

[会议综述]

www.whxb.pku.edu.cn

## 电动车及其能源系统的发展

毛永志 张 翀 李永伟 其 鲁\*

(中信国安盟固利新能源科技有限公司, 北京 102200)

**摘要:** 简述了电动车的发展历史和现状, 以及电动车用的电池系统的发展现状, 对电动车的发展前景进行了预测.

**关键词:** 电动车; 电池

## Development of Electric Vehicles and Battery System

MAO Yong-Zhi ZHANG Chong LI Yong-Wei QI Lu\*

(CITIC Guoan Mengguli New Engery Technology Co. Ltd., Beijing 102200, P. R. China)

**Abstract:** This paper describe the phylogeny and actuality of electric vehicles (EV) as well as the battery and motor system of EV. The perspective of EV is forcasted in the end.

**Key Words:** Electric vehicles; Battery

美国自由汽车计划(FreedomCar)提出, 由于石油资源分布的不均匀性和各国对石油需求的不平衡性, 在今后的发展中各国都应考虑减少对石油单一资源的依赖性, 改变目前石油资源的过度消耗. 由于电动车使用电力驱动, 不依赖或少依赖石油, 因此发展电动汽车的根本意义在于实现汽车能源结构的多元化.

按照动力源的不同, 目前一般把电动汽车分为纯电动汽车、混合式电动汽车和燃料电池电动汽车三大类. 纯电动汽车的动力来自于各种蓄电池; 混合电动汽车的动力来源于两种或两种以上的不同能源, 如蓄电池和汽油发动机或柴油发动机, 这些能源可分别用作汽车的动力能源, 也可相互协作或以主辅关系来驱动汽车; 燃料电池电动汽车的动力则来自燃料电池.

研究表明, 同样的原油经过粗炼, 送至电厂发电, 将电池充电, 再由电池驱动汽车, 其能量利用效率为 58%, 比经过精炼变为汽油再经汽油机驱动汽车的效率更高. 因此, 使用电动汽车有利于节约宝贵的能源.

近年来, 随着全球石油资源紧张、大气污染严重和电池技术的提高, 电动汽车已被世界公认为 21 世纪汽车工业改造和发展的主要方向. 各国都制定了相关的研究计划. 如美国政府 1993 年 9 月提出了 10 年完成的“新一代汽车合作计划”(PNGV)<sup>[1]</sup>, 由政府牵头, 组织几十个公司和机构, 完成提高燃料经济性和开发电动汽车的规定目标. 其他还包括日本的“新阳光”计划、法国的“PREDIT III-2002/2006”计划、欧盟的 FP(framework programme)系列计划以及欧盟燃料电池研究发展示范(R&DD)计划等.

### 1 电动汽车发展过程中的历史机遇

一百多年来, 电动汽车在汽车发展史中经历了三次重大机遇:

第一次发生在一百余年前, 由于当时电池和电机的发展较内燃机成熟, 而且石油的运用还没有普及, 使电动汽车在早期的汽车领域中占有举足轻重的位置. 第一辆电动汽车(3 轮)由法国人古斯塔夫·土维(Gustave Trouve)在 1881 年制造出来, 此后三四十年来, 电动汽车在当时的汽车发展中占据着重

\* Corresponding author. Email: qilulu@pku.edu.cn; Tel: +8610-62751000

要位置. 据统计, 到 1890 年在全世界 4200 辆汽车中, 有 38% 为电动汽车, 40% 为蒸汽汽车, 22% 为内燃机汽车. 到了 1911 年, 就已经有电动出租汽车在巴黎和伦敦的街头上运营, 1912 年时在美国至少有 3.4 万辆电动汽车运行. 但是, 由于车辆自身的原因及没有高能量电池可以利用, 车辆的综合性能较差, 很快就退出了历史舞台.

由于石油的大量开采和内燃机的种种优越性, 电动汽车渐渐被人们忽视. 直到上世纪 70 年代石油危机的爆发, 人们开始考虑替代石油的其他能源, 包括风能、太阳能、电能等可再生能源. 因此从政治经济方面考虑, 才又给了电动汽车第二次机遇.

