



“十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材

电动汽车

DIANDONG QICHE

(第三版)

胡 骅 宋 慧 主编



人民交通出版社
China Communications Press



“十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材

九江学院图书馆



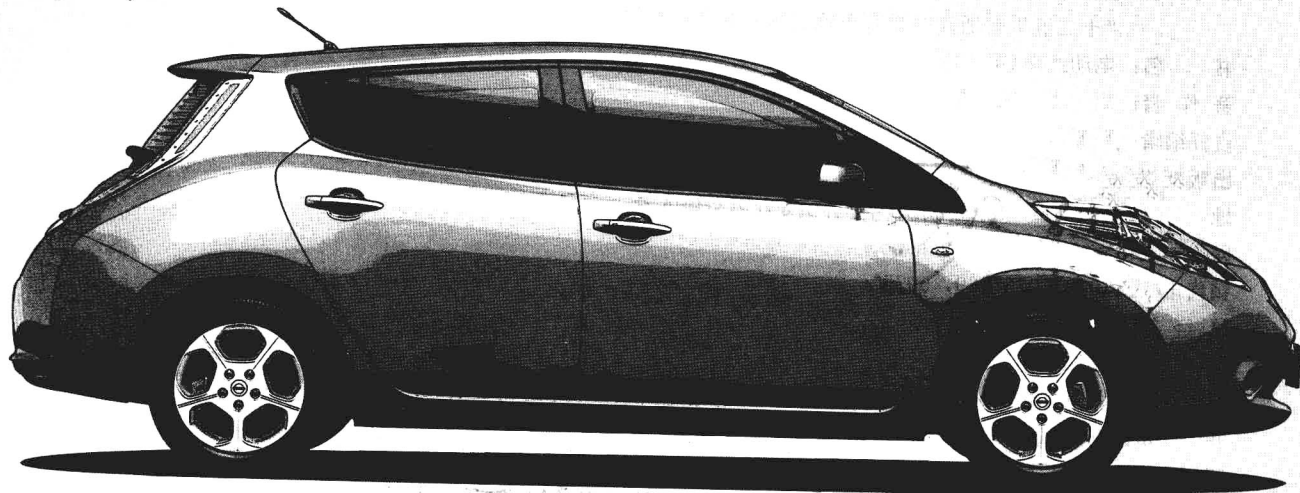
1826773

电动汽车

DIANDONG QICHE

(第三版)

胡 骅 宋 慧 主编



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书为“十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材。本书重点介绍了各类混合动力汽车、纯电动汽车和燃料电池汽车整车及关键技术装备的相关理论、技术创新和产品开发的成果,以及电动汽车实现节能减排和环保的控制策略,使读者对各种类型的电动汽车及其关键技术装备的现状和发展有基本的了解。

本书为高等院校汽车类专业教材,还可供从事电动汽车研发、制造、生产、维修等方面的工程技术人员和管理人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

电动汽车 / 胡骅,宋慧主编. —3 版. —北京:

人民交通出版社, 2012. 1

ISBN 978-7-114-09493-4

I. ①电… II. ①胡…②宋… III. ①电动汽车

IV. ①U469.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 228538 号

“十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材

书 名: 电动汽车(第三版)

著 作 者: 胡 骅 宋 慧

责任编辑: 夏 韡

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 21.5

字 数: 544 千

版 次: 2003 年 1 月 第 1 版

2006 年 10 月 第 2 版

2012 年 1 月 第 3 版

印 次: 2012 年 1 月 第 1 次印刷 累计第 6 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-09493-4

印 数: 0001-5000 册

定 价: 40.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



“十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材

编委会名单

编委会主任

龚金科(湖南大学)

编委会副主任(按姓名拼音顺序)

陈 南(东南大学) 方锡邦(合肥工业大学) 过学迅(武汉理工大学)
刘晶郁(长安大学) 吴光强(同济大学) 于多年(吉林大学)

编委会委员(按姓名拼音顺序)

蔡红民(长安大学) 陈全世(清华大学) 陈 鑫(吉林大学)
杜爱民(同济大学) 冯崇毅(东南大学) 冯晋祥(山东交通学院)
郭应时(长安大学) 韩英淳(吉林大学) 何耀华(武汉理工大学)
胡 骅(武汉理工大学) 胡兴军(吉林大学) 黄韶炯(中国农业大学)
兰 巍(吉林大学) 宋 慧(武汉科技大学) 谭继锦(合肥工业大学)
王增才(山东大学) 阎 岩(青岛理工大学) 张德鹏(长安大学)
张志沛(长沙理工大学) 钟诗清(武汉理工大学) 周淑渊(泛亚汽车技术中心)

教材策划组成员名单

顾燊鲁 黄景宇 林宇峰 张 兵 夏 韡

前言

我国政府在 2009 年哥本哈根世界气候大会上宣布：“到 2020 年，中国国内碳排放要比 2005 年下降 40% ~ 50%。”我国正在建立“低碳”工业，应对石油能源危机和防止地球变暖。汽车的能源由一元化向多元化发展，汽车产品出现了混合动力汽车、纯电动汽车、燃料电池汽车以及新型清洁燃料发动机汽车。汽车的动力系统平台也由一元化向多元化发展，并带动了所需要的关键技术装备的发展。世界各国经过 40 多年的研究和发展，各种电动汽车已经研发出了 4 ~ 5 代的车型，并经过了长期的试验和运行。

