



21世纪交通版

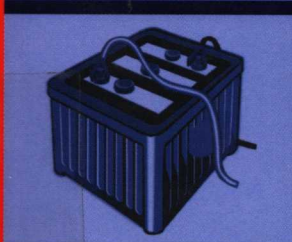
高等学校车辆工程专业教材

(第二版)

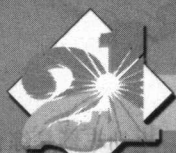
电动汽车

Diandong Qiche

◎ 胡 骅 / 宋 慧 主编



人民交通出版社
China Communications Press



21世纪交通版

高等学校车辆工程专业教材

U469.72

2

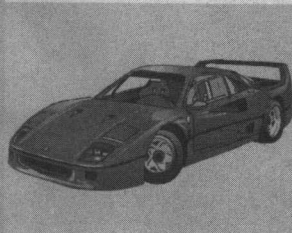
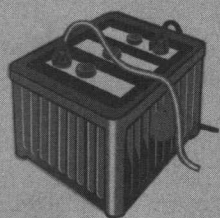
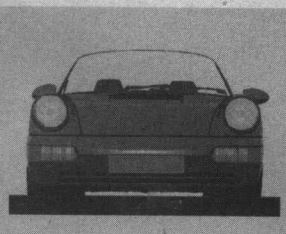
2006

(第二版)

电动汽车

Diandong Qiche

◎ 胡 骅 / 宋 慧 主编



件

慧 宋 骅 编 著 书 稿

社 特 嘉 琳 斌 游 游 王 责

社 编 出 版 交 通 人 行 发 总 出

址 址 (100011) 北 京 市 朝 阳 区 安 家 营 门 外 路 100011 号

网 址 <http://www.cctpress.com.cn>

社 电 话 (010) 82328238, 82328232

社 总 经 理 北 京 中 文 交 通 出 版 有 限 公 司

社 经 理 北 京 中 文 交 通 出 版 有 限 公 司

社 经 理 北 京 中 文 交 通 出 版 有 限 公 司

社 经 理 北 京 中 文 交 通 出 版 有 限 公 司

社 经 理 北 京 中 文 交 通 出 版 有 限 公 司

社 经 理 北 京 中 文 交 通 出 版 有 限 公 司

社 经 理 北 京 中 文 交 通 出 版 有 限 公 司

社 经 理 北 京 中 文 交 通 出 版 有 限 公 司

社 经 理 北 京 中 文 交 通 出 版 有 限 公 司

社 经 理 北 京 中 文 交 通 出 版 有 限 公 司

社 经 理 北 京 中 文 交 通 出 版 有 限 公 司

社 经 理 北 京 中 文 交 通 出 版 有 限 公 司

人民交通出版社

内 容 提 要

电动车是现代汽车发展的前沿学科,是汽车工业可持续发展的主要方向之一。电动车是综合运用了汽车、发动机、机械、蓄电池、燃料电池、电子、电气、化工、材料和现代控制理论等多个方面的科学知识和技术成就的新型车辆,将成为 21 世纪运载乘客和货物的重要车型。

本书介绍了我国 863 规划中电动车重大专项基本内容,对我国“十五”期间电动车自主研发和科技创新的发展情况进行归纳和整合,并引用了国内生产企业、研究院所、大专院校所开发的整车、关键技术装备、重要零部件、控制理论、性能参数、图形等技术资料,以建立本书的教材体系。本书为高等学校汽车专业电动汽车的选修课程教材,也可供从事电动汽车研究、开发、制造、生产和管理等方面的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电动汽车 / 胡骅, 宋慧主编. — 2 版. — 北京: 人民交通出版社, 2006.8

高等学校车辆工程专业教材

ISBN 7-114-06140-4

I. 电... II. ①胡... ②宋... III. 电传动汽车—高等学校—教材 IV. U469.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 102700 号

高等学校车辆工程专业教材

书 名: 电动汽车 (第二版)

著 作 者: 胡 骅 宋 慧

责任编辑: 刘敏嘉 钟 伟

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) 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787 × 980 1/16

印 张: 14.75

字 数: 286 千

版 次: 2006 年 10 月第 1 版

印 次: 2006 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-114-06140-4

印 数: 0001 — 4000 册

定 价: 22.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



21 世纪交通版高等学校车辆工程专业教材

编 委 会 名 单

编委会主任

陈礼璠(同济大学)

编委会副主任(按姓名拼音排序)