第三次机遇开始于若干年前, 世界上除了已存在的能源问题之外, 环境保护问题也逐渐成为各个方面所关心的重大课题, 内燃机汽车的排放污染, 给全球的环境以灾难性的影响, 因此开发生产零污染交通工具成为各国所追求的目标, 电动汽车的无(低)污染优点, 使其成为当代汽车发展的主要方向.

目前, 为促进新能源汽车产品技术进步, 保护环境, 推进节约能源和可持续发展, 鼓励企业研究开发和生产新能源汽车, 贯彻《汽车产业发展政策》, 发改委提出了新能源汽车生产准入标准. 新能源汽车包括混合动力汽车、纯电动汽车(BEV, 包括太阳能汽车)、燃料电池电动汽车(FCEV)、氢发动机汽车、其他新能源(如高效储能器、二甲醚)汽车等.

## 2 国内外电动汽车的发展现状

### 2.1 国外电动汽车的发展

从世界范围内电动汽车的发展过程看, 电动汽车的研究是从单独依靠蓄电池供电的纯电动汽车开始的. 但由于纯电动汽车是单独依靠蓄电池供电, 而目前动力电池的性能和价格还没有取得重大突破, 因此, 纯电动汽车的发展没有达到预期的目的. 燃料电池技术被认为是 21 世纪首选的洁净、高效的发电技术, 其具有能量转化效率高、不污染环境、使用寿命长等不可比拟的优势. 但是由于目前燃料电池研究还没有取得重大突破, 燃料电池电动汽车的发展也受到了限制. 在此情况下, 混合动力汽车成为电动汽车开发过程中最有可能市场化的一种新车型, 它将现有内燃机与一定容量的储能器件通过先进控制系统相组合, 可以大幅度降低油耗, 减少污染物排放. 国外普遍认为它是投资少、选择余地大、易于满足未来排放标准和节能目标、市场接受度高的主流清洁车型, 从而引起各大汽车公司的关注.

国外许多公司都曾热衷于电动汽车的研制, 美国 TESLA Motors 公司卡发出世界上第一辆全电动跑车 Tesla Roadster, 该车使用 182 kW 的交流电机, 锂离子电池驱动, 0–100 km·h<sup>-1</sup> 的加速时间为 4 s, 最高车速达到 217 km·h<sup>-1</sup>. 表 1 列出近年来国外部分商业化电动汽车的技术性能<sup>[2]</sup>.

以上车辆除 EV-1 曾真正在生产线上生产外, 其他车辆生产量极少, 基本作为实验样车在测试. EV-1 大约售出 1100 辆, 其生产线于 2000 年停止生产. 纯电动车之所以未能大量生产和使用, 其主要原

表 1 国外部分商业化电动汽车的技术性能

Table 1 The technology performance of oversea commercial electric vehicles

国家	法国	美国	日本
汽车公司	雪铁龙	通用	福特 丰田 本田 日产
车型	P106, SAXO	EV-1	S-10 Ranger RAV-4 Plus ALTRA EV
座位	四座轿车	两座轿车	两座货车 五座轿车 四座轿车 四座轿车
整备质量(kg)	1088	1350	1682 2125 1540 1620 1704
最高车速(km·h <sup>-1</sup> )	90	120	120 120 125 130 以上 120
续驶里程 (km)	85(欧工况) 75(市区)	144(公路) 112(市区)	80 80 215 220 193
电池形式	镍镉	铅酸	铅酸 镍氢 镍氢 锂离子
容量	100 Ah	55 Ah	55 Ah 74 Ah 95 Ah 95 Ah 100 Ah
电压	120 V	312 V	312 V 312 V 288 V 288 V 288 V
电机类型	直流他励	交流感应	交流感应 交流感应 永磁同步 永磁同步 永磁同步
最大功率 (kw/r/min)	20/5500	102/6500	85 67 50/4600 49/8750 62/13100
最大扭矩 (N·m/r/min)	127/1600	190	190 190 190 190/1500 280/1700 162
充电器类别	接触式	感应式	车载感应式 车载接触式 车载式 车载式 固定感应式
充电时间(h)	—	2	2 — 6.5 8 5

