
030814

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

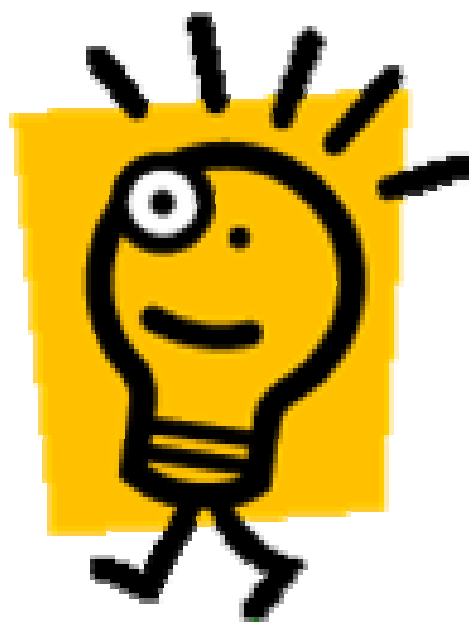
科 別：生活與應用科學科

組 別：國中組

作品名稱：細菌電力公司

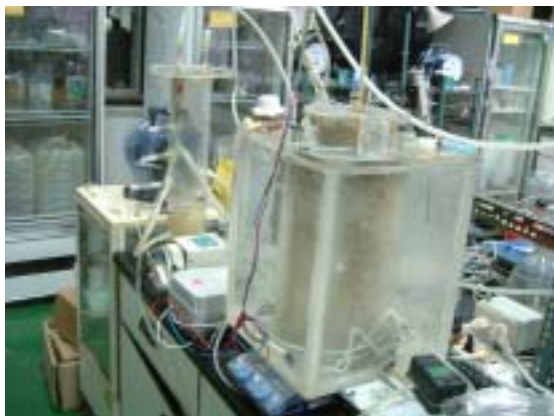
關 鍵 詞：生質能源、厭氧發酵產氫、氫氣純化

編 號：



目 錄

壹、摘要.....	2
貳 研究動機.....	2
參 研究目的.....	2
肆 研究設備及器材.....	3
伍 研究過程或方法.....	5
陸 研究結果.....	9
柒 討論.....	13
捌 結論.....	16
玖 參考資料及其他.....	16
致謝.....	16
附錄一.....	17
附錄二.....	18
附錄三.....	19



細菌電力公司

壹、摘要

本研究中，我們利用細菌分解醣類產氫的方式，由過程中找出厭氧菌醱酵產氫最佳操作策略，再以反應器結合活性炭顆粒進行連續式產氫醱酵。產氫污泥源於台西海岸泥巴，可於厭氣條件下將碳源基質(蔗糖)於 40°C 時轉換為氫氣。在一系列探索下，結果每日每公升反應器可產生氫氣 26.64 L，同時結合氫氣純化裝置、燃料電池產生電力使燈泡亮。利用生物方式產生氫氣，將不會造成污染，且為一乾淨的能源，若結合燃料電池將可應用於汽、機車上。

貳、研究動機

我們從康軒版國中自然與生活科技第五、六冊中常見的能源、永續發展及能源萬事通等課程的相關內容得知，工業時代以來，由於能源的需求大增，人類大量使用化石燃料，替社會帶來了科技上的進步、生活的舒適與便利，同時隨著化石燃料大量的開採與使用，除了造成地球的能源急速枯竭，也帶來環境污染的問題。燃燒化石燃料會排放大量的二氧化碳、一氧化碳、氮氧化物和硫化物等污染物，而甲烷與二氧化碳被認定為造成地球氣溫上升的溫室氣體之一，這些產物將有害環境並導致全球氣候變遷。1997 年日本東京京都國際環保會議中簽署限制各國溫室氣體排放公約後，人類為了追求永續發展，尋求代替能源已為必要課題(見附錄一)。

近年來，利用氫氣為能源已備受矚目，因氫氣燃燒不會產生溫室氣體，且每克氫氣所產生的熱值約為化石燃料的 2.75 倍，所以氫氣可能成為未來的重要能源。有一次在 91 年學測閱讀題組中，看到「生質能源」引起好奇，上網找資料後知道利用厭氧菌醱酵作用可以產生氫氣。氫氣與氧氣氧化後只產生水蒸氣，若再結合現今的儲氫材料與高效率發電的燃料電池(fuel cell)，亦可達成以氫氣直接產生能源的目的，更能帶來潔淨的環境。於是開始了我們的研究，希望能為地球能源的永續利用做出貢獻。

參、研究目的

- 一、透過實驗設計、持續觀察、數據分析，了解細菌產氫醱酵過程。
- 二、找出厭氧菌醱酵產氫最佳操作策略。
- 三、利用氫氣結合燃料電池產生電力。

肆、研究設備及器材

一、產氫實驗儀器

項次	物品名稱	數量	備註
1	血清瓶（集氣瓶）	4~6	
2	恆溫震盪水槽	1	
3	磁石加熱攪拌器	1	
4	pH 計	1	
5	氣相層析儀	1	
6	電子天平	1	
7	排水集氣（盆子+量筒+管子）	1	
8	針筒	4~6	
9	反應槽	1	
10	氣液分離槽	1	
11	氣體體積流量計	1	
12	培養基質進料幫浦	1	
13	溫度控制器	1	
14	離心機	1	
15	氫氣純化裝置	1	以 NaOH 吸附 CO ₂
16	燃料電池	1	
17	燈泡	1	

二、產氫實驗藥品

項次	物品名稱	數量	備註
1	各地區污泥	4	台中黎明社區污水處理場污泥 台中福田水資源回收中心污泥 雲林台西海岸泥巴 台南關廟漁塭底泥
2	微量金屬	1	氯化鎂、硫酸鐵、硫酸錳、硫酸銅、氯化亞鈷
3	貳號砂糖	不限	
4	果糖	1	
5	葡萄糖	1	
6	澱粉	1	
7	黃豆粉	1	
8	碳酸氫銨	不限	
9	碳酸氫鈉	不限	
10	磷酸氫二鉀	不限	
11	氯化鈣	1	



