

科學教育研究的方法論

鄭湧涇

壹、前言

「科學教育」這門學科的發展是近百年來的事，至十九世紀後期及二十世紀初方逐漸發展成爲一具有比較嚴謹結構 (Structure) 的學科 (Yager, 1983; 1984)。這門學科的主要目的在幫助人們學習並了解科學 (本文中所用的「科學」一詞指一般認定之「自然科學」)，以及由科學衍創而生的技術。在本質上，其是「教育學」的一支，因此，在學科的結構以及研究的方法等方面，乃襲用了不少教育研究方法的理念和實務運作技術。雖然其研究的素材 (subject matter) 是科學的教和學，但是由於其研究對象涵蓋了人、學校和社會在內，因此就研究的內容及方式言，其又是社會科學 (social science) 的一支，而非單純的自然科學。

Schwab (1964) 曾經揭示，一個學科應該具有兩個向度，亦即「分類向度」(Classification dimension)

和「特質向度」(characterization dimension)」。分類向度的組成有四項基本要素，分述如下：

- (1) 學科素材 (The subject matter) ..
指某一學科所涵蓋的知識材料內容，這些內容係由該學科的研究者，經由研究活動所衍創出來的知識。
- (2) 從業人員 (The practitioners) ..
與該學科的研究、發展、解釋等學科教育活動有關的人員。這些從業人員必須具備某些特殊能力，享有特殊從業習性，以有別於其他學科的從業人員。
- (3) 探討的方法及型式 (The methods and modes of inquiry) ..
本項要素意指學科從業人員用來處理該學科素材的方法，語法 (Syntax) 以及運作的型式。就衍創知識的過程而言，亦即是該學科的研究工作者所共認的研究方法及行規。由於各學科研究探討的素材殊異。因此，研究探討的方法乃亦有其學科特殊性。
- (4) 結果 (The ends) ..

亦即該學科的從業人員進行專業活動所衍創的知識；換言之，亦即是該學科的學術和專業目標。

根據上述四項基本要素來檢視「科學教育」這門新興的學科，吾人便可了解，事實上，科學教育應是一門統整了科學與教育的學科，其研究方法不但採括了不少教育學及社會科學的研究技術，同時也採括了諸多自然科學研究的理念及方法（Gardner, 1975），也因此，吾人在檢視科學教育的研究方法時，必須兼顧上述四項學科分類的基本要素，同時考量社會科學和自然科學研究理念的共同性和歧異性。

其次就歷史的淵源言，「研究」的理念原就源自「科學」，而自有科學以來，科學研究則是以學說的發明、發展和驗證，定律的發現、模型的建構等為嚮導，故其後來發展而來之各種研究方法，亦皆有以「實驗研究法」為其基本理念的痕跡（周愚文，民國七十六年）。一般而言，在一九七〇年代以前，科學教育研究的脈絡亦隱含此種基本理念。

另外再就行為科學和社會科學研究方法的源啓而言，行為科學和社會科學研究方法的精緻化，源自心理學的興起，而在心理學興起發展的過程中，則頗有採括自然科學的研究方法和技術，溶入社會科學研究之特性的傾向，而演化出今日的行為科學研究法。這個事實，可以由現在的社會科學研究方法中，仍可一窺科學探討（Scientific inquiry）科學測量和資料分析等自然科學研究方法的特性可知。因

此，我們於探索科學教育研究方法時，實不能忽視其自然科學研究的基本元素特質以及社會科學和行為科學研究的實務特性。

「方法論（Methodology）」一詞，根據韋氏（Webster's）大釋典的註釋，是指科學或其他學科所應用的一套方法、步驟、運作概念（Working concepts）、規則及基本原則等的集合體；是指用來解決問題或做事的一套過程、技術或方法。因此，其是在某一學科領域中，用於探討問題的步驟、方法和原則的總和。在本文中，科學教育研究的方法論所探討的內容，即擬以上述界定為範圍，就科學教育研究中，常用的過程、方法及解決問題的步驟、技術和原則等做一簡約的介紹。其實與其說是「科學教育研究的方法論」，實質上，不如看做「討論」科學教育的各種研究方法來得更為恰當。

貳、科學教育研究的特性

一、科學教育研究是一種科學研究

研究的活動是一種專業性的探討（Inquiry），故科學教育研究活動在實質上應是一種科學研究（Scientific research）活動，其主要目的在經由有系統、符合邏輯的

研究過程，發現或衍創與科學教育屬性（Attributes）有關的事實（Facts）或知識。科學教育同時也是一門實用性的學科，其雖不排除理論探討的研究，但是主要目標仍在改進或影響科學的教、學。也因此，任何科學教育研究乃必須要能夠反映（Reflect）及反應（Respond）科學教育的需要，方能有助於科學教育的長足發展（Linn, 1987）。

既然科學教育研究是一種科學研究已如上述，那麼，到底一項研究活動究應具備那些特徵才能稱為科學研究呢？這個問題迄目前為止仍屬仁智互見，尚無定論。事實上，甚至連科學家們自己亦無法明確界定究竟一項研究應具備何種條件，那些面貌，方能稱為「科學研究」。不過，一般而言，科學研究通常具有下列七項特徵：

- (1) 具有系統化的觀察活動（observation activity）。
- (2) 具有嚴謹的結構和機制（Mechanisms）。
- (3) 企圖探討各項屬性之間的關係。
- (4) 試圖發展一些學說來進行解釋或預測。
- (5) 嘗試進行推論（Generalizations）。
- (6) 試圖控制或解釋任何可能發生的研究誤差（Errors）。
- (7) 通常具有可驗證性（Verifiability）和可重複性（Repeatability）。

故嚴謹的科學教育研究亦應具備上述七項特徵。

二、科學教育研究是一種嚴謹的探討

科學教育研究也是一種嚴謹的探討。嚴謹的探討與一般人所謂的觀察（Observation）和臆測（Speculation）不同，因為，其必須應用特殊的研究方法來追求某一問題的解決，以做成結論和建議。其結論的推演也以所應用的方法及研究的情境（Context）為基礎（Cronbach Suppes, 1969）。因此，同行的研究者乃可以輕而易舉的沿用他所應用的「方法」來加以檢驗。故嚴謹的探討在過程上通常運用一定的，受同行研究者所公認和接受的一套「研究方法」來完成。當然，做為一種嚴謹的探討，科學教育研究亦不例外。簡言之，科學教育研究均具有下列四項特性：

- (1) 以系統方法來蒐集屬性的資料。
- (2) 在研究的過程中，必須設法控制或解釋可能發生的研究誤差。
- (3) 任何結論的推演，均必須根據可靠的數據、資料和研究情境。
- (4) 研究的過程及結果，能經得起同行的批判和檢驗。

三、科學教育研究的特性

科學教育研究的主要目的是在幫助人們學習科學，亦即在增進科學教學的績效，其研究的素材涵蓋教材、學生和教師特性、教學活動和情境、科學教育心理及其他科學教育屬性、如成就、態度、科學過程技能、實驗操作技能等。其容納接受的研究方法不但秉承了自然科學研究的理念，同時也兼採了社會及行為科學研究的特性。因此，科學教育學界目前接受的研究方法，歧異性頗大，在研究設計的選擇上，可以由實證性（Empirical）的實驗研究法（Experimental research）至描述性（Descriptive）的觀察研究法（Observational research）；也可以由純粹的定量研究（Quantitative research）到定性研究（Qualitative research）。其次就研究結果的處理及應用而言，科學教育研究的結果，於進行推論時，時空方面的限制顯然較一般自然科學研究為大，因為，教育環境措施往往因政策的變遷而改變，也因此，科學教育研究的結果對當代決策的影響也顯然較一般自然科學研究為大。一般而言，由於教育研究有其時間性和實用性，因此，在提出研究結論的同時，研究者往往會根據研究的結論以做成一些建議，而這些建議便具有決策上的參考價值。

此外，科學教育研究還具有下列特性：

(1) 複雜性：

科學教育研究的對象是人（教師，學生等）或與人有關

的屬性，由於人類的活動與社會的各項互動因素之間，有非常複雜的交互作用，因此，在研究的過程中，研究對象往往不斷接受內在和外在的刺激，以及其他因素的介入。此外，更由於個體之間，各項背景因素及屬性變化的差異甚大，個體與內外刺激交互作用亦有很大的差異，故在研究過程中，變因的控制以及結果的解釋均有相當顯著的「不可預測性（Unpredictability）」，因此，就自然科學研究的立場來看，科學教育研究的複雜性，至為顯然。

(2) 不準確性：

一般而言，科學教育研究的屬性與自然科學比較，在定義上比較模糊，研究者對於某一屬性的真正內涵常有難以精確掌握之苦，甚至，在科學教育學者們之間乃有見仁見智的看法。例如：研究者對於「探討教學」、「科學過程技能」、「學習成就」、「科學態度」、「認知偏好」等研究屬性的界定，往往會因研究者個人對該屬性的認知及想法的不同而異。因此，在研究者之間對某一屬性的定義乃不太容易獲致共識（Consensus）。這種現象使得科學教育研究的報告雖多，但是，互相比較驗證卻頗有實際困難。此外，這種「不準確性」也使得科學教育研究的結論，在進行推論時，有其極限，研究者與資訊消費者之間亦有實質上的語意誤差（Semantic error）存在。

(3) 實用性：

科學教育研究的終極目標在發掘科學教育的現況(What is...)提供預測、決策及趨勢分析(Trends analysis)的參考，近年來，科學教育學者們更強調，科學教育的研究應該能直接落實到各級學校及社會科學教育的實際運作上方有意義。因此，現階段的科學教育研究乃頗為講求實用的潛能(Potential)，冀期藉研究的成果，帶來實務運作上的實利。

叁、設計與進行科學教育研究的基本步驟

科學教育研究是一種有目標、有系統的探討某一問題並使之獲得解決的過程。因此，研究方法必須講求邏輯性、系統性、組織性和客觀性，使整體研究設計能夠嚴謹、精煉，將來做成的結論和推論方能可靠可信。

