



现代职业教育汽车类专业精品教材

XINNENGYUAN QICHE

YUANLI YU JIANXIU

新能源汽车

原理与检修

侯庆伟 李卓 主编



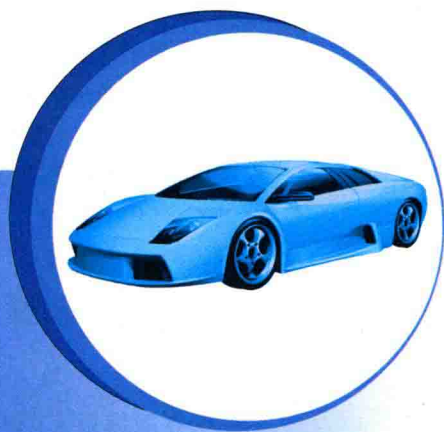
配电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

现代职业教育汽车类专业精品教材

新能源汽车 原理与检修



主 编 缑庆伟 李 卓
副主编 刘 威 侯红宾 梁 晨
参 编 冯 奎 张志国 李曙辉 悦中原 段卫洁
张 利 张新敏 陈俊杰 代金山 李明哲
朱永明 白 建 王天祇 张旭光
主 审 关云霞



机 械 工 业 出 版 社

新能源汽车技术对于职业教育来说是个全新的领域,为满足新能源汽车市场对新能源汽车人才的需求以及职业院校新能源汽车专业的教学要求,突出职业教育的特点,特编写本书。本书的教学内容紧贴实际工作岗位的具体需要,围绕新能源汽车技术的三大核心(即“三电”——电池、电机、电控,)展开,主要包括新能源汽车的检查与维护、电动汽车电池管理系统检修、电动汽车电机控制系统检修和电动汽车充电系统检修。

本书图文并茂、通俗易懂,可作为职业院校汽车类专业的相关教材,也可作为新能源汽车类专业培训教材。

为方便教学,本书配有电子课件,凡选用本书作为授课教材的教师均可登录 www.cmpedu.com 以教师身份注册后免费下载。咨询电话:010-88379201。

图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车原理与检修/蔡庆伟,李卓主编. —北京:机械工业出版社,2016.11

现代职业教育汽车类专业精品教材

ISBN 978-7-111-55249-9

I. ①新… II. ①蔡…②李… III. ①新能源—汽车—车辆修理—职业教育—教材 IV. ①U469.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 257554 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:于志伟 责任编辑:于志伟

责任校对:刘 岚 封面设计:路恩中

责任印制:李 飞

北京铭成印刷有限公司印刷

2017 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·9.25 印张·217 千字

0001—2000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-55249-9

定价:39.90 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

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

现代职业教育汽车类专业精品教材

编写委员会

主任委员 向金林 张志强

副主任委员 韦 森 谢云峰 董长兴 缙庆伟

委 员 (排名不分先后, 按姓氏拼音顺序)

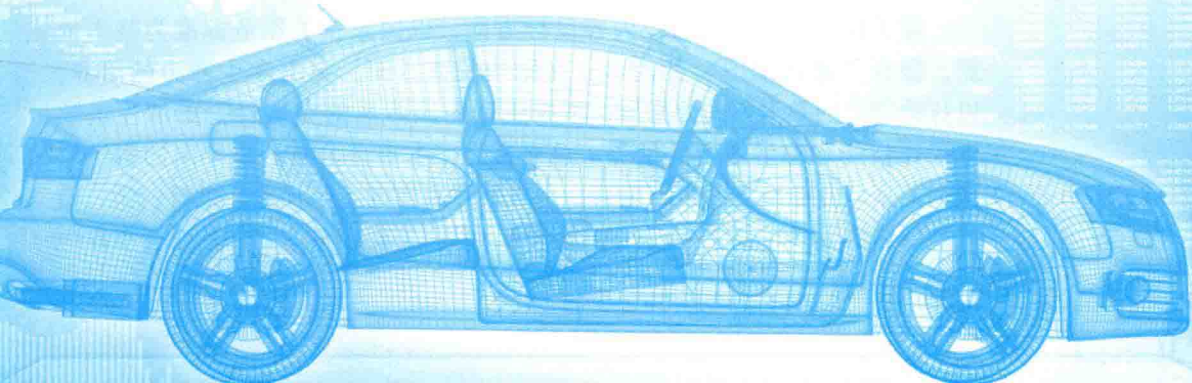
陈 霞 戴宽强 董丽丽 符 旭 侯吉光

江 帆 赖育章 李海青 李云杰 李井清

李 卓 刘晓敏 罗 予 罗 华 邝艳芬

马雪峰 宋 捷 谭新曲 王丽霞 谢超丽

杨金玉 杨 乐 殷振波 叶子波





前言

新能源汽车作为国家的战略性新兴产业以及伴随着国家政策和资金的大力扶持,得到了快速的发展。目前,潜力巨大的新能源汽车市场已经形成,因此人才市场也产生了对新能源汽车技术人员的大量需求。

