

NEW ENERGY  
VEHICLE STRUCTURE  
PRINCIPLE AND  
MAINTENANCE

# 新能源汽车 结构原理与检修

殷晓飞 主编  
郝 飞 副主编  
苏慧冬



辽宁科学技术出版社

# 新能源汽车结构原理与检修

殷晓飞 主 编

郝 飞 苏慧冬 副主编

辽宁科学技术出版社

沈 阳

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

新能源汽车结构原理与检修 / 殷晓飞主编. — 沈阳:  
辽宁科学技术出版社, 2021.5  
ISBN 978-7-5591-2025-0

I. ①新… II. ①殷… III. ①新能源-汽车-构造②  
新能源-汽车-车辆检修 IV. ①U469.7

中国版本图书馆CIP数据核字 ( 2021 ) 第066709号

---

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路25号 邮编: 110003)

印刷者: 辽宁鼎籍数码科技有限公司

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 11.75

字 数: 300千字

出版时间: 2021年5月第1版

印刷时间: 2021年5月第1次印刷

责任编辑: 吕焕亮

封面设计: 熊猫工作室

版式设计: 吕 静

责任校对: 李淑敏

---

书 号: ISBN 978-7-5591-2025-0

定 价: 48.00元

编辑电话: 024-23284373

E-mail: atauto@vip.sina.com

邮购热线: 024-23284626

# 前 言

新能源汽车作为国家的战略性新兴产业，急需大量新能源汽车维修技术人员，为满足新能源汽车市场对新能源汽车人才的需求及职业院校新能源汽车专业的教学要求，特编写本书。

本书基于企业岗位典型工作任务，经过教学设计，转换成为与教学项目相匹配的教学材料，内容包含新能源汽车认知、高压安全防护、动力电池及管理系统维护、新能源汽车驱动电机及控制系统、新能源汽车充电系统检修、新能源汽车辅助系统检修、新能源汽车整车维护 7 个教学项目共 24 个任务。不仅注重知识系统的完整性，更加注重学生职业能力的培养，有较强的岗位针对性和实用性。

本书由呼和浩特职业学院殷晓飞老师担任主编，呼和浩特职业学院郝飞、苏慧冬老师担任副主编。其中，项目二、项目三、项目四由殷晓飞老师编写，项目一和项目五由郝飞老师编写，项目六和项目七由苏慧冬老师编写。

本书坚持“理实一体、工学结合”的理念，设计成为任务驱动型教学材料，并配套开发实训任务工单，满足“互联网 + 职业教育”发展的需求。学习车型以 2018 款比亚迪 e5、2019 款帝豪 EV450 为主，全部内容均在实车上进行了验证。

本书适合于开设新能源汽车类相关专业的职业院校使用，建议采用一体化教学模式。

由于编者水平有限，难免有错漏之处，敬请读者批评指正。

编者

# 目 录

项目一 新能源汽车认知 .....	1
任务 1 新能源汽车的概念及分类 .....	1
任务 2 新能源汽车发展现状及政策法规 .....	8
任务 3 我国新能源汽车产业挑战及发展趋势 .....	16
项目二 高压安全防护 .....	20
任务 1 新能源汽车高压系统 .....	20
任务 2 人体触电的危害 .....	28
任务 3 个人用电安全防护 .....	39
任务 4 高压系统断电基本流程 .....	49
项目三 动力电池及管理系统维护 .....	55
任务 1 动力电池及管理系统基本认识 .....	55
任务 2 动力电池相关术语及性能指标 .....	66
任务 3 动力电池故障检修 .....	71
项目四 新能源汽车驱动电机及控制系统 .....	85
任务 1 驱动电机及控制系统概述 .....	85
任务 2 驱动电机分类及特点 .....	92
任务 3 驱动电机及控制系统常见故障 .....	99
任务 4 电机及控制系统维护与保养 .....	103
项目五 新能源汽车充电系统检修 .....	113
任务 1 充电系统概述 .....	113
任务 2 车载充电机的检修 .....	119
任务 3 交流慢充系统故障检修 .....	125
任务 4 直流快充系统故障检修 .....	131
项目六 新能源汽车辅助系统检修 .....	142
任务 1 电动汽车暖风系统 .....	142

