中国可持续能源项目

大卫与露茜尔·派克德基金会
威廉与佛洛拉·休利特基金会　合盟
能　源　基　金　会
项目资助号：　G-0205-06236

《上海市发展燃料电池两轮车的可行性研究》

《THE FEASIBLE STUDY ON INTRODUCING FUEL CELL TWO-WHEELER TECHNOLOGIES INTO SHANGHAI MARKET》

上海交通大学

2004 年 3 月

目　　录

第一章 上海市发展燃料电池两轮车可行性研究的立项背景 ····· 1
1.1 上海市概况 ····· 1
1.2 上海市两轮车的发展与现状 ····· 4
1.3 燃料电池两轮车概念的提出与研究目的 ····· 6
1.4 燃料电池两轮车发展的影响要素 ····· 7

第二章 大都市交通发展模式与两轮车定位 ····· 9
2.1 国际都市交通的发展模式和经验 ····· 9
2.2 上海市的未来交通规划与两轮车的定位 ····· 12
2.3 燃料电池两轮车的发展空间和定位 ····· 12

第三章 燃料电池两轮车的国内外进展和经验 ····· 15
3.1 燃料电池两轮车开发的国内外进展 ····· 15
3.2 上海市燃料电池两轮车的研究与技术开发 ····· 17
3.3 上海市发展燃料电池两轮车发展的技术优势 ····· 18
3.4 台湾发展燃料电池两轮车的经验 ····· 19

第四章 上海市发展燃料电池两轮车的市场、技术与环境条件 ····· 22
4.1 市场需求和潜力 ····· 22
4.2 本地区技术开发能力和条件 ····· 23
4.3 氢气的供给能力 ····· 24
4.4 资源优势与超前发展意义 ····· 24
4.5 目前存在的主要问题 ····· 25

第五章 上海市发展燃料电池两轮车的政策建议 ····· 27
5.1 战略规划 ····· 27
5.2 标准制定 ····· 27
5.3 资金扶持 ····· 28
5.4 合作发展 ····· 28
5.5 示范先行 ····· 28
5.6 坚持品牌发展战略，强调知识产权 ····· 28

第六章 结论 ····· 29

第一章 上海市发展燃料电池两轮车可行性研究的立项背景

前言

作为中国经济快速发展地区之一的上海市，城市未来的环境质量已经成为改善居住生活质量所涉及的重要话题。目前地方政府和百姓对于城市的环境问题和未来发展都十分重视，特别是机动车的排放污染控制。据上海市环保局的报告，地面车辆的排放是目前上海市城市气体排放物污染的主要来源。王秉刚（2004 年）[1]的报告显示，北京、上海和广州的机动车尾气对城市大气污染物的贡献率很大，均已成为城市有害气体的主要来源，其中上海机动车尾气排放占城市大气CO来源的80％以上、HC的 70％以上和NOx的 50％以上。

2000 年初，上海市机动车的拥有量为 140 万辆，其中 60 万辆为四轮车，45 万辆为摩托车，近 35 万辆为助动车。摩托车和助动车占整个机动车的约 2/3。尽管约一半的摩托车不允许驶入市区，摩托车和助动车的排放也因其保有量巨大而不容忽视。

为了解决机动车的尾气排放污染问题，上海市政府已经制订了控制和降低机动车排放的五年计划，其中的一个技术措施即是采用液化石油气助动车取代燃油的助动车，并已从 2002 年开始实施。这是降低 30 万在市区行驶的燃油助动车排放的第一步。计划用三年的时间，即 2004 年底将全部燃油助动车换为液化石油气助动车。

从长远的目标来看如何开发进一步的超低排放或零排放的助动车对机动两轮车可持续发展是一项战略上的挑战。目前燃料电池在汽车上的应用成为一种新的发展趋势。中国政府也已决定在未来五年开发燃料电池汽车且已投巨资立项支持有关燃料电池汽车的项目。但在该项目中未包括燃料电池两轮车。考虑到中国未来城市交通的模式和未来市场的产品需求，预计燃料电池两轮车（含摩托车和助动车和自行车）在中国的大型城市中可能有巨大的市场潜力和发展空间。但这需要对未来的交通模式，政府对机动两轮车的政策和燃料电池技术在中国的发展，燃料电池两轮车的成本和零排放两轮机动车在上海市的需求等作进一步的考证。

上海市发展燃料电池两轮车的可行性研究项目，即在这样一个前提下，经过上海市经济委员会的倡议，能源基金的支持，在上海交通大学主持下，于 2002 年 9 月正式立项，项目执行时间为 2002 年 9 月至 2004 年 2 月。

1.1　上海市概况

1.1.1 经济总量及人均收入[1]

2003 年上海全市国内生产总值（GDP）预计实现 6240 亿元，比上年增长 11.8％，增速达到 1998 年以来的最高水平，连续 12 年保持两位数增长。据第五次人口普查上海人口有 1673.77 万人，其中全市户籍人口 1341.8 万人（2003 年末）。按在沪的户籍人口统计，人均 GDP 达到 46525 元，折合美元约为 5639 美元。全市职工年平均工资 22160 元，比上年增长 13.8％。据抽样调查，城市居民家庭人均年可支配收入 14867 元，比上年增长 12.2％；农村居民家庭人均年可支配收入 6658 元，增长 7.2％。

1.1.2 城市交通公用事业

2003 年内新辟、调整 191 条公交线路；新增 2 条轨道交通线路，轨道交通线路总长由 65 公里提高到 112 公里。至年末，全市公交线路达到 952 条，公交运营车辆 1.86 万辆，运营出租车 4.87 万辆。全年市内公共交通客运量 41.46 亿人次，比上年增长 2.9％。其中，轨道交通客运量 4.06 亿人次，增长 13.6％；公共汽电车客运量 27.31 亿人次，比上年下降 1.6％。积极改善交通设施，大力整治交通秩序，努力缓解局部地区交通拥堵状况。年内更新公交车 2254 辆，出租车 8812 辆；建成吴淞码头、蕴川路等 4 个市郊交通换乘枢纽站；完成了 16 个瓶颈或堵头、错位路段的拓宽改造。

1.1.3 商业消费

2003 年完成社会消费品零售总额 2220.64 亿元，比上年增长 9.1%。其中，吃的商品零售额 887.29 亿元，增长 7.5%；穿的商品零售额 287.59 亿元，增长 7%；用的商品零售额 1027.27 亿元，增长 11.1%。居民消费升级趋势日趋明显，轿车、家居类商品消费进一步扩大。全年汽车零售量 7.84 万辆，比上年增长 22.5%，其中轿车 7.11 万辆，增长 30%；移动电话 130 万部，增长 1.1 倍；摄像机 4.1 万架，增长 35.4%；影碟机 57.74 万架，增长 32.3%；家用空调器 80.76 万台，增长 46.9%；全自动洗衣机 28.88 万台，增长 28.1%。

1.1.4 人口分布与用地

2000 年第五次人口普查结果显示，上海的常住人口为 1640.77 万人，与 1990 年第四次人口普查的 1334.19 万人相比，增加 306.58 万人，增长 23.0%，增幅高于同期全国人口 11.7％的增长水平，户籍人口 1321.6 万，其中市区人口比例增长 26％，城市人口规模不断增加，外来流动人口 387 万，居全国流动人口的第二位。

根据联合国人口小组《1998 年世界城市展望》的估计，从人口规模来看，上海已成为仅次于东京、墨西哥、圣保罗和纽约的世界第五大城市。在全世界前十位大城市中，中国也只有上海这一个城市。

十年来，为适应城市社会经济发展，上海实行了旧区改造和土地置换政策，城市用地布局得到合理调整，中心城公建配套设施和大型绿地相继建成，中心区高密度人口得以疏散，城市环境和居民住房条件得到改善。为引导人口向外疏解，外围区建成了大批配套齐全的住宅小区，家庭户规模不断缩小。2000 年全市因拆迁搬家的迁移人口达到 15.75 万人，占总迁移人口比例达到 30％；住宅消费增长较快，购商品房和经济适用房、租房比例已经占到家庭住房来源的 46％，房地产业得到很大发展。在人口向外疏散同时，包括浦东在内的一些地区相应建成了工业园区和高新技术产业区，外围区功能性开发进一步发展。图 1 给出了 1952 年至 1997 年上海市区及县人口密度变化的统计图。从中可以发现，市区的人口密度随着城市的旧区改造和人口疏散，已经有了大幅度的下降。

据上海市第五次全国人口普查结果显示，同 1990 年相比，由于全市总人口有较大幅度的增长，使全市平均人口密度由 1990 年的每平方公里 2104 人上升至 2588 人，增加 484 人。现在，上海的人口密度是北京市的 3.1 倍、天津市的 2.9 倍、重庆市的 6.9 倍。在祖国大陆 31 个省、自治区、直辖市中仍居首位。

2000 年人口统计表明，中心城区（即黄浦区、卢湾区、徐汇区、长宁区、静安区等九个区）总人口为 693.03 万人，人口密度为每平方公里 23944 人，与 1990 年第四次人口普查的每平方公里 25556 人相比减少了 1612 人，这种变化标志着长期存在的市区人口过于稠密的不合理状况得到了初步的扭转。但是与著名的国际性大都市（如纽约曼哈顿地区的人口密度为 20237 人/平方公里，巴黎市区 20476 人/平方公里，东京都市区 13800 人/平方公里）相比，中心城区的人口密度仍然偏高，2000 年上海市人口密度最大的区域是合并后的黄浦区，每平方公里高达 46296 人。中心城区人口密度过高所带来的环境问题和社会问题，以及给城市基础设施所造成的巨大压力。

从上海城市发展规划局了解到上海的城市发展方向是这样的：

拓展沿江沿海发展空间，形成宝山新城、外高桥港区（保税区）、空港新城、海港新城、上海化学工业区、金山新城等组成的滨水城镇和产业发展带；继续推进浦东新区功能开发和形象建设；集中建设新城和中心镇；将崇明作为 21 世纪上海可持续发展的重要战略空间。

市域城镇体系形成"中心城-新城（含县城，下同）-中心镇-集镇"组成的多层次的城镇体系及由沿海发展轴、沪宁、沪杭发展轴和市域各级城镇等组成的"多核、多轴"空间布局结构。

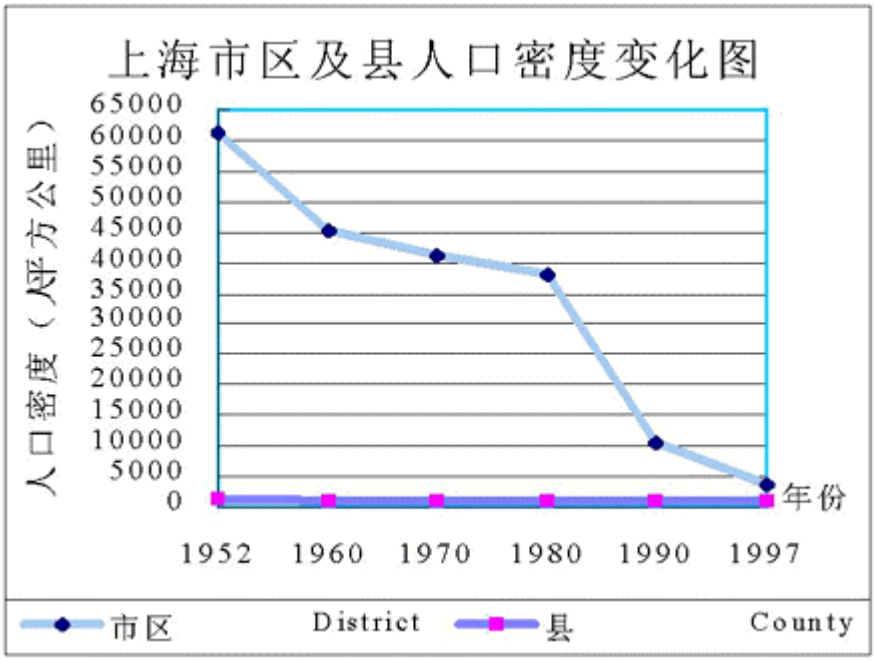

图 1　上海市区及县的人口密度变化统计[9]

中心城是上海政治、经济、文化中心，也是上海市城镇体系的主体，以外环线以内地区作为中心城范围，人口控制在 800 万人，城市建设用地 600 平方公里。图 2 给出了上海市区及县 1952 年至 1997 年的土地面积变化统计， 从中可见，城市面积在上世纪 80 年开始有明显增长，相应的县辖面积对应下降，反映了城市的扩容和城区化建设。

