



普通高等教育“十二五”规划教材



汽车类高端技能人才实用教材

新能源汽车技术

◎ 李瑞明 主编

◎ 李 勇 陈跃敏 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”规划教材
汽车类高端技能人才实用教材

新能源汽车技术

李瑞明 主编

李 勇 陈跃敏 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书比较全面地介绍新能源汽车的概念、特点、分类和组成,对新能源汽车所涉及的各种技术的基本原理进行较为详细的讨论,并介绍一些技术的研究发展前沿知识。

全书共8章。其中,第1章主要介绍新能源汽车的定义、分类、基本结构、性能指标;第2章是对纯电动汽车、混合动力电动汽车、太阳能电动汽车、燃料电池电动汽车、气体燃料和生物燃料汽车的总体分析,包括定义、组成结构、动力驱动系统原理、储能系统原理等内容;第3章是对各种电动机驱动技术的讨论;第4章是对各种储能技术的讨论;第5~8章讨论新能源汽车所特有的能量管理技术、充放电技术、循环冷却技术和辅助系统(包括电动助力转向、线控转向、线控制动、电控悬架和电动空调等)技术。

本书可作为汽车工程类本科、高职高专的教材,也可作为汽车类工程技术人员、中等职业学校汽车专业教师的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车技术 / 李瑞明主编. —北京: 电子工业出版社, 2014.8
汽车类高端技能人才实用教材
ISBN 978-7-121-23358-6

I. ①新… II. ①李… III. ①新能源—汽车—高等学校—教材 IV. ①U469.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 112919 号

策划编辑: 竺南直

责任编辑: 郝黎明

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15.5 字数: 396 千字

版 次: 2014 年 8 月第 1 版

印 次: 2014 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 35.00 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010)88258888。

出版说明

自 2002 年起,中国汽车行业开始进入爆发式增长阶段。2009 年,中国取代美国成为世界上最大的汽车销售市场,当年中国的汽车产量超过了日本和美国的总和,成为名副其实的汽车产销量双重世界第一。2011 年,平均每月产销量突破 150 万辆,全年汽车销售超过 1850 万辆,再次刷新全球历史纪录。未来 10 年,自主品牌将完成从“中国制造”到“中国创造”的发展过程。预计未来 10 年,我国汽车市场年均增长率将达到 7.1%,到 2020 年中国汽车市场的销量有望占据全球汽车总销量的一半以上,中国汽车市场前景非常广阔。汽车行业突飞猛进的发展对汽车专业人才特别是高端技能型人才的培养提出了前所未有的高要求。一个是行业的发展和扩张在人才数量上的要求,全国每年汽车专业高端技能型人才的缺口在数十万人;另一个是技术的进步和发展对于人才培养质量的要求,大量新技术、新工艺的应用对于从业技术人员在学科基础理论和职业技能方面提出了更高的要求。

作为全国最大的汽车类高等职业学校,西安汽车科技职业学院近年来根据汽车行业发展的需要,紧贴职业岗位,引进吸收德国奥迪、瑞典沃尔沃、英国捷豹路虎等世界顶尖企业汽车职业教育的先进理念和思想,深入开展教学改革,形成了一套独特的课程体系和教学模式。《汽车类高端技能人才实用教材》就是我们近年来教学改革成果的总结,是课程改革和新的教学模式的具体体现。

这套系列教材具有以下几个特点:

一是实用性。在编写过程中,从企业岗位需求和学生发展空间两个方面考虑编排内容,既注重专业基础和专业理论的系统性,又重点考虑了职业技能训练的需求,对于学习汽车类专业的学生而言,是一套学习效率很高的教材。

二是通俗性。在编写过程中,充分考虑到高职学生文化基础的现实状况,降低对学生文化基础知识的要求,让大多数学生能够学得懂。

三是系统性。从机械和电子技术基础课程,到汽车的基本理论、汽车的各种技术,再到汽车的最新技术的介绍;从基本的电工、机械实验,到专业实习,再到职业技能实训,形成了一整套较为完备的汽车理论教学和实训教学的体系。

四是适度超前性。除了涉及目前已经应用的各种汽车技术和技能知识之外,还在新能源汽车、先进车载网络技术等方面进行了介绍,为学生开阔了视野,对其将来向行业的深度和广度发展具有一定的引导作用。

