

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

高中組

地球科學科

科別：地球科學

組別：高中組

作品名稱：大地的傷痕－烏來紅河地區的地層研究

關鍵詞：節理、斷層、紅河谷

編號：040501

學校名稱：

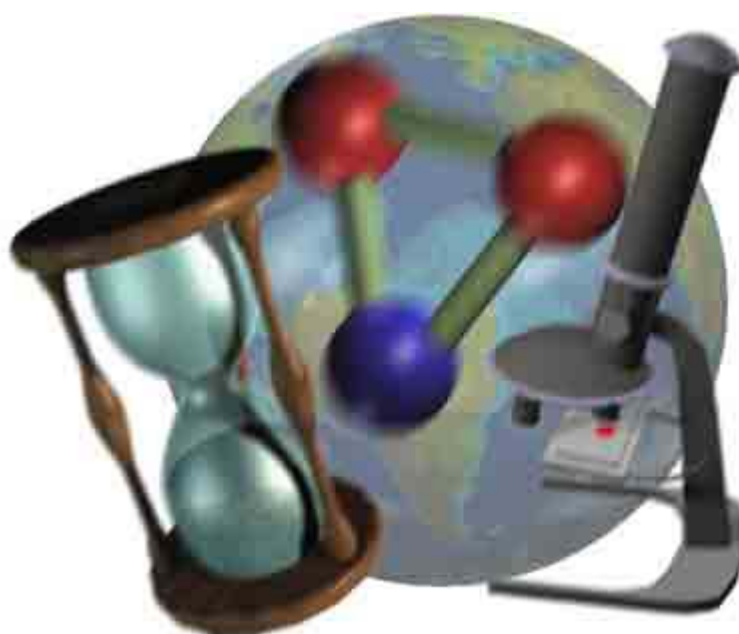
國立新店高級中學

作者姓名：

張紘賓、王紹先、林冠霖、馬弘諺

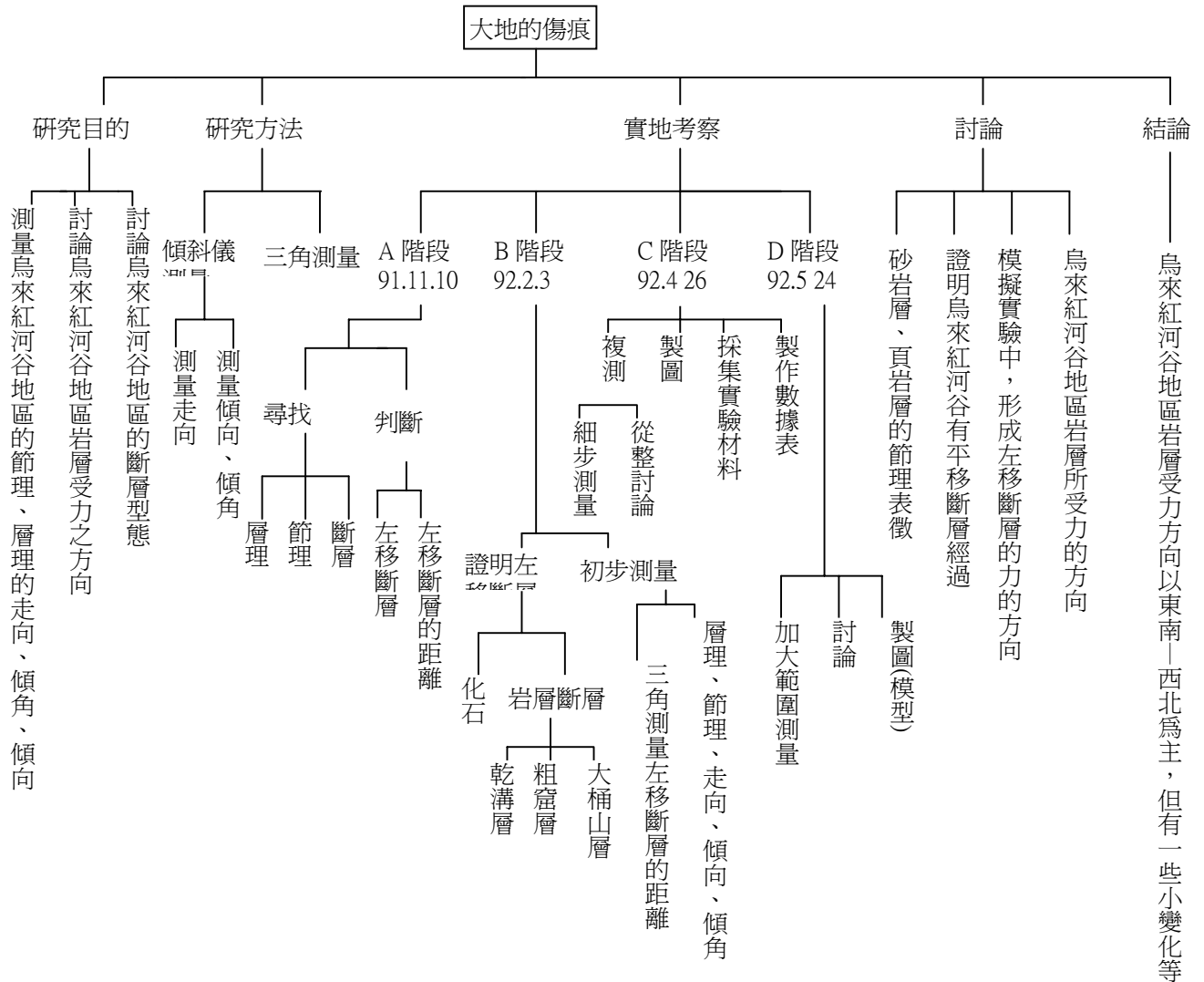
指導老師：

白佩宜



摘要

我們藉由許多的參考資料得知烏來紅河谷地區有較明顯的斷層，於是我們前往做地質考察。經過深入的調查及研究後，發現當地地層有明顯的節理和斷層，於是我們決定研究這兩種較清楚的裂痕。為補充其完整性，我們加入了關於層理、節理等模擬實驗與觀察，並到當地進行了多次考察，測量當地地層的走向、傾向、傾角。我們歸納大量的測量數據得出當地的地層位態、節理的方向，再運用實驗結果加以討論、證明，最後總結出結論。這就是我們的作品：『大地的傷痕』—烏來紅河谷地區的地層研究。下面是我們這個研究的大綱：



壹、研究動機

偶然的一次校外教學，看到千變萬化的地形景觀，內心不由自主地發出若干疑問：為什麼會有層理？為什麼岩石會有節理？地層又為何會形成斷層？不同的斷層是由不同力的方向所造成的嗎？以上的種種問題，有些在書本中找到答案，但真的是那樣嗎？有些在書本中則未提及，等待我們去找出答案，因此興起了研究岩層中節理、斷層的念頭。

