不同能源 CO ₂ 排放量/(g/kW·h)	炼油/发电效率 (%)	车辆能源利用效率 (%)	最终 CO ₂ 排放量/(g/kW·h)
燃油汽车	汽油发动机	242	83	18	1619
	柴油发动机	248	83	23	1300
美国纯电动汽车	加利福尼亚州	273	92	65	457
	印第安纳州	937	92	65	1567
	美国平均	620	92	65	1037
欧洲纯电动汽车	奥地利	221	92	65	370
	希腊	781	92	65	1306
	欧洲平均	370	92	65	619

根据富士重工所作的测试，斯巴鲁 R1 牌微型汽油车的油耗为 5.71L/100km，而每燃烧 1L 汽油，便会产生 2.32kg CO₂，所以该车行驶 1 万 km 后，便会产生 1.325t 的 CO₂；与 R1 牌微型汽油车同一尺寸、同一牌号、同一级别的 R1e 款纯电动微型汽车每行驶 10km，便会消耗 1kW·h 电。据日本东京电力公司测算，每发电 1kW·h(火力发电)会产生 0.381kg CO₂，所以 R1e 款纯电动微型车行驶 1 万 km 后，相当于火力发电厂排出 0.381t CO₂。可见，后者 CO₂ 的排放量只相当于前者的 28.7%。日本三菱公司提供的数据也显示，iMIEV 纯电动汽车与燃油汽车相比，CO₂ 的排放量大约减少 72%。

虽然我国的发电以煤为主，但电动汽车的应用仍具有显著的减排效果。按照目前我国 80% 的高煤电比例，同等车重的电动汽车与燃油汽车相比，CO₂ 排放降低潜力可达 30% 左右。随着我国煤电发电水平的提高和电力来源的多元化、清洁化，电动汽车的减排效果将会更加明显。2006 年通过的《可再生能源法》明确可再生能源是中国能源优先发展的领域，提出大力发展可再生能源，到 2010 年使可再生能源消费量达到能源消费总量的 10%，到 2020 年达到 15% 的发展目标。中国将加快大型水电建设，积极推进风力发电、生物质能和太阳能发电等利用技术，将建设若干个百万千瓦级风电基地。