

第五章 結論與建議

第一節 研究結論

本研究旨在發展高中學生科學實用智能的評量工具，並探討普通生和資優生的科學實用智能與學校表現之關係。依據研究目的，本研究分為兩個部分，茲將研究結論綜合說明如下：

一、「科學實用能力測驗」之內容與信效度

本研究所發展之「科學實用能力測驗」是針對科學領域而設計的，主要內容包含數學和自然，旨在評量把科學原理應用在日常生活的能力，適用的對象是高中生。每一題目均分析其運用的科目知識以及應用情境，試題內容由十位專家學者依其專業領域予以審核，以建立本測驗的內容效度。本測驗與其他性向測驗之相關大部分為低相關或是無相關，可見本測驗所測量之特質並不完全同於其他的性向測驗。在曾否參加過數理競賽或科展以及曾否得獎者於科學實用能力測驗上得分之團體差異分析中，結果發現曾參加過數理競賽或科展者在科學實用能力測驗的自然、數學與總分顯著高於未參加者，而且曾得獎者在科學實用能力測驗的自然、數學與總分亦顯著高於未得獎者，本測驗之構念效度亦得到支持。此外，在「科學實用智能與學校表現的關係」研究中發現「科學實用能力測驗」與命題已朝向生活化的基本學測分數相關高，也支持「科學實用能力測驗」具有生活實用的構念。

在信度方面，本測驗發展過程中以 1,263 名高中普通班學生與 366 名高中資優班學生測驗資料進行內部一致性分析，得到自然科之 α 為 .525 (普通班) 和 .536 (資優班)，數學科之 α 為 .465 (普通班) 和 .587 (資優班)，總分之 α 為 .612 (普通班) 和 .682 (資優班)，內部一致性並不理想。此外，並利用 158 名高中普通班學生建立重測信度的資料，以估計本測驗分數之穩定性，自然科部分之重測信度為 .711，數學科部分為 .602，總分為 .697，顯示此測驗具有中度的穩定性。

由「科學實用能力測驗」的發展與研究結果可知，本研究所發展的「科學實用能力測驗」為具有信效度之評量工具，可用以評量高中學生使用與應用數學及自然科學的原理原則解決真實生活中問題之能力。

二、「科學見識量表」之內容與信效度

「科學見識量表」是依據 Sternberg 的見識理論編製，評量在科學領域成功發展所需的見識，其內容架構分為經營自我、他人及工作三種型式的見識。在評量方式上，「科學見識量表」以自評的方式來測量，計分是採用專家標準的方式，分數所反應的是學生在科學領域發展的見識與專家的差距程度，可以用來進行不同專業水準者的見識差異比較。本量表經過十六位科學領域的專家檢核其內容效度，透過科學領域專家對「科學見識量表—專家評定問卷」的評定結果，顯示各問題情境與「成功的關連性」以及「發生頻率」都在高度以上，由專家、研究

生、大學生和高中生對「公開性」的評定，也顯示出隨專業性增加學習機會亦增加的趨勢，顯示科學見識量表具有內容效度。本量表與其他性向測驗均無顯著相關；驗證性因素分析結果支持三因素的模式，即科學見識量表分為經營自我、經營他人和經營工作等三個因素的構念模式得到支持；而且高中生、大學生和研究生等不同專業水準樣本在分量表與總量表上的團體差異分析結果顯示均有顯著差異；而大專生見識得分與表現測量之相關分析結果顯示，與研究有關之變項如研究專案、學術會議、發表論文和花在研究上的時間均有顯著的負相關；這些資料均支持「科學見識量表」的構念效度。此外，在「科學實用智能與學校表現的關係」研究中發現高中普通班學生在「科學見識量表」上之得分與學校適應有顯著相關，也支持「科學見識量表」的構念。

在信度方面，科學見識量表以 1,208 名高中普通班學生與 351 名高中資優班學生測驗資料進行內部一致性分析，得到普通班樣本之各分量表的內部一致性介於.938~.965，總量表為.984，資優班樣本各分量表的內部一致性介於.909~.957，總量表為.978，顯示本量表具有高度的內部一致性。除了內部一致性的資料外，本測驗並利用 152 名高中普通班學生建立重測信度的資料，以估計本測驗分數之穩定性，各分量表與總量表信度介於.874~.896 之間，可見本測驗具有高度的穩定性。

由本研究結果可知，「科學見識量表」為具有信效度之評量工具，可用以評量高中學生在科學領域的見識。

三、科學實用智能與學校表現之關係

本研究根據 Sternberg 所提之實用智能的理論，提出包括科學實用能力及科學見識的科學實用智能與包括成就表現和學校適應的學校表現之關係模式。在模式中，本研究假設科學實用能力、科學見識會影響成就表現和學校適應。

