

# 國小學童「電池」概念之探究 — 理論與實證

李賢哲<sup>1</sup> 張蘭友<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立屏東師範學院 自然科學教育學系

<sup>2</sup> 高雄市漢民國小

(投稿日期：民國 90 年 8 月 24 日，接受日期：90 年 10 月 3 日)

**摘要：**本研究先以文獻探討法來瞭解兒童科學概念研究領域的理論淵源與最近幾年的研究現況，另一方面實證性探究目前國小高年級學童對電池所具有的另有概念。理論分析著重在科學哲學的隱喻與影響以及概念研究的主要派典；相關研究現況則聚焦於綜論型與電池概念相關之研究。實證性探究部分，先分析現行及九年一貫課程關於電池概念的架構，結合文獻、學者專家、國小實務科學教師與兒童生活經驗，發展命題知識敘述與專家目標概念圖；再據以編製電池概念的晤談題幹。研究對象為 18 位國小高年級學童，採質性研究設計，以半結構式操作晤談來蒐集學童對電池的另有概念類型與探究初步成因。研究結果發現兒童的科學概念研究，其理論依據相當程度植基於科學哲學各學派的觀點，建構主義思潮的影響尤鉅，而目前的科學概念研究，實則已融合了過往四個時期概念研究的主要派典。經由實證性的探究，國小學童具有許多有關電池的另有概念，這些另有概念，與國內外相關文獻研究中出現與本研究相類似的結果，顯示電池的另有概念，具有相當之普含性。藉本研究結果，希對學童電池概念的學習、學校科學課程的設計與後續的研究方向提出建議。

**關鍵詞：**另有概念、國民小學、晤談、概念研究、電池。

## 緒 言

### 一、研究背景與動機

兒童科學概念的研究，在最近數十年儼然已成為國際化的主流研究派典(Paradigm)(註 1)。美國科學促進會(AAAS)於 1993 年以及國家研究委員會(NRC)於 1996 年，均聲

言最新的科學教育改革，聚焦與重視各級學生對科學概念的理解，而非博學所有的科學事實(Akerson, Flick & Lederman, 2000)。國內外科教界對於兒童科學概念研究的熱潮，仍然方興未艾(註 2)；國科會科教處更多次邀請國外知名研究學者來台(洪瑞英, 1998)，介紹科學概念研究的方法論與實證研究經驗，各種強調兒童迷思概念，而以概念改變為主的教學策

略也因而更加蓬勃發展。緣此之故，群策群勵繼續兒童科學概念探究此一國際化研究派典，使概念研究的成果資料庫（註3）更趨健全，是當前科教研究努力的方向之一。

另一方面，近幾十年來的教育研究，部分在國際化趨勢下，幾由西方理論主導，因未能植基於本土化的教育知識與文化情境，常常造成只有研究形式的移植（楊深坑，1999）。新制的九年一貫課程（註4），將於今年九月正式上路，若能配合教育改革，選取內容素材進行基礎研究（註5），提供課程編製參考資源，適可落實科學教育研究的本土化（註6）。

在「自然」的領域中，電的交互作用是主要的內容之一，國小階段有關電的探討是以直流電為主，電源多來自於電池，因此關於電的學習單元，應會使用電池；在「生活科技」的領域中，許多家電產品，例如手電筒、各種電器的遙控器，電池亦不可或缺；另外在學童的生活經驗裡，軌道車、隨身聽、手錶、電子雞、怪獸對打機等電玩，甚至會發出聲光的運動鞋等等，幾乎更是離不開電池。因此，學童電池概念的學習，不論在課程面或是生活面，都突顯出電池的重要性。

國內外科學教育的相關研究，顯示物理中的電學部份很重要，但也較難教和難學（葉俊豪，1994；Garnett & Treagust, 1992a；Viard & Francoise, 2001）；另一方面也顯示化學領域電化學這一部份，屬於較無法直接觀察的抽象概念，也是學生感覺較難學習的概念之一（廖怡雯，1999；Garnett & Treagust, 1992b；Sanger & Greenbowe, 1997）。Butts 和 Smith（1987）曾針對學生調查 50 個化學概念的學習困難度，結果發現電池是學生感到最困難的概念之一，Finley, Stewart 和 Yarrch 的研究也得到類似的結果（Garnett & Treagust, 1992a）。另外，許多已發表的兒童概念研究中，物理類佔 70%，生物類 20%，而化學類只佔了 10%（Treagust,

2000）。本研究主題概念「電池」屬於電化學的主要內容，而且在國小課程中是融入於電學單元中，兩者交集之下，產生另有概念的可能性大增，相當值得研究，更何況國內外做過有關電池概念研究的報告極少，針對國小學童從事電池概念研究的更是闕如，因此突顯本研究的開創性。

九年一貫課程即將實施，教師須具備研究課程、編撰教材的能力；若以科學與其它學科相比，科學內容幾乎隨著學術研究發展腳步快速增長。郭重吉（2000b）在科學教師的專業發展上，指出科學教師應該要具有終身學習的體驗與能力，並且利用科教研究來改進教學實務。Gunstone（2000）指出自 1975 年 Lawrence Stenhouse 首先倡言「教師亦是研究者」（Teachers as Researchers），類似的理念如“Science Teachers as Researchers”（McGonigal, 1999）、“Researchers as Teachers”（Tobin, 1999）等研究理念與行動亦日漸興盛，各國中小學的科學教師從事各種科學教育研究，已逐漸普遍化（註7）。本研究採 Varelas 和 Pineda（1999）的合作教師行動研究計畫（Collaborative Teacher Action Research Project）模式，由具備學術理論專業的師範校院教師結合具有兒童教育實務經驗的國小自然教師，共同落實行動研究的理念。

## 二、研究目的

- （一）探討兒童科學概念研究的理論淵源與研究派典。
- （二）整理兒童科學概念研究的方法與現況。
- （三）分析現行國小課程中有關電池概念內容的編排架構。
- （四）編製高年級學童應學得的電池目標概念與命題知識。
- （五）實證性研究國小高年級學童的電池另有概念與類型。

(六)研究成果與建議提供做為科學教育課程編製、教學與相關研究的參考。

### 三、名詞釋義

在概念的研究上，由於不同的研究者對知識論、學習心理學、科學哲學等的觀念不同，或由於概念的起源、本質與範圍的不同，因此對於概念的描述有不同的用語，茲將本研究在文獻探討與分析討論中常出現的概念用語定義於下：

(一)先前概念 (preconception or preinstructional conception)

學童在接受學校正式教學之前，其心智中對於科學已然存在的概念，也稱為先存概念或教學前概念。

(二)另有概念 (alternative conception)

學童對於特定科學知識有些獨特的想法，這個想法可以用來引導學童認識、了解日常生活所遭遇的事物，但因為這些想法通常與科學家的科學知識不同，因此稱為另有概念或學童的科學。

(三)迷思概念 (misconception)

學童在科學的學習過程中，對某一科學概念或某種現象因為某種因素，所產生的錯誤想法，與目前科學社群所公認的知識相衝突，早期也稱為錯誤概念。

(四)另有架構 (alternative framework)

較多學童對某種科學學科或現象所抱持的概念和解釋，一些比較共通性的想法，卻與目前科學專家的知識體系不同的概念架構。

## 概念研究理論與現況

### 一、理論淵源與派典

在科學教育的研究中，科學思想的歷史發

展與兒童的認知發展之間的平行主義受到相當的重視 (Bar & Zinn, 1998)。Mintzes, Wandersee 和 Novak (1998) 認為學生堅持的解釋，通常類似於早期的科學家和自然哲學家。有些學者如 Carry 延續 Kuhn 及 Piaget 的觀點，把兒童科學概念的理解與發展，類比如科學史中科學家概念的改變與科學理論的革命性改變，兩者互有相似性 (Levine, 2000)；國內的研究中，張榮耀 (2000) 以科學史與本體論的觀點來探討概念改變的機制，發現學生在教學前的迷思概念，多數與早期科學家有相近的想法，亦有許多與科學史上的錯誤相符。但亦有學者如 Chi、Nersessian、Thagard、邱美虹等人指出兒童科學概念的改變，並不如科學革命如此的劇烈或進行根本的重建 (邱美虹, 2000)。兒童科學認知的發展和概念的改變，是否如同科學的進步歷史或是科學家社群理論的改變過程？知識的發展是累積、演化或是革命式的？新科學哲學對於科學知識的形成與發展之看法，實已為科學概念的學習提供了豐富而不同角度的觀點，也因此形成概念研究的理論基礎。Niaz 歸納 Cartwright、Christie、Fricke、Lakatos 和 Rocke 等人的研究，均一致指出科學教育研究的理論基礎，主要植基在科學的哲學家與史學家的闡釋。而科學哲學與科學歷史對兒童概念研究的重要性，也同時在 Burbules 和 Linn、Hodson、Kitchenner、Lederman、Matthews、Niaz 等人的研究文獻中描述 (Niaz, 2000)。筆者謹將科學哲學中主要學派人物的相關論述，對概念研究的隱喻與啟示，以及科學概念研究的主要派典，敘述如下：

#### (一)科學哲學的隱喻與啟示

1. 巴柏的否證論 (Falsificationism)：卡爾·巴柏 (Karl R. Popper) 與當時盛行的維也納學派的邏輯實證論或邏輯經驗論，對於科學理論有不同而非常嚴格的要求，主張可證明性無法完全周遍，不能做為理論的接受判準 (高慧蓮

和蘇明洲, 2000)。一再提出科學對世界現象所做的假設或理論, 應該要具有否證性, 否證性可當做科學的界定準則, 而非可證實性(梁錦鏐, 2000), 因此任何含有一個經驗性問題的異例, 即為已被駁斥或是反證為假的理論, 在科學上便不再具有價值。巴柏接著認為科學進步的主要動力是否証, 科學發展的歷史是一連串的臆測和反駁, 科學家提出了一些猜測或假說, 然後想辦法反駁它們, 真正的科學理論必須不斷地接受否証, 所以沒有一種理論可以稱為永恆的真理, 當它被否証, 再也無法合理解釋所觀察到的現象或經驗性的問題時, 就應該以新的、適用的理論來取代它。因此科學知識是一個不斷進化的集合, 而不是由真理堆積的金字塔(郭重吉和許玫理, 1993)。巴柏的觀點對科學教育有重大的啟示, 由於科學理論的產生過程是一種臆測、想像與創思的過程, 科學研究也標榜從錯誤中學習、嘗試錯誤原理(Trial Error), 隱喻了學生的科學學習上也始於自己對科學、自然的臆測與創思, 故具有許多的先前概念、迷思概念甚至於另有架構, 要透過不斷的否証, 即如同概念改變四條件中的不滿意說(註8), 而不斷地代之以新的、可解釋得通的概念。

