

問題導向式實務專題「化學動力車」 之製作探討

黃震東

摘要

本研究旨在探討技職體系學生以合作學習的方式，就實務性專題「化學動力車」的製作過程中，創造力及創意設計的能力與解決問題的過程及能力，本研究以問題導向的方式做資料的分析與收集，並使用真實的實作評量中的軼事記錄、教師所做的觀察筆記、實驗記錄、口頭報告、及成果作品來瞭解同學們的創造力、創意設計的能力、及解決問題的過程及能力，同學們在共同學習中，製造出自行設計的化學動力車，並解決了車身本體、傳動系統、化學動力、及在載重時達到指定的距離後停止等問題，充分顯現出具實務性的專題製作題目，可使同學們以合作學習的方式學習到更多，並為往後解決其它實務性問題的能力奠定了基礎。

關鍵詞：化學動力車、問題解決、真實的實作評量、專題製作。

A Problem-Solving Approach in Practical Topic Research The Design of A [Chemical-Energy-Car]

Chen-Tung Huang

Abstract

The purpose of this study was to understand the creativity、creative design、and the process and ability of problem-solving in the process of manufacturing a 「Chemical Energy Car」 as a practical topic research. A problem-solving approach method was used in data collection and analysis, and anecdote records、observation records by teacher、experimental records、oral report、and result of the works of the authentic performance evaluation was used to understand creativity、creative design、and problem-solving process and ability of students. They designed a special chemical energy car by themselves with cooperative learning, and they also solved problems of the car body、transmission system、chemical energy、and stopping in the setting distance with loading. Obviously, the practical subject in the course of topic research can make students learn more with cooperative learning, and help them to solve the practical problem which they will meet in the future.

Keywords: Chemical Energy Car、problem-solving、authentic performance evaluation、topic research.

壹、緒論

一、研究背景與目的

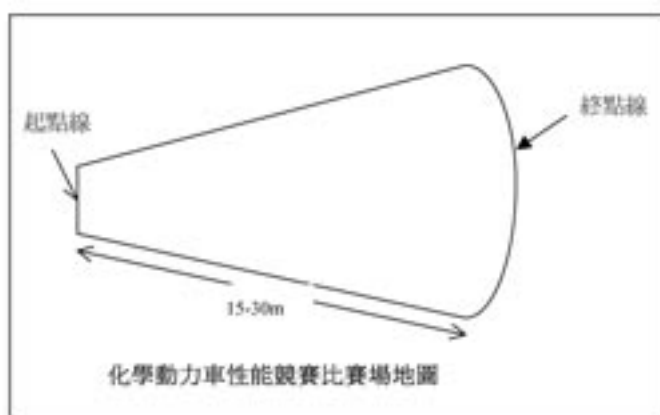
中國化學工程學會於2002年舉辦第一屆全國化學動力車比賽，由於研究者帶領了一組專題學生參加了第一屆化學動力車比賽，因此覺得這一類實務性的專題製作很有教學的意義，而學生們也覺得收穫良多，然而學生在專題製作時的創造力、創意設計、及解決問題的過程與能力是很值得去探討的，因此研究者希望藉著此實務性專題來探討技術學院學生以合作學習的方式進行專題製作過程中的創造力、創意設計的能力、及解決問題的過程與能力。

化學動力車比賽的目的，為設計及組裝一輛以化學能為動力之小車子，能載重和行進，並且停止於規定距離內。

競賽前必須描述動力來源、特點、車重、環保及安全考量，不符安全者禁止性能比賽。在性能競賽前1小時宣佈加重及距離，距離範圍為15、20、25、及30m，重量範圍為100、200、300、400、及500g。比賽場地為扇形區域（如下圖所示）起跑時車前端接觸起點線，停在最靠近終點線者勝利（以車最前端為準），超出扇形區域時不予計分。

性能競賽時注意事項：

1. 推動力必須為化學反應產生，不得使用商用電池。
2. 必須為自動車，且無遙控系統。
3. 不得使用機械力於輪子或地面使車子停止或減速。



4. 不得使用機械或電子計時器來停止化學反應。
5. 車子所有組件拆卸後必須能同時置入一個32*20*12cm的箱子（鞋盒）內。
6. 車子必須裝有500ml不漏水箱一個，但不含在第5點的箱子體積內。
7. 車價和化學品合計總價在新台幣15000元以下。
8. 化學品的運送、棄置及廢棄物處理，由參賽學生負責處理，但必須符合工安規定，違者禁賽。
9. 該化學動力車必須能在室內安全操作（第一屆化工e車創意設計及競賽第二次領隊裁判會議記錄，2002）。

本研究之目的如下：

1. 探討合作學習對於專題製作創造力及創意設計能力的影響。
2. 瞭解技職體系化學工程系學生解決問題之過程及能力。
3. 以真實的實作評量來瞭解學生以合作學習方式來進行專題製作的過程。

二、待答問題

1. 化學動力車車身本體之選擇及組合?
2. 化學動力車傳動系統之選擇及組合?

