

# 电动汽车动力系统 故障诊断与维修

■ 黄经元 王翠◎主编



# 电动汽车动力系统 故障诊断与维修

■ 廖明光 廖明江 主编

机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

## 内 容 简 介

本书共包含5个项目,分别是:电动汽车认知、动力电池供电系统故障诊断与维修、充电系统故障诊断与维修、驱动电机系统故障诊断与维修、热管理系统故障诊断与维修。为了满足信息化教学改革的需要,紧密结合汽车企业和行业的实际需求,根据项目教学方法的特点,将电动汽车动力系统的內容进行了重组。本书內容选取参照企业真实维修任务,从理论到活动单实际操作,层层递进,注重知识与能力的融合,重点突出学以致用,突出动手能力、岗位能力培养。

本书可以作为高等院校、高职院校、技工学校汽车相关专业的学生使用,也可以作为企业员工培训及相关从业人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

电动汽车动力系统故障诊断与维修 / 黄经元, 王翠  
主编. -- 北京: 北京理工大学出版社, 2023. 3 (2023. 8 重印)  
ISBN 978-7-5763-2228-6

I. ①电… II. ①黄… ②王… III. ①电动汽车-动力系统-故障诊断②电动汽车-动力系统-车辆修理  
IV. ①U469.72

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2023) 第 058422 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)  
(010) 82562903 (教材售后服务热线)  
(010) 68944723 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 18.75

字 数 / 412 千字

版 次 / 2023 年 3 月第 1 版 2023 年 8 月第 2 次印刷

定 价 / 56.00 元

责任编辑 / 多海鹏

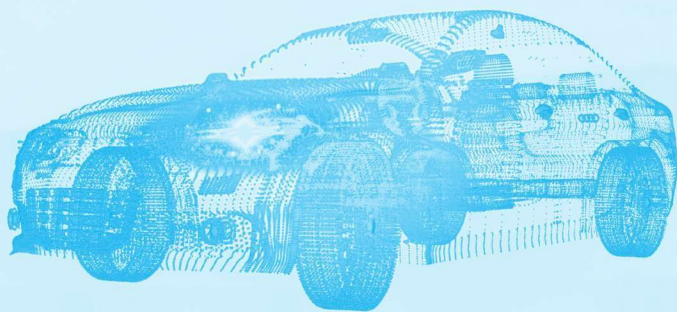
文案编辑 / 多海鹏

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



# 前言

深入贯彻落实党的二十大精神，坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力，聚焦高质量发展，创新育人模式，持续深化产教融合，努力把习近平总书记对职业教育“大有可为”的殷切期盼转化为“大有作为”的生动实践。

本书发挥“校企协同、产教融合”优势，紧跟新能源汽车产业发展，对接新能源汽车维修岗位“职业能力分析”中的专项技能，结合“1+X”职业技能认证标准和上汽通用五菱企业岗位资格标准，课程内容包含了电动汽车动力系统故障诊断与维修的基本技能，电动汽车动力系统故障的检测方法、检测手段、检测结果分析，电动汽车动力系统常见故障的维修等。同时，课程从职业培养目标的定位到培养方式，落实立德树人任务，遵循职业的特点，突出职业特色，将“岗课赛证”融为一体，为使用者学习营造一种立体、真实的学习环境和氛围，让使用者在学会电动汽车动力系统故障诊断与维修的同时，具备良好的职业行为规范和职业技术水平，能很快地适应工作岗位。为了方便教材的应用，还匹配了与教材实训任务完全对应的工作手册，大大提高了应用的可行性。

本书共介绍了五个项目：电动汽车认知、动力电池供电系统故障诊断与维修、充配电系统故障诊断与维修、驱动电机系统故障诊断与维修、热管理系统故障诊断与维修。每个项目介绍了相关系统的认知、原理、诊断和维修等内容，并结合企业真实案例、国赛案例、“1+X”职业技能鉴定案例等真实实训任务来锻炼与提升使用者的职业素养和专业技能。

