

高中學生在解釋資料與形成假說的過程中應用所學過的化學概念的能力評量

洪文東*

摘要

本研究旨在發展一套測驗工具，藉以評量高中學生在解釋資料與形成假說的過程中應用所學過的化學概念的能力。

本測驗本質上採常模參照測驗的設計理念，測驗題組的結構為(1)已學過的化學概念(2)應用化學概念解釋資料(3)形成新的概念或假說。化學概念採高中二年級學過的化學概念為準，為增加內容效度，命題時依據(1)命題大綱及雙向細目表(2)學科專家和高中老師的意見(3)參考APU的方法，訂出評分標準，由同一人評閱相同試題。

本研究抽測樣本採自台灣省六校，台北市二校，高雄市一校就讀一般高中之高二、高三學生，共793人。研究結果顯示(1)學過的化學概念，學生平均通過率為73% (2)應用化學概念作資料處理和解釋，學生平均通過率72% (3)形成假說，學生平均通過率54% (4)化學概念與解釋資料及形成假說二項過程技能有顯著正相關存在 $\gamma=.50$ ($p<.001$) (5)所發展之測驗工具之內部均質性信度(α)為.76，平均P值.65，平均D值.45；均很理想(6)另以TIPS II 進行效標關聯效度考驗得相關係數.45，同時效度之考驗結果，尚稱滿意。

我國中小學科學教育的主要目標，在培養具有科學素養的國民，因此特別重視經由科學

* 作者為本校心理系講師

過程獲得科學概念，並藉以訓練其科學方法，培養其科學態度（教育部，民 72）。在此基本目標下，科學課程之設計強調經由資料處理，解釋和形成假說等科學的過程，逐漸形成科學概念。既然如此，則學生應用科學概念在資料處理，解釋和形成假說上的能力究竟如何？應該如何評量？實為一值得深入探討的課題。

一、研究目的

1. 設計適合國內教育狀況且具有可信度與效度之工具，以評量高中學生在資料處理解釋和形成假說的過程中，應用所學過的重要化學概念的能力。
2. 做為將來發展科學過程技能評量工具，評估我國學生科學過程技能發展情形之參考。
3. 提供評估科學教育成效及設計課程、教材之參考。

二、研究內容範圍

1. 化學概念方面是現在行高中化學教材中有關化學反應速率及化學平衡等重要化學概念為主。
2. 科學過程技能方面係針對科學過程中有關資料處理解釋及形成假說等心智技能。
3. 研究對象為現就讀高中接受一般教學學生，以抽樣台北市二所，台灣省六所，高雄市一所測試結果，做為評量研究之依據。

三、名詞界定

1. 科學過程技能 (science process skills)

蓋聶 (Gagné, R. M. 1965) 將科學過程技能分為兩大類：

(1) 基本科學過程技能 (basic science process skills)

觀察 (observing)

測量 (measuring)

分類 (classifying)

傳達 (communicating)

高中學生在解釋資料與形成假說的過程中應用所學過的化學概念的能力評量

應用時空關係 (using time and space)

應用數字 (using number)

預測 (predicting)

推理 (inferring)

(2) 統整科學過程技能 (integrated science process skills)

控制變因 (controling variables)

解釋數據 (interpreting data)

形成假說 (formulating hypothesis)

下操作型定義 (making operational definition)

實驗 (experimenting)

本研究的計畫採用蓋聶的觀點。

2. 化學反應速率

化學反應前後以單位時間中反應物消耗量與生成物生成量表示反應進行快慢程度。本研究乃以高二化學教材中有關化學反應速率的定義、定律、碰撞學說及影響因素等概念進行評量工具之設計。

3. 化學平衡

化學反應之正反應與逆反應速率相等時，在巨觀下，生成物和反應物的量，並不隨時間而變，為一種動態平衡。本研究乃以高二化學教材中有關化學平衡的定義，原理，平衡常數，溶度積常數，平衡定律式與相關影響因素等進行設計命題。

4. 資料處理與解釋

本研究定義處理數據此項技能為根據單純的觀察或實驗中所獲取的數據經過簡單或繁複的處理之後對數據加以解釋的技能，(許榮富，民 75)。並參照英國 APU (1981, 1982) 之分類層次與評量基準項目，訂出本技能之層次項目如表一。

5. 形成假說

本研究定義學生具有形成假說技能的與否為學生是否能夠針對問題依經驗賦予變數之間一個可為實驗驗證的解釋，(許榮富，民 75)。並參考英國 APU (1981, 1982) 之分類層

次與評量基準項目，訂出本技能評量之層次項目如表一。

四、研究理念和理論架構

在學生學習成就的評量方面，雖然國內外已有許多評量學生科學學習成就的測驗工具（郭重吉，民 77；民 78；郭生玉，民 74），但對於科學過程技能方面的評量工具仍然有限（郭重吉，民 77；民 78；許榮富，民 75；民 77），不過由於在自然科學的研究與學習過程中科學概念和科學過程兩者交相為用密不可分（Novak & Gowin, 1984；郭重吉，民 77；民 78）因此在評量學習科學成效時，自應考慮在科學過程中應用科學概念的能力。例如：英國教育科學部（Department of Education and Science）近年來實施一次全國性大規模評鑑（Assessment of Performance Unit, Science in Schools）簡稱 A. P. U.，在其評估學生對自然科學學習表現的六大項目中，即包含了在資料處理，解釋及形成假說等科學過程中應用科學概念的能力（A. P. U., 1981, 1982；郭重吉，民 77；民 78）有鑑於此，本研究擬針對高中學生在資料處理解釋及形成假說的過程中應用所學過化學概念的能力，開發合適的測驗工具。

(一) 研究理念

從 Gagne 的觀點而言，學生對概念和原理的基本知識的獲得唯有仰靠一些基本的能力，即是所謂的科學過程，它們是從事科學活動和對科學產生理解所必需的。Finley (1983) 指出 Gagne 認為科學過程乃是科學探究的基礎，它們是用以學習在做正確歸納性的推論所必須的概念和原理的一些可以推廣的心智上的技巧。概念知識在引導科學探究的進行上面是極為重要的。Finley 指出概念知識是科學過程的驅動力，而科學過程也很可能是和所涉及的學科內容有關，因此他特別強調科學概念和科學過程兩者之間的相互關係有值得進一步研究的必要，（郭重吉，民 77；民 78）

