



21世纪高等学校教材

普通高等教育“十二五”汽车类专业（方向）规划教材

新能源汽车



臧杰◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



免费电子课件
www.cmpedu.com

013028535

U469.7-43

02

21世纪高等学校教材

普通高等教育“十二五”汽车类专业（方向）规划教材

新能源汽车

主 编 臧 杰
副主编 张德生 余文明
参 编 朱荣福 范东溟
主 审 王青海



机械工业出版社

U469.7-43

02



北航

C1635016

28282810

本教材以国内外常见的天然气汽车、液化石油气汽车、醇类汽车、生物柴油汽车、电动汽车等新能源汽车为例介绍其基本结构、工作原理、安装位置、总体布置、应用及发展方向、技术关键等知识,在一定的传统汽车知识的基础上,突出科技创新、技术改造、高新技术在新能源汽车制造业中的应用,注重体现工程实践和应用性,特别是维护内容与专业课结合,为学生就业拓宽途径,是《汽车构造》教材的后续教材。

本教材适用于车辆工程专业、汽车服务工程专业、交通运输专业教学使用,也可供汽车类工程技术人员及汽车爱好者使用。

为方便教学,本书配有 PPT 电子课件,位于机械工业出版社教材服务网上(www.cmpedu.com),向使用本书的授课教师免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

新能源汽车/臧杰主编. —北京:机械工业出版社,2013.4
21世纪高等学校教材 普通高等教育“十二五”汽车类专业(方向)
规划教材

ISBN 978-7-111-41287-8

I. ①新… II. ①臧… III. ①新能源—汽车—高等学校—教材
IV. ①U469.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 016404 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:冯春生 责任编辑:冯春生 武晋 王保家
版式设计:张薇 责任校对:刘怡丹 樊钟英
封面设计:张静 责任印制:张楠
北京中兴印刷有限公司印刷

2013 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·11.75 印张·287 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-41287-8

定价:25.00 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

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmpl1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

普通高等教育汽车类专业（方向）
教材编审委员会

主任：北京理工大学

林逸

副主任：黑龙江工程学院
湖北汽车工业学院
扬州大学
西华大学
机械工业出版社

齐晓杰

陶健民

陈靖芯

黄海波

邓海平

委员：吉林大学

方泳龙

吉林大学

刘玉梅

北京航空航天大学

高峰

同济大学

陈永革

上海交通大学

喻凡

上海大学

何忱予

哈尔滨理工大学

徐雳

武汉理工大学

张国方

山东理工大学

邹广德

山东交通学院

李祥贵

燕山大学

韩宗奇

长沙理工大学

张新

青岛理工大学

卢燕

河南科技大学

张文春

南京工程学院

贺曙新

淮阴工学院

刘远伟

秘书：机械工业出版社

冯春生

序

汽车被称为“改变世界的机器”。由于汽车工业具有很强的产业关联度，因而被视为一个国家经济发展水平的重要标志。近10年来，我国汽车工业快速而稳步发展，汽车产量年均增长15%，是同期世界汽车产量增长量的10倍。汽车工业正在成为拉动我国经济增长的发动机。汽车工业的繁荣，使汽车及其相关产业的人才需求量大幅度增长。与此相应，作为人才培养主要基地的汽车工业高等教育也得到了长足发展。据不完全统计，迄今全国开办汽车类专业的高等院校已达百余所。

从未来发展趋势看，打造我国自主品牌、开发核心技术是我国汽车工业的必然选择，但当前我国汽车工业还处在以技术引进、加工制造为主的阶段，这就要求在人才培养时既要具有前瞻性，又要与我国实际情况相结合。要在注重培养具有自主开发能力的研究型人才的同时，大力培养知识、能力、素质结构具有鲜明的“理论基础扎实，专业知识面广，实践能力强，综合素质高，有较强的科技运用、推广、转换能力”特点的应用型人才。这也意味着对我国高等教育的办学体制、机制、模式和人才培养理念等提出了全新的要求。

为了满足新形势下对汽车类高等工程技术人才培养的需求，在中国机械工业教育协会机械工程及自动化学科教学委员会车辆工程分委员会的领导下，成立了教材编审委员会，组织制定了多个系列的普通高等教育规划教材。其中，为了解决高等教育应用型人才培养中教材短缺、滞后等问题，组织编写了“普通高等教育‘十二五’汽车类专业（方向）规划教材”。

本系列教材在学科体系上适应普通高等院校培养应用型人才的需求；在内容上注重介绍新技术和新工艺，强调实用性和工程概念，减少理论推导；在教学上强调加强实践环节。此外，本系列教材将力求做到：

