

## 薪傳 利用遙測技術於地工發展之代表性人物~潘國樑博士

### 緣起

工程地質學係將地質學的知識運用在提供工程規劃與設計相關的決策上的重要資訊，而遙測應用於大地工程與工程地質則是由潘國樑博士回國後所推廣，應用在國內多項重大公共工程之地質調查實務的新方法之一，例如運用於核電廠興建與活動斷層的特性、建築聚落是否位於土石流的攻擊範圍等選址決策；不僅於此，潘博士也基於推廣地質知識，對於可經由地質科學解釋的傳統風水觀念加以解析，更由耕耘於海洋溫差發電而意外造就東部三縣市的深層海水應用。由於潘博士總走在地質相關專業技術領域的先端，遭遇阻力相對較大，工研院的環境地質資料庫就是在這種舉步維艱而突破困境下的產物，因此更可以突顯他的不畏艱難的個性，在跨越不同領域上付出心力但卻也獲得更多，具有總是朝正面思考的人格特質。

潘博士除不間斷的在中央大學與成功大學兼任教授教育學子外，於民國 73 年起加入地工技術雜誌社，民國 77 年地工技術基金會成立後，歷任第二、三、四及六屆董事、第二屆(80-82)學術委員會主任委員、第三屆(83-85)總編輯、第四屆(86-88)董事會執行長，主持十年來地工小百科的專欄編輯，因此在專業領域外亦可以《醉心於專業的公益服務》來形容。

民國 98 年 10 月 7 日在地工技術基金會的安排下，我與基金會執行長謝旭昇博士(三力技術工程顧問公司董事長)、地工技術總編輯林宏達博士(台灣科技大學營建系教授)、地質技師李秉鴻(聯興工程顧問公司副總經理)及基金會秘書李碧霞小姐等，一同訪問了潘博士，當天基金會特別播放了收集二十餘年的照片，以及特別遠至中和排隊買了聞名的王師傅蛋糕，希望能在小至飲料點心也能完美安排的氣氛下，引出潘博士數十年來的回憶，以下係摘錄當天訪問的精采片段。

孫思優\* 整理

### 一、就學之路

潘博士就讀於新竹中學，雖當時還有校內成績好就可直升的制度，但由於嚮往到北部就學，因此放棄可以直升進入當年南部排名第一的成功大學土木工程系之機會，也許是機緣吧，當時參加大學聯招反而考得不理想，公佈出來的成績卻上了成大礦冶系，原本讀了一年想轉到土木系，卻被系主任苦口婆心的留下來繼續就讀，最後以第一名的成績畢業於成大礦冶系(1960~1964)。

服役時抽到天下第一籤-金馬獎，在金門服完兵役後，回到成大擔任助教，在此期間原本申請了明尼蘇達大學岩石力學的獎學金，該校同意給予 half time 獎學金，因為當時不懂 halftime 是何意，誤以為只給一半，所以放棄了赴國外繼續升學的計畫。之後轉往接核研所參與鈾礦探勘的計畫。

在中科院核研所的這七年助理研究員之中，跑遍了台灣及金門，對台灣的地質開始有通盤的了解。特別的是曾經設計車載地化分析室，進行全台灣河川沉積物的鈾元素現場分析，又設計了重砂洗選廠，自小金門採集重礦物獨居石，以作為提煉放射性元素的原料。



照片— 1967 年任職於核能研究所時從事鈾礦探勘工作

### 二、遙測學的啟蒙

在核研所期間，於 1970 年取得美國 National Research Council 的獎學金，到科羅拉多州進修的機會，當年我國剛退出聯合國，幸好未受影響。潘博士就在出國的這段時間，學習了當時還是蠻先進的遙測技術，從此對遙測發生很大的興趣。潘博士在美國科羅拉多礦業大學地質系進修《遙測學、探勘地質》一年時間，第二年則轉往美國地質調查所丹佛分所繼續接受《野外地質、地化探勘》訓練。回國後在核研所繼續

