

第五章 研究結果分析與討論

本章旨在針對論文研究過程中，所觸及與本研究有關之直接與間接相關問題，作進一步的分析與討論，即從四次的專家訪談、一次的專家諮詢、預試、施測等所得的結果，據以回答本研究問題。

第一節 理論模式分析

首先經數學能力專家訪談所得結果歸納分析及修正後，再透過第一線具有多年實務經驗之科技大學任教相關教師專家訪談所得結果歸納分析及修正後，最後由專家諮詢作專家效度的確認。

壹、數學能力專家訪談結果分析

本研究透過兩位數學能力專家連續訪談四回合，所訪談的問題為「工程問題解決流程」、「工程應用於專業解題能力的敘述」、「一般數學應用於數學解題能力之敘述與範例」、「科技大學電子工程系學生數學解題能力模式之建立」，茲將訪談結果分析如下：

一、「工程問題解決流程」之訪談結果分析

表 5-1 數學能力專家對「工程問題解決流程」之訪談結果歸納表

訪談回數	訪談對象	訪談結果內容
第一回	A1	1.數學問題解決流程圖，為數學建模中常用來作為數學問題解決的流程，本身有文獻基礎，又工程應用方面之解題能力，並非只是數學基礎觀念的練習，尚需重視專業問題，也適用於工程問題上。 2.此流程圖所提的「數學化」、「求解」、「詮釋」、「驗證」，即含蓋了專業與數學能力，不需要修正。
第二回	A2	1.數學問題解決流程圖，適用於工程問題上。 2.此流程圖所提的「數學化」、「求解」、「詮釋」、「驗證」，即含蓋了專業與數學能力，可否將「數學化」改為「轉化」，因「實際工程問題」轉化為「形成數學問題」，有專業轉化為數學的動作，並非只有數學的動作而已。
第三回	A1	同意修正過的意見。
第四回	A2	同意修正過的意見。

上述研究發現，歸納分析如下：

工程應用之解題能力，並非只是數學基礎觀念的練習，尚需重視專業問題，故工程問題解決流程的架構，如圖 5-1 所示，應包含「轉化」、「求解」、「詮釋」、「驗證」等四個構面。

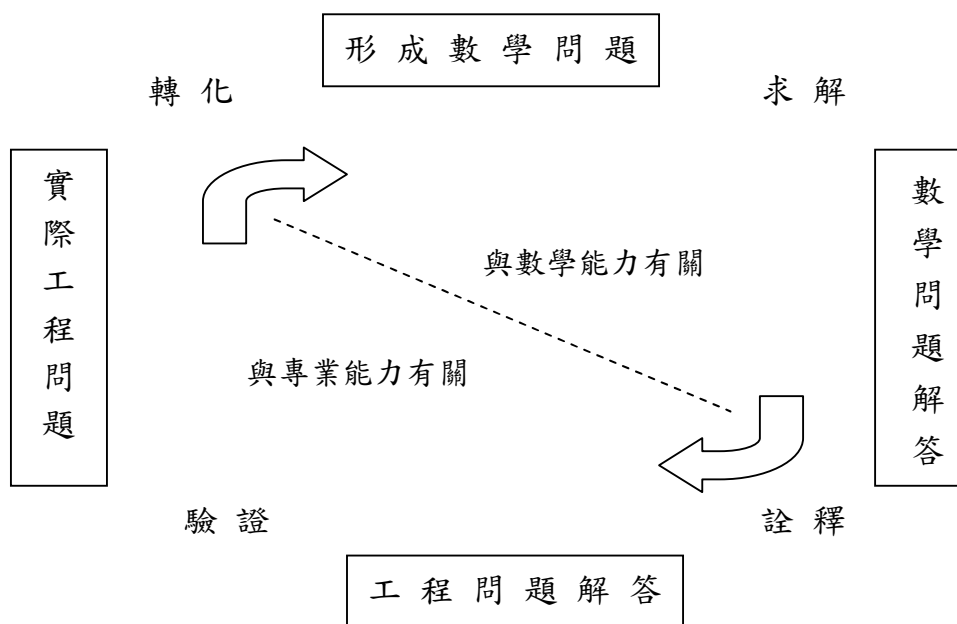


圖 5-1 工程問題解決流程圖(修正圖)

二、「工程應用於專業解題能力的敘述」修正之訪談結果分析

上述研究顯示：將表 5-2 經數學能力專家修正後分析如下：

- (一)「理解術語」與「理解題意」對調，因先閱讀題目才會出現術語。
- (二)原「選擇數學方法、運算法則與公式」拆成「4.1 選擇適當的數學方法」與「4.2 選擇適當的運算法則與公式」。
- (三)增加「6.2 判斷解答的合理性」。
- (四)將「7.1 以數學語言轉述結果」與「7.2 解讀與詮釋數學語言」互換，並修正文字，把「7.1 以數學語言轉述結果」改為「7.2 轉述數學結果」；「7.2 解讀與詮釋數學語言」改為「7.1 解讀數學語言」。
- (五)將「8.1 給予工程問題解答」改為「8.1 詮釋工程問題解答」。
- (六)將 9.1 與 9.2 所提的「檢驗」去調。

表 5-2 數學能力專家對「工程應用於專業解題能力的敘述」修正之訪談歸納表

訪談回數	訪談對象	訪談結果內容
第一回	A1	1.將「工程應用之專業解題能力的敘述」修正為「電子工程問題的數學解題能力的敘述」。 2.四個表中的能力敘述，定義明確，有文獻依據，最好能將十個程序、十六個機制，建立關鍵能力的項目聯結，如： 1.詮釋問題 1.1 理解題意 1.1-1 數學表徵能力 ...以此類推 3.將 7.1 與 7.2 互換，並修正文字，把「數學語言轉述結果」改為「轉述數學結果」。
第二回	A2	修正後如表 5-3
第三回	A1	同意修正過的意見。
第四回	A2	同意修正過的意見。

表 5-3 電子工程問題的數學解題能力敘述之轉銜、程序與機制初稿第一次修正表

電子工程問題的數學解題能力的轉銜	電子工程問題的數學解題能力的程序	電子工程問題的數學解題能力的機制
轉化能力	1.詮釋問題	1.1 理解題意 1.2 理解術語
	2.分析問題	2.1 找出問題之已知與未知關係
	3.提出目標	3.1 擬定解決問題之數學語言
求解能力	4.解題策略	4.1 選擇適當的數學方法 4.2 選擇適當的運算法則與公式
	5.運算處理	5.1 數學符號與形式化 5.2 運用適當的運算工具
	6.求出解答	6.1 數學語言的解答 6.2 判斷解答的合理性
詮釋能力	7.轉述解答	7.1 解讀數學語言 7.2 轉述數學結果
	8.詮釋結果	8.1 詮釋工程問題解答 8.2 工程問題的最佳解
驗證能力	9.驗證結果	9.1 數字的正確性 9.2 波形的正確性
	10.應用評估	10.1 驗證結果解決問題 10.2 修正與調整

三、「一般數學應用於數學解題能力之敘述與範例」修正之訪談結果分析

表 5-4 數學能力專家對「一般數學應用於數學解題能力之敘述與範例」修正之訪談結果歸納表

訪談回數	訪談對象	訪談結果內容
第一回	A1	<p>1.若以此範例作為學生的測試，最好能增加「學生自我評量表」，如此，教師才可把學生的解題過程之記錄與學生自我評量表作比對，找出學生真正解題的困難點。</p> <p>2.選擇此數學問題作為例子，很具有代表性。因其可含蓋轉化、求解、詮釋、驗證等四種能力。</p>
第二回	A2	修正後如附錄六。
第三回	A1	<p>以下為本範例修正部份：</p> <p>1. 1.1 之 e 部份，表中或文中所指的「差價」，若能改為「差價(甲-乙)」會更清楚。</p> <p>2. 1.1 之 e 部份，購買 9 隻時「甲」比較便宜，此處的「甲」改為「乙」。</p> <p>3. 1.1 之 e 部份，購買 11 隻時，反而「乙」比較便宜，此處的「乙」改為「甲」。</p> <p>4.7.1 之(1)將「甲家」改為「乙家」。</p> <p>5.7.1 之(3)將「乙家」改為「甲家」。</p>
第四回	A2	<p>1.我認為 1.1 中的觀察能力，若能以直角座標方式繪圖來表示，可能會更清楚，尤其是在交叉點的位置，可以看出其關鍵點---購買 10 隻時，甲乙兩個價錢相同。若購買 11 隻以上時，反而甲比較便宜。</p> <p>2.在「4.解題策略」上增加一個機制為「4.1 觀察、臆測、驗證」，可從觀察數據中臆測可能出現之關係，並加以驗證</p>

上述研究發現，歸納分析如下：

- (一)選擇此數學問題作為例子，很具有代表性。因其可含蓋轉化、求解、詮釋、驗證等四種能力，並可將原先的範例修正「一般數學應用於數學解題能力之敘述與範例」後，如：附錄五所示，作為爾後修正「科技大學電子工程系學生電子工程問題的數學解題能力理論模式」初期的實徵依據。

(二)學生的測試，最好能增加「自我評量」表，如此，教師才可把學生的解題過程之記錄與自我評量作比對，找出學生真正解題的困難點。

(三)在「4.解題策略」上增加一個機制為「4.1 觀察、臆測、驗證」。

四、「科技大學電子工程系學生電子工程問題的數學解題能力理論模式之建立」修正之訪談結果分析

表 5-5 數學能力專家對「科技大學電子工程系學生電子工程問題的數學解題能力理論模式之建立」修正之訪談結果歸納表

訪談回數	訪談對象	訪談結果內容
第一回	A1	<ol style="list-style-type: none"> 1.由於此論文研究並非只強調數學解題能力，尚需考量數學與專業間的轉換，因此，建議將論文题目的「數學解題能力」改為「電子工程問題的數學解題能力」，即改為「科技大學電子工程系學生電子工程問題的數學解題能力模式建構之研究」似乎較妥，供參考。 2.表 5.3 中的第 1 個機制之 1.1 原為「理解題意」可改為「理解題意與舊經驗連結」，因為理解題意除強調閱讀能力外，也必須與舊經驗、舊記憶相連結，才能真正懂得題意。 3.解題能力的模式，如圖 3-10 所示，圖原為單圓圈，此圓圈內為五個核心能力，可否更改為雙圓圈，內圈為五個核心能力，而雙圓圈所夾的中間部份，可包含數學核心能力、專業核心能力。 4.圖 3-10 中的菱形若改為逆時針旋轉 90 度會更好，如此可顯示出圈內的五個核心能力---概念理解能力、記憶能力、符號與形式化能力、邏輯思維能力、表示能力，實際上含蓋著專業核心能力與數學核心能力。 5.«邏輯思維能力»可改為«邏輯推理能力»。
第二回	A2	<p>問題一：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1)表 5.3 中的第 1 個程序原「詮釋問題」可改為「審題詮釋」。 (2)表 5.3 增加「2.2 數學符號與形式化」，因為分析問題時，不但要理解題意，也要將題意轉化為數學式子。 (3)表 5.3 中的第 1 個程序原為「提出目標」可改為「轉譯列式」。因為轉譯有將專業問題轉化為數學問題之意思。 (4)表 5.3 中的第 4 個程序將原來的 4.1 去掉，增加 4.1「觀察、臆測、驗證」，因為如果題目是屬於數列問題或給予一些數據，可從觀察與臆測中找出其關係。 (5)表 5.3 中的第 5 個程序將原來的 4.1 移至 5.1;原 5.1 去掉，因為「5.1 選擇數學方法、運算法則與公式」已經含蓋「數學符號與形式化」。

表 5-6 數學能力專家對「科技大學電子工程系學生電子工程問題的數學解題能力理論模式之建立」修正之訪談結果分析(續一)

訪談回數	訪談對象	訪談結果內容
第二回	A2	<p>2.問題二：</p> <p>(1)在工程解題的核心能力方面：</p> <p>(a)去掉的能力：「符號與形式化的能力」、「數學表徵能力」，因為此兩種能力不一定每一個程序用到，有些程序本身已含有符號與形式化的動作。</p> <p>(b)修改的能力：「數學表示能力」改為「數學表達能力」。</p> <p>(c)增加的能力：「運算能力」、「圖形應用能力」、「轉譯列式能力」，因為此三種能力在轉化、求解、詮釋、驗證上，直接間接都會用到。</p> <p>(2)在專業能力方面</p> <p>增加的能力：「專業建模能力」。因為驗證結果與解決問題、修正與調整上，需要專業的建模背景，故需具備此種能力。</p> <p>(3)在數學能力方面：</p> <p>(a)去掉的能力：「數學記憶能力」，因為此種能力已含蓋在數學建模上。</p> <p>(b)增加的能力：「演算能力」、「數學表徵能力」，因為此兩種能力在求解數學運算過程中，必須要做的表達動作。</p>
第三回	A1	<p>1.表 5.3 中第 4 程序增加「4.1 觀察、臆測、驗證」，但此機制可能有些專業題目用不到，雖如此，還是不要刪。</p>
第四回	A2	<p>1.在工程解題方面有幾個能力，可能爾後專家訪談或預(施)測評分者不一定全懂，如：數學表徵能力、數學表達能力...等，最好能舉例說明。</p>

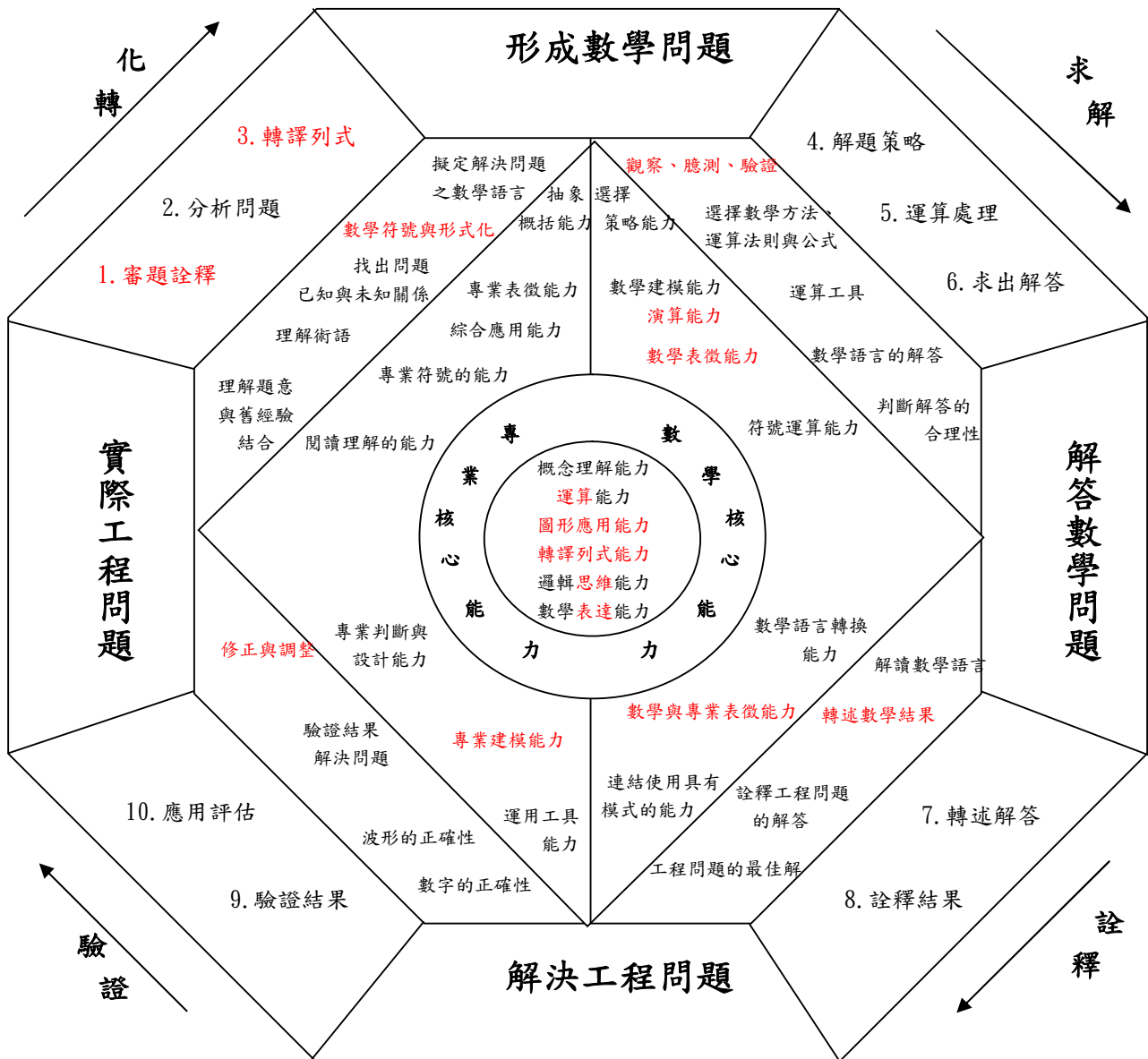
上述研究顯示，歸納分析如下：

- (一)原表 5-3 所示之電子工程問題的數學解題能力敘述之構面、程序與機制初稿表，經專家以附錄五「一般數學應用於數學解題能力之敘述與範例」去模擬再次修正為如表 5-7 所示，可作為爾後修正「科技大學電子工程系學生電子工程問題的數學解題能力理論模式」第二次的實徵依據。

(二)原圖 3-10「科技大學電子工程系學生電子工程問題的數學解題能力理論模式圖」，經專家以附錄六及表 5-7 去模擬再次修正為圖 5-2「科技大學電子工程系學生電子工程問題的數學解題能力理論模式修正圖」。

表 5-7「科技大學電子工程系學生電子工程問題的數學解題能力模式之建立」之構面、程序與機制修正表

電子工程問題的數學解題能力的構面	電子工程問題的數學解題能力的程序	電子工程問題的數學解題能力的機制
轉化能力	1.審題詮釋	1.1 理解題意與舊經驗結合 1.2 理解術語
	2.分析問題	2.1 找出問題之已知與未知關係 2.2 數學符號與形式化
	3.轉譯列式	3.1 擬定解決問題之數學語言
求解能力	4.解題策略	4.1 觀察、臆測、驗證
	5.運算處理	5.1 選擇數學方法、運算法則與公式 5.2 運用工具
	6.求出解答	6.1 數學語言的解答 6.2 判斷解答的合理性
詮釋能力	7.轉述解答	7.1 解讀數學語言 7.2 轉述數學結果
	8.詮釋結果	8.1 詮釋工程問題解答 8.2 工程問題的最佳解
驗證能力	9.驗證結果	9.1 數字的正確性 9.2 波形的正確性
	10.應用評估	10.1 驗證結果解決問題 10.2 修正與調整



數學表徵能力：有如數學的面貌，外表的型態，是屬於數學本身的型態。茲以數列為例：
 (1) $a_n = 1/n$ (2) $a_1 = 1; a_2 = 3; a_{n+1} = a_n + a_{n-1}$ 為遞迴數列 (3)敘述方式：將自然數中的質數由小而大所形成的數列，如：2,3,5,7,11,13,.....(4)圖形表示。
 數學表達能力：係指將數學或專業的式子，用表徵的方式表達出來。

圖 5-2 科技大學電子工程學系學生電子工程問題的數學解題能力理論模式之建立圖(第一次修正)

貳、科技大學任教之相關教師專家訪談結果分析

本研究針對擔任第一線且具有多年實務經驗任教之「一般數學教師」、「工程數學兼電子學教師」、「電子學教師」等教師作專家訪談，所訪談的問題大致上分為五類：一類為了解科技大學電子工程系學生之學前能力；二類為了解科技大學電子工程系應用數學單元之重要程度；三類為與電子工程問題的數學解題能力敘述之相關文件；四類為預(施)測試題及相關文件；五類為「科技大學電子工程系學生專業解題能力模式之建立」等提出看法、解決途徑、修正內涵。茲將訪談結果分析如下：

一、「科技大學電子工程系學生的數學學前程度」訪談結果分析

本研究透過各類專家訪談，以他(她)們站在第一線的角度，對科技大學電子工程系學生的數學學前程度、對電子工程系所需之數學重要程度提出看法與解決途徑，茲將訪談結果簡述如下：

(一)科技大學電子工程系學生學前能力(專業與數學)的看法與解決途徑，綜合上述發現，歸納分析如下：

- 1.依國立、私立學校的不同，數學的學前能力有顯著的差異，而私立學校間與學校內之個別差異很大。
- 2.需要加強的學前能力：邏輯思考能力、推導能力、概念連結的能力。
- 3.數學學前能力較弱的單元皆與三角函數、指對數函數有關之微分與積分。
- 4.針對電子工程所用的基礎數學與課程銜接的落差，編輯成「電工數學」之銜接教材，並建立銜接機制。

表 5-8 各類專家對科技大學電子工程系學生學前能力(專業與數學)分析歸納表

訪談對象	各類專家訪談所提出的看法與解決途徑
一般數學教師	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生學前能力因其個別差異大且有課程銜接的落差，導致普遍能力不足 2. 一般學生微分沒學好，導致積分學習成效變差。 3. 學生數學之概念與概念間連結之基本邏輯較弱。 4. 學生害怕證明及推導公式。
工程數學兼電子學教師	<ol style="list-style-type: none"> 1. 私立科大學生在高中職數學課程中之數學能力個別差異大，尤其是基礎電子專業課程運用高中職數學比微積分的機會多，更顯得其重要性。 1. 學生入學程度參差不齊，能力明顯不足，尤其是三角函數、指對數函數有關之微分與積分程度較弱，加上積分不會逆向思考，故最好能編輯銜接教材給學生自學或安排補救教學。 2. 數學運算能力尚可，但邏輯思考與推導能力較差需加強。 3. 學生對電子工程所用的基礎數學應加強練習，能開設「電工數學」較佳。
電子學教師	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學生學前能力依國立、私立的的不同，而有顯著的差異。 2. 學生學前能力明顯不足，最好能編輯銜接教材，建立銜接機制，把數學與專業基礎打好。 3. 學生的推導能力較差。 4. 私立學校學生的微分和積分的基本概念和計算能力普遍不足。

二、科技大學電子工程系學生需要用到的高中職數學單元之學前程度

科技大學電子工程系學生約有 10% 左右為普通高中畢業生就讀，約有 90% 左右為高職畢業生就讀。本研究僅以專家訪談與專家諮詢共 22 位為問卷對象，其中國立科技大學學校 7 位，私立科技大學 15 位，從表 5-9、表 5-10 所得結果去了解學生用到的數學單元之學前程度。

(一)電子工程系學生需要用到的高中職數學單元之學前程度訪談結果分析

表 5-9 電子工程系學生需要用到的高中職數學單元之學前程度訪談結果分析

高中職數學單元	國立學校的數學學前程度(7 位)				私立學校的數學學前程度(15 位)			
	很好	好	尚可	差	很好	好	尚可	差
倍數運算	5	2	0	0	1	11	3	0
指數運算	1	6	0	0	0	3	8	4
對數運算	1	5	1	0	0	0	8	7
三角函數運算	1	4	2	0	0	0	4	11
根式運算	1	6	0	0	0	1	11	3
複數與極坐標	1	3	3	0	0	0	3	12
反三角函數運算	0	4	3	0	0	0	2	13
解聯立方程式	2	5	0	0	0	3	11	1
二元一次方程式	2	4	1	0	0	5	10	0
數列與級數	0	4	3	0	0	2	5	8

綜合上述發現，歸納分析如下：

- 1.在國立科技大學方面，普遍認為高中職數學單元之學前程度還好，程度介於好與尚可之間；在私立科技大學方面，學前程度較差，介於尚可與差之間。
- 2.科技大學普遍認為三角函數運算、反三角函數運算、複數與極坐標、數列與級數等單元有待加強；但私立科技大學增加指數運算。

(二)電子工程系學生需要用到的微積分單元之學前程度分析

綜合上述發現，歸納分析如下：

- 1.依國立、私立學校的不同，微積分單元之學前程度有顯著的差異，而私立學校間與學校內之個別差異很大。
- 2.科技大學普遍認為偏微分、對數函數微分、三角函數積分、指對數函數積分、微積分應用於最大值與最小值等單元有待加強。

表 5-10 電子工程系學生需要用到的微積分單元之學前程度訪談結果分析

微積分單元	國立學校的數學學前程度(7 位)				私立學校的數學學前程度(15 位)			
	很好	好	尚可	差	很好	好	尚可	差
微分公式	3	4	0	0	0	6	6	3
三角函數微分	1	5	1	0	0	4	5	6
指數函數微分	1	5	1	0	0	4	6	5
對數函數微分	1	4	2	0	0	2	8	5
定積分	1	5	1	0	0	2	7	6
三角函數積分	1	4	1	1	0	0	8	7
指對數函數積分	1	4	2	0	0	0	7	8
偏微分	0	3	5	0	0	0	4	11
微積分應用於最大值與最小值	0	4	2	1	0	1	8	7

三、「科技大學電子工程系應用數學單元之重要程度」訪談結果分析

(一) 電子工程系學生應用高中職數學單元之重要程度訪談結果分析

表 5-11 電子工程系學生應用高中職數學單元重要程度訪談結果分析

高中職數學單元	電子工程單元應用高中職數學單元之重要程度			
	經常用到	常用到	少用到	用不到
倍數運算	18	4	0	0
指數運算	12	10	0	0
對數運算	13	8	1	0
三角函數運算	16	6	0	0
根式運算	4	17	1	0
複數與極坐標	10	11	1	0
反三角函數運算	3	10	9	0
解聯立方程式	4	10	8	0
二元一次方程式	8	11	3	0
數列與級數	0	2	20	0

(二) 電子工程系學生應用微積分單元重要程度訪談結果分析

表 5-12 電子工程系學生應用微積分單元重要程度訪談結果分析

微積分單元	電子工程單元應用微積分單元之重要程度			
	經常用到	常用到	少用到	用不到
微分公式	14	8	0	0
三角函數微分	9	12	1	0
指數函數微分	8	14	0	0
對數函數微分	7	15	0	0
定積分	12	8	2	0
三角函數積分	10	9	3	0
指對數函數積分	9	11	2	0
偏微分	0	12	10	0
微積分應用於最大值與 最小值	0	10	8	4

綜合上述發現，歸納分析如下：

電子工程課程應用高中職數學單元及微積分單元之重要程度皆非常高。尤其是基礎電子專業課程運用高中職數學比微積分的機會更多。

四、「科技大學電子工程系學生電子工程問題的數學解題能力之程度」

訪談結果分析

表 5-13 各類專家對科技大學學生電子工程問題的數學解題能力訪談結果分析

訪談對象	各類專家訪談所提出的看法與解決途徑
一般數學 教師	1.學生對應用問題之閱讀與詮釋能力較差，主要是表達能力不足。 2.學生對題意背景不會掌握，影響到其解題能力。 3.如果題目不難且不複雜的話，學生在詮釋與驗證上表現會較差。若題目稍難或複雜些，連轉化與求解能力都會有問題。
工程數學與 電子學教師	1.轉化能力：私校老師認為學生轉化能力不足；國立學校老師認為學生轉化能力大都沒有問題。 2.求解能力：私校老師認為在計算較複雜、推導專業與數學建模、運用公式方面能力不足；國立學校老師認為部份學生除推導能力需加強外，其餘應沒問題。 3.詮釋能力：私校老師認為學生表達與詮釋能力不足；國立學校老師認為學生若題目多元且稍為複雜，比較不會表達。 4.驗證能力：在大一、大二期間較偏重計算或使用計算器驗證；但大三、大四期間則以電腦軟體或電子儀器驗證。在改良與調整部份則依學生本身的程度而定，若實作能力比較強，表現會好一點。
電子學教師	1.對私立學校而言：若數學不好的同學，其解題能力普遍不足；而數學不錯，但專業經驗不足者，其詮釋與驗證能力即有待加強。 2.對國立學校而言：轉化與求解能力尚可，但詮釋與驗證能力有待加強。

