

出國報告（出國類別：其他）

## 參加第二屆世界材料峰會及參訪華中 科技大學公差報告

服務機關：核能研究所

姓名職稱：李瑞益

林金福

派赴國家：大陸

出國期間：98年10月11日~98年10月18日

報告日期：98年11月19日

## 摘要

第二屆世界材料高峰論壇，於 2009 年 10 月 12~15 日在大陸蘇州工業園區召開。本次會議由中國材料協會主辦，歐盟材料協會及國際材料協會聯盟等協辦。會議主題為先進能源材料及社會之永續發展，內容涵蓋：(A)太陽能及光電材料、(B)核能材料、(C)氫能及燃料電池材料、(D)儲能電池材料、(E)生物能源材料及(F)替代能源材料等六個次主題。會議參與人員包含：多名中國科學院及中國工程院之院士、政府官方代表、知名企業界和產業界菁英，以及接受大會邀請來自全世界各地一百多位的頂尖科學家，就當前世界新能源材料的研發現況和發展趨勢進行交流，並藉由圓桌會議由各領域之學者、專家從不同的面向探討及凝聚共識，從以擬定未來的研究方向和策略，共同為國際社會的永續經營努力。

蘇州的材料峰會結束後，作者與 PNNL 之 Dr. Singhal 於 10 月 16 日及 17 日一起至華中科技大學燃料電池實驗室參訪，並與華中大學就雙方的固態氧化物燃料電池的發展現況及願景交換意見，期盼在彼此既有的科研基礎上，促進學術交流，共同創造一能源的新興產業。

# 目 次

## 頁次

摘 要.....	i
一、目 的.....	1
二、過 程.....	2
三、心 得.....	6
四、建 議 事 項.....	18
附件一、第二屆世界材料峰會之主題內容.....	33
附件二、第二屆世界材料峰會之議程.....	35

## 圖 目 錄

	頁次
圖 1 國際能源署參考情景中之能源需求趨勢圖.....	20
圖 2 國際能源署 450 情景中之初期能源比重趨勢圖.....	20
圖 3 國際能源署預估二氧化碳減排的趨勢圖.....	21
圖 4 法國已有 25 年用過核燃料再處理經驗.....	21
圖 5 再處理後之放射性廢料體積大幅減少.....	22
圖 6 玻璃固化之高放射性廢料與用過核燃料衰變期比較圖.....	22
圖 7 核能永續發展的主要議題.....	23
圖 8 地球上可茲利用能源的主要來源.....	23
圖 9 不同太陽電池之轉化效率比較.....	24
圖 10 印度以核能為未來能源發展的主要選項.....	24
圖 11 中國大陸目前運轉的十一座核能電廠.....	25
圖 12 中國大陸核能電廠的分布位置.....	25
圖 13 中國大陸核能電廠廠址資源開發及儲備.....	26
圖 14 光分解水的氫循環.....	26
圖 15 碳氫化合物循環.....	27
圖 16 不同能源載體之質量能量密度及體積能量密度比較.....	27
圖 17 美國能源部在 2009 年 8 月所提出汽車振興方案之資金補助項目.....	28
圖 18 傳統交通運輸工具所占的用油比例及二氧化碳排放量比重.....	29
圖 19 動力車的能量來源可以為石化燃料或再生能源.....	29
圖 20 動力車朝向提昇電力電動技術及精進引擎之研發.....	30
圖 21 依據交通里程的長短，選用適當的動力源，以達最大的成本效益.....	30
圖 22 大陸第二代生質酒精製作之流程圖.....	31
圖 23 大陸第二代生質酒精的開發.....	31
圖 24 華中科技大學 SOFC 研究平台.....	32
圖 25 華中科技大學 SOFC 電池堆及 BOP 系統的建置.....	32

# 一、目的

本所為國內唯一專職於核能科學與技術開發之國家實驗室。近幾年本所更將研究範疇推展至新能源領域之研究與開發，如太陽能、風能、燃料電池、纖維酒精、以及先進燃料製程等能源技術之開發與應用，經過數年來同仁不懈的努力，已呈現顯著的績效。

世界材料峰會論壇，為國際材料及能源領域之主要交流、溝通平台之一，受邀參與成員皆為國際一流之學者或專家，並藉由圓桌會議擬定出再生和潔淨能源材料的發展方向及策略。有鑑於世界材料峰會為兩年一度的盛會，其會議主題包含：太陽能、核能、氫能及燃料電池、電池儲能材料、生質能以及其他相關能源材料，與本所目前的研發主題相契合；再者，本所新能源及固態氧化物燃料電池之技術發展，必須以未來產業應用及發展為依歸。故計畫接受中國材料學會之邀請，派林員及李員參加本屆之世界材料峰會，除掌握國際間之最新發展趨勢，拓展與國際主要成員之關係外，並從中尋求我國之可能利基市場，以創造國內之新能源產業；會議所獲致之結論並可提供政府決策部門，未來擬定能源策略及產業發展佈局之參考。

此行並順道參訪位於武漢的華中科技大學，就雙方的 SOFC 技術發展進行學術專題討論，冀望促成雙方的交流合作。眾所皆知，中國大陸為二氧化碳的排放大國，目前其碳排放量，已有超越美國的趨勢，為了有效降低碳的排放量及解決碳排放所引發的嚴重空氣污染問題，中國大陸正積極開發核能技術及興建核能電廠以因應能源的成長需求，此外並積極推動新能源技術的開發，其中 SOFC 與氣化複循環結合之發電技術為最被看好的新能源技術之一。SOFC 以其具高效率、高功率密度、可模組化、操作安靜及可使用多元燃料源，若再結合碳捕捉及封存技術，對於能源的運用與開發及國家的能源安全將扮演著關鍵角色。目前已知探明的稀土蘊藏量大陸占世界的 80%，該等元素為 SOFC 開發所必備之要素；以目前大陸積極投入於 SOFC 開發研究的程度，其榮景可期。放眼未來，國內宜與大陸攜手合作，並就系統整合、專利技術開發等層面切入，以創造未來的利基市場。

## 二、過 程

本所於2009年8月間召開2009年台灣SOFC國際研討會，邀請國際SOFC專家8人，國內學者及本所計畫同仁，就當前國際的研發現況及未來趨勢進行研討，會中並請國際專家就本所之研發成果及未來發展策略提供建言；該研討會獲致國際專家一致肯定本所在SOFC研發上之成效，並歡迎本所加入國際SOFC研發合作。來自大陸華中科技大學材料系系主任李箭教授，對於本所SOFC計畫之快速發展，頗多讚譽；李教授為第二屆世界材料峰會氫能及燃料電池的分項召集人，因緣聚會，於9月初邀請本所派員參與本屆之材料峰會。

有鑑於本屆材料峰會的主題內容：太陽能、核能、氫能與燃料電池、儲能電池材料、生質能及替代能源材料與本所當前之研發重點項目相契合，故派員參與本項會議，符合本所研發之任務需求。核子燃料及材料組組長林金福博士及副組長李瑞益博士二人長期從事於核燃料及核材料之研究開發，為本所之資深研究人員。林員目前並為本所新能源計畫之分支計畫主持人，對於本次世界材料峰會之主題「能源材料」涉獵頗深；李員熟稔國際SOFC之研發現況與趨勢，並多次代表本所參與國際SOFC會議。故計畫委派其二人代表本所參與本屆材料峰會。

第二屆世界材料峰會於10月12日～15日在大陸蘇州工業區內舉行，由中國材料協會主辦，歐盟材料協會及國際材料協會等協辦。由北京航空材料科學研究所韓雅芳教授及其研究生武美玲綜理大會協調及人員聯繫相關工作。本次會議主題為先進能源材料及社會之永續發展(Advanced Energy Materials and Sustainable Society Development)，內容涵蓋：(A)太陽能及光電材料、(B)核能材料、(C)氫能及燃料電池、(D)儲能電池材料、(E)生物能源材料及(F)替代能源材料。有關會議之主題及議程，參見附件1及附件2；受邀參與會議人員，將近140名。與會人員有7位來自台灣的代表：

參與第二屆世界材料峰會之台灣代表

單位	職稱	姓名	參與主題
中國材料科學學會／元智大學	理事長／校長	彭宗平	燃料電池
旺能光電公司	處長	黃崇傑	太陽光電
華旭環能公司	總經理	曾衍彰	太陽光電
工研院材化所	副所長	彭裕民	儲能電池
中國材料科學學會／工研院材化所	秘書長／ 所長室特助	洪健龍	核能材料／事務協調
核能研究所	組長	林金福	燃料電池
核能研究所	副組長	李瑞益	燃料電池

大會安排於10月12日下午參訪蘇州工業區，並於當日傍晚開始Plenary Section I的議程，13日上午舉行開幕式，參與者含多名中國科學院及中國工程院之院士、蘇州市長、書記、及來自世界各地之學者及專家等，顯現大陸對本次會議的高度重視，附照一為大會的開幕情形，附照二為與會專家的合影。接著由各領域的學者、專家，從不同的面向介紹各國能源材料的研發現況及發展趨勢，交流各國的成功經驗及後續的研發策略。

10月13日及14日，就各項子議題：太陽能及光電、核能、氫能及燃料電池、電池儲能材料、生質能、及替代能源材料等技術議題進行綜合討論；15日上午為各項子議題的分組圓桌會議討論，以凝聚學者、專家的共識，擬定未來研發工作的重點方向及發展策略；15日下午由各分項報告圓桌會議的結論，並總結第二屆世界材料峰會之結論，發布「蘇州宣言」。該宣言指出：能源及永續發展為一全球性的議題，大會將依循Kyoto及Copenhagen議定書的決議事項，建立能源材料相關議題的國際策略聯盟及合作關係，加強國際學者、專家、工程師及領導階層的交流互動，促進大眾對能源議題及其所面臨之挑戰的認知及了解，以加速國際能源材料科學及技術的發展，建立低碳社區，朝向國際社會永續發展的方向做努力。



附照一：第二屆世界材料峰會開幕情形



附照二：第二屆世界材料峰會與會專家合影

華中科技大學李箭博士為本次會議(C)主題：氫能與燃料電池的負責人之一，承蒙其邀約，本所林金福博士及李瑞益博士受邀參與本屆之材料峰會論壇；於材料峰會的行程告一段落後，由李箭教授陪同搭乘和諧號快速火車，歷經5個多小時，到達漢口，於16日及17日參訪華中科技大學燃料電池開發中心，中心主任亦為李箭教授。18日上午從漢口搭機經上海浦東機場返回桃園國際機場。

李箭教授具雙博士學位：北京鋼鐵研究總院金屬物理工學博士及美國伊利諾大學 Urbana-Champaign 材料科學的陶瓷工程博士學位。旅居國外期間，於1996-2001在美國 Fuel Cell Energy(FCE)公司擔任高級材料工程師，從事熔融碳酸鹽燃料電池(MCFC)的研究與開發；2001-2004在加拿大 Global Thermoelectric 公司，從事 SOFC 的研究開發。2004年2月受聘於華中科技大學，繼續從事燃料電池及其他材料的研究開發。華中科技大學燃料電池開發中心研發團隊，在其帶領下，在幾年之間，已展現顯著的成效。

### 三、心得

第一屆世界材料峰會於 2007 年 10 月 4-5 日在葡萄牙里斯本舉行，其主題為：符合能源需求及變遷的關鍵材料技術開發 (Key to Meeting Energy Needs and Climate Change)。第二屆峰會於 2009 年 10 月 12 -15 日在大陸蘇州舉行，主題為先進能源材料及永續社會發展 (Advanced Energy Materials and Sustainable Society Development)。從這兩屆會議的名稱，可知能源材料及其相關技術的開發，為近年來世界各國的研發重點項目。世界材料峰會的舉行，提供了一個絕佳的交流平台，讓國際各國學有專精之學者及專家得以分享、討論彼此的研發經驗，促進知識的成長及合作關係，共同為社會永續的發展而努力。綜整本次參加材料峰會及華中科技大學的心得如下：

1. 世界材料峰會由歐盟材料學會、中國材料協會、材料協會及國際材料協會等極力促成，本屆峰會於大陸蘇州舉行。蘇州為歷史文化古城，也是著名的風景旅遊地區，古來即有「上有天堂，下有蘇杭」的美譽，其東臨上海、西靠太湖、南接浙江、北枕長江，距上海約 80 餘公里。本次會議於蘇州工業園區之新羅酒店舉行，園區位於蘇州古城以東，為大陸國務院最早批准開發的沿海經濟開發地區，由中國和新加坡政府於 1994 年開始開發建設，目標為將蘇州工業園區建設成為具有國際競爭力的高科技、現代化、園材化及國際化的新社區。目前，蘇州園區開發相當成功，超過 3400 家外國廠家進駐，包含全世界 500 大中的 124 家廠家，投資金額達 347 億美元，大陸廠商的投資金額達 1,345 億人民幣，其所創造的利潤占中國大陸地區 3%的IT價值及 10%的IC價值。其中，位於蘇州工業園區獨墅湖高等教育區西南部的生物納米科技園 (SIP BioBay)，為園區培育生物科技產業發展的主要創新基地，是中國生物科技產業的創新平臺，藉由提供國內外廠家的優惠措施，已吸引 100 多家高科技研發企業投資、進駐，預期在 2009 年底，將達 200 多家，形成一個生物醫藥、診斷技術、醫療器材、技術服務及奈米科技匯集的生物納米科技園，由於相關的高科技術聚集在一起，創造了即時溝通、交流、合作的平台，使得中國生物奈米科技得以迅速推展。
2. 國際能源署在「世界能源展望-2009」中的報告指繪出兩種情景，其一為參考情景，基線為各國政府對於現行的政策和措施沒有做出具體的改善措施情況下，全球能源市場的演變。另一為 450 情景(450 Scenario)，即把大氣層中的溫室氣體長期控制在 450 ppm 二氧化碳當量以下，以將全球平均氣溫增長限制在 2°C 以內；要達到此一情景目標，需要世界各國政府採取集體政策行動。在參考情景中，能源需求持續增長，其中石化燃料(煤、石油及天然氣)仍占初級能源供應的 75%左右，如圖 1；惟此一情景將導致環境、氣候的巨大

變遷，對地球帶來無法彌補的損害。在 450 情景中，亟需一低碳能源技術的支撐，才能達到預期的低碳目標，預期無碳釋出燃料所占的初期能源比重在 2030 時約 32%，如圖 2。分析表明，終端使用效率的提升為 2030 年二氧化碳減排的最大貢獻者；其次為再生能源，碳捕捉及封存和核能則亦都占有相當的比例，如圖 3 所示。若各國按照現行的能源政策，預期在 2030 年，二氧化碳的排放增長量 110 億噸，其中有四分之三來自非 OECD 組織國家中的中國(60 億噸)、印度(20 億噸)和中東(10 億噸)；故在全球碳減排的施行成效上，中國大陸節能減排政策的走向，將具舉足輕重的地位。以 2009 年 12 月在哥本哈根舉行的氣候高峰會議而言，若無碳排放大國，如：美國、中國及印度，做出具體的承諾並落實施行，則該會議將只有宣示而無真正實質上的效果。再者由國際能源署的分析顯示，終端使用效率的提升將為二氧化碳減排的最大貢獻者，其次才是再生能源；藉由節能措施、開發節能材料、技術所衍生減碳的效益，將占有相當高的比重。例如：利用綠建築（使用最少能源及製造最少廢棄物的建築物）、房舍結構設計（通風、照明、散熱、儲熱等）、使用熱電材料進行廢熱的回收，都是節能減碳的具體表現。

