

臺灣二〇〇七年國際科學展覽會

科 別：地球與太空科學

作品名稱：雪山姑 翡翠嫂 順姑情 逆嫂意? 雪山隧道
之地質環評與工程建設的恩怨情仇

學校 / 作者：臺北縣立文山國民中學 王生華
臺北縣立文山國民中學 熊仕傑

作者簡介



我一天到晚都活在思考和想像之中，不是思考人生哲理或科學問題，就是在想像創作自己的事物。我最擅長整理資料，整理資料完後可以讓我的學習效率加強，我習慣邊聽音樂邊整理，這樣才能專心。此外，我很喜歡打電動、看小說、漫畫、聽音樂，來紓解我的壓力。我不喜歡到學校去上課，因為在學校裡，許多人常欺負我，又很吵，學習環境很差，希望快點升到高中，脫離這種環境，又比較自由，有各種科系和社團可以選擇，希望自由自在地發展自己的一片天。我對於有興趣的東西會主動去學習，小時候我喜歡地理，家裡的地圖集都被我翻壞了又補了好幾次；我也喜歡建築模型，有空就做，有空就做，所以做了一櫃子；目前我正在學日文。日本的科技、精緻的生活、秩序井然吸引了我。我努力學日文，希望將來能當個很厲害的遊戲設計師或音樂DJ，這些都是在台灣難以實現的夢想。

作者簡介



跟其他國中生一樣，打球、玩電腦是我的休閒興趣，尤其是電腦，從硬體到軟體我都很有興趣，「POWER USER」電腦雜誌每天一定要看上一、兩小時才肯罷休，另外，從小學玩過的機器人，到現在的研究，也都無不深深吸引我。一方面因為爸媽工作的關係，常常是過著「飛人」的生活，而唯一的妹妹又遠在國外，在家裡都是和我奶奶在一起，爸爸媽媽對我的信任與愛護，積極培養我的興趣，給我極大的空間，任由我不停的向外探索與發展，再加上本身的求知欲與好奇心，使我不斷的汲取知識，更要感謝師長的栽培，給我機會參加多次國際機械人競賽及國內科展。促使我不斷進步與成長。

雪山姑 翡翠嫂 順姑情 逆嫂意？

雪山隧道之地質環評與工程建設的恩怨情仇

摘 要

實驗初期以膠體水晶模擬岩層，模擬雪山隧道水平傾斜約 1° ，製作壓克力模型(實驗一)，證明是否如賈儀平教授所言《雪山隧道＝水脈改道》註3，同時此模型也證明隧道防水襯墊完工後，和隧道開挖時水力梯度的明顯變化。再加上訪問坪林到宜蘭圓通寺一帶居民結論是：

1. 雪山隧道對翡翠水庫的影響不大，但對宜蘭方面影響很大
2. 模型的數據證明『隧道剛開挖因為出水嚴重出現明顯梯度外，其餘二組都不再有特定梯度，即使隧道處也沒有明顯變化』。證明隧道的水平角度對水也沒有太大導引作用。因為隧道的比例對一座山而言相當小，不會有太大的影響。
3. 證明隧道防水襯墊完工後，和施工前(隧道未開挖)是同一狀況。

釐清對翡翠水庫影響不大後，重心改為宜蘭。此時我們綜合中興工程資料及地調所資料理出“交錯正斷層的破碎岩體”應是大漏水的原因！

1. 於是用實驗一模型加入“破碎岩體”(實驗二)證明破碎岩體水力梯度的明顯變化。
2. 再加上訪問頭城附近社區，了解居民因應大漏水後改變取水層的應變措施。
3. 於是再設計模型(實驗三)證明不同不透水層的相互關係。

實驗末期再度訪問頭城附近社區，赫然發現水稻已開始種植(去年還荒蕪，居民抱怨連連)看到綠意盎然的稻田和笑逐顏開的居民，我們的照片和實驗數據願為雪山隧道工程做個平反！

雪山姑 翡翠嫂 順姑情 逆嫂意？

雪山隧道之地質環評與工程建設的恩怨情仇

The The Relationship Between Syue Mountain Tunnel's
Knots- Geographic Environment and Engineering Construction

Abstract

The experiment began by using gel-crystal model to simulate rock strata and the acrylic model to simulate the dip angle of 1° of the Syue Mountain Tunnel. The experiment aimed to prove if the building of the Syue Mountain tunnel will change the water tunnel as Professor Yi-Ping Jia has indicated. The model also shows the obvious change brought by the membrane lining layed on the Tunnel and the dip angle of the water power gradient when the Tunnel was built. The conclusion of our interiew with residents in the Ping-lin and Yuan-Tong Temple in I-lan is as following:

1. The building of the Syue Mountain Tunnel has more impact on the I-lan than Fei-Tsui Reservoir.
2. The statistics of the model proved that Syue Mountain only showed gradient in the beginning when it was built. The Tunnel itself did not show any obious change. The dip angle of Syue Mountain Tunnel did not draw water due to it is small in size compared to the Syue Mountain.
3. The Syue Mountain Tunnel remained unchanged after the membrane lining was layed.

After we can clarify that the Syue Mountain Tunnel has less impact on the Fei-Tsui Reservoir, we turned our attention to I-lan. We combined the information provided by Zhong-Xing Construction and the Central Geological Survey, and found that the cross-normal fault if the cause of the leakage.

1. The second experiement was conducted by adding fractured stones to the previous model and proved these stones will cause the obvious change to the water power gradient.
2. We have conducted another to the communities around Tou-cheng and realized that residents have changed the water supply strata in response to the leakage.
3. Finally, we built another model in 3rd experiment to prove the relationship of 3 water proof stratas.

At the end of our experiment, we returned to Tou-Cheng and found that residents have started to grow rice and started to have simle on their face. Our experiment and statistics can do Syue Mountain Tunnel justice.

前 言

北宜高雪山隧道在爭議不斷聲中95年6月終於通車，13年工程換13分鐘車程；造價十億臺幣的T B M(Tunnel boring machine)只挖了456公尺就埋入四稜砂岩的土方中(西行線)註5。當國際工程師相繼撤退，留下榮工處和高公局獨自奮鬥時，大湧水造成地下水源枯竭的爭議排山倒海的來-----。

商業周刊說：一連串錯誤的決策，造成萬年水脈斷流！甚至賈儀平教授說：「雪山隧道=水脈改道」註3，言知鑿鑿的論調，讓我們直接想探討雪山隧道大漏水對翡翠水庫的影響。我們查中興工程施工資料及地調所資料，地質資料較多，但是水文資料很少，偏偏我們中學生又沒有地質勘查的本事，還好我們兩人從小愛玩模型(機器人、建築模型)，於是自行設計製作壓克力模型，模擬雪山隧道長約13公里、水平落差150公尺傾斜比例角度約1°，並以彩色水晶模擬岩層，膠體水晶的靈感是來自愛種花的媽媽。為什麼我們決定用膠體水晶做模擬岩層的介質呢？因為它和岩石都有吸水性和透水性，密合度高孔隙少(經過不斷的試驗混合不同種水晶不同比例)，我們覺得跟岩石性質是非常相像的。

除了模型外我們還訪問坪林到宜蘭的圓通寺一帶居民，居民的說法讓我們見識到只問個人立場，不問事實證據，甚至隔壁兩家的說法可以天差地別，我們總是在訪問閒聊後直截了當的問：到底對『你』有沒有影響，看到他們閃爍其詞時，我們就判斷他扭曲事實。所以我們斬釘截鐵的判斷對翡翠水庫根本沒影響，倒是宜蘭影響很嚴重。而且還意外發現在縣界公園的汪福來先生表示『我用山泉水，挖山洞沒有影響我的水源。我的水源很高』。從平面圖上顯示他的水源幾乎在雪山隧道上方，非常接近雪山隧道和上新斷層交接處，可是大漏水卻完全沒有影響它的水源。這個訊息讓我們對不同的地下水層產生好奇，再加上後來訪問頭城附近社區，了解居民因應大漏水後改變取水層的應變措施，於是再設計模型(實驗三)證明不同不透水層的相互關係。這個實驗同樣以彩色水晶模擬岩層，以壓克力模擬不同不透水層的相互關係。很意外收穫是，我們每個訪問點，都在這個模型的A、B、C、D點找到他的代表性。

從想探討「雪山隧道=水脈改道？」很意外到為雪山隧道的大漏水設計合理的解釋模型；加上實驗期間剛好是從93年7月到95年9月，這個「天時」剛好看到頭城附近社區從田地荒蕪抱怨連連到因綠意盎然而笑逐顏開的轉折點，我們的照片和實驗數據剛剛好可為雪山隧道工程寫歷史！

