

內政部營建署

東沙能源替代及水資源多元化 可行性評估

【委託研究案期末報告書】

委託單位：內政部營建署

執行單位：台灣水環境再生協會

計畫主持人：游 勝 傑

協同主持人：歐 陽 嶠 暉

協同主持人：張 添 晉

中華民國九十四年六月

目錄

| | |
|-----------------|---------------------------------------|
| 目錄 | 1 |
| 表目錄 | 2 |
| 圖目錄 | 4 |
| 第一章 | 計畫緣起與目標 6 |
| 1.1 | 計畫緣起..... 6 |
| 1.2 | 計畫目標..... 6 |
| 第二章 | 東沙島天然能源及與水相關設施之現況 7 |
| 2.1 | 環境與人口結構特性現況調查..... 7 |
| 2.2 | 天然能源現況調查..... 13 |
| 2.3 | 雨水資源與貯水系統現況調查..... 19 |
| 2.4 | 污水處理現況調查..... 27 |
| 第三章 | 規劃與評估東沙群島能源替代之可能性 31 |
| 3.1 | 各種替代能源評估及優缺點比較..... 31 |
| 3.2 | 太陽能發電及太陽能供應熱源最大能源供應量..... 34 |
| 3.3 | 太陽能發電及太陽能供應熱源設備需求..... 39 |
| 3.4 | 太陽能發電之建置及維護經費成本與效益評估..... 42 |
| 3.5 | 太陽能發電及太陽能供應熱源潛在環境限制..... 46 |
| 3.6 | 太陽能海水淡化及風力發電系統之評估..... 47 |
| 3.7 | 東沙群島能源替代規模與規範..... 49 |
| 第四章 | 東沙群島現有建築、照明與空調設備之省能方案 50 |
| 4.1 | 建築省能方案之調查與評估..... 50 |
| 4.2 | 照明設備省能方案之調查與評估..... 56 |
| 4.3 | 空調設備省能方案之調查與評估..... 59 |
| 第五章 | 東沙島未來水資源開發及質量提升之可行性評估 64 |
| 5.1 | 水資源供需分析..... 64 |
| 5.2 | 雨水收集再利用..... 68 |
| 5.3 | 淋浴及盥洗用水回收再利用..... 79 |
| 5.4 | 沖廁用水替代..... 88 |
| 5.5 | 逆滲透水開發及礦泉水改進..... 91 |
| 第六章 | 東沙島最適化污水處理淨化設施 94 |
| 6.1 | 污水來源與污水量推估..... 94 |
| 6.2 | 污水處理設施之介紹..... 95 |
| 6.3 | 污水處理之建議方案..... 108 |
| 第七章 | 東沙島水資源保育利用綱領 117 |
| 第八章 | 結論 118 |
| 第九章 | 建議 119 |
| 參考文獻 | 120 |
| 附錄一、期中報告審查意見及回覆 | 122 |
| 附錄二、期末報告審查意見及回覆 | 128 |

表目錄

| | | |
|--------|--|----|
| 表 2.1 | 東沙島各建築日光燈管及冷氣數量..... | 14 |
| 表 2.2 | 東沙島風速平均統計表..... | 16 |
| 表 2.3 | 東沙島風向出現次數平均統計表..... | 18 |
| 表 2.4 | 雨水貯存槽內水質分析..... | 21 |
| 表 2.5 | 海水淡化廠相關水別水質分析..... | 21 |
| 表 2.6 | 飲用水水質相關法規彙整表..... | 24 |
| 表 2.7 | 東沙島污水水質檢測結果..... | 28 |
| 表 2.8 | 瀉湖水質檢測結果..... | 28 |
| 表 3.1 | 各再生能源之形成時間..... | 32 |
| 表 3.2 | 各能源之產出效率..... | 32 |
| 表 3.3 | 太陽能與風力發電之優缺點比較..... | 33 |
| 表 3.4 | 東沙島太陽能發電量推估..... | 35 |
| 表 3.5 | 東沙島建物規格整理..... | 36 |
| 表 3.6 | 東沙島各建物各月每日最大太陽能發電量..... | 37 |
| 表 3.7 | 東沙島各建物人口數及該建物若採太陽能發熱供應淋浴用水 後所剩之發電量..... | 38 |
| 表 3.8 | 東沙島建置太陽能發電系統之經費..... | 42 |
| 表 3.9 | 東沙島建置太陽能供熱系統之設備..... | 43 |
| 表 3.10 | 東沙島建置太陽能供熱系統之經費..... | 44 |
| 表 3.11 | 各種葉片優缺點比較..... | 48 |
| 表 3.12 | 東沙島能源規劃整理..... | 49 |
| 表 4.1 | 高壓鈉氣燈泡規格..... | 56 |
| 表 4.2 | 建議東沙群島選購之空調設備..... | 61 |
| 表 5.1 | 東沙估計可開放作為旅館之建物..... | 66 |
| 表 5.2 | 東沙島各期程每日計劃最大程載人數..... | 66 |
| 表 5.3 | 各期程每日各項用水比例及需水量..... | 67 |
| 表 5.4 | 東沙氣象統計資料..... | 71 |
| 表 5.5 | 可用集水坪面積及雨水收集量..... | 72 |
| 表 5.6 | 主要建物屋頂面積..... | 72 |
| 表 5.7 | 雨水收集面積與水量..... | 77 |
| 表 5.8 | 東沙主要建物衛生設備統計..... | 80 |
| 表 5.9 | 家庭用水各種用途別用水量分析..... | 81 |
| 表 5.10 | 一般型用水器材與省水器材用水量/節水率之比較表.. | 81 |
| 表 5.11 | 換裝省水器材每人每日基本用水量..... | 82 |
| 表 5.12 | 省水馬桶用水標準..... | 82 |
| 表 5.13 | 各用途別再利用水水質標準建議值..... | 89 |

| | | |
|--------|---------------------------------|-----|
| 表 5.14 | 各種海水淡化方法之產水成本比較表..... | 92 |
| 表 6.1 | 各期程之污水量推估..... | 94 |
| 表 6.2 | 人工濕地之優缺點..... | 96 |
| 表 6.3 | 海岸濕地比較..... | 100 |
| 表 6.4 | 有植物與無植物濕地對總氮、總磷與 BOD 去除率比較..... | 101 |
| 表 6.5 | 污泥處理方法及目的..... | 104 |
| 表 6.6 | 污泥處理程序選擇評估..... | 106 |
| 表 6.7 | 自然淨化系統適用性比較..... | 112 |
| 表 6.8 | 氧化渠之設計參數..... | 115 |

圖目錄

| | | |
|--------|----------------------------|----|
| 圖 2.1 | 東沙群島位置圖..... | 8 |
| 圖 2.2 | 東沙環礁圖..... | 8 |
| 圖 2.3 | 東沙島俯視圖..... | 9 |
| 圖 2.4 | 東沙島建物及等高線分佈圖..... | 12 |
| 圖 2.5 | 東沙島電廠位置標示..... | 13 |
| 圖 2.6 | 東沙島發電機組圖..... | 14 |
| 圖 2.7 | 東沙島各月平均風速統計分佈..... | 17 |
| 圖 2.8 | 東沙島水庫相關位置..... | 20 |
| 圖 2.9 | 東沙群島地下水井及化糞池分佈示意圖..... | 22 |
| 圖 2.10 | 海水淡化機房相關地理位置..... | 23 |
| 圖 2.11 | 現狀供水系統流程..... | 25 |
| 圖 2.12 | 東沙島全島淡水輸水管路分佈圖..... | 26 |
| 圖 2.13 | 東沙島大量污水產生點分佈圖..... | 29 |
| 圖 2.14 | 瀉湖水質採樣點..... | 30 |
| 圖 3.1 | 水平軸式風力機..... | 47 |
| 圖 4.1 | 夏季室內外來之熱源..... | 52 |
| 圖 4.2 | 夏季平均日射量比例圖..... | 52 |
| 圖 4.3 | 各種遮陽效果圖..... | 53 |
| 圖 4.4 | 建築物綠覆蓋情形..... | 54 |
| 圖 4.5 | 建築物屋頂植栽與氣溫變化..... | 55 |
| 圖 4.6 | 建築物綠化效果..... | 55 |
| 圖 5.1 | 克強場改建旅館平面及相關設計草圖..... | 65 |
| 圖 5.2 | 生活用水比例比較圖..... | 67 |
| 圖 5.3 | 雨水利用集水流程圖..... | 69 |
| 圖 5.4 | 集水坪位置圖..... | 70 |
| 圖 5.5 | 屋頂雨水收集貯存利用示意圖一..... | 73 |
| 圖 5.6 | 屋頂雨水收集貯存利用示意圖二..... | 73 |
| 圖 5.7 | 雨水收集貯存利用設備..... | 74 |
| 圖 5.8 | 貯水槽示範例..... | 75 |
| 圖 5.9 | 雨水收集系統示意圖..... | 78 |
| 圖 5.10 | 省水馬桶特性..... | 83 |
| 圖 5.11 | 水箱上附洗水盆之沖水馬桶設備..... | 85 |
| 圖 5.12 | 省水標章圖樣..... | 85 |
| 圖 5.13 | 東沙群島地下水井及化糞池分佈示意圖..... | 90 |
| 圖 5.14 | 淋浴用水回收再利用作為沖廁用水之供給流程..... | 89 |
| 圖 5.15 | 定點之飲用水供給設備及五加侖規格桶裝包裝水..... | 93 |

| | | |
|--------|--------------------------------|-----|
| 圖 6.1 | 傳統污水處理法與人工濕地處理比較..... | 97 |
| 圖 6.2 | 典型氧化渠污水處理廠的程序流程圖..... | 102 |
| 圖 6.3 | 污泥處理處分之組合..... | 105 |
| 圖 6.4 | 污泥處理程序..... | 107 |
| 圖 6.5 | 淋浴用水再利用之示意圖..... | 109 |
| 圖 6.6 | 未來經化糞池之污水處理流程..... | 109 |
| 圖 6.7 | 自然淨化技術之細部分類..... | 111 |
| 圖 6.8 | VSB 型人工濕地水力路徑示意圖..... | 111 |
| 圖 6.9 | FWS 型人工濕地主要淨化機制示意圖..... | 114 |
| 圖 6.10 | 東沙島之氧化渠污水處理程序..... | 114 |
| 圖 6.11 | 污水處理廠位置圖..... | 116 |

第一章 計畫緣起與目標

1.1 計畫緣起

東沙群島為一個環礁，位於台灣西南方海域，距高雄約 500 公里左右。島上景觀自然，為候鳥遷徙棲息重要據點之一，另外在附近的海域可能蘊藏有豐富的油氣與天然氣，為解決東沙群島能源開發之問題，其能源政策應積極朝「開源節流」方向努力；一方面能經由研發包括風力及太陽能等新能源；另一方面則推動節約能源之發展模式，例如鼓勵自行車以及推行綠建築等方式。

又東沙島受地理位置及環境影響之限制，交通水利等公共設施施作困難，因此生活與生產環境較為落後。一般自來水之建設所需投資較大，且營運成本偏高，甚難達成全面普及供應，為提昇東沙群島生活水準與環境，宜進行改善供水問題研究與設置自然環境保護區，提高東沙群島自來水普及率與飲水品質，以及加強輔導辦理飲水設施之後續維護管理。

東沙群島內主要水污染源來自於島上居民與觀光客之生活污水，由於東沙群島內所產生之污水多為生活污水，其性質尚屬單純，宜採簡易處理與符合生態之自然淨化技術，並將處理水回收再利用，為現階段水資源永續利用之最高原則。

職是之故，規劃能源替代及簡易自來水設施、水資源利用保育與污水淨化遂為東沙群島居民環境永續發展之重要議題。

1.2 計畫目標

本計畫旨在規劃東沙群島上能源替代及水資源利用保育與改善飲水設施等多項工作，提昇東沙群島居民生活品質。以協助東沙群島居民尋找可再利用之能源，並推動整體水資源（含雨水、地下水、自來水及污水）再利用改善，來提昇東沙群島居民生活水準與環境，進行供水改善，提高東沙群島居民自來水普及率與飲水品質，加強輔導辦理飲水設施維護管理，達到協助離島居民對現行及未來對能源節水、污水處理水回收再生利用及污泥處理利用進行調查與初步規劃為目標。

其詳細之工作計畫包括：東沙島現有能源調查及評估，目前能源需求評估以及因應未來發展之能源潛在需求評估；東沙島替代能源可行性評估（包括最大能源供應量、設備需求、建置及維護經費與效益評估、潛在環境限制與其他優缺點分析）；東沙島現有建築、照明及空調等設備省能方案；東沙島現有各類水資源質量調查成果，評估目前各種用水需求及未來發展之各種用水需求，以及未來水資源開發及質量提升之可行性；東沙島現有污水處理系統調查，並規劃符合未來發展需要且適正之污水處理及回收再利用系統；及符合駐島人員生活需求的節水及水資源有效運用方案。

第二章 東沙島天然能源及與水相關設施之現況

2.1 環境與人口結構特性現況調查

2.1.1 地理位置

從台灣海峽的南邊往西南延伸，經過海南島到達赤道附近的海域，就是世界地理上所說的「南中國海」(the South China Sea)，「南中國海」是以地理方位來命名的這一大片海域，指的是中國以南，特別是海南島以南的海洋。中國人則從傳統上都稱這一緊鄰中國南方的海域為「南海」。

東沙群島為南海諸島中最北的島群，位於北緯二十度三十五分至四十七分之間，東經一百一十六度四十二分至四十四分之間，東北距高雄二百四十海浬，西距香港一百七十海浬、汕頭一百四十海浬、南距南沙太平島六百四十海浬、馬尼拉四百二十海浬(如圖 2.1 所示)。東沙群島東控巴士海峽，西扼海南港澳船艦之進出，可謂為台灣海峽南方的門神。東沙島的形狀，就像是一把鉗子，西有瀉湖，頗為特殊，是台灣海峽航道的咽喉要地。即東沙環礁、南衛灘環礁及北衛灘環礁。東沙島面積(2800m×865m)陸地部分約 1.74 平方公里；島湖面積 0.64 平方公里，在南海諸島中算是大島。

2.1.2 地質與地形

環礁(Atoll reef)係指分布成環狀的珊瑚礁，其中央陸塊下沈，中央水域也是瀉湖(lagoon)。東沙環礁為一近乎完美的圓形環礁(如圖 2.2 所示)，其直徑約 25 公里，面積約 500 平方公里的圓形環礁，中央的瀉湖水深在 7.3 至 18 公尺間，主要露出水面成陸的礁體為西側的東沙島(王鑫，1998)，係由造礁珊瑚在南海北部大陸斜坡的東沙台階上建造而形成，環礁中間為一水深 16 公尺以內的瀉湖，瀉湖中有許多珊瑚丘與淺灘分佈，環礁周圍的礁台在低潮時大部分露出或接近水面，礁台長約 46 公里，寬約 2 公里環礁上分別有東角、東北角、東南灣、西北尖角及西南尖角等明顯之地形；其中，西北及西南尖角有兩處缺口，為進入環礁瀉湖的通道。

整體而言，東沙環礁的地形十分完備，洲、島、礁及門等地形皆具，洲有小沙洲，島有東沙島，礁有東角、東北角及西南尖角，門有北水道及南水道等兩處(龍村倪，1998)，為一標準的環礁地形。

東沙島位於環礁西側，地勢東北稍高，西南稍低，最高處的海拔約 6 公尺，其外型如馬蹄，東西長約 2800 公尺，南北寬約 865 公尺，周圍海岸線長約 8 公里，全島陸地總面積約 1.74 平方公里，其西部有兩條沙脊延伸如鉗，環抱一小瀉湖如內海，其面積為 0.64 平方公里(如圖 2.3 所示)，此小瀉湖在退潮時水深不及 1 公尺，其出口處寬度僅約 20 公尺，湖底多為淤泥即有機殘屑所覆蓋(方力行等，1990)。



圖 2.1 東沙群島位置圖

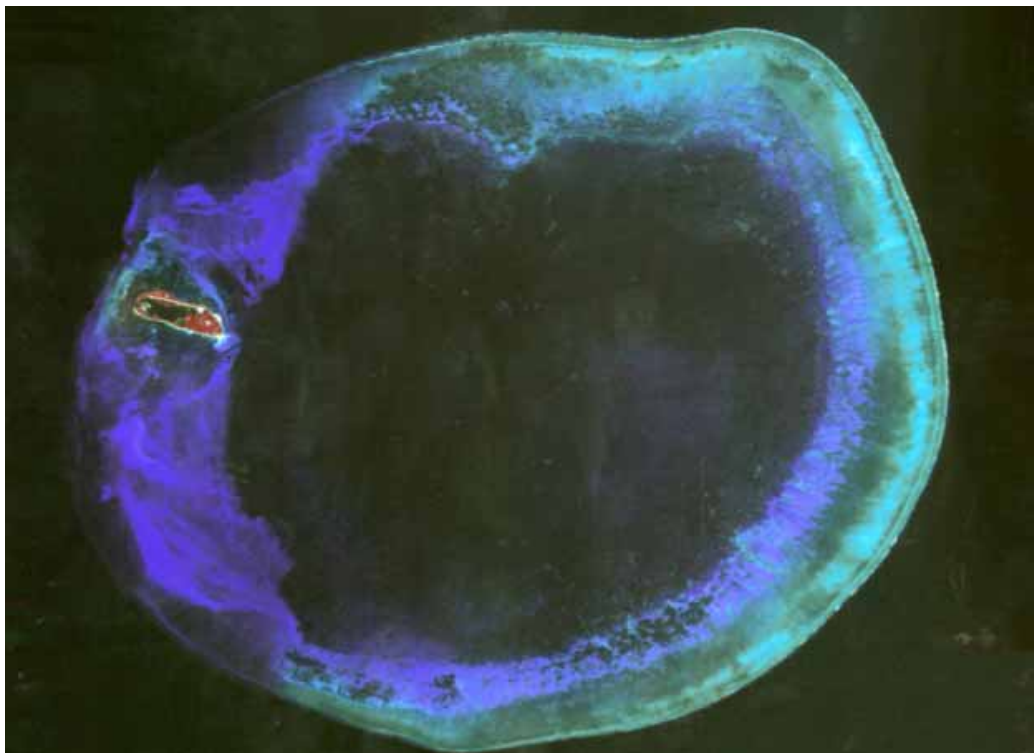


圖 2.2 東沙環礁圖



圖 2.3 東沙島俯視圖

東沙群島另包括兩個隱沒水下的珊瑚礁灘，分別為北衛灘及南衛灘，位於東沙島西北 44 海浬處，兩者皆為環礁，相距約 5 海浬，呈北東向排列，兩灘之間有水深約 330 公尺的海谷相隔。北衛灘稍大，位於東北方，最淺處水深 64 公尺，200 公尺等深線約呈橢圓形，直徑約 5~10 海浬，最淺處水深 56 公尺，兩灘均不妨礙航行，卻是魚群聚交的好漁場。

東沙群島的基底，目前仍無完整的鑽探資料，只能根據鄰近地區的鑽探和震測資料推斷。根據台灣西南部和南海北部地質探測資料推測，東沙群島區可能存在白堊系或中生代花崗岩，其上覆蓋一層相當厚的第三紀碎屑岩，以及至少 400~500 公尺厚的第三紀與第四紀珊瑚礁灰岩。由此推斷，東沙環礁的形成至少有數千萬年的歷史，而且仍在持續增長中，屬於非常珍貴的自然資產。

根據達爾文的珊瑚礁理論，環礁的初期發育可能發生在海底火山噴發後生成的火山島周圍，由於珊瑚附著生長而形成裙礁，其後島嶼逐漸下沉，珊瑚礁島嶼持續堆積成長，由於島嶼的外緣水流交換較好，珊瑚生長較內側為佳，久而久之就逐漸形成堡礁，後來火成岩島嶼完全沈沒水中，僅剩下環狀的珊瑚礁島嶼在海面附近持續增長，於是形成環礁。

從地質和地形的觀點來看，東沙環礁為歷經數千萬年才形成的珊瑚礁島嶼，環礁的地形十分完整、景觀非常優美，像耀眼的珍珠般鑲嵌在南海北部，因此有「南海之珠」的美譽，正因為環礁生態系的特殊性與重要性，世界各國莫不將環礁列為海洋保護區。

2.1.3 環境現況

東沙島上有淡水，椰樹茂盛，植被良好，中國人自明代起即開發經營，是南海諸島開發歷史最久遠的一個。東沙群島海域原來海產資源豐富，向為台灣澎湖、閩粵沿海及香港漁民作業場所，近年因濫捕、濫炸，漁產資源大大減少，整個珊瑚群礁生態也遭到嚴重破壞。

1. 氣候與水文

東沙全島覆蓋由珊瑚及貝殼碎屑風化形成之白砂，景觀雖較單調，卻頗為自然。島上遍佈低矮之熱帶灌木，氣候屬亞熱帶海洋氣候，終年氣溫高。但冬季時仍受到東北季風的影響。島上氣溫夏季平均為攝氏 28.5 度，冬季為攝氏 20 度，每年以夏季雨量最多，冬季少雨，不過地下水尚稱充裕，惟水質偏鹼，能引用之水井甚少。東沙島冬季有強勁的東北季風，夏季西南風雖然較弱，卻常有颱風，因風力強勁，以致影響飛機起降。機場所建跑道，目前有暴雨淹水問題，為起降安全亦須維修鋪面。島上的漁民服務站，則為提供遇難求救的漁民使用。

東沙島地下水甚為充裕，地下水位高，離地深約 1.5 至 2.0 公尺處即可獲得水源，惟水質略鹹，不宜引用。島中心附近則水位較深，島上水源包括地下水、雨水貯水及海水淡化水等僅可供灌溉及洗滌之用，目前飲用水則靠台灣本島運補之礦泉水供應，水源極為缺乏，有待規劃設置。

2. 發展現況

東沙群島目前由高雄市管理，並由海岸巡防署負責巡護。經行政院主計處統計結果得知，目前東沙群島所居住之人口為軍方之官兵，多以男性為主，目前常駐人口約有 220 人，未來擬開放觀光，其預估開放觀光最大人口數為 240 名，於第四章中詳述之。圖 2.4 所示為目前東沙島建物及等高線分布圖。

東沙島具有獨特的自然生態與人文景觀，應當妥善規劃開發當地作為觀光及保育基地，使東沙成為世界閃亮的藍寶石。首先要針對既有的環境優勢（如豐富的珊瑚礁群與海洋生物），加以評估並參考澳洲大堡礁海洋公園的規劃，發展海洋保護區，並針對原有的缺點（水電不足、面積不大），設法改善，積極建設，唯有從保育的觀點出發，東沙的建設開放才有遠景。

島上的土地使用，係以國防保安為優先考慮，因此軍舍與相關設施最為主要。忠義碼頭原位於東沙島之東南邊，因季風及潮流之影響，造成淤沙情形，已使碼頭毀壞，目前高雄市政府正委託規劃新的碼頭。至於東沙島用水部分，地下水源尚稱充裕，但水質較鹹，並不適合飲用。目前島上設有海水淡化機，解決了長期以來的盥洗用水問題，至於飲用水則以台灣運補之礦泉水供應之。電力方面，島上有簡易發電機房，電力供應尚無問題。

東沙島上廢棄物處理的方式，過去集中於一定點（即瀉湖鉗角之西北方），先區分可燃及不可燃二大類處理，目前焚化廠已廢棄不用，主要回收廢棄物則以海運運回台灣處置。其餘可燃的廢棄物概以焚燒方式處理，繼而掩埋，也可能局部海拋。所以島上的廢棄物處理問題，為未來宜加注意課題。

過去東沙附近海域水質清澈，除南側因砂質地形適合海草生長外，一般而言珊瑚礁生長狀況十分良好，魚類繁多。尤其東沙島西北交盤外緣，珊瑚品質頗佳，堪稱東沙的重要資源。但近年來，每年三、四月起，來自大陸、香港、台灣，甚至越南的漁船，有不法使用氰化物和炸藥毒魚炸魚的情形，作為囂張，使東沙海底景觀毀壞嚴重，今非昔比。

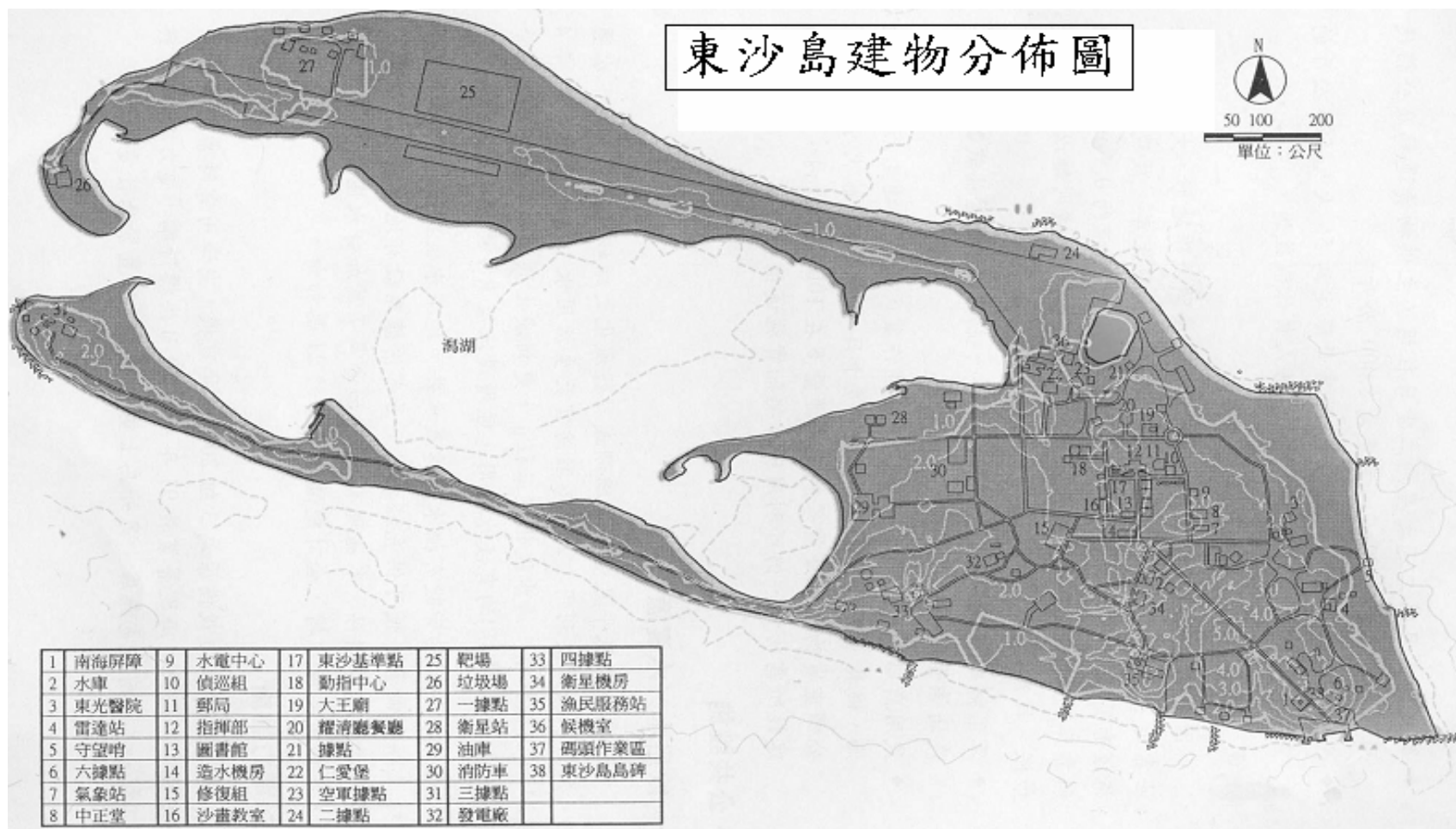


圖 2.4 東沙島建物及等高線分佈圖

2.2 天然能源現況調查

東沙島目前能源供應狀況主要以燃油發電為主，主要燃油發電廠位置如圖 2.5 所示。其電廠建築物結構尚可，但缺油庫且有發電量不足之現象。現有 3 座發電機組（如圖 2.6），每座發電機組可發電 200kW，以每台平均每日操作八個小時的方式輪流操作，因此每日可供給 200kW 的電力，緊急時更可兩台操作一台休息的方式發電，因此緊急供電量最高可達 400kW，目前平均用電量約為 180-190kW 左右，尖峰的用電量不會大於 250kW，且已於 94 年 6 月 1 日公開招標 3 台 500kW 之發電機，並替代原有之發電機，若依平時三台輪流發電，緊急時兩台同時發電的方式操作，則平均每日可供給 500kW、緊急時可供給 1000kW 的發電量。目前島上 200kW 發電機之費用每月燃油量約為 30000 公升，以柴油每公升 19.1 元計約需 573000 元，維護費方面採三個月一次定保，金額頂多每年 30-50 萬。新設置的 500kW 發電機供電應該足夠，在目前平均用電量僅有 180-190kW 的狀況下，預估未來東沙之電力應會過剩。94 年度東沙島將會興建新的碼頭，若考慮碼頭用電量 110kW，則總用電量約為 300kW。

目前東沙島耗電量較大者為雷達站、冰庫、各型冰箱（由於已興建冰庫，因此冰箱可停用）、電熱水器（洗澡用）及冷氣。雷達站為必要之設備，不可斷電，需列為緊急時必要之耗電設備，至於日光燈管部份合計 831 根，全為非節能燈管，分布位置如表 2.1 所示，若以每根燈管平均 20W 之耗電量計算，則燈管總耗電量約為 16.6kW，佔總用電比例約為 8%，由於使用 T5 節能燈管等節能設備為政府推動之方向，未來在東沙可考慮逐步汰換整組燈座，甚至一次汰換所有舊的燈管亦可。此外，東沙之總冷氣台數為 71 台，以每台冷氣平均耗電量 1.5kW 計算，其冷氣總耗電量約為 107kW，超過目前東沙總電量之一半，未來應考慮進行空調系統節能措施，詳見第四章。

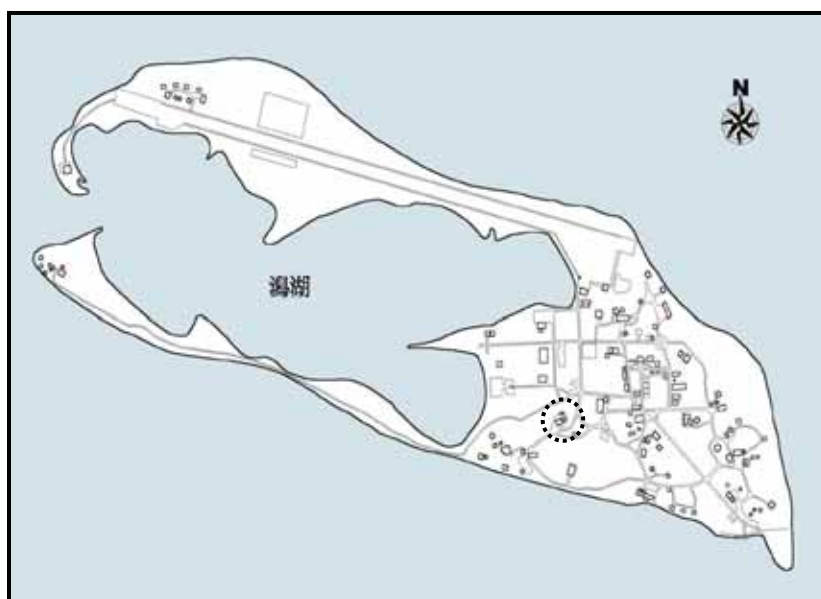


圖 2.5 東沙島電廠位置標示



圖 2.6 東沙島發電機組圖

表 2.1 東沙島各建築日光燈管及冷氣數量

| 建物名稱 | 日光燈管 | 冷氣 | 建物名稱 | 日光燈管 | 冷氣 |
|----------|------|-----|-----------|------|-----|
| | 燈管支數 | 冷氣數 | | 燈管支數 | 冷氣數 |
| 小吃部 | 20 | 2 | 聰良場 | 8 | 1 |
| 東沙分隊 | 160 | 7 | 克強場 | 27 | 4 |
| 理髮部 | 2 | 1 | 焚化爐 | 0 | 0 |
| 中正堂 | 43 | 0 | 工材庫 | 0 | 0 |
| 水電中心 | 12 | 1 | 油漆庫 | 0 | 0 |
| 東光醫院 | 43 | 11 | 衛星追蹤站 | 6 | 2 |
| 職務官舍 | 16 | 8 | 衛星追蹤站發電機房 | 2 | 0 |
| 麵包房 | 4 | 0 | 糧秣庫 | 0 | 0 |
| 修護組室內集用場 | 5 | 0 | 一據點 | 7 | 1 |
| 修護組寢室 | 6 | 2 | 二據點 | 8 | 1 |
| 指揮部 | 200 | 12 | 三據點 | 11 | 0 |
| 勤指中心 | 50 | 3 | 四據點 | 51 | 2 |
| 軍郵局 | 6 | 1 | 五據點 | 15 | 1 |
| 偵巡組 | 6 | 2 | 六據點 | 39 | 6 |
| 通電組 | 23 | 1 | 七據點 | 43 | 2 |
| 沙畫教室 | 4 | 0 | 八據點 | 14 | 0 |

由於新設三組 500kW 之發電機組，若考慮新設碼頭之用電量，未來粗估東沙供電量尚餘約 200kW，電力供應仍相當充足，因此東沙未來並無規劃購買新的燃油發電設備，而風力及太陽能發電設備則有可能會對於東沙的景觀或者是飛航安全造成影響，且其成本甚高，因此大型的風力及太陽能發電設備目前看來沒有迫切的需求性，但由於清淨能源為政府未來推動之趨勢，因此可逐步推動。表 2.2 及圖 2.7 為東沙島自民國 77~93 年之風速平均統計表，其風速為距地 10 公尺所測得之資料，其全年平均約 5.4 m/s，最大可達 7.6 m/s。表 2.3 則為風向出現次數平均統計表，可知產生風能之時間大多出現於秋、冬兩季且風向為北偏東 30~50 度。此數據即可作為日後東沙島若要設計風力發電時之一重要參考指標。本研究將於第三章規劃並評估東沙島建立風力發電、太陽能發電及太陽能供應熱源之可行性。此外，由於建築節能為世界各國推動之方向，因此本研究將於第四章擬定東沙島現有建築之省能方案。

表 2.2 東沙島風速平均統計表 (民國 77~93 年)

| 天氣項目 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 春季 | 夏季 | 秋季 | 冬季 | 全年平均 |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| 風速平均(Knot) | 14 | 13 | 10 | 8 | 7 | 6 | 7 | 7 | 9 | 14 | 15 | 16 | 13 | 7 | 8 | 15 | 11 |
| 風速平均(m/s) | 7.4 | 6.6 | 5.4 | 4.1 | 3.7 | 3.2 | 3.6 | 3.5 | 4.6 | 7.0 | 7.9 | 8.3 | 6.5 | 3.7 | 3.9 | 7.7 | 5.4 |
| 當天最小(Knot) | 11 | 9 | 7 | 5 | 4 | 3 | 4 | 4 | 6 | 10 | 12 | 13 | 9 | 4 | 4 | 12 | 7 |
| 當天最小(m/s) | 5.6 | 4.6 | 3.6 | 2.4 | 1.9 | 1.6 | 1.9 | 1.8 | 2.9 | 5.2 | 6.3 | 6.5 | 4.6 | 2.0 | 2.2 | 6.0 | 3.7 |
| 當天最大(Knot) | 19 | 17 | 15 | 12 | 11 | 10 | 11 | 12 | 13 | 17 | 19 | 20 | 17 | 11 | 12 | 19 | 15 |
| 當天最大(m/s) | 9.7 | 9.0 | 7.6 | 6.2 | 5.7 | 5.3 | 5.6 | 6.0 | 6.8 | 8.8 | 9.8 | 10.1 | 8.8 | 5.7 | 6.1 | 9.6 | 7.6 |

(1 knot = 1.15mph = 1.852 km/h)

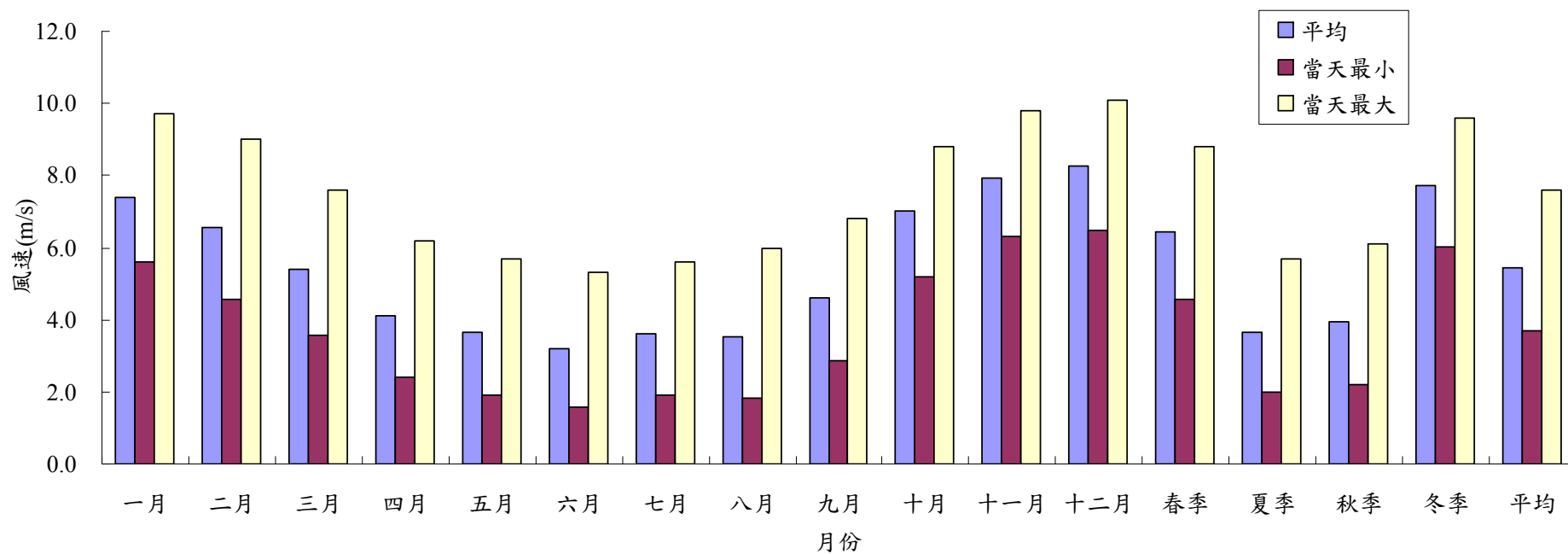


圖 2.7 東沙島各月平均風速統計分佈

表 2.3 東沙島風向出現次數平均統計表（民國 77~93 年）

| 風向 | 春季 | 夏季 | 秋季 | 冬季 |
|--------|-----|-----|-----|-----|
| 靜風(無風) | 132 | 47 | 22 | 332 |
| 北風 360 | 15 | 32 | 40 | 120 |
| 10 | 17 | 71 | 85 | 213 |
| 20 | 23 | 100 | 128 | 310 |
| 30 | 34 | 183 | 231 | 538 |
| 40 | 28 | 185 | 268 | 588 |
| 50 | 29 | 175 | 207 | 538 |
| 60 | 32 | 150 | 155 | 451 |
| 70 | 35 | 94 | 84 | 298 |
| 80 | 33 | 71 | 57 | 243 |
| 東風 90 | 50 | 55 | 46 | 241 |
| 100 | 34 | 29 | 20 | 133 |
| 110 | 40 | 21 | 13 | 112 |
| 120 | 58 | 22 | 10 | 128 |
| 130 | 39 | 13 | 4 | 79 |
| 140 | 37 | 10 | 3 | 67 |
| 150 | 47 | 11 | 2 | 79 |
| 160 | 44 | 9 | 2 | 73 |
| 170 | 53 | 9 | 3 | 86 |
| 南風 180 | 76 | 11 | 4 | 124 |
| 190 | 55 | 9 | 1 | 85 |
| 200 | 55 | 7 | 1 | 81 |
| 210 | 82 | 13 | 2 | 120 |
| 220 | 64 | 8 | 1 | 90 |
| 230 | 69 | 9 | 2 | 98 |
| 240 | 68 | 12 | 1 | 104 |
| 250 | 49 | 9 | 1 | 73 |
| 260 | 35 | 10 | 1 | 58 |
| 西風 270 | 43 | 13 | 1 | 74 |
| 280 | 26 | 11 | 2 | 50 |
| 290 | 17 | 9 | 2 | 36 |
| 300 | 14 | 7 | 3 | 33 |
| 310 | 10 | 7 | 3 | 25 |
| 320 | 10 | 8 | 3 | 29 |
| 330 | 12 | 11 | 7 | 42 |
| 340 | 13 | 15 | 9 | 50 |
| 350 | 13 | 20 | 21 | 74 |

2.3 雨水資源與貯水系統現況調查

2.3.1 地表蓄水設施現況

由於東沙島中央之瀉湖水域之西北及西南尖角有兩處缺口與南海海域相連，故無法作為天然貯水場址。目前島上現有之人工蓄水設施主要為 10 萬加侖(379,000 公升)及 7 萬加侖(265,300 公升)水庫各一座(圖 2.8)，其中 10 萬加侖水庫用來貯存雨水，而地下水經逆滲透製水器淡化後則送至 7 萬加侖水庫貯存變成戰備用水，另有四個 1 萬加侖(37,900 公升)之儲水槽，合計總儲水容量約 21 萬加侖(795,900 公升)。

2.3.2 水資源利用現況

東沙群島主要供水來源可取自雨水、地下水及海水淡化設備，但由於水質及取得之水量差異甚大，加上受限於地面水體及水質標準相關法規，因此島上現有水資源幾乎僅可供澆灌及洗滌之用，而飲用水則有賴台灣本島補給之瓶裝礦泉水。因此，島上水資源的運用大致可如以下分析：

1. 雨水

東沙島地區全年之平均降雨量為 1,669 公釐，年平均降雨日數為 62.8 日，主要降雨月份為五至十月，約佔總降雨量之 80.2%，冬乾夏濕之表現明顯，且為島上唯一淡水資源。在雨水收集方面，島上除中央集水區外，在 2 據點處另有地面集水坪，在雨水貯存槽收集雨水後各自導入 10 萬加侖(379,000 公升)水庫儲存，或再引入兩座 1 萬加侖(37,900 公升)之儲水槽方便取用。

由於目前島上建物並未設置任何雨水現地貯留設施，加上建物多已老舊破損，亦難有集水面積及可能貯留容量之設定。故對降雨豐沛且水資源彌足珍貴之東沙群島，雨水貯留方面仍有待規劃。目前本計畫針對其中一座 1 萬加侖儲水槽內之雨水進行採樣分析，其水質分析數據如表 2.4 所示。

2. 地下水

東沙島地下水甚為充裕，地下水位高，離地深約 1.5 至 2.0 公尺處即可獲得水源，惟水質略鹹，不宜引用。但目前島上各據點皆設有抽水馬達及水井，詳細位置如圖 2.9 所示，抽取之地下水大部分做各據點沖廁用水一途，導致各建物化糞池中氯含量過高，降低污水處理效率，未來應予以改善。

3. 海水淡化水

東沙島地勢低平且全島為珊瑚或貝殼風化之細砂所覆蓋，地下水鹽化嚴重，幾無淡水可供利用；為改善駐防官兵生活用水，海巡署已於 91 年 4 月 24 日決標採購「海水淡化機工程」，更新淡化機組、全新汰換老舊管線，使各據點均有淡水可用，並增設冰溫 RO 逆滲透飲水機。而島上海水淡化機運作主要將海水自地下抽出後經淡化過程，將淡化之海水儲存於兩座 1 萬加侖(37,900 公升)之儲水槽，儲水槽以達滿水，再將淡化之海水導入另一之戰備用 7 萬加侖(265,300 公升)之水庫貯存。圖 2.10 所示為海水淡化機房之相關地理位置。另本計畫亦針對海水廠進流水、產水及濃縮廢液進行採樣，其水質分析結果如表 2.5 所示。



圖 2.8 東沙島水庫相關位置

表 2.4 雨水貯存槽內水質分析

| 水質項目 | 分析數值 |
|--------------------|------|
| 化學需氧量 (mg/L) | 4.97 |
| 懸浮固體物 (mg/L) | 6 |
| pH | 8.22 |
| 溶氧量 (mg/L) | 6.7 |
| 電導度 (umho/cm/25°C) | 8 |
| 鹽度 (ppt) | 0.2 |