第一階段以 753 位高中普通班學生和 300 位高中資優班學生樣本進行「科學實用智能與學校表現關係模式」的適配度考驗，結果發現雖有部分資料未達理想值，但整體上理論模式與觀察資料可以適配。第二階段利用逐步設限的巢套模型來一一檢驗普通班和資優班樣本各種恆等假設下模式適配度的變化，結果發現普通班、資優班在科學實用智能與學校表現關係模式除潛在自變項的觀察變項之誤差變異是相等的之外，在模式型式、科學實用能力、科學見識對成就表現和學校適應的影響、科學實用能力與科學見識的關係、成就表現和學校適應此二構念所無法被預測的殘差變異量、以及各測量變項在反映其所形成的潛在變項上之效果並不一樣。

普通班樣本與資優班樣本的成就表現之有效觀察指標並不相同。在普通班方面，數理競賽與非數理競賽並不是成就表現的有效觀察指標，基本學力測驗反而是主要的成就表現指標；而資優班學生成就表現的觀察指標較具多樣性，有效的觀察指標包括數理和非數理的基本學測與競賽的表現，而基本學測與競賽表現為負向關係。

此外，普通班樣本與資優班樣本的科學實用智能與學校表

現之關係亦不相同。對普通班學生來說，科學實用能力與成就表現有高度的關係，但對學校適應則無顯著的影響力；而具有如科學專家般地處理事務之見識，對於成就表現並無影響，但卻可反應出在學校適應較良好。相反地，對於資優生而言，科學實用能力對成就表現有影響，但其對成就表現的解釋力不若普通生，對資優生的學校適應也無顯著影響，而資優生的學校適應與其所具有的科學實用能力以及其是否能像科學專家一樣地處理事務是無關的。

而科學實用能力與科學見識的關係，對普通生來說，二者並無顯著相關，但對資優生來說，科學實用能力與科學見識之間有顯著低相關。

另外，依據統計分析結果所建議的修正指標來修正模式，最後修正之普通班模式刪除了「數理競賽」指標，再增加「同儕關係適應」和「自我接納適應」測量變項的誤差共變以及「勤學適應」和「常規適應」測量變項的誤差共變兩個參數；在資優班模式方面，則增加「勤學適應」和「常規適應」測量變項的誤差共變參數，可見學生樣本不同，「科學實用智能與學校表現」關係模式亦不相同。修正後之模式適配度考驗結果，發現仍是模式的外在品質優於其內在品質，模式的修正對於實際觀察資料有更好的解釋力，但模式修正的主要貢獻，在於模式適配度的評估，對於參數本身而言，貢獻較少。

第二節 研究限制

本研究的限制如下：

一、研究對象的限制：本研究所發展之「科學實用能力測驗」與「科學見識量表」所建立之信效度資料主要來自公立高中的學生，評量工具適用對象只限於公立高中學生，因此以目前而言適用對象有限。而科學見識量表雖有以大學生和研究生為樣本進行效度研究，但取樣學校僅限北部的兩所大學，信效度的資料是否能應用在其他大學生身上，則有待未來進一步研究驗證。此外，科學見識量表的數理領域專家主要是在基礎科學方面，因此所評量的是在基礎科學領域發展所需之見識，不適於推論到其他如工程領域方面的見識。另外，本研究所提出之科學實用智能與學校表現之關係模式僅限於探討公立高中的普通班以及數理資優班學生，對於其他階段或類型之資優生是否能適用，則需未來進行研究驗證之。

二、評量工具形式的限制：本研究為求實施與計分的便利性，因此將評量科學實用能力的方式限於紙筆測驗的形式，此種施測方式確與在實際生活情境中解決問題的情形有差距。未來可再進一步發展其他型式的評量方式，以更深入了解學生的科學實用智能。

三、學業成就指標的限制：本研究在尋找高中生的學業成就指標時，因考慮到全省高中生皆有參與之評量的成績，故採用的是基本學力測驗的分數，而非以其平時各校所評定的段考或是學期成績。未來若待本研究對象升上高三參加了大學學力測驗，則可再蒐集學生在大學學測的資料進行研究。

第三節 教育應用上的建議

一、科學實用能力測驗與科學見識量表之應用建議

本研究所發展之科學實用能力測驗與科學見識量表為具有信效度的評量工具，根據研究結果，科學實用能力測驗可以評量高中學生運用數學及自然科學原理原則解決問題的能力，測得與一般高中所用性向測驗不同成分的能力；科學見識量表可以評量要在科學領域發展所需之經營自我、他人以及工作三種型式的見識，所測得之見識與在科學領域發展之表現效標間（如參與研究專案、學術會議、發表論文和花在研究上的時間）有顯著的相關。使用此兩種評量工具，有助於了解學生在傳統學業智能以外的能力表現，協助學生學習與發展不同潛能。而在實際運用上，若能配合其他質性的資料，例如作品與展演表現等，則更能深入了解學生的實用能力。此外，這兩種評量工具亦可作為未來探討科學實用智能與其他人類智能和特質等相關研究的工具，增進對個別差異的了解與擴展知識。

因兩套工具建立常模的時間為下學期之三、四月間，日後此測驗之運用時機，為求測驗結果之效度，應同常模樣本實施期間較為適宜。在計分方面，由於科學見識量表計分繁複，故本研究提供 SPSS 的計分程式以利使用。

