

試驗報告第 319 號
BULLETIN No. 319

蓮華池一號試驗集水區地質構造 與地下水相關之研究

范明光 楊楚洪



Study on the Relation Between Geologic Structure and
Groundwater of No.1 Experimental Watershed at Lien-Hwa-Chi

by

M. K. Fan C. C. Yang

臺灣省林業試驗所

臺灣 臺北

中華民國六十八年一月

TAIWAN FORESTRY RESEARCH INSTITUTE

Taipei, Taiwan, Republic of China

Jan. 1979

蓮華池一號試驗集水區地質構造 與地下水相關之研究

范明光 楊楚淇

Study on the Relation Between Geologic Structure and
Groundwater of No.1 Experimental Watershed at Lien-Hwa-Chi

by

M. K. Fan C. C. Yang

提 要

本文旨在針對蓮華池一號集水區歷年來逕流率大於 100 % 之現象，進行其地質構造與地下水相關之研究，經以地層比電阻探測法調查該集水區周界之地層結構剖面後，發現集水區右岸之稜線下有地下水含水層存在，再經局部之精密水平調查，結果顯示右岸集水區外之地下水水頭高於集水區內之地下水水頭。在這種情形下，地下水自然由區外向區內流，因此可確知該集水區所觀測而得之逕流量，其中有一部分係由集水區外之水經由地下水層所滲入者。故在該集水區之經營處理上，必須考慮到其水收支之特殊性。

一、緒 言 (Introduction)

集水區之水文循環過程受到植生、土壤、地質、坡度、方位等因子之影響，當空氣中之水分下降到地表後，經過植生之截留，而後再經地面枯枝落葉層及腐植層滲入土壤，滲入土壤之水除一部分為植物之根系所吸取外，其餘的重力水就繼續往下滲透。此種往下滲之水分動向就完全受地質構造所左右了。假如一集水區之地下構造之分水稜線與地表之分水稜線不相同時，那麼在其量水堰觀測而得之出水量即不能充分顯示係由該集水區所接收雨量之結果。因此，在探討試驗集水區之水文循環過程上，最好是能調查集水區之地質構造，然後以這些基本資料為輔來研究試驗集水區之水文現象，才能得到較完整也較合理的結果。

蓮華池一號試驗集水區，根據歷年來之觀測統計，其年逕流率均在 100% 以上，亦即其年逕流量大於年降雨量。最初，懷疑是降雨量或逕流量在觀測上造成之錯誤，後來經過再三之比對及查核，證實兩者在觀測上均無錯誤。在水收支式中，降雨量除了樹冠截留量、地表蒸發量及植生蒸發散量損失之外，所餘留下來的水量才可能變成溪流量，因此溪流量應較降雨量為小方屬合理。此種異常現象，可能係因集水區之地質構造影響，導致地下水由集水區外流入之故。

民國66年10月間，美國集水區專家狄爾士博士 (Dr. Dils) 前來考察集水區研究工作時，亦認為蓮華池一號集水區流量超過雨量之現象極不合理，並建議放棄該集水區之各項觀測工作⁽¹⁾。而筆者以為，應先查明其確實原因後，再作決定。

本研究係應用地層電阻探測儀偵測蓮華池一號試驗集水區之地下岩層構造⁽²⁾，進而研析其地層構造與地下水及水文現象之關係，以瞭解本集水區流量超過降雨之原因。野外調查期間，蒙臺灣大學森林系陳信雄教授借予探測儀器，並得本所楊炳炎主任之鼓勵與指正，同仁陸深忠、張茂隆、唐凱軍

、藥中鼎、林碧煌、胡仰松、詹益卿諸先生及林麗瑞小姐之助，謹此一併致謝。

二、試區概況 (Description of experimental area)