任务 2 空调制冷系统原理及检修 .....	150
项目七 新能源汽车整车维护 .....	160
任务 1 新能源汽车冷却系统的认识 .....	160
任务 2 新能源汽车冷却系统的保养 .....	163
任务 3 新能源汽车制动系统概述 .....	169
任务 4 制动系统保养 .....	176

# 项目一 新能源汽车认知

## 任务 1 新能源汽车的概念及分类

### 【任务要求】

#### 知识要求：

- 了解新能源汽车的概念。
- 了解新能源汽车发展的必要性。
- 掌握新能源汽车的分类及特点。

#### 技能要求：

- 能够描述几种新能源汽车的特点。

#### 素养要求：

- 养成严谨科学的工作态度。
- 养成团结协作的精神。
- 严格执行 5S 现场管理。

### 一、什么是新能源汽车

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。

非常规的车用燃料指除汽油、柴油、天然气（NG）、液化石油气（LPG）、乙醇汽油（EG）、甲醇、二甲醚之外的燃料。

### 二、发展新能源汽车的必要性

能源短缺、环境污染、气候变暖是全球汽车产业面对的共同挑战，各国政府及产业界纷纷提出各自发展战略，积极应对以保持其汽车产业的可持续发展，并提高未来的国际竞

争力。新能源汽车已成为 21 世纪汽车工业发展的热点。

### 1. 能源短缺

能源短缺是一个世界性的问题。2018 年全球石油消费继续稳步增长（图 1-1），同比增长 1.5%，即 140 万桶 / 天，高于过去 10 年平均水平。多年来，中国的经济快车每每在加速前进时，以石油为主的能源制约和瓶颈就显露出来。根据中国石油和化学工业联合会公布的数据显示，2019 年国内原油表观消费量达 6.96 亿吨，同比增长 7.4%，增速较 2018 年加快 0.5 个百分点。目前，虽说中国已经是世界第四大石油生产国，但石油需求仍然严重依赖进口，原油对外依存度已经超过 50%，成为中国经济“向上之痛”（图 1-2）。

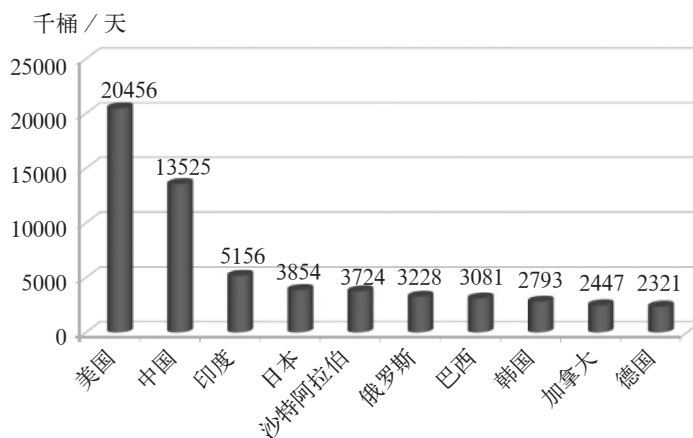


图 1-1 世界主要石油消费国石油消费需求

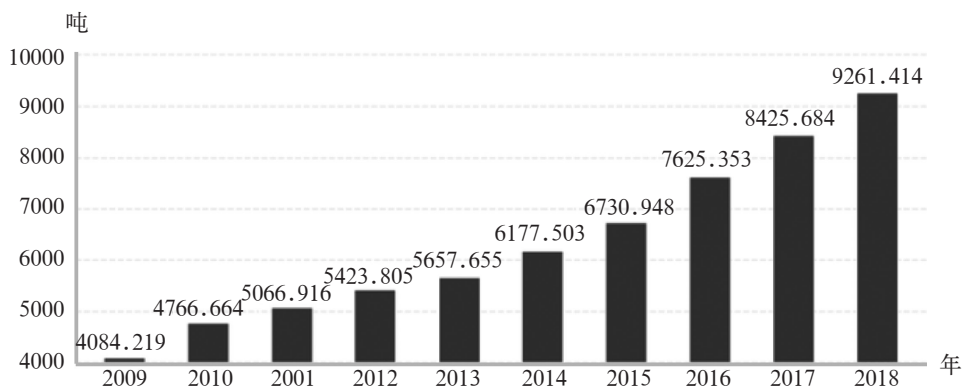


图 1-2 我国原油进口数据

新能源汽车正是目前这一阶段要加大努力的方向。纯电动汽车和燃料电池汽车在汽车使用过程中能够实现零排放，并摆脱了对石油资源的依赖。

### 2. 环境污染

机动车排放污染已对大气环境构成了严重威胁，目前大气中 21.7% 的 HC、38.5% 的 CO、87.6% 的 NO<sub>x</sub>、11.7% 的 CO<sub>2</sub>、6.2% 的 SO<sub>2</sub> 和 32% 的微粒来自汽车，而在城市大气中，

