

工研院節水措施推動成效之實例分享

鄭瑞章*、彭申炫**、黃俊銘***、蘇文暉*、黃進光*、吳億德****、劉家均*、林祺添*

摘要

工研院近幾年來推動 Green Campus(綠色低碳院區)不遺餘力，內容包括(1)智慧節能，如空調通風管理及建物能源管理系統(2)低碳能源，如地下停車場、院區路燈照明更改為 LED 照明，辦公區全面更換為 T5 照明燈具，逃生梯全面更換為 9WLED 感應燈泡，宿舍區全面加裝太陽能熱水系統等(3)生態循環，如生活廢棄物資再利用、小型落葉堆肥場、辦公室傢俱資源再利用等(四)低碳生活：如電動公務機車、共乘網、公務腳踏車、碳足跡餐廳、綠色採購等。

除上述各項環保措施外，本院近年來也積極研擬節水策略，並在各大樓推行各項節水工作，主要措施包括：

(1)換裝省水器材及水量調整(2)女廁馬桶換裝兩段式沖水裝置(3)R.O 飲水機回收水再利用(4)空調冷卻塔防飛濺(5)空調冷卻塔排放水回收再利用(6)雨水貯留池設施及餐廳洗菜水回收再利用(7)地下湧出水再利用及水質改善(8)自來水進水管增設恆壓閥(9)水錶更換為電子式並監控異常進水，達降低漏水率。

本院各項節水措施皆持續推動中，且執行成效均達成預期目標，包括(1)換裝省水器材及水量調整，每年可節省用水 2,291 噸(2)女廁馬桶換裝兩段式沖水裝置，每年可節省用水 1,272 噸(3)R.O 飲水機回收水再利用，每年可節省用水 600 噸(4)空調冷卻塔防飛濺，每年可節省用水 528 噸(5)空調冷卻塔排放水回收再利用，每年可節省用水 2,111 噸(6)雨水貯留池設施及餐廳洗菜水回收再利用，每年可節省植栽澆灌用水 2,056 噸(7)地下湧出水再利用及水質改善，每年可節省景觀水池用水 1,000 噸(8)自來水進水管增設恆壓閥，減少漏水率，每年可節省 1,000 噸自來水(9)水錶更換為電子式，並監控異常進水，每年可節省 1,000 噸的自來水，冀本院各項節水工作之成果可作為相關單位的參考。

【關鍵詞】省水器材換裝、雨水貯留利用、飲水機水回收再利用、冷卻水防濺措施、冷卻塔排放水回收再利用、地下湧出水、餐廳洗菜水、電子錶、恆壓閥

*工業技術研究院 工程師

**工業技術研究院 正管理師

***工業技術研究院 資深管理師

****工業技術研究院 副工程師

一、前言

工研院近幾年來推動 Green Campus(綠色低碳院區)不遺餘力，尤其在節約用水的措施方面，更是有良好的績效，從同仁日常生活中的用水到設備用水回收再利用，甚至雨水貯留、管路查漏、異常用水等皆成效卓著；本文將把本院各項節水策略、措施、技術、經驗等與各相關單位參考、分享。

二、各項節水策略與措施

工研院近幾年在中興院區推動了許多的節水策略與措施，分別說明如下：

2.1 節約用水策略

- 1.每年訂定年度節水目標 2%(全年用水量約 61 萬噸)，同仁皆不定期巡檢各轄區用水設備遇有不正常用水時立既查明原因，減少不必要的水資源浪費，100 年度用水量 613,854 噸較 99 年度 631,510 噸減少 17,656 噸，100 年度較 99 年度用水量減少 2.8%。
- 2.編列預算定期汰換地下管線，由於本院中興院區自 62 年成立迄今已將近 40 年，自來水管線為埋入地底下之鑄鐵管，經年累月長期埋在地底下造成管路鏽蝕、腐蝕、如遇地震或其他不可抗拒的因素及管壓較大時往往造成漏水而渾然不知，造成水資源的浪費，往往須等到大量漏水時才被發現，因此本院自 98 年度起即編列預算，定期汰換地下管線(全院區地下管線全長約 5,000 公尺)，截至 101 年度院區地下管線已更換 1,460 公尺，佔全部的 29%，預估更換後每年可節省 1,000 噸自來水。

2.2 各項節水措施

2.2.1 換裝省水器材及水量調整：

一般辦公大樓的廁所洗手檯之水龍頭皆為手動拉取式，水量又無法調整，在使用過程當中有時會因為某些因素而忘了關閉水龍頭造成水資源的浪費，有鑑於此本院在各主要大樓內的廁所洗手檯皆更換為省水自動龍頭，並加裝節水墊片水量調降 1/3，且於廁所內小便斗沖水量也調降 1/3，水量調降後實行多年廁所內各項設備並無因水量調降而有損其正常功能，每年大約可節省 2,291 噸的自來水。