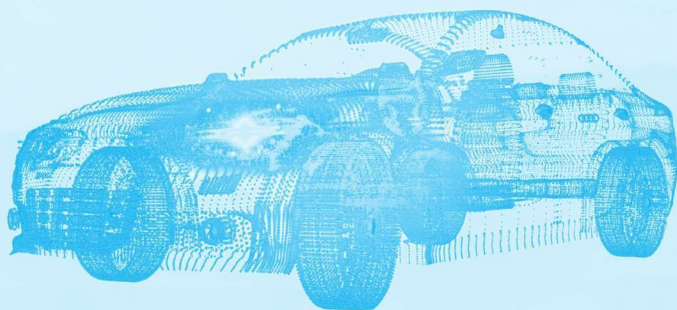
本书是由从事学院教学工作的一线骨干教师、学科带头人、企业一线高级技师通过企业调研，对接新能源汽车维修岗位“职业能力分析”中的专项技能，研究总结新能源汽车运用与维修技术人才培养方案，并在企业、行业专家的参与指导下编写而成。本书由黄经元、王翠任主编，汪洋青、杨振任副主编，刘海龙参编。其中项目1中的任务1.1由黄经元编



写，项目 1 中的任务 1.2、任务 1.3 和项目 2 由汪洋青编写，项目 3 由杨振编写，项目 4 和项目 5 中的任务 5.1、任务 5.2 由王翠编写，项目 5 中的任务 5.3、任务 5.4 由刘海龙编写。在本书编写过程中参考了大量国内外相关著作和文献资料，在此向有关作者表示真诚的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，敬请读者批评指正。

编 者



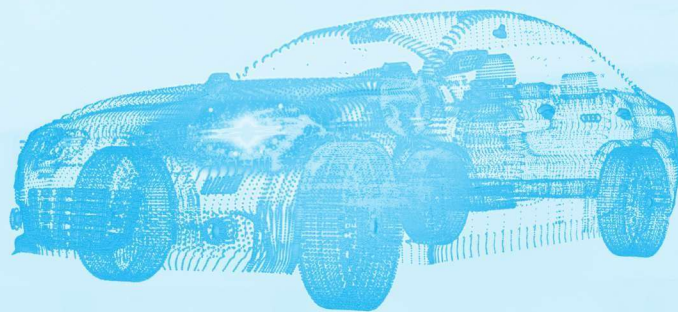
# 目 录

<b>项目 1 电动汽车认知</b> .....	1
任务 1.1 电动汽车结构认知 .....	2
1.1.1 电动汽车的发展与分类 .....	2
1.1.2 电动汽车的组成 .....	8
1.1.3 电动汽车常用术语 .....	12
任务 1.2 电动汽车的使用 .....	16
1.2.1 纯电动汽车的驱动形式 .....	16
1.2.2 电动汽车的技术性能 .....	18
1.2.3 纯电动汽车整车控制 .....	21
1.2.4 电动汽车的使用 .....	22
任务 1.3 电动汽车高压用电防护 .....	28
1.3.1 高压危害 .....	28
1.3.2 电动汽车网的触电原理与防护原理 .....	30
1.3.3 安全防护设备 .....	34
1.3.4 高压维修的注意事项 .....	37
1.3.5 事故的紧急救援 .....	40
<b>项目 2 动力电池供电系统故障诊断与维修</b> .....	43
任务 2.1 动力电池供电系统认知 .....	44
2.1.1 动力电池供电系统的功能和组成 .....	44
2.1.2 动力电池供电系统的基本原理 .....	45



2.1.3	动力电池供电系统的基本原理	46
任务 2.2	动力电池模组故障检测与维修	50
2.2.1	动力电池的分类	50
2.2.2	动力电池模组检修	56
2.2.3	动力电池箱检查与维护	58
任务 2.3	动力电池管理系统故障检测与维修	61
2.3.1	动力电池管理系统的认知	61
2.3.2	主控管理单元检测与维修	65
2.3.3	辅助元器件检测与维修	66
任务 2.4	动力电池供电系统综合故障诊断与维修	84
2.4.1	诊断仪诊断	84
2.4.2	整车无法高压上电的诊断与维修	85
2.4.3	电池包故障诊断与维修	86
2.4.4	动力电池的拆装	87
2.4.5	紧急情况时的故障诊断与维修	87
<b>项目 3</b>	<b>充配电系统故障诊断与维修</b>	<b>89</b>
任务 3.1	充配电系统认知	90
3.1.1	充配电系统认知	90
3.1.2	电动汽车的充电方式	93
3.1.3	电动汽车的充电模式	94
3.1.4	常见的充电场景	95
任务 3.2	直流快充系统故障诊断与维修	98
3.2.1	直流快充系统组成	99
3.2.2	直流充电控制导引电路与控制原理	102
3.2.3	直流快充系统无法充电的诊断与维修	105
任务 3.3	交流慢充系统故障诊断与维修	107
3.3.1	交流慢充系统组成	108
3.3.2	交流充电控制导引电路与控制原理	117
3.3.3	交流充电的上电和下电流程	124
3.3.4	交流慢充系统无法充电的排查思路	126
任务 3.4	低压电池充电系统故障诊断与维修	129
3.4.1	低压电池充电系统的功能和组成	130
3.4.2	低压电池充电系统的工作原理	131