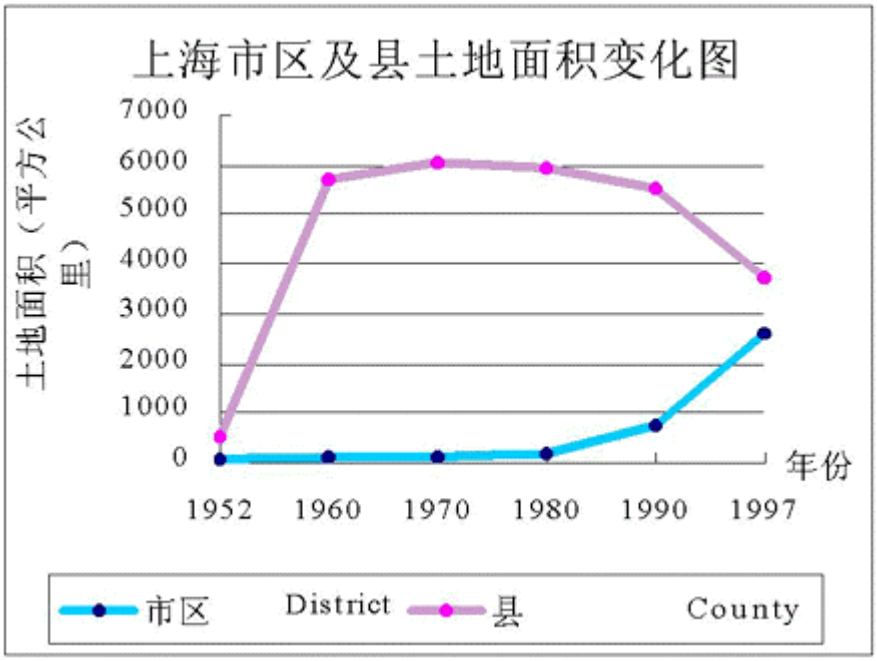

图 2　上海市区及县土地面积变化图[9]

新城是以区（县）政府所在城镇、或依托重大产业及城市重要基础设施发展而成的中等规模城市。规划新城 11 个，分别是宝山、嘉定、松江、金山、闵行、惠南、青浦、南桥、城桥及空港新城和海港新城。新城人口规模一般为 20~30 万人。

中心镇是由市域范围内分布合理、区位条件优越、经济发展条件较好的集镇，依托产业发展而成的小城市。规划朱家角、泗泾、周浦（康桥）、奉城、枫泾、堡镇、南翔及罗店等 22 个左右中心镇，规划人口规模一般为 5～10 万人。

集镇由现有建制镇根据区位、交通、资源条件等适当归并而成（现状约 170 个）。规划约 80 个左右的一般镇，人口规模一般为 1~3 万人。

中心村是在合理归并自然村后形成的具有地方特色、环境优美、布局合理、基础设施和服务设施较完善的现代化农村新型社区。中心村规模在 2000 人左右。

1.1.5 中心城布局

中心城空间布局结构为"多心、开敞"。规划按现状自然地形和主要公共中心的分布以及对资源优化配置的要求，合理调整分区结构。中心城公共活动中心指中央商务区和主要公共活动中心。

①中央商务区

中央商务区由浦东小陆家嘴（浦东南路至东昌路之间的地区）和浦西外滩（河南路以东，虹口港至新开河之间的地区）组成，规划面积约为 3 平方公里。中央商务区集金融、贸易、信息、购物、文化、娱乐、都市旅游以及商务办公等功能为一体，并安排适量居住。

②主要公共活动中心

主要公共活动中心指市级中心和市级副中心。 市级中心以人民广场为中心，以南京路、淮海中路、西藏中路、四川北路四条商业街和豫园商城、上海站"不夜城"为依托，具有行政、办公、购物、观光、文化娱乐和旅游等多种公共活动功能。

副中心共有四个，分别是徐家汇、花木、江湾-五角场、真如。徐家汇副中心主要服务城市西南地区，规划用地约 2.2 平方公里；花木副中心主要服务浦东地区，规划用地约 2.0 平方公里；江湾-五角场副中心主要服务城市东北地区，规划用地约 2.2 平方公里；真如副中心主要服务城市西北地区，规划用地约 1.6 平方公里。

1.1.6 小结

由于上海十多年经济的快速发展，到 2003 年人均 GDP 已经为 5600 美元（按户籍人口统计），已达到一般中等发达国家的水平，参照国外的情况，GDP 达到这个水平的时候，人们已经有了一定的购买能力。消费从万元级提高到十万元级或者更高的水平，因此像家庭汽车等大件商品销售量会逐渐增加。

从总体看，上海市人口增长较快，城市交通量相应增长较快，对城市交通压力越来越大；近几年随着人口不断的由中心区向周边外迁，城市规模不断扩大，吸引了不少外来人口，人口规模也不断扩大，城市中心、多副中心、新城格局的初步形成，促进了城市向"多心组团式"城市布局目标发展，一定程度上分散了向心交通量，但另一方面，大量的就业岗位仍集中于中心区，向心交通量没有减少，向心交通出行距离反而更长，中心区包括外围区部分放射道路交通紧张状况依然没有改观。

1.2 上海市两轮车的发展与现状

上海市城市交通两轮车（包括机动和非机动两轮车）在城市的保有量，一直占有相当高的比例。自行车作为传统的交通工具，在日常交通出行中所占的比例随着城市的扩容，人均居住地至工作地的距离增长，轨道交通的建设，公共交通的完善和私人汽车的进入家庭，在代步的日常生活中总体上有下降的趋势，但保有量随着人们收入水平的提高，却有稳定上升的趋势。

表 1 列出了 2001 年国内两轮车市场的销售统计，不难看出，自行车销售量仍然具有很大的市场份额，摩托车在持续多年生产超过千万量后，销售也有同样的数量，而电动自行车在 2001 年的销售有了重要的增幅。

表 1.　2001 年两轮车销售统计[3]　　单位：　万量

名称	自行车	摩托车	电动自行车
销售量	5000	1200	50

据上海新民晚报 2004 年 2 月 7 日发表的俞明骁和徐逸鹏的报告表明[4]，截止 2004 年 1 月，上海市自行车的总数已经达到创纪录的 917.5 万辆，直逼千万大关。且从 2002 年以来，申城的自行车登记总数每年以 130 万左右的速度猛增。图 3 给出了 2002 年到 2004 年 1 月上海市电动自行车和脚踏自行车的统计列图。由该图可见，目前上海市的电动自行车的保有量已经达到 42.9 万辆，自行车达到近 875 万辆。截止 2003 年 9 月底，上海全市机动车保有量约为 170 万辆，其中汽车约为 74 万辆，而两轮和轻便摩托总量分别达到了 12.3 万辆和 84.2 万辆，摩托车占全市机动车总数的 57％。尤其是轻便摩托车增长迅速，今年净增 21 万辆，涨幅 33％，比 1999 年增加 138％。此外目前还有约 30 万辆的助动车，其中燃油主动车约为 25 万辆，燃气助动车约为 5 万辆。

由以上数据分析可见，上海市两轮车在过去几年中总体上呈很强的上升趋势，机动两轮车（含轻便摩托车）占机动车的保有量由 2001 年的 52％上升到 2003 年的 57％。 表 2 列出了上海市 2004 年两轮车的保有量数据统计，机动和非机动两轮车的总数已超过 1000 万辆。

表 2　上海市两轮车保有量统计（2004 年 1 月）　单位：万辆

机动两轮车				非机动两轮车		总数
摩托车		助动车		自行车		
摩托车	轻便摩托车	燃油助动车	燃气助动车	电动自行车	脚踏自行车	
12.3	84.2	25	5	42.9	875	1044.4

图 3 上海市自行车的增长统计[4]

由以上图表可见，目前上海市机动两轮车（摩托车和轻便摩托车）和非机动两轮车（自行车和电动自行车）的总体数量仍然很大，特别是在摩托车在市区已经禁牌并限制行驶，燃油助动车在 2004 年 12 月底之前全部由燃气助动车更换的情况下，轻便摩托车和电动自行车大幅增长，反映了目前市场的需求和两轮车在日常出行中所起的重要作用。

1.3 燃料电池两轮车概念的提出与研究目的

国家公安部 2003 年底统计的数据表明，目前中国大陆的摩托车总保有量约 6000 万。另外，根据台湾地区 2002 年 12 月的统计数据，摩托车保有量为 1198 万辆，平均每两人一部摩托车[6]，而整个亚洲的摩托车保有量约 2 亿[7]。因此，摩托车作为一种代步工具在亚洲和中国具有鲜明的特点。

但是由于摩托车的管理问题、安全问题和排放问题，目前在中国城市中的市场日趋减小，约 70 余个城市对摩托车实施了禁牌和限牌，并对摩托车在城市中的行驶提出了限制。摩托车的安全和排放等问题的出现，使得电动两轮车的需求成为城市市场的焦点。对于上海市，由于在上世纪 80 年代末和 90 年代初，为解决城市私人交通而发展的燃油助动车的替换问题也成为了城市发展中不可忽视的一个重要的议题。按着目前的政策，上海市原有的 35 万辆燃油助动车要从 2002 年起利用 3 年时间，在 2004 年底全部由比较清洁的液化石油气助动车替换。据预测，替换后的燃气助动车的保有量可能在 10 万—20 万辆[5, 8]。而燃气助动车仍然不是零排放的产品，因此，如何开发新一代的清洁助动车产品，使得助动车这一方便的城市居民代步工具得以持续发展，便成为新的课题。

1.3.1 上海市发展助动车的回顾[8]

A. 助动车定义

20 世纪 80 年代末上海市政府在中国率先提出助动车作为上海大都市解决市民交通出行问题的一种辅助交通工具。这一举措受到市民的热烈欢迎，上海市城区的助动车保有量迅速发展到 35 万辆以上。

助动车的主要技术参数定义如下：

发动机排量: 小于或等于 36 毫升

最大车速: 小于或等于 24 公里/小时

最大重量： 小于或等于 70 公斤

B. 助动车的优点

助动车价格经济，且可行驶在自行车道。基于安全考虑其排量和最大车速都有所限制。正是由于其在自行车道行驶的方便性，其没有摩托车和汽车经常受到道路限制的制约，因此倍受部分市民的喜爱。

C. 传统助动车的问题

助动车保有量的迅速提高，使其在保有量达到 35 万辆时，上海市停止了牌照发放，以便在总量上进行控制。作为第一代以化油器为燃料供给方式，特别是二冲程的燃油助动车，其排放水平相当高。而且噪音污染也是其问题之一。

为了解决第一代助动车的不足，在上海经委的指导和资助下，液化石油气助动车被研制开发。作为第二代助动车在排放和噪音方面明显优与燃油助动车。目前已经作为替代燃油助动车在市场销售，目前市场上 LPG 助动车的保有量约为 5 万辆。

D. 上海的下一代助动车如何？

助动车作为一种经济和适用的交通工具受到上海市民的欢迎。上海市能否发掘一种同时解决市民交通方便和降低助动车尾气排放和噪声的技术途径。液化石油气助动车取代燃油助动车是一次升级换代。目前，电池助动车也已进入上海市场并受到市民欢迎。但与液化石油气助动车相比，电池助动车在动力性，一次充电后的续航里程，最大车速及使用方便性等方面还有差距。电池助动车更适合作为自行车的升级产品。

液化石油气助动车之后的下一代清洁助动车如何？新的动力系统应满足以下条件：

- 实现超低排放或零排放；

- 功率输出和一次续航里程与传统产品相似；
- 新产品的成本和价格可被市场接受；
- 燃料供应系统的完善。

1.3.2 燃料电池两轮车：可行性和机遇

A. 世界发展趋势

燃料电池作为新一代零排放的车辆动力装置从中期和长期的观点来看具有良好的前景。中国政府已经 2002 年启动了未来五年开发燃料电池轿车和客车的项目。可以相信在该项目的推动下中国的燃料电池技术水平将被推进到一个新的高度。上海市科委也对燃料电池作为车用动力装置充满希望并对国家项目予以配套资助。同济大学，上海交通大学和一家燃料电池公司分别参与了燃料电池动力装置的系统集成，电控系统和燃料电池堆的开发。

目前世界正在掀起新一轮的燃料电池汽车研究与开发热潮。美国政府继克林顿总统时的 PNGV 计划之后，布什总统宣布了以 FREECAR 为代名的燃料电池零排放汽车开发计划。并在加州建立了由政府，工业界和研究院所联合参加的燃料电池联盟，进行有关经验的交流和共享。丰田，本田，戴姆乐克莱斯勒，通用和现代等都开发出燃料电池原型车。其中的一些公司在 2003 年开始向市场推出示范产品。日本已经或正在建设 5 个燃料电池汽车的氢气供应示范站。

B. 燃料电池两轮车的开发活动

燃料电池两轮车的研发目前世界上屈指可数。这还是一个新领域，由于东亚地区助动车和摩托车的流行，其有可能成为东亚地区比世界其他地区更感兴趣的领域。 迄今为止，至少有 5 家单位已涉足燃料电池两轮车的研发，包括上海神力科技有限公司 2000-2001 年开发的燃料电池两轮概念车。但目前这一领域的先驱，当属台湾经济研究院和亚太燃料电池科技股份有限公司。前者已就这一领域的相关软课题进行了为期四年的工作，后者在 2002 年开发出第三代燃料电池摩托车。