2.2.2 女廁馬桶換裝兩段式沖水裝置：

廁所馬桶水箱以舊式水箱來說滿水為 12 公升，不管是上大號或小號使用一次就必須排掉 12 公升的水，而為了節省水資源避免不必要的浪費，在本院主要的辦公大樓內及公共區域的女生廁所馬桶之高、低水箱全面更換為兩段式沖水裝置，每使用一次小號即可節省 60%的用水，每年可節省 1,272 噸的自來水。

2.2.3 R.O 飲水機回收水再利用：

一般獨立式 R.O 飲用水系統，每分鐘每台造水量約 0.26 公升，每小時造水量 15.6 公升，但相對的每造 0.26 公升的飲用水就必須將 0.5 公升的水排放掉，有鑑於此遂構思如何將排放掉之自來水回收再利用，避免浪費。

1. 施工前：

以本院主要大樓為例，5F~12F 共計 16 台 R.O 飲水機(因考慮回收水再利用時以自然重力壓差回收及供應廁所用之水，故選定部分樓層回收)，每分鐘可產生 8 公升的水量，每小時可產生 480 公升回收水、每日造水 15HR，每月上班 22 日，以此為計算基礎時每月就有 158 噸的回收水可供使用，相對的可節省 158 噸的自來水，每年可節省 1,896 噸的自來水，如每度自來水以 17 元計算時每年可節省 32,000 元。

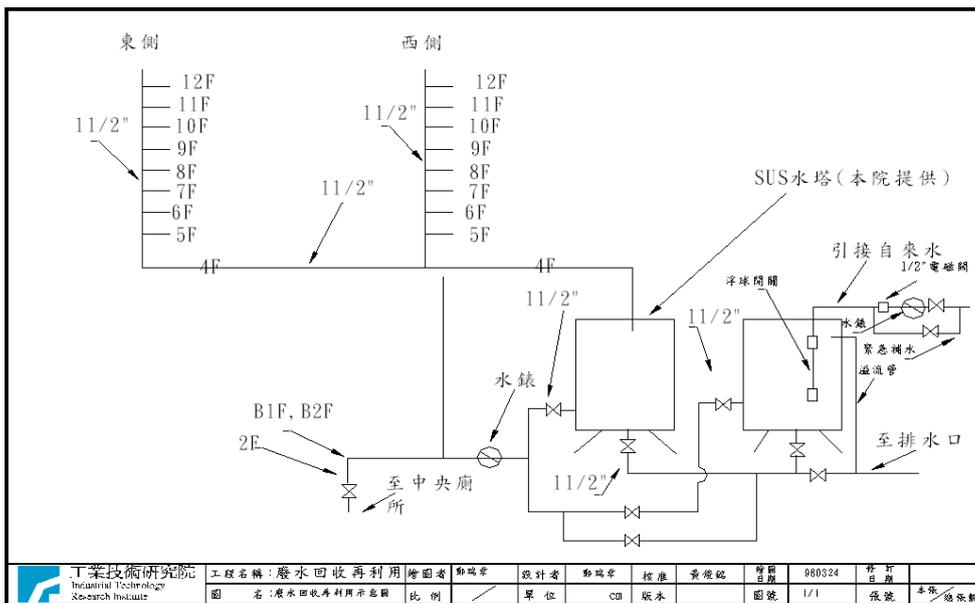
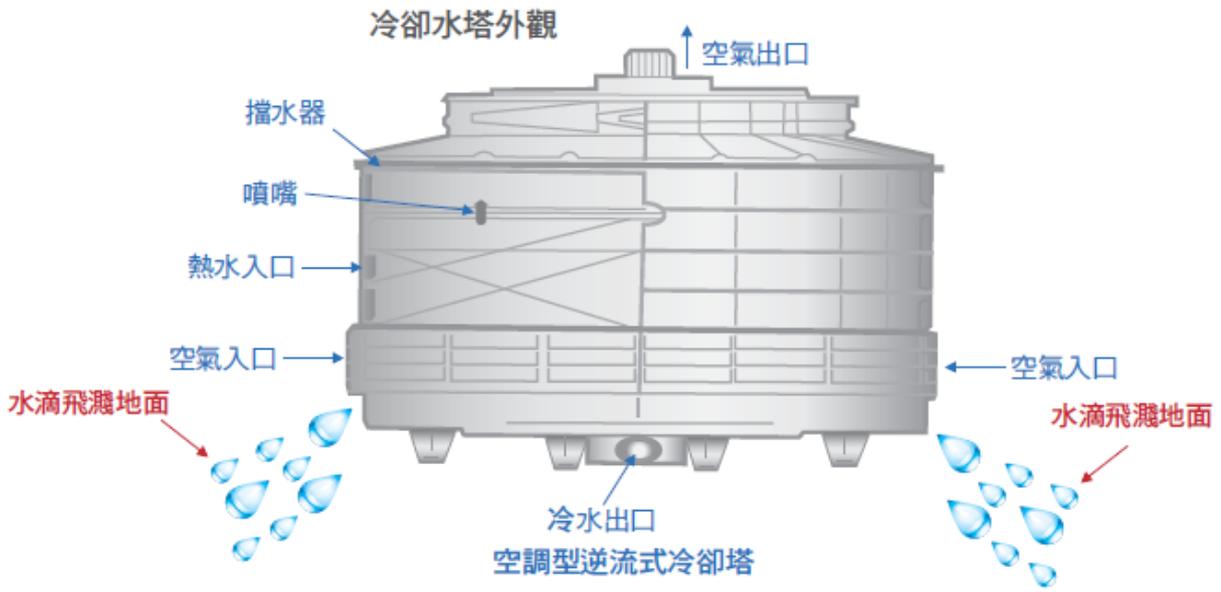
首先構思回收水管路之走向，設備擺放位置，水流壓力，調查各樓層進駐同仁數量，男、女生人數(用水量不同)，自來水與回收水水質比較，選定適當樓層按裝水錶計量各廁所每月用水量，評估適合樓層，每日、每月定期抄各廁所用水量，評估適合樓層，每日、每月定期抄各廁所用水量，最後評估改用回收水之廁所用之水有無缺失或設備損壞之疑慮。