貳、研究目的

斷層、節理層理的研究，前人已備述。基於這些理論基礎，決定以觀測、分析考察資料，並以實驗做模擬，討論烏來紅河谷斷層、節理、層理。以下是本組研究目的：

- (一)測量烏來紅河谷地區的節理、層理的走向、傾角、傾向。
- (二)討論烏來紅河谷地區的斷層型態及岩層受力之方向。

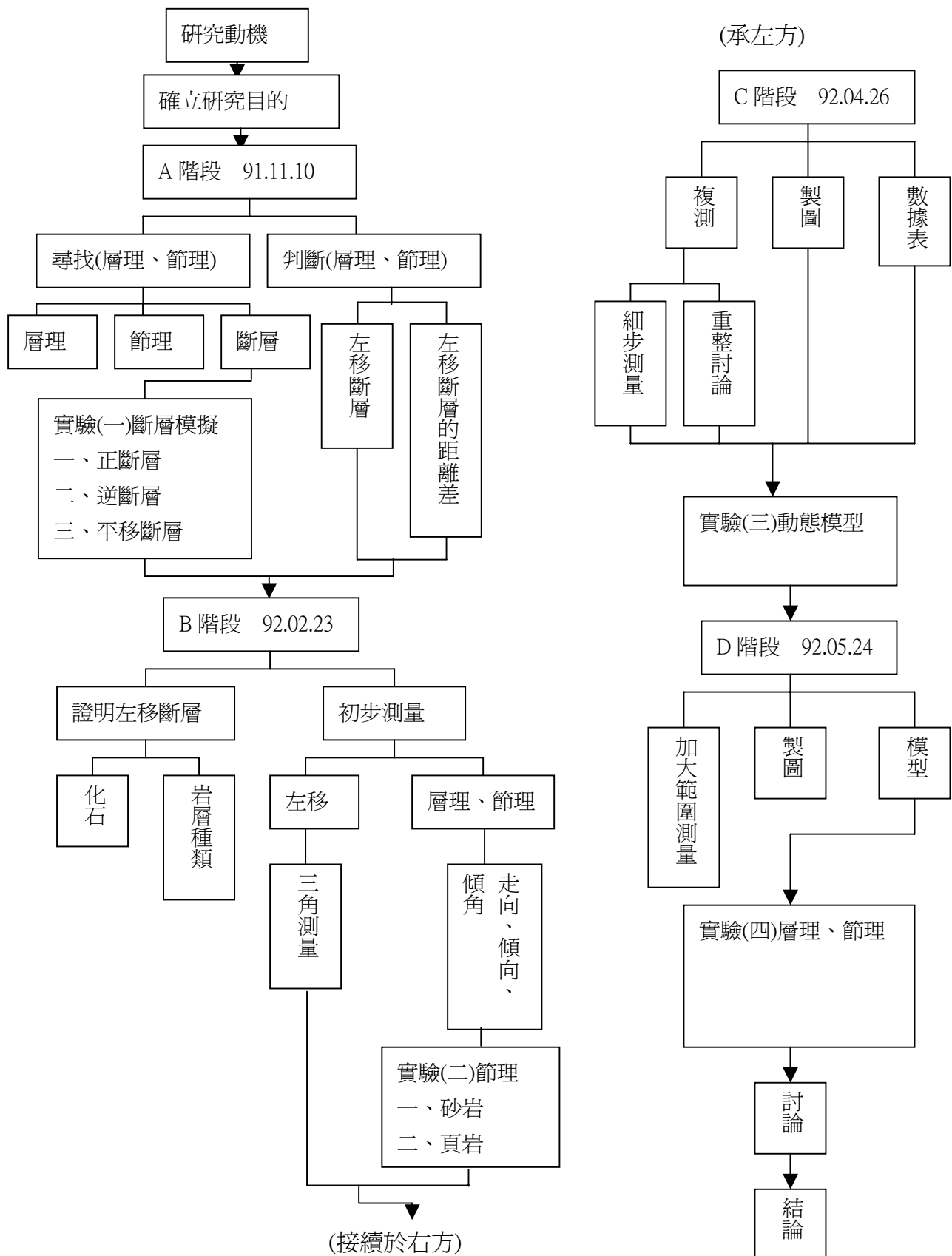
參、研究設備器材

- (一)實地考察：傾斜儀、量角器、皮尺、地質鑿、地質槌、採集箱、數位相機、望遠鏡。
- (二)資料整理：電腦硬體及軟體、計算機、紙筆、色鉛筆。
- (三)實驗：陶土、紙黏土、砂石、碎砂岩、砂土、模擬擠壓裝置、模擬沉積裝置、固定架、角度圓盤、榔頭、稀釋膠水、照相機。



肆、研究過程與方法

我們的研究流程如下，並分為「實地考察」及「實驗模擬」兩部分詳述其原理方法及過程。



(一)實地考察之原理與方法：

1.使用傾斜儀測量岩層：

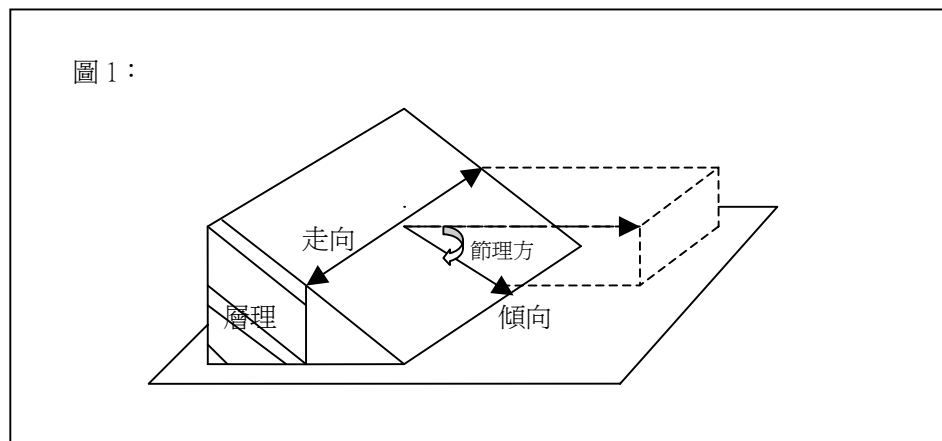
傾斜岩層的層面和水平面相交切的直線方向，就叫做岩層的走向。其垂直走向的下傾方向叫傾向；傾斜的角度叫傾角(示意圖如圖 1)。至於測量的方法如下：

(1)測量走向的方法

手持傾斜儀緊靠層面，令其在水平狀況下所欲測量的層面接觸，傾斜儀的方位即代表其走向，可藉由傾斜儀上氣泡的位置，來調整傾斜儀的水平，可將指針固定，再取近觀看。而測量傾角時，持傾斜儀垂直於水平方向，將傾斜儀一側和層面接觸，此時角度代表傾角，指針固定，再取近觀看即可。

(2)測量傾角的方法

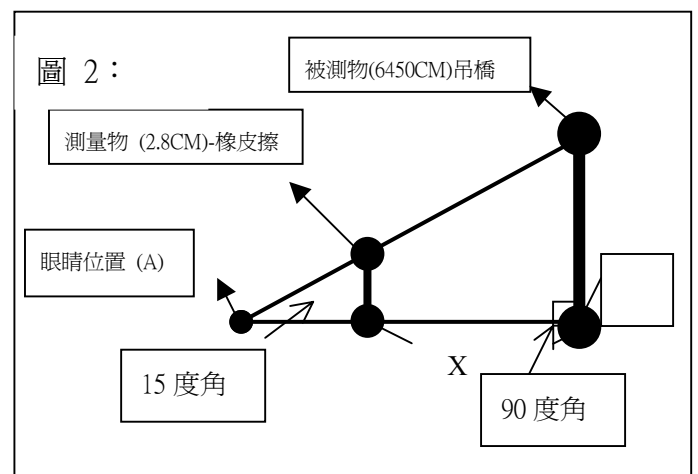
測量傾角時，傾斜儀垂直於水平方向，將傾斜儀一側和層面接觸，此時角度即代表傾角。將指針固定，再取近觀看即可。



2.三角測量：

為了找出其斷層平移之距離，我們依此地兩岩層大約的交會處，上游的設為 A 點下游的設為 B 點，再利用吊橋長測 AB 二點的距離。利用現在(高一)學的數學基礎，實地測量(A)點至(B)的距離(示意圖如圖 2)。我們以眼睛為出發點，手持測量物(筆)，測得角度為 15 度。並推得位移量為 240 公尺。算式如下：

$$\begin{aligned}(\tan 15^\circ &= 0.2679) \\ \tan 15^\circ &= 2.8 / y \\ 0.2679 &= 2.8 / y \quad y = 10.45 \text{ CM} \\ 6450 / 10.5 + X &= 0.2679 = (\tan 15^\circ) \\ 10.5 + X &= 24076 \\ X &= 24076 - 10.5 \\ &= 24065.5 \text{ CM} \\ &= 240 \text{ M (約等於)}\end{aligned}$$



(二)實地考察過程

1.第一階段

- (1)目的：①尋找適合研究之地點。
②紀錄分析沿途之地質概況。
③觀察並尋找問題。

(2)紀錄：

我們依照地質圖的標示，以復興遂道口為原定地點開始勘察，觀測河的兩岸，只見層理、節理，並沒有發現斷層的跡象且無法接近觀測，所以我們很失望的繼續往上游尋找，沿途中所見皆是一些碎頁岩層，表面的複雜程度使我們只能判斷出岩層的走向，走至加九寮時，岩層出現了較硬的砂岩層，因此決定到有較明顯的層理溪流旁做觀測。走至紅河谷時，看到一座老舊的吊橋，站在橋上觀察四周的地質概況，發現岩層疑似有平移的現象，但不十分確定，故紀錄和拍照，帶回研究一番。