3.4.3	低压蓄电池充电系统的故障诊断与维修 .....	132
任务 3.5	DC/AC 系统故障诊断与维修 .....	134
3.5.1	DC/AC 系统的功能和组成 .....	134
3.5.2	DC/AC 系统的工作原理 .....	135
3.5.3	DC/AC 系统的故障诊断与维修 .....	136
<b>项目 4</b>	<b>驱动电机系统故障诊断与维修 .....</b>	<b>138</b>
任务 4.1	驱动电机系统认知 .....	139
4.1.1	驱动电机系统的功能和组成 .....	139
4.1.2	驱动电机系统的发展 .....	142
任务 4.2	驱动电机系统部件的原理与诊断 .....	145
4.2.1	驱动电机的原理与诊断 .....	145
4.2.2	驱动电机控制模块-MCU 的原理与诊断 .....	154
4.2.3	驱动电机其他部件的原理与诊断 .....	157
4.2.4	整车控制模块 (VCU) 诊断与维修 .....	163
任务 4.3	驱动电机系统的故障诊断与维修 .....	171
4.3.1	驱动电机系统的故障分析 .....	171
4.3.2	驱动电机系统的故障诊断 .....	172
<b>项目 5</b>	<b>热管理系统故障诊断与维修 .....</b>	<b>176</b>
任务 5.1	热管理系统认知 .....	177
5.1.1	热管理系统介绍 .....	177
5.1.2	热管理系统分类 .....	178
任务 5.2	电机和电控散热系统的故障诊断与维修 .....	182
5.2.1	强制风冷式散热系统故障诊断与维修 .....	182
5.2.2	液冷式散热系统故障诊断与维修 .....	184
任务 5.3	动力电池散热系统的故障诊断与维修 .....	192
5.3.1	动力电池散热系统概述 .....	192
5.3.2	风冷式动力电池散热系统 .....	194
5.3.3	液冷式动力散热系统 .....	195
任务 5.4	动力电池加热系统的故障诊断与维修 .....	199
5.4.1	动力电池加热系统概述 .....	199
5.4.2	动力电池加热系统的工作原理 .....	201
5.4.3	动力电池的加热系统故障诊断与维修 .....	201
<b>工作手册</b>	<b>.....</b>	<b>205</b>



## 项目 1 电动汽车认知

在能源制约、环境污染等大背景下，国家将发展新能源作为改善环境、节约成本的重要举措。在这样的大环境下，我国的新能源汽车行业在近几年展现出良好的发展势头。新能源汽车的快速发展需要大批专业的维修技师从事新能源汽车的维修工作。编写本书的目的是帮助广大新能源专业的学员和从事电动汽车维修的技师能够快速地掌握电动汽车的技术特点，更好地修理电动汽车。

本项目主要介绍电动汽车的一些基础知识，包括电动汽车的发展、电动汽车的分类、电动汽车的使用方法以及电动汽车的组成等。



## 任务 1.1 电动汽车结构认知



### 学习目标

顺利完成本任务内容后，可以达到以下目标：



#### 素质目标

- (1) 培养学生的文化自信、民族自信；
- (2) 树立节能环保理念；
- (3) 培养勤于学习、勇于探索的创新精神。



#### 知识目标

- (1) 了解电动汽车的发展与分类；
- (2) 掌握电动汽车的组成；
- (3) 掌握电动汽车的常用术语。



#### 能力目标

- (1) 能讲述电动汽车的发展与分类；
- (2) 能说出电动汽车各组成部分的名称；
- (3) 能正确使用电动汽车的常用术语。

### 1.1.1 电动汽车的发展与分类

#### 一、新能源汽车发展历程

很多人会以为新能源汽车是近几年才蓬勃发展起来的一个产物，其实并不然，在现在常见的内燃机驱动汽车出现之前，驱动电机就已经被人装载于车辆上作为动力源了。

第一辆实用电动车辆上路时间是在 19 世纪，从那时起便出现了一大批设计古怪且天马行空的电动汽车，有些电动汽车的设计像是马车，有些又像是月球车，但正是因为它们，为现在的电动汽车发展铺平了道路。实际上，如果回顾一下汽车史你就会发现，在过去的一个多世纪以来，很多设计师都在尝试打造电动汽车，他们从来没有停止过追求电动汽车的梦想，早期的电动汽车如图 1-1-1 所示。