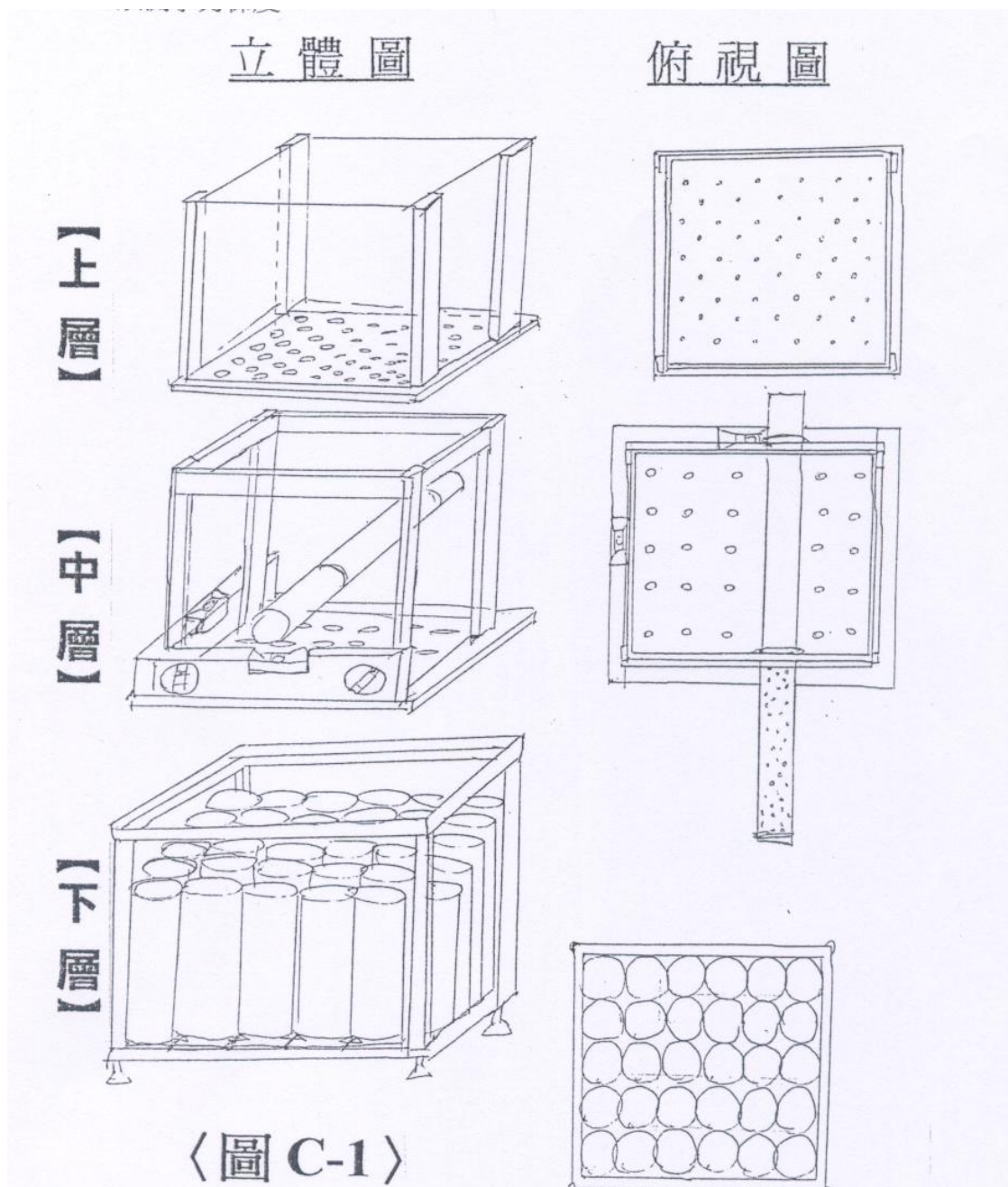
我們的實驗像航向大海的船隻，乘風破浪，勇往直前地探險，兩個模型是我們的原創，沒有任何參考資料，也因此挑戰不斷、驚奇不斷，挑戰讓我們越措越勇，終於可為雪山隧道工程寫歷史！也為雪山隧道工程排山倒海的爭議做個平反！-----說真的！我們一開始根本沒預期會有這種成績！

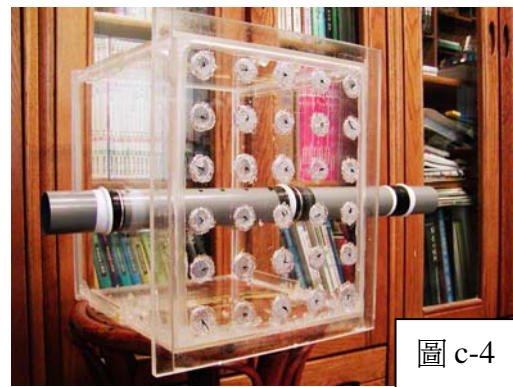
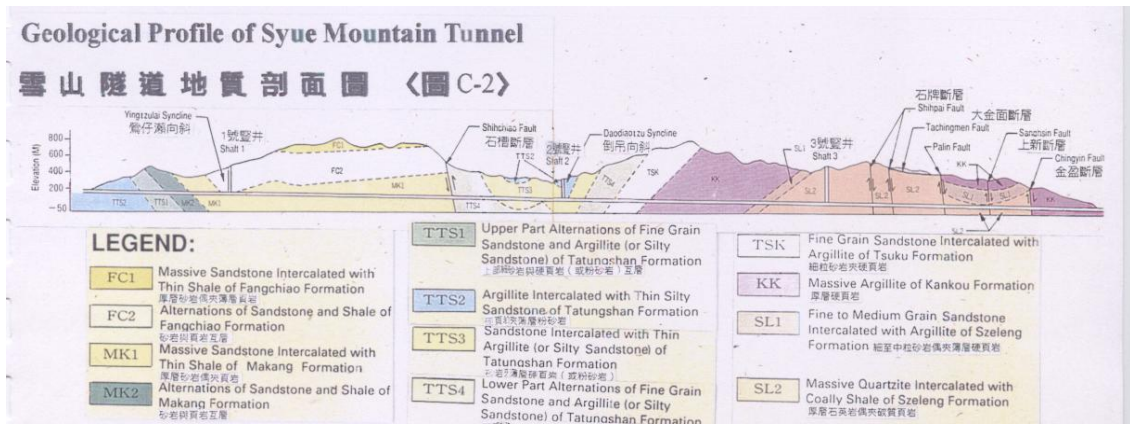
研究方法或過程

壹、實驗一：製作壓克力模型，以證明隧道開挖前後的水脈流向，進而斷定水脈是否改道。
進一步證實是否如賈儀平教授所言《雪山隧道＝水脈改道》註3

一、硬體實驗裝置的設計

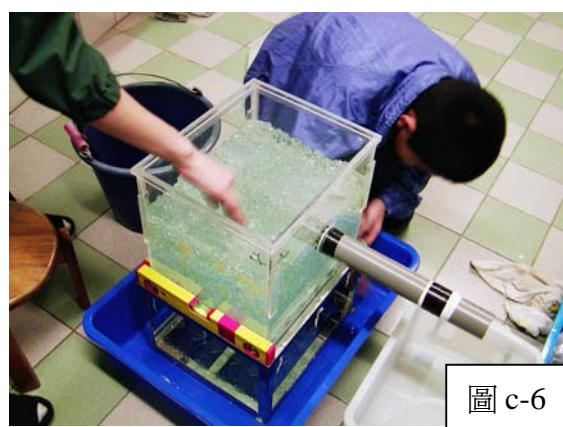
- (一)、如下圖〈圖C-1〉→製作壓克力模型～詳細尺寸見附註草稿圖
- (二)、模擬雪山隧道水平傾斜度(12.9公里水平落差150公尺)〈圖C-2〉中層寬26cm
模擬隧道水平落差應，為0.3cm，角度約 1° 。
- (三)、上、中層間為密閉狀態，水很難往下流，所以利用棉線的毛細現象打破PV=定值魔咒，使得上層水可以均勻定量下流。〈圖C-3〉
- (四)、中層的紗網大小要相同，我們用了熱溶膠固定，從下往上黏。〈圖C-4〉藉以測水力梯度





二、實驗前裝置準備

- (一)、放入膠體彩色水晶(經過不斷的試驗混合不同種水晶不同比例), 介質要放8分滿。實驗期間, 有一次我們把介質放滿, 但是介質一吸水就膨脹, 導致大量暴水, 因此後來用8分滿是差不多的。
- (二)、架設壓克力模型於不鏽鋼角架上~因壓克力撐不住整個模型的重量, 因此我們用了L形鐵來固定, 這樣也方便用個螺絲帽, 螺絲就比較好裝上去。並買了水平儀調水平, 怎樣調呢? 後來我們就用螺絲套在不鏽鋼角架上, 運用旋轉的方式, 使整個模型可調水平。順便定座標 <圖C-5>
- (三)、再在中層加適量的水, 撥動水和膠體彩色水晶使得膠體彩色水晶能平均分佈達水平 <圖C-6>



三、實驗步驟

- (一)、以油土封上、中層接縫處〈圖C-7〉
- (二)、下層放杯子~設定位板，方便杯子倒水。〈圖C-8〉
- (三)、分次測試水的流向，先對照組(透水速度) 7次以上-----取平均值〈圖C-9〉
- (四)、用止水圈及止水膠帶設計可伸縮抽換的模擬隧道剛開挖前、後的模型〈圖C-10〉
- (五)、再實驗組(隧道剛開挖) 7次以上-----取平均值〈圖C-11〉
- (六)、再實驗組(隧道防水層完工) 7次以上-----取平均值〈圖C-12〉



圖 c-10



圖 c-7



圖 c-8



實驗組(隧道剛挖)--給水前



圖 c-9 對照組(透水速度)
--給水後



圖 c-12 實驗組(防水完工)
--給水後



圖 c-11 實驗組(隧道剛挖)
--給水後

- 貳、訪問當地居民→第一階段：沿北宜路訪問碧湖溪前後～包括坪林到宜蘭的圓通寺。
發現只有宜蘭的圓通寺有影響，加上實驗一已經進一步證實了《雪山隧道＝水脈改道》，釐清對翡翠水庫影響不大後，重心改為宜蘭。
→第二階段：訪問宜蘭頭城附近社區