2. 施工作業：

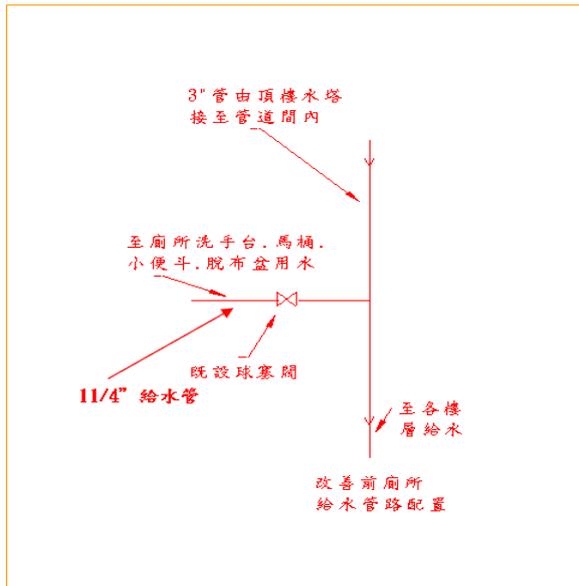
在施工時考慮管路水流方向，且本回收水為採自然落差回收，並無藉助任何機械(動力)回收，因此在配管時皆必須考慮管路之高、低位差，另外為了防止回收水回收量不確定之因素，本次工程也在回收儲水桶內加裝液位開關，當回收水不足時即利用電磁閥控制啟動自來水補充。

3. 施工完成：

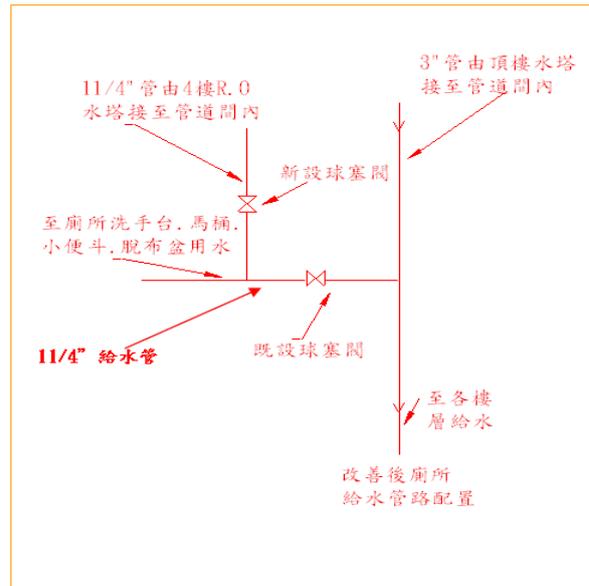
初期進行回收時每月約可回收 50~60 噸的回收水，冬季時回收量較大(大多數人喝熱水)，夏季時回收量較少(大多數人喝飲料，較少人喝熱水)，測試期間也做了馬桶水箱進水量的測試，避免同仁上廁所時水箱來不及補水，測試後發現回收水只比自來水慢 10sec 滿水，效果相當好，而為了能夠將自來水補充量降至最少，也以經驗法則來調整儲水塔內自來水補充之液位開關高度，自 98 年 5 月啟用迄今已節省了 1,800 噸的自來水用量。



