

台湾燃料电池商业化的潜力

万其超(Chi-Chao Wan)

罗伯特·罗斯(Robert Rose)

这篇文章是架构在美台燃料电池先导计划(U.S.- Taiwan Fuel Cell Initiative)下, 而这个先导计划是由威尔逊中心的中国环境论坛(Woodrow Wilson Center's China Environment Forum)与突破科技有限公司(Breakthrough Technologies, Inc.), 在蓝月基金(Blue Moon Fund)的大力支持下, 所共同在 2004 年秋天合力完成的。此文的编辑者是中国环境论坛的吴岚博士(Dr. Jennifer L. Turner)。文章中所有意见由作者们共享。

目录

前言-----	2
节约能源与清洁能源的相关科技发展-----	2
电动运载工具在台湾的发展-----	5
电化学能源工业在台湾的现况-----	6
燃料电池在台湾的发展及潜在应用-----	8
1. 初期发展及主要政策里程碑-----	8
2. 政府机关对于燃料电池的研究及支持-----	8
3. 学术研究机关的燃料电池相关发展-----	9
4. 台湾当地工业的燃料电池相关发展-----	12
燃料电池在北美洲、欧洲及日本的发展-----	17
燃料电池在中国及其给予台湾的机会-----	20
建议-----	22
名称简写一览-----	24

■ 前言

在此刻评估台湾燃料电池技术及潜在商业化可能性的现状是非常合时宜的。台湾为燃料电池研究及商业化建立公-私部门合作机制的脚步，已经较许多国家快。为了成功推行这样子的合作机制，政府必须主动出击，打造基础设施(例：建立安全规定、分担初期投资风险或提供初期打入市场的支持)，以实现未来的商业化。尽管燃料电池技术发展的产官合作已经推行多年，台湾在燃料电池基础设施的建立及商业化仍较一些国家落后。这份报告旨在刺激产生新的对话，讨论政府、产业界及潜在海外投资伙伴之间的合作，藉此促进燃料电池技术在台湾市场的发展。

全球对于矿物燃料的高度依赖造成能源危机的警讯和环境污染，包括矿物燃料储量减少的悲观预测、燃烧矿物燃料而造成全球空气污染的恶化。因此如何加速新技术发展，研发出可行的替代清洁能源，成了每个国家都必须急迫面对的课题。

燃料电池有很高的能源效率及清洁排放，是很有前景的清洁能源，特别是针对像台湾这样子的国家，因为台湾自身的矿物燃料储藏量非常低，两千三百多万的人口挤在约一万多平方公里的可居住地上，所有的能源只能仰赖进口，对于能源危机几乎没有防备能力。此外，台湾尚面临要降低二氧化碳排放量的压力。从 1993 年到 2003 年台湾二氧化碳的排放量平均每年增加约 6 个百分点。在 2003 年台湾全年的二氧化碳排放量每人平均超过 10 吨。为因应这些能源及环境污染的挑战，台湾政府在过去十年加速努力于燃料电池的研发，并因此促使一些有前景私人企业的成立。

虽然台湾是个很小的国家，可是政府与产业界对于燃料技术研发的投资，帮助发展了新兴且具潜在商业性的技术，像是电动机车与电动脚踏车。具体实例展现在于德州圣安东尼奥举办的“2004 年燃料电池论坛”。来自北美洲总共约有 160 个展示商，而来自亚洲的则只有台湾和日本两个国家，而且台湾还有两个展示摊位，所以台湾仍继续会是燃料电池产业的区域要角，尤其是当要进军中国市场。这份报告主要回顾台湾燃料电池的发展、商业化机会及检视如何创造在中国市场的利基。此文旨在分析台湾可能推行的新政策及燃料电池商业化的国际合作。

■ 清洁能源与节约能源技术在台湾的发展

能源的急迫需求及环境污染的恶化促使台湾政府发展一系列的清洁能源政策并支持各种清洁能源技术，尤其是再生能源技术。在开始叙述台湾能源政策及清洁能源与能源效率的研究之前，笔者首先叙述台湾面临的能源挑战，包括能源使用概况，及相关组织与技术的发展，藉此背景知识了解台湾的政策及研究工作如何支持着燃料电池的发展。

台湾能源组成

台湾在 2003 年约有 6 百万辆汽车以及 1000 万量机车。这个岛国一年的电力消耗约是 16 万(百万度)(gwh)，其中约有 4% 来自水力、75% 的火力发电以及 21% 的核能发电。有少量的风力发电，但量能逐渐提升。尽管有多样的能源组成，但主要仍依赖矿物燃料，尤其在过去 20 年以来石油的消耗平均每年增加约 4.4% (关于石油消耗量请参考表一)。

表一：台湾石油消费的趋势 (千公秉油当量 MLOE)

项目	民国 72 年		民国 82 年		民国 92 年		民国 72-92 年 成长率(%)
	千公秉 油当量 MLOE	%	千公秉 油当量 MLOE	%	千公秉 油当量 MLOE	%	
消费量	18,909	100.0	32,036	100.0	45,085	100.0	4.4
工业	7,752	41.0	10,374	32.4	18,985	42.1	4.6
运输	4,036	21.3	10,764	33.6	14,981	33.2	6.8
发电	3,748	19.8	6,394	20.0	4,789	10.6	1.2
住宅	936	4.9	1,357	4.2	1,428	3.2	2.1
农业	875	4.6	952	3.0	1,051	2.3	0.9
商业	76	0.4	150	0.5	490	1.1	9.8
其它	1,035	5.5	790	2.5	1,590	3.5	2.2
非能源消费	452	2.4	1,254	3.9	1,771	3.9	7.1

资料来源：台湾经济部能源局

表一的石油消费结构显示工业与运输的石油消费量约占台湾总石油消费量的 75%。总消费量以 4.4% 的年成长率快速成长，促使政府积极采取各种措施以鼓励能源节约及再生能源开发。

再生能源发展的回顾也与燃料电池潜在发展的讨论息息相关，因为水力将是储存再生能源的一项合适选择。鼓励节约能源的政策和再生能源技术不但能帮助减低台湾的石油消费量，对于建立燃料电池产业也意义深远。

成功的能源节约计划与政策

在能源节约方面，以下是一些根据台湾经济部能源局的主要政策成就：

- 建立能源查核制度，并因此在 2003 年节省 660 百万度(GWh)的电力，61,000 公秉(kiloliters)的石油及 161,000 吨的煤炭。
- 在 2003 年实施电器用品的节能标章管理，促使年平均尖峰用电节省 130 百万瓦特(MW)。
- 在 2003 年实施新汽机车及渔船引擎的能源使用标准，节省 130,000 公秉(kiloliters)的燃料油。
- 倡导节约能源的技术服务，在 2003 年节省 130 百万度(GWh)的电力、9000 公秉(kiloliters)的燃料油，以及尖峰电力的 27 百万度(GWh)。

- 提倡尖峰至离峰时间的电力移转，截至 2003 年底，总共撷取利用了 4,422 百万瓦特(MW)的离峰电力。
- 提倡汽电共生系统(cogeneration system)，截至 2003 年底有 6,480 百万瓦特(MW)。
- 提倡政府部门的能源节约，促使 2001 年至 2003 年维持 2.8% 的政府电力使用年平均成长率，且低于 4.4% 的全国成长率。

台湾政府的促进产业升级条例提供企业诱因去购置节约能源的设备，包括两年的加速折旧计划、13% 的租税优惠和低利融资。以下是相关成果：

- 从 1991 年至 2004 年推行的加速折旧，提供企业购置节省或替代能源机器设备，核准金额为新台币 121 亿元。
- 从 1994 年至 2004 年的低利融资，核准金额为新台币 112 亿元，促使企业加速购置节省或替代能源机器设备。
- 从 1995 年至 2004 年的租税优惠，核准金额为新台币 19.5 亿元，促使企业加速购置节省或替代能源机器设备。

成功的再生能源计划与政策

为了整合协调各项提倡再生能源的工作，台湾行政院在 2002 年 1 月 17 日采纳再生能源发展计划。经济建设委员会负责协调政府各部门促进再生能源的工作。此外，行政院也着手讨论再生能源发展法案，以建立再生能源发展的法制，并促进再生能源的永续利用。以下是台湾政府再生能源政策与补贴的相关重要成果：