參、搜集資料：綜合中興工程資料^{註1}、地調所資料^{註2}及陳明君先生地質研究所碩士論文^{註4}理出“交錯正斷層的破碎岩體”應是大漏水的原因！

肆、製作雪山隧道和宜蘭的1/10000立體珍珠版地形模型

- 一、mix 高公局的資料 1：25000 的黑白地質圖的斷層位置^{註1}～內政部營建署 1：25000 的等高線地形圖^{註6}
- 二、將上圖放大成 1/10000
- 三、沿等高線層次序割模型，一片片堆砌成立體地形模型，以 3mm 代表 30m，割完每片都需寫上幾公尺
- 四、用稀釋過的白膠五片五片黏，邊緣要塗抹均勻
- 五、切割雪山隧道剖面圖
- 六、隧道剖面圖貼上地下水位線資料
- 七、呼應調查訪問資料，也呼應實驗三資料。

伍、實驗二：搜集資料理出“交錯正斷層的破碎岩體”應是大漏水的原因！於是用實驗一模型，再加入“破碎岩體”，證明有了破碎岩體後水力梯度的明顯變化

- 一、硬體實驗裝置的設計
 - (一)、用鋼絲網中央塞入小碎石，模擬破碎岩體〈圖C-13〉
 - (二)、將破碎岩體剛剛好架在兩點坐標上〈圖C-14〉



二、實驗步驟：

方法同實驗一，對照組（沒有破碎岩體）實驗組(有破碎岩體) 各7次以上-----取平均值

陸、實驗三：訪問頭城附近社區，了解居民因應大漏水後改變取水層的應變措施，於是再設計模型證明不同不透水層的相互關係。

一、硬體實驗裝置的設計

如下圖〈圖C-15〉→製作壓克力模型

《Detail-1》：實驗層上方的四腳上牛腿，側面的側牛腿。爲了固定來自四面八方來的水壓，使模型更穩固。

《Detail-2》：用塑鋼土來固定 SILICONE 頭的出水口。我們嘗試過用防水膠來固定，再用 SILICONE 來防水，發現：第一，容易鬆動，第二，防水效果沒達 100%，所以我們運用了塑鋼土來固定加防水。〈圖 C-16〉

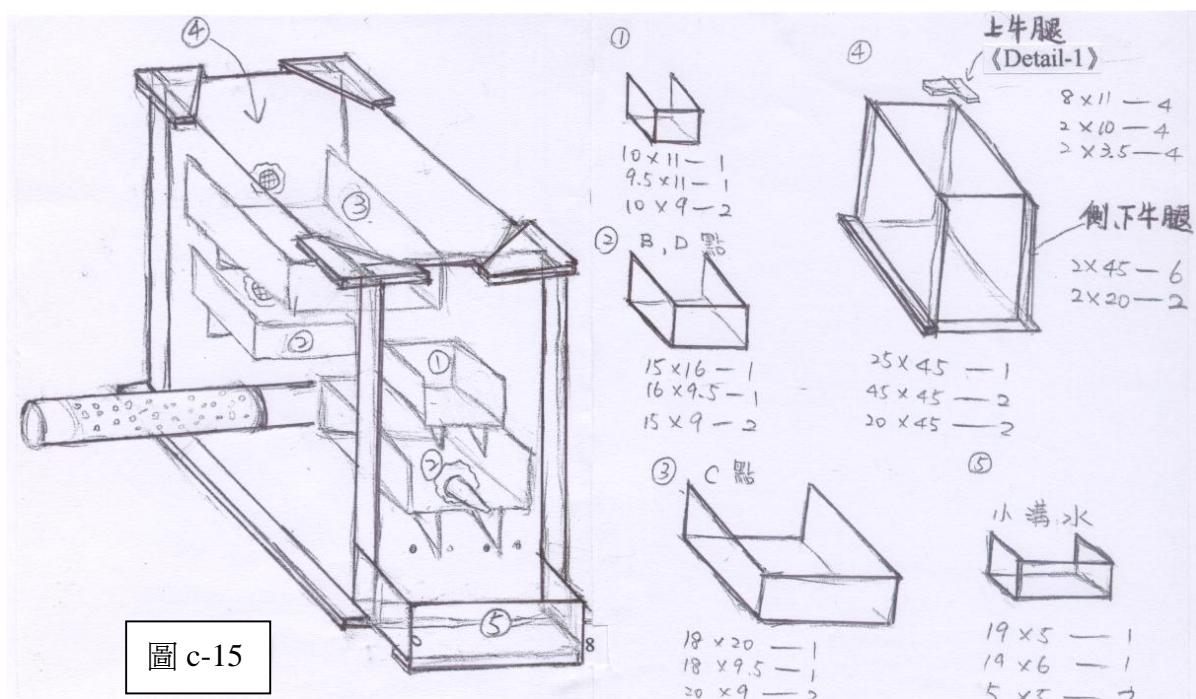
《Detail-3》：我們發現 SILICONE 是圓錐狀，所以用來當水頭是不錯的選擇，尾部用紗網加上熱溶膠固定，頭部就剪掉一部分加上防水膠到倒插回去，就可以使頭部不漏水。再用棉線導水的原理(毛細現象)，可以給水一條路走，B、C、D 點都是這樣，不然漏下來會影響到小溝水 A 點的值。〈圖 C-17〉

《Detail-4》：B、C 點黑黑的被我們燒彎了。第一個模型我們發現如果不燒彎，上下垂直真的很難去接水，就想到把兩個燒彎錯開，也許會比較好接一點。〈圖 C-18〉

《Detail-5》：實驗箱內的小盒子，充當不透水層，我們設計了有大有小的不透水層，也有密閉式的、開放式的。證明不同不透水層的相互關係。

《Detail-6》：小溝水？在訪問福成社區時，他們說他們以前有用小溝裡面的水來飲用和灌溉，於是我們就設計到模型上，給一個穩定的水量，試試看隧道漏水後，是否對他們小溝水有影響？

《Detail-7》：原本的寬度 25cm→20cm，爲什麼不改高度？實驗中出現整個模型暴破，檢討是水壓太大，只好改善尺寸重做。我們實驗目的是爲了測量不同含水層關係，而水是從上往下流，上下關係必然比左右來的重要，也因此我們只改寬度。





《Detail-2》圖 c-16



《Detail-3》圖 c-17



《Detail-4》圖 c-18

二、實驗前裝置準備

(一)、製作破碎岩體；有一天發現媽媽煮菜實用的蒜頭包，是網狀且是一個袋子，便突然想到如果把石頭放進去，就變成破碎岩體，於是在第二次Cycle時，加上破碎岩體後，整個實驗就很精采，且又另外證明好多東西了呢！～不過後來發現蒜頭網袋無法定形，於是改用鋼絲網袋效果絕佳。破碎岩體連結不透水層與小溝水A點之間〈圖C-19〉

(二)、放入膠體彩色水晶，靜置一晚讓水壓穩定後再實驗。

三、實驗步驟：

(一)、分二種沒有破碎岩體2組〈圖C-21〉～對照組(隧道防水層完工)
～實驗組(隧道開挖防水層完工)

(二)、有破碎岩體2組～對照組(隧道防水層完工)
～實驗組(隧道開挖防水層完工)

(三)、經過過單位時間後測量水流量。

(四)、紀錄後取數據分析作為結論的參考。



圖 c-21 沒有破碎岩體



圖 c-19 加上破碎岩體



研究結果與討論

壹、實驗一：製作壓克力模型，以證明隧道開挖前後的水脈流向，進而斷定水脈是否改道。

進一步證實是否如賈儀平教授所言《雪山隧道=水脈改道》註3

對照組(透水速度)----- 給水 10 公升 實驗時間 6hr 共實驗 7 次
 ←→實驗組(隧道剛開挖)----- 給水 10 公升 實驗時間 3hr 共實驗 9 次
 ←→實驗組(隧道防水層完工)-- 給水 10 公升 實驗時間 3hr 共實驗 8 次

對照組(透水速度)					
給水 10 公升		實驗時間 6hr		共實驗 7 次(平均值如下)	
(1,5)27	(2,5)32	(3,5)10	(4,5)11	(5,5)25	(6,5)18
(1,4)30	(2,4)13	(3,4)25	(4,4)13	(5,4)33	(6,4)15
(1,3)18	(2,3)21	(3,3)17	(4,3)15	(5,3)21	(6,3)21
(1,2)15	(2,2)20	(3,2)19	(4,2)18	(5,2)35	(6,2)7
(1,1)17	(2,1)20	(3,1)18	(4,1)18	(5,1)22	(6,1)43
下層接水 617cc			完全不漏水		
討論：上、中層不漏水後，原本中層隧道處也用橡皮塞加 silcon 封死，完全不漏水了，實驗速度更慢，所以實驗時間改為 6hr 對照組不再有特定梯度，即使隧道處也沒有明顯變化					

實驗組(隧道剛開挖)						
給水 10 公升		實驗時間 3hr		共實驗 9 次(平均值如下)		
(1,5) 160	(2,5) 93	(3,5) 47	隧 道 出 水 ↓	*(4,5) 24 @	(5,5) 24	(6,5) 36
(1,4) 56	(2,4) 40	(3,4) 31		*(4,4) 14 @	(5,4) 14	(6,4) 32
(1,3) 58 @	(2,3) 37 @	(3,3) 14 @		*(4,3) 9 @	(5,3) 22 @	(6,3) 33 @
(1,2) 96	(2,2) 40	(3,2) 20		*(4,2) 16 @	(5,2) 11	(6,2) 42
(1,1) 186	(2,1) 66	(3,1) 21		*(4,1) 25 @	(5,1) 50	(6,1) 76
隧道 3hr 出水 7331cc			下層接水 1393cc		漏水+未漏水=1276cc	
討論：實驗時以第二小時出水最多 實驗越後面，出水越快，第六次以後，2hr 以內上層就沒水了。 @@@@表示出水最少的行列 *****表示隧道處 出水最少的行列以隧道處、越偏中央出水越少						