我国汽车保有量已超过 9000 万辆，2010 年年产量超过了 1800 万辆，汽车燃油消耗约占我国石油消耗总量的 1/3 以上，是我国最大的石油能源消耗产业之一，也是最大有害气体排放源之一。推广低碳、节能、减排和环保汽车的研发，对我国乃至世界资源的节约和生态环境保护具有重要的影响。

我国科技部发布的《国家中长期科学技术发展规划纲要》和《国家高技术研究发展计划（863 计划）》，以及在 2010 年发布的《现代交通技术领域电动汽车关键技术与系统集成重大项目课题申请指南》，提出电动汽车项目的总体目标是：加强电动汽车产业化关键技术突破，强化示范考核和产业化研究，建立以企业为主体的产、学、研相结合的技术创新体系，支撑和引领我国汽车工业技术进步和跨越发展。全面阐明了我国电动汽车的整车和关键技术装备在“十二五”期间的研究目标、方向和考核指标，是我国电动汽车产业化发展的指南和考核的基本准则。

我国在“十五”和“十一五”期间，研发出的多种具有自主知识产权和专利的电动汽车整车和电动汽车的关键技术装备，在北京奥运会、上海世博会、“十城千辆”电动汽车示范运行活动中，显示了我国发展“低碳”汽车工业的巨大成就和实现电动汽车产业化的坚定信念，为我国新能源汽车和电动汽车技术的发展和创新发展奠定坚实的基础。

《电动汽车（第三版）》一书以混合动力汽车、纯电动汽车、燃料电池汽车的整车和关键技术装备的研究目标、考核指标为编写指南，收集了我国在“十五”、“十一五”期间自主研发的电动汽车以及国外一些厂家研发的电动概念车和量产车的车型、总体结构、关键技术装备、动力系统技术平台、车身和底盘等的技术资料，并参考国内外专家、学者、工程技术人员的专著、论文、技术文献、产品资料、报刊资料等。

《电动汽车》一书在 2003 年和 2006 年先后两次出版，共发行 12000 册，被一些大专院校作为汽车专业选修课教材。《电动汽车（第三版）》一书是《电动汽车》前两版的延续和扩展。“十二五”期间电动汽车的新车型、新技术、新材料和新工艺正在迅速地发展与创新，《电动汽车（第三版）》一书的内容由此得到补充和更新，并努力赶上低碳时代的步伐和电动汽车技术的发展。

本书邀请武汉理工大学汽车工程学院华林院长、杨波副院长、邓亚东教授、潘牧教授和吴友宇教授等共同审阅，并请邓亚东教授主审，各位院领导和教授对本书的编写提供了宝贵资料并进行了指导。武汉科技大学信息工程学院宋慧副教授负责编写有关动力电池、燃料电池、电

能转换、电动机和控制等方面的内容。武汉理工大学汽车工程学院胡骅副教授负责编写有关整车结构、车身与底盘、传动系统、“电－电”电力耦合控制平台和“油－电”动力耦合控制平台等内容。

本书在编写过程中查阅和引用了大量公开发行的书籍、文献、论文和杂志的资料及图片，在此谨向这些资料的作者表示衷心的感谢。限于编者水平，疏漏和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正，谢谢！

2012 年 1 月

第二版前言

《电动汽车》(第一版)自2003年出版以来,已被一些大专院校采用作为汽车专业选修课教材,基本能满足汽车专业选修课程的教学的需要和学习的要求。

能源可持续开发和应用,已成为21世纪能源研发的重大课题,我国是能源消耗大国,又是石油能源紧缺国,科技部在“863”计划的电动汽车重大专项中,明确指出研发电动车辆是我国能源可持续发展和汽车工业可持续发展重要政策,制定了我国关于电动车辆的研发目标。在科技部的领导和组织下,多个研究院所、重点汽车企业、大专院校联合进行电动车辆的研究和开发,在“十五”期间研发了多种具有自主创新、科技创新、有自主知识产权的电动车辆的专利和专项技术。在一汽、二汽、上汽和多个企业中建立了我国电动车辆的整车、关键总成和零部件的生产基地,设计了多种多样的电动车辆和关键技术装备,进行大量的试制和试验,建立了电动车辆示范区,进行电动车辆的运行和营运,为电动车辆的产业化奠定了理论和实践的基础。并且在氢能源的开发方面制定了可持续发展的战略方针。

《电动汽车》(第二版)以我国“863”和“973”计划为纲,以我国“十五”期间电动车辆的整车和关键技术装备的研发成就为主要内容,按照“863”计划的“三纵、三横”的项目内容,对电动车辆和电动车辆的关键技术装备进行系统介绍。并通过多电源电力总成控制技术和多动力源混合动力控制技术,将关键技术装备和控制技术进行归纳和整合,介绍了现代技术在电动车辆上的应用情况等。构成一个完整、系统的《电动汽车》教材体系。

