

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

佳作

081569

來龍去脈 細水流長

學校名稱：桃園縣龍潭鄉潛龍國民小學

作者：	指導老師：
小六 謝承翰	沈敏貞
小六 蕭之蕙	邱瑞宏
小六 陳映筑	
小六 徐承瑋	

關鍵詞： 地下水水位、流徑、湧泉

來龍去脈 細水流長

壹、摘要：

龍潭中豐路上這口遠近馳名，已經冒水一百多年的湧泉「泉水空」，是人人好奇的自然景觀，老師上課也常以它為例加以說明。前年我們探測泉水空的灌溉分布與流量，結果獲得不少迴響，今年 96 年及 97 年我們再進一步的探測泉水空湧泉的形成機制，了解龍潭地區的地質及地下水流動分布的情況。經過將近一年的探測，我們終於揭開它神秘的面紗，對於泉水空湧泉的形成機制，龍潭地區的地質概況及地下水流動分布情形，有了清楚的認知，同時也進一步加以證實了龍潭人代代相傳的故事。

貳、研究動機：

「泉水空」是我們學校的芳鄰，我們都看過它，但是卻不太了解它。前年我們探測它的外貌，獲得好評。今年我們要再一探它的內部，了解其地下水層的「來龍去脈」，以及它與周邊地質的相關性。

參、研究目的：

- 一、了解龍潭地區地下水脈分布流動情況
- 二、了解龍潭地區的地質概況
- 三、探究泉水空湧泉的形成機制

肆、研究設備及器材：

泉水空衛星影像圖、龍潭地區航照圖、五萬分之一台灣地質圖圖幅第 7 號中壢、中央氣象局龍潭地區 96 全年及 97 年 1-3 月逐日逐月雨量累積報表、pH 試紙、導電度測量儀器、手電筒、相機、放大鏡、尼龍繩、鉛錘、玻璃瓶、塑膠瓶、打火機、直尺、捲尺、手套、火鉗尾夾、V 型板、壓克力罐、等高線描圖紙、電腦、繪圖軟體。

伍、研究過程及方法：

一、了解龍潭地區地下水分布流動情況：

由前年我們探測泉水空灌溉溝渠的分布，我們發現了 7 處湧泉及 8 個蔭水井，可見得該地區地下水的含量頗為豐沛，因此我們將探測範圍延伸，以了解龍潭地區地下水分布流動的情況。

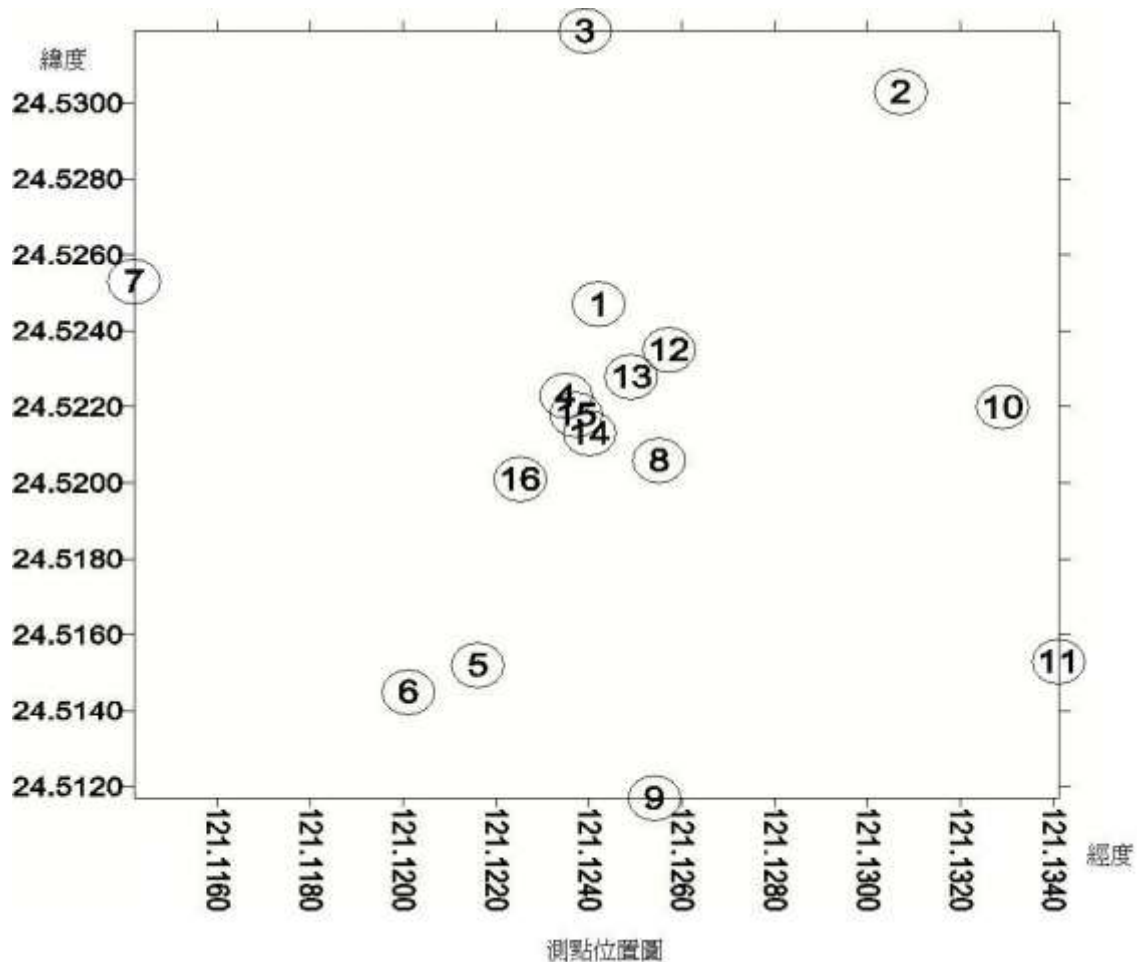
（一）探測過程及方法：

以泉水空為中心，北至建龍社區，南至上林村，東至九座寮社區，西至竹窩子社區，形成東西長約 3.5 公里，南北長約 4 公里，面積約 14 平方公里的測量範圍。

（二）測點分布：

以泉水空為中心，在航照圖上向外輻射，每個測點之間至少相距 300 公尺，最遠達 2.4 公里以上。湧泉測點有 4 個，井水測點有 14 個，共有 16 個測點。

(測點分布圖)



(三) 探測時程：

從 96 年 5 月 20 日至 97 年 5 月 12 日止，利用週休二天，分別測量每個測點，二週檢測一次，總計約 27 次的探測記錄。

(四) 探測項目：

- 1、在航照圖上找出各測點的標高點，即海平面以上的高度，並找出該測點的經緯度
- 2、雨量紀錄：向交通部中央氣象測候站索取 96 全年及 97 年 1-3 月逐日逐月雨量累計表，作為測量的參照。
- 3、井水水溫、Ph 值及導電度的測量：將玻璃瓶繫上繩子，垂吊至井中取水上來，利用導電度測量儀器，同時測量水溫、導電度。並用 pH 試紙檢測各測點的 pH 值。
- 4、湧泉水溫、pH 值及導電度的測量：直接將導電度檢測器及 pH 試紙放入湧泉池中檢測，測量該測點的水溫、導電值，和 pH 值。
- 5、氣泡檢測：湧泉處時刻不定時的冒出氣泡，我們取壓克力罐、塑膠瓶和火鉗尾夾利用排水集氣法，將集滿氣體的罐子倒蓋在燃燒的蠟燭上，用此法收集從湧泉處冒出來的氣泡，需耗時一個多小時才能收集到約 300 毫升的氣體，非常不容易。以此氣體實驗是否能讓點燃的蠟燭繼續燃燒，若能燃燒，即表示氣泡中含有甲烷成分，代表水自地下水層湧出的現象；反之，若立刻

熄滅，就不是湧泉的現象，而是微生物呼吸作用所致。

6、井水位測量：記錄各測點的標高點及經緯度，再以尼龍繩綁上鉛垂，測量井深及井水面到地表的高度。將測點的標高點減去井水面到地表的高度，即可得到該測點地下水位的高度，也就是距離海平面的高程。

7、湧泉量的測量：利用 V 型堰工法，以自製的 V 型板，將 V 型口貼靠在湧泉池的流出口，測量湧泉流過該 V 型口的水位高度，再以公式計算流量。

（五）結果：

1、圖片：



潛龍國小水泥式砌井有一丈多深



這是由人工以鵝卵石砌成的百年老井，是古蹟了



沒有用水泥砌成的老井，有助於我們對龍潭地區地質結構的探討。



這口井是冬天拍攝，水位下降到三公尺處，即可看到上面為紅土層，下面為礫石層的地層。



下雨天，我們仍在竹窩子湧泉測量



我們在干城湧泉測量



傍晚時的泉水空仍有不少人在洗衣服



在國驕橋湧泉，用火鉗尾夾夾著塑膠瓶收集氣泡



用導電儀器測湧泉池中的水質



2 號井井水位很淺，就在田中，與地面同高。



用 V 型板測湧泉流過 V 型口的高度。



兩手同時拿著壓克力罐子收集湧泉氣泡比較快。



收集好的氣體準備蓋住燃燒中的蠟燭。



蠟燭立刻熄滅，可見裏面不含甲烷而是二氧化碳



利用 pH 試紙直接在湧泉池中，檢測湧泉的酸鹼值。



將 pH 試紙檢測湧泉後的酸鹼變化作比對，以鑑定其酸鹼值。



我們將綁上尼龍繩的鉛錘，垂吊入井裡，測量井水位。



這是泉水空湧泉水的流出口，我們正在用自製的 V 型板測量其水流的高度。



湧泉所冒出的氣泡產生陣陣波紋

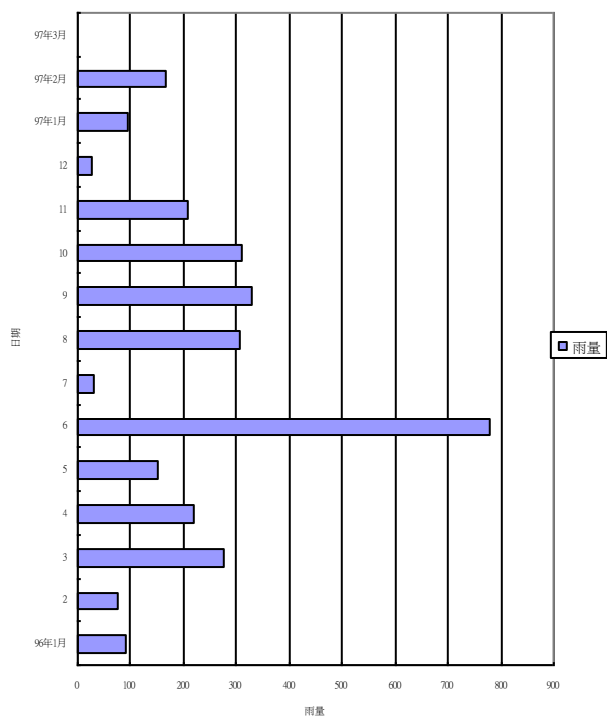


從井裡取水上來檢測導電值及水溫

(1) 96 全年及 97 年 1-3 月逐日逐月雨量累積記錄表及統計圖：

[illegible]

