

第二章、水源的利用與水量的推估

第一節、水利系統與水源的利用

壹、流域概況

頭前溪發源於檜山(2,512 m)西坡，流域面積 567 km²，平均高度 800 m，坡度 17°30'，相對高度 303 m，屬於山丘型流域。上游主要為上坪溪與油羅溪，主流長為 61.2 km，坡降為 33/1000（張瑞津，1999：63-64）。本研究，地質構造最重要者為新竹斷層及新城斷層。斷層線以西為本研究之地下水研究區—新竹平原。新竹平原表層屬沖積層，沖積土質地粗、入滲效果佳，以水文地質環境來說，屬於第四紀未固結地層，就地下水資源量的探討而言具有相當重要的意義，地下水可開發量約為 446.00×10⁶ m³/yr。

貳、蓄水設施

頭前河流域之蓄水設施有寶山第一水庫、寶山第二水庫(一般通稱寶一水庫、寶二水庫)、上坪攔河堰、隆恩堰及竹東圳。寶一水庫為因應新竹地區日增的用水量及新竹科學工業園區的成立，需要大量用水而建立，水源是由上坪攔河堰藉著竹東圳導水路引頭前溪水入寶山水庫，年引用頭前溪水量約39.00×10⁶ m³/yr（水利署，2003：2-57）。為進一步利用上坪溪之水源，將竹東圳通水容量增為2.40 CMS，再將通水容量於92年完成擴建至3.00CMS，以增加水庫蓄存用水。隆恩堰截取頭前溪主流之水源，經隆恩導水路引至第二淨水廠處理，供新竹地區使用，寶一水庫及頭前溪隆恩堰聯合運用，每日增加供水量62.50×10³ m³。目前除由地下水、地區性水源、寶一水庫等供應外，尚須位居中部區域（苗栗三灣鄉）之永和山水庫予以支援供應，每日共可供應近290.00×10³ m³。即便如此，新竹科學工業園區的迅速發展，高科技產業等屬於政府重要策略性發展工業之相繼投入，使得用水量增加迅速。寶二水庫之興建，年引用頭前溪水源97.00×10⁶ m³/yr，每日增加供水量約282.00×10³ m³的用水可以滿足民國95年至目標年民國110年間之用水需求，但仍須持續仰賴中部區域永和山水庫之支援供應。

表2-1-1 頭前溪流域蓄水設施與供水量表

蓄水設施	位置	流域別	所在位置	容量(10^6 m^3)	年供水量(10^6 m^3)	用水標的
寶山第一水庫	新竹縣竹東鎮	頭前溪	柴流溪	5.35	26.25	給水
隆恩堰	新竹縣竹東鎮	頭前溪	頭前溪	--	22.81	給水
寶山第二水庫	新竹縣寶山鄉	中港溪	石井溪	31.34	102.93	給水

資料來源：經濟部水利署，2006：150

參、灌溉及自來水供水系統

頭前溪流域灌溉供水系統共計 26 條，分屬新竹農田水利會之新竹、竹東、及竹北工作站管轄。其中竹東圳、樹杞林圳及街頭圳取水自上坪溪流域；油羅圳、大肚圳及山豬湖圳取水自油羅溪流域。頭前溪主流圳路中以舊港圳用水量最大，其次為竹東圳及東興圳（水利署，2003：2-33）。

新竹縣市主要用水來自於頭前溪流域，其中自來水供應主要來源以台灣省自來水公司第三管理處為主（以下簡稱第三管理處）。由於本研究主要以頭前溪流域為主，因此水量之研究範圍不包含取水自中港溪、鳳山溪流域之鄉鎮，包含新埔鎮（屬新埔供水系統，主要水源為取自鳳山溪之地下水及地面水）、關西鎮（屬關西供水系統，主要水源來自鳳山溪之伏流水）、北埔鄉與峨眉鄉（屬北埔供水系統、水源為中港溪流域之大坪溪）。

本研究主要範圍包含新竹、竹北、寶山（主要水源為頭前溪地面水及寶山第一水庫，經新竹第一淨水場、新竹第二淨水場、浦雅淨水場及寶山淨水廠處理後聯合調配供水）、芎林鄉（屬芎林供水系統，水源來自頭前溪寬口井經芎林淨水場處理後送用戶使用）、竹東鎮（屬竹東供水系統，主要水源為上坪溪地面水，經竹東營運所員嶼淨水廠處理後送用戶使用）、橫山鄉（屬內灣供水系統、水源為油羅溪，經內灣淨水場處理後供應內灣村、力行村九芎坪及豐田村部分地區用戶）、尖石鄉（有尖石及梅花供水系統。尖石系統水源為油羅溪支流、經尖石淨水廠處理後供應新樂村及嘉樂村用戶。梅花系統水源為錦屏溪、經梅花淨水廠處理後供應梅花村及錦屏村用戶）及五峰鄉（屬五峰供水系統、水源為上坪溪支流卑南溪，經竹東營運所桃山淨水廠處理後供應竹 122 縣道沿線用戶）。（第三管理處，2007）

第二節、最大水資源量與各標的用水量

壹、最大水資源量

本研究依水平衡 $P=ET(蒸發散量)+RO(逕流量)$ 的關係式求得頭前溪流域逕流量¹，觀測的資料年份為 1976 至 2005 年，30 年的長期氣候觀測資料。根據石再添等（1994）所算出頭前溪流域逕流量為 $709.08 \times 10^6 \text{ m}^3$ ；韋煙灶（2003）利用水平衡及方格法所求得的逕流量為 $912.05 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。²本研究將資料分為冬半年（11~4 月）與夏半年（5~10 月）計算，再以冬、夏半年資料合計為研究區的年逕流量。