本书由武汉理工大学汽车工程学院邓亚东教授、邓楚南教授主审。武汉理工大学潘牧教授和吴友宇教授也参加审稿,并对《电动汽车》第二版的编写进行指导。

本书第1、2、5章,由武汉理工大学汽车工程学院胡骅副教授编写,第3、4章由武汉科技大学城市建设学院宋慧副教授编写,第2章第1节、第6章和附录由胡勇工程师编写。

本书在编写过程中查阅了大量的书籍、文献和资料,引用了其中一些技术资料和图表,在此谨向书籍、文献和资料的作者表示衷心的感谢。

限于编者水平,疏漏之处在所难免,恳请读者批评、指正,谢谢!

编者

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 纯电动汽车

第一章 电动汽车、小型电动汽车和插电式电动汽车的驱动平台	13
第一节 纯电动汽车概述	13
第二节 小型纯电动轿车	16
第三节 增程式纯电动汽车	17
第四节 插电式 PLUG-IN 电动汽车	19
第二章 动力电池	25
第一节 概述	25
第二节 动力电池	29
第三节 电池的主要性能	43
第四节 动力电池的管理系统	47
第三章 超级电容器	63
第一节 概述	63
第二节 超级电容器的结构和工作原理	67
第三节 超级电容器的管理系统	70
第四章 电能变换器	76
第一节 概述	76
第二节 直流/直流(DC/DC)电能变换器	77
第三节 直流/交流(DC/AC)电能变换器	82
第四节 交流/直流(AC/DC)电能变换器	85
第五章 驱动电动机	88
第一节 驱动电动机概述	88
第二节 直流电动机和直流发电机	90
第三节 交流电动机和交流发电机	97
第四节 永磁电动机	111
第五节 开关磁阻电动机	124
第六章 电动汽车的驱动系统	132
第一节 概述	132
第二节 电动机集中驱动系统	133
第三节 电动机轮边驱动系统	136

第二篇 燃料电池汽车

第七章 燃料电池汽车的驱动平台	143
-----------------	-----

第一节	燃料电池汽车概述	143
第二节	燃料电池汽车的“电-电”电力驱动平台	144
第三节	部分燃料电池汽车示例	145
第八章	燃料电池及氢燃料	157
第一节	燃料电池的类型	157
第二节	车载纯氢燃料的储存方法	158
第三节	车载制氢装备	163
第九章	质子交换膜燃料电池	167
第一节	质子交换膜燃料电池概述	167
第二节	单体质子交换膜燃料电池	168
第三节	燃料电池组(堆)	181
第四节	燃料电池发动机	182
第五节	燃料电池发动机的辅助装备与管理系统	185
第六节	燃料电池发动机的有关算法	196

第三篇 混合动力汽车

第十章	混合动力汽车的驱动平台	207
第一节	混合动力汽车概述	207
第二节	“微混合”混合动力汽车	209
第三节	“弱混合”混合动力汽车	210
第四节	“中混合”混合动力汽车	213
第五节	“强混合”混合动力汽车	216
第十一章	混合动力汽车发动机	223
第一节	概述	223
第二节	汽油机	224
第三节	柴油机	229
第四节	清洁燃料发动机	233
第十二章	混合动力汽车的特种电动机	237
第一节	BSG 电动/发电机	237
第二节	ISG 电动/发电机	237
第三节	内外双层转子电动机	238
第十三章	混合动力汽车的动力耦合器	240
第一节	概述	240
第二节	直联式“油-电”动力耦合装置	241
第三节	分动器式“油-电”动力耦合器	242
第四节	圆柱式行星齿轮式“油-电”动力耦合器	244
第五节	双模式“油-电”动力耦合器	254

第四篇 电动汽车整车

第十四章	电动汽车动力性能	261
-------------	-----------------	------------

第一节	概述	261
第二节	电动汽车的主要性能参数	265
第三节	再生制动与能量回收	270
第十五章	电动汽车的研发与创新	275
第一节	概述	275
第二节	共用底盘同步开发	275
第三节	整车与底盘的创新	277
第四节	电动汽车的线控系统	279
第十六章	电动汽车的控制系统	288
第一节	概述	288
第二节	电动汽车控制系统的组成	288
第三节	电动汽车的控制策略	291
第四节	电动汽车控制系统的研发	297
第五节	电动汽车总线 CAN 通信网络	299
第六节	电动汽车电气系统的控制	304
第十七章	电动汽车的行驶工况和仿真技术	310
第一节	概述	310
第二节	行驶工况	310
第三节	行驶工况的开发和内容	311
第四节	国内外部分行驶工况的研究和运用情况	314
第五节	建模与仿真	319
参考文献		328

绪论

一、能源分类和能源的可持续发展的方向

人类应用能源的发展过程是从柴开始的,我国人民早在生活经验中总结出,“柴、米、油、盐、酱、醋、茶”的日常生活需求中,“柴”(代表柴、煤炭、燃油等)是第一位的最基本的能源,如果没有“柴”,生活将无法保证。同样,没有各种能源的供应和发展,世界将会停滞不前。

