科學教育學刊
2007, 第十五卷第三期, 265-294

Chinese Journal of Science Education
2007, 15(3), 265-294

職前化學教師自發性類比之探討

陳雅君
國立花蓮教育大學　科學教育研究所

（投稿日期：民國 93 年 12 月 28 日，修訂日期：95 年 12 月 8 日，接受日期：96 年 1 月 3 日）

摘要：本研究旨在探討不同學習成就的職前化學教師自發性類比品質之差異，及其在小組討論前後自發性類比修正之情形。自發性類比測驗卷內容共分為六個開放式問答題，分為「電化電池」及「濃差電池」兩個主題，「電化電池」部分包含 (1)鹽橋功能 (2)內部各種離子移動路徑(3)電子流的流動方向等三個子題；「濃差電池」部分則包含(1)整個系統反應方向及電子流的流動方向（2）內部各種離子移動路徑(3)反應前、後熵（entropy）的變化等三個子題。研究結果顯示：(一)目標概念的複雜程度及受試者的先備知識可能是造成不同學習成就的職前化學教師自發性類比品質差異之原因。(二)透過小組討論有助於職前化學教師發現舊類比缺點、增進對目標概念的了解及促進類比物精緻化，進而提昇其自發性類比之品質。(三)透過反思有助於職前化學教師省察到舊類比的缺失，進而促進自發性類比品質的改進。(四)職前化學教師自發性類比品質與概念圖的得分呈現顯著的相關，顯示擁有較複雜、整合知識架構者，較能產生有效的類比遷移，其自發性類比品質較佳。

關鍵詞：反思能力、自發性類比、概念圖、職前化學教師

壹、緒　論

一、研究背景與動機

類比在科學教育上的應用相當地廣泛，例如類比是最常用來產生學習遷移及概念轉變的有效工具之一（邱美虹, 1993）。除此之外，類比對於增加理解與記憶（Halpern, Hansen, & Riefer, 1990）、提高學習動機（Venille & Treagust, 1996）及發展學生批判性思考（Middleton, 1991）等方面亦有正面的影響，因此類比一直以來都被視為是有效的學習策略之一。

但另一方面，相關研究亦指出，類比就像“雙面刃”，如果使用不當反而會造成負面的影響（Thagard, 1992），而在教學過程中，教師如何適當地運用自己的類比技巧，是類比使用好壞的重要關鍵（Thiele & Treagust, 1994）。但由相關研究可以得知大部分的教師在採用類比教學時，鮮少經過事前詳盡的規畫且缺乏對類比對應關係與限制的說明（Treagust, Duit, Joslin, & Lindauer, 1992），以致於造成學生的混淆，甚至導致學生產生迷思概念（Treagust, Harrison, & Venville,

1998）。因此，教師如何在教學之前做好充分的計畫與準備，並在教學過程中輔以適當的類比教學模式，例如 TWA 模式（Teaching with Analogies Model, Glynn, 1989）、類比橋、多重類比等，可以被視為是培養學生建構新知識或是促進概念改變的重要關鍵。

除此之外教師必須體認到任何的一個類比都有其限制存在，只有透過教師不斷地反思，才能使教師在批判性思考及創造性思考的交互運作下，進而促進其類比教學的改進。因此研究者希望透過小組討論的方式，藉由小組成員間的互動與回饋，提供研究對象反思的機會，以探討其反思之程度與自發性類比修正之關係。

另外概念圖可呈現一個人認知結構的脈絡，自發性類比則是運用學習者已熟悉的事物和欲知的新事物相連結，是以學習者的先備知識及概念與概念間的關係在概念圖的建構及自發性類比上皆扮演著關鍵的角色。因此職前化學教師的概念構圖的能力與其自發性類比品質兩者之間，是否存在著關聯性，亦是本研究擬探討的目的之一。

二、研究目的與研究問題

綜合上述，本研究旨在探討不同學習成就的職前化學教師在「電化電池」及「濃差電池」單元自發性類比品質之差異，以及在小組討論前後其自發性類比修正之情形，並進一步研究自發性類比品質與反思能力、概念圖得分的關聯性。因此本研究的研究問題如下：

一、不同學習成就職前化學教師其自發性類比品質有何差異？

二、不同學習成就職前化學教師在小組討論前後自發性類比之修正情形為何？

三、職前化學教師自發性類比之修正與反思能力的關聯性為何？

四、職前化學教師自發性類比品質與概念圖得分之關聯性為何？

貳、文獻探討

一、類比的相關研究

許多研究均指出類比無論在促進學生理解新概念（Glynn, Duit, & Thiele, 1995）、概念改變（Treagust, Harrison, Venville, & Dagher, 1996）及幫助解題上（Clement, 1988），多數都顯示其頗具成效。而有關教師使用類比教學的研究結果則指出教師很少採用類比的教學策略，且在使用上似乎過於草率，很少針對類比的對應關係與限制加以詳細地說明，以致於無法發揮既有的功效（郭金美, 1997; Thiele & Treagust, 1994; Mastrilli, 1997）。因此要發揮類比真正的效益，需要教師們教學之前做好充分的計畫與準備，才能有系統的加以運用。

類比如果使用不當反而會造成負面的影響，Thiele 和 Treagust（1991）指出不正確的特質遷移、學生的認知發展階段、及學生對類比物的熟悉度等均會影響類比學習。除此之外，類比結構的完整性、學生先備知識和經驗的影響、類比物呈現的形式、情意的因素等也都會影響到類比的結果，因此類比在使用上須小心謹慎。Thagard（1992）則提出了幾個克服類比障礙及有效使用類比解釋的方式，像是由學生自行創造類比、使用多重類比策略及教師應明確地指出類比的限制或缺失之處等。

綜合上述可知，類比無疑是促進學習的有效策略之一，但亦有其限制，需要考慮影響類比遷移及對應的因素，是以在使用上須格外地小心謹慎，因此對於職前教師在師資培育階段是否能發展並有效地使用類比相關教學技巧，就研究上而言有其必要性，因此

本研究希望探討職前化學教師自發性類比之品質，並進一步了解經小組討論後，其自發性類比修正之情形。

二、自發性類比相關研究及其在科學教育上的應用

有關自發性類比的相關研究設計，主要可分為下列三部分：

(一)解釋科學現象

此類研究的設計方式皆由研究者設計相關的問題情境，然後要求受試者根據所觀察體驗到的現象自行創造類比物並對此情境所發生的科學現象加以解釋，然後自行或透過討論、教學等方式再讓受試者經由不斷的評估、檢視類比物的適當性，並加以修正或創造新的類比物，期能做出更完善的解釋，結果發現在自發性類比的過程中，可促進受試者的概念成長及新知識的學習（曹靖纓, 2000; Wong, 1993a; Mason, 1995）。

(二)解決科學問題

此類研究的設計方式則是設計一系列的科學問題，然後觀察受試者在解決問題或回答問題時類比思考的特徵及自行產生類比的情形。例如 Clement（1988）設計了"不同直徑彈簧的伸長量與重物關係"的問題情境，然後觀察受試者在解題過程中類比思考的過程及產生類比的方式。結果發現透過自行產生類比的過程可幫助了解問題情境，也可間接活化其它知識，以解決問題。

(三)特定目標概念的理解情形

此類研究的設計方式，則是選定某特定的目標概念，透過受試者的自發性類比，藉此了解受試者對目標概念的理解情形，並探討與受試者相關之因素，如先備知識、邏輯推理能力等與自發性類比能力的關係。結果發現自發性類比可作為多元化評量的方式之一，受試者的先備知識和邏輯推理能力等因素會影響自發性類比物的類型及數量（陳信劼, 2001; Pittman, 1999）。

上述的研究結果指出，雖然研究者在使用自發性類比的目的與方法上有所差異，但是研究結果同樣都顯示了不論受試者的知識背景為何，皆擁有自行創造類比的能力；而自發性類比在科學教育上也扮演著十分重要的角色，像是自發性類比可做為了解學生迷思概念的媒介及形成性評量的工具之一（Pittman, 1999）。另外透過自發性類比有助於學習者自行發現問題、主動建構對新知識的解釋及相關概念的理解，同時能刺激學習者的抽象思考，進而幫助學習者達成概念的發展（Wong, 1993a, 1993b; Kaufman, Patel, & Magder, 1996）。除此之外學習者若能經由自發性類比發覺類比物與目標問題之間的關聯，就能對問題的本質及問題的情境有更深入的體認，也可以進一步協助學習者活化其它的知識，以增進其推理能力，進而促進問題的解決（Clement, 1988）。

綜合上述可知，自發性類比有助於了解學生的迷思概念、促進學習者概念建構及問題的解決，但以往有關自發性類比的評量對象多以學生為主，本研究則嘗試以職前化學教師為研究對象；另外有關教師使用類比教學情形之研究也多著重於教師所使用的類比性質、類比出現頻率、使用類比教學原因或類比物的來源、種類及呈現方式等，本研究則探討職前化學教師自發性類比之品質，並進一步了解不同學習成就的職前化學教師其自發性類比品質是否存有顯著之差異。

三、反思在教師專業成長上的重要性

反思（reflective thinking）是以批判性的觀點對於所做的事情進行再考核的歷程，並對於如何達成更好的結果之目標與行動進行系統性的思考，進而尋求更完善的解決之

道，或更釐清自己的想法。因此透過反思有助於導引個體進行更有系統及統整性的思考與行動，亦是發展個人對其表現及本質的高度知覺方法，而這種知覺正是個體創造專業成長及發展的機會。

美國《國家科學教育標準》（National Science Education Standards, NRC, 1996）在教師專業成長一節中提到科學教師的專業成長是一個連續、終生學習的過程，因此在其專業發展的活動中須經常提供個人檢視及反思教學實務的機會，也應提供教師能由其教學中獲得回饋的機會，並能了解、分析及應用這些回饋來增進其教學。

綜合上述可以發現自我反思在專業實務的改善過程中扮演著關鍵重要的角色。而教師對其教學進行反思，除了提升教師的專業能力外，更重要的是教師在反思的過程中也提供了自己與學生有進步的空間與成長的機會。因此總的來說，反思是教師分析及改善其專業行為不可或缺的能力之一，透過不斷地反思才能幫助教師增進個人的專業知識、促進自我成長，並重新修正或建構較合理的概念，而有助於教學成效與品質的提升。

