

第二章 文獻探討

第一節 高工電機科數位控制課程內容大綱與目標

高級業職業學校(簡稱高職)為技職學校體系中重要的一環，上接專科、技術學院、下接國中，具有承先啟後的地位。其中高工教育目標在培育健全工業基層的技術人才，為目前就業市場基層技術人力供應之主流；而隨著國內經濟發展、科技的進步及社會的變遷，將來就業市場對高工培養之技術人力素質之要求亦將提高，以維持產業持續發展。所以工業職業學校隨著社會愈來愈高度現代化及資訊化，更應注意提昇其教育水準，實為刻不容緩的要務。

課程的概念和定義有不定的界說，但其主要的概念在於：(1)課程具備目的及目標。(2)課程是科目及教材。(3)課程是有計畫的學習活動及學習經驗。(4)課程是(或注重)學習結果。而高職課程的主要特質在：(1)就業導向。(2)課程內涵應包括廣泛的知識、技能、態度和價值觀。(3)課程成效的重要指標：在校內是學生的實作能力和應用能力，在校外則是在畢業生的實際工作表現。(4)課程的基本要求，在於須和行業需要取得密切的配合。(5)課程須要政府的積極參與，也必須配合國家的政策及需求。(6)課程須配合個人的需求與社會、經濟、科技等各方面的變遷。(7)課程的實施，需要有關人員和機具、設施及教學資源等各方面密切配合及支援才能成功。

目前我國電機電子、資訊與通訊產業人才質量不足與教學有相當密切的關係，其可能的原因在(1)科技技術日新月異，教學內容推進緩慢，(2)課程內容偏重理論，缺乏實習實作訓練。(3)學程課程整合性不

足，缺乏完善本土化教材。又高工電機學程學生到業界服務時，普遍感覺在技術能力方面難以勝任，程度較高者懂得理論，但無法勝任實際之設計工作；程度較差者既不懂得理論又不能動手；甚有部份畢業生必須透過企業內短期專精訓練或職業訓練中心之長期訓練才具有工作能力。尤其高職課程及將實施新課程標準，訂頒科目表暨教材大綱；其中增加課程彈性，學校可依實際需要自訂科目，加強實作教學課程，以提升學生技術水準。因此，如何結合業界和學校之力量，發展出一有效的技術課程，使高工電機科畢業生具備就業市場需求之技術能力，確實有其迫切性和必要性。

高級工業職業學校的『數位控制』教學目標、教材內容與教學注意事項分述如下

(一)教學目標

工業職業學校以配合國家經濟建設發展，培養健全之工業基層技術人員為目標，除注重人校修養與文化陶冶外，並應(教育部，87)：

- 1.傳授工業類科基本的知識及實務技能。
- 2.建立正確的職業道德觀念。
- 3.培養自我發展、創造思考及適應變遷的能力。

電機科以培育電行業之基層技術人才為目標，為達成此一目標，應加強：

- 1.傳授電機技術之基本知識。
- 2.訓練電機技術之基本技能。
- 3.培育電機技術相關實務工作的能力。
- 4.養成良好的安全工作習慣。

數位控制課程為電機科三年級之必修課程，其教學目標為：

- 1.使學生瞭解數位控制基本原理、功能及特性。

2.使學生熟悉數位控制之應用實例。

(二)教材內容

數位控制課程每週上課三小時，針對課程標準內容與技能檢定及實際工場之需求，歸納其教材內容大綱如下：

- 1.數位訊號變換與處理
- 2.計數器、定時器
- 3.實用數位控制系統—步進馬達位置控制
- 4.各種數位控制實例
- 5.z 轉換
- 6.數位控制系統特性與補償—時域分析與頻域分析

(三)教學注意事項

- 1.教學講解以實物介紹為主，物理觀念為輔，使學生能靈活運用。
- 2.「數位控制應用實例」應為全課程之重心，要配合現有元件規格與資料手冊之運用，務使學生養成蒐集與運用資料之習慣。
- 3.各章節應重視特性與功能之說明，以利學生分辨與應用。

第二節 技術能力理論基礎

通常我們把學習領域分成認知領域(cognitive domain)、技能領域(Psychomotor domain)及情意領域(affective domain)。其中，技能領域包含相當廣泛的動作行為(movement behaviors)。而所謂技能，Krath-wohl(1964)認為是「心理動作」(psychomotor)，指有關操作技巧(manipulative skill)、動作技巧(motor skill)與需要神經肌肉協調(neuromuscular coordination)的動作而言。質言之，神經肌肉的協調需要身體各部份的合作，或需要神經衝動與肌肉收縮的密切配合。即動

作技巧與操作技巧皆需神經肌肉的協調始能發揮功效。把「心理動作」一詞分解成 psycho 與 motor 兩部份來看，已隱含心靈運動 (mind-movement) 與隨意動作 (voluntary motion) 的意義。故其操作性定義為「屬於學習領域內，為所有吾人可觀察得到之隨意動作」。而技能領域行為的特徵是，這些行為皆是可觀察得到的隨意動作，或是學習者所表露的動作類型。人類最重要的七個動作或動作類型，包括跑、跳、爬、舉、攜、吊和擲，而這些都是與生俱來的，並且是發展精巧動作的基礎。幼兒就已表現了這些類型的活動，而這些也是自然的、容易的動作，代表著有機體保存活動的需要。在人類的生涯過程中，這些活動形成了基本的動作，成為天賦的一部分。而這也是一般人所謂的自然動作 (natural movements)，因為它是與生俱來、不教而能的。在心理動作領域行為方面，教育者的主要工作是使兒童在自然移動的 (natural loco motor)、非移動的、操作性的動作上，建立熟練而有效的完成動作任務或動作類型 (Krathwohl, 1964)。動作是生活的關鍵，而且存在生活的各個領域中，是生活的必備條件。人協調了認知的 (cognitive ; knowing)、技能的 (Psychomotor ; doing)、及情意的 (affective ; feeling) 領域之後，才能表現出有目的的動作。就內在而言，動作是繼續發生的；就外在而言，人的動作受過去的學習環境的事物和目前的情境所影響。因此，人必須了解肌肉的、生理的、社會的、心理的和神經的動作，才能認識並有效地利用整體動作的各個構成要素。哈森 (Hartson, 1939) 將動作分成四類：(1) 基本姿勢，(2) 彈道動作，包括上肢和下肢的移動 (locomotion)，(3) 發生動作，(4) 眼珠動作。史東 (Stone, 1953) 將動作行為歸成五個類目：(1) 極限的力量衝動 (maximum force impulse)，(2) 緩慢壓力動作 (slow tension movement)，(3) 急劇的壓力 (rapid tension)，(4) 彈道的動作 (ballistic movement)，(5)

振動的動作(oscillating movement)。史密斯及史密斯(Smith & Smith, 1962)將動作分成三個領域：(1)姿態的動作(postural movement)，指身體的位置，(2)運行(travel)或移動的動作，(3)操作的動作。史考特(Scott, 1963)將動作分成四個類型：(1)精確技能(precision skill)，(2)推拉動作(pushing-pulling movement)，(3)投擲動作，(4)打擊動作。她更將特定的技能動作分為預備動作、行動和完成動作三個部分。亞伯納西及華爾滋(Abernathy & Wahz, 1964)認為動作不是在真空中發生的，個人和環境產生了許多的交互作用，因而他們將動作分為五個類目：(1)動作經驗，(2)人格結構，(3)個人知覺，(4)社會文化環境，(5)物質環境。

(一)技術的定義

Hunsicker(1978)對技術作廣泛的定義，把技術劃分成三個階段，

- 1.是指工業界應用有關自然、社會法則的知識；
- 2.為把此法則應用於發生所需的知識；
- 3.為有關於每天操作生產所需的知識；

Daniel(1987)在將技術定義為把專利權、科學原理、研究與發展等投入，轉換成為市場產品過程。Mowery(1988)則把技術區分為兩種觀念，一為工程觀念，是指生產過程所需的知識；二為經濟與組織的觀念，是指管理和行銷。Cockroft(1980)認為技術應包括產品設計、生產方法和執行此種生產計畫所需的組織、管理體系。日籍工程師吉谷豐則對技術定義為「技術，乃是基於滿足人類及社會需要創造財富，更為了社會的存續和發展而解決種種問題的方法」(林傑斌譯，民78)。

人類的生產工具由原始的手工具進化為利用機械驅動，再進化到目前的自動化，使得原有體力性的工作將逐漸減少，取而代之的將是較高技術層次的工作，因此，未來工作人員必須習得多種技能之外，專

