

師院地球科學課程與教學中的 創造力與批判思考能力之探討

賴慶三^{*}

摘 要

隨著全球化(globalization)程度的加深，新科技、新資訊、新媒體的快速發展，如何增進學習者的創造力與批判思考能力，達成提昇國民素質與國家發展競爭力的目標，相信是所有教育工作者所共同關心的。本研究基於創造力與批判思考能力的重要，乃選擇師院「通識課程數理科目」之「地球科學」進行探究，研究重點針對地球科學課程與教學中的創造力與批判思考能力進行探討。研究方法採用質性分析研究。

研究結果顯示：1.創造力與批判思考能力對師院而言，是可教的。2.透過多樣化的活動與策略的教學，從職前教師的創造性思考經驗、創造性產品的呈現、

^{*} 賴慶三：國立台北師範學院自然科學教育學系副教授

與期末創造作品等結果發現，這些教學策略與模組確實有助於促進師院職前教師的創造力。3.批判思考教學活動與策略，具有澄清師院職前教師科學概念的功效。

建議：有關融入創造力與批判思考能力的教學活動與策略，值得作為未來推展創造力與批判思考能力教學的參考。

關鍵詞：創造力、批判思考能力、師資培育、科學教學

師院地球科學課程與教學中的 創造力與批判思考能力之探討

賴慶三*

壹、緒論

一、本研究的緣起與重要性

2001 年是個令人振奮的年度。在教育上，民間與政府教育改革十年的努力，終於促成國民教育九年一貫課程的正式實施，為國民教育的發展，立下一個新的旅程碑。在經濟上，我國正式加入成為 WTO 的會員國，在全球經濟發展中，取得更有利的競爭地位。然而，隨著全球化(globalization)程度的加深，新科技、新資訊、新媒體的快速發展，我們如何培育出更具競爭力的國民，以因應知識經濟時代的來臨，實為當前教育建設的最首要任務。

在知識經濟的時代，創造力與批判思考能力的培育，不僅是提昇國民素質的

* 賴慶三：國立台北師範學院自然科學教育學系副教授

關鍵，更是發展知識經濟的前提，也是厚植國家整體競爭力的基礎。所以國民教育九年一貫課程中，便揭櫫培養欣賞、表現、審美、創作、主動探究、獨立思考、解決問題等能力，作為重要之課程目標。其次，就國民教育九年一貫課程的實施成效而言，教師則扮演了極重要的角色，教師是否具備創造力與批判思考能力的素養，將直接影響學生在創造力與批判思考能力上的學習。因此，如何從師資培育階段，便逐步增進職前教師的創造力與批判思考能力，實為師資培育機構責無旁貸的重任。

基於創造力與批判思考能力在知識經濟時代的重要性，國立台北師範學院正執行教育部「提昇大學基礎教育計畫」----「師資培育通識課程加強『創造能力與批判思考能力發展』教學」之計畫。本研究「師院地球科學課程與教學中的創造力與批判思考能力之探討」，即為該計畫研究中之一部分，擬針對師院「通識課程數理科目」中「地球科學」之課程與教學中的創造力與批判思考能力進行探討，作為四年期總計畫的研究基礎之一。

二、本研究之目的

基於創造力與批判思考能力對國小教師進行教學與國小學生學習的重要，本研究乃選擇師院「通識課程數理科目」之「地球科學」進行探究，研究重點針對

地球科學課程與教學中的創造力與批判思考能力進行探討，以期了解師院「通識課程數理科目」之地球科學的課程與教學，是否具備培養職前教師創造力與批判思考能力的內涵，進一步並針對教學現況提出改進，以增強職前教師的創造力與批判思考能力，俾使這些將來的國小教師在未來教學中，能有效培育國小學生的創造力與批判思考能力，達成提昇國民素質與國家發展競爭力的目標，以再創新的台灣經濟奇蹟。

貳、文獻探討

一、創造力

(一)創造力的重要性

Cecil et al.(1985)指出創造力是兒童成長環境的指標，也是兒童心智健康的重要指標。因此，很多機構和團體都強調，應該加強兒童創造力的培育，包括：教學應該鼓勵兒童充分發展想像力和創造力 (Her Majesty's Inspectorate, 1989)，教學環境應該提供兒童想像力、溝通能力、和富有創意的表達能力的發展 (The School Curriculum and Assessment Authority, 1996)，學生應被培育具有創造、想像、和應用的技能，以便他們能表達想法和感覺、進行觀察與記錄、及進行設計

和創作 (The Department for Education, 1995), 職前教師應具備布置富有創意的學習情境, 並能幫助兒童表達他們的想像力和創造力 (Council for Awards in Child Care and Education, 1991)。

Duffy(1998)從三個不同的面向, 來闡述創造力的重要性:(一)創造力對社會的重要:創造力促使個體能(1)發展充分的人類潛能,(2)增進思考、行動、和溝通的能力,(3)豐富情感和理性,(4)拓展肢體和知覺技能,(5)探究價值,(6)瞭解自己和他人的文化;(二)創造力對回應全球變遷的需要:創造力促進個體成長, 並因應全球變遷的需求,使個體能(1)處理未曾預期的事務,(2)運用現有知識到新的情境,(3)綜合先前未連貫的資訊,(4)透過新的方式來使用資訊,(5)運用概念進行實驗,(6)應付不斷的改變,(7)重新評定工作的價值與方法,(8)修正和操控生活世界,(9)變通地思考,(10)操控思想和物質,(11)和不同文化、語言、宗教背景的人共事,(12)和人溝通交流,(13)和不同的人進行不同方式的共同合作,(14)勇於冒險,(15)時常創新,(16)富有想像創意的來迎接挑戰;(三)創造力對兒童的重要:創造力促進兒童能(1)透過肢體語言來溝通表達感覺,(2)表達思想,(3)領悟、反應、並表徵他們所覺知的世界,(4)體驗美好和恆久的價值,(5)表達他們的文化傳承,並增加對其他文化的瞭解,(6)思考並開創新的意義,(7)解決問題,

並日益熟練，(8)獲得自信心；(四)創造力對表徵能力的重要：創造力能幫助兒童運用不同的方式，來表徵他們的經驗，例如透過(1)素描，(2)言語，(3)角色扮演，(4)製作模型，(5)肢體動作語言，(6)繪畫，(7)編排創作一小段音樂等項目，來探索與解決問題，並表徵出他們的經驗世界。

Sternberg & Lubart (1999)強調創造力的重要時，指出：(1)對個人而言：創造力有助於個人在工作中或日常生活中的解決問題，(2)對社會而言：創造力可以引起科學新知的發現、藝術創作的進行、新的發明、和新的社會方案的實現，(3)對經濟而言：創造力可以開發新的產品或服務，並創造新的就業機會。更重要的，不論個人、機構、或社會都可以將既有的資源，透過創造力的開發，而提高競爭力。

綜合上述，我們可以瞭解創造力對個人、社會、國家、乃至全人類的重要，而教育部為了因應此一世界潮流，也於90年12月公佈了「創造力教育白皮書」，針對與創造力有關的「生態文化」、「行政法制」、「學校經營」、「課程與教學」等層面，提出具體策略，期望能將我國營造成創造力的國度「ROC, Republic of Creativity」(教育部，民90)。

(二)創造力的內涵

Parnes(1963)指出，創造力是一個思考和回應的歷程，包含聯結先前的經驗，回應刺激，而歸結出至少一項獨特的結果。

Claxton(1984)則指出，創造力是敢於與眾不同。

Tardif & Sternberg(1988)根據 Stein(1969)的模式，將創造力劃分成四大部分，包括，創造的過程(creative processes)、創造的人(creative persons)、創造的產品(creative products)、及創造的環境(creative places)。Tardif & Sternberg(1988)進一步說明，該模式中每一部分的要旨：

1.創造的過程(creative processes)：創造的發生通常不是瞬間發生的，而是先經一段蘊釀期，再經過精練後才形成的，所以就創造的過程而言，其特徵至少包含：(1)創造過程所需的時間、(2)點爆創造思考的想法、(3)過程步驟如何去形成產品、(4)創造想法的一般特質、(5)創造歷程的階段、(6)形成產品所需的獨創性、及(7)如何有意識的去操控這些歷程。

2.創造的人(creative persons)：就創造的人而言，其特徵至少包含三個層面：
(1)認知特質：包括四項特質「高的智力、原創性、流暢性、好的想像力」、八種能力「譬喻式的思考能力、富變通性的決策技能、獨立的判斷能力、奇特妥善處理能力、邏輯思考技能、內在視覺洞察力、跳脫傳統的思考模式、能在混亂中找

出規律」、及六項處理問題的風格「具有宏觀的視野、善用非語文的溝通、創建新
新的構造、常質問為什麼，對知識的鴻溝反應敏銳、利用既有的經驗作為創新想
法的基礎」；(2)人格與動機特質：具有創造力的人的人格與動機特質，至少包括
「勇於迎接挑戰和冒險、堅忍不拔的個性、好奇和追根究底的傾向、樂於接觸新
的經驗與成長、專心、對工作或事務的投入、高內在動機、能專注於方案作業、
有較高的心靈自由度來排除固定的想法、較高的自我組織習性而不沿用他人既有
的方式、亟欲完成挑戰的特質」；(3)創造過程中的特別事件或經驗：例如「身為
長子或長女、幼年喪親、經歷了不尋常的際遇、家庭環境的影響、幼年常探索許
多不同的想法、樂於接觸書本勝過接觸人、具有好的工作習慣、獲得相當多學校
外的學習經驗、具有廣泛的嗜好、無所不讀的習慣、.....」等經驗。

3.創造的產品(creative products)：有關創造的產品，其來源係來自創造的歷程
或創造的人的產物，通常是指「對問題的解答、對創造力測驗的表現、對現象的
表現」，其重要的特徵至少包含：(1)科技發明，新奇的想法，新的造型設計；(2)
新奇的產品且非模仿品；(3)強力的；(4)對人類環境造成不可逆的改變；(5)包含
不尋常的感官影像或移轉；(6)對社會有益或有用的；(7)對科學創造力或創造性問
題解決而言，其產品並須能彌補知識的鴻溝；(8)產品具有驚異的效果，是正確的，

並獲得同行專家的肯定；(9)開始過程中可能是困難的、混沌不明、難以捉摸；(10)最終能在大範圍中尋求到協調統一；(11)產品具有幽默、幻想、多色彩、活力的特性。

4.創造的環境(creative places)：至於創造的環境或資源，其特性為具有(1)富裕；(2)觀眾的關注；(3)教育和工作機會；(4)背景知識；(5)行事風格；(6)暗示；(7)角色、規範、先例；(8)好的老師。另外，有研究顯示透過聲光效果能激發創意，透過前置練習有助創造產品的形成，也有研究指出特殊的社會或歷史文化背景，會影響創造力的表現。大致而言，有三種環境會影響創造力，包括(1)進行創造的人在活動的領域或環境中，是否獲得充足的資源；(2)在某一特定領域中，透過特別效果的協助，能有助於創造結果的產生；(3)具有特定特質的場域，能提昇或展現創造力。