R.O 回收水管路系統圖



改善前配置圖



改善後配置圖

廁所管路改接系統圖

R.O 回收水節省水量統計

日期	廁所用水量(m ³)	自來水補水量(m ³)	節省自來水量(m ³)
98.05~99.05	1,083	509	574
99.05~100.05	1,260	776	484
100.05~101.05	944	298	646
101.05~101.08	178	37	141
合計	3,465	1620	1845

2.2.4 空調冷卻塔防飛濺：

1. 施工前：

冷卻水塔啟動運轉時，由散熱材流下的水大部分會流到水盤內，少部份的水會因為各種因素(1.分水管旋轉速度過快 2.散熱材堵塞 3.循環水量過大 4.擋水器失去效能)等影響，而飛濺到水盤周圍地面，造成地面潮濕，不但浪費水資源，且易造成人員滑倒，導致工安事故。

有鑑於此，遂構思如何讓冷卻水不落地，造成水資源浪費及工安問題，首先尋找防護設備並選定適當材質先期測試，評估加裝防護設備有無缺失或影響冷卻水塔之功能，而後選定耐隆纖維及酚醛樹脂組成的護網，裝設於冷卻水塔入風口處下緣，此材質具有耐燃、透氣、且對酸、鹼抗蝕性強。

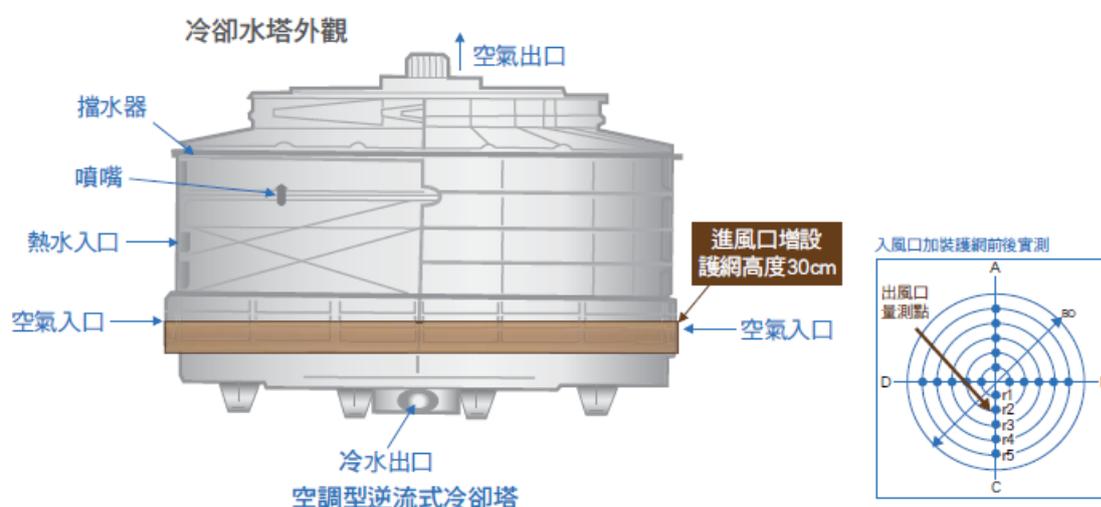
2. 施工作業：

初期選定高度 35cm 之護網，按裝於冷卻水塔入風口下緣，經過 2 個月運轉測試後，發現飛濺水量減少，且地面可維持乾燥，但是出風口風量與原設

計風量差了 3%，經評估不符經濟效益，再將護網高度調降為 30cm，再經過 2 個月運轉測試後，發現飛濺水量減少，同樣地面可維持乾燥，出風口風量與原設計風量差了 1%，經評估效益良好。

另外，為了確保選用之材質及高度更符合節水效益，且不影響設備之功能，再將護網高度調降為 25cm，又經過 2 個月運轉、測試後，發現飛濺水量增加且地面潮濕。

因此選定護網高度 30cm 做為未來空調冷卻水塔設備減少飛濺量之改善方式。



3. 施工完成：

實際按裝設備運轉後，由於各季節依室外氣溫高低，所開啟的主機各有不同，預估平均每個月可節省 44 噸自來水，每年可節省約 528 噸自來水，此防飛濺設備按裝至今已超過 2 年，不但正常運轉且完全不會影響空調系統散熱的功能及空調的供應。

