



新能源汽车类专业“互联网+”创新型精品教材



扫描二维码
共享立体资源

新能源汽车 结构与检修

(第二版)

中国汽车工程学会汽车应用与服务分会组织编写

工作页式教材

新能源汽车
结构与检修

(第二版)

主
编 戴良鸿

主 编 戴良鸿

北京出版集团
北京出版社

北京出版集团
北京出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

新能源汽车结构与检修 / 戴良鸿主编. —2 版. —
北京: 北京出版社, 2021.6 (2024 重印)

ISBN 978-7-200-16411-4

I. ①新… II. ①戴… III. ①新能源—汽车—构造—
教材②新能源—汽车—车辆修理—教材 IV. ①U469.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 088465 号

新能源汽车结构与检修 (第二版)

XINNENGYUAN QICHE JIEGOU YU JIANXIU (DI-ER BAN)

主 编: 戴良鸿
出 版: 北京出版集团
北 京 出 版 社
地 址: 北京北三环中路 6 号
邮 编: 100120
网 址: www.bph.com.cn
总 发 行: 北京出版集团
经 销: 新华书店
印 刷: 定州启航印刷有限公司
版 印 次: 2021 年 6 月第 2 版 2024 年 3 月修订 2024 年 3 月第 2 次印刷
成品尺寸: 185 毫米 × 260 毫米
印 张: 17.5
字 数: 374 千字
书 号: ISBN 978-7-200-16411-4
定 价: 49.80 元

教材意见建议接收方式: 010-58572341 邮箱: jiaocai@bphg.com.cn

如有印装质量问题, 由本社负责调换

质量监督电话: 010-82685218 010-58572341 010-58572393

● 学习工作页

学习单元一 新能源汽车的认知 / 1

学习任务一	新能源汽车的认知	1
学习任务二	发展新能源汽车的必要性	3
学习任务三	认识汽车新能源	5
学习任务四	中国新能源汽车发展现状	8

学习单元二 动力电池的认知与使用 / 10

学习任务一	动力电池的认知	10
学习任务二	铅酸电池的使用与检修	13
学习任务三	锂离子电池的使用	17
学习任务四	镍氢电池的使用	20
学习任务五	燃料电池的使用	23
学习任务六	超级电容器的使用	25

学习单元三 驱动电机的认知与检修 / 29

学习任务一	直流电机的原理认知与检修	29
学习任务二	异步电动机的原理认知与检修	34
学习任务三	永磁同步电机的原理认知与检修	38
学习任务四	开关磁阻电机的原理认知与检修	43

学习单元四 纯电动汽车的认知与使用 / 48

学习任务一	纯电动汽车的基础认知	48
学习任务二	纯电动汽车的关键技术	50

学习单元五 混合动力汽车的认知与使用 / 53

学习任务一	混合动力汽车的基础认知	53
学习任务二	混合动力汽车的结构原理认知	56
学习任务三	混合动力汽车技术分析	58

学习单元六 其他新能源汽车的认知 / 61

学习任务一	气体燃料汽车的认知	61
学习任务二	燃料电池电动汽车的认知	63
学习任务三	生物燃料汽车的认知	66
学习任务四	压缩空气与太阳能汽车的认知	68

学习参考

学习单元一 新能源汽车的认知 / 71

学习任务一	新能源汽车的认知	71
学习任务二	发展新能源汽车的必要性	74
学习任务三	认识汽车新能源	77
学习任务四	中国新能源汽车发展现状	80

学习单元二 动力电池的认知与使用 / 95

学习任务一	动力电池的认知	95
学习任务二	铅酸电池的使用与检修	102
学习任务三	锂离子电池的使用	111
学习任务四	镍氢电池的使用	115
学习任务五	燃料电池的使用	118
学习任务六	超级电容器的使用	129

学习单元三 驱动电机的认知与检修 / 137

学习任务一	直流电机的原理认知与检修	137
学习任务二	异步电动机的原理认知与检修	149
学习任务三	永磁同步电机的原理认知与检修	160
学习任务四	开关磁阻电机的原理认知与检修	171

学习单元四 纯电动汽车的认知与使用 / 176

学习任务一	纯电动汽车的基础认知	176
学习任务二	纯电动汽车的关键技术	184

学习单元五 混合动力汽车的认知与使用 / 203

学习任务一	混合动力汽车的基础认知	203
学习任务二	混合动力汽车的结构原理认知	212
学习任务三	混合动力汽车技术分析	223

学习单元六 其他新能源汽车的认知 / 240

学习任务一	气体燃料汽车的认知	240
-------	-----------	-----

学习任务二	燃料电池电动汽车的认知	246
学习任务三	生物燃料汽车的认知	257
学习任务四	压缩空气与太阳能汽车的认知	262

北京出版社

学习工作页

学习单元一

新能源汽车的认知

新能源汽车英文为“New energy vehicles”。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。新能源汽车的定义因国家不同其提法也不相同，一般包括纯电动汽车、混合动力汽车、燃料电池电动汽车、氢发动机汽车、其他新能源汽车等。

本单元的学习任务可以分为：

学习任务一 新能源汽车的认知

学习任务二 发展新能源汽车的必要性

学习任务三 认识汽车新能源

学习任务四 中国新能源汽车发展现状

学习任务一

新能源汽车的认知

任务描述

让学生通过查阅资料，了解新能源汽车的发展历程、分类等知识，并叙述不同类型新能源汽车的优点、缺点。

学习目标

1. 能准确讲述新能源汽车的定义。
2. 能正确对新能源汽车进行分类。
3. 百学须先立志。

学习准备

1. 知识准备：
 - (1) 新能源汽车的定义（查阅“学习参考学习单元一学习任务一”）。
 - (2) 新能源汽车的分类（查阅“学习参考学习单元一学习任务一”）。
2. 工作场所：理实一体化教室。
3. 工作设备：多媒体教学系统。

计划与实施

第一步：课堂上通过多媒体课件以及视频，学习新能源汽车的基本知识。

第二步：收集教师讲授过程中的关键词（性能指标、分类、特点），整理出所需的知识点，填写表 1-1。

表 1-1 所需的知识点

知识点	1.
	2.
	3.
	4.

第三步：在教师的引导下，掌握相关知识，并完成下列工作页的填写。

1. 新能源汽车的定义是什么？

2. 新能源汽车的分类及各自的优点、缺点？

评价与反馈

一、选择题

1. 新能源汽车是指采用新型动力系统，（ ）依靠新型能源驱动的汽车。

- A. 完全 B. 主要 C. 完全或主要

2. 新能源汽车包括（ ）。

- A. 纯电动汽车 B. 混合动力汽车
C. 电动汽车 D. 以上全是

二、技能考核

1. 根据所学知识，填写学生实践记录表 1-2。

2. 查阅相关资料，调查不同类型新能源汽车有哪些优点和缺点？

表 1-2 学生实践记录表

班级		姓名	
学号			
分类	优点	缺点	
纯电动汽车			
混合动力汽车			
燃料电池电动汽车			
自我评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐		
教师评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐ 教师姓名： 年 月 日		

学习任务二

发展新能源汽车的必要性

任务描述

石油短缺、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的发展战略，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。

让学生通过查阅资料，整理新能源汽车发展的必要性。

学习目标

1. 理解发展新能源汽车的必要性。
2. 宝剑不磨要生锈。人不学习要落后。

学习准备

1. 知识准备：
 - (1) 石油短缺的原因（查阅“学习参考学习单元一学习任务二”）。
 - (2) 环境污染的因素（查阅“学习参考学习单元一学习任务二”）。
 - (3) 气候变暖的因素（查阅“学习参考学习单元一学习任务二”）。

2. 工作场所：理实一体化教室。
3. 工作设备：多媒体教学系统。



计划与实施

第一步：课堂上通过多媒体课件及视频，学习新能源汽车发展的必要性知识。

第二步：收集教师讲授过程中的关键词，整理出所需的知识点，填写表 1-3。

表 1-3 所需的知识点

知识点	1.
	2.
	3.
	4.
	5.

第三步：在教师的引导下，掌握相关知识，并完成下列工作页的填写。

1. 石油短缺的主要原因有哪些？

2. 环境污染的主要原因有哪些？

3. 全球气候变暖的主要原因有哪些？



评价与反馈

一、选择题

1. 发展新能源汽车的必要性因素包括（ ）。
A. 石油短缺
B. 环境污染
C. 气候变暖
D. 以上全是
2. 对于“降低和控制机动车排放污染物的主要措施”的描述，哪个技师的说法比较准确？
技师 A 说不断完善和升级汽车排放标准。

技师 B 说大力发展节能与新能源汽车。

请问谁说的对? ()

A. 只有技师 A 说的对

B. 只有技师 B 说的对

C. 技师 A 和 B 说的都对

D. 技师 A 和 B 说的都不对

二、技能考核

1. 根据所学知识,填写学生实践记录表 1-4。

2. 查阅相关资料,调查降低和控制机动车排放污染物的主要措施有哪些?

表 1-4 学生实践记录表

班级		姓名	
学号			
降低和控制机动车排放污染物	措施		
自我评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐		
教师评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐		
	教师姓名: 年 月 日		

学习任务三

认识汽车新能源



任务描述

让学生在掌握新能源汽车概念的基础上,阐述哪些能源可以作为汽车的新能源,目前应用较为成熟的有哪些新能源。

学习目标

1. 能准确讲述汽车新能源主要指哪些能源。
2. 宝剑锋从磨砺出，梅花香自苦寒来。

学习准备

1. 知识准备：
 - （1）天然气的应用（查阅“学习参考学习单元一学习任务三”）。
 - （2）液化石油气的应用（查阅“学习参考学习单元一学习任务三”）。
 - （3）醇类燃料的应用（查阅“学习参考学习单元一学习任务三”）。
 - （4）二甲醚的应用（查阅“学习参考学习单元一学习任务三”）。
 - （5）生物柴油的应用（查阅“学习参考学习单元一学习任务三”）。
 - （6）氢能源的应用（查阅“学习参考学习单元一学习任务三”）。
 - （7）太阳能的应用（查阅“学习参考学习单元一学习任务三”）。
2. 工作场所：理实一体化教室。
3. 工作设备：多媒体教学系统。

计划与实施

- 第一步：课堂上通过多媒体课件以及视频，学习新能源汽车上常见的能源类型。
- 第二步：收集教师讲授过程中的关键词，整理出所需的知识点，填写表 1-5。

表 1-5 所需的知识点

知识点	1.
	2.
	3.
	4.
	5.
	6.
	7.

