現代教育技術與創新人材培養

何克抗 100875 2000 年 1 月

北京師範大學現代教育技術研究所

➢ 論著選摘

一、時代呼喚創新人材

99 年 6 月中央發佈的“關於深化教育改革全面推進素質教育的決定”指出“素質教育要以培養學生的創新精神和實踐能力爲重點”。這是關於素質教育的新提法，這種提法爲全面推進素質教育指出了明確的目標和努力的方向。

素質教育爲甚麼要以培養創新精神爲重點，理由可以列出很多，但是最重要、最根本的一條就是江澤民主席在第三次全教會上所指出的：“面對世界科技飛速發展的挑戰，我們必須把增強民族創新精神提到關係中華民族興衰存亡的高度來認識。教育在培育創新精神和培養創造型人材方面肩負著特殊的使命”。江主席把“創新”與民族的興衰，國家的存亡聯繫起來，創新已不再僅僅和我們國家的發展速度有關，而是決定我們的生死存亡。中央之所以作出這樣的新論斷，顯然是根據我們面臨的嚴峻國際形勢，即當前的時代特點：不創新就要被動挨打，不創新就會被任人宰割，不創新就沒有你生存的空間。99 年上半年在南聯盟所發生的一切，清楚地表明了這一點，所以，是形勢要求我們創新，是時代在呼喚創新人材。

copy

二、培養創新人材的核心是培養創造性思維

1. 甚麼是“創新”和“創新人材”

“創新”是指能爲人類社會的文明與進步創造出有價值的、前所未有的全新物質產品或精神產品。創新過程就是創造性勞動的過程，沒有創造就談不到創新。人類要生存、要發展就必須創新。因爲創造了生產工具才使人類脫離動物界；因爲創造了語言文字才使人類脫離原始人的蒙昧狀態逐漸發展成爲有高度智慧的現代人。人類與自然作鬥爭的每一次勝利都離不開創新。

所謂“創新人材”是指具有創新精神的創造型人材也就是具有創新意識、創造性思維和創新能力的人材，而其核心則是創造性思維（通常也簡稱之爲創造思維）。這是因爲創新意識是指具有爲人類的文明與進步作出貢獻的遠大理想，有爲科學與技術事業的發展而獻身的高尚精神和進行創造發明的強烈願望；創新能力則是指具有把上述理想、精神、願望轉化爲有價值的、前所未有的精神

產品或物質產品的實踐能力。創新意識主要解決“爲甚麼要創新”即創新的動力問題，顯然，創新意識要通過長期的、堅持不懈的人生觀與價值觀的教育才能培養；創造性思維和創新能力則解決“如何創新”的問題。前者（創造性思維）解決如何形成創新的思想、理論及設計，後者則解決如何把創新的思想、理論及設計轉化爲實際的精神產品或物質產品（即寫成文學作品、譜成樂曲、形成繪畫或是製造出各種專利產品）。可見，創新意識是實現創造發明的前提與動力，對於創新人材的培養具有至關重要的意義，這是問題的一個方面；問題的另一個方面是，創新意識和創新能力又必須要有創造性思維作基礎，離開創造性思維，創新意識將成爲不切實際的空談；離開創造性思維，精神產品或物質產品的產生就成爲無源之水、無本之木，所謂的“創新能力”也不過是事倍而功半的傻幹，甚至是徒勞而無功的蠻幹。所以從這個意義上說，創造性思維又是創新意識和創新能力的基礎與核心。

既然創造性思維是創新人材最基礎的素質，培養創新人材的核心就是要培養創造性思維。在培養創新人材過程中，必須緊緊抓住這個主要矛盾，即緊緊圍繞這一核心來考慮、來研究創新人材的培養問題。

自 98 年初江澤民主席大力倡導創新能力以來，全國上下對“創新”問題日益重視。令人遺憾的是，現在到處都在講“創新”——論述“創新”與“創新人材培養”的文章、論著成篇累牘、數不勝數，卻沒有一種說法能建立在比較嚴密的理論基礎之上，即能從理論上闡明創造性思維的結構和形成機制，能建立起比較科學的創造性思維過程的心理模型，因而目前的許多創造性思維理論，往往是包含部分的真理，甚至可能還有一些錯誤的成分。

COPY

事實上，如果對創造性思維缺乏理論上的研究就必然會迷失方向，甚至把過時的或錯誤的東西當時髦。目前教育界和心理學界在創造性思維研究中存在的一些偏向，就充分說明了這一點。

2. 當前學術界在創造性思維研究中的五種偏向

（1）把發散思維等同於創造性思維

目前國內有一種很流行的觀點：在講創造性思維時，不講別的，只講發散思維，以爲發散思維就等同於創造性思維。現在市面上有一套頗有影響的高考復習指導叢書，其書名分別取爲：“數學發散思維”、“物理發散思維”、“化學發散思維”、“語文發散思維”……就是這種觀點的典型反映。其實，發散思維固然是創造性思維結構的一個組成要素，它在創造性思維活動中也確有不可替代的作用——爲思維活動指明方向，即要求朝著與傳統的思想、觀念、理論相反的方向去思維，其實質是要衝破傳統思想、觀念和理論的束縛。發散思維的這一作用是很重要的，但不應誇大，而且要看到它僅僅起這一個作用（思維定向作用）；發散思維並非創造性思維過程的主體，更不是創造性思維的全部

