

目 次

摘要	i
第一章 緒論	1
1.1 研究緣起	1
1.2 研究目的與範圍.....	2
1.3 研究架構與流程.....	3
第二章 文獻回顧	5
2.1 廢污水回收再利用相關法規說明.....	7
2.1.1 水污染防治法相關規定.....	7
2.1.2 水質標準相關法令規定.....	7
2.1.3 園區開發與各產業之相關法規.....	12
2.1.4 獎勵措施相關法規.....	12
2.2 國內外水回收再利用相關水質標準之分析	12
2.2.1 工業冷卻與鍋爐用水	12
2.2.2 農業灌溉用水.....	16
2.2.3 景觀公園綠美化與親水用水	16
2.2.4 澆灌與沖廁等用水.....	20
2.3 國外污水回收現況分析	20
2.3.1 美洲地區	20
2.3.2 歐洲地區	24
2.3.3 亞洲地區	24
2.4 國內污水回收現況分析	32
2.4.1 都市污水處理廠放流水之回收現況.....	34
2.4.2 學校與建築物之中水回收	35
第三章 水資源供需及水回收再利用潛勢分析.....	36
3.1 台中地區水資源供需分析	36
3.1.1 中部區域供水系統聯合供水管理規劃	36
3.1.2 台中地區水源調度	37

3.1.3 水資源利用現況	39
3.2 臺中市水資源回收中心現況調查與分析	42
3.2.1 福田水資源回收中心現況與分析	46
3.2.2 石岡壩水資源回收中心現況與分析	57
3.2.3 臺中港專區水資源回收中心現況與分析	67
3.2.4 梨山、環山水資源回收中心現況與分析	76
3.3 臺中市水資源回收中心水回收再利用潛勢分析	87
3.3.1 水回收再利用潛勢產量分析	87
3.3.2 水回收再利用潛勢產量分析	89
第四章 台中市各水資源中心放流回收再利用規劃	90
4.1 放流水回收再利用處理程序選用	90
4.1.1 放流水回收再利用設備處理單元	90
4.1.2 放流水回收再利用組合處理程序	95
4.2 各水資源回收中心放流水回收再利用規劃	98
4.2.1 福田水資源回收中心放流水回收再利用規劃	98
4.2.2 石岡壩水資源回收中心放流水回收再利用規劃	104
4.2.3 臺中港特定區水資源回收中心放流水回收再利用規劃	111
4.2.4 梨山、環山水資源回收中心放流水回收再利用規劃	114
4.3 放流水回收再利用風險評估與管理	117
4.3.1 放流水回收再利用接利用對人體健康風險評估理論架構	117
4.3.2 福田水資源回收中心放流水直接利用對人體健康風險評估	119
4.3.3 台中市福田水資源回收中心放流水接利用對人體健康風險評估	124
第五章 再生水規劃方案與經濟分析	125
5.1 福田水資源回收中心放流水回收再利用規劃方案與經濟分析	125
5.2 石岡壩水資源回收中心放流水回收再利用規劃方案與經濟分析	144
5.3 臺中港特定區水資源回收中心放流水回收再利用規劃方案與經濟分析	154
5.4 梨山、環山水資源回收中心放流水回收再利用規劃方案與經濟分析	166
第六章 結論與建議	171

6.1 結論	171
6.1.1 放流水回收再利用規劃最佳方案探討	171
6.1.2 台中市各水源資回收中心放流水回收再利用方案說明	172
6.2 建議	173
參考文獻	174

圖目次

圖 1.1-1 水回收回收再利用循環體系圖(李，2004)	2
圖 1.2-1 臺中市水資源回收中心水回收再利用潛勢研究流程圖	4
圖 2.1-1 國內水回收再利用相關法令示意圖 (李，2004)	6
圖 2.3.1 美國加州橘郡水回收處理廠設備	21
圖 2.3-2 海水淡化設備	21
圖 2.3-3 沉浸式微過濾膜	22
圖 2.3-4 逆滲透膜設施相片	22
圖 2.3-5 高級氧化系統與過氧化氫槽體	23
圖 2.3-6 新加坡 NEWater 處理程序示意圖	25
圖 2.3-7 NEWater Visitor Center 外觀	26
圖 2.3-8 雪梨奧運公園水回收與管理污水收集/處置/回收流程	27
圖 2.3-9 雪梨奧運公園俯瞰圖	27
圖 2.3-10 水處理廠處理設施	28
圖 2.3-11 Sewerage Treatment 流程示意圖(M.J. Boake，2004).....	29
圖 2.3-12 UV 殺菌燈	30
圖 2.4-13 東京都內各水再生中心與河川之相對位置	30
圖 2.3-14 落合污水廠的處理流程	31
圖 3.1-1 台中地區水源調度範圍	38
圖 3.1-2 台中區水資源系統示意圖	39
圖 3.2-1 水下水道系統未來開發建設一覽圖	44
圖 3.2-2 台中市水資源回收中心營運現況分佈圖	45
圖 3.2-3 台中市水資源回收中心污水下水道系統圖	46
圖 3.2-4 福田廠位置圖	47
圖 3.2-5 處理流程圖	49

圖 3.2-6 水資源回收中心廠區平面配置圖	49
圖 3.2-7 水資源回收中心廠區鳥瞰圖	50
圖 3.2-8 為廠區各段污水處理單元照片	50
圖 3.2-9 福田廠進流水與放流水流量	53
圖 3.2-10 福田廠進流水與放流水懸浮固體 (SS)	54
圖 3.2-11 福田廠進流水與放流水生化需氧量 (BOD)	55
圖 3.2-12 福田廠進流水與放流水化學需氧量 (COD)	56
圖 3.2-13 石岡壩水資源回收中心污水下水道系統圖	57
圖 3.2-14 石岡壩廠位置圖	58
圖 3.2-15 處理流程圖	60
圖 3.2-16 石岡壩水資源回收中心廠區平面配置圖	60
圖 3.2-17 廠區各段污水處理單元照片	61
圖 3.2-18 石岡壩廠進流水與放流水流量	63
圖 3.2-19 石岡壩廠進流水與放流水懸浮固體 (SS)	64
圖 3.2-20 石岡壩廠進流水與放流水生化需氧量 (BOD)	65
圖 3.2-21 石岡壩廠進流水與放流水化學需氧量 (COD)	66
圖 3.2-22 臺中港特定區水資源回收中心污水下水道系統圖	68
圖 3.2-23 臺中港特定區廠位置圖	69
圖 3.2-24 處理流程圖	70
圖 3.2-25 臺中港特定區水資源回收中心廠區平面配置圖	71
圖 3.2-26 廠區各段污水處理單元照片	72
圖 3.2-27 臺中港特定區廠進流水與放流水流量	73
圖 3.2-28 臺中港特定區廠進流水與放流水懸浮固體 (SS)	74
圖 3.2-29 臺中港特定區廠進流水與放流水生化需氧量 (BOD)	75
圖 3.2-30 臺中港特定區廠進流水與放流水化學需氧量 (COD)	75

圖 3.2-31 梨山水資源回收中心位置圖	77
圖 3.2-32 梨山、環山廠位置圖	77
圖 3.2-33 梨山水資源回收中心污水處理流程圖	80
圖 3.2-34 環山水資源回收中心水資源回收中心污水處理流程圖	81
圖 3.2-35 梨山水資源回收中心廠區平面配置圖	82
圖 3.2-36 梨山水資源回收中心廠區平面配置圖	82
圖 3.2-37 梨山水資源回收中心現況照片圖	83
圖 4.2-1 神岡豐洲工業區園區位置示意圖	104
圖 4.2-2 神岡豐洲工業區園區用水平衡圖	105
圖 4.2-3 公園綠地和街道灑掃抑制揚塵用水	107
圖 4.2-4 自行車車道兩旁綠樹澆灌用水	108
圖 4.2-5 各級學校沖廁與澆灌用水	109
圖 4.2-6 臺中港特定區水資中心與鄰近工業區相對位置	112
圖 4.2-7 梨山國小與水資源回收中心相對位置圖	115
圖 4.3-1 風險評估執行理論架構圖	117
圖 5.1-1 水回收再利用產製程序流程圖	125
圖 5.1-2 水回收再利用產製程序流程圖	130
圖 5.1-3 水回收再利用產製程序流程圖	139
圖 5.2-1 水回收再利用配送神岡豐洲工業區路線圖	145

表目次

表 2.1-1 我國現行各類用途之水質標準	8
表 2.1-2 我國現行各類用途之水質標準(續一).....	9
表 2.1-3 我國現行各類用途之水質標準(續二)	10
表 2.1-4 我國現行各類用途之水質標準(續三)	11
表 2.2-1 冷卻及鍋爐用水標準.....	13
表 2.2-2 冷卻及鍋爐用水標準(續一).....	14
表 2.2-3 冷卻及鍋爐用水標準.....	15
表 2.2-4 澆灌及沖廁用水標準	17
表 2.2-5 世界各國灌溉回收用水之微生物指標	18
表 2.2-6 景觀及親水用水標準.....	19
表 3.1-1 中部區域開發中工業區目標年用水需求量表.....	40
表 3.1-2 中部區域已編定或編定中工業區之目標年用水需求量表	40
表 3.1-3 台中水利會水系及圳路統計表	41
表 3.1-4 台中地區供水人口與普及率統計表.....	41
表 3.2-1 台中市污水下水道相關規劃報告資料表.....	43
表 3.2-2 台中市營運中水資源回收中心處理餘裕量統計表	45
表 3.2-3 水資源回收中心設計處理水量與進流水質	48
表 3.2-4 福田廠歷史水質水量及污水排放標準對照表	51
表 3.2-5 石岡壩水資源回收中心設計處理水量與進流水質	59
表 3.2-6 石岡壩廠歷史水質水量及污水排放標準對照表.....	62
表 3.2-7 臺中港特定區水資源回收中心設計處理水量與進流水質	70
表 3.2-8 臺中港特定區廠歷史水質水量及污水排放標準對照表	72
表 3.2-9 梨山、環山水資源回收中心設計處理水量與進流水質	78
表 3.2-10 梨山水資源回收中心處理水量統計表	84

表 3.2-11 環山水資源回收中心處理水量統計表	85
表 3.2-12 梨山水資源回收中心放流水質統計表	86
表 3.2-13 環山水資源回收中心放流水質統計表	86
表 3.3-1 台中市水資源回收中心放流水質與放流水標準比較.....	88
表 3.3-2 台中市水資源回收中污水處理及可再生潛勢量.....	89
表 4.1-1 水再生回收應用單元(處理二級或三級放流水).....	91
表 4.1-2 各種不同處理單元組合處理效果.....	95
表 4.2-1 福田廠水回收再利用各種用途彙整.....	98
表 4.2-2 福田廠水回收再利用作為各種用途之推測水質.....	100
表 4.2-3 台中市學校與公園綠地之澆灌沖廁用水量推估.....	102
表 4.2-4 石岡區學校與公園綠地之澆灌沖廁用水量推估.....	110
表 4.2-5 梧棲區學校與公園綠地之澆灌沖廁用水量推估.....	113
表 4.3-1 福田廠放流水食入致癌風險評估	120
表 4.3-2 福田廠放流水食入非致癌風險評估.....	121
表 4.3-3 福田廠放流水皮膚接觸致癌風險評估	122
表 4.3-4 福田廠放流水皮膚接觸非致癌風險評估.....	122
表 5.1-1 福田廠水回收再利用為工業製程用水之預期水質	127
表 5.1-2 水回收再利用作為工業製程用水直接工程成本估算.....	128
表 5.1-3 水回收再利用作為工業製程用水之操作維護成本估算	128
表 5.1-4 水回收再利用作為工業製程用水之直接成本估算	129
表 5.1-5 水回收再利用作為冷卻系統用水之直接成本估算	132
表 5.1-6 水回收再利用作為冷卻系統用水之操作維護成本估算	132
表 5.1-7 水回收再利用作為冷卻系統用水之接成本估算.....	133
表 5.1-8 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水直接成本估算.....	136
表 5.1-9 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水操作維護成本估算	136

表 5.1-10 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之接成本估算.....	137
表 5.1-11 水回收再利用作為灌溉用水之直接成本估算.....	140
表 5.1-12 水回收再利用作為灌溉用水之操作維護成本估算	140
表 5.1-13 水回收再利用作為灌溉用水用水之接成本估算.....	141
表 5.2-1 水回收再利用作為工業製程用水直接工程成本估算.....	146
表 5.2-2 水回收再利用作為工業製程用水之操作維護成本估算	146
表 5.2-3 水回收再利用作為工業製程用水之直接成本估算	147
表 5.2-4 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之直接成本估算	150
表 5.2-5 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水操作維護成本估算	150
表 5.2-6 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之接成本估算.....	151
表 5.2-7 石岡壩水回收再利用各種用途之成本彙整	153
表 5.3-1 水回收再利用作為工業製程用水直接工程成本估算.....	156
表 5.3-2 水回收再利用作為工業製程用水之操作維護成本估算	156
表 5.3-3 水回收再利用作為工業製程用水之直接成本估算	157
表 5.3-4 水回收再利用作為冷卻系統用水之直接成本估算	159
表 5.3-5 水回收再利用作為冷卻系統用水之操作維護成本估算	159
表 5.3-6 水回收再利用作為冷卻系統用水之接成本估算.....	160
表 5.3-7 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之直接成本估算	163
表 5.3-8 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之操作維護成本	163
表 5.3-9 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之接成本估算.....	164
表 5.3-10 臺中港特定區再生水各種用途之成本彙整	165
表 5.4-1 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之直接成本	168
表 5.4-2 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之操作維護成本	168
表 5.4-3 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之接成本估算.....	169
表 5.4-4 梨山、環山水回收再利用各種用途之成本彙整.....	170

摘要

在自然界循環過程中，水為一可循環物質，以雨水降落地面成為水資源被人類利用，而循環過程中之可被利用量不變，但人口卻持續增加，相對的用水也持續增加。台灣的年均雨量達 2150mm，約為世界平均值的 2.6 倍，但事實上台灣每年降雨量中，超過一半都迅速流入海中。依據經濟部水利署的研究，台灣每年的平均供水量約為 175 至 180 億噸，但至 2021 年時，需求量會上升至 200 億噸，到時台灣將會出現嚴重缺水的情況，故廢污水回收再利用將成為未來台灣地區開發多元化水源計畫中，重要之一環，其中以公共污水下水道污水處理廠(水資源回收中心)之處理水具有穩定性高、水質較佳、污染負荷低及水量大之特性，具有作為區域性供水水源之開發潛力，可開發為新興替代水源，達到供水多元化的目標，落實水資源再利用觀念，以滿足各項用水的需求，而處理水的水質良窳與否則可間接作為污水再生利用可行性的評估基準。

本研究內容首先以國內外都市污水回收再利用之成功實例文獻，及其回收處理技術之優劣與適用性，作為台中市污水回收再利用未來政策研擬之參考。本研究內容將針對台中市境內營運中之水資源回收中心(福田、石岡壩、台中港特定區、梨山及環山)放流水質進行分析並蒐集相關資料以及調查水回收再利用可行方案，分析項目包含 BOD(生化需氧量)、COD(化學需氧量)、SS(懸浮固體物)及 E.coli(大腸桿菌數)等四項，作為污水回收再利用潛勢分析之評量基準，以了解都市污水回收再利用之可行性包括：用於工業用水、農業灌溉、景觀環境、地下水補注、都市非飲用(消防、沖廁)及補注飲用水等方面。處理後放流水水質越佳者，越有利於污水再生利用，使水資源應用分配時更具彈性。此外，亦可有降低水回收再利用廠增設的處理設備及降低操作維護費用等，以達到污水回收再利用之最大效益。最後將台中市水資源回收中心放流水回收再利用之供水潛勢，進行水回收再利用規劃方案與經濟分析，研討放流水回收再利用可行方案，作為研擬節約用水對策或推動相關水資源開發計畫之參考。

第一章 緒論

1.1 研究緣起

水為一可循環物質，在自然界循環過程中，以雨水降落地面成為水資源被人類利用，而循環過程中之可被利用量不變，但隨著人口成長、都市化發展與產業結構改變，我國用水需求總量逐年增加，尤其是工業用水量。但傳統水源之開發，如水庫與攔河堰的設立卻愈來愈困難，而海水淡化也因成本等問題，迄今尚未在本島廣為興建；因此為維持民眾生活品質及產業發展，政府有責任積極研發替代水源，來滿足各標的用水的需求。

對於水回收再生利用可大概包括都市(生活)污水、工業廢(污)水、畜牧業廢水、農業灌溉排水、養殖漁業廢水及雨水貯留等回收再生利用。在台灣地區面對水資源開發不易、河川水質污染嚴重及用水成長壓力等嚴峻條件下，前述水回收再生利用作為替代水源之重要性日顯重要；因此，為因應台灣地區未來社會經濟用水需求之變革，宜即早對水回收再生利用在台灣地區供給潛能及分布進行有系統、有計畫的調查與規劃，俾納入政府在檢討台灣地區水資源供應策略時，作為水資源開發、調配及供應之參考依據，使珍貴的水資源得以永續利用，滿足社會經濟發展之需求。故水回收再生利用是當前檢討現階段台灣地區水資源供應策略時必須正視的課題。

政府目前正大力推動污水下水道建設，隨著接管率提高，大型都市污水處理廠陸續建置完成，生活污水經處理後所產生的放流量正逐漸增加，而由於都市污水再生利用已為國際趨勢且放流水水量大且水質理想，若能有效利用此類水資源，經再生後予以回收利用，將可作為各類工業用水、民生次級用水、河川保育，以及緊急備用水源等用途；除可開拓替代水源，又能降低廢污水排放對河川造成之污染，不但可穩定水資源供給，疏緩部分供水壓力，更能提升水環境之生態品質。

1.2 研究目的與範圍

一、研究目的

都市(生活)污水回收再利用範疇主要包括工業用水、都市非飲用(道路灑水、消防及沖廁等)、景觀環境及公園綠美化、地下水補注、農業灌溉及補注飲用水等，水回收再生利用循環體系圖如圖 1.1-1 所示。

本計畫之目的在瞭解臺中市政府轄內之各水資中心歷年水質水量相關資料，調查各水資中心週邊公共用水需求，並參考國外推動都市污水處理廠放流水再生之成功經驗，提出經濟可行性並考量區域性整體環境保育之水回收再利用調配規劃方案，以因應未來可能之缺限水風險，使民生、農業、工業及其他相關用水，可獲得穩定安全水源之供應。

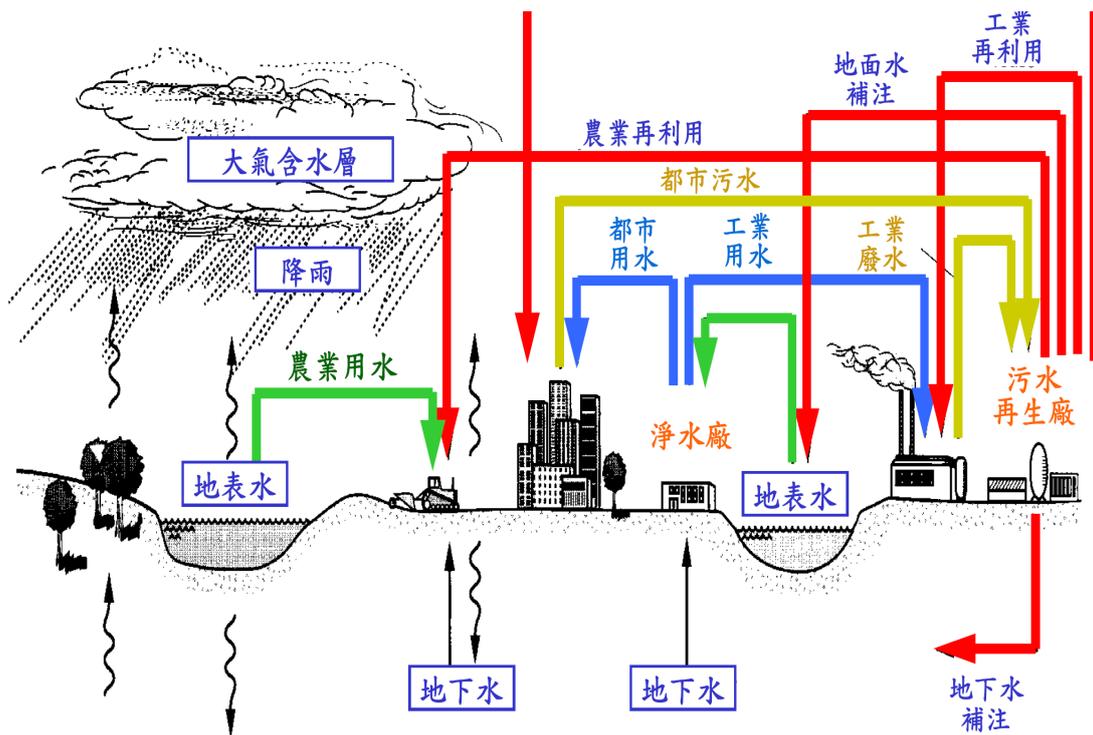


圖 1.1-1 水回收回收再利用循環體系圖(李，2004)

二、研究範圍

- (一) 國內外都市(生活)污水回收再利用之案例、相關文獻資料收集彙整
- (二) 進行臺中市現有水資中心營運現況資料收集與彙整
 1. 彙整各水資中心歷年水質統計資料及水質檢驗資料
 2. 進行各水資中心水量水質穩定性比較
 3. 進行水資中心水質水量變化分析
- (三) 各水資中心放流水質與各類用水水質比較
- (四) 調查各水資中心水回收再利用現況
- (五) 分析各水資中心水回收再利用潛勢
- (六) 研提各水資中心最佳水回收再生利用方案
- (七) 各水資中心水回收再生利用單位成本分析

1.3 研究架構與流程

本研究內容主要為收集彙整國內外都市(生活)污水再生利用之相關案例及相關文獻資料，探討回收水再生利用處理技術、各種不同用途別處理技術組合及操作維護管理等相關研究，並針對臺中市現有水資中心，進行調查分析水再生潛勢量，研提各水資中心最佳水再利用方案，分析各水資中心水再利用單位成本，並規劃其水再生程序與相關回收再利用方式。有關文獻及資料收集對象包括：1.國內外相關網站；2.國內外相關期刊文章；3.相關研討會論文輯；4.相關法令規定及；5.相關專案計畫之研究報告等。臺中市水資源回收中心水再生利用潛勢研究流程圖如圖 1.2-1 所示。

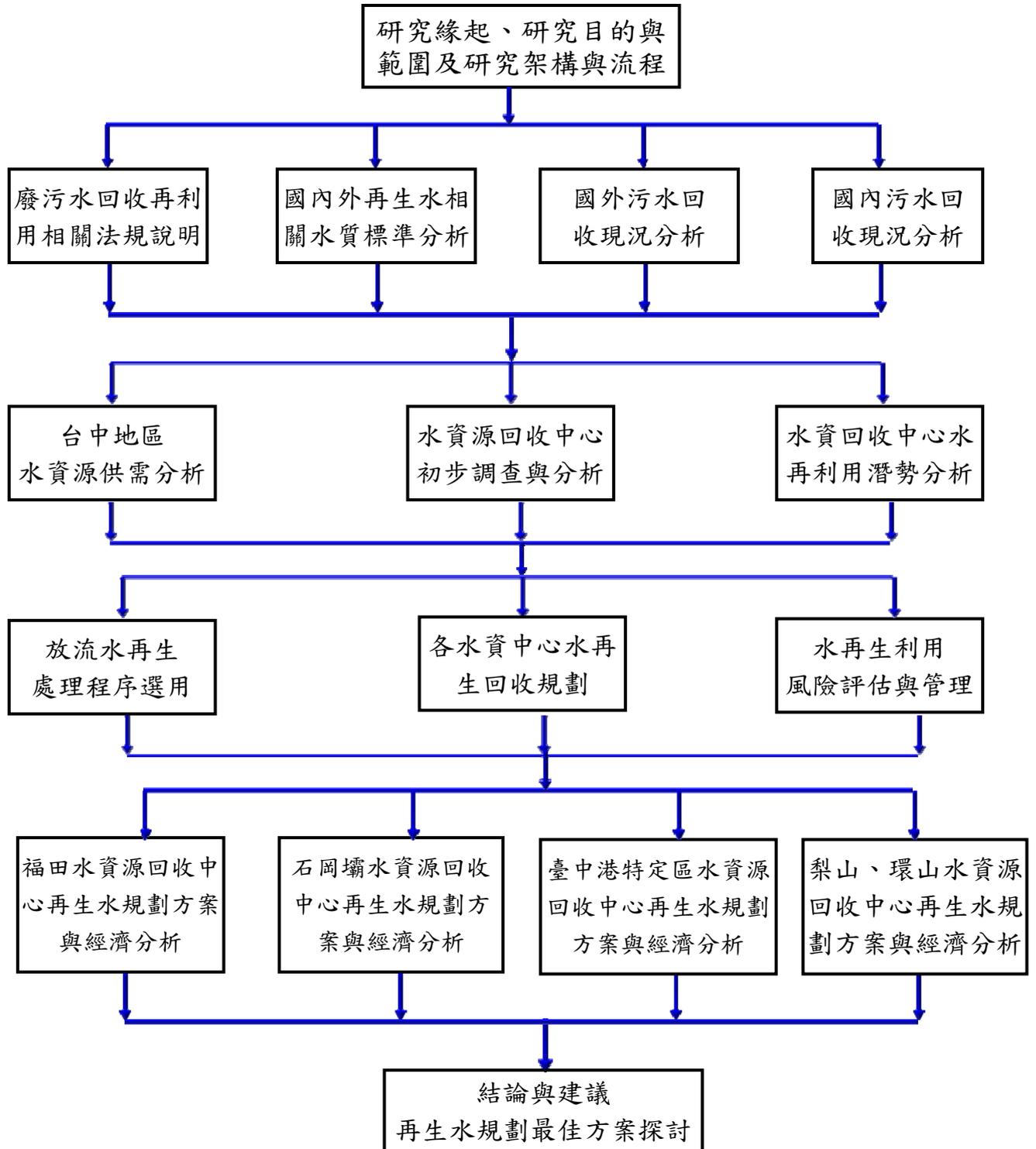


圖 1.2-1 臺中市水資源回收中心水回收再利用潛勢研究流程圖

第二章 文獻回顧

都市生活污水流經下水道系統，進入水資源回收中心後，通常先經原污水抽水站、前處理及初級沉澱池處理後，再經二級生物處理，以去除懸浮固體物(SS)及生化需氧量(BOD)，其處理後之處理水再經消毒處理流程，將致病菌去除，達到放流水管制標準後排放，因此處理後之水質達放流水標準時，大致已將污染物去除至一定程度，且都市污水處理廠(水資源回收中心)之污水特性，具有水質水量穩定、水量大及污染負荷低之優勢，因此非常具有水再生利用之潛勢。

近年來，水資源不足已成為世界各國共同面臨之問題，因此水回收再利用之方式、技術及政策已逐漸受到重視。目前政府機關及相關單位正積極推動廢污水回收之相關工作，並將相關法令規定加以整合，其國內水再生利用相關法令示意圖，如圖 2.1-1 所示。

本章節將針對國內外各國水回收再利用之相關案例進行說明、相關法令與水質標準資料蒐集，並針對公共污水處理廠(水資源回收中心)之污水處理技術進行探討。

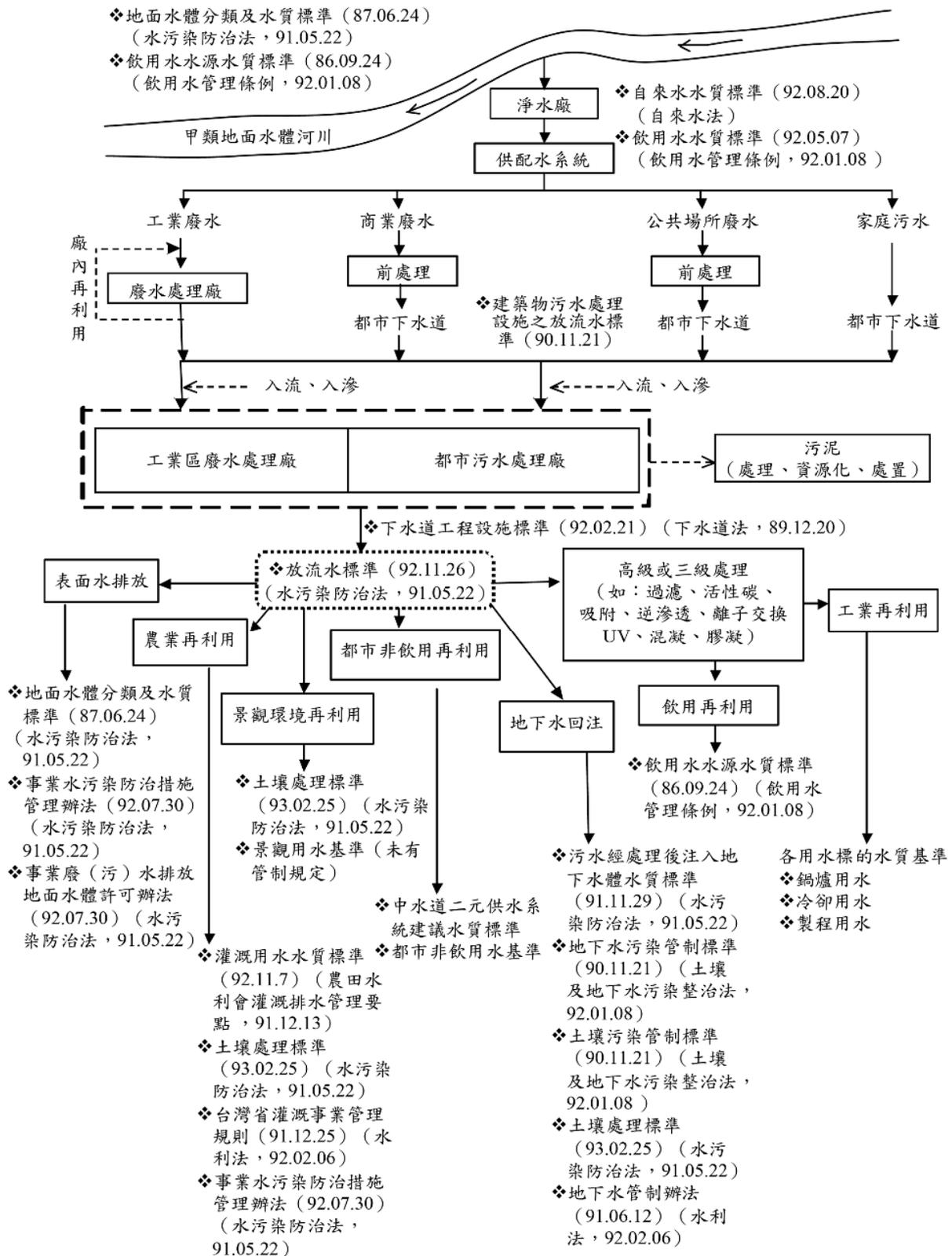


圖 2.1-1 國內水回收再利用相關法令示意圖 (李, 2004)

2.1 廢污水回收再利用相關法規說明

2.1.1 水污染防治法相關規定

有關廢污水回收再利用相關法規，經濟部水利署正積極推動，而環保署也於 95 年起進行相關法律規定檢討 (如事業水污染防治措施管理辦法、事業水污染防治措施計畫申請審查辦法、事業或污水下水道系統廢(污)水檢測申報管理辦法法等)。

環保署於修訂「土壤處理標準」後，已刪除「採土壤處理方式以施灌花木、抑制揚塵適用之水質標準」，而該法規現今只規範廢污水採土壤處理時之相關管理措施。在「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」與「水污染防治措施計畫及許可申請審查辦法」中，將回收列為水污染防治措施計畫及申請之一環，明確要求作為沖洗作業環境內地面或建物、作業環境內之辦公場所、員工宿舍及其他活動場所或建築物及景觀設施之用水時，應符合放流水標準 (回收使用作為廠內洗滌塔或其他污染防治設備、製程之用水，屬於製程循環，不在此限)。

2.1.2 水質標準相關法令規定

國內法規中有關各類用途之水質標準，包括飲用水水源水質標準、地面水體分類及水質標準、農田水利會灌溉排水管理要點水質標準、土壤處理標準)等，其各類用途之水質標準說明如表 2.1-1。

表 2.1-1 我國現行各類用途之水質標準

水質項目	放流水 ¹	飲用水水源 ²	飲用水 ³	一級水產用水 ⁴	二級水產用水 ⁵	灌溉用水 ⁶	土壤處理 ⁷	注入地下水體 ⁸	工業製造用水 ⁵	工業冷卻用水 ⁹
水溫(°C)	38(5-9月) 35(10-4月)	--	--	--	--	35	35	--	--	--
pH	6.0~9.0	--	6.0~8.5	6.0~9.0	6.0~9.0	6.0~9.0	6.0~9.0	6.5~8.5	6.0~9.0	6.0~9.0
電導度 (µS/cm)	--	--	--	--	--	750	--	--	--	--
懸浮固體SS	30~150	--	--	25	40	100	30	25	40	100
總溶解固體 TDS	--	--	500	--	--	--	--	800	--	--
溶氧DO	--	--	--	> 5.5	> 4.5	> 3.0	--	--	> 4.5	> 3.0
生化需氧量 BOD ₅	30~80	--	--	2.0	4.0	--	30	1.0	4.0	--
化學需氧量 COD	100~250	25	--	--	--	--	100	--	--	--
總有機碳 TOC	--	4.0	--	--	--	--	--	--	--	--
濁度(NTU)	--	--	2	--	--	--	--	--	--	--
色度(°) ¹⁰	550	--	5	--	--	--	--	--	--	--
大腸菌類 (CFU/100mL)	2~3 x 10 ⁵	50	6	5000	10000	--	200	50	10000	--
總菌落數 (CFU/mL)	--	--	100	--	--	--	--	--	--	--
總氮TN	--	--	--	--	--	3.0	--	--	--	--
硝酸鹽氮 NO ₃ -N	50	--	10	--	--	--	--	10	--	--
亞硝酸鹽氮 NO ₂ -N	--	--	0.1	--	--	--	--	800	--	--

資料來源：(經濟部水利署水利規劃試驗所，2006)

表 2.1-2 我國現行各類用途之水質標準(續一)

水質項目	放流水 ¹	飲用水水源 ²	飲用水 ³	一級水產用水 ⁴	二級水產用水 ⁵	灌溉用水 ⁶	土壤處理 ⁷	注入地下水體 ⁸	工業製造用水 ⁵	工業冷卻用水 ⁹
亞硝酸鹽氮 NO ₂ -N	--	--	0.1	--	--	--	--	800	--	--
氨氮NH ₃ -N	10	1.0	0.1	0.3	0.3	--	--	0.1	0.3	--
總磷TP	--	--	--	0.05	--	--	--	--	--	--
正磷酸鹽 PO ₄ ³⁻	4.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--
氟化物 F ⁻	15	--	0.8	--	--	--	--	0.8	--	--
氯化物 Cl ⁻	--	--	250	--	--	175	--	250	--	--
硫酸鹽 SO ₄ ²⁻	--	--	250	--	--	200	--	250	--	--
硫化物	1.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--
H ₂ S	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
氰化物 CN ⁻	1.0	--	0.05	--	--	--	0.5	0.01	--	--
鈉吸收率SAR	--	--	--	--	--	6.0	6.0	--	--	--
殘餘碳酸鈉 RSC (meq/l)	--	--	--	--	--	2.5	--	--	--	--
總硬度	--	--	300	--	--	--	--	--	--	--
銀-Ag	0.5	--	0.05	0.05	0.05	--	--	0.05	0.05	0.05
鋁-Al	--	--	--	--	--	5.0	5.0	--	--	--
砷-As	0.5	0.05	0.01	0.05	0.05	0.05	0.2	0.01	0.05	0.05
硼-B	1.0	--	--	--	--	0.75	0.75	--	--	--
銀-Ba	--	--	2.0	--	--	--	--	1.0	--	--
鉍-Be	--	--	--	--	--	0.1	0.5	--	--	--
鎘-Cd	0.03	0.01	0.005	0.01	0.01	0.01	0.01	0.005	0.01	0.01
鈷-Co	--	--	--	--	--	0.05	0.05	--	--	--

資料來源：(經濟部水利署水利規劃試驗所，2006)

表 2.1-3 我國現行各類用途之水質標準(續二)

水質項目	放流水 ¹	飲用水水源 ²	飲用水 ³	一級水產用水 ⁴	二級水產用水 ⁵	灌溉用水 ⁶	土壤處理 ⁷	注入地下水體 ⁸	工業製造用水 ⁵	工業冷卻用水 ⁹
鉻 Cr	2.0	0.05	0.05	--	--	0.1	0.1	0.05	--	--
六價鉻 Cr ⁶⁺	0.5	--	--	0.05	0.05	--	--	0.01	0.05	0.05
銅 Cu	3	--	1.0	0.03	0.03	0.2	0.2	1.0	0.03	0.03
鐵 Fe	10	--	0.3	--	--	5.0	--	0.3	--	--
汞 Hg	0.005	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.005	0.002	0.002	0.002
鋰 Li	--	--	--	--	--	2.5	2.5	--	--	--
錳 Mn	10	--	0.05	0.05	0.05	0.2	0.2	0.05	0.05	0.05
鉬 Mo	--	--	--	--	--	0.01	0.01	--	--	--
鎳 Ni	1.0	--	0.1	--	--	0.2	0.5	0.1	--	--
鉛 Pb	1.0	0.05	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.1	0.1
硒 Se	0.5	0.05	0.01	0.05	0.05	0.02	0.02	0.01	0.05	0.05
釩 V	--	--	--	--	--	0.1	10	--	--	--
鋅 Zn	5.0	--	5.0	0.5	0.5	2.0	2.0	5.0	0.5	0.5
有機汞	不得檢出	--	--	--	--	--	--	不得檢出	--	--
多氯聯苯	不得檢出	--	--	--	--	--	--	不得檢出	--	--
總三鹵甲烷			0.08					0.15		
酚類	1.0	--	0.001	--	--	--	0.1	0.001	--	--
甲醛	3.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--
陰離子型界面活性劑	10	--	0.5	--	--	5.0	--	0.5	--	--
油脂	10	--	--	--	--	5.0	礦物類10 動植物性30	--	--	--
有機磷劑及氨基甲酸鹽總量	1.0	--	--	0.1	0.1	--	--	各為0.05	0.1	0.1

資料來源：(經濟部水利署水利規劃試驗所，2006)

表 2.1-4 我國現行各類用途之水質標準(續三)

水質項目	放流水 ¹	飲用水 ²	飲用水 ³	一級水產用水 ⁴	二級水產用水 ⁵	灌溉用水 ⁶	土壤處理 ⁷	注入地下水體 ⁸	工業製造用水 ⁵	工業冷卻用水 ⁹
安特靈	0.0002	--	--	0.0002	0.0002	--	--	0.0002	0.0002	0.0002
靈丹	0.004	--	0.0002	0.004	0.004	--	--	0.004	0.004	0.004
毒殺芬	不得檢出	--	--	0.005	0.005	--	--	0.005	0.005	0.005
安殺番	0.03	--	0.003	0.003	0.003	--	--	0.003	0.003	0.003
飛布達及其衍生物	0.001	--	--	0.001	0.001	--	--	0.001	0.001	0.001
滴滴涕及其衍生物	0.001	--	--	0.001	0.001	--	--	0.001	0.001	0.001
阿特靈、地特靈	0.003	--	--	0.003	0.003	--	--	0.003	0.003	0.003
五氯酚及其鹽類	0.005	--	--	0.005	0.005	--	--	0.005	0.005	0.005
除草劑	1.0	--	--	0.1	0.1	--	--	0.1	0.1	0.1

註：

1. 放流水水質標準：涵蓋共同適用項目與各產業(92.11.26修正)。
2. 飲用水水源水質標準：地面水體或地下水體作為自來水及簡易自來水之飲用水水源者(86.9.24修正)。
3. 飲用水水質標準(94.5.30修正)。
4. 地面水體分類及水質標準(87.6.24修正)；乙類陸域地面水體之水質標準，可供鱒魚、香魚及鱸魚培養用水之水源。
5. 地面水體分類及水質標準(87.6.24修正)；丙類陸域地面水體之水質標準，可供工業製造用水，或鱒魚、草魚及貝類培養用水之水源。
6. 農田水利會灌溉排水管理要點水質標準(91.12.13發布)。
7. 土壤處理標準：採土壤處理方式去除廢污水中污染物適用之水質標準(95.10.16修正)。
8. 污水經處理後注入地下水體水質標準(91.11.29發布)
9. 地面水體分類及水質標準(87.6.24修正)；丁類陸域地面水體之水質標準，可供工業冷卻用水，或灌溉用水。
10. 放流水標準與澆灌建議水質標準之色度係指真色度(無單位)，我國環檢所公告方法為ADMI法(NIEA W223.50B)或分光光度計法 NIEA W223.51B)；而飲用水水質標準之色度係指鉑鉻視覺比色法所測定之外觀色(apparent color)，單位為「鉑鉻單位」，公告方法為NIEA W201.50T或NIEA W201.51B。
11. 未註明者之單位均為mg/L

資料來源：台中市福田水資源回收中心放流水再生利用研究，2006

2.1.3 園區開發與各產業之相關法規

對於科學工業園區、新開發工業區、或其它科技園區之整體／各廠廢污水回收率，均於開發初期提出環境影響評估時即加以要求，相關規定包括「開發行為環境影響評估作業準則」、「科學工業園區水電輔導管制辦法」、「農業科技園區園區機構營運管理辦法」等。

2.1.4 獎勵措施相關法規

工業廢水再利用以及廢污水回收再生，目前在許多法規中已明訂免納或抵減營利事業所得稅之獎勵，包括民間機構參與重大公共建設適用免納營利事業所得稅辦法、促進產業升級條例、製造業及其相關技術服務業新增投資五年免徵營利事業所得稅獎勵辦法等。

2.2 國內外水回收再利用相關水質標準之分析

都市(生活)污水經回收再生處理後、其用途範圍大概包括 1.生活雜用水(如消防、抑制揚塵、道路清掃、車輛沖洗、沖廁及其他雜用水等)； 2.工業用水(如鍋爐、冷卻、製程及洗滌用水及公用系統用純水或超純水製造等水源)； 3.農漁業用水(如灌溉與水產養殖用水等水源)； 4.地下水補注； 5.景觀及公園綠美化用水(如公園綠美化、噴水及池親水設施等水源)； 6.飲用水水源。

水回收再利用時，對於澆灌花木、抑制揚塵、農業灌溉及補注地下水部份，國內已有相關標準予以明確規定，可供處理時予作為依循之根據。而就其它水回收再利用之可能用途，並無明確規範(如沖廁、景觀、鍋爐等)。

2.2.1 工業冷卻與鍋爐用水

工業廢水回收再利用時，其主要用途大都做為廠內鍋爐、公用系統及冷卻、生活雜用(如清洗、沖廁及澆灌等)。有關美國與中國大陸之公用系統及冷卻用水與鍋爐用之建議水質標準，如表 2.2-1 及 2.2-2 所示。

就特定製程的工業用水水質，於台中市福田水資源回收中心放流水再生利用研究(2006)報告中，其對各種產業之用水標準作出建議值，如表 2.2-3 所示。

表 2.2-1 冷卻及鍋爐用水標準

項目	美國環保署冷卻及鍋爐用水標準 ^[1]				大陸 ^[2]		
	冷卻用水(淡水)		鍋爐用水(壓力: psig)		冷卻用水		鍋爐給水
	冷循環	循環補充	0~150	150~700	直流冷卻水	迴圈冷卻水系統補充水	
水溫(°C)	40	40	50	50	50	--	--
pH	5.0~8.3	--	8.0~10.0	8.0~10.0	8.2~9.2	6.0~9.0	6.5~8.5
懸浮固體 SS	5,000	100	10	5	0	30	--
溶解固體 TDS	1,000	500	700	500	200	1,000	1,000
溶氧 DO	--	--	< 0.03	< 0.03	< 0.03	--	--
化學需氧量 COD	75	75	5	5	0.5	--	60
濁度 (NTU)	5,000	--	10	5	0.5	--	3
生化需氧量 BOD ₅	--	--	--	--	--	30	10
總磷 TP	--	--	--	--	--	--	1
氮氣 TN	--	--	0.1	0.1	0.1	--	10
氯化物 Cl ⁻	600	500	--	--	--	250	250
硫酸鹽 SO ₄ ²⁻	680	200	--	--	--	600	250
碳酸氫鹽 HCO ₃ ⁻	600	25	170	120	50	--	--
氟化物 F ⁻	600	500	--	--	--	--	--
硬度 [CaCO ₃]	850	130	20	1	0.1	450	450
鹼度 [CaCO ₃]	500	20	140	100	40	500	350
鋁 Al	--	0.1	5	0.1	0.01	--	--
鈣 Ca	200	50	--	0	0	--	--
銅 Cu	--	--	0.5	0.05	0.05	--	--
鐵 Fe	--	0.5	1	0.3	0.05	--	0.3
鎂 Mg	--	--	--	0	0	--	--
錳 Mn	--	0.5	0.3	0.01	0.01	--	0.1
二氧化矽 SiO ₂	50	50	30	10	1	--	--
糞便大腸菌群 (個/L)	--	--	--	--	--	2,000	2,000
石油類	--	--	--	--	--	--	1
陰離子表面活性劑	--	--	--	--	--	--	0.5
有機物 (對甲基藍有反應者)	--	1	--	--	--	--	--
有機物 (可為 CCl ₄ 萃取者)	--	1	--	--	--	--	--

資料來源：(經濟部水利署水利規劃試驗所，2006)

表 2.2-2 冷卻及鍋爐用水標準(續一)