蓮華池一號試驗區集水區位於蓮華池分所轄區之內，距離分所約 1 公里處，面積為 3.53 公頃，集水區周長 750 公尺，溪流長度 310 公尺形狀係數 0.37，集中度 0.89，平均坡度 $39^{\circ}40'$ (82.9%)，海拔高度 669 公尺~825 公尺，平均方位 S $21^{\circ}02'$ E，土壤屬趨紅化之黃壤，地質主要為第三紅沙岩、頁岩，地表為亞熱帶天然潤葉樹林所覆蓋。

本試驗集水區設置矩形與三角形複合之鏡綠量水堰，以自記水位計自動記錄水位變化，在集水區周界上裝設四處雨量觀測站，以標準雨量筒定時觀測降雨量，其中最靠近量水堰之雨量站並附設一自記雨量計，以觀測降雨強度並校對各觀測站之數值。

根據 25 年來 (民國 40~64 年) 之氣象資料，蓮華池之年平均氣溫 20.5°C ，年平均最高氣溫 26.7°C ，年平均最低氣溫 15.7°C ，年平均相對濕度 87%，年平均蒸發量 1017.8mm，年平均雨量 2282.0 mm。

本集水區之逕流量計算方法，為以觀測所得之水位資料，根據水位—流量率定曲線公式 (由模型試驗求得) 換算成流量，然後再統計其日流量、月流量及年流量；整個計算過程以電腦作業為主，茲將民國 57 年~64 年之雨量、流量及逕流率列表如下：

表 1. 蓮華池 1 號試驗集水區雨量，逕流量及逕流率表 (民國 57~64 年)

Table 1. The Rainfall, Runoff & Runoff Rate of Lien-Hwa-Chi Experimental Watershed No. 1 (1968—1975)

年 度* (Year)	57	58	59	60	61	62	63	64
項 目 (Item)								
雨 量 (mm) Rainfall	2153.48	1579.31	2076.52	1448.99	3069.57	2270.28	2526.62	2433.14
流 量 (mm) Runoff	—	1965.21	—	—	5107.21	1928.32	2780.79	2754.20
逕流率 (%) Runoff rate	—	124.4	—	—	166.4	84.94	110.1	113.2

*表中之年度係指前一年之 11 月開始至當年 10 月而言，即以水文年為區分標準，而非以日曆年為區分標準。

上表中，57、59 及 60 三個水文年中，因受颱風豪雨影響，量水堰中淤積大量沙石，致缺少流量資料。其餘各水文年中，除 62 年外，其他年度內之逕流率均大於 100%，而三號試驗集水區與一號集水區距離甚近，林況地況相似，其年平均逕流率則為 43.7%。

三、調查及分析方法 (Methods of survey and analysis)

1. 調查方法

本研究以日本橫河電機製作所製造之 YEW-3244 型大地比電阻探測儀 (Earth Specific Resistance Tester) 進行野外調查工作，此儀器可藉電壓電流之相對變化，計算出各不同深度之地層比電阻值，然後靠不同地層對電阻所產生的不同反應判斷其地層結構及地層含水量。

為避免土壤水分分布不均，影響觀測數值，特於蓮華池地區乾季期間內進行現場野外調查，由歷年土壤水分觀測結果顯示每年 1 月~2 月間，雨量最少，土壤水分最低，故本研究於民國 67 年 1 月 7 日至 1 月 20 日之間實施野外探測。

首先，在集水區分水稜線上每隔 50 公尺選取一個測點進行探測，測線亦沿稜線方向延伸並儘量保

持直線，各電極之排佈以維那（Wenner）四極法為標準，電極距離隨著探測深度之加深，逐次往外移動，取得稜線上各測點之資料後，初步分析各測點之下的地層結構，由其中找出有特殊變異之測點，並在此測點附近相同等高線之集水區內及區外再行設立測點，作再進一步的探測，找出並確定比電阻值變異的原因。

