

混合动力车技术不是我国的最佳产业机遇

[关键词] 混合动力车技术 电力 [中图分类号] U469.72

王亦楠¹ 何祚麻²(中科院电工研究所¹, 博士生 北京 100080; 中科院理论物理所², 中科院院士)

一、混合动力车的基本概念和特点

1. 混合动力车的基本概念 混合动力车(英文缩写为 HEV) 是指在同一辆汽车中同时采用了电动机和燃料发动机的新型汽车。混合动力车以降低油耗和控制尾气排放为主要目标, 燃油发动机或燃油发电机在最大效率区经济运行, 输出功率相对稳定, 燃油提供了车辆运行所需的大部分能量来源, 而辅助动力单元即动力电池通过电机使车辆具有更好的动力性和经济性。

混合动力车具有以下 4 种不同的混合方式。

(1) 串联 HEV。其工作原理是, 内燃机带动发电机, 发电机向动力电池组充电, 电池组由控制器驱动电机, 电机输出的扭矩经过机械传动驱动车轮。(2) 并联 HEV。具有两套动力驱动系统: 一为内燃机动力传动系统, 与传统的汽车结构完全一致; 二是电机驱动系统, 蓄电池组的电能通过控制器输入到电机, 电机与传动系统相连再驱动车轮。两套动力系统可以单独使用, 也可以同时使用, 根据不同运行状况选择内燃机或电机进行工作, 将内燃机单独驱动、电机单独驱动以及内燃机和电机共同驱动 3 种方

式有机结合起来。(3) 混联 HEV。它具有两种传递通道: 将发动机的驱动扭矩作为机械动力进行传递以及通过发电以电能形式传递, 并将它们进行最佳组合以驱动车辆。动力系统可根据不同工况选用不同的动力驱动方式, 充分利用串联、并联两套结构的优点, 动力性好。(4) ISG(集成起动发电机)。它是一种安装在引擎机械轴上, 和调速飞轮集成在一起的启动发电机, 是最小的混合动力系统, 具有起、停、再生制动功能, 可明显减少排放和降低油耗。

与蓄电池电动车相比, 混合动力车具有两套驱动系统, 因此对于车体紧凑而狭小的轿车而言非常难于集成, 而在空间较大的客车和货车上较易实现。此外, 由于空间的限制, 混合动力轿车对于电机的要求(主要是功率密度)、蓄电池的要求(主要是大功率充放电性能)更为严格, 由此开发难度增大。

2. 混合动力车的技术经济特点 从技术经济性角度看, 混合动力车与燃料电池车、蓄电池电动车技术相比具有以下几种特点: (1) 混合动力汽车的开发生产, 并不要求大规模改变现有汽车工业的产业结构和生产装备; (2) 混合动力汽车的普遍使用, 并不要求改变现有燃油汽车的能源(石油燃料)的生产供应体系; (3) 混合动力汽车的普遍使用, 并

国际锂市场上一支举足轻重的力量。

我国有开发价值的盐湖锂资源主要分布在西北部的西藏和青海等地, 认真搞好盐湖锂资源的研究、开发和利用, 形成“特色”经济, 不仅有利于这些地方的经济发展, 更有利于国家西部大开发战略的实施, 是实现我国中西部经济可持续发展的必经之路和重要选择。

大规模开发盐湖在我国的历史很短, 可以认为是一种新型产业。因此, 一开始就应该树立一种可持续发展的思路: 第一, 多借鉴国外盐湖开发经验, 引进资金和先进技术, 尽可能地采用知识密集型生产工艺; 第二, 西部地区山多平原少、地质灾害频繁, 在发展规划中一定要先搞清地质情况, 以避免不必要的损失; 第三, 盐湖卤水是多种元素共存的矿床, 开发锂资源的同时, 还应注意进行综合利用和可持续发展, 否则不仅浪费资源, 对环境也不利。总之, 科学管理、合理开发的可持续发展的思想应贯穿于盐湖资源开发、利用和保护的全过程, 切不可只看眼前利益而忽略了长远利益。