C. 可行性和机遇

质子交换膜燃料电池作为汽车用动力系统，从技术的观点来看，已日趋完善。目前燃料电池遇到的主要技术问题是如何进一步大幅度降低燃料电池系统的成本，氢气供给系统的建设和低成本氢气的制取。

与燃料电池汽车的动力系统相比，燃料电池两轮车在动力系统成本及以氢气小罐替换方式供氢方面，较汽车有更大的应用潜力。由亚太燃料电池科技股份有限公司开发的新一代燃料电池摩托车已经显示出其在不久将来成为产品的潜在能力。

上海作为中国的大城市的先锋，世界上最快速发展的大型城市之一，应该有更清洁的空气质量和更清洁的动力驱动两轮车。2002 年根据上海市燃气助动车正式开始替代燃油助动车的政策实施，下一代清洁助动车的可能替代方案也开始在上海市经委的关注下开展。

1.4　燃料电池两轮车发展的影响要素

通过对国际和台湾地区发展电动两轮车的经验以及成功开发燃料电池摩托车的事实，探索如何在上海进行燃料电池两轮车的设想初步形成。在深入开展燃料电池两轮车的产品研发之前，需要对上海市进行燃料电池两轮车的商业化推广进行技术评价，市场分析，燃料电池动力装置的成本，氢气能源的供给及相应的政府支持政策进行研究，因此，围绕这些问题，本课题进行了以下一些研究：

A. 大都市的交通模式评价

就大都市交通模式进行分析，预测和评价，特别是两轮车在中国，上海的作用。借鉴典型大都市交通模式的经验，如台北，曼谷和东京城市的交通模式。

基于上海市交通发展规划，城市公共交通发展计划，私有汽车保有量的增加，预测上海市未来短期、中期、长期发展的交通模式和两轮车的地位。

两轮车作为上海的公共交通工具之一的优点和不足将予以评价。

B. 燃料电池两轮车的技术和成本分析

上海发展燃料电池两轮车的技术可行性分析。上海、台湾及美国开发燃料电池两轮车的正反经验。什么是适合上海生产的燃料电池两轮车及其制造的困难和瓶颈如何？哪种技术是最适合助动车的燃料电池动力堆？

关于大批量生产燃料电池助动车的成本分析，市场可接受价格的预测。短期、中期和长远生产时市场可能的价格如何？

C. 上海市氢气供给的可行性

如果燃料电池助动车能够在上海市大批量生产和使用，上海是否可提供 20－30 万量助动车所需的氢气供应？如何建立助动车氢气的供给系统？

D. 发展燃料电池助动车的必要政策

在燃料电池助动车的评估，样车研发，产品标准，生产准备，税收政策，氢气制造、运输、存储和市场供应，产品售后服务等如何制订相关的政策来促进其发展？从政策的观点来看，哪些关键政策对发展这种绿色产品有重要意义？

通过对以上四个方面的研究，为上海市就燃料电池两轮车的发展和规划提供相关的分析依据和数据，同时就燃料电池两轮车的发展提出建议和评估。

第二章　大都市交通发展模式与两轮车定位

城市交通，特别是大都市的交通一直是城市建设与管理的重要问题之一。由于交通堵塞引起的经济损失和效率降低，已经成为城市交通的难题。中国经济的持续快速发展，使得中国的汽车生产量在 2000 年突破 200 万，2002 年突破 300 万，2003 年突破 400 万，2004 年预计突破 500 万，进入了汽车的“爆发式增长时期”。这使得城市中私人汽车的增长迅速，大中城市由于汽车保有量快速上升所引起的交通堵塞已经成为社会普遍关注的问题。城市交通是否有一蹴而就的法宝？国外发达国家的经验和模式是否可以借鉴？两轮车是否是落后的交通工具？中国特大城市的未来交通模式如何？未来城市交通中两轮车的定位如何？回答以上问题需要交通领域和国内外专家的参与讨论和解答。为了更好地回答这些问题，同时配合上海市成功申办 2010 年世博会的科技献策大讨论，在上海市城市交通管理局和上海市经委的支持下，上海交通大学与美国自然保护协会联合举办了 2003 中国城市交通可持续发展的多元化战略国际研讨会，就国际都市交通发展模式的特点和经验，中国城市交通可持续发展的多元化交通战略，能源、环境与城市交通，中国城市私人交通的发展对策，上海市发展绿色机动两轮车的技术与市场分析，中国可持续发展的多元化交通模式的政策建议进行了为期两天的研讨和交流。来自美国，法国，新加坡，大陆及台湾地区的 30 余位专家学者在上述领域的学术报告和大会的建议讨论，为中国城市交通可持续发展提出了有科学依据和国外成功经验的建议。

2.1　国际都市交通的发展模式和经验

传统上,世界上的大城市是按照人口多少来区分的.据联合国 1991 年的调查,1990 年的世界十个最大城市(megacities)分别是东京、纽约、墨西哥、圣保罗、上海、孟买、洛杉矶、北京、加尔各答、布宜诺斯艾利斯。这些最大城市中，有些城市的人口数量已占到它们所在国家总人口的 30-40%。

90 年代以来随着经济全球化的发展，联合国以及有关研究机构开始按照城市在全球经济中所处的地位和发挥的功能进行分类，把那些在全球经济中承担至关重要功能的城市称之为世界城市（world cities）或全球城市（global cities）。目前典型的世界城市被认为是纽约、东京和伦敦，它们既是人口上的大城市也是功能上的世界城市。值得注意的是，功能意义上的世界城市并不全都是人口意义上的世界最大城市，例如欧洲的苏黎世、法兰克福和亚太的悉尼、新加坡、香港就被认为是世界城市，但它们却不是人口意义上的最大城市。上海是一个正在迈向现代化国际化的大城市，同时由于历史原因和城市交通建设，人口密度等特殊原因，在解决城市交通问题上，如何借鉴国外经验同时有所创新，是一个即迫切又意义重大的问题。

国际都市城市交通的主要模式可划分为几类：私人轿车为主模式；公共交通为主模式和公共交通与私人交通混合模式。

2.1.1 国际都市解决城市交通的不同特点

A．纽约

美国纽约是美国人口最多和城市人口密度最大的城市，同时也是世界的经济、贸易和金融中心，其曼哈顿地区的人口密度为 20237 人/平方公里，由于曼哈顿中央商务区工作岗位的过度集中，造成实际人口密度远高于居住人口密度。由于过高的人口密度和城市道路及停车位的有限承受能力，到纽约曼哈顿上班的人，是从家里开车到市郊地铁站或火车站再换乘地铁或火车进入市区，在市内的活动靠公共汽车、地铁和出租汽车。曼哈顿许多街道只有持特殊牌照的车辆才能停车上落货和上落客，其他车辆停车就予罚款。从纽约城市交通的特点来看，轨道交通是上班族进出城的主要方式，私人汽车主要是从家庭到地铁或公交站的过渡工具。这与多数出行人居住远郊，城市道路和停车位

难以满足要求有密切相关性。表 3 列出了纽约曼哈顿地区人员出行的结构状况[10]。

表 3 纽约曼哈顿地区人员出行的结构比例

出行总量（人次）	客车、货车及班车（%）	公共交通（%）	步行（%）	在家工作（%）	其他（%）
754148	11.6	58.4	23.0	5.5	1.5
	独自驾车 7.8 汽车合乘 3.8	公共汽车 14.5 地铁 38.1 通勤铁路 1.2 出租车 4.6			

B．东京

东京是日本政治、经济和文化活动中心，也是国际金融中心，人口超过 3000 万人，辐射半径在 100 公里以上，是世界超大城市，其市区的人口密度约为 13800 人/平方公里。

东京是世界上典型的以轨道交通为主导的大都市，东京交通圈拥有 2143 公里的轨道交通网。中心城轨道交通出行比重达 58%，而其他三大城市纽约为 29%，巴黎 26%，伦敦 19%。东京全天进入城市中央三区的机动化出行方式中，轨道交通达 86%，高峰时段（早 7：00－10：00）的机动化出行中，轨道交通高达 91%。因此在东京家用汽车平日存在车库，人们上下班还是乘地铁。一则是只有乘地铁才能准时上班，二则是一般的公司里只有总经理和董事长二人才有车位。

C．巴黎

巴黎是法国的政治、经济、文化和交通枢纽，是世界级大都市，其由中心区，外围区和郊区构成，总面积 12012 公里，人口 1100 万。为了解决城市交通的高速大容量运输，巴黎在 1900 年开始建设第一条地铁以来，持续建设市中心的地下轨道交通网络，目前已经建成了世界城市中地铁线路密度最高蛛状网络，市区地铁线路长 167.6 公里，占总长度的 79.3%，网络密度高达 1.6 公里/平方公里，加上区域快速地铁ERE线在市区的轨道网络，总长达 228 公里，网络密度高达 2.2 公里/平方公里[10]。发达的地铁网络，缓解了地面交通的压力。为了进一步缓解堵车的现象，政府鼓励合乘汽车。表 4 列出了巴黎工作日全天 24 小时进入市中心的出行方式比例。从该表不难看出轨道交通是巴黎工作日进入市区的主要交通工具。

表 4 巴黎工作日 24 小时进入市中心的出行方式比例（%）

小汽车	轨道交通	公共汽车	摩托车	其他
28	58	9	3	2

注：轨道交通中地铁为 37%，铁路为 21%。

D．伦敦

伦敦是英国的政治、经济和文化中心，也是世界的金融中心，世界大都市，总面积 27224 平方公里，人口 1700 万人，分为中心区，外围区，近郊区和远郊区。伦敦是世界上最早建设地铁的城市，交通系统比较完善和发达。伦敦大都市轨道交通网络总长 4705 公里，其中地铁 408 公里，轻轨 27 公里。

伦敦市的出行方式上，按通勤方式统计，公共交通占据主导地位，轨道交通是通勤人员进入市区的主导方式，约占 75%，小汽车比例约 14%。如果按中心城出行方式的构成统计，从工作日日均客运周转量统计，小汽车和公共交通所占的比例最大，分别为 57%和 38%。表 5 列出了伦敦中心城工作日日均客运周转量的统计分类。

表 5 伦敦敦中心城工作日日均客运周转量的出行方式统计（%）

公共汽车	地铁	国铁	出租车	小汽车	步行	自行车
6.2	9.2	22.5	0.7	57.1	3.3	0.9

尽管伦敦有较好的轨道交通系统和公共交通网络，但是，由于小汽车拥有量的增加，伦敦中心城区的交通拥挤和公共汽车服务系统的可靠性下降，使得城市交通问题成为市政的重中之重，2001年市中心汽车通行能力达到了最坏的程度，城市中心的平均车速仅为8英里/小时（12.8公里/小时），相当于100年前的水平。伦敦市交通堵塞所引起的时间和车辆运行成本损失对个人和社会经济造成的经济价值高达年 20 亿英镑（32 亿美元）。因此，首位选举产生的伦敦市长肯·利文斯敦（Ken Livingston）在治理伦敦中心城交通拥挤的措施上，大胆采用了小汽车进入中心区收费的法规，并于2003年2月17日，开始对中心城21平方公里区域的174个出入口实施5英镑的进入费收取制度，所收费区域占伦敦市的1.3%。

实施汽车进入中心城区缴纳拥挤费后，效果令人鼓舞，交通流量降低了20%（轿车降低了30%）；交通延误减少了32%－40%； 车速提高了30%；到达市中心的时间减少了14%；公共汽车的上客率在早高峰期间增加了14%；中心区公交车增加了19%；公交站的候车时间下降了1/3[11]。伦敦市长肯·利文斯敦（Ken Livingston）鼓励市民采用公交车，地铁，自行车和步行上班以减少城市交通拥挤的压力，并率先骑自行车上下班。

E．新加坡[12]

新加坡公交战略目标是：综合协调土地使用与交通规划，最大限度地提高道路网通行能力，运用经济手段控制私有机动车数量与其对道路的需求，提供可选择的高质量公交系统，规划10-15年形成世界级水平的安全可靠、方便高效、舒适卫生的整体化公交系统。

该整体化公交系统是多种模式的公交互相协调配合，以轨道交通服务为骨干、以公汽服务为基础、以出租车服务为补充，市域交通与对外交通紧密衔接。如地铁行驶于客流集中的交通走廊，轻轨主要服务人口集中的商业中心和住宅区与新建区，并且是地铁网馈入线；公汽服务中等客流的交通网络；出租车提供门到门的直达服务。

新加坡地铁强调大型枢纽站（地铁、公汽、出租车、停车场、大型购物中心等集合在一处）综合开发建设，充分利用土地，促进商业发展和全面提高周围土地开发价值。

新加坡采取实施区域通行许可证计划（ALS），控制在高峰进入中央商务区等管制区内的车辆数，防治拥堵。其中除公交车以外的车辆均必须购买区域通行许可证，才可进入管制区，使其车流量陡降50%，效果显著，值得借鉴。对每辆车都安装了电子读卡机，卡片内储值，公路路口有电子感应装置，根据不同时段对进该路段的车辆进行电子收费，高峰时段收费多，平时少，深夜就不收费。在快速道路实施收费后，车流量陡降40%，目前所有快速道路的高峰时段的平均车速超过60km。