在進行科學教育研究時，不管選擇的研究方法為何，一般而言，均需詳細考量下列十項步驟(Isaac & Michael, 1983)，現分述如下：

1. 鑑別擬探討的問題並界定問題範圍(Problem area)：

進行科學教育研究的第一件事，就是選定擬探討的問題，亦即研究的主題，然後將問題更進一步具體化，以明確界定問題的大小和範圍，使問題的複雜性降低至研究者的能力

所能控制和執行的範圍。在選擇研究的主題時，研究者必須仔細考量下列因素：

- ① 研究的主題是否符合自己的興趣？
- ② 研究的主題在整體科學教育中的重要性如何？
- ③ 研究的主題是否明確？自己的能力是否能控制研究的過程和品質？
- ④ 研究的主題可行性如何？

2. 相關文獻的調查：

選定研究主題之後，接下來便是博覽相關的文獻。事實上，大部分研究者在選擇研究主題時，就已經開始各項相關文獻的搜尋了。因此，仔細評述相關的文獻，不但有助於研究主題的篩檢，同時也可瞭解過去的研究情形以及現在的研究趨勢，以避免重複前人的研究，徒勞而無功。此外，經由相關文獻的評述，亦可瞭解前人的研究設計有何優點和缺點，有何需要改進之處等，使自己在設計研究過程時，能取前人之長處，而修正其短缺或誤失。

在搜尋評述相關文獻時，必須同時兼顧理念和概念架構性的文獻以及步驟方法性的實際研究文獻，這樣對於研究主題的了解方能深入，而有助於建立自己的研究理念及概念架構；對於研究方法的選擇方能周全詳實，而有助於控制研究方法上的誤差。

3. 界定研究的問題：

在選定擬探討的問題之後，必須再將問題界定清楚，特定的名詞，亦必須加以界定，以規範研究的範圍。研究問題及名詞等的界定，均需參考相關文獻，再考量下列要點加以評鑑：

- ①解決問題之後有何期望價值？
- ②問題的本質、大小和範圍，是否明確適當？
- ③解決問題所需的研究架構、策略、方法和技巧，是否無慮？
- ④時間和經費夠用嗎？
- ⑤蒐集的資料是否能夠解決研究的問題？
- ⑥進行研究時，需要那些行政支援？
- ⑦是否有類似的研究報告曾經探索過同樣的問題？
- ⑧問題解決之後，是否能引導下一步的研究方向或衍生一些具有研究潛能的問題？

4. 提示研究目的或研究假說（Research hypothesis）：

在詳細考量上述問題之後，研究的問題便已十分具體明確了，接下來便是將具體化的研究問題以「行動目標（Action objectives）或「研究假說」的型式呈現，俾做為引導研究過程和蒐集資料的指標。

「研究假說」是研究問題的假設結果，假說一般都是在開始設計蒐集資料方法前即必須明確提出，以便在研究的過程

中，能夠針對其需要蒐集資料，逐一加以驗證。一般科學教育研究於建立假說時，習慣上均喜歡以「虛無假說（Null hypothesis）」的方式來表示，在本質上，虛無假說一般皆需要以統計方法來加以驗證（接受或排斥），因此又稱「統計假說（Statistical hypothesis）」。

有時，科學教育研究亦可藉提示「研究的目的」來界定研究的問題，而不一定要以「研究假說」的方式來呈現，這種情形尤以「描述性研究（Descriptive research）」為然，因為這類研究設計，以敘述研究目的的方式來呈現，通常更能表達研究的具體目標。

5. 界定基本概念（concepts）和變因（Variables）：

任何研究之進行皆有其基本概念架構（Conceptual framework）依據，因此，在選擇研究方法，進行研究過程設計之前，必須先釐清並建構研究的概念架構，俾供選擇或設計研究工具、選用研究方法、決定蒐集資料的種類、選定處理資料的方法以及解釋研究數據等的依據。

此外，在這個過程中，同時亦必須將與研究意圖有關的變因，加以明確界定，方不致引起溝通不良甚至誤解。在界定變因時，可以有兩種方式，一為以「概念性定義（Conceptual definition）」來界定，亦即以明確的概念範圍或以概念分析法來界定研究的變因；另一為以「操作性定

義(Operational definition)」來界定，亦即以研究設計中操作的過程來界定研究的變因。研究者於界定研究的變因時，必須明確揭示界定的方式，將來解釋研究的結果時，方不致因各人對變因所持定義的不同，而引起誤解和爭議。

一般而言，在一研究中可能包含的變因可分為三大類，第一類稱為「獨立變因(Independent variables)」，這是在一研究設計中，研究者所操弄(Manipulated)的變因，研究者希望藉改變此變因來觀察其他變因的變化，亦即擬藉操弄此變因，看看對其他研究變因有何影響，因此，其又稱「輸入(Input)」、「刺激(stimulus)」或「處理(Treatment)」變因。第二類變因稱為「依變因(Dependent variables)」，它是因應「獨立變因」的變化而改變的變因，亦即其性質往往反應「獨立變因」的變化，在研究過程中，研究者並不操弄依變因，而只是觀察它的變化。因此，其又稱「輸出(Output)」、「反應(Response)」或「結果(Outcome)」變因。另一類變因稱為「控制變因(Control variables)」，它是研究者在進行研究時，必須加以控制使之保持恆定，以免干擾研究設計或研究處理的變因。這類變因如年齡、性別、IQ、社經背景(SES)、教育背景等，由於這類變因是研究者在研究過程中必須考慮並加以控制的背景，因此又稱為「背景(Back-

ground)」，「分類(Classificatory)」和「個體(Organismic)」變因。

6. 敘述研究假設(Assumptions)：

任何科學教育研究皆有其基本背景假設，這些假設是研究者解釋研究結果和做成推論時的基本依據，通常無需加以特別界定或解釋。例如：進行生物教師教學能力研究時，研究者可以假設接受研究的教師樣本能忠實並盡其所知的表現其教學能力，以供評鑑或測量。再如：研究教師教學行為的人，通常假設某些教學行為是可以加以觀察及測量的。像這類與研究者擬研究的屬性有關的屬性本質(Nature of attributes)和研究過程的正常性等，均屬研究的基本假設，在研究過程中，也必須先加以敘述清楚。

7. 設計研究過程以儘可能提昇研究的內在和外在效度：研究結果及其推論的可靠性，端視研究設計的嚴謹程度而定，故研究設計是科學教育研究過程中最重要的一環。也因此在設計研究的過程時，必須審慎加以考量，以儘可能提昇研究的內在和外在效度，進而提高研究結論的「可推論性(Generalizability)」為目標。

「內在效度(Internal validity)」意指研究者是否儘可能嚴謹的控制了應該控制的變因，是否研究的結論可以完全歸因於某些「獨立變因」的操弄結果，以及研究的設計，是否已經儘可能的排除或控制了其他外在「介入變因(

Intervening variables) 的干擾 (Campbell & Stanley, 1966)。當內在效度無慮時，因果關係的推論和研究結果的解釋方較可靠。而「外在效度 (External validity)」則是意指研究結果的「可推論性」和「代表性」(Representativeness)，若研究結果的可推論性愈大，或代表性愈高，則外在效度便愈大 (Campbell & Stanley, 1966)。所有的科學教育研究，於選擇研究方法時，均企圖設法尋求較大的「可推論性」，一般而言，研究結果的可推論性有兩類：

① 樣本至族群 (Population) 的推論：

研究結果可以推論至何種族群。

② 研究的情境 (Setting) 至其他情境的推論：

在某一研究情境下完成的研究結果，可以推論至何種情境和條件。

故一般而言，某一研究的內在效度愈大，則研究結果的精確性愈高；外在效度愈大，則研究結果可推論的範圍愈大。研究者在設計研究過程時，必須特別注意這兩種效度。尤其是內在效度，因為一個缺乏內在效度的研究，根本無法談及可推論性。

在設計科學教育研究時，為求取理想的內在和外效度，研究者尤其必須注意下列四項步驟：

① 取樣方法。

- ② 變因的控制與操弄。
- ③ 建立評鑑數據、資料的標準。
- ④ 研究工具的選擇、發展和效度考驗 (Validation)。

8. 擬定蒐集資料的步驟：

資料的蒐集是在研究過程設計妥當之後方可開始，為求於蒐集資料時能夠很有系統、有計畫而避免有所疏漏，在開始蒐集資料之前，就應該詳細計畫處理資料的方法以及擬分析的項目，如此方可避免陷於在進行資料分析時，才發現資料不足，無法分析的困境。

一般在科學教育研究上，用於蒐集資料的技術和約可分為三大類，亦即觀察法 (Observation)、測量法 (Measurement) 和調查法 (Survey)。觀察法是藉各種觀察途徑，技術方式，觀察受研究者的某些科學教育屬性、蒐集量化以及非量化數據的過程；測量法則是應用各種測量工具 (Instruments)，包括測驗、調查和其他量表等，以蒐集某些屬性資料的過程；調查法亦是應用各種調查方式，如：問卷、晤談、調查表等，來蒐集屬性資料的過程。研究者於設計研究過程時，必須仔細評估各種蒐集資料的技術，分析其應用於某一特殊研究情境時的優缺點，審慎選擇蒐集資料的方式和技術，務使蒐集資料的方法，能滿足研究者的意圖和需要。

9. 選擇資料分析方法與進行資料分析：

經由前一步驟蒐集得來的資料，必須再經過適當的歸類、處理或製碼，方能進行分析以衍創研究結論。事實上，在執行資料蒐集步驟以前，就應該先詳實考慮蒐集到的資料要如何分析。這樣蒐集到的資料才不會浪費或不足。一般科學教育研究的資料，大都需要以統計方法來分析，統計方法又因研究的意圖和需要的不同而異，因此，研究者必須事先想好擬採用的統計分析方法，俟資料齊全之後，便可加以分析。目前，爲了統計分析的方便，各機構的電算中心均備有各種統計套裝軟體供研究者選擇採用，如：SPSSX, SAS, BMDP等，研究者可斟酌各人的需求及方便來選用。