1) 全面性。目前本系列教材包括汽车设计与制造、汽车运用与维修、汽车服务工程、物流工程等专业方向，今后还将扩展专业领域，更全面地涵盖汽车类专业方向。

2) 完整性。对于每一个专业方向，今后还将继续根据行业变化对教学提出的要求填平补齐，使之更加完善。

3) 优质性。在教材编审委员会的领导下，继续优化每一本教材的规划、编

审、出版和修订过程，让教材的生产过程逐步实现优质和高效。

4) 服务性。根据需要，为教材配备 CAI 课件和教学辅助教材，召开新教材讲习班，在相应网站开设研讨专栏等。

相信本系列教材的出版将对我国汽车类专业的高等教育产生积极的影响，为我国汽车行业应用型人才培模式作出有益的探索。由于我国汽车工业还处于快速发展阶段，对人才不断提出新的要求，这也就决定了高等教育的人才培模式和教材建设也处于不断变革之中。我们衷心希望更多的高等院校加入本系列教材建设的队伍中来，使教材体系更加完善，以更好地为高等教育培养汽车专业人才服务。

中国汽车工程学会 常务理事
中国机械工业教育协会
车辆工程分委员会 副主任
林逸

前 言

近年来随着我国汽车工业及汽车运用市场的高速发展，对节能与环保要求越来越高，新能源汽车已被列为我国汽车行业今后5年发展的重中之重，新能源汽车产业也被列为国家7个战略性新兴产业之一。预计到2020年，新能源汽车累计产销量达到500万辆。因此，需要有更多的学生从事新能源汽车的设计、制造、销售、运用、维护等工作，掌握新能源汽车构造已是必然。本教材就是为满足对汽车类高等工程技术人才培养的需求和发展而编写的。

本教材是《汽车构造》教材的后续教材，以国内外常见新能源汽车为例介绍其基本结构知识，在综合国内外最新相关资料的基础上介绍了相关的定义、结构原理、应用、特点和发展方向，在一定的常用汽车知识的基础上，突出科技创新、技术改造、高新技术应用到新能源汽车制造业中来，注重体现工程实践和应用性，特别是维护内容与专业课结合，为学生就业拓宽途径。

本书由臧杰任主编，王青海任主审，张德生、余文明任副主编。编写人员（分工）是：绪论（臧杰），第二章（余文明、臧杰），第三章（余文明），第四、五章（张德生），第六章（范东溟、臧杰），第七章（朱荣福），第八章（范东溟）。

由于水平有限，殷切期望广大读者对书中疏漏之处予以批评指正。

编 者

目 录

序

前言

第一章 绪论	1
第一节 新能源汽车概述.....	1
第二节 汽车工业面临的能源与环境问题.....	2
第三节 新能源汽车的发展.....	4
第二章 天然气汽车	13
第一节 概述.....	13
第二节 天然气汽车燃料供给系统.....	17
第三节 压缩天然气汽车专用装置的结构和 工作原理.....	23
第四节 天然气汽车维护.....	37
第三章 液化石油气汽车	41
第一节 概述.....	41
第二节 液化石油气汽车燃料供给系统的 结构和工作原理.....	44
第三节 液化石油气汽车专用装置的结构 和工作原理.....	49
第四节 液化石油气汽车维护.....	56
第四章 醇类燃料汽车	57
第一节 概述.....	57
第二节 醇类燃料汽车发动机的结构与 工作原理.....	60

第三节 醇类燃料汽车维护.....	72
第五章 其他新能源汽车	77
第一节 生物柴油汽车.....	77
第二节 二甲醚汽车.....	82
第三节 氢气汽车.....	89
第六章 电动汽车的结构和工作原理	95
第一节 纯电动汽车.....	95
第二节 混合动力电动汽车.....	102
第三节 燃料电池电动汽车.....	110
第七章 电动汽车共性装置	116
第一节 蓄电池.....	116
第二节 燃料电池.....	126
第三节 电动机.....	136
第八章 电动汽车的能源管理系统与 辅助装置	153
第一节 电动汽车的能源管理系统.....	153
第二节 充电器.....	160
第三节 电源变换装置.....	164
第四节 电动汽车制动能量回收系统.....	170
第五节 燃料电池汽车氢安全系统.....	174
第六节 电动汽车的基础设施.....	176
参考文献	179

第一章 绪 论

第一节 新能源汽车概述

一、新能源汽车的定义

根据 2009 年中华人民共和国工业和信息化部公布的《新能源汽车生产企业及产品准入管理规则》的相关定义，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、柴油以外的其他车用燃料，包括天然气（NG）、液化石油气（LPG）、生物燃料、氢燃料、乙醇汽油（EG）、甲醇、二甲醚、电能以及混合燃料等。