新加坡交通信号灯系统采用计算机控制，实现了容量大的公交车优先通行，防治拥堵，明显提高了路网效率。道路采用监视与咨询系统（EMAS），可压缩交通延误时间，快速排除拥堵。

F．汉城

多年来汉城不断建路，但也不断堵车，堵得大家都有意见。1997年政府提高汽油税，提高停车费，加征道路使用费。三管齐下，一部分车主放弃了开车上班的打算，堵车情况马上缓解。汉城市在2003年还开始鼓励自行车出行，并在城市内规划自行车专用车道。

从以上有代表性的世界都市和亚洲有代表性的都市的城市交通体系来看，轨道交通是解决城市交通快捷，方便和有效的手段。应是发展的主流和方向，但同时也应看到，轨道交通的完善，需要一定的规模和网络体系，非一朝一夕所能解决的。同时，轨道交通能够在建设后得到经济运营上的可持续发展也是不容易的。据介绍，日本东京的轨道交通建设投资的巨额部分费用，至今还无法偿还，成为日本政府国会议员日常政治中的辩论主题。由于轨道交通的建设是一项长期的高投入的建设，因此，如何保证在轨道交通尚不完善的情况下，交通系统的快捷和方便，成为城市交通管理的关键。

2003年在上海举行的“中国城市交通可持续发展的多元化战略研讨会”上，来自世界各地的三

十余位专家就中国城市交通未来发展的战略对策提出了全面的综合建议，其中特别多次提到非机动交通模式中的两轮车和步行应受到鼓励和保护，并指出“私人非机动化交通手段，例如自行车和步行是减少公交压力和城市交通拥挤的一种高效方式，应予以鼓励，并制定和健全非机动化出行的安全保障措施和设施。”

2.2 上海市的未来交通规划与两轮车的定位

2002 年 4 月 30 日，上海市政府正式公布了《上海市城市交通白皮书》。这是中国城市中第一个有关城市交通发展规划和政策的白皮书，引起了中国和国外的广泛注意和重视。《白皮书》以构筑上海国际大都市一体化交通为主线，吸收国外先进理念，密切结合上海实际，提出了面向 21 世纪的前 20 年的上海城市交通发展战略和长远规划，兼顾 2005 年近期目标，并将上海市划分为中心区、外围区和郊区三个部分分别制定相关的指导性纲领和政府对市民的承诺。

依据《白皮书》，上海市城市交通发展的整体战略是建设国际大都市一体化交通，创造国际一流的人性化、捷运化、信息化和生态化的巨型交通空间，建设公共客运系统、道路运行系统、交通衔接系统和综合管理系统，实施公共交通优先政策、交通区域差别政策和道路车辆协调政策[13]。

依据《白皮书》，上海市对两轮车在未来城市交通中的规划总体原则是中心城区域逐步禁止摩托车通行，并实行到报废年限的摩托车不得更新的措施，即不再颁发新的牌照，通过自然淘汰和摩托车牌照转换小汽车牌照的方式，使中心城区的摩托车逐渐取消，同时逐渐减少城区摩托车行驶的区域。对现有的燃油助动车，自 2002 年起以燃气主动车替代，到 2005 年底，所有燃油助动车基本淘汰，即原有的燃油助动车或者更换为燃气助动车，或者淘汰。对于自行车这种目前市民使用最多的交通工具，基本原则是引导长距离的自行车出行向公交转移，积极改善交通条件，发挥自行车短距离出行和接驳公交的功能。

因此，从长远的观点来看，城市中心区域自行车的使用会逐渐受到限制，总量也会有所下降。并随着轨道交通系统的完善，自行车作为短途代步工具的功能，也将随着城市的扩容，从城市中心区域，向城市外围拓展。当然，自行车及机动两轮车能否向规划中所预计的发展，最终决定于公共交通系统所能提供的服务质量（方便性，快捷性和舒适性）和价格（运输成本）。

2.3 燃料电池两轮车的发展空间和定位

未来上海市城市发展规划是建设“中心城-新城（含县城）-中心镇-集镇”的模式，预计 2020 年，公共交通将发展为以轨道交通为主，公共路面交通为辅的交通出行分担模式。其中轨道交通所占的公共交通出行比例由目前的 15％达到 60％，公共路面交通分担的相应比例由目前的 70％下降为 40％。关于两轮车（含自行车）的未来发展规划，原则上是总量控制，比例下降。

在以公交为主的交通模式下，具有中国特色的两轮车交通是否即将推出历史舞台？是否有必要继续发展清洁绿色的两轮机动车？在分析上海市机动车和非机动车保有量及交通出行模式的基础上，结合当前市场发展态势很好的电动自行车的情况，得出了两轮车在未来上海市以轨道交通和公共交通为主导地位情况下的潜在巨大生存空间。上海市场两轮车的潜在需求及其在大上海城区概念下的不可完全取代的功能意义，对发展清洁燃料电池两轮车无疑是最好的环境支持。

2.3.1 上海市车辆构成、交通出行模式与发展趋势

表 6 列出了上海市机动车拥有量按车型统计的情况。到 2001 年底，全市机动车（包括郊区牌照和非郊区牌照的车辆）总量达到了 121 万辆，较上一年增长了 17 万辆，呈现增长加快的趋势。机动车增量主要来自小客车（也称小汽车）和轻便摩托车，分别比上年增长了 6.4 万辆和 9.7 万辆。小汽车的迅猛增长反映本市汽车化步伐正在加快；轻便摩托车的增长对道路交通管理提出了更高的

要求，相当数量的轻便摩托车目前还只能行驶在内环线以外的区域。在机动车总量中，汽车拥有量（包括客车和货车）仅为 55 万辆左右，约占 47%，另有 52%为两轮机动车（摩托车和轻便），1%为其它特种车辆，如专用特种车、电车、挂车、农用车、专用器械和拖拉机等。

表 7 列出了上海市机动车拥有量按属性统计的情况。到 2001 年底，私人客车总量达到了 8.1 万辆，较上年增长了近 1 倍，目前私人轿车的总量已经达到了约 15 万辆，反映了小汽车进入家庭的趋势，越来越多的市民拥有了私人小汽车；同时，交通工具的私人化倾向更多地反映在轻便摩托车的增长上，在市区已经控制摩托车牌照的情况下，反映了郊区的两轮机动车的需求上升趋势。

表 6 上海市机动车拥有量（按车型）（单位：辆）

	小客	大客	货车	摩托车	轻便摩托车	其它	合计
2000 年	292153	28494	153400	120613	415671	27342	1037673
2001 年	356638	30699	166694	124330	512663	17587	1208611
增加值	64485	2205	13294	3717	96992	-9755	170938
增长率	22%	8%	9%	3%	23%	-36%	16%

表 7 上海市机动车拥有量（按属性）（单位：辆）

	出租客车	私人客车	私人摩托	私人轻便	其它	合计
2000 年	46601	44891	82037	413720	497025	1037673
2001 年	51452	81084	84041	511550	531936	1208611
增加值	4851	36193	2004	97830	34911	170938
增长率	10%	81%	2%	24%	7%	16%

表 8 给出了上海市非机动车（含助动车）的统计结果。从中可以看到自行车保有量基数很大，同时相对增长幅度还很大，电动自行车近两年增长迅猛，2003 年增长高达 30 余万。燃气助动车同比增长也很快，而燃油助动车正在逐步减少。

表 8 上海时非机动车的分类统计　　单位：万辆

	自行车	电动自行车	燃油助动车	燃气助动车	合计
2002 年	660	2	35	1	698
2003 年	770	12	30	3	815
2004 年	870	43	24	9	946

在私人交通方面，2000 年日出行人次为 2400 万，估计目前有所增加，公交系统解决约 500 万，其中轨道交通 100 万，公交 400 万，出租车 50 万左右。那么就有 1800 万的私人交通，通过步行，自行车，摩托车，私人轿车，助动车等方式解决。表 9 列出了 2005 年和 2020 年各种交通工具承担日出行量的分担预测。从中可见，到 2020 年自行车和电动自行车将承担的所承担的总的分担率将不低于总交通出行量的 17%，如考虑摩托车、轻便摩托车及助动车的出行分担率，两轮车的总分担率仍将占交通总出行分担率的 25%左右。

表 9 上海市出行模式按交通工具类型的分担率预测　　万人次/日

出行模式	日出行总量	公共汽车	轨道交通	自行车	电动自行车	步行	其他
2000 年	2400	400	100	850		850	200
2005 年	3500	590	320	640	140	1140	710
2020 年	4562	1012	1100	450	300	800	900
2020 年所占比例	100%	22%	24%	10%	7%	18 %	20%

表 10 给出了有关我国不同类型城市居民出行方式结构比例的建议值，从中也不难看出，在私人汽车发展初期和普及的两个阶段，中国特大城市的居民自行车出行比例由 20％－30％下降到 10％－20％，所占总出行量的比例仍然不可忽视。考虑到特大城市的居民总出行量巨大，以上海为例，目前的日出行量约为 3000 万－3500 万人次。所以，自行车和电动自行车在城市居民日常出行比例所需要的市场仍然十分巨大，其规模应不小于 200 万辆。

表 10 我国不同类型城市的居民出行方式结构比例划分建议 [14]

交通方式 / 城市类型		体力型交通方式		机动化交通方式				
		步行	自行车	摩托车	出租车	单位车	私家车	公交
私人小汽车发展的初期阶段	大城市与特大城市	25～35	20～30	3～5	2~5	2~3	3～8	20～30
	中小城市	30～40	30～45	5～8	1~3	2~3	1～5	5～10
私人小汽车发展的普及阶段	大城市与特大城市	20～30	10～20	—	2~5	—	10～20	30～45
	中小城市	25～35	15～30	1～3	1~3	—	15～25	5～10

2.3.2 燃料电池二轮车的发展和定位

根据上海市对燃油助动车的替代政策, 燃气助动车从长远的观点来看,也在逐渐被取替的发展方向。取替的方式或者是取消，或者是被新一代更环保的产品代替。由于助动车既有机动两轮车的优点，同时有自行车在市区内行驶的方便性，因此，在目前上海市轨道交通尚未形成足够的网络系统，正在逐步完善的情况下，燃料电池两轮车尚有很大的市场需求空间和社会的需要。近两年来纯电动自行车在上海市热销和目前市场的火爆，也显示出这一市场对机动自行车的需求强烈和这种产品作为城市交通工具的方便性和综合交通成本的经济性。

鉴于以上分析，燃料电池两轮车作为机动两轮车的一种，市场需求的潜力和发展空间是巨大的。向上发展可作为助动车的模式来开发，向下发展可作为电动自行车来拓展。就目前我国对助动车管理的总体政策来看，以燃料电池自行车的模式发展所具备的空间更广阔。而作为自行车开发的不利因素，是产品的价格或成本是否具备市场竞争力。就目前燃料电池成本相对较高的情况下，以助动车的形式进入市场，可能更容易克服自身成本高的不利因素。

就目前中国城市对摩托车采取的相关控制政策来看，以摩托车为目标开发燃料电池摩托车不适合目前中国城市的对机动两轮车的发展趋势和政策走向，因此，就燃料电池的动力系统开发来看，应以电动自行车和助动车所需的功率为基准开发。

第三章 燃料电池两轮车的国内外进展和经验

燃料电池作为新一代零排放的车辆动力装置从中期和长期的观点来看具有良好的前景。中国政府已经启动了五年开发燃料电池轿车和客车的项目。正在进行的该项目极大的推动了中国的燃料电池工程技术水平。上海市科委也对燃料电池作为车用动力装置充满希望并对国家项目予以配套资助。同济大学，上海交通大学和一家燃料电池公司分别参与了燃料电池动力装置的系统集成，电控系统和燃料电池堆的开发。

近年来，世界又掀起了新一轮的燃料电池汽车研究与开发热潮。美国政府继 PNGV 计划之后，开始了燃料电池零排放汽车开发计划。并在加州建立了由政府、工业界和研究院所联合参加的燃料电池联盟，进行有关经验的交流和共享。丰田、本田、戴姆乐克莱斯勒、通用、现代等都开发出燃料电池原型车。其中的一些公司已经将示范型的产品推向市场。日本已经或正在建设 5 个燃料电池汽车的氢气供应示范站。世界各地政府和工业界对燃料电池汽车的大量投资表明燃料电池作为一种可移动的动力源有可能成为不远将来的一种潜在的车用动力系统。