綜合上述發現，歸納分析如下：

(一)學生電子工程問題的數學解題能力依國立、私立學校的不同，而有顯著的差異。

(二)國立與私立科大電子工程問題的數學解題能力程度差異之比較

1.轉化能力：私校老師認為學生轉化能力不足；國立學校老師認為

學生轉化能力大都沒有問題。

2.求解能力：私校老師認為在計算較複雜、推導專業與數學建模、運用公式方面能力不足；國立學校老師認為部份學生除推導能力需加強外，其餘應沒問題。

3.詮釋能力：私校老師認為學生表達與詮釋能力不足；國立學校老師認為學生若題目多元且稍為複雜，比較不會表達。

4.驗證能力：在大一、大二期間較偏重計算或使用計算器驗證；但大三、大四期間則以電腦軟體或電子儀器驗證。在改良與調整部份則依學生本身的程度而定，若實作能力比較強，表現會好一點。

五、「對科技大學電子工程系學生如何加強電子工程問題的數學解題能力」訪談結果分析

綜合上述發現，歸納分析如下：

- 1.學生在高職所學的內涵與微積分本身的課程銜接上有落差。
- 2.電子工程專業性的題目脫離不了數學與電子兩大領域，二者之間的轉銜能否順暢得體，對解題的過程與所得結果的影響是很重要的，有必要編列電子工程科目之應用微積分與工程數學之轉銜教材。
- 3.學校在實施系本位課程時，可透過系課程發展委員會，編輯一套銜接與轉銜的課程綱要與教材。
- 4.若能把解題能力的模式，用於各專業科目的實驗課程或專題的教材中，更容易加強其解題能力。
- 5.可將此四種能力所應具備的數學知識，在同一章中打散至各節中學習，形成一系列的題組型題目。
- 6.老師先提供具有四種轉銜能力的架構及範例給學生，並設計一些題目，要求學生的作業中含蓋此四種能力。若能提出具有創造性的內涵或想法，給予重點加分。

表 5-14 各類專家對科技大學電子工程系學生如何加強電子工程問題的數學解題能力之訪談分析

訪談對象	各類專家訪談所提出的看法與解決途徑
一般數學教師	<ol style="list-style-type: none"> 1.在微積分科目中，因學生在高職所學的內涵與微積分本身的課程銜接上有落差。 2.在微積分方面，因學生數學運算能力不足，故應以加強其數學邏輯及運算能力為主，專業解題能力為輔。 3.在工程數學方面，可將與電子工程有關的應用數學改為「電工數學」，以加強其運算及電子相關解題能力，對學生爾後專業的學習有幫助。
工程數學與電子學教師	<ol style="list-style-type: none"> 1.數學是一種極為重要的工具，不同領域所需之數學工具不盡相同，無法在有限時間內將全部內容教完，甚至延伸其深度與廣度，若時間來不及時，最後只能選擇重點講授。 2.電子工程專業性的題目脫離不了數學與電子兩大領域，二者之間的轉銜能否順暢得體，對解題的過程與所得結果的影響是很重要的，但目前科技大學之微積分與工程數學的教材，在轉化與詮釋的學習與教材很少，有必要編列電子工程科目之應用微積分與工程數學之教材。 3.學校在實施系本位課程時，可透過系課程發展委員會，編輯一套銜接與轉銜的課程綱要與教材。 4.若能把解題能力的模式，用於各專業科目的實驗課程或專題的教材中，更容易加強其解題能力。
電子學教師	<ol style="list-style-type: none"> 1.可將此四種能力所應具備的數學知識，在同一章中打散至各節中學習，形成一系列的題組型題目。 2.數學是電子電子工程問題的數學解題能力的工具，可以採用數學檢定方式來認證其數學能力，對爾後專業的學習有很大的幫助。 3.老師先提供具有四種轉銜能力的架構及範例給學生，並設計一些題目，要求學生的作業中含蓋此四種能力。若能提出具有創造性的內涵或想法，給予重點加分。

六、「一般數學解題能力的敘述與範例」訪談結果分析與修正

綜合下述表 5-15，歸納分析如下：

- 1.此範例選的很好，但學生不會從列表觀察中發現其關鍵點的數字變化，也不會從直角坐標中找出其交點處比較之，主要的原因是沒有受過數學建模的訓練。未來可透過增廣教學訓練學生。
- 2.此範例可訓練學生數學知識連結的能力，但同學都缺乏此方面的

學習經驗。

3.此能力描述的範例屬於線性規劃的題目，在解題的過程中含蓋此四種能力，但一般學校命題很難有此類完整性的題目，可集思廣義採用聯合命題。

4.此題目所使用的觀察能力，一般學生不會去嘗試，任課老師可以搜集此類題目訓練學生。

表 5-15 各類專家對「一般數學解題能力敘述與範例」提出看法與解決途徑

訪談對象	各類專家訪談所提出的看法與解決途徑
一般數學 教師	<ol style="list-style-type: none">1.此範例選的很好，但學生不會從列表觀察中發現其關鍵點的數字變化，也不會從直角坐標中找出其交點處比較之，主要的原因是沒有受過數學建模的訓練。未來可透過增廣教學訓練學生。2.受到數學教學時數的限制，很難採取此種方式教學。3.此範例含蓋了轉化、求解、詮釋等三種能力，但驗證能力未能顯現出來。4.此範例可訓練學生數學知識連結的能力，但同學都缺乏此方面的經驗。5.轉化能力的敘述與專業解題能力的敘述有少部份不一樣，請修正。6.數學範例敘述之 1.2 之(c)「題目」改為「問題」。
工程數學 與電子學 教師	<ol style="list-style-type: none">1.此能力描述的範例屬於線性規劃題目，在解題過程中含蓋此四種能力，但一般學校很難命出此種完整性的題目，可集思廣義採用聯合命題。2.一般數學解題比較偏重思考、推導、運算過程，較少出現應用評估。此種模式適用於數學建模，即對屬性傾向比較、判斷、臆測、觀察、修正與調整等類的題目較適用，譬如：數學單元中的不等式、數列與級數、機率與統計……等。3.此題目所使用的觀察能力，一般學生不會去嘗試，任課老師可以搜集此類題目訓練學生。

七、「電子工程應用於電子工程問題的數學解題能力的敘述與範例」訪談結果分析與修正

綜合下述表 5-16 發現，歸納分析如下：

1. 此種能力的敘述，其目的就是提供任課老師評量學生電子工程問題的數學解題能力時，能找出學生電子工程問題的數學解題能力較不足的地方去補強。
2. 工程解題的四種能力之每一程序都有連結的能力，因此概念連結應該是電子工程問題的數學解題能力中最重要能力之一。
3. 電子工程問題的數學解題能力屬於專業建模的一種，必須用到專業推導的過程，但在高職階段的數學課程未有此方向的訓練，建議能在單元內容中培養其能力。
4. 能舉出較少出現且不易被了解的電子工程問題的數學解題能力之名詞解釋範例作說明。
5. 電子工程問題的數學解題能力包含的四種能力中，有三分之二以上的部份離不開專業的背景，即使是求解部份也是專業的公式運用數學方法來運算，因此，可針對電子工程開設電工數學選修科目，來加強此方面的能力。
6. 此敘述係以能力為導向的分析方式，如果能把它編成採電腦輔助學習之能力本位教材模式，即可提供同學作為補救教學及增廣教學之用。
7. 6.2-1 與 9.2-1 都是以數值代入檢驗，似乎有重複，可否將 6.2-1 之「數值」改為「數字」？二者之不同在於「數字」僅是「阿拉伯數目」；「數值」為「數字+專業單位符號」。

表 5-16 各類專家對「電子工程應用於電子工程問題的數學解題能力的敘述與範例」提出看法與解決途徑

訪談對象	各類專家訪談所提出的看法與解決途徑
一般數學 教師	<ol style="list-style-type: none"> 1. 電子工程問題的數學解題能力所包含的四種能力中，有三分之二以上的部份離不開專業的背景，即使是求解部份也是專業的公式運用數學方法來運算，因此，可針對電子工程開設電工數學選修科目，來加強此方面的能力。 2. 電子工程問題的數學解題能力屬於專業建模的一種，必須用到專業推導的過程，但在高職階段的數學課程未有此方向的訓練，建議能在單元內容中培養其能力。 3. 能舉出一些很少出現且不易被了解的電子工程問題的數學解題能力之名詞解釋範例作說明。 4. 6.2 與 9.1 兩者都有「驗算數字的正確性」，似乎是相同，可否將 6.2-1 加上「將所得之數字結果以數值代入……」。 5. 9.1-2 之「結果」改為「詮釋結果」？
工程數學 與電子學 教師	<ol style="list-style-type: none"> 1. 此敘述係以能力為導向的分析方式，如果能把它編成採電腦輔助學習之能力本位教材模式，即可提供同學作為補救教學及增廣教學之用。 2. 此種能力的敘述，其目的就是提供任課老師評量學生解題能力時，能找出學生解題能力不足的地方去補強。 3. 工程解題的四種能力之每一程序都有連結的能力，因此概念與電子學連結能力應該是專業解題能力中最重要的能力之一。 4. 此表 5.2 機制並非每一題都用到電腦軟體，一般大一、大二學生以 5.2-1 運用計算器的能力為主，大三以上學生以 5.2-2 運用電腦軟體能力為主。 5. 6.2-1 與 9.2-1 都是以數值代入檢驗，似乎有重複，可否將 6.2-1 之「數值」改為「數字」？二者之不同在於「數字」僅是「阿拉伯數目」；「數值」為「數字+專業單位符號」。

八、「預試試題之電子工程問題的數學解題能力敘述與其範例」訪談結果分析與修正

綜合下述表 5-17 發現，歸納分析如下：

- (一)此二極體的題目屬於固態電子學的範圍，主要培養學生從各種不同的矽二極體模型去了解近似解的概念。
- (二)此種編法很好，對試題來龍去脈之邏輯交待很清楚，不但老師要懂得此種寫法，且對每一個環節的能力判斷更需要了解。
- (三)此種工程解題的命題，可從兩個方向去思考：一種偏重工程解題的運算；另一種計算部份係以電腦軟體取代或直接給答案，偏重數據分析與詮釋的評量。其中第二種方式對我們的學生而言較欠缺，應多培養此方面的能力。
- (四)此範例屬於綜合性的題目，含蓋電子學及電子學實驗的內容，如果把電子工程問題的數學解題能力的流程模組化列在專題或電子實驗的終結評量上，由同一位教師任教不但容易實施，且可判斷學生各種能力的強弱。

表 5-17 各類專家對「預試試題之電子工程問題的數學解題能力描述的範例」提出看法與解決途徑

訪談對象	各類專家訪談所提出的看法與解決途徑
工程數學與電子學教師	<ol style="list-style-type: none"> 1.此種編法很好，對試題來龍去脈之邏輯交待清楚，不但要懂得此種寫法，且每一個環節的能力判斷更需要了解，一般老師沒有要求是不會做的。 2.此種專業解題的命題，可從兩個方向去思考：第一種偏重專業解題的運算；另一種計算部份係以電腦軟體取代或直接給答案，而偏重數據分析與詮釋的評量。其中第二種方式對我們的學生而言較欠缺應多培養此方面的能力。 3.此二極體的題目屬於固態電子學的範圍，主要培養學生從各種不同的矽二極體模型去了解近似解的概念。 4.此種模式的解法最好能給一些公式，由學生選擇套用。
電子學教師	<ol style="list-style-type: none"> 1.以電子工程問題的數學解題能力的流程模組化來判斷學生各種能力的強弱，很適合老師對學生解題能力的評量，最好能有範例與舉辦教師研習。 2.此範例屬於綜合性的題目，含蓋電子學及電子學實驗的內容，如果列在專題或電子實驗的終結評量，由同一位教師任教會比較容易實施。 3.此題有些公式以指數型的符號表示，最好以專業用的軟體打字會比較好看些。

九、預試試題的相關文件之訪談結果分析與修正

(一)「預試試題題目、引導式回答題與範例」之訪談結果分析與修正
綜合下述表5-18發現，歸納分析如下：

- 1.國立科技大學生對本題的數學求解及詮釋之表達能力還可以，若採用此方法來引導，對中等以下學生可增強其邏輯思考能力；但對私立科技大學之中等以上學生可增強其邏輯思考能力。
- 2.題目中問及電子相關名詞的意義時，部份學生不會寫其意義，是否改為敘述性的填空題或許會好一點，尤其是詮釋與驗證之敘述有助於引導學生填寫。

表 5-18 電子學教師對「預試試題題目、引導式回答題與範例」提出看法與解決途徑

訪談專家	訪 談 內 容
E1	國立科技大學生對本題的數學求解及詮釋之表達能力還可以，若採用此方法來引導，對中等以下學生可增強其邏輯思考能力。
E2	此種寫法在機制上有部份重複，如 2.2 與 3.1、4.1 與 5.1，可以合併。
E3	閱讀能力不足的人，可能題目的語意會不太清楚，導致解釋不清楚，提醒學生，一有問題即請教引導老師作詳細說明。
E4	1.私立科大學生對數學求解及詮釋部份表達能力較差，若採用此方法導，可增強其邏輯思考能力，對中等以上學生較適合。 2.題目中問及電子相關名詞的意義時，部份學生不會寫其意義，是否為敘述性的填空題或許會好一點。
E5	1.此種引導式回答題之列式運算與求解部分，有重複，可歸併。 2.詮釋與驗證之敘述有助於引導學生填寫。
E6	此種寫法，學生可能不習慣，應該舉一個範例，利用預試前向試測學當面詳細說明，讓其知道如何作答。

(二)「試題答題指引」之訪談結果分析與修正

綜合下述表 5-19 發現，歸納分析如下：

- 1.此種考法學生第一次碰到，考試前若能宣讀「試題答題指引」如附錄十八，可幫助學生了解答題方式，以減少錯誤。
- 2.可舉一個範例詳細說明如何填寫，如果時間許可，可引導學生試填。
- 3.«試題答題指引»中要叮嚀學生的部分除宣讀外，最好用粗體字或網字，以提醒同學注意。

表 5-19 電子學教師對「試題答題指引」提出看法與解決途徑

訪談專家	訪 談 內 容
E1	交代的很清楚，不需要修正與調整。
E2	交代清楚，如果能加範例說明會更好。
E3	「試題答題指引」中要叮嚀學生的部分除宣讀外，最好用粗體字或網字，以提醒同學注意。
E4	因此種考法學生第一次碰到，考試前能宣讀「試題答題指引，可幫助學生了解答題方式，以減少錯誤。指引中提到「若每一小子題不會作答或不知道公式，而直接影響到後面的答題時，請舉手引導老師會引導你」，因私立學校學生比較被動會不習慣，一定要再三叮嚀，否則會交白卷。
E5	交代清楚，不需要修改與調整。
E6	可舉一個範例詳細說明如何填寫，如果時間許可，可引導學生試填

(三)「學生自評表」之訪談結果分析與修正

表 5-20 電子學教師對「學生自評表」提出看法與解決途徑

訪談專家	訪 談 內 容
E1	以教學的角度來看很好，可使學生自己了解其不會的地方去加強。能力機制部份，已經經過專家認定，不需要修正與調整。
E2	「學生自評表」採五等第評量似乎太多，可否改為三等第評量，因學生對於「同意」與「普通」不易選擇。
E3	「學生自評表」上每一項之能力機制，最好能加「我能」兩字，譬如：1.1.我能理解題意與舊經驗結合。
E4	大學教授很少採用「學生自評表」，學生可能不習慣，尤其是能力機制部份學生看不懂，可能要告訴其意義，會比較好填寫。
E5	「同意」與「普通」不好區分，填出的結果會有誤差。
E6	不需要修改與調整。

綜合上述表 5-20 發現，歸納分析如下：

- 1.以教學的角度來看很好，可使學生自己了解其不會的地方去加強。
- 2.「學生自評表」採五等第評量似乎太多，可否改為三等第評量，因學生對於「同意」與「普通」不易選擇。
- 3.「學生自評表」上每一項之能力機制，最好能加「我能」兩字，譬如：1.1.我能理解題意與舊經驗結合。

(四)「教師評量表」之訪談結果分析與修正

表 5-21 電子學教師對「教師評量表」提出看法與解決途徑

訪談專家	訪 談 內 容
E1	「教師評量表」其實就是分段給分法，平常我們在改考卷時即採用此方法，所不同的是平時採用分數計算，而此表採用答對率計算而已。
E2	1.此種評量表分的太細，一般電子學沒有幾個單元能夠設計出題目用此來評量。 2.如果要以此表來評量，每班人數不可超過 15 人。
E3	1.如果要實施此教師評量表，最好每班不要超過十五人，否則任課老師法評量。 2.如果要實施，可否簡化分成轉化、求解、詮釋、驗證等四部份評量
E4	此種評量表設計很好，但很費時，我認為有必要填寫此表嗎？如果要每位任課老師填寫，對教授而言，可能反彈很大。
E5	此種評量突破以往的方式，對任課老師會不習慣，我認為利用電子學實驗或專題製作之課程實施可能比較好，因電子學單元並沒有那麼多小可評量。
E6	電子學每週授課時數三小時，單元內容又多，要以此種方式實施不太能，建議改為以電子學實驗課程來實施。

綜合上述表5-21發現，歸納分析如下：

- 1.如果要實施此教師評量表，最好每班不要超過十五人，否則任課老師無法評量。
- 2.如果要實施，可否簡化成轉化、求解、詮釋、驗證等四部份評量。
- 3.利用電子學實驗或專題製作之課程實施可能比較好，因電子學單元並沒有那麼多小題可評量。

(五)「選出具有代表性且較能測出學生程度的單元與試測的題目順序」之訪談結果分析

綜合專業訪談結果，歸納分析如下：

- 1.選出具有代表性且較能測出學生程度的單元及試測的題目順序為：
(1)二極體 (2)電晶體 (3)功率放大器 (4)濾波器。

十、電子學預試題目難易度與實施困難之訪談結果分析與修正

表 5-22 各類專家對電子學預試題目難易度與實施困難之訪談結果分析

訪談專家	訪 談 內 容
工程數學與 電子學教師	<ol style="list-style-type: none"> 1.此四道題目，同學們要完全答對非常不容易，一般程度同學第一題若給予「引導式回答」較無問題。其次為第二題；至於第三、四題，若偏微分與工程數學之拉普拉氏轉換較好且推導能力稍強者，較容易答題。 2.要完全答對此種題目，若具備專業與數學的知識及其實作的經驗者，答題就會比較完整。 3.此種「引導式回答題」可引導學生增強其邏輯思考的能力，並有漸近式的接觸及加重觀念的認知，而慢慢產生想要理解的動力，對程度較差的同學之基本概念的養成有助益。 4.工程數學、電子學(三)、電路學科目都安排在同一學期上課，未考慮到銜接問題，會影響到學生的學習效果與能力的展現。 5.«引導式回答»在理解術語部份若能稍作說明，可幫助同學增強對問題的概念理解與轉化。 6.因電子學所含蓋的範圍較廣，與電子元件特性有關的公式較多，故做題目時最好能提供一些公式，由學生選擇適合的公式運用。 7.第三題之偏微分部份，計算太繁，可酌量省略，否則學生會不耐煩。 8.學生答題的定性及認真程度不夠，該如何使其更深入的去產生「直覺」，除了教授課程外，更需要加重作業的練習，甚而培養更深入的學習。
電子學教師	<ol style="list-style-type: none"> 1.題目難易適中，但學生程度參差不齊，個別差異很大，程度稍好的同學作答應該不成問題，也有部份同學因程度不夠且「引導式回答」方式又不適應，可能不易作答，應多練習此類題目，以引導學生學習解題的流程。 2.對私校而言，第一、二題答對率會比第三、四題高，尤其第四題是利用拉普拉氏轉換，約有 5%的人能答得出來，若給予「引導式回答」可提升至 10%左右。 3.對國立學校而言，前二題約有 70%~80%可答得出來，但表達能力可能不如預期的表現；第三題利用偏微分推導公式約有 30%能答得出來；第四題利用拉普拉氏轉換約有 50%能答得出來，但在詮釋與驗證不會答得很完整。 4.四道題目在電子學課程中都教過了，可能有一部份同學公式會忘記或不適應此種方式學習。詮釋與驗證部份，依學生實務經驗及表達能力的不同而有程度的區別。 5.第二題繪出直流負載線，其人為誤差會很大，僅能繪出大概的輸入及輸出波形。

綜合上述表 5-22 發現，歸納分析如下：

1. 此種「引導式回答題」可引導學生增強其邏輯思考的能力，並有漸近式的接觸及加重觀念的認知，而慢慢產生想要理解的動力，對程度較差的同學之基本概念的養成有助益。

2. 對電子學預試題目難易度分析

(1) 此四道題目，同學們要完全答對非常不容易，一般程度同學第一題若給予「引導式回答」較無問題。其次為第二題；至於第三、四題，若偏微分與工程數學之拉普拉式轉換較好，且推導能力稍強者，比較容易答題。

(2) 詮釋與驗證部份，依學生實務經驗及表達能力的不同而有程度的區別。若其具備專業與數學的知識及其實作的經驗者，答題就會比較完整。

(3) 對國立學校而言，前二題約有 70%~80% 可答得出來，但表達能力可能不如預期的表現；第三題利用偏微分推導公式約有 30% 能答得出來；第四題約有 40% 能答得出來，但在詮釋與驗證不會答得很完整。

(4) 對私校而言，第一、二題答對率會比第三、四題高，尤其第四題是利用拉普拉氏轉換，約有 5% 的人能答得出來，若給予「引導式回答」可提升至 10% 左右。

3. 對電子學預試題目實施困難分析

(1) 工程數學、電子學(三)、電路學科目都安排在同一學期上課，未考慮到銜接問題，會影響到學生的學習效果與能力的展現。

(2) 因電子學所含蓋的範圍較廣，與電子元件特性有關的公式較多，故做題目時最好能提供一些公式，由學生選擇適合的公式運用。

(3) 第三題之偏微分部份，計算太繁，可酌量省略，否則學生會

不耐煩。

- 4.第二題繪出直流負載線，其人為誤差會很大，僅能繪出大概的輸入及輸出波形。

十一、「科技大學電子工程系學生電子工程問題的數學解題能力理論模式建立」之訪談結果分析與修正

表 5-23 各類專家對「科技大學電子工程系學生電子工程問題的數學解題能力理論模式建立」提出看法與解決途徑

訪談專家	訪 談 內 容
工程數學與電子學教師	<ol style="list-style-type: none">1.此種電子工程問題的數學解題能力模式屬於系統模型，是面對問題的思考模式，對工程類的學生之電子工程問題的數學解題能力頗有助益。2.此種模式雖可行，但要考量電子學上課時數與進度，可在每章的例題中建立單元模組，亦即依系統且有順序組成範例群，如此在考試時才有可能採用此種模式命題，找出學生那一部份的能力不足。3.要每一個題目都含蓋此十八個機制，實在不容易，譬如：題目中若沒有一堆數據時，「臆測、觀察」的機制即不易用到；若沒有電子儀器或電腦軟體，即不易看出其波形圖。4.若能規劃出一套提供給學生練習的教材，來培養學生邏輯思考，甚至將研發與創新的概念放進去，對我們的學生而言，助益很大。5.並非每一位學生都能接受此種模式的訓練，如果當作練習，又有旁人協助，可幫助學生對題目做好觀念的統整，解題的流程也比較順，學生接受度會比較高。6.若要以此方式實施教學，每班人數以不超過十五人，若超過效果一定會大打折扣。
電子學教師	<ol style="list-style-type: none">1.不需要增刪，但有些機制可能用不到。2.如果要實施，最好能依此模式透過課程發展委員會編輯此方面的教材，給學生練習。3.由於電子學每週授課 3 小時且內容偏重概念的檢討，若要規劃出含蓋四大電子工程問題的數學解題能力可能會教不完，若改為電子學實驗來實施會更適合。4.可將其擴大成綜合性的題目，透過團隊合作的評量來訓練學生電子工程問題的數學解題能力。5.若有完整的一套教材，實施上應該沒有困難，可讓學生在例題中學習此模式的解題方法。6.每班人數不要超過十五人，實施起來才有意義。

綜合上述表 5-23 發現，歸納分析如下：

- 1.此種電子工程問題的數學解題能力模式屬於系統模型，是面對問題的思考模式，可幫助學生對題目做好觀念的統整，解題的流程

也比較順，對工程類的學生之專業解題能力頗有助益。

- 2.最好能依此模式透過課程發展委員會，規劃出一套從電子學或電子學實驗之每單元的例題中建立單元模組，亦即依系統且有順序組成範例群的教材，來培養學生邏輯思考能力，若能將研發與創新的概念放進去，對我們的學生而言，助益很大。
- 3.可將其擴大成綜合性題目，透過團隊合作的評量來訓練學生工程解題的能力。
- 4.若採用此模式，每班人數以不超過十五人，實施起來才有意義。

參、專家諮詢結果分析

本研究之專家諮詢首先針對四類專家訪談之相關問題與文件之結果作確認，其次再依預試試題範圍與選擇、預試試題的相關文件之修正、預(施)測試題之適切性與修正、選擇適當的預(施)題與樣本選擇等逐一討論，取得全體一致的共識，最後對本研究之主體「科技大學電子工程系學生電子工程問題的數學解題能力理論模式之建立」作確認。

一、上述四類專家訪談之相關問題與文件的結果之確認

全體討論結果的共識如下：

(一)「科技大學電子工程系學生的數學學前程度」訪談結果分析之確認

學生數學學前能力依國立、私立學校的不同，而有顯著的差異，加上私立科大班級內的個別差異又很大，一定要有補救教學與銜接機制，否則學生根本無法研讀電子工程課程。

(二)「科技大學電子工程系學生需要用到的高中職數學單元之學前程度」訪談結果分析之確認

同意專家訪談意見

(三)「科技大學電子工程系應用數學單元之重要程度」訪談結果分析之確認

同意專家訪談意見

(四)「科技大學電子工程系學生電子工程問題的數學解題能力程度」

訪談結果分析之確認

同意專家訪談意見

(五)「對科技大學電子工程系學生如何加強電子工程問題的數學解題能力」訪談結果分析之確認

電腦軟體取代了「求解」、「驗證」的一部份之程序與機制，但轉化、詮釋、驗證(調整與改良)的部份，無法取代，這是學生今後必須要加強電子工程問題的數學解題能力最重要的部份。

(六)「預試試題之相關文件」訪談結果分析之確認

- 1.在預(施)測題目之排版有多種版本，盼能將格式、字體與符號能統一。
- 2.預試試題之學生自評表，原為五等第改為三等第，即改為「很同意」、「同意」、「很不同意」。
- 3.選出具有代表性且較能測出學生程度的單元及試測題目順序為：
(1)二極體 (2)電晶體-- A 類放大器 (3)電晶體--電晶體參數 (4)濾波器

綜合上述顯示，歸納分析如下：

- 1.學生數學學前能力依國立、私立學校的不同，而有顯著的差異，一定要有補救教學與銜接機制，否則學生根本無法研讀電子工程課程。
- 2.電腦軟體取代了「求解」、「驗證」的一部份之程序與機制，但轉化、詮釋、驗證(調整與改良)的部份，無法取代，這是學生今後必須要加強電子工程問題的數學解題能力最重要的部份。
- 3.選出具有代表性且較能測出學生程度的單元及試測的題目順序為：

- (1)第一題：二極體
- (2)第二題：電晶體放大電路-- A 類放大器
- (3)第三題：電晶體放大電路--電晶體參數
- (4)第五題：濾波器

二、預試試題的範圍

全體討論結果的共識如下：

(一)在題目的名稱上

為使題目名稱更為明確，使答題的學生更能了解其測驗的目標，修正題目名稱如下：。

- 1.將第二題原為「電晶體放大電路---A 類放大器」改為「電晶體 A 類放大器」。
- 2.將第三題原為「電晶體放大電路---電晶體參數」改為「電晶體參數---偏壓穩定度」。
- 3.將第四題原為「電晶體放大電路---高低頻響應」改為「電晶體頻率響應」。

(二)在題目的分佈上

此五題剛好含蓋電子學(一)(二)必修科目的單元，分佈是適當的。

(三)在題目的內容上

- 1.二極體熱電壓 $V_T=KT/g$ 的公式中的 g 應改為 q 。
- 2.預試題目、教師版的解答及電子工程問題的數學解題能力的描述裡所出現的 $I_D=I_S(e^{V_D/nV_T}-1)$ ，應更正為 $I_D=I_S(e^{V_D/\eta V_T}-1)$ ，亦即「 nV_T 」改為「 ηV_T 」。