二、新能源汽车的分类

新能源汽车包括电动汽车（包括太阳能汽车）、气体燃料汽车、生物燃料汽车、氢气汽车及醚燃料汽车等。

1. 电动汽车

电动汽车包括纯电动汽车、混合动力汽车、燃料电池汽车。

纯电动汽车是由车载可充电蓄电池或其他能量储存装置提供电能，由电动机驱动的汽车。

混合动力汽车是能够从至少两类车载储能装置（传统的汽、柴油机和电池与电动机）中获得动力的汽车。

燃料电池汽车是由车载燃料电池提供电能，由电动机驱动的电动汽车。

2. 气体燃料汽车

气体燃料汽车是用压缩天然气、液化石油气和液化天然气作为燃料的汽车。

3. 生物燃料汽车

生物燃料汽车是燃用生物燃料或燃用掺有生物燃料的燃油的汽车。与传统汽车相比，生物燃料汽车结构上无大的改动，但其排放性能较好，如乙醇燃料汽车、生物柴油汽车等。

4. 氢气汽车

氢气汽车是以氢气为发动机燃料的汽车。

5. 醚燃料汽车

醚燃料汽车是以醚为燃料的汽车，具有高效率、低污染、无烟排放、冷启动和加速性能较好的特点，如二甲醚汽车等。

三、新能源汽车技术的管理方式

根据整车、系统及关键总成技术成熟程度，国家和行业标准完善程度以及产业化程度的不同，将新能源汽车产品所处阶段分为起步期、发展期和成熟期三个不同的技术阶段。

起步期产品是指技术原理的实现路径尚处于前期研究阶段，缺乏国家和行业有关标准，尚未具备产业化条件的产品。起步期产品只能进行小批量生产，在批准的区域、范围和条件下进行示范运行，并以适当的方式对全部车辆的运行状态进行实时监控。

发展期产品是指技术原理的实现路径基本明确，国家和行业标准尚未完善，初步具备产业化条件的产品。发展期产品允许进行批量生产，只能在批准的区域、期限、条件下销售、使用，并以适当的方式对销售车辆以不低于 20% 的比例进行运行状态实时监控。

成熟期产品是指技术原理的实现路径清晰，产品技术和生产技术成熟，国家和行业标准基本完备，可以进入产业化阶段的产品。成熟期产品与常规汽车产品的公告管理方式相同，在销售、使用上与常规道路机动车辆相同。

第二节 汽车工业面临的能源与环境问题

新能源汽车是低碳发展的必然选择，是汽车产业的发展趋势。

一、汽车与能源

目前世界汽车保有量约为 10 亿辆，预计到 2020 年全球汽车保有量将超过 12 亿辆，主要增幅来自发展中国家。国际能源机构（IEA）的统计数据表明，2001 年全球 57% 的石油消费在交通领域（其中美国达到 67%），预计到 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。

近 10 年，我国汽车工业一直保持高速增长态势，继 2009 年我国成为当年世界最大汽车市场后，2010 年又实现了 32% 的增长。2010 年全国汽车产销分别为 1826.47 万辆和 1806.19 万辆，产销量世界第一。2011 年我国实现汽车产销分别为 1841.89 万辆和 1850.51 万辆，同比分别微增 0.84% 和 2.45%，我国汽车产销总量继续居全球第一位。我国历年汽车产销量如图 1-1 所示。相对于发达国家，我国目前的汽车人均保有量还很低，随着经济的快速增长，人们物质和文化生活水平的提高，可以预计我国汽车的产销量将持续保持快速增长的势头。

汽车消费的快速增长导致石油消耗快速增加。有资料显示，我国汽油消耗主要是汽车，约占 87%，汽车柴油消耗占 38%，所以汽油、柴油的来源——石油资源显得越来越重要。截至 2007 年底，全球可采石油探明储量为 1838.82 亿 t，其中中东占 56%，前苏联占 7%，北美占 15.6%，亚洲占 8.7%，欧洲占不足 4%；截至 2007 年底，世界天然气剩余探明可采储量为 177.10 万亿 m³，全球煤炭探明储量为 8260 亿 t；全球能源可供使用年限，石油为 40 年，天然气为 65 年，煤炭为 162 年。我国已累计探明石油可采储量为 76.07 亿 t、天然气为 3.68 万亿 m³，煤炭剩余可采储量为 900 亿 t。我国化石能源资源在世界已探明储量中，石油仅占 4.1%，天然气占 2.1%，煤炭占 10.1%，呈现“缺油、少气、多煤”的状况，但其

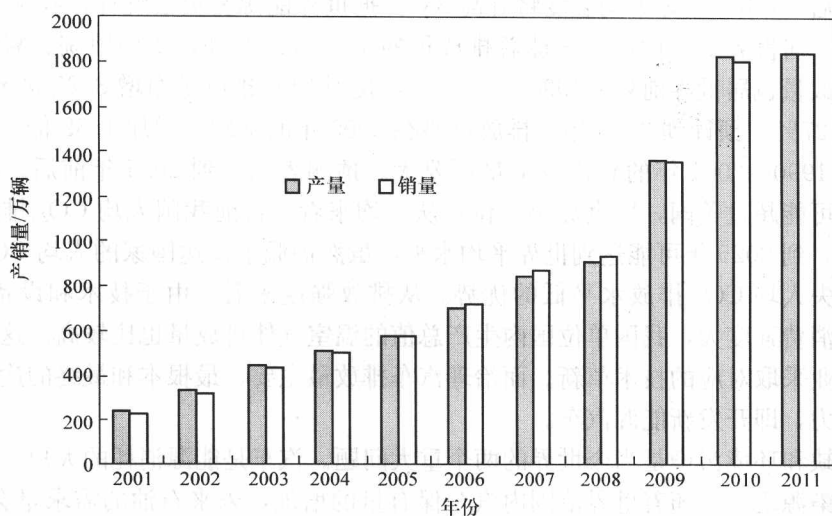


图 1-1 我国历年汽车产销量

产量占世界总产量的比例却分别高达 4.2%、1.5% 和 33.5%。高速发展的经济导致石油大幅进口，自 1993 年起我国成为石油净进口国，对外依存度高达 40%，严重威胁着我国的能源安全。我国所面临的石油安全与汽车能源问题来势更猛，影响更大，挑战更加严峻。按传统汽车能源动力系统发展下去将不可持续，因此实现我国汽车能源动力系统转型是大势所趋。

