

對科學教育錯誤概念 研究之省思

鍾 聖 校

國內許多科教學者自民國78年開始，陸續投入有關錯誤概念（或稱迷思概念）之研究。本文嘗試以通觀方式，反省錯誤概念的研究問題，包括對象、目的及意義。本文指出錯誤概念有兩種層次，一種是對「特殊內容」的思考結果，一種是有關「因果推理」的思維方式。前者具有個別性、不穩定性，對改善個別學習狀況具有參考價值。後者較具普遍性，有建構或修正理論的學術價值。本文並指出錯誤概念的鑑別，本身是一詮釋過程，具有創造性。欲發掘錯誤概念背後的想法，須具備若干條件。包括：1. 被訪者的後設認知能力；2. 研究者個人的轉譯能力；3. 學術界有效關係因果推果的發展理論。前兩種條件涉及研究者之選擇，第三種條件則與認知發展或概念發展理論有密切關係，其中皮亞傑理論格外值得重視。

（國科會專案計畫編號為 NSC81-0111-S-152-501-N。）

壹、前言

一九七〇年以來，受認知心理學基模建構理論的影響及研究取向的轉移－質的研究勃興，以及一貫追求教學績效的努力，科學教育界開始重視學生的錯誤概念(misconception)。一九八三年第一屆國際錯誤概念研討會在美康乃爾大學舉辦，從此更確定錯誤概念在科學教育研

究中的地位。

學術界研究錯誤概念的途徑有二：一是探討錯誤的內容，著重描述錯誤是什麼？二是探討這些錯誤概念發生的原因。

在內容研究方面，錯誤概念的研究範圍很廣。Boujaoude (1991)指出一個概念若在語義上很豐富，且在日常生活和科學界有不同的意義時，容易形成各式各樣的理解，這種概念最適合做為研究「錯誤概念」的題材。

目前國內有關錯誤概念內容描述之研究，因國科會從民國79年起即整體規劃，邀請各有關科教專家以及對概念研究有興趣的人士，針對各種與自然領域有關的主題進行探討，至今已累積了相當程度的研究發現。但對於錯誤概念發生原因及修正的方法，則或停留在理論的說明，或經驗的推測，或從事運動概念之發展與變項關係之研究。外國學術界有關影響修正錯誤概念的相關研究及實驗研究也不多(Lawson et al. 1989)。

考查錯誤概念之相關及實驗研究較少之原因，實與錯誤概念多採質的研究有關。由於缺乏量化資料，遂無法進行相關或教學效果之比較研究。但近年由於研究方法之改進，透過質的晤談結果，發展紙筆測驗，來進行量化的研究論文開始出現。

鑑於錯誤概念的研究是科學教育的一大課題，學術界除了不斷致力發掘學生錯誤概念的內容外，如果能進一步檢討研究的對象、方法，將各零零總總的研究發現，加以整合，從而面對錯誤概念研究方法論上的問題，並尋思此研究之意義和啓示，則不僅能對這些年來的努力予以定位，亦能收「檢討過去，策勵未來」之效，使科學教育研究更上層樓。

貳、錯誤概念研究之對象

當前有關錯誤概念的研究，在對象及方法兩方面均尚有若干疑點有待澄清，以下謹分析之。

一、研究的對象究竟是概念？還是概念想法？

錯誤概念 (misconception) 一詞早在 1940 年 8 月出現於美國 Science Education 雜誌中，篇名為 "An Evaluation of Certain Popular Science Misconception" (陳啓明，民 80)。自從 1970 年起錯誤概念之研究開始受重視後，世界各地的學者，或用此相同的字表達內涵不太一樣的意思；或用不同的字表達內涵其實一樣的意思。為了解答研究間的可參照性及比較性，有必要先對 misconception 一詞做概念分析。

(一) 錯誤概念的詞義

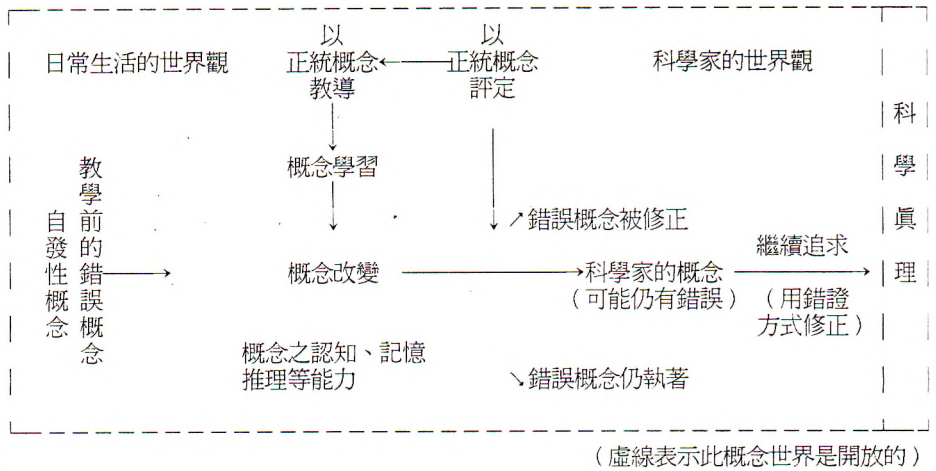
中文「概念」一詞在英文有兩種表達方式，一為 concept；一為 conception。根據韋氏大字典說明，"conception" 雖然經常與 "concept" 一字交換使用，但略有差別。concept 一字是指我們對一串特殊事例思考過後形成的意念 (idea)，它可能是非常抽象的，也可能是模糊地感覺到的 (sensed)。Conception 則強調想像 (imagining) 的過程或概念形成的過程而非結果，如果用 conception 來表示結果，所表示的也是那種透過抽象或反省思考所產生的複雜產品。此種產品是人對於某事的想法和信念的總合。

misconception 是在 conception 一字前加字首 (prefix) "mis"。考查 "mis" 有表示「壞」、「錯誤」、「不利」之意，故 misconception 的主要意思是指會造成不利或錯誤的概念或概念想法。