五是实践性。力图采用项目教学和任务驱动教学等方法进行编排,强调理论验证实验、基本专业技能实习和职业技能实训的重要性,将实践教学环节贯穿于课程教学的始终。

本套教材紧紧把握高职教育的方向和培养目标，严格按照新的国家职业标准对人才的要求编排内容，贯彻以技能训练为主，着重提高学生操作技能的原则。在技能训练的内容安排上富有弹性，在保证教学的前提下积极培养学生的创新能力。

本套教材内容丰富、图文并茂、体例饱满，选材来源于最新的技术手册；难易适中、应用性强，有利于知识的吸收和技能的迅速提高。可作为高等职业技术学院或应用型本科汽车类各专业的必修课教材，也可作为成人高校汽车类各专业的教材，同时可作为相关从业人员的参考用书。

教材编写过程中，由于各种原因，疏漏和不尽如人意之处在所难免，敬请广大师生提出宝贵意见，以便再版时修订完善。

《汽车类高端技能人才实用教材》编委会

前 言

如果用燃料和能源来划分,在19世纪以前人类以木柴等植物作为燃料,应该称为植物燃料时代;19世纪是煤燃料和蒸汽机时代;20世纪是石油、天然气燃料和内燃机时代。21世纪,人类将进入后石油时代。随着化石燃料消耗的不断增加,石油、天然气资源将逐渐趋于枯竭,环境污染和温室效应已经成为全球所共同面临的难题,人类将从化石燃料时代向氢能和可再生能源时代过渡。预计汽车技术未来几十年将朝着五个方向发展:一是继续用最先进的技术对内燃机进行改造,提高其动力性能,提高燃料利用效率,减少排放;二是继续改善燃油品质;三是开发使用生物燃料与其他可再生能源;四是开发推广混合动力系统汽车;五是开发使用电动汽车、氢燃料汽车等无污染的新能源汽车,这是汽车技术长远的发展方向和目标。

新能源汽车已经在社会保有车辆中占到了一定的比例,在我们的身边不时会出现新能源汽车的踪影。作为汽车工程类专业,开设新能源汽车技术的课程是各院校的必然选择。

新能源汽车技术涉及很多学科的基础知识,对于汽车工程类专业的学生而言,学习起来感到内容太多,太繁杂。本书在编写中特别注意两点:一是通俗易懂,深入浅出,从最基础的知识开始讲起,而且尽量避免繁杂的理论公式推导,以讲清楚知识点为原则;二是注意向读者介绍各种技术的研究发展前沿的信息,让读者在系统学习掌握新能源汽车各种技术原理的同时,也可以了解各类技术的研究现状和发展方向。

本书可作为汽车工程类本科、高职高专的教材使用,也可作为汽车工程技术人员,中等职业学校汽车专业教师的参考书使用。本书作为高等院校汽车工程类专业教材使用时,要求学生具有汽车构造原理、电工学原理、电子技术基础等方面的基本知识。本书用于本科教材时建议学时为36学时,作为高职高专教材使用时,建议学时为48学时。

本书由西安汽车科技职业学院李瑞明院长担任主编,李勇高级工程师和陈跃敏副教授担任副主编。书中第1、2章由李瑞明和李勇编写,第3、5章由李瑞明和陈跃敏编写,第4、8章由李勇编写,第6、7章由陈跃敏编写。

本书在编写过程中参阅了大量相关资料,并引用了不少参考文献中的内容。参考文献内容的引用由于条件所限,未能及时与作者联系,在此表示歉意;并向相关技术资料的作者致以诚挚的谢意。

