

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

以實務專題「化學動力車」探討技職體系化學工程系學生解決實務問題能力之探討

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2516-S-164-001-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：修平技術學院生化工程系

計畫主持人：黃震東

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國93年8月31日

附件一

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

以實務專題「化學動力車」探討技職體系化學工程系學生解決實務問

題能力之探討

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 92 - 2516 - S - 164 - 001

執行期間： 92 年 8 月 1 日至 93 年 7 月 30 日

計畫主持人：黃震東

共同主持人：

計畫參與人員： 林振隆、王峻賢

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整
報告

執行單位：修平技術學院化學工程系

中 華 民 國 93 年 8 月 31 日

以實務專題「化學動力車」探討技職體系化學工程系學生解決實務問題能力之探討

摘要

本研究的目的是訂定化學動力車實務專題的評量標準、了解學生解決問題的能力、及製作專題時待加強及改進的地方，經由三位曾參與第一屆化學電池動力車比賽的指導老師共同討論後，訂出了此實務專題的評量標準，實作評量表(佔70%)及行走測試紀錄表(佔30%)，實作評量表分為合作情況、物理及化學知識、實驗技能、實驗安全、及問題解決的概念等五個大的項目，而行走測試紀錄表是記錄車子十次的行走成績，由此評量標準可以了解學生合作情況、實驗所需知識、技能、及安全，及解決問題的能力，並了解學生在哪些方面需要加強及改進。研究中也發現技職體系的學生對於實作性的專題具有很高的興趣，能自動自發的討論與解決問題，此種實作性的專題對於技職體系而言是一種很好的教學方式，值得推廣與參與。

關鍵詞：化學動力車、實務專題、問題解決能力。

Abstract

The purpose of this study was to define the evaluation standard of the professional skill in making a Chem-E-Car and to understand the problem-solving ability of students, and it also could understand what students should improve in this project work. Through fully joint discussion with three teachers who had attended the 1st Chem-E-Car competition, eventually we defined the evaluation standard for this

project. The evaluation standard includes two parts, part one is the evaluation table of the performance (70% of total scores) and the other is the marching records (30% of total scores). From this evaluation standard, we can recognize the valuable students' information as follows: cooperation situation, knowledge of Physics and Chemistry, experimental skill and safety concepts, and the problem-solving capability of students. We also can identify what students have to improve in the assigned project work as well. This investigation also found that, technology-institute students are very interested in doing the practical assignment. Students can discuss and solve problems by themselves. Hence, the practical proficiency is a good teaching process for technological-institute instructors to involve and to extend constantly.

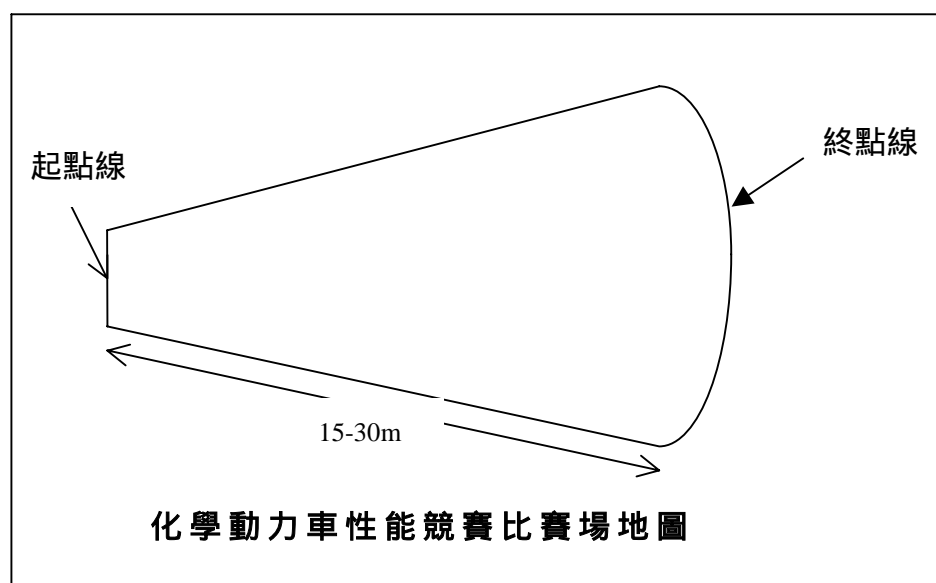
Keywords : Chem-E-Car, project work, problem-solving capability.