现代能源是向多种能源应用方向发展。包括:矿物燃料,有煤炭、汽油、柴油、煤油等;气体燃料,有天然气、液化气、煤气、氢气等;生物燃料,有乙醇、生物柴油、沼气等;以及电能,有火电、水电、风电、核电、太阳能发电等。其中能用于内燃机汽车和电动汽车的能源见表 0-1。

能够用于内燃机汽车和电动汽车的能源 表 0-1

类 别	类 型	转 换 方 式	能量输出形式	特 性
矿物能源	石油(汽油、柴油)	内燃机、发动机-发电机组	动力、电力	不能再生
	液化石油气	内燃机、发动机-发电机组	动力、电力	不能再生
	煤炭	汽轮发电机	电力	不能再生
	天然气	内燃机、发动机-发电机组	动力、电力	不能再生
	核能	核能发电机组	电力	不能再生
	地热	地热发电机组	电力	不能再生
太阳能	光能	光伏电池	电力	可再生
	热能	热水器	热能	可再生
	水力	水力发电机组	电力	可再生
	风力	风力发电机组	电力	可再生
	潮汐	潮汐发电机组	电力	可再生
生物质能	乙醇	内燃机、发动机-发电机组	动力、电力	可再生
	生物柴油	内燃机、发动机-发电机组	动力、电力	可再生
	沼气(纤维质和粪便等)	热能	燃料	可再生
	垃圾	垃圾发电机组	电力	可再生
二次能源利用 矿物或生物能源 转换的能源	煤转化燃油	内燃机、发动机-发电机组	动力、电力	不能再生
	甲醇、乙醇	内燃机、发动机-发电机组	动力、电力	可再生
	二甲醚	内燃机、发动机-发电机组	动力、电力	可再生
	氢气	内燃机、发动机-发电机组 燃料电池组	动力、电力	可再生
二次能源电能	二次能源	各种电机电器	电力	可再生

续上表

类别	类 型	转 换 方 式	能量输出形式	特 性
暂时不能利用 的能源	可燃冰 ^①	甲烷 + 水分	—	暂时没有利用的能源
	火山热能	—	热能	不确定能量
	雷电电能	—	电能	不确定能量
	太空电站	—	电能	暂时不能利用的能源
	宇宙电磁辐射等	—	电能	暂时不能利用的能源

注:①1m³ 可燃冰可以产生 120 ~ 140m³ 甲烷气体,探明可燃冰的储存量达 $5 \times 10^{18} \text{ m}^3$ 。

1. 可再生能源

自然界的能源在使用的过程中,能够形成有规律的循环和不断的消耗—再生补充的能源,称为可再生能源,例如:由于太阳能的作用产生的水力、风力等以及各种生物能源。我国可持续发展的能源估计见表 0-2。

我国可持续发展、可再生能源的能源估计 表 0-2

可再生能源	单位	数量	备 注
太阳能	Mtce	4800	按 1% 土地面积,转换效率 20% 估算
水能	Mtce	130	所有可能利用的坝址(含微型水电站)
风能	Mtce	1700	按海陆风能可开发量计算
生物质能	Mtce	700	包括城、乡各种有机废弃物和垃圾等生物质能

注:水能、风能、生物质能都是由太阳能产生的能源,其他闪电、风暴、洋流等,也是太阳能产生的能源,属于可再生、但是暂时不可利用的能源。Mtce 指百万吨煤当量,1Mtce = $2 \times 10^7 \text{ kJ}$ 。

2. 不可再生能源

自然界的能源在使用的过程中,经过一次使用后,无法再恢复其原始形态,并且逐渐枯竭的能源,称为不可再生能源,主要为矿物能源,包括:石油(汽油、柴油)、石油气、煤气、核燃料等。

3. 一次能源和二次能源

1) 一次能源

自然界的多种能源为一次能源,一次能源为可以直接获取的原始能源,它们保持了其基本形态,可以用质量、体积、流量等进行度量,例如:煤炭、石油、油页岩、天然气、石油气水力、风力、农作物、野生植物、水生植物、树木等。

2) 二次能源

在生产和生活中,一部分需要经过加工提炼后才能使用的能源,称为二次能源,例如:汽油、柴油、石油气、煤气、氢气、蒸汽、甲醇、乙醇、电力等。

二、汽车节能、减排、环保的发展规划

1. 我国节能、减排、环保汽车发展规划

2009 年我国汽车产量达到 1500 万辆,石油的需求量激增,我国石油年产量约 1.5 亿 ~ 1.7 亿 t,2010 年进口石油约 1.5 亿 t,预计 2020 年进口石油约 2.2 亿 t。2010 年我国汽车尾气排放量仅次于美国之后,成为世界第二大汽车尾气排放国。研究和发新型清洁燃料和清洁燃料汽车,不仅对我国能源的可持续发展、汽车工业的可持续发展有重要意义,而且会促进相关的燃料工业、材料工业、机械制造工业、电子通信工业、信息技术和智能控制技术的发展。