業知識、分析判斷，以及溝通能力也不可或缺。國內學者饒達欽(民 78)認為，未來的某些工作技術較不注重經驗的累積，而是強調分析與邏輯能力的有無及縝密的程度。李大偉(民 73)則認為，分析、綜合、批判、創造、決策與問題解決的能力更形重要；林宏熾(民 76)則認為語文、數學、溝通分析及機電背景等能力是很重要的工作技能。

綜合上述，可歸納出技術並非固定不變的，而是隨著社會的轉變而產生改變，現今的技術逐漸強調專業知識、邏輯分析、批判思考、創造、管理、人際溝通、資訊處理及解決問題等能力。

(二)能力的定義

Hall(1976)認為能力是由技能、行為及知識組成，經學習結果所形成的明確概念，並由學習者表現出來。Brunner 從教育的觀點認為，能力應包括解決問題的能力及學習新知或技術的能力(台灣省教師研習會，民 65)。楊朝祥(民 73)以為能力是一個個體執行或完成某一行動，或是能成功地適應特殊狀況的能力，此種能力可經由個體自由控制並且因動機因素而影響其表現。許美美(民 73)將能力一詞廣泛地定義成：個體能成功地履行某一任務時，表現在認知、情意及技能方面熟練的行為特質。黃政傑(民 74)以廣義的角度將能力解釋為「勝任某一工作」，所謂勝任是指從事某一工作時所需的知識、技能和態度等，因此能力是必須能夠被實行或從事的。余鑑(民 82)認為：能力本體係由知識、情意及技能等三方面組成，而以行為表現作為測量能力的依據。綜合上述，能力是由知識、行為與態度所組成而使個體能執行或完成某一任務。

(三)技術能力的學習理論

Bloom(1965)將教學目標分為認知、情意與技能等三大領域，是動作技能的名稱首次在教育學中出現。Bloom 繼而於 1968 年提出精熟學

習理論(張春興，民 83)，主張對於不同能力學生，應提供其各自所需學習時間，則每個學生成就都能達到精熟的地步，這也是教育學家首次提到動作技能的教學。Simpson(1966)將技能領域的學習，以其複雜的程度區分為知覺、趨向、引導的反應、機械化動作、複合的明顯反應、適應或調整及創新(黃光雄譯，民 72)等七個層次。

- 1.知覺：在此層次中，學生感覺到與技能有關的行為、事物。
- 2.趨向：趨向是對特殊行動或經驗的一種預備適應。
- 3.引導的反應：引導反應是個人在教學指導下所表現明顯反應動作，或依照範例標準自我評鑑而表現的行為動作。
- 4.機械化動作：在此層次學習所呈現行為已達到某種自信和熟練的程度，技能已能顯現其獨立的能力。
- 5.複合明顯反應：複合的明顯反應是指個人能做複雜的技能反應，以最少時間和氣力而做出最有效的動作。
- 6.適應：適應是指改變原有的技能方式，以便對新問題情境或技術做適應。
- 7.創新：創新是指利用原有技能行為做基礎而創出新的技能方法。

動作與技能學習為一般生活、體能訓練、職業技能及藝能發展所必須(溫世頌，民 72)。動作的學習，最主要的是把很多活動連貫在一起，成為一連串有順序的活動；而技能學習則又是多個動作的連鎖化；亦即技能學習是多個動作有系統的適當配合。

Schmidt(1988)提出技能學習定義有四個概念：

- 1.技能學習是獲得技術活動能力過程。
- 2.技能學習是因練習和經驗的結果。
- 3.技能學習不能由觀察而得到，其過程是由內在行為的改變，通

常不能由審查而獲得。

4.技能學習成效與有效技術行為有相關。

技能學習是多個動作有系統的適當配合(高強華，民 77)，Fitts (1962)認為技能學習必須經過以下三個階段：

- 1.認知期
- 2.定位期
- 3.自動期

從認知到習慣，由回饋而校正，由分化而簡化的傾向(張春興、林清山，民 70)。動作與技能學習為一般生活、學習、體能訓練、職業技能、及藝能發展所必需，當學生模仿動作與技能時，不應任由學生盲目嘗試，而必須由教師從旁指導。

- 1.起點行為
- 2.學習的動機
- 3.動作或技能的性質
- 4.示範、說明與模仿
- 5.練習與應用
- 6.增強原則的應用

同時提出動作與技能學習的原則如下：

- 1.協助學生分析所欲學習的動作或技能與學生的起點行為。
- 2.引起適當的學習動機。
- 3.提供扼要而明確的示範與說明，以積極指導取代消極指責。
- 4.鼓勵勤練，並善用增強原則，以加速學習進步。
- 5.注意練習的安排，練習亦應與實際情境配合。
- 6.訓練學生識別相干的指引避免無關指引的分心。

岳修平(民 87)認為教師在從事基本認知技能，教師在教學活動中

應做到三件事：

- 1.幫助學習者將需要的先備技能或先備程序精熟。
- 2.透過練習與回饋幫助學習者將一些小的程序組合形成較大的程序。
- 3.提供真實世界的問題型組，來幫助學習者建構程序知識，形成自動化之技能。

高廣孚(民 78)認為，有關技能的教學與學習，除了重視基本技能的練習外，也應注重技能之理論與學理上充實。

饒達欽(民 79)提出技能教學並非是單純的肌力訓練或體力操作，必須先由知識學理奠基，由理論的瞭解衍生為實際的技能操作，這些操作的行為與結果必須具有可觀察性、可測量性與具體的成果。

綜合上述，教師在技能教學時，應注重學生的身心發展情況與教材內容的難易度，使學生能依照自己的起點行為學習。

(四)數位控制技術的教學模式

學校的教學是一種教師有預定目標的幫助學生學習的活動。教學設計是在教學之前對教學歷程中的一切預為籌畫，安排教學情境，以期達成目標的系統性設計(張春興，民 86)。

能力本位教學具備(1)重視教學績效(2)重視學生個別差異兩大特色，如果學生已專精某項能力，即可進行下一組能力的學習，不用和其他學生同進同退，接受統一規定的學習，浪費時間於重複學習該項能力(陳昭雄，民 74)。

能力本位教學基本模式如圖 1 所示。

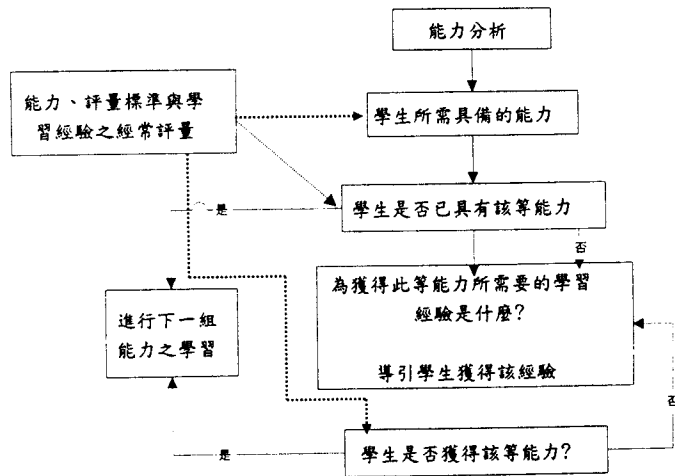


圖 2-1 能力本位教學模式

在此模式中發現，能力本位教學具有具體教學目標、具體考核目標、個別化學習及系統教學設計等特色，並具備四項精義：

1. 重視學生的學習成果，而不是學習所用的時間。
2. 對每位學生而言，評量標準皆為相同。
3. 能力內容和目標均隨著環境的變化而改變。
4. 提供多種學習途徑，學生可以選擇適合自己的學習方案。

第三節 技能領域的內涵

費希曼(Fleishman 1964, 1967)將人類技能領域區分為體能熟練性(Physical Proficiency)及技能因素(Psychomotor Factor)二大項，其中體能部份經統計歸類後，可以歸納為十四種基本體能，而這十四種體能又可分為五大類，現敘述如下(張春興，林清山，民 70)：

1. 氣力：在氣力(Strength)一類中又包括以下三種基本體能：

- (1)爆發力(Explosive Strength)：不依靠任何工具使自己身體由單一動作而移動到最遠或最高的能力。此種能力多由立定跳高與跳遠測定之。
- (2)動力(Dynamic Strength)：移動重物或支持自己身體連續活動的能力。此種能力多由單槓引體向上與攀桿等動作測定之。
- (3)靜力(Static Strength)：由身體支撐重量持久不動的能力。此種能力多由舉重測定之。
- 2.靈活與迅速：在靈活與迅速(Flexibility-speed)一類中，又包括五種基本體能：
- (4)伸展性(Extent Flexibility)：腹肌與背肌伸展的最大限度。此種能力多由身體的前屈後仰的幅度測定之。
- (5)柔切性(Dynamic Flexibility)：能使肌肉快速緊張而復原的能力。此種能力多由蹲踞起立等動作測量之。
- (6)快速變向(Speed of change of direction)：在行進或奔跑中迅速改變方向的能力。此種能力多由躲避賽跑等動作測定之。
- (7)跑行速度(Running Speed)：快速奔跑的能力。此種能力多由五十公尺或百公尺衝進測定之。
- (8)四肢動速(Speed of limb movement)：兩臂與兩腿迅速活動的能力。此種能力多由手腳迅速換位法測定之。
- 3.平衡：在平衡(Balance)方面，又包括以下三種能力：
- (9)靜態平衡(Static Balance)：支持身體定位的能力。此種能力多由單足獨立測定之。
- (10)動態平衡(Dynamic Balance)：在運動中保持身體平衡的能力。此種能力可由踩球定位測定之。
- (11)托物平衡(Balancing Objects)：手托物體很快找到重心並維持不墜