一、前言

化學動力車的競賽在美國⁽¹⁾及澳洲⁽²⁾皆已推行了數年的時間，台灣在 2002 年由中國化學工程學會主辦下開始了化學動力車的競賽，研究者也各自帶領了一組專題學生參與了競賽活動，由於中國化學工程學會已將此項競賽列為常態性活動，因此每年皆會有多所學校的專題組參與競賽，因此如何評量些專題組的成績，將是很多老師所要面臨的問題，因此研究者參考了多篇文獻後決定以實作評量做為專題組的評分方式，並嘗試訂出此實作評量的評分標準。

化學動力車競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。此項競賽分為海報展競賽及性能展競賽兩種，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（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）⁽³⁾。



二、文獻探討

2.1 學生解決問題能力培養之探討

在科技變動快速的時代，技職學生必須面對各種多變的問題，「問題解決」能力成了每個人都應具備的基本能力，學生須具備足夠的創造思考能力與問題解

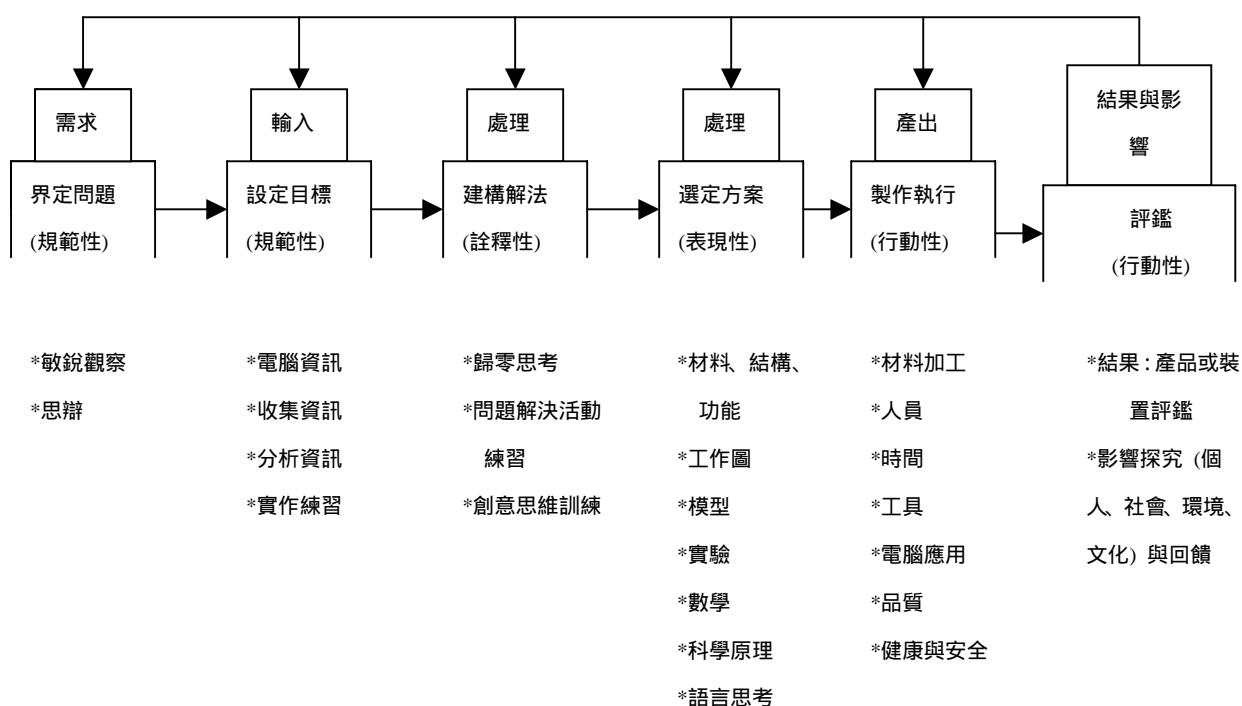
決技巧，方能在這個科技快速變遷的社會中生存，而培養學生問題解決的能力更是現在教育不容忽視的課題(吳培安，1995)。(4)。科技教育中的問題教學對學生問題解決能力、批判思考能力等較高層次能力的發展，實具有相當大的貢獻，問題教學不但是科技教育教學的一個基本方法，亦同時是一個重要的途徑。科技教育的問題解決教學是一種相當良善的教學方法，它可以讓學生充分發揮想像力，學生也不必苦心追求「標準答案」(張玉山，1995)(5)。

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)(6)。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)(7)。

在美國新澤西洲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)(8)。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：1.系統化的思考方式，2.循序漸進的做事方法，3.樂觀進取的態度，4.腦力激盪與團隊合作，5.

