# 讓學習者成為會思考的實踐者—從鑑別天然與染色紫玉髓談礦物教學

Make Learners Become thinking Performers: The Mineral Teaching How to Identify Natural and Artificial Purple Chalcedony

鄭子善　國立臺灣師範大學師資培育與就業輔導處
余炳盛　國立臺北科技大學材料及資源工程系
Cheng, Tzu-Shen　Office of Teacher Education and Careers Service, National Taiwan Normal University
Yu, Bing-Sheng　Department of Materials and Mineral Resources Engineering, National Taipei University of Technology

## 一、科學知識是前人智慧的精華

長久以往，對科學知識的形成過程，科學或哲學家雖有著不同演化、革命等各種派系的解釋；但不可諱言的，人們前仆後繼的努力，造就了當代科學盛世。數千年人類智慧的累積是眾多且繁雜；但為了有效呈現在課程裡，往往過渡簡化詳實的歷程與內容。這樣極簡的課文呈現，雖將課程內容造就為理想國的科學原則，但卻也常偏離生活知識的真實性。

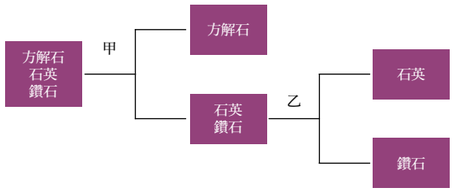
當制式教育的課程內容與真實生活有距離時，便容易被學習者視為是枯燥、棘手、艱澀的教育內容；以「岩石與礦物」的學習為例，略看中小學課程內容，或許可發現一二。

例一：花崗岩裡的礦物，白色是石英、粉色是長石、黑色是雲母。

例二：

| 礦物 | 顏色 | 硬度 | 化學性質測試 |
|---|---|---|---|
| 石英 | 皆無色透明 | 鐵釘無法留下刻痕 | 不與鹽酸發生反應 |
| 方解石 | | 鐵釘在方解石留下刻痕 | 與鹽酸發生反應 |

例三：在鑑別石英、方解石和鑽石的過程中採取了甲、乙兩種方法，如下圖。請問甲、乙二法分別為？解答：甲為滴酸反應，乙為硬度大小。




這些存在你我從小到大課本裡的內容，便有許多與真實性有所差距。例如：真實世界裡的花崗岩並非只是含「白色石英、粉色長石、黑色雲母」這些種類的礦物，而長石也並不一定是粉色的。此外，石英家族與方解石也並非全是「無色透明」。

例三同樣也存在一些問題。諸如，單從硬度測試即可區隔此三種礦物，不需採用其它另外的方法。再者，滴鹽酸或硬度測試均屬破壞性實驗，對大眾而言，拿媽媽結婚的鑽石戒指進行酸測或刮磨，是不可能的。甚至，現實生活裡，普羅大眾根本難有機會取得這三種樣本來進行比較；倘若真能取得，因為鑽石單價太高、光澤太亮等特徵，單從樣本體積或者光澤即可判別區分。

## 二、真實性學習情境的欠缺

在基礎教育裡，這些目的或許只為傳遞「摩氏硬度」、「條痕」、「碳酸鈣的滴酸反應」概念，但是許多過度理想與簡化的烏托邦式假想，卻經常夾雜在課程與評量間；就像是尚未出現建構主義前的死背九九乘法年代，也如同訓練精熟學習的行為主義。使得過渡簡化的單元內容與大眾的真實生活就像是難以交集的平行線，學生學習的知識便難與生活結合。

教育學者杜威認為「教育即生活」它應以兒童為中心，並強調個人與社會的調和。當其與真實生活脫節，學習無法被應用，學習便無樂趣，也毫無意義可言。在科學教育的「岩石與礦物」領域，如何教、如何學，甚至是如何設計課程，一直是仍待加強的領域；而這當中，真實性情境的落實絕對是重要的一環。

但要適切設計這單元的課程，有多難？真心話，真的很難！倘若還要學習的內容落實於真實情境中，更是難上加難！除了正確的科學概念陳述與表達，更多學科能力概念的集結，才能拼湊、還原它們於生活中無處不在的樣貌。

### (一)告知侷限的必要性

要陳述與表達正確的科學概念，必須盡可能的讓學習者認識真實情境裡，它們是如何呈現？例如：礦物雖有特定的顏色可用來辨認，但每一種礦物可能有不同的顏色；條痕雖可比較硬度及觀察礦物粉末的顏色，但卻是一種破壞性實驗；摩氏硬度為一種「比較硬度」，它與「絕對硬度」是有差異，以及它亦屬破壞性測試等等。當理解學習到的概念是具有侷限性時，學習的廣度便開始拓展。

### (二)拓展學習的廣度與多元性

當習得的概念出現侷限時，學習開始面臨挑戰。如同皮亞傑認知發展理論的「調適」(accommodation)論點，當原有的心智基模意識到模無法解釋的衝突挑戰時，個體會自動的尋求改變以獲得新知識。新知識可透過資料蒐集、文獻探討等獲得，藉此，學習者將能理解該岩石或礦物的身份特徵；甚至，意會科學課程設計者背後的真正用意與更上位的概念。

