

非點源污染現地處理技術研究計畫

事業活動非點源污染最佳管理措施手冊彙編

計畫編號：EPA-99-U1G1-02-101

委託單位：行政院環境保護署委託研究

執行時間：99年4月28日至99年12月31日

執行單位：國立臺北科技大學水環境研究中心

印製年月：中華民國99年12月

行政院環境保護署編印

非點源污染現地處理技術研究計畫

計畫編號：EPA-99-U1G1-02-101

委託單位：行政院環境保護署委託研究

執行單位：國立臺北科技大學水環境研究中心

執行時間：99年4月28日至99年12月31日

計畫經費：4,500千元

計畫主持人：林鎮洋教授

顧問：余嘯雷教授

共同主持人：何嘉浚教授

協同主持人：陳秋楊教授、溫清光教授

研究人員：范致豪教授、張智華教授、徐宗宏博士、楊文龍博士

印製年月：中華民國99年12月

行政院環境保護署編印

目 錄

第一章	前言	1
第二章	污染來源及種類	3
2.1	事業活動的非點源污染來源	3
2.2	事業活動的非點源污染種類	4
第三章	相關法令規章	6
第四章	非點源污染管理及技術之實務應用工具箱(Tool box)	10
4.1	BMP 決策支援系統介紹	10
4.2	BMP 決策支援系統之操作	14
第五章	工業活動非點源污染處理技術	22
5.1	物料與廢棄物管理	23
5.2	車輛、街道、建物管理	32
5.3	水利設施與植栽管理	37
5.4	其他項目	66
5.5	示範案例	89
第六章	社區(城市)設施非點源污染處理技術	100
6.1	物料與廢棄物管理	101
6.2	車輛、街道、建物管理	109
6.3	水利設施與植栽管理	113
6.4	其他項目	139
6.5	示範案例	166
第七章	遊憩活動非點源污染處理技術	178
7.1	集中式遊憩活動管理	179
7.2	開放式遊憩活動管理	214
7.3	其他項目	217
7.4	示範案例	219
第八章	道路設施非點源污染處理技術	228
8.1	非點源污染阻絕設施	229
8.2	非點源污染滯流設施	237
8.3	非點源污染去除設施及其它	255
8.4	示範案例	268
	中英對照	273
	英中對照	275

圖目錄

圖 4.1	BMPDSS 之主要架構圖及關聯圖示	12
圖 4.2	BMPDSS 工具列	15
圖 4.3	模擬區域土地利用資料	15
圖 4.4	選擇欲模擬之 BMP 設施	16
圖 4.5	將 BMP 設施安置在模擬區域	16
圖 4.6	設定 BMP 設施參數	17
圖 4.7	設定模式參數	17
圖 4.8	設定 BMP 設施成本函數	18
圖 4.9	完成模擬區域 BMP 設施之設定	18
圖 4.10	設定最佳化參數	19
圖 4.11	BMP 設施處理效率展示	19
圖 4.12	BMP 最佳化成本及處理效率展示	20
圖 5.5.1	瑪鍊溪礦場位置	91
圖 5.5.2	礦場土地利用簡圖	93
圖 5.5.3	瑪鍊溪礦場實驗場 BMP 設施平面與斷面設計圖	94
圖 5.5.4	瑪鍊溪場址現場照片	94
圖 5.5.5	第一池配置圖	96
圖 5.5.6	第二池配置圖	97
圖 5.5.7	第三池配置圖	98
圖 6.5.1	商業區土地利用	169
圖 6.5.2	工業區土地利用	169
圖 6.5.3	開發前、後之逕流量	170
圖 6.5.4	開發前後土地利用	170
圖 6.5.5	LID 之 BMP 設施設置前後對承受水體影響	171
圖 6.5.6	綠屋頂	172
圖 6.5.7	貯雨桶	172
圖 6.5.8	道路透水性鋪面	173
圖 6.5.9	草溝	173
圖 6.5.10	植生滯留槽	174
圖 6.5.11	植生滯留槽	174
圖 6.5.12	入出口之累積逕流量	175
圖 6.5.13	尖峰逕流之削減量	176
圖 6.5.14	西雅圖市低衝擊開發前後比較圖	177
圖 7.4.1	園區示意圖	220
圖 7.4.2	為遊憩區 BMP 示意圖	221

圖 7.4.3	上潭平面圖及側視圖	223
圖 7.4.4	下潭平面圖及側視圖	224
圖 7.4.5	上潭實景	225
圖 7.4.6	下潭實景	225
圖 7.4.7	集水區上游之牧草地	226
圖 7.4.8	集水區中游濕地植物	227
圖 7.4.9	荷花池	227
圖 8.2.1	坪林行控中心停車場	270
圖 8.2.2	坪林行控中心停車場雨水陰井（可見表面油污）	271
圖 8.2.3	MCTT 設施平面位置圖	271
圖 8.2.4	MCTT 剖面示意圖	272
圖 8.2.5	坪林停車場 MCTT	272

表目錄

表 5.5.1	結構性 BMPs 設計內容	95
表 5.5.2	瑪鍊溪研究場址水質分析結果	100
表 6.5.1	出流口污染物削減比例及其濃度範圍	176
表 8.2.1	MCTT 成本效益分析(濃度單位:mg/L)	273

第一章 前言

由近數十餘年來之國內外水源污染研究可以發現，除了點源污染（Point Source Pollution）之外，暴雨時期所產生的非點源污染（Nonpoint Source Pollution）亦可能使水資源受到威脅，尤其近年來，短延時、強降雨的趨勢加劇，一旦降雨時，地表累積的污染物隨著雨水進入水體，若未加以處理，將對河川水質環境產生威脅並造成水庫水質優養化，嚴重影響民生用水安全。隨著污染控制技術的日益精進，點源污染已可以獲得較有效且確實的掌控，然非點源污染的控制則仍有待加強，各國對於非點源污染對水質的影響也日趨重視，有鑑於此，本署於民國 84 年至 88 年期間，特編寫五本非點源污染最佳管理作業規範（工業活動、遊憩活動、施工活動、農業區、社區），並於本年度將該五本規範重新整理並修訂為三本非點源污染最佳管理措施手冊彙編，分別為營建活動、事業活動(包含工業活動、遊憩活動、道路與社區)及農業活動，以提供水質相關主管機關及各界人士保護水資源之參考依據。

美國維吉尼亞州最佳管理措施手冊（Northern Virginia Best Management Practice Handbook, 1992）中定義，非點源污染係由分散源（Diffuse Sources）如暴雨逕流或大氣沉積等所產生的污染，故又稱為暴雨污染源；而與點源污染(如民生廢水及工業污水之排放)不同，因此處理方法與原則亦有所差異。

舉凡土地上任何由人類活動所引起的各種污染源，如果污染物沒有像工業廢水、家庭廢水及畜牧廢水等點源一樣，由固定的溝渠或管道直接的將污染物蒐集處理或未處理便排入河川，而是直接經由降雨進入河川或間接經由地表暴雨逕流或地下水滲流等的傳輸方式而進入河川者，皆可視為非點源污染源。

各種有效控制非點源的方法及措施，皆以「最佳管理（Best Management Practices, BMPs）」名詞稱之，「最佳」一詞意指「經濟而有效」。一般而言，非點

源污染控制的方式依其處理原則可以區分為四種形式(1)避免污染物之產生；(2)污染源產生污染物時即加以控制或稱為源頭控制 (Source Control)；(3)非點源污染與暴雨逕流產生後再加處置 (Treatment Control)；(4)視實際需要，作更進一步處理設施之裝置等。

「最佳管理」包括非結構性及結構性兩種，結構性的 BMPs 是指建造某種控制非點源污染的硬體設施，如乾式或濕式滯留池等；非結構性的 BMPs 則是指一些管理上的措施及觀念上的改變等，諸如合理化施肥、土地使用型態轉變及民眾教育提昇等。

非點源污染的來源種類繁多，為了後續推廣及使用便利性，本計畫依污染來源區分為營建活動、事業活動(包含工業活動、遊憩活動、道路與社區)及農業活動等三本。本彙編手冊最主要的功用為提供使用者依其需求及目的，選擇適當的最佳管理進行參考與規劃之用，若欲進行設計及污染削減效率的評估，則應配合詳細之現地調查，以獲知更進一步的設計參數，作為後續細部設計及經費編列之據。

第二章 污染來源及種類

本彙編適用於下列人員、機關或團體之使用：申請任何開發案件之業主、施工者、機關或團體，包括取土場、棄土場業主與施工者；核發相關建照之主管機關；公、私營工程單位或營造業有關人員；顧問公司從事於工程規劃、設計或監工人員；從事於水污染防治工作之環保人員；從事於環境影響說明和環境影響評估工作人員。

事業活動可分為工業活動、社區活動、遊憩活動及道路活動。工業活動指一般指對自然資源的開採，或對自然資源進行加工所從事之活動；社區(城市)活動指圍繞在建築物周圍所從事之活動，小至一間房子，大至整個都會區；遊憩活動一般指在遊樂園、風景區、國家公園、面積 0.5 公頃以上寺廟、產業觀光區、賽馬場、賽車場、滑草場、高爾夫球場等地之活動；道路一般指行人與交通工具通行的基本設施，按其使用特點分為城市道路、公路，鐵路等等。下列將分別介紹事業活動的非點源污染來源及其污染種類：

2.1 事業活動的非點源污染來源

工業活動非點源污染主要來源包括工業物料及廢棄物的搬運、儲存、使用與處置；煙囪氣體排放及落塵；運輸車輛的使用，車輛散落地面的物料或輪胎夾帶之砂土，排氣造成的落塵，輪胎以及煞車磨耗物，滴落地面的機油及各類液體等；工業專用污水管線之破損。

社區活動非點源污染主來自大氣中落塵、污垢；交通工具挾帶之砂土及排放之廢氣、油脂；動物之糞尿；一般污水管線之破損；商店、住宅的垃圾堆積、清洗車輛或其他廢污水。

遊憩活動非點源污染主要來源於健行、觀賞風景、野炊及露營時所挾帶之垃圾、灰燼、生活污水、固體廢棄物及公廁污水，汽、機車等交通工具於行駛或在

停車場排出廢氣、落塵。

道路活動非點源污染主要來源於汽、機車等交通工具於行駛、停車場時排出之廢氣、落塵或輪胎夾帶之砂土，煞車磨耗物，滴落地面的機油、汽油、潤滑油及各類液體等，或枯枝落葉層、鳥獸糞便及車體鏽蝕等等。

2.2 事業活動的非點源污染種類

非點源污染可對承受水體造成短時間但嚴重的水色混濁及水中溶氧不足這一類的急性負荷(shock loading)，因而有承受水體雨後魚貝類大量死亡的現象。而水中氮、磷等營養鹽以及重金屬及其他毒性物質則對環境生態造成更長遠的影響。

事業活動之非點源污染來源不盡相同，但其污染物種類卻大同小異，大致可分為懸浮質、營養鹽、細菌、耗氧物質、油脂、重金屬、毒性化學物質以及漂浮物。

懸浮質 懸浮質為暴雨逕流中含量特別高的物質，懸浮質在水中阻礙陽光穿透，影響水中初級生產者（藻類、水草）之生長，造成水生動物食物來源缺乏。此外，懸浮質大量沉積水體底部亦破壞底棲生物棲息地，影響水生動物生長與繁殖。懸浮質經常有其他污染物如氮、磷、重金屬、油脂等吸附，因此高懸浮顆粒之暴雨逕流也常伴隨著高濃度的此等污染物。

營養鹽 暴雨逕流內主要的植物營養鹽為氮及磷，這些營養鹽進入水體促成水體優養化，不但影響水體的美觀，同時也降低水體的利用價值。優養水體藻類生長對自來水處理過程造成困擾，並對供水水質造成影響。

細菌與病毒 工廠、家庭、公共廁及遊憩區所之生活污水以及產品製造或廢棄物與廢水處理過程產生之微生物，或鳥獸之糞尿，在雨天進入暴雨逕流。逕流的高微生物含量造成水體短期不適合親水活動，並有魚、貝類產品受到微生物污染

之顧慮。

耗氧物質 食品、釀造、紙漿、石油化學等工業之原料、成品或社區（都會區）之廢棄物含有大量有機耗氧物質，這些物質進入水體為微生物分解，大量消耗溶氧，可造成水中溶氧不足，影響水生動物生長。

油脂 工業區及社區（都會區）暴雨逕流可能含有大量油脂（工業用油或食用油），浮油附著渠道兩側，造成觀瞻上的問題，其在水中分解亦消耗溶氧。浮在水面的油脂妨礙氧氣交換，加劇水體缺氧之情況。此外，許多油脂在極小濃度即對水生物造成危害。

重金屬 暴雨逕流中最常見工業區之銅、鐵、鋅、鉛、鎘、鉻、鎳及社區（都會區）道路之鉛等重金屬。重金屬對水生物造成毒性，同時亦影響公共給水安全。許多重金屬有生物累積現象，經由浮游動植物、魚貝類累積至相當濃度，經由食物鏈對人體健康造成危害。

毒性物質 工業及社區（都會區）暴雨逕流可能含有重金屬或 PCBs、酚、多環芳香烴等，對環境生態及水生物構成危害之有機物。

漂浮物 漂浮物主要來自工廠、都會區或遊憩場所之一般垃圾或事業廢棄物，以及各種空的容器。這些漂浮物除造成觀瞻上的問題外，還經常含有油脂、毒性物質、重金屬或細菌。

第三章 相關法令規章

本節依全國法規資料庫公告法條更新相關法規條文條號及內容，並擷取相關法規簡列於下：

(一) 水污染防治法（民國 96 年 12 月 12 日修正）

第 2 條：本法專用名詞定義如下：

七、事業：指工廠、礦場、廢水代處理業、畜牧業或其他經中央主管機關指定之事業。

八、廢水：指事業於製造、操作、自然資源開發過程中或作業環境所產生含有污染物之水。

第 7 條：事業、污水下水道系統或建築物污水處理設施，排放廢（污）水於地面水體者，應符合放流水標準。

第 8 條：事業、污水下水道系統及建築物污水處理設施之廢（污）水處理，其產生之污泥，應妥善處理，不得任意放置或棄置。

第 9 條：水體之全部或部分，有下列情形之一，直轄市、縣（市）主管機關應依該水體之涵容能力，以廢（污）水排放之總量管制方式管制之：

一、因事業、污水下水道系統密集，以放流水標準管制，仍未能達到該水體之水質標準者。

第 13 條：事業於設立或變更前，應先檢具水污染防治措施計畫及相關文件，送直轄市、縣（市）主管機關或中央主管機關委託之機關審查核准。

前項事業之種類、範圍及規模，由中央主管機關會商目的事業主管機關指定公告之。

第 14 條：事業排放廢（污）水於地面水體者，應向直轄市、縣（市）主管機關或中央主管機關委託之機關申請，經審查登記，發給排放許可證或簡易排放許可文件後，始得排放廢（污）水。

第 31 條：事業或污水下水道系統，排放廢（污）水於劃定為總量管制之水體，有下列情形之一，應自行設置放流水水質水量自動監測系統，予以監測：

- 一、排放廢（污）水量每日超過一千立方公尺者。
- 二、經直轄市、縣（市）主管機關認定係重大水污染源者。

前項監測結果，應作成紀錄，並依規定向直轄市、縣（市）主管機關或中央主管機關申報。

（二）廢棄物清理法（民國 95 年 05 月 30 日修正）

（三）環境影響評估法（民國 92 年 01 月 08 日修正）

第 5 條：下列開發行為對環境有不良影響之虞者，應實施環境影響評估：

- 一、工廠之設立及工業區之開發。
- 二、道路、鐵路、大眾捷運系統、港灣及機場之開發。
- 三、土石採取及探礦、採礦。

六、遊樂、風景區、高爾夫球場及運動場地之開發。

七、文教、醫療建設之開發。

第 6 條：開發行為依前條規定應實施環境影響評估者，開發單位於規劃時，應依環境影響評估作業準則，實施第一階段環境影響評估，並作成環境影響說明書。

前項環境影響說明書應記載下列事項：

七、預測開發行為可能引起之環境影響。

八、環境保護對策、替代方案。

(四) 溫泉法 (民國 99 年 05 月 12 日修正)

(五) 科學工業園區廢棄物共同清除處理機構管理辦法 (民國 90 年 08 月 29 日修正)

第 5 條：申請共同清除處理機構設置許可應檢具下列相關文件：

六、污染防治及監測計畫書。

七、營運管理計畫說明書。

(六) 科學工業園區污水處理及污水下水道使用管理辦法(民國 92 年 12 月 01 日修正)

第 3 條：園區內公民營事業及機關學校之廢(污)水排入污水下水道系統前，應向科學工業園區管理局(以下簡稱管理局)申請核准。其排放廢(污)水量增加或廢(污)水管線變更者，亦同。

前項申請應載明下列事項：

- 一、每日排放平均廢(污)水量、最大日及最大時排放量。
- 二、廢(污)水水質。
- 三、廢(污)水排放口位置及有關設施圖說。

第四章 非點源污染管理及技術之實務應用工具箱(Tool box)

4.1 BMP 決策支援系統介紹

BMP 決策支援系統 (BMPDSS) 可以進行 BMP 設施或自然淨化系統 (NTS) 之整體去除效率評估，乃至於各種 BMP 設置方案之最佳化探討。該模式係由美國馬里蘭州 Prince George' s 郡環境資源部門與 Tetra Tech 公司合作研發，是一套可以評價低衝擊開發 (LID) 技術之 BMP 評價模組 (Tetra Tech Inc., 2003)。低衝擊開發 (LID) 概念下的 BMP 措施設計，主要目的之一是藉由以下方式降低逕流量：將雨水入滲為地下水、或將雨水蒸發至大氣、設法再利用逕流水而非視為廢水排放至下游污水管道。例如：Rain Garden、生物滯留池、屋頂花園、草溝、草帶、貯雨桶、透水性鋪面…等都是常見的 LID 措施。而實務上 LID 的運用就是採用許多小面積且分散式的處理措施，以取代傳統少數大型、類似管末處理 (End-of-Pipe) 的措施 (England, 2002)。

正因為現今的 BMP 措施逐漸朝向 LID 理念發展，所以 BMP 散佈的地點、大小、組合形式與成效都較以往複雜，若再加上成本考量則決策更為困難。因此，由 Prince George' s County/ Tetra Tech 共同開發的 BMPDSS 便是基於上述需求，以地理資訊系統 (GIS) 為基礎並能分析 LID 概念下，BMP 設施處理效率的一套決策支援系統 (Decision Support System, DSS)。當然 BMPDSS 也包含有傳統形式的 BMP 措施。故藉由 BMPDSS 模式之幫助除了可達成既定的環境目標外，也可以降低 BMP 措施之設置成本。

BMPDSS 模式是以 ESRI 的 ArcGIS 為發展平台，所以有較佳的視覺化效果可以清楚呈現土地利用、BMP 配置與河川集水區之現況。BMPDSS 模式也有提供 BMP 之配置、BMP 之特性資料輸入、最佳化決策等之操作介面。此外，也包含有一獨立的 BMP 模擬與評估之模組（Module）以便於檢視各種 BMP 的設計方案。此處 BMP 之模擬是以處理機制為基礎（Process-based）所以對於當地的氣候以及降雨型式非常敏感。該模式也採用萬用啟發式演算法（meta-heuristic Algorithm）的最佳化技術能在既定的控制目標或成本考量下找出最經濟的（cost-effective）BMP 配置方案。圖 4.1 即為 BMPDSS 模式之主要架構及其關聯。

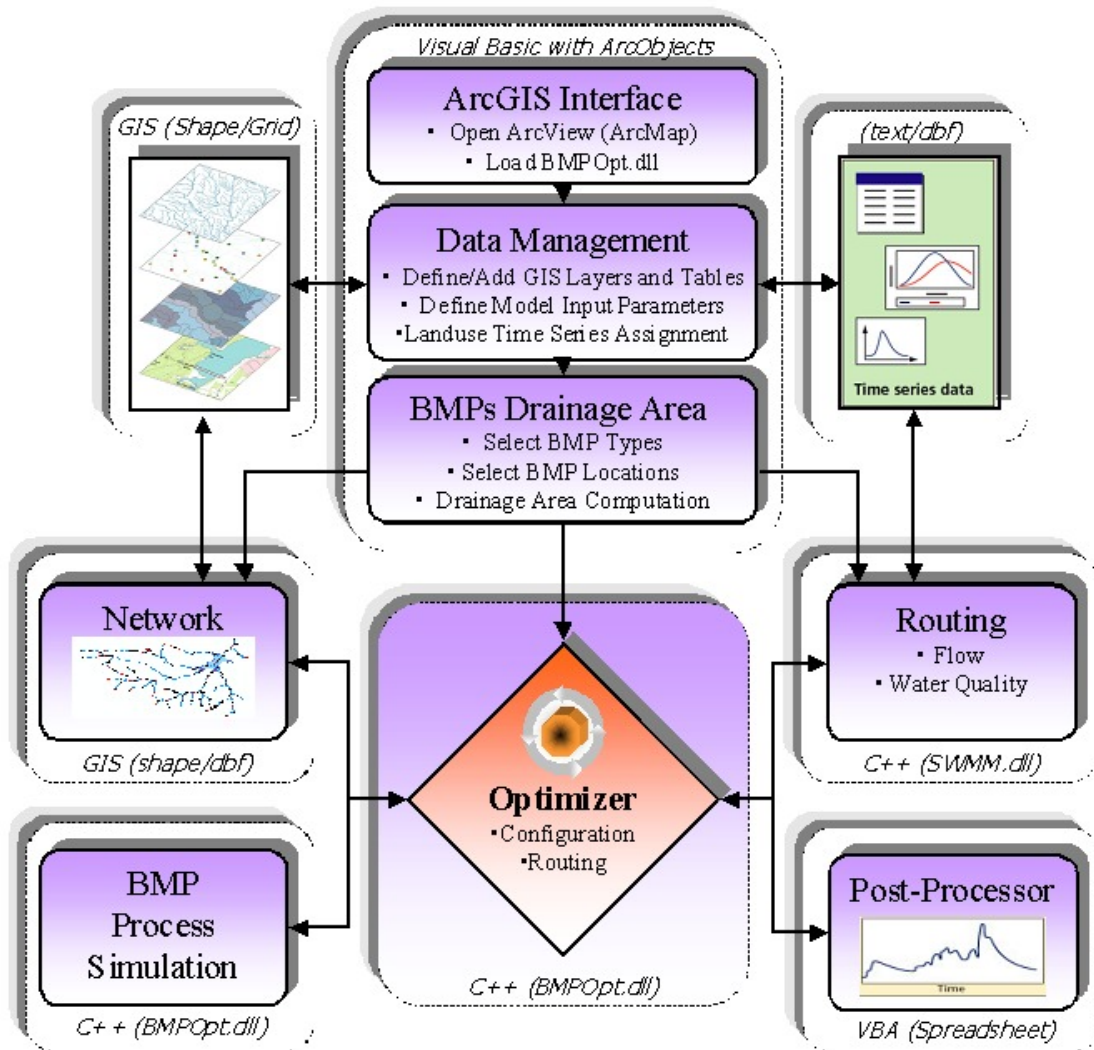


圖 4.1 BMPDSS 之主要架構圖及關聯圖示

(資料來源：BMPDSS Users' s Guide, 2007)

BMPDSS 操作介面及主要工具列，詳下表所示。BMPDSS 工具列介紹如下：

編號	工具名稱	說明
1	Data Management	載入 GIS 資料及土地利用屬性資料
2	Assign Time Series	賦予土地利用型態適當流量及污染物時間序列
3	Define BMP Template	選擇 BMP 樣式及設定 BMP 各項參數
4	Add Off-Stream BMP	於河道外選擇及設置集水區之 BMP 設施
5	Add On-Stream BMP	於河道內選擇及設置 BMP 設施之工具列
6	Delineate Drainage Area	劃分集水區/集污區
7	Define Drainage Area To BMP Connection	建立集水區及 BMP 設施之連結
8	Define Routing Network	建立 BMP 設施間的連結、BMP 與結合點（junction）或出水口（outlet）的連結或自動追蹤自然河道與之連結
9	Create Schematic Layer	概要圖式 BMP 設施與連接點間關係。以點、線方式所呈現
10	Define Assessment Point	定義評估點
11	For Current Scenario	評估點做現行的情境模擬，不做最佳化評估
12	For Minimizing Cost	評估點做現行的情境模擬，並模擬最佳化總 BMP 設置的最低成本
13	For Maximizing Benefit	評估點做現行的情境模擬，並模擬最佳化污染物去除效率
14	Optimization Setup	設立最佳化評估控制參數
15	Create Input File	建立水量及污染物時間序列資料、BMP 型態、設置、路徑等做為 BMP 設施評估及最佳化評估之依據
16	Edit/View Input File	確認及編輯輸入資料進行 BMP 及最佳化模擬
17	Run Simulation	根據輸入資料執行 BMP 及最佳化模擬
18	View Simulation Results	模擬結果展示

4.2 BMP 決策支援系統之操作

BMPDSS模式操作步驟及操作界面如下：

- 步驟一： 開啓BMPDSS工具列及模擬區域土地利用圖層。
(如圖4.2、圖4.3)
- 步驟二： 輸入模擬場址集水區內之土地利用及面積資料，並匯入利用HSPF 模式模擬非點源污染資料。
- 步驟三： 建立模擬區域所採用之BMP設施型式，如：生物滯流設施、乾式池滯留池、貯雨桶、濕地、植生溝、草帶、綠屋頂、透水鋪面及入滲溝。(如圖4.4、圖4.5)
- 步驟四： 輸入BMP設計資料，包括設施尺寸、出流方式等。(如圖4.6)
- 步驟五： 輸入模式所需之參數，包括土壤入滲、植物生長等。
(如圖4.7)
- 步驟六： 輸入BMP設施之成本函數，詳圖4.8。
- 步驟七： 完成模擬區域之BMP設施設定，並設定欲模擬之輸入及輸出檔路徑，載入時間序列資料並開始執行模擬結果，詳圖4.9。
- 步驟八： 輸入BMPDSS內建之最佳化參數，詳圖4.10。
- 步驟九： 查看BMPDSS模擬結果，BMP設施處理效率展示及成本最佳化展示，詳圖4.11、圖4.12

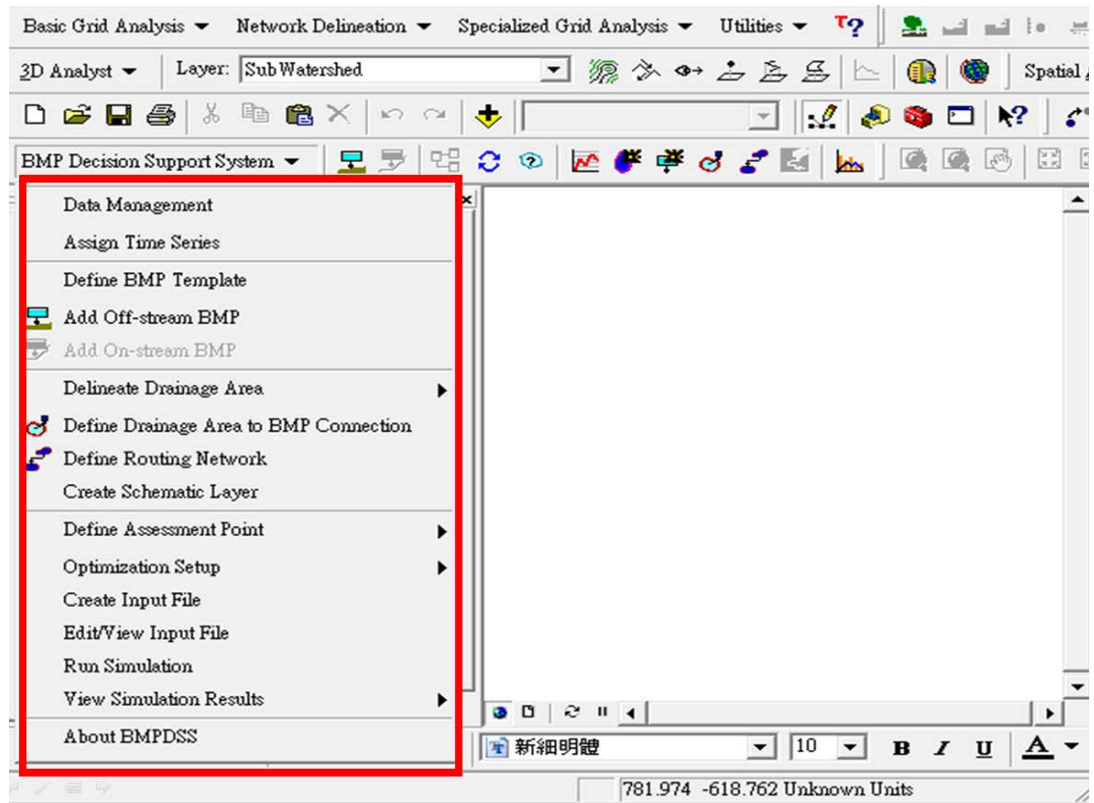


圖 4.2 BMPDSS 工具列



圖 4.3 模擬區域土地利用資料

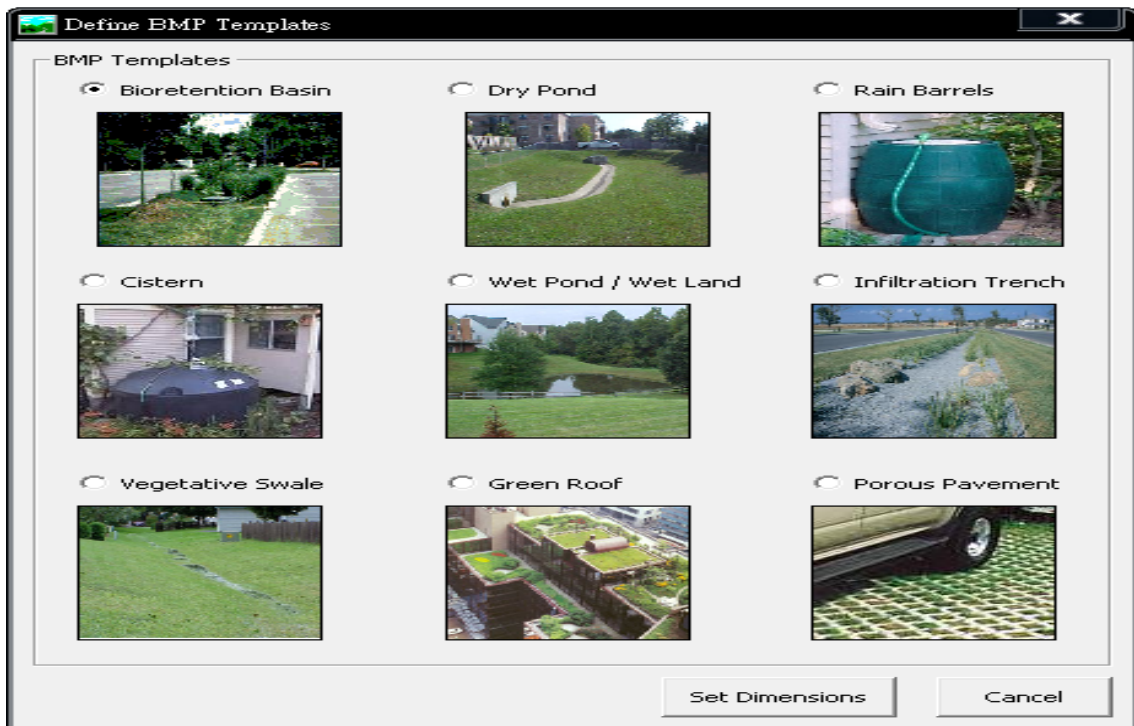


圖 4.4 選擇欲模擬之 BMP 設施



圖 4.5 將 BMP 設施安置在模擬區域

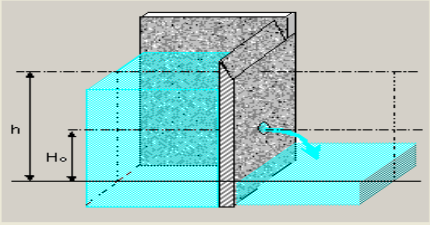
Define BMP Parameters

BMP Dimensions | Substrate Properties | Growth Index | Water Quality Parameters | Cost Factors

General Information
Name: BioRetentionBasin1

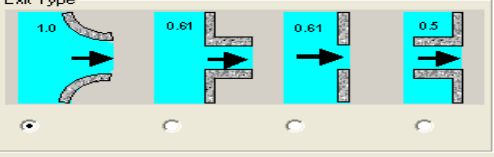
Basin Dimensions
Length (ft): 105 Width (ft): 66

Surface Storage Configuration



Orifice Diameter (in): 0
Orifice Height (Ho, ft): 0

Exit Type

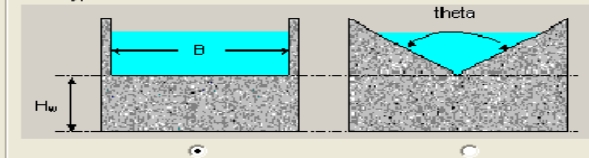


Release Option

Cistern Number of People:
 Rain Barrel Number of Dry Days:
 None

Weir Configuration

Weir Type

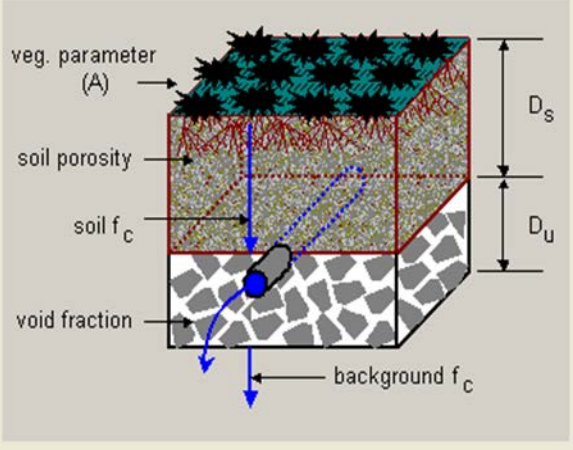


Weir Height (Hw, ft): 0.5
 Rectangular Weir Weir Crest Width (B, ft): 1
 Triangular Weir Vertex Angle (theta, deg):

圖 4.6 設定 BMP 設施參數

Define BMP Parameters

BMP Dimensions | Substrate Properties | Growth Index | Water Quality Parameters | Cost Factors



Depth of Soil, D_s (ft): 4
 Soil Porosity (0-1): 0.4
 Vegetative Parameter A: 0.6
 Soil Layer Infiltration (in/hr): 0.5

Consider Underdrain Structure:

Storage Depth (D_u , ft): 0 Media Void Fraction (0-1): 0 Background Infiltration (in/hr): 0

圖 4.7 設定模式參數

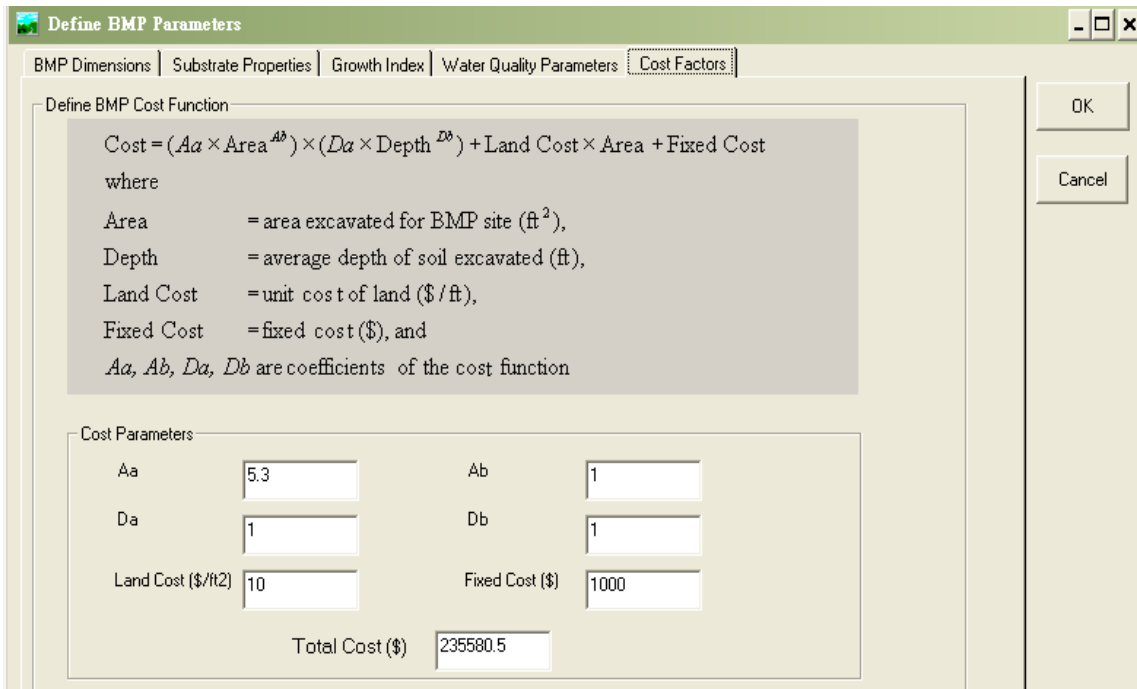


圖 4.8 設定 BMP 設施成本函數

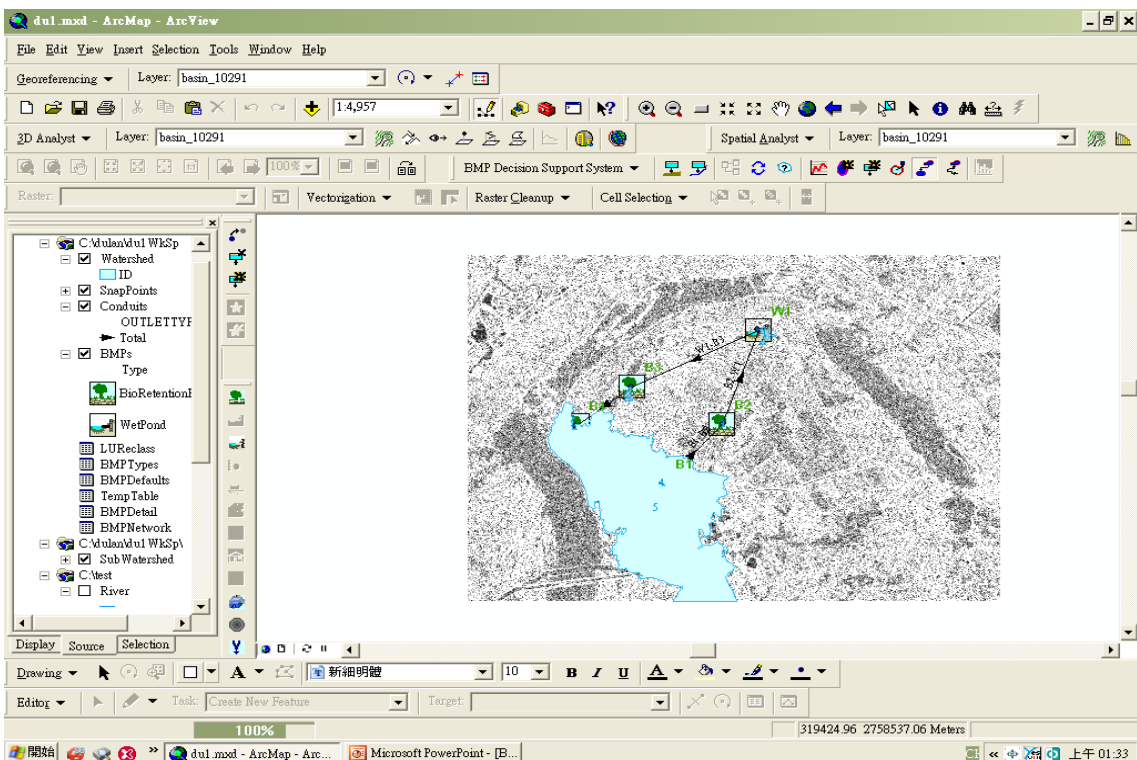


圖 4.9 完成模擬區域 BMP 設施之設定

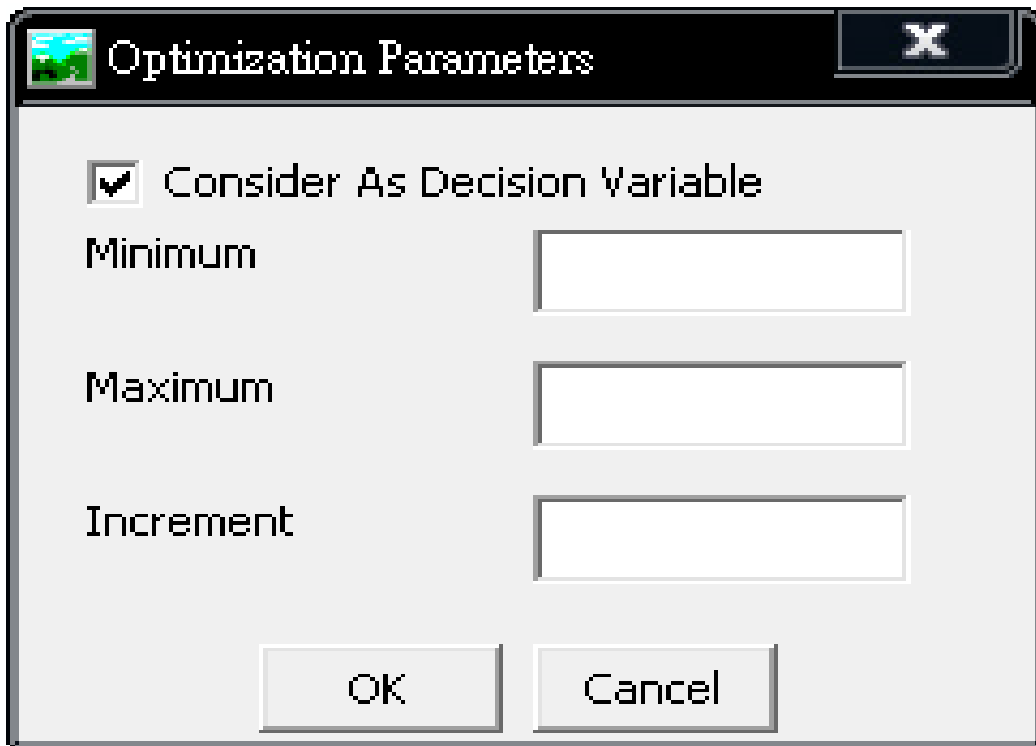


圖 4.10 設定最佳化參數

	Existing Condition	Proposed Condition W/O BMPs	Proposed Condition with BMPs
Flow (CF/year)	20,590	89,203	8,498
Nutrients (lbs/year)	5.68	13.52	0.60
Zinc (lbs/year)	0.17	1.08	0.01
Sediment (tons/year)	0.35	0.90	0.04

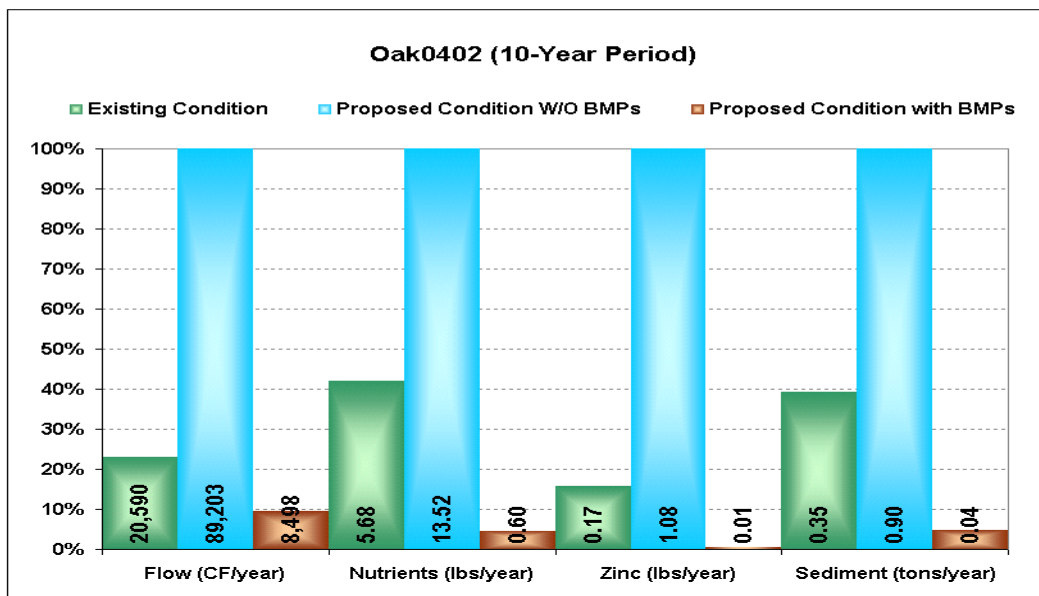


圖 4.11 BMP 設施處理效率展示

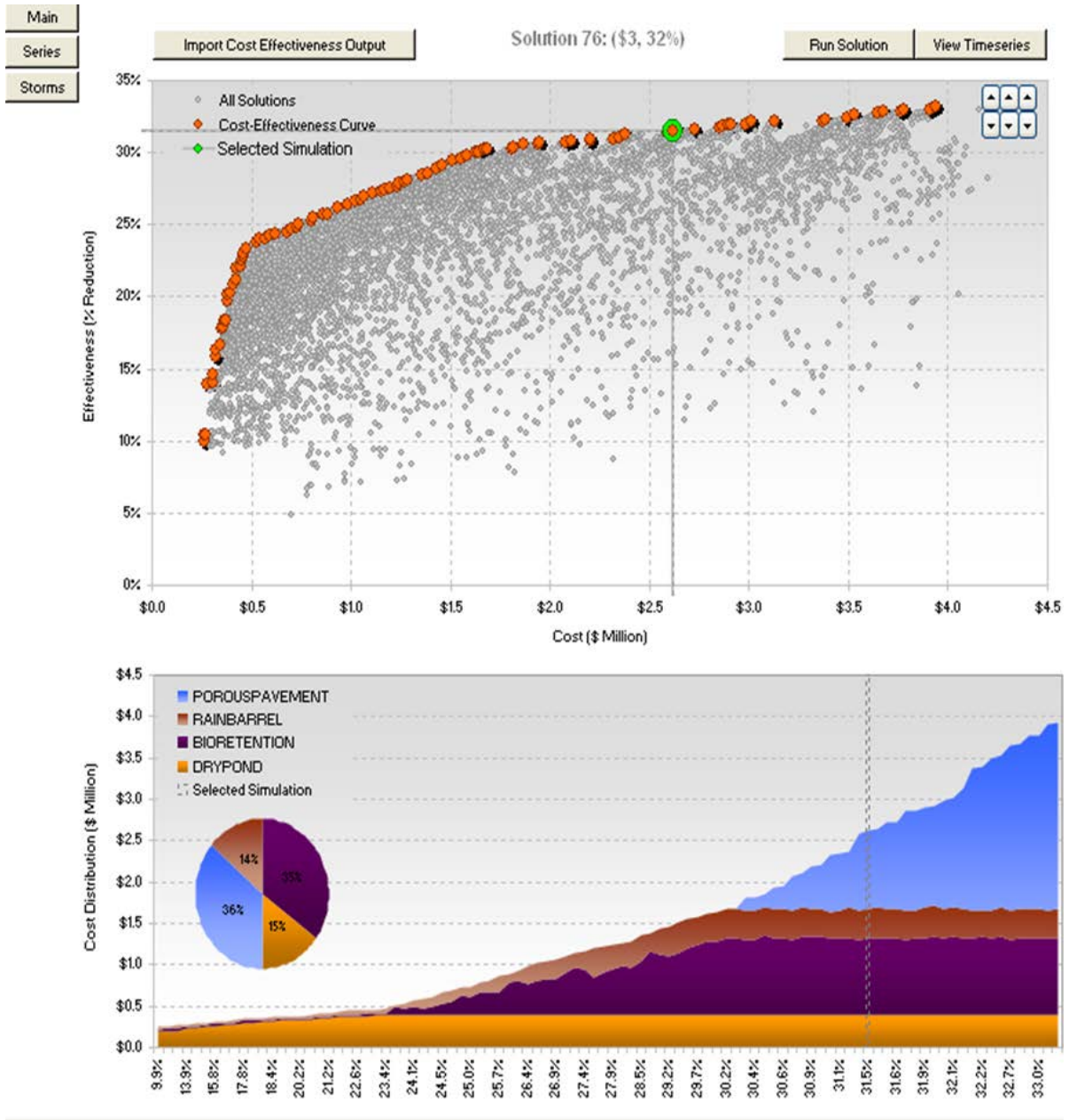


圖 4.12 BMP 最佳化成本及處理效率展示

總結，BMPDSS模式之演算方法學含有下列五種基本設計：

1. 整合逕流資料。
2. 場址系統設計與呈現。
3. 不同規模與類型的 BMPs 設施結構配置。
4. 逕流路徑網絡圖形化。
5. 計算BMPs設施對水力與水質處理成效。

