



高等学校“十三五”规划教材

GAODENG XUOXIAO “13·5” GUIHUA JIAOCAI

新能源汽车 技术与应用

魏玲 刘曙光 主编



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



高等学校“十三五”规划教材

新能源汽车技术与应用

魏玲 刘曙光 主编
赵红阳 参编



北京
冶金工业出版社
2018

内 容 提 要

本书全面、系统地论述了新能源汽车的定义与分类,阐述了环境和能源问题对于发展新能源汽车的必要性和发展现状及趋势;重点介绍了动力电池与能量存储、电机驱动系统、纯电动汽车、混合动力汽车和燃料电池汽车的结构、原理及设计方法等;对再生制动的基本原理、电动汽车充换电技术也进行了介绍。

本书可作为高等院校汽车类专业的教材,也可供从事新能源汽车技术和相关研究的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车技术与应用/魏玲,刘曙光主编. —北京:
冶金工业出版社, 2018. 9
高等学校“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5024-7908-4

I. ①新… II. ①魏… ②刘… 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(2018)第216950号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 俞跃春 杜婷婷 美术编辑 彭子赫 版式设计 禹蕊

责任校对 郑娟 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7908-4

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2018年9月第1版,2018年9月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;19印张;461千字;292页

49.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

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也带来了大量的就业机会和财富，推动了经济的发展，并且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益处的同时也存在能源环境和气候问题的挑战。2016年全球汽车保有量已达到15.9亿辆，其中中国为1.9亿辆，近几年全球汽车保有量仍快速增长，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，世界各国政府、学术界和工业界都将目光投向了环保与节能的新能源汽车上，并且都在加大对新能源汽车开发的投入力度，加速新能源汽车的商业化步伐。

环境和能源问题，特别是环境问题是新能源汽车发展的主要推动力。2009年3月20日我国发布了《汽车产业调整和振兴规划》，我国政府非常重视新能源及节能汽车的发展，启动了国家节能和新能源汽车示范工程，由中央财政安排资金给予补贴，支持大中城市示范推广混合动力汽车、纯电动汽车、燃料电池汽车等节能和新能源汽车。《中国制造2025》明确提出纯电动和插电式混合动力汽车、燃料电池电动汽车是国内未来的重点发展方向，并分别提出了2020年和2025年的发展目标；继续支持电动汽车、燃料电池电动汽车发展，提升动力电池、驱动电机等核心技术的工程化和产业化能力，形成从关键零部件到整车的完整工业体系和创新体系，推动新能源汽车同国际先进水平接轨。本书的内容将对新能源汽车的推广应用起到一定的积极作用。

本书讨论了新能源汽车技术及应用的有关内容。全书分为8章。第1章讨论了新能源汽车的定义与分类，阐述了环境和能源问题对于发展新能源汽车的必要性，并介绍了新能源汽车的发展现状及趋势；第2章重点论述了动力电池与能量存储，包括电化学蓄电池、太阳能电池、超级电容和飞轮电池，还介绍了混合能量存储系统储能装置；第3章讲述了电机驱动系统工作原理及特性，包括直流电机驱动系统、交流感应电机驱动系统、交流永磁电机驱动系统、开关磁阻电机驱动系统；第4章讲述了纯电动汽车的基本结构及原理，同时也讲

述了电池管理系统；第5章讲述了混合动力汽车的结构及原理，给出了串联式、并联式、混联式混合动力汽车驱动系统设计；第6章讲述了燃料电池汽车的结构及原理，在讨论了燃料电池技术的基础上，介绍了燃料电池混合动力驱动系统设计；第7章讲述了再生制动的基本原理，讨论了电动汽车和混合动力汽车的制动系统；第8章对电动汽车充电基础设施进行了相关介绍，并介绍了充电站建设工程实例。书中既有新能源汽车广泛应用的成熟技术，同时还介绍了一些国内外有关新能源汽车的新技术。

本书由辽宁工业大学电气工程学院魏玲、黄山学院刘曙光担任主编，辽宁科技大学赵红阳参编。全书由魏玲、刘曙光统编定稿。具体编写分工如下：第1章~第5章由魏玲编写；第7章、第8章、附录1~附录6由刘曙光编写；第6章由赵红阳编写。