2. 庫恩的派典論(Paradigm): 湯瑪斯·庫恩(Thomas S. Kuhn)是新科學哲學的開創性代表人物, 也是影響科學教育及研究最深遠的人。在1962年出版的名著「科學革命的結構」(Structure of Scientific Revolutions)(王道還、程樹德、傅大為和錢永祥譯, 1994)中, 提出一種科學進步的模式, 理論核心是「派典」, 主張在常態科學時期, 優勢的派典本身會被認為不可改變, 而且也免於批判。而個別的、特定的理論則可以批評、否証和拋棄, 但派典本身卻是不可挑戰的。此派典一直保持這種態勢, 直到「異例」累積到足夠的程度時, 科學家們才會開始自問這個優勢的派典是否真的適用。

庫恩稱這個時期為「危機」。在危機期間, 科學家才開始認真地考慮可以替代的派典。假如其中有一個可替代的派典, 經證明比從前的派典更具經驗上的成就時, 一項科學的革命於焉誕生, 一個新的派典適時登上寶座, 從此又開展了另一個常態科學的時代。庫恩的觀點對於科學教育影響深遠, 其以科學史的角度去分析科學知識的進步, 闡釋出社會層面、科學社群的集體信念, 都是影響科學知識發展的因素。Burbules 和 Linn 仿效科學社群的理念, 將學習者視為學習社群的一員, 共同經驗科學活動, 同學的互動可以幫助學生重新認識新的知識和他原有知識之間的關係。另外 Hodson 也將常態科學與科學革命的描述, 應用於學習者的學習過程。科學社群的研究工作是從現有的派典出發, 科學的學習則是從學習者原有的概念架構出發(郭重吉和許玫理, 1993)。但相較巴柏和庫恩的觀點對兒童科學概念發展的隱喻, 巴柏是個別概念被否証而修正演化式的概念改變, 而庫恩則是一整個概念架構或心智模式崩潰重建類似革命式的概念改變。

3. 拉卡托斯的研究綱領論(Research programme): 伊姆瑞·拉卡托斯(Imre Lakatos)先受業於巴柏, 但亦接受庫恩的觀點, 為了修正巴柏嚴格的否証論與庫恩科學演進中派典這個超級理論的角色爭議, 發展出研究綱領來取代, 研究綱領具有一系列的理論, 每一後續理論來自於前一理論的增加一些輔助條款而產生。科學的進步乃是指後續的理論持續產生, 使研究綱領擁有更大的經驗性內容(舒煒光, 1994)。又強調在同一領域內的同一時期中, 有許多研究綱領共存, 科學家可以客觀地比較相競爭的研究綱領之間相對的進步程度, 而非庫恩所主張的派典間之不可共量性(Incommensurable)。拉卡托斯的科學進步發展觀點, 提供一個有用的架構, 來重新建構學生和教師對科學的理解, 並應用在科學教育研究

的解釋上 (Niaz, 2001) 同時, 也相當程度地符合應認心理學家皮亞傑對兒童認知發展的理論: 兒童的認知發展透過同化的功能, 使基模擴大, 而能達到適應生活上的經驗。而對兒童科學概念發展的隱喻, 在於兒童的想法可能類似於多元研究綱領共存性, 對於同一件事同時具有兩個甚至多種的相互矛盾的概念架構, 面對學校的課題與日常生活的解釋完全不同, 科哲學者 Chi 亦贊同此觀點, 認為科學領域亦有同時存在多種不同想法, 如本體論、認識論等, 故學生對同一概念可能有兩種以上不同的意義或解釋 (Mortimer, 1995); 顏婉幸 (2000) 透過質性的行動研究, 也發現大部分國小中年級學童, 其學校科學概念與日常生活常未能聯結在一起, 形成兩種甚或多重解釋。這種複雜多重的迷思概念更突顯傳統教學的困難與新興的概念改變教學的研究方向。

4. 勞登的研究傳統論: 勞登 (Larry Laudon) 對於科學知識的進步與發展, 繼續修正了拉卡托斯的研究綱領, 並將庫恩的派典觀念加以擴大而成為研究傳統, 為互相競爭的理論在比較上提供一種脈絡背景和共通的經驗基礎。其理論的要點條列如下: (1) 個別理論的適當性或效力, 是指它們解決了多少重要的經驗性問題, 以及製造了多少重要的異例和概念性問題; (2) 一個研究傳統的可接受性端視其最近的理論, 其問題解決的效力; (3) 研究傳統中的理論可繼續探究和進步; (4) 接受、拒絕或是否繼續探究是科學家面對理論和研究傳統的主要認知態勢, 但其與真、假的判斷無關; (5) 所有的研究和理論, 均可在比較其效力和進步性的脈絡中來評價 (陳衛平, 1993)。勞登的觀點對於科學概念學習的隱喻, 在於學生的概念改變是一個動態持續的過程, 並非如政治或科學上的革命一般有鮮明的階段, 新近的科學史哲學者 Nersessian 和 Thagard 亦較贊同其觀點 (邱美虹, 2000)。另一方面, 新的概念相對於原有的

想法, 只是暫時較為有效、進步而合適。例如學生的物理觀念, 從亞里斯多德轉移到牛頓, 或進一步再轉移成愛因斯坦的觀點時, 新的概念架構可以解釋更多的經驗, 但也或多或少產生一些異例或概念上的矛盾問題。接受新的理論或概念並不一定涉及真假的判斷, 畢竟今日科學的觀點, 可能被明日的科學所否認。

小結: 在上述四位主要的科學哲學家, 對於兒童科學概念發展的觀點及隱喻上, 巴柏認為概念的改變是單一概念革命式的, 發生在任何時刻, 而就個人整體科學概念而言則屬於演化式的改變; 庫恩則主張概念的改變是政治革命式的, 整體概念式的類似完形的轉變, 發生的時刻則僅在於原先的概念出現危機的時候; 拉卡托斯與勞登則均傾向於視概念改變為一種演化式、漸進式的、而且是動態持續式的改變歷程。而各種的科學哲學觀點, 已形成科學概念研究的多元理論淵源與基礎。

## (二) 兒童科學概念研究的主要派典

自 1960 年以來, 科學教育學者從事學童的自然科學概念的研究日趨蓬勃, 其發展時期與研究取向大致可分成四種理論派典 (王美芬和熊召弟, 1995; 洪瑞英, 1998): 皮亞傑 (Piaget) 的發展派典、蓋聶 (Gagne) 的行為派典、奧斯貝 (Ausubel) 的認知派典、和建構派典 (註 9)。茲就其各理論派典的要旨及主要研究方法說明如下:

1. 皮亞傑的發展派典: 皮亞傑是一位已被公認為最卓越的發展心理學家 (Mintzes & Wandersee, 1998), 建構主義因為融合其學說, 而獲得更充實與完整性 (江新合, 1992), 所以皮亞傑也被歸入建構主義的早期代表性人物。其觀點認為學習是一種生物性的處理, 其特性是透過同化 (assimilation)、調適 (accommodation) 和平衡 (equilibration) 而接續發展四個時期, 包括感覺動作期 (sensorimotor period)、運思預備期 (preparational thought period)、具體運思期

(concerte operation period)、和形式運思期(formal operation period) (Mintzes & Wandersee, 1998)。每一個時期有不同的學習特徵，每個特徵都代表一種概念，概念的組合就成了認知結構。當個體遇到新的情境時，認知結構感到不平衡，會透過同化或調適來獲得平衡，不過平衡狀態是暫時的，因環境中事物隨時在改變，故個體認知結構必須隨時隨地經由同化與調適而時時改變，以維持繼續不斷的平衡與再平衡。對於學校的科學教學，除了專門領域的特殊知識結構外，更強調一般的認知功能，指出教師的任務，是去確定學習者的預備狀態或學習內容的合適性。皮亞傑發展派典之下的概念研究方法主要有兩種，一為認知層次化的概念結構圖(Concept Structure Diagram)，另一種為臨床晤談(Clinical Interview)。其中的臨床晤談法成為兒童科學概念研究的主要方法之一。

2. 蓋聶的行為派典：心理學家蓋聶雖屬行為學派，但其學說融入了認知學派的架構，整合了兩者。將歸納出的八種學習類型，以其難易程度組織成一個由上而下的學習階層(hierarchy of learning)，其中第六層次即為概念學習(concept learning)，認為概念是從許多具體存在的客體中，把其共同屬性抽象化的結果，椰子樹、含羞草、螞蟻、蝴蝶等是較具體的實物概念；植物、動物則是上一層的抽象概念；而生物則更抽象化。概念在科學教學中占有極重要的地位，其正向遷移(positive transfer)的學習理論，強調學習階級的重要性。每個概念猶如一塊基石，要建立高階級的概念之前，須先具備合乎科學社群認定的先備科學概念但因概念只是抽象的存在學生的腦海中，並不具體存在於外界，故學習起來相當困難。教育活動的主要任務即是學習各種概念，透過辨別學習(discriminative)、上下文義(context)、定義(definition)和分類(classification)等方法來學習各種概念。至於蓋聶行為派典的概念研究方法有

四種：(1)單字聯想(Words Association)；(2)事例晤談(Interview About Instances)；(3)放聲想(Thinking Aloud Protocols)；(4)刺激回憶(Stimulated Recall) (洪瑞英, 1998)。

3. 奧斯貝的認知派典：奧斯貝(Ausubel, D. P.)在他 1968 年的教育心理學：一個認知的觀點(*Educational Psychology: A Cognitive View*)一書中的題詞，寫下了最常被科學教育研究者所引用的一句話：「影響學習的最重要因素，是學習者已經存有的想法，確知了這個，然後依據這個來教學。」(Ausubel, Novak & Hanesian, 1978; Mintzes, Wandersee & Novak, 1998)故其主張第一是強調學習者的先前經驗和先備知識的重要性。第二是闡明有意義的學習，學習要有意義，必須要符合三種判準：

- (1) 學習的材料本身必須是含有學習意義的，而非一些沒有意義的音節；
- (2) 學習者必須已經擁有相關的概念做基礎來定錨新的想法；
- (3) 學習者必須是自發的、有意願的去納入新的知識，即具有學習的心向。

第三是認知同化論中的七個關鍵概念，包括(1)機械式的學習(rota learning)；(2)提綱挈領(advance organizer)；(3)層級學習(super-ordinate learning)；(4)含攝學習(subsumption)；(5)統整調和(integration reciliation)；(6)漸進分化(progressive differentiation)和(7)有意義的學習(meaningful learning) (余民寧, 1997)。認知模式與學習歷程經由這七個關鍵概念逐級向上的提昇，學習者會將新概念與自己原有認知結構中的舊概念或舊命題聯結在一起，不斷整合新舊概念，使之融合成更完備的知識結構，而達到有意義的學習。因此奧斯貝認知派典注重概念的結構，其研究方法主要有：(1)概念圖標示作業(Concept Map Line Labeling Task)；(2)樹狀結構連線作業(Tree Construction Line Task)；(3)概念關聯作業(Concept Relations

Task) ; (4) 句子產生作業(Sentence Generation Task) ; (5) 短文測試(Essay Test) ; (6) Vee 型圖(Vee-Map) (王美芬和熊召弟, 1995)。