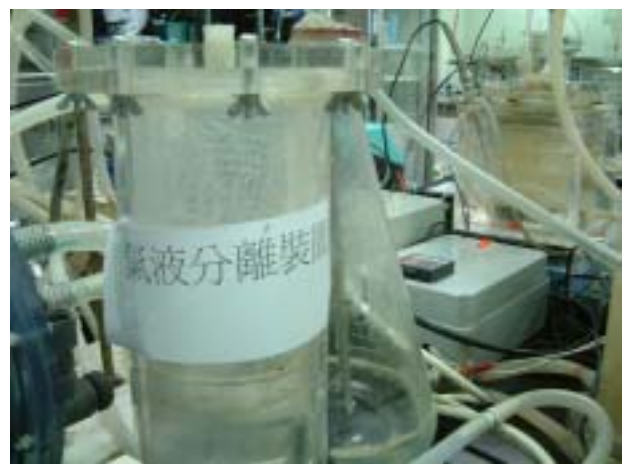
圖一、產氫實驗設備儀器



圖二、連續式產氫實驗設備儀器



圖三、反應槽



圖四、氣液分離槽



圖五、產氫實驗設備藥品



圖六、污水處理廠污泥

伍、研究過程或方法

一、使用污泥介紹

我們查資料發現，有些厭氧菌可將醣類分解產生氫氣或甲烷，於是嘗試著找不同地區的污泥，希望能找到其中含有可分解醣類的厭氧菌。

本研究之污泥分別取自台中市黎明污水場終沉池污泥、台中市福田水資源回收中心沈池污泥、雲林台西海岸泥巴、台南關廟漁塭底泥，取回後以 100°C 加熱（如圖七），因為甲烷菌不耐高溫，此方法可去除產甲烷的細菌。

二、培養基濃度

爲了讓細菌能維持正常的生長，我們查資料找到厭氧菌生活所需的基本養分（以下均稱爲基質）如下表，基質濃度是以 Endo 在 1982 年所發表的厭氧醱酵配方爲基礎。

表一 Endo 厭氧醱酵配方

成分	濃度 (mg/L)
蔗糖	17812.5
NH ₄ HCO ₃	5240
NaHCO ₃	6720
K ₂ HPO ₄	125
MgCl ₂ .6H ₂ O	100
MnSO ₄ .6H ₂ O	15
FeSO ₄ .7H ₂ O	25
CuSO ₄ .5H ₂ O	5
CoCl ₂ .5H ₂ O	0.125

三、細菌產氫醱酵過程

一開始我們先配製如表一的配方，將配好之 75 ml 基質與 75 ml 四種不同菌液（台中市黎明污水場終沉池污泥、台中市福田水資源回收中心沈池污泥、雲林台西海岸泥巴、台南關廟漁塭底泥）分別置入四個集氣瓶內，以排水集氣法觀察是否有氣體產生。經過一天時間後，發現氣體產生。但產生的氣體是否爲氫氣或其他氣體？我們想到用課本中學到的檢驗氫氣可燃性的方法，以點燃的火柴檢驗氣體是否有爆鳴聲或淡藍色的火焰，但效果不彰顯，於是詢問老師是否有其他檢驗氫氣的方法或儀器？後來我們在逢甲大學中借到氣相層析儀可以檢測出所產生的氣體是否有氫氣，並藉由將產生的氣體以注射針筒取樣，注入氣相層析儀，經由電腦分析就可得知是否有氫氣存在。

確定污泥中有厭氧菌能將醣類分解產生氫氣後，我們試著想找出能增加氫氣產量的方法。在課本中我們學到了影響化學反應速率的因素有：物質本質（活性）、濃度、溫度、催化劑、表面積等因素，以下分別就攪拌與否、不同溫度、不同濃度、不同醣類探討厭氧菌產氫的速率，希望找出最佳產氫的條件。

四、產氫實驗操作方法

(一) 不同污泥產氫實驗

1. 首先準備一個恒溫震盪水槽，並將其溫度設定為 40 °C，轉速 150 rpm。
2. 配基質 1 L，碳源為蔗糖，COD 濃度 20000 mg/L(相當於 17.8125 g / L)，其餘與 Endo 配方相同。
3. 將配好之 75 ml 基質與 75 ml 不同菌液（台中市黎明污水場終沉池污泥、台中市福田水資源回收中心沈池污泥、雲林台西海岸泥巴、台南關廟漁塭底泥）分別置入 4 個血清瓶內。
4. 以 Ar 氣通入血清瓶，將血清瓶內之氮氣、氧氣趕出血清瓶外，以達到厭氣之狀態。
5. 將厭氧後之血清瓶置入恆溫震盪水槽（如圖八）。
6. 把三向閥放入水槽內，並打開三向閥釋放瓶內壓力。
7. 將量筒內充滿水，並使其倒立，再將三向閥連接血清瓶之另一管路出口放入倒立之量筒內（如圖九、十）。
8. 每隔一段時間讀取量筒內之氣體體積，即為發酵所產生氣體之總體積；再由血清瓶上方取樣口抽取瓶內氣體，由氣相層析儀分析氣相之組成濃度（如圖十一、十二）。

(二) 搖晃震盪對不同污泥產氫之影響

1. 首先準備一個恒溫震盪水槽，並將其溫度設定為 40 °C，轉速為不震盪搖晃（0 rpm）。
2. 配基質 150 ml，碳源為蔗糖，COD 濃度 20000 mg/L(相當於 17.8125 g / L)，其餘與 Endo 配方相同。
3. 將配好之 75 ml 基質與 75 ml 不同菌液（台中市黎明污水場終沉池污泥、雲林台西海岸泥巴）分別置入 2 個血清瓶內。
4. 其餘步驟同（一）之 4~8。