此外，BMPDSS可獲得下列幾個重要的資訊提供設計者、管理者、評估者作為規劃、參考與執行之依據。

1. 可模擬土地開發前、後與BMPs設施（或NTS設施）設置後之水質與暴雨逕流的變化關係。
2. 可輸入不同暴雨型態、不同BMPs 設施設計及逕流路徑來做預估BMPs 設施成效，作為不同管理方案的評估工具。

第五章 工業活動非點源污染處理技術

工業活動非點源污染處理技術可分為以下四大類：

5.1 物料與廢棄物管理		
5.1.1 污染物清除	5.1.4 貯存操作	5.1.6 室外物料裝卸作業
5.1.2 戶外原物料貯存	5.1.5 安全替代品	5.1.7 液態儲桶之室外存放
5.1.3 廢棄物處理		

5.2 車輛、街道、建物管理	
5.2.1 廠區地面維護	5.2.3 車輛與設備清洗
5.2.2 車輛與設備加油	5.2.4 車輛與設備維修

5.3 水利設施與植栽管理		
5.3.1 加蓋隔離	5.3.6 人工濕地	5.3.10 初期逕流儲水設施
5.3.2 收集池或收集坑	5.3.7 植生緩衝帶	5.3.11 雨水下水道入口標示
5.3.3 滯留池	5.3.8 砂濾器	5.3.12 入滲乾井
5.3.4 沉砂井清理	5.3.9 暴雨逕流疏導土堤	5.3.13 圍堵凸堤
5.3.5 暴雨逕流疏導溝		

5.4 其他項目		
5.4.1 溢流防制與清理	5.4.5 土地利用規劃	5.4.9 不當接管防治
5.4.2 透水鋪面	5.4.6 油水分離槽	5.4.10 承接設備
5.4.3 多槽處理設施	5.4.7 製造程序之檢討	5.4.11 員工訓練
5.4.4 大眾教育與民眾參與	5.4.8 非法傾倒管制	5.4.12 製造程序之檢討

5.1 物料與廢棄物管理

5.1.1 污染物清除

1. 簡介

污染物外洩時應儘速加以清除、回收，以降低潛在之污染。由於意外排放或外洩並非百分之百可以預防，因此工業活動必須訂定意外事件之應變計畫，污染物清除作業可配合應變計畫來規劃，以降低暴雨非點源污染。此項作業可以使用人工(如污染物清掃與鏟除)或機械(如污染物挖除、真空吸除)，必要時配合使用吸收劑。

2. 執行方法

意外洩漏發生時應根據污染物之物理與化學性質，採用合適方法迅速清理，以防污染範圍擴大。污染物之清理包括掃除、人工剷除、機械挖除、真空吸除、使用吸收劑或膠結劑吸收等方式：

1. 污染物清掃

少量之固體化學品可以利用掃把或機械式清掃設備清除，以防止暴雨來臨時將這些污染物帶走而造成污染。污染物掃除為經濟、簡單之污染控制方式，所有之員工皆可勝任，然時間之掌握為清除作業最重要之考慮因素。污染物必須於暴雨發生前，或暴雨逕流流達污染區域之前清除乾淨。此外，不相容之污染物不應混合清除，且清除之污染物必須妥善處理。

2. 人工鏟除

人工鏟除是另一種低成本之污染控制方法，可以用來清除較大量之乾式物料，含水量高之固體物或污泥亦可以利用鏟除之方式清理。機械無法進入之清除區域都可使用人工鏟除，這些地方包括水溝、收集坑等。時間之掌握為有效

控制污染之重要因素，污染物須即時清除並做適當之處理或處置。

3.機械挖除

使用機械可以清除大面積或大量之污染物，但使用機械將污染物與土壤一併清除時將造成回收再利用之困難。大量之乾式化學品或濕式及液體污染物使用機械挖除是快速而有效的污染控制方法，時間的掌握為此種方法成效之決定性因素。機械必需定期維修，同時依據使用說明定期檢查。清除之土壤和其他雜物必須與污染物同時加以處理，以防止再次污染。

4.真空吸除

真空吸除可以用於清除乾式或濕式污染物，其優點是簡單而且機動性高，可用在污染區域或生產設備之表面，將欲清除之污染物吸入。若能避免吸入雜物，則被吸除之污染物可回收、再利用。真空吸除設備須定期維護以維持正常功能。

5.使用吸收劑清除

利用吸收劑之吸收及吸附特性可以將特定之外洩污染物清除，以避免暴雨逕流污染。吸收劑之形式可以是液態或粉末狀，常用之吸收劑有：泥土、鋸屑、飛灰、高分子聚合物、活性碳或萬用吸收劑。部分吸收劑可能與污染物發生化學作用，操作人員必須對吸收劑與污染物相容性有所了解，以防止意外。吸收劑與污染物之混合物，可以人工掃除或使用吸塵器清除。一般而言，吸收劑之回收再利用率較低，因此必須正確處理及處置清除物。

6.使用膠結劑清除

膠結劑利用其物理或化學性質將液體污染物吸收，變成半固態之膠狀物。液態污染物外洩使用膠結劑清除除可吸收污染物外，同時可以達到圍堵之效果。使用者必須對膠結劑和污染物之特性有所瞭解，以判斷膠結劑適用之污染物。清除後之污染物回收再利用可能性較低，必須做適當的處理與處置。

5.1.2 戶外原物料貯存

1. 簡介

物品應儘可能儲存於室內以防止降雨淋洗、逕流沖刷或強風吹散，需要露天堆置時必須將物品加以覆蓋，同時做好四周之擋水、排水措施。

2. 執行方法

1. 避免造成污染，物料儲存應依下列之優先順序選擇儲存方式
 - (1) 室內儲存
 - (2) 儲存區加蓋
 - (3) 物料堆加不透水覆蓋
2. 為防止物料流出以及暴雨逕流沖刷，儲存區四週應做凸緣保護
3. 液体物質應存放於不透水鋪面，同時容器應保持在良好狀態
4. 儲存區逕流出口設置過濾或除油設施

5.1.3 廢棄物處理

1. 簡介

物品應儘可能儲存於室內以防止降雨淋洗、逕流沖刷或強風吹散，需要露天堆置時必須將物品加以覆蓋，同時做好四周之擋水、排水措施。

2. 執行方法

1. 避免造成污染，物料儲存應依下列之優先順序選擇儲存方式
 - (1) 室內儲存
 - (2) 儲存區加蓋
 - (3) 物料堆加不透水覆蓋
2. 為防止物料流出以及暴雨逕流沖刷，儲存區四週應做凸緣保護
3. 液體物質應存放於不透水鋪面，同時容器應保持在良好狀態
4. 儲存區逕流出口設置過濾或除油設施

5.1.4 貯存操作

1. 簡介

減少物料存量並儲存在指定地點，儲存地點加蓋並設置雙重阻隔設施以減少污染物與水接觸或溢流至下水道，經常的檢查與良好的員工訓練可以防止意外洩漏。

經常在社區公共設施中貯存的物料包括：

- 殺蟲劑與殺草劑
- 肥料
- 清潔劑
- 石化產品如汽油、機油、油脂
- 其他雜項化學品如酸、鹼、油漆、黏膠、溶劑等

這些物品可能造成的問題包括

- 導致人員的傷害
- 污染土壤及地下水
- 污染地面水

2. 執行方法

1. 物料儲存場所應有遮蓋及不透水鋪面
2. 儲存場所周圍應設圍阻凸緣，防止物料外溢或雨水進入
3. 盡量少儲存或運送有害物品
4. 定期檢查儲存區
5. 有害物質運送過程應有受過污染物外洩事故處理訓練的人員在場
6. 物料儲存區應加鎖，防止有人未經許可使用

7. 易燃性及爆炸性物品儲存應符合消防規定
8. 選擇儲存地點時即應考慮意外洩漏之處理
9. 物料之儲存、運入、運出應有正確的記錄
10. 減少儲存量，只儲存馬上需要用的物料
11. 減少有害物品搬運次數
12. 物品應裝於原有容器，並使用清楚的標示
13. 人員應受完整的物料儲存訓練
14. 儲存區應保持整齊、乾淨
15. 每週檢視，注意儲存桶是有無腐蝕現象

5.1.5 安全替代品

1. 簡介

農藥、肥料、清潔劑、車輛用品等家用物品都有多種選擇，應推廣使用污染性較小的產品。

2. 執行方法

教育政府機關人員及一般大眾使用安全用品，實際例子包括：

1. 汽車用品—汽車亮光劑、去污劑、雨刷精都有較無害之產品
2. 清潔劑—以植物油或柑橘抽出物為原料的清潔劑可以用來替代石化原料為主的清潔劑
3. 塗料—使用非油性的塗料、木材防腐劑、染料、與亮光劑
4. 農藥—昆蟲、菌類、雜草可以用較無害的藥劑，或以非藥品的方法加以控制
5. 肥料—堆肥與土壤改良劑可以取代肥料

5.1.6 室外物料裝卸作業

1. 簡介

避免裝卸區域掉落之物料經由雨淋或逕流沖刷進入下水道。

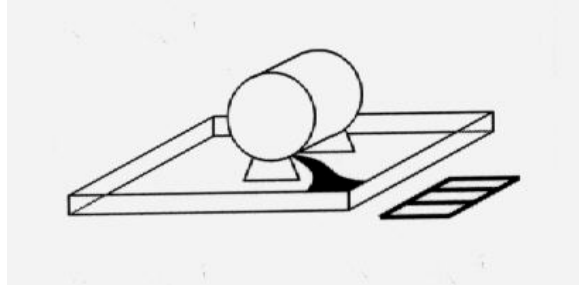
2. 執行方法

1. 裝卸區域加蓋防止降雨淋洗
2. 裝卸區域應高於附近地面或使用凸緣保護，防止逕流沖刷
3. 屋頂設計應避免屋頂排水沖刷裝卸區域
4. 貨車停放區域設置意外洩漏控制設施
5. 使用管線裝卸液態物質時，可能洩漏之接頭處放置承接皿
6. 裝卸工人應受污染清除訓練
7. 搬運機械之操作人員應有足夠訓練

5.1.7 液態儲桶之室外存放

1. 簡介

桶裝液態物質存放室外應防止降雨淋洗及逕流沖刷，儲存區外圍設置圍堵設施，防止溢出物污染雨水及土壤。



2. 執行方法

· 為避免風吹、雨淋，物料儲存應採用：

1. 儲存室內
2. 室外加雨棚遮蓋
3. 儲存區使用凸緣保護
4. 使用加蓋之廢棄物收集箱

· 儲存燃油及有害物質應：

- 訂定洩漏處理程序
- 使用兩層容器或外圍圍堵設施
- 經常檢查容器狀況，預防洩漏

- 儲存區域使用不透水鋪面並設凸緣或土堤防止物料流出
- 容器應有明確標記，儲存區加以區隔，減少不相關人員接近
- 搬運人員訓練

5.2 車輛、街道、建物管理

5.2.1 廠區地面維護

1. 簡介

廠區地面應遵照水土保持之相關規定維護以防止暴雨逕流侵蝕，肥料及農藥之使用應遵照使用說明。

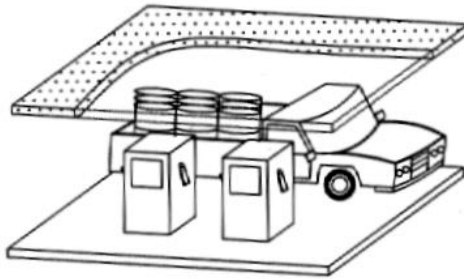
2. 執行方法

1. 廠區地面維護：廠區地面應盡量種植原生植物以減少照顧工作及農藥、肥料之需求。植物澆水水量應予以控制，避免產生逕流。廠區路面應時常清理，避免塵土、物料、垃圾累積。
2. 受污染或易受侵蝕區域之保護：受污染區域應儘量避免污染物被雨水沖刷入雨水下水道系統，因此這些區域應保留原有植被或重新種植草皮、樹木。易溶出之污染物可以設法使用化學固定。若有必要，土壤應予以清除處理。
3. 整地及施工：廠區整地及施工活動應遵守水土保持以及非點源污染控制之相關作業規定，防止雨水沖刷造成污染。需要使用化學穩定劑或以植草方法保護邊坡時，必須考慮可能造成之化學藥劑、肥料或殺草劑污染。遵循施工活動非點源污染管制之各項規定，可有效防止廠區因整地及施工所造成之非點源污染。

5.2.2 車輛與設備加油

1. 簡介

防止燃油洩漏與溢出，意外洩漏發生時防止污染擴大。



2. 執行方法

1. 加油區應依下列原則設計：
 - (1) 加油區加上棚蓋
 - (2) 加油區地面向內斜或在四週做邊溝收集洩漏油料加以處理
 - (3) 地面使用水泥取代瀝青鋪面
2. 訓練加油人員正確操作方法以及外洩處理步驟
3. 燃油外洩應使用砂或正確的吸收材料做乾式清理，不應用水沖洗
4. 油罐車卸油區域外圍應有圍堵設施

5.2.3 車輛與設備清洗

1. 簡介

防止車輛與設備清理廢水進入雨水下水道系統，以免污染水體。



2. 執行方法

1. 清洗區域控制：

- (1) 車輛及設備應再定點清洗，清洗區地面必須有混凝土鋪面，防止污水滲入地下污染地下水
- (2) 清洗區域四週設置完善之廢水收集系統。排入社區污水下水道系統時，應徵詢下水道管理單位有關前處理規定
- (3) 清洗區域應加蓋或利用凸緣保護，防止逕流帶走清洗區域之污染物

2. 選用無磷清潔劑，防止非點源污染造成承受水體優養化

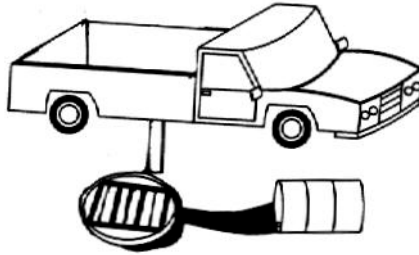
3. 清洗區域四週之排水系統、沉砂井等必須定期檢查、保養，並清除沉砂井中之沉積物

4. 考慮委外清洗：有完善的污染防治及廢水處理設備的專業清洗公司，可以有效降低車輛及設備清洗造成的非點源污染

5.2.4 車輛與設備維修

1. 簡介

車輛及設備維修場所保持清潔與乾燥，防止污染下水道。



2. 執行方法

1. 維修區域：

- (1) 車輛及設備集中維修，減少維修區域佔用之面積
- (2) 維修區域以設於室內為佳，可避免雨水淋洗及逕流沖刷
- (3) 清洗區域應加蓋或利用凸緣保護，防止逕流帶走清洗區域之污染物
- (4) 室外維修區域地面使用混凝土鋪面，四週設置污水收集系統，將污水收集後處理
- (5) 室外維修區域儘可能加蓋雨棚，防雨水直接沖洗待修車輛、設備、零件以及工具
- (6) 隨時保持維修區地面清潔，有液體外洩時應馬上清理

2. 待修車輛及設備：

- (1) 送修車輛及設備有漏油情況時應先行處理
- (2) 無法馬上修護之車輛及設備應檢查是否有液體外漏情形，必要時排出所有油料或其他液體，並於車輛及設備下方擺放承接皿，承接待修期間漏出之污

染物

- (3)無法修護或是用來拆解零件之車輛或設備，應先將其污染源清除
- 2.零件拆除、分解後之車輛應馬上清除或加以覆蓋，防止雨水沖洗
- 3.維修使用之零件，其外層油脂應使用乾布擦拭，避免用水沖洗，需再施以油脂保護時用量越少越好。
- 4.進行除銹、油漆等工作時掉落於地面上之污染物，必須利用真空吸塵器清除
- 5.廢棄物減量及替代品使用：車輛及設備維修使用之清潔劑，一般為含有三氯乙烯、三氯乙烷或甲機氯類之溶劑。這些溶劑對人體有害，必須視為有害廢棄物處理。清洗時，儘可能減少這些有害溶劑之使用。油污以抹布擦拭，或利用鐵刷先行刷去表層之污垢，然後再以有機溶劑清洗，可有效減少廢棄物產量及汙染機會。以水性清洗劑替代有機氯溶劑可以減少汙染。
- 6.外溢和洩漏之清除：清除外溢、洩漏應儘量減少用水量。少量外溢、洩漏使用抹布清除，大範圍或大量之外溢、洩漏，利用吸收粉末做乾式清理。乾式清理之後需要用水清洗時，清洗之污水必須送污水廠處理，不可排入雨水下水道。

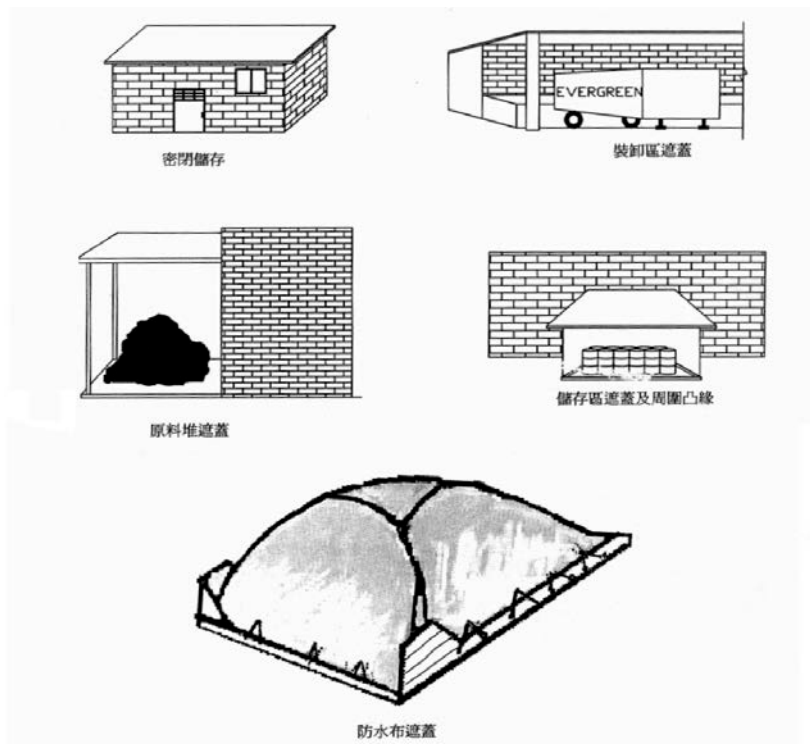
5.3 水利設施與植栽管理

5.3.1 加蓋隔離

1. 簡介

將物料、設備或作業區域局部或全部遮蓋可以防止暴雨沖洗，降低非點源污染。防水布、塑膠板、雨棚、建築物或任何可以隔雨之設施都能達到此一目的。戶外儲存之散裝物料，或粉末、液體之儲桶等皆可加蓋保護，裝卸區域加蓋可防止掉落之物質污染雨水。

加蓋隔離最佳管理作業之優點是設備簡單、成本低，而且效果很好。其缺點在於需要經常性之檢查以防止因破損而漏水。此外加蓋隔離無法使用在很大的區域。此一最佳管理作業之主要維護工作為定期檢查遮蓋設施是否破損、洩漏，設施週界之排水設施是否通暢。



加蓋隔離示意圖

5.3.2 收集池或收集坑

1. 簡介

可能產生大型外溢或洩漏之區域可以利用收集池或收集坑收集地面之污染物，將污染物回收利用，或送到處理設備處理。收集池和圍堵凸堤同樣是收集污染物之最佳管理作業，其區別在於收集池可利用管線連結，同時收集不同區域之污染物。在空間足夠情況下，收集池可用於收集任何形式、任何地點之污染物，尤其是有潛在洩漏之區域，收集池更可有效發揮其功能。

收集坑是一個坑洞或低窪處，用以收集並暫時貯存污染物，通常設計來控制小區域之洩漏。收集坑一般設有抽送泵浦，於污染物達一定量後自動抽送至污染處理設備或其他儲存設施。

收集池之大小及使用之材質、抽送馬達、泵浦之位置、管線之材質、大小等必須詳細設計。收集系統須設置預警裝置，以防抽送系統故障造成溢流。操作維護人員必須具有相當之機械常識，並定期檢查收集池及管線，注意入口及出口是否堵塞，馬達及泵浦是否正常。暴雨過後收集池、收集坑滿時，儘快清除收集之污染物，以維持其正常功能。

收集池和收集坑之優點在於其設計簡易，可快速有效收集污染物，收集之污染物可回收、再利用或加以處理，是一般工業區較常用的污染控方法。其缺點是必須有良好的收集系統與收集池配合，以達到收集污染物，防止污染擴大之目的。同時，不同地點收集之污染物，可能因化學性質不相容，造成處理上的困難。收集坑泵浦阻塞情況容易發生，需要經常維護，其操作及維護成本也較高。此外，收集池或收集坑都有造成地下水污染之潛在問題。

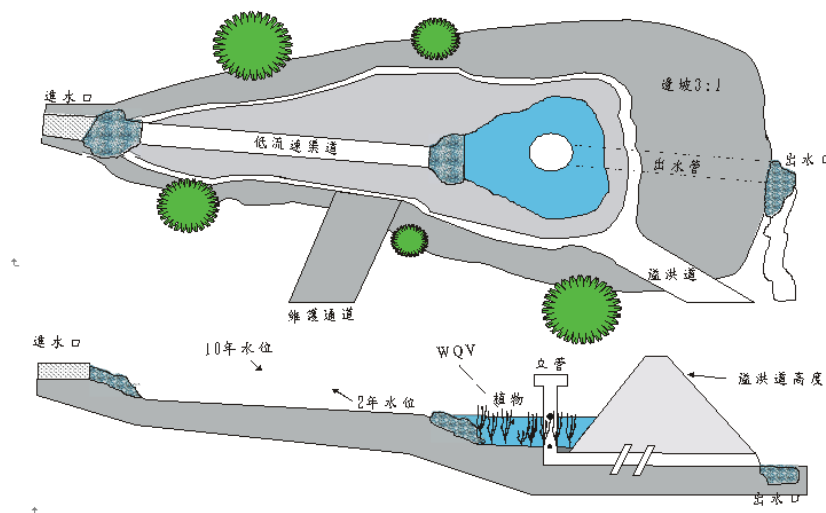
5.3.3 滯留池

1.簡介

傳統上滯留池(Detention Pond)為防洪設施之一，但近年來滯留池之設計，通常亦加上去除污染的考慮。所謂「雙目標」或多目標滯留池之設計，即以同時降低洪峰，減少雨水逕流污染為目的，甚至將景觀、垂釣和休閒等功能考慮進去而成為多目標滯留池。

滯留池的種類有：

- (1)乾性滯留池：平常不蓄水，只有在暴雨情況下才滯留雨水逕流。
- (2)改良式乾性滯留池：將乾性滯留池之出水結構加以修改，水管改小或將出水口之高度提高，如此可以增加雨水逕流在池內逗留之時間因而增加去除效率。
- (3)濕式滯留池：常年保持一固定容積之水在池內，如同一池塘或小湖泊。

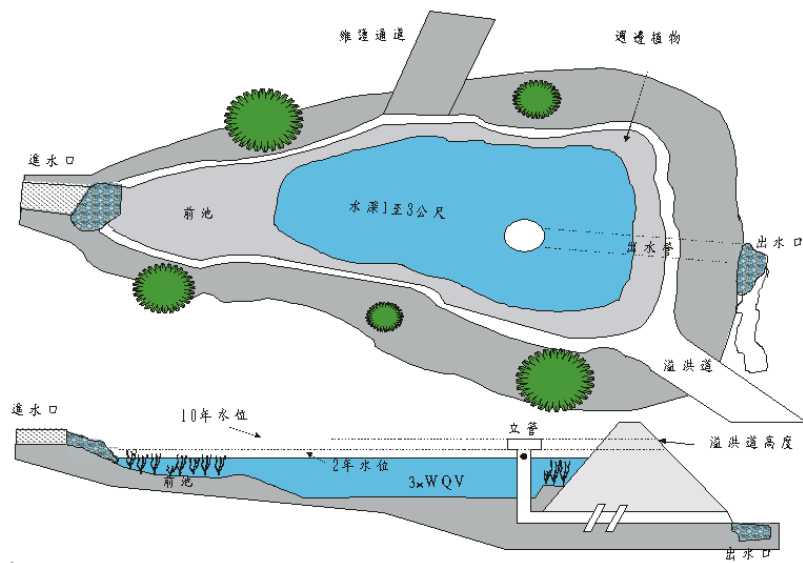


乾式滯留池設計圖

(Camp Dresser&McKee,1993)



乾式滯留池照片



濕式滯留池設計圖

(Camp Dresser&McKee,1993)



濕式滯留池照片

2.目的

將逕流雨水引至水池，使其滯留於池中並使懸浮固體產生沉澱，及部分污染物被分解，進而達到淨化功效。

3.污染物去除效率(高●，中◎，低○)

●沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ◎BOD與COD ◎重金屬
◎毒性物質 ◎油脂 ◎細菌與病毒 ●漂浮物

4.適用地點

- (1)用於大面積流域之逕流污染控制。
- (2)需要去除高比例之懸浮顆粒污染物及少量之溶解性污染物時。
- (3)可以與景觀設計做綜合規劃。
- (4)可配合棲地營造，提供生物生長、棲息及繁衍場所。
- (5)乾式滯留池適用於缺乏水源，無法維護濕式滯留池或人工濕地水位，或者草溝及草帶之植被難以維持時。
- (6)因為蚊蟲孳生之顧慮，不適合使用常年積水之濕式滯留池或人工濕地時，宜

採用乾式滯留池。

5.使用限制

(1)乾式滯留池

- a.需要大面積土地。
- b.不適用於高度都市化地區。
- c.不可設置於坡地、填土區或或有崩坍潛勢之場所。
- d.需考慮安全性以及周圍環境清潔維護等問題。
- e.應定期清理，避免被填平而喪失功效。

(2)濕式滯留池

- a.效率可能低於大部份逕流處理設施。
- b.池底與邊坡未植生可能造成底部沖刷與邊坡沖蝕等問題。
- c.使用出水口控制水力停留時間，較小集水區其池子出口太小，可能有出水口阻塞之考慮。
- d.需考慮蚊蟲孳生所引致的問題。
- e.需考慮池水厭氧以及優養化問題。
- f.乾季可能需要有補充水源。

6.設計準則

(1)消洪所需之體積

控制尖峰流量所需池之容積可以簡易公式作初步之估計：

$$V_f = 0.5(Q_{p0} - Q_{pv}) \cdot T_b$$

式中， V_f = 滯留池容積， L^3 。

Q_{pv} = 為開發前25年發生一次之尖峰流量， L^3/T ；

Q_{po} =開發後同一頻率之尖峰流量， L^3/T ；

T_b = 流量歷線之延時，T

(2)淨化污染物所需之體積：

每次降雨初期沖刷流出必須處理之雨水逕流量稱為水質體積(Water Quality Volume, WQV)：

a. 遊憩區， $WQV=20mm \times A_i$ (A_i ：集水區面積，ha)，即每公頃集水面積需 $200m^3$ 體積。

b. 社區、工業區， $WQV=10mm \times A_i$ (A_i ：集水區面積，ha)，即每公頃集水面積需 $100m^3$ 體積。

滯留池淨化污染物所需之體積，乾式=WQV，濕式=3WQV。

(3)滯留池總體積

◆ 乾式： $V=V_f + WQV$

◆ 濕式： $V=V_f + 3WQV$

(濕式滯留池體積成呆水位體積，其容積應至少為WQV之3倍)

(4)處理污染物所需之停留時間：

30小時。

(5)排水管設計

◆ 乾式滯留池

需能將前10mm(或20mm)之逕流體積，滯留在池內30小時，故滯留池之出水口需依下列公式設計其許可排放流量

$$Q_{avg} = \frac{WQV}{T}$$

式中， Q_{avg} = 許可排放之平均流量， L^3/T ；

WQV= 水質體積， L^3 ；

T= 滯留時間(Detention time)，如30小時，T

出水口管徑不小於8公分為宜，太小則易被堵塞。

- ◆濕式滯留池

7.維護需求

(1)結構安全及效率方面

- ◆須定期檢查並且於暴雨(如颱風)之後加強檢查，每年至少2到3次，檢查項目包括沖蝕情形、結構之損壞，淤積程度等。
- ◆濕式滯留池如池底泥砂堆積超過池容積20%時，應將泥砂清除。

(2)美觀方面

- ◆滯留池需嚴禁傾倒垃圾、雜物等，並需定期剪草。
- ◆濕性滯留池需防止蚊蟲孳生以及蘆葦等之過度生長。
- ◆如有藻類繁殖過量時，則需加化學處理(如鋁鹽處理)消除。

8.執行需求 (●高，◎中，○低)

- 初設費 ◎操作維護費 ◎維護需求 ○人員訓練

9.其他

(1)滯留池去除污染之原理

a. 沉積作用

顆粒性污染物之去除主要仰賴重力沉積，故此類污染物之去除率應與進流水中粒徑尺寸分佈和滯留時間有關，兩者之間的關係密切，其效能與滯留池之大小，形狀，以及出水結構之型式不同而有所改變。

沉積作用是一般滯留池去除污染物最主要之因素，但因不同的污染物其沉積之特性亦有所不同，故設計滯留池時需注意進流水中最具代表性之粒徑分佈。顯示數種污染物之去除率與滯留時間之關係，大部分污染物在前兩個小時

被去除。

b.腐化(Decay)

藉由微生物分解水中有機污染物，或者水中微生物自行死亡，而達到淨化水質的功效。

c.生物攝取(Biological uptake)

溶解性污染物之去除(例如磷、氨氮等)，主要仰賴滯留池內水生植物之攝取，其水質淨化效率與水生植物之種類與植栽密度有關。

(2) 乾性滯留池的設計準則多為使開發後暴雨逕流(例如25年發生頻率之暴雨)的最大流量數值與開發前相同，此類滯留池對污染物之去除率不高，主要因為滯留時間短，污染物沒有足夠時間沉積，而且一場暴雨過後沉積在池底的污染物可能又被下一場暴雨沖刷出滯留池，一般而言，乾性滯留池污染物去除率平均為0%至20%。

(3) 改良式乾性滯留池是將乾性滯留池之出水結構加以修改，水管改小或將出水口之高度提高，如此可以增加雨水逕流在池內逗留之時間因而增加去除效率。通常此種出水管係用2年頻率之暴雨設計，如此設計之滯留池可達到40%到70%粒狀性污染物之去除率，但對溶解性之污染物則去除效率甚低。

(4) 顆粒性污染物在濕式滯留池有較長時間沉積，而溶解性污染物也有較長時間被生物分解或植物攝取。一般而言，濕式滯留池之平均去除率為：

總懸浮固體物(TSS)	50%~90%
營養鹽(Nutrients)	40%~60%
鋅(Zn)	40%~45%

5.3.4 沉砂井清理

1.簡介

沈砂井定期清理，移除累積之砂土可以降低雨水下水道之初期沖刷現象，恢復沈砂井之功能，並可防止下水道管路沈積與阻塞。

2.執行方法

1. 小型社區可用人力清理
2. 都市下水道系統需要使用清理機械
3. 至少每年檢查一次，確定沈砂井功能正常
4. 沈砂井內砂土佔容量之 40%之前即應清理
5. 砂土負荷高地區之沈砂井應每年雨季來臨之前清理
6. 保持清理記錄，以確保工作成效

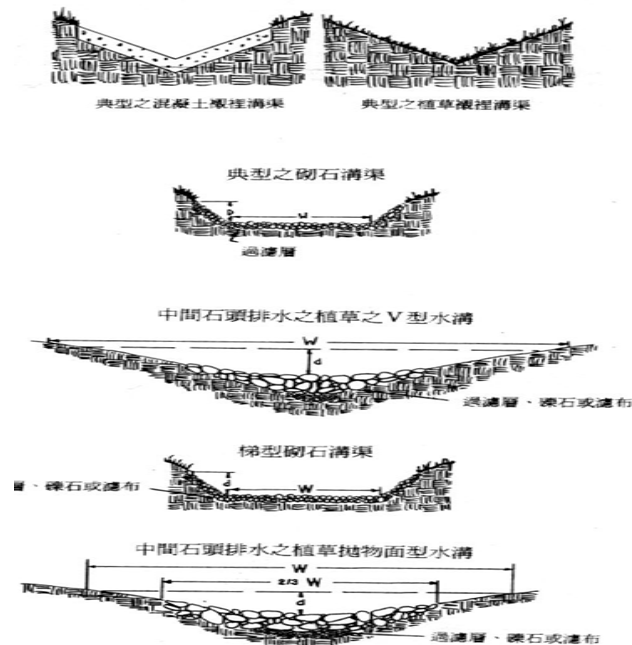
5.3.5 暴雨逕流疏導溝渠

1.簡介

暴雨逕流疏導溝渠收集暴雨所產生之逕流，同時引導逕流水至特定地點。在工業區，暴雨逕流收集系統可以由無數的疏導溝渠組成，一些溝渠將未受污染之暴雨逕流引開，避免水流與污染區域接觸，另一些溝渠則收集遭受污染之逕流，送往處理設備處理，兩種不同目的之溝渠應加以區隔。

逕流溝渠可以使用不同材質建造，如混凝土、黏土、塑膠材料、金屬、植草土壤等。在廠區規劃階段設計逕流疏導系統可以節省成本，逕流疏導溝渠設計必需考慮渠道容量與流速，疏導容量須能輸送五年以上頻率暴雨逕流。設計時同時必需考慮流速之容許範圍，以免造成渠道沖刷或泥沙沉積。

使用逕流疏導溝渠控制非點源污染之優點包括：疏導暴雨逕流繞過廠區可以預防廠區淹水、設施維護簡單、可同時防止土壤侵蝕。可能發生的困難有：流量被收集而集中，逕流沖刷能量增大，某些渠道構造物必需增強結構設計；既有廠區變更排水系統或增設逕流疏導系統須考慮其經濟性。

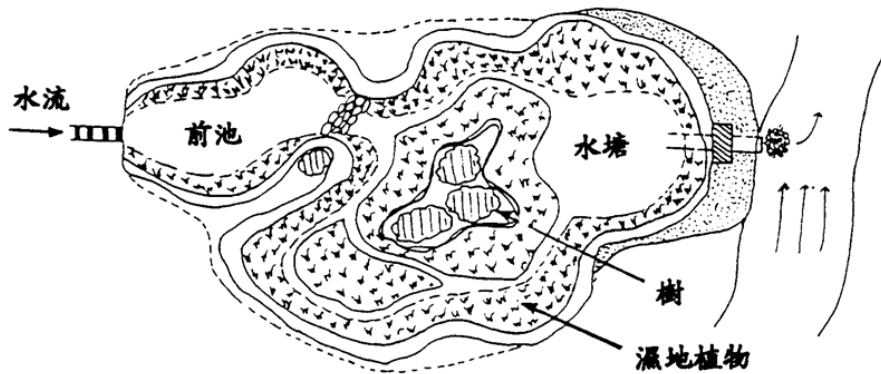


典型暴雨疏導溝渠斷面

5.3.6 人工濕地

1. 簡介

人工濕地(Constructed Wetlands)為人工開挖或使用擋水設施造成的窪地，裡面經常保持濕潤或有淺層的積水，並種植水生植物。



人工濕地示意圖



人工溼地照片

2. 目的

- (1) 去除顆粒性及溶解性污染物。
- (2) 池子本身可以做為景觀美化之一部分，同時提供野生動物，鳥類棲息場所，為一多功能之暴雨控制設施。

3. 污染物去除效率(高●，中◎，低○)

- 沉澱物(sediment) ●氮、磷 ●BOD與COD ●重金屬
●毒性物質 ●油脂 ◎細菌與病毒 ●漂浮物

4. 適用地點

- (1) 集水區面積夠大，並可維持晴天水流以保持池子濕潤的地區。
- (2) 適合濕地植物生長的地區。
- (3) 可納入景觀規劃整體設計的地區。

5. 使用限制

- (1) 需要較大面積土地，不適用於高地價及高度開發地區。
- (2) 不能設於坡地。
- (3) 需考慮蚊蟲孳生問題。
- (4) 乾季需要額外供水，以維持系統生態。
- (5) 土壤需適合濕地植物生長。
- (6) 土壤需不透水，以防水份流失。

6. 設計準則

- (1) 設計原則(Mitsch, 1992)
 - a. 濕地系統的水力設計及植物種植必須採用最少的維護需求；
 - b. 根據原有地形作設計，不要大幅度改變地貌；
 - c. 設計時應就污染控制、景觀、生態等作多功能考量；
 - d. 盡量模仿天然濕地，不要使用過多的渠道或硬體結構物；
 - e. 濕地系統規劃可以採用分散式設計或集中式設計，分散式設計在上游集水區

內使用大量小型濕地，集中式設計則在下游處設置數目較少但規模大的濕地系統。

(2) 面積

人造濕地面積應為集水區面積之 1~2%，面積設計可採用濕式滯留池之計算方式，但濕地水淺，因此使用此一計算方式所得之面積需求將遠高於濕式滯留池。由於使用經驗顯示，採用較大面積之人造濕地未必提高污染去除率，因此人造濕地採用濕式滯留池所需面積設計即可（Schueler,1992）。

(3)系統配置

- a. 濕地設置適當區隔之前池與後池，可提高污染去除率；
- b. 池子呈長條狀以防止短流；
- c. 池邊設置道路供維修車輛行駛；
- d. 邊坡應大於 4:1，若為節省空間，可使用混凝土擋土牆，此時需設置圍籬，防止人員或動物落水。

(4) 深度

前池與後池深度 1 至 2 公尺，前池與後池合佔濕地 25%~50%面積。

(5)土壤

濕地土壤需適合植物生長，同時為防止濕地水分入滲，土壤之透水性不可太高。

(6)濕地植物選擇

人造濕地上應種植濕地之原生性植物，台灣地區原生濕地植物列於表 7 (環保署，1995)。

(7)注意事項：

- a. 大型人工濕地其邊坡在水深60公分的地方至少要有4:1的坡度，若濕地的邊緣以圍牆構築，則應加設安全護欄，防止遊人掉到水裏。
- b. 人工濕地的周圍必須有足夠的空間，讓管理用的交通工具行走。
- c. 濕地的外圍至少要有30公分的出水高度。

- d. 若濕地的外圍以土壤構築，在出水管的同圍的土壤應加裝防漏設施。
- e. 濕地必須有45公分到60公分的有機性的土壤，以利濕地植物的生長。
- f. 濕地土壤必須有吸附水中磷酸鹽的作用。
- g. 若有短流的情形發生，在前塘的進水口處必須設置消能設備，降低進流水的流速，或增加池塘的長寬比。

7.維護需求

- (1) 每場大雨後進行檢查，或至少一年檢查一次。
- (2) 定期清除水面的漂浮物。
- (3) 修理周圍崩塌的地方。
- (4) 防止蚊蟲的滋生。
- (5) 定期(約3~5年)清除濕地底部的沉積物，若出水中有毒性物質有增加的趨勢，應立即進行沉積物的清理。

8.執行需求 (●高，◎中，○低)

●初設費 ◎操作維護費 ◎維護需求 ○人員訓練

9.其他

人工濕地目前使用仍然不多，一般集水區必須大才能有晴天水流，維持池子濕潤。濕地內植物族群之建立不容易，必須經由有生態學專長之人員加以選擇。

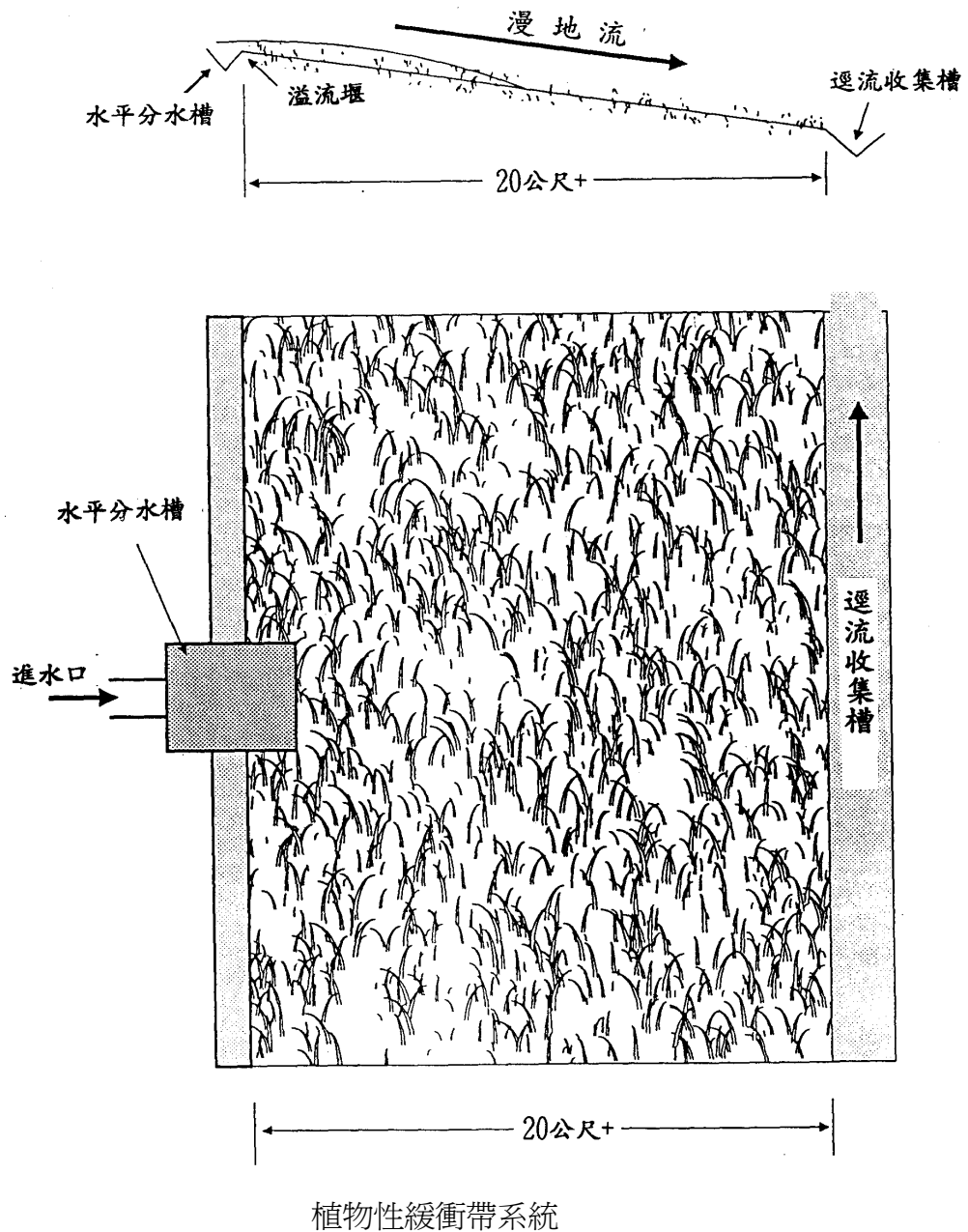
表 7 台灣地區濕地原生植物名錄

俗 名	學 名
菱	<i>rapa bispinosa</i> o b. Var. <i>ii u ai Na ano</i>
眼子菜	<i>Potamogeton octandrus</i> Poir.
馬藻	<i>Pota ogeton crispus</i> L.
金魚藻	<i>Cera ophyllum demersum</i> L
三白草	<i>Sauru us chine i</i> (Lour.
水蕨	<i>Ceratop eri thalictroides</i> (L.) Brongn.
水燭	<i>Typha orientalis</i> Prel.
蘆葦	<i>Phragmites comm is</i> (L.) Tri .
荸	<i>Eleocharis d lcis</i> Burm. f.) Trin.
日本篔簹	<i>Blyxa japonica</i> (Mig.) M xim.
水車前	<i>Ottelia alismoide</i> (L.) Pers.
銀蓮花	<i>Nymphoides cri tata</i> (Ro . Ktze.
水芹菜	<i>Oenanthe jap nica</i> (Bl.) DC.
臺灣萍蓬草	<i>Nuphar shimadai</i> Hayata
青萍	<i>Lemna perpusilla</i> or .
稗蓋	<i>Sphaerocaryum m l ccense</i> (Tr n) Pil er
大穀精草	<i>Eriocaulon sexangulare</i> L.
大萍	<i>Pistia stratiotes</i> L.
大金髮蘚	<i>Polytri hum commune</i> Hedw.
滿 紅	<i>Azolla p nnata</i> R. r wn
田字草	<i>Mar iles min ta</i> .
槐業蘋	<i>Salvinia natans</i> (L.) All.
匍莖通泉草	<i>Mazus miquelii</i> Makino
蝴蝶薑	<i>He ychi coronarium</i> Koe i
短柄卵果蕨	<i>Ph g pteri decursive-pinnata</i> (van Hall) F' ee
水手花	<i>Scirp s mucromatus</i>
水丁香	<i>Ludwigia ctovalvis</i>
水龍	<i>Ludwigia peploide</i>
圓葉澤瀉	<i>C d sia gra dis</i>
水蜈蚣	<i>Kyl ing brevifolia</i>
水竹葉	<i>Murdannia keisak</i>
鴨舌草	<i>Monochoria vaginalis</i>