內容。把發散思維等同於創造性思維，這是美國心理學家吉爾福特在 60-70 年代所持的基本觀點，現在早已過時，而我們很多同志仍把這種片面觀點當作時髦到處宣揚。

（2）將直覺思維混同於形象思維

直覺思維是目前心理學界尚未進行深入研究，因而對其本質以及思維加工特徵還不十分清楚的一個領域。正因爲如此，所以不僅在一般群眾中，甚至在一些學者中也流行一種說法：“直覺是第六感覺”。甚麼是“第六感覺”，就是一種說不清楚的、莫名其妙的感覺。“直覺”在許多人看來似乎是一種憑空而來的毫無根據的主觀臆斷。這種對直覺的理解是不對的，直覺是人類另一種重要的基本思維形式（它與形象思維、時間邏輯思維三者並列、缺一不可），而不是在五種感官所產生的五種感覺之外的第六種感覺。**直覺思維加工至少有以下三方面的基本特徵**：

第一，整體把握——撇開事物的細微末節，從整體、從全局去把握事物，是一種從大處著眼、總攬全局的思維。

第二，直觀透視與空間整合——對直覺思維來說，整體把握是指對事物之間關係的整體把握，即直覺思維只考慮事物之間的關係，而不考慮每個事物的具體屬性（對事物具體屬性進行分析、綜合、抽象、概括是邏輯思維與形象思維的任務，不是直覺思維的任務）；要從整體上把握事物之間的關係，直覺思維所用的方法是“直觀透視”和“空間整合”，而不是靠邏輯的分析與綜合。

Copy

第三，快速判斷——直覺思維要求在瞬間對空間結構關係作出判斷，所以是一種快速的、跳躍的空間立體思維（而邏輯思維則是在一維時間軸上的線性、順序的慢節奏思維）。

目前許多文獻把直覺思維也稱爲“直感思維”，並把它和形象思維等同起來視爲同一種思維[1]，有的文獻則認爲直覺是屬於形象思維的一種觀察能力[2]，即把直覺看作是形象思維的一種屬性。總之，它們都抹殺直覺思維的基本特徵，否認直覺思維是一種獨立的思維形式，更不屬於人類的基本思維形式。這樣做的後果必然是削弱甚至完全取消對青少年在直覺思維方面的培養與訓練。

（3）將邏輯思維與形象思維、直覺思維對立起來

只看到邏輯思維與形象思維（或邏輯思維與直覺思維）之間有差異或對立的一面，看不到它們之間還有相互支援、相互依存的另一面，因而總是孤立地、割裂地來看待這三種思維，並且不適當地在三種基本思維形式之間劃分高低等級。

本來，形象思維、直覺思維和時間邏輯思維三者都是人類不可缺少的基本思維形式，彼此之間只有思維材料和思維加工方法的不同，沒有高低級之分。但是長期以來，在哲學界和心理學界的許多教材和著作中，卻一直在宣揚這樣

一種觀點：只有邏輯思維能揭示事物的本質和事物之間的內在聯繫規律，即可以使我們對客觀事物的認識由感性提升至理性，因而是高級思維；而形象思維和直覺思維只能使我們獲得對客觀事物的直觀、形象的感性認識，難以揭示事物的本質和規律，言下之意是比較低級的思維。在這種思想指導下，必然是重視邏輯思維而輕視形象思維和直覺思維。由於這三種思維之間事實上存在相互支援和相互依存關係（參看第四章第一節），因此片面強調邏輯思維的結果，不僅形象思維和直覺思維被大大削弱，就是邏輯思維本身也得不到健康的發展。這樣做的結果必然是對每一種思維都不可能建立起一套正確的培養與訓練方法，換言之，對青少年來說，三種思維能力都不可能得到最有效的培養與訓練。

（4）認爲發展右腦就是發展創造性思維

由於邏輯思維的加工特點是直線性、順序性，只能沿著一維時間軸，依據原有的知識概念一步步進行慢節奏的邏輯分析、推理，不可能實現思維過程的跳躍或突變，因而通常認爲邏輯思維不大可能像形象思維與直覺思維那樣直接形成靈感或頓悟（即實現創造性突破），換句話說，實現創造性突破主要靠形象思維與直覺思維。如上所述，目前學術界往往把直覺思維混同於形象思維，而且根據諾貝爾獎得主斯佩里在 70 年代所提出的“右腦傾向加工整體性刺激”（即右腦對表像類整體性刺激的加工有優勢）的觀點，認爲右腦同時具有形象思維和直覺思維的優勢，因而斷定，要實現創造性突破就必須發展右腦。在很長一段時間內（目前仍然如此）“發展右腦”成了“發展創造性思維”的同義詞。事實上，由於七十年代技術發展水平的限制，斯佩里當時只能對少數腦部受損的“裂腦人”進行實驗，因而得出的結論難免有片面性；而到 20 世紀九十年代以後，由於正電子斷層掃描（PET）技術和磁共振成象（MRI）技術的出現，科學家們已能對成批正常人在不同思維狀態下的腦電波進行精確測量，從而證實，形象思維的加工機制和工作記憶主要是在左腦而非右腦（只有直覺思維的加工機制和工作記憶才主要是在右腦）。可見，認爲發展右腦就是發展創造性思維的說法是缺乏科學依據的一種誤導。

COPY

（5）忽視辨證思維的研究

辨證思維（即辨證邏輯思維）是創造性思維結構的組成要素之一，但是目前在國內外心理學界涉及辨證思維的文章及論著可以說是鳳毛麟角，對其進行認真研究的文獻更是難以看到。似乎辨證思維純粹是哲學問題，只有哲學家才應對此進行研究（目前關於辯證邏輯思維的研究，也確實只能在哲學著作中才能找到）。我們認爲，這種看法有失偏頗，將不利於創造性思維研究的深入開展，所以希望心理學家們也能重視並認真研究這一領域的問題。