这一比例更高，大概 87% 的 HC、61% 的 CO 和 55% 的 NO<sub>x</sub> 来自汽车。有资料显示我国工业化正处于快速发展阶段并且已经进入了中期的后发展阶段，在这个阶段快速的工业化已经导致了污染加重、温室气体排放大幅增加的局，并且在未来相当长的一段时间内仍然会持续下去。因此，必须研究改善城市机动车排放污染的对策和措施。

降低和控制机动车排放污染物的主要措施：

- (1) 控制机动车排放污染源水平。
- (2) 提高燃油品质，发展代用燃料。
- (3) 推广使用电动汽车。
- (4) 加强城市道路交通综合整治，改善城市道路行驶环境。

### 3. 气候变暖

全球气候变暖是一种与自然有关的现象。由于人们大量燃烧化石燃料，如石油、煤炭等或砍伐森林并将其焚烧时会产生大量的二氧化碳。二氧化碳是全球重要的温室气体，是造成气候变化的主要原因。据科学家预测，未来 50 ~ 100 年人类将完全进入一个变暖的世界。由于人类活动的影响，温室气体和硫化物气溶胶的浓度增加过快，未来 100 年全球平均地表温度将上升 1.4 ~ 5.8℃，到 2050 年我国平均气温将上升 2.2℃。中国的二氧化碳年排放量仅次于美国列世界第二位，见图 1-3 世界主要国家 CO<sub>2</sub> 排放比例。限制全球减少化石燃料燃烧产生的二氧化碳等温室气体的排放，已成为全球社会减缓气候变暖的重要组成部分。

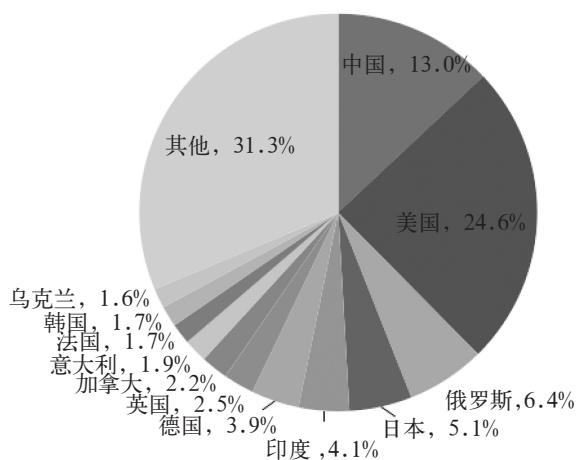


图 1-3 世界主要国家 CO<sub>2</sub> 排放比例

### 4. 占领汽车产业制高点，跨越式发展

加快新能源汽车的发展，对中国实现汽车产业的跨越式发展，从汽车大国向汽车强国迈进具有战略意义，是难得的历史机遇。中国汽车制造业规模已步入世界前列，汽车销量位居世界第一，但传统的汽车发动机、变速器等技术，依然落后于欧美等国家。在未来一定时间，我国仍然难以摆脱缺乏核心技术的尴尬地位。

在新能源汽车领域，虽然美日开展研究较早，但科技水平差距并非不可逾越，目前，在电动汽车领域我们还掌握着核心技术，加上政府政策和资金的支持，我国的汽车企业完全可以利用这一有利时机，大力发展新能源汽车，开拓能源汽车市场，实现汽车产业的跨越式发展。

在这样的背景下，中国发展新能源汽车就具有了重大的现实意义，不仅有利于降低对石油的依赖、保证能源安全，也有利于环境保护和可持续发展，并为汽车产业实现跨越式发展提供了重要的战略机遇。可以说，中国对于新能源汽车的需要是越来越迫切了，新能源汽车产业必将在我国市场上掀起一股热潮。