項目	美國環保署冷卻及鍋爐用水標準 ¹						大陸 ²		
	冷卻用水(淡水)		鍋爐用水(壓力: psig)			冷卻用水		鍋爐給水	
	單循環	循環補充	0~150	150~700	700~1,500	直流冷卻水	迴圈冷卻水系統補充水		
鐵 Fe	--	0.5	1	0.3	0.05	--	0.3	0.3	
鎂 Mg	--	--	--	0	0	--	--	--	
錳 Mn	--	0.5	0.3	0.01	0.01	--	0.1	0.1	
二氧化矽 SiO ₂	50	50	30	10	1	--	--	--	
糞便大腸菌群(個/L)	--	--	--	--	--	2,000	2,000	2,000	
石油類	--	--	--	--	--	--	1	1	
陰離子表面活性劑	--	--	--	--	--	--	0.5	0.5	
有機物 (對甲基藍有反應者)	--	1	--	--	--	--	--	--	
有機物 (可為CCl ₄ 萃取者)	--	1	--	--	--	--	--	--	

註：
 1. 台中市福田水資源回收中心放流水再生利用研究(2006)
 2. 中華人民共和國「城市污水再生利用工業用水水質」
 未特別註明者單位均為mg/L

表 2.2-3 冷卻及鍋爐用水標準

	紡織	造紙	化學	基本金屬	罐頭食品	皮革
水溫(°C)	--	40	--	40	--	--
pH	6.0~8.0	4.6~4.9	5.5~9.0	5.0~9.0	6.5~8.5	6.0~8.0
懸浮固體SS	5	10	5	3,000	10	--
溶解固體TDS	100	100	1,000	1,500	500	--
色度	5	10	20	--	5	--
硝酸鹽氮NO ₃ -N	--	--	--	--	10	--
氯化物 Cl ⁻	--	200	500	500	250	250
硫酸鹽 SO ₄ ²⁻	--	--	100	--	--	250
碳酸氫鹽HCO ₃ ⁻	--	--	130	--	--	--
氟化物 F ⁻	--	--	5	--	250	--
硬度[CaCO ₃]	25	475	250	1,000	250	150
酸度[CaCO ₃]	--	--	--	75	--	--
鹼度[CaCO ₃]	--	--	125	200	250	--
鈣 Ca	--	20	70	--	100	60
鐵 Fe	0.1	0.3	0.1	--	0.2	50
鎂 Mg	--	12	20	--	--	--
錳 Mn	0.01	0.1	0.1	--	0.2	0.2
二氧化矽 SiO ₂	--	50	50	--	50	--
有機物 (可為CCl ₄ 萃取者)	--	--	--	30	--	--

資料來源：(經濟部水利署水利規劃試驗所，2006)

2.2.2 農業灌溉用水

我國現行農業灌溉用水標準主要管制項目包括重金屬（鎘、鉻、砷、硼、汞等）、氯化物、硫酸鹽、總氮量、陰離子界面活性劑、油脂、懸浮固體、溶氧等，表 2.2-4 中為我國「農田水利會灌溉排水管理要點水質標準」，可作為水回收再利用用於灌溉之參考依據。

另外，生物性指標部份，包括糞便性大腸菌、大腸菌群和腸內線蟲等，國內尚未有相關規範，建議可參考國外相關規定。表 2.2-5 為國外其它地區灌溉回收用水之微生物指標之參考資料。

2.2.3 景觀公園綠美化與親水用水

水利署多元化水源發展條例草案與水污染防治措施及檢測申報管理辦法中，水回收再利用用於與人體接觸之用途有相關規定與要求，而在台灣方面之標準僅有噴水池等景觀用水(表 2.2-6)。日本與台灣之標準規範項目大致接近。在美國標準方面，相較於台灣與日本之標準較為寬鬆。大陸則將景觀用水區分為六大類，其要求項目大致與台灣、日本相近。

表 2.2-4 澆灌及沖廁用水標準

水質項目	台灣 ^[4]		大陸 ^[2]			日本 ^[3]		美國 ^[4]	
	灑水澆灌	沖廁	道路清掃 消防	城市綠化	沖廁	灑掃沖廁	澆灌	澆灌 (A) ^[5]	澆灌 (B) ^[5]
pH	5.8~8.6	5.8~8.6	6.0~9.0	6.0~9.0	6.0~9.0	5.8~8.6	5.8~8.6	--	--
總溶解固體物 TDS	--	--	1,500	1,000	1,500	--	--	--	--
懸浮固體物 SS	--	--	--	--	--	--	--	30	15
生化需氧量 BOD ₅	--	10	10	20	10	--	--	30	15
溶氧 DO	--	--	>1.0	>1.0	>1.0	--	--	--	--
濁度(NTU)	10	--	10	10	5	2	2	--	--
臭氣	無不舒適	無不舒適	無不快感	無不快感	無不快感	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	40	40	30	30	30	--	40	--	--
大腸菌類 (CFU/100mL)	不得檢出	1,000	<1	<1	<1	不得檢出	1,000	23	2.2
餘氯	0.4以上	保有餘氯	接觸30分鐘後 大於1.0，管網 末端大於0.2	接觸30分鐘後 大於1.0，管網 末端大於0.2	接觸30分鐘後 大於1.0，管網 末端大於0.2	自由餘氯0.1 以上或結合 餘氯0.4以上	視需求 而定	--	--
氨氮 NH ₃ -N	--	--	10	20	10	--	--	--	--
鐵 Fe	--	--	--	--	0.3	--	--	--	--
錳 Mn	--	--	--	--	0.1	--	--	--	--
陰離子型 界面活性劑	--	--	1	1	1	--	--	--	--

註：1. 中水道二元供水系統建議水質標準(台灣水環境再生協會建議標準)
 2. 中華人民共和國「城市污水再生利用：景觀環境用水水質」(GB/T18921-2002)
 3. 日本「下水處理水再利用水質基準手冊」，其規定應有砂濾與混凝沉澱，或相當等級之處理設施(JSWA, 2005)
 4. 美國環保署建議標準(Asano, 1998)
 5. A：有限制性的娛樂用儲存用水(限於釣魚、划船或其他不接觸身體的休閒活動用水)；B：非限制性的娛樂用水(不限是否會接觸身體的水上活動)；C：景觀用儲水(大眾不會接觸到的儲水)。
 6. 未特別註明者單位均為mg/L

資料來源：台中市福田水資源回收中心放流水再生利用研究(2006)

表 2.2-5 世界各國灌溉回收用水之微生物指標

國家、機構、地區	回收用途	大腸桿菌 ^[4] (MPN/100mL)	糞便性大腸菌 (MPN/100mL)	腸線蟲類 ^[2]
WHO	灌溉可生食作物、運動場及公園	<1,000	--	<1
	灌溉公共接觸之景觀植物，如旅館	<200	--	<1
美國 環保署	灌溉穀類、纖維作物及樹	無建議標準	--	<1
	灌溉牧場、纖維作物及景觀植物	<200	--	無建議
	灑水或噴水、灌溉可食用農作物	不得檢出	<14	無建議
美國 加州	植物、果園及葡萄園等作物灌溉	不要求	--	--
	牧牛草地、景觀、苗圃灌溉	<23	--	--
	農作物之表面灌溉、特殊景觀用水	<2.2	--	--
	特殊農作物之灌溉、景觀灌溉 ^[3]	<2.2	--	--
以色列	棉花、甜菜、穀類、種子、森林灌溉	--	--	--
	青草飼料、橄欖、花生、柑橘、香蕉、杏仁、堅果等等	--	--	--
	落葉性水果 ^[4] 、保存蔬菜、煮食蔬菜、高爾夫球場	250	--	--
	生食蔬菜、公園和草地	12 (80%) 2.2 (50%)	--	--
義大利	國家標準	2 ^[5] ~20	--	--
	阿普利亞 (Apulia) 地區指導方針	2 ^[5] ~10	--	--
	西西里 (Sicily) 地區指導方針	3,000	--	--

註：1. 培養七天之中值。
 2. 單位：灌溉週期的平均卵數/L。
 3. 公園、運動場、校園、居家景觀、非特殊高爾夫球場及其他非特殊灌溉處。
 4. 採果兩週前停止澆灌，禁止地上撿果。
 5. 非限制灌溉。

資料來源：台中市福田水資源回收中心放流水再生利用研究(2006)

表 2.2-6 景觀及親水用水標準

水質項目	大陸 [2]										日本 [3]		美國 [4]		
	台灣 [1]					觀賞性景觀環境用水					景觀	親水	A [5]	B [5]	C [5]
	河道類	湖泊類	水景類	河道類	湖泊類	水景類	河道類	湖泊類	水景類						
pH	5.8~8.6	6.0~9.0	6.0~9.0	6.0~9.0	6.0~9.0	6.0~9.0	6.0~9.0	6.0~9.0	6.0~9.0	6.0~9.0	5.8~8.6	5.8~8.6	--	--	--
懸浮固體物 SS	--	20	10	10	10	10	--	--	--	--	--	--	15	15	30
生化需氧量 BOD ₅	10	10	6	6	6	6	6	6	6	6	--	--	15	15	30
濁度(NTU)	5	--	--	--	--	--	--	5	5	5	2	2	--	--	--
臭氣	無不舒適	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感	--	--	--
外觀	無不舒適	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感	無不快感	--	--	--
溶氧 DO	--	1.5	2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
總磷 TP	--	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	0.5	--	--	--	--	--	--
總氮 TN	--	15	15	15	15	15	15	15	15	15	--	--	--	--	--
色度	10	30	30	30	30	30	30	30	30	30	--	10	--	--	--
大腸菌類 (CFU/100mL)	不得檢出	--	--	--	--	--	--	--	--	--	不得檢出	不得檢出	2.2	2.2	23
糞便大腸桿菌 (個/L)	--	10,000	10,000	2,000	500	500	500	500	500	500	--	--	--	--	--
餘氯	臭氣消毒	0.05	--	--	--	--	--	--	--	--	自由餘氯 0.1以上或 結合餘氯 0.4以上	自由餘氯 0.1以上或 結合餘氯 0.4以上	--	--	--
氨氮NH ₃ -N	--	5	5	5	5	5	5	5	5	5	--	--	--	--	--
陰離子型界面活性劑	--	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	--	--	--	--	--

資料來源：(經濟部水利署水利規劃試驗所，2006)

2.2.4 澆灌與沖廁等用水

國內目前在供澆灌使用方面，建議管制項目為 pH、濁度等，且在大腸菌類要求不得檢出。另外，依民眾接觸程度而區分，針對 SS、BOD₅、大腸菌類等進行管制。在沖廁使用方面，台灣要求標準於大腸菌類則為 1000 CFU/100 mL，但日本則規定不得檢出；中國大陸之規定則更進一步要求鐵、錳之限值，以避免長期使用後在器具表面形成垢層。台灣水環境再生協會目前已提出中水道用水之建議標準，其相關建議值如表 2.2.4 所列。

2.3 國外污水回收現況分析

世界各國目前使用水回收再利用當成重要之水資源者甚多，尤其缺水國家如日本、新加坡、以色列、北非、印度及美國部分地區。從各國相關文獻資料分析顯示，其再利用形式依都市發展、使用水方式、經濟成長狀況或自然環境條件而有不同。在國外已有甚多都市污水成功回收案例，水回收再利用作為製程用水、灌溉、生活雜用水、地下水補注或補充飲用水水源。一般都市污水回收量規模可達數千至數萬 CMD，並與多類市政/水利工作相結合。

2.3.1 美洲地區

一、南加州橘郡 Water Factory 21 計畫

在美國加州橘郡所執行之 Water Factory 21 計畫為一著名案例，由於地下水在過去半個世紀以來因過度抽取，導致海水入侵，當南加州橘郡水區自 1975 年開始執行 Water Factory 21(WF-21)計畫，以經過高級處理後之水回收再利用直接注入沿海地下水層防止海水入侵。當二級污水處理廠放流水再生處理達到可飲用之水質標準後，輸送至 23 個補注井網補注到地下四個含水層。(資料來源：www.ocwd.com)。相關相片詳圖 2.3.1 及圖 2.3.2。



圖 2.3.1 美國加州橘郡水回收處理廠設備



圖 2.3-2 海水淡化設備



圖 2.3-3 沉浸式微過濾膜

資料來源：(經濟部水利署水利規劃試驗所，2006)



圖 2.3-4 逆滲透膜設施相片

資料來源：(經濟部水利署水利規劃試驗所，2006)



圖 2.3-5 高級氧化系統與過氧化氫槽體

資料來源：(經濟部水利署水利規劃試驗所，2006)

二、南加州西流域

南加州西流域 Edward C. Little 水再生廠產出五種不同水質水回收再利用，用於灌溉(含澆灌、洗街、沖廁)、工業冷卻、高壓鍋爐、低壓鍋爐及地下水補注(海水入侵阻隔)。

三、洛杉磯地區污水處理與再利用

洛杉磯市地區的污水處理系統惟處理洛杉磯市及附近廿九個城市所排放之污水，其中有的污水來自一般居民辦公室與住家廢水，另外來自工業地區工廠廢水。四個污水處理廠每天處理約 580 百萬加侖污水，每天產出約 87 百萬加侖處理過的污水(reclaimed water)再供回收使用。其中 TITP 位於洛杉磯市南邊 San Pedro 市，緊臨洛杉磯港口，平均每天處理約 30 百萬加侖的污水，其中一半污水來自城市居民辦公室與住家廢水，另一半來自工業區製造工廠廢水。污水經過地下污水管道匯入 TITP 後會經過三級污水處理方式，再經過先進科學技術處理，之後，

有些注入地下補充地下水，有些作為冷卻水用於工業冷卻處理或灌溉。(資料來源：國科會研究資料(95)美國地層下陷防治與相關水資源開發利用科技研究)

2.3.2 歐洲地區

一、西班牙

西班牙的污水再利用法規草案於 1995 年完成，其內容規定與加州的標準相似，但對於乾燥及半乾燥地區新水資源的開發潛力而言仍屬於少量。在地中海地區海岸線觀光用途方面，水再生利用的發展特別被允許用於高爾夫球場的澆灌(李，2004)。

二、義大利

農業用水是義大利最大的用水量，義大利平均每年大約消耗 $50 \times 10^9 \text{M}^3$ 的用水量，其中 50% 用於農業灌溉，20% 用於工業用水，20% 用於民生飲用水，10% 使用於其他用途。在義大利污水回用的主要用途是作為農業灌溉用水，在南部地區由於水資源不足供應農業灌溉需求，則進行有計畫的大量發展都市污水回收處理再利用，有助於滿足農業灌溉用水的需求(李，2004)。

三、法國

法國氣候舒適溫和，並有良好暢通的下水道網絡，目前仍沒有缺水的問題並不需發展污水再生利用。然而，很多地區早已利用污水再生作為農作物的灌溉用水，如巴黎周圍地區，直至 1940 年巴黎市郊地區處理污水的方式以作為灌溉市場上販賣的蔬菜作物，至今在 Acheres 鄰近地區仍繼續實施，污水經過簡易的篩除及沉澱處理後進行再利用(李，2004)。

2.3.3 亞洲地區

一、新加坡 NEWater 計畫

新加坡目前半數以上的水源是由馬來西亞提供，但於 2000 年 5 月後，新加坡在原 Bedok 都市污水處理廠，成立一示範再生水廠，其進水為經過活性污泥程序處理後之二沉池放流水，先經過微細篩機

(microscreen) 初步去除較大懸浮顆粒後，再以 MF 去除絕大多數之懸浮固體，進入兩組平行的三段 RO 膜處理，產水量約為 5,000 CMD，回收率為 80 ~ 85 %，最後再以三組串聯的紫外光消毒 (UV) 設備殺菌 (詳如圖 2.3-6) (www.pub.gov.sg/NEWater)。

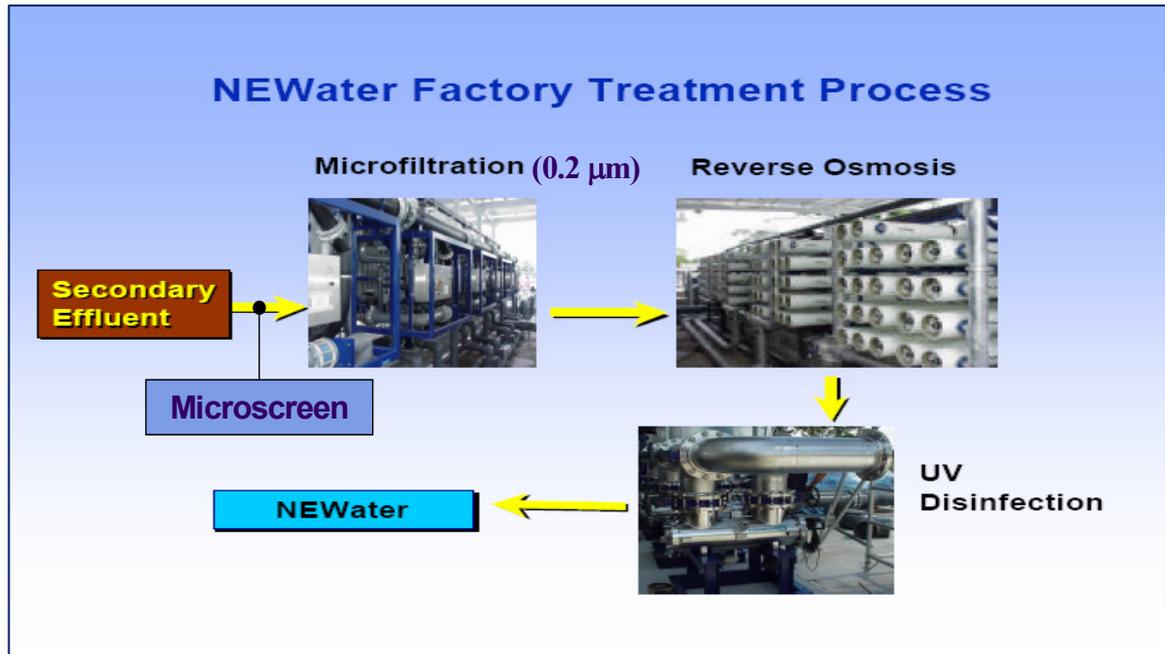


圖 2.3-6 新加坡 NEWater 處理程序示意圖

資料來源：(www.pub.gov.sg/NEWater)

新加坡政府目前正努力推動公關與宣導，其倡議的主要目標是，以確定是否適合使用新生水作為原水的來源，以補充新加坡的供水(a practice known as Planned Indirect Potable Use, or IPU)。新生水的處理水經過嚴格的淨化和處理過程中採用先進的雙膜（微濾和反滲透）和紫外線技術。



圖 2.3-7 NEWater Visitor Center 外觀

資料來源：(經濟部水利署水利規劃試驗所，2006)

二、澳洲雪梨奧運公園水回收與管理計畫 (WRAM)

雪梨當地政府選擇市區西郊一塊工業用地 Homebush Bay，將其整治與規劃後作為奧運公園。主管單位提出水回收與管理計畫 (Water Reclamation and Management Scheme，簡稱 WRAMS)，以使奧運公園的水與能源在運用能具永續性，其主要目標為回收利用公園與附近市鎮之生活污水，每天至少節省 2,200 噸之自來水，同時兼顧當地生態保育。

WRAMS 之回收與管理污水收集/處置/回收流程如圖 2.3-8 所示，其將鄰近地區與奧運各會館所產生之廢水，經污水下水道送入污水處理廠進行處理後，再送入水處理廠；而雨水部分則以各建築物配備之雨水收集器收集作屋內雜用，其它則由雨水下水道流至人工濕地作初步淨化，再抽至儲水池中，最後亦轉至水處理廠。

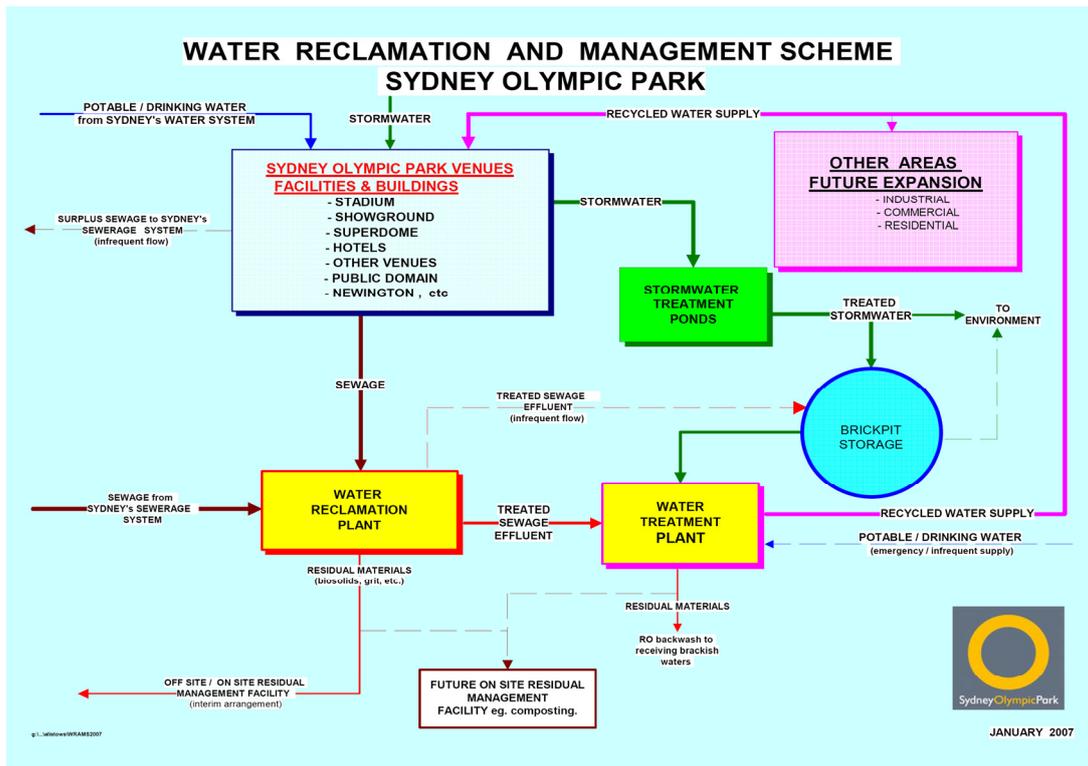


圖 2.3-8 雪梨奧運公園水回收與管理污水收集/處置/回收流程

資料來源：http://www.sopa.nsw.gov.au/our_park



圖 2.3-9 雪梨奧運公園俯瞰圖



圖 2.3-10 水處理廠處理設施

資料來源：http://www.sopa.nsw.gov.au/our_park

三、澳洲 Gerringong Gerroa 污水處理計畫

Sydney Water 合同威立雅水務，設計，建造和運營 (DBO 合約) 在貝加 Gerroa 面積的一個國家的最先進的污水處理設施。污水回收系統的設計回用水高達 80% 經處理的污水。經處理後的污水被存放在存儲 50000 立方米之存儲水壩。當不須灌溉時，而儲存水壩是滿水的，則將此處理水排入現場的 dune system。

Sydney Water 與威立雅水務設計、建造和運營 (DBO 合約) Gerringong Gerroa 污水處理計畫 (Gerringong Gerroa Sewerage Treatment Scheme)，改善既有的下水處理系統。當地政府在 2001 年建構此案，經費為澳幣 5,000 萬元 (新台幣 12.5 億元)，先由 Sydney Water 鋪設污水下水道，Veolia Water Australia 興建一污先進的污水處理設施，再經微過濾薄膜 (MF) 處理後予以回收，作為當地農場灌溉之用。其設計目標為因應當地發展至 2020 年之所需，預計處理量為 2,200 CMD，服務人數為 11,000 人；目前實際處理量約只有 700 CMD。

污水經前處理及初級處理後的污水進入生物反應槽，分解 COD 與去除氮磷，其處理程序包含有兩個 900 m³ 反應槽。經生物系統處理後之污水進入二沉池，上清液進入三級處理，而污泥則進入脫水機房進行下一步污泥脫水工作。三級處理程序包括砂濾槽、臭氧處理單元以及生物活性碳濾床。經高級處理後之出流水流入連續微過濾單元中，經濾除 0.2 μm 以上之顆粒後，再以 UV 殺菌(圖 2.3-12)。

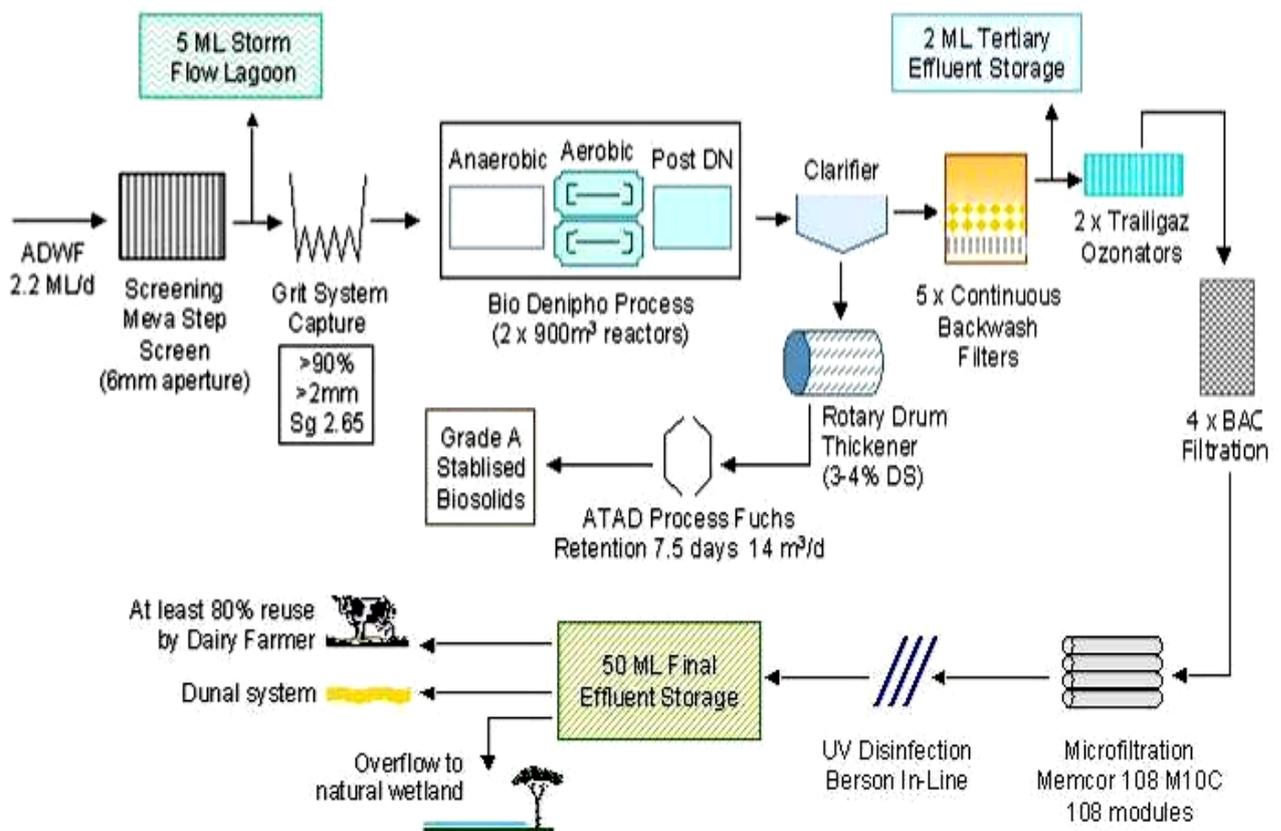


圖 2.3-11 Sewerage Treatment 流程示意圖(M.J. Boake , 2004)



圖 2.3-12 UV 殺菌燈

資料來源：(經濟部水利署水利規劃試驗所，2006)

四、日本東京都都市污水再生現況

日本長期積極在建築物中水回收，目前已擁有許多成功的案例。圖 2.3-13 為東京都內各水再生中心與河川之相對位置。



圖 2.4-13 東京都內各水再生中心與河川之相對位置

資料來源：(經濟部水利署水利規劃試驗所，2006)

(一)落合水再生中心 (Ochiai Water Reclamation Center)

落合污水處理廠於 1964 年建成，收集東京新宿副都心地區的城市污水，處理規模 450,000 CMD。

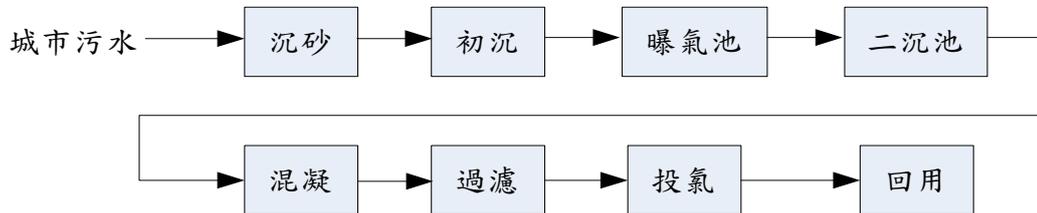


圖 2.3-14 落合污水廠的處理流程

資料來源：(經濟部水利署水利規劃試驗所，2006)

(二)多摩川上游水再生中心(Tamagawa Joryu Water Reclamation Center)

多摩川上游污水處理廠於 1978 年 5 月建成，處理能力為 150,000 CMD，1984 年其以砂濾為核心單元的高級處理程序單元開始運轉，用以回收放流水。

2.4 國內污水回收現況分析

依水利署之相關研究計畫曾對國內大型水資源回收中心之放流水回收潛勢進行整體性評估，根據其調查結果顯示目前大型水資源回收中心現有最大再生潛勢為 2,859,100 CMD，而現有可再生潛勢為 1,352,553 CMD。有關其篩選主要條件包括下列四大項：

- 一、處理後放流水水量：水資源回收中心之放流水水量直接影響水再利用的用途，放流水水量越大者其回收再利用之潛勢越大。
- 二、供水使用對象：水回收再利用之用途有工業用水、農業用水、都市非飲用回用水、親水用水、環境澆灌及河川補注用水及地下水回注等項目。
- 三、處理後放流水水質：放流水水質越佳者，其再利用之潛勢越高。
- 四、廠區可供使用用地：水資源回收中心水回收再利用再利用時需增加水處理設施，因此廠內如具可供使用之用地，越有利於水處理規劃設計之進行。

依據前述篩選原則，其評估具有回收潛勢之水資源回收中心有臺北市內湖廠、台北縣八里廠、林口南區污水廠，臺中市為福田廠，臺南市為安平廠及金門縣金城廠，各水資源回收中心概述如下。

一、內湖污水處理廠

該廠設計處理水量為 240,000 CMD，污水經污水管進入處理廠後，首先經攔污柵除去污水中垃圾及雜物，再由沉砂池去除水中砂礫及雜物後流入初級沉澱池；初級沉澱池流出之上澄液被引入二級處理之柱塞流曝氣池及二沉池進行活性污泥法處理。活性污泥法處理後之放流水經次氯酸鈉消毒，去除水中病原菌再經除氯後排放基隆河。二級生物處理後之放流水，約有 10,000 CMD 經自動過濾器及次氯酸鈉消毒後供廠區用水，包括各類設備之清洗、綠地澆灌、消泡、消防等。

二、八里污水處理廠

該廠第一期工程設計處理水量為 1,320,000 CMD，屬於初級處理。原規劃全期完成後之總污水處理量為 3,300,000 CMD，惟已不再辦理擴

建。污水廠之污水處理流程為進流污水經由匯合井→機械式攔污柵→曝氣沉砂池→分水井後，再導流進入初級沉澱池，經沉澱處理之處理水則經由海洋放流管排放至距岸 6.7 公里之台灣海峽海域中。八里廠回收再利用規劃參見水利署 (2004a) 之研究。

三、林口南區污水處理廠

該廠之污水設計處理容量為 35,000 CMD，污水經由進水井→攔污柵→曝氣沉砂池→巴歇爾量水槽→分配槽→氧化深渠→終沉池→氧化塘→消毒後放流；屬於二級生物處理系統。

四、福田水資源回收中心

該廠位於台中市南區綠川與旱溪匯合處北岸，福田二街南側及福田路東側，為台中第一座公共下水道污水處理廠，設計之污水處理容量為 87,500 CMD，污水經由進流水→攔污柵→沉砂池→初沉池→曝氣池→終沉池→消毒後放流；為二級生物處理系統。

五、台南安平污水處理廠

該廠位於台南市安平區，本污水廠之設計污水處理量為 132,000 CMD，目前之處理水量則約為 85,000 CMD。污水經由：進流水→攔污柵→離心沉砂池→初沉池→曝氣池→二沉池→消毒後放流至台南安平港，為二級生物處理單元。

六、金門金城污水處理廠

該廠位於金門縣金城鎮，屬於金西地區，該區皆以地下水作為自來水水源，處理量可達 4,000 CMD，使用二級生物處理單元處理後之放流水水質為 BOD₅ 5.0 mg/L、COD 42.0 mg/L、SS 4.1 mg/L，皆符合放流水水質標準。

2.4.1 都市污水處理廠放流水之回收現況

國內都市水資源回收中心之放流水雖經評估雖具回收潛勢，但因法規與回用水質標準尚未齊備、民眾認知與接受度不足及缺乏大型健康風險評估計畫等因素，國內目前的廢污水回收仍多屬各縣市水資源回收中心在處理後，將放流水轉作廠內各類雜用水，包括綠地澆灌、沖廁、機械設備沖洗、或供政府單位或民間作為相同用途，其各廠相關簡介說明如下：

一、台北市迪化污水處理廠：

主要處理單元包括進水前處理設施、初級沉澱池、曝氣池、二級沉澱池、消毒池及放流抽水站，另設有三級處理水回收再利用設備，提供廠區沖洗、澆灌及民間園藝用水。處理流程自迪化抽水站分流部分污水進廠後，經攔污柵去除較大固體物，再經初級沉澱池去除大部分懸浮固體物和少部分有機物；初級沉澱池流出水再進入曝氣池、二級沉澱池後去除大部分有機物，最後經添加次氯酸鈉去除水中病原菌後，放流至淡水河中。目前每日約有 10,000 CMD 之放流水經砂濾處理後回收再利用，供作廠內的各類清洗、澆灌、消泡與消防等用途。

二、台北市內湖污水處理廠：

該廠規劃部分經二級處理後之放流水回收再利用，作為澆灌與洗滌等用途，設計可回收量為 10,000 CMD，而廠內目前使用回收最大水量約 2,000 CMD，主要作為袋濾機清洗與澆灌用。

三、台南市安平污水處理廠：

其放流水直接回收使用，主要供環保局清洗道路之用，目前由於台南正進行污水管線施工，也有供施工廠商取水清洗道路，由於放流水含氯過高，並未用於路樹或花木澆灌，至於回收量未加統計。

四、高雄市中區污水處理廠：

高雄市市政府水工處所屬中區污水處理廠第四期工程每天約可處理 75 萬噸污水，足以處理前鎮河與日益增加用戶接管所排放的污水。污水廠原本使用氯消毒，但曾造成污染，已改用海水電解設施，吸取海水電解成次氯酸鈉來消毒；曾取放流水作為消泡或作冷卻之用。

由前述可知，現有回收都僅限於廠內，或供廠外作小量生活雜用；而近期規劃中的污水廠，如淡海新市鎮污水處理廠、三鶯下水道系統等，已預訂提昇效能至三級處理，未來三級放流水將規劃回用於各類市政用水。

2.4.2 學校與建築物之中水回收

目前除縣市水資源回收中心放流水回收外，已有數間大專院校已完成校園內之生活污水再生利用設施，其相關簡介說明如下。

- 一、雲林科技大學：該校利用校內污水廠部份放流水，經過濾、消毒處理、再供應學生宿舍之沖廁用水。同時回用部份放流水至校內地下水供水系統，供應校內景觀、澆灌、人工湖及消防等用途，以取代地下水用量（每年3萬噸，約82 CMD）。
- 二、環球技術學院：該校採污水廠地下化、地面綠美化設計與「水源逐級利用」的觀念，依序為（一）收集雨水供澆灌（不足者以中水補充）；（二）回收放流水，經過濾等處理後，送至高架配水塔（上層自來水/下層中水）後，採重力式供水，經校內雨/中水管網，供景觀、沖廁用途（不足以自來水補充），年雨量與中水使用量達38,000噸(104 CMD)。
- 三、國立高雄第一科技大學：其水回收再利用是以現有校內污水處理廠之放流水為水回收再利用水源，經砂濾、活性炭及次氯酸鈉消毒後，供給校內位於中山高速公路兩旁之植栽澆灌使用，每日平均可以替代澆灌用水量80噸以上，不但可以減少原污水排放污染量及地下水抽取量，也可降低抽取地下水耗能及成本。

目前校園內自行回收污水極具可行性，除使用回收污水能減少學校用水方面之支出，惟現有案例回收水量偏低，約100 CMD，經濟效益不足，其單位處理成本上可能偏高。

第三章 水資源供需及水回收再利用潛勢分析

3.1 台中地區水資源供需分析

3.1.1 中部區域供水系統聯合供水管理規劃

一、計畫目的(水利署「區域水資源經理策略擬定之研究」計畫)

該計畫針對中部區域整體供水系統清水聯通調度進行探討，檢討各區自來水系統之供水情況，及水量調配機制之合理性，再透過供水系統管網分析，研擬規劃供水管理方案，並訂定常態、枯早年及特殊緊急狀況供水之聯合調度策略，目的為完成具體可行之管網管理方案及操作管理策略，俾利達成穩定供水之目標。其後續待辦事包括兩項重要水資源規劃：

- (一)除進行傳統水源開發外(目前以烏溪水源尚充足，可優先規劃開發)，應朝水源多元化方向開發水資源，水再生利用及海水淡化廠均應加以研議推動。惟依各區供水管網特性，水再生利用及海淡廠新增水量建議以專管方式直接供應新增工業區使用。
- (二)中部區域民國 120 年時用水需求已規劃水源設施供給，惟台中地區水源量仍無法滿足用水需求，除需推動用水需求減量外，台中人工湖及福田水資源回收中心等水源量應納入考量。

二、各供水區供水系統現況檢討

台中地區現有水源足以因應現況用水，尚有餘裕支援彰化地區。豐原及鯉魚潭淨水場互相備援能力不足，且鄰近供水區無備援系統可緊急支援。

三、聯合供水調配運用方案之研擬

依水利署「區域水資源經理策略擬定之研究」計畫之用水需求推估及考量台水公司最大日用水需求，苗栗、台中、南投、彰化、雲林地區平均日用水需求分別為 44.2、203.9、17.7、43.1、32.3 萬立方公尺；最大日分別為 55.0、245.1、23.7、57.3、42.8 萬立方公尺。

台中地區包含大安溪鯉魚潭水庫及大甲溪石岡壩聯合運用、地下水及地區性水源等，現況公共給水供水能力每日 160.0 萬立方公尺(不含支援彰化及苗栗水量)；擬興建大安大甲溪水源聯合運用工程，增供水量為每日 28.0 萬立方公尺。

台中地區未來為滿足用水需求，積極推動節約用水及自來水系統減漏為用水需求減量，而台中人工湖及福田污水處理廠之污水回收利用可挹注水源。在備援方面，未來豐原、鯉魚潭及后里淨水場將形成互為備援設施。烏嘴潭人工湖開發完成，可增設管線，於緊急時支援台中。在特別枯旱時期，可由石岡壩及士林堰調度農業用水。

3.1.2 台中地區水源調度

一、台中地區水源調度範圍

中部地區地形主要分為東側丘陵及山地區、中間盆地平原區及西側海岸區。區域內從北到南有中港溪、後龍溪、大安溪、大甲溪、烏溪、濁水溪、北港溪等七條中央管河川，依流域水資源運用特性，可區分為中港溪及後龍溪流域、大安溪及大甲溪流域、烏溪流域及濁水溪流域等四大流域分區。行政區分屬苗栗縣、台中市、南投縣、彰化縣及雲林縣，總面積 10,506.89 平方公里，約佔台灣總面積之 29%，詳如圖 3.1-1 說明。

大安溪流域主要水資源設施為士林攔河堰與鯉魚潭水庫。由於鯉魚潭水庫位於大安溪支流景山溪，係為一離槽水庫，本身集水區僅為 53.45 平方公里，為補充本身水源不足，於 91 年起士林堰完工後另自大安溪越域引水，以增加鯉魚潭水庫之蓄水量。鯉魚潭水庫經士林堰越引後，其供水能力由原 22 萬噸/日增為 90 萬噸/日，其中自來水為 70 萬噸/日，保留通宵新灌區灌溉用水標的 20 萬噸/日。

大甲溪流域主要之水源調節設施為德基水庫及石岡壩。德基水庫除蓄存上游主支流流量外，並自大甲溪支流志樂溪進行越域引水，以增加蓄水量。大甲溪下游石岡壩則為大甲溪水源運用之樞紐，除提供豐原淨水廠供應台中地區用水之水源外，並供應台中水利會葫蘆墩圳農業用水及調節下游各農業圳路用水。

二、水源供需情勢

目前需求量為每日 140 萬噸，供水量為每日 140 萬噸，主要水源為大安溪鯉魚潭水庫供應 70 萬噸，大甲溪石岡壩供應 70 萬噸。

三、台中地區水資源系統示意圖

詳如圖 3.1-2 說明



圖 3.1-1 台中地區水源調度範圍

資料來源：經濟部水利署中區水資源局(<http://www.wracb.gov.tw>)

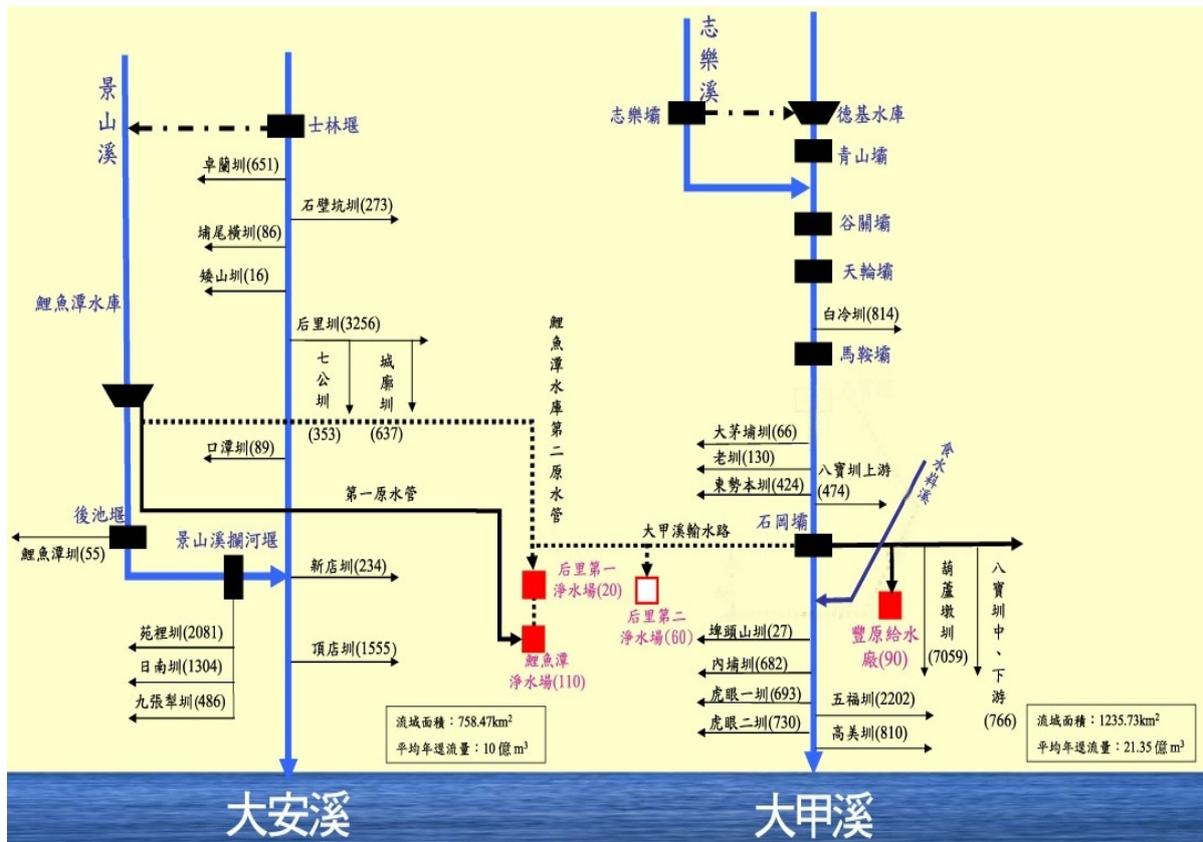


圖 3.1-2 台中區水資源系統示意圖

資料來源：經濟部水利署中區水資源局(<http://www.wracb.gov.tw>)

3.1.3 水資源利用現況

一、工業用水

利用大肚山台地逐漸形成的科技走廊，發展台中成為『綠色矽島』的中部研發基地。結合核心科學園區、衛星工業區及大專院校的區域網，加強網絡分工提昇產業競爭力；台中港特定區則因兩岸經貿之發展，擴張成為台中縣之新興核心，並隨台中港特定區及其市鎮中心之再發展及交通建設完成之後，將帶動整體海線地區發展，成為台中都會區新興之發展核心；原大里核心區受烏日轉運中心發展影響西移，成為大里與烏日共同發展之核心區。開發中工業區為中部科學園區台中基地一、二期與台中港臨海工業區，已編定工業區為台中市精密機械科技園區、仁化工業區、台中經貿科技工業園區與中科三期后里基地計畫，詳表 3.1-1 及 3.1-2 說明。

表 3.1-1 中部區域開發中工業區目標年用水需求量表

業用地名稱	100年	105年	110年	115年	120年
中科三期(后里園區-后里農場)	7,000	45,000	74,000	74,000	74,000
台肥遷建至台中港營運	785	1,232	2,463	2,463	2,463
中龍鋼鐵二期第二階	21,667	42,500	85,000	85,000	85,000
中部科學工業園區台中基地第二期擴建計畫(含第一期變更)	48,000	105,000	145,000	145,000	145,000
台中電廠(火力)	13,723	14,322	16,808	16,808	16,808
仁化工業區	1,650	2,200	2,200	2,200	2,200
中科三期(后里園區-七星農場)	25,000	63,000	63,000	63,000	63,000
台中市精密機械科技園區	1,216	2,361	2,361	2,361	2,361