由面積等雨量線以及等可能蒸發散量線（ETp）所求得的夏半年（5~10 月）平均面積降水量為 1545.9 mm，以桑士偉法所計算之可能蒸發散量（ETp）為 736.65 mm，則推估之實際蒸發散量（ETr）為 515.66 mm，逕流水深為 1030.24 mm，即 $582.76 \times 10^6 \text{ m}^3$ ；冬半年（11~4 月）平均面積降雨量為 733.6 mm，ETp 為 255.51 mm，ETr 為 178.86 mm，逕流水深為 554.74 mm，即 $311.18 \times 10^6 \text{ m}^3$ ；全年逕流量為冬、夏半年之和， $893.94 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ （表 2-2-1）。夏半年（5~10 月）與冬半年（11~4 月）降水量比例約為 68%、32%、蒸發散量比例約為 74%、26%、逕流量為 65%與 35%。夏半年（5~10 月）之氣候具有降水量高與蒸發散量高的特徵；相較之下冬半年（11~4 月）蒸發散量較低，因此影響了最後冬、夏兩季之逕流量比例。

表 2-2-1 研究區冬、夏之水平衡及逕流量

	平均面積降水量 (mm)	ETp (mm)	ETr (mm)	逕流水深 (mm)	逕流量 (10^6 m^3)	全年逕流量 ($10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$)
夏半年（5~10 月）	1545.9	736.65	515.66	1030.24	582.76	893.94 ($10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$)
冬半年（11~4 月）	733.6	255.51	178.86	554.74	311.18	

資料來源：本研究整理

圖 2-2-1 之夏半年（5~10 月）降水量，以兩支流交匯處為分界，交匯處以下之平均降水量低於 1545.9 mm，以上之平均降水量的增加是隨著兩支流的延伸而呈現兩系統的遞增，至上坪溪與油羅溪上游處，平均夏半年（5~10 月）降水量達 1800.0mm；蒸發散量則呈現往上游遞減的情況（圖 2-2-2）；冬半年（11~4 月）與夏半年（5~10 月）之等雨量線均約以兩支流交匯處為分界，等可能蒸發散量線則由下游向上游遞減（圖 2-2-3、2-2-4）。

¹經濟部水利署(2003)所算出總逕流量為 $1,705 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ ，其算法係將頭前溪主流年平均逕流量 $975 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ 加上支流上坪溪 $430 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ 與油羅溪 $300 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ 之逕流量的總和。若依此資料換算，則頭前溪流域降雨量必須高達 3,000mm/yr，且將支流與主流逕流量合計，無考慮到重複計算之水量，為相當不合理的數據。

² 氣候觀測年份為 1967~1996。

依逐月的長期平均來看，乾、濕兩季明顯，5~6月雨量開始增多，梅雨季節明顯。雨量最多月份為8月。值得注意的是研究區3月份雨量高於4月份，而3月份往往是春耕季節，因此降雨與否對乾旱時期水資源的利用影響較大（表2-2-2）。

表 2-2-2 新竹地區長期平均（1976-2005）雨量觀測資料表

月份	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	年
長期雨量 (mm)	78.5	162.7	198.1	176.9	253.5	293.3	237.7	367.7	245.7	95.4	44.8	59.8	2214.1
年百分比 (%)	3.55	7.35	8.95	7.99	11.45	13.25	10.74	16.61	11.10	4.31	2.02	2.70	100.00

資料來源：整理自《氣候資料年報（地面部分）》。

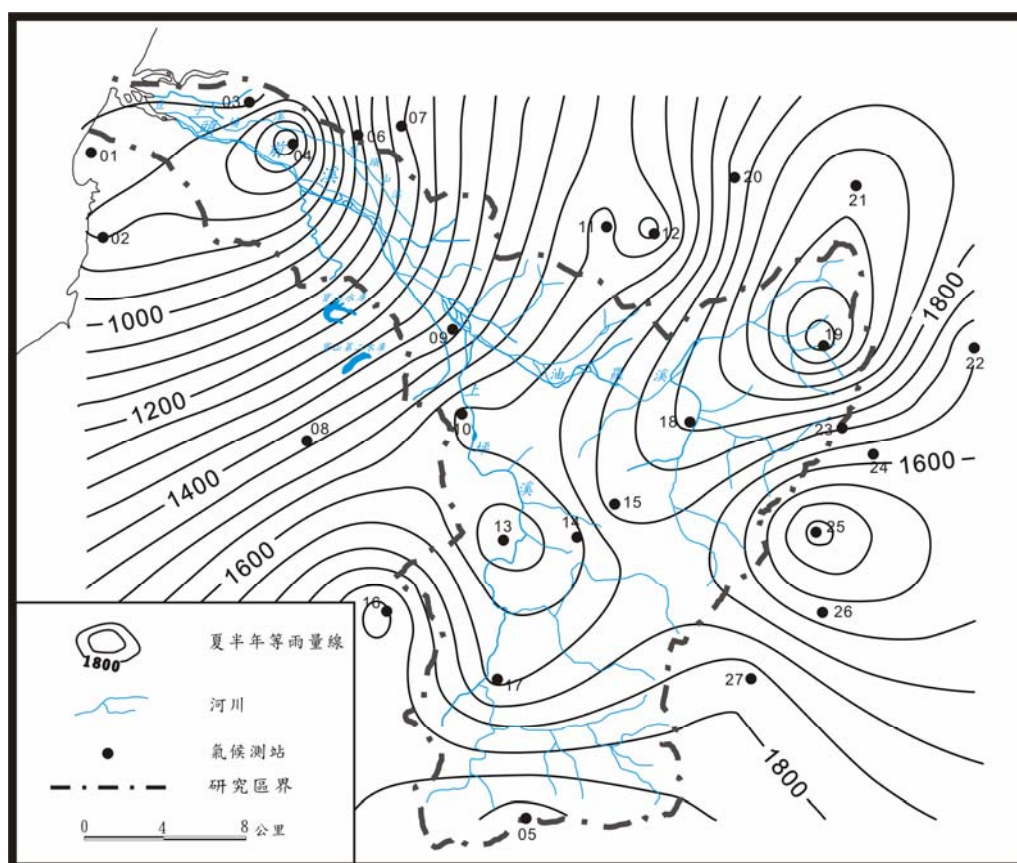


圖 2-2-1 頭前溪流域夏半年（5~10月）等雨量線圖(mm)

