

高等职业教育汽车系列教材

校企“双元”合作开发新形态教材

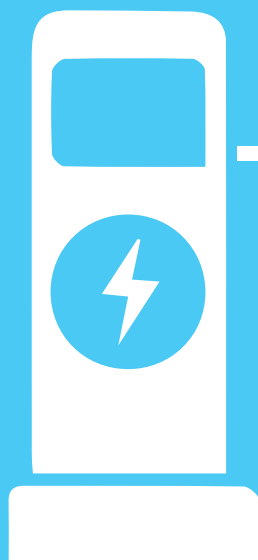
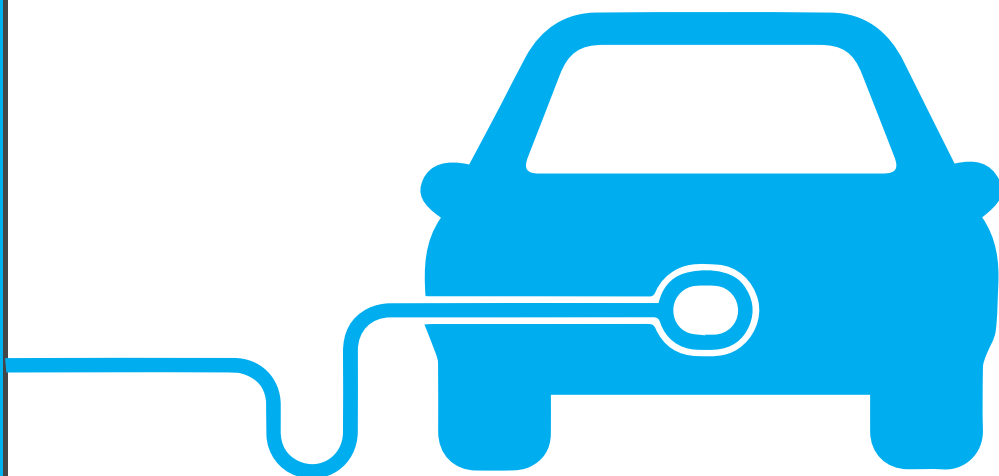
新能源汽车

概论

主 编 于晨斯

副主编 葛新叶 徐汝玲

参 编 代金龙 周先吉 李俊龙



 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

内 容 简 介

本书共分为九个模块,内容包括新能源汽车概况、纯电动汽车、混合动力汽车、燃料电池汽车、其他类型新能源汽车、电动汽车动力蓄电池、电动汽车用电动机、电动汽车再生制动能量回收系统和电动汽车充电技术。本书内容丰富,图文并茂,实用性强。

本书既可作为高等职业教育本科、专科新能源汽车技术及其相关专业的教材,也可作为新能源汽车相关领域的工程技术人员、维修技术人员的参考用书或培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车概论 / 于晨斯主编. -- 哈尔滨 : 哈尔滨工程大学出版社, 2025. 9. -- ISBN 978-7-5661-4942-8

I. U469.7

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025PC8235 号

新能源汽车概论

XINNENGYUAN QICHE GAILUN

选题策划 苏 莉 闫洪一

责任编辑 麻丽娟

封面设计 黄燕美

出版发行 哈尔滨工程大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区南通大街 145 号

邮政编码 150001

电 话 0451-82519989

经 销 新华书店

印 刷 三河市龙大印装有限公司

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张 12.5

字 数 258 千字

版 次 2025 年 9 月第 1 版

印 次 2025 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5661-4942-8

定 价 45.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn



前言



当今世界,石油短缺、环境污染、气候变暖是全球汽车产业面临的挑战,新能源汽车成为 21 世纪汽车工业的发展趋势,一些国家已经提出了停售燃油汽车的时间表。我国是一个石油短缺的国家,高度关注新能源汽车的研发和产业化。因此,我国新能源汽车产业迎来爆发式增长。

党的二十大报告着眼于“全面建成社会主义现代化强国、实现第二个百年奋斗目标,以中国式现代化全面推进中华民族伟大复兴”的宏伟目标和战略安排,鲜明地提出前进道路上必须牢牢把握的五个重大原则,为全面建设社会主义现代化国家提供了根本遵循。为了实现宏伟目标,我们要加快新能源汽车产业的发展,为祖国的汽车产业贡献自己的力量。

因新能源汽车相关人才的缺口较大,我们特联合院校老师和企业人员组成编写团队。团队选取真实岗位上的典型案例,精心编成本书,以期锻炼学生应对复杂问题的能力与工程思维,培养其严谨职业态度,最终塑造德才兼备的专业技术人才。希望通过本书的学习,学生能够深入了解新能源汽车领域知识,为今后的职业发展奠定坚实基础。

本书全面、系统地介绍了新能源汽车,共分为九个模块,内容包含新能源汽车概况、纯电动汽车、混合动力汽车、燃料电池汽车、其他类型新能源汽车、电动汽车动力蓄电池、电动汽车用电动机、电动汽车再生制动能量回收系统和电动汽车充电技术。

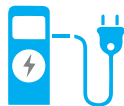
本书由江西职业技术大学于晨斯任主编,重庆航天职业技术学院葛新叶、江西应用工程职业学院徐汝玲任副主编,安徽电子信息职业技术学院代金龙、重庆科技职业学院周先吉、中国第一汽车集团有限公司李倬龙任参编。具体编写分工如下:于晨斯负责编写模块一、模块七,葛新叶负责编写模块六,徐汝玲负责编写模块二、模块五,代金龙负责编写模块三、模块四,周先吉负责编写模块九,李倬龙负责编写模块八。于晨斯负责全书的整体规划和统稿工作。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请各位专家和广大读者批评指正,以便再版时修改。