3.1　燃料电池两轮车开发的国内外进展

燃料电池两轮车的研发目前世界上屈指可数，目前还是一个新领域，由于东亚地区助动车和摩托车的流行，其有可能成在东亚地区得到更有效的开发和最先进入市场。

迄今为止，至少有 5 家单位已涉足燃料电池两轮车的研发，包括上海神力科技有限公司 2000-2001 年开发的燃料电池两轮概念车。燃料电池两轮车开发的国家和地区包括，中国，台湾地区，美国，日本，加拿大和荷兰等。但目前这一领域的先驱，当属台湾经济研究院和亚太燃料电池科技股份有限公司。前者台湾经济研究院左俊德博士在上世纪 90 年代后期就在这一领域进行了相关的软课题研究和在台湾地区的推动工作，后者亚太燃料电池科技股份有限公司已经开发出第五代燃料电池两轮车（助动车），据介绍，该公司在 2003 年底还开发出燃料电池概念自行车。

图 4 给出了亚太燃料电池科技股份有限公司在 2000 年以来针对燃料电池两轮车进行相关研究和开发的成果[15]。该公司在杨源生博士的领导下，于 2000 年 4 月在摩托车的基础上，开发出第一代零排放燃料电池机动两轮车，验证了燃料电池两轮车的可行性。2000 年 11 月该公司第二代燃料电池两轮车的概念车开发成功，2002 年 11 月针对摩托车性能专门开发的第三代集成产品研制成功，这一样品在本项目成员对该公司的访问中分别在该公司美国加州的研发中心及台北市的公司总部参观并试乘，总体感觉该车与踏板摩托车的驾驶感觉相当。

图 5 给出的是亚太燃料电池科技股份有限公司在 2003 年 9 月刚刚完成开发的第五代燃料电池两轮车，其设计参数基本相当于目前上海市所使用的燃油助动车标准，但却是零排放的产品。就其设计的主要性能参数来看，针对亚洲东南亚的市场，特别是中国大陆燃油或燃气助动车的替代产品。

亚太燃料电池科技股份有限公司的第五代燃料电池助动车外形尺寸为 1756×440×1087 mm，重量 113 kg，最高车速 35km/h，爬坡度为 6°(10km/h)，设计续航里程为 60km，携带两瓶 50g 的储气合金瓶。质子膜燃料电池的最大动力输出为 2kW，电池电压 24V，电流输出为 130 Amps. 从目前所获得的燃料电池两轮车开发成果来看，亚太燃料电池科技股份有限公司的研制样品，已经具备了小批量技术生产的条件。

燃料电池两轮车能否进入市场的一个关键因素是车用氢气的供给系统是否安全，充换气系统是否方便，使用简单售后服务完善才容易被市场所接受和能够比较迅速的普及。图 6 给出了亚太燃料电池公司有关燃料电池机动车生产制造、销售和售后使用中储氢瓶更换和再充气的综合系统示意图。由于这样的氢气储氢方式能够使消费者在储氢合金瓶的更换过程仅用 2－3 分钟，而储氢合金瓶的存放安全，不需要特殊设施建设和管理，很容易将这种换气站根据消费用户的分布，布置在已有的加油站，燃料电池两轮车营销店和超市网络点。而需要再充气的空瓶，由专门的公司负责收集

图 4　亚太燃料电池科技股份有限公司开发的燃料电池两轮车的回顾[15]

图 5 亚太燃料电池科技股份有限公司开发的最新开发的第五代燃料电池助动车[15]

和运输到统一充气的中心，进行充气。这样的运作系统，即有利于消费者方便换气，同时可保证充气的质量和生产安全。有关储氢合金瓶技术的优点在后续的文中详述。

依据目前亚太燃料电池科技股份有限公司在燃料电池两轮车开发所取得的成果，目前已经具备了商业化小批量推广示范的技术和生产能力，其燃料电池动力装置已经经过了 2000 小时的耐久试验。按照该公司的商业推广计划，2004 年将在台湾绿岛旅游风景区建立燃料电池两轮车的示范车队，2005 年尝试进入经济生产规模（年产 20000 万辆）。

由以上的介绍来看，燃料电池两轮车从技术的角度来看，已经初步具备了进入市场所需的基本条件，在动力装置、氢气储存和替换、车辆续航里程和行驶特性方面，已经具备了市场用户的使用

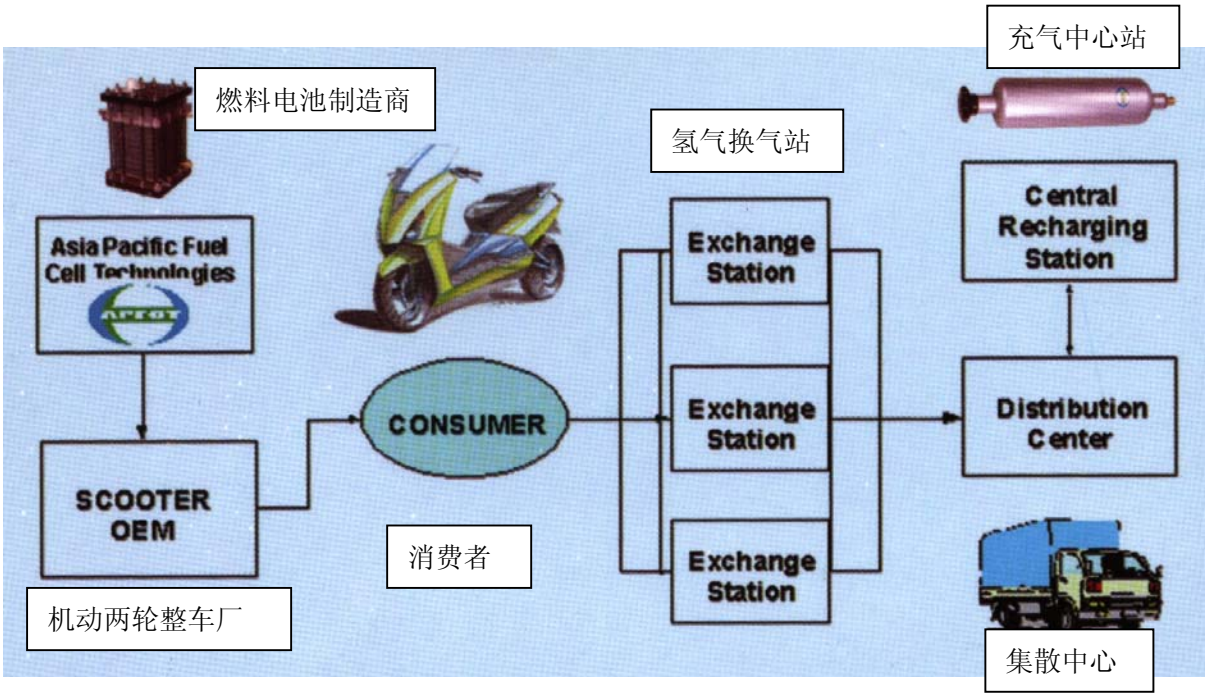

图 6 燃料电池两轮车生产、销售及售后服务系统示意图

要求。目前所面临的主要挑战是商业化所带来的产品可靠性，销售价格和相关标准及产业政策四个方面的综合完善。

3.2　上海市燃料电池两轮车的研究与技术开发

上海市在燃料电池两轮车研发方面，是中国大陆地区最早开发燃料电池两轮车的城市，早在2000 年 5 月，由海外归国创业的胡里清博士创建的上海神力科技开发有限公司，就受其他公司委托，成功运行了电动摩托车质子交换膜燃料电池动力系统的台架试验，2001 年开发出第一代燃料电池两轮自行车的概念车，2002 年该公司还与上海 711 研究所合作，开发出动力装置为 200W的第二代燃料电池自行车，目前还正在合作开发基于助动车车型的燃料电池助动车。此外，2001 年 5 月，北京世纪富源公司率先推出自主开发的燃料电池电动自行车，上海交通大学燃料电池开发组也与苏州企业合作，开发出燃料电池自行车的概念车。国内中国科学院大连物理化学研究所也相继开发出燃料电池自行车的概念车。2002 年，在上海市经委原副总工程师赵国通先生的支持和推动下，上海交通大学承担了能源基金资助的“上海市发展燃料电池两轮车的可行性研究”软课题，使得有机会对国内外燃料电池两轮车的总体发展，现状和未来趋势有一个比较深入、系统和全民的研究和认识。图 7 给出了上海神力科技有限公司开发的500W燃料电池自行车的外貌[16]。该燃料电池自行车的一次充气续航里程为 200 公里，与目前电池驱动的电动自行车的一般续航里程40－60 公里相比，燃料电池自行车在续航里程方面有很大的优势。

图 7 神力科技有限公司开发的燃料电池自行车

3.3 上海市发展燃料电池两轮车发展的技术优势

燃料电池作为“零”排放车用动力装置，属于具有可持续发展的清洁动力和高新技术产品，其如果进入市场，除需要有市场前景和需求外，最重要的是技术支持和保证，此外，新品成长中的资金投入、行业政策和发展环境也是影响的相关因素。

上海市在发展燃料电池两轮车方面，具有独到的综合技术优势。首先，在燃料电池的研发和生产方面，上海具有大学、研究院和产业实体开发质子交换膜燃料电池的队伍和生产单位。特别是目前在车用燃料电池技术开发处于国内领先的上海神力科技有限公司。

A． 燃料电池开发技术

上海神力科技有限公司成立于 1998 年 6 月，是一家专门从事质子交换膜燃料电池、燃料电池发动机、燃料电池发电装置等产品研发与产业化的企业。该公司具有全套的中小功率〔0.1KW～30KW〕与大功率〔30KW～120KW〕的质子交换膜燃料电池〔PEMFC〕、动力系统〔燃料电池发动机或发电系统〕集成制造技术及批量生产的能力。现拥有世界先进水平的燃料电池技术专利达 80 多项〔其中大多数已授权〕。

上海神力科技有限公司在在九五期间得到了国家科技部、上海市政府的大力支持，完成了国家“九·五”重大科技〔攻关〕计划 30KW 质子交换膜燃料电池动力系统研制”的专题项目；十五期间完成了国家科技部“十·五”“863”计划电动汽车重大专项中的“燃料电池发动机”项目课题，以及上海市重大科研项目“燃料电池轿车核心技术研究”中的“轿车用燃料电池发动机研制”项目；2003 年以来继续承担“十·五”“863”计划电动汽车重大专项中的“燃料电池发动机”滚动项目课题，或批准预算研究总经费达六千多万元。

目前，上海神力公司已完成了“863”计划“第二代 50kW轿车用与第二代 80kW城市大巴车用燃料电池发动机”的合同研制任务。本课题研制的燃料电池发动机具有零压力运行的技术特点，可以大大简化整个燃料电池发动机系统的结构；大大提高安全、可靠性；大大节约燃料电池发动机中各部件的制造费用；这些对加快燃料电池产业化具有重大意义。据胡里清博士介绍，上海神力科技有限公司将在 2003 年～2008 年逐步建立燃料电池发动机批量化生产的工艺及加工、装配、测试设施，实现燃料电池发动机中关键材料的国产化，降低生产成本。以建立奥运会、世博会燃料电池大巴士、轿车等示范运行车队为市场契机，实现燃料电池发动机的规模生产，最终实现产业化[16]。

由此可见，上海神力科技有限公司在燃料电池开发方面所具有的基础和未来生产能力，使得上海生产和制造用于燃料电池两轮车的 300－500W(自行车)或 2－3kW（助动车）的质子膜燃料电池，已经具备了相当高的起点和优势。

B．氢燃料的储存技术

在燃料电池储氢技术方面，上海已经具备了目前国际上认为最适合两轮车储氢技术的储氢合击瓶的生产和制造工艺及相关材料技术。中国科学院上海微系统与信息技术研究所早在上世纪 70 年代末开始有关储氢合金研究，在上世纪 80 年代就已经成功开发出用于纯氢储存的储氢合金瓶。该项目研究成果还在 1985 年获得了中国科学院科技成果一等奖[17]。

合金储氢技术的重要特点是：与现有的气态和液态储氢技术相比，合金储氢技术是目前最安全、有效、体积小和低压的储氢技术[18]。表 11 列出了气态、液态和合金储氢的三种方式下，单位体积的储氢能力对比，可见，合金储氢的能力约是气态储氢的 5 倍，液态储氢的 2 倍。其不足之处是用于储氢的合金材料－金属氢化物重量大。但由于其优越的其他特点，仍是目前被看好的未来 2 轮或 4 轮及移动设备的储氢装置，同时也有可能成为移动的氢气供给源的储氢装置。

表 11 不同储氢方式的单位体积储氢能力对比

	气态（高压）储存	液态储存	合金储存
储氢能力（克/ 升）	23	71	125

金储氢的关键技术要解决：

- 适用于不同温度、吸放氢循环稳定性好的系列储氢合金材料；
- 由于这种储氢方式在氢气被充入或放出时，伴随着放热和吸热的过程，因此，对储氢合金瓶的传热和传质结构设计以及储氢材料－金属氢化物优选十分重要；
- 如何设计质量轻且使用寿命长的储氢容器