龍潭地區96年全年和97年1、2月逐月雨量累積統計圖



(2) 每兩週探測一次，各測點的記錄表，共 22 次：(列舉 1 張，其餘參照附件一)

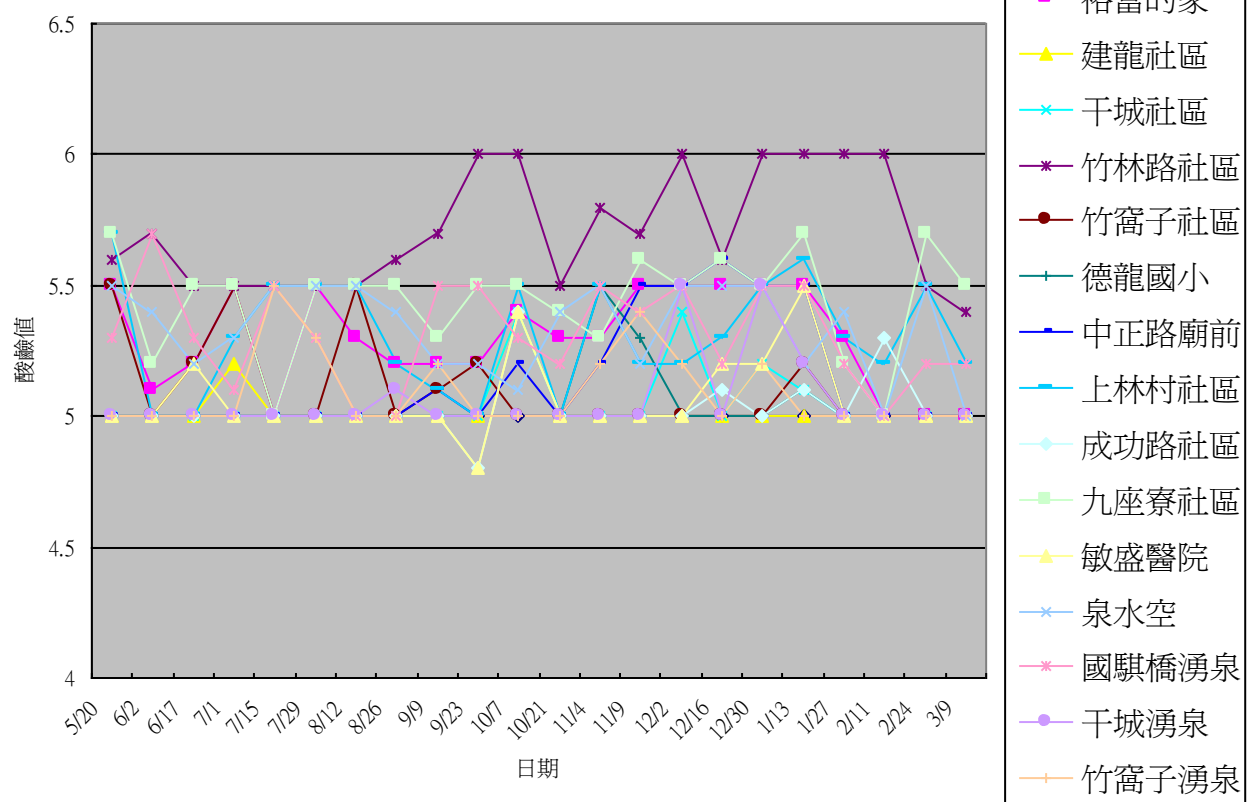
各測點記錄表 日期： 96 年 7 月 15 日

測點(編號)	當日雨量 (mm)	測點高度 (m)	井深 (m)	井水面深度 (m)	井水面高度(或湧泉流量)	水溫 ℃	pH 值	導電度 S/cm	經度 (東經)	緯度 (北緯)
潛龍國小 (1)	0.5	225.9	11.31	7.9	218	22.6	5	99.9	121.1242	24.5247
裕富的家 (2)	0.5	208.6	5.76	0.89	207.7	22.5	5	235	121.1307	24.5303
建龍社區 (3)	0.5	214.8	6.56	1.94	212.86	24.2	5	428	121.1239	24.5319
干城社區 (4)	0.5	223.9	11.19	7.1	216.8	23.7	5	196.9	121.1235	24.5223
竹林路社區 (5)	0.5	229.1	3.1	0.86	228.2	24.6	5.5	160.1	121.1216	24.5152
竹窩子社區 (6)	0.5	237.7	4.8	1.67	236.03	23.9	5	191.2	121.1201	24.5145
德龍國小 (7)	0.5	219.4	8.65	4.33	215.07	23.9	5	132.9	121.1142	24.5253
中正路廟前 (8)	0.5	225.8	15.61	6.67	219.13	23.1	5	281	121.1255	24.5206
上林村社區 (9)	0.5	233	9.6	0.84	232.16	26.9	5.5	124.5	121.1254	24.5117
成功路社區 (10)	0.5	22.4	9.39	3.21	219.19	23.6	5	197.6	121.1329	24.5220
九座寮社區 (11)	0.5	226.6	8.56	0.68	225.28	27.5	5	230	121.1341	24.5153
敏盛醫院 (12)	0.5	217.1	6.36	2.74	214.36	24.8	5	219	121.1257	24.5235
泉水空 (13)	0.5	220.9			0.00749	22	5.5	201	121.1249	24.5228
國驕橋湧泉 (14)	0.5	221.4			0.01118	21.8	5.5	202	121.1240	24.5213
干城湧泉 (15)	0.5	223.9			0.00573	21.9	5	242	121.1237	24.5218
竹窩子湧泉 (16)	0.5	227			0.00020	22.9	5.5	276	121.1241	24.5201

(3) 96 年 5 月 20 日至 97 年 3 月 9 日，各測點 pH 值的記錄表及統計圖：

	5/20	6/2	6/17	7/1	7/15	7/29	8/12	8/26	9/9	9/23	10/7	10/21
潛龍國小 (1)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
裕富的家 (2)	5.5	5.1	5.2	5.5	5	5.5	5.3	5.2	5.2	5.2	5.4	5.3
建龍社區 (3)	5	5	5	5.2	5	5	5	5	5	5	5.4	5
干城社區 (4)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.4	5
竹林路社區 (5)	5.6	5.7	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.6	5.7	6	6	5.5
竹窩子社區 (6)	5.5	5	5.2	5.5	5	5	5.5	5	5.1	5.2	5	5
德龍國小 (7)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.5
中正路廟前 (8)	5	5	5	5	5	5	5	5	5.1	5	5.2	5
上林村社區 (9)	5.7	5	5	5.3	5.5	5.5	5.5	5.2	5.1	5	5.5	5
成功路社區 (10)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.8	5.4	5
九座寮社區 (11)	5.7	5.2	5.5	5.5	5	5.5	5.5	5.5	5.3	5.5	5.5	5.4
敏盛醫院 (12)	5	5	5.2	5	5	5	5	5	5	4.8	5.4	5
泉水空 (13)	5.5	5.4	5.2	5.3	5.5	5.5	5.5	5.4	5.2	5.2	5.1	5.4
國驕橋湧泉 (14)	5.3	5.7	5.3	5.1	5.5	5.3	5	5	5.5	5.5	5.3	5.2
干城湧泉 (15)	5	5	5	5	5	5	5	5.1	5	5	5	5
竹窩子湧泉 (16)	5	5	5	5	5.5	5.3	5	5	5.2	5	5	5