實驗組(隧道防水層完工)						
給水 10 公升		實驗時間 3hr		共實驗 8 次(平均值如下)		
(1,5)19	(2,5)25	(3,5)20	隧 道 出 水 ↓	*(4,5)26	(5,5)16	(6,5)27
(1,4)24	(2,4)49	(3,4)29		*(4,4)32	(5,4)18	(6,4)23
(1,3)20	(2,3)27	(3,3)24		*(4,3)50	(5,3)20	(6,3)39
(1,2)21	(2,2)54	(3,2)34		*(4,2)15	(5,2)36	(6,2)24
(1,1)21	(2,1)39	(3,1)19		*(4,1)25	(5,1)41	(6,1)55
隧道 3hr 出水 0 cc			下層接水 872cc		漏水+未漏水=9128cc	
討論：實驗時上、中層漏水太多，有礙實驗準確性，改以油土封閉功效不錯，但是上、中層不漏水後，中間空隙 PV=定值，使得上層水無法下達，所以利用棉線的毛細現象打破 PV=定值魔咒。 隧道防水層完工後出水不再有特定梯度，即使隧道處也沒有明顯變化						

從三組實驗結果分析討論：

- 除了**實驗組**(隧道剛開挖)因為隧道出水嚴重出現明顯梯度外，其餘二組都不再有特定梯度，即使隧道處也沒有明顯變化。看來各個水壓不同只和膠體彩色水晶分佈狀態有關。屬於隨機，如同地下的岩層分佈也是隨機不均勻。
- 同時也證明隧道防水襯墊完工後，和施工前是同一狀況。此點呼應實驗三之一～**碧湖溪**的王連發先生缺水現象今年(93 年)有慢慢改善，可見地下水有回補，隧道的防水膜發揮功效。
- 隧道的水平角度對水也沒有太大導引作用。因為隧道的比例對一座山而言相當小，不會有太大的影響。
- 對照組(透水速度)-----給水 10 公升 實驗時間 6hr 共實驗 7 次
 ←→實驗組(隧道剛開挖)----- 給水 10 公升 實驗時間 3hr 共實驗 9 次
 ←→實驗組(隧道防水層完工)--- 給水 10 公升 實驗時間 3hr 共實驗 8 次
 實驗時間不同因為當上、中層不漏水後，原本中層隧道處也用橡皮塞加 **silcon** 封死，完全不漏水了，實驗速度更慢，所以實驗時間改為 6hr

貳、訪問當地居民→第一階段：2004/12/13 沿北宜路訪問坪林到宜蘭的圓通寺。

北宜路_公里	地點	訪問者	說法
1 36.5+公里	隆進花園	李玉治	使用山泉水，挖山洞會缺水，還好夠用影響不大。91 年水荒時，茶樹死了 1/3，沒水灌溉，但認為和挖山洞無關。
2 37.5 公里	景元茶行	劉秀菊	使用自來水，沒有缺水困擾，她不認為挖山洞影響缺水。91 年水荒時，因為她的茶樹有引水灌溉，所以影響不大。
3 37.5 公里	文平茶莊	陳寶華	是使用自來水，很少會缺水 91 年水荒時，茶樹死了 20%。 覺得挖山洞會影響水的涵養。
4	坪林鄉公所	主任秘書	雪山隧道開挖對坪林鄉影響水源枯竭非常嚴重，尤其是排放廢水，讓北勢溪的魚都死光光，有一次甚至於到坪林橋都魚屍滿溪。不過目前有好一點。
5 39.5 公里	蘭姐坊	鄭香蘭	使用山泉水，他說挖山洞“完全”沒影響，只有颱風才缺水。 還批評『有些人睜眼說瞎話，居心叵測』
6 40.5-公里	金華茶莊	王翰揚	他說以前 6 月有水，開挖後 6 月常沒水。 91 年水荒時，茶樹死了超過 1/3。 使用 2、3 公里遠的山泉水，挖山洞有影響，要改水源，否則會缺水。
7 40.5+公里	生泰茶莊	85 歲 黃石生	他用山泉水是有少一些，而前年、去年水有小一些但還有水，不過今年都有水。 現在已經不種茶了！
8 43.5 公里	賣地瓜	54 歲 張榮煌	他用山泉水，建隧道後他家完全沒缺水，可能山洞開挖沒挖到他家水源；但是其他家有缺水。
9 46.5 公里	順益茶行	柯田川	他用山泉水，挖山洞對他們有一點點的影響

10	出 48 公里	碧湖溪上游	王連發	他說鄉公所有幫他們接水，前一陣子沒水現在有水了。而且山洞蓋好有比較好。
11	56.5 公里	縣界公園	汪福來	他用山泉水，挖山洞沒有影響他的水源。他的水源很高。
13	出 59-公里	圓通寺	釋首培法師	他說有水但較少
12	出 59-公里	圓通寺附近住家	王女士 林春康先生	他們住在那裡已經 60 幾年了，他們說以前猴洞溪不會沒水，但現在如果連續幾天好天氣就會沒水，所以他們目前已經沒辦法種稻子了！
14	67 公里	水濂洞休息站	葉人豪	溪很少水，水量和水質都有差，他們自己有成立社區委員會一度水 5 元
	頭城		林惠敏	頭城差很多，水都變成黑色的

雖然許多人都說有影響他的水源，但是當我們總直截了當的問：到底對『你』有沒有影響，看到他們閃爍其詞時，我們就判斷他扭曲事實。甚至隔壁兩家(2號、3號)的說法可以天差地別；加上蘭姐坊的鄭香蘭女士(5號)還批評『有些人睜眼說瞎話，居心叵測』，所以我們斬釘截鐵的判斷對翡翠水庫根本沒影響。

除了圓通寺附近(12號、13號)影響水源枯竭非常嚴重外，其餘都沒有影響。

另外，碧湖溪上游的王連發先生(10號)表示水源有漸漸改善中。

但是縣界公園的汪福來先生(11號)表示『我用山泉水，挖山洞沒有影響我的水源。我的水源很高』。從平面圖上顯示他的水源幾乎在雪山隧道上方，非常接近雪山隧道和上新斷層交接處，可是大漏水卻完全沒有影響它的水源。這個訊息讓我們對不同的地下水層產生好奇？

→第二階段第一次：2005/08/02 訪問宜蘭頭城附近社區

社區名稱	地點	訪問者	說法	
16	金盈社區	福鳴商店	林建昌先生	水源位於金盈瀑布，屬於金面金盈簡易自來水，目前水費 60~70 元/月，他說水源已經慢慢減少，要準備申請臺灣省自來水。申請後水費 300~400 元，對於缺水，他說：有建設就會有破壞，所以可以體諒。
22	頂埔社區	小吃店	林春萬先生	以前抽 5 公尺就有水，現在要 20 公尺，水量還變少，也已經申請自來水已申請自來水，申請費 20000 元扣補助須自費 5000 元
21	下福成社區	協昌五金行	鄭玲芳小姐	感覺沒有影響，也已經申請自來水，是還沒裝。
20	拔雅社區	機車行	辛德隆先生	他自己他自己用自來水，老一輩的用地下水，沒聽說水有變少。變少。地下水質非常好，所以悅氏礦泉水也來抽水。
18	頂福城社區		林燦章先生	說水突然變少，以前小溝的水永遠很充沛，可以種田，有人也拿來飲用；但是大漏水後，小溝水全乾了！使得他田無法灌溉，飲用水源只好再往山上接管，還可以生活。現在小溝水有一些恢復，但是還無法灌溉。

17

金面社區	12正在處理“搶孤”用的藤蔓	簡元水先生 簡火龍先生	表示一直都沒水，已經不能種田了，有些人用簡易自來水，有些則找新水源。很無奈！也頗為抱怨！
------	----------------	----------------	--

15

白石腳社區	白雲村	郭美花	她用猴洞溪的水，說水夠喝，但不能灌溉
-------	-----	-----	--------------------

-----順便說，我們在此處碰到一個年輕的醉漢，嚇死我們了！老師先將我們兩個支開，再和醉漢周旋了一陣子才脫身好險呀！林燦章先生說醉漢是他們親戚，游手好閒不務正業，真想揍他一頓！B生問老師他們可以報警啊！老師說警察才不管這麼多呢！鄉下人養到游手好閒不務正業的下一代是很苦、很無奈的！

→第二階段第二次：2006/01/09 訪問碧湖溪上游

10

北宜路 出 48 公里	碧湖溪 上游	王連發	水源已經恢復九成以上一年多，目前蔬菜全部復耕。
----------------	-----------	-----	-------------------------

看到山坡上生氣盎然的蔬菜園，了解隧道防水襯墊完工後，約三年就可使地下水的分布恢復。

→第二階段第三次：2006/03/30 訪問宜蘭頭城附近社區

16

社區名稱	地點	訪問者	說法
金盈社區	福鳴商店	林建昌先生	水量還是比以前少。但還好！倒是農藥污染嚴重，魚和青蛙都不見了！

18

頂福城社區		林素梅女士	今年春雨特別多才可種稻，但水量還是比以前少。
-------	--	-------	------------------------

15

白石腳社區	白雲村	郭美花	不只種稻，有人還抽水養魚呢！
-------	-----	-----	----------------

12

北宜路 出 59-公里	圓通寺 附近住家	一群正在宰 羊的居民	他們的稻田一樣荒蕪，居民怨聲載道！
----------------	-------------	---------------	-------------------