綜合上述顯示，歸納分析如下：

- 1.第二題原為「電晶體放大電路---A 類放大器」改為「電晶體 A 類放大器」。

2. 第三題原為「電晶體放大電路---電晶體參數」改為「電晶體參數---偏壓穩定度」。
3. 第四題原為「電晶體放大電路---高低頻響應」改為「電晶體頻率響應」。

三、預試試題的選擇

全體討論結果的共識如下：

選擇第一題、第二題、第三題、第五題，其原因如下：

(一)在題目的分佈上

1. 第一題為二極體、第二、三、四題為電晶體、第五題為濾波器，可含蓋電子學主要的重要元件。
2. 第四題「電晶體頻率響應」在電子電路、通訊電子學的課程中會再教的更清楚與更詳細。
3. 電子工程問題的數學解題能力含蓋數學與專業之學前能力，在此前提下，數學能力必須要有高中職數學、微積分與工程數學的內容在題目的內涵之中。

(二)在配合電子工程問題的數學解題能力的命題方式上

1. 因所選擇題目的內涵已將轉化、求解、詮釋、驗證四個構面的過程列入，故學生在答題之邏輯流程會比其他題目較順些。
2. 題目的詮釋與驗證，如果學生沒有此方面的經驗，會很難答題，但在高職階段同學們在實習課時做過二極體、電晶體、基本運算放大器等電路的實務經驗，如果實習課很用心學習，答題應該不成問題。

綜合上述顯示，歸納分析如下：

1. 預試試題選擇下列四道題目
 - (1) 第一題：二極體電路
 - (2) 第二題：電晶體 A 類放大器

(3)第三題：電晶體參數---偏壓穩定度

(4)第四題：濾波電路

四、對預試試題之相關文件提出看法、解決途徑與修正

(一)對「預試之引導式問題」提出看法與解決途徑

全體討論結果的共識如下：

1.提出看法

(1)此種設計對學生有相當幫助，可使其更深入了解其相關內容。

(2)依題目設計，先審題詮釋後轉化為數學方程式，再求解此方程式，並從所得解答去詮釋電子學問題，最後再驗證原題目，如此的題目設計，對學生的邏輯思維能力幫助很大。

(3)有幫助，也有實際困難。一般學生若數學能力或專業能力有一項程度不好，即使採用【引導式問題】回答與計算，仍會因學生的定性不夠而造成放棄或不想寫。

(4)目前學生邏輯思維能力普遍不足，尤其是私立學校進來就讀的高職學生，受到升學考試採用選擇題命題的影響，其在補習班養成了死記憶式的訓練學習，只要選得出來答案不問為什麼的方式來獲取高分，若以此方式應試，會不耐煩。

(5)此種引導式問題，固然可培養學生邏輯思維能力與研發基礎能力，但受到下列因素的影響：

A.科技大學本身老師願不願意做。

B.老師編輯試題與能力評量的方法，有待訓練。

C.上課授課時數與進度的影響。

2.提出解決途徑

(1)私立科技大學學生對高中職所教過的三角函數與指對數函數的能力最弱，因此，實施此種模式的評量，應考量其基礎專業與數學能力。

- (2)學生對此模式會不習慣，比較喜歡採用速解法，解題步驟能省即省，不強調過程，因此，對此種模式若能事先做過一次模擬會比較好。
- (3)此種設計若有課程、教學與評量等課程認證與評鑑制度及其配套措施的話，應該會有效果。
- (4)我認為在教學與評量過程中，培養學生邏輯思維的能力是很重要的，也是目前學生最欠缺的能力，但部份科技大學的政策仍重視「研究」而忽略「教學」，尤其是教學與評量的方法不重視，對現今學生學前能力不足，尤其是對有學習障礙的學生，會產生循環式的效應。故教育部應做整體性考量，鼓勵教學型的大學多做教學與評量方面的研究，老師也可以透過教學與評量的機制進行行動研究，作為升等的重點考量。
- (5)在題目的類型上，若題目能分成兩種類型命題會更好：一類即採用此模式命題；另一類為以電腦軟體解題模式來命題。

綜合上述顯示，歸納分析如下：

- 1.此種設計對學生有相當幫助，可使其更深入了解其相關內容。
 - 2.依題目設計，先審題詮釋後轉化為數學方程式，再求解此方程式，並從所得解答去詮釋電子學問題，最後再驗證原題目，如此的題目設計，對學生的邏輯思維能力幫助很大。
 - 3.實施此種模式的評量，應考量其基礎專業與數學能力。
 - 4.此種設計在教學與評量過程中，培養學生邏輯思維的能力是很好且重要的，也是目前學生最欠缺的能力，若有課程、教學與評量等課程認證與評鑑制度及其配套措施的話，應該會有效果。
 - 5.在題目的類型上，若題目能分成兩種類型命題會更好：一類即採用此模式命題；另一類為以電腦軟體解題模式來命題。
- (二)對學生「預試之引導式問題」回答與計算過程與「預試電子工

程問題的數學解題能力的敘述」比對，能否測出學生解題能力提出看法與解決途徑

全體討論結果的共識如下：

1.提出看法

如果每一個預試試題所設計之【引導式問題】能與「工程應用於電子工程問題的數學解題能力的敘述」來比對，老師應該可以很清楚的測出學生四個構面能力的強弱。

2.提出解決途徑

(1)每一道題之「工程應用於電子工程問題的數學解題能力的敘述」若由任課老師自己依題目的內涵編寫，對科技大學任課老師而言，因未受過此方面的訓練，會有實際的困難，因此，若真的要實施，學校應舉辦此方面的教師研習，鼓勵老師參與。

(2)此模式之能力構面，剛好可含蓋電子工程問題的數學解題能力的四個循環途徑，非常好且很完整，十個程序也是如此，但十八個機制不一定每個題目皆用到，譬如說：

A.「觀察、臆測、驗證」並非每一題都需要用到，如果是以設計性、專題性為題目，或給予一堆數據的實驗性題目，使用此機制的機會比較高。

B.「運用適當的工具」、「驗證本題波形的正確性」並非每一題都需要用到，尤其是波形的正確性，必須使用電腦或儀器設備，對採用筆試測驗而言較不方便。

(3)一般在大一、大二所學的電子學，皆是以運算為主，到了大三上學期或下學期時才會學到使用電腦軟體進行運算與檢驗，屆時使用電腦驗證數字或波形會比較適合。

綜合上述顯示，歸納分析如下：

1.如果每一個預試試題所設計之【引導式問題】能與「工程應用於

電子工程問題的數學解題能力的敘述」來比對，老師應該可以很清楚的測出學生四個構面能力的強弱。

- 2.若真的要實施，學校應舉辦此方面的教師研習，鼓勵老師參與。
- 3.此模式之能力構面，剛好可含蓋電子工程問題的數學解題能力的四個循環途徑，非常好且很完整，十個程序也是如此，但十八個機制不一定每個題目皆用到。
- 4.一般在大一、大二所學的電子學，皆是以運算為主，到了大三上學期或下學期時才會學到使用電腦軟體進行運算與檢驗，屆時使用電腦驗證數字或波形會比較適合。

(三)引導老師宣讀及說明「學生答題指引及其流程」，對學生的作答有沒有幫助，提出見解與解決途徑

全體討論結果的共識如下：

1.提出看法

當指導老師宣佈時，試測的學生不見得會完全注意到，最好能一再強調重要的地方，以引起學生注意。

2.提出解決途徑

(1)第二大項之第 3 小項所提的「若每一小子題不會作答或不知道公式，且直接影響到後面的答題時，請舉手告知，引導老師會到你面前引導你」，此句話非常重要，需要試測學生的配合，否則會影響到爾後的作答，務必要將這些話改為網底字，以引起學生注意，否則信效度會出問題。

(2)為了提高學生答題的順利性，最好能舉一個實例說明，使學生更了解其答題流程，以減少答題的誤差。

綜合上述顯示，歸納分析如下：

- 1.當指導老師宣佈時，試測的學生不見得會完全注意到，最好能一再強調重要的地方或將這些話改為網底字顯現，以引起學生注

意。

2. 為了提高學生答題的順利性，最好能舉一個範例說明，使學生更了解其答題流程，以減少答題的誤差。

(四)對「學生自我評量表」提出看法、解決途徑與修正

全體討論結果的共識如下：

1. 提出看法

- (1) 學生對能力機制這一塊可能不太了解，在自我評量填答時會不會受到影響。
- (2) 有些能力機制在題目中不見得全部出現，我想編製人員對能力機制項目的考量，應該採最大化來設計，含蓋可能的所有狀況，但學生的答題僅能依題目有的來勾選，這樣會不會影響到信效度問題。

2. 提出解決途徑

- (1) 若要把這些「學生自我評量表」名詞解釋清楚，大概去掉半小時，不如要求學生從引導式回答問題中之答題內容來判斷，試測學生只要看機制的名稱及作答內容是否答得完整來自我評量即可。
- (2) 我同意上述的看法，但要更名明確的告訴學生如何做好。

3. 提出修正

- (1) 「學生自我評量表」採五等第評量，由於學生很少接觸此種量表，可否改為三等第評量，比較容易回答。

綜合上述顯示，歸納分析如下：

1. 要求學生從引導式回答問題中之答題內容來判斷，試測學生只要看機制的名稱及作答內容是否答得完整來自我評量即可。
2. 「學生自我評量表」採五等第評量，由於學生很少接觸此種量表，可否改為三等第評量，比較容易回答。

(五)對「教師評量表」提出看法、解決途徑與修正

全體討論結果的共識如下：

不需要增刪或修正

(六)對「教師評量流程」提出看法、解決途徑與修正

全體討論結果的共識如下：

採用流程圖方式，非常清楚，不需要增刪或修正

(七)預(施)試評分者在評分解釋題時，若採區分度(即部份給分法：全答對 100%、答對率 70%、答對率 50%、答對率 30%、全答對 0%)給分，來測出學生解題能力的程度，提出看法

全體討論結果的共識如下：

因預(施)測題目不是演算類就是解釋類的題目，若能採用區分度(即部份給分法：A：答對 100%、B：答對率 70%、C：答對率 50%、D：答對率 30%、E：答對率 0%)給分是最好的，不但可以測出學生的電子工程問題的數學解題能力，也能了解學生在解題過程中有那些弱點需要加強的。

綜合上述顯示，歸納分析如下：

若能採用區分度給分是最好的，不但可以測出學生的電子工程問題的數學解題能力，也能了解學生在解題過程中有那些弱點需要加強的。

五、對預(施)測試題之適切性提出看法與修正

(一)預試第一題-----二極體電路

全體討論結果的共識如下：

1.命題含蓋範圍的適切性

(1)命題方式能配合此模式所設計的四個構面，且全盤顧到題目的架構與內涵，非常不容易。

(2)學校在電子學科目的評量上，較少涉及解決問題方面，反而

電子學的實驗較多，因此，本題把這兩門課的內容併在一起，將理論應用於實際的各種狀況中，非常適當。

(3)本題以固態電子學的角度切入，從探討二極體各種模型的特性中求其直流工作點之精確度，也探討其受到直流電壓與溫度變化產生的變化情形，是一個從點切入到面皆能含蓋的題目，可說是一道很好的試題。

2.命題詞句之明確性

(1)本試題命題的詞句明確，都是一些題目中相關的電子專業名詞與符號，若學生的閱讀能力與專業能力足夠的話，應該不致於誤導或混淆。

3.此題目依【引導式問題】的流程回答與計算，在邏輯順序、詞句敘述或其他地方上，提出看法與修正

(1)本試題的命題詞句雖明確，但學生若對題目不甚了解，且閱讀能力又不足，會影響到答題。

(2)從命題的詞句可看出命題者的用心，有部份的內容是為了讓試測學生在腦海裏所思考的邏輯與公式能顯現出來，俾於評量此方面的能力而設定，導致部份內容重覆，在不影響學生能力的評量上可否減少些，以免學生不耐煩。

4.對學生「預試之引導式問題」的回答與計算過程與「預試電子工程問題的數學解題能力的敘述」比對，能否測出學生電子工程問題的數學解題能力提出看法與解決途徑

(1)此模式能配合預試題目與電子工程問題的數學解題能力敘述，可測出學生電子工程問題的數學解題能力，對科技大學的老師而言，可供任課老師參考、模仿與學習。

(2)如果本題之「引導式問題」與「工程應用於專業解題能力的敘述」都能匹配的話，以此來比對，應該可以測出學生電子工

程問題的數學解題能力較弱之處。

5.本試題給貴校大三學生施測，對於學生答題情形提出看法

(1)對國立的三所(台科大、北科大、雲科大)科技大學而言，若給大三的同學測試本題，大約有 $80\pm 10\%$ 可以答得出來；對四技入學學測 450 分以上的私立科技大學而言，大約有 $45\pm 15\%$ 可以答得出來。

(2)在學前能力方面，因此題較傾向於固態電子學，對高職電子科與資訊科畢業的同學而言，由於高職電子學受過此種問題訓練之經驗，比較能解此類的題目，但對普通高中上來的同學會較吃力。尤其在詮釋與驗證能力方面，高中生比高職生更需要多接觸。

(3)在數學能力方面，國立科技大學學生間的差距較小，有些對三角函數、指數函數等的運算較不熟悉。而私立科技大學校際間、學生間之個別差異很大，甚至有些學生連基本的四則運算都有問題。

(4)在專業能力方面，只要與數學有關的題目，考試出來的結果即不一樣，尤其是推導能力最差，此部份也是上課老師最感頭痛的。

(5)現在的學生只強調速成的結果，對於解題的過程並不在乎。

綜合上述顯示，歸納分析如下：

- 1.本題是一個從點切入到面皆能含蓋的題目，全盤顧到題目的架構與內涵，並把電子學與電子學實驗兩門課的內容併在一起，亦將理論應用於實際的各種狀況中，非常適當。
- 2.此模式能配合預試題目與電子工程問題的數學解題能力敘述，可測出學生電子工程問題的數學解題能力的弱點，對科技大學的老師而言，可供任課老師參考、模仿與學習。

3.在學前能力方面，因為此題較傾向於固態電子學，對高職電子科與資訊科畢業的同學而言，由於高職電子學受過此種問題訓練之經驗，比較能解此類的題目。

4.以對國立的三所(台科大、北科大、雲科大)科技大學而言，若給大三的同學測試本題，其大約有 $80\pm 10\%$ 可以答得出來；對四技入學學測 450 分以上的私立科技大學而言，其大約有 $45\pm 15\%$ 可以答得出來。

(二)預試第二題-----電晶體 A 類放大器

全體討論結果的共識如下：

1.命題含蓋範圍的適切性

(1)本題含蓋電子學基本放大電路，屬於小訊號放大電路，以 A 類放大器為例，具有代表性。

(2)本題透過兩種分析方法求解直流工作點，其過程即把直流部份的各種回路及回路方程式皆含蓋在內，題目又能精心設計數據使其在判斷是否為 A 類方大器時有很大的差距，讓學生不致於因計算誤差而導致答錯或無法作答，是一道很能測出學生能力的題目。

2.命題詞句之明確性

(1)本題之命題的詞句明確，但題目的專有名詞較多，試測學生必須全盤了解，在答題上才不會誤導、誤解或混淆。

(2)逆向思考是一種很好的邏輯學習法，但一般學生不習慣，也不一定會用此方法去思考。

(3)本題之「9.2 驗證波形的正確性」要求同學在電晶體輸出特性曲線之直流負載線上繪出交流波形來驗證，此種驗證方法非常好，可測出學生能對電晶體直流工作點的特性作全盤的了解，但學生所繪出之負載線誤差與真實值會有所差距，可以提供直

流工作點的值要求學生繪出，以免繼續做題目時造成計算的誤差，供大家參考。

3.此題目依【引導式問題】的流程回答與計算，在邏輯順序、詞句敘述或其他地方上，提出看法與修正

(1)依教學的經驗，同學對「定義」與「意義」表達不出來，可能寫到特性或功能方面，可將其改成引導式回答試題來引導學生寫出真正的定義。

(2)由於本題採圖(電路圖)文並茂方式引導試測學生作答，對其邏輯順序的概念較容易掌握，也較易答題，是一種非常好的訓練方式。

4.對學生「預試之引導式問題」的回答與計算過程與「預試電子工程問題的數學解題能力的敘述」比對，能否測出學生解題能力提出看法與解決途徑

(1)本題由於採用「引導式問題」要求學生依序作答，雖然繁瑣些，但學生會隨者解題的機制去思考回答問題，若某處答不出來，老師在評量時可從專業解題能力的敘述中去比對出學生那種的能力有待加強。對老師評量學生的能力而言，的確可測出學生的解題能力。

5.本試題給大三學生施測，對於學生答對率提出看法

(1)此題主要考電晶體基本放大器，有 A 類、B 類、AB 類、C 類放大器，其中最基本的為 A 類放大器，學生學習上會較完整，在答題上也比較容易。

(2)對國立的三所(台科大、北科大、雲科大)科技大學而言，若給大三的同學測試本題，其大約有 $80\pm 10\%$ 可以答得出來；對四技入學學測 450 分以上的私立科技大學而言，其大約有 $45\pm 15\%$ 可以答得出來。

(3)在學前能力方面，因此題屬於電晶體基本放大器，對高職電子科與資訊科畢業的同學而言，由於高職電子學受過此種問題訓練之經驗，比較能解此類的題目，但對普通高中上來的同學會較吃力。尤其在詮釋與驗證能力方面，高中生比高職生更需要多接觸。

(4)在數學能力方面，本題較偏重於公式型的計算，因此，回路與交流的公式，顯得很重要。故國立科技大學學生間的差距較小。而私立科技大學校際之間、學生間之個別差異很大，甚至有些學生連基本的公式都不會。

(5)在專業能力方面，只要與數學有關的題目，考試出來的結果即不一樣，尤其是運算較繁瑣的部份，學生沒有定性，使得任課老師很傷腦筋。

綜合上述顯示，歸納分析如下：

- 1.本題透過兩種分析方法求解直流工作點，其過程即把直流部份的各種回路及回路方程式皆含蓋在內，題目又能精心設計數據使其在判斷是否為 A 類方大器時有很大的差距，讓學生不致於因計算誤差而導致答錯或無法作答，是一道很能測出學生能力且具有代表性的題目。
- 2.由於本題採圖(電路圖)文並茂方式引導試測學生作答，對其邏輯順序的概念較容易掌握，也較易答題，是一種非常好的訓練方式。
- 3.在學前能力方面，因為此題屬於電晶體基本放大器，對高職電子科與資訊科畢業的同學而言，由於高職電子學受過此種問題訓練之經驗，比較能解此類的題目
- 4.依教學的經驗，同學對「定義」與「意義」表達不出來，可能寫到特性或功能方面，可將其改成引導式回答題來引導學生寫出真正的定義。

5.以國立科技大學大三的同學測試本題，其大約有 $80\pm 10\%$ 可以答得出來；對四技入學學測 450 分以上的私立科技大學而言，其大約有 $45\pm 15\%$ 可以答得出來。

(三)預試第三題-----電晶體參數--偏壓穩定度

全體討論結果的共識如下：

1.命題含蓋範圍的適切性

(1)本試題屬於電晶體放大電路，是上一題的延續題，祇不夠把重點放在影響電晶體最大的兩個因素---溫度與供應電壓上，透過此兩因素串成一系列的子題，並藉由偏微分的方法推導公式，幾乎含蓋電晶體材料的特性、溫度的變化、供應電壓的影響等重要因素，此題目命題非常適當。

(2)此題目針對 I_c 總變量來探討與比較四個變數的變動量，非常實用，但計算較繁，可否設計出比較好計算的數值。

(3)本題目的設計非常漂亮，先找出溫度對電晶體影響的變數，在利用推導的過程導出公式，進而從變項的數據中去比較變數影響的大小，最後提出改良方案，此題模式對電晶體而言，是理論與實務的結合，也含蓋解決問題能力的四個構面的設計。

2.命題詞句之明確性

(1)電晶體的參數有很多，如： h_{ie} 、 h_{fe} 、 h_{re}等，因此，題目中提到的「電晶體參數」應該改為「電晶體溫度參數」，詞句才會較明確。

(2)我認為不要寫「電晶體參數」，以免混淆，若改為「變數」可能會較好。

3.此題目依【引導式問題】的流程回答與計算，在邏輯順序、詞句敘述或其他地方上，提出看法與修正

(1)6.2 與 8.2 之第 1 小題的詞句要修正：「對電子學中之電晶體的

穩定度之經驗來判斷」修飾為「從電子學中所學到之電晶體穩定度的經驗來判斷」。

(2)10.2 的兩個小子題都是改良本題的方法，因此，可否將 10.2 的機制原為「修正與調整方向」改為「修正與改良方案」，較符合實際。

4.對學生「預試之引導式問題」回答與計算過程與「預試之電子工程問題的數學解題能力的敘述」比對，能否測出學生電子工程問題的數學解題能力提出看法與解決途徑

(1)本題目開始的答題方式即採逆向思考切入，並利用各種迴路去推導 I_c 對四個變數的偏微分，並將所給予之數據與電子學所學的概念整合後代入驗證，並提出解決方案，以此流程與電子工程問題的數學解題能力的敘述比對，的確可測出其各種能力。

(2)本題第 9 個程序為「9.2 驗證波形之正確性」，是採用電腦軟體驗證，如果沒有電腦設備是無法做的，要如何去評量。

(3)本題在詮釋方面，必須要能計算出四個變數的偏微分值，才能依數據的比較，詮釋問題及其最佳解。有些學生雖不會用偏微分推導出公式，但仍可依數據詮釋問題，此種現象的能力如何判定。

5.本試題給大三學生施測，對於學生答對率提出看法

(1)對國立的三所(台科大、北科大、雲科大)科技大學而言，若給大三的同學測試本題，其大約有 $70\pm 10\%$ 可以答得出來；對四技入學學測 450 分以上的私立科技大學而言，其大約有 $30\pm 15\%$ 可以答得出來。

(2)此題主要考溫度對電晶體的影響，有四個變數會影響 I_c 的變化，要先推導此四個變數，再做偏微分的動作，雖然本題在電

子學單元中是一般性且重要性的問題，但對學前能力不佳，尤其是數學有困難的同學難度會較高。

(3)因此題屬於電晶體偏壓穩定度問題，在轉化、求解、詮釋、與驗證等四個構面，都必須要引用專業的觀念才能答題。因此，專業能力在本題是答題的關鍵。

綜合上述顯示，歸納分析如下：

- 1.本題目的設計非常漂亮，把重點放在影響電晶體最大的兩個因素---溫度與供應電壓上，透過此兩因素串成一系列的子題，並藉由偏微分的方法推導公式。首先找出溫度對電晶體影響的變數，在利用推導的過程導出公式，進而從變項的數據中去比較變數影響的大小，最後提出改良方案，此題模式對電晶體而言，是理論與實務的結合，也含蓋解決問題能力的四個構面的設計。
- 2.題目中提到的「電晶體參數」應該改為「電晶體溫度參數」，詞句才會較明確。
- 3.本題在詮釋方面，必須要能計算出四個變數的偏微分值，才能依數據的比較，詮釋問題及其最佳解。有些學生雖不會用偏微分推導出公式，但仍可依數據詮釋問題。
- 4.以國立科技大學大三的同學測試本題，其大約有 $70\pm 10\%$ 可以答得出來；對四技入學學測 450 分以上的私立科技大學而言，其大約有 $30\pm 15\%$ 可以答得出來。

(四)預試第四題----濾波電路—主動濾波器與被動濾波器

全體討論結果的共識如下：

1.命題含蓋範圍的適切性

(1)本題為了配合電子工程問題的數學解題能力模式，特別選了 Notch Filter 為預試題，從此濾波器的觀念切入，來消除 60Hz 之低鳴雜訊，進而推導其轉移函數，並求取極點與零點方程式

之解，經計算結果發現此類電路因電感太大在低頻階段不適合，乃提出 Antoniou 電路取代電感器而解決了此問題。在過程中除運用濾波器的概念外，也考驗了工程數學之拉普拉式轉換推導。整個試題含蓋的範圍屬縱深式的安排，由淺而深，由觀念、推導到應用，其安排的非常恰當。

(2)此題目所提到的 Antoniou 電路是把理想的 OPA 條件納入，加強跨領域的學習，題目命題非常恰當，爾後這類的題目應多出現，以增強學生工程解題的能力。

2.命題詞句之明確性

(1)本題使用的濾波器，英文名稱為 Notch Filter，但中文名稱有兩個，最好每次出現此中文名稱時，能附上英文名稱，以免讓學生誤導或混淆。

(2)1.2 之第 5、6 小題，提到「何謂零點方程式？」、「何謂極點方程式？」，對中等程度學生而言不易達出，應改成引導式問題。

3.此題目依【引導式問題】的流程回答與計算，在邏輯順序、詞句敘述或其他地方上，提出看法與修正

(1)本題是利用拉普拉式專換之數學方法去推導公式，再依公式代入所給予之數據，會出現若學生推不出來，而無法繼續往下答題的現象，此時根本無法測出學生詮釋與驗證的能力，故若學生推不出來，引導老師應給予答案，讓學生跳過推導過程，直接往下做。

(2)本題的名詞很多，學生若不懂得其含義，可能無法作答，應在測試前先了解學校老師有沒有教過。

4.對學生「預試之引導式問題」的回答與計算過程與「預試電子工程問題的數學解題能力的敘述」比對，能否測出學生解題能力提

出看法與解決途徑

(1)除「9.1 數字的正確性」與「9.2 波形的正確性」無法測出學生能力外，其餘皆無問題。

(2)本題對私立科技大學大部份的學生，因學前能力、數學能力、專業能力的不足，可能無法測試出其能力。

5.本試題給貴校大三學生施測，對於學生答對率提出看法

(1)對國立的三所(台科大、北科大、雲科大)科技大學而言，若給大三的同儕測試本題，其大約有 $60\pm 10\%$ 可以答得出來；對四技入學學測 450 分以上的私立科技大學而言，其大約有 $20\pm 10\%$ 可以答得出來。

(2)此題目雖以拒波濾波器(Notch Filter)為主題，但為了考量電子工程問題的數學解題能力所需之轉化、詮釋與改良，又需配合工程數學的應用而設計，故本題需要應用到學生的學前能力、數學推導與應用能力、電子專業理論與實務的能力等三種能力，雖然本題在電子學單元中是一般性且重要性的問題，但對學前能力不佳，尤其是數學有困難的同儕難度較高。

(3)因為此題屬於濾波器改良問題，在轉化、求解、詮釋、與驗證等四個構面上，都必須要引用專業的觀念才能答題。因此，專業能力在本題是答題的關鍵。

綜合上述顯示，歸納分析如下：

1.本題為了配合電子工程問題的數學解題能力模式，特別選了 Notch Filter 為預試試題，從濾波器的觀念切入，來消除 60Hz 之低鳴雜訊，進而推導其轉移函數，並求取極點與零點方程式之解，經計算結果發現此類電路因電感太大在低頻階段不適合，乃提出將理想的 OPA 條件納入的 Antoniou 電路取代電感器而解決了此問題。在過程中除運用濾波器的概念外，也考驗了工程數學

之拉普拉式轉換推導。整個試題含蓋的範圍屬縱深式的安排，由淺而深，由觀念、推導到應用，其安排的非常恰當。

- 2.本題屬於濾波器改良問題，為了考量電子工程問題的數學解題能力所需之轉化、詮釋與改良，又需配合工程數學的應用而設計，故都必須要引用數學的推導與專業的觀念才能答題。因此，數學與專業能力在本題皆是答題的關鍵。

六、選擇適當的預(施)題與樣本選擇

- (一)依學生目前數學與專業解題能力的背景，對預試試題之困難度分析

全體討論結果的共識如下：

- 1.從入學成績的角度來看：

在表 4.1 所提的十七所學校當中之前九所(入學成績在 450 分以上)的學校較有可能答題。

- 2.從第一線的教師角度來看：

目前高職所學的學與專業愈來愈淺，又高職數學與大學微積分、工程數學間的課程銜接落差非常大，加上私立科技大學進來的高職生數學基礎又不好，要作此類題目有其困難，尤其是第四題濾波器必需用到拉普拉式轉換，對學生更有困難。

