普通高等教育“十三五”汽车类规划教材

新能源汽车概论

高建平　郁建国　主编

VEHICLE



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

需要全本请访问 www.ertongbook.com

普通高等教育“十三五”汽车类规划教材

新能源汽车概论

高建平　郁建国　主编

机 械 工 业 出 版 社

本教材介绍了新能源汽车原理与构造，车型上既包括纯电动汽车、插电式混合动力（增程式）电动汽车和燃料电池电动汽车这三种基本类型的电动汽车，也包括太阳能汽车、风能汽车、核能汽车等可再生能源汽车。本书立足于帮助读者建立基本概念，同时开阔视野，扩大知识面；另外，为了满足不同层次读者对内容深度的需求，本书还介绍了电池、电机、电控三大核心技术，以及匹配与集成、安全、电磁兼容、轻量化、实验验证等共性关键技术内容，以及新能源汽车示范推广模式等。本书适合本科生、研究生以及想从事新能源汽车行业研发工作的工程技术人员阅读。

图书在版编目（CIP）数据

新能源汽车概论 / 高建平，郁建国主编. —北京：机械工业出版社，2018.6
普通高等教育“十三五”汽车类规划教材
ISBN 978–7–111–59771–1

Ⅰ. ①新… Ⅱ. ①高… ②郁… 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 082850 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：何士娟
责任校对：郑 婕 封面设计：张 静
责任印制：李 昂
河北鹏盛贤印刷有限公司印刷
2018 年 6 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm • 16.5 印张 • 389 千字
0001— 4000 册
标准书号：ISBN 978–7–111–59771–1
定价：49.90 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
服务咨询热线：010-88379833
读者购书热线：010-88379649

网络服务
机 工 官 网：www.cmpbook.com
机 工 官 博：weibo.com/cmp1952
教育服务网：www.cmpedu.com
金 书 网：www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

前　言

汽车工业的可持续发展面临能源和环境的挑战，发展新能源汽车成为全球共识，以纯电动汽车、插电式混合动力电动汽车、燃料电池汽车为代表的纯电驱动技术取得明显进展，市场占有率正逐步提升；以太阳能汽车、风能汽车、核能汽车、空气动力汽车、新型燃料汽车等可再生能源汽车，成为新能源汽车的有益补充，也具有良好的发展前景。新能源汽车将成为21世纪重要的交通工具。

新能源汽车已被国务院确定为我国七大战略性新兴产业之一，并在发布的《节能与新能源汽车产业发展规划（2012—2020 年）》中明确“当前重点推进纯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”，科技部明确提出全面实施“纯电驱动”技术转型战略，并自“十五”以来连续启动重点专项或重大项目重点支持新能源汽车的技术研发和产业化。截至2017年底，我国新能源汽车保有量达到153万辆，其中2017年生产新能源汽车77万辆，占全年汽车产量的2.6%。

在国家政策的引导下，新能源汽车正从技术研发、示范推广向产业化阶段快速推进，导致新能源汽车技术开发人员、产业服务人员短缺，亟须培养一批掌握新能源汽车原理、构造和应用的人才队伍。本教材从新能源汽车的原理与构造出发，车型安排上既包括纯电动汽车、插电式混合动力（增程式）电动汽车、燃料电池电动汽车这三种基本类型的电动汽车，也包括太阳能汽车、风能汽车、核能汽车等可再生能源汽车，立足于帮助读者建立基本概念，同时开阔视野，扩大知识面；另外，为了满足不同层次读者对内容深度的需求，本书还介绍了电池、电机、电控三大核心技术，以及匹配与集成、安全、电磁兼容、轻量化、实验验证等共性关键技术内容，以及新能源汽车示范推广模式等，为读者从事更深入的研究工作打下基础。

本书由河南科技大学车辆与交通工程学院高建平、郗建国担任主编，参加编写的还有河南科技大学车辆与交通工程学院的王运玲，以及郑州宇通客车股份有限公司国家电动客车电控与安全工程技术研究中心的陈贞博士以及苏常军、曾升、王秋杰、张春敏、刘振楠、位跃辉、赵金宝等工程师，丁伟、孙中博等在资料收集整理过程中做了大量的工作。全书由高建平副教授统稿，北京理工大学车辆工程系的何洪文教授、郑州宇通客车股份有限公司国家电动客车电控与安全工程技术研究中心的李高鹏教授级高工在整书的成稿过程中给予了建设性建议和修改意见。

