

第四章 實徵研究設計與實施

為建立科技大學電子工程問題的數學解題能力模式，首先從文獻中探究電子工程問題的數學解題能力的主體構面、程序、轉銜能力、機制及其數學能力項目，其次針對科技大學電子工程系電子學科目進行單元內容分析後，確定研究問題，再依適切的研究方法進行，茲將研究設計與研究實施分述如下：

第一節 研究設計

本研究設計分成四大部分：一為編製電子學單元與電子工程問題的數學解題能力施測雙向細目表；二為編製專家半結構訪談問卷；三為編製預(施)測試題工具；四為編製專家諮詢(專家會議，取得全體一致的共識)半結構問題。茲簡述如下：

壹、電子學單元與電子工程問題的數學解題能力施測雙向細目表的編製

紙筆測驗多半著重智育行為，不同學者對智育目標之分類方法不大相同，其中以 Bloom(1956)的分類法最常被提及，他將行為目標分為知識、理解、應用、分析、綜合、評鑑等六個層次(王文科，民 88)。因此，本研究以鷹架學習理論為理論基礎，配合 Bloom 六個層次的行為目標，採引導式回答題方式命題。此種方法雖無法測量學生解決問題的全部能力，但它能測量解決問題過程中的某一些特定能力(郭生玉 民 74,頁 247-248)。

在編製試題前，首先要分析電子學的教學目標及單元內容，在電子學教學目標的前提下，考量下列背景因素，來擬定電子學單元與電子工程問題的數學解題能力施測雙向細目表：

- 一、電子學(一)(二)教材內容份量供九十個小單元，每週 3 節課，每學期以 18 週計算，平均每個單元 1.2 節，由於此科目為基礎課程，其應用性課程在大三、大四還會再修課，因此，任課老師的教學會以

基本概念與運算、推導為主。

二、科技大學的學生有 90% 來至高職畢業，學生已經接受過電子學的基礎概念與實作的訓練，故可考量以產業界需求的方向作操作性的題目。

三、高職學生所學的數學內容比高中少很多，在命題中要考量其計算過程。

四、命題應以學生學習結果為導向，故在電子學單元與電子工程問題的數學解題能力施測雙向細目表上，需考量能夠分析出學生四種轉銜能力(數學化、求解、詮釋、驗證等能力)的強弱。茲將其編製流程簡述如下：

(一) 電子學的教學目標

本研究電訪各科技大學電子工程系，希望能提供電子學的教學目標，但大部份學校都未擬定，僅三所科技大學提供其教學目標，但都大同小異，如附錄二，將此三所科技大學電子學(一)(二)的教學目標歸納如下：

- 1.能了解電子基本元件的原理、特性與偏壓方式。
- 2.能培養具有解析二極體應用電路與電晶體放大電路之能力。
- 3.能培養具有解析功率放大電路之能力。
- 4.能培養具有解析運算放大器及其相關應用電路之能力。
- 5.能培養具有解析各式串級放大電路之能力。
- 6.能了解頻率響應之觀念與分析技巧，並培養具有解析各式放大電路之能力。

(二) 電子學的單元教學目標與單元內容

從科技大學電子工程系所提供的電子學(一)(二)的教學目標及教材來看，大部份學校之電子學科目都以 Sedra/Smith 所編的「Microelectronic Circuit(Fourth Edition)」之原文書或翻譯本作為教

學教材。此書分為三大部份，學校都把它分配為電子學(一)(二)(三)之科目內容。而本研究以大二所授課之電子學(一)(二)(註：有些科技大學以電子電路(一)(二)開課，其內容與電子學(一)(二)類似)為主。其範圍為單元一至單元九，如附錄三所示。從表 4-1 中可知：單元七在電子學的單元目標雖未很明確表示，但其觀念與應用常出現在電晶體放大電路中，單元九有些學校列入其他學科之中。

表 4-1 各科技大學電子工程系電子學教學目標與內容歸類表

單元	單元名稱	共同的電子學教學目標		
		A科大	B科大	C科大
單元一	運算放大器	◎	◎	◎
單元二	二極體	◎	◎	◎
單元三	雙載子接面電晶體	◎	◎	◎
單元四	場效應電晶體	◎	◎	◎
單元五	差動及多級放大器		◎	◎
單元六	頻率響應	◎	◎	◎
單元七	回授			◎
單元八	輸出級及功率放大器	◎	◎	◎
單元九	濾波器與調諧器			◎

(三) 科技大學電子工程系「電子學」應用數學單元內涵比對歸類表

高科技本質上與數學技術相關，高科技的出現把我們的社會推進到數學工程技術的新時代。因此，以數學問題來解決工程問題，在高科技領域中是最迫切需要的(何仕仁等，民 94)。因此，本研究為了要了解電子學單元運用那些數學概念與運算等知識來解決工程問題，特以電子學的單元配合高中職數學、微積分、工程數學等單元，作雙向單元比對歸類表，如：附錄四所示。其目的在編製電子學單元與電子工程問題的數學解題能力施測雙向細目表時，可將電子學所應用之數學知識及其專業解題之四種轉銜能力，

列入在雙向細目表之行為目標上。

(四) 一般數學應用於數學解題能力的敘述與範例之編製

本研究從文獻探討中獲得數學解題能力及其敘述後，希望藉由數學能力專家及擔任第一線教學之數學相關的教師，從其數學背景的角度與親自在電子工程系教學環境下提出看法，並以「一般數學應用於數學解題能力的敘述與範例」為模擬，修正電子工程系學生電子工程問題的數學解題能力及其能力敘述。

為了考量能含蓋工程解題四種轉銜能力，特別選擇 2000 年上海市普通高等學校春季招生數學考試第 19 題作為範例(奚定華，2004)，依電子工程問題的數學解題能力的程序、機制之邏輯順序編製成「一般數學應用於數學解題能力的敘述與範例」，如附錄五所示。

(五) 電子工程問題的數學解題能力的敘述與範例之編製

本研究雖以電子工程問題的數學解題能力為主，但所用的文獻皆以數學建模為基礎，希望藉由數學能力專家及擔任第一線教學之數學相關的教師，從其數學背景的角度與親自在電子工程系教學環境下提出看法，並以「電子工程問題的數學解題能力的敘述與範例」為模擬，修正電子工程系學生電子工程問題的數學解題能力及其能力敘述。

為了使本範例能更接近本研究的要求，以目前科技大學最常採用之依 Sedra/Smith 所編的「Microelectronic Circuit(Fourth Edition)」書中選擇第二章二極體電路作為範例。依電子工程問題的數學解題能力的程序、機制之邏輯順序編製成「電子工程問題的數學解題能力的敘述與範例」，如：附錄七所示。