我国从“八五”到“十一五”期间,研究和开发了多种多样的具有我国自主知识产权的纯电动汽车;2008年北京奥运会,2008—2009年“十城千辆”清洁燃料汽车示范运行,2010年上海世博会等,推动了我国混合动力汽车、纯电动汽车汽车和燃料电池汽车蓬勃的发展,展现了我国电动汽车的风采,其中大部分已实现量产化并出口到国外。

汽车生产的快速发展,给我国城市建设、道路建设、交通管理带来巨大压力。我国对石油进口的需求愈来愈大,能源的消耗将达到世界能源供应的20%。节能、减排、环保对我国能源资源节约和生态环境的保护有重要的影响。

为实现低碳社会,我国“国家中长期科学和技术发展规划纲要”(2006—2020年)第6款交通运输业中第36项关于低能耗与新能源汽车中指出:重点研究开发替代燃料汽车、燃料电池汽车和混合动力汽车、整车设计、集成和制造技术;动力系统集成与控制技术;汽车研发计算平台技术;高效低排放的内燃机、燃料电池发动机、动力电池、驱动电动机等关键部件技术;新能源汽车实验测试及基础设施技术,以及示范运行等,是我国现代环保汽车发展的基本纲领和技术发展的基本内容。

1) 863 计划中节能、减排、环保汽车重大专项

在科技部制定的《国家高技术研究发展计划(863计划)》中,设立节能、减排、环保汽车重大专项,该计划是我国汽车工业自主创新和科技创新的主攻方向,国家组织汽车企业、高等院校和科研机构进行联合攻关,在“十五”期间,我国节能、减排、环保汽车的研发取得了重大成果。研究和开发了多种具有自主知识产权的纯电动汽车、“电-电”电力耦合汽车、“油-电”动力耦合汽车、气体燃料汽车和生物燃料汽车等多项技术专利,以及各种节能、减排、环保汽车的关键装备等多项技术专利。科技部要求在“十一五”期间继承发展,自主创新,重点跨越,优化管理,遵循汽车工业发展和科技研究的规律,以市场为主导,重点突破节能与新能源汽车的关键瓶颈技术与系统集成技术,构建公共服务平台,形成总体研发体系,推动节能与新能源汽车整车和关键零部件的研发与产业化,提升我国汽车工业核心竞争能力,为保障能源安全、降低环境污染,实现汽车工业可持续发展提供有力的技术支持。为实现清洁汽车重大专项的目标,提出“三纵、三横”的研究和开发的布局。

2) 我国 973 计划中能源持续发展的战略

为实现能源持续发展的战略目标,我国在973计划能源领域设置了“氢能的规模制备、储运及相关的燃料电池基础研究”课题,其研究的目的是为有自主知识产权的、可持续发展的氢能源的规模开发奠定基础。开发车载制氢技术,储氢理论及技术的突破,研制燃料电池关键材料,燃料电池的应用理论及控制技术的突破,提高燃料电池的可靠性和降低燃料电池的成本,有助于解决燃料电池汽车产业化的难题,并有利于推广燃料电池的应用领域。2008年的北京奥运会和2010年在上海的世博会,均采用了拥有我国自主知识产权的、性能可靠的“清洁”车辆。

3) 我国各个时期电动汽车关键技术重大项目

①“十五”期间“电动汽车”重大专项。《国家高技术研究发展计划(863计划)“十五”发展纲要》,为实现我国能源的可持续发展和我国汽车工业的可持续发展,在“十五”期间为发展我国节能、减排、环保汽车,制定了指导我国电动汽车的发展规划的“三纵、三横”的重大专项(图0-1)计划。

②“十一五”期间“节能与新能源汽车”重大项目总体布置。《国家高技术研究发展计划(863计划)“十一五”发展纲要》中关于现代交通领域“节能与新能源汽车”重大项目,对汽车

节能、减排、环保的要求是：在“十一五”期间，继续发展、自主创新、重点跨越，优化管理，推动节能、减排、环保与新能源汽车的整车和关键零部件的研究和产业化，提升我国汽车工业核心竞争能力。为保障能源安全、降低环境污染，实现汽车工业可持续发展提供有力的技术支持。在“十一五”期间继续进行节能、减排、环保汽车重大专项的“三纵、三横”外，增加了“代用燃料汽车与新型燃料”的研发项目体的重大专项计划（图 0-2）。

