

第一章 概述

第一节 汽车面临的挑战及对策

汽车自诞生起已有 100 多年历史，其发展速度不断加快，与人们生活的联系越来越紧密。汽车已不再是一个简单的代步和运输工具，已成为许多人的生活必需品和文化生活的一部分，甚至成为一些人的流动办公室。汽车的普及程度和技术水平已成为一个国家或地区现代化程度的标志。

汽车工业的特点是资金和技术密集、规模效益明显、产业关联度大等，在发达国家多处于支柱产业地位。汽车由 2 万 ~ 3 万个零件组成^[1]，无论多大的汽车生产厂也不能生产全部零件。因此，汽车工业在自身发展的同时也带动了其他产业的发展，带动的上游产业有钢铁、有色金属、电力、塑料、橡胶、纺织、皮革、化工、电子、电器及机床等，带动的下游产业有筑路、运输、石油、汽车维修和营销、保险、加油站、停车场等服务行业。据统计，汽车工业每增值一元钱，上游产业增值 0.6 元，而下游产业增值 2.67 元。因此，汽车工业受到了各国政府的高度重视。日本 2001 年汽车关联产业的就业情况调查结果（参见表 1-1）足以说明汽车的产业关联度问题。2001 年日本汽车关联产业的就业人数为 513.3 万人，占就业总人口 6 350 万人的 8.1%，为制造部门就业人数 85.8 万人的 5.98 倍。可见，汽车产业的关联度很大，对其他产业有明显的拉动效果。

表 1-1 日本 2001 年汽车关联产业的就业人口分布情况^[1]

部 门	人数/万人	比例/%	部门人数细分情况/万人
制造	85.8	16.7	制造业(含两轮机动车)24.4, 汽车零、部件及附件 56.6, 汽车车身及其附属品 4.9
使用	260.4	50.7	道路货物运输 61.0, 道路旅客运输 154.0, 运输附带的服务业 33.7, 停车场 8.1, 汽车租赁业 3.6
营销及维修	104.0	20.3	营销(含两轮车)54.0, 维修 31.9, 汽车零部件及附属品 18.0
原材料	29.9	5.8	电器、机械及器具 13.5, 非金属 1.7, 钢铁 1.5, 金属制品 2.1, 化工纤维石油 1.6, 涂料塑料玻璃橡胶 9.5
燃料供给	33.2	6.5	加油站 6.5

汽车已成为当今人类社会不可缺少的交通工具，它对人类社会的进步产生了不可替代的巨大推动作用。但同时也面临着来自环境保护、能源短缺、道路交通事故等方面越来越严峻的挑战，并带来了一系列负面效应。汽车在其生命的全周期内对公共环境和公众健康甚至生命

产生了一系列危害，此即汽车的环境公害。汽车的环境公害包括汽车在生产过程中、使用中和报废后的环境大气污染(包括温室气体、臭氧层破坏和空气污染)、水质污染、废弃物、环境噪声、电波对人体的危害及对用电器的干扰等(参见图 1-1)。汽车的环境大气污染包括两层含义：其一是汽车排放的 CO_2 、硫化物 SO_x (指一氧化硫和二氧化硫)、氮氧化物 NO_x (指 NO 和

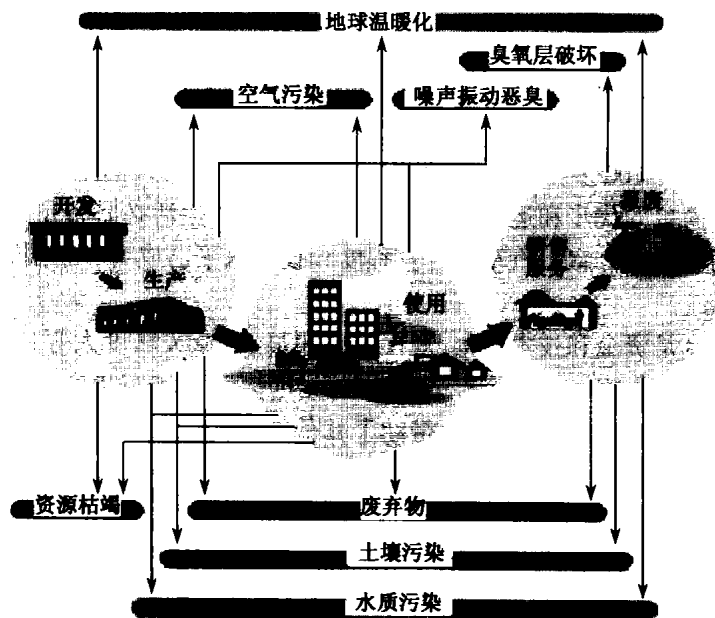


图 1-1 汽车与环境的关系 [2]

NO_2)、氟氯烃等使温室效应加剧、臭氧层破坏和形成酸雨等大气环境问题，据估计汽车排入大气的 CO_2 已达到 CO_2 排放总量的 16.9% (参见图 1-2)；其二是汽车排出的 CO 、 NO_x 、 SO_x 、未燃碳氢化合物 HC (Hydrocarbons, 包括蒸发和泄漏的燃油)、颗粒物 PM 和臭味气体等造成的局部空气污染(特别是城市空气污染)，进而对人类和动植物产生的危害，与此有关的汽车造成的空气污染大多数人们可以直接感受到，如在机动车道和人行道没有分开的道路上，汽车行驶扬起数米高的尘土、排气的刺鼻臭味、柴油车排出的黑烟等严重地威胁着人们的身体健康。特别是在大城市中，汽车行驶时排出的气体

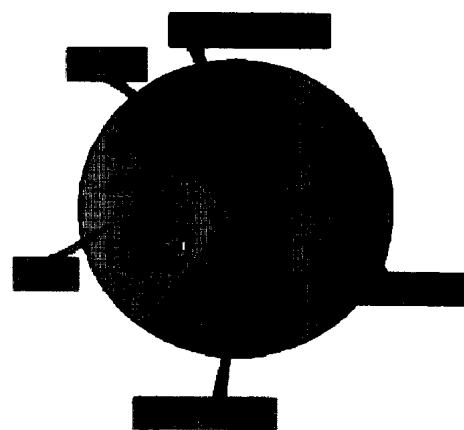


图 1-2 1998 年全世界不同用途的燃料燃烧的 CO_2 排放比例

(态) 污染物 CO 、 NO_x 、HC)、微粒污染物、蒸发排放物等已成为城市空气污染的主要来源。据北京市 1995 年的统计，机动车一氧化碳和氮氧化物的排放量已占到了城市总排放量的 76.5% 和 68.4%。由此可见，汽车排入大气的有害污染物除使城市空气中的有害污染物增加、产生

光化学烟雾和硫酸烟雾外，还导致大气臭氧层破坏、地球温暖化和酸雨的形成等。

随着人们生活水平的提高，人类对生存环境的要求越来越高，降低汽车有害排放的呼声与日俱增，在美国已经出台了部分汽车零排放的法规，在我国也正在筹划实施用于北京 2008 年的‘零排放’车队。因此就目前的情况来看环境公害是汽车行业面临的巨大挑战。