表 2.5 海水淡化廠相關水別水質分析

| 水質項目 | 水樣類別 | | | |
|--------------|------------------|-------|-------------|-------|
| | 海淡廠進流 (地下水抽出) | 海淡廠產水 | 海淡廠濃 縮廢液 | 雨水儲存槽 |
| 化學需氧量 (mg/L) | N.D. | N.D. | N.D. | 4.97 |
| 懸浮固體物 (mg/L) | 132 | 6 | 168 | 6 |
| pH | 7.01 | 7.73 | 7.13 | 8.22 |
| 溶氧量 (mg/L) | 4.1 | 3.9 | 3.9 | 6.7 |
| 電導度 (ms) | 29.3 | 4.5 | 29.3 | 8 |
| 鹽度 (ppt) | 19.4 | 1.0 | 23.5 | 0.2 |

4. 瓶裝飲用水

由於淡化之海水在生活用說方面已不敷日常使用，且法令飲用水質要求甚高，因此目前島上官兵飲用水主要仍以瓶裝礦泉水為主。在飲用水配給方面，目前每人每日配給兩瓶 1.5 公升瓶裝礦泉水供官兵補給水分。

行政院環保署為整合飲用水標準，從而已擬定飲用水水質標準並頒布實施，無區域性分別，採全國統一水質，因此東沙群島雖地處偏遠，但飲用水源仍受限制。茲將頒布之水質標準規定整理如表 2.6 所示。基於水資源開發為東沙永續經營之重要課題，本研究將於第五章專章探討東沙島未來水資源開發及質量提升之可行性評估。

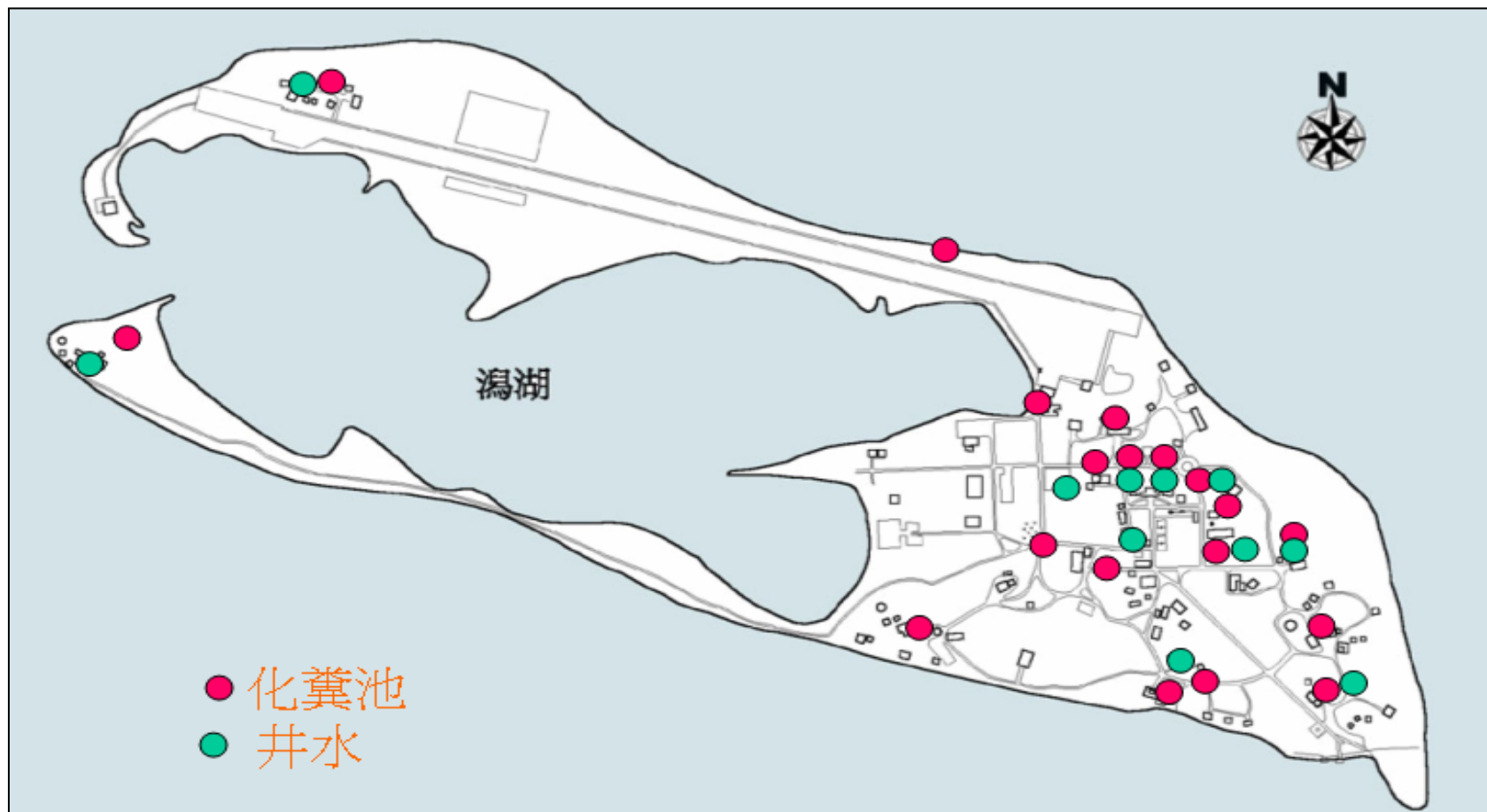


圖 2.9 東沙群島地下水井及化糞池分佈示意圖



圖 2.10 海水淡化機房相關地理位置

表2.6 飲用水水質相關法規彙整表

| 項 目 | 飲用水水源水質標準(86.9.24) | | 飲用水水質標準(87.5.21) |
|--|--------------------|-------|------------------|
| | A | B | -- |
| 溫度(°C) | -- | -- | -- |
| 導電度(EC) $\mu\text{mho/cm}, 25^\circ\text{C}$ | -- | -- | -- |
| 氫離子濃度(pH) | -- | -- | 6.0~8.5 |
| 總溶解固體量(TDS) mg/l | -- | 500 | 600 |
| 總有機碳(TOC) mg/l | 4 | -- | -- |
| 總硬度(as CaCO ₃) mg/l | -- | -- | 400 |
| 濁度 NTU | -- | 4 | 2 |
| 色度(Pt-Co單位) | -- | 15 | 5 |
| 氟鹽 mg/l | -- | 0.05 | 0.05 |
| 氯鹽(Cl ⁻) mg/l | -- | 250 | 250 |
| 硫酸鹽(SO ₄ ⁻²) mg/l | -- | 250 | 250 |
| 碳酸氫鹽(HCO ₃ ⁻) mg/l | -- | -- | -- |
| 氨氮(NH ₃ -N) mg/l | -- | 0.1 | 0.1 |
| 硝酸鹽氮(NO ₃ -N) mg/l | -- | 10.0 | 10.0 |
| 亞硝酸鹽氮(NO ₂ -N) mg/l | -- | 0.1 | 0.1 |
| 鈉吸附率(SAR) mg/l | -- | -- | -- |
| 鐵(Fe) mg/l | -- | 0.3 | 0.3 |
| 錳(Mn) mg/l | -- | 0.05 | 0.05 |
| 鉛(Pb) mg/l | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| 鋅(Zn) mg/l | -- | 5.000 | 5.0 |
| 銅(Cu) mg/l | -- | 1.000 | 1.0 |
| 鎳(Ni) mg/l | -- | 0.100 | 0.1 |
| 鉻(Cr) mg/l | 0.05 | 0.050 | 0.05 |
| 鎘(Cd) mg/l | 0.01 | 0.005 | 0.005 |
| 汞(Hg) mg/l | 0.002 | 0.002 | 0.002 |
| 砷(As) mg/l | 0.05 | 0.050 | 0.01 |
| 硒(Se) mg/l | 0.05 | 0.010 | 0.01 |
| 三氯乙烯(TCE) mg/l | -- | 0.005 | 0.005 |
| 四氯化碳 mg/l | -- | 0.005 | 0.005 |
| 1,1,1.三氯乙烷 mg/l | -- | 0.200 | 0.20 |
| 1,2.二氯乙烷 mg/l | -- | 0.005 | 0.005 |
| 苯 mg/l | -- | 0.005 | 0.005 |
| 1,1.二氯乙烯 mg/l | -- | 0.007 | 0.007 |
| 氯乙烯 mg/l | -- | 0.002 | 0.002 |

| | | | | |
|------------------------------|------|--|-----------------------------------|-------|
| 對-二氯苯 | mg/l | -- | 0.075 | 0.075 |
| 懸浮固體量(SS) | mg/l | -- | -- | -- |
| 化學需氧量(COD) | mg/l | -- | 25 | -- |
| 大腸桿菌群 MPN/100ml或CFU/looml | | 20,000 ^C 50 ^D | 6 ^E 50 ^F | 6 |
| 總菌落數 CFU/ml | | -- | -- | 100 |

說明：

- A 代表地面水體或地下水體作為自來水及簡品自來水之飲用水水源者。
- B 代表地面水體或地下水體作為社區自設公共給水、包裝水、盛裝水及公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備之飲用水水源者。
- C 代表具備消毒單元者。
- D 代表未具備消毒單元者。
- E 代表作為盛裝水水源及公私場所供公眾飲用之連續供水固定設備水源者。
- F 代表作為社區自設公共給水、包裝水之水源者。
- G 依據 87.2.4 發布之「飲用水水質標準 J 中原先標準值濁度為 4NTU、砷為 0.05mg/L、氯氣為 05mg/L、總硬度為 500mg/L, 自 89.12.1 起施行如本表所列的新規定之最大限值。

5. 目前供水系統流程

統整上列所述之島上可用水資源類別，扣除日常配給之瓶裝飲用水，雨水及地下水源於供水系統中大致流程及相關儲水設施對應關係可如圖 2.11 所示，圖 2.12 則為海水淡化廠產水後之輸水管路分布圖

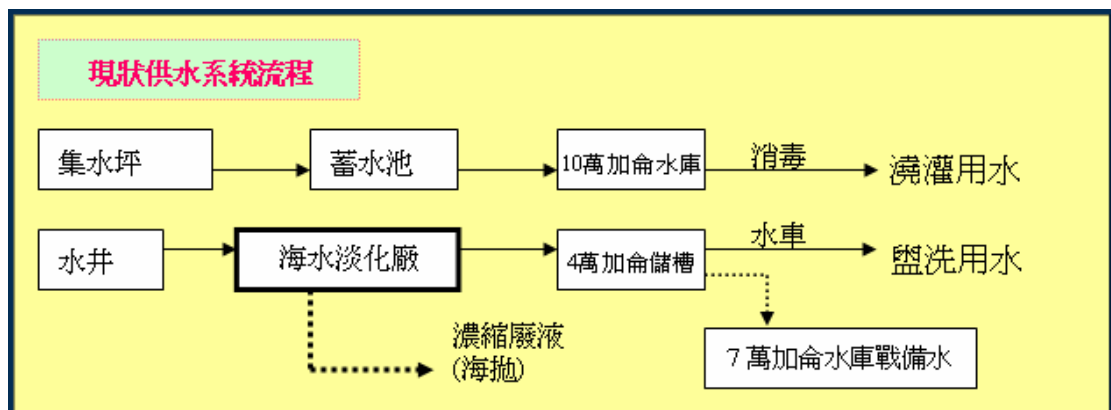


圖 2.11 現狀供水系統流程

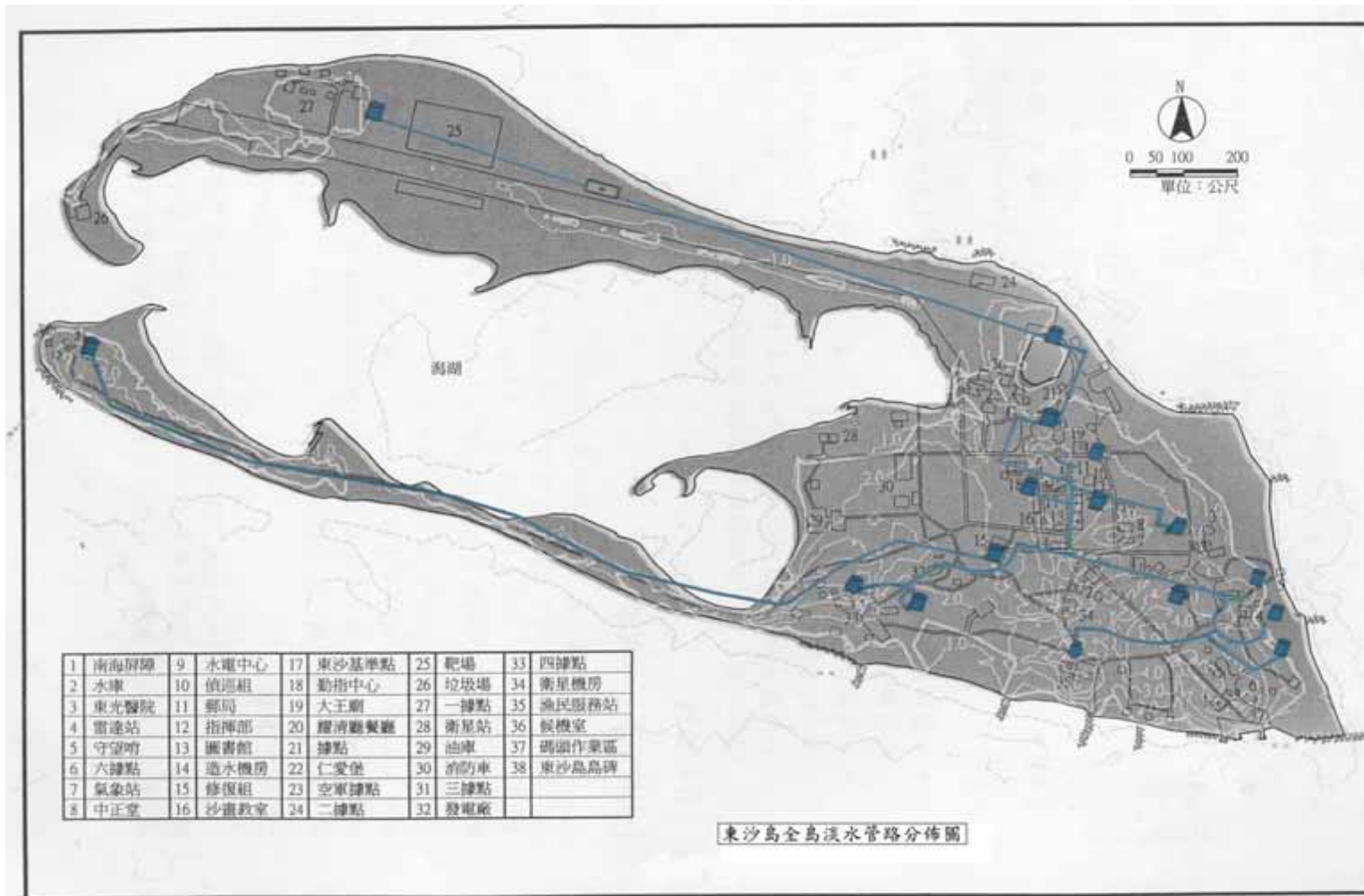


圖 2.12 東沙島全島淡水輸水管路分佈圖

2.4 污水處理現況調查

根據日前於東沙當地的調查發現，目前東沙島設置有化糞池的地點如圖 2.13 所示，這些地點雖設有化糞池，但仍然無法完全地處理所排放出來的廢污水，一些污染較嚴重的地點將是未來首要解決其污水處理的問題。在實地調查中發現，許多污水排放口如一中餐廳後方的廚房污水儲存槽，裡面的污水充滿著泡沫且發出陣陣腐敗惡臭，尤其在當地夏日炎熱的氣溫下，更顯得環境惡劣之情形。再加上不當處理排放，可能對其島上的地下水使用會有污染之虞。雖說各餐廳及廁所排放之污水、糞便尿水及沖廁水皆經過覆蓋有鐵板的化糞池處理，但其處理效率不佳，且與當地官兵訪談中得知，經化糞池處理的上澄液會流到旁邊的儲槽內，將滿時抽出後排放於附近的土地或草叢中，以做為當地一些植物及蔬菜生長的肥料。

但如此做法恐有污染地下水水源之虞，因為東沙全島幾乎覆蓋著由珊瑚及貝殼碎屑風化形成之白砂地質，對上層土壤滲入的水過濾性不佳，易與下層地下水混合。再據官兵說法，東沙島上的建築物都會抽地下水經簡單的處理後使用，縱使不是拿來飲用，仍可能存在著一些尚未被去除的細菌，對人體將產生危害。因此，如何再進一步地處理化糞池出流水則為未來規劃之主要課題。表 2.7 所示為本計畫針對東沙島幾個重要的污水產生及處理設施進行實地採樣，並檢測其溶氧 (DO)、酸鹼度 (pH)、導電度 (COND)、鹽度 (SAL)、懸浮固體 (SS)、化學需氧量 (COD)、總磷 (TP)、總氮 (TN) 等所得之數據，可作為日後相關污水處理設施的設計參考。圖 2.14 及表 2.8 所示為東沙島內瀉湖採樣點及水質分析結果，可發現每一個瀉湖採樣地點的 DO 皆達到飽和濃度，而 pH 值約在 8 左右，鹽度 (SAL) 也在 35ppt 左右，幾乎可說是標準的海水性質，且以目視法觀察並無大量藻類繁殖的現象，水生動物豐富，因此推測東沙島目前瀉湖尚未受到污水排放的影響。

此外，本計畫更調查東沙島上一些產生污水量較多的建築物，並將其相對位置標於東沙島之等高線圖上 (如圖 2.13 所示，圖中圓柱越大表示污水產生越多，如餐廳即為大量污水排出之場所)，由圖中可發現產生大量污水的建物皆座落於等高線上地勢較高的位置，且多聚集於東沙島的中央部分，因此日後若要設置污水處理相關設施應可參考此地理位置特性設計。本計畫於第六章「東沙島最適化污水處理淨化設施」中建議依圖 2.13 中介於瀉湖右側、海淡機房左側之空地可為未來設計污水淨化設施之設置位置，除了因為該位置附近的污水產生量最大外，另由於該位置居於全島的中心位置，對於島上各建築物之污水輸送距離較短，可節省污水管線設置成本。此外，若未來在不影響瀉湖的生態環境下，經該污水淨化設施處理後之放流水則可注入瀉湖中，並結合目前島內特殊的景觀，打造出一個真正環境永續的東沙島。

表 2.7 東沙島污水水質檢測結果

| 水質項目 | 水樣類別 | |
|--------------|-----------|--------|
| | 化糞池處理後出流水 | 餐廳原污水 |
| 化學需氧量 (mg/L) | 894.3 | 2158.5 |
| 懸浮固體物 (mg/L) | 98 | 342 |
| pH | 7.24 | 5.01 |
| 電導度 (ms) | 6.58ms | 2.11ms |
| 鹽度 (ppt) | 3.7 | 1.2 |
| 總磷 (mg/L) | 17.19 | 15.94 |
| 總氮 (mg/L) | 228.15 | 48.40 |

表 2.8 瀉湖水質檢測結果

| 採樣地點 水質監測項目 | 瀉湖-1 | 瀉湖-2 | 瀉湖-3 | 瀉湖-4 | 海口 |
|----------------|------|------|------|-------|------|
| 溶氧 mg/L | 12.9 | 13.3 | 13.9 | 14.05 | 13.2 |
| 酸鹼度 | 8.52 | 8.29 | 8.35 | 8.78 | 8.4 |
| 鹽度 ppt | 39.3 | 38 | 35.7 | 38.9 | 34.9 |

* 導電度皆過高，不列入上表

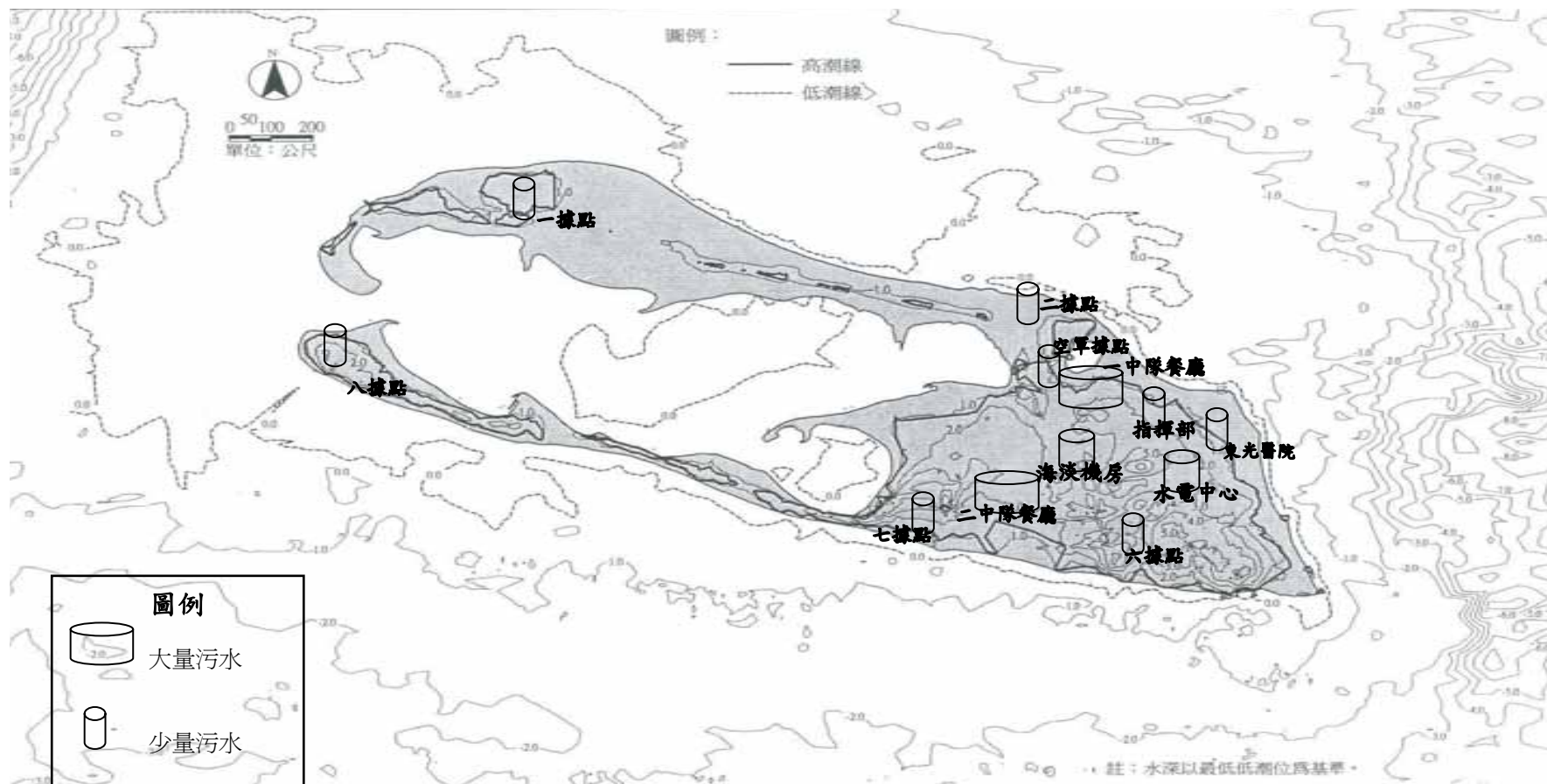


圖 2.13 東沙島大量污水產生點分佈圖

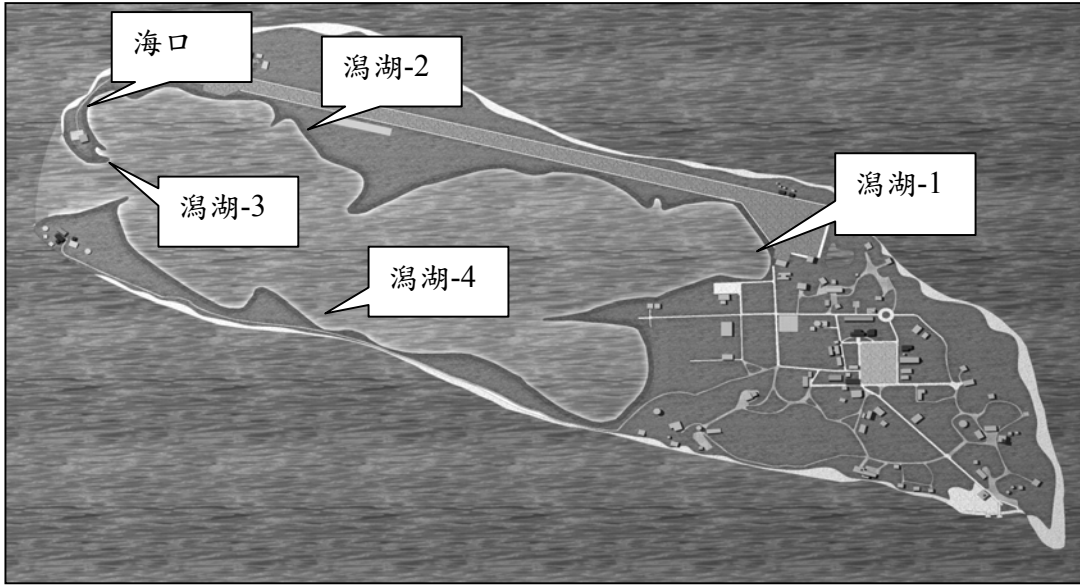


圖 2.14 瀉湖水質採樣點

第三章 規劃與評估東沙群島能源替代之可能性

3.1 各種替代能源評估及優缺點比較

本節就依東沙島地形或可採行之各種替代能源如風力發電、太陽能發電、太陽能供應熱源、海水溫差發電、波浪發電及潮差發電等加以評估。

就風力發電而言，人類很早以前即以帆船、風力水車、風車磨坊等裝置利用風能，十九世紀末更將風車與發電機連結，藉由風力推動風車扇片使之轉動，然後帶動發電機發電，亦即將風能轉換成電能加以利用，風力發電遂成為現代風能應用主流。由於風力發電完全依賴自然風力，既不消耗其他能源，亦對環境影響輕微，所以世界各國均積極進行開發利用。目前再生能源中以風力發電較具經濟性、技術亦較成熟，為現階段應用最普遍的再生能源之一。設置風力發電廠，首先要考慮的是具有風力潛能優越之地區，依據德國聯邦政府大氣保護委員會的評估，年平均風速達每秒 4.0 公尺以上的地區，即具有開發風力發電之潛力。但風力發電除選擇風力強勁的地區外，尚須考慮其他相關因素，諸如地理區位、交通運輸、土地利用、地質狀況、輸配電狀況、噪音環保、景觀美質等加以綜合考量。由於東沙島地形東西較寬、南北較窄，中間隔一瀉湖，西北面為一機場跑道，西南區面積相當狹長，因此兩區皆不適宜設置風力發電廠，島上為一較為開闊的地型位於東面，但其為建築及人口密度較高的區域，若設置風力發電廠，則噪音之問題仍待解決，且設置風力發電廠仍有景觀上的疑慮，但由於風力發電成本遠較太陽能發電低，就澎湖風力發電廠而言，其發電成本約為 3.7 元/度因此雖有上述噪音及景觀之考量，但未來東沙島在考慮設置燃油替代發電設施時仍可加以評估風力發電之適用性，本研究將於 3.6 節估計東沙島之建議風力發電量。

太陽能是地球的生命泉源，亦是地球上的能源之母。太陽能技術主要是利用收集器將太陽輻射能量蒐集，以轉換成熱或電等形式的有用能源，供人類應用。太陽能可用於發電、產生熱能及製造氫氣等。現今所稱之再生能源，皆直接或間接受其作用與影響，然而此處所稱之太陽能係指自然陽光中所具有之光能與熱能。因此，太陽能發電可按光能利用或熱能利用等不同方式，區分成太陽光能發電及太陽熱能發電兩種，由於東沙島緯度較低，全年日照豐富，因此極適宜設置太陽能發電及太陽能發熱系統，本研究將於 3.2 節計算其發電量。

海水溫差發電則是利用海面與深海處的溫差來發電，由於陽光只照到海的表層而無法照到海的深處，因此將會形成約 20°C 的溫差。海洋溫差發電的原理與目前使用之火力、核能發電原理相類似，首先利用表層海水蒸發低蒸發溫度之工作流體如氨、丙烷或氟利昂，使其汽化推動渦輪發電機發電，然後利用深層冷海水冷卻工作流體成液態，再予反覆使用。台電公司早於 1988 年便開始進行「台灣東部海岸溫差發電潛能研究」計畫，目前已完成一些基本的調查研究。就技術言，它最大的挑戰是深海海水管的鋪設，故迄今世界上還沒有一個商業性溫差電廠運轉經驗，且由於東沙島為一環礁地形，水深不深導致溫差不足，因此在東沙設置海水溫差發電的可行性相當低。此外，依據經濟部能源委員會於 1992 年底完成的「台灣東部海洋溫差多目標利用之經濟分析」結果，在東部樟原地區設置一個容量 5000 瓩溫差電廠，約需 45 億 9 千萬元，發電成本高達 11.7 元/度。

波浪發電則是以波浪發電裝置將海浪動能轉換成電能。波浪發電裝置為了有效地吸收波能，其運轉型式完全依據波浪之上下振動特性而設計，利用穩定運動機制擷取波浪動能，然後再加以利用來發電。雖然波浪發電具有無污染以及不必耗費燃料之優點，然而其波浪之不穩定性及發電設備需固定於海床上，承受海水之腐蝕、浪潮侵襲破壞，以及效率不夠顯著、施工及維修成本相對過高等問題，限制了目前波浪發電之發展，致使波能發電系統研究開發成長趨緩。如同海水溫差發電，波浪發電之發電成本更高，約為13.72元/度，且由於東沙為環礁地形，波浪不足以發電，因此東沙島無利用波浪發電之可能性(台電網站)。

海水水位因引力作用產生高低落差現象稱之為潮汐，而潮汐發電便是利用此一功能轉換而獲得電能之方法。通常在海灣或河口地區圍築蓄水池，在圍堤適當地點另築可供海水流通之可控制閘門，並於閘門處設置水輪發電機，漲潮時海水經由閘門流進蓄水池並推動水輪機發電，退潮時海水亦經閘門流出並推動水輪機發電，如此雙向流發電裝置是目前潮汐發電之主要應用方式。若以目前低水頭水輪機應用技術而言，基本上只要有一米的潮差及可供圍築潮池的地形即可應用發展，但具經濟性理想潮差6~8公尺。台灣沿海之潮汐，最大潮差發生在金門、馬祖外島，約可達5公尺潮差，其次為新竹南寮以南、彰化王功以北一帶的西部海岸，平均潮差約3.5公尺，其他各地一般潮差均在2公尺以下，與經濟性理想潮差6~8公尺仍有相當差距。而東沙島為環礁地形，潮差不足以發電，因此東沙島無利用潮汐發電之可能性。

因此，就東沙島而言，僅有太陽能發電、太陽能發熱與風力發電較具可行性。太陽能、風力皆為自然形成之資源，亦為再生能源。於1980年起，再生能源已逐漸被重視，1990年，則被認為比石油、煤、碳、天然氣或核能，更具優勢，依能源形成(表3.1)而言，太陽能與風力皆可短時間形成，且依輸入每單位能源所得到之能量產出效率(表3.2)而言，比水力更具有成效。有關太陽能發電、風力發電及傳統燃油發電之比較如表3.3所示。

表 3.1 各再生能源之形成時間

| 短時間形成 (幾小時至幾天) | 中長時間幾成 (幾個月到幾年) | 長時間形成 (幾百年到幾百萬年) |
|-------------------|--------------------|---------------------|
| 風力 水力 陽光 | 生物質量 海洋溫差 | 煤碳 石油 天然氣 |

表 3.2 各能源之產出效率

| 產能技術 | 所須土地面積 (ha) | 能量效辛 (產出：投入) |
|------|-------------|--------------|
| 水力 | 75,000 | 48:1 |
| 生質能 | 220,000 | 3:1 |
| 太陽能 | 5,200 | 4:1 |
| 風力 | 11,666 | 5:1 |
| 煤碳 | 363 | 8:1 |
| 核能 | 48 | 5:1 |

表 3.3 太陽能、風力發電與傳統燃油發電之優缺點比較

| | 風力 | 太陽能 | 燃油發電 |
|----|--|--|--|
| 優點 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 可再生能源 2. 無污染 3. 佔地少 4. 不淹地 5. 工期短 6. 運轉管理人員少 7. 較便宜，約 3.7 元/度 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 太陽能可用於發電、產生熱能及製造氫氣等，為可再生能源 2. 無污染 3. 可有效利用空間 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 穩定 2. 可連續運轉 3. 佔地少 4. 運轉管理人員少 5. 技術發展成熟 3. 最便宜，約 2.0 元/度 |
| 缺點 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 能源密度低的隨機性能源 2. 易產生噪音（氣動噪音及機械噪音） 3. 會有陰影閃爍及反光 4. 無法連續地供應 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 由於太陽能之不穩定性，作為供應熱源，須有補助熱源 2. 運轉管理人員多 3. 設備表面灼熱，需預防火災之虞 4. 無法連續地供應，故要轉換成電能或機械能之效率不高。 5. 較貴，約 20.7 元/度 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 不可再生能源 2. 燃油發電機會有噪音 3. 污染性高 4. 會有溫室效應問題 |

3.2 太陽能發電及太陽能供應熱源最大能源供應量

一、太陽能發電量推估

太陽電池的供電能力隨日射量的強度而定，因此根據台灣地區日射量資料換算為發電量過程如下：

1. 卡、焦耳皆為熱量單位，其中1卡=4.184焦耳，1焦耳=0.2390卡。
2. 瓦特（W）為功率單位，其中瓦特=焦耳/秒（ $W=J/t$ ）。
3. kW=1千瓦特或千瓦
4. MJ=百萬焦耳

故以百萬焦耳為日射量單位的台灣日射量資料，轉換為太陽能光發電量時，要考慮的因素為

- (1) 日射能量的分布為中午最高，清晨及傍晚低，夜間無日射量，因此實際日射量的分布並不均勻，故在欠缺逐時日射量的資料下，先假設一天中太陽輻射平均分配在12個小時內來換算為W（瓦特）
- (2) 太陽照射到太陽能電板後，受轉換效率的影響，目前科技最多可有15%的轉換效率，故日射量轉換為功率後再乘以電池轉換效率即為該地日射條件下可能擁有的發電量。

一天日射量再除以秒數即可換算為功率（W，瓦特），但發電量大多以KW（千瓦）為單位，故日射量百萬焦耳/天·平方米（ $MJ/day \cdot m^2$ ）須先換算為KJ（仟焦耳）/天·平方米，所以，1百萬焦耳=1000千焦耳=1000千焦耳/天·平方米

若一天以12小時的日照時數秒數來換算，則

$1000 \text{ 千焦耳/天} \cdot \text{平方米} = 1000 \text{ 千焦耳} / 43200 \text{ 秒} \cdot \text{平方米} = 0.023 \text{ 千瓦/平方米}$

若將太陽電池轉換效率設定為目前最先進的15%，則一天1百萬焦耳的日射量照射在轉換效率15%的1平方米的電板上可發電0.00345kW。

由於目前東沙群島並無日照統計資料，因此本研究利用日本上越教育大學中川清隆博士所建立的網頁：http://www.juen.ac.jp/scien/naka_base/met_cal/solar.html 推估東沙島之日照能量，再加以修正後推估東沙島太陽能各月發電量如表 3.4 所示，並參考表 3.5 所示東沙島各建物的規格表，將其中建物面積大於 $100m^2$ 者挑出，並計算各建物各月每日最大太陽能發電量，如表 3.6 所示，得到平均每日總發電量為138kW/天。但由於每棟建物太陽能發電與太陽能發熱只能二者選一，因此需將太陽能發熱綜合考量後方能選擇太陽能發電地點及總發熱量。

表 3.4 東沙島太陽能發電量推估

| 月份 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 平均一天日照能量(W/m ²) | 956 | 1022 | 1133 | 1240 | 1252 | 1273 | 1257 | 1254 | 1248 | 1203 | 1100 | 994 |
| 日照時數 | 4.8 | 3.6 | 3.5 | 3.8 | 4.5 | 5.5 | 8.0 | 7.4 | 6.7 | 6.8 | 6.0 | 5.7 |
| 平均一天日照能量 (MJ/m ²) | 16.5 | 13.2 | 14.3 | 17.0 | 20.3 | 25.2 | 36.2 | 33.4 | 30.1 | 29.4 | 23.8 | 20.4 |
| 修正係數 (晴朗天氣*0.7) | 11.6 | 9.3 | 10.0 | 11.9 | 14.2 | 17.6 | 25.3 | 23.4 | 21.1 | 20.6 | 16.6 | 14.3 |
| 理論發電量(kW/m ²) | 0.27 | 0.21 | 0.23 | 0.27 | 0.33 | 0.41 | 0.58 | 0.54 | 0.48 | 0.47 | 0.38 | 0.33 |
| 實際發電量(kW/m ²) | 0.0399 | 0.0320 | 0.0345 | 0.041 | 0.049 | 0.0609 | 0.0874 | 0.0807 | 0.0727 | 0.0711 | 0.0574 | 0.0493 |

表 3.5 東沙島建物規格整理

| 建物名稱 | 居住人數 | 新測屋頂規格 | | 面積 (m ²) | 浴廁 | 建物名稱 | 居住人數 | 新測屋頂規格 | | 面積 (m ²) | 浴廁 |
|--------------|------|--------|-----|-------------------------|--|---------------|------|--------|-----|-------------------------|--|
| | | 長 | 寬 | | | | | 長 | 寬 | | |
| 小吃部 | 已無 | 12m | 5m | 60 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 | 海水淡化場 | 0 | 8m | 4m | 32 | <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 |
| 東沙分隊 | 10 | 10m | 5m | 50 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 | 聰良場 | 0 | 12m | 10m | 120 | <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 |
| 理髮部 | 0 | 7m | 4m | 28 | <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 | 克強場 | 0 | 6m | 6m | 36 | <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 |
| 中正堂 | 0 | 50m | 8m | 400 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 | 焚化爐 | 0 | 5m | 5m | 25 | <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 |
| 水電中心 | 6 | 10m | 6m | 60 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 | 工材庫 | 0 | 6m | 8m | 48 | <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 |
| 東光醫院 | 6 | 20m | 7m | 140 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 | 油漆庫 | 0 | 6m | 8m | 48 | <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 |
| 職務官舍 | 0 | 30m | 7m | 210 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 | 衛星追蹤站 | 0 | 6m | 7m | 42 | <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 |
| 麵包房 | 0 | 8m | 4m | 32 | <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 | 衛星追蹤站 發電機房 | 0 | 6m | 8m | 48 | <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 |
| 修護組室內 集用場 | 0 | 8m | 4m | 32 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 | 糧秣庫 | 0 | 30m | 15m | 450 | <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 |
| 修護組寢室 | 5 | 8m | 24m | 192 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 | 一據點 | 8 | 6m | 7m | 42 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 |
| 指揮部 | 5 | 25m | 6m | 150 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 | 二據點 | 6 | 12m | 4m | 48 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 |
| 勤指中心 | 8 | 10m | 6m | 60 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 | 三據點 | 8 | 20m | 6m | 120 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 |
| 軍郵局 | 0 | 7m | 7m | 49 | <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 | 四據點 | 8 | 20m | 8m | 160 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 |
| 偵巡組 | 10 | 5m | 5m | 25 | <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 | 五據點 | 9 | 20m | 8m | 160 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 |
| 通電組 | 6 | 15m | 5m | 75 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 | 六據點 | 8 | 30m | 8m | 240 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 |
| 圖書室 | 0 | 7m | 7m | 49 | <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 | 七據點 | 10 | 10m | 8m | 80 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 |
| 沙畫教室 | 已無 | 8m | 5m | 40 | <input type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 | 八據點 | 6 | 10m | 10m | 100 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 |

表 3.6 東沙島大於 100 平方公尺建物各月每日最大太陽能發電預估量(kW)

| 據點名稱(面積 m ²) | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 平均 |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------------|
| 中正堂(400) | 16 | 13 | 14 | 16 | 20 | 24 | 35 | 32 | 29 | 28 | 23 | 20 | 23 |
| 東光醫院(140) | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 12 | 11 | 10 | 10 | 8 | 7 | 8 |
| 職務官舍(210) | 8 | 7 | 7 | 9 | 10 | 13 | 18 | 17 | 15 | 15 | 12 | 10 | 12 |
| 修護組寢室(192) | 8 | 6 | 7 | 8 | 9 | 12 | 17 | 15 | 14 | 14 | 11 | 9 | 11 |
| 指揮部(150) | 6 | 5 | 5 | 6 | 7 | 9 | 13 | 12 | 11 | 11 | 9 | 7 | 8 |
| 聰良場(120) | 5 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 10 | 10 | 9 | 9 | 7 | 6 | 7 |
| 糧秣庫(450) | 18 | 14 | 16 | 18 | 22 | 27 | 39 | 36 | 33 | 32 | 26 | 22 | 25 |
| 三據點(120) | 5 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 10 | 10 | 9 | 9 | 7 | 6 | 7 |
| 四據點(160) | 6 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 14 | 13 | 12 | 11 | 9 | 8 | 9 |
| 五據點(160) | 6 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 14 | 13 | 12 | 11 | 9 | 8 | 9 |
| 六據點(240) | 10 | 8 | 8 | 10 | 12 | 15 | 21 | 19 | 17 | 17 | 14 | 12 | 14 |
| 八據點(100) | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | 8 | 7 | 7 | 6 | 5 | 6 |
| 每日最大發電量(kW) | 98 | 78 | 85 | 101 | 120 | 149 | 212 | 196 | 178 | 174 | 141 | 120 | 138 |

二、太陽能發熱量推估

本研究以相同條件的供應熱水情形，來推估使用熱水器所耗用之能源量。熱水設備的能量耗用計算是以熱水升高的溫度集熱水使用量來直接換算成所需的能量(kcal)即以熱水之使用量乘上熱水上升之溫度來求得其耗能量。計算公式如下：

$$H = m \times S \times \Delta T \quad H: \text{熱水耗能 (kcal)}$$

m : 熱水使用量 (kg)

S : 水之比熱 1.0

ΔT : 熱水上升溫度 (°C)

假設水管內自來水常溫為20°C，而洗澡時所使用之水溫為40°C，則使一立方公尺的水由20°C加熱至60°C，理論上所需能量為：

$$1\text{m}^3 \times 1000\text{kg/m}^3 \times 1 \times (40 - 20) = 20000\text{kcal} = 20000 \times 1/860 = 23.25\text{kWh}$$

由上述之計算可得之由20°C加熱至40°C時，每1000公升淋浴水需要23.25kWh，由於本研究中規劃每人每天供應淋浴水75公升（將於第五章中說明），因此每供應一個人的淋浴用水加熱所消耗之熱量為1.75kWh。表3.7所示為表3.6之建物中所居住的人口數及該建物若採太陽能發熱供應淋浴用水後所剩之發電量，由該表可看出所有建物若採太陽能發熱皆無剩餘太陽能可供發電，又目前東沙已於東光醫院設置9kW之太陽發電設備，因此本研究初步建議東沙島可於中正堂、東光醫院、職務官舍、聰良場及糧秣庫設置太陽能發電設備，扣除東光醫院已受能源局補助設置外，尚需設置四套裝置，其平均總發電量為75kW，可供日光燈等弱電使用。另可於修護組寢室、指揮部、三據點、四據點、五據點、六據點及八據點設置太陽能發熱設備，其發熱量若有不足可再由一般燃油發電補足之。

表3.7 東沙島各建物人口數及該建物若採太陽能發熱供應淋浴用水後所剩之發電量

| 據點名稱(面積 m ²) | 平均發電量 (kW) | 現居住人口 | 淋浴用水耗熱量 (kWh) | 選擇發熱或發電 | 剩餘發電量(kW) |
|--------------------------|------------|-------|---------------|---------|-----------|
| 中正堂(400) | 23 | 0 | 0 | 電 | 23 |
| 東光醫院(140) | 8 | 6 | 0 | 電 | 8 |
| 職務官舍(210) | 12 | 0 | 0 | 電 | 12 |
| 修護組寢室(192) | 11 | 5 | 8.75 | 熱 | -- |
| 指揮部(150) | 8 | 5 | 8.75 | 熱 | -- |
| 聰良場(120) | 7 | 0 | 0 | 電 | 7 |
| 糧秣庫(450) | 25 | 0 | 0 | 電 | 25 |
| 三據點(120) | 7 | 8 | 14 | 熱 | -- |
| 四據點(160) | 9 | 8 | 14 | 熱 | -- |
| 五據點(160) | 9 | 9 | 15.75 | 熱 | -- |
| 六據點(240) | 14 | 8 | 14 | 熱 | -- |
| 八據點(100) | 6 | 6 | 10.5 | 熱 | -- |
| 每日最大發電量(kW) | 138 | | | | 75 |