Sternberg & Williams (1996) 提出創造力投資理論，指出影響創造力的因素有六：心智能力、知識、思考風格、人格特質、動機、和環境。

Sternberg & Lubart (1999) 和 Mayer (1999) 均指出創造力是一種執行工作的能力，其特徵是具有原創性和有用性。

綜合而言，創造力是一種心智與行動的統合能力，具有原創性和有用性的特

徵，執行的關鍵包含：創造的過程、創造的人、創造的產品、及創造的環境。

(三)創造力的評量

毛連塹等 (民 89) 根據 Hocevar (1981) 和 Hocevar & Bachelor (1989) 的研究，將創造力的評量的類型，區分為：(1)擴散性思考測驗，(2)態度與興趣量表，(3)人格測驗，(4)傳記問卷，(5)教師、同儕或督導人員的評定，(6)產品評判，(7)傑出人士，和(8)自陳式創造活動或成就。

毛連塹等 (民 89) 進一步列舉，常用的創造力測驗，包括：(1)陶倫士創造思考測驗，(2)吉爾福特創造力測驗，(3)威廉斯創造思考測驗，(4)動作與運動測驗，(5)聲音影像測驗，(6)普度創造力測驗，(7)幾何形式兒童創造力測驗，(8)賓州創造傾向量表，(9)威廉斯創造傾向量表，(10)羅塞浦創造傾向量表，和(11)傳記問卷。

(四)創造力的研究

Sternberg & Lubart (1999) 從創造力研究的歷史發展，將創造力的研究取向分為七大取向：(1)神秘論(mystical)取向：認為創造力和神秘的想法有關，主張創造力是「天賦的、上天賜予的」；(2)精神分析學(psychoanalytic) 取向：主張創造力源自非意識的願望，關注權力、金錢、名聲、榮譽、愛的追求；透過「調適、退化」、與「精進」的概念，來描述創造的過程，並強調二者同等重要；(3)實用主

義(pragmatic) 取向：是一種商業用途取向的觀點，強調藉由商用技術來開發創意，但並非去瞭解創造力，因而也缺乏心理學基礎；(4)心理計量(psychometric) 取向：透過紙筆測驗來測量受試者的創造力，包含流暢、變通、獨創、精進等四個分量；(5)認知(cognitive) 取向：企圖瞭解創造思想與活動的心智表徵和歷程；(6)社會人格論(social-personality) 取向：研究重點在於探討人格特質變項、動機變項、和社會文化環境；(7)綜合論(confluence) 取向：採用多重變項觀點來探討創造力，如內在因素的「認知、人格要素」，外在因素的「動機、特定領域的知識能力、創造力相關技能」。

Mayer (1999)則針對過去 50 年來的創造力研究，將創造力的研究取向分為六類：(1)心理計量(psychometric)取向：將創造力視為可以測量的心智表徵，(2)實驗(experimental)或心理(psychological)取向：研究焦點為探討解決創造性問題的認知過程，(3)傳記(biographical)取向：研究重點為分析創造性人物的個案史，(4)生理(biological)或認知科學(cognitive science)取向：探討生理特性與創造性問題解決的關聯，(5)運算(computational)或人工智慧(artificial intelligence)取向：透過人工智慧的技術，將創造性人物的創造思考歷程，以電腦程式來模擬運算分析，(6)情境脈絡(contextual)取向：探訪創造力在社會、文化、演化等情境脈絡中的特質。Mayer

的創造力(六種研究取向 X 三種研究典範)的研究矩陣，如下面表 1。

表 1 Mayer 的創造力(六種研究取向 X 三種研究典範)的研究矩陣表

研究 取向	研究 典範	研 究 重 點
心理計 量取向	描述性	發展一個測驗以測量創新力
	比較性	比較個人在創造力測驗得分的高低
	相關性	判別創造力測驗與其他測驗之間的關係
實驗(或 心理)取 向	描述性	描述涉及創造性思考的認知過程
	比較性	比較有創意的思考與無創意的思考的認知過程
	相關性	判別影響或改善創造性思考的因素
傳記取 向	描述性	提供一個質性的創造性人物的個案史 提供一個計量分析的創造性人物的個案史
	比較性	提供一個質性的創造性人物的團體個案史 提供一個計量分析的創造性人物的團體個案史
	相關性	判別激發創造性人物發展的個案史中的生活事件 提供激發創造性人物發展的個案史中的生活事件的計量分析
生理(或 認知科 學)取向	描述性	描述生理特性與創造性思考的關聯
	比較性	比較有創造性人物與非創造性人物的生理特性
	相關性	判別生理損傷如何影響創造力
運算(或 人工智 慧)取向	描述性	製作刺激創造成品的電腦編碼
	比較性	比較有創造性人物與非創造性人物思考歷程的電腦程式
	相關性	判別電腦程式中的改變如何影響創造力
情境脈	描述性	描述在社會與文化脈絡中的創造力

絡取向	比較性	描述在不同文化中的創造概念
	相關性	判別社會脈絡中創造力的障礙 判別跨越社會脈絡中創造力的障礙的技術

(五)增進創造力的教學策略

在討論有關增進創造力的教學策略與活動之前，首先來區分創造性教學(creative teaching)、創造思考教學(teaching for creative thinking)、創造力教學(teaching for creativity)的差異。所謂創造性教學(creative teaching)：是指教學具有創造性，使教學生動、活潑、多變化，而非以培養學習者的創造力或創造思考為目的。創造思考教學(teaching for creative thinking)：係以培養學習者的創造思考技能為目的。創造力教學(teaching for creativity)：則以培養學習者的創造力為目的(毛連塏等，民 89)。

首先，就增進創造力的策略而言，Ruggiero (1984) 先針對創造力的迷思，指出：(1)作自己的事，不必然就是創意；(2)創造力不需要特別的智慧或高的 IQ；(3)藥物會妨礙創造力；和(4)創造力是心智健康的表徵。Ruggiero (1984) 進一步說明增進創造力與批判思考能力的策略：1. 醒悟：(1)建立思考基礎，(2)拓展觀點，(3)重燃好奇心，和(4)精練分析技巧。2. 強調創意：(1)運用創造力於問題或議題：

採用新的方式、發明新的產品或服務、發現現有事物的新用途、發明新的觀念，

(2)創造過程的歷程：找出問題或議題、探究問題或議題、列出各種可能的解決策

略。3.強調批判：聚焦於自己的想法、跨越障礙、融入好奇心、避免假設、修正

原有的解決策略、評量自己的論點。4.溝通想法：預估負面的反應、建立具說服

性的論點。

Davis (1986)指出創造力教學的目標，包括七點：(1)讓學生成為具有創造意識與創造態度的人。(2)讓學生更瞭解創造力的主題。(3)讓學生致力於創造力的活動。(4)讓學生應用創造性問題的解決歷程。(5)強化學生創造性的人格特質。(6)協助學生學習創造思考的技巧。(7)經由練習增強學生的創造思考能力。

Sternberg & Williams (1996) 透過創造力投資理論，也提出 25 個提高創造力的策略，如下面表 2：

表 2 提高創造力的策略(整理自 Sternberg & Williams, 1996)

項 目	提 高 創 造 力 的 策 略
1.首要條件	(1)以教師作為學生發展創造力的模範。 (2)為學生建立自我效能。
2.基本技巧	(3)質疑假設。 (4)界定和重新界定問題。 (5)鼓勵形成新的想法。 (6)跨領域多元思考。

3.運用教學秘訣	(7)提供候答時間以進行創造思考。 (8)富有創意的教導和評量。 (9)獎勵富創意的想法或成果。
4.超越障礙	(10)鼓勵勇於面對輕微的冒險。 (11)容忍模糊曖昧。 (12)允許錯誤。 (13)找出並克服障礙。
5.增加複雜技巧	(14)教導自我負責。 (15)促進自制、自律。 (16)延宕獎勵回饋。
6.採用角色楷模	(17)使用創意人物的傳略。 (18)鼓勵合作創造。 (19)運用多元觀點思考與行動。
7.探索環境	(20)體認環境能否配合。 (21)判別激勵的資源。 (22)尋求提供激勵資源的環境。 (23)鼓勵專長發展。
8.長期觀點	(24)廣續個人的創造成長。 (25)鼓勵周遭團體共同參與創造激盪。

陳龍安與朱湘吉 (民 88)針對培養創造力的策略，提出建議：(1)擴散思考的創造策略：腦力激盪法、改良式腦力激盪法，(2)聚斂思考的創造策略：屬性列舉法、形態分析法、六 W 檢討法、六合法、目錄檢查法，(3)創造性問題解決策略：其實施的步驟，包括：發現困惑、發現資訊、發現問題、發現構想、發現解答、尋求接受、行動或新的挑戰，(4)創新的發明策略：有十種不同的策略。

其次，就增進創造思考教學的策略而言，Feldhusen & Treffinger (1980) 說明創造思考教學的原則，包括：(1)支持並鼓勵學生不平凡的想法。(2)接納學生的錯

誤和失敗。(3)適應學生的個別差異。(4)允許學生有時間思考。(5)促進師生間、同學間，相互尊重和接納的氣氛。(6)察覺創造力的多層面。(7)鼓勵正課以外的學習活動。(8)傾聽及與學生打成一片。(9)讓學生有機會成為決定的一份子。(10)鼓勵每個學生都參與。

毛連塹等 (民 89) 針對創造思考教學的策略，也提供建議：

(1)一般策略：a.暖身的策略，b.提供創造的線索，c.鼓勵和讚美的策略。

(2)發問技巧：a.問題類型：例如：假如、列舉、比較、替代、除了、可能、想像、組合、六 W、類似等類型；b.提問技巧：各種問題兼顧、運用有序、注意語言品質、多數參與；c.候答技巧：候答時間不宜過短、不重述問題、指名普遍；d.理答技巧：減緩批判、容多納異、探究匡補。

(3)培養擴散性思考能力的策略：a.腦力激盪法，b.六六討論法，c. 635 默寫式腦力激盪法，d.奔馳，e.發明十步法，f.心智圖法，g.討論法，h.九宮格法，i.六頂思考帽，j.十二思路啟發法。