諸如「摩氏硬度」、「條痕」、「碳酸鈣的滴酸反應」等所傳達的上位概念可能是「礦物均具獨特的物理與化學性質」。依此，學習者會將原有的認知，拓展到礦物的物理特質尚有晶格結構、比重、斷口、解理、光澤、導電、導熱等；以及化學性質尚有酸鹼反應、加熱的脫水反應等面向。

### (三)實地學習的重要性

接著，大量比對習得的特徵資料與正確實物，是這個單元學習最令人興奮處。然而，真實生活裡的礦物擁有太多的未知樣貌，再加上礦產資源有限，土地密集開發等問題，造成制式教育的有限資源難以涵蓋合適的礦物標本。因此，藉由實地訪查、探勘，以及，參訪各種非制式教育機構，像是博物館、科教館等，能為身處水泥叢林的民眾，對它們建立正確的意象。

即便如此，大量正確的實物觀察或實作，建構出正確的科學概念，仍屬於一種課程模擬生活的「接近式」真實。學習者能應用所學，解決生活問題，才是「生活即課程」，才是「真實性」的真實。

## 三、真實性的真實

### (一)從身邊的個案開始

真實生活裡，岩石或礦物加工品、人為加工飾品、建築材料等衍生的選擇、健康、道德等問題，都是大眾隨時會面臨的問題。以下即例舉某消費者購買染色優化的紫玉髓仿品實例作為個案。

## *for example*

朋友選購了一只美麗的紫玉鐲。這只鐲近乎無暇且遠低於市價許多，因此，她很開心的花錢買下。可是，每次戴上就出現皮膚過敏、潰爛的狀況。於是，她與筆者討論，這紫色的石頭到底是什麼？又為何會造成受傷情形？(圖1)

圖1 圖中的紫色鐲為染色優化紫玉髓仿品，每當該消費者配戴它後，手腕的皮膚配戴處即呈現一圈紅腫、過敏的情形

當消費者對自己開始提問時，首要任務就是充實對該物品的背景知識。經由書籍或期刊資料，以及商家提供的商品販售資訊，均是增加背景知識的好方法。

### (二)生活即課程，社會即學校

經由資料蒐集，學習者便能歸納出：紫玉鐲是指紫色玉髓所製成的手鐲，而玉髓瑪瑙類礦物的化學成分主要為二氧化矽($SiO_2$)，歸屬隱晶質類石英家族，硬度7，比重約2.6，透明至不透明，玻璃光澤，有條帶狀紋路被稱為「瑪瑙」，無條帶紋路的被稱為「玉髓」；它們的顏色眾多，有白、黃、紅、紫、藍、綠等。像臺灣最著名的是藍色玉髓，便有著「臺灣藍寶」的美譽。

玉髓的形成，主因火山活動後期，二氧化矽溶液沿著各種裂隙充填而成，故多為不規則塊狀或零散脈狀的沉積礦床(圖2)。瑪瑙則是受到火山岩礦(volcanic host)裡的氣孔(vesiodation)影響而成；當二氧化矽溶液沿著氣孔的洞壁一層層的沉澱，即造

圖2 中國遼寧的紫玉髓原礦產於不規則塊狀或脈狀的沉積礦床，挖掘過程容易造成原礦缺損，共生礦與包裹體繁多，故加工成品率較低



成具多變的環狀條帶瑪瑙。瑪瑙原礦常為完整的球狀、卵狀(圖3)，但亦有少數脈狀。前述二類礦脈的形成機制不同，因此，要獲得完整無暇的玉髓，再將其加工為完整的商品，難度遠較瑪瑙高出許多。

圖3 巴西瑪瑙原礦產量豐富，且多為完整的球狀體，加工成品率較高

十幾年前，迷人的紫玉髓開始出現在市場，其產地以印尼(圖4、圖5)、中國(圖6)等最具盛名，並於近年在研究文獻裡被正式研究與報導。然而，在高利益的驅使下，其染色仿品因應而生，甚至部分已衍生消費者健康的問題。最常用來仿冒紫玉髓的礦物，是產量豐盛帶淺紫色調的巴西灰瑪瑙。加工業者會把灰瑪瑙進行加溫或染色，製成具濃紫色、高淨度的「紫玉髓」。這些方法雖能增強紫色，但許多均無法恆久。

圖4 印尼紫玉髓夾雜白色的包裹體，往往需耗費許多原礦方能製成一只完整鐲

### (三)問題解決是最真的真實

透過上述資料歸納與生活結合，學習者能真正認識石英家族的特徵，更進一步獲知，紫玉髓真品與染色瑪瑙進行顏色、硬度、比重的變項考驗時，完全是無法分辨的。因此，除了透過更多的文獻資料或其它方法，像是求教與染劑相關的行業，例如：化工材料行、染髮業、指甲彩繪業、刺青業者、皮膚科醫生、研究機構等，都可能會有意想不到的資訊或答案。