陈 南(东南大学)

杜子学(重庆交通学院)

方锡邦(合肥工业大学)

谷正气(湖南大学)

编委会委员(按姓名拼音排序)

陈 明(同济大学)

陈全世(清华大学)

陈 鑫(吉林大学)

戴汝泉(山东交通学院)

邓亚东(武汉理工大学)

杜爱民(同济大学)

冯崇毅(东南大学)

冯晋祥(山东交通学院)

龚金科(湖南大学)

关家午(长安大学)

过学迅(武汉理工大学)

韩英淳(吉林大学)

何丹娅(东南大学)

何 仁(江苏大学)

何耀华(武汉理工大学)

胡 骅(武汉理工大学)

黄韶炯(中国农业大学)

金达锋(清华大学)

李晓霞(长安大学)

刘晶郁(长安大学)

鲁植雄(南京农业大学)

栾志强(中国农业大学)

罗 虹(重庆大学)

任恒山(湖南大学)

宋 慧(武汉科技大学)

谭继锦(合肥工业大学)

王国林(江苏大学)

温吾凡(吉林大学)

吴光强(同济大学)

席军强(北京理工大学)

张 红(中国农业大学)

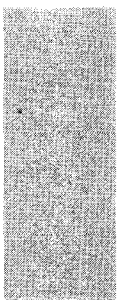
张启明(长安大学)

赵福堂(北京理工大学)

钟诗清(武汉理工大学)

教材策划组成员名单

刘敏嘉 白 崑 钟 伟 翁志新 黄景宇



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,国家科技部在“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”规划为纲,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”规划的“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。

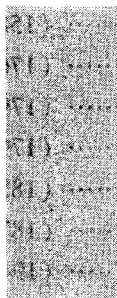
本书由武汉理工大学汽车工程学院邓亚东教授、邓楚南教授主审。武汉理工大学潘牧教授和吴友宇教授也参加审稿,并对《电动汽车》第二版的编写进行指导。

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



第 1 章 绪论	(1)
1.1 21 世纪汽车工业面临的挑战	(1)
1.2 电动车辆	(4)
1.3 我国的电动车辆的研发情况	(6)
1.4 世界主要国家的电动车辆的研发计划内容摘要	(13)
1.5 电动车辆整车的建模	(16)
1.6 道路工况模拟	(19)
第 2 章 电动车辆	(22)
2.1 概论	(22)
2.2 纯电动车辆	(25)
2.3 燃料电池电动车辆	(35)
2.4 混合动力电动车辆	(52)
第 3 章 电动车辆共性关键技术装备	(81)
3.1 蓄电池的结构和工作原理	(81)
3.2 超级电容器	(94)
3.3 质子交换膜燃料电池的燃料	(97)
3.4 质子交换膜燃料电池的结构和工作原理	(103)
3.5 其他类型的动力型燃料电池	(112)
3.6 驱动电动机	(119)
第 4 章 多电源电力总成的控制系统	(133)
4.1 概述	(133)
4.2 蓄电池的特性和建模	(136)
4.3 超级电容器的特性和建模	(140)
4.4 质子交换膜燃料电池的特性和建模	(142)
4.5 电流变换器的结构和工作原理	(155)



4.6	驱动电动机的特性和建模	(158)
4.7	燃料电池电动车辆的多电源电力总成的控制策略和控制系统	(176)
第5章	多动力源混合动力控制系统	(179)
5.1	混合动力电动车辆的发动机、电动机和传动系统	(179)
5.2	ISA/ISG 的结构和工作原理	(185)
5.3	动力混合器的结构和工作原理	(187)
5.4	混合动力电动汽车的多动力源混合动力总成的控制系统	(194)
第6章	现代技术应用	(201)
6.1	现代控制技术	(201)
6.2	仿真技术	(207)
6.3	CAN 总线系统	(210)
6.4	线控技术	(213)
附表1	部分纯电动车辆的动力电池组和驱动电动机和整车动力的匹 配关系	(215)
附表2	部分燃料电池电动车辆的燃料电池、驱动电动机和整车动力的匹 配关系	(217)
附表3	部分混合动力电动车辆的发动机、驱动电动机和整车动力的匹 配关系	(218)
附 录	国内外电动汽车标准目录	(220)
参考文献		(226)



第1章 绪论

本章介绍 21 世纪世界能源的现状和发展情况,我国“863”计划中对我国能源可持续发展和汽车工业可持续发展的规划和纲要。世界各国电动车辆的发展现状和方向。电动车辆的建模和道路工况的模拟。