二、汽车与环境

通常，汽车排放的污染物以及与交通源相关的主要污染物有：一氧化碳（CO）、氮氧化物（NO_x）、碳氢化合物（包括苯、苯并[a]芘）和微粒等。这些一次污染物还会通过大气化学反应生成光化学烟雾、酸雨等二次污染。随着机动车保有量的持续增长，我国机动车污染物排放总量持续攀升。2003 年全国机动车碳氢化合物（HC）、一氧化碳（CO）和氮氧化物（NO_x）的排放量分别是 1995 年相应污染物排放总量的 2.51、2.05 和 3.01 倍。事实上，汽车所产生的空气污染物比任何其他单一的人类活动产生的空气污染物都多。全球因燃烧矿物燃料而产生的一氧化碳（CO）、碳氢化合物（HC）和氮氧化物（NO_x）的排放量，几乎 50% 来自于汽油机和柴油机。柴油机颗粒物排放水平远高于汽油机，约为汽油机的 30~80 倍。柴油发动机颗粒物的排放会对大气环境产生巨大的负面影响。研究表明，柴油发动机排放颗粒物可能对人体肺部和脑部造成重大伤害，还可能发生遗传性基因突变。因此，各国都制定了严格的法规限制颗粒物排放浓度。

随着城市环境保护的进展，能源结构将会发生重大改变，即使每一辆车排放都合格，也不能保证城市的交通污染就一定能达到环境保护标准的要求。汽车排放污染将成为城市环境污染的主要污染源。

与此同时，能源消耗也是造成全球温室气体排放的主要来源之一，CO₂ 是全球最重要的温室气体。大气中聚集了大量的温室气体使气候变暖。目前，全世界每年向大气排放的 CO₂ 数量约为 50 亿 t。经预计，汽车尾气排放的 CO₂ 总量从 1990 年的 29 亿 t 将增加到 2020 年的 60 亿 t。据测定，近一百多年来，全球平均气温已经提高了 0.5℃。大多数气候学

家认为,今后 50 年,全球平均温度将升高 3°C 。据世界能源委员会统计,我国 CO_2 排放量仅次于美国,居世界第二位,占全球总排放量的 13.5%。此外,我国甲烷、氧化亚氮等温室气体的排放量也居世界前列。1990~2001 年,我国 CO_2 排放量净增 8.23 亿 t,占世界同期增加量的 27%;预计到 2020 年,排放量要在 2000 年的基础上增加 1.32 倍,这个增量要比全世界在 1990~2001 年的总排放增量还要大。预测表明,到 2025 年前后,我国的 CO_2 排放总量很可能超过美国,居世界第一位;从人均来看,目前我国人均 CO_2 排放量低于世界平均水平,到 2025 年可能达到世界平均水平,虽然仍低于发达国家的人均 CO_2 排放量水平,但已丧失人均 CO_2 排放水平低的优势。从排放强度来看,由于技术和设备相对陈旧、落后,能源消费强度大,我国单位国内生产总值的温室气体排放量也比较高。这些都要求必须对汽车产业采取对应的技术革新。而治理汽车排放最主要、最根本和最终的途径,就是改变汽车的动力,即开发新能源汽车。

能源短缺和环境污染是当今世界的两个重大问题。汽车是能源消耗的大户,同时也是环境的主要污染源之一。随着世界范围内汽车保有量的增加,未来石油的需求量会越来越大,环境污染也会越来越严重。为此,全球已达成共识:能源短缺和环境污染最终的解决之道不是限制汽车工业发展,而是寻找石油的替代品,开发新能源汽车。

第三节 新能源汽车的发展

新能源汽车的发展自 19 世纪末电动汽车诞生以来,在世界范围内经历过多次起落。

1881 年,法国工程师 Gustave Trouve 装配了一辆以铅酸电池为动力的电动三轮车,由此引发电动汽车发展史上的变革,这比卡尔·本茨发明汽车还早了 5 年。19 世纪末和 20 世纪初,电动汽车、内燃机汽车和蒸汽机汽车并行发展,电动汽车一度处于市场领先地位。在 1881~1972 年期间,电池技术进步缓慢,电池能量密度低,仅从 1901 年的 $18\text{W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ 提高到 $33\text{W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ (只提高了 0.8 倍),无法满足大范围的交通出行需求,而内燃机技术水平的快速提高使得电动汽车逐步失去竞争优势,电动汽车逐步退出市场。1915 年以后,随着美国、欧洲公路建设的大发展和内燃机汽车技术的不断进步,传统汽车逐步占据了主导地位。

1973 年石油危机爆发,电动汽车再次受到高度关注,很多国家纷纷推出电动汽车发展计划。但此期间(1973~1989 年),由于动力电池技术未取得重大突破,电池材料没有得到根本性改变(以铅酸电池为主),电池能量密度低($60\text{W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ 以下,只提高了 1.8 倍),整车性能和成本无法满足消费者的需求,致使电动汽车发展缓慢,各国制定的发展目标大都没能实现。