编者



目 录



模块一	新能源汽车概况	1
学习单元一	新能源汽车的定义与分类	2
学习单元二	发展新能源汽车的必要性	5
学习单元三	新能源汽车的发展	11
模块二	纯电动汽车	18
学习单元一	纯电动汽车的类型	19
学习单元二	纯电动汽车的结构原理	21
学习单元三	纯电动汽车的特点	25
学习单元四	纯电动汽车的关键技术	26
学习单元五	纯电动汽车的技术条件	28
学习单元六	纯电动汽车的能量管理系统	29
学习单元七	纯电动汽车典例	38
模块三	混合动力汽车	41
学习单元一	混合动力汽车的类型	42
学习单元二	混合动力汽车的结构原理	44
学习单元三	混合动力汽车的特点	48
学习单元四	混合动力汽车的能量管理系统	50
学习单元五	混合动力汽车典例	52
模块四	燃料电池汽车	56
学习单元一	氢的制取	57
学习单元二	燃料电池汽车的类型	60
学习单元三	燃料电池汽车的结构原理	63
学习单元四	燃料电池汽车的特点	66
学习单元五	燃料电池汽车典例	67



模块五	其他类型新能源汽车	69
学习单元一	替代燃料汽车	70
学习单元二	太阳能汽车	81
模块六	电动汽车动力蓄电池	85
学习单元一	电池概述	86
学习单元二	蓄电池	91
学习单元三	燃料电池	106
学习单元四	其他动力蓄电池	119
模块七	电动汽车用电动机	124
学习单元一	电动机概述	125
学习单元二	有刷直流电动机	128
学习单元三	无刷直流电动机	135
学习单元四	交流异步电动机	142
学习单元五	永磁同步电动机	149
学习单元六	开关磁阻电动机	156
学习单元七	轮毂电动机	161
模块八	电动汽车再生制动能量回收系统	166
学习单元一	电动汽车再生制动能量回收系统的构成和回收方法	167
学习单元二	电动汽车再生制动能量回收系统的原理和安全性要求	172
学习单元三	电动汽车再生制动能量回收系统实例	175
模块九	电动汽车充电技术	177
学习单元一	电动汽车充电设备	178
学习单元二	电动汽车充电桩	184
参考文献		194



新能源汽车概况



教学目标

通过本模块的学习,学生能够掌握新能源汽车的定义与分类,认识到发展新能源汽车的必要性,了解新能源汽车的发展。



教学要求

知识要点	能力要求	相关知识
新能源汽车的定义与分类	掌握新能源汽车的定义与分类	根据国内的规定,掌握新能源汽车的概念;根据驱动汽车的能源不同,掌握新能源汽车的类型
发展新能源汽车的必要性	了解大力发展新能源汽车的原因	能源紧缺、环境污染、气候变暖是发展新能源汽车的根本原因
新能源汽车的发展	了解国内外新能源汽车的发展	国内外纯电动汽车、混合动力汽车、燃料电池汽车的发展



知识链接

随着汽车保有量的大幅度增加,人、车、自然之间的矛盾不断加剧,人们开始把目光从传统的燃油汽车转向新能源汽车。

国务院办公厅发布的《新能源汽车产业发展规划(2021—2035 年)》中指出,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。该规划提出发展愿景:到 2025 年,我国新能源汽车新车销售量达到汽车新车销售总量的 20%左右。因此,新能源汽车产业发展将成为我国汽车行业的新导向。

学习单元一 新能源汽车的定义与分类

一、新能源汽车的定义

新能源汽车的定义是相对的,主要是为了与传统的以汽油、柴油为燃料的汽车做区分。2017 年 1 月,工业和信息化部制定的《新能源汽车生产企业及产品准入管理规定》中对新能源汽车做出了定义:新能源汽车是指采用新型动力系统,完全或者主要依靠新型能源驱动的汽车,包括插电式混合动力(含增程式)汽车、纯电动汽车和燃料电池汽车等。

新能源汽车使用的电源包括超级电容器、燃料电池、镍氢蓄电池以及锂离子电池等。但是有关这些电池的技术目前并未完全成熟,这也是制约新能源汽车发展的主要原因,使得新能源汽车在续驶、动力以及成本上与传统汽车相比还存在一定的差距。

二、新能源汽车的分类

根据上述对新能源汽车的定义,目前新能源汽车主要包括插电式混合动力(含增程式)汽车、纯电动汽车和燃料电池汽车等。

1. 插电式混合动力(含增程式)汽车

增程式电动汽车是一种在纯电动模式下可以达到其所有的动力性能,当车载可充电储能系统无法满足续驶里程要求时,可启动车载辅助供电装置为动力系统提供电能,以延长续驶里程的电动汽车。增程式电动汽车由纯电动汽车派生而来,相较于纯电动汽车,其追加了增程器(发动机+发电机),目的是进一步提升纯电动汽车的续驶里程,尽量避免频繁地停车充电。图 1-1 所示为问界 M7 汽车。



图 1-1 问界 M7 汽车

插电式混合动力汽车是一种将纯电动系统和现有混合动力系统相结合的产物,其特征



是车辆可以使用外部电源充电。它保持了混合动力汽车的大部分特点,但把混合动力汽车的功率型电池替换为容量更大的能量型电池,因此动力蓄电池有足够的能量来保证车辆在纯电动模式下能行驶一定的距离。图 1-2 所示为比亚迪驱逐舰 05 汽车。