汽车面临的挑战之二是能源供应问题。从人类对可持续发展的观点出发，人类应设法减少对有限的石油资源的消耗，并且应积极研究石油资源枯竭后汽车的能源来源。另外随着汽车保有量的增长，石油的供应日趋紧张，汽车研发和制造行业必须加大对汽车新能源的研究和开发的力度。目前世界范围内使用的主要能源有石油、煤、天然气、核能（原子能）、水能、风能以及可再生能源等。虽然每年都有新的油田、气田的发现，但这些资源都是有限的，总有一天会消耗殆尽。由图 1-3 可见，随着世界人口的增加和生活水平的提高，人类对能源需求的增长

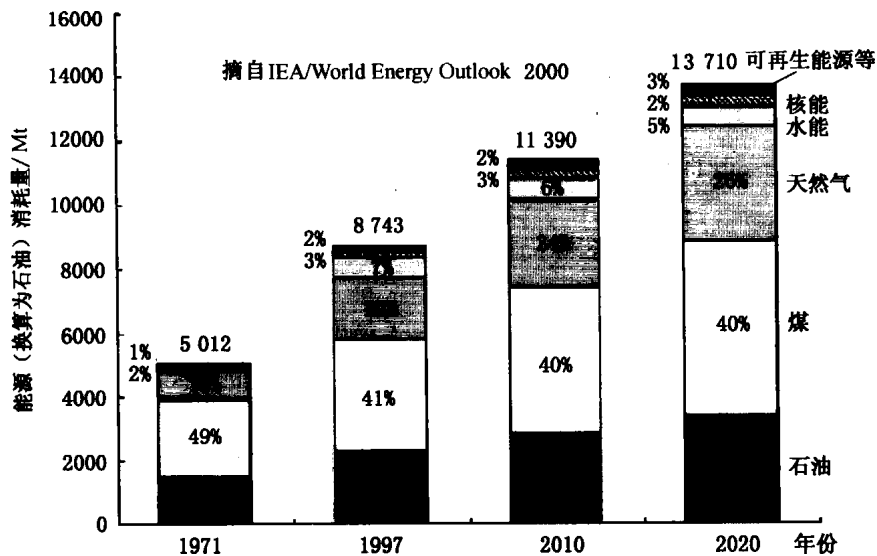


图 1-3 世界不同燃料的消耗量及未来需求预测^[3]

加速度很快，石油资源的枯竭速度正在加剧。世界能源需求的增长速度越来越快，图 1-4 表示了世界不同地区能源消耗量及未来需求预测情况，可见 2020 年的需求将增长为 1997 年的 1.57 倍，其中增长部分的近一半在亚洲（日本除外），并且全球的增长速度存在较大差别。到 2020 年，OECD(Organization for Economic Cooperation and Development) 诸地区的能量需求占全世界的比例将由 1997 年的 55% 下降为 2020 年的 44% 亚洲国家的需求将由 1997 年占全世界的 21% 上升为 2020 年的 30%。我国 2020 年的能源需求将增长为 1997 年的 1.996 倍。

我国面临的形势也十分严峻，国内的石油储藏量和开采量相当有限，随着汽车保有量的增加，石油需求越来越多，目前已不能自给，不足部分主要通过进口来满足。由于进口石油又与石油安全问题密切相关，所以又带来了石油安全问题。从 1993 年开始中国成为能源净进口国，其中每年石油进口量递增 1 000 万 t 左右，而且呈逐年加大的趋势。到 2000 年中国进口石油 7 000 多万 t。国家统计局最新的统计年报显示 2004 年中国进口原油 1.2 亿 t 预计 2010 年中国的石油总需求规模将达到 3.5 亿 ~ 3.8 亿 t 而石油进口依存度将达 51.4% ~ 52.6%。

据估计，即使在采用先进技术、继续节能、加速可再生能源开发利用以及依靠市场力量优

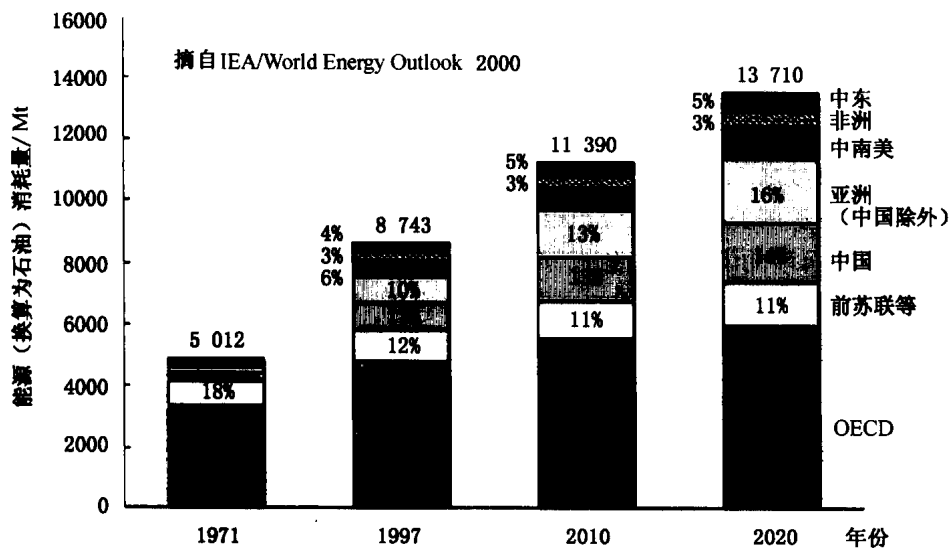


图 1-4 世界不同地区能源消耗量及未来需求预测 [3]

化资源配置的条件下,2010年世界能源仍将约短缺8%到2040年将短缺24%左右其中石油短缺额可能多达数亿吨。

随着世界经济的持续增长和世界人口的增加人民生活水平的提高人均能源消耗将会高速增长环境污染会变得更为严重。开发新的替代能源、提高热能转换的效率和节约能源被认为是解决或缓解环境污染和保障能源供给的有效方法。

对我国及一些发展中国家而言,汽车保有量远低于发达国家目前的水平。因而汽车保有量将会在较长一段时间内持续高速增长。可以预见,我国在未来对传统的车用燃料的需求将持续大幅度增长。因此开发不使用传统燃料的代用燃料和电动汽车降低单位里程的燃料消耗量对缓解环境污染和保障能源供给具有重要的战略意义。

一些国家和地区为了降低汽车单位里程的燃料消耗量设定了汽车每公里燃料消耗量平均值的目标值旨在减少汽车燃料消耗量缓解能源供需的矛盾。日本对汽油车设定的目标为2010年新车升公里数平均比1995年的平均值提高22.8%柴油车2005年新车升公里数(平均比1995年的平均值提高14.9%)。我国汽车燃油标准也于2004年10月底出台其目标是2008年达到世界水平。标准分两个阶段实施,第一阶段的执行日期为2005年7月1日第二阶段的执行日期为2008年年初。如标准规定质量在980kg至1090kg之间的SUV百公里燃油消耗量在第一阶段不得高于8.8L第二阶段不超过8L。汽车的节能任务仍然很艰巨如果能够实现上述目标,则可以大大减少汽车燃油的使用量。由于CO₂的排放量与油耗成正比故降低单位里程的燃料消耗量对实现削减CO₂排放的控制目标和降低汽车单位里程的有害排放量无疑是十分有益的。