4. 當今的建構派典：近二十年來，科學教育的主流學說較偏重於「建構主義知識論」。其學說淵源自新科學哲學主義庫恩、巴柏等對於知識論的觀點，也兼採皮亞傑、布魯納、奧斯貝、維高斯基(Vygotsky) (註 10) 等認知心理學的研究後再加以闡發，學說內容主要歸結成三大原理(江新合, 1992; 張靜譽, 1995)：

- (1) 知識是認知個體主動的建構，而不是被動的接受或吸收；
- (2) 認知功能在適應，是用來組織經驗的世界，不是用來發現本體的現實；
- (3) 知識是個人與旁人經由磋商與和解的社會建構。

尤其是社會文化的建構觀點，一方面強調了兒童對理解事物的自我建構本質，另一方面也強調自我的建構要與已發展出的系統化知識體接軌的重要性，因此受到科學教育更多的重視(Varelas & Pineda, 1999)。再者，當老師呈現相同的事例或物件時，建構主義確信沒有任何兩個人建構相同的意義。而社會建構主義觀點則允許師生或學生間透過共同的思考、問題的解決和磋商做決定的過程中，學生共同建構得到新的知識和概念(張世忠, 1998)。李秀娟(2000)即是以社會建構主義觀點，探究概念改變教學情境下，師生互動與同儕互動情形。此外，社會建構主義觀點呈現了學童想法的複雜性和來源的多元性，是以兒童的概念想法也有必要採用多元的工具、方法去探究。最後，學習的本質則是漸進的、同化的，積極去瞭解學童已有的理解與迷思概念，再透過各種能促使概念改變的一些強而有力的介入工具與教學策略，就能達到有意義的學習。目前建構派典下的科學概念研究方法有概念構圖、關聯圖、Vee 型圖、Drawing、Two-tier test 等，而研究

方向主要在迷思概念、另有概念的實證性探究、概念改變的本質、過程與介入的教學策略(Mintzes, Wandersee & Novak 2000)。

小結：歸納以上之諸家學說，在兒童科學概念研究的主要派典上，皮亞傑透過同化和調適來達到認知平衡的觀點成為概念研究的核心；蓋聶強調階層與順序的正向遷移概念學習階層，則進一步形成概念研究的架構；奧斯貝重視學童教學前概念與另有概念，並提倡的有意義學習三要素，充實了概念研究的意義與內涵；建構主義與社會建構論呈現出學童想法的複雜性和來源的多元性，恢宏了概念研究的視窗。上述四種概念研究的派典，多是在時代不同時期科學教育研究思潮下而形成，現今的概念研究實則已融合了這些派典的觀點與方法，成就了更為碩大的、圓融的概念研究派典。

## 二、國內外相關概念研究

### (一) 兒童科學概念的理論研究

近二十年來兒童科學概念的研究，在以建構主義的知識論與學習論為理論基礎下，已成為科學與數學教育最大的影響力量。「概念改變」也變成了「科學學習」的同義詞(Mortimer, 1995)。由於相關的概念研究數量非常眾多，僅就最近幾年的研究中，歸納幾個綜合性的研究成果，以做為本研究之基礎與參考：

有關兒童科學概念的研究類型，Duit 在 1993 年曾經就過去二十五年來所有從事兒童科學概念的研究成果約 3000 篇做分類，區分成四大類(Beeth, 1997)：

1. 概念成因的探討；
2. 概念如何改變；
3. 概念研究工具的發展；
4. 實證性探究兒童的各種迷思概念。

在概念成因的探討上，認為主要來源有下列六種：

1. 感官的經驗；

表 1：各學者主張的概念改變模型

學 者	資訊的增加	簡單的概念改變	困難的概念改變
Kuhn		常態科學	科學革命
Lakatos		軟核（較一般、周邊的概念）的改變	硬核（較核心的概念）的改變
Posner, Strike		同化	調適
Hewson		概念捕獲	概念交換
Carey	簡單的增加	微弱重構	強烈重構
Vosniadou	簡單的增加	微弱重構	根本性重構
Chi, Slotta, Leeuw	隱含的增加 （指資訊的增加）	分枝跳躍（部分性，即新分類）	樹的交換（根本性指本體性的改變）
Gitomer & Landan	增大式或演化式 的新概念發展		
Thagard	從增加例子、繼續改變到樹的轉變共區分成九個階層		

2. 語言的經驗；
3. 文化的背景；
4. 同儕團體；
5. 大量的媒體訊息；
6. 學校科學的教學。

在概念學習的特徵方面，Mintzes, Wandersee 和 Novak (1998) 將另有概念和概念理解的特徵歸納成下列各點：

1. 學習者並非空瓶或白板，他們帶著關於自然的事物上有限但卻多樣的想來學習科學概念，這些想法常常是與科學教師或教科書不相容的。
2. 許多另有概念是強烈地相關在年齡、能力、性別和文化層面。這些另有概念在所有形式的科學課程包括生物、化學、物理、地球與太空科學等都各有其特性，通常在個別的日常生活上都具有其實用的功能性。
3. 這些想法池經常是頑固的、抵抗的，不容易被傳統的教學策略所改變。
4. 當學習者建構意義時，這些想法與正式的教學產生交互作用，結果形成多種無意義的學習，由於形式測量的限制無法探出而隱藏著。

5. 學習者堅持的解釋通常類似於早期的科學家和自然哲學家。
6. 另有概念從多樣的個人經驗中產生，包括直接觀察、同儕文化、日常用語及其它大量的媒體。
7. 課室中的教師亦常常持有與學生相同的另有概念。
8. 成功的科學學習者擁有一個強力的階層、一致的相關概念架構，以及用較深入、更原則性的模式來表徵他們的概念。
9. 理解和概念改變是學習者自覺地建構意義的認識性的成果。成功的學習者透過有次序的認知事件，重構存有的知識架構，進而建構意義。
10. 聚焦在理解與概念改變的教學策略是有效的教室工具。

而在有關概念改變的研究中，Harrison, Grayson 和 Treagust (1999) 綜合過去的研究，歸結出至少兩種的概念改變層級：一是簡單的；一是困難的，而把較為著名的概念改變模型列成表 1。

邱美虹 (2000) 指出兒童科學概念上的學習困難，原因為下列四點：1. 受到個人經驗的影響；2. 概念本身是抽象的；3. 概念本身是複雜的；4. 概念本身是微觀的。Pfundt 和 Duit

(1991)則回顧近 2000 篇的概念研究指出，許多迷思概念都很難改變，因為學童或成人的科學概念具有五種特質：1.個人的 (personal)；2.固執的 (persistent)；3.強韌的 (robust)；4.一致的 (consistent)；5.穩定的 (stable)。姜嘉瑤 (2000)針對「個人的」這項概念改變困難因素，深入做不同學習風格的兒童在概念改變的學習情形之研究，發現除了隨機應變型的學童較能達成概念改變外，整體理解型、逐步進行型與學習困難型學童均未能達到真正理解的概念改變。李秀娟 (2000)則是以社會建構主義觀點，探究概念改變教學情境下，師生互動與同儕互動情形，歸納師生口語互動的類型可分為：1.師生之間一對一模式，2.師生之間一對多模式，3.老師與全班模式等三種；而學生與同儕的口語互動的類型則可分為：1.在你來我往中激發新的想法；2.在你來我往中堅持自己的想法；3.我們都是好朋友型－先在次級團體中達成共識；4.靜觀其變型；5.全盤接受型。

#### (二)國內外有關電池概念的實證研究

陳啟明 (1991)以封閉式的紙筆測驗來探究 263 位高一學生，研究結果學生在直流電路上的主要迷思概念，整理如表 2。

楊文金 (1992)對 171 位國小教師以紙筆測驗施測，再與其中 39 位作進一步晤談，研究結果呈現國小教師對於基本電路的概念特性，整理如表 3。

陳瓊森 (1993)利用二段式紙筆測驗，並輔以結構性晤談，探究 24 位高一學生在直流電路的概念結構。研究結果發現學生的直流電路受「電池的作用」此一核心概念的看法影響，可分為三大類型，整理如表 4。

王淑琴 (1993)對 109 位修畢普通物理的大學生進行開放式的紙筆測驗，再從中挑選六位具有代表性的學生個別進行 DOE (Demonstration, Observation, Explanation)晤談，研究結果顯示大學生在電學方面有共通的另有架構，整理於表 5。

表 2：直流電路主要迷思概念表

項次	概念敘述
一	電流在電路中流經電路元件時，會被部份損耗
二	電池提供定值的電流，不隨電路中電路元件的變化而改變
三	電池的兩端接到燈泡的一端可以發亮
四	局部性的推理，忽略部份電路的變化對整體電路的影響
五	以電流逐步覆蓋電路的想法來推理

表 3：國小教師的基本電路概念特性

特性類型	概念敘述
電池提供固定電流	不論電路的結構如何，相同的電池提供固定的電流
消耗電流	燈泡發亮要消耗電流
意義簡併	電能的意義等同電流又等同電
順序推理	電流是從電池一端開始流出，然後逐漸覆蓋整個電路
局部推理	以局部的電路結構分析，而無整體的將電路視為一個系統
兩種電流	正電流和負電流分別從電池正負極流出

表 4：高一學生的直流電路概念結構

學生的核心概念	學生對直流電路的概念結構類型
一、「對電池的作用」的看法	1.電池提供固定電壓型
二、對「串聯電路與電路之作用」的看法	2.電池提供固定電流型
	3.電池提供固定電壓電流混合型

表 5：大學生在電學方面的另有架構

電學內涵	概念架構
一、直流電路迴路法則方面	1.電池提供定值電流 2.局部的推理
二、電流微觀機制方面	1.鋼珠模型 2.順序推理法則 3.受阻模式

表 6：高二學生對電池作用的看法之知識結構

直流電路的內容 學生的知識結構	
一、電池的作用	1.電池提供固定電壓型 2.電池提供固定電流型 3.電池提供固定電壓或固定電流混合型 4.電池提供固定能量型

葉俊豪（1994）對高二學生 83 位進行自行發展的直流電概念測驗與直流電路計算測驗，再挑選樣本進行半結構性的晤談。研究結果顯示學生對電池的作用的看法這項中，其知識結構分為四大類型，整理如表 6。

廖怡雯（1999）以自行編寫的電化學補充教材先對一班國三學生（N = 25）進行教學，再運用短時間群集評量與半結構式晤談的設計來研究迷思概念，發現學生在補充教材教學後仍然存有為數不少的迷思概念，其來源可能是學生同時學習物理電學和電化學、學生先備知識的不足、補充教材編排上的缺失。其研究中學生常見的電池迷思概念如表 7。

有關以國小學童為對象研究其電池概念，林靜雯（2000）以電流通路及能量為教學主題，選取國小四年級學生 32 名來進行概念改變的準實驗研究，其結果中與本研究相關的部分如下：