图 1-2 比亚迪驱逐舰 05 汽车

2. 纯电动汽车

纯电动汽车是一种采用单一蓄电池作为储能动力源的汽车。它将蓄电池作为储能动力源,通过储能装置向电动机提供电能,驱动电动机运转,从而推动汽车行驶。纯电动汽车的驱动能量完全由电能提供,并通过电动机驱动。纯电动汽车的电动机相当于燃油汽车的发动机,车载电源相当于燃油汽车油箱中的燃料。图 1-3 所示为比亚迪宋 PLUS EV 汽车。



图 1-3 比亚迪宋 PLUS EV 汽车

3. 燃料电池汽车

燃料电池汽车是指以氢气、甲醇等为燃料,在燃料电池中经电化学反应产生电能,并将其作为主要动力源驱动的汽车。燃料电池的电化学反应是将化学能转化为电能,即通过氢氧的化学反应生成水并释放电能,因此最早的燃料电池汽车直接采用氢燃料。

燃料电池的能量通过氢气和氧气的化学作用产生,整个化学反应过程几乎不产生二氧化碳等温室气体,同时不经过燃烧过程,能量转化率较高。因此,从能源的利用和环境保护方面来讲,燃料电池汽车是一种理想的绿色新型环保汽车。图 1-4 所示为丰田 Mirai 汽车。



图 1-4 丰田 Mirai 汽车

4. 其他新能源汽车

其他新能源汽车包括气体燃料汽车、生物燃料汽车等。气体燃料汽车是指利用可燃气体作为能源驱动的汽车,目前气体燃料汽车主要有压缩天然气汽车、液化天然气汽车、液化石油气汽车。图 1-5 所示为比亚迪 F3 汽车。



图 1-5 比亚迪 F3 汽车

生物燃料汽车是指燃用生物燃料或掺有生物燃料燃油的汽车,目前使用最广泛的燃料是醇类燃料和生物柴油。图 1-6 所示为吉利远景 X3 汽车。



图 1-6 吉利远景 X3 汽车



学习单元二 发展新能源汽车的必要性

一、能源紧缺

世界能源主要包括石油、天然气、煤炭等传统能源,以及水能、风能、太阳能、核能等新型能源。

按其基本形态划分,能源可分为一次能源和二次能源。一次能源是指直接取自自然界,没有经过加工或转换的能量资源,包括煤炭、石油、天然气、太阳能、风能、地热能、核能等;二次能源是指由一次能源加工转换以后得到的能源,如汽油、柴油、电力、煤气、液化石油气、沼气和焦炭等。

英国能源研究院、毕马威和科尔尼发布的《世界能源统计年鉴 2024》显示:2023 年,全球一次能源消费总量增长了 2%,可再生能源在一次能源消费总量中的比重达到 14.6%;化石燃料的主导地位基本保持不变,占一次能源消费总量的近 81.5%。

分品种看,2023 年全球石油产量增加了 210 万桶/天,达到 9 600 万桶/天的创纪录水平。石油和生物燃料产品的总消费量 2022 年首次超过 1 亿桶/天,2023 年仅石油产品的消费量就打破了这一水平。

2023 年,欧洲和亚洲的天然气均价较 2022 年创下的历史新高下降 30%,约为 13 美元/百万英热单位。与 2022 年相比,全球天然气产量保持相对稳定。2023 年,液化天然气供应量增长近 2%(100 亿立方米),达到 5 490 亿立方米。2023 年,全球天然气需求仅增长 10 亿立方米,增幅为 0.02%。虽然天然气占全球化石燃料消费的比重保持在 29%左右,但其在一次能源消费总量中的比重较 2019 年下降了 0.5%。中国再次成为全球最大的液化天然气进口国。

相较于 2022 年创下的纪录,煤炭价格 2023 年平均下跌 46%,欧洲交货价格约为 130 美元/吨,亚洲交货价格平均约为 125 美元/吨;全球煤炭产量达到有史以来的最高水平(179 艾焦),刷新前一年创下的纪录。全球煤炭消费量持续增长,有史以来首次突破 164 艾焦,在 2022 年基础上增长 1.6%,达到前十年平均增长率的七倍。中国是最大的煤炭消费国(打破自己在 2022 年创下的纪录,目前占世界煤炭总消费量的 56%)。

2023 年,太阳能和风能装机容量继续快速增长,刷新前一年 276 吉瓦的纪录,增长约 186 吉瓦(67%)。太阳能占新增装机容量的 75%(346 吉瓦),中国约占新增容量的四分之一。新增风能装机容量创下历史新高,超过 115 吉瓦入网,中国约占新增装机容量的 66%,其总装机容量目前相当于北美和欧洲的总和。

在全球能源消耗结构中,石油、煤炭等能源依然占据重要位置。图 1-7 所示为石油输出国组织(OPEC)预测的 2040 年全球一次能源消费结构。



目前汽车的主要燃料是石油中的汽油和柴油,即石油资源。全球石油需求持续增长,但石油产量的增长趋势有所下降。全球能源消费结构中,石油、天然气占据很大的比重,虽然全球石油消费的速度有所放缓,但按照现在全球超过 1 亿桶/天的石油消耗来看,当前世界石油探明总储量只可供全球消费 50 年左右,能源消费结构的转型是当今的世界性难题。