欧洲联盟汽车协会(ACEA)、日本汽车工业协会(JAMA)、韩国汽车工业协会(KAMA)设定了表1-2所示的CO₂削减的目标值,这既可减轻温室气体的排放量,又可减轻能源供给的压力,是一项应大力推广的良好举措。

表 1-2 欧盟、日本、韩国的削减汽车 CO₂ 排放的目标值 (平均)^[4]

年 份	CO排放量 (g·km ⁻¹)	协 会		
		ACEA	JAMA	KAMA
2003		165 ~ 170	165 ~ 175	
2004				165 ~ 175
2008		140		
2009			140	140
2012 ^①		120	120	120

注：① 2012 年的目标值还在探讨中。

汽车使用中发生交通事故，致人死亡和伤残是汽车面临的第三个严重挑战。汽车车祸被认为是世界第一公害。在拥挤的道路上，行人的安全甚至生命经常受到汽车的严重威胁。在第 16 届国际意外事故和交通医学会议上，专家们统计出的数字证明，交通事故已成为“世界第一公害”，如今全世界每年死于道路交通事故的人数超过 100 万，每 50 s 就有一人死于交通事故。自 1889 年世界上发生的第一起车毁人亡事故至今，全球死于交通事故的人数总计高达 3 200 多万人，远远高于同期死于战争的人数。在我国这个问题更为突出，据公安部 2002 年的统计，全年共发生道路交通事故 77.3 万起，造成 10.9 万人死亡、56.2 万人受伤，直接经济损失 33.2 亿元。由于我国目前公路管理不够完善，因此实际的道路交通事故死亡人数高于公安部每年公布的统计数字，在一些地区官方的数字大约为实际死亡人数的 2/3。

道路交通事故是由人、车、路、交通环境等诸多因素共同影响下的复杂交通事件。因此为了对付来自道路交通事故方面的挑战，解决交通安全问题，必须把人-车-路-环境作为一个有机整体进行分析和处理，改善交通环境，改进车辆安全性能，加强车辆安全性能的检测和维护工作，并采取有效的和符合实际的交通管理措施。

由于电动汽车具有突出的优势，特别是在环保方面的优势，使得电动汽车的开发和研究成为各国开发绿色汽车的主流。电动汽车使用的能源是可以用于发电的一切能源。因此使用电动汽车可以摆脱汽车对化石燃料的依赖，改善能源结构，使能源供给多样化，使能源的供给得到有效保障。电动汽车在解决道路交通事故方面和传统汽车相比也具有一定优势。因此，开发电动汽车是迎接汽车面临挑战的重要对策之一。

第二节 电动汽车的历史、现状及特点

一、电动汽车的定义及种类

电动汽车指全部或部分用电能驱动电动机作为动力系统的汽车。驱动电动汽车的电力常见的有各种蓄电池 (又称二次电池)、燃料电池、太阳能电池等。最常见的分类方法是把电动汽车分为蓄电池电动汽车 (Battery Powered Electric Vehicle)、燃料电池汽车 (Fuel Cell Electric Vehicle) 和混合动力电动汽车 (Hybrid Electric Vehicle) 三类。其中，蓄电池电动汽车亦称二次电池电动汽车、纯电动汽车等，混合动力电动汽车亦称复合动力电动汽车。应该引起注意的是混合动力电动汽车的定义，国际机电委员会下属的电力机动车技术委员会 [Technical Committee 69

(Electric Road Vehicles) of the International Electrotechnical Commission]建议把混合动力电动汽车定义为“由两种和两种以上的储能器、能源或转换器作驱动能源,其中至少有一种能提供电能的车辆称为混合动力电动车”。根据这个定义,内燃机和蓄电池、蓄电池和燃料电池、蓄电池和超级容量电容器、蓄电池和飞轮储能器、燃料电池和超级容量电容器、燃料电池和飞轮储能器等组成的混合动力汽车都属于混合动力电动汽车。由于单纯的燃料电池动力汽车有很多不足,如无法回收制动能量等,所以目前开发的燃料电池汽车几乎都带有蓄电池或超级容量电容器等辅助能源装置。严格来说,常见的燃料电池车大多属于混合动力电动汽车。为了突出电动汽车的主要特点,实际上把这类混合动力电动汽车也常叫做燃料电池车,而把由内燃机和电动机两种动力驱动组成的混合动力电动汽车简称为混合动力汽车。电动汽车还常以使用的电池名称命名,如氢燃料电池汽车、蓄电池汽车、太阳能电动汽车、铅蓄电池汽车和镍氢蓄电池汽车等。

二、电动汽车的历史与现状

1. 蓄电池电动汽车的历史与现状

1885年,世界上第一辆汽油机汽车由德国人本茨研制成功,并于1886年1月26日获得专利。后人为了纪念本茨对汽车发展所作的贡献,将1886年1月26日定为世界上第一辆汽车诞生日。电动汽车的历史同样可以追溯到19世纪,并且早于内燃机汽车的发明时间。最早开发电动车辆的人为法国和英国人^[5]。1881年法国工程师古斯塔夫-特鲁夫(Gustave Trouve)发明了第一辆电动汽车——铅酸蓄电池动力三轮车,并于1881年8月到11月间在巴黎举办的国际电器展览会上展出,遗憾的是这辆电动汽车的照片没有留下来。现在留有照片的最早的电动汽车是英国人阿顿和培里于1882年发明的三轮电动汽车。应该说明的是,若把一次电池电动汽车作为电动汽车的诞生日的话,则第一辆电动汽车的诞生时间是1873年,由英国人罗伯特-戴维森(Robert Davidson)发明^[6]。戴维森制作的世界上最初可供实用的电动汽车是一辆载货车,长4800mm,宽1800mm,使用铁、锌、汞合金与硫酸进行反应的一次电池。

电动汽车在欧洲发明之后,很快传到了美国,并在美国得到了快速发展。1890年美国第一辆蓄电池汽车在美国阿华州诞生,时速达到23km/h。在此之后的十多年里,电动汽车在美国飞速发展,到1912年保有量已达到33384辆。到1900年为止,美国的电动汽车相对来说比内燃机车还要多占一些优势。其原因是在美国辽阔的乡村,当时坚硬道路稀少,而城市内大多都是坚硬的道路,市区面积狭小,因此,续驶里程为30英里^①并不被认为是一个严重的缺陷。英法两国的情况就大不一样,由于欧洲历史悠久,文化古老,在主要城市之间当时已有公路相连,无论什么天气,车辆都能行驶。因此,在英国和法国,汽油动力车就成为主要对象。连接主要城市的公路系统推动了旅游业的发展,而旅游业则要求车辆具有相当长的续驶里程。尤其是法国,当时汽车工业比较成熟,在1905年之前,机动车辆出口量居世界首位。但在1905年之后,由于美国各家汽车公司零部件的互换性提高,而且产品价格低廉,所以在此后的几十年里,美国一直是汽车出口量最大的国家。

到20世纪初,美国以蓄电池为动力的电动汽车占汽车保有量的38%,其比例仅次于占汽车保有量40%的蒸汽机汽车。到了1915年,美国电动汽车的年产量达5000辆。后来由于起

^① 1英里 = 1.609344 千米。

动机的发明促进了汽油机汽车的发展和美国州际公路的发展，使电动汽车不能适应长距离行驶的缺点更为突出 因而电动汽车开始走向衰落 在 1935 年到 1960 年的 25 年里 电动汽车几乎处于停产状态，并逐步退出使用。