参 考 文 献

[1] 高世扬. 青海盐湖锂盐开发与环境. 盐湖研究, 2000, 8(1): 17-23

[2] 张明杰, 郭清富. 21 世纪的能源金属——锂的冶金现状 & 发展. 盐湖研究, 2001, 9(3): 52-60

[3] 郑绵平. 青藏高原盐湖资源研究的新进展. 地球学报, 2001, 22(2): 97-102

[4] 郑绵平. 论中国盐湖. 矿床地质, 2001, 20(2): 181-189

[5] 张彭熹. 中国盐湖资源及其可持续发展. 北京: 科学出版社, 1999, 289-296

[6] 韩凤清. 青藏高原盐湖 Li 地球化学. 盐湖研究, 2001, 9(1): 55-61

[7] 张彭熹. 沉默的宝藏——盐湖资源. 清华大学出版社、暨南大学出版社, 2000, 78-98

[8] 闫俊美, 杨金贤, 贾永忠. 锂电池的发展与前景. 盐湖研究, 2001, 9(4): 58-63

[9] 袁复怀. 国际锂镁产业最新动态. 盐湖研究, 2001, 9(3): 61-62

[10] 张彭熹等. 中国盐湖自然资源及其开发利用. 北京: 科学出版社, 1999, 265

[11] 乜贞, 郑绵平. 西藏扎布耶盐湖夏季卤水盐田晒制研究. 地球学报, 2001, 22(3): 271-275

[12] 张彭熹等. 中国盐湖自然资源及其开发利用. 北京: 科学出版社, 1999, 256-264

[13] 曹兆汉. 国外盐湖资源的开发利用. 化工矿山译丛, 1992(1): 3 (责任编辑 邱夜明)

不要求司机改变已有的驾驶习惯; (4) 可以大幅度降低尾气有害排放(减少 50%~ 90%), 减少一半油耗, 使用户得到切切实实的经济利益, 价格虽比传统汽车高一些, 但有政府的政策支持, 用户完全可以接受。

因此, 混合动力汽车一经问世就被市场所关注, 并被各大汽车公司看好。目前, 日本是世界上最大的混合动力汽车拥有国, 到 2002 年底, 其拥有的混合动力汽车数量达 7.46 万辆, 计划到 2010 年达到 211 万辆。日本丰田、本田两大公司在开发混合动力车领域已经走在业界同行的前面, 市场攻势越来越猛, 领先优势十分明显。丰田公司已经有 4 个混合动力车型投放商业化生产, 分别是小型 Prius、迷你型货车 Estima、豪华家用轿车 Crown 和 Coaster, 截至 2002 年 8 月在全球的总销量已经超过 10 万辆, 占有 90% 的市场份额。由于生产批量增加、成本下降, 丰田公司已经扭转亏损局面, 转为微利销售, 并计划到 2005 年全球范围内混合动力汽车的产量达到 30 万辆/年。改进后的 Prius 轿车的燃油经济性达到百公里油耗 4.5 升, 节油 50%, CO₂ 排放降低 50%, CO、HC 和 Nox 达欧洲 4 号排放标准。本田公司已经有两个混合动力车型投入商业化生产, 小型的 2 座轿车在美国取得了较好的销售量。为了攻占美国的主流市场, 5 座小型轿车 Civic 已于 2002 年 5 月投产并销售, 到 2002 年 10 月已经销售 13 370 辆。

面对日本汽车在美国市场上咄咄逼人的攻势和政府的优惠政策, 世界其他主要跨国公司也都纷纷调整战略, 开始投入大量的人力和财力开发混合动力汽车。通用公司担心丰田、本田独步混合动力车领域, 决定改变过去在混合动力汽车研发中的消极态度, 加速混合动力汽车商业化的步伐。董事长瓦格纳指出: “通用要于 2004 年开始批量生产混合动力汽车, 年产量要达到 100 万辆的规模, 到 2007 年将推出 5 种安装混合动力发动机的轿车车型。”美国政府部门也大力鼓励汽车制造商开发低污染汽车, 目前已经出台了相关政策规定: 对汽车厂商生产、销售节能低污染型汽车, 提供减免税的优惠政策, 如销售 1 辆混合动力汽车, 政府减免税收 2 000 美元。欧洲的主要汽车厂商, 如标志—雪铁龙、雷诺、大众、戴姆勒—奔驰、宝马、菲亚特公司也在大力开发和试验, 并准备 2004~ 2006 年投放市场。