3. 創造性思維結構的六要素

根據當代心理學和神經生理學最新研究成果而提出的關於創造性思維的“內外雙循環理論模型”（DC 模型）指出[3]，創造性思維結構應當由發散思維、

形象思維、邏輯思維、辨證思維和橫縱思維等六個要素組成。這六個要素並非互不相關、彼此孤立地拼湊在一起，也不是平行並列地、不分主次地結合在一起，而是按照一定的分工，彼此互相配合，每個要素發揮各自不同的作用。對於創造性突破來說，有的要素起的作用更大一些（甚至起關鍵性作用），有的要素起的作用相對小一些，但是每個要素都是必不可少的，都有各自不可替代的作用，從而形成一個有機的整體——創造性思維結構。在創造性思維結構的六個要素中，發散思維主要解決思維目標指向，即思維的方向性問題；辨證思維和橫縱思維爲高難度複雜問題的解決提供哲學指導思想與心理加工策略；形象思維、直覺思維和邏輯思維則是人類的三種基本思維形式，也是實現創造性思維的主要過程（即主體）。換言之，六個要素中，一個用於解決思維過程的方向性（起指引作用），兩個用於提供解決高難度複雜問題的指導思想與策略，另外三個用於構成創造性思維過程的主體。如下面所示：

一個指標（發散思維）——用於解決思維的方向性；

兩條策略（辨證思維、橫縱思維）——提供宏觀的哲學指導策略和微觀的心理加工策略；

三種思維（形象思維、直覺思維、邏輯思維）——用於構成創造性思維過程的主體。

這就是創造性思維活動中六個要素的不同作用以及它們之間的相互關係。所謂創造性思維結構就是由這六個要素按上述關係組成的有機整體。如上所述，這個整體中的每一個要素都有各自不可替代的作用，所以必須系統地、全面地看待創造性思維結構（即不應將其中的某一個或某幾個要素孤立出來或割裂開來，單獨加以強調）。由於創造性思維結構是理解和掌握創造性思維活動的鑰匙，也是對青少年進行創造性思維培養與訓練的總綱，因此，對這個結構及其中各個要素的作用與特性，必須有一個全面、正確的認識。

COPY

4. 培養創造性思維的五個環節

由於六要素之一的“橫縱思維”是要爲高難度複雜問題的解決（即促進靈感或頓悟的發生）提供心理加工策略，它與科學發現、技術發明有更直接的關係，並且要有“思維複雜性”理論的支援才易於理解，所以，就一般中小學生的創造性思維培養而言，對這一要素可暫不考慮。下面僅就其餘五個要素來討論創造性思維的培養問題。

環節 1：重視發散思維的培養

傳統教育只強調聚合思維（集中思維、求同思維、正向思維），而不講發散思維（求異思維、逆向思維、多向思維），這是有其深刻的教育思想根源的。傳統教學模式強調以教師爲中心，強調教師對學生單向講授知識，把學生當作知識灌輸對象，其目標是把學生培養成能很好地理解、消化和應用前人知識與經

驗（但不善於創造新理論、新知識）的應用型人材。若僅從知識傳授角度考慮，傳統教育並非沒有優勢（從學科考試情況看，我們學生的成績普遍高於西方國家同類學生的水平），我們傳統教育的主要弊病在於不能培養出大批具有創造性思維的創新人材，因爲這種教育的目標就不是要培養“創新”能力，而是要向學生灌輸知識——不是把學生看成活生生的、有主觀能動性和創造性的認知主體，而是把學生看成是外部刺激的接受器，是知識灌輸的對象。

在這種教育思想指導下，理解、消化學科的基本理論、基本概念，理解、消化老師講授的內容就成爲教學的最高要求、最高目標。學生的思想觀念、學生對一切問題的認識理解都必須集中、統一到學科的理論體系和基本概念上來；學生的全部言行都必須符合教師的要求和傳統的規範。這正是聚合思維（集中思維、求同思維、正向思維）所要達到的目標。

聚合思維由於要求思維內容、思維成果都要集中、統一到傳統觀念或原有概念上來，所以其優點是有利於學科知識的傳授與學習，有利於對前人知識與經驗的掌握；其弊端則是容易造成學生對書本、對教師、對權威的迷信，以爲書本上的都是經典，教師講的都是真理，不敢提出半點懷疑。所以只講聚合思維，只能使我們的認識永遠停留在前人的水平上，不可能產生新的理論、新的思想。爲了創新，必須強調發散思維，沒有發散思維（求異思維、逆向思維或多向思維）就不會有任何創造性的萌芽和創造性的成果。可以說一切創造都起源於發散思維，這方面的例子不勝枚舉：

COPY

1．法拉第發現電磁感應定律

1820 年丹麥奧斯特就已發現通電導線能使旁邊的磁針偏轉，說明通電導線周圍能產生磁場（電可以產生磁）。同年法國的安培也發現兩跟通電導線之間有相互作用——電流同方向時相斥，異向時相吸。法拉第知道這個消息後立即想到：“既然電可以產生磁，那麼反過來，磁也應該可以產生電”。這就是逆向思維、求異思維，正是在這種思維的指引下，法拉第經過 11 年的努力，終於用實驗證實了這一假說，並且發現了感生電動勢大小與磁通量變化率成正比的電磁感應定律。

不僅這一創造性發現的萌芽，是來自逆向思維、求異思維，而且這一創造性成果的取得也要仰仗逆向思維、求異思維。法拉第儘管始終堅信“磁也能產生電”的信念，但是他作了幾百次實驗始終未能成功，因爲他還是沿著傳統觀念去做實驗：認爲電流總是沿平直導線流動，所以實驗中總是將各種變化的磁場作用到平直導線上（求同思維），然後去觀察該導線上是否有電流產生，結果總是失敗。直到後來他才想到電流可以沿任意方向流動，作爲電流載體的導線也可以是任意形狀，於是他把導線彎成圓形（求異思維），並作成螺線管形式，然後把永久磁鐵插進去再拔出來（以改變磁通量）結果成功了——這正是電磁感應定律的實驗基礎。

2．德布羅依關於光的“波動說”