(二) 錯誤概念的概念背景

「不利」或「錯誤」是在差異比較中「突顯」的。為何其他學科，如社會科、國語科沒有所謂 misconception，而在自然科才有，且蔚為科學教育研究之重要領域？究其原因，實與(一)自然科知識的「學習」觀(二)科學哲學的「錯證」(falsification)觀、以及(三)概括的「認知發展」程度有關(鍾聖校，民 82)。

由於上述三項觀點關聯密切，構成一種持續的發展，故錯誤概念在整個科學真理的追求(包括學習)過程中，成為無法避免的現象，只是錯誤程度輕重有別而已。本人謹將這現象整個稱為錯誤概念的背景。此概念背景可以下圖一表示。



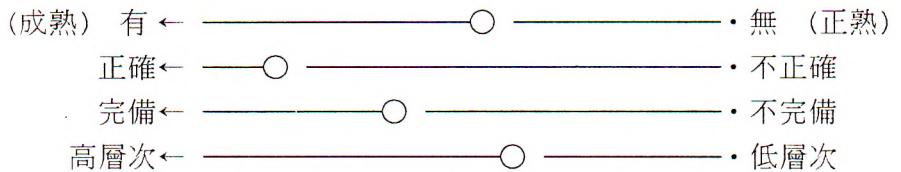
圖一 錯誤概念的概念背景

(三) 錯誤概念的性質

Driver et al. (1985)曾指出錯誤概念有三種性質：個人性(personal)、不一致性(incoherent)及穩定性(stable)；林福來(民79)認為錯誤概念主要性質為不完備。綜合各種文獻，可知錯誤概念至少具有下列八種性質。

1. 過程性：

鍾聖校(民82)以晤談法訪談五、六年級未上過及已上過電動機單元的學生，並比較六年級學前、學後對此單元概念的認識，發現皆有錯誤概念，唯內容和程度不同。顯示錯誤概念是在概念發展或概念學習的過程中出現的。若以一直線表示概念發展的連續體，則錯誤概念是出現在此連續體中的任一點。如圖二。



○表示過程中出現的錯誤概念

圖二 錯誤概念在概念發展中的過程性

2. 不完備性：

在各類錯誤概念的晤談資料中，可發現大量的受訪者，其回答不夠完整，且這種不完整，不是表達力的問題，而是對問題的思考不周全，以致說出的概念也失之片面或零碎。

3. 非正統性：

大部分研究在分析晤談資料之前，都會向有關專家，或該學科教授請教，確定鑑別錯誤概念的依據。表示這些依據是來自正統的、科學家的或專家的說法。即便判定「迷思想法」的概念層級時，也需訴諸像皮亞傑這等研究認知或概念發展的學者，以他們發表的理論做區分之架構。

4. 思考性：

錯誤概念雖然是一種陳述出來的內容，但它含有概念思考的成分。仔細分析晤談內容，會發現受訪者有下列現象：

- (1) 沒有概念時，可能意含兒童沒有適當的知識內容去想，以致出現 misconception。
- (2) 有概念但模糊時，可能意指兒童的知識內容很貧乏，只能讓他做些不完備的 conception。
- (3) 有錯誤概念時，可能意含兒童有些知識內容，讓他提出 misconception。

上述概念之提出皆有思考成分，無論造成思考結果的方式是直覺、錯誤的類比、不正確的推理或不成熟的運思。

5. 個別性：

有許多錯誤概念及其想法是相當特別的，屬於受訪者專有。例如鍾聖校（民82）對六年級做的晤談，其中有位受訪者係資優生，她對假設之形式，就有在資優班做過專題研究的經驗背景，故概念見解與其他學生不同。

研究者在閱讀晤談資料之謄稿時，覺得像在面對一個個活生生的人。那種真實感覺實因錯誤概念是屬於個人私有的，是人們以自己的想法，將外在訊息內化，用自己的經驗來建構事物意義產生的，故所得之概念及想法，相當具有個別性。

6. 普遍性：

錯誤概念在教學歷程中的變化，可從統計教學前、中、後三段，錯誤概念出現率消長的情形得知。但可發現某些錯誤概念確

實普遍性較高。例如學生普遍都有「假設的內容必須是正確的」這種程序性知識錯誤概念（鍾聖校，民82）。綜觀全球各地可發現許多一樣的錯誤概念。

7. 不穩定性：

錯誤概念在學生缺乏概念的情形下，是相當不穩定的，容易出現，也容易拋棄。此外亦發現許多受訪者在晤談過程中，自覺某些想法不對勁或判斷不佳，而自動放棄。

晤談前後錯誤概念的不一致，實為學童對概念沒有清楚的認識，因而沒有確定的見解，想法易變，顯得不穩定。

8. 頑固性：

雖然有些錯誤概念很容易經過教學或簡單的解說，就得到改變（陳啓明，民80）。但有些錯誤概念，雖經過教學時教師提出大量的證據或費許多口舌講解，仍然一再出現，讓學者不得不承認其根深蒂固的存在事實。

研究錯誤概念究竟在研究概念或研究概念想法？從上述性質看來，答案是兩者兼而有之。

二、錯誤概念之後是否還有迷思想法？

常見之 Misconception 中文翻譯有兩種：即錯誤概念及迷思概念。兩者背後的理念略有不同。通常研究從教育立場出發者，比較關心 misconception 之修正問題，故採取「錯誤概念」之譯名。這類研究的方法及內容，實際上與其它「迷思概念」之研究是可以互相參照的。亦即當我們以 misconception 的觀念來談研究時，語言是相通的。