表 3.1-2 中部區域已編定或編定中工業區之目標年用水需求量表

業用地名稱	100年	105年	110年	115年	120年
中科台中基地附近特定區	1,600	9,100	13,000	13,000	13,000
台中經貿科技工業園區	1,755	2,065	2,065	2,065	2,065
烏日(溪南)業發展特定區計畫	3,585	4,048	4,516	4,516	4,516
豐洲科技工業園區	965	1,275	1,275	1,275	1,275

資料來源：經濟部水利署建置用水計畫資訊系統網

二、農田灌溉

台中水利會供水範圍包含苗栗南部、台中市，所轄灌溉區域位於台灣西部，以大肚山台地為界，分兩個灌概區，一為大肚山台地東麓至中央山脈之間台中盆地；另一地區則從大肚山台地西麓至西部海岸間的大肚、清水、大甲、苑裡等沿海平原轄區，灌溉型態屬河川引水型態，主要灌溉水源分別取自大安溪、大甲溪、烏溪等三大河川，這三條河川均發源於中央山脈，乾旱季時以抽取地下水作為補給水源。

除大茅埔圳、大肚圳，以抽取地下水或抽水為灌溉水源外，其餘各圳均直接由河川攔水灌溉，三大水系共計幹線 43 條，支線 125 條，總灌溉面積約 3 萬公頃，渠道總長度約 3,500 公里。詳表 3.1-3 說明。

表 3.1-3 台中水利會水系及圳路統計表

水利會	水系	圳路	總計灌溉面積(公頃)	總用水量(萬噸)
台中水利會	大安溪	卓蘭圳、石壁坑圳埔、尾橫圳、后里圳、口潭圳、新店圳、鯉魚潭圳、苑裡圳、日南圳、九張犁圳、頂店圳	10,070	40,642
	大甲溪	白冷圳、新社圳、山頂圳、大茅埔圳、老圳、東勢本圳、八寶圳、葫蘆墩圳、埤頭山圳、內埔圳、五福圳、虎眼一圳、高美圳、虎眼二圳	15,146	86,222
	烏溪	太平一圳、頭汴坑圳、大突寮圳、詹厝園圳、涼傘樹圳、涼益圳、阿嘸哩圳、五張圳、知高本圳、王田圳、大肚圳	1,899	17,412
合計			27,115	144,276

三、公共給水

水公司四區處，供水區域包括台中市、南投縣、苗栗縣卓蘭鎮、彰化縣芬園鄉等地區，共處計有 19 個淨水廠、26 個供水系統，目前每日供量約為 142 萬噸，用戶數 102 萬戶，供水總人口達 285 萬人，普及率 89%。

縣市別	供水人口	普及率%	自來水總用水量(萬噸)
台中市	1,055,898	99.1	20,331
台中縣	1,550,896	87.1	25,007

表 3.1-4 台中地區供水人口與普及率統計表

3.2 臺中市水資源回收中心現況調查與分析

依內政部營建署 101 年 5 月臺灣地區用戶接管普及率及污水處理率統計資料顯示，臺灣地區公共污水下水道普及率為 30.35%，台北市為 100%，高雄市為 44.79%，台中市則為 11.31%，大部份縣市均處於建設初期或正規劃中。

一、台中市污水下水道相關規劃報告收集彙整

將本府各單位執行中或規劃中台中市污水下水道相關規劃報告收集彙整，詳表 3.2.1 說明。

二、台中市污水下水道建設現況及未來規劃

由以上表 3.2.1 之可得知台中市目前及未來將興建之污水下水道。依台中市污水下水道建設現況，排定污水下水道系統建設未來開發順序一覽圖，如詳圖 3.2.1 說明。

三、台中市營運中之水資中心現況處理容量

目前已建設完成運轉中之 5 座水資源回收中心，總設計處理量約為 109,010 CMD，污水進流量(含截流之晴天污水量)約為 63,730 CMD，尚有餘裕量約 45,280 CMD。若以每戶 0.8 CMD 污水產生量計算，尚可處理 56,600 戶之生活污水，可增加 8.7% 的普及率，若含截流之晴天污水量漸次以分流制之用戶接管替代，則可增加更多之普及率(詳表 3.2-2 及圖 3.2-2)。

表 3.2-1 台中市污水下水道相關規劃報告資料表

編號	報告書名稱	辦理機關	日期
1	台中港特定區污水下水道系統第一期實施計畫	台中縣政府	99.04
2	台中市豐原區污水下水道系統改政府自辦計畫及效益評估	台中縣政府	99.03
3	台中市烏日區污水下水道系統規劃報告	內政部營建署	98.12
4	台中市石岡壩污水下水道系統第二期實施計畫	台中縣政府	98.11
5	台中市太平區污水下水道系統規劃報告	內政部營建署	97.10
6	台中市和平區谷關、梨山、環山地區污水下水道系統第一期實施計畫	台中縣政府	95.05
7	台中市大雅區污水下水道系統規劃報告	內政部營建署	93.12
8	豐原交流道特定區污水下水道系統規劃報告	內政部營建署	91.02
9	台中市神岡區污水下水道系統規劃	內政部營建署	90.07
10	台中市潭子區污水下水道系統規劃報告	台中縣政府 (暨潭子鄉公所)	90.03
11	后里區污水下水道系統規劃報告	台灣省政府住宅及都市發展處	88.06
12	台中市大里地區(含塗城、草湖)污水下水道系統規劃報告與圖集	台灣省政府住宅及都市發展處	87.10
13	臺中市大甲區(含日南地區)污水下水道系統規劃報告	台灣省政府住宅及都市發展處	86.05
14	台中市污水下水道管網系統整體規劃建置計畫 台中市污水下水道系統規劃重新評估報告書	台中市政府	99.01
15	廊子水資源回收中心 新建工程設計與監造委託技術服務案服務建議書	台中市政府	98.12
16	台中市污水下水道系統第三期實施計畫	台中市政府	98.06
17	台中市污水下水道系統工程 第二期第二次修正實施計畫	台中市政府	95.02
18	台中市污水下水道系統工程 第二期修正實施計畫	台中市政府	93.05
19	台中工業區鄰近區域污水下水道系統工程實施計畫	台中市政府	92.05
20	台中市污水下水道系統工程 第二期實施計畫	台中市政府	91.05
21	台中市污水下水道系統整體規劃 規劃報告	台灣省政府住宅及都市發展處	88.02
22	台中市污水下水道系統工程 第一期實施計畫(修訂計畫)	台灣省政府住宅及都市發展處 台中市政府	84.01

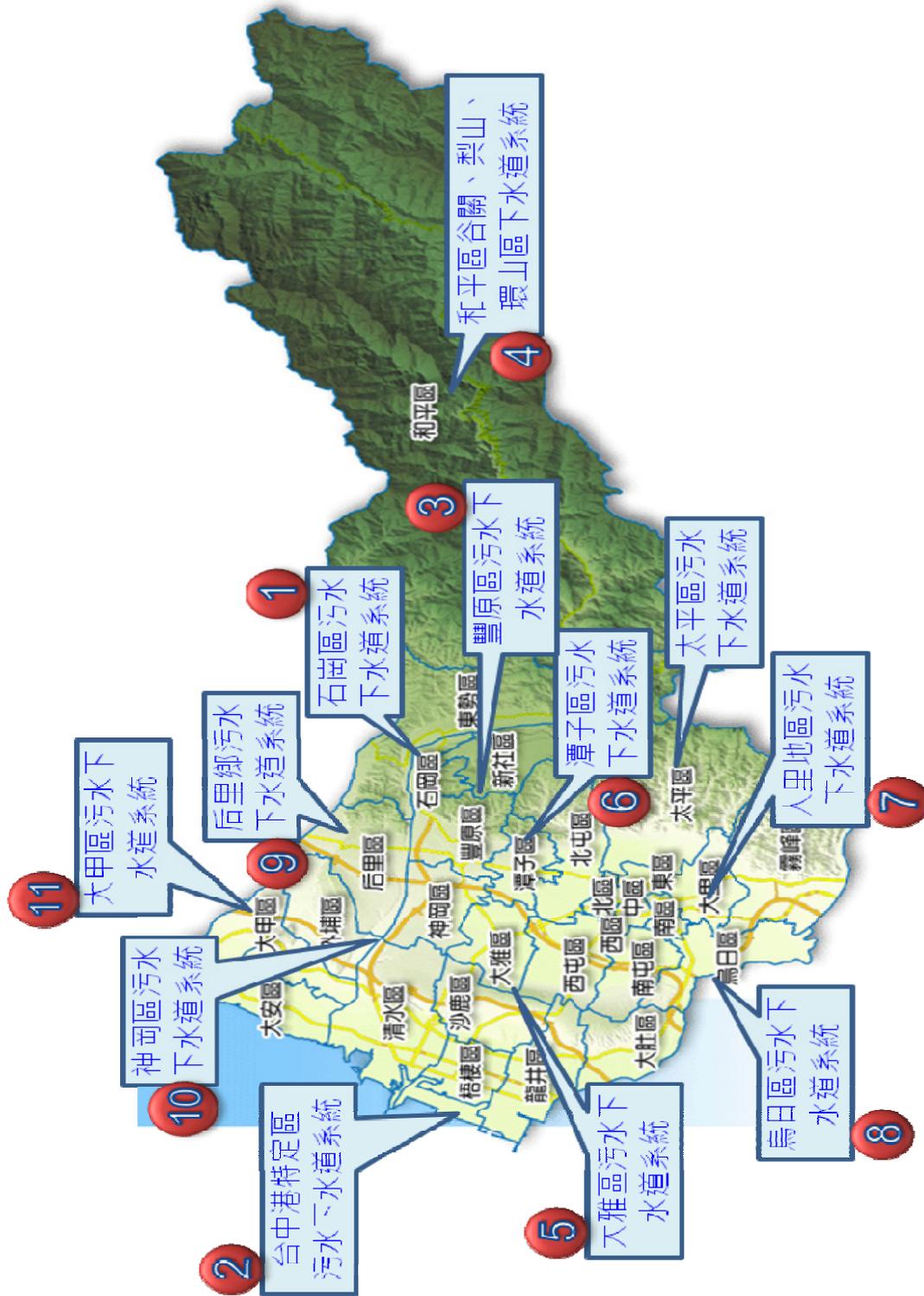


圖 3.2-1 水下水道系統未來開發建設一覽圖

表 3.2-2 台中市營運中水資源回收中心處理餘裕量統計表

No.	水資源回收中心名稱	設計水量 (CMD)	目前水量 (CMD)	放流水承受水體
1	台中港特定區水資源回收中心	10,000	3,500	大肚溪
2	環山地區水資源回收中心	400	130	大甲溪
3	梨山地區水資源回收中心	610	100	大甲溪
4	石岡壩水資源回收中心	22,000	5,000	大甲溪
5	福田水資源回收中心	76,000	55,000	綠川
合計 5 廠		109,010	63,730	

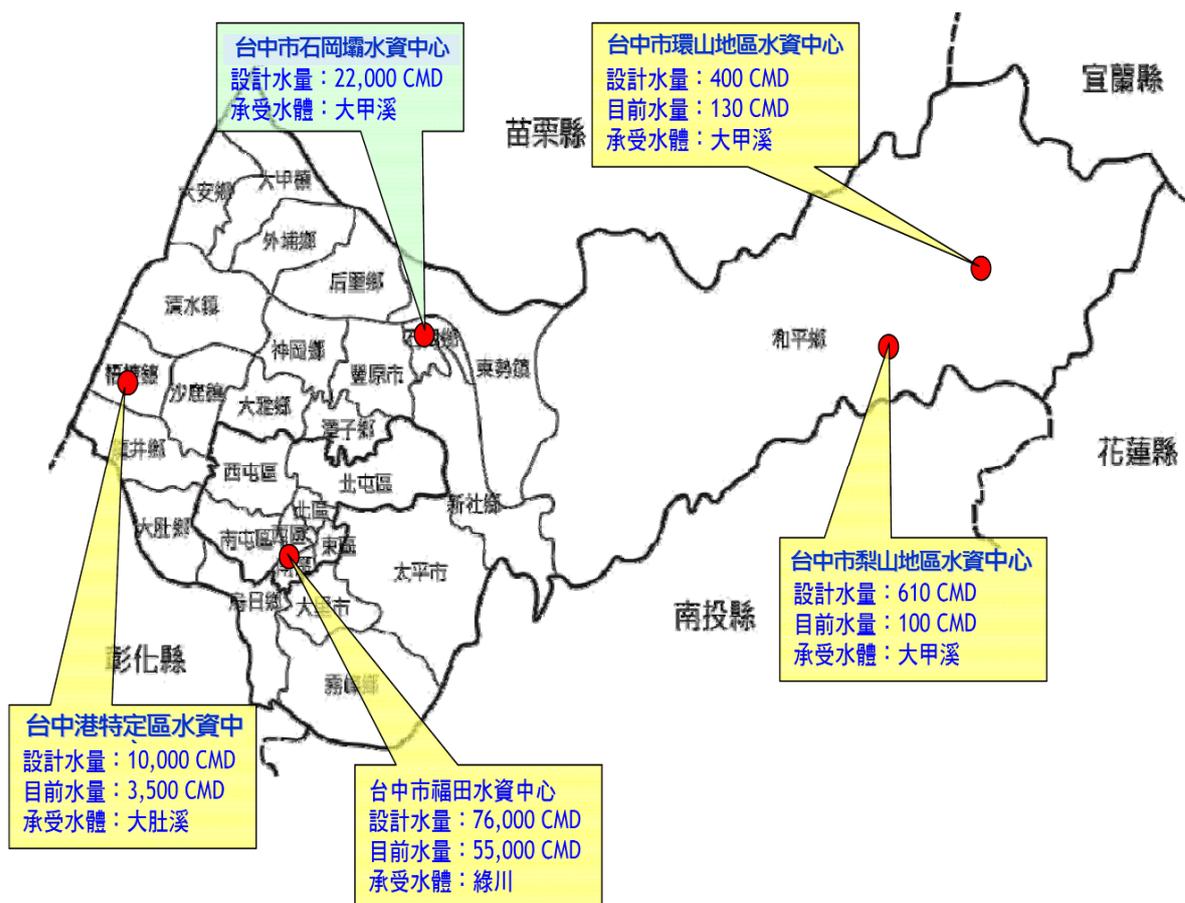


圖 3.2-2 台中市水資源回收中心營運現況分佈圖

3.2.1 福田水資源回收中心現況與分析

一、地理位置與下水道收集系統

福田水資源回收中心收集系統之收集範圍詳圖 3.2-3 台中市污水下水道系統整體規劃圖所示。本中心主要以家庭生活污水之收集為主，受益面積共 463 公頃，受益人口約 29 萬人，能改善台中市綠川、梅川、柳川、旱溪下游等河川之水質。

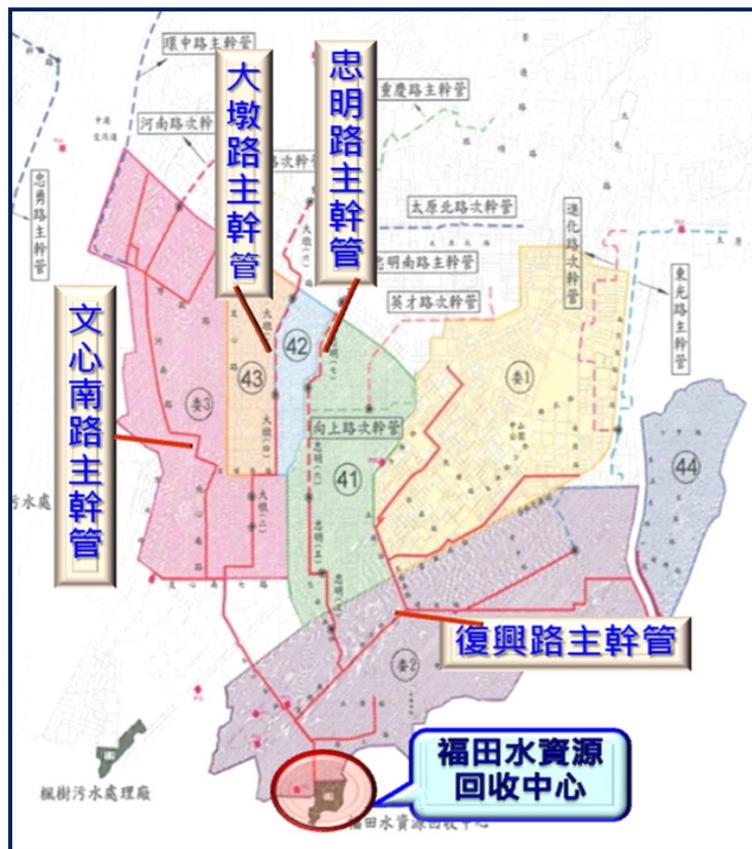


圖 3.2-3 台中市水資源回收中心污水下水道系統圖

二、水資源回收中心之建設及背景

福田水資源回收中心位於台中市南區福田二街 23 號，地處台中市南區綠川與旱溪會合處北岸，主管單位為台中市政府建設局，民國 90 年 11 月完工，民國 91 年 8 月開始運轉。此水資源回收中心為一完整二級污水處理廠，主要處理台中市舊都市計畫區及污水下水道所收集之生活污水，以及柳川截流站所截流之部份雨污水、吉安揚水站、永

春揚水站、高工揚水站、P-05 揚水站及黎明揚水站，位置如圖 3.2-4 所示。



圖 3.2-4 福田廠位置圖

福田水資源回收中心為台中市第一座大型污水處理廠，佔地 13.6 公頃，採用二級生物處理，整體規劃有 4 期，其污水處理廠設計處理水量與進流水質如表 3.2-3 所示，第一期設計處理容量為每日 73,000 立方公尺，最大處理量每日 87,500 立方公尺，BOD 180 mg/L，SS 200 mg/L，規劃每期增加處理量約為每日 76,000 立方公尺，預計於民國 120 年達成，屆時總處理量可達每日 298,300 立方公尺。目前福田水資源回收中心處理量約每日 55,000 立方公尺，其污水量來源有二，其一約有每日 53,600 立方公尺為生活污水，其二為水肥處理廠上澄液排入福田水資源回收中心(自民國 96 年 9 月 20 日之後接管)，污水量約每日 1,400 立方公尺。

表 3.2-3 水資源回收中心設計處理水量與進流水質

		100 年	105 年	110 年	115 年
水資源回收中心 興建階段劃分		一期 (既有)	二期 (新增)	三期 (新增)	四期 (新增)
設計 處理 進流 水量 水質	平均日污水量(M ³ /日)	76,000	74,300	74,000	74,000
	最大日污水量(M ³ /日)	87,500	87,500	86,000	86,000
	pH	6~9	6~9	6~9	6~9
	BOD ₅ (mg/L)	180	180	180	180
	SS (mg/L)	200	200	200	200
	大腸桿菌(個/100 mL)	2.0×10 ⁸	2.0×10 ⁸	2.0×10 ⁸	2.0×10 ⁸
	油脂 (mg/L)	65	65	65	65

三、處理流程及廠區配置

此中心主要為處理污水下水道所收集之生活污水，此污水之主要污染物為可生物分解之有機物，故處理方式以生物處理為主，其處理流程可分為物理處理系統、生物處理系統、污泥處理系統、放流水消毒系統、除臭設備系統等五大部分，其流程如圖 3.2-5 所示。其他部份如廠區平面配置圖、鳥瞰圖，分別如圖 3.2-6~3.2-7 所示，圖 3.2-8 為廠區各段污水處理單元照片等。

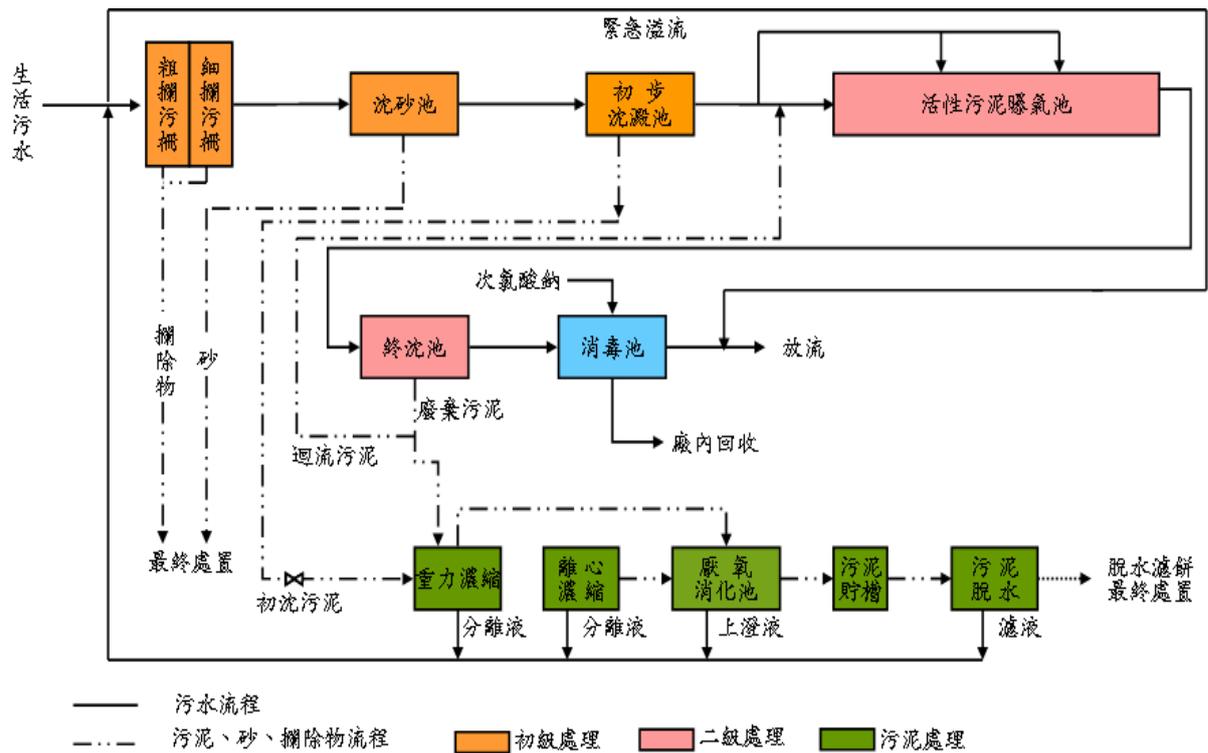


圖 3.2-5 處理流程圖

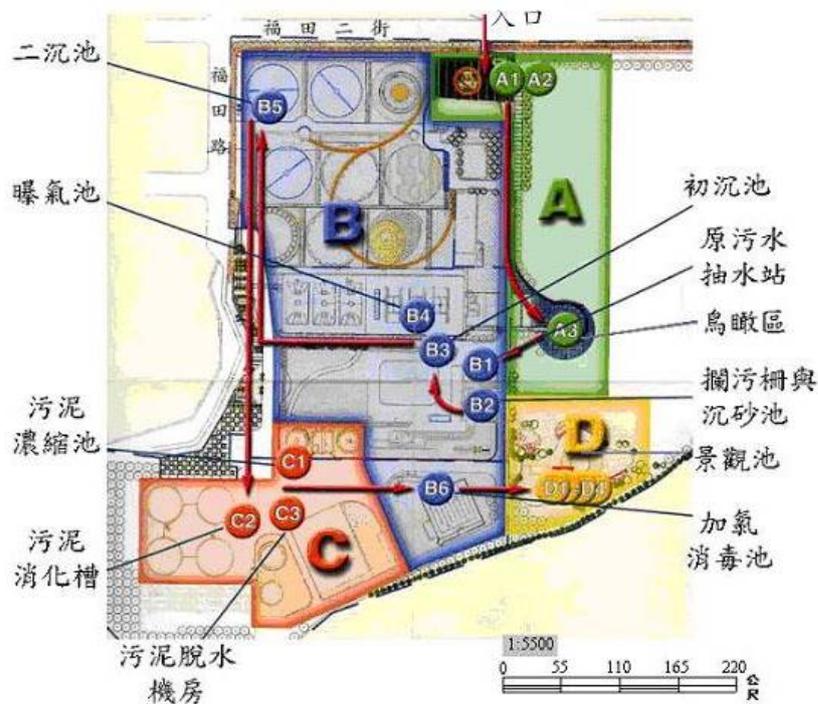


圖 3.2-6 水資源回收中心廠區平面配置圖

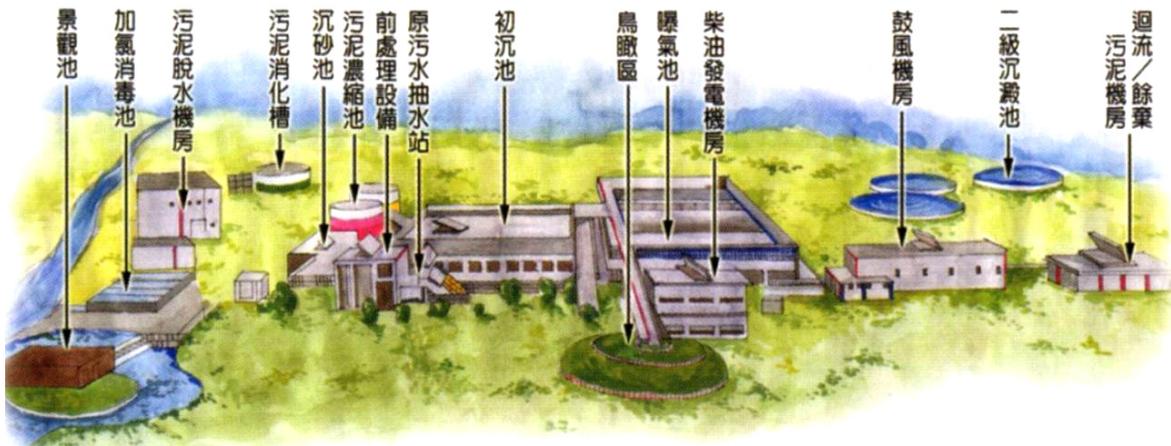
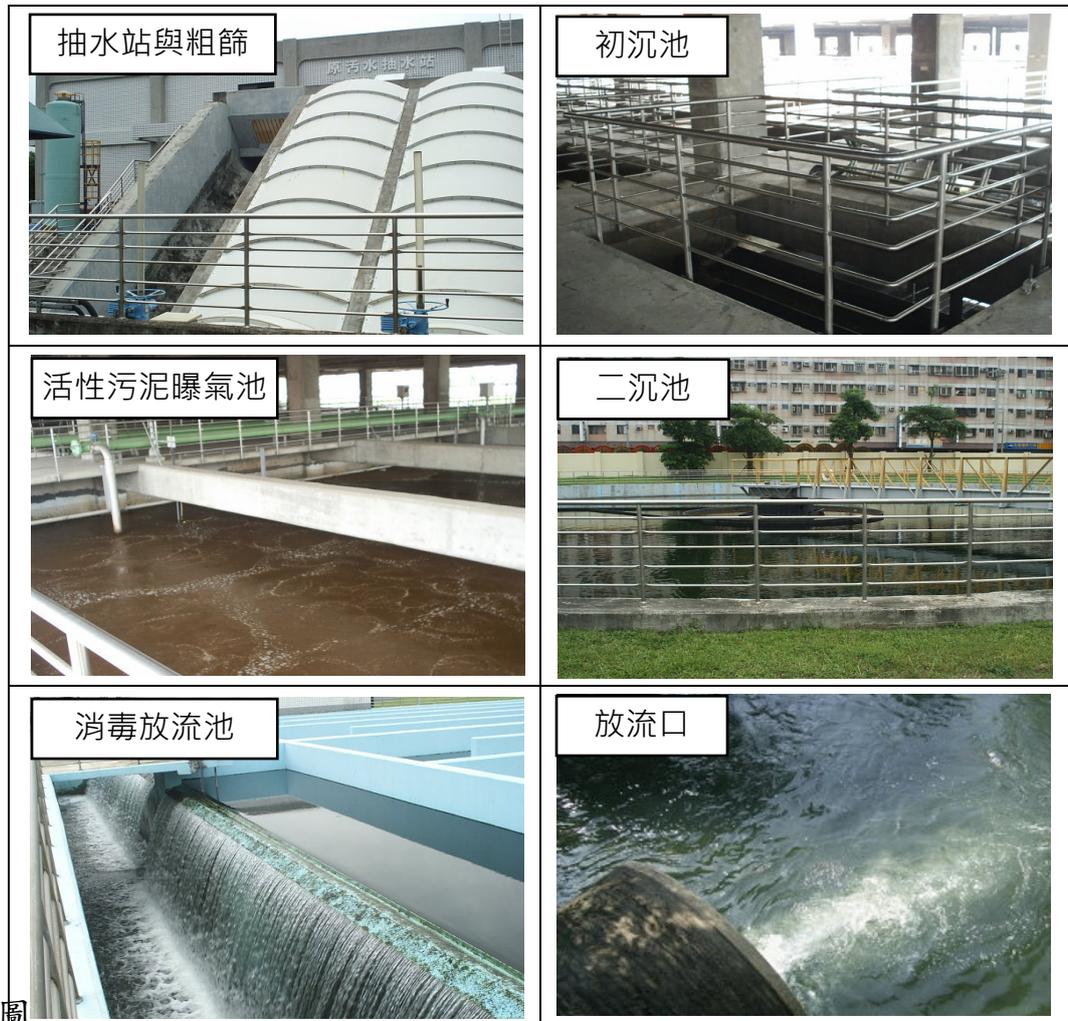


圖 3.2-7 水資源回收中心廠區鳥瞰圖



3.2-8 為廠區各段污水處理單元照片

四、水質水量資料及再利用潛勢分析

(一) 歷史水量水質資料

福田廠歷史水量水質資料如圖 3.2-10~3.2-12 及表 3.2-4 所示，放流水標準亦列於表 3.2-4 中，與福田廠歷史水量水質相對照。在處理水量方面(圖 3.2-9)，進流水與放流水之水量大致接近，民國 98 年期間進流水平均值約每日為 53,600 立方公尺，民國 99 年後水量有明顯變動，至民國 100 年 6 月間約維持在每日 52,000 立方公尺，自民國 98 年 1 月至民國 101 年 5 月間，其最大處理量為 56,157 立方公尺；最小處理量為 45,798 立方公尺；平均處理量為 52,071 立方公尺。福田水資中心目前已無截流水進入，惟因水肥廠納管排入後，常造成廠內水質異常，總氮量大幅提升，影響未來水回收再利用之用途。

表 3.2-4 福田廠歷史水質水量及污水排放標準對照表

	進流水	放流水	進流設計值	放流水標準
流量 (M ³ /日)	55,000	55,000	73,000	-
SS (mg/L)	20 ~ 40	< 10	200	30
BOD (mg/L)	15 ~ 20	< 5.0	180	30
COD (mg/L)	35 ~ 50	< 10	-	100
pH	7.2 ~ 7.4	7.0 ~ 7.5	-	6.0~9.0

(二) 歷史水質資料分析：

1. SS：進流 SS 濃度值(圖 3.2-10) 在月平均值約於 60 ~ 200 mg/L 間變動，逐年呈上升之趨勢。民國 98 至民國 101 5 月月平均值維持在 60 ~ 120 mg/L 之間，低於設計值 200mg/L，但於 99 年其間有水肥異常排入造成 SS 濃度大幅上升至 195 mg/L，接近設計值 200 mg/L，且 101 3~5 月持續攀高至 190

mg/L，推測原因仍為水肥異常排入造成，期間單日進流 SS 濃度曾高達 1,000 mg/L 以上，影響水資中心之操作維護甚大。自民國 98 年 1 月至民國 101 年 5 月間，其進流最大 SS 濃度值為 195 mg/L；最小進流 SS 濃度值為 57 mg/L；平均進流 SS 濃度值為 106 mg/L。而放流水中 SS 雖因進流水有水肥異常排入問題，但由於水資中心之緊急應變處理能力甚佳，因此其處理後之放流水均符合放流水標準，自民國 98 年 1 月至民國 101 年 5 月間，其放流最大 SS 濃度值為 8.0 mg/L；最小放流 SS 濃度值為 2.5 mg/L；平均放流 SS 濃度值為 5.3 mg/L。

2. BOD：進流水 BOD 濃度值則在 20 ~ 82 mg/L 間波動 (圖 3.2-11)，逐年亦呈上升之趨勢。自民國 98 年 1 月至民國 101 年 5 月間，其進流最大 BOD 濃度值為 81 mg/L；最小進流 BOD 濃度值為 21.4 mg/L；平均進流 BOD 濃度值為 47.0 mg/L。低於設計值 180 mg/L，而放流水 BOD 濃度值自民國 98 年 1 月至民國 101 年 5 月間，其放流最大 BOD 濃度值為 5.9 mg/L；最小放流 BOD 為 1.5 mg/L；平均進流 BOD 濃度值為 3.3 mg/L。(放流水標準為 30 mg/L)。
3. COD：進流水 COD 濃度值波動則較大，約在 60 ~200 mg/L 之間 (圖 3.2-12)，與前述進流之 SS 及 BOD 濃度值相似，逐年亦呈上升之趨勢。自民國 98 年 1 月至民國 101 年 5 月間，其進流最大 COD 濃度值為 182.5 mg/L；最小進流 COD 濃度值為 67.0 mg/L；平均進流 COD 濃度值為 112.0 mg/L。因水肥異常排入有時高於 180 mg/L，而放流水 COD 自民國 98 年 1 月至民國 101 年 5 月間，其放流最大 COD 濃度值為 12.0 mg/L；最小放流 COD 濃度值為 4.8 mg/L；平均進流 COD 濃度值為 8.5mg/L。(放流水標準為 100 mg/L)。

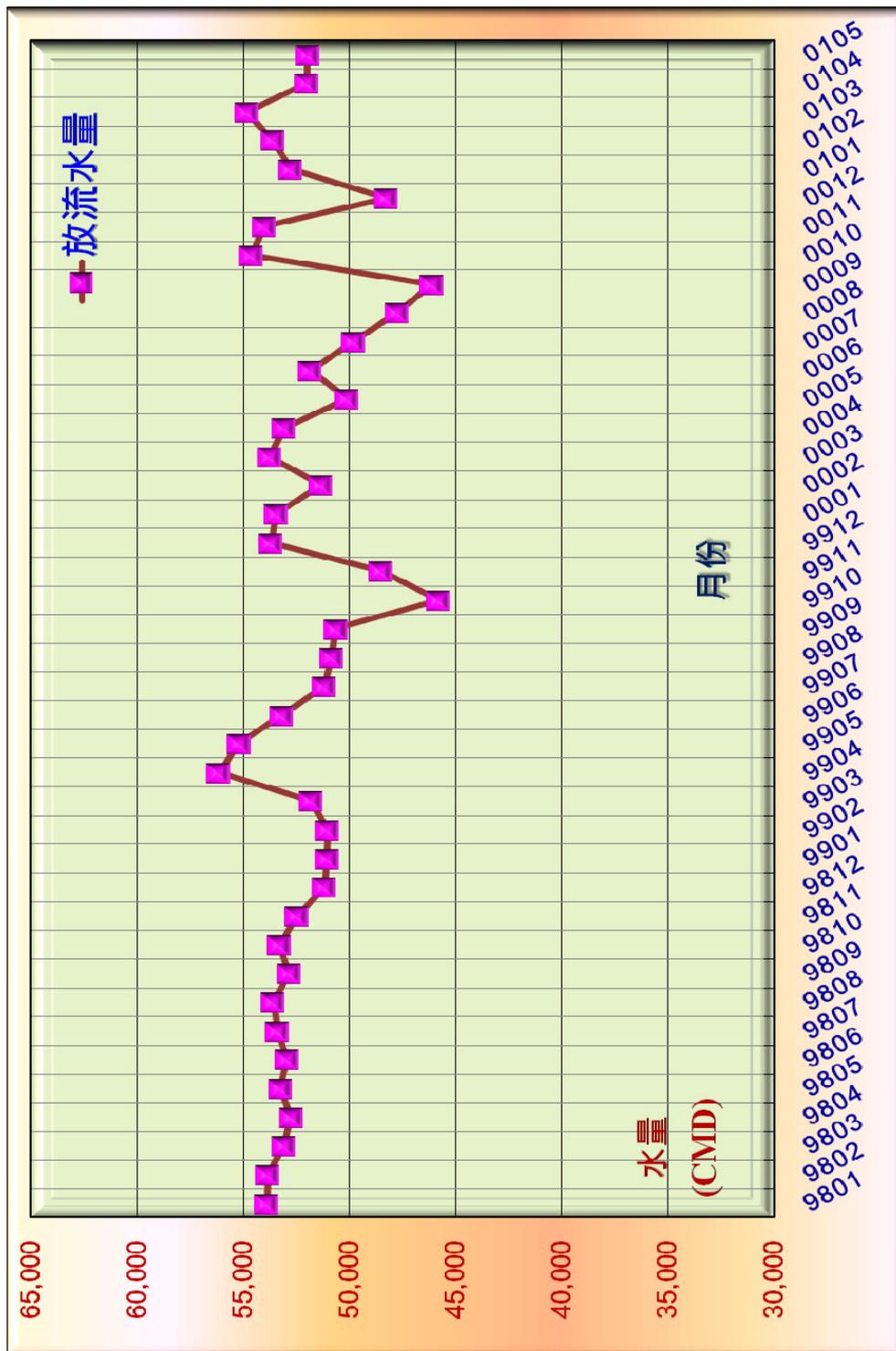


圖 3.2-9 福田廠進流水與放流水流量

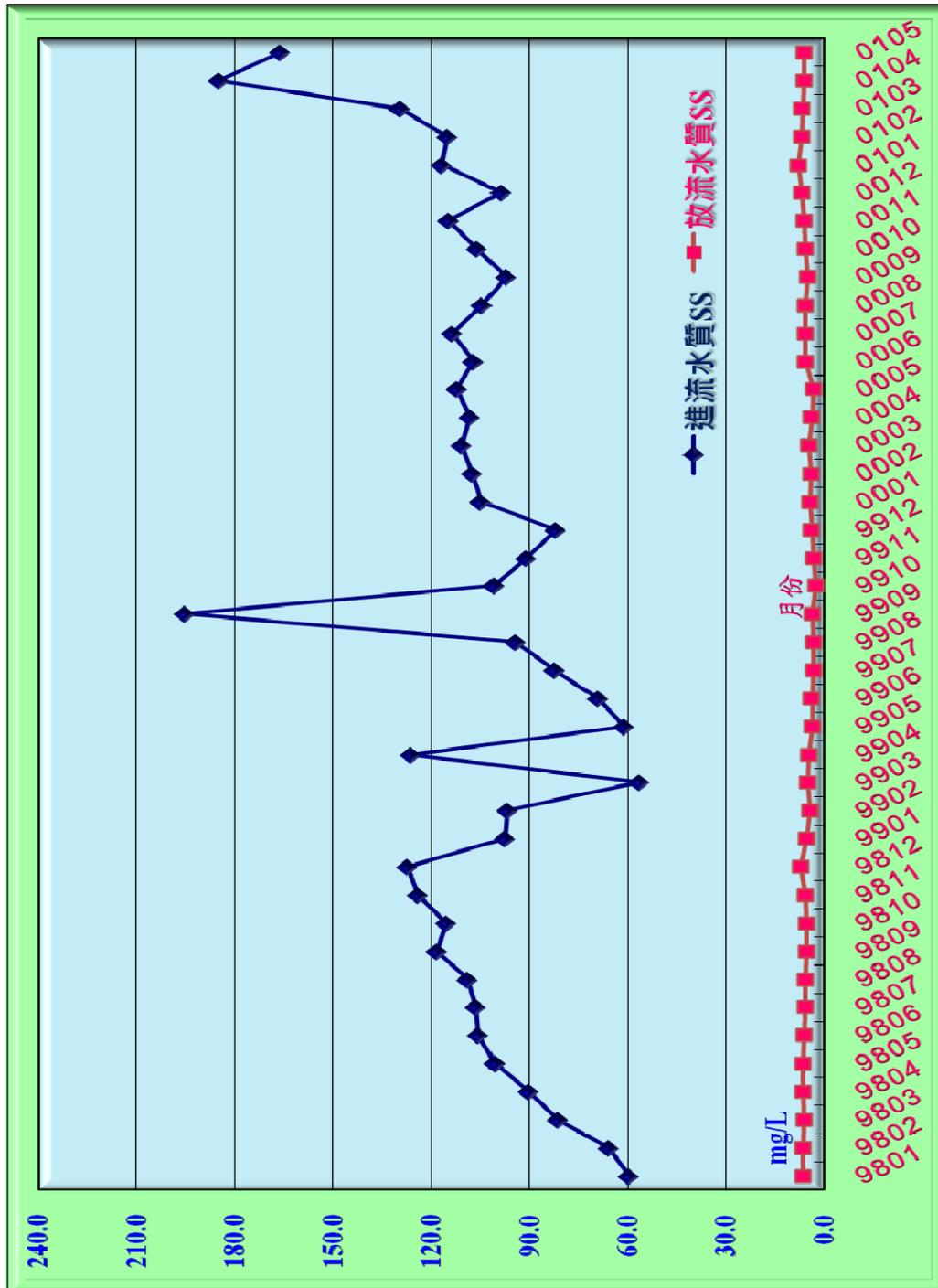


圖 3.2-10 福田廠進流水與放流水懸浮固體 (SS)

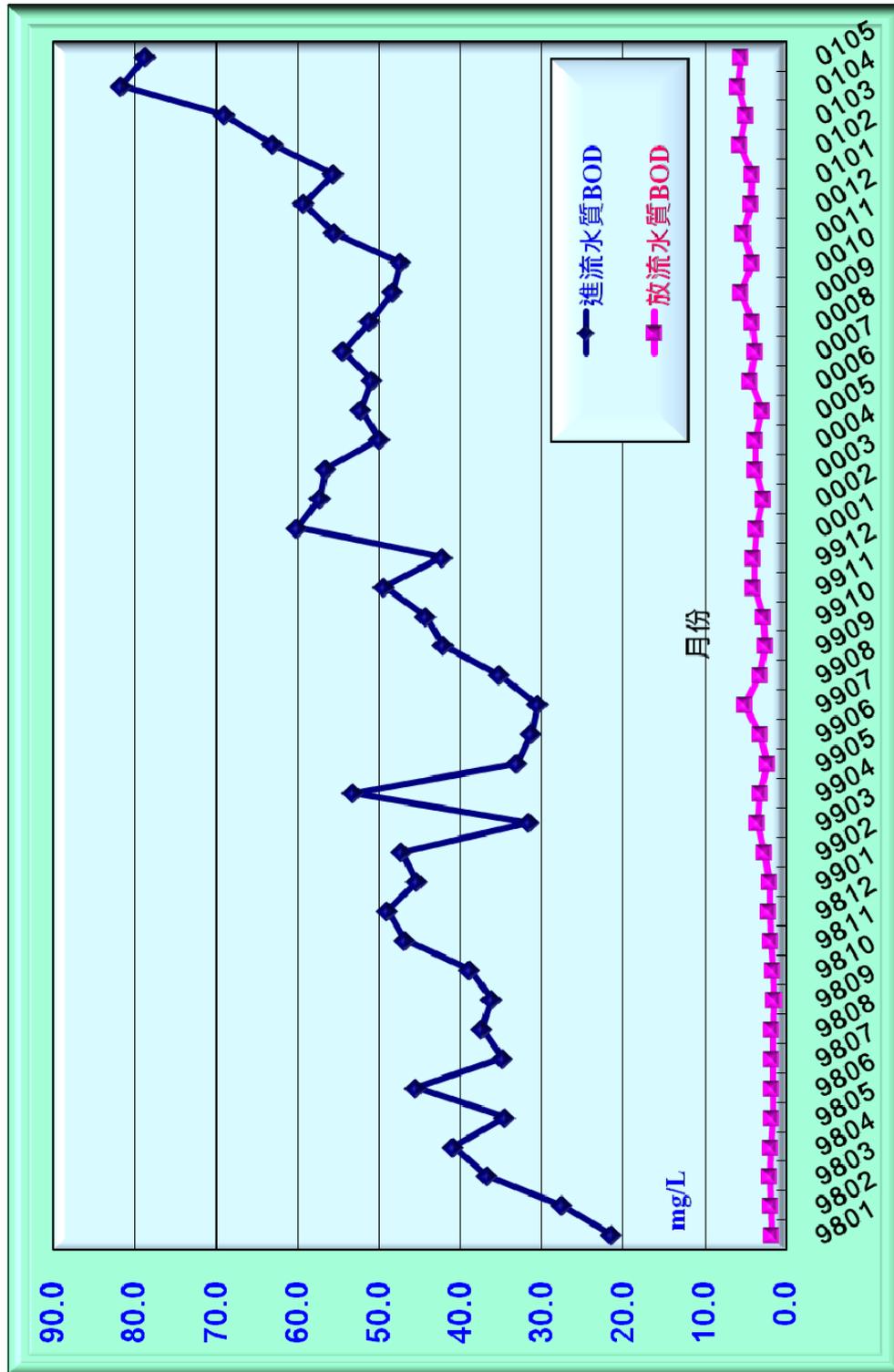


圖 3.2-11 福田廠進流水與放流水生化需氧量 (BOD)