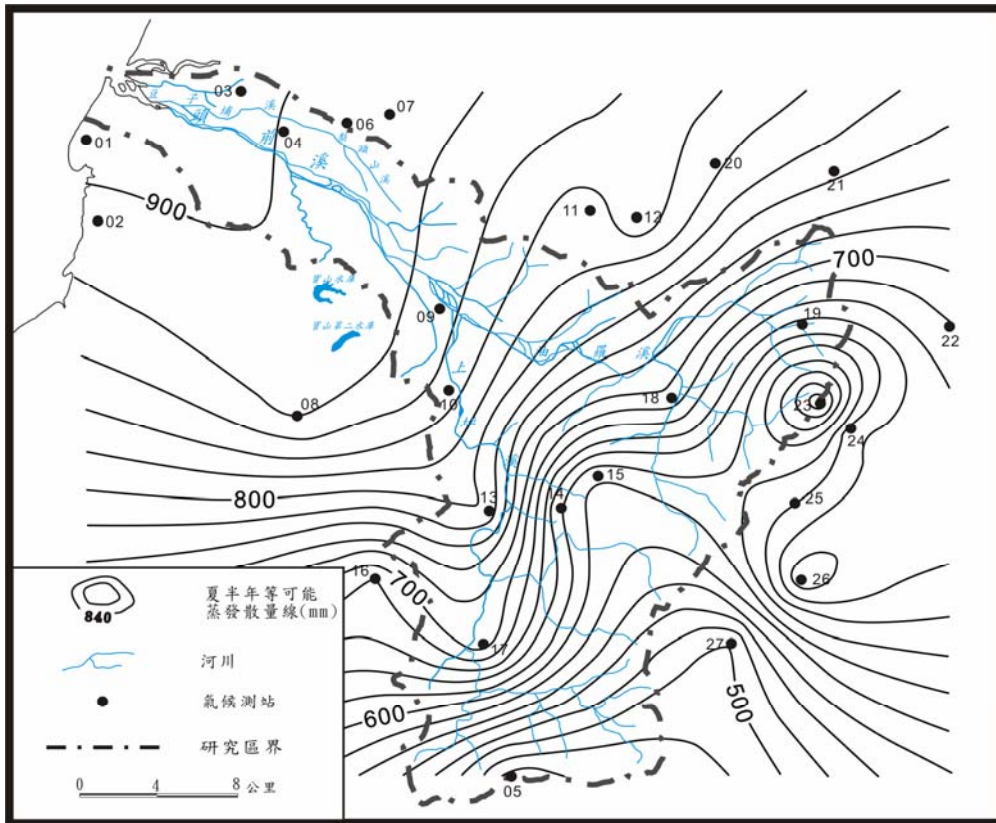


圖 2-2-2 頭前溪流域夏半年（5~10 月）等可能蒸發散量線圖(mm)

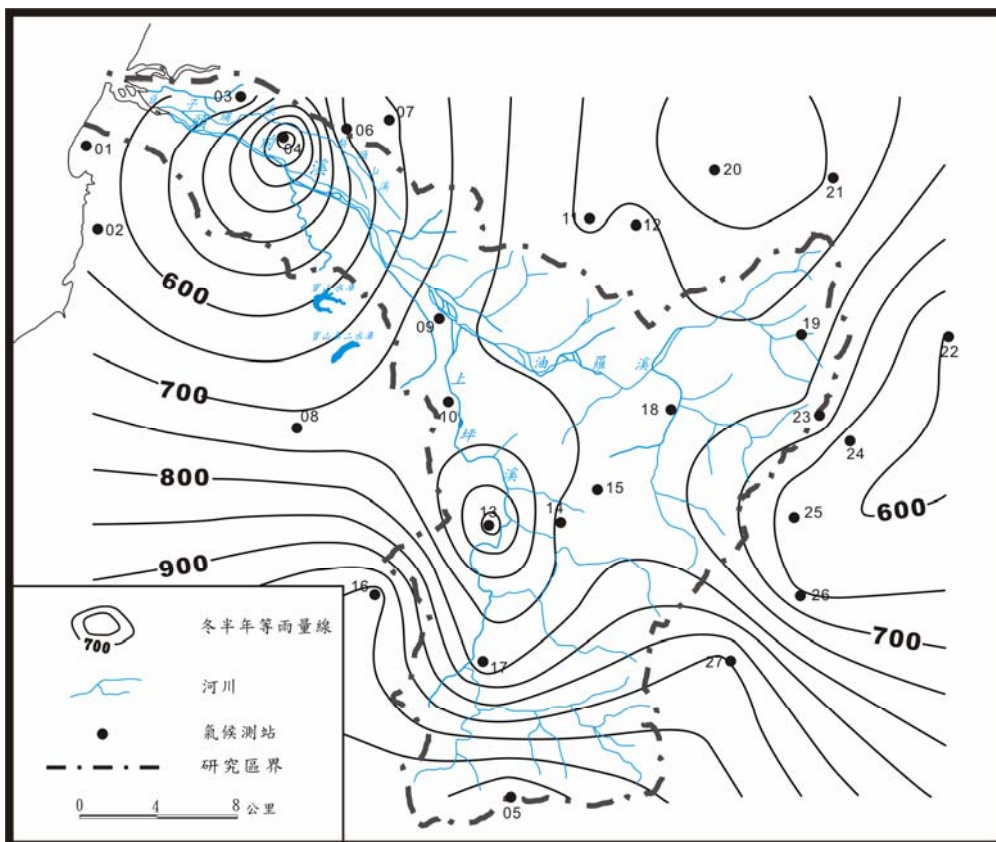


圖 2-2-3 頭前溪流域冬半年（11~4 月）等雨量線圖(mm)