\* 聯興工程顧問有限公司

服務兩年，於 1974 年離職，並且申請獎學金，再度前往美國進修。

潘博士有了這些與遙測相關的基礎後，於 1974 年獲得愛荷華大學的獎學金，以遙測方法調查 Black Hills 的構造地質為論文題目，於 1978 年取得博士學位。

潘博士在畢業前一年就曾在北愛荷華大學教了一年書。鑑於在台灣已有六、七年的工作經驗與基礎，感覺不如歸國尋求發展，所以就在 1979 年的 6 月毅然束裝返國。



照片二 1972 年返台接受在台協會處長頒發結業證書

### 三、返國求職

潘博士於回國前曾申請返回成功大學礦冶系任教，但因沒有職缺而作罷。中央大學地球物理研究所顏滄波教授有意聘請潘博士，手續也辦好了，卻受好友—經濟部工研院能源與礦業研究所所長馮大宗力邀，去能礦所主持地質研究室。潘博士從此即開始推動他的理想。環境地質就是在這個時候開始萌芽。潘博士也從此將其遙測專長帶入工程地質及環境地質的研究中。

### 四、衛星影像特性

若說衛星影像可用來探採金礦，那只是鼓勵使用遙測的說法。小小的台灣為何需要用到衛星，可從解析度的提高說起。現在的衛星遙測技術已經可以看到更多細部資料，連小型崩塌也可辨識出來！此類影像，雖然只能看出地表的物，但是地表則是地質在外的表現，所以我們還是間接可以判斷在地表下的地質。

國內遙測技術推廣的推手首推葛錦昭先生及馮大宗先生。1976 年 8 月我國在經濟部成立了“遙感探測技術發展策劃小組”（簡稱遙測小

組），由內政部、國防部、經濟部、交通部、經建會、國科會、農委會、省政府、工研院及學術機構等單位推派代表組成，每年編列三至四千萬經費支援二十餘個研究計畫，進行先驅性研究，使用之影像資料大部份以衛星影像、航空照片、空載多光譜影像為主。1985 年該小組改隸農委會的科技處，由葛錦昭先生擔任召集人。該小組直到 2007 年 9 月完成其階段性任務後才正式撤銷。此後轉由國科會及軍方支持，於是就有了福衛二號衛星的誕生，其拍攝重點在台灣及大陸，其解析度為 2m。解析度的概念與 DTM 多少有一點相同。法國的 SPOT 解析度為 5 公尺，私人商用衛星如 Quickbird 及 GeoEye（原 IKONOS）則產製小於 50 公分解析度的衛星影像，但美國政府允許它們只能以 50 公分的解析度販售。在這個解析度之下，已經接近航照的精細程度了。航照的發展已經 80 年以上了，資源探勘衛星不過只有 40 年而已。可見遙測技術的進步真是日進千里。現在我們已經可以從衛星影像上辨識崩塌地、土石流之類的天然災害。

### 五、在工研院任職

潘博士返國後，在工研院接到的第一個計畫，是由台灣電力公司委託尋找通過核四廠的活動斷層之定年材料—碳質物。潘博士自稱第一次聽到活動斷層這個名詞。所以不久之後，他就開始參與國科會主持的活動斷層調查；這也是國內首次對活動斷層進行較為深入的調查研究。潘博士學以致用，他將其遙測專長納入調查方法；先後研究的題目有臺灣中部 1935 年地震斷層之航照地質研究、活動斷層之航照地質研究(二)：嘉義梅山地震斷層研究，以及桃園新竹地區活動斷層調查研究等等。

潘博士在工研院最大的成就是推動工程地質及環境地質有成，曾兩次獲得工研院的獎勵及獎金。他是國內環境地質的啟蒙者。現在大家熱衷於防災的研究，其實就是啟始於 1979 年引入台灣的环境地質。