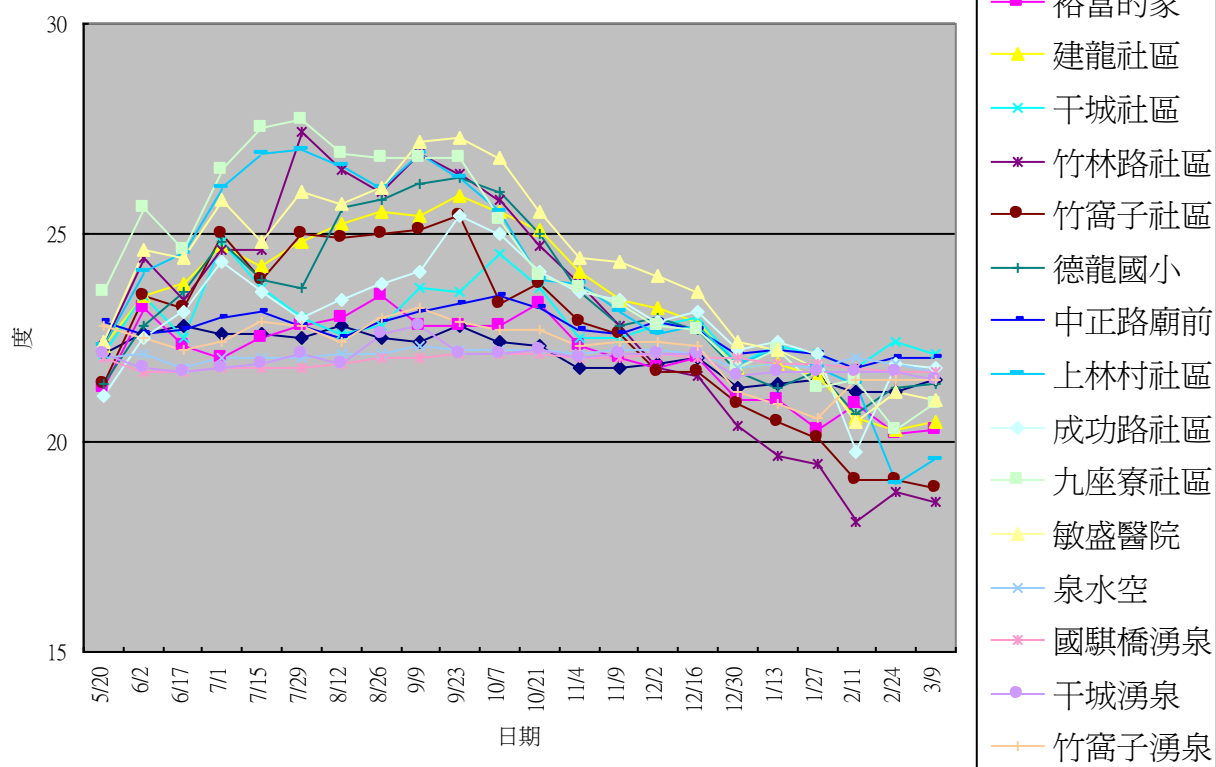
96年全年和97年1至3月各測點pH值統計圖



(4) 96 年 5 月 20 日至 97 年 3 月 9 日，各測點水溫的記錄表及統計圖：

	潛龍 (1)	裕富 (2)	建龍 (3)	干城 (4)	竹林 (5)	竹窩 (6)	德龍 (7)	中正 (8)	上林 (9)	成功 (10)	九座 (11)	敏盛 (12)	空湧 (13)	橋湧 (14)	干湧 (15)	竹湧 (16)
5/20	22.1	21.3	22.3	22.1	22.3	21.4	21.4	22.9	22.3	21.1	23.6	22.4	22	22	22.1	22.8
6/2	22.6	23.2	23.5	23.5	24.4	23.5	22.8	22.6	24.1	22.5	25.6	24.6	22.1	21.7	21.8	22.5
6/17	22.8	22.3	23.8	22.5	23.4	23.2	23.6	22.7	24.5	23.1	24.6	24.4	21.8	21.7	21.7	22.2
7/1	22.6	22	24.7	24.8	24.6	25	24.8	23	26.1	24.3	26.5	25.8	22	21.8	21.8	22.4
7/15	22.6	22.5	24.2	23.7	24.6	23.9	23.9	23.1	26.9	23.6	27.5	24.8	22	21.8	21.9	22.9
7/29	22.5	22.8	24.8	23	27.4	25	23.7	22.8	27	23	27.7	26	22	21.8	22.1	22.8
8/12	22.8	23	25.2	22.6	26.5	24.9	25.6	22.5	26.6	23.4	26.9	25.7	22.1	21.9	21.9	22.4
8/26	22.5	23.5	25.5	22.8	26	25	25.8	22.9	26.1	23.8	26.8	26.1	22.1	22	22.6	23
9/9	22.4	22.8	25.4	23.7	26.9	25.1	26.2	23.1	26.9	24.1	26.8	27.2	22.3	22	22.8	23.2
9/23	22.8	22.8	25.9	23.6	26.4	25.4	26.3	23.3	26.3	25.4	26.8	27.3	22.2	22.1	22.1	22.9
10/7	22.4	22.8	25.5	24.5	25.8	23.3	26	23.5	25.5	25	25.3	26.8	22.2	22.1	22.1	22.7
10/21	22.3	23.3	25.1	23.7	24.7	23.8	25	23.2	23.9	24.1	24	25.5	22.2	22.1	22.2	22.7
11/4	21.8	22.3	24.1	22.5	23.8	22.9	23.6	22.7	23.8	23.6	23.7	24.4	22.1	22.	22.	22.3
11/9	21.8	22	23.4	22.5	22.8	22.6	22.8	22.6	23.1	23.4	23.3	24.3	22.2	22	22.1	22.4
12/2	21.9	21.8	23.2	22.8	21.8	21.7	23	22.9	22.6	22.9	22.8	24	22.2	22.1	22.1	22.4
12/16	22	22	22.9	23	21.6	21.7	22.7	22.7	22.8	23.1	22.7	23.6	22.1	22.	22.1	22.3
12/30	21.3	21	21.8	21.9	20.4	20.9	21.7	22.1	21.9	22.2	21.8	22.4	21.8	22.	21.6	21.2
1/13	21.4	21	21.9	22.3	19.7	20.5	21.3	22.2	22.2	22.4	22.2	22.2	21.9	21.9	21.7	20.9
1/27	21.5	20.3	21.6	22.1	19.5	20.1	21.7	22.1	21.8	22.1	21.3	21.8	21.8	21.9	21.7	20.6
2/11	21.2	20.9	20.6	21.8	18.1	19.1	20.7	21.8	21.4	19.8	21.5	20.5	22	21.8	21.7	21.5
2/24	21.2	20.2	20.3	22.4	18.8	19.1	21.3	22	19	21.9	20.3	21.2	21.9	21.7	21.7	21.5
3/9	21.5	20.3	20.5	22.1	18.6	18.9	21.4	22	19.6	21.8	20.9	21	21.7	21.7	21.5	21.5

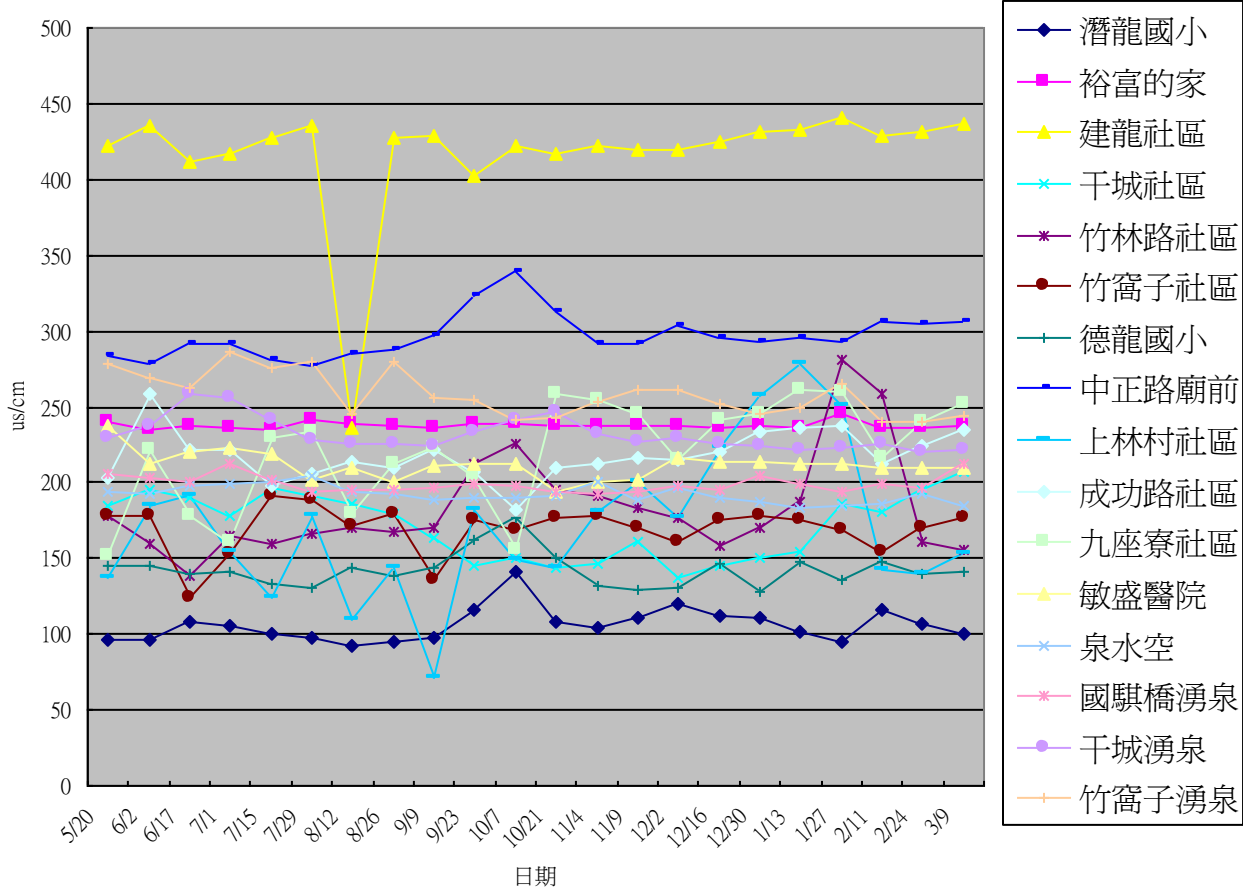
96年全年和97年1至3月各測點水溫統計圖



(5) 96 年 5 月 20 日至 97 年 3 月 9 日，各測點導電度的記錄表及統計圖：

	潛龍 (1)	裕富 (2)	建龍 (3)	干城 (4)	竹林 (5)	竹窩 (6)	德龍 (7)	中正 (8)	上林 (9)	成功 (10)	九座 (11)	敏盛 (12)	空湧 (13)	橋湧 (14)	干湧 (15)	竹湧 (16)
5/20	96	240	422	184.6	177.8	178.4	145.1	284	137.1	203	152	238	193.8	205.6	229	278
6/2	96.9	235	435	195.3	159.5	177.9	144.7	279	185	258	221	212	192.4	203	237	269
6/17	108.3	237	411	189.9	137.9	123.4	140.4	292	191.7	222	177.6	220	198.5	200	259	262
7/1	105.3	236	417	177.8	165.2	153.1	141.7	292	153.8	222	161.4	223	198.8	213	256	286
7/15	99.9	235	428	196.9	160.1	191.2	132.9	281	124.5	197.6	230	219	201	202	242	276
7/29	97.1	241	435	191.5	166.6	189.2	130.9	277	178.3	206	234	202	205	194	228	280
8/12	92.1	239	236	185.4	170	171.3	143.4	285	109	214	178.8	210	193.5	194.9	226	245
8/26	95.6	237	427	179.8	168	178.8	138.9	288	143.3	210	213	200	192.4	195.9	226	280
9/9	97.5	236	429	164	170.8	136.5	144.3	297	71.1	222	223	211	189.1	196.9	224	256
9/23	116.4	239	402	145.4	213	175.1	162.9	323	182.2	207	203	212	190.4	199.1	233	254
10/7	140.6	239	422	150.1	226	168.3	177.2	339	149.4	182	155.7	213	189.4	197.3	241	242
10/21	108	237	417	144.1	195.4	177	150.5	313	144	210	258	194.4	191.7	194.2	247	243
11/4	103.6	237	422	146.9	191.3	177.9	131.8	291	180.7	212	254	201	200	192.4	232	253
11/9	110.2	238	420	161.6	183.4	169.8	129.4	292	201	216	246	202	189.3	194.1	227	261
12/2	120.7	238	420	137.6	176.3	161.4	130.2	304	176.5	215	215	217	197.2	198.4	230	261
12/16	111.8	236	425	145	158.7	175.7	146.4	296	223	220	241	214	190.4	195.8	225	252
12/30	110.6	238	431	150.8	169.8	177.7	127.8	293	257	233	246	214	187.8	204	224	245
1/13	101.6	236	433	154.9	187.3	175.3	147.5	296	279	236	261	212	183.5	199.3	222	250
1/27	95	246	441	186.2	281	169.4	136.4	293	251	237	260	212	185	194.5	223	265
2/11	116.7	236	429	181.2	258	154.4	147.9	306	142.3	212	217	210	185.4	198.7	225	240
2/24	107.3	236	431	194.7	160.5	170.3	139.2	305	140.4	224	240	210	192.6	196.2	220	240
3/9	99.8	238	437	207	155.1	176.8	141.3	306	153.2	235	252	210	184.3	212	222	244