至於科學過程技能之學習，依 Gagnē (1965) 的觀點，亦有其階層性（hierarchy）。國內學者許榮富（民 75，民 77A, 77B）以歷史文獻分析法整理出科學過程技能的組織因子（Organizer），其中在資料處理、解釋及形成假說方面之組織因子結構如圖 1。

本研究即參考圖 1 之組織因子層次結構，並和英國 A. P. U. (1981, 1982) 報告之評量

高中學生在解釋資料與形成假說的過程中應用所學過的化學概念的能力評量

基準項目相對照，找出其共同點，並斟酌化學概念特性，訂出本研究有關資料處理解釋和形成假說之層次項目（Sub-categories），做為設計試題及評量依據：

表一 資料處理解釋和形成假說之層次項目

主要項目 (categories)	次要項目 (Sub-categories)
資料處理、解釋	1. 描述並使用模型於資料
	2. 判斷歸納結果之適用性
	3. 區分推論程度
	4. 使用科學概念統整理解資料
形成假說	1. 針對問題之變因
	2. 描述變因相關性
	3. 描述驗證假說
	4. 產生其他假說

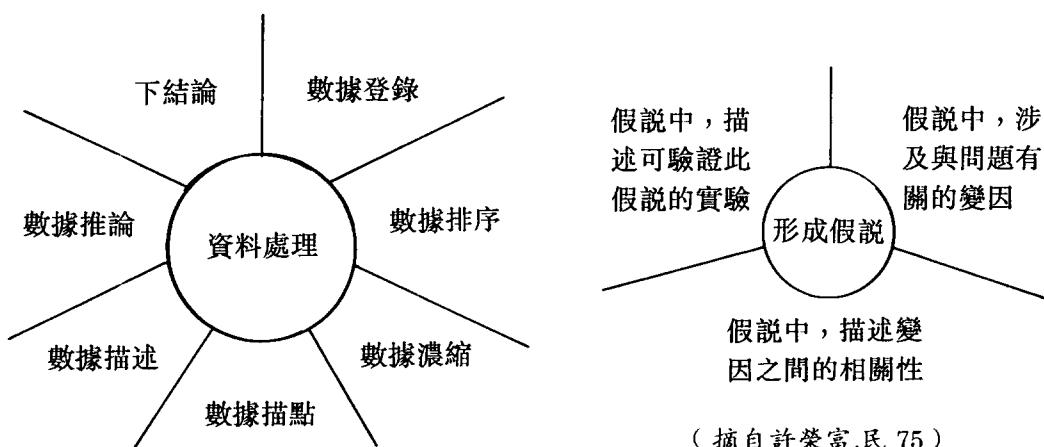


圖 1 資料處理與形成假說組織因子

(二)理論架構

根據上述研究理念，並參酌國內外相關工具之文獻，參考我國科學課程之內涵，形成理論架構如圖 2。由圖 2 顯示，我們根據現在高中化學課程內涵，參考國內外評量之工具之特色，並用工作分析方式（由上而下），和學生反應情形（由下而上）相互對照，以形成有效工具。藉以評估學生科學過程技能中有關資料處理解釋和形成假說之學習成效。

(三)研究架構

科學學習的成就評量，依 Bloom 等人（1971）行為目標分類來說，可分為認知、技能與情意三方面的目標評量，其所對應的是科學概念、科學方法與科學態度等方面之成就評量。本研究重點在發展工具以評量高中學生化學概念在資料處理解釋和形成假說上的應用，是科學過程技能學習成就評量的一種。

學生的科學學習成效，受很多相關因素影響，因此在同一課程目標下之教學活動，學生之學習成就就有不同之表現，此即形成本研究之基本架構：

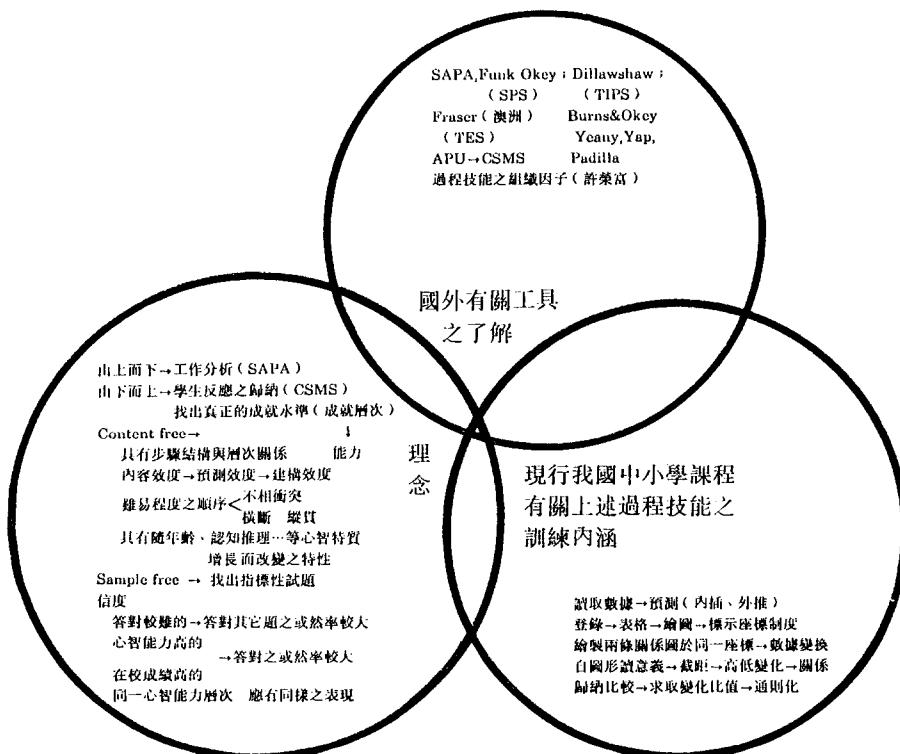
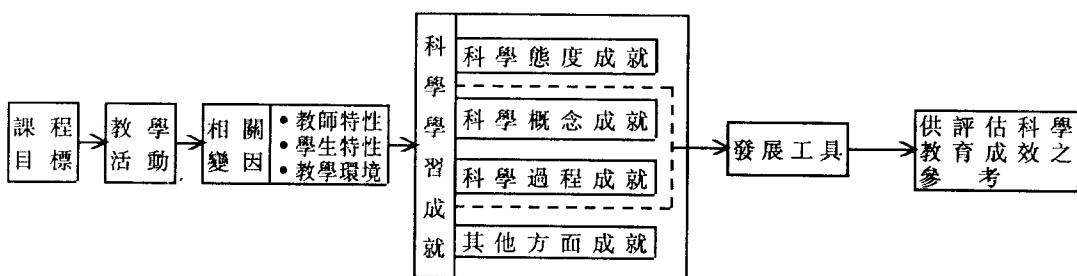