但本研究過程中卻發現 misconception 之本身，就可以再區分出兩個層次，暫時稱之為錯誤概念及迷思想法。也就是 misconception 之研究，可因晤談問題的深度及判定某概念想法錯誤或不解（包括 wrong、false、unsound、erroneous、unsophisticated、unlearned、naive）的標準，而再區分為兩層，其中迷思想法屬較深層的部分。換言之，發掘錯誤概念和迷思想法的方法不同。探尋「錯誤概念」的問題是「你想它是什麼？它為什麼樣？」尋訪「迷思想法」的問題是「你為什麼這樣想？」

舉例言之，當我們訊問「你怎麼判斷電磁鐵的磁極？」錯誤概念的說法是：我利用電池的極代表電磁鐵的極（或類似敘述）。當我們

針對錯誤概念的說法再問：「你爲什麼樣想」，學生若能回答，其答案便是迷思想法。也就是迷思想法會表達出因果推理判斷的依據。故迷思想法的說法將是：我用靠近的做判斷，即採用「接近性」因果判斷（或類似敘述）。

三、支持錯誤概念之上還有迷思想法的論點

1. 迷思想法可指出一連串錯誤概念背後的思考體系、架構、方式。Gilbert, Osborne & Fensham (1982:623)就說「被兒童所持有的不僅僅是孤立的想法，……而是概念架構的部分，這概念架構提供兒童一個他們認爲是一致的、合理的對世界的看法」。
2. Hills (1989)也提到在 "Primitive science or unsophisticated science" 的領域中，有兩種稍微不同的變異：
 - (1)傳統對 misconceptions 的觀點較偏重特殊的敘述句(particular beliefs or statements)如「人不是動物」、「熱是一種物質」。但這種觀點，沒有考慮到此 misconception 在個人更大的信念網路中重要的角色。
 - (2)當我們考慮到 misconception 更深一層在信念網路中的成分時，用迷思想法去說它，可能有助於區別它的傳統意義。
3. Posner & Gertzog (1982)也隱約地主張晤談所得反應可分爲錯誤概念和迷思想法兩種資料。他們稱迷思想法爲不健全的推理(unsound reasoning)，稱錯誤概念爲無效的結論(invalid conclusions)。他們認爲無效的結論可能是用健全的推理去思考錯的前提帶來的，而學生所持有有效的結論可能只是在錯的前提導引下又做不健全的推理而產生的。他們似乎認爲錯誤概念的推理含有知識的成分，而迷思想法則純然是一種思考方式。
4. Bernstein (1983)指出愈來愈多人知道迷思想法的研究應該在脈絡中尋找意義。因此「孤立」的句子或信念(isolated sentence or belief)不是良好的分析單位。可以說錯誤概念是一個似乎不同於正統概念的句子(a seemingly deviant sentence)；而迷思想法是一個顯然逸出思考正軌的信念(an apparently aberrant belief)。
5. Strike (1983)也主張我們應把迷思想法保留在說明學生持有的某些科學概念，這些概念具有下列性質：

(1)具有非爭論性的毛病。

(2)會造成誤解而產生其他的錯誤概念。

6. Dupin & Johsua (1987)，發現教學時用操作探討方式教的電壓觀念 (notion)，在8年級時能產生正確概念，但10年級時錯誤概念又出現。究其因，即因為迷思想法在作用。

綜合言之，錯誤概念有兩種層次，一種是領域特殊的思考結果；一種是普遍的有關「因果推理」思維方式。在領域特殊的思考結果方面，談到的是用某種思維方式，思考出某特定問題的解答，這解答會因思維方式的不成熟或具體性質，而顯出各種錯誤。目前國內科教學界各領域針對不同的範圍，如電、水循環、力與運動、月亮的位置、生命概念等之研究結果，部分屬於這個層次，這層次研究的發現，如前所述具有個別性、不穩定性、對該單元或領域或個人的學習可能有參考價值，但對其他領域則幫助不大。因此有人質疑，錯誤概念的研究，可以針對數十、數百的概念主題進行，一一列舉學生可能犯的各種錯誤情形。然而此種研究既有領域的特殊性，則研究幾時休矣？

若採第二種層次的研究，即去發掘錯誤概念後面有關因果推理的思維方式，則研究結果較具有普遍性。也就是它處理到電的、水循環的、力與運動、月亮位置等等錯誤概念，其背後可能的共同原因，共同的思維特徵。國內洪木利（民79）研究運動概念，大體就發展到此，故能提出概念層次的理論，當然這種理論不是全新的，而與皮亞傑之基礎研究有關，也常需要用橫斷法，在同時間搜集不同年齡層的個案，分析他們的迷思想法，採摘實例，來印證其因果推理層次或皮亞傑認知思考層次的說法。

叁、錯誤概念研究之方法

學生表面正確的概念回答，深究起來，也可能不完備、不中肯，有迷失偏執的情形，因此錯誤概念挖掘的深度可能不同。又因為要透過語文說明來判斷，兒童回答完備否，尚需視其運用語言文字的能力。班級教學中幾乎每個學童都程度不等地有一些錯誤概念。因此錯誤概念的認定本身變成一個創造性的、詮釋的過程。

一、問題的深度與錯誤概念的內涵有何關係

本人在民82年之研究中，曾採用晤談法了解學生對電動機轉動原理的錯誤概念。結果為：無論是標準化開放式或引導式晤談都發現五年級學生傾向以外力之作用，如通電、電力發動……來解釋電動機為什麼會轉動；六年級學生則會進一步用「電樞和場磁鐵互斥」的概念來解釋。