1905 年愛因斯坦就已從理論上提出光有粒子性，每個光子（也叫光量子）具有速度和質量（光量子的靜止質量爲零），不久以後，康普敦還通過實驗證實了這種粒子性（康普頓效應）。於是在 20 世紀初，光具有粒子性已成了無容置疑的結論，幾乎沒有人對此產生懷疑。只有德布羅依反其道而行之，運用逆向思維提出：光具有粒子性，也可以具有波動性（波動性和粒子性是完全對立的兩種性質）並在此思想指導下於 1924 年提出“波動說”，3 年後，果然被戴維遜的電子衍射實驗所證實（干涉與衍射現象是波動性的本質特徵），這就是物理學上著名的“光的波粒二象性”理論——對愛因斯坦的權威結論作了重大的修正與發展。

3．比爾· 蓋茨與個人電腦革命

1975 年 1 月比爾· 蓋茨還是哈佛大學法律系二年級學生，一天他從“大衆電子學”（Popular Electronics）封面上看到 MITS 公司研製的第一台個人電腦照片。該電腦使用了 Intel 8080CPU 晶片（8 位元機），他馬上認識到，這種個人機體積小、價格低，可以進入家庭，甚至人手一台，因而有可能引起一場深刻的革命——不僅是電腦領域的革命，而且是整個人類社會生活方式、工作方式的革命。他意識到這是千載難逢的機遇，他下定決心要緊緊把握住這個機遇。

比爾· 蓋茨的這個想法在當時是異乎尋常的，是與當時電腦界的主導思想背道而馳的。當時統治電腦王國的是 IBM 公司，他們的看法是微型的個人電腦不過是小玩意，只能玩玩遊戲，簡單應用，不能登大雅之堂，領導電腦的發展潮流只能靠大型機、巨型機。正是比爾· 蓋茨奇特的求異思維、逆向思維，和敢於向傳統、權威挑戰的精神才導致他巨大的成功。他對自己說，必須抓住這個一生中最寶貴的機遇，他這樣說了，也確實這樣做了——他主動寫信給 MITS 公司老闆，要爲他的個人電腦配 BASIC 解釋程式（他知道若沒有便於用戶掌握的電腦程式語言，個人電腦難以普及），在他的好友艾倫的幫助下，花了五個星期時間終於出色地完成了這一任務，爲個人電腦的普及作出了重大貢獻。接著他從哈佛中途退學並和艾倫創辦了自己的公司“Microsoft”，這就是現在名聞遐邇的“微軟”。

除此以外，象直升機的發明（起源於對螺旋槳安裝方式的求異思維——將螺旋槳安裝位置由機身前方改到機身上方），航空母艦的創造（起源於異想天開的發散思維——幻想鋼筋水泥澆鑄的飛機跑道能靈活地移動起來）和新一代治癌藥物的出現（起源於與傳統觀念完全對立的的逆向思維——不是用放射線把癌細胞殺死或消極地用藥物來抵禦癌細胞對健康機體的侵襲，而是按照“化敵爲友”的思想，設法把癌細胞轉化爲正常細胞）……等等，樁樁件件發明創造，無一不閃耀出發散思維（求異思維、逆向思維、多向思維）的光輝。可見，發散思維儘管只解決“方向性”問題（而不涉及具體如何思維），但在創造性活動中卻往往能起決定性的作用。

環節 2：重視直覺思維的培養

COPY

對於直覺思維，我們應當注意兩個問題：其一是，在直覺思維的三方面特徵中最重要、最本質的特徵是第二方面——直覺思維在本質上是對事物之間關係（即內在聯繫）的整體把握，這是由直覺思維所用的材料（關係表象）所決定的；其二是，直覺思維雖然是在瞬間作出快速判斷，卻並非憑空而來的毫無根據的主觀臆斷，而是建立在豐富的實踐經驗和寬厚的知識積累基礎之上，運用直觀透視和空間整合方法所作出的直覺判斷。這種直覺判斷雖然不能保證絕對可靠（如果情況並非很急迫，即時間允許的話，在直覺判斷作出以後，最好能運用邏輯分析、推理方法對該判斷加以檢驗或論證），但一般來說，總是有一定根據的。實踐經驗愈豐富，知識積累愈寬厚，這種根據就愈可靠，直覺判斷也就愈正確。

關於依靠直覺思維形成靈感或頓悟，從而實現科學領域理論上突破的一個著名例子是第三章第五節介紹過的“阿基米德原理”的發現。正是通過直覺思維使阿基米德在坐下浴盆的瞬間突然領悟到（頓悟）：浴盆中水面升高的體積很可能等於身體浸入水中部分的體積。“水面升高部分的體積”和“身體浸入水中部分的體積”這兩件事，從表面上看互不相干，但是阿基米德通過整體把握與直觀透視方法，卻在瞬間發現了二者之間的內在聯繫（或稱“內隱關係”）——體積相等。牛頓從蘋果落地而發現“萬有引力定律”也與直覺思維分不開：“蘋果落地”和“月亮繞地球旋轉”，在一般人看來，這是風馬牛不相及的兩件事，但是牛頓卻從中領悟到蘋果之所以掉到地上而不朝天上飛，和月亮始終繞著地球轉而沒有脫離地球和太陽系飛向宇宙深處，都是由於有地心引力作用，即看到了兩個表面互不相關的事實之間的內在聯繫（內隱關係），這就是一種高度發展的直覺思維能力。要想能看出一般人所看不到的內隱關係，就要依靠這種能力。

COPY

環節 3：重視形象思維的培養

下面我們先看依靠形象思維形成靈感或頓悟的例子。

事例 1：“大陸漂移說”的提出[4]

