

離島雨水貯留利用系列一

# 澎湖地區雨水利用之評估規劃

經濟部水利署保育事業組 | 陳炳訓、林哲正、簡吉甫、李俊德



離島地區年平均降雨量約一千多毫米，約為臺灣本島的百分之四十，而離島地區主要的水資源開發計畫除了水庫改善與增建、供水管線擴建及海水淡化外，對其他替代水源的開發亦甚為迫切。雨水貯留利用設置容易，對環境之衝擊小，是近年來蔚為風潮、各方積極考量之重要替代水源。

經濟部水利署為改善離島地區供水問題，除規劃相關水庫改善工程外，也積極推動雨水利用；另亦考量建築物及地形之雨水收集利用，進行區域性雨水利用評選及初步規劃，據以估計推動雨水貯留利用之短、中、長期所需經費；此外將離島基本資料、雨水利用系統容量設計曲線、規劃成果及相關雨水利用案例，加以彙整為具當地特色之「雨水利用規劃手冊」，以供離島地區雨水利用參考。

經濟部水利署已於93、94年分兩年度完成離島地區雨水貯留利用規劃。第一年，針對澎湖縣含馬公市、湖西鄉、白沙鄉及西嶼鄉，與屏東縣琉球鄉等區域進

行規劃，並與澎湖縣政府聯合舉辦一場小型座談會，除發表計畫成果，亦與相關人員進行交流。第二年，則針對金門縣含大金門及烈嶼（小金門）、連江縣北竿及南竿等區域進行規劃，同時並與金門縣自來水廠聯合舉辦一場小型座談會，發表計畫成果，與相關人員進行交流。

## 澎湖地區基本資料蒐集與分析

一、澎湖地區年均溫度為23℃，以2月均溫16.2℃最低，7月均溫28.3℃最高；年降雨量約935mm且乾季與雨季之分別相當明顯，每年的10月到翌年的3月屬於乾季，4月至9月多颱風降雨，降雨量分別約佔全年的20%及80%，由於風速、日照等氣候因子的影響，使得澎湖地區年蒸發量可高達1,537mm，因高蒸發量低降雨量使得地表水面蒸發十分劇烈，冬季又有東北季風吹拂，使得農作物和草木生長不易。此外，收集彙整澎

湖縣地文資料、社會經濟及土地利用現況、用水標的需水量及現況供水系統等相關資料可發現，供水量雖大致可滿足所需，然因年降雨量小於1,000mm，供水仍有其困難性。

二、收集彙整國內外雨水利用之技術，並分析探討其應用在澎湖縣之優劣，發現以屋頂貯集系統、雨水收集結合入滲系統、雨水收集結合污水系統、公路逕流收集系統、地表水收集、區域雨水利用等技術為較適宜之雨水利用方式。