- 1.教學前大部分四年級學童對電流並不具任何類比模式，而若持有具體表徵，則以「水流」為最，且極易引發。
- 2.影響學童電流心智模式的因素，主要即為
  - (1)視電池為一儲存槽，應發出固定電流或燈泡應得到固定電流。
  - (2)資源消耗模式。
  - (3)分配電流的觀點。
  - (4)順序推理模式。
  - (5)節點的影響。
  - (6)電路圖形的表徵。
  - (7)封閉通路的概念。

表 7：學生常見的電池迷思概念

類別	迷思概念
導電	正電荷可在導線上流動，因為電流和電子流反方向
化學反應	鋅銅電池內部的化學反應可以無止盡的進行 鋅銅電池內部要能發生化學反應需要外加電壓 外加電壓愈大，電池內部的化學反應愈快 半電池可單獨發生反應
電極	負極減輕的質量等於正極增加的質量 電池符號中的長線代表負極，短線代表正極
鉛電池和乾電池	乾電池中的鉛殼為正極，碳棒為負極 鉛電池放電時，負極重量減輕，正極重量增加

- 3.唯物類比並非阻礙學童概念改變的主因，而真正妨礙學童概念改變的是其將電流視為物質的預設。

在國外有關電池概念的研究部份，Adams 和 Griffard (2001) 整理出 10 篇曾被 Mintzes, Wandersee 和 Novak (1998) 合著書中所引用過的兒童有關物理方面的概念研究（註 11），仔細分析每一篇研究結果中，對所探查出的兒童另有概念的描述與解釋。又將概念的特徵與屬性歸類成 7 項，包括：

- 1.另有概念在日常生活情境解釋力。
- 2.另有概念與學習者所持有的其它觀念或概念的相互關聯性。
- 3.目標概念經由經驗的可取得性。
- 4.目標概念的語言感受性。
- 5.瞭解目標概念的表徵需求性。
- 6.目標概念在日常生活情境解釋力
- 7.目標概念與學習者所持有的其它觀念或概念的相互關聯性。

逐一分析每一種另有概念在這 7 種特徵屬性中的程度高低，來繼續闡釋對於概念改變的影響。其中兩種為電池概念，表列於表 8。

表 8：電池另有概念屬性分析表

另有概念 屬性	同一電池流經的電路其電流 都會相同	電池流經多個燈泡，電流被 燈泡用掉而愈來愈小
1 另有概念在日常生活的解釋力	中	低
2 另有概念與其它概念的關聯性	中	中
3 目標概念透過經驗的易取得性	中	中
4 目標概念的語言感受性	中	中
5 目標概念的表徵需要性	高	高
6 目標概念在日常生活的解釋力	中	中
7 目標概念與其它概念的關聯性	高	高

從表中資料，可以分析得知這兩個電學的另有概念，在日常生活的解釋力都不高或偏低，因此兒童應該容易對另有概念感到不滿意，但因為目標概念的易取得性不高，且表徵需要性都呈現高度，所以教學過程若無適當利用表徵物或透過實際操作、實驗等方式，則兒童很容易產生另有概念，也不容易獲得目標概念。

在以其它國家兒童為對象的研究上，Asami, King 和 Monk (2000) 針對日本 10 歲和 11 歲的國小學童探查在直流電路概念上的理解，以準實驗研究法透過實驗組和控制組在教學的前後測，證明經由教師探查得知學童具有的心智模式，再據以實施引導學童自我探索特殊心智模式的教學後，呈現出顯著的進步。而研究中所列的學童常易持有的四種特殊心智模式計有：

1. 單一電極或電源-載體模式：電路上的載體和電池間只有單一的導線連接。
2. 衝突電路模式：已認知兩個終端與兩條導線是需要的，但仍沒有完整的電路。
3. 減弱模式：當一個封閉的電路通過連接的載體後，電流變弱了。
4. 分享模式：電流是依據電路上元素的特性而被分享消耗。

此外，Viard 和 Francoise (2001) 研究中

歸結出，過去研究電學概念的一些研究者認為學生對於電阻的概念在教學前並未持有先前概念，這個假定是不正確的，有關電阻的日常用語，實際上是造成正式電阻概念理解困難的根源。

首先以電池做為兒童概念研究主題的學者是 Garnett 和 Treagust (1992b)，以 32 位高中三年級學生為研究對象，針對電化學中電池、電解等概念先發展出各主題的命題知識敘述 (Propositional Knowledge Statements)，再據以設計晤談原案 (Interview Protocol) 進行晤談。結果顯示高中三年級學生具有多樣的迷思概念，其中有 5 種涉及關於電路的另有架構，此架構建基在電流含有許多漂流的電子，電子甚至會漂流到電解液中。另外，學生最為盛行的迷思概念在於陽極、陰極的符號上，這類的迷思概念是否也會發生在國內的學生，值得進一步做探討。

而另一個接續 Garnett 和 Treagust 的研究，是 Sanger 和 Greenbowe (1997) 針對 16 位化學系的大學生施以晤談來探究電池、電解電池、濃差電池三方面的迷思概念。結果發現，學生的迷思概念常常是共通性的觀點，例如電子會流經過鹽橋和電解液來完成整個循環；電極上的“+”和“-”這兩種符號代表電子的電荷，“+”極上有正電荷，“-”極上則有負電荷；另外半電池的電位是孤立的，可被用以預測各

表 9：新課程有關電池概念的架構分析表

領域	核心概念	教材項目	年級
物質與能	電磁的作用現象	電池可使玩具動、燈泡亮、馬達轉	一二
		電池、燈泡、電線的連接形成電能的情形	一二
		電池的並聯和串聯，並比較燈亮的情形	四
		電解液和導電體的認識	四

自半電池的反應能否自然發生等等。而經由晤談得知這些迷思概念的可能來源，包括學生持有關於電化學電位不清楚的理解，以及化學教科書上做了錯誤的引導與不正確的敘述。

## 國小兒童電池概念的實證研究

### 一、國小電池概念課程架構分析

本研究意欲探究國小學童對電池所具有各種概念，應先了解目前國小階段的課程對於電池概念的架構與編排。現行國小的自然科課程，教育界慣稱之「新課程」（以下之簡稱），以別於六十四年的「舊課程」與「九年一貫課程」。新課程將自然課程分成三大領域，共十四項核心概念，及一百八十九個教材項目。本研究的主題概念「電池」，隸屬於「物質與能」領域，十四項核心概念中的第五項「電磁的作用現象」，在一百八十九個教材項目中含括四項，分別為：「電池可使玩具動、燈泡亮、馬達轉」、「電池、燈泡、電線的連接形成電能的情形」、「電池的並聯和串聯，並比較燈亮的情形」、「電解液和導電體的認識」（教育部，1993）。新課程有關電池概念的架構包括領域、核心概念、細目以及分配年級整理如表 9。

而從今年一年級開始實施的九年一貫課程，相較以往課程標準的更替，幾乎有革命性的改變。其中有關「自然與生活科技」學習領域的特點如下（陳文典，2000）：（一）九年一貫課程把國中三個年級和國小六個年級的課程

統整設計，不必再擔心國小升到國中，「自然」與國中「物理」、「化學」、「生物」、「地科」各科的學習內容銜接的良窳；（二）九年一貫課程將科學概念不分物質與能、生命現象或地球環境三領域，而通通放在同一個領域，亦即所謂「科學與技術認知」（另外尚有「過程技能」、「科學本質」、「科學態度」、「思考智能」、「科學應用」、「設計與製作」、與「科技的發展」、共八項）之下；（三）能力指標是以一二、三四、五六、七八九年級等四個階段來劃分，階段內的教材可自由調度。由於此次課程修訂只條列分段能力指標作綱要規範，其中包含的科學概念是採不可或缺的低標準。除此之外，須靠教師系統化的檢視教學目標、教材內容、教學資源和學生的學習特性做為教學設計的參考（郭重吉，2000b）。以下將自然與生活科技學習領域的分段能力指標（教育部，2000）中，與電池概念有關的部分整理成表 10。

表 10：九年一貫課程自然與生活科技學習領域中有關電池概念的敘述

能力目標	科學認知
能力目標下之類別	交互作用的認識
分段能力指標 2-2-5-1	利用折射、色散、電池、電線、燈泡、小馬達，空氣或水的流動等來設計各種玩具，在想辦法改良時，研討到變化的原因獲得對物質性質的瞭解，再藉此瞭解來著手改進。
分段能力指標 2-4-5-4	瞭解化學電池與電解的作用。

每個分段能力指標的第二個數字，代表學習的年段，1.是一、二年級，2.是三、四年級，3.是五、六年級，4.是七、八、九年級（亦即國中的階段）。由上列分段能力指標可知在電池的認知概念方面，九年一貫課程實施後，只規範在三、四年級這個階段，至少需學習到利用電池來設計玩具、研討各種變化（如玩具的快慢、強弱、亮暗、久暫或好壞等）及原因，與對電池性質的瞭解（如外觀、功能、組成、種類、用途、危險性等）。至於詳細課程安排視授課教師的專業，在以學童為本位的理念下，評估學童目前的認知層次與先備知識，作彈性而有效的課程計劃，而無剛性的規定。

## 二、研究設計與流程

本研究旨在探討國小高年級學童對於電池所具有迷思概念和另有概念，採質性的研究設計，以半結構式的操作晤談，來探究國小學童對電池所持有的概念。亦即將一般的事件或事例晤談稍加改變，因應國小學童認知發展階段尚處於具體運思期、以及研究主題－「電池」包含許多過程概念，故兼採皮亞傑式的臨床操作晤談法，於晤談中給予學童實物去操作，從學童的操作活動中探究對概念的理解。在每次晤談人數的考量上，也不完全採取個別晤談，依被抽樣晤談學童的人格特質，除筆者初步與其交談中之觀察外，再加上該生班級導師的描述，將較內向，不是很主動、或善於發表的學童，安排和另一至二位學童一起進行小組式的晤談，希望藉由小組學童間口語的互動、先發言學童的帶動下，激發彼此對問題的想法。從國小階段電池課程分析資料顯示，有關電池概念的課程，不論是何種審定本教材，均集中分布在二、四年級。因此本研究設計只選取高年級做電池概念研究，一來可確定研究樣本群已完成國小階段有關電池概念的課程內容之學習；二來避免低中年級剛學過相關單元教材，記憶猶新而影響內在效度。研究流程如圖 1。

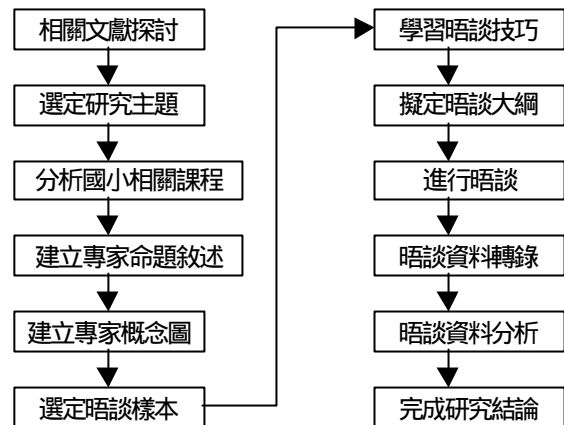


圖 1：研究流程圖

## 三、研究樣本

本研究的晤談計畫，其樣本計有 18 人，樣本設計如下：

筆者利用學校午休及空堂課時間，隨機到高年級各班經徵得該班導師同意，以隨機點選的方式一次 1 名學童或一次 2-3 名學童成一小組，來進行電池概念的半結構式操作晤談，共計 18 名學童，分成 8 次進行晤談，各次晤談人數安排為第一次 2 人，第二次 2 人，第三次 3 人，第四次 3 人，第五次 1 人，第六次 3 人，第七次 2 人，第八次 2 人。每次晤談時間 15-25 分鐘。