中国科学院上海微系统与信息技术研究所于1999年成功开发出MmNi5型储氢材料改成果已成功转让，并于2000年9月建成具有年产能力达400吨储氢材料的生产基地。

由上可见，上海在燃料电池储氢技术方面，已经具备了提供车用储氢装置的综合技术和生产能力。

C．　其他方面

电动自行车行业的发展基础为燃料电池两轮车发展奠定了强有力的零部件和整车生产的基础。据不完全统计，目前全国电动自行车厂家约有250余家，这些电动自行车行业的发展，为燃料电池两轮车的产品化提供了很好的基础平台。由于电动自行车行业已经发展到年生产量250万的总体规模，而燃料电池两轮车在许多零部件方面可以与电动自行车利用共同的生产平台和产品平台。这无疑有益于燃料电池两轮车的产业化的进程。上海、江苏与浙江是我国电动自行车的主要生产基地和用户群所在地，使得这一产品的生产和市场化有得天独到之处。

3.4　台湾发展燃料电池两轮车的经验[19，20，21]

3.4.1 市场推动绿色产业的引入

台湾是世界上使用摩托车密度最高之地区，在二千三百万居民中，拥有一千二百万辆摩托车，平均约每两个人即拥有一部摩托车，88%以上之家庭拥有一部以上的摩托车，显示摩托车是台台湾最普遍之交通工具，但是大量摩托车的使用，造成空气污染问题。有鉴于此，台湾于 2004 年即将实施更严格的第四期排放标准，预期高污染的摩托车销售将大幅减少，但光是制定更严格的排放标准来遏止空气污染的增长是不够的，因此要彻底地改善摩托车的空气污染问题，势必要发展绿色摩托车，来取代目前的汽油发动机摩托车。台湾为世界上重要的汽油发动机摩托车生产与消费地区，大部份的零部件多可自制，部份厂商也具备自主研发能力，以目前雄厚的摩托车产业为基础，加上台湾人口居住密集的特点，及广大摩托车消费族群等条件，台湾的一些研发机构和产业界认为，其在发展绿色摩托车方面有相当的优势。

3.4.2 技术在实践中变革

为减少摩托车污染物的排放，台湾自1998年开始推动“发展电动摩托车行动计划”，该计划预期将传统摩托车的生产技术，结合高科技的电池或燃料电池，培育出具有国际竞争力的环保摩托车产业。然而，在经过台湾政府及业界四年来的大力的推动，电动摩托车的市场并未能如预期的发展，如图8所示。

相对于传统摩托车产业的长期发展历程，电动摩托车的产业则是新兴产业。为了扶持和推动电动摩托车的新兴产业发展1998年台湾地区行政院环保环保署投资了63亿元新台币补助电动摩托车的研发、生产等相关费用。为鼓励消费者购买，还实施电动摩托车购置补贴计划，自1999年至2002年度，对使用者给予奖励措施，可分为车体与电池两大部分，车体部分最高补贴 5000 元新台币，至于电池部分，依据电池的性能有所不同，铅酸电池补助2套，最高可补助24000元新台币，镍氢电池补助一套，最高可补助25000元新台币。另外，依据“交通工具空气污染排放标准”第六条规定，摩托车制造商及进口商，自 2000 年 1 月 1 日起，其电动摩托车在台湾地区的销售量须达该厂商当年摩托车在台湾地区销售量或进口量的2%。

按初期发展目标1999年产1万辆，2000年开始电动摩托车销售量应占摩托车总销售量的2%或达4万辆。然而，1999年电动摩托车的销量仅达5,132量；2000年时，销售量只有13,256辆，低于所订的目标；2001年的电动摩托车销售量更大幅萎缩成3,805辆，2002年更仅售2,166辆。因

为销售状况与预期目标相差太远，台湾推动电动摩托车的相关政策与法规也随之停止。最主要的原因是因为电动摩托车的性能并不能满足消费者的需求，消费者不满意传统电池(铅酸电池、镍氢电池、锂离子电池)电动摩托车的充电时间太长，行驶里程太短，以及充电站数量不够等问题。

为改善电动摩托车的性能，台湾燃料电池制造商结合摩托车制造商，开发燃料电池摩托车，并采用金属储氢罐（metal hydride canister）换气的方式，使得电动摩托车的性能可望提升，而且还可以克服燃料电池补给站数量太少的问题。

3.4.3 台湾燃料电池摩托车的发展回顾

目前台湾电动摩托车所使用的电池是以铅酸电池为主，较进步的电池则采用镍氢及锂离子电池。这种发展经验与美国及日本自 1990 年起推动电动汽车经验极为类似。这些电池技术的确有适用之处，但应用于机动车辆，则显得较难以满足一般消费者的需求。所以，美、日汽车公司自 1990 年代中期即将研发重心转向燃料电池汽车，迄今已卓然有成，例如：Honda 及 Toyota 公司已于 2002 年年底推出小量之燃料电池汽车，并预计与 10 年之内达到商业化阶段。

电动摩托车采用燃料电池的想法是由美国琼斯基金会(W. Alton Jones Foundation) 于1998年首先提出，并经台湾经济研究院、三阳工业公司、美国德州农工大学及内华达州立大学沙漠研究所(Desert Research Institute)于 2000 年共同组装世界第一部燃料电池试验摩托车(ZES I)之后，获得证实。ZES I 采用质子交换膜燃料电池(PEMFC)及金属储氢罐的储、放氢技术，将一部市售的铅酸电池电动摩托车改装成燃料电池摩托车。2000 年 3 月台湾第一家燃料电池公司成立(亚太燃料电池科技公司) ，开始从事燃料电池组、储氢罐的开发与燃料电池系统之整合，并进行第二代燃料电池摩托车的开发。在不断地产品研发过程中，亚太燃料电池科技公司继续与摩托车生产商合作，研发第二・五代（ZES II.5）以及第二・六代（ZES II.6）燃料电池池摩托车，以提升燃料电池组、冷凝系统、氢气供应及整车系统的性能。第三代燃料电池摩托车（ZES III）于 2002 年七月推出，并于同年九月在德国慕尼黑正式公开展示。以上所开发的摩托车如图 9 所示。2003 年 9 月第四代燃料电池摩托車（ZES IV）也已开发成功。

目前台湾亚太燃料电池科技公司计划 2004－2005 年在台湾的风景旅游区，推出 2500 辆燃料电池摩托车的示范运行车队，进一步完善产品的可靠性和综合性能，并获取运行维护体系的经验。

3.4.4 官产学研联盟推动燃料电池两轮车的发展

台湾在推动燃料电池摩托车方面，一个最值得学习的经验，是在燃料电池目前尚未能形成产业规模的时候，成立了由官、产、学、研及社会相关团体组成的台湾燃料电池伙伴联盟，通过联盟伙伴关系，使各方能够定期相聚和研讨发展中的对策，所遇到的问题和解决问题的短期、中期和长期规划和方案。因此，保证了这项工作在成长期间，能够得到多方面的支持和协助。特别是有关政策和宣传与教育方面的落实。

3.4.5 技术启蒙教育从小学开始

除了在技术上继续进行绿色摩托车的研发之外，台湾燃料电池伙伴联盟结合政府单位、公益团体、业界厂商和新闻媒体等，于 2003 年度开始有计划地推动燃料电池教育推广工作，以设计与制作燃料电池的课程、教材与教具，以及培训骨干教师等方式，首先由小学教育着手，进行教学活动。台湾燃料电池伙伴联盟还计划将燃料电池教学循序向上推广至中学及大专教育领域，使得燃料电池教育能真正落实到所有的学生。

3.4.6 小结

台湾将发展燃料电池两轮车作为未来电动摩托车的产业发展方向，立足于以下依据：

- 结合台湾目前的摩托车生产的产量和保有量，有巨大的市场潜力和发展空间；
- 基于环境保护和能源持续发展的长远战略；
- 瞄准未来中国、亚洲和世界摩托车的长远市场竞争力；
- 为未来氢能时代培育自主高科技产品的开发和生产能力；

台湾在发展燃料电池摩托车的经验方面，有以下值得借鉴和学习：

- 政府制定发展规划，并投入资金予以扶持；

- 成立由官、产、学、研组成的联合体，推动计划发展；
- 研究和学习国外经验，并在实践中及时调整方向；
- 制定短期、中期和长期发展规划，推动新兴产业在上游、中游和下游全面发展；
- 新技术的培养和宣传教育从青少年着手。

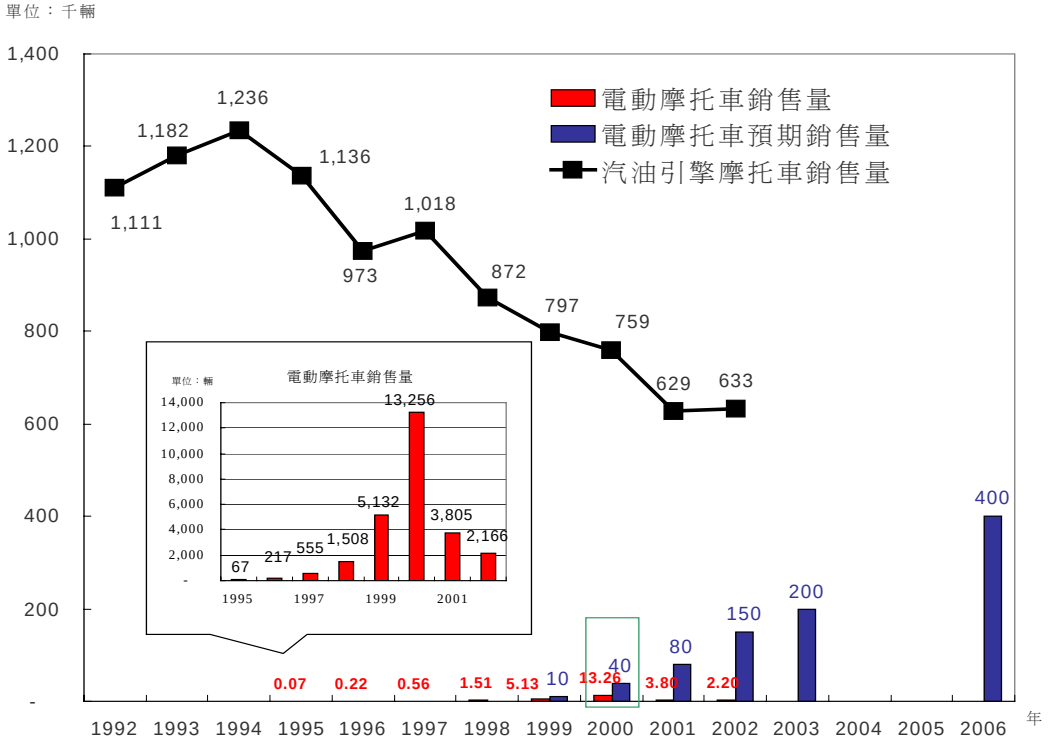

图 8 台湾摩托车市场（资料来源：台湾经济研究院，2002 年）

图 9 台湾燃料电池摩托车的研发历程（资料来源：亚太燃料电池科技公司，2002 年；台湾经济研究院（ZES Ⅰ），2000 年）

第四章 上海市发展燃料电池两轮车的市场、技术与环境条件

4.1 市场需求和潜力

由于中国近十年经济和城市化进程的高速发展，人们生活水平的提高，使得两轮车机动化趋势发展迅速，其中的主要表现之一是摩托车全国保有量高达 6000 万辆以上，年生产摩托车高达 1200 万以上。同时，自行车的全国保有量高达 4 亿辆，2002 年的年产量为 6800 万辆，其中国内销售为 2200 万辆。由于近年来全国 60 余个城市对摩托车的牌照发行采取了限制或停发牌照政策，使得在技术和产品质量逐渐成熟的电动自行车在过去的 5 年中，发展十分迅速，图 10 给出了全国电动自行车近年的产量统计。由图 10 可见，目前城市对电动自行车的需求呈十分旺盛的需求，仅上海市 2003 年每月的牌照登记量就达 2 万余量。由于电动自行车行驶速度可达 20 km/h，使得交通出行的里程和时间节省较自行车有了近一倍的提高，同时目前的平均价格在 2200 元上下，能被工薪阶层广泛接受，该类型车量既保持了传统自行车的多种优点，又具有机动车的特色，在管理上按非机动车辆管理，因此很受市民欢迎。

