

談科學才能的選拔

洪志生

臺灣省國民學校教師研習會

前 言

從教育的立場而言，科學才能之發現愈早者，及時助其發展，則所施的教育愈有效果。因此教育上培養科學人才的首要任務，在於運用適當的方法，及早辨識科學才能。

辦法公布之後，教育部於今年三月給全國各公私立中學公函，請各校於二月十五日將合於規定的資優學生資料送到省市教育廳局進行初選，初選通過學生送師大科教中心複選，複選合格者連同全國數學競試前四名、全國科學展覽成績優異者，可以參加師大科教中心所設計的科學營，透過科學營的研習活動，學生的實際能力受到考核。

在科學營中所進行的能力評量方式，是由學者專家們所精心設計，意在發掘真正的科學人才，這種方式在國內可說是創舉。進入科學營的學生，必須接受下列的考驗：

1. 接受四項測驗，依次為：「創造力測驗」、「性向測驗」、「智力測驗」、及「科學成就測驗」。
2. 選擇研究的學科和專題，進行研究：從數學、物理、化學和生物四科中選擇一科，在教師協助下選定研究專題，以單獨或合作的方式進行研究。
3. 提出研究成果的書面報告和口頭報告。
4. 隨著各人所選擇的科目而進行的特別活動：
 - ① 化學創意實驗——給學生十多種化學藥品，讓他在規定的時間內進行實驗。
 - ② 生物創意實驗——給學生所需的工具，學生自己想出一種新的實驗方式，進行實驗。
 - ③ 數學著作研讀報告——給學生一本數學著作，經研讀後提出報告。

評定科學才能的標準不是單一的，要看學生整體的反應，包括：測驗的結果；選擇研究的題目是否有意義；研究的結果是否有科學價值；實驗的結果是否有新發現；所提出的問題

是否有廣度和深度；書面報告及口頭報告的內容；研究過程中所表現的研究態度、專業知識和創意。

資優生的科學營於四月十一日隨著錄取名單的公布而落幕，但有關科學才能的選拔却成為許多人關心的話題。教育部可能將這項辦法納為正式制度，並考慮設置獎學金以獎勵這類學生在大學研讀基礎科學。有關科學才能的選拔活動和評量方法，在國外早有先例，本文旨在由文獻論述中探討科學才能的衡量，作為我們的參考。

觀察科學才能的特徵

在缺乏有效之衡量工具的情況下，所倚賴者常為主觀的觀察與判斷。而在學校中對學生能做較長時間之觀察者，則厥為教師，因是教師的評定，每為認證科學才能的資料來源。

Brandwein 曾在紐約的林丘中學 (Forest Hills High School) 觀察十三名被認為具有科學才能的學生，發現他們具有下列的特徵：在歐迪思智力測驗的得分在 125 以上，閱讀分數 (Reading score) 約 15-16 (9)，有學習和研究的特殊潛能，在班上為前十名，作業優良，具有廣泛的普通能力，在學業上稍有弱點，數學和語文能力頗佳，常表現高度的技巧和發明的能力。

Subarasky 曾經多年從事中學科學教育，著有成就，他在所著「何謂科學才能」(What is science talent) 一文中，指出科學才能者通常具有下列四項特徵：

1. 天賦強烈的好奇心。這種好奇心是從童年時期即已顯示出來，使他熱衷於觀察新奇的事物，不斷地加以探究，終能發展成持久的興趣而導致終其一生無止境的研究與探索。

2. 警覺問題於隱微之處。一般人習以為常的現象，他却不認為是理所當然，他能夠觀察其中的問題，然後運用富有創造性的想像力去形成某種嘗試性的假設，再藉著進一步的觀察或實驗加以驗證。

3. 計量思考的能力和偏好 (Ability and predilection to think in quantitative terms)。他不滿足於僅僅描述所觀察到的現象，還要進一步的加以測量，而以量化的或數學的方式呈現。

4. 機械的心向 (Mechanical-mindedness)。在從事科學研究的過程中，他能夠靈活的操作並使用各種科學儀器和實驗室的設備，必要時且自行設計合用的器具。