3.3 太陽能發電及太陽能供應熱源設備需求

一、太陽能發電設備

太陽能發電系統的發電原理為：太陽電池是直接將光能轉換成電能的元件，其基本構造是運用半導體之PN 接合而成，將光照射在太陽電池上，使半導體內部產生多數個帶負電之電子與帶正電之電洞，再利用P層與N 層分別將電子與電洞導出形成電流（能委會網站）。而此種太陽能光電池（solar cell）簡稱為太陽能電池，又可稱為太陽能晶片。電源來自於光的波長，太陽光是一種全域波長，而白熾燈的波長與日光燈的波長不同，太陽能電池以陽光或白熾燈的波長（紅、黃波長區域）為較適用，而太陽能電子計算機上的太陽電池屬於「室內型的非晶」，如果長期拿到戶外曝曬，且串並聯為較大電壓及電流時，將導致期內連結組織燒斷而損壞。在多種原料中，矽（Silicon）為主要代表，在太陽能電池市場佔有率為96%，太陽能電池是以其轉換效率作分等，簡要說明如下：

- 1.單結晶矽（single crystal）以單結晶矽來說，商業級（印刷式）晶片從11~15%，特殊定製品從15~17%，太空級（蒸鍍式）晶片從16~24%。由於單晶矽之光電轉換效率較高，為市場之主流，然因使用矽半導體晶圓為材料，材料來源有匱乏之虞，且成本較高。
- 2.多結晶矽（poly crystal）多晶矽係經再結晶化製程生產出之晶圓，由於製造成本較低，且大面積化容易，唯其光電轉換效率較單晶矽差，然因具有價格競爭之市場優勢，故市場需求成長逐年提高
- 3.非結晶矽（amorphous）非晶矽太陽電池系以玻璃基板、金屬箔或塑膠片為基材，以化學蒸鍍技術將矽材料鍍膜於上，形成PN接合層，其優點在於光吸收效率高，材料便宜，製程容易，易於大面積化，唯其光電轉換效率較結晶矽差。
- 4.化合物半導體，化合物半導體以GaAs之轉換頻率最高，在實驗室可達30%。唯因材料及製作成本高，僅適用於特殊用途，故大量生產之商品化不高。CdTe太陽電池屬於II-IV族化合物半導體，對太陽光譜具有最適的吸收係數，且為直接遷移型半導體，在物性上具有優越的地位，另一CuInSe₂(CIS)為三元素化合物太陽電池，其特性具有較佳的光吸收係數，其膜厚僅數mm，與CdTe被視為未來可期待之太陽電池材料。

當然效率愈高價格就愈貴。目前市場應用上大多為單晶矽及非晶矽兩大類，原因是1.單晶矽效率最高。

2.非晶矽價格最便宜，且無須封裝，生產也最高。

3.多晶的切割及下游再加工較不易，前兩種都較為容易。

太陽能光電系統係先由一個個太陽光電池(solar cell)，焊上箔條導線，再將許多焊好的晶片用箔條串聯成一組，一同放入層壓機（Laminate）的機台上作真空封裝，製成module（plane），稱之為模組或太陽能板（能委會網站），將若干太陽能板組成方陣（列陣array），再藉模組之串並聯經由直交流轉換器（inverter），蓄電池及其充電控制器（charger controller），輸出調整器（regulator）自動轉換控制器（controller）與市電並聯而成（各種不同的應用系統，分別有各自不同的配備。

二、太陽能發熱設備

太陽能熱水器的構成主要包括集熱板、儲熱桶、輔助電熱器與控制裝置。本研究討論的範圍尚包括支撐架、熱水循環管路、系統的冷熱水管路。

一、集熱板的構造

集熱板的詳細構造可分為面蓋、吸熱板、隔熱材料與外框等項。吸熱板常見的有管式及板式兩種。管式吸熱板為將吸收板與吸收管分別製造，再焊接而成。所用材料一般為鋁板銅管或銅板銅管式。板式吸熱板則為將吸收板衝壓成凹槽，兩片相對焊接而成，期凹槽極為吸收管，一般多用不銹鋼製成。近年因化工業的發展，亦有塑膠或纖維製品以模具製造，一體成型。不論何種型式，吸熱板的表面均需加以處理，一方面增加吸熱性能，並可以防止腐蝕，延長使用壽命。常用的表面處理有噴漆、烤漆及電鍍三種，其中以電鍍性能最佳，但成本亦高。集熱器的底面及側面，以隔熱材料防止熱損失，表面覆上一層透明面蓋接受入射之陽光，並減少對流熱損失。外框是用來固定吸熱板、面蓋及隔熱材料等部分，必須使用堅固耐用之材料，一般多為不銹鋼製成。

二、儲熱桶的構造

儲熱桶為太陽能熱水器的另一主要部分，可分為立式與橫式兩種。內部構造大略相同，都是內外各一層水桶，中間填塞隔熱材料保溫。由於儲熱桶高度較大則桶內冷熱水較不易混合，因此以立式儲熱桶集熱效果較好。但市面上由於美觀及佔空間較小等因素，大多採用橫式儲熱桶。為減少冷熱水之混合，造成出熱水水溫不足，儲熱桶亦有種種特殊設計，如分層隔板、進水檔板、浮動式出水管或補進冷水時段控制閥等可在部分產品中見到。

三、輔助電熱器與控制裝置的構造

- 1、輔助電熱器：為使用戶在連續陰雨天或用熱水量較大時仍有足夠熱水使用，太陽能熱水器需另加設輔助電熱器。市面上的輔助電熱器多約為四千瓦的功率。有些太陽能熱水器的儲熱桶內直接裝設電熱器作為輔助加熱器；也有些太陽能熱水器在儲熱桶出熱水管路上串接一輔助電熱器。
- 2、控制裝置：為確保輔助電熱器的正常使用與安全，各家產品亦會裝設相關的控制安全裝置。如超高溫斷熱器、低水位斷路器、漏電斷路器、短路保護器、加熱定時器、溫度控制器等。為減少用戶使用的麻煩，許多廠商均在安裝時即替用戶將控制器設定完成並固定設定值；在產品文宣中，亦可見「自動控制配件」、「全自動」、「NO TOUCH」、「自動全年熱水供應」等功能，作為輔助電熱器的使用特性訴求。

四、支撐架

為安裝太陽能熱水器集熱板與儲熱桶，需以支撐鐵件固定。市面上常用的支撐架多為工廠已裁切之固定模矩長度之L型角鐵，於施工現場以螺絲固定。為防止颱風造成集熱板或儲熱桶的損壞或意外事件，支撐架底部需牢固著於樓板結構體上，為了不破壞原結構體防水性能，最好不要直接以自攻螺絲打於結構體上，而以混凝土基座來架設連結，螺絲並做防銹處理。另外，為防止強風造成集熱板脫落意外，安裝商會以上下角鐵夾住集熱板或以鐵絲加強固定。

五、熱水循環管路

熱水循環管路包括集熱板至儲熱桶的循環熱水管與儲熱水桶至集熱板的循環冷水管。循環水管應該於管路外層包覆保溫材料，由於位於屋頂受陽光直接曝曬，保溫材料外層應再包覆保護材料，包括防水及防紫外線破壞，惟國內廠商之施作大部分缺乏此保護材料之考慮。

六、系統的冷熱水管路

一般而言，為減少熱水管路熱量損失，熱水管線長度應儘量減短。市面上常見的給熱水管口徑約為四分及六分管，材質為Pb管或金屬管，管外部亦應包覆保溫材及保護材。管路架設最好約離地十公分，以避免下雨樓板面積水，管路浸

於積水處經日照造成保溫材破壞。當用戶使用熱水時，儲熱水桶內之熱水減少，為使冷水順利補充進儲熱桶內，冷水塔的位置需高於儲熱桶，方可使冷水因重力與密度較大之關係而自然補充至儲熱桶內。若施工現場條件限制，冷水塔無法高於儲熱桶時，則需加裝一揚水泵浦將水打至儲熱桶內。儲熱桶通常會加裝溢水管，將過多水排除，部分廠商將溢水管連接回高架水塔以避免浪費水，部分廠商則將亦水直接排至外面。為防止儲熱桶內的熱水逆流回冷水塔，部分廠商會於冷水塔至儲熱桶之進冷水管上裝設逆止閥。

3.4 太陽能發電之建置及維護經費成本與效益評估

一、建置成本

本研究以目前市面太陽能發電裝置之成本資料推估東沙島太陽能發電之建置成本如表 3.8 所示，利用前述之規劃即設置 4 座太陽能發電，主要設備包括太陽光電系統、蓄電池、直流/交流換流器、直流匯流中心及電力儀表箱，總價需 35,125,000 元。另表 3.9 及 3.10 中即為太陽能供熱系統之設備及經費，每組約 20 萬元，需建置 7 組共需約 140 萬元，加上其餘施工費用以 100 萬元估為建置費用，因此總建置成本為 37,525,000 元。而在太陽能電池更換費方面，目前更換 48Vdc、1,500A 之太陽能蓄電池約需 500,000 元。

表 3.8 東沙島建置太陽能發電系統之經費

| 設備 | 數目 | 單價 | 總價 | 備註 |
|------------------------|------------|-----------|------------|--|
| 10kW 太陽光電系統 | 10 式 | 3,000,000 | 30,000,000 | 含太陽光電模組，太陽光電控制系統與保護裝置，分電箱與支撐腳架、安裝基礎座等 |
| 蓄電池 48Vdc 1,500A | 5 式 | 500,000 | 2,500,000 | 含安裝腳架，陣列組合配線安裝等 |
| 直流/交流換流器 | 5 台 | 220,000 | 1,100,000 | (1) 額定容量: 4,000VA 或以上(連續) (2) 輸入系統電壓: 48VDC (3) 輸出電壓: 1φ,120V/220V,60HZ (4) 交流波形: Sine Wave,34-52 steps/cycle (5) 具 ATS 功能,當蓄電池容量過低時,能自動將負載切換至發電機之功能 |
| 直流匯流中心 | 5 式 | 140,000 | 700,000 | |
| 電力儀表箱 | 5 式 | 165,000 | 825,000 | 材質: 不銹鋼板烤漆,1.2t 以上 功能: 為風力發電系統，太陽光電系統，負載系統，電力控制器，換流器，蓄電池等之切換接續介面及感知器、開關等材料之轉換接線 |
| 總價 | 35,125,000 | | | |

備註: 本項工程不含海上運輸作業費用

表 3.9 東沙島建置太陽能供熱系統之設備

| | 設備內容 | 單位 | 規格 |
|----------------|----------------------|--------------------|------------------|
| 水槽 | 尺寸 (圓徑 × 長度) | mm | 510× (F33+F55) |
| | 裝箱尺寸 (長 × 寬 × 高) | mm | |
| | 容水量 | Liters | 330 |
| | 淨重 (裝箱重量) | kg | 65 |
| | 滿水重 | kg | 395 |
| | 內桶材質 SUS 304# 厚度 | mm | 1.2 (1.5) |
| | 保溫材 PU 厚度 | mm | 37 |
| | 配管口徑 PS B 外牙 (進、出水口) | Inch | 3 / 4 |
| | 最高耐水壓 | kg/cm ² | 3 |
| F33+F55 集熱器 | 集熱片數 | Pc (s) | 3 |
| | 尺寸 (長 × 寬 × 高) | mm | 2005 × 3210 × 75 |
| | 有效集熱面積 | m ² | 5.76 |
| | 容水量 | Liters | 6 |
| | 淨重 (裝箱重量) | kg | 104.1 |
| | 透明面蓋強化玻璃厚度 | mm | 3 |
| | 外箱材質 SUS 304# 厚度 | mm | 0.4 |
| | 吸熱銅板覆選擇性吸收膜 | cm | 0.02 |
| | 集熱管無磷銅管 14 支, 口徑 | cm | 1.254 |
| | 匯流管無磷銅管口徑 | cm | 2.54 |
| | 玻璃棉保溫材厚度 | cm | 3.6 |
| | 管牙 PS B 外牙 (排水口) | Inch | 3 / 4 |
| 整台總 成 | 最大尺寸南北向長度 | mm | 2500 |
| | (含循環配管) 東西向寬度 | mm | 3465 |
| | 熱水口 (標準台架) 離地高度 | mm | 1235 |
| | 熱水口 (低台架) 離地高度 | mm | 815 |
| | 台架重量 (標準台架 / 低台架) | kg | 46.0 / 40.0 |
| | 含台架淨重 | kg | 270 |
| | 含台架滿水重 | kg | 551 |
| | 整台裝箱總重量 (含台架) | kg | (86+139) |

備註: 本項工程不含海上運輸作業費用

表 3.10 東沙島建置太陽能供熱系統之經費

| 項目 | 品名 | 單價 | 規格說明 |
|---------|----------|-------|--|
| 太陽能 | F35 集熱器 | 12500 | 75 × 1010 × 2005 mm , 4 分銅管 × 14 支 |
| | F37 太陽能 | 10600 | 75 × 1010 × 2005 mm , 4 分銅管 × 8 支 |
| | F33 太陽能 | 33500 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 符合政府補助規格產品 2. 含循環配管及熱鍍鋅台架 3. 電熱管及溫控須另購置 |
| | WTO F33 | 31200 | |
| | F55 太陽能 | 47500 | |
| | WTO F55 | 43200 | |
| | F555 太陽能 | 80500 | |
| | WTO F555 | 70500 | |
| | WTO F888 | 60200 | |
| | 電熱控制 | 10600 | |
| 電熱水器、單相 | F12G 掛壁 | 10500 | |
| | F12G 臥地 | 11500 | |
| | F20G 立地 | 12200 | |
| | F20G 掛壁 | 14200 | |
| | F20G 臥地 | 13600 | |
| | F33G 立地 | 16100 | |
| | F33G 掛壁 | 18100 | |
| | F33G 臥地 | 17100 | |
| | F55G 立地 | 27600 | |
| | F55G 臥地 | 24000 | |
| | F8G 掛壁 | 10000 | |
| | F8G 臥地 | 11000 | |

備註: 本項工程不含海上運輸作業費用

二、維護管理

維護方面主要面向包括玻璃面積塵明顯、表面白垢、水氣聚集、鳥糞污染、邊框腐蝕及生鏽等。太陽能熱水器因需取得太陽充足的照射，長期直接曝置於室外，日曬雨淋造成保溫裂化與金屬腐蝕，而都市的落塵則影響集熱板玻璃之潔淨度，若無適當定期維護，設備劣化情形可能相當嚴重。因此，若欲維持太陽能熱水器的性能，用戶應有定期自行簡易維護的習慣，而維護工作的順利與否則有賴適當的維護設施與足夠的維護空間。

1、集熱板與儲熱桶：自來水中的鈣鎂離子，在水溫較高的環境中容易結白垢，集熱板中密集細小的集熱管若管壁結垢，會使集熱性能降低。因此，用戶應定期（約半年一次）排放集熱板內的黃水，避免結垢的產生。儲熱桶內的熱水也會造成桶內壁的結垢，雖然儲熱桶可藉由裝設鎂極棒來避免結垢，但用戶定期清除桶內黃水更有助於維持產品的使用壽命。

2、單槍混合龍頭：單槍混合龍頭是以內部的構件將冷熱水隔離，利用轉動把手來控制構件使冷熱水混合達到所需的出水水溫。但若構件老舊磨損，會使冷水與熱水相通，由於冷水水壓大於熱水水壓，且冷水塔通常高於儲熱桶，使管內冷水擠壓熱水回至儲熱桶再經由溢水管排出，造成儲熱桶內熱水不熱現象。因此，太陽能熱水器的用戶應有定期檢查單槍混合龍頭的習慣。

3、高架冷水塔：儲熱桶內的水是由高架冷水塔補充，若無定期清洗高架冷水塔，內部雜質及污物可能會經由補冷水管進入儲熱桶內，再經循環水管進入集熱板內造成腐蝕及阻塞，因此本研究亦調查用戶定期清洗冷水塔的習慣。

三、效益評估

東沙島目前以燃油發電為主，但燃油的開採及運輸會對環境帶來衝擊。如1967年Torrey Canyon油輪的船難，大約3千萬加侖原油洩到英吉利海峽及附近海灘。1989年美國Exxon石油公司的油輪釋放了超過1千萬加侖的原油到Prince William Sound，共花費了20億美元的清理經費，也對環境及生態帶來了巨大的影響。石油的燃燒亦會排放氮化物及硫化物。民國88年，台電燃油電廠的總裝置容量為530萬仟瓦，總共排放了45,937公噸的硫化物，23,880公噸的氮化物，以及1,731公噸的微塵到外界，估計台電燃油電廠的二氧化碳排放量為2,116萬公噸。

石油在使用前的提煉過程亦會污染環境，釋放有毒化學物質，如鉛、水銀、鎘、及砷到外界環境，這些污染物質會進入水源及食物鏈，對人體的健康造成影響。而在太陽能發電在發電過程中，則不會造成空氣污染，以日射量平均值來看，裝置1KW容量的太陽電池（使用轉換效率15%的電池需6.67平方公尺的太陽電板面積），發電12小時可產生2.89度電，取代燃煤發電，可減少2.75公斤的二氧化碳，取代燃油發電，可減少1.99公斤，取代燃氣發電可減少1.24公斤的二氧化碳。則全年365天可減少燃煤1003.75公斤、燃油736.35公斤、燃氣452.6公斤的二氧化碳。因此雖然應用太陽能發電及發熱設備基本上就經濟效益而言絕對遠低於現有的燃油發電，但世界上燃油的貯存量越來越低，且太陽能發電及發熱設備相較燃油發電而言較具環境親和力，因此太陽能發電及發熱設施在未來的發展就相形重要。

但單純就經濟效益而言，太陽能發電之成本約為20.7元/度，遠較目前燃油發電之2.0元/度高了10倍，因此極不具經濟效益。

3.5 太陽能發電及太陽能供應熱源潛在環境限制

太陽能熱水系統是利用太陽能集熱器，收集太陽輻射能把水加熱的一種裝置，是目前太陽能應用發展中最具經濟價值、技術最成熟且已商業化的一項應用產品，其應用範圍廣泛，包括：工業製程用水預熱和家庭、宿舍、旅館、醫院、餐廳與游泳池等熱水使用；太陽光電發電系統(PV System)有別於太陽熱能發電之技術原理，太陽熱能發電是利用反射聚光的設備將太陽光集中聚焦一個中央塔或線型真空管，而後產生高溫的蒸汽推動汽渦輪機產生電力。其潛在環境限制整理如下：

1.地理位置：

顧名思義太陽能發電與供應熱能就是利用太陽能製造電與熱水，使用太陽能之先決條件就是日照量要充足，基本上而言，東沙群島地處亞熱帶，日射量堪稱充足，但東沙群島面積狹小，南北日照情況又不同，尤其是冬天之差異更大，因此未來規劃設計太陽能之裝設必須審慎評估，最好有一年以上之日射量調查。

2.氣候限制：

晚上或陰雨天，沒太陽，無法使用太陽能來加熱用水或發電。

3.建築種類：

大部分太陽能熱水器與發電裝置都裝在屋頂上以便吸收太陽能，而東沙群島多屬獨棟房子，因此適合裝設太陽能熱水器與發電裝置。

4.必備輔助加熱與發電裝置：

為克服上述日照問題，而達到二十四小時皆有熱水可用，太陽能熱水器與發電(系統)一定要配備輔助加熱設備。以熱水器為例，其型式不外電熱、瓦斯與鍋爐，並且只要附溫控器，就可隨心所欲控制熱水溫度，十分方便。

3.6 太陽能海水淡化及風力發電系統之評估

根據李文興於向太陽借能量--熱能應用一文中指出，太陽能海水淡化系統這種設計在缺水地區甚具經濟效益，但是無法有經濟規模的生產量是其限制。太陽能或許很大，但要蒸發海水產生淡水的熱量也不小，以集熱面積及應用效率去換算，一平方公尺集熱面積一天大約只能產生 3.7 公升之淡水，以本研究中擬採取太陽能發熱產生淋浴用水的八據點為例，常駐人口為 6 人，每天需要的淋浴及盥洗用水量預估為 450 公升，因此需要 121.6 平方公尺的集熱面積，大於八據點建物的 100 平方公尺，因此試想若要以太陽能海水淡化系統來解決東沙缺水問題，則所需面積甚大，經評估過後實為不可行。太陽能海水蒸發器的設計簡易：海水下面是一層黑色防水材料以提高吸熱效果，上面蓋以一片傾斜的玻璃，四周須封閉以阻隔空氣，當然另有些參數要予以控制：如玻璃距海水表面的高度、玻璃傾斜角度及海水本身流量等都會影響淡水產出量。

而大型風力發電機通常採用水平軸型式(如圖 3.1 所示)，由風輪、變速箱(加速齒輪箱)、發電機、偏移裝置、控制系統、塔架等部件所組成。風輪的作用是将風能轉換為機械能，它由氣體流動性能良好的葉片裝在輪軸上所組成，低速轉動的風輪通過傳動系統由加速齒輪箱增速，將動力傳導給發電機。上述這些組件都安裝在機艙內，整個機艙由高大的塔架支撐，由於風向會經常改變，為了有效地利用風能，必須要有自動迎風的裝置，它根據風向感測儀測得的風向信號，由控制器控制偏移電機，驅動小齒輪再推動塔架上的大齒輪，使整個機艙藉由此自動控制的系統，能夠一直對向迎風面，表 3.11 即為各種葉片優缺點比較。現代之風力發電機於風速 3~4m/s 時自動啟動，12~15m/s 達定額輸出，25m/s 以上則因安全考量而自動停機。



圖 3.1 水平軸式風力機

以下即針對風壓及風能之計算做一整理：

$$\text{風壓與風速的二次方成正比 (風壓 } F = \frac{1}{2} \rho A V^2 \text{)}$$

風能與風速的三次方成正比（風能 $P = \frac{1}{2} \rho AV^3$ ）

（其中 ρ ：空氣密度、 V ：流動速率、 A 受風面積）

另風力特性風力有賴風車之轉動而取得，所得之風能公式為：

$$P = 0.37 \times 10^{-4} AV^3$$

（其中 P ：功率單位是千瓦（KW）、 A 為受風面積（單位公尺 m）、 V 為平均風速（單位為每秒公尺 m/s））。

風力發電機之特點包括裝置容量小、機組大型化，成本降低、不確定性高及電氣特性不同等，分述如下：

- （1）裝置容量小：目前風力發電最大原型機為 4.5MW，相較於傳統水、火力發電機組之裝置容量（1000MW）仍小許多。
- （2）機組大型化，成本降低：機組大型化，使安裝與發電成本降低。目前最成熟之機型為單機容量 600kW 中型機組。
- （3）不確定性高：較傳統火力、水利等發電方式而言，「風」來源具不穩定性。
- （4）電氣特性不同：傳統機組為同步發電機，具勵磁設備，可控制功率因素，風力發電機多為感應發電機，無勵磁設備，啟動時需消耗無效電力。若為同步發電機則需增加換流設備。

本研究收集東沙島風力能源資料並分風速及風向加以統計分析，如表 2.2 及圖 2.7 所示，為東沙島自民國 77~93 年之風速平均統計表，其風速全年平均約 5.4 m/s，最大可達 7.6 m/s。而表 2.3 則為風向出現次數平均統計表，可知產生風能之時間大多出現於秋、冬兩季且風向為北偏東 30~50 度。此數據即可作為日後東沙島於風力發電設計時之一重要參考指標。由於東沙島未來包含碼頭在內之用電量僅有 300kW，而風力發電僅為替代能源，因此建議東沙若欲採風力發電則可設置 4 座 20kW 之風力發電廠，其每天發電量為 80.0kW，其每座風力發電廠之建置成本約為 200 萬元，總建置成本約為 800 萬元。而發電成本則為 3.7 元/度。

表 3.11 各種葉片優缺點比較

| 葉片形式 | 優點 | 缺點 | 容量 |
|--------|------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| 固定葉片 | 構造簡單、價格低 | 無法追隨風力調整發電機出力，電壓變動較大 | 小容量機組 (約 500kW 以下) |
| 可動葉片 | 可隨風力調整發電機出力，電壓變動較小。經由改變受風角度，協助風機停機 | 構造複雜 價格高 | 大容量機組 (約 500kW 以上) |
| 主動固定葉片 | 可隨風力調整發電機出力，電壓變動較小。經由改變受風角度，協助風機停機 | 構造複雜 價格高 | 大容量機組 (約 500kW 以上) |

3.7 東沙群島能源替代規模與規範

東沙島現階段能源來自燃油發電，未來每日發電量約500kW，已能達島上用電量需求，但為達到環境污染之減量目標，東沙島能源替代方案勢在必行，以下即擬定東沙島能源替代規模與規範，建議近程設立太陽能發電、太陽能發熱系統，中長程則待克服噪音及景觀問題後設立風力發電系統，作為東沙島未來能源供應之需求。以利日後推動東沙島能源替代之進行。

一、風力發電方面，建議設立4座風力發電機組，其潛在發電量約80kW，其建置成本為8,000,000元。

二、太陽能發電方面，可利用較大面積之建物樓頂部分進行安裝建置，建議於中正堂、東光醫院、職務官舍、聰良場及糧秣庫設置太陽能發電設備，共計5座太陽能發電裝置，其中東光醫院已受能源局補助先行設置，因此尚需設置四座太陽能發電裝置。其平均總發電量為75kW，總計需建置經費約為35,125,000元。

三、太陽能發熱方面，建議修護組寢室、指揮部、三據點、四據點、五據點、六據點及七據點設置太陽能發熱設備，共計7座太陽能供熱裝置。總計需建置經費僅2,400,000元，其不足的發熱量再由一般燃油發電補足之。

四、由於未來含碼頭用電在內，東沙島所需用電量共約300kW(碼頭)，未來可供應電量為燃油發電之500kW及太陽能發電之75kW與風力發電80kW，共計655.5kW，扣除後所剩之用電量為355.5kW，如表3.12所示，若假設未來東沙開放觀光，住宿旅客之尖峰用電量為0.5kW估計，則未來東沙開放觀光後約可容納710名觀光客，唯此數據必須再與用水需求、建物面積及東沙島面積一併考量。

表 3.12 東沙島能源規劃整理

| 發用電類別 | 參考值(kW) |
|--------------|---------|
| 燃油發電 | 500 |
| 太陽能發電 | 75 |
| 風力發電 | 80 |
| 可發電量 | 655 |
| 碼頭 | 110 |
| 島上原本用電量 | 190 |
| 不開放觀光剩餘用電量 | 355 |
| 住宿觀光客每人尖峰用電量 | 0.5 |
| 可開放觀光客人數 | 710 人 |

第四章 東沙群島現有建築、照明與空調設備之省能方案

本章主要針對東沙島現有建築提出省能方案，並探討島上照明之節能方案，以及島上使用空調設備之最佳能源利用策略。根據第四章所探討之東沙群島能源替代可能性，未來島上建築省能作業方面，可於建築物周圍種植樹木以降低建築物溫度，或建築物裝設氣窗以引導氣流進入，降低室內溫度；在照明省能作業方面，如使用省電燈泡與養成隨手關燈之習慣，亦相當重要；空調省能作業方面，空調等冷氣設備最低開啟溫度應設為 28°C，並注重定期保養與清潔以節省能源消耗。以下探討建築、照明與空調設備之省能方案，分述如下：

4.1 建築省能方案之調查與評估

全球關於建築節能課題的研究，大多以歐洲、北美洲及亞洲的日本為主，若以地球整體環境來看，這些國家均位於高緯度（溫、寒帶）地區。位於熱帶區域之東沙群島，由於地域環境與前述國家迥然不同，因此建築節能技術與標準也應有所調整，而不能一味地抄襲與模仿國外的規範；同時熱帶地區也應發展屬於自身環境的節能技術與評估工具。以下將針對東沙群島建築節能應重視之建築省能材料與節能方式進行調查與評估，分述如下：

一、建築省能材料：

建築節能講究使用低量能源、節省水源、低毒性、回收、再利用、本土性。在探討東沙群島建築節能方案之同時，可就自然通風、採光、本土建材、地方文化特色、周圍植栽、減少廢棄物產生等作成綠色原則規定，但是建築省能最重要在於聰明地使用建築材料，目前地球主要之維生系統平衡能力已大不如前，太多化學品讓地球消化的能力已經大為降低，慎選綠建築之建築材料一方面不增加環境之負荷，一方面也有益於人類之健康。另外，建築常被包裹得密不通風，而每天又平均有百分之八十以上的時間處在建築物之內，所以如何選擇正確之建築材料以構築建築物，使其更具環境友善性，並增加居住或工作適宜性，正是綠建築政策之重點。

選擇綠建築材料首要之道應遠離含有大量揮發性有機複合物及其他有害之建材，另外需要具有高度可回收、可更新與可再利用性之材料，原始材料最好來自當地，並為可更新之資源，使用壽命長、低耗能、運送至工地方便、建造時為最省能與使用時為最具效率。採購當地之建材可以節省交通運輸量及減少能源消耗、污染，發展地方經濟及建立具地方文化特色之建築物。建築物設計規劃時，對於建築材料要進行生命週期分析，選擇省能、施工期短、保護環境、產生之廢棄物少與易於保養維護者。實際應用如使用含少量揮發性有機複合物之油漆和低汞燈泡、使用模組化之地磚與地毯等，以利修護及破損之更換。對於可能產生室內空氣污染物之建材應加以避免，例如含氫氣、高濕氣、含黴菌、含甲醛、含石棉、含過敏原粒狀物、含揮發性有機複合物太高者或油漆中之鉛含量太高者之建材應捨之不用。

針對東沙島建築之原始材料而言，生產過程中之耗能、可否回收再利用、使用期限等，為重要之考量因素。島上水泥之鍛燒與凝結劑之添加，將產生有害之溫室效應氣體二氧化碳等，同時水泥場亦有可能因洗滌等造成嚴重之水污染。未來島上若要更新建築物，必須選擇材料堅硬、使用期限長，而且不能引起室內之空氣污染問題。符合這些原則之建材，以木結構或鋼結構最佳，其中又以

鋼結構比木結構更佳，因鋼鐵回收再利用性高，惟兩者均須注意塗佈於其上之油漆是否含鉛濃度過高。不過為因地制宜，究竟使用木頭或鋼鐵，需視其實際需要，前者為自然絕緣體、風化快、重量輕，後者則為優良導電體、風化慢、重量重，各有適性。因此，未來島上建築必須遵循綠色建材及綠建築施工原則，透過使用者、設計者與建造者共同來商討決定。未來島上管理單位有必要訂定和過去不同之管理辦法加以獎勵或補助，以落實節能建築作業之推動。

二、建築節能方式：

針對東沙群島建築物節約用電方法，可歸納出以下五點：減輕建築物附屬設備的使用量，如電熱水爐等耗能多之設備；提高建築物附屬設備的效率，如高 EER 值之冷氣機，高效率用電設備；加強建築物隔熱，如利用遮陽板、窗簾與屋頂等隔熱來減輕冷氣設備之使用；使用電子式安定器日光燈，及使用如定時或感應自動開閉系統；自動調光系統等照明自動控制系統，節省大量照明用電。以下將針對東沙群島建築物屋內熱源之來源、隔熱方式、建築物照明節約用電與空調系統節約用電進行規劃與建議。

1. 屋內熱源

一般外來熱源分為透過窗戶玻璃進入室內或是直接太陽輻射熱及透過晒熱之牆壁、屋頂與玻璃進入室內之傳導熱，以及經由窗戶縫進入室內之對流熱等，示意圖如圖 4.1 所示。東沙群島夏季(5~9 月)之平均日射量，以水平面(即屋頂面)最大，東、西面次之，南面再次之，北面最小，其熱量大小約 4:2:1:0.8 之比，建築物夏季平均日射量比例圖如圖 4.2 所示，故房屋之開窗方向以南、北向最佳，如東西方向開窗，則要加遮陽或隔熱等設施。

2. 隔熱方式

良好之隔熱效果除選擇質良價廉之隔熱材料外，正確合適之隔熱方式，也是不容忽視的，建築物之室外熱量，通常是藉由屋頂及外牆傳導進入屋內。因此，在屋頂隔熱方面，可在室內設置天花板，並在中空樓板與天花板之間，以錫箔及空氣層加以隔熱，亦可使空氣層流動增加散熱效果。屋頂也可設置花園美化環境及隔熱，亦可設灑水設備噴水冷卻屋頂隔熱。在外牆隔熱方面，可加厚牆壁以達隔熱之效果，亦可種植茂盛樹木或爬藤植物來阻擋陽光直射達遮蔭隔熱。此外對於由門窗直射而入之陽光，需在窗外遮陽，直接將炎熱排拒戶外，以避免耗費大量冷氣用電，如圖 4.3 之各種遮陽方法，其中以外遮陽效果最好。

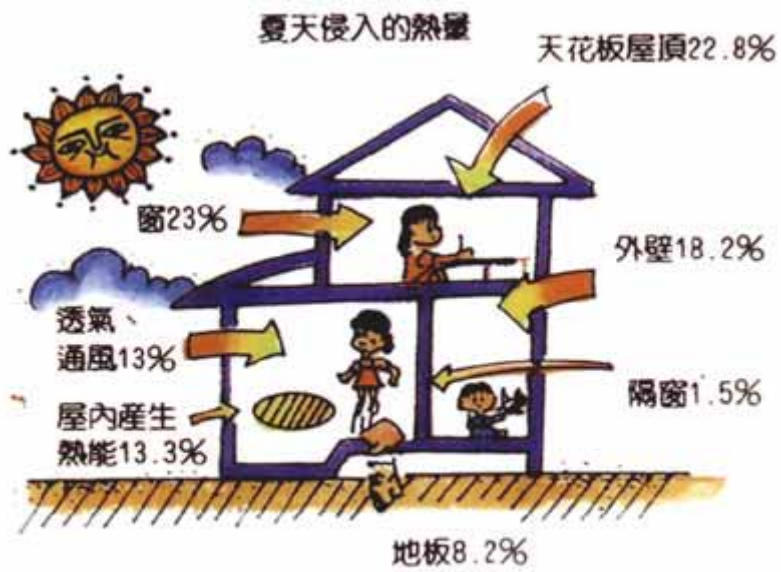


圖 4.1 夏季室內外來之熱源

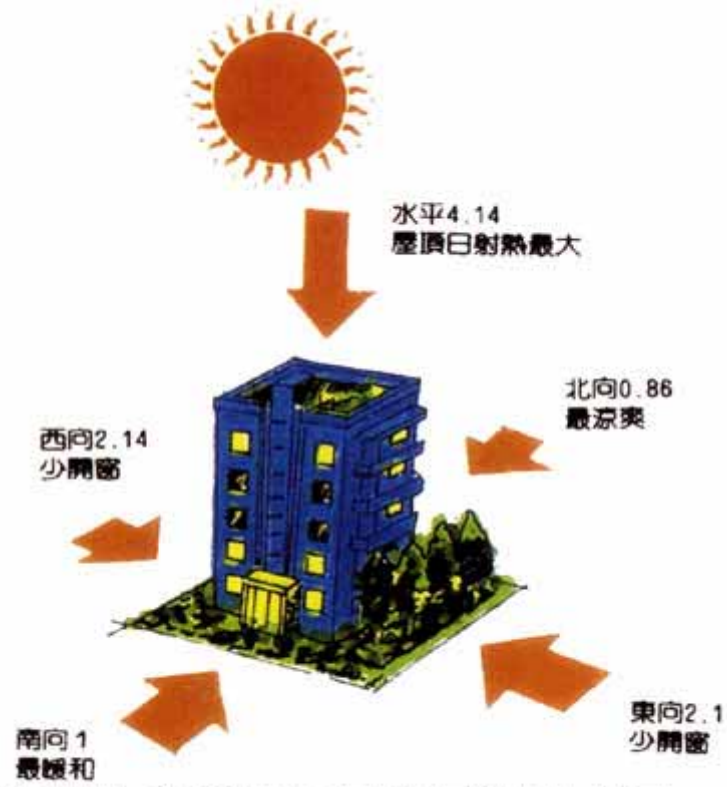


圖 4.2 夏季平均日射量比例圖



圖 4.3 各種遮陽效果圖

3. 建築物照明節約用電

目前國產 40*1 傳統鐵心式高功率型及普通型安定器的日光燈耗電約為 45~53 瓦。而新產品省電高頻電子式安定器日光燈僅約 36 瓦，省能約 30% 左右。因此如將傳統照明燈具改換為省電高頻電子式安定器燈具，則對節約能源將有立竿見影之效。依第二章所推估東沙燈管耗能量約為 16.6kW，若採用省能燈管預計總耗能量為 11.6kW，可省下 5kW。以國內工商業較大照明用電戶 1000 家為例，每年點燈約 4380 小時，採用電子式安定器取代傳統鐵心式安定器，以每家平均改善 1,000 具 40 瓦×2 日光燈計，則可節省國內照明用電約 1.4 億度/年，用電戶業主除可節約照明用電，亦可減低冷氣耗電及節省電費，並可減少二氧化碳空氣污染量。

建議未來東沙群島建築物可將耗電與發光效率低之白熾燈改換成省電燈泡，以 60 瓦白熾燈與 17 瓦省電燈泡為例，兩發光量相近，但白熾燈的耗電量為省電燈泡的三倍多，且壽命較短，故可節約能源減少電費支出，又省電燈泡發熱量僅為白熾燈的 1/5，可節省空調的負荷。傳統照明設備完全由人為控制，易造成電力之浪費。因此建立建築物照明自動控制系統，為優良建築物必須之條件，藉由晝光感知自動調光、時序控制(Timer Scheduling)系統及利用各種自動感應控制，達節約用電降低電費支出的目的。其他有關照明省能之資料，詳如 4.2 節所述。

4. 空調系統節約用電

空調系統係將建築物內之溫度、濕度、壓力、風速及清淨度，控制在指定範圍內，使建築物內人員過著舒適生活。空調系統必須在建築物外殼隔熱防止熱源

進入及冷氣外洩外，另須提高空調系統能源效率 EER 值，以減輕耗電量。人體舒適之條件取決於溫度、相對濕度及風速等三項因素，在溫度 29 相對濕度 40%，溫度 28 相對濕度 50%，溫度 26.5 相對濕度 70%，此三種情形下，人體感覺都是一樣。根據試驗，冷氣空調每提高 1℃，約可節省 6% 的電力。能源效率 EER 值每提高 0.1 千卡/小時，用電量即減少 4%。依據建築外殼耗能量 ENVLOAD 及空調系統耗能效率 PACS 之節約能源設計指標，以對於建築空調耗能之掌握，俾選擇適合之空調系統，以避免能源之浪費。其他有關空調省能策略，詳如 4.3 節所述。

三、綠化建築省能方案

東沙島過去因其軍事地理位置，因此島上建物大部分以軍事用途為主，島上建物也未如都市建築物之密集高聳。然以各種建築之建造，應自建築物的生命週期減輕對環境污染負荷為重點，加強建築物污染與環境衝擊的防治、建築節約能源、建築資源利用及室內環境控制等作整體的評估，以達到最低的環境負荷。因此，未來以設立國家公園之前提下，在建物數量少、高自然度的東沙島，如何充分活用環境資源，以土地改變最小，並多利用多用性的自然資源，做到環境保護，即是省能的表現。

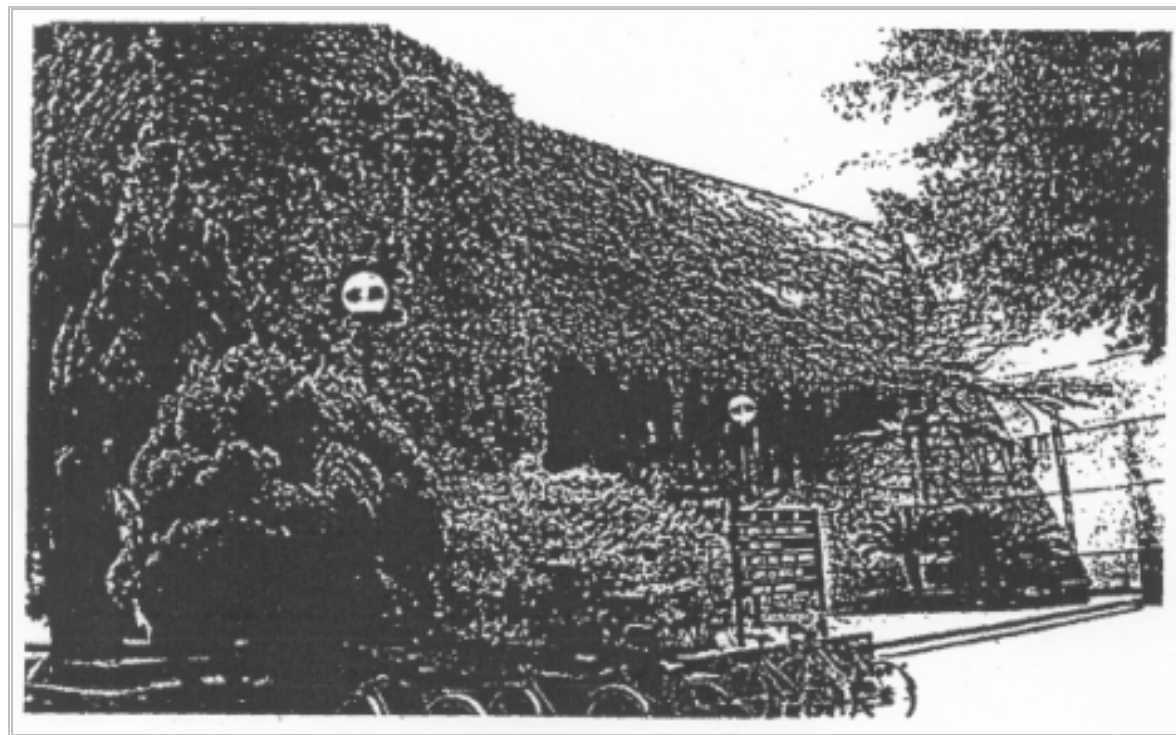


圖 4.4 建築物綠覆蓋情形

1980 年世界自然保護組織 (IUCN) 在《世界自然保護大綱》中，呼籲全世界重視地球資源的耗竭危機，而在首次提出的「Sustainable Development」中，發展出綠建築之概念。而內政部建築研究所為鼓勵興建省能源、省資源、低污染之綠建築建立，舒適、健康、環保之居住環境，於民國八十八年策定綠建築標章以推廣有關地球環境保護之建築物綠化觀念。因此，島上綠建築的推動與國家公園的設立，其出發點不謀而合。建築物綠化狀態如圖 4.4 所示。

由於島上屬亞熱帶海洋氣候，終年氣溫高，夏季溫度平均高達攝氏 28.5 度，因此可針對島上環境建物的空地、陽台、屋頂、壁面進行全面綠化，達到氣溫上升抑制、綠蔭形成、溫度調節、防止反射等緩和氣候之效果。以屋頂綠化為例，

島上大部分房舍、機房、庫房屋頂均為可直接接受日照且利於栽種之平頂。因此，在不影響雨水收集下，可作為主要植栽標的，而植栽與氣溫之變化如圖 4.5 所示。另外，島上建築綠化亦可達到環境之改善(如淨化空氣、噪音減低等)、生理心理之舒緩(如視覺疲勞回復、快適感提升、呼吸性器官提升、鎮定作用等)及美化環境，提供島上官兵一較舒適之生活環境。建築本體之綠化效果如圖 4.6 所示。