电动汽车的发展可大致分为三个阶段：蓬勃发展期、停滞期、再度发展期。

### 1. 蓬勃发展期

电动汽车的历史比现在最常见的内燃机驱动的汽车要早。直流电机之父、匈牙利的发明家、工程师阿纽什·耶德利克 Ányos Jedlik 最早于 1828 年在实验室试验了电磁转动的行动装置。

美国人托马斯·达文波特 Thomas Davenport 于 1834 年制造出第一辆直流电机驱动的电动车。1837 年，托马斯因此获得美国电机行业的第一个专利。

在 1832 年至 1838 年之间，苏格兰人罗伯特·安德森 Robert Anderson 发明了电驱动的马车，这是一辆使用不能充电的初级电池驱动的车辆。

1838 年，苏格兰人罗伯特·戴维森 Robert Davidson 发明了电驱动的火车。今天在路面上行驶的有轨电车是 1840 年在英国出现的专利。

1859 年，法国伟大的物理学家、发明家噶斯顿·普朗特 Gaston Plante 发明了可充电的铅酸电池。随着蓄电池技术的发展，电动汽车于 19 世纪下半叶在欧美得到了较为广泛的运用。

1896 年，Hartford Electric Light 公司推出可更换电池的电动货车，买家只买下车辆，但不包括电池，然后在使用时再以每公里计交付充电及保养费。

在 19 世纪末 20 世纪初，电动汽车迎来了一个蓬勃发展的时期。1911 年《纽约时报》刊登的一篇关于电动汽车的报道中，人们是这样评价电动汽车的：它经济，不排放废气，是理想的交通工具。这个时期的汽车消费市场，电动汽车凭借着其无气味、噪声低、价格低等优势成了当时人们喜爱的一种交通工具。

### 2. 停滞期

随着内燃机技术的提升和人们对远距离行驶的要求，更高效、具备更远里程数的内燃机汽车得到了大众的喜爱。加之石油的不断发现和开采，汽油价格大幅度降低，内燃机汽车的使用成本随之下降。到 1920 年前后，汽车市场上电动汽车的份额逐渐被内燃机汽车所超过。1935 年，福特和他的福特汽车公司采用了一种更加高效的流水线规模化生产作业方式，内燃机汽车的制造成本瞬间降低，这给予了当时尚在苟延残喘的电动汽车致命一击。

在此之后，内燃机汽车的技术研发和行驶公里数不断发展。电动汽车就此沉寂数十年，只剩下少量的有轨电车和无轨电车还在路面上行驶，更多的电动汽车则是沦为一种短程代步工具，如在公园内和高尔夫球场的电瓶车。在这个阶段，电动汽车在电池、驱动这些技术层面上基本算是毫无发展甚至是被人遗忘。

### 3. 再度发展期

随着现代工业的高度发达和内燃机汽车的大规模发展，以及工业废气和汽车尾气的大量排放，使得人们不得不面对环境污染的困扰。随着化石资源的日渐枯竭，能源问题成为当今



图 1-1-1 早期的电动汽车



世界发展面临的主要问题，交通发展与环境保护在 21 世纪将面临重大挑战，这是制约全球汽车工业发展的重大因素。据不完全统计，全球石油只够开采约 40 年，而天然气稍长，但也只有 60 年，煤炭只够开采约 200 年。目前全球主要化石资源分布在美国、加拿大、俄罗斯和中东地区，中国的资源相对贫乏。到 2020 年之后，全球石油需求与供给将出现巨大缺口。化石资源的枯竭迫在眉睫，寻找新的可替代能源是全世界发展的当务之急。中国的石油资源相对贫乏，大部分依赖进口，但国外的石油资源也濒临枯竭。

在我国，汽车尾气排放是城市污染的主要因素，各种汽车消耗的能源将占到石油总量的 50% 以上，届时对石油依存度将超过 60%。而汽车所带来的空气污染和二氧化碳（CO<sub>2</sub>）排放所引起的大气问题尤其严重。相关报道指出，全球 20 个空气污染最严重的城市中，中国占 16 个，汽车尾气是现在乃至未来几年空气污染的罪魁祸首。