最后竭诚欢迎广大读者对书中存在的误漏之处提出批评指正,交流讨论,以便我们改正提高。

编 者

2014年6月于西安

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第 1 章 绪论	1	2.2.3 串联式混合动力驱动系统	22
1.1 新能源汽车的定义和分类	1	2.2.4 并联式混合动力驱动系统	24
1.2 新能源汽车产生和发展的原因	2	2.2.5 混联式混合动力驱动系统	30
1.2.1 能源短缺	2	2.2.6 插电式 (Plug-in) 混合动力驱动系统	32
1.2.2 环境污染	2	2.3 太阳能电动汽车	33
1.2.3 气候异常	2	2.3.1 太阳能电动汽车的基本构造	34
1.3 新能源汽车的发展历史	3	2.3.2 太阳能电池光伏发电原理及特性	35
1.4 新能源汽车的基本结构	5	2.3.3 太阳能电动汽车太阳能电池最大功率点跟踪系统	37
1.4.1 新能源汽车的功能模块构成	6	2.3.4 太阳能电动汽车的能量管理系统	40
1.4.2 不同电力驱动系统的结构形式	6	2.4 燃料电池电动汽车	41
1.4.3 不同储能装置的结构形式	8	2.4.1 燃料电池电动汽车的定义和优势	41
1.5 新能源汽车的主要行驶性能指标	9	2.4.2 燃料电池电动汽车的基本构造	43
1.5.1 动力性能	10	2.4.3 燃料电池工作原理	45
1.5.2 续航里程	10	2.4.4 燃料电池能量管理系统	46
第 2 章 新能源汽车	12	2.5 气体燃料汽车	46
2.1 纯电动汽车	12	2.5.1 天然气汽车	47
2.1.1 纯电动汽车的定义和优点	12	2.5.2 液化石油气汽车	55
2.1.2 纯电动汽车的基本构造	13	2.5.3 氢气燃料汽车	63
2.1.3 纯电动汽车的驱动	15	2.6 生物燃料汽车	67
2.1.4 纯电动汽车的储能装置——蓄电池	18	2.6.1 醇类燃料汽车	67
2.2 混合动力电动汽车	19	2.6.2 生物柴油汽车	77
2.2.1 混合动力电动汽车的定义和优点	19	2.6.3 二甲醚汽车	80
2.2.2 混合动力电动汽车的分类	20		

第3章 新能源汽车的电动机驱动系统 84

3.1 电动机驱动系统概述·····	84
3.1.1 电动机驱动系统的种类与特点·····	84
3.1.2 新能源汽车对驱动电动机的性能要求·····	86
3.1.3 驱动电动机的分类·····	87
3.2 直流电动机的驱动系统·····	88
3.2.1 直流电动机的基本构造·····	88
3.2.2 直流电动机的性能特点·····	90
3.2.3 直流电动机的调速方法·····	91
3.3 交流异步电动机驱动系统·····	93
3.3.1 三相异步电动机的构造及工作原理·····	93
3.3.2 交流异步电动机的性能特点·····	95
3.3.3 交流异步电动机的控制方法·····	95
3.4 永磁电动机的驱动系统·····	97
3.4.1 永磁电动机的分类·····	97
3.4.2 永磁电动机的结构与性能特点·····	98
3.4.3 永磁同步电动机的控制方法·····	100
3.4.4 永磁无刷直流电动机的控制方法·····	102
3.5 开关磁阻电动机驱动系统·····	103
3.5.1 开关磁阻电动机工作原理与性能特点·····	103
3.5.2 开关磁阻电动机的运行特性·····	105
3.5.3 开关磁阻电动机的控制方法·····	106
3.5.4 开关磁阻电动机功率变换器·····	109
3.6 其他电动机驱动系统·····	110
3.6.1 轮毂电动机·····	111
3.6.2 交流励磁记忆电动机·····	112

3.6.3 外转子型双励磁永磁无刷电动机·····	114
---------------------------	-----

3.7 新能源汽车电驱动系统的发展方向·····	115
3.7.1 新型电动机的应用·····	116
3.7.2 电动机控制技术的发展方向·····	117

第4章 新能源汽车的储能装置····· 119

4.1 动力电池概述·····	119
4.1.1 化学电池的基本构成·····	119
4.1.2 电池的基本知识·····	120
4.1.3 电池的种类·····	121
4.1.4 电池的性能指标·····	122
4.1.5 各种车用电池的性能比较·····	126
4.2 铅酸蓄电池·····	126
4.2.1 铅酸蓄电池的结构和原理·····	126
4.2.2 铅酸蓄电池的充电放电特性·····	128
4.2.3 铅酸蓄电池的种类及发展现状·····	128
4.2.4 铅酸蓄电池的应用·····	130
4.3 镍氢蓄电池·····	131
4.3.1 镍氢电池的分类与特点·····	131
4.3.2 镍氢电池的工作原理·····	131
4.3.3 镍氢电池的结构·····	132
4.3.4 镍氢电池的性能特征·····	132
4.4 钠硫蓄电池·····	133
4.4.1 钠硫蓄电池的结构原理·····	133
4.4.2 钠硫蓄电池的性能特点·····	134
4.4.3 钠硫蓄电池的优缺点·····	134
4.5 动力锂电池·····	135
4.5.1 锂离子电池·····	135
4.5.2 磷酸铁锂电池·····	136
4.5.3 聚合物锂离子电池·····	138