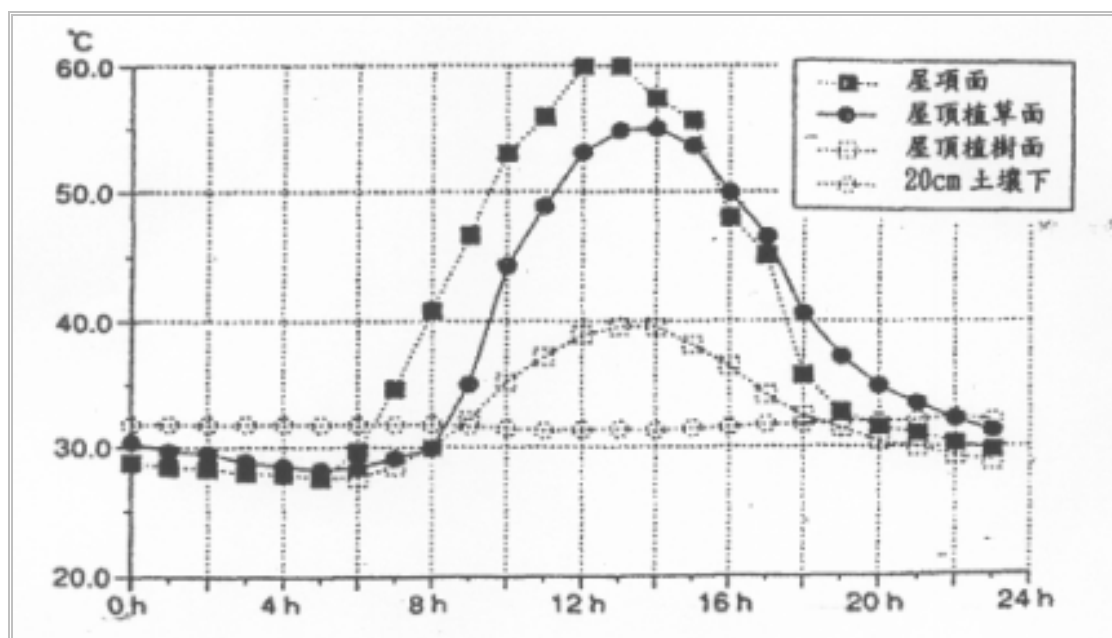


圖 4.5 建築物屋頂植栽與氣溫變化

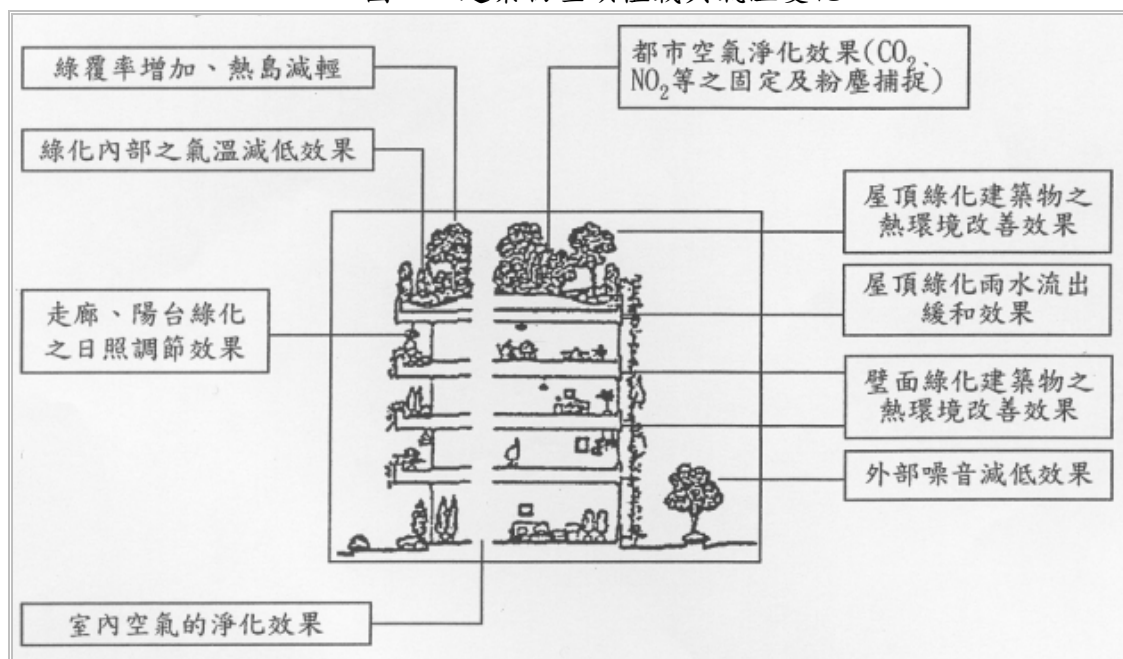


圖 4.6 建築物綠化效果

4.2 照明設備省能方案之調查與評估

燈光所消耗之能源是選擇照明方式之因素。若燈光消耗能量佔一棟建築物之30%，則透過良好之燈光設計將省下巨額營運成本。針對東沙群島屬於離島照明之特性，可歸納出以下幾種節省能源之方式：

1. 調查島上現有之照明設備，考量照明需求與特性，換裝光源和安定器為可節能之型式。
2. 完整與整合(更新)專案。
3. 重新安裝照明設備往往可節省大量之能源，但很多時候若一次將照明設備作全部的更換，能夠節省偌大之成本。

為節省能源，島上節能照明設備應選擇能夠滿足顏色屬性、燈光強度等要求之照明設備，然後在該設備中挑選效果最好的。選擇標準包含：發光效率(lm/W，越高越好)，照明之質量與流明隨時間衰減值、損壞因素、顏色參數(呈現出來的顏色、色溫、顏色之改變)與平均壽命。根據島上照明設備之特性與分佈，可分為島上道路照明與島上室內照明，詳細介紹與評估如下：

一、島上道路照明：

未來東沙島若開放住宿觀光，則東沙裝設路燈實屬重要，但道路照明之範圍十分廣闊，覆蓋島上所有臨近建築物之大小街道，因此建議未來東沙島上道路照明，先用於島上重要幹道。島上道路之照明要求雖沒有都市幹道照明要求高，但由於預防島上突發之交通需求情況，照明之均勻度必須確保行人安全。因此建議未來島上道路照明燈泡可採用高壓鈉氣燈泡，降低能源使用之消耗，高壓鈉氣燈泡之參考規格如表 4.1 所示，建議未來島上管理者可參考，進行島上省能照明設備之規劃與建設。

表 4.1 高壓鈉氣燈泡規格(參考用)

| | |
|---|--|
|  | 特色： 光輸出效率最高達 130 lm/W 橢型外殼，內壁塗汞 放電管內充有鈉-固態汞和啓動之氬氣體 SON-I 內含啟動器，安裝啟動裝置 |
| | 應用： 公共區域 投光照明 工業、商場和商業照明 |
| | 優點： SON 是高效率之光源 |
| | 系統： 除內含啟動器 SON 50W/70W 外，皆需要安定器和啟動器 |

二、島上室內照明

在東沙島上人力及資源足夠之情形下，根據東沙島上室內照明設備使用情形與方式，可歸納出以下幾點照明節約用電之策略，整理如下：

- 一、提昇既設照明設備之照明效率：

1.定期清洗照明燈具：

燈具久未清洗時，燈管及反射罩等逐漸聚積塵埃，導致輸出效率降低，故燈具至少每三個月定期清潔一次，以維持燈具輸出效率。

2.定期更換老舊燈管：

白熾燈及日光燈管使用至其壽命之 80%時，輸出光束約減為 85%，故宜在壽命結束前更換。對於照明數量龐大之建築物，光源之定期更換尤其重要，除可節省更換燈具之人工費用及提高室內照度，更可節約用電。

3.天花板、牆壁選用淡色為宜：

室內牆壁、天花板、窗簾採用白色與乳白色等淡色系列，光反射效果較佳，並可提高光線漫射效果節省電能。

二、汰換低效率之光源與燈具：

1.以日光燈取代白熾燈：

白熾燈耗電約為日光燈三倍，對於點燈時間較長或是開關動作不頻繁之場所，例如客廳、臥室等，將白熾燈取下改用日光燈系列光源，可立即達到節約用電的目的。

2.以白色日光燈管替代晝光色日光燈管：

白色日光燈管演色性與色溫度較晝光色低，但發光效率較高，若將晝光色燈管以白色燈管替代將可節省電力約 10%。

3.以 40W 日光燈管替代二支 20W 燈管：

40W 日光燈管單位全光束輸出(光源效率)為 77.5Lm/W，而 20W 僅為 59Lm/W，若以 40W 一支替代二支 20W 燈管可節省電能 31%。

4.以鈉氣燈替代水銀燈：

水銀燈之演色性為 40，光源效率為 52Lm/W，而鈉氣燈的演色性為 60，光源效率為 98Lm/W，如以鈉氣燈替代水銀燈，除演色性提高外，效率亦大大地提高，可節省電能 50%以上。

5.以簡單美觀燈具替代華麗複雜的燈具：

過於華麗複雜之燈具不僅價格昂貴，且維護保養不易，亦浪費電力，宜以構造簡單美觀的燈具替代。

6.汰換傳統安定器以電子式安定器替代：

電子式安定器燈具具有多項優點：例如免用起動器、立即起動、不閃爍與發熱量少等，與傳統安定器比較可減少耗電 20%~30%，故於選購燈具時，應優先選擇具電子式安定器之高品質燈具。

三、採取有效照明方式：

1.全面照明與局部照明相互配合：

全面提高室內之全般照明以配合如閱讀、製圖與化妝等特定活動或工作，為不經濟浪費電力的作法。因此對於需較高照度的視覺活動時，一般只需利用閱讀燈、檯燈等作為局部照明，提供所需照度即可。

2.適當照度：

各種場所均有其適當照度，過與不及均屬不當，照度過高浪費電力，照度過低有礙視力健康，影響工作效率。

四、利用自然光源：

1.晝光利用：

東沙群島日照相當充足，如果能有效利用晝光，將可節省大量照明用電。高頻可調光電子式安定器具有優越品質，如能與自動感光控制系統結合，透過晝光

利用與推展節約用電以減少電費支出。如有良好採光，加以自動感知調光控制系統，更可節省電費高達 50% 以上。建築物採光必須遵循以下五點：

- (1) 採用清玻璃為窗戶材料，可獲得較充足之自然光源。
- (2) 運用高窗設計可提供較深且均勻之晝光。
- (3) 採用導光版與導光筒輔助晝光，可達成節能效果。
- (4) 室內牆壁窗簾等採用淡色，可提高屋內光線漫射效果，節省電能。
- (5) 保持窗玻璃之乾淨，可提高採光效果。

五、運用配電及控制系統省能方法：

1. 合理的燈具及開關迴路配置：

不合理之燈具與迴路配置，將造成電能浪費，例如將靠窗區燈具與非靠窗區燈具連成同一開關迴路，若於白天晝光充足時欲關閉靠窗區燈具時，將造成非靠窗區照度之不足。因此在照明配電系統設計時，宜優先考慮下列項目：

- (1) 每個獨立空間應有其獨立開關。
- (2) 開放式辦公室，應依空間的屬性分成若干區域，以使各區域能獨立控制燈具。
- (3) 大型空間外圍與核心區需獨立控制。

2. 照明系統的自動控制：

照明系統採用自動控制方式，可消除人為的疏忽所造成的能源損耗，其控制方式如下：

- (1) 就特定空間及工作時段，予以定時控制。
- (2) 以各種感測器感測光線、人體等或運用門之開、關，做燈具的啟動或關閉。
- (3) 使用晝光自動感知系統，調整光源輸出及開、關的動作，可充分利用自然光，以達到節約用電之目的。

3. 運用電腦系統：

運用電腦系統進行照明、與空調等整體之控制(智慧型建築物)。裝設調光開關予採用可調光燈具，照明設備具有調光功能不僅可節省電力，亦可因光源輸出之改變，變化室內的氣氛。

六、良好照明管理：

1. 專人負責管理
2. 定期保養維護
3. 宣導隨手關燈之習慣

4.3 空調設備省能方案之調查與評估

人類軀體對於溫度與濕度都非常敏感，天氣太熱會汗流浹背，天氣太冷會直打。因此，空調設備可提供人類舒適之溫度環境，使人身體健康，工作愉快。冷氣機有調溫、除濕、換氣及過濾空氣等功能。鑑於東沙島目前冷氣機數量多，未來宜注意設施之維護與管理，在達到下列功能要求下，以省能為第一要務。

一、調節室內溫度：

冷氣機可調節室內之溫度，利用蒸發器、冷媒與風扇進行熱交換，不斷吸收室內之熱量，以冷媒為媒介將熱排出室外，而使室內溫度降低，讓人感覺涼爽、舒適。

二、調節室內濕度：

冷氣機亦可調節室內濕度，當冷氣機運轉使室內溫度降低時，空氣中之水分子遇到冷氣機內之低溫排管而凝結成水而排出室外，因此可達到除濕目的，保持室內乾爽與舒適。

三、更換新鮮空氣進入室內：

冷氣機裝有換氣開關，可藉換氣開關將室外新鮮空氣送入室內。藉使室內之舊空氣與室外新鮮空氣交換，而維持室內空氣清新。

四、過濾空氣中的灰塵：

冷氣機內空氣過濾網，可以過濾空氣中的灰塵及雜物，保持宅內空氣清潔。

空調設備種類一般可分為窗型、窗型直立式、移動式冷氣機、分離式冷氣機、箱型冷氣機與中央空調系統，詳細介紹如下：

一、窗型：

在台灣最普遍採用之機種，其壓縮機、冷凝器、蒸發器、風扇集中於一機體內。優點為可直接裝設於建築物之冷氣孔或窗台，安裝簡便，且價格較低。缺點為運轉噪音大。冷氣能力一般在 1800~7000Kcal/h 之間。

二、窗型直立式：

與窗型一樣，壓縮機、冷凝機、蒸發器、風扇等集中於一機體中。對於未設置冷氣安裝孔的房間，可選擇採用此型，直接裝於窗戶孔。安裝簡便為其最大優點，惟對於窗戶之開關將產生不良影響。冷氣能力通常在 2500Kcal/h 以下，適用於空間較小之房間。

三、移動式冷氣機：

和窗型冷氣機構造一樣，唯一不同在於裝有輪子，可任意移動，對於固定式冷氣安裝不便之小空間適用，但是需安裝排熱風管及倒冷凝水為此機型較為不便利之處。其冷氣能力一般在 1800Kcal/h 以下。

四、分離式冷氣機：

與窗型冷氣最大的不同在於其將蒸發器、送風扇與冷凝器、壓縮機、排熱風管分別裝置於獨立的機箱中，即所謂的室內機與室外機，兩機間以粗細不同冷媒管連接，形成封閉的冷媒工作迴路。此外並連接控制線路，以便由室內機傳送控制訊號至室外機，控制室外機之運轉。優點為將壓縮機置於室外，可降低室內噪音、可裝設於窗型機無法裝設之房間、室內機外型美觀可配合裝潢選擇室內機型式(嵌入、懸吊、壁掛)、可一具室外機搭配多具室內機。缺點為安裝複雜費時、價格較高、安裝技術性高，若冷媒管太長或彎曲過多將使效率降低。一般家庭用冷氣能力在 2000~10000Kcal/h 之間。

五、箱型冷氣機：

箱型冷氣機可分為氣冷式與水冷式兩種。氣冷式與分離式冷氣機類似，差別僅在氣冷式箱型機冷氣能力較強，故室內、外機體積較龐大，其冷氣能力一般在3.8 冷凍噸間。而水冷式則與上述機型有較大差異，此機型由於冷氣能力一般在5-30 冷凍噸之間，故採用水冷式，以有較佳的排熱效果，其排熱方式為將水導入冷凝器吸收熱能後，利用水泵將之送至冷卻水塔散熱，然後再送回冷凝器吸熱而成一冷卻循環回路。通常使用於商場、辦公室等空間較大之地點。

六、中央空調系統：

對於辦公大樓、廠房等大型空間之建築物多採中央空調系統。近年來因供電吃緊，為移轉尖峰用電及節約能源，儲冰式及吸收式中央空調系統已逐漸為使用者所採用，但由於東沙島為自行設置發電機發電，並非向台電購電，無利用夜間離峰負載時便宜電力來運轉之問題，且冷氣最集中之建築物亦只有 12 座，因此無設置中央空調系統之必要性。

針對東沙群島後續空調設備省能方案之規劃與評估，可分為三大部分：第一為選擇空調設備之選購，決定未來省能規劃方案之基礎；第二為空調設備之安裝，必須考量最節省能源之安裝方式；第三為空調設備之使用與保養，良好之使用習慣與定期安檢維修是提高空調使用效能之最好辦法，詳細介紹如下：

一、空調設備選購

1.選擇適合建築物之機種：

家用冷氣機主要有窗型、窗型直立式、移動式、分離式及箱型等，因此在決定機型之前，必需對所欲安裝之地點及機型有充分的瞭解。例如：有否既設冷氣孔或窗戶孔可供安裝？裝設於窗戶孔是否要會影響窗戶之正常功能？是否要選用分離式冷氣機？有否適當地點放置室外機？管線應如何配置？室內空間太大或太小時是否選用箱型或移動式？冷凝水排放於何處？若在購買前問題能充分瞭解，則越能享受冷氣機所帶來的舒適。

2.依房間大小選擇適當容量的冷氣機：

通常一般使用冷氣機為窗型與分離型，並應配合房間大小選擇適當之機種，若冷氣機容量太小時不能得到適宜之冷房效果，太大時因自動溫度調整開關動作頻繁，使壓縮機斷續運轉，導致室內忽冷忽熱無法維持一定溫度，冷房效果不佳且浪費電力。選擇適當冷氣機(冷凍)噸數可從下列簡易公式得知： $450\text{Kcal}(\text{仟卡})/\text{時} \times \text{宅內坪數} / 1 \text{ 冷凍噸}(3024\text{Kcal}/\text{時}) = 0.15 \times \text{坪數} = \text{即是所需之噸數}$ 例：5 坪大的房間，需要的冷氣噸數。 $450\text{Kcal}/\text{時} \times 5 \text{ 坪} / 3024\text{Kcal}/\text{時} = 0.15 \times 5 = 0.75 \text{ 冷凍噸}$ 。

3.選擇高 EER 值的冷氣機：

EER 值為表示冷氣機效率的重要指標，EER 值越高表示該冷氣機效率越高越省電，如果你想換新或購買冷氣機，記得 EER 值是非常重要的評估標準，EER 值每升高 0.1 千卡/時·瓦，耗電量將減少 4%。

4.選擇有微電腦定溫、定時及睡眠裝置功能之機種：

冷氣機有此項功能時，帶給使用者合宜舒適的生活環境，並且可節約用電，節省可觀的電費支出。

5.考慮採用變頻式冷氣機：

傳統冷氣機目前多以控制壓縮機馬達的運轉與停止兩段，進行溫度控制，因此溫度無法保持穩定，呈上下波動。而變頻式冷氣機，則以改變壓縮機電源頻率，達到壓縮機連續無段轉速變化，可使室內溫度幾成恆溫狀態。此外變頻式尚有噪

音小、冷房速度快，節省能源及電費等多種優點，惟價格較高。根據以上所述，建議東沙群島未來新設置空調設備宜採用 EER 值高之一般窗型空調設備，若要選購新空調設備，針對東沙群島能源取得不易之特性，建議可參考表 4.2 所列之二種空調設備，針對需要設置空調設備之建築物加以設置，作為島上管理者選購空調設備之依據。

表 4.2 建議東沙群島選購之節能型空調設備(參考用)

| | |
|--|---|
|  | <p>窗型右吹式冷氣能力 6300kcal/h 功能：除霉速裝置、剋菌清抑菌濾網、液晶遙控器、本體操作功能、室內溫度顯示、濾網清洗指示、FUZZY／舒眠裝置、風向自動、立體波紋面板、易拆式洗淨面板。冷氣能力：6300 kcal/h (7.3kW)、EER 值：2.09 kcal/hW(2.43W/W)、電源規格：220V、外型尺寸：寬 66.0×高 42.8×深 80.0(公分)。</p> |
|  | <p>窗型 無線+有線右側吹式 220V、17-19 坪、冷氣能力：8.0kW 7100kcal/h、安裝孔尺寸：高 447×寬 715(mm)、外型尺寸：高 432×寬 690×深 810(mm)、清淨濾網、新鮮空氣換氣裝置、健康睡眠裝置、自動導風掃描裝置、新型掀取式面板、微電腦溫控、定時預約關機、室內溫度顯示溫度、時間 LED 數字顯示、LCD 無線+有線遙控。</p> |

二、空調設備之安裝：

1. 正確安裝方式：

冷氣機室外側之功能是将熱散出室外，附近如有牆壁或障礙擋住吸入口或排出口，機組吹出的熱風，將使周圍溫度升高，造成熱風再度被吸入，且排出口之排出風量也會減少，以致電能消耗增加，機器效率降低，並使冷氣機為命縮短。為得到良好散熱效果，必須注意通風是否良好，通常吸入口與牆壁的距離應保持在 50 公分以上，又為避免吹出的熱風再被吸入，排出口與牆壁間之距離應較充裕，必須有 1.5 公尺以上。同時冷氣機裝設高度應有 1.5 公尺以上的高度。此外在室內側部分，為使溫度分佈均勻，保持最大效率，應儘量裝在房間中央，而冷氣出口亦不可有障礙物，以使冷氣有較佳的冷房效果。

2. 不要裝在日光直射的地方：

散熱之效率降低，可將增加約 16.5% 的電力消耗。所以要使機器效率高，冷房效果好，冷氣機應安置在通風較好，不受日光直射的地方，另外裝設地點亦應避免靠近其他熱源。

3. 裝設日光遮蓬：

當冷氣機機體受日光直射，機體與周圍溫度上升，機器的效率降低，用電增加。所以對於無法避免，需安裝在陽光直射的地方時，應裝設遮陽蓬以保護冷氣機不受太陽直射。同時也可避免雨淋，延長冷氣機壽命。

4. 分離式冷氣機配管要短：

分離式冷氣機之室外機應儘可能接近室內機，其冷媒連接管宜在 10 公尺以內，並避免過多彎曲，否則會大幅降低冷氣機能源效率。冷媒連接管，如果太長或彎曲部份太多，會妨礙冷媒之熱移動，使冷氣效率降低。根據實驗結果得知，假設冷媒配管 3 公尺之效率為 100%，則 5 公尺之效率降為 97%，10 公尺之效率降為 95%。所以室外機與室內機距離愈短愈好。又配管彎曲部份的曲率半徑應在 10 公分以上。

5. 公共環境維持：

冷凝水排放不可影響鄰門及樓下行人，應妥善處理。安裝時應注意置於運轉盤及吹出之熱風不影響鄰人之地點。且對於安裝地點及使用材料之安全與堅固性，亦應慎重考慮

三、空調設備之使用與保養：

1. 詳閱使用手冊：

初次使用應詳閱使用手冊，並依據說明操作。使用中如有不明瞭，應查閱使用手冊，請勿任意拆解與操作，以維持機器正常功能。

2. 溫度調節：

室溫低於 28 時儘量避免使用冷氣機，可打開窗戶使自然風流通或使用電風扇。冷氣使用時溫度設定不低於 28 度 C，以節約用電。若溫度設定每提高 1，將可節省 6% 之電力消耗。晚上睡覺時請使用「睡眠定時開關」，冷氣機會自動調整溫度，以避免著涼。使用時風量應適中，以節省能源及降低運轉聲，冷度夠冷時以弱速運轉即可。冷氣機不要直接吹向人體。同時不要使室內外之溫差過大，保持室內溫度低於室外 3~5，以確保人體的健康。與電風扇同時使用。可使屋內冷氣分佈較均勻，而不需降低設定溫度，節省電力。

3. 房間不要受日光直射：

陽光由窗戶射入屋內之輻射熱及照射外牆產生之傳導熱，將加重冷氣機負荷，因此應設法避免陽光直射屋內，一般改善方式如下：東西向窗戶早上及傍晚時陽光斜射，遮蓬無法遮住，可使用竹簾或窗簾，約可減少 35% 的輻射熱。百葉窗開啟操作輕便，可以防止日光進入，也可調節房間的光線。對於住在頂樓之住戶，夏日強烈陽光直射樓頂，由於熱的傳導造成屋內溫度上昇。故可於屋頂架設遮陽黑網、種植花木以減少日曬，降低冷氣負荷。在屋外種植落葉樹約可阻擋 80% 熱，夏天可以遮擋陽光，冬天樹葉落了，陽光又可以射入屋內，或可種植爬藤植物。在窗外加裝遮陽雨蓬，除可有效遮雨外，亦可阻擋陽光直射屋內，避免屋內冷氣負荷加重。使用遮陽雨蓬約可減少 75% 輻射熱。

4. 防止冷氣外洩：

冷氣運轉中應關妥門窗，對於開放式商店則應於人走動處裝設空氣簾以減少冷氣外洩，以免增加耗電。

5. 換氣：

冷氣機換氣開關，偶而有必要開啟，以引進新鮮空氣，避免空氣品質惡化，雖稍增加冷氣負荷，但兩者必須權衡兼顧。

6. 避免使用發熱器具：

冷氣開放中避免使用發熱量高的器具，防止冷氣負荷增加。

7. 冷氣機不使用時：

應養成隨手關掉電源的習慣。

8. 定期清潔外殼及空氣過濾網：

空氣過濾網可有效濾除空氣中之塵埃，且可防止灰塵附著在熱交換器及風

扇，如附著灰塵過多，會妨礙空氣流通，浪費電力。因此過濾網至少應每 2~3 週清洗一次。冷凝器、蒸發器可用吸塵器去除灰塵雜物，外表應以乾布擦拭乾淨，以免阻塞，減低冷氣機的效率。應經常掃除附著面板的塵埃等，以免影響冷氣機的美觀。

9. 季前開始及季末停止使用時之保養：

季前開始使用時，先送風半小時後再使用冷氣。必要時閱讀使用說明書注意事項。季末使止使用時，請開啟送風運轉半天(不開冷氣)，使機體內部充分乾燥，濾網及外殼(面板)清洗乾淨，露在室外的部份，應用保護套遮蓋，避免雨及塵埃的侵入。

第五章 東沙島未來水資源開發及質量提升之可行性評估

5.1 水資源供需分析

5.1.1 人口成長推估

東沙島的土地使用，係以國防保安為主，目前由高雄市管理，並由海岸巡防署負責巡護。因此，目前仍屬管制區域未開放民眾自由赴島觀光，直至現今，除巡防駐警外，僅有往來之漁民及研究人員，並無長久居民定居。未來國家公園設立，海域景觀保護復育工作完成後，在總量管制為手段下，將可發展特定觀光遊憩活動之生態旅遊。因此，在人口成長方面，係以常駐人口及觀光人口兩類推估，分述如下：

1. 常駐人口

目前東沙島上海巡署滿編約 300 人，外加海、空軍約 30 人，則島上編制官兵共有 330 人；為配合官兵輪休，若依每次航班可乘載 56 人計算，平均約有 1/6 官兵返台休假，每日最大約有 280 名官兵留島執勤。但由於國軍精進案實施，未來東沙島除緊急狀況外，駐軍人口將不會增加。若考慮島上偶而短暫駐留之研究人員，在不開放觀光前提下，估計島上人口總數不會超過 300 人。

2. 觀光人口

因應島嶼本身有限的面積、資源及敏感的生態環境，考量島上缺乏公共服務設施，評估其涵容總量，本研究已於 3.7 節中推估若以電力為限制因子，則東沙可開放之觀光人口約在 550 人之譜，本節就建物面積及活動面積等推估東沙可開放之觀光人口，其中東沙可開放之觀光人口可分為過夜及不過夜兩部份。在不過夜人口方面，由於目前東沙僅能提供 50 人左右之中小型飛機起降，因此每開放 50 人觀光即需 2 架次之飛機。以新落成之屏東屏北機場為例，平日一天之起降僅有 6 架次，最高為 8 架次，因此對於東沙機場而言 8 架次的飛機起降頻率已相當高，若以每日 8 架次飛機起降計算，未來最高可開放觀光人口為每日 200 人，而東沙島陸地面積為 1.74 平方公里，扣除機場跑道部分面積及百分之六十綠地面積計算，實際東沙島上可供開放之面積約僅有 0.5 平方公里，若以開放 200 人觀光及 300 人常駐人員計算，每人所能分到的活動面積僅有 1000 平方公尺，因此不住宿之開放觀光人口 200 人已逼近於承載上限。

在過夜部份方面，由於東沙島目前不宜新設建築物，因此過夜之觀光人口勢必需住在目前東沙島現有之建築物中。表 5.1 所示為東沙島目前估計可開放作為旅館之建物，共計有 536 平方公尺之面積。以平均每人旅館所佔之樓地板面積需 15 平方公尺計算。約僅可承載 35.7 人，若以 40 人估算，則目前研擬東沙島各期程包括過夜及不過夜當日最大承載活動人數詳表 5.2 所示。近程以維持島上官兵及研究人員 300 人活動為原則，中遠程視島上建設發展逐步開放，在中程方面，擬以住宿 20 人，不住宿 100 人計算，而遠程方面則以住宿 40 人，不住宿 200 人推估，因此最高總承載人口為 540 人。

而在開放作為旅館的建物之空間規劃方面，由於目前島上建物維護以整修為主，因此在無法增加樓地板面積的前提下，除每位旅客居住旅館所需之樓地板面積外，在空間的規劃上，亦需考量水再利用系統之設置。以樓地板面積最小之克強場為例，可規劃為供旅客所居住之簡易小型旅館，如圖 5.1 所示，在有限的樓地板面積下，主要以提供旅客過夜為主。而搭配之水回收再利用系統可於建物外

增設，旅客淋浴後之淋浴水經由收集水槽收集後，利用泵浦引入水塔，再藉由重力方式導入室內馬桶水箱通做沖廁水來源。依據克強廠 36 平方公尺的樓地板面積，依據每人旅館所佔之樓地板面積需 15 平方公尺做圖 5.1 之規劃，看出可供 2~3 人居住無虞，附屬中水道系統亦佔地不大。因此，若依此模式在其他建議可供改建為旅館之現有建物上，在實際上亦具有甚大可行性。

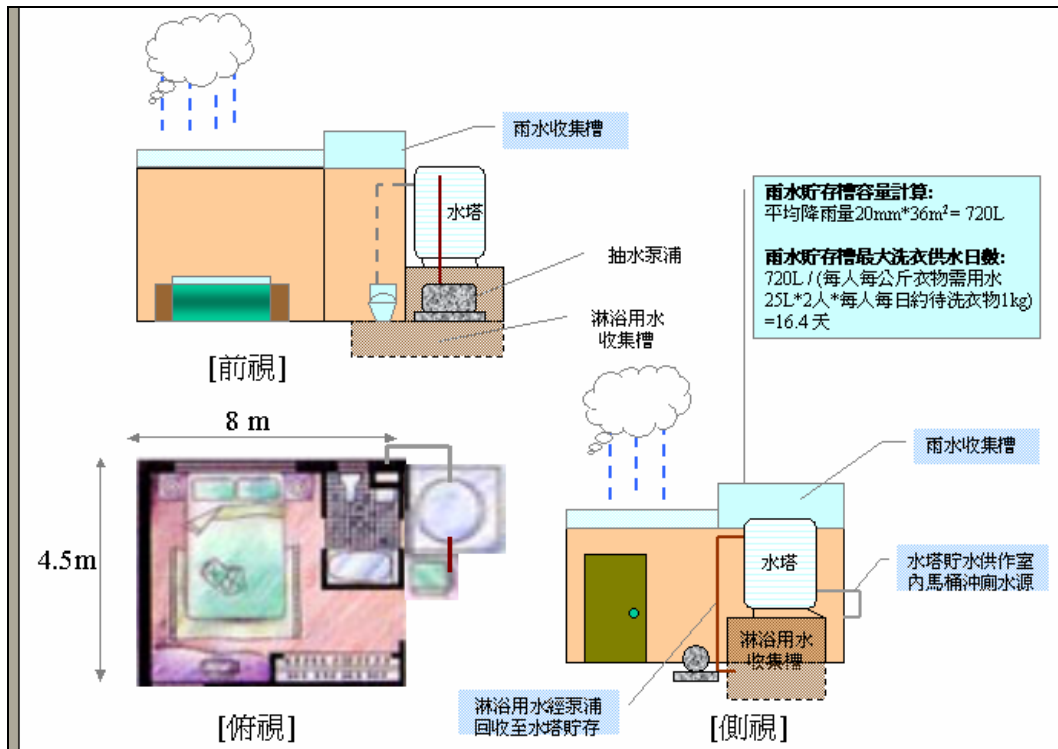


圖 5.1 克強場改建旅館平面及相關設計草圖

表 5.1 東沙估計可開放作為旅館之建物

| 建物名稱 | 新測屋頂規格 | | 面積(m ²) | 浴廁 | 化糞池 |
|------------------------|--------|-----|---------------------|-------|-------|
| | 長 | 寬 | | | |
| 職務官舍 | 30m | 7m | 210 | ■有 □無 | ■有 □無 |
| 修護組室內集用場 | 8m | 4m | 32 | ■有 □無 | ■有 □無 |
| 軍郵局 | 7m | 7m | 49 | □有 ■無 | □有 ■無 |
| 圖書室 | 7m | 7m | 49 | □有 ■無 | □有 ■無 |
| 沙畫教室 | 8m | 5m | 40 | □有 ■無 | □有 ■無 |
| 聽良場 | 12m | 10m | 120 | □有 ■無 | □有 ■無 |
| 克強場 | 6m | 6m | 36 | □有 ■無 | □有 ■無 |
| 面積合計 (m ²) | | | 536 | | |

表 5.2 東沙島各期程每日計劃最大程載人數

單位：人

| 期程 | | 近程 | 中程 | 遠程 |
|--------------------|------|-----|-----|-----|
| 計劃人數 | | | | |
| 海巡署駐警 (含其他配屬單位) | | 280 | 280 | 280 |
| 研究人員 | | 20 | 20 | 20 |
| 觀光 人口 | 不住宿 | --- | 100 | 200 |
| | 住宿 | --- | 20 | 40 |
| 合計 | 常駐人員 | 280 | 280 | 280 |
| | 來訪人員 | 20 | 140 | 260 |
| | 合計 | 300 | 420 | 540 |

5.1.2 用水需求分析

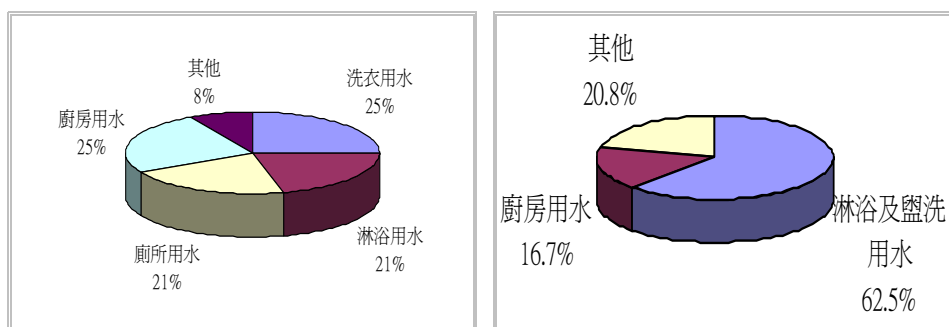
由於東沙島上人口組成簡單，加上並無一般都市複雜之產業活動或市民活動，用水別也較一般都市用水需求單純。因此，目前島內之需水種類可分為一般生活用水及飲用水等兩大部分，以下將針對島上需水現況進行詳細之描述。

1. 一般生活用水

目前台灣地區一般家庭生活用水比例據主婦聯盟統計約為洗衣用水 25%，淋浴用水 21%，廁所用 21%，廚房用水 25%，其他（洗手、洗臉等）8%。根據經濟部水利署一項統計指出，台灣家庭用水，平均每人需要 251 公升才能滿足一天所需。但由於島上人口組成單純，目前生活用水供需僅需考量島上駐軍，中遠程則僅增加觀光旅客之考量。依據國內水資源綱領政策，駐軍每人每日需水量可以 120 公升，由於駐軍在島上的活動簡單，因此生活用水別也相對較少在水量上也有所差異。本研究於各期程用水規劃中，將駐軍之生活用水細分為洗衣用水、淋浴及盥洗用水、沖廁用水、廚房洗滌用水及其他用水等，各用水標的中，若沖廁用水改採淋浴及盥洗用水之回收水使用、洗衣用水改採雨水回收水使用，不足

之部分再利用 RO 逆滲透水，則初步規劃東沙島各標的用水為淋浴及盥洗用水 75 公升(62.5%)、廚房用水 20 公升(16.7%)、及其他用水(含雨水供給不足時之洗衣用水)25 公升(20.8%)。一般家庭生活用水比例及駐軍生活用水比例的差異，如圖 5.2 所示。而未來島上開放觀光後，不住宿之旅客以每人每日 30 公升、住宿之旅客則以每人每日 180 公升估算。

因此，依一般生活用水用途分類，配合島上各期程預估各項用水比例及用水量，可如表 5.3 所示。在近程規劃，島上暫不開放觀光，因此僅需考量駐軍用水量。其後依照島上的建設進度，在中遠程階段開放旅客登島觀光，而設定的承載人數則分別以 120 及 240 的旅客人次。



(a)一般家庭生活用水比例 (b)東沙駐軍生活用水比例

圖 5.2 生活用水比例比較圖

表 5.3 各期程每日各項用水比例及需水量¹

| 計劃人數(人) | | 近程 | | 中程 | | 遠程 | |
|-------------|----|-------------------|------|--------|-------|--------|--------|
| | | 常駐人員 ² | 觀光旅客 | 常駐人員 | 觀光旅客 | 常駐人員 | 觀光旅客 |
| | | 300 | -- | 300 | 120 | 300 | 240 |
| 用水量 (公升) | 個別 | 36,000 | -- | 36,000 | 6,600 | 36,000 | 13,200 |
| | 合計 | 36,000 | | 42,600 | | 49,200 | |

¹每人每日需水量常駐人員以 120 公升，觀光客不住宿及住宿分別以每人每日 30 及 180 公升計。

²常駐人員含駐軍 280 人及研究人員 20 人。

2. 飲用水

在飲用水需求估算方面，正常人每日每公斤需 40 cc 以維持人體基礎新陳代謝功能，促進體內排毒。若以島上官兵弟兄每人體重 75 公斤計，平均每人每日水份攝取量為 3000 cc。因此，島上每日需 900 公升之飲用水供官兵飲用。而觀光客之飲用水則以自備為考量，島上並不考慮飲用水之提供，因此也沒有飲用水的需求。

5.2 雨水收集再利用

5.2.1 地表蓄水設施現況

由於東沙島中央之瀉湖水域之西北及西南尖角有兩處缺口與南海海域相連，故無法作為天然貯水場址。目前島上現有之人工蓄水設施主要為 10 萬加侖(379,000 公升)及 7 萬加侖(265,300 公升)水庫各一座，其中 10 萬加侖水庫用來貯存雨水，而地下水經逆滲透製水器淡化後則送至 7 萬加侖水庫貯存變成戰備用水，另有四個 1 萬加侖(37,900 公升)之儲水槽，合計總儲水容量約 21 萬加侖(795,900 公升)。

5.2.2 雨水收集現況及利用

一般雨水的收集方法，乃經由屋頂、屋上、道路、廣場及其芝生地等流入溝渠、U 型溝及管渠收集。雨水汲水及利用流程圖如圖 5.3。但由於目前島上建物並未設置任何雨水現地貯留設施，加上建物多已老舊破損，亦難有集水面積及可能貯留容量之設定。以澎湖群島為例，平均年雨量還不到一千公釐，蒸發量甚至超過一千八百公釐。相較澎湖全年雨日 95 天，又因為地小平坦，四面汪洋，境內沒有高山大麓，也沒有溪澗川流，降下來的雨百分之八十盡傾倒入大海。而具有相似地理特性，全年雨日僅有 62.8 天，但地處低緯度之東沙群島，雨水貯留方面急需妥善規劃。

東沙島地區全年之平均降雨量為 1,669 公釐，年平均降雨日數為 62.8 日，主要降雨月份為五至十月，約佔總降雨量之 80.2%，冬乾夏濕之表現明顯，且為島上唯一天然淡水資源，表 5.3 所示為 1995 到 1999 年東沙氣象統計資料。在雨水收集方面，島上中央集水區主要有一長 97 公尺，寬 21 公尺之籃球場地面集水坪，其佔地總面積 2,037 平方公尺，在雨水貯存槽收集雨水後各自導入 10 萬加侖水庫儲存，或再引入兩座 1 萬加侖之儲水槽方便取用。

目前本計畫針對其中一座 1 萬加侖儲水槽內之雨水進行採樣分析，其水質分析數據已說明如表 2.4。以貯槽的雨水水質分析結果，其水質各項指標均在一般生活用水標準範圍內，因此對作為生活用水來源，在使用上並無須外加處理。以表 4.4 所示之年降雨量降雨日數推估，可得日平均降雨強度為 26.6 公釐，倘若不考量收集效率、管線漏水、蒸發散等，日降雨量約以 20 公釐及逕流係數 0.9 估計，則降雨日平均每次可有 36,666 公升之雨水收集量。相較於駐軍 300 人每人每日 120 公升，合計 36,000 之用水需求，可知在降雨日之降雨集水量約可提供島上全部生活用水，但降雨日數終究僅佔全年不到 1/6，相當不穩定，因此不建議將雨水經收集處理後當成盥洗等生活用水。

目前初步建議將雨水收集分成兩部份，一為包括籃球場、網球場及機場跑道等大面積的雨水收集部分，這部份所收集的雨水可供做澆灌使用，另一部份為各建築物屋頂收集部份，可供做洗衣用水使用。這兩部份的雨水經收集後皆需於集水池上加蓋以免落葉或其他雜物進入後腐敗，導致水質變差。

5.2.3 集水坪地面截水利用

運用集水坪來作地面截水的利用，有別於建築物屋頂雨水貯留利用，僅侷限於某特定單一範圍或建築物，一般利用既有的雨水排水系統，或增設截水溝將集水區雨水匯集於集水池貯存利用之，整個截水系統主要設備分為截水溝，集水池

及抽水設備，略述如下：

1. 集水溝

集水溝以明渠方式，將截取之雨水以重力方式引入既有水庫或規劃之集水池，其設計原則，以矩形 U 型溝為主，並以兩年頻率供水為規劃標準，以三角單位歷線法計算集水區之兩年頻率尖峰流量，利用曼寧公式核算斷面尺寸。截水溝儘可能延路旁修築，並充分利用現有溝渠。截水溝設施因考量建設成本截水溝設施因考量建設成本，其截水量僅能截流日雨量小於兩年頻率之一日最大暴雨量 100.1 公釐所形成之逕流量。

2. 集水池

當收集之逕流無法直接流入現有水庫時，須輔以集水池配合抽水系統送水至現有儲水庫，由於抽水機效率一定，所以大雨時，須以集水池來暫時貯留多於逕流量，在抽送至現有水庫。集水池位置選定之基本原則，儘量利用既有水池或地形平坦、用地取得容易、工程費便宜且施工容易方便之處。集水池容量設計係以設計雨量採 1/4 兩年頻率雨量時，其枯水期之截流仍可達 86%，且抽水設備每個月都將運轉之條件來設計。

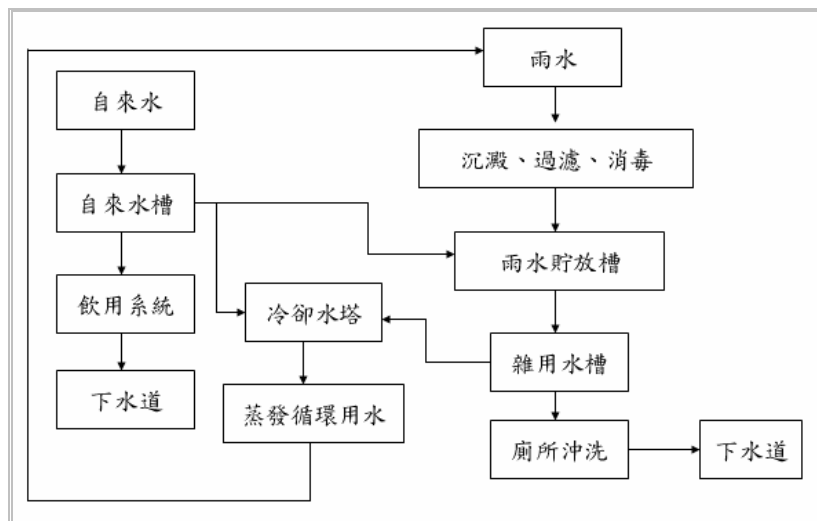


圖 5.3 雨水利用集水流程圖

目前雨水集水坪收集(如圖 5.4)主要仰賴中央籃球場長 97 公尺、寬 21 公尺，總面積 2,037 平方公尺之地面集水坪，所收集的雨水，經集水道導入十萬加侖 (379,000 公升)之戰備水庫。而島上中央區目前亦現有兩座網球場總長 40 公尺、寬 21 公尺，占地 840 平方公尺之區域，未來可設置集水道將雨水同樣就近導入十萬加侖之戰備水庫。另外，島嶼北岸之航機跑道約長 1720、寬 30 公尺，占地 51,600 平方公尺用地，亦可比照往球場設置集水道，將雨水收集至集水池或再引入水庫。因此，東沙島可增加之集水坪面積如表 5.5 所示，若含籃球場、網球場及跑道，以日降雨量約 20 公釐計及逕流係數 0.9 估計，預計可於每次降雨時收集 945 立方公尺之雨水，也就是 945,000 公升，平常可利用為澆灌用水，緊急時約可供給島上 300 名常駐人員 27 天使用。

5.2.4 島上建物屋頂集水面積

屋頂集水，也就是將島上各建物屋頂做為降雨的收集面，總收集的面積約有 3,283 平方公尺，如表 5.6 所示。若暫不考慮收集面材質、日照及降雨時間等因素，以日降雨量約以 20 公釐及逕流係數 0.9 估計，降雨時約可收集到 59,094 公升之水量，若依每人每天洗 1 公斤衣物，採用省水洗衣機每公斤衣物需要 25 公升水估算，每次降雨之收集雨水共可提供 2,364 人次衣物之洗滌用，以目前常駐人口 300 人估計，約可提供 7.9 天之洗衣用水。另由表 5.4 可發現東沙島一年中降雨量最少的月份是三月，其平均降雨天數及平均降雨量各為 5.6 天及 21.3mm，九月之降雨量最多，其平均降雨天數及平均降雨量各為 15.0 天及 266.4mm，由此數據可看出利用屋頂建物進行雨水收集時，每個月至少都可以收集到大於 20mm 之雨水，至少可提供 7.9 天之洗衣用水，但最大收集雨水量則因降雨天數是否連續而無法估算。