1.1 21 世纪汽车工业面临的挑战

内燃机汽车经过 120 多年的发展和壮大,在安全、节能、环保、舒适和价廉等方面取得了重大的进展。但是,内燃机汽车的发展也正在面临可持续发展能源的挑战,大气环保和地球温室效应(变暖)的挑战,以及噪声方面的限制等。

1.1.1 能源

目前,世界上各种汽车的保有量超过 7 亿辆,每年新生产的各种汽车约 5000 万辆,按平均每辆汽车年消耗 10~15 桶石油制品计算,汽车的石油消耗量每年达到 80~100 亿桶,约占世界石油产量的一半以上。石油资源的开采每年达到几十亿吨,经过长时期的现代化大规模地开采,石油资源日渐枯竭,按科学家预测,地球上的石油资源如果按目前的消耗水平,石油资源仅仅可以维持 60~100 年。21 世纪以来,石油价格的上涨已对世界经济的发展形成了巨大的威胁,人类将面临更加严峻的石油资源的危机和挑战。

1. 汽车利用能源的方式

大多数汽车是用内燃机作为驱动动力,燃料在内燃机中快速燃烧,使燃料的化学能转变为热能,通过活塞和曲柄连杆运动将热能转换为机械能使汽车运行。在汽车满负荷条件下,汽油车的总效率 15%~16%,柴油车约为 18%~22%,在部分负荷运转的条件下,内燃机的效率还更低一些。面对石油资源危机,各个国家正在采用开发出气体燃料(天然气、液化石油气等)、醇类燃料、烃类燃料、植物柴油等作为汽油和柴油的替代燃料。





2. 能源的可持续发展

电能包括火力发电、水力发电、风力发电、潮汐发电、核能发电和太阳能发电等,电能已成为主要的可持续发展能源,电力输出后,经过蓄电池来作为电动汽车能源,电动汽车的总效率为 20% ~ 22%。

氢能源的开发和应用,也成为未来的可持续发展的能源之一。用氢气作为燃料的燃料电池,理论效率约为 80%,燃料电池电动汽车的效率约为 30% 左右,氢气还可以直接在经过改进的内燃机中作为燃料来产生动力,将给汽车提供可以直接使用的新能源。

20 世纪后期各种采用电能和氢气为能源的电动汽车、燃料电池电动汽车、混合动力电动汽车和氢发动机汽车,正在不断地涌现和快速地进步。

1.1.2 环保

内燃机汽车上产生动力的同时,会产生燃烧废气,包括二氧化碳(CO_2)、一氧化碳(CO)、氮氧化物(NO_x)和碳氢化合物(HC)等有害气体,对大气环境造成污染,对人体造成伤害。

1997 年 12 月联合国气候大会在日本京都通过了《联合国气候变化框架公约》(京都议定书)对工业化国家温室气体的排放限排的二氧化碳、甲烷、氮氢化合物以及三种含卤烃气体的排放总量的削减量的比例的限制。第一阶段提出的为 2008 ~ 2012 年对美国、欧盟、日本、加拿大等主要工业发达国家的排放削减量的比例。第二阶段为 2012 年以后,将讨论对发展中国家的排放削减量的比例。中国是参加《联合国气候变化框架公约》的发展中国家,对气候变化问题给予高度重视,并采取了积极的应对措施,为实施《联合国气候变化框架公约》做好准备。

1. 二氧化碳(CO_2)

二氧化碳是石油燃料在燃烧之后产生的废气之一,二氧化碳排放会使地球的大气变暖,形成的“温室效应”,使南极冰雪覆盖层融化造成世界性的气温失调,出现“额尔尼诺”现象,并且能够引起人类发生多种疾病。欧盟、日本和韩国的削减汽车排放的限值见表 1-1。

2. 一氧化碳(CO)

一氧化碳是石油燃料在燃烧不完全时的产物,一氧化碳是一种毒性很大的气体,当大气中一氧化碳的浓度达到 120 ~ 1000ppm 时,人们就会立即中毒身亡。一氧化碳能够在大气中停留 2 ~ 3 年,在城市上空形成稳定的污染层,对大气环境造成严重的危害。

3. 氮氧化物(NO_x)

