

利用詭論作為地科教學 策略之舉例

李春生

國立臺灣師範大學地球科學系

一、前言

地球科學教材內容中有一些似是而非、或似非而是，看起來頗為矛盾的例子，如果將它們應用到教學上，很能引發學生們之興趣。起初也許是困惑，後來將轉變成為熱烈求解，故能收到良好的教學效果，是一種值得提倡的教學策略。現不妨舉幾個詭論（PARADOX）或稱矛盾術的實例，加以說明。

二、實例

（一）例一：79 學年度北區高級中學地球科學能力競賽，地質部份之試題曾設計成為如下格式：

1. 實驗時間：40 分鐘。

2. 實驗目的：

（1）製造“板塊”。

（2）探討“板塊”間，相互運動的受力情形。

3. 實驗器材：

（1）撲克牌半副。

（2）30 公分長之尺乙把、蠟燭乙根、火柴乙盒、舊報紙乙張。

4. 實驗步驟：

實驗（一）

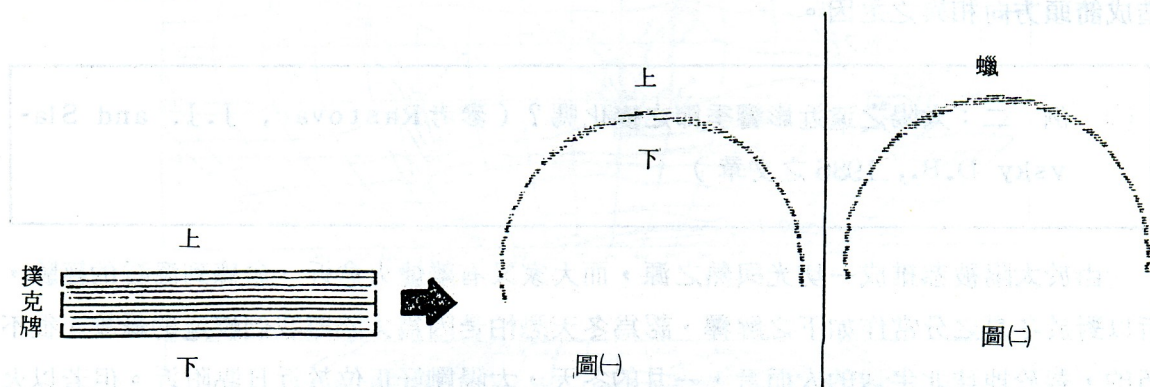
（1）以大拇指及其餘四指分握半副撲克牌之二邊，擠壓後使牌向上鼓起（形成背斜構造）。觀察牌之上、下相對運動情形，並記錄在圖（一）上。

實驗(一)

- (1) 攤開舊報紙平鋪於桌面，量尺置於其上。
- (2) 點燃蠟燭，與尺保持適當距離，將燒熱熔融之蠟液傾倒至尺的中央部份，在大致塗滿尺上標記 10 ~ 20 公分範圍後，吹熄蠟燭（不必計較蠟之厚薄不一，但務必小心火燭）。
- (3) 保持有蠟的一面朝上，用二手分握尺之兩端，使尺向上鼓起但不要折斷尺。維持此一態勢，直到蠟面上產生裂隙為止。將尺輕置舊報紙上，記錄裂隙產生大概耗時多久。
- (4) 觀察蠟面上裂隙之排列方向，並記錄在圖(三)上。
- (5) 依裂隙排列之方向，可以推測裂隙是受到什麼力量產生的？（在圖(二)“蠟”字之兩旁以 $\longleftrightarrow$ 代表張力，或 $\rightarrow\leftarrow$ 代表壓力來表示之）
- (6) 比較圖(一)及圖(二)所繪的箭頭方向有無矛盾？並試作解釋？

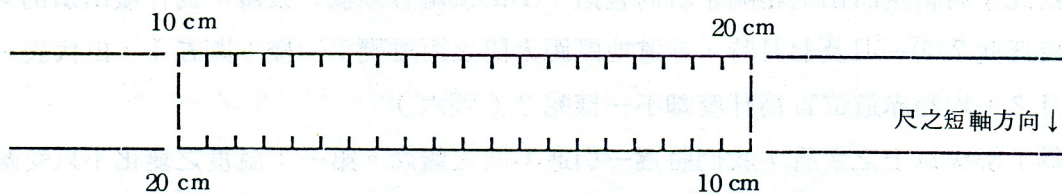
5. 實驗記錄：

實驗(一)