連啟瑞和盧玉玲(民 90)參考 Rhodes (1961)、Russ (1996)、Sternberg & Williams (1996)、周進洋和韓承靜(民 88)等的觀點，提出創造思考教學的要素架構，如下面表 3：

表 3 創造思考教學架構表(整理自連啟瑞和盧玉玲，民 90)

項 目		創 造 思 考 教 學 的 要 素 架 構
創造的人	1 創造基礎	1.具有隨時學習的習慣，2.具有豐富的經驗，3.具有寬廣的視野，4.具有廣博的知識，5.能愉悅面對挑戰，6.能愉悅解決問題，7.具有非傳統式的智慧，8.喜歡動手操作。
	2 創造動力	1.存在內在的激勵，2.樂於面對複雜，3.具開闊的心胸，4.有廣泛的興趣，5.具好奇心，6.具有豐富的想像力，7.具有強烈的企圖，8.勇於身心的冒險，9.具有自信，10.能自我負責，11.具有獨立自主的性格，12.具有個人之願景，13.樂於表現自我，14.能認明環境對個人的切合關係，15.不輕易放棄未成的構想。
	3 創造決斷傾向	1.對模糊的容忍性，2.能進行獨立的判斷，3.能夠流暢思考，4.能亂中取序，5.能精緻細節，6.能權衡替代，7.能新穎獨創，8.能要求改變、創新或追求完美。
	4 創造情意管理	1.能運用思維思考情意，2.能以開闊心胸面對情意，3.能誘導情緒，4.能完整認知情意，5.能安處於緊張情緒，6.能面對風險，7.能忍受失敗，8.能自我調節情緒。
創造的過程		1.敏察刺激，2.質疑假設，3.界定和重新界定問題，4.善用擴散、類比、轉換、批判思考、產生新想法，5.運用多元角度思考，6.進行跨領域的思考，7.表達創意構想，8.判斷資訊需求並主動尋找，9.進行科學實驗或探究能力，10.借重他人的經驗成果，11.與他人共同合作，12.找出並克服障礙，13.評估創造，14.解題的不斷改進，15.個人持續的創造成長。
創造的產		1.新穎(原創、轉換、與眾不同等)，2.解決(產品解決初始的需求挑戰)，3.綜合(產品在解決初始需求挑戰外，更進一步發展、周延)。

品		
創造的情境	1 學習情境	1.安排創意思考的時間與機會，2.鼓勵新想法，3.容忍容許創造過程的模糊曖昧，4.允許嘗試創造之錯誤，5.營造鼓勵支持的學習環境，6.營造具有動力的學習環境，7.營造信任、開明的學習環境，8.營造遊樂幽默的學習環境，9.營造論理的學習環境，10.鼓勵冒險的學習環境，11.營造具有達成理想的自由的學習環境，12.鼓勵不同專長創造發展，13.促使學習團體不斷的創造激盪形成創造文化。
	2 教材與教學	1.以創意教師為學生塑像，2.引創意人物傳略或創新發明為學生楷模，3.提供挑戰與刺激的環境，4.增加等待學生創造思考的時間，5.鼓勵合作創造，6.肯定與回饋富創意的想法與結果，7.促使習於延宕回饋，8.鬆綁「關、管、灌」的舊式思維。

連啟瑞和盧玉玲(民 90)進一步針對創造思考教學，在九年一貫課程自然與生活科技領域之應用提出建議：

1.訂定九年一貫課程自然與生活科技領域中的創造思考內涵表，提供教材設計者與教學者作為進行自然與生活科技領域課程與教學的參考。

2.擬定九年一貫課程中加強創造思考教學之策略，強調：

(1)在「創意的人」的層面：未來九年一貫課程中，除應加強學生課程經驗外，其生活經驗亦應視為學習成長的一個主要範疇，以協助學生實際得到豐富之探索與創造問題經驗。另外，九年一貫課程自然與生活科技領域中，有關「好奇心」、「想像力」、「企圖心」、「冒險」、「自我負責」、「獨立自主」、「個人願景」、「自信

心」、「樂於表現」、「能精緻細節」、「能權衡替代」、「能要求改變、創新、追求完美」、「創造情意管理」等項目，均仍待充實加強。

(2)在「創意的過程」的層面：在「跨領域的思考」方面，應於科學的內涵中，加入科技、社會、環境、生態等議題的探究。在「判斷資訊需求並主動尋找」的教學上，應協助學生判斷資訊真偽，以便在資訊氾濫而時間有限的情況下，獲得有用的資訊。在「解題不斷的改進」的教學上，應提供多階段規劃及修改問題解決方案，或創造產品的機會。在「個人持續的創造成長」方面，應使 a.學生於創造歷程得到內在增強的機會，培養其繼續創造的內在動機；b.同時應提供學生後設學習自我檢測的經驗，使學生能繼續自我成長；c.應提供學生豐富創造的經驗，養成學生創造能力，建立自我創造哲學。

(3)在「創意的產品」的層面：實際課程與教學，宜提供學生更多創造玩具的機會，藉創造玩具的過程，協助學生發展彈性思考、科學的認知、創造的習慣與能力、樂趣、和自我肯定，並完成具有創造性的產品，以提供同儕鑑賞學習，激發學生更充沛的創造力。

(4)在「創意的環境」的層面：在教材編撰與教師教學上，均應持續加強，尤其教師應展現教師個人的創造特質、身體力行的創造典範，隨時援引或發展合適

的教材，引導學生創造意念、行為，並營造持續創造的文化，以共同豐富師生的創造生命。

綜合上述，創造力是一種心智能力、態度、技巧、習慣、與行動的統合，具有原創性和有用性的特徵，執行的關鍵包含：創造的過程、創造的人、創造的產品、及創造的環境。所以，為求增進學習的創造力時，我們可以針對學習者的背景與特性，參考上述能提高創造力的教學策略來實施教學，相信必能有效增強學習者的創造力，達成預期的教學目標。

二、批判思考能力

(一)批判思考能力的內涵

Guilford (1956) 將人類智力分為「認知、記憶、擴散思考、聚斂思考、和評鑑能力」，同時指出「批判思考」是一種獨立思考、反省的評鑑能力。

Ennis (1985) 則指出，批判思考是理性的深思，著眼於判斷何者可信、何者可為。

Norris & Ennis (1989) 曾把批判思考能力，分成十二項五大類(引自陳膺宇，民 83)：

- 1.基本澄清能力：(1)能掌握問題重點所在，(2)能分析論證具有爭議性的問

題，(3)能藉著發問或回答，對問題加以澄清。

2.基本驗證能力：(4)能判斷資訊的可信度，(5)能客觀的觀察，並判斷他人觀察報告的可信度。

3.推論能力：(6)能正確進行演繹推論的能力，(7)能正確進行歸納推論的能力，(8)能正確進行價值判斷的能力。

4.高級澄清能力：(9)能對名詞予以適切之界定，(10)能確認基本前提或假設。

5.運用策略能力：(11)能決定適切的行動，(12)能與他人妥切互動。

Watson & Glaser (1964) 提出批判思考三要項(引自陳膺宇，民 83)：

(1)在假定意見或結論為真之前，應有一種追求證據的態度。

(2)要有足以幫助決定證據的份量和達至確切邏輯推理的知識。

(3)要有足以應用上述態度和知識的思考技能。

陳膺宇(民 83) 引述 Walsh & Paul (1986) 的觀點，認為「批判思考是一種解釋、分析或評估某種訊息、論點的過程；在此過程中，運用一些反省的態度、技巧和能力，去指導我們的思想、信念和行動。」

粘揚明(民 86) 指出批判思考教學由於受「情境認知」和「建構主義」的影響，當前有一種新的模式被提出，稱為「對話互動式批判思考教學模式」。「對話

互動式批判思考教學模式」的重要教學理念轉變，包含：(1)由以前較注重培養個體的內在表徵能力的思考活動，轉變為較注重團體間智能互動的思考活動。(2)教學設計的重點，由以往注重學習活動到底教給學生什麼樣的思考技巧，轉變為注重學習環境的設計，並強調盡量「真實化」「互動化」的學習情境設計。(3)教學目標由以前注重個體思考的知識和技巧，轉變為使個體的知識信念，能從接受權威的絕對主義知識觀，改變為批判的知識觀。

溫明麗(民 86)出席 1995 年美國加州舉辦第十五屆批判性思考國際會議，根據大會討論的共識，指出「批判思考是一位具自主性自律能力者，從事辯證性的心靈活動，此心靈活動包括質疑、反省、解放、與重建的四大活動，此心靈活動的目的，旨在使人類的生活更具合理性。」。

魏美惠(民 88)歸納批判思考是：(1)反省判斷、獨立思考能力。(2)建設性的思考歷程。(3)推理、反省、判斷的能力。(4)分析、辯證、解決問題的能力。(5)對人、事能動悉正反兩面意義的能力。(6)分歧性的多元能力。(7)開放有彈性的思考方式。(8)是種對事不對人，秉持誠實、客觀、中立的思考方式。

陳密桃(民 82)歸納 Brell (1990)、Norris & Ennis (1989)、Siegel (1988)、Young(1990) 的研究指出，批判思考的內涵可以分為三大成分：(1)批判思考的意

向或態度。(2)批判思考的能力或技巧。(3)批判思考的知識。

至於所謂的批判思考的態度，D'Angelo (1971)認為批判思考的態度，包括：

(1)開放的心態，(2)知識上的誠實，(3)客觀，和(4)彈性(引自陳膺宇，民 83)。

Luckey (1991)則認為批判思考的態度，包括：(1)好奇，(2)客觀，(3)開放的心胸，(4)彈性變通，(5)懷疑精神，(6)知識的誠實，(7)系統化，(8)一致性，(9)果斷，(10)尊重他人的意見(引自陳膺宇，民 83)。

從上述學者的觀點，大致可得出批判思考是一種帶有強烈批判取向的心靈思考活動。然而 Hudgins et al. (1989) 指出，先備知識對批判思考的影響，雖然不一定是直接的，但是對有效的批判思考是絕對必要的(引自葉玉珠，民 87a)。葉玉珠(民 87b)進一步指出，優秀的批判思考者必需同時具備先備知識、批判思考意向(係指進行批判思考的態度、承諾、與傾向)、和批判思考技巧；而批判思考能力，則定義為個體的「先備知識、批判思考意向、和批判思考技巧的整體表現」。有關 Hudgins et al. (1989)和葉玉珠(民 87b)所指的「先備知識」，個人認為其實就是思考或討論主題的背景知識，因為就批判思考而言，它不單是邏輯、形式、符號的操弄，它必然是在特定主題中的討論與辯證；因此，若缺乏對主題背景知識的理解，光靠思考技能的運作，將無法保證能獲得合理的結果。所以批判思考能