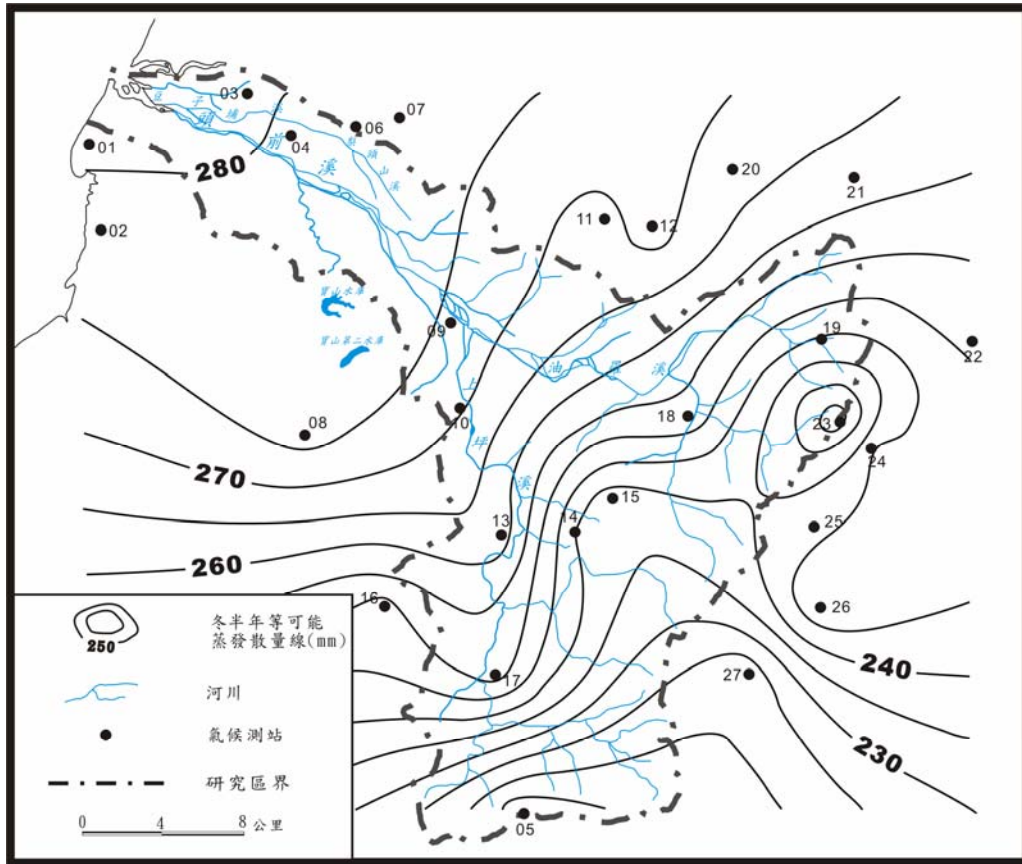


圖 2-2-4 頭前溪流流域冬半年（11~4 月）等可能蒸發散量圖(mm)

貳、各標的用水量

一、農業用水量³

農業用水包含灌溉用水、養殖用水、及畜牧用水三項，其中又以灌溉用水最為重要。以下針對灌溉作物（分為水稻、雜作）、耕作期間（一期作、二期作）、畜牧物種及養殖面積分別統計其用水量，以供未來在分配農業用水水量時的參考應用。

（一）灌溉用水量

頭前溪灌區共計 26 條圳路，根據新竹農田水利會統計，民國 81~89 年兩期稻作平均灌溉面積為 8,931 公頃 (ha)，實際用水量為 $178.63 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。民國 90 年兩期灌溉面積為 9,184 ha，實際用水量為 $173.64 \times 10^6 \text{ m}^3$ ，91 年兩期灌溉面積為 5,588 ha，實際用水量為 $183.48 \times 10^6 \text{ m}^3$ ，估計 10 年來平均耕作面積為 8,650 ha，平均實際用水量為 $162.37 \times 10^6 \text{ m}^3$ ，10 年來耕作面積有下降趨勢，且未來農業用水需求依行政院農委會規劃以不再成長為原則，因此本研究以 10 年來平均值做為頭前溪流之灌溉用水量。

³農業用水量統計係水利署依據各區農田水利會資料統計會編而成（經濟部水利署，2005）。

（二）養殖與畜牧用水量⁴

新竹縣、市民國94年度的養殖面積共為555 ha，年總用水量為 $13.43 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。畜牧用水量如表2-2-3所示，年總用水量為 $2,080.45 \times 10^3 \text{ m}^3$ ，以豬、雞用水量佔的比例最大。

表 2-2-3 94 年度畜牧用水量與百分比

	水牛及黃雜牛	乳牛	豬	綿羊及山羊	乳羊	雞	鴨	總計
畜牧數(頭)	212	2,306	118,899	1,190	567	3,092	101	--
用水量 (10^3 m^3)	1.55	191.86	1212.77	0.83	4.54	618.40	50.50	2080.45
百分比%	0.07	9.22	58.29	0.04	0.22	29.72	2.43	99.99

註：百分比為各種類牲畜用水量佔新竹縣市總畜牧用水量百分比

資料來源：經濟部水利署，2005。

二、工業用水量

（一）製造業之工業用水量

台灣地區工業用水依水源別，可分為地面水及地下水兩部分；但因水源別資料蒐集困難，未能作進一步分析。故改以其供應來源方式，分為由自來水供水系統供應及自行取水方式兩部分探討分析。

依自來水第三管理處之統計資料，2005 年自來水供應工業用水量新竹市為 $56.09 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、新竹縣為 $26.32 \times 10^6 \text{ m}^3$ ，總量為 $82.41 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。工業部份又可分為一般製造業⁵之工業用水量與新竹科學園區供水量。製造業之計算方式是以工業用水推算公式而得：

$$\text{年用水量} = \text{單位面積日用水量} \times \text{工業面積} \times \text{年工作日數}$$

因此，推算出新竹市工業面積 173.58 ha，用水量為 $10.24 \times 10^6 \text{ m}^3$ ；新竹縣工業面積為 897.19 ha，用水量為 $52.99 \times 10^6 \text{ m}^3$ ，新竹縣市製造業總用水量為 $63.26 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。依據水利署調查，製造業使用自來水比例北部地區為 54.61%，自行取水比例為 45.39%。假設依此比例估算製造業自來水消耗量及自行取水量，則依此比例推估所得：新竹市約 $5.59 \times 10^6 \text{ m}^3$ 為自來水供應， $4.65 \times 10^6 \text{ m}^3$ 為自行取水；新竹縣約 $28.94 \times 10^6 \text{ m}^3$ 為自來水供應， $24.05 \times 10^6 \text{ m}^3$ 為自行取水；新竹縣市自來水總用水量約為 $34.55 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、自行取水量