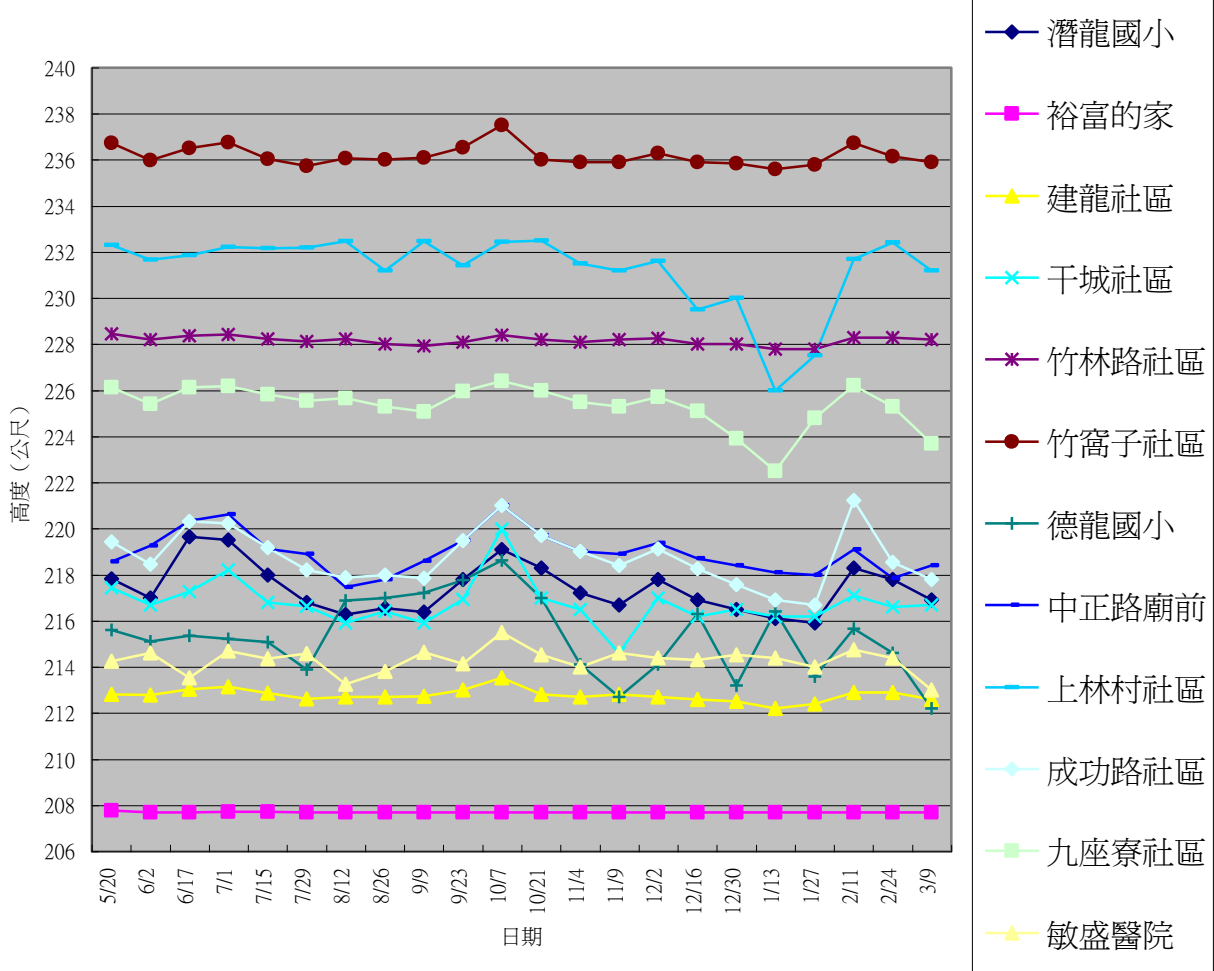
96年全年和97年1至3月各測點導電度統計圖



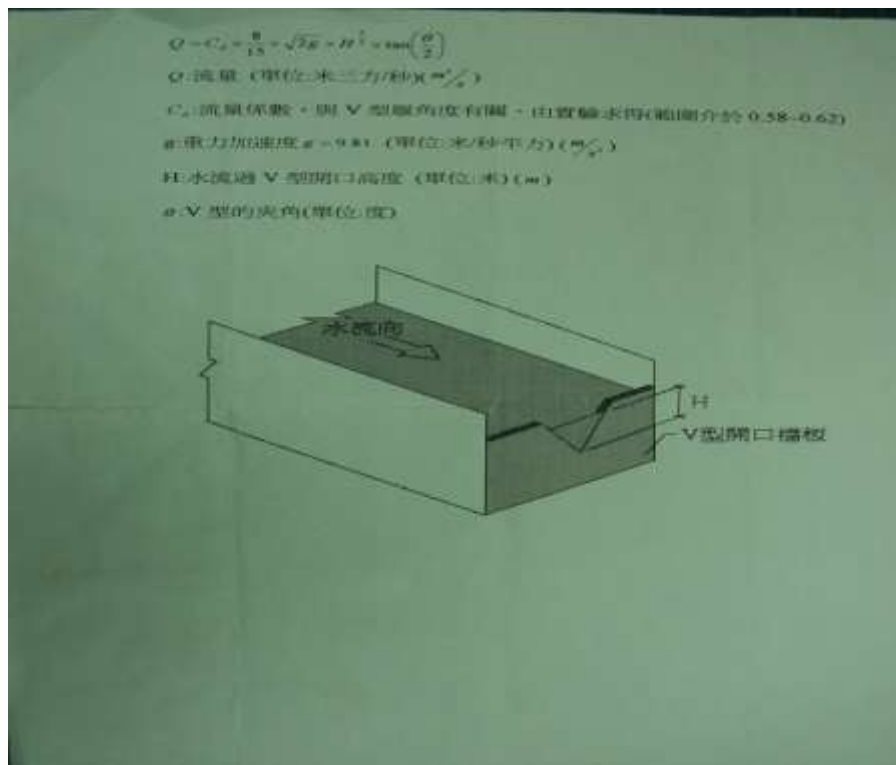
(6) 96 年 5 月 20 日至 97 年 3 月 9 日，各測點井水位高度的記錄表及統計圖：

	潛龍 (1)	裕富 (2)	建龍 (3)	干城 (4)	竹林 (5)	竹窩 (6)	德龍 (7)	中正 (8)	上林 (9)	成功 (10)	九座 (11)	敏盛 (12)	空湧 (13)	橋湧 (14)	干湧 (15)	竹湧 (16)
5/20	217.8	207.8	212.8	217.4	228.5	236.7	215.6	218.6	232.3	219.4	226.1	214.2				
6/2	217	207.7	212.8	216.7	228.2	236	215	219.3	231.7	218.5	225.4	214.6				
6/17	219.7	207.7	213	217.3	228.4	236.5	215.4	220.3	231.9	220.3	226.1	213.5				
7/1	219.5	207.7	213.2	218.2	228.4	236.8	215.2	220.6	232.2	220.2	226.2	214.7				
7/15	218	207.7	212.9	216.8	228.2	236	215.1	219.1	232.2	219.2	225.8	214.4				
7/29	216.8	207.7	212.6	216.6	228.1	235.7	213.9	218.9	232.2	218.2	225.6	214.6				
8/12	216.3	207.7	212.7	215.9	228.2	236.1	216.9	217.5	232.5	217.9	225.7	213.3				
8/26	216.5	207.7	212.7	216.4	228	236	216.9	217.8	231.2	217.9	225.3	213.8				
9/9	216.4	207.7	212.7	215.9	227.9	236.1	217.2	218.6	232.5	217.8	225.1	214.6				
9/23	217.8	207.7	213	217	228.1	236.5	217.8	219.5	231.4	219.5	226	214.1				
10/7	219.1	207.7	213.5	220	228.4	237.5	218.6	220.9	232.4	220.7	226.4	215.5				
10/21	218.3	207.7	212.8	217	228.2	236	217	219.7	232.5	219.7	225.9	214.5				
11/4	217.2	207.7	212.7	216.5	228.1	235.9	214.1	219.4	231.5	218.9	225.5	214				
11/9	216.7	207.7	212.8	214.6	228.2	235.9	212.7	218.9	231.2	218.4	225.3	214.6				
12/2	217.8	207.7	212.7	217	228.3	236.3	214.1	219.4	231.6	219.1	225.7	214.4				
12/16	216.9	207.7	212.6	216.2	228.1	235.9	216.3	218.7	229.5	218.3	225.1	214.3				
12/30	216.5	207.7	212.5	216.5	228	235.8	213.2	218.4	230.1	217.6	223.9	214.5				
1/13	216.1	207.7	212.2	216.2	227.8	235.6	216.4	218.1	226.2	216.9	222.5	214.4				
1/27	215.9	207.7	212.4	216.2	227.8	235.8	213.6	218	227.5	216.7	224.8	214				
2/11	218.3	207.7	212.9	217.1	228.3	236.7	215.7	219.1	231.7	221.2	226.2	214.7				
2/24	217.8	207.7	212.9	216.6	228.3	236.1	214.6	217.8	232.4	218.5	225.3	214.4				
3/9	216.9	207.7	212.6	216.7	228.2	235.9	212.2	218.4	231.2	217.8	223.7	213				