在執行資料分析時，除了應該解釋與預期結果相符的資料外，對於與預期不符的數據，亦應設法加以闡述，解釋甚至討論，以確保研究結果的再生性（Reproducibility）。

10. 評鑑研究結果和做成結論：

任何科學教育研究的終極目標均在做成具體結論，俾能提出建議，供科學教育決策之參考。但是研究結論從何而來呢？一般而言，經資料分析後產生的結果只是一些統計數據而已，這些數據對其他人而言只是一堆原始數據（Raw data），並不代表任何具體意義。因此，爲使這些生鮮數據能變成有意義的資料，研究者通常需要更進一步應用其進行研究時所建構的理念架構來加以解釋（Interpretation）。

，將之轉化爲實際的結構或推論（Inferences），並寫成研究報告或論文，發表出來，這樣，研究的結論才能對科學教育決策有所影響。

研究結果的解釋是一項相當困難的工作，因爲，一方面不但要忠實的解釋與預期結果相符的資料，另一方面更要合理的解釋與預期結果不盡相符的數據，以堅實研究的可信性。因此，研究者於解釋數據時，宜把握下列數項基本原則：

- ①研究結果的解釋和推論，不可超出數據所能允許的範圍之外，亦即下結論和進行推論時，一定要根據研究所得的資料。

- ②於解釋研究結果並進行推論時，必須設法解釋未能妥善控制的變因，給自己和讀者留下足夠的彈性來考慮這些未控制妥當的變因可能造成的影響。

- ③研究結果的解釋和推論應考慮研究的限制（Limitations），不可推論過度（Over-generalization）。

- ④有關因果關係的解釋和推論要特別小心，除非有充足、明顯的證據，否則不宜輕易將兩個研究變因解釋爲因果關係。

綜合言之，上述十項步驟是設計和執行科學教育研究所必須考慮的基本工作項目，任何傑出的科學教育研究，除了應顧及這十項基本運作外，尚需再考慮下列八項科學教育研究所必須仔細考量而不可或缺的要件（Issac & Michael，

1983)，現分述如下：

- (1) 研究的理念和理論基礎 (Rationale and theoretical base)。
- (2) 研究的目的或問題。
- ① 問題的形成 (Formulation)。
- ② 問題的分析 (Analysis)。
- ③ 問題的評鑑 (Evaluation)。
- (3) 研究的具體目的或假說。
- (4) 研究設計及研究步驟。
- (5) 研究假設 (Assumptions)。
- (6) 研究的限制 (Limitations)。
- (7) 研究的範圍 (Delimitations)。
- (8) 名詞的定義 (Definition)。

肆、科學教育研究的種類

科學教育研究和一般教育研究一樣，可以因研究意圖和策略以及研究方法的不同而分成三大類 (Van Dalen, 1979)。

第一大類可稱為「實驗研究 (Experimental research)」，這類研究所採用的研究方法包括實驗研究法及準實驗研究法 (Quasiexperimental research)。當進行這類研究時，研究者通常企圖設法控制影響研究情境的

各項「無關變因 (Extraneous variables)」，並探索當有系統的操弄「獨立變因」時各項「依變因」的變化情形，因此，實驗研究法具有探索變因之間的因果關係的潛能。

第二大類的科學教育研究可稱為「描述研究 (Descriptive research)」，這類研究所涵蓋的研究方法十分廣泛，包括調查研究、相關研究、個案研究、自然研究 (Naturalistic study) 和發展研究 (Developmental study) 等。這類研究是科學教育研究中最為常見的研究設計，其旨趣在調查或發掘科學教育屬性的「事實現況」 (What is...)，以蒐集各種科學教育屬性的現況資料，進而探索屬性之間的關係。因此，嚴格來說，除了實驗研究和歷史研究之外，絕大部分的科學教育研究均可歸入描述研究這一類。一般而言，描述研究除了具有描繪屬性現況或特性的目標之外，同時也兼具分析、比較某一屬性在不同目標族群 (Target population) 之間的關係或同一族群內，不同科學教育屬性之間的關係的功能。

第三大類的研究為「歷史研究 (Historical research)」，這類研究旨在以客觀、正確的方法，探索科學教育屬性的「歷史」，並加以詮釋 (Interpretation)，以期能鑑古而知今，甚至預測未來趨向 (Trends)。故歷史研究亦為科學教育研究中，頗為重要的一項研究策略 (Bybee, 1982)。

其次再就研究方法的特性及目的來看，目前科學教育研究所應用的研究方法，種類至為繁多，每一研究方法皆有其特殊的理念、方法學（Methodology）、研究技術和功能，若擬逐一詳加討論，因篇幅的關係，勢非可能，因此，現僅就一般常用之科學教育研究方法，簡單介紹其特性以及在科學教育研究上的應用。至於細節，則請讀者參考教育研究方法之書籍、專論或論文。

1. 描述研究法（Descriptive research）

應用在有系統的探索某一科學教育屬性的事實狀況或某一族群的特性等。一般的調查研究（Survey research）、現況研究（Status study）、觀察研究（Observational study）以及問卷和晤談調查（Questionnaire and Interview）等皆屬此種研究方法。由於此種研究方法主要是「描述性」的功能，因此並不一定要尋求或解釋屬性之間的關係或驗證研究假說或進行預測，而只要將擬探索之科學教育屬性的特性正確加以描述即可。

2. 發展研究法（Developmental Research）

應用在探究科學教育屬性的成長順序或發展型式（Patterns），或擬探究的屬性是否隨時間的遷移而異等，就較為廣泛的意義言，其亦是一種描述研究法。發展研究法因所用研究方式的不同又可分為三類，分述如下：

(1) 縱貫研究法（Longitudinal study）..

針對相同的樣本，在不同的發展階段，連續觀察或測量某些屬性的特性和變化情形。此種研究方式對探討科學教育屬性之生長型式、生長速度、生長方向、生長順序及影響其生長之相關因素等極為有效。由於研究者一次所能觀察的樣本十分有限，且研究的時間通常經歷數年乃至數十年。因此，這種研究方式在取樣及行政和經費支援等方面均需特別考量。

(2) 橫斷研究法（Cross-sectional study）..

一般而言，橫斷研究法所觀察或測量的樣本較縱貫研究法為多，這種方法也較省時、省錢且比較容易實施，故在科學教育研究上也較縱貫研究法普遍些（Issac & Michael, 1983）。由於本項方法在進行時，分別以不同的樣本來探索某些屬性在不同發展階段的生長情形，因此，取樣技術必須十分注意，否則在比較時將有可能會擴大研究誤差，不可不慎。

(3) 趨向研究法（Trends study）..

這種研究方式在於藉研究過去的發展型式來預測未來的發展趨勢或情況。一般而言，長期的預測只是一種教育的猜測（Educated guess），精確性較差，而短期的預測則比較可信、可靠。

3. 個案和田野研究法（case and field study research）。

以某一個體、某一團體、某一機構 (Institution) 或某一社區 (Community) 等為研究對象，探究其某一科學教育屬性之背景、現況以及與環境因素之間的交互作用的研究方法稱為個案研究。由於研究的情境可以是辦公室、教室、實驗室、學校、社區、乃至任何社會生活環境，因此，有時某些個案研究又可稱為「田野研究」。近年來，在科學教育研究中，影響頗鉅範圍也廣的個案研究為數不少，其中尤以 Stake & Easley (1978) 的科學教育個案研究最為著名。

個案研究的特性是能夠就某一特定個體或群體針對某些特定屬性或變因，深入探究其真貌，以建構一完整而詳實的報導。與調查研究法比較起來，通常個案研究所探究的變因為數較少，樣本數亦少，一般也很少使用複雜的統計方法來處理資料，不過卻也因此能夠非常深入而完整的探討某一科學教育屬性的來龍去脈，故當研究者選擇的研究對象很有代表性時，研究結果的「可推論性」將可很大；當然，若選擇的樣本代表性不足時，可推論性便非常的差。此外，由於個案研究的進行，一般均需要仰賴研究者敏銳的觀察和周詳的記錄，必要時，還需做一些高階推論 (High-order inferences)，因此，研究的結論比較容易受研究者主觀的影響 (Isaac & Michael, 1983)。

4. 相關研究法 (Correlational research)。

廣義而言，相關研究法也是一種描述研究法，其是藉相關係數的解釋，來探究某一屬性（或因素）的變異 (Variations) 與其他屬性（或因素）的變異之間的關係。這種研究方法在科學教育研究中頗為常見。當擬探究的變因非常複雜，或無法加以控制，致無法以實驗研究法加以研究時，相關研究法便是一種相當適當的選擇。一般而言，相關研究法除了可以探索兩個或兩個以上變因的相互關係之外，尚可進行預測分析 (Prediction analysis)。不過研究者必須特別注意的是，相關研究對獨立變因之控制比實驗研究法差，且有相關並不代表有因果關係存在，因此，相關研究並不能建立變因之間的因果關係。

5. 實驗研究法 (Experimental research)

實驗研究設計是一種實證的研究方法，其特性及研究過程與一般自然科學研究至為類似，都是在藉實驗組 (Experimental groups) 和控制組 (Control groups) 的實驗設計，探索科學教育屬性之間的因果關係。因此，其在研究設計中具有三項特性，即控制無關變因，操弄獨立變因以及逢機分派樣本。也因此，一般而言，實驗研究的結論，其可推論性比較大。