(三) 不同溫度產氫實驗

1. 首先準備數個恒溫震盪水槽，並將其溫度設定為 25、30、35、40、45、50 °C，轉速 150 rpm。配基質 1 L，碳源為蔗糖，COD 濃度 20000 mg/L(相當於 17.8125 g / L)，其餘與 Endo 配方相同。
2. 將配好之 75 ml 基質與 75 ml 菌液（雲林台西海岸泥巴）置入各血清瓶內。
3. 其餘步驟同（一）之 4~8。

(四) 不同蔗糖濃度產氫實驗

1. 首先準備一個恒溫震盪水槽，並將其溫度設定為 40°C，轉速 150 rpm。
2. 配基質 1 L，碳源為蔗糖，配製 COD 濃度分別為 10000、20000、30000、40000 mg/L(蔗糖分別為 8.90625、17.8125、26.71875、35.625 g/L)，其餘與 Endo 配方相同。
3. 將配好之 75 ml 基質與 75 ml 菌液（雲林台西海岸泥巴）置入各血清瓶內。
4. 其餘步驟同（一）之 4~8。

(五) 不同基質碳源產氫實驗

我們想試著找出厭氧菌能分解哪些醣類產生氫氣，所以取蔗糖、果糖、葡萄糖、澱粉、黃豆粉為提供厭氧菌分解的醣類（碳源）。

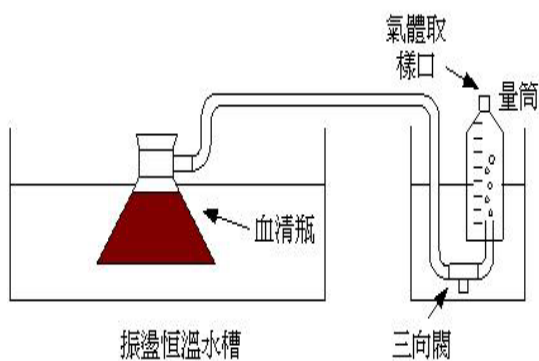
1. 首先準備一個恆溫震盪水槽，並將其溫度設定為 40°C，轉速 150 rpm。
2. 配基質 1 L，碳源分別為蔗糖、果糖、葡萄糖、澱粉、黃豆粉，COD 濃度為 20000 mg/L(相當於蔗糖 17.8125 g/L，果糖、葡萄糖 18.75 g/L，澱粉、黃豆粉 9.5 g/L)，其餘與 Endo 配方相同。
3. 將配好之 75 ml 基質與 75 ml 菌液（雲林台西海岸泥巴）置入各血清瓶內。
4. 其餘步驟同（一）之 4~8。



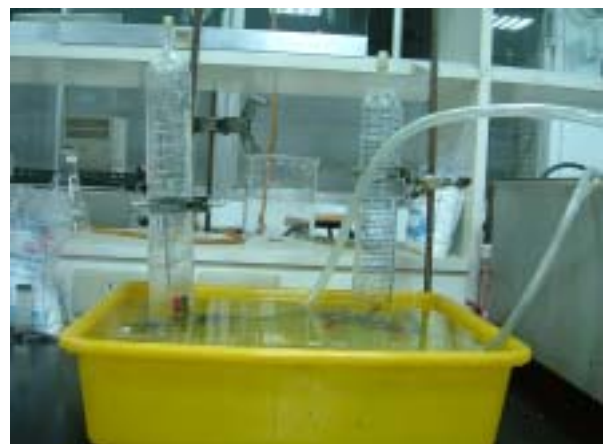
圖七、以 100°C 加熱污泥



圖八、恆溫震盪水槽



圖九、產氫實驗設計圖



圖十、產氫實驗裝置圖



圖十一、取樣瓶內氣體



圖十二、層析儀分析氣相之組成濃度

五、連續式細菌產氫發酵過程

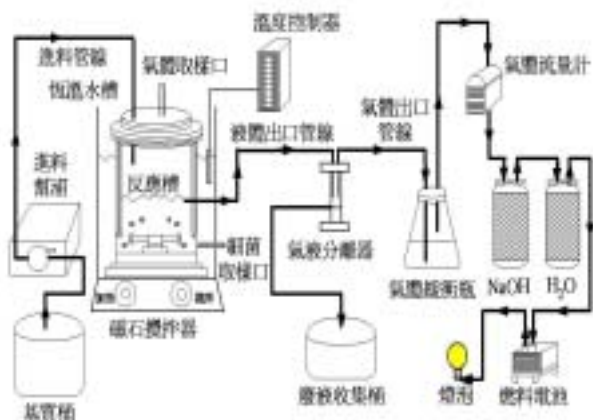
經過分別探討攪拌、溫度、濃度、不同醣類對厭氧菌產氫速率的影響後，我們找到了增加厭氧菌產氫速率的條件，我們試著增加反應的醣類和細菌的量，溫度、濃度控制在最佳條件，並且用循環進料幫浦定量增加細菌所需的基質，期望增加產氫量，能夠達到透過燃料電池使燈泡亮的目的。

在前面檢測氣體成分與產量的過程中，我們發現細菌分解醣類時產生的氣體，除了氫氣還有二氧化碳，但我們的目的是為了得到氫氣，所以將產生的氣體通入氫氧化鈉溶液，利用氫氧化鈉溶液吸收二氧化碳，增加氫氣的純度。

在採取連續式提供基質產氫的過程中，我們又發現細菌容易在基質流出反應槽的過程也會隨著流失，而導致細菌量不足。由查資料得知，可利用活性炭的吸附功能，減少細菌的流失，所以我們又加入了利用活性炭吸附細菌的步驟。同時我們又以不同的基質循環速率對細菌量及產氫量的影響探討。而因細菌分解醣類過程除了氣體產物，還會有一些酸性物質，當酸性物質過多 pH 值降到一定程度 ($\text{pH} < 5$) 可能影響細菌的正常生長，所以加入 pH 值測量。