Martin 和 Elena（1998）分析 42 位職前教師的反思層次，結果顯示教師若致力於反思會改進教師思考的層次。Gil 和 Riggs（1999）以 22 位小學教師為觀察對象，以了解反思對教學的成效，結果發現反思可增進教師的自我批判，並幫助教師成為更有知識與效能的教師。因此可以發現反思能改進教師的思考層次、有利於教師的教學實踐，可幫助教師在遭遇挑戰時如何進行自我調適，以提昇其教學品質及專業發展的層次。

由第一節有關類比的文獻探討中，可以得知教師在類比的運用上應不斷地檢視其適切性，才能使類比發揮更大成效，進而提升其教學的成效，因此本研究希望透過提供受試者反思的機會，使其能就自發性類比的優劣進行比較、批判及修正，期能提昇其自發性類比之品質，並進一步探討反思能力與自發性類比修正之關聯性。

四、概念圖及其在教學上的應用

概念圖自從發展以來，就被視為是呈現學生知識架構的有效工具，且在應用方面也呈現多元化的趨勢，包括促進有意義的學習、教學內容的設計、教學評量、迷思概念的診斷及促進學習者對知識建構本質的了解等（Novak, 1996）。

概念圖是使用命題的形式，來表徵概念與概念間的聯結關係，是一種可以呈現出個體的知識架構及知識領域內各概念間連結關係的方式（Novak, 1996）。概念圖主要包含概念、階層、概念間連結關係、交叉連結（不同概念分支間的連結關係）、例子等部分。概念圖的建構是要求學習者針對欲學習的概念，先做階層性分類和分群，並將兩兩概念間的關係以聯結線由上往下或交叉聯結，並於聯結線上標記聯結語，以輔助說明概念與概念間的聯結關係，在聯結的過程中須注意概念的階層性，即最重要、概括性較大的概念應位於上層，最底層則為最特殊化、具體的事例，最後形成一個完整的概念網絡，即所謂的概念圖。

近年來許多研究發現，概念圖在各方面都有相當的應用潛力，特別是使學生能主動學習獲得知識，而增強學生本身的學習能力（Gayle, Joseph, & Mary, 2001）。另外概念圖也可應用在許多的知識領域和教學情境中，用來促進學生的有意義學習行為（Steve, & Jonathan, 1997），因為採用概念圖教學可以幫助學生將不同領域中的概念階層產生關聯，增加其知識結構的質與量，亦可促進理解、記憶保留、學習遷移、及培養正向的學

習態度（Guastello, 2000）。除此之外也可將概念圖視為一種評量的工具，用於探索學生的知識架構及概念改變歷程，以作為改進教學的依據（Mintzes, Wandersee, & Novak, 2001）。

綜合上述可知概念圖可呈現一個人認知結構的脈絡，作為表徵其知識結構性的工具（Novak, 1996）及個人組織階層化知識和運用該知識的能力（Plotnick, 1997）。結構化的知識能幫助回憶並聯結已經學過的舊經驗與知識，將所學有效地遷移到熟悉及新情境或真實生活中，而促進問題解決的能力（Markow & Lonning, 1998），因此本研究希望進一步探討概念圖結構較為豐富及嚴謹的職前化學教師，在面臨目標概念的解釋，所產生的自發性類比與目標概念間的對應關係是否較為正確及完整，亦即其自發性類比品質與概念圖的得分之間是否有其關聯性存在。

參、研究方法

一、研究對象

本研究以某一所國立師範大學化學系三年級修習「科學教育」課程的學生共 34 人為研究樣本。在參與研究之前，研究對象已修習過的必修化學專業科目為普通化學、有機化學、無機化學、物理化學、分析化學。另外為配合研究目的，依上述必修化學專業科目之平均成績區分為高學習成就及低學習成就兩組，以便進行比較分析。

二、研究工具及實施過程

本研究的實施過程首先是自發性類比測驗卷、概念構圖試卷、反省思考問卷等研究工具的發展與效化。然後在進行資料收集之前，研究對象先進行類比及概念圖等相關內容之學習，以便能針對研究工具的內容進行回答。在相關的學習活動結束之後，則進行資料的收集。首先先進行第一次的自發性類比及概念構圖的施測。施測完畢一星期後，將研究對象以 4 人為一組，針對第一次自發性類比之內容進行小組的互動與回饋，然後進行第二次的自發性類比施測，最後請研究對象分析、比較及自我評鑑兩次自發性類比之內容，並填寫反省思考問卷的相關問題。有關各研究工具的內容及施測、評分方式等分別敘述如下：

(一)自發性類比測驗卷（如附錄一）

1. 內容

本測驗卷共分為六個開放式的問答題，內容共分為「電化電池」及「濃差電池」兩個主題，在「電化電池」部分包含(1)鹽橋功能(2)內部各種離子移動路徑(3)電子流的流動方向等三個子題；「濃差電池」部分則包含(1)整個系統反應方向及電子流的流動方向(2)內部各種離子移動路徑(3)反應前、後熵（entropy）的變化等三個子題。

2. 效度分析

本測驗卷先經由與研究對象具有類似背景（具備類比、概念圖及化學專業科目之相關知識）的化學系四年級學生進行預試，以了解受試者能否理解題意以及能否收集到本研究所須要的資料，建立其表面效度；內容並採專家效度審驗，經由一位科學教育專家審核及修正後定稿。

3. 評分者信度分析

由於本測驗卷是採開放式作答方式，因此施測所得之資料，分別由研究者及另一位評分者依照表 3 的評分標準個別進行評分，評分差異較大之測驗卷再另行討論並調整，所有 34 位受試者自發性類比測驗卷不同評分者評分結果之 Pearson 相關係數在「電化電池」及「濃差電池」單元分別為 0.92 及 0.95。

4. 施測方式：

(1)第一次施測：

待研究對象完成類比及概念圖相關內容的學習之後即進行第一次自發性類比測驗卷施測。作答方式是請受試者針對上述主題中各個子題，自行創造學生容易接受之類比物，設計完成後，要求受試者依 TWA 的類比教學模式，詳細說明該類比物與目標概念間的對應關係及其限制。作答時間為 1 小時。

(2)第二次施測：

在第二次自發性類比測驗卷施測之前，先將受試者以 4 人為一組進行分組討論，在討論過程中，請小組內各成員先對其組員詳細說明自己的類比物，然後每人再分別針對小組成員之自發性類比加以批判其優劣處，並針對其缺失之處，提供適當的建議，每位受試者則須記錄小組成員所提供之批判與建議，然後要求受試者依據上述同儕之回饋加以修正舊類比或創造新類比。整個活動的說明時間為 20 分鐘，小組討論時間為 30 分鐘，類比的修正及創造則為 1 小時。

5. 評分方式

在本研究中的自發性類比品質的優劣判準取決於下列三點：(1)是否包含目標概念的重要性質，(2)類比物與目標概念的對應關係是否產生正確的連結，(3)是否說明其限制之處，即明確指出類比物與目標概念無法對應之處。因此為了對研究對象的自發性類比之品質進行評分，研究者先分析電化電池與濃差電池中目標概念的重要性質，詳細說明於表 1 及表 2，然後再依其類比物的豐富性（包含重要性質的多寡）、對應關係及限制說明的正確性予以給分，其評分標準說明如表 3，然後將兩位評分者所評之分數予以平均，即為每位受試者在自發性類比測驗卷中各子題所得之分數。

6. 評分舉例說明

以下列舉一例有關「電子流的流動方向」之類比，說明如何依上述的評分標準進行評分。（註：斜體字部分為受試者的答題說明）

※ 目標概念：電子流的流動方向

※ 類比物：*水由高處往低處流*

※ 對應關係：

電子 vs. 水

銅極（陽極） vs. 地勢較高處

鋅極（陰極） vs. 地勢較低處

表 1：「電化電池」單元各目標概念的重要性質

目標概念	重要性質
1. 鹽橋的功用	1-1 連接兩個半電池，提供離子移動的路徑，形成完整的通路
	1-2 提供陰、陽離子，使半電池溶液呈電中性
2. 內部各種離子的移動路徑	2-1 陽極進行氧化反應，釋放出陽離子：$Zn \rightarrow Zu^{2+} + 2\,e^{-}$
	2-2 陰極獲得電子進行還原反應：$Cu^{2+} + 2\,e^{-} \rightarrow Cu$
	2-3 鹽橋中的陰離子（NO_3^{-}）游向含陽極（Zn）的半電池溶液中
	2-4 鹽橋中的陽離子（K^{+}）游向含陰極（Cu）的半電池溶液中
3. 電子的移動路徑	3-1 陽極（Zn）氧化電位高，所以進行氧化反應釋放出電子，經由外電路移動至陰極（Cu），進行還原反應，消耗電子
	3-2 電子不流經電解液

表 2：「濃差電池」單元各目標概念的重要性質

目標概念	重要屬性
1. 反應方向及電子移動路徑	1-1 反應方向：依半電池中電解液的相對濃度而定，由勒沙特列原理得知反應勢為高濃度→低濃度（Cu^{2+}（1.0M）→Cu^{2+}（0.01M）） 1-2 直到兩邊半電池 Cu^{2+}濃度相等時，反應停止 1-3 電子移動路徑：濃度較低的半電池進行氧化反應釋放出電子，經由外電路移動至濃度較高的半電池，進行還原反應
2. 內部各種離子的移動路徑	2-1 陽極進行氧化反應，釋放出陽離子：$Cu \rightarrow Cu^{2+}$（0.01M）＋ $2e^-$ 2-2 陰極進行還原反應，釋放出陰離子：Cu^{2+}（1.0M）＋ $2e^- \rightarrow Cu$ 2-3 鹽橋中的陰離子（NO_3^-）游向濃度較低（0.01M）的半電池溶液中 2-4 鹽橋中的陽離子（K^+）游向濃度較高（1.0M）的半電池溶液中
3. 系統反應前、後熵（entropy）變化	3-1 熵（entropy）為一物系的亂度，不規律性的一種量度 3-2 根據熱力學第二定律：每一個自發性的反應或變化伴隨著熵（entropy）的增加（反應趨向最大亂度）

表 3：自發性類比物評分標準

分數	類比物	類比物與目標概念對應關係的說明	限制
0	缺乏舉例	缺乏說明	缺乏說明
1	類比物不當或僅包含目標概念部分的重要性質	屬性對應錯誤，或僅部分屬性對應正確	說明不清楚
2	類比物包含目標概念多數的重要性質	多數重要屬性對應正確	僅就明顯可觀察到的表面特徵做簡單的說明
3	類比物包含目標概念完整的重要性質	所有重要屬性對應正確	明確地就其屬性指出無法對應之處