5.2.5 雨水貯留設施

雨水收集貯存利用在各項水源開發方式中，對環境衝擊較小，且易於任何地點設置，並方便取用收集之雨水，東沙群島推動屋頂雨水收集貯存利用，除相關設施可收集屋頂雨水外，尚可兼收集水坪地面雨水。一般雨水收集貯存設置方式，可參考圖 5.5 及圖 5.6。屋頂雨水貯流設施需考慮若採用為洗衣用水時，其最低水位需高於洗衣機之滿水位，方能以不需動力之方式進入洗衣機內。

但利用屋頂面積集水，則需要依個完整的屋頂雨水貯留利用系統，其中應包含集水區、管線系統、初期雨水處理系統及防水槽等四大部分，圖 5.7 為各項設備單元之配置圖例，雨水貯留槽、過濾槽、消毒槽及再生水槽等均設置於建築物底層，而後將再生水以泵抽送至屋頂再生水槽，配管供水做為建築物內洗衣用水，相關設備不見得均需置於室內地下室，圖 5.8 (a) 之地面貯水槽即置於室外空地，圖 5.8 (b) 為設置於公園地下之大型雨水貯水池，一般雨水收集貯存相關設施之規劃設計原則如下：

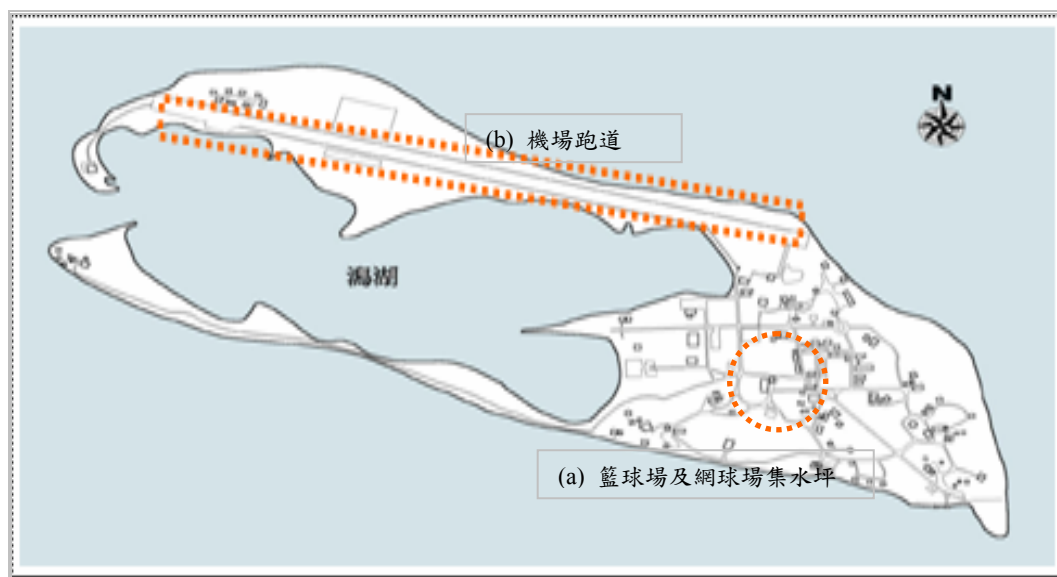


圖 5.4 集水坪位置圖，(a) 籃球、網球場集水坪，(b) 機場跑道。

表 5.4 東沙氣象統計資料(1995 ~ 1999)

| 項目 | 月 份 | | | | | | | | | | | | 平均 | 總和 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------|
| | 一 | 二 | 三 | 四 | 五 | 六 | 七 | 八 | 九 | 十 | 十一 | 十二 | | |
| 月均溫(°C) | 21.9 | 21.6 | 24.4 | 25.9 | 27.5 | 29.0 | 29.4 | 29.1 | 28.3 | 27.0 | 24.9 | 22.4 | 26.0 | |
| 平均最高月均溫(°C) | 23.5 | 23.4 | 27.0 | 28.7 | 30.3 | 31.8 | 32.0 | 31.8 | 30.7 | 28.7 | 26.3 | 23.6 | 28.2 | |
| 平均最低月均溫(°C) | 19.0 | 20.2 | 22.5 | 23.9 | 25.5 | 26.9 | 27.2 | 27.1 | 26.2 | 25.6 | 24.4 | 21.4 | 24.2 | |
| 平均降水量(mm) | 40.0 | 38.4 | 21.3 | 104.6 | 201.8 | 200.7 | 220.9 | 210.6 | 266.4 | 238.2 | 44.9 | 81.3 | | 1669.0 |
| 平均降雨日數(日) | 7.6 | 9.2 | 5.6 | 7.6 | 12.0 | 13.2 | 14.4 | 14.6 | 15.0 | 11.0 | 7.4 | 8.0 | | 62.8 |
| 平均風速(m/sec) | 7.3 | 7.0 | 5.0 | 4.8 | 4.0 | 3.5 | 3.9 | 4.3 | 4.8 | 7.1 | 8.1 | 9.2 | 5.8 | |
| 平均最多風向 | NE | NE | NE | NE | SW | SSW | SW | SW | SW | NNE | NE | NNE | NE | |
| 最大風速(m/sec) | 19.0 | 15.0 | 13.0 | 14.5 | 15.0 | 11.0 | 15.0 | 15.0 | 26.5 | 28.5 | 15.0 | 20.0 | 19.0 | |
| 相對溼度(%) | 83.0 | 86.0 | 86.0 | 85.0 | 86.0 | 86.0 | 85.0 | 85.0 | 85.0 | 84.0 | 83.0 | 85.0 | 85.0 | |
| 雲量 | 6.8 | 7.1 | 6.2 | 5.9 | 6.0 | 6.0 | 5.9 | 6.4 | 6.2 | 6.4 | 7.2 | 7.4 | 6.5 | |
| 霧日 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 氣壓(mb) | 764.0 | 761.1 | 761.4 | 759.9 | 757.37 | 756.7 | 757.5 | 757.9 | 757.0 | 759.8 | 761.8 | 764.1 | 762 | |
| 能見度(km) | 11.1 | 11.0 | 11.2 | 11.4 | 11.2 | 11.6 | 11.3 | 11.0 | 10.8 | 11.0 | 11.3 | 11.0 | 11.1 | |

資料來源：海軍氣象中心

表 5.5 可用集水坪面積及雨水收集量(逕流係數 0.9)

| 使用現況 | | 既有 | 未來可用集水 | |
|---------------------------|----------------------|---------|--------|--------|
| 建物名稱 | | 籃球場集水坪 | 機場跑道 | 網球場集水坪 |
| 集水坪 規格 | 長 (m) | 97 | 1,720 | 40 |
| | 寬 (m) | 21 | 30 | 21 |
| | 面積 (m ²) | 2,037 | 51,600 | 840 |
| 可用集水坪總面積(m ²) | | 54,477 | | |
| 雨水收集量(公升) | | 945,000 | | |

表 5.6 主要建物屋頂面積

| 建物名稱 | 新測屋頂規格 | | | 建物名稱 | 新測屋頂規格 | | |
|--------------|--------|------|---------------------|---------------|--------|------|---------------------|
| | 長(m) | 寬(m) | 面積(m ²) | | 長(m) | 寬(m) | 面積(m ²) |
| 南巡局 東沙分隊 | 12 | 5 | 60 | 海水淡化場 | 8 | 4 | 32 |
| 福利社 | 10 | 5 | 50 | 聰良場 | 12 | 10 | 120 |
| 理髮部 | 7 | 4 | 28 | 克強場 | 6 | 6 | 36 |
| 中正堂 | 50 | 8 | 400 | 焚化爐 | 5 | 5 | 25 |
| 水電中心 | 10 | 6 | 60 | 工材庫 | 6 | 8 | 48 |
| 東光醫院 | 20 | 7 | 140 | 油漆庫 | 6 | 8 | 48 |
| 職務官舍 | 30 | 7 | 210 | 衛星追蹤站 | 6 | 7 | 42 |
| 麵包房 | 8 | 4 | 32 | 衛星追蹤站 發電機房 | 6 | 8 | 48 |
| 修護組室 內集用場 | 8 | 4 | 32 | 糧秣庫 | 30 | 15 | 450 |
| 修護組寢室 | 8 | 3 | 24 | 一據點 | 6 | 7 | 42 |
| 指揮部 | 25 | 6 | 150 | 二據點 | 12 | 4 | 48 |
| 勤指中心 | 10 | 6 | 60 | 三據點 | 20 | 6 | 120 |
| 軍郵局 | 7 | 7 | 49 | 四據點 | 20 | 8 | 160 |
| 偵巡組 | 5 | 5 | 25 | 五據點 | 20 | 8 | 160 |
| 通電組 | 15 | 5 | 75 | 六據點 | 30 | 8 | 240 |
| 圖書室 | 7 | 7 | 49 | 七據點 | 10 | 8 | 80 |
| 沙畫教室 | 8 | 5 | 40 | 八據點 | 10 | 10 | 100 |
| 合計屋頂總面積 | | | 3,283 平方公尺 | | | | |

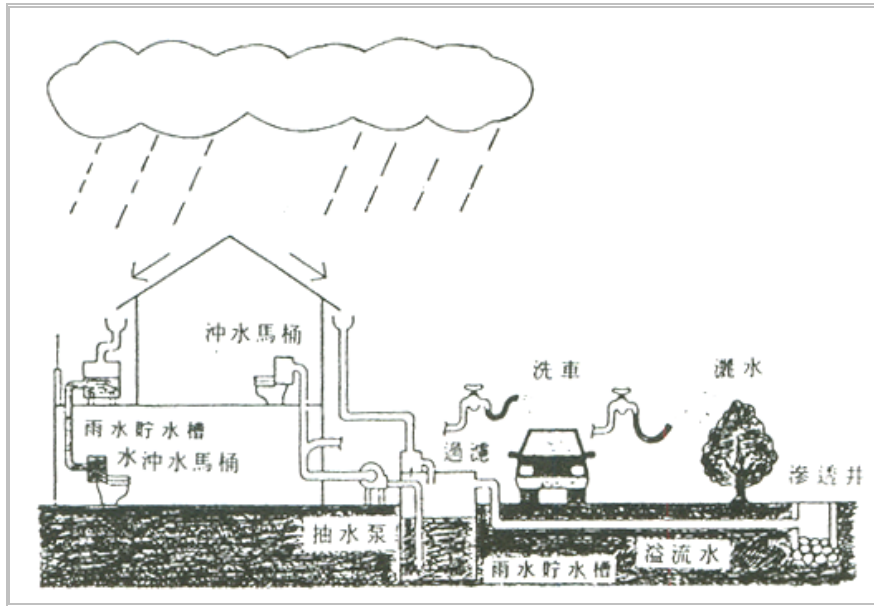


圖 5.5 屋頂雨水收集貯存利用示意圖一

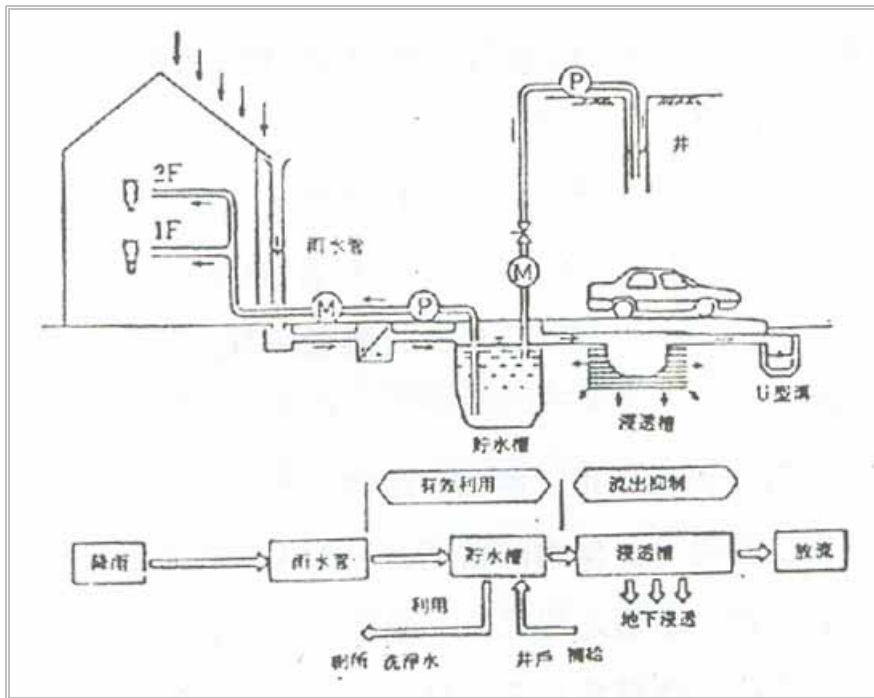
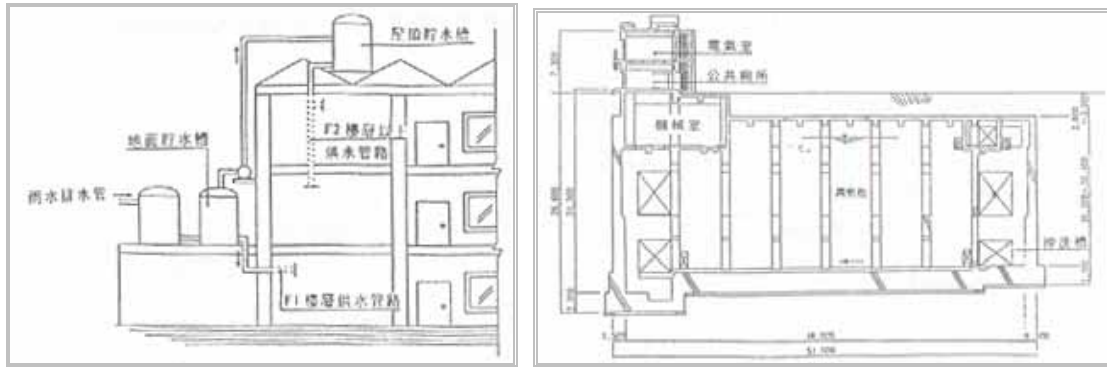


圖 5.6 屋頂雨水收集貯存利用示意圖二

| 設置位置分類 | 型式 | 適用 | 備註 |
|----------------------|----|------------------|--|
| 1. 屋上設置型 | | 住宅 小辦公場所 | 1. 省能源、供水時不需動力 2. 維護管理容易 3. 載重必須計入 |
| 2. 地面設置型 | | 住宅 辦公場所 | 1. 維護管理容易 2. 供水時需動力 |
| 3. 地下設置型 (超量自然排水) | | 住宅 學校 辦公場所 | 1. 適用於規模大者 2. 可利用基礎、地下滑梯 |
| 4. 地下設置型 (無法自然排水) | | 辦公場所 地下停車場 | 地下雨水槽達一定雨水量，必須有不再排入之設備 |

圖 5.7 雨水收集貯存利用設備



(a)地上貯水槽

(b)地下貯水槽

圖 5.8 貯水槽示範例

1. 供水率

雨水時留供水系統的效能以供水率表示，供水率的定義如下：

$$R_v = \frac{\text{雨水貯留供水系統實際供水量}}{\text{總需水量}} \times 100\%$$

$$\text{式 中 雨水貯留供水系統實際供水量} = \sum_{t=1}^n R_t$$

$$\text{總需水量} = n \times D$$

$$R_t : t \text{ 時刻之雨水供應量 (m}^3\text{)}$$

$$D : \text{需水量 (m}^3\text{)}$$

$$n : \text{降雨資料長度 (日)}$$

當 $t+1$ 時刻的貯留筒容量 ≥ 0 時，則 t 時刻的雨水供應量等於需水量，若 $t+1$ 時刻的貯留筒容量 < 0 時，則 t 時刻的雨水供應量為：

$$R_t = Z_t - Z_{t+1} + Q_t$$

$$\text{式 中 } Z_t : \text{第 } t \text{ 時刻的貯蓄量 (m}^3\text{)}$$

$$Z_{t+1} : \text{第 } t+1 \text{ 時刻的貯蓄量 (m}^3\text{)}$$

$$Q_t : \text{第 } t \text{ 時刻的入流量 (m}^3\text{)}$$

2. 集流裝置

集流裝置係指屋頂、地面、路面、其他人造或天然裝置，將落在該裝置上面雨水匯集到貯蓄系統，集流面積為集流裝置在水平面上的投影面積。屋頂之型式，一般較常使用有平頂屋頂、斜屋頂、圓弧型屋頂及鋸齒型屋頂等，材質有水泥、石棉瓦、鍍鋅鐵皮、浪板等，不同材質的屋頂，皆會造成不同程度的水質改變。為簡化工作，本規劃估算島上建物之雨水收集量假設屋頂為平頂，逕流係數取 0.90，雨水經雨水管流至排水溝，截水裝置可設於雨水管，或

於雨水管排入排水溝後收集，每一個收集面設置一個或數個集水槽，以管線將雨水輸送至前水池；收集地面雨水時，一般逕流係數取 0.40，但由於東沙收集地面雨水之處皆為不透水地，因此逕流係數取 0.90 依排水系統設置集水槽。在雨水貯留供水系統中，一般集水面積都不大，集流時間極短，而貯水槽採有蓋式，所以蒸發或其他損失可以忽略。

3. 貯水池

在雨水貯留供水系統中，貯水池容量與收集雨水之集水區域面積大小及雨量強度之影響甚大。通常集水區域為建築物屋頂，受限於建築物大小已無法改變，因此貯水池大小之設計考量變得極為重要，流入水量之多寡直接關係到貯水池之設置容量。估算貯水池容量之方式很多，其中臨界期距法 (Mcmahon and Mein) 是利用歷史水文資料記錄流量或雨量及需水量模擬貯水槽體積長期變化情形，此類方法包括 Mass Curve Method, Residual mass curve method, 及 Simulation analysis。以國立海洋大學為例，其廖朝軒、朱壽銓教授之「屋頂雨水貯集供水系統之最佳化設計」即採用之電腦程式係使用模擬法 (Simulation analysis) 分析貯水槽容量，所謂模擬法是利用歷史記錄之入流量代入連續方程式模擬貯水槽之連續性變化，計算供水率、失敗率等，連續方程式表示如下：

$$\begin{aligned} Z_{t+1} &= Z_t + Q_t - D_t - \Delta E_t - L_t \\ 0 &\leq Z_t \\ Z_{t+1} &\leq S \end{aligned}$$

式中 Z_{t+1} ：第 t+1 時刻儲水量
 Z_t ：第 t 時刻儲水量
 Q_t ：第 t 時刻入流量 D_t ：第 t 時刻放水量
 ΔE_t ：第 t+1 時刻的蒸發損耗
 L_t ：第 t+1 時刻的其他損失
 S ：對水槽容量

雨水貯留供水系統中，一般集水面積都不大，集流時間極短，又貯水槽為密閉，所以蒸發與其他損失可忽略，則上式可改寫為：

$$Z_{t+1} = Z_t + Q_t - D_t$$

藉由歷史記錄入流量代入演算，可從一連串的 RT 水槽變化中算出某特定容量的次數，即失敗次數，再將其除以總模擬次數即可得知系統可靠度，為了便於分析，該程式中做了以下假設條件：

1. 貯水槽開始運轉時，槽內無水。
2. t 日供水為 t-1 日之貯水，t 日所收集雨量不能供應 t 日之需水量。
3. 貯水槽內之蒸發量不計。
4. 取水以貯水槽為最優先，若貯水不足供應則由自來水補充。

5.2.6 雨水收集量初估

根據表 5.5、表 5.6 得，島上主要建物總面積 3,283 平方公尺，集水坪總面積為 54,477 平方公尺。以 1995~1999 年之年平均降雨量 1669 公釐為估算雨水收集量之降雨參數，以每次降雨量為 20mm 推估，並應用合理化公式計算島上可能之雨水收集量，由於地貌變化不大，建物及集水坪逕流係數皆採用 0.9，可得估算之雨水收集量，見表 5.7。

表 5.7 雨水收集面積與水量

| | 籃球場 集水坪 | 機場跑道 | 網球場 集水坪 | 主要建物 屋頂面積 |
|---------------------------|------------|---------|------------|--------------|
| 集水面積 (m ²) | 2,037 | 51,600 | 840 | 3,283 |
| 逕流係數 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| 雨水收集量 (公升/每次降雨) | 36,666 | 928,800 | 15,120 | 59,094 |
| 小計 | 980,586 | | | 59,094 |
| 合 計 (公升/每次降雨) | 1,039,680 | | | |
| 年雨量；1,669 mm/年 | | | | |

5.2.7 集水坪雨水收集系統及建置費用

在雨水收集系統的設置方面，建物主要採各自設置雨水收集系統以收集雨水，而籃球場、網球場以及機場跑道之雨水收集，則以集水區域之兩側設置集水溝及集水坑，利用集水溝之坡降以重力流方式收集雨水，如圖 5.9 所示。籃球場及網球場由於面積較為方正，雨水收集易於集中，因此可規劃一雨水集水坑即可，而集水坑容積則分別依表 5.7 所計算之 36666 公升及 15120 公升規劃。機場跑道集水坪由於佔地面積較為狹長，因此雨水採分段收集，若以每 200 公尺於跑道兩旁各設置一集水坑，約需 20 座集水坑，依表 5.7 所計算之集水量，平均每座集水坑需 46440 公升之集水容積。由於平均降雨強度約為 20mm，因此集水溝亦較不須以深溝設計，斷面約以 30cm*30cm 即可。

在建置費用方面，一般水泥集水溝造價約每公尺台幣 3000 元，因此在網球場集水溝長度分別含長 40 公尺*2、寬 21*2 公尺，合計 122 公尺，加上集水坑造價，估計約需 30 餘萬。同理籃球場及水溝長度含長 97 公尺*2、寬 21*2 公尺，合計 236 公尺，加上集水坑造價，估計約需 70 餘萬。機場跑道方面，集水溝長度含長 1720 公尺*2、寬 30 公尺，合計 3500 公尺，及上集水坑造價，估計約需 700 餘萬。

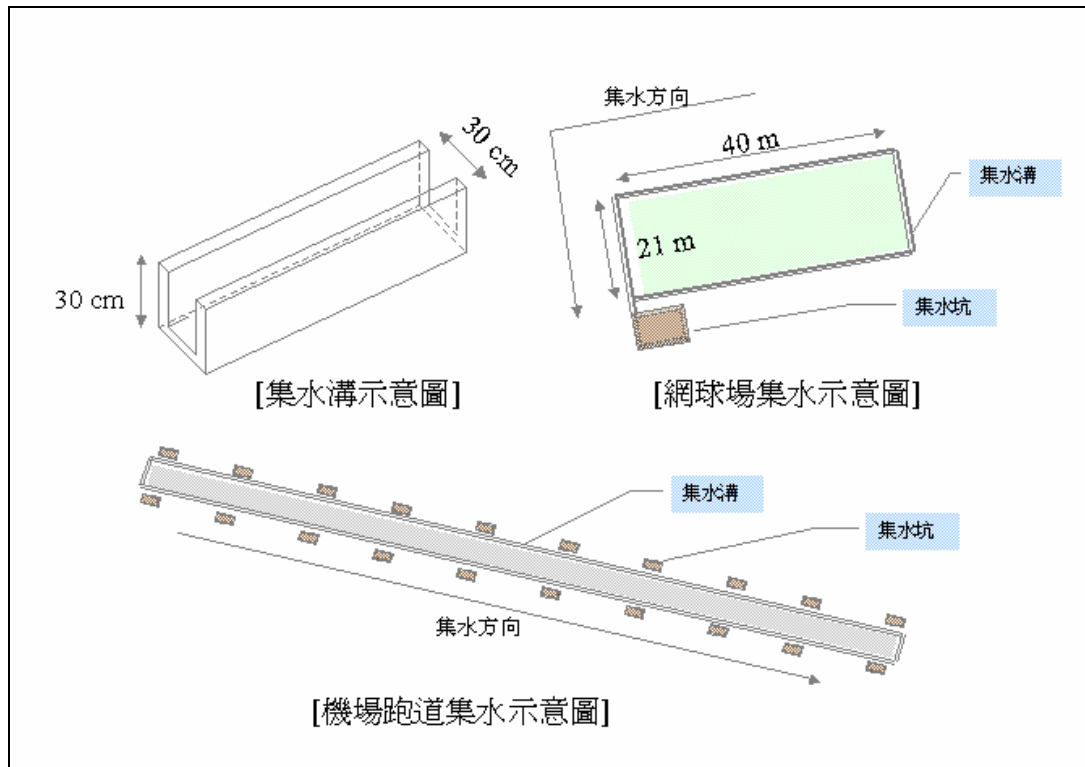


圖 5.9 雨水收集系統示意圖

5.3 淋浴及盥洗用水回收再利用

5.3.1 淋浴及盥洗設施現況

一般人印象中，台灣年降雨量十分充沛；事實上，台灣地區由於山坡陡峻，颱風豪雨雨勢急促，大部分降雨皆迅速流入海洋，此外，由於不同地區、不同季節降雨量也極不平均，所以容易造成乾旱。台灣每人每年實際分配到可利用水量很少，只及世界平均值的 1/6，按目前世界標準，屬於缺水地區。而有如台灣縮影之東沙島，全島面積狹小，水份蓄涵不易，縱有豐沛雨量，而島上現有蓄水、製水設施亦仍不敷因應全島需求。更何況降雨時空分布極不均勻，約有 80% 的雨量集中於每年 5 月至 10 月間之豐水期。島上海水淡化機房，除需負擔高價位之用水成本，由於東沙島位置偏遠，機房故障所等待的維修時間，更使不足之供水量雪上加霜。因此，因應未來島上活動人口增長及基礎建設之需求，島上合理之節省用水仍屬必要。面對水資源種種問題，表 5.8 用水設施調查所示，島上以公共場所洗手檯 144 支水龍頭為例，具省水功能僅有 12 支，尚未達整體之 1/10，而包括馬桶及小便斗等皆非省水設備，諸如此項節水措施的落實，仍有改善空間。

5.3.2 淋浴及盥洗用水來源及使用現況

在盥洗用水方面，主要來的供應水源為海水淡化機製水，而在 5.1.2 節也可明顯看出，淋浴及盥洗用水佔所有生活用水別之最大宗。而一般家庭用水自來水系統及可利用為再生水源比例如表 5.9 所示，自來水用水系統及可利用再生水系統所分別佔家庭用水之水量，在各案例中分別計於小計欄中，而所佔家庭用水之比例則以括弧表示。在自來水供給系統中之盥洗用水(洗手洗面、浴室用水)方面，在各案案例中約佔每人每日需水量之 20.8%~46.7%不等(如案例五，洗手洗面 17 公升與浴室用水 95 公升，合計 112 公升，佔總家庭用水 240 公升之 46.7%)，相較於可利用再生水系統中之廁所用之水，如能將盥洗用水收集利用在廁所用之水不僅綽綽有餘，更可省下 1/3 的生活需水量。

5.3.3 省水器材設置

為達水資源有效利用，在建物設計上具體方法之一即是採用省水器材。在生活用水使用調查中，盥洗及浴廁用水比例約為總用水量的 5 成，而東沙之淋浴及盥洗用水更可能高達 62.5%。過去許多建築設計常採用不當的用水器材，造成水資源的浪費，如全面採用省水器材，必能節省不少水量。目前國內經常被採用之省水器材包括「省水水龍頭」、「省水馬桶」、「兩段式馬桶省水沖水器」、「省水蓮蓬頭」、「小便斗自動沖洗裝置」等等。表 5.10 為使用省水器材每人每日基本用水量，其僅需 168 公升，相對於 87 年台灣地區每人每日用水量 230 公升(表 5.11)，其省水效率達近 27%。根據表 5.10 資料顯示，馬桶每次沖水量約 12~14 公升，如換裝省水馬桶，沖水量僅約 6~9 公升，省水效率可達 25% 以上。一般人每天大號約一次到兩次，但小便則多達 6~8 次，也就是說每人每天利用馬桶的次數為 10 次，因此平均每個人一天可能經由馬桶用掉近 80 公升的水量，以東沙島為例，

由於目前島上大部份官兵為男性，因此若採用省水器材，則每天大號 1.5 次最多需用水 13.5 公升，利用小便斗小號 8 次最多需用水 24 公升，因此每人每天沖廁用水約需 37.5 公升。以下針對各項省水器材做大致上介紹：

表 5.8 東沙主要建物衛生設備統計

| 建物名稱 | 衛生設備數 | | | |
|--------------|-------|-----|------|-----|
| | 洗水龍頭 | | 小便斗數 | 馬桶數 |
| | 省水 | 非省水 | | |
| 小吃部 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 東沙分隊 | 0 | 5 | 3 | 3 |
| 理髮部 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 中正堂 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 水電中心 | 0 | 3 | 2 | 1 |
| 東光醫院 | 0 | 9 | 1 | 3 |
| 職務官舍 | 0 | 12 | 0 | 6 |
| 麵包房 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 修護組室內集 用場 | 0 | 2 | 1 | 1 |
| 修護組寢室 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 指揮部 | 1 | 5 | 0 | 2 |
| 勤指中心 | 1 | 2 | 3 | 2 |
| 偵巡組 | 0 | 1 | 4 | 4 |
| 通電組 | 0 | 8 | 3 | 2 |
| 聰良場 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 克強場 | 10 | 19 | 6 | 6 |
| 焚化爐 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 一據點 | 0 | 6 | 2 | 2 |
| 二據點 | 0 | 5 | 2 | 2 |
| 三據點 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 四據點 | 0 | 6 | 4 | 4 |
| 五據點 | 0 | 8 | 3 | 3 |
| 六據點 | 0 | 9 | 5 | 8 |
| 七據點 | 0 | 26 | 5 | 5 |
| 八據點 | 0 | 3 | 2 | 2 |
| 小計 | 12 | 132 | | |
| 合計 | | 144 | 48 | 58 |

表 5.9 家庭用水各種用途別用水量分析

| 案例 | 自來水系統(公升/人·日) | | | | 小計 | 可利用再生水系統 (公升/人·日) | | | 小計 | 合計 (公升/人日) |
|-----|---------------|-------|------|------|----------------|----------------------|------|-------|---------------|---------------|
| | 廚房 | 洗手洗面 | 浴室 | 其他 | | 廁所 | 洗車 | 灑水 | | |
| 例 1 | 35 | 27 | 34 | 11 | 107 (76%) | 32 (23%) | 1 | 1.5 | 34.5 (24%) | 141.5 |
| | | 32.7% | | | | | | | | |
| 例 2 | 50 | 30 | 50 | 10 | 140 (74%) | 40 (21%) | -- | 10 | 50 (26%) | 190 |
| | | 31.9% | | | | | | (含洗車) | | |
| 例 3 | 50.9 | 7.3 | 34.7 | -- | 92.9 (60%) | 31 (20%) | 2.9 | 28.3 | 62.2 (40%) | 155.1 |
| | | 20.8% | | | | | | | | |
| 例 4 | 45.2 | 20.7 | 36.2 | 12.6 | 114.7 (74%) | 41.2 (26%) | -- | -- | 41.2 (26%) | 155.9 |
| | | 28.6% | | | | | | | | |
| 例 5 | 50 | 17 | 95 | 27 | 189 (79%) | 48 (20%) | 3 | -- | 51 (21%) | 240 |
| | | 46.7% | | | | | (清掃) | | | |

說明：例 1 水循環再利用調查報告書 1974 年 10 月 日本(財)團上水開發技術研究所

例 2 家庭處理水之再利用 1972 年 9 月 日本住宅公園大阪支所計畫部

例 3 水高度利用計畫調查報告書 1972 年 3 月 日本近畿地建企劃部

例 4 下水處理水三次處理實驗調查(中間報告) 1974 年 3 月 日本大阪市下水道局

例 5 合理生活用水量探討 1995 年 8 月 逢甲大學林秋裕教授

資料來源：例 1~ 例 4 建築物中水道系統廢水再利用之可行性研究內政部建築研究所當備處 民國 80 年 9 月

例 5 第三屆水再生及再利用研討會論文集經濟部水資源局 民國 86 年 11 月

表 5.10 一般型用水器材與省水器材的用水量／節水率之比較表

| | 一般型用水器材 | 省水器材 |
|----------|---------------|--------------------------------|
| 水龍頭 | 15 ~ 20 公升/分鐘 | 9 公升/分鐘以下 |
| 蓮蓬頭 | 15 ~ 20 公升/分鐘 | 10 公升/分鐘以下 |
| 一段式馬桶 | 12 ~ 14 公升/次 | 6 公升/次以下 |
| 兩段式馬桶 | — | 第一段 9 公升/次以下 第二段 4.5 公升/次以下 |
| 兩段式沖水器 | — | 小號用水量約為大號的一半 |
| 省水器材配件 | — | 馬桶相關配件/水龍頭/蓮蓬頭 |
| 小便斗自動沖水器 | | 1-3 公升/次 |
| 洗衣機 | 35 公升/每公斤衣物 | 配件 22 公升/每公斤衣物 |

(※本資料表摘自愛水人之屋)

表 5.11 換裝省水器材每人每日基本用水量

| 用水項目 | 用水量(公升) | 說明 |
|------|---------|--|
| 淋浴 | 40 | 淋浴一次 40 公升 |
| 沖廁 | 54 | 大號一次 9 公升;小號 10 次, 每次 4.5 公升, 共 45 公升。 |
| 洗衣 | 25 | 每人每天洗衣 1 公斤, 使用省水洗衣機需要 25 公升 |
| 飲用 | 4 | |
| 雜用 | 45 | 蔬果、碗盤、地板、車輛清洗、花木澆灌 |
| 合計 | 168 | |

資料來源：全國國土及水資源會議，民國 87 年。

1. 省水馬桶

由於科技進步及對節水要求之殷切訴求，省水馬桶以非僅在水箱中放置磚塊或寶特瓶，藉減少水箱水已達省水目的，馬桶省水需從馬桶設計著手，更換設置真正省水型馬桶，達到省水功能。依據目前中華民國國家標準(CNS)規定，沖水馬桶型式分為沖水式、虹吸式及噴射式三種，一般傳統型沖水式馬桶使用水量約 11~12 公升，虹吸式及噴射式馬桶使用水量約為 13~15 公升，而在省水馬桶方面，目前各國對省水馬桶的用水標準如表 5.12 所示。

表 5.12 省水馬桶用水標準

| 國 別 | 沖水式 (公升) | 虹吸式、噴射式 (公升) |
|---------------------|-------------------------|-----------------|
| 日本 | 8 以下 | 9 以下 |
| 美國 | 6 以下 | |
| 中華民國 (CNS 及省水標章) | 9 以下 (小便沖水 4.5 公升以下) | |

以生產衛浴等水電器材之電光牌為例，其省水馬桶設計原理如圖 5.10 所示，細利用馬桶水圈進水口部分，使其形成兩股強勁水流，使此兩股水流或會合成為一股強大之水壓力，直接將排泄物排出，取代傳統式馬桶其水圈出水後，一直產生旋轉水流，待馬桶內部管路滿水後載產生虹吸現象將污物排出，如此一來從水由水圈出來到馬桶管路滿水，其先前排水的大部分水都浪費掉。而省水馬桶則於排泄污物前只排出 1/5 水量，其餘的水完全用以運送排泄物，達到真正省水功能。以上係就廠商某一型式之省水馬桶沖水特點加以敘述，另家公司如東陶(TOTO)之部分產品，強調以「倍吸」設計突破省水瓶頸，平均每次沖水僅需 6 公升為訴求。基本上研發具省水效能之沖水馬桶，它必須具備有省水、維持洗淨功能及運

輸污物至化糞池等三大功能，目前國內已有多家公司研發成功多項省水馬桶，對上述三項功能之達成無庸置疑，且均獲有水資源局核准之「省水標章」

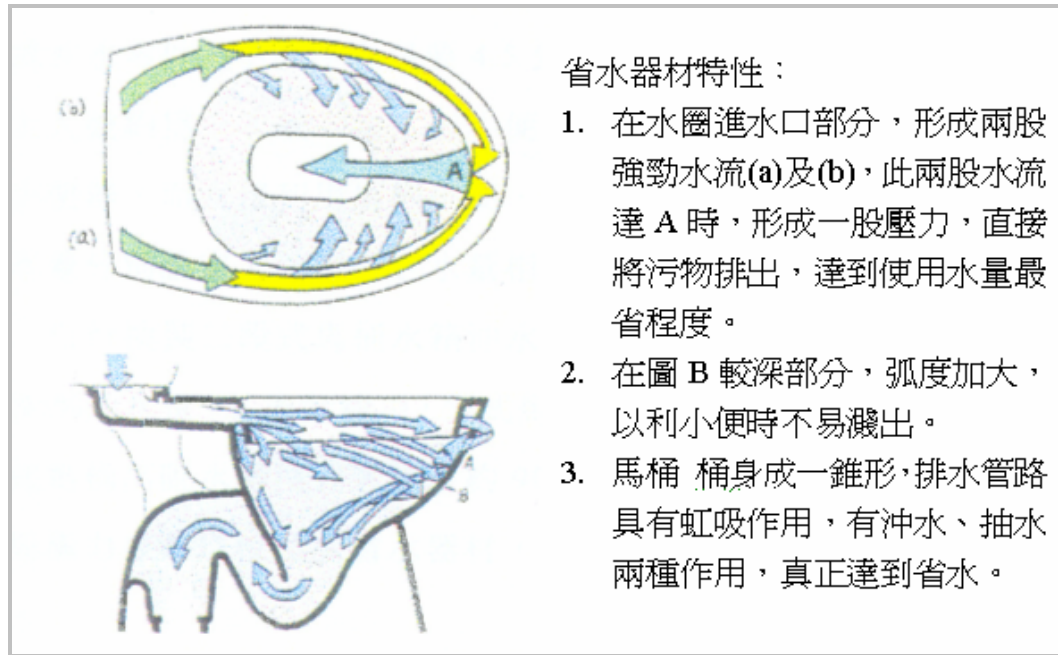


圖 5.10 省水馬桶特性

目前東沙島上沖水馬桶數約有 60 個，且絕大部分均分部於官兵日常作息之據點及官舍，使用頻率甚高。相較於傳統馬桶每次沖水量在 12~14 公升，省水馬桶每次沖水量低於 9 公升，省水效率在 25% 以上。在省水效益上，島上駐軍 300 人，假設平均每人每天利用馬桶大號 1.5 次，一年節省之水量約為：

$$(12 \text{ 公升} - 9 \text{ 公升}) \times 1.5 \text{ 次} \times 300 \text{ 人} \times 365 \text{ 天} \approx 492,750 \text{ 公升}$$

2. 二段式沖水零件

基本主二段式沖水零件屬省水馬桶之配件，由於更換整座省水馬桶，其單價較貴，降低民眾更換意願，但二段式沖水零件之置換，花費之錢極少，卻有相當之節水效果，故特列項說明。馬桶沖水量無論大小便，沖水皆在 12~14 公升，如選用符合省水標章之二段式沖水零件，小便沖水只要 4.5 公升左右，非常經濟，而一般人每天上大號約為一次或二次，但小便則多達 6~8 次，一般家庭都未設置小便器，而直接利用馬桶小便，採用二段式沖水另件，大小使之沖水量分別設定，其節省之水量相當可觀。自行換裝二段式馬桶水箱沖水配件，可以讓每次沖水省下 50% 到 95% 的水量，其換裝費用，坐式馬桶低水箱型式者每座約 700 元，蹲式馬桶高置水箱型式者每座約 900 元，均相當便宜，經濟部水資源局極力推動換置之省水器材，此為重要項目之一。若島上若全數換裝二段式沖水配件，以一套 1,000 計，60 座沖水馬桶僅需 6 萬元。

3. 省水龍頭

控制水龍頭流量，亦可達到省水目的，一個四口之家庭，如果在家中的廚房和浴室內裝上低流量的水龍頭曝氣器，一年可節省的 13,000 公升水，若以島

上駐軍 300 人計，則一年可節省 975,000 公升水。一般來說，平常水龍頭流量約為每分鐘 20 公升，裝上低流量之水龍頭曝氣器，可減低 50% 的流量，而水流同時，也壓入空氣，所以水流速度仍然很快，達到沖洗目的。另一種省水閥，係利用水管本身內部水壓由大而小，經導水裝置產生噴射出水，因噴出面積廣，洗手時能均勻的噴射整個手部，所以流量少，效果好，與一般水龍頭的出水比例為 25:1，非常省水。上述二種省水器材均可於市面上購到，而裝置簡單、價格便宜。

4. 低流量蓮蓬頭

洗澡所用的水量亦相當多，約占家庭用水量 20~30%，每人每天用浴盆洗一次澡，就要用掉 100~120 公升的水，一家四口將近 500 公升，如果改用淋浴則較省水，但淋浴洗五分鐘熱水澡，一星期也要用掉 2,600 公升，相當於一個人三年的飲用水；由盆浴改為淋浴，雖然省掉不少水量，但一般蓮蓬頭的流量每分鐘為 19~20 公升，可以換裝低流量的蓮蓬頭，節省 50% 的水量，相對也能減少燒熱水所用的能量。而以島上駐軍 300 人計，若改採低流量蓮蓬頭依每分鐘出水 10 公升、每人每次洗澡連續使用 10 分鐘計，每人每天用水量僅有 75 公升，較一般蓮蓬頭用水量少一半。

低流量蓮蓬頭有曝氣器與非曝氣式兩種，曝氣式為壓入空氣維持正常的水流，不受減少水重影響，但因加入空氣之故，使水溫稍微減低；非曝氣式蓮蓬頭，可維持出水溫度，但水流會改變，適於淋浴時連續噴灑。

5. 水箱上洗手盆設置

安裝一套省水之馬桶設備，除上述換裝省水馬桶及裝置二段式配件外，另有一巧思為裝置附洗手盆之沖水水箱，如圖 5.11 所示，馬桶沖水後，制水閥自動開啟，流出之水由上先注入洗手盆供洗手，其排水再注入沖水水箱，供下次沖水用，水箱滿水則自動關閉，此種設施，在日本家庭應用普遍，值得推薦節水家庭使用，不過此種裝置之馬桶沖水必須為自來水，如果採用再生水做為馬桶沖水則不能使用此種設備。

5.3.4 省水標章與省水規格標準

前面會約略提到部分省水器材獲有水資源局核發之「省水標章」，本節就「省水標章」之意義與申請作業加以說明。經濟部水資源局為推動節水器材的使用與研發，特研定「省水標章」，以提供消費者一易於辨識省水產品之標誌，同時透過消費者對省水標章產品的支持，進而激勵製造廠商更能重視省水產品的研發與製造，而達到良性循環目的，圖 5.12 為省水標章圖樣，依經濟部水資源局民國 87 年 1 月 13 日公布之「省水標章作業要點」省水標章之顏色為為藍色標準色準，同屬政府機關頒發之標章，但兩者訴求重點不同，省水標章以獎勵使用省水產品為目標，而環保標章則要求其產品要符合低污染、省能源、可回收等條件。



圖 5.11 水箱上附洗水盆之沖水馬桶設備



圖 5.12 省水標章圖樣

另依據「經濟部水資源局省水標章作業要點」第三條規定：「符合省水標章之產品項目及其省水規格標準」由水資源局視實際情形公告之，水資源局於民國 87 年 1 月 19 日經 87 水資一字第 8700100034 號公告洗衣機、一段式省水馬桶、二段式省水馬桶、水龍頭、蓮蓬頭、二段式省水沖水器等六項省水器材申請使用省水標章之規格標準，以下略為敘述之，亦可由網站獲得相關資訊，網址為 <http://wrb.gov.tw/親水園地/節水設施>。

5.3.5 省水規格標準

以下資料摘自於 90 年 8 月經濟部水資源局所公告之省水標章作業要點及產品規格(修正本)。

1. 洗衣機省水標章規格標準

產品在最大負荷之洗濯容量、高水位、標準洗濯行程，洗淨比達 0.8 以上，並符合下列規格：

- (1) 產品洗淨每公斤衣服所耗水量不得大於廿五公斤(含)。
- (2) 產品須符合 CNS 2926 國家標準及相關品質規定。
- (3) 產品之適用條件、適用場所及使用限制須於使用說明書或包裝上清楚註明。

2. 一段式省水馬桶省水標章規格標準

- (1) 一段式省水馬桶每次沖水量須在九公升以下(含)。
- (2) 馬桶尿液殘留測試之稀釋倍數須在 100 倍以上。
- (3) 產品須符合 CNS 3220、3221 國家標準及相關品質規定。
- (4) 產品型錄上應清楚標示該產品適用之建築條件與明確之施工說明。