3. 化學動力車化學動力的選擇?
4. 化學動力車如何得到足夠的動力?
5. 化學動力車如何使其可載重且能達到指定的距離?

貳、文獻探討

一、專題製作题目的選擇及作業方式

由於專題製作的性質係屬於整合性的課程內涵，主要是提供學生在諸多相關專業課程理論與實務技術學習之後，可藉此課程進行組織、統整、應用、創新、及研發能力的學習（蕭錫錡等，1997）。技職學校教育應多充實學生實做經驗，重視專題製作教學，加強學生創造思考和問題解決能力的訓練，增進專業科目教師教學能力，改善教學環境，以提升專題製作教學品質，確實達成技職教育目標（李基常和王繼正，1998）。

專題製作的教學目標乃在於融合基礎理論、製作、實驗與檢驗測試等過程，以培養學生思考、創造與製作的的能力，此課程也提供了讓學生與指導老師結合理論與實務、專業知識與技術交流的創作空間。此種跨科目的教學活動是沒有界線的，而且最終的結果是另人興

奮的，不論是學生或老師，都將不會忘記此種結合不同科目與科技創造經驗的學習過程（阮枝賢，1993）。

郭柏立及鄒國益（1997）認為專題製作課程的教學目標，在於以學術理論為基礎，經由製造、實驗、及測試等過程，了解產品開發設計與製造流程，並培養學生學以致用與獨立創作的的能力。而專題製作需涵蓋多項專業知能方能達成，因此，該課程大多是以團隊的方式、集合數人的智慧共同完成，有別於傳統個別學習的方式（蕭錫錡等，2000）。

專題製作課程，即是培養學生整合所學的理论基礎和技能，發揮想像力與創造力，實際應用在工業產品之設計與製作課程，學生可藉由專題製作課程學到解決問題的能力、團隊合作、人際關係、及技能（Hsiao，1997）。基於以上文獻的探討，專題製作題目的選擇以實務性問題的解決為佳，而以幾位同學組成專題小組的方式較能達成專題製作的教學目標。

二、問題解決的探討

由於此類實務性的專題製作，學生在學習過程中必須解決很多實務性的問題，因此問題的解決過程及結果也是十分重要的，而創造性問題解決的教學模式係由帕恩斯（Parnes）發展出來的，是以系統的方法來研討問題，他將問題解決過程分為五個步驟：發現事實→發現問題→尋求主意→尋求解決方法→尋求接受（毛連塏，1987）。

而教學活動的設計應以「解決問題」的策略為中心，探討生活環境中的科技與科技所衍生的問題，循確認問題，尋求解決方案，選擇最佳方案，實施方案和評鑑方案的程序進行教學活動（台灣師大工藝教育系，1993）。將化學知識應用至解決問題的情境，學生在思考、解題的過程中，可能會遭遇許多難題及困境，他們必須設法自行發展出適當的策略來解決問題，此外堅持及毅力也是必須的（洪志明和蔡曉信，2001）。

在美國新澤西州教育廳開發給中學使用的解決問題教學策略之程序是：（1）定義問題，（2）搜尋文獻，（3）發展解決方案，（4）建立模式，（5）評估效能（Graey，1992）。

黃炯（1999）認為培養解決問題的能力，已成為在今日社會中求生存的基本能力之一，而透過培養解決問題能力的教學活動，學生得以熟悉解決問題的程序與方法，如何善用新的資源來解決問題，學生去尋找解決的方式，老師所扮演的角色主要是支援與引導，希望培養學生有下列的態度：

- 系統化的思考方式
- 循序漸進的做事方法
- 樂觀進取的態度
- 腦力激盪與團隊合作
- 邏輯思考與創造靈感並用

而多元智能理論除了強調從多種角度來辨識個人能力之外，更主張「智力必須經由發現與解決問題的過程來獲得驗證」，當面臨問題時，個人能運用其不同的智能，在解決問題的過程中，展現其創造力、批判性思考，即完成工作的責任心，以得到有效的答案（Reid & Romanoff, 1997）。

在面對此第三波教改的課程改革，「解決問題」也成為學生必須具備的基本能力之一（歐用生和楊慧文，1999）。許多教育先進國家對教學評量的改革非常

重視，例如，他們在課程標準中，以顯著的版面，強調教學評量的重要性，而教學評量是教育改革成敗的關鍵，若教學評量不改，則其它的教育改革措施都將白費力氣（鄭富森，2001）。因此藉著實務性的評量能夠清楚的瞭解學生解決問題的過程與能力。