4.6	燃料电池	139	5.3.1	串联式混合动力汽车 的能量管理系统	165
4.6.1	燃料电池的特点	140	5.3.2	并联式混合动力汽车 的能量管理系统	167
4.6.2	燃料电池的分类	140	5.4	燃料电池混合动力汽车能量 管理系统分析	168
4.6.3	质子交换膜燃料 电池的工作原理	141	5.4.1	燃料电池混合动力 汽车能量特性分析	168
4.6.4	PEMFC 的双极板技术	143	5.4.2	燃料电池混合动力汽车 混合动力结构及方案	170
4.6.5	燃料电池的水管理 与热管理	144	5.4.3	燃料电池混合动力汽车 能量管理模式研究	173
4.6.6	增压式燃料电池与 常压式燃料电池	145	5.5	动力锂离子电池管理系统 的方案	174
4.7	空气电池	148	5.5.1	锂离子电池的外特性	174
4.7.1	锌空气电池	148	5.5.2	锂离子电池的 管理系统	175
4.7.2	铝空气电池	150	第 6 章	新能源汽车的充放电系统	178
4.7.3	锂空气电池	150	6.1	蓄电池的充电原理	178
4.8	超级电容	151	6.2	新能源汽车制动能量 回收系统	182
4.8.1	超级电容的发展现状	151	6.2.1	制动能量回收方法	182
4.8.2	超级电容的结构与 工作原理	152	6.2.2	电动汽车制动能量 的回收	185
4.8.3	超级电容的充放电	153	6.2.3	永磁电动机再生 制动原理	186
4.8.4	超级电容器的优点	154	6.2.4	电动汽车再生制动 控制策略	188
4.8.5	超级电容器在新能源 汽车上的应用	155	6.3	新能源汽车的充电装置	191
4.8.6	其他类型的超级 电容器介绍	157	6.3.1	充电装置的分类	192
4.9	飞轮储能器	158	6.3.2	充电模式的选择	193
4.9.1	飞轮储能器结构	158	第 7 章	新能源汽车的循环冷却系统	197
4.9.2	飞轮储能器的 工作原理	159	7.1	新能源汽车中的热源 和发热机理	197
4.9.3	飞轮储能器的优点	160	7.1.1	蓄电池的发热机理	197
4.9.4	飞轮储能器的应用	160	7.1.2	燃料电池的发热机理	198
第 5 章	新能源汽车的能量管理系统	161			
5.1	能量管理系统的作用	161			
5.2	纯电动汽车能量管理系统	162			
5.2.1	系统组成	162			
5.2.2	荷电状态指示器	163			
5.2.3	电池管理系统	163			
5.3	混合动力电动汽车的 能量管理系统	164			

7.1.3	电动机控制器的发热机理	198
7.1.4	电动机的发热机理	199
7.2	新能源汽车散热系统的主要类型	199
7.3	电池散热系统	201
7.3.1	主动散热系统与被动散热系统	201
7.3.2	散热系统	202
7.3.3	铅酸蓄电池散热	204
7.3.4	锂离子电池散热	204
7.3.5	燃料电池散热	205
7.4	电动机与控制器散热	207
7.4.1	电动机与控制器冷却方式	207
7.4.2	电动机与控制器的冷却需求	208
7.5	电动机与控制器散热量分析	209
7.6	强制液冷的电动机与控制器冷却系统分析	211
7.6.1	电动机与控制器的液冷系统结构	211
7.6.2	热阻等效电路分析	211
7.6.3	电动机及其控制器液冷系统参数计算	213
第 8 章	新能源汽车的辅助系统	215
8.1	电动助力转向系统	215
8.1.1	概述	215

8.1.2	EPS 系统的基本组成	217
8.1.3	EPS 系统的工作原理	219
8.1.4	电子控制器 ECU 及其控制策略	219
8.1.5	EPS 系统的优点	221
8.2	线控转向系统	221
8.2.1	线控转向系统的结构及工作原理	222
8.2.2	线控转向系统的性能特点	223
8.2.3	线控转向系统的关键技术	223
8.3	线控制动系统	224
8.3.1	电子液压式制动 (EHB) 系统	225
8.3.2	电子机械式制动 (EMB) 系统	227
8.4	电控悬架系统	229
8.4.1	电控悬架系统的功能	229
8.4.2	电控悬架系统分类	230
8.4.3	全主动式电控悬架系统	230
8.5	新能源汽车的空调系统	232
8.5.1	热电偶空调系统	232
8.5.2	余热制冷空调系统	234
8.5.3	电动压缩机空调系统	235
参考文献		237