Fehr 為了幫助學校教師以觀察的方法而更正確的辨識具有科學及數學潛能的學生，他列舉出十項有關的特徵：

1. 記憶的能力：或許是由於擅長使用關連性的思考，使他具有令人驚奇的心理貯存量。
2. 高度抽象思考的能力：能夠迅速而正確的形成推論。

3. 能將所學到的數學觀念或科學知識應用於實際問題中，能夠熟練的應用符號和關連的思考。

4. 智性的好奇 (Intellectual curiosity)：其動機並不在得高分或附從教室中的教學型態，而能自己思索出一個結果。

5. 有堅毅力的目標導向 (Goal-directed) 的行為，能夠專注的深入問題的核心，不輕易放棄。

6. 直觀 (Intuition) 的能力：能透澈的領悟到問題的關鍵，把握問題解決的方式。

7. 高度的字彙 (High vocabulary)，能流暢的描述和科學有關的事物。

8. 強烈的興趣和偏好，使他對科學研究樂此不疲。

9. 具有創意 (Virtuosity)：對於一個似乎不能解決的問題，能換另一個角度去考慮，並提出別出心裁的解決問題的方法。

10. 在數學和科學的領域，具有豐富的正確知識。

一般而言，觀察法的缺點有三：一由於教師與學生相處時間較長，學生的行為每易引起教師的好惡之感，以致在評判中混有情感作用，使判斷的結果更趨主觀而失實。二關於記憶、好奇、抽象思考等特徵，缺乏一定的標準，因此難以有效的評量。三教師可能缺少心理學的知識作為判斷的基礎，或由於智力平庸不能敏銳的辨識科學才能。教師應該瞭解：附從於一定型態的教學方式、做好指定的作業、合作、自足，或其他類似的良好品質，並非科學才能的指標。教師應該多提供學生表現的機會，讓所有的學生都有機會展露其才能，如此才有可能發掘到科學的人才。

由科學競賽活動中選拔科學人才

舉辦科學活動方面的競賽，也可以發現具有高度科學能力的學生，如科學展覽、科學才能競賽、數學競試等，從這些具有啟發性及施展性的活動中，可以分辨出學生科學能力之高低。美國有名的西屋科學天才選拔 (Westinghouse Science Talent Search) 是從1924年開始的，由科學服務社 (Science service) 主持，此為每年一次全國性的高中學生科學才能競賽，優勝者可獲得西屋科學獎金。然而其意義並不只在獎學金的爭取，更重要的是激發中學生對科學的興趣。每年有成千的男女學生受到鼓舞而去從事他自己創作的科學研究計畫，並且經歷到從事實驗研究的渴望。這項活動的主要目的有三：

1. 發掘具有科學才能的中學生，並加以培養。

2. 使具有科學才能的青年感到發展其自身科學智能之重要，以期將來能以科學研究對人類世界的和平和穩固有所貢獻。

3. 使成年人覺察到科學在今日世界中逐漸演變的重要角色。

爲了挑選真正具有創造潛能的未來科學家，俾能對人類文化之革新有所貢獻，因此比賽相當嚴格，許多學生不能達到要求。爲使比賽的程序有效而經濟，每年皆應用所謂的「連續障礙跳越」技術（*Successive hurdles*），使與賽者接受三方面的考驗：

1. 接受一項冗長而艱難的科學能力測驗（*Science Aptitude Test*）。

2. 學生在校的記錄以及教師的推薦函，內載該生在科學能力、機智、創意、工作習慣、社會能力和機械能力等方面的資料。

3. 撰寫一篇千字左右的個人科學研究計畫。

此項活動原是試驗性的，然而其影響却遍及全美，含意深遠。主辦單位每年將問卷郵寄給所有曾在比賽中獲獎的優勝者，以進行追蹤研究，由優勝者日後的成就，可以證實該項活動的效果。

以客觀測驗評量科學能力

爲避免教師的主觀影響，研究者曾試圖訂定衡量科學能力的標準，以編成測驗，將測驗的結果，用統計方法加以處理，做爲辨識科學才能的依據。茲將國外幾種較爲著名的科學能力測驗，舉述如下：

(一) 史丹福科學能力測驗（*Stanford Scientific Aptitude Test*）：適用於高中及大專學生，目的在測量個人對實驗工作的偏好、定義的清晰、審慎的判斷、查出謬誤（*Detect fallacies and inconsistencies*）、邏輯推理、獨創、歸納、演繹、仔細與有恆、實驗資料的取捨和編排、正確的解釋和正確的觀察等能力。編製者 D.L. Zyve 的基本觀點是將科學能力看成一些能力的組合。測驗的題目設計甚佳，曾經多方採用，或可當做科學能力的指標，但由於未做標準化和進一步分析的研究，故缺乏預測上的價值。

(二) 理工科學能力測驗（*Engineering and Physical Science Aptitude Test*）：這是根據標準化的程序而編製的，共有六個分測驗：數學、用代數公式表示科學上的關係、物理學知識、算術推理、科學術語以及機械關係和問題的理解。其統計資料顯示：若以大學工程課程爲效標時，測驗有甚高的相關，尤以物理學及化學成績的相關爲最高，與工程應用課程的相關則較低。

(三) 普度物理科學能力測驗（*Purdue Physical Science Aptitude Test*）：本測驗適用於初三到大一的學生，目的在甄選具有科技才能的學生，以便接受適當的教育。測驗從四個方面評估學生的知識和能力：基本數學運算、數學問題解析、科學字彙、科學事實和原理。有一半以上的題目是數學方面的。由於在內容效度及預斷效度上皆缺乏充分的證據，因此

，與其當作能力測驗，不如作為團體中分組教學的依據。

(四) 愛渥華化學能力測驗 (Iowa Placement Examination : Chemistry Aptitude) : 適用於高三到大一的學生，目的在測量學生的化學能力，預測其學習化學成功的可能性。測驗分為四部份，第一部份測量學習化學所必備的數學能力，第二部份測量由文字敘述導出代數式的能力，第三部份測量運用化學符號的能力，第四部份測量對於重要原理精熟的程度。這是一份應用得相當廣的測驗，信度 .96，測驗得分和大學第一學期得分的相關為 .50。