三、真實及實作評量的探討

在進行問題解決的教學後，教師們最想知道的不外乎是教學成效如何，而能測得學生的問題解決能力的評量以實作評量為最理想。而實作與真確(實)評量有頗多共通之處，有時，甚至很難將它們區分開來。也有學者會以真實的實作評量（authentic performance assessment）稱之（張惠博和黃文吟，2000）。

林素微（2000）界定實作評量為：「著重於將所學所知表現在具體的成果及應用過程」。實作評量是由一個情境，要求學生實際參與操作，然後以個別或分組方式進行問題解決或完成具體作品，其中教師在針對學生實作的過程與結果，以一種客觀的評量方式來進行評

量，因此，實作的種類可能是一份書面報告、一篇作文、進行一場演說或實驗（林志忠，2000）。

實施實作評量的好處在於（1）不僅考學生「所知」多少，而且也考量學生是否能「應用」所知，（2）能有效地考量學生思考分析、研究、及判斷等高層次能力，（3）能對學生思考過程與學習方式作深入考量，尋求學生學習差異的癥結，供改進教學之用，（4）由於出題多與實際生活有關，使學生更能體會學習之重要性與實用性（彭森明，1996）。桂怡芬（1996）認為實作評量是「以學生在評量過程中的表現或成果作為評量的依據，再根據教師的判斷，用事先指定的標準來評定等級的評量方式。」

實作評量強調提供真實世界當中的真實性作業，且能嵌入學校的課程，學生必須整合其所學來完成這些功課，實作評量的方式較為動態靈活，教師可以在評量與教學活動進行的過程當中，以學生完成指定工作為目的，視學生所需支持的多寡程度，適度給予輔導（單文經，1998）。

實作評量最好是能評量教學中重要

的技能和概念，評量設計者可以過程為觀察標的，也可以結果為標的，亦可同時以二者為觀察標的，在科學競試上，結果較過程更適合作為觀察標的（鄒慧英，1998）。張振成（1997）認為實作評量會使學生對學習工作比較積極與主動，而學習的興趣與熱誠會相對提高，同時也會養成學生自治、自律與自學的精神。

傳統的教學評量多以紙筆測驗為重心，所得評鑑結果，只是記錄學生某個時期的學習成果，往往忽略整個學習的過程，對個別差異的學生，根本無法落實適性化、個別化、及多元化的精神（郭騏睿，2001）。而實作評量能夠確實記載學生完成功課後解決問題的詳細步驟，並且掌握其推理運作的進展（Garcia & Pearson，1994）。

就另類評量中，實作評量與真實評量常被視為等同，而一般學者主張實作評量即是真實評量，因為從實作評量強調一種真實情境的角度而言，的確實作評量與真實評量間有很大的類似性。然具體分析，兩者應該還有些微差距，首先實作評量是一種強調歷程與結果兼具

的評量，而真實評量則主要是強調一種真實情境的評量。真實評量對真實的情境有著更多的要求，而實作評量則容許模擬日常生活情境。以理化課之實驗評量及到校園實際觀察評量兩個例子，前者只可稱為實作評量，而後者才足以稱為真實評量（林志忠，2000）。

真實評量的目的在針對學生在某一個學科領域當中，如何面對、處理，與完成「真實生活」中的功課，蒐集各項證據。這些活動包含的範圍相當的廣，如：軼事記錄、教師所做的觀察筆記、教師-學生會商、學生作品集錦等。就自然科學而言，則包括了實驗報告、科學週記或箭記、專題研究報告、以及口頭報告等等（Calfée & Hiebert, 1991）。單文經（1998）認為真實評量可能具有的最大優點，即是教師能用來詳實記載與學生的學習有關的重要資訊。舉凡學生學習前的經驗態度、學習的過程、學習的困難、及學習的成果等等，都可以真實評量的記錄來加以瞭解。

真實性評量要求學生表現從脈絡中學得，且與實際生活經驗相符合的工作。表現形式多樣，時間常持續一學年

且與教學過程密切相關，其並非只有唯一的正確答案，其形式要求教師與學生共同改進學生的工作品質。制式的評量常是以認憶為主，而真實性評量是以實作表現來證明學生瞭解學習內容（Maurer, 1996）。

真實評量的技術著重「非正式」（informal）的評量方式，例如：純粹觀察法、參與觀察法、軼事記錄法、日記式記錄法、訪談法、採樣記錄法、時間取樣法、事件取樣法、檢核表、拍照法、錄音法、錄影法…等（Muir & Wells, 1983）。