3. 本屆峰會副主席，歐洲材料聯盟秘書長法國的 Dr. Paul Siffert 表示，歐盟的目標為 2020 年，二氧化碳排放降低 20%，新能源占能源使用的總量 20%以上。法國 CEA Dr. Claude Gust 更進一步表示，依據法國 2005 通過的能源法規，法國新能源所占的比例在 2020 年時，設定在 23%，並持續維持核能的正常基載電力供應，其國內 58 座 PWR 機組，淨裝置容量 63 GWe，於 2007 年提供了 78%的電力需求，另外水力 12%，化石燃料 10%。他表示應用核能發電所產生穩定而低廉的電力及其所衍生碳減排的效益，是全世界能源供應鏈重要而不可忽略的一環，且核能應與再生能源相結合，例如：應用在交通及儲能技術及方法的開發上。至於核能電廠所產生的用過核燃料，法國已有 25 年的燃料再循環經驗（圖 4），完成 2 萬噸用過燃料的再處理，並製作成 1200 噸的 MOX 核燃料於反應器中再循環使用；目前其再處理的容量為 1600 噸／年，並可依據需要再擴充。經再處理過產生的高放射性廢料經玻璃固化處理後，其體積及其所需的貯存空間可大幅減小（圖 5），而其所需的貯存期間，則從原用過核燃料所需的數十萬年，降低至數百年的衰變期，放射性強度即低於天然鈾的水平，參見圖 6。法國預定在 2015 年提出深層地層處置的選址申請(reversible >100 年)，於 2025 年開始開挖作業。根據其估算，以目前天然鈾的年需求量(67000 噸／年，供應全球 443 部機組，產生 370 GWe 的電量)，目前鈾礦的蘊藏量可支撐 2 百年左右；但若核電廠的數量持續增加，則在本世紀末前，照明的鈾礦將不敷所需。故從永續經營的角度，必須納入快滋生反應器，才能滿足未來的需求。有關快滋生反應器及核燃料的再循環利用的施行與否，技術面可行，但涉及到核武擴散及多邊國際合作的議題，需涵蓋政治及政策

層面上的考量，才可能納入。核能永續發展的主要議題包括：快滋生反應器、用過核燃料中可分裂材及反應產物的再生循環、廢料管理、材料性能及輻射效應的開發研究、以及多層次多變量（時間、物理、化學、材料等等）的數值模擬分析能力的建立，如圖 7 所示。對於後面三項，本所宜投入人力及資源，進行研究及開發。以多層次物理量的數值模擬分析能力的建立而言，其尺寸變化從奈米 → 微米 → 毫米，時間刻度由 ps → ns → μs → ms → s → minutes → years；數量跨越數個數量級，若能建立此等多層次的數值模擬分析能力，對於材料的諸多特性及其表徵，涵蓋從原子到巨觀的層級，對於基本現象及其衍生的效應：如缺陷生成、遷移、成長、塑變、潛變、輻射所造成的損傷、收縮或膨脹等機制的了解及建立相對應的補救措施，相當有幫助。

4. 廣義而言，人類可茲利用能源的主要來源有三：其一為萬有引力引發天體相互運動的能量，於地球上其具體表徵並可資利用者為潮汐的變化(潮汐經年累月的消耗能量，造成天體運轉周期變長，地球的自轉速度變慢)。其二為地球生成，於板殼內所具有的熱能(地熱)及具元素蛻變或可發生聚變的放射性元素(鈾、鈾等)。其三為太陽能，太陽本身的能量來自核融合所釋出的巨大能量，經由熱輻射將能量傳遞至地球；目前的煤炭、石油、天然氣都是經由億萬年將太陽能經由轉化儲存在化石燃料上。目前泛指的再生能源除潮汐及地熱外，其餘皆為太陽輻射照射所引發的一些能量場變化，如風力、太陽光及熱、川流、暴風雨等，生質能由於具有短的碳平衡週期，亦可歸類為再生能源，參見圖 8。依據EMPA的估算，全球一年所需的能量約  $120 \cdot 10^{12}$  kWh/yr，相當於只要 0.25% 太陽輻射日照一天即可。顯然地，如何把太陽所釋出的能量轉化成人類所可資利用、掌控的能量形式，為再生能源技術開發中最重要的一環。
5. 以太陽電池而言，依據其所採用的光電技術，轉化效率不盡相同。目前，國際上所開發出不同形式太陽電池的最高轉化效率，聚焦型三接面(40.7%)、單晶矽(27.6%)、多晶矽(20.3%)、CIS 薄膜(19.9%)、敏化電池(11.1%)、有機電池(5.4%)，如圖 9。不同的太陽電池各有其應用的利基市場，彼此的發展可並行不悖。近年來，大陸藉由「金太陽」、「太陽能屋頂」等補貼政策，加上較低的勞工與設廠成本，採低價策略與歐美競爭，據估計目前世界 50% 太陽能熱水器為中國製造，中國在太陽電池產量占全世界的 30%，且在 2010 年的總生產力可能超過世界需求。不過，產能的迅速擴張，對於產業的發展，也可能產生負面的效果；以多晶矽而言，從 2005 年開始，其在四年間產能擴張千倍，超過世界需求，由於廠家必需競價以取得原物料，造成多晶矽原物料自國外取得的成本為國外廠商的 16 倍左右，如此在競爭力上只能仰賴壓低勞動力價格，甚至犧牲環保，以維持其低成本的競爭力。據多位投資專家估計，大陸數十家企業投入多晶矽行業，投資總金額超過千億人民幣，

可能有一半以上的資金將付諸流水，而且投資時間愈長者，其套牢情況愈嚴重，所流失的資金就愈可觀，預期最終能存活的企業也就 3~7 家。以我國而言，面對「天然資源有限」、「勞動萎縮、工資上揚」及「環境保護」等議題，政府或民間在投入太陽能電池技術的開發技術時，在國內有限的資源及資金情況下，不宜貿然投入已趨商品化、成熟的產品開發，避免資金的無謂浪費及惡性競爭；宜針對具前瞻性及未來性的產品，先進行專利蒐尋分析，就本身可切入的開發項目，進行產業及專利佈局，建立標的，採取滾動式管理、發展模式，定期檢討研發成效，只有確切的掌握關鍵核心技術，並藉由專利智財權的保護，開發出的產品才具國際競爭力，並利於國家、產業的持續發展。

6. 目前國際間已普遍重新再思考核能的有效利用及開發，法國無疑是全世界採用核能發電及核燃料再回收利用最成功的範例。歐洲幾個原本反對核能發電的國家，如瑞典、義大利、比利時等，已改弦易轍，不得不將核能再納入能源來源的主要選項之一。英國自一九八六年蘇聯車諾比核子事故後，禁止興建新的核電廠，但最近英國政府計畫興建十座新的核電廠以對抗氣候變化，卻得到反核、環保急先鋒人士的支持，因為「兩害相權取其輕」，氣候變化是更嚴重的威脅，而核能發電是解決的方法之一。美國也重新審視自 1979 年三哩島事件以來停止新建核電廠的做法，並重新考量核燃料再循環處理的可能性。若不納入核能，各國所擬定的減碳目標將無法達成。法國、美國及日本已簽訂全球核能安全聯盟(Global Nuclear Energy Partnership, GNEP)備忘錄，共同為使用液態鈉做為冷卻劑之快滋生反應器的可行性進行驗證分析。亞洲地區的中國、印度、韓國及蘇俄均表達對快滋生反應器的高度興趣。中國實驗型滋生反應器於 2009 年 10 月達到臨界，預定 2010 年 6 月運轉。亞洲地區的日本、韓國由於國內的能源資源也相當有限，故對於核能的推展不遺餘力。日本曾將其國內的用過核燃料送往法國進行再處理，並使用運回的MOX燃料；從 2001 年在青森縣六所村開始興建的再處理廠（容量 800 噸/年），正進行試運轉中，將提供日本國內用過核燃料之再處理及再利用。印度由於其國內豐富的鈾蘊藏量，評估認為採用鈾為燃料的快滋生反應器，為其最大潛在的能源來源，使用核能所產生的CO<sub>2</sub>等效排放量為所有可資利用的初級能源來源中最低者，故其國內未來的能源需求，只有採用核能才能滿足，也才能符合減碳目標，參見圖 10。面對環境變遷及全球暖化，採用核能提供社會持續發展所需的電力，為一暫時性或不得不的選項之一。採用核能與否，不涉及「善與惡」、「對與錯」或「是與非」，其本身是一個存在已久的選項，端賴人類如何善用此一地球形成時即已存在的能源形式。不管是已運轉中的核能電廠、未來改良型的核電廠或快滋生反應器、或核融合反應器，其所面對的議題，需要科研的持續精進開發及周延的營運管理，以達到(1)提昇安全可靠度 (2) 提昇運轉效率(3)減少核廢料的體積及數量(4)核廢料的有效管理及貯存。有關

核廢料的處置，或可考慮藉由國際或兩岸之區域合作，解決場址取得不易，並利於後續的運轉、管理及維護。

7. 大陸以煤炭做為火力發電廠的主要燃料源，2008年煤炭仍占其初級能量來源的68.7%。由於經濟的迅速成長，二氧化碳的排放增長速度驚人，造成環境及空氣的污染，並成為全世界二氧化碳增長量的最主要來源。近年來，大陸從戰略及能源安全上的考量，開始積極的投入節能減碳的工作，開發低碳能源技術，包括：開發淨煤技術、興建多部核能電廠、全面投入新能源及再生能源的科研開發、限制高污染及高耗能行業的擴張、提高產品節能效果，以及大力推動再循環經濟等等；希望藉由政策的導引及低碳能源技術的振興與推動，使人民生活水平提昇到適應低碳時代的高度，並成為確保其成為新興能源大國的助力。此外，由於大陸具有豐富的煤礦及稀土資源，大陸刻正積極推展將淨煤與SOFC燃料電池發電技術相結合，並開發碳捕捉及封存技術，期使在以煤為主要能源架構的大陸地區，達到最大的減排效果。我國目前使用煤炭發電所占的比例亦在50%以上，預估在未來數十年，煤炭仍將是發電來源的主力之一；考量國內的減排需求，開發氣化複循環發電技術（Integrated Gasification Combined Cycles, IGCC）的淨煤技術，以提昇能源效率及環境保護，是整個大環境的必然趨勢。在能源國家型科技計畫中，本所已將IGCC先進燃料淨煤技術及SOFC燃料電池計畫納入其中，建議在後續的科技研發計畫中，宜就SOFC與複循環系統的結合，進行整合性的參數優化分析、研究，以增加CO<sub>2</sub>的回收效率及提昇系統的整體效率。
8. 根據了解，中國大陸除了目前運轉的十一座核能電廠外（圖11），已核准的共24座機組，集中在東南沿岸地區（圖12），其廠址資源開發及儲備情形，參見圖13。大陸自1985年開始秦山電廠之建造，1991年秦山電廠首部機組運轉；此期間，雖曾歷經一些工程及運轉上的一些議題須解決，但長期以來已逐步建立完整的運轉操作體系。2005年，大陸展現強烈的企圖心，將核能產業定位為國家長期能源的主要來源之一，將核能的發展方針從「適度發展」調整為「快速發展」，大力推動核能發電，並擬藉由核能產業帶動其他相關基礎工業及高科技產業之建立。在其中長期的核電規劃中，預定在2020年，核能機組的容量從原先規劃的45 GWe提昇至100 GWe。目前大陸核電廠主要亦採用西方的設計，為壓水式反應器(PWR)；以其電廠的形式、核電廠建置及運轉規範的嚴格標準及核能設施多重及深度防禦的概念，發生如美國三哩島或蘇俄車諾比核電事故的機率微乎其微；但若由於核電廠管理策略失當，運轉連續操作失誤，以致造成任何核安事故，對於即將復甦的核能產業，必定造成顯著的負面衝擊；且一旦發生核子事故並有輻射塵釋出，端視事故的發生位置及釋出強度，隨著氣流或季風，輻射塵可能在一天或兩天之內即會侵襲台灣。就

我國而言，一方面必須面對大陸在沿海地區運轉或興建核電廠的既存事實，在其核電廠維持正常運作的情況下，我們無法改變其中長期核電規劃及擴建措施；另一方面，政府也不能漠視一旦大陸地區電廠發生核子事故時，政府應有的應變及防範措施，以維護全民的健康及福祉。國內歷經長年的反核抗爭，反核及擁核者各自有其一套邏輯理論的辨證思維，經過雙方長期的衝突及交談，已趨向理性的對話，對於核安的要求更趨嚴謹，核能資訊更加透明化，從業人員及一般民眾的安全更有保障，每年並定期舉行核安演習，以降低核子事故所可能造成的傷害。故對於大陸於沿海地區大量設置核電廠的事實，宜藉由區域合作，建立雙方之通報系統，使核電廠的運轉資訊公開、透明化，提昇核能運轉的安全及效益，萬一電廠有任何的異常狀況，政府可以迅速的掌握狀況，並施行相關的應變措施，以保障人民的安全，是一項海峽兩岸互惠互利的做法。

9. 國內的碳排放量約占全世界百分之一，但人均排放量則遠高於世界的平均水平；作為國際地球村的一分子，每一個人、族群、國家皆有節能減排的責任與義務，為地球上共存的物種及後續的萬代子孫，維持一可永續經營的地球環境。目前政府所擬定的碳減排目標為，2020 回復到 2008 的水平(約 2.7 億噸)，2025 回復到 2000 年的水平(約 2.2 億噸)；在此一同時，若要維持經濟的持續成長，電力需求也會隨之增加；在環境、經濟及能源等三方面共同的考量下，政府勢必持續投入節能減碳等綠能科技的開發、重新檢討高耗能、高污染產業擴產的必要性、推展資源之再循環利用、加速高效節能產品的推廣、及提昇人民的教育水平，使節能減碳成為全民運動。對於台灣而言，由於地理環境的限制，本身並無太多的能源資源；再者，雖然地屬亞熱帶，但由於屬海島型氣候濕度偏高，太陽光照度略顯不足；若無離岸風力，本島的風力資源也不充裕；且此二者的能量源均為不連續者，且台灣每年 5~10 月需隨時面臨颱風暴風雨的侵襲。政府或業界投入新能源及再生能源技術的開發與應用，以「立足台灣，放眼全世界」的產業開發及佈局，有其正面而積極的意義。但對於能源的基本需求面而言，若不將核能納入未來的供應端，奢言要在未來十餘年間，達到設定的減碳目標，確實有其難度。過去十餘年，本於國家能源需求及非核家園的理念，政府幾度檢討國家的能源政策，惟對於未來國內是否採用核能，則多隱晦不明。2009 年所舉辦的「全國能源會議」則已將核能納入未來能源發展的選項中，至於後續如何施行，刻正由能源委員進行整理、規劃中。就科技研發及技術層面而言，採用核能與否，為能源的選項之一，是暫時不得不的一個選項，若不將其納入，節能減碳的目標如何達成？而若核能為未來數十年不得不的選項之一，政府必須正視核工專業人才已有斷層的現象，宜儘速進行人才的再培育，以滿足未來的需求。
10. 氫能被視為具有最有願景的能量載體。目前製氫的主要方式有：化學製氫、電解水製氫、