圖上 ● 綠色的代表沒有影響水源

● 紅色的代表有影響水源

直到2006年3月30日只剩圓通寺這裡，水源都還沒有恢復，其餘頭城附近社區不只恢復種稻，有人還抽水養魚呢！居民也因綠意盎然而笑逐顏開！

很高興我們看到頭城從田地荒蕪抱怨連連到因綠意盎然而笑逐顏開的轉折點。



參、實驗二：搜集資料理出“交錯正斷層的破碎岩體”應是大漏水的原因！於是用實驗一模型，再加入“破碎岩體”，證明有了破碎岩體後水力梯度的明顯變化

對照組(沒有“破碎岩體”)					
給水 7.5 公升		實驗時間 0.5hr		共實驗 12 次(平均值如下)	
(1,5) 4	(2,5)18	(3,5)18	(4,5)31	(5,5)31	(6,5) 9
(1,4)18	(2,4)11	(3,4)14	(4,4)35	(5,4)33	(6,4)28
(1,3)10	(2,3)10	(3,3)13	(4,3)35	(5,3)26	(6,3) 5
(1,2) 4	(2,2)14	(3,2)12	(4,2)17	(5,2)12	(6,2) 4
(1,1) 3	(2,1) 5	(3,1) 8	(4,1)15	(5,1) 2	(6,1) 2

實驗組(加入“破碎岩體”)					
給水 7.5 公升		實驗時間 0.5hr		共實驗 12 次(平均值如下)	
(1,5)71	(2,5)40	(3,5)12	(4,5)279***	(5,5)30	(6,5)26
(1,4)79	(2,4) 8	(3,4) 6	(4,4)23	(5,4)16	(6,4)20
(1,3)88	(2,3)20	(3,3)11	(4,3)24	(5,3)24	(6,3)17
(1,2)28	(2,2)18	(3,2) 3	(4,2) 6	(5,2)34	(6,2)31
(1,1)10	(2,1) 3	(3,1)335***	(4,1) 4	(5,1) 8	(6,1)10

討論：

- (1.) ***表示“破碎岩體”所在點的水力梯度，這兩點明顯高於其他點；而對照組(沒有“破碎岩體”)則完全隨機分佈。
- (2.) 對照組可能因為沒有破碎岩體製造水流，所以水流速度較**實驗組**小。
- (3.) 本實驗證明“破碎岩體”是製造地下河流網的主因；也因為這些交錯地下河流網的發達，一旦挖到地下河流網的任一點，便造成大漏水，此點實驗三會再度證實。

肆、實驗三：訪問頭城附近社區，了解居民因應大漏水後“改變取水層”的應變措施，於是設計實驗三，證明不同不透水層的相互關係。

《第一回合》**對照組**(隧道防水層完工)山洞不出水、**實驗組**(隧道防水層未完工)山洞出水、小溝水共三次----- 實驗時間 1HR

小溝水(隧道防水層完工)//						實驗時間 1HR						
	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th	11 th	12 th
A	9	4	3	3	9	6	0	6	6	7	7	9

對照組 (隧道防水層完工)//						實驗時間 1HR						
	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th	11 th	12 th
A	18	15	9	10	5	10	10	15	12	3	7	7
B	20	38	30	25	10	20	15	16	10	10	10	13
C	750*	90	130	130	90	65	70	39	92	93	70	122
D	30	25	10	15	20	25	50	50	40	40	30	24
E	16	40	25	32	20	25	30	14	10	10	35	38

實驗組(隧道防水層未完工)// 實驗時間 1HR												
	1 st	2nd	3rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th	11 th	12 th
A	18	13	5	8	5	6	6	2	8	4	4	4
B	22	10	10	10	8	3	5	3	3	30	4	4
C	260	175	230	225	150	100	190	150	140	50	80	175
D	50	22	20	20	18	22	12	11	12	20	12	10
E	10	12	20	2	5	6	4	3	1	2	2	1
F	350*	145	130	130	110	110	95	100	90	85	100	90

討論：

PS：* 表示誤差大或操作不當數據不採用

- (1.) 我們覺得小溝水組和**對照組** A、B、C、D、E 測驗時的值差不了多少，我們最後認為這樣就沒意義了。以後就不用在單獨測試。
- (2.) 第一回合的 data，我們認為這樣的趨勢頗滿意，但尚有改進之處。第一，數據不夠對比，問題可能出在第一種膠體水晶太多，黏滯性太強，阻礙出水，尤其是小溝水，洞很小出水不易，我們等這次實驗完畢後，用個大洞的籃子把它過濾掉，保留第二種、第三種水晶。第二，我們想加入隧道破碎岩體讓水脈相通，重新開始再做一組 data。

《第二回合》**對照組** (隧道防水層完工)、**實驗組**(隧道防水層未完工) -----0.5hr

對照組(隧道防水層完工)(加上破碎岩體)// 實驗時間 0.5HR												
	1 st	2nd	3rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th	11 th	12 th
A	86	2517*	1520*	1006*	124	40	30	10	18	6	10	4
B	52	36	50	30	5*	30	42	46	60	60	52	23
C	10	8	7	9	70	64	34	40	20	30	23	14
D	1500*	270	500	76	134	380	470	380	240	120	134	130
E	34	38	34	26	20	24	24	17	20	20	30	9

實驗組(隧道防水層未完工)(加上破碎岩體)// 實驗時間 0.5HR												
前三次每隔一次固定加水 4000C.C. 後兩次每隔一次固定加水 8000C.C.												
	1 st	2nd	3rd +4000	4 th	5 th +4000	6 th	7 th +4000	8 th	9 th +8000	10 th	11 th +8000	12 th
A	402*	7	2	2	2	3	6	4	10	9	2	2
B	40	25	20	2*	22	29	35	40	20	30	35	34
C	40	30	25	32	20	9	10	28	7	10	14	130
D	28	18	12	15	12	11	20	11	18	8	6	8
E	488*	20	30	10	14	18	38	25	60	30	238	12
F1	734	0	186	0	0	1	0	0	0	0	6	0
F2	4480	422	2772	215	3024	570	2650	640	3500	2850	3500	1610

討論：

PS：* 表示誤差大或操作不當數據不採用

- (1.) 爲了計算方便，又把之前 F 點增加分爲 F1、F2。F1 爲隧道出水時，比較短的邊(較高)，F2 則爲出水時較長邊(較矮)。
- (2.) 因加入了破碎岩體(鋼絲袋裡放石頭)，從隧道連到 D 點，從數據來看，D 點水量大增，可能是破碎岩體所導致，也因此我們把時間條到半小時，數據就已足夠，又可節省時間。

- (3.) 我們認為這樣的實驗可證明了破碎岩體導水性好→影響面廣→水因此匯集在那→根本就是地下河流網，是我們沒辦法想像的地下水庫，老師也覺得這樣的數據對比可較大，非常好
- (4.) **實驗組**再和**對照組**的 DATA 比較起來，非常明顯的發現當隧道一出水，D 點由**對照組** 1000 多降到十位數甚至個位數，(根本就是金盈瀑布的標準形)，C 點是地表水，是縣界公園的基本形，而 A 點小溝水就是福成社區和金面社區小溝水形式，隧道一出水就全光了。

《第三回合》**對照組** (隧道防水層完工)、**實驗組**(隧道防水層未完工) ----- (加上破碎岩體)0.5hr

對照組(隧道防水層完工)//(加上破碎岩體) 實驗時間 0.5HR												
	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th	11 th	12 th
A	4450*	465	140	26	816	172	114	218	324	326	306	300
B	27	26	20	24	24	12	15	10	18	15	17	15
C	180	56	45	88	70	17	6*	138	138	192	124	130
D	216	126	40	55	123	52	30	48	20	25	26	9
E	30	5	27	6	3	0	4	3	0	0	1	0

實驗組(隧道防水層未完工)//(加上破碎岩體) 實驗時間 0.5HR 前三次每隔一次固定加水 4000C.C. 後兩次每隔一次固定加水 8000C.C.												
	1 st	2 nd	3rd +4000	4 th	5 th +4000	6 th	7 th +4000	8 th	9 th +8000	10 th	11 th +8000	12 th
A	15	2	2	1	3	3	20	2	5	2	2	3
B	15	15	25	10	14	15	12	10	15	12	18	9
C	50	19	80	34	45	65	85	40	65	37	110	66
D	20	20	15	18	19	10	30	15	55	48	56	40
E	50	6	10	1	20	18	28	7	9	18	110	6
F1	1187	0	0	0	0	0	0	0	0	0	495	0
F2	6400	310	3002	164	3554	220	4096	320	4320	1945	8360	120

討論： PS：* 表示誤差大或操作不當數據不採用
本回合兩對照、實驗組一氣呵成一起做，很明顯就可發現相對關係，B 點含水層影響不大，A 點原本百位降個位數，另外，小溝水會噴出來，我們認為控制到最好的狀態下大概是 200 到 300C.C.左右，如發現太少就要調整。