實驗研究法在科學教育上的應用事實上也有其無法克服的極限，而無法像自然科學的研究一樣，比較能夠完整的控制實驗設計而免於其他因素的干擾。因為，科學教育研究的

主要對象是人、老師或學生，雖然研究者設法在研究過程中，儘可能的控制了無關變因的干擾，但是，事實上，在實際的教育情境之中，這類干擾並非研究者所能完全控制；更由於人類所具有的感情、價值判斷、社會交互作用等因素，亦非研究者可能掌握（林清山，民七十六年），因此，在解釋研究結果及做成推論時，必須注意這項限制，而不宜引用自然科學實驗研究法常用的解釋和推論方式。

6. 準實驗研究法（Quasi-experimental research）
在科學教育研究設計中，有時由於實際教育情境的限制，而無法滿足實驗研究設計的要求，例如：無法以逢機方式來分派樣本，或無法順利操弄獨立變因等，在這種情況之下，研究結果的可靠性乃略較真正的實驗研究法為低，這種研究設計就稱為「準實驗研究法」。故準實驗研究設計的特徵是由於現實情況的影響，研究者只能控制部分變因，其他未能控制的變因則順其自然，故其內外效度均應審慎斟酌。

其實嚴格的說，在科學教育研究中，幾乎沒有真正的（True）實驗研究設計，因為，當把一切相關的介入因素均考慮在內時，一般認為的實驗研究設計其實均多少有準實驗研究設計的特徵。因此，兩者的差別，只是在研究者對應該控制的變因，取得實際控制的程度的不同而已。

7. 原因—比較研究法（Causal-Comparative research）。

這種研究方法是藉觀察某些科學教育屬性在當前所表現的狀況或結果，來探究可能的因果關係，同時由所蒐集的資料數據，追溯現象的形成因素，因此，其是「事後回溯（ex post fact）」的研究方法。在實證式的實驗研究中，研究者通常試圖儘可能控制各項影響研究結果的變因，以探究屬性之間的因果關係及形成因素。但是，在實際教育體系之中，有時候研究者不太容易控制各項影響研究結果的變因，亦即無法以實驗研究法的研究設計來探討因果關係，此時，研究者乃不得不根據在自然情況下，某些屬性的變化或差異，來追索形成此種變化或差異的因素（相當於實驗研究法中的獨立變因），故「原因—比較研究法」實質上亦具有實證的本質，不過在研究的過程中，研究者無法直接操弄或控制獨立變因，而只能由屬性現況之間的變化來推演彼此間的關係（Kerlinger, 1973）。

目前，由於各項統計技術的發展愈見精進，這種研究設計的可靠性乃愈來愈高。不過，由於研究方法本質上的特殊性，其亦有許多難以克服的極限，諸如：無法控制或操弄獨立變因，無法以逢機方式選派樣本，因果關係的推論也常有因科學教育屬性的介入因素太多而有產生錯誤推論的可能等，因此應用此種研究設計的研究者，於解釋資料及下結論時，應特別謹慎小心，以免造成謬誤。

8. 歷史研究法（Historical research）

如前所述，歷史研究法是在以客觀、周全的研究設計，有系統的探索科學教育屬性的變化或發展歷史，以期能因鑑古而知今，進而預測未來。故在歷史研究法的設計中，研究者所蒐集到的資料往往是他人的「觀察」結果而非研究者自己的探究，因此，如何去偽存真，使蒐集到的資料成為比較接近真實的記錄是做歷史研究的一大挑戰，這項任務有賴研究者銳敏的洞察力、堅實的學術素養以及高超的批判思考方能完成。

一般而言，歷史研究法蒐集的資料有兩種來源，一種來自研究者直接閱覽並引用原始的紀錄；另一種則來自研究者間接引用其他研究的報導或觀察，當然就資料的權威性和真實性言，前者顯然優於後者。

伍、結語

科學教育研究的方法論，正如筆者於前言中所述，是進步的、變通的和包容的，在其發展的過程中，不斷採括了自然科學、教育學、行為科學乃至社會科學的研究方法，而匯集成為獨特的研究方法庫。至目前為止，一般科學教育研究除了經常應用上述之八種研究設計之外，近年來，更有許多新發展的研究方法不斷的溶入，諸如：後設分析研究法（

Meta-analysis）（Glass, 1978; 1982; Wolf, 1986,

Hedges et al., 1989）、定性綜合研究法（Qualitative synthesis）（Yager, 1982）。自然研究法（Naturalistic research）（Easley, Jr., 1982; Smith, 1982）、定性研究法（Qualitative research）（Rist-1982; Roberts, 1982）等，使得今日的科學教育研究方法更具多樣性、更富包容性。不過不管研究方法有何演變，其實科學教育研究的目的和真諦只有一個，亦即藉研究的實施追索科學教育的真相、事實和真理以裨益科學教育的實施和改進。也因此，提升科學教育研究設計的品質遠比講求運用那一種研究方法來探討還要重要，因為，研究方法的不同往往代表觀察角度的差異，代表由不同的角度來看同一問題或事業；而品質的好壞卻直接影響「事實」和「知識」的精確性。

通常在研究設計完成之後，研究者假若能夠依據一套科學教育研究的評斷標準來檢視研究設計是否妥慎適切，將可有效提昇科學教育設計的品質。就大部分科學教育研究方法而言，表一的評鑑標準應稍可滿足上述要求。

表一：評判研究設計品質的標準：

評 判 標 準	應 檢 視 的 問 題
1. 研究的重要性 2. 研究的目的 3. 擬探究的問題 4. 研究方法的選擇 5. 研究工具的設計及取樣 6. 資料分析 7. 變因的控制和操弄 8. 可能的誤差來源 9. 可推論性	1. 是否清楚描述了研究的重要性或問題所在？ 2. 是否具體列出研究目的或研究假說？ 3. 界定是否周全具體？ 4. 研究方法是否適當？ 是否為達成研究目標的最好選擇？ 5. 取樣方法、研究工具的設計是否適當？可行性如何？ 6. 資料分析的步驟是否恰當？ 7. 各項變因是否清楚界定？獨立變因的操弄是否適當？ 無關變因是否控制周全？ 8. 是否採取必要的措施或行動來減低可能產生的研究誤差？ 9. 研究的結果擬推論至何種程度？有無過度推論的情形？

最後，筆者願意特別強調的是，科學教育研究方法並不像「食譜」一樣，只要有一套詳細的配方和做法，便可「照譜做菜」。事實上，科學教育研究方法的設計既是科學也是藝術，研究者需要的除了慎密的思考、周詳的計畫、踏實的操作、審慎的分析之外，還得再加上一顆玲瓏剔透的心，使研究的設計趨於圓潤，而兼有堅實的理念架構以及無懈可擊的解釋和推論。

陸、參考文獻

1. 周愚文，民七十六年教育學的科學研究之反省。
中國教育學會主編，教育研究方法論。師大書苑。
2. 林清山，民七十六年。實驗研究法在教育研究上的應用及限制。
中國教育學會主編，教育研究方法論。師大書苑。
3. 郭生玉，民七十六年。心理與教育研究法。精華書局。
4. Bybee, R.W. 1982. Historical research in science education. JRST. 19(1), 1-13.
5. Campbell, D. T. & Stanley, J. C. 1966. Experimental and Quasi-experimental Designs for Research. Chicago, Illinois: Rand McNally.
6. Cronbach, L. J, & Suppes, P. Eds., 1969. Re-

- search for Tomorrow's Schools: Disciplined Inquiry for Education New York: Macmillan.
7. Easley, Jr., J.A. 1982. Naturalistic case studies exploring social-cognitive mechanism, and some methodological issues in research on problems of teachers. JRST. 19(3), 191-203.
 8. Gardner, P.L. 1975. Science and the structure of knowledge. In P.L. Gardner, Eds. The Structure of Science Education.
 9. Glass, G. V. 1978. Integrating findings: The meta-analysis of research. Review of Research in Education. 5.351-379.
 10. Glass, G. V. 1982. Meta-analysis: An approach to the synthesis of research results. JRST. 19(2), 93-112.
 11. Hedges, L.V., Shymansky, J.A., & Woodworth, G. 1989. A Practical Guide to Modern Methods of Meta-analysis NSTA. Washington, D.C.
 12. Issac, S., & Michael, W.B. 1983. Handbook in Research and Evaluation for Education and the Behavioral Science. 2nd ed., San Diego, CA: EdITS Publishers.

- 21 Kerlinger, F.N. 1973. Foundations of Behavioral Research. 2nd ed. New York: Holt, Rinehart & Winston company.
- 22 Linn, M. C. 1987. Establishing a research base for science education: challenges, trends, and recommendations. JRST, 24(3), 191-216.
- 23 Rist, R.C. 1982. On the application of ethnographic inquiry to education: Procedures and possibilities, JRST, 19(6), 439-450.
- 24 Roberts, D.A. 1982. The place of qualitative research in science education. JRST, 19(14), 277-292.
- 25 Schwab, J.J. 1964. Structure of the discipline: Meanings and significances. In G.W. Ford & L. Pugs, Eds., The Structure of Knowledge and the Curriculum. PP.1-30.
- 26 Smith, M.L. 1982. Benefits of naturalistic methods in research in science education. JRST, 19(8), 627-638.
- 28 Stake, R. E., & Easley, J.A. 1978. Case Studies in Science Education. Urbana, Illinois: Center for Instructional Research and Curriculum

Evaluation University of Illinois.

- 29 Van Dalen, D.B. 1979. Understanding Educational Research. Fourth ed. New York: McGraw-Hill.
- 31 Wolf, F.M. 1986. Meta-analysis: Quantitative Methods for Research Synthesis. SAGE Publications, Inc.
- 32 Yager, R.E. 1982. Factors involved with qualitative synthesis: A new focus for research in science education. JRST, 19(5), 337-350.
- 33 Yager, R.E. 1983. Defining science education as a discipline. JRST, 20(3), 261-262.
- 34 Yager, R.E. 1984. Defining the discipline of science education. Science Education, 68(1), 35-37.