随着汽车保有量的增加,环保压力促进混合动力汽车技术取得突破,1990~2004 年,电动汽车逐步实现局部产业化。

石油短缺和全球变暖,促进新能源技术快速发展,2005 年起,新能源汽车进入全面产业化初期推进阶段。

一、国外新能源汽车的发展

日本从 20 世纪 70 年代开始开发纯电动汽车。1971 年三菱公司推出 Minicab EV 电动汽车,1997 年后推出了装载镍氢、锂离子电池的第二代纯电动汽车。90 年代末,丰田公司研制出

RAV-4 EV 型纯电动轿车,其动力装置是一台免维护的由 288V 镍氢电池(充电时间 5~6h)提供电能的 50kW 交流同步电动机,最高车速为 125km/h,续驶里程 215km。日产公司研制成功 Lunnet EV 5 座采用锂离子电池、最高车速为 120km/h、续驶里程为 230km 的纯电动轿车。2009 年日产公司在北京发布了 LEAF 纯电动轿车,该轿车采用锂离子电池,电池组的最大输出功率可以达到 90kW,电动机的输出功率则有 80kW,转矩峰值可以达到 280N·m。

然而由于技术与价格等方面的原因,纯电动汽车的产品开发向小型化发展,日本汽车企业选择了混合动力汽车作为重点发展方向。1997 年,丰田公司率先在日本推出了混合动力汽车 Prius。1999 年,本田公司率先在美国推出了混合动力汽车 Insight。2000 年,丰田公司将 Prius 推向了美国和欧洲的汽车市场。2002 年,本田公司在美国推出混合动力汽车 Civic。2005 年,丰田公司的雷克萨斯 RX 型越野型混合动力汽车也投放市场。混合动力汽车最先实现了产业化,其总销量已经达到 100 万辆以上,并开始赢利。日本在混合动力汽车技术领域处于世界领先地位。

2003 年起,日本对燃料电池汽车实施免税制度以鼓励其发展。日本丰田、本田、日产和马自达等汽车制造商已先后试制出燃料电池汽车。在日本燃料电池系统发展中,丰田公司处于领先地位。丰田公司的目标是开发能量转换效率达到传统汽油机 2.5 倍的燃料电池,且能和现用的汽(柴)油汽车一样方便地添加燃料。丰田公司于 1996 年 11 月推出了日本第一辆采用自制 PEMFC 装置和铅酸电池的混合电源系统、车速达到 100km/h 以上的燃料电池电动汽车。丰田-日野 FCHV-2 公共汽车是首辆获得日本土地、基础设施和交通部批准的公路燃料电池混合动力公共汽车。该车将氢储存在顶部封好的氢储藏箱内,有两个高性能丰田燃料电池堆,每堆燃料电池能输出 90kW 的功率,比一个燃料电池堆的汽车性能指标提高了 1 倍。2002 年,推出了 FCHV-4 燃料电池混合动力汽车,其主要特点是装有镍氢辅助蓄电池,可使汽车在制动时重新发电,最高车速可达 150km/h,续驶里程为 250km,可载 5 人,这意味着汽车在重添燃料之前可继续行驶一段比较长的里程。

美国人莫里森于 1891 年成功研制了第一辆四轮电动车,使得美国电动车向实用化迈出了重要一步。

1967 年,美国通用汽车公司与福特汽车公司分别研发了新型电动汽车,成为 20 世纪后电动汽车再次迎来黄金时期的开端。此后,美国通用汽车公司在兰辛市建成 EV-1 电动汽车总装厂;雪铁龙(Citroen)、标致(Peugeot)则将现有车型改装成小型电动汽车。以此为契机,全球掀起了开发电动汽车的热潮。

1990 年 9 月,美国加州政府通过的法规规定了“零排放车辆”(Zero Emission Vehicle, ZEV)的销售比例,随后其他各州仿效立法。这些措施推动了美国及世界范围内电动汽车的迅速发展。1991 年,美国三大汽车公司签订协议,合作研究电动汽车用先进电池,成立美国先进电池联合体(United States Advanced Battery Consortium, USABC)。1991 年 10 月,USABC 与美国能源部签订协议,在 1991~1995 年间共投资 2.26 亿美元来资助电动汽车高能电池的研究。同年同月,美国电力研究院 EPRI 也加入了先进电池联合体,参与镍-氢、锂-二硫化铁、钠-硫、锂聚合物和锂离子等高能电池的开发。其中,镍-氢电池、锂聚合物和锂离子电池将投入商业化生产。1990 年,通用汽车公司在洛杉矶展出“冲击”(Impact)牌电动轿车,该车采用铅酸电池与高新技术,从此掀起了一轮世界性的电动汽车研发热潮。通用汽车公司的 EV-1、S-1、Impact,福特汽车公司的 ETX-1、ETX-2、Rcostar、Ranger 等