第1章 绪论

1.1 新能源汽车的定义和分类

2009年6月17日,工业与信息化部(工产业[2009]第44号)公告发布了《新能源汽车生产企业及产品准入管理规则》,对新能源汽车作如下定义。

(1)“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。”

(2)“新能源汽车包括混合动力汽车、纯电动汽车(BEV,包括太阳能汽车)、燃料电池电动汽车(FCEV)、氢发动机汽车、其他新能源(如高效储能器、二甲醚)汽车等各类别产品。”

根据以上定义,新能源汽车应该具有三个特征。第一个特征是必须是技术原理先进、具有新技术、新结构的汽车;第二个特征是综合了车辆的动力控制和驱动方面的先进技术;第三个特征是采用非常规车用燃料作为动力来源,或者使用常规的车用燃料,但是采用了新型的车载动力装置。必须同时具备这三个特征才可以称为新能源汽车。

新能源汽车和清洁能源汽车不同。清洁能源是指在生产和使用过程、不产生有害物质排放的能源。清洁能源包括可再生能源(消耗后可得到恢复补充,不产生或极少产生污染物,例如海洋能、太阳能、风能、生物能、水能、地热能、氢能等)和非可再生能源(包括使用低污染的化石能源如天然气等和利用清洁能源技术处理过的化石能源,如洁净煤、洁净油等)。因此,采用清洁能源作为动力源的汽车不一定就是新能源汽车。

《新能源汽车生产企业及产品准入管理规则》,对新能源汽车也作了分类。明确了混合动力汽车、纯电动汽车、燃料电池电动汽车(FCEV)、氢发动机汽车、其他新能源汽车作为5个重要的类型存在。《新能源汽车生产企业及产品准入管理规则》对新能源汽车的定义是开放性的,符合三个特征的汽车都是新能源汽车。所以,新能源汽车的分类都是相对的,不可能有一个非常严谨的分类结果。本书中为了便于教学,根据能源获取的原理不同,将新能源汽车分为纯电动汽车、混合动力电动汽车、太阳能电动汽车和燃料电池电动汽车、太阳能电动汽车、燃料电池电动汽车、气体燃料汽车、生物燃料汽车等6类。

新能源汽车和电动汽车的关系:电动汽车是指以车载电源或其他能源为动力,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。电动汽车的关键特征是车轮全部或部分由电动机驱动。尽管新能源汽车和电动汽车的定义不同,由于绝大多数新能源汽车都是通过电动机驱动车轮的,所以,电动汽车涵盖了大部分新能源汽车的类型,以至于在一些资料中将新能源汽车和电动汽车画上了等号。但是,电动汽车只是新能源汽车的几个类型,新能源汽车所包含的范畴一定大于电动汽车。本书主要讨论电动汽车,无特指情况下,本书中

的新能源汽车主要指电动汽车。

1.2 新能源汽车产生和发展的原因

在全球能源短缺、环境污染、气候异常的大背景下，新能源汽车的产生是社会追求汽车工业可持续发展的必然结果。

1.2.1 能源短缺

随着汽车保有量的不断增长，世界范围内对石油的需求也与日俱增。汽车燃油消耗和石油化工每年消耗大量的石油，使石油这一不可再生能源在以很高的加速度锐减，世界性的石油危机日益严重。尽管从 1980 年到 2010 年，世界已探明的石油储量从 800 多亿吨增长到 2000 多亿吨，增长了 2 倍多，但还是难以改变石油危机的预期。据美国能源部预测，2020 年以后，全球石油将供不应求；2050 年，石油供给与需求之间的缺口将达到 2000 年世界石油总产量的 2 倍。

石油资源地域性分布不均也加剧了石油危机。世界上的大多数石油储量都集中在中东地区，占到 55%，达到 1022 亿吨，而我国所处的亚太地区只有 46.58 亿吨。中东地区的政治、宗教、战争等因素直接导致油价暴涨，使众多石油进口国发生经济危机。我国作为一个世界上最大的石油进口国，要想摆脱对石油的依赖，必须积极寻求替代能源，开发新能源汽车。

1.2.2 环境污染

传统内燃机汽车造成的排气污染、噪声污染、粉尘污染、汽油蒸汽和光化学污染日益严重。特别是城市里的汽车尾气污染尤为严重，从 2013 年开始，PM2.5 超标和雾霾天气已经成为一个常用气象热词。在形成雾霾的因素中，近年来每年以两位数增长的汽车所排出的尾气成为主要因素。人类首当其冲成为汽车尾气污染的直接受害者，氮氧化物、铅化物进入人的肺部和血液后，极大地损害人体的呼吸系统和消化系统，引发各种疾病。尾气对其他动植物也有直接和间接的毒害作用。传统内燃机汽车的巨大基数和高速增长是造成我国空气污染的一个主要因素，不加以解决，自然环境将难以负重。