- 第三步：在教师的引导下，掌握相关知识，并完成下列工作页的填写。
- 常见的应用于汽车上的新能源主要有哪些？



评价与反馈

一、选择题

1. 天然气是一种气态化的石化燃料，主要存在于（ ）。
A. 油田 B. 天然气田 C. 以上都对
2. 液化石油气应用于汽车发动机时，燃烧方式为（ ）。
A. 点燃 B. 压燃 C. 以上都对
3. 目前最广泛的醇类代用燃料主要是（ ）。
A. 甲醇 B. 乙醇 C. 以上都对

二、技能考核

根据所学知识，填写学生实践记录表 1-6。

查阅相关资料，调查不同类型新能源燃料各自的特点。

表 1-6 学生实践记录表

班级		姓名	
学号			
分类	特点		
天然气			
液化石油气			
醇类燃料			
二甲醚			
生物柴油			
氢能源			
太阳能			
自我评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐		
教师评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐ 教师姓名： 年 月 日		

学习任务四

中国新能源汽车发展现状

任务描述

让学生查阅相关资料，了解中国对新能源汽车发展制定了哪些方针政策，知道目前中国新能源汽车发展现状。

学习目标

1. 了解中国新能源汽车发展的过程和现状。
2. 百川东到海，何时复西归？少壮不努力，老大徒伤悲。

学习准备

1. 知识准备：
 - (1) 中国新能源汽车发展的过程（查阅“学习参考学习单元一学习任务四”）。
 - (2) 国家制定的一些政策方针（查阅“学习参考学习单元一学习任务四”）。
 - (3) 新能源汽车的市场需求情况（查阅“学习参考学习单元一学习任务四”）。
 - (4) 智能网联汽车的发展状况（查阅“学习参考学习单元一学习任务四”）。
2. 工作场所：理实一体化教室。
3. 工作设备：多媒体教学系统。

计划与实施

- 第一步：课堂上通过多媒体课件以及视频，学习中国新能源汽车发展现状。
- 第二步：收集教师讲授过程中的关键词，整理出所需的知识点，填写表 1-7。

表 1-7 所需的知识点

知识点	1.
	2.
	3.
	4.
	5.
	6.
	7.

1. 什么是双积分政策?

2. 智能网联汽车的关键技术有哪些?

评价与反馈

1.中国新能源汽车产业经过近 20 年的发展,跃居全球()。

- B. 第二
D. 第四

2. 以下选项中不属于新能源汽车技术常说的“三电”是()。

- B. 电机
D. 电脑

1. 根据所学知识, 填写学生实践记录表 1-8。

2. 查阅相关资料，写出中国为了促进新能源汽车的发展具体采取了哪些措施，这些措施又是如何实施的呢？

表 1-8 学生实践记录表

班级		姓名	
学号			
中国促进新能源汽车发展采取的措施	措施类型	具体措施	
	补贴政策		
	双积分政策		
	扩大开放		
自我评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐		
教师评价	良好 ☐ 合格 ☐ 不合格 ☐		
	教师姓名： 年 月 日		

学习参考

学习单元一

新能源汽车的认知

学习任务一

新能源汽车的认知

一、新能源汽车的定义

新能源汽车英文为“New energy vehicles”。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。

新能源汽车的定义因国家不同其提法也不相同，在日本通常被称为“低公害汽车”，2001 年以日本国土交通省、环境省和经济产业省制定了“低公害车开发普及行动计划”。该计划所指的低公害车包括 5 类，即以天然气为燃料的汽车、混合动力汽车、电动汽车、以甲醇为燃料的汽车、排污和燃效限制标准最严格的清洁汽油汽车。

在美国通常将新能源汽车称作“代用燃料汽车”。

二、新能源汽车的分类

新能源汽车包括纯电动汽车、混合动力汽车、燃料电池电动汽车、氢发动机汽车及其他新能源汽车等。

1. 纯电动汽车

纯电动汽车（Blade electric vehicles，BEV）是一种采用单一蓄电池作为储能动力源的汽车，它利用蓄电池作为储能动力源，通过电池向电动机提供电能，驱动电动机运转，从而推动汽车行驶。如图 1-1 所示。



纯电动汽车的发展



图 1-1 吉利帝豪 EV450 和比亚迪 e5 纯电动汽车

其难点在于电力储存技术。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。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，消除人们对石油资源日见枯竭的担忧。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。相关研究表明，同样的原油经过粗炼，送至电厂发电，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。并且有利于节约能源，减少二氧化碳的排量，正是这些优点，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和价格。与混合动力相比，电动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，才能有大范围推广的机会。

纯电动汽车的优点：技术相对简单成熟，只要有电力供应的地方都能够充电。

纯电动汽车的缺点：蓄电池单位重量储存的能量太少，还因电动车的电池较贵，没形成经济规模，故购买价格较贵；至于使用成本，试用结果一部分比燃油汽车贵，一部分仅为燃油汽车的 $1/7 \sim 1/3$ 。这主要取决于电池的寿命及当地的油、电价格。

2. 混合动力汽车

混合动力汽车（Hybrid electric vehicle, HEV）是指驱动系统由两个或多个能同时运转的单个驱动系统联合组成的车辆，车辆的行驶功率依据实际车辆行驶状态由单个驱动系统单独或多个驱动系统共同提供。因各个组成部件、布置方式和控制策略的不同，混合动力汽车有多种形式（图 1-2）。



混合动力汽车的发展



图 1-2 比亚迪唐和荣威 RX 混合动力汽车

混合动力汽车具有以下优点：

（1）采用混合动力后可按平均需要的功率来确定内燃机的最大功率，此时处于油耗低、污染少的最优工况下工作。内燃机功率不足时，由电池来补充；负荷小时，富余的功率可发电给电池充电，由于内燃机可持续工作，电池又可以不断得到充电，故其行程和普通汽车一样。

（2）因为有了电池，可以十分方便地回收制动、下坡及怠速时的能量。

（3）在繁华市区，可关停内燃机，由电池单独驱动，实现“零”排放。

（4）有了内燃机可以十分方便地解决耗能大纯电动汽车遇到的难题。

(5) 可以利用现有的加油站加油, 不必再投资。

(6) 可让电池保持在良好的工作状态, 不发生过充、过放, 延长其使用寿命, 降低成本。

混合动力汽车的缺点是长距离高速行驶基本不能省油。

3. 燃料电池电动汽车

燃料电池电动汽车 (Fuel cell electric vehicle, FCEV) 是指以氢气、甲醇等为燃料, 通过化学反应产生电流, 依靠电机驱动的汽车。其电池的能量是通过氢气和氧气的化学作用, 而不是经过燃烧, 直接变成电能。燃料电池的化学反应过程不会产生有害产物, 因此燃料电池车辆是无污染汽车, 燃料电池的能量转换效率比内燃机要高 2 ~ 3 倍, 因此从能源的利用和环境保护方面, 燃料电池汽车是一种最理想的车辆 (图 1-3)。



图 1-3 丰田 Mirai 燃料电池汽车



燃料电池汽车的发展

单个的燃料电池必须结合成燃料电池组, 以便获得必需的动力, 满足车辆使用的要求。近几年来, 燃料电池技术已经取得了重大进展。世界上著名的汽车制造厂, 如戴姆勒-克莱斯勒、福特、丰田和通用汽车公司在 2004 年就已经将燃料电池汽车投向市场。虽然燃料电池汽车优点很多, 并且也已有相对成熟的技术保障, 但由于制造成本高、使用成本高等多种因素的限制, 大多数厂家虽然推出了燃料电池汽车, 但都没有真正投入到市场。因此目前燃料电池轿车的样车仍在进行试验, 以燃料电池为动力的运输大客车在北美的几个城市进行示范项目。在开发燃料电池汽车中仍存在技术性挑战, 如燃料电池组的一体化, 提高商业化电动汽车燃料处理器和辅助部件, 汽车制造厂都在朝着集成部件和减少部件成本的方向努力, 并已取得了很大进步。

与传统汽车相比, 燃料电池汽车具有以下优点:

- (1) 零排放或近似零排放。
- (2) 减少了机油泄漏带来的水污染。
- (3) 降低了温室气体的排放。
- (4) 提高了燃油经济性。
- (5) 提高了发动机燃烧效率。
- (6) 运行平稳、无噪声。

4. 其他新能源汽车

- (1) 空气动力汽车。

利用空气作为能量载体, 使用空气压缩机将空气压缩到 30 MPa 以上, 然后储存在

储气罐中。开动汽车时需要将压缩空气释放出来驱动马达行驶。优点是无排放、维护少。缺点是需要电源、空气压力（能量输出）随着行驶里程加长而衰减、高压气体的安全性不稳定。

（2）飞轮储能汽车。

利用飞轮的惯性储能，储存非满负载时发动机的余能以及车辆下坡、减速行驶时的能量，反馈到一个发电机上发电，再驱动或加速飞轮旋转。飞轮使用磁悬浮方式，在 70 000 r/min 的高速下旋转，在混合动力汽车上作为辅助。优点是能源使用效率高、重量轻储能高、能量进出反应快、维护少、寿命长；缺点是成本高，机动车转向会受飞轮陀螺效应的影响。