六、以蔗糖為基質碳源連續式產氫實驗操作方法（如圖十三）

1. 配置 COD 濃度 30000 mg/L 之基質（蔗糖 26.71875 g/L），其餘與 Endo 配方相同。
2. 先將配好之 3 L 基質與 150 ml 活性炭細菌顆粒置入反應槽內，使其反應體積為 3L，並設定其培養溫度 40 °C、攪拌速率 150 rpm。
3. 以 Ar 氣沖提反應槽內以達厭氧狀態。
4. 培養細菌，直到開始產氣，確定槽內菌體有活性後即轉成連續式操作。
5. 由氣體流量計讀出發酵所產生的氣體。
6. 由反應器上方的取樣口可取得槽內氣體並由氣相層析儀分析其組成。
7. 由於連續式操作時須即時監測槽內菌量，並以 104°C 烘箱烘乾水分，測得菌體重。
8. 氫氣達大量時連接氫氣純化裝置（如圖十四），以 NaOH 吸附 CO₂，純氫氣連接燃料電池，觀察燈泡是否發亮。



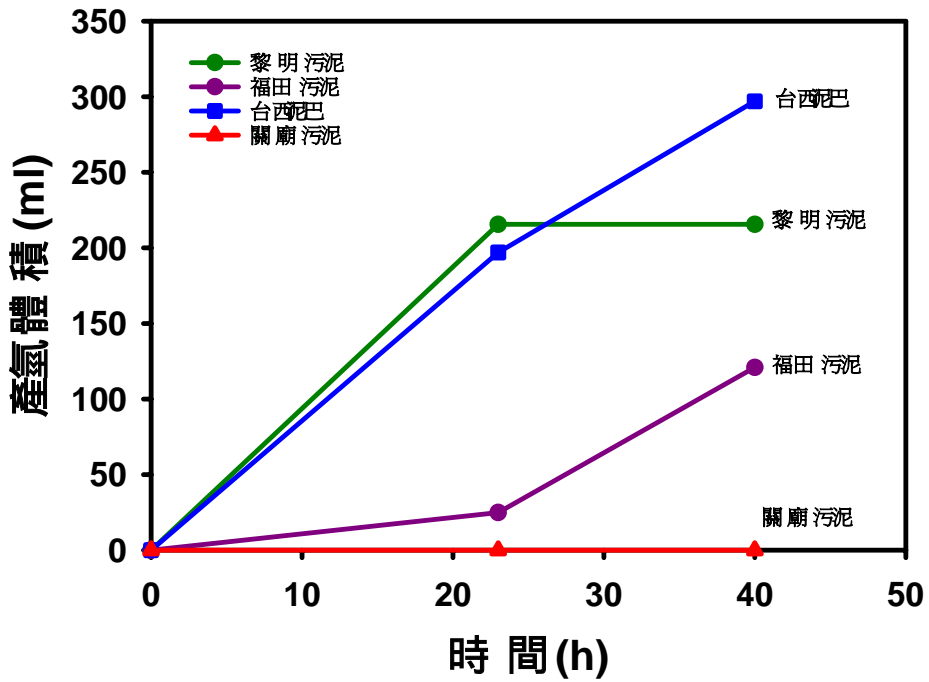
圖十三、連續式產氫反應器設計圖



圖十四、氫氣純化裝置（以 NaOH 吸附 CO₂）

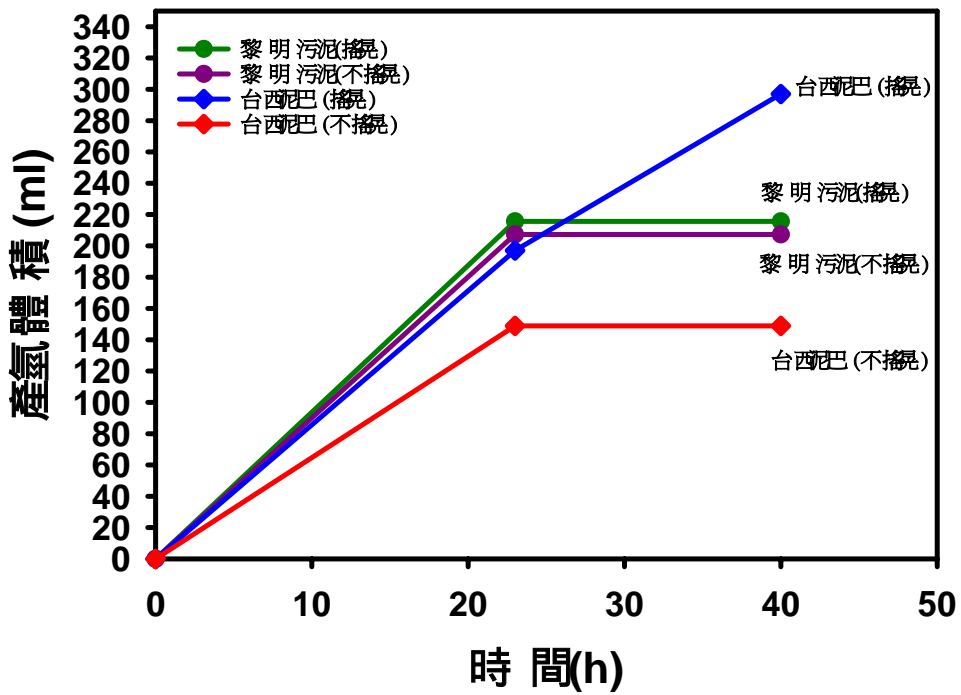
陸、研究結果

一、各操作策略產氫實驗



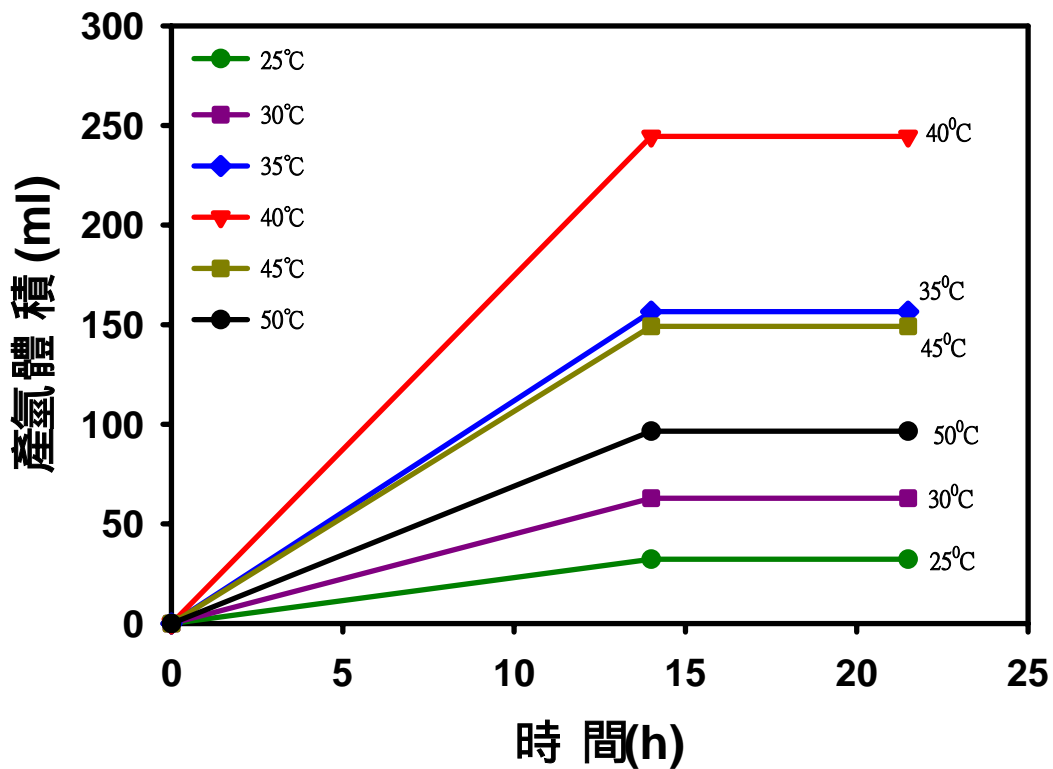
圖十五、不同污泥對產氫之影響（搖晃震盪）

（小結：台西泥巴產氫體積最佳）

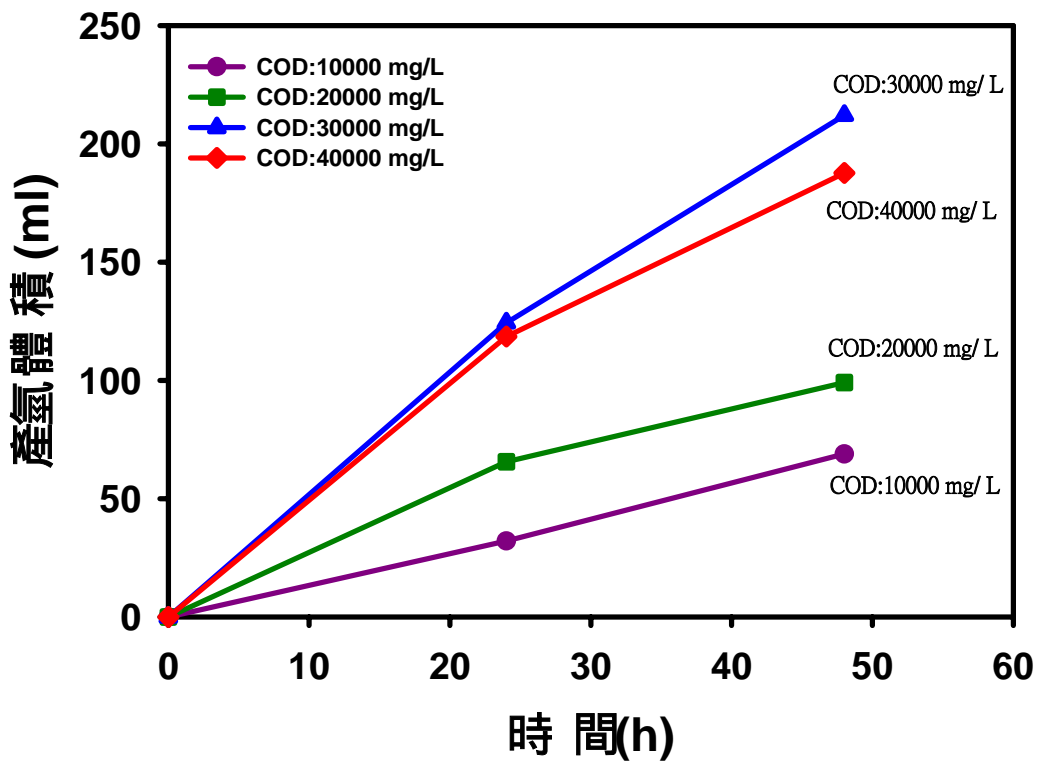