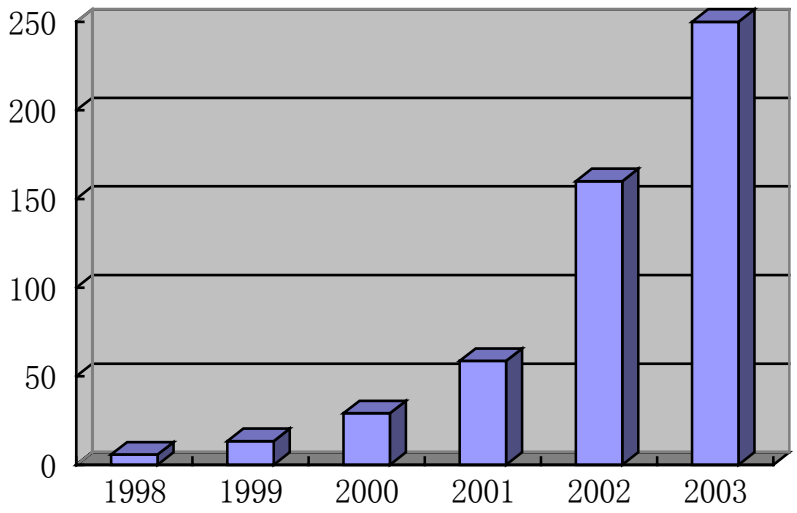

图 10 中国大陆电动自行车的产量统计（单位：万辆）

在城市扩容的情况下，自行车和电动自行车在交通的出行方式上，也呈现出多元化趋势，即由单一的交通工具，转化为多种模式，如“自行车或电动自行车＋公共交通＋步行”的联合出行模式也是目前有代表特色的出行模式之一。图 11 为地铁一号线市郊部分站点两轮车存放处的照片，反映了城市延伸发展后两轮车作为交通辅助工具存在的必然性。

如表 9 所示，到 2020 年，由于城市区域的扩大和中心区改造所带来的人口外移，电动两轮车总体的需求仍呈很大的市场空间，届时上海市电动两轮车的保有量有可能达到 300 万辆。因此，作为燃料电池两轮车，其发展的市场和潜在空间是巨大的。上海市燃料电池两轮车切入市场的产品定位，即可为燃料电池自行车，也可为燃料电池助动车，这两方面上海都有很好的市场用户基础和潜力。如 35 万辆燃气助动车在 2005 年后，要全部更新为燃气助动车，估计燃气助动车的总保有量可能达到 20 万辆，这部分的取代如果能用燃料电池助动车全部替代，这一潜在市场也有相当大的发展规模。

莘庄南广场停车点外部

莘庄南广场停车点内部

莲花路站北广场停车点

莲花路站南广场停车点

图 11　地铁一号线部分站点附近的两轮车存放点

4.2　本地区技术开发能力和条件

如前所述，上海市在发展燃料电池两轮车方面不仅具有未来潜在的巨大市场的优势，同时还具有包括燃料电池动力系统、储氢合金瓶、电动两轮车相关零部件及整车生产与制造的研发与生产条件。上海市经委对清洁两轮车的发展一直予以高度支持，燃料电池两轮车的发展也得到了积极的支持，上海市具有在国内开发首台燃料电池两轮车动力装置的成功经验。

上海神力科技有限公司在国内最早针对两轮车用燃料电池动力装置进行台架开发试验，在开发200W燃料电池动力装置的同时，已经与其他合作单位合作先后开发了三代燃料电池两轮车的概念车，这无疑在国内研发方面处于领先地位。目前，该公司在已成功开发出可用于燃料电池自行车的500W燃料电池动力装置，以及摩托车用的 5kW燃料电池动力装置。已经具备了批量生产电动自行车、助动车和摩托车用燃料电池动力装置的生产能力[16]。

此外，中国科学院上海微系统与信息技术研究所早在 1985 年已开发出用于纯氢储存的储氢合金瓶，以后还就合金储氢材料进行了系统的开发，其转让的稀土材料储氢技术成果已经形成年 400 吨的生产能力。该技术成果，为燃料电池两轮车的商业化运行，提供了另一重要技术保证。

上海市在技术开发方面的另一重要优势是具有自行车、电动自行车、燃油助动车、燃气助动车和摩托车的综合生产能力和优势。目前燃气（LPG）助动车是世界唯一批量生产和销售的清洁气体燃料助动车。已经具有的两轮车的整车研发和生产基地，如电动自行车的生产基地，完全可以适应开发、生产燃料电池两轮车（燃料电池自行车、燃料电池助动车和燃料电池摩托车）。 而且，目前蓬勃发展的电池电动自行车的一些关键零部件和整车都可以作为开发燃料电池自行车和助动车的高起点平台。

4.3 氢气的供给能力[22]

上海发展燃料电池两轮车的另一独到优势是本地区即可供燃料电池两轮车所需氢气的供给。这在一定意义上解决了商业化发展所需的能源供应问题。

上海目前没有专门生产氢气的大型工厂，氢气的来源主要以合成气或副产物的生产形式，且其中用于商业销售的比例非常低。上海市氢气基本来源于华谊集团下属三家企业：氯碱公司、焦化公司和吴泾公司。氯碱公司目前氢气年产量为 8.82×107Nm³，2005 年扩产完成后可增至 1.08×108Nm³/年；焦化公司氢气年产量为 3.68×107Nm³；吴泾公司为 4.38×106Nm³。氯碱公司生产的氢气中不含CO，可直接应用与燃料电池，焦化公司与吴泾公司的氢气CO浓度低于 1ppm，经处理后可用于燃料电池。可见华谊集团目前氢气总产量为 1.29×108Nm³每年，即 1.15×104 吨/年。2005 年后这一数字又将增至 1.33×104 吨/年[3]。

为估算氢气需求量，假设每辆两轮车平均每天行使 20km。按照 50 克氢气供行驶 35 公里计，每公里耗氢 1.43 克。每年按 300 天计，则 10 万辆燃料电池两轮车全年约耗氢：

$$\frac{50gH_2}{35km}\times 20km/day\times 300days\times 10\times 10^4\approx 858tonH_2$$

而这 858 吨氢气仅占上海副产氢气年产量的 6.5%左右。

考虑到燃料电池汽车的发展，预期到 2020 年，燃料电池汽车的发展将使需要氢气 10,000 吨/年，约占上海氢气产量的 75%。

可见，现有的氢气生产设施将在未来的燃料电池发展中发挥重要作用。如果仅从上海燃料电池车辆发展的规模和其燃料用氢的角度预测，目前上海副产氢气的年生产能力水平，至少可应付至 2020 年以后的车用燃料电池对氢气需求量[23]。

以上表明，上海市发展燃料电池两轮车在氢气供给的来源方面，具有本地供给的独特优势。

4.4 资源优势与超前发展意义

上海作为长江三角洲的经济、金融和交通枢纽，具有资金、人才、资源和国际合作的综合优势。

上海具有支持未来新兴技术开发的金融基础。上海的国民经济产值续 10 余年以 2 位数增长，人均 GDP 已超过 5000 美元，2003 年的城市发展的综合实力居全国第一位。经济发展的良好势头和经济总量的水平，使得上海市在科技投入和超前发展方面，具有国内最好的经济支持基础和条件。此外，民营和集体企业的蓬勃发展，也使得新技术的开发和融资有了可能。

上海是中国仅次于北京的具有大学以上人口比例最高的省级城市。作为中国科技和工业的重要基地，有着众多良好的中国科学院等直属科研开发机构、具备人才培养的全国著名高等学府、有具有与国际接轨的先进管理理念和加工与制造基地，特别是优秀的产业工人队伍。

上海地处长江三角洲的交通枢纽，与中国经济最发达的省份浙江、江苏紧密相连。长江三角洲丰富的生产和制造资源，均可与上海共享。四通八达的公路、铁路和水上交通，为新兴产业发展所需要的物资资源和劳动力资源提供了巨大的空间。

上海市作为国际化城市，具有与世界各地方面的空中通道和水运航线，在国际交流和合作方面有良好的开放环境和合作平台。同时上海经济的蓬勃发展，吸引了大批国际投资者和跨国企业在沪投资和发展，使得上海具有很好的信息渠道。每年举行的数个国际大型会议和专业展出，为上海带来了世界各地的新思想、新观念和新技术。上海的良好居住环境也吸引并保留了国内外的许多人在此安家立业。

作为未来中国经济的领头羊，上海在发展和规划方面，立足于超前发展。而燃料电池两轮车的

开发和商业化，正是未来的朝阳产业，在其已经具备了技术支持条件，并且显露了未来的市场前景和广阔空间的情况下，应不失时机地抓住机遇。

在开发燃料电池两轮车方面，可以学习和借鉴台湾地区开发和推广燃料电池两轮车的成功经验，并积极开展合作。这将使得这一产品的开发和生产起步于处于高的起点和水平。

4.5　目前存在的主要问题

在燃料电池两轮车的发展方面，虽然上海最初的开发也不很晚，但发展很慢。主要表现在有以下问题：

1）　关于两轮车在中国未来城市交通中的作用和定位尚未统一观点

由于两轮车在城市交通中的管理很难，加上近几年城市私人汽车保有量迅速增长，而城市公交系统发展相对于城市的扩张和市民的出行需求发展滞后，导致部分特大城市的交通拥挤成为焦点。由于两轮车与四轮车的混流即难于管理，又易于引发交通事故，因此一种观点认为，城市中的两轮车应让位于四轮车，这样可改善城市交通的拥挤情况，同时可减少事故发生。因此，北京市出台了2005年起禁止电动自行车行驶的地方政策，并导致国内部分城市效仿，引起了业界内外的广泛议论和对此问题的辩论。

从国外城市交通在发展四轮车的经历来看，在解决私人汽车发展和道路交通拥挤的问题方面，并未通过采取强制限制其他交通工具来促进汽车发展的先例，而是结合国情和市情最大程度地发挥各种交通的优势，达到交通以人为本的发展目的。如前述日本东京，其私人汽车保有量很大，但日常的交通工具并不依赖私人汽车，而是轨道交通。在台北市，私人汽车保有量也非常大，由于公交系统不发达，轨道交通刚开始运营，因此，市民的主要交通工具即为摩托车。

中国传统的自行车作为城市中主要交通工具的功能，随着城市的扩容发展，公共交通系统的完善和私人汽车的发展，总体趋势是在日常生活中所占出行的比例会逐渐下降，但由于中国城市的人口密度，轨道交通发展和完善所需的建设时间，以及交通成本和短途接驳等功能，电动两轮车的发展应该是刚刚起步，还有很大的发展市场和空间。这一市场和空间我们已经具有了外国无法竞争的优势，如果不珍惜和维护其发展，将会被国外市场蚕食。

因此，发展电动燃料电池两轮车具有重要的意义。其在中国城市，包括上海等特大城市的作用和功能将有助于缓解城市交通的压力，减少空气污染，适合中国城市的多层次交通方式需求。

2）　尚未认识到燃料电池两轮车在上海未来的巨大市场需求和发展空间

未来上海两轮车，特别是电动自行车的发展空间相当大，而且正在进入快速增长阶段。2003年，上海市电动自行车的月销售量平均在2万辆。目前电动自行车经过过去两年的大幅增长，保有量已超过43万辆，已目前上海自行车总量900万为基数，2020年的电动自行车及电动助动车的总保有量有可能达到并维持在300万辆左右。如果燃料电池两轮车能够代替传统的铅酸电池或其他电池，燃料电池两轮车的成本能够被市场所接受，那么，未来仅上海的市场就相当可观，如果考虑到全国的市场，这将是非常大的一个新兴产业。

3）　没有整合燃料电池两轮车的研发、生产和政策规划的整体力量

目前上海市已经有上海神力科技公司和上海交通大学分别与不同合作单位进行了燃料电池助动车或燃料电池自行车的概念车开发，但主要是以民间自发性为主，上海市科委也对燃料电池两轮车的开发立项资助。由于对未来两轮车在城市中的发展的总体趋势不十分明朗，另外对两轮车的问题尚未引起足够的重视，因此，有关燃料电池两轮车的开发尚未进入日程，未能向燃料电池汽车给予系统的组织和管理。使得社会力量不能够高度集中，研发进程的效率较低，虽然起步阶段较早，但已明显落后于台湾亚太燃料电池公司的技术和研发水平，在国际上也没有影响力。

4）　政策不明朗，资助力度不够

对于燃料电池两轮车的未来发展，应采取有效和果断的措施和政策，作为向国际都市发展的上

海市，应当结合地方需要和特色发展未来可持续发展的有地方品牌特色的绿色产品。基于上海、中国、亚洲乃至世界的燃料电池两轮车的市场前景是无限的，应抓住机遇，在国外尚未占领制高点和形成垄断地位的时候，把握时机，开创新品和商机。

5） 目前的市场成本较高需大幅降低成本

从目前燃料电池两轮车的发展来看，进入市场的主要不利因素是成本较高。按亚太燃料电池科技公司的商业化成本预测，目前的市场销售价格，如按最低年产量 2 万辆的批量生产规模，在台湾的销售价在 45000－55000 元新台币的价格，相当于在台湾摩托车的零售价水平。