在能源需求和环境保护的双重压力下，电动汽车重新成为世界各国尤其是发达国家发展的方向。发展电动汽车的提案重新进入了人们的视线，但收效甚微。到了 20 世纪 90 年代，各主要汽车制造商们才开始关注电动汽车的未来发展并且开始投入资金和技术在电动汽车领域。各大汽车制造商们相继发布了自家品牌的电动汽车。

在这个阶段，各地政府都认识到了发展电动汽车对环境保护所起到的重要作用，相继出台各类福利补贴制度来鼓励民众对电动汽车的消费。在美国，大多数电动车和插电式混动车会得到 7 500 美元的联邦税收抵免；在加州还会有额外的 2 500 美元电动车补贴或者 1 500 美元的插电混动车补贴。在中国，国家对新能源汽车实行普惠制，只要能符合国家的推荐目录要求，就可以得到国家补贴。2014 年 2 月，北京市公布了新能源汽车目录，对个人及单位购买纯电动汽车进行补助，最高补助金额达近 12 万元，这些优惠措施大大促进了纯电动汽车进入寻常百姓家庭的步伐。电动汽车的环保性毋庸置疑，运行成本一般只有 0.1 元/km，也远远低于传统装备内燃机的汽车。在加速性能上，电动汽车的扭矩较大，加速能力已经达到令人称奇的地步。

我国对电动汽车发展也非常重视，在“十五”期间就确定了“三纵三横”的发展战略。“三纵”指混合动力汽车、纯电动汽车、燃料电池汽车；“三横”指多能源动力总成控制系统、电动机及其控制系统和电池及其管理系统。同时也取得了一大批电动汽车技术创新成果，比如，“十一五”期间，我们组织了 863 计划节能与新能源汽车重大项目，聚焦动力系统的技术平台和关键零部件的研发。经过两个“五年计划”的科技攻关及北京奥运会、上海世博会、深圳大运会和“十城千辆”等示范工程的实施，我国电动汽车从无到有，在关键零部件、整车集成，以及技术标准、测试技术、示范运行等方面取得了重大进展，逐步建立了电动汽车技术体系，获得专利 3 000 多项，颁布电动汽车国家和行业标准 56 项。但这些成果与电动汽车产业化发展要求差距还非常大。

据工信部发布数据显示，2020 年我国新能源汽车产、销分别完成 136.6 万辆和 136.7 万辆，同比分别增长 7.5% 和 10.9%。其中纯电动汽车产、销分别完成 110.5 万辆和 111.5 万辆，同比分别增长 5.4% 和 11.6%；插电式混合动力汽车产、销分别完成 26 万辆和 25.1 万辆，同比分别增长 18.5% 和 8.4%。2021 年全国新能源汽车实现产量 354.5 万辆，同比增长 159.52%；销量达 352.1 万辆，同比增长 157.57%。根据《新能源汽车产业发展规划

(2021—2035年)》，未来几年我国新能源汽车行业仍将保持高速发展态势，至2025年，新能源汽车新车销售量将达到汽车新车销售总量的20%左右，预计销量将突破700万辆。

国产新能源客车技术水准已达到世界领先，并已经销往全球30多个国家和地区。根据2022世界新能源汽车大会数据，截至2021年年底，全球新能源汽车累计销量突破1600万辆，中国占比超50%。2022年上半年，全球新能源汽车销量超过422万辆，同比增长66.3%，其中，中国新能源汽车销量达260万辆，占全球销量六成以上；市场渗透率超21.6%，保有量突破1100万辆。在国务院发布的“十三五”国家战略性新兴产业发展规划中，明确提出了新能源汽车等绿色低碳产业的战略地位。近几年，随着绿色环保理念的大力提倡，电动化已经逐渐成为汽车行业的一个新潮流。

随着环保、能源等问题的日趋严重，发展新能源汽车是全球乃至我国的必由之路，全球各个车企在新能源汽车技术开始布局发展。对于汽车工业发展相对比较晚的中国来说，为了快速提升汽车领域的制造技术，大力发展新能源汽车是中国开始走向汽车制造强国、实现弯道超车的不二选择。