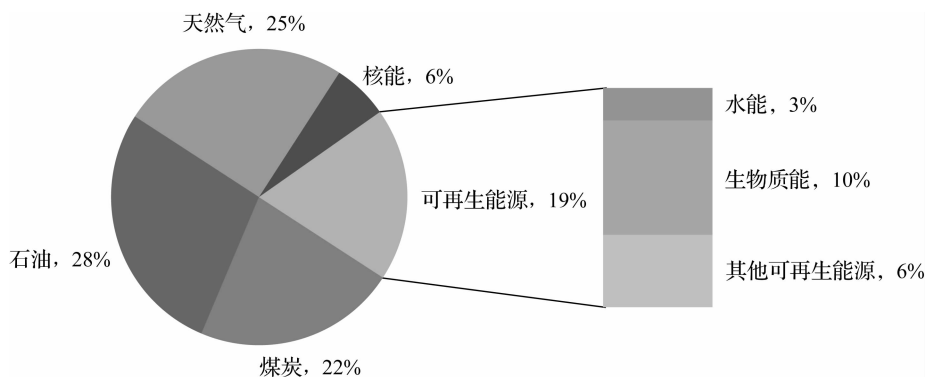


图 1-7 OPEC 预测的 2040 年全球一次能源消费结构

我国是一个能源短缺的国家,已探明石油储量约占世界储量的 2%,但我国却是世界上的能源消耗大国,石油的消耗量仅次于美国,位居世界第二位。随着我国汽车保有量的增加,石油消耗量也随之增长,进一步使我国石油对外依存度上升。因此,为缓解能源紧缺的问题,摒弃传统的交通能源动力系统,发展可持续性的新能源汽车势在必行。

二、环境污染

随着汽车保有量的持续增加,交通拥堵、燃料燃烧带来的环境污染、能源过度消耗乃至气候变化等问题日益凸显,对我们生存的地球造成巨大威胁。近年来,许多国家大力发展新能源汽车,以求降低汽车工业发展所带来的环境污染问题和能源紧张问题。汽车在行驶过程中产生的危害主要有排放污染、噪声污染和电磁波污染等,其中排放污染最为严重。

1. 汽车的排放污染

汽车排放污染(图 1-8)是城市大气污染的主要原因之一。控制汽车发动机的排放污染,是目前治理城市大气污染的主要研究方向。汽车尾气排放的主要污染物是一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物和细微颗粒物等,严重影响人们的身体健康。其中,一氧化碳会使人缺氧,轻者头痛、无力、眩晕等,重者呈深昏迷,甚至危及生命;碳氢化合物会刺激人的鼻腔和呼吸黏膜,引发呼吸道疾病;氮氧化物对中枢神经有抑制作用,可使呼吸系统失调,引发疾病;细微颗粒物表面吸附多种有毒、致病或致癌物质,具有一定的危害。此外,这些一次污染物还会通过大气化学反应生成光化学烟雾、酸雨等二次污染物。



图 1-8 汽车排放污染

1) 光化学烟雾

光化学烟雾是汽车、工厂等污染源排入大气的碳氢化合物和氮氧化物等一次污染物在阳光的作用下发生光化学反应生成二次污染物,后与一次污染物混合所形成的有害浅蓝色烟雾。图 1-9 所示为光化学烟雾。



图 1-9 光化学烟雾

光化学烟雾明显的危害是对人眼睛的刺激作用,会使人患红眼病。除此之外,光化学烟雾还会促使哮喘病患者哮喘发作,能引起慢性呼吸系统疾病恶化、呼吸障碍、肺部功能损害等,长期吸入会降低人体细胞的新陈代谢,加速人的衰老;它会加速建筑、包装及电线电缆等所用材料,尤其是聚合物材料的降解和老化;而且它还明显降低大气的能见度,妨碍汽车与飞机等交通工具的安全运行,导致交通事故增多。

20 世纪 80 年代,我国兰州的西固石油化工区曾出现过光化学烟雾,一些乡村地区也有光化学烟雾污染的迹象。此后,我国对光化学烟雾的发生源、发生条件、反应机理和模式,对生物体的毒性,以及光化学烟雾的监测和控制技术等方面进行了广泛研究。

2) 酸雨

酸雨是指 pH 小于 5.6 的酸性降水,主要是人为向大气中排放大量酸性物质所造成的。其中,汽车排放的尾气是形成酸雨的重要原因。酸雨可导致土壤酸化、诱发植物病虫害、使



农作物大幅减产、腐蚀建筑材料和破坏生态环境等。图 1-10 所示为酸雨对森林造成的破坏。



图 1-10 酸雨对森林造成的破坏

二氧化硫和氮氧化物的排放量日渐增多,酸雨的问题越来越突出,因此汽车的节能减排对控制酸雨的意义非常重大。我国酸雨主要分布在是长江以南-云贵高原以东地区,主要包括浙江大部分地区、江西中部和南部、福建北部和中部、广西东北部和南部、广东中部,以及湖南、重庆、上海、江苏部分区域。

2. 减少汽车排放污染的措施

(1)不断完善和升级汽车油耗标准。我国通过制定和实施汽车油耗标准法规,逐步降低汽车油耗水平。近年来,我国汽车行业相关标准不断升级。从 2021 年起,乘用车燃料消耗量限值管理及企业平均燃料消耗量评价正式进入第五阶段,目标是到 2025 年,乘用车新车平均燃料消耗量目标为 4.0 L/100 km,接近国际先进水平。

(2)不断完善和升级汽车排放标准。我国通过制定和实施汽车排放标准法规,逐步提高汽车排放控制水平,降低汽车尾气排放量。

①欧洲制定了旨在限制汽车污染物排放的标准。欧 V 标准于 2009 年 9 月 1 日开始实施,其中柴油轿车的氮氧化物排放量不应超过 180 mg/100 km,较欧 IV 标准规定的排放量减少了 20%;颗粒物排放量较欧 IV 标准减少了 80%,所有的柴油新车必须增加颗粒物滤网。

欧 VI 标准于 2014 年 9 月 1 日开始实施。该标准规定柴油轿车的氮氧化物排放量不应超过 80 mg/100 km,与欧 V 标准相比,欧 VI 标准更加严格,对人体健康的益处增加 60%~90%。