2. 分析方法^{(3) (4)}

由現場觀測所得之電阻值乘以 $2\pi a$ (a 為電極間隔，亦即探測深度) 即得 ρ (比電阻值)，然後用雙對數方格紙，以橫軸為 a (深度) 縱軸為 ρ ，點出各 (a 、 ρ) 對應點，連接各對應點可得一曲線，稱之為 ρ - a 曲線。

以比電阻分析用之標準曲線及輔助曲線分析 ρ - a 曲線之上各上升及下降部分之地層比電阻值，由此可得知，各不同深度之不同地層所個別具有的比電阻值。

根據各地層因質地及含水性所造成之比電阻差異，判斷各個測點之地層結構情形，然後在一平面圖上，分別繪出各測點之深度一比電阻柱狀圖，最後，連接各相鄰柱狀圖比電阻值相近之點，即成各測點間之地層結構剖面圖。

四、結 果 (Results)

根據上述之調查方法，沿集水區稜線共測得12個測點，各點位置如附圖 1 所示；各測點資料經過前述之方法計算與分析後，得到集水區稜線部分之地下結構剖面圖（如圖 2）。從此剖面圖中可知，集水區左岸（由上游往下游看），其地表屬乾燥土層，厚度約10公尺左右，往下屬沙頁岩層，在測點 1、2 及 3 處並有潮溼地層存在，之下則為潮溼沙頁岩層，在集水區最高點附近，乾燥表土層較為深厚，60公尺深以下則兩岸之地層構造具有顯著之差異，形成地層構造上之分界點。右岸之乾燥表土層深約10公尺，其下為潮溼地層及沙頁岩層，僅含少量之土壤水。深度約40公尺處有一狹帶狀之含水層，70公尺深處另有一較厚之含水層，兩含水層之間由一不透水層分隔開。

為加強對右岸地下含水層之調查，分別在11及12測點之等高線之集水區內、外再各找兩測點，實施探測。測點位置如圖 1 所示。所得的結果經上述同樣方式計算分析後，得圖 3 及圖 4。從圖 3 中可知，在第11測點等高線之集水區外約40公尺處（亦即第15測點）之地下結構中顯示，第一含水層在深45公尺處，第二層則在67公尺處，兩含水層之間夾一不透水層。位於集水區內與第11測點等高之14測點（距稜線之上之第11測點約45公尺處），其地下結構圖顯示，第一含水層在深60公尺處，第二層則在85公尺深處，兩含水層之間亦夾有一不透水層。比較集水區內外之第14、15測點之含水層，可發現第14測點之兩含水層之深度均比第15測點為深，亦謂第15測點之兩含水層之水頭（Water head）均高於第14測點，根據水力學之原理，高水頭處的水向低水頭處流動，故由此可知，集水區外之水經地下含水層向集水區內流動。圖 4 之情形與圖 3 極為相近，不同處在於第12測點之海拔較第11測點低，含水層比較淺，第13及16測點因地形限制未能做更深之探測，對第二含水層了解比較少。就第一含水層之深度來說，其結果亦是集水區外之水頭高於集水區內，故在第12測點仍然有地下水自區外流入區內。

由上面三個地下構造剖面圖可確知，在集水區之右岸有兩地下水層存在，且地下水之流向是由集水區外向集水區內流動，亦即一號集水區之流出量中，除一部分來自降雨外，尚有一部分係來自於鄰近集水區；這種結果與多年來觀測所得之逕流率大於 100%之結果相吻合。

截至目前為止的探測，只能確定右岸有地下水流入，至於其流入量的問題，牽涉到地下水力學範疇，與含水層之厚度，透水係數等有關，必須要進行鑽探，抽水實驗才能計算出其地下水流量。如果參照對比集水區試驗法（Paired Watershed Study）亦可推算出其地下水流入量之數值。首先，選定一號集水區鄰近之三號集水區為對照區，經調查結果，兩集水區地表之植生、土壤、地形、坡度均極為相似，故可藉三號集水區之逕流率來推算一號集水區之地下水流入量。茲將推算結果列如表 2：