- 台湾太阳能热水系统的装置区域已经普及到 1.23 百万立方公尺。截至 2004 年底将会达到 1.27 百万立方公尺。
- 光伏打(太阳能电池其中的一种发电形式)示范系统(photovoltaic demonstration systems)的核准补贴容量为 870 瓩。截至 2004 年底希望可以达到 1 百万瓦特(MW)。
- 关于风力发电，政府核准容量为 30.64 百万瓦特(MW)，包括特别设备及电力消费补贴。截至 2004 年底核准容量达约 76 百万瓦特(MW)。
- 关于地热，能源局与地方政府合作，建立多功能的示范系统，目标是在 5 年内达到至少 5 百万瓦特(MW)的地热能源。
- 关于小型水力发电，累积总能量为 166 百万瓦特(MW)，并预估在近期未来可以再有效增加 200 百万瓦特(MW)。
- 关于生物瓦斯发电，目前约有 20 百万瓦特(MW)的能量，希望未来可以在增加符合经济效应的额外 30 百万瓦特(MW)。

在过去两年内，美国以“氢能经济国际伙伴”(International Partnership for the Hydrogen Economy)在全球推行氢能经济，所以促使许多国家思考将氢能列为未来可能能源之一。尽管台湾不是会员，但台湾仍展开关于这项再生能源的研究。举例来说，台湾的大叶大学协助建立以风力产生氢能的展示系统。此外，台湾电力公司也着手建立一个结合光电与风力发电来产生氢能的展示系统。

接下来篇幅的重点是台湾政府如何成功推行清洁能源和节约能源,包括电动车的成功发展(可作为燃料电池的潜在应用),并检视电化能产业的现状,以作为接下来讨论燃料电池发展的基础。之后将讨论台湾政府对于燃料电池的政策及支持计划,及产学研对于燃料电池的研究。为了将台湾放在全球燃料电池发展的架构下,笔者也将简短描述燃料电池的国际发展,以及在中国的发展。本文的结论将有一些提供台湾政府及研究部门的建言(包括独立研究部门及国际合作的研究部门),以推展燃料电池在台湾的商业化。

■ 电动运载工具在台湾的发展

因为燃料电池的一项主要潜在应用是在运输交通领域,取代传统的内燃机运载工具(internal combustion vehicles)和摩托车,所以必须先了解电动车(EV)在台湾的现况。如果燃料电池车(FCV)在未来可以商业化,最有可能的情形是以油电复合动力的形式加上电池或超级电容器(super-capacitor)以符合车子性能的需求。这些油电复合动力的交通工具都用电力推进系统,以取代燃料,并在马达、控制系统与车体技术上有许多相似之处。

1970年代初当台湾发生能源危机时,清华大学与台湾汤浅电池和 Tanyon Iron 合作,开发台湾第一项燃料电池计划,希望可以发展一种铅酸燃料电池,并主要用于邮政运输服务。大约制造了 200 辆铅酸蓄电池的交通工具并维持约十年,直到能源危机告一段落。

第二阶段的清洁能源交通工具约开始在十年前,为了因应全世界因为空气污染而对于电动车(EV)的重新关注。台湾作为机车王国,机车密度有可能全球居冠,所以台湾政府遂认为,研究机关从事关于电动机车的研究比较务实。因应政府推动电动机车的优先考量,台湾环保署在 1997 年公布实施一项鼓励购买使用电动机车的政策。这个补助案促成超过五家以上电动车企业的成立,并刺激当时的机车工业开始研发电动车,不幸的是,无法维持固定的品质水准和维修服务,浇息许多消费者原本对于电动机车的热情。

电动机车的国内消费在 2000 年达到颠峰的约 10,000 辆,但到 2002 年很快就降到低于 3,000 辆(请参见表二)。台湾环保署在 2003 年取消了补助措施,声称电动机车的数目无法实质减缓空气污染,虽然环保署仍继续维持对于电动脚踏车的补助,每购卖一辆补助 3000 元新台币。于是台湾的电动车工业将重心移转机车和其它相关电动交通工具的出口。事实上从表三我们可以看到台湾在制造辅助残障者使用的交通工具上,位居世界领导,包括有超过 50% 的电动轮椅都是台湾制造。

表二: 台湾电动车与电动脚踏车的产量

年	电动脚踏车 出口	电动车 出口	国内 电动脚踏车	国内 电动车	总产量
1998	6,209	214	300	1,508	8,231

1999	18,110	1,038	300	5,132	24,580
2000	37,018	8,407	500	13,257	59,182
2001	19,462	43,359	4,733	3,806	71,360
2002*	42,819	6,762	4,373	2,266	56,220
2003	11,811	86,514	3,173	0	101,498

*电镀机车与电动脚踏车出口量的变动主要因为制造商有时在申报出口量时，混合使用两个名称。然而从总产量看，我们仍可以观察到总体的提升。

资料来源：台湾工业技术研究院

这些电动交通工具都是倚赖改良的铅酸蓄电池，然而在未来阶段的模型中，也有以锂电池、镍氢电池和燃料电池作实验。电动脚踏车是另外一项市场性渐增的商品，尤其是在中国越来越受欢迎，在过去两年大约增加一百万辆。因为台湾早就拥有世界知名的一些脚踏车品牌，包括捷安特，所以很自然地这些公司也进入电动脚踏车的市场，并建立自身品牌。这些成就都显现台湾有深厚的基础发展以电池或燃料电池为基础的轻型电动车(LEV)。

表三：台湾电动轮椅的出口

年	仟元(新台币)	数量
1998	846,931	26,622
1999	1,221,948	52,184
2000	2,073,666	78,666
2001	3,512,895	132,541
2002	4,925,423	199,758
2003	7,259,274	302,274

*1 美金约兑换新台币 32.5 元/ 资料来源：台湾工业技术研究院

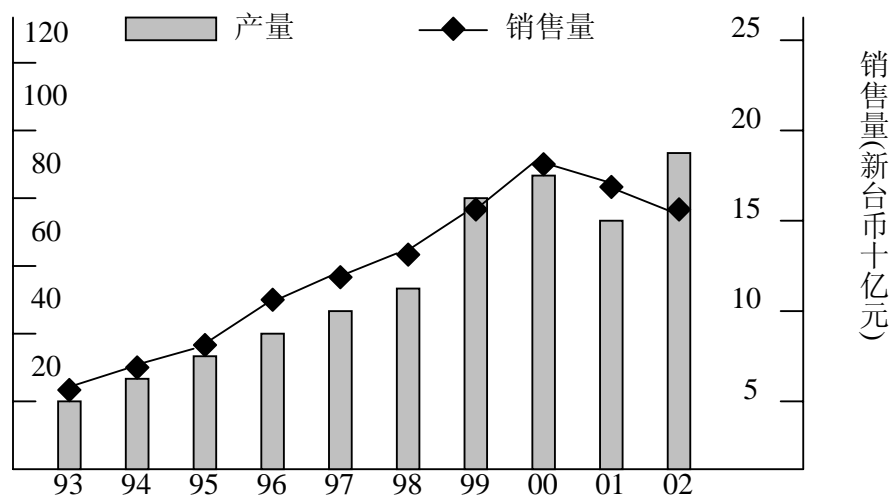
■ 电化学能源工业在台湾的现况

理论上燃料电池是一种将化学能转换成电能的工具，所以燃料电池的发展与该国电化学工业的水准息息相关，包括电化学工业对于一次电池(primary cells)、充电电池和超级电容器的生产。台湾电化学工业的水准能力对于台湾未来是否有足够能力发展燃料电池工业有很大的指标性。

台湾主要的简单化学电池生产都已经移至中国，传统电池工业只剩下铅酸蓄电池。有些

铅酸蓄电池公司是部份日资或与日本公司有合作关系，像是台湾汤浅，但大部分仍是台湾当地独立的公司。这些电池制造公司供应当地汽车、机车和其它工业应用，每年年平均产值将近新台币 200 亿元，如图一。

图一 台湾铅酸蓄电池的产量及销售量



资料来源: 经济部能源局

过去十年来，台湾的研究机关及业界一直对于电池的进一步发展深感兴趣，包括镍氢电池和锂电池。台湾原本生产镍氢电池的 NINEX 公司和台达能源系统公司已经将大部分的产线移至中国，锂离子电池生产，包括锂高分子电池，在台湾仍十分活络，包括约 10 个活跃的厂商以及计划加入市场的新进者。锂离子电池产业最具规模的一间公司为能元科技(E-One Moli Energy)，在 2003 年达到充分量产，虽然在 2002 年前有一些生产问题。业绩的提升反应全球锂电池生产的潮流，包括锂离子电池与锂高分子电池，从 2002 年的 8.6 亿增加至 2003 年的 12.5 亿。因为台湾生产全球超过 60% 的笔记型计算机，台湾当地对于锂电池的需求自然非常高，在 2003 年达到 2.7 亿。