## 二、新能源汽车产业发展趋势

### 1. 新能源汽车发展机遇

自2016年下半年开始，欧洲各国纷纷宣布禁售燃油车时间表，这在一定程度上也催生了汽车企业的新能源发展战略。具体如下：

(1) 美国。美国加州空气资源委员会主席曾表示，加州可能将在2030年禁止传统燃油车上市销售。

(2) 荷兰。荷兰劳工党(LabourPVdA)公开提案，要求从2025年开始禁止在荷兰本国销售传统的汽油和柴油汽车。

(3) 挪威。挪威的四个主要政党一致同意从2025年起禁止燃油汽车销售，但这还不是最终的决定。

(4) 德国。德国联邦参议院以多票通过了2030年后禁售传统内燃机汽车的提案。

(5) 印度。印度能源部门在一篇博文中表示，计划在2030年禁售燃油汽车。

(6) 法国。法国能源部长尼古拉斯·霍洛表示，法国计划从2040年开始，全面停止出售汽油车和柴油车。

(7) 英国。英国政府宣布将于2040年起全面禁售汽油和柴油汽车，届时市场上只允许电动汽车等新能源环保车辆销售。

2018年4月，国务院发布《关于支持海南全面深化改革开放的指导意见》，将在海南省推行新能源汽车和节能环保汽车，逐步禁售燃油汽车，预计在2030年全岛实现禁行禁售燃油汽车。

目前，全国各地纷纷加速推进新能源汽车发展。深圳市发文明确指出电动汽车等新能源车将全面替代轻型柴油车，虽然没有出台具体的时间表，但是未来也将公布相关的规划措施。随着越来越多的省市出台相关的政策，新能源汽车发展必将迎来新一轮的爆发期。

中央在海南率先推出禁售燃油车的时间表，从侧面反映出禁售燃油车的改革是以点带



面，然后在全国逐步推行。

在车企方面，有些开始主动调转方向。

(1) 长安汽车，在 2017 年 10 月份宣布，将于 2025 年开始，全面停止销售传统燃油车，实现全谱系产品的电气化。同时正式发布了“香格里拉计划”，该计划准备在 2025 年前，累计推出全新纯电动车产品 21 款、混合动力产品 12 款，目前正在大量扩招预计 2 万人的研发资源。

(2) 吉利汽车 2018 年宣布，到 2020 年吉利所销售的汽车，必须 90% 为新能源汽车。

(3) 比亚迪汽车本身就是新能源电池技术出生的车企，它比吉利还要快，都不用转型。

2021 年 3 月，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》（以下简称《规划纲要》）正式公布。《规划纲要》为下一阶段的自主品牌发展提供了新动力、新机遇，明确了新方向。首先，在“十三五”时期，汽车大市场出现波动，竞争加剧，叠加疫情带来的影响，自主品牌市场份额连续下降，形势一度十分严峻。但是，我们看到，自主品牌车企经受了考验，吉利、长安、长城、上汽、比亚迪、一汽等企业的产品水平持续提升，总体实力逐渐提高；造车新势力中蔚来、小鹏、理想等企业发展势头也非常好，并在全球新能源汽车市场占据了一席之地。

## 2. 新能源汽车的发展前景及趋势

在各国将燃油车禁售提上日程后，各大汽车制造厂商积极主动转变发展战略，规划出新能源汽车的发展策略。

2017 年年初，各国主要汽车生产厂商陆续发布了未来在新能源汽车领域的发展规划。其中，沃尔沃宣布，到 2019 年每辆车上都将装上电池；林肯、捷豹、路虎也宣布旗下的所有车型要全部进入电动化。针对燃油车和新能源车的战略安排，各家企业的应对策略和反应有所差异。外资主流车企均将新能源车视为重点发展方向，纷纷制定战略方针，尤以大众和丰田转型加速最为明显；大众和丰田过去分别恪守于节能技术和混动+燃料电池的技术路线，也纷纷于 2016 年下半年宣布加快向纯电路线的转型，其中大众促使了江淮大众的迅速落地，并抓紧布局了近 20 款新能源车型的陆续上市计划，丰田则投放了第一款 PHEV 并将纯电路线列为新能源的终极目标之一。

近年来，汽车行业面临百年未有之大变局，电动化和智能化浪潮风起云涌，新能源汽车和智能网联汽车得到高度关注。2021 年两会期间，无论是《政府工作报告》，还是“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要，均从不同角度、以不同篇幅，围绕新能源汽车这个焦点进行了专门阐述。《政府工作报告》与“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要围绕着车辆续航、电池回收、供应链自主、配套新基建等方面，对新能源汽车与智能网联汽车提出了新的发展目标，中国汽车行业的新时代正距离我们越来越近。随之而来的电气化与智能化潮流，将会给汽车行业带来新的发展机遇和无限的想象空间。