在本书完稿之际，对书中所引参考文献的作者致以衷心的感谢！

本书的出版还得到了河南科技大学教材出版基金的支持，在此一并表示感谢。

由于编者学识有限，书中不妥或错误之处在所难免，恳请读者提出宝贵建议，以便修订时予以纠正。

高建平

目　录

前　言

第 1 章　绪论……1

1.1　汽车能源的发展历程……1
1.1.1　蒸汽机汽车 ……1
1.1.2　早期电动汽车 ……1
1.1.3　内燃机汽车 ……2
1.1.4　现代电动汽车 ……3
1.2　新能源汽车概述……4
1.2.1　新能源汽车的概念和分类 ……4
1.2.2　新能源汽车的发展背景 ……6
1.2.3　新能源汽车的发展现状 ……7

第 2 章　纯电动汽车 …… 10

2.1　概述…… 10
2.2　驱动形式及应用…… 10
2.2.1　集中式驱动系统及应用 …… 11
2.2.2　轮边电机驱动系统及应用 …… 12
2.2.3　轮毂电机驱动系统及应用 …… 13
2.3　能源形式及应用…… 16
2.3.1　电池单独驱动式纯电动汽车 …… 16
2.3.2　超级电容单独驱动式纯电动汽车 …… 17
2.3.3　复合电源驱动式纯电动汽车 …… 19
2.3.4　双源驱动式纯电动客车 …… 20
2.4　性能及评价…… 22
2.4.1　动力性 …… 22
2.4.2　经济性 …… 25

第 3 章　插电式混合动力（增程式）电动汽车 …… 27

3.1　插电式混合动力（增程式）电动汽车的概述 …… 27
3.1.1　插电式混合动力电动汽车的概念和特点 …… 29
3.1.2　增程式电动汽车的概念和特点 …… 30

3.2 插电式混合动力（增程式）电动汽车的结构 …… 31
3.2.1 串联式结构 …… 31
3.2.2 并联式结构 …… 33
3.2.3 混联式结构 …… 33
3.3 插电式混合动力电动汽车的典型案例 …… 34
3.3.1 丰田插电式普锐斯混合动力轿车 …… 34
3.3.2 比亚迪 F3DM 插电式混合动力汽车 …… 40
3.3.3 宇通插电式混合动力客车 …… 43
3.4 增程式电动汽车系统及典型案例 …… 45
3.4.1 增程式电动汽车的增程器 …… 45
3.4.2 增程式电动汽车的典型案例 …… 49

第 4 章 燃料电池汽车 …… 54

4.1 燃料电池 …… 54
4.1.1 燃料电池的种类 …… 54
4.1.2 燃料电池的特性 …… 59
4.2 燃料电池系统 …… 62
4.2.1 燃料电池堆 …… 62
4.2.2 氢供给系统 …… 69
4.2.3 热管理系统 …… 71
4.2.4 水管理系统 …… 71
4.2.5 氢安全系统 …… 72
4.3 燃料电池汽车的类型及应用 …… 74
4.3.1 PFC 型燃料电池汽车 …… 74
4.3.2 FC+B 型燃料电池汽车 …… 75
4.3.3 FC+C 型燃料电池汽车 …… 77
4.3.4 FC+B+C 型燃料电池汽车 …… 79

第 5 章 其他类型的新能源汽车 …… 81

5.1 新型电动汽车 …… 81
5.1.1 太阳能电动汽车 …… 81
5.1.2 风能电动汽车 …… 84
5.1.3 核能电动汽车 …… 86
5.2 动势能汽车 …… 87
5.2.1 飞轮电池汽车 …… 87
5.2.2 空气动力汽车 …… 90
5.2.3 重力汽车 …… 92
5.3 新型燃料汽车 …… 93

5.3.1 醇类燃料汽车 …… 93
5.3.2 生物柴油汽车 …… 100
5.3.3 氢燃料汽车 …… 101
5.3.4 二甲醚汽车 …… 107

第 6 章 电动汽车核心技术 …… 110

6.1 动力电池、超级电容及其管理技术 …… 110
6.1.1 动力电池及其管理技术 …… 110
6.1.2 超级电容及其管理技术 …… 124
6.2 驱动电机及其控制技术 …… 128
6.2.1 永磁同步电机及其控制技术 …… 129
6.2.2 交流异步电机及其控制技术 …… 135
6.2.3 开关磁阻电机及其控制技术 …… 141
6.3 整车综合能量管理技术 …… 145
6.3.1 组成、功能与开发 …… 145
6.3.2 整车控制策略 …… 151

第 7 章 电动汽车与智能电网 …… 157

7.1 电动汽车充换电技术 …… 157
7.1.1 电动汽车电能供给的方式 …… 157
7.1.2 整车充电技术 …… 158
7.1.3 电池更换技术 …… 164
7.2 电动汽车充换电设施现状与发展趋势 …… 167
7.2.1 充换电设施的需求 …… 167
7.2.2 充换电设施的发展现状 …… 169
7.2.3 充换电设施的发展需求和发展趋势 …… 170
7.3 电动汽车与电网互动技术 …… 171
7.3.1 电动汽车与电网互动框架 …… 172
7.3.2 电动汽车与电网互动关键技术与设备 …… 173
7.3.3 电动汽车参与电网互动的经济性及其影响因素 …… 177
7.3.4 电动汽车与电网互动技术发展面临的挑战 …… 180