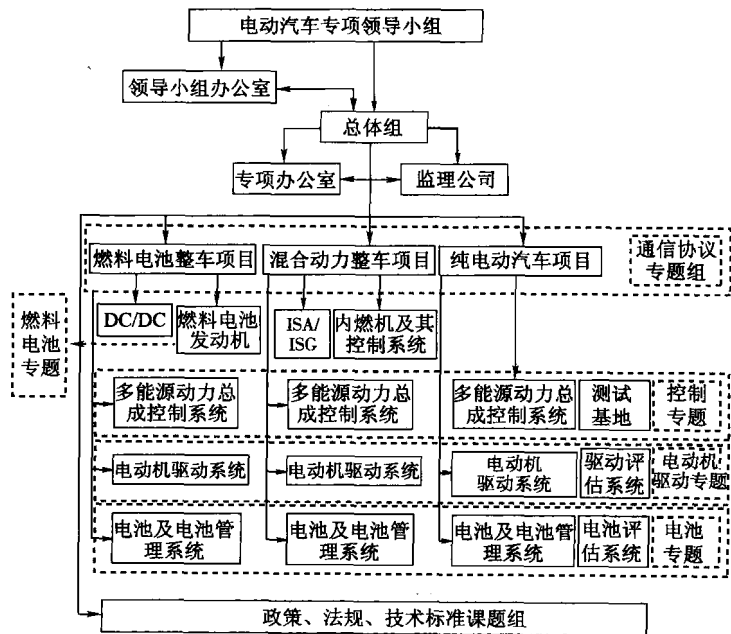


图 0-1 “十五”期间“节能与新能源汽车”重大专项计划

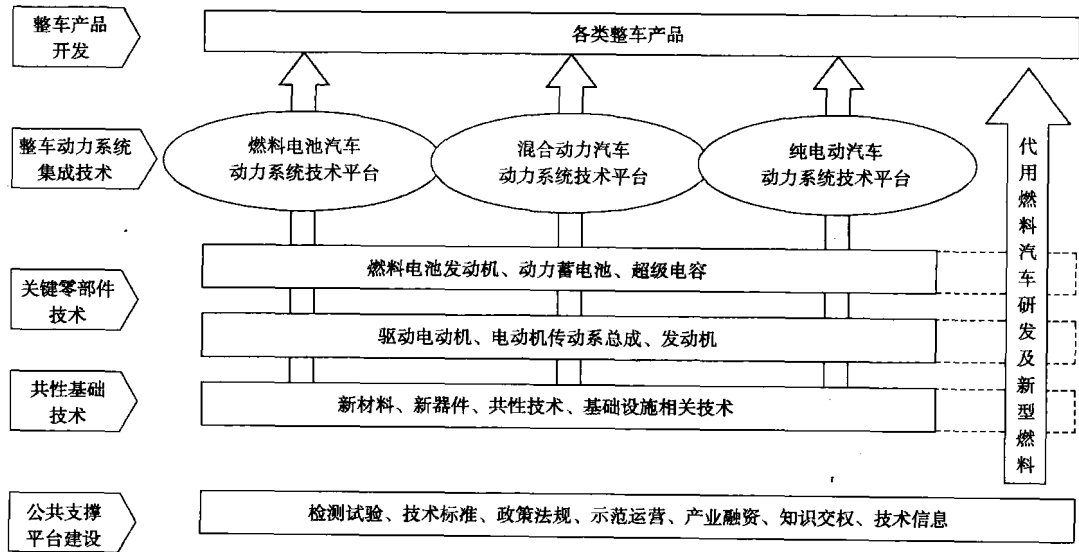


图 0-2 “十五”期间“节能与新能源汽车”重大专项计划

③“十二五”期间“电动汽车关键技术与系统集成”（一期）重大项目课题。《国家高技术研究发展计划(863 计划)“十一五”专项规划》中关于现代交通技术领域电动汽车关键技术与集成（一期）的总体目标是：加强电动汽车产业化关键技术突破，强化示范考核和产业化研究，

建立以企业为主的产、学、研相互合作的技术创新体系,支持和引导我国汽车工业技术进步和跨越式发展。

4)我国新能源汽车的发展和应用

北京奥运会期间,我国新能源汽车的展示。我国在 2001 年申办奥运成功,科技部、北京市联合启动了“2008 奥运科技行动计划”,提出了“绿色奥运、科技奥运、人文奥运”三大理念,应用了大量我国自主研发的节能、减排、环保的新技术,多种新能源“低碳”汽车,展示我国多元化新能源汽车的阵容,举办了有史以来最节能、减排、环保的奥运会。

①混合动力汽车:

a. 一汽集团公司研发的 10 辆混合动力客车,东风汽车公司研发的 15 辆混合动力客车,在北京奥运专线上作为公交车进行营运。

b. 一汽集团公司研发的 5 辆混合动力高级汽车,奇瑞汽车公司研发的 50 辆混合动力汽车,长安汽车公司研发的 20 辆混合动力汽车,在北京奥运专线上作为出租车进行营运。

②纯电动汽车:

a. 东风汽车公司制造了 415 辆纯电动场地服务车。

b. 北京理工大学与北京市公交总公司共同研制的 50 辆锂离子蓄电池的纯电动客车,在奥运村内环线 3 条公交路线上运行。

③燃料电池汽车:

a. 上海神力动力公司、同济大学、上汽集团公司共同研发,由上海大众汽车公司制造的燃料电池汽车 20 辆,作为奥运赛场公务用车。

b. 清华大学与北汽福田汽车公司共同研制的燃料电池客车 5 辆,在北京公交路线上进行了 1 年的示范运行。

在北京 2008 年奥运会期间,我国自主研发的新能源汽车展现了出色的使用性能,标志着我国新能源汽车在安全性、可靠性、节能、减排和环保等各种性能方面,都有了很大的发展和突破,是我国新能源汽车的大展示和大检阅,对推动我国节能、减排、环保汽车的进一步提高,为实现节能、减排、环保汽车的产业化奠定了基础,为进一步在国内推广节能、减排、环保汽车市场提供了商机。