(六) 電子學單元與電子工程問題的數學解題能力施測雙向細目表之編製

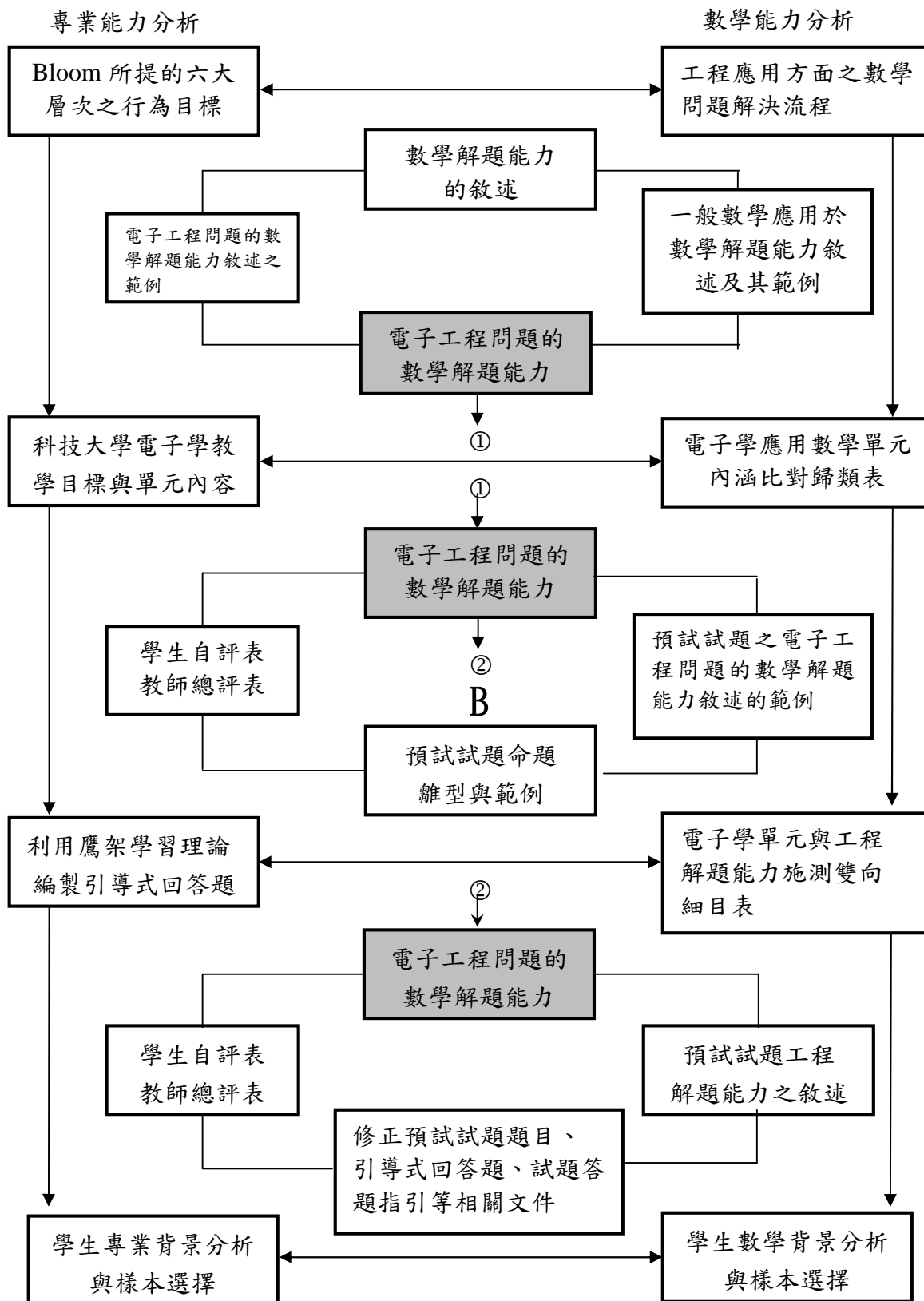
將表 4-1 所得到的電子學九個單元，依 Sedra/Smith 所編的「Microelectronic Circuit(Fourth Edition)」節的名稱，擬定成電子學單元教材細目表，如附錄三所示。本研究在科技大學電子系學生學習的背景不同、教學目標項目內涵、國私立學生數學與專業程度的落差、運用高中職數學與大學應用數學(微積分、工程數學)的均衡性等原則考量下，擬選擇電子學單元中之二極體、電晶體、功率放大器、濾波器為主題，作為爾後編製預(施)試試題內容的參考。並以上述主題編製電子學單元與電子工程問題的數學解題能力雙向細目表，如：附錄八所示。將其合併歸類後編製成科技大學電子學單元與電子工程問題的數學解題能力施測雙向細目表，如表 4-2 所示。

表 4-2 科技大學電子學單元與電子工程問題的數學解題能力施測雙向細目表

教材內容	教學目標							合計 題數
	知識	理解	應用	分析	綜合	評鑑		
一、二極體	4	31	26	45			106	
二、電晶體放大器 ---A類放大	5	26	24	52			107	
三、電晶體放大器 ---電晶體參數	2	13	25	35			75	
四、濾波器--主動濾波 與被動濾波器	5	31	29	42	1		108	
合 計	16	101	104	174	1		396	

貳、專家半結構訪談問卷的編製

本研究之專家訪談，依專家的性質分為四類：數學能力專家、在電子工程系任教微積分或工程數學的教師、在電子工程系任教工程數學兼電子學的教師、在電子工程系任教電子學的教師。依專家性質的不同，分別編製不同的專家半結構訪談問卷。



A：數學能力專家訪談；任教微積分、工程數學之專家訪談

B：任教工程數學及電子學之專家訪談

C：任教電子學科目之專家訪談；專家諮詢（專家效度）

圖 4-1 專家半結構訪談問卷實施之環環相扣程序圖

一、數學能力專家半結構訪談問卷之編製

在學習數學時，一般重視的是觀念和演算，但學生的數學經驗(或數學感覺)與跨領域應用數學能力的培養都是同等的重要。因此，本研究以數學問題解決相關理論及核心能力內涵理論為基礎，從文獻及以一般數學應用於數學解題能力的敘述與範例(如：附錄五)為例子，修正電子工程問題的數學解題能力及其能力的敘述(如：表 3-5~表 3-8)，並從圖 4-1 Bloom(1956)所提的六大層次的行為目標、電子學單元教學目標(如：附錄二)與電子學單元內容分析(如：附錄三)、工程應用方面之數學問題解決流程(如圖 2-12)、電子學應用數學單元內涵比對歸類表(如：附錄四)等的架構下，提出專家的看法與修正電子工程問題的數學解題能力及其能力的敘述、一般數學應用數學解題能力的敘述(如：附錄五)、電子工程問題的數學解題能力敘述及其範例(如：附錄七)，以建立電子工程問題的數學解題能力模式之草案。

依上述所提附錄二~附錄七及圖 2-12 為範疇，編製數學能力專家半結構訪談問卷，如附錄九所示，主要目的是希望能從文件內容中得到各專家的看法，並修正文件中有關電子工程問題的數學解題能力方面之主體構面、轉銜能力、程序、機制、電子工程問題的數學解題能力項目等之詞句及其能力項目敘述的內容。

本研究為了對電子工程問題的數學解題能力能夠深入的探索且在考量信效度的前提下，邀請兩位數學能力專家，以連續交叉式專訪二、三回，且每回都不斷的修正，儘量使其達到專家效度；在問卷的設計上有三個重點：一為修正數學解題能力及其能力的敘述、二為修正一般數學解題能力敘述的範例；三為修正電子工程問題的數學解題能力模式之主體構面、轉銜能力、程序、機制、電子工程問題的數學解題能力項目及其內涵，儘量使其達到內容效度。

二、電子工程系任教微積分或工程數學的專家半結構訪談問卷之編製

擔任第一線之數學相關科目的教師，較能了解學生數學能力及其應用數學解題的能力。因此，本研究希望從這類的專家訪談中，先了解科技大學電子工程系學生的學前能力、擁有數學知識的能力、解題的能力等背景的看法後，再從電子學應用數學單元之重要程度分析其必須具備那些應用的數學知識，最後在圖 4-1 Bloom(1956)所提的六大層次的行為目標、電子學單元教學目標(如：附錄二)與電子學單元內容分析(如：附錄三)、工程應用方面之數學問題解決流程(如圖 2-12)、電子學應用數學單元內涵比對歸類表(如：附錄四)等的架構下，提出專家的看法與修正數學解題能力及其能力的敘述、一般數學應用數學解題能力的敘述(如：附錄五)、電子工程問題的數學解題能力敘述的範例(如：附錄七)，以建立電子工程問題的數學解題能力模式之草案。