第 8 章 新能源汽车的其他关键技术 …… 181

8.1 匹配与集成技术 …… 181
8.1.1 动力系统匹配技术的基本原则 …… 181
8.1.2 动力系统集成技术 …… 184
8.2 整车辅助系统技术 …… 196
8.2.1 电动助力转向系统技术 …… 196

8.2.2 新能源汽车的空调系统技术 ……201
8.2.3 电液复合制动系统技术 ……204
8.3 整车安全技术 ……207
8.3.1 结构安全技术 ……207
8.3.2 高压电安全技术 ……208
8.3.3 功能安全技术 ……212
8.4 电磁兼容技术 ……213
8.4.1 电磁兼容基础 ……213
8.4.2 电磁兼容性设计方法 ……215
8.4.3 抑制电磁干扰的技术措施 ……215
8.5 轻量化技术 ……216
8.5.1 轻量化结构 ……216
8.5.2 轻量化工艺 ……218
8.5.3 新型材料的应用 ……220
8.5.4 轻量化技术应用实例 ……225
8.6 试验与评价技术 ……226
8.6.1 关键零部件试验及评价 ……226
8.6.2 整车试验及评价 ……231

第 9 章 新能源汽车的商业模式及服务体系 ……235

9.1 新能源汽车的商业模式 ……235
9.1.1 整车销售模式 ……235
9.1.2 整车租赁模式 ……236
9.1.3 裸车销售+电池租赁模式 ……236
9.1.4 融资租赁模式 ……237
9.1.5 国内典型商业模式介绍 ……237
9.2 新能源汽车的服务体系 ……240
9.2.1 应急安全处理体系 ……240
9.2.2 零配件供应体系 ……240
9.2.3 维护保养体系 ……242
9.2.4 废置处理体系 ……246

第 10 章 新能源汽车的发展趋势 ……247

10.1 动力深度电气化 ……247
10.2 车身底盘轻量化 ……250
10.3 整车智能网联化 ……251

参考文献 ……255

第 1 章

绪　论

汽车的发展对于改变人们的生活和行为方式起到了巨大的作用。在现代生活中，汽车已经成为人们生活中必不可少的交通工具。随着汽车工业的不断发展，全球汽车保有量的不断攀升，汽车对于能源和环境的深层次的影响也逐渐体现。近年来，在各种需求和压力的作用下，新能源汽车作为一种新型环保的交通工具发展迅速。

1.1　汽车能源的发展历程

1.1.1　蒸汽机汽车

1765 年，英国的詹姆斯·瓦特（James Watt）发明了蒸汽机，并成功地应用于工厂，成为当时几乎所有机器的动力，改变了人们的工作和生产方式，极大地推动了技术进步，拉开了工业革命的序幕。

1769 年，法国陆军工程师、炮兵大尉尼古拉斯·古诺将一台蒸汽机装在了一辆木制三轮车上，这是世界上第一辆完全凭借自身的动力实现行走的蒸汽汽车。

1801 年，英国工程师理查德·特雷蒂克制成了能够乘 8 人、车速为 9.6km/h 的蒸汽汽车，是世界上第一辆载客蒸汽汽车，但试车时锅炉被烧毁。

1825 年，英国哥尔斯瓦底·嘉内公爵制成了一辆蒸汽公共汽车，18 座，车速为 19km/h，这是世界上第一辆营业性质的公共汽车。

1838 年，英国发明家亨纳特发明了世界第一台内燃机点火装置。该项发明被称为“世界汽车发展史上的一场革命”。蒸汽机汽车从此渐渐退出历史的舞台。

1.1.2　早期电动汽车

电动汽车最早出现在英国。1834 年，英国的布兰顿演示了托马斯·戴文波特（Thomas Davenport）发明的蓄电池车。该车采用的是不可充电的玻璃封装蓄电池，它比世界上第一辆内燃机汽车早了半个世纪。

1881 年，法国工程师古斯塔夫·特鲁夫（Gustave Trouvé）装配的以铅酸电池为动力的

三轮车，是世界上第一辆以可充电电池为动力的电动汽车。

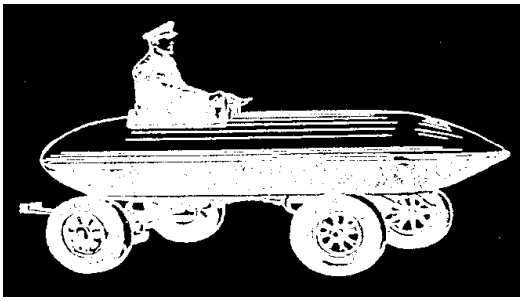


图 1–1　子弹头型电动汽车

1899 年，法国人设计制造的子弹头型电动汽车续驶里程约为 290km，并创下了 98km/h 的速度纪录。这使得法国的电动汽车一直保持着世界电动汽车续驶里程和车速的最高纪录，如图 1–1 所示。