新能源汽车技术对于职业教育来说是个全新的领域,为满足新能源汽车市场对新能源汽车人才的需求以及职业院校新能源汽车专业的教学要求,突出职业教育的特点,特编写本书。本书的教学内容紧贴实际工作岗位的具体需要,围绕新能源汽车技术的三大核心(即“三电”——电池、电机、电控,)展开,主要包括新能源汽车的检查与维护、电动汽车电池管理系统检修、电动汽车电机控制系统检修、电动汽车充电系统检修。本书具有以下特色:

1. 按照学生的认知规律设计学习情景:让学生在不断积累理论知识和实践能力的同时,逐步完成从入门→能排除简单的故障→汽车维修工→技术总监→总经理的过程,实现学生职业心理角色的转换。

2. 以企业需求为依据,以就业为导向,以培养高素质技能型人才为根本任务,重点介绍新能源汽车领域的新知识、新技术、新工艺和新方法,使学生更多地了解或掌握最新技术的发展及相关技能。

3. 以学生为主体,以培养学生的专业能力和工作能力为主线,以行动导向的教学模式组织教学内容。

基于以上原则,本书在内容设计方面,以国家相关职业标准为基础依据,摒弃“繁难偏旧”的内容;在结构安排方面,突出学生能力的培养,以行动导向的教学模式为指导,不仅注重知识体系的完整性,更加注重学生操作技能和动手能力的培养。总而言之,本书力求在行动导向的教学模式和国家职业标准之间进行融合,力求通过真实的工作任务,以教、学、做三位一体的方式,使学生不仅学会知识、学会技能,最主要的是学会工作。



本书由侯庆伟、李卓担任主编，刘威、侯红宾、梁晨担任副主编，参与编写的还有冯奎、张志国、李曙辉、悦中原、段卫洁、张利、张新敏、陈俊杰、代金山、李明哲、朱永明、白建、王天祇、张旭光。本书的编写得到了北京市交通委科技处和北京市交通委节能减排中心的大力支持，在此表示衷心的感谢。此外，本书的编写还得到了北京新能源汽车股份有限公司冯奎、中国汽车技术研究中心张志国和北京美格特科技有限公司邸玉峰的技术支持，在此表示衷心的感谢。

编者



目 录

前言

学习领域一 新能源汽车的检查与维护	1
学习情景一 新能源汽车的结构认知	1
【情景导入】	1
【知识准备】	1
一、新能源汽车概述	1
二、电动汽车组成及功能介绍	11
三、电动汽车的使用	14
学习情景二 新能源汽车的检查	14
【情景导入】	14
【知识准备】	14
一、电流对人体的危害	14
二、事故急救措施	15
三、电动汽车的保护用具	15
【实训操作】	17
检测高压电路	17
学习情景三 电动汽车的维护	23
【情景导入】	23
【知识准备】	23
一、电动汽车空调系统的工作原理	24
二、电动汽车制动系统的工作原理	26
三、冷却系统的工作原理	27
【实训操作】	28



实训一 读取故障码和数据流·····	28
实训二 使用车载信息显示系统监控车辆·····	31
实训三 空调系统定期检查维护项目·····	32
【练习与思考】·····	33
学习领域二 电动汽车电池管理系统检修 ·····	34
学习情景一 续航里程下降检测与排除·····	34
【情景导入】·····	34
【知识准备】·····	34
一、电动汽车概述·····	34
二、动力蓄电池的种类及原理·····	35
三、常见动力蓄电池的性能参数及性能比较·····	38
四、常见动力蓄电池的实际应用·····	40
五、动力蓄电池的储运及回收·····	41
【实训操作】·····	43
动力蓄电池的检修·····	43
【练习与思考】·····	46
学习情景二 充放电过快故障的检测与排除·····	47
【情景导入】·····	47
【知识准备】·····	48
一、锂离子电池不能“过充过放”·····	48
二、动力蓄电池的不一致性·····	48
三、动力蓄电池的连接方式·····	49
四、动力蓄电池的环境温度·····	49
五、动力蓄电池的充放电率·····	49
【实训操作】·····	50
更换动力电池组·····	50
【练习与思考】·····	52
学习情景三 电池切断指示灯点亮故障检测与排除·····	53
【情景导入】·····	53
【知识准备】·····	53
一、电池管理系统功能及组成·····	53
二、电池管理系统的功能·····	54
三、电池管理系统的组成·····	59
四、检修电池管理系统·····	61
五、电池管理系统的上位机软件·····	62
六、电池管理系统的高压电路·····	63
七、电池管理系统的低压电路·····	67