因来自于车载电池系统达不到使用要求。

GM公司在1966年推出的世界上第一辆燃料电池示范车“Electrovan”,续驶里程为240 km,最高车速为 $112 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。燃料电池车“Hy-wire”以概念车“自主魔力”为原型,最高车速可达 $160 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ;福特公司在2000年展示了“TH!NK”FC5家庭用轿车;戴姆勒-奔驰汽车公司在1993年开始了Necar系列的燃料电池汽车的开发,目前已经开发到第五代,其中Necar-4续驶里程达到450 km,最高车速 $145 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,而Necar-5的最高车速超过 $150 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ;丰田汽车公司于1997年展示了第一辆燃料电池汽车,2001年2月又推出其燃料电池混合动力车FCHV-3,2001年6月,FCHV-4问世,一次充氢可以行驶250 km以上,而FCHV-5通过各部件的最佳搭配,使整车结构更加紧凑;本田公司于1999年9月发布了其燃料电池原型车FCX-V1和FCX-V2。2000年推出了经过改进的燃料电池原型车FCX-V3,其研制成功FCX-V4,一次加氢可以行驶约300 km,最高车速可达 $140 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,FCX在对FCX-V4做了改进后,最高车速 $150 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,一次加氢可行驶355 km;德国宝马公司早在1979年就开发出第一辆氢能源汽车,至1996年,公司已经开发了4代氢能源汽车。

研究表明<sup>[3]</sup>,使用燃料电池的电动汽车与使用二次电池为能源的电动汽车会多消耗1.4~1.6倍的能量,会增加43%的重量和增加46%的费用。从目前的研究现状看,大多数公司仍停留在样车制作和测试阶段,商业化前景还不明确,有人预测要在2030年以后。

早在1992年,日本电动车协会就制定了电动车发展计划。日本的大阪市和东京市都有电动车进行使用试验。如大阪市成立电动汽车社区推进协会,在市区 $210 \text{ m}^2$ 的范围内建立10个快速充电站,引进100多辆电动汽车租给有关公司和私人使用。近年开发得出电动车包括RAV-4、IZA和R1e等。丰田公司1997年开始量产混合动力电动汽车“先驱”,其产品除在本土销售外,还销往美国等国家。目前丰田公司的混合动力电动汽车销售量已占世界混合动力车的90%。丰田公司的“先驱”混合动力电动汽车,与内燃机汽车相比,其燃料耗用量降低了50%,排出的污染物降低了10%~50%。尽管混合动力汽车的节能环保性能优异,但其工艺复杂,成本高,车辆增加成本不足以抵消节省汽油的成本。

值得一提的是,近年来发展较快的一种新型的HEV,车辆带有电池和内燃机发电机,车载电池可以利用市电进行充电,车辆行驶时利用电池能量可行驶40~90 km,之后可通过内燃机发电延长续驶里程,这种车辆称之为“插入型”(plug-in)HEV,适合于家庭或城市内的中短途运输使用。以前美国政府把电动车的研究重点放在纯电动车和燃料电池车,近几年开始对plug-in型电动车产生极大兴趣,全球市场调查组织Synovate公司最新的调查表明:49%的美国消费者支持插入式混合动力汽车,并表示会考虑购买<sup>[4]</sup>。

Valence等多家公司在研究plug-in汽车用电池,丰田公司表示将在美国销售plug-in汽车。此外,通用汽车公司、Daimler Chrysler汽车公司、Nissan、Honda、大众汽车公司等汽车厂商在39th丰田汽车展上推出了配备动力锂离子电池的混合动力概念车。

表2为全球混合动力车的一般参数对比。

日本野经研预测HEV的市场规模将会扩大。2007年的市场规模,按车辆数计算,预计将比上年增长28%,达到49万9000辆;按金额计算,预计将比上年增长34%,达到483亿万6800万日元。2008年按车辆数计算预计为2007年的1.5倍,按金额计算预计将达到2007年的1.6倍。在尚未出现替代方式、目前的趋势不发生重大变化的情况下,预计2015年的市场规模按辆数计算将达到2005年的约16倍。