1912 年，美国有 34 000 辆电动汽车注册。贝克（Baker）电气公司是美国最重要的电动汽车制造商。底特律电气（Detroit Electric）公司生产的电动汽车最高时速可达 40km/h，续驶里程可达 129km。

1920 年，英国伦敦电动汽车公司生产了后轮轮毂电机式、后轮驱动、斜轮转向和装有充气轮胎的电动汽车。

随着科学技术的发展，内燃机汽车关键技术相继出现，经济的发展对长途客货运输的需求增多，电动汽车续驶里程短、充电时间长等缺陷突显。随着内燃机汽车批量化和低成本化的生产，电动汽车遭到市场的淘汰。到 20 世纪 30 年代，电动汽车几乎消失了。

1.1.3　内燃机汽车

1876 年，德国工程师尼古拉斯·奥托试制成功了第一台实用的活塞式四冲程煤气内燃机，这台内燃机被称为奥托内燃机。这是一台单缸卧式、功率为 2.9kW 的煤气机，压缩比为 2.5，转速为 250r/min。

1885 年，“世界汽车之父”卡尔·本茨在德国曼海姆制成了世界上第一辆三轮汽车。这辆汽车在德国注册的汽车专利证，日期是 1886 年 1 月 29 日，专利人为卡尔·本茨。这一日被公认为汽车的诞生日。

1885 年，德国人戈特利布·戴姆勒在坎斯塔特，发明了世界上第一辆四轮汽车。该车由马车改装而成，安装 0.8kW 的汽油机，并增加了转向、传动装置等，最高车速达 14.4km/h。本茨和戴姆勒都被誉为“现代汽车之父”。

1895 年，法国科学院正式把汽车定名为“Automobile”，该词源自希腊文的“Auto”（自动）和拉丁文的“mobile”（运动）。

1908 年，美国福特公司推出 T 型车，标志着世界汽车工业革命就此开始。1913 年，福特公司在底特律建成了世界上第一条汽车装配流水线，T 型车成为大批量生产的开端，汽车装配时间也从 12.5h 缩短到 1.5h。T 型车的出现，使汽车从有钱人的专利品变成了趋于大众化的商品，在长达 20 年的生产期间，T 型车被称为“运载整个世界的工具”。

汽车自 19 世纪末诞生以来，已经走过了风风雨雨的 100 多年。从卡尔·本茨造出的第一辆 18km/h 速度的三轮汽车，到从零加速到 100km/h 只需要 1s 多的超级跑车。这 100 多年，汽车发展的速度是如此惊人。同时，汽车工业也造就了多位巨人，一手创建了奔驰、福特、丰田等在各国经济中举足轻重的著名公司。

1.1.4　现代电动汽车

现代电动汽车是指主要以动力电池或超级电容为能量源、全部或部分由电机驱动的汽车，通常有纯电动汽车、插电式混合动力（增程式）电动汽车和燃料电池汽车等几类。

现代电动汽车横跨机械、电力、化工、信息、材料、交通等多个行业，融合了电化学、电力电子技术、控制工程、通信技术等多学科理论与技术，是一个多学科、跨领域、复杂的技术产品。

2011 年，由特斯拉（Tesla）汽车公司制造的全尺寸高性能纯电动轿车 Tesla Model S 正式进入量产阶段，在 2013 年度全球销售量达到 22 300 辆，是现代纯电动汽车的典型代表。旗下的 Roadster 纯电动跑车大量采用铝合金制造的车身组件，配备有高性能的磷酸铁锂电池和电机，速度由 0 加速到 100km/h 只要 3.9s，每次充电可行驶 400km。

2011 年 12 月，丰田汽车公司推出了第三代插电式的普锐斯，在 200V 电源下，充电时间为 100min。在纯电动模式下，能行驶 20km，最高车速为 100km/h。在混动模式下，汽油机将起动以提供额外动力。其百公里加速时间为 11.4s，百公里油耗仅为 2.2L。

2013 年 2 月，世界上第一辆量产版氢燃料电池电动汽车 ix35 在现代汽车韩国蔚山工厂正式下线。该车采用了 100kW 的燃料电池堆为一台功率为 100kW 的电机提供能量，电机可提供的峰值转矩达到 300N•m，百公里加速时间为 12.5s，最高车速可达 151km/h，续驶里程达 594km。储氢罐中可存放 5.6kg 氢气，即每千克氢燃料可支持汽车行驶 106km。该车的燃料效率约为 28.6kg/L。