【实训操作】	67
电池切断指示灯点亮的检修	67
【练习与思考】	68

学习领域三 电动汽车电机控制系统检修

70

【情景导入】	70
【知识准备】	70
一、新能源汽车驱动电机的结构及性能	70
二、驱动电机控制方式及特点	77
三、电机控制器的工作原理及控制策略	88
【实训操作】	96
拆装驱动电机	96
【练习与思考】	102

学习领域四 电动汽车充电系统检修

104

【情景导入】	104
【知识准备】	104
一、电动汽车充电系统	104
二、直流充电系统结构原理及检修	107
三、交流充电系统结构原理及检修	115
四、充电系统日常维护重点和常见故障及 检修	127
【实训操作】	131
实训一 检修快充、慢充充电接口	131
实训二 更换车载充电机	134
【练习与思考】	136

参考文献

139



学习情景一 新能源汽车的结构认知

【情景导入】

一名客户想要购买一台新能源电动汽车，他第一次来到4S店了解新能源电动汽车，作为一名销售顾问，请您为客户介绍新能源汽车的相关情况，特别是电动汽车的发展、国家的相关政策和电动汽车的结构以及使用注意事项。

【知识准备】

一、新能源汽车概述

1. 新能源汽车的发展

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、但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。

（1）国际新能源汽车的发展 2015年，全球电动汽车（纯电动和插电式混合动力乘用车）销量骤增到54.9万辆。其中，我国增量最大，超过美国位居全球第一，挪威、英国、法国、日本、德国位列其后。

英国最大的电动汽车充电设备提供商PODPoint发布了全球与英国电动汽车发展报告称：2025年全球电动汽车累计销量将突破500万辆，欧洲、美国和中国将成为全球三大电动汽车消费市场。

（2）国内新能源汽车的发展 汽车尾气的排放，引发了严重的污染。根据环保部的报告显示，2014年全国机动车排放污染物高达4547.3万吨。机动车历年排放量如图1-1所示。



图 1-1 全国机动车排放污染物对比



对北京、上海 PM2.5 来源分析，如图 1-2 所示，机动车造成的污染大约占 25%。

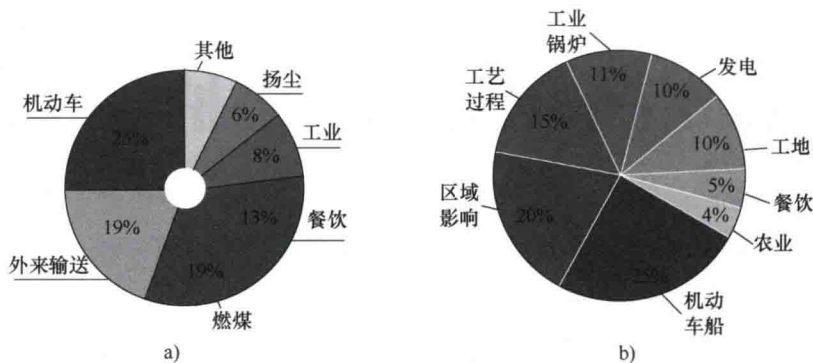


图 1-2 北京、上海 PM2.5 来源分析

a) 北京地区 PM2.5 来源示意图 b) 上海地区 PM2.5 来源示意图

据中国汽车工业协会统计数据（图 1-3），2015 年中国新能源汽车产量达 340471 辆，销量 331092 辆，同比分别增长 3.3 倍和 3.4 倍。其中，纯电动车型产销量分别完成 254633 辆和 247482 辆，同比增长分别为 4.2 倍和 4.5 倍；插电式混合动力车型产销量分别完成 85838 辆和 83610 辆，同比增长 1.9 倍和 1.8 倍。

新能源乘用车中，纯电动乘用车产、销量分别为 152172 辆和 146719 辆，同比增长分别为 2.8 倍和 3 倍；插电式混合动力乘用车产、销量分别为 62608 辆和 60663 辆，同比增长均为 2.5 倍。