（3）超级电容汽车。

超级电容器是利用双电层原理的电容器。在超级电容器的两极板上电荷产生的电场作用下，在电解液与电极间的界面上形成相反的电荷，以平衡电解液的内电场，这种正电荷与负电荷在两个不同相之间的接触面上，以正负电荷之间极短间隙排列在相反的位置上，这个电荷分布层叫作双电层，因此电容量非常大。

优点是充电时间短、功率密度大、容量大、使用寿命长、免维护、经济环保等。缺点是功率输出随着行驶里程加长而衰减，受环境温度影响大等。

目前新能源汽车具有良好的市场，但毕竟是处于发展阶段，成本、价格、销售和技术等还面临着很多困难。

学习任务二

发展新能源汽车的必要性

石油短缺、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。

一、石油短缺

据石油巨头英国石油公司（BP）发布的《世界能源统计年鉴 2012》显示，截至 2011 年年底，全球石油储量约 1.653 万亿桶，比 2010 年增加 8.3%，若按照现在全球每天非常保守的 0.8 亿桶的耗速来看，当前世界石油储量可供全球消费 54 年。

从储量上看，世界上排名前 10 名的国家和地区依次是：沙特阿拉伯， 3.62×10^{10} t；加拿大， 1.84×10^{10} t；伊朗， 1.81×10^{10} t；伊拉克， 1.57×10^{10} t；科威特， 1.38×10^{10} t；阿联酋， 1.26×10^{10} t；委内瑞拉， 1.09×10^{10} t；俄罗斯， 8.2×10^9 t；中国， 6×10^9 t；利比亚， 5.4×10^9 t。

我国是一个能源短缺的国家，但却是一个能源消费大国，仅次于美国。2011 年我国石油消费量达到 4.6×10^8 t，成为世界第二大石油消费国。目前，我国人均石油消费量为世界平均水平的 60%，石油占一次源消费比重仅为 18%，低于世界平均水平（33%），预计未来我国石油消费仍将持续稳定增长，处于上升状态。

石油在交通领域的消费逐年增长。据预测,到2020年交通用油占全球石油总消耗的62%以上。美国能源部预测,2020年以后,全球石油需求与常规石油供给之间将出现净缺口,2050年的供需缺口几乎相当于2000年世界石油总产量的两倍。

目前世界汽车保有量突破10亿辆,预计到2030年全球汽车保有量将突破20亿辆,主要增量来自发展中国家,其中中国增速居全球第一。

我国汽车产量逐年增加。2012年我国汽车产销双双突破1900万辆,再次突破纪录,产销增速都超过了1%,蝉联世界第一,中国已经成为世界第一大汽车生产国和第一新车销售市场。我国汽车保有量增加迅速,至2011年8月底,我国汽车保有量突破1亿辆,居世界第二位。预计到2020年,全国汽车保有量将达到2亿辆,由此带来的能源安全问题将更加突出。

汽车消费的快速增长导致石油消耗加速增长。中国机动车燃油消耗量约占全国总油耗的1/3以上,这也使得中国石油对外依存度每年都在不断攀升。据统计,目前汽车用汽柴油消费占全国汽柴油消费的比例已经达到了55%左右,每年新增石油消费量的70%以上被新增汽车所消耗。

我国经济持续快速发展,对石油资源的需求激增,能源供需矛盾日益突出,对进口石油的依赖度不断增高。2011年我国石油对外依存度达到56.5%,比2010年上升了1.7个百分点。2013年我国石油对外依存度将达60%左右。国际能源机构预测,随着越来越多的中国消费者购买汽车,到2030年,中国石油消耗量的80%需要依靠进口。

二、环境污染

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,还会影响人类健康。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。据统计,全球大气污染42%源于交通车辆产生的污染。随着城市机动车数量的快速增长,机动车排气污染已成为城市大气污染的主要贡献者。一些城市机动车排放的污染物对多项大气污染指标的贡献率已达到70%以上。机动车排放污染已对城市大气污染构成了严重威胁。

2013年春季,浓浓雾霾遮蔽中国的中东部地区。环保部门的数据显示,从华北到中部乃至黄淮、江南地区,都出现了不同程度的污染和严重污染。尤其是北京、天津、石家庄等城市由于低空近地面的空气污染物久积不散,主城地区连续出现空气质量重度污染和严重污染,包括PM2.5、PM10、硫酸或硝酸盐等主要污染物徘徊在较高、超标浓度水平,形成严重的雾霾天气,严重影响了人们的身心健康和日常出行,引起了全社会的广泛关注,机动车是雾霾形成的重要因素之一。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有以下几点。

(1) 不断完善和升级汽车油耗标准。通过制定和实施汽车油耗标准法规,逐步提高汽车油耗水平。近年来,我国汽车行业相关油耗标准不断升级,随着汽车油耗标准法

规水平升级，到 2015 年，当年生产的乘用车平均燃料消耗量降至 6.9 L/100 km，节能型乘用车燃料消耗量降至 5.9 L/100 km 以下。到 2020 年，当年生产的乘用车平均燃料消耗量降至 5.0 L/100 km，节能型乘用车燃料消耗量降至 4.5 L/100 km 以下，商用车新车燃料消耗量将接近国际先进水平。

（2）不断完善和升级汽车排放标准。通过制定和实施汽车排放标准法规，逐步提高汽车排放技术水平，降低汽车尾气排放。近年来我国汽车行业排放标准不断升级。所谓国 X 汽车排放标准，是我国借鉴欧洲汽车排放标准所制定出的汽车尾气排放标准，该标准对汽车尾气中排放的一氧化碳、氮氧化物、微尘、碳烟等有害物质的排放量有明确的限制，旨在控制汽车污染排放，提高环境质量。从表 1-1 可以看出，我们国家的国一标准自 2000 年实施以来，目前已经进入到了国五标准，从 2000 年到现在短短 18 年的时间，我们走完了欧美国家近 30 年的排放升级之路。接下来我们就要落实国六标准了，这次国六排放的实施时间分为了两个阶段如表 1-1 所示。

表 1-1 我国汽车排放升级图

排放法规	实施时间	技术路线	标准阶段	车辆类型	实施时间
国一	2000 年	纯机械泵	6A 阶段	燃气车辆	2019 年 7 月 1 日
国二	2005 年	发动机带增压 + 中冷		城市车辆	2020 年 7 月 1 日
国三	2008 年	电控		所有车辆	2021 年 7 月 1 日
国四	2011 年	电控 + 后处理	6B 阶段	燃气车辆	2021 年 1 月 1 日
国五	2017 年	国四基础上的优化		所有车辆	2023 年 7 月 1 日
国六	2021 年	国五基础上增加 DPF, DOC			

（3）提高燃油品质。燃油品质在很大程度上限制了机动车排放污染物的水平，推迟了汽车排放法规的实施，因此，应尽快提高我国的燃油品质。

（4）积极开展先进节能减排技术的研发和创新。汽车行业应大力发展混合动力技术，柴油机高压共轨，汽油机缸内直喷、均质燃烧以及涡轮增压等高效内燃机技术和先进电子控制技术，先进传动系统技术（包括六挡及以上机械变速器、双离合器式自动变速器、商用车自动控制机械变速器等）。开展高效控氮氧化物等污染物排放技术研究等，积极推进有关先进技术的应用。

（5）大力发展节能与新能源汽车。2012 年 6 月 28 日国家出台了《节能与新能源汽车产业发展规划（2012—2020 年）》，基本建立了节能与新能源汽车技术研发体系，积极推广示范运行，初步形成节能与新能源汽车产业化能力，并取得积极进展。

（6）改善城市交通环境。在城市的环境保护中，即使是每一辆机动车都达到了国家规定的排放法规要求，也不能保证城市的交通污染就一定达到环保标准要求。这是由于大量机动车在一定时间、空间内的相对集中，而造成城市的某一地区在排放污染物总量上超标。因此，从机动车管理的角度来考虑，就是要疏导交通，提高机动车运行速度，

优化路网布局,合理分配车流,减少城市中心区的车流密度,改善汽车运行工况,降低机动车污染物排放。

三、气候变暖

能源的大量消耗带来温室气体排放问题。二氧化碳是全球最重要的温室气体,是造成气候变化的主要原因,而它主要来自化石燃料的燃烧。

据世界上许多科学家预测,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℃。

越来越多的证据证明,人类活动是造成气候变暖的原因,而气候变暖又是由于大气中聚集了大量温室气体,主要是二氧化碳。交通领域二氧化碳排放成为关注重点。据 IEA 估计,汽车二氧化碳总排放量将从 1990 年的 2.9×10^9 t 增加到 2020 年的 6×10^9 t。汽车对地球环境造成了巨大影响。

控制消费和节约能源是减少二氧化碳排放量的重要途径。仅在工业发达国家,人均能源的消费指数在 1 ~ 3 不等,这就表明,节约能源的余地是极大的。当然,还可以考虑保持适当的消费水平,同时用那些不会产生温室效应的替代品来取代那些会造成污染的能源。

为了减少汽车对全球气候变暖的影响,削减温室气体二氧化碳的排放,汽车应尽量采用小排量发动机和稀薄燃烧发动机,最大限度地提高能源利用效率,从而减少汽车对全球气候变暖的影响。为了减少汽车二氧化碳的排放量,汽车二氧化碳排放法规开始实施。2008 年,欧盟要求轿车二氧化碳排放达到 140 g/km,对于汽油车,对应油耗 6 L/100 km 以下;2012 年,达到 120 g/km;2020 年,达到 100 g/km。

如果中国采用一系列先进技术,包括电动汽车、天然气汽车和以天然气为燃料的内燃机技术,到 2030 年,中国汽车二氧化碳的排放总量有可能降低 45%。

在能源和环保的压力下,新能源汽车无疑将成为未来汽车的发展方向。大力推进传统汽车节能减排和新能源汽车产业化,成为中国汽车产业亟须解决的重大课题。

学习任务三

认识汽车新能源

英国石油公司(BP)预测,到 2030 年之前,全球石油需求量的年增长率仅为 0.8%,比其他任何类型能源都低,仅占到同期总体能源需求增长率的一半。与此同时,BP 称,全球能源需求增长中的三分之一将来自天然气、生物燃料和其他可替代燃料。