依上述所提附錄二~附錄七及圖 2-12 為範疇，編製任教微積分或工程數學的專家半結構訪談問卷如附錄十所示，主要目的是希望能從文件內容中得到各專家的看法，並修正文件中有關電子工程問題的數學解題能力模式之主體構面、轉銜能力、程序、機制、電子工程問題的數學解題能力項目等之詞句及其能力項目敘述的內容。

本研究為了要了解科技大學電子工程系學生的電子工程問題的數學解題能力，並在考量信效度前提下，邀請三位曾擔任微積分或工程數學科目至少五年以上且教學經驗豐富的專家，經專家訪談不斷的修正，儘量使其達到專家效度；故在訪談問卷的設計上列三個重點：一為對學生數學能力的了解與如何提高學生解題能力；二為修正一般數學解題能力敘述的範例、電子工程問題的數學解題能力敘述的範例；三為修正電子工程問題的數學解題能力模式之主體構面、轉銜能力、程序、機制、電子工程問題的數學解題能力項目等之詞句及其能

力項目敘述的內容。

三、電子工程系任教工程數學及電子學科目之專家半結構訪談問卷之編製

目前百分之九十的科技大學工程數學這門課，都是由有電子工程背景之教授擔任，較能了解學生的四種轉銜能力的強弱。因此，本研究希望從這類的專家訪談中，先了解學生的學前能力、擁有數學知識的能力、解題的能力等背景的看法後，再從電子學應用數學單元之重要程度，分析其必須具備那些應用的數學知識，最後在圖 4-1 電子學單元教學目標(如：附錄二)與單元內容(如：附錄三)、電子學應用數學單元內涵比對歸類表(如：附錄四)、利用鷹架學習理論所編製之引導式回答題格式、電子學與電子工程問題的數學解題能力雙向細目表(如：附錄八)等的架構下，提出專家的看法與修正電子工程問題的數學解題能力敘述及其範例(如：附錄七)、預試試題命題離型與範例(如：附錄十二)、學生自評表(如：附錄十三)、教師總評表(如：附錄十四)，以建立電子工程問題的數學解題能力模式之草案。

依上述所提附錄二~四、七、八、十二~十四及圖 2-12 為範疇，編製任教工程數學及電子學科目的專家半結構訪談問卷，如：附錄十一所示，主要目的是希望能從文件內容中得到各專家的看法，並修正文件中有關電子工程問題的數學解題能力模式之主體構面、轉銜能力、程序、機制、電子工程問題的數學解題能力項目等之詞句及其能力項目敘述的內容。

本研究為了要了解科技大學電子工程系學生的電子工程問題的數學解題能力，並在考量信效度的前提下，邀請三位曾擔任工程數學及電子學科目至少五年以上且教學經驗豐富的專家，經專家訪談不斷的修正，儘量使其達到專家效度；故在訪談問卷的設計上列三個重點：一為對學生數學能力的了解與如何提高學生解題能力；二為在圖

4-1 的架構下修正與調整電子工程問題的數學解題能力敘述及其範例、預試試題命題雛型與範例、學生自評表、教師總評表；三為修正解題能力模式之主體構面、轉銜能力、程序、機制、電子工程問題的數學解題能力項目等之詞句及其能力項目敘述的內容。

四、電子工程系任教電子學科目的專家半結構訪談問卷之編製

本研究在作前導性研究時，即針對電子工程系教授電訪，並與電子工程相關的產業訪談(訪談對象如：附錄一)，產業界皆一致認為要重視課程認證，尤其要加強學生問題解決的能力，因為目前產業界應徵的員工進入研發部門，皆較欠缺問題解決之解題能力的素養與經驗，造成對現今高科技創新產業的人才培育有嚴重的落差(饒達欽、支紹慈等，民 94)。因此，本研究針對電子學教師進行專家訪談，希望能從具有電子工程專業背景的角度，了解學生在電子工程問題的數學解題能力方面的問題出在那裡，爾後如果以本研究的電子工程問題的數學解題能力模式去實施課程規劃、教學活動、測試與評量等教學方式，能否增強學生工程解題的能力。最後從已有的電子學單元教學目標與單元內容分析、電子學應用數學單元內涵比對歸類表的資訊中，並在圖 4-1、利用鷹架學習理論所編製之引導式回答題格式、電子學與電子工程問題的數學解題能力雙向細目表等的架構及學生專業與數學背景的考量下，提出專家的看法與修正試題電子工程問題的數學解題能力敘述及其範例、預試試題命題雛型與範例、學生自評表、教師總評表，以建立專業解題能力模式之草案。

依上述所提附錄七、八、十二~十四及圖 2-12 為範疇，編製任教工程數學及電子學科目的專家半結構訪談問卷，如附錄十一所示，主要目的是希望能從文件內容中得到各專家的看法，並修正文件中有關電子工程問題的數學解題能力方面之主體構面、轉銜能力、程序、機制、電子工程問題的數學解題能力項目等之詞句及其能力項目敘述的

內容。

本研究為了要了解科技大學電子工程系學生的電子工程問題的數學解題能力，並在考量信效度的前提下，邀請五位曾擔任電子學科目至少五年以上且教學經驗豐富的專家，經專家訪談不斷的修正，儘量使其達到專家效度；故在訪談問卷的設計上列四個重點：一為對學生數學能力的了解與如何提高學生電子工程問題的數學解題能力；二為在圖4-1的架構下修正與調整電子工程問題的數學解題能力敘述及其範例、預試試題命題離型與範例、學生自評表、教師總評表；三為從表4-1中修正具有代表性且較能測出學生電子工程問題的數學解題能力範圍之題目；四為修正電子工程問題的數學解題能力模式之主體構面、轉銜能力、程序、機制、電子工程問題的數學解題能力項目等之詞句及其能力項目敘述的內容。

參、預試試題工具的編製

在 Sedra/Smith 所編的「Microelectronic Circuit(Fourth Edition)」之教學教材中，電子學共有九個單元，如附錄三所示，但因編製九個單元限於時間與精力，故在科技大學電子系學生學習的背景不同、教學目標項目內涵、國私立學生數學與專業程度的落差、運用高中職數學與大學應用數學(微積分、工程數學)的均衡性等原則考量下，選擇電子學第二、三、八、九等四個單元。分別為單元二：二極體；單元三：雙載子接面電晶體；單元八：輸出級及功率放大器；單元九：濾波器與調諧器，並擬定命題的試題名稱及命題方向為：

試題一：二極體放大器

命題方向：

- 一、分析四種二極體模型之直流工作點。
- 二、了解輸入電壓與溫度兩個變數對直流工作點變化的影響。
- 三、在交流的條件下，求瞬間電壓總值、瞬間電流總值、瞬間總功率。

試題二：電晶體放大器--電晶體參數

命題方向：

- 一、了解那些電晶體參數會在溫度改變時，造成直流工作點的改變。
- 二、分析影響 IC 總變動量的變數。
- 三、如何改善電晶體溫度的變數。

試題三：電晶體放大器--A 類放大電路

命題方向：

- 一、A 類放大器在功率放大電路中較具有代表性。
- 二、可利用快速分析法與精確分析法，求直流工作點，並比較其誤差，但此兩種方法要先做說明。
- 三、從求輸出功率、供應功率、轉換功率等的數據中，判斷所給予之電路是否為 A 類放大電路。