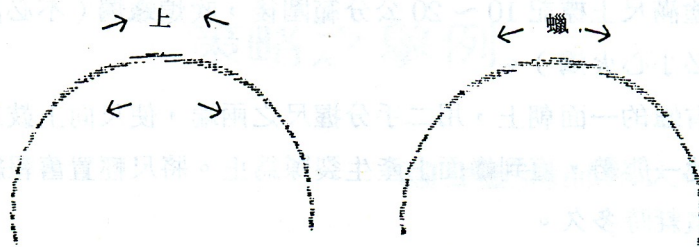
（在“上”、“下”字之兩旁以 $\longleftrightarrow$ 表示向外相對運動
以 $\rightarrow\leftarrow$ 表示向內相對運動）

實驗(二)



圖(二)

整個實驗設計之要旨，乃在製造如圖(四)之標準答案中，針對原先圖(一)“上”字及圖(二)“蠟”字左右之箭頭方向，一向內、一向外之矛盾。



圖(四)

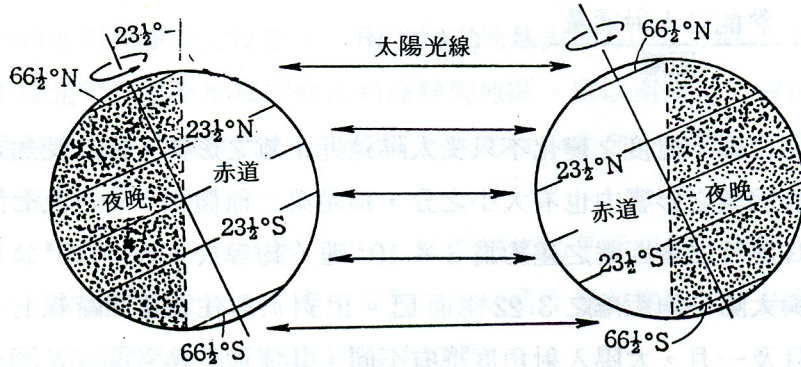
應試學生中有些對此矛盾之解釋只會怪罪於實驗一及實驗二所用的材料不同，一為撲克牌，一為蠟與尺，孰不知重點乃在撲克牌，牌與牌之間不綁在一起，所以一旦穹隆成背斜，牌與牌之間有剪動產生。反之蠟與尺之間緊密結合，當同樣是穹隆成背斜構造，蠟與尺之間並未有剪動產生。故材料之不同不重要，重要的是二者有無剪動。後者才是造成箭頭方向相異之主因。