【作者簡介】

鄭湧涇先生，台灣省台中市人，美國愛荷華大學哲學博士，現任國立台灣師範大學副教授。

科學教育研究的方法論

鄭湧涇

壹、前言

「科學教育」這門學科的發展是近百年來的事，至十九世紀後期及二十世紀初方逐漸發展成爲一具有比較嚴謹結構（Structure）的學科（Yager, 1983; 1984）。這門學科的主要目的在幫助人們學習並了解科學（本文中所用的「科學」一詞指一般認定之「自然科學」），以及由科學衍創而生的技術。在本質上，其是「教育學」的一支，因此，在學科的結構以及研究的方法等方面，乃襲用了不少教育研究方法的理念和實務運作技術。雖然其研究的素材（subject matter）是科學的教和學，但是由於其研究對象涵蓋了人、學校和社會在內，因此就研究的內容及方式言，其又是社會科學（social science）的一支，而非單純的自然科學。

Schwab (1964) 曾經揭示，一個學科應該具有兩個向度，亦即「分類向度」（Classification dimension）

和「特質向度」（characterization dimension）。分類向度的組成有四項基本要素，分述如下：

- (1) 學科素材（The subject matter）：指某一學科所涵蓋的知識材料內容，這些內容係由該學科的研究者，經由研究活動所衍創出來的知識。
- (2) 從業人員（The practitioners）：與該學科的研究、發展、解釋等學科教育活動有關的人員。這些從業人員必須具備某些特殊能力，享有特殊從業習性，以有別於其他學科的從業人員。
- (3) 探討的方法及型式（The methods and modes of inquiry）：本項要素意指學科從業人員用來處理該學科素材的方法，語法（Syntax）以及運作的型式。就衍創知識的過程而言，亦即是該學科的研究工作者所共認的研究方法及行規。由於各學科研究探討的素材殊異。因此，研究探討的方法乃亦有其學科特殊性。
- (4) 結果（The ends）：

亦即該學科的從業人員進行專業活動所衍創的知識；換言之，亦即是該學科的學術和專業目標。

根據上述四項基本要素來檢視「科學教育」這門新興的學科，吾人便可了解，事實上，科學教育應是一門統整了科學與教育的學科，其研究方法不但採括了不少教育學及社會科學的研究技術，同時也採括了諸多自然科學研究的理念及方法（Gardner, 1975），也因此，吾人在檢視科學教育的研究方法時，必須兼顧上述四項學科分類的基本要素，同時考量社會科學和自然科學研究理念的共同性和歧異性。

其次就歷史的淵源言，「研究」的理念原就源自「科學」，而自有科學以來，科學研究則是以學說的發明、發展和驗證，定律的發現、模型的建構等為嚮導，故其後來發展而來之各種研究方法，亦皆有以「實驗研究法」為其基本理念的痕跡（周愚文，民國七十六年）。一般而言，在一九七〇年代以前，科學教育研究的脈絡亦隱含此種基本理念。

另外再就行為科學和社會科學研究方法的源啓而言，行為科學和社會科學研究方法的精緻化，源自心理學的興起，而在心理學興起發展的過程中，則頗有採括自然科學的研究方法和技術，溶入社會科學研究之特性的傾向，而演化出今日的行為科學研究法。這個事實，可以由現在的社會科學研究方法中，仍可一窺科學探討（Scientific inquiry）科學測量和資料分析等自然科學研究方法的特性可知。因

此，我們於探索科學教育研究方法時，實不能忽視其自然科學研究的基本元素特質以及社會科學和行為科學研究的實務特性。

「方法論（Methodology）」一詞，根據韋氏（Webster's）大釋典的註釋，是指科學或其他學科所應用的一套方法、步驟、運作概念（Working concepts）、規則及基本原則等的集合體；是指用來解決問題或做事的一套過程、技術或方法。因此，其是在某一學科領域中，用於探討問題的步驟、方法和原則的總和。在本文中，科學教育研究的方法論所探討的內容，即擬以上述界定為範圍，就科學教育研究中，常用的過程、方法及解決問題的步驟、技術和原則等做一簡約的介紹。其實與其說是「科學教育研究的方法論」，實質上，不如看做「討論」科學教育的各種研究方法來得更為恰當。

貳、科學教育研究的特性

一、科學教育研究是一種科學研究

研究的活動是一種專業性的探討（Inquiry），故科學教育研究活動在實質上應是一種科學研究（Scientific research）活動，其主要目的在經由有系統、符合邏輯的

研究過程，發現或衍創與科學教育屬性（Attributes）有關的事實（Facts）或知識。科學教育同時也是一門實用性的學科，其雖不排除理論探討的研究，但是主要目標仍在改進或影響科學的教、學。也因此，任何科學教育研究乃必須要能夠反映（Reflect）及反應（Respond）科學教育的需要，方能有助於科學教育的長足發展（Linn, 1987）。

既然科學教育研究是一種科學研究已如上述，那麼，到底一項研究活動究應具備那些特徵才能稱為科學研究呢？這個問題迄目前為止仍屬仁智互見，尚無定論。事實上，甚至連科學家們自己亦無法明確界定究竟一項研究應具備何種條件，那些面貌，方能稱為「科學研究」。不過，一般而言，科學研究通常具有下列七項特徵：

- (1) 具有系統化的觀察活動（observation activity）。
- (2) 具有嚴謹的結構和機制（Mechanisms）。
- (3) 企圖探討各項屬性之間的關係。
- (4) 試圖發展一些學說來進行解釋或預測。
- (5) 嘗試進行推論（Generalizations）。
- (6) 試圖控制或解釋任何可能發生的研究誤差（Errors）。
- (7) 通常具有可驗證性（Verifiability）和可重複性（Repeatability）。

故嚴謹的科學教育研究亦應具備上述七項特徵。

二、科學教育研究是一種嚴謹的探討

科學教育研究也是一種嚴謹的探討。嚴謹的探討與一般人所謂的觀察（Observation）和臆測（Speculation）不同，因為，其必須應用特殊的研究方法來追求某一問題的解決，以做成結論和建議。其結論的推演也以所應用的方法及研究的情境（Context）為基礎（Cronbach Suppes, 1969）。因此，同行的研究者乃可以輕而易舉的沿用他所應用的「方法」來加以檢驗。故嚴謹的探討在過程上通常運用一定的，受同行研究者所公認和接受的一套「研究方法」來完成。當然，做為一種嚴謹的探討，科學教育研究亦不例外。簡言之，科學教育研究均具有下列四項特性：

- (1) 以系統方法來蒐集屬性的資料。
- (2) 在研究的過程中，必須設法控制或解釋可能發生的研究誤差。
- (3) 任何結論的推演，均必須根據可靠的數據、資料和研究情境。
- (4) 研究的過程及結果，能經得起同行的批判和檢驗。

三、科學教育研究的特性

科學教育研究的主要目的是在幫助人們學習科學，亦即在增進科學教學的績效，其研究的素材涵蓋教材、學生和教師特性、教學活動和情境、科學教育心理及其他科學教育屬性、如成就、態度、科學過程技能、實驗操作技能等。其容納接受的研究方法不但秉承了自然科學研究的理念，同時也兼採了社會及行為科學研究的特性。因此，科學教育學界目前接受的研究方法，歧異性頗大，在研究設計的選擇上，可以由實證性（Empirical）的實驗研究法（Experimental research）至描述性（Descriptive）的觀察研究法（Observational research）；也可以由純粹的定量研究（Quantitative research）到定性研究（Qualitative research）。其次就研究結果的處理及應用而言，科學教育研究的結果，於進行推論時，時空方面的限制顯然較一般自然科學研究為大，因為，教育環境措施往往因政策的變遷而改變，也因此，科學教育研究的結果對當代決策的影響也顯然較一般自然科學研究為大。一般而言，由於教育研究有其時間性和實用性，因此，在提出研究結論的同時，研究者往往會根據研究的結論以做成一些建議，而這些建議便具有決策上的參考價值。

此外，科學教育研究還具有下列特性：

(1) 複雜性：

科學教育研究的對象是人（教師，學生等）或與人有關

的屬性，由於人類的活動與社會的各項互動因素之間，有非常複雜的交互作用，因此，在研究的過程中，研究對象往往不斷接受內在和外在的刺激，以及其他因素的介入。此外，更由於個體之間，各項背景因素及屬性變化的差異甚大，個體與內外刺激交互作用亦有很大的差異，故在研究過程中，變因的控制以及結果的解釋均有相當顯著的「不可預測性（Unpredictability）」，因此，就自然科學研究的立場來看，科學教育研究的複雜性，至為顯然。

(2) 不準確性：

一般而言，科學教育研究的屬性與自然科學比較，在定義上比較模糊，研究者對於某一屬性的真正內涵常有難以精確掌握之苦，甚至，在科學教育學者們之間乃有見仁見智的看法。例如：研究者對於「探討教學」、「科學過程技能」、「學習成就」、「科學態度」、「認知偏好」等研究屬性的界定，往往會因研究者個人對該屬性的認知及想法的不同而異。因此，在研究者之間對某一屬性的定義乃不太容易獲致共識（Consensus）。這種現象使得科學教育研究的報告雖多，但是，互相比較驗證卻頗有實際困難。此外，這種「不準確性」也使得科學教育研究的結論，在進行推論時，有其極限，研究者與資訊消費者之間亦有實質上的語意誤差（Semantic error）存在。

(3) 實用性：

科學教育研究的終極目標在發掘科學教育的現況(What is...)提供預測、決策及趨勢分析(Trends analysis)的參考，近年來，科學教育學者們更強調，科學教育的研究應該能直接落實到各級學校及社會科學教育的實際運作上方有意義。因此，現階段的科學教育研究乃頗為講求實用的潛能(Potential)，冀期藉研究的成果，帶來實務運作上的實利。

叁、設計與進行科學教育研究的基本步驟

科學教育研究是一種有目標、有系統的探討某一問題並使之獲得解決的過程。因此，研究方法必須講求邏輯性、系統性、組織性和客觀性，使整體研究設計能夠嚴謹、精煉，將來做成的結論和推論方能可靠可信。