兩極電位差 vs. 地勢高度差

鹽橋 vs. 地下水道

※ 說明：

水就好比是電子，所以水的移動路徑就好比電子的移動方向；銅極的還原電位大於鋅極，因此銅極作為陽極，鋅極作為陰極，兩極的還原電位差就如同地勢的高度差異；水由地勢較高處往地勢較低處流動，然後經由地下水道回到地勢較高的水源處，就如同電子是由陽極（還原電位較大的電極）釋出，經由導線到達陰極，再通過鹽橋回到陽極。

※ 限制：

水並非電子，水的流動可以看見，但電子的移動卻無法看見

該類比物包含了「目標概念」大部分的重要性質，但電子並未流經電解液及通過鹽橋，因此在此部分得 2 分；在「類比物」與「目標概念」對應關係說明上，皆有完整及詳細的說明，但在陰極與陽極的部分對應錯誤，電子流經鹽橋的部分亦對應錯誤，因此此部分得 1 分；而在「限制」的說明部分僅就可觀察到的表面特徵，即水與電子的大小

做描述，並未針對屬性間的相異處做說明，故此部分得 2 分。

(二)反省思考問卷（如附錄二）

1. 施測內容及方式

本問卷的設計採取開放式的答題方式，以了解受試者在本次過程中對其自發性類比優劣進行反省思考之情形，問卷的內容包含四部分，分別為(1)比較並說明小組成員舊類比物中最佳者。(2)說明新類比物的來源，共有五個選擇，分別為同學的建議、自己的靈感、參考資料（如書、媒體）、最近的生活經驗、其他（須做說明）。(3)說明新類比的優點。(4)說明對新類比物自我評鑑的分數及原因。施測方式則是在職前化學教師經過小組討論的互動與回饋、完成第二次自發性類比之後，請受試者根據前後二次的自發性類比進行自我的反省思考，並針對上述問卷之內容加以回答說明。

2. 評分方式

本問卷第一、三、四題的評分方式是依說明內容之反省思考的深入程度，而給予一分至三分，沒有作答則給零分；第二題則依所選擇的類比物來源加以給分，選擇(b)自己的靈感及(d)最近的生活經驗者，因為其類比是依據自己的個人經驗與自身思考融會貫通所創造，因此得 2 分，選擇(a)同學的建議及(c)參考資料（如書、媒體）者，因為其類比是參考他人意見及資料所產生，因此得 1 分，選擇(e)其它則依其說明加以給分。

3. 評分舉例

以下列舉一例說明有關「反省思考」問卷各小題如何進行評分。（註：斜體字部分為受試者的答題說明）

(1)我認為小組成員中王小明舊類比物最佳，原因為：

在討論過程中，了解同學的迷思概念成為其類比的限制，雖不完美，但有著重"限制"的地方。

(2)我的新類比物來源為：

自己的靈感和最近的生活經驗。

(3)新類比的優點：

類比例子更簡單生活化，敘述較原來明確有條理、並修正舊類比的缺點及導正原來的偏差觀念、也更清楚地指出類比物和目標概念間的關係及限制。

(4)針對我的新類比之品質：

我的自評分數為 4 分，因為已是本身所能想到最好的，但仍有一些缺點須改進。

第一小題，指出類比中存有迷思概念，應注重限制說明，但未進一步分析比較其它小組成員的類比優劣，因此在此部分得 2 分；第二小題依其選擇的類比物來源給予 2 分；第三小題，新類比的創造注意到類比物設計原則及應注意事項，並針對舊類比缺失及錯誤加以改正，因此在此部分得 3 分；第四小題僅簡單指出有缺點須改進，並未完整說明缺點所在及如何改進，因此只得 1 分。

(三) 概念構圖試卷（如附錄三）

1. 施測內容及方式

本試卷旨在了解受試者的認知架構，作答方式是請受試者以「電化電池」為主概念，鼓勵受試者盡量想出所有的次概念，並要求受試者將有關聯的概念用聯結線並標記聯結語說明兩概念間的關係和意義。作答時間為 30 分鐘。

2. 評分方式

在本研究中是將受試者的概念圖依下列三個構成要素分別予以評分，其評分標準分述如下：

(1)關係：每一個有意義及相關的命題聯結關係，即給予一分；錯誤的命題則不給分。

(2)交叉聯結（cross-links）：每一個有效的且有意義的交叉連結給予三分。
(3)例子：每一個特定被舉出的事件或物件例子，即給予一分。

三、資料處理與分析

本研究首先將受試者依其必修的化學專業科目之平均成績分為高學習成就及低學習成就兩群，然後在「研究問題一」中將兩群受試者前、後兩次自發性類比之得分，分別進行獨立性 t 考驗，以了解兩群職前化學教師其自發性類比品質有無顯著差異。在「研究問題二」中則將兩群職前化學教師在小組討論前、後兩次自發性類比之得分差值為依變項，進行相依性 t 考驗，以了解前後兩次的自發性類比得分有無顯著的差異。在「研究問題三」中將受試者前後兩次自發性類比之得分差值與其在反省思考問卷所得之分數進行相關係數的分析，以了解自發性類比之修正與其反思能力相關性。在「研究問題四」中將受試者自發性類比之得分與概念圖分數進行相關係數的分析，以了解自發性類比品質與概念圖得分之相關性。

肆、研究結果

一、不同學習成就職前化學教師自發性類比品質之比較

(一)小組討論前

由自發性類比產生情形來看，在「電化電池」單元的各個子題中，幾乎所有的職前化學教師皆能針對目標概念創造出類比物，僅有一位（2.9%）沒有提出類比物的說明。在「濃差電池」單元中，職前化學教師類比物的創造情形並不理想，其中共有 8 人（23.5%）在該主題中完全沒有作答，另外在內部各種離子的移動路徑、反應前、後的 entropy 變化子題中，則分別有 13 及 12 位無法創造出類比物。進一步比較不同學習成就職前化學教師自發性類比之品質，結果發現整體而言，在「電化電池」單元中的自發性類比品質達到顯著差異（$p < .05$），在鹽橋的功用、內部各種離子的移動路徑、電子流的流動方向等三個面向中，僅在鹽橋的功用的自發性類比品質達到顯著差異（$p < .05$）。在「濃差電池」單元中，不論整體或在反應方向及電子流的流動方向、內部各種離子的移動路徑、反應前、後的 entropy 變化等三個面向，其自發性類比品質皆未達到顯著差異（$p > .05$），詳細結果呈現於表 4。

(二)小組討論後

由自發性類比產生情形來看，在「電化電池」單元的各個子題中，所有的職前化學教師皆能針對目標概念提出類比物加以說明。在「濃差電池」單元中，大部分職前化學教師已能創造出類比物來加以說明，另外在內部各種離子的移動路徑、反應前、後的 entropy 變化子題中，仍有 7 及 2 位無法創造出類比物。進一步比較不同學習成就職前化學教師自發性類比之品質，結果發現整體而言，在「電化電池」單元中，不論整體或在鹽橋的功用、內部各種離子的移動路徑、電子流的流動方向等三個面向，其自發性類比品質皆未達顯著差異（$p > .05$）。在「濃差電池」單元中，整體的自發性類比品質達到顯著差異（$p < .05$），在反應方向及電子流的流動方向、內部各種離子的移動路徑、反應前、後熵（entropy）的變化等三個面向中，僅在反應前、後熵（entropy）變化的自發性類比品質則達到顯著差異（$p < .05$）。詳細結果呈現於表 5。

表 4：小組討論前不同學習成就職前化學教師『電化電池』及『濃差電池』自發性類比品質之比較

目標概念	學習成就	人數	平均值	標準差	T 值	P 值
（I）電化電池	高	17	16.09	4.48	2.23	**.033***
	低	17	12.59	4.67		
1.鹽橋功用	高	17	5.62	1.54	2.86	**.007****
	低	17	4.15	1.47		
2.內部各種離子移動路徑	高	17	5.32	1.73	2.02	.052
	低	17	4.12	1.76		
3.電子移動路徑	高	17	5.15	2.19	1.06	.295
	低	17	4.32	2.32		
（II）濃差電池	高	17	6.71	5.50	0.97	.340
	低	17	5.51	4.34		
1.反應方向及電子移動路徑	高	17	2.82	1.79	0.39	.702
	低	17	2.59	1.77		
2.內部各種離子移動路徑	高	17	1.77	2.31	0.79	.433
	低	17	1.18	2.00		
3.反應前、後熵（entropy）變化	高	17	2.12	2.50	1.15	.261
	低	17	1.29	1.58		

*$p < .05$ **$p < .01$

表 5：小組討論後不同學習成就職前化學教師『電化電池』及『濃差電池』自發性類比品質之比較

目標概念	學習成就	人數	平均值	標準差	T 值	P 值
（I）電化電池	高	17	18.71	3.78	0.83	.414
	低	17	17.77	2.77		
1.鹽橋功用	高	17	6.24	1.40	1.69	.101
	低	17	5.47	1.23		
2.內部各種離子移動路徑	高	17	6.44	1.32	0.33	.746
	低	17	6.29	1.30		
3.電子移動路徑	高	17	6.02	1.65	0.06	.950
	低	17	6.00	.97		
（II）濃差電池	高	17	14.97	4.18	2.31	**.028***
	低	17	11.71	4.06		
1.反應方向及電子移動路徑	高	17	4.47	1.21	0.13	.895
	低	17	4.41	1.36		
2.內部各種離子移動路徑	高	17	4.53	2.60	1.29	.207
	低	17	3.38	2.60		
3.反應前、後熵（entropy）變化	高	17	6.03	1.82	3.32	**.002****
	低	17	3.91	1.91		

*$p < .05$ **$p < .01$

(三)總結

綜合上述可以發現職前化學教師的自發性類比品質差異，主要有下列三方面：

1.「電化電池」單元的自發性類比品質較優於「濃差電池」單元

由職前化學教師針對自發性類比測驗卷各個目標概念作答情形可以發現，在小組討論前，無論是高或低學習成就者，在「電化電池」單元，幾乎（33 人，97.1%）所有的受試者皆能自行創造出各式各樣的類比，且或多或少都能進一步地說明類比物與目標概念的對應關係。但在「濃差電池」的部分，則有將近四分之一（8 人，23.5%）的職前化學教師在該主題中完全沒有作答，無法針對目標概念提出類比，其餘的大部分也僅能就其中部分的主題提出類比物說明，像是在內部各種離子移動路徑及反應前、後的熵（entropy）變化子題中，則分別仍有 13 位（38.2%）及 12 位（35.3%）無法創造出適當的類比物加以說明；除此之外，即使能提出類比，大多數亦是不恰當的，或無法進一步地提出相關的解釋。而經過小組討論後，在「電化電池」單元，已經所有的受試者皆能在各個子題中提出相關的類比物說明，但在「濃差電池」單元的內部各種離子移動路徑及反應前、後的熵（entropy）變化子題中，則分別仍有 7 位（20.5%）及 2 位（5.8%）無法創造出適當的類比物加以說明。所以在自發性類比的得分方面，在「電化電池」單元無論是在整體或在各個子題的平均得分上均較高於「濃差電池」單元。因此整體而言，「電化電池」單元的自發性類比品質是較優於「濃差電池」單元。