(二) 例 二：太陽之遠近影響季節之變化嗎？（參考 Rastovac, J.J. and Slavsky D.B., 1986 之文章）

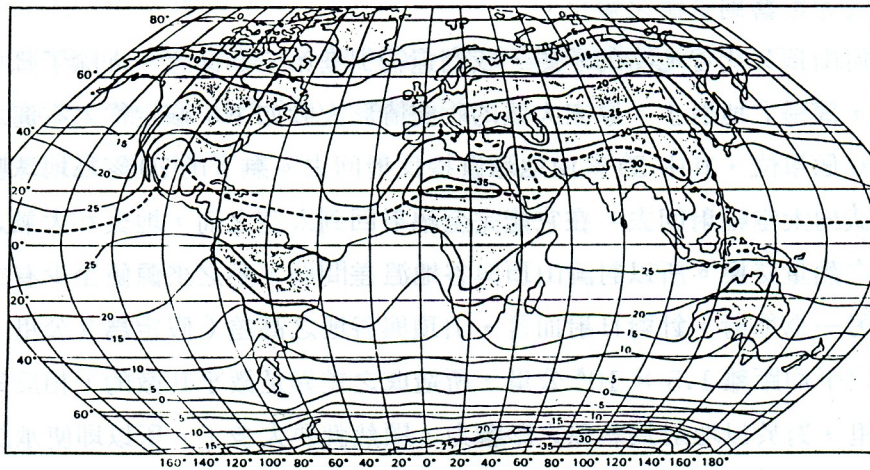
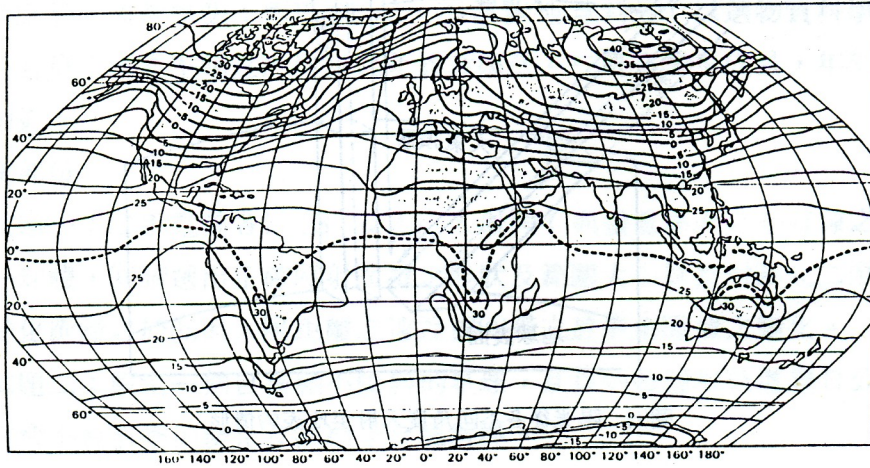
由於太陽被恭維成一切光與熱之源，而大家又有離爐火愈近、愈感到溫暖的經驗，所以對於冬夏之分常作如下之解釋，認為冬天恐怕是因為太陽離我們較遠的緣故。很不巧的，對於地球北半球的人而言，一月的冬天，太陽剛好正位於近日點附近。但若以火星比地球距離太陽遠 1.5 倍，所以它之年平均溫 -25°C ，比地球之年平均溫 15°C 低，則太陽之遠近似乎也在決定溫度之高低。那麼一下子地球氣溫高低與太陽遠近無關，一下子有關，這不又是一種矛盾嗎？

由此矛盾衍生而出的相關矛盾尚包括：(1)山頂離谷地接近太陽，為什麼山頂的氣溫反而較低呢？(2)一月及七月時，赤道地區距太陽之距離幾乎一樣（圖五），但代表一月及七月之平均熱赤道位置為什麼却不一樣呢？（圖六）

為了解決以上之矛盾，我們將逐一引進不同之觀念。第一：溫度之變化不只受離熱源之遠近影響而已。譬如溫度之變化一般與熱源距離成反比，但也與熱能之入射通量（incident energy flux）成正比。其關係式子有如式 1：



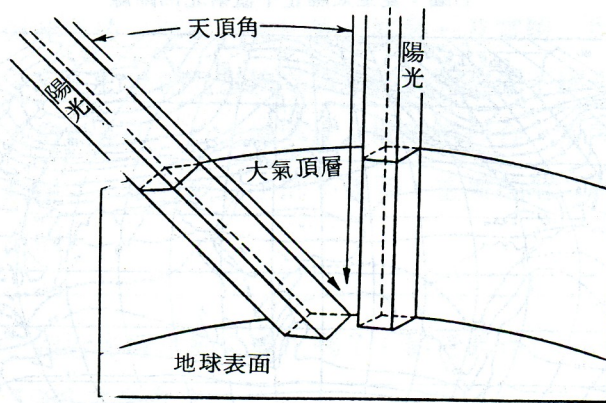
圖(五) 左圖：冬至太陽正午直射南回歸線
右圖：夏至太陽正午直射北回歸線



圖(六) 地球表面一月及七月平均氣溫分布圖(°C)，上圖：一月、下圖七月，圖中虛線表示平均熱赤道位置

$$\text{溫度} \sim \frac{\text{熱能之入射通量}}{\text{距離}} \quad (\text{式 1})$$

式 1 中已明白顯示溫度之變化不只受太陽遠近距離之影響，尚且受熱能之入射通量大小影響。但二種因素之影響力也有大小之分，這是第二種觀念。一月及七月時地球在通過近日點及遠日點時二者距離之差約為 3×10^6 哩（約等於 4.83×10^6 公里），但這種差異只佔地球與太陽平均距離之 3.22 % 而已。但對於居住在北回歸線上（ 23.5°N ）的人，由於七月及一月，太陽入射角度將有不同，其情形可參考圖五及圖七，太陽能入