96年全年和97年1至3月井水位高度統計圖



(7) 96年5月20日至97年3月9日，各湧泉流量的計算公式、記錄表及統計圖：



96 年 5 月 20 日至 97 年 3 月 9 日，各湧泉流量記錄表

	96/ 5/20	96/ 6/2	96/ 6/17	96/ 7/1	96/ 7/15	96/ 7/29	96/ 8/12	96/ 8/26	96/ 9/9	96/ 9/23	96/ 10/7	96/ 10/21
泉水 空湧泉 43 度	0.1 (m)	0.09 (m)	0.12 (m)	0.14 (m)	0.13 (m)	0.09 (m)	0.1 (m)	0.1 (m)	0.11 (m)	0.11 (m)	0.15 (m)	0.09 (m)
	0.00355419	0.00328021	0.00664250	0.00855592	0.00748957	0.00337007	0.00364846	0.00364846	0.00456463	0.00467409	0.01169932	0.00269141
國 騏 橋 湧 泉 30 度	0.19 (m)	0.18 (m)	0.27 (m)	0.32 (m)	0.18 (m)	0.19 (m)	0.3 (m)	0.22 (m)	0.17 (m)	0.22 (m)	0.27 (m)	0.2 (m)
	0.01277817	0.01057464	0.02996574	0.04511110	0.01117877	0.01311354	0.03834920	0.01816336	0.00999053	0.01755322	0.02859765	0.01345413
干 城 湧 泉 32 度	0.12 (m)	0.11 (m)	0.13 (m)	0.14 (m)	0.14 (m)	0.11 (m)	0.12 (m)	0.11 (m)	0.12 (m)	0.15 (m)	0.16 (m)	0.17 (m)
	0.00409516	0.00359427	0.00542001	0.00662072	0.00573324	0.00367504	0.00454285	0.00343595	0.00454285	0.00685465	0.00809832	0.00975791
竹 窩 子 湧 泉 43 度	0.04 (m)	0.04 (m)	0.05 (m)	0.04 (m)	0.03 (m)	0.04 (m)	0.04 (m)	0.05 (m)	0.05 (m)	0.04 (m)	0.05 (m)	0.05 (m)
	0.00033646	0.00029282	0.00071426	0.00035966	0.00019918	0.00035966	0.00035966	0.00071426	0.00071426	0.00051888	0.00054886	0.00057986

96 年 10—12 月及 97 年 1—2 月 各湧泉的湧泉量記錄表

	96/ 11/4	96/ 11/9	96/ 12/2	96/ 12/16	96/ 12/30	97/ 1/13	97/ 1/27	97/ 2/11	97/ 2/24	97/ 3/9	單位	
泉水空湧泉 43 度	0.09	0.09	0.11	0.09	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08	0.093	(m)	
	0.003105	0.003105	0.005128	0.003105	0.002313	0.002313	0.001656	0.002313	0.002313	0.00337		
國騏橋湧泉 30 度	0.23	0.21	0.17	0.18	0.18	0.17	0.2	0.24	0.21	0.205	(m)	
	0.020069	0.015987	0.009426	0.010874	0.010874	0.009426	0.014151	0.022323	0.015987	0.015052		
干城湧泉 32 度	0.08	0.07	0.06	0.09	0.11	0.13	0.03	0.1	0.12	0.11	(m)	
	0.00155	0.00111	0.000755	0.002081	0.003436	0.005217	0.000133	0.002707	0.004271	0.003436		
竹窩子湧泉 43 度	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	(m)	
	0.000714	0.000714	0.001127	0.001127	0.001127	0.000714	0.001127	0.001127	0.001656	0.001656		

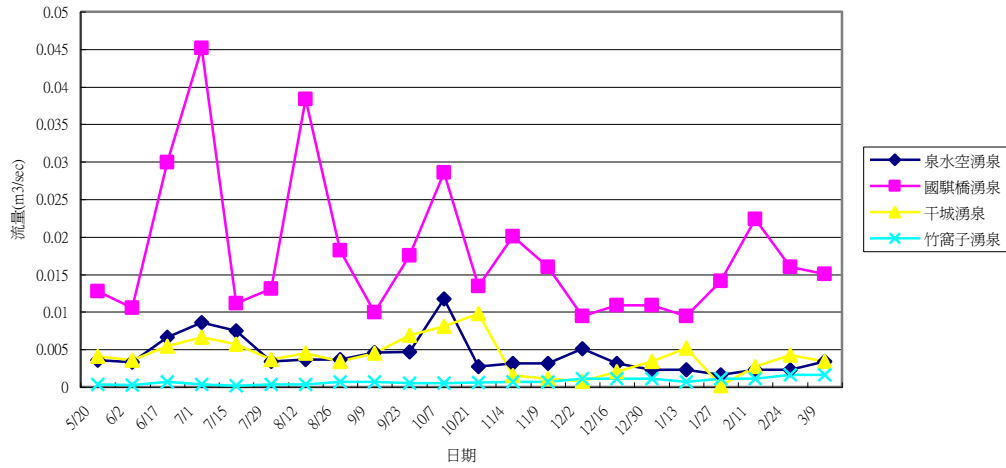
我帶入的計算值

$$Q = C_d \frac{8}{15} \tan \phi \sqrt{2g} H^{\frac{5}{2}} \text{公尺}^3 / \text{秒}$$

$$C_d = 0.58$$

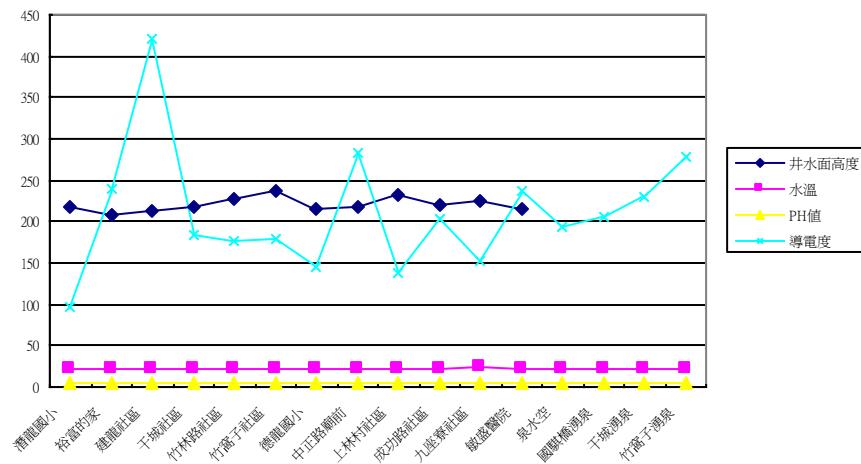
$$g = 9.81 \text{公尺} / \text{秒}^2$$

96年全年和97年1至3月各湧泉的流量統計圖

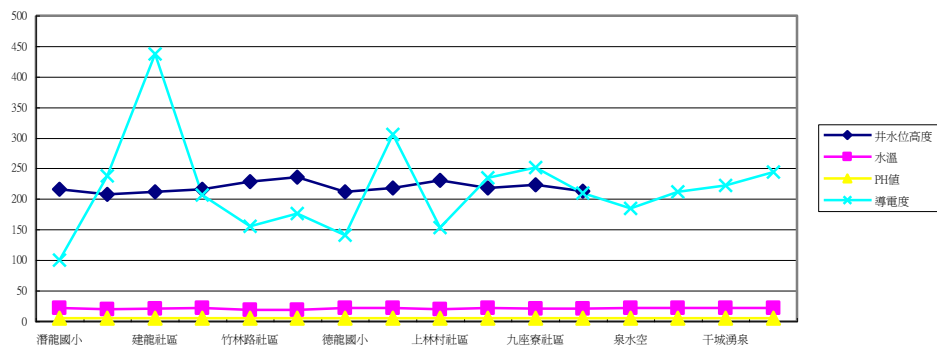


(8) 同日期各井水測點檢測質統計圖，共 22 張：(列舉 2 張，其餘參照附件二)

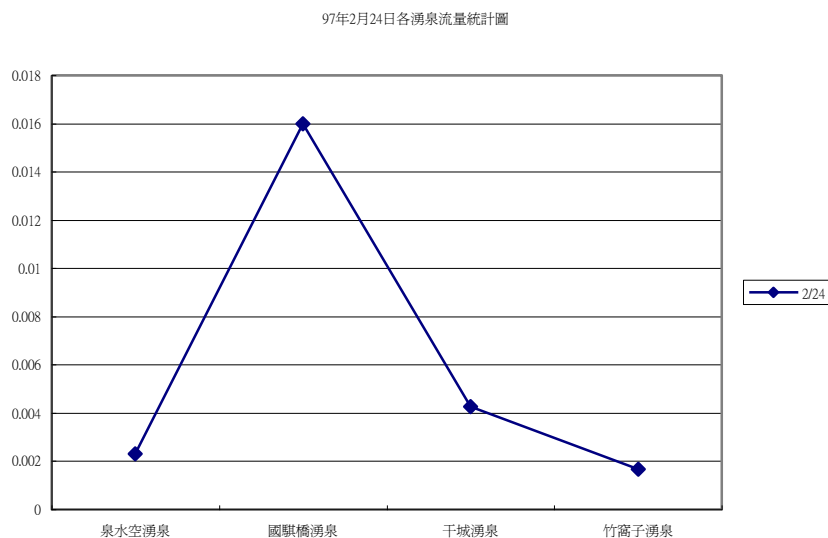
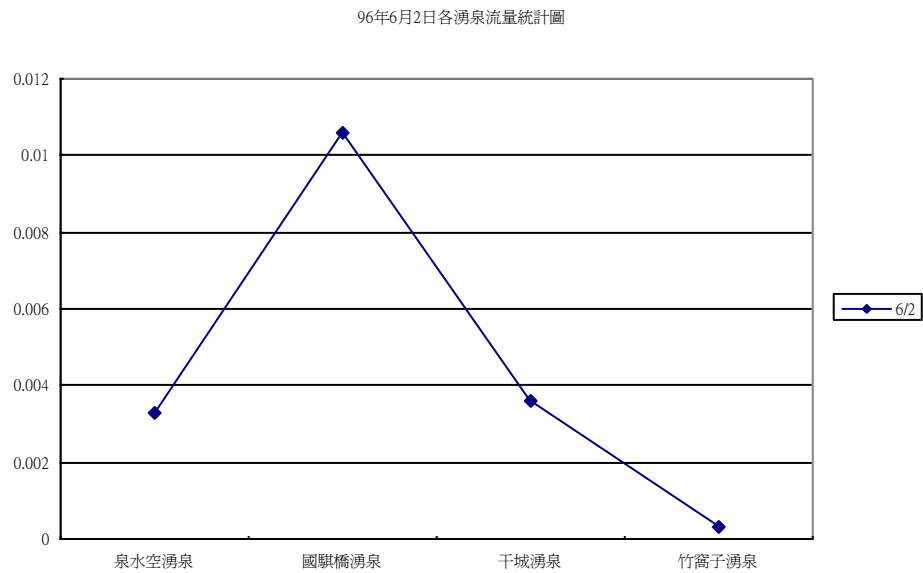
96年05月20日各測點檢測值統計圖



97年3月9日各測點檢測統計值



(9) 同日期各湧泉流量統計圖，共 22 張：(列舉 2 張，其餘參照附件三)