### 三、新能源汽车分类

新能源汽车包括纯电动汽车、混合动力汽车、燃料电池汽车、氢动力汽车等。

#### 1. 纯电动汽车

纯电动汽车 (Battery Electrical Vehicle)，是指车辆能量完全由动力电池提供，并通过电机来驱动车辆的运行。纯电动汽车也是目前最常见的新能源汽车之一，例如特斯拉、比亚迪 e5 (图 1-4)。纯电动汽车技术相对简单成熟，可使用家庭电网进行充电，能量效率高，运行过程中无空气污染并且没有噪声，但缺点在于充电时间长、续航里程相对燃油汽车较短、电池成本较高。



图 1-4 纯电动汽车比亚迪 e5 和特斯拉

#### 2. 混合动力汽车

混合动力汽车 HEV(Hybrid Electrical Vehicle )是指至少从下述两类车载储存的能量中获得动力的汽车：一是可消耗的燃料；二是可再充电能 / 能量储存装置。混合动力汽车通过调整发动机工作点来减少排放并改善燃油消耗，代表车型有丰田普锐斯 (图 1-5)、比亚迪宋 DM、吉利博瑞 GE 等。混合动力汽车配备两套动力系统，传统的汽油内燃机系统加上动力电池的电机系统。混合动力汽车有着低油耗、低排放，可加注汽油续航里程高的优点成为目前最常见的新能源汽车之一，但是由于两套动力系统造成系统结构相对复杂，成本也相对燃油汽车更高。

较之纯电动汽车，混合动力汽车具有如下特点：



图 1-5 混合动力汽车典型代表——丰田普锐斯

- (1) 可以最大限度发挥内燃机汽车和纯电动汽车的双重优势。
- (2) 由于有原动机作为辅助动力，电池的数量和质量可以减少，因此汽车自身重量可以减轻。
- (3) 汽车的续航里程和动力性可达到内燃机的水平。
- (4) 借助原动机的动力，可带动空调、真空助力、转向助力及其他辅助电器，无须消耗电池组有限的电能，从而保证了驾车和乘坐的舒适性。

较之内燃机汽车，混合动力汽车具有如下优势：

(1) 可使原动机在最佳的工况区域稳定运行，从而大大减少了汽车的变工况（特别是低速、怠速）时的排放，再由于可回收制动能量，可使混合动力汽车成为较低排放的节能汽车。