(3)結果：

①選定紅河谷為研究地點（原因：(A)層節理明顯易測(B)觀察的範圍較大(C)疑似有平移斷層經過。）

②

	岩性	相同	相異
復興到紅河谷間	碎頁岩	風化嚴重	層理、節理較不明顯
紅河谷地區	砂岩和頁岩	風化嚴重	層理、節理較明顯

(4)問題：①是否紅河谷有平移斷層？

- ②紅河谷層、節理的受力方向為何？
- ③層理、節理、斷層形成之原因為何？

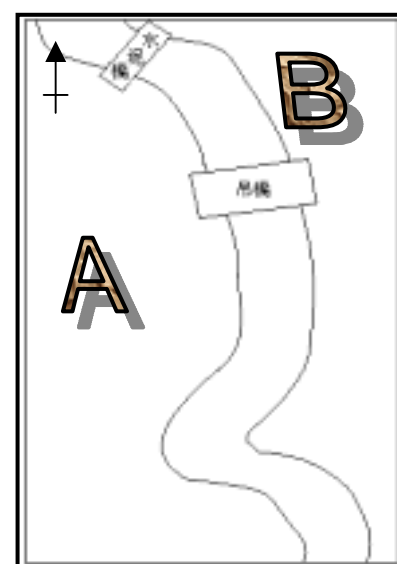
2.第二階段

- (1)目的：①藉由資料了解當地地質概況，並針對第一階段整理的問題進行探討。
②證明左移斷層-----請參考「討論」—左移斷層之證明。
③初步測量層、節理-----請參考「研究方法(一)」。
④斷層平移之距離-----請參考「研究方法(二)」。

(2)紀錄：

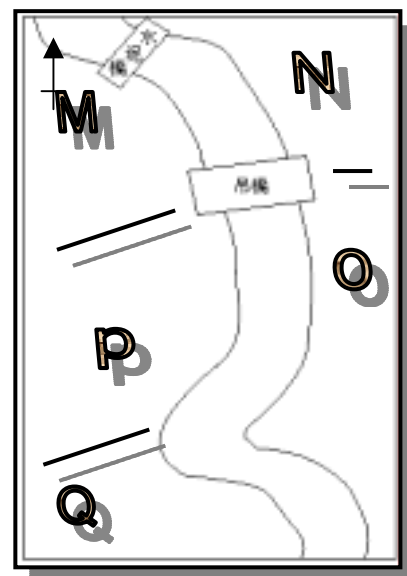
進行第二階段前的研討會中，我們參考資料內容得知，所研究的區域位置於乾溝層和粗窟層之間，而以較下游的乾溝層來說，本層是以硬頁岩為主，厚度約 1000 公尺，常見的化石有：貝類化石、棘皮動物化石及有孔蟲化石等。接下來是較上游粗窟層，厚層細粒粉砂岩和硬頁岩互層為主厚度約三百公尺。常見的化石：豐富的鈣質與砂質有孔蟲及微體化石。

第二階段的考察，我們將實際考察得到的證據，跟書中化石和岩層的資料做交叉比對，最後證明出紅河谷是有左移斷層經過，並測出其平移的距離。另一方面，我們也進行層、節理之初測。



(3)結果：

- ①了解紅河谷位於硬頁岩砂岩和頁岩互層的交界地帶。
- ②證出左移斷層並模擬。
- ③測出左移約 240M。
- ④初測以紅河谷吊橋為基準(右至水泥橋,左至左移斷層處)分為兩大區域,而水泥橋那邊右岸岩層(A)走向大致成<東北>傾角<30~60 度之間>,而水泥橋那邊左岸岩層的走向成<東北>傾角<30~60 度之間>,參考附圖。



3.第三次階段

- (1)目的：①做更精細的測量-----請參考「考察結果」之數據表。
②採集實驗材料樣本。
③分析當地的岩層結構。

(2)紀錄：

這次主要是進行更細部的測量,並採集少量的岩石樣本。為了不破壞當地的地質環境,所以我們分析完岩性後,就把岩石歸還自然,而用其他材料替代。

我們以水泥橋為起點,分兩組人馬進行測量(以河流流向為主)。以左岸大約至吊橋分為第(M)區域<北偏東 40~60 度>,而右岸至吊橋分為(N)個區域,而吊橋再過去右岸(O)大致是<北偏東 20~40 度>接著探討左岸時(P),岩層大抵是<北偏東 40~60 度>,再走過去,遇到一個大轉彎,我們測量岸邊(Q)為<北偏東 40~70 度>。

(3)結果：岩層分析如下表。

	岩性	硬度	顏色	特 色	外 觀
乾溝層	砂岩	硬	深灰色	細粒泥質砂岩	深灰色塊狀,質地細緻
粗窟層	砂頁互層	較脆	黑和灰	硬頁岩和細緻粉砂岩組成	鋸齒狀,兩種岩交錯
大桶山層	硬頁岩	較脆	黑灰色	夾帶圓丘狀層理的細砂岩	黑灰色,表面十分破碎

4.第四次階段

- (1)目的：：加大研究範圍

(2)紀錄：

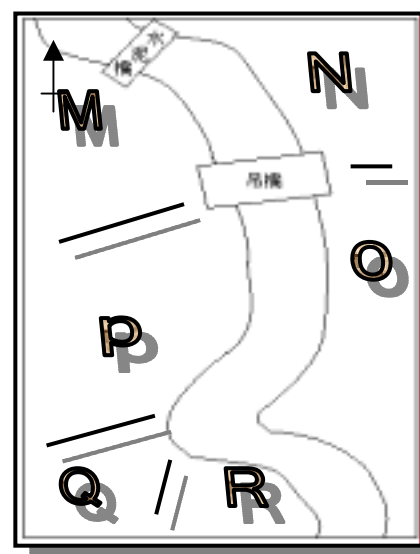
我們以(Q)區為基準向上游增測 200M,本區層理的走向約為<北偏東 44 度>、傾向為<西北>。節理約有<4 組>,方向分別以 WXYZ 代表,

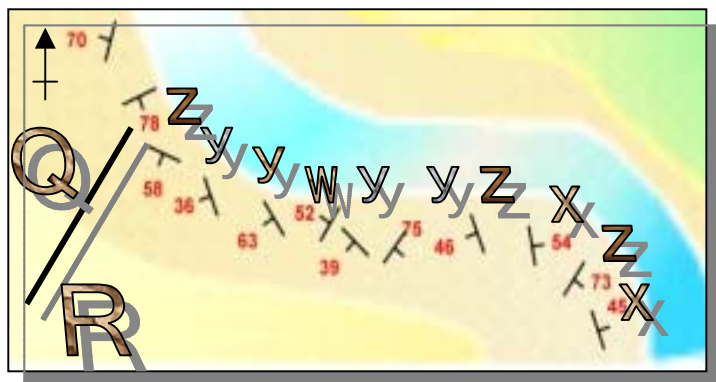
(W)--走向約為<北偏西 14 >、傾向為<東北>

(X)--走向約為<北偏西 37 度>、傾向約為<西南>

(Y)--走向約為<北偏東 38 度>、傾向約為<東南>

(Z)-- 走向約為<北偏東 19 度>、傾向約為<西北>,詳如下圖(s)





(3)結果：

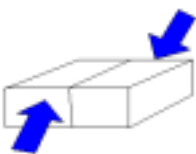
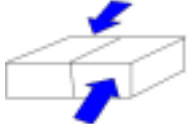
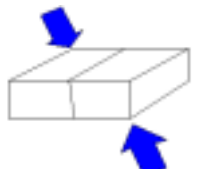
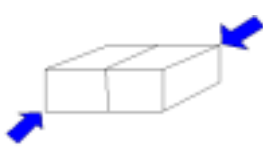
- ①把考察範圍在向上游增加測量 200M，加強數據的完整性。
- ②得到約四組節理。

(三)實驗過程與方法：

1.模擬斷層實驗

- (1)前言：爲了了解斷層的各種型態，以及不同角度的力所影響之變化，故決定以實驗來模擬之。
- (2)目的：模擬不同的斷層類型~平移斷層（左移斷層、右移斷層）、正斷層、逆斷層。利用與斷裂面夾角爲 0 度、45 度、90 度等三種不同的力，推擠用紙黏土所製作的斷層，並觀察會形成何種類型的斷層。
- (3)實驗器材：紙黏土、雕刻刀、木板、圓規、筆、量角器。
- (4)實驗步驟：
 - ①將紙黏土柔捏成長方體狀，再用準備好的雕刻刀製造出斷層面。
 - ②在木板上繪製一圓，將圓分爲兩半。
 - ③把先前製作出的斷層分別放置圓的兩側。
 - ④對應兩側後，以手推動製作的斷層。
 - ⑤觀察推動不同方向的力，將會形成何種類型的斷層，並繪製表格整理之。
- (5)實驗結果：實驗模擬後，我們知道由不同方向所推擠的力，會產生不同種類的斷層，繪整如下表：