20 世纪 60 年代，随着汽车保有量的增加，汽车的排气污染使美国等发达国家相继出现光化学烟雾等空气污染事故，使人们的健康与生命安全受到了严重威胁。因而，首先在受到汽车污染威胁的汽车工业发达国家又重新开始电动汽车的开发。如日本在 1976 年就成立了电动汽车协会，并开展了电动汽车的研究与开发工作。但是，由于电动汽车技术一直没有重大突破 到 20 世纪 80 年代电动汽车的研究、开发和应用仍然处于停滞不前的状态。1990 年 9 月美国加州政府通过的法规规定了“零排放车辆”ZEV (Zero Emission Vehicle) 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 USABC (United States Advanced Battery Consortium) 同年 7 月美国电力研究院 EPRI (Electric Power Research Institute) 参加了美国先进电池联合体，10 月布什总统批准了 2.26 亿美元拨款资助此项研究。通用汽车公司于 1990 年在洛杉矶展出“冲击 Impact)”牌电动轿车，该车采用铅酸电池与高新技术。从此掀起了一个以高新技术为基础、得到各国政府大力支持的、世界性的电动汽车研发热潮。据日本电动汽车协会的统计，近年部分国家的电动汽车的保有量如表 1-3 所示。

表 1-3 部分国家的电动汽车的保有量^[6]

国 家	美国	日本	法国	德国	意大利	瑞士
年 份	2002	2003	2001	2001	2001	2001
电动汽车保有量/辆	5 466	5 600 ^①	7 592	2 300	5 750	2 100 ^①
注：① 此统计量包括电动自行车和特种车。						

2. 混合动力电动汽车的历史与现状

世界第一辆由汽油机与电动机组合的混合动力汽车 (Hybrid Vehicle)^[7]，于 1899 年由费迪南-保时捷 Ferdinand Porsche 研制成功。但由于受其他技术 如电动机、电池和控制等 发展的制约，加上环境、能源问题未被引起足够重视等，使混合动力汽车技术在其后的几十年里未被重视。直到近十几年才引起世界各大汽车公司的重视。日本大发工业公司曾于 1970 年展出过轻型乘用混合动力汽车。混合动力汽车技术引起重视的时间大约是 1990 年前后 近 10 余年来已推出了乘用车，载货车，大、小客车等各种车型的混合动力电动汽车。表 1-4 为近 10 多年来日本主要汽车公司的混合动力汽车的公布 (展出) 或上市销售的时间，可见混合动力汽车已成为开发热点。

表 1-4 日本主要汽车公司的混合动力汽车的公布 (展出) 或上市销售时间表^[8]

制造商	车 名	公布或上市年
铃木公司 Suzuki	EE-10 Pu3 Commuter EV-Sport	1993 年公布 1999 年公布 1999 年公布

续表

制造商	车 名	公布或上市年
大发工业公司 Daihatsu	EV Sedan Charade Social EV - H Move EV - H Move EV - H II Atrai HEV Atrai HEV IV , UFE UFE - II	1993 年公布 1995 年公布 1997 年公布 1999 年公布 2001 年公布 2001 年公布 2001 年公布 2003 年公布
丰田公司 Toyota	Coaster HEV Prius Coaster Mr HV - M4 Estima HEV Crown Myld Prius, 装备 THS II	1995 年公布, 1997 年上市 1995 年公布, 1997 年上市 1995 年公布, 1997 年上市 2000 年上市 2000 年上市 2000 年上市 2003 年上市
日产汽车公司 Nissan	Nissan Avenir HEV Stylish 6 AL - X Tino HEV	1997 年公布 1997 年公布 1997 年公布 1999 年公布, 2000 年上市
日产柴油机公司 Nissan Diesel	Hybrid Non - Step Bus Capacitor Hybrid Bus Capacitor Hybrid Truck	1997 年公布 2000 年公布 2000 年公布
日野公司 Hino	Hino Hybrid Shuttle Bus Hino Hybrid Delivery Truck Himr Garbage Collector Selega Himr Bus Hybrid Diesel Truck	1994 年上市 1994 年上市 1994 年上市 1998 年上市 2000 年公布
富士重工业公司 Subaru	Subaru Elcapa Subaru Elten Subaru Elten Custom Subaru HM - 01 Scrambler	1995 年公布 1997 年公布 1999 年公布 2000 年公布 2003 年公布
本田技研工业公司 Honda	Honda J - VX Honda Insight Honda Civic Hybrid Honda Dualnote	1997 年公布 1999 年公布, 2000 年上市 2001 年公布, 2001 年上市 2001 年公布
马自达公司 Mazda	Sport Tourer MX	2001 年公布
三菱汽车公司 Mitsubishi	Mitsubishi ESR Mitsubishi HEV Canter HEV MCAT SUW Advance HEV Aero Nostep HEV Advance GDI - ISA S.U.P	1993 年公布 1995 年公布 1995 年公布 1997 年公布 1999 年公布 2000 年公布 2001 年公布 2001 年公布

3. 燃料电池电动汽车的历史与现状

最早的燃料电池汽车的开发时间可以追溯到 1968 年，通用汽车公司在这一生产出了世界第一辆可使用的燃料电池汽车^[9]，该燃料电池汽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，汽车的续驶里程为 200 km 但由于该车的复杂结构几乎占去所有车内空间，加上当时人们环境意识的淡薄和能源供需矛盾并不突出，因此，后续的开发工作停止。到了 20 世纪 90 年代，作为解决环境污染和能源供需问题的重要途径之一的燃料电池汽车技术受到了空前重视，主要汽车生产国和各大汽车制造商几乎都投入了大量的人力和物力研发燃料电池汽车。1993 年加拿大 Ballard 公司研制出世界第一辆燃料电池公共汽车，1994 年戴 - 克公司推出了 NECAR I (New Electric Car I) 燃料电池轿车^[10]。NECAR I 使用的是 Ballard 公司生产的质子交换膜燃料电池组，功率为 50 kW，燃料为压缩氢气。目前，各大汽车公司几乎都研制出了燃料电池汽车概念车，我国也已研制出轿车和大巴燃料电池概念车。但是，由于安全、高效的储氢、运氢等问题的存在和燃料电池车的价格较高等方面的问题，燃料电池汽车投入市场还尚需时日。

三、电动汽车的优势

电动汽车包括蓄电池车、燃料电池车和混合动力电动汽车三类。由传统的汽车动力（如内燃机等）和电力组成的混合动力电动汽车由于装备了内燃机等传统的汽车动力，因此，此类混合动力车仅在以电力运行时具备蓄电池汽车和燃料电池汽车的一些优势。故在以下论述一些优势中，对混合动力电动汽车仅指以电力运行时而言。

1. 良好的环境保护效果^[11]