事实上,目前国际上对混合动力汽车的市场前景仍然存在极大的争议,在汽车工业发达的欧洲市场,多数汽车巨头均对混合动力汽车前景持保留态度,包括大众、标致-雪铁龙这样的汽车巨头似乎更愿意把精力放在柴油车的研发上。

虽然混合动力车代表了当今汽车界的发展趋势,但是由于其高昂的成本和前期技术投入,至今绝少为企业带来理想的利润。尽管丰田公司宣称自己的混合动力车是盈利的,但考虑到高额成本的电池组、专利技术的投入和偏低的销量,许多工程师和分析人士并不相信他们的说法。通用公司动力系统副总裁托马斯·斯蒂芬认为,混合动力车要想获利,年销量要超过10万辆才行。丰田普锐斯自推出8年以来,去年全球销量为125900辆,其市场份额大约为60%,可以推算,全球剩下的8万多辆混合动力车市场是不会让其他任何公司盈利的。福特就承认其投放的混合动力车Escape Hybrid并不能为公司带来

表 2 全球混合动力车的一般参数对比  
Table 2 The contrast of the HEV parameters in the whole world

车厂	车型	型式	耗能	现况	燃油	内燃机/TM	马达/发电机
Chevrolet	Triax(SUV 4wd)	parallel	24 km·L <sup>-1</sup>	概念车	汽油	Rear 0.66-L-48 kW/CVT	Front 马达 35 kW Rea 马达 15 kW
Dainler	Citadel	TTR-parallel	27/33 mpg	概念车	汽油	Rear 3.5-L-189 kW	Front 马达 52 kW
Chrysler	(Wagon 4WD)						
Dainler	Durango	TTR-parallel	18.6 mpg	概念车	汽油	Rear 3.9-L-130 kW/AT	Front 马达 66 kW
Chrysler	(SUV 4WD)						
Dodge	ESX3(sedan)	Mybrid-parallel	72 mpg	概念车	柴油	Front 1.5-L-55 kW/FMAT	Front 马达 15 kW
Ford	Prodigy(sedan)	LSR-parallel	70 mpg	概念车	柴油	Front 1.2-L-55 kW/ASM	Front 马达 16 kW
Ford	Escape (SUV 4WD)	parallel	40 mpg-urban	概念车	汽油	Front 2.0-L-96 kW	Rear 马达 65 kW Fron 发电机 28 kW
Ford	Explorers	ISG-42 volt	-	概念车	汽油	Front V6	Front 马达 10 kW
GM	Precept (sedan-4WD)	parallel	80 mpg	概念车	柴油	Rear 1.3-L-66 kW/MT	Front 马达 25 kW Rear 马达 10 kW
GM	SUV 4WD	paradiGM-parallel	35 mpg	概念车	汽油	Front 3.6-L-166 kW/MT	Front 马达 12 kW×2
Honda	Insight(couple)	IMA-parallel	35 km·L <sup>-1</sup>	1999 量产	汽油	Front 1.0-L-50 kW/MT	Front 马达 10 kW
Honda	Spocket(4WD)	parallel	-	概念车	汽油	Front ICE	Fron/Rear 马达×2
Toyota	Prius(sedan)	THS-parallel	29 km·L <sup>-1</sup>	1997 量产	汽油	Front 1.5-L-52 kW Planctary Gear	Front 马达 33 kW Front 发电机 15 kW
Toyota	Estima(minivan 4WD)	THS-C-parallel	18 km·L <sup>-1</sup>	2001 量产	汽油	Front 2.4-L/CVT	Front 马达 13 kW Rear 马达 18 kW
Toyota	-	THS-M-36volt	-	概念车	汽油	Front 3.0-L	Front 马达
Nissan	Tini(sedan)	NEO-parallel	23 km·L <sup>-1</sup>	2000 量产	汽油	Front 1.8-L-74kW/CVT	Front 马达 17 kW×2
Mitsubishi	SUW advance	GDI-parallel	31.5 km·L <sup>-1</sup>	概念车	汽油	Front 1.5-L-77kW/CVT	Front 马达 12 kW
Mitsubishi	SUW compact	GDI-ASG	26 km·L <sup>-1</sup>	概念车	汽油	Front 1.1-L-57kW/CVT	-
Daihatsu	Move EV-H II	Parallel	37 km·L <sup>-1</sup>	概念车	汽油	Front 0.66-L-48kW/CVT	Front 马达 18 kW