一、天然气

天然气是一种气态化的石化燃料,主要存在于油田和天然气田。天然气和油田的石油伴生气的主要成分是甲烷。甲烷在大多数天然气中占 90% 以上,有的甚至占 95% ~ 98%。甲烷在石油伴生气中一般占 80% ~ 85%,比在天然气中占的量低一些。

天然气的体积低热值和质量低热值略高于汽油和柴油,但理论混合气热值比汽油和

柴油低。应用于汽车时，在排放方面具有明显的优势。与汽油车相比，天然气汽车颗粒排放几乎为零， NO_2 、CO 和 HC 的排放也显著降低，所以天然气汽车在改善空气质量方面有着重要意义。因此，天然气汽车技术也得到了快速发展，从过去的常压天然气汽车发展到压缩天然气（CNG）汽车和液化天然气（LNG）汽车。

天然气只能点燃而不能压燃，应用于汽车发动机时，主要采用两种燃烧方式：一是火花点火式；二是利用柴油引燃柴油—天然气混合燃料。按燃料供给方式可以分为：单燃料天然气汽车，发动机为预混、点燃式；天然气—汽油两用燃料汽车，发动机的基本结构与汽油机供给系统变化不大，具有天然气和汽油两套燃料系统，可以对现行汽油车直接加装天然气系统，成为天然气—汽油两用汽车；天然气—柴油双燃料汽车，利用柴油引燃天然气—柴油混合燃料。

二、液化石油气

液化石油气（LPG）是原油炼制汽油、柴油过程中的副产品，其来源广泛，可以从石油伴生气或天然气中通过炼油厂催化裂化装置获得。液化石油气的主要成分是丙烷 C_3H_8 ，此外还含有少量的丁烷 C_4H_{10} 、丙烯 C_3H_6 和丁烯 C_4H_8 。

液化石油气的特点与天然气相似，天然气的体积低热值和质量低热值略高于汽油，但理论混合热值比汽油低，液化石油气介于天然气和汽油之间。在应用于汽车时，具有燃烧完全、积碳少、排放污染物少、怠速和过渡工况运行稳定性好的优点。

液化石油气同样只能点燃而不能压燃，应用于汽车发动机时，主要采用两种燃烧方式：一是火花点火式；二是利用柴油引燃柴油—液化石油气混合燃料。按燃料供给方式可以分为：单燃料 LPG 汽车，发动机为预混、点燃式；LPG—汽油两用燃料汽车，可以视情况交替使用 LPG 或汽油，具有 LPG 和汽油两套燃料系统，可以对现行汽油车直接加装 LPG 系统，成为 LPG—汽油两用汽车；LPG—柴油双燃料汽车，利用柴油引燃 LPG—柴油混合燃料。

三、醇类燃料

目前最广泛的醇类代用燃料主要是甲醇和乙醇。甲醇（木醇或木酒精）主要由天然气、重油、石油脑、液化石油气、煤炭、油页岩、木材和垃圾等物质提炼而成，乙醇俗称酒精，主要通过含糖类作物（甘蔗、甜菜、甜高粱和糖蜜等）、淀粉质作物（玉米、高粱、小麦、红薯、马铃薯等）和纤维素原料（木材、木屑和谷物秸秆等）发酵生产。

醇类属于含氧燃料，辛烷值高，有利于提高燃烧效率。这一特点很适合其作为汽油机的部分替代燃料。醇类燃料与柴油相比，其十六烷值、黏度、热值和密度均比较低，与柴油之间不易溶解，但是醇类燃料通过增加添加剂实现与柴油的互溶，在柴油机中掺烧时，热效率远高于在汽油机的热效率。

醇类在汽车上的应用主要有三种类型：掺烧、纯烧和改质。掺烧是醇类燃料的主要应用方式，可以分为：混合燃料法、熏蒸法和双燃料系统法，其中混合燃料法应用较为广泛，目前在山西、陕西、河南、黑龙江、四川、重庆、湖南等地均采用汽油掺混甲醇或乙醇，醇类的掺混比例在 5% ~ 20%。双燃料系统法仅用于柴油机。纯烧类型是指单

纯燃烧甲醇或乙醇,对发动机需要做相关改造。改质类型主要指醇类燃料的改质,再输送至发动机使用。

四、二甲醚

二甲醚(DME),属于一种很简单的脂肪醚,是甲醇重要的衍生物,无色易液化性能与液化石油LPG很相似。车用DME主要以煤、天然气、木材为原料制取,生产过程并不复杂。目前,多用甲醇气相脱水工艺(一步法)或甲醇液相脱水工艺(二步法)等两种工艺获取二甲醚,且已在内蒙古鄂尔多斯、山东莱州都建立了生产基地。

二甲醚的分子式与乙醇相同,但分子结构不同,因此其性质也与乙醇有较大的区别。乙醇属于高辛烷值类燃料,而二甲醚属于高十六烷值(55~60)燃料,从而决定了其作为柴油替代品的优势。二甲醚同样是含氧燃料,分子组成中含有34.8%的氧,且二甲醚具有高挥发性,应用于汽车发动机可降低柴油机噪声、振动,实现无烟排放。

二甲醚在汽车上的应用主要采用两种方式:纯液态二甲醚缸内直喷压燃和二甲醚作为点火促进物质在柴油机中应用。纯液态二甲醚缸内直喷压燃是将柴油机加装一套储气装置和加压设备,利用柴油机的供油系统进行二甲醚的缸内喷射燃烧,可实现低 NO_x 、无烟、无颗粒排放。二甲醚作为点火促进物质在柴油机中应用,是将二甲醚作为部分燃料使其进入发动机,改善柴油机的性能与排放特性。对二甲醚加入抑制自燃的物质后,也可以应用于火花点火式发动机。

五、生物柴油

生物柴油是指以油料作物、野生油料植物、工程微藻等水生植物油脂以及动物油、餐饮废油等为原料,通过交换工艺制成的有机脂肪酸类燃料,是生物质能的一种,是可替代柴油的再生性柴油燃料。

生物柴油是可以替代柴油直接应用于柴油机。我国已经颁布了《柴油机燃料调和用生物柴油(BD100)》国家标准。生物柴油的优点在于:不含硫、铅、芳香烃及卤化物十六烷值高且含氧,润滑性能好,无毒性。当然,目前其生产价格仍高于柴油,用于生产生物柴油的原料尚不能保证供应。

六、氢

与传统汽车能源相比,氢是石油时代后最有希望的发动机能源。氢气的主要来源是水,也可以来源于各种工业副产品。虽然氢气本身的天然储量不大,但作为氢气的主要来源的水资源却十分丰富,而且氢气燃烧后产生的还是水,能够形成资源的快速循环。

氢气与天然气、汽油、LPG相比,单位质量低、热值高,约是汽油低热值的2.7倍。氢气可燃极限宽,易于实现稀薄燃烧,提高燃料使用经济性。同时可以降低最高燃烧温度,大幅度降低 NO_x 的排放。氢气的自燃温度高,有利于提高发动机压缩比,从而提高发动机热效率。氢气的点火能量很低,在应用于发动机时,几乎不出现失火,具有良好的起动性能。氢气的有害排放物少,不产生CO及CH, NO_x 的排放也较汽油机低。

以氢气为能源的汽车主要通过两种技术途径进行应用:一是发动机直接改用氢气燃

料；二是氢气燃料电池汽车，如图 1-4 所示。

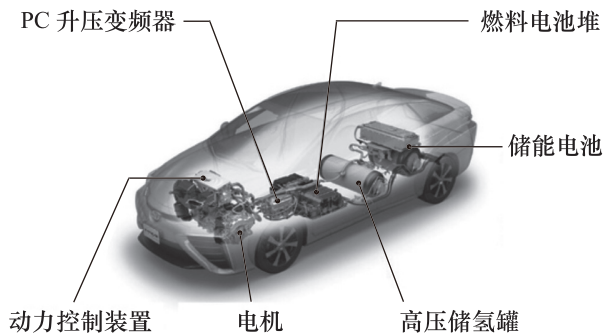


图 1-4 氢燃料汽车

七、太阳能

太阳能的热电利用是指将太阳辐射直接转换为热与电供人们使用。按太阳总辐射量空间分布，可分为最丰富区、很丰富区、丰富区和一般地带 4 个地区。而上述一、二、三地区占我国国土面积 96% 以上，太阳能资源总量可达 1.7×10^{12} t，标准煤发电可利用量可达 22×10^8 kW。资料显示，我国 1 MW 的太阳能热发电站每千瓦时的发电成本约为 2 元，略高于光伏发电成本；10 MW 的电站发电成本约为 1.5 元，50 MW 的电站可降至 1.2 元左右，高于煤电成本。欧美国家估计，15 ~ 20 年后，太阳能发电成本可达到煤电成本水平。我国太阳能利用发展较快，目前在太阳能供热方面成为世界第一。

用在汽车上主要是光伏发电供给电动汽车电能。目前主要以单晶硅电池为主，预计 2020 年可实现晶体硅电池和薄膜电池共同应用格局，再进一步发展多层复合砷化镓太阳能电池。当前我国太阳能光伏利用还处于初级阶段，电池成本较高。部分关键技术和设备还依靠进口，相关标准体系不完善已成为发展瓶颈，但发展战略不会改变。

学习任务四

中国新能源汽车发展现状

发展新能源汽车，是我国从汽车大国迈向汽车强国的必由之路，是应对气候变化、推动绿色发展的战略举措。以 2009 年“十城千辆”新能源汽车推广应用示范工程为起点，中国新能源汽车产业经过近十年的发展，取得了令人瞩目的成就，2018 年销量突破百万辆、占全球市场份额超过 50%。