生物製氫等三種，而利用光催化水解、重整製氫為各國研發的主流之一。法國認為使用核能產氫，是一最經濟而有效的產氫模式。美國能源部提出的核氫計畫（Nuclear Hydrogen Initiative），即以核能作為產氫的能量源，利用進步型核反應器，預期在 2019 年前完成具商品規模產氫系統的驗證。人們對於未來的「氫經濟」有著相當高的期待，認為是人類未來必須賴以為繼的主要能源載體。一般咸認，使用永生的太陽光作為產氫的能量源，是一對環境友好且可永續經營的模式；而要達到這樣的里程碑，必須對氫本身的基本特性，如光催化反應的分子機制、分解的過程及氫與材料的合成、交互作用，能夠充分的掌握，成本、性能及可靠度等具有足夠的競爭力，才有可能取代化石燃料，其時間點或許需再經二、三十年以上的基礎研究。相對於碳氫化合物的循環，光分解水的氫循環，其循環模式似乎相對簡單一些，如圖 14 及 15。對於氫的取得方式，若是從化石燃料重組得來，以天然氣(CH<sub>4</sub>)的蒸汽重組為例，經由生命週期評估(Life Cycle Assessment, LCA)，每一 1 MJ 的化石燃料能量輸入，其所產生的氫所承載的能量只有 0.66 MJ；再者，轉化過程中的天然氣，IPCC及EIA的資料顯示，其等效暖化因子(Global Warming Potentials, GWP) 23 倍於 CO<sub>2</sub>，是以必須從LCA的整體評估，而非僅從終端使用的情況，判定能源或能源載體的潔淨程度。在地球上，氫主要以化合物方式存在，如水及碳氫化合物，氫氣無法憑空產生，需要提供足夠的能量打斷氫與化合物間的化學鍵能，才能製造出此一「能源載體」。即使氫的取得方式，來自再生能源，但由於轉化效率的問題，及氫的貯存、運送及其他相關作業，也都需消耗能量，故其整體效率將遠低於直接使用再生能源的效率。氫氣所承載的質量能量密度相當高，但其體積能量密度相當低，需以高壓貯存或以氫化物的方式存在，才能具有高的體積能量密度，參見圖 16。從圖 16，亦可發現，核分裂或核融合的核能，具有最高的質量及體積能量密度，其次為石化燃料及氫化物，是以氫若以氫化物的貯存方式，可具較高之體積能量密度，如MOF及活性碳等為目前國際儲氫技術開發的重點項目。

11. 對於能源的有效利用，儲能設施扮演相當重要的角色。一般而言，尖峰和離峰對於能量的需求量有極大的差異；將離峰時電廠所產生的大量額外電力，使用儲能設施貯存起來以提供尖峰時段不足的電力，或提供給需要充電的設施進行充電，是有效利用能源的具體表現。再生能源如風力、太陽能之能量密度偏低，需要相對較大的區域或空間，才能產生充足的能量以供使用，產生的電力藉由分散式電網的建構可併網上傳；再者，由於其為間歇性、不連續的能量源，必須仰賴高能量密度及高功率密度的儲能設施，將其所產生的電力儲存起來，才能在再生能源本體輸出功率不足時提供必要的電力源支應，或者將其應用至其他需要能量供應的地方，以擴大再生能源的應用層面。與現代生活息息相關的 3C 產業，即由具便利性及可重複充放電的二次電池作為電力的主要供應源。目前國際上，著力於電

動車及油電兩用動力車儲能系統的開發。對於電動車而言，需開發具高能量及高功率密度以及可即時而快速充電的電力儲存設施（Electrical Energy Storage, EES），以符合其需快速充電的需求。將儲能系統運用在需高比能量、高比功率需求的交通運輸上，具有相當大的商機。美國能源部在 2009 年 8 月所提出的 24 億美元資助美國業者的汽車振興方案中，其中，15 億美元：電池及其配件製造者；5 億美元：電動力系統的製造者；4 億美元：數千輛插入式和全電動車展示驗證及先進電動車領域專業人才培育。其補助重點為電動車系統及具迅速充放電效能的二次電池，其中並無燃料電池，參見圖 17。

- 事實上，傳統交通運輸工具所使用的石油總量及二氧化碳排放量比重相當高，並成為都市空氣污染的主要來源，參見圖 18。據估計，美國汽車排放的碳排放當量占美國本身 GHG（Greenhouse Gas）的 25% 左右。大陸隨著經濟的迅速成長，車輛的數量急遽增加，單單在 2008 年，車輛所消耗的油品量占 60%。台灣由於交通、運輸所衍生的二氧化碳排放量也高達 15~20% 左右。因此，改善交通運輸工具的效能，對於減排有相當大的效益，各國的汽車製造業者目前也都朝此方向努力，國際汽車大廠均預定在未來數年間陸續推出電動車。例如：Volkswagen 公司預定在 2013 年推出電動車，其公司代表 Dr. Huslage 在蘇州會議上表示，動力車的能量來源可以為石化燃料或再生能源，經過適當的轉化，透過能源載體，都可成為動力車的能量來源，如圖 19。節能動力車必須朝向提昇電力電動技術及精進引擎方向著手，如圖 20。惟其成功與否，除了節能減排的效能外，端賴於成本價格、效能、耐久性、便利性等的競爭力，以及民眾的接受度。Dr. Huslage 為 Volkswagen 公司電動車發電化學部門的負責人，長期從事於 PEMFC 的研發工作，其認為應依據交通里程的長短，開發出適當的動力源，以達最大的成本效益，如圖 21。對於短距離、短里程或中里程的交通工具，使用高儲能電力系統所提供的能量、功率，可符合需求；然而，對於需長里程（> 400 km）的個人交通工具，仍需仰賴然具燃燒可直接產生動力的引擎，作為後續的動力源。一般電動車所採用的高儲能系統為鋰電池系列（磷酸亞鐵鋰、鈷酸鋰、錳酸鋰... 等等），因其具較高的能量密度（100~200 Wh/kg），日本 NEDO 並設定鋰電池的能量密度在 2015 年達 500 Wh/kg。能量密度提昇的關鍵，則有賴於高儲能密度的先進材料開發，例如：將習用傳統二維的材料電力儲存結構提昇至具三維之奈米電化學電池結構。預期由於全球鋰礦的天然資源相當有限，鋰電池將成為電動車動力源的選項之一，其成長空間會受到成本價格的限制，需有其他更具成本競爭力的儲能電池，如鉛炭電池及陶瓷電容電池填補其空缺。於交通運輸方面，電動化汽車具高效率、零污染、低噪音的特性，為實現潔淨能源的最佳方式之一。國內若要有效降低因交通運輸所衍生的二氧化碳排放，政府宜持續開發便捷的交通運輸系統，降低個人使用車輛的頻率，擬訂電動車的法規及標

準，規劃充電站的配置及興建，運用政策導引、補助油電混合車及電動車的引入、開發，提高產品成本的競爭力而能為民眾所接受及使用，期使交通運輸上的節能減碳可發揮最大的效果。

13. 依據IEA的估算，生質能為僅次於石油、煤及天然氣的第四大全球能源來源，其為初級能源，同時也隸屬於再生能源，是開發中國家所倚重的主要能源來源之一，預期未來生質能占初級能源來源的比重仍會持續增加。對於生質能的應用開發，國際大廠前仆後繼的投入。之前，部分業者投入大筆資金於玉米酒精的生產製作，結果使得糧食價格推波助瀾式的一路飆升，反倒使得生產生質酒精的價格高於石油價格，歐美數家廠商也瀕臨於破產的邊緣，並藉由破產保護法以進行公司的重整，從酒精生產改變成生質能源的開發。一般認為，生質酒精技術的應用開發本身並無太多爭議性，但是使用糧食作物作為生質酒精的燃料源，是不恰當的；應該保持在不影響糧食生產及土地開發的原則下，應用生質能技術於農業廢棄物或專門的能源作物，才是一較佳的方式。能源作物的生產，必須考量整體的能源產生及消耗及GHG的排放，而非僅從終端能源作物的效能做評估，期使生質能真正產生節能減碳的效益。對於生質能的應用開發，大陸朝向開發第二代的生質酒精，參考圖 22 及 23，積極發展非糧食原料的燃料乙醇、生物柴油、纖維素轉製酒精等技術，其在預處理及同步糖化發酵（**Simultaneous saccharification and fermentation, SSF**）程序的專利申請量，目前在全世界的排名上僅次於美國，顯示其在產業及專利佈局上的強烈企圖心。全世界最大的酵素生產公司Novozymes公司目前也積極與中國業界進行合作聯盟。中糧集團（《財富》雜誌列為世界 500 強企業之一）與中國四大酒精公司有結盟關係，掌控了中國燃料乙醇市場 60 %以上的市場；其產能在 2009 年已達 570,000 噸，朝向商品化的目標邁進。
14. 本次參訪的華中科技大學，校址位於武漢三鎮中的武昌地區，武漢含漢口、武昌及漢陽等三個區塊，由長江及漢水將三個城鎮區隔開，人口超過 9 百萬；著名的「天下江山第一樓：黃鶴樓」坐落於武昌地區長江之畔，屢經戰火摧毀，屢次重建，最近一次修復完成於 1985 年 6 月，離長江岸邊一千餘公尺，採現代建築技術施工，鋼筋混凝土框架仿木結構。1957 年 10 月 15 日大陸完成第一座跨越長江的大橋：武漢長江大橋，橋總長 1670.4 米，正橋部分並為鐵路公路兩用。其後，橋樑建設技術並不斷進步。2007 年 4 月 19 日，於長江大橋、二橋之間，完成武漢長江隧道之建置，工程採盾構隧道工法，以克服不同的地質環境及降低對周遭結構設施（武九鐵路、長江防洪堤和多幢建築等）的影響；盾構機從豎井探鑽下去後，中間檢修相當困難，只能一次成功，為大陸使用盾構隧道工法一氣呵成的最長距離；隧道全長約 3.7 公里，雙向 4 車道，僅需幾分鐘，就能駕車穿過江底、抵達對岸，大為緩解既有長江大橋、長江二橋的交通壓力。參訪期間，10 月 15 -16 日，240 餘名海內外

知名橋樑專家、學者齊聚“建橋之都”武漢召開“2009 武漢國際橋樑科技論壇”，交流橋樑建設的最新技術和理念，顯現中國橋樑科技與橋樑建設已躋身世界領先行列。此外，參訪期間於漢口地區多處正積極地下化工程，預定在 2、3 年內完成。根據大陸的中長期鐵路網規劃，到 2020 年，鐵路營業里程達到 10 萬公里，時速在 250 公里以上的鐵路里程將達 1.6 萬公里。屆時從北京出發，到上海由 10 小時變為 4 小時，到廣州 6 個半小時，到最遠的烏魯木齊也只需要 11 個小時；主要城市間的火車旅行時間不超過半天，開發充分的運輸能力以滿足經濟和社會發展的需要，此亦顯現大陸對於交通之基礎建設不遺餘力。

15. 華中科技大學前身為華中理工大學，成立於 1953 年。2000 年 5 月中國教育部將原華中理工大學、同濟醫科大學、武漢城市建設學院合併為華中科技大學，成為一所理工和醫學實力強大的綜合性大學，學生數量 70000 餘人，為中國教育部直屬的重點建設高等學府，是首批列入大陸“211 工程”重點建設和“985 工程”建設的大學。華中科技大學於 2007 年成立再生能源中心，著眼於中國及世界清潔與可再生能源的發展，其研究領域涵蓋：風能、太陽能、生質能、水能、氫能與燃料電池、地熱、及分散式發電系統與微電網技術等，與目前國內及國際間各先進國家的發展策略一致。就科研及學術的觀點而言，兩岸間宜建立適宜的合作管道，以強化研究開發技術的推廣及應用。參訪華中科技大学期間(10 月 16 日~18 日)，第四屆海峽兩岸管理科學論壇暨第二屆兩岸企業家精神學術研討會恰在武漢召開，計有來自台灣代表 50 餘人與大陸代表共計 200 餘人參與該研討會，可看出兩岸之間的學術交流及民間來往，有日趨頻繁及密切交往合作的趨勢。
16. 華中科技大學燃料電池研究開發中心，在李箭教授的帶領下，在數年間，於 SOFC 燃料電池的開發上，已有顯著的成效，其所製作的電池片之效能已優於目前商品化的產品；其所帶領的研發團隊，正在建造一 2.5 kW 的 SOFC 發電系統，而其所需之主要 BOP 零組件，如續燃器、熱交換器、電池轉換器、重組器等，由其團隊成員自行設計、開發。其所開發之系統，相當 Compact，目前經測試，其系統產生之熱能已達 self-sustain，預期在其所製作的 SOFC Stack 到位後，plug-in 至系統中，完成 SOFC 發電系統的建置。華中科技大學燃料電池開發中心，在中心主任李箭教授的帶領，(團隊教授或成員蒲健、池波、李曦、楊杰，及其所指導的研究生)，從 2004 開始 SOFC 的研發，在短短數年間，其所生產的陽極支撐型電池片的效能，經過本所的驗證測試，已超過國際商品化的產品。李箭教授表示，過去幾年，華中科技大学的研發團隊，做的確實辛苦，但因為團隊成員性格相投，故「雖然累，做起來也輕鬆」。在中國大陸，中國科學院上海矽酸鹽研究所、中國科學院大連化學物理研究所、中國科學技術大學、吉林大學及清華大學等等，很早即投入 SOFC 的研究開發；華中科技大学的加入，則有後來居上並超前的趨勢。李箭教授個性爽朗，具金屬冶金及陶瓷材

料雙博士學位，以其紮實的專業知識，及在國外從事燃料電池開發的豐富經驗，乃能在極短時間內，建立從電池片、連接板新型合金、電池堆及系統的相關技術能力，呈現顯著的成效。其用於電池元件製作的機具，主要皆由其團隊成員設計、自製，或委託大陸廠家製作，造價便宜；其 SOFC 研究平台，如圖 24，SOFC 電池堆設計及 SOFC 發電系統示意圖，參見圖 25。團隊成員李曦博士表示，其 SOFC 之 balance of plant 系統經測試，產生的熱能已可達 self-sustain 的熱平衡，而由其所設計、開發的 conveter / inverter，整體效率在低電壓及高電流情況下，達 85%以上；待電池堆測試完成移入系統後，將可對發電系統做整體測試，其所設定的初期目標為 2 kW 以上的 SOFC 發電系統。由華中科技大學在 SOFC 的研發案例可知：科技的發展與應用，必須由真正的內行專家帶領志同道合的團隊，設定並確定可達成的目標及方向，才能縮短無謂的摸索期，達到事半功倍的宏效。