圖 2：研究之理論架構

五、研究步驟與方法

本研究旨在發展一套適合國內教育狀況且具有信度與效度之工具，以評量我國高中學生在資料處理解釋和形成假說的過程中，應用化學概念的能力。茲將本研究編製之過程說明如下：

(一)擬訂測驗製計畫

確定測驗之目標與範圍，決定測驗編製原則。

1. 採目標本位評量模式 (objectives – base evaluation model)
2. 紙筆式測驗，時間預定 50 分鐘
3. 常模參照測驗 (本研究以此理念，做為修訂與設計試題之依據)

並蒐集有關資料，設計測驗的藍圖。

(二)研擬測驗試題

依前節之理念，擬定命題之雙向細目表如下表二：

並依一般命題原則和技巧，設計試題初稿，並研訂評分標準及標準答案，將初稿請專家審查，有五位專家共同審查，有四位以上認為試題內容確實評量所欲測量之技能即予通過，否則刪除或依審查意見修正，以增加內容效度。題型採用填空簡述理由及選擇題混合編排方式，編成試題初稿。

(三)預 試

將評鑑後的試題初稿進行預試，選定試測學校一班為預試對象，根據學生作答情形，了解各種可能的過程，並予登錄，整理及統計分析。

(四)再測及試題分析

依預試結果修改試題，再請專家審查內容，經檢討修正之後，編成試題，再以叢集抽樣抽取台灣省二所，高雄市、台北市一所，每校高二高三乙班，將再測結果進行試題分析。

(五)選題及定稿

1. 依據前述的試題分析結果，根據常模參照測驗之理念，將難度太高，鑑別度低者予以捨棄或修訂，使試題難易適中，鑑別度高，然後編製成正式測驗試題並定稿。

表二 「化學概念在資料處理解釋和形成假說上的應用」命題雙向細目表

題號	核心概念 原理原則	教材內 容 章 項	資料處理解釋				形 成 假 說			命題綱要內容與 命題方向
			資 料 描 述 並 使 用 模 型 於	判 斷 歸 納 結 果 的 通	用 性 度	區 分 推 論 的 程 度	資 料 使 用 科 學 概 念 理 解	針 對 問 題 之 變 因	描 述 變 因 之 相 關 性	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										

高中學生在解釋資料與形成假說的過程中應用所學過的化學概念的能力評量

2. 測驗名稱為高中化學科學過程技能學習成就測驗，簡稱 CSPS。試題共 22 題，全部採四選一之選擇題，內容為針對解釋資料與形成假說兩項技能之學習成就評量。有關題目分配及雙向細目表如表三、表四。

3. 為確認學生對所測驗之化學概念瞭解程度，另包括有關化學平衡與化學反應速率二大化學核心概念之成就評量試題，簡稱 CCT 計 8 題，藉以了解學生對基本化學概念之理解與應用程度，並進一步探討其與科學過程技能之關係。

4. 為確認有關題目分配及雙向細目表如表三表四及表五（A）所發展之測驗工具效度，並採用許榮富效化後的中文版的 TIPS II 有 38 題，信度為 .81（原英文版的 TIPS II 有 36 題，信度為 .86）以之為外在效標（external criteria），同時施測，由相關係數顯示考驗工具之同時效度。

（六）正式大規模抽樣施測

1. 採『分層隨機抽樣』（stratified random sampling）與『叢集抽樣』（cluster sampling）混合應用方式，抽取公立高中普通科中二、三年級的學生，以班級為單位，抽樣測試。

2. 經事先協調聯繫受測學校班級，擇出兩節課時間，進行施測。其中一節測驗科學過程技能 CSPS，另一節同時測驗 TIPS II 中文版及化學概念試題。

3. 抽樣學校及班級學生如下表五（B）及表五（C）

（七）施測結果之統計分析

將抽樣測試之結果所得之資料，以 SPSS 進行一般描述統計分析（包括平均數、標準差、難度、鑑別度及內部一致性等），並進行相關分析，以確認所發展測驗工具之信度與效度。期能從為後續相關研究評量高中學生化學方面之科學過程技能學習成就水準之參考。

表三 雙向細目表 CSPS (Chemistry Science Process Skills)

過 題 號	資料處理與解釋				形 成 假 設			
	描述並使用模型於資料	判斷歸納結果的適用性	區分推論的程度	使用科學概念理解資料	針對問題之變因	描述變因相關性	描述驗證假設	產生其他假設
1	✓							
2		✓						
3				✓				
4						✓		
5						✓		
6	✓							
7	✓							
8			✓					
9			✓					
10				✓				
11					✓			
12				✓				
13							✓	
14							✓	
15								✓
16								✓
17					✓			
18						✓		
19					✓			
20	✓							
21		✓						
22			✓					

高中學生在解釋資料與形成假說的過程中應用所學過的化學概念的能力評量

表四 雙向細目表 CSPS (Chemistry Science Process Skills)

核 心 概 念	資料處理與解釋				形 成 假 設			題 號
	描述並使用模型於資料	判斷歸納結果的適用性	區分推論的程度	使用科學概念理解資料	針對問題之變因	描述變因相關性	描述驗證假設	
速率與平衡						✓		• 4, 5, 10
反應速率定律		✓		✓				2, 3
化學平衡系統狀態	✓							1
平衡狀態的改變				✓	✓			11, 12
平衡常數	✓	✓	✓		✓			17, 20, 21, 22
溶解度積常數							✓	✓ 13, 14, 15, 16
化學反應的微觀程度	✓							6, 7
化學平衡 反應速率影響因素					✓	✓		18, 19
溫度與催化劑			✓					8, 9

表五(A) 化學概念命題雙向細目表

命 题 綱 要		行 為 目 標 分 類		
題 號	核 心 概 念 和 原 理 原 則	知 識	理 解	應 用
1	催化劑與化學反應	V		
2	反應速率影響因素		V	
3	化學平衡系性質			V
4	平衡狀態的改變			V
5	碰撞學說與反應速率	V		
6	化學平衡	V		
7	溶解度積		V	
8	平衡常數		V	
	合 计	3	3	2