②我国分别于 2016 年 12 月 23 日、2018 年 6 月 22 日发布了国家第六阶段机动车污染物排放标准(“国六”标准)——《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段)》(GB 18352.6—2016)和《重型柴油车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段)》(GB 17691—2018)。前者自 2020 年 7 月 1 日起正式实施,后者自 2019 年 7 月 1 日起正式实施。与“国五”标准相比,重型柴油车“国六”氮氧化物和颗粒物限值分别降低 77%和 67%,极大地缓解了我国的环境污染。表 1-1 所示为轻型汽车“国五”排放标准和“国六”排放标准排放限值的对比。

表 1-1 “国五”排放标准和“国六”排放标准排放限值的对比

排放标准	一氧化碳/ ($\text{mg} \cdot \text{km}^{-1}$)	非甲烷碳氢化 合物/($\text{mg} \cdot \text{km}^{-1}$)	氮氧化物/ ($\text{mg} \cdot \text{km}^{-1}$)	颗粒物/ ($\text{mg} \cdot \text{km}^{-1}$)	粒子数量/ ($\text{个} \cdot \text{km}^{-1}$)
“国五”排放标准	1 000	68	60	4.5	6.0×10^{11}
“国六 a”排放标准	700	68	60	4.5	6.0×10^{11}
“国六 b”排放标准	500	35	35	3	6.0×10^{11}

(3)提高燃油品质,研究开发新的代用燃油。燃油品质很大程度上限制了汽车排放污染物的水平,推迟了汽车排放法规的实施,因此需要尽快提高我国的燃油品质。汽车发动机使用尾气净化装置的必要条件之一就是使用无铅汽油,因此汽油无铅化是提高汽油品质的重点。此外,开发清洁燃料也是目前解决汽车尾气污染的重要措施。清洁燃料主要有氢气、压缩天然气、液化石油气、乙醇等,其可以减少 60%~90%的有害物质排放量。图 1-11 所示为无铅汽油。



图 1-11 无铅汽油

(4)改善城市交通环境。即使每辆汽车都能达到国家规定的排放标准,也不能保证城市的交通污染就能达到环保标准要求,还需要疏导交通,优化路网布局,合理分配车流,提高机动车运行速度,改善汽车运行工况,降低机动车污染物排放。图 1-12 所示为夜间交通拥堵的城市。



图 1-12 夜间交通拥堵的城市

三、气候变暖

温室气体包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、一氧化二氮(N₂O)、含氯氟烃(CFCs)等。



其中,二氧化碳是全球最重要的温室气体,是造成气候变暖的主要原因,它主要来自化石燃料的燃烧。大气中二氧化碳含量升高会增强大气层对太阳光中红外线辐射的吸收,阻止地球表面的热量向外散发,使地球表面的平均气温上升,造成气候变暖。因此,控制住大气中的二氧化碳的含量可有效缓解温室效应带来的影响,从而控制气候变暖。图 1-13 所示为温室效应的形成过程。



图 1-13 温室效应的形成过程

《世界能源统计年鉴 2024》显示,2023 年,因能源使用、工业过程、放空燃烧和甲烷排放产生的二氧化碳排放量(以二氧化碳当量计)增长了 2.1%,打破了 2022 年创下的纪录。与能源相关的排放量超过 40 吉吨二氧化碳当量,因直接能源使用产生的排放量超过 35 吉吨二氧化碳当量,均为有史以来第一次。

目前,汽车常用的燃料为石油,其燃烧会产生大量的二氧化碳。如果大气中的二氧化碳含量增加 1 倍,温室效应将造成全球平均气温上升 2~4.5℃。气候变暖对全球的影响比较大,其会给海水提供动能,容易形成超大型台风、飓风、海啸;土地干旱(图 1-14),农作物产量降低,出现食物短缺等问题;冰川融化(图 1-15),海平面随之升高,导致许多地区被淹没;气候干燥,容易出现山火等。这些都会威胁人类的生存环境。



图 1-14 土地干旱



图 1-15 冰川融化

越来越多的证据表明,人类活动是导致二氧化碳排放增加,进而造成气候变暖的主要原因。根据专家预测,未来 50~100 年人类将进入一个变暖的世界,到 2050 年我国平均气温



可能比 20 世纪最后 20 年升高 $1.2\sim 2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

从全球来看,与能源相关的二氧化碳排放量每年有约 25% 来自交通运输,其中一半以上来自城市道路交通。因此,气候风险加剧,交通领域的二氧化碳排放成为关注重点,汽车对环境的影响更加引起了人们的重视。

在能源紧张和环境保护的压力下,新能源汽车成为未来汽车的发展方向,欧洲一些国家已经发布禁售燃油汽车的时间表。

学习单元三 新能源汽车的发展

一、国外新能源汽车的发展

随着一些大城市的环境污染事件的发生,西方发达国家政府开始注重环境保护。20 世纪 90 年代,欧美发达国家开始制定并执行严格的汽车尾气排放标准,这使得一些著名的汽车公司开始转向研究和开发新能源汽车。各国为扶持新能源汽车产业,投入巨资和大量精力,并出台一系列支持政策,因此取得了一些突破性的成就。例如,北美国家主要采用混合动力系统,日本重视氢燃料电池的运用。

1. 纯电动汽车的发展

早在 19 世纪 30 年代,欧洲就有人研究电动汽车。直到 1881 年,法国工程师古斯塔夫·特鲁夫装配了以铅酸蓄电池为动力的三轮车,这是世界上第一辆电动汽车(图 1-16),具有里程碑意义。它在同年巴黎举办的国际电器展览会上展出并被实际操作使用,自此电力驱动的时代正式开始。但随着大量原油的发现,燃油汽车在商业上取得领先地位,电动汽车在 20 世纪 30 年代暂别历史舞台。