5.3.7 植生緩衝帶

1. 簡介

植物以土生或適於本地生長之草為主，其主要設計之考量為需將雨水逕流以很薄之片流(Sheet Flow)流過草帶，由於流過速度緩慢，因此草地對水中的沉質有攔截作用，同時水中的營養鹽可被植物利用而達到去除的效果。植物緩衝帶(VBS)為包括樹木等不同植物的綜合地帶，而草帶包含的植物以草為主。



2.目的

- (1) 去除水中沉質、營養鹽等污染物。
- (2) 防止土壤的侵蝕。

3.污染物去除效率(高●，中◎，低○)

- 沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ◎BOD與COD◎重金屬
◎毒性物質 ◎油脂 ○細菌與病毒 ◎漂浮物

4.適用地點

- (1)自然水體旁邊、平坦且坡度小於5% 的地區。
- (2)土壤適合植物生長的地區。
- (3)土壤穩定的地區。
- (4)小集水區或小面積不透水面周圍。

5.使用限制

- (1)需要土地空間。
- (2)地表坡度不可太大。
- (3)必需能夠維持植被良好生長，乾季需要澆水維護。
- (4)流經草帶之水流必需形成均勻之片流(sheet flow)，此一條件不易維持。

6.設計準則

- (1)緩衝帶彖向坡度以不大於5% 為宜，長度則大於20公尺較好。
- (2)草帶面積應為不透水面積的1/1000到1/500之間。
- (3)草帶寬度至少要3公尺以上。

(4)長度不夠或因地形關係坡度較大，則可在下游建一小型矮壩(Check Dam)以減低流速。

(5)為防止渠道流(短流)的發生，通常需先將雨水引進一水平分水槽(Level Spreader)內，槽內水滿時會沿槽緣溢流出來而平均分佈流過草帶(Grass Strip)。

(6)植物緩衝帶長度與其他參數可以圖33求得,如取得95%之去除效率，在坡度為2%粗糙係數及n為0.20情況下，所需之緩衝帶長度為60公尺左右。

7.維護需求

(1)定期檢查是否有侵蝕、草皮損壞和短流的發生。

(2)草高超過15公分時，要進行修剪的工作，並馬上清除地上的草屑。

8.執行需求 (●高，◎中，○低)

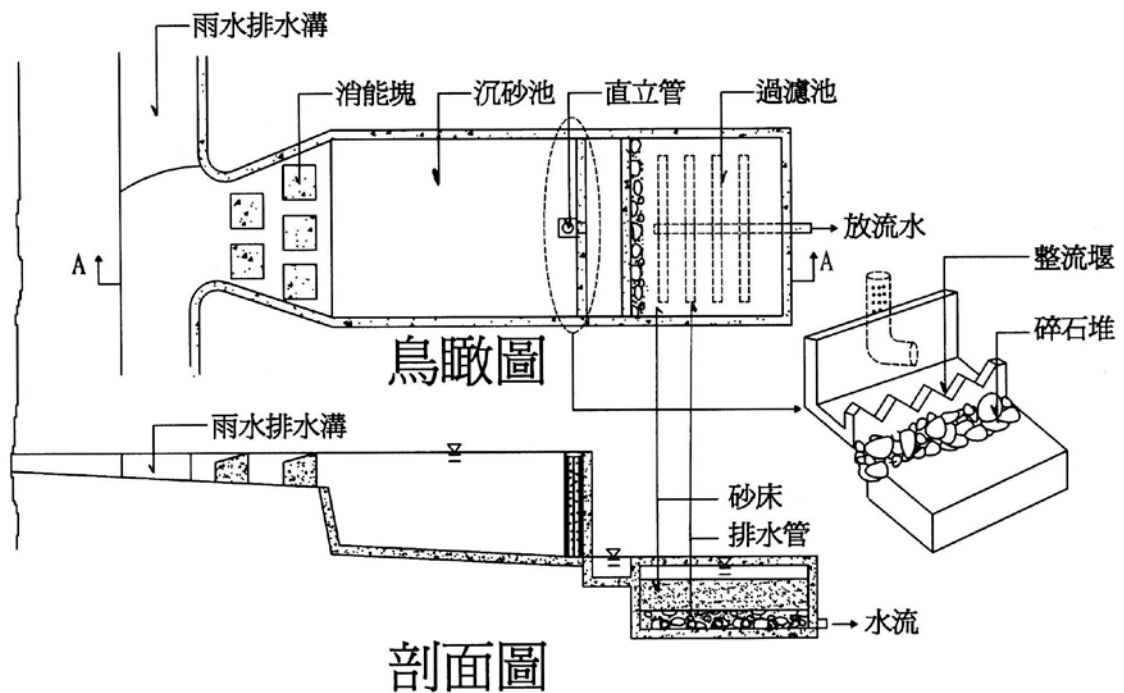
◎初設費 ◎操作維護費 ◎維護需求 ○人員訓練

5.3.8 砂濾器

1. 簡介

砂濾器係由一個沉澱池及一個砂濾槽所組成，逕流先進入沉澱池內短暫停留，將較大顆粒沉澱去除之後流入濾床過濾，濾床之濾料可為砂子或砂子與泥煤之混合物。沉澱槽體積一般設計成可完全貯存水質體積。砂濾對於粒狀污染物有很高的去除率，但對於溶解態污染物則無去除效果。在土地取得困難地區，砂濾器可設置於地下。濾器之維護需求高於大部份逕流處理設施。由於砂濾器之處理容量有限，因此設施必須與排水渠道側接，只允許小型降雨之全部逕流或大型降雨之部份逕流流入。

Austin 砂濾系統濾池為 45 至 60 公分厚的砂層以及下方的礫石與多孔 PVC 排水管所構成，砂層與上下礫石層間鋪設地工織物，以防砂土流失。使用經驗顯示，地面砂濾系統對總磷之去除效率在 40%~60% 之間 (Bell, 1993)。



2. 污染物去除效率(高●，中◎，低○)

- 沉滓 ◎營養鹽 ◎重金屬 ○毒性物質
●漂浮物 ◎耗氧物質 ◎油脂 ◎細菌與病毒

3. 設計準則

1. 沈澱池應設消能設施，防止沈降物再懸浮；
2. 水流應均勻分布於濾床；
3. 與渠道做側接，以防大水沖刷；
4. 沈澱池體積計算

砂濾器之沈澱池體積計算可以沿用乾式滯留池體積的計算方法，但由於砂濾器沈澱池之後有過濾處理，因此其沉澱池之沈滓去除效率不須如滯留池，以避免設施體積過於龐大。

5. 濾床表面積計算

根據美國德州 Austin 經驗，濾床表面積可以使用下列公式計算：

$$A_f = 3630(V \times H) / [K \times (D + H)]$$

其中 A_f = 濾床表面積，ft²

V = 需處理之逕流體積(in-acre)，可以用下式計算

$$V = DCIA \times 0.5in$$

$DCIA$ = 與排水系統直接相連之不透水表面總面積，acre

H = 砂濾床厚度，ft

D = 砂濾床上水深（取最大水深之一半），ft

K = 濾床係數，建議使用 3.5

上述式子根據濾砂有效粒徑為 0.02~0.04in 導出，濾砂粒徑小於此值時，濾床面積必須加大。

4. 維護需求

1. 每半年或每次較大降雨之後應檢視設施；
2. 沈澱池沈澱累積 10 吋，砂濾床沉澱累積 1.5 公分即應進行清除；
3. 濾床表層淤泥與濾砂之混合物應每半年清除一次，以維護砂床之透水性，並避免沈澱穿透濾層，導致全部砂層必須更換；
4. 集水區須避免因地表裸露或施工活動造成土壤沖刷，以延長濾床維護間距。

5. 執行需求 (●高, ◎中, ○低)

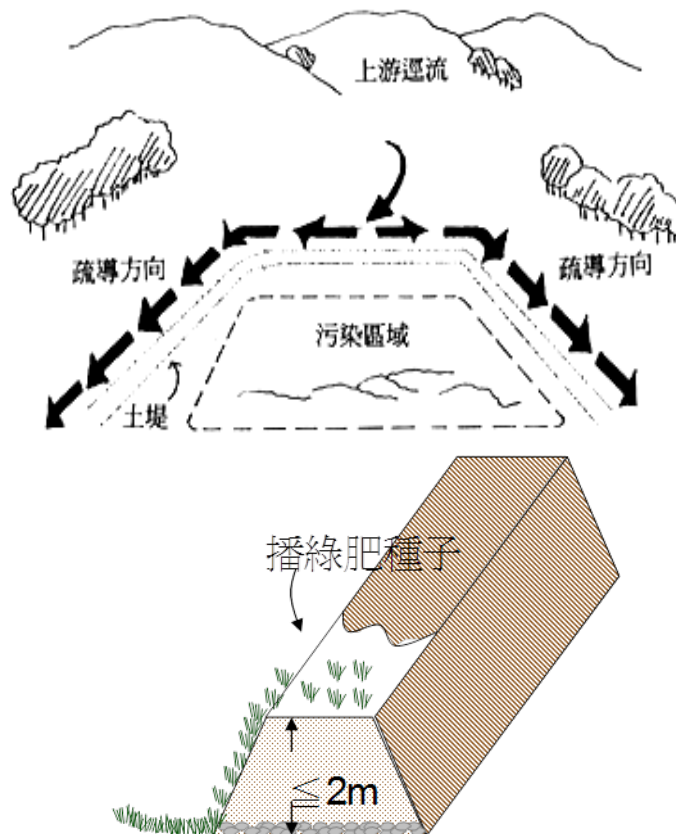
●初設費 ◎操作維護費 ●維護需求 ○人員訓練

5.3.9 暴雨逕流疏導土堤

1.簡介

逕流疏導土堤與疏導溝渠之區別在於土堤只設法將逕流阻擋於作業區外，防止暴雨逕流與污染物接觸。設計暴雨逕流疏導土堤時必需考慮所需阻擋之流量與可能之水位，影響流量之因素包括排水區域面積、坡度、與設計暴雨之大小。較陡之地面入滲時間短，逕流量較大，而且流速也較快，設計之土堤時必需考慮此等情況。工業區規劃時，最好能同時規畫暴雨逕流疏導土堤，建造之後應定期檢查並修補崩塌，以發揮其應有之功效。

土堤由於施工容易，成本低，使用上較具彈性，但土堤不適用於地勢較陡或範圍較大的廠區，同時由於強度較低，在強烈暴雨侵襲時可能有嚴重沖刷或崩塌情形，設施必需經常檢視，並適時進行維修工作。

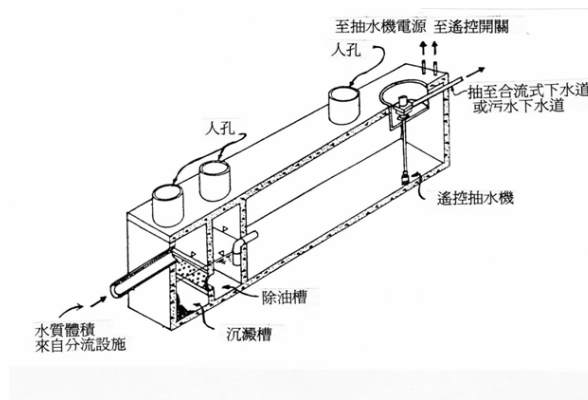


暴雨疏導土堤示意圖

5.3.10 初期逕流儲水設施

1. 簡介

初期逕流儲槽構造 (Bell, 1993)，其功能在儲存暴雨初期逕流之水質體積。此一設施設有中央系統控制之抽水幫浦或出水閘，將貯存之逕流經由污水下水道或合流式系統送至污水處理場處理。若逕流水質較好，則儲槽內之雨水可用來做為澆水、洗街及廁所沖水用途。



2. 污染物去除效率

配合廢污水處理設備，各種污染物去除效率都高。

3. 適用地點

合流式下水道系統或儲槽有管線可通至污水系統處理之情況，水質較好之逕流可做雨水再利用。

4. 使用限制

1. 需配合其它處理設施，無法單獨使用；
2. 需要有輸送管路或渠道。

5. 設計準則

儲槽之體積應大於水質體積（不透水面之 1.25 公分逕流）。

5.3.11 雨水下水道入口標示

1.簡介

在雨水下水道入口噴上禁止標示，防止民眾利用雨水下水道倒棄污染性物質。

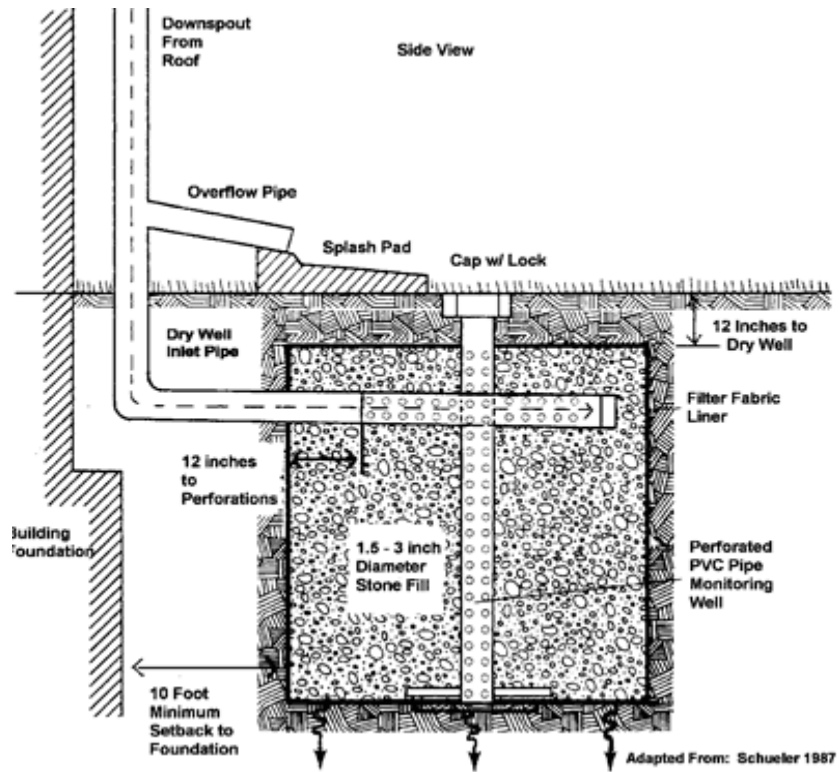
2.執行方法

動員義工與政府工作人員，在各雨水下水道各個入口噴上禁止傾倒之圖案與文字，政府工作人員必需先行設計圖案，製作噴印版，準備噴漆等材料，並提供下水道入口位置圖。義務工作人員必需經過適當的訓練，同時應舉辦講習，說明河川保護與非點源污染間之關係。此一工作可以提昇社區之集水區保護意識，帶動大眾對非點源污染問題的瞭解。義務工作人員的可能來源包括環保團體、學校、宗教與社會團體。

5.3.12 入滲乾井

1. 簡介

入滲乾井為入滲溝之一種，其長度較短，深度較大，一般用來收集屋頂之雨水。



入滲乾井示意圖

(<http://www.seagrant.sunysb.edu/cprocesses/pdfs/BMPsForMarinas.htm>)



入滲乾井照片

(<http://www.reliablebasement.com/47101/47164.html>)

2.目的

- (1)降低雨水逕流量。
- (2)過濾水中沉質。
- (3)有洪水控制及地下水補注的功能。

3.污染物去除效率(高●，中◎，低○)

- 沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ●BOD 與 COD ●重金屬
●毒性物質 ●油脂 ●細菌與病毒 ●漂浮物

4.適用地點

入滲乾井主要用來處理屋頂排水，所以一般設於建築物周圍。

5.使用限制

入滲乾井貯水體積有限，因此其設置條件不如入滲池一般嚴格，但設置地點土壤應有 0.6cm/hr 以上之透水率，同時地下水水位應離地面

一公尺以上。設有地下室之建築物應確定建築防水設施完善。

6.設計準則

入滲乾井之體積、表面積設計與入滲溝相同。圖29為一常見之入滲乾井的結構圖。

7.維護需求

同入滲溝。

8.執行需求 (●高, ◎中, ○低)

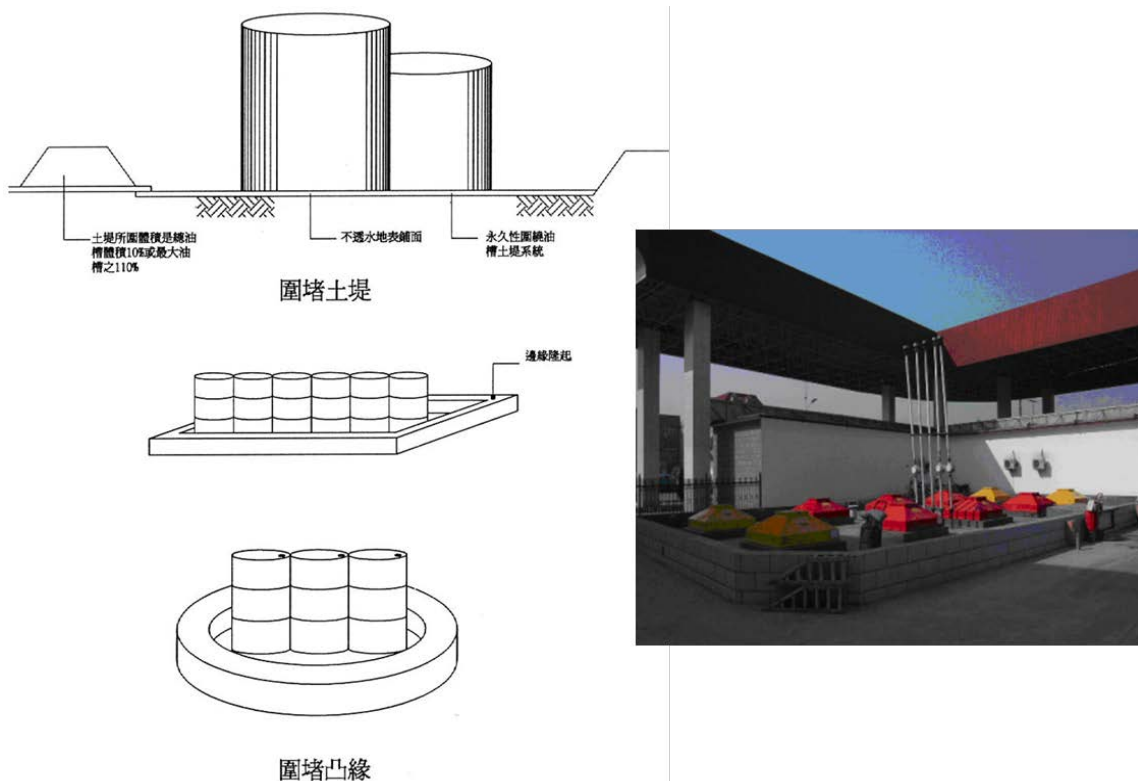
◎初設費 ○操作維護費 ○維護需求 ○人員訓練

5.3.13 圍堵凸堤

1. 簡介

圍堵凸堤是暫時性或永久性，以土石或混凝土建造之凸堤或護壁堤，建造於液態物質儲存區周邊，用以圍堵外洩之污染物。大型油槽或其他液體儲槽四周使用凸堤，可以防止槽體破損或操作不當造成之洩漏擴大。以油桶或其他容器貯存油品或溶劑之小型儲存區可使用凸緣圍住四周，防止污染物外洩。零星之臨時貯存地點可以利用臨時凸堤預防意外洩漏。圍堵凸堤分別利用於大區域貯存，小區域存放及零星存放時之情形。

圍堵凸堤必須定期檢查，確認未有破損、龜裂之情況，油品儲桶裝卸過程應注意避免損壞凸堤。凸堤有龜裂或損壞情況時，必須儘快加以修護。圍堵凸堤除可有效阻止污染物外洩之外，同時可以防止逕流流過，洩漏之污染物亦可回收，這一類設施非常適用於燃油及特殊化學品之貯存區。



圍堵土堤及凸堤示意圖

5.4 其他項目

5.4.1 溢流防制與清理

1. 簡介

工廠必需防止廢、污水未經處理排入雨水下水道系統，這些廢污水包括製程用水、冷卻水及員工生活污水。



2. 執行方法

- 新設工廠應避免廢水管錯接雨水下水道系統，同時應有詳細的管路配置圖交給使用單位，以因應維修需要。
- 廢水處理設施設計時應防範雨水流入廢水處理系統導致廢水溢流。
- 雨水下水道入口設製明顯的警告標誌，以防止污染物或廢水傾倒至雨水下水道系統。
- 找出廢污水排入下水道系統的方法包括：
 - 雨水排放口勘查：檢視雨水下水道系統晴天是否有水排出，由於地

下水可能滲入雨水下水道系統，因此若晴天水流水色澄清時應進一步查証水流是否來自廠區工業活動；

— 巡視管路及排水系統，尋找可能的廢水排放；

— 在確定有廢污水排入下水道系統而不明其來源時可以用染料或煙霧測試來找出排放源。

5.4.2 透水鋪面

1.簡介

透水性路面為多孔隙瀝青混凝土，底層為卵石層。各種常用的組合鋪面，共同特點是每個單元留有開孔。鋪設後青草會從開孔長出，增加鋪面之綠意。

2.目的

- (1)降低雨水逕流量。
- (2)過濾水中沉質。
- (3)有洪水控制及地下水補注的功能。

3.污染物去除效率 (高●，中◎，低○)

- 沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ●BOD 與 COD ●重金屬
●毒性物質 ●油脂 ●細菌與病毒 ●漂浮物

4.適用地點

- (1)透水性路面適用於停車場、行人步道。
- (2)組合鋪面適用於停車場、行人步道、護坡。

5.使用限制

- (1) 透水瀝青鋪面之選址條件除入滲設施所列各項條件之外，同時由於鋪面強度低於傳統瀝青鋪面，因此只適用於停車場、行人步道以及沒有重車行走的巷道、廣場或空地。
- (2) 為維護鋪面之透水性，避免孔隙阻塞，鋪面應避免設於有大量砂土散落區域。由於鋪面底層需水平才能發揮蓄水功能，因此大面積使用時，地表坡度不可過大。

6.設計準則

- (1)透水性路面蓄水層積水而於72小時內排空，因此土壤透水性不良的地區需裝設排水設施。

- (2)透水性路面蓄水石層必須儘量保持水平。
- (3)舖面表層多孔瀝青之級配可採用 P 級配、PA 級配或 OGFC 級配（環保署，1997），孔隙率 16%左右；
- (4)為確保瀝青之膠結度，多孔瀝青混凝土之含油量必須高於傳統瀝青混凝土，達到 5.5%左右，為防止瀝青流失，混凝土宜添加纖維，添加量 0.3%至 0.5%；
- (5)蓄水層與天然土壤之間應舖設砂層或使用土工織物，以濾除細顆粒物質，防止土壤因孔隙阻塞而失去透水性；
- (6)透水性路面應安裝豎管以觀察蓄水層水位以入滲效率，豎管需設置管蓋，以防異物阻塞。
- (7)施工注意事項：
- a. 底層土壤開挖之後應避免壓密，以維護土壤之透水性，過濾砂層舖設之前應避免雨水進入，路基挖好應立即舖設砂層；
 - b. 蓄水層應使用形狀稍為扁平之天然卵石，以形成互相交錯結構，易於滾壓緊密，使用圓形卵石或粒徑均勻之碎石不易滾壓緊密；
 - c. 粒度調整層滾壓完成之後應噴撒乳化瀝青，以膠結穩定，上面再舖設透水瀝青混凝土表層；
 - d. 透水瀝青舖面各層都為多孔隙結構，應充份滾壓緊密，以防使用後產生沈陷或車轍，影響使用壽命。每次滾壓厚度不應大於十公分，各層厚度大於十公分時應分層舖設並滾壓；
 - e. 表層透水瀝青混凝土舖設時不應過度滾壓以免破壞孔隙結構。舖設完成後兩天內，瀝青混凝土未膠結完成之前應避免重車行走；
 - f. 舖面蓄水層材料應清洗乾淨，防止砂土造成土壤孔隙阻塞。

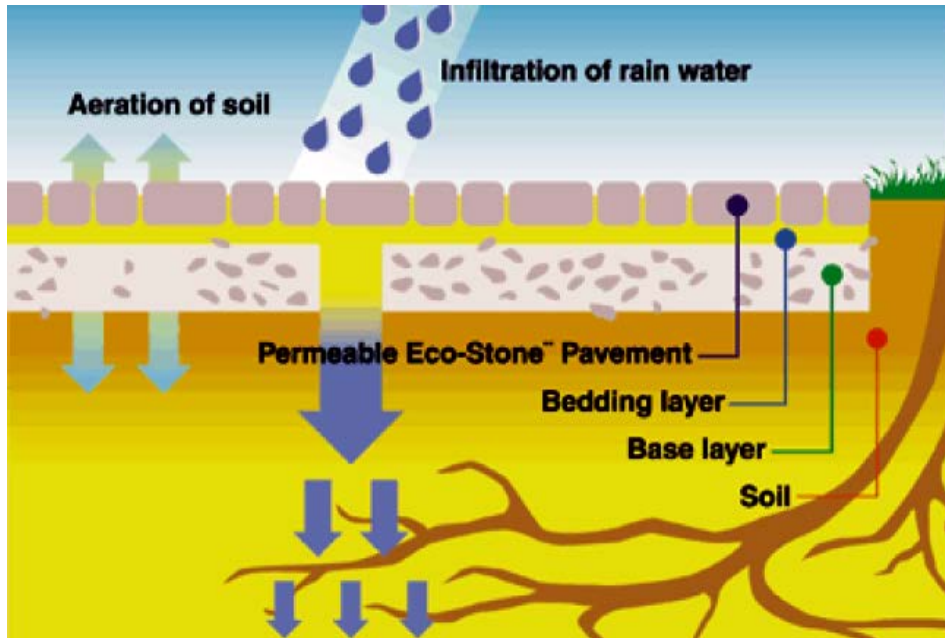
7.維護需求

- (1)透水性路面強度較弱，應避免不當的使用造成破壞。
- (2)透水性路面週圍應種植草皮，過濾水中的沉質。
- (3)透水性路面若接近地區排水時，應視需要加裝前處理設施，去除漂浮物延長路面使用壽命。
- (4)路面應於每年雨季來臨之前或合適之時間測定透水性，當透水性降低至一定程度時，應立即進行清洗。
- (5)定期修剪組合舖面開孔的草高。

(6)鋪面清理的時候最好使用吸塵和高壓灑水兩道程序。

8.執行需求 (●高, ◎中, ○低)

●初設費 ●操作維護費 ●維護需求◎人員訓練

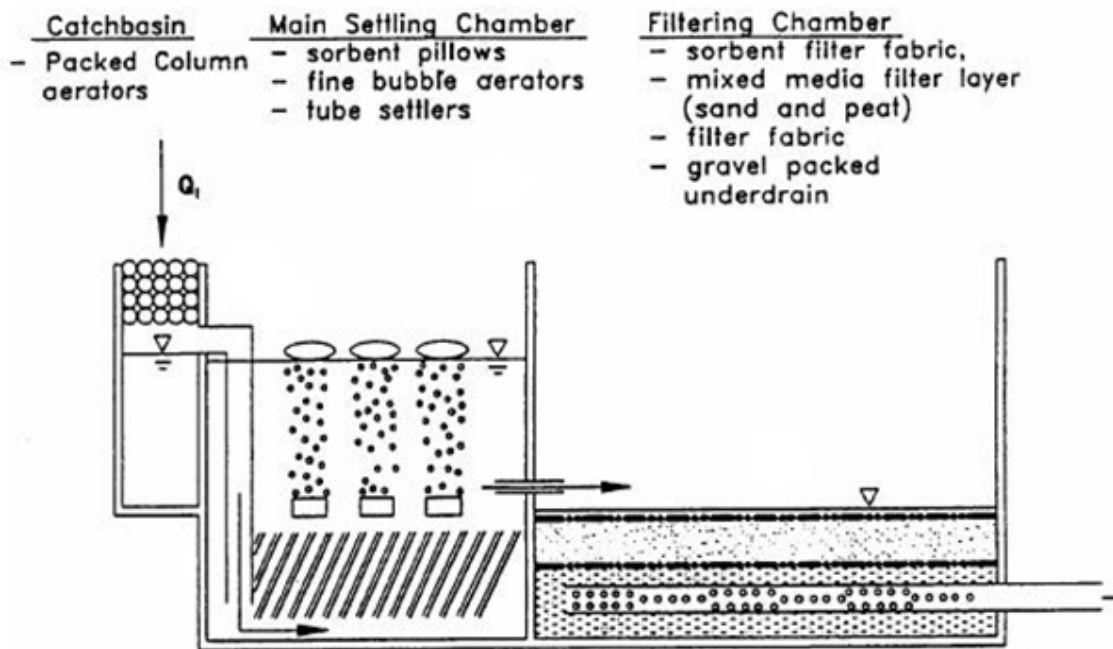


透水鋪面示意圖

5.4.3 多槽處理設施

1. 簡介

多槽處理設施 (Multi-Chambered Treatment Train, MCTT) 屬於新型的非點源污染處理技術 (State of California, 2004)，由阿拉巴馬大學 (University of Alabama Birmingham) Pitt 教授及其同仁設計發展。MCTT 為延續解決油水分離設施之問題而發展出之新處理方式，共有 3 個槽體設施。第一槽為攔截槽，提供篩除作用；第二槽為沉澱槽：使較微細的固體物沉積；第三槽為過濾槽，運用泥炭-砂組成的過濾層去除污染物。



2. 目的

削減暴雨逕流中之有機或金屬毒性物質 (包括揮發性、粒狀及溶解性物質)

3. 污染物去除效率 (高●，中◎，低○)

- | | | | |
|-----------------|-------|-----------|-------|
| ● 沉澱物(sediment) | ○ 氮、磷 | ◎ BOD與COD | ● 重金屬 |
| ● 毒性物質 | ◎ 油脂 | ○ 細菌與病毒 | ● 漂浮物 |

4.適用地點

MCTT 主要針對小型且分離的不透水地區，集水區面積約在 0.1 到 1 公頃，主要包括停車場、加油站、工業區、遊艇碼頭、車輛維修站等，其所產生之逕流，具有相當高濃度之污染，為其他地區之 3~600 倍。

5.使用限制

- (1) 不適用於去除營養鹽（氮、磷）污染物
- (2) 過濾槽之濾材選用，必須基於污染物去除率及場址特性

6.設計準則

- (1) 攔截槽部份（Catch basin）：

攔截槽的設計常用圓形攔截槽，其槽體直徑是出口直徑的4倍。該出口則位於從頂部算起4倍直徑與從底部算起4倍直徑之處，所以槽體將有6.5倍出口直徑的深度。而槽體的尺寸是由下列三個因素所決定：逕流量、逕流中的SS濃度、以及攔截槽清理的頻率等。

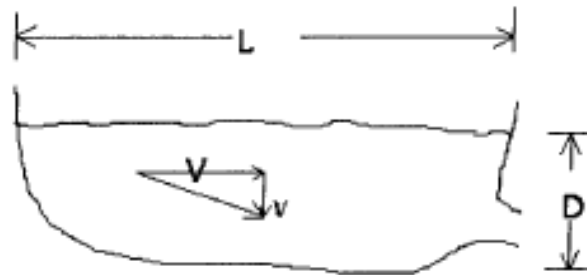
- (2) 沉澱槽部份（Settling Chamber）

MCTT的沉澱槽與一般常見的沉澱槽原理相似，都是採用水力負荷率（深度與時間之比值）來估計去除率。所謂之水力負荷率即相當於連續流系統中的表面溢流率（Surface Overflow Rate, SOR）或是靜態系統中的水深與滯留時間的比值。本研究之MCTT可在兩種模式中運作。若出口採用限流孔（Orifice）控制流量的話，MCTT就類似傳統的濕式滯留池而上述比率就是上流速度（Upflow Velocity，即瞬間流出量除以槽的表面積）。若出流是利用浮球開關與泵浦控制的話，則就類似靜態的系統，而其水力負荷率就是槽深度除以泵浦啟動前的沉澱時間。

以連續流系統為例，槽內任一粒子的路徑均由水平速度 V 與沉積速度 v 所決定。因此，當水平速度緩慢時，則即便是緩降的粒子也能被滯留。然而若水平速度較快時，則僅有較重之粒子（即沉積速度較快者）才容易被滯留。所以，水平速度與粒子沉積速度臨界比值必須等於沉澱槽之長（ L ）與出口深度（ D ）的比值，即

$$\frac{V}{v} = \frac{L}{D}$$

其關係式如下圖所示：



沉澱槽尺寸與臨界沉澱速度關係圖

進一步推導，水平速度又等於排放之流量（ Q ）除以槽體的截面積（ DW ），所以

$$V = \frac{Q}{DW}$$

在穩態狀況下（Steady State），槽體內之出流率應等於入流率。然而當暴雨來臨時，入流率（ Q_{in} ）通常會大於出流率（ Q_{out} ），所以槽體內的流速是由較慢的出流率所控制，將此關係帶入上述臨界比值，可得：

$$\frac{Q_{out}}{WDv} = \frac{L}{D} \quad , \quad \text{整理後可得} \quad \frac{Q_{out}}{v} = LW$$

而右式 LW 為槽體的表面積，所以 $\frac{Q_{out}}{v} = A$

由此可得上流速度（Upflow Velocity）的定義為：

$$v = \frac{Q_{out}}{A}$$

其中， Q_{out} = tank outflow rate

A = tank surface area

$v = \text{upflow velocity, or critical particle settling velocity}$

因此，就一理想沉澱槽而言，當粒子的沉澱速度小於上流速度時就會被移除。只有增加槽體的表面積或降低出流率，才可能增加粒子的沉澱效率。增加槽體深度將減少底部沖刷（Scour）的機率。

另外，在極緩慢的流況下（比如MCTT中必須採用浮球開關與泵浦的情況下），會有下列的關係式：

$$t = \frac{\text{Volume}}{\text{Flow rate}} \quad , \text{ 所以：} \quad \text{Flow rate}(Q_{\text{out}}) = \frac{\text{Volume}}{t}$$

其中， t 為水力滯留時間。

將 $v = \frac{Q_{\text{out}}}{A}$ 帶入可得：
$$v = \frac{\text{Volume}}{(t)(A)}$$

但是， $\text{Volume} = (A)(\text{depth})$ ，帶入可得

$$v = \frac{\text{depth}}{t}$$

由此可見，溢流率（Overflow rate, Q/A ）等於槽體深度與滯留時間的比值，而不僅與滯留時間有關。因此，MCTT沉澱槽的尺寸可以根據前述之連續流或靜態流的理論予以推算。

(3) 過濾槽部份（Filter Chamber）

MCTT最後一個槽體是一個含有混合式濾料（有吸收/離子交換功能）的設施。最原始的設計是含有50/50的砂與泥炭（Peat Moss）的混合料，後來在Milwaukee的全尺寸試驗中也採用33/33/33的砂、泥炭與活性碳的混合料。MCTT過濾槽可採用

許多可用的濾料，然而必須留意其水力容量（Hydraulic Capacity）是否足夠。舉例來說，單純的泥炭因為容易被壓縮而使得水不易流過，所以效果並不好。然而，當其與砂混合後將使水力容量大幅提升。Clark and Pitt (1997)曾做過一系列有關暴雨污染物控制之濾材的去除效率研究，下表所示即為典型之砂、樹葉堆肥、泥炭等濾材對各種污染物之去除效率。

應用於暴雨污染物控制之濾材效率

Pollutant	Sand ¹	Leaf Compost ²	Peat Moss ³
Suspended Solids	70	95	90
Turbidity	n/a	84	n/a
Total Nitrogen	21	n/a	50
Total Kjeldahl Nitrogen	46	56	n/a
Nitrate - Nitrogen	0	n/a	n/a
Total Phosphorus	33	40	70
BOD ₅	70	n/a	90
Fecal Coliform Bacteria	76	n/a	90
COD	n/a	67	n/a
Total Organic Carbon	48	n/a	n/a
Iron	45	89	n/a
Copper	n/a	67	80
Lead	45	n/a	80
Zinc	45	88	80
Petroleum Hydrocarbons	n/a	87	n/a

¹ City of Austin (1988)

² W&H Pacific (1992)

³ Galli (1990)

過濾槽藉由過濾及吸附作用，提供沉澱槽以外之除污效果。除了滿足設計逕經沉澱槽處理後流入外，另也藉由溢流口承接超過沉澱槽負荷之暴雨逕流量。主要設計點可區分為兩階段，第一階段為達成污染去除目標濾材之選擇，第二階段為濾材尺寸配置以符合濾材更換前需求之操作期。實際操作經驗常在尚未確認濾材去除效率前，濾材孔隙已被懸浮固體所阻塞，故過濾槽之前置單元沉澱槽其功能需能使SS 降至10mg/L 以下，方能使過濾槽發揮其正常功能。

濾材選用基於所需求污染物去除率及場址特性，前置沉澱槽發揮正常處理功能情況下，試驗過濾槽各種濾材之處理成效依序排名如下：

- (a) 泥炭 + 砂（僅對色度、濁度、pH 有負面影響）。
- (b) 活性炭 + 砂（無負面影響，惟效果略低於泥炭 + 砂）。

(c) Enretech (註) + 砂 (改變不大, 效果時好時壞)。

(d) Compost (註) + 砂 (較多負面影響)。

註: Enretech、Compost 為以回收植物纖維經加工後製成之環保濾材廠牌名稱, 試驗結果如

暴雨逕流未經沉澱槽適當前處理情況下, 極短停留時間即達過濾槽, 則以Compost+砂去除效果會變為最佳。

實務上過濾槽設計時以容許之懸浮固體負荷及濾材更換週期作為主要控制因子, 當滲透率低於1 m/day 時視為阻塞, 雖然其仍存在微量過濾效果。

7. 維護與管理

- (1) 每半年檢查槽內是否有積水情形、泥沙、垃圾、雜物等沉積物
- (2) 經常巡視水管與濾床, 避免發生阻塞狀況
- (3) 在每場暴雨之後, 確定是否在 72 小時內排水順暢
- (4) 當濾料下降且出流口有嚴重泥沙堆積時, 請務必對濾床作緊急處理
- (5) 各槽沉澱物堆積情形, 若佔槽體深度之 10% 淤積量, 立即作清理動作

5.4.4 大眾教育與民眾參與

1. 簡介

透過教育宣導，促進大眾對非點源污染問題與解決方法之認知，瞭解非點源污染管制之權責單位及工作推展情形以提昇社區民眾對非點源污染問題解決的參與感。

2. 執行方法

1. 向大眾介紹其所處之集水區以及該集水區河川之污染狀況
2. 教導民眾有關個人如何造成非點源污染，以及個人可以如何
3. 減輕這一類污染
4. 使用報紙、廣播等大眾媒體傳達相關知識與消息
5. 發行宣傳資料及手冊
6. 舉辦相關活動
7. 做有關非點源污染管制措施之民意調查
8. 組織集水區非點源污染防治委員會

5.4.5 土地利用規劃

1. 簡介

在社區規劃階段將開發對水量及水質帶來的影響加以考慮，並透過詳細的調查與規劃減輕社區污染。此一方法必須與都市計劃部門協調執行。

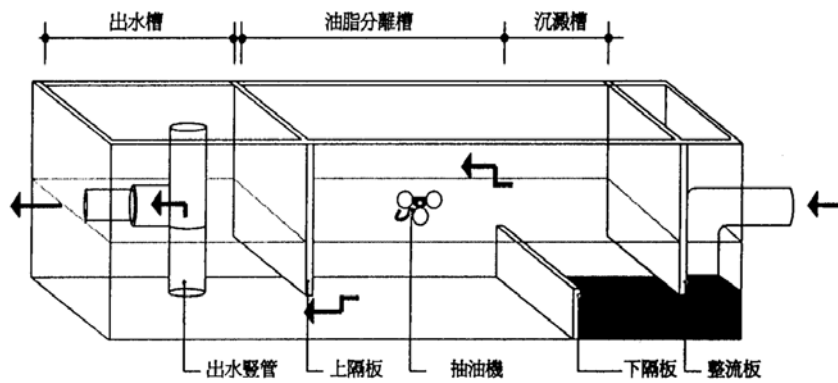
2. 執行方法

- 第一步－訂定目標：目標訂定必需明確，例如「新的開發不得導致逕流洪峰加大」，「新的開發不得導致逕流懸浮固體物含量增加」等。
目標的設定可以以法規為基準，或在做環境影響評估階段設定一必須達到之目標。由於土地的規劃與管理涉及土地所有人權益，因此目標設定時之民眾參與和政治與法律程序都必需加以考慮，以提高規劃之可行性。
- 第二步－研究與分析：收集開發地區之各項相關資料，以對該項開發以及其所帶來的影響有詳細的瞭解。根據收集的資料，分析開發對整個集水區以及承受水體水質之影響。
- 第三步－建議：根據研究結果提出最佳方案，尋求行政及民意機關之支持。
- 第四步－執行：在執行階段應隨時檢討是否達到預定之水質與水量目標。

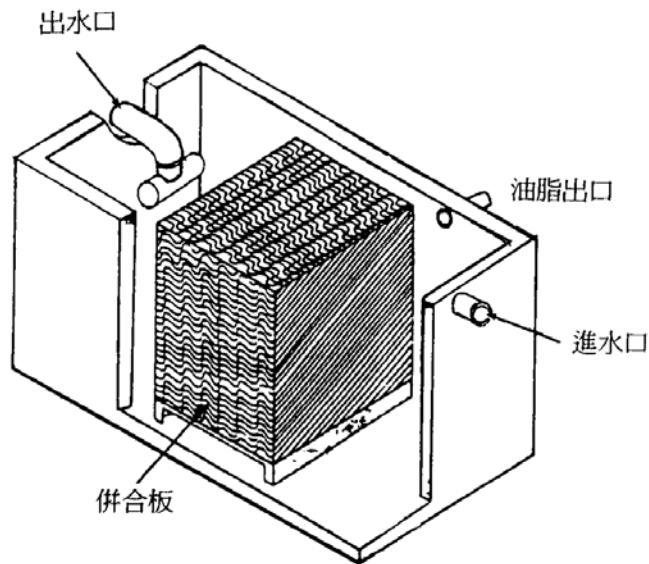
5.4.6 油水分離槽

1. 簡介

逕流中油脂去除可使用油水分離槽，分離槽主要係靠油、水之比重差將油脂浮除，主要的設計有傳統的重力式以及效率較高之併合板截留式 (Coalescing plate Interceptor, CPI) 兩種。



重力式油水分離槽
(Camp & McKee, 1993)



併合板油水分離槽
(Camp & McKee, 1993)

2.目的

減少遊憩區內產生之油脂進入承受水體。

3.污染物去除效率 (高●，中◎，低○)

◎沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ◎BOD與COD◎重金屬
◎毒性物質 ●油脂 ○細菌與病毒 ●漂浮物

4.適用地點

- (1)車輛、設備維修保養或清洗之區域。
- (2)油脂含量高且來源控制(Source control)無法有效去除的地區。

5.使用限制

暴雨逕流中油滴之比重以及粒徑分佈數據不足，處理效率的不確定性高。

6.設置準則

- (1)傳統式重力油水分離槽

- ◆ 池子深度：

$$D = (Q/RV)^{0.5}$$

式中，D：油水分離槽深度，必須介於 1~2.5 公尺

Q：設計流量，m³/s

R：槽之寬度與深度比(W/D)，使用 2 到 3

V：容許之水平流速，等於油脂上升速度 V_p 之 15 倍，且不可於大於 0.015m/s

- ◆ 油溝上升速度：

$$V_p = 0.55(d_p - d_c) \cdot d^2 \times 10^{-8} / \eta$$

其中， V_p ：油滴上升速度，m/s

η ：水之絕對黏度，poise

d_p ：油之密度，g/mL

d_c ：水之密度，g/mL

d ：欲去除油滴之直徑， μm

溫度影響水與油脂之密度和黏滯度，因而油滴上升速度必須考慮溫度因素。暴雨逕流水中油脂之密度可假設約介於 0.85 ~ 0.95 g/mL 之間。

- ◆ 池子長度與池子寬度：

$$L = \frac{V \cdot D}{V_p}$$
$$W = \frac{Q}{V \cdot D}$$

其中， L ：長度，m

W ：寬度，m；寬度應為深度之 2~3 倍，而且不可超過 7.5 公尺

- ◆ 其他設計準則：

- 上隔板高使用深度之 0.85 倍。
- 下隔板高使用深度之 0.15 倍。
- 設置分流隔板位於距進水口 0.15L 處。
- 槽之出水高度應有 30 公分以上。
- 設置繞流設施，導離大於設計流量之逕流。

- ◆ 設計流量之決定：

設計流量可以使用再現期 3 個月到 1 年的尖峰流量，若使用 6 個月再現期之尖峰流量為設計流量，油水分離槽約可處理 90% 的全年逕流體積。

(2)併合板除油器

欲達到較高的油脂去除效率，必須使用併合板除油器，此類除油器之規格與需要數量與洽製造廠商決定。

7.維護需求

- (1) 每年雨季來臨之前清理除油槽或除油器。
- (2) 雨季期間每月檢查油污累積情形，必要時即應清理油污。
- (3) 廢油泥應按照相關廢棄物管理條例妥處理與廢棄。