高中學生在解釋資料與形成假說的過程中應用所學過的化學概念的能力評量

表五（B） CSPS 卷抽測學校及學生數

校名	班數	人數
1. 台北市立復興高中	2	104
2. 國立師大附中	2	108
3. 省立宜蘭高中	2	93
4. 省立新竹女中	2	85
5. 省立台中一中	2	103
6. 省立南投高中	2	56
7. 省立鳳山高中	2	82
8. 徐匯高中	1	59
9. 高雄市立高雄女中	2	103
合計	17	793

表五（C） 化學概念及 TIPS II 抽測學校及學生數

校名	班數	人數
1. 台北市立復興高中	2	104
2. 省立宜蘭高中	2	93
3. 省立新竹女中	2	85
4. 省立台中一中	1	52
5. 省立南投高中	2	56
6. 省立鳳山高中	2	82
7. 高雄市立高雄女中	1	54
合計	12	526

六、研究結果分析與討論

(一)測驗得分之平均值，標準差

根據 SPSS 統計分析得之平均數與標準差如下表六：

表六 測驗之平均數，標準差

測 驗	樣本數	題 數	平均數 X	標準差
CSPS	793	22	16.25	3.94
化學概念 CCT	526	8	5.31	1.37
TIPS II	526	38	32.74	3.73

由上表可知 CSPS 之平均分數 16.25，若換成百分等級為 74 分，而 TIPS II 平均值 32.74，換成百分等級為 86 分，顯示本測驗之難度較 TIPS II 為高。可能是 TIPS II 對高二、三學生而言，較容易，而本測驗因涉及化學專門知識之應用，故分數稍降低。

(二)由測驗的難度，鑑別度及內部一致性來看：

1. 高中化學科學過程技能 (CSPS) 測驗

本測驗共 22 題，其統計分析結果如附錄一，若依 P 值由高至低依次排列如表七，若依 D 值由大至小依序排列如表八，由表中可知難度在 .80 以上只有 1, 2 兩題，而鑑別度在 .20 以下則沒有，可見本測驗鑑別度高，難度適中，若將各題之 P, D 值依 P 值 X 軸，D 值 Y 軸畫成座標圖，皆集中在右上方，顯示本測驗之可靠性 (Hopkins & Stsnley, 1981; Doran, 1980; Ebel, 1967; 郭生玉, 1987)。試題之鑑別力與測驗的信度也有密切關係，由統計分析顯示本測驗各試題的內部一致性 α 信度係數介於 0.76 – 0.77 之間變化幅度很小，表示內部均質性很高，各試題所鑑別方向與整體測驗方向相當一致，因此信度足夠，尤其適合團體施測 (Doran, 1980; 郭生玉, 1987)。本測驗就全體樣本而言，信度為 0.76。

2. 高中化學概念測驗 (CCT)

本測驗共 8 題為評量化學概念，其統計分析結果如附錄二。若依 P 值高低排列如表九，在依 D 值大小排列如表十，由表可知在概念試題方面，有 2, 6, 7 三題，難度在 .80 以上，此三