在本书编写过程中借鉴了参考文献中的相关内容，对文献作者表示感谢。本书获2018年度安徽省高校科学研究重大项目（KJ2018A0408）、2017年度安徽省教育厅新工科研究与实践项目（2017xgkxm47）、2017年度安徽省教育厅教学研究重大项目（2017jyxm0454）的资助，在此表示衷心的感谢。

由于新能源汽车技术还在发展中，很多相关的技术和理论还在研究过程中，加之作者水平有限，书中的疏漏和不当之处，敬请读者指正。

编 者
2018年5月

目 录

1 绪论	1
1.1 新能源汽车的定义与分类	1
1.1.1 新能源汽车的定义	1
1.1.2 新能源汽车的分类	2
1.2 发展新能源汽车的意义	4
1.2.1 汽车在社会发展中的地位	4
1.2.2 汽车对环境的影响	6
1.2.3 汽车对能源的影响	7
1.2.4 发展新能源汽车的意义	10
1.3 汽车新能源	10
1.3.1 电能	12
1.3.2 氢能源	12
1.3.3 天然气	13
1.3.4 液化石油气	13
1.3.5 醇类燃料	14
1.3.6 二甲醚	14
1.3.7 太阳能	15
1.3.8 生物柴油	15
1.4 新能源汽车发展现状	16
1.4.1 国外新能源汽车发展现状	16
1.4.2 国内新能源汽车发展现状	18
本章小结	20
思考题	21
2 动力电池与能量存储	22
2.1 动力电池的性能评价	22
2.1.1 动力电池的分类	22
2.1.2 动力电池的性能指标	23
2.1.3 动力电池的基本要求	28
2.1.4 电池模型	28
2.2 电化学蓄电池	30
2.2.1 铅酸蓄电池	31

2.2.2 镍氢电池	33
2.2.3 锂电池	34
2.2.4 锌空气电池	36
2.3 太阳能电池	37
2.3.1 太阳能电池工作原理	37
2.3.2 太阳能电池基本特性	37
2.3.3 影响太阳能电池转换效率的因素	39
2.3.4 太阳能电池组件	40
2.4 超级电容器	41
2.4.1 超级电容器工作原理	41
2.4.2 超级电容器应用性能	41
2.4.3 超级电容器在汽车上的应用	43
2.5 超高速飞轮	44
2.5.1 超高速飞轮的工作原理	44
2.5.2 能量转换控制	47
2.5.3 超高速飞轮的构造	48
2.5.4 飞轮电池特性	50
2.6 混合能量存储系统	51
2.6.1 混合储能系统的优点	51
2.6.2 几种典型的混合储能系统	52
本章小结	53
思考题	54
3 电机驱动系统	55
3.1 电机驱动系统的基本特性	55
3.1.1 电机驱动系统的组成	55
3.1.2 驱动电机的分类	56
3.1.3 新能源汽车对驱动电机的性能要求	57
3.2 直流电机驱动系统	57
3.2.1 直流电机的基本结构与工作原理	58
3.2.2 直流电机的种类及其基本性能	58
3.2.3 直流电机的控制系统	59
3.3 交流感应电机驱动系统	62
3.3.1 交流感应电机结构与工作原理	62
3.3.2 交流感应电机控制系统	63
3.4 交流永磁电机驱动系统	69
3.4.1 交流永磁电机的种类和结构	69
3.4.2 永磁同步电机驱动系统	72
3.4.3 永磁无刷直流电机驱动系统	73
3.5 开关磁阻电机驱动系统	76

3.5.1 开关磁阻电机结构和工作原理	76
3.5.2 开关磁阻电机控制系统	79
3.6 电机控制器	82
3.6.1 电机控制器的组成与原理	82
3.6.2 电机控制方式	82
3.6.3 电机控制器容量等级	83
3.7 电机驱动系统发展现状与趋势	84
本章小结	85
思考题	86
4 纯电动汽车	87
4.1 电动汽车的发展历史	87
4.1.1 纯电动汽车的发展历史与现状	87
4.1.2 混合动力电动汽车的发展历史与现状	90
4.1.3 燃料电池电动汽车的发展历史与现状	91
4.2 电动汽车的基本结构	92
4.3 电动汽车的行驶性能	96
4.3.1 电动汽车的动力性	96
4.3.2 电动汽车的续驶里程及其影响因素	103
4.4 电动汽车实例	106
4.4.1 比亚迪 E6 纯电动汽车	106
4.4.2 北汽 E150 纯电动汽车	107
4.4.3 江淮同悦 iEV 纯电动汽车	107
4.4.4 上汽荣威 E50EV 纯电动汽车	107
4.4.5 特斯拉 Model S 纯电动汽车	108
4.5 电源变换器	108
4.6 增程式电动汽车	110
4.6.1 增程式电动汽车组成	110
4.6.2 增程式电动汽车原理	112
4.6.3 增程式电动汽车特点	115
4.6.4 增程式电动汽车控制策略	116
4.7 电池管理系统	121
4.7.1 电池管理系统的功能	121
4.7.2 电池管理系统的组成	123
4.7.3 电池管理系统的要求	124
4.7.4 电池 SOC 估算方法	126
本章小结	128
思考题	128
5 混合动力汽车	129
5.1 概述	129