17. 本次與作者同赴華中科大參訪的還有美國 PNNL 的燃料電池中心 Director, Dr. Subhash C. Singhal。他於 10 月 4~9 日在奧地利維也納主持二年一度的第十一屆 SOFC 國際研討會，會議之後，即風塵僕僕的赴蘇州參與世界材料峰會，接著前往武漢華中科大參訪，結束華中參訪後，即轉赴北京，然後赴亞洲臨近國家韓國、日本、印度等地參訪。Dr. Singhal 為美國國家級院士，從事 SOFC 研究 30 多年，為國際 SOFC 的先驅，已主持 260 餘場的國際會議，發表 80 多篇科技期刊論文，有 13 項專利，編輯過 14 本專業書籍。本所曾於 2005 年邀請 Dr. Singhal 來所訪問；他對於本所近幾年在 SOFC 技術的迅速發展，也表示相當濃厚的興趣，希望能夠再度來台訪問，並與本所建立合作關係。他也邀請本所派員參加預定於 2011 年 5 月 1~6 日於加拿大蒙特婁(Montreal, Canada)舉辦的第十二屆 SOFC 國際研討會。此外，2010 年 9 月 5~7 日將於日本京都舉辦的亞洲 SOFC 研討會，由中國、韓國及日本三國輪流主辦，以促進亞洲區域 SOFC 的技術交流、開發。本所從 2003 即投入 SOFC 的研發，已有顯著的成效，宜考慮派員參加，以利於與亞洲地區主要發展 SOFC 的研究機構或產業建立區域聯盟關係，為未來 SOFC 的商品化及產業的發展做準備。
18. 中國為全世界稀土元素蘊藏量最豐富的國家，之前其國內業者藉由原材料的輸出以賺取外匯，今年 9 月中國發布政策草案，擬緊縮稀土元素的出口管制，此一措施勢必造成稀土元素原物料價格的波動。顯然地，掌握並善用世界上僅有的寶貴資源即可掌控科技研發的命脈，並取得世界權力重新分配的發球權。據估計，中國的稀土元素開採量占全世界的 95%，供應給世界各國(含日本、澳洲、歐洲、美國、加拿大、南美洲等國際先進國家)，各國取得原料後，經後續的純化、轉化作業，產生商業利益極高的附加價值。整體而言，稀土元素在世界尖端科技技術的開發上，占有關鍵性的角色，其應用範圍涵蓋：混合動力車、催化轉化器、超導體、節能材料、精密武器製備、燃料電池等等，應用層面廣泛。江蘇宜興

新興鋁業有限公司，之前以開採及出口中國的礦產至世界各國為主，目前則朝向公司的轉型，已與華中科技大學簽訂了固態氧化物燃料電池的合作開發協議，並成立燃料電池公司，為企業的後續發展注入新的活力；該公司副總經理兼總工程師孫紅娣女士對於未來 SOFC 在大陸的發展也相當看好，預期結合技術開發及產業量能，以及大陸在原材料資源豐富的情況下，具有相當好的市場願景。

19. 自十八世紀六零年代工業革命開始以來，人類的文明快速進展，生活型態產生巨大的變化，然而長期所累積的各式溫室氣體，已顯著造成氣候急劇異常變遷、全球平均氣溫迅速上升；復以開發中國家經濟及能源需求的快速成長，溫室氣體的排放量屢創新高，使得情勢更為險峻。此一全球性的暖化議題，涉及人類社會未來是否得以永續發展，沒有任何一個國家或個人可以置身事外，國際社會必須攜手合作共同解決此一難題；已開發國家及碳排放大國，應承擔較大的國際社會責任。中國大陸自改革開放以來，擬定明確的目標方向，在經濟、科研的發展上，展現強烈的企圖心並持續蓬勃發展。相較於大陸的天然及研發資源，國內可資運用的資源相對有限；所幸國內開放及多元化的社會型態，提供了一個極佳開創性思維模式的平台；再者，以中小企業為主體的台灣社會架構，具高度的機動力及強韌的生命力，故能藉由「系統整合，成本降低」的專長，創造無限的商機；面對未來的挑戰，也必能將「危機」轉化為「商機」。期盼在此一全球暖化、環境變遷的變局中，兩岸可掌握此一契機，透過國際或區域合作，攜手合作、互補有無，共創新的格局，除對人類社會的永續發展做出貢獻外，並在全球產業鏈的佈局中，都能占有一席之地，共創未來的利基市場。

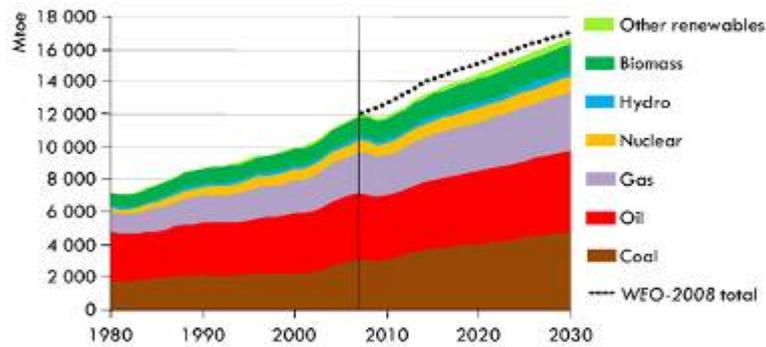
## 四、建議事項

1. 兩年一度的世界材料峰會由歐盟材料學會、中國材料協會、材料協會及國際材料協會等籌辦，其主題內容為針對當前國際材料研究發展主題及未來趨勢，提供一交流溝通平台，對於後續的研發策略及方向擬定，極具參考價值；後續本所仍應派員參加。
2. 本所從 2003 即投入 SOFC 的研發，已有顯著的成效。國際間舉辦的 SOFC 燃料電池研討會，宜就其綦綦大者，如：「亞洲 SOFC 論壇」、兩年一度的「琉森 SOFC 論壇」及兩年一度的「國際 SOFC 研討會」，派員定期參加，以掌握國際的脈動，維持良好的人脈關係，並將本所研發的成果作適度的展現，以利於與主要發展 SOFC 的研究機構或產業建立區域聯盟關係，為未來 SOFC 全球商品化及產業的發展做準備。
3. 在環境保護、經濟成長及能源需求等三方面共同的考量下，政府必須持續投入節能減碳等綠能科技的開發，檢討高耗能、高污染產業擴產的必要性、推展資源之再循環利用、加速高效節能產品的推廣、及提昇人民的教育水平，使節能減碳成為全民運動。
4. 因應國內未來的二氧化碳減排及能源需求，核能是必要的選項之一，否則減碳目標難以達成。若核能為未來必要之選項，政府必須正視核工專業人才已有斷層的現象，宜儘速進行人才的再培育，以滿足未來之需求。
5. 終端使用效率的提升將為二氧化碳減排的最大貢獻者，故政府部門在進行能源開發的同時，宜就節能的措施、節能技術及節能材料開發，提供優惠的補助措施，以擴大產業投入的意願，提昇節能減碳的成效。
6. 目前本所於核能領域的研究開發，著重於工程應用技術的開發，較缺乏基本及前瞻性科學的基礎研究；建議後續人力及資源宜做適度調整，期使基礎科學及工程應用技術能齊頭並進。
7. 目前中國大陸積極開發核能發電，並於東南沿岸建置多部核能機組，核能機組的容量持續增加。國內累積 30 餘年運轉核能電廠的經驗，於核能電廠的運轉安全，已有相當良好的成效。兩岸間宜藉由國際或區域合作，建立雙方之通報系統，使核電廠的運轉資訊公開、透明化，以提昇核能運轉的安全及效益；而若電廠有任何的異常狀況，政府可以迅速的掌握狀況，並施行相關的應變措施，以保障人民的安全，是一項海峽兩岸互惠互利的做法。
8. 國內「天然資源有限」，且目前有著「勞動萎縮、工資上揚」及「環境保護」等議題，故在投入技術開發時，不宜貿然投入已趨商品化、成熟的產品開發，以避免資金的無謂浪費及惡性競爭；宜針對具前瞻性、及未來性的產品，先進行專利蒐尋分析，就本身可切入的開

發項目，進行產業及專利佈局，建立標的，採取滾動式管理、發展模式，定期檢討研發成效，開發出的產品才具國際競爭力，以利於國家、產業的持續發展。

9. 預估未來數十年煤炭發電仍將是我國發電來源的主力之一；考量國內的減排需求，開發氣化複循環發電技術的淨煤技術，以提昇能源效率及環境保護，是整個大環境的必然趨勢。在能源國家型科技計畫中，本所之IGCC先進燃料淨煤技術及SOFC燃料電池計畫都已納入其中，建議在後續的科技研發計畫中，宜就SOFC與複循環系統的結合，進行整合性的參數優化分析、研究，以增加CO<sub>2</sub>的回收效率及提昇系統的整體效率。
10. 華中科技大學燃料電池研究開發中心，在 SOFC 燃料電池的開發上，已有顯著的成效，其所製作的電池片，效能已達世界水平，預期 SOFC 在中國大陸未來與 IGCC 結合的前景一片看好；本所於 SOFC 的研發上，亦已有顯著的成效；未來雙方宜持續進行交流、合作，共同為 SOFC 燃料電池的技術及產業做努力。
11. 電動汽車具高效率、零污染、低噪音的特性，為實現潔淨能源的最佳方式之一；國內若要有效降低因交通運輸所衍生的二氧化碳排放，政府宜持續開發便捷的交通運輸系統，降低個人使用車輛的頻率，擬訂電動車的法規及標準，規劃充電站的配置及興建，運用政策導引、補助油電混合車及電動車的引入、開發，提高產品成本的競爭力而能為民眾所接受及使用，期使交通運輸上的節能減碳可發揮最大的效果。
12. 在未來的能源產業中，兩岸之間應把握此一契機，攜手合作、互補有無，共創新的格局，除對人類社會的永續發展做出貢獻外，並在全球產業鏈的佈局中皆能占有一席之地，共創未來的利基市場。

## World Energy Outlook World primary energy demand by fuel in the Reference Scenario



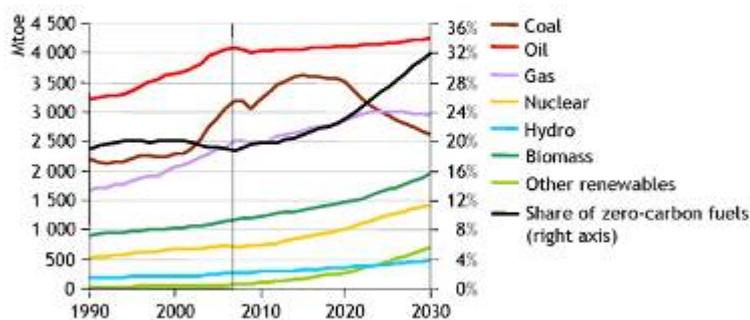
資料源: IEA World Energy Outlook-2009

*Global demand grows by 40% between 2007 and 2030,  
with coal use rising most in absolute terms*

© OECD/IEA - 2009

圖 1 國際能源署參考情景中之能源需求趨勢圖

## World Energy Outlook World primary energy demand by fuel in the 450 Scenario



資料源: IEA World Energy Outlook-2009

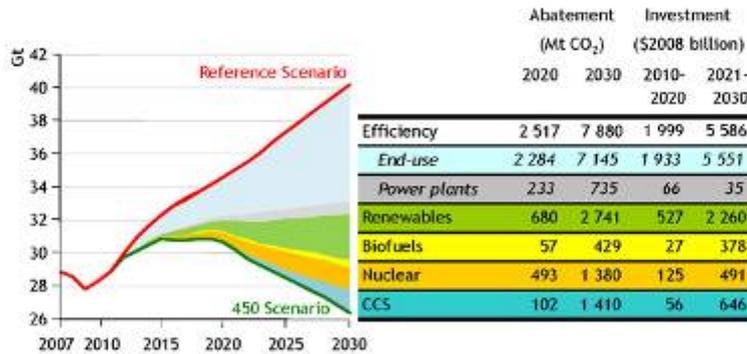
*In the 450 Scenario, demand for fossil fuels peaks by 2020, and by 2030 zero-carbon fuels  
make up a third of the world's primary sources of energy demand*

© OECD/IEA - 2009

圖 2 國際能源署 450 情景中之初期能源比重趨勢圖

# World Energy Outlook

## World abatement of energy-related CO<sub>2</sub> emissions in the 450 Scenario



資料源: IEA World Energy Outlook-2009

Efficiency measures account for two-thirds of the 3.8 Gt of abatement in 2020, with renewables contributing close to one-fifth

© IEA 2009 - 2008

圖 3 國際能源署預估二氧化碳減排的趨勢圖

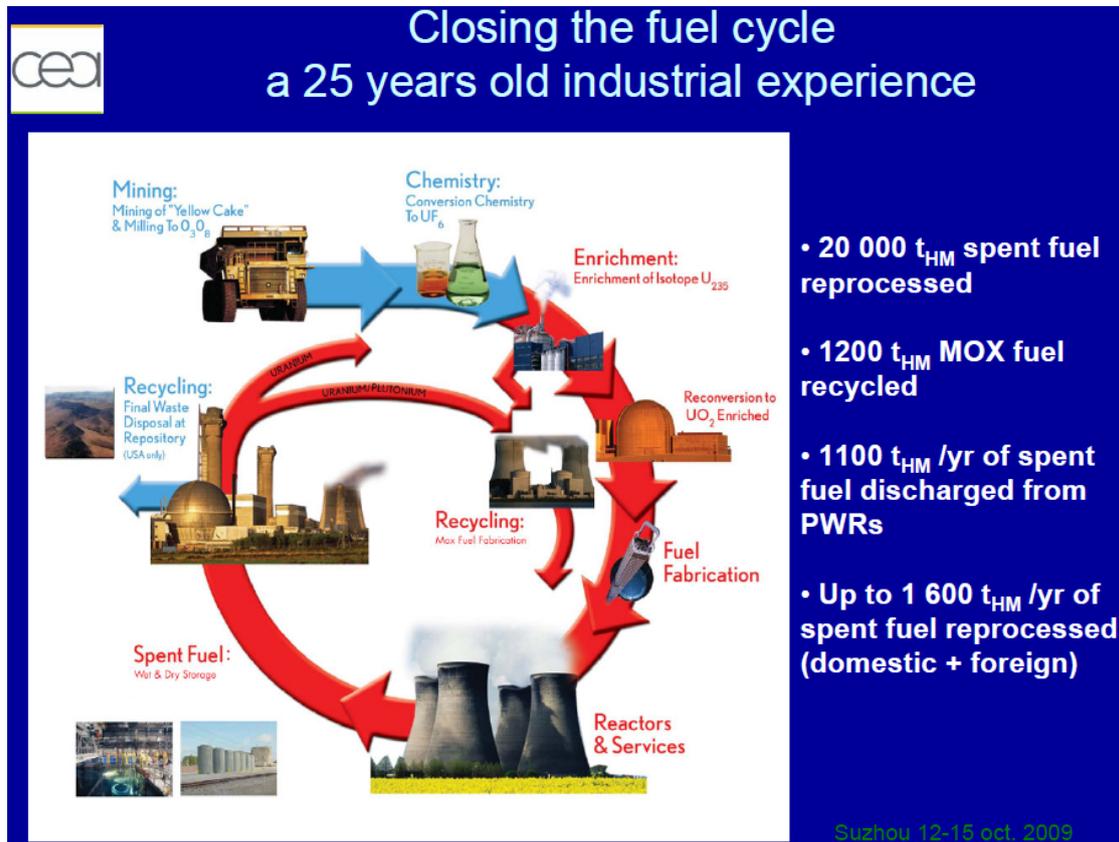


圖 4 法國已有 25 年用過核燃料再處理經驗

資料源: Claude Gust, 2<sup>nd</sup> world Materials Summit



# Long term management of radioactive wastes



Vitrified high level waste (HLW)



Intermediate level long lived wastes (MAVL)