1.2.3 气候异常

汽车尾气的主要成分是二氧化碳。二氧化碳虽然没有毒性，但却是造成地球变暖的温室气体的主要成分。温室效应引起的全球变暖将对全球的生态系统造成难以想象的影响。据预测，未来 100 年内全球的地表温度将上升 1.4~5.8℃，而根据统计数据，气温每上升 1~2℃，降水量将减少 20%，降水量的减少将直接影响农、林、牧业和养殖业的发展，加快土地沙漠化的速度。另外，地球两极冰山融化，海平面上升，沿海国家和地区人民的生存将受到威胁。

解决气候变暖问题的关键是减少二氧化碳的排放，而汽车的碳排放是减排的重点。推广

使用低碳排放的新能源汽车是有效抑制气候变暖的关键措施之一。

在能源短缺、环境污染、气候异常的多重压力下,传统内燃机汽车的改进空间已经越来越小,开发低碳环保节能的新能源汽车已是迫在眉睫。正如沙特阿拉伯前石油部长谢赫所言,“石器时代并不是石头不够用而结束,而石油时代也将会在石油资源枯竭以前早早结束”。即使石油是用之不竭的能源,人类所赖以生存的地球也已经不能持续承受内燃机汽车带来的污染。

1.3 新能源汽车的发展历史

从新能源汽车的定义上看,电动汽车是新能源汽车的一种。新能源汽车的种类从最初的纯电动汽车发展到今天多种类型的新能源汽车经历了漫长的过程,在世界汽车发展史上,电动汽车的发明比内燃机汽车还要早。因此,新能源汽车也是最古老的汽车之一。新能源汽车的发展经历了以下几个主要阶段。

1. 1830—1850 年——电动汽车的崛起

电动汽车的历史并不比内燃机汽车短,甚至比奥托循环发动机(柴油机)和奔驰发动机(汽油机)还要早。苏格兰商人罗伯特·安德森在 1832—1839 年(准确时间不明)研发出电动车。

早在 1835 年,由荷兰的 Si Brandus Stratingh 教授设计了第一款小型电动车,他的助手克里斯托弗·贝克则负责制造。但更具实用价值,更成功的电动车是由美国人托马斯·达文波特和苏格兰人罗伯特·戴维森在 1842 年研制的,他们首次使用的是不可充电电池。

2. 1860—1920 年——电动汽车的发展

随着英、法两国的科学家在电池性能、容量等技术方面的突破,1881 年,法国发明家 Gustave Trouve 在巴黎举行的国际电力博览会上演示了三轮电动车。1884 年,托马斯·帕克将电动车实现量产。1897 年,美国费城电车公司研制的纽约电动出租车实现了电动车的商用化。20 世纪初,安东尼电气、贝克、底特律电气(安德森电动车公司)、爱迪生、Studebaker 和其他公司相继推出电动汽车,电动车的销量全面超越汽油动力汽车,电动车也逐渐成为上流社会喜好的城市用车。在早期的汽车消费市场上,电动车比内燃机驱动的车辆有着更多优势:无气味、无振荡、无噪声、不用换挡和价格低廉等。因此,电动汽车在当时的汽车发展中占据着重要位置。据统计,到 1890 年在全世界 4200 辆汽车中,有 38% 为电动汽车,40% 为蒸汽汽车,22% 为内燃机汽车。

3. 1920 年—20 世纪末——电动汽车的停滞期

随着美国得克萨斯州石油的开发和内燃机技术的提高,电动车在 1920 年之后渐渐地失去了优势。汽车市场逐步被内燃机驱动的汽车所取代。只有在少数城市保留着很少的有轨电车和无轨电车,以及很有限的电瓶车(使用铅酸电池组,使用在高尔夫球场、铲车等领域)。电动汽车的发展从此停滞了大半个世纪。随着全球石油资源的开发和利用,以及内燃机驱动汽车的技术不断成熟,人们几乎忘记还有电动汽车的存在,而运用在电动汽车上的技术(如电驱动、电池材料、动力电池组、电池管理等)也处于停滞状态。