圖十六、搖晃震盪對不同污泥產氫之影響

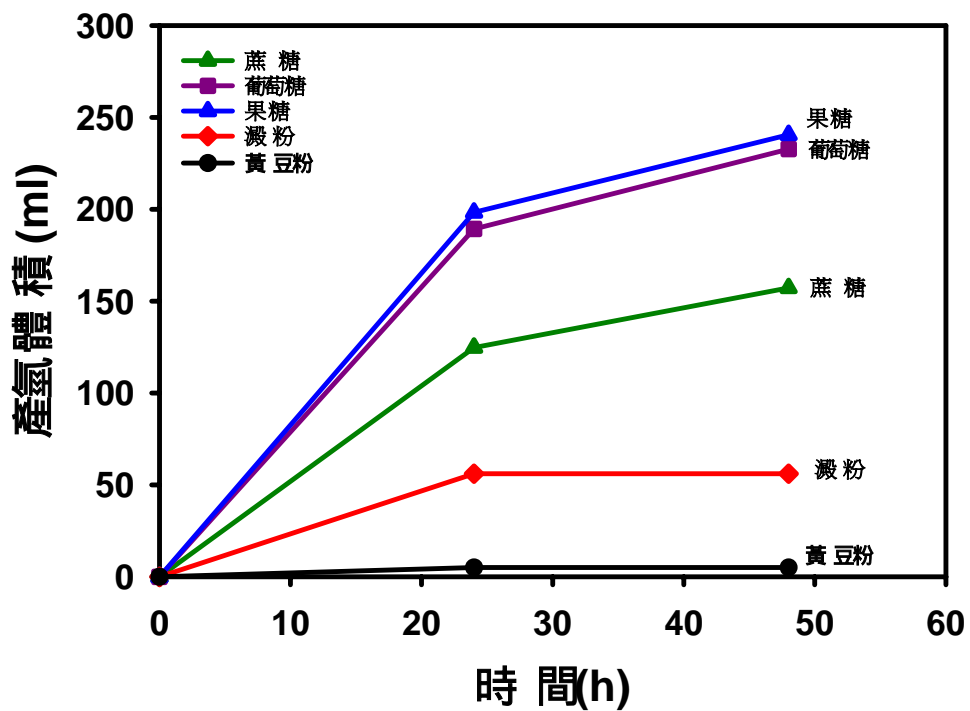
（小結：搖晃可增加產氫體積）



圖十七、以雲林台西泥巴對不同溫度產氫之影響
 (小結：40°C 產氫體積最佳)



圖十八、以雲林台西泥巴對不同蔗糖濃度產氫之影響
 (小結：碳源 COD 濃度以 30000 mg/L 產氫體積最佳)

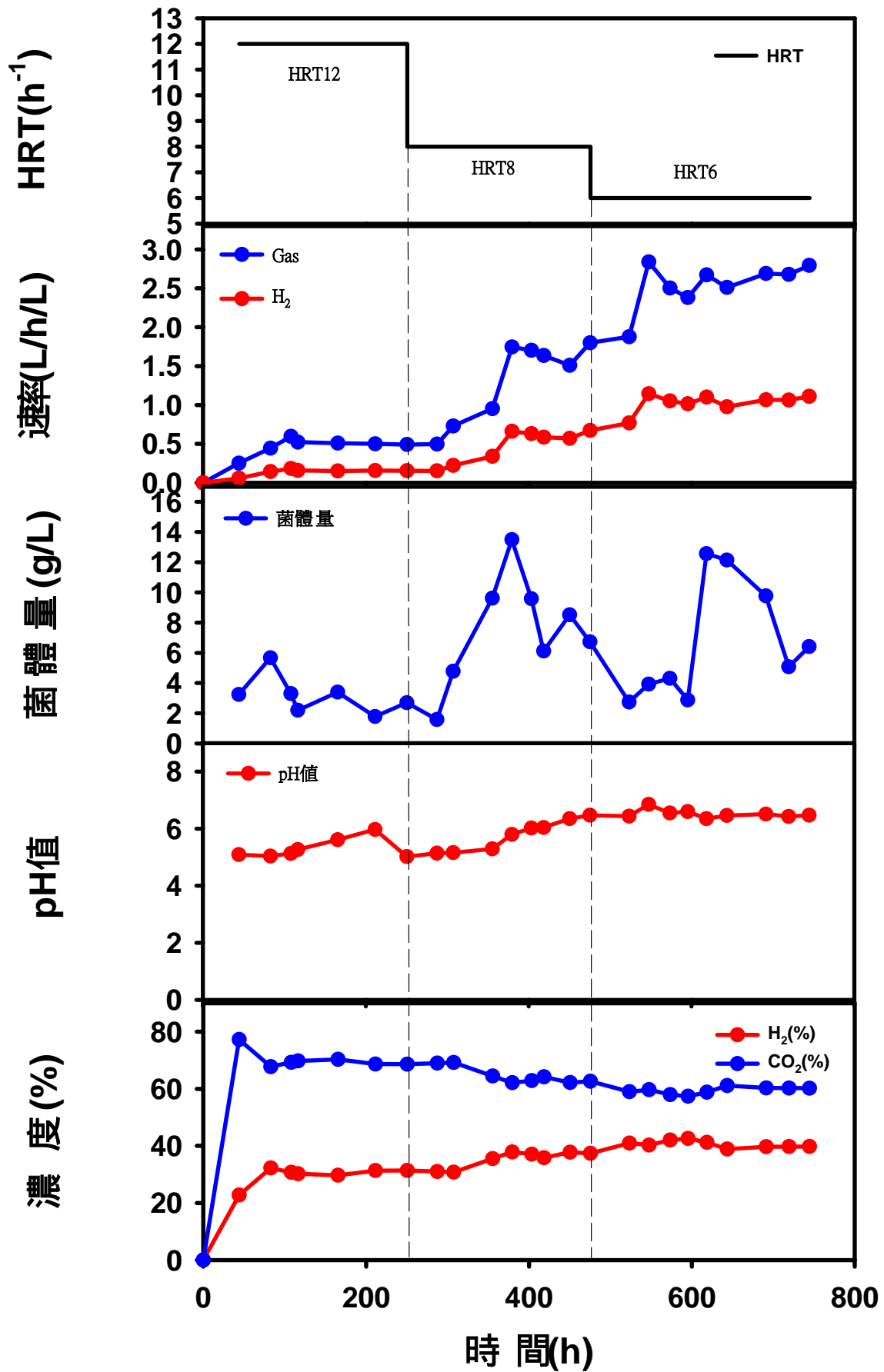


圖十九、以雲林台西泥巴對不同基質碳源產氫之影響
 (小結：基質碳源以果糖產氫體積最佳，但於經濟考量下，
 且家庭中蔗糖取得較易，因此將以市售蔗糖做為基質之碳源)