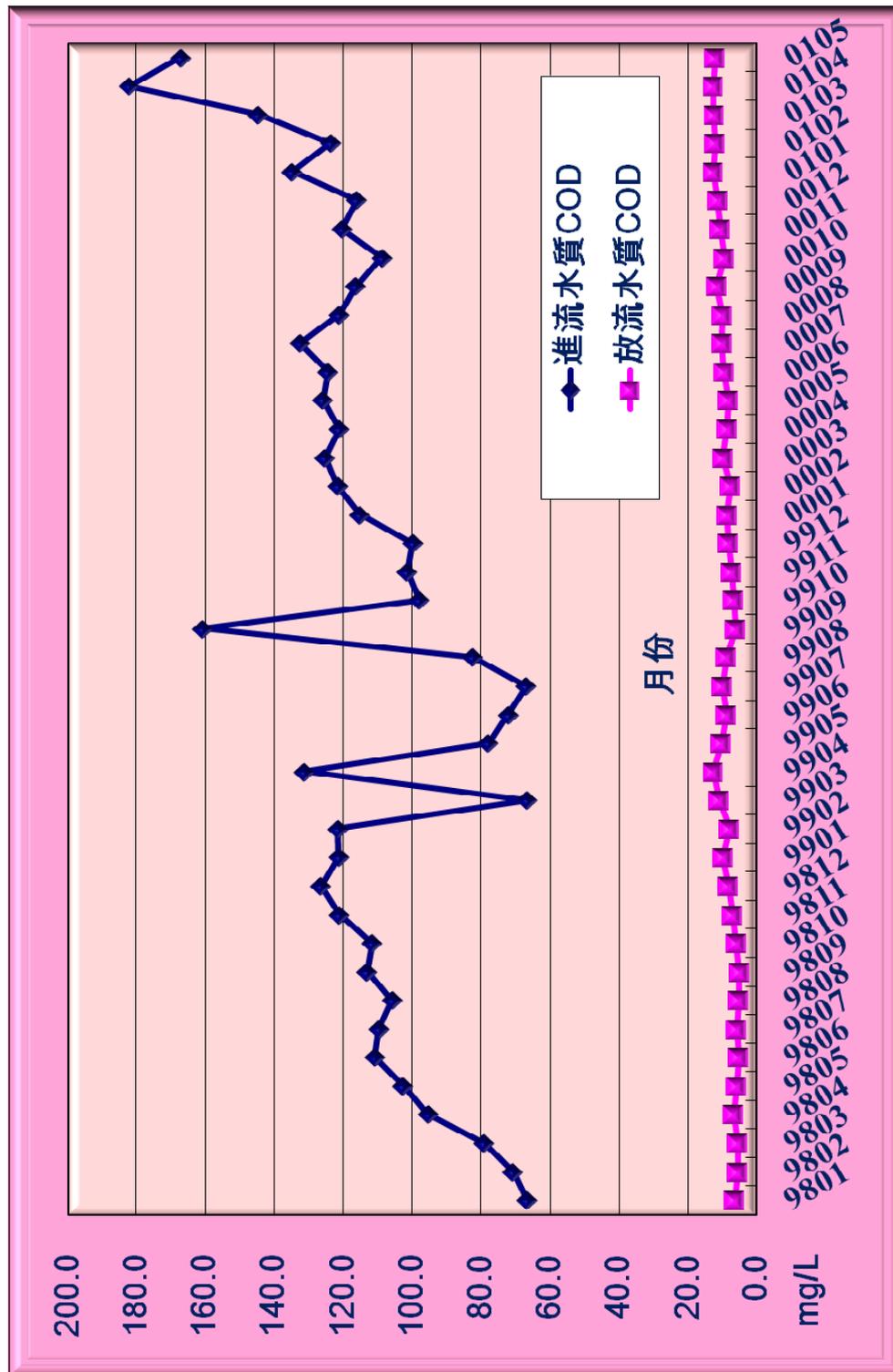


圖 3.2-12 福田廠進流水與放流水化學需氧量 (COD)

3.2.2 石岡壩水資源回收中心現況與分析

一、地理位置與下水道收集系統

石岡壩水資回收中心集污區包括新社區、東勢區及石岡區等用戶接管工程預定接管 17,600 戶，至 100 年 12 月已完成接管戶數約 3,986 戶(包括東勢區、石岡區)，預計 101 年可再增加 280 戶，預估 101 年 12 月累計接管戶數可達為 4,266 戶，後續新社地區接管工程亦已委託設計中，預計至 103 年可完成東勢區、石岡區及新社區(屬石岡壩水源特定區都市計畫)之用戶接管。水資源回收中心收集系統之收集範圍詳圖 3.2-13 說明。

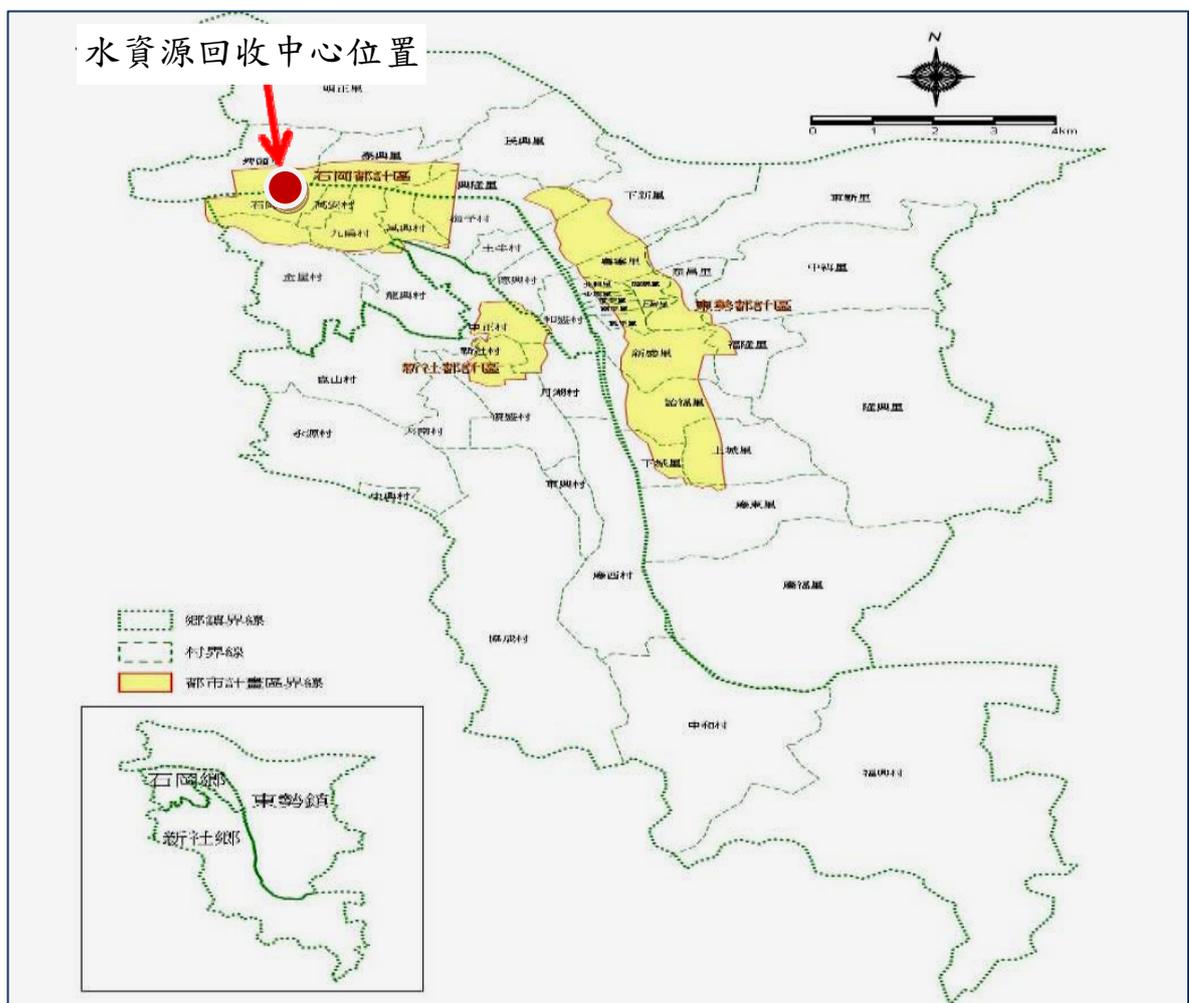


圖 3.2-13 石岡壩水資源回收中心污水下水道系統圖

二、水資源回收中心之建設及背景

石岡壩水資源回收中心位於石岡水壩下游，東勢區、石岡區以及新社區之生活污水收集後，經水資中心處理至符合放流水標準後再予以放流至大甲溪，對河川水質的改善有相當大的幫助。

水資中心工程於 100 年 6 月完成污水試車程序，生活污水收集至此水資中心可進行廢水二級處理(污水經初級沉澱、生物處理後，再經消毒至符合放流水標準後排放)，配合用戶接管工作，100 年 7 月委由代操作廠商開始進入三年試運轉，目前處理水量每日約為 2,900 立方公尺，目前各處理單元均正常操作。位置圖如圖 3.2-14 所示。



圖 3.2-14 石岡壩廠位置圖

石岡壩水資源回收中心(以下簡稱水資中心)位於大甲溪石岡壩下游南岸及食水料溪西側，綠色走廊(原豐勢鐵路)以北，行政範圍屬石岡區石岡里，水資中心面積約 2.09 公頃，呈狹長形，其設計以處理本市新社區、東勢區及石岡區等三區家庭污水為主，目前水資中心處理污水量為每日 22,000 立方公尺，後續可配合該地區污水納管用戶的增加進行擴建，最大污水處理量可擴增至每日 36,000 立方公尺。其污水處理廠設計處理水量與進流水質如表 3.2-5 所示。

表 3.2-5 石岡壩水資源回收中心設計處理水量與進流水質

項目		設計值
最大時污水量		44,000
最大日污水量		28,600
平均日污水量		22,000
進流污水 水質	BOD ₅	200
	SS	250
放流水 標準	BOD ₅	30
	SS	30

三、處理流程及廠區配置

此中心主要為處理污水下水道所收集之生活污水，此污水之主要污染物為可生物分解之有機物，故處理方式以生物處理為主，其處理流程可分為物理處理系統、生物處理系統、污泥處理系統、放流水消毒系統、除臭設備系統等五大部分，其流程如圖 3.2-15 所示。其他部份如廠區平面配置圖，分別如圖 3.2-16 所示，圖 3.2-17 為廠區各段污水處理單元照片等。

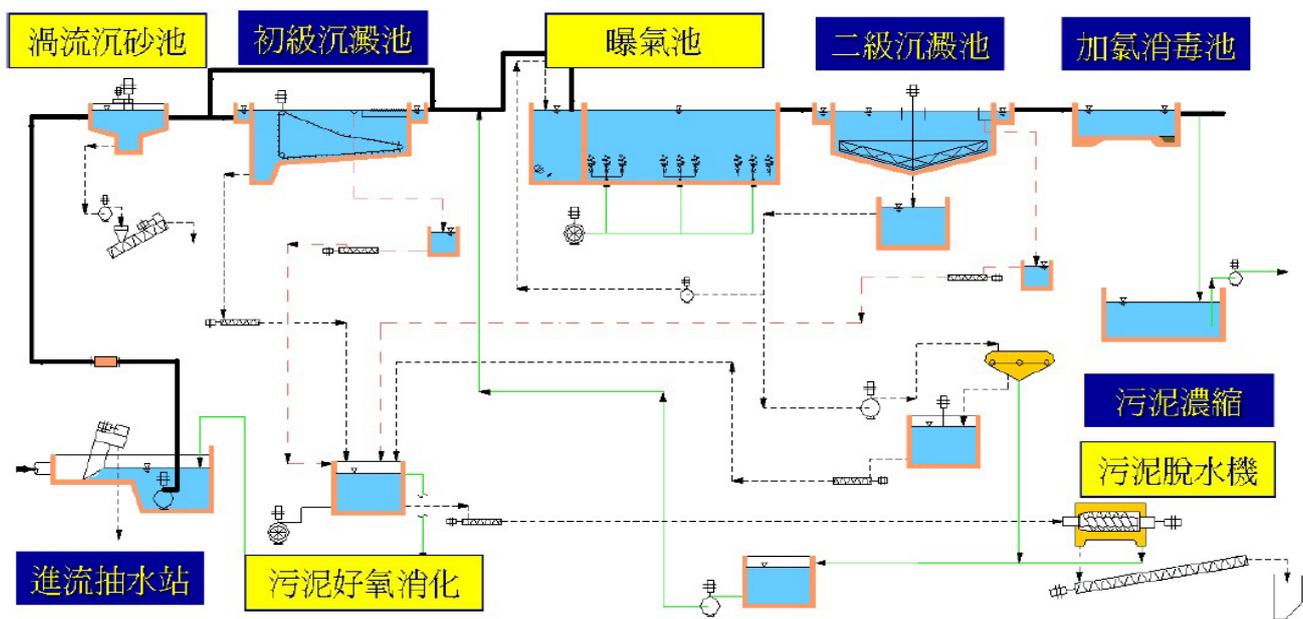


圖 3.2-15 處理流程圖

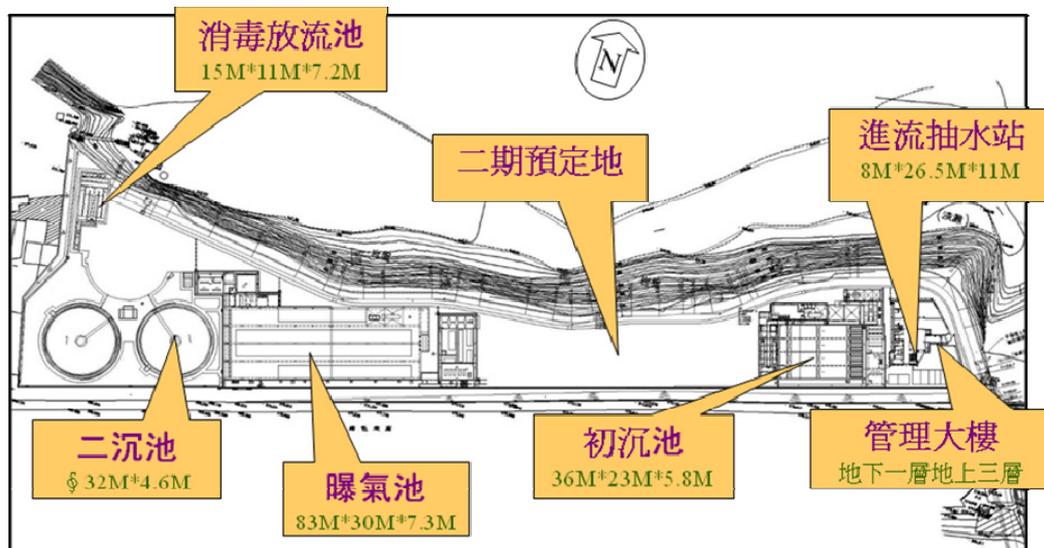


圖 3.2-16 石岡壩水資源回收中心廠區平面配置圖

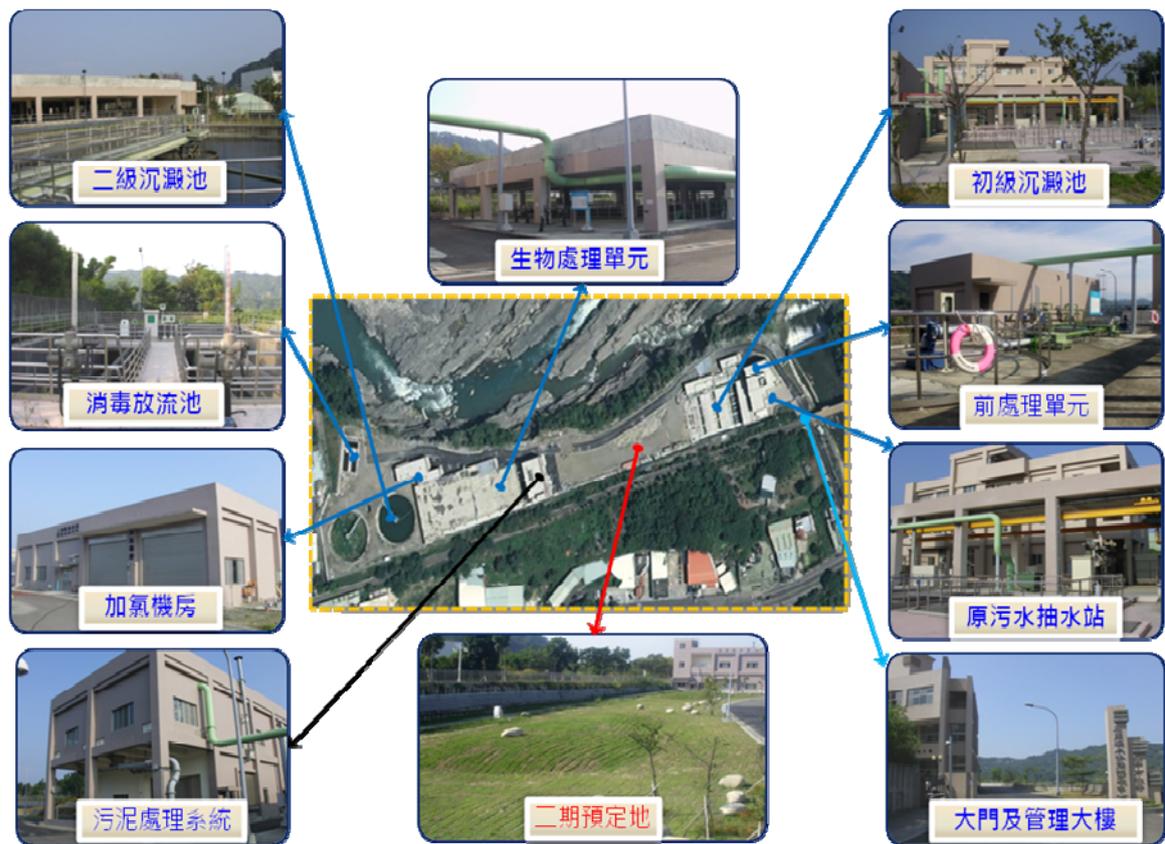


圖 3.2-17 廠區各段污水處理單元照片

四、水質水量資料及再利用潛勢分析

(一) 歷史水量水質資料

石岡壩廠歷史水量水質資料如圖 3.2-18~3.2-21 及表 3.2-6 所示。在處理水量方面 (圖 3.2-18)，進流水與放流水之水量大致接近，民國 100 年至民國 101 年期間進流水平均值約每日為 2,703 立方公尺，變化幅度約每日 2,000 ~ 4000 立方公尺，民國 101 2 月年後水量有明顯增加，由 4,000 立方公尺增至 6,500 立方公尺。其進流最大放流量為 6,802 立方公尺；最小放流量為 1,733 立方公尺；平均放流量為 2,703 立方公尺。

表 3.2-6 石岡壩廠歷史水質水量及污水排放標準對照表

	進流水	放流水	進流設計值	放流水標準
流量 (M ³ /日)	2,762	2,762	28,600	-
SS (mg/L)	20 ~ 70	< 10	250	30
BOD (mg/L)	15 ~ 20	< 5.0	200	30
COD (mg/L)	10 ~ 100	< 10	-	100
pH	6.8 ~ 7.6	6.8 ~ 7.6	-	6.0~9.0

(二) 歷史水質資料分析：

1. SS：進流 SS 濃度值 (圖 3.2-19) 在月平均值約於 26.4 mg/L 間變動，民國 100 年 7 月至民國 101 年 5 月月平均值維持在 8.0 ~ 70.0 mg/L 之間，低於設計值 200mg/L，自民國 100 年 7 月至民國 101 年 5 月間，其進流最大 SS 濃度值為 69.3 mg/L；最小進流 SS 濃度值為 8.6 mg/L；平均進流 SS 濃度值為 26.4 mg/L。而放流水中 SS 其放流水均符合放流水標準，自民國 100 年 7 月至民國 101 年 5 月間，其放流最大 SS 濃度值為 9.7 mg/L；最小放流 SS 濃度值為 0.6 mg/L；平均放流 SS 濃度值為 4.2 mg/L。
2. BOD：進流水 BOD 濃度值則在 5.0 ~ 42.0 mg/L 間波動 (圖 3.2-11)，自民國 100 至民國 101 年 5 月間，其進流最大 BOD 濃度值為 45.6 mg/L；最小進流 BOD 濃度值為 5.0 mg/L；平均進流 BOD 濃度值為 15.6 mg/L。低於設計值 180 mg/L，而放流水 BOD 濃度值自民國 100 年 7 月至民國 101 年 5 月間，其放流最大 BOD 濃度值為 6.2 mg/L；最小放流 BOD 濃度值為 0.2 mg/L；平均進流 BOD 濃度值為 2.6 mg/L。
3. COD：進流水 COD 濃度值波動則較大，約在 10.0 ~ 100.0 mg/L 之間 (圖 3.2-12)，自民國 98 年 1 月至民國 101 年 5 月間，其進流最大 COD 濃度值為 99.2 mg/L；最小進流 COD 濃度值為 10.4 mg/L；平均進流 COD 濃度值為 33.9 mg/L。而放流水 COD 濃度值自民國 100 年 7 月至民國 101 年 5 月間，其放流最大 COD 濃度值為 12.0 mg/L；最小放流 COD 濃度值為 0.8 mg/L；平均進流 COD 濃度值為 9.2 mg/L。(放流水標準為 100 mg/L)。

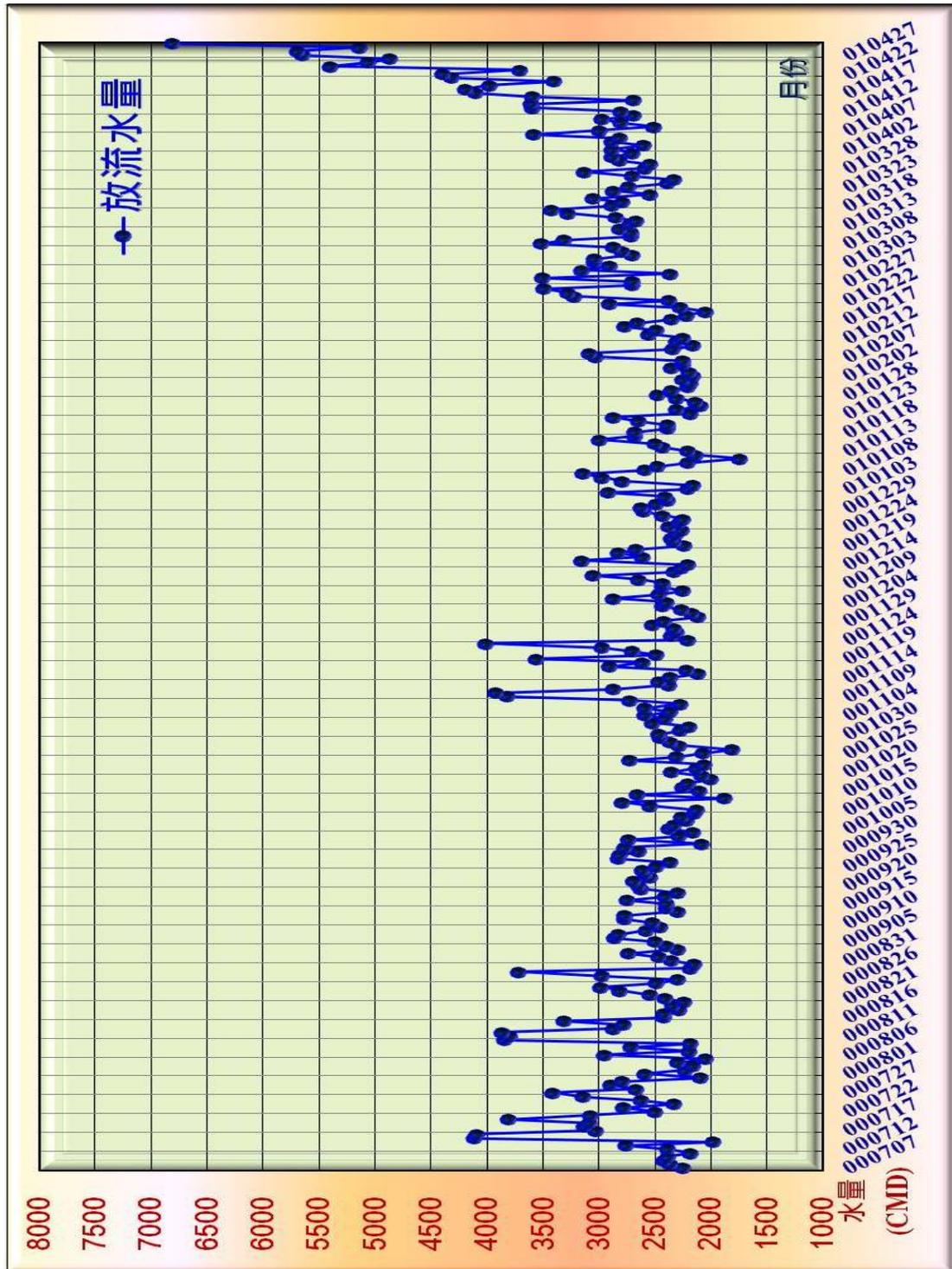


圖 3.2-18 石岡壩廠進流水與放流水流量

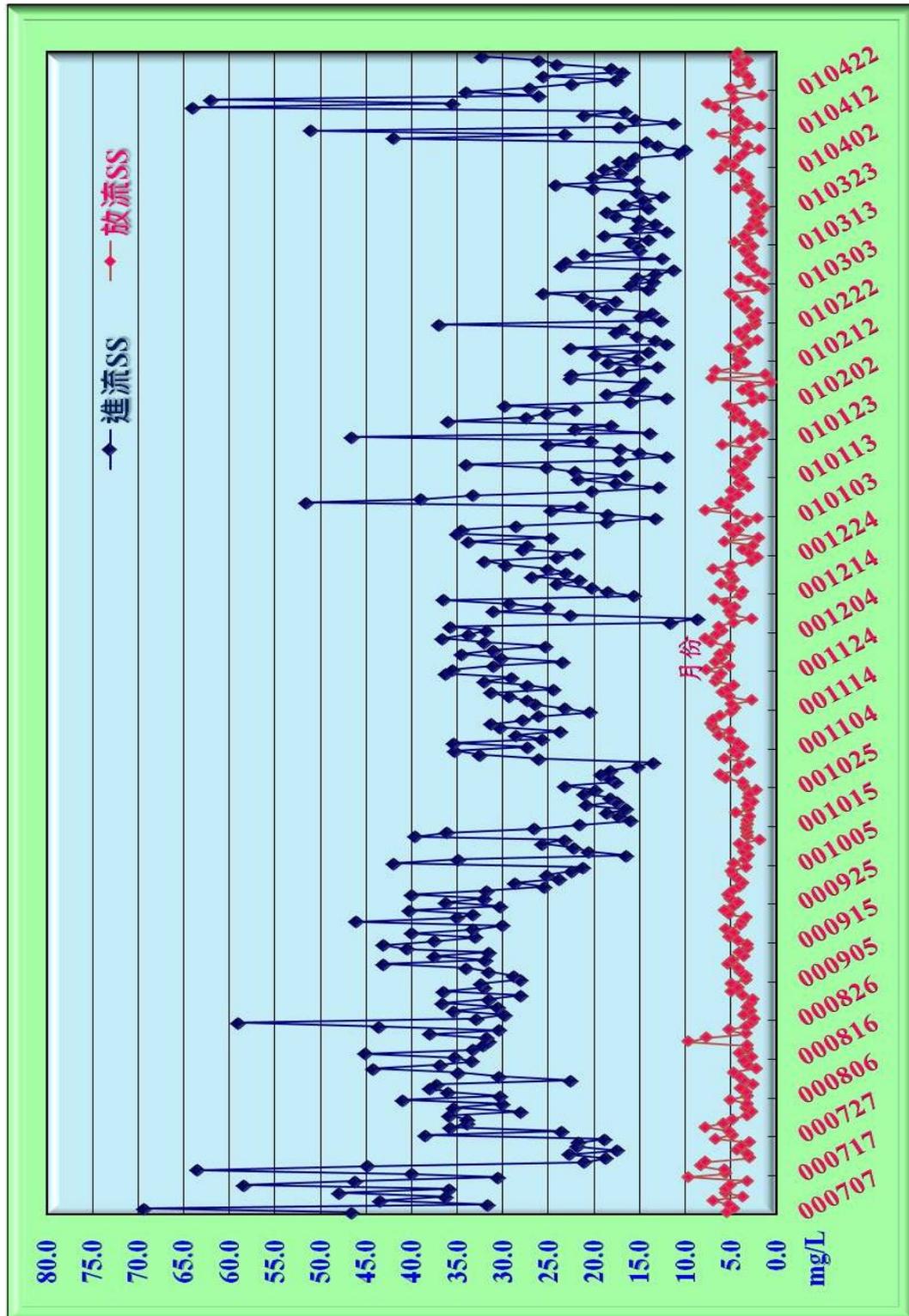


圖 3.2-19 石岡壩廠進流水與放流水懸浮固體 (SS)

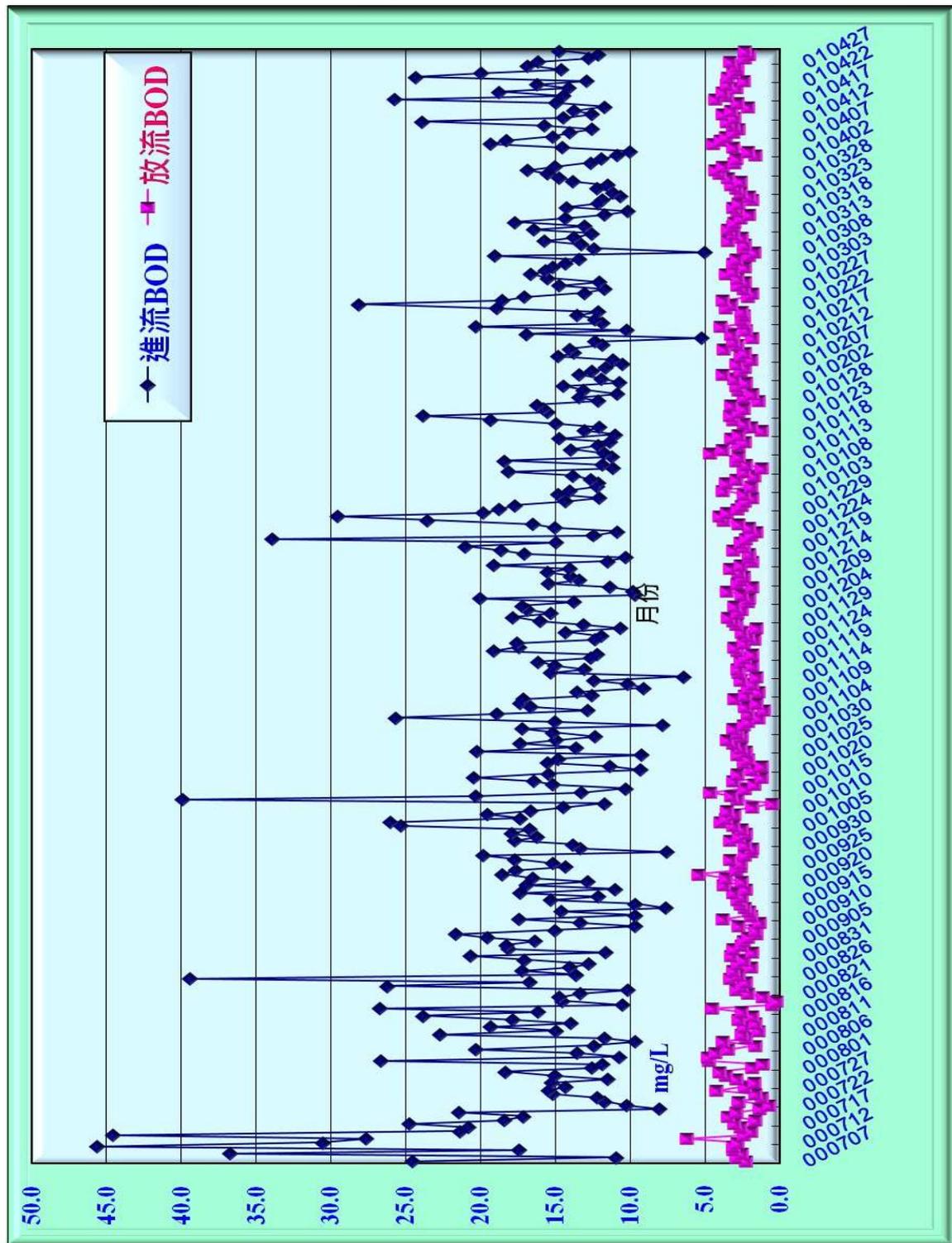


圖 3.2-20 石岡壩廠進流水與放流水生化需氧量 (BOD)

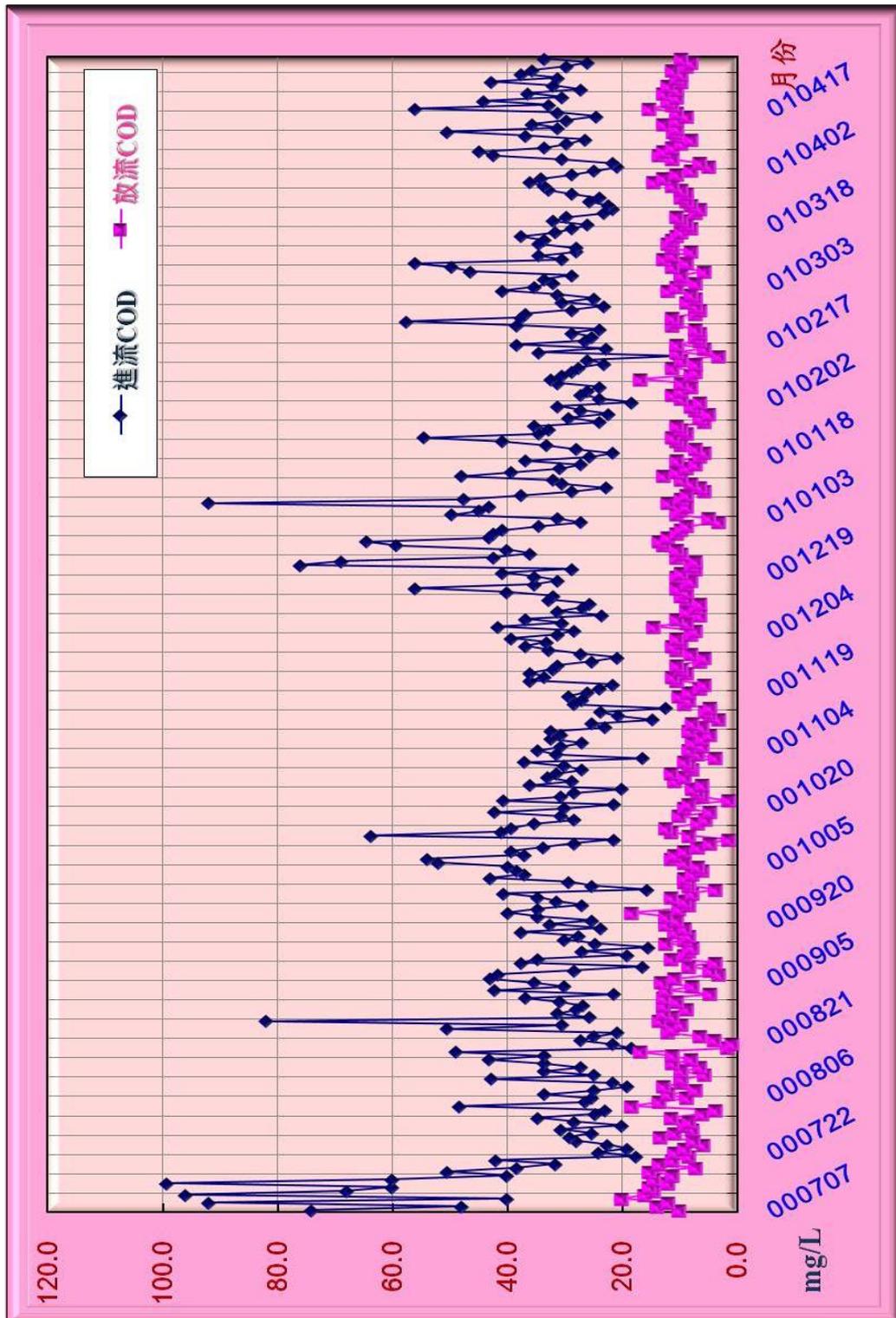


圖 3.2-21 石岡壩廠進流水與放流水化學需氧量 (COD)

3.2.3 臺中港專區水資源回收中心現況與分析

一、地理位置與下水道收集系統

台中港港特區境內由北而南有大甲溪及烏溪(俗稱大肚溪)等二條主要河川(詳圖 2.4-7)，此等河川有一共同特性，即年流量豐沛，但分佈不均勻，且河川陡坡度大，自然貯蓄能力差，使得大部份雨水皆洩流入海造成枯水期之缺水現象。此外，台中港特定區西面臨台灣海峽，區域河川最終亦排入此區域。

目前台中港特定區內已設有抽水站及污水處理廠，並以收集、處理關連工業區所排放之廢水為主，其中抽水站位於臨港路旁，污水處理廠則位於台中港特定區南側(烏溪口，屬龍井鄉麗水村)，其水資源回收中心收集系統之收集範圍詳圖 3.2-22。

二、水資源回收中心之建設及背景

臺中港專區為政府為促進臺灣中部地區發展，配合推動十大建設之一臺中港而開發本工業區，本區由浚港工程處施工，抽海砂填土而成，屬一般綜合性工業區，預定開發面積為 560 公頃，分三期進行，目前僅於 68 年 10 月完成第一期，面積 143 公頃，廠區內主要進駐廠商以紙及紙製品、食品、紡織、金屬製品製造業及機械等工業為主，目前納管廠商 85 家，工廠污水納管率為 99%以上。特定區於民國 85 年完成一座污水處理廠(現為『臺中港特定區水資源回收中心』)以處理本區各工廠排放之工業廢水及一般生活污水，廢污水經收集於區內臨港路旁污水抽水站，將廢水集中經壓力管線導入 5.5 公里外之「臺中港特定區水資源回收中心」處理，再放流到最終承受水體海洋，位置圖如圖 3.2-23 所示。



圖 3.2-23 臺中港特定區廠位置圖

臺中港特定區水資源回收中心位於臺中市龍井區龍港路 901 號，水資源回收中心(及抽水站)於 91 年 2 月起由原臺中縣政府(合併後為臺中市政府)負責管理，並委由民間專業機構進行代操作。本資源回收中心為一完整二級污水處理廠，目前主要處理臺中市關連工業區廠商排放之廢污水及鄰近之梧棲國宅等生活污水。水資源回收中心位置圖如圖 3.2-23 所示。

臺中港特定區水資源回收中心佔地 1.8 公頃，採用二級生物處理，其污水處理廠設計處理水量與進流水質如表 1 所示，設計處理容量為每日 10,000 CMD，最大處理量每日 12,000 CMD，BOD 230 mg/L，SS 230 mg/L。目前臺中港特定區水資源回收中心處理量約每日 3,000~4,000 CMD，其污水量來源有二，其一為鄰近之梧棲國宅生活污水，其二為關連工業區廠商排放之廢污水，轄區內之工業區廢水來源，主要有食品飼料業，橡塑膠業之冷卻廢水，及其它行業之生活污水等。

表 3.2-7 臺中港特定區水資源回收中心設計處理水量與進流水質

	平均日流量			最大日流量		
	流量 CMD	SS mg/L	BOD mg/L	流量 CMD	SS mg/L	BOD mg/L
進流污水	10,000	230	230	12,000	230	230

三、處理流程及廠區配置

水資中心因主要處理關連工業區之工業廢水及一般生活污水居多，主要污染物為可生物分解之有機物，故處理方式以生物處理為主，其處理流程可分為物理處理系統、生物處理系統、污泥處理系統、放流水消毒系統、除臭設備系統等五大部分，其流程如圖 3.2-24 所示。其他部份如廠區平面配置圖，分別如圖 3.2-25 所示，圖 3.2-26 為廠區各段污水處理單元照片等。

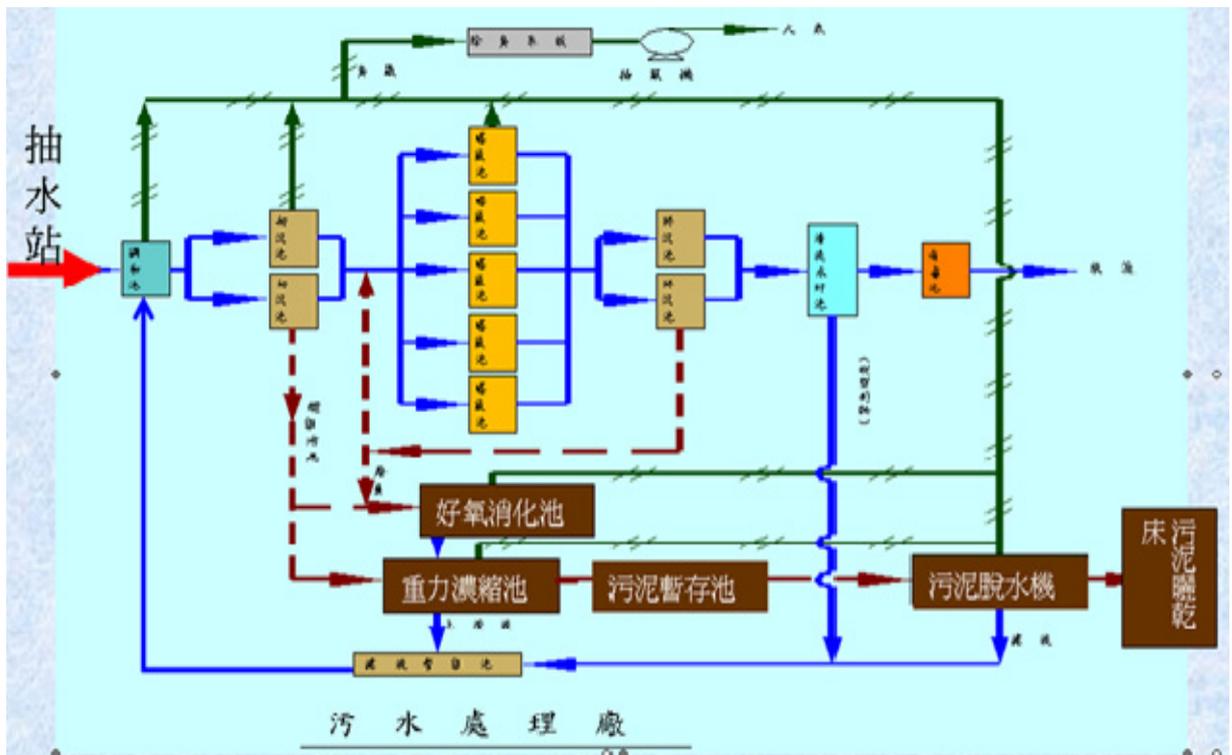


圖 3.2-24 處理流程圖

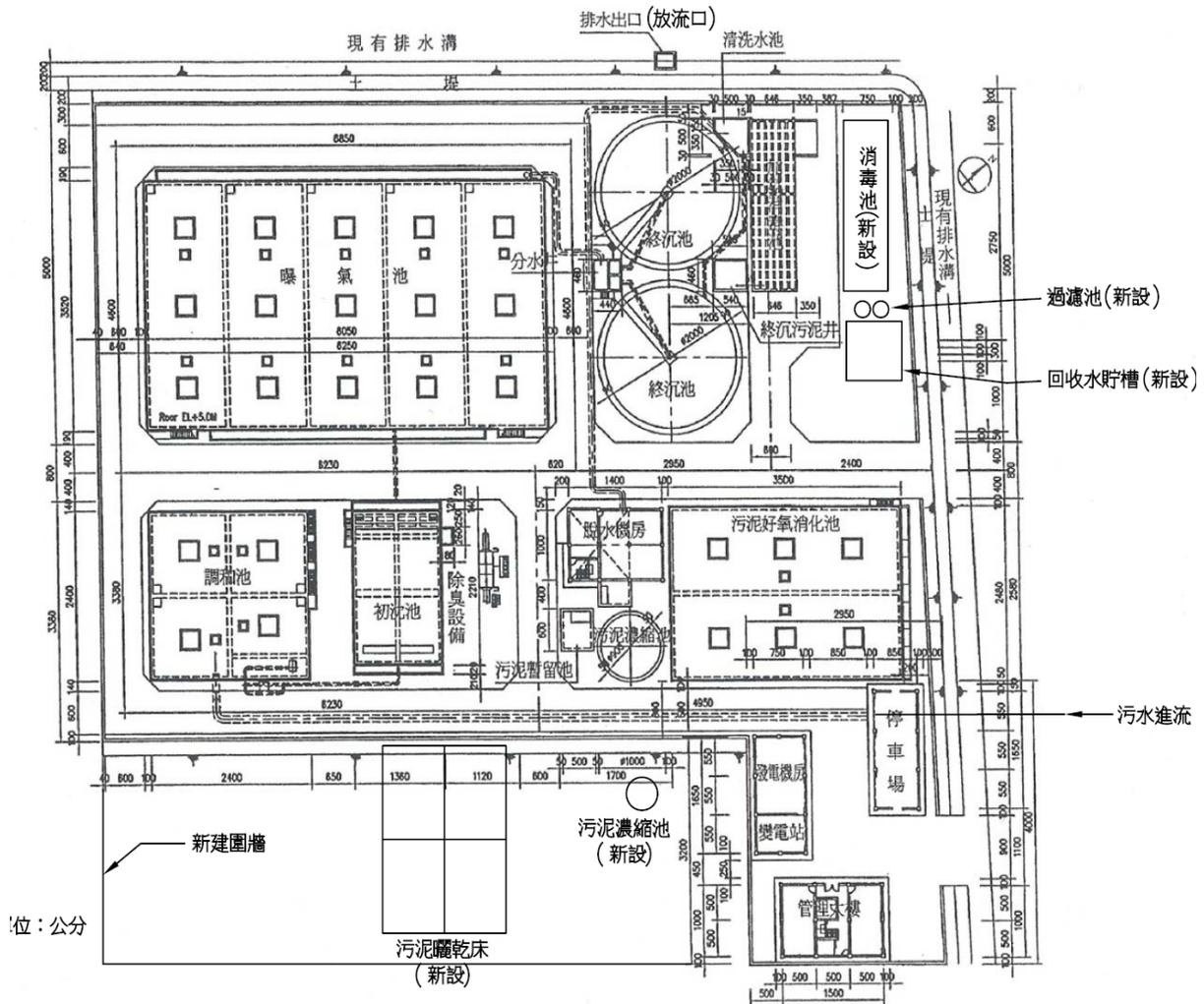


圖 3.2-25 臺中港特定區水資源回收中心廠區平面配置圖

四、水質水量資料及再利用潛勢分析

(一) 歷史水量水質資料

臺中港特定區歷史水量水質資料如表 3.2-8 所示，放流水標準亦列於表 3.2-8 中。相對照本廠歷史水量水質在處理水量方面，於建廠完成初期處理水量達 7,000~8,000 CMD，後因產業外移及人口外流等因素，致使處理水量銳減，直至目前處理水量約在 3,000~4,000 CMD 之間。