自 2012 年国务院发布实施《节能与新能源汽车产业发展规划（2012—2020 年）》以来，我国坚持纯电驱动战略取向，新能源汽车产业发展取得了举世瞩目的成就，成为引领世界汽车产业转型的重要力量。当前，全球新一轮科技革命和产业变革蓬勃发展，汽车与能源、交通、信息通信等领域加速融合，推动汽车产品形态、交通出行模式、能源消费结构和社会运行方式发生深刻变革，新能源汽车产业面临前所未有的发展机遇。



新能源汽车发展现状

一、中国新能源汽车产业由导入期迈向成长期，产销规模全球第一

中国新能源汽车产业经过近 20 年的发展，产销规模突破 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，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。如图 1-5 ~图 1-8 所示，2010 年我国新能源汽车销量仅 8 159 辆，2015 年新能源汽车销量达到 33.1 万辆、渗透率首次超过 1%，2018 年销量突破 100 万，达到 125.6 万辆，九年内复合增速达到 87.5%。从全球新能源乘用车市场来看，我国已连续四年占据全球第一。据 EV Sales 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，超过其他国家总和，全球销量前十大厂商中本土品牌共五席，合计占据全球 31.7% 的市场份额。

中国新能源汽车产业已由导入期迈入成长期，仍有很大成长空间。2015 年后，由于销量基数变大与补贴退坡等原因，我国新能源汽车产销增速有所放缓，但仍处于快车道。据中汽协数据，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%；截至 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。（图 1-5 ~图 1-8）

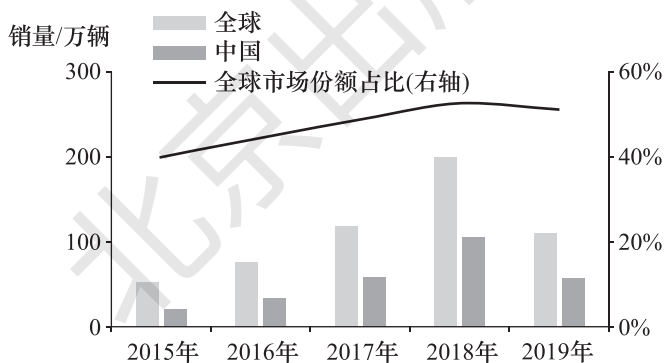


图 1-5 新能源乘用车销量

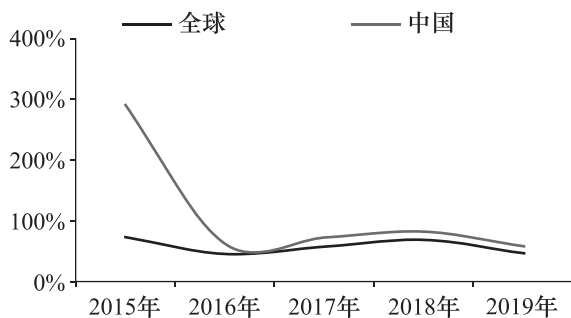


图 1-6 新能源乘用车销量同比增速

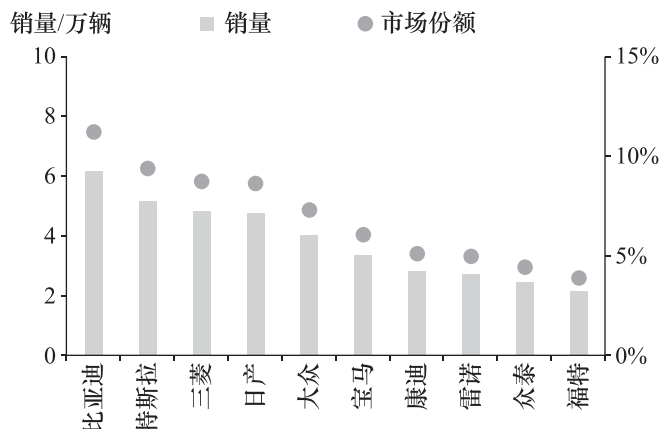


图 1-7 2015 年全球新能源乘用车市场份额前十

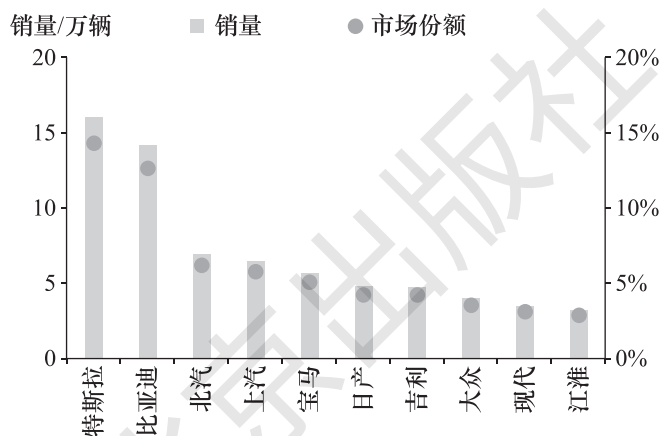


图 1-8 2019 年全球新能源乘用车市场份额前十

二、政策端：双积分接力补贴构建长效机制，扩大对外开放鼓励高质量竞争

（一）补贴加速退坡，补购置转向补运营与基础设施

财政补贴自 2017 年开始明显退坡，2019 年继续加速退出，2020 年后完全退出。从 2013 年至今，工信部联合其他部委先后发布 6 份新能源汽车购置补贴通知文件，4 次调整财政补贴标准引导市场走向：

（1）退坡力度加大。以 $150\text{ km} \leq R < 250\text{ km}$ 纯电动乘用车为例，相比 2013 年，里程补贴标准 2014、2015、2016、2017、2018、2019 年分别退坡 5%、10%、10%、28%、52% ~ 70%、100%，逐年加大；且规定从 2017 年起地方补贴不得超过中央 50%。

（2）鼓励高能量密度、低电耗技术。以纯电动乘用车为例，如图 1-9、图 1-10 所示，2013—2016 年财政补贴只考核续航里程，2017、2018、2019 年分别增加了单位载质量百公里电耗、电池系统能量密度、车辆带电量这三项指标，补贴向高能量密度、低电耗新能源汽车倾斜。

(3) 补贴转向运营端和基础设施建设。2018 年 11 月四部委印发了“关于《提升新能源汽车充电保障能力行动计划》的通知”,要求引导地方财政补贴从补购置转向补运营,逐渐将地方财政购置补贴转向支持充电基础设施建设等环节。

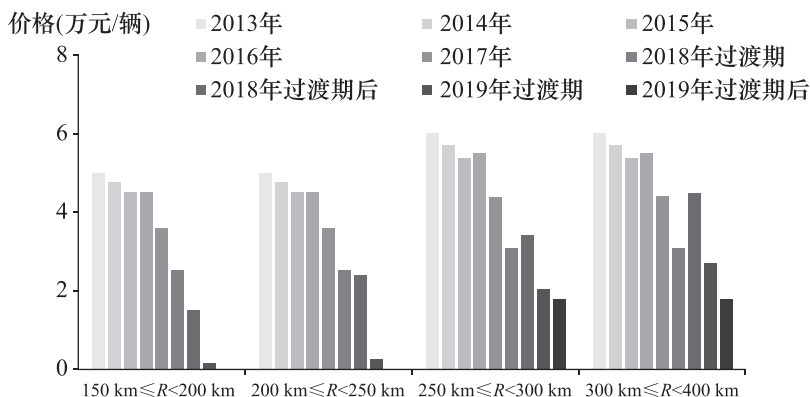


图 1-9 国内纯电动乘用车续航里程补贴标准

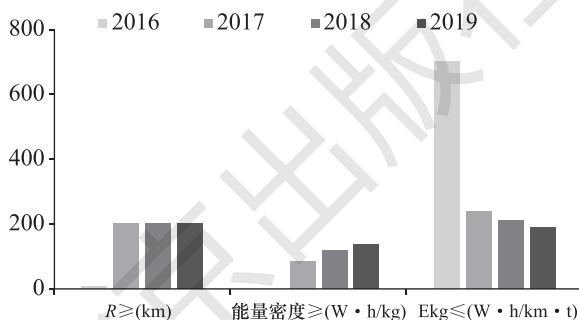


图 1-10 国内纯电动客车历年补贴技术标准

(二) 以双积分政策为核心构建新能源汽车发展长效机制

相比需求侧的财政补贴而言,双积分政策发力于供给端,既有节能油耗、新能源汽车积分占比的硬性约束,又有积分交易、转让的价格信号引导,将在后补贴时代对促进行业发展发挥重要作用。

如表 1-2、表 1-3 所示,2017 年 9 月工信部发布《乘用车企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分并行管理办法》,并于 2018 年 4 月开始实行传统燃油车平均燃料消耗量(CAFC)积分和新能源汽车(NEV)积分并行管理政策。然而由于标准较为宽松,行业 NEV 正积分出现过剩、价格交易价格偏低。乘联会数据显示 2018 年 NEV 积分比例达到 17%,远高于 10% 的目标值,国内首批交易积分均价仅有 300 ~ 500 元/分,远低于中汽中心 1 000 ~ 1 500 元/分的指导价格。2016 年至 2018 年国内 CAFC 负积分从 -124.47 万分扩大到 -295.13 万分,企业实际油耗不降反升,有违双积分政策初衷。