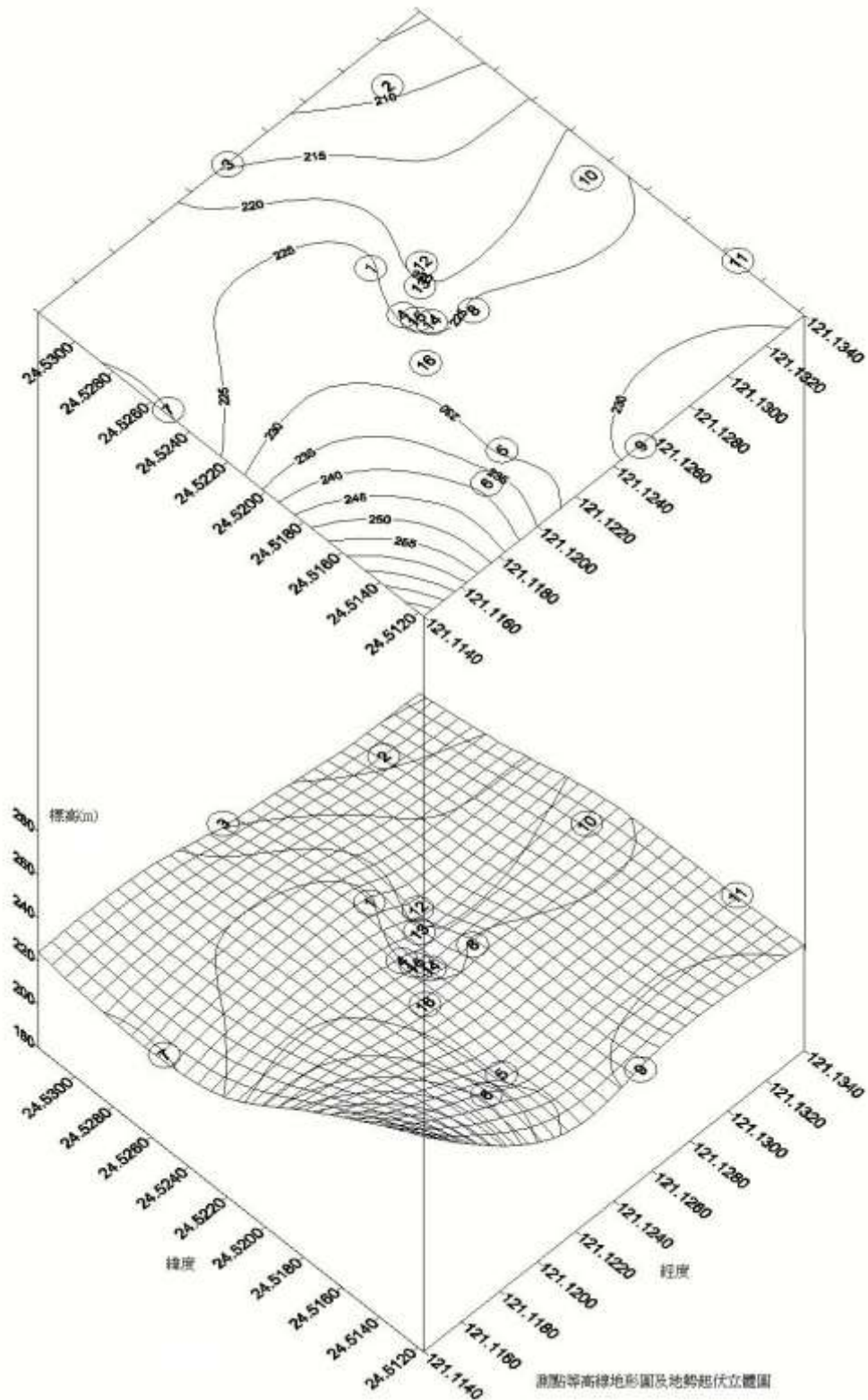


(六) 討論：

1. 從測點 pH 值的記錄表及統計圖，可看出龍潭地區地下水屬弱酸性，pH 值介於 5-6 之間。其中 2 號、5 號、6 號、9 號、11 號井的水位，距離地表都不到一公尺，因此 pH 值易受地表雨水的多寡及其他物質所影響，所以變化較大。其他井的水位距離地表都較深，其 pH 值變化不大，較為穩定。
2. 湧泉因時刻有人在洗滌衣物，其 pH 值變化也大，14 號因緊鄰老街溪，其 pH 值也受河水影響而有所變化。15 號、16 號湧泉的 pH 值變化不大，較為穩定，推測是因洗滌衣物的人較少，且已暴露在地表。
3. 所有測點的 pH 值，以竹林路較高，該井鄰近不到 2 公尺處有溪流通過，我們推測其 pH 值可能也受河水影響而有所變化。
4. 地下水中有機質降解時，微生物會參與需氫離子，因此 pH 值會升高。我們本

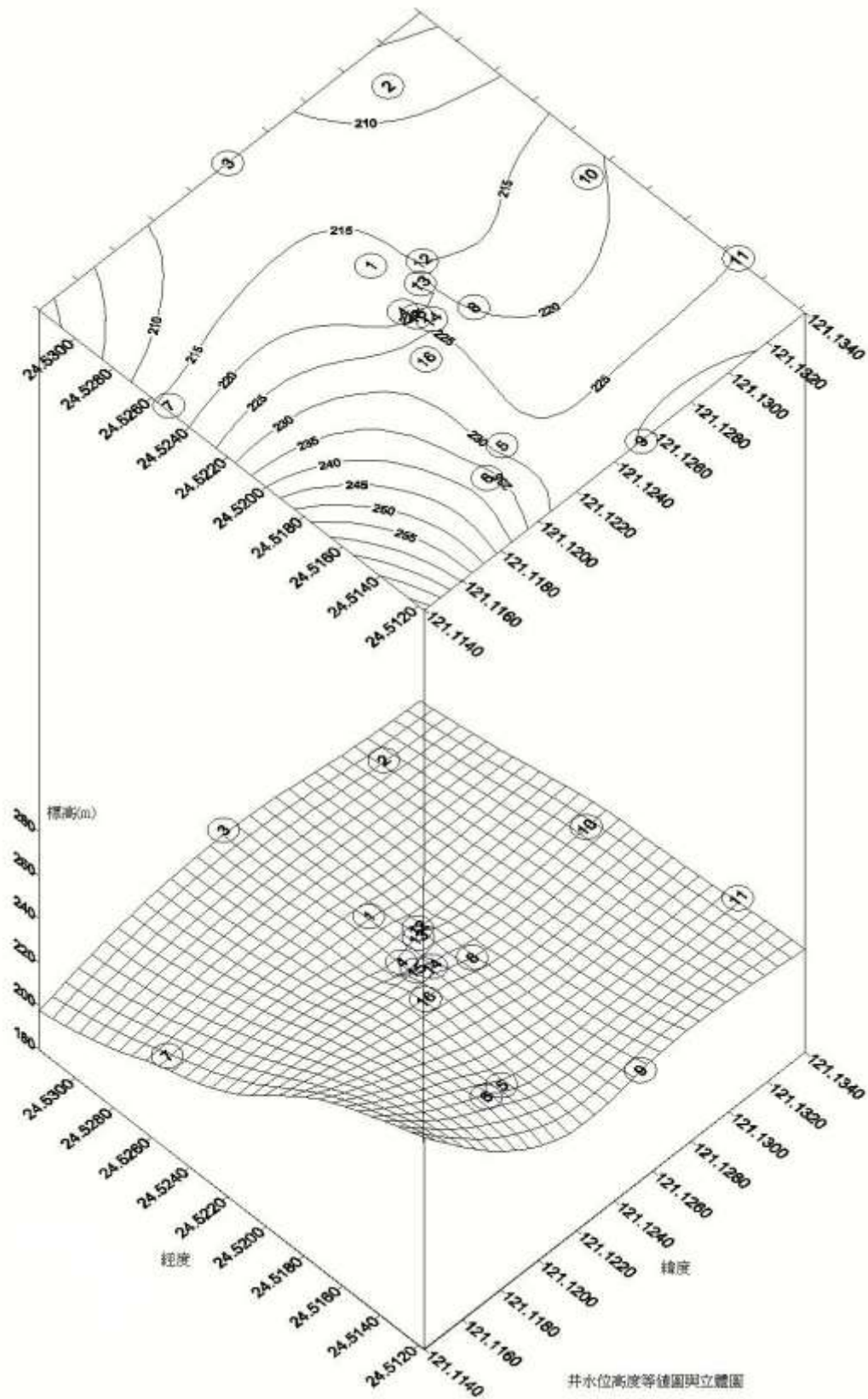
想藉由 pH 值的變化來探討各測點之間的關係，但我們的記錄表上顯示出的 pH 值異質性並不高。這顯示出兩種可能性，一是：我們使用的 pH 試紙精確度不大；二是：龍潭地區的地下水確實屬弱酸性。

5. 從測點水溫的記錄表及統計圖，可看出各測點水溫會隨著氣溫而改變。夏季時水溫較高，冬季時水溫會降低，其中、5 號、6 號、9 號、11 號井的水溫變化較大，這情形與 pH 值的檢測近似。唯獨 2 號水溫起伏甚小，我們推測可能與其地勢較低，水位更淺有關。此外標高點和井水位差異不大的 3 號、11 號、12 號的水溫變化近似。水溫起伏較少的是湧泉。推測應該是泉水已曝露在空氣中被均溫了。
6. 由水溫的記錄表及統計圖的變化情形，可顯示出各測點之間的相關性，進而推測各測點地下水的流徑方向。5 號、6 號、7 號、9 號、11 號臨近台地山區，水溫起伏較大，推測與其位於水源頭有關，越往中下游，地下水的水溫較穩定。
7. 從測點井水位高度的記錄表及統計圖，可看出 5 號、6 號、9 號、11 號井水位高度較大，而測點 3 號、2 號、12 號的井水位較低，而且其井水位起伏較少，即使下雨變化也不大，這種情形仍與水溫變化近似，推測仍與地勢的高低有關。位於地勢較高的，尤其是位於水源頭，其井水位的變化會深受雨量影響。5 號、6 號、9 號、11 號臨近台地山區，井水位高度較大，含蘊較飽滿的水量，故水位變化較小，較不受天候影響。反之測點 3 號、2 號、12 號標高點較低，流速較平緩，含蘊的水量也較飽滿，故水位變化也較小，較不受天候影響。故從井水位的變化也能推測出地下水的流徑。
8. 從湧泉流量的記錄表及統計圖，可看出 13 號、14 號、15 號起伏頗一致，易受地表雨水的多寡所影響，唯有 16 號流量起伏甚小，我們推測仍與其地勢較高有關，因其位於水源頭，含蘊的水量也較飽滿，其湧泉量的變化較不受天候影響。另外 14 號因為位於老街溪河道旁，一旦下雨，河水常倒灌進這口湧泉，故其流量深受河流控制。
9. 從測點導電度的記錄表及統計圖可看出，3 號導電度最高，起伏較少，唯有 8/12 這天導電度非常特別，我們推測有可能我們記錄錯誤吧！為何 3 號導電度最高，依推測它與 7 號應屬同一地下水流徑，3 號的地下水流徑較遠，導電值會較高，因為沿途溶解了較多的礦物質。
10. 四個湧泉的導電質全年的變化不大，導電質由大到小依序是 16 號—15 號—14 號—13 號，這仍與其地勢的高低有關，尤其 14 號、13 號位於老街溪河道旁，故其導電質深受河流影響。
11. 測點 5 號、6 號、7 號、9 號、11 號臨近台地山區，其導電質的變化會深受雨量的增加而降低，其中 5 號臨近溪流，導電質變化頗大。
12. 測點 1 號、8 號井水位高度和水溫頗相近，導電質的起伏曲線也相近，但導電質卻相差很大，推測有可能與流徑的距離長短距離有關。
13. 地下水導電質與流徑的距離有關，流徑的距離愈遠，導電質則愈高，因為沿途溶解了較多的礦物質。導電值與降雨量也有關，淺層的地下水極易受雨量影響，雨量愈大導電值會降低。
14. 各測點經度為 X 軸座標，緯度為 Y 軸座標，標高點為 Z 軸座標，使用 SURFER。04 軟體畫出測點等高線地形圖及地勢起伏立體圖：