(2) 在人口密集的商业区、居民区和游览区等区域，混合动力汽车可以关闭辅助动力单元，由纯电力驱动，成为零排放的电动汽车。

(3) 可通过电动机提供动力，因此可配备功率较小的发动机，并可通过电动机回收汽车减速和制动时的能量，进一步降低汽车的能量消耗和排放。

根据混合动力驱动的连接方式，一般把混合动力汽车分为三类：

(1) 串联式混合动力汽车主要由发动机、发电机、驱动电机等三大动力总成用串联的方式组成了混合动力汽车的动力系统（图 1-6）。

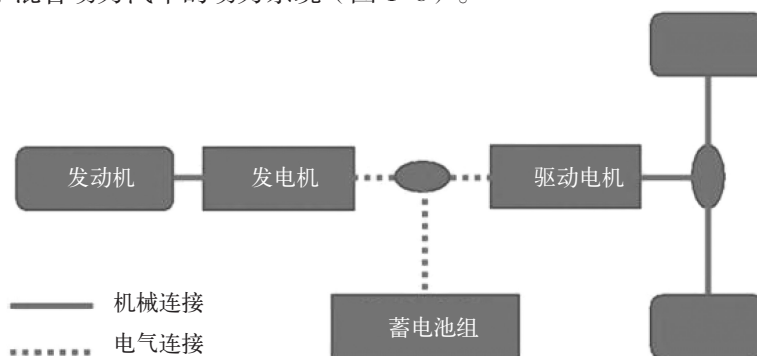


图 1-6 串联式混合动力汽车动力系统

(2) 并联式混合动力汽车的发动机和发电机都是动力总成（图 1-7），两大动力总成的功率可以互相叠加输出，也可以单独输出。

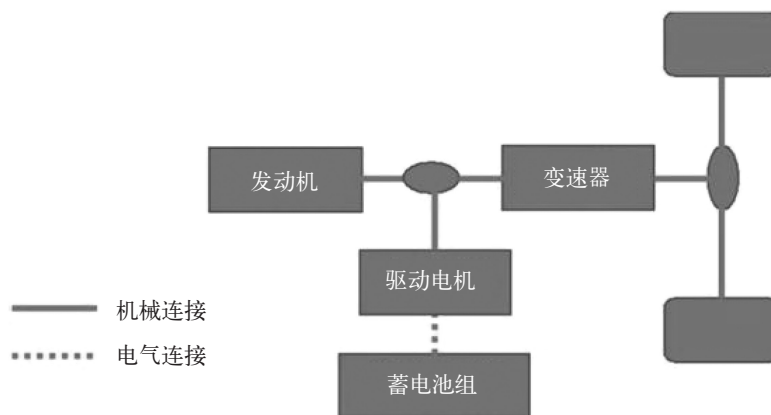


图 1-7 并联式混合动力汽车系统结构

(3) 混动式混合动力汽车综合了串联式和并联式的结构而组成的电动汽车，主要由发动机、电动—发电机和驱动电机三大动力总成组成（图 1-8）。

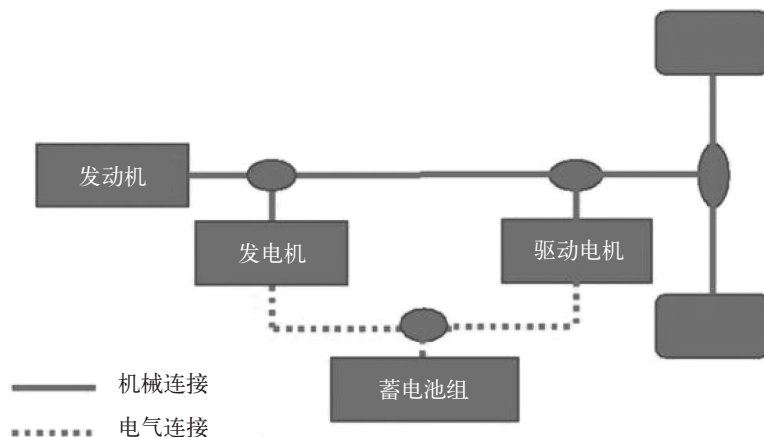


图 1-8 混动式混合动力汽车系统结构

### 3. 燃料电池汽车

燃料电池汽车 FCEV（Fuel Cell Electric Vehicle），车辆贮存的燃气（通常为氢气）与空气中的氧气在燃料电池堆内进行电化学反应将化学能转换为电能，再驱动电机使车辆运行。燃料电池汽车实质上是纯电动汽车的一种，它有着纯电动车的优点，但是相对于纯电动车它可以在 5min 内灌满燃料，而不是等上几小时来充满电。但缺点是由于燃料电池技术不成熟，其成本及维护费用比纯电动汽车高且目前缺乏加氢的基础设施。因此，只有少数燃料电池汽车进行了量产上市，例如丰田 Mirai 车型（图 1-9）。

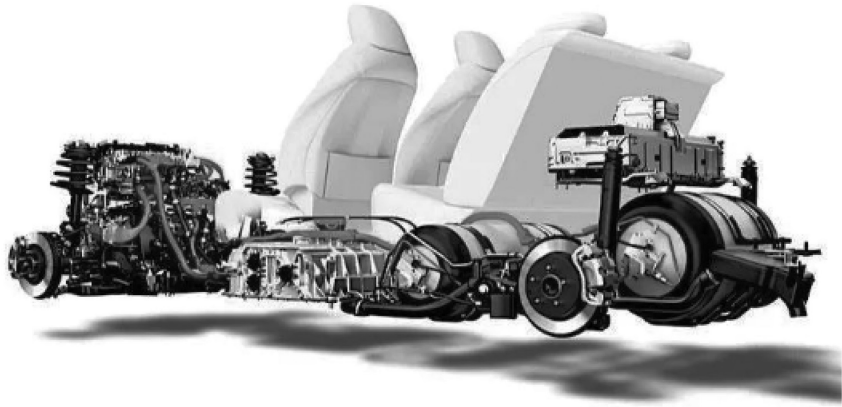


图 1-9 丰田的 Mirai 车型内部结构

#### 4. 氢动力汽车

氢动力汽车分为氢内燃机汽车（HICEV）和氢燃料电池汽车（FCEV）。氢内燃机汽车（HICEV）是以内燃机燃烧氢气产生动力的汽车，使用氢气为燃料最大的好处就是它燃烧后产物为水蒸气，有效减少了其他燃油汽车造成的空气污染问题。一般以内燃机为基础改良而成（图 1-10），要改良并不困难，困难之处在于如何降低制氢成本，以及安全地解决氢气的供应和储存。氢燃料电池汽车（FCEV）是使氢或含氢物质及空气中的氧通过燃料电池以产生电力，再以电力推动电动机，由电动机推动车辆。这类车辆得把氢的化学能转换为机械能，通过燃烧内燃机中的氢，或者是通过燃料电池中的氧与氢反应来运行电动机。