2.「電化電池」單元的自發性類比品質不同學習成就的職前化學教師在歷經小組討論後已無顯著差異

由上述職前化學教師類比產生的情形來看，在「電化電池」單元部分，雖然大部分受試者皆能創造出合適的類比，但高學習成就的職前化學教師所提出的類比物，多屬於複雜性、整體性較高的精緻性類比，以說明目標概念的多項屬性，特別是在鹽橋功能方面，其類比物能同時解釋鹽橋溝通電路及維持溶液電荷平衡之功能，同時在對應關係說明上較完整且正確，不僅指出目標物與類比物的關連，還會針對其中相同之處或相異之處進行較詳細比較；而低學習成就的職前化學教師所產生的類比物，則多屬於簡單性類比，僅描述類比物的單一或少數性質，而在對應關係上，則是有部分遺漏之處，至於無法對應的部分（即類比限制之處）更是有不少比例（38.2%）的職前化學教師缺乏說明或是說明不清；因此在小組討論前，高學習成就的職前化學教師在「電化電池」單元的自發性類比品質顯著優於低學習成就的職前化學教師。而在小組討論後，低學習成就的職前化學教師所創造的類比物已較第一次為豐富，對應關係的說明也較為完善，而在限制的說明部分，缺乏說明或是說明不清的比例已減少為 17.6%，大部分已能就明顯可觀察到的表面特徵做簡單的說明，少數也能明確地就其屬性指出無法對應之處；因此在小組討論後，不同學習成就的職前化學教師在「電化電池」單元的自發性類比之品質已無顯著之差異。

3.「濃差電池」單元的自發性類比品質，不同學習成就的職前化學教師在歷經小組討論後達到顯著差異

在「濃差電池」單元因普遍缺乏相關的內容知識，或是有為數不少之迷思概念的存在，所以無論高或低學習成就的職前化學教師，皆僅能提出簡單的類比物，並僅就目標概念與類比物間的單一或少數特徵進行對應，也無法深入地對限制之處加以描述。因此在小組討論前，不同學習成就的職前化學教師在「濃差電池」單元的自發性類比品質

並無顯著差異。而在小組討論後，可以發現部分無法提出類比物者以低學習成就者居多，同時低學習成就者自發性類比中持有迷思概念者較多，除此之外在"反應前、後熵（entropy）的變化"子題中，高學習成就者較能清楚地說明熵（entropy）為物系的亂度，即不規律性的一種量度，並指出自發性的反應會趨向最大亂度，而伴隨著熵（entropy）的增加；低學習成就者則多將熵（entropy）的變化視為是能量的損耗或轉換，而無法正確地說明反應前、後熵（entropy）的變化為何，因此在小組討論後，高學習成就的職前化學教師在「濃差電池」單元的自發性類比品質較顯著優於低學習成就者。

二、職前化學教師在小組討論前後自發性類比品質改變之情形

(一)「電化電池」單元

整體而言，高學習成就的職前化學教師在經過小組討論後所創造的自發性類比之品質顯著地優於第一次所產生的自發性類比之品質（$p < .05$）。但在鹽橋的功用、內部各種離子的移動路徑、電子流的流動方向等三個面向部份，僅在內部各種離子移動路徑的自發性類比品質有不錯的改善（$p < .05$）。而低學習成就的職前化學教師，在經過小組討論後所創造的自發性類比之品質，整體而言，明顯地優於第一次所產生的自發性類比之品質（$p < .01$）。另外在鹽橋的功用、電子流的流動方向等面向部份，可以發現其自發性類比之品質亦有不錯之改善（$p < .05$），而在內部各種離子的移動路徑面向上，其自發性類比品質則是有顯著的進步（$p < .001$），詳細結果呈現於表 6。

(二)「濃差電池」單元

整體而言，無論是高或是低學習成就的職前化學教師，在經過小組討論後所創造的自發性類比之品質都明顯地優於第一次所產生的自發性類比之品質（$p < .000$）。另外在反應方向及電子流的流動方向、內部各種離子的移動路徑等面向部份，其自發性類比品質有相當良好的改善（$p < .01$），特別是在反應前、後的 entropy 變化的自發性類比品質則有十分明顯的進步（$p < .001$），詳細結果呈現於表 7。

有關職前化學教師在小組討論前後自發性類比品質改變之情形以下各列舉一例予以說明。（註：斜體字部分為受試者的答題說明）

表 6：職前化學教師經小組討論後在『電化電池』單元自發性類比品質改變之情形

目標概念	學習成就	人數	改變之平均值	標準差	T 值	P 值
（I）電化電池	高	17	2.62	4.62	2.32	.034*
	低	17	5.18	5.06	4.22	.001**
1.鹽橋功用	高	17	0.62	1.31	1.95	.069
	低	17	1.32	2.09	2.61	.019*
2.內部各種離子移動路徑	高	17	1.12	1.65	2.79	.013*
	低	17	2.18	1.98	4.52	.000***
3.電子移動路徑	高	17	0.88	2.45	1.48	.157
	低	17	1.68	2.42	2.86	.011*

*$p < .05$ **$p < .01$ ***$p < .001$

表 7：職前化學教師經小組討論後在『濃差電池』單元自發性類比品質改變之情形

目標概念	學習成就	人數	改變之平均值	標準差	T 值	P 值
（II）濃差電池	高	17	8.27	5.69	5.99	.000***
	低	17	6.65	4.54	6.04	.000***
1.反應方向及電子移動路徑	高	17	1.65	1.99	3.41	.004**
	低	17	1.82	1.77	4.25	.001**
2.內部各種離子移動路徑	高	17	2.71	2.83	3.94	.001**
	低	17	2.21	2.42	3.76	.002**
3.反應前、後 entropy 變化	高	17	3.91	2.64	6.12	.000***
	低	17	2.62	1.91	5.66	.000***

*$p < .05$ **$p < .01$ ***$p < .001$

1.高學習成就職前化學教師自發性類比修正情形

(1)小組討論前

※ 目標概念：濃差電池

(1)整個系統的反應方向及電子流的流動方向

(2)內部各種離子移動路徑

(3)整個系統在反應前、後的 entropy 變化

※ 類比物：*斜面上物體的移動情形*

※ 對應關係：

(1)*高濃度半電池 vs. 斜面高處*
低濃度半電池 vs. 斜面低處

(2)缺乏說明

(3)*反應前、後的 entropy 變化 vs. 能量的守恆及轉換*

※ 說明：

(1)*物體由斜面高處往低處移動，因此整個系統的反應方向及電子的移動方向是由高濃度往低濃度。*

(2)缺乏說明。

(3)*物體在斜面高處時具有位能，移動至斜面低處時，因能量守恆，原先所具備的位能轉換為動能；高濃度半電池反應前、後的 entropy 減少，如同物體由斜面高處往低處移動位能減少，低濃度半電池反應前、後的 entropy 增加，如同物體由斜面高處往低處移時動能增加，因此整個系統反應前、後的 entropy 變化 = 0，如同能守恆。*

※ 限制：

反應方向和電子移動方向無法像斜面上的物體移動情形一樣可由肉眼觀察

(2)小組討論後

※ 目標概念：濃差電池

(1)整個系統的反應方向及電子流的流動方向

(2)內部各種離子移動路徑

(3)整個系統在反應前、後的 entropy 變化

※ 類比物：

(1)*水由高處往低處流*

(2)*帶正負電荷的鋼珠往正負金屬板移動情形*

(3)*香水擴散現象*

※ 對應關係：

(1)*高濃度電極（1M $CuCl_2$） vs. 地勢較高處*
低濃度電極（0.01M $CuCl_2$） vs. 地勢較低處

(2)*高濃度半電池（1M $CuCl_2$） vs. 帶電荷的金屬板*
低濃度半電池（0.01M $CuCl_2$） vs. 帶正電荷的金屬板
鹽橋中陽離子（K^+） vs. 帶正電荷的鋼珠
鹽橋中陰離子（NO_3^-） vs. 帶負電荷的鋼珠
(3)*entropy（亂度） vs. 分子排列的整齊程度*
※ 說明：
(1)*水由高處往低處流，就如同整個系統的反應方向是由高濃度至低濃度，即 Cu^{2+}(1M) → Cu^{2+}（0.01M），因此高濃度電極的 Cu^{2+}減少，發生還原反應，低濃度的 Cu^{2+}增加，發生氧化反應，所以電子的流動方向是由低濃度電極釋出經導線至高濃度電極。*
(2)*帶正電荷的鋼珠因正負電荷相吸而往帶負電的金屬板方向移動，如同高濃度半電池發生還原反應，Cu^{2+}減少，溶液中含負電荷的離子較多，因此鹽橋中的陽離子 (K^+) 往高濃度半電池方向移動；同理，帶負電荷的鋼珠因正負電荷相吸而往帶正電的金屬板方向移動，如同低濃度半電池發生氧化反應，Cu^{2+}增加，溶液中含正電荷的離子較多，因此鹽橋中的陽離子（NO_3^-）往低濃度半電池方向移動。*
(3)*在房間的一個角落噴香水，到最後整個房間均可聞到淡淡的香味，擴散後分子的排列較不規律，亂度增度，如同本裝置的濃差電池為自發性反應，反應將趨向最大亂度，因此反應前、後的 entropy 增加。*
※ 限制：
(1)*水分子大於電子。*
(2)*離子不像鋼珠那麼大；離子的移動無法由肉眼得知。*
(3)*亂度並非實物，而香水是實物。*