力，可以歸納定義為「個體心靈思考活動中的批判思考態度(或意向)、批判思考技巧、和所思考之主題背景知識的整體表現」，也就是前述 Watson & Glaser (1964) 的「態度、知識、思考技能」的觀點。

(二)批判思考能力的研究

陳密桃(民 82)進一步歸納前人的研究，發現：

(1)實施批判思考教學後，能增進學生批判思考成效的例子：Bean (1969)、Tomlinson-Keasey & Eisert (1977)、Davies (1983)、Neimark (1984)、Grow & Haws (1985)。

(2)實施批判思考教學後，未能增進學生批判思考成效的例子：Bailey (1979)、Coscarelli & Schwen (1979)、Hancock (1981)、McMurray (1988)、Sidney (1989)。

陳密桃(民 82)進行師範生批判思考的實徵研究後，發現：

(1)師範生的批判思考，有性別上的差異(女生優於男生)。

(2)師範生的認知型式，是影響其批判思考的因素之一。

(3)師範生批判思考的優劣，與其部份人格特質和學習型態的良窳有關。

(4)師範生批判思考的優劣，與其學業成就的高低有密切關係。

(5)師範生的批判思考是可教的、可學的。

(6)批判思考教學策略，可增進師範生學科成績的表現。

潘裕豐(民 82)對國小學生進行 8 週的批判思考實驗教學後，發現批判思考教學活動能提高國小學生的批判思考能力、問題解決能力，但並不能增加學生之創造思考能力。

(三)增進批判思考能力的教學策略

Ennis (1993)認為發展批判思考能力的教學，應具備下列特質：(1)判斷資訊的可靠性。(2)界定結論、推理與假設。(3)判斷論點的品質，如理由的可接受度、假設和證據。(4)建立並辯護一個議題的立場。(5)提出澄清的問題。(6)計畫實驗，並判斷實驗的設計。(7)以適合領域情境的方式界定專業術語。(8)開放的心胸。(9)盡力完整的詮釋、延宕結論。(10)適當時機小心的提出結論。

魏美惠(民 88)也說明，培養批判思考應有的態度與共識：(1)集思廣益，容納不同意見。(2)接受不完美及無解的結局。(3)重視自我探索矛盾、衝突的經驗。(4)培養一個「質疑」及「理性」的態度。

魏美惠(民 88)進一步提出，培養批判思考的方法：(1)豐富的知識及充實的生活經驗。(2)多方思考加比較。(3)多參與社會活動。

Bayer (1987) 針對批判思考教學的步驟，建議(引自陳膺宇，民 83)：(1)技巧

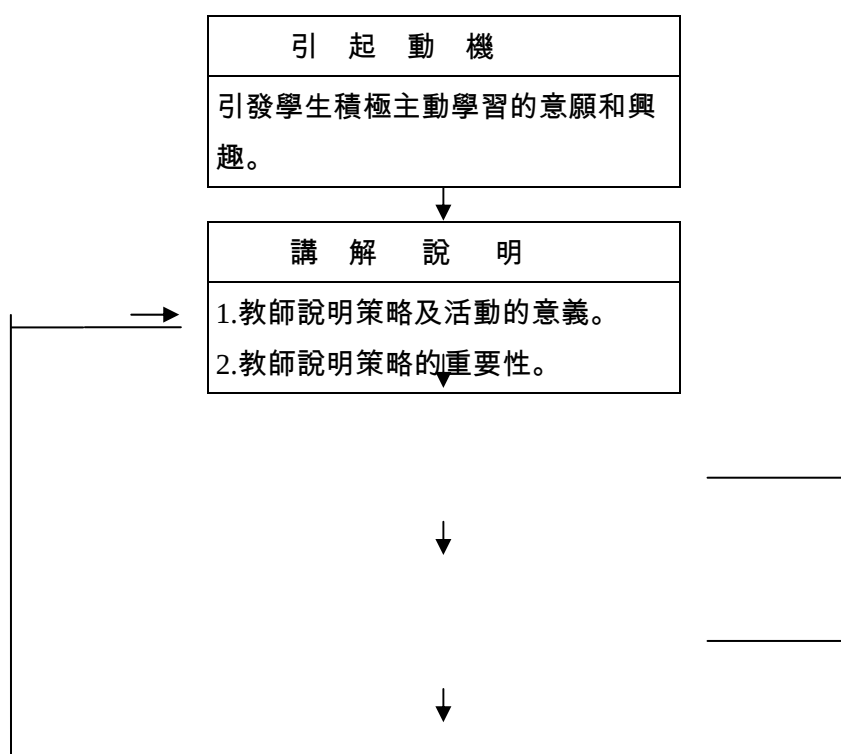
介紹。(2)在教師的指導下，學生練習有關的技巧。(3)學生自行應用技巧。(4)教師引導學生推廣、轉化、運用，以精熟各種技巧。(5)在教師的指導下，學生在新情境下經常練習。(6)學生融合其他技巧，自行運用批判性思考。

陳密桃(民 82)針對批判思考教學，提出建議：

1.教學原則：(1)教師應先瞭解每位學生的批判思考和心理特質；(2)教師應充實批判思考知識；(3)學生應對策略有積極的態度，確信策略是重要有益的；(4)學生應養成主動的學習態度；(5)允許質疑；(6)策略教學應是直接的、公開的，而且是說明清楚的；和(7)重視多向溝通。

2.教學流程：(1)引起動機，(2)講解說明，(3)發問質疑，(4)相互解答，(5)相互評論，(6)發表思考或看法，(7)全班討論，和(8)教師綜合。

3.教學模式：如下面圖 1。



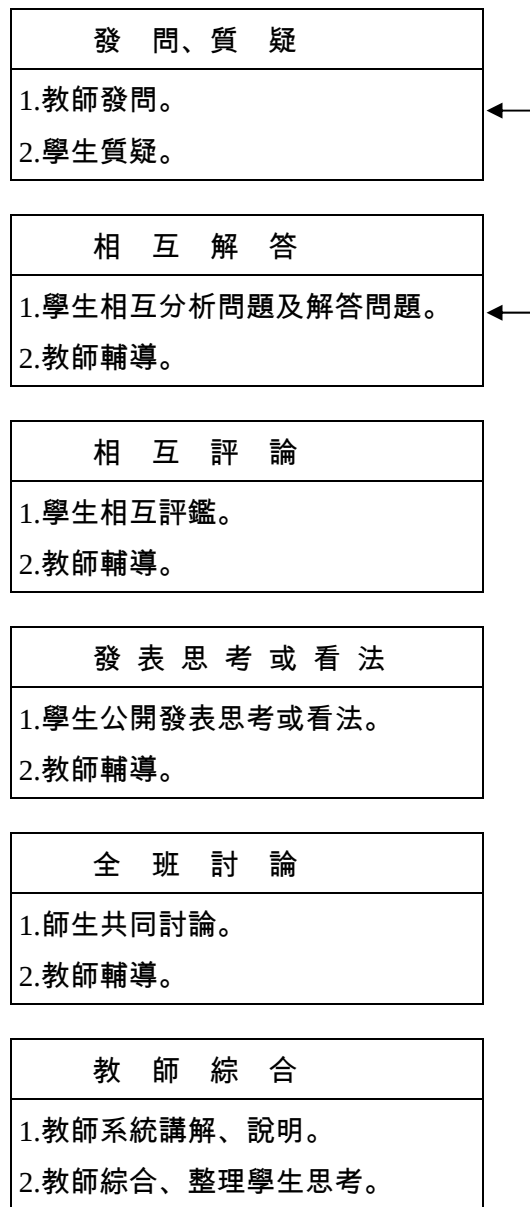


圖 1 批判思考策略教學模式(引自陳蜜桃，民 82，p145)

陳膺宇(民 83)指出有助批判思考的教學活動，包括：(1)發問技巧，(2)候答時

間，(3)重視討論，(4)多向溝通，(5)鼓勵發問，(6)適切回饋，(7)具體實用，(8)整體認知，(9)合作學習，(10)身教示範。

另外，有關「對話互動式批判思考教學模式」的教學策略(粘揚明，民 86)，則強調：(1)教師應注意自己是否為學生樹立一具有「批判精神知識信念」的學習楷模。(2)注意學習情境所傳達給學生的知識信念是什麼。(3)注重個體知識信念對個體批判思考能力發展的影響，而以改變個體知識信念為批判思考教學的重要目標。(4)由「社會共享認知」的層面，來培養批判思考能力。(5)培養批判思考能力是一個不斷增進的歷程。

溫明麗(民 86)進一步說明，批判思考教學的通則，包括：(1)因材施教。(2)民主的教學方式與氣氛。(3)運用詰問與省思法。(4)提供創造與反思的機會。(5)提供足夠的、自由的想像空間。(6)多討論，少直接給與答案。

葉玉珠(民 87c) 綜合 Michelli et al. (1990)、Garcia & Pintrich (1992)、McBride & Knight (1993) 的研究指出，有效的批判思考教學，包含 3 個要素：(1)豐富的批判思考教學專業知識。(2)高度的批判思考個人教學效能。(3)有效運用批判思考的正面教學行為。

葉玉珠(民 87b)進一步說明批判思考的正面教學行為，應(1)有助於增進學生

的先備知識的教學行為。(2)有助於提昇學生的批判思考意向的教學行為。(3)有助於改善學生的批判思考技巧的教學行為。(4)有助於增強學生的批判思考能力的教學行為。葉玉珠(民 87c)從 Knight (1989) 和 Kolstad et al. (1992) 的研究發現，批判思考的正面教學行為，對提升學生的批判思考能力，確實有顯著的效果。

葉玉珠(民 87c) 進一步從 Horak (1991)、McBride & Knight (1993)、Dick & Carey (1990)、Kluger & McKelvey (1985) 的研究，歸納出：

1. 有助提升學生「批判思考意向」的教學行為：

- (1) 幫助學生建立成功的經驗。
- (2) 當學生遭遇挫折時，適時給予提示。
- (3) 掌握時機，鼓勵學生的優越表現。
- (4) 在實施小組討論時，接近學生並監控其討論過程。

2. 有助提升學生「批判思考技巧」的教學行為：

- (1) 幫助學生建立思考架構，以引導其思考過程，並強化其組織能力。
- (2) 幫助學生發展基模導向策略。
- (3) 發問高層次思考問題。
- (4) 提供解決日常生活問題的練習機會。