5.1.1	混合动力汽车的主要组成	129
5.1.2	混合动力汽车的优缺点	130
5.1.3	混合动力汽车的关键技术	131
5.2	混合动力汽车的分类	132
5.2.1	按照动力系统结构形式划分	132
5.2.2	按照混合度划分	133
5.2.3	其他划分形式	133
5.3	混合动力汽车的基本结构	133
5.3.1	串联式混合动力电驱动系	134
5.3.2	并联式混合动力电驱动系	135
5.3.3	混联式混合动力电驱动系	144
5.4	混合动力汽车能量管理	148
5.4.1	能量的传递路线	148
5.4.2	能量的控制策略	149
5.5	串联式混合动力电驱动系的设计	149
5.5.1	运行模式	151
5.5.2	控制策略	152
5.5.3	电驱动系参数的设计	155
5.6	并联式混合动力驱动系的设计	163
5.6.1	运行模式	163
5.6.2	控制策略	165
5.6.3	并联式电驱动系参数的设计	167
5.6.4	并联式 HEV 仿真实例	175
5.7	混联式混合动力驱动系的设计	176
5.7.1	运行模式	176
5.7.2	控制策略	178
5.7.3	混联式电驱动系参数设计	181
5.8	液驱混合动力汽车	184
5.8.1	液驱混合动力汽车构型方案与特点	184
5.8.2	串联式液驱混合动力汽车	185
5.8.3	并联式液驱混合动力汽车	186
5.8.4	混联式液驱混合动力汽车	187
	本章小结	189
	思考题	190
6	燃料电池汽车	191
6.1	燃料电池的特点	191
6.2	燃料电池的工作原理	192
6.3	燃料和氧化剂的消耗	198
6.4	燃料电池系统特性	199

6.5 燃料电池技术	200
6.5.1 质子交换膜燃料电池	201
6.5.2 碱性燃料电池	203
6.5.3 磷酸燃料电池	204
6.5.4 熔融碳酸盐燃料电池	205
6.5.5 固态氧化物燃料电池	206
6.5.6 直接甲醇燃料电池	207
6.6 燃料供应	207
6.6.1 压缩氢	207
6.6.2 低温液氢	209
6.6.3 金属氢化物	209
6.7 燃料电池混合动力电驱动系设计	211
6.7.1 燃料电池电动汽车的特点	211
6.7.2 燃料电池混合动力驱动系的结构	212
6.7.3 控制策略	212
6.8 燃料电池电动汽车实例	213
6.8.1 荣威 950 燃料电池电动汽车	213
6.8.2 丰田燃料电池电动汽车	213
6.8.3 奔驰 B 级 F-Cell 燃料电池电动汽车	214
本章小结	214
思考题	215
7 再生制动技术	216
7.1 制动中的能耗	216
7.1.1 再生制动基本概念	216
7.1.2 制动中的能量损耗	219
7.1.3 前后轮上的制动功率和能量	221
7.2 制动能量回收系统的组成与原理	224
7.2.1 制动能量回收系统的组成	224
7.2.2 制动能量回收系统的原理	224
7.3 制动能量回收控制策略	227
7.3.1 影响制动能量回收的因素	227
7.3.2 制动能量回收—液压制动系统	228
7.3.3 制动能量回收控制策略	228
7.4 制动能量回收系统仿真	232
7.4.1 10-15 循环工况仿真	232
7.4.2 停车制动工况仿真	234
本章小结	235
思考题	235