由于电池、电机、电控及其他重要技术的发展，使得现代电动汽车技术发展取得了很大进步，在整车的动力性、续驶里程等方面都完胜于早期的电动汽车。现在电动汽车各方面的性能已能够满足人们的日常需求，具有一定的商业化规模。

汽车能源发展历经燃煤（w_C90%～98%）、石油（w_C83%～87%，w_H11%～14%）、天然气（w_C75%，w_H25%），发展到现在提倡的新型能源——氢燃料（w_H100%），整体上体现出汽车燃料“脱碳加氢”的过程，如图 1–2 所示。

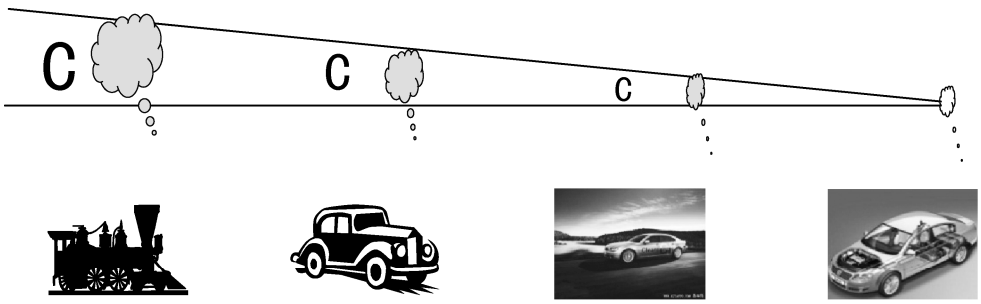


图 1–2　汽车的发展历程

目前，新能源汽车是世界各国研究的方向，逐步地在进行能源的“脱碳加氢”。

在我国，从 2001 年实施电动汽车重大科技专项开始，到 2012 年国务院发布节能与新能

源汽车产业发展规划，确立并坚持了以纯电驱动为核心，以“三纵三横”（纯电动、插电式、燃料电池整车）、电池、电机、电控为关键技术的研发体系，构建了基础研究、技术标准、示范推广等支撑平台。这几年的政策支持，在促进技术进步、培育市场环境、探索商业模式、建设基础设施等方面发挥了重要的作用，得到了企业、地方和市场的积极响应，有力促进了我国新能源汽车商业模式、产业进步和配套体系的健康发展。

1.2 新能源汽车概述

1.2.1 新能源汽车的概念和分类

新能源汽车是指采用新型动力系统，完全或主要依靠新型能源驱动的汽车。按照能量源的不同，新能源汽车可分为电动汽车、新型电动汽车、动势能汽车及新型燃料汽车等。

电动汽车是主要以动力电池或超级电容为能量源、全部或部分由电机驱动的汽车。这类汽车主要有插电式混合动力（增程式）电动汽车、纯电动汽车及燃料电池汽车等。

新型电动汽车主要是利用一些新型能源进行车载发电，全部或部分由电机驱动的汽车。目前应用到车上的新型能源主要有太阳能、风能等可再生能源以及核能等。

动势能汽车主要是通过转化动能或者势能驱动的汽车。这类汽车主要有飞轮电池汽车、空气动力汽车及重力汽车等。

新型燃料汽车主要是用新型清洁燃料全部或者部分取代内燃机中的汽油、柴油，再由内燃机驱动的汽车。这类汽车主要有醇类燃料汽车、生物柴油汽车、氢燃料汽车以及二甲醚汽车等。新能源汽车具体分类如图 1–3 所示。

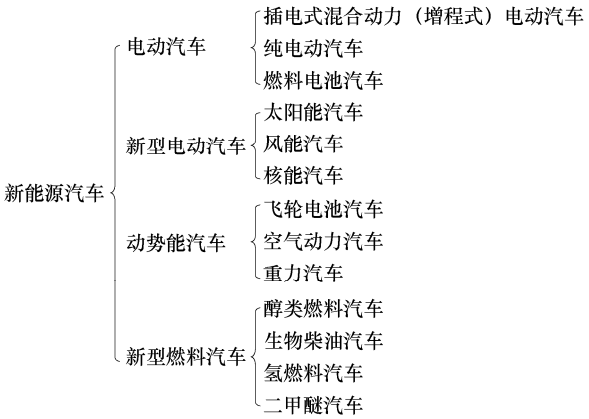


图 1–3 新能源汽车的具体分类

由汽车能源的发展历程可以看出，它是一个“脱碳加氢”的过程。与能源发展相对应，新能源汽车的发展也存在着相同的历程。图 1–4 所示为新能源汽车技术发展路线。从图中可以看出，2010 年左右主要发展的新能源汽车为微混、轻混型，主要还是以化石能源（包括柴油、汽油等）为主。经过几年的发展，逐渐以深混（主要包括插电式、增程式）为主，燃料从化石能源向电能及其他清洁能源（醇类、生物柴油、二甲醚）转型，多元化并存的过渡时代，插电式混合动力（增程式）电动汽车、纯电动汽车竞相发展；2025 年之后，进入基本单一的氢能源汽车时代（或者说摆脱依赖石油的汽车时代），燃料电池汽车将会是汽车产业的主流。