的能力。此種能力可由手背托球測定之。

4. 協調：協調(Coordination)方面，又包括以下兩種能力：

(12) 手腳協調(Multilimb Coordination)：雙手或雙腳同時配合運動，或是一手一腳同時配合運動的能力。此種能力可由雙手操作測定之。

(13) 全身協調(Gross Body Coordination)：能自己控制全身各部位適切配合運動的能力。此種能力可由跳繩的動作測定之。

5. 耐力：耐力(Endurance)方面只含一種能力：

(14) 耐力(Endurance)：以全力從事某一動作時支撐多久的能力。此種能力可由伏地挺身等動作測定之。

技能因素則係指操作活動所須的基本能力，主要屬於感官與四肢協調的能力，現列述如下：

1. 精確控制(Control Precision)能對肌肉活動隨意精確控制的能力，是很多機器或工操作時不可缺少的。特別是對某些技能而言(如拉提琴等)手指放置的位置必須準確，而且隨時作快速移動。缺乏此種能力者，勢不能操作精密而快速變化的工具。
2. 四肢協調(Multilimb Coordination)此為兩手、兩腳、或手腳協調的適當配合運動的能力，很多技能學習如騎腳踏車與踩縫衣機等必須具有此種能力。
3. 反應定向(Response Orientation)此為選擇正確刺激表現正確反應的能力。特別是在快速活動情況下，此種能力更為重要。例如超音速戰鬥機的駕駛員，在作戰時：非具有此種「既迅速又準確」的能力不可。
4. 反應時間(Reaction Time)此為一種對刺激迅速反應的能力(與反應定向不同者在於前者重視正確的選擇，而此一能力重在反應迅速。)

5. 手臂靈活(Speed of arm movement)此為手臂快速運動的能力，能隨意支配手臂作前後左右迅速的活動。
6. 隨動控制(Rate Control)此為一種手眼調和跟隨移動物體控制肌肉動作的能力。例如軍人對靶射擊時，必須具有此種能力。
7. 腕手靈活(Manual Dexterity)此為一切工具操作所需的基本能力。凡是用手、握、推、拉等動作無不需要腕部與全部手指的動作。
8. 手指靈活(Finger Dexterity)此為較手腕靈活更精密的操作能力。凡是手工藝品的操作，精密儀器的操作等，必須有賴此種能力。
9. 臂手穩定(Arm-Hand Steadiness)此為一種在用力不大的動作時，手與臂協調的穩定能力。

射擊與針孔穿線的動作，都需要這種能力。技能學習中如手錶的修理與製造、醫學開刀手術等，臂與手的穩定能力都是不可少的。

10. 腕指速度(Wrist-Finger Speed)此為一種以腕使指迅速活動的能力。繪圖時在紙上打點的動作，即須賴有此種能力。
11. 瞄準(Aiming)此為一種手眼調和細密肌肉控制的能力。針孔穿線，工筆細劃都需有此種能力。

概括的說，費希曼將動作技能因素建立於不同勞力工作之成果表現上。運動表現、音樂和藝術的成功、舞蹈和軍事成就等基礎因素則未被確定。不過，我們可猜測體能的精確項目是與運動、軍事和工業工作所需要力量和忍受與最起碼錯綜複雜的協調活動型式有很大關連。動作技能因素將與這相當精緻活動之技能表現有關(康自立，民79)。許多學者不僅作諸如上述之動作行為分類外，更進一步發展解釋動作行為的模式，探討動作表現的因素，並分析發展有效的動作技能的構成要素。

例如，漢特(Hunt, 1964)根據人的完形觀點(Gestalt view)，以及人

組織並表現其力量系統的方式，提出一種動作行為的模式。Hunt 模式主張，個人依據他們如何使用力量，其在空間的形狀及所用的時間等，發展一種運動形態。人依據知覺的組織和所發展的概念來解釋刺激。知覺的過程和由此產生的概念使學習者能界定、統整和了解自己活生生的軀體，它是與環境勢力交互作用的。Hunt 模式的架構源於形象——背景的區分、側部(laterality)的概念及情緒知覺的組織，並源於空間、時間、重量和軀體形象概念等。Hunt 認為在人的一生，基本的動作經驗必須系統地持續下去，以促進熟練動作的發展。學習者在能熟練複雜的技能或動作類型以前，必先熟練基本的動作類型。這種經驗方法(experience approach)的最後目標在使學習者隨同感覺及分析其自己動作的技能，發展廣泛的動作項目。最後使學習者成為過程的中心，而能自我指導。(黃光雄等詳，民 72)

巴許(Barsch, 1967)的動作發生理論(movigenics theory)是動作效率的理論，以追求個人的最佳生存(optimal survival)為目標。他認為發展的任務在使個人在空間的所有部份成為有效的動作者(mover)，以增進其最佳的生存。他將人類生活的空間分成三部分，即領域(domain)、場地(fields)和區域(zones)。學習者在每一部分遭遇到的挑戰，是要達到動作的優雅、舒適、安逸和有效。學習者的動作表現經由這三部分以後，才由粗陋的變為純熟的。移動性(mobility)因成熟和生長而增加，而移動性的增加擴大了學習者的空間範圍。

根據這個理論，空間的領域(domain)有四：第一是內在的環境(milieu interior)，指人類的生理系統或內在環境，其目的在使個人內部有效地發揮功能；第二是自然的空間，指可觀察的物質世界；第三是空間的環境(milieu space)，指社會表同(social identification)的空間；第四是認知的空間，包括符號、思想、理念和概念化等項。Barsch 認

為空間的場地(fields)有六，即左、右、前、後和上、下；這六個方位與動作者的位置是相對的，學習者在其中發展更純熟的動作。其他學者將這六個方位稱為方向性(directionality)，空間的區域(zones)分為近空間(near-space)、中空間(mid-space)、遠空間(far-space)和遙遠空間(remote-space)。近空間是動作表現的基本區域，離動作者約二呎的距離。這是伸、捉、放等操作性工作的領域。一旦個人能夠推進即開始探討中空間，這包括二呎至十六呎間的區域。遠距離則是十七呎至三十呎的距離，Barsch 將此稱為擴張區，因為動作者必須從最近的支持物移動相當的距離。三十呎以上的距離是遙遠距離，這是遠景、目標和抱負的領域。Barsch 舉出動作效率的三個主要構成因素，即姿勢-輸送方向(postural-transport orientation)，知覺-認知(percepto-cognitive)和自由程度。姿勢-輸送方向的因素包括五個次級因素，即肌肉強度、動態平衡、軀體知覺、空間知覺和暫時知覺。這五個次級因素與環境中動的基本問題有關，每一因素代表動態的學習者所必備的基本單元。它們是組織動作(motion)的基本元素，成為學習者要達成之動作(movement)品質的基礎。知覺-認知方式的要素包括六個次級因素，即味覺、嗅覺、運動覺、觸覺、聽覺和視覺。個人利用這些方式獲得關於環境的訊息，以便組織其動作、控制其行為，這些次級因素加上 Barsch 所謂的動作(movement)加設計，以完成第一個主要因素的組織。

動作效率的第三個構成因素是自由的程度，包括對稱、韻律、彈性和動作計劃(motor planning)等四個次級因素，它們能增強並充實學習者將能達成的動作品質。

因此動作的效率是 Barsch 動作發生論的關鍵，Barsch 認為教育者在安排促進個人發展的最好條件時遭遇的主要挑戰是，如何協助個人以最大可能的效率移動。這個理論雖然有趣，但不能協助教育者將動

作行為歸類(黃光雄等譯，民 72)。

辛傑(Singer, 1972, 1980)認為技能領域主要是關心身體的動作及(或)控制(bodily movement and/or control)。當這些動作為以一般形式表現時，我們稱之為動作類型(a movement pattern or patterns)；以高度特殊而精緻形式表現時，我們稱之為技能(a skill or sequence of skills)。而這些動作行為包括下列三類：