但六年級學生雖以「電樞和場磁鐵互斥使電動機轉動」作答，卻可能只是將老師最後歸納整理的成果記錄下來。故當進一步追問六年級學生：「電樞和場磁鐵為什麼能互斥，而使電動機轉動」，其概念之正確錯誤又各有不同。

總之，錯誤概念的想法會因問題不斷生成，而被發現提出。也就是每一個概念之形成，必有其背後思維的方式，這方式可能有對有錯，必需靠問題反覆刺探，才能辨明。可以說問題的深度，決定錯誤概念的內涵。

二、發掘迷思想法必須具備何種條件？

1. 兒童具有某種後設認知的能力

如前所述，迷思想法志在發掘錯誤概念「怎麼想的」。晤談時間到的概念，其實是「果」，是迷思想法的果。真正造成這果的迷思想法，必須用問「你為什麼這樣想」來發掘，但小朋友可能說不出為何自己會這樣想。說不出可能是根本沒想到，故兒童需要有某程度的後設認知能力。

2. 發掘迷思想法有賴研究者「轉譯」的能力

如果被訪談的人能自己說出為什麼這樣想，當然很容易找出迷思想法，否則研究者需就被訪者說出的那句「錯誤」－錯誤概念，進一步推敲，加以轉譯，找出更深一層代表的意思。例如：

(1) 詢問「你怎麼判斷電磁鐵的磁極」？

錯誤概念的說法是用電池的正負極代表電磁鐵的正負極（按：指南北極）；迷思想法的說法是用比較靠近的判斷，（即「接近性」因果判斷）。

(2)詢問「假設」要用哪一種句型寫？

錯誤概念的說法是：以為假設要用問句寫；迷思想法的說法是：認為假設的內容必須是對的。

由上述可知，迷思想法要比錯誤概念更深一層，它是形成錯誤概念的思考方式，要把這思考方式挖出來，有賴研究者與受訪者一起努力。如果受訪者缺乏後設認知能力，使得靠研究者轉譯的功夫。

3.「迷思想法」需要理論提供分析架構

「迷思想法」要透過受訪者回答「你為什麼這樣想」來找出。受訪者必須說出，說不出，就停在錯誤概念的層次。受訪者無法說，則晤談者要推出，否則也停在錯誤概念的層次。而晤談者要推出，必須對思維的某些類型有認識，尤其是對因果概念的發展要有認識。這與理論有關，沒有理論就沒有類型。而目前欠缺的是清晰的理論，類似皮亞傑這種有清楚的理論和實例者相當有限，更由於研究對象之「領域特殊性」，使吾人不易由例子肯定或建構某理論，只能用例子「類推」，感覺自己訪談的對象似乎也有這種「毛病」。

總之，conception基本上是談「怎麼去想」的問題，我們易發現別人想了什麼是錯的或對的，但要回答他怎麼會想出來是這樣，並用一種分析架構去解說，則是相當大的挑戰。

肆、錯誤概念研究之意義

進行錯誤概念研究時，可將其目的定位在不同層次，從而得知其意義。以下試從遠程、中程、近程目的，說明錯誤概念研究可能具有的意義。

一、錯誤概念研究之終極目的在追求教學績效

1980年代以前，科學教育為提高國民的科學素養，採取的主要措施是改善科學課程、加強科學過程技能及態度的培養。期使每一個學生在科學知識、科學方法、科學態度、科學的性質及科學對社會的影響各方面都能接受有效的教育。

專家們為使這些課程有效實施，發展出不同的教學模式，其中大

多以培養科學過程能力見長，稱探究教學模式。部分以概念見長，如布魯納的概念達成模式，奧素柏的前導組體教學模式。

1980年代以後因建構理論的影響以及研究典範轉變後的發現（許榮富，民79）科教學者日益體會到透過課程，學生所學得之概念與科學家提出的差距甚大。在學校的正式課程、教師知覺的課程、教室中實施的課程、及學生經驗的課程之間，均有差距存在。同時教師在引介概念時，尚需面對學生先入為主的、原有的概念知識（prior knowledge）之競爭。故教師或教學專家很少再單純地期待「種豆得豆」，以為學生所獲概念即課程教學傳達的概念。為積極應對「錯誤概念抵消教學效果」的事實，首要之務即為研究錯誤概念為何？瞭解其形成因素為何？進而探求修正之道。以便配合前述課程改革各方面的努力，確保教育績效之達成。

二、錯誤概念研究之中程目的在修正錯誤概念

錯誤概念既被發掘，接下來似乎就該針對之加以修正。但在致力尋求修正之道前，宜省思錯誤概念的修正是否有其限度。本人認為應先考慮下列三種見解。

(一)錯誤概念要修正，迷思想法要容忍

Abimbola (1988)曾對錯誤概念的修正問題表示發人深省的意見；錯誤概念要修正，迷思想法要容忍。Dupin & Johsua (1987)也指出錯誤概念概念的改變若考慮與迷思想法一起改，那麼必然是極為長期的工作。

由於迷思想法是指兒童對事物間因果邏輯的概念想法，與皮亞傑的認知發展程度有密切關係，故其修正需相當的時間。Eckstein & Shemesh (1993)曾估計修正空間運動迷思想法的時間，對半數的男孩言，要花大約五年的時間，才能有像專家一樣的想法；對半數的男孩言，要像專家一樣思考地球的運動大約要六年；而對半數的女孩來說，大約要11年。至於相對運動的概念，男孩大約要8年，女孩則大約要19年。這些估計數字顯示迷思想法的完全修正在班級教學中簡直是不可能的事。