8 电动汽车充电基础设施	236
8.1 充电设施建设	236
8.1.1 充电设施分类	236
8.1.2 充电桩建设	236
8.1.3 充电站建设	237
8.2 供电系统	238
8.2.1 供电方式	238
8.2.2 配电容量	238
8.2.3 一次配置	239
8.2.4 二次配置	239
8.2.5 交直流系统	240
8.2.6 安全防护	240
8.2.7 谐波治理	240
8.3 充电系统	241
8.3.1 电能补给方式	241
8.3.2 电动汽车充电方法	244
8.3.3 交流充电桩	247
8.3.4 充电机	248
8.3.5 电动汽车与电网互动技术	258
8.4 监控系统	261
8.4.1 城区充电站集中能量管理系统	261
8.4.2 充电站监控系统	262
8.4.3 监控系统典型方案	264
8.4.4 监控系统特点	265
8.5 计量计费系统	267
8.5.1 电网和充电设施之间的计量	267
8.5.2 充电设施和电动汽车用户之间的计量计费结算	267
8.6 充电站典型建设	267
8.6.1 平面充电站	267
8.6.2 立体充电站	272
8.6.3 交流充电桩	273
8.6.4 工程应用	273
本章小结	280
思考题	280
附录	281
附录 1 电动汽车标准速查	281
附录 2 动力电池标准速查	283
附录 3 驱动电机标准速查	285

附录 4 混合动力电动汽车标准速查	286
附录 5 燃料电池电动汽车标准速查	287
附录 6 充换电设施、充电接口标准速查	288
参考文献	291

1 绪 论

【本章重点和难点】

(1) 本章重点：

- 1) 新能源汽车的定义与分类。
- 2) 发展新能源汽车的重要性。
- 3) 新能源汽车发展现状。

(2) 本章难点：

- 1) 几种新能源汽车发展前景。
 - 2) 汽车新能源的比较。
-

1.1 新能源汽车的定义与分类

1.1.1 新能源汽车的定义

根据我国汽车产业发展政策，国家发展和改革委员会公告〔2007〕第72号公布了《新能源汽车生产准入管理规则》，2009年在国家《汽车产业调整和振兴规划》的指导下，工业和信息化部公告〔2009〕第44号公布了《新能源汽车生产企业及产品准入管理规则》（以下简称《规则》）。《规则》对新能源汽车做出了明确的定义：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。

2012年4月18日在国务院常务会议上，讨论并通过了《节能与新能源汽车产业发展规划（2012~2020年）》，规划指出：要以线盘驱动为汽车工业转型的主要战略取向，当前重点推进电动汽车和插电式混合动力汽车产业化，推广普及非插电式混合动力汽车、节能内燃机汽车，提升我国汽车产业整平技术水平。2015年5月8日，国务院又正式印发了《中国制造2025》，这是一份围绕实现制造强国的纲领性文件，在十大重点领域的“6. 节能与新能源汽车”中明确提出：继续支持电动汽车、燃料电池汽车发展，掌握汽车低碳化、信息化、智能化核心技术，提升动力电池、驱动电机、高效内燃机、先进变速器、轻量化材料、智能控制等核心技术的工程化和产业化能力，形成从关键零部件到整车的完整工业体系和创新体系，推动自主品牌节能与新能源汽车同国际先进水平接轨。2016年4月6日国务院召开常务会议，进一步通过了《装备制造业标准化和质量提升规划》，

要求所涉及的 10 大重点领域对接《中国制造 2025》。2016 年 7 月和 11 月，国务院又相继颁发了《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》和《“十三五”国家科技创新规划》，这两份文件再次把新能源汽车列入规划。2017 年 6 月，在《科学美国人》杂志发布的 2017 年度全球十大新兴技术榜单中，“新能源汽车”榜上有名。

石油短缺、环境污染、气候问题是全球汽车产业面临的共同挑战，发展新能源汽车已成为大势所趋，新能源汽车必将成为 21 世纪汽车工业发展的热点。

1.1.2 新能源汽车的分类

根据《规则》的规定，新能源汽车包括混合动力汽车（Hybrid electric vehicle, HEV）、纯电动汽车（Battery electric vehicle, BEV）、燃料电池电动汽车（Fuel cell electric vehicle, FCEV）、氢发动机汽车（Hydrogen fueled engine vehicle, HFEV）、天然气汽车（Natural gas vehicle, NGV）以及其他新能源（如高效储能器、二甲醚）汽车等各类别产品。