潘博士在 1994 年引用年資加年齡大於 65 的條例而提早退休，並且轉換跑道，接受莫博士的邀請，到亞新工程顧問公司擔任協理（後升任副總經理，主管大地部）。

## 六、從無到有、不畏艱難的人格特質

潘博士的個人特質可以用下列字句作代表：做自己喜歡的事、跳出框外想事情、一直勇往直前、做事貫徹到底、是個真善美主義者。

說到在工研院推展環境地質資料庫的建立時，當年台灣還沒有環境地質的術語，即使在美國，環境地質與遙測一樣，也是遲至 1960 年代才正要開始萌芽。在這樣的條件下，想在工研院推展環境地質資料庫建置的構想，是要有很大的勇氣。一般說來，推動一樣新的東西，可以用三分助力及七分阻力來形容當時推動的困難。

一開始潘博士先以比美國所用更大的比例尺 1/25,000 試作，但建築界的人士提出這樣子的比例仍然太小，所以最後則以 1/5,000 呈現。而台北市因為早年就有 1/1,000 的地形圖，所以台北市的比例比較大。

要突破老觀念非常困難，所以潘博士就進用了三個剛從大學畢業的地質系學生，就這樣開始他的環境地質圖的試作。這個計畫其實有它的困難，外界常誤會工研院是國家的財力支持的，所以找經費來源不難。實際上國家只支持某些項目，如電子、機械、化工等，針對土木、大地、地質等這些傳統領域是不支持的，所以在工研院是有找業務的壓力。潘博士自稱，這就是環境的壓力造成他成長得很快的原因。

當年還沒有方便的電腦可以作簡報材料，所以第二年起就先作成一幅圖板成品，然後約好各縣府，開著車子逐一去簡報。好不容易推動了 3~4 年，終於有個機會到來。在民國 73 年時，李登輝先生剛擔任台灣省主席，當年又正好有一個颱風侵襲，所以潘博士就趁此良機，由方賢齊院長及馮大宗所長親自帶領，前往中興新村，在行政月報中做了 30 分鐘的簡報。李主席不愧是學者出身，馬上就看出該計畫的重要性及可行性，對台灣的防災工作將有重大的助益，所以就當場作了決議，責由省建設廳與工研院簽約，從事長期調查。會後擔任秘書長的黃大洲先生還稱讚，省政府從來沒有在 30 分鐘內給出這麼多經費。

因 1/5,000 的圖幅數量甚多，此後每年由建設廳與各縣市政府開會，決定就全省發展較快的重要都會區之山坡地，依優先次序進行調查。民國 74 年出第一批圖說，隔年山地農牧局（現在的



照片三 潘國樑博士由當年出國前開始說起



照片四 1985年環境地質調查講習會的現場解說場景

水土保持局)覺得資料很有用，就從治山防洪計畫，撥出比建設廳更多的經費，挹注這個計畫。潘博士辛苦推動的環境地質計畫從此步入坦途。現在這一套報告已經成為審查山坡地開發計畫的重要依據，同時政府也規定，山坡地開發申請需要檢具環境地質圖。可見潘博士所開發的環境地質技術對我國的防災工作具有深遠的影響。

這個計畫從民國 68 年開始推動，到民國 73 年終於成功。這個合約持續到精省後又轉到營建署繼續執行，直到民國 91 年為止。目前這套圖在營建署已經在逐步數位化，並提供影像圖供外界下載。

## 七、遙測於環境地質的應用

後來有個國土資源資料庫的計畫，則是潘博士在亞新工程顧問公司期間所爭取的。因比例尺 1/2,5000 較小，所以製作速度較快，因此只花了兩年時間就把全省山坡地的地質敏感區資料庫建置完成。當時就已經從 SPOT 衛星影像上過濾出來座落在土石流堆積扇上的 400 處危險聚落。其中預測到而發生災害的就有新竹土場、屏東好茶村、花蓮銅門以及高雄小林村等。



照片五 1992 年基金會舉辦地質之旅

目前潘博士正利用更精細的 Google Earth 重新檢視這 400 處聚落，應該可以看出更多的資料。例如好茶村經由山上遷到山下，大約是在前年又出了問題，目前更想要遷到山外。由判釋資料可以證明，好茶村係位於兩條大土石流的中間，原先以為這樣很安全，但是沒有料到它的後山還有兩條不起眼的小土石流，竟然就是這兩條發生災變了。