Present inventory : 1800 m<sup>3</sup>

45 000 m<sup>3</sup>

Inventory at end of present fleet 7500 m<sup>3</sup>

80 000 m<sup>3</sup>



Hall d'entreposage des déchets HA à La Hague



Hall d'entreposage des déchets MAVL à La Hague

Claude Guet

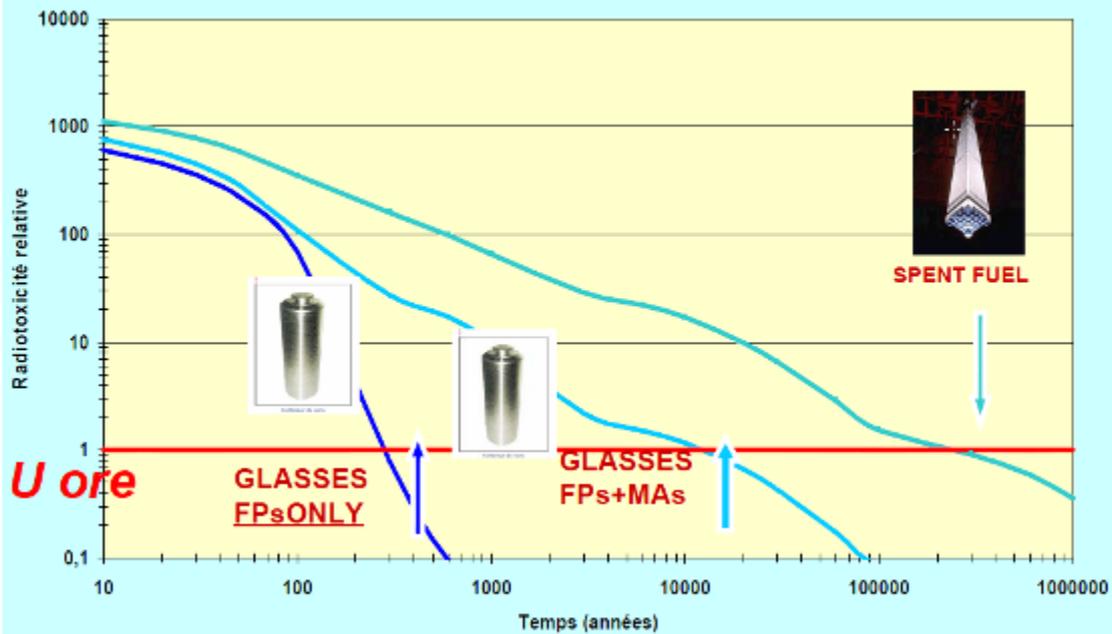
Second World Materials Summit

Suzhou 12-15 oct. 2009

圖 5 再處理後之放射性廢料體積大幅減少



# Final waste toxicity



Claude Guet

Second World Materials Summit

Suzhou 12-15 oct. 2009

圖 6 玻璃固化之高放射性廢料與用過核燃料衰變期比較圖



# Nuclear Future: A need for substantial R&D

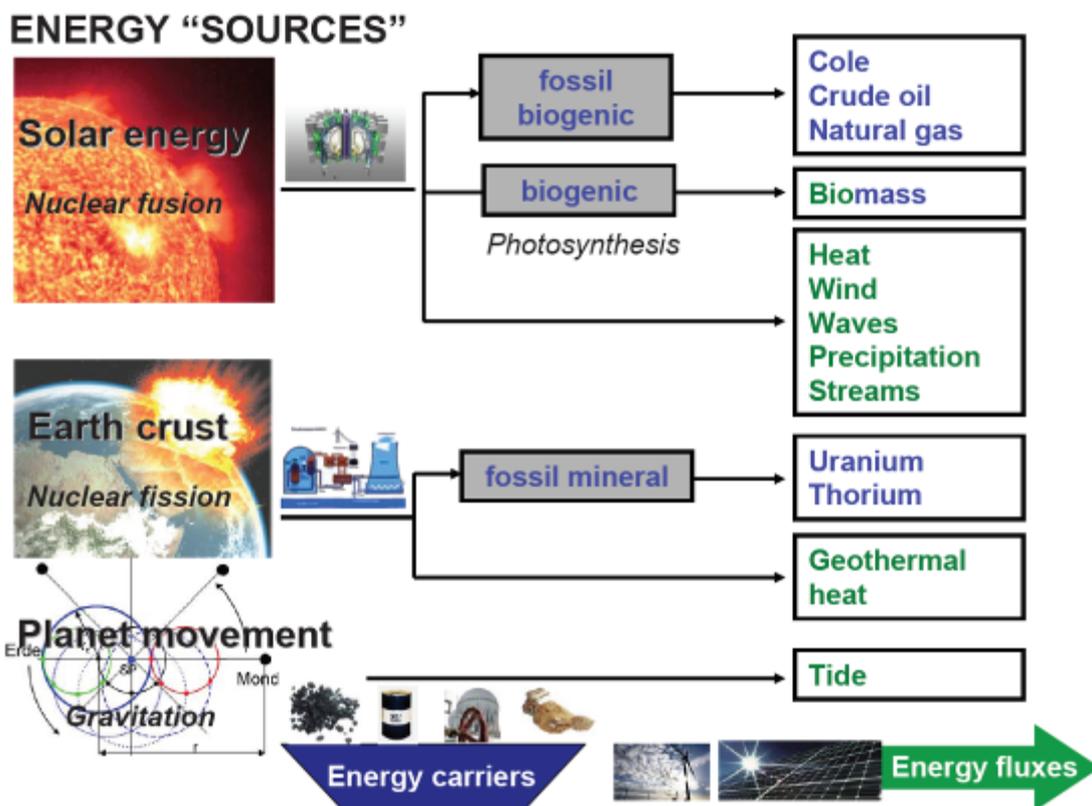
- **Fast Breeder Reactors:**
  - core studies for a better void coefficient
  - for a better breeding factor without blankets
  - from oxides to carbides (higher density, higher thermal conductivity) or metals
- **Recycling of Minor actinides**
  - Homogeneous incorporation of MA in fuel
  - Heterogeneous recycling
- **Waste management**
  - Ageing of glasses
  - Transport of radioelements in clay
- **Material Sciences**
  - Fuel materials, cladding and structure materials
  - Irradiation effects: stabilité, defects, fracture, deformation,
  - Temperature effects, corrosion, ..
- **The growing role of numerical simulation**
  - Multi-scale modeling:
    - electronic structure, dislocation dynamics, averaging, contiun mechanics

Claude Guet

Second World Materials Summit

Suzhou 12-15 oct. 2009

圖 7 核能永續發展的主要議題

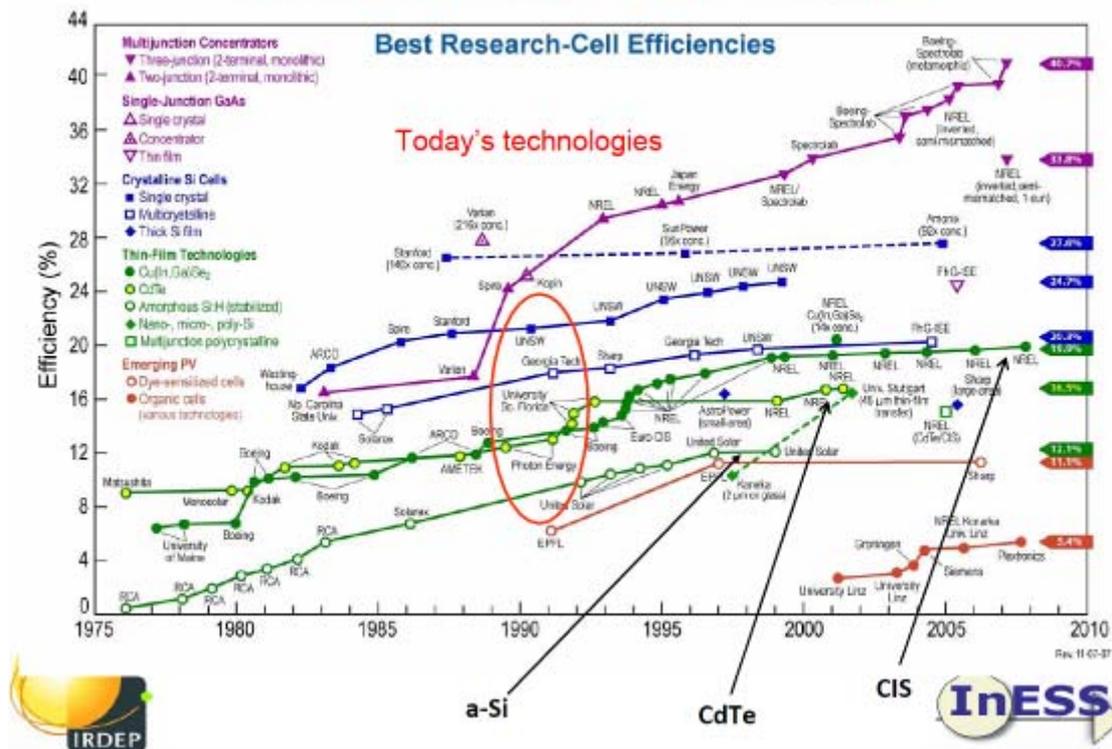


資料源: Andreas Züttel

2<sup>nd</sup> world Materials

圖 8 地球上可茲利用能源的主要來源

# The Universe of PV Technologies



資料源: Daniel Lincot & Abdelilah Slaoui  
2<sup>nd</sup> world Materials Summit, Suzhou

圖 9 不同太陽電池之轉化效率比較

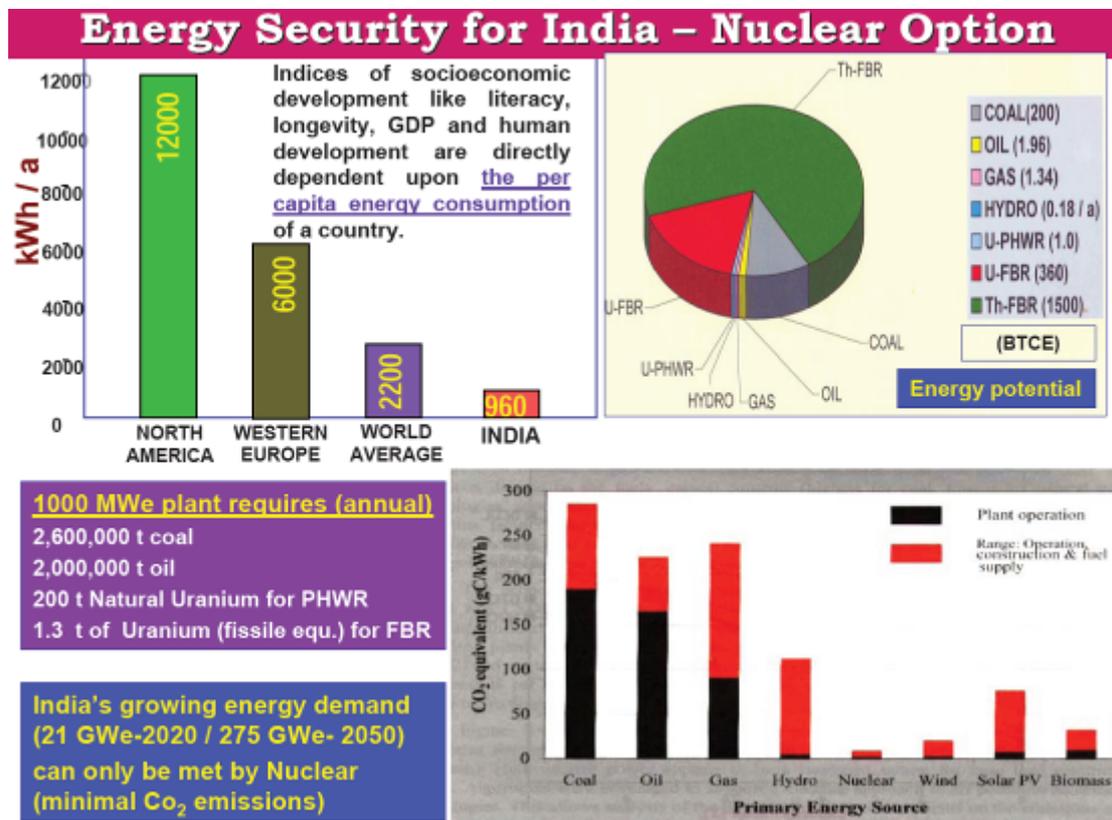


圖 10 印度以核能為未來能源發展的主要選項

資料源: B.P.C. Rao and Baldev Raj  
2<sup>nd</sup> world Materials Summit, Suzhou

## 中國大陸的現役核電廠（共11台）

名稱	狀態	地點	淨功率 (MWe)	並網日期
秦山一期-1 (PWR)	在運	浙江	310	1991.12.15
大亞灣-1 (PWR)	在運	廣東	984	1993.08.31
大亞灣-2 (PWR)	在運	廣東	984	1994.02.07
秦山二期-1 (PWR)	在運	浙江	650	2002.02.06
嶺澳-1 (PWR)	在運	廣東	990	2002.02.26
嶺澳-2 (PWR)	在運	廣東	990	2002.09.14
秦山三期-1 (PHWR)	在運	浙江	720	2002.11.19
秦山三期-2 (PHWR)	在運	浙江	720	2003.06.12
秦山二期-2 (PWR)	在運	浙江	650	2004.03.11
田灣-1 (VVER)	在運	江蘇	1060	2006.05.12
田灣-2 (VVER)	在運	江蘇	1060	2007.05.14