三、收集彙整地表PE槽、地表FRP組合槽、地表混凝土槽及地下混凝土槽之過濾槽和貯水槽成本項目

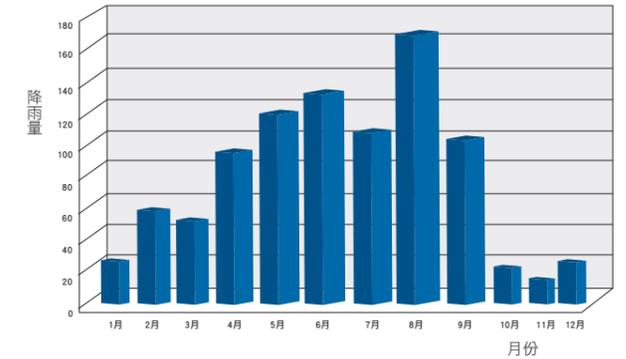


圖1 澎湖地區降雨分佈圖

技術	優點	缺點	建議	建議設置點
屋頂雨水貯留系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供額外水源</li> <li>自行操作管理</li> <li>水質較地下水好</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>供水量與降水關係大</li> <li>集水面易污染</li> <li>乾旱管理制度需建立</li> </ul>	高	一般建築物皆可設置
雨水收集結合入滲系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>提高額外水源</li> <li>減少地表逕流</li> <li>保育水土資源</li> <li>減少地下水位降低</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>需更詳盡之地下水與地質資訊</li> <li>入滲設施必須維護</li> </ul>	高	低地下水位 無污染地下水之處
雨水收集結合污水系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>有效利用水資源並予循環使用</li> <li>穩定供水</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>需較大面積</li> <li>需較高建設技術及成本</li> <li>公共健康風險較大</li> <li>需訓練操作維護人員</li> </ul>	中	已設置中水回收系統，如澎湖縣政府、馬公市公所及澎湖技術學院等
公路逕流收集系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>成本低</li> <li>減少逕流量與非點源污染</li> <li>較高之操作維護成本</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水質較差</li> </ul>	高	澎湖環島公路系統，需與民生污水分開
地表水收集	<ul style="list-style-type: none"> <li>提供中度或高度之水資源量</li> <li>較高之操作維護成本與技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建造成本高</li> <li>有失敗風險</li> <li>有環境與公共健康問題</li> <li>水質變化極大</li> </ul>	中	觀音亭、農業改良場、澎湖監獄、尖山發電廠及集水區集水，需遠離高污染源
區域雨水應用	<ul style="list-style-type: none"> <li>有效利用地表水資源</li> <li>能提供較穩定供水</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>需較精確之規劃</li> <li>輸水管線較長並且管理較複雜</li> <li>成本可能較高</li> </ul>	高	高需水量用水點，並具地形集水之潛勢
開闢地雨水收集	<ul style="list-style-type: none"> <li>水質佳</li> <li>雨水收集具機動性</li> <li>集水面積可依需水量而改變</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>操作較複雜</li> <li>對降雨需能掌握與精確預測</li> <li>海面上設施成本較高</li> </ul>	低	待技術純熟後再予以考量
田間雨水貯留工程	<ul style="list-style-type: none"> <li>簡易、成本低</li> <li>與供水近可減少運輸成本</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>集水量少</li> <li>需較大集水面積</li> </ul>	低	一般輪耕制農田皆可適用
入滲廊道	<ul style="list-style-type: none"> <li>提高水質但不減少出水量</li> <li>可廢止地下水井</li> <li>少量之維護</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>初期建造成本高</li> <li>需較大之建造面積</li> </ul>	中	赤崁地下水庫，需確認無地下水污染之虞
霧氣收集系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>水質優良</li> <li>成本較低</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>供水量較不均勻</li> <li>供水量較少</li> </ul>	低	因澎湖地區地勢平坦，因此並不適用

表1. 不同雨水利用技術比較表

以及規劃設置簡圖，供後續雨水貯留系統規劃之成本編列依據；貯留系統之設置以地上式比地下式貯水槽成本低，其中又以地表PE槽成本為最低，FRP組合槽較具施工便利之特性。

四、依據澎湖縣GIS地形高程資料，將澎湖本島劃分為170個集水區並分析其土地利用狀況，據以估算雨水最大利用潛勢約為4,300萬M<sup>3</sup>/年。

### 區域性雨水貯留利用配置地點遴選

- 一、土地利用資料彙整：在取得GIS土地利用資料之後，經初步篩選，將土地利用方式為機關（構）、學校、文教藝術館、公園綠地及自來水公司者視為計畫規定之雨水貯留系統配置地點，並進行地圖上之標示。然澎湖縣GIS土地利用檔僅提供土地利用分類及基地面積，故無法確認各配置地點之單位名稱。
- 二、配置地點平面配置圖收集：為了初步瞭解各配置地點的建築物配置情形、減少實地調查工作量及對照目前使用情況，宜先行收集配置點之平面配置圖。由於澎湖縣各機關（構）、學校及其他主要建築物甚多，如果一一調閱各單位建築平面圖則太過費時，因此計畫先行收集建築物AutoCAD圖層加以分析，然目前僅都市計畫區有建築物AutoCAD圖層可供參考，大部分區域都無法得到初步相關配置圖，須經實地調查後，再由澎湖縣政府建設局提供優先規劃配置地點之建築物構造圖。