民國 91 年起，放流水質雖尚符合放流水標準，但接近於標準，直至民國 93 年後，放流水質較趨於穩定，COD < 50 mg/L、BOD < 20 mg/L、SS < 15 mg/L。於民國 97、98 年後處理後水質更佳，COD < 30 mg/L、BOD < 10 mg/L、SS < 10 mg/L。



圖 3.2-26 廠區各段污水處理單元照片

表 3.2-8 臺中港特定區廠歷史水質水量及污水排放標準對照表

	放流水	進流設計值	放流水標準
流量 (M ³ /日)	3,500	10,000	-
SS (mg/L)	< 10	230	30
BOD (mg/L)	< 10	230	30
COD (mg/L)	< 30	-	100
pH	6.0~7.5	-	6.0~9.0

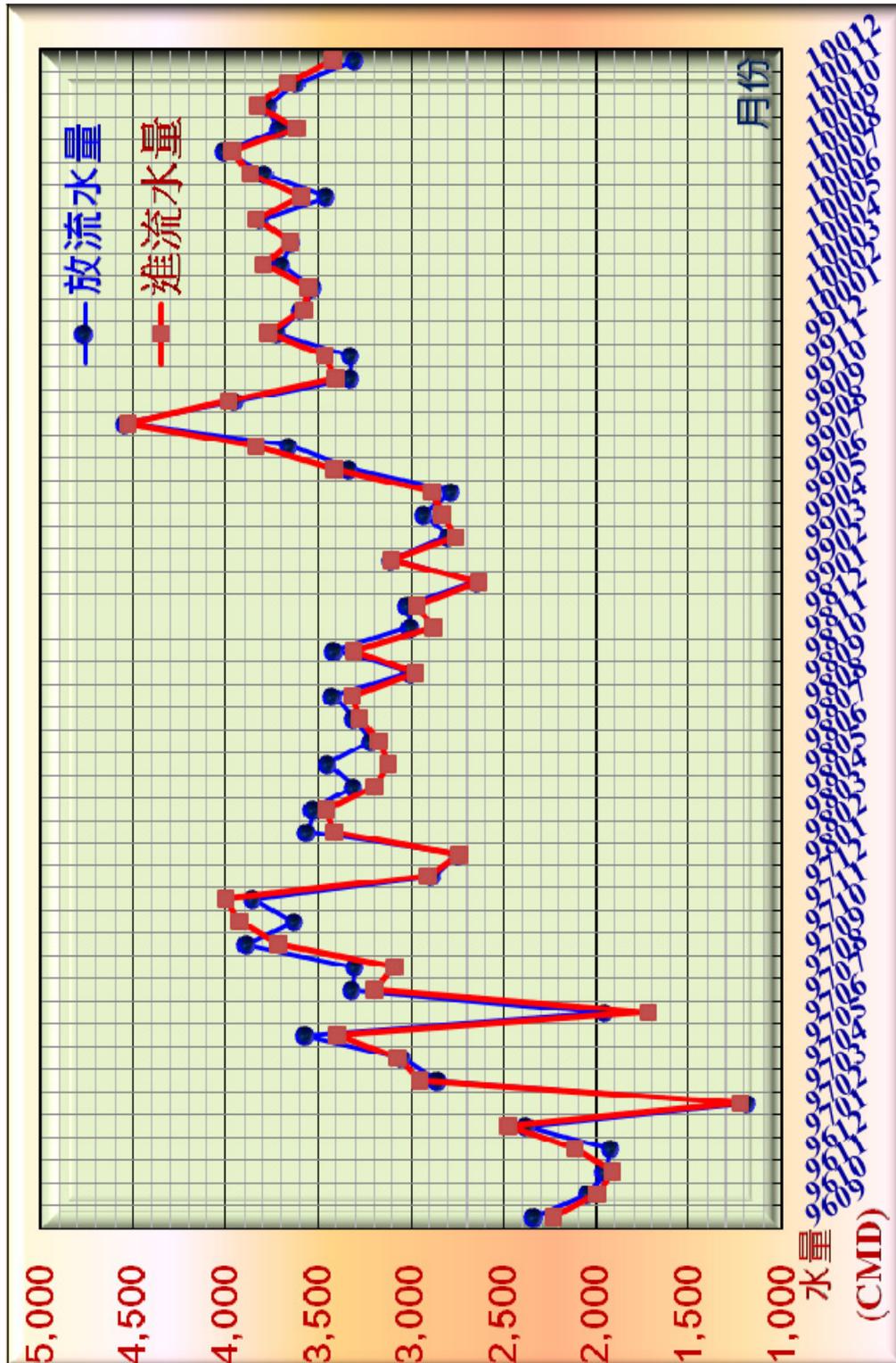


圖 3.2-27 臺中港特定區廠進流水與放流水流量

(二) 歷史水質資料分析：

1. SS：進流 SSS 濃度值 (圖 3.2-28) 在 50 ~ 260 mg/L 間變動，民國 99 年 12 月高達 450 mg/L，而放流水中 SS 濃度則穩定低於 20 mg/L，平均濃度值為 6.3 mg/L，最小濃度值為 2.0mg/L，最大濃度值為 19.0 mg/L (放流水標準為 30 mg/L)。
2. BOD：進流水 BOD 濃度值則在 148 ~ 432 mg/L 間波動 (圖 3.2-29)，民國 96 年後濃度值約在 150 以上 mg/L，大部分時間高於設計值 180 mg/L，而放流水 BOD 濃度值亦穩定低於 9.0 mg/L，平均濃度值為 6.0 mg/L，最小濃度值為 2.7 mg/L，最大濃度值為 8.6 mg/L (放流水標準為 30 mg/L)。
3. COD：進流水 COD 濃度值波動值約在 240 ~ 860 mg/L 之間 (圖 3.2-30)，大部分時間高於設計值。放流水的 COD 濃度值穩定低於 32 mg/L，平均濃度值為 20.1 mg/L，最小濃度值為 10.0mg/L，最大濃度值為 32.0mg/L (放流水標準為 100 mg/L)。

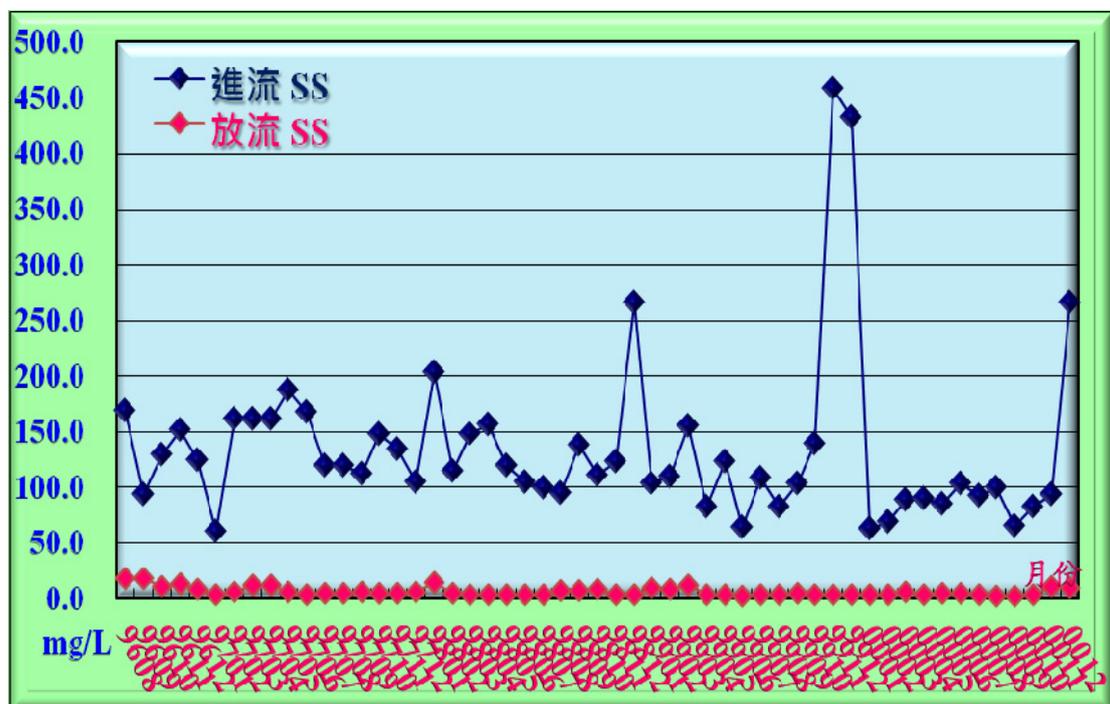


圖 3.2-28 臺中港特定區廠進流水與放流水懸浮固體 (SS)

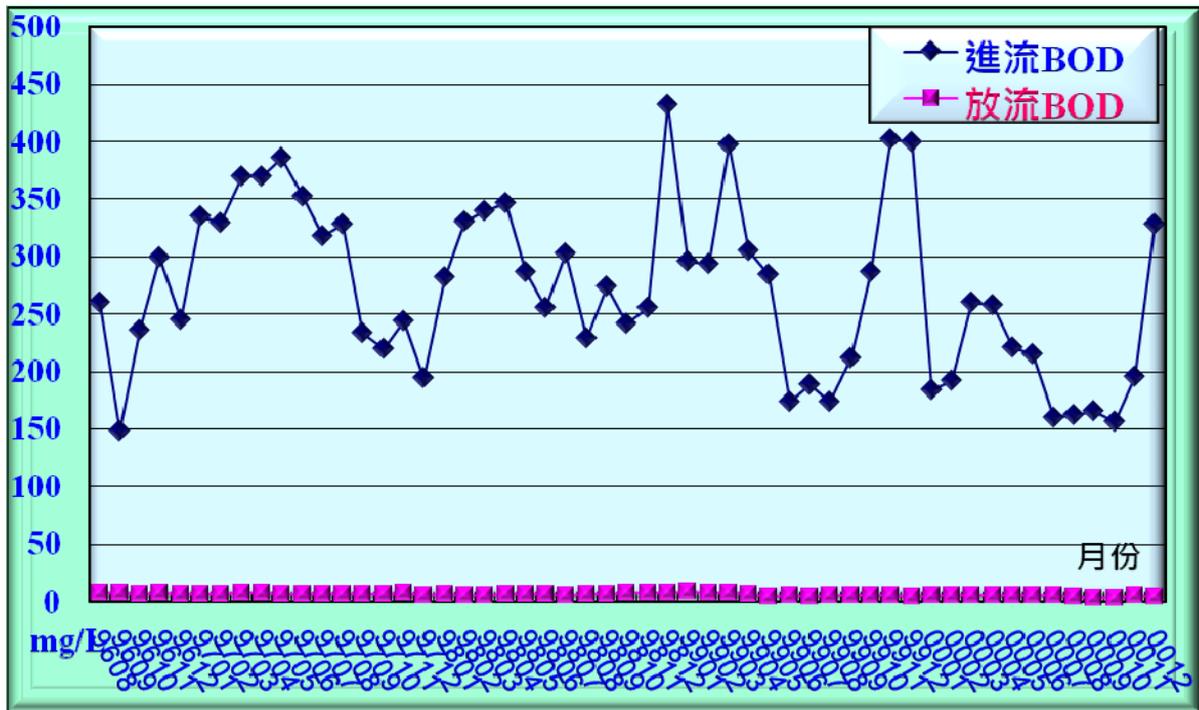


圖 3.2-29 臺中港特定區廠進流水與放流水生化需氧量 (BOD)

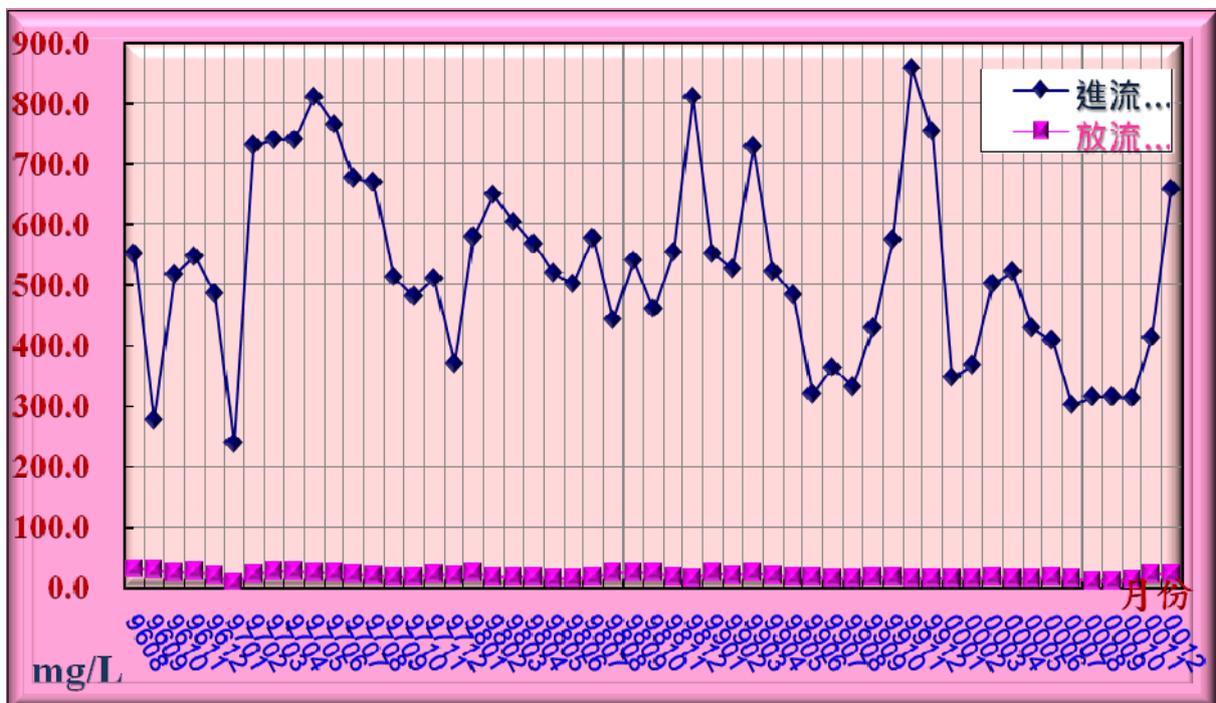


圖 3.2-30 臺中港特定區廠進流水與放流水化學需氧量 (COD)

3.2.4 梨山、環山水資源回收中心現況與分析

一、地理位置

梨山水資源回收中心位於梨山風景特定區內，屬於台中市和平區之梨山地區，海拔近 2,000 公尺，與雪霸及太魯閣國家公園相鄰，位於東西橫貫公路台八線沿線。服務範圍以梨山市街為中心，東至松柏村一帶，西至加油站以西約 150 公尺處，南至山地文物陳列館，北以中橫公路宜蘭支線(台七甲線)下側 30 公尺至 90 公尺處為界，計畫區域面積為 141.25 公頃。

環山水資源回收中心位於梨山風景特定區內，屬於台中市和平區之環山部落，海拔近 1,600 公尺，與雪霸及太魯閣國家公園相鄰，位於台七甲線沿線。污水收集區域以環山部落為中心，北迄電信代辦處以北約 250 公尺山腹，南至平等國小以南約 80 公尺處為界，東面以環山聯外道路東側約 40 公尺處為界，西南以現有聚落以西約 100 公尺處為界，計畫面積約 16.14 公頃。

二、水資源回收中心之建設及背景

梨山水資源回收中心座落於和平區梨山段 656、656-2 及 656-3 地號等三筆土地，地屬山坡地保育區內之特定目的事業用地及交通用地，基地面積共計 0.9076 公頃。目前梨山地區戶籍人口數約 2,000 人，計畫目標年為民國 115 年，計畫目標年人口數為 2,500 人，位置圖如圖 3.2-31 所示。

環山水資源回收中心座落於台中市和平區環山段，地屬山坡地保育區內之特定目的事業用地及交通用地，基地位置如圖 4.1-1 所示。而本中心係以民國 115 年為計畫目標年，計畫目標年人口數為 1,100 人，位置圖如圖 3.2-32 所示。



圖 3.2-31 梨山水資源回收中心位置圖



圖 3.2-32 梨山、環山廠位置圖

梨山及環山水資源回收中心處理的廢(污)水主要以家庭產生的生活污水為主，另有旅客餐飲與住宿產生之廢水來源，因放流水最終承受水體屬水源水質保護區，故須針對氮磷之去除特別考量，其污水處理廠設計處理水量與進流水質如表 3.2-9 所示，梨山水資源回收中心處理容量為每日 610 立方公尺，最大處理量每日 1,060 立方公尺，BOD 190 mg/L，SS 190 mg/L，COD 380 mg/L，T-N 40 mg/L，T-P 6 mg/L，油脂 40 mg/L，大腸桿菌群 107 CFU/100mL；環山水資源回收中心處理容量為每日 400 立方公尺，最大處理量每日 480 立方公尺，BOD 176 mg/L，SS 176 mg/L，COD 370 mg/L，T-N 40 mg/L，T-P 6 mg/L，油脂 30 mg/L，大腸桿菌群 107 CFU/100 mL。

表 3.2-9 梨山、環山水資源回收中心設計處理水量與進流水質

設計水量 進流水質	環山水資源回收中心		梨山水資源回收中心	
	400M ³ (平日)	480 M ³ (最大日)	610M ³ (平日)	1,060 M ³ (最大日)
pH	6~9	6~9	6~9	6~9
BOD (mg/L)	176	176	190	190
SS (mg/L)	176	176	190	190
COD (mg/L)	370	370	380	380
T-N (mg/L)	40	40	40	40
T-P (mg/L)	6	6	6	6
油脂 (mg/L)	30	30	40	40
大腸桿菌群 (CFU/100mL)	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷	10 ⁷

三、處理流程及廠區配置

梨山及環山水資源回收中心污水處理流程之設計，除須考量放流水符合環保署公告最新之放流水標準外，因放流水最終承受水體屬水源水質保護區，故須針對氮磷之去除特別考量，因此於生物處理單元

採用缺氧搭配接觸曝氣生物法來進行脫氮除磷，利用氨氮於好氧狀態下先硝化成 $\text{NO}_3\text{-N}$ 及 $\text{NO}_2\text{-N}$ ，再迴流至缺氧環境中進行脫氮作用。而針對磷的去除，則是利用缺氧區提供微生物釋磷條件，並貯存能量，於好氧區則消耗能量及吸收磷，再於後續二級沉澱池中沉降去除，以達到從污水中去除磷之目的。為確保放流水之磷符合標準，於生物處理單元後再設置除磷效果穩定較易控制化學混凝單元，利用額外添加藥劑來進行混凝沉澱以去除磷，以確保放流水總磷濃度符合規定，其流程如圖 3.2-33 及 3.2-34 所示。其他部份如廠區平面配置圖，分別如圖 3.2-35 及 3.2-36 所示，圖 3.2-37 及 3.2-38 為廠區各段污水處理單元照片等。

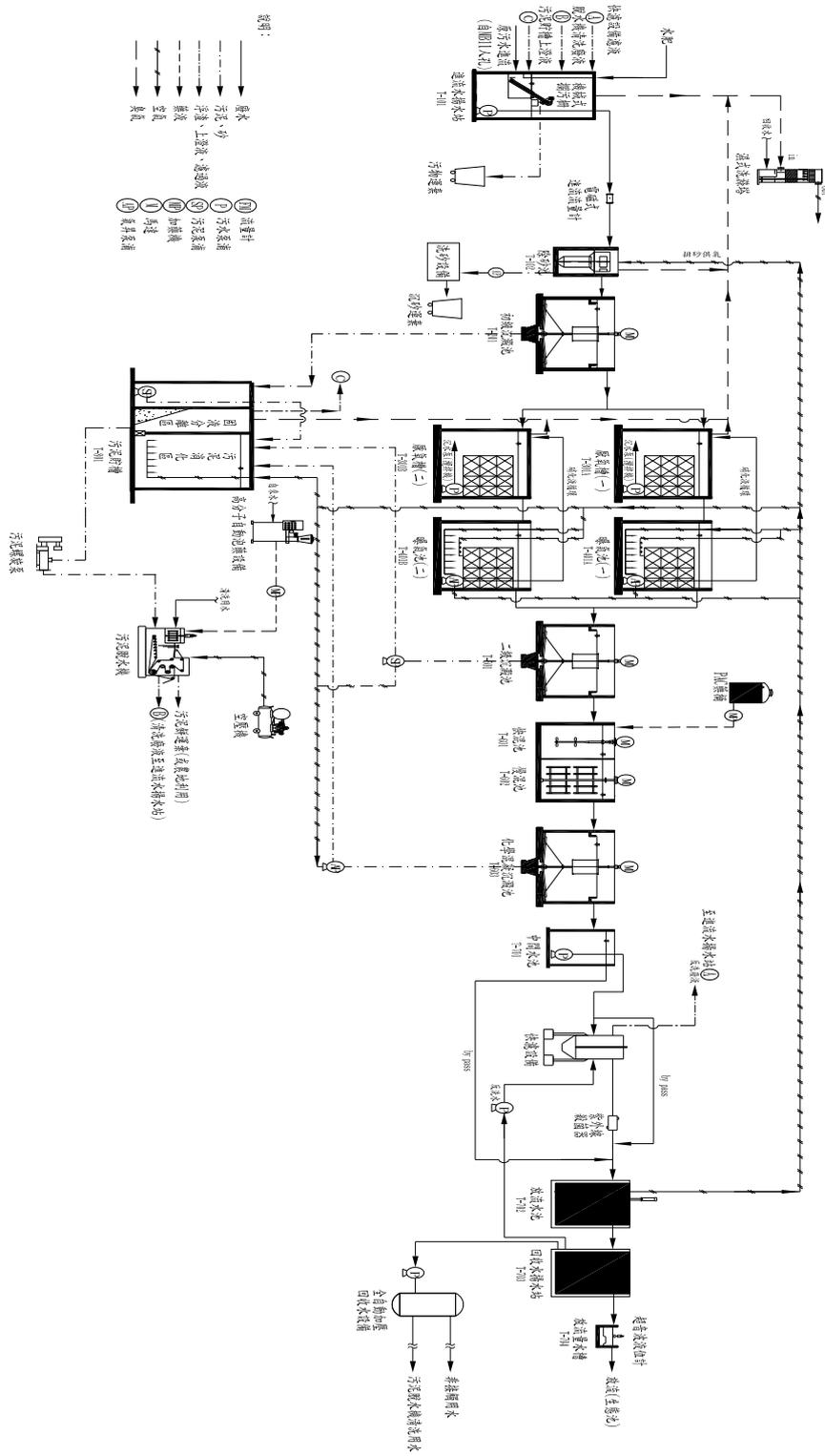


圖 3.2-34 環山水資源回收中心水資源回收中心污水處理流程圖



圖 3.2-35 梨山水資源回收中心廠區平面配置圖

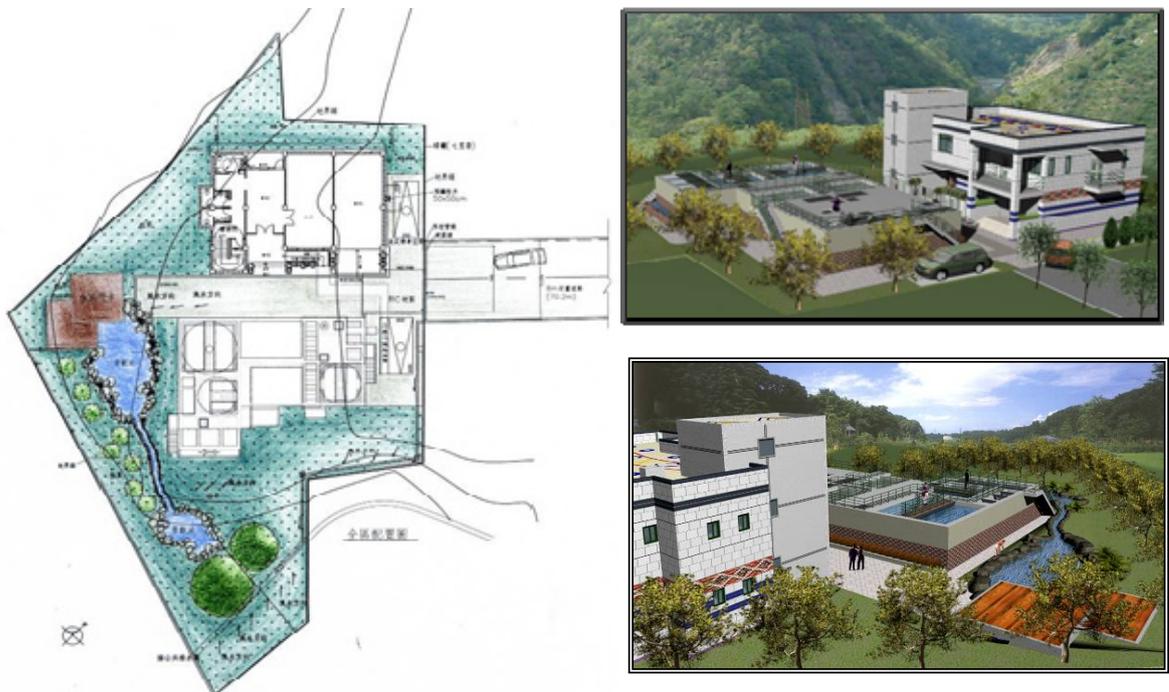


圖 3.2-36 梨山水資源回收中心廠區平面配置圖



圖 3.2-37 梨山水資源回收中心現況照片圖



圖 3.2-38 環山水資源回收中心現況照片圖

四、水質水量資料及再利用潛勢分析

(一)歷史水量水質資料

近年由於梨山地區人口數量流失，加上遊客數銳減之情況下，統計 100 年 1 月至 100 年 12 月期間之污水處理量，彙整如表 3.2-10 所示。表中顯示目前梨山地區污水產生處理量約為 73.7 CMD，放流量平均為 73.1 CMD 此處之處理量與設計處理量仍保留有相當之餘裕量。

表 3.2-10 梨山水資源回收中心處理水量統計表

流量 月份	梨山平均處理量 (CMD)	
	進流水量	放流水量
1 月份	71	70
2 月份	77	76
3 月份	70	69
4 月份	77	77
5 月份	73	73
6 月份	77	77
7 月份	70	69
8 月份	75	75
9 月份	65	65
10 月份	72	71
11 月份	79	78
12 月份	78	77
平均	73.7	73.1
設計處理量	610 CMD	

近年於環山地區人口數量無大幅變動之情況下，茲列舉營運期間污水處理統計數據，彙整如表 3.2-11 所示。表中顯示目前環山地區之污水產生處理量約為 142 CMD，放流量平均為 141 CMD，此處之處理量與當時之設計處理量仍保留有相當之餘裕量。

表 3.2-11 環山水資源回收中心處理水量統計表

月份 \ 流量	環山平均處理量 (CMD)	
	進流水量	放流水量
1 月份	124	123
2 月份	143	142
3 月份	147	146
4 月份	138	137
5 月份	153	152
6 月份	170	169
7 月份	147	146
8 月份	148	147
9 月份	111	110
10 月份	168	167
11 月份	129	128
12 月份	130	129
平均	142.4	141.4
設計處理量	400 CMD	

(二) 歷史水質資料分析：

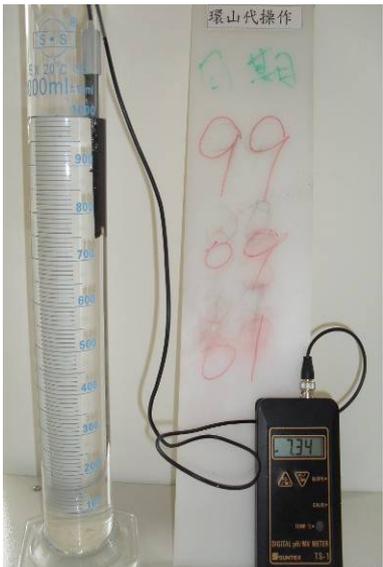
依據歷年水質統計資料顯示（表 3.2-12），梨山水資源回收中心之污水處理成效均相當良好，放流水水質均有達到當初設計之放流水標準質；尤其在懸浮固體及生化需氧量方面，更已達環保署公告之回收水標準值，水質外觀極為清澈。

據歷年水質統計資料顯示（表 3.2-13），環山水資源回收中心其處理成效相當良好，放流水水質均有達到當初設計之放流水標準質；尤其在懸浮固體及生化需氧量方面，更已達環保署公告之回收水標準值，水質外觀極為清澈。

表 3.2-12 梨山水資源回收中心放流水質統計表

水質項目 月份	SS (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	E.coli (CFU/100ml)	放流水水質外觀
1 月份	4.3	4.0	7.1	9.3E+03	
2 月份	5.0	4.2	6.0	4.8E+04	
3 月份	5.0	4.1	7.1	2.1E+04	
4 月份	5.0	5.4	6.9	1.0E+04	
5 月份	4.5	4.3	6.4	2.0E+04	
6 月份	4.4	5.8	7.3	1.4E+04	
7 月份	4.6	5.3	7.7	2.8E+03	
8 月份	5.3	5.1	7.9	6.9E+03	
9 月份	5.3	4.8	7.5	7.3E+02	
10 月份	5.3	6.3	7.8	1.1E+04	
11 月份	4.0	4.9	8.3	8.2E+03	
12 月份	4.7	4.8	7.2	7.0E+03	
平均	4.8	4.9	7.3	1.3E+04	
排放標準	20.0	20.0	80.0	2.0E+05	

表 3.2-13 環山水資源回收中心放流水質統計表

水質項目 月份	SS (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	E.coli (CFU/100ml)	放流水水質外觀
1 月份	4.3	3.5	10.1	4.3E+03	
2 月份	4.2	3.4	9.8	4.2E+03	
3 月份	4.4	3.5	10.8	4.0E+03	
4 月份	4.1	3.5	10.5	3.9E+03	
5 月份	4.4	3.5	10.4	3.7E+03	
6 月份	4.3	3.5	10.0	3.7E+03	
7 月份	4.4	3.5	10.3	3.9E+03	
8 月份	4.5	3.5	10.7	4.0E+03	
9 月份	4.1	3.4	10.6	3.5E+03	
10 月份	3.9	3.4	10.0	4.5E+03	
11 月份	4.0	3.4	10.0	4.2E+03	
12 月份	4.2	3.3	9.9	4.3E+03	
平均	4.2	3.5	10.2	4.0E+03	
排放標準	20.0	20.0	80.0	2.0E+05	

3.3 臺中市水資回收中心水回收再利用潛勢分析

3.3.1 水回收再利用潛勢產量分析

依本研究調查台中市現有操作營運中之水資源回收中心共 5 座，梨山、環山水資源回收中心因實際操作放流量太小，其可回收水量甚低，惟經處理後仍可回收供沖廁及公園綠地澆灌使用；而針對其他 3 座水資源回收中心放流水質，進行初步調查項目為 BOD、COD、SS 及 E. coli 四項，分析結果如表 3.3-1 所示。依據環保署最新修正頒佈之放流水標準，都市污水處理設施放流水流量大於 250CMD 者，放流水水質之生化需氧量、化學需氧量、懸浮固體物及大腸桿菌群分別不得大於 30 mg/L、100 mg/L、30 mg/L 及 2.0×10^5 CFU/100 mL。

針對水資源回收中心實際操作放流水水質與放流水標準之比值進行初步分析，所得的比值越小，其放流水再生利用的潛勢越大。

一、BOD 分析

台中市 5 座資源回收中心放流水與放流水標準之 BOD 比值(詳表 3.3-1)，以石岡壩水資源回收中心比值最小(0.09)，其次為福田水資(0.11)、環山(0.12)、梨山(0.16)、臺中港特定區(0.20)。

二、COD 分析

在 5 座資源回收中心放流水與放流水標準之 COD 比值，以梨山比值最小(0.07)，其次為福田水資及其石岡壩水資源回收中心(0.09)、環山(0.10)、臺中港特定區(0.20)。

三、SS 分析

分析 5 座資源回收中心放流水與放流水標準之 SS 比值，則以石岡壩、環山水資源回收中心比值最小(0.14)，其次為梨山(0.16)、福田水資(0.18)、臺中港特定區比值最大(0.18)。

四、E.coli 分析

分析 5 座資源回收中心放流水與放流水標準之 E.coli 比值，則以環山水資源回收中心比值最小(0.02)，其次為福田水資(0.05)、梨山(0.06)、臺中港特定區比值最大(0.15)。

台中市現有操作營運中之水資源回收中心針對水質部分之回收再利用潛勢分析如前述說明，其中以福田水資、石岡壩、環山及梨山處理後之放流水質較佳，最具回收再利用潛勢，而臺中港特定區其進流水質較差，因此處理後之放流水質亦稍高於其他水資中心，未來於回收再利用時須投入更多之處理費。

表 3.3-1 台中市水資源回收中心放流水質與放流水標準比較

水質項目 處理廠名稱	BOD (mg/L)		COD(mg/L)		SS(mg/L)		E.coli(CFU/100ml)	
	放流水質	標準值	放流水質	標準值	放流水質	標準值	放流水質	標準值
福田水資源回收中心	3.3	30.0	8.5	100.0	5.3	30.0	10,107	2.0E+05
石岡壩水資源回收中心	2.6	30.0	9.2	100.0	4.2	30.0	14,147	2.0E+05
臺中港特定區資源回收中心	6.0	30.0	20.1	100.0	6.3	30.0	30,960	2.0E+05
梨山水資源回收中心	4.9	30.0	7.3	100.0	4.8	30.0	12,570	2.0E+05
環山水資源回收中心	3.5	30.0	9.6	100.0	4.2	30.0	4,107	2.0E+05

註：(1) 比值：放流水質/放流水標準
(2) NA：無法分析、ND：無資料

3.3.2 水回收再利用潛勢產量分析

以目前臺灣現有水資源回收中心之（都市污水廠）放流水水質較佳且穩定，其再生處理程序不一定須使用薄膜系統(依使用之用途決定處理程序)，可避免濃縮液再處理或造成放流水 TDS 升高問題，因此可定義回收使用率為 100%，並假設設計處理水量即為「最大再生潛勢」。臺中市設計最大收處理量即為水回收再利用最大潛勢產量，水量分析整理如表 3.3-2 所示，因此臺中市水資源回收中心放流水現有最大再生潛勢為 109,010 CMD，其中最大者為福田水資源回收中心 73,000 CMD，其次為石岡壩水資源回收中心、台中港特定區水資源回收中心、梨山及環山地區水資源回收中心。而目前可再生潛勢量水量為 63,730 CMD，約佔最大再生潛勢量之 0.58，未來仍有增加之空間。

前述主要以水量為考量依據，若加以考量水質問題，則台中港特定區水資源回收中心因進流水質甚差（收集部分工業區廢水），因此於考慮回收再利用須考慮較複雜之處理程序，以確保水回收再利用之品質。

表 3.3-2 台中市水資源回收中污水處理及可再生潛勢量

No.	水資源回收中心名稱	最大可再生潛勢量水量 (CMD)	目前可再生潛勢量水量 (CMD)	目前可再生/最大可再生
1	台中港特定區水資源回收中心	10,000	3,500	0.35
2	環山地區水資源回收中心	400	130	0.33
3	梨山地區水資源回收中心	610	100	0.16
4	石岡壩水資源回收中心	22,000	5,000	0.23
5	福田水資源回收中心	73,000	55,000	0.58
合計 5 廠		109,010	63,730	0.58

第四章 台中市各水資中心放流回收再利用規劃

4.1 放流水回收再利用處理程序選用

放流水回收再利用處理系統包括處理設備、貯存設施及其供給管線配送系統。處理設備的組成依不同標的用途水質要求而異，而有不同的組合單元。水回收再利用貯存設施系統基本上須能提供使用端及供水端處於供需平衡的裝態，配送系統則包括管線、抽水或加壓站。有關各類水再生回收應用單元與污染物去除效果之相關性，詳如表 4.1-1。

4.1.1 放流水回收再利用設備處理單元

一、化學混凝沈澱

在水中添加混凝劑(如鋁鹽、鐵鹽、聚氯化鋁 PAC 與聚硫酸鐵 PFS 等)與懸浮物質形成膠羽，並吸附部份有機物質。化學混凝沈澱為給水及廢水處理中應用非常廣泛的技術，可降低原水濁度、色度、多種高分子有機物、特定重金屬及放射性物質。其優點為設備簡單、操作及維護容易、處理效果佳，以及間歇或連續運行均可；缺點為由於須不斷加藥，經常性運轉費用較高，以及產生污泥量較大處理或處置費用較高。

二、砂濾

放流水再利用基於用地考量，多半採用快濾池過濾。一般廢污水廠採重力式的砂濾，使流體通過 50 ~ 80 公分深的砂層(石英砂或無煙煤)藉以移除 50 ~ 100 微米以上之雜質，若改採壓力式砂濾，則佔地較小，操作濾速亦較高。砂濾可有效去除 SS，減緩後端薄膜之負荷與阻塞現象。本程序操作關鍵因子包括流速、濾料層排列、反沖洗時間、頻率與流量之控制，效能主要受到進水的 SS、濁度、COD、SCOD 等之影響。

表 4.1-1 水再生回收應用單元(處理二級或三級放流水)

活性碳電極	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	+	+	+
軟化	*	*	○	*	*	*	*	*	+	+	*	+	*
電透析	+	+	+	+	○	○	○	○	+	+	+	+	+
離子交換樹脂	*	*	+	○	*	*	○	+	*	+	+	+	+
RO	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
NF	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	○
UF	+	+	+	+	○	○	○	*	+	*	*	*	*
MF	+	○	+	+	○	○	○	*	+	*	*	*	*
UV	+	+	*	*	○	○	○	*	*	*	*	*	*
臭氧	+	+	*	*	+	○	+	○	*	*	*	*	*
加氯	+	+	*	*	○	○	○	○	*	*	*	*	*
除氮	*	*	○	○	*	○	○	+	○	*	*	*	*
浮除	○	*	+	+	*	*	○	○	○	+	○	*	*
活性碳吸附	+	○	+	+	+	+	○	○	+	*	*	*	*
表面過濾	○	*	+	+	*	○	○	*	+	*	*	*	*
超微細篩機	○	*	+	+	*	○	○	*	+	*	*	*	*
砂濾	○	*	+	○	*	○	○	○	+	*	*	*	*
加藥沉澱	+	*	+	○	+	+	+	*	+	+	○	*	*
	細菌	病毒	SS >10 μ m	SS <10 μ m	色度	BOD	COD	氮	磷	重金屬	輪度	二價以上離子	一價離子

註：1.改繪自 Metcalf and Eddy (2003)

2. +可有效移除 ○具移除效果但較不顯著 *不具效果或資料不足

三、活性炭

活性炭依形狀可分為粉末狀活性炭 (Powder Activated Carbon, PAC)、顆粒狀活性炭 (Granular Activated Carbon, GAC) 和纖維狀活性炭 (Activated Coal Fiber) 等 3 種，PAC 是指將活性炭粉碎後再經過篩分，多應用於混凝槽中增加脫色或吸附有機物之效率；GAC 常用於自來水或廢水廠之管柱吸附；纖維狀活性炭則是將活性炭製成纖維狀不織布，多使用於空氣污染控制設備。透過活性炭對有機物質之吸附，可降低 COD 或 TOC，使用缺點為當活性炭達飽和時，需定期更換或進行再生活化，成本昂貴。

四、浮除

浮除法為在水中通入或產生大量的微細氣泡，使其附著在懸浮顆粒上，造成密度小於水的狀態，再利用浮力作用，使懸浮顆粒浮於水面，達到固液分離的目的。最常使用的型式為加壓浮除，通入溶解空氣後，在減壓狀態下形成微細氣泡，而能捕捉水中懸浮物質，形成浮渣污泥。

五、表面過濾

表面過濾係以纖維、金屬、陶瓷、或塑料顆粒作為濾材，以求對懸浮固體有更高之移除率，目前有許多型式，如超微細篩機 (Microscreen)，其金屬篩網孔徑為 5~100 微米，可濾除二級或三級放流水中懸浮固體，在用地侷限之污水廠代替三級處理單元中砂濾池之功能，或作為薄膜前處理單元。

七、紫外光消毒

紫外光 (UV) 消毒系統屬於物理式處理，其利用 254 奈米之波長抑制菌體或病毒 DNA 形成，而達消毒效果，具有不需添加化學藥劑、不產生含氯致癌物等優點，消毒反應時間比加氯消毒短，設備載運及操作較安全等特點；缺點為清洗石英套管較為費時，設備用電量較多，且無法防菌再生等，但無直接危害人體之顧慮。紫外線燈種類可分為低壓低強度 UV 燈、低壓高強度 UV 燈、中壓高強度 UV 燈三種，一般多使用低壓強度 UV 燈，為 3 種強度 UV 燈之比較。

八、臭氧消毒

臭氧溶於水中時會自行分解成自由基 ($OH\cdot$ 及 $HO_2\cdot$)，其皆含有未成對的電子，所以反應性強，不但可催化臭氧的分解，亦能和水中金屬鹽類及有機物質反應，達到脫色脫臭之效果，同時透過氧化可以達到殺菌消毒之目的。另臭氧常被用來氧化酚類物質、農藥、色度、芳香族及脂肪族化合物、界面活性劑等，並可促進生物處理效率，但其成本高，甚少將有機物完全氧化 (轉變成 CO_2 及 H_2O)。

九、高級氧化法

在水中添加氧化劑產生 $OH\cdot$ 等自由基後，自由基可與污染物快速反應，破壞分子鍵而達到有機物礦化之效果；一般用於去除色度、毒性有機物、或其它生物難分解物質；常見程序包括臭氧曝氣、臭氧/UV、臭氧/ H_2O_2 、Fenton 法 (亞鐵鹽/ H_2O_2)、UV/ H_2O_2 等；其中臭氧與 UV (波長 365 奈米) 亦經常作為去除致病菌之用。。

十、離子交換樹脂

離子交換法係指利用離子交換樹脂去除水溶液中之正電或負電離子，利用樹脂具多孔網狀結構之特性，使溶液中的離子迅速擴散進入樹脂，進行固液間的交換反應，在純水處理裡常用來去除水中的溶解無機鹽類，亦可作為污水再利用的高級程序。可單獨搭配活性碳槽運用，或設於 RO 後端處理 RO 出水，以獲得更低電導度之純水；一般以孔徑較大的陽離子樹脂，去除帶懸浮顆粒、有機物、以及正電荷離子，再以陰離子樹脂去除帶負電荷之無機鹽類；另有螯合性樹脂可去除重金屬。

十一、電透析

電透析技術是利用不同特性的薄膜對水中的離子作分離選擇，水中離子的移動則是靠正負直流電來當吸引的驅動力。由數片陰離子與陽離薄膜所交互排列組成，於兩側設置電極，通電後造成電場。進流水中陽離子被陰極吸引而往陰極方向移動，但會被陰離子薄膜阻擋；而陰離子運動亦然，藉此電析方式可分離水中雜質；當進流水中離子濃度降低時 (即導電度降低)，電透析的效果亦降低。此技術適合處

理水質條件 TDS 含量 2,000 mg/L ~ 7,000mg/L 的鹹水，水中 TDS 太低，導電效果不佳；而水中 TDS 過高，所需電流愈強愈不經濟。

十二、微過濾膜 (MF) 與超過濾膜 (UF)

MF 與 UF 常作為逆滲透之前處理程序。MF 膜孔徑分佈在 10^2 至 10^3 奈米之間，操作壓力約為 30 ~ 300 kPa，UF 膜孔徑分佈則在 10^1 至 10^2 奈米間，操作壓力約為 50 ~ 700 kPa，可有效移除懸浮固體、致病菌、大分子物種等，然因薄膜甚易被堵塞，而使效能降低，需與適當前處理之搭配，如前述之砂濾或表面過濾，以減緩有機物於膜面上之堆積。其中 UF 可達到較 MF 高的膠體去除率，並去除蛋白質等大分子，產水的淤泥密度指數 (SDI) 值較低，故處理性質複雜的工業廢水時，可對 RO 提供較好保障。MF 與 UF 之效能主要受到進水之 SS、濁度、COD、油脂等之影響，而所對應之效能值包括產水的濁度、濾速、透膜壓差與回收率、逆洗頻率等。

十三、奈米過濾膜(NF)與逆滲透 (RO)

不同於 MF/UF 膜，RO 膜屬於半滲透膜，對水中之溶解固體 (重金屬、陰離子、小分子有機物) 有極高去除率；與 MF/UF 類似，其操作時亦面臨各類堵塞與清洗頻率之控制，以及其濃縮液之處理。如處理進水來自單一製程，則濃縮液中的原物料尚可進行回收；若為一般性廢水，則需在符合放流水標準之前提下，與放流水一起排放，或採結晶蒸發、真空濃縮等處理方式將水份移除，再當作固體廢棄物處理。

十四、薄膜生物反應器

膜生物反應器 (Membrane Bioreactors, MBR) 是由薄膜單元和生物單元組合而成的一種創新技術，具有多重優點使其日趨受到重視，已逐漸取代傳統生物處理程序，MBR 兼具薄膜過濾與生物降解能力之廢水處理系統，其包含曝氣槽(生物反應)與二沉池(固液分離)之功能，可濃縮污泥而節省沉降槽空間，轉作裝設水回收再利用設備之用地，合併廢水處理與水回收再利用程序於一體。MBR 主要優點在於可以改善傳統活性污泥系統經常受限於污泥沉降性難以提升操作容量與操作

效能之窘境，另依據不同的生物反應機制，可分類為好氧型與厭氧型；依據不同的反應槽型態，又可分類為沉浸式與外掛式兩種。

4.1.2 放流水回收再利用組合處理程序

水再生處理方法包括生物處理、物化處理及薄膜處理等方式，不同的用途水回收再利用應有不同處理程序，以處理至可滿足所需水質要求，表 4.1-2 為使用各種不同單元操作組合及可達到的處理目標。對於無法使用氯消毒的清況，如做為澆灌用水、農業用水等，UV 消毒是可以用來代替氯消毒。