圖(七) 陽光從各不同角度入射至地表的情形

射通量之差異，絕對超過 3.22 % 以上之影響力。二種因素相較之下，太陽能入射通量之變化，將大大影響到氣溫之變化。

針對為何山頂又比谷地冷的矛盾，我們還需引進第三個觀念。即除了日射外，還有地球之輻射，簡稱「地射」。原來大氣的收支情形大致如下：假定從太空進入地球系統的熱量為 100 個單位，其中 30 % 由地球直接反射回去。剩下的 70 % 為地球吸收後，將以地射的形式向太空輻射回去。在它完全輻射回到太空之前，地表和大氣之間，尚有一些再輻射之熱量交換。所以討論山頂與谷地溫差問題，熱之來源便至少有二個來源，一為日射，另一為地射。針對日射而言，山頂與谷地之高差（假定為 3 公里），相對於太陽與地球之平均距離 1.5×10^8 公里，所造成之差異是微乎其微的，相反的山頂與谷地高差 3 公里，對於以地射為熱源之影響力，顯然就要大多了。所以即使承認山頂與谷地溫差之影響因素至少有二個，尚需區分熱源到底是以日射重要，抑或以地射重要。

針對為何一月及七月之平均熱赤道不一致的矛盾，我們需引進第四個觀念，即氣溫

之變化又受到海陸分布不均勻的影響，或歸之於水之比熱大，所以海水對熱能變化反應較小，相反的陸地對熱變化之反應大。南半球之地球表面 81 % 為海水所占，加上南半球之陸地也不似北半球之陸地那樣伸入到高緯度地區，所以南半球之海流不像北半球那樣顯著，於是海水攪拌之機會就大大減少。所以海陸分布之不規則就又成了控制一月及七月平均熱赤道不一致的主因。

Rastovac 及 Slavsky (1986) 爲了驗證這樣的矛盾招術，是否的確為良好之教學策略：曾以矛盾教學法之實施與否，針對三個班級作種種實驗。三個班級之特性及實施矛盾教學法之情況與試題之設計分別描述如下：

1. 甲班 46 人，選修地球科學，輔之於矛盾教學法；乙班 32 人，選修地球科學，但不輔之於矛盾教學法；丙班 51 人，不選修地球科學（以選物質科學及生物為主之綜合班），亦不輔之於地科之矛盾教學法。三班之學生成員，年齡及學業成績很相近。
2. 試題部份
 - (1) 試題一：二手電筒各以 23° 及 45° 入射角（與垂直桌面之垂直線之夾角）照射一球體，(a)請選出正確照射面積之形狀及範圍大小以及討論此二照射面積溫度變化應歸之於(b)與太陽距離之遠近或(c)歸之於照射面積之變化。
 - (2) 試題二：假定一個自轉軸不傾斜的星球，且以一種圓形軌道繞日公轉，(a)預測它會不會有季節變化及(b)給予合理解釋。
 - (3) 試題三：(a)解釋某一地海平面之氣溫為 20°C ，但升空至 4,500 公尺高空，則氣溫降為 7°C 之理由？
 - (4) 試題四：要求一靠海、一靠內陸，但都有相同海拔之兩城市，(a)其中那一個城市氣溫之變化較劇烈？(b)理由為何？
3. 實驗結果如表 1 所示：

表一 矛盾術作為地科教學策略之實驗結果 (Rastovac 及 Slavsky, 1986)

答對情形 % 實施情形 試題號碼	實施矛盾術		不實施矛盾術	
	修地球科學		不修地球科學	
	甲班 (46) 人	乙班 (32) 人	丙班 (51) 人	
1. (a)照射面積及形狀	72	72	67	
* (b)溫度變化主因為距離	26	24	67	
* (c)溫度變化主因為面積	81	66	40	
2. (a)無季節變化	91	84	49	
(b)合理解釋	59	44	2	
3. (a)為何高空溫度反而比 谷地低	67	25	12	
4. (a)靠海之城市氣溫變化 小	89	47	29	
(b)合理解釋	74	31	12	

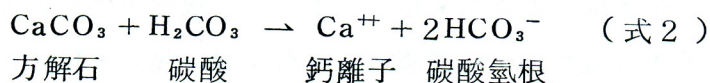
* 有複選(b)(c)者。

4. 實驗結果討論

經過 χ^2 之統計驗證，證明上述差異的確具有統計學上的意義，故充分證明實施矛盾教學法，可收到良好之教學效果，應作為一種教學策略加以應用。

(三) 例子三：北濱公路之砂岩含鈣質（碳酸鈣）較多的地層為何反較堅硬？(圖八)