最後，綜合資料，學習者將知道，經由「放大觀察」、「擦拭法」、「褪色觀察」等方法，可能可以辨識染色瑪瑙。例如：「放大」觀察天然紫玉髓多數具天

圖5 印尼紫玉髓鐲要排除明顯包裹體後，製成淨度高的一只完美無瑕的鐲，是數十年難得一見的

圖6 世界各國的紫玉髓顏色各有千秋。第二排左一的紫色十分濃郁者，產地為中國遼寧，常被業界冠以「葡萄紫」的美稱

然包裹體(圖7)，仿品則多半淨度高且有染劑堆積於表面；經由丙酮「擦拭」仿品(圖8)，仿品會有染劑溶出的跡象；以及長時間會有褪色的現象等，都是可能的解決之道(圖9)。

## 四、實踐性的真實

生活中的科學無所不在，礦物的學習亦是。當學習與「真實性」結合時，即從社會的角度，運用科學去解決問題。生活中面臨的問題會不斷的推陳出新，因為變化就是真實的本質，課程條列的概念絕對難以涵蓋。

當學習者思索難以預期、掌控的問題，知識開始融會貫通並無比延伸；或許，遭逢的新問題不一定能有效解決，還可能衍生更多的問題；但就因為這種變動的特質，讓學習充滿好奇、挑戰與無比樂趣。也因這種歷程的堆疊，更能促使學習者更進一步地去親近科學，以及強化對科學的志趣與信念。

美學大師阿德勒曾提出二種有關「美感」的定義，一種是單憑感官而感受的令人激賞之美，另一種則是因知識而感受到的令人愉悅之美。一沙一世界！

圖7 天然紫玉髓鐲具有的包裹體，對淨度完美要求者視為瑕疵，但對某些喜好者而言，則宛如佈滿銀河與星辰的小宇宙



每顆石頭都值得我們真心對待；這並非為了虛榮炫富，而是想真正認識它、享受它！

完美無瑕的紫玉髓飾品也許令人驚艷與追捧；但認識其地質形成過程的故事、理解加工成品的難度、目睹染劑對健康造成的危害，以及，了解中華玉文化肩負的傳承意涵後，學習者會如何選擇合適的飾品？即使受傷仍堅持愛美嗎？或者，觀察到自然萬物遺留的殘缺與不完美，更感佩造物者的神奇？又或者，會傾向珍惜、保護與探索自然呢？

如同，詢問人「喜歡繽紛美麗且耐酸的花崗岩所蓋的高樓大廈，還是矮破、颱風一吹就倒的土角厝？」或許有人會告訴你，他喜歡後者，因為它是先民們共同用蚵殼、石灰等天然資源，就地取材所堆砌的傳統建築文化；因為它涉及外地人出外打拼的鄉愁—是老母親坐在牆角摸著他的頭，叮嚀著要好好照顧身體的無盡思念等。這就是感官構築的俗世之美，以及心智動容的知識之美的不同。

當不同的感知涉及知識、美感、文化等多元體驗與衝擊，學習的最終結果會被強化，並漸漸形塑成一種實踐的態度。實踐是最重要的，它是種無比巨大的推力，引領著社會往前走。教育社會學家白格曼便指出：教育是促進個人適應社會，並傳遞社會文化的歷程；教育的本質在培養學習者的社會意識，希望大眾共同追求社會公益。當學習「礦物與岩石」，傳達不僅是科學概念，還能傳承文化、激發社會正確的道德價值觀、鼓勵對自然資源的珍惜，以及，實踐維持永續生態的承諾，那就極盡完美了！

圖9 三只染色仿品經過不同時間觀察，會呈現出不同程度的褪色反應

圖8 部分染色仿品經丙酮擦拭後，會在棉棒上留下紫色的染劑

參考文獻

李珍。1997。瑪瑙的結構特徵與改色。珠寶科技，9(3) : 29-30。

蘇琳、范建良、郭守國。2008。紫色玉髓的礦物學特徵及其呈色機理研究。礦物保護與利用，5: 21-26。

Adler, M. J. 1997. Six great ideas. 256pp. Simon and Schuster.

Dewey, J. 2004. Democracy and education. 358pp. Courier Corporation.

Hroncová, J. 2005. A history and present situation of social pedagogy. pp. 27-34. The New Educational Review.

Huitt, W., & Hummel, J. 2003. Piaget's theory of cognitive development. Educational psychology interactive, 3(2):1-5.

McClure, S. F., Kane, R. E., & Sturman, N. 2010. Gemstone enhancement and its detection in the 2000s. Gems & Gemology, 46(3):218-240.

Shen, A. 2009. Natural-Colored Chrome Chalcedony Identified Using Laser Ablation–Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometry (LA-ICP-MS). GIA Journal.