《第四回合》**對照組** (隧道防水層完工)、**實驗組**(隧道防水層未完工) ----- (加上破碎岩體)0.5hr

對照組(隧道防水層完工)//(加上破碎岩體) 實驗時間 0.5HR												
	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th	11 th	12 th
A	2040	1396	1458	500	550	3500	1608	1512	1074	836	626	864
B	3	3	11	4	3	4	12	4	3	7	12	6
C	68	26	34	38	54	30	26	34	46	92	60	80
D	618*	302	232	222	228	60	32	20	10	13	11	13
E	60	54	36	21	18	7	20	30	26	30	25	16

實驗組(隧道防水層未完工)//(加上破碎岩體) 實驗時間 0.5HR 前三次每隔一次固定加水 4000C.C. 後兩次每隔一次固定加水 8000C.C.												
	1 st	2 nd	3rd +4000	4 th	5 th +4000	6 th	7 th +4000	8 th	9 th +8000	10 th	11 th +8000	12 th
A	90*	16	38	2	5	20	4	4	8	3	28	8
B	8	11	9	10	11	8	9	12	9	14	10	7
C	56	60	96	60	72	52	35	50	56	75	235	83
D	22	12	12	5	6	6	12	3	4	6	14	5
E	133*	4	2	4	2	2	2	2	12	6	64	6
F1	100	0	0	0	0	0	10	0	0	0	32	0
F2	5500	424	3000	530	2980	519	3292	220	6826	910	7360	220

討論：

PS：* 表示誤差大或操作不當數據不採用

從本回合數據看來，美中不足的地方是 B 點，因為到後來的值非常小，另外，我們覺得上層 C 點和 B 點中間距離太遠，造成水晶可能進的來可是出不去，裡面的水晶就越來越多了。D 點實驗組到後來一直減少，雖然我們很想調整，但老師說要在同一種狀況下，我們就沒去動了，但隧道一出水後 D 點和 A 點明顯下降。

《第五回合》**對照組**(隧道防水層完工)、**實驗組**(隧道防水層未完工) -----0.5hr

對照組(隧道防水層完工)//(加上破碎岩體) 實驗時間 0.5HR												
	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th	11 th	12 th
A	612	1216*	641	710	200	178	170	658	134	254	120	92
B	18	9	9	8	9	10	8	7	10	2	9	9
C	183	112	46	44	66	57	52	56	90	34	38	80
D	308	256	258	201	112	118	78	68	72	70	76	42
E	2	0	0	0	0	1	4	6	2	6	0	0

實驗組(隧道防水層未完工)//(加上破碎岩體) 實驗時間 0.5HR 前三次每隔一次固定加水 1500C.C. 後兩次每隔一次固定加水 3000C.C.												
	1 st	2 nd	3 rd +1500	4 th	5 th +1500	6 th	7 th +1500	8 th	9 th +3000	10 th	11 th +3000	12 th
A	8	2	4	2	4	6	48	20	34	40	34	2
B	2	5	4	6	8	10	8	10	10	10	10	9
C	65	48	29	58	60	72	80	30	52	70	70	106
D	36	36	28	30	28	33	60	48	50	46	72	132
E	13	7	10	8	8	7	5	4	8	4	7	7
F1	18	0	0	62	0	0	0	0	0	0	0	0
F2	1080	554	1360	1346	900	870	626	500	400	362	350	380

討論：

PS：* 表示誤差大或操作不當數據不採用

本回合的值還算 OK，我們每次都會固定再放水時，在表面攪一攪，代表下過雨後，位能轉為動能會混一混的意思差不多。

本回合前三次每隔一次固定加水 1500C.C. 後兩次每隔一次固定加水 3000CC，因為少了破碎岩體出水從 6~7000cc 降為 1080cc，所以加水減少，避免超過標準線太多

總 整 理 (平均值)		A	B	C	D	E	F1	F2
《第一回合》	對照組 (隧道防水層完工)	9	20	87	29	26	x	x
	實驗組(隧道防水層未完工)	6	9	148	19	5	x	108
《第二回合》 (加上破碎岩體)	對照組 (隧道防水層完工)	36	44	32	258	27	x	x
	實驗組(隧道防水層未完工)	4	30	20	13	36	71	2772
《第三回合》 (加上破碎岩體)	對照組 (隧道防水層完工)	267	19	107	64	7	x	x
	實驗組(隧道防水層未完工)	5	14	58	29	24	140	2734
《第四回合》 (加上破碎岩體)	對照組 (隧道防水層完工)	1414	6	49	104	289	x	x
	實驗組(隧道防水層未完工)	13	10	83	9	10	12	2648
《第五回合》	對照組 (隧道防水層完工)	343	9	72	138	2	x	x
	實驗組(隧道防水層未完工)	17	8	61	50	7	7	615

根據實驗三之總表：

- (1.) A 點小溝水因山洞出水而水壓大減(36→4 267→5 1414→13 343→17)尤其是加上破碎岩體水壓銳減更明顯，是福成社區(18 號)和金面社區(17 號)小溝水形式，隧道一出水就全光了。
- (2.) D 點落差雖沒有 A 點小溝水大，但也不惶多讓。根本就是金盈瀑布的標準形
- (3.) C 點差距最小，甚至於**實驗組**(隧道防水層未完工)比**對照組** (隧道防水層完工)水壓還大。使用地表水的縣界公園汪福來先生就是標準形(11 號)，福成社區和金面社區後來換更高點取水也是因為地表水和深層地底水脫鉤。
- (4.) B 點此次設計不甚滿意，似乎和其他空間過份通透，算是設計失敗。
- (5.) F 點在加上破碎岩體時，補注水幾乎流光，但在第五回合(不加破碎岩體)補注水後來有漸漸好轉，不再大量流失，難怪曾經遭受缺水之苦的碧湖溪王連發先生(10 號)，在隧道防水層完工後，兩年內便恢復 9 成，水源漸漸恢復。蔬菜全都恢復耕種。
- (6.) 然而圓通寺(12 號)、白石腳社區(15 號)的水源匱乏都因破碎岩體導水性好→影響面廣→水因此匯集在那→根本就是地下河流網，是我們沒辦法想像的地下河流網。因此我們整理雪山隧道相關的斷層、湧水紀錄、湧水公里處及時間即可呼應為何 39 公里處的湧水會造成猴洞溪、北門溪及大金面溪水源大量流失，也因此造成金盈社區、頂埔社區、頂福城社區、金面社區水源枯竭。

正斷層	舒張作用	因舒張作用，縫隙大，較容易形成破碎岩體。	如果在砂岩中形成，則顆粒較大，較容易形成破碎岩體。
逆斷層	擠壓作用	因擠壓作用，縫隙小，較容易形成斷層泥。	如果在頁岩中形成，則顆粒小，較容易形層斷層泥。

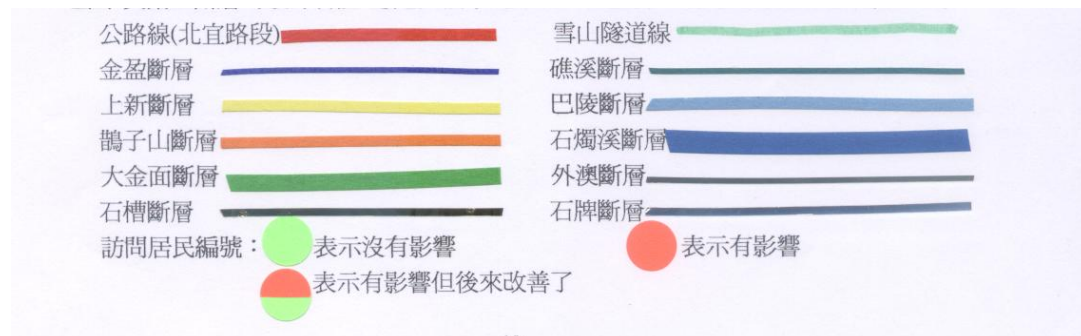
(斷層名)	斷層種類	應力形成	湧水紀錄	湧水公里處	時間	地質情況
金盈斷層	正斷層	抒張作用 形成破碎岩體	有數次 湧水紀錄	40.14km	92 天	硬頁岩剪裂帶
礁溪斷層				40.08km	52 天	硬頁岩夾凝灰岩
上新斷層				39.53km	46 天	四稜砂岩破碎石英岩
巴陵斷層				39.17km	290 天	四稜砂岩破碎石英岩
大金面斷層				39.08km	221 天	四稜砂岩破碎石英岩
石槽斷層	逆斷層	擠壓作用	只有兩次較小的出水紀錄			
石牌斷層		形成斷層泥				