二、混合动力车技术为什么被国际舆论称为最现实的过渡选择

日本丰田在 1997 年开发出混合动力电动车并在投放市场之后, 世界电动车发展方向很大程度上被日本所主导。舆论普遍认为混合动力车是未来几年内最现实的选择, 是传统汽车向未来新型汽车过渡的必经阶段。这种舆论的流行, 除了由于混合动力车在技术上具有当前蓄电池电动车还达不到的在动力性、续驶里程方面与传统的燃油车相比不相上下的优势之外, 还有一个更为关键的非技术因素是: 西方国家在发展纯电动车技术上存在着强大的商业壁垒。

混合动力车是在传统汽车上的继承和发展, 即使结构非常复杂, 但是对传统内燃机的生产设备和产业供应链不会造成强大冲击, 过去在内燃机技术上的庞大投资在世界范围内赚取最大利益之前不会付诸东流, 因此虽然西方各大公司也在研究蓄电池电动车技术和燃料电池车技术, 但这两种电动车技术将给既得利益者带来严峻的后果 (内燃机汽车制造商和石油公司面临巨额损失)。所以, 发达国家的既得利益集团已成为电动车技术发展的强大壁垒。可以从以下几组数据中看出我国与发达国家相比在发展电动车技术上商业壁垒的大小。

表 1 中国和美国对现有汽车技术基础设施和资产的投资对比

	美国	中国
私车总量(万辆)	12 500	530
商用车总量(万辆)	7 900	501
加油站总数(万个)	17.5	8.8
生产能力(万辆)	1 250	170

资料来源:《中国统计年鉴 2000》、American Association of Automobile Manufacturers

表 2 中国和美国汽车工业闲置资产的价值对比 (单位: 10 亿美元)

	美国	中国
私车	3 106	76.9
商用车	2 276	230.0
加油站	55	23
生产能力	350	56

资料来源:《中国统计年鉴 2000》、American Association of Automobile Manufacturers

表 3 1999 年中国政府与日本、德国政府在汽油和柴油方面的税收收入对比

	汽油柴油销售收入(亿美元)	汽油柴油税率(%)	政府汽油柴油税收收入(亿美元)
日本	8 110	4.8	390
德国	4 120	7.5	310
中国	100	2.0	2

资料来源:《中国统计年鉴 2000》、China Online, China Ministry of Home Affairs

从上述可见, 燃料电池车技术和蓄电池电动车技术将会对发达国家的目前既得利益者——汽车制造商和石油公司——的利益带来强大的冲击和严峻的后果。对于汽车制造商而言, 过去内燃机的生产设备和供应链都将废弃, 在内燃机技术上的巨大投资将付诸东流; 对于石油公司而言, 现在的汽油和柴油供应分销设施如加油站、油罐车、油库、炼油厂和输油管将被废弃。而与发达国家相比, 由于我国现有的基础设施发展水平较低, 我国在电动车技术上的商业壁垒相对较小。显然, 蓄电池电动车的大量出现会危及当前汽车厂商、石油公司这些既得利益集团的现实利益, 由此不难理解混合动力车被称之为“过渡选择”的非技术因素的本质。所以, 应该清醒地认识到混合动力车是发达国家特别是美国、日本的最现实选择, 而对我国则并非如此。

三、混合动力车技术对于缓解我国石油危机是否具有很大价值

混合动力车的节油价值对于我国在未来几年

内由于汽车数量急剧增长,特别是轿车普及而面临的石油危机的缓解到底具有多大意义,没有人进行定量的考证和分析。然而,判断混合动力技术是否是我国发展电动车的战略选择,不能不对这个问题进行分析和回答。