⁴養殖年用水量及畜牧年用水量係以單位養殖用水量或畜牧用水量乘以養殖面積或飼養畜牧類頭（隻）數加以計算。單位養殖用水量採用農委會民國 93 年農業管理計畫研究報告「灌溉用水調查評估及調配利用」；畜牧用水量則採用農委會民國 89 年出版「農業用水量化目標及總量清查報告」之資料。（水利署，2005）

⁵本報告所稱之工業，僅狹義指製造業而言，其業別分類乃採行政院主計處編印「中華民國行業標準分類」中之製造業分類標準分 24 種。（水利署，2005）

約 $28.71 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。因此自來水供應工業用水量 $82.41 \times 10^6 \text{ m}^3$ 中，約 42% 供應製造業、58%（約 $47.88 \times 10^6 \text{ m}^3$ ）⁶ 供應園區用水量。製造業用水量中又以化學材料製造業及紡織業所佔用水比例最大（表 2-2-4）。

表 2-2-4 2005 年新竹縣市各業別製造業面積與用水量表

業別	面積(ha)	用水量(10^6 m^3)	用水量%
食品及飲料製造業	42.95	3.93	6.21
成衣.服飾品及其他紡織製品製造業	2.58	0.11	0.17
菸草製造業	0.00	0.00	0.00
紡織業	97.83	9.06	14.32
皮革.毛平及其製品製造業	1.15	0.10	0.16
家具及裝設品製造業	7.96	0.03	0.05
紙漿.紙及紙製品	20.74	6.22	9.83
印刷及其輔助業	2.33	0.03	0.05
化學材料製造業	103.36	9.59	15.16
橡膠製品製造業	28.81	4.08	6.45
塑膠製品製造業	32.66	2.12	3.35
非金屬礦物製品製造業	146.43	4.72	7.46
金屬製品製造業	89.71	3.36	5.31
機械設備製造修配業	86.52	1.37	2.17
電腦.通信及視聽電子產品製造業	82.72	4.15	6.56
電子零組件製造業	83.30	4.19	6.62
精密.光學.醫療器材及鐘錶製造業	5.70	0.33	0.52
其他工業製品製造業	19.67	1.65	2.61
木竹製品製造業	7.78	0.09	0.14
石油及煤製品製造業	1.44	0.07	0.11
金屬基本工業	26.32	1.01	1.60
化學製品製造業	69.89	4.50	7.11
電力機械器材及設備製造修配業	27.33	1.37	2.17
運輸工具製造修配業	83.57	1.18	1.87
總計	1070.75	63.26	100.00

註：用水量百分比為各業別用水量與製造業總用水量之比

資料來源：經濟部水利署，2005。

⁶所推估之竹科自來水供應量=第三管理處自來水供工業用水量-製造業之用水量自來水供應部分，不包含製程用水回收再利用率。

（二）科學園區用水量

依據《86 年新竹科學工業園區修正之用水計畫書》，園區管理局以民國 75 年至 85 年園區實際用水量為參考，於民國 86 年修正用水計畫，預估於民國 93 年達到飽和，平均日需水量 13.10×10^4 CMD，最大日需水量為 15.90×10^4 CMD。而後由於園區晶圓廠廠房之擴大與設備擴充，使得用水量大幅成長，故科園區管理局依民國 79 年~89 年之實際用水量，於民國 90 年重新辦理用水計畫書修正，自來水公司第三管理處分析園區低中高成長需水量及分年供水需求推估如下：

1. 低成長需水量推估

園區需水量分別依園區一、二期及三期開發面積並考量實施節約用水及廠內用水回收措施推估而得，總需水量推估所示，預估於民國 93 年達到飽和：平均日需水量由 13.10×10^4 CMD 修正為 16.00×10^4 CMD，最大日需水量為 20.80×10^4 CMD。

2. 中高成長需水量推估

園區三期篤行營區基地開發面積約 22 ha，預計民國 92 年 7 月廠商可申請進駐，如引進晶圓製造或代工之產業，預估於民國 95 年新竹科學工業園區用水量，將達到飽和；屆時平均日需水量為 17.30×10^4 CMD，最大日需水量為 22.50×10^4 CMD。

實際用水量則依據科學工業園區管理局 92 年至 96 年各月重要業務措施施政成果年報資料，園區實際用水量 93 年日用水量為 11.70×10^4 CMD，總用水量為 42.57×10^6 m³；94 年日用水量為 11.70×10^4 CMD，總用水量為 42.83×10^6 m³；95 年平均日用水量為 12.40×10^4 CMD，總用水量為 45.07×10^6 m³；96 年 1 月日用水量為 11.90×10^4 CMD、2 月份為 11.70×10^4 CMD。可見用水量持續增長，而最終用水量則根據監察院糾正案文內容（中華民國 91 年 5 月 24 日）預估為 18.00×10^4 CMD。

依據科學園區管理局資料（科管局，2007），2005 年園區實際用水量為 42.83×10^6 m³，與上述推測落差 5.05×10^6 m³，則製造業之自來水用水量應為 39.58×10^6 m³，自行取水量為 23.68×10^6 m³。新竹縣市自來水與自行取水比例為 62%：38%，自來水使用率較北部其他地區來得高（表 2-2-5）。

表 2-2-5 不同推估方式所得工業用水量表 (10^6 m^3)

推估方式	總工業用水量	工業類別	取水方式	實際值	百分比
依北區用水 比例推估	111.11	一般製造業(2005)	自來水供應量	34.53	54.61%
			自行取水	28.70	45.39%
		科學園區用水量	自來水供應量	47.88	
依園區實際 用水量推估	106.11	一般製造業(2005)	自來水供應量	39.58	62.54%
			自行取水	23.68	37.45%
		科學園區用水量	自來水供應量	42.83 (最終用水量 64.70)	