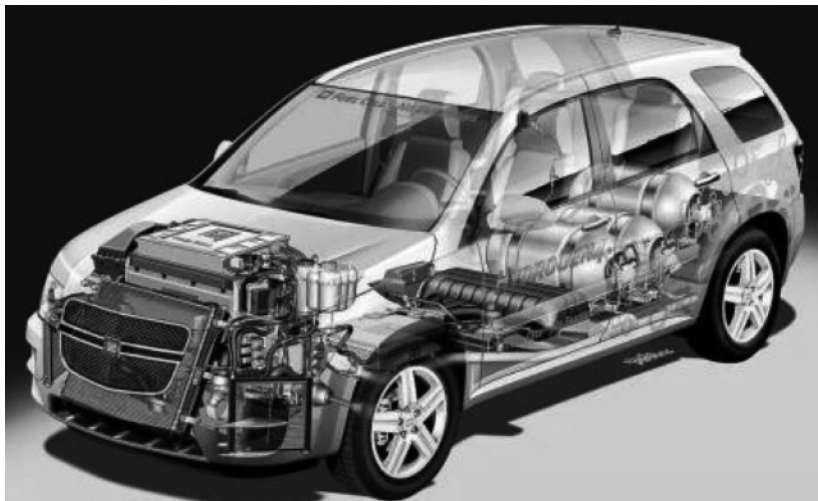


图 1-10 氢动力汽车内部结构

#### 5. 不同新能源汽车技术区别（表 1-1）

其他新能源汽车，例如：超级电容汽车、空气动力汽车、飞轮储能汽车、液压混合动

力汽车。这些汽车都还未广泛市场化，目前处于研究推广阶段。

表 1-1 几种新能源汽车类型与技术区别

产品类型	优点	缺点
纯电动汽车	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 技术相对简单成熟；</li> <li>2. 有电力供应的地方都能够充电</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 当前蓄电池单位重量储存的能量太少，还因电动车的电池较贵，又没形成经济规模，购买价格高。</li> <li>2. 充电站、充电桩等配套设备不完善，使用成本高</li> </ol>
混合动力汽车	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 油耗低、污染少；</li> <li>2. 方便回收制动、下坡、怠速能量；</li> <li>3. 电池、内燃机转换灵活，“零排放”；</li> <li>4. 依托内燃机，解决汽车空调、取暖、除霜等问题；</li> <li>5. 可以利用现有加油站，不必追加投资</li> </ol>	长距离高速行驶基本上不省油。
燃料电池汽车	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能量转化效率高；</li> <li>2. 有害气体 SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 及噪声排放都很低；</li> <li>3. 燃料适用范围广；</li> <li>4. 积木化强，规模及安装地点灵活；</li> <li>5. 负荷响应快，运行质量高</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 燃料电池寿命短、造价高、成本高。</li> <li>2. 环境适应性差</li> </ol>
氢动力汽车	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 干净卫生，氢气燃烧后的产物是水，不会污染环境。</li> <li>2. 氢气在燃烧时比汽油的发热量高。</li> <li>3. 氢气可以从电解水、煤的汽化中大量制取。</li> <li>4. 良好的动力与操控系统燃料电池汽车负荷响应快，运行质量高</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 氢能源成本过高。</li> <li>2. 氢燃料的存储和运输按照目前的技术条件来说非常困难</li> </ol>