機型 (編號)	實測入風口飛濺量 (加裝前)	實測入風口飛濺量 (加裝後)	差值	節省水量/月
LBC-500 (CT-03)	5.95m ³ /月	2.54m ³ /月	3.41m ³ /月	3.41m ³ /月
LBC-700 (CT-01)	28.6m ³ /月(2台)	0m ³ /月	28.6m ³ /月 (2台)	28.6m ³ /月 (2台)
LBC-800 (CT-05)	12.4m ³ /月(2台)	0m ³ /月	12.4m ³ /月 (2台)	12.4m ³ /月 (2台)
合計(5台)	46.95m ³ /月	2.54m ³ /月	44.41m ³ /月	44.41m ³ /月

飛濺量比較表

2.2.5 空調冷卻塔排放水回收再利用:

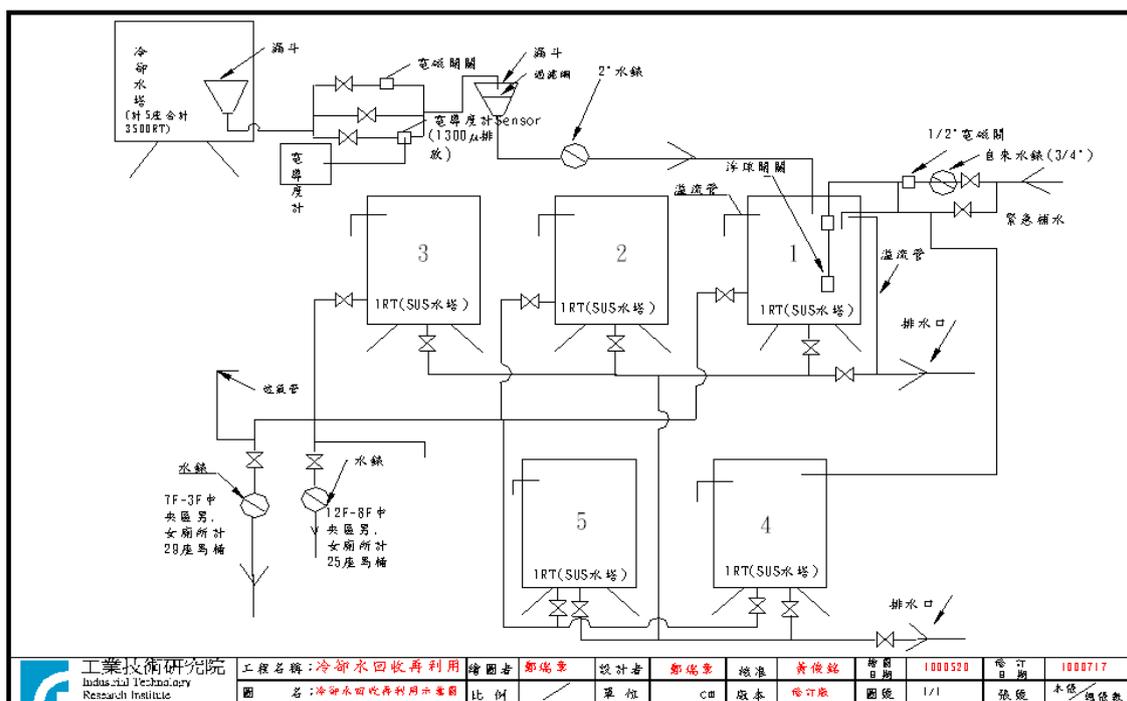
本院主要大樓空調主機 3,000RT、冷卻水塔 3,500RT，在每年的夏季時空調主機必須開啟約 1,900~2,300RT 而冷卻水塔也必須開啟 2,700RT 配合運轉，冷卻水塔開啟運轉時需進行冷卻水水質之監測防止冷卻水管路結垢，監測後之水源即排放掉，以 3~10 月份每月即排掉 300 噸的水源，以 99 年 6 月~100 年 4 月裝設水錶記錄即排放了 3,876 噸的水源，有鑑於此本管理單位遂構思如何將排放掉之水源回收再利用。

1. 施工前：

首先擬定改善對策包括 a. 水質的比較(本院與園區冷卻水塔水質比較)b. 回收水回收管路之走向 c. 自來水與排放水水質測試比較 d. 尋找最適當地點存放(壓力、異常排放時無二次災害發生)e. 選定適當樓層安裝水表計量各廁所用水量，評估適合樓層 f. 改用回收水之廁所馬桶用水有無缺失或設備損壞之疑慮 g. 尋找最適當地點存放(壓力、異常排放時無二次災害發生)h. 選定適當樓層安裝水錶計量各廁所用水量，評估適合樓層 i. 改用回收水之廁所馬桶用水有無缺失或設備損壞之疑慮等。