表 4.1-2 各種不同處理單元組合處理效果

典型出流水水質，除濁度(NTU)外，其餘為 mg/L							
處理程序	SS	BOD ₅	COD	Total N	NH ₃ -N	PO ₄ -P	Turb
活性污泥+顆粒介質過濾	4-6	< 5-10	30-70	15-35	15-25	4-10	0.3-5
活性碳+顆粒介質過濾+活性碳吸附	<5	<5	5-20	15-30	15-25	4-10	0.3-3
活性污泥/消化，一階段	10-25	5-15	20-45	20-30	1-5	6-10	5-15
活性污泥/消化/脫氮，分階段	10-25	5-15	20-35	5-10	1-2	6-10	5-15
活性污泥中加金屬鹽+消化/脫氮+過濾	< 5-10	< 5-10	20-30	3-5	1-2	< 1	0.3-2
生物除磷 ^a	10-20	5-15	20-35	15-25	5-10	< 2	5-10
生物去氮及除磷 ^a +過濾	< 10	< 5	20-30	< 5	< 2	< 2	0.3-2
活性污泥+顆粒介質過濾+活性碳吸附+逆滲透	< 1	< 1	5-10	< 2	< 2	< 1	0.01-1
活性污泥/消化-脫氮及除磷+顆粒介質過濾+活性碳吸附+逆滲透	< 1	< 1	2-8	< 1	< 0.1	< 0.5	0.01-1
活性污泥/消化-脫氮及除磷+MF 薄膜+逆滲透	< 1	< 1	2-8	< 0.1	< 0.1	< 0.5	0.01-1

資料來源：Metcalf and Eddy,2003

參酌國內水回收再利用相關實際應用及案例，水回收再利用可分為工業、農業及民生用水等幾部分，並針對各不同用途研擬最佳處理方案，相關說明如下：

一、工業用水

由於工業製程的用水受廠址特性條件影響甚大，水回收再利用水質需達到各工業用水要求，通常須使用薄膜系統程序。再生水以利用於補充冷卻用水為宜，其關鍵議題為降低腐蝕、結垢、生物積垢及菌藻困擾等問題，因此水回收再利用的處理需去除殘留有機物、氨氮、磷、導電度、TSS、TOC 及溶解性固體物 TDS（鈣、鎂、矽與磷酸鹽等）。石灰-蘇打灰軟化系統能有效處理溶解性固體物，離子交換、電透析及薄膜系統能有效去除 COD、導電度、TOC 及重金屬等，而採用薄膜系統則需考慮濃縮液處置問題，其建議最佳處理技術可為：

- (一) 二級處理→砂濾→薄膜系統→消毒→回收水
- (二) 二級處理→砂濾→薄膜系統→高級氧化→消毒→回收水
- (三) 二級處理→砂濾→活性碳吸附→離子交換→消毒→回收水
- (四) 二級處理→化學混凝沉澱→砂濾→電透析→消毒→回收水
- (五) 二級處理→化學混凝沉澱→砂濾→離子交換→電透析→消毒→回收水
- (六) 二級處理→化學混凝沉澱→砂濾→薄膜系統→消毒→回收水

二、農業灌溉用水

氨氮、導電度及鈉吸收率（SAR）為影響農業灌溉再利用的重要因素。考量營養鹽之類物質本為農作物營養源，使用含有適量營養源水源進行農田灌溉，對農作物生長及產量具有一定效益；但高營養源的含量之長期灌溉農作物，則此營養源便可能引起危害，導致農作物生長、產量的下降。另若採用噴灑灌溉，SS 濃度必須小於 30mg/L，以避免阻塞噴頭，而長期灌溉的導電度應小於 750 μ mhos/cm，一般二級處理放流水應無導電度過高疑慮，惟若以工業廢水為來源水時則須特別注意。倘若要達到總氮低於 3.0 mg/l 的標準，藉由生物處理單元較難達成，可增設薄膜/逆滲透單元，COD 及 TOC 有 70% 以上的去除率，氮磷營養鹽則有 90% 以上的去除率，但成本考量下，採用薄膜/逆滲透單元較不易執行。其建議最佳處理技術為可為：

- (一) 二級處理水→砂濾→氯/UV 消毒→回收水
- (二) 二級處理水→砂濾→活性碳→氯/UV 消毒→回收水
- (三) 二級處理水→生物硝化脫硝→砂濾→氯/UV 消毒→回收水

(四)二級處理→生物硝化脫硝→砂濾→活性炭→氯/UV 消毒→回收水

(五)二級處理水→砂濾→薄膜系統→氯/UV 消毒→回收水

三、民生用水

主要為供生活非飲用水使用，可包括沖廁用水、消防用水及清洗用水等，以不與民眾直接接觸為原則使用，降低對人體產生健康危害性。再生水質中 BOD、色度、餘氯及大腸菌類等項目為須加強處理的重點項目，針對 BOD 項目可加強二級處理程序中生物處理功能，以提高效率。在二級處理程序之後加入砂濾單元，可因應當二級生物處理發生膨化而效果降低時，以確保達到水質的標準及穩定。若為清洗或澆灌用水，可經 UV 消毒後直接使用，不宜貯留，以保障環境衛生安全。建議最佳處理技術可為：

(一)二級處理水→砂濾→氯/UV 消毒→回收水

(二)二級處理水→砂濾→活性炭→氯/UV 消毒→回收水

(三)二級處理水→砂濾→活性炭→臭氧→氯/UV 消毒→回收水

(四)二級處理水→砂濾→薄膜系統→氯/UV 消毒→回收水

4.2 各水資源回收中心放流水回收再利用規劃

4.2.1 福田水資源回收中心放流水回收再利用規劃

由於全球氣候變遷造成環境降雨不穩，時而乾旱時而暴雨造成水資源匱乏，在加以台中地區近年工商快速發展，用水量需求日增。

台中市福田水資源回收中心鄰近的工業區中，為中部科學工業園區台中基地、台中工業區與潭子加工口區等，而中科台中基地為用水大戶，居各工業區之冠。於民國 100 年時，因中科規劃用水量未來將成長至 14.5 萬 CMD，區域內之整體用水量會增加至 28 萬 CMD。而再稍遠處之工業區包括台中港加工出口區倉儲轉運專區、中港關聯工業區與台中港各專業區等，其用水量目前為 13.2 萬 CMD。以下資料來源為摘錄(水利署，2006)之研究計畫。

表 4.2-1 福田廠水回收再利用各種用途彙整

	工業 製程用水	工業 冷卻用水	澆灌、沖廁、河川 保育、濕地景觀	灌溉用水
最具潛力運用地點	中科台中基地	台中港 專業區	台中市中心	大里市北區
福田廠水回收再利用 可供應量 (CMD)	24,000	48,000	48,000	48,000
應符合之水質標準	飲用水標準	中水道二元供水系統水質標準、美國循環冷卻用水標準、 土壤處理標準		灌溉用水 標準

註：1. 「可供應量」係以福田廠放流水 50,000 每日立方公尺為基準。

資料來源：(水利署，2006)

依民國 95 年水利署之研究報告中已就福田廠放流水回收在利用後潛勢進行分析，表 4.2-2 福田廠水回收再利用作為各種用途之推測水質，除循環冷卻水鹼度比美國 EPA 建議值高外，其餘項目均符合其提出之水質標準。

一、工業用水

於「台中市福田水資源回收中心放流水再生利用研究(2006)」之研究報告中，對福田廠水回收再利用配送至該廠週圍 35 公里內各工業區作製程用水來源的可行性加以評估。在考量水回收再利用其使用經濟可行性、目前用水量與未來成長性等因素後，建議兩處可配送地點為中部科學工業園區台中基地及台中港專業區。

(一) 中科台中基地

中科台中基地園區約為 413 公頃，與福田廠直線距離為 15 公里，如以道路距離估算則約為 19 公里，高程差約 100 公尺。主要產業別為積體電路、電腦及週邊設備、通訊、光電、精密機械及生物技術為主。目前用水量較大之前四名分別為友達光電。中科台中基地目前水量資料顯示，96 年 9 月當月自來水累計使用量為 1,358,326 M^3 ，日平均 45,278 M^3 。因應可能發生之缺水，園區開發時即規劃設置有高架水塔及配水池，並對各廠商要求設置 3 天以上自來水儲量的貯水槽。

在廢(污)水處理部份，96 年 9 月當月廢污水排放量累計為 1,181,141 M^3 ，日平均 39,371 M^3 ，其排放水質要求為 BOD_5 20 mg/L、COD 80 mg/L、SS 20 mg/L，。

表 4.2-2 福田廠水回收再利用作為各種用途之推測水質

項目分類	水質項目	福田廠放流水 A	再生水預期水質再生程序			相關水質標準								
			工業製程用水 砂濾+UF+RO	循環冷卻與民生次及用水 砂濾+UV	灌溉用水 除氯+UV	放流水	飲用水	循環冷卻用水	中等壓力鍋爐用水	土壤處理	澆水澆灌	沖廁	景觀	灌溉用水
物理項目	pH	6.64	6.0~6.6	6.8~7.2	6.8~7.2	6.0~9.0	6.0~8.5	—	—	8~10	6.0~9.0	5.8~8.6	5.8~8.6	6.0~9.0
	濁度 (µS/cm)	406	< 20	400~500	400~500	—	—	—	—	—	—	—	—	750
總量	總溶解固體TDS	193	< 10	200~250	200~250	—	500	500	500	500	—	—	—	—
	總硬度	19.9	< 1	25~30	*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
陰離子	氯化物 F ⁻	0.14	< 0.01	*	*	15	0.8	500	500	—	—	—	—	—
	氯化物 Cl ⁻	19.2	< 0.1	3~5	*	—	250	500	—	—	—	—	—	175
	硫酸鹽 SO ₄ ²⁻	65.7	< 2	*	*	—	250	200	—	—	—	—	—	200
	鹼度	75.4	2~3	80~100	*	—	—	20	100	—	—	—	—	—
	碳酸氫根 HCO ₃ ⁻	70.1	< 3	*	*	—	—	25	120	—	—	—	—	—
	二氧化矽 SiO ₂	65.7	< 2	*	*	—	—	50	10	—	—	—	—	—
	硼 B	0.006	< 0.002	*	*	1.0	—	—	—	0.75	—	—	—	0.75
	總硬度	162	< 5	*	*	—	300	130	—	—	—	—	—	—
	鈣 Ca	49.2	< 2	*	*	—	—	50	—	—	—	—	—	—
	鎂 Mg	13.2	< 0.5	*	*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
硬度形成物質	鉍 Ba	0.02	< 0.001	*	*	—	2.0	—	—	—	—	—	—	
	鈉吸收率 SAR	1.11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
植羧鹽份指標	鈉吸收率 SAR	1.11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	硬度 (NTU)	3;6	< 0.2	< 1	*	—	2	—	—	5.0	—	—	—	6.0
固形物質	懸浮固體 SS	6.4	ND	< 1	5~10	30	—	100	5.0	5.0	30	—	—	100
	大腸菌類 (CFU/mL)	2.8*10 ⁴	ND	ND	ND	2*10 ⁵	6	—	—	—	200	不得檢出	不得檢出	—
細菌	總菌落數 (CFU/mL)	5.5*10 ⁴	ND	ND	ND	—	100	—	—	—	—	—	—	—
	總氮 TN	~5	—	—	< 2	—	—	—	—	—	—	—	—	3.0
營養物質	硝酸態氮 NO ₃ -N	2.12	< 0.1	2~3	< 1	ND	10	—	—	—	—	—	—	—
	氨態氮 NH ₃ -N	1.61	< 0.1	1~2	< 1	—	0.1	—	—	0.1	—	—	—	—
可能形成沉澱金屬	正磷酸鹽 PO ₄ ³⁻	1.5	< 0.1	*	*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	鋁 Al	0.72	< 0.05	*	*	—	—	—	—	0.1	5.0	—	—	5.0
有毒物質	鐵 Fe	0.35	< 0.02	0.1~0.2	*	10	0.3	0.5	0.3	0.3	—	—	—	5.0
	錳 Mn	0.045	< 0.002	0.02~0.03	*	10	0.05	0.5	0.01	0.2	—	—	—	0.2
	鎘 Cd	0.0001	ND	*	*	0.03	0.005	—	—	0.01	—	—	—	0.01
	鈷 Co	0.0003	ND	*	*	—	—	—	—	0.05	—	—	—	0.05
	鉻 Cr	0.01	ND	*	*	2.0	0.05	—	—	0.1	—	—	—	0.1
	銅 Cu	0.009	ND	*	*	3	1.0	—	—	0.05	0.2	—	—	0.2
	鎳 Ni	0.008	ND	*	*	1.0	0.1	—	—	0.5	—	—	—	0.2
	鉛 Pb	0.004	ND	*	*	1.0	0.05	—	—	0.1	—	—	—	0.1
	鋅 Zn	0.034	< 0.002	*	*	5.0	5.0	—	—	2.0	—	—	—	2.0
	總有機物	生化需氧量 BOD ₅	0.51	< 0.1	< 1	< 1	30~80	—	—	—	30	—	—	—
化學需氧量 COD		5	< 0.5	< 3	5~10	100~250	—	—	—	100	—	—	—	—
溶解性化學需氧量 SCOD		4	< 0.5	< 1	4~9	—	—	—	—	5.0	—	—	—	—
陰離子型表面活性劑		ND	ND	ND	ND	10	0.5	—	—	—	—	—	—	—
油脂		2.7	< 0.1	1~2	1~2	10	—	—	—	—	—	—	—	5.0

(二) 台中港專業區

台中港是一個人工港，依目前規劃可興建碼頭 83 座；台中港區港區總面積為 3,793 公頃 (37,930,000 平方公尺)，其中水域面積有 973 公頃，陸地面積有 2,820 公頃。

台中港專業區目前每日有逾 14.5 萬 M^3 之用水需求，包括中龍鋼鐵、中美和、台肥等。

二、各類民生次級用水

(一) 公園綠地澆灌用水與各級學校沖廁與澆灌用水

當福田廠水回收再利用作為生活雜用時，可設定為供給台中市內公園綠地澆灌用水與各級學校沖廁與澆灌用水，或配送至數特定點，供清洗路面之水車取水；另可作為河川保育與旱溪濕地景觀用水。如以國內學校每人每日雜用水用量為 36 公升 (水利署，2006)，以及每公頃綠地澆灌用水為每日 20 立方公尺進行計算，台中市內各級學校與公園綠地的澆灌沖廁用水量約每日 15,880 立方公尺，其中又以西屯區最多，達每日 5,100 立方公尺。

水回收再利用配送方式為規劃福田廠之放流水回收再利用後，配送至該廠污水接管區域 (麻園頭溪以東之台中市區)，並避開高程較高之處，亦即為台中市的東區、西區、南區、中區、北區與南屯區，由表 4.2-3 所示，此地區學校沖廁與澆灌用水之總水量約每日 6,640 立方公尺，欲作為此用途，放流水至少應處理至符合土壤處理標準與環保署「建築物生活污水回收再利用建議事項」水質標準。

表 4.2-3 台中市學校與公園綠地之澆灌沖廁用水量推估

行政區	學校總數	學校人數	沖廁與澆灌估計用水量 (M ³ /日)	公園總數	公園與綠地面積 (公頃)	澆灌估計用水量 (M ³ /日)	總用水量 (M ³ /日)
南區	12	39,000	1,400	19	21.1	420	1,820
西區	14	33,000	1,200	23	20.6	410	1,610
中區	1	1,100	40	0	0	0	40
東區	10	14,000	500	17	17.1	340	840
北區	20	51,000	1,800	17	28.8	580	2,380
南屯區	26	47,000	1,700	25	22.7	450	2,150
西屯區	24	75,000	2,700	55	119.9	2,400	5,100
北屯區	15	41,000	1,500	33	21.5	430	1,930
總和	122	301,100	10,840	189	251.7	5,030	15,870

註：台中市政府建設處景觀工程科提供之公園與綠園道用水量資料，每天水表紀錄之自來水用量約 1,000 立方公尺，其餘用水來自公園內之地下水井或鄰近溝渠。

(二) 放流水導回河川作為保育用水

上述之學校公園民生沖廁與澆灌用水量約為每日 10,000 立方公尺，若廣設配水管線至市中心地區，其單位水回收再利用之管線成本將過高，因此需考慮將水回收再利用水用於其它需求量更大的民生次級用途。於「台中市福田水資源回收中心放流水再生利用研究(2006)」之研究報告同時建議福田廠再生水可以配送至導回河川(如柳川)作為保育用水，將改善其水環境；由於柳川截流水由福田廠處理，故優先考量將其放流水再生後送回柳川之中上游，將可提升其既有水質(丁級水體)，而成為丙級水體；若以柳川上游的東山第三柳橋為準，其流量為每秒 0.87 立方公尺，相當於每日 75,000 立方公尺，其距離福田廠約 10 公里，高程差約 78 公尺。

目前台中市政府參考南韓首都首爾清溪川整治成功經驗，以流經台中市市區 4 條主要排水幹線綠川、柳川、梅川與麻園頭溪為整治範圍，擬定「台中市都會型河川排水污染整治及河道生態環境改善之規劃及初步設計計畫」，預計設計一條排水渠的流經人口密集

的精華河段，截流大部分家庭污水，並在河道設置明管，以污水分離方式改善水質，並美化沿岸、建置堤岸步道、親水設施、造型橋樑等，打造親水空間，改造台中市市區主要排水幹線河道景觀與水質。目前台中市政府已獲得環保署同意補助，規劃於學士柳橋至公館柳橋(約 3,000 公尺)河段的河道內設置截流溝，以截流收集兩岸的生活污水至福田水資源中心處理，減少生活污水直接排入柳川。民國 97 年辦理工程細部設計、工程發包招標文件製作及發包，並於民國 98~99 年進行工程施工，目前已完成並將納入福田水資源回收中心，其水回收再利用可與此計劃加以整合。

(三) 放流水作為濕地水源

水利署業正規劃將旱溪排水在與中投公路交會處，以及綠川出口與旱溪排水匯流處之左岸轉成為生態景觀人工濕地，兩處人工濕地園區面積共約 7 公頃，目前規劃之用水係從旱溪排水設閘門引入，因此可引入水回收後的福田廠放流水作為濕地水源；目前以人工濕地之處理量作為用水量之計算基準，所需量為每日 3,000 立方公尺，若以綠川出口與旱溪排水匯流處為配送點，則距離為 500 公尺，高程差約 1 公尺，可採用重力流導入該濕地。

三、灌溉用水(大里市灌溉用水)

目前台中市因高度都市化，已無大型農地耕作，而鄰近大里市的大里溪右岸尚有農地耕作，分佈許多灌溉渠道，包括大突寮圳、涼傘樹一圳、涼傘樹二圳與詹厝園圳等，供應農地灌溉，這些渠道係灌排兩用，或接受都市排水再轉作灌溉，或引用大里溪之水源，全區每日灌溉用水量推測超過 10 萬立方公尺；由於部份渠道因靠近工廠而有遭受污染，若採用福田廠再生水作為補充用水，有助於改善灌溉水源。

若以將再生水送至距福田廠最近之涼傘樹二圳取水口估算，則距離約 2~3 公里，高程差約 10 公尺，所需水質應符合農田水利會灌溉排水管理要點水質標準。涼傘樹二圳渠道灌溉面積為 47.13 公頃；圳道流量約每秒 0.2~0.5 立方公尺；目前福田廠每日 50,000 立方公尺之供水量相當於每秒 0.57 立方公尺，應可取代目前該圳之供水。

4.2.2 石岡壩水資源回收中心放流水回收再利用規劃

一、工業用水

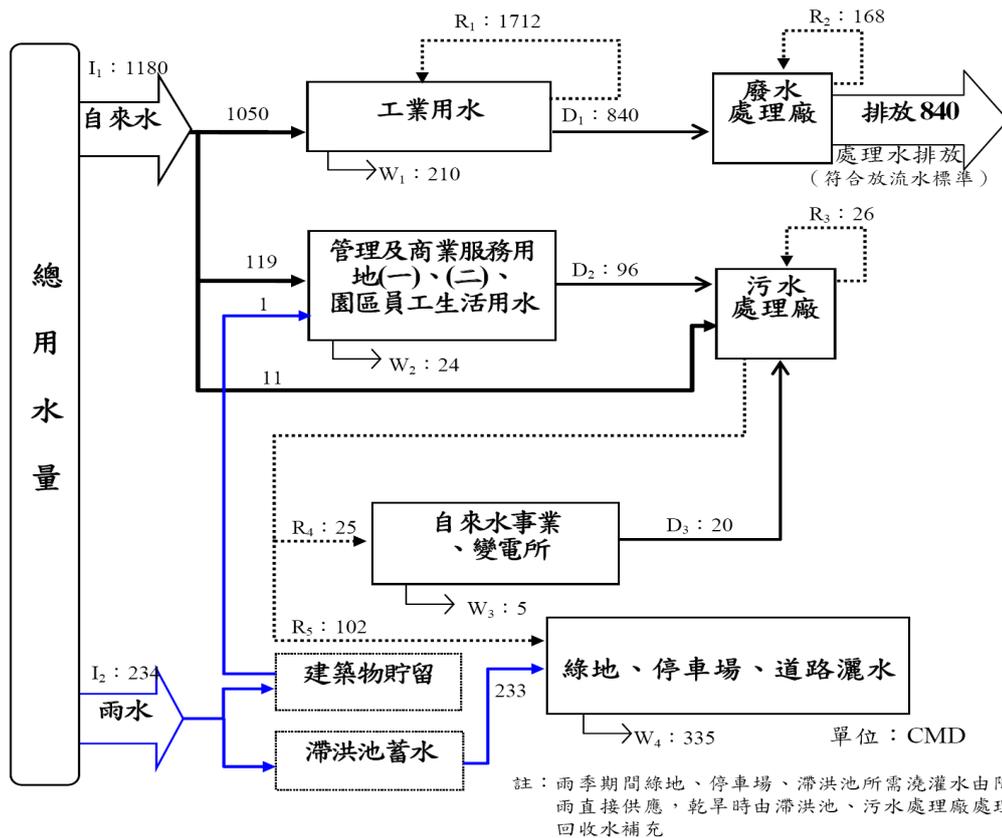
神岡豐洲工業區位於臺中縣神岡鄉東北側與豐原市西北側交界處，北側依傍大甲河流域，略呈長方形，為大甲溪整治後之河川新生地。南距豐原市中心區約 3 公里，台中市中心區約 12 公里。距離台中科學園區約 10 公里、后里基地約 3 公里。開發面積 47.6356 公頃。

神岡豐洲工業區可利用自由貿易港區的擴大，配合境外轉運中心轉運功能的連結，使台中港、清泉崗中部國際機場、陸運及高鐵等，實體空間機能與人流、物流作有效地結合，以創造區域產業與全球化接軌的流動連結，進而擴大台中地區與大陸經貿利機，興盛區域經濟發展。基地建制完成後，必可帶動地方傳統產業升級與創新，發揮地方產業特色，擴大區域內相關精密機械、金屬製品及塑膠製品等傳統產業的經濟規模，建構更完整的生產供應鏈。



圖 4.2-1 神岡豐洲工業區園區位置示意圖

依石岡壩廠歷史水量資料，於民國 100 年至民國 101 年期間進流水平均值約每日為 2,703 立方公尺，變化幅度約每日 2,000 ~ 4000 立方公尺，其進流最大放流量為 6,802 立方公尺；最小放流量為 1,733 立方公尺；平均放流量為 2,703 立方公尺。而目前依其臺中縣神岡豐洲工業區園區用水平衡圖之用水量約為 1180 CMD。



資料來源:臺中縣神岡豐洲科技工業園區開發案環境影響說明書

圖 4.2-2 神岡豐洲工業區園區用水平衡圖

二、灌溉用水

台中市石岡區，目前尚有農地耕作，石岡壩水資源回收中心之放流水建議可供應農地灌溉，全廠區每日可供灌溉用水量約為 2,000~4,000 立方公尺；由於部份渠道因靠近工廠而有遭受污染，若採用石岡壩水資源回收中心放流水回收再利用水導入原有葫蘆墩取水口或鄰近灌溉水渠以作為補充用水，有助於改善灌溉水源。

三、各類民生次級用水

當石岡壩水資源回收中心再生水作為生活雜用時，可設定為供給台中市鄰近石岡區之公園綠地和街道灑掃抑制揚塵用水(如圖 4.2-3)、及自行車車道兩旁綠樹澆灌用水(如附圖 4.2-4)與各級學校沖廁與澆灌用水，或配送至數特定點(如附圖 4.2-5)，供清洗路面之水車取水。如以國內學校每人每日雜用水用量為 36 公升(水利署，2005)，以及每公頃綠地澆灌用水為每日 30 立方公尺進行計算，台中市石岡區內各級學校(石岡國小：435 人、土牛國小：409 人、石岡國中：720 人)用水量約每日 60 立方公尺，與公園與綠地面積澆灌及灑掃景觀用水量約每日 190 立方公尺。

在此建議石岡壩水資源回收中心之放流水再生後，配送至該廠污水接管區域，欲作為此用途，放流水至少應處理至符合土壤處理標準與環保署「建築物生活污水回收再利用建議事項」水質標準。

將污水處理後用於灌溉用水，在美國的許多地方均被採用，尤其是自然水源缺乏或降雨量很低的乾燥地區。但基於健康因素考量，大部分均限於灌溉且非供食用之作物，如公園、綠地之花草澆灌則可使用回收的處理水。

將生活污水處理至符合一定水質標準後，再利用於飲用水之外的供水，如廁所沖洗、林園澆灌、消防用水等循環再利用系統，即所謂的中水道系統。



圖 4.2-3 公園綠地和街道灑掃抑制揚塵用水



圖 4.2-4 自行車車道兩旁綠樹澆灌用水

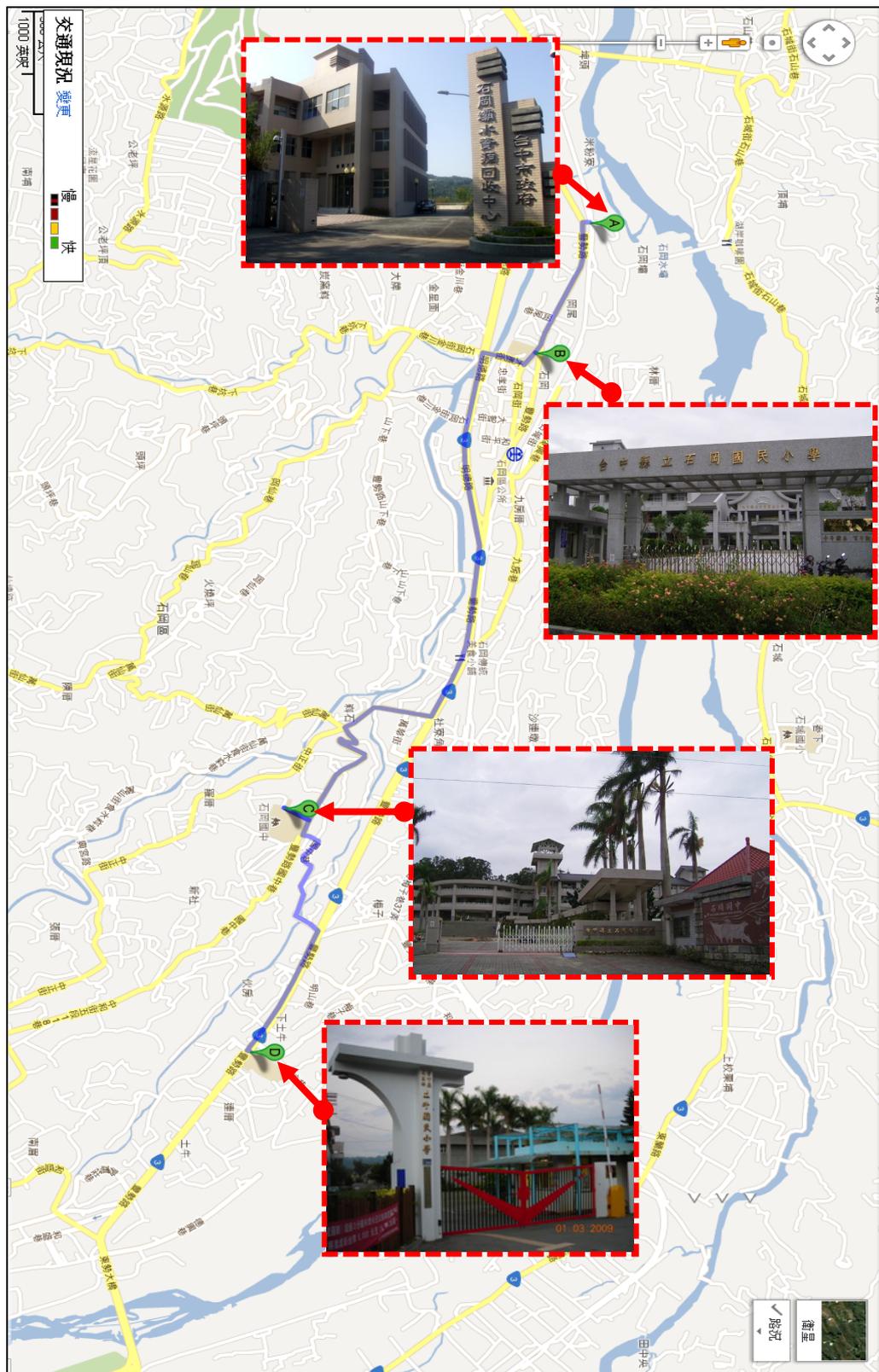


圖 4.2-5 各級學校沖廁與澆灌用水

表 4.2-4 石岡區學校與公園綠地之澆灌沖廁用水量推估

行政區	學校總數 註 1	學校人數 註 1	沖廁與澆灌 估計用水量 (M ³ /日)	公園總數 註 2	公園與綠 地面積 (公頃)	澆灌估計 用水量 (M ³ /日)	總用 水量 (M ³ /日)
石崗區	3	1,564	56	8	6.59	132	188
總和	3	1,564	56	8	6.59	132	188

註 1. 資料來源 台中市政府教育局(<http://www.tc.edu.tw/school/student>)

註 2. 資料來源 台中市政府建設局

4.2.3 臺中港特定區水資源回收中心放流水回收再利用規劃

一、工業用水

與臺中港特定區水資源回收中心較鄰近之工業區為台中港工業專業區(約 1 公里) 及台中港關連工業區(約 5 公里)，由於台中港專業區與臺中港特定區水資源回收中心較鄰近，且可配合福田水資源回收中心供應台中港工業專業區之可行性規劃一併進行，因此考慮以台中港專業區做為規劃之目標。

台中港專業區之再生水需求端要求多元水質(三種水質)，需進行多元水再生程序規劃，期前處理廠址需設置於台中港專業區附近，且需以管線輸送原水。本計畫規劃於本廠附近先進行放流水之砂濾和加氯消毒之前處理程序，再以管線輸送經砂濾消毒之原水至台中港專業區附近之水再生廠，於水再生廠進行不同程序之再生處理後，提供三種不同水質之再生水給台中港專業區之用戶使用(可配合福田水資源回收中心供應台中港工業專業區之可行性規劃)。



資料來源：台中市福田水資源回收中心放流水再生利用研究(水利署，2006)

圖 4.2-6 臺中港特定區水資中心與鄰近工業區相對位置圖

二、各類民生次級用水

臺中港特定區水資源回收中心再生水作為生活雜用時，可設定為供給台中市鄰近梧棲區之公園綠地和街道灑掃抑制揚塵用水及各級學校沖廁與澆灌用水，或配送至數特定點(，供清洗路面之水車取水。如以國內學校每人每日雜用水用量為 36 公升 (水利署，2006)，以及每公頃綠地澆灌用水為每日 30 立方公尺進行計算，台中市梧棲區內各級學校(梧棲國小：793 人、中正國小：1099 人、永寧國小：720 人、梧南國小：322 人、中港國小：131 人、大德國小：105 人、中港高中：1,923 人、梧棲國中：793 人)用水量約每日 217 立方公尺，與公園與綠地面積澆灌及灑掃景觀用水量約每日 235 立方公尺。

對於臺中港特定區水資源回收中心之放流水再生後，配送至該廠污水接管區域，欲作為此用途，放流水至少應處理至符合土壤處理標準與環保署「建築物生活污水回收再利用建議事項」水質標準。

將污水處理後用於灌溉用水，在美國的許多地方均被採用，尤其是自然水源缺乏或降雨量很低的乾燥地區。但基於健康因素考量，大部分均限於灌溉且非供食用之作物，如公園、綠地之花草澆灌則可使用回收的處理水。

將生活污水處理至符合一定水質標準後，再利用於飲用水之外的供水，如廁所沖洗、林園澆灌、消防用水等循環再利用系統，即所謂的中水道系統。

表 4.2-5 梧棲區學校與公園綠地之澆灌沖廁用水量推估

行政區	學校總數	學校人數	沖廁與澆灌估計用水量 (M ³ /日)	公園總數	公園與綠地面積 (公頃)	澆灌估計用水量 (M ³ /日)	總用水量 (M ³ /日)
梧棲區	8	6,032	217	13	11.74	235	452
總和	8	6,032	217	13	11.74	235	452

4.2.4 梨山、環山水資源回收中心放流水回收再利用規劃

一、梨山各類民生次級用水

梨山地區住戶分佈相當廣闊。由於本區山巒連綿，壯觀奇特的峭壁峽谷間，溪流蜿蜒、瀑布急瀉，景色秀麗清雅，無論是春賞花、夏採果、秋拾楓、冬賞雪及觀日出、觀星，都讓人如同置身山中瑞士，深刻感受自然的美妙。

梨山地區最高學府為梨山國中小學，現有國小部 6 班，學校內並附設有幼稚園（2 班），另外設有和平國中梨山分部（3 班），是臺中市之最高學府（海拔 2012 公尺）。全部教職員及學生數超過 200 人，為全國海拔 1,000 公尺以上特偏地區學校，罕見的人數最多的學校，惟其地理位置與梨山水資源回收中心相距甚遠。

(一)中水使用規劃

梨山地區之中水使用方式規劃以梨山地區之使用為主，校園中水系統建置則因各種因素考量而有帶商權，茲說明如下：

1. 街道清洗用水

此點視實際需求而定，例如於梨山賓館周遭有許多攤販，是否有街道清洗之需求以維護環境整潔。執行方式可於水資源回收中心旁設置取水點，利用水車載運方式執行。

2. 農作物澆灌用水

由於有用水需求之農地所處位置相對偏遠，因此執行方式同於街道清洗用水，於水資源回收中心旁設置取水點，有需求之農民自行利用水車載運方式執行。

3. 取水點之設置方式可利用設置大型儲水桶，由廠內加壓設施供水，並於儲水桶內另行加藥消毒，確保水質符合中水回收之標準，且需將儲水桶內之中水定期更新，避免水質因儲放過久而惡化。出口處設置水錶，用以量測中水使用數量，定期觀測記錄。

(二)梨山國中小校園中水使用

1. 學校相對於水資源回收中心之距離約為 3.1 公里且其高程相差甚大，直接供水上將有相當之難度，因此對於中水系統之建置並不有利。相對位置如圖 3.4-1 所示。
2. 校園綠地澆灌，可以水車至水資源回收中心旁設置之取水點取水澆灌，惟水車購置或租賃之經費需求需加以考量。

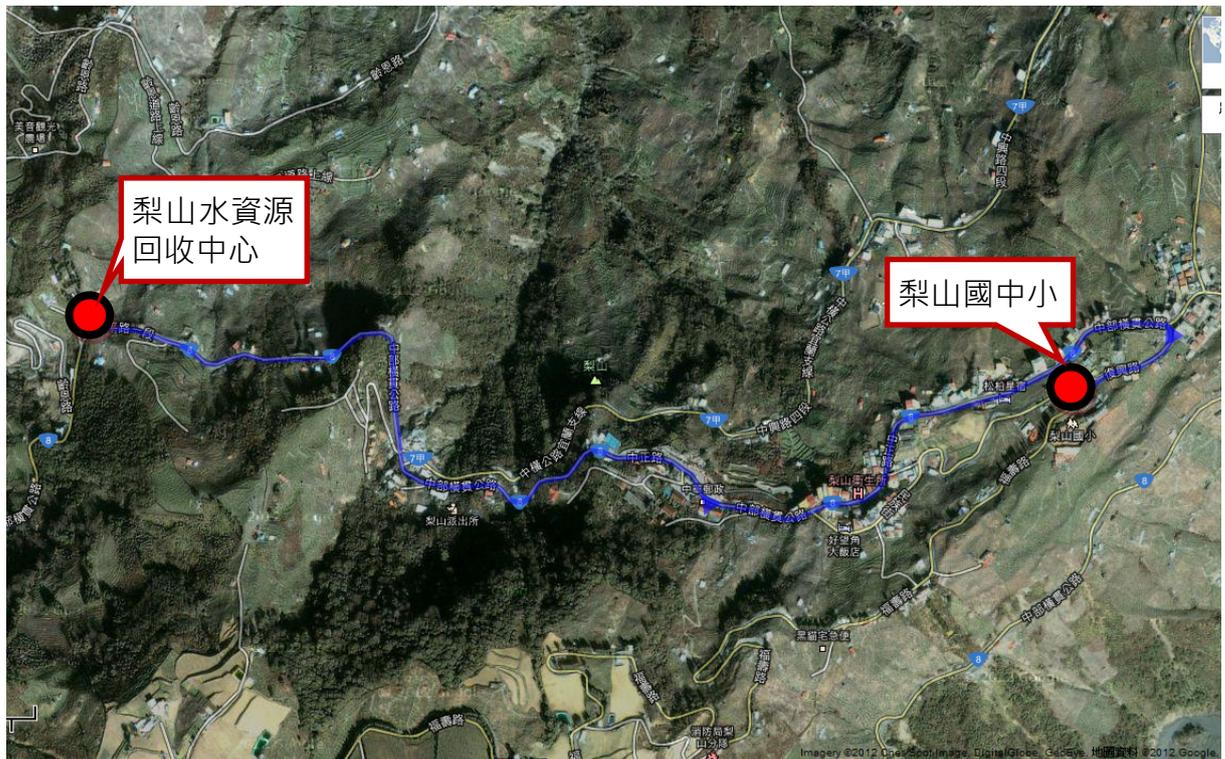


圖 4.2-7 梨山國小與水資源回收中心相對位置圖

註：A 點為梨山國小、B 點為水資源回收中心，二者相距 3.1 公里。

二、環山各類民生次級用水

環山部落是泰雅族部落之一，因為部落四面都被眾山圍繞，故以「環山」稱之。由於環山地區位於群山峻嶺之中，當地並無工業，因此居民主要以務農為生，高麗菜 水梨 水蜜桃 甜柿等作物為當地之主要農作，其澆灌用水除引自大甲溪水、山泉水外，便是利用下雨天貯水使用。

當地唯一學府為平等國小，其位於環山地區水資源回收中心旁，全校師生大約 50 人左右。環山地區之中水使用方式可規劃為整體部落地區之使用及校園中水系統建置使用二方面，茲分述如下：

(一)於整體部落地區方面

1.街道清洗用水

此點視實際需求而定，如工程結束後之清洗用水。執行方式可於水資源回收中心旁設置取水點，利用水車載運方式執行。

2.農作物澆灌用水

由於有用水需求之農地所處位置相對偏遠，因此執行方式同於街道清洗用水，於水資源回收中心旁設置取水點，有需求之農民自行利用水車載運方式執行。

3.取水點之設置方式可利用設置大型儲水桶，由廠內加壓設施供水，並於儲水桶內另行加藥消毒，確保水質符合中水回收之標準，且需將儲水桶內之中水定期更新，避免水質因儲放過久而惡化。出口處設置水錶，用以量測中水使用數量，定期觀測記錄。

(二)於平等國小校園中水系統之建置

1 教室建物之沖廁使用

需視學校建物管線配置是否有獨立中水管線之配置，若無則不建議使用，以避免錯用。

2 校園之綠地植栽噴灑澆灌使用

3 態池水源補注用水（視校園實際需求）

4 由於平等國小即位於水資源回收中心旁，因此中水供應方式建議可於學校樓頂依實際需求量設置適當大小之中水儲水桶，並由廠內直接供水予中水儲水桶，再利用重力方式供應全校區之中水使用即可。此舉除可達水資源回收再利用之實質目標外，亦可作為校園環保教育之科目，實質的向下紮根。

4.3 放流水回收再利用風險評估與管理

水回收在利用的水質是否對承受水體或親近承受水體的使用者有不良影響，引發使用者的疑慮，然可藉由風險評估 (Risk Assessment) 了解受影響使用者所承受的潛在危害性，並可評估技術的可行性。健康風險評估 (Health risk assessment) 係以定量方式分析各類再生水中之化學毒性物質與感染性微生物，基於毒理資料與感染機率等資料，分析經由不同暴露途徑 (Exposure) 接觸到人體後，可能造成的健康疑慮。

在國內健康風險評估雖已應用於土壤與地下水污染整治領域，並與法規相結合，但在廢污水回收再生領域則仍處於初始階段。水利署曾委託台北科技大學進行水再生利用風險之研究，探討其與再生水水質標準以及再生程序之相關性；另亦有數項研究，探討廢污水再生於不同用途時之健康風險

4.3.1 放流水回收再利用接利用對人體健康風險評估理論架構

污水回收再利用之完整的風險評估流程中應包括危害性鑑定、暴露評估、劑量反應評估與風險特性化等四項程序，如圖 4.3-1 所示。

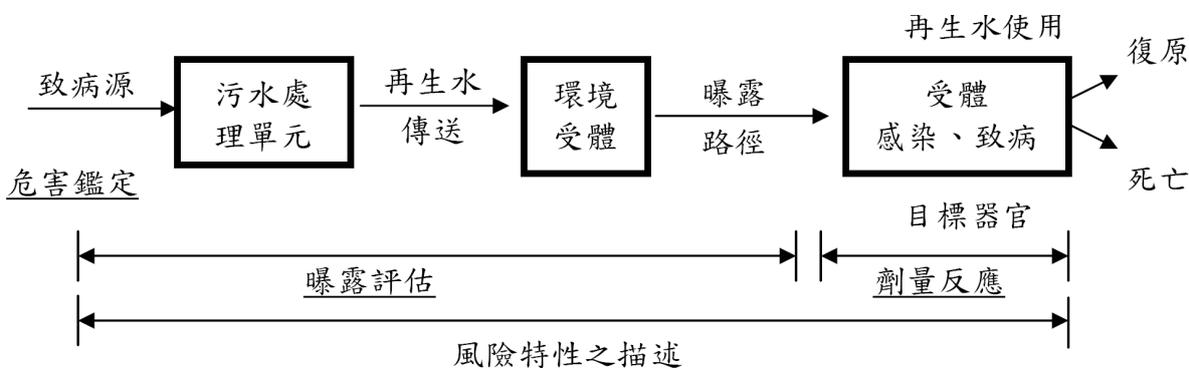


圖 4.3-1 風險評估執行理論架構圖

一、危害鑑定-Hazard Identification

危害鑑定主要為評估再生水中潛在某一危害污染物，經由不同的傳播路徑進入人體之後，是否與人體的某種健康疾病產生因果關係。危害的種類複雜及多樣，隨著污染物種類不同危害行為亦不同。危害鑑定的調查項目包括受影響區域的勘查、調查再生水可能污染的型態、再生水的水質調查、採集及分析具代表性的樣本等四項。

在危害鑑定的階段應先依據水質標準、文獻資料與再生水經處理前後之水質調查結果，評估再生水中是否存在上述危害性因子，若存在，則需估計受體可能暴露之劑量（暴露評估），以進行該物質之毒性定量分析（劑量／反應評估），最後計算出人體暴露於該劑量下的健康風險。

二、曝露評估-Exposure Assessment

暴露評估係探討危害性因子在環境中的傳輸機制、暴露途徑與暴露濃度，了解人體可能從環境中接受到的劑量，再推估進入人體後的生物有效劑量。在危害鑑定後瞭解受影響區域與原有環境背景之後，便可得知其傳播的路徑。水再生利用方式相當多元，污染物傳播至人體的路徑亦十分多樣，原則上有直接飲用、皮膚接觸、揮發性污染物吸入、灌溉入滲到地下水或河川水及經由食物鏈等。

針對本研究產出再生水的不同用途，分別說明其可能暴露情境：

- (一)工業用途：工業用途可分成製程用水（超純水製造來源）與冷卻用水兩種，在製程程序設計上來看，原則上此類用途不應與人體有直接接觸，較有可能的是於管線維修時不慎誤飲再生水，或極少量因溢散至室內空氣中由人體吸入者。
- (二)沖廁用途：發生地點係在室內，與人體接觸之較可能途徑包括在室內空氣中吸入再生水之溢散水氣，以及皮膚接觸再生水兩種。
- (三)河川保育與濕地景觀：原則上用於河川保育與濕地景觀，因與大量自然水體混合而稀釋，且與一般人體直接接觸的可能性與頻率較低，較有可能的是室外空氣中的逸散水氣為鄰近活動民眾所吸入。
- (四)澆灌用途：發生地點係在室外，與人體接觸之可能途徑包括再生水之室外逸散水氣吸入以及皮膚接觸兩種。
- (五)農業灌溉：發生地點係在室外，與人體接觸之可能途徑包括再生水本身可能農夫皮膚接觸，室外逸散水氣也會被吸入；再生水灌溉至土壤可能被農夫誤食與皮膚接觸，所生長之農作物包含地面與地下作物均可能被食入。

一般而言，曝露途徑（Exposure Pathway）大致分為吸入、食入及表皮接觸三種途徑。曝露劑量為接觸濃度乘以時間。

曝露劑量(Exposure Conc.)=接觸濃度與數量(conc.)×接觸時間(time)