新能源商用车领域，纯电动商用车产、销量分别完成 102461 辆和 100763 辆，同比分别增长 10.4 倍和 10.6 倍；插电式混合动力商用车产销量分别为 23230 辆和 22947 辆，同比增长 91.1% 和 88.8%。2015 年中国新能源汽车产量分布如图 1-4 所示。

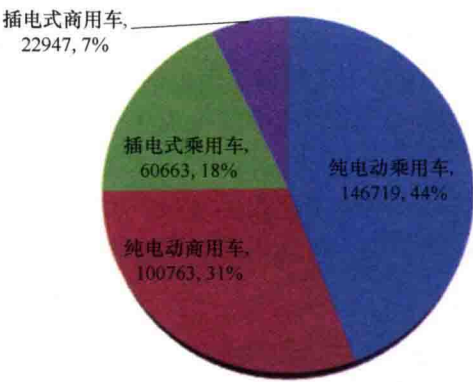


图 1-3 2015 年中国新能源汽车销量分布（单位：辆）

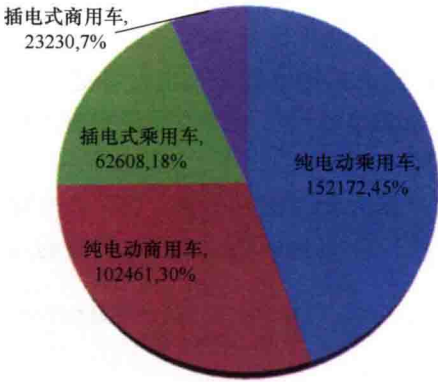


图 1-4 2015 年中国新能源汽车产量分布（单位：辆）

虽然新能源汽车呈现出产销两旺的大好形势，但是新能源汽车在全国各地的推广速度仍低于预期。目前，我国已建成的充电桩数量远小于实际需求数量，图 1-5 为充电桩现状及预期规划。

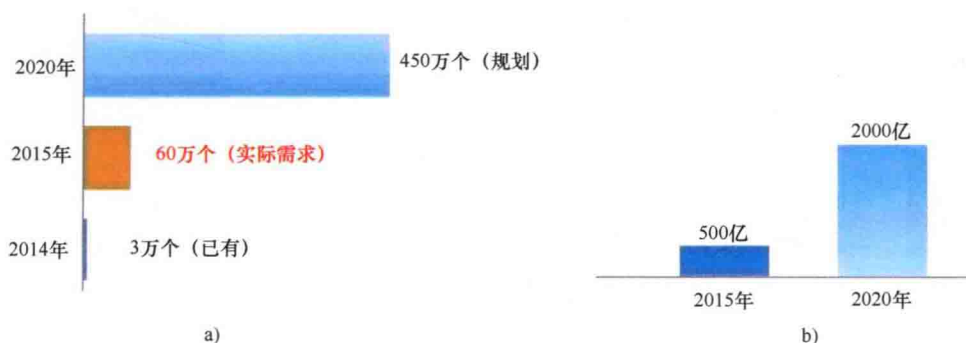


图 1-5 充电桩现状及预期规划

a) 充电桩现状及预期规划 b) 市场投资容量

(3) 影响新能源汽车发展的制约因素 影响新能源汽车发展的制约因素因各地实际情况不同而各有不同，主要原因归纳如下。

1) 使用难：受限于电池等核心技术的制约，新能源汽车续航里程短，充电时间较长，初次购买成本高，充电标准不统一，使得新能源汽车使用范围受限，使用效率较低。

2) 充电难：我国的充电设施的数量虽全球最多，但充电设施规划与实际需求相脱离，且充电设施信息不被用户所知，大量充电桩闲置。

3) 建设难：城市土地资源紧张，不论建设公共充电场站，还是改造现有停车场地，都面临车位紧张、电网改造成本高、物业不配合甚至阻挠等问题。

4) 盈利难：新能源汽车保有量低，用户匮乏，前期建设投入较大，后续运营人工成本较高，效率偏低，导致运营商盈利困难。

5) 财政难：国家通过财政补贴鼓励新能源汽车的推广与应用，省、市两级财政同步给予配套补贴，同时车辆购置税全免，五年内维护维修费用全额补贴，地方财政“只出不进”，已给地方财政带来很大的负担。

6) 协调难：新能源车辆的推广应用涉及经信委、交通、公安、消防、财政、税务等多个部门，数据不统一，一些环节存在多头管理或衔接不到位等问题。

(4) 新能源汽车的演进路线 传统汽车发展至今，已分化为电动汽车和新型传统汽车两大类，按照节能环保的要求，新型传统汽车具备整车轻量化、发动机高效化和传动系统先进化三大技术特征。新型传统汽车的三大技术特征也支撑着电动汽车的发展。