(五) 科學能力測驗 (Science Aptitude Test) : 凡是角逐西屋電氣公司科學獎的高中生，在比賽過程中必須接受此項測驗。為了防止洩題，測驗的題目每年更換，其內容則有固定的形式，由三個部份組成：

A 部份—取材自學生在課堂上或教科書上所能獲得的科學知識，共五十題。

B 部份—取材自當時發行的科學著作中較為新穎的題材，以測量學生在新奇的環境中選擇並應用科學原理、科學過程的能力，共五十題。

C 部份—取材自課外讀物、實驗室研究等教科書以外的科學知識，共四十到五十題。

據每年編製測驗的學者指稱，B 部份對總分的影響最大。華生 (Watson) 曾就 1952 年所使用的測驗加以分析，他以來自新英格蘭 (New England) 的兩百名與賽者為樣本，計算其平均數和標準差，發現 B 部份分數在三個部份中份量最重，且具有最大的標準差，可見在整個測驗中最具有鑑別作用。

(六) 普通科學測驗 (Read General Science Test) : 適用於初一到初三的學生，目的在測量學生對於自然科學的基本知識技能精熟的程度。正式題本共七十五題，編排美觀，指導語簡明扼要，其命題頗合測驗建構之一般原則，並有例題和圖表，堪稱測驗中之佳作，統計資料顯示：試題的難度、鑑別度和測驗的內部一致性都達到相當滿意的程度，唯缺乏資料以顯示其預斷效度。本測驗的缺點是過份強調事實材料的記憶，而忽略了諸如應用、綜合、評鑑等高度的心理能力，因此，不如問題導向 (Problem-oriented) 的測驗，可以測量理解和應用的能力。

(七) 科學知識測驗 (Test of Science Knowledge) : 本測驗包括兩個分測驗，其一測量科學知識，涉及氣象、天文、地質、物理、生物和數學等方面；其二測量科學的理解、方法和邏輯，這一部份使用曲線、圖表、圖形等，以及科學的術語，可以評量個人在科學領域中涉獵廣博的程度。然而由於著重科學的術語和符號，使得那些在抽象理解方面有困難的學生很難得到高分，所以不適用於測量教育不利、閱讀能力欠佳者的科學智慧。

科學能力之衡量，雖受教育及心理學家的重視，然而如何編製客觀而適用的衡量工具，仍為一項尚待解決的問題，此種困難主要由於四項因素：(一)一般的科學能力測驗，涉及科學的術語和符號，不適合測量閱讀能力欠佳或文化貧乏地區的學生；(二)現有此方面的測驗，多

半較重事實材料的記憶，而忽略了應用、綜合、評鑑等高度的心理能力，難以測出學生真正的科學能力；(三)測驗內容可能受到學校課程的影響，所測得者偏重在成就方面，不足以作為預測受試者未來成功的依據；(四)在測驗的效度方面，仍有待進一步的研究加以驗證。

結 論

目前一般用以衡量科學才能的途徑有觀察、科學競賽活動和科學能力測驗等方法。學校的科學教師經常指導學生從事科學活動，可以直接觀察到學生對於科學的興趣及所顯示出來的特殊能力。然而教師的判定有時難免陷入主觀而造成錯誤，為了增加觀察資料的可靠性，教師宜對科學才能的特徵有更多了解。科學競賽活動可以鼓舞學生科學研究的興趣，並激發潛能的表現，確為選拔具有科學才能者的有效方法，我們每年一次的全國中小學科學展覽中，常有優異的作品出現，今後有關單位若能多提供比賽的機會，必能發掘更多的科學人才。標準化的科學能力測驗是一般所公認的客觀而有效的衡量工具，今後宜在測驗編擬之技術上進一步研究改進。上述三種方法，宜配合使用，以獲得相輔相成的效果。

參考文獻

1. 林香葵：資優生是怎麼通過層層甄試的？—深入瞭解科學營的測驗標準、進行過程和公平性。民生報，民國72年4月19日。
2. 教育部：中學數學及自然學科資賦優異學生輔導升學要點。民國71年。
3. 賈馥茗：英才教育。台灣開明書店，民國65年。
4. Brandwein, P.F. The selection and training of future scientists. *The Scientific Monthly*, 1947, 64, 247-252.
5. Buros, O.K. (Ed.) *Science tests and reviews*. Highland Park, N.J. Gryphon Press, 1975.
6. Davis, W. Search for talent in science. In P. Witty (Ed.), *The Gifted Child*. Boston: D.C. Heath & Company, 1951.
7. Fehr, H. General ways to identify students with scientific and mathematical potential. *Mathematics Teacher*, 1953, 46, 230-234.
8. Freeman, F.S. *Theory and practice of psychological test*. New York: Henry Holt & Company, 1955.
9. Subarsky, Z. What is science talent? *The Scientific Monthly*, 1948, 66, 377-382.
10. Watson, F.G. Analysis of a science talent search examination. *The Science Teacher*, 1954, 21, 274-276.