(二)區分強式重組與弱式重組

Vosniadou & Brewer(1987)曾區分錯誤概念的修正有兩類。一是

強式重組(radical restructuring)，一是弱式重組(weak restructuring)。強式重組是指徹底的、根本的改變，很像皮亞傑理論所談的，認知層次的提升，認知結構整體的重組。diSessa (1982)，指出這類重組需要相當長的時間才見到效果。弱式重組是指概念更豐富，注意到概念的關係，整體認知結構不變，但局部的知識概念有進步。Carey (1985)稱這種重組為領域特殊性重組(domain-specific restructuring)。顯然當錯誤概念的修正係指局部知識的充實或錯誤的改正時，是較能成功的；但若指要修正背後的迷思想法（與因果邏輯思考有關），則錯誤概念的修正是相當有限的，在短時間無法達成。

(三)面對修正錯誤概念的兩難問題

錯誤概念的修正主要是錯誤思考方式的修正，且此修正需要時間進行，修正之兩難即出現於此。一是有關認知思考，一是有關時間。

1. 認知思考的兩難

概念學習過程中涉及許多認知思考方法，包括感覺(sensation)、知覺(perception)、意象(imagery)、類比、運用想像力(imagine)、推理思考、直覺(intuition)、反省(reflect)等等。Smith & Sims (1992)即認為要習得某概念，並非一定要具有形式運思如組合、比率、機率之能力。許多學者主張採用類比的方法促進概念之認識。有趣的是類比也是造成錯誤概念的原因。

Dupin & Johsua (1987)皆指出成年人也有錯誤概念的原因是他們可能誤用了類比(analogy)，他們提到當人們剛接觸電的概念時，很自然會以「流水的隱喻」來看電，而產生錯誤概念。陳啓明（民80：126）則認為「不宜過分以“水流的隱喻”來強調電流的流動，以免學生在電流問題的處理上太過倚靠水流的想法，而產生錯誤概念」。但不可不認，人們對事物的概念常是藉概念上的相似性、類同等做基礎，加以想像而後形成。尤其是那些缺乏可知覺的實例和特質的概念。故形成概念的助力或媒介，也常常是該概念錯誤的來源，構成修正的阻力。

2. 時間的兩難

錯誤概念形成的主要原因之一是背後的推理思考有錯誤或層次低。推理思考的改變需要時間，提高認知思考層次也需要時間。可以說「時間不足」是造成錯誤概念無法修正或一時修正不過來

的因素。

Viennot (1979)提到當專家缺少時間做反省思考，也會出現直覺的或常識的(commonsense)的思考方式。此外，教師在匆忙中，回答問題時也會犯同樣的錯誤。Walberg (1992)曾分析時間在提高教育生產力上的作用。指出在某一最適點(optimal point)之上，讓教導的品質保持不變，而增加時間，可以為學習結果，帶來一些收穫。本論文發現「自習」對錯誤概念的修正有幫助，也就是這種觀點的表現。當然單靠延長時間期待錯誤概念得以修正是荒謬的、較妥當的說法是時間在錯誤概念的修正中扮演著必要的角色而非充分的角色。

Watts & Bentley (1987)曾表示概念改變的歷程，對某些學生而言，並不一定是直線的或突然的，而可能是逐漸的和零碎的事物。同時概念改變也需要學生對自己存在的想法做大量的自我坦露(self-exposure)。在現今國小學生各科課程安排緊湊，各類學習作業活動充實豐富的情況下，要小學生特別對自然科的概念學習要求沒有錯誤概念，或錯誤概念經教學完全或立刻得到修正，確實有其困難。

三、錯誤概念研究之近程目的在了解錯誤概念內容及成因為何

目前學術界研究錯誤概念的途徑主要有二。一是探討錯誤的內容，著重描述錯誤是什麼？二是探討這些錯誤概念發生的原因。

國內自從國科會從民國七十九年起整體規劃邀請各有關科教專家以及各師範院校對概念研究有興趣的人士，針對各種有關自然領域之主題進行探討，至今已累積了相當程度的研究發現，與歐美的許多同性質研究，相互輝映。

四、錯誤概念研究之附帶收穫：澄清相關「錯誤概念」的迷思

人貴自知，自知有賴反省。當科教專家學者忙於研究學生的錯誤概念時，焉知自己的認知沒有迷失或盲點，本人曾困惑於下述概念，

姑且名之為對錯誤概念之迷思，謹闡釋於後。

(一)錯誤概念歷史悠久，都很難改或必然很難改

本文曾分析錯誤概念有兩層意義：一是指本身（即概念思考的結果），一是指造成概念背後的想法。

1. 就概念本身而言，目前已知一些錯誤概念常和教學「當下」的情境有關，而不一定是歷史悠久的產物，這種錯誤概念，容易產生，也容易放棄。後設認知能力強的學生，常常自己就會發現這種錯誤概念的不妥當。
2. 就背後的想法而言，這是針對造成錯誤概念背後思考方式——迷思想法而言，其來歷確實長遠，通常很難改，甚至無法改。

Dupin & Johsua (1987)即指出，從教學的觀點來看，概念想法本身或其作用（無論正向、負向）並非一概地值得介意。因為某些概念想法，在教學前雖然普遍存在，但在教學影響下，似乎很快就消失。例如教學前學生以為一根電線就可以使電池中的電流流到燈泡，使之發亮，而不需要另一條電線構成迴路(Delacotte & Tiberghien, 1976)。這種錯誤概念想法只需要一節課就可去除了。