潘博士語意深長的說，我們一定要敬畏地質作用力（如重力、水力、冰力、浪力、風力、震力、火山爆發力、板塊動力等）為不易或不可抗拒，也要堅信地質作用力所造成的結果，利用科學的知識及方法是可以預測的。

環境地質資料庫採用的遙測影像，因當時的衛星影像只能勉強看到土石流，因此仍須採用歷年的航空照片，將調查區的崩塌地全部檢視一次，並不是重新空拍，所以所圈繪者皆為由經驗法則所得的已發生之歷史崩塌資料，然後再配合一些重要的因子（如坡度、岩石強度等），運用評分的方法，分析山崩的潛感性。之後學術界再予研發，採用多因子統計法加以分析，所以兩者稍有不同。至於圖中對於採煤區的地層下陷之劃設，則只填上礦坑的位置，並沒有將可能的下陷範圍整個納入。假如現在有機會再執行一次這個計畫，潘博士認為在觀念上及作法上仍然會是一樣，只是採用的工具（衛星影像）有所不同。隨著科技工具的精進化，現在可以看得更多且更為精細。潘博士深信，歷史災害是最重要的一項因子，因為天然災害具有週期性發生，且發生位置不太會改變的特性（約有 70% 以上的地質災害是在原地復發），所以光是圈繪歷史災害，就可以

有七成以上的預測準度。如果能夠達到七成的準度，則防災效益已經非常顯著了。

以前對於面積比較小的歷史崩塌地在衛星影像上不一定看得出來，但是現在工具進步了，例如看 Google Earth 就可以很清楚的看出來；它有比航照更容易取得的優點。至於環境地質圖要多久更新一次，則要看環境地質的改變速率，例如台灣一次強烈颱風來就會發生崩塌，如果有人力，則每年更新一次當然最好，但是受限於人力與時間，事實上很難每年更新；大概全國每 5 年更新一次應該是合理的。地方政府如果有其需要或有預算，例如台北市政府，其更新的間隔當然可以縮減一些。

Google 影像的更新並不是全球一次全部更換，但它有個優點，即工具列裡有個時鐘，可以追溯過去的影像，用來研究其歷史變遷。

地質學有一句名言：現在是通往過去的一把鑰匙。但是從過去也可以預測未來！也就是過去可以做為鑑往知來之鑰！潛在災害的預測因受限於影像的來源不易，以及影像取得的歷史不夠長，且費用龐大，所以利用遙測影像進行週期的研究，目前還是在起步的階段。災害的預測要做到地點及時間都能預測，現在科技還做不到，地點的預測比較沒有問題，時間的預測則還有很長的路要走，所以只能用概率的概念來解決，即所謂風險分析。

#### 八、環境地質圖的使用與管制

談到將液化區納入環境地質圖是否合適，因液化也算是災害的一種，所以是應該納入的，但目前資料還不足。至於環境地質資料庫是否應該公開，美國都市發展局的做法是不予公開，但是相關的人士（如土地所有人、土地開發者等）可以申請調閱；環境地質資料絕不外露，也不准外借。政府的圖資只做到區域性的程度，即只做警告性的調查；土地開發者必須自己做更詳細的調查。在地盡其利的觀念下，只要委託的顧問公司能證明技術可以克服，保證安全無虞，並願負起責任，則有潛在災害的地帶還是准於開發利用。台灣國情不同，調查雖是 1/5,000 的精度，但只以 1/25,000 公布；而且有潛在危險的地帶一律不准開發利用。所以土地利用的安全、人民的權利、以

及社會經濟的發展要取得一定程度的平衡。

環境地質 (Environmental Geology) 一詞是沿用早期美國地質調查所所用的名詞，也可以稱為地質災害 (Geologic Hazard)。現在已有土木、水利、建築、氣象、地質、地震、社會等很多領域的人士共同加入研究，所以地質災害的名詞已經不合時宜，似可使用新的名詞-Geohazard (暫譯潛地災)，表示潛在的災害，即尚未發生災害，但有發生災害的潛勢之意。建議地工基金會能夠對 Geohazard 一詞進行正名。