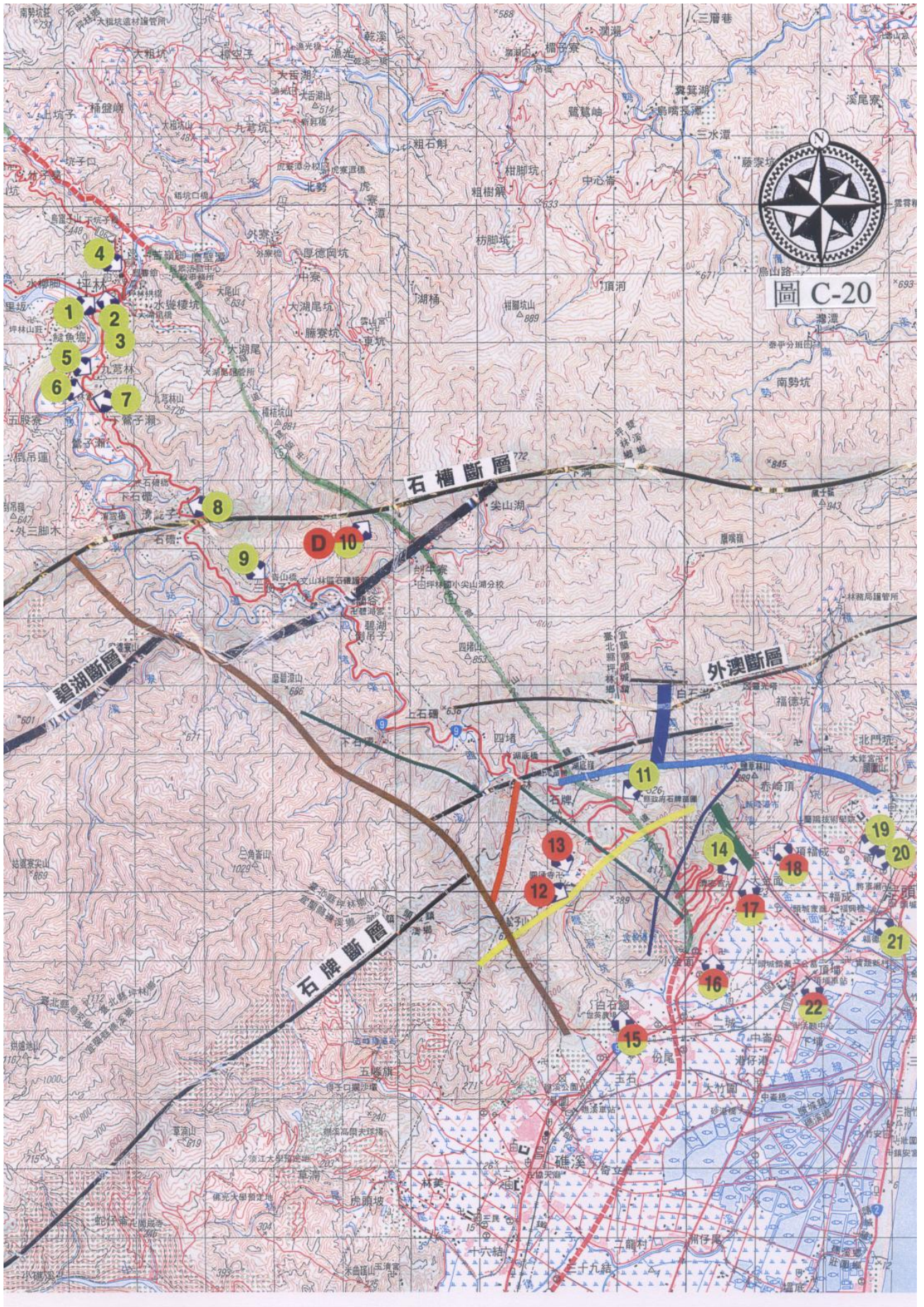
這就是碧湖溪在隧道防水層完工後，兩年內便恢復9成，但宜蘭地區就沒那麼幸運了！宜蘭居民自1994年大漏水後，1995、1996年兩次的超大湧水，最大湧水高達148L/sec，湧水持續八個月^{註7}，此時，隧道正在經過金盈斷層和上新斷層，金盈社區、福成社區的惡夢從此開始，水稻無法種植，他們的飲用水源是因為換一層水層取水才得以舒緩，可見隧道防水襯墊完工，對他們而言，可沒有碧湖溪來得幸運！所幸，2006/03/30 訪問宜蘭頭城附近社區，終於看到頭城附近社區不只恢復種稻，有人還抽水養魚呢！居民也因綠意盎然而笑逐顏開！。因此我們說，隧道防水襯墊完工，宜蘭人十二年後終於恢復了水脈！目前只剩圓通寺這裡，水源都還沒有恢復，希望他們也早日恢復水源！圓通寺水源沒有恢復的原因應該和海拔 400 公尺的高度有關←→頭城附近社區海拔只有 25 公尺。

伍、製作雪山隧道和宜蘭的1/10000立體珍珠版地形模型



陸、搜集整合資料：綜合中興工程資料^{註1}、地調所資料^{註2}及陳明君地質研究所碩士論文^{註4}理出“交錯正斷層的破碎岩體”應是大漏水的原因！再整合不同時間的訪問結果(圖C-20)





結論與應用

整合近三年的成果，碧湖溪的王連發先生(10號)，從四年前(2002年)需要水車運送飲用水^{註10}，到今年2006年我們去拜訪時，他說：恢復九成以上的水源已經一年多了，目前蔬菜全部都復耕，我們看到山坡上生氣盎然的蔬菜園，了解隧道的防水襯墊完工後，約三年就可以使地下水的分布恢復。此點，從實驗(一)的數據---證明隧道防水襯墊完工後，和施工前是同一狀況。當年缺水缺到需要水車運送飲用水的原因，應該是此地段為大桶山粉砂岩，粉砂岩透水性本來就很好，所以來得快去得快，防水襯墊完工後約三年就可以使地下水的分布完全恢復。再者，實驗(一)的數據也證明---隧道的水平角度對水也沒有太大導引作用。因為隧道的比例對一座山而言相當小，不會有太大的影響，所以賈儀平教授的“雪山隧道=水脈改道”^{註3}真的是多慮了！也因此我們斷定，雪山隧道的開挖對翡翠水庫沒有影響，王連發先生家生氣盎然的蔬菜園就是最好的證明，我們很高興有這個結果。

然而，宜蘭居民自 1994 年大漏水後，1995、1996 年兩次的超大湧水，最大湧水高達 148L/sec，湧水持續八個月^{註7}，此時，隧道正在經過金盈斷層和上新斷層，金盈社區、福成社區的惡夢從此開始，水稻無法種植，他們的飲用水源是因為換一層水層取水才得以舒緩，實驗(二)的數據：“破碎岩體”所在點的水力傳導係數約一般狀態的 30 倍左右---證明隧道經過斷層面為破碎岩體的正斷層是大漏水的原凶，這讓原本透水性很差的四稜砂岩硬生生的形成地下河流；而實驗(三)的數據---更證明各個取水點在大漏水後的不同命運---11 號的縣界公園汪福來先生明明非常接近雪山隧道和上新斷層交接處，只因為水源是地表棲留水層，所以大漏水完全沒有影響它的水源。而 18 號福成社區的林燦章先生也是缺水後把取水點換更高點(應該就是地表棲留水層)就解決了飲水問題，所以我們認為雪山隧道的大漏水只破壞了部分封閉含水層；而 12 號圓通寺位於猴洞坑溪與上新斷層交接處，海拔 400m 距離隧道 4 公里之遙，只因水源屬『地下河流網』一環，一樣影響嚴重。

而隧道防水襯墊完工後，缺水缺了12年的宜蘭頭城附近社區，終於看到恢復種稻，2006/03/30 訪問時有人還抽水養魚呢！居民也因綠意盎然而笑逐顏開！因此我們說，隧道防水襯墊完工，宜蘭人十二年後終於恢復了水脈！倒是剩圓通寺這裡，水源都還沒有恢復，希望他們也早日恢復水源！不過看到他們利用荒蕪的稻田來養羊，不得不佩服他們的韌性和窮則變、變則通。

不過 2007 年 1 月我們再度訪問 12 號圓通寺，水稻是還沒有復耕，但是蔬菜已經大量復耕了，還養魚呢！山泉水也嘩啦嘩啦的流，水源正在恢復是可以預期的---。宜蘭頭城缺水缺了12年只因為這個區域有許多正斷層，而且是“交錯的正斷層”呢？『交錯的正斷層』形成的『地下河流網』使得湧水高達148L/sec，缺水持續12年。雪山隧道所經過的地質屬於雪山山脈北端。台灣是歐亞板塊和菲律賓海板塊擠壓形成的島嶼，所以覆瓦式的逆斷層處處可見，(圖 C-20)中的石槽斷層、石碑斷層和外澳斷層就是覆瓦式逆斷層的一環，斷層面為斷層泥，可形成不透水層(這是 10 號碧湖溪的漏水和宜蘭頭城的大漏水沒有連結的原由)；而礁溪斷層、上新斷

層、大金面斷層、巴陵斷層、金盈斷層，屬擴張的正斷層，斷層面為破碎岩體，造成地下水層互通。此區域為何有這麼多“交錯的正斷層”呢？我們認為和沖繩海槽的擴張脫不了關係。

沖繩海槽的張裂活動，主要分為兩階段進行，第一次發生在 1000~600 萬年之間，第二次則約距今 200 萬年前開始，兩次張裂活動之間有 400 萬年的停頓^{註8}。所以我們在整合理出“交錯的正斷層”資料後發現(請參考圖 C-20)：金盈斷層在礁溪斷層之前，礁溪斷層在石牌斷層(擠壓形成的逆斷層)之前，而石牌斷層又在磨碧潭山斷層之前，石槽斷層和碧湖斷層(二者都是擠壓形成的逆斷層)也是在磨碧潭山斷層之前。假設石槽斷層、石牌斷層和外澳斷層都是上新——更新世時的 600 萬年前蓬萊造山運動所形成覆瓦式的逆斷層，那麼圖 C-20 這些“交錯的正斷層”應是分兩階段形成。

理清雪山隧道大漏水的紛紛擾擾後，再去想想那個還沒有動工的蘇花高，是否要建蘇花高？根據中興工程評估報告蘇花高一樣有湧水問題^{註9}，但以雪山隧道為師，別的地質因素不敢說，但就蘇花高沿途沒有交錯的正斷層，因此不會有雪山隧道超級漏水的結果，是可以斷定的。