新能源汽车从技术和发展方面来说，主要有以下发展趋势：

### 1) 车型轻量化

轻量化是现阶段汽车实现节能减排的最有效措施之一，是汽车工业追求健康可持续发展的必然趋势。电动汽车由于需要增加电池、电机和电控系统，并且今后还要增加智能网联的

相关设备，相比传统车重量要增加 5%~25%，根据测试结果来看，重量对于新能源汽车尤其是电动汽车更加敏感，对此，新能源汽车常通过轻量化手段来降低电池成本并提高续航里程，降低能耗。

#### 2) 电动化

近年来，我国电动汽车行业呈现快速发展之势，电动化的普及已是大势所趋。中国从 2019 年开始导入新能源积分，强制要求汽车厂商生产销售 EV 汽车。中国政府的强势政策推动了全球 EV 的存在感。而欧洲市场的电动化，与包括大众在内的欧系巨头在中国市场的份额很高不无关系，对于中国，他们别无选择。

#### 3) 智能化、网联化

“智能化”是汽车产品升级的重要方向，智能模块成为汽车产品的重要组成。从近年发展来看，自动驾驶和车联网是汽车智能化的两个重要技术载体。新能源和自动驾驶的发展是相辅相成的，未来汽车势必会面向车联网、智能化和自动化方向发展。新能源采用电驱动，使车联网和自动驾驶技术更容易实现；而相对应的，新能源的发展势必会加快自动驾驶的发展。

#### 4) 共享化

电动车+互联网+自动驾驶与共享出行搭配，为再造城市交通体系展现了新的前景。多项研究表明，电动化、网联化、智能化的电动汽车将使共享出行的“人均公里成本”下降 40% 左右；未来自动驾驶的共享汽车可以自行移动到出行需求点，实现无缝接驳；人、车、路实时共享交通信息，使出行效率提高。随着新能源汽车市场的崛起，共享出行是新能源最好的归宿。

### 3. 新能源汽车目前面临的问题和挑战

汽车的未来是电动的，这一点是毫无疑问的。疑问在于：这个未来什么时候才能来。现在来说，电动汽车的最大问题在于其动力源——电池。现在最主流的技术仍旧是采用锂电池，但其单位质量的能量密度造成其续航能力很难满足日常使用，动则数小时的充电时间和传统汽车加油的速度相比，简直让人无法接受。也就是说，电动汽车的障碍在于电池容量和充电速度。

在中国，合资品牌的燃油汽车占据了主要的市场，国产品牌寥寥可数，由于历史原因中国在这方面并没有占得先机，而发展纯电动汽车是中国赶超世界汽车的捷径，也是中国赶超世界汽车强国的唯一出路。我国在电动汽车整车及零部件方面也取得了很多进展，目前电池等核心技术已处于国际第一梯队，中国汽车的发展能否进入世界先进行列，动力电池非常关键。

2017 年 2 月，工业和信息化部等四部委联合印发了《促进汽车动力电池产业发展行动方案》（以下简称《行动方案》），《行动方案》提出分三个阶段推进我国动力电池发展：2018 年，提升现有产品性价比，保障高品质电池供应；2020 年，基于现有技术改进的新一代锂离子动力电池实现大规模应用；2025 年，采用新化学原理的新体系电池，力争实现技术变革和开发测试。2020 年动力电池单体比能量要求达到  $300 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{kg}$ ，力争实现  $350 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{kg}$ ，系统比能量力争较现有水平提高一倍达到  $260 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{kg}$ ，成本降至  $1 \text{ 元}/(\text{W} \cdot \text{h})$  以下，2025 年动力电池单体比能量达  $500 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{kg}$ 。如果能量密度为  $300 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{kg}$  的电芯付诸量产，电动汽车性价比将进一步提升，能更快普及。



## 1.1.2 电动汽车的组成

按照常规的分类方法，电动汽车一般可以分为以下几种类型：

- (1) 纯电动汽车 EV (Electric Vehicle)；
- (2) 混合动力汽车 HEV (Hybrid Electric Vehicle)；
- (3) 燃料电池汽车 FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle)。

### 一、纯电动汽车 (EV)

纯电动汽车：顾名思义就是主要采用电力驱动的汽车，纯电动汽车是新能源汽车发展的方向和趋势，现在各种新能源汽车的发展方向，可以说都是为了向纯电动方向转变，如图 1-1-2 所示。