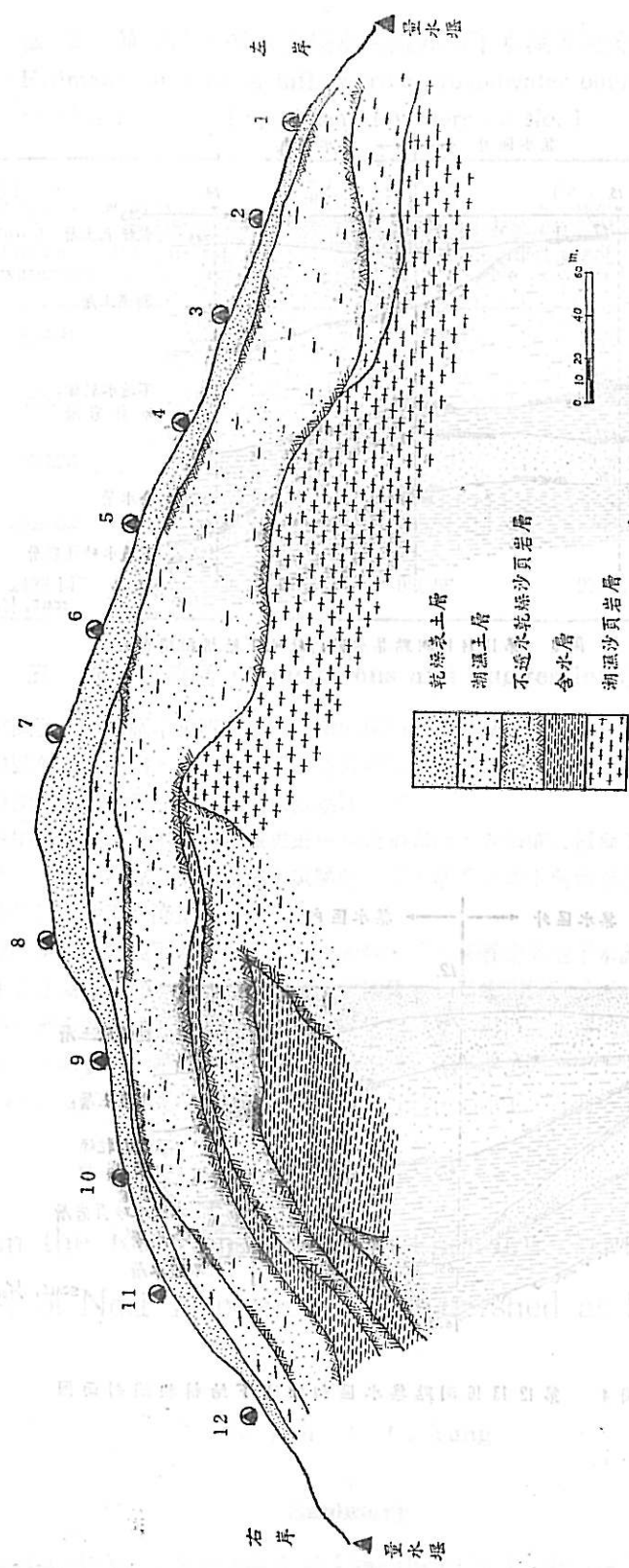


图2. 莲华池—流瀑水區扇形地下結構剖面图

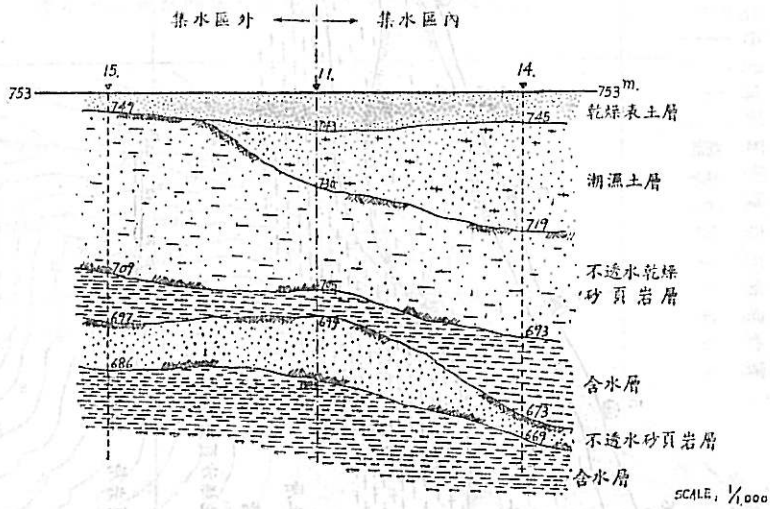


圖3 第11 14 15測點集水區內外地下結構相關剖面圖

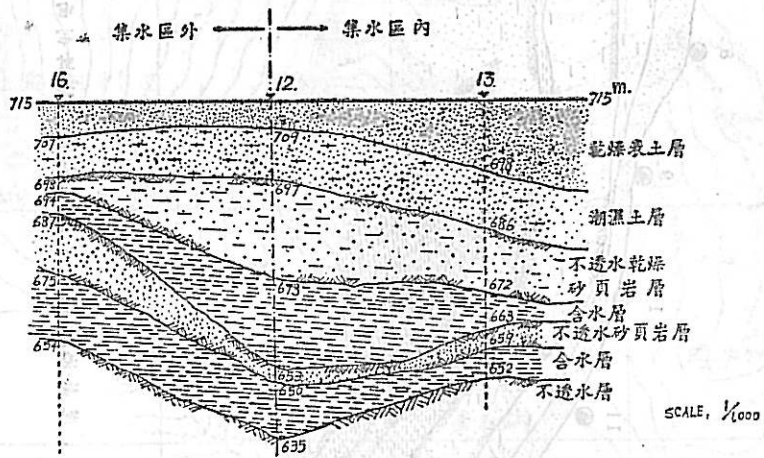


圖4 第12 13 16測點集水區內外地下結構相關剖面圖

表 2. 蓮華池 1 號試驗集水區區外地下水流入量推算表
 Table 2. Estimated amount of inflow from groundwater outside watershed
 at Lien-Hwa-Chi Experimental Watershed No. 1

年 度 Year	(1) 一號集水區之雨量 (mm) Rainfall on No. 1 watershed	(2) 三號集水區之年 逕流率 (%) Run off rate on No. 3 watershed	(3) = (1) × (2) 推算之一號集水區 年逕流量 (mm) Estimated runoff on No. 1 watershed	(4) 實際之一號集水區 年逕流量 (mm) Actual runoff on No. 1 watershed	(5) = (4) - (3) 區外地下水流入量 推算值 (mm) Estimated amount of inflow from groundwater outside watershed
58	1579.31	34.76	548.79	1965.21	1416.24
61	3069.57	85.27	2617.42	5107.21	2489.79
62	2270.28	35.15	798.00	1928.32	1130.32
63	2526.62	39.18	989.93	2780.79	1790.86
64	2433.14	36.19	880.55	2754.20	1873.65

五、結論與建議 (Conclusions and Suggestions)

1. 蓮華池一號試驗集水區歷年來流量大於雨量的原因，經本試驗調查分析的結果，確知在集水區之右岸有地下水自區外滲入區內，滲入之地下水層分兩層，兩層之間夾有不透水層。在集水區右岸周界處，第一含水層深40公尺，第二含水層則深度達70公尺。

2. 假如對一號集水區之地下水動向需做更進一步之研究時，則須進行鑽探工作，挖掘地下水井，然後進行抽水試驗，地下水追蹤試驗，或注水試驗等，即可掌握此地下水含水層之透水係數，貯水係數，進而能更精確的估算其地下水流量。