二、對學校課程與教學之建議

由科學實用智能與學校表現關係研究中發現，普通生的科學見識與學校適應有顯著相關，又在高中普通生、高中資優生

、大學生與研究生四組的科學見識量表得分之變異數分析中（表 3-46）顯示資優生顯著低於研究生，因此未來在學校的課程中可加入有關解決真實問題的策略使用課程，亦即訓練使用策略以獲得見識而非直接訓練見識（Wanger & Sternberg, 1990），訓練重點是教導獲得見識時的三種處理方式：選擇性編碼、選擇性比較和選擇性組合。選擇性編碼指在學習中判斷與目的是有關連或無關連，選擇性比較指把新資訊與個人已知的相關部分做連結，選擇性結合指把相關連的資訊結合在一個一致而有條理的計畫中，如此使學生能因應不同環境問題的要求，增進其環境適應能力。

此外，本研究亦發現科學實用能力與成就表現有顯著相關，因此，對於普通生和資優生而言，在數理方面的課程與教學上加強其科學實用能力，有助其成就表現。

三、對數理資優生鑑定的建議

在科學資優教育上，教育工作者期望數理資優生將來能成為成功的科學研究人才，而科學見識量表所測得之見識與在科學領域發展之研究發表等表現效標間有顯著的相關，因此可將科學見識量表應用在數理資優生的鑑定上，在鑑定時參考學生的科學見識量表分數。

四、對推展資優教育的建議

本研究顯示資優生的成就是比較多元的，資優生因有優異的學習潛能與多元化的興趣，其成就不僅顯現在學業成績上，還包括各項競賽與表現，所以對從事資優教育工作者而

言，對於資優生的成就之看法，不應僅止於學業，而且應讓資優學生多參與校內外的各項競賽活動，使學生在學業以外的潛能得以發揮而有所成就。而為免這些具有多元才能的學生因升學壓力而隱藏其才華，教育行政單位應該暢通升學管道，讓這些競賽表現優異的學生，使其盡情展現，此也正符合資優教育的目標。

五、對資優教育評鑑與研究的建議

資優生的成就既然是以多元形式呈現，則日後進行資優教育的評鑑或資優學生的追蹤研究時，除關注學生的就學與就業動向外，可參考本研究所設計之「學校表現評量」，加入資優生成就表現的追蹤，例如調查資優生的作品、出版品、發明、曾獲得的獎項與榮譽等，以了解資優教育的成效。

第四節 未來研究的建議

一、持續建立評量工具的信效度

效度的建立是一個持續不斷發展的歷程，美國心理學會（APA）、美國教育研究學會（AERA），及美國國家教育測量諮詢會（NCME）1999年共同出版之規範測驗標準的手冊「教育與心理測驗歷程的標準」（Standards of Educational and Psychological Test）即指出測驗之「有效化歷程（validation）就是一個不斷累積證據以提供測驗分數詮釋的科學基礎」，因此在未來仍須不斷進行研究以收集各種證據以支持科學實用能力測驗與科學見識量表的效度，例如以放聲思考來詳細記錄學生在科學實用能力測驗上解題時的認知反應歷程，或是進行多重特質多重方法的效度研究，以及持續蒐集學生表現資料，進行科學見識量表與其他學校表現效標的相關研究以建立評量工具的預測效度等。

二、擴大研究樣本

目前本研究所發展的評量工具適用對象僅限於公立高中學生，未來可增加私立高中高職的研究樣本，使適用對象範圍變廣，而科學見識量表亦可實施於高等教育中的數理科系學生，除增加對象之適用性外，亦可增進了解數理科系學生的科學實用智能。

三、發展不同形式的評量方法

原科學實用能力測驗僅限於選擇題式的作答方式，未來可再發展不同形式的作答方法，如開放式的問題或是設計成實作評量的型式，使評量問題與方式更能接近複雜世界裡的真實性。至於科學見識量表，未來可以加上教師及同儕等的評定，以了解評量結果的一致性。

四、進行科學實用智能與其他分析智能、創造智能的關係研究

進行科學實用智能與其他分析智能、創造智能的關係研究，除可了解學生的三元能力特質外，在資優生的鑑定、教學與評量時皆以統一的理論進行，並探討性向與處理交互作用的效果。

五、探討並追蹤資優生的成就表現

本研究結果發現採用基測與競賽表現來作為資優生的成就表現指標，並不能完全解釋資優生的成就表現，未來可再深入探討，尋找資優生的其他成就表現指標，以了解資優生的表現，並持續追蹤他們的成就。

六、進行「科學實用智能與學校表現關係模式」之修正

本研究以原普通班和資優班樣本的統計分析結果分別進行「科學實用智能與學校表現關係模式」的修正，修正結果發現，模式的內在結構適配度並未較以前改善，未來可再收集新的樣本資料，進行模式的修正。而在修正的統計考驗中，發現影響

模式適配的主要因素是來自「學校適應」此潛在變項的測量模式，因此未來可針對代表「學校適應」此構念的「學生在校行為問卷」進行複核效化的考驗，以確認此測量工具是否具有跨樣本的測量恆等性後，再進行「科學實用智能與學校表現關係模式」之修正考驗。