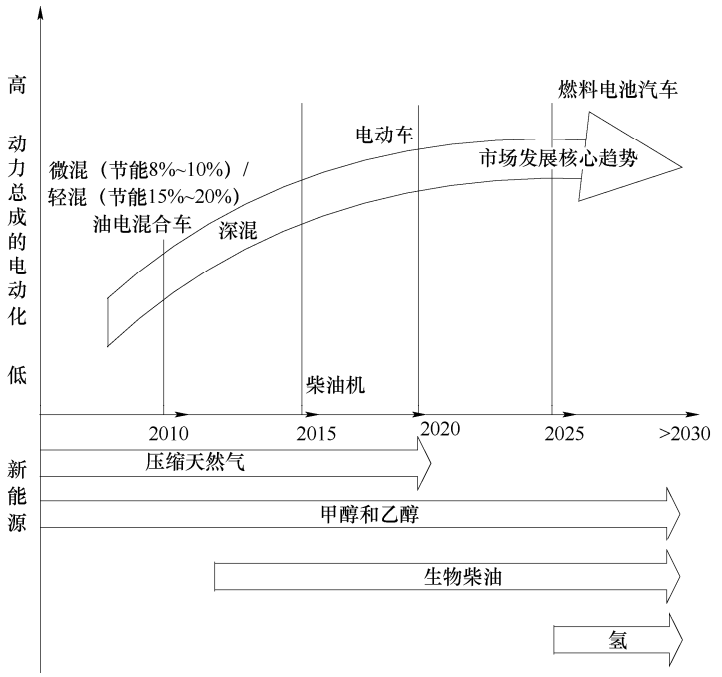


图 1–4 新能源汽车技术发展路线

新能源汽车技术发展趋势具有以下特征：

① 插电式混合动力汽车技术成为全球新的研发热点，产品将进一步丰富、成熟。在技术方案上，混联式、并联式和串联式混合动力方案均有不同的产品投放市场；在产品技术上，优化匹配动力系统和电池容量，以满足不同人群日常纯电行驶里程需求的技术方案将成为研发热点。

② 纯电动汽车是电动汽车技术发展的主要方向，未来将呈现平台化、轻量化、智能化的特点。在技术上，纯电动汽车呈现动力系统平台化、车身轻量化、车辆智能化等发展趋势，并将进一步朝着机械、电子、信息技术高度集成的方向发展。特别是轮毂驱动电机技术的应用，不但使动力传递链缩短，传动效率提高，而且使得动力系统更易于实现平台化。在车身上，纯电动汽车呈现轻量化特点。轻量化是汽车的一项基础节能技术，车辆结构设计轻量化、轻量化材料及先进制造技术的应用将进一步实现纯电动汽车的减重和节能。纯电动汽车也呈现出智能化特点，全球定位、车载娱乐、手机互联等技术应用广泛。未来，智能网联、V2G以及无线充电等新技术将逐步应用到纯电动汽车上。

③ 燃料电池汽车技术将进一步取得突破，在技术上呈现动力系统混合动力化和底盘专用化的趋势。国内外推出的燃料电池汽车动力系统广泛采用燃料电池系统与动力电池混合驱动的方案。这种方案不仅延长了燃料电池的寿命，还降低了车辆成本。本田、奔驰等国际厂商均把燃料电池动力系统零部件布置在底盘中，采用非承载式车身结构，底盘专用化趋势明显。此外，跨国企业均趋于采用全新车型平台，这有利于燃料供给系统、动力系统以及储能装置实现进一步的集成匹配和优化。

1.2.2 新能源汽车的发展背景

在 200 年的工业化进程中，化石能源大量、广泛地使用，在创造了工业文明的同时，也带来了日益严重的“副产品”：环境污染，气候变暖，生态恶化，对人类的生存与发展构成了严重威胁。我们需要寻求更节约、可持续发展、更符合自然和社会伦理的生产和生活方式。一个公认的思路是，以新一轮技术革命为支点，以发展新能源汽车为突破口，推进和实现汽车产业革命。