二、連續式醱酵產氫



圖二十、連續式產氫反應器裝置圖



圖二十一、以雲林台西海岸泥巴顆粒之連續式產氫實驗

柒、討論

一、產氫搖瓶實驗

(一) 不同污泥對產氫之影響

圖十五為以不同污泥產氫之影響的比較圖，在總產氫量方面可以發現最佳者為雲林台西海岸泥巴，較台中市黎明社區污水處理廠污泥多出 100ml H_2 ，推測產氫效果較佳可能性為泥巴處在海岸漲退潮之惡劣環境下，產氫菌生存不易，能生存下來的將是優勢產氫菌，此無意中發現可以顛覆傳統厭氧產氫菌只能在污水處理廠、或堆肥中找到，但此菌種到底為何屬產氫菌還須進一步鑑定。接下來一連串的批次實驗也將以雲林台西海岸泥巴作為實驗污泥。而其中關廟漁塭污泥沒有產生氫氣反而產甲烷氣，原因可能為污泥加熱時間太短，導致無法將甲烷菌去除而產生甲烷氣。

(二) 搖晃震盪對不同污泥產氫之影響

圖十六為搖晃震盪對不同污泥產氫之影響的比較圖，此實驗只取台中市黎明社區污水處理廠污泥、雲林台西海岸泥巴做探討（因為由圖十五中得知其兩者產氫效果較佳），圖中可發現不管是台中市黎明社區污水處理廠污泥或雲林台西海岸泥巴在不搖晃震盪下其總產氫量都有下降趨勢，尤其是雲林台西海岸泥巴更是減少約 150ml H_2 ，可判斷實驗進行時搖晃震盪將可增加其反應速率，因此未來將會以搖晃震盪進行實驗。

(三) 不同溫度對產氫之影響

圖十七為以 25°C、30°C、35°C、40°C、45°C 及 50°C 六個培養溫度對產氫之影響的比較圖，圖中在 14 小時後產氫體積維持持平，主要原因為基質已被細菌吃完而導致不產氫。在總產氫量方面，以 40°C 最佳、35°C 次之、25°C 最差，產氫量方面，35°C 和 45°C 差不多。因此可得知 40°C 將有助於產氫菌生長，未來研究方向，將使用 40°C 為其培養溫度。

(四) 不同蔗糖濃度對產氫之影響

圖十八為不同蔗糖濃度對產氫之影響的比較圖，由圖十八中可發現在碳源基質濃度過高 (COD 濃度為 40000 mg/L) 時，對產氫速率會有抑制的情形發生，由此可知，以蔗糖為基質碳源時，其較適當的 COD 濃度為 30000 mg/L。

(五) 不同基質碳源對產氫之影響

圖十九為不同基質碳源對產氫之影響的比較圖，由圖中可以看出總產氫量以果糖最佳，葡萄糖次之，再者為蔗糖。推測其原因為果糖與葡萄糖都為單糖較容易被微生物分解，而蔗糖為雙糖分解速率將會比單糖慢，因此總氫量會小於前兩者。但在以下的連續式產氫實驗中，基質的需求量大增，於經濟考量下，且家庭中蔗糖取得較易，因此將以市售蔗糖做為基質之碳源。值得一提的是本實驗菌株可分解較大分子的澱粉，產氫量約為 50 ml，如果此菌株經過長時間馴養後將會有不錯的產氫效果呈現。

二、以蔗糖為基質碳源連續式產氫實驗

(一) 雲林台西海岸泥巴之連續式實驗

根據上述批次產氫實驗結果，我們嘗試以雲林台西海岸泥巴為菌體，反應槽體積為 3L，並配置碳源 COD 濃度 30000 mg/L 的蔗糖基質，控制溫度為 40°C 下啓動，在長時間操作下，發現菌體大量流失，後來我們查資料找到利用活性炭吸附固定細胞的方法，並利用矽膠將細菌留於矽膠內的孔隙間，使細菌無法自由進出，而外界環境中的基質、反應物均可自由經由矽膠內部的細孔而自由進出，這樣菌體就不容易流失了。

(二) 雲林台西海岸泥巴活性炭顆粒製作

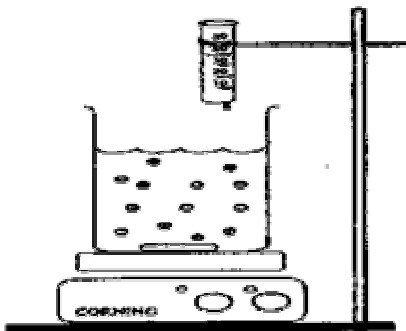
1. 首先我們先將雲林台西海岸泥巴菌體投入活性炭粉末，讓活性炭吸附菌體。
2. 將吸附菌體的活性炭過濾，把過濾之澄清液丟棄，而過濾後的濕活性炭濾餅以 104°C 烘箱烘乾（如圖二十二），再將烘乾的活性炭濾餅以細網磨成粉末狀（如圖二十三）。
3. 將已吸附菌體的活性炭粉末、糖粉、細沙、中性透明矽膠混合，加入針筒內，再以針筒拉出長條狀活性炭條（如圖二十四）。
4. 長條活性炭經曬乾後（如圖二十五），切成顆粒狀（如圖二十六），再把活性炭顆粒以 100°C 加熱，把甲烷菌去除（如圖二十七）。
5. 把活性炭顆粒加入裝有基質的量瓶中於 40°C 下培養，目的為激起活性炭顆粒內的細菌活性。
6. 把培養後的雲林台西泥巴活性炭顆粒投入反應槽內進行連續式產氫實驗。



圖二十二、烘乾後的活性炭濾餅



圖二十三、活性炭濾餅磨成粉末



圖二十四、製作活性炭顆粒



圖二十五、長條活性炭曬乾



圖二十六、活性炭顆粒大小



圖二十七、活性炭顆粒 100°C 加熱

(三) 雲林台西海岸泥巴顆粒之連續式實驗 (如圖二十)

圖二十一為描述連續式氫氣發酵過程中水力滯留時間 (HRT)、氣體產物、菌體量、pH 值及氣體濃度 (%) 隨時間之變化情形關係。圖中所示，在 HRT=12 (其意義為反應槽內的基質每 12 小時可以置換 3 公升的反應體積，同理 HRT=6 的意義為反應槽內的基質每 6 小時可以置換 3 公升的反應體積，所以 HRT 值愈小代表基質流動速率愈快) 進行操作時，其產氫速率約維持在 0.163 L/h/L 左右，而菌體濃度約在 2~4 g/L 之間。至於產氫在總產氣量之比率，則保持在 30~32% 之間，pH 值則大約在 5.8 左右，而監測 pH 的主要意義為讓我們知道當時槽內細菌的酸鹼度，因為如槽內細菌太酸 (低於 5.0 以下) 將會影響產氫效果。