邏輯思考與創造靈感並用⁽⁹⁾。

魏炎順(2001)在其問題解決教學之實驗研究中，將師範學院二年級修習勞作課的同學分為兩組，一組不予實施創意思考問題解決教學，另一組實施八週的創意思考問題解決教學，此項教學是以問題解決教學方式、科技運作模式及Parnes 創造性問題解決模式，配合設計與製作技術力學習的需求，融合而成的教學模式如下所示：



教學結束後，再分組實施問題解決創意思考思維訓練活動，活動名稱為「勺一尤車」，活動內容：每組限定發給八個輪子、八個軸心及八根吸管，45公分長的膠帶，一個鹹鴨蛋，設計一台車子並將鹹鴨蛋置放於車上，將車子放於45度斜坡，使車子下滑並撞上斜坡下的牆壁，車子不能損毀，車上的鹹鴨蛋不能破。

以腦力激盪法為創意思考問題解決的學習策略，最後，所有同學接受問題解決能力測驗、語文及圖形創造思考測驗後發現，接受問題解決教學法教學的同學在解決自信、驅避取向、自我控制、流暢力、變通力、及獨創力方面之能力都優於未實施問題解決教學法教學的同學⁽¹⁰⁾。

2.2 實作評量之探討

張敏雪（1998）認為實作評量是由教師設計相關情境（問題），讓學生在情境中實際參與實驗操作或觀察後，以分組或個別思考型式，進行問題解決，同時針對學生在過程中的表現，以客觀的標準加以評分的一種評量方式⁽¹¹⁾。實作評量的實施會使老師面臨幾個重要的問題（1）需有嚴謹的實作評量計劃，（2）評量過程如何有效的對學生表現加以記錄，並將記錄轉換為分數，（3）實作評量需購置一些器材與經費，（4）評量的公平性與客觀性（盧雪梅，1998）⁽¹²⁾。

其實在實作的過程中，實作評量有著更多特性值得教師充分注意，特別是能避免傳統評量之缺失的部分（林志忠，2000）⁽¹³⁾。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）⁽¹⁴⁾。

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）⁽¹³⁾。而桂怡芬（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。」⁽¹⁵⁾。

實作評量強調提供真實世界當中的真實性的作業，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）⁽¹⁶⁾。

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；研究中並建議，採用評定量表的方式記錄評量結果，原則上以不超過七個等第為原則，而教師欲採取實作評量，在教學活動的設計上便應是一種實作導向。鄒慧英（1998）⁽¹⁷⁾。

而本研究之目的有下列三項：

1. 提供未來以問題解決為主的實務專題在評量方面的範例。
2. 了解技職體系學生解決問題之能力。
3. 診斷學生在實務專題化學動力車製作的哪些項目中需要加強及改進。

三、研究方法

由修平、光武、及明新三個技職校院化學工程系，曾參與第一屆化學動力車

比賽的指導老師，共同討論實作評量表中評量項目、評量標準、及配分比例後完成實作評量表。接著由三個技職校院化學動力車專題小組，尋找自願加入的二技或四技二年級以上學生至少 3 人，組成化學動力車製作小組，而各專題小組的指導老師以此實作評量表來評量學生解決問題之能力，並在距離範圍為 15、20、25、及 30m，重量範圍為 100、200、300、400、及 500g 下，做化學動力車之行走測試，每次以抽籤的方式抽取一定的距離及重量共十次，以行走的距離(d 公尺)與抽取距離(D 公尺)間的誤差來計算成績(S)，成績計算如下：

$$100 - \frac{|d - D|}{D} \times 100 = S$$

四、資料收集

三組專題同學皆順利完成了化學動力車及海報，同學製作動力車的情況歸納如下：

4.1 修平技術學院專題小組：

1.由化工系五位同學組成，2.曾用回收的鋁罐做電力測試，因為電流太小而放棄使用 3.一星期討論 2-3 次，4.車身以鋁板及輪子自行組裝而成，5.化學電池內未使用鹽橋，以銅杯取代鹽橋，6.經由實驗數據作回歸曲線後其回歸係數皆在 0.9800 以上。