1. 在计算混合动力技术的节油价值对于我国石油消费和石油短缺问题的影响之前可作如下3个假设。

(1) 我国经过“十五”攻关,到2005年可以顺利达到具有国际先进水平的燃油经济性能,所有混合动力轿车在目前燃油轿车平均约百公里消耗10升汽油的燃油水平上下降50%,即达到5升/100公里。在国家“863”计划电动车重大专项5个整车项目中,东风EQ7200HEV混合动力轿车是惟一的混合动力轿车开发项目。该混合动力轿车以风神蓝鸟2.0L轿车(发动机排气量2.0升)为基础进行改装。按照东风汽车公司的目标,改装后的EQ7200混合动力轿车(发动机排气量1.4升)的燃油经济性将从风神蓝鸟目前的百公里耗油6.9升节省30%,即油耗为4.8升/100公里。

(2) 我国混合动力轿车产业化迅猛发展,预期到2010年混合动力轿车在全部轿车保有量中占到10%的份额。需要强调的是,这是一个相当乐观的估计,因为据2001年世界电动车产业研究报告预测,到2008年全世界各种先进车辆(混合动力车仅是其中一部分)仅占世界汽车年销售总量的2%左右^[1]。此外,东风电动车公司为EQ7200混合动力轿车制定的产量目标是2000~5000辆/年,这个目标与我国目前轿车年产销100万辆相比,所占份额还不到1%。因此说,10%是相当乐观的估计。

(3) 按照目前汽车行业的迅猛增长速度,假定2010年我国轿车的普及率将达到36辆/1000人,则全国轿车保有量将从目前的853.7万辆上升至4587万辆。

2. 在上面3个假设基础上可以计算出混合动力车的产业化对于我国石油紧缺问题的改善程度。计算过程如下。

(1) 估算出我国燃油轿车普及率在不同水平下年消耗汽油量和石油量(如表4所示)。

表4 我国不同轿车普及率下的轿车年消耗汽油量和年消耗石油量

轿车总量(万辆)	年消耗汽油量(万吨)	年销售石油量(万吨)
853.7(目前水平)	1262	4208
4587(预计2010年达到的水平)	6783	22610
8537(预计2020年达到的水平)	12624	42080
21317(未来达到韩国水平时)	31465	104883
61237(未来达到美国水平时)	90390	301300

(2) 传统轿车平均油耗按10升/100公里计,则年行驶2万公里耗汽油2000升,相当于汽油1478公斤。

(3) 混合动力轿车比传统轿车节油50%,平均油耗按5升/100公里计,则年行驶2万公里耗汽油1000升,相当于汽油739公斤。

(4) 按照上述3个假设条件,2010年我国轿车总量达到4587万辆,按其中10%为混合动力轿车计,其余90%为传统燃油轿车,则2010年我国混动轿车消耗汽油:4587万辆×10%×739公斤/辆=339万吨;传统轿车消耗汽油:4587万辆×90%×

1478公斤/辆=6102万吨。两者合计得出我国全部轿车年消耗汽油6441万吨,相当于我国轿车年消耗石油达2.15亿吨。

同样按汽油从石油中收率为30%计,在混合动力车占10%高比例下我国全部轿车年石油消费量仍然高达2.15亿吨。与表4中显示的没有混合动力轿车而全部是传统燃油轿车情况下计算得到的年需求石油量2.26亿吨相比,混合动力技术的迅猛产业化对于我国轿车行业石油消费量的减少只有5%的微小比例。这对于我国由于轿车普及而即将面临的石油危机的影响可以说是杯水车薪!

(5) 再假设我国全力发展混合动力轿车,并使我国混合动力轿车的市场份额在2010年高达60%(其余40%为传统燃油轿车),届时我国混动轿车消耗汽油:4587万辆×60%×739公斤/辆=2034万吨;传统轿车消耗汽油:4587万辆×40%×1478公斤/辆=2712万吨。两者合计得出我国全部轿车年消耗汽油4746万吨,相当于我国轿车年消耗石油达1.58亿吨。

所以,即使我国全力发展混合动力轿车,到2010年使其市场份额达到60%,我国轿车年消耗石油量仍然高达1.58亿吨,虽然总体上比全部是燃油轿车节油30%,但轿车消耗的石油仍然和我国目前的石油年产量水平相当,这就意味着我国其他行业的用油仍然全部需要进口。