4. 20 世纪末到今天——电动汽车的复苏及创新期

随着全球石油资源的日益减少、大气环境的严重污染，人们重新认识到电动汽车的重要性。1990 年之前，提倡使用电动汽车主要还是以民间为主，如 1969 年建立的民间学术团体组织：世界电动汽车协会（World Electric Vehicle Association）。到了 20 世纪 90 年代，各个主要的汽车生产商开始关注电动汽车的未来发展，并且开始在电动汽车领域投入资金和技术。

新能源汽车的概念也应运而生，类型也得到了丰富。在 1990 年 1 月的洛杉矶汽车展上，通用汽车的总裁向全球推介 Impact 纯电动轿车。1992 年福特汽车使用钙硫电池的 Ecostar，1996 年丰田汽车使用镍氢电池的 RAV4LEV，1996 年法国雷诺汽车的 Clio，1997 年丰田的 Prius 混合动力轿车相继下线，1997 年日产汽车推出了世界上第一辆使用锂离子电池的电动车 Prairie Joy EV，1999 年本田汽车开始发布、销售混合动力汽车 Insight。

与以往的电动车生产厂家所不同，新成立的 Tesla 汽车公司完全生产纯电动车。2006 年推出的 Roadster 跑车 0~60 英里只要 3.9s，每次充电可行驶 400km。

在 2008 年北京奥运会期间，中国京华客车厂生产的纯电动公交车进行了一定规模的实际运行。最重要的是，它采用了充换电站模式。这一模式展示了未来充换电站逐步取代加油站的趋势。

从 21 世纪初开始，我国自主品牌汽车企业的新能源汽车的研发和生产也进入了一个蓬勃发展的阶段。国内汽车企业纷纷涉足新能源汽车的研发与生产，参与新能源汽车的示范运行及其产业化进程。比亚迪、奇瑞、东风、长安、上海汽车、一汽集团等是主要的参与者，目前已经成功研发多款轿车、客车及客车底盘。

比亚迪作为中国自主品牌汽车企业的代表，坚持自主创新，致力于新能源汽车技术的研发和生产，并凭借其在电池和制造业领域所积累的经验 and 优势，迅速崛起为国内新能源汽车领域最突出的后起之秀，从事大容量、高性能的电池产品的研发和生产，研发出铁动力电池（ET-Power），2008 年 3 月推出了双模电动车型 F3DM 混合动力轿车，纯电动续驶里程达到 60km。2010 年 9 月，首款纯电动客车 K9 下线，一次充电续驶里程达到 300km。2011 年 10 月，首款纯电动轿车 E6 先行者上市，一次充电续驶里程达到 300km。2013 年 12 月 17 日，比亚迪秦正式上市，搭载了双动力双模技术，将大功率驱动电动机与 1.5TID 节能动力总成相结合，在混合动力模式下能输出 217kW 的总功率和 479N·m 的总扭矩，0~100km/h 加速时间仅为 5.9s，最高时速可达 185km/h，百公里油耗仅为 1.6L。作为一款插电式混合动力汽车，220V 家用电源即可充电，纯电动续航里程达到 70km。表 1.1 列出了近年来国内研发和生产的主要新能源汽车，供读者参考。

表 1.1 国内研发和生产的新能源汽车

序 号	生 产 企 业	产品名称或型号	产品类型或说明
1	上海通用	别克君威	HEV 轿车
2	比亚迪	K9	纯电动客车
3		E6	纯电动轿车
4		F3DM	双模混合动力轿车

续表

序 号	生 产 企 业	产品名称或型号	产品类型或说明
5		秦	插入式双模混合动力轿车
6	天津清源电动车公司	哈飞纯电动微客	纯电动
7	重庆长安	CV11	混合动力轿车
8	奇瑞	BSG	混合动力,节油 10%
9		ISG	混合动力,节油 17%
10	上汽集团	帕萨特	燃料电池轿车
11	一汽轿车	B70HEV	HEV 奔腾轿车
12	江淮汽车	HFC4HA1 - B	混合动力
13	北汽集团	勇士	混合动力
14	一汽海马	福仕达	纯电动轿车
15	东风股份公司	轻卡	纯电动
16	一汽大连客车厂	CA6124SH2	HEV 大客车
17	南车时代	TEG6128	HEV 大客车
18	北汽福田	BS6123C7B4D	混合动力客车
19	东风电动车公司	EQ6100	HEV 客车
20		EQ7200	HEV 轿车
21	中通客车	LCK6112G	HEV 公交车
22	重庆恒通	CKZ6116	HEV 公交车