資料來源：經濟部水利署，2005；科管局，2007。

三、生活用水量

新竹市 2005 年的設籍人口數年為 390,692，自來水供水人口數為 381,941，普及率達 97.76%；新竹縣⁷頭前溪系統人口數為 391,658，自來水供水人口數 320,255，普及率為 81.77%。生活用水又分為自來水供應量以及自行取水部份，前者依據自來水公司之數據，後者為自來水供水人口外生活用水量之計算，由於其系統規模較小且具獨立性，無市政、消防……等他項用水，故係採用新竹自來水供水系統之一般用水量同一標準，求取平均每人每日用水量，再乘以戶籍總人口與自來水供水人口之差數而得（水利署，2005）。

由表 2-2-6 及表 2-2-7 可得，新竹縣市自來水供應量為 $92.86 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ ，自行取水為 $9.92 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ ，因此所得總生活用水量為 $102.78 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ 。依總用水生活量來說，新竹市平均每人每日用水量為 344.7 公升(L)，新竹縣為 375.0 L，新竹縣市為 359.9 L。由於筆者於野外考察經驗發現，自來水無管線到達之處多食用地下水，以竹北市以西來說，家家戶戶飲用地下水的情形，相當普遍，因此自行取水量應可視為是地下水的使用量。

若依每人每日總生活用水量來看，北部地區之用水情形以宜蘭縣最低（340.5 L）、次低者為新竹市（344.7 L）；最高者為基隆（達 700.0 L）、次高者為台北市（625.7 L）。而自來水每人每日售水量來看，以新竹市最低（235.7 L），最高者為台北縣（409.8 L）。

⁷ 自來水供水範圍應不包含取水自中港溪、鳳山溪流域之鄉鎮：新埔鎮、關西鎮、北埔鄉與峨眉鄉。

表2-2-6 新竹縣市生活用水量表

縣市別	自來水供應量 ^a				自行取水量			總生活用水量		
	供水人口	LPCD ^b		年用水量	用水人口	LPCD	年用水量	用水人口	LPCD	年用水量
	人	每人每日配水量 L ^c	每人每日售水量 L ^d	10 ⁶ m ³	人	L	10 ⁶ m ³	人	L	10 ⁶ m ³
新竹市	381,941	345.9	235.7	48.22	8,751	292.0	0.93	390,692	344.7	49.15
新竹縣	320,255	381.8	259.8	44.63	71,403	345.0	8.99	391,658	375.0	53.62
總和或平均	702,196	377.9	247.8	92.86	80,154	339.0	9.92	782,350	359.9	102.78

a 自來水供應量採用台灣省自來水公司資料中之一般用水量。(即總自來水供應量扣除供工業用水量部分)。

b 習慣以公升/人/日 (LPCD) 表示。

c 每人每日配水量：以供水系統之配水量除以供水人口。探討整體供水系統之水資源量使用。

d 每人每日售水量：以某一售水量或總售水量除以供水人口。

資料來源：經濟部水利署，2005。

表 2-2-7 頭前溪流域各鄉鎮生活用水總量表 (10⁶m³)

鄉鎮市區	行政區人口	供水人口	普及率%	自來水總用水量	自來水供生活用水	自來水供工業用水	自行取水生活用水	生活用水總量
新竹市東區	186,903	182,678	97.74	50.07	23.15	26.92	0.45	23.60
北區	135,275	131,689	97.35	37.15	17.17	19.98	0.39	17.57
香山區	68,514	67,574	98.63	17.09	7.90	9.19	0.09	7.99
竹北市	112,175	95,586	85.21	22.74	12.22	10.52	1.75	13.97
竹東鎮	94,789	92,319	97.39	15.58	11.75	3.83	0.26	12.01
湖口鄉	72,363	60,097	83.05	15.94	9.64	6.30	1.62	11.27
橫山鄉	14,864	1,788	12.03	0.20	0.20	0.00	1.20	1.39
新豐鄉	50,31	44,764	88.97	11.17	6.72	4.46	0.69	7.40
芎林鄉	20,615	14,179	68.78	2.24	2.24	0.00	0.84	3.08
寶山鄉	13,554	9,605	70.86	2.62	1.41	1.21	0.48	1.89
尖石鄉	8,334	883	10.60	0.20	0.20	0.00	1.40	1.61
五峰鄉	4,653	1,034	22.22	0.26	0.26	0.00	0.75	1.01
總和	782,350	702,196	--	175.26	92.86	82.40	9.92	102.78

資料來源：經濟部水利署，2005。

第三節、水量綜合討論

壹、地下水使用量與可開發量評估

地下水資源長期大量的開發會引起不良後果，但無適當的利用卻是一種資源的浪費。新竹平原地下水可開發總量約為 $446.00 \times 10^6 \text{ m}^3$ ，研究區地下水量約為新竹平原扣除鳳山溪流域的部分，約為總量的三分之二多，為 $297.33 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。⁸目前已使用的地下水量，在推估上有一定的困難性，因此本研究就台灣地區使用地下水的比例、新竹縣市政府水權申請量、以及需水量與供水量的關係及訪問資料作為推估的依據。

表 2-3-1 頭前溪流域地下水有效水權(臨時用水)之水量 (10^6 m^3)

	家用及公共給水	農業用水	工業用水	其他用途	總計
新竹縣政府	9.14	2.96	18.32	1.49	31.91
新竹市政府	16.23	9.58	44.53	6.42	76.76
總計	25.37	12.54	62.85	7.91	108.67