2. 施工作業：

在回收過程中我們也發現了一些問題，諸如監測水質的濾杯及漏斗經紫外線照射後會長青苔及回收水內含有雜質、異物、管路內有空氣等，冬季時回收水量少無法供應廁所用水量等皆一一克服。



回收水管路系統圖

3.施工完成:

自 100 年 5 月啟用迄今已節省了 3,200 噸自來水也節省了 12%空調用水，使用迄今馬桶各項附屬設備並無異常現象發生，藉此機會與大家分享節水的經驗。

空調冷卻水回收水節省水量統計

日期	CT 回收水量(m ³)	馬桶用水量(m ³)	自來水補充量(m ³)	節省自來水量(m ³)
100.06~12	2,391	2,453	629	1,824
101.01~08	2,034	2,077	701	1,376
合計水量	4,425	4,530	1,330	3,200



空調冷卻水回收儲存桶

2.2.6 雨水貯留池設施及餐廳洗菜水回收再利用:

本院綠地 110,000m²,院區植栽用水夏、秋兩季每季每日需消耗 30 噸的自來水，冬、春兩季每日需消耗 5 噸的自來水，有鑑於此，本院即於院區的綠地旁建立了一座 20 噸的雨水貯留池，利用下雨時將雨水回收至貯留池，再供給院區綠地澆灌用，自建立迄今已節省了將近 1,000 噸的自來水。

本院餐廳每天供餐人數將近 3,000 人，餐廳消耗的水量非常大，經評估後以洗菜水(每日約消耗 4 噸的自來水)回收的經濟效益較佳，於是著手規劃於餐

廳廚房內設置洗菜專用水槽並配設管路至地下筏基貯留，並配設管路於 1F 再以澆灌車抽取至院區綠地澆灌，每年可節省 1,056 噸自來水，節省了 23% 的澆灌用水。



雨水澆灌之綠地



餐廳洗菜槽

洗菜水回收儲水槽

地面澆灌車抽取處控制箱

2.2.7 地下湧出水再利用及水質改善:

本院為國家級研究機構，擁有良好的研發環境，相對的也必須提供同仁一個舒適優質的住宿品質與環境，因此在本院的宿舍區規畫了一座景觀水池，一方面提供住宿同仁有個休閒的地方另一方面紓解同仁日常工作的壓力，但是一座景觀水池每年所消耗的水量約 1,000 噸自來水相當可觀，有鑑於此，便規畫利用院區地下自然湧出水，經水循環過濾等處理後再利用，每年可節省 1,000 噸的自來水損耗。



初級過濾(毛鬃刷)



後段過濾



景觀池噴泉

2.2.8 自來水進水管增設恆壓閥:

一般自來水供水壓力約 4~6 公斤(日間)，夜間時管壓更高，而為了避免異常壓力而造成管路破損漏水，於自來水進水側增設了恆壓閥將壓力調整設定為 2.0 公斤及監控系統隨時監控管路壓力，遇有異常壓力時立刻通知值班人員前往處理，自 98 年增設迄今院區並無因自來水進水管路破損而停水，且漏水率也從 12.4%降至 9.7%，每年可節省 1,000 噸的自來水損耗。