(5)實施小組討論及合作學習。

葉玉珠(民 87c)並提出了「有效『批判思考教學師資培訓』的建議模式」，其內容如下面圖 2。

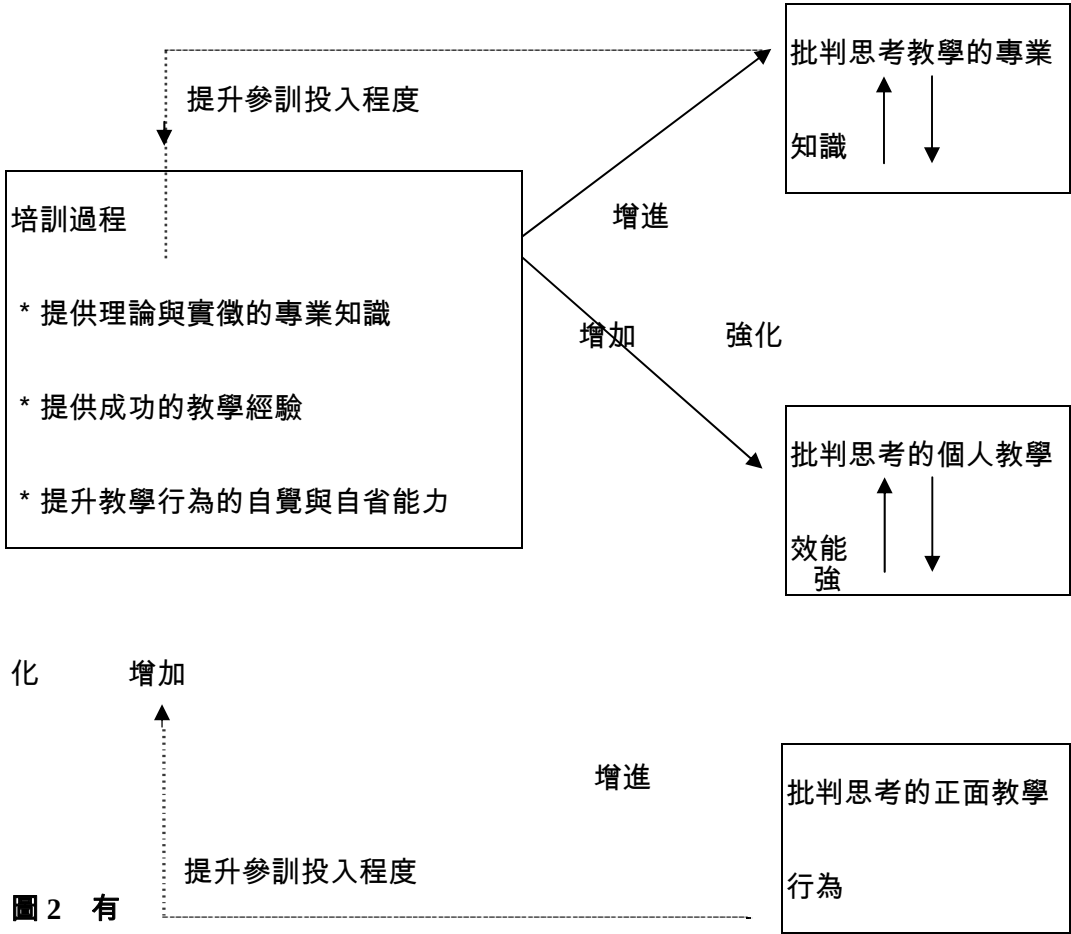


圖 2 有

效「批判思考教學師資培訓」的建議模式(引自葉玉珠，民 87a，p323)

盧玉玲與連啟瑞(民 88)指出，批判性思考落實在科學教育上，有幾個重要的方向：(1)培養學習者與教育工作者，具有批判性思考的胸懷。(2)養成學習者有輕批嚴判的胸襟，能以體諒寬容的態度，進行論點辯證活動。(3)加強學習者自省能力。(4)讓學習者了解批判性思考不是憑空想像的。(5)培養學習者講理性、合邏輯的思考習慣。(6)利用批判性思考教學，促成科學教學課程中，各學科間的科際整合。(7)避免科學批判思考教學與生活產生疏離。

綜合上述討論可知，進行批判思考教學時，必須同時實施有助提升學習者「批判思考態度或(意向)」和「批判思考技巧」的教學活動，同時應鼓勵學習者發展充分的主題背景知識，俾使學習者的批判思考能力有效成長。

參、研究方法與步驟

一、研究對象

本研究所搜集與使用的資料，主要以質性資料為主，所以研究對象包括研究者本身和個案職前教師。

(一)研究者的背景及所持的角色

研究者在本研究中，擔任師院地球科學課程之教學，教學活動中著重融入創造力與批判思考能力的策略。研究者在教學歷程中，同時搜集師院職前教師的上課回饋反應，並對個案職前教師進行訪談和搜集其他質性資料，另外亦進行自我省思檢討，各項內容均將作為研究分析之用。

(二)個案職前教師的選擇和背景

研究者在本研究開始之時(學期開學的第一週上課時)，先徵求自願參與者，擔任個案職前教師，有二班男女各一位，共計有四位個案職前教師，均為師院大一非數理系的學生，參與為期十八週的研究工作。

二、研究方法

本研究為質性研究，研究架構依 Mayer (1999)的研究矩陣而言，近似情境脈絡取向的描述性研究，亦即針對師院地球科學課程之教學情境中，探討職前教師的創造力與批判思考能力表徵。然而所蒐集與處理之資料皆為質性資料，所以分析過程兼採詮釋研究技術，以呈現廣泛的、統整的過程現象(Bogdan & Biklen, 1982; Guba & Lincoln, 1989; Lincoln & Guba, 1985; Patton, 1990; Silverman, 1993)。

三、資料蒐集與分析

本研究所搜集的資料，主要以師院地球科學課程之教學與回饋資料為主，包

括上課班級職前教師的上課回饋反應，個案職前教師進行訪談和其他質性資料，及研究者本身的省思札記，各項資料皆屬質性資料。

本研究搜集所得的資料，先經編碼處理，由三位研究人員使用三角校正和交叉個案歸納分析之技術，以確認資料來源、分析、與發現的可靠性與一致性。然後進行其他各項分析與詮釋，研究結果與詮釋內容，同樣亦由三位研究人員進行三角校正，以確保研究品質的可靠性與一致性。

四、師院地球科學培育創造力與批判思考能力之模組設計摘要

本研究在於探討師院地球科學課程中，有關創造力與批判思考能力的內涵。關於師院地球科學課程的定位，在師院改制之初，係被列為「普通課程數理科目」中的一個科目。但是自從教育部宣示通識課程應回歸大學法的基本精神之後，師院地球科學課程，則改為「通識課程數理科目」之一。以國立台北師範學院為例，截至九十學年度為止，師院地球科學課程列為「通識課程數理科目」，為各系大一學生的必修科目，惟各系所定之學分數略有不同。本研究中，進行師院地球科學教學時，特別著重融入創造力與批判思考能力的策略。所採行之重要的活動與策略之內容，如下面表 4 之師院地球科學培育創造力與批判思考能力之模組設計摘要表。

表 4 師院地球科學培育創造力與批判思考能力之模組設計摘要表

活動、策略項目	內 容 說 明	培 養 重 點
教學進度表	詳細載明創造思考能力為教學三大目標之一。並探討科學過程技能、思考智能。	創造力 批判思考能力
合作學習	開學第一次上課，便進行分組，並規定學期成績的 30% 的成績，採小組成績計算，以作為激勵的資源 (Sternberg & Williams, 1996)。	創造力 批判思考能力
小組討論	上課時，經常實施小組討論，以增進學生間互動。	創造力 批判思考能力
討論「什麼是地球科學」	開學第一週先討論地球科學的內涵，並練習思考技能。	批判思考能力
科學史議題探討	以增進學生分析、批判思考能力。 例如：天文學史的發展、板塊構造理論的發展。	批判思考能力
科技新知探討	教科書中呈現多樣的科技新知議題，提供探討或閱讀。 例如：遙測技術、地理資訊系統、天文望遠鏡、板塊構造的證據、地震的規模和震度、礦物的特徵與鑑定。	創造力 批判思考能力
九大行星報告	各組針對認養的行星，發揮批判思考能力，來進行資料分析，發揮創造力來提出行星內容報告。	創造力 批判思考能力
礦物寶果	透過寶果遊戲，進行礦物的觀察、辨認，並提出結果口頭報告。	創造力 批判思考能力
期末海報作品	各組針對自行選定的主題，搜集資料，發揮批判思考能力，來分析資料，並發揮創造力來進行海報作品設計與製作。	創造力 批判思考能力

肆、研究結果與討論

基於創造力與批判思考能力對國小教師進行教學與國小學生學習的重要，本研究之研究重點，乃針對師院「通識課程數理科目」之地球科學課程與教學中的創造力與批判思考能力進行探討，透過融入創造力與批判思考能力教學策略的師院地球科學課程之教學，以期了解師院「通識課程數理科目」之地球科學的課程與教學，是否具備培養職前教師創造力與批判思考能力的內涵，茲將搜集所得資料分析結果陳述如下。

一、創造力

(一)激發職前教師的思考

ST1(900927)指出：「地球基本上近似封閉系統(Closed system)，所謂封閉系統，是指能量能出入此系統而物質不能出入。之所以只是“近似”的原因，老師舉了隕石為例：「隕石是物質，它在靠近地球時被地球引力吸進了地球系統，但這並非常態。」我不知道為什麼地忽然想到，某些人為的事件也使地球只能“近似”封閉系統，比如說，送太空人到別的星球上作研究...」

從 ST1(900927)的反思顯示，透過教學主題的探討，能激發職前教師的思考，而從其反思例子的正確性，也可確認其思考品質值得肯定。

(二)創造性思考的經驗

ST1(901018)指出：「老師還講了恆星的演化，恆星也像人一樣，有生老病死。

質量大的恆星和質量小的恆星命運不一樣，我覺得可以繼續拿人和恆星

作比喻：質量大的恆星是英年早逝型的，令人驚疑；質量小的恆星，可

以活到壽終正寢，也就不會留下太多疑團。」

ST1(901129)指出：「此外，老師在補充說明時(註：指礦物寶果活動)，會把

課程和實際生活結合(例.石榴石 garnet 也可做出外觀略似剛玉之中紅寶

石 ruby 的寶石，而硬度、色澤、稀有度相異而價差極大，若要購買得弄

清楚)，對於非以理論研究為學習目標的人而言，把生活常識和教學結

合，也是值得學習的教學策略。整體說來，這次同學的反應比平常來得

熱烈，真得感謝老師想出這麼有創意的絕招！」

ST2(901121)指出：「世界上的地貌的不同，使得每個地區的人，創造了許多

擁有屬於自己的文化，也帶給這個世界多采多姿不同的色彩，讓我們可

以一窺這地球的美麗的神幻。」

ST3(901011)指出：「在 Chapter Three 中，第五十六頁(註：課本為 Skinner et

al.(1999)的 The blue planet。)，有一張照片吸引了我許久的目光，它讓我

墜入了自己的回憶世界中，回想起美好愉快的一次經驗。是高一那年的冬天，獅子座流星雨成了眾所矚目的焦點。一股流星潮在報紙上、街頭上、校園裡炒得好熱，一家人也決定，要全家一起成為追星一族，到南橫公路梅山的一個地方觀星。墾丁是最佳觀賞地點，全省各地的人們蜂湧而至，四處人山人海水洩不通，是我們幸運，梅山那兒人不多，而我們一夜數了五百多顆流星。那天滿天星斗彷彿鑽石般晶瑩，我們都在驚呼，浪漫掠過半個天空的流星，無法言喻。就在那夜，是鄰居學姊的介紹，我認識了這個冬夜中最魁梧勇猛的大巨人—獵戶座。最愛他那閃亮的大腰帶，在天空中看見他總有莫名的喜悅感。」