- (二)提出選擇適當的預(施)題及試(施)測樣本之原則？

全體討論結果的共識如下：

- 1.在選擇適當的預(施)題方面

從剛剛所討論的答題率來看，國立科技大學四題應該都可以當作預(施)題目，故可選擇第一題、第四題；第二題、第四題。但私立科技大學還要依學校的數學程度選擇第一題、第二題。

- 2.在選擇適當的試(施)測樣本方面

- (1)從入學成績的角度選擇試(施)測學校：

在表 4.1 所提的十七所學校當中之前九所學校為抽樣樣本，從此抽樣樣本中選擇一所國立及一所私立科技大學，每校各取五名為預試樣本。

(2)從試(施)測學校選擇試(施)測的年級：

因題目中的數學部份包含了工程數學之拉普拉式轉換，而此科目為三上的課程，故選擇大三學生較適宜。

(3)從試(施)測年級選擇試(施)測樣本：

從常態分配曲線三等分區間判定分界點示意圖所示，在國立科技大學電子工程系三年級學生中，從前段 33%取 2 名，中間 34%取 2 名，後段取一名為取樣原則，但必須經本人願意才能施測；私立科技大學，因考量學生學前能力的不足，會影響到信效度，故取電子工程系三年級學生，每班前 33%之學生為預試樣本。

綜合上述顯示，歸納分析如下：

- 1.高職數學與大學微積分、工程數學間的課程銜接落差大，加上私立科技大學進來的高職生數學基礎又不好，要作此類題目有其困難，尤其是第四題濾波器必需用到拉普拉式轉換，對學生更有困難。
- 2.在十七所學校當中之前九所(入學成績在 450 分以上)的學校為預試與試測樣本，樣本選擇之原則為：
 - (1)國立科技大學電子工程系三年級學生中，從前段 33%取 2 名，中間 34%取 2 名，後段取一名為取樣原則，但必須經本人願意才能施測；
 - (2)私立科技大學以每班前 33%之學生為預試樣本。
- 3.預試樣本：從抽樣樣本中選擇一所國立及一所私立科技大學三年級學生，每校各取五名為預試樣本。

4. 試測樣本：從抽樣樣本中選擇兩所國立及一所私立科技大學三年級學生，每校各取五名為試測樣本。

5. 國立科技大學可選擇第一、四題或第二、四題。但私立科技大學還要依學校的數學程度選擇第一題、第二題。

七、對「科技大學學生電子工程問題的數學解題能力之程序與機制」之確認

(一) 程序 1：「審題詮釋」應改為「解讀審題」比較恰當，因為此部份對題目審題而言，強調的是理解題意與理解術語，只有解讀題意沒有詮釋的動作。

(二) 10.2 機制之「修正與調整」改為「修正與改良」。

(三) 其餘的不必修正與調整，如表 5-24 所示。

表 5-24 「科技大學學生電子工程問題的數學解題能力模式之建立」之構面、程序與機制第二次修正表

電子工程問題的數學解題能力的構面	電子工程問題的數學解題能力的程序	電子工程問題的數學解題能力的機制
轉化能力	1. 解讀審題	1.1 理解題意與舊經驗結合 1.2 理解術語
	2. 分析問題	2.1 找出問題之已知與未知關係 2.2 數學符號與形式化
	3. 轉譯列式	3.1 擬定解決問題之數學語言
求解能力	4. 解題策略	4.1 觀察、臆測、驗證
	5. 運算處理	5.1 選擇數學方法、運算法則與公式 5.2 運用工具
	6. 求出解答	6.1 數學語言的解答 6.2 判斷解答的合理性
詮釋能力	7. 轉述解答	7.1 解讀數學語言 7.2 轉述數學結果
	8. 詮釋結果	8.1 詮釋工程問題解答 8.2 工程問題的最佳解
驗證能力	9. 驗證結果	9.1 數字的正確性 9.2 波形的正確性
	10. 應用評估	10.1 驗證結果解決問題 10.2 修正與改良

八、「電子工程應用於電子工程問題的數學解題能力的敘述」訪談結果
分析之確認

- (一) 程序 1 之 1.1-2 「數學符號使用的能力」應改為「符號使用的能力」，因為其是從題意中的與語言轉換成工程符號語言。
- (二) 程序 1 之 1.2-2 「數學與專業符號的能力」應改為「專業符號使用的能力」，因為其主要是要了解抽象概念的專業符號，並作專業術語與符號語言間的轉換。
- (三) 在 2.1-1 與 2.1-2 之間，增加「專業建模的能力」，其主要原因是當分析問題時，必須要分析尋找適當的專業定律或公式。
- (四) 其餘的不必修正與調整，如表 5-25~5-28 所示。

表 5-25 科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的敘述---轉化能力(修正稿)

程序	解題能力 機制	電子工程問題的 數學解題能力	電子工程問題的數學解題能力的敘述	
1. 解 讀 審 題	1.1 理解題 意與舊 經驗結 合	1.1-1. 閱讀理解 與觀察的 能力	1.運用個人先前的專業經驗、知識、技巧，了解問題的專業實際背景。 2.能閱讀問題情境，辨別題目的種類，涉及那些相關的知識領域，分清楚題目的條件和其目的。 3.善於從實際工作所提供的資訊中抓住其工程本質，或從特殊值中測試去觀察。	
		1.1-2 符號使用 的能力	1.能從題意中的語言轉換成以工程符號表示。 2.能解讀及辨識工程術語、現象、情境的各類表徵。	
	1.2 理解術 語	1.2-1 概念連結 的能力	理解專業的概念與定義。	
		1.2-2 專業符號 使用的 能力	1.了解抽象概念的工程符號。 2.工程術語與符號語言間的轉換。	
2. 分 析 問 題	2.1 找出問 題之已 知與未 知關係	2.1-1 綜合應用 的能力	1.從觀察與歸納中，找出問題的通則，提出一般敘述之抽象化。	
		2.1-2 專業建模 的能力	2.將數學和其他學科知識，透過文字及圖形的分析，化簡問題情境，找出已知量與未知量關係。 3.分析尋找適當的專業定律與公式。	
	2.2 數學與 專業符 號形式 化	2.2-1 邏輯思維 的能力	辨識各類數學或工程敘述（條件、定義、定理、假設、臆測、數量值的敘述、案例）與經驗。	
		2.2-2 專業表徵 的能力	1.瞭解數學或工程語言的語意及語法。 2.將不同領域的知識進行數學或工程轉換。	
		2.2-3 表達的能 力	能夠針對實際工程問題之具體的已知量與未知量關係，用比較合理、有效的方法，概括抽象轉化為可以運算的數學模型。	
		2.2-4 連結的能 力	把數學與工程領域作橫向的連結	
	3. 轉 譯 列 式	3.1. 擬定解 決問題 的數學 語言	3.1-1 抽象概括 的能力	通過抽象符號---方程式、不等式、數列來表示，也可用函數、圖表、圖形等關係來表述。即把工程應用題中的工程語言轉換成數學語言，使工程應用問題轉化成數學問題。
			3.1-2 轉譯列式 的能力	
3.1-3 概念連結 的能力			能利用精確的語言及符號來表示所求目標的概念。	

表 5-26 科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的敘述---求解能力(修正稿)

程序	能力機制	電子工程問題的數學解題能力	電子工程問題的數學解題能力的敘述
4. 解題策略	4.1 觀察、臆測、驗證	4.1-1 選擇策略的能力	能從觀察中形成、表徵及解決工程問題。
		4.1-2 數學知識連結的能力	採用不同類型的基本方法解之。 如果合適，能以不同方法解題。
		4.1-3 圖形與數形連結的能力	能觀察工程與數學問題中的因素，如：方程式求解、工程問題的函數變化(微積分)、計算的演算法、隨機現象等，要求能夠對工程與數學的本質有所理解。
		4.1-4 邏輯思維的能力	要培養學生正確的掌握定義、公理、定理、性質和法則，並能正確運用的能力。
		4.1-5 數學建模的能力	分析既有數學模式的性質與屬性，並評估該模式適用的範疇及其效度。
5. 運算處理	5.1 選擇適當的數學方法、運算法則與公式	5.1-1 數學推理能力	進行推導、直覺想象和推理的關係。
		5.1-2 數學運算能力	1.數學型式、數學結構或數學邏輯基模的演算及公式的選擇。 2.基本技能的運算：即數、式、符號間之運算。
		5.1-3 數學表達的能力	1.將數學問題與其他科學問題，用比較合理有效的方法加以表達。 2.表達相同工程術語與數學術語之不同表徵間的關係，並掌握不同表徵的特性與限制。
		5.1-4 概念連結的能力	理解數學概念、運算及關係。
5.2 運用適當的運算工具	5.2-1 運用計算器與圖表使用能力	能靈活運用工程型之計算機或採用圖表、查表方式獲得。	
	5.2-2 運用電腦軟體的能力	知道目前坊間已有的電腦套裝軟體工具或輔具的性質，並清楚其功能與限制與用法。	
6. 求出解答	6.1 數學語言的解答	6.1-1 數學表達的能力	能夠針對數學語言的表達，來確認運算過程中所得解答及其單位之合理性
		6.1-2 數學表徵的能力	瞭解數學語言的語意及語法。 數學表徵有如數學的面貌，外表的型態，是屬於數學本身的型態。
	6.2 判斷解答的合理性	6.2-1 符號運算的能力	以數值代入檢驗或有利於觀察等方式，作概略的判斷解答有無運算錯誤或合理性。

表 5-27 科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的敘述---詮釋能力(修正稿)

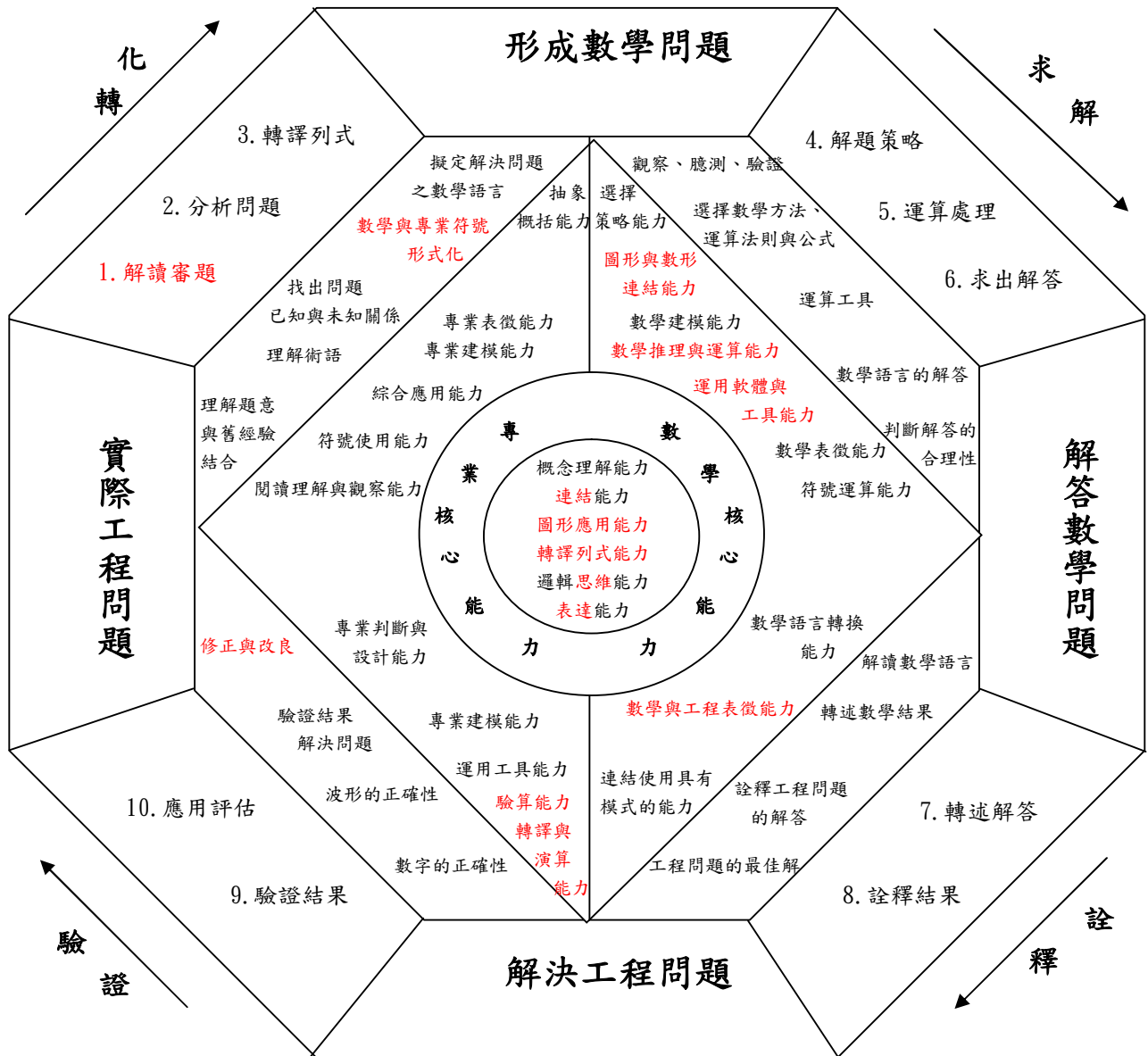
程序	解題能力機制	電子工程問題的數學解題能力	電子工程問題的數學解題能力的敘述
7. 轉述解答	7.1 解讀數學語言	7.1-1 數學語言轉換的能力	1.如何用數學的概念、符號等準確的描述事務對象及其關係。 2.以精確的數學語言轉化了工程問題的內在特性。
		7.1-2 數學與工程表徵的能力	1.能解讀、詮釋及辨識數學與工程術語、現象、情境的各類表徵，並瞭解他們與工程術語的關係。 2.可以在表徵之間進行選擇與轉化。
	7.2 轉述數學結果	7.2-1 連結的能力	能將解答與策略詮釋(連結)到新的情境。
		7.2-2 轉譯列式的能力	1.能詮釋或解讀既有數學式在工程問題中的意義。 2.能指出工程術語與數學語言、符號間的列式關係
8. 詮釋結果	8.1 詮釋工程問題的解答	8.1-1 表達的能力	能使用圖表、數值、代數和口語的數學模式或表徵探究問題及描述結果。 將數學知識的解答表達於不同工程領域。
		8.1-2 邏輯思維的能力	對於給定的結果，能清楚掌握其適用範疇。
	8.2 工程問題的最佳解答	8.2-1 表達的能力	將數學問題與其他科學問題，用比較合理有效的最佳解答加以表達。
		8.2-2 連結使用具有模式的解力	統整數學與工程模式的概念連結，並能判斷其最佳解

表 5-28 科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的敘述---驗證能力(修正稿)

程序	解題能力機制	電子工程問題的數學解題能力	電子工程問題的數學解題能力的敘述
9. 驗證結果	9.1 數字的正確性	9.1-1 轉譯與演算的能力	能解讀與詮釋符號的形式數學語言，並將驗證結果確認其正確性與合理性。
		9.1-2 驗算的能力	能將所得的結果，一一代入數值或採用其他檢驗的方式來驗證其正確性。
	9.2 波形的正確性	9.2-1 運用工具的能力	能以電腦輔助軟體或示波器、邏輯分析儀等電子儀表得出波形，並判斷波形的正確性與合理性。
10. 應用評估	110.1 驗證結果解決問題	10.1-1 專業建模的能力	能驗證相關專業單元的問題，並能辨識何種答案為問題中所要的解答。
	110.2 修正與改良	10.2-1 專業判斷與設計的能力	配合題目與材料的需求，作適當的修正、調整與改良。

九、對「科技大學學生電子工程問題的數學解題能力理論模式建立」之
 確認

綜合表 5-24 及表 5-25~5-2.28 之修正，將其置入於圖 5-3 中。



數學表徵能力：有如數學的面貌，外表的型態，是屬於數學本身的型態。

茲以數列為例：(1) $a_n=1/n$ (2) $a_1=1; a_2=3; a_{n+1}=a_n+a_{n-1}$ 為

遞迴數列 (3)敘述方式：將自然數中的質數由小而大所形

成的數列，如：2,3,5,7,11,13,.....(4)圖形表示。

數學表達能力：係指將數學或專業的式子，用表徵的方式表達出來。

圖 5-3 科技大學學生電子工程問題的數學解題能力理論模式之建立圖(第二次修正)

第二節 實徵結果分析

本論文之實徵研究，包括：預測與施測，主要的目的是要驗證科技大學學生電子工程問題的數學解題能力模式的可行性。在預試與試測的實施分成三大部份：第一部份為預試；第二部份預試試題修正與選擇；第三部份為施測，茲簡述如下：

壹、預試實徵結果分析

一、預試之筆試結果分析

本論文預試學校有兩所，首先分別將其預試之筆試結果分析，其次將此兩所學校學生之電子工程問題的數學解題能力，以列表方式比較分析

(一)第一所預試學校(國立 A 科技大學)實徵結果分析如下：

從表 5-29 預試第一題教師總評量中可得下列實徵結果分析：

1. γ_d 微分公式為「 $\gamma_d = dV_D/dI_D | V_D$ 定值」，學生都忽略「 V_D 定值」。
2. 交流公式大都忘記。
3. 三角函數運算及求誤差值較不會，顯示較複雜的數學運算能力較弱。
4. 部分學生在「判斷」、「解讀」、「轉述」、「詮釋」等表達與轉譯方面較差，顯示表達、連結、表徵、工程與數學間之語言轉換等能力較弱。

從表 5-30 預試第二題教師總評量中可得下列實徵結果分析：

1. 對 A 類放大器之「意義」與「特性」轉述能力較差。
2. 電路之三個功率公式忘記，求誤差值不會算。
3. 比較不會採逆向思考方式去找出已知與未知關係。
4. 部分學生沒有繪直流工作負載線的經驗，顯示實務經驗較弱。
5. 部分學生在「判斷」、「解讀」、「轉述」、「比較」、「詮釋」等表達

與轉譯方面較差，顯示表達、連結、表徵、工程與數學間之語言轉換等能力較弱。

6. 「修正與改良」部分，顯示實務經驗明顯不足。

從表 5-31 預試第三題教師總評量中可得下列實徵結果分析：

1. 國立科技大學大部分學生偏微分推導公式不太會，顯示數學推導運算能力較差。
2. 第三題每位預試學生的分數皆比上一題低，除受偏微分推導公式的影響外，在「判斷」、「解讀」、「轉述」、「詮釋」方面表現也差，顯示表達、連結、表徵、工程與數學間之語言轉換等能力較弱。
3. 本題第十個程序係考驗學生的解決與改良問題，從答題中顯示其實務經驗明顯不足。

從表 5-32 預試第四題教師總評量中可得下列實徵結果分析

1. 國立科技大學大部分學生運用工程數學中之「拉普拉氏轉換」來推導公式大都沒問題。
2. 大部分學生利用拉普拉氏轉換的方法求零點與極點方程式的解比較不會，此類運算能力有待加強。
3. 本題在「判斷」、「解讀」、「轉述」、「詮釋」方面表現也差，顯示表達、連結、表徵、工程與數學間之語言轉換等能力較弱。

表 5-29 國立 A 科技大學預試第一題兩位引導教師總評表

科技大學學生電子工程問題 的數學解題能力機制	預 11	預 12	預 13	預 14	預 15	總 評	能力分析
1.1 我能理解題意與舊經驗結合	A	A	B	A	A	預 15 未看清楚題目	1.1-1
1.2 我能理解題目中的術語	A	B	A	B-	B	不懂得題意要如何表達	1.2-2
2.1 我能找出問題之已知與未知關係	B	A	D	A	A	預 11 交流電路圖繪錯 預 15 未看清楚題目	2.1-1
2.2 我能分析數學符號與形式	A	A	A	A	A		
3.1 我能擬定解決問題的數學語言	A	A	A	A	A		
4.1 我能觀察、臆測、驗證此題目							
5.1 我能選擇數學解題方法、運算法則與公式	B	B	B	C	D	1. 未將 r_d 固定值表示出來 2. 給予交流公式繼續作答	5-1.2 5.1-3
5.2 我能運用適當的運算工具(計算器或電腦軟體)	A	B	A	B	B	3. 交流牽涉到三角函數運算，三位學生答對一半 4. 誤差求值不會算	
6.1 我能求出本題數學語言的解答	A	B	A	B	B	受上題的影響	6.1-1
6.2 我能判斷本題解答的合理性	A	A	E	C	E	預 12、預 13、預 15 不知題意怎麼判斷	6.2-1
7.1 我能解讀本題的數學語言	A	A	B	B	A	預 12、預 15 當溫度變化時，部份變數值的改變答錯	7.1-2
7.2 我能轉述本題的數學結果	A	A	E	B	C	預 12、預 13 部份解釋不清楚，預 15 不知如何解釋	7-2-2
8.1 我能詮釋本題的工程問題的解答	A	A	A	A	A		
8.2 我能詮釋本題工程問題的最佳解	A	B	C	B	B	最佳解部份答案寫錯	8.2-1
9.1 我能驗證本題數字的正確性	A	A	A	A	A		
9.2 我能驗證本題波形的正確性	A	A	D	A	A	預 15 祇答對一小部份	9.2-1
10.1 我能驗證本題的結果解決問題	A	A	A	A	A		
10.2 我能修正與改良本題	A	A	A	A	A		
本題總評討論所得的總分	96	92	66	84	81		

說明：1. 預試學生以「預_{xx}」表之，如：「預₁₁」為第一所預試學校之第一位預試學生
2. 試測學生答對百分比：A--100%；B--70%；C--50%；D--30%；E--0%

表 5-30 國立 A 科技大學預試第二題兩位引導教師總評表

科技大學學生電子工程問題 的數學解題能力機制	預 11	預 12	預 13	預 14	預 15	總 評	能力分析
1.1 我能理解題意與舊經驗結合	A	A	A	A	A		
1.2. 我能理解題目中的術語	B	B	A	B	A	對 A 類放大器之「意義」與「特性」之轉述能力較差	1.2-2
2.1 我能找出問題之已知與未知關係	A	A	B	A	B	預 13、預 15 學生不太會逆向思考，口試提醒後預 15 可以答出	2.1-1 2.1-2
2.2 我能分析數學符號與形式	A	A	A	A	A		
3.1 我能擬定解決問題的數學語言	A	A	A	A	A		
4.1 我能觀察、臆測、驗證此題目							
5.1 我能選擇數學解題方法、運算法則與公式	A	A	B	B+	C	1.功率三個公式忘掉，爾後考試應給予參考公式	5.1-2 5.1-3
5.2 我能運用適當運算工具(計算器或電腦軟體)	A	B+	A	A	B	2.有兩位學生計算錯誤	
6.1 我能求出本題數學語言的解答	A	B+	A	A	B	受上一題的影響	6.1-1
6.2 我能判斷本題解答的合理性	A	A	A	B	C	題目中所指的「結果如何」不會判斷，顯示表達能力不足	6.2-1
7.1 我能解讀本題的數學語言	A	A	C	A	C	不會解讀轉換效率與 A 類放大器的最大效率之比較	7.1-2
7.2 我能轉述本題的數學結果	A	A	B	A	B+	對於轉換效率與 A 類放大器最大效率比較，轉述的不完整	7.2-2
8.1 我能詮釋本題的工程問題的解答	A	A	A	A	A		
8.2 我能詮釋本題工程問題的最佳解	A	A	B	A	A	預 15 學生表達能力不足	8.2-1
9.1 我能驗證本題數字的正確性	A	A	A	A	A		
9.2 我能驗證本題波形的正確性	A	A	E	C	E	預 12、預 13、預 15 學生直流工作負載線不會畫	9.2-1
10.1 我能驗證本題的結果解決問題	A	A	E	A	A	預 15 學生不知如何驗證是否為最佳的設計方式	10.1-1
10.2 我能修正與改良本題	A	A	E	E	E	預 12、預 13、預 15 三位學生實務經驗明顯不足	10.2-1
本題總評討論所得的總分	98	94	69	87	73		

說明：1.預試學生以「預××」表之，如：「預 11」為第一所預試學校之第一位預試學生
2.試測學生答對百分比：A--100%；B--70%；C--50%；D--30%；E--0%

表 5-31 國立 A 科技大學預試第三題兩位引導教師總評表

科技大學學生電子工程問題 的數學解題能力機制	預 11	預 12	預 13	預 14	預 15	總 評	能力分析
1.1 我能理解題意與舊經驗結合	A	A	A	A	A		
1.2 我能理解題目中的術語	A	B	A	C	B	不懂得題意如何轉換	1.2-2
2.1 我能找出問題之已知與未知關係	A	A	B	A	B	求 V_{TH} 的公式不會寫，口試提醒此等效電路圖後，即會說出	2.1-1 2.1-2
2.2 我能分析數學符號與形式	A	A	A	A	A		
3.1 我能擬定解決問題的數學語言	A	A	A	A	A		
4.1 我能觀察、臆測、驗證此題目							
5.1 我能選擇數學解題方法、運算法則與公式	B	A	B	B	B	1. I_C 對 V_{BE} 、 I_{CBO} 、 β 、 V_{CC} 之偏微分公式不會推導	5.1-1 5.1-2
5.2 我能運用適當的運算工具(計算器或電腦軟體)	B	B	C	B	C	2. 給予公式，仍計算錯誤	5.2-1
6.1 我能求出本題數學語言的解答	B	B	C	C	C	受上一題影響	6.1-1
6.2 我能判斷本題解答的合理性	B	B	C	E	B	不會判斷或判斷表達能力不足	6.2-1
7.1 我能解讀本題的數學語言	B	A	C	B	B	題目中的依序排列部份錯誤	7.1-2
7.2 我能轉述本題的數學結果	B	A	D	B	B	轉述結果受上一題的影響	7.2-1
8.1 我能詮釋本題的工程問題的解答	B	A	D	B	B	詮釋的解答也受上一題的影響	8.1-1
8.2 我能詮釋本題工程問題的最佳解	B	A	C	B	C	詮釋的不完整	8.2-1
9.1 我能驗證本題數字的正確性	B	A	C	B	B	驗證不完全對	9.1-1
9.2 我能驗證本題波形的正確性							
10.1 我能驗證本題的結果解決問題	C	E	E	C	E	二位同學解決問題答對一半，受實務經驗不足的影響。	10.1-1
10.2 我能修正與改良本題	B	C	E	E	E	五位學生實務經驗明顯不足	10.2-1
本題總評討論所得的總分	77	82	56	65	61		

說明：1. 預試學生以「預××」表之，如：「預 11」為第一所預試學校之第一位預試學生

2. 試測學生答對百分比：A--100%；B--70%；C--50%；D--30%；E--0%

表 5-32 國立 A 科技大學預試第四題兩位引導教師總評表

科技大學學生電子工程 問題的數學解題能力機制	預 ₁₁	預 ₁₂	預 ₁₃	預 ₁₄	預 ₁₅	總 評	能力分析
1.1 我能理解題意與舊 經驗結合	A	A	A	A	A		
1.2. 我能理解題目中的 術語	A	A	A	A	A		
2.1 我能找出問題之已知 與未知關係	A	A	A	A	A		
2.2 我能分析數學符號 與形式	A	A	A	A	A		
3.1 我能擬定解決問題的 數學語言	A	A	A	A	A		
4.1 我能觀察、臆測、 驗證此題目							
5.1 我能選擇數學解題方 法、運算法則與公式	A	A	C	A	A	1.除預 ₁₅ 之推導公式不太會 外，其餘都很好	5.1-1 5.1-2
5.2 我能運用適當運算工 具(計算器或電腦軟體)	B+	C	C	C	C	2.兩個方程式求解較複雜，不 是計算錯誤，就是未解出	5.1-3 5.1-4
6.1 我能求出本題數學 語言的解答	A	C	C	C	C	受上一題的影響	6.1-2
6.2 我能判斷本題解答 的合理性	A	B	C	B	B	除預 ₁₁ 外，其餘同學不會利用 6.1的結果找出相關因素判斷	6.2-1
7.1 我能解讀本題的數 學語言	A	A	B	C	C	三位同學都是7.1之(2)答案 寫錯	7.1-2
7.2 我能轉述本題的數 學結果	A	A	B	A	B	受上一題的影響	7.2-1
8.1 我能詮釋本題的工程 問題的解答	A	B	E	C	C	詮釋工程問題普遍不足	8.1-1
8.2 我能詮釋本題工程 問題的最佳解	A	A	E	A	B	在詮釋最佳解方面，學生個別 差異很大	8.2-1
9.1 我能驗證本題數字 的正確性	A	B	E	B	B	學生僅能驗證答對的部份	9-1.1
9.2 我能驗證本題波形 的正確性							
10.1 我能驗證本題的 結果解決問題	A	A	E	B	C	預 ₁₅ 學生不知如何判斷是否 最佳的設計方式	10.1-1
10.2 我能修正與改良 本題	A	C	E	D	C	除預 ₁₁ 外，其餘四位學生實務 經驗明顯不足	10.2-1
本題總評討論所得的總分	98	85	52	77	74		