試題四：濾波電路---主動濾波器與被動濾波器。

命題方向：

- 一、設計點拒濾波器(Notch Filter)，來消除 60Hz 之電源供應器低鳴雜訊。
- 二、利用拉普拉氏轉換推導出此電路的轉移函數，可測量學生應用工程數學解題的能力。判斷此類電路在低頻段是否適合應用。
- 三、判斷此類電路在低頻段是否適合應用，若在低頻段不適合應用時，如何改用其他電路取代。

依據科技大學電子工程系專業解題能力模式草案之架構、電子學預試試題單元與電子工程問題的數學解題能力之雙向細目表、專家訪談所提供的命題方向，擬定單元試題，每個單元自編一道題，其內涵分為教師版與學生版兩種，其中教師版包括：預試試題、試題答題指引、引導式回答題、電子工程問題的數學解題能力的敘述、學生自評表、教師總評表等六種；學生版包含預試試題、引導式回答題、試題答題指引、學生自評表等四種。

茲將規劃設計預試試題編製流程架構圖，如圖 4-2 所示說明如下：

有關探討引導式回答題編製的架構，在國內尚屬首創，而以專家訪談法尚無可供參考或依循之相關文獻。本研究乃由相關文獻呼應研究目的，規劃設計預試試題編製架構圖。其編製流程如圖 4-2 所示，預試試題在電子學單元教材內容分析、電子學單元與電子工程問題的數學解題能力之雙向細目表、電子工程問題的數學解題能力之敘述及其模式草案等架構下，以鷹架學習理論及學生數學與專業解題能力之背景分析為基礎，擬定預(施)試試題解題方式之思考架構後，才開始編寫預(施)試試題、試題解題過程、引導式回答題、預(施)試試題專業解題能力之敘述、學生答題指引及其流程、學生自評表、教師總評表及其評量流程等文件。

本研究為了要建立科技大學電子工程系學生的電子工程問題的數學解題能力模式，並在考量信效度的前提下，邀請十位曾擔任科技大學電子學科目至少十年以上且有教學經驗的系主任、任課老師，依圖 4-3 所示的流程經專家諮詢一題一題不斷的修正，儘量使其達到專家效度。故在編製設計上有四個重點：一為以鷹架學習理論為基礎，設計引導式回答題；二為對學生做數學與專業解題能力的背景分析；三為在電子學科目之教學目標及電子工程問題的數學解題能力雙向細目表的考量下，能以測量的結果代表其電子工程問題的數學解題能力的方式，來命題及設計引導式回答題；四為要考量評分者在評分解題時能夠採區分度(即部份給分法：全答對 100%、答對率 70%、答對率 50%、答對率 30%、全答錯 0%)給分，才能了解學生解題能力的程度，儘而達到內容效度。

選擇兩所具有代表性的公私立科技大學，每所各選五位預試試測樣本，先預試十位試測樣本，每位做四個題目，每校經兩位評分者評分比較修正後，再依預試完成後修正與選擇預試試題流程，如圖 4-3 所示，再選擇施測題目，對三所科技大學十五位學生實施施測。