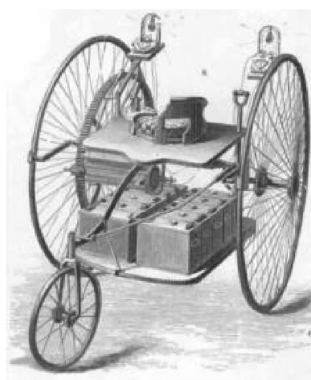


图 1-16 世界上第一辆电动汽车

后来由于人们日益关注空气质量和温室效应所产生的影响,电动汽车的发展再次获得生机。纯电动汽车于 20 世纪 90 年代重新受到关注,但由于传统铅酸蓄电池的储电能量等性能指标不能满足纯电动汽车的续驶里程要求,研发进度一度停滞不前。但随着高性能锂离子电池和一体化电力驱动系统等技术的发展与应用,纯电动汽车再次受到重视,在续驶里

程、快充等方面取得了可喜的进步。

纯电动汽车在美、日、欧等国家和地区得到规模的商业化推广使用,表 1-2 所示为欧洲部分国家 2023 年 5 月的纯电动汽车销量情况。国外纯电动汽车主要是小型乘用车、大型公交车、邮政车辆等。为了增加纯电动汽车续驶里程,在纯电动汽车上增设了常规能源系统,为车辆补充电能,即混合动力汽车。

表 1-2 欧洲部分国家 2023 年 5 月的纯电动汽车销量情况

国 家	纯电动汽车销量	纯电动汽车渗透率	较 2022 年 5 月增长
德国	42 780	17.3%	46.0%
英国	24 513	16.9%	59.0%
法国	22 737	15.6%	49.0%
意大利	6 213	4.1%	38.0%
西班牙	5 081	4.8%	155.0%
荷兰	10 980	33.1%	50.0%
瑞典	11 657	40.9%	83.0%
挪威	10 773	80.7%	28.0%
瑞士	4 313	20.0%	63.0%
丹麦	4 446	31.7%	102.0%
葡萄牙	3 556	16.1%	178.0%

纯电动汽车的攻关重点在于提高电池性能和降低成本等方面。与传统汽车性能及成本相比,要满足产业化要求,纯电动汽车不仅需要大幅度降低成本,还需要大幅度提高动力蓄电池的能量密度。

2. 混合动力汽车的发展

混合动力汽车距今已有上百年的历史,费迪南德·保时捷在 19 世纪末就开发出一款油电混合动力汽车,甚至造出了四驱版本(图 1-17)。但直到 20 世纪 90 年代,混合动力汽车才引起世界各大汽车公司的重视,日本、美国和欧洲各大汽车公司纷纷开始研制混合动力汽车。



图 1-17 四驱版本油电混合动力汽车

日本的汽车公司在混合动力汽车的开发 and 市场化方面走在世界的最前沿。1997 年推出的第一代丰田普锐斯汽车,是世界上最早实现批量生产的混合动力汽车。该车型的最高速度可达 140 km/h,百公里油耗为 3.4 L,CO、HC 和 NO_x 的排放水平相当于日本法规限值的 1/10。目前普锐斯汽车已经推出第五代产品,它的动力蓄电池采用锂离子电池,动力性能有所提高,全球累计销量已超过 500 万辆。自 1997 年丰田推出普锐斯混合动力汽车以来,其他各大汽车企业纷纷推出混合动力汽车,如通用 Saturn VUE、奥迪 Q5 等。欧洲混合动力汽车技术起步较晚,采取与美国合作的方式共享混合动力总成技术,主要应用于油耗较高的车型上。

混合动力商用车取得了快速发展,相关汽车厂商已经开发出混合动力公交车、市政用车和军车等。欧洲客车和卡车生产商将目光聚焦在混合动力技术上,奔驰、沃尔沃等汽车公司相继开发了混合动力商用车。合理采用混合动力技术可以显著降低油耗,减少排放量,控制成本,因此混合动力汽车成为世界各国汽车公司产业化的重点。

随着电池技术的不断成熟,逐步提高混合度以实现传统能源向电气化转化,成为混合动力技术发展的方向。前期主要为单电机并联、双电机并联和双电机混联等方案,后期为插电式方案。根据车用能源的发展情况,混合动力汽车有发动机与电动机集成、传动系统与电动机集成两种趋势,可以实现向电动化转型。

3. 燃料电池汽车的发展

1839 年,英国科学家威廉·格罗夫发明了第一个燃料电池,即格罗夫燃料电池(图 1-18)。他猜想,如果氢气可以被煤、木材和其他易燃材料所替代,燃料电池就可以作为一种商业化的电源。但直到弗朗西斯·托马斯·培根研究的培根电池才使燃料电池由实验走向实用,并在 20 世纪 60 年代早期应用于太空计划,其改进后被作为阿波罗登月计划的宇宙飞船用电池。

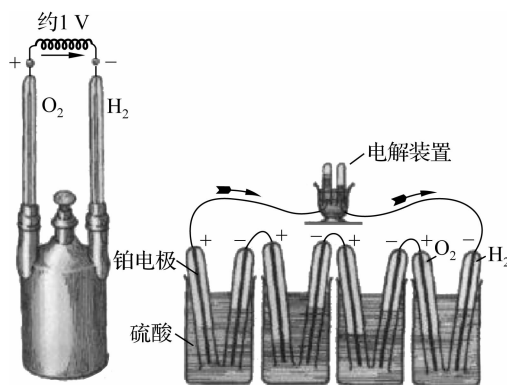


图 1-18 格罗夫燃料电池

近几十年,随着环境污染、能源问题的日趋严重以及制氢技术的进步,燃料电池又获得了重视。由于燃料电池汽车技术的战略意义十分重大,美国、日本及欧洲等发达国家和地区致力于燃料电池的研究,美国通用电气公司与日本丰田、德国奔驰与日本西门子等纷纷组成