說明：1.預試學生以「預××」表之，如：「預₁₁」為第一所預試學校之第一位預試學生

2.試測學生答對百分比：A--100%；B--70%；C--50%；D--30%；E--0%

(二)第二所預試學校(私立 B 科技大學)實徵結果分析如下：

表 5-33 私立 B 科技大學預試第一題兩位引導教師總評表

科技大學學生電子工程問題 的數學解題能力機制	預 21	預 22	預 23	預 24	預 25	總 評	能力分析
1.1 我能理解題意與舊經驗 結合	A	A	A	A	A		
1.2.我能理解題目中的術語	B	B	A	A	A	題目中的術語不很清楚，口試告知，隨即回答	1.2-1 1.2-2
2.1 我能找出問題之已知與 未知關係	A	C	A	A	A	繪電路圖不完整，影響其找已知與未知的關係	2.1-1 2.1-2
2.2 我能分析數學符號與形 式	A	B	B	B+	B	不知已知與未知的符號關係，經告知後，即會回答	2.2-1 2.2-3
3.1 我能擬定解決問題的數 學語言	A	A	B	B	A	口試告知答案，認為不小心寫錯	3.1-2
4.1 我能觀察、臆測、驗證 此題目							
5.1 我能選擇數學解題方 法、運算法則與公式	C	C	C	B	C	1.直流公式寫的正確 2.交流公式忘記，給予公式繼續作答。	5.1-2 5.1-3
5.2 我能運用適當運算工具 (計算器或電腦軟體)	B	B	B	B	C	3.交流運用三角函數不會算	5.1-4 5.2-1
6.1 我能求出本題數學語言 的解答	C	C	B	B	C	受上一題的影響	6.1-1 6.1-2
6.2 我能判斷本題解答的合 理性	C	C	A	C	C	判斷不完整或不會判斷	6.2-1
7.1 我能解讀本題的數學語 言	C	C	A	B	C	解讀表達不足	7.1-1 7.1-2
7.2 我能轉述本題的數學結 果	D	D	B	D	C	不會轉述原因，表達能力不足	7.2-1 7.2-2
8.1 我能詮釋本題的工程問 題的解答	B	B	A	A	B	詮釋的不完整	8.1-1
8.2 我能詮釋本題工程問題 的最佳解	D	D	B	C	D	詮釋最佳結果表達不出來	8.2-2
9.1 我能驗證本題數字的正 確性	D	C	A	A	B	驗證一部份答對	9.1-1
9.2 我能驗證本題波形的正 確性	B	B	B	C	B	波形造成的原因不會表達	9.2-1
10.1 我能驗證本題的結果 解決問題	C	C	A	B	C	不會將結果用來解決問題	10.1-1
10.2 我能修正與改良本題	E	C	A	A	D	受到實務經驗不足的影響	10.2-1
本題總評討論所得的總分	61	60	86	71	65		

說明：1.預試學生以「預××」表之，如：「預 21」為第二所預試學校之第一位預試學生

2.試測學生答對百分比：A--100%；B--70%；C--50%；D--30%；E--0%

表 5-34 私立 B 科技大學預試第二題兩位引導教師總評表

科技大學學生電子工程 問題的數學解題能力機制	預 21	預 22	預 23	預 24	預 25	總 評	能力分析
1.1 我能理解題意與舊 經驗結合	A	B	A	A	A	預 23 同學未看清楚題目	
1.2. 我能理解題目中的 術語	B	B	A	B	B	題目中的術語表達不完 整	1.2-2
2.1 我能找出問題之已知 與未知關係	A	C	A	A	A	預 23 有一個電路圖不會畫 影響其找已知與未知關 係。	2.1-1 2.1-2 2.1-3
2.2 我能分析數學符號 與形式	A	C	A	A	B	1.受上一題的影響 2.預 25 不太會逆向思考	3.1-2
3.1 我能擬定解決問題 的數學語言	A	A	A	A	A		
4.1 我能觀察、臆測、 驗證此題目							
5.1 我能選擇數學解題方 法、運算法則與公式	C	C	B	B	B	1.直流公式都沒問題 2.功率與誤差公式忘記， 給予公式繼續作答；部 分計算仍有誤。	5.1-2 5.1-3 5.1-4
5.2 我能運用適當運算工 具(計算器或電腦軟體)	C	C	B	B	B		5.2-1
6.1 我能求出本題數學 語言的解答	C	D	B	A	B	受上一題的影響	6.1-1 6.1-2
6.2 我能判斷本題解答 的合理性	D	D	C	C	C	部份因誤差計算錯誤，影 響判斷。	6.2-1
7.1 我能解讀本題的數 學語言	C	C	B	C	B	受上一題的影響	7.1-1 7.1-2
7.2 我能轉述本題的數 學結果	C	C	C	C	C	「比較發現」之現象表達 不出來	7.2-1 7.2-2
8.1 我能詮釋本題的工 程問題的解答	C	C	C	C	C	詮釋部分答的不完整	8.1-1
8.2 我能詮釋本題工程 問題的最佳解	C	C	C	C	C	受上一題及實務經驗不 足的影響	8.2-2
9.1 我能驗證本題數字 的正確性	C	C	B	B	B	直流驗證沒問題，功率計 算學生不會。	9.1-1
9.2 我能驗證本題波形 的正確性	B	B	B	C	C	直流工作點都沒問題，但 繪出輸出波形會有失真。	9.2-1
10.1 我能驗證本題的 結果解決問題	B	B	B	C	B	驗證結果表達不清楚	10.1-1
10.2 我能修正與改良 本題	C	C	C	C	C	僅能表達一部分，主要是 缺乏實務經驗。	10.2-1
本題總評討論所得的總分	65	56	74	70	70		

說明：1.預試學生以「預××」表之，如：「預 21」為第二所預試學校之第一位預試學生
2.試測學生答對百分比：A--100%；B--70%；C--50%；D--30%；E--0%

從表 5-33 預試第一題教師總評量中可得下列實徵結果分析

- 1.部份學生專業術語名稱雖瞭解，但其概念解釋不出來，尤其是 γ_d 定義之「 V_D 定值」常被忽略。
- 2.已知與未知不太會連結，表示其專業表徵能力有待加強。
- 3.交流公式大都忘記。
- 4.三角函數運算大都不會而放棄，顯示此部分能力極需加強。
- 5.本題在「判斷」、「解讀」、「轉述」、「詮釋」方面表現較差，顯示表達、連結、表徵、工程與數學間之語言轉換等能力較弱。

從表 5-34 預試第二題教師總評量中可得下列實徵結果分析

- 1.題目中的術語，轉述能力較差。
- 2.部份學生電路圖不會劃，影響到其找出已知與未知的關係。
- 3.部份學生不太會逆向思考，顯示邏輯思維能力有待加強。
- 4.電路之三個功率公式忘記，求誤差值的定義也不知，顯示一般專業基本公式有待加強。
- 5.本題在「判斷」、「解讀」、「比較」、「詮釋」等表達與轉譯較差。顯示表達、連結、表徵、工程與數學間之語言轉換等能力較弱。
- 6.實務經驗影響「修正與改良」部份，顯示學生實務經驗明顯不足。

(三)兩所預試學校之科技大學學生電子工程問題的數學解題能力分析

從表 5-35 可得下列實徵結果分析：

- 1.在「審題詮釋」方面：應加強「專業符號使用的能力」。
- 2.在「分析問題」方面，在找出已知與未知的關係時，應加強「綜合應用的能力」、「專業建模的能力」。
- 3.在「運算處理」方面：直流的三種功率公式、交流公式、誤差值的定義公式，學生都忘記；但在運算過程方面，一遇到三角函數運算、偏微分推導公式、利用拉普拉式轉換之方程式求解時即面

臨計算困難，顯示需要加強此方面的能力。

- 4.在「求出解答」與「轉述解答」方面：應加強「表達的能力」、「符號運算與判斷的能力」、「數學與工程表徵的能力」、「連結的能力」、「轉驛列式的能力」等。
- 5.在「詮釋結果」、「驗證結果」、「應用評估」方面：應加強「表達能力」、「轉譯與演算能力」、「專業建模能力」、「專業判斷與設計的能力」。

表 5-35 兩所預試學校之科技大學學生電子工程問題的數學解題能力分析表

科技大學學生電子工程 程序	科技大學學生電子工程問題的數學解題能力 機制	科技大學學生電子工程問題 的數學解題能力	科技大學學生電子工程問題的數學解題能力分析					
			第一題		第二題		第三題	第四題
			國立	私立	國立	私立	國立	國立
1. 審題 詮釋	1.1 理解題意與舊經驗結合	1.1-1 閱讀理解與觀察的能力	✓					
		1.1-2 符號使用的能力						
	1.2 理解術語	1.2-1 概念理解的能力		✓				
		1.2-2 專業符號使用的能力	✓	✓	✓	✓	✓	
2. 分析 問題	2.1 找出問題之已知與未知關係	2.1-1 綜合應用的能力	✓	✓	✓	✓	✓	
		2.1-2 專業建模的能力		✓	✓	✓	✓	
	2.2 數學符號與形式化	2.2-1 邏輯思維的能力		✓				
		2.2-2 專業表徵的能力						
		2.2-3 表達的能力		✓				
	2.2-4 連結的能力							
3. 轉譯 列式	3.1 擬定解決問題的數學語言	3.1-1 抽象概括的能力						
		3.1-2 轉譯列式的能力		✓				
		3.1-3 概念理解的能力						
5. 運算 處理	5.1 選擇適當的數學方法、運算法則與公式	5.1-1 數學推理的能力				✓	✓	
		5.1-2 數學運算能力	✓	✓	✓	✓	✓	
		5.1-3 數學表達的能力	✓	✓	✓	✓		
		5.1-4 概念理解的能力		✓	✓			
	5.2 運用適當的運算工具	5.2-1 運用計算器與圖表能力		✓		✓	✓	✓
5.2-2 運用電腦軟體的能力								
6. 求出 解答	6.1 數學語言的解答	6.1-1 數學表達的能力	✓	✓	✓	✓	✓	
		6.1-2 數學表徵的能力		✓	✓	✓	✓	
7. 轉述 解答	7.1 解讀數學語言	7.1-1 數學語言轉換的能力		✓	✓			
		7.1-2 數學與工程表徵的能力	✓	✓	✓	✓	✓	
		7.2 轉述數學結果	7.2-1 連結的能力		✓	✓	✓	✓
7.2-2 轉譯列式的能力	✓		✓	✓	✓			
8. 詮釋 結果	8.1 詮釋工程問題的解答	8.1-1 表達的能力		✓	✓	✓	✓	
		8.1-2 邏輯思維的能力						
	8.2 工程問題的最佳解	8.2-1 表達的能力		✓				
8.2-2 連結使用具有模式的能力			✓	✓				
9. 驗證 結果	9.1 檢驗數字正確性	9.1-1 轉譯與演算的能力		✓	✓	✓	✓	
		9.1-2 驗算的能力						
10. 應用 評估	9.2 檢驗波形正確性	9.2-1 運用工具的能力	✓	✓	✓	✓		
		10.1 驗證結果解決問題	10.1-1 專業建模的能力	✓	✓	✓	✓	✓
			10.2 修正與改良	10.2-1 專業判斷與設計的能力	✓	✓	✓	✓

二、預試完成後對試測學生口試訪談實徵結果分析

預試完成後，緊接著對每位學生以半結構訪談方式實施口試，其訪談結果歸納如下：

(一)第一所預試學校(國立 A 科技大學)之口試訪談實徵結果分析如下：

第一題：預試試題採用「引導式回答題」有什麼看法？

表 5-36 對「預試試題採用引導式回答題」口試訪談結果分析

學生	口 試 回 答 內 容
預 11	1.此種考試像流程圖一樣，即使作答邏輯不很順，也可引導出答案。 2.在詮釋與驗證方面，學前實務經驗很重要，有助於解決問題與改良問題。
預 12	1.題目採引導式回答方式，若在題目不知如何著手的話，有助於答題，因此，對複雜的題目，我比較喜歡此種方式，對簡單的題目會覺得囉唆一點。
預 13	1.用引導式回答題考試，對我而言還好不會排斥。 2.雖然此種方式，可引導我們寫答案時可增加觀念思考及推導較順利些，但考試時間較難掌握。
預 14	1.採用此方式，比較容易答題且觀念的引導會較清楚，一步一步寫下來比較順利。 2.當電路與方程式不熟悉時，可藉由引導來慢慢推導。
預 15	1.此種模型，學習方式不錯，但考試填寫時有重複現象，時間長比較不適合 2.題目後面的「詮釋」、「應用評估」沒有實務經驗較吃虧。

綜合上述，顯示試測學生的想法如下：

- 1.題目採引導式回答方式，比較容易答題且觀念的引導會較清楚，對較複雜的題目更適合。
- 2.在詮釋與應用評估方面，學前實務經驗很重要，有助於解決與改良問題。
- 3.雖學習方式不錯，但考試填寫時有重複現象，時間長比較不適合。

第二題：在「引導式回答題」的十個機制中，那些機制較難
答題需要加強的，提出看法？

表 5-37 對「預試試題十個機制中，那些機制較難答題需要加強」口試訪
談結果分析

學生	口 試 回 答 內 容
預 11	<ol style="list-style-type: none"> 1.依題目性質及個人學前能力而定。 2.依每一題機制而言，第一、二題之第七、八、九、十機制，要有實務經驗較容易答題，第三題要會偏微分推導公式，才會比較容易，否則無從下手。 3.第四題之第四，五，六機制必須要會偏微分推導公式及拉普拉斯轉換解零點與極點方程式，否則較難答題。
預 12	<ol style="list-style-type: none"> 1.第二、三、四題之第九、十機制比較難答，主要原因是實務經驗及應用評估較差。 2.第三題之第四、五、六等機制利用偏微分推導公式及解三角函數方程式，很複雜最難，數學基礎好的，才能答題。
預 13	<ol style="list-style-type: none"> 1.在第九、十機制方面，除第一題因高工的電子學實驗有接觸過外，其餘各題沒有實務經驗比較不易答題。 2.第三題之第四、五、六等機制利用偏微分推導公式及解三角函數方程式；其第四題方面以求解零點與極點方程式較難，此兩部份最難。
預 14	<ol style="list-style-type: none"> 1.在第三題方面的 ICBO 的推導公式較難也比較繁；第十機制應用評估也比較難，要有實務經驗比較容易答題。 2.第四題方面以求解零點與極點方程式較難；第十機制應用評估與上題一樣，要有實務經驗比較容易答題。
預 15	<ol style="list-style-type: none"> 1.我覺得都很難，不太習慣此種答題方式，尤其是第七、八、九、十機制，有時要想很久，不知怎麼回答較好。

綜合上述，顯示試測學生的想法如下：

- 1.在較難答題的機制方面，係依題目性質及個人學前能力而定。
- 2.四個題目中的第七、八、九、十機制，除第一題因高工的電子學實驗有接觸過外，其餘皆要有實務經驗較容易答題
- 3.第三題之第四、五、六等機制利用偏微分推導公式較複雜最難，數學基礎好的，才能答題。
- 4.第四題方面以求零點與極點方程式的解較難。

第三題：採用「引導式回答題」對科技大學學生電子工程問

題的數學解題能力有沒有幫助，提出看法？

表 5-38 對「引導式回答題對科技大學學生電子工程問題的數學解題能力有沒有幫助」口試訪談結果分析

學生	口 試 回 答 內 容
預 ₁₁	有幫助，可培養學生邏輯思維的能力及各方位的表達能力。
預 ₁₂	有幫助，尤其在推導、詮釋及應用評估方面，可測出學生的程度。
預 ₁₃	有幫助，學習方式不錯，可增強解題的概念、有助於推導、找出自己的缺點
預 ₁₄	有幫助，答題時若有些地方不熟悉或未學過，但經題目引導，可慢慢推出答案來。
預 ₁₅	有幫助，在作答時即發現學前之數學與專業能力很重要，我的整合能力比較差，必須要先適應。

綜合上述，顯示試測學生的想法如下：

- 1.有幫助，可培養學生邏輯思維的能力、各方位的表達能力、整合能力。
- 2.此種學習方式不錯，不但可增強解題的概念、有助於推導運算，而且也能找出自己的缺點。
- 3.答題時若有些地方不熟悉或未學過，但經題目引導，可慢慢推出答案。

第四題：你學校的任課老師若以「引導式回答題」作為考試類型命題，或作為練習作業，你認為是否合適，提出看法？

表 5-39 對「引導式回答題作為考試類型命題或作業練習」口試訪談結果分析

學生	口 試 回 答 內 容
預 ₁₁	此題目屬於整合型題目，理論與實務都要配合，應該作為平時老師指導的作業練習或以專題方式學習較適合。
預 ₁₂	作業練習比較適合，不會還可與同學討論，增強自己的能力。
預 ₁₃	作業練習比較恰當，可增強解題的概念，也知道自己不會的地方。
預 ₁₄	作業練習比較恰當，可以慢慢去思考學習解題的各種能力。
預 ₁₅	1.此種方式可當作作業慢慢練習，以培養整合能力。 2.若當作期中或期末考試，由於考試時間會很長，浪費時間。

綜合上述，顯示試測學生的想法如下：

此題目屬於整合型題目，理論與實務都要配合，應該作為平時老師指導的作業練習或以專題方式學習比較適合，因當作作業練習，可以慢慢去思考學習解題的各種能力，也知道自己不會的地方。
第五題：對「引導式回答題的命題詞句是否正確」提出修正？

表 5-40 對「引導式回答題的命題詞句是否正確」口試訪談結果分析

學生	口 試 回 答 內 容
預 ₁₁	1.題目的命題詞句都可看懂。 2.第四題 10.1 之第 1 小題，效果可能有很多種。
預 ₁₂	題目中的「意義」與「定義」分不清楚，比較不會寫。
預 ₁₃	第一題要求繪出直流工作點的負載線，誤差很大，畫不出準確值來計算
預 ₁₄	題目的命題詞句都可看懂。
預 ₁₅	命題詞句中作答的內容重覆太多，會導致模糊。

綜合上述，顯示試測學生的想法如下：

- 1.題目的命題詞句都可看懂。
- 2.題目中的「意義」與「定義」分不清楚，比較不會寫。
- 3.第一題要求繪出直流工作點的負載線，誤差很大，畫不出準確值來計算。

第六題：預試四個題目，若給班上同學應試，那些題目較適合，請依序排列？

表 5-41 對「依序排列預試四個題目較適合給班上同學應試題目」口試訪談結果分析

學生	口 試 回 答 內 容
預 ₁₁	第一題、第二題、第四題、第三題
預 ₁₂	第四題、第一題、第二題、第三題
預 ₁₃	第一題、第二題、第四題、第三題
預 ₁₄	第一題、第二題、第四題、第三題
預 ₁₅	第一題、第二題、第四題、第三題

綜合上述，顯示試測學生的想法如下：

預試四個題目，較適合給班上同學應試的，依序排列為：

第一題、第二題、第四題、第三題

(二)第二所預試學校(私立 B 科技大學)之口試訪談實徵結果分析如下：

第一題：預試試題採用「引導式回答題」有什麼看法？

表 5-42 對「預試試題採用引導式回答題」口試訪談結果分析

學生	口 試 回 答 內 容
預 21	1.「引導式回答題」以前沒有寫過且作答不太習慣。但此方法可引導我們答題比較順利。 2.作答有部分答案要重複寫，比較煩。
預 22	1.此種方式有點提示作用，有助於答題。 2.我認為多作此類題目，可增加觀念的思考，想的會比較多。
預 23	1.我比較喜歡此種一步一步寫下來，比單獨只給題目好寫多了。 2.每題後面的小子題，必須要有實務經驗才容易答題，而我都不知怎麼寫。
預 24	1.對於不太會寫或較複雜的題目，有「引導式回答題」比較容易答題。有些題目看到關鍵字所提醒的符號就會想到。 2.在驗證數字與波形方面，若能用電腦套裝軟體計算比較方便，否則較煩。
預 25	1.利用此方法，每題前面幾項機制答題還順利，但後面交流部份需要運用三角函數計算，期間過程提醒比較少，就不好算了。 2.「詮釋」、「轉述」、「修正改良」要有經驗，否則不易答題。

綜合上述，顯示試測學生的想法如下：

- 1.「引導式回答題」有點提示作用，一步一步寫下來，比單獨只給題目好寫多了，若多作此類題目，可增加觀念的思考，想的會比較多。
- 2.對於不太會寫或較複雜的題目，有「引導式回答題」比較容易答題。有些題目看到關鍵字所提醒的符號就會想到。
- 3.在驗證數字與波形方面，若能用電腦套裝軟體計算比較方便。
- 4.「詮釋」、「轉述」、「修正與改良」必須要有實務經驗才容易答題。

第二題：在「引導式回答題」的十個機制中，那些機制較難
答題需要加強的，提出看法？

綜合表 5-43 所述，顯示試測學生的想法如下：

每一個題目之第五、六、七、八、九、十等機制之作答，皆環環相扣，第五機制之數學運算部份若不會算，對後面的答題會受影響，也直接影響到「詮釋」、「轉述」、「修正與改良」等的表達。
表 5-43 對「在預試試題中，那些機制較難答題需要加強」口試訪談結果分析

學生	口 試 回 答 內 容
預 21	1.第一題在七、八、九、十等機制，要對變數之間的變化能全盤了解，比較容易解釋及說明原因。 2.第二題在二、七、八、九、十等機制，若對 A 類放大器的特性不了解的話，直接影響到「詮釋」、「轉述」、「修正與改良」等的表達。
預 22	第一題除了交流公式會忘記外，第七、八、九、十等機制較難答題，若缺乏題目中所要求的判斷、比較的經驗，即不容易表達。
預 23	第一題與第二題之第五機制之運算比較難，計算所得的結果有錯，會影響到後面的作答。
預 24	每一個題目之第五、六、七、八、九、十等機制之作答，皆環環相扣，第五機制若不會算，對後面的答題會缺乏信心。
預 25	每一個題目之第五、六、七、八、九、十等機制，都需要文字表達，以往寫的不多，不太會表達。

第三題：採用「引導式回答題」對科技大學學生電子工程問題的數學解題能力有沒有幫助，提出看法？

表 5-44 對「引導式回答題對科技大學學生電子工程問題的數學解題能力有沒有幫助」口試訪談結果分析

學生	口 試 回 答 內 容
預 ₂₁	有幫助，可瞭解我在科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的弱點處，並去加強之。
預 ₂₂	有幫助，以往答題沒有這麼複雜，第一次嘗試很新鮮，很像專題的寫法，若能多作此類題目，可提升科技大學學生電子工程問題的數學解題能力。
預 ₂₃	有幫助，引導作答比給一個題目作答容易很多，若有些地方不會，看到引導式的內容，有些小題即會寫。
預 ₂₄	有幫助，作答時即發現自己各方面的表達都很差，若能多練習，應可增強自己的解題能力。
預 ₂₅	有幫助，我在「詮釋」、「轉述」、「修正與改良」等地方表達能力很差，若有類似題目作練習，對我的科技大學學生電子工程問題的數學解題能力幫助很大。

綜合上述，顯示試測學生的想法如下：

有幫助，引導作答比給一個題目作答容易很多，作答時即發現自己各方面的表達都很差，尤其是「詮釋」、「轉述」、「修正與改良」等機制表達能力較差，若有類似題目作練習，對我的科技大學學生電子工程問題的數學解題能力幫助很大。

第四題：你學校的任課老師若以「引導式回答題」作為考試類型命題，或作為練習作業，你認為是否合適，提出看法？

表 5-45 對「引導式回答題作為考試類型命題或作業練習」口試訪談結果分析

學生	口 試 回 答 內 容
預 ₂₁	作此種題目，每題所花的時間要一個小時左右，作答時間太長，作為考試類型命題，極不合適，可以改為練習作業。
預 ₂₂	此種題目有點類似專題，專業、數學、實務樣樣都考，若能作為考題，一定會不及格，改為作業練習，慢慢去了解，可增加自己的實力。
預 ₂₃	作業練習比較好，不會可請教同學。
預 ₂₄	作業練習比較好，有充裕的時間學習。
預 ₂₅	作業練習比較適合，才可培養解題能力。

綜合上述，顯示試測學生的想法如下：

作此種題目，每題所花的時間要一個小時左右，作答時間太長，作為考試類型命題，極不合適，可以改為練習作業，慢慢去了解，培養其解題能力。

第五題：對「引導式回答題的命題詞句是否正確」提出修正？

表 5-46 對「引導式回答題的命題詞句是否正確」口試訪談結果分析

學生	口 試 回 答 內 容
預 ₂₁	第一題在 2.2 之所以(1)小題中，「已知與未知關係」沒有說明不知要寫什麼。
預 ₂₂	第一題 2.1 之(1)及(2)所提的等效電路圖，不知道要繪交直流等效電路圖或 直流等效電路圖。
預 ₂₃	第二題 2.2 所提的「逆向思考方式」，我不太懂其意思，若能說明會比較容易作答。
預 ₂₄	第一題 5.1 之(3)(4)(5)(6)(7)的公式不知如何寫，若能提供電路圖應該會比較容易寫。
預 ₂₅	第二題所提的「快速近似分析法」、「精確分析法」，雖然題目有說明，仍不知道其計算方式，必須做完整個題目才了解。

綜合上述，顯示試測學生的想法修正如下：

- 1.第一題 2.1 之(1)及(2)所提的「等效電路圖」，改為「直流等效電路圖」。
- 2.第二題 2.2 所提的「逆向思考方式」，修正之。

綜合兩所預試學校試測學生對「引導式回答題」的想法，獲得結論如下：

- 1.採用「引導式回答題」作答，由於有觀念的引導及提示的作用，會比較容易答題，對較複雜的題目更適合。
- 2.電子專業課程與數學息息相關，若數學運算與推導能力不佳者，直接間接會影響到作答。
- 3.«引導式回答題»屬於整合性題目，理論與實務的經驗都要配合，若採用此模式練習，可增強解題的觀念，有助於推導運算，也能找出自己的缺點。
- 4.此模式可培養學生邏輯思維的能力、表達的能力、整合的能力。

貳、預試試題測試結果分析與試題選擇

本研究在預試後，首先針對預試學生答題(筆試)與答題說明(口試)之資料分析，其次為預試試題測試結果分析，再次為修正引導式回答題等試題文件，並對預試試題等相關文件做最後的確認，達到專家效度。最後從預試四個題目中選擇可測出學生解題能力的試題排序，提供給施測學校作為施測題目的選擇。特邀請參與預試評分之引導老師共三位，共同討論取得一致的共識之後，作為施測的依據。