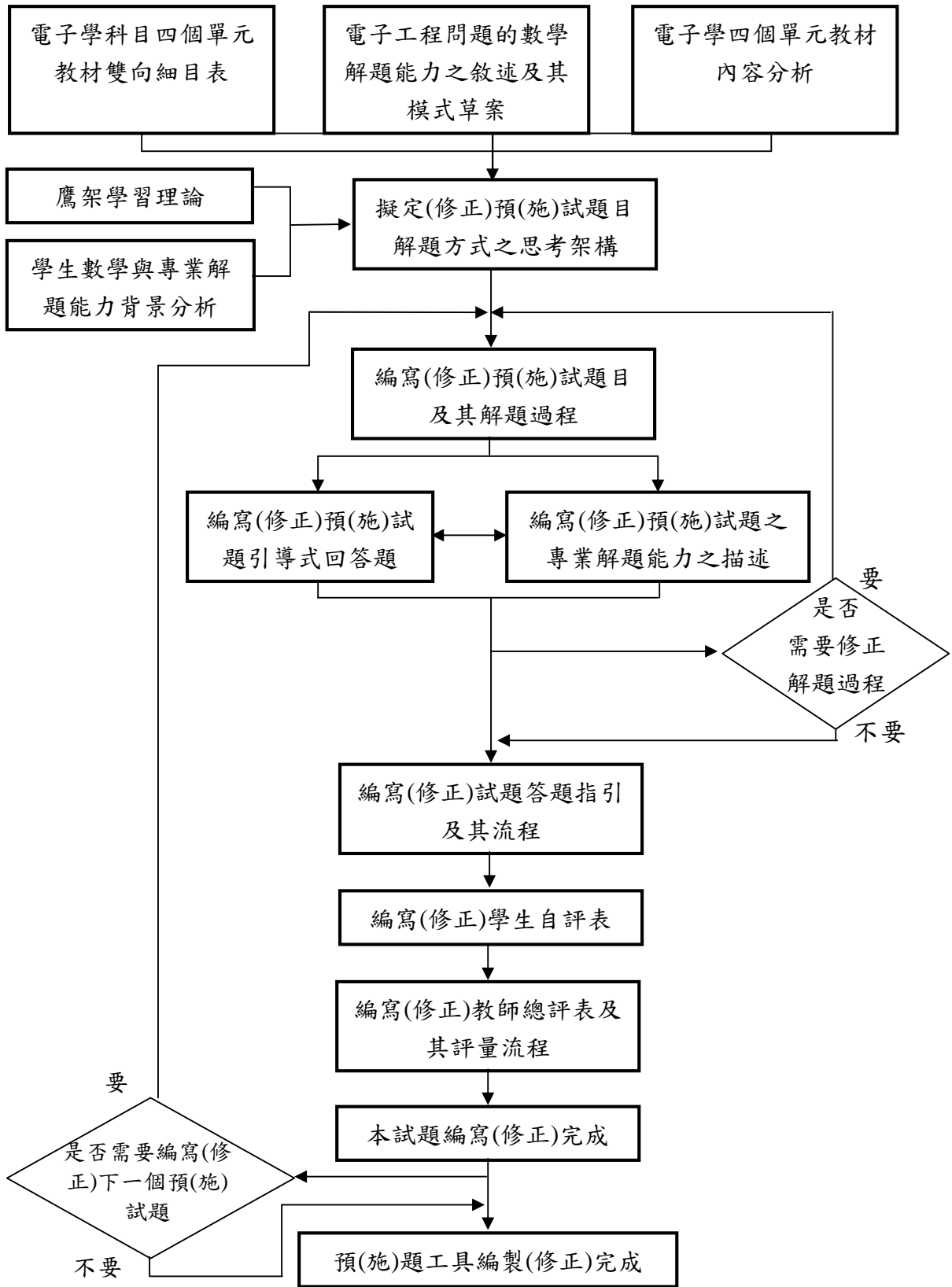


圖 4-2 規劃設計預試試題編製（修正）流程圖

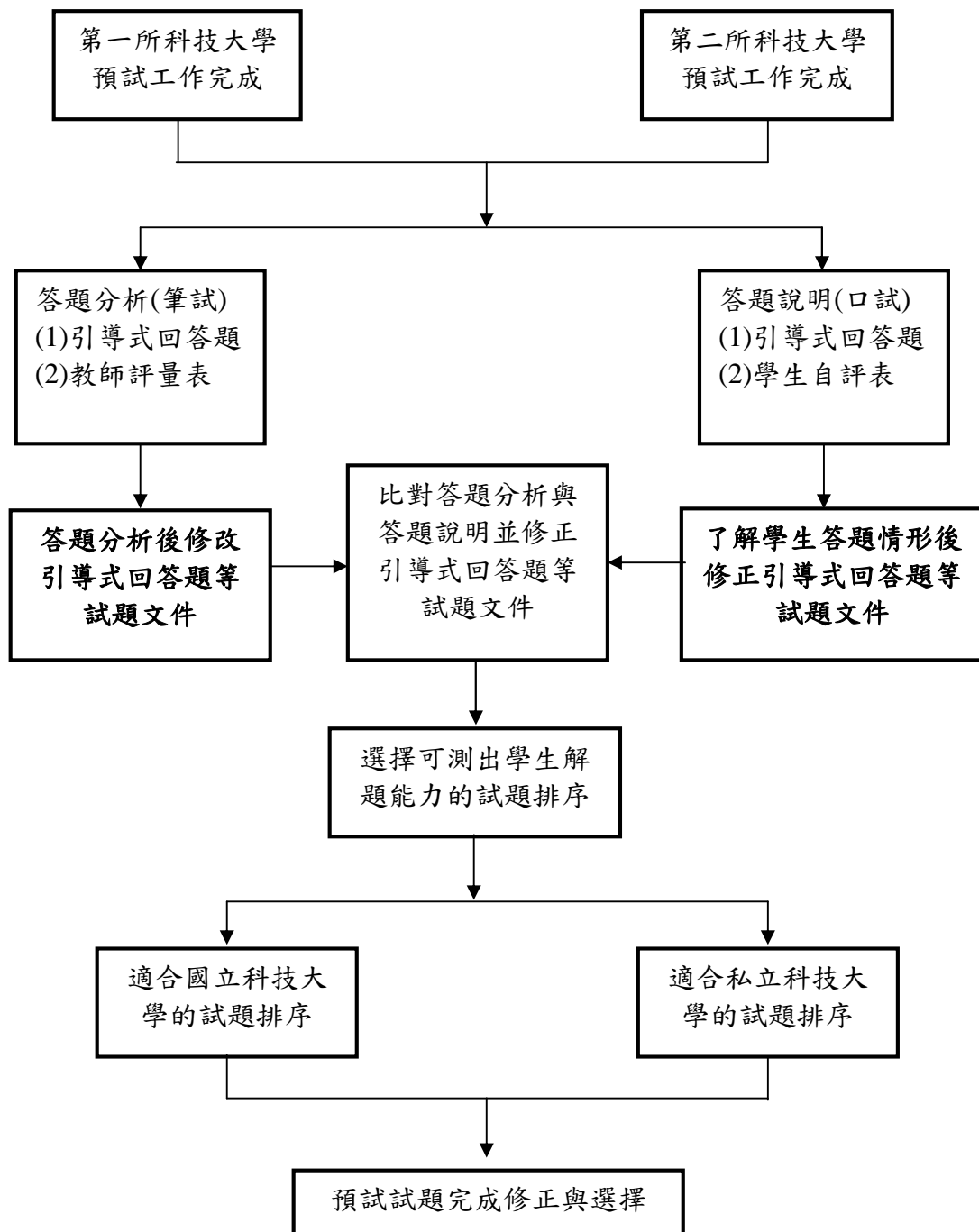


圖 4-3 預試完成後修正與選擇試測試題流程圖

在信度方面，本研究採複本信度，所謂複本信度，係指兩份測驗在內容、型式、題數、難度、指導說明、時間限制與例題等方面，必須類似或相等。此種測驗通常是根據相同的設計之施測雙向細目表(table of specification)分別獨立編製而成。兩個複本測驗實施於一群相同的受試

者，依據所測量到的分數求相關，即為複本信度。本研究因時間與精力的限制，採用複本信度之變通方式，即預試(試測)成績與學校電子學(電子電路)成績比對，若成績順序趨於一致，表示達到信度考驗。因此，本研究即先選擇預(施)試試測樣本學校及試測學生，經筆試與口試結束後，由兩位引導老師分別評分並依試測樣本的成绩排序，再依學校電子學(電子電路)的成绩比對，若兩者的順序不變，表示達到信度考驗，若試測的每一所學校，試測學生的成績與學校的電子學(電子電路)成績的順序趨於一致，表示本研究的複本信度達到信度考驗。

肆、專家諮詢半結構問卷的編製

本研究經四次不同背景的專家訪談，將第一次專家訪談的結果整理歸納後，修正為第二次專家訪談的問卷內涵，再經第二次專家訪談的結果整理歸納後，修正為第三次專家訪談的問卷內涵，再經第三次專家訪談的結果整理歸納後，修正為第四次專家訪談的問卷內涵，如此不斷的修正，最後經第四次專家訪談的結果整理歸納後，作為本次專家諮詢的重要確認資料。

本研究為了要了解科技大學電子工程系學生的電子工程問題的數學解題能力，並在考量信效度的前提下，邀請九位在科技大學電子工程系對電子工程領域有多年且資深之上教學經驗豐富的專家，經專家諮詢不斷的修正，儘量使其達到專家效度。

本次專家諮詢所擬定之專家諮詢大綱，如：附錄十六。其重點順序為：

- 一、首先將第四次專家訪談結果所整理歸納的資料做專家的確認，再依所給予的資料，對科技大學的學生數學與專業能力的背景做分析，選擇試測學校與試測學生的樣本。
- 二、利用鷹架學習理論編製引導式回答題、電子學與專業解題能力雙向細目表等的架構下，逐一討論修正預(施)試試題、引導式回答題、預(施)試試題電子工程問題的數學解題能力之敘述、學生答題指引

及其流程、學生自評表、教師總評表及其評量流程等文件，直至取得專家們一致性的共識為止，盡量使其達到專家效度。

第二節 研究實施

本研究依循研究設計的順序，在實務面上分成三大部份實施，每一部份都是環環相扣，如圖 4-1 所示。第一部份依性質將四種不同背景的專家，分為兩類：第一類為數學能力專家訪談：將文獻探討所獲得的理論面，經數學能力專家訪談，從實務面的角度切入做修正；第二類為第一線實際參與教學的教師實施專家訪談：依序為電子工程系任教微積分或工程數學相關科目的專家訪談、電子工程系任教工程數學及電子學科目的專家訪談、電子工程系任教電子學科目的專家訪談等，由這些專家從實際教學與學生電子工程問題的數學解題能力的層面提出看法與修正；第二部份為專家諮詢，將專家訪談結果整理歸納後，邀請具有電子實務經驗的產學專家，面對面逐一討論，取得一致的共識；第三部份為預試與試測，將專家諮詢所得的實務面結果，以預試與試測驗證其可行性。茲簡述如下：

壹、專家訪談

本研究之專家訪談，依性質將四種不同背景的專家，分為兩類：

一、第一類：數學能力專家訪談

本研究所選擇的數學能力專家樣本是邀請兩位曾參與數學奧林匹亞選手之指導老師，負責數學解題能力的訓練與指導，至少有五至十年以上的豐富經驗，如附錄十七所示，其實施方式，先與 A1 專家面對面的方式討論修正，再與 A2 專家面對面的方式討論修正，如此連續交叉式專訪或電訪二、三回，且每回都不斷的修正，直至取得一致的共識為止。

二、第二類：第一線實際參與教學的專家訪談

本研究將全國有電子工程系之十七所科技大學之四技二專入學

成績排序，如表 4-2 所示，發現第九所與第十所入學成績相差 60 分，故將其分成兩個層級樣本，前九所一個層級(447 分以上)，後八所一個層級，取前九所為主要抽樣學校，但國立虎尾科技大學因電子工程系只有一年級學生，將此樣本學校去除，故抽樣學校樣本數改為八所。