混合动力技术贯穿于电动汽车发展的始终，混合动力汽车技术相对成熟，在使用上相对传统汽车最为接近，消费者接受程度较高（国外已处于市场发展期），在此基础上发展插电式混合动力汽车，待电池技术和成本实现突破后，纯电动汽车市场将启动。图 1-6 为传统汽车和电动车发展路线。

(5) 新能源汽车技术发展路线 我国将纯电动汽车作为新能源汽车战略重点，图 1-7 为我国新能源汽车的发展布局图。

无论从电动汽车技术发展路径还是国家政策导向而言，纯电动路线都是未来汽车发展的大势所趋，纯电动路线始终是我国新能源汽车发展战略布局的重心。

2001 年“863”重大专项确定“三纵三横”战略，即以纯电动、混合动力和燃料电池

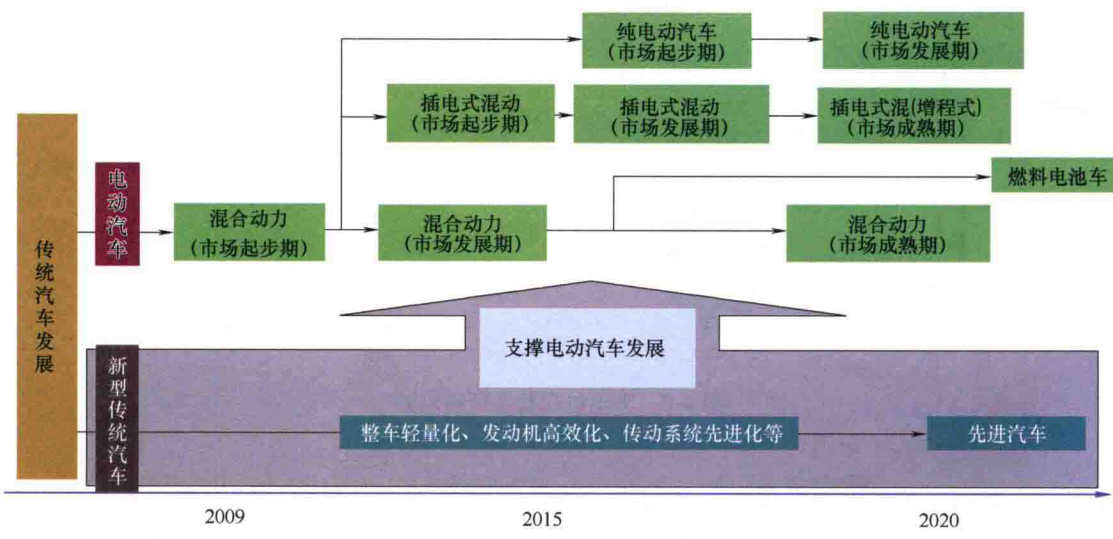


图 1-6 传统汽车和电动汽车发展路线

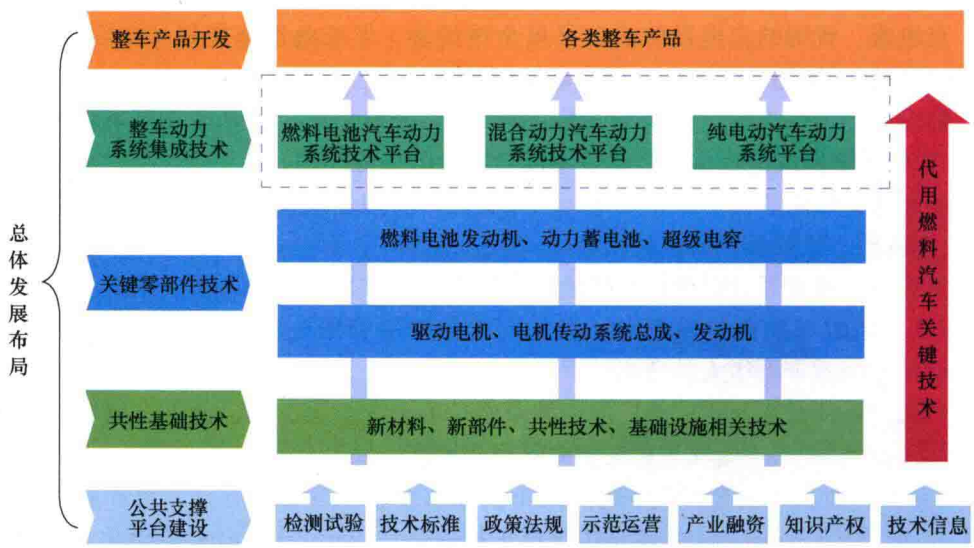


图 1-7 我国新能源汽车的发展布局图

汽车为“三纵”，以多能源动力总成控制、驱动电机、动力蓄电池为“三横”。2011年6月工信部《新能源汽车生产企业及产品准入管理规则》明确提出新能源汽车起步期、发展期、成熟期三个不同技术阶段。