全體討論結果的共識如下：

一、預試學生答題情況分析

從上述表 5-29～表 5-46 之資料中發現歸納如下：

(一)學生的程度分析

- 1.在數學程度方面：公私立學校差異性大，國立學校對較複雜的數學(如：三角函數運算)比較不熟悉；私立學校部份同學的數學基

礎較弱。

- 2.在電子專業程度方面：理論與實務間的緊密配合較弱；數據與觀念間的表達有待加強。

(二)學生的能力分析

從學生的答題發現：

- (1)在第六、七、八、九、十等機制的作答與學生的能力與各種經驗有關，因人而異，會有不同的結果。由此顯示理論與實務配合的學習有待加強。

- (2)學生對於綜合性的題目接觸較少，在「轉述」、「詮釋」、「應用評估」方面不太會表達，顯示表達能力有待加強。

(三)學生對採用「引導式回答題」作答的看法分析

- 1.普遍的看法都是正面可行，認為不太習慣，但比較容易答題且觀念的引導會較清楚，若多作此類題目，可增加觀念的思考，想的會比較多。由此顯示，為了增強學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力，建議在電子學實驗或其他實驗課程中多設計此種題目。
- 2.此種引導式回答題屬於整合類型題目，需要理論與實務配合，若作為平時老師指導學生的作業練習或以專題方式學習比較適合。

二、以預試試題測試結果分析

表 5-47 預試樣本的背景分析與預試時間地點表

預試學校	預試樣本	電子學(一)成績	電子學(二)成績	班級名次	預試題目成績				預試時間	預試地點	評分人員
					一	二	三	四			
國立 A 科技大學	預 ₁₁	95	96	3 甲(2)	96	98	77	98	94 年 12 月 17 日 上午 9 時至下午 2 時	電子工程館四樓教室	賴×洲 支紹慈
	預 ₁₂	86	95	3 甲(3)	92	94	82	85			
	預 ₁₃	70	62	3 甲(33)	66	69	56	52			
	預 ₁₄	87	76	3 乙(15)	84	87	65	77			
	預 ₁₅	83	72	3 乙(18)	81	73	61	74			
私立 B 科技大學	預 ₂₁	91	77	3A(9)	61	65			94 年 12 月 18 日 上午 9 時至下午 2 時	電子工程館一樓會議室	王×年 支紹慈
	預 ₂₂	73	70	3A(14)	60	56					
	預 ₂₃	97	93	3B(1)	86	74					
	預 ₂₄	93	91	3B(3)	71	70					
	預 ₂₅	88	80	3C(11)	65	70					

說明：1.預試學生以「預_{xx}」表之，如：「預₁₁」為第一所預試學校之第一位預試學生。
2.班級名次欄位以「3B(1)或 3 甲(1)」表之，如：「3B(1)」為三年級 B 班第一名學生；「3 甲(1)」為三年級甲班第一名學生。

從表 5-47 及兩位引導老師親自參與評分的見證可知：

兩位引導老師皆是兩所預試學校之電子科主任，對預試學生的程度瞭若指掌，從表 5-47 及經過兩位引導主任親自參與評分的見證可知：

- (一) 預₁₁ 及預₁₄ 學生在高職與大學電子學的成績皆相當優異，其電子學實驗的能力也很強；預₁₅ 學生本身的數學不好，影響到他的後續作答。因此，此預試成績與學校的表現大致相同。
- (二) 預₂₁、預₂₂、預₂₅ 三位皆分別為三個班級的第一名學生，其數學與電子學實驗在校表現不錯一直不錯，而預₂₃ 與預₂₄ 由於電子學(二)之電路分析與數學運算的內容多且較複雜，故成績表現不出來。因此，此預試成績與學校的表現趨於一致。

三、預試題目之「引導式回答題」內容修正

- (一) 將「1.2 理解術語」中所提的「意義」與「特性」改用引導式回答題。
- (二) 運算過程所引用之相關公式，如：交流公式、功率公式、誤差百分比公式，可將其參考公式列在附錄中。
- (三) 第二題「9.2 驗證波形的正確性」所要求繪出直流工作點負載線之輸入與輸出波形，但因人工繪圖誤差很大，建議去除。
- (四) 第二題 2.1 之(a)及(b)「運用的公式」改為「寫出運用那些公式」。
- (五) 第四題 1.2 之(2)的題目：「點拒濾波器又稱為_____濾波器」，建議去除。
- (六) 第四題若學生不會運用「拉普拉式轉換」數學方法來推導公式，也可以「複數與極坐標」之數學方法取代。
- (七) 第四題「9.驗證結果」之 9.1 與 9.2 考慮刪除。

四、預試題目的選擇

- (一) 第三題以偏微分推導公式，學生解題能力差，會影響後續作答建議刪除。
- (二) 第四題以工程數學之「拉普拉式轉換」來推導公式，國立科技大學大都沒問題，但私立科技大學學生會因數學能力不足無法答題而放棄答題，故建議國立科大可作為施測題，但私立科大不需列入考慮。
- (三) 國立科大施測題目優先順序如下：
第一優先：第二題、第四題；第二優先：第一題、第四題。
- (四) 私立科大施測題目優先順序：第一題、第二題、第四題。

五、科技大學學生電子工程問題的數學解題能力模式之修正

- (一) 將科技大學學生電子工程問題的數學解題能力項目中有「概念理解能力」皆改為「概念連結能力」，因工程解題本身並非只有概念理解，尚兼具數學與專業連結的功能。

- (二) 將原「6.1-1 數學表達的能力」改為「6.1-1 數學表徵的能力」。
因「6.1 數學語言的解答」這個程序，僅是將運算處理所得的結果填入。
- (三) 將「6.2 判斷解答的合理性」這個程序增加「6.2-1 數學表達的能力」刪除；原來的「6.2-2 符號運算的能力」機制改為「6.2-1 符號運算的能力」。新增加「6.2-2 數學與專業判斷的能力」，因判斷合理性必須兼具數學與專業判斷的功能。
- (四) 將「10.1 驗證結果解決問題」改為「10.1 驗證結果評估問題」。

參、施測實徵結果分析

本研究施測學校選擇三所共十二位學生，分別為國立 A 科技大學五位、國立 C 科技大學二位(原安排五位只來兩位)、私立 B 科技大學五位，合計十二位。

一、試測之筆試實徵結果分析

(一) 第一所試測學校(國立 A 科技大學)實徵結果分析如下：

從表 5-48 預試第二題教師總評量中可得下列實徵結果

1. 學生仍然不太習慣以列式方式寫出逆向思考的一系列式子。
2. 給予功率與誤差公式，部份小題仍然計算錯誤。
3. 祇要碰到與表達有關的詞句，即不太會寫。
4. 由於學生實務經驗明顯不足，比較不會判斷是否為最佳設計解。

從表 5-49 預試第四題教師總評量中可得下列實徵結果

1. 學生運用工程數學中之「拉普拉氏轉換」來推導公式，除少部份推得不完整外，其餘大都沒問題。
2. 大部分學生利用拉普拉氏轉換的方法求零點與極點方程式的解比較陌生，故此種運用拉普拉氏轉換求解之運算能力有待加強。
3. 本題在「判斷」、「解讀」、「轉述」、「詮釋」方面表現也差，顯示表達、連結、表徵、工程與數學間之語言轉換等能力較弱。

4.學生的實務經驗仍需加強其應用與改良的能力。

表 5-48 國立 A 科技大學試測第二題兩位引導教師總評表

科技大學學生電子工程 問題的數學解題能力機制	施 ₁₁	施 ₁₂	施 ₁₃	施 ₁₄	施 ₁₅	總 評	能力分析
1.1 我能理解題意與舊經驗結合	A	A	A	A	A		
1.2.我能理解題目中的術語	A	A	A	A	A		
2.1 我能找出問題之已知與未知關係	A	A	A	A	A		
2.2 我能分析數學符號與形式	A	B	A	B	B	學生不太會逆向思考，經口試告知，在電路上會計算但不會列式	2.2-1
3.1 我能擬定解決問題的數學語言	A	A	A	A	A		
4.1 我能觀察、臆測、驗證此題目							
5.1 我能選擇數學解題方法、運算法則與公式	A	A	A	A	B	1.施 ₂₅ 學生對於「快速近似分析法」運用的定律表達不完整	5.1-2 5.1-3
5.2 我能運用適當運算工具(計算器或電腦軟體)	B	B	A	B	B	2.供應功率、轉換效率、 I_C 誤差值等計算錯誤	5.1-4
6.1 我能求出本題數學語言的解答	B	B	A	B	B	因部份計算錯誤，導致得出的解答也錯	6.1-1
6.2 我能判斷本題解答的合理性	A	B	A	A	A	因求 I_C 誤差值部份計算錯誤，影響到判斷	6.2-1
7.1 我能解讀本題的數學語言	A	B	A	B	B	不會解讀轉換效率與 A 類放大器最大效率比較	7.1-2
7.2 我能轉述本題的數學結果	B	B	B	A	B	對於轉換效率與 A 類放大器最大效率之比較，轉述不完整	7.2-2
8.1 我能詮釋本題的工程問題的解答	A	A	A	A	A		
8.2 我能詮釋本題工程問題的最佳解	B	B	A	A	B	8.2 之(1)學生僅說明一部份，顯示表達能力不足	8.2-1
9.1 我能驗證本題數字的正確性	A	A	A	A	A		
9.2 我能驗證本題波形的正確性	C	C	A	A	C	三位同學不會繪出直流工作負載線之輸入與輸出波形	9.2-1
10.1 我能驗證本題的結果解決問題	A	A	A	A	C	施 ₂₅ 學生不知如何驗證是否為最佳的設計方式	10.1-1
10.2 我能修正與改良本題	D	E	B	A	E	實務經驗明顯不足，且表達能力有待加強	10.2-1
本題總評討論所得的總分	87	79	96	92	76		

說明：1.試測學生以「施_{xx}」表之，如：「施₁₁」為第一所試測學校之第一位試測學生

2.試測學生答對百分比：A--100% ;B--70% ;C--50% ;D--30% ;E--0%

表 5-49 國立 A 科技大學試測第四題兩位引導教師總評表

科技大學學生電子工程 問題的數學解題能力機制	施 ₁₁	施 ₁₂	施 ₁₃	施 ₁₄	施 ₁₅	總 評	能力分析
1.1 我能理解題意與舊 經驗結合	A	A	A	A	A		
1.2 我能理解題目中的 術語	A	A	A	A	A		
2.1 我能找出問題之已知 與未知關係	A	A	A	A	A		
2.2 我能分析數學符號 與形式	A	A	A	A	A		
3.1 我能擬定解決問題的 數學語言	A	A	A	A	A		
4.1 我能觀察、臆測、 驗證此題目							
5.1 我能選擇數學解題方 法、運算法則與公式	B	A	A	B	C	1.除施 ₁₂ 及施 ₁₅ 所推導的公式 不太完整外，其餘都很好	5.1-1 5.1-2
5.2 我能運用適當運算工 具(計算器或電腦軟體)	C	C	B	B	C	2.方程式求解較複雜，學生不 是計算錯誤，就是未解出	5.1-3 5.1-4
6.1 我能求出本題數學 語言的解答	B	C	B	B	C	受上一題的影響	6.1-2
6.2 我能判斷本題解答 的合理性	B	B	A	B	C	除施 ₁₁ 外，其餘同學不會利用 6.1的結果找出相關因素判斷	6.2-1
7.1 我能解讀本題的數 學語言	A	C	A	A	C	兩位同學都是 7.1 之(2)答案 寫錯	7.1-2
7.2 我能轉述本題的數 學結果	A	C	A	A	C	受上一題的影響	7.2-1
8.1 我能詮釋本題的工程 問題的解答	B	B	A	A	C	詮釋工程問題普遍表達能力 不足	8.1-1
8.2 我能詮釋本題工程 問題的最佳解	A	C	A	A	C	在詮釋最佳解方面，學生個別 差異很大	8.2-1
9.1 我能驗證本題數字 的正確性							
9.2 我能驗證本題波形 的正確性							
10.1 我能驗證本題的 結果解決問題	A	B	A	A	B	施 ₁₄ 、施 ₁₅ 學生不知如何判斷 是否為最佳的設計方式	10.1-1
10.2 我能修正與改良 本題	B	C	A	A	C	除施 ₁₁ 外，其餘四位學生實務 經驗明顯不足	10.2-1
本題總評討論所得的總分	83	74	95	91	68		

說明：1.試測學生以「施_{xx}」表之，如：「施₁₁」為第一所試測學校之第一位試測學生
2.試測學生答對百分比：A--100%；B--70%；C--50%；D--30%；E--0%

(一)第二所試測學校(私立 B 科技大學)實徵結果分析如下：

從表 5-50 預試第一題教師總評量中在可得下列實徵結果

- 1.學生不會從交流電路列式中之符號與形式化間的變化找出已知與未知的關係。
- 2.直流運算大致沒問題，但只要交流的小題運用到三角函數求電流、電壓、功率運算時即不會答題
- 3.本題在「判斷」、「解讀」、「轉述」、「詮釋」方面表現也差，顯示表達、連結、表徵、工程與數學間之語言轉換等能力較弱。
- 4.學生的實務經驗仍需加強其應用與改良的能力。

從表 5-51 預試第二題教師總評量中可得下列實徵結果

- 1.學生仍然不太習慣以列式方式寫出逆向思考的一系列式子，應加強其多元性的邏輯思考的能力。
- 2.給予功率與誤差公式，部份小題仍然計算錯誤。
- 3.祇要碰到與表達有關的詞句，即不太會寫。
- 4.由於學生實務經驗明顯不足，比較不會判斷是否為最佳設計解。
- 5.本題在「判斷」、「解讀」、「轉述」、「詮釋」方面表現也差，顯示表 6.學生的實務經驗仍需加強其應用與改良的能力。

表 5-50 私立 B 科技大學試測第一題兩位引導教師總評表

科技大學學生電子工程 問題的數學解題能力機制	施 ₂₁	施 ₂₂	施 ₂₃	施 ₂₄	施 ₂₅	總 評	能力分析
1.1 我能理解題意與舊 經驗結合	A	A	A	A	A		
1.2. 我能理解題目中的 術語	B	A	A	B	A	部份同學對直流工作點的 圖形關係不太清楚	1.2-2
2.1 我能找出問題之已知 與未知關係	B	A	B	B	A	交流電路未繪出，影響其交流 部份找出已知與未知的關係	2.1-2
2.2 我能分析數學符號 與形式	B	B	A	B	B	不會從電路圖改寫成迴路方 程式	2.2-2
3.1 我能擬定解決問題的 數學語言	B	B	B	C	B	未能與上一題電路圖的 圖形關係連接	3.1-2
4.1 我能觀察、臆測、 驗證此題目							
5.1 我能選擇數學解題方 法、運算法則與公式	C	C	B	C	C	1.直流運算沒問題 2.只要交流的小題運用到	5.1-2 5.1-3
5.2 我能運用適當運算工 具(計算器或電腦軟體)	C	B	B	B	C	三角函數求電流、電壓、 功率運算時即不會	5.1-4
6.1 我能求出本題數學 語言的解答	C	B	B	C	C	受 5.2 的影響	6.1-2
6.2 我能判斷本題解答 的合理性	C	B	A	C	C	判斷不正確或部份判斷 錯誤	6.2-1
7.1 我能解讀本題的數 學語言	A	A	A	C	A	施 ₂₂ 學生部份解讀錯誤	7.1-1
7.2 我能轉述本題的數 學結果	C	B	C	C	D	轉述結果的原因表達不 完全	7.2-1
8.1 我能詮釋本題的工程 問題的解答	B	A	A	B	C	部份詮釋不清楚	8.1-1
8.2 我能詮釋本題工程 問題的最佳解	C	C	C	B	D	驗證最佳結果表達不出 來	8.2-2
9.1 我能驗證本題數字 的正確性	C	A	B	C	C	驗證部份答對	9.1-1
9.2 我能驗證本題波形 的正確性	B	B	C	C	C	波形造成的原因表達不 完整	9.2-1
10.1 我能驗證本題的 結果解決問題	C	B	B	C	E	不會將結果敘述表達	10.1-1
10.2 我能修正與改良 本題	B	B	A	B	E	受到實務經驗不足的影響	10.2-1
本題總評討論所得的總分	68	80	82	65	60		

說明：1. 試測學生以「施_{xx}」表之，如：「施₂₁」為第二所試測學校之第一位試測學生

2. 試測學生答對百分比：A--100%；B--70%；C--50%；D--30%；E--0%

表 5-51 私立 B 科技大學試測第二題兩位引導教師總評表

科技大學學生電子工程 問題的數學解題能力機制	施 ₂₁	施 ₂₂	施 ₂₃	施 ₂₄	施 ₂₅	總 評	能力分 析
1.1 我能理解題意與舊 經驗結合	A	A	A	A	A		
1.2.我能理解題目中的 術語	A	A	A	A	A		
2.1 我能找出問題之已 知與未知關係	A	A	A	A	A		
2.2 我能分析數學符號 與形式	C	A	C	B	C	同學不太會逆向思考，應加強 此方面之邏輯思維能力	2.2-1
3.1 我能擬定解決問題 的數學語言	A	A	A	A	A		
4.1 我能觀察、臆測、驗 證此題目							
5.1 我能選擇數學解題 方法、運算法則與 公式	B	A	B	A	A	提供交流與求誤差公式後，除 利用三角函數運算較弱及求 誤差值計算錯誤外，其餘計算 表現正常	5.1-2 5.1-3 5.1-4
5.2 我能運用適當運算 工具(計算器或電腦 軟體)	B	B	B	B	B		
6.1 我能求出本題數學 語言的解答	B	B	B	B	C	受 5.2 的影響	6.1-2
6.2 我能判斷本題解答 的合理性	A	A	A	E	C	兩位同學因誤差值算錯，導致 判斷錯誤	6.2-1
7.1 我能解讀本題的數 學語言	B	B	B	C	C	轉換效率與 A 類放大器之結 果不會表達或表達不完整	7.1-1
7.2 我能轉述本題的數 學結果	C	C	C	C	C	7.1 之(2)兩者比較發現之現象 未寫，顯示轉述能力較差	7.2-1
8.1 我能詮釋本題的工 程問題的解答	A	A	A	A	A		
8.2 我能詮釋本題工程 問題的最佳解	B	B	A	C	C	A 類放大器最佳的設計方式不 會表達或表達不完整	8.2-2
9.1 我能驗證本題數字 的正確性	B	B	B	B	B	驗證一部份答案錯誤	9.1-1
9.2 我能驗證本題波形 的正確性	C	B	B	C	B	輸出波形不會繪出或繪的不 完整	9.2-1
10.1 我能驗證本題的結 果解決問題	C	B	C	E	C	實務經驗不足，未說明原因或 表達不清楚	10.1-1
10.2 我能修正與改良本 題	C	C	C	E	E	實務經驗不足，不會說明	10.2-1
本題總評討論所得的總分	77	84	79	65	70		

說明：1.試測學生以「施_{xx}」表之，如：「施₂₁」為第二所試測學校之第一位試測學生

2.試測學生答對百分比：A--100%；B--70%；C--50%；D--30%；E--0%

(三)第三所試測學校(國立 C 科技大學)實徵結果分析如下：

表 5-52 國立 C 科技大學預試第二題引導教師總評表

科技大學學生電子工程問題 的數學解題能力機制	施 ₃₁	施 ₃₂	施 ₃₃	施 ₃₄	施 ₃₅	總 評	能力項目
1.1 我能理解題意與舊經驗 結合	A	A					
1.2.我能理解題目中的術語	A	B				A 類放大器答的不完整， 經口試提醒皆能答出	1.2-2
2.1 我能找出問題之已知與 未知關係	A	A					
2.2 我能分析數學符號與形 式	B	B				逆向思考不太會，部份答 案寫錯	2.2-1
3.1 我能擬定解決問題的數 學語言	A	A					
4.1 我能觀察、臆測、驗證此 題目							
5.1 我能選擇數學解題方 法、運算法則與公式	A	A				供應功率計算錯誤，影響 到轉換效率的求值	5.1-2 5.1-3 5.1-4
5.2 我能運用適當的運算工 具(計算器或電腦軟體)	B	B					
6.1 我能求出本題數學語言 的解答	B	B				受上一題的影響	6.1-1
6.2 我能判斷本題解答的合 理性	A	B				施 ₃₂ 誤差百分比判斷錯	6.2-1
7.1 我能解讀本題的數學語 言	A	A					
7.2 我能轉述本題的數學結 果	A	B				7.2 之(2)發現之現象表達 的不完整	7.2-2
8.1 我能詮釋本題的工程問 題的解答	A	A					
8.2 我能詮釋本題工程問題 的最佳解	A	A					
9.1 我能驗證本題數字的正 確性	A	A					
9.2 我能驗證本題波形的正 確性	A	A					
10.1 我能驗證本題的結果解 決問題	A	A					
10.2 我能修正與改良本題	B	B				實務經驗不足，表達能力 有待加強	10.2-1
本題得分	92	87					

說明：1. 試測學生以「施_{xx}」表之，如：「施₃₁」為第三所試測學校之第一位試測學生

2. 試測學生答對百分比：A--100%；B--70%；C--50%；D--30%；E--0%

表 5-53 國立 C 科技大學預試第四題引導教師總評表

科技大學學生電子工程問題 的數學解題能力機制	施 31	施 32	施 33	施 34	施 35	總 評	能力項目
1.1 我能理解題意與舊 經驗結合	A	A					
1.2 我能理解題目中的 術語	A	A					
2.1 我能找出問題之已知 與未知關係	A	A					
2.2 我能分析數學符號 與形式	A	A					
3.1 我能擬定解決問題的 數學語言	A	A					
4.1 我能觀察、臆測、 驗證此題目							
5.1 我能選擇數學解題方 法、運算法則與公式	A	A				1.施 32 推導公式不太 完整。	5.1-1 5.1-2
5.2 我能運用適當的運算 工具(計算器或電腦 軟體)	B	C				2.零點與極點之方程 式求解未解出來	5.1-3 5.1-4
6.1 我能求出本題數學 語言的解答	B	C				受上一題的影響	6.1-2
6.2 我能判斷本題解答 的合理性	A	B				不會利用 6.1 的結果 找出相關因素判斷	6.2-1
7.1 我能解讀本題的數 學語言	A	A					
7.2 我能轉述本題的數 學結果	A	B				施 32	7.2-1
8.1 我能詮釋本題的工 程問題的解答	C	C				詮釋工程問題表達能力不 足	8.1-1
8.2 我能詮釋本題工程 問題的最佳解	C	C				施 32 詮釋最佳解不會	8.2-1
9.1 我能驗證本題數字 的正確性							
9.2 我能驗證本題波形 的正確性							
10.1 我能驗證本題的 結果解決問題	A	A					
10.2 我能修正與改良本 題	B	C				學生實務經驗不足	10.2-1
本題總評討論所得的總分	86	79					

說明：1.試測學生以「施_{xx}」表之，如：「施₃₁」為第三所試測學校之第一位試測學生
2.試測學生答對百分比：A--100%；B--70%；C--50%；D--30%；E--0%

從表 5-52 施測第二題教師總評量中可得下列實徵結果分析：

1. A 類放大器之特性中，最大效率的範圍答的不完整。
2. 學生不會以逆向思考方式列式。
3. 求供應功率值計算錯誤，會直接影響到求轉換效率的值。
4. 學生的時實務經驗與表達能力明顯不足。

從表 5-53 施測第四題教師總評量中可得下列實徵結果分析：

1. 一位同學推導公式不太完整，另一位推導能力不錯。
2. 同學對利用拉普拉氏轉換求解較差，此種運算能力有待加強。
3. 同學不太會找出問題之相關因素作比對判斷且詮釋表達能力較弱，需要多作此類題目，以增強此方面的能力。

(四) 三所試測學校之科技大學學生電子工程問題的數學解題能力分析

在三所預試學校中，依第一次、第二次之專家諮詢所取得「試題選擇原則」之共識下，國立科技大學試測第二、四題，私立科技大學施測第一、二題。試測後可從表 5-54 之科技大學學生電子工程問題的數學解題能力分析中得下列實徵結果分析：

1. 在「分析問題」程序方面，學生不太會逆向思考，顯示此邏輯思維的能力有待加強。
2. 在「運算處理」程序方面，第一、二題運用到三角函數及交流公式求交流電壓、電流、功率值，大部份學生顯示出其「數學運算能力」、「數學表達能力」、「概念理解能力」有待加強；第四題運用工程數學之拉普拉氏轉換來推導公式，並依此求零點與極點之方程式解，少部份同學推導能力較差，但稍複雜的求解方程式，大部份同學都不太會，顯示出「數學推導能力」與「數學運算能力」有待加強。
3. 在「求出解答」、「轉述解答」、「詮釋結果」、「應用評估」等程序

方面顯示出判斷、詮釋表達、數學與工程之表徵、專業建模、專業判斷與設計調整等的能力有待加強。

表 5-54 三所試測學校之科技大學學生電子工程問題的數學解題能力分析表

程序	科技大學學生電子工程問題的數學解題能力機制	科技大學學生電子工程問題的數學解題能力	科技大學學生電子工程問題的數學解題能力分析					
			第一題		第二題		第三題	第四題
			國立	私立	國立	私立	國立	國立
1. 解讀審題	1.1 理解題意與舊經驗結合	1.1-1.閱讀理解與觀察的能力						
	1.2 理解術語	1.1-2 符號使用的能力 1.2-1 概念連結的能力 1.2-2 專業符號使用的能力				✓		
2. 分析問題	2.1 找出問題之已知與未知關係	2.1-1 綜合應用的能力 2.1-2 專業建模的能力				✓		
	2.2 數學符號與形式化	2.2-1 邏輯思維的能力	✓		✓			
		2.2-2 專業表徵的能力	✓					
		2.2-3 表達的能力 2.2-4 連結的能力						
3. 轉譯列式	3.1.擬定解決問題的數學語言	3.1-1 抽象概括的能力 3.1-2 轉譯列式的能力 3.1-3 概念連結的能力				✓		
5. 運算處理	5.1 選擇適當的數學方法、運算法則與公式	5.1-1 數學推理的能力						✓
		5.1-2 數學運算能力	✓		✓	✓		✓
		5.1-3 數學表達的能力	✓		✓	✓		✓
		5.1-4 概念連結的能力	✓		✓	✓		✓
	5.2 運用適當的運算工具	5.2-1 運用計算器與圖表能力						
		5.2-2 運用電腦軟體的能力						
6. 求出解答	6.1 數學語言的解答	6.1-1 數學表徵的能力	✓		✓	✓		
	6.2 判斷解答合理性	6.2-1 符號運算的能力	✓			✓		✓
			6.2-2 數學表達的能力	✓		✓	✓	
	7. 轉述解答		7.1 解讀數學語言	7.1-1 數學語言轉換的能力	✓			✓
7.1-2 數學與工程表徵的能力		✓			✓	✓		✓
	7.2 轉述數學結果	7.2-1 連結的能力	✓			✓		✓
		7.2-2 轉譯列式的能力	✓		✓	✓		
8. 詮釋結果	8.1 詮釋工程問題的解答	8.1-1 表達的能力	✓			✓		✓
		8.1-2 邏輯思維的能力						
	8.2 工程問題的最佳解	8.2-1 表達的能力	✓					
		8.2-2 連結使用具有模式的能力	✓			✓		
9. 驗證結果	9.1 檢驗數字正確性	9.1-1 轉譯與演算的能力	✓			✓		✓
		9.1-2 驗算的能力						
	9.2 檢驗波形正確性	9.2-1 運用工具的能力	✓		✓	✓		
		10.1 驗證結果評估問題	10.1-1 專業建模的能力	✓		✓	✓	
10. 應用評估	10.2 修正與改良	10.2-1 專業判斷與設計的能力	✓		✓	✓		✓