(6)

施力的方向		斷層種類		
示意圖	與斷裂面走向的夾角	平移斷層	正斷層	逆斷層
	90 度 (平行斷裂面走向的剪力)	○ (右移)		
	90 度 (平行斷裂面走向的剪力)	○ (左移)		
	90 度 (平行斷裂面走向的壓力)			
	0 度 (垂直斷裂面走向的壓力)			○
	45 度 (與斷裂面走向夾 45 度的壓力)	○ (左移)		○
	45 度 (與斷裂面走向夾 45 度的壓力)	○ (右移)		○

2.節理實驗

(1)前言：紅河谷當地因節理頻繁，所以我們就想把這種地理型態用力擠壓呈現出來。

(2)實驗目的：以實驗來模擬節理的型態，並加以探討（1）如何產生節理？（2）砂岩和頁岩的節理有何差別？

(3)實驗器材：工程用砂石、固定器、木板、長方體容器、稀釋膠水。

(4)實驗過程：

（A）模擬砂岩的節理(用沙石)-----如圖(X)

①實驗準備長方體容器，其長< 10.6cm >、寬< 8.7cm >、高< 7.6cm >

②在容器中加入 166.9ml 的稀釋膠水【其水和膠水的比例為 4：6】。

③接著倒入細沙，至溶液高 4.5 公分為止，並加以攪拌，讓溶液均勻。

④完成後，等其自然乾固（約一週）。

⑤切開容器，取出沙塊，並於半乾時，自上方施與持久壓力。

⑥將沙塊放在一施力的固定器上，而在沙塊兩側放入木板，讓力平均分散，施平行力擠壓後，沙塊就出現了好幾組方向統一沒有錯動的裂縫，此裂縫即為『節理』。

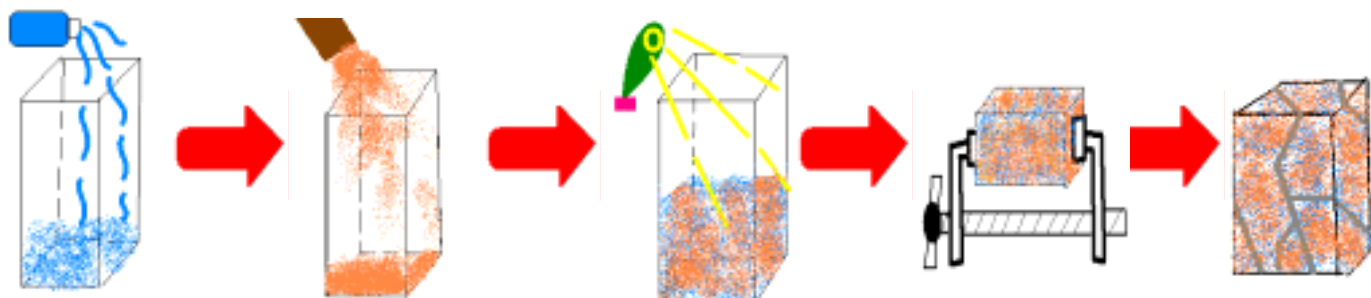
（B）模擬頁岩的節理(用陶土) -----如圖(Y)

①準備長方體容器，其長< 10.6 cm >、寬< 8.7cm >、高< 7.6cm >

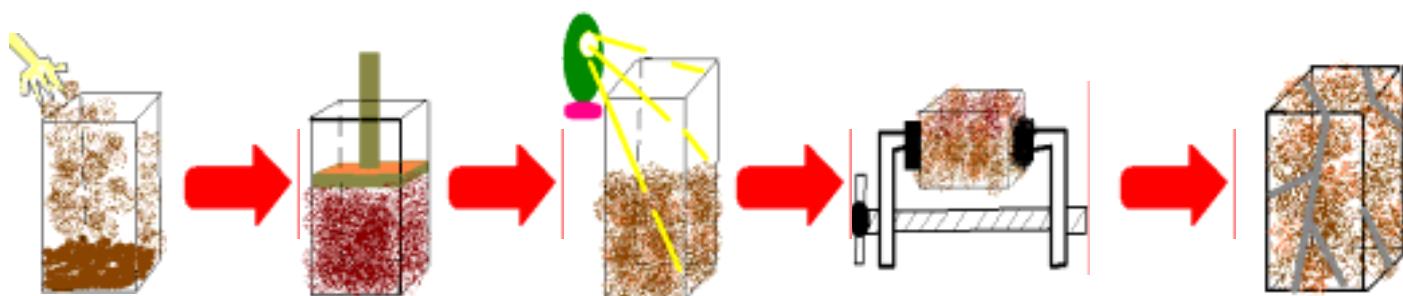
- ②將半濕的軟陶土塞入容器內，至 4.5 公分爲止。
- ③完成後，等其自然乾固。
- ④切開容器，取出陶土，並於半乾時，於上方施於持久壓力。
- ⑤將此塊狀陶土放在固定器上，並在陶土兩側放置木板，施平行力（且此力和模擬砂岩同大小）擠壓後，陶土即出現好幾組方向統一無錯動的裂縫，此裂縫即爲節理。

(5)實驗討論：砂岩和頁岩之比較

圖(X) 模擬沙岩



圖(Y) 模擬頁岩



- (6)實驗結果：從實驗得知岩石是受到平行且平均的力長久持續地撞擊、擠壓，才會迫使岩石發生破裂的狀態，而砂岩的顆粒因爲比頁岩粗，且質地較硬，所以擠壓受力後，兩組方向的裂面即會產生鋸齒狀。頁岩則是由片狀的黏土顆粒沉積而，擠壓受力後，會有三四個方向的裂縫出現，造成鉛筆狀。

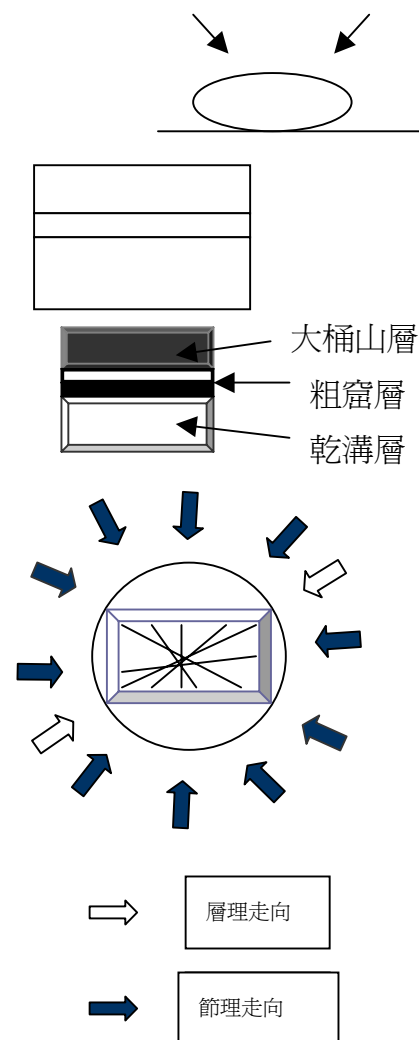
模 擬	差 別	破裂數	破裂大小	破裂深度
	砂岩		1.6CM	1.5CM
	頁岩	6 條	0.1CM	4CM

3.動態模擬實驗：

- (1)前言：想了解紅河谷當地爲何會有如此複雜的地層型態，以模型來表現之實驗目的：以動態模擬的方式，用擠壓器推擠各種不同方向的力，產生褶皺樣貌，並模擬出左移斷層，再挖開其河道，完成其紅河谷的地層型態。
- (2)實驗材料：紙黏土、水、顏料、雕刻刀、擠壓器、木板、書架。。