利润. 在美国, 同一车型的混合动力车比装配传统发动机的车贵 3000 多美元, 丰田汽车总裁渡边捷昭也认为, 在这种汽车的使用寿命内, 其节约的燃料费用不足以抵消为购买混合动力车而额外支付的车款, 丰田的目标就是要将这额外增加的成本降低一半. 但分析师们却说, 混合动力电池所使用的稀有金属的价格可能随着对混合动力车需求的增长而上涨, 使成本降低难以实现.

混合动力汽车在发达国家已经日益成熟, 有些已经进入实用阶段. 由于构造复杂, 成本较高, 没有从根本上解决环境污染和能源结构, 在电动汽车时代到来之前, 混合动力型汽车只是一种过渡产品.

## 2.2 我国电动汽车的发展

由国家科学技术部立项的 863 电动汽车专项在整车方面已初步形成了产品开发系统、管理机制和团队组合, 纯动力电动汽车、混合动力电动汽车、燃料电池汽车功能样车已经实现. 关键零部件、燃料电

池发动机已形成系统, 高功率镍氢电池、锂离子电池性能有了较大提高, 多能源控制系统以及网络总线方案初步形成. 但是, 我国对于电动车及关键零部件的研制主要依靠高校和科研院所, 企业参与较少, 使得产业化进程较慢.

现在国内已经有多家企业宣布进军混合动力车领域, 除了即将上市的一汽丰田 PRIUS 外, 长安集团、上海大众、上汽集团、奇瑞汽车和上海华普等多家国内汽车企业(集团)也公布了自己的混合动力计划, 如表 3. 2006 中国经济高峰论坛上清华大学汽车工程系主任欧阳明高说从汽车动力的角度看, 目前节能环保车辆的动力核心是混合动力, 混合动力正在改变中国轿车工业发展的格局, 今后轿车混合动力会呈现一个模块化的趋势.

我国电动车产业的发展目标是: 到 2010 年, 电动汽车保有量占汽车保有量的 5%–10%, 年生产销售电动汽车 150 万辆以上; 到 2030 年, 电动汽车保有量占汽车保有量的 50% 以上, 年生产销售电动汽

**表 3 国内各大汽车厂商混合动力车生产计划**  
**Table 3 The produce plan of domestic automobile manufacture in HEV**

序号	汽车厂商	计划
1	一汽丰田	国产 PRIUS 下线
2	一汽	自主研发的混合动力公交车下线
3	东风	自主研发的混合动力公交车下线
4	长安	CM9 样车问世,并准备于 2008 量产
5	上海大众	混合动力途安将在 2008 年小批量投产
6	比亚迪	推出混合动力版的福莱尔
7	上海通用	上汽与美国通用签署有关高效节能和环保清洁汽车项目意向书
8	华普	海尚 305 样车问世,计划在 2008 年实现量产
9	奇瑞	推出代号为 BSG/ISG 的混合动力样车,并准备于 2006 年底批量生产

车 1000-1950 万辆。

### 3 电动车电池系统

电池技术是电动汽车发展的最关键因素。电池是纯电动汽车的全部动力来源和混合动力汽车的部分动力来源。这表明,无论纯电动或混合动力汽车都有赖于电池技术的发展。从目前获得的我国在电池技术发展方面的信息表明,电池技术是制约电动汽车发展的一个主要因素。