氮氧化物是石油燃料在高温条件下燃烧的产物,包括一氧化氮(NO)和二氧化氮(NO_2),当大气中的二氧化氮浓度达到 5ppm 时,人们就会出现呼吸失调的症状,引起肺功能衰退、伤风、感冒或眼睛发炎等, NO_2 并可能形成酸雨对植物和农作物造成危害。

欧盟、日本和韩国的削减汽车 CO₂ 排放的限值(平均)

表 1-1

协 会 名 称	CO ₂ 排放量(g / km)				
	年 份				
	2003	2004	2008	2009	2012 *
ACEA	165 ~ 170	—	140	—	120
JAMA	165 ~ 175	—	—	140	120
KAMA	—	165 ~ 175	—	140	120

* 2012 年削减汽车 CO₂ 排放的限值还在探讨中。

4. 碳氢化合物(HC)

碳氢化合物是石油燃料中的烃分子在燃烧不完全时的产物,空气中的碳氢化合物对人类的视觉和听觉会产生刺激作用,而且可能使人体发生癌变。

5. 光化学烟雾

在大气中如果存在氮氧化物和碳氢化合物时,在适当的条件下和在阳光的作用下,会产生光化学烟雾。光化学烟雾浓度增大时,会使人们感觉到呼吸紧张和头疼等。

6. 碳微粒(C)

在柴油机中的柴油燃烧不充分时,会排出大量的黑烟,黑烟中大部分为没有燃烧的碳微粒,碳微粒的直径约 0.1 ~ 10 μ m 的多孔性微粒,碳微粒上有时附着有苯丙芘等致癌物质,对人类造成伤害。

7. 噪声

内燃机汽车的噪声主要是燃烧噪声、进气和排气过程中气体的空气动力性噪声,这些噪声随汽车的行驶,飘逸在其经过的环境中,在大城市中,汽车所产生的噪声几乎 24 小时不停息,给城市人们的生活、休息和睡眠带来极大影响,汽车所产生的噪声会引起人们的神经系统和心血管系统功能的紊乱。目前只是在每台汽车上装置降低噪声的处理系统,以降低噪声,达到国家规定的标准。噪声降低的处理一般会因消耗一部分发动机的能量而降低内燃机的效率。

内燃机汽车所产生的有害排放物随着汽车的流动,散布在其所经过的所有地方,特别是散播在城市上空 20 ~ 30m 的近地面的空间中。这些地方也正是人们主要的生活区域,但又没有办法进行对这些散发的废气的收集和处理。因此,只有在每一辆汽车上配备一套废气处理系统,各国虽然制定了严厉的法规来限制汽车排放对大气环境污染。但因为汽车有庞大的保有量,即使采用“低污染”汽车,每天所产生的废气对大气的污染仍然是十分可观的。



1.2 电动车辆

1.2.1 电动车辆的种类

1. 外供电源的电动车辆

包括各种架空线供电车辆(电气“火车”、城市有轨电车和无轨电车等),和各种轨道供电车辆(地铁、轨道车等)。它们由架空线或轨道输入电能,直接用电动机来驱动车辆行驶。它们的特点是不需要装置复杂的能量转换装置,动力性好,运载能力大,结构简单,但受到架空线或轨道的线路长度的限制,只能在固定的线路和轨道范围内行驶,不能自由驰骋。

2. 自携电源的电动车辆

包括纯电动车辆、燃料电池电动车辆和混合动力电动车辆,它们的特点是不受架空线或轨道的线路和长度限制,可以自由驰骋不同的道路上和没有道路的地方(越野),并且可以在外星“地面”上行驶。电动车辆共同特点是:(1)必须具备一种或多种电源(包括蓄电池、超级电容器、燃料电池);(2)必须具备电动机驱动系统:包括直流电动机、交流电动机、永磁电动机、开关磁阻电动机,轮毂电动机驱动系统等;(3)混合动力电动车轮除配备电力驱动系统外,还配备了有内燃机驱动系统。

1.2.2 各国电动汽车的进展情况

1. 纯电动汽车(EV)

纯电动汽车是“零污染”的车辆,不需要石油资源,不排放废气,电动机驱动噪声小、易于控制,可以获得良好的稳态特性和实现四象限(再生制动)的运转,没有复杂的传动系统和机械式的逆转装置。但受到蓄电池的比功率和比能量的较低,充电时间长等的限制,使得目前的纯电动汽车的动力性、机动性和续驶里程等还较低。另外蓄电池组的体积和重量大,使车辆的整备质量太大,给纯电动汽车的发展带来一定的影响。