3. 如果不擬對此集水區之地下水進行深入的研究時，即可在假定其地下水流入量平穩之條件下，迴歸其①雨量與流量之關係，②與其他集水區流量之關係，如果相關係數仍很高，而且經檢定測驗其關係顯著的話，則此集水區依然可以當做其他集水區之對照區，進行集水區試驗之處理期工作。如果上述之兩種迴歸關係不顯著時，顯然是地下水流入量不穩定，推斷是因地下水之注入與流出之間有極大的時間差距 (Time lag) 之故，在此情況下唯有進行鑽探工作了，否則，只有放棄此集水區之觀測工作。

Study on the Relation Between Geologic Structure and Groundwater of No.1 Experimental Watershed at Lien-Hwa-Chi

by

M. K. Fan C. C. Yang

Summary

The runoff ratio of No. 1 watershed at Lien-Hwa-Chi is always larger than 100%.

In order to interpret that phenomenon, an investigation of the geologic structure and groundwater conditions of the watershed was carried out. The Earth Specific Resistance Prospecting method was used to survey the verge of the watershed. Groundwater stratum was detected first on the right boundary of the watershed. Then, more prospecting spots were set both inside and outside the watershed. It is found that the waterhead of groundwater outside the watershed is higher than that inside the watershed. It might be explained that part of the runoff measured at No. 1 watershed come from the groundwater that flows in from the neighbouring watershed. There, the speciality on water balance of this watershed should be not over-looked if any treatment is applied.

六、引用文獻 (Literature cited)

1. Robert E. Dils (1978 A Reassessment of watershed conditions problems and research Needs in Taiwan, 農復會出版 p11。
2. 范明光 (1976) : 地層電阻探測在山坡地下水調查上之應用, 碩士論文, 臺大森林系出版。
3. 陳信雄 (1975) : 崩坍地調查與處理技術之訓練及研究, 臺大森林系合作研究報告 p 39—56。
4. 陳信雄 (1968) : 電氣式地下探查法之測定及其解析, 山地農牧局印。

(Conclusions and Suggestions) 結論與建議, 五

調查結果顯示，本區之水文地質條件，與鄰近地區有顯著之差異。本區之主要含水層，為第四系沖積層中之砂質黏土層。該層之厚度，在沖積扇頂部約為 10 公尺，向扇緣方向則逐漸變薄。該層之透水性，在沖積扇頂部較強，向扇緣方向則逐漸變弱。此外，在沖積扇頂部還發現有裂隙帶，該帶之透水性亦較強。本區之補給區，為沖積扇頂部之砂質黏土層。該層之補給量，在沖積扇頂部較多，向扇緣方向則逐漸減少。本區之排泄區，為沖積扇頂部之砂質黏土層。該層之排泄量，在沖積扇頂部較多，向扇緣方向則逐漸減少。本區之水質，在沖積扇頂部較好，向扇緣方向則逐漸變差。本區之水文地質條件，與鄰近地區有顯著之差異。本區之主要含水層，為第四系沖積層中之砂質黏土層。該層之厚度，在沖積扇頂部約為 10 公尺，向扇緣方向則逐漸變薄。該層之透水性，在沖積扇頂部較強，向扇緣方向則逐漸變弱。此外，在沖積扇頂部還發現有裂隙帶，該帶之透水性亦較強。本區之補給區，為沖積扇頂部之砂質黏土層。該層之補給量，在沖積扇頂部較多，向扇緣方向則逐漸減少。本區之排泄區，為沖積扇頂部之砂質黏土層。該層之排泄量，在沖積扇頂部較多，向扇緣方向則逐漸減少。本區之水質，在沖積扇頂部較好，向扇緣方向則逐漸變差。

Study on the Relation between Geologic Structure and Groundwater of No.1 Experimental Watershed at Hsin-Hwa-Chi

M. K. Fan, C. C. Chang

SUMMARY

The main ratio of No.1 watershed at Hsin-Hwa-Chi is always larger than 100%.