圖 11 中國大陸目前運轉的十一座核能電廠

資料源:王定南  
中國廣東核電集團

## 現役與在建核能發電廠分布

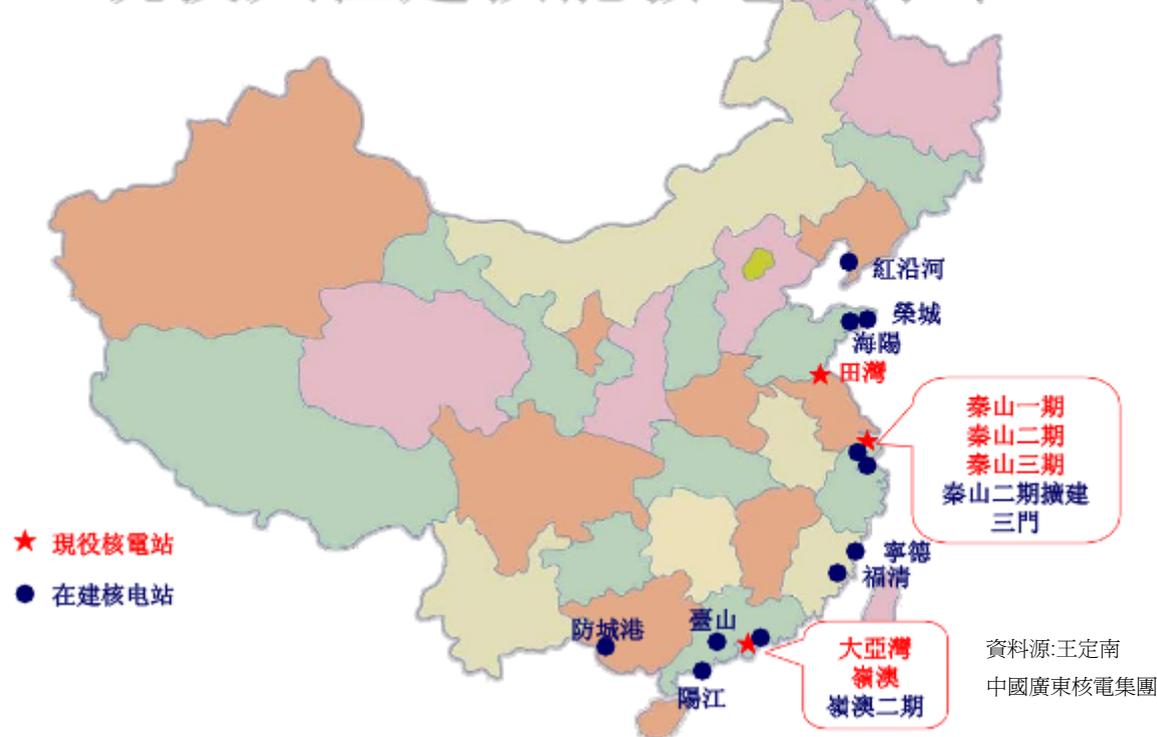


圖 12 中國大陸核能電廠的分布位置

## 大陸沿海核電廠址資源開發與儲備情況 單位 (MW)

省份	名稱	規模	備注
浙江	秦山二期擴建廠址	2*650	已開工
	三門廠址	6*1250	將開工
	方家山廠址	2*1000	已完成複核
	三門擴塘山廠址	4*1000	已完成複核
江蘇	田灣擴建廠址	4*1000	已完成複核
廣東	嶺澳二期廠址	2*1080	已開工
	陽江廠址	6*1000	一期工程已開工
	腰古廠址	6*1000	已完成複核
山東	海陽廠址	6*1000	將開工
	乳山紅石頂廠址	6*1000	需要進一步研究廠址
遼寧	紅沿河廠址	6*1000	一期工程已開工
福建	寧德廠址	6*1000	已開工
廣西	防城港或欽州廠址	4*1000	防城港廠址進行中

表中建設規模系按原單機容量考慮，由於三代和二代改進型單機容量都有所增加，實際建設規模將大於表中數據。

資料源: 王定南  
中國廣東核電集團

圖 13 中國大陸核能電廠廠址資源開發及儲備

## HYDROGEN CYCLE

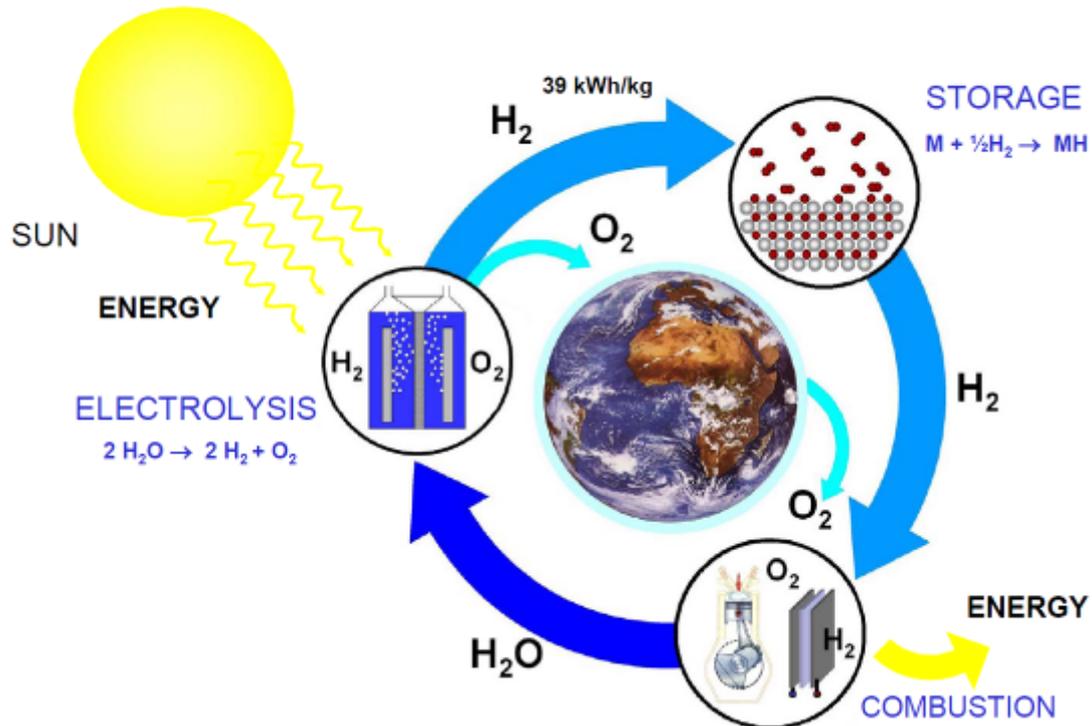


圖 14 光分解水的氫循環

資料源: Andreas Züttel  
2<sup>nd</sup> world Materials

# SYNTHETIC HYDROCARBONS

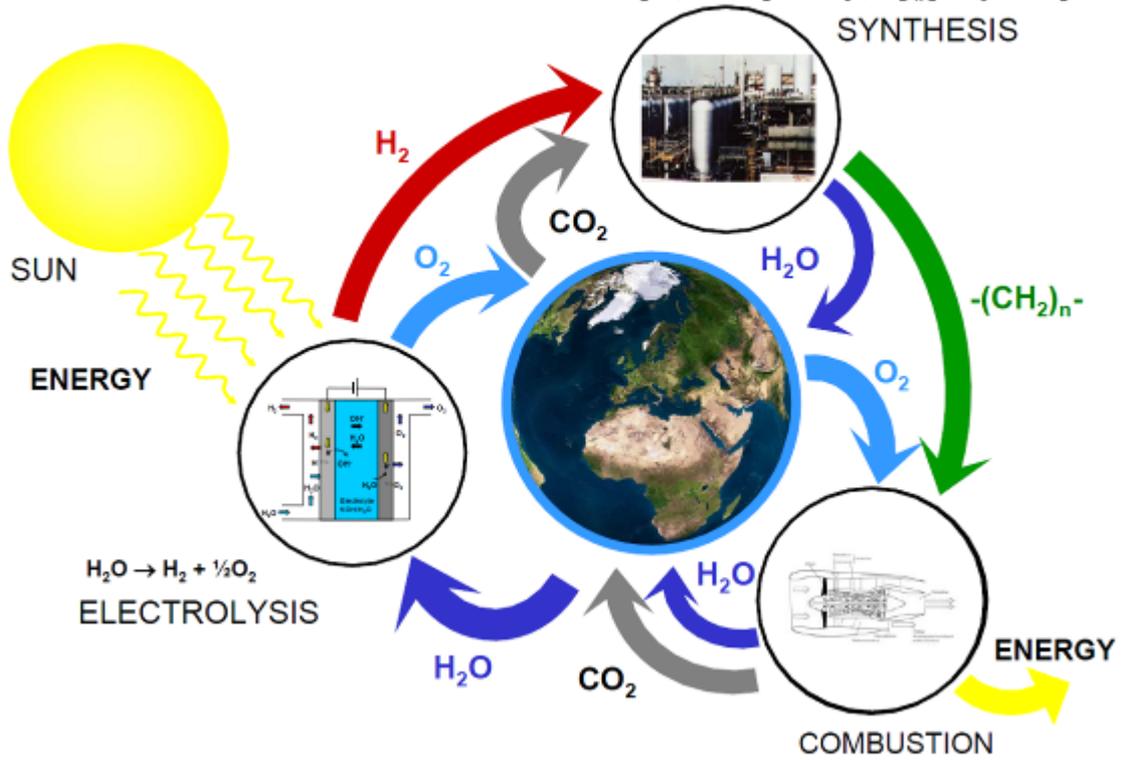
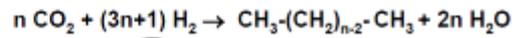
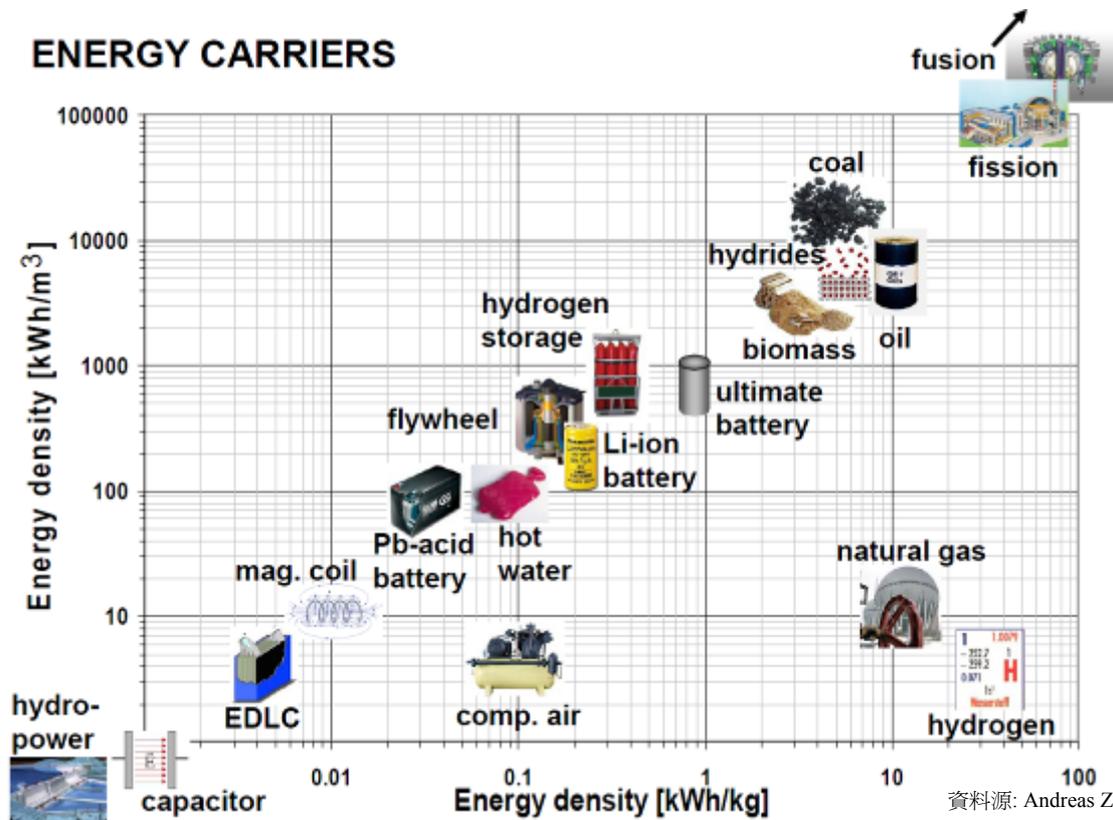


圖 15 碳氫化合物循環

資料源: Andreas Züttel  
2<sup>nd</sup> world Materials Summit

# ENERGY CARRIERS



資料源: Andreas Züttel  
2<sup>nd</sup> world Materials Summit

圖 16 不同能源載體之質量能量密度及體積能量密度比較

## Electric Vehicle Funding

---

### \$2.4 Billion For Electric Vehicle Funding

By Jeff Siegel

Wednesday, August 5th, 2009

President Obama announced today 48 new advanced battery and electric drive projects that will receive \$2.4 billion in grants. This is the single largest investment in advanced battery technology for hybrid and [electric-drive vehicles](#) ever made.

According to the DOE, these latest awards cover:

- \$1.5 billion in grants to U.S.-based manufacturers to produce batteries and their components and to expand battery recycling capacity.
- \$500 million in grants to U.S.-based manufacturers to produce electric drive components for vehicles, including electric motors, power electronics, and other drive train components.
- \$400 million in grants to purchase thousands of plug-in hybrid and all-electric vehicles for test demonstrations in several dozen locations; to deploy them and evaluate their performance; to install electric charging infrastructure; and to provide education and workforce training to support the transition to advance electric transportation systems.

Essentially, the Obama administration wants to create a [battery manufacturing](#) base in the U.S. Here's what he had to say about the plan...

*"If we want to reduce our dependence on oil, put Americans back to work and reassert our manufacturing sector as one of the greatest in the world, we must produce the advanced, efficient vehicles of the future."*

The companies that have been awarded the grants will have to match the federal investment.



Jeff

圖 17 美國能源部在 2009 年 8 月所提出汽車振興方案之資金補助項目

## Oil is predominately a transportation energy problem

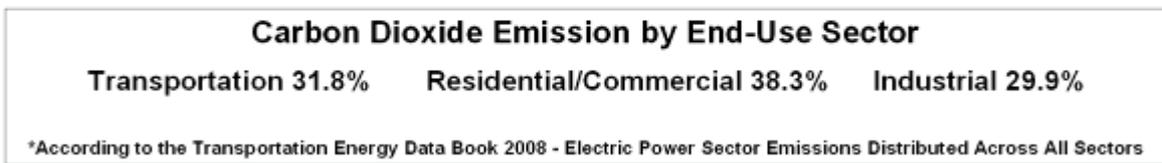
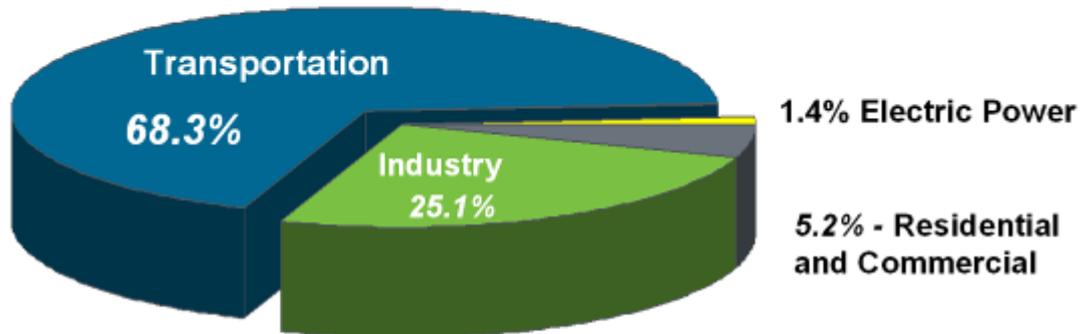