## 任务 2 新能源汽车发展现状及政策法规

### 【任务要求】

#### 知识要求：

- 了解新能源汽车的发展现状。
- 了解新能源汽车方面的政策法规。

### 技能要求:

- 能够描述现阶段新能源汽车的发展现状。
- 能够叙述现阶段新能源汽车的发展政策措施。

### 素养要求:

- 严格执行汽车检修规范、养成严谨科学的工作态度。
- 养成团结协作的精神。

## 一、新能源汽车的发展现状

中国新能源汽车产业经过近 20 年的发展,年产销规模突破了 100 万辆、跃居全球第一。自 2001 年我国正式启动“863”计划电动汽车重大专项至今,我国新能源汽车行业经历了战略规划期(2001—2008 年)、导入期(2009—2015 年)、成长期(2016 年至今)三个发展阶段。2010 年我国新能源汽车销量仅 8159 辆,2015 年新能源汽车销量达到 33.1 万辆,超过美国成为世界第一。2015 年我国出台的《关于加快电动汽车充电基础设施建设的指导意见》提出,到 2020 年,基本建成适度超前、车桩相随、智能高效的充电基础设施体系,满足超过 500 万辆电动汽车的充电需求。

### 1. 产销量全球第一

据统计,2018 年全球新能源乘用车共销售 200.1 万辆,其中中国市场占 105.3 万辆,超过其余国家总和,在全球销量前十大厂商中我国自主品牌共五席,合计占据全球 31.7% 的市场份额。

2019 年上半年国内新能源汽车销售 61.7 万辆,同比增长 49.6%,其中乘用车 56.3 万辆,同比增长 57.7%。从渗透率来看,2018 年我国新能源汽车销量达到 125.6 万辆,约占全部汽车销量的 4.5%;截止到 2019 年 6 月我国新能源汽车保有量约 344 万辆,而传统燃油车保有量达到 2.5 亿辆,新能源汽车保有量渗透率不到 1.4%,成长空间广阔。

### 2. 技术方面

从技术层面看,在整车集成方面,目前我国已基本掌握纯电动汽车动力系统和车身结构设计及评价技术、基于整车性能提升及硬点优化的底盘匹配技术、高压系统安全设计、电驱动系统的集成与标定、电气系统总线架构、仪表等关键零部件的匹配控制,以及整车总体布置与性能集成优化技术。同时我国已经基本掌握了纯电动汽车产品性能优化和评价技术,包括整车及关键零部件的性能、耐久性、可靠性试验与评价技术,还有基于计算机辅助工程方法的碰撞安全技术、NVH 优化技术、EMC 优化技术。铝合金、碳纤维镁合金等复合材料也开始在电动汽车整车及其零部件上得到应用。

(1) 整车续航里程提升明显，百公里电耗下降显著。

近年来我国纯电动乘用车技术水平不断提升，尤其是续航能力和电耗水平进步显著。2017年第1批推广目录纯电动乘用车平均续航里程仅202.0km，到2019年第7批推广目录时，该数据暴涨到361.9km，两年半时间续航里程提升71%，出现了很多续航里程达到500km以上的车型，有效缓解了里程焦虑。此外，我国纯电动乘用车电耗水平也有很大提升，单位载质量百公里电耗不断下降，平均值从第1批免征目录的12.7Wh/100km·kg下降到第25批的8.6Wh/100km·kg，节能效果显著。

(2) 电池技术水平持续提升，跻身全球第一阵营。

动力电池作为新能源汽车三大核心零部件之一，占据整车40%左右的成本，其性能直接决定了整车的安全性和续航里程。电动汽车成本结构如图1-11所示

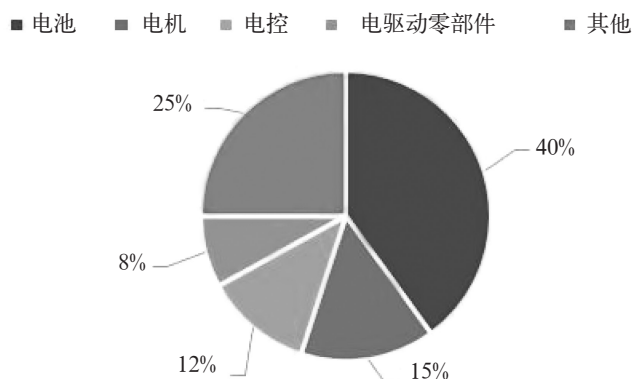


图 1-11 电动汽车成本结构 (资料来源: 恒大研究院)