由上述舉例說明可以看出，在小組討論前，高學習成就職前化學教師無法區分濃差電池的反應方向與電子流的流動方向，另外亦無法進一步對濃差電池內部各種離子的移動路徑加以說明，此外對整個系統反應前、後熵（entropy）的變化存有迷思概念。在經小組討論後，可以發現新類比物已針對舊類比物中的迷思概念進行校正，在「對應關係」的說明也較為完整及正確，但不論在小組討論之前或之後，對於「類比物」與「目標概念」間相異處之說明仍著重於一些表面可觀察的特徵，例如物體的大小差異，並未能實際針對屬性相異之處做描述，顯見在「限制」說明的部分，仍有待加強及改進。

2.低學習成就職前化學教師自發性類比修正情形
(1)小組討論前
※ 目標概念：電化電池
(1)鹽橋功用
(2)內部各種離子移動路徑
(3)電子流的流動方向
※ 類比物：*道路運輸系統*
(1)*道路 vs. 鹽橋*
(2)*各種車輛 vs. 內部各種離子*
(3)*單行道 vs. 電子移動路徑*
※ 說明：
(1)*交通運輸經由道路，如同鹽橋傳輸離子。*
(2)*各種車輛在雙線道上的移動如同內部各種離子的移動路徑。*
※ 限制：
鹽橋只有固定一個通道；道路可以四通八達。
(2)小組討論後
※ 目標概念：電化電池
(1)鹽橋功用
(2)內部各種離子移動路徑

(3)電子流的流動方向

※ 類比物：

(1)*兩斷崖間的吊橋*

(2)*兩磁鐵 N 極與 S 極相吸或相斥情形*

(3)*水由高處往低處流*

※ 對應關係：

(1)*鹽橋 vs. 兩斷崖間的吊橋*

(2)*陽離子 vs. 磁鐵的 N 極*

陰離子 vs. 磁鐵的 S 極

(3) *電子 vs. 水*

鋅極（陽極） vs. 地勢較高處

銅極（陰極） vs. 地勢較低處

兩極電位差 vs. 地勢高度差

※ 說明：

(1)*兩斷崖間須藉由吊橋的串連才能形成通路，以供行人穿越，如同圖中的電化電池裝置，須藉由鹽橋，才能提供離子移動的動道，而形成完整的迴路。*

(2)*Zn 極因產生氧化反應，生成 Zn^{2+} 陽離子，如同磁鐵的 N 極，而鹽橋中的 NO_3^- 陰離子則如同磁鐵的 S 極，會因 N 極與 S 極相吸而往含陽極的電解液移動；Cu 極因產生還原反應，使得 Cu^{2+} 陽離子減少，溶液中的 SO_4^{2-} 陰離子較多，如同磁鐵的 S 極，而使得鹽橋中的 K^+ 陽離子則如同磁鐵的 N 極，會因 S 極與 N 極相吸而往含陰極的電解液移動。*

(3)*水就好比是電子，所以水的流動方向就好比電子的流動方向；鋅極的氧位電位大於銅極，因此銅極作為陰極，鋅極作為陽極，兩極的電位差就如同地勢的高度差異；水由地勢較高處往地勢較低處流動，就如同電子是由陽極（氧化電位較大的電極）釋出，經由導線往到達陰極。*

※ 限制：

(1)*吊橋遠大於鹽橋，吊橋是讓人來走動的橋；而鹽橋是作為內部離子的移動通道。*

(2)*陽極、陰極原理與 N 極、S 極原理不同。*

(3)*水並非電子，水的流動可以看見，但電子的流動方向卻無法看見。*

由上述舉例說明可以看出，在小組討論前，低學習成就職前化學教師對於「類比物」與「目標概念」間對應關係的交代並不完善，不易聯想兩者的相關性，另外說明的部分亦過於簡單草率，且缺乏對「類比物」與「目標概念」間相異處的詳細說明。在經過小組討論後，其類比物已較能涵蓋說明目標概念中大部分的重要性質，對於「類比物」與「目標概念」的對應關係及概念的原理陳述已較為詳盡且具條理，但在「限制」的說明部分，雖已有進一步的說明，但僅能就外觀、大小等表面特徵做說明，並未進一步就其屬性的相異處做陳述。

三、職前化學教師反思能力與自發性類比品質修正之關聯性

受試者反思能力與電化電池整體修正分數、濃差電池整體修正分數的相關係數分析如表 8，皆呈現高度的相關性，顯示反思能力較高的職前化學教師其自發性類比品質的改善情形較優於反思能力較低的職前化學教師。

以下分別就不同反思能力的職前化學教師各列舉一例說明其自發性類比之修正情

表 8：反思能力與『電化電池』及『濃差電池』自發性類比品質修正之相關

	電化電池修正分數	濃差電池修正分數
反思能力	.710**	.788**

n = 34 *< .05 **< .01

形。（註：斜體字部分為受試者的答題說明）

1.高反思能力職前化學教師自發性類比之修正情形

(1)小組討論前

※ 目標概念：電化電池

(1)鹽橋功用

(2)內部各種離子移動路徑

(3)電子流的流動方向

※ 類比物：*有錢人透過慈善機構捐錢給弱勢團體*

※ 對應關係：

鹽橋 vs. 慈善機構

Zn 電極 vs. 有錢人

Cu 電極 vs. 弱勢團體

※ 說明：

(1)*鹽橋類比為慈善機構，只負責轉移有錢人的錢或物資到弱勢團體。*

(2)*有錢人當活性電極，捐出的錢就當電子，經過慈善機構後，可能利用錢買其需要的物品再轉送至弱勢團體，弱勢團體接受幫助後會回饋、報恩。*

(3)*電子的移動路為上述有錢人捐款給弱勢團體之循環。*

※ 限制：

(1)*電子的轉移在反應過程中是持續的，但捐款通常是一筆款項。*

(2)*電化電池是自發的，但有錢人不一定會捐款。*

(3)*並非每個被援助者都會回饋報恩，但電子是一定會如此循環。*

(2)小組討論後

※ 目標概念：電化電池

(1)鹽橋功用

(2)內部各種離子移動路徑

(3)電子流的流動方向

※ 類比物：*兩島嶼間男女生的往來情形*

※ 對應關係：

含 Zn 極（陽極）的半電池 vs. A 島嶼

含 Cu 極（陰極）的半電池 vs. B 島嶼

鹽橋 vs. A 島嶼與 B 島嶼間的小島

陽離子（Zn^{2+}、K^{+}、Cu^{2+}） vs. 男生

陰離子（NO_3^{-}、SO_4^{2-}）及電子 vs. 女生

導線 vs. A 島嶼與 B 島嶼間的通路(單向道）

伏特計 vs. 通路上所設置的收費站

※ 說明：

(1)*位於 A 島嶼與 B 島嶼間的小島為兩島間的溝通橋樑，負責兩島上男女生的配對平衡。*

(2)*由於 A 島的女生（電子）較活潑、外向（指 Zn 的活性比 Cu 大），因此主動（反應為自發性）經由 A 島嶼與 B 島嶼間的單向通路（導線）跑至 B 島，與島上的男生生（Cu^{2+}）配對結婚（$Cu^{2+} + 2\,e^{-} \rightarrow Cu$），結果造成 A 島因男生較多（$Zn^{2+}$增加）、B 島男生不足（$Cu^{2+}$減少），所以小島（鹽橋）上的男生（$K^{+}$）為平衡兩島的男女生人數（維持溶液中電荷的平衡），向 B 島移動；同樣地小島（鹽橋）上的女生（NO_3^{-}）則向 A 島移動。*

(3)*兩島嶼間的單向通路上的收費站可知至 B 島嶼的女生人數，如同裝置上的伏特計可測量電壓的大小。*

※ 限制：

電子與陰離子的性質不同，但在此都比喻為女生。

由上述的說明可以看出，高反思能力的職前化學教師第一次的自發性類比中存有不少的迷思概念，像是鹽橋並非是提供通道供電子通過。此外第一次的自發性類比也並未針對內部各種離子移動加以說明；在第二次的自發性類比則是可以發現新類比物已校正了原先的迷思概念，其內容較能完整地涵蓋

「目標概念」的重要性質，在「對應關係」的呈現也較為清晰且詳盡。

2.低反思能力職前化學教師自發性類比之修正情形

(1)小組討論前

※ 目標概念：電化電池

(1)鹽橋功用

(2)內部各種離子移動路徑

(3)電子流的流動方向

※ 類比物：

(1)*天橋*

(2)*行人的移動路徑*

(3)*汽車的移動路徑*

※ 對應關係：

(1)*鹽橋 vs. 天橋*

(2)*內部各種離子移動路徑 vs. 行人的移動路徑*

(3)*電子流的流動方向 vs. 汽車的移動路徑*

※ 說明：

(1)*鹽橋功能為溝通電路，如同道路中的天橋溝通道路兩旁的行人道。*

(2)*內部各種離子移動路徑陰離子向左，陽離子向右。*

(3)*電子流的流動方向由左向右移動，線路代表高速公路。*

※ 限制：

(1)*鹽橋內部各種離子移動路徑遠小於行人移動路徑。*

(2)*電子的大小遠小於汽車。*

(3)*鹽橋遠小於天橋。*

(2)小組討論後

※ 目標概念：電化電池

(1)鹽橋功用

(2)內部各種離子移動路徑

(3)電子移動路徑

※ 類比物：

(1)*媒婆*

(2)*排隊補位情形*

(3)*小朋友玩傳接球*

※ 對應關係：

(1)*鹽橋 vs. 媒婆*

(2)K^+*移動 vs. 排隊中的人*

NO_3^- *vs. 男生*

Zn^{2+} *vs. 女生*

Cu^{2+} *vs. 得到好處的小人*

(3)*活性高的金屬 vs. 調皮的小孩*

活性低的高屬 vs. 乖巧的小孩

電子 vs. 球

※ 說明：

(1)缺乏說明。

(2)K^+*的移動如同排隊時前面的人走了，後面的人跟著遞補上來；*NO^-*的移動如同男生向女生移動；*Zn^{2+}*的移動如同女生向男生移動；得到電子如同得到好處地附在 Cu 棒上。*

(3)*調皮的小孩用球丟乖巧的小孩，如同活性高的金屬把電子送到活性低的金屬。*

※ 限制：*電子不如球大。*

由上述的說明可以看出，低反思能力的職前化學教師第一次的自發性類比中，其「類比物」與「目標概念」間不易產生聯想，且對兩者間的「對應關係」說明亦過於簡略，不易理解所欲呈現的概念原理。而第二次的自發性類比則是可以發現雖然在對應關係上的說明已有較多的陳述，但仍然是有所缺漏或模糊不清的地方，例如：以媒人婆類比鹽橋，但並未說明其中的關係；對內部各種離子移動路徑的比喻較不具整體性，不易聯想及容易造成混淆等。整體而言，在經過反思後所產生的自發性類比之品質並未有較佳的改善，仍有許多應該改進的地方。