教學評量是教學後根據教學目標對學生學習結果所做的綜合評價歷程（張春興，1994）。綜合以上所述，以真實的實作評量來探討學生解決問題的過程與能力是十分恰當的。

參、研究方法

一、樣本：本研究以修平技術學院化學工程系二年制技術學院一年級同學一名，及五專五年級同學三名（皆已認識二年的同學）共四名組成專題製作小組。

二、研究工具：以真實的實作評量中的軼事記錄、教師所做的觀察筆記、實驗記錄、口頭報告、及成果作品來瞭解同學的創造力、創意設計的能力、解決問題的能力、及「化學動力車」的製作情形。

肆、資料收集與分析

同學們以發現的五個問題為導向，進行資料的收集與分析。

問題一：化學動力車車身本體之選擇及組合

車身本體之選擇共有三種選擇方案：

方案一：取市面上販售的小型遙控車的車身本體。

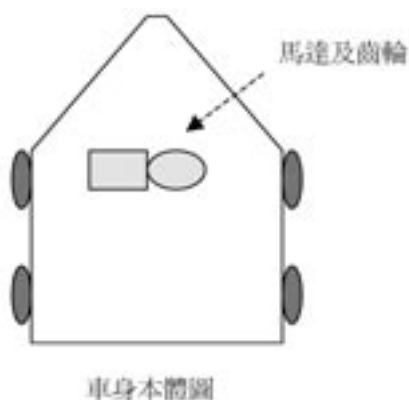
方案二：自行購買車身材料（木板或塑膠）及輪子組合成車身本體。

方案三：由廢棄物中選取車身材料及輪子組合成車身本體。

同學們討論後認為，既然是要做一台「化學動力車」，如果以現有小型遙控車的車身就缺少了自行製作的目的，而如果自行去購買車身材料及輪子組合成車身，對於成本上必須考量，於是決定

採取最具創意及回收概念的方案三，由廢棄物中選取車身材料及輪子，最後由廢棄物中找到了一塊木板及輪子，將此木板切成車身的長方形形狀後裝上輪子，即為一完整的車身本體（如下圖）

然而車身本體的重量約900克，為市面上現有小型遙控車車身重量的2至3倍，所以可能影響到車子的行走速率及化學動力的選擇，由於車身材料都來自於廢棄物，所以節省了成本的支出。



而車身與輪子的組合，因為牽涉到機械系統的問題，而化學工程系的同學對於機械系統不是十分熟悉，有一位專題同學的家長是從事於機械工作，於是在此位家長的指導及協助下將車身與輪子組合完成，但是在最後行走測試時發現前輪與後輪的水平度有些許差異，造

成車子行走時會有稍微偏右的情形，但是對比賽的影響不大，由於發現此狀況時，已經很接近比賽的時間，因此沒有做調整。

問題二：化學動力車傳動系統之選擇及組合

傳動系統包括馬達及傳動齒輪（或傳動皮帶）也有三種選擇方案：

方案一：取市面上販售的小型遙控車的傳動系統。

方案二：自行購買馬達及傳動齒輪（或傳動皮帶）組合為傳動系統。

方案三：由廢棄物中選取馬達及傳動齒輪（或傳動皮帶）組合為傳動系統。

同學們認為，既然車身本體由廢棄物中得到，因此決定先採取方案三，由廢棄物中選取馬達及傳動裝置，經過了一段時間的尋找，找到了馬達及傳動皮帶，然而在化學動力車測試行走的時候，發現傳動皮帶的拉動力量不足，如果路面有稍微的小斜坡或微小的障礙（例如：一隻羽毛）時，車子就會停止行走，於是至材料行購買傳動齒輪取代傳動皮帶，由於傳動齒輪的拉動力量較

強，車子行走的十分順利，不會因小斜坡或小障礙而停止，所以化學動力車的傳動系統是由廢棄物中選取馬達及購買傳動齒輪所組成，為方案二及方案三的組合。

問題三：化學動力車化學動力的選擇
同學經資料查詢及討論後得到下列三種選擇方案：

方案一：以化學反應產生反作用力。

方案二：以較常用的鋅-銅電池為化學動力。

方案三：以電壓較大的鎂-銅電池為化學動力。

由於本專題組所製作出的化學動力車重量（車身本體+傳動系統）為1012克，重量較重，如果以方案一的化學反應產生的反作用力，其推力可能無法推動車子行走三十公尺，如果要使車子行走三十公尺，則需要很多的化學試劑；如果以方案二的鋅-銅電池為化學動力，一個鋅-銅電池的理論電壓為1.10伏特（田福助，1989），則有電壓不夠的可能，因此必須串聯多個小鋅-銅電池，所以先選取方案三的鎂-銅電池為化學動力，一個鎂-銅電池的理論電壓為2.70伏