ST4(910102)指出：「老師當時正在講授火山爆發的徵兆，包括頻繁的地震、溫泉過熱...等。老師在講述的同時，同時亦留下許多的想像空間給同學去思考。.....例如：火山爆發是否能夠準確的測知呢？是否還有其他方法？而觀測動物的舉動是否亦有測知的功效？」

從個案職前教師的回饋顯示，透過教學活動與策略的安排，能激發職前教師的創造性思考，進而能體驗地球科學的內涵，增進其創造思考的經驗。其中ST3(901011)的經驗，最令人印象深刻，其所描述的觀星歷程，就讓人如同親臨現

場,真是令人讚歎!從ST3(901011)的例子,也再次說明Sternberg & Williams (1996)所指創造的環境(激勵的資源)的重要;而這也同時說明戶外教學對地球科學教學與學習的重要,因為一次良好的觀星體驗,會比從書上天文內容的陳述的收獲,要來得直接、真實、而且持久。因此,類似的地球科學觀測或考察活動,值得加以推廣,以增進學生的創造力與地球科學知能。

(三)創造性產品的呈現經驗(九大行星的報告)

ST1(901004)指出:「各行星的口頭報告,幾乎每組都沒控制好時間。其實,口頭報告本來就不是容易的事,我剛站在黑板前的二、三十秒,整個腦袋一片空白,本來準備的東西忘掉大半。我個人認為,許多組報告太瑣碎的數據,別說台下的人記不得……,也許,連報告者也會在幾小時內忘得一乾二淨。比如說火星,火星的資料本來就特別多,但也就因為資料多,取捨之間更為重要。」

ST1(901004)指出:「其實呀,就像老師講的,每個人對自己那一組報告的行星印象較深刻……我覺得,這一方面是因為自己整理過的東西較能吸收;另一方面,只是別人刷啦一次唸過去的,本來就難以記憶,單獨靠聽覺學習的成效趨於零。」

ST2(901005)指出：「上地科課的時候，同學們作分組報告來介紹有關在太陽系中九大行星的特色，當我在課堂上聽到各組生動且有活力的介紹時，著實讓我吸收了許多有關天文的知識，而尤其當中一個小組以老師學生互動的方式來介紹他們的報告時，實在是令人覺得趣味十足，讓人有參與在其中的感覺，讓我更能接受他們所要表達的意見或觀點。」

ST3(901004)指出：「……從這次的分組報告中，我們努力尋找著有關火星的資料，也整理出一個大致的架構，呈現給同學。相對於其他組別的報告方式上的創新，我們這一組的輪番上陣顯得樸實許多。然而，在找資料的過程中，在事先的分配工作中，在上台的呈現中，我們每一個人都學到許多。上課時，見聞了許多同學不一樣的表現，也讓我成長很多，雖然這樣的上課方式讓大家有些忙碌疲累，但我們所擁有的收穫卻是不可言喻的。」

ST3(901004)指出：「……我相信大家或多或少都有過上台報告，也應知道其實雖然這個方式很累，而且又要克服上台時的恐懼感，但這卻也是最有效的方法。起初必須尋找有關的相關資料，而且又要仔細研讀，並且去蕪存菁，記下重點，再將結果提供給大家分享。這個方式不僅令人印象

深刻，比自己讀書有效率，尤有甚者，更可以拓展知識，發現自己尚未發掘出的興趣。

最近的地球科學的課程，正在探討九大行星的特色，而我們必須分組作討論並且上台報告，報告了之後不僅學了很多，也澄清了不少以前錯誤的觀念，而且同學們上台時不僅少了嚴肅的氣氛，更增添了幾分的俏皮，使課堂上的氣氛輕鬆了不少。」

各組九大行星的報告，是上課以來第一次的正式報告，各組大都能充分準備與報告，但從 ST1(901004)的反思顯示，部份職前教師的表達能力與臨場經驗，則仍有待加強與充實。

二、批判思考能力

(一)澄清科學概念

ST1(900927)指出：「倒是講到生物圈、地圈、水圈、大氣圈時，老師刻意強調水蒸氣不屬於水圈而屬於大氣圈，這個說明與強調，似乎頗能澄清不少人先前模糊的觀念。」

ST4(900927)指出：「在大學以前所學的有關地球科學的科目時，都是採取細部的教學，意思就是說以前所上的課程是些小項目的地科，如：岩石、

海洋、天文...等，如此一來既分離混亂，且無法貫通所學的項目，不能了解這些項目如何相互影響且從何而來，因而不不知所以而囫圇吞棗。

而上了大學之後，才曉得原來地科也是可由大而小，從上而下的逐層學習，因指定書作者 Skinner 及 Porter 將地球各個不同的部分，有其相互關聯的部分視為一個系統，且焦點就放在各個部份之間的影響，因此地球間的相互聯繫已成為現代科學調查的重點，並且 Skinner 和 Porter 將地球分為大氣圈(atmosphere)、生物圈(biosphere)、地圈(geosphere)及水圈(hydrosphere)以便區隔。」

ST1(901004)指出：「我蠻喜歡冥王星的，因為它特立獨行——1.軌道特殊，非常扁的橢圓，使其有時竟比海王星接近太陽；2.體積極小(比起天王星和海王星)，質量最輕；3.曾歷經是否是行星的質問與爭論；4.發現歷程特別。」

ST1(901011)指出：「說到地球分層，我總想起小時候讀的漢聲小百科，愛把地球比喻為蘋果：「地殼(Crust)是果皮，地函(Mantle)是果肉，地核(Core)是果核。」很有意思，用鮮明的舉例說傳統的地球分層。」

ST3(901011)指出：「當課程進入到 Chapter Three：The Sun, Giver of Life 時，

才提醒了我：浩瀚的夜空中，總讓我感動萬分的燦爛星光，是恆星(Stars)的功勞，而非行星(Planets)。」

ST1(901025)指出：「……可惜發言同學的表現似乎不如老師所期望，他們都直接贊成大陸漂移理論，卻沒辦法證明另外三個理論在哪裡不合理，其中有一人甚至連為什麼贊成大陸漂移理論都說不清楚。於是老師在同學們發言之後，對他們的觀念加以肯定補述或澄清辨正，這步驟是非常適切且必要的。」

ST4(901025)指出：「……最令我感興趣便是地殼的板塊構造，以前小時候並沒有板塊觀念，總以為陸地是固定的不會移動，想不到板塊不僅有移動，而且分成多塊移動，互相推擠、互相影響，造成現在地表上多變的地形。」

ST1(901108)指出：「這次上課，我觀察到的是：大一地科這種通識課程，範圍實在太廣，以致於老師講概念都只是大略帶過；若我們想知道得更清楚，就一定要主動去問。就像這次上課，老師重新很仔細地講解各種不同質量恆星的演化，以前我只知道演化歷程卻不知道原因(知其然，不知其所以然)，直到老師這次清楚的解釋(還用跨國工廠製造物品的原料豐

缺，來比擬核心和輻射層如何輪流進行核融合反應)，才算是連原因一併理解。」

ST2(901121)指出：「我想女王頭的特殊形成，原因應該是風化作用中的差別風化所造成，它將露出地表的岩體，由於各部分組成的礦物或岩石組織結構可能非均勻齊一，而致各部分所受風化程度不一，因此產生不均勻的風化現象。其結果岩性堅硬質佳，能耐風化的部分保留而突出，弱者易被風化分解蝕去而凹陷。海邊岩石上的大小洞穴或如海灘上成瘤狀突出之岩石，即為岩石各部分抗風化侵蝕不等的結果。」

從職前教師的反思顯示，透過教學主題的探究，利用發問技術與關鍵問題的導引，具有能澄清職前教師的地球科學概念的功效，同時又能促進職前教師的批判思考能力。因此，教學前如何妥善研擬具啟發性的關鍵問題，上課時如何適切的提問，來引導教學活動的進行，以激勵學生的學習，是推展批判思考教學所應重視與加強的。

(二)小組合作學習

ST1(900927)指出：「下課時和同組組員討論下次上課的行星報告，麻煩真多，不同資料上的數據還真有天壤之別。小組工作，頗會產生一些責任

不均、協調不良的現象，令人感到困擾。很怕因為表現太差，成績不好。

老實說，小組工作我非常不在行，從小怕到大，覺得自己缺乏溝通能力

且人際關係互動不良，只要是小組工作，往往使自己充滿挫折感。」

ST4(900927)指出：「……並且在上課的方式也有了很大的改變，以前不消說

必定是坐在台下安靜地專心聽課，但現在上課的習慣有了一百八十度的

轉變，反而重視小組集體討論，以達到啟發學生的思考能力及表現能

力，如此一來不僅有著深刻的印象存於腦中不容易忘，而且能夠和其他

同學交流一下想法，以便截長補短，使自己更加充實、圓融，不再只是

被動式地接受填鴨式的教育，而且真正地培養出自己對事物的看法、想

法。」

從 ST1(900927)的反思顯示，職前教師在高中以前的學習型態仍以傳統的競爭式的學習為主，進入大學後，開始接觸小組合作學習，似乎仍不太習慣。由於這班地球科學課程是大一上學期的課程，這也提醒我們，不可假設每位學生，本來就對小組合作學習的方式、技巧、與功能很熟悉。然而，從文獻顯示，小組合作學習對思考能力的培養，確實有相當的幫助，從 ST4(900927)的反思，也印證了這個論點。因此，如何鼓勵職前教師瞭解小組合作學習的功能與技巧，是未來