燃料电池电动汽车通常以富氢气体为燃料，而富氢气体的主要来源是通过矿物燃料制取。在富氢气体的制取过程中，其 CO₂ 的排放量比热机过程减少 40% 以上，这对缓解地球的温室效应是十分重要的。由于燃料电池的燃料在反应前必须脱除硫及其化合物，而且燃料电池是按电化学原理发电不经过热机的燃烧过程所以它几乎不排放氮、硫氧化物减轻了对大气的污染。当燃料电池以纯氢为燃料时，它的化学反应产物仅为水，从根本上消除了 NO_x、SO_x 及 CO₂ 等的排放。故以纯氢为燃料的燃料电池电动汽车在行驶中不排放任何有害气体（包括 CO₂）。蓄电池车以电力为动力，混合动力电动车在城市运行时也可以仅使用储存的电力。因此可以说，电动汽车是零排放汽车。

电动汽车可广泛应用于城市公交、公共场所以及对排放控制有特殊要求的地方。但是如果算总账，并不能说电动汽车是零排放汽车，因为电动汽车使用的电能或燃料电池车使用的燃料，在其生产过程中已产生了 NO_x 和 CO₂ 等污染物。表 1-5 为燃料制造过程中 NO_x 的排放值图 1-5 为单位里程的 NO_x 排放量随汽车种类的变化，其中 FCEV 的燃料氢和甲醇假定由天然气制造（图中小线段为误差范围）。

表 1-5 NO_x 排放量比较^[12]

燃料种类	汽油	柴油	电力	甲醇	氢
NO _x 排放量/(g·MJ ⁻¹)	0.113	0.056	0.047	0.019 ~ 0.022	0.022 ~ 0.042

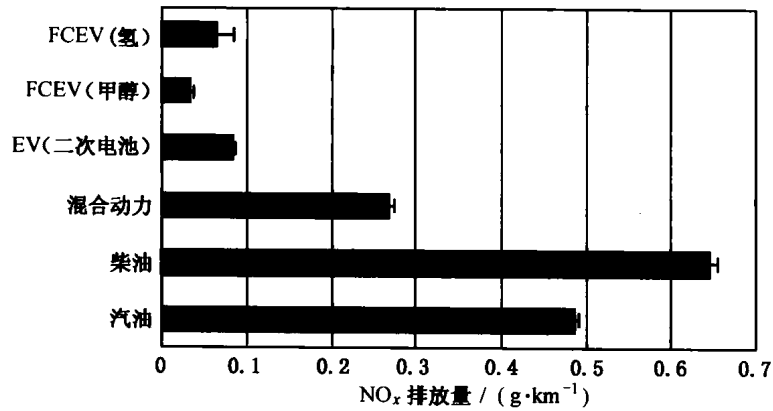


图 1-5 单位里程的 NO_x排放量随汽车种类的变化^[12]

图 1-6 为电力与其他能源生产和使用的总 CO₂ 排放量 其中 FCEV1(Fuel Cell Electric Vehicle with hydrogen storing alloy) 表示合金储氢燃料电池汽车 ,FCEV2(Fuel Cell Electric Vehicle with liquid hydrogen) 表示液氢燃料电池汽车 ,FCEV3(Fuel Cell Electric Vehicle with high - pressure hydrogen) 表示压缩氢燃料电池汽车 ,FCEV4(Fuel Cell Electric Vehicle with methanol) 表示甲醇燃料电池汽车。图 1-6 中还给出了蓄电池车和混合动力车的 CO₂ 排放量 (图中的小线段为误差范围) 可见从降低 CO₂ 排放的角度考虑, 电动汽车也具有一定优势。

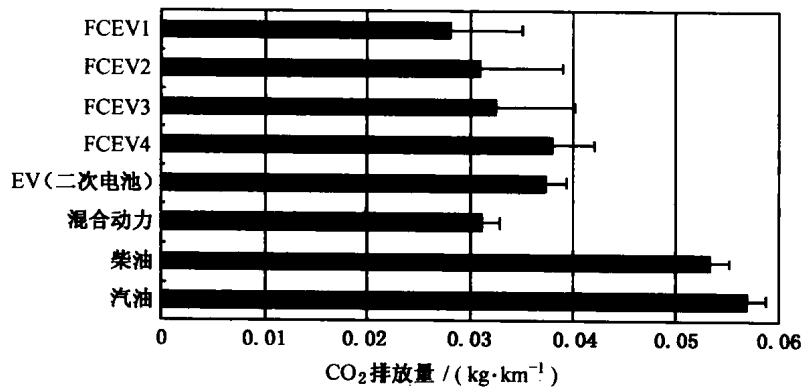


图 1-6 单位里程的 CO₂ 总排放量随汽车种类的变化^[12]

2. 噪声低

燃料电池按电化学原理工作 运动部件很少 无内燃机的燃烧噪声和进气门、排气门、活塞与曲轴等运动部件的机械噪声。燃料电池系统中最大的噪声源是空气压缩机 (仅采用压力供气的燃料电池) 在没有采取隔声措施的燃料电池概念车中 空气压缩机在汽车运行中产生的噪声也相当大。总的来看, 燃料电池车的噪声明显低于内燃机汽车。实验表明, 4.5 MW 和 11 MW 的大功率磷酸燃料电池电站的噪声水平已经达到不高于 55 dB 的水平。蓄电池汽车和混合动力电动汽车仅使用储存的电力在城市运行时也具备类似特点。因此可以说, 电动汽车工作时产生的噪声低, 较传统汽车安静。

表 1-6 为汽车加速和等速运行时的噪声构成情况。可见在加速时发动机及其排气系统的噪声占有很大比例，等速行驶时轮胎的噪声大。在汽车加速时，对于电动汽车而言，没有与发动机相关的如排气系统等的噪声；对混合动力车而言，发动机仍然稳定运转，与发动机相关的噪声大约为汽油机和柴油机的一半；燃料电池车加速时动力系统的噪声主要来自进气系统和冷却风扇等。如果以柴油车和汽油车加速时噪声作为 1 则燃料电池车 FCEV(Fuel Cell Electric Vehicle)、蓄电池车(Battery Powered Electric Vehicle)及混合动力车(Hybrid Vehicle)加速时的噪声如图 1-7 所示。可见电动汽车加速时的噪声明显低于普通汽车。

表 1-6 汽车加速和等速运行时噪声的构成^[12]

噪声源	加速所占比例/%	等速所占比例/%
轮胎	22.9	80.4
发动机	34.4	19.6
牵引(底盘)	2.8	
冷却系统	1.9	
进气系统	11.6	
排气系统	23.4	
其他	3.0	

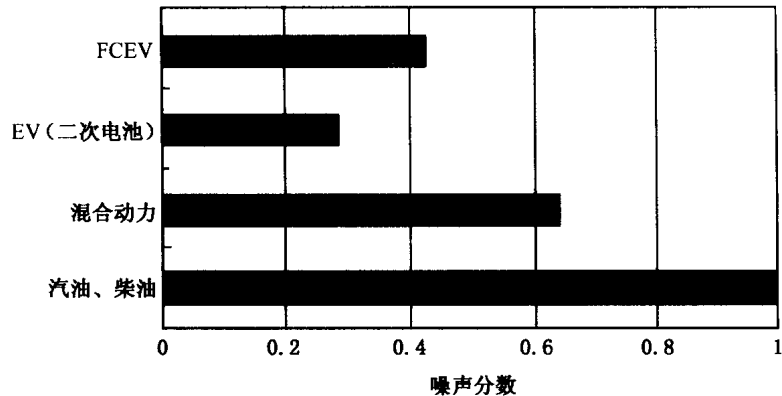


图 1-7 传统汽车与电动汽车的噪声比较^[12]