纯电动汽车纷纷推出。

2005年,福特汽车公司推出了混合动力 Escape 小型越野汽车,通用汽车公司推出了混合动力 Saturn VUE 小型越野汽车。

2006年,通用汽车公司推出了混合动力 Chevrolet Equinox 越野车,2007年又推出了混合动力 Chevrolet Malibu 中型轿车。此外,通用汽车公司还推出了混合动力货车 GMC Sierra 和 Chevrolet Silverado。

1999~2008年,美国市场共销售 19 个混合动力乘用车车型,总销量达到 132 万辆,其中 2008 年销量达到 31 万辆。

燃料电池汽车的开发时间最早要追溯到 1968 年,当年通用汽车公司生产出了世界第一辆可使用的燃料电池汽车。该车以厢式货车为基础制作,装载了最大功率为 150 kW 的燃料电池组,燃料为低温冷藏的液氢,汽车的续航里程为 200km。但由于这种燃料电池组结构复杂,几乎占去了所有车内空间,给燃料电池汽车的总布置带来了很大的困难,当时人们的环境意识淡薄,能源供需矛盾也不突出,导致了后续的开发工作停止。近些年来,经过多个国家的汽车公司和燃料电池公司多年的努力,燃料电池的小型化发展迅速,已经应用到各种类型的燃料电池汽车上。

1987年,美国能源部向美国国会提出了开发大客车用甲醇磷酸盐燃料电池动力系统项目的报告。美国能源研究公司 ERC 研制了一辆采用燃料电池和镍-镉电池的混合电源的电动公共汽车,并于 1989 年完成全部试验工作,燃料电池的功率为 32kW,镍-镉电池的功率为 30kW。1989年,克莱斯勒-彭塔斯塔电子公司也制造了一辆采用燃料电池和铅酸蓄电池混合电源的电动公共汽车,其中燃料电池是液冷磷酸盐燃料电池,功率为 25kW,铅酸蓄电池的功率为 43kW。

1991年,美国研制出世界上最早的燃料电池概念车 Laser Cell TM。该车使用储氢合金作为燃料来源,燃料电池功率为 12.5kW,续航里程达 303km。1993年,美国政府组织“新一代汽车联合体”燃料电池电动汽车开发计划,并为此资助约 15 亿美元,全方位地开展了对质子交换膜燃料电池 (PEMFC) 的研究。采用氢气、汽油、甲醇、乙醇和其他碳氢化合物等多种燃料进行试验,目标是实现 PEMFC 动力装置的轻量化和小型化,能快速启动和有良好的过渡响应;研发并批量生产百公里燃油消耗只有 3L 的超级轿车。美国通用汽车公司于 2002 年推出了基于欧宝赛飞利 MPV 改进的“氢动三号”(HydroGen3)燃料电池原型轿车,这标志着通用汽车公司燃料电池电动汽车技术已走在世界前列。通用汽车公司的“氢动一号”在 FCEV 中处于领先地位。美国杜邦公司 (Du Pont) 开发的全氟质子交换膜在 PEMFC 上已得到广泛的使用。“氢动三号”进一步优化了燃料电池系统,质量更轻,体积更小。同年,通用汽车公司还开发出“自主魔力”(Autonomy)燃料电池概念车。

20 世纪 70 年代末期,德国戴姆勒-奔驰汽车公司生产了一批 LE306 电动汽车。LE306 电动汽车采用铅酸电池供电,铅酸电池质量为 1000kg,电池电压为 180V,容量为 180A·h,电动机最高转速为 6000r/min,有效载荷为 1450kg,总质量为 4400kg,最高车速为 50km/h,续航里程可达 120km。1981年,欧宝公司与 BBC 公司(现在的 ABB 公司)合作研制了电动轿车。20 世纪 80 年代初,德国戴姆勒-奔驰汽车公司生产了电动大客车和商用电动汽车。1991年,在法兰克福车展上亮相的宝马公司的 BMW E1 钠硫电池驱动概念车,其驱动电动机最大功率为 33kW,最高车速为 120km/h,续航里程为 240km。宝马 MINIE 于 2008 年 11

月在洛杉矶车展上首次亮相, 宝马公司成为全球首家推出 500 辆可供日常使用的全电能驱动车辆的高档汽车制造商。MINIE 采用输出功率高达 150kW 的电动机, 由一组高性能、可充电的锂离子电池提供电能, 通过单级螺旋齿轮变速器将动力传输至前轮, 动力传递宁静平顺, 而且还实现了车辆的完整零排放。目前 MINIE 正在美国、英国等国的国际性超大城市, 如洛杉矶、纽约、伦敦等地, 通过个人和合作科研机构进行日常交通试验。

戴姆勒-奔驰汽车公司于 1994~2000 年研发了 Necar-1~Necar-5 燃料电池汽车和 Nebus-1~Nebus-4 燃料电池大客车, 先后采用了甲醇和汽油经过重整的氢气、压缩氢气等多种氢燃料进行了不同的性能试验。Necar-5 是 Necar-3 的后继者, 其仅用一个电堆就能产生 75kW 的功率, 最高车速超过 150km/h, 被定位为全球第一个达到实用阶段的甲醇重整燃料电池汽车。经过几轮的试验和改进, Necar-5 燃料电池轿车和 Nebus-4 燃料电池大客车已经投入运行。