從這個立體圖可看出知各測點所在的地勢高低位置，中間地勢較低，尤以 6 號的位置最高。

- 15、各測點經度為 X 軸座標，緯度為 X 軸座標，井水位高度為 Z 軸座標，使用 SURFER。04 軟體畫出測點地下水位高度等值圖及立體圖：

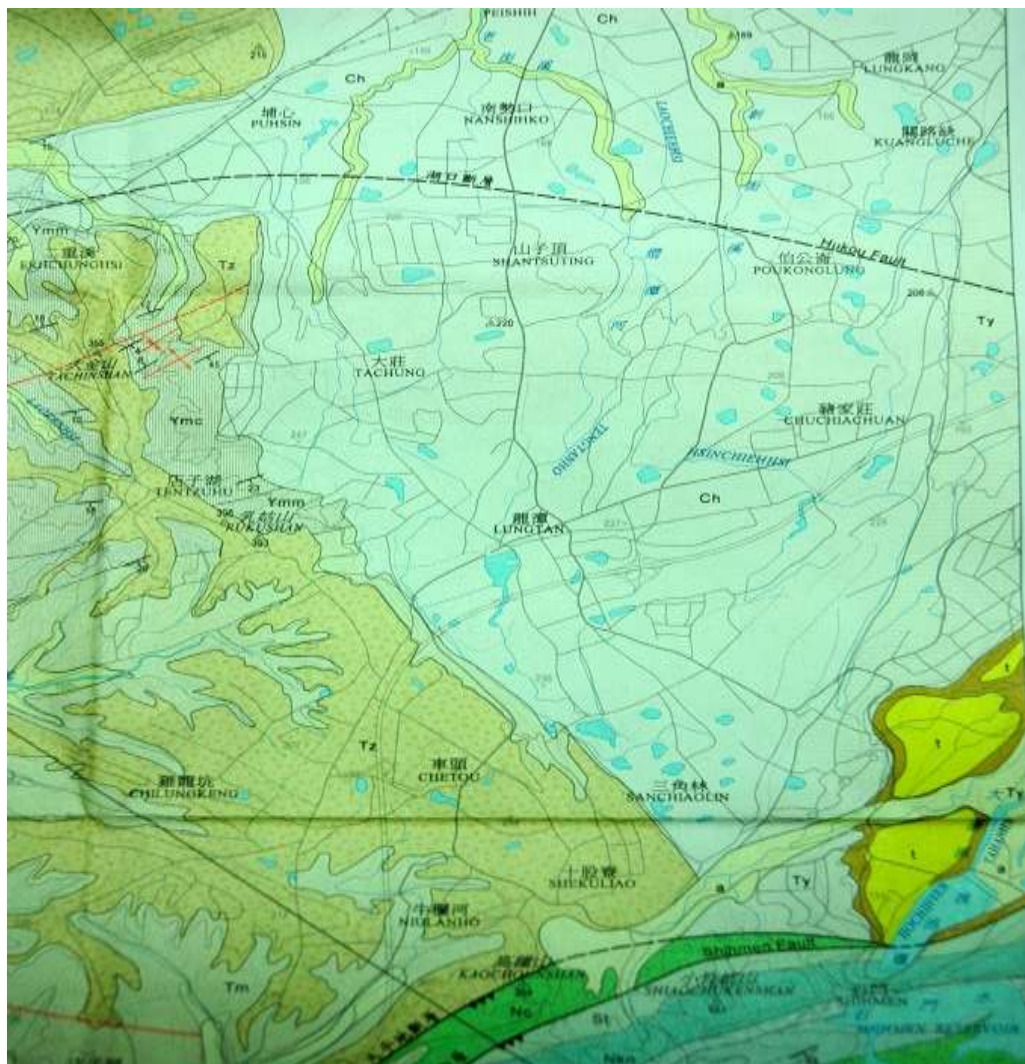


從這個立體圖可看出地下水流向，中間地勢較低，周邊除 2 號地勢較低外，以 6 號的地勢最高。

二、了解龍潭地區地區的地質概況：

(一) 從五萬分之一台灣地質圖圖幅第 7 號中壢，得知龍潭地區的地質由三種地層所組成，由下而上分別是楊梅層、大茅埔礫岩、店子湖層、中壢層、桃園層、台地堆積層及沖積層。龍潭

(二) 龍潭地區地質圖：



(三) 地質照片：



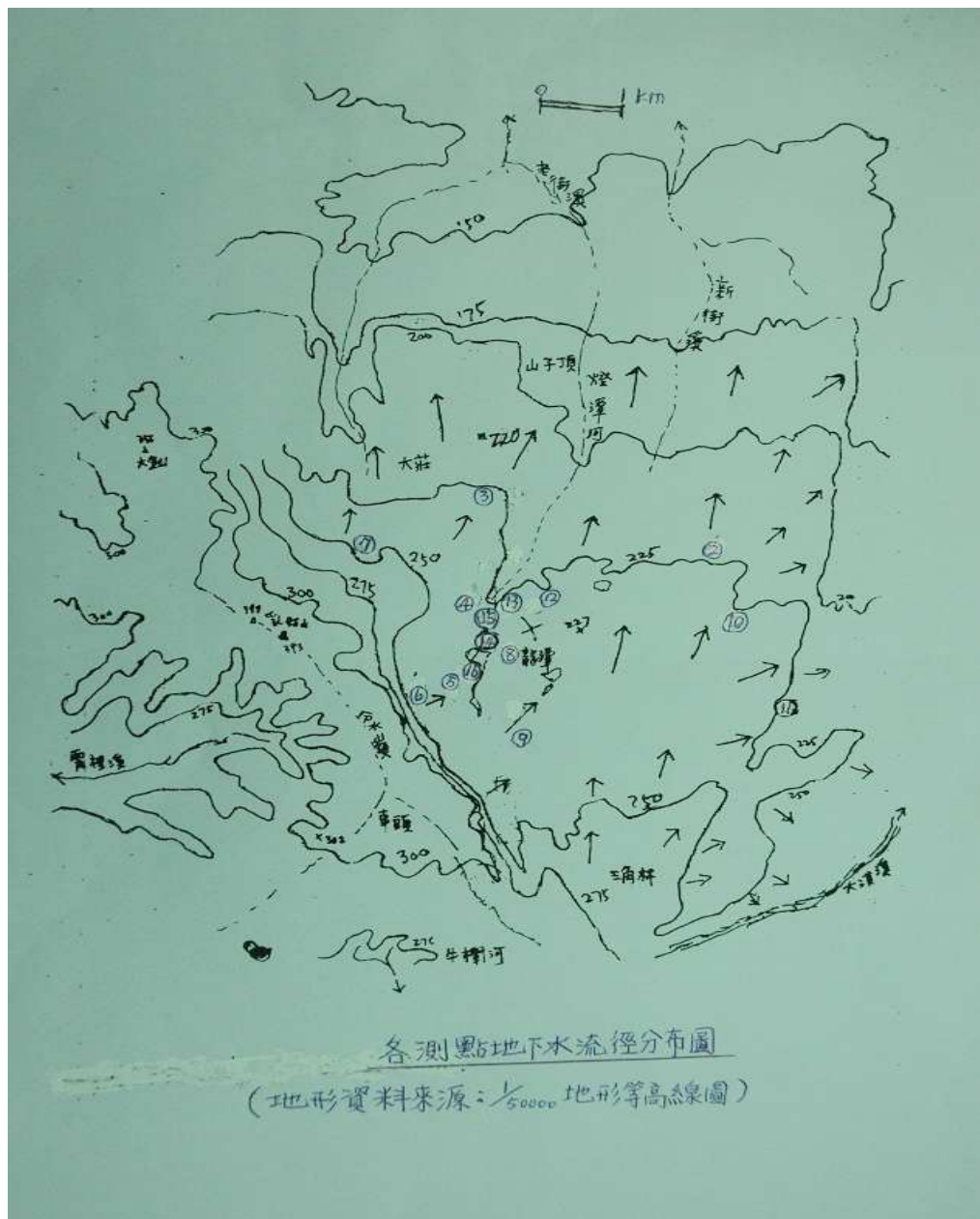
銅羅圈台地上層的紅土層



中豐路旁的紅土及礫石層

	
從龍潭大池看店子湖台地上的乳姑山，它是溪流及地下水的源頭	三角林西南側的冬瓜山形像冬瓜，它是溪流及地下水的源頭
	
在龍潭聖亭路旁的陡坡，可見到屬中壠地層的土層，主要由紅土黏土礫石及砂構成。	在龍潭聖亭路旁的地層，可清楚看到紅土及大小不同的礫石夾雜著。
	
這個井的岩壁是由紅土層構成，在冬天井水位較低時，在離地表 2.8m 處即可見礫石層。	這個井的岩壁也是由紅土層構成，在冬天井水位較低時，在離地表 3m 處即可見礫石層。
	
此井的上緣是水泥圈，下層即是土層原貌是提供我們觀察地質的最佳教材。	這是 9 號測井，靠近龍潭南邊的三角林，井水位很淺，可清楚的看見井水位。

- (四) 龍潭是霄裡溪、社子溪、老街溪、新街溪和牛欄河等五大溪流的發源地。其中老街溪發源於龍潭台地南端的三角林西南側，匯合銅鑼圈東側各小溪向北流至中壢；另一條新街溪發源於三角林之北，向北流至中壢。龍潭區內的這些大小河流，究竟是否與地下水位有關呢？從我們的探測資料顯示這些大小湧泉及水井是受到境內河流影響的。
- (五) 龍潭西側店子湖台地的最高點乳姑山，其週邊大小小山溝的水有些也匯集流入龍潭，進了龍潭大池，所以她也成了地下水源的源頭。
- (六)
- 1、利用等高線描圖紙，在五萬分之一地形等高線圖上，描繪出龍潭地區的等高線圖形，再標示出各測點地下水的流經分布，如下圖：