資料來源：經濟部水利署，2007；新竹市政府，2007。

一、以水權申請量推估地下水使用量

依據新竹縣市之地下水權申請書，區域內使用地下水量約為年 $1.09 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，其中新竹縣市以工業用水標的用量最多（表 2-3-1），申請對象以使用地下水量較多者為主，因此，水權量雖無法掌握所有地下水使用者與使用量，但卻可掌握大型用水的使用量。申請量與實際用水量誤差計算以新竹縣市一般製造業用水量項目中的某業者為例。某甲廠經實際訪問調查，其地下水用水量平均一天大約 2,000 噸，與水權申書登記申請量每日 1,800 噸相差 200 噸，一年多出約 70,000 噸，誤差率為 10%。水利署所估算新竹縣市甲製造業單位面積用水量約 $29 \text{ 噸/m}^2/\text{yr}$ ，而甲製造業單位面積（ $25,950 \text{ m}^2$ ）實際用水量為 $28 \text{ 噸/m}^2/\text{yr}$ ，單位面積用水量相差約 $1 \text{ 噸/m}^2/\text{yr}$ ，估算值還大於實際用水量，因此水利署所估算之工業用水量有一定的參考基礎。由水量的供需面來看，實際的需水量應為水公司供水量和地下水用水量的總和，因此本研究視地下水用水量＝總需水量-供水量之值。

二、以實際供需面推估地下水使用量

依據水利署調查：「工業用水中，自來水供水系統供水量僅占 40.95%，仍有 59.05%

⁸ 此數據係依據「新竹平原地下水等水理水頭線分佈圖」（韋煙炆，2003：94）所判斷。依戴西定律（Darcy's law）的應用式地下水含量 $Q=V$ （流速） $\times M$ （厚度） $\times W$ （寬度），式中，流速皆以地下水等高線 25m 為主，而新竹平原含水層厚度接近均質的情況下，地下水研究區與鳳山溪流域地下水區的寬度比＝等高線長度比＝地下水含量比，約為 2：1。

左右為自行取水，其水源又分為地面水與地下水，且以抽取地下水為多。」一般製造業抽取地下水的原因有三，一來可能由於供水系統未設置；二來為某些產業對特殊水質要求，不適用含氯消毒藥劑之自來水；最後一點是成本問題（水利署，2005）。以甲製造業為例，成品對水質有一定的要求，水質越佳產品越好。然而，因製造成本問題，生產用水完全依賴經處理過後的地下水。依據新竹縣市狀況，本研究所估算一般製造業自來水供應與自行取水的比例分別約為 62.54%與 37.45%（表 2-2-5）。假設 37.45%為地下水的用量，則頭前溪流域一般製造業的用水量中，約有 $23.70 \times 10^6 \text{ m}^3$ 抽取自地下水。

以生活用水量而言，無管線到達之處，居民生活用水多半來自地下水，雖有少數居民認為地下水質較自來水質優良而使用地下水，但作者於田野調查發現，大多數居民往往抱怨政府處理自來水管線速度太慢，若對地下水質不甚瞭解的情況下，大多數人還是認為喝自來水較安心。生活用水量的計算除了依每戶用水量計算之外，也包含一般公共用水量。因此依生活用水的地下水使用量來說，應有一定的限制，不會與自行取水量相差太多。農業用水量雖佔總用水量之最大宗，但水源多來自於河川；養殖用水量水源分為地面水與地下水兩部分，地下水使用量將近 62%，約為 $8.37 \times 10^6 \text{ m}^3$ ；而畜牧用水量地下水比例佔 95%，約為 $1.98 \times 10^6 \text{ m}^3$ （水利署，2005）。

由生活用水量、工業用水量及農業用水量三者用水標的供需層面來看，地下水用水量應約為 $43.97 \times 10^6 \text{ m}^3$ ；水權申請地下水量為 $1.09 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，綜合水權申請量與水資源的供需量所估算的地下水使用量約介於 $0.44 \sim 1.09 \times 10^8 \text{ m}^3$ 之間。

台灣地區的總用水量中地下水源約占三分之一（楊萬全，1996：18；水利署，2006：132）。研究區地下水用水量約佔總用水量（約 $386.77 \times 10^6 \text{ m}^3$ ）的 11.4%~28%。地下水用水量約佔地下水可開發量 15%~37%，地下水資源應還可進一步利用。

貳、頭前溪流域的水資源量與開發量

頭前溪流域一年可提供的水資源量約 $8.93 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{yr}$ ，若依年平均引水量 $3.04 \times 10^8 \text{ m}^3$ 加上地下水使用量（以最大使用量 $1.09 \times 10^8 \text{ m}^3$ ）來估算，水資源量已有 39%~46%的水資源量被開發。再由冬半年與夏半年之水平衡推算的結果可發現，夏半年逕流量佔全年 65%，冬半年為 35%，時間上分配不均。尤其以冬半年來說，三月份春耕期間之長年平均月降水量佔冬半年之百分比雖偏多，但遇長期乾旱或春耕時期無雨的情況，用水爭奪情形往往容易發生。總觀近五年來發生的休耕事件，皆集中在農曆春節前後之春耕季節，尚未聽過第二期耕作季節有發生用水爭奪的情形。若再以空間上來分析，以年平均降水量在 2,000mm 以下為少雨區來看（楊萬全，1985：263），頭前溪流域從兩支流交匯進入

主流以後，降水量往下游逐漸減少，至沿海平原降至 1,500mm 以下；反之，深入山地則雨量越多，烏嘴山測站（點 19）年平均雨量達 2,874mm，可見降雨時、空分配不均，大多數的水資源量依舊無法有效儲存。若為了增加更多的水資源量，且在不影響環境生態前提下，「該如何做？」以及「還可進一步開發的量有多少？」尚需要更審慎且深入的評估。

參、河川引水量及各標的用水量

由表 2-3-2 所得年引水量約 $3.04 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，少於各標的用水量約 $4.40 \times 10^8 \text{ m}^3$ （扣除自行採水量）。此過多現象可能由於水量的重複計算而來。由作者田野觀察發現，烏瓦窯圳水量呈現「過多」的狀況。圖 2-3-1 為頭前溪旁烏瓦窯圳取水口，左側有來自頭前溪大排等排水溝的廢水。圖 2-3-2 為烏瓦窯圳下游水量，顯然有過多的情形。顯示農業用水在流動過程匯入了其他來源之廢水，因此水源被重複計算的可能性很大。依水質判斷，頭前溪溪洲大橋測站所測得的河水在 2006 年 8 月 DO 為 8.4 mg/L， $\text{NH}_3\text{-N}$ 為 0.11 mg/L（環保署，2006）；至烏瓦窯圳取水口所測得水質 DO 已降至 4.9 mg/L， $\text{NH}_3\text{-N}$ 值為 0.18 mg/L，而兩個採樣點的位置幾乎是相鄰的；至下游處所測得的 DO 值為 0.2 mg/L， $\text{NH}_3\text{-N}$ 值升高為 11.96 mg/L。再以 $\text{NO}_3\text{-N}$ 來判斷，從烏瓦窯圳取水口值 2.64 mg/L 至下游升高至 4.57 mg/L，皆顯示，水圳水已經匯入了家庭廢水，研究區較下游的水圳河段受到家庭廢水的污染以及水圳灌排兩用的情形很普遍。