由於大家認為台灣東北角北濱公路地區一向多雨，而空氣中之二氧化碳溶於水中形成碳酸，那麼碳酸鈣在弱酸之作用下易受溶解，其化學反應式如式 2：



那麼含碳酸鈣多的砂岩，理應易溶解，怎麼反而較堅硬呢？其實就像圖八之圖說那

圖(八) 北濱公路之砂岩，含鈣質（碳酸鈣）較多的地層，較為堅硬，抗風力強，而成突出的岩層；含鈣質少的地層較軟，易受風化而凹進。但含鈣質高的岩層，易受水的溶蝕而成蜂窩狀。



樣，碳酸鈣多的砂岩地層，它將砂粒聯結的更堅固，也許對抗水侵蝕能力上較弱，但對抗風能力上強。所以北濱公路之砂岩，其侵蝕營力，不只是水而已，風也是另外的一種。居然在此有風有雨狀況下，含較多碳酸鈣之砂岩地層成為突出岩層，則到底碳酸鈣在抗風及抗水能力上之表現，孰優孰劣也就相當明顯的了。難怪台北市公立高中 77 學年度聯招之地科考題曾考這一個觀念：

含鈣質較多的砂岩地層，經侵蝕後常形成蜂窩狀及突出的景觀，請問鈣質多的岩層對水及風的抵抗能力如何？

- (A) 抗水的溶蝕力弱，但抗風力強 (B) 抗水的溶蝕力強，但抗風力弱
(C) 抗水的溶蝕力及抗風力均強 (D) 抗水的溶蝕力及抗風力均弱。

標準答案為：(A)

(四) 例子四：夏季太陽較烈，為何台灣曬鹽之生產季節反而是在冬季？

台灣產鹽的地方主要在台南、嘉義一帶沿海，夏季太陽雖較烈，但雨水亦多，鹽田中之海水反而不易曬乾，故生產季節多在乾旱的冬季。民國六十九年，夏季乾旱，當年台灣之鹽產量因而增加許多。所以產鹽量之多少，除了與日曬之強烈與否，也與乾旱有關。至於那一個因素重要，則尚需要更多資料方能判明。為了考此觀念，台北市公立高中 77 學年度聯招之地科考題亦有如下之題目：

下列有關鹽度變化的敘述，何者正確？

- (A) 河口附近因有淡水注入，所以鹽度增加
- (B) 海面結冰時，下層海水的鹽度則略減小
- (C) 乾燥少雨地區的湖泊蒸發較快，所以鹽度提高
- (D) 台灣夏季太陽較烈，故蒸發較快，是產鹽的主要季節。

標準答案為(C)，如果只是單純的依日曬強烈則蒸發快的觀念，會以為(D)亦是標準答案了。以上不厭其煩的將北市公立高中聯招地科考題作為例子，用意乃強調國內對於矛盾招術之用於地科教學，一向也都是十分注重的。

三、結 論

- (一) 從Rastovac 及 Slavsky (1986) 之矛盾教學之實驗數據，證明矛盾教學法的確能成為一良好之教學策略。國內不妨在地科教學或其他各類教學上，多多採用。從不同性質學生在四個相關問題答對情形及能給予合理解釋之間，仍有相當大之差距看來，地科教學或教學策略，應該還有許多值得改進的地方。
- (二) 地球科學之因素分析結果，不能只滿足於知道有幾個因素存在且參與影響而已，應該進一步追究到底那一個因素才是最主要的因素，因為它將發揮決定性的影響力，此非朝向定量方面發展不為功。
- (三) 當我到各地區去作地科教學輔導時，常聽到老師的抱怨：「有關礦物之鑑定為什麼書上要有顏色、硬度、品形及解理那麼多項」。孰不知這麼多項中，有時鑑定時以顏色最佳，有時反而是硬度、或是晶形、或是解理，應用之妙，就要看個人是否已經具備了能分辨出孰重孰輕的能力。我認為地科教學應致力於培養學生此種區分事情輕重緩急，認清因素影響力有大有小之觀念。願與認同此觀點之同好們，共勉之。

四、參考資料

1. 77學年度北區公立高級中學聯合招生自然科試題，第17題及19題。
2. 79學年度北區高級中學地球科學能力競賽，地質部份試題。
3. 國民中學地球科學，上、下冊。
4. 高級中學基礎地球科學，全一冊。
5. Rastovac, J.J. and Slavsky D.B., 1986 The use of paradoxes as an instructional strategy : JC ST, NOV"1986., P.113~118。