1.1.2.1 混合动力汽车

混合动力汽车是指由多于一种的能量转换器提供驱动动力的混合型电动汽车，即使用蓄电池和副能量单元的电动汽车，其副能量单元实际上是一部燃烧某种燃料的原动机或动力发电机组，目前，混合动力汽车多采用传统燃料的燃油发动机与电力混合。

按照动力系统结构的不同，混合动力汽车可以分为串联式混合动力汽车（Series hybrid electric vehicle, SHEV）、并联式混合动力汽车（Parallel hybrid electric vehicle, PHEV）和混联式混合动力汽车（Plug-in split hybrid electric vehicle, PISHEV）。按照燃料种类的不同，又可以分为汽油混合动力和柴油混合动力两种。目前在国内市场上，混合动力汽车的主流是汽油混合动力，而国际市场上柴油混合动力车型发展也很快。

混合动力汽车是传统内燃机汽车与电动汽车相结合的产物，其关键技术是混合动力系统，它的性能直接关系到混合动力汽车整车性能。混合动力汽车最突出的优势就是其燃油经济性，可以按平均需用的功率确定内燃机的最大功率，使内燃机处于油耗低、污染少的最优工况下工作，一般比传统燃料汽车节约燃油 30%~50%，同时也可以显著降低排放；同时电池可以方便地回收制动等工况时的能量；从普及推广的角度可以利用现有的加油站设施，无需新的投资。

但是混合动力汽车也存在着价格高、长距离高速行驶基本不能省油等问题。目前，我国混合动力汽车技术发展较快，部分车型已处于技术成熟期。

1.1.2.2 纯电动汽车

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。

纯电动汽车完全采用可充电式电池驱动，其基本结构并不复杂，电动发电机和车载电池是其中的关键部件，其中又以电池最为关键。其难点在于电力储存技术。

由于电力可以从多种一次能源获得，不必担心能源的日渐枯竭，因此纯电动汽车具有广阔的使用前景，同时纯电动汽车无污染、低噪声、高效率，正是这些优点使电动汽车的研究和应用成为汽车工业的一个“热点”。目前蓄电池单位重量储存的能量太少，充电后行驶里程不理想；高储量的电池使用寿命较短，由于没形成经济规模导致使用成本高，难以实现商业化运营。

对于电动汽车产业化进程而言,目前最大的障碍就是基础设施建设以及价格。与混合动力相比,电动汽车更需要基础设施的配套,而这需要政府投入,相关企业合作共同建设,才有可能大规模普及推广。近年来,在我国继铅酸蓄电池类的纯电动汽车技术发展较为成熟之后,其他蓄电池也有了长足的发展。

1.1.2.3 燃料电池电动汽车

燃料电池电动汽车是利用燃料电池,将燃料中的化学能直接转化为电能来进行动力驱动的新型汽车。

与混合动力汽车相比,燃料电池电动汽车完全不进行燃料的燃烧过程,而是通过电池直接将化学能转化为电能,依靠电机驱动。与纯电动汽车相比,燃料电池汽车动力源主要是燃料电池,而不是蓄电池。燃料电池的能量转换效率比内燃机要高2~3倍,燃料电池化学反应过程不会产生有害产物。因此,从能源的利用和环境保护方面来看,燃料电池电动汽车是一种理想车辆,代表着清洁汽车未来的发展方向。

燃料电池电动汽车使用的燃料包括氢、甲醇、汽油、柴油等,国际上普遍采用的是高能量密度的液态氢。

近几年,虽然国际上在燃料电池技术已经取得了重大进展,但在燃料电池汽车开发中仍然存在着技术性挑战,如燃料电池组的一体化、整车集成、产业化、商业化等。在我国,燃料电池电动汽车的研究水平与发达国家相差无几,有关专家指出我国完全有能力在这一领域赶超世界先进水平。

1.1.2.4 氢发动机汽车

氢发动机汽车是在现有的发动机基础上加以改造,从氢气(或其他辅助燃料)和空气的混合燃烧产生能量从而获得动力的汽车。与氢燃料电池汽车不同的是,氢动力汽车使用的是内燃机,而氢燃料电池汽车是电机,没有氢的燃烧过程。