特（田福助，1989），因為電壓高所以串聯的電池也較少，也才可能在車上再放入一個載重杯（裝指定重量的水）。

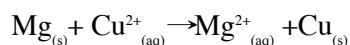
經過實際測試，本專題組製作的一個鎂-銅電池的實際電壓為1.80伏特，但反應時電壓不是十分的穩定，可能是因為玻璃紙的半透性不良所造成的，然而推動車子的行走並無問題。

電池陰陽極反應式如下：

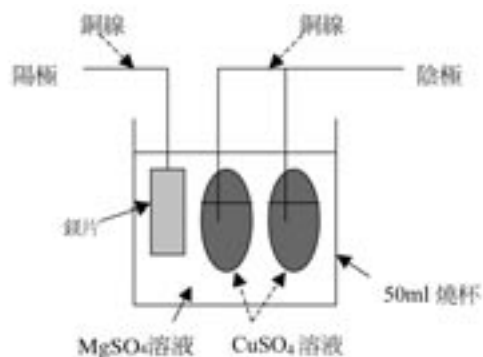
陽極半反應為： $\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+}$ （電解液為 $1\text{M}\text{MgSO}_4$ ）

陰極半反應為： $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}$ （電解液為 $1\text{M}\text{CuSO}_4$ ）

電池的總反應方程式：



一般電池結構陽極半反應與陰極半反應是以鹽橋連接，如果以鹽橋連接時一個電池所占體積很大，因此如何縮小一個電池的體積是很重要的問題，經查詢資料後發現，以玻璃紙（半透膜）替代鹽橋後可使一個電池體積減小至一個50毫升燒杯，燒杯內並聯二個鎂-銅電池的圖形如下：

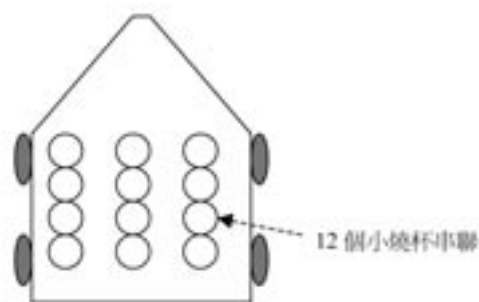


問題四：化學動力車如何得到足夠的動力

由於單一鎂-銅電池（燒杯內只有一個 CuSO_4 溶液包）的實際電壓為1.80伏特，所以無法推動化學動力車，於是串聯三個、六個、至九個鎂-銅電池，但仍然無法推動化學動力車，將車子拿起來觀察後發現馬達及齒輪在轉動，但是車子放下後就無法前進，直至串聯十二個鎂-銅電池時化學動力車才很緩慢的前進，前進速度為每分鐘1公尺，測量其實際操作電壓約4伏特。

於是在一個50毫升小燒杯內並聯兩個鎂-銅電池（如上圖），並將十二個燒杯串聯時，化學動力車即可稍微快速的前進，前進速率為每分鐘3至5公尺（不同場地時，如磨石子地板、PU地板、及

木質地板的速率不同)，測量其實際操作電壓約8伏特，而十二個小燒杯置於車身木板上，其排列方式如下圖所示：



十二個鎂-銅電池的理論電壓有32.40 (12×2.70) 伏特的電壓，然而經過化學動力車的實際操作電壓只有約8伏特，為理論電壓的四分之一。由於車子的實際操作電壓約8伏特時，車子才能順利行走，所以車子的化學動力為「串聯12個小燒杯，每個小燒杯並聯兩個鎂-銅

電池，電解液為 $MgSO_4$ 及 $CuSO_4$ 」。

問題五：化學動力車如何使其可載重且能達到指定的距離

同學討論後，決定先以不載重的情況下，串聯12個小燒杯，每個小燒杯並聯兩個鎂-銅電池，測量車子是否可行駛至指定的距離（測試場地為磨石子地板），有下列三種方案：

方案一：由電解液（ $CuSO_4$ 及 $MgSO_4$ ）的濃度控制行走的距離。

方案二：由電解液 $MgSO_4$ 量的多少控制行走的距離。

方案三：以化學斷電系統控制行走的距離。

首先進行方案一的測試得到電解液濃度與實際操作電壓（前進5公尺內測得的電壓）的關係如表一所示：

表一、電解液濃度與實際操作電壓的關係

實驗狀況	1	2	3	4	5
$MgSO_4$ 濃度	1.0M	0.8M	0.5M	1.0M	0.5M
$CuSO_4$ 濃度	1.0M	0.8M	0.5M	0.5M	1.0M
操作電壓(伏特)	8.43	6.39	4.14	8.42	6.42