上海世博会期间,我国新能源汽车的展示。上海世博会采用了具有我国知识产权的 1000 余辆清洁能源汽车,其中 500 辆为混合动力汽车,306 辆为纯电动汽车,196 辆为燃料电池汽车。

在上海世博会期间,我国自主研发的、能够实现产业化生产的新能源汽车,在数量、安全性、可靠性、节能、减排和环保等各种性能方面,已经达到了世界清洁燃料汽车的水平,实现了城市车辆“低碳”运行。在新能源汽车的整车和关键技术装备的生产和制造方面,已具备产业化大批量的能力,并在电力供应、氢燃料供应方面,建立了系统过程,为进一步在国内推广批量生产节能、减排、环保汽车提供了范例。

5)我国新能源汽车推广规划

①“十城千辆”示范运行。科技部计划在 2008 年到 2012 年,用 3 年的时间在 10 个有条件的大城市进行“十城千辆”的推广新能源汽车的示范运行计划。参加示范运行的有 13 个大城市,这为我国新能源汽车的产业化奠定基础。如今我国的电动汽车已出口到多个国家。

②新能源汽车发展规划。“十二五”期间,在我国国有企业和多个省市推广新能源汽车生产的产业化,新能源汽车将达到 300 万辆,约占当年汽车总产量的 6% ~ 8% 左右。新能源汽车的发展将为建立低碳汽车工业和防止地球变暖作出巨大贡献。

2. 美国节能、减排、环保汽车的发展规划

1) 美国的 PNGV 计划(图 0-3)

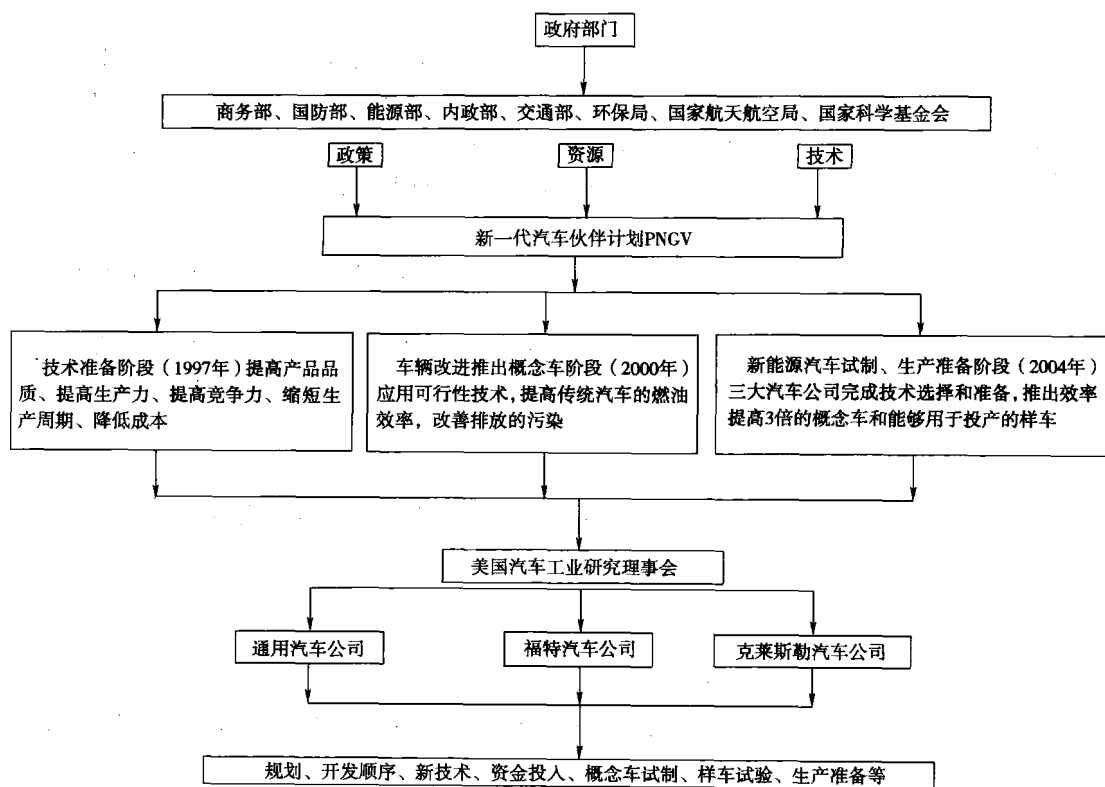


图 0-3 美国 PNGV 计划组织示意图

美国在 1993 年 9 月对汽车能源的可持续发展发布了 PNGV (The Partnership for a new Generation of Vehicle) 计划,当年参与协调的政府部门有:商务部、国防部、能源部、内政部、交通部、环保局、国家航天航空局和国家科学基金会等,美国联邦政府和美国三大汽车公司为实现 PNGV 计划投入了大量的资金和技术力量,明确地提出要改善和增强美国制造业的竞争力及其用户的利益,尽快地将商业可行性的技术创新成果应用于汽车生产中,开发出燃料燃烧反应效率高于现行汽车 3 倍的新一代汽车。