法国政府为推广电动汽车制定了优惠政策。企业购买电动汽车第一年可以免税; 电动汽车生产厂家每生产一辆电动汽车, 法国电力公司向其提供 1 万法郎的补助。在拉-罗切里门 (La Rochelle) 市试验推广电动汽车的使用, 投入了 50 辆小型 4 座电动客车, 建立了 9 个普通充电站和 3 个快速充电站, 进行两年的使用试验。法国政府还计划在巴黎等城市推广使用电动汽车, 并出台了各种优惠政策。1990 年, 法国标致-雪铁龙公司所开发的 J-5 和 C-25 电动货车投入生产。1995 年, 法国能源部、标致-雪铁龙公司开发了用雪铁龙-AX 型轿车改装的电动轿车、标致-106 和 SAXO 型 4 座电动轿车。此外, 还有雷诺汽车公司的 Clio 型 4 座电动轿车及其变型车等。1997 年, 法国的电动汽车产量达到 2000 辆左右。2001 年, 法国电力公司和博洛尔集团 (Bollere Group) 成立了一个联合子公司 BatScap, 开发了采用高性能聚合金属锂蓄电池 (LMP) 的电动蓝色轿车 (Blue car), 其最大续航里程超过 200km, 最高时速达 125km/h, 6h 必须 100% 的充电, 但是只需要充电几分钟即可再获得一次安全的最大行程。

欧洲各国燃料电池开发较早、日稍晚, 但目前也加快了燃料电池技术的引进开发。荷兰、意大利、德国、西班牙等国分别完成了 10kW、100kW、280kW 级碳酸盐型电池的开发, 德国和瑞士分别进行了 7kW 和 10kW 级固体氧化物电池的开发。另外, 亚洲的韩国、印度和中国台湾也都有燃料电池开发的报道。法国标致-雪铁龙公司开发的燃料电池出租车已投入了商业运行。

二、我国新能源汽车的发展

20 世纪 80 年代伊始, 我国就已经对新能源汽车开展了研究工作, 主要是在压缩天然气、液化石油气、甲醇等方面开展部分研究, 并成功研制了以菜籽油、大豆油、废煎炸油等为原料生产生物柴油的工艺。1988 年, 四川石油管理局从新西兰引进了充气装置和天然气汽车的改装件, 并在南充建立了 CNG 加气站, 成为全国使用 CNG 汽车的第一家。在天然气-柴油双燃料发动机汽车及其电控技术等方面, 石油勘测研究院和吉林工业大学进行了合作。在国家自然科学基金的资助下, 吉林工业大学在电控缸内喷气技术方面, 天津大学在天然气稀燃技术方面均做了大量研究工作, 处于国内领先水平。

1999 年, 我国政府有关部门组织开展“清洁汽车行动”, 从此开始了较大规模的替代燃料发展计划, 提出大力推广燃气汽车, 加快关键技术和产品标准化进程, 加强在用车改造的

指导,加快车用加气站等配套基础设施的建设,加强产学研结合,推进燃气汽车产业化。到2010年,全国已有30个省80多个城市推广天然气汽车。天然气汽车和加气站主要集中在气源地附近和西气东输管网到达地,如四川、山东、重庆、乌鲁木齐、西安和兰州等省市。燃气汽车示范城市的CNG、LNG和LPG燃气汽车保有量为607984辆。其中,出租车有196676辆,占在用燃气汽车总保有量的32.3%;公交车有93881辆,占在用燃气汽车总保有量的15.4%。四川省的燃气汽车保有量最大,占在用燃气汽车总保有量的41%。我国燃气汽车生产企业超过60家。我国天然气汽车年产量(含底盘)达15万辆,整车超过6万辆。预计到2015年,我国天然气汽车将达到150万辆,到2020年我国天然气汽车将达到300万辆,成为重要的天然气汽车市场。

LNG公交客车和重型货车已在新疆、内蒙古、贵州、广东、福建、海南、江苏等地推广应用。目前LNG汽车保有量为3000辆,加气站超过100座。

新能源汽车产业化发展的直接推动力是国家的相关扶持政策。

2001年,我国启动了“863计划”电动汽车重大专项,涉及的电动汽车包括三类:纯电动、混合动力和燃料电池汽车,并以这三类电动汽车为“三纵”,以多能源动力总成控制、驱动电动机、动力蓄电池为“三横”,建立“三纵三横”的开发布局,基本跟上了全球的步伐,大体站到了世界同一“起跑线”。

2004年中华人民共和国国家发展和改革委员会(以下简称国家发改委)发布了《汽车产业发展政策》,提到“要突出发展节能环保、可持续发展的汽车技术”。从2005年开始,我国政府出台了优化汽车产业结构,促进发展清洁汽车、电动汽车政策措施,明确了2010年电动汽车保有量占汽车保有量的5%~10%,2030年电动汽车保有量占汽车保有量50%以上的发展目标。为完成上述目标,国家“863计划”节能与新能源汽车重大项目确定北京、武汉、天津、株洲、威海、杭州6个城市为电动汽车示范运营城市。