在 20 世紀初，一些地質學家和氣象學家（如美國的泰勒和貝克以及德國的魏格納等人）在觀看世界地圖過程中都發現南美洲大陸的外部輪廓和非洲大陸是如此相似，遂產生一種奇妙的想象——在若干億年以前，這兩塊大陸原本是一個整體，後來由於地質結構的變化才逐漸分裂開來。在這種想象的指引下，魏格納進行了大量的地質考察和古生物化石的研究，最後以古氣候、古冰川以及大洋兩側的地質構造和岩石成分相吻合等多種論據爲支援，提出了在近代地質學上有較大影響的“大陸漂移說”（這一學說到 50 年代進一步被英國物理學家的地磁測量結果所證實）。可見，“大陸漂移說”的提出離不開上述奇妙的想象。

事例 2：紅外跟蹤技術的發明

生物學家都知道，響尾蛇的視力很差，幾十釐米近的東西都看不清，但是在黑夜裏卻能準確地捕獲十多米遠的田鼠，其秘密在於它的眼睛和鼻子之間的頰窩。這個部位是一個生物的紅外感受器，能感受到遠處動物活動時由於有熱量產生而發出的微量紅外線，從而實現“熱定位”。美國導彈專家由此產生聯想——若用電子器件製造出和響尾蛇的生物紅外感受器類似的“電子紅外感受器”，用於接受飛行中的飛機因發動機運轉發熱而輻射的紅外線，豈不可以通過這種“熱定位”來實現對目標的自動跟蹤。所謂紅外跟蹤響尾蛇導彈就是在這種“聯想”的基礎上設計出來的。

事例 3：圓錐切割理論的建立

在形象思維中，靈感或頓悟不僅可以象上面兩個例子中那樣通過聯想或想象來產生，還可通過對客體表象進行分析、綜合、抽象和概括來實現。圓錐切割理論的建立過程就是一個很好的範例。早在亞里士多德時代，人們就已經有關於圓、橢圓和雙曲線的幾何概念，但那時侯，這些概念是彼此孤立、互不相關的。開普勒（Kepler）、狄薩爾蓋斯（Desargues）和龐斯萊特（Poncelet）等人通過對圓錐切割所形成的各種截面形狀（客體表像）進行“分析、綜合”的結果發現，這些截面形狀只有三種類型：圓、橢圓和雙曲線；在此基礎上進一步“抽象、概括”就得到三種表像共同的本質特徵——都是由圓錐體切割而成，區別只在於切割方式的不同（水平切割爲圓，垂直切割爲雙曲線，斜向切割爲橢圓）。這樣就把原本互不相關的三種幾何圖形通過圓錐切割理論聯繫在一起，成爲具有嚴密結構關係的幾何體系。

COPY

迄今爲止，在我國原國家教委統編的高等院校哲學教材和心理學教材中，占統治地位的觀點是，只有邏輯思維才能揭示事物的本質和事物之間內在聯繫的規律，因而是理性思維、高級思維，其他形式的思維（如形象思維和直覺思維）都不能揭示事物的本質和事物之間內在聯繫的規律，只能獲得對事物的感性認識，因而是非理性思維（言下之意是低級思維）。事實上，在人類的三種基本思維形式之間只有思維材料和思維加工手段、方法的不同，而沒有高低級之分。而且從探索新事物的本質、規律即從創造性活動考慮，形象思維和直覺思維由於具有整體性、跳躍性（而不是象邏輯思維那樣具有直線性、順序性）所以往往比邏輯思維更適合於探索和創新的需求。事實上，創造性活動中的關鍵性突破（即靈感或頓悟的形成）主要靠形象思維（尤其是創造想象）或直覺思維，而不是靠邏輯思維。

環節 4：重視邏輯思維的培養

邏輯思維本身雖然不大可能象形象思維與直覺思維那樣直接形成靈感或頓悟。但是，時間邏輯思維又是創造性思維過程中的一個不可缺少的要素，這是因爲，不論是形象思維還是直覺思維，其創造性目標的最終實現都離不開時間邏輯思維的指引、調節與控制的作用。

例如上面提到的“大陸漂移說”儘管是起源於對世界地圖的觀察與想象，但是在 20 世紀初期曾進行過這類觀察和想象的並非只有德國的魏格納一個人，當時美國的泰勒和貝克也曾有過同樣的觀察和想象，並且也萌發過大陸可能漂移的想法，但是最終未能象魏格納那樣形成完整的學說。其原因就在於，這種新觀點提出後，曾遭到傳統“固定論”者（認爲海陸相對位置固定的學者）的強烈反對。泰勒和貝克等人由於缺乏基於邏輯分析的堅定信念的支援，不敢繼續朝此方向進行探索，所以最終仍停留在原來的想象水平上。只有魏格納（他原來是氣象學家）利用氣象學的知識對古氣候和古冰川的現象進行邏輯分析後，所得結論使其仍堅持原來的想象，並在這種分析結論的指引與調控下，對大洋兩側的地質構造及古生物化石作了深入的調研，終於在 1915 年發表了著名的《大陸和海洋的起源》一書，以大量的證據提出了完整的“大陸漂移說”。

又如阿基米德在盆浴時發現水面上升與他身體侵入部分體積之間的內隱關係，固然是由於直覺思維（把握事物之間的關係）而產生的頓悟，但是這種頓悟並非憑空而來的。誠如第三章第五節所指出的，這是因爲阿基米德事先通過邏輯分析、推理知道，如果是純金的皇冠，由於其密度已知，在體積一定的條件下其重量很容易計算出來，再與皇冠實際測量出的重量相比較，即可確定皇冠是否用純金製成。換句話說，只要能測量出其體積就能計算其重量，也就能據此判定是否摻有雜質，於是問題的關鍵就轉化爲如何測量皇冠的不規則體積。正是在這一邏輯思維結論的指引下，阿基米德才能把自己直覺思維的焦點指向與皇冠體積測量相關聯的事物，才有可能在盆浴過程中發生頓悟。而在此之前，儘管阿基米德也曾在千百次盆浴中看到過同樣的現象，卻從未能發生類似的頓悟，就是由於缺乏上述邏輯思維指引的緣故。