因为大部分的锂离子电池都是供应手机和笔记型计算机，所以电池能量是以瓦特小时计，不足以供应挑供运输工具。然而有几间台湾厂商，包括台湾超能源公司和太电电能，都着手进行运输应用的大型电池，并逐渐吸取设计千瓦小时计电池的经验。

可充电电池对于日后燃料电池的生产也大有帮助。设计有重组器的燃料电池系统需要一些时间才能达到完全的效能，所以一些需要立即达到完全效能的应用就必须包括可充电电池。对于燃料电池在运输工具的应用上亦然，即使没有重组器。电池或超级电容器常常被设计在系统中，以弥补常常在燃料电池上发生之放电功率密度不足的问题。

成本是燃料电池市场化最大的阻碍。美国能源部和其它相关机关都在追求可以降低成本

的燃料电池科技。虽然台湾是一个小国家，台湾在电池、相关控制设备和轻型电动交通工具的生产上有很悠久的历史 and 稳固的基础。这些生产条件的配合上台湾成为生产燃料电池的合适地点，并有能力以较低的成本生产。

■ 燃料电池在台湾的发展及潜在应用

初期发展及主要政策里程碑

2000年在台湾第六届国家科学科技会议上，有参与者向政府提出建言，希望政府能规划燃料电池在台湾发展的准则及蓝图。主要目标是希望可以提倡地方产业之间的合作，建立实际能运作的制度及基础设施，让台湾在全球燃料电池产业中，拥有具竞争力的立足点。

在2001年，行政院科技顾问团(Science and Technology Advisory Group (STAG) of the Executive Yuan)在年度会议中作出以下结论：

- (1) 在行政院科技顾问团(STAG)下设立一个推广燃料电池的工作小组，从事与3C(command, control and communications)产品相关、或关于电动机车、配电系统相关的研发工作。环保署也应鼓励在私部门的合作结盟。
- (2) 国科会的研究补助上应该着重针对燃料电池设备或材料的创新研究，以及人力资源的训练。经济部应负责科技与产业发展，建立燃料电池的规格和标准。环保署应负责提倡燃料电池的应用并有示范计划。
- (3) 所有相关部会应提拨足够财政资源给予燃料电池发展。

近来政府发展燃料电池的工作路径图主要开始于1980年代中期的台湾，当经济部与台电(台湾最主要的电力公司)开始挹注资金在燃料电池发展上。尽管开始颇早，但到了2000年唯一仍持续致力于燃料电池发展的只有工研院的能资所，能资所是台湾最大的应用研究机构，资金主要来自经济部。能资所主要从事磷酸燃料电池的研究，并在台北县设有展示站。除了能资所以外，从1980年代以降，也在大学有一些零星的学术研究，但过去三年以来当政府重新对燃料电池研究感兴趣后，这吸引私部门和相关政府部门对于燃料电池发展投注更多关心。

支持或投入燃料电池研究发展的相关政府部门

- (1) 环保署：订定制造工业与汽车工业的污染排放标准，并以部分补助来鼓励提倡低排放量的电动车。

(2) 经济部：主要是经济部辖下的能源局来负责提倡清洁能源研发与应用。另外一个部门是经济部的工业发展处，主要管辖各个领域的工业发展。工业发展处也在最近更加努力协助台湾当地燃料电池工业的发展。最后，还有经济部的技术处，主要帮助私部门产业和国家实验室进行长期的研发工作。现阶段，技术处提供资金予直接甲醇燃料电池和直子交换膜燃料电池的研究。

(3) 长期研发方面，主要提供研究资金的国科会在 2003 年成立一个针对燃料电池研究的特别计划。到了 2004 年这个计划已经在台湾的大学促成超过 60 个燃料电池相关的研究案，研究资金也从 2000 年的新台币 1,100 万元增加到 2003 年的新台币 6,200 万元以上。国科会的补助支持渐渐为燃料电池领域培养为数可观的人才。

(4) 另外一个最近加入的角色是原子能委员会，之前主要长期负责监督台湾三座核电厂及施工中的核四厂的营运，但随着中央政府逐渐倡议非核家园，原委会开始将重心转移至新替代能源的发展，尤其是燃料电池。目前的主要关注是固态氧化物燃料电池(SOFC)和直接甲醇燃料电池(DMFC)。

(5) 国防部所属的中山科学研究院也在最近开始燃料电池研究，有约新台币 1,500 万元的年度预算，重心在燃料电池重组器的技术。

表四：2003 年政府给予燃料电池研究的补助

政府部会	补助金额 (新台币百万元)
国科会	30
环保署	1
能源局	105
经济部工业发展处	10
经济部技术处	74
原子能委员会	30
国防部	15

资料来源：燃料电池伙伴联盟

台湾政府给予燃料电池的补助总共约新台币 2 亿 5 千万元，其中约占 62% 的质子交换膜燃料电池(PEMFC)研究经费，第二位是约 27% 的直接甲醇燃料电池(DMFC)。这总额约占台湾年度能源研究经费的 10%，也由此可见政府对于燃料电池作为清洁能源重要技术的重视程度，然而如果希望有具体成果，政府仍应该付出更多努力。

学术研究机关的燃料电池研究发展

从 1990 年开始，台湾的大学台湾的大学开始进行燃料电池的基础研究，包括质子交换膜燃料电池(PEMFC)、固态氧化物燃料电池(SOFC)和直接甲醇燃料电池(DMFC)。此外，有一些研究机构甚至将燃料电池研究定位为研究主轴。举例来说，元智大学组织了质子交换膜燃料电池(PEMFC)和直接甲醇燃料电池(DMFC)的研究团队，在经济部和国科会的经费补助下，大学的研究者得以发展一项质子交换膜技术，而且有令人雀跃的成果。另外，铭传大学也着重燃料电池研究并希望将学校本身创造成为燃料电池使用的展示园区。

其它大学，像是台湾大学、清华大学和成功大学也取得国科会补助进行燃料电池研究，这些大学的主要研究领域包括流道设计模拟、新触媒配方与鉴别。

有系统的研发则主要在国家实验室进行，因为国家实验室有长期专职的人员及资金来支持研发工作。以下是国家实验室的三个重要例子来呈现台湾对于燃料电池研发的技术投入程度：

工研院材料研究所

在台湾，工研院的材料研究所从事可携带能源相关设备的研究，是最著名的研究中心之一。在燃料电池方面，工研院材料研究所选择的是直接甲醇燃料电池(DMFC)的系统，因为它被认为是下一代可携带能源中最有潜力的一种。研究所里有约 70 名研究员在电化能实验室，而超过 20 名进行直接甲醇燃料电池(DMFC)的研究。

工研院材料研究所针对直接甲醇燃料电池(DMFC)，有下列三个主要研究领域：(1) 低甲醇穿透膜；(2)高性能膜电极组；以及(3)最有效能的直接甲醇燃料电池(DMFC)系统。关于第一个主题，燃料电池的研究专家普遍都知道甲醇穿透会造成阴极电位降，而降低燃料电池的性能。所以工研院材料研所发展了一套系统，称作 MRL-436，其甲醇穿透率仅为 Nafion 117 的五分之一，而且仍具相当得导电度。

第二个研究领域是关于膜电极组(MEA)。工研院材料所的主要研究是触媒浆料的分散性、更有效的结构设计、和大量制造的方法。由于在阴极和阳极的反应都很缓慢，传统电极上的触媒量往往要高达每平方公分 4 毫克至 8 毫克，这也就是说触媒浆料的分散会非常重要。工研院材料所最近有突破性发展，提高了触媒的被利用率，所发展的膜电极组在 40°C 下使用体积百分比 10% 之甲醇水溶液做为燃料时，其放电功率达到每平方公分 50 毫瓦特以上，而且触媒的被利用率达到 55% 以上。此外，也发展出大规模生产的方法。

在第三个主要研究领域，工研院材料研究所针对可携带式的直接甲醇燃料电池(DMFC)，希望将它设计作笔记型计算机的电源。这个实验室发展了一种直接甲醇燃料电池

(DMFC)和锂离子电池(Li-ion)的复合系统。因为堆积密度的提升也很重要，所以工研院材料所也发明了一种平面式膜电极组堆栈设计。

工研院能源与资源研究所(简称能资所)