美国三大汽车公司对 PNGV 计划进行了分工、合作和实施,它们在新能源、能源储备、电子技术、新型材料、制造技术、车辆轻量化和系统分析等方面,进行了全面的研究、开发,创新和制造了多种新型概念车。先后推出了高性能发动机,燃料电池电动车辆,混合动力电动车辆等新型车辆。

PNGV 研究和创新的技术领域包括:①研究、开发和应用新型燃料和动力源,例如:天然气、液化石油气、氢气、生物燃料、电动推进装备等;②改进和改革车辆的动力系统,更有效地提高燃料燃烧转换的热效率,例如:涡轮增压、新型燃料燃烧理论、燃料直喷技术等;③推广轻型材料的应用,降低车辆的各种阻力,如新型高效的空调系统等,以降低车辆对能源的消耗;④开发新型燃料储存装置,例如:高能电池、超级电容器、飞轮等,有效地回收车辆在制动时反馈的能量等;⑤采用现代先进的设计方法,例如:计算机辅助设计、模拟设计、仿真技术和虚拟装配等。参加 PNGV 计划的还有 21 个联邦实验室、51 所大学和研究院所,共进行了 1200 多项技

术研究。

PNGV 计划对美国汽车工业提出的目标:

①改善和加强美国汽车制造厂的竞争能力,提高汽车制造技术和生产力,提高产品的质量,降低生产成本和生产周期。

②在传统的汽车上广泛地采用可行性、商业化的新技术,提高汽车的安全性,提高燃料燃烧效率,减少废气排放。

③开发新一代安全、节能、减排和环保的汽车,将轿车的燃油效率提高约三倍,达到 3L/100km 的目标。

PNGV 计划特别提出了技术创新是提高竞争力的关键,计划提出要围绕安全、节能、减排、环保等领域,采用新能源,推广电动汽车、燃料电池汽车和混合动力汽车达到规模经济效益,研发和采用电动汽车用的动力电池、燃料电池、共用平台、模块化总成、计算机、电子、通信等新技术、新材料和新工艺,提高零部件通用化,开发新型安全、节能、环保的电动汽车。

2) 美国的“自由汽车开发计划”Freedom CAR Plan

美国在 2002 年 9 月发布的“自由汽车开发计划”Freedom CAR Plan (Freedom Cooperative Automotive Research Partnership Plan), 由美国政府将项目资金拨给大学和政府重点实验室, 重点研究和开发的项目为: 燃料电池动力系统; 氢能储存系统; 国家氢能的基础设施的技术研发; 支持有关氢能的基础设施的法规和标准的研究; 用于燃料电池混合动力汽车和内燃机混合动力汽车的电驱动系统的新型电能储存装置的研究; 轻量化汽车结构材料的开发; 内燃机用先进燃料和排放控制系统的开发等。2010 年应达到的技术指标的目标为:

①为了确保未来的燃料电池动力系统在可靠性和价格上能与传统的内燃机/自动变速器的汽车动力系统竞争,其目标为:

a. 燃料电池电驱动系统在 18s 内产生的驱动功率不低于 30kW, 持续功率不低于 55kW, 燃料电池最高效率达到 60%, 寿命达到 15 年。

b. 建立可靠的燃料电池系统, 以氢为燃料的燃料电池最高转换效率 $\geq 60\%$, 比功率达到 325W/kg, 功率密度 220W/L。成本目标 2010 年前达到 45 美元/kW, 2015 年前达到 30 美元/kW。

②使用清洁碳氢燃料的, 不论是以内燃机为动力或以燃料电池为动力的清洁、高效车辆的研发目标为:

a. 内燃机动力系统的最高循环效率达到 45%, 排放达到或低于最新排放标准的规定限额。成本目标 30 美元/kW。

b. 以氢燃料和经过改质产生的氢燃料的燃料电池系统的最高效率达到 45%, 成本目标 2010 年前达到 45 美元/kW, 2015 年前达到 30 美元/kW。

③混合动力汽车的电驱动系统, 采用的动力电池系统的功率达到 300W, 在 18s 内放电功率达到 30kW, 寿命达到 15 年。

④为了向氢能源过渡, 要求扩大氢能源的供应, 以保证燃料电池车辆功能特性的目标如下:

a. 开发各种可再生或不可再生的氢能源, 建立符合商业化法规和标准的氢能源供应系统工程, 成本为氢能源转换为当量汽油的价格, 应与汽油价格相当。

b. 氢储存系统按质量计算, 比能量达到 2000W · h/kg, 能量密度 1100W · h/L, 成本为 5 美元/kW。