COPY

以上事實表明，邏輯思維雖然不能直接產生靈感或頓悟（靈感或頓悟總是來自形象思維或直覺思維），但是對創造性目標的實現卻有指引和調控作用，離開邏輯思維的這種作用，光靠形象思維和直覺思維，創造性活動是不可能完成的。泰勒和貝克等人雖然曾和魏格納有過同樣的觀察和想象（即有過同樣的靈感或頓悟），但最終仍停留在原來的想象水平，不能實現理論上的創新，其原因蓋出於此。

環節 5：重視辨證思維的培養

辨證思維是指能運用唯物辨證觀點來觀察、分析事物——尊重客觀規律，重視調查研究，一切從實際出發，實事求是；能用對立統一觀點看問題，既要看到事物之間的對立，也要看到事物之間的統一和在一定條件下事物之間的相互轉化，既要看到事物的正面，也要看到反面，能從有利因素中看到不利因素，也能從不利因素中看到有利因素。總之，是兩點論不是一點論。

在我國古代的優秀文化遺產中，運用辨證思維的例子可謂比比皆是，有些已經家喻戶曉、深入人心。比如“庖丁解牛”、“曹劌論戰”、“曹沖稱象”、“鄒忌諷齊王納諫”以及劉禹錫的詩……等等，都包含深刻的辯證邏輯思維。其中

絕大部分都已編入中小學的語文或歷史教材中，如能很好地運用這些教材，將會對我國青少年創造性思維能力的培養發揮不可估量的重要作用。就拿“曹沖稱象”來說，就是對青少年進行辨證思維能力培養的極好範例。

“曹沖稱象”的故事大家都很熟悉。故事的梗概是，有一天曹操得到一頭大象，曹操想稱一下這個龐然大物到底有多重，問他手下大臣有甚麼辦法（在大約 1800 年前的三國時代，這還是很大的難題）。一位大臣說，可以砍倒一棵大樹來製作一杆大秤，曹操搖搖頭——即使能造出可以承受大象重量的大秤，誰能把他提起來呢？另一位大臣說，把大象宰了，切成一塊塊，就很容易稱出來了。曹操更不同意了——他希望看到的是活著的大象。這時候年方七歲的小曹沖出了好主意：把大象牽到船上，記下船邊的吃水線，再把象牽下船，換成石塊裝上去，等石塊裝船達到同一吃水線時再把石塊卸下來，分別稱出石塊的重量再加起來，就得到了大象的重量。

曹沖在七歲時是否真有這樣的智慧，難以考證（或許是故事作者的智慧），也並不重要。重要的是這個故事中所包含的辯證邏輯思維：能從錯誤意見中吸納合理的因素。第一位大臣出的主意看似不切實際，因爲沒有人能提起如此重的大秤，但是它卻包含著一個合理的因素——需要有能承受住大象重量的大秤才能解決問題；第二位大臣的主意更是荒謬，怎麼能把活生生的一頭大象拉去宰了呢？！但是在這個看似荒謬的意見中卻包含著一個非常可貴的思想——化整爲零。曹沖正是吸納了兩位元大臣錯誤意見中的合理因素——設法找一個能承受大象重量又不用人手去提的大秤，根據日常的生活經驗，船正好能滿足這種要求；然後他又想到利用石塊代替大象可以實現“化整爲零”。正是這種辨證思維加上生活經驗積累和敏銳的觀察，使曹沖創造性地解決了他所處時代一般人所不能解決的難題。

copy

由於辨證思維是從哲學高度爲創造性思維活動提供解決問題的思路與策略，所以它不僅在創造性思維活動的關鍵性突破這一環節中有至關重要的意義，而且在整個創造性思維過程中都有不容忽視的指導作用。例如，在創造性思維的起始階段，如前所述，要靠發散思維起目標定向作用，以便解決思維的方向性問題。發散思維之所以能給基本思維過程指引正確方向，是依靠三條指導方針：同中求異、正向求反、多向輻射。不難看出，這三條指導方針的每一條無一不閃耀著對立統一思想的光輝（同—異、正—反皆是矛盾的兩個側面，而“多向輻射”則與集中思維的“單向會聚”構成對立統一關係），是辨證思維的具體體現。所以，發散思維實際上也可看成是辨證思維在創造性思維起始階段的另一種表示形式。

至於形象思維、直覺思維和時間邏輯思維，由於它們都是人類的基本思維形式，當然不可能象發散思維那樣；在實質上等同於辨證思維。不過，思維的目的既然是要對事物的本質屬性或事物之間的內在聯繫規律（即事物之間的空間結構關係）作出概括的反映，就有一個如何才能更有效地作出這種反映的問

題。眾所周知，唯物辯證法作爲馬克思主義哲學的宇宙觀、方法論，是使人類思維具有全面性、深刻性和洞察力的根本保證。因此，在整個思維過程中只有運用唯物辨證觀點作指導，才有可能使人類的基本思維形式（不管是哪一種形式）最有效地滿足上述思維目的的要求。

總之，我們應當把辨證思維貫穿到整個創造性思維過程中去，這樣才能使我們的思維內容和思維成果更全面、更深刻和更具洞察力，也才有可能真正實現創造性突破。

三、現代教育技術對培養創造性思維的重要意義

1. 現代教育技術的最新理論基礎——建構主義是對上述五個環節（尤其是環節1）的有力支援

現代教育技術，通俗地說就是指以電腦爲基礎的資訊技術在教育、教學中的應用。自九十年代以來，隨著多媒體和電腦網路應用的日益普及（特別是 Internet 的迅猛發展），作爲現代教育技術最新理論基礎的建構主義正在國際上迅速流行。建構主義認爲，知識不是通過教師講授得到的，而是學習者在一定的情境即社會文化背景下，借助其他人（包括教師和學習夥伴）的幫助，充分利用各種學習資源（包括文字教材、音像資料、多媒體課件、軟體工具以及從 Internet 上獲取的各種教學資訊等等），通過意義建構而獲得。由於學習是在一定的情境下借助其他人的幫助即通過人際間的協作活動而實現的意義建構過程，因此建構主義學習理論認爲“情境創設”、“協作學習”、“會話交流”是學習環境的基本要素。