8.執行需求（●高，◎中，○低）

◎初設費 ◎操作維護費 ◎維護需求 ○人員訓練

5.4.7 製造程序之檢討

1.簡介

透過現有製造程序之評估、改善以及製程之管理可以減少污染產生。

2.執行方法

· 製造程序評估：

在污染無可避免之情況下，應將污染程度減至最低。檢討物料投入、取出之過程是否有溢散性物質溢出掉落於廠區。重新評估製造程序，減少物料轉運，降低洩漏機會。

· 進、出口設計：

進出口處有溢散、洩漏情形時應重新檢討進出料方法，降低污染之機會。原料之物態、包裝方式以及半成品或成品之貯存、堆放方式等亦應加以評估。

· 廢料再利用之評估：

研究、評估廢料回收再利用的可行性，可以回收之物料儘速進行清除處理，避免存放期間受暴雨侵襲產生污染。

· 定期清除：

製造區域無可避免掉落大量的固態、液態污染物，廠區採露天設計時暴雨沖洗廠房設備，大量的污染物由設備表面、廠區地面、路面、停車場及雨下水道溝底被暴雨水沖洗進入承受水體。定期清理廠區設備，掃除地面累積之污染物，清理雨水下水道沈積物等可以減少暴雨時之污染。

5.4.8 非法傾倒管制

1. 簡介

建立一套偵測與取締非法之通報系統，防止民眾或商店傾倒污染物於街道或下水道。

2. 執行方法

教育政府工作人員與一般民眾辨認與檢舉非法傾倒之方法，建立非法傾倒或意外洩漏之通報與緊急處理程序。經常被非法傾倒於下水道與街道之污染物包括油漆、機油、汽機車用油品、化學品、水泥漿等，這些污染物在雨天經雨水淋洗都將進入水體。成功的防止非法傾倒必須一般大眾可以辨識非法傾倒行為並加以制止或檢舉，以下為一些可以達成此一目標的方法：

- 訓練所有政府工作人員分辨非法傾倒以及向有關單位通報的方法
- 賦予和環保與環境清潔相關的政府工作人員開告發單的權力
- 教育民眾非法傾倒造成的問題，提供報案的熱線電話
- 訓練義工辨認下水道遭受非法傾倒之跡象，並向相關單位檢舉

5.4.9 不當接管防治

1. 簡介

透過法規訂定、民眾教育以及下水道定期檢查與測試，防止污水、地板清洗排水及其它非雨水排入雨水下水道系統。

2. 執行方法

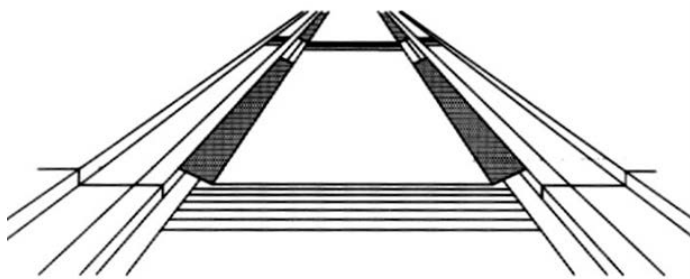
1. 檢討建築法規及設施規範，確定內容包括禁止將廢污水排水管接至雨水下水道之相關規定
2. 下水道管理單位應擬定取締違規接管之工作計劃與時程
3. 使用煙霧、螢光劑、電視攝影機等方法確認接管情形
4. 執行教育宣導計劃，教導民眾、商家以及土木包商防止錯誤之接管，同時提供電話號碼，鼓勵民眾檢舉非法接管
5. 可能發生不當連接的情形包括污水下水道溢流流入，以及如餐館、修車場等地面容易髒污之場所的地板清洗水，以及洗車場、洗衣店排水等
6. 相關法令增加新建築物施工階段之現場查核規定，可有效防止不當接管

5.4.10 承接設備

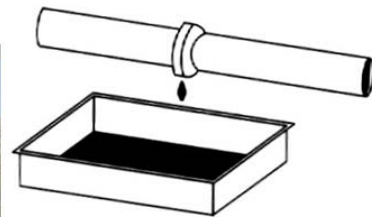
1. 簡介

承接設備可以是小型的承接皿用以承接管線接頭、閥門或破損造成之液體滴落。在可能造成大量洩漏之場合，如油罐車裝卸、油桶運送等，應利用大型之承接池，收集裝載區域裝卸過程溢出之液體。發現設備或車輛有滴落污染之現象，應馬上進行修護，以消除污染來源。若因某些因素限制無法馬上修復，使用承接設備可暫時減緩污染或防止污染範圍擴大。圖 11 所示為承接皿用於管線滴漏控制，以及承接池設於裝卸區域做污染控制。

使用承接設備時，必須由承接設備之大小與滴漏之流量估計承接皿可使用之時間，定時察看是否溢流。承接池中累積之污染物必須定期清除以免外溢造成污染。承接設備之優點在於其費用低廉、施工及操作容易、設備可重覆使用，且收集之污染物可回收。其限制是只能用於小範圍污染控制，而且必須經常檢查及清理。收集之污染物必須妥設處理，避免造成二次污染。



承接池用於裝卸區域



承接皿用於管線接漏

滴漏管線承接皿示意圖

5.4.11 員工訓練

1. 簡介

工廠及工業區非點源污染主要為員工進行各項工業活動所造成，而污染防治措施之執行亦有賴這些員工，因此員工污染防治方法認知與執行之訓練非常重要。員工應充份瞭解各項生產作業可能造成的污染以及正確的防範與處理方法。廠方同時應賦予各員工執行污染控制措施之責任並聽取其執行之心得回饋及建議。

2. 執行方法

員工訓練之項目應包括非點源污染問題之認知與各項非點源污染最佳管理作業，具體的項目包括：

1. 非雨水排入下水道之防止
2. 車輛及設備加油之正確方法
3. 車輛及設備清洗之正確方法
4. 車輛及設備維修之正確方法
5. 室外裝卸作業污染之防止
6. 室外液態物料之貯存方法
7. 室外生產機械之操作及維修
8. 室外原料、成品與廢料之貯存
9. 廢棄物之管理與處置
10. 廠區污染地面之處理及土壤沖蝕之預防

5.4.12 製造程序之檢討

1. 簡介

透過現有製造程序之評估、改善以及製程之管理可以減少污染產生。

2. 執行方法

1. 製造程序評估：在污染無可避免之情況下，應將污染程度減至最低。檢討物料投入、取出之過程是否有溢散性物質溢出掉落於廠區。重新評估製造程序，減少物料轉運，降低洩漏機會。
2. 進、出口設計：進出口處有溢散、洩漏情形時應重新檢討進出料方法，降低污染之機會。原料之物態、包裝方式以及半成品或成品之貯存、堆放方式等亦應加以評估。
3. 廢料再利用之評估：研究、評估廢料回收再利用的可行性，可以回收之物料儘速進行清除處理，避免存放期間受暴雨侵襲產生污染。
4. 定期清除：製造區域無可避免掉落大量的固態、液態污染物，廠區採露天設計時暴雨沖洗廠房設備，大量的污染物由設備表面、廠區地面、路面、停車場及雨下水道溝底被暴雨水沖洗進入承受水體。定期清理廠區設備，掃除地面累積之污染物，清理雨水下水道沈積物等可以減少暴雨時之污染。

5.5 示範案例

5.5.1 前言

本示範案例是參考美國喬治王子郡的 LID 之概念設計。LID 全名 Low Impact Development 是一種新的暴雨管理設計理念，該理念是將 BMP 設計更加分散化、多功能化和當地語系化。低衝擊開發理念設計的 BMP 是通過小型的造價及維護成本低的設施實現面源污染控制、洪峰削減、景觀生態及水土保持等多種功能。LID 在暴雨管理的目標上具有更高的要求，其主要是對綜合逕流係數的要求：傳統的暴雨管理目標（BMPs）只對暴雨洪峰逕流係數提出控制目標，而最新的低衝擊開發技術在要求控制洪峰逕流係數基礎上更加提出對開發後的綜合逕流係數的控制。

採用 LID 技術設計的 BMP 稱之為 IMPs，幾乎所有的城市建築都可以建造 IMPs。IMPs 不再必須大片的空地，而是利用屋頂、道路綠化帶、人行道、樹木、停車場等的透水路面實現地表逕流的滯留和入滲。LID 設計理念可以適用於城市的初次開發和改造。

5.5.2 案例簡介

瑪鍊溪－礦場實驗區位於台北縣萬里鄉瑪鍊溪旁（如圖 5.5.1 所示），其污染來源主要為盜土礦區因降雨或採礦作業中所產生之逕流與礦堆滲出水，以及礦區作業所形成的作業廢水。由於該區域屬於黏土礦地質且富含黃鐵礦成分之緣故，所以容易形成含高濃度懸浮固體物與重金屬（主要為鐵、錳金屬）之酸性礦區廢水，對當地的自然環境產生嚴重之衝擊，如：高濃度的懸浮固體廢水，會妨礙水生生物鰓呼吸及覆蓋其棲地；重金屬之酸性廢液會造成水生生物呼吸作用與滲透壓作用失調而死亡，甚至縮短人為建設（如管線、橋墩）壽命。

因此不可將礦場廢液直接排入當地河溪，必需先將廢污水截流並以結構性 BMP 設施處理，詳細位置如圖 5.5.2 所示（林鎮洋等，2004）。其中，礦場位置開採區 E，酸性廢污水向北方排放，經 BMP 設施 C 處理後，方可排放至承受水體。



圖 5.5.1 瑪鍊溪礦場位置

5.5.3 BMP 設施之聯合運用

建置傳統 BMP 設施土地面積廣大，並非所有地區適用，限制條件多。然而，本案運用低衝擊開發（LID）之概念，使用佔地面積較小之 BMP 設施並透過組合方式，分段去除不同污染物（提高 pH 值、懸浮固體物、重金屬）。圖 5.5.2 於 C 處位置，設置三個處理單元，分別為（1）濕式滯留池、（2）石籠過濾池及（3）開放水域人工溼地，在處理機制的設計上主要處理兼具晴天作業廢水與雨天暴雨逕流之非點源污染，設計如圖 5.5.3，各池現場操作情況如圖 5.5.4。各池說明如下：

- （1） 溼式滯留池：第一池溼式滯留池為斜坡與淺水池組合，在入水口處設計斜坡與挺水植物，植物配置包括睡蓮、大安水蓑衣、輪葉莎草等植生於滯留池末端，而沿池體兩側為保留自然之林地與五節芒。植生可幫助減緩流速，促進沈降、防止底泥擾動，且具有過濾泥砂、吸附部分之污染物功能。另外並置入珊瑚砂，目的在於中和礦場廢水酸性，並促進金屬離子沈澱。由於使用珊瑚砂會增加 BMP 的營運成本，考慮利用沿海閒置的蚵殼代替珊瑚砂，但使用蚵殼必須考慮不被沉澱物覆蓋而失去作用，因此考量使用浮標袋，也能增加移動機會。
- （2） 石籠過濾池：第二池主要設計石籠作物理性攔阻，並種植挺水植物，如在石籠濾層上方與沿池體周邊選植當地普遍所見之植物五節芒、野薑花、大花蟛蜞菊及咸豐草等，透過根系穿過石籠孔隙輔助石籠攔阻污染的能力，並增加溶氧以及提高過濾效能，在高水位時，植物莖葉也能發揮吸附效果。該池設計為深水池，增加廢水停滯時間，促進懸浮固體物沈降。

(3) 人工濕地：以天然動植物作吸收、分解、過濾等作用，降低酸性、金屬離子與懸浮固體物濃度。在前段迴流水路，採用大花薔葵及海芋種植於渠路周邊，而其植物根系生長伸入迴流水路之中，對於懸浮性鐵的攔截具有功效，而後在末端則密植荸薺，生長面積約佔濕地面積 75%，以做最後出流前污染物攔除處理之用。

本案例以礦場現有兩個貯留池為基礎，依序建立一個初沈池、過濾池、草溝與人工濕地，希望透過初沈池的珊瑚砂中和礦場廢水酸性，提高 pH，促進金屬離子沈降，再利用第二池的石籠過濾懸浮固體物（包括金屬沈降物），最後利用第三池的草溝與人工濕地再進一步處沈降懸浮固體物與中和酸性，以緩衝廢水進入瑪鍊溪前的水質，其功能與設計圖如表 5.5.1 與圖 5.5.5～圖 5.5.7 所述。



圖 5.5.2 礦場土地利用簡圖

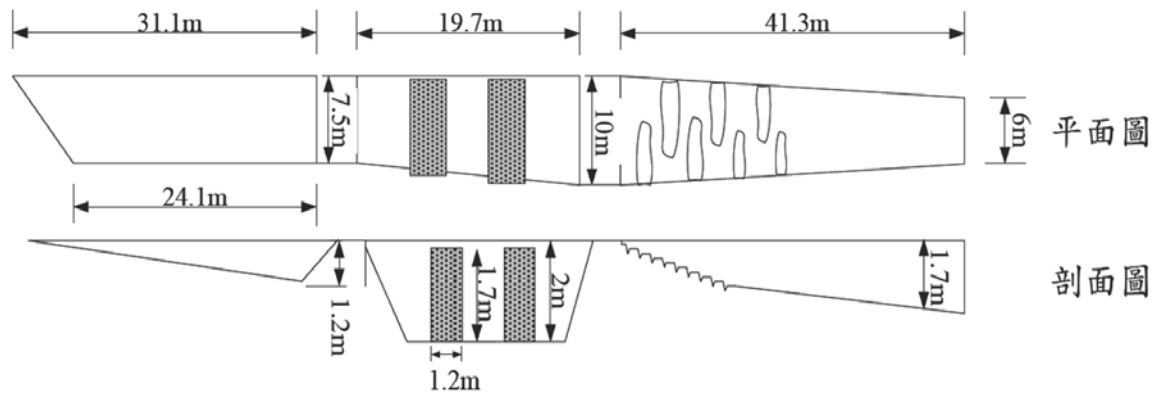


圖 5.5.3 瑪鍊溪礦場實驗場 BMP 設施平面與斷面設計圖

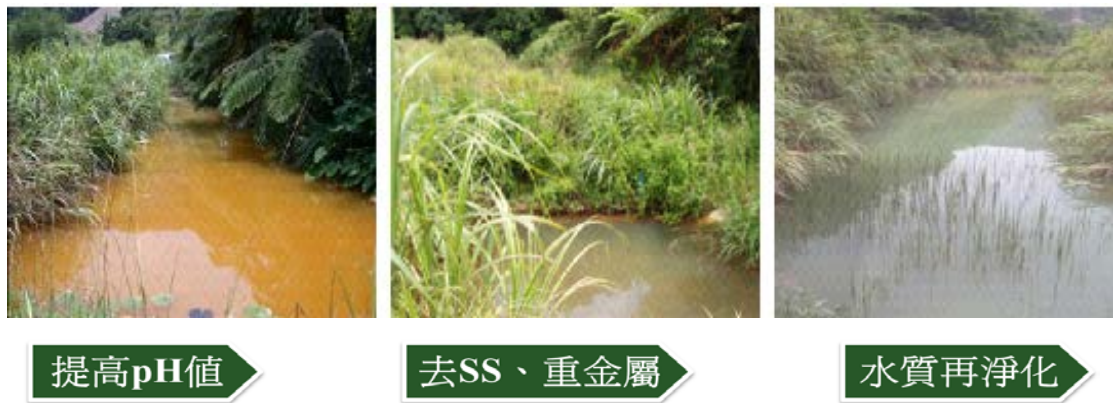


圖 5.5.4 瑪鍊溪場址現場照片

(左：溼式滯留池、中：石籠過濾池、右：人工濕地)

表 5.5.1 結構性 BMPs 設計內容

	組成		目的		處理機制
	硬體	軟體	主要	次要	
第一池 (圖 5.4.5)	◎斜坡 ◎淺水池	◎珊瑚石 ◎睡蓮 ◎水苔 ◎挺水植物	提高 pH	沈降懸浮固體物 (初沈)	◎入水口處斜坡與挺水植物可減緩流速，除可促進沈降、防止底泥擾動 (USEPA, 2000) 之外，後者又具過濾泥功能。 ◎置入珊瑚砂釋放鹼性，中和酸性，並促進金屬離子沈澱。 ◎栽種睡蓮，作為將來厭氧環境之營造。 ◎出水口處有機質：可過濾懸浮固體物與吸附金屬離子。
第二池 (圖 5.4.6)	◎深水池 ◎兩個石籠 ◎客土堆	◎挺水植物	沈澱並過濾懸浮固體物。	增加溶氧，促進金屬離子沈降。	◎入水口處放置跌水石塊，增加溶氧，促進金屬離子沈澱。 ◎石籠可作物理性攔阻，表層挺水植物的根可以穩固石籠，提高過濾效能，並於高水位時，其莖葉也能發揮同樣的攔阻與吸附效能。 ◎2M 的水深可提高水池容量，增加廢水停滯時間，促進懸浮固體物沈降。
第三池 (圖 5.4.7)	◎草溝 (包含衝擊面之砌石) ◎人工濕地 ◎水位控制管	◎水生植物 (挺水、沈水、浮葉植物)	做為廢水進入溪流水體前之最後緩衝區，降低酸性、金屬離子與懸浮固體物。	做為濕地生態復育區，提供生物棲息空間。	◎草溝同時發揮物理性吸附、攔阻功能與生物性吸收分解功能，其彎曲的溝道，可延長廢水流動路徑，增加停滯時間，提高廢水與植生或土壤接觸的機會，促進處理效能。 ◎人工濕地內的動植物可發揮吸收、分解、過濾等作用，降低酸性、金屬離子與懸浮固體物濃度。 ◎在晴天時，水位控制管將水位限制在水深 30cm，當暴雨來時，可抬高控制管，以增加第三池蓄洪量，延長洪水停滯時間，增加沈降效能。

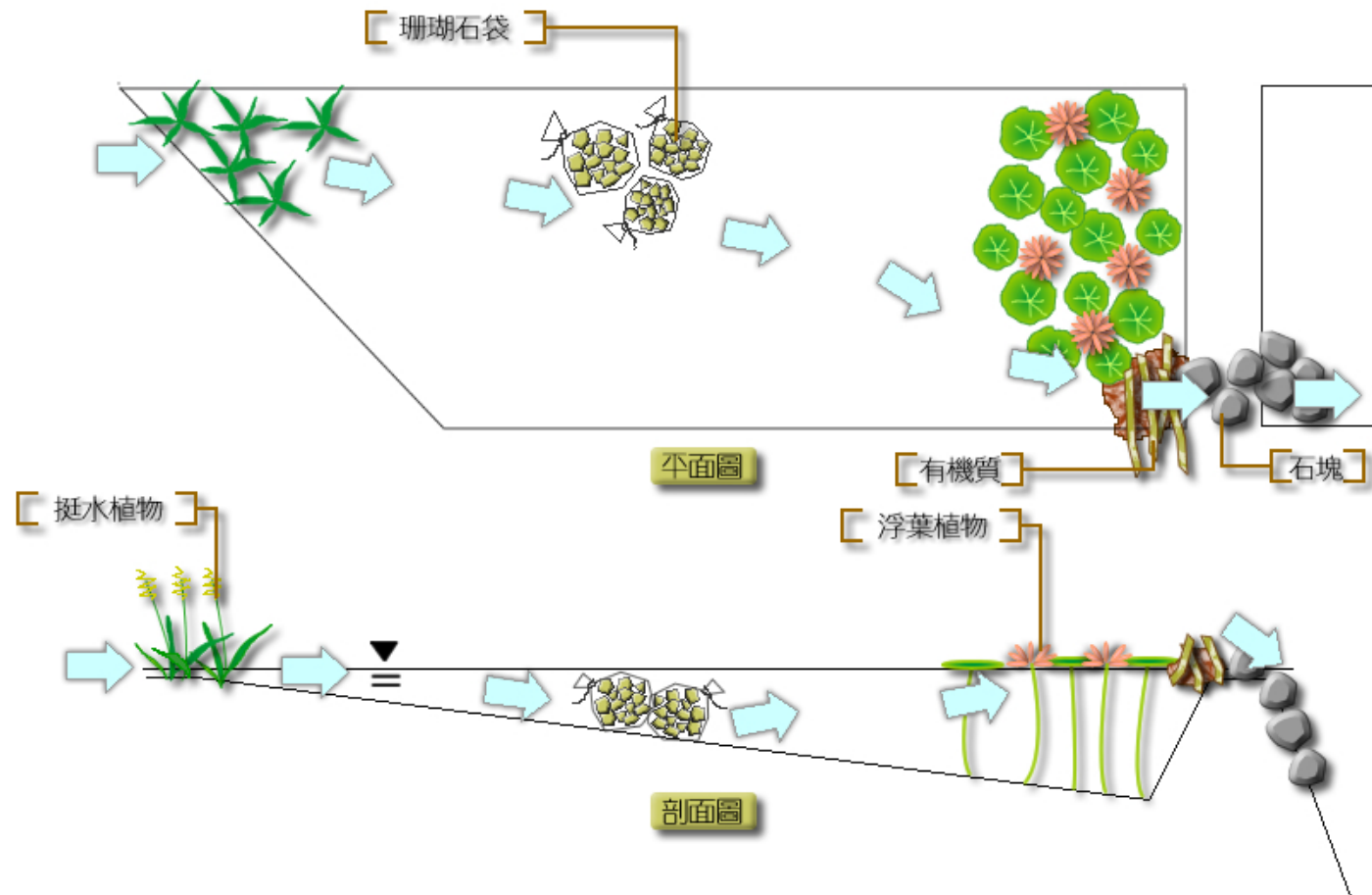


圖 5.5.5 第一池配置圖

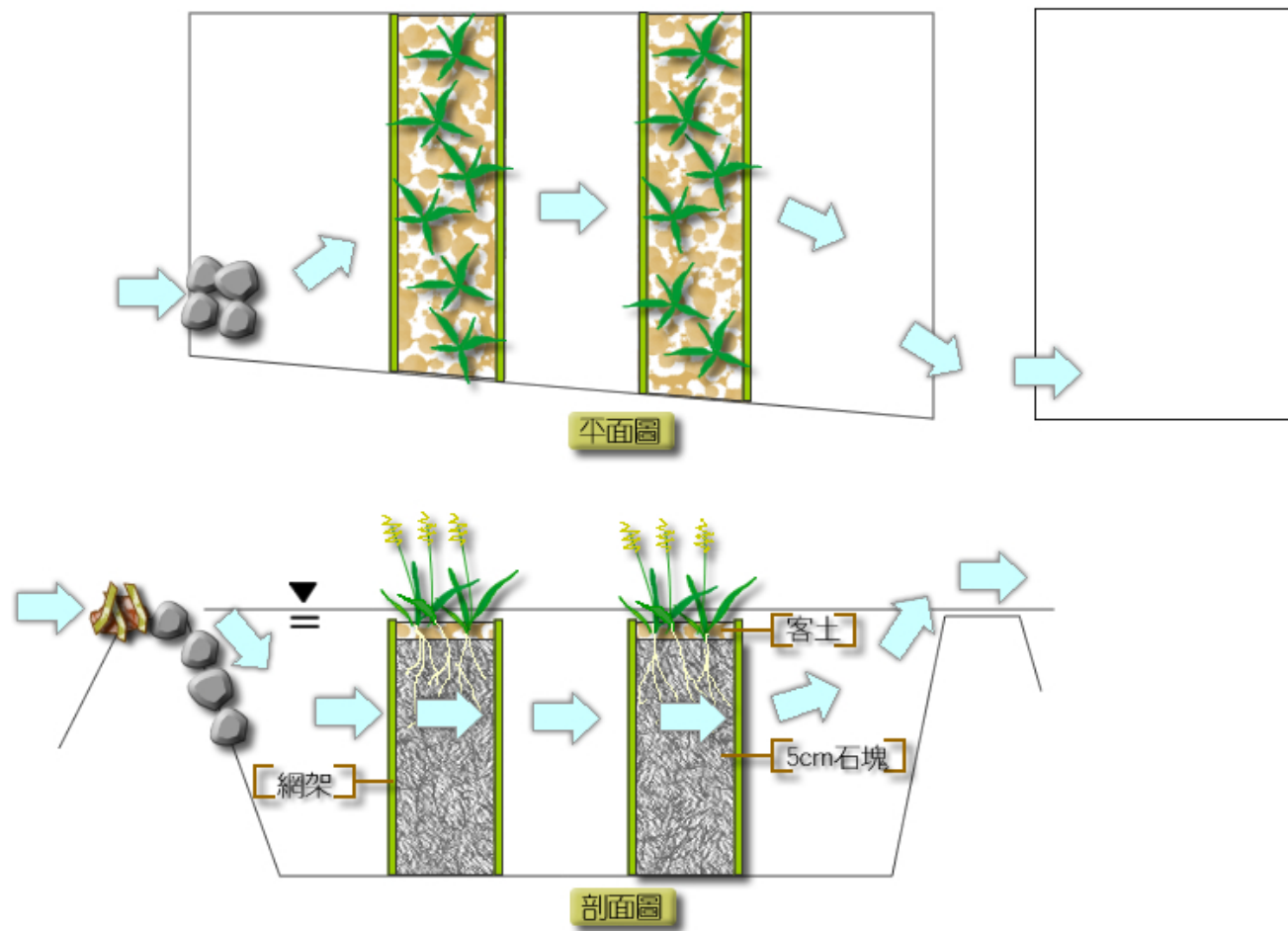


圖 5.5.6 第二池配置圖

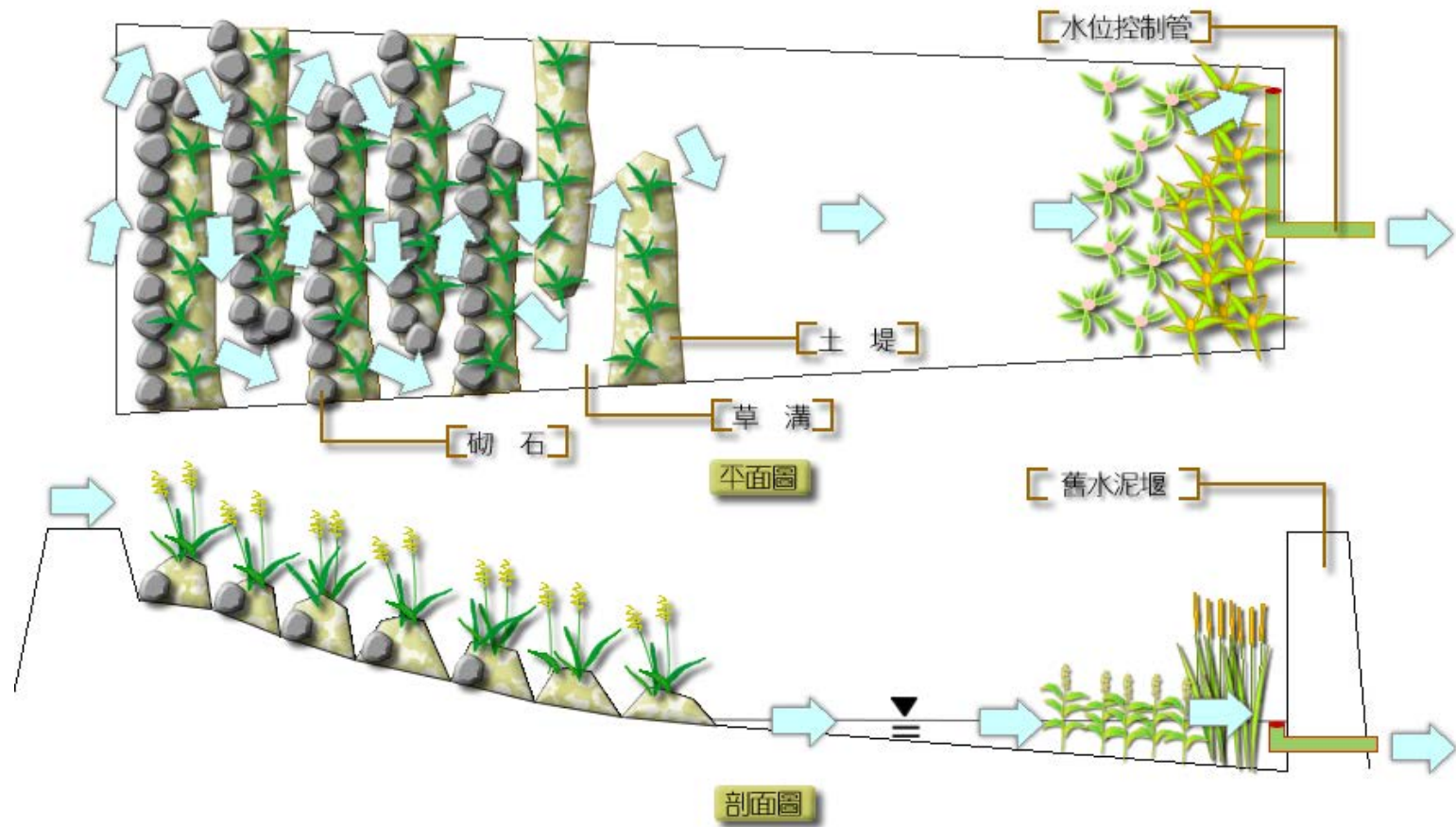


圖 5.5.7 第三池配置圖

5.5.4 結果分析

瑪鍊溪場址採樣分析項目為 pH、總溶解性鐵、懸浮固體物，依照環境檢驗所標準分析方法進行分析。採樣期間為於 2004 年 2 月至 2004 年 12 月，採樣之方式主要為晴天及暴雨採樣兩個部份，晴天採樣主要為針對場區開挖洗礦作業進行之，採以人工採樣器採樣，並於暴雨期間則為針對暴雨期間所產生之初期沖刷(first flush)，以人工採樣器輔以自動採樣器進行水體採樣分析。共進行 21 次晴天採樣，其中含兩次完整製程的連續採樣分析，雨天人工採樣 5 次，輔以自動採樣器採樣監測 1 次，共採得有效樣本為 27 次，採樣分析如表 3。

在懸浮固體物(SS)方面，系統最大入流濃度為 1084.50 mg/L，經設施處理後其最大出流濃度為 33.50 mg/L，整體處理系統之平均出流濃度為 7.83 mg/L。個別單元的 SS 除污效率，溼式滯留池的平均除污效率為 93.78%，石籠過濾池區平均除污效率為 35.57%，人工溼地區則為 7.92%，因此污染物的主要處理效果發生在溼式滯留池。瑪鍊溪場址系統總溶解性鐵最大入流濃度為 24.92 mg/L，經過滯留設施處理後，其最大出流濃度為 7.33 mg/L，全系統對鐵離子的去除效果約 41%，第一池溼式滯留池則有貢獻約 61%的效率。整體處理系統之平均鐵離子出流濃度為 2.28 mg/L。

四、小結

在除污效果上，瑪鍊溪盜土礦場設施共設置三個單元，藉由三階段之分段處理，可降低瑪鍊溪盜土礦場之主要污染物懸浮固體物濃度以及溶解性鐵離子濃度，使其排放水可符合放流水標準，達成水質保護的目標。

表 5.5.2 瑪鍊溪研究場址水質分析結果

項目	入流濃度				出流濃度				去除量 (mg/L)	除污效率
	min (mg/L)	max (mg/L)	mean (mg/L)	S.D. (mg/L)	min (mg/L)	max (mg/L)	mean (mg/L)	S.D. (mg/L)		
溼式滯留池：										
SS	12.50	1084.50	212.37	310.63	4.00	59.00	13.20	16.60	199.17	93.78%
溶解性鐵	0.34	24.92	3.93	5.47	0.10	7.33	1.53	1.90	2.39	60.95%
pH	3.93	6.53	4.60		3.50	6.32	4.07			
石籠過濾池：										
SS	4.00	59.00	13.20	16.60	6.00	37.00	8.51	10.52	4.70	35.57%
溶解性鐵	0.10	7.33	1.53	1.90	ND	7.75	2.05	2.37	-0.52	-33.90%
pH	3.50	6.32	4.20		3.64	6.5	4.11			
人工溼地：										
SS	6.00	37.00	8.51	10.52	3.50	33.50	7.83	10.02	0.67	7.92%
溶解性鐵	ND	7.75	2.05	2.37	ND	6.85	1.77	2.28	0.29	13.92%
pH	3.64	5.60	4.06		3.58	6.34	4.19			

* ND<0.002

參考文獻

Implementation of a Best Management Practice (BMP) System for a Clay Mining Facility in Taiwan

Journal of Environmental Science and Health Part A, 41:1315 - 1326, 2006

Jen-Yang Lin, I et al

台北科技大學水環境研究中心，2003，瑪鍊溪綜合管理計畫，台北縣環保局委託。

林鎮洋、陳彥璋、陳文俊、黃榮振（2004），「礦場廢水BMP 的建置－以瑪鍊溪瓷土礦場為例」，台灣水利季刊，52(2):36-48。

林鎮洋、劉秀鳳、陳彥璋、王建清、陳起鳳(2007)，「以出流機率法評估濕式滯留池除污效率」，中華水土保持學報，38(3): 205-215。

第六章 社區（城市）設施非點源污染處理技術

社區（城市）活動非點源污染處理技術可分為以下四大類：

6.1 物料與廢棄物管理		
6.1.1地面儲槽洩漏控制	6.1.3廢棄物處理	6.1.5安全替代品
6.1.2戶外原物料貯存	6.1.4貯存操作	6.1.6機油回收

6.2 車輛、街道、建物管理		
6.2.1車輛使用控制	6.2.2車輛洩漏控制	6.2.3街道清掃

6.3 水利設施與植栽管理		
6.3.1滯留池	6.3.5沉砂井清理	6.3.8植生緩衝帶
6.3.2下水道清理	6.3.6砂濾器	6.3.9雨水下水道入口標示
6.3.3入滲乾井	6.3.7初期逕流儲水設施	6.3.10人工濕地
6.3.4污水下水道洩漏控		

6.4 其他項目		
6.4.1溢流防制與清理	6.4.5土地利用規劃	6.4.8非法傾倒管制
6.4.2透水鋪面	6.4.6油水分離槽	6.4.9不當接管防治
6.4.3多重處理設施	6.4.7呈層複合土壤系統	6.4.10家務管理
6.4.4大眾教育與民眾參與		6.4.11多槽處理設施

6.1 物料與廢棄物管理

6.1.1 地面儲槽洩漏控制

1. 簡介

透過設備之妥善設計、定期檢驗、圍阻設施之設置以及員工訓練，防止地面儲槽洩漏並流入下水道造成污染。

2. 執行方法

1. 地面儲槽應有防止意外洩漏之設計
 - (1) 儲槽周圍設置凸緣，防止洩漏之液體流入雨水下水道
 - (2) 定期檢查儲槽外殼、管線及開關等設施，確定無銹蝕及損壞情況
 - (3) 訓練員工物質外洩時之緊急應變程序以及污染清理之正確方法
2. 最常發生意外洩漏之情況為
 - (1) 設備安裝不當
 - (2) 管路、接頭、開關及抽送系統之破損與洩漏
 - (3) 儲槽之銹蝕或破裂
 - (4) 操作疏忽造成之溢流

(5) 槽車裝卸過程

3. 燃油及可燃性液體需依消防及工業安全與衛生法規規定儲存，同時注意以下各點：

(1) 液體儲桶應置於規定存放地點

(2) 儲存區需使用水泥鋪面，並確定沒有裂縫及可能滲漏之情況

(3) 使用之儲桶必需合乎工業安全及消防安全標準

(4) 儲存區外圍設置凸緣，其高度需可蓄積儲區液體物質總體積之 10%，或最大容器體積之 110%，採用兩者之較大值

(5) 凸緣內部應有坡度，最低處設置排除口，將液體導至收集槽

(6) 收集槽應定期檢查與清理，清除物需依廢棄物清理規定處置

(7) 儲區之雨水逕流需經過油水分離器再排入雨水下水道

4. 良好的員工訓練可防止因不當操作導致之溢流或意外洩漏，員工亦必需須有足夠的知識與必需的工具，迅速阻止洩漏並清理污染物。員工訓練之內容應包括：

(1) 設施構造、操作程序以及所儲存物質之種類與性質

(2) 意外洩漏之通報與疏散程序

(3) 污染清理程序

(4) 洩漏處理負責人員與職掌

6.1.2 戶外原物料貯存

1. 簡介

物品應儘可能儲存於室內以防止降雨淋洗、逕流沖刷或強風吹散，需要露天堆置時必須將物品加以覆蓋，同時做好四周之擋水、排水措施。

2. 執行方法

1. 避免造成污染，物料儲存應依下列之優先順序選擇儲存方式
 - (1) 室內儲存
 - (2) 儲存區加蓋
 - (3) 物料堆加不透水覆蓋
2. 為防止物料流出以及暴雨逕流沖刷，儲存區四週應做凸緣保護
3. 液体物質應存放於不透水鋪面，同時容器應保持在良好狀態
4. 儲存區逕流出口設置過濾或除油設施

6.1.3 廢棄物處理

1. 簡介

物品應儘可能儲存於室內以防止降雨淋洗、逕流沖刷或強風吹散，需要露天堆置時必須將物品加以覆蓋，同時做好四周之擋水、排水措施。

2. 執行方法

1. 避免造成污染，物料儲存應依下列之優先順序選擇儲存方式
 - (1) 室內儲存
 - (2) 儲存區加蓋
 - (3) 物料堆加不透水覆蓋
2. 爲防止物料流出以及暴雨逕流沖刷，儲存區四週應做凸緣保護
3. 液体物質應存放於不透水鋪面，同時容器應保持在良好狀態
4. 儲存區逕流出口設置過濾或除油設施

6.1.4 貯存操作

1. 簡介

減少物料存量並儲存在指定地點，儲存地點加蓋並設置雙重阻隔設施以減少污染物與水接觸或溢流至下水道，經常的檢查與良好的員工訓練可以防止意外洩漏。

經常在社區公共設施中貯存的物料包括：

- 殺蟲劑與殺草劑
- 肥料
- 清潔劑
- 石化產品如汽油、機油、油脂
- 其他雜項化學品如酸、鹼、油漆、黏膠、溶劑等

這些物品可能造成的問題包括

- 導致人員的傷害
- 污染土壤及地下水
- 污染地面水

2. 執行方法

1. 物料儲存場所應有遮蓋及不透水鋪面
2. 儲存場所周圍應設圍阻凸緣，防止物料外溢或雨水進入
3. 盡量少儲存或運送有害物品
4. 定期檢查儲存區
5. 有害物質運送過程應有受過污染物外洩事故處理訓練的人員在場
6. 物料儲存區應加鎖，防止有人未經許可使用

7. 易燃性及爆炸性物品儲存應符合消防規定
8. 選擇儲存地點時即應考慮意外洩漏之處理
9. 物料之儲存、運入、運出應有正確的記錄
10. 減少儲存量，只儲存馬上需要用的物料
11. 減少有害物品搬運次數
12. 物品應裝於原有容器，並使用清楚的標示
13. 人員應受完整的物料儲存訓練
14. 儲存區應保持整齊、乾淨
15. 每週檢視，注意儲存桶是有無腐蝕現象

6.1.5 安全替代品

1. 簡介

農藥、肥料、清潔劑、車輛用品等家用物品都有多種選擇，應推廣使用污染性較小的產品。

2. 執行方法

教育政府機關人員及一般大眾使用安全用品，實際例子包括：

1. 汽車用品—汽車亮光劑、去污劑、雨刷精都有較無害之產品
2. 清潔劑—以植物油或柑橘抽出物為原料的清潔劑可以用來替代石化原料為主的清潔劑
3. 塗料—使用非油性的塗料、木材防腐劑、染料、與亮光劑
4. 農藥—昆蟲、菌類、雜草可以用較無害的藥劑，或以非藥品的方法加以控制
5. 肥料—堆肥與土壤改良劑可以取代肥料

6.1.6 機油回收

1. 簡介

實施機油回收可以減少民眾將廢棄之機油倒於下水道、地面，或棄置於一般廢棄物中。

2. 執行方法

機油回收可由政府設立回收站或委託加油站代收，同時與機油業者簽定合約，負責收集、運輸與處理，許多汽機車保養場亦接受民眾之廢機油。

收集場所必須有明顯、易讀的標示，同時必需讓民眾知道正確的收集容器以及收集時間。

6.2 車輛、街道、建物管理

6.2.1 車輛使用控制

1. 簡介

車輛為市區非點源污染的主要來源，機動車輛經由排氣、漏油、腐蝕、磨耗等排放重金屬、油脂、多環芳香烴等物質，此等物質晴天累積於地面，遇雨沖刷進入水體造成污染，減少車輛使用可以降低此一類型污染。

2. 執行方法

降低車輛使用頻率應由市區規劃開始，社區應朝向使用大眾運輸系統來規劃。公家機關及大公司應提供交通車或鼓勵汽車共乘，提高停車費以抑制自用汽車使用，提供車票補貼以鼓勵使用大眾交通工具，壓縮上班天數或使用通訊網路讓員工在家或在分區辦公室上班。

水質管理單位應與政府其他單位如都市計劃、交通、環境衛生等部門協調，將相關的計劃加以整合。

6.2.2 車輛洩漏控制

1. 簡介

預防物質運輸過程發生洩漏，意外洩漏發生時迅速處置，並執行逸散控制及污染清除程序。

2. 執行方法

液狀物質之裝卸或汽車機油及其它液體之更換應在室內或遮雨棚內進行

1. 有害物質及廢棄物應依規定儲放
2. 可能洩漏地點附近應準備清理所需工具
3. 洩漏發生時應使用乾式清理法迅速清理

車輛維修場應遵守以下之污染控制程序：

1. 車輛維修不可露天進行，維修區應使用水泥鋪面並避免雨水流過
2. 檢查維修車輛有無洩漏機油或其它液體
3. 更換機油或其它液體時應使用承接皿或抹布，承接或吸收滴落之液體
4. 肇事損壞車輛迅速排空車內機油及液體
5. 損壞車輛或報廢車輛應放置於雨棚內
6. 停放之重型機具應於可能洩漏機油或油壓液體位置下放置承接皿或吸收物

質

7. 地面之洩漏物質應使用抹布、砂及其它合適之吸收材料做乾式清理，避免使用水洗。清理後物質應作合適的處置
8. 廢棄液體迅速送至收集與處置場所，勿讓裝滿之承接皿隨處散置
9. 機油濾清器應置於承接皿中滴乾機油後再置於容器中集中回收
10. 破損之鉛酸電池需置於容器內，防止電瓶液洩漏

6.2.3 街道清掃

1. 簡介

使用掃街車定期清掃街道可減少降雨期間污染物沖刷進入雨水下水道。街道定期清掃為各先進國家都市及社區之必要市政工作，此項工作有維持市容、改善空氣污染、降低非點源污染等多重功能。

2. 執行方法

1. 瞭解街道污染情形，對於污染嚴重之路段應使用較好設備及較高的清掃頻率
2. 執行停車管理，樹立告示牌標示掃街及禁止停車時段
3. 雨季來臨之前增加掃街頻率
4. 掃街車應充份維修，維持最高之清除效率
5. 詳細規劃掃街路段與頻率，並保持完整之掃街紀錄

6.3 水利設施與植栽管理

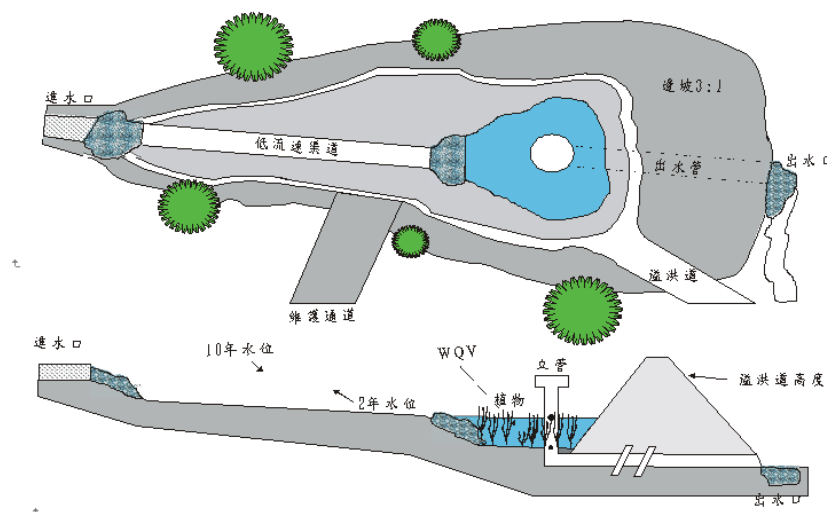
6.3.1 滯留池

1. 簡介

傳統上滯留池(Detention Pond)為防洪設施之一，但近年來滯留池之設計，通常亦加上去除污染的考慮。所謂「雙目標」或多目標滯留池之設計，即以同時降低洪峰，減少雨水逕流污染為目的，甚至將景觀、垂釣和休閒等功能考慮進去而成為多目標滯留池。

滯留池的種類有：

- (1)乾性滯留池：平常不蓄水，只有在暴雨情況下才滯留雨水逕流。
- (2)改良式乾性滯留池：將乾性滯留池之出水結構加以修改，水管改小或將出水口之高度提高，如此可增加雨水逕流在池內逗留之時間因而增加去除效率。
- (3)濕式滯留池：常年保持一固定容積之水在池內，如同一池塘或小湖泊。

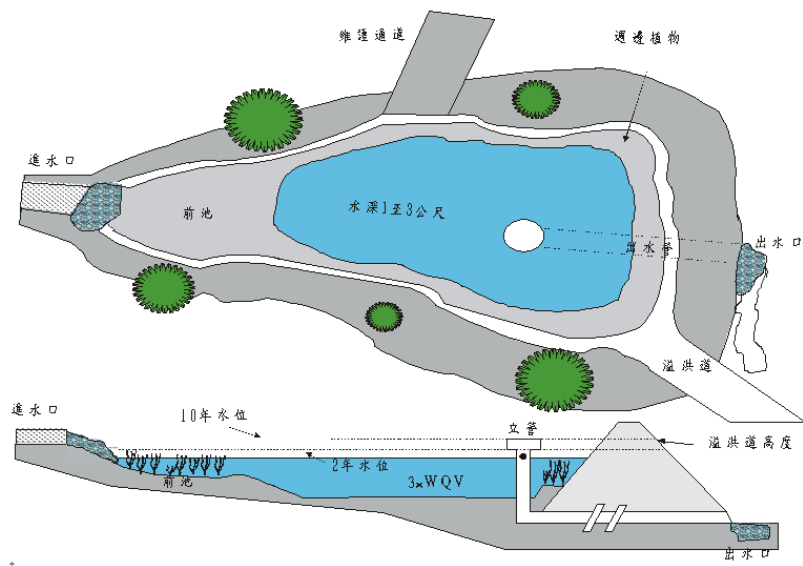


乾式滯留池設計圖

(Camp Dresser&McKee,1993)



乾式滯留池照片



濕式滯留池設計圖

(Camp Dresser&McKee,1993)



濕式滯留池照片

2.目的

將逕流雨水引至水池，使其滯留於池中並使懸浮固體產生沉澱，及部分污染物被分解，進而達到淨化功效。

3.污染物去除效率(高●，中◎，低○)

●沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ◎BOD與COD ◎重金屬
◎毒性物質 ◎油脂 ◎細菌與病毒 ●漂浮物

4.適用地點

- (1)用於大面積流域之逕流污染控制。
- (2)需要去除高比例之懸浮顆粒污染物及少量之溶解性污染物時。
- (3)可以與景觀設計做綜合規劃。
- (4)可配合棲地營造，提供生物生長、棲息及繁衍場所。
- (5)乾式滯留池適用於缺乏水源，無法維護濕式滯留池或人工濕地水位，或者草溝及草帶之植被難以維持時。
- (6)因為蚊蟲孳生之顧慮，不適合使用常年積水之濕式滯留池或人工濕地時，宜

採用乾式滯留池。

5.使用限制

(1)乾式滯留池

- a.需要大面積土地。
- b.不適用於高度都市化地區。
- c.不可設置於坡地、填土區或或有崩坍潛勢之場所。
- d.需考慮安全性以及周圍環境清潔維護等問題。
- e.應定期清理，避免被填平而喪失功效。

(2)濕式滯留池

- a.效率可能低於大部份逕流處理設施。
- b.池底與邊坡未植生可能造成底部沖刷與邊坡沖蝕等問題。
- c.使用出水口控制水力停留時間，較小集水區其池子出口太小，可能有出水口阻塞之考慮。
- d.需考慮蚊蟲孳生所引致的問題。
- e.需考慮池水厭氧以及優養化問題。
- f.乾季可能需要有補充水源。

6.設計準則

(1)消洪所需之體積

控制尖峰流量所需池之容積可以簡易公式作初步之估計：

$$V_f = 0.5(Q_{p0} - Q_{pv}) \cdot T_b$$

式中， V_f = 滯留池容積， L^3 。

Q_{pv} = 為開發前25年發生一次之尖峰流量， L^3/T ；

Q_{po} =開發後同一頻率之尖峰流量， L^3/T ；

T_b = 流量歷線之延時，T

(2)淨化污染物所需之體積：

每次降雨初期冲刷流出必須處理之雨水逕流量稱為水質體積(Water Quality Volume, WQV)：

c. 遊憩區， $WQV=20mm \times A_i$ (A_i ：集水區面積，ha)，即每公頃集水面積需 $200m^3$ 體積。

d. 社區、工業區， $WQV=10mm \times A_i$ (A_i ：集水區面積，ha)，即每公頃集水面積需 $100m^3$ 體積。

滯留池淨化污染物所需之體積，乾式=WQV，濕式=3WQV。

(3)滯留池總體積

◆ 乾式： $V=V_f + WQV$

◆ 濕式： $V=V_f + 3WQV$

(濕式滯留池體積成呆水位體積，其容積應至少為WQV之3倍)

(4)處理污染物所需之停留時間：

30小時。

(5)排水管設計

◆ 乾式滯留池

需能將前10mm(或20mm)之逕流體積，滯留在池內30小時，故滯留池之出水口需依下列公式設計其許可排放流量

$$Q_{avg} = \frac{WQV}{T}$$

式中， Q_{avg} = 許可排放之平均流量， L^3/T ；

WQV = 水質體積， L^3 ；

T = 滯留時間(Detention time)，如30小時，T

出水口管徑不小於8公分為宜，太小則易被堵塞。

- ◆ 濕式滯留池

7.維護需求

(1)結構安全及效率方面

- ◆ 須定期檢查並且於暴雨(如颱風)之後加強檢查，每年至少2到3次，檢查項目包括沖蝕情形、結構之損壞，淤積程度等。
- ◆ 濕式滯留池如池底泥砂堆積超過池容積20%時，應將泥砂清除。

(2)美觀方面

- ◆ 滯留池需嚴禁傾倒垃圾、雜物等，並需定期剪草。
- ◆ 濕性滯留池需防止蚊蟲孳生以及蘆葦等之過度生長。
- ◆ 如有藻類繁殖過量時，則需加化學處理(如鋁鹽處理)消除。

8.執行需求 (●高，◎中，○低)

- 初設費 ◎操作維護費 ◎維護需求 ○人員訓練

9.其他

(1)滯留池去除污染之原理

a. 沉積作用

顆粒性污染物之去除主要仰賴重力沉積，故此類污染物之去除率應與進流水中粒徑尺寸分佈和滯留時間有關，兩者之間的關係密切，其效能與滯留池之大小，形狀，以及出水結構之型式不同而有所改變。

沉積作用是一般滯留池去除污染物最主要之因素，但因不同的污染物其沉積之特性亦有所不同，故設計滯留池時需注意進流水中最具代表性之粒徑分佈。顯示數種污染物之去除率與滯留時間之關係，大部分污染物在前兩個小時

被去除。

b.腐化(Decay)

藉由微生物分解水中有機污染物，或者水中微生物自行死亡，而達到淨化水質的功效。

c.生物攝取(Biological uptake)

溶解性污染物之去除(例如磷、氨氮等)，主要仰賴滯留池內水生植物之攝取，其水質淨化效率與水生植物之種類與植栽密度有關。

(2) 乾性滯留池的設計準則多為使開發後暴雨逕流(例如25年發生頻率之暴雨)的最大流量數值與開發前相同，此類滯留池對污染物之去除率不高，主要因為滯留時間短，污染物沒有足夠時間沉積，而且一場暴雨過後沉積在池底的污染物可能又被下一場暴雨沖刷出滯留池，一般而言，乾性滯留池污染物去除率平均為0%至20%。

(3) 改良式乾性滯留池是將乾性滯留池之出水結構加以修改，水管改小或將出水口之高度提高，如此可以增加雨水逕流在池內逗留之時間因而增加去除效率。通常此種出水管係用2年頻率之暴雨設計，如此設計之滯留池可達到40%到70%粒狀性污染物之去除率，但對溶解性之污染物則去除效率甚低。

(4) 顆粒性污染物在濕式滯留池有較長時間沉積，而溶解性污染物也有較長時間被生物分解或植物攝取。一般而言，濕式滯留池之平均去除率為：

總懸浮固體物(TSS)	50%~90%
營養鹽(Nutrients)	40%~60%
鋅(Zn)	40%~45%

6.3.2 下水道清理

1.簡介

使用消防栓或水車供應高壓水，沖洗有砂土沈積現象之下水道。下水道清理可以維持下水道輸水效率並減少暴雨逕流污染。

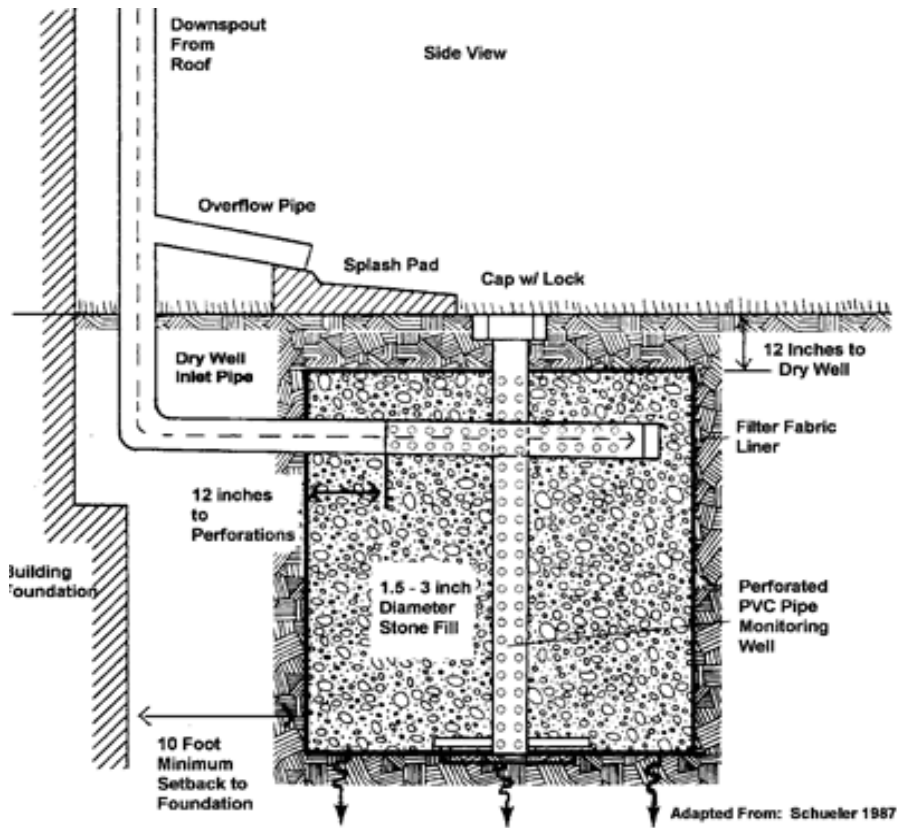
2.執行方法

1. 確定坡度平緩，有砂土沈積現象之下水道區段，依情況需要決定沖洗頻率
2. 情況允許時，沖洗污水應加以收集處理
3. 使用充氣式擋水設施阻擋水流，收集沖洗污水
4. 收集之沖洗污水可於沈砂之後送至污水下水道系統處理
5. 小管徑下水道（36 英吋以下）沖洗效果較佳

6.3.3 入滲乾井

1. 簡介

入滲乾井為入滲溝之一種，其長度較短，深度較大，一般用來收集屋頂之雨水。



入滲乾井示意圖

(<http://www.seagrant.sunysb.edu/cprocesses/pdfs/BMPsForMarinas.htm>)



入滲乾井照片

(<http://www.reliablebasement.com/47101/47164.html>)

2.目的

- (1)降低雨水逕流量。
- (2)過濾水中沉質。
- (3)有洪水控制及地下水補注的功能。

3.污染物去除效率(高●，中◎，低○)

- 沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ●BOD 與 COD ●重金屬
- 毒性物質 ●油脂 ●細菌與病毒 ●漂浮物

4.適用地點

入滲乾井主要用來處理屋頂排水，所以一般設於建築物周圍。

5.使用限制

入滲乾井貯水體積有限，因此其設置條件不如入滲池一般嚴格，但設置地點土壤應有 0.6cm/hr 以上之透水率，同時地下水水位應離地面一公

尺以上。設有地下室之建築物應確定建築防水設施完善。

6.設計準則

入滲乾井之體積、表面積設計與入滲溝相同。

7.維護需求

同入滲溝。

8.執行需求 (●高, ◎中, ○低)

◎初設費 ○操作維護費 ○維護需求 ○人員訓練

6.3.4 污水下水道洩漏控制

1. 簡介

執行污水下水道洩漏之偵測、修復以及疏通工作以避免污水經由入滲、溢流以及雨天溢流等情況進入雨水下水道系統。防止化糞池系統之污水入滲或溢流進入雨水下水道。

2. 執行方法

1. 執行晴天篩檢與下水道偵測，找出可能之污水入滲或流入地點
2. 污水下水道雨天溢流及滲漏不易偵測，只能以目視依靠經驗判斷
3. 使用納氏試劑可測定雨水下水道水流氨之含量，判斷是否受到污水污染
4. 執行宣導與民眾教育，並提供熱線電話，促使民眾通報下水道溢流事件

6.3.5 沉砂井清理

1. 簡介

沈砂井定期清理，移除累積之砂土可以降低雨水下水道之初期沖刷現象，恢復沈砂井之功能，並可防止下水道管路沈積與阻塞。

2. 執行方法

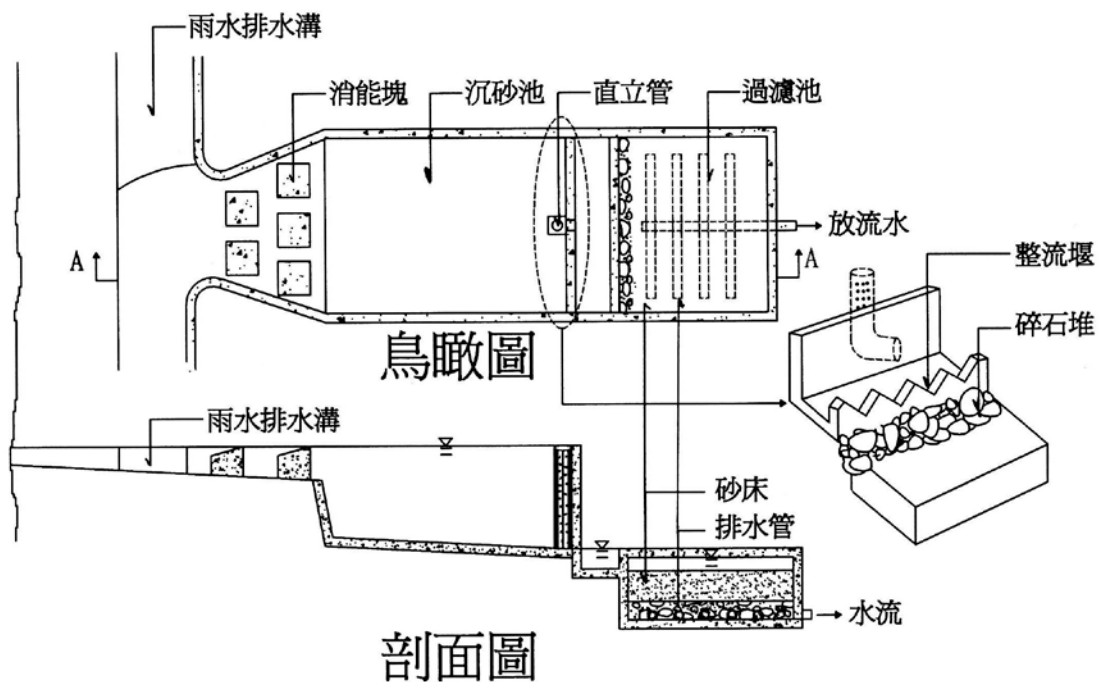
1. 小型社區可用人力清理
2. 都市下水道系統需要使用清理機械
3. 至少每年檢查一次，確定沈砂井功能正常
4. 沈砂井內砂土佔容量之 40% 之前即應清理
5. 砂土負荷高地區之沈砂井應每年雨季來臨之前清理
6. 保持清理記錄，以確保工作成效

6.3.6 砂濾器

1. 簡介

砂濾器係由一個沉澱池及一個砂濾槽所組成，逕流先進入沉澱池內短暫停留，將較大顆粒沉澱去除之後流入濾床過濾，濾床之濾料可為砂子或砂子與泥煤之混合物。沉澱槽體積一般設計成可完全貯存水質體積。砂濾對於粒狀污染物有很高的去除率，但對於溶解態污染物則無去除效果。在土地取得困難地區，砂濾器可設置於地下。濾器之維護需求高於大部份逕流處理設施。由於砂濾器之處理容量有限，因此設施必須與排水渠道側接，只允許小型降雨之全部逕流或大型降雨之部份逕流流入。

Austin 砂濾系統濾池為 45 至 60 公分厚的砂層以及下方的礫石與多孔 PVC 排水管所構成，砂層與上下礫石層間鋪設地工織物，以防砂土流失。使用經驗顯示，地面砂濾系統對總磷之去除效率在 40%~60% 之間（Bell, 1993）。



2. 污染物去除效率(高●，中◎，低○)

- 沉滓 ◎營養鹽 ◎重金屬 ○毒性物質
●漂浮物 ◎耗氧物質 ◎油脂 ◎細菌與病毒

3. 設計準則

1. 沈澱池應設消能設施，防止沈降物再懸浮；
2. 水流應均勻分布於濾床；
3. 與渠道做側接，以防大水沖刷；
4. 沈澱池體積計算

砂濾器之沈澱池體積計算可以沿用乾式滯留池體積的計算方法，但由於砂濾器沈澱池之後有過濾處理，因此其沉澱池之沈滓去除效率不須如滯留池，以避免設施體積過於龐大。

5. 濾床表面積計算

根據美國德州 Austin 經驗，濾床表面積可以使用下列公式計算：

$$A_f = 3630(V \times H) / [K \times (D + H)]$$

其中 A_f = 濾床表面積，ft²

V = 需處理之逕流體積(in-acre)，可以用下式計算

$$V = DCIA \times 0.5in$$

$DCIA$ = 與排水系統直接相連之不透水表面總面積，acre

H = 砂濾床厚度，ft

D = 砂濾床上水深（取最大水深之一半），ft

K = 濾床係數，建議使用 3.5

上述式子根據濾砂有效粒徑為 0.02~0.04in 導出，濾砂粒徑小於此值時，濾床面積必須加大。

4. 維護需求

1. 每半年或每次較大降雨之後應檢視設施；
2. 沈澱池沈澱累積 10 吋，砂濾床沉澱累積 1.5 公分即應進行清除；
3. 濾床表層淤泥與濾砂之混合物應每半年清除一次，以維護砂床之透水性，並避免沈澱穿透濾層，導致全部砂層必須更換；
4. 集水區須避免因地表裸露或施工活動造成土壤沖刷，以延長濾床維護間距。

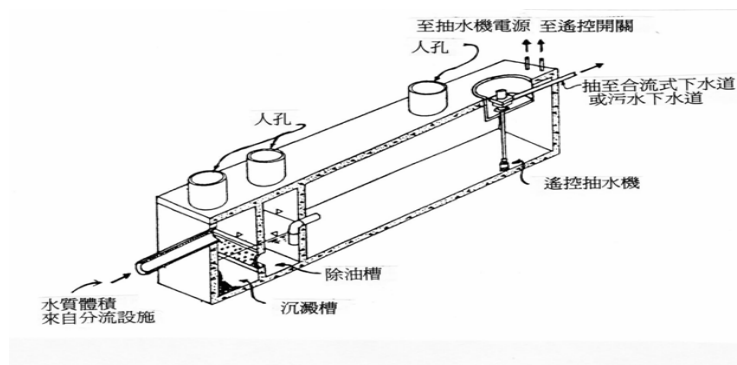
5. 執行需求 (●高, ◎中, ○低)

●初設費 ◎操作維護費 ●維護需求 ○人員訓練

6.3.7 初期逕流儲水設施

1. 簡介

初期逕流儲槽構造 (Bell, 1993)，其功能在儲存暴雨初期逕流之水質體積。此一設施設有中央系統控制之抽水幫浦或出水閘，將貯存之逕流經由污水下水道或合流式系統送至污水處理場處理。若逕流水質較好，則儲槽內之雨水可用來做為澆水、洗街及廁所沖水用途。



2. 污染物去除效率

配合廢污水處理設備，各種污染物去除效率都高。

3. 適用地點

合流式下水道系統或儲槽有管線可通至污水系統處理之情況，水質較好之逕流可做雨水再利用。

4. 使用限制

1. 需配合其它處理設施，無法單獨使用；
2. 需要有輸送管路或渠道。

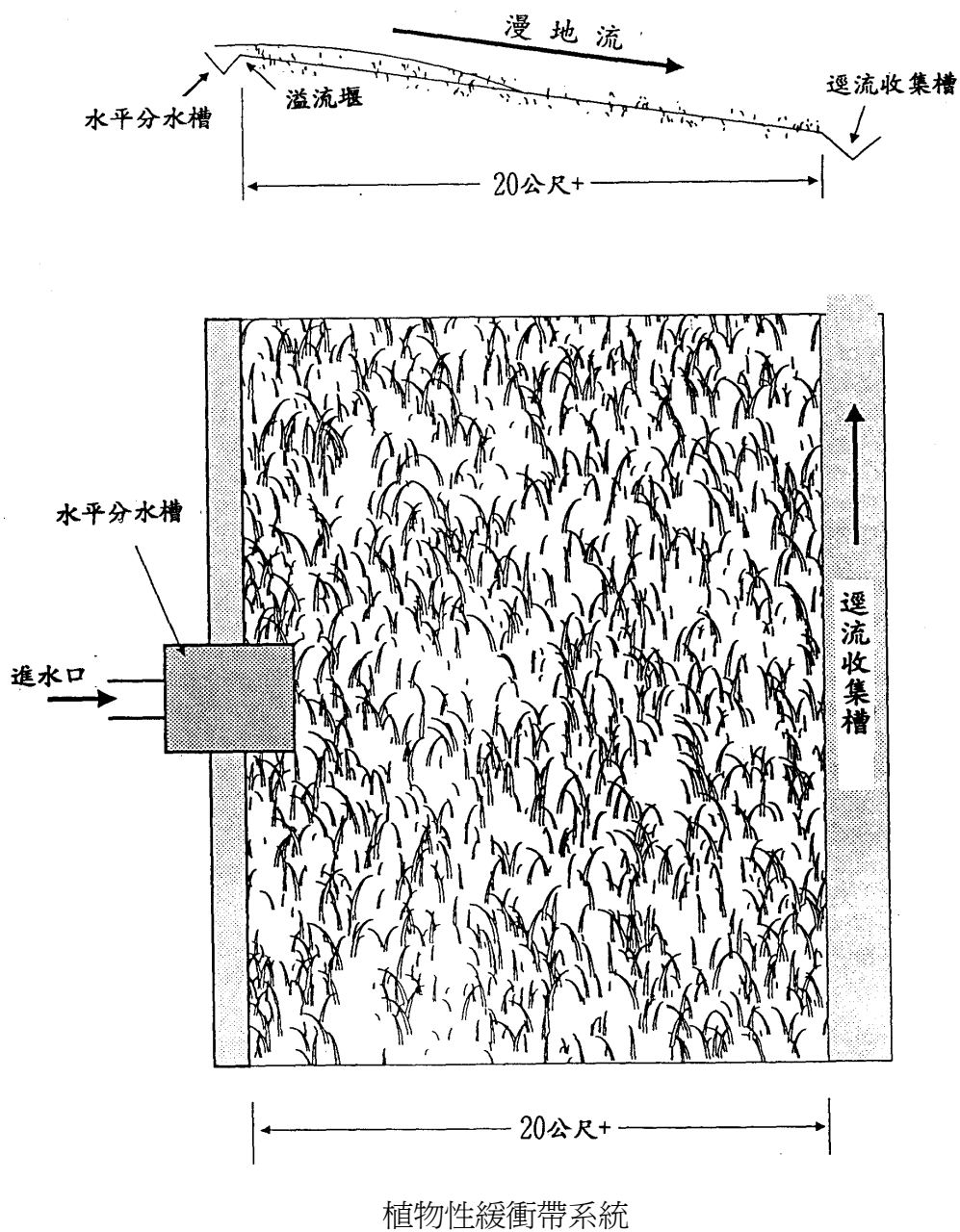
5. 設計準則

儲槽之體積應大於水質體積（不透水面之 1.25 公分逕流）。

6.3.8 植生緩衝帶

1. 簡介

植物以土生或適於本地生長之草為主，其主要設計之考量為需將雨水逕流以很薄之片流(Sheet Flow)流過草帶，由於流過速度緩慢，因此草地對水中的沉質有攔截作用，同時水中的營養鹽可被植物利用而達到去除的效果。植物緩衝帶(VBS)為包括樹木等不同植物的綜合地帶，而草帶包含的植物以草為主。



2.目的

- (3) 去除水中沉質、營養鹽等污染物。
- (4) 防止土壤的侵蝕。

3.污染物去除效率(高●，中◎，低○)

- 沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ◎BOD與COD◎重金屬
- ◎毒性物質 ◎油脂 ○細菌與病毒 ◎漂浮物

4.適用地點

- (1)自然水體旁邊、平坦且坡度小於5% 的地區。
- (2)土壤適合植物生長的地區。
- (3)土壤穩定的地區。
- (4)小集水區或小面積不透水面周圍。

5.使用限制

- (1)需要土地空間。
- (2)地表坡度不可太大。
- (3)必需能夠維持植被良好生長，乾季需要澆水維護。
- (4)流經草帶之水流必需形成均勻之片流(sheet flow)，此一條件不易維持。

6.設計準則

- (1)緩衝帶彖向坡度以不大於5% 為宜，長度則大於20公尺較好。
- (2)草帶面積應為不透水面積的1/1000到1/500之間。
- (3)草帶寬度至少要3公尺以上。

(4)長度不夠或因地形關係坡度較大，則可在下游建一小型矮壩(Check Dam)以減低流速。

(5)為防止渠道流(短流)的發生，通常需先將雨水引進一水平分水槽(Level Spreader)內，槽內水滿時會沿槽緣溢流出來而平均分佈流過草帶(Grass Strip)，如圖32、33。

(6)植物緩衝帶長度與其他參數可以圖33求得,如取得95%之去除效率，在坡度為2%粗糙係數及n為0.20情況下，所需之緩衝帶長度為60公尺左右。

7.維護需求

(1)定期檢查是否有侵蝕、草皮損壞和短流的發生。

(2)草高超過15公分時，要進行修剪的工作，並馬上清除地上的草屑。

8.執行需求 (●高，◎中，○低)

◎初設費 ◎操作維護費 ◎維護需求 ○人員訓練

6.3.9 雨水下水道入口標示

1.簡介

在雨水下水道入口噴上禁止標示，防止民眾利用雨水下水道倒棄污染性物質。

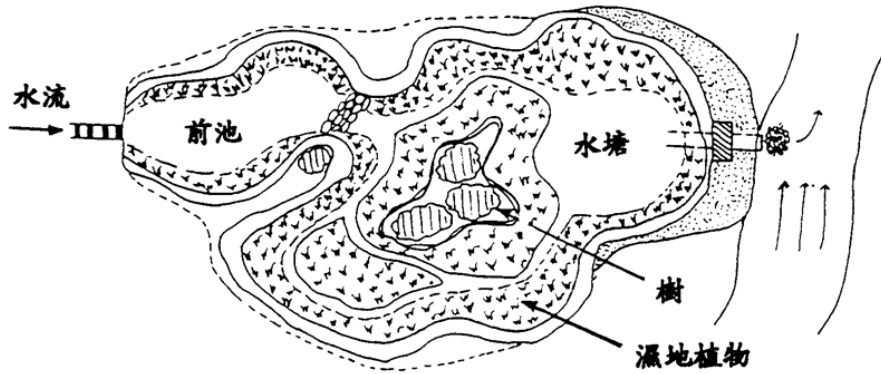
2.執行方法

動員義工與政府工作人員，在各雨水下水道各個入口噴上禁止傾倒之圖案與文字，政府工作人員必需先行設計圖案，製作噴印版，準備噴漆等材料，並提供下水道入口位置圖。義務工作人員必需經過適當的訓練，同時應舉辦講習，說明河川保護與非點源污染間之關係。此一工作可以提昇社區之集水區保護意識，帶動大眾對非點源污染問題的瞭解。義務工作人員的可能來源包括環保團體、學校、宗教與社會團體。

6.3.10 人工濕地

1. 簡介

人工濕地(Constructed Wetlands)為人工開挖或使用擋水設施造成的窪地，裡面經常保持濕潤或有淺層的積水，並種植水生植物。



人工濕地示意圖



人工溼地照片

2. 目的

- (1) 去除顆粒性及溶解性污染物。
- (2) 池子本身可以做為景觀美化之一部分，同時提供野生動物，鳥類棲息場所，為一多功能之暴雨控制設施。

3. 污染物去除效率(高●，中◎，低○)

- 沉澱物(sediment) ●氮、磷 ●BOD與COD ●重金屬
●毒性物質 ●油脂 ◎細菌與病毒 ●漂浮物

4. 適用地點

- (1) 集水區面積夠大，並可維持晴天水流以保持池子濕潤的地區。
- (2) 適合濕地植物生長的地區。
- (3) 可納入景觀規劃整體設計的地區。

5. 使用限制

- (1) 需要較大面積土地，不適用於高地價及高度開發地區。
- (2) 不能設於坡地。
- (3) 需考慮蚊蟲孳生問題。
- (4) 乾季需要額外供水，以維持系統生態。
- (5) 土壤需適合濕地植物生長。
- (6) 土壤需不透水，以防水份流失。

6. 設計準則

- (1) 設計原則(Mitsch, 1992)
 - a. 濕地系統的水力設計及植物種植必須採用最少的維護需求；
 - b. 根據原有地形作設計，不要大幅度改變地貌；
 - c. 設計時應就污染控制、景觀、生態等作多功能考量；

d.盡量模仿天然濕地，不要使用過多的渠道或硬體結構物；

e.濕地系統規劃可以採用分散式設計或集中式設計，分散式設計在上游集水區內使用大量小型濕地，集中式設計則在下游處設置數目較少但規模大的濕地系統。

(2) 面積

人造濕地面積應為集水區面積之 1~2%，面積設計可採用濕式滯留池之計算方式，但濕地水淺，因此使用此一計算方式所得之面積需求將遠高於濕式滯留池。由於使用經驗顯示，採用較大面積之人造濕地未必提高污染去除率，因此人造濕地採用濕式滯留池所需面積設計即可（Schueler,1992）。

(3)系統配置

a..濕地設置適當區隔之前池與後池，可提高污染去除率；

b.池子呈長條狀以防止短流；

c.池邊設置道路供維修車輛行駛；

d.邊坡應大於 4:1，若為節省空間，可使用混凝土擋土牆，此時需設置圍籬，防止人員或動物落水。

(4) 深度

前池與後池深度 1 至 2 公尺，前池與後池合佔濕地 25%~50%面積。

(5)土壤

濕地土壤需適合植物生長，同時為防止濕地水分入滲，土壤之透水性不可太高。

(6)濕地植物選擇

人造濕地上應種植濕地之原生性植物，台灣地區原生濕地植物列於表 7（環保署，1995）。

(7)注意事項：

h. 大型人工濕地其邊坡在水深60公分的地方至少要有4:1的坡度，若濕地的邊緣以圍牆構築，則應加設安全護欄，防止遊人掉到水裏。

i. 人工濕地的周圍必須有足夠的空間，讓管理用的交通工具行走。

- j. 濕地的外圍至少要有30公分的出水高度。
- k. 若濕地的外圍以土壤構築，在出水管的同圍的土壤應加裝防漏設施。
- l. 濕地必須有45公分到60公分的有機性的土壤，以利濕地植物的生長。
- m. 濕地土壤必須有吸附水中磷酸鹽的作用。
- n. 若有短流的情形發生，在前塘的進水口處必須設置消能設備，降低進流水的流速，或增加池塘的長寬比。

7. 維護需求

- (1) 每場大雨後進行檢查，或至少一年檢查一次。
- (2) 定期清除水面的漂浮物。
- (3) 修理周圍崩塌的地方。
- (4) 防止蚊蟲的滋生。
- (5) 定期(約3~5年)清除濕地底部的沉積物，若出水中有毒性物質有增加的趨勢，應立即進行沉積物的清理。

8. 執行需求 (●高，◎中，○低)

●初設費 ◎操作維護費 ◎維護需求 ○人員訓練

9. 其他

人工濕地目前使用仍然不多，一般集水區必須大才能有晴天水流，維持池子濕潤。濕地內植物族群之建立不容易，必須經由有生態學專長之人員加以選擇。

台灣地區濕地原生植物名錄

俗名	學名
菱	<i>Trapa bispinosa</i> Roxb. Var. <i>iiunumai</i> Nak n
眼子菜	<i>Potamogeton octandrus</i> Poir.

馬藻	Potamogeton crispus L.
金魚藻	Ceratophyllum demersum L.
三白草	Saururu chinensis (Lour.)
水蕨	Ceratopteris thalictroides (L.) Brongn.
水燭	Typha orientalis Prel.
蘆葦	Phragmites ommunis (L.) Trin.
荸薺	Eleocharis dulcis (u m. f.) Trin.
日本篔藻	Blyxa japonica (Mig.) Maxim.
水車前	Ottelia alismoides (L.) Pers.
銀蓮花	Nymphoides cristata (Roxb.) Ktze.
水芹菜	Oenanthe japonica (Bl.) DC.
臺灣萍蓬草	Nuphar shimadai Hayata
青萍	Lemna perpusilla Torr
稗蓋	Sphaerocaryum malaccense (Trin.) Pilg r
大穀精草	Eriocaulon sexangulare L.
大萍	Pistia stratiotes L.
大金髮蘚	Polytrichum commune Hedw.
滿江紅	Azolla pinnata R. Brown
田字草	Marsiles minuta L.
槐業蘋	Salvinia natans (L.) All.
匍莖通泉草	Mazus miquelii Makino
蝴蝶薑	Hed chium coronarium Koenig
短柄卵果蕨	Phegopteris decursive-pinnata (van Hall) F' ee
水手花	Scirpus mucromatus
水丁香	Ludwigia octovalvis
水龍	Ludwigia peploides
圓葉澤瀉	Caldesia graudis
水蜈蚣	Kyllinga brevifolia
水竹葉	Murdannia keisak
鴨舌草	Monochoria vaginalis

6.4 其他項目

6.4.1 溢流防制與清理

1. 簡介

工廠必需防止廢、污水未經處理排入雨水下水道系統，這些廢污水包括製程用水、冷卻水及員工生活污水。



2. 執行方法

- 新設工廠應避免廢水管錯接雨水下水道系統，同時應有詳細的管路配置圖交給使用單位，以因應維修需要。
- 廢水處理設施設計時應防範雨水流入廢水處理系統導致廢水溢流。
- 雨水下水道入口設製明顯的警告標誌，以防止污染物或廢水傾倒至雨水下水道系統。
- 找出廢污水排入下水道系統的方法包括：
 - 雨水排放口勘查：檢視雨水下水道系統晴天是否有水排出，由於地

下水可能滲入雨水下水道系統，因此若晴天水流水色澄清時應進一步查証水流是否來自廠區工業活動；

- 巡視管路及排水系統，尋找可能的廢水排放；
- 在確定有廢污水排入下水道系統而不明其來源時可以用染料或煙霧測試來找出排放源。

6.4.2 透水鋪面

1.簡介

透水性路面為多孔隙瀝青混凝土，底層為卵石層。各種常用的組合鋪面，共同特點是每個單元留有開孔。鋪設後青草會從開孔長出，增加鋪面之綠意。

2.目的

- (1)降低雨水逕流量。
- (2)過濾水中沉質。
- (3)有洪水控制及地下水補注的功能。

3.污染物去除效率 (高●，中◎，低○)

- 沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ●BOD 與 COD ●重金屬
●毒性物質 ●油脂 ●細菌與病毒 ●漂浮物

4.適用地點

- (1)透水性路面適用於停車場、行人步道。
- (2)組合鋪面適用於停車場、行人步道、護坡。

5.使用限制

- (1) 透水瀝青鋪面之選址條件除入滲設施所列各項條件之外，同時由於鋪面強度低於傳統瀝青鋪面，因此只適用於停車場、行人步道以及沒有重車行走的巷道、廣場或空地。
- (2) 為維護鋪面之透水性，避免孔隙阻塞，鋪面應避免設於有大量砂土散落區域。由於鋪面底層需水平才能發揮蓄水功能，因此大面積使用時，地表坡度不可過大。

6.設計準則

- (1)透水性路面蓄水層積水而於72小時內排空，因此土壤透水性不良的地區需裝設排水設施。

- (2)透水性路面蓄水石層必須儘量保持水平。
- (3)舖面表層多孔瀝青之級配可採用 P 級配、PA 級配或 OGFC 級配（環保署，1997），孔隙率 16%左右；
- (4)為確保瀝青之膠結度，多孔瀝青混凝土之含油量必須高於傳統瀝青混凝土，達到 5.5%左右，為防止瀝青流失，混凝土宜添加纖維，添加量 0.3%至 0.5%；
- (5)蓄水層與天然土壤之間應舖設砂層或使用地工織物，以濾除細顆粒物質，防止土壤因孔隙阻塞而失去透水性；
- (6)透水性路面應安裝豎管以觀察蓄水層水位以入滲效率，豎管需設置管蓋，以防異物阻塞。
- (7)施工注意事項：
- g. 底層土壤開挖之後應避免壓密，以維護土壤之透水性，過濾砂層舖設之前應避免雨水進入，路基挖好應立即舖設砂層；
 - h. 蓄水層應使用形狀稍為扁平之天然卵石，以形成互相交錯結構，易於滾壓緊密，使用圓形卵石或粒徑均勻之碎石不易滾壓緊密；
 - i. 粒度調整層滾壓完成之後應噴撒乳化瀝青，以膠結穩定，上面再舖設透水瀝青混凝土表層；
 - j. 透水瀝青舖面各層都為多孔隙結構，應充份滾壓緊密，以防使用後產生沈陷或車轍，影響使用壽命。每次滾壓厚度不應大於十公分，各層厚度大於十公分時應分層舖設並滾壓；
 - k. 表層透水瀝青混凝土舖設時不應過度滾壓以免破壞孔隙結構。舖設完成後兩天內，瀝青混凝土未膠結完成之前應避免重車行走；
 - l. 舖面蓄水層材料應清洗乾淨，防止砂土造成土壤孔隙阻塞。

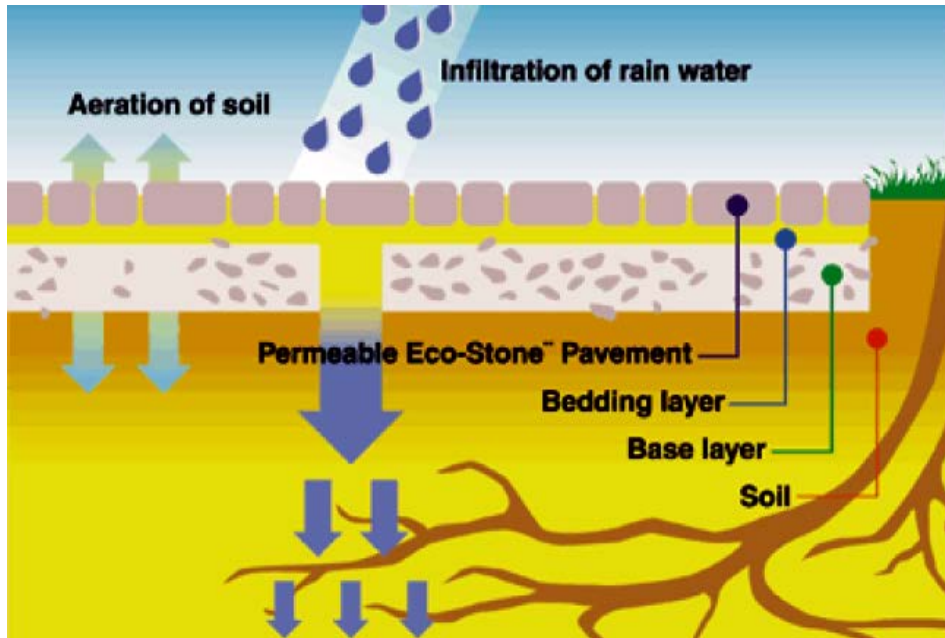
7.維護需求

- (1)透水性路面強度較弱，應避免不當的使用造成破壞。
- (2)透水性路面週圍應種植草皮，過濾水中的沉質。
- (3)透水性路面若接近地區排水時，應視需要加裝前處理設施，去除漂浮物延長路面使用壽命。
- (4)路面應於每年雨季來臨之前或合適之時間測定透水性，當透水性降低至一定程度時，應立即進行清洗。
- (5) 定期修剪組合舖面開孔的草高。

(6) 鋪面清理的時候最好使用吸塵和高壓灑水兩道程序。

8.執行需求 (●高, ◎中, ○低)

●初設費 ●操作維護費 ●維護需求◎人員訓練

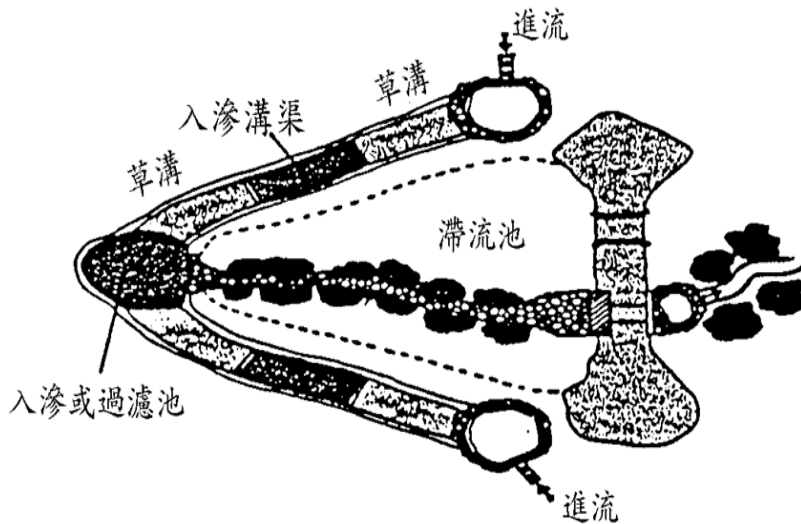


透水鋪面示意圖

6.4.3 多重處理設施

1. 簡介

複合處理系統是把二個或二個以上，前述的結構性最佳管理以串聯之方式組合而成的系統。



複合處理系統

(Camp & McKee, 1993)

2. 目的

結合不同處理設施，增加污染物之去除效果。

3. 污染物去除效率 (高●，中◎，低○)

- | | | | |
|----------------|------|----------|------|
| ●沉澱物(sediment) | ◎氮、磷 | ◎BOD與COD | ◎重金屬 |
| ◎毒性物質 | ◎油脂 | ◎細菌與病毒 | ●漂浮物 |

4. 適用地點

具有充足土地空間的地區，以及上述其他結構性最佳管理作業的適用地點。

5.使用限制

- (1) 需要大面積土地。
- (2) 乾季可能要有補充水源。
- (3) 依設施種類，可能需考慮地表坡度、地質、土壤與地下水水位。

6.設計準則

可以採用重疊設計或串聯設計，例如：

- ◆ 濕式滯留池外加乾式滯留池
- ◆ 乾式滯留池→砂濾器
- ◆ 滯留池→砂濾器→濕地
- ◆ 濕式滯留池→濕地
- ◆ 草帶或草溝→濕式滯留池
- ◆ 草帶或草溝→入滲溝
- ◆ 除油槽（除油器）→濕地或草帶（草溝）

7.維護需求

與個別結構性設施之方法相同。

8.執行需求（●高，◎中，○低）

- 初設費 ●操作維護費 ●維護需求 ○人員訓練

6.4.4 大眾教育與民眾參與

1. 簡介

透過教育宣導，促進大眾對非點源污染問題與解決方法之認知，瞭解非點源污染管制之權責單位及工作推展情形以提昇社區民眾對非點源污染問題解決的參與感。

2. 執行方法

1. 向大眾介紹其所處之集水區以及該集水區河川之污染狀況
2. 教導民眾有關個人如何造成非點源污染，以及個人可以如何
3. 減輕這一類污染
4. 使用報紙、廣播等大眾媒體傳達相關知識與消息
5. 發行宣傳資料及手冊
6. 舉辦相關活動
7. 做有關非點源污染管制措施之民意調查
8. 組織集水區非點源污染防治委員會

6.4.5 土地利用規劃

1. 簡介

在社區規劃階段將開發對水量及水質帶來的影響加以考慮，並透過詳細的調查與規劃減輕社區污染。此一方法必須與都市計劃部門協調執行。

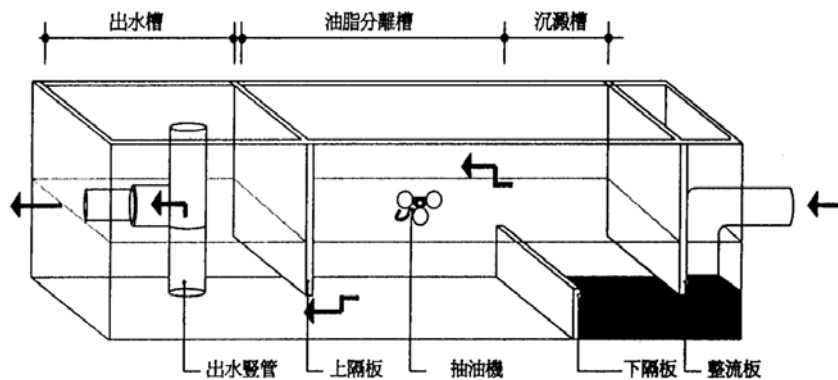
2. 執行方法

- 第一步－訂定目標：目標訂定必需明確，例如「新的開發不得導致逕流洪峰加大」，「新的開發不得導致逕流懸浮固體物含量增加」等。
目標的設定可以以法規為基準，或在做環境影響評估階段設定一必須達到之目標。由於土地的規劃與管理涉及土地所有人權益，因此目標設定時之民眾參與和政治與法律程序都必需加以考慮，以提高規劃之可行性。
- 第二步－研究與分析：收集開發地區之各項相關資料，以對該項開發以及其所帶來的影響有詳細的瞭解。根據收集的資料，分析開發對整個集水區以及承受水體水質之影響。
- 第三步－建議：根據研究結果提出最佳方案，尋求行政及民意機關之支持。
- 第四步－執行：在執行階段應隨時檢討是否達到預定之水質與水量目標。

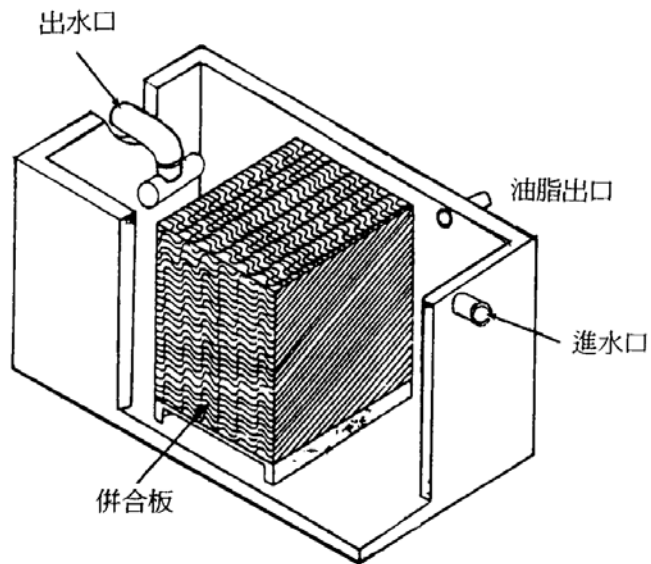
6.4.6 油水分離槽

1. 簡介

逕流中油脂去除可使用油水分離槽，分離槽主要係靠油、水之比重差將油脂浮除，主要的設計有傳統的重力式以及效率較高之併合板截留式(Coalescing plate Interceptor, CPI)兩種。



重力式油水分離槽
(Camp & McKee, 1993)



併合板油水分離槽
(Camp & McKee, 1993)

2.目的

減少遊憩區內產生之油脂進入承受水體。

3.污染物去除效率 (高●，中◎，低○)

◎沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ◎BOD與COD◎重金屬
◎毒性物質 ●油脂 ○細菌與病毒 ●漂浮物