- 2、從地下水流經分布圖看出，地下水的源頭來自於南邊台地堆積層、銅鑼圈台地及店子湖台地上大大小小山溝的水，匯集往北放射狀流出。

三、探究泉水空湧泉的形成機制：

(一) 利用五萬分之一地質圖畫出湧泉剖面圖：



(二) 從湧泉測點流徑剖面圖分析，在店子湖台地上，雨水降雨成爲補助水，紅土爲不透水層。楊梅層和大茅埔礫岩因已膠結半固結，透水性不佳，泉水空所在位置爲老街溪上游之河道（地形之凹處）因此地下水由中壢層礫石孔隙中流動，補助區的水在店子湖台地上約 250m，位於南方，往北流動（沿地形低處），至泉水空凹處約 225m 高程形成湧泉。在泉水空河道，又有降雨補助水往下游流動。

(三) 在圖例湧泉測點剖面圖中：地下水流徑之導電值、水溫、井水位之變化，分析如下：
導電值的變化：

流徑一：6 號 137us/cm—5 號 171us/cm—16 號 256us/cm—14 號 197us/cm 的導電值逐漸升高再下降，這是因沿途地下水溶解土壤中的礦物質所致，但是到 14 號時，導電值卻下降，這是受河水影響所致。

流徑二：12 號 211us/cm—3 號 429us/cm—2 號 236us/cm 的導電值逐漸升高再下降，這是因沿途地下水溶解土壤的礦物質所致，但是到 2 號時，導電值卻下降，這是受雨水影響所致。

水溫的變化：

流徑一：6 號 25℃—5 號 24.6℃—16 號 22.4℃—14 號 21.8℃的水溫逐漸下降，這是因沿途地下水與氣溫逐漸均衡了。

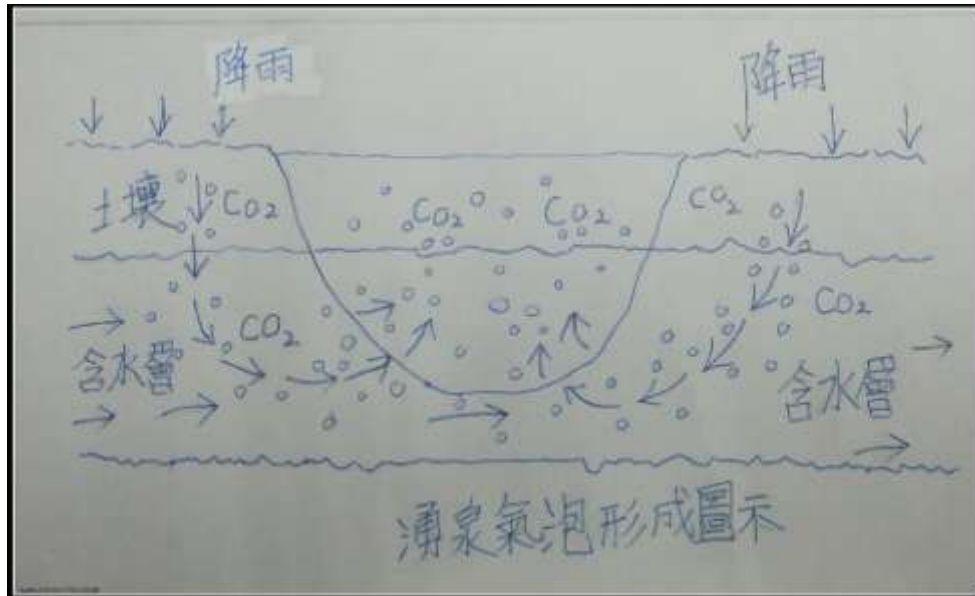
流徑二：12 號 25.8℃—3 號 24.7℃—2 號 22℃的水溫逐漸升高再下降，這是因沿途地下水與氣溫逐漸均衡了。

井水位高度的變化：

流徑一：6 號 236.7m—5 號 228.4m—16 號 227m—14 號 221.3m 的井水位高度逐漸下降，這是因沿途地形高度逐漸下降，在泉水空處形成凹處。

流徑二：12 號 214.7m—3 號 213.2m—2 號 207.7m 的井水位高度逐漸下降，這是因沿途地形高度逐漸下降所致。

（四）湧泉氣泡的形成原因圖示：



湧泉中冒出的氣泡為二氧化碳，來源是因為土壤中的微生物呼吸作用產生二氧化碳，二氧化碳可以溶於水，但在酸性環境中，再解離為氣體，在 pH 值 4-5 以下的地下水中，水中的二氧化碳以氣體方式存在，泉水空附近的地下水 pH 值是 4-5，因此下雨時，雨水將土壤中的二氧化碳帶入地下水，隨之往下流動，在泉水空流出成湧泉，氣體即解離為泡泡。

陸、結論與心得：

- 一、雖然我們缺乏精密的探測器來探究地下水層的分布，進而瞭解地下水的流動情況，但是從地下水 pH、水溫、導電質及地下水位升降等變化因子，我們做長期的觀測紀錄，從旱季到雨季，雨季到旱季，我們仍然能獲得非常可貴且豐富的紀錄資料，在老師及教授的指導下，我們從這些龐大的數據及圖表裡，發現地下水的流徑方向；覓得泉水空的形成機制，並加以證實地質圖上地層分布所產生的影響機制。老師說，經由這一年的觀測紀錄，我們已具備了基礎科學研究的能力與態度，雖然我們每兩星期就要測 16 個測點，非常辛苦，但是老師這樣的贊賞我們，真是令人振奮！
- 二、從測點 pH 值的記錄表及統計圖分析，得知龍潭地區地下水屬弱酸性，而井水位距離地表越近的井，其地下水 pH 值易受地表雨水及其他物質所影響，所以變化較大。靠近河道的湧泉其 pH 值也會受到影響。測點 5 號井的 pH 值較特殊，距離該井不到 2m 處有溪流經過，推測其 pH 值應受溪流影響。
- 三、地下水中有機質降解時，微生物會參與需氫離子，因此 pH 值會升高。我們本想藉由 pH 值的變化來探討各測點之間的關係，但我們的記錄表上顯示出的 pH 值異質性並不高。這顯示出兩種可能性，一是：我們使用的 pH 試紙精確度不大；二是：龍潭地區的地下水確實屬弱酸性。
- 四、從測點水溫的記錄表及統計圖，得知測點水溫會隨著氣溫而改變。夏季時水溫較高，冬季時水溫會降低。而距離地表越近的井，其地下水水溫變化較大，這情形與 pH 值的檢測近似。尤其在湧泉部分，因為泉水已湧出地表，已曝露在空氣中，被均溫了。由水溫的記錄表及統計圖的變化，可觀察出各測點之間的相關性而推測出各測點地下水的流徑方向。測點臨近台地山區的，其地下水溫起伏較大，推測與其位於水源頭有關，越往中下

游地下水的水溫較穩定。

- 五、從觀測紀錄知道各測點的地下水溫易受氣溫影響，而且其水溫平均值約在 23 度左右，由此可判斷，龍潭地區的地下水，應屬於淺層地下水。
- 六、從測點井水位高度的記錄表及統計圖，可看出井水水位的起伏與地勢的高低有關，位於地勢較高的，尤其是位於水源頭，其井水位的變化會深受雨量影響，井水位高度較大，因其含蘊較飽滿的水量，故水位變化較小，較不受天候影響。但是標高點較低，流速較平緩的井，其含蘊的水量也較飽滿，故水位變化也較小，較不受天候影響。故從井水位的變化也能推測出地下水的流逕。
- 七、從湧泉流量的記錄表及統計圖可看出，泉水空周邊的大小湧泉流量起伏頗一致，易受地表雨水的多寡所影響，唯有 16 號流量起伏甚小，我們推測仍與其地勢較高，因其位於水源頭，含蘊的水量也較飽滿，其湧泉量的變化較不受天候影響。另外 14 號因為位於老街溪河道旁，流量深受河流控制。
- 八、從測點導電度的記錄表及統計圖可看出地下水導電質與流徑的距離有關，流徑的距離愈遠，導電質則愈高，因為沿途溶解了較多的礦物質。導電質與降雨量也有關，淺層的地下水極易受雨量影響，雨量愈大導電值會降低。湧泉的導電質全年的變化不大，此與其已曝露在空氣中有關。但是 14 號、13 號湧泉因位於老街溪河道旁，故導電質深受河流影響。
- 九、河流對地下水水位的升降是重要的控制因子，從 14 號 13 號湧泉的 pH 值、水溫、導電值及井水位方面，即可得到證明。因此，龍潭境內的溪流基本上對地下水的影響是頗大的。
- 十、龍潭泉水空及其周邊的大小湧泉所冒出來的氣泡，依據當地人長期以來的說法，認為這些氣泡是湧泉水冒出的象徵。但是經由我們這次的實驗證明，這個說法已被推翻。湧泉中冒出的氣泡為二氧化碳，來源是因為土壤中的微生物呼吸作用產生二氧化碳，二氧化碳可以溶於水，但在酸性環境中，再解離為氣體，水將土壤中的二氧化碳帶入地下水，隨之往下流動，在泉水空流出成湧泉，氣體即解離為泡泡。可是湧泉的冒泡現象是如此壯觀，由此可推論，這些湧泉池下的生物作用是非常旺盛的。
- 十一、龍潭是個台地地形，其南邊、西的山地及台地地形，是溪流的發源地，也是地下水的源頭。正因為如此，所以山坡地的水土保持就更加重要，唯有做好水土保持，才能保有豐沛的水資源。我們深盼有關單位要做好山坡地的保護措施，切勿在山坡地濫墾濫伐，興建住宅，若能保護山坡地的自然景象，那麼地下水資源才能源源不絕我們要知道地下水是我們的「救命水」。我們深盼龍潭這些「來龍去脈」的水資源，能源源不斷「細水長流」。

柒、參考資料：

- | | |
|-----------------|-----------|
| 一、台灣的地下水 | 【遠足出版】 |
| 二、我們住在水源頭 | 【德龍國小印行】 |
| 三、行政院農委會林務局航照圖 | |
| 四、經濟部中央地質調查所地質圖 | |
| 五、桃園縣的地形與地質景觀 | 【桃園縣政府出版】 |
| 六、上網查詢相關資料 | |

【評語】 081569

爲了解地下水脈的流動，實地取樣、分析研究地區的地下水及地層，並利用輔助軟體繪製立體圖，分析、歸納水脈的流向，實驗精細，得獎，足爲楷模。