COPY

建構主義提倡在教師指導下的、以學習者爲中心的學習，也就是說，既重視學習者的認知主體作用，又不忽視教師的指導作用，教師是意義建構的幫助者、促進者，而不是知識的傳授者與灌輸者。學生是資訊加工的主體、是意義的主動建構者，而不是外部刺激的被動接受器。建構主義強調學生自主學習、自主發現、自主探索，在老師幫助下，主動建構知識的意義，反對教師對學生的單向灌輸，反對迷信書本、迷信權威；因而基於建構主義的新型教學模式最有利於培養發散思維、求異思維、逆向思維，所以是對“環節 1”的強有力的支援。

除此以外，由於建構主義主張充分利用各種學習資源（包括軟體工具、課件開發平臺、多媒體課件以及從 Internet 上獲取資訊），並強調“情境創設”、“協作學習”的學習環境和“發現式”、“探索式”學習策略，所以又是對環節 2、環節 3 和環節 5 的有力支援。

2. 基於電腦的課件開發平台可以對環節 2 提供有力支援

“環節 2”是強調直覺思維的培養。如上所述，直覺思維有三個基本特徵，

其中最重要、最本質的特徵是第 2 個——“要善於把握事物之間的關係，而不考慮事物的具體屬性”。基於電腦的課件開發平台在這方面可以發揮重要作用。目前已有一些較好的課件開發平台，“幾何畫板”就是其中較突出的一個。

“幾何畫板”是人民教育出版社和全國中小學電腦教育研究中心（以下簡稱“中心”）於 1995 年聯合從國外引進的工具平臺類優秀教學軟體。該軟體功能強大，其最大特點是能方便地用動態方式表現物件之間的空間結構關係，是實現直覺思維與邏輯思維相結合訓練（簡稱 Z-L 訓練）的理想工具。教師利用該工具平台既可根據自己的教學需要編制與開發課件，又可便於學生進行主動探索。自 93 年“中心”推出幾何畫板的漢化版以來，很快受到數學教師的歡迎，經過“中心”近幾年舉辦多期有關幾何畫板的應用培訓班及部分學校的積極試驗，目前運用幾何畫板進行數學教學革新的思想已開始爲教師們所接受，並已逐漸在全國不少中學的教學中應用和推廣。

由於幾何畫板既能創設情境又能讓學生主動參與，所以能有效地激發學生的學習興趣，使抽象、枯燥的數學概念變得直觀、形象，使學生從害怕、厭惡數學變成對數學喜愛和樂意學。讓學生通過做“數學實驗”去主動發現、主動探索，真正實現了直覺思維與時間邏輯思維的結合，不僅使學生的邏輯思維能力、空間想象能力和數學運算能力都得到很好的訓練，而且還有效地培養了發散思維能力，從而使學生的創造性思維得到了較好的發展。爲了瞭解如何運用幾何畫板來進行 Z-L 訓練，我們來看下面兩個例子。

copy

[示例 1]：運用幾何畫板講授抽象數學概念[5]

北京知春里中學杜利平老師對“軸對稱”概念的講授是這樣進行的：杜老師先利用幾何畫板製作了一隻會飛的花蝴蝶，這只蝴蝶剛一“飛”上螢幕，立刻就吸引了全體同學的注意，一些平時不愛上數學課的學生這時也活躍起來。同學們根據蝴蝶的兩隻翅膀在運動中不斷重合的現象很快就理解了“軸對稱”的定義，並受此現象的啓發還能舉出不少軸對稱的其他實例。這時再在螢幕上顯示出成軸對稱的兩個三角形，並利用幾何畫板的動畫和隱藏功能，時而讓兩個對稱的三角形動起來，使之出現不同情況的對稱圖形（例如圖形在對稱軸兩側、兩圖形交叉或是對稱點在軸上等）；時而隱去或顯示一些線段及延長線。在這種形象化的情境教學中，學生們一點不覺得枯燥，相反在老師的指導和啓發下他們始終興趣盎然地在認真觀察、主動思考，並逐一找出了對稱點與對稱軸之間、對稱線段與對稱軸之間的關係，在此基礎上學生們很自然地就發現了軸對稱的三個基本性質並理解了相應的定理，從而既實現了直覺思維與邏輯思維的有機結合，又實現了對知識意義的主動建構。

[示例 2]：運用幾何畫板做“數學實驗” [5]

幾何畫板可以爲做“數學實驗”提供理想的環境。用畫板幾分鐘就能實現動畫效果，還能動態測量線段的長度和角的大小，通過拖動滑鼠可輕而易舉地改變圖形的形狀，因此完全可以利用畫板讓學生作數學實驗。這樣，就可用新型教