2019年7月工信部发布《乘用车企业平均燃料消耗量与新能源汽车积分并行管理办法》修正案（征求意见稿），主要体现出三点变化：①传统燃油车油耗趋严，鼓励发展低油耗车型。新《积分办法》将传统燃油车测试方法从NEDC调整为WLTC工况，中汽中心数据显示其油耗将较NEDC工况恶化10%。燃料消耗量目标值计算公式调整，目标值较现行办法下降约10%；企业平均燃料消耗量计算方法中2021—2023年新能源乘用车和油耗不大于3.2L/100km车型倍数变为2.0/1.8/1.6和1.4/1.3/1.2，下调40%以上。这些举措让企业面临更大的油耗挑战，促使企业提升节能技术水平或增加新能源汽车生产。②NEV积分下调，比例要求提高。根据新《积分办法》，2021—2023年新能源积分比例分别为14%、16%和18%，逐年上调2%。单车积分公式变化，同等技术条件下纯电动和燃料电池汽车积分减半。积分上限做出调整，纯电动、燃料电池和插电混动积分上限分别调整为3.4、6和1.6分，较当前办法变动-32%、+20%和-20%。③NEV积分允许结转，延续中小企业考核优惠。之前由于NEV积分无法结转，削弱了发展新能源汽车积极性。新《积分办法》允许2019年NEV正积分等额转接，2020年正积分按50%比例结转，一定程度上增加NEV积分结转与交易灵活性，助推传统车与新能源车同步发展。

新《积分办法》的出台意味着新能源汽车发展重回节能减排本质，国家大力发展新能源战略不变，但对能耗要求提高，鼓励低油耗车型，插电混动车型等多技术路线发展。新办法将推高新能源积分价值，托底新能源汽车增速，为行业长期发展保驾护航。合理假设情况下，新NEV积分政策可提升2021、2022、2023年新能源乘用车产量70万、75万、80万辆左右。

表 1-2 征求意见稿 CAFC 积分方案

测试方法		2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
		NEDC			WLTC	
目标值	3 排座椅 以下	$m \leq 980$, 4.3 L; $980 < m \leq 1\,090$, 4.5 L; $1\,090 < m \leq 2\,510$, 4.7 ~ 7.0 L; $m > 2\,510$, 7.3 L			$m \leq 1\,090$, 4.02 L; $m > 2\,510$, 6.57 L; $1\,090 < m \leq 2\,510$, 4.02 ~ 6.57 L	
	3 排座椅 以上	同样 m 下，相比 3 排以下增加 0.2L			同样 m 下，相比 3 排以下增加 0.2 L	
企业平均 燃料要求		134%	128%	120%	110%	100%

表 1-3 征求意见稿 NEV 积分方案

测试方法		2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
		NEDC			WLTC	
纯电动乘用车	积分公式	$0.012 \times R + 0.8$			$0.006 \times R + 0.4$	
	积分上限	5			3.4	
	里程要求	$R \geq 100 \text{ km}$			$R \geq 150 \text{ km}$; 低于 150 km, 统一为 1 分	
	EC 系数	满足条件一, 按 1 倍; 满足条件二, 按 1.2 倍; 其余车型, 按 0.5 倍 条件一: $m \leq 1000$ 时, $Y \leq 0.014 \times m + 0.5$; $1000 < m \leq 1600$ 时, $Y \leq 0.012 \times m + 2.5$; $m > 1600$ 时, $Y \leq 0.005 \times m + 13.7$ 。 条件二: $m \leq 1000$ 时, $Y \leq 0.0098 \times m + 0.35$; $1000 < m \leq 1600$ 时, $Y \leq 0.0084 \times m + 1.75$; $m > 1600$ 时, $Y \leq 0.0035 \times m + 9.59$			满足条件: EC 系数为电耗目标值 / 实际值 (上限 1.5 倍); 其余车型 EC 系数按 0.5 倍计算, 且积分仅限本企业使用。 $m \leq 1000$ 时, $Y \leq 0.0112 \times m + 0.4$; $1000 < m \leq 1600$ 时, $Y \leq 0.0078 \times m + 3.81$; $m > 1600$ 时, $Y \leq 0.0038 \times m + 10.28$	
插电式混动乘用车	积分公式	2			1.6	
	积分上限	$50 \leq R < 80$, 其条件 B 试验燃料消耗量与标准值相比应小于 70%, 不满足条件按 0.5 倍计算, 且积分仅限本企业使用。 $R \geq 80$, 其条件 A 试验电能消耗量应当满足纯电动乘用车条件一的要求; 不满足的, 按 0.5 倍计算, 且积分仅限本企业使用			试验燃料消耗量与标准值相比应小于 70%, 不满足条件按 0.5 倍计算; 试验电能消耗量应小于前款目标值的 135%, 不满足条件按 0.5 倍计算; 以上两积分倍数乘积为最终核算倍数, ≤ 0.5 按 0.5 倍计算, 且积分仅限本企业使用	
	里程要求	$0.16 \times P$			$0.08 \times P$ (上限 6 分)	
	EC 系数	$R \geq 300 \text{ km}$, 燃料电池系统额定功率不低于额定功率的 30%, 且不小于 10kw 的, 按 1 倍; 其余车型按 0.5 倍计算, 且积分仅限本企业使用。			与 2016—2018 年标准一样	
NEV 积分结转					2019 年可等额结转 1 年	2020 年度积分每结转一次, 结转比例为 50%

(三) 放开外资股比限制, 扩大对外开放、鼓励国际竞争

外资车企股比限制放开, 将提高外资新能源车企在华建厂的积极性。2018 年 6 月发改委、商务部联合发布《外商投资准入特别管理措施 (负面清单) (2018 年版)》指出,

从 2018 年 7 月 28 日起取消专用车、新能源汽车外资股比限制。该政策极大地刺激了外资新能源车企在华建厂的积极性。以特斯拉为例，2018 年 7 月，特斯拉掌门人马斯克亲赴中国，与上海临港签署纯电动车项目投资协议，年产 50 万辆纯电动整车的特斯拉超级工厂将落户临港。

国内动力电池市场也将重新迎来 LG、三星等海外巨头。2019 年 6 月工信部发布公告称，自 2019 年 6 月起废止《汽车动力蓄电池行业规范条件》（以下简称《规范条件》），第一、第二、第三、第四批符合规范条件企业目录同时废止，动力电池领域竞争彻底放开。此前共 57 家电池企业入围四批符合《规范条件》的企业目录，包括宁德时代、沃特玛、天津力神、国轩高科等知名企业，但三星、LG、松下等日韩电池巨头始终未进入目录，搭载这些企业动力电池的新能源汽车也无法获得补贴。而目录废止后，动力电池领域将迎来更加激烈的行业竞争。

三、需求端：纯电动乘用车成为主流，大型化高端化趋势显现

（一）分场景：乘用车销量占比超过九成

如图 1-11、图 1-12 所示，据中汽协数据，2019 年我国新能源乘用车、商用车分别销售 56.3 万、5.4 万辆，各占据 91.3%、8.7% 的市场份额；与传统燃油车市场一样，乘用车是市场绝对的主角。从增速上看，自 2016 年起，新能源乘用车市场增速一直超过商用车，且优势不断扩大；2019 年乘用车销量同比增速 58.7%、-6.6%，商用车销量负增长。

2015 年之后行业增速放缓，作为新能源汽车推广应用的主要阵地，新能源乘用车增速稳定，而新能源商用车销量持续下滑，主要有以下两个原因。

（1）2016 年发布补贴新政，新能源客车退坡力度更大，不仅最高补贴从 50 万下滑到 30 万，而且还增加了“单位载质量能量消耗量”和“累计行驶里程超过 30 000 km”硬性要求，补贴金额降低、获取难度加大，商用车企业热情大减。

（2）商用车是政府采购，基本是替代需求，总量比较固定，且受政府开支影响较大；另一方面，地铁、城轨、氢燃料公交等交通工具取代了部分商用车需求。

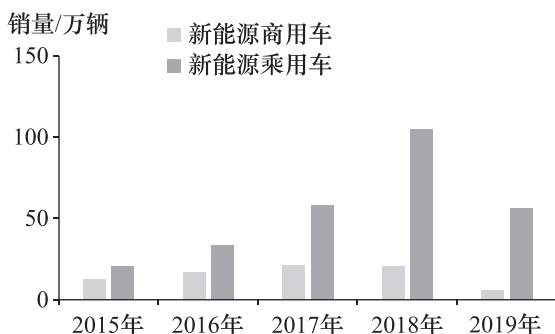


图 1-11 国内新能源汽车销量

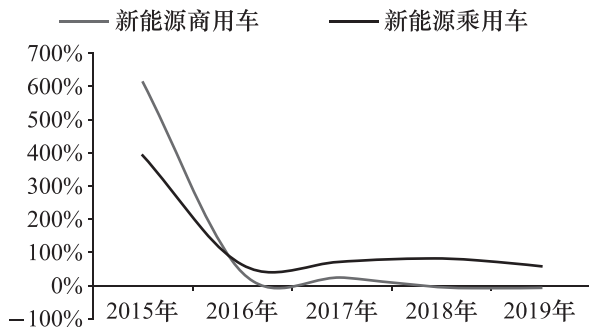


图 1-12 国内新能源汽车销量同比增速

(二) 分技术：纯电动车型销量占比近八成

如图 1-13 ~图 1-16 所示，据中汽协数据，2019 年我国纯电动汽车（EV）、插电混动汽车（PHEV）分别销售 49.1 万、12.6 万辆，各占据 79.6%、20.4% 的市场份额；其中乘用车、商用车领域 EV 分别占比 78.2%、94.3%。

2012 年 3 月，科技部发布《电动汽车科技发展“十二五”专项计划》正式确立“纯电驱动”技术转型战略，之后从未动摇。受益政策倾斜，历年 EV 无论是销量还是增速一直高于 PHEV，迅速成为市场的主流车型。2019 上半年 PHEV 乘用车销量同比增加 37%，而 PHEV 商用车销量同比下滑 25%，除由于整个新能源商用车、乘用车市场增速差异之外，还有以下两个原因。

(1) PHEV 技术难度更大：PHEV 结合了电动技术和燃油技术，难度更大。

(2) 厂商缺少动力：PHEV 商用车补贴远少于 EV 商用车。以 2016 年客车补贴为例，EV 客车补贴上限 50 万元，PHEV 客车补贴上限 25 万元，相比少了一半。