4.適用地點

- (1)車輛、設備維修保養或清洗之區域。
- (2)油脂含量高且來源控制(Source control)無法有效去除的地區。

5.使用限制

暴雨逕流中油滴之比重以及粒徑分佈數據不足，處理效率的不確定性高。

6.設置準則

- (1)傳統式重力油水分離槽

- ◆ 池子深度：

$$D = (Q/RV)^{0.5}$$

式中，D：油水分離槽深度，必須介於 1~2.5 公尺

Q：設計流量，m³/s

R：槽之寬度與深度比(W/D)，使用 2 到 3

V：容許之水平流速，等於油脂上升速度 V_p 之 15 倍，且不可於大於 0.015m/s

- ◆ 油溝上升速度：

$$V_p = 0.55(d_p - d_c) \cdot d^2 \times 10^{-8} / \eta$$

其中， V_p ：油滴上升速度，m/s

η ：水之絕對黏度，poise

d_p ：油之密度，g/mL

d_c ：水之密度，g/mL

d ：欲去除油滴之直徑， μm

溫度影響水與油脂之密度和黏滯度，因而油滴上升速度必須考慮溫度因素。暴雨逕流水中油脂之密度可假設約介於 0.85 ~ 0.95 g/mL 之間。

- ◆ 池子長度與池子寬度：

$$L = \frac{V \cdot D}{V_p}$$

$$W = \frac{Q}{V \cdot D}$$

其中， L ：長度，m

W ：寬度，m；寬度應為深度之 2~3 倍，而且不可超過 7.5 公尺

- ◆ 其他設計準則：

- 上隔板高使用深度之 0.85 倍。
- 下隔板高使用深度之 0.15 倍。
- 設置分流隔板位於距進水口 0.15L 處。
- 槽之出水高度應有 30 公分以上。
- 設置繞流設施，導離大於設計流量之逕流。

- ◆ 設計流量之決定：

設計流量可以使用再現期 3 個月到 1 年的尖峰流量，若使用 6 個月再現期之尖峰流量為設計流量，油水分離槽約可處理 90% 的全年逕流體積。

(2)併合板除油器

欲達到較高的油脂去除效率，必須使用併合板除油器，此類除油器之規格與需要數量與洽製造廠商決定。

7.維護需求

- (1) 每年雨季來臨之前清理除油槽或除油器。
- (2) 雨季期間每月檢查油污累積情形，必要時即應清理油污。
- (3) 廢油泥應按照相關廢棄物管理條例妥處理與廢棄。

8.執行需求（●高，◎中，○低）

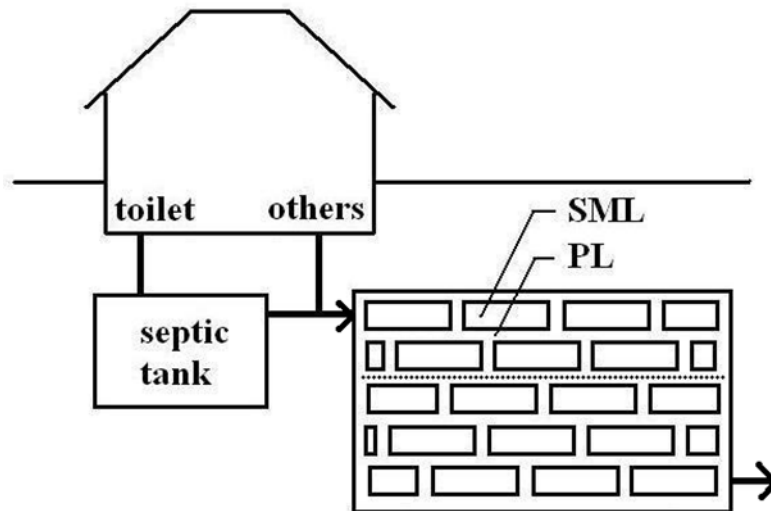
◎初設費 ◎操作維護費 ◎維護需求 ○人員訓練

6.4.7 呈層複合土壤系統

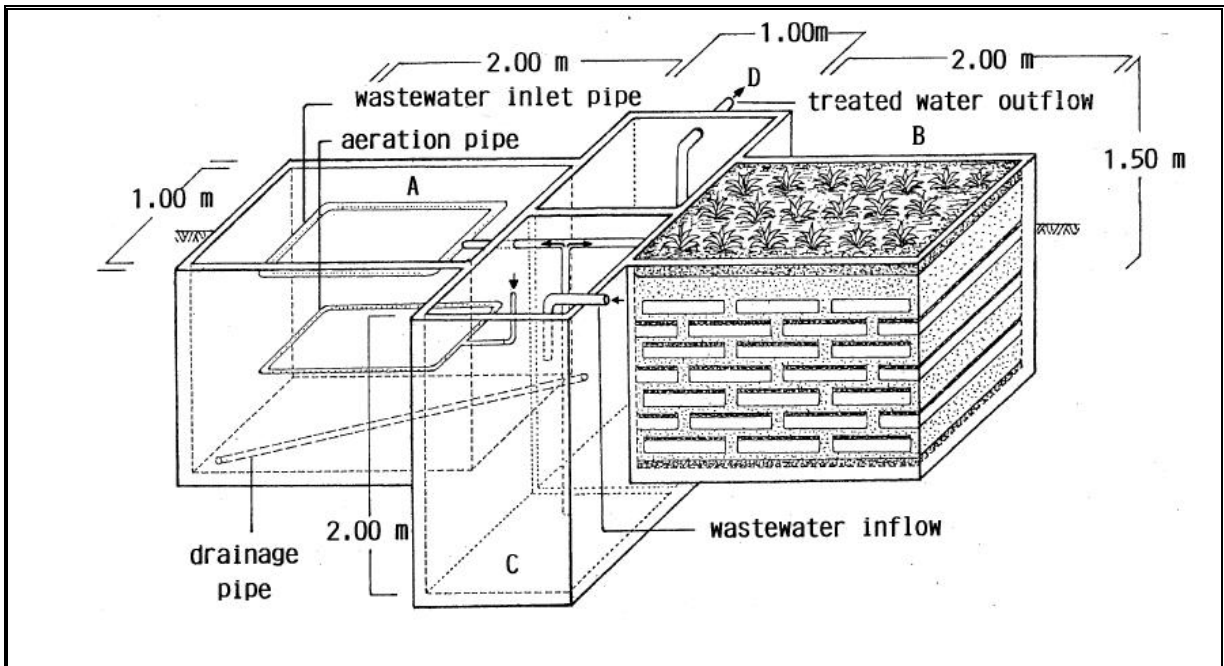
1. 簡介

呈層複合土壤系統主要由混合土塊層（soil mixture layer, SML）和透水層（permeable layer, PL）組成，其應用於單一住宅污水處理的基本架構示意圖如圖44。住宅糞便污水先進入化糞池進行前處理，再匯集其他污水導入MSL系統。而MSL實體。

此系統可建於地表上或地表下，但因高緯度地區的冬季低溫會造成系統內微生物活動停滯，故建議將系統設立於地表下。除混合土磚塊和透水層外，MSL系統還須搭配入、出流的導水管線，及可開關的多孔管通氣裝置。



MSL應用於單一住宅之基本架構示意圖



泰國曼谷大學MSL系統架構示意圖

(圖片來源：Attanandana (2000))



MSL施工圖



MSL 完工圖

2.目的

為市區民生污水、畜牧污水，及河川污水設計的現地去污系統。

3.污染物去除效率(高●，中◎，低○)

- | | | | |
|----------------|------|----------|------|
| ●沉澱物(sediment) | ◎氮、磷 | ●BOD與COD | ○重金屬 |
| ○毒性物質 | ○油脂 | ○細菌與病毒 | ○漂浮物 |

4.適用地點

- (1) 單一住宅或大型開發區
- (2) 佔地小且營運費用低，適合開發中國家的都會地區使用；

- (3) 利用混合土磚中的有機質及水中有機質提供反應能量，幾乎不須維護；
- (4) 無有害添加物，處理水可供二度使用，MSL 系統材料可回收利用。

5.使用限制

- (1) 土壤種類的選擇：

土壤質地對磷的吸附和微生物活動有很大的影響，選擇黏土或壤土質地的土壤效果較好。

- (2) 有機質添加物的選擇：

選擇木屑添加物之系統對磷的污染去除率優於選擇洋麻、玉米穗之系統。

- (3) 在鐵鋁添加物部分：

於混合土塊內添加鐵顆粒，對磷的吸附有極大幫助：添加佔重量比例 10% 的鐵，可增加磷吸附量 5-10 g/kg 以上。

- (4) 在透水介質的選擇方面：

為減低阻塞機率，應選擇粒徑大小相似之透水介質。

- (5) 系統內混合土塊與透水層排列情形和大小：

將參考 Chen 等 (2007)：五組不同 SML 和 PL 緊密程度的 MSL 系統去污能力比較。

6.設計準則

目前國內尚無MSL系統使用，參考泰國曼谷大學MSL系統之設計如下：

泰國曼谷大學MSL系統由四個水泥外箱組成。其中，C和D為系統污水和處理水的儲存槽（各深1公尺、寬1公尺、高2公尺），A（添加木屑）和B（添加洋麻和玉米穗軸）為MSL系統（各深1公尺、寬2公尺、高1.5公尺）。系統A混合土塊材料為土壤、木屑、鐵屑，重量比為75：10：15，系統B的混合土塊添加

物則將系統A中的木屑以洋麻和玉米穗軸取代。混合土塊尺寸為深1公尺、寬0.6公尺、高0.08公尺，其上鋪設0.02或0.03公尺的木炭，以0.05公尺厚的沸石交錯排列於系統內。通氣管（直徑1.8公分）埋設於系統中層，系統運轉期間包含通氣與未通氣時段。污水入流管（直徑5.5公分）設於系統頂部沸石層中，其上以土壤覆蓋。而C為污水儲存槽、D為處理水儲存槽、A為添加木屑的MSL系統、B為添加洋麻和玉米穗軸的MSL系統。

7.維護需求

維護與管理費用均極為低廉，故為一種經濟的設計。

8.執行需求（●高，◎中，○低）

◎初設費 ○操作維護費 ○維護需求 ○人員訓練

6.4.8 非法傾倒管制

1. 簡介

建立一套偵測與取締非法之通報系統，防止民眾或商店傾倒污染物於街道或下水道。

2. 執行方法

教育政府工作人員與一般民眾辨認與檢舉非法傾倒之方法，建立非法傾倒或意外洩漏之通報與緊急處理程序。經常被非法傾倒於下水道與街道之污染物包括油漆、機油、汽機車用油品、化學品、水泥漿等，這些污染物在雨天經雨水淋洗都將進入水體。成功的防止非法傾倒必須一般大眾可以辨識非法傾倒行為並加以制止或檢舉，以下為一些可以達成此一目標的方法：

1. 訓練所有政府工作人員分辨非法傾倒以及向有關單位通報的方法
2. 賦予和環保與環境清潔相關的政府工作人員開告發單的權力
3. 教育民眾非法傾倒造成的問題，提供報案的熱線電話
4. 訓練義工辨認下水道遭受非法傾倒之跡象，並向相關單位檢舉

6.4.9 不當接管防治

1. 簡介

透過法規訂定、民眾教育以及下水道定期檢查與測試，防止污水、地板清洗排水及其它非雨水排入雨水下水道系統。

2. 執行方法

1. 檢討建築法規及設施規範，確定內容包括禁止將廢污水排水管接至雨水下水道之相關規定
2. 下水道管理單位應擬定取締違規接管之工作計劃與時程
3. 使用煙霧、螢光劑、電視攝影機等方法確認接管情形
4. 執行教育宣導計劃，教導民眾、商家以及土木包商防止錯誤之接管，同時提供電話號碼，鼓勵民眾檢舉非法接管
5. 可能發生不當連接的情形包括污水下水道溢流流入，以及如餐館、修車場等地面容易髒污之場所的地板清洗水，以及洗車場、洗衣店排水等
6. 相關法令增加新建築物施工階段之現場查核規定，可有效防止不當接管

6.4.10 家務管理

1. 簡介

推行正確的家務管理活動，如肥料、農藥、汽機車用油、清潔劑等物品之貯存、使用與清理，以減少此等物質造成之污染。

2. 執行方法

政府單位應遵守最佳管理作業之相關規定，對殺蟲劑、殺草劑、肥料之使用加以管制。社區主管單位必需建立大眾教育計劃，宣導有關有害物質不當處置對暴雨逕流水質之影響。以下為一些可供社會大眾參考的良好家務管理方法：

1. 任何有害或毒性物質都應小心處理，此等物質可能對人體造成嚴重傷害甚至導致死亡
2. 有害物質應儲存於兒童與寵物不易接近之場所，同時應遠離熱與火苗
3. 物品應儲存於原容器內，同時應有明確標示，嚴禁使用食物容器盛裝化學品
4. 遵照使用說明使用化學產品，遵守剩餘物品及容器之回收與處置指示
5. 避免直接接觸化學品，使用有害物質時應戴手套以及其他防護裝備
6. 工作地區必需有良好的通風
7. 不可將家庭產生之有害廢棄物
 - 與一般垃圾混合
 - 倒入水溝或河流
 - 倒入洗手台或沖水馬桶
 - 倒於地面

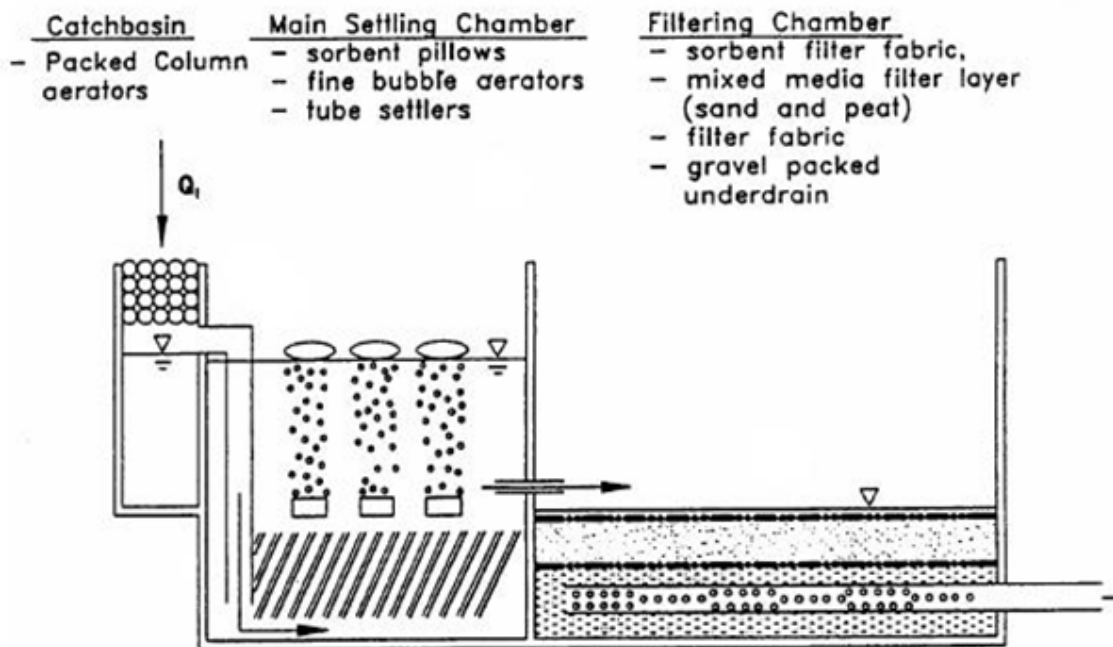
— 燃燒

8. 家庭有害廢棄物應棄置於有害廢棄物收集中心

6.4.11 多槽處理設施

1. 簡介

多槽處理設施 (Multi-Chambered Treatment Train, MCTT) 屬於新型的非點源污染處理技術 (State of California, 2004)，由阿拉巴馬大學 (University of Alabama Birmingham) Pitt 教授及其同仁設計發展。MCTT 為延續解決油水分離設施之問題而發展出之新處理方式，共有 3 個槽體設施。第一槽為攔截槽，提供篩除作用；第二槽為沉澱槽：使較微細的固體物沉積；第三槽為過濾槽，運用泥炭-砂組成的過濾層去除污染物。



2. 目的

削減暴雨逕流中之有機或金屬毒性物質 (包括揮發性、粒狀及溶解性物質)

3. 污染物去除效率 (高●，中◎，低○)

- | | | | |
|-----------------|-------|-----------|-------|
| ● 沉澱物(sediment) | ○ 氮、磷 | ◎ BOD與COD | ● 重金屬 |
| ● 毒性物質 | ◎ 油脂 | ○ 細菌與病毒 | ● 漂浮物 |

4.適用地點

MCTT 主要針對小型且分離的不透水地區，集水區面積約在 0.1 到 1 公頃，主要包括停車場、加油站、工業區、遊艇碼頭、車輛維修站等，其所產生之逕流，具有相當高濃度之污染，為其他地區之 3~600 倍。

5.使用限制

- (1) 不適用於去除營養鹽（氮、磷）污染物
- (2) 過濾槽之濾材選用，必須基於污染物去除率及場址特性

6.設計準則

- (1) 攔截槽部份（Catch basin）：

攔截槽的設計常用圓形攔截槽，其槽體直徑是出口直徑的4倍。該出口則位於從頂部算起4倍直徑與從底部算起4倍直徑之處，所以槽體將有6.5倍出口直徑的深度。而槽體的尺寸是由下列三個因素所決定：逕流量、逕流中的SS濃度、以及攔截槽清理的頻率等。

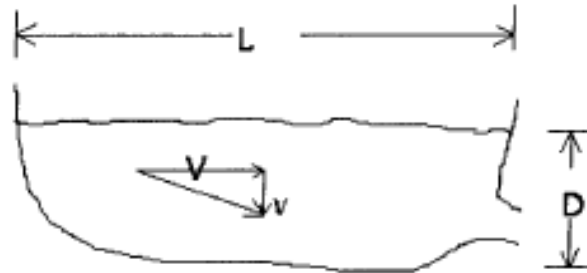
- (2) 沉澱槽部份（Settling Chamber）

MCTT的沉澱槽與一般常見的沉澱槽原理相似，都是採用水力負荷率（深度與時間之比值）來估計去除率。所謂之水力負荷率即相當於連續流系統中的表面溢流率（Surface Overflow Rate, SOR）或是靜態系統中的水深與滯留時間的比值。本研究之MCTT可在兩種模式中運作。若出口採用限流孔（Orifice）控制流量的話，MCTT就類似傳統的濕式滯留池而上述比率就是上流速度（Upflow Velocity，即瞬間流出量除以槽的表面積）。若出流是利用浮球開關與泵浦控制的話，則就類似靜態的系統，而其水力負荷率就是槽深度除以泵浦啟動前的沉澱時間。

以連續流系統為例，槽內任一粒子的路徑均由水平速度 V 與沉積速度 v 所決定。因此，當水平速度緩慢時，則即便是緩降的粒子也能被滯留。然而若水平速度較快時，則僅有較重之粒子（即沉積速度較快者）才容易被滯留。所以，水平速度與粒子沉積速度臨界比值必須等於沉澱槽之長（ L ）與出口深度（ D ）的比值，即

$$\frac{V}{v} = \frac{L}{D}$$

其關係式如下圖所示：



沉澱槽尺寸與臨界沉澱速度關係圖

進一步推導，水平速度又等於排放之流量（ Q ）除以槽體的截面積（ DW ），所以

$$V = \frac{Q}{DW}$$

在穩態狀況下（Steady State），槽體內之出流率應等於入流率。然而當暴雨來臨時，入流率（ Q_{in} ）通常會大於出流率（ Q_{out} ），所以槽體內的流速是由較慢的出流率所控制，將此關係帶入上述臨界比值，可得：

$$\frac{Q_{out}}{WDv} = \frac{L}{D} \quad , \quad \text{整理後可得} \quad \frac{Q_{out}}{v} = LW$$

而右式 LW 為槽體的表面積，所以 $\frac{Q_{out}}{v} = A$

由此可得上流速度（Upflow Velocity）的定義為：

$$v = \frac{Q_{out}}{A}$$

其中， Q_{out} = tank outflow rate

A = tank surface area

$v = \text{upflow velocity, or critical particle settling velocity}$

因此，就一理想沉澱槽而言，當粒子的沉澱速度小於上流速度時就會被移除。只有增加槽體的表面積或降低出流率，才可能增加粒子的沉澱效率。增加槽體深度將減少底部沖刷（Scour）的機率。

另外，在極緩慢的流況下（比如MCTT中必須採用浮球開關與泵浦的情況下），會有下列的關係式：

$$t = \frac{\text{Volume}}{\text{Flow rate}} \quad , \text{ 所以：} \quad \text{Flow rate}(Q_{\text{out}}) = \frac{\text{Volume}}{t}$$

其中， t 為水力滯留時間。

將 $v = \frac{Q_{\text{out}}}{A}$ 帶入可得：
$$v = \frac{\text{Volume}}{(t)(A)}$$

但是， $\text{Volume} = (A)(\text{depth})$ ，帶入可得

$$v = \frac{\text{depth}}{t}$$

由此可見，溢流率（Overflow rate, Q/A ）等於槽體深度與滯留時間的比值，而不僅與滯留時間有關。因此，MCTT沉澱槽的尺寸可以根據前述之連續流或靜態流的理論予以推算。

(3) 過濾槽部份（Filter Chamber）

MCTT最後一個槽體是一個含有混合式濾料（有吸收/離子交換功能）的設施。最原始的設計是含有50/50的砂與泥炭（Peat Moss）的混合料，後來在Milwaukee的全尺寸試驗中也採用33/33/33的砂、泥炭與活性碳的混合料。MCTT過濾槽可採用

許多可用的濾料，然而必須留意其水力容量（Hydraulic Capacity）是否足夠。舉例來說，單純的泥炭因為容易被壓縮而使得水不易流過，所以效果並不好。然而，當其與砂混合後將使水力容量大幅提升。Clark and Pitt (1997)曾做過一系列有關暴雨污染物控制之濾材的去除效率研究，下表所示即為典型之砂、樹葉堆肥、泥炭等濾材對各種污染物之去除效率。

應用於暴雨污染物控制之濾材效率

Pollutant	Sand ¹	Leaf Compost ²	Peat Moss ³
Suspended Solids	70	95	90
Turbidity	n/a	84	n/a
Total Nitrogen	21	n/a	50
Total Kjeldahl Nitrogen	46	56	n/a
Nitrate - Nitrogen	0	n/a	n/a
Total Phosphorus	33	40	70
BOD ₅	70	n/a	90
Fecal Coliform Bacteria	76	n/a	90
COD	n/a	67	n/a
Total Organic Carbon	48	n/a	n/a
Iron	45	89	n/a
Copper	n/a	67	80
Lead	45	n/a	80
Zinc	45	88	80
Petroleum Hydrocarbons	n/a	87	n/a

¹ City of Austin (1988)

² W&H Pacific (1992)

³ Galli (1990)

過濾槽藉由過濾及吸附作用，提供沉澱槽以外之除污效果。除了滿足設計逕經沉澱槽處理後流入外，另也藉由溢流口承接超過沉澱槽負荷之暴雨逕流量。主要設計點可區分為兩階段，第一階段為達成污染去除目標濾材之選擇，第二階段為濾材尺寸配置以符合濾材更換前需求之操作期。實際操作經驗常在尚未確認濾材去除效率前，濾材孔隙已被懸浮固體所阻塞，故過濾槽之前置單元沉澱槽其功能需能使SS 降至10mg/L 以下，方能使過濾槽發揮其正常功能。

濾材選用基於所需求污染物去除率及場址特性，前置沉澱槽發揮正常處理功能情況下，試驗過濾槽各種濾材之處理成效依序排名如下：

(e) 泥炭 + 砂（僅對色度、濁度、pH 有負面影響）。

(f) 活性炭 + 砂（無負面影響，惟效果略低於泥炭 + 砂）。

(g) Enretech (註) + 砂 (改變不大, 效果時好時壞)。

(h) Compost (註) + 砂 (較多負面影響)。

註: Enretech、Compost 為以回收植物纖維經加工後製成之環保濾材廠牌名稱, 試驗結果如

暴雨逕流未經沉澱槽適當前處理情況下, 極短停留時間即達過濾槽, 則以Compost+砂去除效果會變為最佳。

實務上過濾槽設計時以容許之懸浮固體負荷及濾材更換週期作為主要控制因子, 當滲透率低於1 m/day 時視為阻塞, 雖然其仍存在微量過濾效果。

7.維護與管理

- (1) 每半年檢查槽內是否有積水情形、泥沙、垃圾、雜物等沉積物
- (2) 經常巡視水管與濾床, 避免發生阻塞狀況
- (3) 在每場暴雨之後, 確定是否在 72 小時內排水順暢
- (4) 當濾料下降且出流口有嚴重泥沙堆積時, 請務必對濾床作緊急處理
- (5) 各槽沉澱物堆積情形, 若佔槽體深度之 10%淤積量, 立即作清理動作

6.5 示範案例

6.5.1 前言

本示範案例是參考美國喬治王子郡 LID 之概念設計。LID 全名 Low Impact Development 是一種新的暴雨管理設計理念，該理念是將 BMP 設計更加分散化、多功能化和當地語系化。低衝擊開發理念設計的 BMP 是通過小型的造價及維護成本低的設施實現面源污染控制、洪峰削減、景觀生態及水土保持等多種功能。LID 在暴雨管理的目標上具有更高的要求，其主要是對綜合逕流係數的要求：傳統的暴雨管理目標（BMPs）只對暴雨洪峰逕流係數提出控制目標，而最新的低衝擊開發技術在要求控制洪峰逕流係數基礎上更加提出對開發後的綜合逕流係數的控制。

採用 LID 技術設計的 BMP 稱之為 IMPs，幾乎所有的城市建築都可以建造 IMPs。IMPs 不再必須大片的空地，而是利用屋頂、道路綠化帶、人行道、樹木、停車場等的透水路面實現地表逕流的滯留和入滲。LID 設計理念可以適用於城市的初次開發和改造。

6.5.2 案例簡介

本案例介紹西雅圖市如何從受環境污染之大城市蛻變成生態城市。西雅圖如同過去一般大都市，因工商業發達（如圖 6.5.1、圖 6.5.2 所示），大量開發森林及山坡地，使透水面積銳減，而不透水面積不斷增加，造成開發後地表逕流增加、尖峰流量變大、尖峰逕流延時變短（如圖 6.5.3 所示），再加上人口量逐年增加，環境品質日益惡化，其承受水體受到細菌病毒、低溶氧、重金屬、油脂、PCBs、農藥、有機物、懸浮固體物及營養鹽等污染。

故西雅圖政府於市政內容要求：改善水質、以自然方式提高河岸棲息地、有效防止洪水、保持人與水接觸之開放空間、連接水與人的、提升市容等等。並透過低衝擊開發（LID）概念，發展的相關污染廢水控制及暴雨逕流管理措施以改善西雅圖市之水質及風貌。



圖 6.5.1 商業區土地利用



圖 6.5.2 工業區土地利用

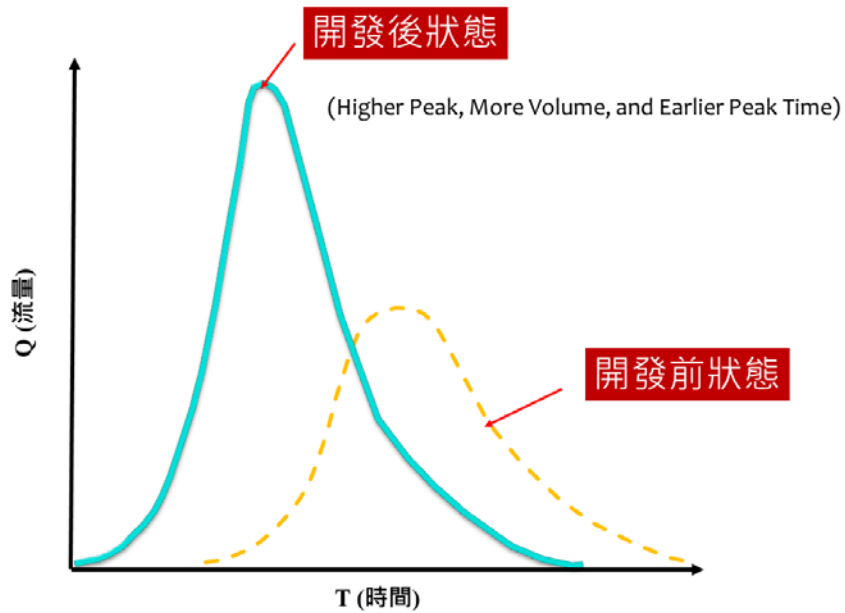


圖 6.5.3 開發前、後之逕流量

6.5.3 低衝擊開發

低衝擊開發之基本訴求為保持開發後水文條件與開發前一致（如圖 6.5.4 所示），也就是增加降雨入滲地表、補注地下水、增加蒸發散量、減少不透水面積，使尖峰逕流來得較慢，降低總逕流體積及尖峰逕流量。



圖 6.5.4 開發前後土地利用

（左圖為開發後，右圖為開發前）

未施做 LID 之 BMP 設施前，降雨就會將大氣中落塵、地表之累積物、清洗廢污水等沖刷進入承受水體，造成水質污染（如圖 6.5.5 所示）；然而，在西雅圖市承諾改善環境品質下，其具體作為如下列：將建築物改為綠屋頂（圖 6.5.6）收集雨水，多餘雨水利用排水系桶排放至貯雨桶儲存（圖 6.5.7）；道路設置透水鋪面（6.5.8），增加雨水入滲量，降低逕流體積，多餘雨水導引至草溝（6.5.9），一方面增加雨水入滲量、一方面淨化污水，並由草溝導引雨水進入植生滯留槽（6.5.10），讓雨水再次入滲及淨化水質，最後排入較乾淨之雨水進入承受水體，由源頭控制方式保護承受水體水質。



圖 6.5.5 LID 之 BMP 設施設置前後對承受水體影響



圖 6.5.6 綠屋頂



圖 6.5.7 貯雨桶



圖 6.5.8 道路透水性鋪面



圖 6.5.9 草溝



圖 6.5.10 植生滯留槽



圖 6.5.11 植生滯留槽

6.5.4 結果分析

由圖 6.5.12 可看出，藉由上述 BMP 措施確實使累積逕流之出流量體積遠低於累積逕流入流量體積，表示逕流入滲量達 48%。亦可由圖 6.5.13 得知入出口尖峰逕流量比例（出流尖峰流量低於入流尖峰流量）。然而，就整個西雅圖市而言，四年後測量其逕流體積約削減 99%，如圖 6.5.13 所示。

應用 LID 之 BMP 設施於污染削減方面，可削減 TSS、TN、TP、Copper、Zinc、Lead、Motor oil 等污染物，削減範圍介於 63%~92%。

藉由上述結果顯示，LID 觀念下設置之 BMP 設施確實可以有效降低地表逕流量減少淹水潛勢及有效處理逕流廢水質而降低承受水體之衝擊。

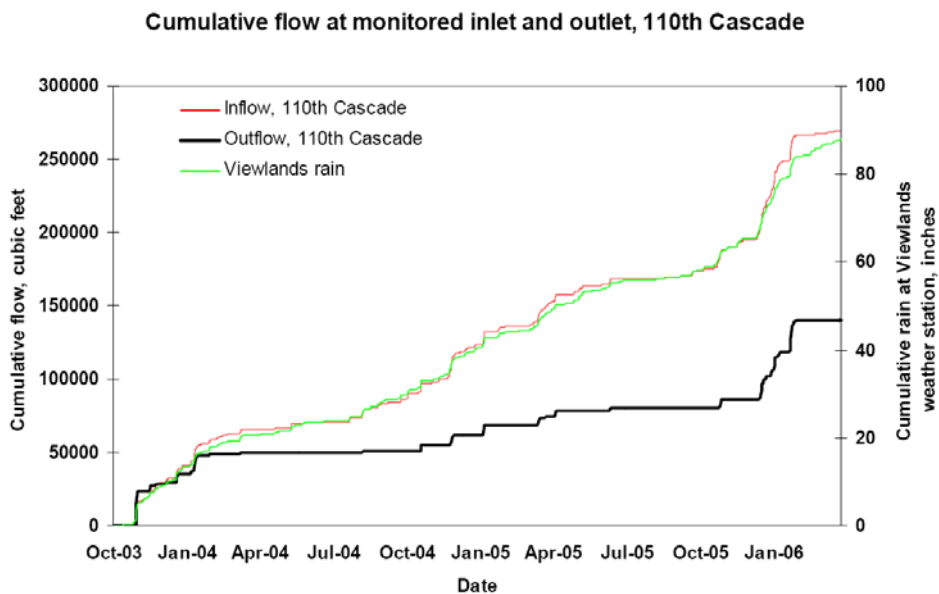


圖 6.5.12 入出口之累積逕流量

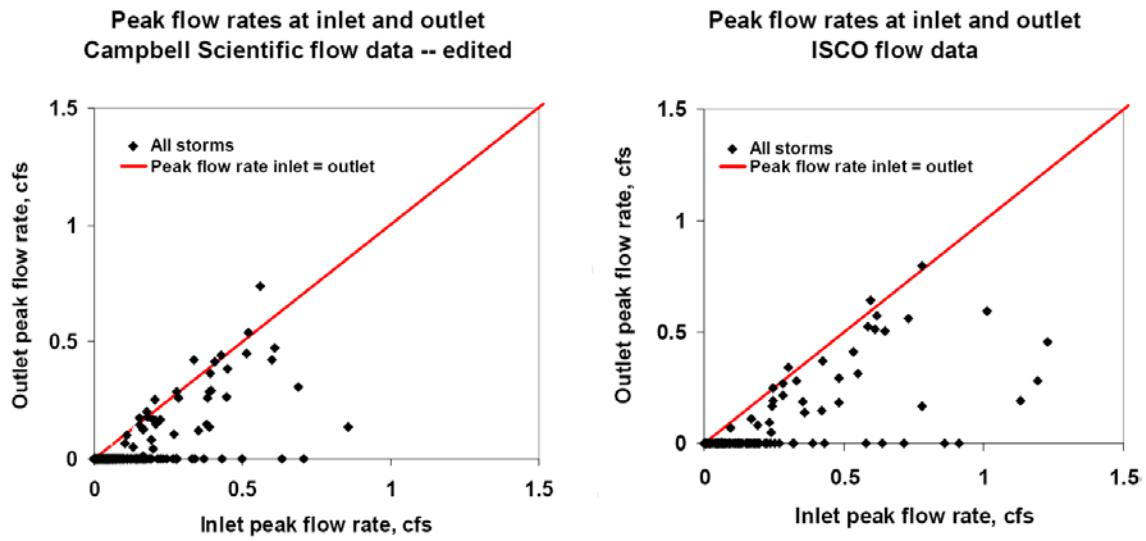


圖 6.5.13 尖峰逕流之削減量

表 6.5.1 出流口污染物削減比例及其濃度範圍

污染物	範圍	削減比例%
TSS	10 - 40	84 (72-92)
TN	0.6 - 1.4	63 (53-74)
TP	0.09 - 0.23	63 (49-74)
Copper	0.004 - .008	83 (77-88)
Zinc	0.04 - 0.11	76 (46-85)
Lead	0.002 - .007	90 (84-94)
Motor oil	0.11 - 0.33	92 (86-97)

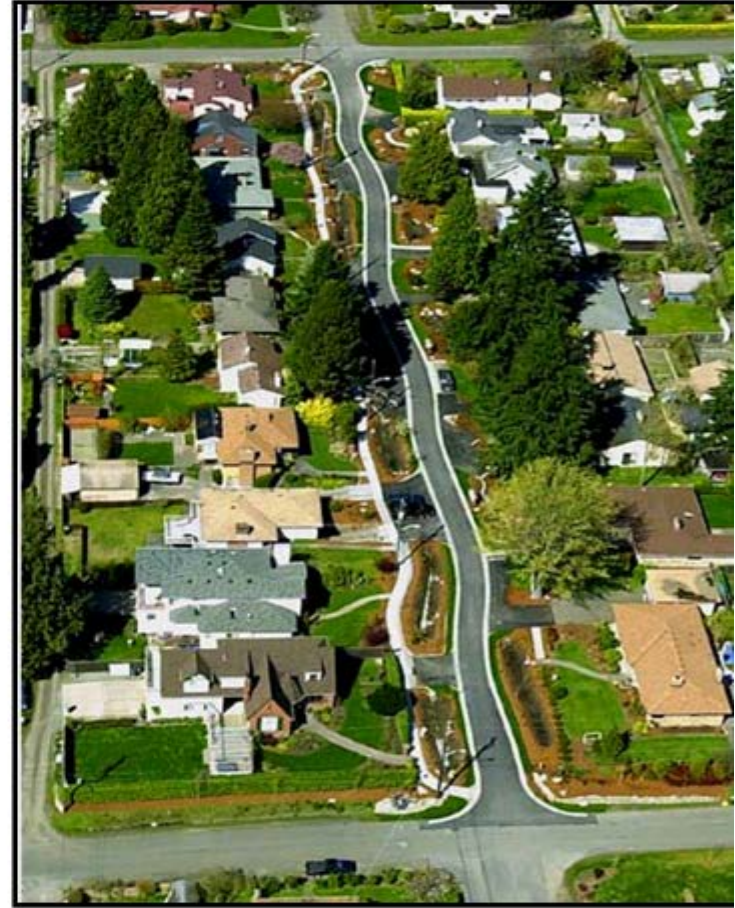


圖 6.5.14 西雅圖市低衝擊開發前後比較圖

(左圖為 LID 施作前，右圖為施作開發後)

第七章 遊憩活動非點源污染處理技術

遊憩活動非點源污染處理技術可分為以下三大類：

7.1 集中式遊憩活動管理		
7.1.1油水分離槽	7.1.5臨時性沉砂池	7.1.9物料管理
7.1.2多重處理設施	7.1.6機械與車輛管理	7.1.10水道與排水溝維護
7.1.3滯留池	7.1.7污水管理	7.1.11間歇性砂濾池
7.1.4攔砂池	7.1.8垃圾管理	

7.2 開放式遊憩活動管理		
7.2.1風景區的清掃	7.2.2植栽修剪與管理	7.2.3機械與車輛管理

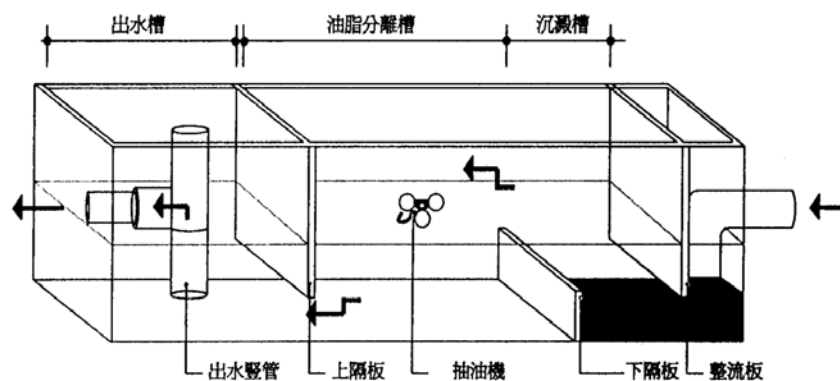
7.3 其他項目	
7.3.1遊憩規劃	7.3.2遊客環保教育

7.1 集中式遊憩活動管理

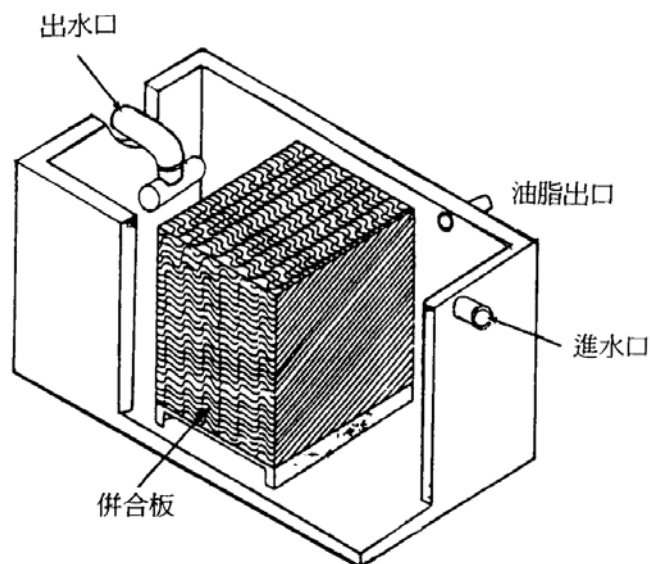
7.1.1 油水分離槽

1. 簡介

逕流中油脂去除可使用油水分離槽，分離槽主要係靠油、水之比重差將油脂浮除，主要的設計有傳統的重力式以及效率較高之併合板截留式 (Coalescing plate Interceptor, CPI) 兩種。



重力式油水分離槽
(Camp & McKee, 1993)



併合板油水分離槽
(Camp & McKee, 1993)

2.目的

減少遊憩區內產生之油脂進入承受水體。

3.污染物去除效率 (高●，中◎，低○)

◎沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ◎BOD 與 COD ◎重金屬
◎毒性物質 ●油脂 ○細菌與病毒 ●漂浮物

4.適用地點

- (1)車輛、設備維修保養或清洗之區域。
- (2)油脂含量高且來源控制(Source control)無法有效去除的地區。

5.使用限制

暴雨逕流中油滴之比重以及粒徑分佈數據不足，處理效率的不確定性高。

6.設置準則

- (1)傳統式重力油水分離槽

- ◆ 池子深度：

$$D = (Q/RV)^{0.5}$$

式中，D：油水分離槽深度，必須介於 1~2.5 公尺

Q：設計流量，m³/s

R：槽之寬度與深度比(W/D)，使用 2 到 3

V：容許之水平流速，等於油脂上升速度 V_p 之 15 倍，且不可大於 0.015m/s

- ◆ 油溝上升速度：

$$V_p = 0.55(d_p - d_c) \cdot d^2 \times 10^{-8} / \eta$$

其中， V_p ：油滴上升速度，m/s

η ：水之絕對黏度，poise

d_p ：油之密度，g/mL

d_c ：水之密度，g/mL

d ：欲去除油滴之直徑， μm

溫度影響水與油脂之密度和黏滯度，因而油滴上升速度必須考慮溫度因素。暴雨逕流水中油脂之密度可假設約介於 0.85 ~ 0.95 g/mL 之間。

- ◆ 池子長度與池子寬度：

$$L = \frac{V \cdot D}{V_p}$$

$$W = \frac{Q}{V \cdot D}$$

其中， L ：長度，m

W ：寬度，m；寬度應為深度之 2~3 倍，而且不可超過 7.5 公尺

- ◆ 其他設計準則：

- 上隔板高使用深度之 0.85 倍。
- 下隔板高使用深度之 0.15 倍。
- 設置分流隔板位於距進水口 0.15L 處。
- 槽之出水高度應有 30 公分以上。
- 設置繞流設施，導離大於設計流量之逕流。

◆設計流量之決定：

設計流量可以使用再現期 3 個月到 1 年的尖峰流量，若使用 6 個月再現期之尖峰流量為設計流量，油水分離槽約可處理 90%的全年逕流體積。

(2)併合板除油器

欲達到較高的油脂去除效率，必須使用併合板除油器，此類除油器之規格與需要數量與洽製造廠商決定。

7.維護需求

- (1) 每年雨季來臨之前清理除油槽或除油器。
- (2) 雨季期間每月檢查油污累積情形，必要時即應清理油污。
- (3) 廢油泥應按照相關廢棄物管理條例妥處理與廢棄。

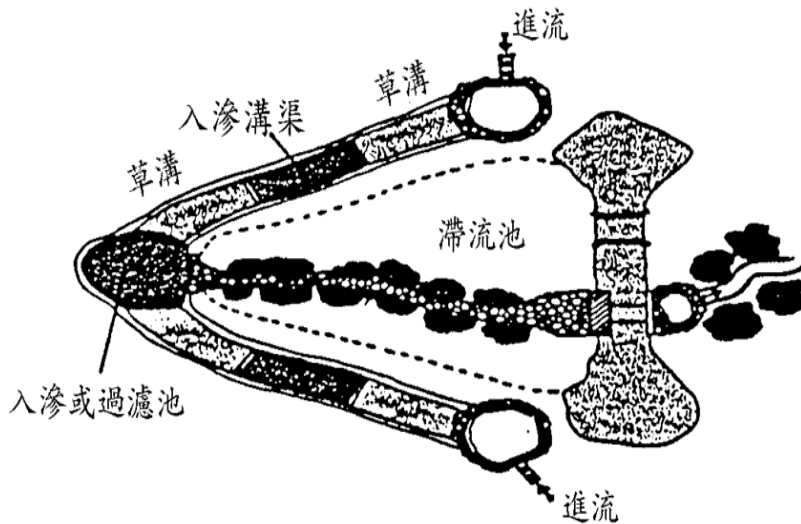
8.執行需求（●高，◎中，○低）

◎初設費 ◎操作維護費 ◎維護需求 ○人員訓練

7.1.2 多重處理設施

1. 簡介

複合處理系統是把二個或二個以上，前述的結構性最佳管理以串聯之方式組合而成的系統。



複合處理系統

(Camp & McKee, 1993)

2. 目的

結合不同處理設施，增加污染物之去除效果。

3. 污染物去除效率 (高●，中◎，低○)

- | | | | |
|----------------|------|----------|------|
| ●沉澱物(sediment) | ◎氮、磷 | ◎BOD與COD | ◎重金屬 |
| ◎毒性物質 | ◎油脂 | ◎細菌與病毒 | ●漂浮物 |

4. 適用地點

具有充足土地空間的地區，以及上述其他結構性最佳管理作業的適用地點。

5.使用限制

- (1)需要大面積土地。
- (2)乾季可能要有補充水源。
- (3)依設施種類，可能需考慮地表坡度、地質、土壤與地下水水位。

6.設計準則

可以採用重疊設計或串聯設計，例如：

- ◆ 濕式滯留池外加乾式滯留池
- ◆ 乾式滯留池→砂濾器
- ◆ 滯留池→砂濾器→濕地
- ◆ 濕式滯留池→濕地
- ◆ 草帶或草溝→濕式滯留池
- ◆ 草帶或草溝→入滲溝
- ◆ 除油槽（除油器）→濕地或草帶（草溝）