3. 热效率高

燃料电池按电化学原理等温地直接将化学能转化为电能。它不通过热力过程，因此不受卡诺循环的限制。在理论上它的热电转化效率可达 85%~90%。但实际上，电池在工作时由于各种限制，目前各类电池实际的能量转化效率均在 40%~60% 的范围内。若实现热电联供，燃料的总利用率可高达 80% 以上。图 1-8 表示汽车运行时的热效率以及废热比例随汽车种类的变化。汽油机和蓄电池汽车的热效率相当，混合动力车和重整燃料电池车相当，氢燃料电池车最高。蓄电池汽车的效率最低，其主要原因之一是由化学能到电能转换过程的效率较低。可见除蓄电池汽车外，电动汽车具有较高的热效率，因而运行成本也较低。图 1-8 还给

出了各种动力汽车的效率范围，对于具体的车辆，其效率随车辆技术水平是变化的。表 1-7 为丰田汽车公司在室内模拟道路行驶试验结果的一例 该结果表明 电动汽车的效率均高于汽油车的效率 其中氢燃料电池汽车的效率最高 为汽油车的两倍多。

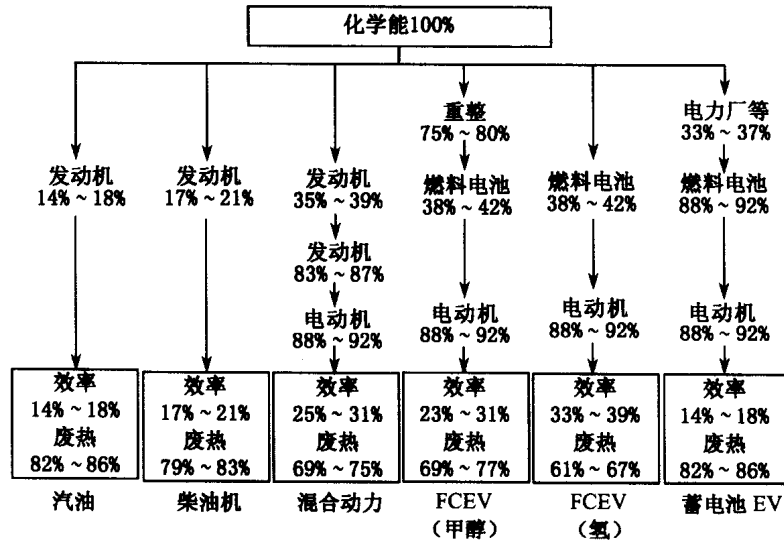


图 1-8 热效率和废热比例随汽车种类的变化^[12]

表 1-7 燃料电池车与其他动力车的综合效率比较^[2]

效率比较 \ 类型	汽油	电力	混合动力 (汽油机)	燃料电池车 (压缩氢气)
燃油生产效率/%	88	26	88	58
汽车运行效率/%	16	80	30	50
综合效率/%	14.08	20.8	26.4	29

以汽油、电力、甲醇、压缩天然气、柴油、压缩氢(图中有两种不同压力)液氢为能源时 传统内燃机汽车、内燃机混合动力车、燃料电池车、燃料电池混合动力车和纯电动汽车的单位里程的能量消耗率的比较如图 1-9 所示。从节约能源的角度来看，在以汽油为燃料的内燃机混合动力车、燃料电池车和燃料电池混合动力车中，燃料电池混合动力车最节能；在内燃机混合动力车中，柴油车混合动力车明显低于汽油混合动力车的能量消耗量。

4. 排放的废热少

汽车运行时内燃机燃烧排出气体温度明显高于环境大气，排气携带的热量将导致环境大气温度升高 进一步对大城市的“热岛效应”产生一定影响。燃料电池和混合动力汽车由于有较高的热效率 单位里程排出的热量少 蓄电池电动汽车不带出废热的排气 故使用电动汽车可以减轻城市的“热岛效应”。图 1-10 为单位里程排出的热量随汽车种类的变化，图中蓄电池汽车排出的热量中未计及在发电厂排出的热量。可见 与传统汽油机相比 电动汽车排出的热量少。

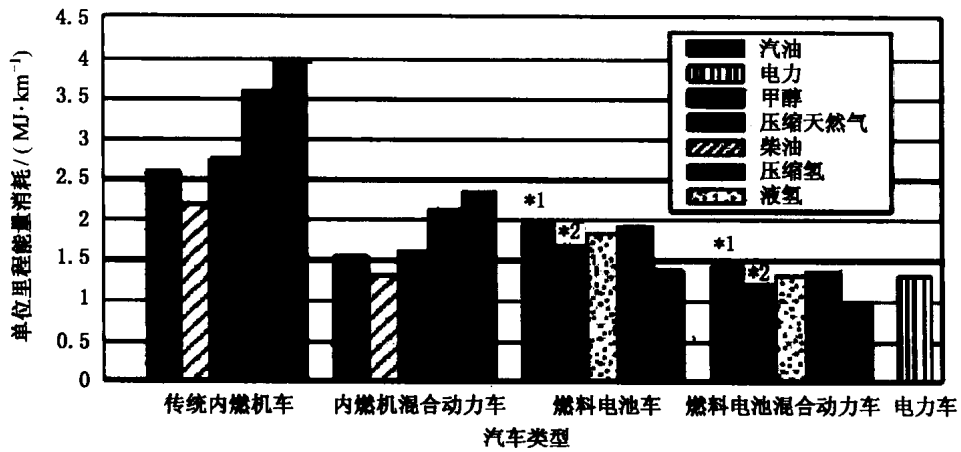


图 1-9 各种车辆单位里程的能量消耗率比较^[13]

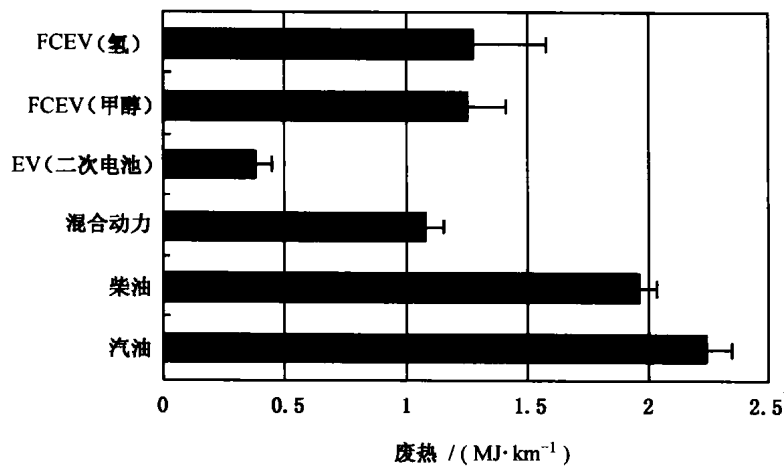


图 1-10 排出的热量随汽车种类的变化^[12]

5. 可回收利用的能量多

对电动汽车而言，很容易利用电动机反转时发电的功能回收制动或下坡时的能量，从而使汽车的续驶里程增加、经济性提高。近年新开发的电动汽车都具有下坡、制动或减速时的能量回收系统，具有能量回收系统的电动汽车的续驶里程可增加 10% ~ 15%。