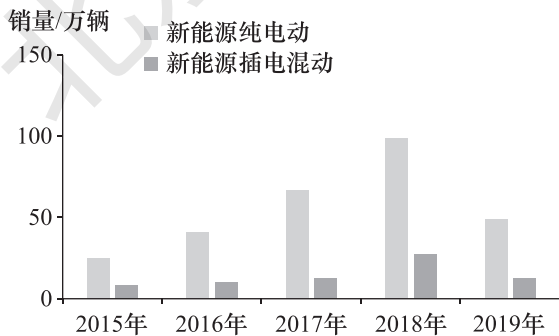


图 1-13 国内新能源汽车销量

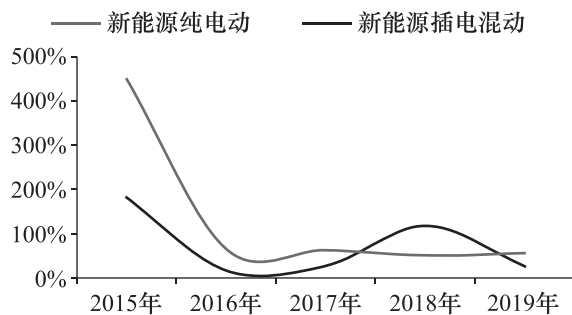


图 1-14 国内新能源汽车销量同比增速

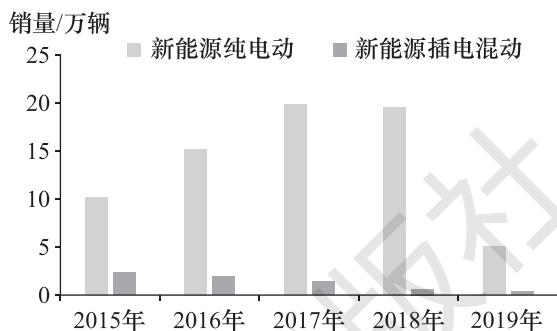


图 1-15 国内新能源商用车销量

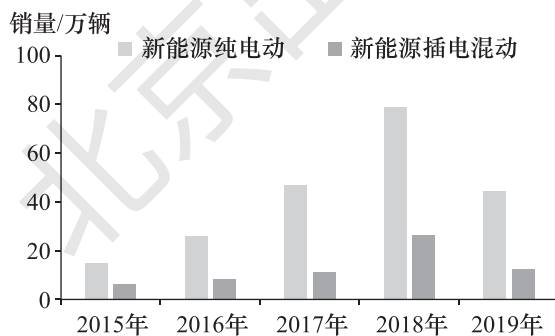


图 1-16 国内新能源乘用车销量

四、供给端：乘用车市场形成三大阵营，外资车企开始发力

新能源乘用车生产企业按照背景可分为三大阵营：传统自主品牌、造车新势力、外资品牌（表 1-4 为部分外资品牌在华布局）。目前造车新势力仍处于量产初期，仅蔚来、小鹏、威马、理想等少数几家企业实现量产交付，不过销量都均未超过 2 万辆。受此前股比限制与补贴影响，外资新能源车企发力较晚，当前主要以合资形式进入本土市场，

如大众与江淮、宝马与长城、奔驰与比亚迪等。

目前国内新能源乘用车市场仍是传统车企主导。如图 1-17、图 1-18 所示, 根据中机中心合格证数据统计, 2019 年国内新能源乘用车市场销量前十名皆为传统汽车品牌, 排名从高到低依次是比亚迪、上汽、北汽、吉利、长安、江淮、长城、奇瑞、广汽、华晨。2019 年新能源乘用车市场前三、前五、前十名市占率分别为 48.1%、63.6%、87.2%, 从趋势上看, 前三名份额稳定, 前五、前十名份额持续下降, 前十名市场份额相比 2016 年下降 7.5 个百分点。

表 1-4 部分外资品牌在华布局

品牌	规划	在华布局	规划车型	上市时间
大众	2019 年加速新能源进程, 发布 14 款新能源汽车; 2020 年推出 30 款电动化车型, 旗下 40% 的车型都将实现电动化; 到 2028 年为止, 全球交付 2 200 万辆电动车, 半数来自中国市场	佛山二期以及安亭新能源 MEB 工厂奠基中; 电动车产能合计 5 000 万辆	途锐 PHEV	2019 年
			ID CROZZ	2020 年
			ID ROOMZZ	2021 年
奔驰	佛山二期以及安亭新能源 MEB 工厂奠基中; 电动车产能合计 5 000 万辆	亦庄年产能 50 万辆; 顺义高端新能源车生产基地在建, 年产能 15 万辆	EQ-C	2019 年
			EQ-A	2020 年
			EQ-S	2020 年
			Smart 新能源	2020 年
宝马	2025 年前推出 25 款新能源车型, 其中 12 款纯电动车, 覆盖旗下所有品牌车系, 预计销售占比 15%~25%	沈阳动力电池厂建成投产, 年产能 3.3 万套	MINI 新能源	2020 年
			宝马 i4	2021 年
			宝马 ix3	2020 年
			宝马 iNEXT	2021 年
丰田	2020 年起陆续推出跨界车、SUV 等 10 款纯电动车型; 2025 年前所有车型均配备电动化版本; 2030 年销售车型 50% 以上为电动化车型	广汽丰田新建二期工厂, 增加 20 万产能; 与比亚迪合作; 与宁德时代达成电池合作	丰田 C-HR EV	2020 年
			奕泽 IZ0A EV	2020 年
本田	2025 年以前推出 20 款以上电动化车型, 2030 年电动系列产品占销量 2/3, 纯电动车型占 10%~15%	广汽本田投建新能源工厂, 建成预计产能达到 12 万台/年	思铭 X-NV	2019 年下半年
			Urban EV	2019 年欧洲上市
			菲斯塔 EV	2019 年下半年

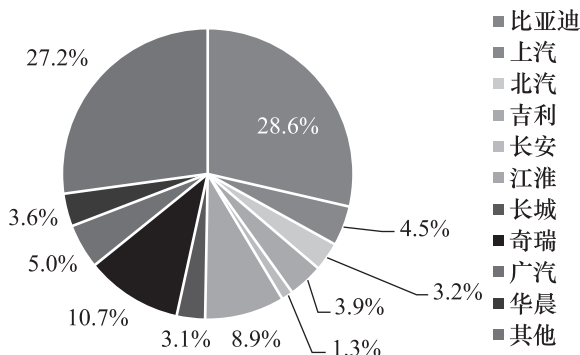


图 1-17 2019 年国内新能源乘用车市场份额前十

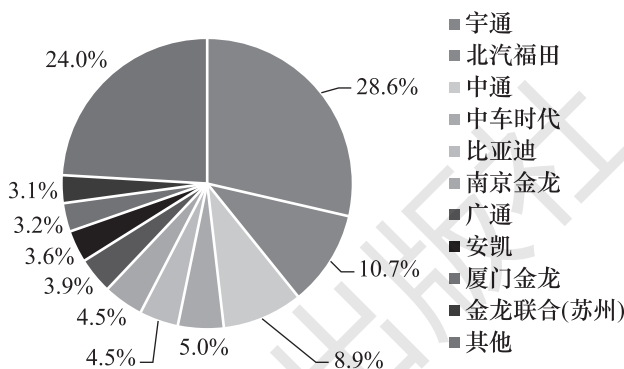


图 1-18 2019 年国内新能源客车市场份额前十

据中机中心合格证数据披露，2019 年商用车市场前十名占据 76.0% 的市场份额，相比 2016 年上升 4 个百分点。新能源客车市场集中度一直在提升，主要是由于存量市场的龙头品牌效应，尤其是龙头宇通客车，份额从 2017 年的 17.6% 提升到 2019 年的 28.6%。此外，部分厂商的市场份额变动较大和地区的替换周期有关，如北汽福田，2017 年市场份额 5.9%、2018 年市场份额 2.0%、2019 年市场份额 10.7%。

五、技术端：三电技术水平快速提升整车，续航里程提升明显

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 202.0 km，到 2019 年第 7 批推广目录时，该数据暴涨到 361.9 km，两年半时间续航里程提升 71%，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 $12.7 \text{ W} \cdot \text{h} / (100 \text{ km} \cdot \text{kg})$ 下降到第 25 批的 $8.6 \text{ W} \cdot \text{h} / (100 \text{ km} \cdot \text{kg})$ ，节能效果显著。

（一）电池：技术水平持续提升、处于全球第一阵营

动力电池作为新能源汽车三大核心零部件之一，不仅占据整车 40% 左右的成本，且其性能直接决定了整车的安全性和续航里程，重要性不言而喻。新能源汽车产业快速增

长,直接催生了配套动力电池的技术进步。一方面动力电池正极材料从磷酸铁锂转向三元材料,另一方面由普通三元往高镍方向转变,两方面共同促进了动力电池系统能量密度的提升。

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 $100.1\text{ W}\cdot\text{h/kg}$ 攀升到2019年第7批的 $150.7\text{ W}\cdot\text{h/kg}$,同比提升50.5%。从合格证统计数据来看,2019年动力电池装机三元材料占比72.0%,是2015年的2.6倍。

(二) 电机:基本完成国产替代,三合一未来发展趋势

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(kW/kg)、峰值功率(kW)、最高转速(rpm)等。按工作原理划分,主要有直流电机、感应电机、永磁电机、开关磁阻电机,其中永磁电机以其高功率密度、高峰值效率等优势成为市场的主流。据工信部统计,2018年12月,中国新能源乘用车搭载电机超过16万台,其中永磁同步电机占比高达92.3%。

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。

目前集驱动电机、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主要有以下几方面。

- (1) 成本大幅度下降。
- (2) 结构紧凑,重量轻,体积小,方便布局。
- (3) 电机和控制器共用一套水冷却系统,散热好,工作效率高。

(三) 电控: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、BMS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。

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,折合到整车上约占总成本的5%左右,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。