4.2 光武技術學院專題小組：

1.由化工系四位同學組成，2.曾用生質能做電力測試，因為電流太小而放棄使用，3.一星期討論 1 次，4.車身以小型模型車車身改良而成，5.化學電池內以

半透膜取代鹽橋，6.實驗數據未作回歸曲線。

4.3 明新科技大學專題小組：

1.由化工系三位與電機系四位同學共同參與，但電機系同學只參與前期車子的製作（底盤、馬達、及線路），車子製作完後就沒有參與，而化工的同學仍需負責後期的電極設計、加工、與測試，2.化學電池內未使用鹽橋，3.一星期討論 3-5 次，4.車體以壓克力材料製作，同學請問廣告招牌師父後以氯仿 (CHCl_3) 為溶劑，小心謹慎的黏結壓克力各組件後完成車體，5.經由實驗數據作回歸曲線後其回歸係數皆在 0.9995 以上。

4.4 三個專題小組所遇到的第一個問題為車身的組合，三組的解決方法都不同，但是都組合出所需要的車身。所遇到的第二個問題為找尋適當且足夠的化學動力，三組的化學動力皆不同：修平為 Mg-H_2 電池、光武為 Mg-Cu 電池、而明新由 Mg 與 H_2O_2 反應為車子的化學動力，電池經由適當的串聯及並聯後，皆可符合自己車身的動力需要。所遇到的第三個問題為如何使車子停止在固定的距離，修平及光武使用鹽酸與鎂帶反應的時間來控制行走距離，而明新使用反應物濃度來控制行走距離。

4.5 三組同學在各個評量因素及總分的得分如下：

1. 在合作情況（佔 14%）的得分為 11.55 至 12.04 分。
2. 在物理化學知識（佔 14%）的得分為 10.20 至 11.12 分。
3. 在實驗技能（佔 14%）的得分為 11.50 至 12.83 分。

4. 在實驗安全（佔 14%）的得分為 11.28 至 11.65 分。
5. 在問題解決的概念（佔 14%）的得分為 10.48 至 11.46 分。
6. 在十次化學動力車行走測試（佔 30%）的得分為 26.52 至 29.76 分。

三組專題組的實得總分為 82.55 至 88.52 分。

五、研究發現與討論

此次的研究共有以下的發現與討論：

1. 化學動力車的實作評量為著重於過程與結果的評量，過程的評量以實作評量表（佔總分 70%）做評分與記錄，實作評量表分為兩類，第一類為使用電化學反應者如表一所示，第二類為使用非電化學反應者如表二所示，結果的評量為十次的行走測試紀錄表（佔總分 30%）如表三所示。

表一、實作評量表：(使用電化學反應) 佔 70%

評量因素	評量標準	配分	備註
一、合作情況(14%)	1.是否全體同學皆參與討論(一星期討論__次)		
	2.是否全體同學共同組裝車子		
二、物理及化學知識(14%)	1.了解電化學反應(能正確寫出電化學方程式)		
	2.了解並聯、串聯的概念(能畫出圖形)		
	3.知道如何串聯或並聯化學電池(能畫出圖形)		
	4.了解齒輪的作用(能描述所用齒輪特性)		
	5.了解馬達的作用(能描述所用馬達特性)		
	6.了解重量與電池動力間的關係(能做出重量與動力關係表或圖)		
三、實驗技能(14%)	1.能正確的製備陽極半反應		
	2.能正確的製備陰極半反應		
	3.能正確的選擇並連接鹽橋(或其它替代方法)		
	4.能正確的測出電池的電壓及電流		
	5.能測出串聯或並聯數個化學電池的總電壓及電流		
	6.能將馬達與齒輪裝於車上		
	7.能正確的連接化學電池與馬達		
四、實驗安全(14%)	1.使用化學物質的安全性考量(能查出所有化學物質的安全資料)		
	2.化學電池內反應的安全性考量(能查出反應時的狀態)		
	3.化學電池內副反應的安全性考量(能查出可能的副反應)		
	4.化學電池反應後化學物質的處理及安全性(能查出反應後所有化學物質的安全資料)		
	5.化學電池動力車行走是否穩定		
五、問題解決的概念(14%)	1.定義(發現)問題(問題的種類及數目)		
	2.搜尋文獻(搜尋的文獻數目)		
	3.尋求主意(如何利用文獻找出主意)		
	4.尋求解決方案(解決方案的數目)		
	5.選擇最佳方案(如何選擇最佳方案)		

表二、實作評量表：(使用非電化學反應，例：產生氣體推動車子) 佔 70%

評量因素	評量標準	配分	備註
一、合作情況(14%)	1.是否全體同學皆參與討論(一星期討論__次)		
	2.是否全體同學共同組裝車子		
二、物理及化學知識	1.了解化學反應(能正確寫出化學方程式)		