由濃度與實際操作電壓的實驗中發現，只有實驗狀況1時（電解液 MgSO_4 及 CuSO_4 濃度均為1.0M，每個小燒杯並聯兩個鎂-銅電池，串聯12個小燒杯）車子才能順利行走，在實驗狀況4時，車子剛開始前進的速率與實驗狀況1時相同，但在行走5公尺後，車子的前進速率明顯變慢。

而其它實驗狀況時，車子行走均十分緩慢（實際操作電壓太低），由於電解液濃度較低時的電壓不足，因此不考慮以電解液的濃度控制行走的距離，所以化學電池內的電解液 MgSO_4 及 CuSO_4 的濃度皆為1.0M。

接著進行方案二的測試得到電解液 MgSO_4 用量與行走距離的關係(如表二所示)。

由於 CuSO_4 的用量只有5.0ml，用量少較難控制，所以固定 CuSO_4 的用量，而以 MgSO_4 的用量來控制行走距離，如果 MgSO_4 的用量低於10.0 ml時，因為用量太少電池有時無法順利運作，而 MgSO_4 的用量高於40.0 ml時，則電解液會溢出燒杯外，因此電解液 MgSO_4 的用量必須控制在10.0ml至40.0ml之間。

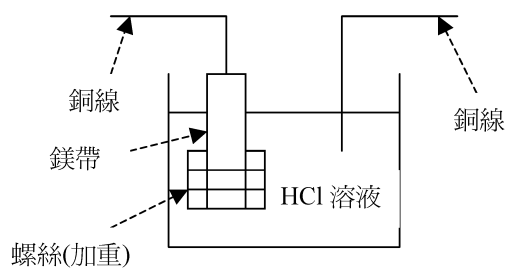
經過了一些測試後發現，鎂-銅電池的實際操作電壓下降十分緩慢，而其行走距離都是在一個範圍內，十分難於控制到行走至固定距離後停止，因此要以電解液 MgSO_4 的量來控制行走距離會有很大的誤差。

最後進行方案三的測試：小燒杯內 MgSO_4 及 CuSO_4 濃度均為1.0M， MgSO_4 用量40.0 ml，每個玻璃紙內的 CuSO_4 用量為5.0ml，每個小燒杯並聯兩個鎂-銅電池，將串聯的12個小燒杯中的最後一個小燒杯以Mg帶及HCl溶液取代時，車子行走時的實際電壓與12個小燒杯均為鎂-銅電池時相差不大，車子的行走速率也相差不大，因此由最後一個小燒杯中的Mg帶與HCl溶液的反應時間(如表三所示)來控制行走距離，與HCl反應後的Mg帶有時不易斷裂，以螺帽及墊片鎖在Mg帶末端增加其重量，使Mg帶與HCl反應完後能順利斷裂，使車子瞬間斷電後停止，最後一個小燒杯之裝置如圖一所示。

表二、電解液 $MgSO_4$ 用量與行走距離的關係

$MgSO_4$ 用量	40.0ml	30.0ml	20.0ml	10.0ml
$CuSO_4$ 用量	5.0ml	5.0ml	5.0ml	5.0ml
行走距離(m)	遠大於 100	大於 100	96.03	51.30

圖一、Mg 帶與 HCl 溶液反應裝置圖



表三、不同濃度 HCl 溶液與 Mg 帶反應後，Mg 帶斷裂時間

HCl 濃度(M)	Mg 帶斷裂時間 (秒)
0.30	504.0
0.34	417.0
0.38	360.5
0.42	245.0
0.46	195.0
0.50	178.0

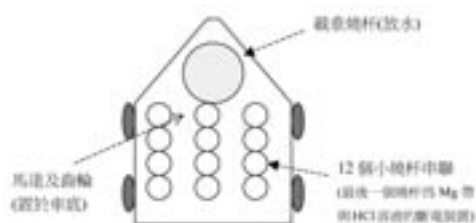
由車子每走一公尺所需時間，與由比賽時所給定的距離，計算出行走時間後比對上表找出所需HCl濃度的值，以化學斷電系統控制行走距離的誤差均小於5%，所以選定方案三可使車子到達指定的距離後立刻停止。

經過實驗後發現不同的場地，如磨石子地板、PU地板、及木質地板的摩擦力皆不同，以木質地板的摩擦力最大，磨石子地板的摩擦力最小，車子在不同地板的速率為每分鐘3公尺至5公尺，而所做的實驗數據會與測試場地有關，因此同學決定以車子在實際比賽場地時，用已給的載重在當場先做測試，測得車子的實際前進速率，再以鹽酸的濃度來控制前進的時間，於是車子即可在指定的距離停止（距離=前進速率×時間），也就是只要控制鹽酸的濃度即可，而不需考慮場地情況及載重這兩個變數，使得變數由三個（鹽酸濃度、場地情況、載重）變為一個（鹽酸濃度），雖然車子的車身較重，但馬達及齒輪的動力很大，而且前進的速率不快，因此只要控制鹽酸的濃度即可控制行走的距離。