- (1)接觸(contacting)、操作(manipulating)、及(或)移動(moving)一個物體。
- (2)控制(controlling)身體或物體，就如同使之平衡一樣。
- (3)在可預測及(或)不可預測的情況下，於短時間或長時間內，移動及(或)控制整個身體或身體的一部分。同時，他認為上述各類行為可能是相互關聯的，也可能是各自獨立的。由上述各家對於動作行為之分類、動作行為形成之原因、構成動作行為及技能之因素所作的探討，吾人可以了解，技能領域所涵蓋的範圍相當的廣泛，包括生理、心理、社會、物理、環境因素等方面，因此要對其範圍及分類做明確的界定實非易事。概括而言，動作技能領域乃在探討人類動作行為發生之原因，發展之歷程、以及發展之結果(動作行為表現)。

第四節 技能的評量

(一)、技能的內涵

不同學者對動作技能有不同的定義，例如柯隆巴克(Cronbach, 1977)認為「最好是把技能定義為習得的，能相當精確執行且對其組成的動作(Component acts)很少或不需要有意識的注意的一種操作」。在蓋聶

(Gagne, 1974)看來,「動作技能是協調動作的能力」。邵瑞珍(民 78)認為動作技能術語中的 psychomotor 是由 psycho 和 motor 兩個成分合成的,意指這種動作不僅是簡單的外顯反應,還要受內部心理過程控制。心理學家費茨(Fitts, 1965)認為技能的構成成份包括(1).認知成分,即學習者需要理解訓練的項目。(2).知覺因素,即學習者必須準確和敏銳地辨別,並作出反應線索。(3).個性和氣質特徵,如保持冷靜和放鬆的能力等。

就教學目標而論,由 Bloom 等人認為教學目標應包括三大領域(1).認知領域(Cognitive Domain), (2).情意領域(Affective Domain)和(3).技能領域(Psychomotor Domain)。而這三大領域也正是技術能力的主要組成內涵(蕭錫錡, 民 79)。認知領域是指知識和心智能力、能用以解決問題。在認知領域裡,知識是基礎而且必備的,有了知識才能理解,而後才能應用。具備了理解和應用的能力才能分析,有了分析的能力才能綜合,具備了綜合的能力才能達到評鑑的層次;至於情意,係指個人對人、事、物的愛好、態度、興趣、看法和適應等。情意的形成一般均由先對某一特定行為的暫時採用,而至發展為完全接受,最後形成個人的風格。至於另外一項的技能,則係指經由心智和四肢協調而產生的動作行為,經由知覺、模仿、反覆練習而形成。就技術組成要素而論,技術是一個複合名詞,是一種統稱,事實上技術是「知識」與「技能」(Knowledge and skill)的綜合表現。技能可分為二類:1.心智技能(intellectual skill); 2.動作技能(motor skill)(Limons&Shea, 1988)。心智技能如同著名瑞士認知發展學家皮亞傑(Piaget)所指之具體運作(concrete operation)及形式運作(formal operation)之能力;在實際工作中,心智技能是指對於問題解決方法、解決步驟、使用器具設備材料之選擇,乃至於策略研擬等之運思能力。動作技能指由身體動作所表

現的技能，動作技能的基本要件是能配合適當的時間出現適當的動作；所謂手眼協調和動作熟練，即表示動作技能。動作技能包括身體運動的技巧以及各種工具的使用。

就工作能力的意義而言，能力的詮釋係指執行任務或從事某一工作時，所需具備的知識、情意與技能等實際表現的行為。而「工作能力」係指將知識、情意與技能等實際行為，表現於個人從事或執行某一工作領域之能力(competence)。Peak & Brown(1980)認為工作能力為求成功的執行各項任務所應有的相關技能、認知及態度。楊朝祥(民 73)則認為工作能力是指從事工作時，個人所需的知識、技能、態度、經驗、重要價值觀及理解力的行為特質，經由這些特質顯示個人可成功執行某一任務，並且達到所要求的水準。本研究所述之技能，廣意言之即指工作能力，是發揮工作所表現的行為特質與作用。若就專業領域之觀點而言，工作能力乃是個人執行某一工作或任務時，所涵蓋的專業能力，而就能力之構成要素而言，工作能力構成要素包含知識、技能和情意等三大領域。

就技術能力的層次而言，熟練操作的特徵是其操作或動作是可以觀察的外顯活動，其執行的速度、精確性、力量或連貫性均可以測量。技術能力的表現過程包括：1)發掘問題、規劃方案；2)提出解決問題之方法；3)依照方法從事工作。

綜合此階段之論述，可知技能之學習與表現，其實免不了受認知與情意態度之影響。此三者縱能劃分出類別，但在學習的過程中也很難單獨存在，因為有思考的學習(認知成份)與認真的學習(情意成份)，才能學得好。由此觀之，本研究所述之技能實指廣義的工作能力或技術能力。

(二)、技能的評量

從評量的角度看技能的學習，不論是過程或是總結的評量，通常都可以在實際的情境中得知學生們較多而且複雜的行為。也因為於實際的情境中進行，所以這類的評量結果有相當高的效度(李大偉，民 75；郭生玉，民 80)。然而技能的評量除受到下列的限制(1).非常費時、(2).非常花錢，以及(3).可能會滲入主試者的主觀意識。就第三項而言，技能行為表現的衡量總是有主、客觀的成份存在。於現有文獻中有關的技能測試的量表，事實上它們也因同時含有對技能表現的主、客觀描述。技能評量為一效標參照的測驗，講求內容效度與預測效度(郭生玉，民 80)。內容效度建立在工作內容的描述、實施條件(情境)、和獲取標準(行為目標)。真實的情境為最佳的評量環境，然而受限於時機、經費與人力等因素，常常難以進行。根據日本能率協會在 1990 年對能力要素與分類的定義，一個工作者所需的能力包含知識、技能和態度等三方面(林聖峰，民 86)。其中能力可分為三類：其一篇知識，包含技術知識與其他知識兩部份；其二為技能，包含基礎技能、綜合技能與管理技能三部份；其三為廣義的態度，又可分為性格、態度與姿勢三部份，而此知識、技能和態度等三大能力之間環環相扣，相互關連與影響。

日經連職務分析(平成元年)則依據職務要素的概念，分析個人在職務執行的實踐能力，將能力分類為精神的能力及技術的能力(林聖峰，民 86)，其中精神的能力包含工作上對應能力、人際上對應能力及知識等細目；技術的能力則為技能方面的實務知識與經驗度。McCormick(1983)認為人類所表現出來的能力，廣度非常驚人，一般可將其分為二大類：第一類稱為基本能力—也就是絕大多數人所共有的能力。人在這類能力的差異屬於量的方面，包含智能、心理運動能力等。第二類稱為工作專長能力—也就是從事某種工作的人所學得的能力。例如電腦

程式設計、吹雙簧管的能力(鄭柏勳、謝光進譯，民72)。美國勞工部(U.S. Department of Labor, 1981)發展一套對受輔導者的評估程序，亦即將就業所需的職業能力，除基本能力外，依其性質之不同可分為三大範疇：資料(data)、人員(people)、和事物(things)每種工作皆需數種能力來完成。而 Derouen & Klieine (1994)把能力分為實務性(technical skill)、人際性(people skill)及概念性(conceptual skill)三大類，其中實務性能力包括專業性能力(Professional skill)及管理性能力(、management skill)；概念性能力(conceptual skill)若擴為心智能力(mental skill) 包含發現問題、解決問題、記憶創造力等能力。

綜合上述專家學者的看法，可知能力的分類就工作內容、職務及評估人才等觀點而言仍是以知識、技能與態度三大構而為基礎，然後擴及到與周圍人與事的互動。不管是本研究所稱之技能，或是其它專家學者所稱之工作能力、職務能力；基本上，都是這一種綜合能力的發揮。問題解決(Problem solving)的過程是指應用概念知識去對問題做正確的認識，然後依情境知識(Conditional knowledge)判斷，運用適當的操作性知識(Procedural knowledge)與敘述性知識(Declarative Knowledge)(Lippen, 1988)去使問題獲得解決。由此可知，解決問題的過程中牽涉到許多能力的發揮，包括相關領域之先前知識與經驗、語文能力，以及思考的能力(Jonassen, Beissner, & Yacci, 1993)。換言之，廣義的解決問題能力是一種統整的能力，包含各種細項的能力，也因此，問題導向的學習(Problem based learning, PBL)在許多教學領域被應用(Alavi, 1995)。學生在實際問題情境(real-world context)中的操作習慣與專業技巧的評量是相當具有指標作用的。Baud & Feletti (1991)也認為在這種 PBL 的學習環境中，學習成就評量結果對教育成效的評估有相當的代表性。至於評量的方法，依 Ramsden(1992)的說