為了能夠全盤了解科技大學學生電子工程問題的數學解題能力的情況，本研究將專家訪談區域分為北區三所科技大學、中區一所科技大學、南區三所科技大學，如表 4-2「●」所示；但因經費有限，專家諮詢以北部科技大學為主，如表 4-2「◎」所示；預試與施測仍以北部科技大學為主，如表 4-2「◆」所示。茲將各專家訪談的實施過程，簡述如下：

表 4-3 九十四學年度全國有電子工程系之十七所科技大學的學測錄取分數排序表

編序	科技大學名稱	錄取分數(94)	備註	編序	科技大學名稱	錄取分數(94)	備註
1	國立台灣科技大學	639	●◎◆	10	私立崑山科技大學	387	●◎
2	國立台北科技大學	609	●◎◆	11	私立正修科技大學	372	●
3	國立雲林科技大學	586	●	12	私立明新科技大學	351	
4	國立高雄應用科技大學	551		13	私立聖約翰科技大學	350	◎
5	國立虎尾科技大學	543	去除	14	私立建國科技大學	304	
6	國立聯合大學	515		15	私立高苑科技大學	301	
7	明志科技大學	508		16	私立清雲科技大學	261	
8	私立南台科技大學	470	●	17	私立萬能科技大學	253	
9	私立龍華科技大學	447	●◎◆				

說明：「●」表示專家訪談；「◎」表示專家諮詢；「◆」表示預試與施測學校

(一)電子工程系任教微積分或工程數學的專家訪談

本研究所選擇的微積分或工程數學科目專家樣本，如附錄十六所示，以中南部的科技大學為主，四位專家中有三位任教微積分

或工程數學科目，另一位任教微積分十八年，在本研究之專家訪談中都具有代表性。

主要訪談的重點：對每位專家依半結構訪談問卷的順序提出問題，請專家從任教數學教學的角度，對下列三方面提出看法：

1. 學生學前能力、擁有數學知識的能力、電子工程問題的數學解題能力等的情況進行了解。
2. 修正問卷中所提供的文件。
3. 若以本研究的電子工程問題的數學解題能力模式，應用於數學教學與評量中有無困難，如何提高學生電子工程問題的數學解題能力等，提出看法與解決途徑。

為確保專家訪談資料的信度，在訪談五天前以 E-mail 寄給每一位專家，並以電話追蹤。研究者除事先蒐集受訪人員之相關資料外，也徵得受訪者的同意，在訪談過程中進行訪談紀錄，若在訪談過程中有不明白受訪者的意見時，即針對該問題進行再次請教，並將訪談記錄 E-mail 寄給受訪者確認。

(二) 電子工程系任教工程數學及電子學科目的專家訪談

本研究所選擇的工程數學及電子學科目之專家樣本，如附錄十七所示，仍以中南部的科技大學為主，四位中有三位擔任工程數學及電子學科目至少有五至十二年的經驗。另一位有工程數學五年教學經驗，通訊電子學有十年教學經驗，在本研究之專家訪談中都具有代表性。

訪談的重點與過程和第(一)項相同。

(三) 電子工程系任教電子學科目的專家訪談

本研究所選擇的微積分或工程數學專家樣本，如附錄十七所示，仍以中南部的科技大學為主，六位中有三位任教電子學科目至少有十年以上的經驗，其餘也有五年的經驗，在本研究之專家訪談

中都具有代表性。

主要訪談的重點：對每位專家依半結構訪談問卷的順序提出問題，請專家以從任教電子學科目的角度，對下列四方面提出看法：

1. 學生學前能力、擁有數學與專業知識的能力、電子工程問題的數學解題能力等的情況進行了解。
2. 修正問卷中所提供的文件。
3. 選出具有代表性且較能測出學生電子工程問題的數學解題能力範圍之題目。
4. 若以本研究的電子工程問題的數學解題能力模式，應用於電子學或電子實習科目之教學與評量中有無困難等，提出看法與解決途徑。

訪談的過程和第(一)項相同。

貳、專家諮詢

本研究所選擇的專家諮詢樣本，其中八位是任教科技大學電子學科目至少十年以上且具有教學經驗的系主任、任課老師，另一位為勞委會職業訓練局技能檢定組數位電子職類顧問代表產界，如附錄十七所示。邀請函及專家諮詢相關文件皆於開會時間七天前，以 E-mail 寄給每一位專家，並以電話追蹤。本次專家諮詢時間訂為中華民國九十四年十二月十五日下午 15:00 至 17:30，地點在國立台灣師範大學科技學院二樓研討三。

主要諮詢的重點：對每位專家依諮詢大綱的順序提出看法與解決途徑，即請專家從電子工程系學生電子工程問題的數學解題能力的角度討論下列項目：

- 一、對數學能力專家訪談所獲得結論之確認。
- 二、對三種不同背景之專家訪談中所獲得結論之確認。
- 三、討論科技大學電子工程系學生數學與專業解題能力之背景分析與試測樣本的選擇。

四、利用鷹架學習理論所編製之引導式回答題格式、電子學與電子工程問題的數學解題能力雙向細目表等的架構下，逐一討論修正預(施)試試題、試題解題過程、引導式回答題、預(施)試試題電子工程問題的數學解題能力之敘述、學生答題指引及其流程、學生自評表、教師總評表及其評量流程等文件。

為確保專家諮詢資料的信度，在專家諮詢會議五天前以 E-mail 寄給每一位專家，並以電話追蹤。在會議過程中進行互動式討論，直至取得專家們一致性的共識為止，並將訪談記錄 E-mail 寄給受訪者確認。盡量使其達到專家效度。

參、預試與施測

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；第二部份為預試試題修正與選擇；第三部份為施測，茲簡述如下：

一、預試

(一)預試安排

從表 4-1 中知：全國有十七所科技大學，依九十四學年度四技二專學測之入學成績排序分成兩個層級，取前九所科技大學為主要抽樣學校，扣除國立虎尾科技大學目前只有一年級學生，此樣本去除，將預測與施測學校樣本數改為八所。因本研究在 Bloom 的行為目標上是屬於較高層次的思考，故經專家諮詢所得結果：選擇施測學校與選擇施測樣本原則，採立意取樣，選擇一所國立 A 科技大學及一所私立 B 科技大學，每校各取五名為預試樣本，並依施測樣本選擇原則辦理，即

1.預試學生為電子工程系三年級學生（因工程數學課程安排於大二下或大三上）。

2. 國立科技大學以全校三年級學生之電子學(或電子電路)(一)(二)成績排序，假設學生電子學成績屬一常態分配，據此依三等分區間判定分界點示意圖，如圖 4-7 所示，從前段 33% 取兩名，中間 34% 取兩名，後段取一名為取樣原則，但必須經本人願意才能施測。
3. 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。