曾有立委及業者希望在申請溫泉開發許可時，能夠取消相關的技師簽證，只要查詢環境敏感區圖即可，其不在敏感區位內者即可准予開發。然而環境地質敏感與環境敏感是不能劃上等號，可以說有上下位的關係，但環境敏感的涵義比較廣，包含生態的、文化古蹟等都可以包括在裡面。假如只要查詢環境敏感區，就據以認定無潛在地質災害是很危險的觀念。

### 九、多面向的創作

由民國 75 年起，潘博士陸續出版了 12 本書，除了專業書籍(包括山坡地地質分析、坡地開發與調查、應用環境地質學、山坡地永續利用、環境地質與防災科技、遙測學大綱-遙測概念、原理與影像判釋技術、山坡地的地質分析與有效防災、工程地質通論、工程地質學導論)以外，也有一些比較特別的著作，例如「防災科技與科學風水」。地質與風水兩者是否有衝突，潘博士認為有些風水觀念，的確在地質科學上可以得到解釋。畢竟地形表現是植基於地質條件上，例如房子要放在河灣內被包起來的風水概念(風水書叫做汭位)就是正確的，因為另外一岸就是攻擊岸，是不好的風水，像金帥飯店就是如此。這本書當時只是純粹為了推廣地質科學，在就如現在部落格一樣的網路上，所寫的一些文章加以集結而成。另外一本書「面試學」則是介紹給年輕學子們，教他們面試的技巧、訣竅、及策略，在很多機會與場合都可以用得上，例如考研究所的學生在面試時就可以適用。

### 十、在亞新公司任職

潘博士在亞新工程顧問公司期間，擔任董事兼協理(後來晉升為副總經理)。除了從事例行

的顧問公司之常態工作之外，潘博士曾在亞新新開發了地層下陷與安全出水量、水庫安全評估、土壤及地下水污染、區域國土保育防災等新計畫，同時也帶入了遙測與環境地質技術。另外他也帶入 Offsite Meeting 的作法，做為凝聚部門向心力及年度策略規劃的一種管理策略。根據潘博士的經驗，在技術與管理方面，技術其實相對單純；管理部分則大約有 80%的時間是在管人，人管好了其他就都通了，剩餘的才是管事情，能把技術激發出來又能留住人才是不容易的。

### 十一、海洋溫差發電推廣

早期潘博士曾大力協助推動海洋溫差發電計畫。雖然海水能源不用付費，營運成本又低，算起來發電的單位成本不高，但整廠建置成本卻很高。新的科技總是很難推動。1999 年至 2001 年潘博士在經濟部水資源局擔任顧問期間，獲得徐享崑局長的支持，提供了兩百萬的研究經費，完成了深層海水多目標利用的初步規劃。



照片六 IOA(國際海洋溫差發電協會)在台北召開小組會議時與李國鼎先生合影

用深層海水來進行一些經濟活動，水夠乾淨又沒有污染、營養(微量元素)多、溫度夠低(約攝氏 4 度)，佈設海下六百多公尺深的抽水管，要花費五、六億。將深層海水抽上來後，經過淡化就成了賣場內高價的深層包裝水。現在東部三個縣市出現一窩風，搶抽深層海水。原本要推動海洋溫差發電，卻誤打誤撞而成了深層海水應用的收穫。

深層海水在美國除了用在低度利用的飲用水外，他們以深層海水養殖海藻，再從海藻中萃取抗老化物質，其效力比天然維他命 E 的抗氧化效果要強上三、四倍；也有利用在養鮑魚上；日本則用來做化妝品，相當賺錢，例如海洋拉娜賣