法，評審者的人為判斷(human judgment)則是最基本而重要的。綜合以上所述，若將資訊技能的評量也在問題式資訊技能操作的實際情境中進行，也會是相當有意義的。

(三)、數位控制技能評量內涵

依前一單元之探討，可知技能(skill)學習過程中，學習者所表現的操作成就本身，其成因牽涉極廣。對技能學習素有研究的 Welford 在其『Fundamentals of skill』(1968)的論述中即認為在許多的因素中若能有效掌握關鍵的成因，建立適當而可行的評量指標項目，會對技能教學有很大的幫助。在促進學習效果上，運用生手(Novice)與精手或高手(Expert)之比較，探討出精手之專業內涵的內容、形式、與形成過程，然後以此教導生手，使生手獲得專業內涵的捷徑，為一有效的教學方法(Johson, 1988; Graesser 及 MuTay, 1990; Kay&Black, 1990)。換言之，可以使生手省掉許多嘗試錯誤的時間，迅速思考或操作上獲得突破。本研究擬找出『數位控制技術技能』項目中其評量指標，即指教師、廠商與學生對部定『數位控制技術技能』項目具有的特它互表現的能力是否會有明顯的不同。

第五節 灰色理論

人類對事物的概念是源自於人類對該事物擁有的部份信息，而事實上此事物的真諦可能離我們還很遠，並且還是持續變動著。此刻我們對事物的認識是清楚了，但下一刻可能又是不足了。正因這種不同程度的認識過程相互交替乃至無窮，所以人類的各項研究，對各種事物的認識與挖掘，便如同長江之後浪，使人類的知識進步一直往前推進，永不停止。在上述的前提之下，人類知識的學習是逐步發展、逐

步深入的，換言之，只能透過實踐來逐步修訂其主觀的認識，不斷地提昇對知識瞭解的"透明度"。換言之，許多事物對人類來說不是白色的(一切皆知)，也不是黑色的(一無所知)，而是灰色的(半知半解)(史開泉、吳國威、黃有評，民 83)。果如此言，則人類生存在一個高維度的灰色信息關係空間之中，因此，人類的思維應是灰色的，人類的行為也應該是灰色的，處身於自然界如此，而處身於社會科學界更是如此，尤其教育界的問題更因為「十年樹木，百年樹人」的系統輸入與效果回應間有一段相當大的時間間隔，儘管許多教育研究者辛勤努力的投入，但終究因為牽涉因素太廣大多，仍然只能視其一隅而難窺其全貌，所以教育系統也可以視為是灰色系統之一。

由於系統提供給人類的完全不完整訊息，因而可以說系統呈現給人類的顏色是灰色的。系統的灰色性是絕對的，系統的白色性、黑色性是相對的。基於這樣的問題背景，大陸學者華中理工大學教授，控制論專家鄧聚龍先生 1982 年在他的開創性論文 "Control Problem Of Grey System, System and Control, Letter, Vol. 1, No. 5, 1982" 提出了灰色系統理論，揭開了人類認識系統本質的面紗，提出了在部份已知訊息狀態下處理系統問題的思考 and 解決方法，引起了海峽兩岸中國人的熱烈討論。灰色系統的理論研究與應用研究在短短的幾年中已有許多專門著作出版，1989 年 "The Journal of Grey System"(ISSN: 0957-3720) 正式創刊，121 篇論文問世，半數以上的論文被 "Mathematical Reviews", "Mathematical Abstract", "Engineering Index", "Dialog" 摘引；到 1992 年年底總共約有六百餘篇論文在雜誌上發表；在會議上共交流了理論性與應用性論文達到一千餘篇，灰色理論的研究正在穩定前進，它的應用觸角已伸向工業、農業、醫療、地質、地震、環境保護、氣象、軍事、生態等 98 個學門與領域(史開

泉、吳國威、黃有評，民 83)。

在此，研究者所產生之初步動機是灰色系統的說法相當符合全人類的社會系統，而灰色方法的應用也相當普遍；因此，可以嘗試將灰色的方法應用到人類社會的教育系統中；然而，灰色的方法有許多，而教育的問題也有許多，就應用而言，應找到某一灰色方法應用到某一教育問題上，以個案的方式找到應用的可行性。灰色理論的特點，乃基於其訊息不充足、不明確，換言之，研究者對事實的真象仍未獲充份訊息，不能充份瞭解的情形下，數值的計算相當有彈性，不僅能提供數值基礎而且又保有相當大的彈性調整空間。教育系統可視為一灰色系統，研究者無法百分之百參悟其中精妙，尤其具備「百年樹人」的特性，任一教育方案或活動，絕無法在短期內觀察獲得其成效與回應，故應用灰色方法至教育研究上，應自有其意義存在，可令吾人有另一思考的空間。

灰色方法針對不同問題性質有幾種不同做法，灰關聯分析(Grey Relation Analysis)是其中的一種，其理論產生的背景是我們生存的周遭環境中的系統，如社會系統、經濟系統等等，彼此之間存在著各種關係，如激發關係、制約關係等等，因為這些關係的存在，使各個子系統能夠維持著平衡，其中有些關係已被人們知道，有些關係人們還不知道，或是只知道其中的一部份，因此，如何去挖掘，進而把握各系統之間的關係是對系統進行分析的主要關鍵，基於此，灰色系統理論提出了對各子系統進行灰色關聯度(灰色關係度「分析的概念，意圖透過一定的方法，去尋求系統中各子系統(或因素)之間的數值關係。簡而言之，灰色關聯度的意義是指在系統發展過程中，如果兩個因素變化的態勢是一致的，即同步變化程度較高，則可以認為兩者關聯較大；反之，兩者關聯較小上-因此「灰色-關聯分析對於一個系統發展變化態

勢提供了量化的度量，非常適合動態(dynamic)的歷程分析。

灰色關聯分析具有以下特點(鄧聚龍，民 81；白振義，1993)：(1). 所建立的模型乃屬非函數形之序列模型；(2). 計算方法簡便易行；(3). 對樣本數量多寡沒有過份要求；(4). 不要求序列數據必須符合常態分配；(5). 不會產生與定性分析相徑庭之矛盾結論。就吾人之研究動機而言，將灰關聯分析應用到教育問題的研究上，若能發揮以上特點，則可以為教育問題的研究開拓更恢宏的視野。

一般社會科學與教育研究常以問卷對研究母群進行抽樣調查，此固然符合民主社會諸事取決於公意之趨勢。然而，不容否認白色有一些主題並不適合此實施方式，尤其當探討的主題牽涉到專業的技能或理念時更是如此，否則極易導致「問道於盲」的結果。高科技時代，各種知識與技能高度分化的結果，在「隔行知隔山」的限制之下，有些事情必須以專家的意見為意見。

研究者由文獻探討中，發現社會科學研究中常為了確認或確定研究主題、研究內涵乃至研究結果，而召開所謂「專家會議」，儘管與會者都是專家，然會議上也常有爭論的情形發生。蓋理論的分析常有流派之爭，於是會有「兩種說法都沒有錯，可是會議沒有結論」或者「官大學問大」的情形發生。造成事實的真相無法明顯，於是例如像德懷術(Delphi Technique)、NGT 法(Nominal Group Technique)、Idea writing 法··等等(Moorc, 1994)，都在會議上提供討論主題的量化資料，如德懷術就計算前一梯次專家意見的平均數或中數、眾數，以為討論的基礎，以使會議的進行朝向聚斂而不是發散的結論。

基於「專家會議」在教育研究中常被應用，然而專家畢竟屬於少數，傳統教育統計能提供的意見數據量化的方法略顯不足，因此，若能輔以灰關聯的方法在這個小而關鍵的地方，使專家會議的進行更有

效率，則不失為灰關聯分析在教育上的一個切入點。

在於技能意指某種能力，是內隱的(implicit)存在，欲分辨是否具有技能或能力，以及所具備能力為何，就必須讓技能透過操作發揮出來，從外顯的(explicit)結果或過程來判別技能的存在。另外，技能學習過程中，學習者所表現的操作成就本身，其成因牽涉極廣，亦更增加了技能教學評量的複雜性。對技能學習有深入探討的 Welford (1968) 在其“Fundamentals of skill”即認為技能的精熟表現於其專業、速度與正確性，而且是一種包含了心智(mental)層面的學習；換言之，即包含了所謂的認知成份。