二、以試測試題測試結果分析

表 5-55 試測樣本的背景分析與預試時間地點表

試測學校	試測樣本	電子學(一) (二)成績	班級 名次	試測題目成績				試測時間	試測地點	評分人員
				一	二	三	四			
國立 A 科技大學	施 ₁₁	91	74	3 甲(16)	87	83	94 年 12 月 24 日上午 9 時至 12 時 30 分	電子工程館四樓教室	賴×洲 支紹慈	
	施 ₁₂	80	71	3 甲(19)	79	74				
	施 ₁₃	90	97	3 乙(1)	96	95				
	施 ₁₄	89	88	3 乙(4)	92	91				
	施 ₁₅	82	65	3 乙(29)	76	68				
私立 B 科技大學	施 ₂₁	88	88	3A(7)	68	77	94 年 12 月 29 日下午 3 時至 9 時 30 分	電子工程館一樓會議室	王×年 支紹慈	
	施 ₂₂	95	94	3B(2)	80	84				
	施 ₂₃	94	88	3C(2)	82	79				
	施 ₂₄	92	76	3C(12)	65	65				
	施 ₂₅	89	68	3C(15)	60	70				
國立 C 科技大學	施 ₃₁	電子電路(一)99	3 甲(1)	92	86	94 年 12 月 22 日下午 6 時至 9 時 30 分	電子工程館四樓教室	支紹慈		
		電子電路(二)99	3 甲(1)							
	施 ₃₂	電子電路(一)98	3 甲(2)	87	79					
電子電路(二)90	3 甲(15)									

說明：1.試測「施_{xx}」表之，如：「施₁₁」為第一所試測學校之第一位試測學生。
2.班級名次欄位以「3B(1)或3甲(1)」表之，如：「3B(1)」為三年級B班第一名學生；「3甲(1)」為三年級甲班第一名學生。

從表 5-55 及兩位引導老師親自參與評分的見證可知：

兩位引導老師皆是兩所試測學校之電子科主任，對試測學生的程度瞭若指掌，從表 5-55 及經過兩位引導主任親自參與評分的見證可知：

(一) 施₁₁ 及施₁₄ 學生在高職與大學電子學的成績皆相當優異，施₁₄ 曾參加高職的技藝競賽，其電子實務經驗豐富；施₁₅ 學生本身的數學運算與推導能力不好，影響到他的後續作答。因此，此試測成績與學校的表現大致相同。

(二) 施₂₁、施₂₂、施₂₅ 三位皆分別為三個班級的第一名學生，其

數學與電子學實驗在校表現不錯一直不錯，而施 23 與施 24 由於電子學(二)之電路分析與數學運算的內容多且較複雜，故成績表現不出來。因此，此預試成績與學校的表現趨於一致。

三、預試與試測學生問卷調查統計分析

預試 10 位(國立 A 科大 5 位，考第一~四題；私立 B 科大 5 位，考第一、二題)與試測 12 位 (國立 A 科大 5 位，考第二、四題；私立 B 科大 5 位，考第一、二題；國立 C 科大 2 位，考第二、四題) 共 22 位，其中第一題有 $5 \times 3 = 15$ 位，第二題全部 22 位，第四題 $5 \times 2 + 2 = 12$ 位。

從表 5-56 之資料發現：

- (一) 採用「引導式回答題」作答方式，有 82% 的學生認為合適或非常合適，且一致認為利用平時考或平時作業評量來學習較適合。由此顯示出採用此模式學習或評量的接受度很高。
- (二) 在引導回答題的機制方面：「比較容易答題」的機制，幾乎傾向於第一、二、三等機制；「比較難答題」的機制，都偏向於第五~十機制，顯示學生對較複雜的運算能力有待加強、在「轉述」、「詮釋」、「驗證」、「應用評估」等機制之經驗與表達能力的不足。
- (三) 在工程解題的能力方面：有 91% 的學生認為有幫助，其中認為以詮釋表達與實務經驗有關的第七~十機制佔 73% 最多。
- (四) 在適用的科目上，幾乎全部傾向於電子學實驗或專題製作最適合。

表 5-56 預試與試測學生問卷調查統計分析表

題號	問 卷 調 查 內 容 與 結 果										份數	
預試試題採用「引導式回答題」的方式作答，認為合適不合適？												
一	很合適	合適	不太合適	非常不合適								22
	3(14%)	15(68%)	4(18%)	0								
「引導式回答題」那個機制比較容易答題？(選擇 3 個程序填寫)												
二	解讀 審題	分析 問題	轉譯 列式	解題 策略	運算 處理	求出 解答	轉述 解答	詮釋 結果	驗證 結果	應用 評估		
第一題	13	12	13	/	0	0	0	1	0	5	5×3	
第二題	18	14	22	/	0	3	0	3	0	3	22	
第四題	12	12	12	/	0	0	0	0	/	0	5×2+ 2	
「引導式回答題」那個機制比較難答題？(選擇 3 個程序填寫)												
三	解讀 審題	分析 問題	轉譯 列式	解題 策略	運算 處理	求出 解答	轉述 解答	詮釋 結果	驗證 結果	應用 評估		
第一題	0	0	0	/	12	2	14	7	2	8	5×3	
第二題	0	0	0	/	19	6	15	6	8	12	22	
第四題	0	0	0	/	10	0	4	6	/	4	5×2+ 2	
採用「引導式回答題」對科技大學學生電子工程問題的數學解題能力有沒有幫助？												
四	很有幫助	有幫助	不太有幫助	沒有幫助							22	
	7(32%)	13(59%)	2(9%)	0								
採用「引導式回答題」對科技大學學生電子工程問題的數學解題能力那些機制較有幫助？												
五	第 1~3 機制	第 4~6 機制	第 7~8 機制	第 9~10 機制							22	
	0	6(27%)	7(32%)	8(41%)								
用「引導式回答題」當作學生評量方法，何種場所較適合？												
六	平時考	期中考	期末考	平時作業評量	其他						22	
	4(18%)	0	0	18(82%)	0							
那個科目較適合用「引導式回答題」作為教學評量的工具？												
七	電子學	電路學	電子學實 驗	電子學與 電子實 驗	專題	製	其他					22
	0	0	3(14%)	12(55%)	6(27%)	1(4%)						

第三節 研究結果之討論

本研究結果之討論，分成六部份：一為數學單元之重要程度與學生學前能力；二為由數學能力專家與實際參與第一線教學之專家，針對本研究所設計之數學與電子工程對科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的敘述與範例作驗證與可行性評估；三為由上述專家針對本研究所設計之電子學預試題目、引導式回答題等相關文件修正，並評估學生答題的難易度；四為選擇適當的預(施)題與樣本選擇，提高本研究之信效度；五為預試與施測實徵結果，驗證本模式之可行性；六為修正「科技大學學生電子工程問題的數學解題能力理論模式」。

壹、數學單元之重要程度與學生學前能力分析結果之討論

一、科技大學電子工程系學生的數學學前程度分析結果之討論

從表 5-8、表 5-9、表 5-10 可知：

(一)從整體性分析而言

- 1.依國立、私立學校的不同，學生在高中職數學與微積分的學前能力有顯著的差異，而私立學校間與學校內之個別差異很大。
- 2.在國立科技大學方面，普遍認為學生在高中職數學單元之學前程度還好，程度介於好與尚可之間；在私立科技大學方面，其學前程度較差，介於尚可與差之間。

(二)從課程之單元分析而言

- 1.高中職數學單元：指數運算、三角函數運算、反三角函數運算、複數與極坐標、數列與級數等單元有待加強
- 2.微積分單元：偏微分、對數函數微分、三角函數積分、指對數函數積分、微積分應用於最大值與最小值等單元有待加強。

(三)從課程銜接落差的分析而言

目前國中數學與高中數學課程內容有落差，而高中職數學與

科技大學應用數學課程內容也有落差，故應針對電子工程所用的基礎數學與課程銜接的落差，編輯「電工數學」之銜接教材，並建立銜接機制，把課程銜接的落差降至最低。

(四)從加強學生數學能力的分析而言

需要加強學生數學的能力有邏輯思考能力、推導能力、概念連結能力、轉譯列式能力、表達能力。

由上可見，因國立、私立學校的不同，高中職數學與微積分的學前能力有顯著的差異，而私立學校間與學校內之個別差異很大。因此，科技大學學生數學能力的分析與加強，應分別從下列著手：

1.在國立科技大學方面

- (1)學生的基礎能力雖不錯，但應用性較多的數學單元，如：三角函數運算、偏微分...等都需要再加強。
- (2)電子專業課程有很多單元需要應用數學的方法推導公式(式子)，諸如：偏微分推導電晶體的公式、拉普拉氏轉換推導濾波器的方程式...等都需要再加強。
- (3)數學與專業間、專業符號與專業名詞間之概念連結的能力要加強。

2.在私立科技大學方面

除國立科技大學需要加強的部份外，尚需根據學生的學前能力作部份的銜接與補救教學，若能針對電子工程所用的基礎數學與課程銜接的落差部份，編輯「電工數學」之銜接教材，並建立銜接機制，是最佳政策。

二、「科技大學電子工程系應用數學單元之重要程度」研究結果之討論

從表 5-11 與表 5-12 可知：科技大學電子工程系之專業課程內容應用高中職數學單元及微積分單元之重要程度皆非常高。尤其是基礎

電子專業課程運用高中職數學比微積分的機會更多。由此可見：電子工程系的學生若欲使專業課程的基礎紮實，先要把數學的根基打好。因此，高中職數學與微積分之銜接課程一定要重視，若能有檢定或銜接的機制，將有助於學生專業課程的學習。

貳、以「一般數學及工程之解題能力的敘述與範例」檢驗與修正理論模式研究結果之討論

一、以「一般數學應用於數學解題能力之敘述與範例」作為修正模式研究結果之討論

從表 5-4 及表 5-15 中可知：

(一)此敘述與範例可驗證理論模式之可行性

- 1.選擇線性規劃題目的範例，因其含蓋轉化、求解、詮釋、驗證等四種能力，具有代表性可驗證其可行性。
- 2.題目中設計以「列表觀察」發現題目關鍵點的數字變化，也可自己繪出直角坐標找出其交點處比較之。此種設計方式，很適合本模式的應用，甚而可推廣至專業建模流程。
- 3.此範例可訓練學生數學概念知識連結的能力，此能力即是本模式的關鍵核心能力，因此，更可驗證其可行性。
- 4.若增加「自我評量表」，教師可把學生的解題過程之記錄與自我評量作比對，真正找出學生解題的困難點。由此可顯示，若要有效的實施此模式，諸如：「自我評量表」等之配套措施是很重要的。

(二)可以此敘述與範例修正理論模式架構

在「4.解題策略」上增加一個機制為「4.1 觀察、臆測、驗證」。

二、以「電子工程應用於科技大學學生電子工程問題的數學解題能力之敘述與範例」作為修正模式研究結果之討論

從表 5-16 及第一次專家諮詢的共同結論可知：

(一)科技大學學生電子工程問題的數學解題能力之敘述與引導式回答題之範例可評量學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力

- 1.此種能力的敘述，對試題來龍去脈之邏輯交代得很清楚，可提供任課老師在評量學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力時，能找出學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力較不足的地方去補強。由此可見，以此範例的模式可評量學生的科技大學學生電子工程問題的數學解題能力之不足處。
- 2.此引導式回答題之範例屬於綜合性的題目，含蓋電子學及電子學實驗的內容，如果把科技大學學生電子工程問題的數學解題能力以「模組化的流程」列在專題或電子實驗的終結評量上，由同一位教師任教不但容易實施，更可判斷學生各種能力的強弱。

(二)科技大學學生電子工程問題的數學解題能力可採多元化命題

工程解題的命題，可從兩個方向去思考：一種偏重工程解題的運算；另一種係將計算部份以電腦軟體取代或直接給答案，偏重於數據分析與詮釋的評量。由此可見，科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的命題，可依需求與趨勢做多元彈性的調整。

(三)可以此敘述與範例修正理論模式架構

由於本敘述與範例屬於綜合性題目，將數學與電子學相結合，其所運用的符號應含蓋此兩個領域，故將科技大學學生電子工程問題的數學解題能力修正如下：

- 1.程序 1 之 1.1-2「數學符號使用的能力」應改為「符號使用的能力」。
- 2.程序 1 之 1.2-2「數學與專業符號的能力」應改為「專業符號的能力」。
- 3.在 2.1-1 與 2.1-2 之間，增加「專業建模的能力」。

綜合上述(一)、(二)、(三)，可獲得下列結論：

從科技大學學生電子工程問題的數學解題能力之敘述與範例來看，可評量學生的科技大學學生電子工程問題的數學解題能力之不足處，若能將電子學及電子學實驗合併以「模組化的流程」編製成教材，更可判斷學生各種能力的強弱。其命題方式也可依需求與趨勢做多元彈性的調整。

參、以「電子學預試之引導式回答題等相關文件之修正」作為施測工具研究結果之討論

從表5-17～表5-22及第一次專家諮詢的共同結論可知：

一、從整體性分析

(一)此種「引導式回答題」對國立科技大學中等以下及私立科技大學中等以上的學生可引導其增強邏輯思考的能力，尤其是以「引導式回答題」來引導詮釋與驗證之敘述更有助於學生的作答。

(二)詮釋與驗證部份，依學生實務經驗及表達能力的不同而有程度的區別。若其具備專業與數學的知識及其實作的經驗者，答題就比較完整。

由此可見，「引導式回答題」對學生之基本概念的養成及增強邏輯思考的能力是有助益的，顯示以此模式所設計的預試題目對全國科技大學中等的學生效果最佳，可作為本研究施測的工具。

二、從命題的方式分析

(一)思考方向

- 1.命題時要考量課程銜接問題與學生的學前能力，否則會影響到學生的學習效果與能力的展現。
- 2.一般在大一、大二所學的電子學，皆是以運算為主，到了大三上學期或下學期時才會學到使用電腦軟體進行運算與檢驗，屆時使用電腦驗證數字或波形會比較適合且準確。
- 3.因電子學所含蓋的範圍較廣，相關的公式也多，故命題時最好能

提供一些公式，由學生選擇適合的運用。

- 4.以電子學實驗或專題製作之課程內涵命題會比較恰當，因其較容易含蓋科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的四個構面，且其詮釋、驗證、應用評估等程序的命題材料較多且靈活性也較高。

(二)多元的命題型式

- 1.工程解題的命題，可從兩個方向去思考：在大一、大二期間，加強其基礎能力可偏重工程解題的運算；在大三、大四期間，加強電腦軟體的應用可偏重數據分析與詮釋的評量。
- 2.由上述可推出下列命題五種型式：

(1)第一種：一般式命題型式

即本研究所採用的一般筆試命題型式，主要是評量四種轉銜能力的邏輯流程，可加強工程解題的運算與推導，但命題時要考量答題的時間與設備的限制。優點為單純方便。缺點為在十八個機制中有「4.1 觀察、臆測、驗證」、「5.2 運用適當的運算工具」、「6.2 判斷解答的合理性」、「9.1 數字的正確性」、「9.2 波形的正確性」，在實施評量上會受到題目本身的設計複雜度及存筆試答題的限制。其餘評量之能力項目均勻分佈，沒有加權項目。

(2)第二種：詮釋式命題型式

將求解能力之數學運算與較繁雜的推導部份省略，直接提供題目之答案數據，以加強詮釋類的評量為主。即在「解讀」、「詮釋」、「驗證」、「應用評估」上，將計算較複雜的部份直接給答案，學生可從答案之數據中作答，並評量其解讀、詮釋與表達的能力。優點為單純方便。缺點為在十八個機制中有「4.1 觀察、臆測、驗證」、「9.1 數字的正確性」、「9.2 波形的

正確性」，在實施評量上受到題目本身的設計及存筆試答題的限制。對於第七、八、十等機制列為加權項目，其餘實施評量之能力項目均勻分佈。

(3)第三種：建模式命題型式

其能力項目從觀察的角度切入，與本研究所編製之「一般數學應用於數學解題能力的敘述與範例」類同。係採取建模式筆試命題，給予一堆電路之實驗數據，依數據的型態與內涵，去探索可行性的規則或方案，並加以驗證。故特別注重且加權「4.1 觀察、臆測、驗證」之機制去尋找適合本題的各種策略，從策略中經觀察、臆測找出一些可遵循的規則或方案，再經過一系列的運算、推導與驗證，去修正、調整與改良電路或更換電子元件，使整個電路成為題目中之最佳解。優點為可培養學生研發與創新之基礎能力。缺點為所花費的練習時間較長。在實施評量上受到題目本身的設計、老師與學生之實作經驗等的限制。其餘實施評量之能力項目均勻分佈。

(4)第四種：運用工具式命題型式

將求解能力之數學運算、驗證數值及波形的正確性，以運用電腦套裝軟體或電子儀器等工具為命題的主軸，若採設計性、專題性或給予一堆實驗數據等命題型式，可加強電子工程問題的數學解題的應用與分析。優點為可透過工具解決較複雜的計算問題、所得的解答與輸出入之波形會較準確、較接近企業界的能力需求等。缺點為運用電腦軟體或電子儀器的工具必須齊全且運作要正常、不易評量出學生的運算與推導能力。故特別注重且加權

「5.2 運用適當的運算工具」、「6.2 判斷解答的合理性」、「9.1 數值的正確性」、「9.2 波形的正確性」等的科技大學學生

電子工程問題的數學解題能力項目，而「4.1 觀察、臆測、驗證」、「5.1 選擇適當的數學方法、運算法則與公式」等的科技大學學生電子工程問題的數學解題能力項目可參考不列入外，其餘實施評量之能力項目均勻分佈。

(5)第五種：合作學習式之命題型式

前述四種命題模式，採學生與教材之間的互動，亦即是鷹架學習中之垂直鷹架的認知建構。而本型式增加了學生與學生之間的同儕互動，亦即是鷹架學習中之水平鷹架的學習群溝通建構。藉由垂直與水平雙軸向的建構，成就學生的認知面向。其程序、機制、能力項目，依題目的命題趨勢作不同的選擇，適用於專題製作的課程。此型式較接近於產業界研究團隊研發模式的訓練。

此模式在「4.1 觀察、臆測、驗證」機制上可作彈性的選擇；但特別注重且加權「6.2 判斷解答的合理性」、「8.1 詮釋工程問題的解答」、「8.2 工程問題的最佳解」等的科技大學學生電子工程問題的數學解題能力項目，其餘實施評量之能力項目均勻分佈。

由上可見，「引導式回答題」的命題方式是多元且各有其優缺點，可依不同的命題方式在四個程序中尋找最合適的機制來出題，故若以加強數學與專業之基礎能力為著眼點，則可考量第一、三種；若以加強就業導向為著眼點，使其更接近企業界的能力需求，則可考量第二、四種；若以加強研發能力導向為著眼點，使其更接近培養研發能力需求，則可考量第三、四種。

三、從評量的方式分析

(一)思考方向

- 1.以教學的角度來看，從電子學教師之專家訪談中發現，老師們認為以此模式實施，若能在筆試與口試兼顧的前提下，人數不能多，最好每班(組)不要超過十五人，如此可使學生或老師能有多餘的時間討論並了解其不會的地方去加強。
- 2.實施此種模式的評量，應考量其基礎專業與數學能力。
- 3.若能採用區分度(依答對百分比)給分是最好的，不但可測出學生的科技大學學生電子工程問題的數學解題能力，也能了解學生在解題過程中有那些弱點需要加強的。
- 4.為了要提高學生答題的順利性，「試題答題指引」的交代要夠清楚且要求學生完全遵照，最好能舉一個範例說明，使學生更了解其答題方式與流程，以減少答題的誤差。

(二)多元的評量方式

- 1.«學生自評表»改為三等第評量，即分為「同意」、「同意」、「很不同意」比較容易回答。
- 2.«教師評量表»，採用區分度(依答對百分比)給分，不但可測出學生的科技大學學生電子工程問題的數學解題能力，也能了解學生在解題過程中有那些弱點需要加強。
- 3.透過學生口試的答題說明，更能了解其解題過程所面臨的困難與表達的情形。

(三)評量的時機

由於學生出次接觸「引導式回答題」，對此模式的作答方式不習慣，加上評量所花的時間較多，故其評量的時機可從平時的作業練習開始，循序漸進直到學生習慣此模式後，再作為平時、期中或期末之評量。

由上可見，「引導式回答題」的評量方式是多元的，可從不同的角度評量學生的各項能力。其評量的時機也可透過練習使其習慣

後，可作為平時、期中或期末之評量。故本研究採用此方法比單一評量來的客觀。

四、從專家訪談預估學生答題的難易度分析

- (一) 此四道題目，同學們要完全答對非常不容易，一般程度同學第一題若給予「引導式回答」較無問題。其次為第二題；至於第三、四題，若偏微分單元與工程數學之拉普拉式轉換單元之運算與推導能力稍強者，會比較容易答題。
- (二) 對國立科技大學而言，前二題約有 70%~80%可答得出來，但表達能力可能不如預期的表現；第三題利用偏微分推導公式約有 30%能答得出來；第四題約有 40%能答得出來，但在詮釋與驗證不會答得很完整。
- (三) 對私立科技大學而言，第一、二題答對率會比第三、四題高，尤其第四題是利用工程數學之拉普拉氏轉換單元，約有 5%的人能答得出來，若給予「引導式回答」可提升至 10%左右。

由上可見，答對百分比的多寡，與公私立學校學生的差異性及其數學與專業的學前能力息息相關，若能採用「引導式回答題」引導，即如同在學習的過程中搭起鷹架，有助於學生小區段思考及概念的連結，的確可提升學生答對率。

綜合上述一、二、三、四，可獲得下列結論：

從整體性、命題方式、評量方式、預估學生答題情形來看，預試試題所採用的「引導式回答題」，若在每班不超過 15 人之下，可作為施測工具，並有助於學生答題且可提升其答對率。

肆、選擇適當的預(施)題與樣本選擇研究結果之討論

一、預(施)測題目的範圍與題目的選擇

本研究首先從科技大學電子學(一)(二)的九個單元中，歸類與合併後選出七個題目，再由專家考量公私立學生之學前能力選出四道題目，其優先順序分別為：第一題：二極體電路、第二題：電晶體 A 類放大器、第三題：電晶體參數--偏壓穩定度、第四題：濾波電路—主動濾波器與被動濾波器。

二、預(施)測題目的分析

預(施)測題目經第一次專家諮詢共同討論取得一致共識後，研究結果與討論分析如下：

(一)第一題：二極體電路

1.題目的適切性

本題是一個從點切入到面皆能含蓋的題目，全盤顧到題目的架構與內涵，並把電子學與電子學實驗兩門課的內容併在一起，亦將理論應用於實際的各種狀況中，非常適當。

2.可測出學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力

(1)本題採圖(電路圖)文並茂及填表格方式引導試測學生作答，學生會隨者解題的機制去思考回答問題，若某處答不出來，老師在評量時可從專業解題能力的敘述中去比對出學生那種的能力有待加強。對老師評量學生的能力而言，的確可測出學生的解題能力。

(2)本題將兩個變數—溫度與直流電壓改變後，在「解讀數學語言」的機制中，透過填表格方式，讓學生填四個模型與其它變數改變情形，並以「轉述結果」與「詮釋結果」說明原因及找出最佳解，的確可測出學生的科技大學學生電子工程問題的數學解題能力。

(3)本題因有交流電路，在運算過程中需要用到三角函數、指數函數等的運算，因此可測出學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力中之求解的能力。

由上可見，若能將「電子科技大學學生電子工程問題的數學解題能力敘述」與「引導式回答題」配合比對，可找出學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的弱點。

3.配合學前實務經驗的累積

此題較傾向於固態電子學，對從高職電子科或資訊科畢業的同學而言，由於高職電子學受過此種問題訓練之經驗，比較能解此類的題目。

4.預估本題學生答對百分比

以對國立的三所(台科大、北科大、雲科大)科技大學而言，若給大三的同學測試本題，大約有 $70\pm 10\%$ 可以答得出來；對四技入學學測 450 分以上的私立科技大學而言，大約有 $45\pm 15\%$ 可以答得出來。

(二)第二題：電晶體 A 類放大器

1.題目的適切性

本題屬於小訊號放大電路，透過兩種分析方法求解直流工作點，其解題過程設計即把直流部份的各種迴路及迴路方程式皆含蓋在內，題目精心設計轉換效率的數據使其在判斷是否為 A 類放大器時有很大的數字差距，讓學生不致於因計算誤差而導致誤導、答錯或無法作答，是一道很能測出學生能力的題目。

2.可測出學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力

(1)本題採圖(電路圖)文並茂方式引導試測學生作答，學生會隨著解題的機制去思考回答問題，若某處答不出來，老師在評量時可從專業解題能力的敘述中去比對出學生那種的能力有待加

- 強。對老師評量學生的能力而言，的確可測出學生的解題能力。
- (2)本題要求學生在電晶體輸出特性曲線之直流負載線上繪出交流波形來驗證，此種驗證方法非常好，可測出學生能對電晶體直流工作點的特性作全盤了解的程度，的確可測出學生的解題能力。
- (3)在數學能力方面，本題較偏重於公式型的計算，因此，迴路與交流的公式，顯得很重要。由此也可測出學生數學領域應用於工程解題的能力。

由上可見，若能將「電子科技大學學生電子工程問題的數學解題能力敘述」與「引導式回答題」配合比對，可找出學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的弱點。

3.配合學前實務經驗的累積

此題屬於電晶體基本放大器，對從高職電子科或資訊科畢業的同學而言，由於高職電子學受過此種問題訓練之經驗，比較能解此類的題目。

4.預估本題學生答對百分比

以國立的三所(台科大、北科大、雲科大)科技大學而言，若給大三的同學測試本題，大約有 $80\pm 10\%$ 可以答得出來；對四技入學學測 450 分以上的私立科技大學而言，大約有 $45\pm 15\%$ 可以答得出來。

(三)第三題：電晶體溫度參數--偏壓穩定度

1.題目的適切性

本題把重點放在影響電晶體最大的兩個因素---溫度與供應電壓上，透過此兩因素可串成一系列的子題，並藉由偏微分的方法推導公式。解題過程首先找溫度對電晶體影響的變數，並利用推導的過程導出公式，進而從變數的數據中去比較變數對電晶體

影響的大小，最後提出改良方案，此題模式對電晶體而言，是理論與實務的結合，也含蓋科技大學學生電子工程問題的數學解題能力四個構面的設計。

2.可測出學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力

本題目開始的答題方式即從逆向思考切入，利用各種迴路去推導 I_c 對四個變數的偏微分，並將所給予之數據與電子學所學的理论與實務概念整合後代入驗證及詮釋問題，並提出解決方案，以此解題流程與科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的敘述比對，的確可測出學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力。

由上可見，若能將「電子科技大學學生電子工程問題的數學解題能力敘述」與「引導式回答題」配合比對，可找出學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的弱點。

3.配合學前實務經驗的累積

此題屬於電晶體偏壓穩定度，主要探討電晶體溫度參數的變化對電晶體本身的影響，對從高職電子科或資訊科畢業的同學而言，由於高職電子學實驗接觸過「當溫度升高時如何排除與降低熱量方法」之經驗，比較能解此類的題目。

4.預估本題學生答對百分比

以國立的三所(台科大、北科大、雲科大)科技大學而言，以大三的同學測試本題，大約有 $70\pm 10\%$ 可以答得出來；對四技入學學測 450 分以上的私立科技大學而言，大約有 $30\pm 15\%$ 可以答得出來。

(四)第四題：濾波電路—主動濾波器與被動濾波器

1.題目的適切性

本題為了配合科技大學學生電子工程問題的數學解題能力

模式，特別選了 Notch Filter 為預試試題，從濾波器的觀念切入，來消除 60Hz 之低鳴雜訊，進而推導其轉移函數，並求取極點與零點方程式之解，經計算結果發現此類電路因電感太大在低頻階段不適合，乃提出將理想的 OPA 條件納入的 Antoniou 電路取代電感器而解決了此問題。在過程中除運用濾波器的概念外，也考驗了工程數學之拉普拉斯轉換推導。整個試題含蓋的範圍屬縱深式的安排，由淺而深，由觀念、推導到應用，其安排的非常恰當。

2. 可測出學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力

本題屬於濾波器改良問題，為了考量科技大學學生電子工程問題的數學解題能力所需之轉化、詮釋與改良，又需配合工程數學的應用而設計，故必須要引用數學的推導與專業的觀念才能答題，若學生推不出來，引導老師會給予答案，讓學生跳過推導過程，以所給予之數據去詮釋問題。因此，本題可從數學與專業兩種能力去找出學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的弱點。

由上可見，若能將「電子科技大學學生電子工程問題的數學解題能力敘述」與「引導式回答題」配合比對，可找出學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的弱點。