高中學生在解釋資料與形成假說的過程中應用所學過的化學概念的能力評量

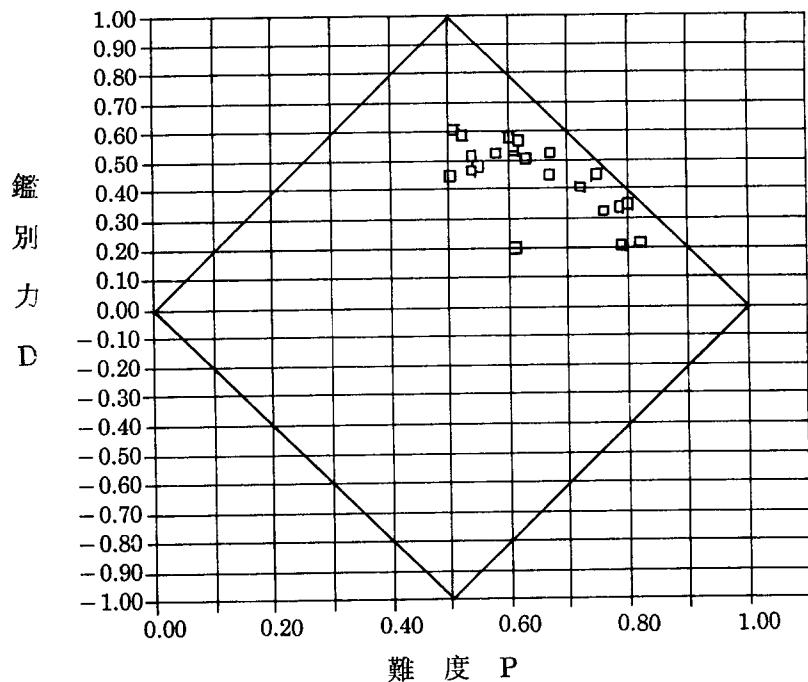


圖 3. CSPS 之 P,D 關係

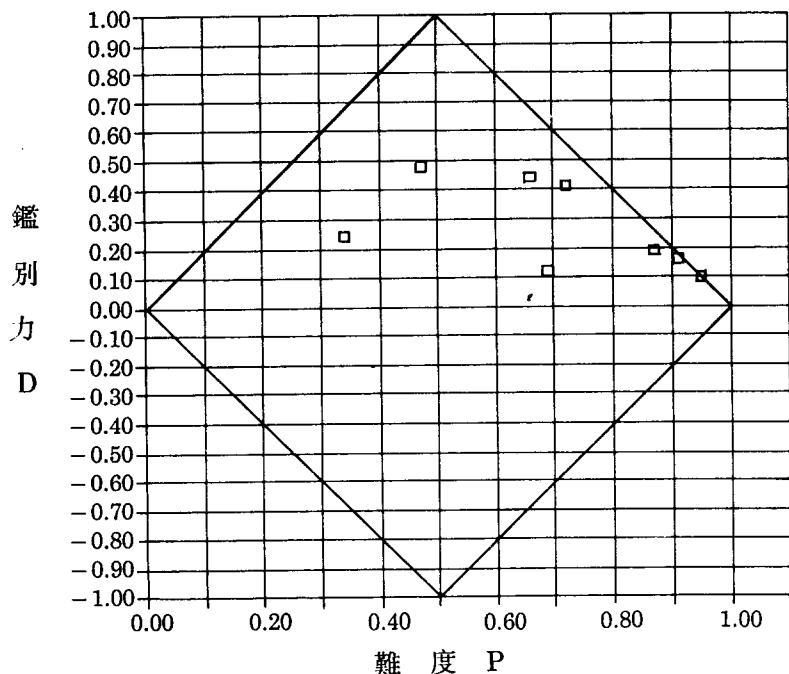


圖 4 CCT 之 P,D 關係

國立政治大學學報第六十三期

表七 CSPS 之 P 值高低排序

小題序	P	D
1	0.82	0.22
2	0.80	0.35
7	0.79	0.34
9	0.79	0.21
6	0.76	0.33
22	0.75	0.45
8	0.72	0.41
20	0.67	0.53
12	0.67	0.45
17	0.63	0.51
14	0.62	0.57
18	0.61	0.55
3	0.61	0.54
19	0.61	0.20
21	0.60	0.58
15	0.58	0.53
11	0.55	0.48
5	0.54	0.52
10	0.54	0.47
4	0.52	0.59
13	0.51	0.61
16	0.50	0.45

表八 CSPS 之 D 值大小排序

小題序	P	D
13	0.51	0.61
4	0.52	0.59
21	0.60	0.58
14	0.62	0.57
18	0.61	0.55
3	0.61	0.54
20	0.67	0.53
15	0.58	0.53
5	0.54	0.52
17	0.63	0.51
11	0.55	0.48
10	0.54	0.47
22	0.75	0.45
12	0.67	0.45
16	0.50	0.45
8	0.72	0.41
2	0.80	0.35
7	0.79	0.34
6	0.76	0.33
1	0.82	0.22
9	0.79	0.21
19	0.61	0.20

表九 CCT 之 P 值高低排序

小題序	P	D
6	0.95	0.10
5	0.91	0.16
1	0.87	0.19
7	0.72	0.41
2	0.69	0.12
8	0.66	0.44
4	0.47	0.48
3	0.34	0.24

表十 CCT 之 D 值大小排序

小題序	P	D
8	0.66	0.44
7	0.72	0.41
4	0.47	0.40
3	0.34	0.24
1	0.87	0.19
5	0.91	0.16
2	0.69	0.12
6	0.95	0.10

高中學生在解釋資料與形成假說的過程中應用所學過的化學概念的能力評量

題為認知層次在基本知識題，故題目較易，在鑑別度方面，概念試題似乎不盡理想，有 2, 3, 6, 7 四題在 .20 以下，此可能是所測之化學平衡與反應速率二大基本概念，高中學生多數已了解所致！由統計結果顯示測驗工具各試題之信度 α 值介於 0.76 – 0.79 之間變化幅度很小，表示內部均值性很高，各試題所鑑別方向與整體測驗相當一致，內部一致性已足夠，故本測驗適合於團體測驗。就全體樣本而言，測驗信度 0.79。

(三) 學生對測驗試題的通過率及選目分析

1. 化學概念

由附錄二可得有關化學概念的試題之通過率如下：

表十一 化學概念試題通過率

概念內容	層 次 分 類			通過率 P %
	知 識	理 解	應 用	
1. 催化劑與化學反應	V			90 %
2. 反應速率因素		V		71 %
3. 化學平衡系性質			V	34 %
4. 平衡狀態改變			V	47 %
5. 碰撞學說	V			94 %
6. 化學平衡	V			94 %
7. 溶度積		V		78 %
8. 平衡常數		V		74 %
平 均 (P %)	92.7 %	74.3 %	40.5 %	73 %

由表十一，可知學生在概念知識方面有 90% 以上通過率，顯示所測量的基本化學概念，已達熟學習程度，其次在概念理解方面亦在 70% 以上。只有在概念之應用層次上，學生通過率較低，分別為 47% 及 34%。此事實，表示學生在所測驗的化學概念之知識與理解方面，應達熟知程度。因此，本測驗所評測之應用化學概念於解釋資料與形成假說技能，其立足點應無問題。整體而言，化學概念平均通過率為 73%。

2. 應用化學概念於解釋資料，形成假說之技能由附錄一所得有關形成假說與解釋資料二項技能通過率，比較如下表十二：

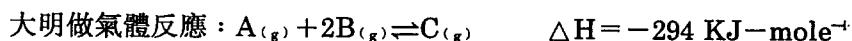
由上表十二可看出，整體而言，學生在解釋資料方面的能力高於形成假說之能力。其中資料

處理解釋的技能，通過率除第 10 題 52% 之外，其餘皆在 60% 以上；而形成假說技能，亦多數集中在 50%—60% 之間，只少數題在 60% 以上。

表十二 科學過程技能試題通過率

題 號	科 學 過 程 技 能		通過率 P%
	解釋資料	形成假說	
1	V		83%
2	V		83%
3	V		63%
4		V	44%
5		V	47%
6	V		76%
7	V		84%
8	V		76%
9	V		68%
10	V		52%
11		V	56%
12	V		73%
13		V	47%
14		V	63%
15		V	54%
16		V	44%
17		V	64%
18		V	60%
19		V	62%
20	V		71%
21	V		64%
22	V		79%
平均 (P %)	72%	54%	63%

例如，下列試題為「形成假說」方面之題組：



得實驗條件如下：

實驗次數	[A]濃度(M)	[B]濃度(M)	溫度(K)	催化劑
1	0.1	0.1	600	無
2	0.2	0.1	600	有
3	0.2	0.1	500	無
4	0.1	0.1	500	無
5	0.2	0.1	600	無

高中學生在解釋資料與形成假說的過程中應用所學過的化學概念的能力評量

17. 平衡常數大小：

- | | |
|---------------|---------------|
| (A) (2) > (1) | (B) (3) > (4) |
| (C) (4) > (5) | (D) (2) > (5) |

18. 平衡的 C 濃度大小：

- | | |
|---------------|---------------|
| (A) (4) > (3) | (B) (2) > (5) |
| (C) (4) > (1) | (D) (1) > (2) |

19. 預測實驗的初反應速率，何者正確？

- | | |
|------------|---------------|
| (A) 以(2)最快 | (B) 以(1)最慢 |
| (C) 以(3)最快 | (D) (4) > (5) |