3. 二段式省水馬桶省水標章規格標準

- (1) 二段式省水馬桶每次沖水量大便須在九公升以下(含)，小便須在四.五公升

以下(含)。

- (2) 大便尿液殘留測試之稀釋倍數須在 100 倍以上，小便尿液殘留測試之稀釋倍數須在四十倍以上。
 - (3) 產品須符合 CNS 3220、3221 國家標準及相關品質規定。
 - (4) 產品型錄上應清楚標示該產品適用之建築條件與明確之施工說明。
4. 水龍頭省水標章規格標準
- (1) 在每平方公分二公斤壓力及四分管管徑之測試條件下，水龍頭或水龍頭經加裝管水配件後，每分鐘最大流量不得超過九公升。
 - (2) 產品須符合 CNS 8085、80871088 國家標準之相關品質規定。
 - (3) 水龍頭須提供 100,000 次以上之使用保證。
 - (4) 若產品僅外觀、尺寸、顏色等少許差異而不影響省水功能或品質者，視為同一產品。
 - (5) 產品之適用條件、適用場所及使用限制須於使用說明書或包裝上清楚註明。
5. 蓮蓬頭省水標章規格標準
- 產品範圍包括蓮蓬頭及其器材配件
- (1) 在每平方公分二公斤壓力及四分管管徑之測試條件下，蓮蓬頭或蓮蓬頭經加裝省水配件後，每分鐘最大流量不得超過 10 公升，但最小流量不得低於五公升。
 - (2) 產品須符合相關品質規定。
 - (3) 若產品僅外觀、尺寸、顏色等少許差異而不影響省水功能或品質者，視為同一產品。
 - (4) 產品之適用條件、適用場所及使用限制須於使用說明書或包裝上清楚註明。
6. 二段式省水沖水器省水標章規格標準
- 二段式省水沖水器係指馬桶水箱內之相關配件，其可分別體制尿液及糞便之用水量者。
- (1) 尿液使用水量須為糞便使用水量之 50% 以下。
 - (2) 產品須提供 20,000 次以上之使用保證。
 - (3) 在未安裝馬桶條件下，水箱沖水閉關平均每秒沖水量須在 1.4 公升以上(含)。
 - (4) 接合墊料或蓋子須使用在水中不易分解之材料。
 - (5) 若屬電子控制閥產品，須提出具公信力之相關品質證明。
 - (6) 廠商須切結保證提供足夠之零件以便維修及服務。
 - (7) 產品適用條件、適用場所及使用限制須於使用說明書或包裝上清楚註明。
7. 小便斗自動沖水器
- 每次沖水量合計不得超過三公升，但不得低於一公升。

5.3.6 省水器材換裝評估

東沙是一缺水嚴重的地區，基本上任何一項節水措施，均對自來水供水壓力之舒緩有相當的助益，雨水收集貯存利用，二元供水系統設置，以及省水器材之換裝，無疑是最具節水效益之措施，其中又以省水器材之換裝是最佳捷徑。但由於島上衛生設備(馬桶、水龍頭、蓮蓬頭)中，馬桶沖廁用水將採用淋浴用水，而淋浴用水量預估為每人每天 75 公升，遠大於沖廁用水所需的 37.5 公升，因此採用省水設備之需求較低。但在蓮蓬頭方面，若原有蓮蓬頭為一般型用水器材中較省水的型號，則每分鐘用水量為 15 公升，以每人每天洗澡 7.5 分鐘計算，採用省水蓮蓬頭每人每天最多可省下 37.5 公升之淋浴用水量，若以東沙島 300 名常駐人員為例，每天利用省水蓮蓬頭約可省下 11,250 公升的淋浴用水，相當於目前每台海淡機造水量 6,000 加崙(22,740 公升)之 50%的造水量，若以台灣地區海淡廠平均水價每度 40 元計算，相當於每年省下 16 萬元的水費。

5.4 沖廁用水替代

5.4.1 沖廁用水來源

東沙島地下水甚為充裕，地下水位高，離地深約 1.5 至 2.0 公尺處即可獲得水源，屬淺層地下水。以東沙島氣候分析，冬季為乾季，雨量稀少，地下水位高度較低，此時作物多因氣候因素而休耕，需水量亦較少，而夏季為雨季，雨量充足，但流出也快，唯地下水位仍能維持較高的水平，此時亦為植物的生長季，水源儲量大致充足。由於淺層地下水之分佈為區域性不均質分佈。以淺井的地下水位來看，它是隨著當年、當季、當月雨量的多寡而定，下雨之後淺井的地下水位普遍有升高的現象，然後逐漸因部分地下水流流入海洋而水位漸降，另外亦可能因少數地區地下儲水能力不佳、淺井井數不足、或淺井深度太淺，而產生水源不足的現象。

過去東沙淺井水源的利用除可供作灌溉之外，還必須扮演自來水源的功能。但由於東沙島上歷年來海水經 RO 淡化後之濃縮液直接打入地下水，導致地下水鹽度自 90 年僅有 2~10 ppt 左右，上升至 94 年的 19.4 ppt，雖然目前海水濃縮廢液已改由海拋處理，但地下水質已略鹹，不宜直接飲用。在淺井的分布，除海水淡化機房持續抽取地下水以淡化海水外，目前島上各據點亦有抽水馬達及水井抽取之地下水做為沖廁用水，抽取地下水作為沖廁用水之詳細位置如圖 5.13 所示。

5.4.2 可替代沖廁用水之水源及需水量

表 5.13 各用途別再利用水水質標準建議值，由於未來規劃將駐軍之淋浴用水回收再利用作為沖廁用水之供給來源，重複利用淋浴用水，因此需滿足表 5.13 所列之各項水質標準，初步看來僅有餘氯一項需要加強，未來可將淋浴用水經收集後加氯消毒以保有餘氯，再利用抽水機抽至建物之水塔，利用重力流的方式作為沖廁用水之水源及動力，但基於衛生考量，貯存之淋浴用水須於一日內用完或廢棄，以免發臭。其供水流程大致如圖 5.14 之地上貯水型式所示。

表 5.13 各用途別再利用水水質標準建議值

| 水質項目 | | 用 途 | | | |
|------|--------|---------|------------------|----------------|-------------|
| | | 廁所沖洗用水 | 噴灑用水 (空調冷卻用水) | 景觀用水 (洗車用水) | 親水用水 |
| 大腸菌數 | (個/ml) | -- | 不能檢出 | 不能檢出 | 不能檢出 |
| BOD5 | (mg/l) | 10 以下 | 10 以下 | 10 以下 | 3 以下 |
| pH 值 | — | 6.0~8.5 | 6.0~8.5 | 6.0~8.5 | 6.0~8.5 |
| 濁度 | (NTU) | -- | 10 以下 | 5 以下 | 多以下 |
| 臭氣 | — | 無不舒適 | 無不舒適 | 無不舒適 | 無不舒適 |
| 外觀 | — | 無不舒適 | 無不舒適 | 無不舒適 | 無不舒適 |
| 色度 | (度) | 的以下 | 40 以下 | 40 以下 | 10 以下 |
| 餘氯 | (mg/l) | 保有餘氯 | 0.4 以上 | 臭氧或 UV 消毒 | 臭氧或 UV 消毒 |
| 說明 | | 不與人體接觸 | 不與人體接觸 為原則 | 不與人體接觸 為原則 | 與人體手足接 觸 |

資料來源：建築物再生水系統設計及水質標準之研究 經濟部水利司 民國 84 年 6 月

(親水用水參考日本「下水處理水之修景・親水利用水質檢討手冊」)

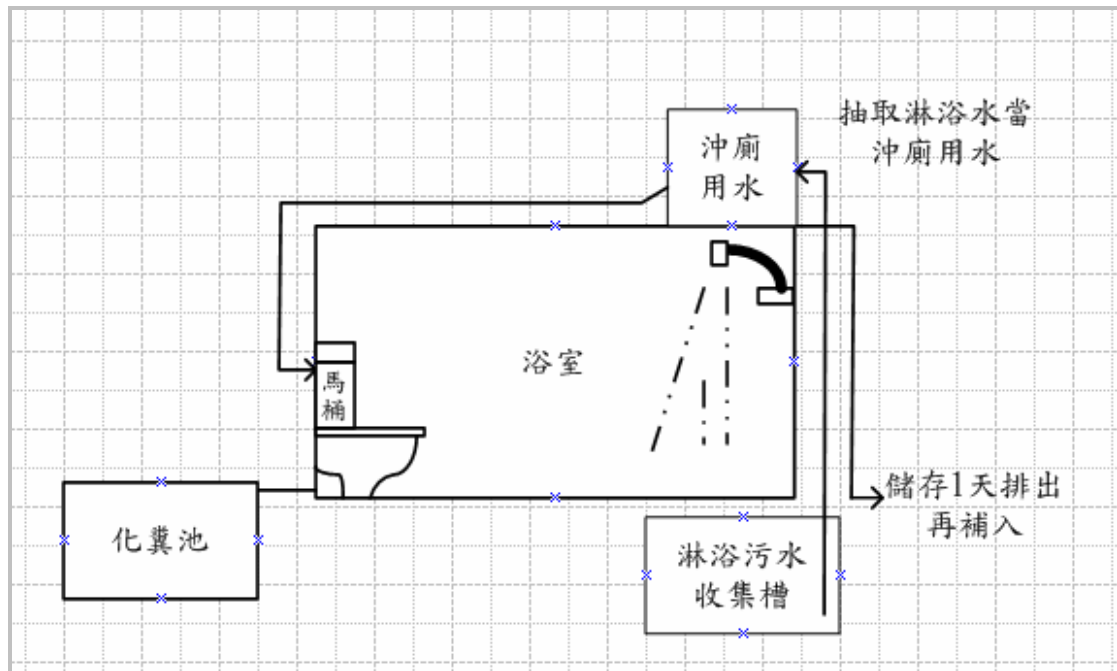


圖 5.14 淋浴用水回收再利用作為沖廁用水之供給流程

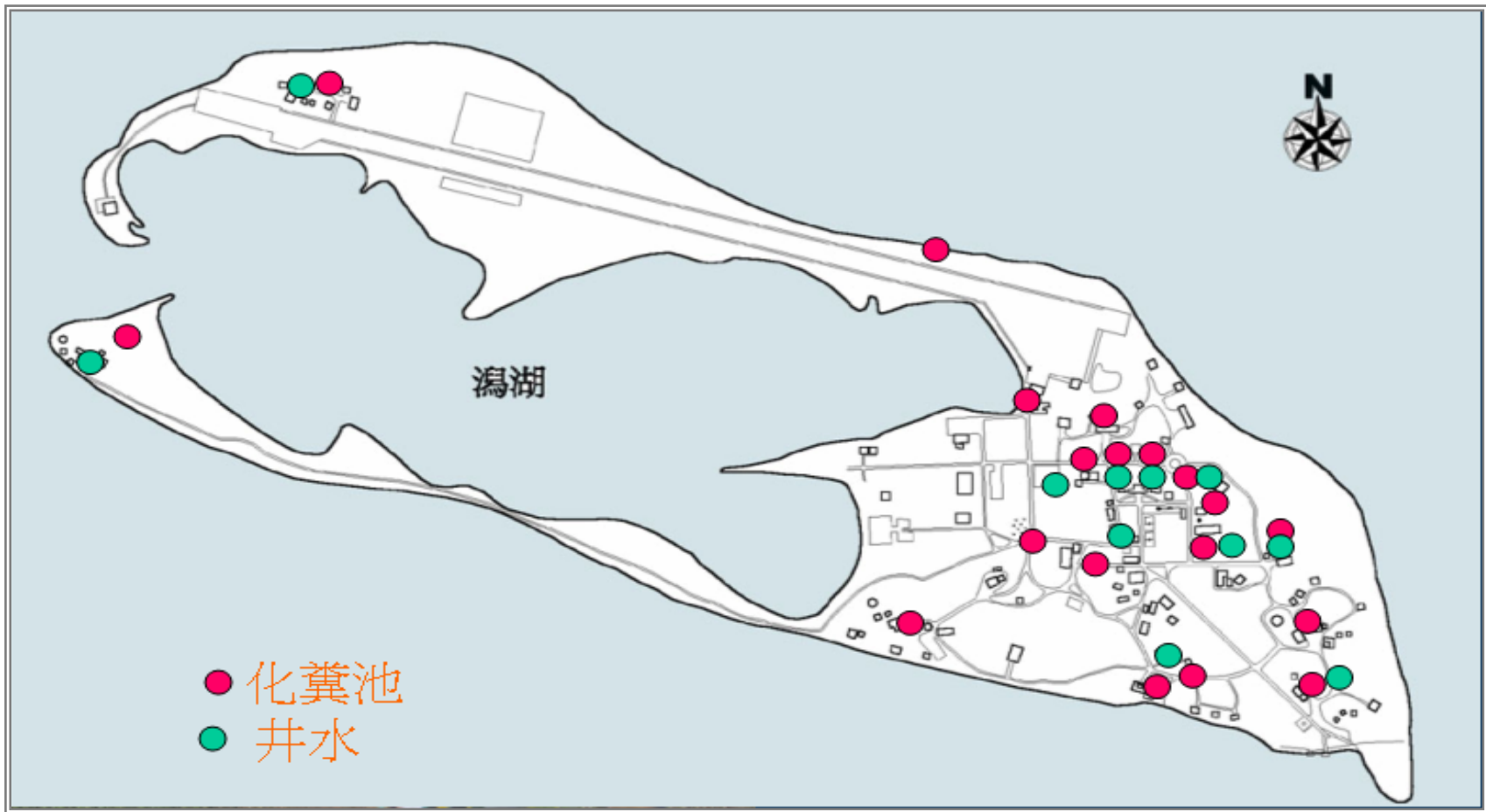


圖 5.13 東沙群島地下水井及化糞池分佈示意圖

5.5 逆滲透水開發及礦泉水改進

5.5.1 海水淡化機組概況及發展

東沙島地勢低平且全島為珊瑚或貝殼風化之細砂所覆蓋，地下水鹽化嚴重，幾無淡水可供利用；為改善駐防官兵生活用水，海巡署已於 91 年 4 月 24 日決標採購「海水淡化機工程」，更新淡化機組、全新汰換老舊管線，使各據點均有淡水可用，並增設冰溫 RO 逆滲透飲水機。海水淡化機組工程採用逆滲透式之海水淡化原理，使其海水以高壓透析一層滲透膜，得到淡化水，然後再將高濃度的排放水，自淡化廠附近排入海中。此方法和國外常見的另一種真空低溫蒸餾海水淡化法比較，其設廠和維修的成本都相對較高。目前島上海水機化細分四部 RO 機組，每一機組每日各可產生 6,000 加侖(22,740 公升)之淡化水，但受限於地下水井水位關係，兩部機組同時運轉將使地下水位下降過快，將使抽水深度不及地下水位。因此，四套機組僅能輪替使用，以免產生有無水可抽的現象。不過，未來將其中兩部機組搬遷至抽取地下水時互不影響之地，屆時每日即可有 12,000 加侖(45,480 公升)之製水量。

海水淡化流程方面，在淡化機組將海水自地下抽出經淡化後，目前是以將淡化後之海水儲存於兩座 1 萬加侖之儲水槽，當儲水槽達滿水，再將淡化之海水導入另一之戰備用 7 萬加侖之水庫貯存，如圖 2.8 所示。而在產水量方面，6,000 加侖換算後，每日約可有 22,700 公升之供水量，仍無法完全供給 300 人每人每日 120 公升，合計 36,000 公升之用水需求，但倘若位未來其中兩組機組完成搬遷的動作，將使每日可有 45,400 公升之供水量。

另外再操作方式上，在降雨充足，有雨水補足島上所需之供水量時，機組操作方式為造水到水塔之八分滿即不造水。目前儲有 3 個月分之 RO 備料約 20 根，當地駐軍已有能力自行更換及每周清洗濾布，廠商亦會定其赴島上保養。雖說海水淡化之成本仍偏高(參考表 5.14)，且對於目前自來水水價僅有十元(台北市十一元)而言，是根本不具競爭力的，然對水資源缺乏之東沙群島實屬必須，因此未來海水淡化仍是東沙未來主要的供水來源，持續改進的空間仍大，應針對其成本以及淡化排水的環境負效應，進行改進。海水淡化之技術在國外已為相當純熟的技術，國內業已引進多年，為此，未來持續發展的態度應更為審慎，降低既有淡化廠的環境衝擊則是目前亟待加強努力的方向。

5.5.2 飲用礦泉水現況

東沙群島主要供水來源可取自雨水、地下水及海水淡化設備，但由於水質及取得之水量差異甚大，加上受限於地面水體及水質標準相關法規，因此島上現有水源幾乎僅可供澆灌及洗滌之用，而飲用水則有賴台灣本島補給之瓶裝礦泉水。由於淡化之海水在生活用說方面已不敷日常使用，且法令飲用水質要求甚高，因此目前島上官兵飲用水主要仍以瓶裝礦泉水為主。在飲用水配給方面，目前每人

每日配給兩瓶 1.5 公升瓶裝礦泉水供官兵補給水分。

在飲用水需求估算方面，正常人每日每公斤需 40 cc。若以島上官兵弟兄每人體重 75 公斤計，平均每人每日水份攝取量為 3,000 cc。因此島上目前每人每日配給之 3 公升飲用礦泉水，但島上常駐人員並非每人皆為 75 公斤，且每人每天並非都喝 3 公升的水，有人對飲用水的需求大，有人則較少，且利用瓶裝礦泉水也會導致保特瓶廢棄的問題，因此本研究建議改由定點之飲水設施供給島上駐軍飲用，如圖 5.15 所示，如此則每人可飲用之礦泉水量較為彈性，且由於 5 加崙之礦泉水瓶可以回收再使用，因此可減少廢棄物之問題。

表 5.14 各種海水淡化方法之產水成本比較表

| 水源 | 製程 | 各項成本(%) | | | 單位產水成本 (每噸) | |
|----|-----------|----------------|----|----|----------------|-------|
| | | 設備 | 能量 | 其他 | | |
| 海水 | 滲透式(R.O.) | 33 | 36 | 31 | 35.67 | |
| | 單目標 | 多級閃化蒸餾(M.S.F.) | 42 | 52 | 6 | 64.65 |
| | | 多效應蒸餾(M.E.D.) | 37 | 58 | 5 | 57.97 |
| | | 蒸汽壓縮(V.C.) | 42 | 52 | 6 | 31.21 |
| | 多目標 | 多級閃化蒸餾(M.S.F.) | 57 | 35 | 8 | 49.05 |
| | | 多效應蒸餾(M.E.D.) | | | | |
| | | 直立管 | 54 | 38 | 8 | 40.13 |
| | | 水平管 | 49 | 42 | 9 | 33.44 |

註：以產水能力每日二萬噸為基礎。



圖 5.15 定點之飲用水供給設備及五加侖規格桶裝包裝水

第六章 東沙島最適化污水處理淨化設施

6.1 污水來源與污水量推估

東沙島的污水來源主要可以細分為廚房污水、洗衣污水、淋浴污水、廁所污水和其他污水等等，污水的組成性質為一般家庭污水，所以對於污水處理來說較為單純。

目前東沙島上海巡署滿編為 301 人左右，空軍約為 30 人，總計 330 人，若依每次休假為一台飛機約 50 人計算，實際居住人口最多 280 人，且此為滿編的狀況。由於國軍精進案的實施，未來東沙除緊急狀況外，駐軍人數應該不會增加，若考慮島上偶而進駐的研究人員，可推估在不考慮開放觀光的前提下，東沙總人口數不會超過 300 人。未來若開放觀光，如表 4.2 所示，其總人口數在近、中、遠程分別為 300、420 及 540 人，由於預估僅有 40 人為開放之住宿觀光客，因此在電力需求上不會增加太多。目前東沙平均用電量僅有 300 kW（含碼頭用電），而日前已新設置 500kW 發電機組三台，因此供電應該足夠，再加上第三章及第四章所述各項替代能源之開發及建築節能之策略應用，預估未來東沙之電力應會過剩，此過剩的電力可做為未來規劃污水設施時使用。

表 6.1 所示為東沙島規劃中各期程之污水量推估。以近程來說，依常駐人員 300 人來估計，每人每天平均使用 120 公升的水，所產生的污水約佔需水量的 80%，故 300 人的污水量為 28.8m³。就中程及遠程而言，東沙島分別會產生 34.08 m³ 及 39.36 m³ 的污水。因此，不論就近、中、遠程而言，東沙島所產生的污水量均相當少，若要設計以污水處理廠進行處理其耗量電亦不高。因此本章特就東沙島之污水採用化糞池、化糞池及人工濕地、化糞池與氧化渠及人工濕地三種方法評估之。

表 6.1 各期程之污水量推估¹

| | | 近程 | | 中程 | | 遠程 | |
|-------------|----|-------------------|------|--------|-------|--------|--------|
| 計劃人數(人) | | 常駐人員 ² | 觀光旅客 | 常駐人員 | 觀光旅客 | 常駐人員 | 觀光旅客 |
| | | 300 | -- | 300 | 120 | 300 | 240 |
| 用水量 (公升) | 個別 | 36,000 | -- | 36,000 | 6,600 | 36,000 | 13,200 |
| | 合計 | 36,000 | | 42,600 | | 49,200 | |
| 污水量(公升) | | 28,800 | | 34,080 | | 39,360 | |

¹ 以污水量=0.8×需水量計算之。

² 常駐人員=駐軍人數 280 人+研究人員 20 人。

6.2 污水處理設施之介紹

6.2.1 人工濕地

6.2.1.1 濕地概述

溼地從生物領域及永續觀點探討，是相當具有價值的。從生物多樣性考量（biodiversity），人類賴以生存物資逐漸短缺，人類亦將面臨生存的危機，溼地提供涵養豐富物種的環境，降低環境交界的衝擊（environmental impact），這些效果也是維繫自然界動態平衡的原因。而從永續觀點考量，不論是引水至自然或是人工濕地，都有補助涵養地下水源的功效，而對於沿海濕地而言，更有防止地下水鹽化，海水入侵的結果（嚴登生、龐元勳，1996）。

人工溼地（constructed wetland）是自然淨化系統的一種，自然淨化系統（Natural Treatment System）之原理係利用污染物與自然環境之水、土壤、植物、微生物或大氣彼此交互作用產生物理、化學或生物反應分解後，達到水質淨化效果。自然淨化系統涵蓋之處理機制除了傳統污水處理廠之沉降、過濾、吸附、化學氧化還原與生物處理外，尚包含光合作用、光合氧化和植物攝取等生物處理機制，其系統具有工程初設費用及操作維護費用低、野生動物保育及景觀美化等優點，惟受限於自然反應速率用地需求較大。有關自然處理法與二級污水處理法之不同，可參照圖6.1。

人工濕地具有天然濕地的淨水及生態保育的功能，然而影響人工濕地操作的因素十分繁複，在地點的選擇需要考量氣候、水力、地質以及環保法規等因素。

任何一種處理程序皆有其優缺點，人工濕地系統也不例外，如表6.2所示。一般考慮利用人工濕地的主要原因在於為自然處理法，對於環境的衝擊非常低。但是以臺灣地區而言，需要較大土地面積則為應用人工濕地系統最大的障礙。不過，以人為操控方式增進人工濕地淨化功能的效率，便可以有效地降低土地的需求量。

此外，對於病媒蚊的控制方法除了殺蚊劑之外，最主要的方法是養殖具有捕食孑孓能力的魚類，以生態方法達到控制蚊子的產生量。在實地操作方面需考慮以下三點事項：

（一）適當之前處理：有時候污染量超過濕地負荷率，最好採取適當之前處理，如初步處理或二級處理。如此，可以得到最佳之操作效果並延長濕地之清理年限；

（二）適當之停留時間：污水在濕地內必須有足夠之停留時間，使得物理、化學與生物反應能順利進行；

（三）妥善之操作管理：雖然濕地管理非常簡單，但並非置之不聞不問。需定期檢測進水設施是否阻塞、調整水位、植物生長情形、池內漏水蒸發情況等項。

此外，也需對於水生植物種類、微生物、底棲生物、濕地種類、環境狀況等情形加以注意；故欲以人工濕地有效的處理目標廢水，需要對上述之影響因素做一通盤的了解。

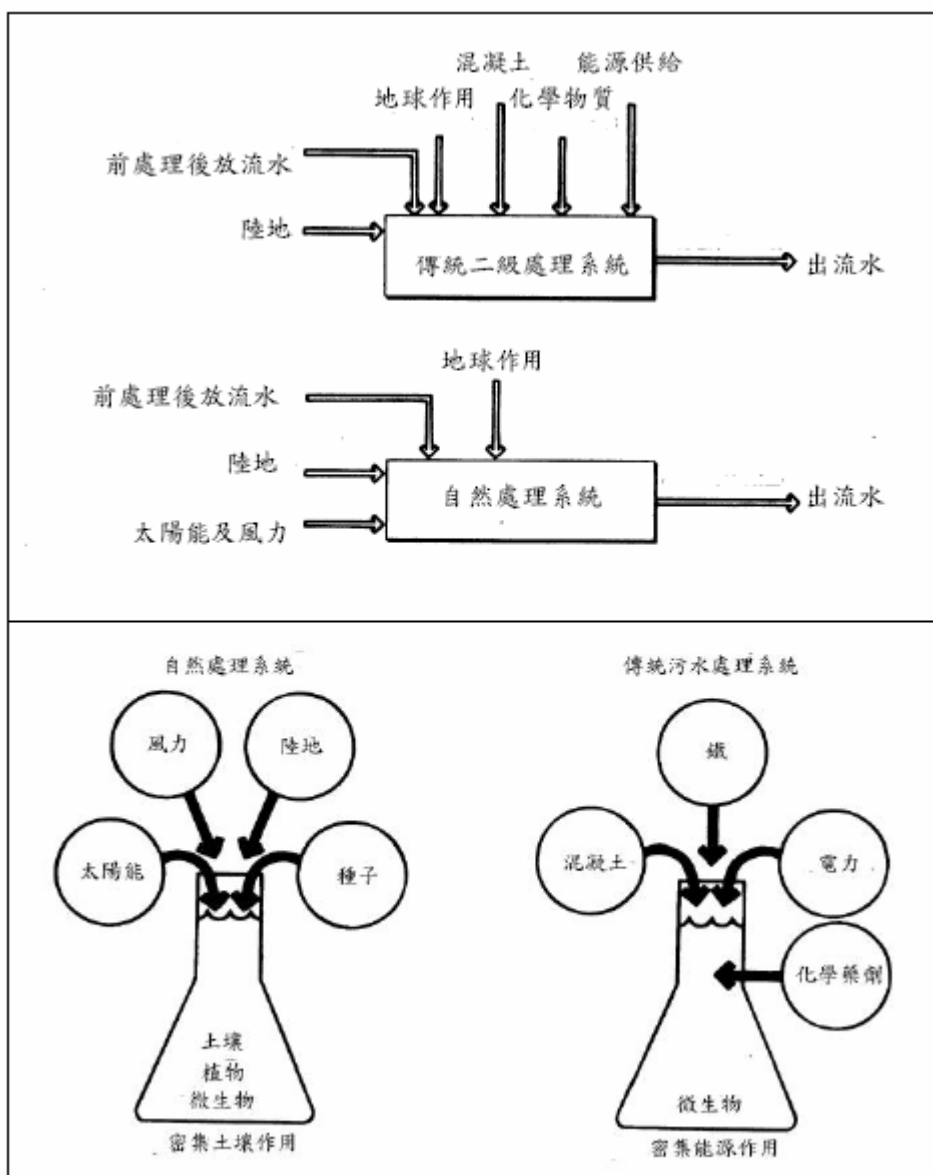
表6.2 人工濕地之優缺點

| 優點 | 缺點 |
|--|--|
| 1.建造費低、操作維修費用低 2.節省能源、無二次污染 3.可承受進流量的大幅變化 4.處理後之水適合再循環利用 5.不需連續操作 6.可處理含低有機物之廢污水 7.可用於各類型的廢污水水質改善計劃 8.在海岸地區具有防風的功用 9.具有改善景觀的功能 10.可提供野生生物棲息地 11.可提供一些非直接的效益，如綠色空間、野生動物棲息地或教育研究 | 1.廢水需經前處理 2.孳生蚊子 3.需廣大土地面積 4.淨化速度緩慢 5.效率受環境氣候影響 6.一定要有水才能存活 7.系統對毒性化學物質敏感 8.大量的污染物及流量的大變動會暫時的影響處理效率 |

6.2.1.2 懸浮固體及有機物在濕地中之去除機制

懸浮性固體物在污水流經天然溼地或人工濕地時，由於流體分散擴散作用、遲滯效應及植種植物阻隔，是以流體流速突然減低。此效應反映於懸浮性固體物上，因流體攜帶物體能力被溼地所稀釋，是以重力沉降效應大於流體攜帶物體能力，故懸浮性固體物得以沉降至溼地底部形成底泥。此為懸浮性固體物主要去除機制（Stowell, 1981；Wootch *et al.*, 1976；Zachritz *et al.*, 1993）。溶解性固體（Dissolved Solid），一般為污水中之有機質來源之一。去除機制使用上述生物膜生物作用，在好氧環境下微生物行生物代謝作用，而將有機物轉換成二氧化碳自污水中去除。

污水中之氮分有機氮及無機氮兩種形式。大體而言，無機氮藉由沉澱、過濾及植物吸收作用而自污水中去除（McIntyre, 1991；Nicholes *et al.*, 1983；Rogers *et al.*, 1972, 1991；Gate, 1993），而收割後的植物則可轉製成家畜飼養料及肥料等等用途。有機氮經過生物作用，可形成底泥中腐植質、水解成氨基酸，及進一步分解成無機氮。無機氮若以銨氮形式存在，水中之銨氮可經由長水力停留時間及高pH 值揮發至大氣去除。若是被好氧性微生物轉換，則形成氧化態氮（亞硝酸鹽氮、硝酸鹽氮）。而在植物體附近若形成好氧厭氧環境，會將銨氮氧化成硝酸鹽氮，再還原為氮氣。此作用類似於污水廠之硝化脫硝去除單元，是造成水中氮去除之主要原因。（Gersberg, 1986；李志源等，1998）。



資料來源：Kadlec and Knight, Treatment Wetlands (1996)

圖6.1 傳統污水處理法與人工濕地處理比較

如同氮去除，磷在溼地中亦主要經由植物收割來達到營養鹽去除（吳曉磊，1995）。磷在污水中以有機態或無機態表現。經由人工濕地中化學沉澱、吸附作用、及植物吸收/微生物代謝作用，而達到去除水中磷的目的。污水中化學沉澱去除磷，效果相當緩慢。其機制是指水中離子和磷結合，因而沉澱達到去除磷的效果。文獻中提到，雖然去除效果緩慢，卻也是自然處理系統中，去除磷的主要原因（Metcalf, 1991；Cooke, 1992；Gale, 1994；吳曉磊，1995）。

而當磷以正磷酸鹽形式存在時，可經由與黏土礦物（clay minerals）接觸、沉澱而吸附。吸附效果取決於接觸狀況與吸附飽和程度。若飽和度高與水體流速快，則造成磷不易被生物膜吸附，間接使水中磷去除效果不佳。

水生植物系統之pH 變化，在過去已有學者研究報告指出 (Xu,1992)。溼地係為一自然水生植物系統，系統內pH 值變化主要受到植物及微生物作用所影響。而變化因素主要受到氮去除之硝化、脫硝，及氮/磷被植物吸收/微生物代謝兩項程序所主導。總而言之，濕地具有緩衝進流水pH 作用，是其生物機制的結果。

6.2.1.3 濕地植物的選擇

濕地可分為自然濕地及人為濕地，而自然濕地分類的方式有很多種，一般所採用的分類方法是依照水中鹽分的濃度分為淡水及鹹水濕地，以水中濃度 1000 mg/L 作為分界，大於 1000 mg/L 者稱為鹹水濕地 (saltwater wetlands)，反之則稱為淡水濕地 (freshwater wetlands)；而天然鹹水濕地又依植物的林相，可分為鹹水草澤 (salt marsh) 及鹹水林澤 (forested saltwater or mangrove)；同時，淡水濕地也依相同方式可細分為淡水草澤 (freshwater marsh) 及淡水林澤 (freshwater swamp) (Kadlec, 1996)。

濕地以鹽分來看，可區分為淡水、半淡鹹水以及鹹水濕地。半淡鹹水與鹹水性濕地分佈在河口與沿岸會受到海水影響的地帶。

與淡水性水生植物相比，能耐鹽分的植物類別不多。台灣沿海河口草澤型的濕地，較具規模的，要數台中高美濕地，它是由雲林莞草所形成的草澤濕地。木本植物所形成的濕地，最有規模的，是我們熟知的河口紅樹林沼澤。若以微小藻類-矽藻為最主要的初級生產力來源，則非廣闊的沙泥潮間帶類型的濕地莫屬。綠藻、褐藻、紅藻藻類則為岩岸型海岸濕地裡最顯著的初級生產者了。

在溪流類型的淡水濕地，水生植物有附著在岩石上的藻類、藍綠菌等；河岸邊則有數不盡的灌叢、喬木，形成綠色廊道。在湖泊或池塘類型的淡水濕地，則是各式浮水的、沈水的、挺水的水生植物的天堂。在海岸地區，為了建造成功的海岸人工濕地，擬建之基地必須有足夠的潮水流動和補注。而基地的水文主要是受到海拔高度、地形坡度和潮汐變化所影響。海拔高度、坡度和潮汐變化決定基地的潮間帶範圍，這些因素決定基地淹沒的程度，基地能否建造為一個成功的人工濕地。海岸或河口地區，潮汐變化將會是一項重要因素。潮汐的漲退潮，潮水流動決定基地的潮間帶面積，沈積物、營養物質與有機物的輸入與輸出以及植物的生長分佈地帶。基地有規律的漲退潮，適當的潮水流動與淹沒期間可以幫助沈積物、營養物質與有機物的輸入輸出和植物的生長，此種基地環境比較容易建造成功的海岸或河口之人工濕地。此外，強烈的波浪會影響海岸或河口人工濕地的建造與長期的穩定。波浪會影響人工濕地植物的生長，太強烈的波浪會造成植物的傷害，使得植物不容易生長。因此，在選擇建造海岸或河口人工濕地得基地時，應當避免高能量波浪的基地環境 (Kusler and Kentula, 1995)。

成功的人工濕地依賴適當的水文條件。濕地水文 (水深、週期、期間) 決定人工濕地水體有效利用、營養物質的有效利用、有氧或厭氧的人工濕地土壤環境、土壤顆粒大小與組成，以及人工濕地相關的環境條件，例如濕地的水深、水

化學（酸鹼值、土壤氧化還原電位）以及流速等。人工濕地的水深、淹沒週期與時間，同時也決定了人工濕地的植物物種。人工濕地不同的水深將造成不同的植物分佈地帶。因為人工濕地深水地區使得氧氣不能到達濕地土壤介質，影響植物的生長；人工濕地水深也會影響光線的滲透與植物的光和作用。相同的，土壤被水淹沒的週期、時間與季節性也會決定人工濕地的植物物種。許多挺水性的植物在生長期需要一段低水位時期，然而在植物非生長季節，人工濕地水位的降低就不是那麼重要（Hammer, 1997）。

水質因素影響植物物種的選擇，水質因素包括清澈度、酸鹼值、鹽度與溶氧量。人工濕地水的清澈度對沈水性植物相當重要，假如水質太混濁就會限制光線的滲透與植物的光和作用，影響沈水性植物的生長，在此種情形之下，人工濕地選擇的植物物種以浮水性植物較適合。土壤或水的鹽度也會影響人工濕地植物物種的選擇。在含鹽的河口或海岸環境中，我們應當選擇耐鹽性植物。根據不同的環境條件來選擇植物的物種，如表 6.3 所示。

6.2.1.4 人工濕地去除效率

人工濕地之處理污水效果，根據前人研究（Thomas, Glover and Kalaroopan, 1994），人工濕地承接在二級污水處理廠後作再處理，BOD 去除率可至 71~74%，SS 可至 85%，ammonia 17~24%，nitrate 65~80%，磷可去除 13%。惟此技術在臭味、蟲害及暴露有害大眾問題上仍有待研究克服。

另外據 Wittgren 和 Tobiason（1994）指出，有植種植物之人工濕地，硝酸鹽氮去除量為未植種植物人工濕地之兩倍。在夏天，污染物去除效果可達到進流濃度之 75%。此係由於水中有機物累積，增加碳源之結果。另外，脫硝作用進行由供應碳源及厭氧環境所控制。而以人工濕地在 Bainikeng 之污水處理效益試驗，在流量為 3100 m³/day，面積為 8400 m² 下操作，結果與人工濕地在 Tennessee Valley Authorith,（1990）相近，因數據顯示去除有機污染及懸浮固體物成效顯著且優於傳統二級污水處理效果，故可得知以人工濕地處理小型市鎮污水是有效的。

而在印度使用人工濕地系統處理家庭污水（A. S. Juwarkar *et al.*, 1995）中提到，利用在 30m×90m 的面積與深 0.8m 的混合礫石及砂的人工濕地，並種植兩種水生植物（*Typha latifolia*, *Phragmites cara*），且控制水力負荷在 5cm/day 的操作條件下，其 BOD 和總氮去除率分別為 67~90% 及 58~63% 之間；另外，對於濕地中有種植水生植物與無植物生長的濕地，在水質方面去除率的比較如表 6.4 所示，顯示人工濕地系統中水生植物生長也是重要參數之一。在捷克運用 SSF 系統來處理家庭及市政區下水道污水方面（J. Vymazal, 1996）報告中，對於 SSF 濕地系統在水質處理效率上，發現在 BOD、COD 及 SS 的平均去除率分別為 90.8%、80.9% 及 91.9%，在總磷、總氮與氨氮的平均去除率分別為 51.6%、41.5% 與 31.3%，顯示在種植蘆葦並以砂及礫石混合為介質的人工濕地系統中對於 BOD 與 SS 有較高的去除率，然而對於營養鹽（氮、磷）的去除率相對是較低。

表 6.3 海岸濕地比較

| | |
|---|--|
| <p>有潮汐的海岸濕地:</p> <p>包括有每天規則地潮汐漲退的濕地或不規則地暴風雨或春天洪水所造成的濕地。</p> | <p>鹽性沼澤—其上的主要植物為粗草和耐鹽乾草。Cordgrass 為較粗、較硬的草，主要生長在靠水的地方，一天受潮汐沖洗二次。Salt hay 為較細長，較軟的草。生長在離岸較遠的地方。</p> <p>半鹽水沼澤—主要在河流和海洋的交會口。其上的植物有 tidmarsh water hewp(為大麻的一種)、arrow-arum(箭形海芋)、cattail(香蒲)。</p> <p>紅樹林沼澤—主要在熱帶海岸。主要有紅樹林和黑色紅樹林。前者生長在較低處，後者生長在較高地。這類植物經得起海水沖刷。</p> <p>潮間帶淺灘—這種溼地經常為潮水所淹沒。植物生長相當稀疏。</p> |
| <p>無潮汐的海岸濕地:</p> <p>有 95% 的無潮汐的濕地為淡水濕地，出現在內陸或海岸線。內陸濕地主要是在河岸、湖岸、池塘和闊葉林下的土地。</p> | <p>草地—主要是沿著河流、湖、池塘。其上生長有蘆葦和雜草。這類植物的領域性很強，其它植物很難與其競爭。</p> <p>灌木叢—其的植物主要為灌木，這類植物的高度不超過 20 呎。主要在 Michigan, Wisconsin, Alaska 有這類濕地。主要特徵是這種濕地的土壤是酸性的，排水不好，甚至有 30 呎厚的泥煤層。植物有小紅莓、豬籠草和捕繩草等耐酸植物。</p> <p>森森溼林—主要是森林底部的沼澤，在美國許多河流沿岸均可找到。主要在東羊部。其上植物主要為柳樹、紅楓樹和香柏。另外有一種著名的植物，「山茱萸科」的大樹，可以經得起長期的洪水沖刷。</p> |

表6.4 有植物與無植物濕地對總氮、總磷與BOD 去除率比較

| 濕地種類 | 去除率(%) | | |
|---------|--------|--------|------------|
| | 總氮(TN) | 總磷(TP) | 生化需氧量(BOD) |
| 種植綠色植物 | 65-73 | 28-41 | 78-90 |
| 無種植綠色植物 | 20-27 | 12-17 | 58-68 |

而從經濟角度來考量，美國加州Kiverside地區使用濕地完成脫硝去除的案例（McPherson *et al.*,1997），市府原本估計需花費2,300萬美金（約7億六千萬台幣）來翻修舊有二級污水處理廠系統，且一年操作費達到16萬美金（約530萬台幣）。但最後改採建置濕地，僅需花費200萬美金（約6千600萬台幣），即可讓水質達標準而不增加新管線。可知人工濕地的建置費是比一般污水廠來得少的。

以國內現況，在污水下水道尚未普及情況下，連結濕地處理而後放流污水，或可減少建造昂貴海洋放流管之費用（陳鎮東，1996）。其次，將濕地視作連結污水及承受水體間之過渡帶，相信亦可減低對自然環境之衝擊。

6.2.2 氧化渠處理

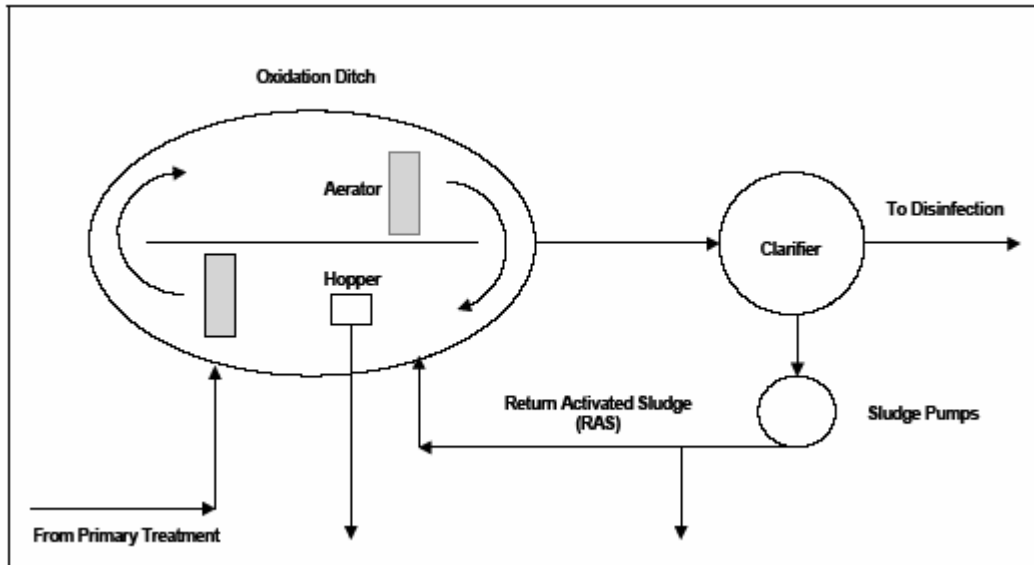
6.2.2.1 氧化渠概述

氧化渠（oxidation ditch）是一個利用較長的固體停留時間（SRTs）改良一般活性污泥處理程序，來去除微生物可分解的有機物而達到水處理的目的。一般為完全混合的系統，也可以改成柱塞流（plug flow）的方式來操作。典型的氧化渠處理系統是由單個或多個環狀、橢圓狀或馬蹄形反應槽所組成，所以有時氧化渠也被稱為”跑道”型式的反應槽。而在渠道中垂直或水平的曝氣機（aerator）可提供循環、氧傳輸及曝氣的功能。一般氧化渠的渠深通常為1~4.5m，藉曝氣機的轉動，促使廢水在環狀溝渠內循環流動曝氣，因曝氣時間長，所以剩餘的污泥量少，且構造簡單，操作維護較容易。

污水在進流時需經過預先處理，如置於氧化渠之前的柵欄（bar screens）和顆粒去除（grit removal）等設施，有時為了符合操作上需要也可加入最初沈澱池。放流時亦可視放流水質要求，在沈澱池後加入第三道濾網，而重要的是進行消毒和再曝氣。其後，一部分的污泥迴流至氧化渠與進流污水進行反應。典型氧化渠污水處理廠的程序流程如圖 6.2 所示。

氧化渠這項技術對於小的社區、區域來說是相當有效的，但它所需的用地面積就比一般的污水處理廠要來得大。這樣的氧化程序最早是由荷蘭開始。在 1954 年時，在荷蘭的 Voorschoten 市建置了一實廠。而目前在美國已有超過 9200 個處理都是污水的氧化渠在操作中（WEF,1998）。

氧化渠主要的優點是以不需太多的操作、少量的維修費和操作費而能夠達到去除有機物的目的。依據日本建設局下水道部對本法評估，列出氧化渠優點(工業污染防治技術服務團，1991)如下：



Source: Parsons Engineering Science, Inc., 2000.