以技術能力的評量而言，技術能力是技術從業人員從事各種技術語相關工作所需具備的工作技能、知識與行為表現。在技術技能的教學評量上，顯然很難以學生完成工作任務(task)與否來論斷其學習過程的成就(Robert&Marilla, 1991)，尤其在選擇式評量(Alternative assessment)的概念引導之下，學習過程的評量更不應該被忽視(John, Pamela & Lym, 1992; Resnick & Resnick, 1991; Wolford, 1992)。學習評量欲求其完備性，則顯然評量項目必然為數不少，會增加評量實施的複雜度。應該尋求一較精簡而不失其完備性的方法，以使評量工作能更準確而順利的進行。將灰關聯應用到資訊技能操作指標的歸併，除了基於評量上的方便之外，另外一個動機是受科學教育研究之科學過程技能(Science processes skill)之影響，早在 80 年代科學教育即視科學實驗室為培育科學過程技能之最佳且唯一的場所，於是如何評量學生於實驗操作之相關學習成就(outcomes)相當受到重視(楊文金，民 76)。因此，本研究乃以『數位控制』部定課程標準之技術能力項目為指標的歸併為應用案例。灰色系統理論(Grey System Theory)自 1982 年鄧聚龍(Deng, 1982)提出至今，已形成以灰色關聯(鄧聚龍, 1987; 鄧聚龍, 民 81)基礎的分析體系。透過各系統之間關係的挖掘是對系統進行分析

的關鍵(史開泉、吳國威、黃有評，民83)。該方法並且已經在一些應用實例中被證明具有相當的用途。綜合以上各段所述，研究者以為若能透過灰色關聯分析方法的應用，結合學者專家的意見，將諸多的資訊技能評量指標適度歸併，以獲得一套具高代表性、彼此相關性低，而內容項目最少之評量指標，將是極具意義的一項工作，也可以為灰關聯分析在技職教育的應用找到一適當的切入點。灰色系統的基本特徵是訊息不完全，因此灰色系統研究的出發點就在訊息貧乏狀態下去深入探究系統的本質，補充系統的訊息，使系統的灰色狀態向白色狀態轉化。訊息不完全意味著數據有限，而數據不完全的理論也就是少數數據分析的理論。專家會議的專家是屬於少數，可以嘗試用灰色方法加以處理。

『數位控制』部定課程標準之技術能力項目牽涉極廣，如果要有代表性的進行評量，則「評什麼？」將是最重要的考慮。通常評量項目少則患其不具代表性，評量項目多則患其不易實行，所以須要依賴此領域之專家將各項指標適當歸併。

若將『數位控制』部定課程標準之技術能力項目評價系統視為一灰色系統，例如吾人僅略知其包含項目，但尚未能完全明瞭其各項目彼此之相對關聯性與代表性，則灰色方法便有其應用的空間。基於此，本研究之主要目的，在以高職階段之『數位控制』部定課程標準之技術能力項目指標的建立為例，探討：

- 1、灰色系統及灰色關聯分析的本質，及其在技職教育應用的可行性。
- 2、以高職階段『數位控制』部定課程標準之技術能力項目指標歸併為案，找到灰色關聯分析及應用的可行性。

從上述第一點的灰色原理與灰色關聯方法本質的探討，以及透過第二點的實際應用，本研究將歸納應用灰色關聯分析於高職階段『數位控制』部定課程標準之技術能力項目指標歸併的優劣點與可能性，並

建議後續研究方向。

灰色系統理論(Grey System Theory)是 1982 年由中國大陸鄧聚龍教授所提出，主要是針對系統模型之不明確性，資訊之不完整性之下，進行關於系統的關聯分析、模型建構，藉由預測及決策之方法來探討及了解系統(吳漢雄、鄧聚龍、溫坤禮，民 85)。

(一)灰色系統概念

所謂灰色系統就是系統訊息介於黑色(缺乏訊息)與白色(訊息完全明確)之間的不明確地帶。黑色代表者系統訊息的缺乏，例如：不明病痛；而白色所代表的是系統訊息完全清楚、明確，例如：銀行中的存款；因此系統訊息介於完全明確與缺乏之間的不充分或不完全的訊息，則稱為灰色訊息。

灰色系統理論研究的項目如下(吳漢雄、鄧聚龍、溫坤禮，民 85)：

1. 灰生成(grey generation)：所謂灰生成就是補充訊息之數據處理
2. 灰關聯分析(grey relational analysis)：分析離散序列間的相關程度的一種測度方法。
3. 灰建模(grey Model)：利用生成過的數據建立一組灰差分方程與灰擬微分方程之模型，稱為灰建模。
4. 灰預測(grey Prediction)：以 GM(1, 1)模型為基礎對現有的數據所進行的預測方法，實質上是找出某一數列中間各個元素之未來動態狀況。
5. 灰決策(grey Decision Making)：當發生了某個事件，因為考慮的對策不同而有不同效果，此時將對策和 GM(1, 1)模型給合所做的決策稱為灰決策。
6. 灰控制(grey Control)：通過系統行為數據，以尋求行為發展規律，並預測未來的行為。當預測值得到後，以此一預測值回授以進行控制的一種法則，是融合演化的過程所形成的一種新控

制法則。

(二)灰關聯分析

1.灰關聯空間(grey relational space)

(1)因子空間

設 $P(x)$ 為某特定的主題所得的因子集， Q 為影響關係。若 $\{P(x); Q\}$ 的組合具有下列特性(吳漢雄、鄧聚龍、溫坤禮，民 85)：

- a. 關鍵因子存在性
- b. 內涵因子的可數性
- c. 因子的可擴充性
- d. 各因子獨立性
- e. 因子的整體性與參考序列的存在性

(2)序列的可比性

灰關聯因子集 $x_i^{(0)}(k) = (x_1^{(0)}, \dots, x_i^{(0)}(k)) \in X$ ；

其中 $k=1, 2, \dots, n. \in N$

同時滿足下列三個條件

- a. 無因次性(Normalization)：
- b. 同等級性(Scaling)：同序列中的值等級相差不可大於 2，倍數不可大於 100 倍。
- c. 同極性(Polarization)：同序列中的因子描述為同方向。
則稱此序列具有可比性。

(3)灰關聯生成

在可比性的原則下，將數據做處理而達到關聯分析之目的的過程，稱為「灰關聯生成」。灰生成的方式可以分成下列幾項：

- a. 原始數據已滿足要求。
- b. 利用數據中的數值做正規化。
- c. 灰色理論方法：

- (a)望大型式：希望效果愈大愈好。
- (b)望小型式：希望成本愈小愈好。
- (c)望目型式：希望效果接近目標值愈好。

這些數據處理結果都滿足可比性的條件。

(4)灰關聯度的四大公理

所有的灰關聯度必須滿足下列四大公理，缺一不可。

- a.規範性： $0 < \gamma(x_i, x_j) \leq 1$
- b.偶對稱性： $\gamma(x_i, x_j) = \gamma(x_j, x_i)$
- c.整體性：當序列在三組以上時， $\gamma(x_i, x_j) \neq \gamma(x_j, x_i)$
- d.接近性：灰關聯度的大小僅與分母中第一項 $\Delta_{ij}(k)$ 有關。

2.灰關聯度

灰關聯度可分成「局部性灰關聯度」與「整體性灰關聯度」兩類。主要的差別在於「局部性灰關聯度」有一參考序列，而「整體性灰關聯度」是任一序列均可為參考序列。

$$\text{局部性灰關聯度公式：} \gamma(x_{i(k)}, x_{j(k)}) = \frac{\Delta_{\min.} + \zeta \Delta_{\max.}}{\Delta_{0i}(k) + \zeta \Delta_{\max.}}$$

$$\text{整體性灰關聯度公式：} \gamma(x_{i(k)}, x_{j(k)}) = \frac{\Delta_{\min.} + \zeta \Delta_{\max.}}{\Delta_{ij}(k) + \zeta \Delta_{\max.}}$$

(1)辨識係數 ζ

辨識係數的功能主要是做背景值和待測物之間的對比，其值介於0~1之間，一般 ζ 值皆取0.5，實際上可以根據需要做適當的調整。由數學證明當辨識係數 ζ 改變時，只會影響相對數值的大小，而不會影響其結果的排序。

(2)灰關聯度

當求得灰關聯係數後，一般取灰關聯係數的平均值為灰關聯度：

$$\gamma(x_{i(k)}, x_{j(k)}) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma(x_i(k), x_j(k))$$