台湾主要的燃料电池研究发展开始于 1987 年，由台湾电力公司出资赞助研究建设一座燃料电池发电厂的可行性。这项研究依照当时技术发展的程度，选择磷酸燃料电池，但也将其种类的其他燃料电池列入考量。因此从 1988 年，经济部的能源委员会(现在的能源局)补助工研院能资所一项主要燃料电池计划，目标是发展燃料电池的相关零件和系统本身，并将燃料电池技术应用推广公众。计划最后与台电的发电研究所共同完成一座燃料电池发电厂，总发电量约超过一百万千瓦，并在三年内有 16,333 千瓦小时的运作。¹

在 1997 年，工研院能资所开始进行质子交换膜燃料电池系统，有 3 至 5 瓩的发电量，可以提供一般家庭电能与热能。因为天然气在台湾的住宅区很普遍，所以选作为燃料。因此这座系统包括天然气重组器(natural gas reformer)、燃料电池堆(fuel cell stack)、DC/AC 变流器(DC/AC inverter)，以及控制子系统，再加上也是储氢子系统利用储氢合金作为储存媒介的电池，这个燃料电池系统就成为一座不断电的电源供应系统。这项计划是工研院辖下各个实验室共同努力的成果：(1)化工所研发天然气重组器；(2)材料所开发以储氢合金作为储存媒介的储氢材料；(3)能资所负责各项技术的整合。伴随工研院的燃料电池研发，在 2001 年建造一座测试中心，来测试工研院或是其它单位(包括国内外的卖商)所研发的燃料电池。目前在这座测试中心，共有七座燃料电池的测试站，规模从 300 瓦到 12 瓩。每一座测试站都有建立标准作业程序，这样子才能一致性地测试是否达到国际标准。氢能和燃料电池的标准或规格也能利用这座测试中心的测试仪器进行研究。

核能研究所

核能研究所建立于 1968 年，是台湾唯一进行核能科技研究的研发中心。从 2002 年开始，核能研究所将部份研究重心放到新兴能源的研究。这不但是配合台湾能源多元发展的国家目标，也为本身研究所导出新方向。

从 2003 年至 2007 年核能研究所(INER)发展一项五年计划，希望可以加速以 III-V 族元素为基础的氢能与太阳能电池应用。第二个五年计划从 2004 年到 2008 年，着重未来研究发展的特殊领域。

在氢能制造方面，核能研究所进行了几种电浆重组器的研究，并展示那些有超过 93% 天然气转换率且一氧化碳低于 100ppm 的电浆重组器。而利用水溶性纤维(bio-fiber)之制程途径，将乙醇转化产生氢气的技术仍在研究当中。在氢能储存方面，由触媒催化热分

¹ This plant has now ceased operation since its technology became fairly standard without any new R & D value. 这座发电厂已经停止运作，因为这项技术已经很普及，没有研发价值。

解天然气所合成的多壁碳奈米管(multi-walled carbon nanotubes)，在纯化及活化后，其储氢能力可达 3.3 个重量百分率(3.3wt%)之成果。

在燃料电池研究方面，核能研究所发展两种系统。针对直接甲醇燃料电池系统，在直接甲醇燃料电池系统(DMFC)方面，已组装出可呼吸空气（被动式）设计的系统，使用 1.5 毫升甲醇可提供 75 分钟的通话时间。目前目标是组装含 10 个单电池可输出 17 瓦特电能之电池堆，可应用在 3C 产业上之能源替代方案。

在固态氧化物燃料电池研究方面，核能研究所进行一系列广泛的研究，包括系统设计发展、性能监测仿真、以及零件制造和组件。有一套进行电化能与热能性能分析的计算机软件系统(e.g. INER-SOFC)可以分析各种操作情形与设计。根基于固态氧化物燃料电池的展示发电站目前正在建造当中。

台湾当地工业发展

因为私部门很在意近期商业化的可行性，所以所有参与燃料电池研发的公司都投入质子交换膜燃料电池类型的产品，而直接甲醇燃料电池(DMFC)与固态氧化物燃料电池(SOFC)则较有挑战性。尽管如此，迹象显示台湾仍有一些公司进行关于直接甲醇燃料电池(DMFC)在 3C 的应用。

至目前为止，大概有两间制造公司已经通过雏型测试阶段(prototype state)，因此已经有一套可销售的系统或子系统，包括亚太燃料电池公司 (Asia Pacific Fuel Cell Technologies, Ltd.)和大同公司。亚太燃料电池公司主要在将储氢合金储存纯氢之系统，应用在发电装置以及电动机车等。大同公司则以甲醇作为氢能来源，并将该系统锁定在定置型发电装置上。有一间叫做胜光科技(Antiq Technologies)的新公司发展一种直接甲醇燃料电池(DMFC)的雏型产品。关于这三间公司更详细的介绍将会在下文中进行，以更了解台湾现有的技术能力。

特别值得一题的是除了上述三间进行燃料电池研发的公司以外，台湾有渐蓬勃发展的锌空气电池工业(zinc air battery)。至少有两间制造商，包括异能科技(eVionyx)和世梓科技股份有限公司(Century Zinctec Electric)，都努力促成锌空气电池产品的商业化，以下也会有专文介绍。锌空气电池可视为燃料电池的一种简化的衍生物(simplified derivative)。在阴极，它就像一般燃料电池利用空气作为燃料，但在阳极，它则用金属锌(metallic zinc)取代氢气作为燃料，因此可以减少氢能处理和重组器运作的问题。虽然有其它的技术问题，但是锌空气电池仍可视为广义的燃料电池，且颇适用于像是台湾具中程技术能力的国家。这项发现也说明虽然台湾可能永远不能成为燃料电池工业的全球要角，但可以在燃料电池子系统中找到一种特殊类型的燃料电池作为利基点，尤其是其应用或原始设备制造(OEM)。

大家都认知到燃料电池工业的建立有赖各个角色的紧密配合，包括政府部会、研究机关和工业界，所以台湾政府鼓励创立一个包含各种角色的联盟，也就是以下会介绍的“台湾燃料电池伙伴联盟”。

中国石油，台湾最大的石油供货商，对于氢能供应与配达的生意也非常感兴趣，因为它拥有大量加油站。中国石油也有处理天然气的经验。另外一间公司是气体产品(Air Products)拥有的三福化工公司(San-fu)，也进行关于储氢罐(H₂-storage canister)及其相关科技的研发。其它支持燃料电池零件或设备的公司也渐渐产生，形成台湾发展燃料电池工业更坚实的基础，包括 (1) 碳材料开发的永裕应用科技材料公司(Yonyu Applied Technology Material Company); 以及(2) 开发氧化触媒应用技术和氢气纯化的碧氢科技(Green Hydrotec)。

台湾燃料电池伙伴联盟 (Taiwan Fuel Cell Partnership, TFCP)

台湾燃料电池伙伴联盟(TFCP)成立于 2001 年 7 月，主要任务是配合行政院燃料电池研究发展的团队，重点发展台湾燃料电池产业。环保署和能源局也都资助此联盟。这个联盟结合产业界、政府部门和学术研究机构，共同致力促展台湾燃料电池的技术及产业。

台湾燃料电池伙伴联盟(TFCP)成立一个执行委员会，主要由政府代表组成，监督联盟运作，设有秘书处和工作团队，以及任务导向的政策工作小组。目前的工作小组分组与其目标请见下表五：

在相关政府部门与企业的支持下，台湾燃料电池伙伴联盟(TFCP)建立台湾燃料电池信息的网站(请见本文后)，将燃料电池相关报告以电子邮件寄送给大家，此外也举办会议来促成意见交换和工业研究。台湾燃料电池伙伴联盟(TFCP)并邀请专家学者与政府部门讨论台湾燃料电池产业未来的政策和方向。最近也在国中小进行教育推广，希望可以让更多公众了解这项新兴能源。除此之外，台湾燃料电池伙伴联盟(TFCP)也希望可以参与国际市场以协助推广台湾的燃料电池产业。

表五：台湾燃料电池伙伴联盟之中的政策工作团队成员

团队	成员 s		目标
	主要	次要	
电池团队	中国石油公司	联华气体工业股份有限公司(BOC LienHwa Industrial Gases Company, Ltd.)	发展政策与后勤物流来支持燃料电池能源。
燃料电池团队	核能研究所	大同公司 (Tatung Company)	燃料电池研发。燃料电池应用的展示与提倡。
发电机团队	台湾电力公司	中山科学研究院材料暨光电研究所光电组 (Materials &	发电机的研发、提倡和行销。