7.維護需求

與個別結構性設施之方法相同。

8.執行需求（●高，◎中，○低）

- 初設費 ●操作維護費 ●維護需求 ○人員訓練

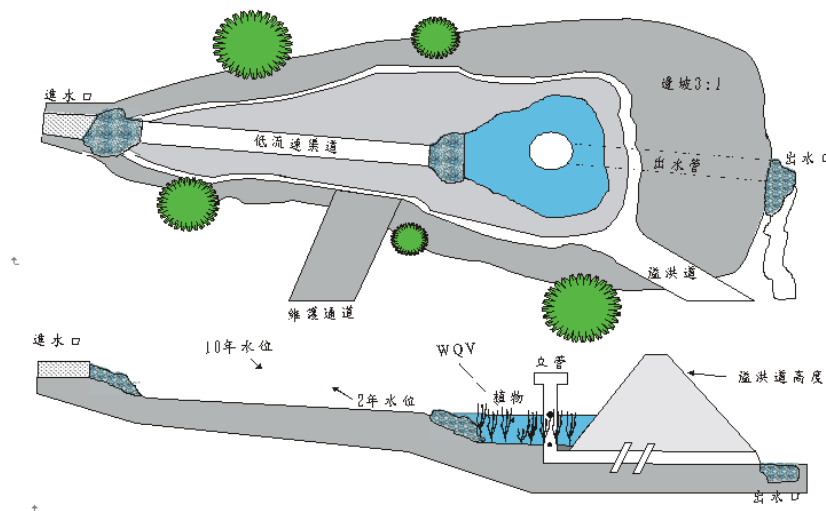
7.1.3 滯留池

1.簡介

傳統上滯留池(Detention Pond)為防洪設施之一，但近年來滯留池之設計，通常亦加上去除污染的考慮。所謂「雙目標」或多目標滯留池之設計，即以同時降低洪峰，減少雨水逕流污染為目的，甚至將景觀、垂釣和休閒等功能考慮進去而成為多目標滯留池。

滯留池的種類有：

- (1)乾性滯留池：平常不蓄水，只有在暴雨情況下才滯留雨水逕流。
- (2)改良式乾性滯留池：將乾性滯留池之出水結構加以修改，水管改小或將出水口之高度提高，如此可以增加雨水逕流在池內逗留之時間因而增加去除效率。
- (3)濕式滯留池：常年保持一固定容積之水在池內，如同一池塘或小湖泊。

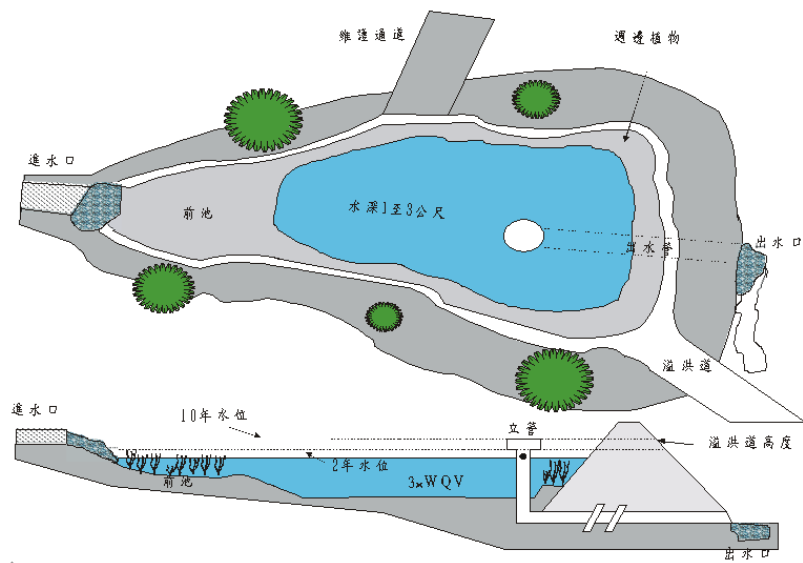


乾式滯留池設計圖

(Camp Dresser&McKee,1993)



乾式滯留池照片



濕式滯留池設計圖

(Camp Dresser&McKee,1993)



濕式滯留池照片

2.目的

將逕流雨水引至水池，使其滯留於池中並使懸浮固體產生沉澱，及部分污染物被分解，進而達到淨化功效。

3.污染物去除效率(高●，中◎，低○)

●沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ◎BOD與COD ◎重金屬
◎毒性物質 ◎油脂 ◎細菌與病毒 ●漂浮物

4.適用地點

- (1)用於大面積流域之逕流污染控制。
- (2)需要去除高比例之懸浮顆粒污染物及少量之溶解性污染物時。
- (3)可以與景觀設計做綜合規劃。
- (4)可配合棲地營造，提供生物生長、棲息及繁衍場所。
- (5)乾式滯留池適用於缺乏水源，無法維護濕式滯留池或人工濕地水位，或者草溝及草帶之植被難以維持時。
- (6)因為蚊蟲孳生之顧慮，不適合使用常年積水之濕式滯留池或人工濕地時，宜

採用乾式滯留池。

5.使用限制

(1)乾式滯留池

- a.需要大面積土地。
- b.不適用於高度都市化地區。
- c.不可設置於坡地、填土區或或有崩坍潛勢之場所。
- d.需考慮安全性以及周圍環境清潔維護等問題。
- e.應定期清理，避免被填平而喪失功效。

(2)濕式滯留池

- a.效率可能低於大部份逕流處理設施。
- b.池底與邊坡未植生可能造成底部沖刷與邊坡沖蝕等問題。
- c.使用出水口控制水力停留時間，較小集水區其池子出口太小，可能有出水口阻塞之考慮。
- d.需考慮蚊蟲孳生所引致的問題。
- e.需考慮池水厭氧以及優養化問題。
- f.乾季可能需要有補充水源。

6.設計準則

(1)消洪所需之體積

控制尖峰流量所需池之容積可以簡易公式作初步之估計：

$$V_i = 0.5(Q_{po} - Q_{pr}) \cdot T_b$$

式中， V_i = 滯留池容積， L^3 。

Q_{pr} = 為開發前25年發生一次之尖峰流量， L^3/T ；

Q_{po} =開發後同一頻率之尖峰流量， L^3/T ；

T_b = 流量歷線之延時，T

(2)淨化污染物所需之體積：

每次降雨初期冲刷流出必須處理之雨水逕流量稱為水質體積(Water Quality Volume, WQV)：

e. 遊憩區， $WQV=20mm \times A_i$ (A_i : 集水區面積，ha)，即每公頃集水面積需 $200m^3$ 體積。

f. 社區、工業區， $WQV=10mm \times A_i$ (A_i : 集水區面積，ha)，即每公頃集水面積需 $100m^3$ 體積。

滯留池淨化污染物所需之體積，乾式=WQV，濕式=3WQV。

(3)滯留池總體積

◆乾式： $V=V_f + WQV$

◆濕式： $V=V_f + 3WQV$

(濕式滯留池體積成呆水位體積，其容積應至少為WQV之3倍)

(4)處理污染物所需之停留時間：

30小時。

(5)排水管設計

◆乾式滯留池

需能將前10mm(或20mm)之逕流體積，滯留在池內30小時，故滯留池之出水口需依下列公式設計其許可排放流量

$$Q_{avg} = \frac{WQV}{T}$$

式中， Q_{avg} = 許可排放之平均流量， L^3/T ；

WQV = 水質體積， L^3 ；

T = 滯留時間(Detention time)，如30小時，T

出水口管徑不小於8公分為宜，太小則易被堵塞。

- ◆濕式滯留池

7.維護需求

(1)結構安全及效率方面

- ◆須定期檢查並且於暴雨(如颱風)之後加強檢查，每年至少2到3次，檢查項目包括沖蝕情形、結構之損壞，淤積程度等。
- ◆濕式滯留池如池底泥砂堆積超過池容積20%時，應將泥砂清除。

(2)美觀方面

- ◆滯留池需嚴禁傾倒垃圾、雜物等，並需定期剪草。
- ◆濕性滯留池需防止蚊蟲孳生以及蘆葦等之過度生長。
- ◆如有藻類繁殖過量時，則需加化學處理(如鋁鹽處理)消除。

8.執行需求 (●高，◎中，○低)

- 初設費 ◎操作維護費 ◎維護需求 ○人員訓練

9.其他

(1)滯留池去除污染之原理

a. 沉積作用

顆粒性污染物之去除主要仰賴重力沉積，故此類污染物之去除率應與進流水中粒徑尺寸分佈和滯留時間有關，兩者之間的關係密切，其效能與滯留池之大小，形狀，以及出水結構之型式不同而有所改變。

沉積作用是一般滯留池去除污染物最主要之因素，但因不同的污染物其沉積之特性亦有所不同，故設計滯留池時需注意進流水中最具代表性之粒徑分佈。顯示數種污染物之去除率與滯留時間之關係，大部分污染物在前兩

個小時被去除。

b.腐化(Decay)

藉由微生物分解水中有機污染物，或者水中微生物自行死亡，而達到淨化水質的功效。

c.生物攝取(Biological uptake)

溶解性污染物之去除(例如磷、氨氮等)，主要仰賴滯留池內水生植物之攝取，其水質淨化效率與水生植物之種類與植栽密度有關。

(2) 乾性滯留池的設計準則多為使開發後暴雨逕流(例如25年發生頻率之暴雨)的最大流量數值與開發前相同，此類滯留池對污染物之去除率不高，主要因為滯留時間短，污染物沒有足夠時間沉積，而且一場暴雨過後沉積在池底的污染物可能又被下一場暴雨沖刷出滯留池，一般而言，乾性滯留池污染物去除率平均為0%至20%。

(3) 改良式乾性滯留池是將乾性滯留池之出水結構加以修改，水管改小或將出水口之高度提高，如此可以增加雨水逕流在池內逗留之時間因而增加去除效率。通常此種出水管係用2年頻率之暴雨設計，如此設計之滯留池可達到40%到70%粒狀性污染物之去除率，但對溶解性之污染物則去除效率甚低。

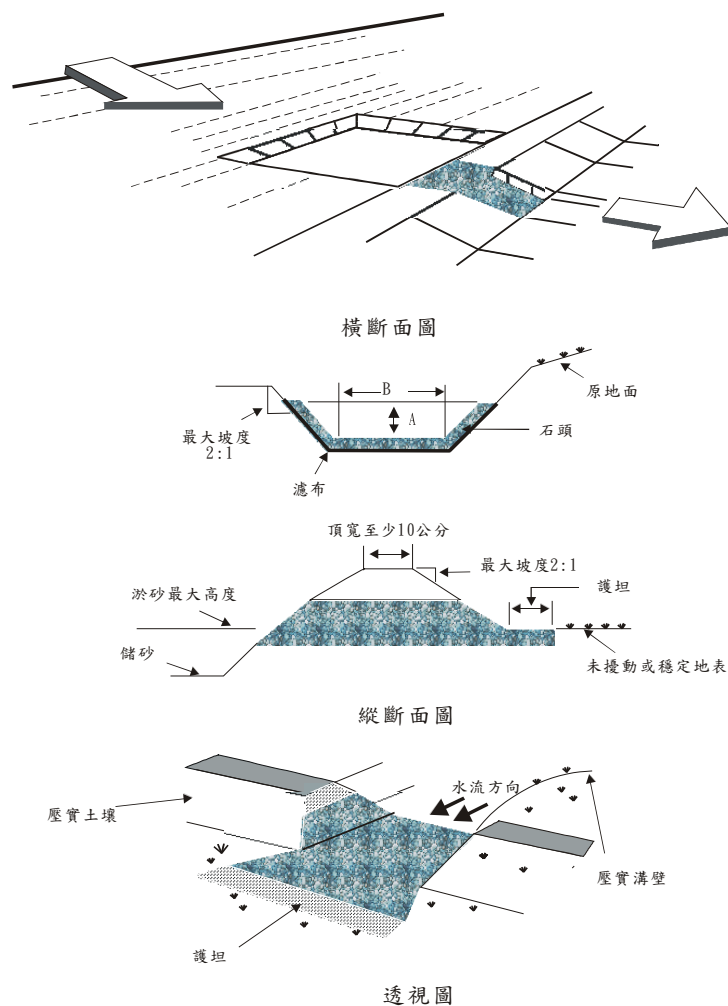
(4) 顆粒性污染物在濕式滯留池有較長時間沉積，而溶解性污染物也有較長時間被生物分解或植物攝取。一般而言，濕式滯留池之平均去除率為：

總懸浮固體物(TSS)	50%~90%
營養鹽(Nutrients)	40%~60%
鋅(Zn)	40%~45%

7.1.4 攔砂池

1.簡介

攔砂池(Sediment Trap)是一種向下挖掘或填築圍堤所形成之小池，可使水流速度降低，藉此達到泥沙沉澱之設備。攔砂池和沉砂池均是去除水中泥沙的主要設施，而且效果良好。攔砂池較為臨時性設施，建造的形狀，常需遷就現地地形，比較沒固定的形狀。沉砂池形狀大都成矩形或近乎矩形，可為臨時性或永久性設施。這兩種設施去除泥沙的原理相同。



攔砂池設計示意圖

(Camp Dresser&McKee,1993)



攔砂池 (<http://www.coastalsitedesign.com/engineering-sed.html>)

2.目的

當污染水體流至攔砂池之後，水流速度因流槽斷面積的增加而下降，使水中懸浮之泥砂沉澱，據此削減水中之懸浮顆粒濃度。

3.污染物去除效率(高●，中◎，低○)

●沉澱物(sediment) ○氮、磷 ○BOD 與 COD ○重金屬
◎毒性物質 ○油脂 ○細菌與病毒 ○漂浮物

4.適用地點

- (1) 裸露面積或擾動範圍小於 2 公頃之集水區。
- (2) 於雨水排水溝之前。
- (3) 開挖或有裸露表土之工地周圍。
- (4) 其他含有泥砂之逕流雨水要排入自然區、河川或水庫庫區之前。

5.使用限制

(1)僅適用於裸露面積或擾動範圍少於 2 公頃的地區，若大於 2 公頃時，宜選用沉砂池效果較佳。

(2)只對粒徑較大的顆粒(砂性土壤)有效，若要去除小顆粒(粉土或黏土)，應以沉砂池代替。

6.設計準則

(1) 每公頃集水面積要有 50m³的攔砂池體積，其中二分之一供儲砂用，二分之一供水流動。以上體積是以 2 年發生一次，24 小時平均的暴雨量進行計算。

(2) 長比寬大 2 倍以上，沉砂效果較佳。

(3) 宜設置在泥砂易於清除的地方。

(4) 攔砂池出口處應以石頭、植生或適當材料等攔阻土壤。

(5) 使用壽命依流量及水中泥砂濃度而異，一般而言約 6 個月。

(6) 集水面積小於 2 公頃。

(7) 邊坡應緩於 2：1 以上，避免邊坡產生滑動。

7.維護需求

(1) 每週和每次降雨後檢查一次。

(2) 淤砂達 30 公分厚時，必須清除，以增長其使用壽命。

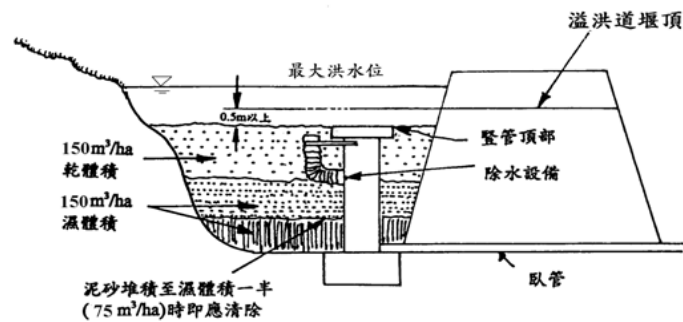
8.執行需求 (●高，◎中，○低)

◎初設費 ◎操作維護費 ○維護需求 ○人員訓練

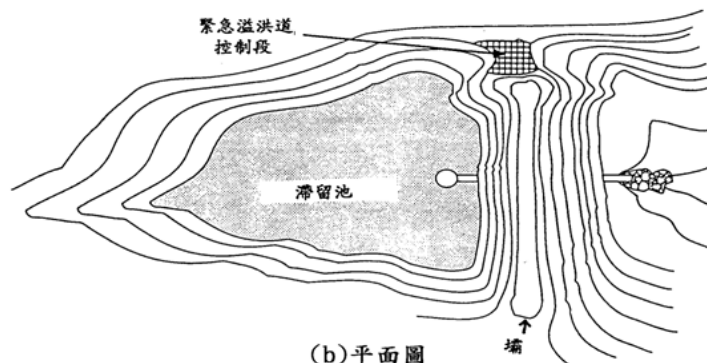
7.1.5 臨時性沉砂池

1. 簡介

沉砂池(Sediment Basin)形狀大都成矩形或近矩形，含泥沙之雨水經沉砂池，流速降低而發生沉澱。沉砂池可為臨時性或永久性設施。而沉砂池體積必須有一半供給水體沉澱泥砂，另一半儲存泥砂，沉砂池去除泥砂效果與泥砂的粒徑、表面負荷(水流流量與沉砂池表面積的比值)有關係。加州以去除粒徑0.02mm 以上粉土，其表面負荷為 $25\text{cmd}/\text{m}^2$ ，但設計暴雨頻率為二年發生一次之最大日降雨量。

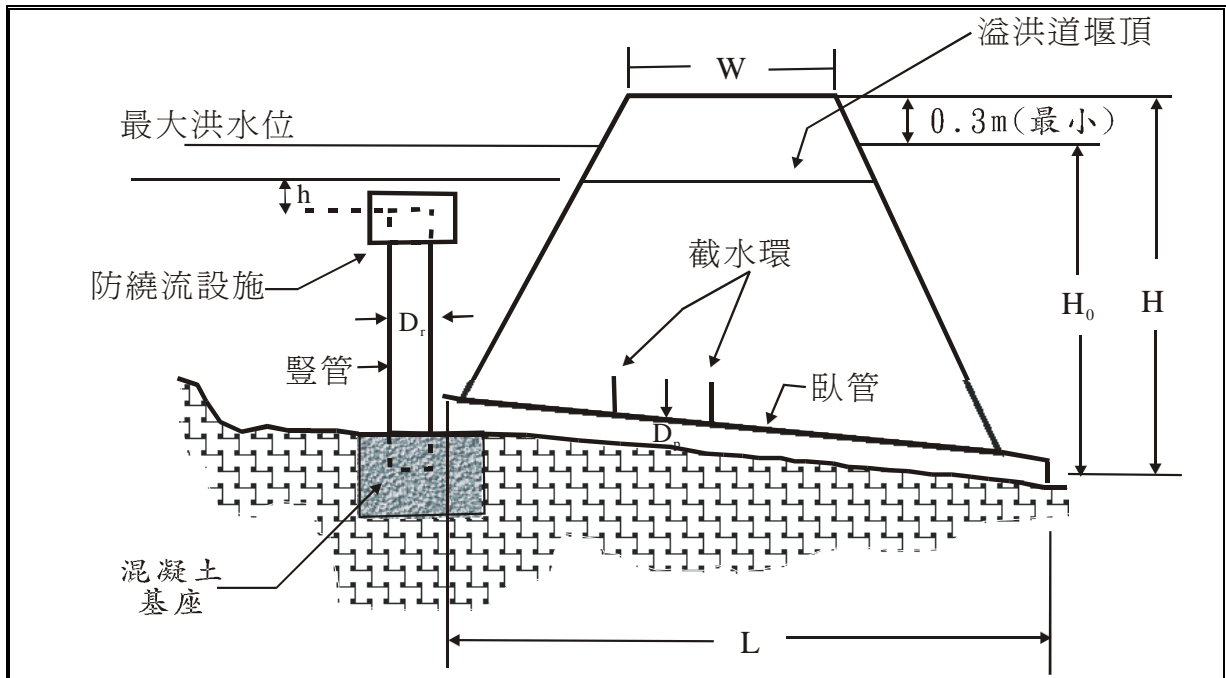


(a) 剖面圖



(b) 平面圖

溢流管式排水沉砂池示意圖



溢流管式排水沉砂池示意圖(續)

(Virginia Department of Conservation and Recreation, 1992)

H(堤高) [Ⓢ]	H ₀ (最大水位) [Ⓢ]	W(堤寬) [Ⓢ]
0.45 [Ⓢ]	0.15 [Ⓢ]	0.6 [Ⓢ]
0.6 [Ⓢ]	0.3 [Ⓢ]	.6 [Ⓢ]
0.75 [Ⓢ]	0.45 [Ⓢ]	0.75 [Ⓢ]
0.9 [Ⓢ]	0.6 [Ⓢ]	0.75 [Ⓢ]
1.05 [Ⓢ]	0.75 [Ⓢ]	0.9 [Ⓢ]
1.2 [Ⓢ]	0.9 [Ⓢ]	0.9 [Ⓢ]
1.35 [Ⓢ]	1.05 [Ⓢ]	1.2 [Ⓢ]
1.5 [Ⓢ]	1.2 [Ⓢ]	1.35 [Ⓢ]

$$Q = CLh^{\frac{3}{2}}$$

Q=豎管或臥管流量，ft³/sec

C=係數，一般採用 3.1

h=豎管頂水頭，ft

L=臥管長度，ft

D_r=臥管直徑，in

D_v=豎管直徑，in

↵

↵

↵

↵

D _r	D _v
8-12	18
15	21
18	24
21	30
24	30
30	36
36	48
42	54
48	60



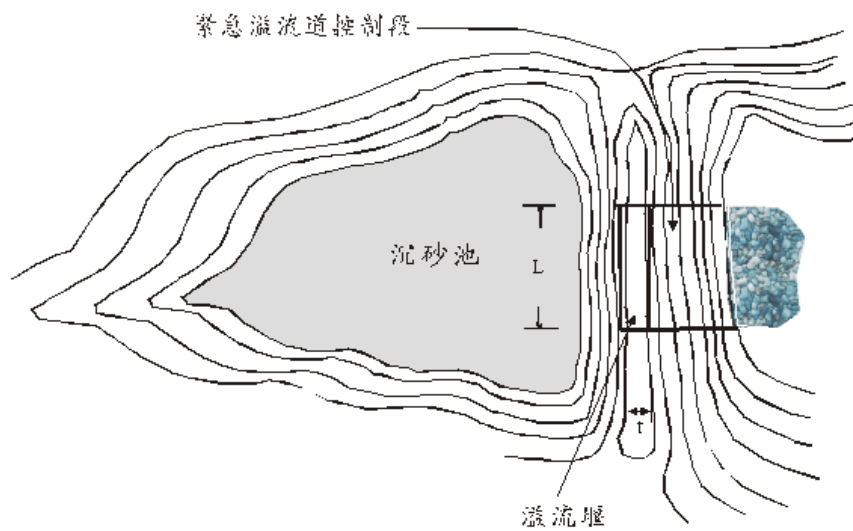
溢流管式排水沉砂池 (<http://www.northamptoncd.org/>)



溢流堰式排水沉砂池

(<http://www.countyofsb.org/pwd/pwwater.aspx?id=3644>)

(a)剖面圖



溢流堰式沉砂池示意圖

2.目的

當泥砂隨著逕流水流入沉砂池之後，提供足夠的停留時間與空間，使水

中泥沙產生沉積、收集、去除，以達到水質淨化之目的。

3. 污染物去除效率(高●，中◎，低○)

- 沉澱物(Sediment) ○營養鹽(N, P) ○毒性物質
○油質 ○漂浮物 ○其他建築廢棄物

4. 適用地點

- (1)集水面積大於 4 公頃或 4 公頃以上之擾動裸露區。
- (2)小擾動區之出水口。
- (3)沒有擾動的地區，但需以水管、水溝或臨時渠道引導擾動區之雨水時，則於導流口設置沉砂池。

5. 使用限制

- (1)為安全考量，沉砂池的旁邊應設有緩坡或裝設圍欄。
- (2)欲增加水流的停留時間，以提高小粒徑懸浮顆粒的去除效率。
- (3)池水可能造成蚊蟲的滋生。
- (4)沉砂池的所有設計必須符合安全需求。
- (5)對於腹地不夠之地區，可以設置多階沉砂池，藉由不同的設置規模，去除不同顆粒尺寸之懸浮物質。
- (6)在整地或挖坡之前必須建造。
- (7)不能設在河流上。

6. 設計準則

沉砂池所控制之集水面積小於50公頃時，用經驗法(參考水土保持手冊)來推估所需沉砂池之體積，如圖21。集水面積大於50公頃時，則建議用較精確

之水文及泥砂沖蝕估計方法，如萬用土壤沖蝕公式等，來計算所需體積。以下所討論之設計步驟為假定集水面積小於50公頃。

(1)沉砂池尺寸，形狀需求(溫清光等，85年)

- ◆一公頃集水面積需至少建造300m³體積和100m²表面積之沉砂池。(相當於5年發生一次、集流時間30分鐘、徑流係數0.7下，溢流率190cmd/m²，此溢流率相當於0.05mm粒徑之沉積速度)。
- ◆長寬比至少為3：1，可大至6：1；長深比要小於200。
- ◆最小沉澱水深為0.6m，沉砂深度為0.3m，最大池深1.65m。

註：水土保持水冊要求每公頃要有500m³體積，對表面積無要求。沉砂池效果的影響比體積重要，只要有足夠表面積，體積雖較小，亦可達到同樣效果。

(2)排水設施

經過沉砂後的雨水，可採用溢流管或溢流堰放流：

- ◆溢流管式：應包括主溢流管及緊急溢洪道。主溢流設施通常用豎管。豎管之直徑至少為40公分，一般為混凝土或皺紋金屬管。沉砂時之設計流量採用五年發生一次暴雨產生之逕流，進流時以30分鐘計。

臥管通常為混凝土製造，其設計流量為當池內水位在緊急溢洪道水平時，豎管所傳送之流量(Q)。另外，臥管圓圈有時須裝設截水環，以減少滲透。豎管頂部需裝設管蓋以防止雜物進入管內，並應設防止漩流之設施。

緊急溢洪道之設計，通常根據一選定之設計暴雨所計算得最大流量，其超過主溢流管設施所能排洩之部分，需由緊急溢洪道來排放。緊急溢洪道包括排水堰及排水渠道。

- ◆溢流堰式：溢流堰可兼正常沉砂的排水和緊急排洪用。寬頂堰的流量公式為(中國工程師手冊水利篇)：

$$Q = C_0 C' \sqrt{2gh^3} \quad (5.1)$$

其中，

$$C_0 = 0.7 + 0.185 \frac{h}{t} \quad (\text{Bazin 氏 } h/t < 1.8)$$

$$C_0 = 0.68 + 0.20 \frac{h}{t} \quad (\text{物部氏 } h/t < 1.5)$$

$$C' = 0.405 + \frac{0.003}{t}$$

h：堰頂與水面的高度差(m)(量測位置應在堰上游2.5h處)

t：堰厚(m)

註：以上公式的計算結果為單位長度堰長的流量。

7. 維護需求

- (1) 每週及每次下雨後檢查一次。
- (2) 淤沙未累積到水面下 30 公分前，需清除淤沙。
- (3) 大型沉砂池需圍籬保持安全。

8. 執行需求 (●高, ◎中, ○低)

- | | | |
|----------------------------|--|----------------------------|
| <input type="radio"/> 初設費 | <input checked="" type="radio"/> 操作維護費 | <input type="radio"/> 維護管理 |
| <input type="radio"/> 人員訓練 | <input type="radio"/> 陡坡(>5%)的適用性 | |

7.1.6 機械與車輛管理

1. 簡介

機具與運輸車輛在戶外進行維修與保養時，可能因降雨逕流產生非點源污染，而機械與車輛管理即採取一些防治措施，減少污染的產生。

2. 執行方法

- (1) 保持車輛機具之清潔，勿讓多餘油料殘餘表面成為污染源。
- (2) 儘量利用場外適合場所進行維修工作。如有大量之機具與車輛必須進行維護，應考慮承包給外面維修廠維修。維修廠有比較良善的設備可處理所衍生的污染物。外包並可降低污染防治所需成本。
- (3) 如進行現場維修，應於場區遠離排水系統位置劃定專屬場所進行維修工作。
- (4) 維修工作牽涉液體之置換及移動時，應以滴油盤或吸油布料等二層防範措施防止油污洩出污染土壤與水體。維修場所應於適當位置置放液體洩漏之吸收清除材料，以備不慎洩漏發生時立即予以清除。用過之吸收材料應立即予以適當之處理。現場之吸收清除材料應隨時補充。
- (5) 部份使用後之物料應該分離出來並予以回收，例如使用過之廢油、濾油器、車輛用蓄電池等。
- (6) 對於車輛與機具零件之清洗常使用有機溶劑，這些物品為有害物質，故使用後應當作有害廢棄物予以小心處理。可能的話，應用無毒的替代物取代有害物之使用。

7.1.7 污水管理

1. 簡介

污水管理是針對遊憩區產生的污水，進行收集與處理。污水管理屬於點源控制的部分，但污水是遊憩區內主要污染來源之一，若能進行妥善的收集與處理，必定能有效減少遊憩區的非點源污染的排出量。

2. 執行方法

(1) 設置分流式污水下水道系統

分流式污水下水道系統是把污水和雨水以不同的管線收集，收集管理中心、遊客服務中心、餐飲中心、旅館、廁所及露營、烤肉區洗濯台等場所所排出污水，集中後加以處理，放流水必須合乎環保署公告之放流水標準。

(2) 較偏僻之廁所或洗濯台，難以用管線集中管理，應在適當地點設置淨化槽處理。

(3) 污水再利用

處理過之污水再用來灌溉花圃、草皮或林木。處理要求及須水量請參看表1。

(4) 合流式排水溝

a. 截流處理

若一時無法將雨水污水排水系統建成雨污水分流系統，應在排水溝排入承受水體之前，適當地地方截流晴天及暴雨初期30分鐘的雨水，經處理後排出或再利用。

b. 清理水溝

平時應經常清理水溝的淤積，以減少暴雨沖刷出來之污染量。

放流水再利用單位需求量

回收再利用之可行方式	單位需水量 CMD/公頃	處理要求
灌溉旱田及果園	100	二級處理
灌溉水稻田	700	高級處理
灌溉非食用之經濟作物	50	二級處理
灌溉綠帶或草坪	200	二級處理
野外育樂用地公園等 景觀設施洗滌用水	200	二級處理
道路噴灑洗滌	200	二級處理
遊憩水體之補注	—	符合承受水體水質標準
景觀水體之補注	500	二級處理
水產養殖(二級處理)	500	高級處理

交通部觀光局(80年)，東部海岸風景特定區垃圾及污水處理系統規劃。

3.說明

(1)污水處理設施

應請專責顧問公司設計，但必須注意因受例假日遊客集中的影響遊憩區污水量變化很大，例假日污水量為平常日之5~10倍，禮拜天一天的污水量約與週一到週六污水量相同，所以在規劃設計污水處理設施應注意：

a.管理人員平時應記錄每日的用水量，尤其不包括澆花、灑草和洗街用水，以確實掌握的例假日與平常日用水量的變化，以及各個遊憩設施或據點的用水量，若沒有水錶應加裝水錶。

b.若採用一般都市污水或社區污水的處理程序(一般採用二級處理)，由於各處理單位的水力停留時間只有數小時，對變化如此之大的遊憩污水將會發生處理效果不好和各種操作困難。處理程序必須能克服流量的變化，一般需足夠大的調整槽。為了防止調整槽厭氣發生，必須曝氣，也要注意調整槽的去除率

對下游處理設施有機負荷的影響。

c.在設計污水處理之前應調查全區的污水性質，至少三次，每次調查時間至少三天(包括例假日)，最好一個禮拜，每日持續24小時。

d.若遊憩區面積夠大，建議採用曝氣量小的曝氣氧化塘法，停留時間可用三天至一個禮拜，此法是將污水引入池塘，內裝小馬力曝氣機，維持氧化塘有2mg/L以上之溶氧，經3~7天曝氣，可去除70%-90%左右之BOD。此法操作簡單，費用低廉，因停留時間長，對流量變化懸殊的遊憩污水特別適合，但所需處理面積和體積較大。且要注意蚊蟲孳生。

(2)處理方法的選擇

根據國內各單位的調查報告，遊憩區污水的性質與一般都市的生活污水相近，但BOD濃度稍為高些，因此處理方法應與生活污水處理方法相同。生活污水處理的方法和程序如圖1所列。各種處理方法之效果列於表2。除了圖1的處理外，遊憩區的污水亦可用曝氣氧化塘法處理，其處理程序如圖2所列。對BOD及SS之去除率可達70至90%。由於本規範重點在非點源污染的管制，有關點源污水的處理設施的設計規範及維護等，請參看參考資料(Metcalf & Eddy,1991)。本文除了列舉曝氣氧化塘法外，不再贅述。

各種處理方法之去除率(Metcalf & Eddy,1991)

處理程度	處理方法	BOD 去除率(%)	SS 去除率(%)	備註
初級處理	沉澱法	25~35	30~40	
中級處理	高率滴濾法	65~75	65~75	其他同程度處理法
二級處理	標準滴濾法	75~85	70~80	
	標準活性污泥法	85~95	80~90	

7.1.8 垃圾管理

1. 簡介

遊憩區垃圾處理包括垃圾的收集與垃圾的處理，對垃圾進行妥善的收集與處理可以有效減少遊憩區的污染排出量。

2. 執行方法

- (1) 設置垃圾桶
- (2) 定期進行垃圾的收集與處理
- (3) 設置告示牌，提省遊客不要亂丟垃圾。

3. 說明

(1) 垃圾桶的設置準則

a. 位置

應設在出入口、服務中心、觀景休憩區、遊憩活動區、步道等，依觀光局「風景區公共設施設計準則」設置(交通部觀光局，76年)。

b. 構造

為防止雨淋污染物流出污染水體，垃圾桶宜採用半開放式封閉式或加蓋，較大型垃圾集中場或轉運站，應加頂蓋。

c. 容積及數量

垃圾桶容量和數量的估算，必需經由每一遊憩點，動線、景觀標點、活動型態、管理方式，和人數來估算其可能產生垃圾的體積，再按照垃圾的性質和處理的方式來選擇每一單元的容量後，決定桶數。比較準確妥當的估計法是在需要垃圾桶的地點，設置適當容量的垃圾桶(如前所述)使用後，若量有不足再行增補，如此能使供需平衡，不生過與不及的現象。

d. 設置資源回收筒

同一地點垃圾筒除了收集一般可燃性垃圾外，應另設收集筒回收鐵鋁罐和玻璃瓶。

(2) 垃圾收集與處理(交通部觀光局76，80年)

a. 收集頻率

每週至少二次，必須有一次在假日之次日，連續假日視需要而增加。

b. 處理

- ◆ 鐵、鋁罐及玻璃瓶予以回收。
- ◆ 可燃性垃圾及清掃風景區之樹枝、樹葉及垃圾，予以衛生掩埋或焚化。

7.1.9 物料管理

1.簡介

爲了減少或防止物料儲存、輸送和使用時，污染土壤、地下水和河水，必須管理遊憩區的物料，包括砂石、泥土、農藥、肥料、清潔劑、塑膠及製品、石油類產品(如燃料油、機油等)及有害化學藥品(如酸、石灰、油漆、有機溶劑等)。

2.執行方法

- (1)儲存地點儘可能靠近使用區，遠離排水路和水體。
- (2)砂石、泥土的儲存地方，可加圍欄或覆蓋，以防流失或風吹，輸送應防掉漏。
- (3)可燃性物料儲存地點應防火和遠離火源。
- (4)建立物料清單，明確控制存貨和使用，減少有害物料之儲存量和時間。
- (5)雨季時儲存地點考慮加蓋。
- (6)不要將化學藥品、袋裝物料等，直接放在地上，應墊上托板或第二個容器內。
- (7)使用人員應受過訓練且有處理緊急物料漏失的能力。
- (8)儲存地點應常清掃，有害廢棄物應依規定處理。
- (9)在儲存地點加裝指示牌或圍籬，防止遊人的接近。

7.1.10 水道與排水溝維護(歐陽嶠暉，77 年)

1.簡介

遊憩區內的水道或排水溝主要收集生活污水和盥洗水，或排放雨天的地表逕流水。而水道與排水溝維護就是確保以上排水設施的通暢，使遊憩區不致積水和造成非點源污染。

2執行方法(Camp, Dresser & McKee, 1993)

- (1)排水管渠承受的外壓大，而採用堅固耐用、耐腐蝕之材料，如鋼筋混凝土、鑄鐵管、硬質塑膠管、陶土管等。
- (2)管渠內塗上適當之裏襯，如柏油、玻璃蓆襯、環氧樹脂，可防止管渠內部摩擦、腐蝕產生。但裏襯厚度應小於 0.5 公釐為宜。
- (3)埋設於地面下之管渠，應有足夠之強度承受回填土荷重、路面荷重及支撐拔除時所附加之土壓。
- (4)在管渠方向、坡降及管徑變化較大的地方及管渠合流連接處，必須設置人孔，方便管渠之檢查、清理工作之進行。
- (5)容量以能排出 10 年或 25 年發生一次之之暴雨量，用合理法公式求之。
- (6)分流式排水管渠，在計畫污水量時最小流速應在 0.6 m/sec 以上，最大流速為 3.0 m/sec。合流或排水管渠及分流式雨水排水管渠最小流速為 0.8 m/sec，最大流速為 3.0 m/sec。

(7)所有排水管渠或排水溝應以重力流為設計原則，而管渠斷面的設計原則如下：

- ◆管渠內流速應以不致使土、砂等沉質沉澱淤積為原則。
- ◆下游管渠之流速應較上游大。
- ◆坡度越往下游應漸趨緩和。
- ◆盡量避免較大坡降的發生。

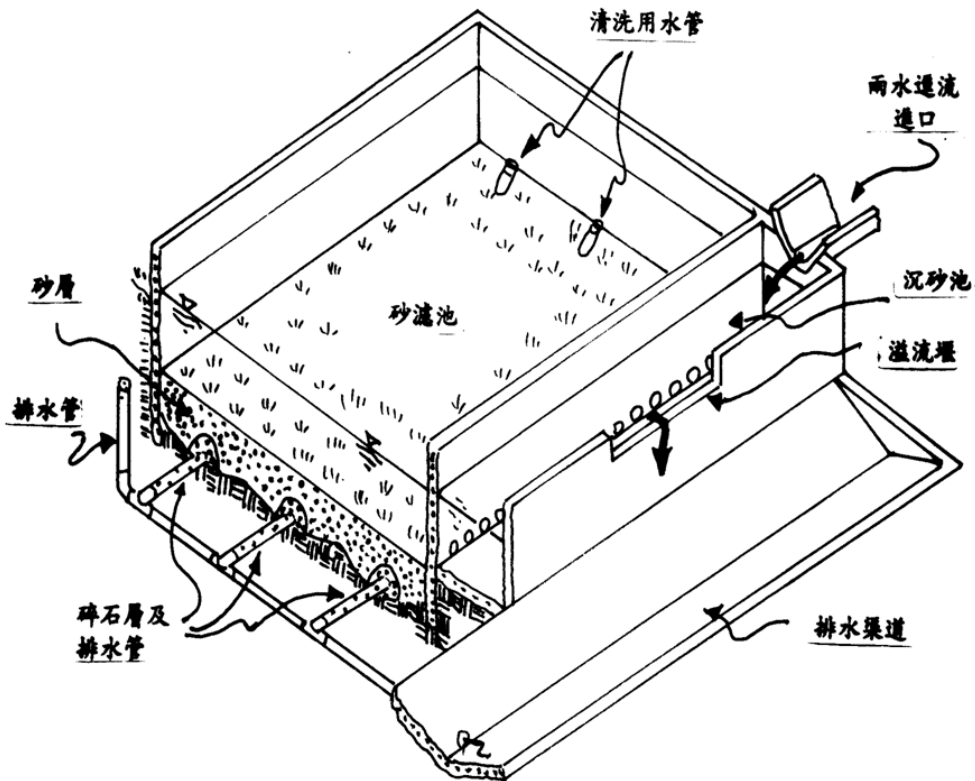
(8)排水渠道可建造節制壩(check dam)或其它緊急消洪結構物以降低流速並可截留水中泥砂。

(9)雨水排放口建造完成，應立即建造減速之相關結構措施。

7.1.11 間歇性砂濾池

1. 簡介

間歇性砂濾池(Intermittent Sand Filters)，因其操作在時間上不是固定，而是在暴雨逕流發生時才進行，故稱為間接性砂濾池。



間歇性砂濾池設計一例(Camp & McKee, 1993)

2. 目的

利用濾料的過濾作用去除雨中的沉質與其他污染物。

3. 污染物去除效率(高●，中◎，低○)

●沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ◎BOD與COD ◎重金屬

○毒性物質

◎油脂

○細菌與病毒

●漂浮物

4.適用地點

間歇性砂濾池不需要很大之空間，故在地價貴之地區甚為適用，其維護之成本較高，但在設計時如將所需尺寸，建造時加大實際尺寸，則可減少維護所需之費用。

5.使用限制

- (1) 需要比其它逕流處理設施高的維護需求。
- (2) 需有足夠的水頭供濾床使用。
- (3) 無法去除溶解態污染物。
- (4) 土壤沖蝕顯著地區，濾床快速堵塞，維護負擔大。

6.設計準則

砂濾池面積：

$$A = \frac{WQV \times d}{R(h + d)T}$$

式中， A =砂濾池面積

WQV =水質體積，如10mm×集水區面積

D =砂濾池深度

K =砂濾池之透水係數(0.6至0.9公尺/天)

H =砂濾池表面平均水深(可略估為1/2×最大水深)

T =滯留時間，如30-40小時

7.維護需求

- (1) 至少每半年檢查一次。
- (2) 每場降雨前與降雨後檢查砂濾池各項設施功能是否正常。
- (3) 使用3至5年後，砂層之表面5-10公分須換新，濾布也需要更新。
- (4) 前置沉砂池沉質累積厚度10公分，或砂濾池累積超過5公分時，必須進行沉積物的清除。
- (5) 定期清除砂濾上累積的漂浮物。

8.執行需求（●高，◎中，○低）

●初設費 ◎操作維護費 ●維護需求 ○人員訓練

9.其他

間歇性砂濾池之結構，通常包括一小型沉沙池作為前處理，砂濾池本身包括至少50公分厚之砂層，墊以一碎石層，兩層之間以濾布隔開，碎石層中裝設有孔隙之排水管，收集濾過後之逕流，再排放到排水系統。間歇性砂濾池對懸浮固體物、生化需氧量、總磷、總有機碳、化學需氧量及溶解性鎘之去除率均在60%至80%之間。

7.2 開放式遊憩活動管理

7.2.1 風景區的清掃

1. 簡介

風景區的清掃包括道路、停車場、廣場、露營區、烤肉區及其他遊客常到達地區，以減少污染物隨雨水流入承受水體。污染物包括固體物、灰塵、垃圾、樹枝、樹葉、烤肉殘餘物等。

2. 污染物去除效率(高●，中◎，低○)

- | | | | |
|----------------|------|----------|------|
| ●沉澱物(sediment) | ◎氮、磷 | ◎BOD與COD | ◎重金屬 |
| ◎毒性物質 | ◎油脂 | ○細菌與病毒 | ●漂浮物 |

3. 適用地點

(1) 購置掃街車

適合於道路、停車場及廣場等的清掃。若去除道路上污染物要達到 30% 清除率，每兩次降雨時間至少要掃街兩次，若要達到 50% 必須增加 0.5 至 1 倍次數。

(2) 人工掃街

適合地形較複雜地區，如露營區、烤肉區、步道等。

5. 維護需求

車輛與機具的維護。

6. 執行需求 (●高，◎中，○低)

- | | | | |
|------|--------|------|-------|
| ○初設費 | ○操作維護費 | 維護需求 | ●人員訓練 |
|------|--------|------|-------|

7.2.2 植栽修剪與管理

1. 簡介

草皮、花木修剪及落葉清除的管理是針對遊憩區內花草樹木的維護修剪時所產生的植物碎屑進行收集與處理，防止下雨時雨水把這些植物碎屑帶走，造成雨水進水口、排水溝渠的阻塞或造成水體的污染。

2. 執行方法

- (1) 定期進行枯枝落葉的清掃。
- (2) 草皮或花木修剪後應立即予以收集處理。
- (3) 應防止被雨水漂流到水溝和水體，清除時應選擇無大雨時期。
- (4) 做成堆肥利用也是處分的好方法。

7.2.3 機械與車輛管理

1. 簡介

機具與運輸車輛在戶外進行維修與保養時，可能因降雨逕流產生非點源污染，而機械與車輛管理即採取一些防治措施，減少污染的產生。

2. 執行方法

- (1) 保持車輛機具之清潔，勿讓多餘油料殘餘表面成為污染源。
- (2) 儘量利用場外適合場所進行維修工作。如有大量之機具與車輛必須進行維護，應考慮承包給外面維修廠維修。維修廠有比較良善的設備可處理所衍生的污染物。外包並可降低污染防治所需成本。
- (3) 如進行現場維修，應於場區遠離排水系統位置劃定專屬場所進行維修工作。
- (4) 維修工作牽涉液體之置換及移動時，應以滴油盤或吸油布料等二層防範措施防止油污洩出污染土壤與水體。維修場所應於適當位置置放液體洩漏之吸收清除材料，以備不慎洩漏發生時立即予以清除。用過之吸收材料應立即予以適當之處理。現場之吸收清除材料應隨時補充。
- (5) 部份使用後之物料應該分離出來並予以回收，例如使用過之廢油、濾油器、車輛用蓄電池等。
- (6) 對於車輛與機具零件之清洗常使用有機溶劑，這些物品為有害物質，故使用後應當作有害廢棄物予以小心處理。可能的話，應用無毒的替代物取代有害物之使用。

7.3 其他項目

7.3.1 遊憩規劃

1. 簡介

在遊憩規劃階段，考慮開發對水量及水質帶來的影響，並透過詳細的調查與規劃減輕遊憩污染。此一方法必須與業主、主管部門與環保局協調執行。

2. 執行方法

(1) 訂定目標

目標訂定必需明確，例如「新的開發不得導致逕流洪峰加大」，「新的開發不得導致逕流懸浮固體物含量增加」等。目標的設定可以以法規為基準，或在環境影響評估階段時設定。由於遊憩的規劃與管理關係遊憩品質與經營，必須與業主與景觀規劃師討論，以提高規劃之可行性。

(2) 研究與分析

收集開發地區之各項相關資料，瞭解開發所帶來的影響。根據收集的資料，分析開發對整個集水區以及承受水體水質之影響。

(3) 建議

根據研究結果提出最佳方案，尋求行政及民意機關之支持。

(4) 執行

在執行階段應隨時檢討是否達到預定之水質與水量目標。

7.3.2 遊客環保教育

1.簡介

遊憩區的污染主要是由遊客帶來，所以遊客的環保教育對減少污染有很大的幫助。

2執行方法

- (1) 利用解說牌、廣告、佈告、管制標誌或人員解說，教導遊客減少垃圾量、垃圾分類、不隨意亂丟、愛護花木等。
- (2) 利用解說媒體告訴或教導遊客，不要帶太多食物飲料，盡量吃(飲)完食物飲料，野餐、露營、烤肉完後，要清除殘餘物到指定的地方。
- (3) 利用解說媒體告訴或教導遊客，不要到禁止到達地方，以減少土壤、草地被踐踏，減少雨水滲入功能。