(3)岩層製作過程：

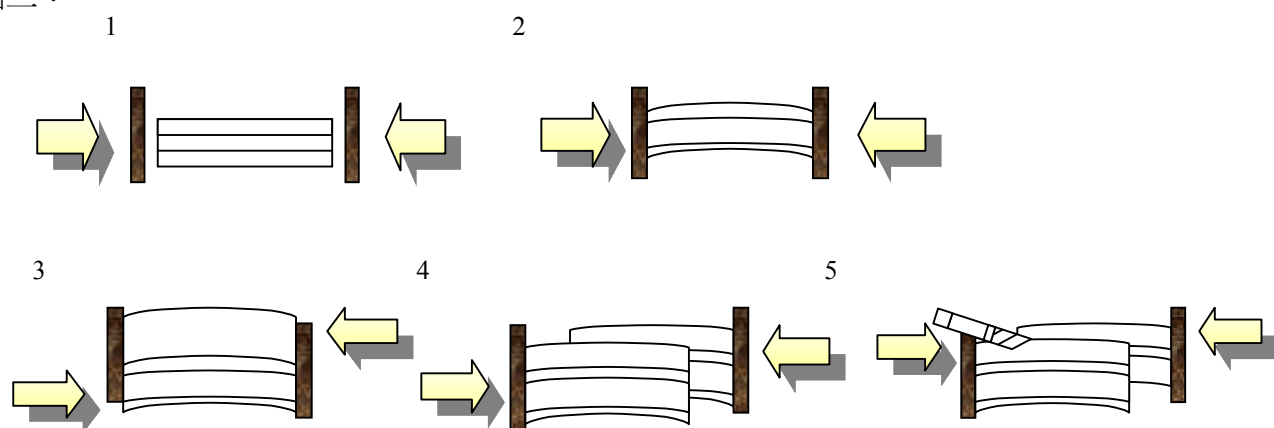
- ①先將紙黏土揉成團，以增加其彈性。
- ②再一塊一塊做成岩層的形狀、大小，共分三層，比例由下而上為 3:1:2，三層之間以泥水塗上相黏結。
- ③岩層三層分別為：底層為乾溝層主要是以硬頁岩為主，以白色表示。其次的粗窟層主要以砂頁岩互層，以黑白相間表示。
- ④而上的大桶山層大多是黑灰色硬頁岩為主，常夾雜薄層的粉砂岩。完整的岩層大抵成型。(如右圖)。(以濕毛巾保濕、保軟，以利擠壓)。



(4)實驗步驟：

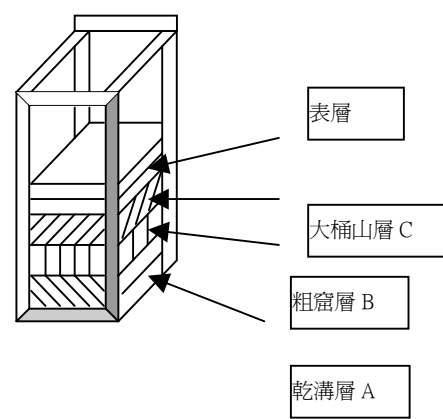
- ①以上之方法製成之相同岩層模型三組 x、y、z。
- ②先以三組 x、y、z 之岩層，模擬紅河谷地型之主要方向之五個力作擠壓(見右圖)，擠壓後，岩層產生了明顯的「褶皺」。
- ③以 x 放置不動，當 y、z 的對照組，而 y、z 再以兩側不同方向的力推擠。推擠後，岩層出現了明顯「左移」發生，而中間產生了嚴重破裂面。
- ④以 y 當 z 之對照組，將 z 之岩層以小刀挖開，模擬當地之受到河流侵蝕後之河道，而形成之現今地層〈見圖三〉。

圖三：



4.層理和節理的模擬實驗

- (1)前言：此實驗設計是為了模擬紅河谷地區的地層，共製為四層最頂為表層，接著模擬大統山層，下一層為粗窟層，最底下為模擬乾溝層。
- (2)實驗目的：模擬層理的形成斷層的斷裂



(3)實驗器材：河邊的沙土、沉積碎石粒、陶土、土壤、稀釋膠水、模擬沉積裝置、壓實設備

(4)實驗過程：

①於模擬沉積裝置內，加上一層上臘塑膠片，加入一公分高的稀釋膠水，再放上河邊的沙土，等其加入至 2CM 高為止。於半乾時，自上方施與持久壓力。

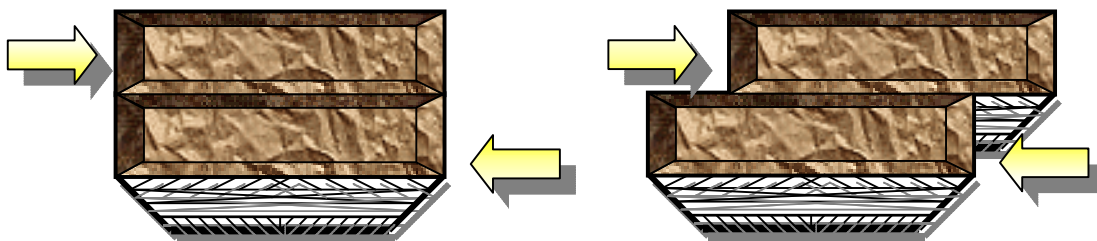
②第一層完全乾固後，加入一公分高的稀釋膠水，再放上陶土，其餘同上。

③第二層完全乾固後，加入一公分高的稀釋膠水，再放上沉積碎石粒，其餘同上。

④第三層完全乾固後，加入一公分高的稀釋膠水，再放上土壤，其餘同上。

⑤第四層完全乾固後，拆板並取出層理，固定其二側，並於未固定之兩面施予不平衡推力(如圖 z)讓其產生出平移斷層。

圖 z：



(5)實驗結果：

①岩層的形成需要長久的時間光這一小個模擬實驗都需花上一個月，那真正的岩層大概要花上數百萬年。

②製造出示意模型，並營造出平移斷層。

伍、研究結果

(一)實地考察綜合結果：

經過四階段的考察，我們推論了左移斷層，測得了層理和節理的數據資料，並加以討論之。

- 1.實地考察測量層理數據：如下表。
- 2.實地考察測量節理數據：如下表。
- 3.數據分析與登錄：我們將上述層理的層態數據和節理數據分別登錄在考察地圖上。結果如附圖。

層理：

編碼	層理走向測量值	(平均值)	傾斜方向	角度測量值	(平均值)	備註
甲 1	北偏東	6	西北	71	68	
甲 2	北偏東	14	西北	70		
甲 3	北偏東	8	西北	66		
甲 4	北偏東	4	西北	64		
乙 1	北偏東	40	西北	59	57	
乙 2	北偏東	42	西北	52		
乙 3	北偏東	38	西北	59		
乙 4	北偏東	34	西北	58		
丙 1	北偏東	12	西北	39	39	
丙 2	北偏東	12	西北	36		
丙 3	北偏東	12	西北	42		
丙 4	北偏東	14	西北	39		
丁 1	北偏東	54	西北	29	29	
丁 2	北偏東	48	西北	27		
丁 3	北偏東	41	西北	30		
丁 4	北偏東	40	西北	31		
戊 1	北偏東	40	西北	33	35	
戊 2	北偏東	44	西北	36		
戊 3	北偏東	46	西北	37		
戊 4	北偏東	46	西北	32		
己 1	北偏東	68	西北	32	34	
己 2	北偏東	75	西北	37		
己 3	北偏東	69	西北	34		
己 4	北偏東	73	西北	32		
庚 1	北偏東	54	西北	38	40	
庚 2	北偏東	56	西北	32		
庚 3	北偏東	40	西北	44		
庚 4	北偏東	50	西北	44		
辛 1	北偏東	54	西北	70	70	

編碼	層理走向測量值	(平均值)	傾斜方向	角度測量值	(平均值)	備註
辛 2	北偏東	51	西北	69		
辛 3	北偏東	52	西北	72		
辛 4	北偏東	57	西北	68		
壬 1	北偏東	48	西北	86		
壬 2	北偏東	47	西北	87	88	
壬 3	北偏東	46	西北	89		
壬 4	北偏東	50	西北	89		
癸 1	北偏東	46	西北	52		
癸 2	北偏東	46	西北	58	57	
癸 3	北偏東	42	西北	57		
癸 4	北偏東	41	西北	61		
子 1	北偏東	60	西北	41		
子 2	北偏東	60	西北	40	41	
子 3	北偏東	54	西北	41		
子 4	北偏東	56	西北	41		
丑 1	北偏東	50	西北	28		
丑 2	北偏東	52	西北	28	27	
丑 3	北偏東	60	西北	25		
丑 4	北偏東	61	西北	28		
寅 1	北偏東	73	西北	51		
寅 2	北偏東	66	西北	51	49	
寅 3	北偏東	69	西北	48		
寅 4	北偏東	68	西北	47		
卯 1	北偏東	60	西北	68		
卯 2	北偏東	58	西北	68	63	
卯 3	北偏東	61	西北	63		
卯 4	北偏東	62	西北	54		
辰 1	北偏東	56	西北	46		
辰 2	北偏東	50	西北	50	51	
辰 3	北偏東	54	西北	55		
辰 4	北偏東	54	西北	52		
甲丑 1	北偏東	61	西北	45		
甲丑 2	北偏東	58	西北	47	45	
甲丑 3	北偏東	62	西北	44		
甲卯 1	北偏東	61	西北	36		
甲卯 2	北偏東	58	西北	32	35	
甲卯 3	北偏東	57	西北	36		
甲辰 1	北偏東	62	西北	38		
甲辰 2	北偏東	60	西北	34	35	
甲辰 3	北偏東	60	西北	34		
甲巳 1	北偏東	62	西北	80	35	