很高興可為雪山隧道工程寫歷史！也為雪山隧道工程排山倒海的爭議做個平反！

參考資料

- 註1 交通部台灣區國道新建工程局 1991/3 國道北宜高速公路工程基本設計階段 坪林—頭城段地質調查工作 期末報告 財團法人中興工程顧問社
- 註2 林啓文 林偉雄 高銘健 1993年 1/50000地質圖---南澳 經濟部中央地調所
- 註3 陳雅玲 商業週刊第879期(2004.9.27->2004.10.3) 萬年水脈斷流！ 商周文化 P100~123
- 註4 陳明君 賈儀平 1997/6月 頭城地區四稜砂岩水文地質及隧道湧水之研究 國立臺灣大學地質研究所碩士論文 P22~27
- 註5 國工局提供的導坑TBM受困表 1997
- 註6 聯合後勤司令部測量署 2003/1月定稿 中華民國臺灣地區1/50000地形圖—宜蘭 礁溪 內政部
- 註7 交通部台灣區國道新建工程局資料
- 註8 王執明等撰 2000/4月初版 台灣土地的故事---台灣的生成 大地地理出版社 台北市 P76~79
- 註9 交通部台灣區國道新建工程局 2003/8月定稿 國道東部公路蘇澳和平段工程初步設計報告書 財團法人中華顧問工程司
- 註10 王生合 周效瑜 盧子漸 2003/6月 水荒 水慌 心慌慌---第43屆臺灣中小學科展得獎作品 P15

訪問居民重點紀錄：

10 碧湖溪～位於雪山山脈和石槽斷層交接處，臨碧湖溪

2003/06/01 碧湖溪的王水德先生，要水車運送飲用水，並因無法生計氣憤難平！

(PS：本訪問記錄引用他作)註 10



2004/12/31 碧湖溪的王連發先生(父親)：他說前一陣子沒水，現在山洞蓋好有水了。



2006/01/09 我們去拜訪時，他說：恢復九成以上的水源已經一年多了，目前蔬菜全部都復耕。我們看到山坡上生氣盎然的蔬菜園，了解隧道的防水襯墊完工後，約三年就可以使地下水的分布恢復。



2004/08/11 碧湖溪的王連發先生(父親)一位住在本地七十多年的老先生：他說高公局有幫他們接水，現在有水了。



18

宜蘭頭城頂福城社區：位於石燭

坑溪與福德坑溪之間，海拔 25m

2005/08/02 訪問宜蘭頭城頂福城社區林燦章先生說：水突然變少，以前小溝的水永遠很充沛，可以種田，有人也拿來飲用；但是大漏水後，小溝水全乾了！使得他田無法灌溉，飲用水源只好再往山上接管，還可以生活。現在小溝水有一些恢復，但是還無法灌溉。



2006/03/20 頭城頂福城社區林素梅女士：今年春雨特別多才可種稻，但水量還是比以前少。（已經因綠意盎然而笑逐顏開！）



12

宜蘭圓通寺：位於猴洞坑溪與上

新斷層交接處，海拔 400m

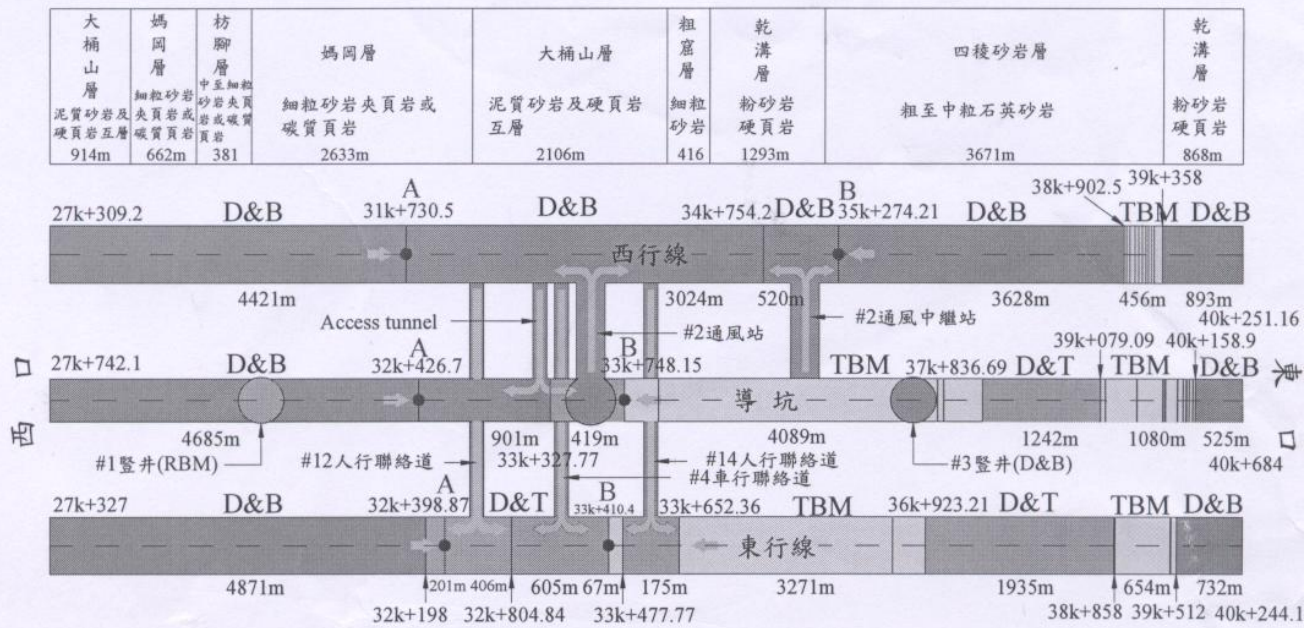
2004/12/02 訪問圓通寺居民王女士和林春康先生：他們住在那裡已經 60 幾年了，他們說以前猴洞溪不會沒水，但現在如果連續幾天好天氣就會沒水，所以他們目前已經沒辦法種稻子了！



006/03/20 圓通寺附近住家(一群正在宰羊的居民)：他們的稻田一樣荒蕪，居民怨聲載道！還不准我們拍照！



交通部台灣區國道新建工程局雪山隧道各工法開挖統計及 TBM 受困資料



雪山隧道各工法開挖長度統計表

位置	鑽炸法(公尺)	TBM 法(公尺)	鑽炸法&TBM 混合法(公尺)
導坑	6,112	5,168	1,662
東行線	5,603	3,870	3,444
西行線	12,486	456	0

雪山隧道 TBM 受困位置時間一覽表

位置	里程	處理時間	位置	里程	處理時間
導坑	40K+138	82.01.23~82.04.24, 92 天	東行線	39K+458	85.10.03~85.10.17, 15 天
	40K+083	82.05.25~82.07.15, 52 天		38K+858	86.07.10~86.11.17, 131 天
	40K+075	82.08.29~82.10.04, 37 天		36K+440	91.12.24~92.05.11, 156 天
	40K+040	82.10.22~82.12.21, 61 天	合計	3 次共 302 天	
	39K+972	83.02.23~83.04.07, 44 天	西行線	39K+239	85.12.24~86.01.08, 17 天
	39K+842	83.05.25~83.07.01, 37 天		39K+235	86.03.07~86.03.24, 18 天
	39K+816	83.07.10~83.09.19, 72 天		39K+217	86.04.04~86.05.05, 32 天
	39K+530	83.11.07~83.12.23, 46 天		39K+209	86.05.08~86.05.20, 13 天
	39K+168	84.02.18~84.12.04, 290 天		39K+148	86.06.02~86.06.10, 9 天
	39K+079	85.02.05~85.09.13, 221 天		39K+130	86.06.16~86.06.20, 5 天
	37K+431	90.04.10~90.08.15, 128 天		39K+077	86.07.04~86.07.24, 21 天
	37K+366	90.08.25~90.11.17, 76 天		38K+929	86.09.05~86.12.11, 98 天
	33K+990	92.06.10~92.09.17, 72 天		38K+919	96.12.13~86.12.14, 2 天
				38K+902	86.12.15~88.12.30, 746 天
合計	13 次共 1,228 天	合計	10 次共 961 天		

雪山隧道各工作面關鍵時間點

項目	導坑	東行線	西行線	項目	導坑	東行線	西行線
開工日期	80.07.15	82.07.23	82.07.23	全線改採鑽炸法	-	-	87.04.20
東口進洞日期	80.08.20	82.07.23	82.08.07	四稜砂岩段開始	83.09.20	85.03.14	84.04.02
西口進洞日期	85.03.21	85.07.20	85.04.07	四稜砂岩段結束	91.08.24	92.09.20	92.10.29
TBM 進場組裝	81.09.06	84.05.11	84.05.11	#2 豎井增開工作面	91.05.28	91.12.25	89.05.03
TBM 開挖	82.01.06	85.08.21	85.05.02	全線貫通日	92.10.20	93.09.16	93.03.14
TBM 全斷面結束	92.10.20	93.08.12	86.12.15	竣工日	93.07.20	-	-
TBM 推進結束	92.12.10	94.01.31	-	西段貫通點 A	92.05.31	93.09.16	92.09.15
TBM 拆解完成	93.04.30	94.03.16	88.12.20	東段貫通點 B	92.10.20	93.08.12	93.03.14

評語

本作品利用文獻資料及訪談資料探討雪山隧道漏水之主因，為較老的地下水由破碎帶漏出，並未造成水脈改道，但缺少量化資料之支持。