四、職前化學教師自發性類比品質與概念圖得分之關聯性

受試者概念圖得分與「電化電池」單元自發性類比得分、「濃差電池」單元自發性類比得分的相關係數分析如表 9，其相關性皆達到顯著差異，顯示在概念構圖試卷得分較高的職前化學教師其自發性類比之品質較佳。

以下各舉一例分別就不同概念圖得分（附錄四、五）的職前化學教師其自發性類比加以分析和說明。（註：斜體字部分為受試者的答題說明）

1. 概念圖高得分職前化學教師之自發性類比

※ 目標概念：電化電池

(1)鹽橋功用

(2)內部各種離子移動路徑

(3)電子移動路徑

※ 類比物：*旅行家旅遊路線*

※ 對應關係：

旅行家 vs. 電子

規劃的旅行路線 vs. 電路迴路

旅行方向 vs. 電子流方向

海底隧道 vs. 鹽橋

陸路 vs. 導線

旅行家所搭乘的潛水艇 vs. 陰、陽離子

海 vs. 半電池溶液

※ 說明：

(1)*海底隧道溝通兩海洋，使旅行家所搭乘的潛水艇能通過到達另一岸，如同鹽橋做為離子移動的通道，以完成電流的迴路。*

(2)*旅行家在所規劃的旅行路線中旅行，先由左向右經由陸路到另一岸，但是他不能穿越海底，而為了完成旅行，他必須搭乘交通工具（潛水艇）來通過海中的海底隧道，然後到達另一邊的海，完成整個的旅行路線（鹽橋中的陽離子向 $CuSO_4$ 溶液移動；陰離子向 $ZnSO_4$ 溶液移動）。*

(3)*電子的移動路徑就是旅行家的旅行方向，而且只能在陸路上行走，不能碰到海。*

※ 限制：*人非電子，大小差異很多。*

觀察概念圖高得分的職前化學教師可以發現，其概念圖者有下列的特徵：(1)能運用較清楚適當的詞彙或專有名詞表示概念節點；(2)呈現較完整且具系統性的概念組織；(3)呈現較多有效且正確的關係，能運用簡明扼要的聯結語來描述、說明概念間的正確關係；(4)呈現較統整性的結構，存在較多的交叉聯結。而對照其自發性類比可以發現，其「類比物」為較具連貫性及統整性的例子，藉由單一類比物即能說明「目標概念」大部分的重要性質，雖然在「限制」的說明部分僅針對類比物與目標概念的大小差異做說明，但在「對應關係」的說明上，則建立正確且完整的說明，因此整體而言，其自發性類比品質相當不錯。

2. 概念圖低得分職前化學教師之自發性類比

※ 目標概念：電化電池

(1)鹽橋功用

(2)內部各種離子移動路徑

表 9：概念圖得分與『電化電池』及『濃差電池』自發性類比品質之相關

	電化電池	濃差電池
概念圖得分	.620**	.382*

n = 34 *< .05 **< .01

(3)電子移動路徑

※ 類比物：*慈善機構*

※ 對應關係：

(1)*鹽橋平衡離子*

(2)K^+ *vs. 慈善機構中沒錢的人*

NO_3^- *vs. 慈善機構中有錢的人*

(3) *電子 vs. 錢*

活性強 vs. 會賺錢

活性弱 vs. 不會賺錢，被人賺走錢

※ 說明：

(1)*鹽橋功能在平衡離子。*

(2)$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ *；失去錢變沒錢*

$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$ *；得到錢變有錢*

慈善機構中沒錢的人（K^+*）會去有錢的地方（Zn）*

慈善機構中有錢的人（NO_3^-*）會去沒錢的地方（Cu）*

※ 限制：缺乏說明。

觀察概念圖低得分的職前化學教師可以發現，其概念圖者有下列的特徵：(1)使用過度冗長或不適當的名詞表示概念節點；(2)常呈現過多而無關的概念或相關概念過少的情況；(3)聯結語過度簡單或省略，無法說明概念間的正確關係或概念間呈現錯誤的聯結;(4)呈現片段零碎或多個分支概念獨立發展，較少甚至沒有存在任何交叉聯結，概念網路未能統整。而對照其自發性類比可以發現，其「類比物」呈現不少的迷思概念，顯示其概念架構並不完整，有不少錯誤的地方，因此在「類比物」與「目標概念」間的對應大多數都是不正確的，且在說明上亦未清楚地陳述，整體而言，其自發性類比品質並不完善。

伍、討論與建議

一、討論

(一)目標概念的複雜程度與受試者的先備知識會影響類比的創造

對受試者而言，創造「電化電池」單元各目標概念的類比物是較「濃差電池」單元容易，可能是因為在「電化電池」的部分，受試者在日常生活中有較多接觸及實際體認的機會，且僅需具備基本簡單的氧化還原之概念及理解電池組成之原理，就能夠對類比物提出說明。而「濃差電池」的部分，除了須具備上述相關之概念外，尚須了解濃度對電池電壓的影響及能斯特方程式（Nernst equation）在電化學方面相關之應用，才有可能針對目標概念提出相關之類比物，對受試者而言是屬於化學領域中是較為陌生且難以理解的專業概念及應用，因此「濃差電池」單元的各個目標概念顯然較「電化電池」單元的各個目標概念還要抽象及複雜。而由研究結果顯示「電化電池」單元的自發性類比品質較優於「濃差電池」，因此可見目標概念的複雜程度可能會影響其類比的創造。Nottis 和 McFarland（2001）也指出研究對象類比物的創造會受到目標概念類型的影響，因此較抽象及理論性的目標概念對研究對象而言是較難創造，其類比物的品質也較差。

另外由研究結果可以發現，受試者或多或少都能針對目標概念的各個子題提出類比物加以說明，顯示了不論受試者的知識背景為何，大部分皆擁有自行創造類比的能力，但高學習成就的職前化學教師可能因為具有較充足的專業學科知識，其先備知識較為完善，所以有助於產生較具整體性及豐富性的類比物，導致其自發性類比之品質較佳，因此類比的創造能力可能與受試者個人先備知識的品質有關（Zook & Roller, 1996）。Kaufman 等人（1996）的研究發現，在受試者對於目標概念缺乏適當、足夠的知識表徵時，將會妨礙其類比之遷移，而影響其類比

物的選擇、對應及評估。

除了上述本研究所發現影響自發性類比創造的二種可能原因之外，另外從文獻中可以發現教師所具備的專業學科教學知識亦會影響其自發性類比之品質。像是 Thiele 和 Treagust（1994）指出教師須具備豐富的學科教學知識才能有效地選擇適當的類比及有系統地呈現類比物於教學中而使學生獲得正確的概念，Treagust（1998）等人也指出教師能否提供一個好的類比，取決於教師本身的專業學科知識及轉化自身知識變為教學知識的能力，因此教師的專業學科教學知識結構，或許也是影響類比創造及使用的因素之一。

(二)小組討論對職前化學教師自發性類比修正之影響

從本研究中可以發現透過小組討論對職前化學教師自發性類比品質改變有下列三點之影響，茲分述如下：

1.發現舊類比物缺點

本研究發現透過與同儕討論的過程中，藉由與小組成員對彼此類比物優劣的分享，職前化學教師可以從不同的角度分析自己類比物的內容，進而省思及察覺到舊類比的缺失及其在解釋上所產生的盲點，而有助於修正或重新建構其類比物。Mason（1995）也指出在小組討論的互動過程中，能夠協助學生反省及體認到個人自發性類比的優點或限制以及解釋上不一致或矛盾之處，進而促進對其自發性類比的後設認知，有助於個人建構對自然現象或科學概念的新類比。

2. 增進對目標概念的了解

研究結果現職前化學教師在經小組討論後其自發性類比所持有的迷思概念均有明顯地減少，顯見透過小組討論能夠增進職前化學教師對目標概念的理解。Mason（1998）也指出學生在小組討論過程中，透過對類比物的分享及觀摩，能逐步增進對目標概念內容的精熟。因此透過小組討論有助於彼此概念的交流，因而減少迷思概念及增進對目標概念的了解，進而提升其自發性類比之品質。

3. 促進類比物精緻化

在小組討論的過程中，小組成員除了就類比物的優劣予以批判外，也必須就類比物的改進提供適當的建議，因此透過小組討論，除了可以發現舊類比的缺點之外，職前化學教師也能藉此機會觀摩其他小組成員的類比物，並藉由聽取他人的意見分享，能夠擴展、刺激其思考空間，重新檢視自己與小組成員類比物間優劣的差異，並體認到如何促使其類比更加地精緻化。Treagust 等人（1998）指出在討論的過程中，由其他教師成員對類比物所提供的回饋，在類比的設計、執行及詮釋上扮演著十分重要的角色。因此透過小組成員對其類比物的檢驗，可提供職前化學教師進行比對及批判的機會，進而修正或精鍊其類比的使用。

綜合上述可以發現，透過小組討論後所建構的新類比能夠針對舊類比的缺失或遺漏之處補充說明，以彌補舊類比物的不足之處，並修正舊類比中所呈現的錯誤想法，而使其自發性類比品質更加精緻化，因此藉由小組討論增進職前化學教師對類比這種有效教學策略的理解，使類比能夠發揮更大的成效，進而提升其學科教學知識，應該是值得嘗試的一種方式。

(三)反思有助於提升職前化學教師自發性類比之品質

研究結果顯示透過對自己及其它小組成員自發性類比優劣的批判與如何有效呈現類比的省思，有助於職前化學教師對其自發性類比品質的改善。Duit（1991）指出類比的使用常源自於瞬間的思考，使得教師們無法

詳細地對於類比的適當性做進一步深入的探討，以致於無法發揮既有的功效，因此應將瞬間思考所產生的類比物，透過不斷地反思其優缺點的過程，進而重新建構出更加完善的類比物。Treagust 等人（1998）則指出 TWA 模式忽略了有效教學的兩個重要的面向：課前計畫及課後反省，因此教師在教學後應對類比物的選用是否合適以及類比物的呈現上是否會造成學生的困惑等進行反思，使類比的限制減至最小。Glynn 等人（1995）也認為教師必須透過不斷地反思來修正或創造新類比以幫助個體從不同的觀點角度更深入地了解目標概念，同時與其它概念進行連結，進而促進其類比教學的改進。因此應鼓勵職前化學教師在類比的設計及使用上不斷地進行反省與思考，以促進其自發性類比品質之改善，俾便能發揮類比的最大成效於將來的教學上。