推展小組合作學習時應加強的地方，俾使職前教師樂於參與小組合作學習，並在小組合作學習中，獲得成長與進步。

(三)批判思考的經驗

ST4(901025)指出：「……課堂上也提出了相同的生物分布於不同大陸的推論，其中有以下幾種推論：1.冰河時期後水面上升，動物隨木漂流；2.冰河時期結冰成陸橋；3.冰河期海平面下降造成海底山脈上升，成為跳板；4.大陸漂移。這四種可能的推論，令我了解到以多種角度去了解問題，並且提出可能及不可能的理由，才能建構出一個可能的答案，並且這個答案可能隨時會被推翻、改正，這個問題的推論運用了極為科學的方法—大膽假設、小心求證，也說明了做學問應有的態度。」

ST2(901114)指出：「我從書中得知，要分辨軟玉和硬玉的方法，最簡單的方式是測比重，還可以用 X-射線螢光來分析其成分。硬玉中有 B 貨，目前最難與 A 貨分別，B 貨為硬玉中品質較差者，加強酸（各種混合酸）將玉內的雜質溶出後，再加入環氧樹脂或其他透明的樹脂於其內。所得到的 B 貨外觀放在顯微鏡下，極像 A 貨，照理來言，B 貨的組織軟鬆散，敲敲即可辨別，但誰能有把握呢？目前是將 B 貨用紅外線光譜加上傳立

葉公式來轉換所得的吸收訊號，來辨別玉內是否有樹脂。如果商人聰明一些，用 SiO_2 溶膠代替樹脂時，則紅外線光線也沒有用的。」

ST1(901122)指出：「除了圖 5.11 的地震比圖 5.10 嚴重，我還有一個觀察，就是建築物本身的結構亦影響其損害情形。從 921 大地震的經驗知道，建築位於斷層帶就非壞不可；若非在斷層帶，在四、五樓附近折裂(如圖 5.10)是因為那是鋼筋的銜接處，若整棟傾倒則是地基不穩(若不是地基挖得不夠深，就是當地土質本就鬆軟不適合建築)。消費者可參考建築的材質、結構、地點，來判斷買什麼房子住會比較安全。」

ST2(901123)指出：「利用問題的思考，來幫助我們了解地震形成的原因和特性，並引導我們省思 921 地震發生的因素。以結合社會時事，來增進我們對知識的吸收，讓我們更貼近社會人文的脈動。」

從職前教師的反思經驗顯示，凡是可以和生活、社會議題結合的主題，比較能獲得職前教師的關注，也較能引起他們進行批判思考活動。因此，如何多提供他們接觸這一類型的問題，實為推展批判思考教學應努力的方向。

(四)職前教師眼中增進思考的方法與策略

ST1(901018)指出：「老師在說明太陽結構時，在某些地方用了自問自答的方

式，清楚地解釋出太陽如此分層的原因，以及色球為何不是我們真正看到的太陽部分。我覺得這是個好方法，原因如下：一、我們能比較容易記起太陽的構造，因為知道分層原因；二、在剛接受新知識時，不易想到好問題，這時由老師提出問題可以促進學生思考；三、抓住部分學生的注意力。」

ST1(901025)指出：「老師做的投影片還不錯，我最喜歡那張圖示漂浮理論、陸橋理論、島嶼跳躍理論、大陸漂移理論(註：此處四個項目，其實應稱為學說。)的投影片。……我認為，老師講到這裡時，用了一個很好的方法，就是請同學說明自己的看法。這樣一來，所有的學生都得聚精會神了。」

ST2(901123)指出：「老師在上課時提出利用『礦物寶果』的遊戲，目的是為了幫助我們認識礦物的性質，並讓我們嘗試去介紹每個礦物的特性。我覺得老師在透過遊戲的趣味，來引導同學學習地更快樂，也更容易從中獲得知識。取代枯燥、生硬的講解，用遊戲來引導學生獲得有關礦物不同的特性。」

ST1(901129)指出：「這次的上課(註：指礦物寶果)方式，充分激發了學生的

專注與好奇心，也讓課程更活潑有趣；同時暗藏了一個國小做過、國中做過、高中也做過的實驗，卻使用迥異於前的方法並增加新概念(例.螢石在紫外線下可發出螢光)，能使新知和已有的認知結構相結合，是很好方法。」

ST3(901201)指出：「老師先教我們如何觀察礦物，然後要我們進行寶果遊戲。這堂課極富趣味性，同時由老師準備的道具(海報、寶果紙)，也可知老師的認真，另外，透過實物觀察、感官接觸，所學具體而非單從課本獲得知識，覺得很不錯。」

ST4(901208)指出：「……以前在國、高中時，每每教到岩石、礦物等章節時，老師通常只是口頭上帶過，因此雖然腦中有礦物特性的知識，但卻沒有真正地看過、摸過礦物，因此我覺得在教學時，如果能有實物操作或體驗，則會更加深印象，提升學習效果。……此次活動(註：指礦物寶果)不僅活潑、有趣，令全班同學都參與了，而且連線成功了還有精緻的小禮物可拿，而且是用自己的觀點去介紹自己所見到的礦物，可以看到許多以前沒看到、學到的特性。」

ST1(901213)指出：「……說明條痕的定義是『礦物粉末之色』以後，以大海

作比喻講解顏色和條痕之差別：『直接看，海是藍的，就如同礦物整體在光線下反射一種顏色；從海裡舀出來的水是透明的，不同於原本的藍色，就像礦物的條痕，和外觀顏色不見得相同』。老師很擅用比喻來使我們理解。」

ST1(901220)指出：「……上到岩石組成有『膠結作用』和『再結晶作用』。

提到膠結作用需要膠結物……老師以蓋房子(以膠結作用形成岩石)為喻，需要砂石、水、水泥，……而水泥的功效就如同膠結物。善用比喻是很重要的，比喻是使新舊經驗結合的強力膠。」

ST1(901227)指出：「說到岩漿成分和火山噴發方式的關聯。老師邊講解、邊

列表。同時說明其特性之間的關聯。

	SiO ₂ 含量	顏色	比重	流動性	噴發方式
玄武岩性的岩漿	50%	深	大	大	寧靜式噴發
安山岩性的岩漿	60%	次之	中	中	介於兩者之間
流紋岩性的岩漿	70%	淺	小	小	爆炸式噴發

我覺得列表有助於歸納與記憶。」

ST1(910103)指出：「講到火成岩中的深成岩，要看的是組織，要觀察幾何形

狀和大小。老師邊畫圖示邊講解。我覺得圖示有助於理解。這種方法，老師似乎用了很多次。」

ST3(901123)指出：「老師上課上到地震波在地球內的傳播(折射波與反射波)，並說明地震波像 X 光一樣，可以使我們測知地球內部構造組成。我覺得地震波對我們而言似乎偏向抽象觀念，老師將之比做 X 光，有助於我們了解、體會。此方法告訴我：運用比喻，可以幫助抽象概念具體化。」

從職前教師的反思顯示，比較容易增進批判思考的問題，大都屬於比較性的問題，因為要回答這類的問題，必須要先經過分析、歸納、比較、綜合研判等高階思考技能，所以比較能夠促進職前教師的批判思考能力。此外，透過類比、圖解的方式，也比較容易促進職前教師的思考與理解，而這些也都是未來推展批判思考教學可以借鏡的地方。

(五)自我省思能力

ST3(900928)指出：「儘管，人類歷史相對於地球年紀而言實在微不足道，但是我們似乎不清楚什麼叫謙虛，總以為自己有多麼聰明、多麼了不起，一心想要改變我們週遭的一切，一心希望所有的事物都能合乎自己所

願。於是我們不斷地改變著地球的面貌，而遺忘了地球本來奇妙的面貌。……土壤是植物的營養庫，當然也間接影響我們，我們小時挖泥土玩時，除了快樂外，似乎應該多些感謝吧！……(地球層圈)每一個圈，皆不是各自獨立，彼此之間互動巨大，我們是圈內的一份子，更應該了解我們所居住的環境，這是我們學習地球科學的原因；了解地球並期許有更美好的生活，但不傷害地球，這是我們的職責。」

ST1(901227)指出：「有些時候或有些人，在口語表達的接受理解力會太低，用圖示可以幫助說明。尤其我們以後要教國小學生的話，更要懂得使用口語和文字以外的方法，來使有不同智慧的學生都有理解的機會。」

ST2(901005)指出：「我曾看過『接觸未來』這部電影，而這部電影當中記述科學家接受到從外太空傳來的天外之音，使人們開始探索太空、尋求星際接觸，但也引起宗教和科學的衝突。讓我想起人類的科技發展，常因為愚昧無知的成見而遭到侷限，導致現有的科學領域無法發展停滯不前，扼殺許多未來科技進步的可能，就像伽利略由於它的思想違背當時教廷的權威，所以他被教廷囚禁，這是讓人值得思考的問題。以科學的角度觀察，我們無法確實知道上帝或其他神祇的存在，同時也沒有其他

明確的證據來佐證，而根據科學思想「有幾分證據，說幾分話」，便幾乎否決掉宗教的真實性。可是以宗教的看法觀察，事實上確有許多事情都是無法以科學的方式來驗證，但不知那是超越我們的高度科技，還是真有那超越自然的力量。……『接觸未來』電影中有一句話『如果宇宙只有我們，似乎太浪費空間了』，也正說明浩瀚的宇宙仍有許多不可思議，值得我們去追尋。而我們應該要在發展科技的同時，也應該讓文化道德齊頭並進，不然就算我們發現了外星人，也會認為非我族類，其心可誅，就不會有開闊的胸襟來認同，而可能造成一連串的不幸的產生。」

ST4(900927)指出：「老師在課堂上也強調地球科學的學習與了解，是借重科學方法的應用而有其進展的，且其科學方法包含五種：1.觀察 2.形成假設 3.驗證 4.形成定理 5.反覆驗證，這些科學方法和以前所學的有著極大的不同，因以前所學的，只要我們去背，便能有好成績，但如今上了大學不僅對所學的東西要時時存著懷疑，更要反覆地驗證其所學，因隨著時間的不同，可能有著不小的變化，雖然這種方式比較令人不適應，但是這樣才是真正地追求學問的方式。……總而言之，地球科學是我們日常生活中的一部分，與我們息息相關，因此如何將地科融入我們

的生活中，能夠真正的應用知識而不是知識的奴隸，這才是老師與我們
最需思考與實踐的問題。」

從職前教師的自我省思顯示：(1)職前教師對地球科學的學習之後，確實能表現出關懷地球、愛護環境的情操；(2)職前教師能體認，「表達」也是一項重要知能，尤其他們將來要擔任國小教學，如何運用語言及非語言的表達，都是非常重要的；(3)職前教師透過批判思考活動的進行，對科學知識的形成、科學的內涵與限制，也有更清楚的認識；(4)並且對科學與其他領域的界限與關係，也能進一步的多方思考，這也說明職前教師在這些學習活動中，確實體驗到大學通識課程數理科目的宏觀價值。