故 Abimbola (1988)說錯誤概念要修正，迷思想法要容忍。詭弔的是，在晤談研究整理訪談記錄時，很難拉開錯誤概念和迷思想法。因為迷思想法一旦表達為文字，記錄下來，一句句呈現，就像錯誤概念。因此有時難以區分，哪一句是錯誤概念，哪一句是迷思想法，必須視晤談或教學脈絡背景而定。故其區別有賴於研究者或教學者在觀念上清楚，在各特殊領域的學習情境中，靈活判斷，幫助學生修正可以修正的，容忍無法修正的。

(二)錯誤概念難以修正，不妨自單元中剔除

有些研究者，在發現大部分學童有某種錯誤概念後，建議對具體運思期學生的數學，應把該概念自課本中剔除。以 Gipson et al, (1989)對遺傳學錯誤概念之研究為例，他們建議：「較明智的成法，或許是把遺傳學的整個論題拿掉，不要在中學自然科裡面教」(p.820)。此種建言，立刻遭到極大的反對。反對者提出的理由包括：①遺傳學是理解演化論及生物本身很重要的基礎；②大多數人一生中某些時刻會碰到因遺傳造成的問題情境；③只要命題能充分地與具體表徵物相對應，有可知覺到的例子和特質在眼前，具體運思期兒童對簡單的命題，仍能做正確推理，甚至前運思期兒童就能對命題做

思考推理(Smith & Sims, 1992)。

上述理由不僅可作為支持遺傳學在中學被教的理由，也可作為許多其他有 misconceptions 之嫌的概念繼續保留在教科書的理由。在現代社會要做一個有科學素養的公民，對某些科學知識的了解是必要的。Musonda (1987)指出若教師沒教某種概念，學生顯示的錯誤較多。而被教過某種概念的學生，傾向擁有專廣的知識基礎，這基礎有助於提升概念思考的品質。

Ault, Novak & Gowin (1988)指出兒童會錯誤地解釋抽象的概念意義，以及錯誤概念持續存在的事實，並不能阻止吾人繼續努力，幫助學生發展豐富的、分化的及細心地統整的概念系統。因此較穩健的作法是以同情、了解、耐心和寬容，有方法地教會身為過來人的專家們所認為「重要的、該教的」概念，提供學生發展更豐富的、正確的概念系統。

(三)修正錯誤概念是課程教學的重要目標

巴柏曾說「理論是用以捕捉我們所稱“世界”的網，以合理化解釋，並控制這個世界，我們仍不遺餘力地使網越來越細密」，在科學發展及科學教學的大方向上，我們需要朝著追求更正確、更簡潔的理論，而致力修正錯誤概念。但在各級學校的自然科教學目標中是否要把它列為教學重點，則有待商榷。

黃達三(民81)曾發現五年級國小自然科觀察細胞的教學，只有一位五年級學生認為植物是生物，因它們由細胞組成。六年級則沒有學生說出生命客體是由細胞組成，因此教室內進行的細胞觀察學習活動並沒有讓學生真正建構“生物是由細胞所組成的”這個概念。發現上述現象」是否要建議：

「五年級有關動植物細胞的觀察教學活動」教師要導引學生建立細胞→組織→器官系統→生物體的階層性生物體制(organization)關係」？

事實上，上述現象不僅小學生有，在大學生群中也會出現。例如，Brumby(1981)曾要醫學院學生回答怎麼知道一個陌生的、怪異的物品是活的或不是活的。大部分學生說用刺它看它動不動，把它浸入水中看它是否吐水泡，卻很少人想到看細胞的結構或DMA是否存在。

可見有些錯誤概念之出現，不是課程教學的問題，而是表達習

慣的問題。不必因為研究發現存在錯誤概念，就要將與之對應的正確概念列為課程教學目標。此外亦需全盤考慮究竟中小學自然科育目標的重點為何？衡量概念教學乃至錯誤概念的修正在其中的地位。

林清山（民73）指出中小學科學教育的目的並不是要培養科學家，而是希望培養具有最基本的科學知識（即不以科學為專業的人所須具備的科學知識），科學概念、科學過程技能、和科學態度的國民，使能有效參與現代生活和擔負社會責任。這種科學教育的目標顯然是針對全體國民而言，也是較適用於中小學的科學教育目標。

錯誤概念的鑑定是對照正統的科學知識而決定的，故其修正也傾向符合科學專業人員所具備的科學知識。在小學自然科更重視培養全民科學素養的前提下，實不必把修正錯誤概念列為小學課程教學重要目標。

四、急於透過班級課程教學修改錯誤概念

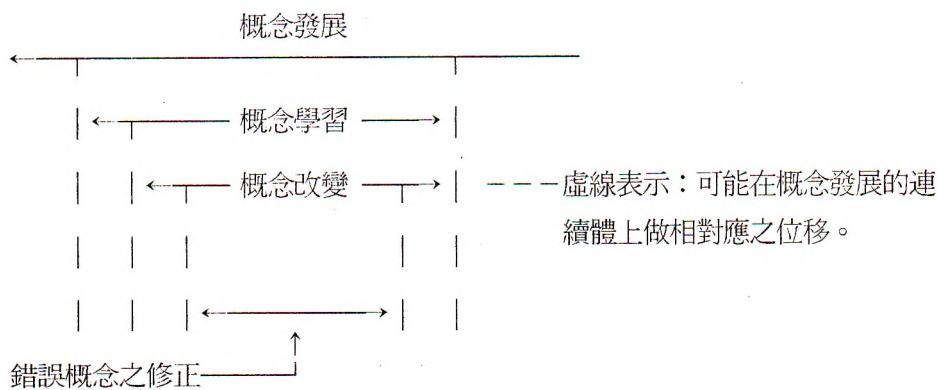
教師可以用一種態度即「心中識錯誤、口中無指摘」、「不急於修正，但把握機會」，來面對錯誤概念。「心中識錯誤」之意，只是把這種認識當手段，例如 Posner et al. (1982) 在課前提示一下常見的錯誤想法，引起注意。但整個教學不宜成為修改錯誤而教學，以免無形中升高學習的壓力。Shapiro (1989) 即指出，自然科學很重要的是讓學生喜歡上自然科，而非產生負面的情感，以培養未來繼續探究自然的興趣，及廣博的基礎。