在進行科學教育研究時，不管選擇的研究方法為何，一般而言，均需詳細考量下列十項步驟(Isaac & Michael, 1983)，現分述如下：

1. 鑑別擬探討的問題並界定問題範圍(Problem area)

進行科學教育研究的第一件事，就是選定擬探討的問題，亦即研究的主題，然後將問題更進一步具體化，以明確界定問題的大小和範圍，使問題的複雜性降低至研究者的能力

所能控制和執行的範圍。在選擇研究的主題時，研究者必須仔細考量下列因素：

- ① 研究的主題是否符合自己的興趣？
- ② 研究的主題在整體科學教育中的重要性如何？
- ③ 研究的主題是否明確？自己的能力是否能控制研究的過程和品質？
- ④ 研究的主題可行性如何？

2. 相關文獻的調查：

選定研究主題之後，接下來便是博覽相關的文獻。事實上，大部分研究者在選擇研究主題時，就已經開始各項相關文獻的搜尋了。因此，仔細評述相關的文獻，不但有助於研究主題的篩檢，同時也可瞭解過去的研究情形以及現在的研究趨勢，以避免重複前人的研究，徒勞而無功。此外，經由相關文獻的評述，亦可瞭解前人的研究設計有何優點和缺點，有何需要改進之處等，使自己在設計研究過程時，能取前人之長處，而修正其短缺或誤失。

在搜尋評述相關文獻時，必須同時兼顧理念和概念架構性的文獻以及步驟方法性的實際研究文獻，這樣對於研究主題的了解方能深入，而有助於建立自己的研究理念及概念架構；對於研究方法的選擇方能周全詳實，而有助於控制研究方法上的誤差。

3. 界定研究的問題：

在選定擬探討的問題之後，必須再將問題界定清楚，特定的名詞，亦必須加以界定，以規範研究的範圍。研究問題及名詞等的界定，均需參考相關文獻，再考量下列要點加以評鑑：

- ①解決問題之後有何期望價值？
- ②問題的本質、大小和範圍，是否明確適當？
- ③解決問題所需的研究架構、策略、方法和技巧，是否無慮？
- ④時間和經費夠用嗎？
- ⑤蒐集的資料是否能夠解決研究的問題？
- ⑥進行研究時，需要那些行政支援？
- ⑦是否有類似的研究報告曾經探索過同樣的問題？
- ⑧問題解決之後，是否能引導下一步的研究方向或衍生一些具有研究潛能的問題？

4. 提示研究目的或研究假說（Research hypothesis）：

在詳細考量上述問題之後，研究的問題便已十分具體明確了，接下來便是將具體化的研究問題以「行動目標（Action objectives）或「研究假說」的型式呈現，俾做為引導研究過程和蒐集資料的指標。

「研究假說」是研究問題的假設結果，假說一般都是在開始設計蒐集資料方法前即必須明確提出，以便在研究的過程

中，能夠針對其需要蒐集資料，逐一加以驗證。一般科學教育研究於建立假說時，習慣上均喜歡以「虛無假說（Null hypothesis）」的方式來表示，在本質上，虛無假說一般皆需要以統計方法來加以驗證（接受或排斥），因此又稱「統計假說（Statistical hypothesis）」。

有時，科學教育研究亦可藉提示「研究的目的」來界定研究的問題，而不一定要以「研究假說」的方式來呈現，這種情形尤以「描述性研究（Descriptive research）」為然，因為這類研究設計，以敘述研究目的的方式來呈現，通常更能表達研究的具體目標。

5. 界定基本概念（concepts）和變因（Variables）：

任何研究之進行皆有其基本概念架構（Conceptual framework）依據，因此，在選擇研究方法，進行研究過程設計之前，必須先釐清並建構研究的概念架構，俾供選擇或設計研究工具、選用研究方法、決定蒐集資料的種類、選定處理資料的方法以及解釋研究數據等的依據。

此外，在這個過程中，同時亦必須將與研究意圖有關的變因，加以明確界定，方不致引起溝通不良甚至誤解。在界定變因時，可以有兩種方式，一為以「概念性定義（Conceptual definition）」來界定，亦即以明確的概念範圍或以概念分析法來界定研究的變因；另一為以「操作性定

義(Operational definition)」來界定，亦即以研究設計中操作的過程來界定研究的變因。研究者於界定研究的變因時，必須明確揭示界定的方式，將來解釋研究的結果時，方不致因各人對變因所持定義的不同，而引起誤解和爭議。

一般而言，在一研究中可能包含的變因可分為三大類，第一類稱為「獨立變因(Independent variables)」，這是在一研究設計中，研究者所操弄(Manipulated)的變因，研究者希望藉改變此變因來觀察其他變因的變化，亦即擬藉操弄此變因，看看對其他研究變因有何影響，因此，其又稱「輸入(Input)」、「刺激(stimulus)」或「處理(Treatment)」變因。第二類變因稱為「依變因(Dependent variables)」，它是因應「獨立變因」的變化而改變的變因，亦即其性質往往反應「獨立變因」的變化，在研究過程中，研究者並不操弄依變因，而只是觀察它的變化。因此，其又稱「輸出(Output)」、「反應(Response)」或「結果(Outcome)」變因。另一類變因稱為「控制變因(Control variables)」，它是研究者在進行研究時，必須加以控制使之保持恆定，以免干擾研究設計或研究處理的變因。這類變因如年齡、性別、IQ、社經背景(SES)、教育背景等，由於這類變因是研究者在研究過程中必須考慮並加以控制的背景，因此又稱為「背景(Back-

ground)」，「分類(Classificatory)」和「個體(Organismic)」變因。

6. 敘述研究假設(Assumptions)：

任何科學教育研究皆有其基本背景假設，這些假設是研究者解釋研究結果和做成推論時的基本依據，通常無需加以特別界定或解釋。例如：進行生物教師教學能力研究時，研究者可以假設接受研究的教師樣本能忠實並盡其所知的表現其教學能力，以供評鑑或測量。再如：研究教師教學行為的人，通常假設某些教學行為是可以加以觀察及測量的。像這類與研究者擬研究的屬性有關的屬性本質(Nature of attributes)和研究過程的正常性等，均屬研究的基本假設，在研究過程中，也必須先加以敘述清楚。

7. 設計研究過程以儘可能提昇研究的內在和外在效度：研究結果及其推論的可靠性，端視研究設計的嚴謹程度而定，故研究設計是科學教育研究過程中最重要的一環。也因此在設計研究的過程時，必須審慎加以考量，以儘可能提昇研究的內在和外在效度，進而提高研究結論的「可推論性(Generalizability)」為目標。

「內在效度(Internal validity)」意指研究者是否儘可能嚴謹的控制了應該控制的變因，是否研究的結論可以完全歸因於某些「獨立變因」的操弄結果，以及研究的設計，是否已經儘可能的排除或控制了其他外在「介入變因(

Intervening variables) 的干擾 (Campbell & Stanley, 1966)。當內在效度無慮時，因果關係的推論和研究結果的解釋方較可靠。而「外在效度 (External validity)」則是意指研究結果的「可推論性」和「代表性」(Representativeness)，若研究結果的可推論性愈大，或代表性愈高，則外在效度便愈大 (Campbell & Stanley, 1966)。所有的科學教育研究，於選擇研究方法時，均企圖設法尋求較大的「可推論性」，一般而言，研究結果的可推論性有兩類：

① 樣本至族群 (Population) 的推論：

研究結果可以推論至何種族群。

② 研究的情境 (Setting) 至其他情境的推論：

在某一研究情境下完成的研究結果，可以推論至何種情境和條件。

故一般而言，某一研究的內在效度愈大，則研究結果的精確性愈高；外在效度愈大，則研究結果可推論的範圍愈大。研究者在設計研究過程時，必須特別注意這兩種效度。尤其是內在效度，因為一個缺乏內在效度的研究，根本無法談及可推論性。

在設計科學教育研究時，為求取理想的內在和外效度，研究者尤其必須注意下列四項步驟：

① 取樣方法。

② 變因的控制與操弄。

③ 建立評鑑數據、資料的標準。

④ 研究工具的選擇、發展和效度考驗 (Validation)。

8. 擬定蒐集資料的步驟：

資料的蒐集是在研究過程設計妥當之後方可開始，為求於蒐集資料時能夠很有系統、有計畫而避免有所疏漏，在開始蒐集資料之前，就應該詳細計畫處理資料的方法以及擬分析的項目，如此方可避免陷於在進行資料分析時，才發現資料不足，無法分析的困境。

一般在科學教育研究上，用於蒐集資料的技術和約可分為三大類，亦即觀察法 (Observation)、測量法 (Measurement) 和調查法 (Survey)。觀察法是藉各種觀察途徑，技術方式，觀察受研究者的某些科學教育屬性、蒐集量化以及非量化數據的過程；測量法則是應用各種測量工具 (Instruments)，包括測驗、調查和其他量表等，以蒐集某些屬性資料的過程；調查法亦是應用各種調查方式，如：問卷、晤談、調查表等，來蒐集屬性資料的過程。研究者於設計研究過程時，必須仔細評估各種蒐集資料的技術，分析其應用於某一特殊研究情境時的優缺點，審慎選擇蒐集資料的方式和技術，務使蒐集資料的方法，能滿足研究者的意圖和需要。

9. 選擇資料分析方法與進行資料分析：

經由前一步驟蒐集得來的資料，必須再經過適當的歸類、處理或製碼，方能進行分析以衍創研究結論。事實上，在執行資料蒐集步驟以前，就應該先詳實考慮蒐集到的資料要如何分析。這樣蒐集到的資料才不會浪費或不足。一般科學教育研究的資料，大都需要以統計方法來分析，統計方法又因研究的意圖和需要的不同而異，因此，研究者必須事先想好擬採用的統計分析方法，俟資料齊全之後，便可加以分析。目前，爲了統計分析的方便，各機構的電算中心均備有各種統計套裝軟體供研究者選擇採用，如：SPSSX, SAS, BMDP等，研究者可斟酌各人的需求及方便來選用。