## 四、研究工具

本研究採郭重吉（2000a）晤談工具發展模式，先發展命題知識陳述（註 12）及概念圖做依據，再發展晤談題幹做為主要研究工具，來深入蒐集學童的想法與各種另有概念，茲將工具開發的程序及內容敘述於下：

### （一）國小電池概念之命題知識陳述

根據國民小學課程標準、九年一貫課程綱要、現行教材內容、專家意見（註 13）以及國小高年級學童認知發展與生活經驗等，經不

表 11：國小高年級電池概念命題知識陳述

概念主題	命題知識陳述
1 構造與組成	1-1 電池的外形有很多種，例如圓柱體、鈕扣型、長方體。 1-2 電池的構造主要有兩極和裡面的化學物質。 1-3 電池的兩極區分成正極和負極。 1-4 電池的正極符號是 +，負極的符號是 -。 1-5 有些電池的正極是凸的，負極是平的，有些則不是。
2 功能與能量	2-1 電池在通路時內部的化學物質會進行化學反應產生電 2-2 電池具有能量，能量有很多種用途。 2-3 電池可以用來驅動物體，使玩具動、馬達轉 2-4 電池可以用來產生光，使燈泡亮 2-5 電池可以用來產生熱，使溫度增加
3 分類與定義	3-1 電池可區分成酸性電池和鹼性電池 3-2 酸性電池含有酸性的化學物質，例如乾電池 3-3 鹼性電池含有鹼性的化學物質，例如水銀電池、鋰電池 3-4 電池可區分成可充電的和不可充電的電池 3-5 乾電池內部不是液狀，也不是乾乾的
4 電路與連接	4-1 電從電池的正極流出，從負極流回電池 4-2 電池的連接方式有電池串聯和電池並聯兩種 4-3 電池串聯是將電池正極連接另一電池的負極 4-4 電池並聯是將每個電池的正極和負極分別連接在一起 4-5 兩個電池串聯，如果一個接錯，會形成斷路燈泡不亮 4-6 兩個電池並聯，如果一個接錯，仍有通路燈泡仍然會亮
5 電力與電量	5-1 兩個電池串聯時，燈泡的亮度會增加 5-2 兩個電池並聯時，燈泡的亮度會不變 5-3 兩個電池串聯時，電池的使用時間會減少 5-4 兩個電池並聯時，電池的使用時間會增加
6 本質與處置	6-1 電池內含化學物質，燃燒可能會產生危險的化學反應 6-2 將不可充電的電池強行充電，會產生危險的化學反應 6-3 電池沒電了是指化學反應不再進行，而不是電被消耗掉 6-4 廢電池屬於有毒廢棄物，為避免污染要依規定回收處理

斷反覆修正效化後，列出國小高年級學童所應理解之有關電池概念的命題知識陳述如表 11。

#### (二) 國小電池概念之目標概念圖

發展出國小高年級學童所應學習之有關電池概念的命題知識陳述後，再依據其主題、類別、屬性、連結性、關聯性與階層性等繪製成國小電池概念的目標概念圖（註 14），來檢視本研究的電池概念範疇是否具有完整

性，此概念圖亦經過學科教授與專家審查指正後效化、如圖 2。

#### (三) 晤談題幹

歸納出國小高年級學童所應學習的電池概念命題知識陳述之後，接下來即依照此命題知識陳述編寫晤談題幹。晤談題幹、概念主題與命題知識敘述之間的聯結關係，亦即雙向細目表如表 12。



晤談的資料，在徵得受訪學童同意下，進行全程錄音，配合晤談進行時隨手的筆記，把晤談中學童與晤談者的對話一句一句的轉錄出來成為晤談逐字書面稿。樣本人數共 18 位，共分 8 組進行，每次晤談，按年、月、日期、次別、晤談人數，進行轉錄資料編碼，一種項

目分配兩碼，例如：0105290203 晤，代表 2001 年 5 月 29 日，當日第 2 次的晤談，以 3 人為一小組進行。晤談逐字書面稿中的 I 代表晤談者，即筆者；S 則代表全組共答或該小組只有 1 人；S1 代表小組晤談的第 1 位學童；S2 代表小組晤談的第 2 位學童，以此類推。在晤談結果與分析中將就晤談內容，分析並萃取出學童的另有概念類型。

表 12：國小高年級電池概念晤談題幹及雙向細目表

晤談題幹	概念主題	命題敘述
電池的構造上有哪兩個電極？你都如何辨別區分呢？	1	1-2 1-3 1-4 1-5
電池內部是怎樣的一個情形呢？	1 & 3 & 6	1-2 3-2 3-3 6-1
電池是如何來產生電的呢？	2 & 6	2-1 6-3
電池具有的能量，可以有哪些的功用？	2	2-1 2-2 2-3 2-4 2-5
電池是那麼多種，可以怎麼分類呢？	3	3-1 3-4
什麼是乾電池？	3	3-1 3-2 3-4 3-5
電池都可以再充電使用嗎？為什麼？	3 & 6	3-4 6-2
電池在垃圾分類中屬於哪一種？為什麼？	6	6-1 6-4
請你實際連連看什麼是兩個電池串聯？什麼是兩個電池並聯？	4	4-2 4-3 4-4
兩個電池串聯時，如果其中一個接錯，電路中的燈泡會有什麼現象呢？為什麼？	4	4-5
兩個電池並聯時，如果其中一個接錯，電路中的燈泡會有什麼現象呢？為什麼？	4	4-6
兩個電池串聯時，燈泡的亮度會如何？電池的使用時間又會怎樣呢？	5	5-1 5-3
兩個電池並聯時，燈泡的亮度會如何？電池的使用時間又會怎樣呢？	5	5-2 5-4

## 晤談結果與分析

從學童的概念晤談中，筆者按照六大概念主題架構，分門別類，條列學童所持有的另有概念與類型，分析討論其可能的成因、來源，再以目前科學社群較正統的說法對照，藉以比較與學童另有概念的相異性。

### (一)構造與組成：

電池裡面有水。

部份學童會有如此的想法往往是可預期的，國小高年級學童年齡尚處在皮亞傑氏發展階段論中的具體運思期，必需多以具體物的操作經驗來建構心智的瞭解。學童雖然都回答認識電池，但絕大多數其實未具有解剖電池觀察的經驗，故造成只憑質樸想法去臆測；另外，也有一名學童經筆者進一步追問後，陳述

S1：因為電池嘛，可能是儲存電的水池吧！

0011060102 晤

由此可知是由電「池」－這個概念名詞的文字表徵，作望文生意、斷章取義式的推論，

容或許電池這個中文譯名的起源具有上述想法，但應該單純只是一種類比，此種另有概念類型可簡稱之為「名詞產生模式」。就專家的概念而言，水和以水為溶劑的電解液不同，電解液雖然依不同濃度或多或少含有水分子，但物質有清楚的界定，電解液不能說是水，所以電池裡並沒有水。

電池裡面有黑色水水的液體。

學童主動在回答中加入對物質顏色上的描述，令筆者好奇，經由進一步的追問，陳述

S2：我有看過壞掉的電池，它從後面那裡流出黑黑的水，但不是水，而是其它的成分。

0011070102 晤

亦即學童用後來看到的情況，來假設原來的狀態，是一種逆向論證的不當推論。之所以看到黑黑的，應該是電解液漏出與殼層的金屬部份產生氧化作用，銹蝕的氧化物滲混在電解液中所致。

電池裡面有一塊鐵、鐵沙、磁粉。

0011090103 晤

許多學童混合多種物理現象，包括摩擦起電和摩擦生熱等，加以誤用而臆測電池裡有上述物質，然後彼此會因互相摩擦，而產生電，或是先產生熱能後再轉換成電，因為發現電池在用時或用過後拿起來都燙燙的，此種另有概念在晤談及相關的開放式概念問卷（註 15）中都經常出現，此種另有概念類型可簡稱之為「摩擦模式」。就原理而言，不管摩擦起電和摩擦生熱後再轉換成電，必須施加外力，或以機械來先產生動能，不同於電池的化學能。另外電池產生的熱，是化學反應進行時的放熱現象，不僅不能藉以轉換成電能，還會造成能量的損失。

電池裡面是很多細小纏繞的電線或線圈。

0011060102 晤

早期曾有科學家，認為人是由極微小的小人所組成的個體，部分學童具有類似的天真想法，此另有概念幾乎有同一種類型，天真地認為電池既然外接電線，裡面可能也是極細小的許多線圈纏繞成的；另外，此想法是否也會受到五年級「電磁鐵」單元教學，殘留片段纏繞線圈的經驗記憶，而作出的不當連結，則待進一步探究。就其迷思作澄清，水管的水流靠的是水泵產生的壓差，電池裡裝再多的電線，也無法產生電的壓差，故無關於電能的來源。

電池裡面是中空的，佈滿了如空氣般看不見的電。

S1：電池裡面是中空的，佈滿了如空氣般看不見的電。

0011090102 晤

學童想法認為電，如同空氣般是看不見的，這想法雖合於科學社群，但其迷思在於把電池單純視為一個容器，電一開始便大量的儲存於其中，而通路時即可傾倒出電的推想，此種另有概念類型可簡稱之為「容器模式」。

電池的正負極，就看它是凸的還是凹的。

學童有此想法應是日常生活經驗的判斷習

慣所造成，亦即平常用不著去辨識電池上的標識記號，只要用看外形的或是摸一下就知道了，自然就把這平常的快速辨識法則，當成正確判斷兩極的方式，簡稱為「經驗誤用模式」。正確的解釋上，電池提供的是直流電，其電流有方向性，一些電器品須作辨識，故形成以 + - 符號作標準記號，以外形來辨識有限，例如無法適用在較少見的鈕釦型電池、電瓶或手機電池等

正極就是凸凸的那一極，負極是平平的那一極。

同上述，是受到生活經驗影響而產生的另有概念。雖兩極外形敘述較上一個另有概念來得妥切，但仍不太正確，因為事實上一般電池負極的外形，不是凹的也不是平的，而是如同正極般是凸的，只不過凸出的圓柱部份因較寬淺，故視覺上錯認成平平的。