如果按上海市场的可接受能力，燃料电池助动车的价格应不高于每辆 1 万元，进入市场的理想价位为 8000－10000 元。

如果燃料电池动力系统及储氢合金瓶及整车相关部件都在本地生产，并达到批量化，上述市场价格有希望实现。

第五章 上海市发展燃料电池两轮车的政策建议

根据对国际国内有关燃料电池两轮车的技术进展，产品的技术成熟度，市场推广的可行性，批量生产及产品价格的调查，结合上海市在燃料电池两轮车方面的开发历史，燃料电池动力装置及储氢合金瓶的开发、研制和批量生产能力，以及上海市氢气的供应能力，上海市在燃料电池两轮车的市场商业化方面，具有得天独到的综合优势。特别是上海作为国际大都市，城市的扩容和发展，两轮车在未来交通中所占的分担比例不低于 20%。目前上海的自行车保有量 910 万辆，电动自行车 43 万辆，燃油与燃气助动车 30 余万辆，这些两轮车都是未来燃料电池两轮车的市场的基础。因此，应不适时机的抓紧燃料电池两轮车的商业化发展契机，通过科学规划发展战略，整合本地优势，加强国际合作，推动燃料电池两轮车在上海的发展，成为上海科教兴市的地方特色品牌，推向中国的其他特大城市，亚洲乃至世界。

5.1　战略规划

目前燃料电池两轮车的开发尚处在概念车和样车开发阶段，在商业化之前，有大量的工作有待进行，这一过程需要 5－10 年的时间。例如，我国电动自行车自 80 年代中后期开发到目前产品进入势头良好的成长期，经历了十几年的发展，历经了三起两落的发展过程，最终在产品技术和质量相对成熟，产品价格得到市场认可的情况下，才有了今天的良好态势。期间，由于产品技术和质量问题，引起大的起伏和波折。上海市的燃料电池两轮车如果以商业化方式进入市场，应避免浮躁，特别要吸收我国电动自行车发展过程中教训，严格把好产品的技术、质量和售后服务体系的三个环节的建设，并从高起点水平发展，在保证产品成熟的条件下，进入市场并使其健康有序地发展。

在发展战略上，应以燃料电池自行车和燃料电池助动车为当前的主要开发对象，分九年，三个阶段实施 ：

1) 利用前三年的时间，以商业化产品燃料电池自行车和燃料电池助动车为目标的样车研制和开发，结合燃料电池自行车和助动车的动力需求，开发 200W－500W 和 1kW-5kW 的燃料电池动力装置，以及与燃料电池自行车和助动车相适应的储氢合金瓶。着重解决燃料电池系统的可靠性和降低成本，储氢合金瓶的充、放气系统的相关问题。同时，为产业化实施开展相关的标准制定工作。

2) 利用中间的三年，进行小批量的试制和生产，并在适当的地区进行示范性使用，如 2010 年世博会期间，在轨道交通至世博园以及世博园内，可以尝试燃料电池自行车作为一种可以候选的交通方式。同时，燃料电池两轮车产品和氢气供应系统不完善的地方，随时改进。

3) 在成功示范的基础上，最后三年进行中等规模的批量化生产和储氢合金瓶换瓶网络的布局，逐步推广燃料电池两轮车替代燃气助动车和部分电池驱动的电动自行车。

5.2　标准制定

燃料电池两轮车是一项新的技术产品，除涉及两轮车的整车和部分相关零部件标准可延续外，有关燃料电池两轮车的动力装置系统的标准涉及零部件的标准，动力总成的功率输出指标和测试标准，产品耐久性和可靠性指标，起动时间，氢燃料消耗率，比功率等；有关储氢合金瓶的标准涉及储氢瓶的安全设计要求，检验标准，充换气时间，使用次数，结构形式和生产与加工的安全环境要求；有关氢气的质量标准，涉及设计氢气的纯度要求，杂质要求；有关氢气储氢合金瓶的充气、运输和安置与保管，换气站的安全设置要求等。制定如上一些标准涉及多个部门，是一项缜密细致的工作。

5.3 资金扶持

燃料电池两轮车作为一项新兴的产业，具有很好的未来发展前景，但在其发展的初期，是一项具有风险性的前期投入比较高的环境保护类产业。因此，在其尚未能以商业化运作的初期，需要政府的引导、资金支持和政策扶持。其与燃料电池汽车一样，应该纳入到国家的新品开发和攻关计划中，予以扶持和推动。由于燃料电池两轮车无需建立特殊的供气站来完成换气，因此，在目前和相当长的一段时间内的商业化中，其更具实际可操作性，便于推广和应用。

因此，上海市作为中国经济发展和城市综合发展潜力最佳的城市，在资金和地方政府的财政实力方面，最具有开发高科技产品的实力。因此，建议能以上海市经委为组织和牵头单位，筹集资金，整合力量，安上述 9 年三个阶段，发展燃料电池两轮车。

5.4 合作发展

目前，在燃料电池两轮车的开发和研制方面，亚太燃料电池科教公司已经走在了世界的前列，台湾为发展和推动燃料电池两轮车，相继开展了 6 年的工作，世界一些国家和中国大陆的北京、大连、苏州等也相继开展了一些研发工作，为了能够从高水平和高起点进行相关的研究和商业化推广，有必要学习他人的先进经验，并开展积极的多方面的合作。如杜邦中国公司就对上海开展燃料电池两轮车的设想表现了积极的兴趣，愿意提供有关燃料电池质子膜的产品，亚太燃料电池科技公司，也愿意就燃料电池两轮车的开发进行合作。

5.5 示范先行

燃料电池两轮车是一项新的产品，为了保证其能够在市场中健康、稳步的发展，应学习借鉴其他新技术推广并成功的经验。因此，在燃料电池两轮车小批量试制阶段或产品技术相对成熟后，可以借鉴台湾地区推广燃料电池两轮车的经验，以及我国推广清洁燃气汽车的成功经验，以上海为燃料电池两轮车的试验示范基地，逐步推广燃料电池两轮车。

5.6 坚持品牌发展战略，强调知识产权

作为一项朝阳产品，燃料电池两轮车在发展的初期，就应立足自主开发和专利产品意识，在走向市场化时，创造上海的品牌形象，走可持续发展的道路。同时，只有实现了自主生产和自主品牌，才能够实现经济、社会效益的双赢。也是实现降低产品成本，进入市场的关键。

第六章 结论

1. 燃料电池两轮车作为绿色机动两轮车，是未来机动两轮车的发展方向。上海市目前自行车保有量 910 余万（含电动自行车保有量 43 万，并正以每月 2 万辆的速度发展），此外还有燃油和燃气助动车 30 余万辆。这一巨大的市场基础和规模，为燃料电池两轮车的未来市场提供了巨大的发展空间和潜力。同时，如考虑到中国其他城市的潜在市场，燃料电池两轮车将成为未来的一个巨大的新兴产业的发展方向。

2. 从城市交通发展的模式来看，上海市 2020 年轨道交通在城市居民日出行的公共交通部分的比例，才能够达到 60％，而公共交通能够承担的日出行比例约在 50％。交通出行模式将向着以公交为主的多元化模式发展，但预计两轮车在交通出行的模式中所分担的总比率将不低于 25％，其中自行车和电动自行车所占的比例分别为 10％和 7％，意味着约有 400 万的自行车和电动自行车的使用量作为日常交通工具。如果考虑到一部分作为与轨道交通和公共交通接驳的两轮车使用，两轮车使用的比例还会相对增大。应该看到，非机动两轮车作为城市交通的一部分，对于缓解城市交通压力，减少公共开支，保护城市生态环境，减少城市交通拥挤的有效途径之一，特别是在目前城市轨道交通尚未能起到主体作用的情况下，对于人口过于密集的城市，有更实际的意义。因此国内外交通、城市建设及环保领域专家联合呼吁[24]：非机动交通模式中的两轮车和步行应受到鼓励和保护，并指出“私人非机动化交通手段，例如自行车和步行是减少公交压力和城市交通拥挤的一种高效方式，应予以鼓励，并制定和健全非机动化出行的安全保障措施和设施。”

3. 上海市在发展燃料电池两轮车方面具有燃料电池动力装置开发技术、试制和生产的国内领先优势，上海神力科技有限公司在国内成功开发过几轮燃料电池两轮车的概念车，同时在燃料电池两轮车储氢合金瓶的开发和研制方面，中国科学院上海微系统与信息技术研究所已经具备了储氢合金瓶商业化生产的全套生产技术和工艺；上海市在本地的氢来源方面，由上海华谊集团下属三家企业：氯碱公司、焦化公司和吴泾公司的生产副产品所提供的氢气以能充分供应到 2020 年前本地机动车所需的氢气需求；上海市的电动自行车和助动车的生产基地和工业基础为发展燃料电池两轮车提供了优异的制造和加工环境。因此，在燃料电池两轮车的开发和商业化发展所需技术和生产条件和氢气供应的综合来看，上海市具有天时地利的综合优势。

4. 燃料电池两轮车作为一个有发展前景的朝阳产业，在目前起步的发展阶段，需要政府的资金和政策扶持，特别是需要集中优势和力量，有规划，有步骤的发展，加紧制定行业和产品相关的标准，分 9 年三个阶段，完成燃料电池两轮车的商业化进程。应以 2010 年上海举办世博会为契机，争取将其成为世博会中的一个示范项目和亮点，并成为有中国特色的自主产品。同时，应以上海市科教兴市的战略，将其作为上海市的品牌战略发展，将这一绿色可持续发展的高新技术产品，从上海推广到全国乃至亚洲和世界。

致谢：感谢能源基金对本项目研究所给予的资金资助。特别感谢项目执行过程中上海市经委赵国通总工，台湾经济研究院左俊德博士，美国阿贡国家实验室安锋博士，亚太燃料电池有限公司杨源生董事长，上海神力科技有限公司胡里清博士，能源基金会何东全博士所给予的支持和建议。
本项目资助编号：G-0205-06236。

参考文献:

1. 王秉刚，中国清洁汽车行动的成就与展望，电动汽车清洁燃料汽车及汽车环保技术交流研讨会论文集，2004.2 上海
2. 2003 年上海市国民经济和社会发展统计公报，中国统计信息网，2004 年 2 月 6 日，http://www.stats.gov.cn/tjgb/ndtjgb/dfndtjgb/200402060026.htm
3. 2001 年两轮车销售统计，新民晚报 2002-9-19 第 18 版
4. 俞明骁,徐逸鹏，自行车大军直逼千万——透视申城自行车现象① 新民晚报:2004.02.07 版次:1
5. 付晴艳，燃料电池助动车在上海的应用发展，2002’上海燃料电池二轮车研讨会论文集， 2002 年 12 月 6 日，上海
6. 赵国通，左俊德，燃料电池二轮车（FCS）商业化的计划，2002 上海燃料电池二轮车研讨会论文集，2002 年 12 月，上海
7. Guotong Zhao，Junde Zuo, Fuel Cell Scooter (FCS) Commercialization Program, Proceedings of Shanghai Fuel Cell Vehicle Forum, 2002.12.4-5, Shanghai, China
8. 李理光，上海市发展燃料电池两轮车的初探，2002’上海燃料电池二轮车研讨会论文集， 2002 年 12 月 6 日，上海
9. 上海人口发展报告，http://www.stats-sh.gov.cn/2002shtj/wpzc/ml.htm#
10. 陆锡明，《大都市一体化交通》，上海科技出版社，2003.8
11. Peter Midgley，Urban Transport Programs Ingredients for Success, Proceedings of Sustainable Multi-Modal Transportation for Chinese Cities, Shanghai, Oct.20-21,2003
12. 徐华，上海市未来交通发展模式及燃料电池两轮车可行性研究与对策，学位论文，2003 年 6 月
13. 《上海市城市交通白皮书》，上海人民出版社，2002 年 8 月
14. 王炜，陈学武，城市交通可持续发展战略研究，中国城市交通可持续发展的多元化战略国际研讨会论文集， 2003.10.20-21，上海
15. Jefferson YS Yang, Cell Scooter Fuel Scooter Commercialization Challenges, Proceedings of Shanghai Fuel Cell Vehicle Forum, 2002.12.4-5, Shanghai, China
16. 胡里清，质子交换膜燃料电池－21 世纪的新一代能源动力系统，中国城市交通可持续发展的多元化战略国际研讨会论文集， 2003.10.20-21，上海
17. 吴铸，李志林，黄铁生，金属储氢在燃料电池中的应用，2002’上海燃料电池二轮车研讨会论文集，2002 年 12 月 6 日，上海
18. Rosa C Young, Advanced of Solid Hydrogen Storage Systems, Proceedings of Shanghai Fuel Cell Vehicle Forum, Shanghai, China, 2002.12.4-5
19. 左俊德，台湾推动绿色摩托车之经验与作法，中国城市交通可持续发展的多元化战略国际研讨会论文集， 2003.10.20-21，上海
20. 台湾燃料电池产业发展策略之研究，台湾经济研究院，2001 年
21. 左俊德，台湾推动燃料电池电动摩托车之作法与发展，2002’上海燃料电池二轮车研讨会论文集，2002 年 12 月 6 日，上海
22. 上海华谊（集团）公司氢气资源调查，2002’上海燃料电池二轮车研讨会论文集， 2002 年 12 月 6 日，上海
23. 马建新，万钢，余卓平，上海的氢资源在发展燃料电池汽车基础设施中的作用，上海燃料电池汽车及零部件技术国际研讨会，2002.12，中国，上海，
24. 中国城市交通可持续发展的多元化战略建议，http://www.ecovehicle.org/notice/citymain.htm，2003.10.20-21，上海