		Electro-Optics Research Division of Chung-Shan Institute of Science and Technology)	
3C 应用团队	工研院材料所	汉氢科技股份有限公司 (H Bank Technology Inc.)	3C 应用的研发、提倡和行销。
电动车团队	工研院材料所	亚太燃料电池公司 (Asia Pacific Fuel Cell Technologies, Ltd.)	电动车燃料电池产品的研发、提倡和行销。政策与规格的发展。
法规与测试团队	工研院能资所	财团法人车辆研究测试中心(Automotive Research & Testing Center)	燃料电池产品的规格和标准设定, 像是燃料电池电动车与 3C 产品, 并进行测试。
产业促进团队	台湾经济研究院		燃料电池市场分析(像是燃料电池电动车与 3C 产品)。燃料电池产业的市场开发。
学术团队	铭传大学	台湾经济研究院 (Taiwan Institute of Economic Research)	燃料电池理论与技术的研究, 并推广其研究。
政策工作团队	台湾经济研究院		汇集各个团队意见以针对燃料电池发展策略向政府提出建言。

大同集团

大同集团的重电(Heavy Power)部门是台湾重电生产最大且悠久的制造厂(2004 年的年收入有 70 亿美元), 专长有传统高压高能量的柴油发电。后来考量环境以及扩充生意, 从 2001 年开始大同公司进行替代电力的研发, 尤其是燃料电池的定置型发电应用。

大同公司的燃料电池研发团队与工研院密切合作, 发展一系列的燃料电池产品, 包括量身订制的燃料电池堆(1~5 瓩、1 瓩及 5 瓩的具变流模块的转换器), 1 瓩燃料电池发电的后备系统以及 2 瓩的甲醇燃料处理系统(methanol fuel processing system)。大同公司也会持续发展更有效能、精巧、耐久且低成本的燃料电池产品, 以在近期取得市场利基。

2004 年在德州圣安东尼奥举办的燃料电池论坛中, 大同公司展示一座新开发之 1 瓩的变流器, 吸引一些潜在客户。这座直流转交流的变流器有良好性能, 可以用合理价格应用在燃料电池系统。目前大同公司努力研发, 希望可以将变流能力提升至 5 瓩。相较于其它类似产品, 大同公司的设计更精巧, 或许能藉此协助他们打入国际市场。

亚太燃料电池公司 (Asia Pacific Fuel Cell Technologies, Ltd., APFCT)

亚太燃料电池公司(APFCT)在 2000 年三月由 Dr. Jefferson Yang 和他的核心团队共同组成。一开始, 杨博士将重心放在 3C 或其它可携带燃料电池的应用。但是在他完成燃料

电池机车的可行性评估后,他了解到质子交换膜燃料电池(PEMFC)对于轻型大众运输工具有革命性影响潜力,也能够帮助亚太区域环境的保护。所以亚太燃料电池公司(APFCT)在台湾成立,希望可以促进燃料电池科技的早期商业化以及对于小型双轮交通工具的应用。

自从成立后,亚太燃料电池公司(APFCT)致力于燃料电池技术的机车应用和技术提升。在 2001 年 6 月台湾政府给予亚太燃料电池公司(APFCT)一项研发补助金,从事燃料电池应用于机车的先期研究,并在 2002 年 1 月成功执行。在这期间,APFCT 完成燃料电池机车的雏型: ZES II, ZES II.5 and ZES II.6。而且最值得一提的成果是 ZES II.6 是全世界第一辆公开亮相的燃料电池机车,且经过政府设立实验室的认证。

在 2002 年 8 月,亚太燃料电池公司(APFCT)接受另一项补助--质子交换膜燃料电池(PEMFC)堆应用的发展,是工业发展局所属的领先产品发展计划(Leading Product Development Project program)。这项重要的补助案显示台湾政府对于燃料电池的高度兴趣和支持。这个计划到 2004 年 7 月,亚太燃料电池公司(APFCT)成功完成燃料电池系统的设计,并展示世界第一作自动燃料电池量产系统(fuel cell volume production system)。这座系统是燃料电池进步的重要里程碑,继续向商业化迈进一步。

从 2002 年到 2004 年,亚太燃料电池公司(APFCT)继续发展可市场化的燃料电池机车,包括 ZES III, ZES IV and ZES IV.5。这些燃料电池机车在年度国际燃料电池论坛(international Fuel Cell Seminar)作展示并提供试乘。亚太燃料电池公司(APFCT)计划在未来的展示场合中引进更精进的燃料电池机车。

除了燃料电池机车以外,亚太燃料电池公司(APFCT)也发展将质子交换膜燃料电池(PEMFC)应用在推高机。在这个领域,亚太燃料电池公司(APFCT)是加拿大 Cellex 电力公司电池堆与增湿器(stacks 和 humidifiers)的唯一供货商。Cellex 电力公司所发展的混合燃料电池发电系统的目标是希望可以在 2005 年初在 Wal-Mart 的仓库作实际测试,并朝初期商业化迈进。亚太燃料电池公司(APFCT)也发展出一种混合系统,是利用空气冷却的燃料电池和湿化机,并成功应用于日本栗本实业(Kurimoto Corporation)的轮椅。依靠燃料电池的轮椅可以持续在不充电的情形下使用超过十个小时。亚太燃料电池公司(APFCT)和栗本实业(Kurimoto Corporation)也将共同发展新一代整合性的轮椅,设定目标在 2006 年达到商业化。

在 2005 年,亚太燃料电池公司(APFCT)便已经很积极向台湾政府提出草案来设计燃料电池机车的旗鉴展示。这项展示主要有亚太燃料电池公司(APFCT)发展的燃料电池机车,内建氢气燃料储存和氢能基础设施模型。目标是希望可以藉由此模型来提升燃料电池科技对于轻型交通工具的应用能力,也象征燃料电池能源在台湾迈向商业化的一个重要里程碑。

胜光科技 (Antiq Technologies)

在 2003 年成立, 胜光科技是一间新的研发公司, 致力于直接甲醇燃料电池(DMFC)的技术, 它自己设计并制作, 有一项可将零件似的甲醇燃料电池(DMFC)模块插入笔记型计算机之光驱标准插槽内以提供电源的专利技术, 体积是 190x128x30 mm, 重量是 435 grams。这锥形组件使用 10% 甲醇水溶液的燃料卡匣, 可输出 10 瓦特的电能。这组件具有的三层结构, 是由电子业常用的印刷电路板所组成的。

台湾异能科技(eVionyx Taiwan, Inc., EVT)

台湾异能科技(eVionyx Taiwan, Inc., EVT)由美国异能科技(eVionyx, Inc. USA)的 Dr. Sadeq Faris 和台湾诚信创投公司的李正明博士共同成立于 1999 年, 主要理念是精进金属燃料技术并促成其商业化。台湾异能科技(EVT)和美国异能科技(eVionyx, Inc. USA)共同拥有超过 200 项在金属燃料应用的专利。台湾异能科技(EVT)追求一系列应用, 包括运输、电力供应和储存、国防用、储电备电、便携式用电供电和电动工具。台湾异能科技(EVT)致力于关键零件的生产、产品设计、金属燃料模型的制造和金属燃料的再生产。台湾异能科技(EVT)于 2001 年在台湾中坜设立大规模制造的工厂, 目前已经具备以下能力: (1)制造所有主要零件, 包括空气阴极、金属燃料和固态离子交换膜; (2) 制造各种锌电池的模块以作为便携式用电设备和运输工具的供电来源; (3)电动脚踏车、电动机车和电动汽车的动态测试实验平台实验室(Roller Bench Lab)。

台湾异能科技(EVT)成功开发各种可携式供电, 包括长储存性备用电源产品; 可携式交流电源供应器(a portable AC power source); 可携式的持续灯组(portable long-service lamp sets); 多功能照明组; 单次用、性能好的可充锌空气电池(a high performance, one-time use zinc air battery for charging); 以及可重复使用之环保 D 型电池(an environmentally benign reusable D size battery)。台湾异能科技(EVT)也与台湾电力研究院开发可移动的储电系统, 这是用来测试金属燃料技术是否有储电功能以应用于可更新能源发电站的可能性。