跨国联盟,联合开发并推出了一系列的燃料电池汽车。

国际汽车界人士认为 2015 年是燃料电池汽车的元年,这一观点的提出以丰田 Mirai 汽车正式进入初期的商业化运作为依据。丰田 Mirai 汽车的功率为 113 kW,输出转矩为 335 N·m,续航里程为 500 km。与此同时,本田、三菱、马自达、大发等公司也相继推出具有自己特色的燃料电池汽车。日本通产省公布的《燃料电池汽车战略路线图和氢能社会白皮书》提到,2025 年实现生产燃料电池汽车 200 万辆的目标,2030 年建设加氢站达 1 800 座,相应对燃料电池汽车质量、生产成本和配套工程设施加以改善,形成规模化能力而走向市场。

近年来,通过采用混合动力技术,优化蓄电池和燃料电池的能量分配,可有效延长燃料电池的寿命,降低系统成本。燃料电池汽车技术攻关的焦点是提高可靠性和耐久性。美国能源部成立联合储能研究中心,合力研发下一代化学储能电池技术。2023 年 1 月,美国能源部下属阿贡国家实验室的最新成果表明,他们成功开发并测试了全新锂硫电池,其开发出的电池原型拥有 700 次的充放电循环次数,且能量密度有机会达到 2 600 Wh/kg,极大提高了电池性能。

二、国内新能源汽车的发展

随着汽车工业的高速发展,我国已经成为世界上汽车产业发展潜力最大的国家之一。而国际能源供应的持续紧张、原油价格的持续上涨以及全球环境保护呼声的日益高涨,使新能源汽车的技术研发和产业化发展越来越受到重视。我国作为一个正在崛起的大国,发展新能源汽车有着重大的战略意义。

21 世纪初,在国家节能减排的宏观政策指导下,科技部在“十一五”期间启动了“863”计划新能源汽车重大项目,建立了电动汽车“三纵三横”(“三纵”即混合动力汽车、纯电动汽车、燃料电池汽车,“三横”即电池、电机、电控)的研发布局,如图 1-19 所示。新能源汽车技术的研发取得了重大进展,我国基本掌握了新能源汽车的核心技术,建立了具有自主知识产权的新能源汽车技术平台,构建了比较完整的关键零部件体系,各大汽车企业相继开发出了具有自主知识产权的新能源汽车产品,实现了小批量的整车生产能力和局部区域的商业化示范运行。

2012 年 7 月 9 日,国务院发布的《节能与新能源汽车产业发展规划(2012—2020 年)》成为最初引领我国新能源汽车产业发展的重要政策,明确以纯电驱动为新能源汽车发展和汽车工业转型的主要战略取向,也是解决汽车普及过程带来的能源与环境问题的根本性措施,具有战略性意义。也是自 2012 年起,我国开始实施新能源汽车车船税优惠政策。

2014 年 7 月,国务院办公厅发布《关于加快新能源汽车推广应用的指导意见》,进一步加快了新能源汽车的推广应用。该文件从总体要求、加快充电设施建设、积极引导企业创新商业模式、推动公共服务领域率先推广应用、进一步完善政策体系、坚决破除地方保护、加快技术创新和产品质量监管、进一步加强组织领导 8 个方面提出 30 条具体政策,促进新能源汽车产业转型升级。

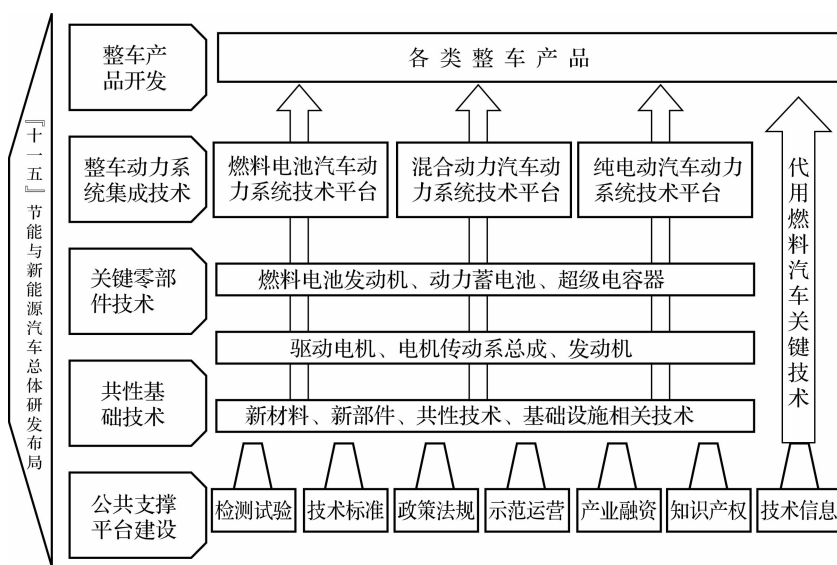


图 1-19 电动汽车“三纵三横”研发布局

自 2015 年起,新能源汽车产业的补贴标准不断调整,呈现出技术门槛不断提高,补贴额度不断退坡的变化趋势。代表政策为财政部、科技部、工业和信息化部、发展改革委四部门联合发布的《关于 2016—2020 年新能源汽车推广应用财政支持政策的通知》,该政策的发布标志着新能源汽车产业政策进入了新的阶段。此后,“双积分”接力财政补贴,供给侧构建长效驱动机制。