## (二)功能與能量

電池裡面的中間有一根棒狀的東西，電就儲存在裡面。

0011090103 晤

具有此種另有概念的學童已稍知有些電池中間有一根碳棒，但質樸地認為電早已存在，還不知道電是經由化學反應產生，應是未具有能量轉換的概念。

電池裡面裝有圓圓的、比電池還小的東西，會產生電力。

0105290203 晤

進一步追問時並無法作理由的說明，應是純粹以天真的想法來作臆測。

電池裡面有 2 種離子，碰撞在一起會產生電。

S：裡面可能是有 2 種離子吧！2 種離子

利用它們撞在一起才會產生電

0105290101 晤

稍類似前述的摩擦模式，本學童的另有概念類型可簡稱之為「碰撞模式」，具有課外科

學讀物對離子的模糊描述記憶，可能不慎地連結上粒子碰撞的現象。

電先從正極跑出來，按電路順序前進，最後從負極流回電池。

I：我們平常使用電池，就是要使用它流出來的電，那電是怎麼流出來的呢？

S1：從這一邊（手指正極）跑出來，經過電燈泡，再從這一邊（手指負極）回來，但是中間一定要有東西，我在家裡曾經做過，中間沒有接電燈泡，結果這裡（手指負極）會有火花。

0105290203 晤

在許多的相關研究結果中，均曾發現此種電從正極出發，按順序通過各處後再從負極回到電池裡的另有概念類型，簡稱之為「順序推理模式」。就科學事實，家庭的交流電，電線中的電流交互來回流動，電根本沒有前進；而電池的直流電，電流雖有前進，但亦相當緩慢，主要是輸出電能，故正極電流一開始流出時，負極也同時有電流流回，而並非具有時間差的順序式。

電從正極和負極出來，到達燈泡就會使它發亮。

I：好。謝謝你，那電流是從哪裡流到哪裡？

S：從正極流出來的電力，是有電力的，啊負極其實它也會出來一點點，不過，它這樣子兩方碰在一起才會形成通路。

0105290101 晤

在文獻探討中，可得知此種另有概念類型簡稱之為「兩極同時發出電流模式」，亦普遍存在於其它地區或國家的學童，畢竟電化學是較為抽象難以理解與微觀的概念。

電池從正極流出一種正電，同時也從負極流出另一種負電，到燈泡處會合，使燈泡發亮。

I：電池是怎麼沒電的？

S1：電流從正極出發，到電燈泡以後，轉換成光能，然後再流回負極，然後這電 這正極就沒有 就不可以再用了 變成負極了。

I：那麼請你們再說明一下，這次你們說，電從正極出發，經過燈泡轉換成光能。但是之前你們也曾經說電池的電從正極出發，後來會回到負極，那有轉換成光能嗎？

S1：正極的電，經過轉換成光能後，還會變成負極，流回去，形成一個通路。

I：你能夠再進一步說明清楚嗎？

S1：轉換以後剩下的電就會變成負極的

I：那電池的電有2種？

S1：嗯！正極的和負極的。

I：也就是說，電池有2種電，正極的電從正極出發，經過燈泡轉換成光能後，變成負極的電，再流回負極，是不是這樣？

S1：對！

0105290203 晤

此種另有概念一部分如同上述，但再可分化而稱之為「兩極兩種電流模式」，也見於文獻探討裡其它學者所作的研究結果中，甚至連國小教師都會具有此種另有概念。

電池從正極流出電和另一種成分，那種成分使燈泡發亮，電則順著電路循環一圈回到負極。

學童同時存在著互相矛盾的概念似乎可以從本題管窺一二，主要在於晤談過程中本學童一方面瞭解與強調電路是一個循環的現象；另一方面又必需去面對與解釋燈泡發光的原因，才建構出除了電以外的另一種成分，來企圖合理解釋這個情境，達到認知的暫時性平衡。

## (三)分類與定義

乾電池就是裡面是乾乾的。

S1：有些電池像汽車用的，它的裡面是水，而像這些電池因為裡面是乾乾的，就叫做乾電池

0011060102 晤

同樣也是直接受到概念名詞的文字表徵影響，屬於「名詞產生模式」，筆者針對此另有概念，主張引入科學史的概念改變教學策略，如同文獻探討時所呈現出同樣的結果，當學童瞭解了電池的發展歷史後，即可知道乾電池的「乾」，只是相對於早期的液化電池來作比較，另有概念自然會豁然消除。另外，乾電池中電解液仍是具有水份的糊狀物，完全乾燥將可能無法進行化學反應。

凡是市面上看到的那些 1、2、3 號等電池形狀，都是乾電池。

I：好。再來是有關於乾電池，聽過乾電池嗎？

S：有。

I：那哪些是乾電池，你認得出來嗎？

S2：乾電池就是普通的電池 就是你如果去商店買電池，說我要買 1 號或 3 號電池，那就是乾電池。

0105290302 晤

乾電池的用語雖然在日常生活上經常使用，但因學校正式課程未加以排入、與家庭未施以機會教育，學童極易自然的形成另有概念，是以直覺上歸類 或成人經常的口語，來形成概念的意義，這應可歸於「經驗誤用模式」。

電瓶是一種馬達。

對電瓶較陌生，加上雖日常生活常可接觸馬達，但六年級的課程才有教學電動機，所以五年級學童或許因而有此錯誤的連想，但仍有一名六年級的學童，雖已學過馬達，也具此種迷思概念。

充電電池的正負極可以讓電進去，一般電池的電只能出來不能進去。

I：可以說一說充電電池的原理嗎？

S2：可能是充電電池的正負極可以讓電進去，而不能充電的電池，電只能出來不能充進去。

0105290203 晤

學童把正負極單純視為一種濾器，一般電池的電流只能單向前進，而充電電池的電流則可以雙向進出。

充電就是把電灌回電池裡面去。

0105290101 晤

許多學童都持有這種另有概念，依據相關研究文獻解釋，是把「電」視為物質的預設，加上把電池視為一種容器或儲存槽的「容器模式」。

## (四)電路與連接

電池串聯和電池並聯概念常混淆不清。

現行的課程架構，將電池的串並聯安排在四年級教學，各版本在此概念的授課時間也平均在 80-120 分鐘，亦即 2-3 節課。但經晤談仍將近有半數以上的學童對串並聯混淆不清，還有就是燈泡與電池間的導線不知道怎樣接完整，此種另有概念類型相關研究簡稱為「衝突電路模式」。如下述的晤談片段：

I：那你們先回顧一下擺好的這組，剛才你們說這種是 ？

S1：並聯

S2：串聯 嗯 是並聯吧！（對 S1 說）你剛才才是說串聯！

S1：哦！對，是串聯。

I：（對 S2 說）那你呢？到底是那一種？

S2：我認為還是並聯。

0105290302 晤

電池並聯負極那一端沒導線連至燈泡。

在晤談中筆者發現多位學童均瞭解電池並聯的雛型，但動手操作將並排好的 2 顆電池加

上導線與燈泡時，則往往負極端沒連接到燈泡，而是由 2 顆電池的正極端各連一條導線到燈泡的基座和側座。這種另有概念類型在相關的研究中簡稱為「單一電極或電源模式」

電池串聯並聯對燈泡的效果其實都一樣，只是連接方式不同而已。

此種想法經常出現在過往有關的研究中，簡稱之為「電池提供固定電流模式」

I：好，並聯的效果又是會怎樣？

S1：效果一樣可以更持久、更亮，只是連接的方式不一樣而已。

I：（望向 S2、S3）你們的看法呢？

S3：一樣。

S2：（停頓數秒）可能是因為線路較短，所以必須用並聯。

0105290203 晤

電池並聯時，一個電池損壞燈泡就不會亮了。

有些學童雖然會組合電池並聯電路，但可能僅知其然而不知其所以然，尚未瞭解電流分支流動的各種效應，而認為電流可能要流遍所有線路，可簡稱之為「流遍模式」，只要一個地方斷路，便代表整個電路失效而不能使燈泡亮了。

I：嗯！再請問你們，如果這是一個並聯的電路，其中（隨意指 1 個電池）這個電池裝錯了，還是壞掉了，那麼燈泡的情形會怎樣？

S1：燈炮會不亮。

0105290402 晤

電池並聯時，一個電池損壞時，燈泡只接收一個電池的電力，會比較暗。概念歸類於「流遍模式」的引伸，故認為會如同串聯一樣會使燈泡變暗。

I：嗯！再請問你們，如果這是一個並聯的電路，其中（隨意指 1 個電池）這個電池裝錯了，還是壞掉了，那

麼燈泡的情形會怎樣？

S2：可能燈泡只接收到這一個（手指著沒壞的電池），但是會比較暗。

I：你的看法是燈泡會亮，可是只接收到一個電池，會比較暗？

S2：對！

I：比 2 個都好的電池，燈泡的亮度還要暗？

S2：對！

0105290203 晤

### (五)電力與電量

電池串聯使用時間和一個電池時相同。

I：剛才針對於燈泡的亮度，那對於燈泡亮的時間呢？

S2：亮的時間哦，應該都一樣，因為它們兩個的電都用在同一個燈泡上，都一樣，所以都沒什麼差別。

0105290302 晤

大多數的學童都判斷電池串聯的使用時間和一個電池相同。主要是由於課程的繁重與進度的壓力，自然科教師較無意願再延伸單元活動，真正去實驗兩個電池串聯的使用時間和一個電池來做比較，故而通常只透過口語講述，若加上教師本身非科學相關科系背景，恐怕自己也較未能熟悉此一部分概念，而產生不樂見之結果。

電池串聯會讓燈泡更亮、時間也更久。

此種另有概念一方面由於對概念的不完全瞭解，故以「直觀模式」(Stavy & Berkovitz, 2000) 中之「more A more B」法則來推測結果，燈泡既然更亮，時間也該是更久。

串聯的時間比較長，並聯的時間比較短。

可能也是直觀模式的誤導，從晤談對話中也可以看出同儕口語互動會造成共同的另有或迷思概念：

I：那剛才你們提到了串聯和並聯對燈泡亮度的影響，那有關燈泡亮的時

間呢？

S2：燈泡 串聯的時間比較久，並聯的比較短。

I：這樣子嗎？（望向 S2，S2 點頭確認說法）你認為呢？（望向 S1）

S1：（停頓數秒，不知是在思考，還是在猶豫）應該是這樣。

0105290402 晤

電池愈大，電力愈強，接的燈泡會比較亮。

因為國小的課程尚未正式引入電壓、電流等概念，所以學童的電量與電力常混淆不清，而採上述之「直觀模式」認為電池愈大，則什麼都大，當然也包括電力更強、燈泡更亮。

充電電池比較強，因為大家都是用它來比賽軌道車。

這是學童休閒娛樂經驗的不當推論，因為玩軌道車，新買的電池只要用過幾回就速度變慢了，因此使用可反覆充電的充電電池才划得來，但部分學童則以為是因為充電電池電力強，才拿來作比賽用。