(四)職前化學教師自發性類比品質與概念圖得分之關聯性

Holyoak 和 Thagark（1997）指出知識基模的品質會影響類比推理的能力。而由本研究中可以發現概念圖得分較高的職前化學教師者顯示其擁有較豐富的特殊領域知識表徵及高度組織化、系統化的知識結構，因此在進行類比推理時，除了注意到表面的特徵之外，更能深入理解潛在的原理結構或高階的關係，因而能產生較有效的類比遷移，因此其自發性類比品質較佳。

Marshall（1995）也指出當個體知識越豐富，所形成的知識網路就越完整，概念間的連結也就越強，越容易促進相關知識的啟動。由研究結果可以發現概念圖高得分群的職前化學教師其相關概念間發展出較複雜及整合的架構，顯示其具有較佳的組織知識、發覺意義及聯結運用該知識的能力，因此在進行自發性類比時，有助於回憶並聯結已經學過的舊經驗與知識，並對類比物與目標概念能產生較高層次、關係性的理解，進而產生較有效的類比遷移。

此外，自發性類比可視為是創造性思考的模式之一（Goswani, 1992），而創造性的思考能力則需具備良好組織結構的知識構造，才能夠進而搜尋不同領域知識之間的關聯性（Novak, 1998）。而由研究結果可以發現概念圖得分較高的職前化學教師，其概念圖呈現較統整性的結構，並存在著較多交叉聯結的部分，而此交叉聯結的部分可視為創造力思考的表徵（余民寧，1997），因此概念圖得分較高的職前化學教師在進行自發性類比時，較能注意到類比物與目標概念間具有關聯的關係之相似性及相異處，即能看出類比物與目標概念的特質是否相合，並在兩者的關係中建立較正確的對應。

以往有關概念圖之研究發現概念圖在教學、學習、評量及課程設計方面均有不錯之成效，而本研究發現個人概念構圖的能力與其所產生的自發性類比品質有其相關性存在，因此經由概念構圖訓練學習者對其所擁有的資訊組識化、結構化、精緻化並整合及延展已知的知識，強化本身的概念架構，使其能促進新、舊知識間連結之能力，進而提昇其自發性類比的能力，以便將來在面臨新情境或問題時，能與既存於原有認知結構中的概念產生聯結，經由自發性類比而對問題的本質及情境有更深入的體認，進而促進問題的解決，或許是值得嘗試的方式之一。

二、建議

根據本研究的結果與研究心得提出下列之建議：

1.研究結果顯示職前化學教師的自發性類比仍存有不少的迷思概念，且在對應關係及限制的說明仍有許多可改進的地

方，因此在師資培育階段應融入促進類比思考及類比教學技巧等相關課程活動，以提升未來教師將來類比教學之素質與成效。例如在科學教育、教材教法與教學實習課程上，讓職前教師針對課本中的科學概念去設計各種類比，並透過小組討論分享的機會，使其能就類比的優劣加以討論，重新審思有無須要改進之處，以提升職前教師類比使用的能力，才能因應未來的實際教學。

2.研究結果顯示透過反思的歷程有助於提昇職前化學教師自發性類比之品質。因此若能在師資培育過程重視學生反省思考的訓練，培養其反思、批判的能力，將有助於日後實際教學中能時時反省自身的教學，進而促進其專業能力的 成長 。

3.加強概念整合及聯結，以提昇自發性類比之能力。未來可嘗試經由概念構圖強化學習者的概念架構，使其能促進新、舊知識間連結之能力，進而提昇其自發性類比的能力。

參考文獻

1. 邱美虹（1993）：類比與科學概念的學習。**教育研究資訊**, **1**(6), 79-90。
2. 余民寧（1997）：**有意義的學習：概念構圖之研究**。台北市：商鼎文化。
3. 郭金美（1997）：小學職前教師類比教學策略的運用研究。**嘉義師院學報**, **11**, 259-272。
4. 曹靖纓（2000）：**國小學童自發性類比之探討**。高雄市：國立高雄師範大學碩士論文（未出版）。
5. 陳信訪（2001）：**中學生對化學反應特性的自發性類比研究**。彰化市：國立彰化師範大學碩士論文（未出版）。
6. Clement, J. (1988). Observed methods for generating analogies in scientific problem solving. *Cognitive Science, 12*, 563-86.
7. Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education, 75*(6), 649-672.
8. Gayle, N., Joseph, F., & Mary, Nakhleh. (2001). An investigation of the value of using concept maps in general chemistry. *Journal of Chemical Education, 78*(8), 1111-1116.
9. Gil, A., & Riggs, E. (1999). Observations class reflections: changes in my instructional practice. (ERIC Document Reproduction Service No. ED435743)
10. Glynn, S., Duit, R., & Thiele, R. (1995). Teaching with analogies: A strategy for constructing knowledge. In S. M. Glynn & Duit (Eds.), *Learning science in the schools: Research reforming practice* (247-273). Mahwah, NJ: Erlbaum.
11. Goswami, U.(1992). Analogical reasoning: What develops? A review of research and theory. *Child Development, 62*, 1-22.
12. Guastello, E. F. (2000). Concept mapping effects on science content comprehension of low-achieving inner-city seventh graders. *Remedial & Special Education, 21*(6), 356-365.
13. Halpern, D. F., Hansen, C., & Riefer, D. (1990). Analogies as an aid to understanding and memory. *Journal of Educational Psychology, 82*(2), 298-305.
14. Holyoak, K. J., Thagard, P. (1997). The analogical mind. *American Psychologist, 52*(1), 57-66.
15. Kaufman, D. R., Patel, V. L., & Magder, S. A. (1996). The explanatory role of spontaneously generated analogies in reasoning about phy-

siological concepts. *International Journal of Science Education, 18*(3), 369-386.

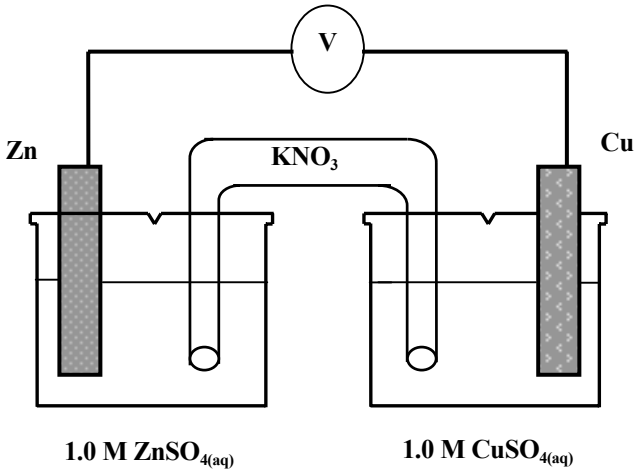
16. Markow, P. G., & Lonning, R. A. (1998). Usefulness of concept maps in college chemistry laboratories: students' perceptions and effects on achievement. *Journal of Research in Science Teaching, 35*(9), 1015-1029.
17. Marshall, S. P. (1995). *Schemas in problem solving*. Australia: Cambridge University Press.
18. Martin, G., & Elena, M. (1998). Reflection and the preservice teacher. (ERIC Document Reproduction Service No. ED422324)
19. Mason, L. (1995). Collaborative reasoning on self-generated analogies: conceptual growth in understanding scientific phenomena. (ERIC Document Reproduction Service No. ED392 643)
20. Mason, L. (1998). Discussing the greenhouse effect: children's collaborative discourse reasoning and conceptual change. *Environmental Education Research, 4*(1), 69-85.
21. Mastrilli, T. M. (1997). Instructional analogies used by biology teachers: implications for practice and teacher preparation. *Journal of Science Teacher Education, 8*(3), 187-204.
22. Middleton, J. L. (1991). Student-generated analogies in biology. *The American Biology Teacher, 53*(1), 42-46.
23. Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. D. (2001). Assessing understanding in biology. *Journal of Biological Education, 35*(3), 118-124.
24. National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
25. Nottis, K. E. K., & McFarland, J. (2001). A comparative analysis of pre-service teacher analogies generated for process and structure concepts. *Electronic Journal of Science Education, 5*(4). Retrieved from http://unr.edu/homepage/crowther/ejse/knottisetal.html.
26. Novak, J. D. (1996). Concept mapping: A tool for improving science teaching and learning. In D. F. Treagust, R. Duit, & B. J. Fraser (Eds.), *Improving teaching and learning in science and mathematics* (pp. 32-43). New York: Teachers College Press.
27. Novak, J. D. (1998). Theoretical and empirical foundations of human construction. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (Eds.), *Teaching science for understanding: A human constructivist view* (pp 1-28). Califorma: Academic Press.
28. Pittman, K. M. (1999). Students' generated analogies: another way of knowing? *Journal of Research in Science Teaching, 36*(1), 1-22.
29. Plotnick, E. (1997). Concept mapping: A graphical system for understanding the relationship between concepts. (ERIC Document Reproduction Service No.ED407938)
30. Steve, S., & Jonathan, O. (1997). Learning processes and collaborative concept mapping. *International Journal of Science Education, 19*(10), 1117-1135.
31. Thagard, P. (1992). Analogy, explanation, and education. *Journal of Research Science Teaching, 29*(6), 537-544.
32. Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1991). Using analogies in secondary chemistry teaching. *The Australian Science Teachers Journal, 37*(2), 10-14.
33. Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1994). An interpretive examination of high school chemistry teachers' analogical. *Journal of Research*

in Science Teaching, *31*(3), 227-242.

34. Treagust, D., F., Duit, R., Joslin, P., & Lindauer, I. (1992). Science teachers' use of analogies: observations from classroom practice. *International Journal of Science Education, 14*(4), 413-422.
35. Treagust, D., Harrison, A., Venville, G., & Dagher, Z. (1996). Using an analogical teaching apporoach to engender conceptual change. *International Journal of Science Education, 18*, 213-229.
36. Treagust, D. F., Harrison, A. G. & Venville, G. J. (1998). Teaching science effectively with analogies: an approach for preservice and in-service teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, *9*(2), 85-101.
37. Venville, G. J., & Treagust, D. F. (1996). The role of analogies in promoting conceptual change in biology. *Instructional Science, 24*, 295-320.
38. Wong, E. D. (1993a). Self-Generated analogies as a tool for constructing and evaluating explanations of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching, 30*(4), 367-380.
39. Wong, E. D. (1993b). Understanding the generative capacity of analogies as a tool for explanation. *Journal of Research in Science Teaching, 30*(4), 1259-1272.
40. Zook, K. B., & Roller, T. (1996). *Effects of age, expertise, and schema induction on the generation and interpretation of instructional analogies.* Paper presented at annual meeting of the American Educational Research Association, New York, New York.