在运输部门, 台湾异能科技(EVT)已经进行一系列的电动车试跑、包括不同的距离、马力、加速度和总重, 并甄选参与 2003 年由工业发展局所赞助的“高性能电动机车的公路试跑”。在三个月内, 台湾异能科技(EVT)将十辆电动机车装备有锌空气燃料电池, 以 3 瓩的马力上路, 且可以加速至 100 公里。从目前搜集而来的数据显示台湾异能科技(EVT)所制造的电动机车有很大的潜力进入市场作商业化应用, 此外美国和台湾的异能科技也共同开发一个镍锌电池和锌空气电池复合系统, 所应用的电动车可以达到零污染排放。

世梓科技股份有限公司(Century Zincatec Energy Inc)

锌空气燃料电池可以视为经济型的燃料电池。在台湾世梓科技股份有限公司(Century

Zincatec Energy Inc., CZEI)在明鑫科技股份有限公司(Advance Nanopower Inc)的支持下,在技术上突破这种电池以往快速充电时电力不足的问题。这项成就展示锌空气燃料电池作为电动车供电来源的潜力。目前这种电池的放电密度(density of discharge)可以达到每平方公分 370 毫安。

世梓科技股份有限公司(CZEI)目前也着手进行公车与轻型汽车的路跑,皆备有锌空气燃料电池,并与国际汽车制造商合作。世梓科技股份有限公司(CZEI)的锌空气燃料电池可以在一般大气压力下运作,而且不需要其它压力平衡的系统设计,使得电池系统的设计更简单便宜。有了这些特质,锌空气燃料电池可作为 150-180 瓩电动公车的主要供电来源。在 2005 年世梓科技股份有限公司(CZEI)也计划要进行锌空气燃料电池中型电动公车的路跑测试。

■ 台湾燃料电池研发的总结

上述对于燃料电池研究与政策的回顾归结出以下两个重要结论:

1. 虽然台湾作为一个国家面积很小,但是燃料电池相关研发活动相当平衡,而且在学术领域、国家应用实验室和产业界的产品发展都有进行大部分的基础研究。
2. 制造商都很积极在追求燃料电池技术商业化。有一些公司,像是大同公司,完全掌握利用自己在电力和控管的内部优势,为变流器模块(inverter module)发展竞争力基。其它像是亚太燃料电池或是异能科技,让台湾从国外得到核心技术并制造专门产品。因此,虽然大部分公司都还在初期阶段奋斗,可是在制造商业化产品上已经有一些成果,而且这些公司很快累积着经验。

■ 燃料电池在北美、欧洲和日本的发展与商业化

目前至少有约 22 个国家正进行氢能与燃料电池转换的研究,而且大部分都有政府资助。举例来说在美国,突破科技股份有限公司(Breakthrough Technologies, Inc.)估计在 2005 年来自联邦政府与州政府关于燃料电池研究、展示、购买和装置的预算会超过美金四亿元。与私部门出资的比例约 2 比 1。在欧洲与日本也有很可观的投资,包括在德国、加拿大、新加坡、韩国、澳洲、中国和其它国家。有一些国际上的例子请见下表六。

- 欧盟的“第六框架”(Sixth Framework)的能源研究计划,有 20 亿欧元的预算来特定支持可更新能源和氢能与燃料电池的研究。
- 加拿大政府公布一项之 5 年共 3 亿 5 千万的燃料电池计划。
- 日本政府每年对于燃料电池的研究估计约 300 亿日币,并订定至 2030 年的商业化达成标竿。
- 德国政府与邦联内各州都有燃料电池计划,估计一年约 8 百万至 1 千万欧元。

- 韩国公部门的燃料电池投资估计在 2004-2011 年之间达到约 5 亿 8 千 6 百万美金。

透过国际能源局(International Energy Agency)和氢能经济国际伙伴联盟(International Partnership for a Hydrogen Economy)许多国家都在追求燃料电池的合作开发活动。

表六：特定燃料电池车的研究与展示项目

国家	投入资金
加拿大	
加拿大运输燃料电池联盟	来自加拿大政府的 2,300 万加币展示燃料电池车的各种可能性。
氢能早期采用者计划(Hydrogen Early Adopters (“h2EA”) Program)	来自加拿大政府的 2 亿 1500 万加币来开发新观念, 包括氢能高速公路。
加拿大燃料电池氢能社区伙伴(Fuel Cells Canada Hydrogen Village Partnership)	在多伦多展示氢能基础建设。
温哥华燃料电池专案(Vancouver Fuel Cell Project)	超过三年共 580 万加币。
复合燃料电池运输公车项目, 并与 Hydrogenics Corporation 合作。(Hybrid Fuel Cell Transit Bus Project with Hydrogenics Corporation)	800 万元加币。(加拿大天然资源(Natural Resources Canada) 第一期 100 万元加币、第二期 100 万元加币, 其它参与伙伴会负担其余部分)。
中国	中国政府承诺一年 2 千万元以进行为期五年燃料电池车研究。中国科学研究院超过三年投资 1,200 万元于氢能科技, 另外全球环境设施(Global Environment Facility)会提供另外 1,200 万元作为燃料电池公车发展, 中央与地方政府提供 2,000 万元, 私有企业也会提供 400 万元。
欧洲	
欧盟(EU)	至 2015 年 28 亿欧元的氢能投资, 至 2007 年共 5 亿欧元, 从 2007-2012 年共 12 亿欧元。
欧洲的都市清洁运输(Clean Urban Transport for Europe, CUTE)	欧盟投注 1850 万欧元在九个城市于燃料电池公车和基础建设(每个城市三辆车)。
<i>法国</i>	超过五年投资于清洁交通车的 4000 万欧元, 其中 580 万欧元投资于燃料电池。
<i>德国</i>	联邦与各州发电与电动车发展与展示的 5,500 万 -6,000 万元。
<i>意大利</i>	每年近 1,500 万欧元, 并在接下来三年中加倍至 3000 万欧元。
冰岛	
城市环保运输系统(Ecological City Transport System, ECTOS)	三辆燃料电池公车的展示、氢能基础建设。总共约 950 万欧元, 其中 280 万欧元来自欧盟, 670 万欧元来自企业伙伴((Shell, VistOrka hf, Norsk Hydro, and

	DaimlerChrysler)
日本	
日本氢能与燃料电池展示项目 (Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project)	多间公司参与的上路展示。日本政府 20 亿日币于 2002 年，25 亿日币于 2003 年。
甲醇燃料电池车专案(Methanol Fuel Cell Vehicle Project)	国际贸易与工业部(MITI)将投注 3 亿日币，且总计划成本是 10 亿日币。
美国	
自由的车/氢能燃料电池先导计划 (Freedom Car/Hydrogen Fuel Initiative)	总共投资 17 亿元从事氢能燃料电池、氢能基础建设与尖端车辆科技的发展。
国家燃料电池公车科技先导计划 (National Fuel Cell Bus Technology Initiative, NFCBTI)	提议拨款 1 亿 5 千万美元给美国联邦政府的运输基金来从事燃料电池公车的发展和配发。
加州燃料电池公车计划(California Fuel Cell Bus program)	在三个行政区的七辆公车，预算是 1,845 万元。
世界银行/全球环境设施(World Bank/ Global Environmental Facility)	巴西、埃及、中国、印度和墨西哥的公车展示，并于 2003 年 12 月作出 2,420 万元的资金。

资料来源：2003 年燃料电池车，突破科技学院股份有限公司(Breakthrough Technologies Institute, Inc.)，华盛顿特区，2004。

燃料电池车市场

尽管燃料电池的种类及应用不断被开发，但最具有潜力的市场仍是燃料电池车(fuel cell vehicles, FCV)。下表七呈现燃料电池在全球的各个种类及应用，并勾勒出台湾可以参与投入的技术及市场。加拿大巴拉德电力系统公司在 1980 年代后期展示燃料电池应用于运输工具的潜力。许多公司，包括通用汽车、丰田、福特、和戴姆勒克赖斯勒都很快进入燃料电池车的研发，不论是独自发展或与其它公司合作。初期目标是利用液态碳氢化合物燃料与现存石油配达系统结合。然而内建重组器的技术难度让许多研发者开始考虑只单纯利用氢能作为燃料，尽管这样仍会有其它问题。丰田 Prius 油电复合动力车的成功让更多制造商创造灵感，了解可以把混合的研发模型当作过渡时期的商品。大部分的燃料电池开发者所制造的燃料电池车都控制在 35 瓩或更多。所以对台湾有利基的市场是为这些产品提供零件或是发展低于 20 瓩的小型电动车。