2017 年,为促进汽车产业节能减排、绿色发展,工业和信息化部、财政部、商务部、海关总署、国家质量监督检验检疫总局(现国家市场监督管理总局)五部门联合发布《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》(以下简称《积分办法》),通过建立积分交易机制,形成促进传统汽车节能和新能源汽车产业协调发展的市场化机制。2020 年,为适应我国节能与新能源汽车产业发展需要,工业和信息化部等五部门对《积分办法》进行了首次修改,完善了新能源汽车积分比例要求、引导传统乘用车节能、关联企业认定等制度。

近年来,全球汽车产业加速绿色化转型,党中央作出推进碳达峰与碳中和(简称“双碳”)重大战略决策,我国节能与新能源汽车产业发展面临新形势。与此同时,《积分办法》执行中出现机制不够灵活、市场供需调节能力不足、积分价格波动较大等问题。为助力实现“双碳”目标,促进节能与新能源汽车产业高质量发展,工业和信息化部等五部门于 2023 年 6 月再次修改《积分办法》,自 2023 年 8 月 1 日起施行。本次主要修改了以下三点。

(1)调整新能源车型积分计算方法。综合考虑技术进步、成本下降和积分合规成本变化情况,按照积分供需平衡原则,调整《积分办法》附件 2《新能源乘用车车型积分计算方法》,将新能源乘用车标准车型分值平均下调 40%左右,并相应调整了积分计算方法和分值上限。同时,考虑到后续新能源积分比例和分值要求仍需要根据实际情况不断进行修

改,《积分办法》中规定,工业和信息化部可以根据实际情况及时对《新能源乘用车车型积分计算方法》作出调整。

(2)建立积分灵活性交易机制。为应对积分供需失衡问题,稳定积分价格,新增“新能源汽车积分池管理”一章,建立积分池管理制度。当年度新能源汽车正积分与负积分供需比超过 2 倍时启动积分池存储,允许企业按自愿原则将新能源汽车正积分存储至积分池,该部分积分存储有效期 5 年。当年度新能源汽车正积分与负积分供需比未达到 1.5 倍时释放积分池中的积分,允许企业提取储存的新能源汽车正积分,当年度未使用的新能源汽车正积分将返还积分池。

(3)优化其他积分管理制度。一是考虑未来碳管理需要,增加企业平均碳排放水平公示要求,提出适时研究建立与其他碳减排体系的衔接机制;二是为方便企业进一步做好积分相关工作,延长企业负积分抵偿报告提交时间和完成负积分抵偿归零时间;三是为提高积分交易灵活性,规定企业购买的正积分可以抵偿和结转;四是为保障数据统计更为准确,调整了核算年度内车辆统计基准。

当前,我国新能源汽车大数据技术步入快车道,构建了全球最大的车联网平台,国家、地方政府和企业三级监管体系。车联网平台具有新能源汽车运行安全监测、财政补贴核算、节能减排交易、产品质量分析和为各类用户提供多种服务五大功能。

为了推动新能源汽车的发展,我国制定了一系列发展规划。例如,《新能源汽车产业发展规划(2021—2035 年)》提出,到 2025 年我国新能源汽车新车销售量应达到汽车新车销售总量的 20%左右。为此,科技部出台重大举措,实施“十四五”新能源汽车国家重点研发专项,深化“三纵三横”研发布局,提出整车平台、能源动力、电驱系统、智能驾驶、车联网融合和支撑技术六大攻关领域。图 1-20 所示为“十四五”新能源汽车国家重点研发专项。

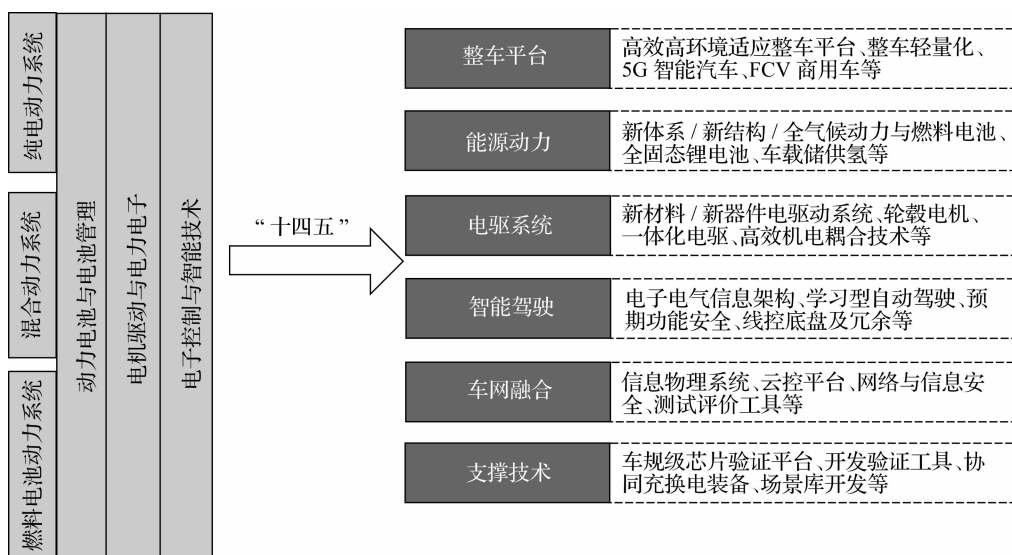


图 1-20 “十四五”新能源汽车国家重点研发专项



目前我国新能源汽车产业发展进入关键时期,即汽车工业向创新驱动转型,抢占技术制高点,引领产业变革,确保我国汽车行业的可持续发展。现在仍存在如企业投入不足、政府协调统筹作用还没有充分发挥等问题,这需要我们破除体制机制壁垒,推动有效市场和有为政府更好结合,形成协同发展的强大合力。