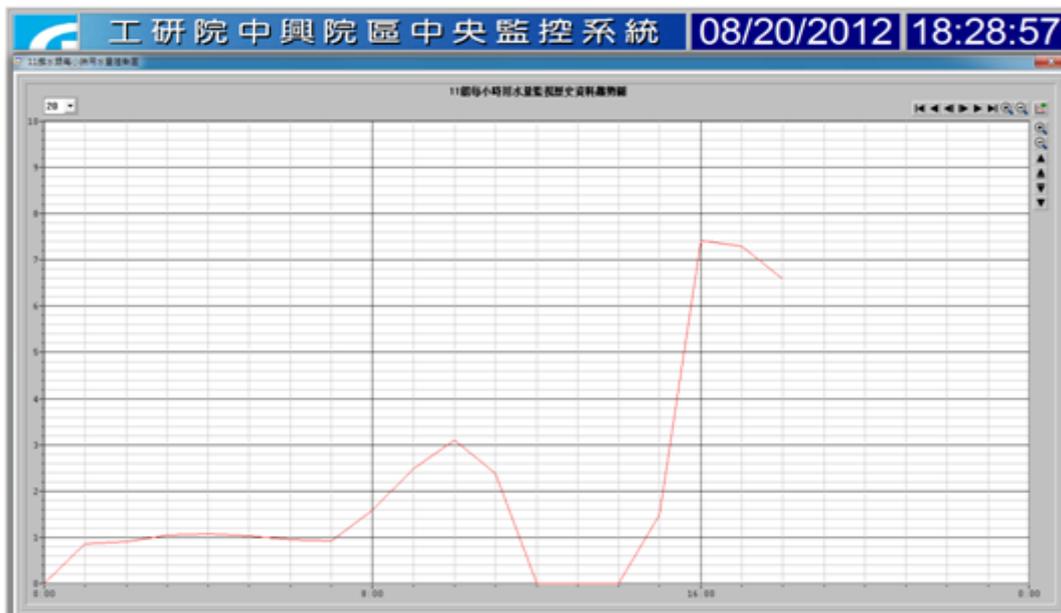
自來水管恆壓閥

2.2.9 水錶更換為電子式並監控異常進水:

目前市面上水錶的計量皆以機械式為主，在使用上初期計量皆正常，但是當長久使用後及水質混濁，異常時往往會造成水錶計量的誤差甚至破管時皆無法立既得知，往往需要抄錶人員每月抄錶時才能夠發現，此時用水量就無法正確紀錄。

本部門為本院用水量及水費的管理單位，為使水錶及水費更合理的呈現，自 99 年度起即著手規劃院區內各館、舍之水錶改為電子式並監控各館用水量及用水度數，至 100 年已全部建置完成(全院共計 50 個)，電子水錶啟用後如發現該館短時間內有異常進水時立既以電話通知該區域之負責人前往了解，避免浪費水資源，自換裝後已有數次異常進水警報因提早通知得以減少水資源的浪費，每年因準確監控可節省約 1,000 噸的自來水損耗。

2012 年 8 月 20 日監控系統即偵測到院區 11 館進水異常，監控系統立既警示，因為提早發現迅速處理得宜，得以減少水資源的浪費。



院區電子錶監控系統報表

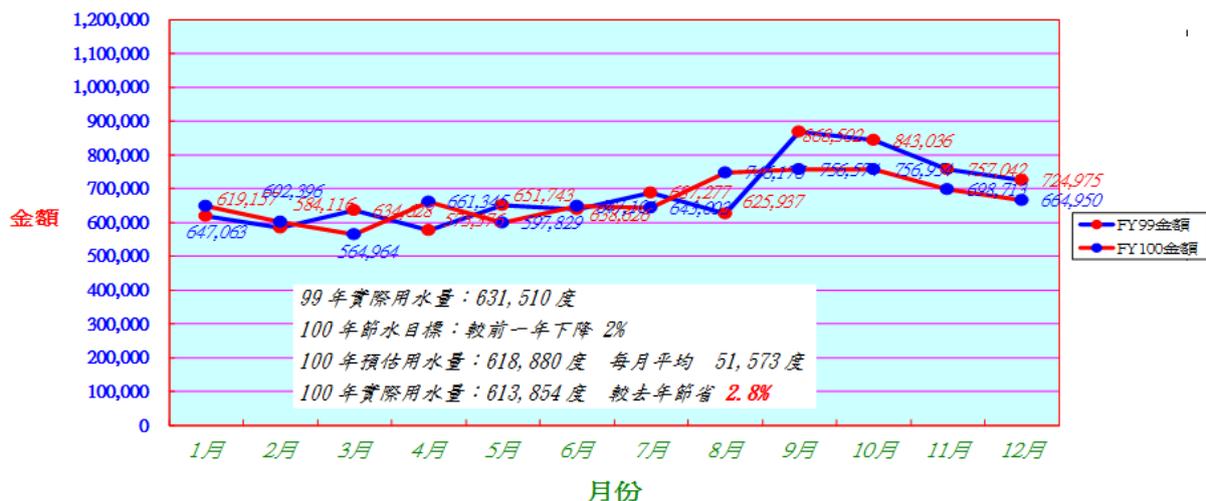
三、實際效益

3.1 節水效益

因為做了以上的節水措施及各項用水設備節水改進，本院 100 年度自來水用水較 99 年度用水節省了 17,656 噸，水費也節省了 229,528 元，漏水率也從 99 年的 12.4% 降至 100 年的 9.7%。