圖 18 傳統交通運輸工具所占的用油比例及二氧化碳排放量比重

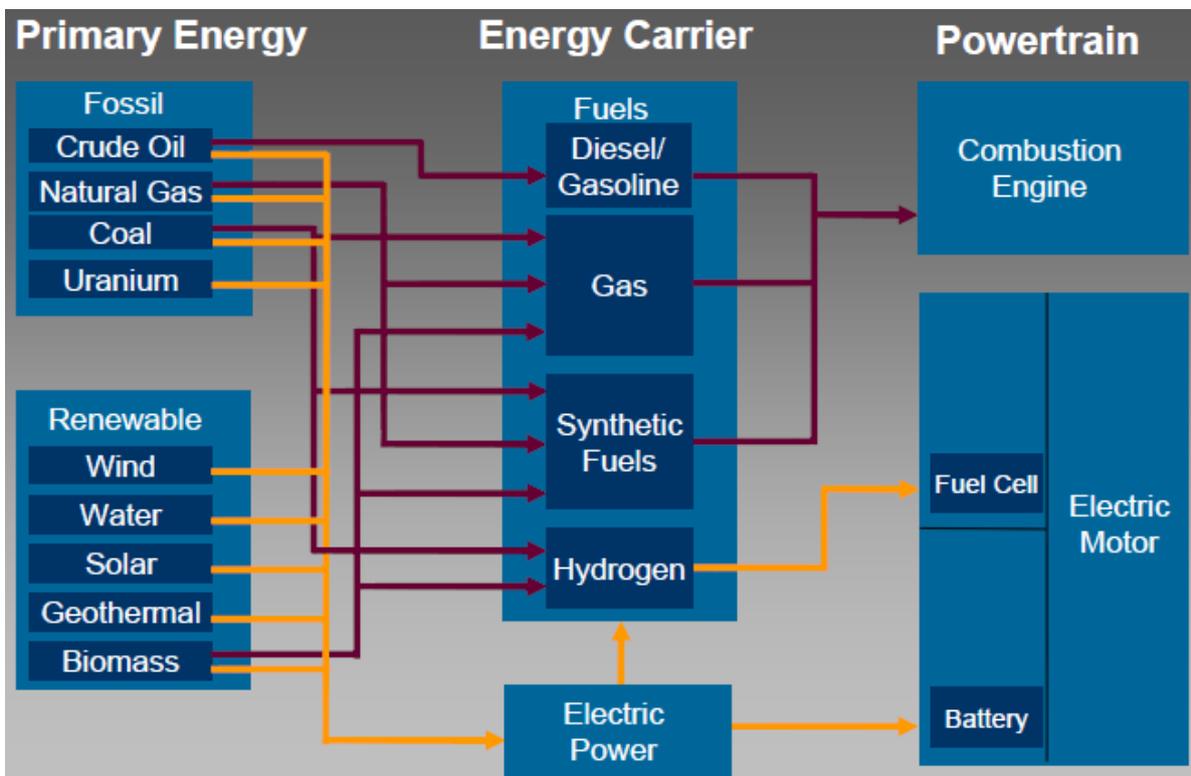
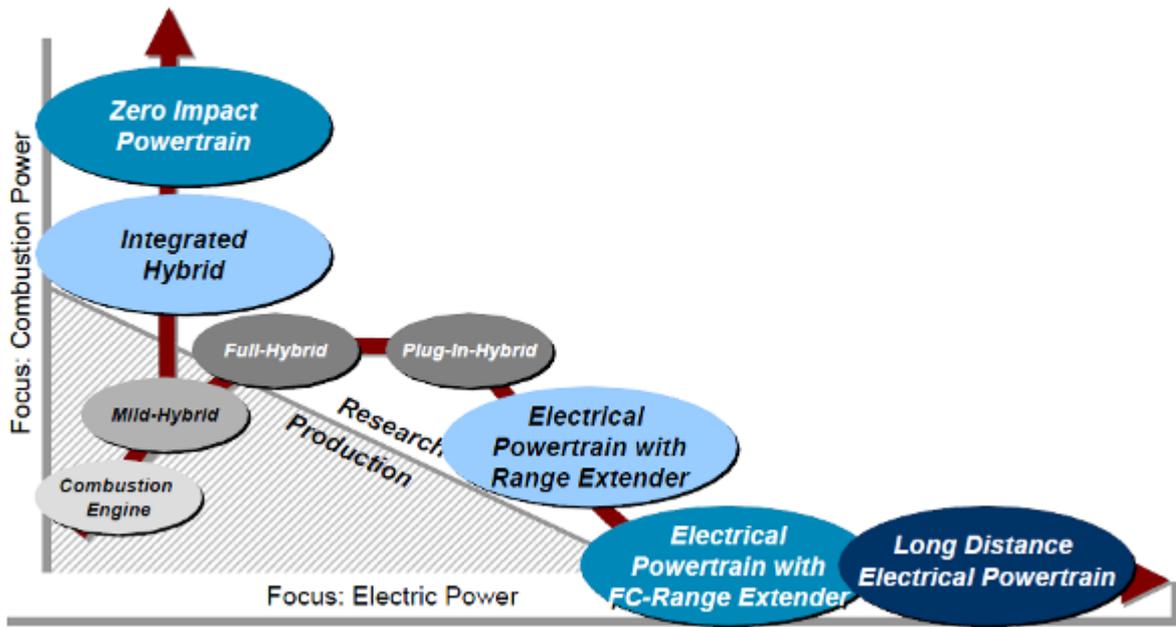


圖 19 動力車的能量來源可以為石化燃料或再生能源

資料源: Jörg Huslage

2<sup>nd</sup> world Materials Summit

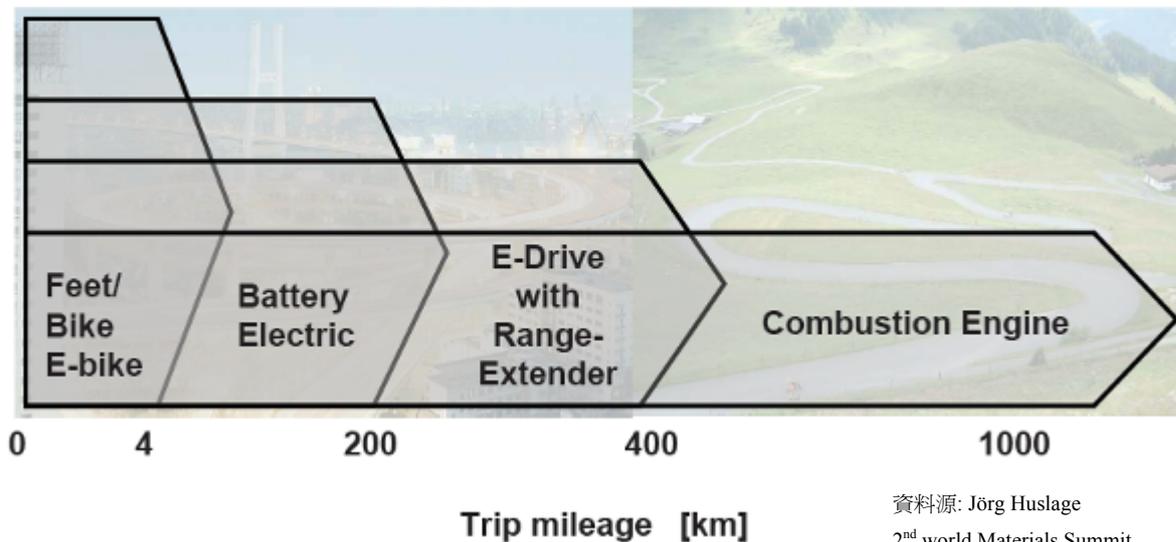
## Roadmap “Universal Powertrain”



資料源: Jörg Huslage  
2<sup>nd</sup> world Materials Summit

圖 20 動力車朝向提昇電力電動技術及精進引擎之研發

## Adapted Powertrain Concepts for Individual Mobility



資料源: Jörg Huslage  
2<sup>nd</sup> world Materials Summit

圖 21 依據交通里程的長短，選用適當的動力源，以達最大的成本效益

# 2<sup>nd</sup> Generation Fuel Ethanol ---COFCO Project

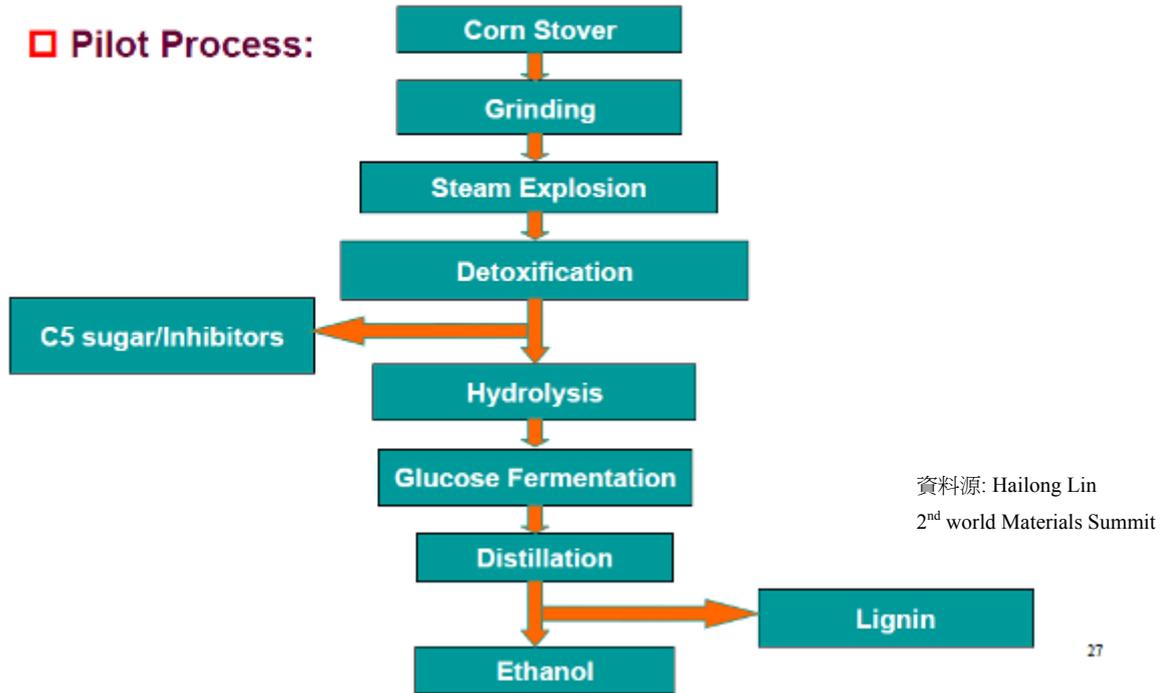


圖 22 大陸第二代生質酒精製作之流程圖

# 2<sup>nd</sup> Generation Fuel Ethanol ---COFCO Project

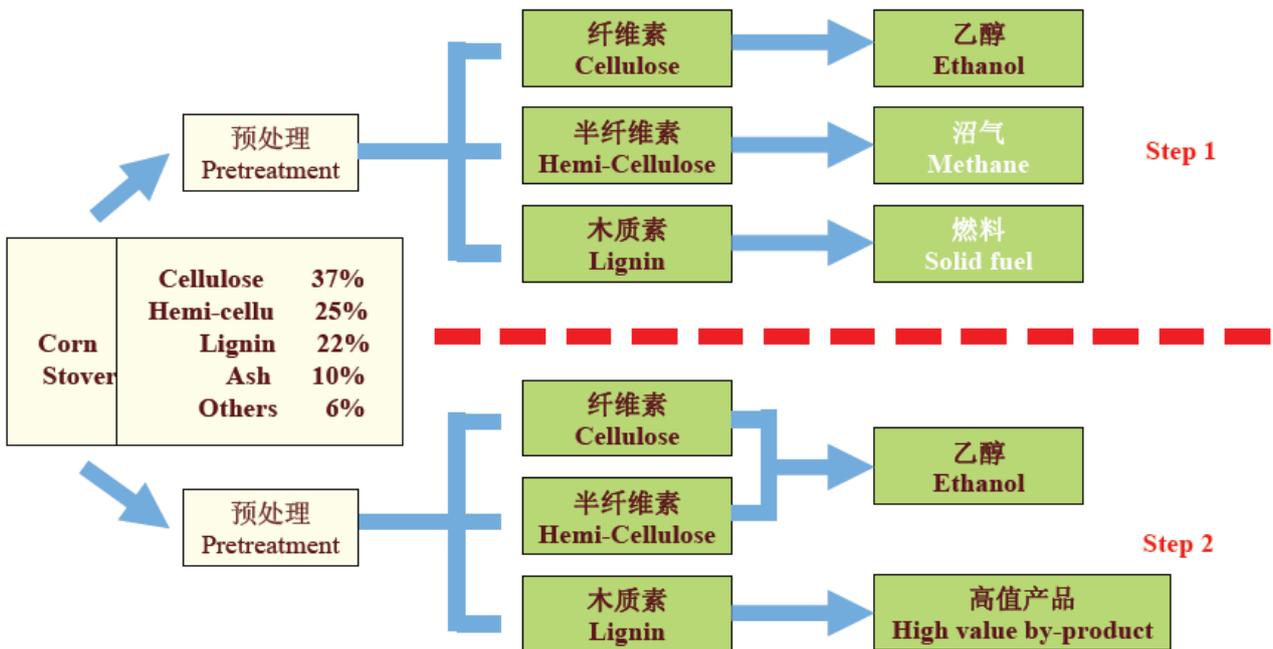


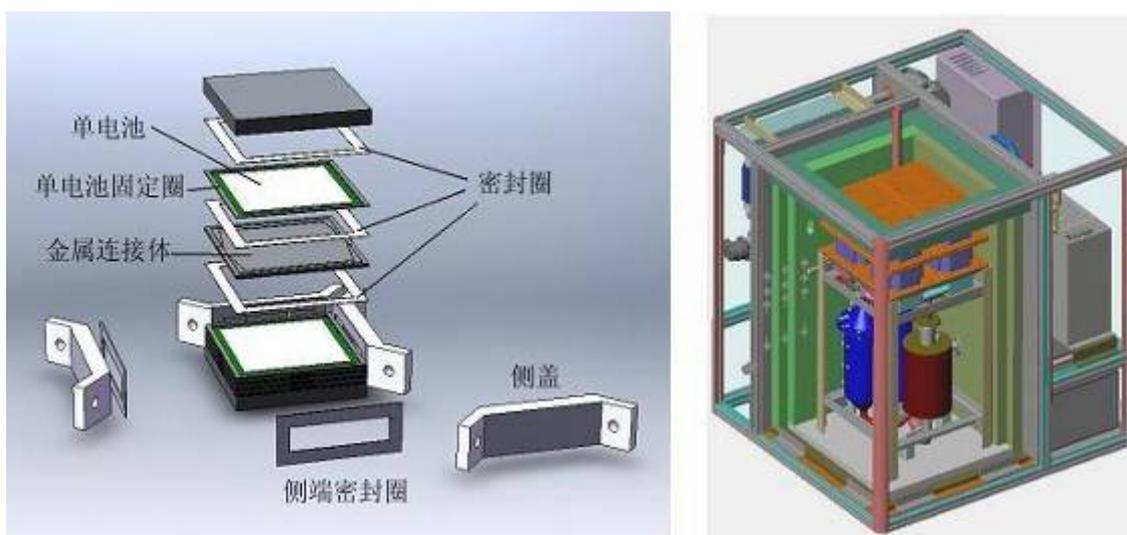
圖 23 大陸第二代生質酒精的開發

資料源: Hailong Lin  
2<sup>nd</sup> world Materials Summit



資料源: 華中科技大學

圖 24 華中科技大學 SOFC 研究平台



資料源: 華中科技大學

圖 25 華中科技大學 SOFC 電池堆及 BOP 系統的建置

## 附件一、第二屆世界材料峰會之主題內容

*First Circular*

**Second World Materials Summit  
on  
Advanced Materials in Energy Applications  
and Sustainable Society Development**

Suzhou, China, 12-15 Oct. 2009



**SPONSORED AND ORGANIZED BY**  
Chinese Materials Research Society (C-MRS)  
European Materials Research Society (E-MRS)  
Materials Research Society (MRS)  
International Union of Materials Research Societies (IUMRS)

**CO-SPONSORED BY**  
General Research Institute for Nonferrous Metals, China  
China Iron and Steel Research Institute Group  
Shanghai Institute of Ceramics, CAS  
Suzhou Industrial Park Administrative Committee  
Chinese Renewable Energy Society  
The Chinese Ceramic Society  
European Materials Forum (EMF)  
European Science Foundation

**SUPPORTED BY**  
The Ministry of Science and Technology of China  
China Association for Science and Technology  
National Natural Science Foundation of China  
National Development and Reform Commission  
Chinese Academy of Sciences

**INTRODUCTION**  
Advanced materials are of crucial importance for the energy supply in a future sustainable world. The World Materials Summit was initiated by the Chinese and European Materials Societies, C-MRS and E-MRS in 2007. The first Summit was hosted in Lisbon on the 4<sup>th</sup> October 2007, under the auspices of the Portuguese Presidency of the European Union on the topic of "Materials Research: Key to Meeting Energy Needs and Climate Change".  
The Second World Materials Summit will be held on Oct 12-15, 2009 in Suzhou, Jiangsu Province, China. The main interests will be focused on "advanced energy materials and sustainable development of the society". The summit will invite about 100 distinguished scientists, governmental officials and entrepreneurs all over the world to present the current industrial status, recent research achievements, and government policies in the field of advanced materials for energy application and to discuss the development policies and the future of the advanced energy materials. This summit will be very important to the sustainable development of the modern society. Also all the participants will spend a good time in the historic and beautiful Suzhou City, 50 miles from Shanghai City.