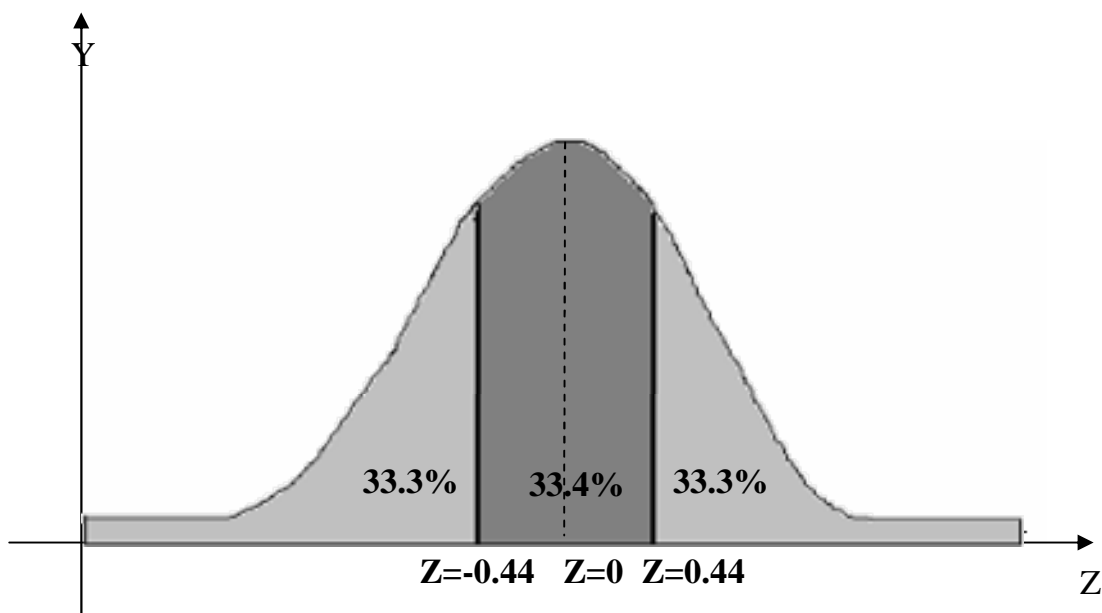


圖 4-4 常態分配曲線三等分區間判定分界點示意圖

依上述方式，研究者分別拜訪國立 A 科技大學及私立科技大學電子工程系主任，希望依選擇預試樣本的原則，並在學生願意的情況下，選擇預試學生，敲定預試時間及地點如下表 4-4 所示。

表 4-4 預試樣本的背景分析與預試時間地點

預試學校	預試 樣本	電子學(一) (二)成績	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						94年12	電 子 賴×洲	
	預12						月17日	工 程 支紹慈	
	預13						上午9	館 四	
	預14						時至下	樓 教	
	預15						午2時	室	
						30分			
私立 B 科 技大學	預21						94年12	電 子 王×年	
	預22						月18日	工 程 支紹慈	
	預23						上午9	館 一	
	預24						時至下	樓 會	
	預25						午2時	議室	
						30分			

說明：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。

(二)預試過程

1.第一所預試學校—國立 A 科技大學

在預試時間前一天完成預試作業流程圖之前置作業工作，如圖 4-5 所示。研究者於民國九十四年十二月十七日（星期六）上午八時三十分抵達國立 A 大學電子工程館四樓教室，準時依圖 4-5 所示之正式預測作業流程進行。於下午二時三十分左右預試完畢。

2.第二所預試學校—私立 B 科技大學

在預試時間前一天完成預試作業流程圖之前置作業工作，如圖 4-5 所示。研究者於民國九十四年十二月十八日（星期日）上午八時三十分抵達私立 B 科技大學電子工程館一樓會議室，準時依圖 4-5 所示之正式預測作業流程進行。於下午二時三十分預試完畢。

(三)預試完成後開始評分

預試完成後，評分者依圖 4-6 所示，將每一位預試學生的筆試與口試等預試工具先各自評分，筆試部份以答對百分率計算：A 表示全對；B 表示答對 70%；C 表示答對 50%；D 表示答對 30%；E 表示全錯；口試由老師提問題學生回答後，將此兩部份之結果分別填入教師評量表(如附錄十四)與教師總評表(如附錄十四)中，並對預試學生給予成績排序後，完成預試全部工作。