在執行資料分析時，除了應該解釋與預期結果相符的資料外，對於與預期不符的數據，亦應設法加以闡述，解釋甚至討論，以確保研究結果的再生性（Reproducibility）。

10. 評鑑研究結果和做成結論：

任何科學教育研究的終極目標均在做成具體結論，俾能提出建議，供科學教育決策之參考。但是研究結論從何而來呢？一般而言，經資料分析後產生的結果只是一些統計數據而已，這些數據對其他人而言只是一堆原始數據（Raw data），並不代表任何具體意義。因此，爲使這些生鮮數據能變成有意義的資料，研究者通常需要更進一步應用其進行研究時所建構的理念架構來加以解釋（Interpretation）。

，將之轉化爲實際的結構或推論（Inferences），並寫成研究報告或論文，發表出來，這樣，研究的結論才能對科學教育決策有所影響。

研究結果的解釋是一項相當困難的工作，因爲，一方面不但要忠實的解釋與預期結果相符的資料，另一方面更要合理的解釋與預期結果不盡相符的數據，以堅實研究的可信性。因此，研究者於解釋數據時，宜把握下列數項基本原則：

- ①研究結果的解釋和推論，不可超出數據所能允許的範圍之外，亦即下結論和進行推論時，一定要根據研究所得的資料。

- ②於解釋研究結果並進行推論時，必須設法解釋未能妥善控制的變因，給自己和讀者留下足夠的彈性來考慮這些未控制妥當的變因可能造成的影響。

- ③研究結果的解釋和推論應考慮研究的限制（Limitations），不可推論過度（Over-generalization）。

- ④有關因果關係的解釋和推論要特別小心，除非有充足、明顯的證據，否則不宜輕易將兩個研究變因解釋爲因果關係。

綜合言之，上述十項步驟是設計和執行科學教育研究所必須考慮的基本工作項目，任何傑出的科學教育研究，除了應顧及這十項基本運作外，尚需再考慮下列八項科學教育研究所必須仔細考量而不可或缺的要件（Issac & Michael，

1983)，現分述如下：

- (1) 研究的理念和理論基礎 (Rationale and theoretical base)。
- (2) 研究的目的或問題。
- ① 問題的形成 (Formulation)。
- ② 問題的分析 (Analysis)。
- ③ 問題的評鑑 (Evaluation)。
- (3) 研究的具體目的或假說。
- (4) 研究設計及研究步驟。
- (5) 研究假設 (Assumptions)。
- (6) 研究的限制 (Limitations)。
- (7) 研究的範圍 (Delimitations)。
- (8) 名詞的定義 (Definition)。

肆、科學教育研究的種類

科學教育研究和一般教育研究一樣，可以因研究意圖和策略以及研究方法的不同而分成三大類 (Van Dalen, 1979)。

第一大類可稱為「實驗研究 (Experimental research)」，這類研究所採用的研究方法包括實驗研究法及準實驗研究法 (Quasiexperimental research)。當進行這類研究時，研究者通常企圖設法控制影響研究情境的

各項「無關變因 (Extraneous variables)」，並探索當有系統的操弄「獨立變因」時各項「依變因」的變化情形，因此，實驗研究法具有探索變因之間的因果關係的潛能。

第二大類的科學教育研究可稱為「描述研究 (Descriptive research)」，這類研究所涵蓋的研究方法十分廣泛，包括調查研究、相關研究、個案研究、自然研究 (Naturalistic study) 和發展研究 (Developmental study) 等。這類研究是科學教育研究中最為常見的研究設計，其旨趣在調查或發掘科學教育屬性的「事實現況」 (What is...)，以蒐集各種科學教育屬性的現況資料，進而探索屬性之間的關係。因此，嚴格來說，除了實驗研究和歷史研究之外，絕大部分的科學教育研究均可歸入描述研究這一類。一般而言，描述研究除了具有描繪屬性現況或特性的目標之外，同時也兼具分析、比較某一屬性在不同目標族群 (Target population) 之間的關係或同一族群內，不同科學教育屬性之間的關係的功能。

第三大類的研究為「歷史研究 (Historical research)」，這類研究旨在以客觀、正確的方法，探索科學教育屬性的「歷史」，並加以詮釋 (Interpretation)，以期能鑑古而知今，甚至預測未來趨向 (Trends)。故歷史研究亦為科學教育研究中，頗為重要的一項研究策略 (Bybee, 1982)。

其次再就研究方法的特性及目的來看，目前科學教育研究所應用的研究方法，種類至為繁多，每一研究方法皆有其特殊的理念、方法學（Methodology）、研究技術和功能，若擬逐一詳加討論，因篇幅的關係，勢非可能，因此，現僅就一般常用之科學教育研究方法，簡單介紹其特性以及在科學教育研究上的應用。至於細節，則請讀者參考教育研究方法之書籍、專論或論文。

1. 描述研究法（Descriptive research）

應用在有系統的探索某一科學教育屬性的事實狀況或某一族群的特性等。一般的調查研究（Survey research）、現況研究（Status study）、觀察研究（Observational study）以及問卷和晤談調查（Questionnaire and Interview）等皆屬此種研究方法。由於此種研究方法主要是「描述性」的功能，因此並不一定要尋求或解釋屬性之間的關係或驗證研究假說或進行預測，而只要將擬探索之科學教育屬性的特性正確加以描述即可。

2. 發展研究法（Developmental Research）

應用在探究科學教育屬性的成長順序或發展型式（Patterns），或擬探究的屬性是否隨時間的遷移而異等，就較為廣泛的意義言，其亦是一種描述研究法。發展研究法因所用研究方式的不同又可分為三類，分述如下：

(1) 縱貫研究法（Longitudinal study）..

針對相同的樣本，在不同的發展階段，連續觀察或測量某些屬性的特性和變化情形。此種研究方式對探討科學教育屬性之生長型式、生長速度、生長方向、生長順序及影響其生長之相關因素等極為有效。由於研究者一次所能觀察的樣本十分有限，且研究的時間通常經歷數年乃至數十年。因此，這種研究方式在取樣及行政和經費支援等方面均需特別考量。

(2) 橫斷研究法（Cross-sectional study）..

一般而言，橫斷研究法所觀察或測量的樣本較縱貫研究法為多，這種方法也較省時、省錢且比較容易實施，故在科學教育研究上也較縱貫研究法普遍些（Issac & Michael, 1983）。由於本項方法在進行時，分別以不同的樣本來探索某些屬性在不同發展階段的生長情形，因此，取樣技術必須十分注意，否則在比較時將有可能會擴大研究誤差，不可不慎。

(3) 趨向研究法（Trends study）..

這種研究方式在於藉研究過去的發展型式來預測未來的發展趨勢或情況。一般而言，長期的預測只是一種教育的猜測（Educated guess），精確性較差，而短期的預測則比較可信、可靠。

3. 個案和田野研究法（case and field study research）。

以某一個體、某一團體、某一機構 (Institution) 或某一社區 (Community) 等為研究對象，探究其某一科學教育屬性之背景、現況以及與環境因素之間的交互作用的研究方法稱為個案研究。由於研究的情境可以是辦公室、教室、實驗室、學校、社區、乃至任何社會生活環境，因此，有時某些個案研究又可稱為「田野研究」。近年來，在科學教育研究中，影響頗鉅範圍也廣的個案研究為數不少，其中尤以 Stake & Easley (1978) 的科學教育個案研究最為著名。

個案研究的特性是能夠就某一特定個體或群體針對某些特定屬性或變因，深入探究其真貌，以建構一完整而詳實的報導。與調查研究法比較起來，通常個案研究所探究的變因為數較少，樣本數亦少，一般也很少使用複雜的統計方法來處理資料，不過卻也因此能夠非常深入而完整的探討某一科學教育屬性的來龍去脈，故當研究者選擇的研究對象很有代表性時，研究結果的「可推論性」將可很大；當然，若選擇的樣本代表性不足時，可推論性便非常的差。此外，由於個案研究的進行，一般均需要仰賴研究者敏銳的觀察和周詳的記錄，必要時，還需做一些高階推論 (High-order inferences)，因此，研究的結論比較容易受研究者主觀的影響 (Isaac & Michael, 1983)。

4. 相關研究法 (Correlational research)。

廣義而言，相關研究法也是一種描述研究法，其是藉相關係數的解釋，來探究某一屬性（或因素）的變異 (Variations) 與其他屬性（或因素）的變異之間的關係。這種研究方法在科學教育研究中頗為常見。當擬探究的變因非常複雜，或無法加以控制，致無法以實驗研究法加以研究時，相關研究法便是一種相當適當的選擇。一般而言，相關研究法除了可以探索兩個或兩個以上變因的相互關係之外，尚可進行預測分析 (Prediction analysis)。不過研究者必須特別注意的是，相關研究對獨立變因之控制比實驗研究法差，且有相關並不代表有因果關係存在，因此，相關研究並不能建立變因之間的因果關係。

5. 實驗研究法 (Experimental research)

實驗研究設計是一種實證的研究方法，其特性及研究過程與一般自然科學研究至為類似，都是在藉實驗組 (Experimental groups) 和控制組 (Control groups) 的實驗設計，探索科學教育屬性之間的因果關係。因此，其在研究設計中具有三項特性，即控制無關變因，操弄獨立變因以及逢機分派樣本。也因此，一般而言，實驗研究的結論，其可推論性比較大。