### 區域性雨水貯留利用規劃設計及出水能評估

區域性雨水貯留利用分為建築物、地形與集水區集水，茲分述如後：

#### 一、建築物集水

- (一) 收集澎湖縣GIS土地利用檔，選取公有建築物、學校、文教藝術館、公園綠地及現地調

查之大型建築物等共計210點，並收集繪製建築物平面圖。

- (二) 依據澎湖雨量站之資料，考量澎湖地區降雨型之影響，繪製無因次雨水貯留系統容量設計曲線圖，以利於各項因子變動時之參考依據。
- (三) 依據需水量、建物面積及無因次雨水貯留系統容量設計曲線，估算在不同供水率下之理論設計容量（亦為最小之貯水槽設計容量）及出水能。
- (四) 為考量雨水貯留系統設置規模之經濟性，計畫針對I、II級建築物進行規劃並求出其最適設置系統容量，並將雨水貯留系統需水量、貯水槽容量及單位設置成本繪製曲線圖，供其他建築物設置雨水貯留利用時之參考依據。
- (五) 分析結果顯示，建築物雨水利用設置地點短期以澎湖縣政府、澎湖縣警察局、澎湖縣議會、馬公市公所、高雄區監理所澎湖監理站、交通部觀光局澎湖遊客中心、北海遊客中心、南海遊客中心、澎湖技術學院、馬公高中、澎湖海事高職、馬公國中、湖西國中、文光國中、馬公國小及中興國小等為首要推動重點，其總成本23,757,923元、年成本1,354,200元/年、設置總容量1,973M<sup>3</sup>、出水能23,753M<sup>3</sup>/年。
- (六) 建築物雨水貯留方案之中、長期所需經費估算如后：中期一總成本14,859,529元、年成本847,000元/年、設置總容量2,242M<sup>3</sup>、出水能14,353M<sup>3</sup>/年。長期一總成本24,769,235元、年成本1,411,846元/年、設置總容量1,203M<sup>3</sup>、出水能15,403M<sup>3</sup>/年。

#### 二、地形集水

計畫選擇具地形集水潛勢之觀音亭、農業改良場、

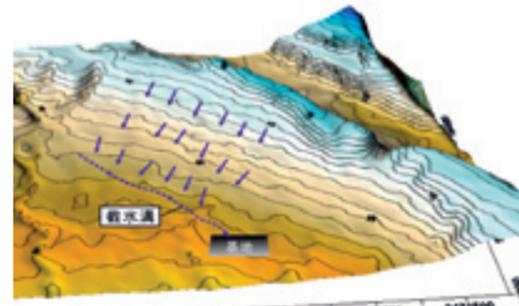


圖2 載水溝集流示意圖

澎湖監獄及尖山發電廠等四處進行規劃及經濟性評估。評估結果顯示在短期建議以觀音亭及農業改良場為推動重點，總成本36,453,923元、年成本2,077,873元/年、設置總容量4,023M<sup>3</sup>、出水能56,152M<sup>3</sup>/年。中期以澎湖監獄及尖山發電廠為推動重點，總成本27,903,529元、年成本1,590,500元/年、設置總容量3,752M<sup>3</sup>、出水能34,024M<sup>3</sup>/年，其中澎湖監獄方案未包含接管費用。

#### 三、集水區集水：

- (一) 當所設置之建築物雨水貯留系統不能滿足所需，則可考慮進行集水區集水，以增加雨水供水量。計畫分析澎湖縣集水區土地利用現況，並據以選取具高地形集水潛能之14個集水區。在考量集水區所對應之村莊、聚落，分析需水量、集水面積、貯水體積、雨水出水能及成本估算，建議列入長期推動重點，總成本131,719,235元、年成本7,508,000元/年、設置總容量21,193M<sup>3</sup>、出水能237,441M<sup>3</sup>/年，區域集水方案未包含接管至用水戶之費用。
- (二) 分析結果可看出在馬公市區、住宅密集區、大型建築物及學校等以建築物集水方式；觀音亭等地建物面積雖小，但其具有大面積地表可集水，故建議此處可以地形集水方式收集雨水；而村落可利用其附近之集水區地表面收集雨水後供村落之灌溉或雜用水之用。