得非常好又非常貴；台灣也有財團用來養殖九孔幼苗，因為營養豐富而長得快，每二、三個月即可出貨，也有相當好的收益。有一陣子台灣西部養殖蝦子死得很多，雖有人想到抽取深層海水，但在西部台灣海峽不夠深，只有幾十公尺，沒有深層水的效果；東部在離海岸不遠處，立刻可以到達很深的海下，可以鋪放很多管子。現在屈指一算，離當初推動海洋溫差發電已經十幾年了。潘博士對於推動新科技的感觸很深，一開始真的很難推動，只要推動新的東西就一定會有許多人反對，但是一旦成功了，他又生氣盎然的著手推動不同的新科技，只要是新的東西他都想推動；他就是從推動過程中獲得成長，獲得成就感。也許這就是一種能力的展現吧！

## 十二、遙測技術移轉

潘博士曾在台灣工業技術學院營建系兼任副教授《工程地質學》。目前他仍在成功大學土木系《高等工程地質學、土工遙測學》及中央大學應用地質研究所兼任教授《地質遙測學》。在教學期間不斷編寫講義及教材，最近一直在忙著將以往的教材改編成教科書。潘博士說，他不會老用一套教材，只要有新的資料就會不斷的補充。潘博士的另一項工作是進行遙測影像判釋技術的移轉。因為國內比較重視影像處理，而忽略影像判釋，所以一張衛星影像放在面前，不知如何判讀它的內容，殊為可惜。潘博士希望將他的獨門技術留傳下來；把這門技術應用在防災、工址調查、工程規劃上真是一級適合，它既快速，又準確。

## 十三、與土工技術共同成長

潘博士業餘的在土工技術基金會服務了一段時間，他對基金會行政人員盛讚有加。如果不是她們的勤奮與能幹，土工技術基金會恐怕不會有今天的局面。值得一提的是潘博士在擔任總編輯期間，土工技術雜誌曾獲得國科會最佳優良期刊與二十五萬獎金獎勵的榮譽。

可惜之後國科會對學術期刊的獎勵辦法加以更改，包括不能刊登廣告等，導致沒有機會再爭取。這是空前絕後的一次。可是潘博士仍然認為土工技術是一流的學術與技術融合之科技期刊。



照片七 土工技術基金會第二屆董事會成立(82.01.16)



照片八 土工技術二十週年茶會(91.11.17)

## 十四、跨領域的感想

一般說來，在跨領域的個別專業領域方面，存在著被另一領域不認同的現象，但潘博士並沒有這種狹隘的觀念；他與各相關領域的人士都有來往，反而因此而獲得了更多的資源，所以只要有正面的思考，外緣朋友就會更多，從各方面都可以得到很多奧援！

## 十五、對於地質、土工未來趨勢之預測

潘博士認為 21 世紀的熱門課題為全球變遷 (Global Change)，因之大地工程的方向也要隨之轉變或轉進。全球變遷將會成為未來世界各國的重要課題！所以我們一定要抓住未來趨勢，例如地球增溫的討論已經很多，首先是氣溫增高的影響，氣候會變為極端，出現乾旱或大型暴雨，Geohazard 災害將更多，規模會變得更大，對土工、地質將會造成嚴峻的挑戰及衝擊，因此如何去發展新的防災科技是重點。其次是冰山溶解造成海水面上升方面，台灣有很多地方將會受到影響，低地會淹水，道路、碼頭、村莊的公共工程會受害。甚至海水面上升，如台北原本潮水只到汐止，但上升的結果，會往內陸延伸；邊坡的地下水水位隨之上升，地基遭到長期浸潤的現象

都會出現，這些都是未來可以加強研究的地方！

例如荷蘭國土低於海水位 5m，其最近的建築觀念正在改變，房屋將改成在水上興建，而不是停留在與海爭地的傳統思維，這部份還有許多課題是可以加以研究的。

#### 十六、結語

潘博士在訪問即將到了尾聲時，很謙虛的感謝了各位在今天花了許多時間訪問，且以非常風趣的話語問道：「今天的口試通過了嗎？」，在大夥一陣歡笑中結束了這次難得的專訪。



潘博士與謝旭昇執行長、林宏達總編輯、孫思優博士及李秉鴻先生合影(民 98 年 10 月)