日本富士经济公布的电动车用大型充电电池 (PEFC)市场预测见表 4。

目前已在电动汽车上使用的蓄电池有铅酸电池、镍镉电池、镍氢电池、锂离子电池和燃料电池等。以下是对不同种类蓄电池情况进行的分析:

#### 1) 铅酸电池终将要退出

铅酸电池是成本售价最低廉的电池,当前存在的主要问题是一次充电的行程短,一般约在 30-40 km;即使是快速充电也要 4-6 h,且质量能只有 30 Wh·kg<sup>-1</sup>,使用寿命仅为半年。

**表 4 大型充电电池市场预测**  
**Table 4 Forecast to the market of large secondary battery**

大型电池市场	2010 年市场产值 (亿日元)	增长率(比 2002 年度) (%)
油电混合轿车 (HEV)	108000	1987
油电混合公共汽车	1600	53333
燃料电池轿车 (FCEV)	145	2417
大型燃料电池车	83	2002 年普及台数 0
电动汽车	7.2	236
电车	1460	110
电气式车椅	114	109
电动脚踏/摩托车	110	108

#### 2) 镍氢电池是过渡产品

镍氢电池具有高的能量密度和功率密度优点,但是电池中大量使用镍和钴元素,大批生产和使用时价格不跌还会反升,因此应用前景不容乐观,现在日本丰田公司已经宣布下一代混合车电池不再使用镍氢电池而是锂离子电池,其中价格方面是其改变设计的重要方面。

#### 3) 锂离子电池绿色环保性能优越

锂离子电池的产业化始于 90 年代初,较早介入的公司主要有日本的 Sony、法国的 SAFT、德国的 Varta 以及加拿大的蓝星先进技术公司等。锂离子电池可分为锂离子电池和锂高分子(高聚合物)电池两种。锂电池具有体积小,质量能和质量功率高、电压高、高安全性(固态)、环保性好和无污染性等优点。锂电池的能量密度(体积能和质量能)几乎是镍镉电池的 1.5-3 倍,也就是说在同样大小能量的情况下,锂电池的体积和质量可减小 1/2 左右。单元电池的平均电压为 3.7 V,相当于 3 个镍镉或镍氢电池串接起来的电压值。能减少电池组合体的数量,从而因单元电池电压差所造成的电池故障的概率可减少许多,大大延长了电池组合体的寿命。

锂离子电池无记忆性,自放电率仅为 5%-10%,充放电能量效率在 92%以上,节能效果明显。由于锂电池不含有镉、汞和铅等重金属,因此可以说是绿色的环保电池。

表 5 是美国先进电池联合会 (USABC) 制定的部分电池指标和动力锂离子电池对比。从表中可以看出,锂离子电池已基本达到其中期目标的要求,正在朝长期目标努力。

另外,锂离子电池在电动车大量应用并不存在资源的问题,该电池使用的金属元素主要是锂和锰

**表 5 USABC 计划电池指标和动力锂离子电池对比**  
**Table 5 Contrasts between the battery target of the USABC plan and that of Li-ion secondary battery**

参数	中期目标	长期目标	锂离子电池
体积功率密度(W·L <sup>-1</sup> )	250	600	400-600
质量功率密度(W·kg <sup>-1</sup> )	150-200	400	≥350
体积比能量(Wh·L <sup>-1</sup> )	135	300	≥300
质量比能量(Wg·kg <sup>-1</sup> )	80-100	200	≥130
寿命(年)	5	10	10
循环次数(次)	600	1000	800-1500
价格美元(kWh)	<150	<100	≤400
正常充电时间(h)	<6	3-6	≤5
工作温度(°C)	-30-65	-40-85	-40-50

等, 锰在地壳中的含量非常丰富, 而且成本极低. 地壳中约有 0.0065% 的锂, 其丰度居第二十七位. 我国的锂矿资源丰富, 已探明的锂资源总储量居世界第二位, 仅次于玻利维亚, 其中卤水锂资源储量极为丰富, 占全国锂资源储量的 79%. 每瓦时锂离子电池所含锂量为 0.087 g, 一辆轿车所用电池为 20 kWh, 所消耗锂量仅为 1.74 kg. 以 2000 万辆电动车的电池消耗量计算, 则总的用锂量为 3.48 万吨.