結果顯示，題號 17 與 19 評量「針對問題之變因」，學生通過率分別為 64% 與 62%，題號 18 評量「描述變因間相關性」，學生通過率為 60%，而在「解釋資料」方面之評量試題，例如下列題組：

1941 年美國化學家泰勒研究在 425°C 下 A 氣體與 B 氣體反應生成 C 氣體，其數次平衡濃度測值如下表：

平 衡 濃 度 (M) × 10		
[A]	[B]	[C]
1	4	2.5
2	2	2.5
4	1	2.5
4	4	5.0

20. 寫出此反應的平衡定律式。

- | | |
|---|---|
| (A) $K = \frac{[C]^2}{[A] \times [B]}$ | (B) $K = \frac{[A] \times [B]}{[C]^2}$ |
| (C) $K = \frac{2 \times [C]^2}{[A] \times [B]}$ | (C) $K = \frac{[A] \times [B]}{2 \times [C]^2}$ |

21. 由上列實驗數據請求出大約的平衡常數值。

- (A) 0.32 (B) 3.18 (C) 0.64 (D) 1.56

22. 另外在 490°C 做反應發覺平衡常數值比 425°C 下較低，下列敘述何者正確？

- (A) 溫度愈高，有利於正反應的進行
(B) 此反應為吸熱反應
(C) 濃度會改變平衡常數
(D) 溫度會改變平衡常數

經分析結果顯示，題號 20 評量學生「描述並使用模型（定律）於資料」，其通過率為 71%，題號 21 評量學生「判斷歸納結果的適用性」，其通過率為 64%，而題號 22 在評量學生「區分推論的程度」，其通過率則為 79%，由此顯示出高中學生應用化學概念於「資料處理解釋」之能力高於「形成假說」之能力。

3. 選目分析

有關 CCT 及 CSPS 兩份測驗卷各題之選目分析，詳見附錄三及附錄四。

(四)化學概念與資料處理解釋和形成假說的相關：

按 Pearson 的積差相關係數的自由度與臨界值，學生樣本數 526 人，相關係數，只要大於 0.15，就有顯著的正相關。由 SPSS 統計分析顯示 $r = .50$ ($p < .001$)，表示學生之化學概念和解釋資料及形成假說之技能有顯著的正相關存在。若由相關係數高低來看，可看成是中等程度的相關。

(五)信度分析

經 SPSS 統計分析 CSPS 測驗之各種信度係數整理如下表十三：

表十三 測驗之信度係數

測驗	Corr.Between Forms	r spearman brown	r split half	α
CSPS	.39	.56	.56	.76

(六)效度分析

本測驗工具之發展係依據前節之命題大綱及行為目標之規格細目表設計試題，並採學科學專

高中生在解釋資料與形成假說的過程中應用所學過的化學概念的能力評量

家和高中化學教師之意見，參考國外 APU 的作法，以增加測驗之內容效度。同時並採用許榮富效化後的中文版 TIPS II 試題同時施測，樣本數為 526 人，結果發現：

1. CSPS 過程技能試題與 TIPS II 之相關係數 $r = .45$ ($p < .001$)，顯示二者間之關係為顯著正相關，表示測驗具有同時效度。因 TIPS II 36 題中，測驗解釋資料及形成假說之試題有 15 題，佔有 0.42，故 $r^2 = 0.42$ ，推估 r 值為 0.65，故本測驗工具之同時效度尚稱滿意。
2. 以各校學生化學成績為外在效標，考驗 CSPS 測驗之效標關聯效度，結果如下表十四

表十四 CSPS 與在校化學成績之相關值

資料來源	r 相關係數	N = 526 人
台中一中 (N = 103 人)	.28 *	* p < .01
南投高中 (N = 56 人)	.13	
嵐山高中 (N = 103 人)	.31 *	
高雄女中 (N = 82 人)	.38 * *	* * p < .001

由上表顯示，科學過程技能學習成就與學生化學學科成就之相關係數雖不高，但除南投高中不顯著外，其餘各校均達顯著正相關。另外，可能與學生素質有關（南投高中為鄉村型學校，學生來源為聯招後段學生，程度較差有關）。

七、結論與建議

本研究所發展之科學過程技能測驗 (CSPS) 評測工具，就我國高中學生樣本而言，信度和效度考驗的結果均屬理想。足供評估我國高中學生科學過程技能發展情形所需評量之參考，對於瞭解我國學生在資料處理解釋和形成假說的過程中，應用所學過的重要化學概念的能力，均有實際上應用價值。

(一) 結論

1. 本研究所發展之 CSPS 測驗評量工具特性如表十五，信度 (α) 為 .76，難度及鑑別度就施測之高中學生樣本均十分理想。由於 TIPS II 原測驗之信度 (α) 為 .86，中文

版為 .81，該測驗經因素分析結果，發現涵蓋五種統整過程技能，顯示其建構效度是理想的（Okey et.al.1985；許榮富，民 77；呂學榮，民 77）。故以之為效標，測得相關係數為 .45，顯示本測驗具有同時效度。

表十五 測工具之特性

項 目	CSPS 說 明
測驗之過程技能	資料處理解釋與形成假說
題數	22
題型	選擇題（四選一）
適用對象	高二，高三
測驗所需時間	50分鐘
信度 (α)	.76
鑑別度（平均值）	.45
難度（平均值）	.65
測驗標準誤	3.94
滿分	22

- 學生就本測驗所涵蓋之化學概念，應已達熟悉程度，其中知識方面通過率 93%，理解方面通過率 74%，但在概念之應用與分析高層次之能力通過率則只 40%。
- 因本研究在評量高中學生應用化學概念於資料處理解釋與形成假說的技能，故有必要先評量了解學生對所測驗之化學概念之理解程度。結果顯示學生雖已具備化學概念之知識及理解能力，但實際上『應用』化學概念來解釋資料及形成假說，則較感困難。其中學生形成假說的能力（平均通過率 54%）大體上比資料處理解釋的能力（平均通過率 72%）表現較差。
- 本研究亦發現學生之化學概念與解釋資料，形成假說二項科學過程技能具有顯著的正相關存在， $r=.50$ ($P < .001$)。

(二)建議

- 由於實際施測時，限於學校所能支援配合之時間有限，故採用 CCT 概念試題較少，若時間許可足夠的話，建議後續研究在化學概念試題方面應再修訂酌增。
- 本研究之發現，僅評量高中生在化學方面之科學過程技能成就水準，建議其他學科