三、研究者的省思

研究者在本研究中，除了擔任教學、搜集職前教師的回饋反應與訪談資料之外，並進行自我省思檢討，其結果陳述如下。

1.本項融入創造力與批判思考能力策略的師院地球科學課程之教學，原係師院通識課程數理科目之一，以往雖也採用若干促進創造力與批判思考能力的技巧與策略，但都不像這次這麼正式，施行期間這麼長，這對我而言，是一項嘗試，也是一項挑戰。經過 18 週的努力，總算有一些初步結果，對學生的表現與回饋，

心理感到十分欣慰。

2.教學歷程中，採用的策略已列在「模組設計摘要表」，詳見表 4。幾項重要的活動與策略，包括合作學習、小組討論、討論「什麼是地球科學」、科學史議題探討、九大行星報告、礦物寶果、期末海報作品等，大都有達成預期的教學目標。其中，學生對礦物寶果的回饋最為肯定。至於「科技新知探討」，係教科書中的內容，由於教科書是英文的版本(註：課本為 Skinner et al.(1999)的 The blue planet，選擇該書一方面係因應加入 WTO 的趨勢，另一方面該書也是台大、台師大、市北師採用的版本)，因此，除了部份在課堂上，曾經探討到的主題外，(因為授課時數的限制，並無法探討每一項科技新知內容)，而學生似乎比較不會主動的去探究與討論，並且學生在這一方面的回饋意見也較少，所以，此一主題未來還有很大的探討空間。

3.另外，有關職前教師的期末海報作品，各組均極具巧思進行設計，部份小組甚至採用 3D 立體製作，充分呈現職前教師的靈巧與創意。由於職前教師的期末海報作品，係於學期末最後一週繳交，所以未能取得職前教師此一活動的回饋意見，但從繳交作品的巧妙精緻，可以推測職前教師的用心與努力，也相信他們在製作的過程，累積了許多的創造力與批判思考能力。

4.有關合作學習與小組討論，在教學的過程中，也充分發揮其功能，確實能提供職前教師在比較安全、接納、互動的環境中，獲得學習與成長，並增強職前教師的創造力與批判思考能力，也符合 Sternberg & Williams (1996)的觀點。

伍、結論與建議

本研究針對師院「通識課程數理科目」之地球科學課程與教學中的創造力與批判思考能力進行探討，其初步結果與討論已陳述於第肆章。以下則針對研究結果進行歸納，並陳述結論與建議。

一、結論

根據本研究所得結果，提出下列結論：

- 1.創造力與批判思考能力對師院而言，是可教的。透過融入創造力與批判思考能力策略的師院地球科學課程之教學，確實能增進師院職前教師的思考活動。
- 2.從師院職前教師的創造性思考的經驗和創造性產品的呈現經驗顯示，透過多樣化的活動與策略，能促進師院職前教師的創造力。
- 3.批判思考教學活動與策略，具有澄清師院職前教師地球科學概念的功效。
- 4.師院職前教師眼中增進思考的方法與策略，須多採用提問、比喻、繪圖、

繪表、實作性的活動、小組討論、成果報告等方式來進行，探討主題並要能和社會時事結合，以達成最好的效果。

5.透過融入創造力與批判思考能力策略的師院地球科學課程之教學活動，也能增加師院職前教師自我省思的能力和經驗。從師院職前教師省思的內容顯示，師院職前教師確實能充實通識課程的素養，地球科學不單只是科學，地球科學促進了師院職前教師充分體驗人文、科學、社會、藝術的關聯，達成大學通識課程的目標。

二、建議

1.師院職前教師在高中以前，較缺乏小組合作學習的經驗，因此，實施小組合作學習時，宜多鼓勵職前教師瞭解小組合作學習的功能與技巧，俾使職前教師樂於參與小組合作學習，並在小組合作學習中，獲得成長與進步。

2.有關能增進師院職前教師的創造力與批判思考能力的活動與策略，值得作為未來推展創造力與批判思考能力教學的參考。

3.學習成果表達與報告，是一種複雜的認知活動，需要充足的準備與練習，以便累積經驗與精進技巧，尤其師院學生將來大都要擔任教學的工作，因此相關的表達（包含語言與非語言）能力與臨場經驗，有待持續的加強與充實。

誌 謝

本研究為國立台北師範學院「提昇大學基礎教育計畫」----「師資培育通識課程加強『創造能力與批判思考能力發展』教學」之計畫的一部分，感謝參與研究的四位個案職前教師的參與和協助，更感謝總計畫主持人張校長玉成的指導與鼓勵，及數理領域研究團隊連啟瑞、熊召弟、全中平、張敬宜教授，在研究歷程中的啟發，最後，感謝教育部在經費上的支助，使本研究得以順利完成。

參考文獻

- 毛連塹、郭有驕、陳龍安、林幸台(民 89)。**創造力研究**。台北：心理。
- 連啟瑞和盧玉玲(民 90)。**創造思考教學在自然與生活科技領域之應用**。論文發表於國立台北師院：**創造思考教學在九年一貫課程中之運用學術研討會**。
- 陳密桃(民 82)。**師範生批判思考的相關因素及其教學效果之分析研究**。國立高雄師範大學，**教育學刊**，10，105-158。
- 陳龍安與朱湘吉(民 88)。**創造與生活**。台北：五南。
- 陳膺宇(民 83)。**批判思考運動初探**。**國立政治大學學報**，69，141-171。
- 教育部(民 90)。**創造力教育白皮書**。台北：教育部。
- 粘揚明(民 86)。**批判思考教學的發展趨勢**。**教育研究**，53，50-58。
- 溫明麗(民 86)。**批判性思考教學**。**教育研究**，55，49-54。
- 葉玉珠(民 87a)。**有效批判思考教學的基礎之探討**。**教育研究**，59，57-67。
- 葉玉珠(民 87b)。**職前教師的參訓投入程度、批判思考意向與改善批判思考教學之關係**。**國立政治大學學報**，77，47-71。
- 葉玉珠(民 87c)。**「批判思考教學師資培訓」模式之探討**。國立政治大學，**教育與心理研究**，21，307-332。
- 潘裕豐(民 82)。**國小批判思考教學效果之實驗研究**。國立台灣師範大學，**特殊教育研究**

學刊，9，233-248。

盧玉玲與連啟瑞(民 88)。批判性思考潮流下的科學教育。國立台北師院，**國民教育**，39(4)，12-15。

魏美惠(民 88)。批判思考能力之探討。**資優教育**，72，10-15。

Bogdan, R. C. L. & Biklen, S. K. (1982). *Qualitative research for education: An introduction to theory and methods*. Newton, MA: Allyn & Bacon.

Cecil, L. M., Gray, M. M., Thornburg, K. R., and Ispa, J. (1985). Curiosity-exploration-play: The early childhood mosaic. *Early Child Development and Care*, 19, 199-217.

Claxton, G. (1984). *Live and learn*. London: Harper and Row.

Council for Awards in Child Care and Education (1991). *National qualifications in child care and education*. St Albans, Herts: CACHE.

Davis, G. A. (1986). *Creativity is forever*. Iowa: Kendal/Hunt.

Duffy, B. (1998). *Supporting creativity and imagination in the early years*. Philadelphia, PA: Open University Press.

Ennis R. H. (1985). A logical basis for measuring critical thinking skills. *Education Leadership*, 43(2), 45-48.

Feldhusen, J.F. & Treffinger, D. J. (1980). *Creative thinking and problem solving in gifted education*. Texas: Kendall/Hunt.

Guba, E. G. & Lincoln, Y. S. (1989). *Fourth generation evaluation*. Newbury Park, CA: Sage.

Guilford, J. P.(1956). The structure of intellect. *Psychological Bulletin*, 52, 267-297.

Her Majesty's Inspectorate (1989). Aspects of primary education: *The education of children under five*. London: HMSO.

Lincoln, Y. S. & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Beverly Hills, CA: Sage.

Mayer, R. E. (1999). Fifty years of creativity research. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp.449-460). New York: Cambridge University Press.

Norris, S. P. & Ennis, R. H. (1989). *Evaluating critical thinking*. CA: Midwest.

Parnes, S. (1963). Development of individual creative talent. In C. W. Taylor & F. Barrons (eds.), *Scientific creativity: Its recognition and development*. (pp.311-320) New York: Wiley.

Patton, M. Q. (1990). *Qualitative evaluation and research methods* (2nd ed.). Newbury Park, CA: Sage.

Ruggiero, V. R. (1984). *The art of thinking: A guide to critical and creative thought*. New York: Harpe & Row.

Silverman, D. (1993). *Interpreting qualitative data*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Skinner, B., Porter, S., & Botkin, D. (1999). *The blue planet*. New York: John Wiley.

Stein, G. S.(1969). Creativity. In E. F. Borgatta & W. W. Lambert (eds.), *Handbook of personality theory and research* (pp. 900-942). Chicago: Rand McNally.

- Sternberg, R. J. & Lubart, T. I. (1999). The concept of creativity: prospects and paradigms. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity* (pp.3-15). New York: Cambridge University Press.
- Sternberg, R. J. & Williams, W. M. (1996). *How to develop student creativity*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Tardif, T. Z. & Sternberg, R. J. (1988). What do we know about creativity? In R. J. Sternberg (ed.) *The nature of creativity* (pp.429-440). New York: Cambridge University Press.
- The Department for Education (1995). *Art programme of study in the national curriculum*. Lodon: DfEE.
- The School Curriculum and Assessment Authority (1996). *The national curriculum*. London: HMSO.
- Walsh, D. & Paul, R.W. (1986). *The goal of critical thinking: From education ideal to education reality*. Washington, DC: American Federation of Teachers, Education Issues Department.

A Study on Creativity and Critical Thinking of Earth Science Instruction in Teachers College

Ching-san Lai*

ABSTRACT

The purpose of this study is to explore the outcomes of preservice teachers' creativity and critical thinking on earth science instruction in a Teachers College. Qualitative methods are used in this study. There are four preservice teachers participating in this study.

The results of this study are stated as follows:

1. For preservice teachers, creativity and critical thinking are teachable.
2. The instructional activities and strategies used in this study do improve preservice teachers' creativity and critical thinking.
3. The instructional strategies of critical thinking also help preservice teachers in clarifying their science concepts.

Key words : creativity, critical thinking, teacher education, science instruction

* Ching-san Lai: Associate Professor, Department of Natural Science Education, National Taipei Teachers College