鹼性電池電力最強，電量也最多，電視都有講。

電視廣告的宣傳手法經常被學童誤認為是正確的知識來源，產生另有的迷思概念。

#### (六)本質與處置

電從正極出來，到燈泡處轉成光能，電就用完了。

在探討相關的研究文獻中，即已出現此大多數學童普遍持有的另有概念，認為電會在轉換成光能時，逐漸消耗掉，此種另有概念類型稱之為「消耗模式」。當電能轉換成光能時，電並未損耗，而是燈絲材料中受激發的電子由高能階自然衰落到低能階或基態，過程中釋放光子。所以微觀下的電子數目在燈泡發光過程中並未改變。

電池的電會在燈泡的燈絲處漸漸消耗完。

此亦為「消耗模式」，是大多數學童持有的另有概念，同時也缺乏能量轉換的概念。事實上電池消耗的是化學位能，也就是反應物，當反應物與生成物達到動態上的平衡時，淨化學反應停止，電池就不能用了。

電池的電就像車子的汽油，愈用愈少就當然沒有了。

學童此種另有概念，亦源自消耗模式，同時是視電為物質的預設，故產生錯誤的「唯物類比模式」。如下述的晤談片斷：

I：那再請你告訴我，這樣子過一段時間後，電燈泡就不會亮了，這是什麼意思呢？

S：那可能是電池沒電了。

I：電池的電到那裡去了呢？

S：就用完了。

I：在那裡用完了？

S：在電燈泡，在電燈泡裡面有一個鎢絲嘛！

I：嗯！？

S：然後鎢絲會消耗那些電量，電量邊消耗就邊亮，要去一旦像沒有了的話，它就不會亮了。就像汽車一樣，你沒油了，就會停下來了。

0105290101 晤

電池可以回收，由工廠像再生紙一樣再做成再生電池。

目前政府推行的資源回收，項目繁多，一般家庭幾乎每天有一半的垃圾均被歸於可回收的範疇，但卻少有人認知回收後的處置方式為何？學童最先也最易認識的是紙張的回收，許多書報是以再生紙製成的，顏色會有些不同，可能學童均經驗過，故易產生將電池的回收視同紙張回收的處理模式。以目前的科技及經濟效益考量，一些用過的電池並未做成再生電池，但如同其它廢五金，可將其中部分較有價值的物質如鋅，透過特殊處理析取，但可能處

理費用不貲，獲利不高又麻煩，因此就筆者親自前往某地區清潔隊實際瞭解，廢電池與廢燈管棄置成堆，訪談該負責小隊長，口述偶有類似拾荒人士揀走特殊種類的廢電池外，其它的廢電池和廢燈管政府雖回收回來，卻只能以堆積暫存。

I：嗯！最後一題，電池的電沒了，我們要怎麼處理電池呢？

S：要分類回收。

I：那請問你們，電池算什麼類？

S：嗯

I：可燃物？鐵鋁罐？

S：（猶豫不決，未回答）

I：那你們說的分類回收，是將電池作廢棄物的處理，還是當資源再利用？

S：利用來再生，再做成電池。

0105290402 晤

電池要回收，因為中間的液體可以換新的

0105290203 晤

如同上述，也是由回收概念產生的錯誤假設，此兩種另有概念類型可歸類簡稱之為「再生模式」。

普通的電池如果大小和充電電池一樣，要充電也可以，但效果可能較差。

學童表示曾有將一般電池拿去充電後，而可以再用的經驗。但另一位學童在晤談中則曾談起曾經將一般電池裝入充電器欲加以充電，卻造成充電器發熱燒毀的情形，筆者認為此一另有概念是學童只用一些特殊經驗（恰好成功的）便將之擴充認定必然如此，而納入概念結構中，故亦為「經驗誤用模式」。在科學的本質中，最重要的便是經驗的可重覆性，而不能只依靠一兩次特殊經驗來組織概念。另外，充電電池的原理是利用化學反應的可逆性來還原已反應後的反應物，而一般電池的化學反應屬不可逆，故如同電池外殼所標示不可以充電，也恐造成爆炸之危險（見普通電池殼外之使用

說明）。

一般的電池的電沒了，用火烤一烤就可以再繼續用幾次。

S2：乾電池用過只要再用火來烤一烤，就可以再繼續用幾次！

I：哦？你能夠再說明清楚嗎？

S2：我是聽錄音帶說，用過的乾電池只要再用火來烤一烤，然後它就會因為它裡面就會有化學反應產生所以就又可以繼續再用，可是時間會比較短，然後，這個方式只可以用兩三次，它的就會正式沒了，就要交給環保人員了，就不能再用了。

0105290302 晤

觀察此學童在接下來的敘述中，提到這個說法是曾經聽錄音帶而得，相當程度反應現今學童學習的來源相當複雜多元，許多資訊可能本身即為不正確的，但也可能是記憶模糊的誤植，亦屬於記憶錯誤模式。較正確的概念應是熱提供許多化學反應的主要能量，應如電池上所標示遠離火源，以避免因產生劇烈的化學反應而導致危險。

## 研究結論與建議

### 一、研究結論

依據本研究的過程與結果，歸納成以下結論：

#### （一）文獻探討部分

1. 兒童科學概念的研究，其理論基礎大多淵源於當代科學哲學各主要學派，例如巴柏、庫恩、拉卡托斯等人的觀點，尤其是植基在建構主義的架構下。
2. 過往的科學概念研究，衍生成皮亞傑、奧斯貝、建構主義等不同的研究派典，但目前的科學概念研究，實則已融合了這些派典的理論觀點與方法，而使得更

完整與多元化。

3. 目前的國內外概念研究現況，主要聚焦在概念的成因探討、概念改變機制、研究工具的發展與實證性的概念研究等四部份。
4. 國內外有關電池的研究文獻，指出較常持有的另有概念類型為順序推理模式、資源消耗模式、唯物類比模式、視電池為容器模式、單一電極載體模式、衝突電路模式、鋼珠模式、兩極同時發出電流模式、兩極兩種電流模式、電池提供固定電流、電壓、能量或混合型模式等。

#### (二)兒童電池概念的實證性研究部分

1. 本研究針對 18 位國小高年級學童，以半結構式操作晤談來探究對於電池所持有的想法與另有概念類型，結果發現的兒童持有的電池另有概念類型如名詞產生模式、臆測模式、摩擦模式、記憶錯誤連結模式、容器模式、經驗誤用模式、文化產生模式、碰撞模式、順序推理模式、兩極同時發出電流模式、兩極兩種電流模式、濾器模式、唯物假設模式、單一電極或電源模式、衝突電路模式、消耗模式、直觀模式、再生模式等。
2. 本研究所發現的兒童電池另有概念與類型，相當契合文獻研究中其它國內外與本研究主題相近的研究結果，顯示在電池這方面的另有概念，較無國家、地域或年齡上的差異，具有相當的普含性。

## 二、研究建議

依據本研究的結論，針對國小自然科學課程的編排、教師的教學與未來的進一步研究，提出幾點建議如下：

#### (一)課程編排之建議

電池在日常生活與科學知識組織中，都具有普遍、基礎性的角色，九年一貫課程已由剛

性內容規範改為彈性原則，授權學校本位與教師自主，日後各校課程發展委員會於擬定學校「自然與生活科技」領域的一至九年級整體課程總計劃時，一定要秉持尊重專業的精神，會前完整的蒐集有關的科學教育研究資料與它校的卓越經驗，並多邀請現任國小科學專任教師、課程與科學本科專家、科教學者等與會指導，來將各種學習素材，例如本研究的主題電池等，作最妥善的課程編排。

#### (二)教師教學之建議

Lee (1999)指出學生對化學較不感興趣並學習困難的原因有二：其一是有些化學現象無法展示給學生看到（巨觀的面向）；其二是化學現象未被以原子和動態特性的觀點去解釋（粒子微觀的面向）。其研究建議教學與教材應強調在巨觀與粒子微觀這兩種面向上，與運用多媒體及動態的電腦圖形來說明化學反應的粒子面向。電池概念的教學似乎亟須朝這方面努力，況且以往國內教科書的編寫與教師的教學常有扞格，如今九年一貫課程強調教師自行發展教材與自主擬訂教學計劃，或正足以排除上述之缺憾，今後的科學教師，除了需具備豐富的科學素養外，尚應時加留意各種科學教育研究，瞭解兒童先備知識與另有概念，以及教法多元化，包括實驗、多媒體、電腦與概念構圖等概念改變教學法等，才能達到有意義的教學。

#### (三)未來進一步研究之建議

目前的兒童概念實證性研究，有方法工具多元化的趨勢，本研究由於時間與篇幅限制，僅用純質化的晤談法來探究，未能在同一個研究中運用多種研究工具混合進行。針對電池這個研究主題，繼續嘗試以不同的研究工具來探究，例如繪圖、開放式問卷以及雙層式診斷性測驗等，橫的方面擴大學童樣本數與取樣地域範圍，縱的方面連結高國中小達到十二年一貫等等，均為日後進一步研究可行的方向。

## 誌 謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會專題研究計畫補助經費（計畫編號 NSC 89-2511-S-153-017），概念整合型計劃各科總主持人-郭重吉教授、鄭湧涇教授、張惠博教授、林陳涌教授、尤其是化學概念研究總計劃主持人邱美虹教授與化學小組研究群，所有先進大力協助；加上論文評審委員提供許多卓見與指正，特此致謝！

## 附 註

1. Paradigm 一詞語出 Thomas S. Kuhn 早期譯做典範、範式等，現今研究與著作多譯為派典，能兼顧意譯與音譯，其意涵在本研究中另有介紹。
2. 概念研究熱門的程度，可從下述的現象還原得知：筆者在本研究蒐集引用的數十篇國內外研究文獻中，十多篇的前言敘述語多為－“晚近一、二十年來，兒童科學概念的研究最為科教學者所重視”。
3. 目前國科會科教處在前任處長郭重吉(2000a)教授與現任處長鄭湧涇（2000）教授規劃帶領下，正進行一項整合型計畫，著手建立全國性的學生迷思概念資料庫，以做為教育研究、課程編製與中小學教學之參考資源。筆者亦參與化學組子計畫之研究工作。
4. 九年一貫課程在學界輿論中掌聲與噓聲兩極化，但教師除了具專業自主及獨立批判外，面對已逐年實施的實然面，積極展開課程的研究來協助教育政策才是應然面。
5. 筆者在分析現行各教科書版本教材時，欣然發現最近科教研究結果中主張的概念改變教學策略－概念構圖法，已被採用而納入教材中，足見基礎科教研究對課程與教材編排的影響力。