編碼	層理走向測量值	(平均值)	傾斜方向	角度測量值	(平均值)	備註
甲巳 2	北偏東	60	西北	78		
甲巳 3	北偏東	62	西北	78		
甲午 1	北偏東	20	西北	28		
甲午 2	北偏東	30	西北	22	24	
甲午 3	北偏東	28	西北	22		
甲未 1	北偏東	58	西北	36		
甲未 2	北偏東	64	西北	34	35	
甲未 3	北偏東	64	西北	36		
甲酉 1	北偏東	66	西北	30		
甲酉 2	北偏東	60	西北	38	35	
甲酉 3	北偏東	68	西北	36		
甲戌 1	北偏東	58	西北	56		
甲戌 2	北偏東	58	西北	54	55	
甲戌 3	北偏東	56	西北	56		
V1	北偏東	22	西北	48		
V2	北偏東	26	西北	42	45	
V3	北偏東	24	西北	46		
Z1	北偏東	72	西北	64		
Z2	北偏東	76	西北	60	62	
Z3	北偏東	76	西北	62		
AA1	北偏東	68	西北	68		
AA2	北偏東	68	西北	68	66	
AA3	北偏東	70	西北	62		
AB1	北偏東	52	西北	42		
AB2	北偏東	52	西北	46	44	
AB3	北偏東	50	西北	44		
AC1	北偏東	68	西北	54		
AC2	北偏東	68	西北	58	56	
AC3	北偏東	70	西北	56		
AD1	北偏東	50	西北	62		
AD2	北偏東	48	西北	60	62	
AD3	北偏東	46	西北	64		
亥 1	北偏東	25	西北	32		
亥 2	北偏東	21	西北	33	32	
亥 3	北偏東	23	西北	30		
丁 1	北偏東	38	西北	32		
丁 2	北偏東	42	西北	35	34	
丁 3	北偏東	40	西北	36		
戊 1	北偏東	52	西北	59		
戊 2	北偏東	48	西北	56	56	
戊 3	北偏東	54	西北	54		

編碼	層理走向測量值	(平均值)	傾斜方向	角度測量值	(平均值)	備註
酉 1	北偏東	41	西北	44		
酉 2	北偏東	44	西北	41	43	
酉 3	北偏東	42	西北	43		
申 1	北偏東	34	西北	47		
申 2	北偏東	32	西北	44	46	
申 3	北偏東	36	西北	48		
未 1	北偏東	54	西北	51		
未 2	北偏東	53	西北	48	50	
未 3	北偏東	55	西北	52		
午 1	北偏東	6	西北	51		
午 2	北偏東	5	西北	51	52	
午 3	北偏東	6	西北	53		
AQ1	北偏東	74	西北	59		
AQ2	北偏東	78	西北	57	59	
AQ3	北偏東	77	西北	61		
巳 1	北偏東	51	西北	35		
巳 2	北偏東	51	西北	34	34	
巳 3	北偏東	53	西北	34		
G1	北偏東	40	西北	64		
G2	北偏東	39	西北	62	64	
G3	北偏東	42	西北	66		
H1	北偏東	46	西北	48		
H2	北偏東	42	西北	48	49	
H3	北偏東	44	西北	50		
E1	北偏東	70	西北	30		
E2	北偏東	68	西北	28	31	
E3	北偏東	66	西北	34		
F1	北偏東	58	西北	38		
F2	北偏東	54	西北	39	38	
F3	北偏東	60	西北	36		
A1	北偏東	62	西北	8		
A2	北偏東	60	西北	18	15	
A3	北偏東	63	西北	20		
B1	北偏東	74	西北	42		
B2	北偏東	74	西北	38	40	
B3	北偏東	74	西北	40		
C1	北偏東	84	西北	14		
C2	北偏東	78	西北	16	13	
C3	北偏東	78	西北	10		
D1	北偏東	86	西北	28	30	
D2	北偏東	82	西北	30		

編碼	層理走向測量值	(平均值)	傾斜方向	角度測量值	(平均值)	備註
D3	北偏東	76	西北	32		
H1	北偏東	46	西北	67		
H2	北偏東	48	西北	65	67	
H3	北偏東	47	西北	68		
I1	北偏東	54	西北	42		
I2	北偏東	52	西北	46	44	
I3	北偏東	56	西北	44		
BN1	北偏東	58	西北	78		
BN2	北偏東	56	西北	86	80	
BN3	北偏東	58	西北	76		
BO1	北偏東	52	西北	74		
BO2	北偏東	54	西北	68	71	
BO3	北偏東	60	西北	70		
BQ1	北偏東	60	西北	58		
BQ2	北偏東	64	西北	62	60	
BQ3	北偏東	64	西北	60		
Ab	北偏東	72	西北	38		
Ab	北偏東	76	西北	36	37	
Ab	北偏東	71	西北	36		
Ag	北偏東	36	西北	61		
Ag	北偏東	38	西北	61	60	
Ag	北偏東	42	西北	58		
Ao	北偏東	24	西北	40		
Ao	北偏東	26	西北	41	41	
Ao	北偏東	27	西北	42		
Ap	北偏東	29	西北	66		
Ap	北偏東	24	西北	63	65	
Ap	北偏東	28	西北	61		
As	北偏東	49	西北	79		
As	北偏東	44	西北	83	79	
As	北偏東	49	西北	76		
At	北偏東	45	西北	87		
At	北偏東	50	西北	89	87	
At	北偏東	46	西北	83		
Au	北偏東	65	西北	85		
Au	北偏東	69	西北	81	85	
Au	北偏東	63	西北	86		
Av	北偏東	26	西北	65		
Av	北偏東	28	西北	68	65	
Av	北偏東	29	西北	63		