- 起步期：铅酸蓄电池和镍氢蓄电池的混合动力乘用车；
- 发展期：锂电池混合动力乘用车、商用车和纯电动汽车；
- 成熟期：燃料电池汽车、氢发动机汽车和二甲醚汽车。

2008年科技部《国家“十二五”科学和技术发展规划》全国实施“纯电驱动”技术转型战略，实施新能源汽车科技产业化工程，重点推进关键零部件技术（电池—电机—电

控)、整车集成技术(混合动力—纯电驱动—下一代纯电驱动)和公共平台技术(技术标准—基础设施—测试评价技术)的研究。

2012年7月,国务院《汽车与新能源汽车产业发展规划(2012~2020)》明确新能源汽车产业发展及纯电动驱动为新能源汽车发展和汽车工业转型的主要战略取向,当前重点推进纯电动汽车和插电式混合动力汽车产业化。

2014年7月,国务院《关于加快新能源汽车推广应用的指导意见》明确以纯电驱动为新能源汽车发展的主要战略取向,重点发展纯电动汽车、插电式混合动力汽车和燃料电池汽车。

(6) 新能源汽车的技术瓶颈在于电池 电机、电池和电控系统作为整个新能源汽车产业链中最为核心的部分,占据了新能源汽车的大部分成本。其中,电力驱动系统(包括动力蓄电池和电机)的占比是最高的,在纯电动汽车(EV)的成本结构中,电力驱动系统成本占比超过整车成本的一半。

电动汽车的使用经济性更多取决于电池性能。动力蓄电池系统技术包括电池组配技术、热管理技术、电能管理技术、安全保障技术。图1-8为动力蓄电池系统相关技术及说明。

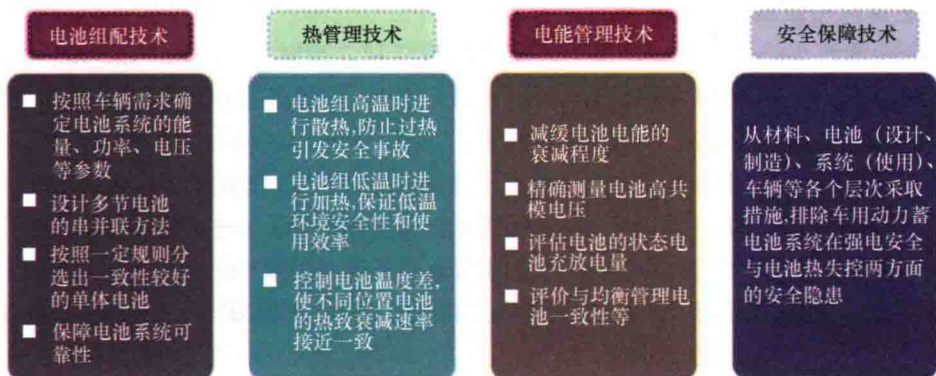


图1-8 动力蓄电池系统相关技术及说明

(7) 新能源汽车未来将实现“三化”

1) 智能化:与智能手机的快速演进类似,汽车将成为智能终端;凭借人机界面、动力系统等领域的智能化,智能汽车可提供更强的自动化、安全性以及便利性;苹果、谷歌等科技巨头大力推动汽车智能化。

2) 平台化:消费者对产品功能需求的进一步细化与扩展,将催生“平台”的出现;智能化驾驶的需求必然要求车身作为连接人与技术的纽带而实现平台化;平台化所带来的“模糊驾驶”真正意义上将车从代步工具变成一个最大的多功能智能交互接口。

3) 互联化:即通过车联网技术,车辆可以根据实时路况以及天气条件智能地规划最佳路线;联网汽车甚至能够监测驾驶人的健康情况,并且将重要信息传输给撞车事故发生后的第一个回应者。车联网的推广还可以使道路容积扩大2.8倍,在很大程度上能够解决道路的拥堵问题。