(Oxidation ditch：氧化渠、Aerator：曝氣設備、Hopper：污泥儲槽、RAS：迴流污泥、Clarifier：沉澱池、Primary treatment：初級處理設備、Disinfection：消毒)

圖 6.2 典型氧化渠污水處理廠的程序流程圖

1. 在流入水水質水量發生變化時，仍可獲得安定的BOD 去除效果。
2. 渠內的水溫即使降低5%時，仍可達到良好的BOD 去除。
3. 由於污泥停留時間（SRT）長，容易達到硝化反應之程度。
4. 對於生活廢水之處理，若氮之去除設計操作適當，本法約可去除70%之總氮。
5. 雖然氧化渠道內之混合狀態與溶氧，依混合液的流動方向，而有遞減的現象，但因混合液的循環時間很短，故可視為其MLSS 濃度在渠道內均速度較慢為均勻。
6. 雖然氧化渠道內之混合狀態與DO會隨混合液的流動方向，而有濃度之坡降，但因混合液的循環時間很短，故可視為其MLSS 濃度在渠道內為均勻。
7. 由於MLSS 濃度高，活性污泥之沉降狀態受界面沉降之影響，沉降速度較慢。
8. 污泥產生量（固體物量），約為流入水SS 量的75%，較標準活性污泥法低。
9. 由於係長時間曝氣之好氧性分解，故其剩餘污泥，較標準活性污泥法為安定。
10. 所產生污泥由於可在渠道內短時間停留，因此並不需要每日排泥，對於污泥之管理，較標準活性污泥法簡單。

而缺點有：

1. 出流水中的懸浮固體 (suspended solids) 濃度比其他改良式的活性污泥程序來得高。

2. 由於曝氣時間長，且反應槽水深較淺，需要有較大的土地空間。在都市或其他地區可能會面臨土地取得的問題，且要花費較高的土地徵收費。

依據營建署估計 (歐陽, 2004)，污水下水道建設至目前應完成 90 座污水處理廠，扣除已完成 16 系統及施工中的 4 系統外，尚需建設 70 座污水處理廠，各系統所需之污水處理設備繁多，且依據規模大小而異，依目前設計，小規模者 (5,000CMD 以下) 多採氧化渠，5,000CMD 以上多採活性污泥法，30,000CMD 以上者污泥處理則採厭氧消化，由於東沙島污水不到 50CMD，因此可採氧化渠法，其所需設備分述如下：

1. 前處理設施：包括各種大小的抽水機、攔污柵、Vortex 沉砂或重力沉砂及洗砂設備、閘門等。

2. 初級處理設施：包括沉澱池分水閘門、刮泥板及浮渣刮集器、溢流堰等。

3. 二級生物處理設備：包括鼓風機及散氣設備、小型氧化渠則為橫軸式曝氣設備、最終沉澱池刮泥設備、溢流堰等。

4. 砂濾及消毒設備：包括砂濾濾材、藥液注入設備、UV 等。

5. 污泥處理設備：包括重力式污泥濃縮刮泥設備、帶濾濃縮機、好氧消化散氣設備、厭氧消化攪拌加溫設備、污泥調理注藥設備、各種污泥脫水機包括帶濾式脫水機、離心式脫水機及壓濾脫水機等。

6. 其他：各種配管及閘、閥、儀控系統、水質檢驗分析、吊車、污泥貯斗、空壓機、加藥調混設備等。

6.2.2.2 氧化渠建置費用之案例

以建置氧化渠污水處理廠來說，造成建置費用變動的有處理的容量大小、設計出流的限制、土地成本、在當地建置的費用和其他地點的特定因素等等。在 1991 美國環境保護署針對十座氧化渠污水處理廠的建置費用做了一次估價，它的範圍為每天每處理一公升污水需要美金 0.52~3.17 元 (USD \$ /liter per day)，約為新台幣 17~104 元/CMD。

氧化渠跟其他二級處理程序比較，它的操作及維護費用最低，能源需求也最少，且不太需要人工操作和藥劑的添加，且以美國北卡羅 Louisburg 的柏油河川廢污水回收再利用處理廠 (the Tar River Wastewater Reclamation Facility in Louisburg, North Carolina) 為例，氧化渠法比其他傳統污水處理廠節省的 40% 的能源 (Ellington, 1999)。因此建議東沙島若欲採取污水處理設施時應優先考慮氧化渠。

6.2.3 污泥處理

6.2.3.1 污泥處理介紹

污水處理過程中所產生之污泥，含水率約為 96~99.5%，體積約為處理水量

的 0.5~2.5%。由於含有較多的有機物，放置一段時間容易腐敗散發惡臭，所以需要污泥處理。污泥處理乃為減少污泥容積和水分，使污泥在最終處置容易，達到安定化、資源化的目標。

一般污泥處理方法，包括有濃縮、消化、脫水、乾燥及焚燒等。其單元操作可有多種組合。污泥處理目的及方法如表 6.5 所示。

污泥處理方式，應依污泥最終處置方式決定之，並以最終處分為前提，檢討都市污水的特性、處理廠位置、處理規模、處理方法的組合、處理設備等因素選擇決定之。污泥處理處分之組合如圖 6.3。

表 6.5 污泥處理方法及目的

| 處理程序 | 濃縮 | 消化·堆肥 | 調理 | 脫水 | 加熱乾燥 | 焚燒及其他 | 最終處置 |
|---------|-------------------|---------------------|-------------------|---|---------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 目的 | 減少體積 | 安定化 | 安定化 | 減少體積 | | 減少體積 | |
| 處理程序之種類 | 重力式 浮除式 離心式 | 厭氧消化 好氧消化 堆肥化 | 添加藥劑 淘洗 熱處理 | 曬乾 真空過濾 離心脫水 加壓過濾 滾壓過濾 污泥塘 | 氣流乾燥 回轉乾燥 焚燒爐 | 多段爐 流動層爐 濕氧氧化 乾熱分解 | 綠農地利用 建築資材利用 衛生掩埋 |

資料來源：歐陽嶠暉（2001）

6.2.3.2 污泥最終處置方案選擇

1. 評估項目、評估指標及基準

污泥處理處置之選擇，其評估項目、評估指標及基準尚未建立，但其先決條件則為如何建立有效處理及處置系統，而其重要方向可括：

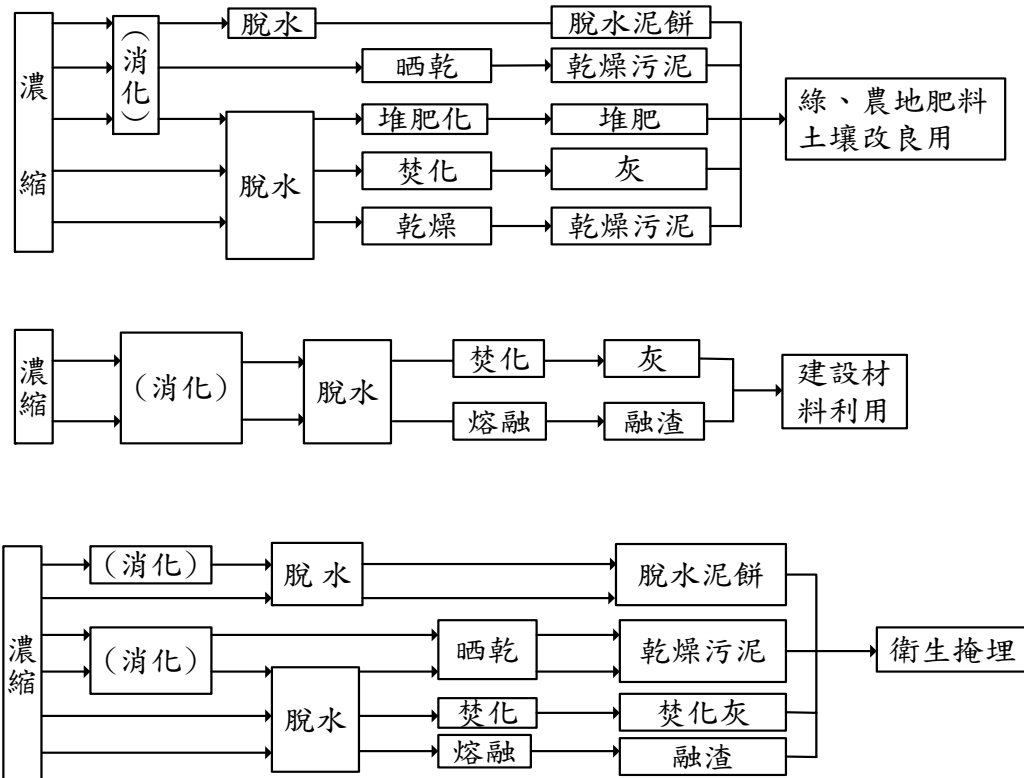
- (1) 從傳統的單純處置，轉化為資源化利用目標。
- (2) 具經濟的省能源、省資源下水道污泥處理系統之建立。
- (3) 操作簡化容易且合乎上述兩項條件之處理系統。
- (4) 對環境影響少的下水道污水、污泥處理系統。

從以上的四個方向，列出污泥處理程序選擇評估指標和基準如表 6.6。

2. 評估選擇之考慮

污泥處理處置方式之評估，如表 6.6 所示，有很多的評估項目，各有其指標、基準、評估立場、時空觀點、重要性和緊急性等不同之權重加以選擇。

- (1) 依當地的自然條件、社會條件接受性、經濟條件、設立有效的處置方法（可複數），再依方法就污泥量、污泥性質及其他條件選擇可達到的處理程序（一次選擇）。
- (2) 二次選擇的各項評估項目之個別評估，不僅要考慮污泥處理系統，同時應包括考慮處理、處置系統整體，以及階段性分期計畫，一併加以考慮評估。
- (3) 從長期安定性為考慮，檢討將來改變最終處置條件，而考慮其系統的安定性、彈性及可替代性等評估之，故可以有下例之考量：
 - a. 複數的處理、處置系統的組合
 - b. 區域處理、處置的可能性
 - c. 其他廢棄物處置之共同合作性
 而在上述 b 中，尤應就經濟性、省能源、回收資源加以檢討之。



資料來源：歐陽嶠暉（2001）

圖 6.3 污泥處理處分之組合

3. 經濟性、省能源、回收資源之檢討

從過去傳統的單純以處理之觀念及衛生掩埋處置之做法，如何改變為從經濟性、省能源、回收資源的經費平衡及能源平衡，則必須從多方面檢討之。

(1) 經濟性

污水處理及污泥處理，以能降低建設及採低成本為首要，尤其如何達到經費平衡或減低支出，則必須從回收資源抵消支出，做一考量。在此一原則下，以能從可回收利用量，以及其價值為考慮重點。

在污泥之最終處置上，若添加多量之無機藥劑，不僅增加藥品支出成本、污泥的搬運量增加，且污泥之有機成分降低，而失去肥料利用之價值，仍不經濟。

表 6.6 污泥處理程序選擇評估

| 評估方向 | 評估項目 | 評估指標及評估基準 |
|-----------|--|---|
| 資源化利用 | <ul style="list-style-type: none"> • 減量化效果 • 資源化效果 • 長期安定性 • 實現可能性 | <ul style="list-style-type: none"> • 依處置所需求之減量化 • 處置之可能性 • 資源化率、利用率、回收率 • 有用性 • 資源化可能性 • 系統的彈性、替代性及安定性 • 處理技術的確立 • 流通及利用體制的確立 • 地區或都市之地理條件 |
| 具經濟性 | <ul style="list-style-type: none"> • 初設費 • 操作維護費 • 生產價值 • 省能源、省資源 | <ul style="list-style-type: none"> • 建設費、折舊費 • 用地面積 • 操作管理費、機械耐久性 • 資源回收、利用之利益 • 重油、電力、藥品使用量 |
| 操作管理容易 | <ul style="list-style-type: none"> • 管理及作業性 | <ul style="list-style-type: none"> • 操作管理之難易 • 管理系統之確立度 • 操作管理人數 • 管理技術層次 |
| 環境影響低及接受性 | <ul style="list-style-type: none"> • 水質 • 臭氣 • 空氣 • 土壤 | <ul style="list-style-type: none"> • N、P、BOD、SS、有機物質 • 銨、硫化氫等 • SO_x、NO_x 煙塵等 • C/N 比、氯、石灰、有害物質 |

資料來源：歐陽嶠暉（2001）

(2) 省能源、資源回收利用

污泥餅所含有機成分，依污泥性質以及污泥處理程序而異，但若予以焚化時，不僅因含水率高，必須添加重油外，其所含的有機成分未能回收有效利用，若污泥餅能直接利用，則將更具經濟性，且不必耗損能源，尤其未來由於 CO₂ 的限制排出，能源的利用和消耗，將會是社會的一大瓶頸。污泥的資源化很廣，應依水再生廠的位置、搬運距離、初期污泥量、以及再利用對象使用量，和使用者的接受性，而做綜合性評估。

鑒於台灣地區各市鎮污水下水道建設伊始，因此對於污泥餅的回收利用，應針對各廠污泥產量之變化，以及各市鎮對於綠農地之肥料求需量，做具有彈性之評估，在初期污泥餅量不多之階段，各市鎮之污泥餅的方向，俟將來污泥餅量增加後，則可朝向多元化考量，包括提供為農地等利用外，如再尚有餘量，才考慮烘乾為垃圾掩埋場覆土、或填地、或做為其他資源之利用，屆時再檢討其他不同的處置，應為一可努力的方向。

(3) 接受性

污泥在處理過程中，若經消化、脫水，則已趨穩定，不僅含水率低，並已無病菌，且不發臭，在此一狀況下做為有機肥料，無論其經堆肥化與否，已是很適合做肥料利用，在國外已較普遍被接受。而其成份與目前市面出售的有機肥並無太大差別。因此，利用的接受性應無慮。雖然污泥脫水時，為保有機成分，多不添加石灰等無機劑脫水，而以高分子凝聚劑為凝聚劑，因此其脫水污泥餅稍具粘性，此等性質若經乾燥將可消失，且易於破碎，或予以堆肥化後，其粘性也降低，對於施用上並不造成困擾。

對未來東沙污泥處理之建議上，由於規劃氧化渠法來處理污水，將會造成污泥的問題。但由於島上所處理的污水量不大，所以所產出的污泥應不會太多。雖說一般污水廠產出的污泥會採用濃縮、調理、脫水和乾燥來處分，詳見圖 6.4 污泥處理程序，但由於東沙污泥量少，所以建議可直接採堆肥化為最佳，其堆肥之產物可作為當地綠地植栽肥料或土壤改良之用。

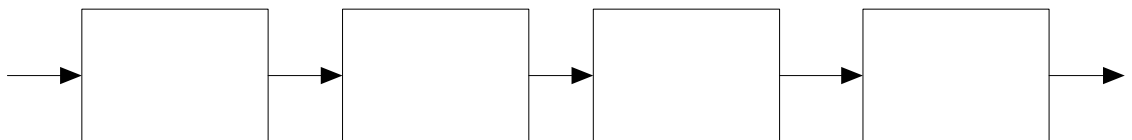


圖 6.4 污泥處理程序

6.3 污水處理之建議方案

本研究就東沙島之污水採用化糞池、化糞池及人工溼地、化糞池與氧化渠及人工濕地三種方法分別評估之

6.3.1 化糞池處理

6.3.1.1 目前化糞池使用概況

根據本研究在東沙島上的實地調查、電話詢問及問卷調查的資料顯示，目前島上已有 20 座大大小小的化糞池正在使用，且分佈在島上各個產出污水之建築物及據點附近，故以現階段來說是可以對污水做初步的處理。化糞池的大小依建築物所產出污水量來設計，流入化糞池的污水在經過處理及沈澱後，上澄液抽到附近草叢進行施肥，而沉澱物則抽出做堆肥處理。但在水質分析後發現（如表 2.7 所示），由於目前沖廁用水利用海水，氯濃度太高，因此導致化糞池處理效果不佳，上澄液水質不太理想，加上地下水位較高，所以不斷地取其上澄液來施肥可能會影響到地下水水質，間接地影響到海淡後的 RO 水水質。

目前島上的沖廁用水是抽取地下水，由於氯鹽過量，所以對於化糞池的處理會有所影響。此外，在過去抽取地下水來製造 RO 水，所產出的濃縮液又重新注入地下，現在從監測數據發現可能會影響到地下水，已建議採用海拋的方式處理。由於這些都會直接影響到島上唯一水源，所以我們必須提出各式的方案來避免地下水受到污染，並將島上所產生的污水做最有效的處理。

6.3.1.2 未來規劃與改善方向

由於目前東沙化糞池中氯濃度過高，導致化糞池處理不彰，這個問題可以淋浴用水回收再利用為沖廁用水改善之。利用淋浴用水和雨水來沖廁具有兩項優點，一是將地下水沖廁污水稀釋，讓氯鹽降低，增加化糞池處理效率；二則是讓淋浴用水充分利用，達到節流的目標。實施的範圍包括各據點及行政中心在內，將使用完的淋浴用水收集至屋頂，經過簡單的處理後作為沖廁用水，但由於淋浴用水可能發臭或孳長病媒蚊，所以在 1~2 天內需將未用完的水排出，待第二天的淋浴水注滿備用（詳見圖 6.5）。

此外，東沙島之水龍頭有部份已採節水水龍頭，而沖水馬桶部份則未見省水馬桶，本研究已於第五章建議未來應全面汰換成省水設備，但由於東沙以男性官兵居多，因此馬桶部份應不需購置兩段式省水馬桶，只要將現有馬桶加裝如寶特瓶、石塊等材料來減少水箱體積，一樣也可達到省水的目的。馬桶、蓮蓬頭、小便斗及大部分的水龍頭更換成省水設備或採省水措施，勢必可讓全島的需水量再降低，但污水的濃度反而會增高，對化糞池的處理就造成了負擔，所以需要規劃幾項污水設施來進行再處理。

在未來規劃中，將化糞池的上澄液進行三種處理，一為照目前之處理方式，上澄液抽到附近草叢進行施肥，而沉澱物則抽出做堆肥處理。一為沿著等高線由

高至低埋設管渠收集至污水處理廠（可採氧化渠法）後再送至人工溼地；另一為不經污水處理廠直接送至人工溼地。在後續將針對此兩種方式進行比較及評估，以作為東沙島污水處理系統設計之參考。該污水再以化糞池的初步處理後，再以重力流的方式由管渠收集到污水廠進行處理，隨後導入人工濕地再處理之。如此，可確保放流水可以達到標準外，也使潟湖生態不會遭受破壞。見圖 6.6，未來以淋浴用水來沖廁之污水處理流程。

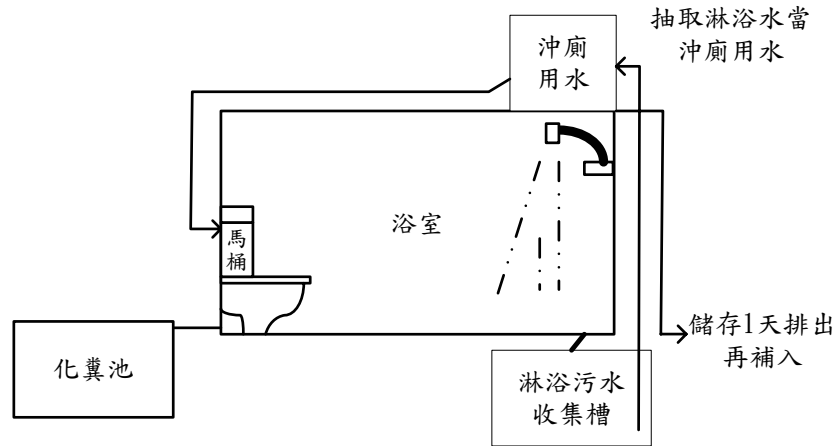


圖 6.5 淋浴用水再利用之示意圖

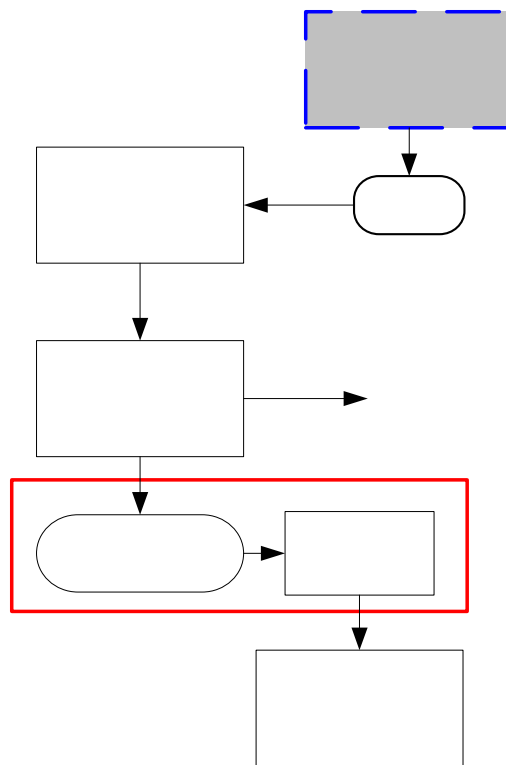


圖 6.6 未來經化糞池之污水處理流程

6.3.2 化糞池及人工溼地淨化

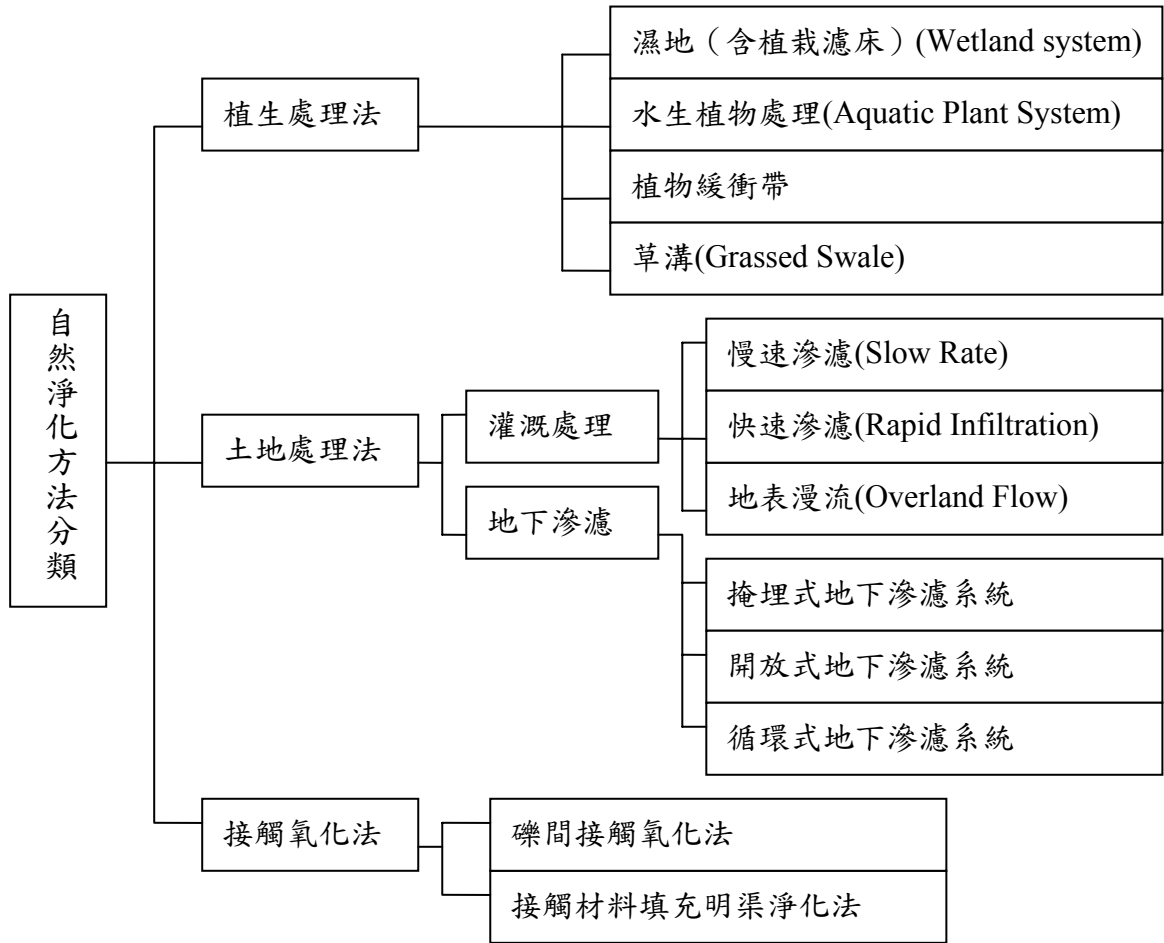
雖然東沙島每年產生之生活污水較台灣其他離島地區少，但仍有不少可能導致水體優養化的氮、磷等元素存在東沙島之污水中。為避免衍生東沙島內陸湖泊、景觀水體和近海的優養化問題，可採用生物穩定塘、濕地系統等等的污水自然處理系統將優養化物質加以自淨去除。我國環保署基於水體現況及自然淨化方法之應用原理，也建立了一套分類方式，其內容主要可分為植生處理法、土地處理法和接觸氧化法三大工法（圖6.7為各方法的細部分類）。

以目前來說，東沙的人口分布可分成8個據點及行政區，這8個據點也都分散在島的邊緣，各約有10-20名官兵。根據東沙指揮部的資料顯示，此8個據點總計約有106人，行政中心區約有150人，由於污水處理為重力流，再加上東沙等高線最高處約僅有5公尺，因此各據點之污水勢必無法利用重力的方式流到一集中地，但行政區之污水則可規劃利用重力流收集後，再流至人工濕地處理後放流致瀉湖。東沙島若規劃污水由化糞池直接進入人工濕地，建議VSB型式的濕地，此型式之人工濕地係在池深0.6~1m左右、底部坡度在0.5~1%之溝渠或水池，鋪設礫石或土壤後密植挺水性植物，再導入污水並控制水面高度，使水面不曝露於空氣，即污水在僅介質中流動，沒有開放水面區，其剖面示意詳圖6.8所示。主要處理機制為利用附著在礫石、或是植物根系的微生物分解水中污染物。VSB型濕地前端通常需要設置以「固液分離」機制為主之處理單位，如化糞池、初沉池等，避免大型顆粒流入礫石床中堵塞孔隙，降低處理效能。

但值得注意的是，人工濕地不得開挖過深。根據我們的調查及資料收集，東沙地下水位約在1.5~2公尺左右，故在施工時，需要特別注意，以免污染到地下水。但由於不得開挖過深，所以相對地濕地面積就會增加許多。

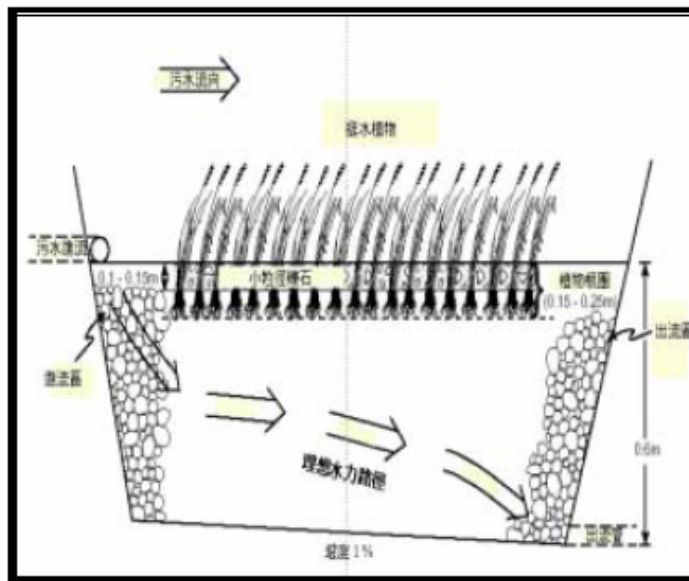
若礙於建置面積過大，也可採用接觸材料填充明渠淨化之人工渠道來處理污水。此法是由接觸材所提供的大比表面積，以生長附著性的生物膜，進而藉生物膜淨化水質的方式，應用在人工渠道。與礫間接觸法原理相同，至於接觸材上的選擇有許多，包括浪板、蜂巢板、繩狀濾材、網狀濾材與浮球等。

主要應用原則是將接觸曝氣法應用在人工渠道。由於都市排水系統具流程較短、流速較快的特性，當承受生活污水而污染後，可在流下過程中予以淨化，最終流入河、海，將可減輕水體污染。渠道自然淨化法即為利用水渠的特性，強化水渠的淨化能力，也即利用渠道內的生態系行生物處理的處理方式。構成渠道內生態系的細菌、藻類、原生動物及微小後生動物等具有機物之分解特性，並以流量、流速、溶氧等為控制因子加以控制，使其充分分解有機物為目標。故為利用水渠生態系之原理，提升自淨作用的方法。各類廢水自然淨化系統適用性比較如表6.7所示。



資料來源：本計畫整理

圖 6.7 自然淨化技術之細部分類



資料來源：“Land Treatment System for Municipal and Industrial Wastes”Crites, Reed and Bastin, 2000

圖6.8 VSB 型人工濕地水力路徑示意圖

表6.7 自然淨化系統適用性比較

| 處理系統 | 自然條件限制 | 前處理需求 | 處理效率 | 水力負荷(m ³ /yr) 有機負荷 (kgBOD/ha-d) ^註 | 土地需求 (m ² /CMD) | 衛生問題 | 機雷設備 |
|--------|---|--------------------|---|---|-------------------------------|--------|------|
| 人工濕地 | 低透水性土壤、地下水位低 | 二級處理 (氧化塘、化糞池、沈砂池) | BOD ₅ : 80% TSS : 70% TN : 60% | 45-60 | 20-60 (不含前處理) | 臭味、病媒蚊 | 非必須 |
| 灌溉滲濾系統 | 快滲法 砂性土，土壤透水係數>10 ³ cm/sec | 一級處理或二級處理 | BOD ₅ : 95% TSS : 98% TN : 40% | 15 | 15-30 | 臭味 | 須設置 |
| | 慢滲法 砂性或黏土質壤土，土壤透水係數10 ² ~10 ³ cm/sec | | BOD ₅ : 95% TSS : 98% TN : 45% | 2 | 200-450 | | |
| | 地表漫流 黏土質壤土，土壤透水係數<10 ² cm/sec | | BOD ₅ : 90% TSS : 98% TN : 60% | 5 | 90-150 | | |
| 地下滲濾系統 | 高透水性土壤，土壤透水係數>10 ³ cm/sec | 前端調節槽 (可以既設化糞池代替) | BOD ₅ : 95% TSS : 98% TN : 80% | 40 | 10-40 | 無 | 非必須 |

註：灌溉滲濾系統及地下滲濾系統考量因子為水力負荷，人工濕地系統則為有機負荷。

資料來源：Ronald W. Crites, Sherwood C. Reed, Robert K. Bastian, Land Treatment Systems for Municipal and Industrial Wastes, McGraw-Hill, 2000。

由於島上是採用重力流的方式來收集污水，所以不需要泵浦抽取即可匯流到濕地，所以可以節省非常多的電能。但人工溼地要有效的處理一般廢污水通常需要在較低的水力負荷或較長的水力停留時間，所以需增加土地使用面積。顧及東沙島上不再蓋新的建物和保留大量的綠地的前提下，土地的使用問題也是未來規劃時，應特別注意的。

6.3.3 化糞池及氧化渠與人工溼地淨化

6.3.3.1 建置污水廠需考慮之要素

如同 6.3.2 節所述，由於污水處理為重力流，再加上東沙等高線最高處約僅有 5 公尺，因此各據點之污水勢必無法利用重力的方式流到一集中地，但行政區之污水則可規劃利用重力流收集，本節則規劃將行政中心各化糞池處理後的污水導入一個小型的污水處理廠，再流至人工濕地處理後放流至瀉湖。

若採行污水處理廠處理污水的方向確定後，首先需面對的課題就是電力是否可以應付耗電較多的污水處理設備。南巡局表示目前東沙每日可供 500kW 的電力，緊急供電量最高可達 1,000kW，未來平均用電量約為 300kW(含碼頭用電)左右，因此平常可利用之電力約為 200kW 左右，因此建置污水處理廠的前提即為控制耗電量在一定的範圍內。由表 6.1 可發現即使以遠程規劃而言，東沙島最

大之污水量亦僅有 40CMD，而以木柵動物園處理河馬廢水之 100CMD 小型薄膜污水廠為例，其耗電量不到 2.5kW，因此東沙若採用耗電量更小的氧化渠法處理 40CMD 之污水其用電量應不到 1kW，所以東沙島採氧化渠進行污水處理是可行的。

在此一方案中，本研究建議將氧化渠串接 FWS 型的濕地進行處理，此型式之人工濕地係在池深約 0.6~1.5m 之淺池塘或渠道中種植各種型式之水生植物，包含挺水植物 (Emergent Aquatic Plant, 如香蒲、蘆葦、風車草、茭白筍及開卡蘆等)、沉水植物 (Submerged Aquatic Plant, 如水蘊草、金魚藻等)、浮葉植物 (Rooted Floating Aquatic Plant, 如睡蓮、菱角等) 及漂浮植物 (Free Floating Aquatic Plant, 青萍、滿江紅等)，圖 6.9 為 FWS 型人工濕地進行污水淨化時各項主要機制示意圖，其外觀與功能與自然濕地類似，具開放水面區、水生植物密植區、浮島等環境，可吸引野外之動、植物，具「棲地重現」之功能，惟因其水面直接曝露於大氣中，在進流處可能有些微臭味產生，同時也需控制病媒之滋生，但因污水以先經由化糞池及氧化渠處理，因此問題不大。

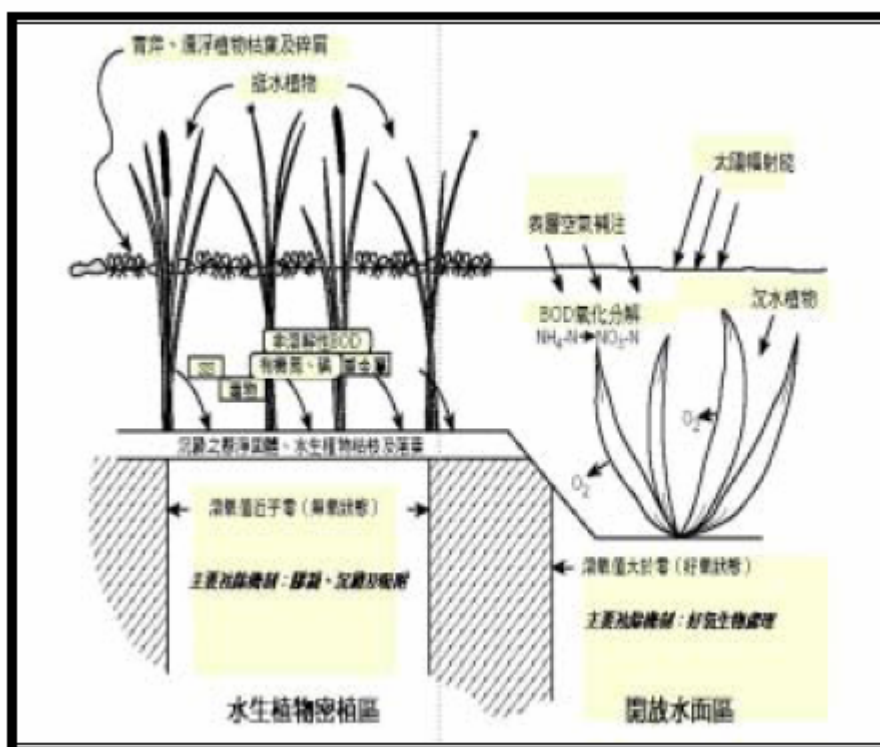
FWS 型人工濕地特別適用於處理「氧化渠」出流水，因為 FWS 型人工濕地對氧化渠出流水中常含有之過量藻類懸浮物有較佳處理效能。利用不同水深及植栽密度之配置，可增加濕地生態之多樣性以確保處理效率穩定，亦可藉由各區域中好氧程度之不同，達到脫氮的功能。

6.3.3.2 氧化渠之建置費用與佔地面積評估

一般建議小型污水廠，應有如圖 6.10 所示的氧化渠設備。其中包括有前置處理單元 (化糞池等)、氧化渠、最終沈澱池和消毒設備等。本研究接著以家庭污水生化需氧量 (BOD) 為 200mg/l，懸浮固體 (SS) 為 200mg/l 進行東沙島氧化渠處理設備之初步設計，以估算建置氧化渠需要多少的土地面積、耗電量和建置費用。其設定之水力停留時間 (HRT)、混合液懸浮固體 (MLSS)、迴流污泥比等參數如表 6.8 所示。由於行政中心的化糞池污水皆在較高的地勢，所以可藉由重力流的方式，將污水收集至位於東沙島中央的位置。因為此區域接近海平面，所以收集污水不需泵浦抽取；而位於島中央故在收集偏遠據點的污水也較方便。建議位置可選在雷達站附近的空地較為合適，詳細的位置參考圖 6.11。從圖上我們可以發現行政中心及部分據點的地勢都高於海平面 3~5 公尺左右，故以重力流的方式來收集是可行的。圖中之虛線框位置為建議建置地區。

以目前遠程的每日計畫污水量 40 CMD (m^3/day) 來估算，所需反應槽體積為 40 立方公尺 (m^3)，算是處理規模較小的污水廠，若考慮反應槽所需之曝氣管徑及沉澱池等設備，整個氧化渠處理的設備僅需約 50 平方公尺 (m^2) 的面積，其反應槽高度約為 1 公尺即可。若假設進流 BOD 為 200mg/l、總凱氏氮 (TKN) 為 35mg/l、MLSS 為 4000mg/l，可運用公式推出每天可去除 5.7kg 的 BOD，進而求出去除這麼多的 BOD 之渠道內所需氧量 (SOR) 為 9.12 (kgO_2/day)，其耗電量不到 1kW。

利用氧化渠處理廢水在處理效率上，BOD、SS等皆可以降低到20mg/l。此法也可處理氮(N)、磷(P)，在效率上也有一定的水準。我們也規劃在氧化渠之後設置人工濕地加以處理，應可達到最低的放流標準。最後，整個氧化渠系統每日的污泥產生量相當少，因此建議將污泥直接在島上進行堆肥或土壤改良。



資料來源：“Manual: Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters” USEPA, 2000

圖6.9 FWS 型人工濕地主要淨化機制示意圖

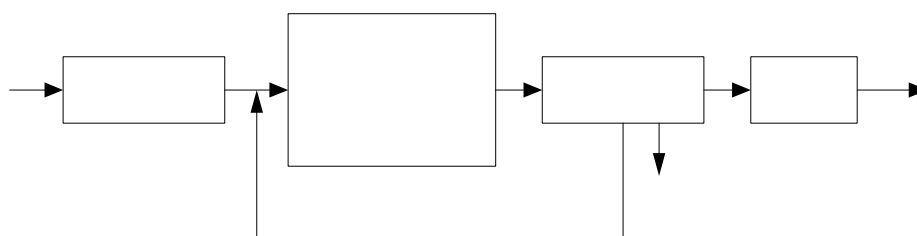
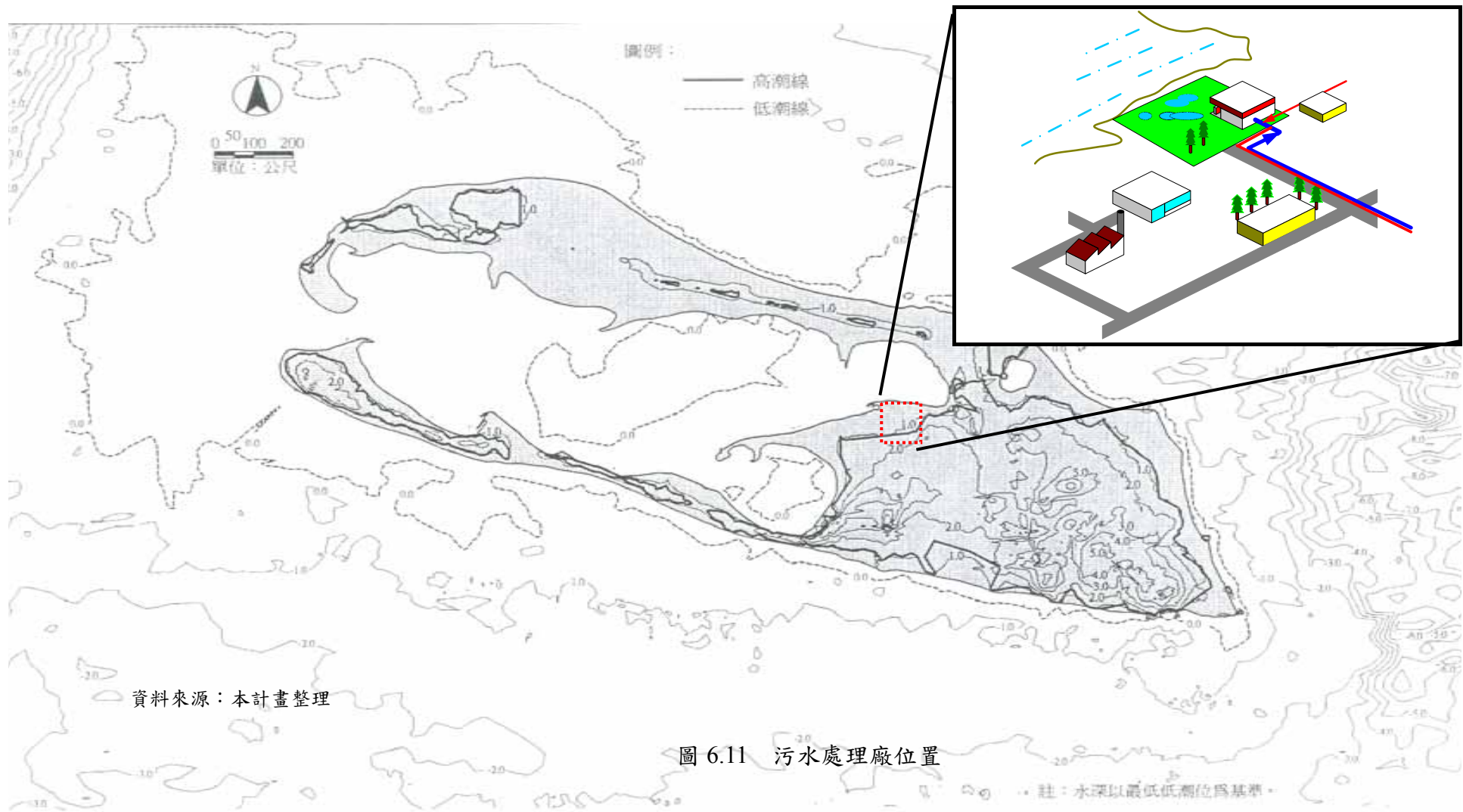


圖 6.10 東沙島之氧化渠污水處理程序

表 6.8 氧化渠之設計參數

| 項目 | 設計採用值 |
|--|---------|
| HRT (小時) | 24 |
| MLSS 濃度 (mg/l) | 4000 |
| 迴流污泥比 (%) | 100~200 |
| 供給需氧量 (SOR) (kgO ₂ /kg BOD) | 1.6 |
| 沈澱池有效水深 (m) | 1 |
| 沈澱池水面積負荷 (m ³ /m ² ·day) | 8 |
| 消毒接觸時間 (分鐘) | 15 |



第七章 東沙島水資源保育利用綱領

- 一、水資源為生命、生活及生產的基礎，更是東沙島進駐官兵賴以維生的重要物資，東沙島之水資源保育除應兼顧開源與節流外，更需加強回收利用及提升污水處理效率，以減輕其對環境的負面影響，進而謀求水資源之自給自足。
- 二、開源首在天然雨水之收集與利用，除應於各建物屋頂加裝雨水收集設施以提供平時之洗滌用水外，更需加強大面積不透水設施之雨水收集，以供應澆灌及雜用水，並可於緊急時加以簡易消毒即可用於民生用途。
- 三、地下水資源開發之同時亦應避免地下水鹽化，逆滲透機抽取地下水時需採分區輪流抽水，除可減少東沙島地下水位下降所導致之空抽現象外，更可避免海水入滲導致之地下水鹽度增加。
- 四、於節流方面需考慮降低原水使用量，並增加回收水再利用率。
- 五、各種淋浴及盥洗設備如蓮蓬頭、水龍頭、馬桶、小便斗等應加裝省水裝置，以降低用水量。
- 六、飲用水設施除考慮公平原則外，應將水供應點集中於數處以避免飲用水遭受污染，進而避免發生衛生問題。
- 七、淋浴及盥洗用水消耗量甚大，雖屬污水，但其水質尚可回收再利用。東沙島應加強各建物淋浴及盥洗用水之回收，在衛生安全無虞的前提下，提供為沖廁用水，除可減少原水用量外，更可降低原利用地下水當成沖廁用水所導致的鹽度過高問題，以提高之化糞池處理效率。
- 八、東沙島各建物之污水除淋浴及盥洗污水可提供回收再利用為沖廁用水外，其餘污水應依照各建物之地理環境加強處理，以避免對地下水及瀉湖的污染。