當降低 HRT 時，其總產氣量顯著上升，且由於產氫之比例也有增加 (H_2 約佔 35 ~ 40%)，因此產氫量亦隨之提升。在 HRT=6 時 (反應槽內的基質每 6 小時可以置換 3 公升的反應體積)，產氣量有大幅上升的趨勢，每公升的反應器產氫速率平均可達 1.11 L/h 左右 (見表二)，相當於每天每公升反應器可產生 26.64 公升的氫氣。在圖中菌體濃度有大幅落差原因為 HRT 的調降至使部分菌體流失，但是雲林台西海岸泥沙顆粒又可在短時間內重新長出細菌，故不會使整個反應槽細菌流失，都維持在 pH=6.3 左右，菌體濃度約在 4~12 g/L 之間。

經過長時間的實驗後，發現經由活性炭顆粒的製作，將可避免基質在快流速下造成菌體流失，而本研究沒有往更快的基質流速實驗，主要為本反應器為 3L，如長時間在快流速下操作，將要定時配製大量基質，屆時將會影響學生生活作息，因此只操作到 HRT6，如果往下操作想必將會有不錯的產氫效果。而在大量產生氫氣的同時，我們便連接氫氣純化裝置、燃料電池，由三用電表可讀出電壓最大可達 6.5 V，最後可使 1.5 V 燈泡發亮 (如圖二十八、圖二十九)。

表二、雲林台西海岸泥巴顆粒以蔗糖為碳源連續式產氫比較表

HRT	HRT12	HRT8	HRT6
平均產氣速率(L/h/L)	0.523	1.61	2.61
平均產氫速率(L/h/L)	0.163	0.597	1.11
產氫濃度 (%)	30~32%	31~35%	35~40%

三、連續式醱酵產氫連接燃料電池發電情形



圖二十八、燈泡通電前



圖二十九、通電後燈泡發亮

捌、結論

- 一、本實驗以厭氧菌醱酵使醣類產生氫氣進行研究，最終找到最佳產氫操作策略（以雲林台西海岸泥巴為污泥，並於溫度 40°C 下搖晃震盪，加入蔗糖為基質碳源 COD 濃度 30000 mg/L），對於產氫速率而言，可提高到約 1.11 L/h/L，相當於每日每公升反應器可產生氫氣 26.64 L。
- 二、於反應槽內加入活性炭顆粒以保留菌體量，有利於更快流速下得到更高的產氫速率。
- 三、本研究已成功於台西海岸泥巴找出本土優勢產氫菌，產氫能力較一般污水處理廠污泥好，為本實驗一大發現。
- 四、本連續式反應槽結合燃料電池後已成功讓燈泡發亮，讓看似不起眼的廢棄污泥產氫氣，最後能成爲一種潔淨環保再生的未來能源。
- 五、希望本研究將其進一步的應用在食場廢水處理上，使它成爲一座真正的『細菌電力公司』。最後，也期望本研究成果氫氣可以應用到汽車燃料電池設計上（附錄二、三）。這樣，乾淨的再生能源將會被大量運用，使地球永續發展！

玖、參考資料及其他

- 一、國中自然與生活科技課本（民93）。台北縣：康軒文教，第五冊，7-1。
- 二、邵信（民86）。產氫處理新方向－產氫技術。廢水處理技術研討會，工研院。
- 三、陳國誠（民89）。生物固定化技術與產業應用。台北市：茂昌。
- 四、張嘉修、李國興、林屏杰、吳石乙、林秋裕（民91）。以環境生物技術生產清潔能源－氫氣。化工，49，6，85-104。

致謝

本實驗得以完成感謝逢甲大學化工系吳石乙老師實驗室提供儀器協助。

燃料電池車里程過萬



燃料電池遊覽車自 2004 年 7 月下線至今，六個月內行駛里程已經突破 10000 公里。燃料電池車裏程過萬 無限聯想盡在新動力
新浪汽車訊上海神力科技有限公司研制的燃料電池遊覽車的行駛裏程已過突破一萬公里，成為中國目前行駛裏程最長的燃料電池車輛。

戴姆勒-克萊斯勒公司是世界領先的燃料電池汽車製造商，目前共有 33 輛戴-克的燃料電池大巴參加歐洲的 CUTE、ECTOS 和 STEP 等示範項目。截至 2004 年 11 月，33 輛燃料電池大巴的總行駛裏程和總行駛時間已分別達到 42 萬公里和 33000 小時，平均裏程為 1.27 萬公里和 1000 小時。

上海神力科技制造的燃料電池遊覽車自 2004 年 7 月下線至今，六個月內行駛里程已經突破 10000 公里，行駛時間超過 1000 小時，且性能十分穩定，還可長時間運行。10000 公里、1000 小時的數據與國外領先水平相比也不遑多讓，在國內更是處於領先地位。其更深層的意義在於，說明我國依靠自己力量研制的燃料電池發動機已經具有實用的價值，燃料電池汽車走出實驗室，正式上路服務大眾已不再是遙不可及的夢想。燃料電池發動機的壽命一直是制約燃料電池汽車實用性的一大難點，如今隨著技術的不斷成熟，使用壽命大幅提高，已具備了和傳統內燃機動力汽車競爭的實力，氫能經濟正在向我們悄然走來。

可以預見，在不久的將來，隨著燃料電池技術的日益成熟，道路上必然會有越來越多這種潔淨的燃料電池汽車在行駛，經濟發展與環境保護將不再是一個兩難的命題。

圖三十一、上海神力科技製造的燃料電池遊覽車



圖三十二、歐美各國極力開發氫動力車