高中學生在解釋資料與形成假說的過程中應用所學過的化學概念的能力評量

，例如物理，生物，地球科學等自然學科進行類似相關研究，以整體瞭解學生在科學過程技能方面之學習成效如何。其研究結果將可提供評估我國中小學科學教育實施成效及規劃，設計新科學課程，教材之參考，以提升我國中小學科學教育的品質。

誌 謝

本研究報告得以完成，有賴於國科會專款補助；台大楊寶旺教授對高中化學概念內容知識的提供指導；師大鄭湧涇教授對有關研究方法與統計分析方面的指導；彰化師大郭重吉教授對本研究之理論架構提供寶貴之參考資料；在測驗試題的命題與修正方面，亦得到師大方泰山教授、台大楊美惠教授、嘉義師院林清財教授及師大附中張富雄老師的參與協助，在此謹表由衷謝忱。另外，對於師大附中、復興高中、宜蘭高中、徐匯高中、新竹女中、台中一中、南投高中、鳳山高中、高雄女中等校化學教師對於本研究測驗工具之施測予以配合協助，在此一併致謝！

參 考 文 獻

(一)中文部份：

1. 毛松霖，(民國 76 年)。我國中小學生資料處理與解釋能力之工具發展研究，中華民國 75 年度科學教育學術研討會論文，321–350。
2. 江武雄，(民國 78 年)。化學概念在資料處理解釋與形成假說的應用，國科會專題研究計畫報告，NSC77-0111-S018-05C。
3. 洪文東，(民國 76 年)。我國學生科學過程技能學習成就水準合作研究計畫報導，科學發展 15(6)，7 67–771。
4. 許榮富，(民國 75 年)。科學過程技能組織因子結構分析研究，中日科學教育研討會彙刊，239–38 6。
5. 許榮富，(民國 76 年)。國中學生數據處理及下結論技能學習層次分析研究，中國民國 75 年度科學教育學術研討會論文，371–396。
6. 許榮富，(民國 76 年)。國中學生形成假說技能學習層次分析研究，中華民國 75 年度科學教育學術研討會論文，351–370。
7. 郭生玉，(民國 76 年)。心理與教育測驗，台北市，精華書局，536–539。
8. 郭重吉，(民國 77 年)。我國學生科學過程技能學習成就水準研究－科學概念在資料處理解釋與形成假說的應用(第一期)，國科會專題研究報告，NSC 76-0111-S018-05。
9. 郭重吉，(民國 78 年)。物理概念在資料處理解釋與形成假說的應用，國科會專題研究總報告，NSC 77-0111-S018-04C。
10. 教育部，(民國 72 年)。高級中學課程標準，台北市，正中書局。

11. 有關測驗工具之詳細內容，有興趣者請逕洽作者。

(二)外文部份：

1. AAAS, (1976) . *Science A Process Approach*. Washington D. C., American Association for the Advancement of Science.
2. Assessment of Performance Unit, (1981) . *Science in Schools, Age 11 Report NO. 1*, D. E. S., Department of Education for Northern Ireland Welsh Office.
3. Assessment of Performance Unit, (1982) . *Science in Schools, Age 13 Report NO. 1*, D. E. S., Department of Education for Northern Ireland Welsh Office.
4. Assessment of Performance Unit, (1981) . *Science in Schools, Age 15 Report NO. 1*, D. E. S., Department of Education for Northern Ireland Welsh Office.
5. Bloom, B. S., Hastings, J. H., Masaus, G. F., (1971) . *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. McGraw-Hill, New York.
6. CSMS, (1980) . *Concepts in Secondary Mathematics and Science Center for Science Education*, Chelsea College University of London.
7. Doran, R. L., (1980) . *Basic Measurement and Evaluation of Science Instruction*, NSTA, Washington, D. C.
8. Finley, F. N., (1983) . Science Processes. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(1), 47-54.
9. Gagnē, R. M., (1970) . *The Condition of Learning*. Holt, Rinehart and Winston Inc.
10. Gronlund, N., (1985) . *Measurement and Evaluation in Teaching*, 5th Ed., N. Y. : Macmillan Publishing Co.
11. Hopkins, K. D. & Glass, G. V., (1984) . *Statistical Methods in Education and Psychology*, 2nd Ed., N. Y. : Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
12. Hopkins, K. D. & Stanley, J. C., (1981) . *Education and Psychological Measurement and Evaluation*, 6th Ed., N. Y. : Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
13. Novak, J. D. and Gowin, J. D., (1984) . *Learning How to Learn*. Cambridge University Press.

高中學生在解釋資料與形成假說的過程中應用所學過的化學概念的能力評量

附錄一：CSPS 之平均數，標準差難度，鑑別度與 α 係數

題 號	人 數 793 人			全 部			高 分 組			低 分 組			— 24 組	難 度	鑑 別 度	內 部 α 信 度
	答 對 人 數 比	平 均 數	標 準 差													
	P _c	\bar{X}	SD													
1	.83	.83	.37	.90	.90	.29	.69	.69	.46	.82	.22	.77				
2	.83	.83	.37	.98	.98	.14	.64	.64	.48	.80	.35	.76				
3	.63	.63	.48	.88	.88	.32	.34	.34	.48	.61	.54	.76				
4	.44	.44	.50	.76	.76	.83	.23	.23	.43	.52	.59	.76				
5	.47	.47	.50	.80	.80	.40	.29	.29	.56	.54	.52	.76				
6	.76	.76	.43	.91	.91	.28	.59	.59	.49	.76	.33	.77				
7	.84	.84	.37	.96	.96	.19	.62	.62	.49	.79	.34	.76				
8	.76	.76	.43	.91	.91	.28	.50	.50	.50	.72	.41	.76				
9	.68	.68	.46	.79	.79	.41	.54	.54	.50	.79	.21	.76				
10	.52	.52	.50	.82	.82	.39	.25	.25	.44	.54	.47	.76				
11	.56	.56	.62	.80	.80	.40	.31	.31	.47	.55	.48	.77				
12	.73	.73	.44	.89	.89	.31	.43	.43	.50	.67	.45	.76				
13	.47	.47	.50	.82	.82	.39	.19	.19	.39	.51	.61	.76				
14	.63	.63	.48	.90	.90	.30	.33	.33	.47	.62	.57	.76				
15	.54	.54	.50	.85	.85	.35	.30	.30	.46	.58	.53	.76				
16	.44	.44	.50	.65	.65	.48	.27	.27	.45	.50	.45	.77				
17	.64	.64	.48	.91	.91	.28	.38	.38	.49	.63	.51	.76				
18	.60	.60	.49	.89	.89	.31	.30	.30	.46	.61	.55	.76				
19	.62	.62	.48	.70	.70	.46	.51	.51	.43	.61	.20	.77				
20	.71	.71	.45	.93	.93	.25	.39	.39	.32	.67	.53	.76				
21	.64	.64	.48	.88	.88	.32	.31	.31	.47	.60	.58	.76				
22	.79	.79	.41	.96	.96	.18	.53	.53	.50	.75	.45	.76				