第八章 結論

本研究計畫針對東沙島之能源與水資源現況與未來發展，規劃並評估其能源替代、建築省能、水資源開發及最適化污水處理淨化設施等可行性，初步獲致結論如下：

1. 東沙島目前常駐人員約為 300 人，在不增建新建物且水資源、能源能滿足觀光需求的前提下，中程可開放 100 人次不住宿觀光，20 人次住宿觀光，遠程可開放 200 人次不住宿觀光，40 人次住宿觀光。
2. 東沙島可增加之替代能源方面可於中正堂、東光醫院、職務官舍、聰良場及糧秣庫設置共計 5 座太陽能發電設備，其平均總發電量為 75kW，另可於指揮部、修護組寢室及三、四、五、六、八據點設置太陽能供熱水器。至於風力發電部分若能克服噪音及景觀問題，建議可增設 4 座 20kW 風力發電廠，併同太陽能發電合計可增加 155kW 之發電量。
3. 除開發替代能源外，東沙島應就現有建築、照明及空調系統推動省能措施，以達節約能源的目標。
4. 在水資源開發方面，應加強籃球場、網球場及機場跑道等集水坪雨水收集，平均每次降雨可收集雨水量為 945,000 公升，可供澆灌利用；此外，主要建物屋頂加設雨水收集系統亦可於每次降雨時平均增加 59,094 公升之雨水可供洗滌衣物用。
5. 海水淡化機組應將其中兩組另遷移至適當地點，以避免抽水時地下水位驟降導致土壤及地下水鹽化，並可增加一倍之海淡水；另飲用水應改用定點供給，以減少衛生問題。
6. 淋浴及盥洗用水回收再利用於改裝省水裝置之沖廁用水，可完全替代原沖廁原水，並降低化糞池出流水之氮含量，增加化糞池處理效率。
7. 東沙島行政區污水可利用每棟建物化糞池處理後，採重力流方式馬達揚水後流到氧化渠，其出流水再經由人工濕地加強處理後放流至瀉湖，產生之污泥可採堆肥方式處理。

第九章 建議

本研究計畫針對東沙島之能源與水資源現況與未來發展，提出建議如下：

1. 東沙島之能源與水資源開發應分短、中、長期規劃。
2. 在短期方面，水龍頭、馬桶及蓮蓬頭等省水設備以及日光燈管等省能設備應立即編列預算更換，兩組海水淡化機的遷移及綠化建築省能方案亦應即刻著手進行，其總預算編列建議為 200 萬元。
3. 在中期方面，初步建議於中正堂及六據點分別裝設太陽能發電及太陽能供熱裝置，待運作無問題後，大規模於職務官舍、聰良場及糧秣庫設置太陽能發電設備，以及於修護組寢室、指揮部、三據點、四據點、五據點及八據點設置太陽能發熱設備。此外，淋浴及盥洗用水再利用於沖廁用水、空調系統的省能以及大規模雨水收集再利用系統的設置可逐次編列預算於五年內全面實施，其預算編列建議為每年 1000 萬元。
4. 遠程方面，在噪音及景觀疑慮克服的前提下，可於東沙島逐步設置 4 座風力發電廠，其預算編列建議為每座 200 萬元。此外應於五到十年內聘請專業工程人員到東沙島現地測量高程、探勘地形以利污水收集管渠及污水廠址的評估分析。

參考資料

1. 高肇潘，”給水工程”，1990。
2. 工研院能資所節水團，”雨水/中水利用規劃設計訓練班講義”，經濟部水資源局委辦，1990/02。
3. Kruger, Inc. 1996. *A2O & ATAD Processes provide Effective Wastewater, Biosolids Treatment for Titusville, Fla.* Fluentlines, 1 (2).
4. 嚴登生、龐元勳，”新竹香山濕地的永續性與明智利用”，環境影響評估技術研討-海岸地區保育與開發之研討會，1996。
5. 余富吉，太陽光發電與電力系統，電機月刊第七卷第八期，1997。
6. 財團法人工業技術研究院，雨水貯留供水系統最適化利用技術，1997。
7. 廖朝軒、朱壽銓，屋頂雨水貯集供水系統之最佳化設計，1997。
8. 經濟部水資源局，馬祖地區再利用水實施計畫，1998。
9. 李錦地，金門地區再生水利用實施計畫規劃報告，經濟部水資源局，1998。
10. 李錦地，馬祖地區再生水利用實施計畫規劃報告，經濟部水資源局，1998。
11. Water Environment Federation, 1998. *Design of Municipal Wastewater Treatment Plants*, 4th edition, Manual of Practice No.8: Vol 2, Water Environment Federation: Alexandria, Virginia.
12. Ellington, Jimmy, 1999. *Plant Superintendent, Tar River Water Reclamation Facility*. Personal conversation with Parsons Engineering Science, Inc.
13. 江文彥，太陽能及其應用，化工技術第七卷第八期，1999。
14. 張詩錦，太陽能之利用，土木技術第三卷第五期，2000。
15. 財團法人工業技術研究院，太陽能宣導手冊，2000。
16. 王先登，淺談海水沖廁成功經驗，節約用水 2000 季刊 17 期。
17. 張文周，太陽能發電技術，土木技術第四卷第九期，2001。
18. 歐陽嶠暉，”都市計劃學”，詹氏書局，2001 年 8 月初版。
19. 陳志彰，人工濕地改善水質之績效，國立臺灣海洋大學河海工程學系碩士班，89 年，碩士論文。
20. 林家淇，水再生利用技術與風險管理對策之研究，國立台北科技大學環境規劃與管理研究所，90 年，碩士論文。
21. 省水標章作業要點及產品規格(修正本)，經濟部水資源局，2001。
22. 張品全，太陽電池，科學發展第 349 期，2002。
23. 經濟部能源委員會，能源白皮書，2002。
24. 財團法人中華顧問工程司，”水質自淨技術文獻回顧研發計畫報告”，台灣水環境再生協會，民國 2002 年
25. 內政部營建署委託報告，”台灣地區家庭污水量及污染量推估研究”，台灣下水道協會，民國 91 年 12 月。(http://sewer.cpami.gov.tw/report/report_2.html)。
26. 財團法人中華顧問工程司，”以自然淨化技術處理二級污水廠放流水效率評估研發計畫期末報告”，台灣水環境再生協會，2003 年 12 月。
27. 美商傑明工程顧問(股)台灣分公司，”生態工法講習會講義”。(http://www.mwhglobal.com.tw/taiwan/pdf/ecological_engineering_methods_guide.pdf)
28. 歐陽嶠暉，”下水道工程學”，長松文化興業(股)有限公司，2003 年 1 月三版再修訂。
29. 李至倫，海水淡化之趨勢與未來性分析，國家政策論壇季刊 秋季號，2003。
30. 陳效禹，海水淡化技術發展現況，節約用水 2003 季刊 29 期。

31. 孫瑜，台北科技大學風況觀測器性能模擬分析，國立台北科技大學電機工程系碩士班，92年，碩士論文。
32. 蔡漢隆，風力發電之電力品質量測與分析，國立台北科技大學電機工程系碩士班，93年，碩士論文。
33. 李振弘，離岸式風力電廠之規劃及系統穩定度分析，國立台北科技大學電機工程系碩士班，93年，碩士論文。
34. 經濟部技術處，再生能源設備產業發展研討會論文集，2004。
35. 顏文治，德國再生能源介紹，永續產業發展雙月刊第18期，2004。
36. 李文興、顏文治，向太陽借能量，科學發展第383期，2004。
37. 陳陵援，能與能源，科學發展第373期，2004。
38. 方明山，台灣能源發展之省思與前瞻，能源報導12月號，2004。
39. 王先登，用水設備省水標準演進與技術發展趨勢，節約用水2004季刊34期。
40. 歐陽嶠暉，污水下水道建設之環保產業機會，台灣環保產業雙月刊第26期，2004。
41. 陳柏州，以人工濕地淨化水質之研究，國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程系碩士班，93年，碩士論文。
42. 顏文治，目前國內太陽能之應用及推廣，能源報導2月號，2005。
43. 李欣哲，再生能源發電現況及展望，工研院能源與資源研究所，2005。
44. 網站：<http://www.solar-i.com/sj1-5-a.html>
45. 網站：<http://wind.erl.itri.org.tw/wind.html>
46. 網站：<http://www.ftis.org.tw/water/>，愛水人之屋。
47. 網站：<http://www.wcis.itri.org.tw/>，節約用水資訊網。
48. 網站：<http://www.twd.gov.tw/savewater/index.asp>，臺北市自來水事業處-節約用水網站。
49. 網站：<http://www.epa.gov/owmitnet/mtbfact.htm>
50. 網站：http://sewer.cpami.gov.tw/report/report_2.html
51. 網站：<http://61.60.124.168/water/wetland/wetland.htm>
52. 網站：<http://keepower.webhostme.com/nuclear17.htm>(台灣電力公司基隆區營業處服務網)

附錄一、期中報告審查意見及回覆

| 審查委員意見 | | 意見回覆 |
|---------------------------|---|--|
| (一)葉仁博組長書面資料 | | |
| 1 | 地下水鹽度幾乎與海水相同，應停止抽取作為海水淡化水源。應淡水入滲，使淡水楔大於海水楔壓，再檢討合理出水量作為抽取地下水之依據。 | 目前地下水鹽度約為 19ppt，而包括瀉湖在內的海水鹽度約為 34.9 到 39.3ppt 之間，經與南巡局詢問之結果，地下水鹽度在 90 年左右僅有 2-10ppt，其原因為之前海水經 RO 淡化後之濃縮亦直接打入地下水所導致，目前東沙已注意到此問題，因此濃縮液改由海拋，期能降低地下水之鹽度。 |
| 2 | 第 19 頁圖 3.4，4 萬加侖儲槽應標示為 4*1 萬加侖儲槽。 | 遵照辦理。 |
| 3 | 第 21 頁表 3.5，未來預求表支估計水量應先確立東沙國家公園之政策允許最大能量及型態，此地區遊客滯留時間、天數而定，本表顯示每人每日用水量偏高。國內水資源綱領政策為 250lpcd，駐軍可規定 120 公升/人/日，遊客 30 公升/人/日，且必須自備飲用水，以不增加本島用水需求為妥。 | 謝謝委員的意見，本研究計畫於期末報告中將依委員所提供之數據以每位官兵 120 lpcd、遊客 30 lpcd 進行規劃。 |
| 4 | 第 24 頁，「錨接」(cross conestion) 應譯為「錯接」才妥。 | 該段文字已取消，謝謝委員的意見。 |
| 5 | 就天然降雨水源應盡量考量如何收集、入滲形成地下水庫，或地下儲留之觀念，增加儲留水量。就使用端應考量建物立體化，如上層用水(淋浴、洗手)後直接流入下層沖洗廁所，增加用水次數。 | 謝謝委員的意見，本計畫於期末報告中將依委員的意見將淋浴及洗手使用過的水拿來當成沖廁用水，除可增加用水次數外，並可降低目前使用地下水沖廁所導致化糞池氣濃度過高的問題。 |
| 6 | 利用太陽能轉為溫熱水，減少本島提供燃料之使用。 | 謝謝委員的意見，本計畫將於期末報告中評估在面積較大的建築物屋頂使用太陽能發電的可行性，除可供電熱水器使用外，更可降低室內溫度，另外本研究亦會參考內政部所公佈之建築規範進行建物節能之規劃。 |
| 7 | 利用太陽能轉為電源之同時，將集能板覆蓋建物，減少建物冷房用。 | |
| 8 | 建物開口應考量多利用海風之對流，減少冷房用電。 | |
| (二) 國立台灣科技大學 王文智老師 | | |
| 1 | 第 45 頁第 7 行，東「砂」島似有誤，請更正。 | 錯別字已更正，風力發電及圖 5.18 部分已取消，謝謝委員的意見。 |
| 2 | 第 46 頁倒數第 2 行，「大型風力電」敘述欠完整，請更正。 | |
| 3 | 部分報告之內容，例如圖 5.18 缺乏詳細之參考文獻來源說明，請補充之。 | |

| | | |
|------------------|--|--|
| 4 | 期中報告書：第 64 頁表 5.7 中，已有電力需求的估算，它是如何算出？根據什麼去計算？到底用電量是多少？是如何求出？目前當地的發電系統電力？報告書內的表格數據與文字部分的內容不符！提到 200kW 的風力發電是否有考慮？ | 第 64 頁表 5.7 中有 40kW 的太陽能發電量計算僅為一範例，並非真正對於東沙島的未來供電規劃，由於太陽能發電因受天候影響較不穩定，較不適合完全取代傳統能源，因此本計畫於期末報告中將太陽能發電定位於電熱水器之供電，至於報告書表格數據與文字不符的部分已於期末報告中更正。 |
| 5 | 海水淡化機出水的鹽度為 1.0ppt，是否正常？還是偏高？什麼原因造成？可否改善。 | 海水淡化機出水之鹽度為 1ppt 可能之原因為抽取之地下水的鹽度過高，由於海淡機出水目前用於淋浴及煮飯，因此 1ppt 尚可接受。 |
| 6 | 口頭報告中，耗電量大的小型污水廠及合併式淨化槽的用電量是否可明確化？省能非常重要！用哪些電器，如日光燈、冷氣等。是否有使用省能設備，可以省電多少？需要調查一下島上各建築物內的電器耗電量為多少？ | 由於東沙新增三座 500kW 的發電機，電力已足夠，因此本計畫於期末報告中規劃污水經化糞池處理後之上澄液再經氧化渠處理後再送至人工溼地淨化，最後才放流至瀉湖，用電量的部分亦有明確之數據呈現。期末報告中亦調查島上各建築物之冷氣及日光燈管數目，其耗電量及採用省能設備所省下的電量亦已於期末報告中說明。 |
| (三) 陳顯榮技師 | | |
| 1 | 本研究案的工作項目內容及研究成果，應針對本案招標乙方交付項目內容及合約內容，進行調查、分析及評估等工作內容。 | 謝謝委員的提醒，本計畫將遵照委員意見辦理。 |
| 2 | 報告書第 12 頁第 3.1.1 節中「飲用水則有賴台灣...補給之瓶裝礦泉水...」其中飲用水是指日常喝水之水，是否包括日常餐飲所用的飲用水？請澄清。 | 飲用水是指日常喝水的水，每人每天 3 公升礦泉水，而煮飯用水原則是採 RO 水供應，當 RO 設備出問題時才改用每天 80 瓶 1500ml 礦泉水支應。 |
| 3 | 報告書第 21 頁表 3.5 所估算的雜用水每人每日約 280 公升，飲用水每人每日約 200 公升，其依據為何？ | 謝謝委員的意見，該數據已更改為葉仁博委員所提供之數據以每位官兵 120 lpcd、遊客 30 lpcd 進行規劃。 |
| 4 | 報告書第 25 頁起 3.3.1 節，「水資源開發及生活節水」之內容，如何落實與實施在東沙島，其具體建議方案為何？請參考第 69 頁後續工作內容提出本項工作內容之預計完成工作內容。 | 謝謝委員的意見，本期末報告已於第章中規劃東沙島水資源開發及生活節水之相關內容。 |
| 5 | 報告書第 29 頁起之第 4 章，東沙群島污水處理現況及發展之內容，大多偏學理或一般各式處理方 | 由於期初報告時對於東沙人口數尚無法精確掌握，本計畫於期末報告時已依近程 300 人(未開放觀光)、中程 420 |

| | | |
|------------------------|--|---|
| | 式之介紹，請問本案之目前、近程及遠程之污水量如何？要採用何種辦理方案？其排放標準如何等？是否設置中水回收處理等？其經費評估如何？請參考第 69 頁後續工作內容提出本項工作內容之預計完成工作內容。 | 人(開放 120 名遊客)及遠程 540 人(開放 240 名遊客)進行給水量及污水量之設計，相關的辦理方案、經費評估、排放標準及中水回收處理亦於期末報告第六章中說明。 |
| 6 | 報告書第 45 頁起之第 5 章「東沙群島能源供應現況與發展」之內容，請補充本島目前、近程及遠程之用電需求及能源設置情形，又本章所介紹之各式替代能源之介紹，而為針對進行需求、分析及評估，包括經費的評估等。註：目前南巡局正在辦理東沙島 500kw*3 台發電機招標公告，未來還會再擴充 1 台。 | 謝謝委員的意見，本計畫亦於期末報告中第三章說明東沙島能源於目前及未來之用電需求及能源設置情形，及替代能源需求、分析及包括經費在內的各種評估。 |
| 7 | 請提供本研究報告之工作進度表與工作項目，以利掌握研究工作之進行。 | 謝謝委員的意見。 |
| 8 | 建議報告書中各種設備的單位採本國通用的國際標準單位，如立方公尺、公升，如有必要再加註「加崙」。 | 有關於報告中單位的統一部分，本計畫將於期末報告中將所有單位改成台灣用的單位制度。 |
| 9 | 本研究自 4 月初至 6 月 30 日止，所剩時間不長，請執行單位（承包商）儘快依合約所訂工作內容進行分析、研究、評估及建議等工作（包括費用的評估）。 | 謝謝委員的提醒，本計畫將遵照委員意見辦理。 |
| 10 | 在未來若收集跑道雨水上，要好好的注意飛機輪胎碎屑和油污是否會污染收集水，是否可以濾除？這些也需要注意到。 | |
| (四) 經濟部能源局賴文祺技士 | | |
| 1 | 行政院海巡署去年獲得經濟部在太陽能光電的補助，依簽約的規定於今年的十月完工。但這些替代能源是無法完全替代傳統發電系統，一般在國外在規劃時，僅能提供發電機發電的 20~30%，主要受到天候等環境條件的限制。 | 謝謝委員所提供的資訊，風力及太陽能發電的確無法取代傳統的發電設備，因此本研究於期末報告中僅將該等發電系統列為電熱水器供電用。在經濟部的補助方面，目前已知東沙島已於東光醫院屋頂建立一套 8kW 的太陽能發電設備。 |
| 2 | 風力發電的調查方面：報告書中提到的風速 5.4m/s，不知是取多少高度的風速資料？若只是 10m 測的 | 經由 6 月 7 日實地勘查的結果，目前所得到的風速資料的確如委員所述是 10m 高所測得的風速，我們已於期末 |

| | | |
|------------------------|---|--|
| | 平均風速，那是無法評估這裡風場條件的好壞！需要取得 50m 高的風速資料，這樣才可以當為參考依據。若報告書中提到的 5.4m/s 為 50m 高所測得之風速，與國內其他風場的資料相比較，難謂屬於一個較好的風場。但這是需要釐清的！在得到正確數據後，再利用數值模式去推估，確實了解在東沙能否建置風力發電？和風場條件好壞？。 | 報告中建議海巡署或營建署應建立東沙島的風速剖面圖，才能知道具不具有風力發電的潛力。 |
| 3 | 因為設置地點位於國家公園區，所以必須配合國家公園管理單位對於景觀、生態等因素之考量。 | 謝謝委員的意見，為配合景觀及噪音的要求，本研究已於期末報告中建議採太陽能發電以供應熱水系統，不要採大型的風力發電。 |
| 4 | 太陽光電和熱水系統在此一地區屬較為可行。 | |
| (五)海巡署南巡局江國雄科長： | | |
| 1 | 目前東沙供應飲用水方式有兩種，第一、編列預算供應駐守人員每人每天 2 瓶 1.5 公升包裝水，第二、已運用經費改善 RO 系統，除可供應炊膳用水外，亦可供應各據點生飲用水。 | 謝謝委員所提供的資訊。 |
| 2 | 如陳顯榮技師所言，建議期末報告能更加具體、明確地敘述近中遠程相關計畫，以利相關改善工作之建案與推動，做好各單位間之協調分工，避免重複投資。 | 謝謝委員的意見，本計畫已於期末報告中遵照辦理。 |
| 3 | 於民國 92 年，東沙島規劃了水電改善計畫，全島的高低壓管已地下化、及污水沈澱池亦採地下化？有十二種管線採地下化，包括 6 吋、3 吋管線，高、低壓電路管線等。 | 謝謝委員所提供的資訊。 |
| (六)楊模麟簡任技正 | | |
| 1 | 目前報告也都是現況調查及資料收集。據剛剛了解，水資源、電力在一些現況調查上有些不正確。建議要多召開幾次的工作會議。在國家公園未來的發展方向，可以提供遊憩教育的行為，也可能是提供食宿並不一定說要待在那裡。像這些基本的資料，要在工作會議上確認清楚，且離期末也不遠了，對現況還不夠了解，期末報告上還是有些差異的話，那對此案是沒有幫助 | 謝謝委員所提供的意見，再召開工作會議方面，由於計畫執行時間甚短，召集所有相關單位召開工作會議確有其難度，因此本計畫除多次電話訪談營建署公園組、海巡署南巡局及東沙島駐軍外，更已於 4 月 22 日及 6 月 7 日赴東沙島現勘二次，此外亦於 4 月 6 日、4 月 8 日、5 月 31 日及 6 月 21 日等赴營建署與南巡局與相關人員單獨進行工作會議，藉此了解各單位之需求以有利於未來規劃之方向 |

| | | |
|-----------------|---|---|
| | 的。 | |
| 2 | 污水處理上：採用人工濕地是相當好的。但水生植物在這樣的環境下是否可生長？是否有在之前有做過評估？效果如何？水的來源是否穩定？這一方面也請水再生協會做一個建議。 | 由於污水的來源甚為穩定，因此採用人工溼地處理應無問題，且水生植物應能生長。 |
| 3 | 使用水部分：礦泉水有用來煮飯，剛有提到海淡 RO 水也可以用來煮飯。因為雨水降雨量一年有 1694mm，是不是整個飲用水就夠了？其他一些澆灌、沖洗用水是不是要再做一些集水設備，及建築物改善等，而蒸發量也要注意，到時做一些經費投資，可能會有一些問題。像海水直接淡化和地下水提升到飲用水的水質，是經費太高？還是技術不可行？要再做一個說明。在報告中，飲用水還是從台灣運補，但 RO 水已經可以飲用，那到底是技術要提升還是經費要提高？ | 謝謝委員的意見，東沙雖然年平均降雨量有 1669mm，但其雨水主要分布於每年的 5 月到 10 月，若要將雨水當成飲用水來源將相當不穩定，且雨水即使經簡易處理後逕行引用仍有衛生上的疑慮，因此不建議當成飲用水。至於 RO 水當成飲用水部份需要進一步的消毒方能生飲，東沙駐軍是否有此能力操作消毒系統仍待商榷。在雨水集水方面，本研究於期末報告中建議擴大雨水收集面積，以提供澆灌及洗衣用水。 |
| 4 | 發電部分：風力發電除了景觀、安全的考量下，對於當地的產生的噪音、鳥類是否會通過等環境因子，在風力發電可行下做一些評估。 | 謝謝委員的意見，本計畫於期末報告中已建議採用太陽能發電，而不採風力發電。 |
| (七)吳祥堅秘書 | | |
| 1 | 污水問題：若自然淨化系統無法處理高含氮量的污水就排入瀉湖內，會不會對湖內的動植物造成影響？所以在排入的設計上，要保守一點。 | 謝謝委員的意見，一般在污水的氮約為 40mg/l，經改良式化糞池及人工濕地處理後，約為 4mg/l 左右。一些水生植物的營養來源是氮跟磷，所以少量的氮，應該不會造成影響。 |
| 2 | 集水方面：籃球可以集水，那機場的跑道是否也可以在不影響飛安下做一些的措施？這樣可能對水源的收集會有很大的幫助。 | 謝謝委員的意見，除了籃球場外，本計畫亦於期末報告中將飛機跑道、網球場等列入雨水收集系統中。 |
| 3 | 風力發電：是否能夠有不要這麼高的設施，或不用這麼高的風速就可以發電？收集一些這樣的資訊。 | 謝謝委員的意見，本計畫於期末報告中已建議採用太陽能發電，而不採風力發電。 |
| 4 | 還有一些新的太陽能的淡化設施，及太陽能的新資訊，請多加蒐集提供參考。 | 謝謝委員的意見，本計畫於期末報告中已蒐集相關太陽能淡化及發電新資訊。 |
| (八)余澄堉技士 | | |
| 1 | 請游老師到南巡局拜訪，了解一下 | 謝謝委員的意見，本計畫執行人員已 |

| | | |
|---|---|---|
| | 東沙實際的現況及相關的資料，相信可以對當地更進一步地了解。 | 於5月31日赴南巡局拜訪，承蒙南巡局江科長及胡工程官的熱情接待，得到相當多的寶貴資料。 |
| 2 | 風力發電：僅能做一部份的替代，能取代多少？能跟傳統發電產生多少的效益？需評估了解。 | 謝謝委員的意見，本計畫於期末報告中已建議採用太陽能發電，而不採風力發電。 |

附錄二、期末報告審查意見及回覆

| 審查委員意見 | 意見回覆 |
|---|---|
| (一) 陳顯榮技師 | |
| <p>1 前次期中報告之審查會議中，本人曾提出請執行單位應針對本案招標乙方交付項目內容及合約內容，進行調查、分析及評估等工作內容。但本次期末報告中，有關風力發電之相關評估內容尚不充分，而在報告中(P.31)，僅以「若設置風力發電廠，則噪音之問題甚難解決，且設置風力發電廠仍有景觀上的疑慮，因此本研究不建議於東沙島上設置風力發電廠」為由，而未提出風力發電之相關評估內容，這與當初在評選會中，參與投標之兩廠家均對風力發電有正面的建議，且在期中報告中亦有撰寫風力發電之內容，有所矛盾。建議執行單位依合約之工作內容，提出有關風力發電之相關評估內容，供委託單位參考。</p> | <p>謝謝委員建議。本研究已於 3.1 節中加入風力發電、太陽能發電、太陽能供應熱源、海水溫差發電、波浪發電及潮差發電之可行性評估，並於 3.6 加入風力發電之評估，以及於 3.7 節中建議設立風力發電機組數及其替代能源規模。</p> |
| <p>2 有關能源之調查及評估，應依目前、近程、中程及遠程來進行，並將現有能源(柴油引擎發電機與替代能源(風力發電、太陽能發電及太陽能供應熱源等三種，或潮汐發電等) 做整體調查及可行性評估。有關評估項目請參考下列註 1 之內容。【註 1：招標文件中之「乙方交付項目內容」之第二項「東沙島替代能源(至少包括風力發電、太陽能發電及太陽能供應熱源等三種) 可行性評估，評估內容應包括最大能源供應量、設備需求、建置及維護經費成本與效益評估、潛在環境限制、與其他優缺點分析」。註 2：維護經費成本應考慮設備之使用壽命、耗材、設備維護費用(或保修費用) 及人力等因素。】</p> | <p>謝謝委員建議。本研究已於第三章各節中說明能源之調查及評估事項。</p> |
| <p>3 在研究報告中，有關近程、中程及遠程之各種可行方案，請具體說明如何落實在東沙或讓島上人員能</p> | <p>謝謝委員建議。有關於東沙島近程、中程及遠程之各種可行建議方案已統整於期末報告第九章中。另外從期末</p> |

| | | |
|----|--|--|
| | 去執行。 | 報告第三章到第七章各節內容中，亦有說明該等方案之落實策略，諸如 P.49 能源替代規劃進程、P.65 建物空間規劃建議、P.78 雨水收集系統建議圖或 P.116 污水處理廠位置建議圖等。 |
| 4 | 在研究報告中，應以中文為主，若有必要採英文者，建議要附中文翻譯(常用英文名詞、代號或簡稱除外)，例如P.95之表6.3、P.97之圖6.2等 | 謝謝委員建議。本研究已於期末報告中更正。 |
| 5 | 在研究報告中，應避免建議設備廠牌或規格，例如P.55、 P.60等。 | 謝謝委員建議。本研究已於期末報告中更正。 |
| 6 | 請再核對期中報告之各審查委員之審查意見是否已完全回覆或反應在期末報告，請詳期末報告附錄一(P.117~P.122)。 | 謝謝委員建議。本研究已於期末報告核對。 |
| 7 | 由於研究報告之內容及結論，可能作為委辦單位判斷之依據，或是被他人研究案所引用，因此，建議執行單位再針對研究報告之內容，例如引用數據、資料、文字及單位等，再進行校對以臻完善。 | 謝謝委員建議。本研究已於期末報告詳盡校對。 |
| 8 | P.13：第8列之” …，並廢棄原有之發電機，…” ，其中廢棄一詞應更正為替代，較符合現況。 | 謝謝委員建議。本研究已於期末報告中更正為替代。 |
| 9 | P.25：圖2.11中缺少RO系統及飲用水部分，請參考南巡局江科長之期中報告之第1點審查意見(P.120)。 | 謝謝委員建議。本研究已於期末報告文字中書明「統整上列所述之島上可用水資源類別，扣除日常配給之瓶裝飲用水，雨水及地下水源於供水系統中大致流程及相關儲水設施對應關係可如圖 2.11 所示」。 |
| 10 | P.34：第2列及第4列之日照能量如何區分？ | 謝謝委員建議。第 2 列之單位為 W/m^2 ，第 4 列之單位為 MJ/m^2 ，其為 W 與 MJ 之單位轉換。 |
| 11 | P.37：第 13 列之” …淋浴水 75 公升…”若是指 $60^{\circ}C$ 水，則與P.46矛盾。反之，若是指 $20^{\circ}C$ 水，則表3.7之選擇發熱或發電的推論有誤。 【註1：淋浴水耗熱量之單位應為 KWh而非KW。註2：有關淋浴熱水之使用量，請參考島上人員之全年實際使用情形來計算，較恰當。】 | 謝謝委員建議。本研究已於期末報告中更改單位，此外，由於淋浴用水全年實際使用數據無法得到，因此本研究仍於期末報告中依國內水資源綱領政策，駐軍每人每日需水量 120 公升推估其可利用之淋浴用水為 75 公升計算。 |
| 12 | P.39：倒數第2列之PB管，是何材 | 謝謝委員建議。已修改為 Pb 管，即指 |

| | | |
|----|---|--|
| | 質？ | 鉛管。 |
| 13 | P.41~44:(a)文章內容與章節標題不盡相符。(b)請澄清本研究報告之太陽能發電是5套或4套？(P.48為4套)。(c)太陽能發電之維護費用，應考慮蓄電池之更換費用。(d)表3.9及3.10之品名及規格，例如F35、F12G代表何意？其機電規格為何？ | 謝謝委員建議相關。太陽能發電建議為5套，但因東光醫院已受能源局補助設置，因此仍需設置4套，本研究已於期末報告之3.2及3.7節中說明。F35、F12G即指其型號，機電規格於規格說明中已敘述，而太陽能電池之更換費用已於期末報告3.4節中補入。 |
| 14 | P.47：請澄清表3.12中，2005年發電成本3~4美元/度的來源依據。 | 謝謝委員建議，表3.12屬於文獻收集部分已予以刪除。 |
| 15 | P.48：本研究報告建議設置4套太陽能發電，共需約3512萬元，是否經濟可行？其建置分幾期完成？75KW分別要供給那些設備使用？ | 謝謝委員建議，設置僅能供應75kW，但需高達3512萬元之太陽能發電設備在經濟效益上確實不可行，但若考慮政府刻正推動替代能源為未來施政方向，且風力發電有噪音及景觀上的疑慮，則東沙島唯一的選擇僅剩太陽能發電，其建置可擇一建物先行設置並視運轉，待成效良好後，再依預算額度逐年編列。另75kW之發電量可供日光燈等弱電使用。 |
| 16 | P.50：東沙島有第9列所寫之電梯？ | 謝謝委員建議，已修正。 |
| 17 | P.53：第8列中，建議採用儲冰式中央空調系統，以降低電費支出。此一建議不適用於東沙島，因為東沙並非電力公司供電之用電戶，而是自設柴油引擎發電機供電。 | 謝謝委員建議，已修正。 |
| 18 | P.54：第4列中，建議島上建物 <u>全面綠化</u> ，這是否會造成植物與島上的人員爭水？尤其是在缺少雨水的季節中。 | 謝謝委員建議，若採用耐旱性植物則可在缺少雨水的季節不與島上的人員爭水。 |
| 19 | P.56：(a)第4列中，建議燈具至少每 <u>三個月定期清潔一次</u> ，這會增加島上人力負荷，可行嗎？(b)第6列中，建議燈管在壽命結束前更換以節省人工費用，可行嗎？那會增加燈管費用，而這也會增加生產工廠之資源支出。(c)最下一列中，東沙群島日照 <u>尚稱充足</u> ，建議改為 <u>相當充足</u> ，比較符合現況。 | 謝謝委員建議，本研究已於期末報告中建議「在東沙島上人力及資源足夠之情形下...」，由於本研究無法得知島上海巡署人力分布情況，因此所提供之建議僅適用於人力充足時，另第四章僅就建築節能進行研究，定期更換燈管的確能降低能源使用量，但同時也會增加經費。而委員所建議之「相當充足」亦已於期末報告中修改。 |
| 20 | P.58：(a)第9列中，東沙島有冷暖機？有必要採用嗎？(b)第13列中，冷氣機之除濕原理應是室內空氣中之水分子遇到冷氣機內之低 | 謝謝委員的意見，本研究已於期末報告中修改。 |

| | | |
|----|--|---|
| | 溫排管而凝結成水，再排出室外。 | |
| 21 | P.64：建議在表5.1中，擇一場所規劃其住宿空間，並考慮其管理問題，以驗證其可行性及可供住宿人數。 | 已於 5.1.1 節以克強場為例附圖說明。另外，管理問題由於目前建議之建物多無重要設施或軍事用途，因此僅供住宿，在管理上應無太大問題。 |
| 22 | P.58~62：(a)有關4.3節內容之各小節之編碼重覆，請調整之。(b)本節之內容，不易看出是針對東沙島現有設備所提之省能建議方案，其具體內容為何？ | 謝謝委員的意見，本研究已於期末報告中修改。 |
| 23 | P.66：倒數第6列中，建議將建築物屋頂收集之雨水，供洗衣用水使用，請澄清下列事項：(a)就目前建築物現況而言，若欲將屋頂收集之雨水，供洗衣用水使用，其所需建置之收集設備或管線如何？請擇一場所說明其收集系統內容，以供島上人員施作參考。(b)所收集之雨水需經過何種處理方式，才可供洗衣之用？（須符合衛生條件）(c)請調查島上的洗衣方式，再針對洗衣方式規劃雨水收集系統，並考慮供水壓力問題、貯留位置、貯留容量等。(d)東沙島之建築物規模均不太，且分散配置，其雨水收集系統是各自設置或是集中方式？其可行性如何？ | 謝謝委員的建議，本研究已於期末報告中以圖 5.1 克強廠改建為例，屋頂設置一雨水收集槽，可將收集雨水引入此槽，在拉一管線至洗衣機即可。其所收集之雨水，可於屋頂之雨水收集槽做簡易之加氯消毒以達衛生標準。而目前島上官兵洗衣方式主要還是以洗衣機清洗衣物，雖偶有手洗，但仍佔少數。供水壓力問題，由於可在屋頂增設一貯水槽，因此可以重力方式供水，貯留相關位置可如圖 5.1 所示，置於與浴廁同側之位置。貯留容量亦可由圖 5.1 之雨水貯存槽所附之計算估計。另雨水收集系統初步規劃採各自設置。 |
| 24 | P.70：(a)請澄清表5.5中，請說明其中未來可用集水場地”1720Mx30M 機場跑道”及”40Mx21M網球場”之雨水收集系統及建置費用。(c)1720Mx30M機場跑道之集水系統，其可收集雨量佔94.7%，即約895M ³ ，請澄清其集水溝、集水坑（位置與容量）之配置。是否需設置泵浦？註：機場跑道長1720M，若集水溝之坡度為1/200，則集水溝之溝底落差達8.6M。 | 謝謝委員的建議。雨水收集系統及建置費用，已增加 5.2.7 節詳述。另集水溝、集水坑等相關配置及計算，已於 5.2.7 節詳述，並以圖 5.9 輔以說明。而由於整個集水設備均採以重力流方式自然收集，因此並無需設置泵浦。而在機場跑道方面，由於採分段集水，因此在每 200 公尺及設置一集水坑下，集水溝之溝底落差將僅達 1M。 |
| 25 | P.78：請澄清表5.9中，”小計”欄中之數字如何求出？ | 表格內容計算有誤，已重新列表更正，計算方式並於 5.3.2 節加以註記。 |
| 26 | P.85：第5.4.2節中，建議將淋浴用水回收再利用作為沖廁用水之用，請澄清下列事項：(a)回收水有 | 謝謝委員的建議。淋浴用水回用沖廁用水將不做任何處理。另外回用作沖廁用水之淋浴用水僅作為替代自來水 |

| | | |
|------------------------------|--|--|
| | <p>經過何種處理方式？請考慮沖廁用水所需水壓問題。(b)若回收水沒有經過處理，請澄清這套供水系統是否有臭味與污染等問題？又，倒數第2列中，提到”貯存之淋浴用水須於一日內用完或廢棄，以免發臭”，請澄清它的可行性。(c)既然是將淋浴用水回收再利用作為沖廁用水之用，則需增設抽水泵浦及貯水槽、管路等設施，其可行性如何？又，請擇一場所說明其回收系統內容，以供島上人員施作參考。(d)若淋浴用水拿去沖馬桶，則肥皂及清潔劑將不利後段化糞池之處理功效，請評估其可行性。</p> | <p>另一供給馬桶水箱之水源，因此在沖廁上應不影響馬桶沖廁之水壓。本研究已於期末報告之圖 5.12 已註明供水系統每日將會排出未用完之回用水，隔日再補入所收集之淋浴用水，因此在每日均會替換淋浴用水的情形下，即使有少入殘留管路中之淋浴用水，也將被稀釋沖淡，可避免有發生死水導致惡臭衛生堪慮之情形。另相關規劃及可行性亦已於 5.1.1 節以克強廠為例附圖說明。由於在整體的操作上，僅是以淋浴用水作為重複利用之再生水源，在污染物質的產生量在回用過程中與未回用前均為等量。因此在生活用水的污染程度，相較於都市污水處理系統亦具有處理含肥皂及清潔劑等物質的情況，因此東沙島之氧化渠應亦可承受負荷。</p> |
| 27 | <p>P.114：第4點建議之”在遠程方面，應於五到十年內聘請專業工程人員到東沙島現地測量高程、探勘地形以利污水收集管渠及污水廠址的評估分析。有關這點請參考南巡局江科長之期中報告之第3點審查意見(P.120)，並請洽南巡局有關民國92年施作之污水管是否可用？又，是否有島上現地測量高程等資料？以免重覆浪費。</p> | <p>謝謝委員的建議。目前南巡局僅於92年進行化糞池之施做，亦未進行污水系統之施工，而雖然國防部木柵圖庫有目前島上之高程資料，但重新探勘地形對於污水收集管渠及污水廠址之設置確有其必要性，因此本研究才會於期末報告中建議於遠程至現地進行高程測量，以增加資料之準確性及完整性。</p> |
| <p>(二)經濟部能源局賴文祺技士</p> | | |
| 1 | <p>本計畫報告書內文宜標出參考資料的編號。</p> | <p>謝謝委員建議。本研究已於參考文獻中修改。</p> |
| 2 | <p>報告書第32頁表3.3有關太陽能與風力發電之各項優缺點比較，宜清楚表達。另其中風力會有「陰影」缺點，似應為「陰影閃爍」。又表3.2各能源之產出效率，其所表達之意義，宜再清楚說明。</p> | <p>謝謝委員建議。本研究已於3.1節中修改。</p> |
| 3 | <p>發電設備之「裝置容量」單位通常為W、KW或MW等功率單位，而其「發電量」單位通常為度(KWH)，報告書(尤其第三章)多處中文及單位敘述，有混淆或表達不清之情形，宜予更正。其中如KW/m²就不宜稱作發電量，又表3.4</p> | <p>謝謝委員建議。「發電量」已修正為KWH。</p> |

| | | |
|---|--|---|
| | 中文敘述「日照能量」就有不同單位呈現，宜予修正。 | |
| 4 | 儲冰式中央空調系統主要係轉移尖峰負載時用電，但對東沙島本身用電並非向台電公司購電，亦即不會有「利用夜間離峰負載時便宜電力來運轉」情形，又由於其製冰時仍需使用大量電，宜再釐清於東沙島設置儲冰式空調之用電，是否較設置一般空調或冷氣為少？ | 謝謝委員建議。本研究已於期末報告之 4.3 節中說明。 |
| 5 | 建議考量本計畫對東沙島宜有供電及負載之控制策略。 | 謝謝委員的建議，由於東沙島目前仍為軍事基地，因此如雷達用電量等甚多重要數據仍無法取得，因此本研究已盡量針對供電及負載之控制策略於期末報告第三章中進行說明。 |
| (三) 海巡署南巡局林正民科員 | | |
| 1 | 本案日後廳舍辦理方式採「整修為主，新建為輔」，應審慎考量建築物興建方向，並以統合性質相同、功能相近等標的，做一有效整合，以作為廳舍規劃之重要依據，俾達節省能源及多項重複利用等多項節能目標，且減少環境污染及保持現有自然景觀。 | 謝謝委員的建議。 |
| 2 | 誠如陳顯榮技師所言，應詳實比較風力、太陽能及現有柴油能源之比較，以清楚看出三方面能源優劣比較。 | 謝謝委員的建議，本研究已於期末報告第三章中補正。 |
| (四) Prof. Sergio Alexander Palleroni | | |
| 1 | 從加勒比海沿著墨西哥海岸，可以學到很多有關於整個珊瑚島嶼的生態，它是一個非常特殊的生態，跟人生活的環境完全不一樣。在美麗的東沙島上，事實上有很多類似的島嶼，非常豐富的生態環境，珊瑚島嶼之整個生態環境約 99% 的生態是在水底下，不是在水上面—水面上並不適合生物生存，所以 99% 生物才會活在海底下。 | 謝謝委員的建議。 |
| 2 | 談到這個島，它的表面既然不容易提供生物活動的話，當然也不適合人在上面做過度的活動。聯合國一份報告指出：地表上每 5 個 Acre | 謝謝委員的建議。 |

| | | |
|---|---|--|
| | <p>可提供一人生活，而在這個島上，差不多 10 英里平方，提供一個人存活，所以說它環境的 support 非常非常的弱。面對這樣的環境，人要在這個島上活動的話，應該要重新思考，對能源的消耗，或是對環境的消耗也好，要更有效率，我們要有一個新的思維，而不是說用一種舊的思維來面對這種環境。從過去的經驗裡，在島上面，有兩個很重要的問題，第一個就是能源，第二個就是水，經過這一個簡報一直覺得我們是站在比大很多的陸地上，去想我們應該如何規劃這島嶼，這階不一樣，位置也不一樣。</p> | |
| 3 | <p>根據過去的資料調查，建築物所耗掉的能源幾乎是所有能源的一半。剛剛看到簡報中用了一些遮蔭，當然有些效果，但是如果我們要更徹底的，用不同的態度、新的思維去做這些建築，這樣子的話至少可以減少大量的能源耗損。</p> | <p>謝謝委員的建議。</p> |
| 4 | <p>風是一個非常複雜的一個東西，它在地表面上是以好幾層的方式在活動，地表面的風跟 5 米以上的風又不太一樣，事實上是發展出一些效率非常好的風力發電，在迦勒比海也有這樣做過，只有 3 米高而已，效率很高。這個地方的氣候，風力的條件跟迦勒比海那邊應該是很類似，夏天的時候很熱但是沒有風，冬天的時候很冷但是風很強。</p> | <p>謝謝委員的建議。</p> |
| 5 | <p>在簡報裡，把洗澡的水與沖水馬桶的水，放在一個系統內然後要交給濕地去處理，這樣對濕地的處理效率會變差，建議應該是把這兩個系統分開。</p> | <p>謝謝委員的建議。以目前來說，先經由氧化渠處理後，再導入濕地處理是不會使效率變差的。</p> |
| 6 | <p>如果我們好好的處理這些系統，把</p> | <p>謝謝委員的建議。</p> |

| | | |
|---------------------------------|--|---|
| | <p>這個島看做是很大可以自足的一個系統，這樣的情況之下可以建立一個新的模式。假設有來賓、遊客來的話，他也可以藉由這些不同系統學到一些不同的生活方式思考模式，及如何來面對我們整個生活環境或是生態系統。</p> | |
| <p>(五) 營建署國家公園組余澄堉技正</p> | | |
| 1 | <p>報告中相關圖表或是引述、引用數據資料，應加註引用資料來源或參考文獻，以供未來必要時的查考工作。</p> | <p>謝謝委員的建議，本研究已於期末報告中補正。</p> |
| 2 | <p>報告所列人工濕地所用的植物，均為淡水生，但東沙島以海水或高鹽度環境為主，人工濕地植物栽植是否可行？或有替代方案，請受託單位評估說明。</p> | <p>在台灣已有海岸濕地的案例，故在東沙應可以適用。海岸濕地會受到週期性的潮汐影響，依其上生長的植物型態不同又可分成鹽生草澤、紅樹林沼澤（林澤）、及潮間帶淺灘三種。將在文中第 6.2.1.3 節中加以補充說明。</p> |
| <p>(六) 營建署國家公園組蕭組長清芬</p> | | |
| 1 | <p>初步規劃是希望這個國家公園初期 5 年之內，不引進觀光客。希望讓當地生態可以復育、養息。</p> | <p>謝謝委員的建議。</p> |
| 2 | <p>希望本計畫能和另一個建築的委託案可以相互結合在一起。我們希望島上分散的建築物，以功能整合，同樣性質的建築物盡量在一起。同時，建築物的樓地板面積要維持固定，不再增加。所以在建築物的規劃設計上，也要將水資源的系統計畫納入考量。</p> | <p>謝謝委員的建議。</p> |