雨水貯留利用座談會

### 雨水利用規劃手冊及座談會

為使雨水利用技術能在澎湖地區順利推展，特就計畫成果與澎湖縣政府建設局聯合舉辦一場雨水貯留利用技術座談會，並以澎湖地區特性編撰「雨水利用規劃手冊－澎湖篇」，期能符合地方雨水利用規劃之需求。座談會內容除就雨水利用技術介紹及計畫之規劃成果進行報告，也邀請相關單位代表包括澎湖縣政府、臺灣雨水利用協會、民意代表、學校單位及建築師相關人員，進一步探討並交換彼此經驗與心得，藉由面對面的會談集思廣益，凝聚各界意見以落實計畫規劃結果，進而有效提升離島地區雨水利用技術發展與水準。

### 結語

- 一、離島地區普遍對雨水貯留利用的觀念及資訊較不熟悉，對於觀光事業發達的澎湖，夏日旅遊旺季旅客人次激增，用水量也隨著增加，尤需加強推動節水措施，日後應加強雨水利用與教育宣導工作。
- 二、為有效推廣雨水利用技術，縣府可自計畫建議之短期設置地點中擇取方案進行示範設置，民眾在瞭解其應用後，應可廣為仿效。
- 三、澎湖地區地下水使用情形普及，造成地下水位下降情形嚴重，應加強雨水之使用率，並將所收集之雨水用於補助地下水或提供學校、社區之沖廁用水及澆灌用水。④

編號	單位名稱	需水量 (CMD)	設置容量 (M3)	總成本 (元)	出水能 (M3/yr)	執行順序
1	澎湖技術學院	20.82	190	2,154,640	3,040	短
2	空中大學	4.41	27	414,810	354	中
3	馬公高中	22.34	223	2,307,100	2,246	短
4	澎湖海事高職	22.43	207	2,432,457	2,538	短
5	馬公國中	14.12	120	1,406,015	1,959	短
6	中正國中	3.88	26	472,209	566	中
7	澎南國中	3.72	24	458,771	570	中
8	湖西國中	4.16	28	496,604	486	短
9	志清國中	0.34	1	84,670	49	長
10	鎮海國中	1.08	2	134,860	118	長
11	白沙國中	1.73	10	267,648	202	長
12	西嶼國中	3.04	19	397,722	377	中
13	文光國中	9.24	80	962,170	1,214	短
14	馬公國小	8.30	72	1,119,800	1,121	短
15	中正國小	12.30	102	1,063,172	988	長
16	中興國小	15.37	160	1,821,600	1,739	短
17	中山國小	1.70	10	265,030	100	中
18	石泉國小	3.29	21	420,647	504	中
19	東衛國小	1.56	9	249,084	239	長
20	興仁國小	1.14	6	199,807	175	長
21	山水國小	1.37	7	227,122	210	長
22	五德國小	2.72	17	368,538	447	中
23	蒔裡國小	1.03	5	186,308	158	長
24	風櫃國小	1.50	8	242,312	230	長
25	成功國小	0.64	3	132,583	97	長
26	西溪國小	1.13	6	198,327	173	長
27	湖西國小	2.70	17	366,253	414	中
28	菓葉國小	0.62	3	130,820	96	長
29	龍門國小	1.92	11	288,219	294	中
30	隘門國小	1.36	7	225,720	208	長
31	沙港國小	1.26	7	214,367	193	長
32	中屯國小	0.44	3	213,510	48	長
33	講美國小	0.86	4	180,510	94	長
34	港子國小	0.37	3	146,410	40	長
35	赤崁國小	2.06	12	303,247	286	中
36	後寮國小	0.96	5	177,076	133	長
37	合橫國小	0.62	3	130,820	87	長
38	竹灣國小	0.77	4	151,374	107	長
39	小門國小	0.40	2	95,034	55	長
40	大池國小	0.56	3	121,848	78	長
41	池東國小	0.96	5	177,076	133	長
42	赤馬國小	0.40	2	95,034	55	長
43	內垵國小	1.10	6	195,352	153	長
44	外垵國小	1.85	11	280,580	256	中
45	文澳國小	6.30	46	797,216	874	中
合計		189	1,535	22,774,472	23,503	

表2 澎湖地區以學校為例最適容量及執行順序分級