总之, 锂离子电池技术已日臻完善, 电池所用材料资源不存在问题, 无论对于纯电动汽车和混合动力汽车都是非常理想的电池. 从最新报道的电动车的研制成果看, 基本上都选择锂离子电池作为动力源.

日本野村综合研究所分析, 用于 HEV 的动力电池 1999-2005 年以镍氢电池为主(95%), 锂离子电池为辅(5%), 随着时间的推移, 后者将占主导地位, 至 2006-2010 年, 镍氢电池占 50%, 锂离子电池占 50%, 因为锂离子电池可以承受大电流充放电, 10 秒内的功率密度可以达到  $1500 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 其次, 锂离子动力电池用于 HEV 有效利用率可以达到 90% 以上, 远高于镍氢电池的 50%, 从 2005 年以后具有更优的性价比.

#### 4) 燃料电池发展受阻

燃料电池以其特有的燃料效率高、质量能量大、功率大、供电时间长、使用寿命长、可靠性高、噪声低及不产生有害排放物  $\text{NO}_2$  等优点正在引起世界各国的注意. 与内燃机汽车相比, 氢燃料电池电动汽车有害气体的排放量减少 99%,  $\text{CO}_2$  的生成量减少 75%, 电池能量转换效率约为内燃机效率的 2.5 倍.

但是燃料电池技术还有待提高, 乐观估计在电动车上大批应用应该在 2030 年以后. 车用燃料电池急需解决如下关键问题:

(1) 提高车用燃料电池单位质量(或体积)、电流密度及功率, 提高动力车辆所必需的快速起动和动力响应的能力.

(2) 必须开发质量轻、体积更小、能储存更多氢能的车载氢储存器具, 以便更有效地利用燃料能量,

提高续航里程和载质量.

(3) 必须解决好氢气的安全问题. 研究表明, 在一定的条件下, 氢气比汽油具有更大的危险性, 所以无论采用什么储存方式, 储存器具及其安全措施都必须满足使用要求.

(4) 电池组件必须采用积木化设计, 开发有效的制造工艺, 并进行高效的自动化生产, 从而降低材料和制造费用.

(5) 发展结构紧凑及性能可靠的 PEMFC 的同时开发应用其它燃料, 像甲烷、柴油等驱动的 PEMFC, 这将会拓宽 PEMFC 的应用范围.

对于燃料电池来说, 主要燃料源的选择-液态氢气、甲醇或汽油仍在争论之中. 石油界应该与汽车制造商紧密合作, 决定哪一种燃料最适合燃料电池汽车, 并尽快安装燃料充装设施.

燃料电池汽车的发展与铂的供需密切相关, 1996 年世界探明铂族金属的总储量为 56000 t, 据有关资料介绍, 1 万辆燃料电池大巴车用铂量约为 1 t, 在燃料电池汽车数量还不是太多时, 铂的供应不会有大问题, 对价格的冲击亦不会太大. 但长远来说, 铂的供应及价格就会制约燃料电池的发展.

美国布什政府前能源部长亚伯拉罕指出, 未来 25-35 年内全球石油消耗将增加 2 倍, 能源需求的增加会引发能源安全和国家安全问题. 同时, 全球性的环境污染日益严重, 大气中温室气体的含量近 200 年内增加 30%. 电动汽车因其不依赖或少依赖石油产品, 不排放或少排放, 很快将成为传统汽车的换代产品.

#### References

- 1 PNGV, Program Plan. The Government PNGV Secretariat. Washington, DC: U. S. Department of Commerce, Nov., 1995
- 2 陈全世等编著. 先进电动汽车技术. 化学工业出版社, 2007
- 3 Stephen, S.; Eaves, J.; Eaves, E. Fuel-Cell Vehicles: Solution or Shell Game? April 7, 2003
- 4 美国 49% 的消费者支持插入式混合动力汽车. www.chinaev.com, 08, 2006