在「不急於修正，但把握機會」方面，Lawson & Lawson (1979,131) 曾建議「要讓學生在課堂教學中有機會提出有關因果假設之命題（按：可能是錯誤概念），並考驗他們的對錯。教師在上課時要經常問下類問題：「什麼可能造成它？」「看到什麼證據？」、「你怎麼知道？」。Tobin, Briscoe & Holman (1990) 建議多給學生機會說自己的想法，讓他們在說出想法時，意識到、自覺到概念欠週之處。Cantu & Herron (1978) 建議用舉例說明、圖表及模型等所謂「擬似實例」(pseudoeexamples) 來促進形式概念（容易產誤解、迷思的概念）的認知；Posner et al. (1982) 指出內容清晰的講述、示範、問答及實驗室活動具有突顯認知衝突的功能，有利於修正錯誤概念。Zablotskii, Mamalui & Polyakova (1992) 建議多讓學生練習問問題、由學生的問題反映其思考

想法，教師可由之判斷主宰學生思考的型式，必要時修正。以上種種針對修正錯誤概念的教學策略，皆可隨機運用於班級教學中，成為促進概念學習的有效行動，間接有助於錯誤概念的修正。

伍、綜觀錯誤概念研究的 啓示與價值

在進行論文探究之際，研究者曾想過是否可以用錯誤概念之修正，做為核心，來看概念改變的問題，繼而看概念達成的問題，進而看概念學習的問題，最後關聯到概念發展的問題。所謂「做為核心」，是以之為觀照點(viewpoint)。例如將「概念改變」的主題，視為即「錯誤概念之修正」。依此推，則錯誤概念的修正即概念學習之主題亦為概念發展的主題。當論文日益開展，各項質的或實徵的研究結果及討論，逐漸出現輪廓時，研究者開始發現這種想法不妥，它們之間的關係，可能用下圖三表示，比較恰當。



圖三 錯誤概念之修正在概念教學中的地位

圖三顯示錯誤概念之修正只是概念改變的部分，而概念改變亦只是概念學習的部分，概念學習又是概念發展的部分，它們各自有關心的內容重點及認知學習的方法，故錯誤概念的修正不宜成為概念學習的主題。經過此番認識上「正、反、合」的辯正過程，透過探究錯

誤概念修正在概念學習上「說中什麼」以及「無法說什麼」，可以更清楚錯誤概念研究的啓示，以下試述之。

1. 了解學生與科學家或新手與專家的概念差距有多麼大。
2. 認識各領域學生的錯誤概念內容及想法。
3. 彌補皮亞傑所提認知層次中顯示的「概括運思能力」和自然科教學顯示的「特殊領域推理思考能力」間的鴻溝。
4. 促使研究者參與到教學的第一現場，關心學童本身的想法。
5. 促使教師知道教學效果的限度，因而能更實際地面對問題。
6. 讓科教學者重新評估課程中預定要教之概念和適合性，並重新思考科學課程的目標。
7. 藉思考錯誤概念的來源及修正，而更了解概念學習涉及的因素。
8. 藉發現錯誤概念修正與邏輯推理的密切關係及錯誤概念之修正無法取代概念學習的事實，而認識並肯定想像力、記憶力、推理、類比、創造力等不同認知方式，在概念發展中扮演重要的角色。
9. 喚起人們注意概念教學中被忽略的部分，如自習、「時間」在概念建構中的重要。
10. 各種研究提出的修正錯誤概念策略，直接或間接地提升整體概念教學的品質。
11. 因認識到錯誤概念可隨知識豐富而更有機會被修正，進而了解透過教學使學生概念充實的意義。
12. 提醒教師要好好教科學概念，但科學概念並非是唯一要教的，還有科學態度及科學方法；錯誤概念要修正，但不急於一時改。

綜合言之，錯誤概念之研究拓展了科教學者思考的領域，並因上述了解而更能寬容地、同情地、同理地對待學生的概念世界。

陸、結語

早在國科會推動錯誤概念大型研究計畫之前，便有人質疑，錯誤概念的研究可以針對數十、數百的概念進行，一一列舉學生可能犯的各種錯誤情形，但忽略研究之間有什麼共同性，或共通性，可做為對話、討論以至歸納的基礎。如此一做再做，這種研究幾時休矣？

本文嘗試以通觀的角度，反思錯誤概念研究之對象方法及意義等

問題，提出一些建議性的概念或觀點。例如指出錯誤概念有兩種層次，一種是對特殊內容的思考結果，一種是有關「因果推理」的思維方式。前者具有個別性，不穩定性，對改善個人的學習可能較具參考價值。後者較具普遍性，有建構或修正理論的學術價值，研究難矣！但值得努力。

本文指出錯誤概念的鑑別本身是一個創造性的，詮釋的過程，欲發掘錯誤概念背後的想法，須具備若干條件。包括：1. 被訪者的後設認知能力；2. 研究者本人的「轉譯」能力；以及3. 有關思考的理論，以便提供分析架構。可惜目前除皮亞傑理論外，尚欠缺周延的理論，供吾人做為依據，因此皮亞傑理論還是值得鑽研（當然不排斥發展其他理論）。總之，conception基本上是談「怎麼去想」的問題，我們易於發現別人想了什麼，是錯的或對的？但要回答：他怎麼會想成這樣…，並用一種分析架構去解說，對研究錯誤概念的學者是相當大的挑戰。