由欧盟委员会发起并推广的氢燃料内燃机项目,历经3年时间于2007年取得了一定的成功。其研发的氢燃料发动机的性能已经可以和传统内燃机相媲美。然而,由于氢燃料加注基础设施的限制,现阶段的氢动力汽车一般也设计为可以同时使用汽油。2005年1月,宝马汽车公司首次向北美推出概念跑车H2R,该跑车采用液氢燃料,0~96km/h的加速时间仅需6s,其续航里程高达350km。

氢发动机汽车除了具备无污染、低排放等优点外,还具有一些特殊的优势,如对氢的要求较低、燃烧性能高、内燃机技术成熟等。但是氢发动机汽车现在面临氢的制取和液态氢的储存这两大难题,能否有效地解决这两大难题将决定氢发动机汽车的发展前景。

1.1.2.5 天然气汽车

天然气汽车是以天然气作为燃料的汽车,又称为“蓝色动力”汽车。按照天然气的化学成分和形态,分为压缩天然气汽车(Compressed natural gas, CNG)、液化天然气汽车(Liquefied natural gas, LNG)和液化石油气汽车(Liquefied petroleum gas, LPG)三种。天然气汽车由于采用天然气为燃料,所以具有低污染、低成本、安全性高的特点,但动力性能较低,不易携带,而且一旦大规模投入使用,必须建立相应的加气站及为加气站输送天然气的管道,涉及城市建设规划、经费投入和环境安全等诸多因素,成本较高。

我国天然气资源丰富,天然气汽车技术发展较快,在天然气资源丰富的地区,天然气

汽车比较普及。

1.1.2.6 其他新能源汽车

除了上述新能源汽车外，目前还有以醇、醚和生物燃料为代表的其他有机燃料作为能源的新型汽车。

醇类燃料泛指甲醇和乙醇，都属于含氧燃料。醇类燃料既可以直接作为发动机燃料，也可与汽油或柴油配制成混合燃料。与汽油相比，醇类燃料具有较高的输出效率，能耗量折合油耗量较低，排放有害气体少，属清洁能源。甲醇主要从煤和石油中提炼，规模化生产后可降低成本。其缺点在于：产量偏低，成本偏高；具有毒性，泄漏后危害较大；有较强的腐蚀性，对管线的损伤较大。乙醇多由发酵法生产，成本较低。目前国外较多使用醇类与汽油或柴油掺混组成的复合燃料。比例控制在5%~15%以下时，可以避免对发动机结构的改造，这种比例的燃料在市场上已经推广，更大比例掺混燃料目前仍处于研究探索阶段。当汽油价格较高时，燃料乙醇具有明显的成本优势。然而，大规模使用燃料乙醇会导致玉米、甘蔗等农作物供不应求、价格上升。随着技术的进步，醇类燃料将有很大的发展使用空间。

使用醚类作为能源的汽车主要指采用燃料二甲醚发动机的汽车。甲醚是一种惰性非腐蚀性有机物，是优良的冷冻剂和燃料的替代品，二甲醚在常温、常压下为无色易燃气体。较高的十六烷值让二甲醚与柴油有相当的性能和热效率。其能量密度大，不会占用过多的体积，使用和存储较为方便。在发动机燃烧时不会产生炭烟，相比柴油，发动机燃烧二甲醚燃料的体积是柴油体积的2倍。如果要复原柴油机的动力，则需改造燃油供给系统。但是其生产工艺不适合大规模生产，成本偏高。

生物柴油是指利用植物油和动物脂肪等可再生资源与甲醇进行酯交换而形成的长链脂肪酸甲酯混合物。目前使用的“清洁柴油”是生物柴油与普通柴油不同比例的混合燃料。通常采用生物柴油的体积分数 B_x 来标称这两种物质的比例，目前主要采用的是 B20 混合柴油（即20%的生物柴油加80%的普通柴油）。生物柴油作为汽车燃料具有可再生性、环境友好性和优良的可替代性等突出优势。但是生物柴油也有一系列的缺点：挥发性低，易造成燃烧不完全、冷车不易启动、点火延迟等问题；燃烧残留物呈微酸性，对气缸有一定的腐蚀作用；安定性差，含双键的生物柴油在空气中容易氧化变质；对橡胶零件有害，含有微量甲醇与甘油的生物柴油会降解与它接触的橡胶零件。