節理：

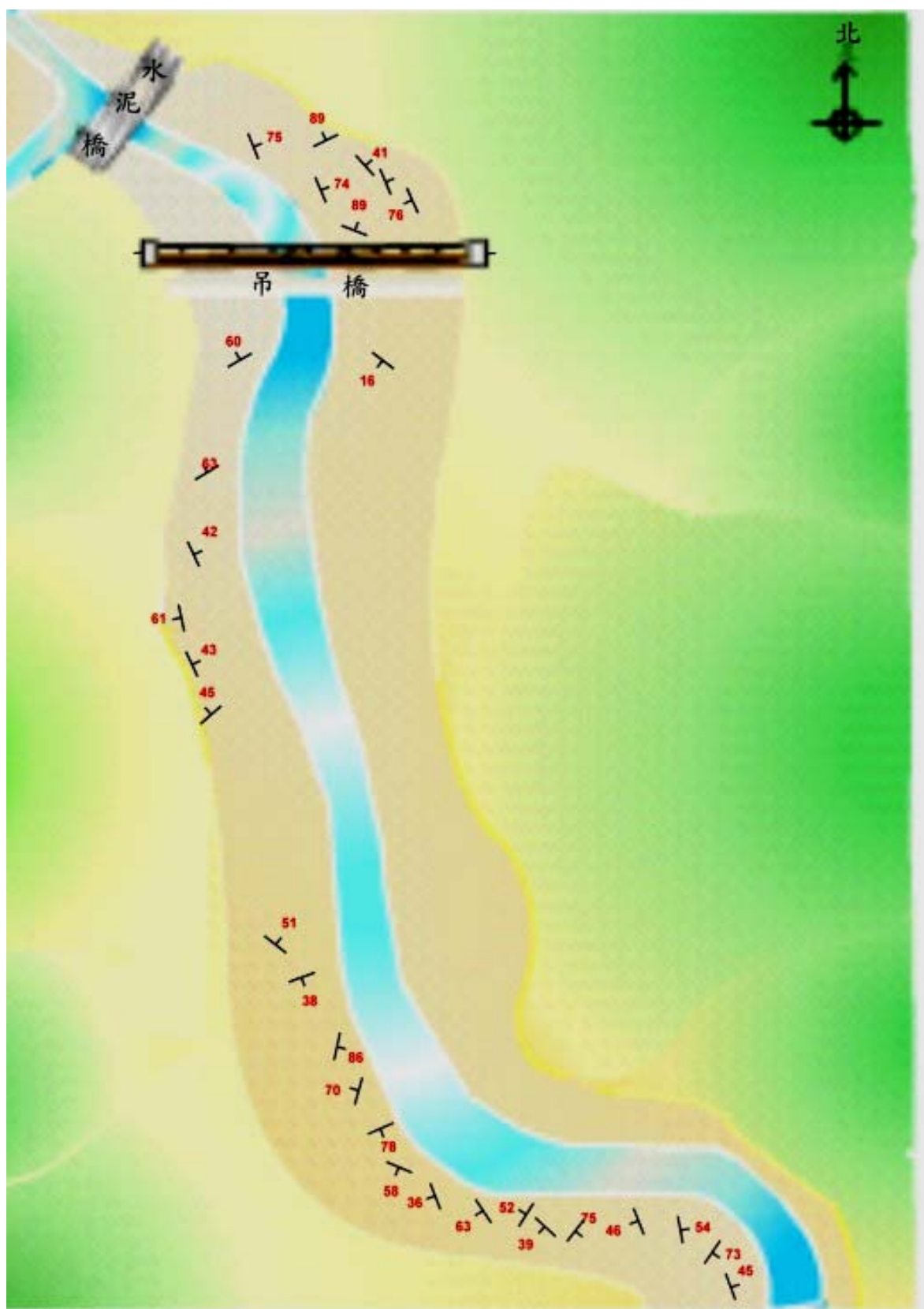
編碼	節理走向測量值	(平均值)	傾斜方向	角度測量值	(平均值)	備註
#I1	北偏東	60	西北	59	60	
#I2	北偏東	66	西北	56		
#I3	北偏東	54	西北	64		
#I4	北偏東	60	西北	60		
#J1	北偏東	61	東南	62	63	
#J2	北偏東	56	東南	64		
#J3	北偏東	58	東南	61		
#J4	北偏東	61	東南	64		
#K1	北偏西	22	東北	41	42	
#K2	北偏西	23	東北	41		
#K3	北偏西	28	東北	41		
#K4	北偏西	26	東北	46		
#G1	北偏西	22	東北	22	22	
#G2	北偏西	22	東北	24		
#G3	北偏西	32	東北	20		
#G4	北偏西	16	東北	21		
#H1	北偏西	52	東北	14	16	
#H2	北偏西	58	東北	12		
#H3	北偏西	50	東北	21		
#H4	北偏西	53	東北	17		
※ Q1	北偏西	10	西南	66	68	
※Q2	北偏西	14	西南	68		
※Q3	北偏西	12	西南	70		
※ R1	北偏東	46	西北	40	39	
※R2	北偏東	48	西北	38		
※R3	北偏東	52	西北	40		
#D1	北偏西	22	東北	76	77	
#D2	北偏西	22	東北	76		
#D3	北偏西	24	東北	78		
#Q1	北偏西	46	東北	60	61	
#Q2	北偏西	48	東北	62		
#Q3	北偏西	46	東北	62		
※Y1	北偏西	18	東南	76	75	
※Y 2	北偏西	20	東南	72		
※ Y3	北偏西	18	東南	78		
#O1	北偏東	68	東南	32	31	
#O2	北偏東	70	東南	30		
#O3	北偏東	72	東南	32		
※ AF1	北偏東	16	西北	88	88	

編碼	節理走向測量值	(平均值)	傾斜方向	角度測量值	(平均值)	備註
※ AF2	北偏東	14	西北	89		
※ AF3	北偏東	14	西北	88		
#N1	北偏東	64	西北	49		
#N2	北偏東	63	西北	53	51	
#N3	北偏東	64	西北	52		
※AR1	北偏西	71	西北	84		
※AR2	北偏西	73	西北	81	83	
※AR3	北偏西	72	西北	85		
#C1	北偏西	26	東北	89		
#C2	北偏西	20	東北	89	89	
#C3	北偏西	24	東北	90		
#B1	北偏東	70	西北	74		
#B2	北偏東	60	西北	76	74	
#B3	北偏東	62	西北	72		
※BE1	北偏東	74	西北	74		
※BE2	北偏東	82	西北	62	67	
※BE3	北偏東	82	西北	64		
#D1	北偏西	32	東北	42		
#D2	北偏西	34	東北	42	41	
#D3	北偏西	32	東北	40		
※BJ1	北偏西	32	東北	26		
※BJ2	北偏西	30	東北	28	27	
※BJ3	北偏西	30	東北	28		
※BK1	北偏西	70	東北	88		
※BK2	北偏西	72	東北	86	87	
※BK3	北偏西	68	東北	88		
※BL1	北偏西	42	東北	72		
※BL2	北偏西	42	東北	70	70	
※BL3	北偏西	44	東北	68		
※BM1	北偏東	24	西北	52		
※BM2	北偏東	27	西北	52	53	
※BM3	北偏東	23	西北	56		
※BP1	北偏西	23	東北	48		
※BP2	北偏西	27	東北	54	51	
※BP3	北偏西	21	東北	52		
※Aa	北偏西	20	東北	40		
※Aa	北偏西	17	東北	46	45	
※Aa	北偏西	20	東北	48		
※Ae	北偏西	12	東北	52		
※Ae	北偏西	9	東北	53	54	
※Ae	北偏西	9	東北	56		

編碼	節理走向測量值	(平均值)	傾斜方向	角度測量值	(平均值)	備註
※Af	北偏西	19	西南	46		
※Af	北偏西	21	西南	48	46	
※Af	北偏西	24	西南	45		
※Ah	北偏東	36	東南	46		
※Ah	北偏東	40	東南	48	75	
※Ah	北偏東	42	東南	45		
※Ai	北偏西	48	西南	35		
※Ai	北偏西	43	西南	41	39	
※Ai	北偏西	46	西南	42		
※Aj	北偏東	30	東南	51		
※Aj	北偏東	31	東南	53	52	
※Aj	北偏東	35	東南	51		
※Ak	北偏西	32	西南	63		
※Ak	北偏西	33	西南	65	63	
※Ak	北偏西	34	西南	62		
※Al	北偏西	20	西南	33		
※Al	北偏西	21	西南	35	36	
※Al	北偏西	19	西南	39		
※Am	北偏西	67	西南	59		
※Am	北偏西	68	西南	57	58	
※Am	北偏西	67	西南	59		
※An	北偏東	67	東南	77		
※An	北偏東	68	東南	79	78	
※An	北偏東	70	東南	78		
※Aq	北偏東	20	西北	71		
※Aq	北偏東	18	西北	69	70	
※Aq	北偏東	20	西北	70		
※Ar	北偏東	10	東南	85		
※Ar	北偏東	16	東南	85	86	
※Ar	北偏東	12	東南	87		







(二)實驗模擬部分：已於「研究過程中」分述。

陸、討論

(一)砂岩層、頁岩層的節理表徵

同樣是受了力的作用，讓岩層產生節理，但產生的形狀或樣子就不太一樣。我們發現，砂岩常被幾組節理切過，形成鋸齒狀的裂塊。但頁岩好像碎得更厲害。

這因為砂岩較硬，所以保有鋸齒狀的裂縫，如果換成頁岩，則可能碎成一堆碎片。紅河谷地區的頁岩大多有風化的現象，而且多呈條狀(鉛筆狀風化)。

(二)證明左移斷層通過紅河谷地區

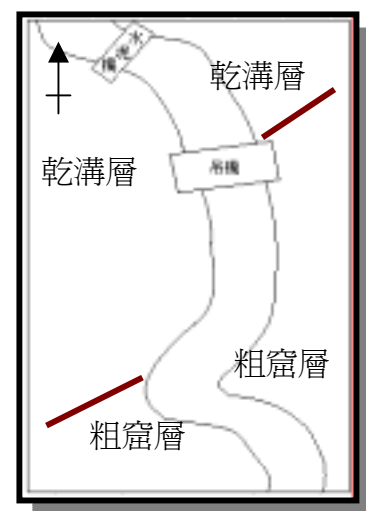
經過我們收集到有關紅河谷地區的斷層書籍，並實地考察當地之後，我們知道紅河谷是有左移斷層通過的，以下是我們的推論過程：