實驗研究法在科學教育上的應用事實上也有其無法克服的極限，而無法像自然科學的研究一樣，比較能夠完整的控制實驗設計而免於其他因素的干擾。因為，科學教育研究的

主要對象是人、老師或學生，雖然研究者設法在研究過程中，儘可能的控制了無關變因的干擾，但是，事實上，在實際的教育情境之中，這類干擾並非研究者所能完全控制；更由於人類所具有的感情、價值判斷、社會交互作用等因素，亦非研究者可能掌握（林清山，民七十六年），因此，在解釋研究結果及做成推論時，必須注意這項限制，而不宜引用自然科學實驗研究法常用的解釋和推論方式。

6. 準實驗研究法 (Quasi-experimental research)

在科學教育研究設計中，有時由於實際教育情境的限制，而無法滿足實驗研究設計的要求，例如：無法以逢機方式來分派樣本，或無法順利操弄獨立變因等，在這種情況之下，研究結果的可靠性乃略較真正的實驗研究法為低，這種研究設計就稱為「準實驗研究法」。故準實驗研究設計的特徵是由於現實情況的影響，研究者只能控制部分變因，其他未能控制的變因則順其自然，故其內外效度均應審慎斟酌。

其實嚴格的說，在科學教育研究中，幾乎沒有真正的 (True) 實驗研究設計，因為，當把一切相關的介入因素均考慮在內時，一般認為的實驗研究設計其實均多少有準實驗研究設計的特徵。因此，兩者的差別，只是在研究者對應該控制的變因，取得實際控制的程度的不同而已。

7. 原因—比較研究法 (Causal-Comparative research)。

這種研究方法是藉觀察某些科學教育屬性在當前所表現的狀況或結果，來探究可能的因果關係，同時由所蒐集的資料數據，追溯現象的形成因素，因此，其是「事後回溯 (ex post fact)」的研究方法。在實證式的實驗研究中，研究者通常試圖儘可能控制各項影響研究結果的變因，以探究屬性之間的因果關係及形成因素。但是，在實際教育體系之中，有時候研究者不太容易控制各項影響研究結果的變因，亦即無法以實驗研究法的研究設計來探討因果關係，此時，研究者乃不得不根據在自然情況下，某些屬性的變化或差異，來追索形成此種變化或差異的因素（相當於實驗研究法中的獨立變因），故「原因—比較研究法」實質上亦具有實證的本質，不過在研究的過程中，研究者無法直接操弄或控制獨立變因，而只能由屬性現況之間的變化來推演彼此間的關係 (Kerlinger, 1973)。

目前，由於各項統計技術的發展愈見精進，這種研究設計的可靠性乃愈來愈高。不過，由於研究方法本質上的特殊性，其亦有許多難以克服的極限，諸如：無法控制或操弄獨立變因，無法以逢機方式選派樣本，因果關係的推論也常有因科學教育屬性的介入因素太多而有產生錯誤推論的可能等，因此應用此種研究設計的研究者，於解釋資料及下結論時，應特別謹慎小心，以免造成謬誤。

8. 歷史研究法 (Historical research)

如前所述，歷史研究法是在以客觀、周全的研究設計，有系統的探索科學教育屬性的變化或發展歷史，以期能因鑑古而知今，進而預測未來。故在歷史研究法的設計中，研究者所蒐集到的資料往往是他人的「觀察」結果而非研究者自己的探究，因此，如何去偽存真，使蒐集到的資料成為比較接近真實的記錄是做歷史研究的一大挑戰，這項任務有賴研究者銳敏的洞察力、堅實的學術素養以及高超的批判思考方能完成。

一般而言，歷史研究法蒐集的資料有兩種來源，一種來自研究者直接閱覽並引用原始的紀錄；另一種則來自研究者間接引用其他研究的報導或觀察，當然就資料的權威性和真實性言，前者顯然優於後者。

伍、結語

科學教育研究的方法論，正如筆者於前言中所述，是進步的、變通的和包容的，在其發展的過程中，不斷採括了自然科學、教育學、行為科學乃至社會科學的研究方法，而匯集成為獨特的研究方法庫。至目前為止，一般科學教育研究除了經常應用上述之八種研究設計之外，近年來，更有許多新發展的研究方法不斷的溶入，諸如：後設分析研究法（

Meta-analysis）（Glass, 1978; 1982; Wolf, 1986,

Hedges et al., 1989）、定性綜合研究法（Qualitative synthesis）（Yager, 1982）。自然研究法（Naturalistic research）（Easley, Jr., 1982; Smith, 1982）、定性研究法（Qualitative research）（Rist-1982; Roberts, 1982）等，使得今日的科學教育研究方法更具多樣性、更富包容性。不過不管研究方法有何演變，其實科學教育研究的目的和真諦只有一個，亦即藉研究的實施追索科學教育的真相、事實和真理以裨益科學教育的實施和改進。也因此，提升科學教育研究設計的品質遠比講求運用那一種研究方法來探討還要重要，因為，研究方法的不同往往代表觀察角度的差異，代表由不同的角度來看同一問題或事業；而品質的好壞卻直接影響「事實」和「知識」的精確性。

通常在研究設計完成之後，研究者假若能夠依據一套科學教育研究的評斷標準來檢視研究設計是否妥慎適切，將可有效提昇科學教育設計的品質。就大部分科學教育研究方法而言，表一的評鑑標準應稍可滿足上述要求。

表一：評判研究設計品質的標準：

評 判 標 準	應 檢 視 的 問 題
1. 研究的重要性 2. 研究的目的 3. 擬探究的問題 4. 研究方法的選擇 5. 研究工具的設計及取樣 6. 資料分析 7. 變因的控制和操弄 8. 可能的誤差來源 9. 可推論性	1. 是否清楚描述了研究的重要性或問題所在？ 2. 是否具體列出研究目的或研究假說？ 3. 界定是否周全具體？ 4. 研究方法是否適當？ 是否為達成研究目標的最好選擇？ 5. 取樣方法、研究工具的設計是否適當？可行性如何？ 6. 資料分析的步驟是否恰當？ 7. 各項變因是否清楚界定？獨立變因的操弄是否適當？ 無關變因是否控制周全？ 8. 是否採取必要的措施或行動來減低可能產生的研究誤差？ 9. 研究的結果擬推論至何種程度？有無過度推論的情形？

最後，筆者願意特別強調的是，科學教育研究方法並不像「食譜」一樣，只要有一套詳細的配方和做法，便可「照譜做菜」。事實上，科學教育研究方法的設計既是科學也是藝術，研究者需要的除了慎密的思考、周詳的計畫、踏實的操作、審慎的分析之外，還得再加上一顆玲瓏剔透的心，使研究的設計趨於圓潤，而兼有堅實的理念架構以及無懈可擊的解釋和推論。

陸、參考文獻

1. 周愚文，民七十六年教育學的科學研究之反省。
中國教育學會主編，教育研究方法論。師大書苑。
2. 林清山，民七十六年。實驗研究法在教育研究上的應用及限制。
中國教育學會主編，教育研究方法論。師大書苑。
3. 郭生玉，民七十六年。心理與教育研究法。精華書局。
4. Bybee, R.W. 1982. Historical research in science education. JRST. 19(1), 1-13.
5. Campbell, D. T. & Stanley, J. C. 1966. Experimental and Quasi-experimental Designs for Research. Chicago, Illinois: Rand McNally.
6. Cronbach, L. J, & Suppes, P. Eds., 1969. Re-

- search for Tomorrow's Schools: Disciplined Inquiry for Education New York: Macmillan.
7. Easley, Jr., J.A. 1982. Naturalistic case studies exploring social-cognitive mechanism, and some methodological issues in research on problems of teachers. JRST. 19(3), 191-203.
 8. Gardner, P.L. 1975. Science and the structure of knowledge. In P.L. Gardner, Eds. The Structure of Science Education.
 9. Glass, G. V. 1978. Integrating findings: The meta-analysis of research. Review of Research in Education. 5.351-379.
 10. Glass, G. V. 1982. Meta-analysis: An approach to the synthesis of research results. JRST. 19(2), 93-112.
 11. Hedges, L.V., Shymansky, J.A., & Woodworth, G. 1989. A Practical Guide to Modern Methods of Meta-analysis NSTA. Washington, D.C.
 12. Issac, S., & Michael, W.B. 1983. Handbook in Research and Evaluation for Education and the Behavioral Science. 2nd ed., San Diego, CA: EdITS Publishers.

- 21 Kerlinger, F.N. 1973. Foundations of Behavioral Research. 2nd ed. New York: Holt, Rinehart & Winston company.
- 22 Linn, M. C. 1987. Establishing a research base for science education: challenges, trends, and recommendations. JRST, 24(3), 191-216.
- 23 Rist, R.C. 1982. On the application of ethnographic inquiry to education: Procedures and possibilities, JRST, 19(6), 439-450.
- 24 Roberts, D.A. 1982. The place of qualitative research in science education. JRST, 19(14), 277-292.
- 25 Schwab, J.J. 1964. Structure of the discipline: Meanings and significances. In G.W. Ford & L. Pugs, Eds., The Structure of Knowledge and the Curriculum. PP. 1-30.
- 26 Smith, M.L. 1982. Benefits of naturalistic methods in research in science education. JRST, 19(8), 627-638.
- 27 Stake, R. E., & Easley, J.A. 1978. Case Studies in Science Education. Urbana, Illinois: Center for Instructional Research and Curriculum

Evaluation University of Illinois.

- 28 Van Dalen, D.B. 1979. Understanding Educational Research. Fourth ed. New York: McGraw-Hill.
- 29 Wolf, F.M. 1986. Meta-analysis: Quantitative Methods for Research Synthesis. SAGE Publications, Inc.
- 30 Yager, R.E. 1982. Factors involved with qualitative synthesis: A new focus for research in science education. JRST, 19(5), 337-350.
- 31 Yager, R.E. 1983. Defining science education as a discipline. JRST, 20(3), 261-262.
- 32 Yager, R.E. 1984. Defining the discipline of science education. Science Education, 68(1), 35-37.

【作者簡介】

鄭湧涇先生，台灣省台中市人，美國愛荷華大學哲學博士，現任國立台灣師範大學副教授。