年度 \ 月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
實際使用日期	11月15日 12月15日	12月15日 1月15日	1月15日 2月15日	2月12日 3月15日	3月15日 4月15日	4月15日 5月15日	5月15日 6月15日	6月15日 7月12日	7月12日 8月15日	8月15日 9月15日	9月15日 10月15日	10月15日 11月15日	
FY99度數	47484	44714	48707	44023	50060	49023	52869	48020	67195	65182	58384	55849	631510
FY100度數	49690	46159	43200	50819	45798	49693	49369	57525	58347	58377	53773	51104	613854
差異度數	2206	1445	-5507	6796	-4262	670	-3500	9505	-8848	-6805	-4611	-4745	-17656
FY99金額	619,157	584,116	634,628	575,376	651,743	638,626	687,277	625,937	868,502	843,036	757,042	724,975	8,210,415
FY100金額	647,063	602,396	564,964	661,345	597,829	647,101	643,003	746,176	756,574	756,954	698,713	664,950	7,987,068
差異金額	27,906	18,280	-69,664	85,969	-53,914	8,475	-44,274	120,239	-111,928	-86,082	-58,329	-60,025	-223,347
成長率 %	4.51	3.13	-10.98	14.94	-8.27	1.33	-6.44	19.21	-12.89	-10.21	-7.70	-8.28	-21.66
備註	說明：每度水約 (13元) 包含：一、水源保育回饋費 (0.5%) - 二、營業稅 (0.5%) - ◎ 自來水公司承經濟部委託，自用戶 95 年 1 月份收費起隨水費附徵「水源保育回饋費」 - ◎ 一度水 = 1 公噸 = 1M ³ - 水號：3A-44-049000-2												

中興院區自來水用水量比較表



中興院區自來水費比較表

3.2 環境績效

3.2.1 降低水資源開發壓力:

藉由各項節水事蹟降低自來水用量，可減少水庫開發之環境衝擊與負荷。

3.2.2 具有節能減碳貢獻:

每使用 1 噸自來水將增加 0.194 公斤之 CO₂ 排放量，因此藉由各項節水事蹟估算，每年可減少 2,494 公斤之 CO₂ 排放量，對節能減碳提供一定成效。

四、管理與推廣

4.1 地下管線查漏：

同仁不定期巡檢各自負責轄區之自來水供水狀況，遇有異常時立既深入追查，而地下管線又以鑄鐵管較容易破損漏水。

4.2 訂定各負責轄區節水率：

每年訂定部門同仁各負責轄區節水 2%，同仁 皆主動積極查察各自負責轄區之自來水供水狀況，遇有異常立既處理，自 99 年起每年皆達成設定目標。

4.3 定期舉辦內部講習訓練、案例分享：

部門內同仁會不定期舉辦節水的技術及經驗分享(管路查漏、管路漏水檢修、如何判斷地下管線漏水、各項案例分享等)，藉著技術交流作為經驗的傳承。

4.4 配合政府推廣：

本院節水實績(51 館 R.O 飲水機廢水回收再利用)於 101 年 2 月 15 日經濟部水利署舉辦的飲用水設備廢水回收利用座談會上向與會的出列席單位(經濟部水利署、工業技術研究院、台灣區飲用水設備工業同業公會、中華民國淨水協會、飲用水設備生產及銷售廠商)介紹並推廣及經驗分享，深獲好評。

4.5 管制提昇用水效率：

- 1.院區綠地配設回收水專用管路，澆灌一律使用雨水或回收水。
- 2.女生廁所馬桶改裝二段式沖水裝置，大樓內馬桶沖廁用水改為使用回收水。

五、結語

- 1.本實例分享以本院中興院區為主,除節水策略外，主要節水措施包括(1)換裝省水器材及水量調整(2)女廁馬桶換裝兩段式沖水裝置(3)R.O 飲水機回收水再利用(4)空調冷卻塔防飛濺(5)空調冷卻塔排放水回收再利用(6)雨水貯留池設施及餐廳洗菜水回收再利用(7)地下湧出水再利用及水質改善(8)自來水進水管增設恆壓閥(9)水錶更換為電子式並監控異常進水等工作。
- 2.上述各項節水措施已有顯著節水成效，總計每年節水量(以 FY-99 年度及 FY-100 年度來比較)節省了 17,656 噸，自來水費節省了 229,528 元，若換算成二氧化碳排放量，每年可減少 CO₂ 排放 3,425 公斤，此案例分享之成果可做為各相關單位推動之參考。

六、參考文獻

- 1.經濟部水利署中小學教師節約用水研習手冊。
- 2.經濟部水利署節水紀實季刊，第四期、第五期-2012 年。
- 3.良機實業(股)有限公司技術資料。
- 4.工研院行政處設施工程組創新案例分享-2010 年、2011 年。
- 5.飲用水設備廢水回收利用座談會會議紀錄-2012 年。
- 6.國立科學工藝博物館，愛水尖兵大作戰-作戰秘笈。
- 7.經濟部水利署節水三十六計。
- 8.喬揚實業有限公司技術資料。