三、劑量反應評估-Dose-Response Assessment

在完成暴露評估後，可進一步評估暴露劑量與發生感染或致病程度間的關係，亦即需建立化學毒性物質對人體健康產生影響的「劑量/反應模式」。

劑量反應評估是風險評估分析中屬於較醫學性的科學，從動物研究資料、人體流行病學資料或從同一物質在不同曝露條件產生不同的毒效，可得到許多不同的劑量-效應關係，但這些關係皆基於動物實驗並且是最高劑量所作結果，對於應用於人體將會有更多不確定性，因此採用動物數據推估仍有若干問題尚待克服。

四、風險的特徵-Risk Characterization

經由上述步驟綜合評估結果可獲得資料以進行風險計算，以及風險度的變異性與不確定性。風險度推估常以不同情形下人體各種健康效應的機率與程度表示，其目的在估計污染物引發人體健康受到影響的風險程度高低，通常區分為非致癌性毒性與致癌性二類。總而言之，此步驟包含風險的計算、不確定性的描述、風險的管理、減少風險替代方案的決策等，進而評估以採行最佳化的處理，即最低風險及最大效益。

4.3.2 福田水資源回收中心放流水直接利用對人體健康風險評估

一、化學毒性物質健康風險試算結果

本研究首先假設直接再利用福田水資源回收中心放流水（未經再生處理），並依其水質進行化學毒性物質終身致癌與非致癌風險試算，並挑出五次檢測中各種污染物質所測得最高值，分別計算其最大的終身風險，再予以加總，而得最大總風險。

試算結果如表 4.3-1 所示，在此僅將可於資料庫中查得 SF 的化合物列入計算，其它 SF 未知的化合物所可能造成之風險在此未考慮；表中同時呈現每日飲用 2 公升（模擬採用福田放流水做為飲用水，為極

端保守條件) 與每日誤飲 100 毫升等兩種條件之試算結果。若採用福田廠放流水做為飲用水 (每日飲用 2 公升), 總食入致癌風險為 6.18×10^{-4} , 大於萬分之一的可接受致癌風險, 因此顯然福田廠放流水應禁止做為飲用水用途; 若採用每日 100 毫升之食入條件, 結果顯示總食入致癌風險為 3.09×10^{-5} , 小於萬分之一的致癌機率, 即無明顯致癌危害。

在飲用所產生的非致癌風險方面, 對於福田廠放流水中所含之化學毒性物質, 分別採用每日飲用 2 公升之極端保守條件與每日誤飲 100 毫升之誤飲條件計算其總食入危害指數 (HI)。

試算結果如表 4.3-2 所示, 在採用福田廠放流水做為飲用水 (每日飲用 2 公升) 的情境下與每日誤飲 100 毫升之情境下, 總危害指數 (HI) 分別為 0.55 與 0.027, 均小於 1。同總食入致癌風險, 就非致癌風險 (或危害指數 HI) 而言, 福田廠之放流水水質亦堪稱良好, 若不直接作為飲用水之前提下, 並無明顯安全顧慮。

表 4.3-1 福田廠放流水食入致癌風險評估

污染物	歷次檢驗 最高濃度 C_w (mg/L)	致癌斜率 SF (mg/kg-d) ⁻¹	所設定之誤飲條件	
			2 公升/天	100 毫升/天
			終身食入致癌風險	
Chloroform 氯仿	0.00886	3.1E-02	2.20E-06	1.10E-07
Bromodichloromethane 一溴二氯甲烷	0.00367	1.3E-01	3.81E-06	1.91E-07
Dibromochloromethane 二溴一氯甲烷	0.00096	8.4E-02	6.45E-07	3.22E-08
Bis(2-Chloroethyl) Ether 雙-2-氯乙醚	0.0536	1.1E+00	4.71E-04	2.36E-05
As 砷	0.01	1.8E+00	1.40E-04	7.00E-06
總終身食入致癌風險			6.18E-04	3.09E-05

資料來源：台中市福田水資源回收中心放流水再生利用研究(水利署，2006)

表 4.3-2 福田廠放流水食入非致癌風險評估

污 染 物	歷次檢驗最高濃度 C_w (mg/L)	參考劑量 RfD (mg/kg-d)	所設定之誤飲條件	
			2 公升/天	100 毫升/天
			食入危害指數 (HI)	
Chloroform 氯仿	0.00886	1.0E-02	7.08E-03	3.54E-04
Bromodichloromethane 一溴二氯甲烷	0.00367	2.0E-02	1.47E-03	7.34E-05
Dibromochloromethane 二溴一氯甲烷	0.00096	2.0E-02	3.84E-04	1.92E-05
Benzoic Acid 苯甲酸	0.00035	4.0E+00	7.00E-07	3.50E-08
Al 鋁	0.72	1.0E+00	5.76E-03	2.88E-04
Sb 銻	0.005	4.0E-04	9.99E-02	5.00E-03
As 砷	0.01	3.0E-04	2.67E-01	1.33E-02
Ba 鋇	0.03	7.0E-02	3.43E-03	1.71E-04
Cd 鎘	0.0029	5.0E-04	4.64E-02	2.32E-03
Cr 鉻	0.01	1.0E+00	8.00E-05	4.00E-06
Co 鈷	0.0009	2.9E-04	2.48E-02	1.24E-03
Mn 錳	0.045	5.0E-03	7.20E-02	3.60E-03
Hg 汞	0.0008	3.0E-04	2.13E-02	1.07E-03
Ni 鎳	0.008	2.0E-02	3.20E-03	1.60E-04
Zn 鋅	0.05	3.0E-01	1.33E-03	6.66E-05
總食入危害指數			5.54E-01	2.77E-02

資料來源：台中市福田水資源回收中心放流水再生利用研究(水利署，2006)

皮膚接觸風險方面，本研究同樣援用保守之暴露情境估算，總皮膚接觸致癌風險 RDER 與總皮膚接觸危害指數 (非致癌風險) HIDER，皮膚接觸之致癌風險與非致癌風險結果分別如表 4.3-3 與 4.3-4 所示；此結果顯示由皮膚接觸所可能造成之健康風險影響，遠比食入可能造成之風險低，幾乎可以忽略。

表 4.3-3 福田廠放流水皮膚接觸致癌風險評估

污染物	歷次檢驗最高濃度 C_w (mg/L)	致癌斜率 SF (mg/kg-d) ⁻¹	終身皮膚接觸致癌風險
Chloroform 氯仿	0.00886	3.1E-02	1.37E-08
Bromodichloromethane 一溴二氯甲烷	0.00367	1.3E-01	2.37E-08
Dibromochloromethane 二溴一氯甲烷	0.00096	8.4E-02	4.01E-09
Bis(2-Chloroethyl) Ether 雙-2-氯乙醚	0.0536	1.1E+00	2.93E-06
As 砷	0.01	1.8E+00	8.71E-07
總終身皮膚接觸致癌風險			3.85E-06

表 4.3-4 福田廠放流水皮膚接觸非致癌風險評估

污染物	歷次檢驗最高濃度 C_w (mg/L)	參考劑量 RfD (mg/kg-d)	皮膚接觸危害指數 (HI)
Chloroform 氯仿	0.00886	1.0E-02	4.41E-05
Bromodichloromethane 一溴二氯甲烷	0.00367	2.0E-02	9.13E-06
Dibromochloromethane 二溴一氯甲烷	0.00096	2.0E-02	2.39E-06
Benzoic Acid 苯甲酸	0.00035	4.0E+00	4.36E-09
Al 鋁	0.72	1.0E+00	3.58E-05
Sb 銻	0.005	4.0E-04	6.22E-04
As 砷	0.01	3.0E-04	1.66E-03
Ba 鋇	0.03	7.0E-02	2.13E-05
Cd 鎘	0.0029	5.0E-04	2.89E-04
Cr 鉻	0.01	1.0E+00	4.98E-07
Co 鈷	0.0009	2.9E-04	1.54E-04
Mn 錳	0.045	5.0E-03	4.48E-04
Hg 汞	0.0008	3.0E-04	1.33E-04
Ni 鎳	0.008	2.0E-02	1.99E-05
Zn 鋅	0.05	3.0E-01	8.30E-06
皮膚接觸總危害指數			3.45E-03

資料來源：台中市福田水資源回收中心放流水再生利用研究(水利署，2006)

二、感染性微生物健康風險試算結果

針對福田水回收中心之放流水進行感染性微生物健康風險評估試算，由於歷次水質檢測結果，均顯示未能檢出退伍軍人症菌、隱孢子蟲與梨形鞭毛蟲，因此基本上對這幾種致病菌之感染風險可視為零；但在大腸桿菌方面，歷次採樣檢測結果中有三次顯示較高值，分別為 2.8×10^4 CFU/100 毫升、 3.5×10^4 CFU/100 毫升與 2.4×10^3 CFU/100 毫升，另有兩次採樣所得之測值明顯較低 (< 10 CFU/100 毫升)，乃係放流水加氯量增加之結果；因此在計算微生物感染風險時只需考量大腸桿菌在受到加氯殺菌前後之影響。雖然並非所有的大腸桿菌均會導致疾病，在此仍採較保守之估算方式，即假設所有大腸桿菌均會造成感染，另於試算時採用其他暴露參數設定如下：

(一)採用單一次的誤飲推估。

(二)每次誤飲 100 毫升。

(三)採用改良指數型模式推估，並以(Hass *et al.*，1999)提出之大腸桿菌相關參數為計算基準 ($\alpha = 0.1778$ ， $N_{50} = 8.6 \times 10^7$ CFU)。資料來源為(水利署，2006)之報告。

1. 採用上述暴露參數，試算每次誤食 100 mL 福田廠放流水之單次感染風險，結果分別為 2.77×10^{-3} (大腸桿菌濃度為 2.8×10^4 CFU/100 毫升)、 3.46×10^{-3} (大腸桿菌濃度為 3.5×10^4 CFU/100 毫升) 與 2.40×10^{-4} (大腸桿菌濃度為 2.4×10^3 CFU/100 毫升)，約在萬分之三至千分之三間，遠高於可接受的風險萬分之一 (10^{-4})。另一方面，當充分加氯殺菌而使大腸桿菌濃度低於 10 CFU/100 毫升時，其風險將低於 10^{-8} (一億分之一)。
2. 上述結果顯示，福田廠放流水中並無退伍軍人症菌、隱孢子蟲與梨形鞭毛蟲等常見感染性微生物，故並無對應之感染風險；同時若能針對福田廠放流水有效加氯消毒 (一般需保持餘氯在 0.2 mg/L 以上)，其可能造成之微生物感染風險即遠低於萬分之一，對人體無健康風險之疑慮，因此目前數據顯示福田廠放流水對人體的微生物感染風險甚低。惟本計畫中尚未針對病毒類微生物 (如腸病毒等) 進行分析，由病毒可能造成的單次感染風險仍有待進一步研究。

4.3.3 台中市福田水資源回收中心放流水接利用對人體健康風險評估

台中市福田水資源回收中心，於民國 95 依據水利署辦理台中市福田水資源回收中心流水再生利用研究(2006)之報告，已進行放流水人體健康風險評估，對於台中市其它水資源回收中心，未來於放流水再生利用時，建議仍應進行人體健康風險評估。

第五章 再生水規劃方案與經濟分析

5.1 福田水資源回收中心放流水回收再利用規劃方案與經濟分析

一、供中科台中基地工業製程用水

(一)處理流程

規劃供給中科使用之工業製程用水，建議採用流程為「砂濾→MF→RO」程序(水利署，2006)，預定生產水質以台中市自來水水質為基準，廠商可引入後與既有自來水參混，再加以純化，在此預設產水 TDS 濃度為 20 mg/L，以達自來水之 TDS 之能度。流程圖如圖 5.1-1 所示。

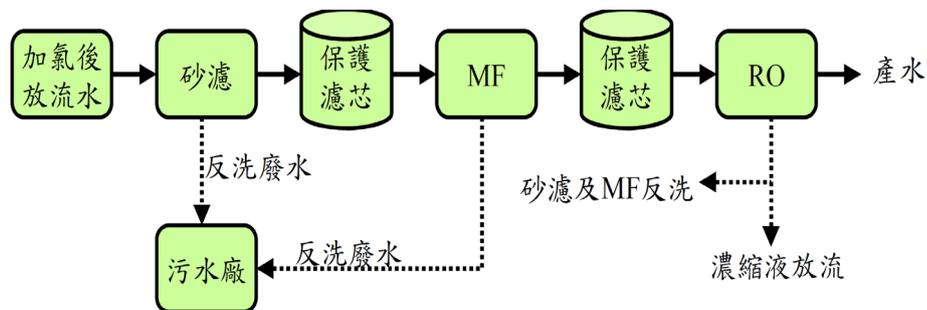


圖 5.1-1 水回收再利用產製程序流程圖

(二)預期水質

預期之再生水水質，以 TDS 作為去除標的，一般可控制在 97% 以上，TDS 可降至 10 mg/L 以下，導電度將低於 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。其它方面如大腸菌類與總菌落數之去除率均可達 4 個 log 以上，幾乎可全部去除。另外 RO 對溶解性有機物之去除率可達 90%，出水 COD 可維持在 0.5 mg/L 以下；目前飲用水水源標準中規定 TOC 不得超過 4 mg/L，而一般水樣 TOC 測值約為 COD 測值之 10~50%，以此推測產水之 COD 仍可符合前述標準；色度原則上亦可完全去除而無法測得。其它離子方面，對於硬度與硫酸根等二價離子之去除率為 97%，鈉、氯離子等一價離子之去除率為 90~95%，因此產水水質均可符合飲用水水質標準的 TOC、TDS、硬度等要求，

亦優於目前台中地區之自來水，但整體而言已可引入工廠作超純水的製造水源，製成超純水作各類製程用水。福田廠放流水再生為工業製程用水之預期水質詳表 5.1-1。

(三)製程用水輸送管線成本估

1. 配送路徑、距離估算

由福田水資中心以單一主幹管配送至中部科學工業園區，運輸距離約 19 公里，主幹管所需管長為 20,000 m，配送水量為 24,000 CMD。

2. 選用管材

考慮使用年限與耐壓性等因素，在此我們選用鑄鐵管 (DIP)。

(四)施工費用估算

配水管線施工費用，包含管線材料費、開挖與支撐工程、路面修復與人孔設置等費用，參考相關料以 500mm 直接工程費用 11,000 元/m 估計(水利署，2006)，因此 20 km 之管線需 2.2 億元，其他施工費用估算如表 5.1-2，抽水機若以每 1 馬力 15,000 元粗估。

(五)製程用水設置成本分析

依據「公共建設工程經費估算編列手冊」之格式，表 5.1-2 與表 5.1-3 列出放流水再生廠設備/管線建設工程費成本及操作維護費，作為再生水水成本之估算參考。

表 5.1-1 福田廠水回收再利用為工業製程用水之預期水質

	放流水	預期水質	RO 濃縮液水質	水質標準			
				放流水標準	飲用水	循環冷卻用水	中等壓力鍋爐用水
pH	6.64	6.0-6.6	6.0-6.6	6.0-9.0	6.0-8.5	--	8-10
電導度 (µS/cm)	406	<20	950-1000	--	--	--	--
懸浮固體 SS	6.4	ND	ND	30	--	100	5
總溶解固體 TDS	193	<10	450-500	--	500	500	500
生化需氧量 BOD ₅	0.51	<0.1	1~2	30	--	--	--
化學需氧量 COD	5	<0.5	8~10	100	--	75	5
溶解性化學需氧量 SCOD	4	<0.5	8~10	--	--	--	--
濁度 (NTU)	3.6	<0.2	0.2~0.5	--	2	--	5
色度 (--)	10	<1	20~30	550	5	--	--
大腸菌類 (CFU/100mL)	2.8*10 ⁴	ND	ND	2~3*10 ⁵	6	--	--
總菌落數 (CFU/mL)	5.5*10 ⁴	ND	ND	--	100	--	--
硝酸鹽氮(N)	2.12	<0.1	5~7	50	10	--	--
氨氮(N)	1.61	<0.1	4~6	10	0.1	--	0.1
正磷酸鹽 PO ₄ ³⁻	1.5	<0.1	3~4	4	--	--	--
氟化物 F ⁻	0.14	<0.01	0.3~0.4	15	0.8	500	--
氯化物 Cl ⁻	1.92	<0.1	4~5	--	250	500	--
碳酸氫根 HCO ₃ ⁻	70.1	<3	150~200	--	--	25	120
硫酸鹽 SO ₄ ²⁻	65.7	<2	150~200	--	250	200	--
總硬度	162	<5	400~450	--	300	130	1
鹼度	75.4	2~3	150~200	--	--	20	100
鋁 Al	0.72	<0.05	1.5~2	--	--	0.1	0.1
硼 B	0.06	<0.002	0.1~0.2	1.0	--	--	--
鋇 Ba	0.02	<0.001	0.05	--	--	--	--
鈣 Ca	49.2	<2	100~150	--	--	50	0
鎘 Cd	0.0001	ND	0.0003	0.03	0.005	--	0.05

表 5.1-2 水回收再利用作為工業製程用水直接工程成本估算

成本項目	工程費(千元)	備註
一、設計階段作業費用	35,419	按直接工程成本之 4%計
二、用地取得及拆遷補償費	0	
三、工程建造費	1,233,096	
1. 直接工程成本	885,468	
2. 間接工程成本	177,094	按直接工程成本之 20%計
3. 工程預備費	88,547	按直接工程成本之 10%計
4. 物價調整費	81,988	按年平均上漲率 3.5%計
小計(1.至 4.項)	1,233,096	
四、合計(一、至三、項)	1,268,515	
五、施工期間利息	0	(不列)
六、建造成本 (四、至五、項合計)	1,268,515	

資料來源：台中市福田水資源回收中心放流水再生利用研究(水利署，2006)

表 5.1-3 水回收再利用作為工業製程用水之操作維護成本估算

成本項目	操作維護費 (仟元/年)	備註
1. 薄膜更換費	39,620	MF 膜、RO 膜(4 年更換一次)
2. 濾料更換費	2,880	濾砂、濾芯
3. 藥品費	19,710	NaOCl、檸檬酸、防垢劑、NaHSO ₃ 與 HCl 等
4. 電費	17,345	壓力式過濾器約耗電 0.2kWh/m ³ ，MF 約耗電 0.3 kWh/m ³ ，RO 約耗電 0.6kWh/m ³ ，電費 1.8 元/度計
5. 機電及儀錶維修費	2,815	以機電儀工程費與環境監測費之 0.5%計算
6. 管線維修費	1,130	以管線工程費之 0.5%計算
7. 人事費	2,400	以 4 人計算
8. 保險費	1,670	不含人事費之其它操作維護成本 2%計算
合 計	87,570	

資料來源：台中市福田水資源回收中心放流水再生利用研究(水利署，2006)

表 5.1-4 水回收再利用作為工業製程用水之直接成本估算

項次	工程項目	單位	數量	單價(元)	複價(千元)	備註
(一)	土建工程					
1	設備機房	座	1	10,000,000	10,000	鋼筋混凝土
2	放流水儲槽	座	1	3,500,000	3,500	儲量 750 m ³
3	清洗水儲槽	座	1	9,000,000	9,000	儲量 2400 m ³
4	砂濾產水儲槽	座	1	6,500,000	6,500	儲量 1600 m ³
5	再生水儲槽	座	1	7,500,000	7,500	儲量 2000 m ³
6	加壓站機房	座	2	1,000,000	2,000	鋼筋混凝土
	小計				38,500	
(二)	管線工程					
1	再生水配送管線工程	式	1	220,000,000	220,000	
2	設備間配管	式	1	6,000,000	6,000	
	小計				226,000	
(三)	機電及儀錶工程					
1	砂濾設備	套	53	720,000	38,160	
2	微過濾膜(MF)系統	套	48	4,500,000	216,000	
3	逆滲透膜(RO)系統	套	49	3,800,000	186,200	
4	加藥設備	套	97	40,000	3,880	
5	電氣設備	式	1	9,000,000	9,000	
6	控制設備	式	1	6,000,000	6,000	
7	再生水配送抽水機	套	6	6,500,000	39,000	
	小計				498,240	
(四)	景觀美化	式	0	0	0	
(五)	環境監測設備					
	水質監測設備	式	150	400,000	60,000	
	流量監測設備	式	150	32,000	4,800	
	小計				64,800	
(六)	雜項工程(以上之5%)				41,377	
(七)	環保安衛費(以上之2%)				16,551	
	合計				885,468	

資料來源：台中市福田水資源回收中心放流水再生利用研究(水利署，2006)

1. 直接成本估算

以工期 2 年估算，工程費含再生水管線、廠房與機械設備等費用約 12.7 億。機械部份以利率 6%，分 10 年攤提，土建部份（機房、儲槽、管線）以利率 6%，分 30 年攤提，其 24,000 CMD 之再生水廠平均初設成本為 18.3 元/每噸，機械設備約佔 12.5 元，土建及管線部份約 5.8 元，但由於種種不確定性如水質變化及管線設計問題等，初步估計其初設預計成本約在 16~20 元/噸之間。

2. 操作維護成本估算

以 24,000 CMD 之產水量為基準，預估操作維護成本包含薄膜更換、濾料更換、藥品、電費、維修費等，其中人事費以四個人作為估算；每年操作維護費用約 8,757 萬元，產水操作維護成本為 10 元/噸，考量水質與操作狀況之不確定性，實際操作維護成本約為 8~12 元。合計前述之初設成本，每噸產水總成本約為 28.2 元/噸，考慮相關不確定性後預估總成本範圍在 26~30 元/噸之間。

二、供台中港專業區冷卻系統既有補充用水

以福田廠放流水 (50,000 CMD) 處理至符合美國環保署循環冷卻系統補充用水標準供台中港專業區冷卻系統既有補充用水水質，以供應台中港專業區 56,700 CMD 之冷卻用水與洗塵水。其處理流程圖如圖 5.1-2 所示。

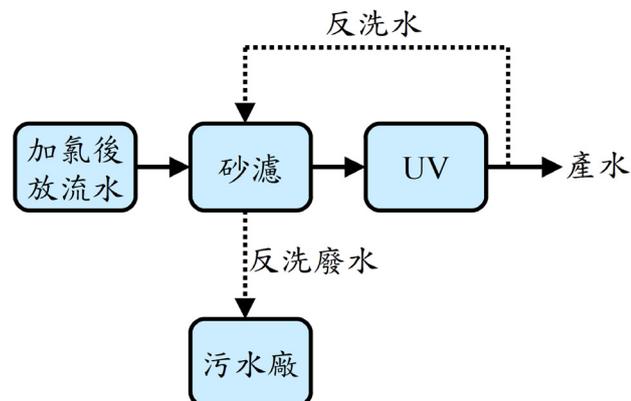


圖 5.1-2 水回收再利用產製程序流程圖

(一) 預期水質

預期菌大腸類去除效果最佳，對於大腸菌類與總菌落數之去除率均可達 4 個 log 以上；在較低砂濾流速下操作，可將濁度與 SS 分別控制在 1 NTU 與 1 mg/L 以下，亦有部份油脂與鐵錳會被截留。另因壓力式過濾器在操作過程中一般會加入 1~3 mg/L 之次氯酸鈉避免菌類於濾材中孳生，使 pH、Na⁺、鹼度、Cl⁻ 都略增。整體而言符合相關用水標準，其中以菌類數量為控制關鍵。

(二) 製程用水輸送管線成本估

1. 配送路徑、距離估算

福田廠配送再生水至台中港專業區作為冷卻用水，沿路多為下降坡，路線全長約 28 公里，可與目前大度攔河堰之供水計畫相結合。

2. 選用管材

考慮使用年限與耐壓性等因素，在此我們選用鑄鐵管 (DIP)。

(三) 施工費用估算

不同管徑之配水管線施工費用不同，因此 28 km 之幹管 (每 m 17,000 元) 約需 4.76 億元；一台抽水機若以每 1 馬力 15,000 元粗估。

(四) 製程用水設置成本分析

依據「公共建設工程經費估算編列手冊」之格式，表 5.1-5 與表 5.1-6 列出放流水再生廠設備/管線建設工程費成本及操作維護費，作為再生水水成本之估算參考。

表 5.1-5 水回收再利用作為冷卻系統用水之直接成本估算

成本項目	工程費(千元)	備註
一、設計階段作業費用	25,635	按直接工程成本之 4%計
二、用地取得及拆遷補償費	0	
三、工程建造費	878,780	
1. 直接工程成本	640,872	
2. 間接工程成本	128,174	按直接工程成本之 20%計
3. 工程預備費	64,087	按直接工程成本之 10%計
4. 物價調整費	45,646	按年平均上漲率 3.5%計
小計(1.至 4.項)	878,780	
四、合計(一、至三、項)	904,414	
五、施工期間利息	0	(不列)
六、建造成本 (四、至五、項合計)	904,414	

表 5.1-6 水回收再利用作為冷卻系統用水之操作維護成本估算

成本項目	操作維護費 (仟元/年)	備註
1. 濾料更換費	1,680	
2. 藥品費	3,650	
3. UV 燈管更換費	9,640	
4. 電費	13,140	
5. 機電及儀錶維修費	598	
6. 管線維修費	2,400	
7. 人事費	2,400	以 5 人計算
8. 保險費	622	不含人事費之其它操作維護成本 2%計算
合 計	34,130	

表 5.1-7 水回收再利用作為冷卻系統用水之接成本估算

項次	工程項目	單位	數量	單價(元)	複價(千元)	備註
(一)	土建工程					
1	設備機房	座	1	10,000,000	10,000	鋼筋混凝土
2	放流水儲槽	座	1	3,500,000	3,500	儲量 750 m ³
3	砂濾產水/清洗水儲槽	座	1	6,500,000	6,500	儲量 2400 m ³
4	再生水儲槽	座	1	12,000,000	12,000	儲量 2000 m ³
	小計				32,000	
(二)	管線工程					
1	再生水配送管線工程	式	1	476,000,000	476,000	
2	設備間配管	式	1	4,000,000	4,000	
	小計				480,000	
(三)	機電及儀錶工程					
1	砂濾設備	套	53	720,000	38,160	
2	微過濾膜(MF)系統	套	11	2,100,000	23,100	
3	加藥設備	套	26	40,000	1,040	
4	電氣設備	式	1	4,000,000	4,000	
5	控制設備	式	1	3,000,000	3,000	
6	再生水配送抽水機	套	2	4,000,000	8,000	
	小計				77,300	
(四)	景觀美化	式	0	0	0	
(五)	環境監測設備					
	水質監測設備	式	53	150,000	7,950	
	流量監測設備	式	53	32,000	1,696	
	小計				9,646	
(六)	雜項工程(以上之 5%)				29,947	
(七)	環保安衛費(以上之 2%)				11,979	
	合計				640,872	

1. 直接成本估算

以工期 2 年估算，工程費含再生水管線、廠房與機械設備等費用約 9 億。機械部份以利率 6%，分 10 年攤提，土建部份（機房、儲槽、管線）以利率 6%，分 30 年攤提，其 48,000 CMD 之再生水廠平均初設成本為 6.8 元/每噸，機械設備約佔 1.2 元，土建及管線部份約 5.6 元，但由於種種不確定性如水質變化及管線設計問題等，初步估計其初設預計成本約在 5~7 元/噸之間。

2. 操作維護成本估算

以 48,000 CMD 之產水量為基準，預估操作維護成本包含薄膜更換、濾料更換、藥品、電費、維修費等，其中人事費以四個人作為估算；每年操作維護費用約 3,413 萬元，產水操作維護成本為 1.9 元/噸，考量水質與操作狀況之不確定性，實際操作維護成本約為 1~3 元。合計前述之初設成本，每噸產水總成本約為 8.8 元/噸，考慮相關不確定性後預估總成本範圍在 7.0~10.0 元/噸之間。

三、公園綠地澆灌、各級學校沖廁、河川保育與濕地用水

福田廠放流水 (50,000 CMD) 採公園綠地澆灌用水與各級學校沖廁與澆灌用水，其處理須符合土壤處理標準與中水道二元供水系統建議水質標準之「景觀用水」標準，若考慮同時供應台中市東、西、南、北、中區之生活雜用水 (約 6,690 CMD)、綠川匯入旱溪處規劃中的人工濕地 (約 3,000 CMD)，以及柳川之河川保育用水 (此河道監測流量超過 70,000 CMD)。此處採用景觀用水標準，係因其較澆灌與沖廁用水標準嚴格。建議使用程序為「砂濾+UV」，處理量同為 50,000 CMD，產水量 48,000 CMD (回收率 95%)。

(一) 預期水質

預期菌大腸類去除效果最佳，對於大腸菌類與總菌落數之去除率均可達 4 個 log 以上；在較低砂濾流速下操作，可將濁度與 SS 分別控制在 1 NTU 與 1 mg/L 以下，亦有部份油脂與鐵錳會被截留。另因壓力式過濾器在操作過程中一般會加入 1~3 mg/L 之次氯酸鈉避

免菌類於濾材中孳生，使 pH、Na⁺、鹼度、Cl⁻都略增。整體而言符合相關用水標準，其中以菌類數量為控制關鍵。

(二)製程用水輸送管線成本估

1. 配送路徑、距離估算

初步構想採取一條主幹管從福田廠配送至台中市北區的中正公園，其餘配置多條分支管線，將再生水分送至各級學校、公園綠地、綠川匯入旱溪處之人工濕地及柳川沿岸注入作為保育用水。總長約 25 公里

2. 選用管材

考慮使用年限與耐壓性等因素，在此我們選用鑄鐵管 (DIP)。

(三)施工費用估算

配水管線為 9 km 之主幹管 (每 m 17,000 元) 加上總長 15.2 公里的支幹管 (每 m 4,000 元)約需 2.14 億元；抽水機以每 1 馬力 15,000 元粗估。

(四)製程用水設置成本分析

依據「公共建設工程經費估算編列手冊」之格式，表 5.1-8 與表 5.1-9 列出放流水再生廠設備/管線建設工程費成本及操作維護費，作為再生水水成本之估算參考。

表 5.1-8 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水直接成本估算

成本項目	工程費(千元)	備註
一、設計階段作業費用	15,654	按直接工程成本之 4%計
二、用地取得及拆遷補償費	0	
三、工程建造費	544,989	
1. 直接工程成本	391,348	
2. 間接工程成本	78,270	按直接工程成本之 20%計
3. 工程預備費	39,135	按直接工程成本之 10%計
4. 物價調整費	36,236	按年平均上漲率 3.5%計
小計(1.至 4.項)	544,989	
四、合計(一、至三、項)	560,643	
五、施工期間利息	0	(不列)
六、建造成本 (四、至五、項合計)	560,643	

表 5.1-9 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水操作維護成本估算

成本項目	操作維護費 (仟元/年)	備註
1. 濾料更換費	1,680	
2. 藥品費	3,650	
3. UV 燈管更換費	9,640	
4. 電費	13,140	
5. 機電及儀錶維修費	575	以機電儀工程費與環境監測費之 0.5%計算
6. 管線維修費	1,089	以管線工程費之 0.5%計算
7. 人事費	2,400	以 5 人計算
8. 保險費	595	不含人事費之其它操作維護成本 2%計算
合 計	32,769	

表 5.1-10 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之接成本估算

項次	工程項目	單位	數量	單價(元)	複價(千元)	備註
(一)	土建工程					
1	設備機房	座	1	10,000,000	10,000	鋼筋混凝土
2	放流水儲槽	座	1	3,500,000	3,500	儲量 750 m ³
3	砂濾產水/清洗水儲槽	座	1	6,500,000	6,500	儲量 2400 m ³
4	再生水儲槽	座	1	12,000,000	12,000	儲量 2000 m ³
5	加壓站機房	座	1	1,000,000	1,000	鋼筋混凝土
	小計				33,000	
(二)	管線工程					
1	再生水配送管線工程	式	1	213,800,000	213,800	
2	設備間配管	式	1	4,000,000	4,000	
	小計				217,800	
(三)	機電及儀錶工程					
1	砂濾設備	套	53	720,000	38,160	
2	微過濾膜(MF)系統	套	11	2,100,000	23,100	
3	加藥設備	套	26	40,000	1,040	
4	電氣設備	式	1	4,000,000	4,000	
5	控制設備	式	1	3,000,000	3,000	
6	再生水配送抽水機	套	4	9,000,000	36,000	
	小計				105,300	
(四)	景觀美化	式	0	0	0	
(五)	環境監測設備					
	水質監測設備	式	53	150,000	7,950	
	流量監測設備	式	53	32,000	1,696	
	小計				9,646	
(六)	雜項工程(以上之 5%)				18,287	
(七)	環保安衛費(以上之 2%)				7,315	
	合計				391,348	

1. 直接成本估算

以工期 2 年估算，工程費含水回收再利用管線、廠房與機械設備等費用約 5.6 億。機械部份以利率 6%，分 10 年攤提，土建部份（機房、儲槽、管線）以利率 6%，分 30 年攤提，其 48,000 CMD 之再生水廠平均初設成本為 4.2 元/每噸，機械設備約佔 1.5 元，土建及管線部份約 2.7 元，但由於種種不確定性如水質變化及管線設計問題等，初步估計其初設預計成本約在 4~6 元/噸之間。

2. 操作維護成本估算

以 48,000 CMD 之產水量為基準，預估操作維護成本包含薄膜更換、濾料更換、藥品、電費、維修費等，其中人事費以四個人作為估算；每年操作維護費用約 3,277 萬元，產水操作維護成本為 1.9 元/噸，考量水質與操作狀況之不確定性，實際操作維護成本約為 1~3 元。合計前述之初設成本，每噸產水總成本約為 6.1 元/噸，考慮相關不確定性後預估總成本範圍在 5.0~7.0 元/噸之間。

四、灌溉用水(大里區灌溉用水)

若考慮將福田廠放流水 (50,000 CMD) 處理至符合農田水利會灌溉排水管理要點水質標準，供應大里區大里溪右岸農地之灌溉用水。建議在既有污水處理單元後採用附著式生物膜反應器作為脫氮設施(建議採用流程圖如圖 5.1-3 所示)，使其符合總氮小於 3 mg/L 之標準。

(一) 預期水質

經附著式生物膜反應器處理後，高分子多孔擔體雖可發揮類似砂濾般阻截 SS 之功能，但效果並不顯著，且擔體上之生物膜可能在曝氣時脫落增加 SS，預期 SS 約在 5~10 mg/L 之間；硝酸氮的去除可在無氧區 (anoxic reactor) 發生，一般去除率約 50%~70%，惟福田廠放流水之碳氮比偏低 (約為 1)，需視情況添加碳源，使 C/N 達到 2 以上，脫硝反應方能順利進行，預期總氮可降至 2~3 mg/L；在好氧區 (aerobic reactor) 之曝氣過程可去除部份 COD，一般去除率約 80%，在此保守預估 COD 約 5 mg/L；再以 UV 光消毒

後，對菌類有明顯去除效果，一般大腸菌類與總菌落數之去除率均可達 4 個 log。整體而言產水可符合灌溉用水標準，若再與原灌溉渠道中自然水體混合，使用上應無問題

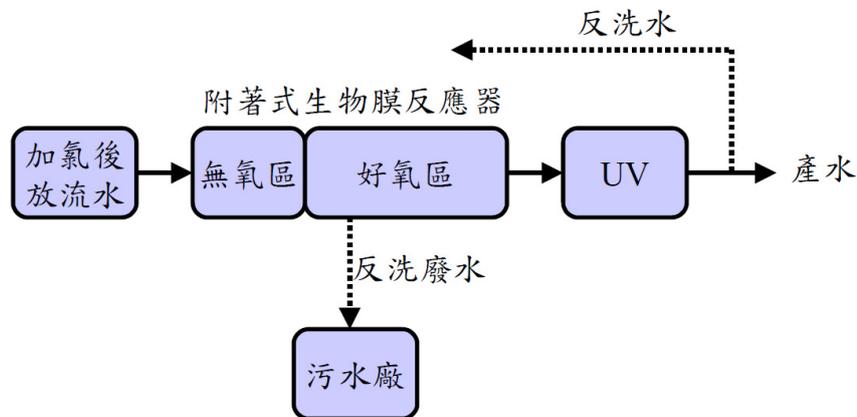


圖 5.1-3 水回收再利用產製程序流程圖

(二)製程用水輸送管線成本估

1. 配送路徑、距離估算

初步構想採單一管線配送至大里區的涼傘樹二圳取水口作為灌溉用水，配送途徑經福田二街，全長約 2.5 公里。

2. 選用管材

考慮使用年限與耐壓性等因素，在此我們選用鑄鐵管 (DIP)。

(三)施工費用估算

配水管線施工費用，700 mm 之鑄鐵管 2.5 km 約需 4,250 萬元；兩台抽水機若以每 1 馬力 15,000 元粗估，則約需 450 萬元。

(四)製程用水設置成本分析

依據「公共建設工程經費估算編列手冊」之格式，表 5.1-11 與表 5.1-12 列出放流水再生廠設備/管線建設工程費成本及操作維護費，作為再生水水成本之估算參考。

表 5.1-11 水回收再利用作為灌溉用水之直接成本估算

成本項目	工程費(千元)	備註
一、設計階段作業費用	6,311	按直接工程成本之 4%計
二、用地取得及拆遷補償費	0	
三、工程建造費	219,732	
1. 直接工程成本	157,786	
2. 間接工程成本	31,557	按直接工程成本之 20%計
3. 工程預備費	15,779	按直接工程成本之 10%計
4. 物價調整費	14,610	按年平均上漲率 3.5%計
小計(1.至 4.項)	219,732	
四、合計(一、至三、項)	226,044	
五、施工期間利息	0	(不列)
六、建造成本 (四、至五、項合計)	226,044	

表 5.1-12 水回收再利用作為灌溉用水之操作維護成本估算

成本項目	操作維護費 (仟元/年)	備註
1. 耗材更換費	8,000	
2. UV 燈管更換費	9,640	
3. 電費	19,710	
4. 機電及儀錶維修費	377	以機電儀工程費與環境監測費之 0.5%計算
5. 管線維修費	233	以管線工程費之 0.5%計算
6. 人事費	2,400	以 5 人計算
7. 保險費	759	不含人事費之其它操作維護成本 2%計算
合 計	41,119	

表 5.1-13 水回收再利用作為灌溉用水用水之接成本估算

項次	工程項目	單位	數量	單價(元)	複價(千元)	備註
(一)	土建工程					
1	設備機房	座	1	10,000,000	10,000	鋼筋混凝土
2	放流水儲槽	座	1	3,500,000	3,500	儲量 750 m ³
3	再生水儲槽 / 清洗水儲槽	座	1	12,000,000	12,000	儲量 2400 m ³
	小計				25,500	
(二)	管線工程					
1	再生水配送管線工程	式	1	42,500,000	42,500	
2	設備間配管	式	1	4,000,000	4,000	
	小計				46,500	
(三)	機電及儀錶工程					
1	附著式生物膜反應器	套	2	18,000,000	36,000	
2	紫外光殺菌(UV)系統	套	11	2,100,000	23,100	
3	電氣設備	套	1	4,000,000	4,000	
4	控制設備	式	1	3,000,000	3,000	
5	再生水配送抽水機	套	2	4,500,000	9,000	
	小計				75,100	
(四)	景觀美化	式	0	0	0	
(五)	環境監測設備					
	水質監測設備	式	2	150,000	300	
	流量監測設備	式	2	32,000	64	
	小計				364	
(六)	雜項工程(以上之 5%)				7,373	
(七)	環保安衛費(以上之 2%)				2,949	
	合計				157,786	

1. 直接成本估算

以工期 2 年估算，工程費含再生水管線、廠房與機械設備等費用約 2.3 億。機械部份以利率 6%，分 10 年攤提，土建部份（機房、儲槽、管線）以利率 6%，分 30 年攤提，其 48,000 CMD 之再生水廠平均初設成本為 1.7 元/噸，機械設備約佔 0.9 元，土建及管線部份約 0.8，但由於種種不確定性如水質變化及管線設計問題等，初步估計其初設預計成本約在 1~3 元/噸之間。

2. 操作維護成本估算

以 48,000 CMD 之產水量為基準，預估操作維護成本包含薄膜更換、濾料更換、藥品、電費、維修費等，其中人事費以四個人作為估算；每年操作維護費用約 4,112 萬元，產水操作維護成本為 2.3 元/噸，考量水質與操作狀況之不確定性，實際操作維護成本約為 1~3 元。合計前述之初設成本，每噸產水總成本約為 4.0 元/噸，考慮相關不確定性後預估總成本範圍在 3.0~5.0 元/噸之間。

表 5.1-14 福田廠水回收再利用各種用途之成本彙整

	工業 製程用水	工業 冷卻用水	澆灌、沖廁、河川 保育、濕地景觀	灌溉用水
最具潛力 運用地點	中科台中 基地	台中港 專業區	台中市區中心	大里區 北區
福田廠再生水 可供應量 (CMD)	24,000	48,000	48,000	48,000
應符合之 水質標準	飲用水標準	中水道二元供水系統水質標準、美國循 環冷卻用水標準、土壤處理標準		灌溉用水 標準
距離 (km)	19	28	10	3
高程差 (m)	103	-34	60	10
放流水再生程序	砂濾+MF+RO	砂濾+UV	砂濾+UV	生物膜+UV
建設經費 (仟元)	1,268,516	904,414	560,643	226,043
年操作營運費 (仟元)	87,570	34,086	32,769	41,119
產水建設成本 (元/噸) 土建與管線	5.8	5.6	2.7	0.8
產水建設成本 (元/噸) 機電設備	12.5	1.2	1.5	0.9
產水操作營運費 (元/噸)	10.0	1.9	1.9	2.3
產水總成本 (元/噸)	28.2	8.8	6.1	4.0

5.2 石岡壩水資源回收中心放流水回收再利用規劃方案與經濟分析

一、供神岡豐洲工業區工業製程用水

(一)處理流程

規劃供給神岡豐洲工業區工業使用之工業製程用水，建議採用流程為「砂濾→MF→RO」程序，預定生產水質以台中市自來水水質為基準，廠商可引入後與既有自來水參混，再加以純化，在此預設產水 TDS 濃度為 20 mg/L，以達自來水之 TDS 之能度。流程圖如圖 5.2-1 所示。

(二)預期水質

預期之再生水水質，以 TDS 作為去除標的，一般可控制在 97 % 以上，TDS 可降至 10 mg/L 以下，導電度將低於 20 μ S/cm。其它方面如大腸菌類與總菌落數之去除率均可達 4 個 log 以上，幾乎可全部去除。另外 RO 對溶解性有機物之去除率可達 90 %，出水 COD 可維持在 0.5 mg/L 以下；目前飲用水水源標準中規定 TOC 不得超過 4 mg/L，而一般水樣 TOC 測值約為 COD 測值之 10 ~ 50 %。石岡壩水資中心放流水再生為工業製程用水之預期水質詳表 5.1-1。

(三)製程用水輸送管線成本估

1. 配送路徑、距離估算

由石岡壩水資中心以單一主幹管配送至神岡豐洲工業區，運輸距離約 6 公里，其詳細路線如圖 5.2-1 說明，主幹管所需管長為 6,000 m，配送水量為 2,000 CMD。

2. 選用管材

考慮使用年限與耐壓性等因素，在此我們選用鑄鐵管 (DIP)。



圖 5.2-1 水回收再利用配送神岡豐洲工業區路線圖

(四) 施工費用估算

配水管線施工費用，包含管線材料費、開挖與支撐工程、路面修復與人孔設置等費用，參考相關料以 200mm 直接工程費用 4,000 元/m 估計，因此 6 km 之管線需 1.2 千萬元，其他施工費用估算如表 5.1-2，抽水機若以每 1 馬力 15,000 元粗估。

(五) 製程用水設置成本分析

依據「公共建設工程經費估算編列手冊」之格式，表 5.2-1、表 5.2-2 及 5.2-3 列出放流水再生廠設備/管線建設工程費成本及操作維護費，作為再生水水成本之估算參考。

表 5.2-1 水回收再利用作為工業製程用水直接工程成本估算

成本項目	工程費(千元)	備註
一、設計階段作業費用	3,277	按直接工程成本之 4%計
二、用地取得及拆遷補償費	0	
三、工程建造費	113,874	
1. 直接工程成本	81,923	
2. 間接工程成本	16,385	按直接工程成本之 20%計
3. 工程預備費	8,192	按直接工程成本之 10%計
4. 物價調整費	7,373	按年平均上漲率 3.5%計
小計(1.至 4.項)	113,874	
四、合計(一、至三、項)	117,151	
五、施工期間利息	0	(不列)
六、建造成本 (四、至五、項合計)	117,151	

表 5.2-2 水回收再利用作為工業製程用水之操作維護成本估算

成本項目	操作維護費 (仟元/年)	備註
1. 薄膜更換費	1,452	MF 膜、RO 膜(4 年更換一次)
2. 濾料更換費	240	濾砂、濾芯
3. 藥品費	700	NaOCl、檸檬酸、防垢劑、NaHSO ₃ 與 HCl 等
4. 電費	1,445	壓力式過濾器約耗電 0.2kWh/m ³ ，MF 約耗電 0.3 kWh/m ³ ，RO 約耗電 0.6kWh/m ³ ，電費 1.8 元/度計
5. 機電及儀錶維修費	223	以機電儀工程費與環境監測費之 0.5%計算
6. 管線維修費	123	以管線工程費之 0.5%計算
7. 人事費	2,600	以 4 人計算
8. 保險費	84	不含人事費之其它操作維護成本 2%計算
合 計	6,866	