圖2-3-1 烏瓦窯圳取水口（溪州橋下附近） 圖2-3-2 烏瓦窯圳下游（苦苓腳聚落旁）

肆、小結

人口增加、產業發達導致用水需求量增加，因此了解水量應為水資源管理重要一環。研究區內重要的水量運用彙整於表2-3-2中。新竹地區因園區產業用水需求因而增建寶二水

庫，而人口雖逐年成長，但近幾年平均每人用水量則趨於穩定（圖2-3-3）。開發水資源固然是一種方法，但以頭前溪39%~47%的開發量來說，未來能夠開發的水源已經有限，且水資源並非取之不盡、用之不竭，未來用水管理應以節約用水以及水資源重新調配為原則。

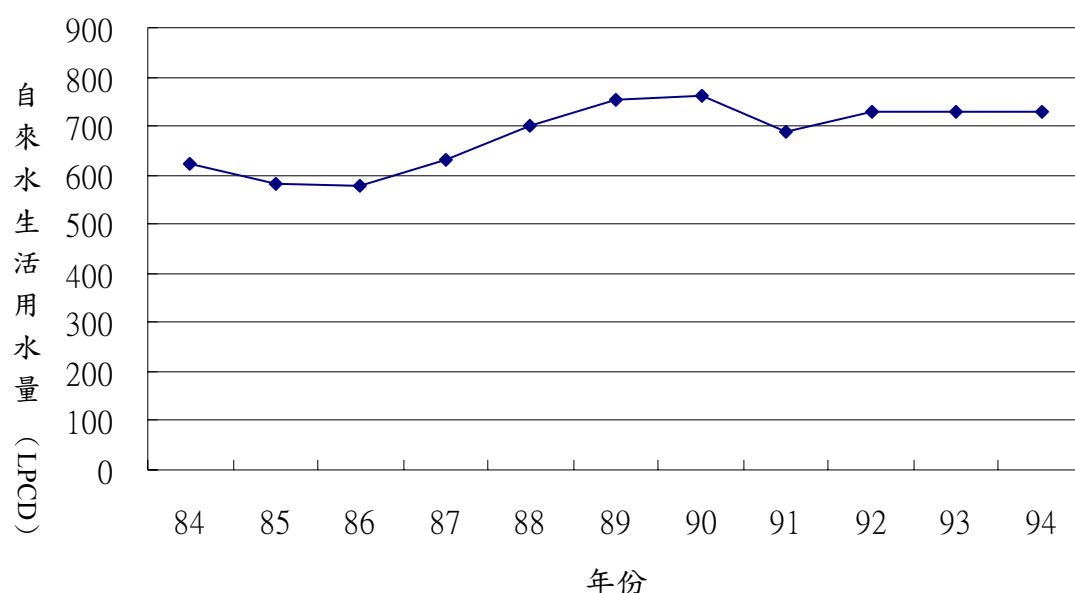


圖2-3-3 新竹縣市近十年(84~94)每人每日自來水生活用水量趨勢圖（以配水量計算）

資料來源：水利署，2006。

研究區各標的用水量來說，各佔總用水量約三分之一，其中又以農業用水量最多。若依用水層級來說，缺水時應以生活用水標的為第一考量，其次為工業用水。一般而言以地面水為用水的主要來源。然而研究區地下水以使用量及可供給量來說，尚有可利用的空間，平常可作為地下水庫儲存。以稻田部分來說，在豐水期寧可超量灌溉，藉以增加滲透水量，以增加地下水源（楊萬全，1996：4），而乾旱時期可考慮作為調節性水源以合理運用。該如何連用地面水與地下水，尚必須考量水質的層面，此為後面章節主要論述的重點。

目前政府積極提倡節約用水，工業用水也意識到缺水的危機可能再度發生，因此皆有施行節水措施。如園區將製成水回收再利用，一般製造業者則盡量使用回收水或將開放式之生產系統改成密閉式的生產系統以節省水量。此外，頭前溪上游地區為主要供水來源，對水源地的保護如禁止濫墾山坡地、傾倒污染物等以確保水量以及水質穩定的供應也是必須重視的地方。

表2-3-2 頭前溪流域水資源量與各標的用水量表（單位：10⁶ m³）

最大水資源量 (長期平均)	全年 885.60、冬半年 311.18、夏半年 582.76				
年平均引水量	頭前溪主流	304.10	130.00		
	支流上坪溪		約 164.40(包含農業用水約 22.40、寶山第一水庫：39.00、 寶山第二水庫：103.00)		
	支流油羅溪		9.70		
地下水	可開發量	新竹平原約 297.33			
	水權申請量 (2007)	109.00			
農業用水量 (2005 起以不成 長為原則)	灌溉用水量	177.88	162.37 (十年來平均耕作面積為 8,650 公頃)		
	養殖用水量 (555 公頃)		13.43	地面水取水量	5.06
				地下水取水量	8.37
	畜牧用水量		2.08	地面水取水量	0.10
				地下水取水量	1.98
工業用水量	一般製造業 (2005)	106.11	63.26	地面水取水量	39.58
	地下水取水量			23.70	
	科學園區用水量		2005 年平均 42.83，最終用水量預估為 64.70		
生活用水量 (2005)	自來水供應量	102.78	92.86		
	自行取水量		9.92		

資料來源：彙整自：科學工業園區管理局，2007；經濟部水利署，2005、2007；經濟部水利署第二河川局，2005：33；韋煙灶，2003：169。