吾人致力研究學生的錯誤概念或迷思概念，焉知吾人自身沒有迷失於錯誤概念的追尋中？因此，本人最後嘗試澄清幾點可能出現的迷思，就教於先進。

縱觀錯誤概念的研究，其在教學上和學術研究上的價值和啓示是絕對值得肯定的。長江後浪推前浪，願關心科學教育的朋友繼續努力，在既有的成就之上，跨出更成熟穩健的步伐，以提昇科學教育的研究和教學水準，共勉之。

參考資料

- 林清山（民73），我國中小學科學教育發展的特色和問題。載於**中國教育的展望**，217～229頁。台北：五南。
- 洪木利（民79），我國兒童對牛頓定律概念架構之認知過程。載於台北師大主辦**中華民國第七屆科學教育學術研討會手冊**。
- 洪木利（民82），我國兒童牛頓第一定律概念發展與變項關係之研究（II）。
- 郭重吉（民78），利用晤談方式探查國中學生對重要物理概念的另有架構之研究。發表於**中華民國第五屆科學教育學術研討會**（以下簡稱第五屆研討會）。

1994.5
2卷3期
教育研究資訊

- 黃達三（民81），國小學生生命概念發展及另有構念的研究。載於國立屏東師院主辦「國小自然科學教育」學術研討會論文彙編，65～92頁。
- 陳啓明（民80），發展紙筆測驗以探究高一學生對直流電路的迷思概念。彰化師大科學教育研究所碩士論文。
- 許民陽（民81），國小兒童對方向及位置兩空間概念認知發展的研究。
- 鍾聖校（民82），修正錯誤概念之教學研究。台北：師大書苑。
- Abimbola, I. O. (1988). The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Education*, 72, 175-184.
- Ault, C. R., Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1988). Constructing Vee Maps for clinical interviews on energy concept. *Science Education*, 72(4), 515-545.
- Bernstein, R. J. (1983). When is an animal not an animal? *Journal of Biochemical Education*, 15(3), 213-218.
- Boujaoude, S. B. (1991). A study of the nature of student's understandings about the concept of burning. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 689-704.
- Brumby, M. (1981). Learning, understanding and "thinking about" the concept of life. *Australian Science Teachers Journal*, 27(3), 21-25.
- Cantu, L. L., & Herron, J. D. (1978). Concrete and formal Piagetian stages and science concept attainment. *Journal of Research in Science Teaching*, 15, 135-143.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S. (1986). Cognitive science and science education. *American Psychologist*, 41, 1123-1130.
- DiSessa, A. (1982). Unlearning Aristotelian physics: A study of knowledge based learning. *Cognitive Science*, 6, 37-75.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Philadelphia: Open University Press.
- Dupin, J. J., & Johsua, S. (1987). Conceptions of French pupil concerning electric circuits: structure and evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(9).
- Eckstein, S. G., & Shemesh, M. (1993). Stage theory of the development of

- alternative conceptions. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 30, No. 1, pp.45-64.
- Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66(2), 623-633.
- Gipson, M. H., Abraham, M. R. & Renner, J. W. (1989). Relationships between formal-operational thought and conceptual difficulties in genetic problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 811-821.
- Head, J. (1986). Research into "alternative framework": promise and problems, *Research in Science & Technological Education*, 4(2), 203-211.
- Hills, G. L. C. (1989). Students' "untutored" beliefs about natural phenomena: primitive science or commonsense? *Science Education*, 73(2), 155-186.
- Lawson, A. E., Abraham, M. R. & Renner, J. W. (1989). *A Theory of Instruction: Using the Learning Cycle to Teach Science Concepts and Thinking Skills*. Cincinnati, OH: National Association for Research in Science Teaching.
- Musonda, D. R. (1987). A twelve-year study of children's understanding of the structure of matter after audiotutorial dissertation. Coraell University, (1986) *Dissertation Abstracts International*, 47(7), 2529A.
- Posner, G. J., & Gertzog, W. A. (1982). The clinical interview and the measurement of conceptual change. *Science Education*, 66, 195-209.
- Shaplo, B. L. (1989). What children bring to light: giving high status to learner's views and actions in science, *Journal of Research in Science Education*, 73(6), 711-733.
- Smith, M. U., & Sims, O. S. Jr. (1992). Cognitive development, genetics problem solving, and genetics instruction: a critical review. *Journal of Research in Science Teaching*. 29(7), 701-713.
- Strike, K. (1983). Misconceptions and conceptual change: philosophical reflections on the research program. In H. Helm & J. Novak (Eds.), *Proceedings of the International Seminar: Misconception in science and Mathematics*, 66-78. Ithaca, N. Y.: Cornell University.
- Tobin, K., Briscoe, C. & Holman, J. R. (1990). Overcoming constraints to effective elementary science teaching. *Science Education*, 74(4).

- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2), 205-221.
- Vosniadou, ., & Brewer, W. F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, 57(1), 51-67.
- Walberg, H. J. (1992). What influences learning: Provisions for individual differences. 載於板橋國民學校教育研習會出版，八十一學年度國小課程研究學術研討會，23～35頁。
- Watts, M., & Bentley, D. (1987). Constructivism in the classroom: enabling conceptual change by words and deeds. *British Educational Research Journal*, 13(2), 121-135.
- Webster's ninth new collegiate dictionary, (1987).

[鍾聖校，國立台灣師大教育博士，現任國立台北師院副教授。]