附錄二：CCT 之平均數，標準差難度，鑑別度與 α 係數

題 號	人 數 526 人			全 部			高 分 組			低 分 組			難 度	鑑 別 度	內 部 α 信 度 係 數
	答 對 人 數 比	平 均 數	標 準 差												
	P _c	X̄	SD												
1	.90	.90	.30	.96	.96	.19	.77	.77	.41	.87	.19	.77			
2	.71	.71	.45	.75	.75	.43	.64	.64	.48	.69	.12	.78			
3	.34	.34	.33	.39	.15	.36	.29	.29	.45	.34	.24	.79			
4	.47	.47	.38	.77	.47	.50	.27	.17	.38	.47	.40	.77			
5	.94	.94	.24	.98	.98	.12	.83	.83	.37	.91	.16	.77			
6	.94	.94	.24	1.00	1.00	.00	.85	.85	.35	.95	.10	.77			
7	.78	.78	.42	.92	.92	.27	.57	.57	.50	.72	.41	.78			
8	.74	.74	.44	.87	.87	.33	.42	.42	.49	.66	.44	.76			

附錄三：CSPS 卷各題之選目分析

題 號	低 分 組 部 (142 人)				高 分 組 (142 人)				全 部 (526 人)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	7.0	11.3	4.2	77.5 *	1.4	0.0	2.1	96.5 *	3.2	4.2	2.7	89.9 *
2	4.2	1.4	64.1 *	30.3	1.4	0.7	75.4 *	22.5	2.3	0.8	71.3 *	25.7
3	4.2	30.3	35.2	29.6 *	0.0	5.6	54.9	39.2 *	2.3	16.9	46.9	33.6 *
4	19.0	44.9	27.6 *	8.5	19.0	21.7	57.9 *	1.4	17.3	30.6	46.8 *	5.3
5	2.1	7.7	83.1 *	7.0	1.4	0.0	98.6 *	0.0	1.1	2.7	93.7 *	2.5
6	2.1	7.7	4.9	85.2 *	0.0	0.0	0.0	100 *	0.8	2.5	2.7	94.1 *
7	17.1	9.9	16.2	56.8 *	3.1	1.4	3.5	92.0 *	9.7	4.8	7.6	77.9 *
8	14.1	35.2	42.3 *	8.5	0.0	9.2	87.3 *	3.5	4.4	17.3	73.8 *	4.6

(打 * 者為各題之正確答案)

高中學生在解釋資料與形成假說的過程中應用所學過的化學概念的能力評量

附錄四：CSPS 卷各題之選目分析

題 號	全 部 (793 人)				高 分 組 (205 人)				低 分 組 (205 人)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1.9	3.5	83.9 *	10.2	0.0	1.0	90.7 *	8.3	4.4	6.3	69.3 *	19.0
2	1.4	4.8	83.6 *	9.5	0.0	0.5	98.0 *	1.5	3.9	9.3	64.4 *	20.5
3	7.3	63.6 *	14.1	12.2	2.4	88.8 *	3.9	3.9	13.2	34.1 *	24.9	22.9
4	18.9	6.2	44.8 *	29.6	11.7	3.9	76.1 *	8.3	19.5	7.8	13.4 *	48.3
5	2.1	36.2	47.7 *	13.5	0.0	9.8	80.0 *	10.2	5.4	49.3	29.8 *	13.7
6	19.4	76.3 *	2.0	2.3	8.3	91.2 *	0.0	0.5	27.3	59.5 *	6.8	6.3
7	1.4	6.4	7.9	84.2 *	0.0	1.0	2.9	96.1 *	4.9	19.5	13.7	62.0 *
8	6.8	76.0 *	7.9	9.3	4.4	91.2 *	2.4	2.0	13.2	50.2 *	17.1	19.5
9	3.5	5.5	68.7 *	21.8	0.0	1.5	79.5 *	19.0	8.3	11.2	54.6 *	25.4
10	52.1 *	29.1	13.2	4.7	82.0 *	12.7	3.9	1.0	25.9 *	39.5	22.9	9.8
11	4.4	36.4	56.8 *	2.4	1.5	18.0	80.0 *	0.5	10.2	51.7	31.2 *	6.3
12	10.3	73.4 *	8.3	7.3	4.9	89.3 *	1.5	4.4	20.0	43.9 *	19.5	14.1
13	22.6	6.1	21.8	47.3 *	6.8	10.7	82.0	0.5 *	32.2	15.1	30.7	19.0 *
14	63.8 *	15.9	6.4	12.5	90.2 *	3.9	1.0	4.9	33.7 *	27.8	13.7	22.0
15	13.0	22.7	54.6 *	5.7	1.5	9.8	85.4 *	0.5	21.0	32.7	30.7 *	10.7
16	8.7	33.4	44.1 *	8.5	6.8	21.0	65.4 *	2.9	11.8	37.7	27.5 *	17.2
17	11.7	12.6	64.6 *	10.1	2.9	1.5	91.2 *	3.9	21.5	23.9	38.0 *	13.7
18	.7.8	22.7	60.0 *	7.4	2.9	5.4	89.3 *	1.5	14.1	38.5	30.2 *	12.7
19	62.9 *	17.5	10.2	8.4	70.2 *	18.0	6.3	5.4	51.7 *	15.6	15.1	14.6
20	71.1 *	11.6	12.1	4.9	93.2 *	1.0	4.4	1.0	39.5 *	22.4	21.0	8.8
21	7.3	12.7	16.2	63.8 *	1.5	4.9	3.9	88.8 *	8.8	20.5	28.8	31.7 *
22	5.8	5.7	5.2	79.3 *	0.5	2.4	96.6	0.5 *	14.7	13.7	9.8	53.4 *

(打 * 者為各題之正確答案)