(14%)	2.了解齒輪的作用(如果有使用齒輪,能描述所用齒輪特性)		
	3.了解馬達的作用(如果有使用馬達,能描述所用馬達特性)		
	4.了解重量與化學反應動力間的關係(能做出重量與動力關係表或圖)		
	三、實驗技能(14%)	1.能正確的製備化學反應	
	2.能正確的測出化學反應的動力(產生壓力大小)		
	3.能正確的連接化學反應裝置與車子		
四、實驗安全(14%)	1.使用化學物質的安全性考量(能查出所有化學物質的安全資料)		
	2.化學反應的安全性考量(能查出反應時的狀態)		
	3.副反應的安全性考量(能查出可能的副反應)		
	4.反應後化學物質的處理及安全性(能查出反應後所有化學物質的安全資料)		
	5.化學動力車行走是否穩定		
五、問題解決的概念(14%)	1.定義(發現)問題(問題的種類及數目)		
	2.搜尋文獻(搜尋的文獻數目)		
	3.尋求主意(如何利用文獻找出主意)		
	4.尋求解決方案(解決方案的數目)		
	5.選擇最佳方案(如何選擇最佳方案)		

表三、行走測試記錄表：佔 30%

次數	指定載重 (克)	指定距離 (D 公)	實際行走距離 (d 公)	成績 (S)
第一次至第十次				

成績(S)計算如下：
$$100 - \frac{|d - D|}{D} \times 100 = S$$

- 此三組技職體系的專題同學對於實作性的專題都有很高的興趣，皆能自動自發的討論與解決問題。
- 由三組專題同學在實作評量表的評分中顯示，此三組技職體系的專題同學在合作情況、實驗技能、及實驗安全等項目表現不錯，而在基礎的物理及化學知識及問題解決的概念上仍有加強的空間，如此才能使實作專題的製作測試更加順利與考慮周詳。

六、結論

由於技職體系的同學對於實物性的專題題目十分的有興趣，因此能自動自發性的去解決製作車子時所遇到的問題，同時也學習到互助合作、人際溝通、及應有的知識與技能，而此三組技職體系的專題同學，也都進入了 2003 年第二屆

化學動力車競賽總決賽，其中兩組獲得佳作。

七、建議

1. 實作性的專題需要有適當的經費支助，才可能達到課程的目標。
2. 實作性的專題必須使用到同學許多額外的時間，也會影響到其它課業，指導老師需特別注意同學的課業。
3. 在每組當中皆有少數同學較有創意，會帶動整組的創造氣氛，但也易造成這些同學的壓力及負擔，指導老師必須事先了解及疏導，否則會影響到全組的合作情況。
4. 如有兩個系(或以上)的同學參與製作，需注意全體同學的參與程度。

八、誌謝

本研究係由國科會經費補助(NSC92-2516-S-164-001)，在此特致謝忱。

參考文獻

1. <http://www.aiche.org/students/competition/c3carrules.htm>。
2. http://www.eng.monash.edu.au/chemeng/Chem-E-Car_Competition.html。
3. 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，新竹：國立清華大學化學工程系（2002）。
4. 吳培安，摘錄於賴翠蓉（2001），『問題解決』的理論與實務，技術及職業教育雙月刊，37-42 頁（1995）。
5. 張玉山，問題解決教學活動之理論與實例，中華工藝教育 28 卷 8 期，23-29 頁（1995）。
6. 台灣師大工藝教育系，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（1993）。
7. 洪志明和蔡曉信，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（2001）。
8. Graey, R. W. 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. (1992).

9. 黃炯, 探討教育改革的根本--解決問題能力的教學, 中二中學報, 第 3 卷, 1-12 頁 (1999)。
10. 魏炎順, 創造思考問題解決教學之實驗設計-以勞作課程之設計與製作為例, 九十學年度師範學院教育學術論文發表會論文集, 台灣, 1643-1666 頁 (2001)。
11. 張敏雪, 教室內的實作評量, 教育資料與研究, 第 20 期, 24-27 頁 (1998)。
12. 盧雪梅, 實作評量的應許、難題和挑戰, 教育資料與研究, 第 20 期, 1-5 頁 (1998)。
13. 林志忠, 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 (2000)。
14. 彭森明, 實作評量理論與實際, 教育資料與研究, 第 9 期, 44-48 頁 (1996)。
15. 桂怡芬, 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 (1996)。
16. 單文經, 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 (1998)。
17. 鄒慧英, 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 (1998)。