(3) 灰關聯度法流程圖

灰關聯度法流程圖可分成局部性灰關聯度的作法流程圖與整體性灰關聯度的作法流程圖。局部性灰關聯度的作法流程圖如下圖 2-2 所示。

整體性灰關聯度分析流程圖如圖 2-2 所示。

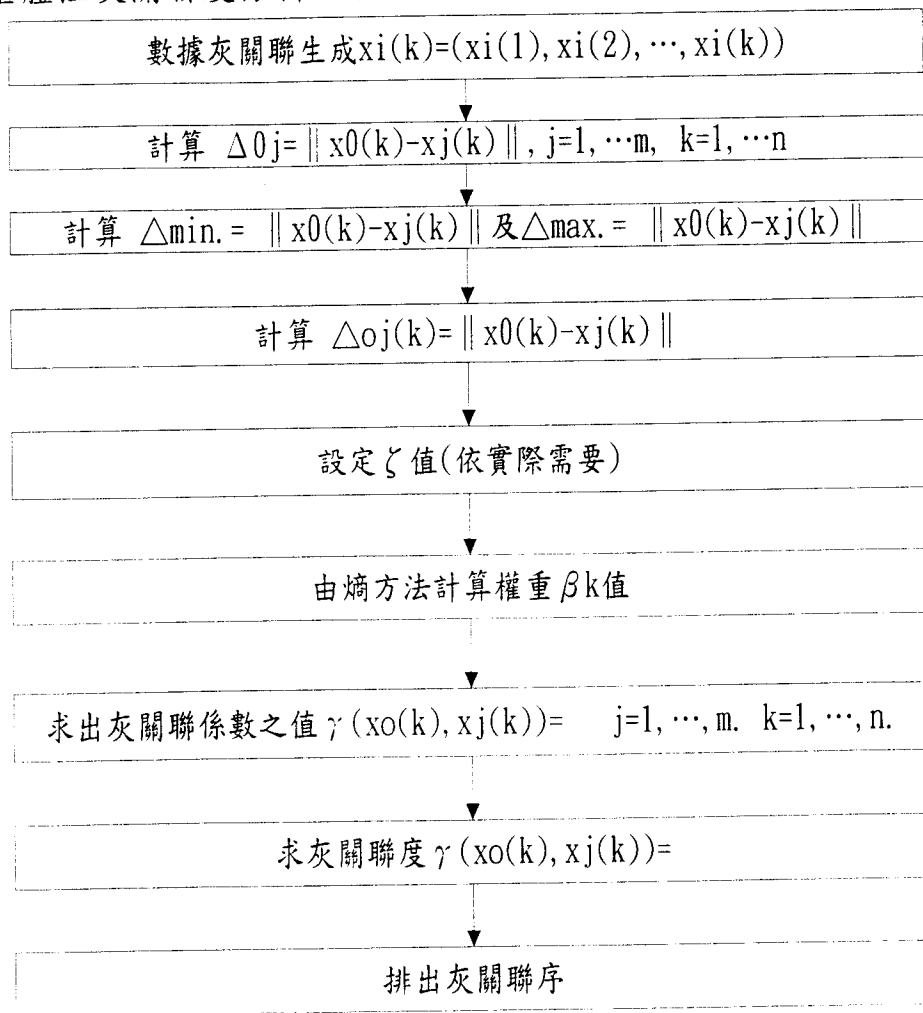


圖 2-2 局部性灰關聯度的作法流程圖(資料來源：吳漢雄、鄧聚龍、溫坤禮(民 85)。灰色分析入門。p.25)

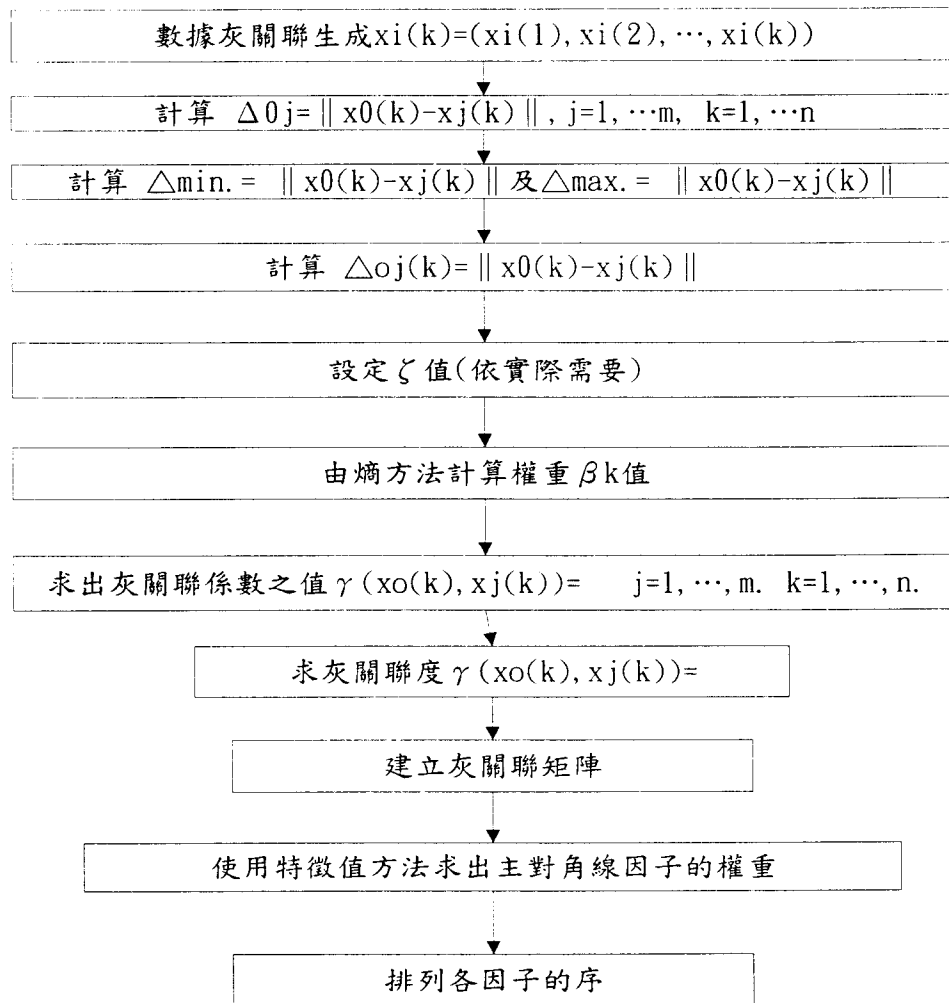


圖 2-3 整體性灰關聯度分析流程圖(資料來源：吳漢雄、鄧聚龍、溫坤禮(民 85)，灰色分析入門。p.26)

(三) 灰色理論在教學上的應用

現實世界中存在許多抽象系統(例如：社會系統，經濟系統，農業系統等)，因信息不完全或不明確的緣故，而無法被具體而微地描述，此系統謂之灰色系統(grey system)(康自立等，民 89)，對於該類系統內之事物，我們僅能藉邏輯推理的方式，運用某些已知或較明確的意識型態觀念及判斷準則，對系統結構加以論證，然後再利用各種模型加

以表達。而所謂灰關聯分析，就是對灰色系統因素之間的發展動態進行定量比較分析。它所要回答的問題是，某個包含多種因素的系統中，那些因素是主要的，那些是次要的；那些因素影響大，那些影響小；那些因素是明顯的，那些是潛在的，那些需要發展，那些是需要抑制的等。舉個例子來說：糧食生產系統，影響糧食產量因子很多；比如肥料、良藥、種子、政策、水利、科技…等等，利用灰色系統動態過程(即系統歷年有關統計數據)發展態勢的量化比較分析，把系統有關因素之間的各種關係，展現在我們面前，為系統預測、決策、控制等提供有用的信息和比較可靠的依據。由於這種方法能使灰色系統各因素之間的「灰」關係「白」化(清晰化)；因此，灰色關聯分析的方法，係根據因素之間發展態勢的相似或相異程度。也就是關聯度來做為衡量因素間關聯程度的一種方法，所以把它稱為灰色關聯分析，簡稱灰關聯分析。

因素分析我們常用的定量基本方法，過去主要採用數理統計的方法。計有回歸分析(包括線性回歸，多因素回歸，單因素回歸，逐步因素回歸，非逐步因素回歸)、方差分析、土成份分析；回歸雖然是一種較通用的方法，但大都只用於少因素的、線性的，對於多因素的、非線性的系統則難以處理。一般認為回歸分析有下述不足之處：

1. 要求大量數據，數據量少難以找到統計規律。
2. 要求分佈是線性的，或者是指數的，或者是對數的。由於線性回歸較易計算，大部份的人都希望分佈是線性的，若對單因素或少因素的情況，迴歸分析也允許是出現指數或對數的分佈；但整體來說，迴歸分析分佈的要求是較典型的，而不是雜亂無章的。
3. 計算工作量大，單因素、或兩個因素的回歸分析，計算工作量還不算太大，但兩個以上，計算工作且就會大到不便於手算的地步，而

得求助於計算機。

- 4.有可能出現反常的現象，因為回歸分析的計算只要是數據乘幕和四則運算，即平方和、全和等，運算過程由於計算機誤差容易導致計算結果出現極性錯誤，從而使正相關變為負相關，以致正確現象受到歪曲和顛倒。