**TOPICS**  
The main topics of this summit will be:  
A. Solar energy and photovoltaic cell materials  
B. Nuclear energy materials  
C. Hydrogen energy related materials and fuel cell  
D. Environment-friendly battery materials  
E. The materials for biomass energy  
F. Other energy materials

**TIME, VENUE AND SCALE**  
Time: Oct. 12-15, 2009  
Venue: The Shilla Hotel, Suzhou, Jiangsu Province  
Scale: The total number of attendees will be 100-120.

**REGISTRATION FEE AND ACCOMMODATION**  
Registration fee for all attendees will be waived, and accommodation for the invited participants will be supported by the summit organizers.

#### INTERNATIONAL ADVISORY BOARD

<b>Chair:</b>	
SHI Changzu	Honorary President of C-MRS, Academician of CAS and CAE
<b>Members:</b>	
BAI Chunli	Vice President of CAS
Chang R.P.H.	General Secretary, IUMRS
Chowdari B. V. R.	President of MRS-I
Chu Paul Ching Wu	President, HGUET, China
Cowan Gabriel	Past President of IUMRS
Fraile Fernando Lazaro Jr.	President of I-MRS
GAN Yong	President of China Iron and Steel Research Institute Group
Garcia José Ovejero	President of MRS-A (Argentina)
Green Peter F.	President of MRS
Kott Howard	President of IUMRS
Kim Hyeonng Jaon	President of MRS-K
Eshimoto Naoki	President of MRS-J
Li Hongde	Honorary President of C-MRS, Academician of CAE
Lyakhov Nikolai Z.	President of MRS-R
Maitalkar R.A.	President of MRS-I
Masuda J.P.	Vice President of IMF
Peng Fang P.	President of MRS-T
SHI Dinghuan	President, Chinese Renewable Energy Society
Staluj Abdou	President of E-MRS
Tejeda Pedro	President of MRS-Mexico
Hughes André	
WAN Gang	Minister of Science and Technology of China
Williams J.S.	President of A-MRS
Van Hurd	Past President of MRS
ZHOU Jian	Past President of IUMRS; Honorary President of C-MRS; Academician of CAE

#### CHAIRS

**Chair:** XU Kuangli (President of Chinese Academy of Engineering)  
**Co-Chairs:** HUANG Boyun (President of C-MRS)  
 Paul Siffert (General Secretary of E-MRS)

#### LOCAL ORGANIZING COMMITTEE

<b>Chair:</b>	
LU Hailing	President of General Research Institute for Nonferrous Metals, Academician of CAE
LUO Hongjie	Vice President of The Chinese Ceramic Society and C-MRS, General Director of Shanghai Institute of Ceramics, CAS
<b>Members:</b>	
CIEN Uolan	Vice President of The Chinese Ceramic Society, Academician of CAE
DAI Guoqiang	Vice President of C-MRS
FAN Shoushan	Academician of CAS
GAO Ruijing	Director of General Office, National Nature Science Foundation of China

LI Guangxian	Vice President of Sichuan University
LI Yuanxuan	President of South China University of Technology
LIU Ke	General Director of The Institute of Metal Research, CAS, Academician of CAS
QIYANG Shih	Vice President of C-MRS
SHI Erwei	Vice President of Chinese Academy of Sciences
WENG Duan	Deputy Secretary General of C-MRS
WEI Bingtao	Vice President of Northwestern Polytechnical University
XU Jian	Vice President of C-MRS
YANG Hu	General Director of Nano-Materials Institute, CAS, (Suzhou)
ZHANG Ze	Vice President of Beijing University of Technology, Academician of CAS

#### PROGRAM COMMITTEE

<b>Chair:</b>	
HAN Yafang	General Secretary of C-MRS
ZHOU Shouqiang	Vice President of China Iron and Steel Research Institute Group
<b>Members:</b>	
FENG Qiang	Secretary of IUMRS
CHENG Chengwa	Division Director of National Nature Science Foundation of China
HAN Enhou	Vice General Director, The Institute of Metal Research, CAS
HLANG Xuefa	Professor of The Institute of Physics, CAS
LI Jian	Professor of Huazhong University of Science & Technology
LIANG Lijun	General Director of Energy Institute, CERNM
WU Ying	Professor of Advanced Technology & Materials Co., Ltd.
TAN Tianwei	Vice President of Beijing University of Chemical Technology
WEN Zhaoyin	Professor of Shanghai Institute of Ceramics, CAS
YE Zhizhan	Professor of Zhejiang University
ZHANG Zengdi	Deputy Secretary General of C-MRS

#### TECHNICAL VISIT

Technical visit will be organized in the afternoon of Oct. 12 or 13.

#### CONTACT WITH

##### Chinese Materials Research Society:

E-mail: 1. **Yafang Han:** yhan@zjhu.edu.cn

2. **Qiang Feng:** qfeng@scitlab.edu.cn

3. **Jianmao Tang:** chunrong0625@ina.com.cn

Tel: 86-10-6847-9032

Fax: 86-10-6879-2038

Add.: Room 4102, No.62, Zhuhuyuan Road, Haidian District, Beijing, China, 100044

## 附件二、第二屆世界材料峰會之議程

General Program			
<b>Monday, Oct. 12, 2009</b>		8:00- 22:00	Registration
8:00- 12:00	Cultural Event (Suzhou Garden)	8:35-8:40	Gang WAN, Minister of Science and Technology, China
12:00 - 13:30	Lunch	8:40-8:45	Congbin FU, International Council for Science, Vice President of China Association of Science and Technology
14:00 -17:00	Technical Visit (Suzhou Industrial Park)	8:45-8:50	Nanping XU, Assistant Governor of Jiangsu Province
17:30 - 19:00	Welcome Reception Chairs: Duan WANG, Qiang (LNG) Welcome speech: Official of Suzhou Industrial Park	8:50-8:55	Mayor of Suzhou City
19:30 - 21:40	Plenary Session I Chairs: Hongye LUO, Abdelhak SLAOUTI	8:55-9:15	Coffee Break and Photography
19:30-19:40	Welcome address: Boyun HUANG, President of C-MRS	9:15- 12:15	Plenary Session II Chairs: Boyun HUANG, R.P. H CHANG
19:40-20:10	New Materials in the Advanced Powertrains-The Future of VAN Electric Vehicles Jong HUISI ACF, Research Group Electrical Drives and Fuel Cells, Volkswagen AG, Wolfsburg, Germany	9:15-9:45	Gang WAN, Minister of Science and Technology, China
20:10-20:40	Material Innovation of Energy Storage for the Sustainable Transport and Recent Progress and Challenges of Hydrogen Fuel Cell Vehicles Katsuhiko HROSE, Project General Manager, TOYOTA Motor Corporation, Tokyo, Japan	9:45-10:15	Bruno SCHMITT, Energy Director, European Commission
20:40-21:10	Zhuoping YU, Tongji University (tentative)	10:15-10:45	Materials for Efficient Energy Production and Usage Raymond Lee ORBACH, University of Texas at Austin
21:10-21:40	Daimler Fuel Cells and the Development of Batteries of the Future Florian FENSTERMAIER, Head of Alternative Drives, Production Planning, Technologies and Concepts, Daimler AG, Stuttgart, Germany	10:45-11:15	Liquan CHEN, Institute of Physics, CAS
		11:15-11:45	Nuclear Energy Materials Claude GUEI, Director of Commission à l'Énergie Atomique
		11:45-12:15	Renewable Energy Materials Needs Dun Flob ARVIZU, Director of National Renewable Energy Laboratory
		12:15-13:30	Lunch
		14:00-16:00	Technical Session 1—Solar Energy and Photovoltaic Cell Materials Chairs: Shaorong ZHOU, David GIMLEY
		14:00-14:30	The Future of PV Industry & Si-Ge Materials Yuwen ZHAO, China Renewable Energy Society Photovoltaic Sub-society
<b>Tuesday, Oct. 13, 2009</b>		14:30-15:00	Martin GREEN, Executive Research Director, The University of New South Wales
8:00- 8:55	Opening Ceremony Chairs: Yong GAN, Paul SIFFERT	15:00-15:30	Daniel LINCOT + Abdellah SLAOUTI, Institut d'Electronique du Solide et des Systemes
8:10-8:20	Introduction of VIP: Yong GAN, President of China Iron and Steel Research Institute Group	15:30-16:00	Rongsheng LIANG, Chairman & CEO of DelSolar Co., Ltd
8:20-8:30	Welcome address: Kuangdi XU, President of Chinese Academy of Engineering, Chairman of the Summit	16:00-16:15	Coffee Break
8:30-8:35	Changxi SHI, National Natural Science Foundation of China	16:15-18:15	Technical Session 2—Nuclear Energy Materials Chairs: Erhuo HAN, Alan HURD
		16:15-16:45	Bangmin ZHOU, Shanghai University (tentative)

16:45-17:15 Nuclear Energy Materials  
M. WJAYALAKSHMI, Indira Gandhi Centre for Atomic Research

17:15-17:45 Frédéric SCHUSTER, Commissariat à l'Energie Atomique (CEA)

17:45-18:15 The Pivotal Role of Materials in Current and Future Nuclear Reactor Systems  
Gray S Was, University of Michigan

18:30 Banquet and Entertainment

Wednesday, Oct. 14, 2009

8:00-10:00 Technical Session 3—Hydrogen Energy Related Materials and Fuel Cell  
Chair: Lijun JIANG, Manfred DRESSELHAUS

8:00-8:30 Materials Related to Hydrogen Production and Hydrogen Utilization in Fuel Cell  
Liejun GUO, Xi'an Jiaotong University

8:30-9:00 Materials Challenges for Solid Oxide Fuel Cells  
Subhash C. SINGHAL, Pacific Northwest National Laboratory

9:00-9:30 Hydrogen Storage in Nanoporous Materials  
Michael HIRSCHER, Group Leader, Max-Planck-Institut für Merkfähigkeit

9:30-10:00 Hydrogen as a Future Energy Carrier  
Andreas ZÜTTEL, Head of division, EMPA Materials Sciences & Technology

10:00-10:15 Coffee Break

10:15-12:15 Technical Session 4—Large Scale Energy Storage & Batteries  
Chairs: Xinye HUANG, George CRABTREE

10:15-10:45 Progress on Key Materials of Redox Flow Battery for Energy Storage  
Naaming ZHANG, Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences

10:45-11:15 Yet Ming CHANG, Massachusetts Institute of Technology

11:15-11:45 Jean Frédéric CLERC, Commissariat à l'Energie Atomique(CEA)

11:45-12:15 Michel ANMANN, University of Zurich

12:15-13:30 Lunch

14:00-16:00 Technical Session 5—Materials for Bioenergy  
Chair: Tianwei TAN, Mike CLEARY

14:00-14:30 Pingkai OUYANG, President of Nanjing University of Technology

14:30-15:00 Jay KEASLING, CEO The Joint BioEnergy Institute (JBEI)

15:00-15:30 E-MRS (pending)

15:30-16:00 State of the Art of Biomass Liquid Fuel in China  
Gangjun YUE, CORDO Limited

16:00-16:15 Coffee Break

16:15-18:15 Technical Session 6—Alternative Energy Sources & Transmission  
Chairs: Duan WENG, Hans-Ulrich HABERMEYER

16:15-16:45 Light Weight Vehicles through Advanced Materials  
Robert F. SINGER, Department of Materials Science, University of Erlangen

16:45-17:15 Thermoelectricity: materials, devices and prospective applications  
Lidong CHEN, Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences

17:15-17:45 William TAMM, Program Director of Applied Energy Program, Los Alamos National Laboratory

17:45-18:15 Jacques AMOUREUX, ENSCP

18:30 Dinner

19:30 Night tour in Suzhou

20:30 Panel Discussion: the Suzhou Declaration 2009  
Moderator: Hailing TU, C-MRS  
Participants: P.T.H. CHANG, B.V.R. CHOWDARY, Gabriel CHLÉN, Michael DRESSELHAUS, Dave GIMLEY, Martin GREEN, Yafang HAN, Katsuhiko HIRASE, Boyan HUANG, Alan J. HURD, Kazuo KISHIMOTO, Si-Chen LEE, Tsong-jing PLANG, Paul SW/LEH, George SMITH

Thursday, Oct. 15, 2009

8:00 - 12:00 Round-table Panel Discussion & Report Writing (6 topics)  
(Divided by six sessions, organized by co-chairs of six technical sessions and six official technical report will be formed)

8:00 - 12:00 Technical Session A—Solar Energy and Photovoltaic Cell Materials  
Chairs: Shouping ZHOU, Dave GIMLEY, Fick WPKER

	Keynote speakers: TBA	15:30-15:50	Coffee Break
		15:50-17:20	Summary Overview, Declaration, Closing Chairs: George SMITH, Mireia DRIESSELHAUS
8:00 - 12:00	Technical Session B—Nuclear Energy Materials Chairs: Enhou HAN, Alan HURD, M. VIJAYALAKSHMI Keynote speakers: TBA	15:50-16:20 16:20-16:50 16:50-17:20	Summary overview: Zakya KAFARI Declaration: Hailing TU Closing Remarks: Guobao ZHANG, Director of National Energy Administration, China
8:00 - 12:00	Technical Session C—Hydrogen Energy Related Materials and Fuel Cell Chairs: Jun LI, Lijun JIANG, Mireia DRIESSELHAUS Keynote speakers: TBA		
8:00 - 12:00	Technical Session D—Large Scale Energy Storage & Batteries Chairs: Xuejie HUANG, Zhaoyin WEN, George GRABTREE, George SMITH Keynote speakers: TBA		
8:00 - 12:00	Technical Session E—Materials for Bioenergy Chairs: Tianwei TAN, Mike CLEARY Keynote speakers: TBA		
8:00 - 12:00	Technical Session F—Alternative Energy Sources & Transmission Chairs: Duan WEI, Zakya H. KAFARI, Hanns-Ulrich HABERMEIER Keynote speakers: TBA		
12:00 - 13:30	Lunch		
14:00 - 15:30	Reporting Back Chairs: Shuoxiang ZHOU, Costel COPAN (15 minutes for each technical session by one of co-chairs)		