通用汽车公司的 EV-1、S-1、Impect,福特汽车公司的 ETX-1、ETX-2、Rcostar、Ranger,丰田汽车公司的 RAV4EV,雪铁龙汽车公司的 AX106、SAXO 等 EV,采用了镍-氢电池、锂离子电池等高能电池,快速充电时间减少到 15~20min,续驶里程增加到 300~400km,但 EV 的动力性和机动性能还赶不上内燃机轿车,目前纯电动汽车较多是电动大客车、小型电动游览车辆和生活用电动车辆。

2. 燃料电池电动车辆(FCEV)

1989 年克莱斯勒-彭塔斯塔电子公司制造了一辆燃料电池-铅酸蓄电池混合电力的 FCEbus,采用液冷磷酸盐燃料电池,燃料电池的功率为 25kW,铅酸蓄电池的功率为





43kW,于1989年末开始试验。美国能源研究小组 ERC 也研制了一辆磷酸盐燃料电池-镍镉电池的混合动力 FCEbus,燃料电池的功率为 32kW,铅酸蓄电池的功率为 30kW,1989 年完成全部试验工作。

加拿大巴莱特(Ballard)公司在质子交换膜燃料电池 PEMFC 的开发方面处于领先地位,研究了 105kW 级的 PEMFC,以及采用 PEMFC 的总功率为 205kW 的燃料电池大客车。

美国“新一代汽车协会”PNGV(Partnership for a New Generation of Vehicle),全方位地开展了对 PEMFC 的研究,采用氢气、甲醇、乙醇、其他碳氢化合物和汽油等多种燃料进行试验,目标是实现 PEMFC 系统的轻量化和小型化,美国杜邦公司(Du Pont)开发的全氟质子交换膜在 PEMFC 上已得到广泛地使用。PEMFC 经过 20 多年的发展和改进,性能有了快速的提高,在燃料电池电动汽车使用上显示出更大的优势。

质子交换膜燃料电池 PEMFC 具有能量转换率高、能耗少、比功率大、工作温度低、启动快、寿命长、体积小和设计制造容易等优点。特别适宜在 FCEV 上布置,PEMFC 已经成为 FCEV 的主要电力源,有不同功率系列的燃料电池实现了商品化。

世界各大汽车公司都十分重视 FCEV 的研究和开发,美国通用汽车公司于 1994 年起先后开发了“氢动一号”、“氢动三号”FCEV,用液氢和压缩氢气进行了不同的性能试验。戴姆勒-克莱斯勒汽车公司(奔驰汽车公司)于 1994~2000 年之间,研发了 Necar-1~Necar-5 电动车辆和 Nebus-1~Nebus-4 电动大客车,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。日本丰田汽车公司于 1996~1997 年研究开发了用储氢金属物和用甲醇经过重整的氢气,研发了 RAV4 型和 FCHV 型 FCEV。本田汽车公司于 2000 年研发了 FCX-V 系列 FCEV 等。

进入 21 世纪,FCEV 得到迅速的发展,通用汽车公司的 Autonomy Skateboard(自主魔力)、Hu-wire 等 FCEV 摆脱了用传统汽车底盘改装为 FCEV 的羁绊,出现了滑板式整体平台,可以装配不同的车身,率先采用了 X-by-wire 的控制技术,使 FCEV 脱颖而出。丰田汽车公司研发的 Fine-S、Fine-N,本田汽车公司研发的 KIWAMI、IMASD 等 FCEV,都使得 FCEV 技术进入了全新的时代。

FCEV 是比 EV 有更高性能的电动车辆,有希望作为 21 世纪电动车辆的主力军,科学家和工程师正在致力 PEMFC 的小型化和轻量化,并且在氢燃料的制取、储存、运输和灌装等系统工程技术进行开发,为 FCEV 发展提供了有利条件。

3. 混合动力电动汽车 HEV

混合动力电动汽车 HEV 是一种新型车型,也是一种过渡型车型,在 21 世纪 HEV 将会得到迅速地发展。

1991 年大众汽车公司的 Chico(济科)牌 HEV 微型汽车,采用三缸汽油机和一台电动机,共同组成了世界上第一辆 HEV。1993 年 9 月,美国“新一代汽车协会”提出新开发的 HEV 概念车计划,美国三大汽车公司都先后推出了 HEV 的概念车。通用汽车公司为