新能源汽车用IGBT本土厂商已实现突破,但整体仍然严重依赖进口。2018年12月10日,比亚迪发布了在车规级领域具有标杆性意义的IGBT4.0技术,其综合损耗比主流产品低20%、电流输出能力高15%、温度循环寿命做到了同类主流产品的10倍以

上，产品性能不输国际大厂。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。2018 年我国 IGBT 领域进口依存度约 90% 左右，仍面临“卡脖子”风险，国产替代任重道远。

六、智能网联：已取得部分进展、核心技术尚不成熟

电动化、网联化、智能化、共享化正在成为汽车产业的发展潮流和趋势。而电动化、智能化、网联化天生互补互融、相辅相成。电动汽车反应时间短（电动车约 30 ms、燃油车约 500 ms）、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，反过来智能化、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。如图 1-19 所示，2016 年节能与新能源技术路线图战略咨询委员会和中国汽车工程学会在发布《节能与新能源汽车技术路线图》中提出了智能网联汽车“三横两纵”技术架构，之后又在 2017 年修改为“三纵三横”新技术架构。三横强调技术，包含：车辆/设施技术、信息交互技术、基础支撑技术；三纵强调场景，对应：公路自动驾驶、城区自动驾驶、共享自动驾驶。

目前我国智能网联汽车还不成熟，核心原因是部分关键技术未突破，如传感技术、车载操作系统、数据平台技术、高精度地图与定位技术等。

（1）传感技术：用于环境感知，主要分两种，以摄像头为代表的视觉派和以毫米波、激光为代表的雷达派。其中摄像头成像识别能力强，但是有盲区，且受雾霾雨雪等恶劣天气影响大，目前从单目朝着多目摄像头方向发展。雷达目前仍以毫米波雷达为主，并从 24 GHz 朝着 77 GHz、79 GHz 中长距离发展。由于两者各有优劣，整体朝着相互融合方向演变：从摄像头→毫米波雷达→激光雷达→摄像头为主，雷达为辅。

目前我国雷达芯片对外依存度仍然很高。毫米波雷达市场，博世、大陆、德尔福等企业占据 60% 以上份额；激光雷达市场，Velodyne 一家独大，市场占有率 70% 以上，国内厂商面临着巨大的竞争压力。

（2）车载操作系统：作为驾驶员与汽车交互的接口，备受各大厂商关注。目前国内以百度、阿里、华为三者较为领先。2017 年初，百度推出 Duer OS，之后又发布 Apollo；2017 年 9 月，阿里与上汽合资的斑马公司推出 Ali OS，并在荣威、名爵等多款车型中使用；2019 年 8 月，华为发布手机、车载设备、PC 端皆可使用的鸿蒙 OS 操作系统。

（3）数据平台技术：数据平台需要对前端输入的大量数据进行实时处理以实现环境感知，必须具有超高的计算能力。智能网联汽车硬件平台由计算处理、接口通信、V2X 通信、存储单元四部分构成，计算处理芯片是核心。

按计算处理单元类型不同，计算处理芯片可分为 GPU、FPGA/ASIC、DSP 三大类。目前，GPU 领域被 Intel、NVIDIA、AMD 三家垄断，据 JPR 数据统计，2017 年三家 GPU 市场份额分别是 71.1%、15.8%、13.1%，国内目前仅有景嘉微部分实现 GPU 产业化。FPGA 芯片亦呈现三寡头格局，据 Gartner 统计，2018 年中国市场 Xilinx、Altera、Lattice 分别占比 52%、28%、13%、国产厂商如紫光同创、上海复旦、华微电子等合计占比只有 4%。DSP 领域基本也被 TI、ADI、Motorola 三家垄断，国内国睿科技、四创电子有所涉及。

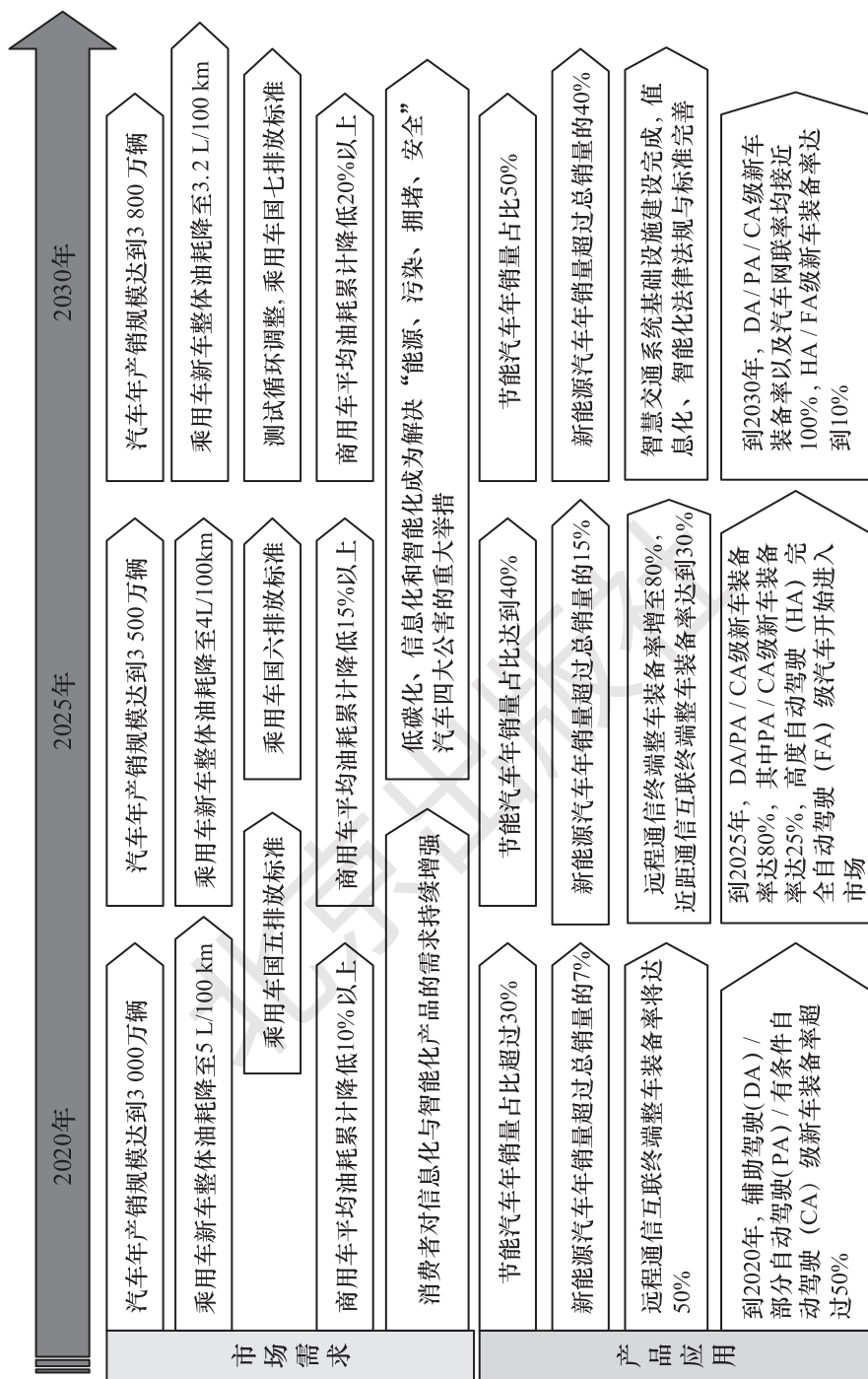


图 1-19 节能与新能源汽车技术路线图

(4) 高精度地图技术: 普通电子地图用于导航, 忽略道路细节, 将道路直接抽象成一条直线, 精度在 10 m 左右。高精度地图用于自动驾驶, 除道路拓扑关系更精准外, 还包含道路的坡度、斜率、航向等信息, 精度需达到 20 cm, 其难点在于多源数据的融合、提取、规模化制图与更新升级。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。

（5）高精度定位技术：准确描述当前车辆位置，是实现复杂环境下自动驾驶的关键技术，尤其是在 L4、L5 级体系下，对实时动态高精度定位要求是刚性的。当前我国北斗导航系统已在全国推广，预计 2020 年全部建设完成后可为我国智能网联汽车提供高精度、低成本的定位方案。

目前国内智能网联汽车已取得部分进展：①智能端：上汽、广汽、长安、吉利等主流车企已实现 L2 级新能源乘用车量产，计划 2020 前后推出 L3 级新能源汽车；②网联端：上汽、吉利、荣威、比亚迪等主流车企皆已推出人机交互系统，不过当前仍以语音控制、娱乐导航为主。据《2018 年中国智能网联汽车市场报告》披露，2017 年我国自主品牌手机互联、4G 互联汽车分别占比 34.5% 和 17.8%。

七、基础设施端：充电桩保有量快速提升，充电难问题有所改善

受益国家政策激励和下游需求拉动，我国公共充电基础设施建设快速，充电桩保有量从 2014 年的 3.3 万个快速增长到 2018 年的 77.7 万个，4 年时间保有量增长 23.5 倍，年复合增长率 220.2%。对应车桩比从 2014 年的 6.7:1 减少到 2018 年底的 3.4:1，充电难问题大幅改善。

2015 年 10 月工信部联合其他部委发布《电动汽车充电基础设施发展指南（2015—2020 年）》指出，到 2020 年我国将新增集中式充换电站超过 1.2 万座，分散式充电桩超过 480 万个，以满足全国 500 万辆电动汽车的充电需求。截至 2019 年 6 月，我国公共充电桩 + 私人充电桩刚过 100 万个，还有很大差距。

2019 年 7 月，充电联盟发布采样 913 172 辆新能源车搜集的车桩相随信息统计数据，结果显示未能配建充电桩占比 33.79%。其中居住地业主不配合、居住地没有固定停车位、居住地报装接电难度大等，是未能配建充电桩的主要问题。此外充电桩布局不合理、不互通共享、充电桩被占用、整体利用率偏低、充电时间长等问题，也需要重视。