預(施)試作業流程圖

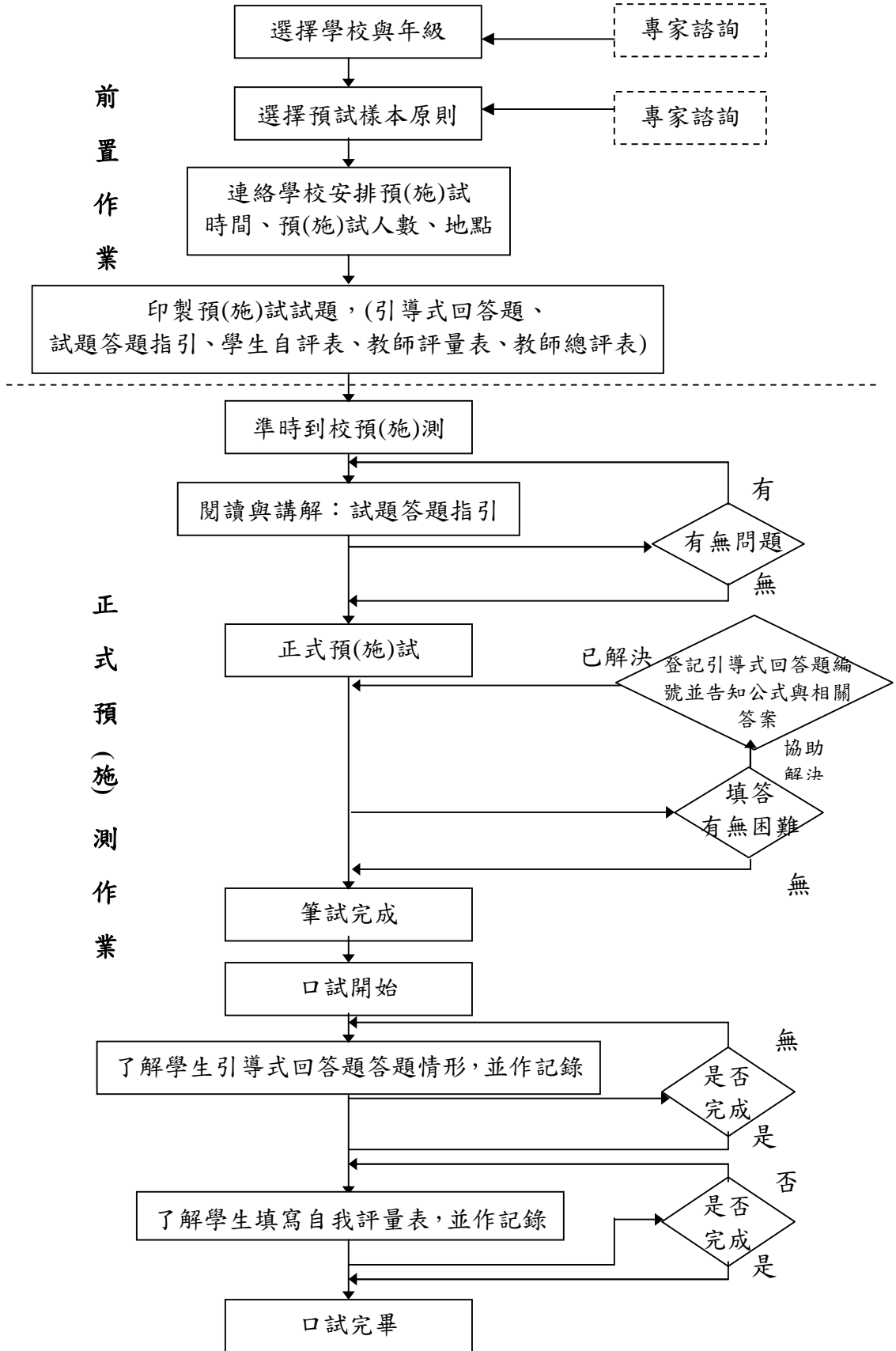


圖 4-5 預(施)試作業流程圖

預(施)試試題教師評量流程圖

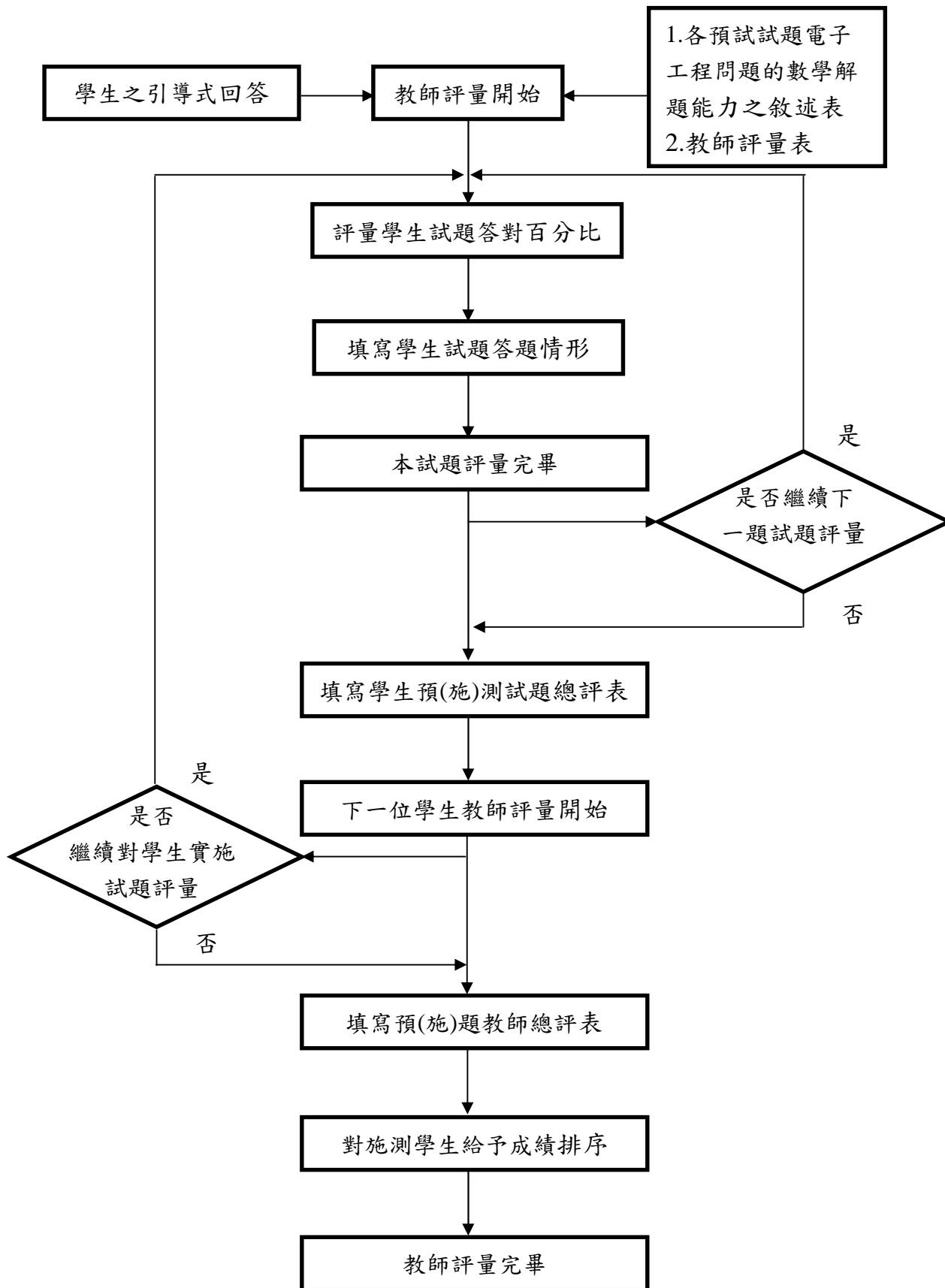


圖 4-6 預(施)試試題教師評量流程圖

二、預試試題信度分析與試題選擇

當兩所科技大學之預試工作完成後，邀請預試評分者於民國九十四年十二月二十日下午二時的下午茶時間，在台北市和平東路春天素食餐廳舉行第二次專家諮詢會議，首先針對預試學生答題分析(筆試)與答題說明(口試)之資料分析，並對預試試題作複本信度分析，其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，最後從預試四個題目中選擇可測出學生電子工程問題的數學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。

三、施測

(一)施測安排

依專家諮詢所得結果：選擇施測學校與施測樣本原則，採立意取樣，選擇國立 C 科技大學、國立 A 科技大學、私立 B 科技大學，每校各取五名為施測樣本，並依施測選擇樣本原則辦理，其方式與預試安排相同。

依上述方式，研究者分別拜訪國立 A 科技大學、國立 C 科技大學及私立 B 科技大學電子工程系主任，希望依選擇施測樣本原則，並在學生願意的情況下，選擇施測學生，敲定施測時間及地點，如下表 4-5 所示。

表 4-5 施測樣本的背景分析與施測時間地點

施測學校	施測 樣本	電子學(一) (二)成績	施測題目成績				施測 時間	施測 地點	評分 人員
			一	二	三	四			
國立A科技 大學	施11						94年12月24日	電子工程館四樓教室	賴×洲 支紹慈
	施12						上午9時		
	施13						至中午		
	施14						12時30分		
	施15								
私立B科技 大學	施21						94年12月29日	電子工程館一樓會議室	王×年 支紹慈
	施22						下午3時		
	施23						至6時30分		
	施24								
	施25								
國立C科技 大學	施31						94年12月22日	電子工程館四樓教室	支紹慈
	施32						下午6時		
	施33						至9時30分		
	施34								
	施35								

說明：1.預試學生以「施_{xx}」表之，如：「施₁₁」為第一所預試學校之第一為位預試學生。

(二)施測過程

1.第一所試測學校—國立 A 科技大學

在施測時間前一天完成施測試題流程圖之前置作業工作，如圖 4-5 所示。研究者於民國九十四年十二月二十四日(星期六)上午八時三十分抵達國立 A 大學電子工程館四樓教室，準時依圖 4-5 所示之正式施測流程進行。於上午十二時三十分左右施測完畢。

2.第二所試測學校—私立 B 科技大學

在施測時間前一天完成施測試題流程圖之前置作業工作，

如圖 4-5 所示。研究者於民國九十四年十二月二十九日(星期四)下午二時三十分抵達私立 B 科技大學電子工程館一樓會議室，準時依圖 4-5 所示之正式施測流程進行。於下午六時三十分左右施測完畢。

3. 第三所施測學校—國立 C 科技大學

在施測時間前一天完成施測試題流程圖之前置作業工作，如圖 4-5 所示。研究者於民國九十四年十二月二十二日(星期四)下午五時三十分抵達國立 C 科技大學電資學院三樓教室，準時依圖 4-5 所示之正式施測流程進行。於下午九時三十分左右施測完畢。

(三)施測完成後開始評分

預試完成後，評分者依圖 4-6 所示，將每一位施測學生的筆試與口試等預試工具先各自評分，筆試部份以答對百分率計算：A 表示全對；B 表示答對 70%；C 表示答對 50%；D 表示答對 30%；E 表示全錯；口試由老師提問題學生回答後，將此兩部份之結果分別填入教師評量表(如附錄十四)與教師總評表(如附錄十四)中，並對施測學生給予成績排序後，完成施測全部工作。