PreceptHEV 概念车,福特汽车公司为 Prodigy-HEV 概念车,克莱斯勒汽车公司为 Dodge-ESX3 的 HEV 概念车等,都采用发动机为主,电动机为辅的配置方式来达到 PNGV 提出的要求。丰田汽车公司的“普瑞斯”(Prius)已经经过 4 轮的试制,开始走向产业化生产。2000 年在美国上市,2005 年与我国一汽集团公司签订共同生产“普瑞斯”轿车的协议。丰田汽车公司还继续研发了 Highlander、RX400H(雷克萨斯)和 CS&S 等新型 HEV。本田汽车公司研发的 Accord-HEV 和 Civic-HEV 是一种“轻度混合”的 HEV,三菱汽车公司研发的 Eclipse-HEV 具有现代化的造型。

4. 氢发动机汽车

德国宝马汽车公司在宝马“7 系列”、V6 发动机的轿车上,采用氢气作为氢发动机的燃料,以后又研发 H2-R 氢发动机汽车。马自达汽车公司在转子发动机的轿车上,也是采用了氢气作为燃料。氢发动机汽车装置了特种的燃料混合器,部分摆脱了对石油燃料的依赖,为氢燃料的应用开辟了新的途径。

5. 电动车辆的实质性能

EV 和 FCEV 采用蓄电池储存的电或燃料电池产生的电能,配合辅助电源(超级电容器或发动机-发电机组)用电能取代石油的化学能。用电动机将电能直接转换为机械能,取代发动机经过曲柄连杆机构来产生机械能,并有效地回收制动时反馈的能量。通过多电源电力总成的控制系统,来实现不用石油资源、节能和零污染排放的目的。但当前蓄电池的比功率和比能量较低,燃料电池未实现产业化和氢燃料的系统工程不完善,还需要进一步改进和提高。

HEV 保持了内燃机的动力系统,配置不同形式,不同功率的电力驱动系统,用多种多样的混合装置,将内燃机的动力和电动机的动力通过多动力源混合动力控制系统,来实现降低燃料消耗,减少排放,达到节能和低污染或超低污染的目的。但 HEV 还需要依赖石油资源。

1.3 我国的电动车辆的研发情况

1.3.1 我国 863 计划的 EV、FCEV 和 HEV 的研发纲领

在国家科技部,国家高技术研究发展计划(“863”计划)中,设立电动汽车重大专项,选择新一代电动汽车技术作为我国汽车工业自主创新和科技创新的主攻方向,组织汽车企业、高等院校和科研机构,以官、产、学、研四位一体的方式进行联合攻关,计划在“十五”期间,以电动车辆的产业化技术平台为工作重点,力争在电动车辆关键技术、系统集成技术等方面取得重大突破,促进电动车辆符合现代企业制造和市场经济发展要求的研发体系和机制的形成。





电动汽车重大专项提出“三纵、三横”的研究和开发的布局,强调建立符合整车开发规律的严密的整车开发程序,以燃料电池电动车辆 FCEV(包括燃料电池专项)、混合动力电动车辆 HEV 和纯电动车辆 EV 的整车为主导(三纵),带动关键零部件、多能源动力总成控制系统、电机驱动系统、电池和电池管理系统(三横),并与相关材料研发紧密结合、基础设施协调发展,使整车控技术和电子技术的研发全面地同步开展。这是我国第一次全面、完整地提出有关 EV、FCEV 和 HEV 发展和产业化的宏伟纲领(图 1-1)。