灰色系統理論考慮到上述種種弊病和不足，採用關聯分析的方法來作系統分析，是分析系統中各個因素關聯程度的方法。或者說是對系統動態過程發展態勢的量化比較分析的方法。其基本思路是根據系統動態過程發展態勢，即系統歷年有關統計數據的幾何關係及其相似程度，來判斷其相關的程度，這種方法不同於其他因素分析，其主要特點如下：

- 1.對數據要求不那麼嚴，不像統計分析那樣，要有大量的工作數據；也不要數據有典型的分佈規律。
- 2.計算方法簡便，即使是多因素比較分析，計算工作量也不像統計分析那樣複雜，有計算機當然好，若沒有手算也可以完成。
- 3.這種關聯因素分析比較，實質上是幾種曲線間幾何形狀的分析比較，即認為幾何形狀越接近，則發展變化態勢越接近，關聯程度越大，因此按這種觀點作因素分析，至少不會出現異常的將正相關當作負相關的情況。

灰色關聯分析與數理統計回歸分析的差別，可依下列不同領域來分析比較：

- 1.理論基礎之不同，關聯分析是基於灰色理論基礎的灰色論過程，回歸分析是基於概率論的隨機過程。
- 2.關聯分析是對於系統的各行為因素列的態勢比較與計算，回歸分析是因素間各相對數值之間的計算。

3.關聯分析要求數據的個數不太多，回歸分析必須要有足夠的數據量。

4.關聯分析主要研究系統的動態過程，回歸分析以靜態為主。

綜合歸納上述以表 2-1 說明。

表 2-1 灰色關聯分析與回歸分析的差別比較表

處理方式	預測分析	
	灰色關聯分析	回歸分析
理論基礎之不同	基於灰色理論基礎的灰色過程	概率論的隨機過程
計算方式之不同	行為因素列的發展態勢比較與計算	因素間各相對數值之間的計算
要求數據之不同	數值的個數不太多	必須要有足夠的數據
系統研究之不同	系統的動態過程	以靜態為主

目前在教學上的應用大部份依然使用傳統的統計方法，而使用灰色理論的研究分述如下表 2-2：

表 2-2 使用灰色理論的研究(蔡吉勝，民 88)

李金玲、林正堅(民 87)	以灰關聯分析方法探討英文語文專長分組教學之研究
劉新勇(民 87)	灰色理論應用於技職教育技術課程設計之研究
林秋先、林憶芳(民 88)	利用灰色預測於適性教學時程研究分析
張保榮、顏榮甫、張偉哲(民 88)	灰關聯分析法在教學群組評量指標差異之研究

由文獻的檢索得知，目前灰色理論於教學上的應用仍屬少數，而且大都屬於灰關聯分析，未來在灰生成、灰建模、灰預測、灰決策與灰控制等方面，仍有許多揮灑的空間。

第六節 灰色理論應用於數位控制課程設計

教育部每年提供技職學校教師專業實務研習或赴公民營機構訓練，其目的是為老師們所教的學生其所學的能力能配合「當今」社會的需求，且加強技職能力以適應社會「未來」的環境。但技職學校畢業生對於原畢業學校之一般教學、知識課程、技術之教學、、、等不盡滿意。因為大部份老師的教材，課程內容未能革新以求適應。所以在教育規劃中，對技職教育課程，得時時求變，以滿足個人之需求與社會經濟之需求，始能在科技知識爆發中，發展國家經濟，使個人生存得更美好。這個問題在臺灣，以及德國、日本、瑞典及美國在過去及目前均有相同問題，也始終致力於解決這個問題，教育也就是為了解決就業產生重要性的問題。為了符合社會環境的變遷與補充現有課程內容之不足，謀求更有效率教育的科學管理新方法，務使重視「當今」從業者應具有的技術能力，同時強調學生「未來」需要的能力。由行業技術相關人員如：廠商、學者、技術員編製調查問卷將傳統的等距分數轉換為灰色非等距分數，本研究灰色統計方法尋出課程之設計與修訂之方針，比傳統的統計方法精確快速，容易判斷分析，此方法可供行業技術課程之設計參考外，亦可讓廠商知道教育之方針是否與未來相符合。

為了使學生畢業後，能立刻將所學的能力服務於行業界，而且也希望他們有潛力，能應付未來社會的變遷，以系統方略之應用為基礎與能力本位教育理論之推廣為依據，其技職課程設計或修訂之架構圖(劉新勇，民87)。說明理由如下：

一、準備階段：所計劃的技術課程設計或修訂，涵蓋現在的技術與具有未來所需之能力。所以

- (1)「當今」技術能力項目，依教育部所頒之課程標準與職訓局之技術士規範為藍本，因為這些資料經過學者專家所設計，惟因課程標準修訂時間太長或太慢，保持現狀，技術課程就容易落伍，教授該行業者，以此做為基本技術能力之依據，才合乎經濟效率。
- (2)「當今」技術能力項目均由擁有合格技術士證照的成功行業中人士做任務分析，因為行業技術士最清楚各種行業項目，能具體反應出意見，較可作為「當今」技術能力清單，及表示該行業現在可能所應具備的能力。
- (3)「未來」技術能力項目，是依據現今該行業與相關的雜誌書籍，經研究者工作經驗所擬訂，經學者及教授本行業技術的大專院校教師，與專家及該行業的製造商協助提出意見，作為「未來」技術能力清單。「未來」的技術能力，依理論僅能由學者專家所設定，無法由行業技術者得知，這是正確的抉擇。

二、發展階段：依據準備階段所得的能力項目，經問卷調查，統計分析之。

經由兩方面同時進行，所得之「當今」與「未來」能力清單合成為該項技術能力清單，依此擬出問卷調查表。

經行業技術者依分層抽樣調查，及經成功的行業技術士（及含有證照的技術士），本行業的專家（及元件製作設計者）與本行業的學者（及教本技術的大專院校教師），經問卷調查，統計分析後確定該技術能力項目。

三、改進階段：當決定技術能力項目後，及編寫課程內容，編制教材，與試教工作。

確定技術能力項目後，及可擬定課程目標與單元教材目標。
編寫教材，設計教學行為目標，評量標準，經試教後，及可

修正以上所列技術能力項目與課程。

四、灰色統計介述

灰色統計方法，以灰數的白化函數生成為基礎，將一些基礎數據，按某種灰數所描述的類別進行歸納與整理，判斷統計指標所屬的灰類。其步驟如下：

確定樣本矩陣，及決策並白化值 d_{ij} 。

$$d = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1^* & 2^* & \dots & m^* \end{matrix} \\ \begin{matrix} d_{11} & d_{21} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ d_{w1} & d_{w2} & \dots & d_{wm} \end{matrix} & \begin{matrix} \text{I} \\ \text{II} \\ \\ \omega \end{matrix} \end{matrix}$$

確定決策灰類的灰數及灰數的白化權函數，求決策樣本係數 n_{jk} 。

d_{ij} ：記 $N_{(i)}$ 為 i 個統計對象中統計人數，則

$$f_k(d_{ij}) \quad \text{I} = \text{I}, \text{II}, \dots, \text{w}$$

$$k = 1, 2, \dots, m$$

$$j = 1^*, 2^*, \dots$$

為第 i 個統計對象對第 j 個統計指標所提的決策量白化值。

n_{jk} 為第 j 個統計指標屬於第 k 灰類的係數則其計算公式為

$$n_{jk} = \sum_{k=1}^m f_k(d_{ij}) \cdot N_i$$

求決策權 r_{jk} 。

$$r_{jk} = n_{jk} / n_j$$

為第 j 個決策樣本主張第 K 個灰數的決策權

$$n_j = \sum_{k=1}^m n_{jk}$$

為第 j 個決策樣本的灰色統計數
 確定總和統計決策矩陣。

$$\begin{array}{l} 1m \\ 2m \\ \vdots \\ nm \end{array} R = (r_{jk}) = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r \end{bmatrix}$$

判斷決策樣本 1^* , 2^* , ... 所屬決策等級。

記 R 中第 j 行為 $r_j = [r_{j1}, r_{j2}, \dots, r_{jm}]$

若有 $r_{jk}^* = \underset{k}{\text{Max}}\{r_{jk}\}$

則說明 j^* 類決策樣本主張第 k^* 種決策量子力 (決策灰類)

記 R 中第 k 類為 $r_k = [r_{1k}, r_{2k}, \dots, r_{mk}]^T$

若有 $r_{j^*k} = \underset{j}{\text{Max}}\{r_{jk}\}$

則說明第 k 種決策量適合第 j^* 種決策樣本