近年来我国新能源汽车用动力电池技术水平不断提升，从工信部推广目录统计数据来看，新能源纯电动乘用车配套动力电池系统能量密度平均值从2017年第1批的100.1Wh/kg攀升到2019年第7批的150.7Wh/kg，同比提升50.5%。国产动力电池厂商已处于全球第一阵营。2016年全球动力电池前10厂商国产品牌占据6席，合计市场份额44.8%。之后市场竞争加剧，优胜劣汰，行业集中度进一步提升。2019年1—5月全球动力电池前10名中我国品牌占据5席，前5名中国产品牌占据3席，宁德时代(CATL)位列第一，市场占有率高达25.4%，比第2名松下高5个多百分点，领先优势突出。

(3) 电机基本完成国产替代，集成化程度越来越高。

电机驱动系统是新能源汽车行驶中的主要执行结构，相当于燃油车的发动机，其性能决定了汽车的加速、爬坡能力以及最高车速等，主要参数有峰值效率、功率密度、峰值功率、最高转速等。多年来，我国新能源汽车电机配套供应商中，自主品牌一直占据绝对份额。据2018年中汽协统计，我国驱动电机自主配套比例达到95%以上，新能源公交、纯电动卡车、纯电动物流车等领域全部实现国产化。

集驱动电机、电机控制器、减速器三合一的动力总成产品成为行业发展趋势。2018年我国多家电机企业如上海电驱动、汇川技术、比亚迪、精进电动等纷纷推出三合一动力总成产品。相比传统驱动电机而言，三合一电驱动优势明显：成本大幅度下降；结构紧凑，重量轻，体积小，方便布局；电机和控制器共用一套水冷却系统，散热好，工作效率高。

(4) 电控系统核心器件 IGBT 已实现国产突破，但对外依存度仍高。

新能源汽车电控系统包含三部分，分别是整车控制器、电机控制器和电池控制器（BMS），其中新能源整车控制器、电池控制器相对成熟，电机控制器相对落后，主要是因为核心零部件 IGBT 90% 以上依赖进口。目前国内能够量产高压大功率 IGBT 芯片并用于车辆生产的企业，只有中车时代和比亚迪两家。

电机控制器作为新能源汽车中连接电池与电机的电能转换单元，在电动车行驶过程中，电机控制器将动力电池提供的直流电，逆变成驱动电机所需要的交流电，驱动电动车前进。其主要由 IGBT 功率半导体模块及其关联电路等硬件部分，以及电机控制算法及逻辑保护等软件部分组成。其中，IGBT 占据电控系统成本 40% 以上，约占整车总成本的 5%，如果加上充电系统中 IGBT，成本占比更高。纯电动新能源汽车中 IGBT 的成本占比在 7%~10% 之间。新能源汽车电控系统成本结构如图 1-12 所示。

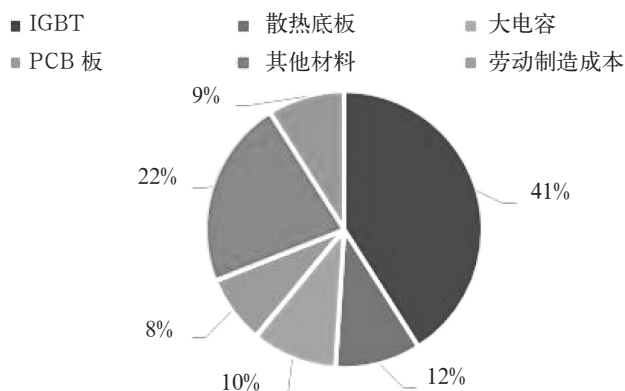


图 1-12 新能源汽车电控系统成本结构（资料来源：恒大研究院）

新能源汽车用 IGBT 国产化生产虽然已实现突破，但整体仍然严重依赖进口。2018 年我国 IGBT 领域进口依存度约 90%，仍面临“卡脖子”风险，国产替代任重道远。

(5) 智能网联取得部分进展，核心技术尚不成熟。

电动汽车反应时间短（电动车约 30ms、燃油车约 500ms）、电池容量大（停车时可长时间给车联网通信模块供电）是汽车智能化、网联化最好的载体，同时智能化、网联化可极大提升电动汽车驾驶体验，扩大新能源汽车差异化竞争优势。作为驾驶员与汽车交互的接口的车载操作系统，目前国内以百度、阿里、华为三者较为领先。用于自动驾驶的高精度地图目前国内四维图新、高德、百度、腾讯等布局较早，基本与国际同步。但与之相配