6. 可以改善能源结构、解决汽车的替代能源问题

装备蓄电池的电动汽车所消耗的电能可以由普通电网得到，故所有获取电能的方法都可以用作电动汽车的能量获取途径 如水力发电、核能发电、潮汐发电、燃煤发电、风能发电、地热发电及太阳能发电等。燃料电池可以以氢、甲醇等非化石燃料为能源 因此电动汽车改变了传统汽车单纯依赖石油燃料的不足 既可改变能源结构、弥补化石燃料的不足 又可以作为石油枯竭后的交通工具，因此可以说开发电动汽车具有重要的能源战略意义。

四、电动汽车的主要不足

1. 续驶里程短 载质量小

能量密度（指单位体积的动力电池组所能输出的能量）低是除内燃机混合动力车外的电动汽车存在的最大的问题。目前实际使用的电池有铅酸电池、镍 - 镉电池、镍 - 氢电池、锂离子电池等，常见的蓄电池比能量（指单位质量的动力电池组所能输出的能量）的范围为 $35 \sim 110 \text{ W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ 而汽油的低热值为 $44 \text{ MJ}/\text{kg}$ （即为 $1.2 \times 10^4 \text{ W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ ）可见汽油的能量密度约为蓄电池的 $110 \sim 340$ 倍，即使把电动机的工作效率高于发动机这一因素考虑在内，两者之差也相当悬殊。镍 - 氢电池、锂离子电池等电动汽车的一次充电行驶里程目前虽然已超过 200 km 最高车速已超过 $130 \text{ km}/\text{h}$ ，但这仍然难以和内燃机汽车相比。燃料电池车由于采取了 35 MPa 的高压储存技术等各种措施，其续驶里程已超过 300 km ，但仍然无法与燃油汽车相比。内燃机混合动力汽车虽然没有续驶里程短的问题 但由于其结构复杂 在载重量上仍然难以与传统内燃机汽车相比 加之其在制造成本和可靠性等方面的不足 目前仍然难以与传统内燃机汽车相媲美。

2. 制造成本高

目前纯电动汽车的价格一般为同级燃油汽车的 $2 \sim 5$ 倍。当然生产规模扩大后 会有一定幅度的降低，但仍然难以达到内燃机汽车的水平。内燃机混合动力汽车价格明显高于同级别的燃油汽车。燃料电池汽车的价格非常昂贵，达到同级别的燃油汽车的数十倍，甚至上百倍，还处于消费者无法接受的地步。

3. 必须重新建设基础设施和解决氢的来源问题

除内燃机混合动力车外的电动汽车存在重新建设基础设施的问题。为了克服蓄电池充电时间长（ $4 \sim 8 \text{ h}$ ）的问题，需要在停车场或车库建设类似燃油汽车加油站的快速充电站。氢燃料电池汽车则需要解决氢的来源问题和建设加氢站等设施。

第三节 国内外电动汽车的开发计划简介

由于电动汽车具有明显的环保和节能优势，并能减轻或最终摆脱对化石能源的依赖，因此积极推进电动汽车的开发已成为世界各国政府的共识，各国政府从资金、人力、政策等方面都给予了大力支持。此处仅对近十多年来美国、欧盟、日本和我国的有关开发计划和政策作一简单介绍，旨在使读者了解近期电动汽车的开发趋势。

一、美国电动汽车的开发计划^[14,15]

美国有关电动汽车的开发计划有著名的 PNGV(The Partnership for a New Generation of Vehicles) 计划与 FreedomCAR 计划。

1. PNGV 计划

PNGV 计划于 1993 年由克林顿政府设立 由美国政府与三大汽车公司(克莱斯勒、福特和通用) 合作实施 旨在推动美国汽车技术革命 开发新一代汽车。

PNGV 计划提出的三个战略目标为：显著改善和增强美国制造业的竞争力，尽快将具有商

业可行性的技术创新成果应用于汽车生产当中，开发出具有 3 倍于现行汽车燃料效率的新一代汽车。

PNGV 计划为新一代汽车开发设定的时间表是：1997 年完成技术选择，2000 年出概念车，2004 年初生产样车。1997 年，PNGV 计划完成了新一代汽车的技术选择。经过充分酝酿，认真筛选，确定了轻质材料、混合动力、高性能发动机 CIDI(Compression Ignition Direct - injection Engines) 和燃料电池为 PNGV 的技术主攻方向。

2. FreedomCAR 计划

FreedomCAR 计划是布什政府于 2002 年 9 月制定的用于取代 PNGV 计划的新的国家及私营合作的研究发展计划。其中，CAR 是 Cooperative Automotive Research 三个词的缩写。FreedomCAR 计划集中于燃料电池汽车的研究，而不同于 PNGV 计划的重点还有柴油混合动力汽车，不仅面向中型家用轿车，而且面向所有轿车和轻型卡车。FreedomCAR 计划由能源部领导，由汽车制造者协会协调，而不同于 PNGV 计划由七个政府部门参加，最大的不同是燃料供应商参与了 FreedomCAR 计划。

FreedomCAR 计划将集中于风险较高的实用技术研究，从美国国内可再生能源制造氢燃料电池，其使用以不损害汽车使用的自由、不损害选择汽车的自由、不增加使用的成本为目的。在不使用国外燃油的前提下，研究可支付使用费用的和没有排放污染的全功能轿车和卡车，同时不损害安全性、灵活性和汽车选购的自主性。

FreedomCAR 计划设定了 5 个目标，即不受燃油的限制，没有排放污染，选购你喜欢的汽车，不受限制随时随地的驾驶，燃料便宜、添加方便。

FreedomCAR 计划到 2010 年实现的主要技术指标有：

确保未来可靠的燃料电池动力系统与传统内燃机自动变速系统成本具有可比性。电动推进系统具有 15 年的寿命，在 18 s 内可产生不低于 55 kW 的驱动功率，持续功率不低于 30 kW，系统成本最终达到 12 美元/kW，燃料电池的最高效率应达到 60%，燃料电池系统（包括氢存储装置）比功率为 325 W/kg，功率密度为 220 W/L，2010 年成本达到 45 美元/kW，2015 年达到 30 美元/kW。燃料的生产效率应达 70%，换算为汽油的价格为 1.5 美元/加仑^①。

② 既可使用内燃机又可使用燃料电池的清洁汽车目标是：内燃机系统 30 美元/kW，最高循环效率 45%，达到或低于排放标准的要求；燃料电池系统（包括燃料重整装置）最高效率达 45%，达到或低于排放标准的要求，成本达到 2010 年 45 美元/kW，2015 年 30 美元/kW。

混合动力车的目标是：电池系统具有 15 年以上的寿命，功率 300 kW 时，18 s 内最大功率可达 25 kW，成本达到 20 美元/kW。

提高氢的转换效率，扩展氢燃料的使用范围，保持现有车辆的特定功能。具体目标是：论证氢燃料的商业标准及氢可再生、不可再生的来源，生产效率达 70% 时，氢燃料的价格与汽油的市场价格相当，约 1.25 美元/加仑；氢存储系统比能量是 2 000 W·h/kg，能量密度是 1 100 W·h/L，成本达到 5 美元/(kW·h)；内燃机系统使用氢燃料的经济性目标是 2010 年 45 美元/kW，2015 年 30 美元/kW，最高循环效率达 45%，低于或达到排放标准。