- 1.我們發現吊橋右岸下左右邊的岩層性質不同，因此，吊橋下應為兩不同岩層的交界，但我們觀察河的左岸，卻沒有同樣的現象相對應。若不是岩層發生位移，兩岸應該為同一岩層才是。
- 2.若岩層發生位移，應可發現對應的地方，我們以吊橋下兩不同岩層的交界為基準點，於河的左岸向上下游尋找，果然在上游 240 公尺處發現疑似對應的地方。
- 3.我們在吊橋右岸下砂岩的岩層中發現含有扇貝類的化石，而距離吊橋 240 公尺處的上游的左岸同樣可以見到相同的扇貝類化石，再加上岩層的性質樣貌皆相似，所以我們認為這看起來不相接的岩層為同一層。
- 4.經資料上岩層的特性(參考實地考察第三次階段的岩層分析)，和化石的資料，橋下右岸的沙岩岩層就是乾溝層，而連接乾溝層的，是以砂、頁岩互層為主的粗窟層，他們的走向皆垂直位移方向。
- 5.由以上幾點得證此地應發生岩層的平移且有斷裂現象，由方向判定應為一左移斷層。
- 6.反向思考~若此地的岩層位移是因為褶皺後經過侵蝕所形成現在的景觀，這樣有可能嗎？

若此地真為褶皺，應有以下幾點特徵：

- ①有平行褶皺方向的層理。
- ②所見的岩層有扭曲現象，且左右岸岩層可用弧線連接。

固我們認為此地必為一左移斷層。



(三)實驗模擬中，形成左移斷層的力的方向：

若用斷層模擬的實驗來說，想形成左移斷層，就需要一組平行斷裂面走向的「剪力」去推擠，因此如果使用不同方向的力推擠之，將不會見到左移斷層的現象。請參考五、研究過程及方法一(三)實驗模擬部分—1.模擬斷層。

- 1.如果使用平行的推力(壓力)，形成的斷層為逆斷層。而且推力與斷裂面方向約略垂直。
- 2.如果用平行的剪力施於岩層，可以讓已經斷裂的岩層錯動，形成平移斷層。
- 3.如果用平行的剪力施於岩層，是不是可以讓岩層發生斷裂並造成左移斷層呢？這一

項是實驗無法模擬出來的。

- 4.到底是先有岩層裂縫，之後受到推擠的力形成斷層，還是因為推力形成了裂縫並錯開形成左移斷層，兩者都是可能的，我們也無法確認。

(四)烏來紅河谷地區岩層所受力的方向

此地的岩層多為平行的方向排列，經過左移斷層的作用之後，又受到不同的板塊、不同方向的撞擊，形成很多不同方向的節理，且沿著河道做規則的轉曲。像是在距離吊橋後方兩百公尺處，原本皆是朝東南傾斜的方向，一直往下游走後，只有因河道彎曲而使走向改變些微的度數，在各岩層中，又發現了不少的節理，也就表示說岩層受到不同方向的力，像在距離吊橋後方兩百公尺處，層理大部份是東南傾向為多，反觀節理，則是由東北方向為主，應是受是東南向西北的力量推擠形成；吊橋下方的岩層，層理的傾斜方向以西北方來的多，在它上面的節理則是以西南方向為是，是岩層受東南—西北方向的力量擠壓而成；水泥橋側旁的岩層又以東南方向的岩層為多，而上方的節理反而是以西北方的為主。

綜合上述，此地區所受的力量主要以東南—西北走向的力為主。這和我們之前所學板塊運動的推擠方向相當。

柒、結論

經過我們分析此一複雜的地質型態後，發現在平行的岩層背後還隱藏著不同方向節理，我們觀察並測量到節理的傾斜角度和走向，推論岩層可能受了東南—西北方向的力量，並了解到原來大自然的岩層是如此的複雜而變化多端。

在這小小的紅河谷中，我們一組人發現了如此多種的地形，像褶皺、左移斷層和許多侵蝕地形等等，而在全球有數不完的地形也都受到各個板塊之間的碰撞所形成，除了以上幾種地形，還有數百到數千種的地形分類型式。當我們從吊橋往河之上游尋找吊橋下岩層的左移斷層時，利用三角測量和相似三角形的方法，計算出吊橋和此斷裂岩層距離將近兩百四十公尺遠，在這段尋找的過程中，我們一也使用傾斜儀側出了五十多個岩層傾斜的面，對於此處的傾斜方向和傾斜角度，做了很深入的研究。

經過我們的考察和尋找後，發現此一左移斷層之間的距離差有 300 公尺多之遠，可見此地的板塊運動是相當巨大且劇烈的。由於右岸的岩層是砂岩和頁岩相間，而砂岩的組成較硬、頁岩的組成較軟，在差異侵蝕的效應下，形成了砂岩凸出，頁岩凹下的形狀。在左岸的地方，我們往上游前進時，一開始看到的皆是大型的砂岩，直到發現了和右岸相同的岩層—砂、頁岩相間，再與其他岩層相對關係做一比較，便能夠證明是左移斷層的另一側，不過對於兩者之間有如此大的距離，還是令我們十分驚奇。

透過實驗模擬的驗證，以及參考紅河谷層理、節理的數據表和地圖，推測出紅河谷當地主要受到了西北—東南方向的推力而壟起產生了褶皺，其層理的方向呈現東北向西南走向，傾向西北。至於紅河谷當地的左移斷層受到西北、東南兩不抵銷的力相推擠，而產生了明顯的左移，或者有可能因地層間有裂縫，在推擠產生褶皺時就已發生了錯動，這就無法得知了，但我們可肯定的是紅河谷當地確有左移斷層經過。

吊橋至水泥橋間的節理走向，西北向東南的走向，傾向大多是東北；主要可能受到西南—東北兩力的擠壓，產生了往上游走大多是東、西兩力的擠壓，走向大致是北向南，傾向大多是東；而更上游處，主要是受西南、東北兩力的擠壓，走向西北向東南，傾向大多是西南。長時間下來受到幾種方向的撞擊，形成了不同方向的節理型態，這是我們感到特別並想繼續研究的課題。未來，盡可能地將所有實驗完成，對於一些神奇的環節也躍躍欲試。

捌、參考資料

- (一)文崇一、蕭新煌編，烏來鄉志，再版，台北縣烏來鄉公所，文選印刷公司，21-23 頁，民 86
- (二)何春蓀，台灣地質概論-台灣地質圖說明書，經濟部中央地質調查所，民 86。
- (三)何春蓀，普通地質學，三版三刷，五南圖書出版有限公司，437-463 頁，民 80。
- (四)林朝宗，台灣地質圖說明書一新店，經濟部中央地質調查所，全，民 89。
- (五)陳培源，野外及礦業地質學，台二版，國立編譯館，正中書局印刷，94-99 頁，民 81。
- (六)國立台灣師範大學地球科學系，台灣北部十條地質實習考察路線沿線地質簡介-台灣地質野外實習指導手冊一，民 76。
- (七)<http://www.khjh.kh.edu.tw/science40/>國立高雄師範大學附屬高級中學國中部科學展覽作品。
- (八)<http://library.hit.edu.tw/web/Content.asp?History=P2&Query=11> 中國大百科智慧藏---自然科學。

玖、附圖

(一) 紅河谷全景示意圖



(二) 考察照片



實地測量岩層走向



實地測量岩層厚度與距離



發現差異侵蝕造成的凹溝



第四階段考察(走到紅河谷盡頭)



第四階段考察(對測量已經很熟練了)



紅河谷往上游處的河谷



這裡的岩層都是傾斜的



發現有斷層
存在



找到左岸
的岩層



硬頁岩
呈現鉛筆
狀風化



硬頁岩
呈現鉛筆
狀風化



砂岩的節
理明顯可
見



砂岩中具
有兩組方
向的節理



砂岩層呈
鋸齒狀

評語

- 1 在野外實察花費時間及苦心很值得鼓勵
- 2 團體表現無論在資料收集及臨場表現上很優異
- 3 考察數據可進一步配合當地地體構造，深入探討會更完整