1. 石油短缺

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。汽车和其他工业领域每年消耗大量的石油，使石油这一不可再生能源以很高的速度锐减，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 t 增长到 2000 多亿 t，增长了 2 倍多，但还是难以改变石油危机的预期。

随着发展中国家汽车数量的迅速增长，大部分新增石油消费量将来自交通运输行业。随着我国经济的发展，交通运输业的石油消费比重日益增大。

当前，世界政治、经济格局深刻调整，能源供求关系深刻变化。我国能源资源约束日益加剧，生态环境问题突出，调整结构、提高能效和保障能源安全的压力进一步加大，能源发展面临一系列新问题新挑战。

2. 环境污染

城市环境问题的恶化与城市交通污染之间的关系密不可分，交通污染不但影响了本地区的生态环境，也给全球环境造成了严重的影响。城市交通所产生的废气、噪声与扬尘已经成为城市环境污染的主要来源。世界各国的大城市中，机动车排出的废气是空气中最大的污染源。

传统燃油汽车在行驶过程中会产生大量的有害气体，不但污染环境，还影响人类健康。汽车尾气排放的主要污染物为一氧化碳（CO）、碳氢化合物（HC）、氮氧化物（NO_x）、铅（Pb）、细微颗粒物（PM）及硫化物等。这些一次污染物还会通过大气化学反应生成光化学烟雾、酸沉降等二次污染物。

3. 政策环境

在积极研发新能源汽车的同时，各国还提供了大量购车优惠政策。

美国能源部提供资金，支持通用汽车公司、福特汽车公司、通用电气公司的研究项目。联邦政府为推进插电式混合动力汽车计划，出台了一系列强力措施，斥资巨额支持动力电池、关键零部件的研发和生产，支持充电基础设施建设、消费者购车补贴和政府采购。美国还设立了专项基金，以低息贷款方式支持厂商对节能和新能源汽车的研发和生产，目标是每年汽车燃油经济性提高一倍。

欧洲更加注重温室气体减排战略，规定了日益严格的二氧化碳排放限制要求，提出将每辆乘用车的 CO_2 排放量从 2012 年平均 130g/km 减少至 2020 年平均 95g/km、2025 年平均 70g/km 的中长期目标，这也成为欧洲对新能源汽车发展的主要驱动力之一。

日本是汽车生产大国。由于日本的石油资源匮乏，石油几乎全部依赖进口，日本汽车公司积极开展和推进各种新能源汽车研究和市场化工作，其混合动力汽车处于世界领先地位。

日本政府在2009年6月启动了“新一代汽车”计划，即环保汽车，包括混合动力电动汽车、纯电动汽车、燃料电池汽车等。该计划力争到2050年，使环保汽车占据汽车市场总量的一半左右。为了实现这一计划，日本政府通过援建电动汽车基础设施、减税和发放补贴等促进环保汽车发展。日本通过制订国家目标，引导新能源汽车产业的发展并高度重视技术创新。同时，政府也制订了鼓励电动汽车开发与推广应用的相关政策及措施，把发展电动汽车作为“低碳革命”的核心内容。

我国政府高度重视新能源汽车的发展，将其确立为国家战略。我国新能源汽车的研发与产业化历程，大致可分为三个阶段。第一阶段从“九五”初期到2008年，主要通过技术支持和研发与奥运会等小规模示范运行相结合，奠定了纯电动、混合动力和燃料电池三种动力系统平台汽车的研发和初步产业化基础。第二阶段是从2009年到2012年。2009年1月，中华人民共和国财政部、中华人民共和国科学技术部共同发布了《关于开展节能与新能源汽车示范推广试点工作的通知》和《节能与新能源汽车示范推广财政补助资金管理暂行办法》，在北京、上海、重庆等13个城市开展节能与新能源汽车示范推广试点工作，逐步完善了对企业和相关产品的管理，加快了标准化体系建设。第三阶段是从2013年至今。近年来在国家政策的大力推动下，产业化与市场推广形势喜人，2016年年销量已突破 100 万辆，居世界第一位。《中国制造 2025》中提出：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。

1.2.3 新能源汽车的发展现状

1. 美国新能源汽车的发展现状

美国是汽车工业最发达的国家之一，汽车产量和保有量均位居世界前列。为增强汽车制造业的竞争力，美国政府提出了著名的PNGV计划和Freedom CAR计划。美国前总统奥巴马部署实施了总额为48亿美元的电池与电动汽车研发与产业化计划。美国的通用、福特汽车公司在混合动力汽车方面重点在于插电式混合动力和强混技术。通用、福特都曾在燃料电池汽车研发方面投入巨资，但随着燃料电池车产业化的推迟和混合动力汽车市场份额的不断扩大，关注重心已经转向混合动力汽车方面。