(8) 新能源汽车产业链 图1-9展示了新能源汽车上游、中游、下游以及后服务的各项内容。产业链上游是资源类公司,主要为新能源汽车提供原始材料,比如钢铁、有色资



源、负极材料、电解液、隔膜、正极材料等生产研发企业。产业链中游为三大核心技术，即电池、电机、电控。下游及后服务产业链主要从事整车制造及配套服务。



图 1-9 新能源汽车上游、中游、下游以及后服务内容

2. 新能源汽车政策

中国新能源汽车的蓬勃发展得益于国家的政策红利，2014 年国家出台了 16 项与新能源汽车相关的政策，发布了 78 项电动车标准，2015 年 1~6 月国家出台了 8 项新能源汽车政策。经粗略统计，近些年国家出台的政策如下：

- 2001 年新能源汽车研究项目被列入国家“十五”期间 863 重大科技课题。
- 2009 年 06 月《新能源汽车生产企业及产品准入管理规则》——细化描述。
- 2010 年 05 月《关于开展私人购买新能源汽车补贴试点的通知》——首推补贴政策。
- 2012 年 03 月《节能与新能源汽车产业发展规划（2012~2020）》——提出产业规划。
- 2012 年 03 月《电动汽车科技发展“十二五”专项规划》——确立三大目标。
- 2013 年 12 月《首批新能源汽车试点城市公布》——政府推动落实。
- 2014 年 08 月《关于免征新能源汽车车辆购置税的公告》——刺激消费。
- 2014 年 11 月《关于新能源汽车充电设施建设奖励的通知》——财政支持。
- 2014 年 12 月《关于进一步做好新能源汽车推广应用工作通知》——做好推广。
- 2015 年 03 月《政府工作报告》——互联网+。
- 2015 年 05 月《中国制造 2025》——制造强国。
- 2015 年 06 月《新建纯电动乘用车企业管理规定》——降低进入门槛。

中国各地方也进行了配套政策部署重点及推广目标，在 2014 年 22 个省共出台 84 项与新能源汽车相关的政策，2015 年 47 个城市相继出台了 52 项政策。

多数新能源汽车试点城市也采取了积极措施，截至 2015 年上半年，在 39 个城市群、88 个城市中，共有 35 个城市群、49 个城市出台新能源汽车相关配套政策，除了出台补贴政策外，还专门为新能源汽车开通不限购、不限行、免通行费等其他优惠政策。

在 2015 年 4 月，财政部、发改委、工信部以及科技部四部委联合下发了新一轮的新能源汽车补贴政策。在未来 5 年，新能源补贴额度将大幅减少，同时对新能源车的要求也越来越严格。2016~2020 年，新能源补贴政策将施行退坡机制，具体办法是 2017~2018 年补贴

标准相比 2016 年下降 20%，2019 ~ 2020 年补贴标准将在 2016 年的基础上下降 40%。同时，纯电动车的最低里程标准由 80km 提高到 100km，30min 内最高车速也提升至 100km/h。具体补贴情况见表 1-1。

表 1-1 国家新能源汽车 2016 年补贴标准 (单位: 万元)

时间	续航里程 R	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
纯电动汽车	$100\text{km} \leq R \leq 150\text{km}$	2.5	2	2	1.5	1.5
	$150\text{km} \leq R \leq 250\text{km}$	4.5	3.6	3.6	2.7	2.7
	$R \geq 250\text{km}$	5.5	4.4	4.4	3.3	3.3
插电式混合动力汽车 (含增程式)	$R \geq 50\text{km}$	3	2.4	2.4	1.8	1.8

在城市补贴中，以北京为例，2016 年仍将实行地方与国家 1:1 的比例进行补贴，补贴金额不能超过补贴前车价的 60%。在 2016 年北京的摇号政策依旧在向新能源车倾斜，2016 年新能源指标共 6 万个，采取申请即获得指标的方法。同时，北京也出台政策，新能源汽车将不受北京地区的尾号限行政策影响。

3. 新能源汽车种类

新能源汽车可分为电动汽车、燃气汽车、生物燃料汽车等，其中电动汽车包括纯电动汽车、混合动力汽车、燃料电池车，具体类型如图 1-10 所示。

(1) 纯电动车 纯电动汽车是纯粹靠电能驱动的车辆，而不需要其他能量。它可以通过家用电源、专用充电桩或者特定的充电场所进行充电，以满足日常的行驶需求。纯电动汽车的驱动系统比传统汽车要简单得多，总体上由电机和动力蓄电池两大部件构成。纯电动汽车结构示意图如图 1-11 所示。