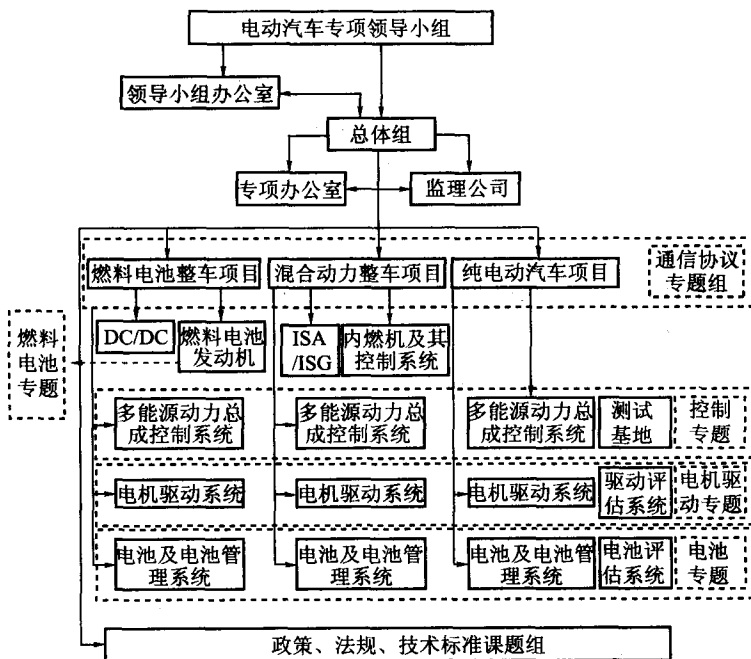


图 1-1 电动汽车重大专项提出的“三纵、三横”布局及其组织管理模式

1. EV、FCEV 和 HEV(三纵)发展和产业化

1) 燃料電池轿车和燃料電池客车

(1) 研究目标

开发出燃料電池轿车和客车的整车的性能,能够到目前国际先进水平;通过样车开发,研制出原型车,并进行示范运行;提供整车试车报告和特性参数,整车和零部件技术资料,整车控制策略和设计参数,整车价格分析和营运计划等;建立燃料電池轿车和客车产品的技术平台,为燃料電池轿车和客车提供前期产品开发平台。

(2) 主要研究内容

燃料電池轿车和客车的技术包括整车开发;燃料電池发动机,DC/DC 变换器,电池系统,电机驱动系统和整车多电源的电力总成控制系统等各种电动车辆都需要的共性



资料。

整车开发的主要研究内容包括:燃料电池轿车和客车的总布置及其优化设计;控制策略和控制逻辑的研究,整车安全系统的研究,原型车试制,车体轻量化研究与设计;整车性能优化、可靠性、安全性、动力性、舒适性、稳定性研究与性能优化;整车试验和产品原型车示范运行等。

2)混合动力轿车和客车

(1)研究目标

以市场为导向,企业为主体,在“十五”期间研究开发混合动力电动轿车和客车产品;通过样车开发,研制出原型车;提供完整试车报告,国家产品型式论证报告,产品开发价格分析和营运计划,以及批量产品生产规划等;实现混合动力轿车和客车的产业化,形成有我国自主知识产权的混合动力轿车和客车产品的批量化生产能力。

(2)主要研究内容

混合动力轿车和客车技术包括:整车开发及其整车匹配标定技术;内燃机、传动装置及其控制系统技术;电池系统、电机驱动系统和整车的多动力源总成控制系统等各种电动汽车都具有的共性技术。

整车开发的主要研究内容包括:确定整车总体方案和控制策略,分解对各系统的要求;研究混合动力电动车辆的最佳机电耦合方案,包括串联、并联、混联和 ISA/ISG 技术;研制能满足系统要求的发动机、ISG、变速器 etc 总成及控制器;通盘考虑整车信息和控制网络,研发网络化车辆控制系统和 CAN 总线系统,建立整车传感和反应体系,进行对整车性能指标和整车制动回馈系统的研究;建立整车测试技术标准和评估体系,整车的匹配标定,车体轻量化研究与设计和整车的集成与综合控制;整车、系统、总成及关键零部件的试验与评估,整车的示范试验及定型等。

863 计划对燃料电池电动汽车和混合动力电动汽车达到的的技术性能指标具体要求如表 1-2 所示。

2. EV、FCEV 和 HEV 共性关键技术(三横)发展和产业化

电动车辆的共性关键技术和产业化的总体目标为:在电动汽车共性关键技术上,建立我国电动汽车整车的网络、总成及通信协议规程,开发电动汽车基本车辆控制模块,发展带有电子管理系统的高性能动力蓄电池组和具有数字控制的电机驱动系统,促使我国电动汽车零部件产业的形成。

1)车用高性能的动力蓄电池组及其管理模块

(1)研究目标

为各类型电动车辆提供优良的带有管理模块的动力蓄电池组及超级电容器。

研制带管理模块的动力蓄电池组和超级电容产品,提供完整的质量和性能评估验收报告,用户应用研究报告(试验报告)以及产品经济分析和产业化运作报告。



863 计划对 FCEV 和 HEV 达到的技术性能指标

表 1-2

项 目	燃料电池轿车	燃料电池客车	混合动力轿车	混合动力城市客车
降低油耗	油耗 = 0	油耗 = 0	30% 以上	30% 以上
整车排放	0	0 或超低排放	欧Ⅲ标准	欧Ⅲ标准
尾气排放降低(%)	—	—	—	30
车外噪声降低	—	—	10 dB	20%
最高车速(km/h)	120	80	≥160	80
最大爬坡度(%)	>20	>20	>25	>25
续航里程(km)	200	200	>200	>400
加速性能(s)	20(0~100 km/h)	40(0~50 km/h)	相当同类型的轿车	相当同类型的客车
等效燃油经济性	优于同类型的轿车	相当同类型的客车	优于同类型汽油车	优于同类型汽油车
造价大于同类型的客车(%)	—	—	—	<30