3. 配合學前實務經驗的累積

此題目所提到的 Antoniou 電路是將高職電子學所學過之理想的 OPA 條件納入，以加強電路應用的學習。

4. 預估本題學生答對百分比

以國立的三所(台科大、北科大、雲科大)科技大學而言，若給大三的同學測試本題，大約有 $60\pm 10\%$ 可以答得出來；對四技入學學測 450 分以上的私立科技大學而言，大約有 $20\pm 10\%$ 可以答得出來。

三、預(施)測題目的選擇

從上述預(施)測試題研究結果的討論可知：以四道題目的答題率來看，對國立科技大學而言，四道題應該都可以當作預試題目；若欲選擇兩題作為施測題目時，可選擇以第一題、第四題為主；或以第二題、第四題為主。但私立科技大學因要考量學生學前程度之差異性，故選擇以第一題、第二題為預(施)測題目。

四、選擇適當的試(施)測樣本

從第一次專家諮詢共同討論取得一致共識結果之「樣本選擇原則」，認為預試四道題目給國立科大學生作答較沒問題，故其樣本選擇係從常態分配曲線三等分區間判定分界點示意圖為樣本選擇的理論依據，其分配如下：

- 1.國立科技大學電子工程系三年級學生中，從前段 33%取 2 名，中間 34%取 2 名，後段取一名為取樣原則，但必須經本人願意才能施測。
- 2.私立科技大學以每班前 33%之學生為預試樣本，仍需經本人願意才能施測。

綜合上述一、二、三、四可得以下結論：

從預(施)測題目的範圍、四道題目的分析、題目的選擇、選擇適當的試(施)測樣本等來看，顯示本研究在考量學生數學與專業學前能力之前提下，由第一次、第二次的專家諮詢共同取得的共識做了下列的選擇：

1.預試方面

- (1)國立科技大學預試試題四道題目全測，並對學生實施口試，了解學生對「引導式回答題」作答的看法。
- (2)私立科技大學預試試題四道題目中選擇第一、二題施測，並對學生實施口試，了解學生對「引導式回答題」作答的看法。

2.施測方面

- (1)國立科技大學預試試題四道題目中選擇第二、四題施測，並對學生實施行問卷調查，了解學生對「引導式回答題」作答的看法。
- (2)私立科技大學預試試題四道題目中選擇第一、二題施測，並對學生實施行問卷調查，了解學生對「引導式回答題」作答的看法。

伍、預試與施測實徵研究結果之討論

一、預(施)試題測試結果與信效度分析之討論

1.從預試與施測成績比較分析結果之討論

從表 5-57 得知：

- (1)以「引導式回答題」作答對程度很好的同學，沒有顯著性的差異。
- (2)以「引導式回答題」作答對中等程度的同學，有顯著性的差異。

2.從學校電子學成績與試測成績比較分析結果之討論

從表 5-57 得知：

- (1)班際間電子學成績因不同的任課老師在成績評量給的分數不同，導致會有一點差異，如：施₂₂與施₂₃皆為三年級不同班級的第二名，但學校電子學成績與試測成績比較結果有差異，但在誤差範圍內。

- (2)班級內電子學成績與試測成績比較，其順序是趨於一致的。

由上可獲得下列結論：

- 1.以「引導式回答題」作答對程度很好的同學，沒有顯著性的差異，但對中等程度的同學，有顯著性的差異，顯示出本研究所規劃之「引導式回答題」對中等程度的學生有提昇其電子工程問題的數

學解題能力的作用。

2.由表 5-55、表 5-57 可知：學校電子學成績與試測成績比較，其兩項成績順序皆趨於一致，表示預(施)測的信效度能達到預期的水準。

表 5-57 預(施)試學生之學校電子學成績與試測成績比較統計表

測試項目	測試學校	測試學生	測試班級(名次)	電子學(一)(二)成績		預(施)試成績				
						第一題	第二題	第三題	第四題	
預試	國立 A 科技大學	預 ₁₁	3 甲(2)	95	96	96	98	77	98	
		預 ₁₂	3 甲(3)	86	95	92	94	82	85	
		預 ₁₃	3 甲(33)	70	62	66	69	56	52	
		預 ₁₄	3 乙(15)	87	76	84	87	65	77	
		預 ₁₅	3 乙(18)	83	72	81	73	61	74	
	私立 B 科技大學	預 ₂₁	3A(9)	91	77	61	65			
		預 ₂₂	3A(14)	73	70	60	56			
		預 ₂₃	3B(1)	97	93	83	84			
		預 ₂₄	3B(3)	93	91	71	70			
		預 ₂₅	3C(11)	88	80	65	70			
	施測	國立 A 科技大學	施 ₁₁	3 甲(14)	91	74		87		83
			施 ₁₂	3 甲(16)	80	71		79		74
			施 ₁₃	3 乙(1)	90	97		96		95
			施 ₁₄	3 乙(4)	89	88		92		91
			施 ₁₅	3 乙(29)	82	65		76		68
私立 B 科技大學		施 ₂₁	3A(7)	88	88	68	77			
		施 ₂₂	3B(2)	95	94	80	84			
		施 ₂₃	3C(2)	94	88	82	79			
		施 ₂₄	3C(12)	92	76	65	65			
		施 ₂₅	3C(15)	89	68	60	70			
國立 C 科技大學		施 ₃₁	3 甲(1)	電子電路(-)99			92		86	
			3 甲(1)	電子電路(二)99						
		施 ₃₂	3 甲(2)	電子電路(-)98			87		79	
			3 甲(15)	電子電路(二)90						

說明：1.試測「施_{xx}」表之，如：「施₁₁」為第一所試測學校之第一位試測學生。

2.班級名次欄位以「3B(1)或3甲(1)」表之，如：「3B(1)」為三年級B班第一名學生；「3甲(1)」為三年級甲班第一名學生。

二、預(施)試學生對「引導式回答題」之答題看法與答題的情況分析之討論

1.對「引導式回答題」答題的看法分析之討論

- (1)從表 5-56 可知：有 82% 的學生認為合適或非常合適，且一致認為利用平時考或平時作業評量來學習較適合。由此顯示大都持正面的看法，故採用此模式學習或評量的接受度很高。
- (2)學生大都認為若採用「引導式回答題」作答，由於有觀念的引導及提示的作用，會比較容易答題，對較複雜的題目更適合。
- (3)「引導式回答題」屬於整合性題目，理論與實務的經驗都要配合，若採用此模式練習，可增強解題的觀念，有助於推導運算，也能找出自己的缺點，顯示出本模式搭起小區段的鷹架，輔助學生的學習，有很大的助益。
- (4)在適用的科目上，幾乎全部傾向於電子學實驗或專題製作最適合。

由上可知：「引導式回答題」提供了學生答題想法與脈絡的引導，對沒有此方面學習經驗的同學，有助於其學習，對較複雜的題目更適合。

2.對「引導回答題」所指的機制之答題難易度看法分析之討論

- (1)「比較容易答題」幾乎傾向於第一、二、三等機制，主要原因有二：
 - A.除第四題外，其餘試題所顯示的專有名詞與符號，在高職電子學中都已出現過，比較不陌生，自然閱讀能力會比較好且習慣。
 - B.第一、二、三等機制，有部份的內容在題目上有顯示或提示，比較容易答題。
- (2)「比較難答題」都偏向於第五～十等機制，主要原因有二：

- A.第五機制方面：電子專業課程與數學息息相關，若數學運算與推導能力不佳者，直接間接會影響到作答。而公私立學生本身數學之學前能力即不同，對較複雜的運算能力會有差異性。
- B.第六~十機制方面：學生在「轉述」、「詮釋」、「驗證」、「應用評估」等機制，缺乏實作經驗、數據與概念的連結，表達能力也明顯不足。
- C.學生的實務經驗仍需加強從數據中判斷結果與應用改良的能力。

由上可知：目前我們的教育受到升學命題的影響，非常欠缺邏輯過程與解題過程的訓練，祇強調答案，忽略了各種應用題的轉銜、詮釋與應用評估的練習，故第六~十機制方面，明顯的不足是有待加強的。

3.「引導式回答題」答題方式對科技大學學生電子工程問題的數學解題能力有無幫助的看法分析之討論

從表 5-38、表 5-44、表 5-56 可知：

- (1)高達 91% 的學生認為「引導式回答題」對科技大學學生電子工程問題的數學解題能力有幫助，其中 32% 的學生認為非常有幫助。
- (2)在機制項目方面認為幫助較多，以詮釋表達與實務經驗有關的第七~十機制佔 73% 最多。
- (3)學生認為「引導式回答題」可培養邏輯思維的能力、表達的能力、整合的能力。

由上顯示，學生認為以「引導式回答題」作答來評估有無幫忙及提昇科技大學學生電子工程問題的數學解題能力都持正面的看法，可見，學生認為以此模式學習與評量可行。

三、試測學校之學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力分析研究結果之討論

將表 5-35 與表 5-54 合併為表 5-58 可獲得以下研究結果之討論

1. 從「轉化能力」構面分析研究結果之討論

- (1) 「解讀審題」程序方面：專業術語與符號的概念連結之使用對不起來，應加強「專業符號使用的能力」。
- (2) 「分析問題」程序方面：在找出已知與未知的符號關係時，學生不太會逆向思考，顯示綜合應用與專業建模方面之邏輯思維有待加強。

2. 從「求解能力」構面分析研究結果之討論

- (1) 「運算處理」程序之「選擇適當的數學方法、運算法則與公式」方面：第一、二題運用到三角函數及交流公式求交流電壓、電流、功率值，並以直角坐標或電路圖方式表達比較，發現大部份學生顯示其「數學運算能力」、「數學表達能力」、「概念連結能力」有待加強；第四題運用工程數學之拉普拉氏轉換來推導公式，並依此求零點與極點之方程式解，少部份同學推導能力較差，若稍複雜的求解方程式，大部份同學都不太會，顯示「數學推導能力」與「數學運算能力」皆有待加強。
- (2) 「運算處理」程序之「運用適當的運算工具」方面：第二題利用電晶體輸出特性曲線繪出直流工作負載線；第四題利用計算器求解方程式，學生對此不熟悉，顯示出「運用計算器與圖表能力」有待加強。
- (3) 「求出解答」程序之「數學語言的解答」方面：主要是受到運算處理的過程中所得到答案之影響，而使得「數學表徵的能力」未能發揮。
- (4) 「求出解答」程序之「判斷解答合理性」方面：學生不太會

將所求的解答與題目的條件、電子元件的特性(如：電晶體的穩定度)、實務經驗等專業結合來判斷解答合理性，顯示出「符號運算的能力」與「專業與數學判斷能力」有待加強。

3.在「詮釋能力」構面的學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力分析研究結果之討論

(1)「轉述解答」程序之「解讀數學語言」方面：學生對於題目中出現外在因素(電壓或溫度)改變而影響其他變數的變化、將題目中計算所得結果與題目所給予條件比較等數學語言的解讀上，缺乏專業邏輯思維的轉換與表徵。顯示出學生在「數學語言轉換的能力」、「數學與工程表徵能力」比較差，需要多作此類的題目。

(2)「轉述解答」程序之「轉述數學結果」方面：學生將上述所解讀的數學語言不會與專業連結，並轉述其所得結果的原因與現象，顯示學生在「連結的能力」、「轉譯列式的能力」比較差，需要多作此類的題目。

(3)「詮釋結果」程序之「詮釋工程問題的解答」及「工程問題的最佳解」方面：學生針對工程問題的解答不太會解釋其原因或詮釋其對變數的影響，也欠缺從經驗或具有的模式中，判斷出工程問題的最佳解，顯示出學生在「表達的能力」與「連結使用具有模式的能力」有待加強。

4.在「驗證能力」構面的學生科技大學學生電子工程問題的數學解題能力分析研究結果之討論

(1)「驗證結果」程序之「驗證數字正確性」及「驗證波形正確性」方面：學生不太熟悉從物理的特性、放大器電路的特性與波形等的角度作比較去驗證數字或波形的正確性。若測試時能提供電子設備或電腦套裝軟體來驗證數字與波形的正確性，效

果會更佳。顯示出學生在「轉譯與演算的能力」與「運用工具的能力」有待加強。

(2)「應用評估」程序之「驗證結果評估問題」方面：學生欠缺從電路的特性、電壓或電阻值的比值關係等的理論與實務經驗的角度去評估其結果。由此顯示出其實務判斷與評估的經驗不足，對「專業建模的能力」有待加強。

(3)「應用評估」程序之「修正與改良」方面：學生最欠缺從答案中的數據、影響因素、放大電路的特性等作一系列的分析與判斷，從實務的角度評估、修正與改良其環境，使其變數的影響降至最低。由此顯示出其實務經驗明顯不足，對「專業判斷與設計能力」有待加強。

表 5-58 預(施)測學校之科技大學學生電子工程問題的數學解題能力分析表

程序	科技大學學生電子工程問題的數學解題能力機制	科技大學學生電子工程問題的數學解題能力	預試能力分析				施測能力分析					
			一	二	三	四	第一題	第二題	四			
			國	私	國	私	國	私	國	私		
1. 解讀審題	1.1 理解題意與舊經驗結合	1.1-1. 閱讀理解與觀察能力	✓									
		1.1-2 符號使用的能力										
	1.2 理解術語	1.2-1 概念連結的能力		✓								
		1.2-2 專業符號使用的能力	✓	✓	✓	✓	✓		✓			
2. 分析問題	2.1 找出問題已知與未知關係	2.1-1 綜合應用的能力	✓	✓	✓	✓	✓					
		2.1-2 專業建模的能力		✓	✓	✓	✓		✓			
	2.2 數學符號與形式化	2.2-1 邏輯思維的能力		✓				✓	✓	✓		
		2.2-2 專業表徵的能力							✓			
		2.2-3 表達的能力		✓								
		2.2-4 連結的能力										
3. 轉譯列式	3.1. 擬定解決問題的數學語言	3.1-1 抽象概括的能力										
		3.1-2 轉譯列式的能力		✓					✓			
		3.1-3 概念連結的能力										
5. 運算處理	5.1 選擇適當的數學方法、運算法則與公式	5.1-1 數學推理的能力				✓	✓				✓	
		5.1-2 數學運算能力	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		5.1-3 數學表達的能力	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
		5.1-4 概念連結的能力		✓	✓			✓	✓	✓	✓	
	5.2 運用適當的運算工具	5.2-1 運用計算器與圖表能力	✓		✓	✓	✓					
		5.2-2 運用電腦軟體的能力										
6. 求出解答	6.1 數學語言的解答	6.1-1 數學表徵的能力	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		6.2 判斷解答合理性	6.2-1 符號運算的能力		✓		✓		✓		✓	✓
			6.2-2 數學與專業判斷能力	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7. 轉述解答	7.1 解讀數學語言	7.1-1 數學語言轉換的能力		✓		✓			✓		✓	
		7.1-2 數學與工程表徵能力	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	7.2 轉述數學結果	7.2-1 連結的能力		✓		✓	✓		✓		✓	
		7.2-2 轉譯列式的能力	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
8. 詮釋結果	8.1 詮釋工程問題的解答	8.1-1 表達的能力		✓		✓	✓	✓		✓	✓	
		8.1-2 邏輯思維的能力										
	8.2 工程問題的最佳解	8.2-1 表達的能力		✓					✓			
8.2-2 連結使用具有模式能力		✓		✓				✓		✓		
9. 驗證結果	9.1 驗證數字正確性	9.1-1 轉譯與演算的能力		✓		✓	✓		✓		✓	
		9.1-2 驗算的能力										
	9.2 驗證波形正確性	9.2-1 運用工具的能力	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		
10. 應用評估	10.1 驗證結果評估問題	10.1-1 專業建模的能力	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		10.2 修正與改良	10.2-1 專業判斷與設計能力	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

陸、「科技大學學生電子工程問題的數學解題能力理論模式建立」研究結果之討論

一、「科技大學學生電子工程問題的數學解題能力四個主體構面流程」研究結果之討論

從數學能力專家四回訪談的結果及實際參與第一線教學之專家訪談結果顯示：工程應用之解題能力，並非只是數學基礎觀念的練習，尚需重視專業問題，故科技大學學生電子工程問題的數學解題能力四個主體構面流程的架構應包含「轉化」、「求解」、「詮釋」、「驗證」，如圖 5-1 所示。

二、「科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的程序與機制」修正研究結果之討論

從數學能力專家四回訪談的結果、實際參與第一線教學之專家訪談結果、第一次與第二次專家諮詢，做以下的修正，如表 5-59 所示：

(一)在主體構面上

四個主體構面中，將第一個主體構面之「數學化」改為「轉化」，主要因為此主體構面跨越數學與專業兩大領域，並非單純為數學問題。

(二)在程序上

在十個程序中改了兩個，如表 5-59 所示，其修正如下：

1. 第一個程序修正兩次，主要的原因為題目的「審題」，所強調的是理解題意與理解術語，只有解讀題意沒有詮釋的動作，故將文獻中所提的「詮釋問題」改為「審題詮釋」，最後修正為「解讀審題」；
2. 第三個程序原為「提出目標」改為「轉譯列式」，主要的原因為題目經過理解題意及分析問題的過程找出已知與未知的關係後，提出目標函數，此目標函數係將專業術語的符號轉譯為以數

學列式表示。

表 5-59 「科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的程序與機制」之總修訂表

專家	原訂程序	修訂程序	原訂的機制	新訂(增加)的機制
數學能力	1. 詮釋問題	1. 審題詮釋	(1) 理解術語 (2) 理解題意	1.1 理解題意與舊經驗結合 1.2 理解術語
	2. 分析問題			2.2 數學與專業符號與形式化
	3. 提出目標	3. 轉譯列式		
	4. 解題策略		(5) 選擇數學方法、運算法則與公式 (6) 數學與專業符號形式化	取消 取消
				4.1 觀察、臆測、驗證
	5. 運算處理			5.1 選擇數學方法、運算法則與公式
	6. 求出解答			6.2 判斷解答的合理性
	7. 轉述解答		(9) 數學語言轉述結果 (10) 解讀與詮釋數學語言	7.1 解讀數學語言 7.2 轉述數學結果
	8. 詮釋結果		(11) 給予工程問題的解答	8.1 詮釋工程問題的解答
	9. 驗證結果		(13) 檢驗數字的正確性 (14) 檢驗波形的正確性	9.1 驗證數值的正確性 9.2 驗證波形的正確性
	10. 應用評估		(16) 判斷與修正	10.2 修正與調整
專家諮詢	1. 審題詮釋	1. 解讀審題		
	9.			
	10. 應用評估		10.1 驗證結果解決問題 10.2 修正與調整	10.1 驗證結果評估問題 10.2 修正與改良

(三)在機制上

1.由原先的十六個機制改為十八個機制，並將機制的編號配合科技

談結果、第一次與第二次專家諮詢，做以下的修正，如表5-60所示：

- (一) 在「解讀審題」程序方面，原先在能力項目中有「數學」字樣刪除，主要因為「轉化」的動作是將題意中的工程術語與符號，經過分析後將其轉譯為數學語言，其分析、應用、表達、連結皆是跨領域。如：程序1之1.1-2「數學符號使用的能力」應改為「符號使用的能力」；程序1之1.2-2「數學與專業符號的能力」應改為「工程符號的能力」。
- (二) 在「分析問題」程序方面，因專業問題在分析已知與未知關係時，常藉由電路圖、特性圖、專業的定律、物理的公式...等去尋找、聯想與連結其關係。故在2.1-1與2.1-2之機制間，增加「專業建模的能力」。
- (三) 在「求出解答」程序之「6.1 數學語言的解答」機制方面，僅是將運算處理所得的結果填入，有數學表徵的作用，未有數學表達的現象，故將「6.1-1 數學表達能力」改為「6.1-1 數學表徵能力」；在「6.2 判斷解答的合理性」之機制上，因有「判斷」意涵，表示有應用符號運算來做數學與專業判斷的動作，故將其改為「6.2-1 符號運算的能力」、「6.2-2 數學與專業判斷的能力」。
- (四) 在「轉述解答」程序之「7.1 解讀數學語言」機制方面，因「解讀」包含數學與專業兩部份符號形式之表答意涵，故增加「7.1-2 數學與專業表徵能力」；在「7.2 轉述數學結果」之機制上，因「轉述」包含數學與專業之概念連結與轉譯列式的意涵，故增加「7.2-2 轉譯列式的能力」。
- (五) 在「驗證結果」程序之「9.1 驗證數值的正確性」機制方面，因「驗證數值」含蓋工程術語、符號與單位的轉譯與演算的工

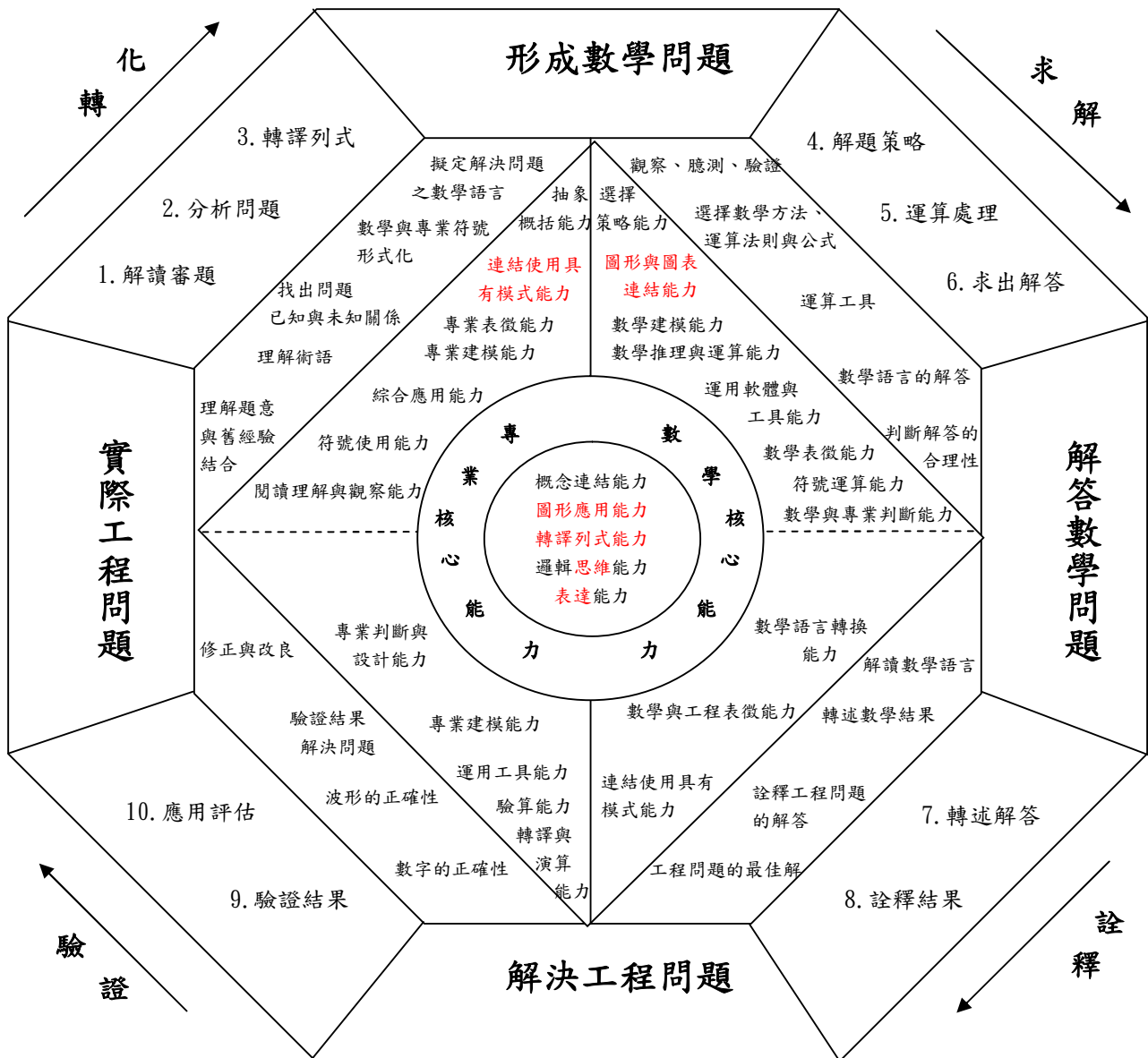
作，故增加「9.1-1 轉譯與演算的能力」。

表 5-60 科技大學學生電子工程問題的數學解題能力分析項目表

轉銜	程序	電子工程問題的數學解題能力機制	電子工程問題的數學解題能力分析項目	
轉化能力	1.解讀審題	1.1 理解題意與舊經驗結合	1.1-1 閱讀理解與觀察能力	
			1.1-2 符號使用的能力	
		1.2 理解術語	1.2-1 概念連結的能力	
			1.2-2 工程符號使用的能力	
	2.分析問題	2.1 找出問題已知與未知關係	2.1-1 綜合應用的能力	
			2.1-2 專業建模的能力	
		2.2 數學與專業符號與形式化	2.2-1 邏輯思維的能力	
			2.2-2 專業表徵的能力	
	3.轉譯列式	3.1 擬定解決問題的數學語言	2.2-3 表達的能力	
			2.2-4 連結的能力	
3.1-1 抽象概括的能力				
求解能力	4.解題策略	4.1 觀察、臆測、驗證	3.1-2 轉譯列式的能力	
			3.1-3 概念連結的能力	
			4.1-1 選擇策略的能力	
	5.運算處理	5.1 選擇適當的數學方法、運算法則與公式	4.1-2 數學知識連結能力	
			4.1-3 圖形與圖表應用的能力	
			4.1-4 邏輯思維能力	
			4.1-5 數學建模能力	
			5.1-1 數學推理的能力	
			5.1-2 數學運算能力	
	6.求出解答	5.2 運用適當的運算工具	5.1-3 數學表達的能力	
			5.1-4 概念連結的能力	
			5.2-1 運用計算器與圖表能力	
	詮釋能力	7.轉述解答	7.1 解讀數學語言	5.2-2 運用電腦軟體的能力
				6.1-1 數學表徵的能力
		8.詮釋結果	8.1 詮釋工程問題的解答	6.2-1 符號運算的能力
6.2-2 數學與專業判斷的能力				
		8.2 工程問題的最佳解	7.1-1 數學語言轉換的能力	
			7.1-2 數學與專業表徵能力	
驗證能力		9.驗證結果	9.1 驗證數值的正確性	7.2-1 連結的能力
				7.2-2 轉譯列式的能力
	10.應用評估	10.1 驗證結果評估問題	8.1-1 表達的能力	
			8.1-2 邏輯思維的能力	
		10.2 修正與改良	8.2-1 表達的能力	
			8.2-2 連結使用具有模式能力	
			9.1-1 轉譯與演算的能力	
			9.1-2 驗算的能力	
			9.2-1 運用工具的能力	
			10.1-1 專業建模的能力	
			10.2-1 專業判斷與設計能力	

四、「科技大學學生電子工程問題的數學解題能力理論模式建立」研究 結果之討論

綜合上述一、二、三等系列之修正與討論，最後將原圖 5-3 修正為圖 5-4。為了要更顯示「轉化能力」與「詮釋能力」含蓋了跨數學與工程兩領域的範疇，將下圖的菱形畫了兩條虛線，分割成四部份，菱形左上方之「轉化能力」區塊與右下方之「詮釋能力」區塊是跨數學與工程兩領域之科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的；菱形右上方之「求解能力」區塊，是屬於數學求解之解題能力；菱形左下方之「驗證能力」區塊是屬於專業驗證與評估之解題能力。上述分割出之每一區塊所顯示的能力都是由表 5-60 中所分析得到的。



數學表徵能力：有如數學的面貌，外表的型態，是屬於數學本身的型態。
 茲以數列為例：(1) $a_n=1/n$ (2) $a_1=1; a_2=3; a_{n+1}=a_n+a_{n-1}$ 為遞迴數列 (3)敘述方式：將自然數中的質數由小而大所形成的數列，如：2,3,5,7,11,13,.....(4)圖形表示。
 數學表達能力：係指將數學或專業的式子，用表徵的方式表達出來。

圖 5-4 科技大學學生電子工程問題的數學解題能力理論模式之建立圖(第三次修正)