6. 後現代主義強調知識的本土性、局部性，憂慮若只高舉國際化，可能造成文化滅絕。
7. 目前國內亦有此一趨勢，許多教育院所招收的博、碩士研究生，也大多數為中小學現職教師。
8. Posner 認為學生的概念改變，必須具備四個條件：1.不滿意自己原先已具有的概念，2.對於新概念必須要有初步的理解，3.新概念必須是合理的，以及 4.新概念必須是可解決現有問題、可預測的(Harrison, Grayson, Treagust, 1999; Treagust, *et al.* 1996; 熊召弟等，1996；邱美虹,2000)。
9. 建構派典是現今科學教育研究的主流派典，仍動態而持續地發展，故未列一代表人物。
10. 維高斯基的社會建構觀點則強調社會互動對主體認知學習的影響，知識是社會化互動下的產物。
11. 這10篇概念研究詳見Adams 和Griffard(2001)之參考文獻。
12. 命題知識陳述（Proposition Knowledge Statements）一詞，亦可稱為命題敘述（Proposition Statements）。
13. 本研究的國小高年級學童命題知識陳述經由 8 位大學相關學科教授及 3 位國小自然科學資深教師審查修正，以獲具專家效度。
14. 目標概念圖（Target Concept Map），亦可稱之為專家概念圖（Expert Concept Map）。
15. 本研究另有以四所國小共 200 位學童做樣本，進行開放式概念問卷來大量蒐集對電池的另有概念，並做量化的分析討論。因篇幅有限，此一部份擬在另一份研究報告中呈現。

## 參考文獻

1. 王美芬和熊召弟（1995）：國民小學自然科教材教法。台北市：心理出版社。

2. 王淑琴 (1993) : 利用 DOE 晤談探究大學生電學方面的另有架構。彰化市：國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文 (未出版)。
3. 王道還 程樹德 傅大為和錢永祥譯 (1994) : 科學革命的結構 (The structure of scientific revolutions), Kuhn, T. S. 原著。台北市：遠流文化。
4. 江新合 (1992) : 建構主義式教學策略在國小自然科學教學的應用模式。八十一年科學教育論文研討會集刊, 6-19。
5. 余民寧 (1997) : 有意義的學習 - 概念構圖之研究。台北市：商鼎文化出版社。
6. 李秀娟 (2000) : 概念改變教學情境下社會互動的情形。新竹市：國立師範學院國民教育研究所碩士論文 (未出版)。
7. 林靜雯 (2000) : 由概念改變及心智模式初探多重類比對國小四年級學生電學概念學習之影響。台北市：國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文 (未出版)。
8. 邱美虹 (2000) : 概念改變研究的省思與啟示。科學教育學刊, 8(1), 1-34。
9. 姜嘉瑤 (2000) : 不同學習風格的兒童在概念改變教學情境下的學習情形。新竹市：國立師範學院國民教育研究所碩士論文 (未出版)。
10. 洪瑞英 (1998) : 高中生的化學平衡概念之研究。高雄市：國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文 (未出版)。
11. 高慧蓮和蘇明洲 (2000) : 科學的本質與科學哲學觀點的演進。屏師科學教育, 12, 3-13。
12. 張世忠 (1998) : 社會建構教學與科學概念。教育資料與研究, 24, 30-35。
13. 張榮耀 (2000) : 以科學史與本體論的觀點探討概念改變之機制。台北市：國立台灣師範大學科學教育研究所碩士論文 (未出版)。
14. 張靜譽 (1995) : 何謂建構主義。建構與教學, 3, 第一與第四版。
15. 教育部 (1993) : 國民小學課程標準。台北市：教育部編印。
16. 教育部 (2000) : 國民教育九年一貫課程綱要。台北市：教育部編印。
17. 梁錦銓譯 (2000) : 科學並未終結 (What remains to be discovered), Maddox, J. 原著。台北市：天下文化。
18. 郭重吉 (2000a) : 事例晤談與事件晤談。發表於八十九年度 (南區) 科學概念學術研討會。高雄市：高雄師範大學。
19. 郭重吉 (2000b) : 從自然科學教學原理談九年一貫課程的教學策略。九年一貫課程系列研討會中之專題演講。台南市：南一書局。
20. 郭重吉和許玫理 (1993) : 我國國民中學自然科學教師科學哲學觀點之調查研究。科學教育學刊, 4, 183-236。
21. 陳文典 (2000) : 國民中小學自然的教學與教材。九年一貫課程系列研討會中之專題演講。台南市：南一書局。
22. 陳啟明 (1991) : 發展紙筆測驗以評估高一學生對直流電路的迷失概念。彰化市：國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文 (未出版)。
23. 陳衛平譯 (1993) : 科學的進步與問題, Laudon, L. 著。台北市：桂冠圖書公司。
24. 陳瓊森 (1993) : 高一學生直流電路概念結構之研究。彰化師範大學學報, 4, 511-542。
25. 舒煒光 (1994) : 科學哲學導論。台北市：五南圖書出版公司。
26. 楊文金 (1992) : 在職國小教師對基本電路之概念研究。第八屆科學教育學術研討會論文彙編, 499-518。
27. 楊深坑 (1999) : 教育知識的國際化或本土化? - 兼論台灣近年來的教育研究。教育學報, 27, 361-379。
28. 葉俊豪 (1994) : 利用定性與定量測驗來探

- 究高二學生對直流電路的知識結構。彰化市：國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
29. 廖怡雯（1999）：改進學生對電化學瞭解之研究。高雄市：國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
  30. 熊召弟 王美芬 段曉林和熊司鑫譯（1996）：科學學習心理學（The psychology of learning science），Glynn, S. M. & Yeany, R. H. 原著。台北市：心理出版社。
  31. 鄭湧涇（2000）：*Using a diagnostic assessment instrument to assess understanding of biology concepts*. 發表於八十九年度（南區）科學概念學術研討會。高雄市：高雄師範大學。
  32. 顏宛幸（2000）：國小中年級學生學校科學概念與日常生活聯結之研究。彰化市：國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文（未出版）。
  33. Adams, A. D., & Griffard, P. B. (2001). *Analysis of alternative conceptions in physics and biology: similarities, differences, and implications for conceptual change*. a paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, March 28.
  34. Akerson, V. L., Flick, L. B., & Lederman, N. G. (2000). The influence of primary children's ideas in science on teaching practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 363-385.
  35. Asami, N., King, J., & Monk, M. (2000). Tuition and memory: mental models and cognitive processing in Japanese children's work on d.c. electrical circuits. *Research in Science and Technological Education*, 18(2), 141-153.
  36. Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: a cognitive view*. (2<sup>nd</sup> ed.) New York, Holt, Rinehart and Winston.
  37. Bar, V., & Zinn, B. (1998). Similar frameworks of action-at-a-distance: early scientists' and pupils' ideas. *Science and Education*, 7, 471-491.
  38. Beeth, M. E. (1997). Teaching for conceptual change: using status as a meta-cognitive tool. *Science and Education*, 6, 343-355.
  39. Butts, B., & Smith, R. (1987). What do students perceive as difficult in H.S.C. chemistry. *Australian Science Teachers Journal*, 32(4), 45-51.
  40. Garnett, P. J., & Treagust, D. F. (1992a). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: electric circuits and oxidation-reduction equations. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(10), 1079-1099.
  41. Garnett, P. J., & Treagust, D. F. (1992b). Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry (galvanic) and electrolytic cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(10), 1079-1099.
  42. Gunstone, R. (2000). Science teachers as researchers in Australia-some examples. *Research in Science Education*, 30(3), 255-257.
  43. Harrison, A. G., Grayson, D. J., & Triages, D. F. (1999). Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 1, 55-87.
  44. Lee, K.-W. L. (1999). Particulate Representation of a Chemical Reaction Mechanism. *Research in Science Education*, 29(3), 401-415.
  45. Levine, A. T. (2000). Which way is up? Thomas S Kuhn's analogy to conceptual development in childhood. *Science and Education*, 9, 107-122.

46. McGonigal, J. A. (1999). How learning to become a teacher-researcher prepared an educator to do science inquiry with elementary grade students. *Research in Science Education*, 29(1), 5-23.
47. Mintzes, J. J., & Wandersee, J. H. (1998). Research in science teaching and learning: a human constructivist view. *Teaching science for understanding*. San Diego, CA, Academic Press.
48. Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (1998). *Teaching science for understanding – a human constructivist view*. California, Harcourt Brace & Company. Academic Press.
49. Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, D. J. (2000). *Assessing science understanding – a human constructivist View*. California, A Harcourt Science and Technology Company. Academic Press.
50. Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science and Education*, 4, 267-285.
51. Niaz, M. (2000). Gases as idealized: a rational reconstruction of students' understanding of the behavior of gases. *Science & Education*, 9, 279-287.
52. Niaz, M. (2001). How important are the laws of definite and multiple proportions in chemistry and teaching chemistry? – a history and philosophy of science perspective. *Science and Education*, 10, 243-266.
53. Pfundt, H., & Duit, R. (1991). Bibliography: Students' alternative frameworks and science education. (3rd ed.). Kiel, West Germany: University of Kiel, IPN Reports in Brief.
54. Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (1997). Common student misconceptions in electrochemistry: galvanic, electrolytic, and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 377-398.
55. Stavy, R., & Berkovitz, B. (2000). *Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature*. 論文發表八十九年度科學概念學術研討會。高雄市：高雄師範大學。
56. Tobin, K. (1999). Teachers as researchers and researchers as teachers. *Research in Science Education*, 29(1), 1-3.
57. Treagust, D. F. (2000). *Diagnostic assessment of secondary students' science knowledge*. 論文發表於科學概念工具發展與晤談研習會。彰化市：國立彰化師範大學科學教育研究所。
58. Treagust, D. F., Duit, R., & Fraser, B. J. (1996). *Improving teaching and learning in science and mathematics*. New York, Teachers College Columbia University.
59. Varelas, M., & Pineda, E. (1999). Intermingling and Bumpiness: Exploring Meaning Making in the Discourse of a Science Classroom. *Research in Science Education*, 29(1), 25-49.
60. Viard, J., & Francoise, K. - L. (2001). The concept of electrical resistance: how Cassirer's philosophy, and the early developments of electric circuit theory, allow a better understanding of students' learning difficulties. *Science and Education*, 10, 267-286.

## **Primary School Pupils' Alternative Conceptions on Battery – Theory and Practice**

**Shyan-Jer Lee<sup>1</sup> and Lan-Yu Chang<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Natural Science Education, National Pingtung Teachers College,  
Pingtung, Taiwan

<sup>2</sup>Kaohsiung Municipal Han-Ming Primary School, Kaohsiung, Taiwan

### **Abstract**

In this research, we have applied literature in science conceptions research as well as field investigation to probe alternative conceptions of primary school pupils. Theoretical studies from the literature have shown that there were many emphases on the physical meaning and the effects drawn by philosophers of science leading to the formation of paradigms on science conceptions research. Our focus on primary school pupils' alternative conceptions related to batteries are divided into four phases: (i) analyze context regarding battery in present primary school and subsequent nine-years of continuous curricula; (ii) summarize propositional statements and develop target concept map on battery from the comments and responses of researchers, in-service teachers and pupils; (iii) edit protocols for interviews; (iv) collect and analyze pupils' alternative conceptions using the tools described above. Results, from 18 primary school pupils, show that our joint venture on concept formation research has been affected by the four temporal paradigms formed at certain prominent historical landmarks in science conceptions research. Our data also show some similarity and generalization with that in the literatures on science conceptions research.

**Key words :** Alternative Conception, Primary School, Interview, Concept Research, Battery.