(2) 主要研究内容

①用于各类型的电动车辆的高性能镍-氢和锂离子等动力电池

高功率和高容量镍-氢电池、锂离子电池、其他新型动力电池及关键材料的设计、研制与工艺技术;镍-氢电池用新型储氢材料制备工艺技术;动力电池的热管理技术;蓄电池回收系统与技术。

②动力电池组管理模块

高容量和高功率电池的运行状态监控、电量估计与管理系统的研制;电池故障早期诊断专家系统和安全技术研究;自动均衡充电技术的开发与充电测试平台的建立。

③研究满足整车要求的超级电容器。

863 计划对镍-氢电池和锂离子电池和超级电容器的技术性能指标见表 1-3。

863 计划对镍-氢电池和锂离子电池和超级电容器的技术性能指标

表 1-3

项 目	镍-氢动力电池	锂离子动力电池	超级电容器
容量(HEV 用)(A·h)	轿车:5~20 客车:40~80	—	—
单体电池的功率密度(W/kg)	>600	HEV: >800, EV: >160	>1000
电池能量密度(W·h/kg)	>40	HEV: >70, EV: >130	—
电池工作温度(℃)	-20 ~ +55℃	-20 ~ +55℃	—
电池组寿命:可满足 HEV 行驶(km)	100000	100000	—
循环寿命(次)	—	EV: >500	放电寿命: >50000
能力	可达到小批量中试生产	可达到小批量中试生产	—



(3) 动力电池组管理模块

①车载充电机:功率 3 ~ 15kW,均充控制,考虑温度影响,智能化。

②电池管理系统:电池荷电量 SOC 预估,误差 < 8%,具有自检和诊断功能,高抗干扰能力。

(4) 带有管理系统的动力电池组模块

能量总效率 > 75%;循环寿命 500 次(对 EV 车用);一致性为 0.05V(12V 标称电压的电池组)。

动力电池组系统通过国家级检测中心测试,可小批量生产,实现产业化。

2) 燃料电池发动机

(1) 研究目标

研制我国自主产权的燃料电池发动机系统,满足燃料电池车辆的需求。

(2) 研究内容

①大功率(30 ~ 75kW)、高可靠性、适用于燃料电池车辆需求。

(a) 燃料电池组关键材料与部件的研究和批量生产关键技术开发;

(b) 燃料电池组相关技术研究;增湿、排水与排放尾气、密封、组装和检测技术;

(c) 适于燃料电池车辆用高可靠性燃料电池发动机结构的优化设计与试验。

②燃料电池发动机辅助系统

(a) 燃料电池发动机用空压机的研制;

(b) 燃料发动机水、热管理系统的硬件、软件开发与研究。

③燃料电池发动机及其控制系统

燃料电池发动机的研究内容包括:燃料电池发动机虚拟设计与优化;燃料电池发动机的优化集成技术;燃料电池发动机管理系统;燃料电池发动机各子系统的反馈与协调控制,电控单元 ECU 的软、硬件研制及其匹配标定技术;检测、诊断与安全保障系统;燃料电池发动机自动检测、数据采集及故障诊断系统;氢储存系统的安全可靠性研究,安全保障与自动报警装置研究(防泄漏、防火、防静电)。

(3) 最低指标要求

①燃料电池发动机须满足:

(a) 质量比功率 $\geq 150\text{W/kg}$, 纯氢: $\geq 100\text{W/kg}$ (甲醇重整制氢);

(b) 满足车辆续驶里程要求;

(c) 体积满足整车安装要求。

②燃料电池组(堆)须满足:

(a) 纯氢燃料的效率 $\geq 50\%$, 甲醇经改质的氢气燃料的效率 $\geq 40\%$;

(b) 0 ~ 1000h 之前衰减 $\leq 2\%$; 1000 ~ 10000h 以后衰减 $\leq 1\%$;

(c) 提供的技术适于批量生产。