2. 欧洲新能源汽车的发展现状

欧盟与电动汽车相关的发展计划主要有FP系列计划、欧盟燃料电池研究发展示范计划、欧盟燃料电池巴士示范计划和欧洲电动汽车城市运输系统计划等。欧盟已拨款14.3亿欧元用于支持电动汽车研发。德国电动汽车在欧洲处于领先地位，已于2009年8月发布了以纯电动式和插电式电动汽车为重点的《国家电动汽车发展计划》。英国和法国是欧洲电动汽车研发和应用最早的国家，目前已有十几万辆电动汽车在运行。

3. 日本新能源汽车的发展现状

目前日本的弱混合动力汽车可以节能38%，而且为了适应未来新能源汽车的发展，日本已经开始进行道路、周边设施的改造，包括居民住宅设施。

日本的丰田、本田两家公司分别实现了电动汽车的产业化，它们推出的普锐斯和思域两

款混合动力汽车得到了日本和北美市场的普遍认可。截至 2013 年 12 月底，普锐斯全球累计销量已达 600 万辆。可以说日本在混合动力汽车领域走在了世界前列，其电动汽车的市场推广已经进入了实质性阶段。

除丰田外，其他几家日本汽车企业也在开发新一代的新能源动力汽车，如本田的 In–Sight IMG 混合动力汽车、日产 Leaf 和三菱 iMiEV 纯电动汽车等。

4. 我国新能源汽车的发展现状

近年来，在国家“863”计划和节能与新能源汽车示范推广、私人购买试点政策的推动下，我国新能源汽车关键部件及相关技术取得重大进步，新能源汽车产业已基本具备产业化发展基础，纯电动汽车和插电式混合动力汽车开始小规模投放市场，企业通过“引进来”与“走出去”，国际化合作不断深入。总体上看，我国新能源汽车产业发展基础进一步夯实，发展环境进一步优化，具备了更好的技术、市场和资源条件，新能源汽车产业迈入崭新的发展阶段。

在国家多年的研发支持下，到“十二五”初期，我国汽车行业初步掌握了新能源汽车整车动力系统平台以及关键零部件的核心技术，基本建立了“三纵三横”和“三大平台”构成的矩阵式的技术创新体系，具备了较为全面的基础研究、产品开发、试验检测和评价的能力。新能源汽车整车技术水平明显提升，关键核心技术取得了重大突破，主要体现在以下方面：

① 插电式混合动力乘用车技术取得较大进展。目前，国内插电式混合动力技术主要应用于乘用车，主要汽车企业纷纷加大研发力度，推出插电式混合动力乘用车车型。比亚迪插电式混合动力已发展到第二代，技术明显提升，最高车速和加速性能均有较大提高；上汽荣威 550 插电式混合动力、一汽奔腾 B50 插电式混合动力等车型也在 2012 年开始了示范运行活动。

② 纯电动汽车技术日益成熟，初步具备产业化条件。我国已基本掌握了整车控制、动力系统匹配与集成设计等关键技术，部分企业开始进入产业化阶段。纯电动轿车方面，主要整车企业均将电动汽车纳入企业产品规划，投入不断加大，比亚迪、江淮、东风、长安、奇瑞、吉利等主要汽车企业均研制开发出纯电动汽车轿车，部分车型技术已有显著提高。如江淮同悦 EV 已经发展到第三代，车辆续驶里程提高了 30%，而能耗下降超过 5%。

③ 燃料电池汽车技术取得重要进展。在电动汽车重大专项和节能与新能源汽车重大项目支持下，我国燃料电池汽车技术研发取得重要进展，初步掌握了整车、动力系统与关键零部件的核心技术；建立了具有自主知识产权的燃料电池汽车动力系统技术平台；形成了燃料电池发动机、动力电池、DC/DC 变换器、驱动电机、储氢与供氢系统等关键零部件配套研发体系，具有百辆级燃料电池汽车动力系统平台与整车生产能力。2007 年，我国长安汽车研制成功了中国首台氢内燃机。2008 年，在北京车展上人们首次看见了“氢程”——我国自主研发的首款氢动力概念车。

④ 关键零部件产业化技术明显提高，部分关键技术取得突破。在动力电池方面，初步具备了产品研发能力和基础生产装备设计制造能力，动力电池性能指标逐步接近国际先进水平，锂离子电池的正负极材料、电解液材料实现了国产化；在驱动电机系统方面，产品主要技术指标达到国际水平，性价比在国际上具有一定优势，形成了若干家年产能达到万套级以上的驱动电机企业；在电控系统方面，初步形成了混合动力系统、纯电驱动系统的小批量生产能力，掌握了部分核心技术，部分企业形成年产 5 万套以上的生产能力。

发展和应用节能与新能源汽车是促进汽车工业可持续发展的重要途径，在这一点上政府