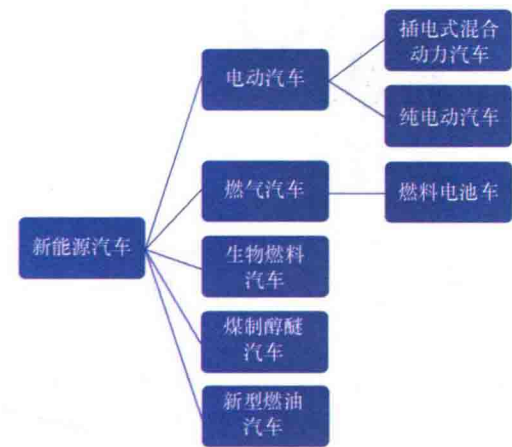


图 1-10 新能源汽车的种类

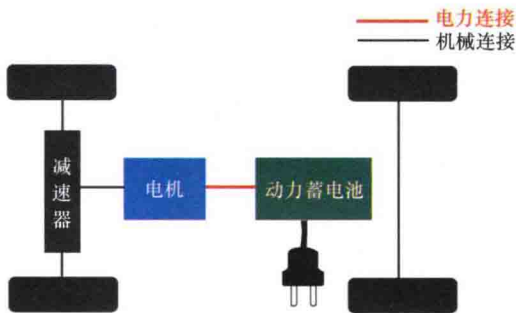


图 1-11 纯电动汽车结构示意图

纯电动汽车是目前市场中销售的新能源汽车中使用成本最低的，由于其结构简单，周期性维护费用比普通汽车低很多，一般只需更换齿轮油、制动片即可。同时，纯电动汽车的安



静程度也比普通汽车要好很多，基本上无须刻意去加装任何隔音装备，而且电机具备低速、高转矩的特点，使得其启动和加速性能也很好。

纯电动汽车的代表车型有特斯拉品牌，如特斯拉 Model S，虽然车重 2.1t，却能实现百公里加速时间为 3.9s。而最新发布的 P85D 版本，通过在前轴增设一台电机实现了四驱功能，加速性能有望更好。图 1-12 为特斯拉底盘上前后电机的布置图。



图 1-12 特斯拉底盘上前后电机的布置

但是纯电动汽车有其自身的缺点。一是，纯电动汽车的续航里程普遍不高。目前，自主纯电动汽车的续航里程普遍为 100 ~ 400km，考虑到电能转化率和天气问题，其实际续航里程将会更低。二是，纯电动汽车充电时间比较长。以腾势纯电动车为例，使用普通家用 220V 电源随车需要 32h 才能充满，即使是拥有超级充电站的特斯拉，Model S 也得 40min 才能充满。图 1-13 为特斯拉电动汽车的充电桩。

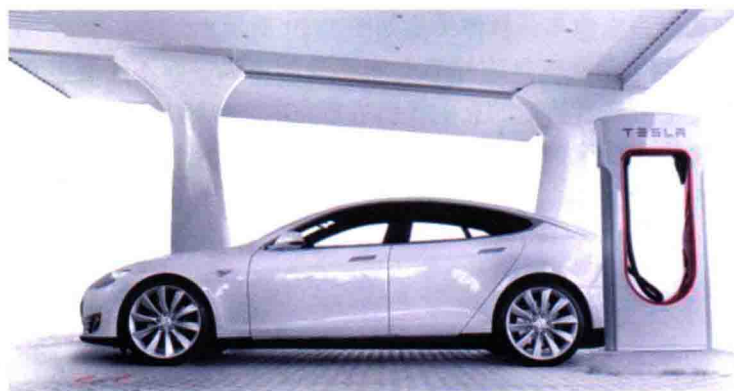


图 1-13 特斯拉电动汽车的充电桩

(2) 混合动力汽车 混合动力按照不同的定义可以有多种分类方式，其中一种为按照内燃机和电机动力的混合度进行分类。目前，国内普遍采用的混动系统按混合度分类标准如下。

微混型：以发动机为主要动力源，电机作为辅助动力，具备制动能量回收功能的混合动力电动汽车。电机的峰值功率和总功率的比值小于 10%。仅具有停车怠速停机功能的汽车也可称为微混型混合动力电动汽车。

轻度混型：以发动机为主要动力源，电机作为辅助动力，在车辆加速和爬坡时，电机可向车辆行驶系统提供辅助驱动力矩的混合动力电动汽车。电机峰值功率和总功率比值大于 10%。