伍、研究發現與討論

此次的研究共有以下的發現及討論：

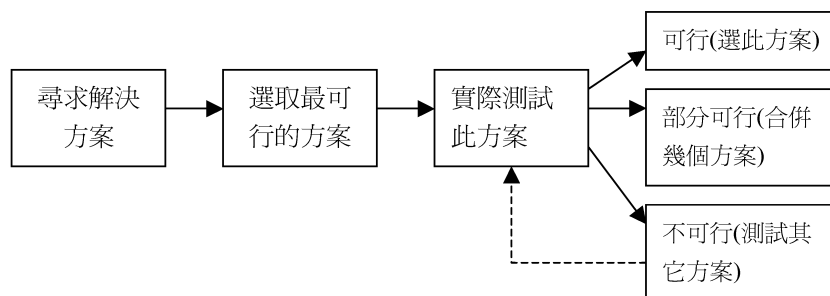
1. 同學們在合作學習的情況下，提升了創造力與創意設計的能力，而製造出設計務實、具環保概念、且行駛穩定的化學動力車，化學動力車的化學動力為串聯12個小燒杯，其中的11個小燒杯中，每個小燒杯並聯兩個鎂-銅電池（電解液 $MgSO_4$ 及 $CuSO_4$ 濃度均為1.0M， $MgSO_4$ 用量40.0 ml，每個玻璃紙內的 $CuSO_4$ 用量為5.0ml），最後一個小燒杯為Mg帶與HCl溶液的斷電裝置，化學動力車的圖形如下所示：



由於專題組是由興趣相近的同學所組成，且皆是認識了兩年以上的朋友，因此在車子製作的整個過程中溝通及配合良好，也增強了整組的創造力與創意設計的能力，符合了Skemp書中的論點，他認為學生透過合作學習小組彼此

間的討論而產生互動關係，此種互相討論的方式有助於激發新概念，進而產生創造性的結果（林義雄和陳澤民譯，1991）。

2. 同學們能自行發現問題，並依循問題解決的模式去解決問題，同學們的問題解決模式為：



因為此專題製作的題目為實務性質，同學經過了不斷的討論後，就能確定問題的來源及解決的方向，而十分自然的依循問題解決的模式去解決問題，因此在車身本體部分只選擇最適合的一個方案，但在傳動系統的選擇，則選擇合併的二個方案，所以本專題組同學在實際問題的解決是十分的順利，也符合了HSiao (1997) 的研究論點，他認為學生可藉由專題製作課程學到解決問題的能力、團隊合作、人際關係和技能。

3. 以Mg帶及HCl溶液進行化學反應所設計的斷電裝置，配合在實際比賽場地測得車子的實際前進速率後，可使載

重下的化學動力車能夠準確的停在指定的距離。

由於化學動力車的競賽場地可能是各種地板材質，而各種地板的摩擦力不同，因此在單一地板材質所測試的數據在其它場地也不能完全適用，因此以Mg帶及HCl溶液進行化學反應的時間，與車子的前進速率相乘即可將化學動力車準確的停在指定的距離上。因為本專題組的化學動力車前進速率不快，因此以化學反應設計的斷電裝置，可較精確的控制車子的停止位置，如果車子的前進速率較快，則較難使車子停在指定的距離上，因此化學反應定時器仍須與車子

的前進速率配合，才能有效控制車子的停止位置。

陸、結論與建議

一、結論

根據研究發現，獲致下列幾項結論：

1. 實務且具整合性的專題製作題目，採取合作學習的方式，可增強學生的創造力及創意設計能力，本專題組也以自製的化學動力車獲得化學工程學會舉辦的第一屆全國Chem-E-Car(化學動力車)性能競賽第一名。
2. 具有實際應用性的實務專題，可使同學們明瞭問題解決的過程及具備了問題解決的能力。
3. 合作學習式的專題製作，以真實的實作評量來了解專題製作進行的過程是十分適合的，而不論是以過程或是結果為評量的標準，本專題組同學的成績都是十分優異的。

二、建議

1. 此類具有整合性實務專題的題目，應由各領域的同學共同組成，以「化學動力車」製作的實務專題為例，牽涉到化學動力、傳動系統、及電力系統

等三大部分，較適合由化學工程、機械工程、及電機工程的學生共同組成專題製作小組，才可得到較完美的成果，如果只是由單一領域的同學組成，遇到其它領域的問題時則必須請教此一領域的專家，如此則耗費時間，而成果有時也並不十分完美。