制造业基础建设的目标是：材料和制造技术可满足汽车大量生产的要求，整车和子系统质量降低 50%，价格为大众可支付得起，增加可再生材料、可循环使用材料的应用。

① 1 加仑 = 3.7854 升。

二、日本电动汽车的研发计划及相关政策

日本汽车保有量居全球第二位 并且人口密集 国土狭小 石油几乎全部依靠进口 因此, 日本政府十分注意电动汽车的研发, 特别是在开发混合动力电动汽车方面处于全球领先。日本电动汽车的研发计划有低公害车开发普及行动计划、JHFC 示范工程 计划和专项研究计划等。

1. 低公害车开发普及行动计划^[16]

2001 年 5 月在小泉首相倡导下 日本政府制定了“低公害车开发普及行动计划”并在积极推进这一综合性的行动计划。该行动计划包括现处于实用阶段的低公害车的普及和燃料电池等下一代低公害车的开发。

(1) 处于实用阶段的低公害车。行动计划中定义处于实用阶段的低公害车是指环境负荷较小、对环境友好的汽车。共包括五种车辆 即压缩天然气汽车、纯电动汽车、混合动力电动汽车、甲醇汽车、低油耗且低排放的认证车 即达到日本《合理使用能源相关法律》的油耗标准 (Top Runner 标准) 的车辆 而且通过日本《低排放车辆认证实施要领 纲要》认证的低排放车辆。对于行动计划确定的处于实用阶段的低公害车 政府将通过实施各种措施进行普及 其目标为 现处于实用阶段的低公害车 在 2010 年之前尽快普及到 1 000 万辆以上。

(2) 燃料电池车等下一代低公害车。行动计划中定义的燃料电池车等下一代低公害车指燃料电池车和通过技术创新、采用新燃料或新技术能够减轻环境负荷的车辆。

行动计划确定的低公害车的普及目标为 燃料电池车在 2010 年内普及 5 万辆。在日本经济产业部资源能源局的第 12 次燃料电池实用化战略研究会上, 对氢能燃料电池经济的未来前景进行了讨论, 提出了在 2030 年燃料电池车 1 500 万辆、加氢站 8 500 个、固定燃料电池 1 250 kW 的建设目标。

为实现上述目标 政府制定了现处于实用阶段的低公害车的普及措施有 充分发挥国家的引导作用, 在公务部门率先应用低公害车, 充实并增强民间事业者应用低公害车的优惠措施。对于燃料电池车 规划燃料电池技术开发战略 由产、学、官联合实施 并进行大规模的验证试验。为了获得普及燃料电池车及促进民间企业的开发竞争所需基础信息, 从 2002 年起进行从燃料供给到燃料电池车行驶的一整套的行驶验证试验。同时制订安全标准, 推进性能评价方法、燃料性质等的标准化工作。

2. JHFC 示范工程 计划)^[17]

JHFC (Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project) 为日本氢燃料电池示范工程的英文缩写 由日本经济产业省负责实施 示范期间为 2002—2005 年。主要内容包括“燃料电池车示范研究”和“燃料电池用氢供给设施示范研究”两大工程。“燃料电池车示范研究”这一项目用 8 个汽车公司制造的燃料电池轿车、公共汽车等进行道路试验, 通过试验测得的汽车运行性能、可靠性能、环境性能、燃料消耗和燃料加注站的参数 分析评价燃料电池车的性能。“燃料电池用氢供给设施示范研究”这一项目将对由不同燃料重整制氢的方法和氢气的储存方法进行比较分析 计划建造脱硫汽油、石脑油、LPG、甲醇、煤油和城市管道煤气重整气的氢气站、碱水电解氢气站、液氢氢气站和高压氢气站共计 9 个氢气站 供进行“燃料电池车示范研究”的燃料电池车加氢使用 目的在于取得应用的基础数据 为“燃料电池用氢供给设施”的推广提供

经验。

3. 专项研究计划^[16]

针对电动汽车技术，具体的专项研究计划主要有：

(1) 燃料电池车等用锂电池技术开发。研究内容包括：开发具有最高能量效率的高功率、长寿命锂电池，提高燃料电池车效率。计划完成时间 2002—2006 年。

(2) 氢能利用技术开发。研究内容包括：为加快氢能在整个社会的应用，进行氢能利用综合性的调查、研究，同时开发储氢罐、供氢站、氢气制造、输送、储藏等相关技术。

(3) 质子膜燃料电池系统的验证研究。研究内容包括：为获得环境性能、能源综合效率等数据和技术课题等开发普及所必需的基础情报，进行包括氢气供给在内的燃料电池车的公路实际行驶试验、固定式燃料电池系统在实际使用条件下的验证试验。

(4) 质子膜燃料电池系统的普及基础工作。以奠定质子膜燃料电池实用化及普及阶段必需的安全性、可靠性标准和技术要求等普及基础为目的，通过评价试验收集各种数据、确立评价试验方法，提出标准和技术要求方案。该项目计划在 2004 年完成。

(5) 质子膜燃料电池系统的技术开发。以汽车用、家用、业务用质子膜燃料电池的实用化为目标，开发构成燃料电池的各要素技术、原材料技术（膜、触媒、隔板等）同时开发系统化技术、批量生产技术、低成本化技术等。该项目计划在 2004 年完成。

(6) 氢气安全利用等基础技术开发。在普及燃料电池的初级阶段，工作的重点是开发安全、低价的氢气制造及利用相关的技术，获得验证氢气安全性的必要数据，开发氢气燃料供给设施必要的压缩机等相关设施，等等。该项目预计在 2007 年完成。

三、欧盟计划^[18,19]

为了提高欧盟各国的科学技术水平，增强欧盟各国工业的竞争力，充分调动欧盟各国的科学技术力量，避免各国科研计划的重复，有效利用欧盟各国的人力物力资源，欧盟也制订了一些统一的研究计划。但需要说明的是，由欧盟委员会组织制订的这些研究计划，对于欧盟各国并没有约束力，欧盟各国是自愿参加的，各国也可以同时制订自己的相关国家研究计划。与电动汽车及其能源相关的发展计划主要有：FP(Framework Programme) 系列计划、欧盟燃料电池研究发展示范计划、欧盟燃料电池巴士示范计划和欧洲电动汽车城市运输系统 (ELCIDIS) 计划等。

1. FP5、FP6 计划

自 20 世纪 80 年代起，欧洲经济共同体投入大量资金，组织多方面力量，开展了多期 FP 计划。其中，FP5(The fifth Framework Programme for European Research & Technological Development) 计划实施时间为 1998—2002 年，实际执行时间从 1999 年初开始。FP5 的“能源、环境和可持续发展”子项目中，对燃料电池的相关技术进行广泛的研究。

FP6 的计划实施时间为 2002—2006 年，实际从 2003 年初开始执行。燃料电池的技术项目是 FP6 能源领域的必不可少项目之一。

2. 欧盟燃料电池研究发展示范 (R&DD) 计划 (1998—2005 年)

燃料电池可实现能源节约和能源清洁转化，它代表着富有前景的清洁高效的能量转换技术。在许多应用领域，燃料电池技术是一个未来的、长期的选择。但是，目前仍不能跟现有的