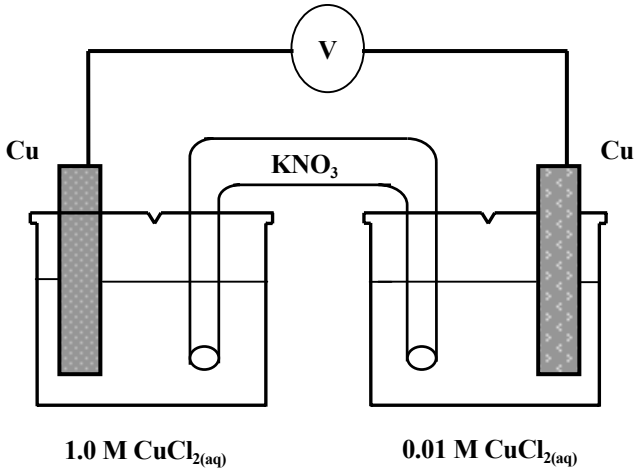
附錄一　自發性類比測驗卷

一、下圖為一電化電池（Galvanic cell）的構造



請以 Teaching With Analogies（TWA）（Glynn, 1989）的類比方式，說明上圖中
(a)鹽橋的功用
(b)內部各種離子的移動路徑
(c)電子流的流動方向
（請特別註明類比物與目標概念之**對應關係及限制**）

二、下圖為一濃差電池（Concentration cell）的構造



請以 Teaching With Analogies（TWA）（Glynn, 1989）的類比方式，說明上圖中
(a)整個系統的反應方向及電子流的流動方向
(b)整個系統內部各種離子的移動路徑
(c)整個系統在反應前、後的 entropy 之變化
（請特別註明類比物與目標概念之**對應關係及限制**）

附錄二　反省思考問卷

姓名：　　學號：　　小組成員：

在本次的小組討論活動中，你個人的反思為何？

一、我認為小組成員中的舊類比物中，_____的最好

因為：

二、我的新類比物來源為：_____

(a)同學的建議(b)自己的靈感
(c)參考資料（如書、媒體）(d)最近的生活經驗
(e)其他（請說明）: _____

三、新類比的優點

四、針對我的新類比之 overall quality**，我的自評分數為：**

5　4　3　2　1
（5 分：非常滿意；4 分：滿意；3 分：普通；2 分：不滿意；1 分：非常不滿意）
因為：

附錄三　概念構圖試卷

請以“電化電池（Galvanic cell）”單元為主概念，畫出其概念圖。

附錄四　概念圖高得分圖例

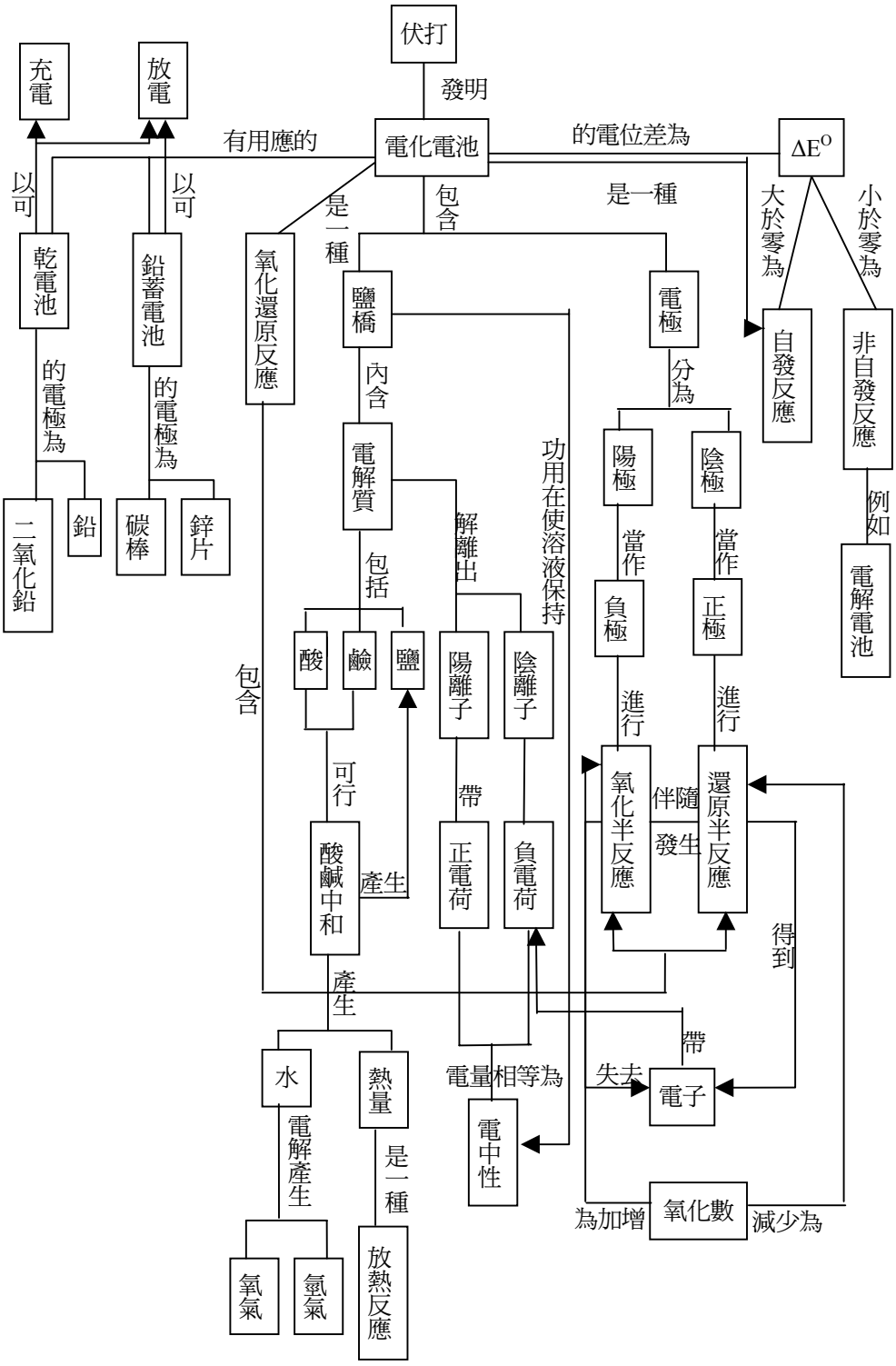


圖 1：概念圖高得分之圖例

附錄五　概念圖低得分圖例

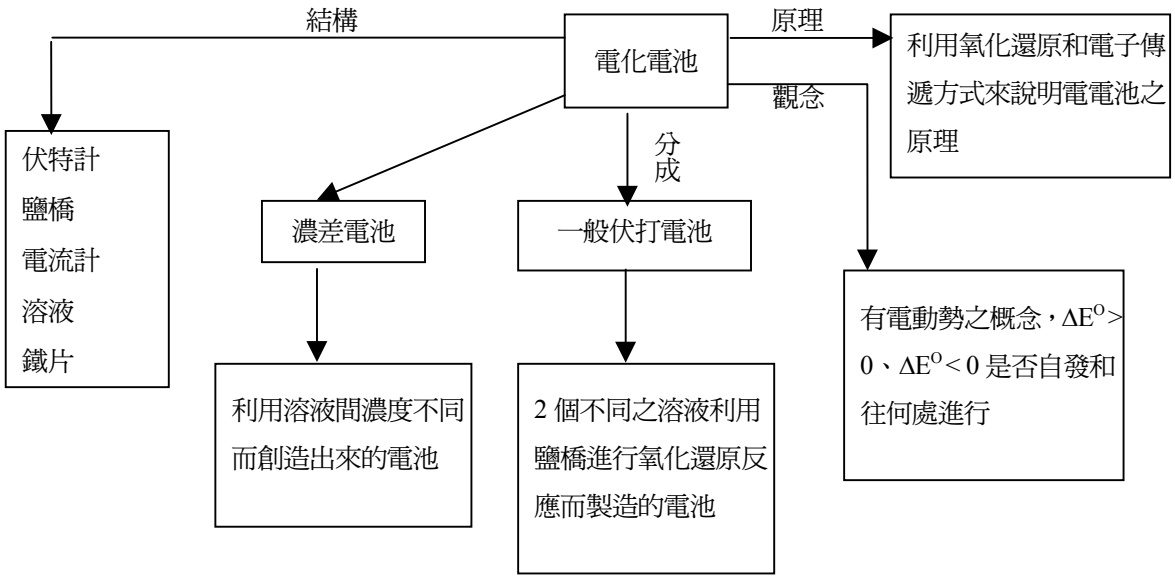


圖 2：概念圖低得分之圖例

The Investigation of Self-generated Analogies for Pre-service Chemistry Teachers

Ya-Chun Chun
Graduate Institute of Science Education,
National Hualien University of Education

Abstract

The purposes of this study were to investigate the quality differences of self-generated analogies among pre-service chemistry teachers with different academic achievement. The content of self-generated analogies were induced from six open-ended questions classified as two parts, "Electrochemical Cells" and "Concentration Cells". The questions in "Electrochemical Cells" were "functions of salt bridges", "ions' movement paths", and "electron movement path", and the questions in the second part were "reaction direction and electron movement path", "ions' movement paths", and "the change of entropy before and after reaction".

The test results of thirty-four pre-service chemistry teachers uncovered the following findings:

1. The differences of quality of self-generated analogies might resulted from complexities of target concepts, prior knowledge, and pedagogical content knowledge of participants.
2. The quality of self-generated analogies could be promoted by group discussion, because it served as scaffold for pre-service chemistry teachers to aware the deficiencies of his own analogies, understand more about target concepts, and elaborate upon analogies.
3. There was a significant relationship between the pre-service teachers' reflective ability and the quality of self-generated analogy. It indicated that reflection could scout the deficiencies of analogies and then upgrade the qualities of self-generated analogies.
4. There was a significant relationship among the scores of concept maps and the qualities of self-generated analogies. It indicated that pre-service chemistry teachers with completed and integrated knowledge structures had more effective analogical mapping.

Key words: Concept Map, Pre-service Teacher, Reflective Thinking, Self-generated Analogies