表七：全球燃料电池种类与应用现状

<i>燃料电池种类</i>	<i>电解质</i>	<i>运转温度</i>	<i>应用</i>	<i>现状</i>
磷酸燃料电池 (Phosphoric Acid)	液态磷酸	~450C	发电、气电共生	以权利金(premium price)价格进行商业买卖，可以达到 280 个单位

固体电解质 燃料电池 (Molten Carbonate)	碳酸盐混合物	~625C	发电、气电共生、有 涡轮混合组态的应用 潜力(Potential for hybrid configurations with turbines)	以权利金(premium price)价格进行初期 买卖
质子传导膜 燃料电池 (Solid Oxide)	无孔陶瓷混 合物 (Nonporous ceramic compounds)	~800-1000 C	发电、气电共生、住 家和运输的应用潜 力、有涡轮混合组态 的应用潜力(Potential for hybrid configurations with turbines)	住家应用与发电的 展示/气电共生的应 用.
碱性 燃料电池 (Alkaline)	液态硅酸钾	~50C	发电、特殊应用	在专门市场的贩卖
质子交换膜 燃料电池(高分 子膜) (Proton Exchange Membrane, solid polymer)		~65C	备用电力、小型分布 式电源、住家、运输 工具及电池置换	电池组在教育市场 已商业化。备用电力 和小型携带能源市场 中进行出其买卖。 各种交通工具的大 规模展示。住家应用 上也是展示阶段。
直接甲醇 燃料电池 (Direct Methanol, solid polymer)		~65c	备用电力、小型分布 式电源、住家、运输 工具及电池置换	在电池置换市场达 到初期贩卖阶段

■ 燃料电池在中国的发展及其带给台湾的机会

尽管中国有自己的石油储存，中国仍无法应付持续攀升的石油需求，并从1994年开始进口石油。中国政府了解到这个战略弱点，因此从十年前积极进行可替代能源的研究发展。燃料电池发展，尤其是交通方面的应用，一直是主要项目之一。

从1990年初期中国政府开始支持在大学进行电动车研发，主要重心在电池技术和电动马达。北京的清华大学是主要领导角色，统筹国家研究的时程表。他们很快就意识到这个产业因为需要复杂庞大的基础设施及多种科技的合作，所以从早期就需要产业界的大量参与投入。所以在中国国家研究的第二阶段，汽车制造业与其它相关产业开始更积极参与并受政府补助。学术圈在清洁电动车方面有很大的发展，主要因为中国的科技部(MOST)订定从2001年到2005年的第十届五年计划，核准8亿8千万人民币(约1亿6百万美金)的研发计划来发展进阶的氢能科技、复合电力和燃料电池车。在超过三十间的相关研究机构中，大连理化研究院(Dalian Physicochemical Institute)是燃料电池研究最著名的

一间。主要目标是发展可与Nafion相抗衡之薄膜，亦即一般符合工业标准的质子交换膜(PEM)系统。

政府除了补助两个主要计划从事基础燃料电池应用与燃料电池车研究以外，从2000年开始政府也补助几项特别针对氢能与燃料电池的研习项目。

(1) 氢能的大规模制造、储存和运输以及相关种类的燃料电池(2000年至2005年)。这个计划由科技部(MOST)主导，有十个研究领域来解决关于氢能生成、储存、应用和标准的问题。

(2) 氢能制造对大规模太阳能应用的基础研究(2003-2008年)。这个计划由科技部(MOST)主导，有六个次研究项目研究持续氢能生产稳定反应系统的理论与原理。

(1) 后石油时代关于氢能技术的专题研究计划 (Post-Fossil Thematic Project on Hydrogen Technology)

(2) 后石油时代关于高温燃料电池技术的专题研究计划 (Post-Fossil Thematic Project on High-Temperature Fuel Cell Technolgoy) (2001-2005年)。

(3) 关于电动车具特定目标的关键研究 (2001-2005年)。

(4) 中国科学院对于中国永续能源发展的策略性研究 (2003-2004年)，其中包括两个关于燃料电池的重要子研究。

一个促使中国加紧从事燃料电池研究的因素是其2008年的奥运举办。北京的空气品质令人无法接受，所以中央政府和市政府目前很努力在改善。其中一项计划是在2008年前在北京街头有零排放污染的两万辆公车。这可以让中国在接下来十年内成为主要的清洁能源要角。一个很振奋人心的计划是由科技部(MOST)、全球环境系统(Global Environment Facility)和联合国开发计划(United Nations Development Programme)共同合作，一项总共三千两百万元的计划，希望可以促使燃料电池公车的成本降低、应用于中国主要城市的公共运输系统并促使技术交换转移，这主要是透过支持北京和上海的公车 and 氢能燃料基础设施的展示。在2008年奥运时，这些燃料电池公车将正式于中国大众与全世界登场介绍。

在中国提供给“氢能经济的国际伙伴”(International Partnership for the Hydrogen Economy, IPHE)的报告中，指出一个目标，希望国家在二十一世纪中期可以向氢能经济发展。为了达到这个长程目标，中国政府列出一系列必须达成的技术标竿时点。

- 2008年--成立质子交换膜燃料电池和其它电力系统的技术平台，希望可以透过商业展示，提升核心技术。
- 2015年--为质子交换膜燃料电池车而设计的氢能源动态系统(hydrogen-fueled

dynamic system)进入市场。

- 2020年--在超过十个主要城市引进氢能的大规模工业利用和氢能生产与储存的商业化展示。
- 2040年--设立全国性的氢能基础设施，而且是根据大规模氢能生产科技，可多重供应(multi-feedstock)及零二氧化碳排放，藉此协助燃料电池车的商业化。

或许这些目标看起来很有很有野心，但是中国也渐渐在燃料电池开发上逐渐有成果并建立基础。电动脚踏车在过去三年内每年增加约一百万辆。政府也在中国南部的汕头成立电动车的测试厂，以进行短期或长期的测试，包括像丰田(Toyota)和通用汽车(GM)都在这个测试厂有新的电动车模型。

人民愿意作新尝试的意愿对于燃料电池开发也很重要。中国的政府与人民已经渐渐了解严重空气与水污染对于国家经济成长的严重威胁。随着能源短缺越来越严重，政府对于替代能源的投资也持续增加。举例来说，在2004年夏天许多沿海城市经历经常性断电，迫使许多工厂必须减低生产量。所以中国政府除了对于天然气基础设施的大量投资外，政府也大力支持风力与太阳能发电的先期展示计划。在都市与郊区的太阳能发电板也越来越普及。几乎所有的公寓也都有照明自动控制。

如果燃料电池产品能够以某种形式在中国确立一个市场的话，台湾能够在很好的利基点上，提供关键零件，尤其是机械控制(electric control)，因为中国在电机制造上仍不够强，而且许多现代化制造厂都是台商拥有或部分拥有。中国与台湾合起来的燃料电池市场以及台湾电机制造的能力很有可能可以产生一个燃料电池完全成功市场化的例子。

■ 建议

Michael Binder 博士在2004年燃料电池论坛上提到，当今燃料电池产业迫切需要商业化成功的例子。台湾有潜力能够回应 Dr. Binder 的呼吁，在近期达到燃料电池的商业化。台湾因为先天能源的限制，一直继续在新兴清洁替代能源领域专研。此外，台湾以其制造能力著名，尤其是透过国际合作在研发阶段，将新科技以合理价格研发制造出轻薄短小的产品。台湾产业也有一些令人鼓舞的成果，像是转换器组件和千瓦级质子交换膜燃料电池(PMFC)模块的生产。

然而，此时仍需要政府、业界和研究部门更多的努力。这份报告的结论归纳出台湾燃料电池产业发展的四个核心问题，并包括以下可以改善或解决这些问题的建议。

问题一：缺乏足够的测试、确认和提倡的措施

燃料电池是个新兴产业。为了振兴此产业，必须设立很多规格、法律规范和标准。除了透过文宣或媒体教育大众以外，也必须让大众实际接触燃料电池应用。因为大部分的台

湾公司都是中小型企业，他们没有办法处理这些环节。我们已经目睹许多地方企业失败的例子，生产不够成熟的绿色能源产品，这不只是投资损失，也减损大众的信心和热情。

建议一

政府可以选择一个工业区作为“绿色能源科学园区”。如此一来可以提升台湾在环境改善及清洁能源的形象，这也可以营造新产品上市或对于大众进行教育/提倡的环境。除了燃料电池的发电或交通工具外，这个科学园区也可以提供环境予其它能源相关科技，像是太阳能、电动车和其它油电复合动力产品。另设特别工作小组，根据国际上的信息和地方需求与经验，设计燃料电池的发展规格及标准。