从上述实际计算可以看出,国内外广为宣传的混合动力的节油价值在我国的国情条件下并不具有很大的意义。即使我们同意西方国家所宣传的混合动力车是先进汽车取代传统汽车的过渡选择的说法,也要清醒地认识到,这种过渡选择对于我国未来几年内由于轿车普及而面临的石油危机的改善是微乎其微、杯水车薪的。发展不用油的纯电动车才是解决我国进入小康社会同时确保能源安全的根本途径。因此,我们必须比西方国家尽早过渡,甚至可以忽略混合动力技术的存在价值,直接走跨越式的发展道路。

四、与国际先进水平相比我国在开发混合动力车技术上不具有优势

混合动力汽车虽然具有降低油耗和排放的优点,但困难在于结构复杂、成本较高;而扩大生产规模是降低成本的有效途径,因此现在一些竞争激烈的厂商之间在发展混合动力汽车上出现了联合的趋势,比如丰田和日产合作、丰田与福特合作。与国外相比,我国混合动力电动汽车研制开发水平较低、力量比较分散,并且缺乏一定的发展战略。从我国现有的汽车工业基础和研发进展来看,我国在混合动力车技术上与国际相比并不具有特别的优势,原因有以下几点。

1. 混合动力技术难点在于多能源管理系统的开发和整车硬件集成,由于我国汽车工业在核心技术上(发动机技术、电子控制等)一直处于弱势地位,因此在比传统汽车更为复杂、更为优化的混合动力技术上与国外(特别是日本)相比并不具有优势。

采用混合动力只有在对发动机技术性能非常了解的基础上才能进行发动机与电动机能量分配的优化, 否则达不到降低油耗和排放的效果。从技术上讲, 混合动力无论在车身零部件总成的硬件设计上还是能量流优化分配的软件设计上都是非常复杂的。混合动力车具有两套驱动系统(这使得车体重量大大增加), 但并不是两套驱动系统简单的替代。它需要根据车速和路况的变化、储能系统(如电池、超级电容器)的荷电状态等诸多因素, 通过整车多能源管理系统实时地调节内燃机和电动机的工作状态。其关键和难点在于如何根据工况有效地分配电动机和内燃机的输出功率, 使内燃机和电动机分别在最高效率区内工作, 从整车角度达到能量流的最佳分配, 从而达到节能和环保效果。因此, 只有开发出一套高度复杂的能量管理系统并且从技术工艺上保证两套动力系统灵活高效地切换, 才可能实现混合动力车的节能和环保效果。否则, 由于混合动力系统使得车体重量大大增加、结构异常复杂, 反而会导致汽车耗能增加。而在这些难点上, 我国本土的汽车厂商无论在发动机技术上还是在汽车电子控制技术上都与国外相差甚远, 具体表现在以下两方面。

(1) 在内燃机发展水平上, 目前我国的本土汽车厂家与国外相差至少 20 年。我国的本土汽车厂家处于“全合金引擎”和“机械喷射式发动机 (mechanical fuel injection)”水平; 中外合资厂商处于“电子控制燃油喷射发动机 (electronic fuel injection) 和可变气门开度发动机 (variable valve timing)”水平; 而国外大型厂商处于“汽油直接喷射式发动机 (gasoline direct injection) 和共轨柴油喷射式发动机 (common rail diesel injection)”水平。

(2) 即使是在中外轿车合资企业中, 中外平均股权基本上是 50: 50, 但是合资中的我方只可能在资本获利方面与外方平起平坐, 而在产品发展权上, 却基本上得不到与资本相当的权力。近半个世纪以来我国基本上处于引进、落后、再引进、再落后的模式之中, 直到现在, 轿车开发能力仍然十分低下, 开发权力基本上控制在合资外方手中。我国还没有一个完全自主开发的轿车发动机和电子控制的综合技术。

2. 日本在世界混合动力车市场上一支独秀, 占据 90% 以上的市场份额。从我国目前混合动力轿车的进展来看, 即使达到与日本相当的技术水准, 在成本上与之相比亦不容乐观。