表 5.2-3 水回收再利用作為工業製程用水之直接成本估算

項次	工程項目	單位	數量	單價(元)	複價(千元)	備註
(一)	土建工程					
1	設備機房	座	1	1,360,000	1,360	鋼筋混凝土
2	放流水儲槽	座	1	700,000	700	儲量 70 m ³
3	清洗水儲槽	座	1	1,800,000	1,800	儲量 200 m ³
4	砂濾產水儲槽	座	1	1,260,000	1,260	儲量 140 m ³
5	再生水儲槽	座	1	1,620,000	1,620	儲量 180 m ³
6	加壓站機房	座	2	320,000	640	鋼筋混凝土
	小計				7,380	
(二)	管線工程					
1	再生水配送管線工程	式	1	24,000,000	24,000	
2	設備間配管	式	1	500,000	500	
	小計				24,500	
(三)	機電及儀錶工程					
1	砂濾設備	套	4	720,000	2,880	
2	微過濾膜(MF)系統	套	4	4,500,000	18,000	
3	逆滲透膜(RO)系統	套	4	3,800,000	15,200	
4	加藥設備	套	8	40,000	320	
5	電氣設備	式	1	1,000,000	1,000	
6	控制設備	式	1	1,000,000	1,000	
7	再生水配送抽水機	套	4	275,000	1,100	
	小計				39,500	
(四)	景觀美化	式	0	0	0	
(五)	環境監測設備					
	水質監測設備	式	12	400,000	4,800	
	流量監測設備	式	12	32,000	384	
	小計				5,184	
(六)	雜項工程(以上之 5%)				3,828	
(七)	環保安衛費(以上之 2%)				1,531	
	合計				81,923	

1. 直接成本估算

以工期 2 年估算，工程費含再生水管線、廠房與機械設備等費用約 12.7 億。機械部份以利率 6%，分 10 年攤提，土建部份（機房、儲槽、管線）以利率 6%，分 30 年攤提，其 2,000 CMD 之再生水廠平均初設成本為 20.5 元/每噸，機械設備約佔 12.1 元，土建及管線部份約 8.4 元，但由於種種不確定性如水質變化及管線設計問題等，初步估計其初設預計成本約在 19~22 元/噸之間。

2. 操作維護成本估算

以 2,000 CMD 之產水量為基準，預估操作維護成本包含薄膜更換、濾料更換、藥品、電費、維修費等，其中人事費以四個人作為估算；每年操作維護費用約 687 萬元，產水操作維護成本為 9.4 元/噸，考量水質與操作狀況之不確定性，實際操作維護成本約為 8~11 元。合計前述初設成本，每噸產水總成本約為 29.7 元/噸，考慮相關不確定性後預估總成本範圍在 28~31 元/噸之間。

二、公園綠地澆灌、各級學校沖廁、河川保育與濕地用水

台中市石岡區，目前尚有農地耕作，石岡壩水資源回收中心之放流水建議可供應農地灌溉，全廠區每日可供灌溉用水量約為 2,000~4,000 立方公尺。當石岡壩水資源回收中心再生水作為生活雜用時，可供給台中市鄰近石岡區之公園綠地和街道灑掃抑制揚塵用水、自行車車道兩旁綠樹澆灌用水、各級學校沖廁與澆灌用水與公園與綠地面積澆灌及灑掃景觀用水。

石岡壩水資中心放流水 (2,000 CMD) 採公園綠地澆灌用水與各級學校沖廁與澆灌用水，其處理須符合土壤處理標準與中水道二元供水系統建議水質標準之「景觀用水」標準。此處採用景觀用水標準，係因其較澆灌與沖廁用水標準嚴格。建議使用程序為「砂濾+UV」，處理量同為量約每日 500 立方公尺。

(一) 預期水質

預期菌大腸類去除效果最佳，對於大腸菌類與總菌落數之去除率均可達 4 個 log 以上；在較低砂濾流速下操作，可將濁度與 SS 分別控制在 1 NTU 與 1 mg/L 以下，亦有部份油脂與鐵錳會被截留。另因壓力式過濾器在操作過程中一般會加入 1~3 mg/L 之次氯酸鈉避免菌類於濾材中孳生，使 pH、Na⁺、鹼度、Cl⁻ 都略增。整體而言符合相關用水標準，其中以菌類數量為控制關鍵。

(二) 製程用水輸送管線成本估

1. 配送路徑、距離估算

初步構想為採取一條主幹管從石岡壩水資源回收中心送至石岡壩區各級學校，其餘配置多條分支管線，將再生水分送至公園綠地、人工濕地及附近河川沿岸注入作為保育用水。總長約 6 公里。

2. 選用管材

考慮使用年限與耐壓性等因素，在此我們選用鑄鐵管 (DIP)。

(三) 施工費用估算

配水管線為 6 km 之主幹管 (1,000 元/每 m) 加上總長 4 公里的支幹管 (1,000 元/每 m) 約需 1 千萬元。

(四) 製程用水設置成本分析

依據「公共建設工程經費估算編列手冊」之格式，表 5.2-4、表 5.2-5 及表 5.2-6，列出放流水再生廠設備/管線建設工程費成本及操作維護費，作為再生水水成本之估算參考。

表 5.2-4 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之直接成本估算

成本項目	工程費(千元)	備註
一、設計階段作業費用	791	按直接工程成本之 4%計
二、用地取得及拆遷補償費	0	
三、工程建造費	27,476	
1. 直接工程成本	19,767	
2. 間接工程成本	3,953	按直接工程成本之 20%計
3. 工程預備費	1,977	按直接工程成本之 10%計
4. 物價調整費	1,779	按年平均上漲率 3.5%計
小計(1.至 4.項)	27,476	
四、合計(一、至三、項)	28,266	
五、施工期間利息	0	(不列)
六、建造成本 (四、至五、項合計)	28,266	

表 5.2-5 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水操作維護成本估算

成本項目	操作維護費 (仟元/年)	備註
1. 濾料更換費	35	
2. 藥品費	76	
3. UV 燈管更換費	100	
4. 電費	274	
5. 機電及儀錶維修費	282	以機電儀工程費與環境監測費之 0.5%計算
6. 管線維修費	101	以管線工程費之 1%計算
7. 人事費	1,080	以 3 人計算
8. 保險費	17	不含人事費之其它操作維護成本 2%計算
合 計	1,965	

表 5.2-6 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之接成本估算

項次	工程項目	單位	數量	單價(元)	複價(千元)	備註
(一)	土建工程					
1	設備機房	座	1	937,500	938	鋼筋混凝土
2	放流水儲槽	座	1	291,000	291	儲量 20 m ³
3	砂濾產水/清洗水儲槽	座	1	600,000	600	儲量 50 m ³
4	再生水儲槽	座	1	620,000	620	儲量 40 m ³
5	加壓站機房	座	1	300,000	300	鋼筋混凝土
	小計				2,749	
(二)	管線工程					
1	再生水配送管線工程	式	1	10,000,000	10,000	
2	設備間配管	式	1	83,000	83	
	小計				10,083	
(三)	機電及儀錶工程					
1	砂濾設備	套	1	720,000	720	
2	微過濾膜(MF)系統	套	1	2,100,000	2,100	
3	加藥設備	套	1	40,000	40	
4	電氣設備	式	1	900,000	900	
5	控制設備	式	1	900,000	900	
6	再生水配送抽水機	套	4	200,000	800	
	小計				5,460	
(四)	景觀美化	式	0	0	0	
(五)	環境監測設備					
	水質監測設備	式	1	150,000	150	
	流量監測設備	式	1	32,000	32	
	小計				182	
(六)	雜項工程(以上之 5%)				924	
(七)	環保安衛費(以上之 2%)				369	
	合計				19,767	

1. 直接成本估算

以工期 2 年估算，工程費含再生水管線、廠房與機械設備等費用約 5.6 億。機械部份以利率 6%，分 10 年攤提，土建部份（機房、儲槽、管線）以利率 6%，分 30 年攤提，其 500 CMD 之再生水廠平均初設成本為 18.8 元/噸，機械設備約佔 7.3 元，土建及管線部份約 13.5 元，但由於種種不確定性如水質變化及管線設計問題等，初步估計其初設預計成本約在 17~20 元/噸之間。

2. 操作維護成本估算

以 500 CMD 之產水量為基準，預估操作維護成本包含薄膜更換、濾料更換、藥品、電費、維修費等，其中人事費以四個人作為估算；每年操作維護費用約 197 萬元，產水操作維護成本為 10.8 元/噸，考量水質與操作狀況之不確定性，實際操作維護成本約為 9~11 元。合計前述之初設成本，每噸產水總成本約為 31.5 元/噸，考慮相關不確定性後預估總成本範圍在 28~33 元/噸之間。

表 5.2-7 石岡壩水回收再利用各種用途之成本彙整

	工業製程用水	澆灌、沖廁、 河川保育、濕地景觀
最具潛力 運用地點	豐洲工業區	石岡區
再生水可 供應量 (CMD)	2,000	500
應符合之 水質標準	飲用水標準	中水道二元供水系統水質標 準、美國循環冷卻用水標準、 土壤處理標準
放流水 再生程序	砂濾+MF+RO	砂濾+UV
建設經費 (仟元)	117,151	28,266
年操作營運費 (仟元)	6,866	1,965
產水建設成本 (元/噸)土建與管線	8.4	13.5
產水建設成本 (元/噸)機電設備	12.1	7.3
產水操作營運費 (元/噸)	9.4	10.8
產水總成本 (元/噸)	29.7	31.5

5.3 臺中港特定區水資源回收中心放流水回收再利用規劃方案與經濟分析

一、供中科台中基地工業製程用水

(一)處理流程

規劃供給中科使用之工業製程用水，建議採用流程為「砂濾→MF→RO」程序，預定生產水質以台中市自來水水質為基準，廠商可引入後與既有自來水參混，再加以純化，在此預設產水 TDS 濃度為 20 mg/L，以達自來水之 TDS 之能度。流程圖如圖 5.1-1 所示。

(二)預期水質

預期之再生水水質，以 TDS 作為去除標的，一般可控制在 97% 以上，TDS 可降至 10 mg/L 以下，導電度將低於 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。其它方面如大腸菌類與總菌落數之去除率均可達 4 個 log 以上，幾乎可全部去除。另外 RO 對溶解性有機物之去除率可達 90%，出水 COD 可維持在 0.5 mg/L 以下；目前飲用水水源標準中規定 TOC 不得超過 4 mg/L，而一般水樣 TOC 測值約為 COD 測值之 10~50%，以此推測產水之 COD 仍可符合前述標準；色度原則上亦可完全去除而無法測得。臺中港特定區資源回收中心放流水為工業製程用水之預期水質詳表 5.1-1。

(三)製程用水輸送管線成本估

1. 配送路徑、距離估算

由臺中港特定區資源回收中心以單一主幹管配送至中部科學工業園區，運輸距離約 22 公里，主幹管所需管長為 22,000 m，配送水量為 5,000 CMD。

2. 選用管材

考慮使用年限與耐壓性等因素，在此我們選用鑄鐵管 (DIP)。

(四)施工費用估算

配水管線施工費用，包含管線材料費、開挖與支撐工程、路面修復與人孔設置等費用，參考相關料以 300mm 直接工程費用 5,100 元/m 估計，因此 22 km 之管線需 2.2 億元，其

他施工費用估算如表 5.1-2，抽水機若以每 1 馬力 15,000 元粗估。

(五) 製程用水設置成本分析

依據「公共建設工程經費估算編列手冊」之格式，表 5.3-1、表 5.3-2 及 5.3-3 列出放流水再生廠設備/管線建設工程費成本及操作維護費，作為再生水水成本之估算參考。

1. 直接成本估算

以工期 2 年估算，工程費含再生水管線、廠房與機械設備等費用約 3.847 億。機械部份以利率 6%，分 10 年攤提，土建部份(機房、儲槽、管線)以利率 6%，分 30 年攤提，其 5,000 CMD 之再生水廠平均初設成本為 27.1 元/每噸，機械設備約佔 12.1 元，土建及管線部份約 15.0 元，但由於種種不確定性如水質變化及管線設計問題等，初步估計其初設預計成本約在 26.0~29.0 元/噸之間。

2. 操作維護成本估算

以 5,000 CMD 之產水量為基準，預估操作維護成本包含薄膜更換、濾料更換、藥品、電費、維修費等，其中人事費以四個人作為估算；每年操作維護費用約 2,059 萬元，產水操作維護成本為 11.3 元/噸，考量水質與操作狀況之不確定性，實際操作維護成本約為 10~13 元。合計前述之初設成本，每噸產水總成本約為 38.2 元/噸，考慮相關不確定性後預估總成本範圍在 36~39 元/噸之間。

表 5.3-1 水回收再利用作為工業製程用水直接工程成本估算

成本項目	工程費(千元)	備註
一、設計階段作業費用	10,762	按直接工程成本之 4%計
二、用地取得及拆遷補償費	0	
三、工程建造費	373,991	
1. 直接工程成本	269,058	
2. 間接工程成本	53,812	按直接工程成本之 20%計
3. 工程預備費	26,906	按直接工程成本之 10%計
4. 物價調整費	24,215	按年平均上漲率 3.5%計
小計(1.至 4.項)	373,991	
四、合計(一、至三、項)	384,753	
五、施工期間利息	0	(不列)
六、建造成本 (四、至五、項合計)	384,753	

表 5.3-2 水回收再利用作為工業製程用水之操作維護成本估算

成本項目	操作維護費 (仟元/年)	備註
1. 薄膜更換費	8,200	MF 膜、RO 膜(4 年更換一次)
2. 濾料更換費	600	濾砂、濾芯
3. 藥品費	4,000	NaOCl、檸檬酸、防垢劑、NaHSO ₃ 與 HCl 等
4. 電費	3,600	壓力式過濾器約耗電 0.2kWh/m ³ ，MF 約耗電 0.3 kWh/m ³ ，RO 約耗電 0.6kWh/m ³ ，電費 1.8 元/度計
5. 機電及儀錶維修費	544	以機電儀工程費與環境監測費之 0.5%計算
6. 管線維修費	641	以管線工程費之 0.5%計算
7. 人事費	2,700	以 4 人計算
8. 保險費	307	不含人事費之其它操作維護成本 2%計算
合 計	20,591	

表 5.3-3 水回收再利用作為工業製程用水之直接成本估算

項次	工程項目	單位	數量	單價(元)	複價(千元)	備註
(一)	土建工程					
1	設備機房	座	1	2,080,000	2,288	鋼筋混凝土
2	放流水儲槽	座	1	1,450,000	1,450	儲量 750 m ³
3	清洗水儲槽	座	1	3,750,000	3,750	儲量 2400 m ³
4	砂濾產水儲槽	座	1	2,700,000	2,700	儲量 1600 m ³
5	再生水儲槽	座	1	3,100,000	3,100	儲量 2000 m ³
6	加壓站機房	座	2	780,000	1,560	鋼筋混凝土
	小計				14,848	
(二)	管線工程					
1	再生水配送管線工程	式	1	102,000,000	102,000	
2	設備間配管	式	1	1,200,000	26,200	
	小計				128,200	
(三)	機電及儀錶工程					
1	砂濾設備	套	10	720,000	7,200	
2	微過濾膜(MF)系統	套	10	4,500,000	45,000	
3	逆滲透膜(RO)系統	套	10	3,800,000	38,000	
4	加藥設備	套	20	40,000	800	
5	電氣設備	式	1	1,600,000	1,600	
6	控制設備	式	1	1,400,000	1,400	
7	再生水配送抽水機	套	2	900,000	1,800	
	小計				95,800	
(四)	景觀美化	式	0	0	0	
(五)	環境監測設備					
	水質監測設備	式	30	400,000	12,000	
	流量監測設備	式	30	32,000	960	
	小計				12,900	
(六)	雜項工程(以上之5%)				12,428	
(七)	環保安衛費(以上之2%)				4,882	
	合計				269,058	

二、供台中港專業區冷卻系統既有補充用水

以臺中港特定區水資源回收中心放流水 (5,000 CMD) 處理至符合美國環保署循環冷卻系統補充用水標準供臺中港專業區冷卻系統既有補充用水水質，以供應台中港專業區 56,700 CMD 之冷卻用水與洗塵水。其處理流程圖如圖 5.1-2 所示。

(一) 預期水質

預期菌大腸類去除效果最佳，對於大腸菌類與總菌落數之去除率均可達 4 個 log 以上；在較低砂濾流速下操作，可將濁度與 SS 分別控制在 1 NTU 與 1 mg/L 以下，亦有部份油脂與鐵錳會被截留。另因壓力式過濾器在操作過程中一般會加入 1~3 mg/L 之次氯酸鈉避免菌類於濾材中孳生，使 pH、Na⁺、鹼度、Cl⁻ 都略增。整體而言符合相關用水標準，其中以菌類數量為控制關鍵。

(二) 製程用水輸送管線成本估

1. 配送路徑、距離估算

臺中港特定區水資源回收中心配送再生水至台中港中龍鋼鐵作為冷卻用水，沿路多為下降坡，路線全長約 1 公里，可與目前大度攔河堰之供水計畫相結合。

2. 選用管材

考慮使用年限與耐壓性等因素，在此我們選用鑄鐵管 (DIP)。

(三) 施工費用估算

不同管徑之配水管線施工費用不同，因此 1 km 之幹管 (每 m 5,100 元) 約需 5.1 千萬元；一台抽水機若以每 1 馬力 15,000 元粗估。

(四) 製程用水設置成本分析

依據「公共建設工程經費估算編列手冊」之格式，表 5.3-4、表 5.3-5 與表 5.3-6 列出放流水再生廠設備/管線建設工程費成本及操作維護費，作為再生水水成本之估算參考。

表 5.3-4 水回收再利用作為冷卻系統用水之直接成本估算

成本項目	工程費(千元)	備註
一、設計階段作業費用	2,352	按直接工程成本之 4%計
二、用地取得及拆遷補償費	0	
三、工程建造費	81,717	
1. 直接工程成本	58,789	
2. 間接工程成本	11,758	按直接工程成本之 20%計
3. 工程預備費	5,880	按直接工程成本之 10%計
4. 物價調整費	5,292	按年平均上漲率 3.5%計
小計(1.至 4.項)	81,717	
四、合計(一、至三、項)	84,069	
五、施工期間利息	0	(不列)
六、建造成本 (四、至五、項合計)	84,069	

表 5.3-5 水回收再利用作為冷卻系統用水之操作維護成本估算

成本項目	操作維護費 (仟元/年)	備註
1. 濾料更換費	550	
2. 藥品費	970	
3. UV 燈管更換費	1,440	
4. 電費	2,250	
5. 機電及儀錶維修費	176	
6. 管線維修費	389	
7. 人事費	2,160	以 4 人計算
8. 保險費	86	不含人事費之其它操作維護成本 2%計算
合 計	8,020	

表 5.3-6 水回收再利用作為冷卻系統用水之接成本估算

項次	工程項目	單位	數量	單價(元)	複價(千元)	備註
(一)	土建工程					
1	設備機房	座	1	2,075,000	2,075	鋼筋混凝土
2	放流水儲槽	座	1	1,450,000	1,450	儲量 160 m ³
3	砂濾產水/清洗水儲槽	座	1	4,000,000	4,000	儲量 500 m ³
4	再生水儲槽	座	1	2,750,000	2,750	儲量 330 m ³
	小計				10,275	
(二)	管線工程					
1	再生水配送管線工程	式	1	5,100,000	5,100	
2	設備間配管	式	1	830,000	830	
	小計				5,930	
(三)	機電及儀錶工程					
1	砂濾設備	套	10	720,000	7,200	
2	微過濾膜(MF)系統	套	10	2,100,000	21,000	
3	加藥設備	套	20	40,000	800	
4	電氣設備	式	1	2,000,000	2,000	
5	控制設備	式	1	2,000,000	2,000	
6	再生水配送抽水機	套	2	2,000,000	4,000	
	小計				37,000	
(四)	景觀美化	式	0	0	0	
(五)	環境監測設備					
	水質監測設備	式	10	150,000	1,500	
	流量監測設備	式	10	32,000	318	
	小計				1,818	
(六)	雜項工程(以上之5%)				2,675	
(七)	環保安衛費(以上之2%)				1,100	
	合計				58,789	

1. 直接成本估算

以工期 2 年估算，工程費含水回收再利用管線、廠房與機械設備等費用約 9 億。機械部份以利率 6%，分 10 年攤提，土建部份（機房、儲槽、管線）以利率 6%，分 30 年攤提，其 5,000 CMD 之再生水廠平均初設成本為 5.8 元/每噸，機械設備約佔 4.1 元，土建及管線部份約 1.7 元，但由於種種不確定性如水質變化及管線設計問題等，初步估計其初設預計成本約在 4~7 元/噸之間。

2. 操作維護成本估算

以 5,000 CMD 之產水量為基準，預估操作維護成本包含薄膜更換、濾料更換、藥品、電費、維修費等，其中人事費以四個人作為估算；每年操作維護費用約 802 萬元，產水操作維護成本為 4.4 元/噸，考量水質與操作狀況之不確定性，實際操作維護成本約為 3~6 元。合計前述之初設成本，每噸產水總成本約為 6.0 元/噸，考慮相關不確定性後預估總成本範圍在 9.0~11.0 元/噸之間。

三、公園綠地澆灌、各級學校沖廁、河川保育與濕地用水

臺中港特定區水資源回收中心再生水，可供給台中市鄰近梧棲區之公園綠地、街道灑掃抑制揚塵用水、各級學校沖廁與澆灌用水及河川保育用水，其供公園與綠地面積澆灌及灑掃景觀用水量約每日 235 立方公尺。此處採用景觀用水標準，係因其較澆灌與沖廁用水標準嚴格。建議使用程序為「砂濾+UV」，處理量同為 500 CMD。

(一) 預期水質

預期菌大腸類去除效果最佳，對於大腸菌類與總菌落數之去除率均可達 4 個 log 以上；在較低砂濾流速下操作，可將濁度與 SS 分別控制在 1 NTU 與 1 mg/L 以下，亦有部份油脂與鐵錳會被截留。另因壓力式過濾器在操作過程中一般會加入 1~3 mg/L 之次氯酸鈉避免菌類於濾材中孳生，使 pH、Na⁺、鹼度、Cl 都略增。

(二) 製程用水輸送管線成本估

1. 配送路徑、距離估算

初步構想為採取一條主幹管從臺中港特定區水資中心送至梧棲區各級學校，其餘配置多條分支管線，將再生水分送至公園綠地、人工濕地及附近河川沿岸作為保育用水。總長約 13 公里。

2. 選用管材

考慮使用年限與耐壓性等因素，在此選用鑄鐵管 (DIP)。

(三) 施工費用估算

配水管線為 6 km 之主幹管 (每 m 1,000 元) 加上總長 7 公里的支幹管 (每 m 1,000 元) 約需 1.3 千萬元；抽水機以每 1 馬力 15,000 元粗估。

(四) 製程用水設置成本分析

依據「公共建設工程經費估算編列手冊」之格式，表 5.3-7、表 5.3-8 與 5.3-8 列出放流水再生廠設備/管線建設工程費成本及操作維護費，作為再生水水成本之估算參考。

1. 直接成本估算

以工期 2 年估算，工程費含再生水管線、廠房與機械設備等費用約 5.6 億。機械部份以利率 6%，分 10 年攤提，土建部份 (機房、儲槽、管線) 以利率 6%，分 30 年攤提，其 500 CMD 之水回收再利用廠平均初設成本為 25.5 元/噸，機械設備約佔 8.0 元，土建及管線部份約 17.5 元，但由於種種不確定性如水質變化及管線設計問題等，初步估計其初設預計成本約在 24~27 元/噸之間。

2. 操作維護成本估算

以 500 CMD 之產水量為基準，預估操作維護成本包含薄膜更換、濾料更換、藥品、電費、維修費等，其中人事費以四個人作為估算；每年操作維護費用約 197 萬元，產水操作維護成本為 10.8 元/噸，考量水質與操作狀況之不確定性，實際操作維護成本約為 9.0~12.0 元。合計前述之初設成本，每噸產水總成本約為 36.4 元/噸，考慮相關不確定性後預估總成本範圍在 35.0~38.0 元/噸之間。

表 5.3-7 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之直接成本估算

成本項目	工程費(千元)	備註
一、設計階段作業費用	967	按直接工程成本之 4%計
二、用地取得及拆遷補償費	0	
三、工程建造費	33,592	
1. 直接工程成本	24,167	
2. 間接工程成本	4,833	按直接工程成本之 20%計
3. 工程預備費	2,417	按直接工程成本之 10%計
4. 物價調整費	2,175	按年平均上漲率 3.5%計
小計(1.至 4.項)	33,592	
四、合計(一、至三、項)	34,559	
五、施工期間利息	0	(不列)
六、建造成本 (四、至五、項合計)	34,559	

表 5.3-8 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之操作維護成本

成本項目	操作維護費 (仟元/年)	備註
1. 濾料更換費	35	
2. 藥品費	76	
3. UV 燈管更換費	100	
4. 電費	225	
5. 機電及儀錶維修費	292	以機電儀工程費與環境監測費之 0.5%計算
6. 管線維修費	151	以管線工程費之 0.5%計算
7. 人事費	1,080	以 5 人計算
8. 保險費	18	不含人事費之其它操作維護成本 2%計算
合 計	1,977	

表 5.3-9 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之接成本估算

項次	工程項目	單位	數量	單價(元)	複價(千元)	備註
(一)	土建工程					
1	設備機房	座	1	830,000	830	鋼筋混凝土
2	放流水儲槽	座	1	72,917	73	儲量 750 m ³
3	砂濾產水/清洗水儲槽	座	1	270,837	271	儲量 2400 m ³
4	再生水儲槽	座	1	250,000	250	儲量 2000 m ³
5	加壓站機房	座	1	208,333	208	鋼筋混凝土
	小計				1,632	
(二)	管線工程					
1	再生水配送管線工程	式	1	15,000,000	15,000	
2	設備間配管	式	1	86,666	87	
	小計				15,087	
(三)	機電及儀錶工程					
1	砂濾設備	套	1	720,000	720	
2	微過濾膜(MF)系統	套	1	2,100,000	2,100	
3	加藥設備	套	1	40,000	40	
4	電氣設備	式	1	1,000,000	1,000	
5	控制設備	式	1	1,000,000	1,000	
6	再生水配送抽水機	套	1	800,000	800	
	小計				5,660	
(四)	景觀美化	式	0	0	0	
(五)	環境監測設備					
	水質監測設備	式	1	150,000	150	
	流量監測設備	式	1	32,000	32	
	小計				182	
(六)	雜項工程(以上之 5%)				1,182	
(七)	環保安衛費(以上之 2%)				424	
	合計				24,167	

表 5.3-10 臺中港特定區再生水各種用途之成本彙整

	工業製程用水	工業冷卻用水	澆灌、沖廁、 河川保育、濕地景觀
最具潛力 運用地點	中科台中基地	台中港專業區	梧棲區
再生水可 供應量 (CMD)	5,000	5,000	500
應符合之 水質標準	飲用水標準	中水道二元供水系統水質標準、美國循環冷卻用水標準、土壤處理標準	
放流水 再生程序	砂濾+MF+RO	砂濾+UV	砂濾+UV
建設經費 (仟元)	384,753	84,069	24,167
年操作營運費 (仟元)	20,591	8,020	1,977
產水建設成本 (元/噸) 土建與管線	15.0	1.7	17.5
產水建設成本 (元/噸) 機電設備	12.1	4.1	8.0
產水操作營運費 (元/噸)	11.3	4.4	10.8
產水總成本 (元/噸)	38.2	10.2	36.4

5.4 梨山、環山水資源回收中心放流水回收再利用規劃方案與經濟分析

梨山、環山水資源回收中心再生水可供給台中市鄰近和平市區之公園綠地、街道灑掃抑制揚塵用水、各級學校沖廁與澆灌用水及河川保育用水，其供公園與綠地面積澆灌及灑掃景觀用水量約每日 235 立方公尺。此處採用景觀用水標準，係因其較澆灌與沖廁用水標準嚴格。建議使用程序為「砂濾+UV」，處理量同為 500 CMD。

(一) 預期水質

預期菌大腸類去除效果最佳，對於大腸菌類與總菌落數之去除率均可達 4 個 log 以上；在較低砂濾流速下操作，可將濁度與 SS 分別控制在 1 NTU 與 1 mg/L 以下，亦有部份油脂與鐵錳會被截留。另因壓力式過濾器在操作過程中一般會加入 1~3 mg/L 之次氯酸鈉避免菌類於濾材中孳生，使 pH、Na⁺、鹼度、Cl⁻都略增。

(二) 製程用水輸送管線成本估

1. 配送路徑、距離估算

初步構想為採取一條主幹管從臺中港特定區水資中心送至梧棲區各級學校，其餘配置多條分支管線，將再生水分送至公園綠地、人工濕地及附近河川沿岸注入作為保育用水。總長約 12 公里。

2. 選用管材

考慮使用年限與耐壓性等因素，在此我們選用鑄鐵管 (DIP)。

(三) 施工費用估算

配水管線為 7 km 之主幹管 (每 m 1,000 元) 加上總長 8 公里的支幹管 (每 m 1,000 元) 約需 1.5 千萬元；抽水機以每 1 馬力 15,000 元粗估。

(四) 製程用水設置成本分析

依據「公共建設工程經費估算編列手冊」之格式，表 5.4-1、表 5.4-1 與 5.3-8 列出放流水再生廠設備/管線建設工程費成本及操作維護費，作為再生水水成本之估算參考。

1. 直接成本估算

以工期 2 年估算，工程費含再生水管線、廠房與機械設備等費用約 5.6 億。機械部份以利率 6%，分 10 年攤提，土建部份（機房、儲槽、管線）以利率 6%，分 30 年攤提，其 500 CMD 之再生水廠平均初設成本為 21.2 元/每噸，機械設備約佔 5.8 元，土建及管線部份約 15.4 元，但由於種種不確定性如水質變化及管線設計問題等，初步估計其初設預計成本約在 19.0~22.0 元/噸之間。

2. 操作維護成本估算

以 500 CMD 之產水量為基準，預估操作維護成本包含薄膜更換、濾料更換、藥品、電費、維修費等，其中人事費以二個人作為估算；每年操作維護費用約 195 萬元，產水操作維護成本為 10.7 元/噸，考量水質與操作狀況之不確定性，實際操作維護成本約為 9.0~11.0 元。合計前述之初設成本，每噸產水總成本約為 32.0 元/噸，考慮相關不確定性後預估總成本範圍在 30.0~34.0 元/噸之間。

表 5.4-1 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之直接成本

成本項目	工程費(千元)	備註
一、設計階段作業費用	881	按直接工程成本之 4%計
二、用地取得及拆遷補償費	0	
三、工程建造費	30,618	
1. 直接工程成本	22,027	
2. 間接工程成本	4,405	按直接工程成本之 20%計
3. 工程預備費	2,203	按直接工程成本之 10%計
4. 物價調整費	1,982	按年平均上漲率 3.5%計
小計(1.至 4.項)	30,618	
四、合計(一、至三、項)	31,499	
五、施工期間利息	0	(不列)
六、建造成本 (四、至五、項合計)	31,499	

表 5.4-2 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之操作維護成本

成本項目	操作維護費 (仟元/年)	備註
1. 濾料更換費	35	
2. 藥品費	76	
3. UV 燈管更換費	100	
4. 電費	225	
5. 機電及儀錶維修費	292	以機電儀工程費與環境監測費之 0.5%計算
6. 管線維修費	131	以管線工程費之 0.5%計算
7. 人事費	1,080	以 5 人計算
8. 保險費	17	不含人事費之其它操作維護成本 2%計算
合 計	1,956	

表 5.4-3 水回收再利用作為澆灌/學校沖廁用水之接成本估算

項次	工程項目	單位	數量	單價(元)	複價(千元)	備註
(一)	土建工程					
1	設備機房	座	1	830,000	830	鋼筋混凝土
2	放流水儲槽	座	1	72,917	73	儲量 750 m ³
3	砂濾產水/清洗水儲槽	座	1	270,837	271	儲量 2400 m ³
4	再生水儲槽	座	1	250,000	250	儲量 2000 m ³
5	加壓站機房	座	1	208,333	208	鋼筋混凝土
	小計				1,632	
(二)	管線工程					
1	再生水配送管線工程	式	1	13,000,000	13,000	
2	設備間配管	式	1	86,666	87	
	小計				13,087	
(三)	機電及儀錶工程					
1	砂濾設備	套	1	720,000	720	
2	微過濾膜(MF)系統	套	1	2,100,000	2,100	
3	加藥設備	套	1	40,000	40	
4	電氣設備	式	1	1,000,000	1,000	
5	控制設備	式	1	1,000,000	1,000	
6	再生水配送抽水機	套	1	800,000	800	
	小計				5,660	
(四)	景觀美化	式	0	0	0	
(五)	環境監測設備					
	水質監測設備	式	1	150,000	150	
	流量監測設備	式	1	32,000	32	
	小計				182	
(六)	雜項工程(以上之 5%)				1,082	
(七)	環保安衛費(以上之 2%)				384	
	合計				22,027	

表 5.4-4 梨山、環山水回收再利用各種用途之成本彙整

	澆灌、沖廁、 河川保育、濕地景觀
最具潛力 運用地點	和平市區
再生水可 供應量 (CMD)	500
應符合之 水質標準	中水道二元供水系統水質標準、美國 循環冷卻用水標準、土壤處理標準
放流水 再生程序	砂濾+UV
建設經費 (仟元)	22,027
年操作營運費 (仟元)	1,956
產水建設成本 (元/噸)土建與管線	15.4
產水建設成本 (元/噸)機電設備	5.8
產水操作營運費 (元/噸)	10.7
產水總成本 (元/噸)	32.0

第六章 結論與建議

6.1 結論

6.1.1 放流水回收再利用規劃最佳方案探討

一、臺中市水資中心放流水回收再利用潛勢分析說明

有關臺中市放流水具回收潛勢之分析結果，詳如表 3.3-1 所示，針對目前操作維護營運中之水資源回收中心放流水質進行評估調查，調查項目為 BOD、COD、SS 及 E.coli 四項，其實際操作放流水水質與放流水標準之比值越小者，放流水再生利用的潛勢越大。

針對水資源回收中心實際操作放流水水質與放流水標準之比值進行初步分析，於 BOD 部分以石岡壩水資源回收中心比值最小(0.09)，其次為福田水資(0.11)、環山(0.12)、梨山(0.16)、臺中港特定區(0.20)最高；COD 部分以梨山比值最小(0.07)，其次為福田水資及其石岡壩水資源回收中心(0.09)、環山(0.10)、臺中港特定區(0.20)最高；SS 部分則以石岡壩、環山水資源回收中心比值最小(0.14)，其次為梨山(0.16)、福田水資(0.18)、臺中港特定區比值最大(0.18)；E.coli 部分則以環山水資源回收中心比值最小(0.02)，其為次福田水資(0.05)、梨山(0.06)、臺中港特定區比值最大(0.15)。

台中市現有操作營運中之水資源回收中心針對水量可回收部分，其現有最大再生潛勢為 109,010 CMD，其中最大者為福田水資源回收中心 73,000 CMD，其次為石岡壩水資源回收中心、台中港特定區水資源回收中心、梨山及環山地區水資源回收中心。而目前 5 廠可再生潛勢水量為 63,730 CMD，約佔最大再生潛勢量之 58%，因此現有水再生潛勢量尚有 42%可擴充利用。另外，針對水質部分之回收再利用潛勢分析如前述第三章說明，其中以福田水資、石岡壩、環山及梨山處理後之放流水質較佳，最具回收再利用潛勢；但梨山、環山水資源回收中心其實際操作放流量較小，其可回收水量甚低，惟經處理後仍可回收供沖廁及公園綠地澆灌使用；而臺中港特定區其進流水質較差，因此處理後之放流水質亦稍高於其他水資中心，未來於回收再利用時須投入更多之處理費。

6.1.2 台中市各水資源回收中心放流水回收再利用方案說明

水回收再利用隨著用途不同，應考量因素尚包括需符合法規之水質標準、再生水量、放流水再生程序、建設及維護營運成本等均不盡相同，且各水資源回收中心依其行政區域位置各有其獨特性，可適用之再生水用途有其差異及最佳性，如何以最適運用再生水並兼具經濟效益，茲彙整各水資中心再生水運用方案如下：

- 一、福田水資源回收中心水回收再利用規劃方案之最具運用潛力地點為中科台中基地供工業製程用水(產水總成本每噸約 28.2 元)、台中港專業區供工業冷卻用水(產水總成本每噸約 8.8 元)、臺中市區供澆灌、沖廁、河川保育、濕地景觀(產水總成本每噸約 6.1 元)及大里區北區供灌溉用水(產水總成本每噸約 4.0 元)，詳表 5.1-14 說明。
- 二、石岡壩水資源回收中心水回收再利用規劃方案之最具運用潛力地點為豐洲工業區供工業製程用水(產水總成本每噸約 29.7 元)及石岡市區供澆灌、沖廁、河川保育、濕地景觀(產水總成本每噸約 31.5 元)，詳表 5.2-7 說明。
- 三、台中港特定區水資源回收中心水回收再利用規劃方案之最具運用潛力地點為中科台中基地供工業製程用水(產水總成本每噸約 38.2 元)、台中港專業區供工業冷卻用水(產水總成本每噸約 10.2 元)及梧棲市區供澆灌、沖廁、河川保育、濕地景觀(產水總成本每噸約 36.4 元)，詳表 5.3-10 說明。
- 四、梨山、環山水資源回收中心水回收再利用規劃方案之最具運用潛力地點為和平市區供澆灌、沖廁、河川保育、濕地景觀(產水總成本每噸約 32.0 元)，詳表 5.4-4 說明。

6.2 建議

- 一、經調查福田水資源回收中心、石岡壩水資源回收中心及台中港特定區水資源回收中心，若水再生利用於工業製程用水，其產水總成本均高於工業冷卻用水、市區供澆灌、沖廁、河川保育、濕地景觀及灌溉用水，因此在應用於工業製程用水推展上所需編列之預算經費較多，仍需考量政府財政負擔能力，以避免排擠其他重要公共建設之預算支出。
- 二、福田、台中港特定區、石岡壩、梨山及環山水資源回收中心處理後之放流水水質均遠低於現行放流水管制標準，加上水質水量穩定，已具備成為水回收再利用供應廠之優勢，惟水回收再利用源取之於民，因此目前建議未來應朝向公共使用為前提（包括保育親水、景觀澆灌、河川補注、地下水補注等）並將維持河川水流量之基本需求列為優先，使民眾感受分享其成果，其次再為工業或其他產業之用。
- 三、臺中市政府目前正大力推動污水下水道建設，隨著接管率提高，其臺中市所屬水資源回收中心將逐漸建置完成，水資源回收中心亦將陸續進行運轉，生活污水經處理後所產生的放流量將逐漸增加，因此本計畫可提供本府未來作為水再生規劃政策研擬之參考，以期未來能有效利用水資源，作為各類工業用水、民生次級用水、河川保育，以及緊急備用水源等用途；除可開拓替代水源，又能降低廢污水排放造成河川污染，不但可穩定水資源供給，疏緩部分供水壓力，更能提升水環境之生態品質。

參考文獻

中文部份

1. 工業技術研究院，「台灣地區廢污水再生利用潛勢整體評估」，經濟部水利署，台中，(2003)。
2. 工業技術研究院，「廢（污）水處理回收澆灌制度建立計畫」，行政院環保署，台北，(2002)。
3. 台北科技大學，「水再生利用風險之研究（1/2）」，台中：經濟部水利署，(2002)。
4. 台灣水環境再生協會，「公共污水下水道污水處理廠放流水再利用規劃之研究（期中報告）」，內政部營建署，台北，2004。
5. 能邦科技顧問股份有限公司，「高雄中州污水處理後水再利用」，經濟部水利署，台北，(2001)。
6. 李文聖，「都市污水廠放流水再生利用之潛勢分析」，國立台北科技大學環境規劃與管理研究所，臺北，(2004)。
7. 洪仁陽、盧至人、林明德、胡慶祥、吳麗芬、黃慈玲、官知嫻、張淑惠、涂良君譯，「水回收再利用（上、下）」，台北：國立編譯館，(2002)。
8. 邱仁杰、張添晉、歐陽嶠暉，「公共污水下水道污水處理再生水之回收利用策略」，第十四屆下水道及水環境再生研討會暨技師研習會論文集，台北，(2004)。
9. 陳仁仲、劉豐壽、徐享崑，「落實推動水再生與再利用之策略研擬」，第二屆水再生及再利用研討會論文集，中壢，(1996)，第123-146頁。
10. 莊順興、謝明昌，「台灣產業之永續水資源-新興水源之利用與推動」，永續產業發展雙月刊，No. 50, 頁61-68, 2010。
11. 梁仲暉、王郁萱、朱敬平、江家菱、許國恩、鍾裕仁、趙永楠、王國樑，「全國廢污水處理廠放流水回收潛勢調查」，中興工程季刊，第108期，頁33-40，2010。
12. 經濟部水利署水利規劃試驗所，「台中市福田水資源回收中心放流水再生利用研究劃」，2006。

13. 經濟部水利署水利規劃試驗所，「廢污水再生利用技術研究—台中市福田水資源回收中心再生水試用計畫(1/2)」，2007。
14. 經濟部水利署，台灣地區水資源開發綱領計畫，2002。
15. 經濟部水利署，「台灣地區廢污水再利用潛勢整體評估」，財團法人工業技術研究院執行，台北，(2003a)。
16. 經濟部水利署，「新竹工業區廢水回收再利用規劃計畫報告書」，工業技術研究院執行，台北，(2003b)。
17. 經濟部水利署，「台灣地區水資源總量管制規劃」，巨廷工程顧問公司執行，經濟部水利署，台中，(2004b)。
18. 經濟部水利署，「水再生利用政策與法規研訂」，工業技術研究院執行，台北，(2005a)。
19. 經濟部水利署，「桃園地區工業區廢水處理廢水再生利用研究」，工業技術研究院執行，台北(2005b)。
20. 經濟部水利署，「台南市安平污水處理廠污水再生利用研究」，經濟部水利署水利規劃試驗所，台中，(2005c)。
21. 經濟部水利署中區水資源局，「中部地區水資源利用整體檢討規劃」，巨廷工程顧問公司執行，台中，(2005)。
22. 經濟部水利署，水再生利用風險之研究(2/2)」，台北科技大學，台中，(2003)。
23. 經濟部中區水資源局，「台灣地區中部區域水資源綜合發展計畫」，巨廷工程顧問公司執行，台北，(1999)。
24. 經濟部水利署中區水資源局，中區水資源營運管理系統建置總報告，中興工程顧問股份有限公司，2006。
25. 駱尚廉、楊萬發，「自來水工程」，茂昌圖書有限公司，台北，(1995)。
26. 韓劍宏、于玲紅、張克峰，「中水回用技術及工程實例」，化學工業出版社，北京，(2004)。
27. 鐘興，「台中市福田水資源回收中心下水道系統微生物族群及水質變動之研究」，私立朝陽科技大學環境工程與管理研究所碩士論文，台中，(2004)。
28. 經濟部水利署中區水資源局，<http://www.wracb.gov.tw>，2012。

西文部份

1. Angelakis A. N., Spyridakis S. V. , The Status of Water Resources in Minoan Time :A Preliminary Study, Angelakis, A. N. and A. Issar, Editors, Diachronic Climatic Impacts on Water Resources in Mediterranean Region, Springer-Verlag,Heidelberg, Germany, 1996。
2. Asano T., Audrey D. Levine, "Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse:Past, Present, and Future", Water Science and Technology, Vol. 33. Issue:10-11,1996, pp. 1-14。
3. Asano T., Water Quality Management Library, Volume 10-WastewaterReclamation and Reuse, Technomic Publishing Co. Inc. , 1997.
4. Adham, S. and DeCarolis, J. F. ,Optimization of Various MBR System for Water Reclamation – Phase III: Final Technical Report, Bureau of Reclamation, San Diego, CA, USA. ,2004。
5. Alves, C. F., Melo, L. F. and Vieira, M. J. ,Influence of medium composition on the characteristics of a denitrifying biofilm formed by *Alcaligenes denitrificans* in a fluidized bed reactor, Process Biochemistry, 37, 837-845. , 2002。
6. Asano, T. ,Wastewater Reclamation and Reuse, Technomic Pub., p. 528, Lancaster, PA , 1998。
7. Chen, T. K., Ni, C. H., Chen, J. N. and Lin J. , High-strength nitrogen removal of opto-electronic industrial wastewater in membrane bioreactor – a pilot study. Water Science and Technology, 2003 ,48(1), pp 191–198。
5. European Communities Commission Directive, Capital Market Responses to Environmental Performance in Developing Countries, Policy Research Working Paper 1909, The World Bank, 1991。
6. Henze, M., Grady, Jr. C. P. L., Gujer, W., Marais, G. v. R. and Matsuo, T. , Activated Sludge Model No. 1. IAWPRC Scientific and Technical Report No. 1, International Association on Water Pollution Research and Control, London, UK. , 1987。

7. JSWA (2005) Sewage Works in Japan , Water Reuse, Japan Sewage Works Association. , 2005
8. Lin, C. C., Wu, Y. S., Chu, C. P. and Chung, Y. J. ,Reuse Potential Analysis on WWTP Effluent of Industrial Parks in Taiwan. The 5th International Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse for Sustainability, Jeju, Korea. , 2005 。
9. Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse, Chapter 13,New York : McGraw-Hill Companies Inc., 2003, pp.1345-1445.
10. Metcalf and Eddy, Inc. ,Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, 4th edition. Chap. 13, McGraw-Hill Companies, Boston, USA. , 2003 。
11. Montgomery, J. M.,Water Treatment Principles and Design. Wiley, New York, USA. ,1985 。
12. NEWater <http://www.pub.gov.sg/NEWater>, 2004 。
13. Ogoshi M., Suzuki Y., Asano T., Water reuse in Japan, Water Science andTechnology, 2001, Vol. 43 Issue:10, pp. 17-23.
14. U.S. EPA, Guidelines for water reuse : Manual, U.S. EPA and U.S. Agency for Int. Development, EPA/625/R-92/004, Cincinnati, OH., 1992.
15. Van der Roest, H.F., Lawrence, D.P. and van Bentem, A.G.N. Membrane bioreactors for municipal wastewater treatment, IWA, London UK. , 2002 。
16. Weizhen Lu, Andrew Y. T. Leung, A preliminary study on potential of developing shower/laundrywastewater reclamation and reuse system, Chemosphere, 2003,Vol.52, pp. 1451-1459 。
17. 宇田川富男，雜用水道之現狀，水道協會雜誌，1991 。
18. 日本建設省，日本之下水道，1992 。
19. M.J. ,Boake, Recycled Water-Casestudy:Gerringong Gerroa, Australia ,2005 。
20. GWR (2003) www.gwrssystem.com