1.2 发展新能源汽车的意义

1.2.1 汽车在社会发展中的地位

虽然汽车工业发展面临着能源危机和环境污染两大主要问题，但汽车在社会发展中的地位仍无法被撼动。汽车是“改变世界的机器”，是推动社会进步的车轮，汽车早已成为人们日常生活中不可或缺的重要组成部分。汽车的普遍使用，改变了经济社会结构，形成了一整套新的经济、文化、生活体系，更改善了人们的生活质量，推进了社会进步，促进了经济发展。对于蓬勃发展的我国来说，新型工业化过程中，汽车工业在我国经济发展中占据着重要的战略地位，其国民经济支柱产业的地位日益凸显。汽车工业的发展将大力推

进高新技术的进步和创新。汽车工业必定在社会进程中起到积极的推动作用。

1.2.1.1 汽车在人们现实生活中的作用

(1) 汽车逐渐成为生活必需品。汽车从奢侈品变成了一件日常商品,人们的生活方式、生活观念和生活质量发生了巨大改变,使很多人对时间的概念不再局限于公共交通的时刻表。因此,汽车已经成为自由的象征,人们购买汽车更多是为了改变一种生活模式。

(2) 汽车增加了劳动就业率。汽车工业的发展能够给社会创造大量的就业岗位。在我国,有数据显示,2012年末,汽车行业及直接相关就业职工总数约3345.4万人,占全国从业人数的4.5%(全国从业人数,2012年末按73740万人计算),即在我国从业人数当中,平均每2个人就有1个人从事与汽车产业有关的工作。因此,汽车工业的发展创造了大量的就业机会,极大促进了社会稳定。

(3) 汽车加快了公路网和城市化进程。第二次世界大战后,各国快速投入到基础设施建设,高速公路的发展也迎来了快速发展阶段。高速公路网的迅速建立为汽车产业的快速发展提供了条件。汽车在联系城市、城镇中发挥着巨大作用,已成为一种最常见的交通工具。大量汽车的使用促进了公路的建设,而公路网的延伸又进一步增大了汽车需求量。

(4) 汽车开拓了汽车服务贸易市场。汽车工业的每个环节,从市场、研发、采购、生产、销售、服务直至后勤,都已经超出了国家范围。由此而产生的贸易、法律、环保及产业经济影响已经远远超过了汽车工业本身。同时,与汽车产业发展密切相关的汽车服务贸易市场迅速发展,在发达国家已发展形成成熟的二手车置换、保险、信贷、维修、保养、租赁、物流、贸易和回收利用等业务。

(5) 汽车产生了一系列新生事物。汽车产业的发展创造了多种衍生新事物,如汽车购置阶段的车贷业务、汽车使用阶段的车险业务,以及汽车租赁、汽车维修企业和二手车市场等。汽车展会、汽车艺术及汽车旅馆更是成为了发达国家人们日常生活中的一部分,改变了人们生活和思维方式。另外,汽车交通的便捷性也改变了城市结构,淡化了人们的区域观念。

1.2.1.2 汽车在当代社会经济中的作用和地位

(1) 汽车工业在国民经济增幅中的地位。汽车既是高价值的产品,又是批量大的产品,因而它能够创造巨大的产值。2007年我国汽车工业总产值达22425.48亿元,销售总产值为21937.99亿元。2008年我国汽车工业总产值为25887.14亿元,同比增长15.4%;销售总产值为25546.24亿元,同比增长16.4%。2009年我国汽车工业总产值为33423.45亿元,同比增长29.1%;销售总产值为32753.26亿元,同比增长28.2%。2010年我国汽车工业总产值为45473.95亿元,同比增长36.1%;销售总产值44721.7亿元,同比增长36.5%。2011年,全国汽车行业规模以上企业累计完成工业总产值49994.89亿元,同比增长16.82%;累计完成工业销售产值49219.96亿元,同比增长16.72%。2012年我国汽车工业总产值已达到52900亿元。

(2) 汽车工业在工业化过程中的作用与地位。在工业化过程中,汽车工业作为龙头产业,不仅极大地促进了其上游产业的发展,如钢铁、有色金属和橡胶等产业;也对其下游产业起到了极大的促进作用,如汽车维修、销售、道路、运输、金融和保险等行业。

(3) 汽车工业对国家综合经济实力的影响。汽车工业的繁荣是一个国家工业整体实力提升的综合体现,同时也是国家综合经济实力增长的重要表现。自新中国成立以来,我