虽然美国、欧洲的汽车巨头也正跃跃欲试进入混合动力市场, 但目前世界混合动力车市场仍被日本的丰田和本田两家公司垄断。据行业分析预测, 在 2005 年以前全球混合动力车市场由日本独领风骚的局面已很难改变。丰田和本田两大公司不仅在技术上很好地实现了混合动力的概念 (节油率高达 40%~60%、各种污染物排放减少 30%~80%), 而且已经进入成本控制阶段, 其价格并不比传统汽车高多少。在这点上, 美国尚且落在了日本后头。与日本相比, 我国在成本问题上的形势更为严峻。

我国东风电动车公司开发的 EQ7200 混合动力轿车的成本分析结果显示, 按年产 2 000 辆估算, 每台车总成本在风神 EQ7200—II 轿车 19 万元成本的

基础上约增加 53 600 元, 总计为 24.36 万元。东风电动车公司将 EQ7200 混合动力轿车的售价与已经进入市场的同档次的国外混合动力车的价格进行了对比 (如表 5 所示)^[2]。东风电动车辆股份公司通过对自主开发的 EQ7200 混合动力轿车的市场需求分析后认为, “如果将 EQ7200 HEV 的售价与同档次的国外已经进入市场的混合动力车相比, 那么差距特别明显。这使得本产品很难登上国际市场”^[2]; 并且指出, “从表中数据可以看出, 国外成熟的混合动力轿车在价格上与其同级别的传统轿车不相上下。基于电动车在技术和市场上比传统汽车有更大的难题, 有人认为这些生产商是在做赔本生意, 至少是在做没有盈利的事情。但是, 从近年来混合动力汽车开发与生产方兴未艾的势头看, 事情并没有看起来那么简单, 其中的问题很复杂, 需要专题研究。”^[2]

表 5 2.0 升级混合动力轿车价格对比

生产厂家	产品型号	价格(万元)
丰田	CROWN THS—M	18.3
丰田	Prius 第二代	16.58
本田	Civic	16.19
东风	EQ7200	24.36

除了与国外 (日本) 同档次的混合动力轿车进行价格对比看出我国的混合动力轿车很难登上国际市场的结论之外, 东风电动车公司同样把 EQ7200 混合动力轿车与国内同档次的传统轿车的价格进行了对比 (如表 6 所示), 并得出结论: “如果将 EQ7200 HEV 的售价与国产同档次的传统汽车相比, 可以看出价格相差也很悬殊, 那么可以断定在目前的状况下国内市场的接受程度也是有限的。”^[2]

表 6 东风 EQ7200 混合动力轿车
与同档次国产传统汽车价格对比

生产厂家	产品型号	价格(万元)
一汽	宝来 1.8T	23.4
风神	风神蓝鸟 2.0	19
东风	EQ7200	24.36

因此, 即使经过攻关在混合动力技术上可以达到与日本竞争的水准, 我国的高成本在国内或国际市场上也很难具有竞争优势。

综上所述, 混合动力的节油价值对于我国由于汽车普及而即将面临的石油危机的缓解作用微乎其微、杯水车薪; 混合动力技术的高度复杂是对我国在核心技术上一直远远落后的汽车工业的巨大挑战, 无论从能源安全的角度审视还是从技术、市场优势的角度分析, 混合动力车技术都无法成为我国发展电动车的最佳产业机遇; 只有全新的技术 (如纯电动车) 才会给我们带来产业机遇, 才是解决我国进入小康社会同时确保能源安全的根本途径。

参考文献

- [1] Menahem Anderman, PhD, 《The 2001 Industry Report — A Critical New Assessment of Automotive Battery Trends》, AABC 2001 Industry Report
- [2] 徐平兴, 朱禹. 东风 EQ7200 HEV 混合动力轿车成本分析和市场探索, 东风电动车辆股份有限公司
- [3] Zhenglin Yang et al. On the Electric Vehicle Market Start Up in China, EVS17 Symposium

(责任编辑 肖庆山)