學模式取代主要靠教師講授、板書的灌輸式教學模式。由於教學過程主要是讓學生自己做實驗，所以教師在備課時考慮的主要不是講甚麼、怎樣講，而是如何創設符合教學內容要求的情境，如何指導學生做實驗，如何組織學生進行協作學習和交流……。這樣，教師就要由課堂的主宰、知識的灌輸者轉變爲教學活動的組織者、學習情境的創設者、學生實驗過程的指導者和意義建構的幫助者。在以往的數學教學中，往往只強調“定理證明”這一個教學環節（邏輯思維過程），而不太考慮學生們直接的感性經驗和直覺思維，致使學生難以理解幾何的概念與幾何的邏輯。幾何畫板則可以幫助學生從動態中去觀察、探索和發現物件之間的數量變化關係與空間結構關係，因而能充當數學實驗中的有效工具，使學生通過電腦從“聽數學”轉變爲“做數學”。例如，爲了讓學生較深刻地理解兩個直角三角形全等的條件，可以讓學生利用幾何畫板做一次這樣的數學實驗：在該實驗中，學生可通過任意改變線段的長短和通過滑鼠拖動端點來觀察兩個三角形的形態變化，學生從中可以直觀而自然地概括出直角三角形全等的判定公理，並不需要由教師像傳統教學中那樣作滔滔不絕的講解，而學生對該定理的理解與掌握反而比傳統教學要深刻得多。

3. 優秀的多媒體課件可以對環節 3 提供有力支援

“環節 3”強調形象思維的培養。形象思維的基礎是觀察能力、聯想能力和想象能力（包括再造想象和創造想象），在這方面多媒體課件有其得天獨厚的優勢，這類實例俯拾皆是，並已成爲人們的共識，無須贅述。

COPY

4. 基於電腦網路的“協作式學習”和“發現式學習”可以對環節 5 和環節 1 提供有力的支援

“環節 5”和“環節 1”分別強調對辨證思維和發散思維的培養。

“協作式學習”是網路教學的最重要特點、也是最重要優點之一；協作式學習提倡討論、交流，學術民主，鼓勵自由發揮、自由想象，因此能集思廣益，便於多種不同觀點的碰撞與交流，能在較短時間內使同一小組（或同一班級）的每一位學生都對同一複雜問題，獲得多方面的（正、反兩方面及其他方面）較深入的認識，這對於瞭解事物的複雜性和培養辨證思維、發散思維，無疑大有好處，（除此以外，協作學習還能和諧人際關係，並有效地培養學生爲同一目標而團結共事的合作精神）。

“發現式學習”，強調通過網路這一豐富的資源庫來自主學習、自主探索、自主發現，這不僅有利於發散思維、求異思維的培養，對於瞭解事物的多面性、複雜性以及事物之間的辨證關係，即培養辨證思維也非常有好處。

5. 教師指導（或主導）作用的發揮可以爲環節 4 提供有力支援

“環節 4 是強調邏輯思維的培養”。如上所述，建構主義提倡在教師指導下

的、以學生爲中心的學習，而教師指導（或主導）作用的發揮對於培養學生的邏輯思維能力是特別重要的。事實上，教師指導（或主導）作用的發揮主要是通過“言傳身教”進行，而“言傳”（用語言文字表達）本身就離不開邏輯思維，這是因爲語言和邏輯思維密切相關(邏輯思維的材料就是基於言語的概念)，教師所說的每一句話都是在向學生進行邏輯思維的示範。所以，不論任何學科、任何教學內容，只要涉及教師的指導（或主導）作用就都離不開邏輯思維。以語文教學爲例，教師往往通過“增加表像積累”、“培養觀察能力”、“發展想象能力”等環節來培養學生的形象思維。這本來是形象思維的培訓過程，表面看似乎與邏輯思維無關，其實不然，例如在 “增加表像積累”環節中，教師往往要通過提供必要的背景材料和示範朗讀來幫助學生增加表像的積累，而通過條理清楚、論據確鑿的文檔所提供的“背景材料”，以及有感情地朗讀的“課文”本身，都是邏輯思維的成果，而且是較優秀的、有一定代表性的成果，所以教師在運用背景材料和朗讀課文的過程中，既豐富了學生的表象，也是在向學生示範應當如何進行正確的邏輯思維。又如，在“觀察方法的培養”環節中，教師強調應抓住事物的重點和主要特徵來觀察，但是，甚麼是重點和主要特徵，通常並不是由形象思維來確定，而是要依靠邏輯分析，所以確定重點和主要特徵的過程也是教師對學生進行邏輯思維訓練的過程。至於“發展想象能力”的訓練（它通常包含“激發情感”、“看圖想象”、“情節補充”、“自編童話”和“想象未來”等多種訓練方式），那與邏輯思維的關係就更加密切了——除了“激發情感”主要是形象思維以外，其餘象“看圖想象”、“情節補充”、“自編童話”和“想象未來”等訓練方法，由於都涉及語言文字表達過程，而要能夠把想象結果生動、流暢地表述出來（或是將童話故事編出來，或是將情節補充出來，或是把未來的美好憧憬描繪出來），都需要經過邏輯思維的深思熟慮才有可能（如主題的提煉，素材的選取，以及佈局謀篇和詞語斟酌等等無一不依靠邏輯思維）。所以上述“發展想象能力”的形象思維培養過程，同時也是教師對學生進行嚴密的邏輯思維能力的訓練過程。

以形象思維內容爲主的教學過程中，在教師起指導（或主導）作用的條件下尚且與邏輯思維的訓練密切相關，如果是以邏輯思維內容爲主的教學過程就更可想而知了。由此可見，教師指導（或主導）作用的發揮確實可以對“環節 4”（即邏輯思維能力的培養）提供最有力的支援。

COPY

參考文獻

1. 錢學森，開展思維科學的研究，全國首屆思維科學討論會上的發言，1984 年 8 月。

2. 溫寒江、連瑞慶主編，開發右腦——發展形象思維的理論和實踐，浙江教育出版社，1997 年 12 月。

3. 何克抗著，創造性思維理論——DC 模型的建構與論證，北京師範大學出版社，2000 年 3 月。

4. 惠永正主編，現代科學技術基礎知識（2），上海教育出版社，1994 年 3 月。

5. 全國中小學電腦教育研究中心和北京天科冀公司聯合編寫，幾何畫板參考手冊（內部資料），1998 年 10 月（第四版）。

COPY