中央政府也应提供诱因让地方政府建立示范计划。举例来说，目前高雄捷运系统与燃料电池车(FCV)，可以大力改善台湾南部的空气污染问题。

问题二：政府相关部会、私部门及国家实验室和学术研究单位之间，缺乏足够的合作。

在台湾接受国科会燃料电池研究补助的教授，大部分都是出自于个人学术兴趣，像是流道设计模拟、新触媒配方和聚合材料，但是与国科会的关系不紧密。在大学、国家实验室和产业之间的关系也很松散而且没有一贯机制。国家实验室的经费主要来自经济部，而政府只有少部分经费投入发展能源相关科技的企业。所以当前政府经费补助的优先级是大学、实验室及最后的企业。对于企业缺乏足够支持是台湾要达到燃料电池商业化的一大阻碍，因为即使是美国或日本比台湾都更具规模的燃料电池产业，也都还需要政府的支持，如果台湾燃料电池补助优先级能有所调整，企业不但可以从政府得到他们所迫切需要的资金，也可以再委托国家实验室或大学从事相关研究，如此一来整个燃料电池的研究和应用网络可以更活络且紧密，并产生更具体的成果。

建议二

相关机构的所有研发活动都应该要紧密组织在一起，而且主要经费应投注在产业建议，且有实际目标导向的议题，这样一来地方产业才能从大学及学术研究机关得到具体技术支持。为此可以成立国家计划或是强化国科会、经济部和环保署之间的合作。

台湾能源局也可以参考美国能源部每年固定补助美国公司的做法，提拨特别经费给予台湾产业。这项措施没有法律障碍，因为经济部辖下的其它部门也有类似计划，只是都不是针对能源科技，所以一项针对地方产业能源科技研发的补助计划是非常适时合宜的。政府应该特别鼓励市场上具有利基的燃料电池应用，以建立未来大规模发展的信心和经验。

问题三：缺乏根据台湾能力及市场的近期商业化目标

有一个论点说燃料电池完全取代内燃机工业是最终目标，所以任何这期间的进展都不是彻底解决方案，而且只会延长现今的工业结构，这也就是为何美国主要的汽车制造公司

全力专注在燃料电池汽车的研究。然而丰田的 Prius 油电复合动力车却打乱改变了他们的策略，所以台湾应该投注一部分的资源，根基于现有能力，达到近期商业化的目标，而且台湾也不应该重复美日已经进行过的燃料电池研发，有效运用台湾燃料电池发展的宝贵资源。

建议三

研发应该也要包含一系列的清洁能源科技以及技术之间的整合，因为燃料电池的目标是支持清洁能源，所以只要其它技术发展的目标一样，都应该包括其中，所以燃料电池的研发者不应该将其它清洁能源科技视为竞争对手，重点是让一般大众可以渐渐将对于传统发电系统的依赖转移至替代能源方案，而这需要所有清洁能源研究参与者的共同努力。只要任何新清洁能源科技可以打进市场，对于大家都有好处，因为可以因此得到更多来自政府与公众的支持。商业化后的燃料电池可以提升大多数清洁能源的表现。台湾目前的研发包含了绝大部分不同特性的燃料电池，像是直接甲醇燃料电池(DMFC)、质子交换膜燃料电池(PEMFC)和固态氧化物燃料电池(SOFC)。然而，因为资金有限，市场竞争非常激烈，而且没有很多空间给予尚未成熟但具有潜力的技术。因此，一定程度的资金应该投注在新兴具市场发展潜力的清洁能源科技研发活动。

问题四：国际合作的不足

如果燃料电池在未来能够成功商业化，就现实考量，台湾应该将自己定位成区域的重要成员，但不一定是全球要角。目前的燃料电池研发假定台湾当地的制造商能提供一切必要零件和技术，但这个假设不切实际且有风险。台湾当地的汽车制造业已经发展三十年且颇具竞争力，台湾现地组装的汽车表现良好且供应大部分的当地市场，但引擎及其它一些重要零件仍倚赖进口。燃料电池的发展应该学习汽车工业，专心投注某些选定的领域上。此外，与国际企业合作可以帮助台湾了解自己的弱点，并强化整体的燃料电池产业。

建议四

台湾应该好好运用自身的制造能力以及对于国际合作的良好适应能力。政府应该支持台湾当地公司与国际伙伴的合作，因为这种来自政府的支持可以加速台湾的国际合作参与，尤其是当台湾当地公司的规模都还不小，且在国际网络上不够具知名度的初期发展阶段。台湾可以利用政府管道来促进合作。

台湾与国际合作可以创造双赢，因为一方面外商在台湾能降低研发成本并进行初期的技术商业化，而台湾当地公司可以从这个合作关系学习，增进自身能力。

■ ACRONYMS 简写一览表

APFCT	Asia Pacific Fuel Cell Technologies, Ltd	亚太燃料电池公司
-------	--	----------

BE	Bureau of Energy	能源局
CZEI	Century Zinatec Energy Inc.	世梓科技股份有限公司
DIT	Department of Industry Technology	经济部技术处
DMFC	Direct Methanol Fuel Cell	直接甲醇燃料电池
EPA	Environmental Protection Agency	环保署
ERL	Energy and Resources Laboratories of ITRI	工研院能源与资源研究所
EV	Electric Vehicle	电动车
EVI	eVionyx Inc. USA	异能科技(美国)
EVT	eVionyx Taiwan, Inc.	异能科技(台湾)
FCV	Fuel Cell Vehicle	燃料电池车
ICV	Internal Combustion Vehicle	内燃引擎车
IDB	Industrial Development Bureau	工业发展局
ITRI	Industrial Technology Research Institute	工业技术研究院
MEA	Membrane Electrode Assembly	膜电极体
MOEA	Ministry of Economic Affairs	经济部
MRL	Materials Research Laboratories of ITRI	工研院材料研究所
NSC	National Science Council	国科会
PAFC	Phosphoric Acid Fuel Cell	磷酸燃料电池
PEMFC	Proton Exchange Membrane Fuel Cell	质子交换膜燃料电池
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell	固态氧化物燃料电池
TFCP	Taiwan Fuel Cell Partnership	台湾燃料电池伙伴联盟

感谢

本文作者群向大叶大学的助理研究教授郑耀宗博士(Y.C. Cheng)致谢，感谢郑博士对于此文“建议”部分所提供的宝贵意见。本文作者群也要向下列所有参与的个人与组织，致上诚挚感谢，谢谢你们在各个专业领域的分享：

作者介绍

万其超博士：1947年毕业于国立台湾大学。1974年于哥伦比亚大学取得电机博士学位。现任台湾清华大学教授。专文出版超过170篇专业著作。电化学学会(electrochemical)会员。美国电镀处理学会台北分会会长(Taipei Branch President of American Electroplaters Society)。联络方式：cwan@mx.nthu.edu.tw。

罗伯特·罗斯(Robert Rose)：成立突破科技学院(Breakthrough Technologies Institute, BTI)，并现任执行长。突破科技学院(BTI)是一个独立的非营利组织，旨在提倡环境与能源科技，并从公共利益的出发点。突破科技学院(BTI)在1993年开始燃料电池教育计划“燃料电池2000”(Fuel Cell 2000)并获得国际认可。罗伯特·罗斯(Robert Rose)也成立美国燃料电池理事会(U.S. Fuel Cell Council)并任执行长。美国燃料电池理事会(U.S. Fuel Cell Council)是一个燃料电池产业的商业协会，成立于1998年，总共有超过120名会员。罗伯特·罗斯(Robert Rose)也是“燃料电池与氢能——走向未来的路”(Fuel Cells and

Hydrogen: The Path Forward)一书的作者，内容倡议燃料电池研发与商业化的公-私部门合作机制并支持氢能基础建设。此外也有众多专文出版与演讲经历，并是经常性的媒体来源提供者。联络方式：brose@fuelcells.org。

相关网站

台湾异能科技 www.evironyx-taiwan.com

台湾燃料电池伙伴联盟 www.tfci.org.tw

亚太燃料电池公司 www.apfct.com