2. 專題製作的題目最好具有實務性及整合性，同學才可瞭解實際與理論的差異，及遇到問題時的解決方法，並且瞭解合作學習的重要性。

柒、誌謝

感謝中國化學工程學會、國立中正大學、明志技術學院、及聯合技術學院共同舉辦第一屆全國Chem-E-Car（化學動力車）競賽，本專題組榮獲性能競賽總決賽第一名。

捌、參考文獻

1. 毛連塹（1987），資優教育教學模式。台北：心理出版社。
2. 台灣師大工藝教育系（1993），國民中學課程標準修定草案（生活科技科）。台北：台灣師大工藝教育系。

3. 田福助 (1989), 電化學。台北: 新科技書局。
4. 李基常和王繼正 (1998), 創造性問題解決式的專題製作教學, 技術及職業教育雙月刊, 第45期, 39-44頁。
5. 阮枝賢 (1993), 在工藝/科技教學中如何培養學生解決問題之能力, 教育實習輔導通訊, 第5期, 37-40頁。
6. 林志忠 (2000), 實作評量與真實評量的運用與反省, 國教輔導, 第40卷第2期, 30-35頁。
7. 林素微 (2000), 摘錄於林志忠 (民89), 實作評量與真實評量的運用與反省, 國教輔導, 第40卷第2期, 30-35頁。
8. 林義雄和陳澤民譯 (R. R. Skemp. 著) (1991), 數學學習心理學。台北: 九章。
9. 洪志明和蔡曉信 (2001), 以化學尋寶實驗活動培養學生解決問題的能力, 科學教育月刊, 第244期, 22-27頁。
10. 桂怡芬 (1996), 紙筆與實作的互補: 我的實作評量經驗, 教育資料與研究, 第13期, 44-48頁。
11. 張春興 (1994), 教育心理學, 台北: 東華書局。
12. 張振成 (1997), 教學評量的新趨勢: 實作評量與檔案評量, 中等教育, 第48卷, 90-94頁。
13. 張惠博和黃文吟 (2000) 科學學習的評量理念, 科學教育月刊, 第231期, 49-57頁。
14. 郭柏立和鄒國益 (1997), 專題製作與論文寫作, 台北: 全華圖書。
15. 郭騏睿 (2001), 多元評量的困境, 獅友, 第410卷, 28-31頁。
16. 黃炯 (1999), 探討教育的根本--解決問題能力的教學, 中二中學報, 第3卷, 1-12頁。
17. 彭森明 (1996), 實作評量理論與實際, 教育資料與研究, 第9期, 44-48頁。
18. 單文經 (1998), 評介二種多元評量: 真實評量與實作評量, 北縣教育, 25卷, 46-52頁。
19. 鄒慧英 (1998), 實作評量的研發—以國小說話課為例, 測驗與輔導, 第149卷, 3082-3087頁。
20. 鄭富森 (2001), 教學評量: 教育改革成敗的關鍵, 台灣教育, 第604

- 卷，2-14頁。
21. 歐用生和楊慧文（1999），國民教育課程綱要的內涵與特色，獅友，第379卷，10-15頁。
22. 第一屆化工e車創意設計及競賽第二次領隊裁判會議記錄（2002），新竹：國立清華大學化學工程系。
23. 蕭錫錡、趙志揚和許世卿（1997），從專題製作課程論大學工程學生創意思考能力之培養。工業教育學刊，第二十一期，國立彰化師範大學工業教育學會編印。
24. 蕭錫錡、張仁家和黃金益（2000），合作學習對大學生專題製作創造力影響之研究，科學教育學刊，第8卷，395-410頁。
25. Calfee, R., & Hiebert, E. (1991). Classroom assessment of reading. In R. Barr, M. L. Kami, P. Mosenthal, & P. D. Pearson (Eds.), *The handbook of reading research* (Vol. 2, pp.281-309). New York: Longman.
26. Garcia, G. E. & Pearson, P. D. (1994). Assessment and diversity in L. Darling-Hammond (Ed). *Review of Research in Education*, 20, pp.337-391.
27. Graey, R. W. (1992). *Problem Solving with Workstations. Program Description, Teacher Materials, and Student Information. Teacher Developed Technology Education for the Nineties* (TD-TEN). New Jersey State Dept. of Education.
28. Hsiao, H. C. (1997). *The improvement of creativity and productivity of technical workers through partnership between university and industry*. Taipei, Taiwan: The International Conference on Creativity Development in Technical education and Training.
29. Maurer, R. E. (1996). *Designing alternative assessments for interdisciplinary curriculum in middle and secondary schools*. MA: Ally & Bacon.
30. Muir, S. & Wells, C. (May/June 1983). Informal evaluation. *The Social Studies*, 95-97.
31. Reid, C & Romanoff, B. (1997). Using multiple intelligence theory to identify

gifted children. *Educational Leadership*,
55(1), pp.71-74.