2005年2月2日,国家发改委发布了《产业结构调整目录》,2005年12月25日发布了《关于鼓励发展节能环保型小排量汽车的意见》。

“十五”期间,我国将纯电动汽车列入“863计划”,将混合动力汽车研发列入“863计划”进行技术攻关,以中国一汽(以下简称一汽)、东风汽车公司、长安汽车股份有限公司(以下简称长安汽车)和奇瑞汽车股份有限公司等单位牵头进行研究,完成了中度、轻度和微度混合动力乘用车,以及中度混合动力客车等多种车型的样车开发,其中混合动力客车率先进行了示范运行。此外,我国将燃料电池汽车及其关键技术列入“863计划”进行攻关。清华大学和北京市客车总厂合作承担研究燃料电池客车计划,上海汽车工业(集团)公司、同济大学、信息部电机研究所、上海燃料电池汽车动力系统公司承担了燃料电池轿车的研发任务。燃料电池系统主要由中国科学院大连化学物理研究所(以下简称大连化物所)和上海神力科技有限公司承担研制。

2006年2月,国务院发布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》将“低能耗与新能源汽车”和“氢能及燃料电池技术”分别列入优先主题和前沿技术。

2006年12月26日,国家发改委发布了《关于汽车工业结构调整意见的通知》。

2007年6月4日,国家发改委公布了《中国应对气候变化国家方案》,鼓励发展节能环保型汽车和鼓励混合动力汽车、纯电动汽车的生产和消费。

2007年11月1日起,《新能源汽车生产准入管理规则》正式开始实施。该规则对新能

源汽车进行了定义，还对新能源汽车的生产企业资质、生产准入条件以及申报要求等内容作了具体的规定。这意味着新能源车有了自己规范的行业准则，也被业界看做是国家真正鼓励发展新能源汽车及市场化的开始，标志着我国新能源汽车发展迈入重要的起步年。2008年北京奥运期间，我国成功组织实施了奥运历史上规模最大的电动汽车运输服务，为全面彰显北京奥运“绿色、科技、人文”三大理念以及“节能减排”战略作出了重要贡献。

2007年12月13日，国家发改委出台了《新能源法》（征求意见稿）。

2007年12月18日，国家发改委发布了《产业结构调整指导目录（2007年本）》。在新目录中，压缩天然气、氢燃料、生物燃料、合成燃料、二甲醚类燃料及灵活燃料汽车和混合动力汽车、电动汽车、燃料电池汽车等新能源汽车整车，以及燃料电池及电催化器、电极、复合膜和双极板等电池关键材料，质子交换膜等关键零部件的开发及制造，都已列入了国家鼓励范围，享受鼓励政策。

2009年1月23日，中华人民共和国财政部（以下简称财政部）、中华人民共和国科学技术部（以下简称科技部）共同发布了《关于开展节能与新能源汽车示范推广试点工作的通知》和《节能与新能源汽车示范推广财政补助资金管理暂行办法》，在北京、上海、重庆、长春、大连、杭州、济南、武汉、深圳、合肥、长沙、昆明、南昌等13个城市开展节能与新能源汽车示范推广试点工作。确定了新能源汽车推荐目录管理办法，提出直接针对用户采购不同类型和节能效果的新能源汽车进行补贴的额度和方法。鼓励试点城市率先在公交、出租、公务、环卫和邮政等公共服务领域推广使用节能与新能源汽车。

2009年3月，国家发改委制定了《汽车技术进步和技术改造项目及产品目录》，明确了国家100亿专项资金重点支持项目。列入目录的是国家鼓励的项目或产品研发，如果企业有开展相关项目和技术研发，可申请技改资金支持，同时国家对研发贷款进行财政贴息。该目录三年调整一次。

2009年6月17日，中华人民共和国工业和信息化部（以下简称工信部）发布了《新能源汽车生产企业及产品准入管理规则》，对新能源汽车的范围进行了定义，规定了新能源汽车企业及产品的准入条件，并将新能源汽车发展阶段清晰地划分为起步期、发展期和成熟期三个不同的技术阶段，对不同阶段产品实行差异化管理。

2009年8月11日，财政部等四部委共同发布了《节能与新能源汽车示范推广应用车型目录》（第一批）。

2010年4月28日，《电动汽车传导式充电接口》、《电动汽车充电站通用要求》、《电动汽车电池管理系统与非车载充电机之间的通信协议》、《轻型混合动力电动汽车能量消耗量试验方法》四项国家标准通过了全国汽车标准化技术委员会电动车辆分技术委员会审查。目前，我国已制订并发布了新能源汽车相关国家标准和行业标准共计42项，其中22项已列为新能源汽车产品准入的专项检验标准。

2010年5月1日至10月31日，500辆混合动力汽车、451辆纯电动汽车、196辆燃料电池汽车累计行驶一万公里，共节约燃油2811t，圆满完成中国2010年上海世界博览会（以下简称上海世博会）交通服务。

2010年6月1日，财政部、科技部、工信部、国家发改委联合印发了《关于开展私人购买新能源汽车补贴试点的通知》，确定自2010年起在上海、长春、深圳、杭州、合肥等五个城市启动私人购买新能源汽车补贴试点工作，中央财政对试点城市私人购买、登记注册和