纯电动汽车直接采用电机驱动，不同的车辆，驱动电机的安装位置不同。大部分电动汽车把驱动电机装在前机舱内，也有少部分直接以车轮作为四台驱动电机的转子。纯电动汽车本身不排放污染大气的有害气体，即使按所耗电量换算为发电厂的排放，除硫和微粒外，其他污染物也显著减少。由于



图 1-1-2 纯电动汽车

电厂大多建于远离人口密集的城市，对人类伤害较少，而且电厂是固定不动的，集中排放，清除各种有害排放物较容易，并已有了相关技术。另外，由于电力可以从多种一次能源获得，如煤、核能、水力、风力、光、热等，这也解除了人们对石油资源日见枯竭的担心。

电动汽车还可以充分利用晚间用电低谷时富余的电力充电，使发电设备日夜都能充分利用，大大提高其经济效益。有关研究表明，同样的原油经过粗炼，送至电厂发电，经电源充入电池，再由电池驱动汽车，其能量利用效率比经过精炼变为汽油，再经汽油机驱动汽车高，因此有利于节约能源和减少二氧化碳的排量，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”。

有专家认为，对于电动车而言，目前最大的障碍就是基础设施建设以及价格影响了产业化的进程，与混合动力相比，电动汽车更需要基础设施的配套，而这不是一家企业能解决的，需要各企业联合起来与当地政府部门一起建设，才会有大规模推广的机会。

#### 1. 纯电动汽车的优点

- (1) 零排放、噪声低。纯电动汽车使用电能，在行驶中无废气排出，不污染环境。
- (2) 燃料成本低，电力价格比燃油价格便宜。纯电动汽车可在用电低谷时进行汽车充电，可以平抑电网的峰谷差，使发电设备得到充分利用。
- (3) 车辆结构相对传统燃料汽车更简单。纯电动汽车使用单一的电能源，省去了发动机、变速器、油箱等复杂的系统，所以结构较简单。
- (4) 更容易体验到迅猛的驾驶感觉。
- (5) 政府鼓励政策多，包括部分限购城市免摇号上牌、免除车辆购置税及各级政府的补贴等。

## 2. 纯电动汽车的缺点

- (1) 动力系统的制造成本比传统燃料汽车高很多，导致车辆购买价格高。
- (2) 目前配套充电设施不完善，充电难。
- (3) 充电时间长，慢充一般需要 8 h 左右才能充满。
- (4) 电池的能量密度较低，充电后的续驶里程较短。
- (5) 电池成本高、损耗快，提高了车辆的使用成本。

## 二、混合动力汽车 (HEV)

通常所说的混合动力汽车，一般是指油电混合动力汽车，即采用传统的内燃机（柴油机或汽油机）和驱动电机作为动力源的汽车，如图 1-1-3 所示。混合动力汽车可以在一定程度上解决纯电动汽车长途续航以及充电问题。

按照动力系统的结构，混合动力系统分为串联、并联、混联三种结构形式。

根据在混合动力系统中，电动机的输出功率在整个系统输出功率中占的比重，也就是常说的混合度的不同，混合动力系统又可以分为以下四种类型：轻度混合动力系统、中度混合动力系统、重度混合动力系统和插电式混合动力系统。



图 1-1-3 混合动力汽车

### 1. 串联式混合动力系统 (见图 1-1-4)

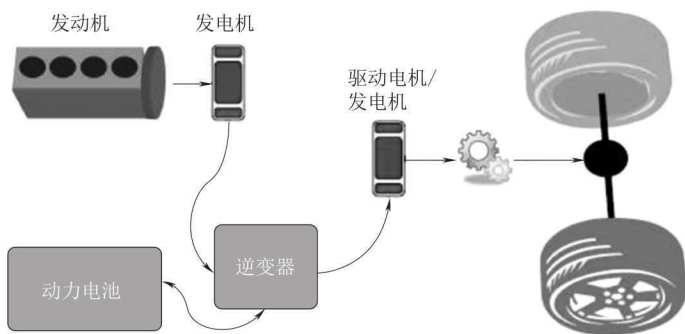


图 1-1-4 串联式混合动力系统



混合动力汽车  
基本组成

串联式混合动力系统由发动机、发电机和驱动电机三部分动力总成组成，它们之间用串联方式连接。

发动机只用来驱动发电机发电，电能通过控制器输送到电池或驱动电机，由驱动电机通过变速机构驱动汽车。

- (1) 小负荷时，电动机利用动力电池能量驱动车辆行驶。
- (2) 大负荷时，由发动机—发电机组驱动电机。
- (3) 低速、滑行、怠速工况时，由动力电池驱动电机。