1.4 新能源汽车的基本结构

新能源汽车和传统的燃油汽车相比具有组成结构灵活的显著特点。形成这一特点有以下四方面的原因。

(1) 由于新能源汽车的主要能量传递可以通过电线进行, 电线相对于传统的联轴器、传动轴而言是柔性的, 所以用电线连接的各个部件布置的灵活性很大。

(2) 不同的驱动系统要求有不同的布置结构。如独立的四轮驱动系统和轮毂电动机驱动系统, 和传统的离合器、变速器、差速器构成的驱动系统具有非常大的差别。

(3) 不同的驱动电动机会形成整车的重量、尺寸和形状的差异。

(4) 不同的储能装置会造成整车的重量、尺寸和形状的差异, 如蓄电池和燃料电池差别很大。

(5) 不同的能量补充装置对整车的布局也有较大影响, 如蓄电池的感应式充电和接触性充电, 更换电池集中充电。

鉴于新能源汽车结构灵活的特点, 在分析新能源汽车的基本结构时, 不能像学习传统汽车那样分析, 而采用共性加个性的分析方法。先分析新能源汽车的功能模块构成, 再区别不同的电力驱动形式和不同的储能装置, 分别对各种新能源汽车的结构进行分析。

1.4.1 新能源汽车的功能模块构成

图 1.1 给出了新能源汽车的功能模块结构框图。其功能结构由电子驱动子系统、主能源子系统和辅助控制子系统组成。

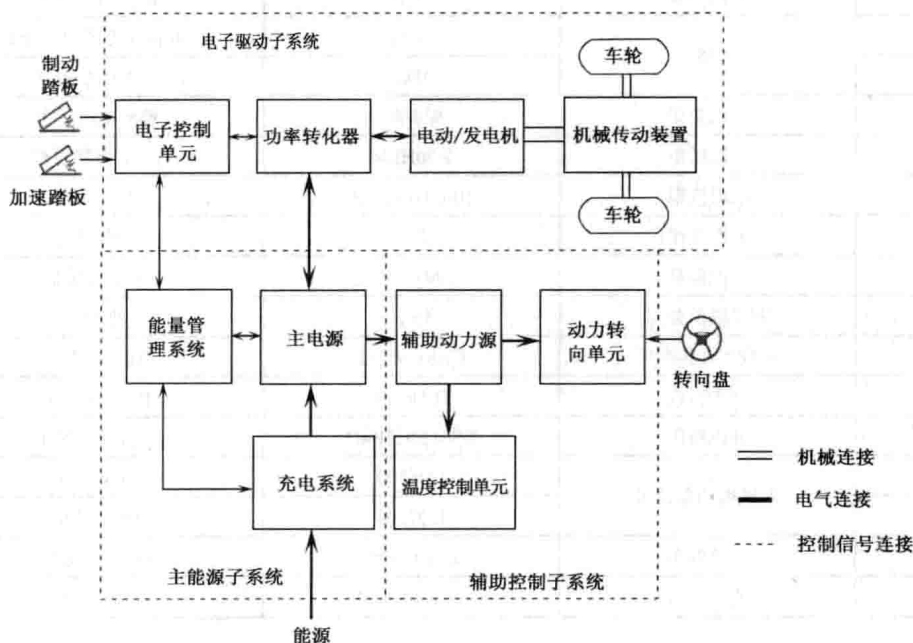


图 1.1 新能源汽车的功能模块结构框图

电子驱动子系统由电动/发电机、功率转换器、电子控制单元、机械传动装置和车轮组成，其功能是根据制动踏板和加速踏板传感器传来的驾驶员动作信息，控制功率转换器将主能源子系统提供的电能输送到电动/发电机，由电动/发电机将电能转换为机械能，通过机械传动系统将这些机械能传送给车轮，形成车辆的驱动力。

主能源子系统由主电源、充电系统和能量管理系统组成。能量管理系统负责对充电过程和用电过程进行有效管理，监测电源的使用情况。当车辆制动时，能量管理系统和电子控制单元共同控制电动/发电机转为发电机工作，将制动能量通过机械传动装置传输给电动/发电机，产生电流向主电源（通常含有蓄电池）充电。

辅助控制子系统由辅助动力源、动力转向单元和温度控制单元组成。辅助动力源将主电源提供的电压变换成车内各辅助系统所需的电源电压，为其提供能量支持，主要包括转向系统、空调系统和其他辅助装置。

1.4.2 不同电力驱动系统的结构形式

新能源汽车的电力驱动系统不同，所要求的整车的布局结构也不同，而且具有很大的差异，图 1.2 给出了 6 种不同电力驱动系统的结构形式。