7.4 示範案例

7.4.1 前言

本示範案例是參考美國喬治王子郡 LID 之概念設計。LID 全名 Low Impact Development 是一種新的暴雨管理設計理念，該理念是將 BMP 設計更加分散化、多功能化和當地語系化。低衝擊開發理念設計的 BMP 是通過小型的造價及維護成本低的設施實現面源污染控制、洪峰削減、景觀生態及水土保持等多種功能。LID 在暴雨管理的目標上具有更高的要求，其主要是對綜合逕流係數的要求：傳統的暴雨管理目標（BMPs）只對暴雨洪峰逕流係數提出控制目標，而最新的低衝擊開發技術在要求控制洪峰逕流係數基礎上更加提出對開發後的綜合逕流係數的控制。

採用 LID 技術設計的 BMP 稱之為 IMPs，幾乎所有的城市建築都可以建造 IMPs。IMPs 不再必須大片的空地，而是利用屋頂、道路綠化帶、人行道、樹木、停車場等的透水路面實現地表逕流的滯留和入滲。LID 設計理念可以適用於城市的初次開發和改造。

7.4.2 案例簡介

本案例為走馬賴農場，面積約 120 公頃。為一多功能之休閒渡假農場，經營的項目有住宿、餐飲、露營、烤肉、滑草、游泳、划船、跑馬、農產品展示與販賣、農業活動以及遊憩休閒等。各種遊憩設備計有 30 餘項，分佈於農場之東、西幹道兩側，成塊狀分佈。如圖 7.4.1 所示，並說明如下：



圖 7.4.1 園區示意圖

1. 住宿設施及管理中心：此農場約有 76 間，可容納約 300 人之渡假房舍；並有提供露營場地可供 800~900 人之露營和活動，估計每年約有四十至五十萬旅遊人次，年住宿率約 57%，以寒暑假為集中，五六月旅遊人數較少。
2. 餐飲設施：此農場計有可供用餐之餐廳二間，提供遊客之餐飲。
3. 農業活動：此農場之農業活動有放牧（約有牛隻 20 頭、豬、雞等）；觀光果園”。
4. 景觀：此農場之景觀大部分為草原區，佔地約有 77 公頃。
5. 停車場：因本區對外無公共汽車可達，完全靠私人交通工具，所以有機

車停車場一處和大小汽車停車場，停車場鋪面有柏油鋪面和組合鋪面（植草磚）兩種”組合鋪面有降低暴雨逕流、淨化雨水之功效。

6. 游泳池兩個。
7. 運動場（溜馬場）。
8. 滑草場。

7.4.3 非點源污染控制措施介紹

該場址之生活污水已接管至污水處理場處理後放流，暴雨非點源污染來源主要是來自牧場，露營烤肉區、散狀分佈之遊憩設施，及小溪、溝渠、路面、屋頂之晴天污染物累積。圖 7.4.2 為遊憩區 BMPs 示意圖，包括濕地植物、攔砂壩、小型荷花池、上潭、下潭等。並於溪流流經路線上，設 No.4~No1 四個採樣站，當產生暴雨逕流時，於採樣站上記錄降雨強度、逕流量、收集暴雨逕流水。暴雨逕流水流經各 BMPs 單元之流程為：入流 → 草帶 → 攔砂壩 → 淺水塘 → 濕地 → 滯留池 → 滯留池 → 出流。

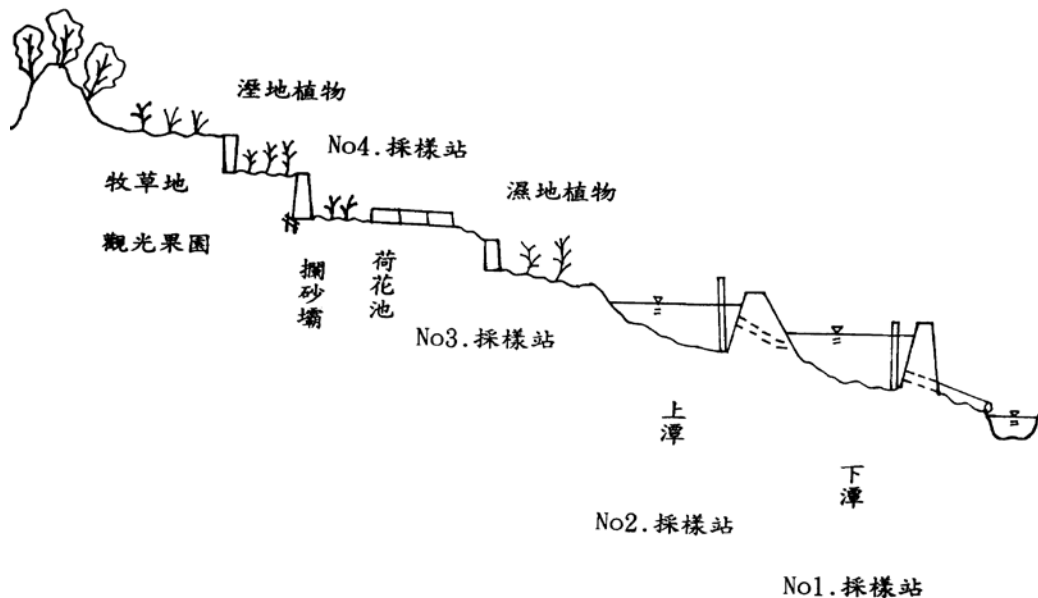


圖 7.4.2 為遊憩區 BMP 示意圖

1. 滯留池

該場址之上、下潭屬濕式滯留池型式，滯留池呈不規則狀，岸邊植物、樹木茂盛。上、下潭常年皆保持一定之水位，因池內之排水屬溢流狀態，潭面可作遊艇、腳踏船等水上活動。如圖 7.4.3 及圖 7.4.4。

上潭近似矩形，長約 7m 寬約 45m 左右。各點水深因池底淤泥沉積不一，範圍在 95m 至 131m 之間。逕流由池之左端流入，經池水之同化作用，水流由右端矩形箱涵排至下潭。在上潭右端有一緊急溢洪孔，平時距離水面約 10m 左右，當暴雨逕流過大時，原矩形箱涵排水口過度負荷，危及右端壩址之結構安全，或可能溢流至岸邊，溢洪道將開始作用，引導一部分水流至下潭。經實地測量計算，上潭表面積約 3275m^2 ，平時蓄水體積在 3244m^3 左右，當暴雨逕流過大而使用溢洪道時之蓄水體積約在 380m^3 。

下潭方面，潭之左端為上潭右端之壩址，暴雨逕流經上潭排水口流入下潭。下潭呈不規則之楔形，長約 115m，寬約 65m，水深從 88m 到 175m，下潭並無緊急溢流設施，下潭表面積約 1643m^2 ，蓄水體積約在 5954m^3 。其實景如圖 7.4.5 及圖 7.4.6 所示。

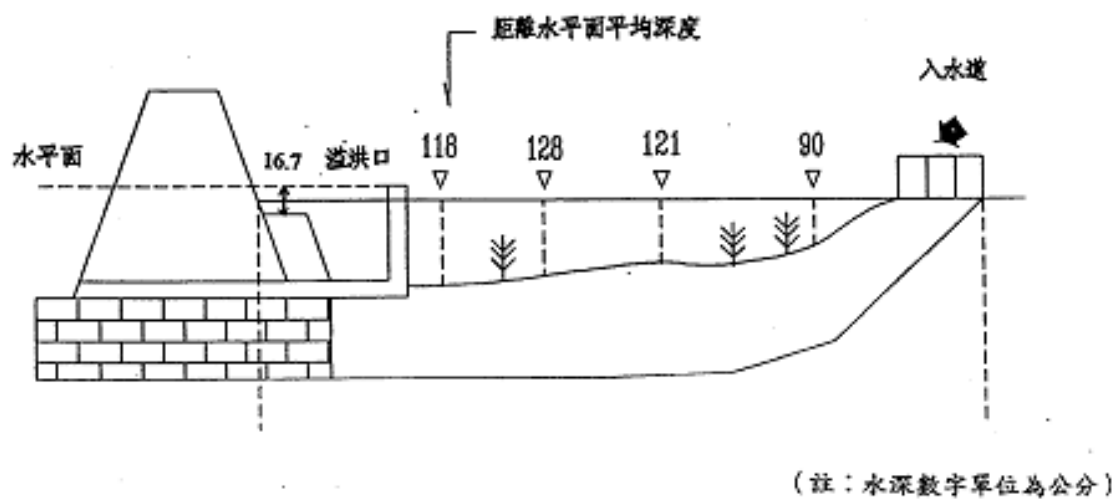
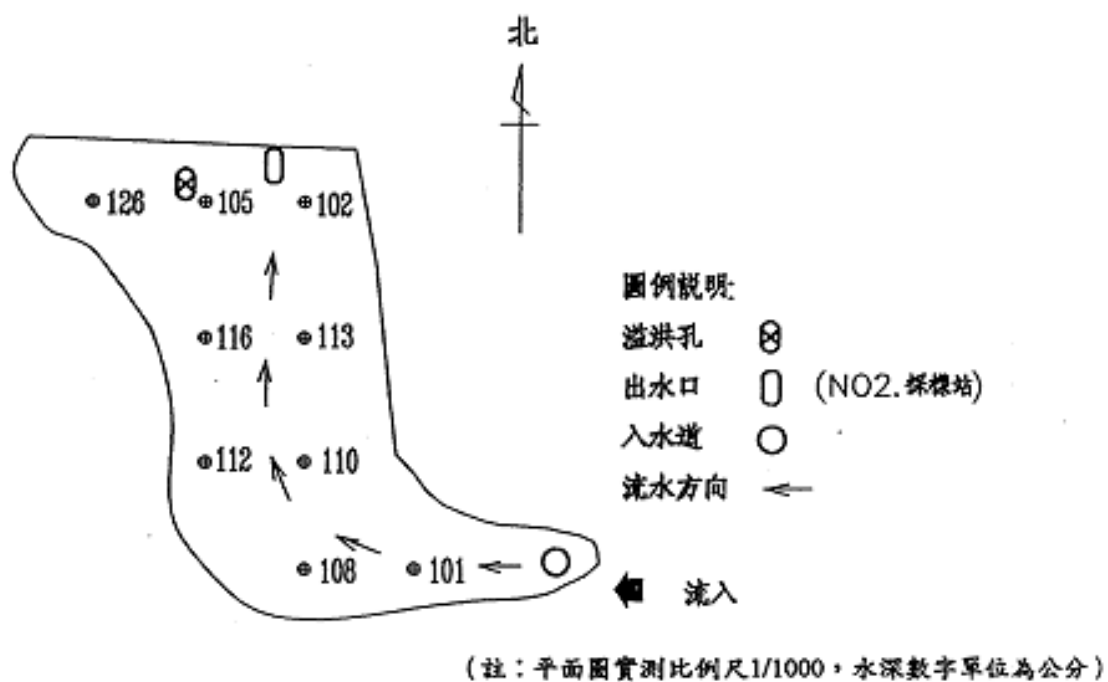


圖 7.4.3 上潭平面圖及側視圖

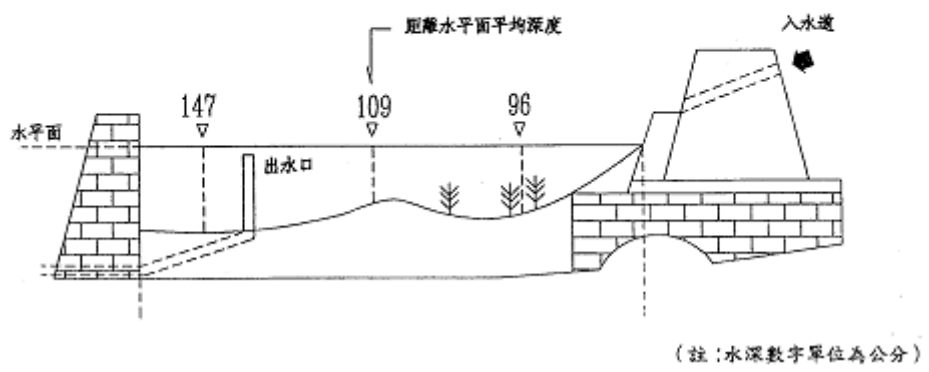
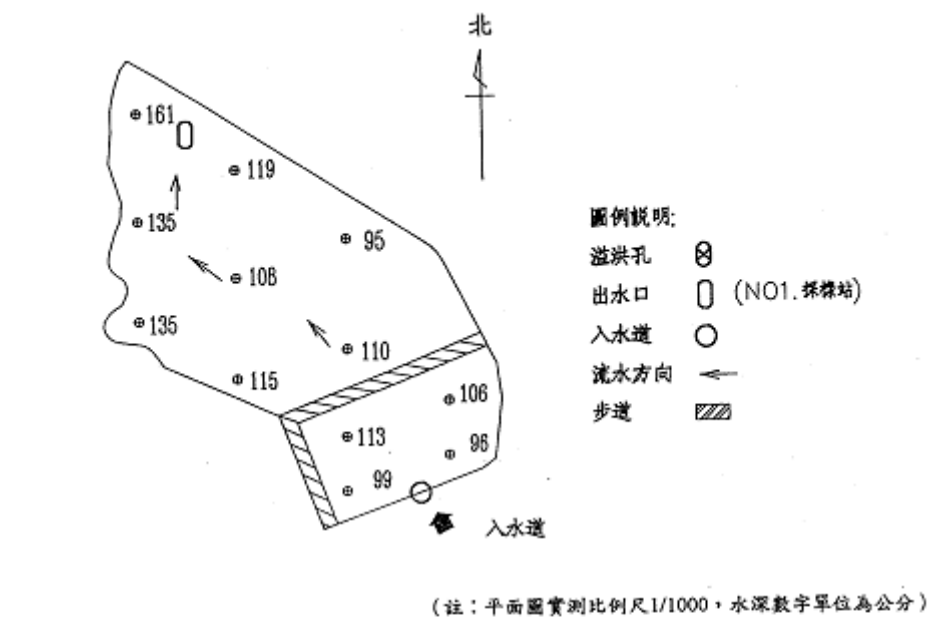


圖 7.4.4 下潭平面圖及側視圖



圖 7.4.5 上潭實景



圖 7.4.6 下潭實景

2. 植物性控制設施

將植物控制設施融入遊憩景觀中，從集水區上游之牧草地(面積約 77 公頃)，至中游濕地植物(長 50m，寬 10m)，構成一暴雨逕流管理設施，其中牧

草地為放牧，製作草飼料之用途，溪溝中游之植物為利用溪溝水自然生長，圖 7.4.7 及 7.4.8 為植物性控制設施實景。另於牧草地與濕地植物間設有三個串聯之荷花池，其對初期高污染濃度之逕流有一定淨化功能，如圖 7.4.9。

7.4.4 改善暴雨逕流水質成效

依據質量平衡公式計算污染物去除率，計算得懸浮固體物去除率達 90% 以上，生化需氧量和化學需氧量去除率在 70% 至 80% 之間，氮磷之去除率在 20% 至 60% 之間。



圖 7.4.7 集水區上游之牧草地



圖 7.4.8 集水區中游濕地植物



圖 7.4.9 荷花池

第八章 道路設施非點源污染處理技術

道路設施非點源污染處理技術如下：

8.1 非點源污染阻絕設施	
8.1.1植生緩衝帶	8.1.3暴雨逕流疏導溝渠
8.1.2透水鋪面	8.1.4暴雨逕流疏導土堤

8.2 非點源污染滯流設施		
8.2.1滯留池	8.2.3初期逕流儲水設施	8.2.5砂濾器
8.2.2人工濕地	8.2.4入滲乾井	

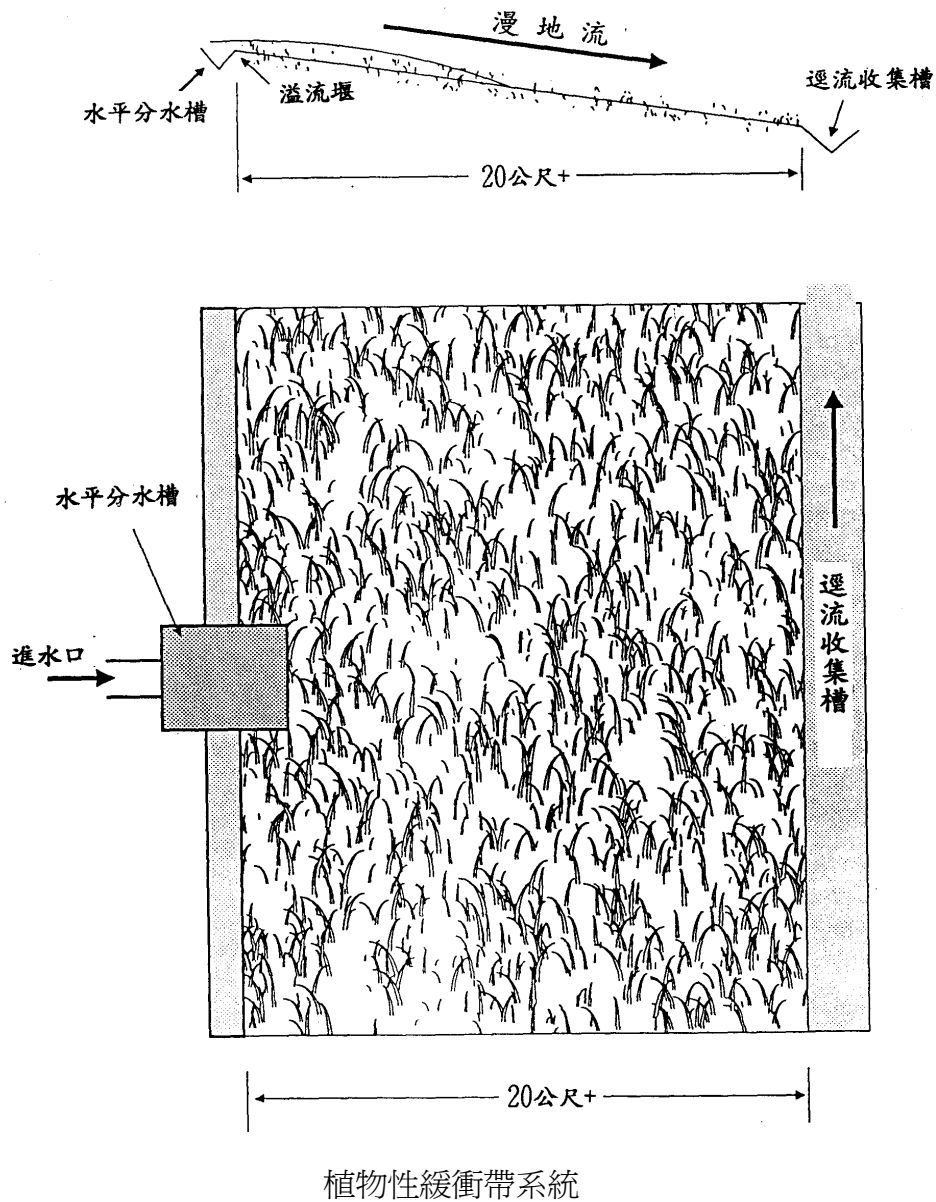
8.3 非點源污染去除設施及其它	
8.3.1行車通道	8.3.3多槽處理設施
8.3.2油水分離槽	8.3.4街道清掃

8.1 道路設施非點源污染處理技術

8.1.1 植生緩衝帶

1. 簡介

植物以土生或適於本地生長之草為主，其主要設計之考量為需將雨水逕流以很薄之片流(Sheet Flow)流過草帶，由於流過速度緩慢，因此草地對水中的沉質有攔截作用，同時水中的營養鹽可被植物利用而達到去除的效果。植物緩衝帶(VBS)為包括樹木等不同植物的綜合地帶，而草帶包含的植物以草為主。



2.目的

- (1) 去除水中沉質、營養鹽等污染物。
- (2) 防止土壤的侵蝕。

3.污染物去除效率(高●，中◎，低○)

- 沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ◎BOD與COD◎重金屬
◎毒性物質 ◎油脂 ○細菌與病毒 ◎漂浮物

4.適用地點

- (1)自然水體旁邊、平坦且坡度小於5% 的地區。
- (2)土壤適合植物生長的地區。
- (3)土壤穩定的地區。
- (4)小集水區或小面積不透水面周圍。

5.使用限制

- (1)需要土地空間。
- (2)地表坡度不可太大。
- (3)必需能夠維持植被良好生長，乾季需要澆水維護。
- (4)流經草帶之水流必需形成均勻之片流(sheet flow)，此一條件不易維持。

6.設計準則

- (1)緩衝帶彖向坡度以不大於5% 為宜，長度則大於20公尺較好。
- (2)草帶面積應為不透水面積的1/1000到1/500之間。
- (3)草帶寬度至少要3公尺以上。

(4)長度不夠或因地形關係坡度較大，則可在下游建一小型矮壩(Check Dam)以減低流速。

(5)為防止渠道流(短流)的發生，通常需先將雨水引進一水平分水槽(Level Spreader)內，槽內水滿時會沿槽緣溢流出來而平均分佈流過草帶(Grass Strip)。

(6)植物緩衝帶長度與其他參數可以圖33求得,如取得95%之去除效率，在坡度為2%粗糙係數及n為0.20情況下，所需之緩衝帶長度為60公尺左右。

7.維護需求

(3)定期檢查是否有侵蝕、草皮損壞和短流的發生。

(4)草高超過15公分時，要進行修剪的工作，並馬上清除地上的草屑。

8.執行需求 (●高，◎中，○低)

◎初設費 ◎操作維護費 ◎維護需求 ○人員訓練

8.1.2 透水鋪面

1.簡介

透水性路面為多孔隙瀝青混凝土，底層為卵石層。各種常用的組合鋪面，共同特點是每個單元留有開孔。鋪設後青草會從開孔長出，增加鋪面之綠意。

2.目的

- (1)降低雨水逕流量。
- (2)過濾水中沉質。
- (3)有洪水控制及地下水補注的功能。

3.污染物去除效率 (高●，中◎，低○)

- 沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ●BOD 與 COD ●重金屬
●毒性物質 ●油脂 ●細菌與病毒 ●漂浮物

4.適用地點

- (1)透水性路面適用於停車場、行人步道。
- (2)組合鋪面適用於停車場、行人步道、護坡。

5.使用限制

- (3) 透水瀝青鋪面之選址條件除入滲設施所列各項條件之外，同時由於鋪面強度低於傳統瀝青鋪面，因此只適用於停車場、行人步道以及沒有重車行走的巷道、廣場或空地。
- (4) 為維護鋪面之透水性，避免孔隙阻塞，鋪面應避免設於有大量砂土散落區域。由於鋪面底層需水平才能發揮蓄水功能，因此大面積使用時，地表坡度不可過大。

6.設計準則

- (1)透水性路面蓄水層積水而於72小時內排空，因此土壤透水性不良的地區需裝設排水設施。

- (2)透水性路面蓄水石層必須儘量保持水平。
- (3)鋪面表層多孔瀝青之級配可採用 P 級配、PA 級配或 OGFC 級配（環保署，1997），孔隙率 16%左右；
- (4)為確保瀝青之膠結度，多孔瀝青混凝土之含油量必須高於傳統瀝青混凝土，達到 5.5%左右，為防止瀝青流失，混凝土宜添加纖維，添加量 0.3%至 0.5%；
- (5)蓄水層與天然土壤之間應鋪設砂層或使用土工織物，以濾除細顆粒物質，防止土壤因孔隙阻塞而失去透水性；
- (6)透水性路面應安裝豎管以觀察蓄水層水位以入滲效率，豎管需設置管蓋，以防異物阻塞。
- (7)施工注意事項：
- m. 底層土壤開挖之後應避免壓密，以維護土壤之透水性，過濾砂層鋪設之前應避免雨水進入，路基挖好應立即鋪設砂層；
 - n. 蓄水層應使用形狀稍為扁平之天然卵石，以形成互相交錯結構，易於滾壓緊密，使用圓形卵石或粒徑均勻之碎石不易滾壓緊密；
 - o. 粒度調整層滾壓完成之後應噴撒乳化瀝青，以膠結穩定，上面再鋪設透水瀝青混凝土表層；
 - p. 透水瀝青鋪面各層都為多孔隙結構，應充份滾壓緊密，以防使用後產生沈陷或車轍，影響使用壽命。每次滾壓厚度不應大於十公分，各層厚度大於十公分時應分層鋪設並滾壓；
 - q. 表層透水瀝青混凝土鋪設時不應過度滾壓以免破壞孔隙結構。鋪設完成後兩天內，瀝青混凝土未膠結完成之前應避免重車行走；
 - r. 鋪面蓄水層材料應清洗乾淨，防止砂土造成土壤孔隙阻塞。

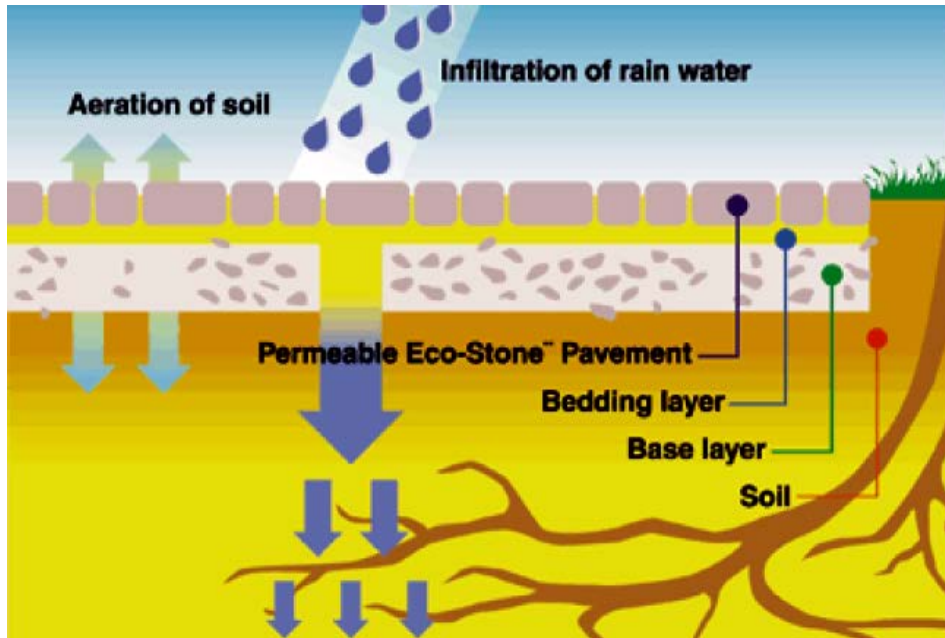
7.維護需求

- (1)透水性路面強度較弱，應避免不當的使用造成破壞。
- (2)透水性路面週圍應種植草皮，過濾水中的沉質。
- (3)透水性路面若接近地區排水時，應視需要加裝前處理設施，去除漂浮物延長路面使用壽命。
- (4)路面應於每年雨季來臨之前或合適之時間測定透水性，當透水性降低至一定程度時，應立即進行清洗。
- (7) 定期修剪組合鋪面開孔的草高。

(8) 鋪面清理的時候最好使用吸塵和高壓灑水兩道程序。

8.執行需求 (●高, ◎中, ○低)

●初設費 ●操作維護費 ●維護需求◎人員訓練



透水鋪面示意圖

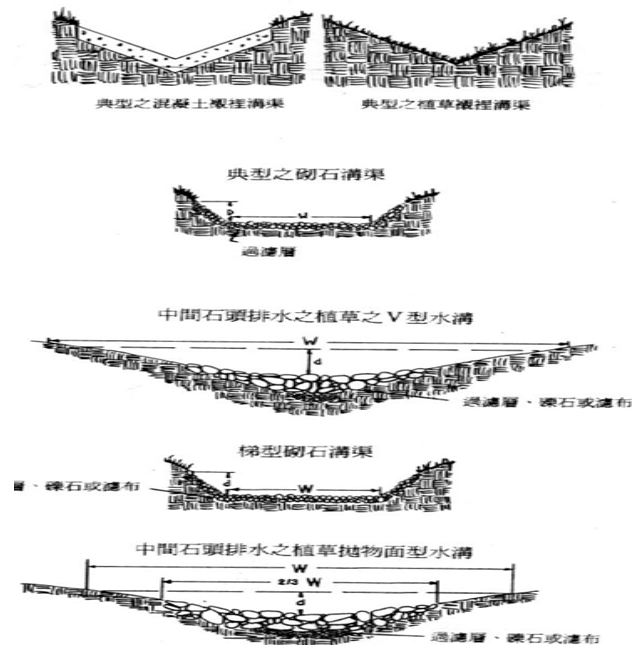
8.1.3 暴雨逕流疏導溝渠

1.簡介

暴雨逕流疏導溝渠收集暴雨所產生之逕流，同時引導逕流水至特定地點。在工業區，暴雨逕流收集系統可以由無數的疏導溝渠組成，一些溝渠將未受污染之暴雨逕流引開，避免水流與污染區域接觸，另一些溝渠則收集遭受污染之逕流，送往處理設備處理，兩種不同目的之溝渠應加以區隔。

逕流溝渠可以使用不同材質建造，如混凝土、黏土、塑膠材料、金屬、植草土壤等。在廠區規劃階段設計逕流疏導系統可以節省成本，逕流疏導溝渠設計必需考慮渠道容量與流速，疏導容量須能輸送五年以上頻率暴雨逕流。設計時同時必需考慮流速之容許範圍，以免造成渠道沖刷或泥沙沉積。

使用逕流疏導溝渠控制非點源污染之優點包括：疏導暴雨逕流繞過廠區可以預防廠區淹水、設施維護簡單、可同時防止土壤侵蝕。可能發生的困難有：流量被收集而集中，逕流沖刷能量增大，某些渠道構造物必需增強結構設計；既有廠區變更排水系統或增設逕流疏導系統須考慮其經濟性。



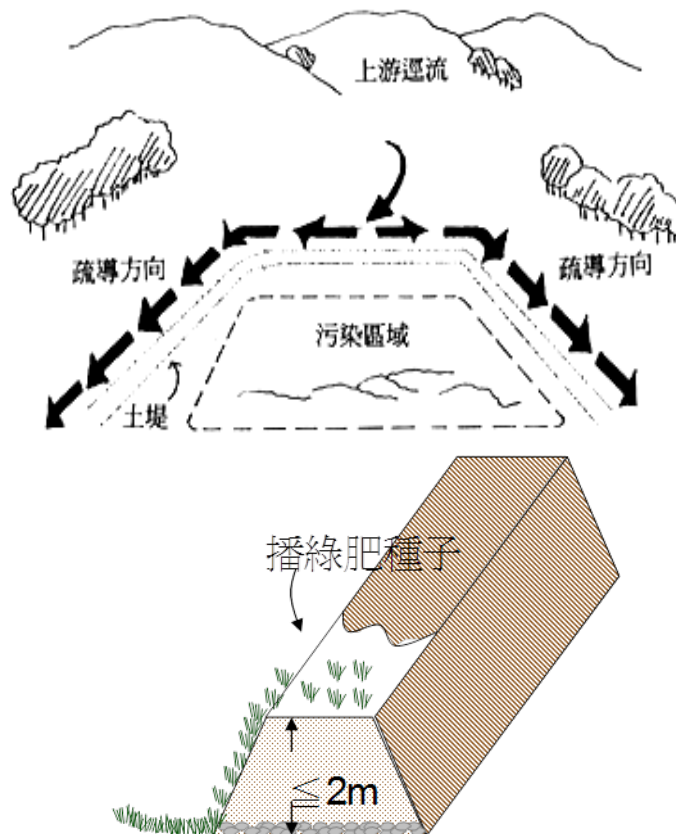
典型暴雨疏導溝渠斷面

8.1.4 暴雨逕流疏導土堤

1.簡介

逕流疏導土堤與疏導溝渠之區別在於土堤只設法將逕流阻擋於作業區外，防止暴雨逕流與污染物接觸。設計暴雨逕流疏導土堤時必需考慮所需阻擋之流量與可能之水位，影響流量之因素包括排水區域面積、坡度、與設計暴雨之大小。較陡之地面入滲時間短，逕流量較大，而且流速也較快，設計之土堤時必需考慮此等情況。工業區規劃時，最好能同時規畫暴雨逕流疏導土堤，建造之後應定期檢查並修補崩塌，以發揮其應有之功效。

土堤由於施工容易，成本低，使用上較具彈性，但土堤不適用於地勢較陡或範圍較大的廠區，同時由於強度較低，在強烈暴雨侵襲時可能有嚴重沖刷或崩塌情形，設施必需經常檢視，並適時進行維修工作。



暴雨疏導土堤示意圖

8.2 非點源污染滯流設施

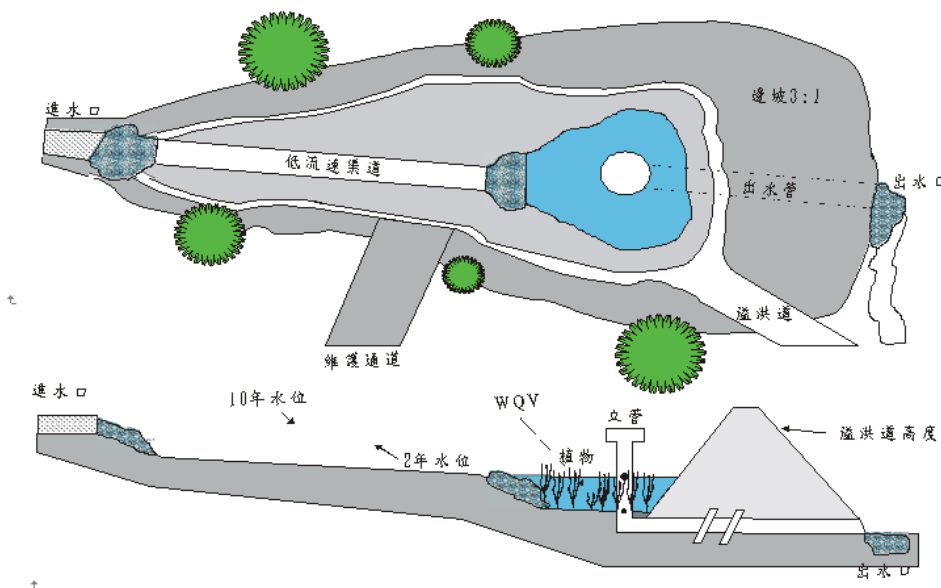
8.2.1 滯留池

1. 簡介

傳統上滯留池(Detention Pond)為防洪設施之一，但近年來滯留池之設計，通常亦加上去除污染的考慮。所謂「雙目標」或多目標滯留池之設計，即以同時降低洪峰，減少雨水逕流污染為目的，甚至將景觀、垂釣和休閒等功能考慮進去而成為多目標滯留池。

滯留池的種類有：

- (1)乾性滯留池：平常不蓄水，只有在暴雨情況下才滯留雨水逕流。
- (2)改良式乾性滯留池：將乾性滯留池之出水結構加以修改，水管改小或將出水口之高度提高，如此可以增加雨水逕流在池內逗留之時間因而增加去除效率。
- (3)濕式滯留池：常年保持一固定容積之水在池內，如同一池塘或小湖泊。

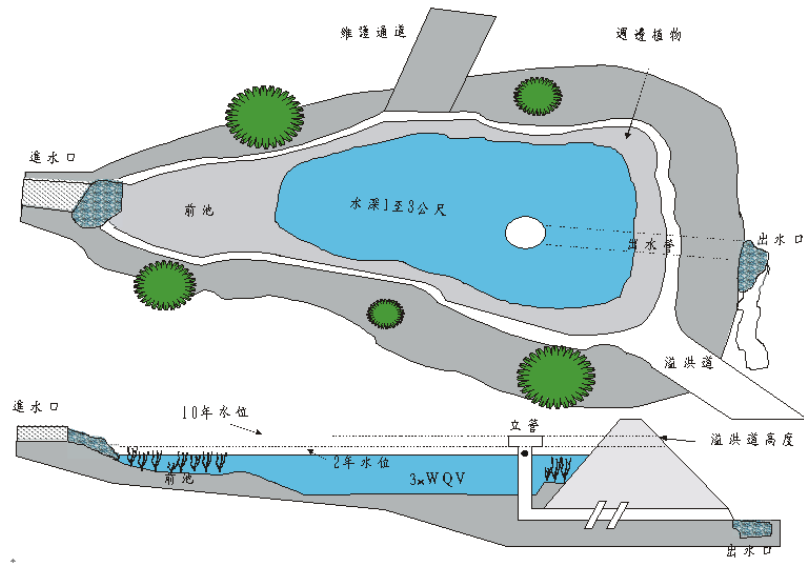


乾式滯留池設計圖

(Camp Dresser&McKee,1993)



乾式滯留池照片



濕式滯留池設計圖

(Camp Dresser&McKee,1993)



濕式滯留池照片

2.目的

將逕流雨水引至水池，使其滯留於池中並使懸浮固體產生沉澱，及部分污染物被分解，進而達到淨化功效。

3.污染物去除效率(高●，中◎，低○)

●沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ◎BOD與COD ◎重金屬
◎毒性物質 ◎油脂 ◎細菌與病毒 ●漂浮物

4.適用地點

- (1)用於大面積流域之逕流污染控制。
- (2)需要去除高比例之懸浮顆粒污染物及少量之溶解性污染物時。
- (3)可以與景觀設計做綜合規劃。
- (4)可配合棲地營造，提供生物生長、棲息及繁衍場所。
- (5)乾式滯留池適用於缺乏水源，無法維護濕式滯留池或人工濕地水位，或者草溝及草帶之植被難以維持時。
- (6)因為蚊蟲孳生之顧慮，不適合使用常年積水之濕式滯留池或人工濕地時，宜

採用乾式滯留池。

5.使用限制

(1)乾式滯留池

- a.需要大面積土地。
- b.不適用於高度都市化地區。
- c.不可設置於坡地、填土區或或有崩坍潛勢之場所。
- d.需考慮安全性以及周圍環境清潔維護等問題。
- e.應定期清理，避免被填平而喪失功效。

(2)濕式滯留池

- a.效率可能低於大部份逕流處理設施。
- b.池底與邊坡未植生可能造成底部沖刷與邊坡沖蝕等問題。
- c.使用出水口控制水力停留時間，較小集水區其池子出口太小，可能有出水口阻塞之考慮。
- d.需考慮蚊蟲孳生所引致的問題。
- e.需考慮池水厭氧以及優養化問題。
- f.乾季可能需要有補充水源。

6.設計準則

(1)消洪所需之體積

控制尖峰流量所需池之容積可以簡易公式作初步之估計：

$$V_f = 0.5(Q_{p0} - Q_{pv}) \cdot T_b$$

式中， V_f = 滯留池容積， L^3 。

Q_{pv} = 為開發前25年發生一次之尖峰流量， L^3/T ；

Q_{po} =開發後同一頻率之尖峰流量， L^3/T ；

T_b = 流量歷線之延時，T

(2)淨化污染物所需之體積：

每次降雨初期沖刷流出必須處理之雨水逕流量稱為水質體積(Water Quality Volume，WQV)：

g. 遊憩區， $WQV=20mm \times A_i$ (A_i ：集水區面積，ha)，即每公頃集水面積需 $200m^3$ 體積。

h. 社區、工業區， $WQV=10mm \times A_i$ (A_i ：集水區面積，ha)，即每公頃集水面積需 $100m^3$ 體積。

滯留池淨化污染物所需之體積，乾式=WQV，濕式=3WQV。

(3)滯留池總體積

◆ 乾式： $V=V_f + WQV$

◆ 濕式： $V=V_f + 3WQV$

(濕式滯留池體積成呆水位體積，其容積應至少為WQV之3倍)

(4)處理污染物所需之停留時間：

30小時。

(5)排水管設計

◆ 乾式滯留池

需能將前10mm(或20mm)之逕流體積，滯留在池內30小時，故滯留池之出水口需依下列公式設計其許可排放流量

$$Q_{avg} = \frac{WQV}{T}$$

式中， Q_{avg} = 許可排放之平均流量， L^3/T ；

WQV= 水質體積， L^3 ；

T= 滯留時間(Detention time)，如30小時，T

出水口管徑不小於8公分為宜，太小則易被堵塞。

- ◆濕式滯留池

7.維護需求

(1)結構安全及效率方面

- ◆須定期檢查並且於暴雨(如颱風)之後加強檢查，每年至少2到3次，檢查項目包括沖蝕情形、結構之損壞，淤積程度等。
- ◆濕式滯留池如池底泥砂堆積超過池容積20%時，應將泥砂清除。

(2)美觀方面

- ◆滯留池需嚴禁傾倒垃圾、雜物等，並需定期剪草。
- ◆濕性滯留池需防止蚊蟲孳生以及蘆葦等之過度生長。
- ◆如有藻類繁殖過量時，則需加化學處理(如鋁鹽處理)消除。

8.執行需求 (●高，◎中，○低)

- 初設費 ◎操作維護費 ◎維護需求 ○人員訓練

9.其他

(1)滯留池去除污染之原理

a. 沉積作用

顆粒性污染物之去除主要仰賴重力沉積，故此類污染物之去除率應與進流水中粒徑尺寸分佈和滯留時間有關，兩者之間的關係密切，其效能與滯留池之大小，形狀，以及出水結構之型式不同而有所改變。

沉積作用是一般滯留池去除污染物最主要之因素，但因不同的污染物其沉積之特性亦有所不同，故設計滯留池時需注意進流水中最具代表性之粒徑分佈。顯示數種污染物之去除率與滯留時間之關係，大部分污染物在前兩個小時

被去除。

b.腐化(Decay)

藉由微生物分解水中有機污染物，或者水中微生物自行死亡，而達到淨化水質的功效。

c.生物攝取(Biological uptake)

溶解性污染物之去除(例如磷、氨氮等)，主要仰賴滯留池內水生植物之攝取，其水質淨化效率與水生植物之種類與植栽密度有關。

(2) 乾性滯留池的設計準則多為使開發後暴雨逕流(例如25年發生頻率之暴雨)的最大流量數值與開發前相同，此類滯留池對污染物之去除率不高，主要因為滯留時間短，污染物沒有足夠時間沉積，而且一場暴雨過後沉積在池底的污染物可能又被下一場暴雨沖刷出滯留池，一般而言，乾性滯留池污染物去除率平均為0%至20%。

(3) 改良式乾性滯留池是將乾性滯留池之出水結構加以修改，水管改小或將出水口之高度提高，如此可以增加雨水逕流在池內逗留之時間因而增加去除效率。通常此種出水管係用2年頻率之暴雨設計，如此設計之滯留池可達到40%到70%粒狀性污染物之去除率，但對溶解性之污染物則去除效率甚低。

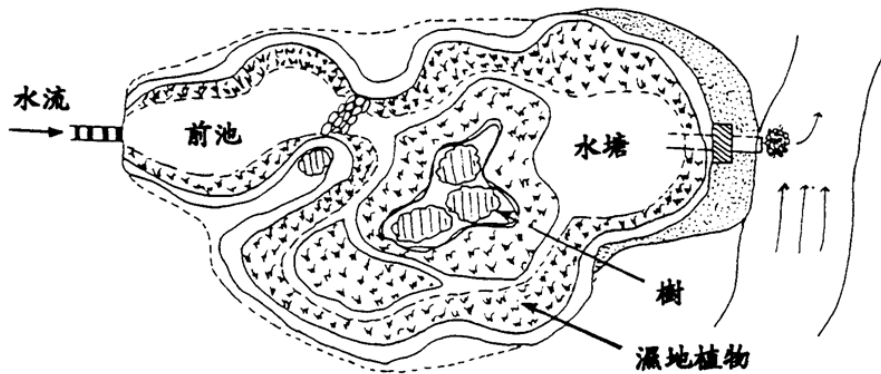
(4) 顆粒性污染物在濕式滯留池有較長時間沉積，而溶解性污染物也有較長時間被生物分解或植物攝取。一般而言，濕式滯留池之平均去除率為：

總懸浮固體物(TSS)	50%~90%
營養鹽(Nutrients)	40%~60%
鋅(Zn)	40%~45%

8.2.2 人工濕地

1. 簡介

人工濕地(Constructed Wetlands)為人工開挖或使用擋水設施造成的窪地，裡面經常保持濕潤或有淺層的積水，並種植水生植物。



人工濕地示意圖



人工溼地照片

2. 目的

- (1) 去除顆粒性及溶解性污染物。
- (2) 池子本身可以做為景觀美化之一部分，同時提供野生動物，鳥類棲息場所，為一多功能之暴雨控制設施。

3. 污染物去除效率(高●，中◎，低○)

- 沉澱物(sediment) ●氮、磷 ●BOD與COD ●重金屬
●毒性物質 ●油脂 ◎細菌與病毒 ●漂浮物

4. 適用地點

- (1) 集水區面積夠大，並可維持晴天水流以保持池子濕潤的地區。
- (2) 適合濕地植物生長的地區。
- (3) 可納入景觀規劃整體設計的地區。

5. 使用限制

- (1) 需要較大面積土地，不適用於高地價及高度開發地區。
- (2) 不能設於坡地。
- (3) 需考慮蚊蟲孳生問題。
- (4) 乾季需要額外供水，以維持系統生態。
- (5) 土壤需適合濕地植物生長。
- (6) 土壤需不透水，以防水份流失。

6. 設計準則

- (1) 設計原則(Mitsch, 1992)
 - a. 濕地系統的水力設計及植物種植必須採用最少的維護需求；
 - b. 根據原有地形作設計，不要大幅度改變地貌；
 - c. 設計時應就污染控制、景觀、生態等作多功能考量；
 - d. 盡量模仿天然濕地，不要使用過多的渠道或硬體結構物；

e.濕地系統規劃可以採用分散式設計或集中式設計，分散式設計在上游集水區內使用大量小型濕地，集中式設計則在下游處設置數目較少但規模大的濕地系統。

(2) 面積

人造濕地面積應為集水區面積之 1~2%，面積設計可採用濕式滯留池之計算方式，但濕地水淺，因此使用此一計算方式所得之面積需求將遠高於濕式滯留池。由於使用經驗顯示，採用較大面積之人造濕地未必提高污染去除率，因此人造濕地採用濕式滯留池所需面積設計即可（Schueler,1992）。

(3)系統配置

- a.濕地設置適當區隔之前池與後池，可提高污染去除率；
- b.池子呈長條狀以防止短流；
- c.池邊設置道路供維修車輛行駛；
- d.邊坡應大於 4:1，若為節省空間，可使用混凝土擋土牆，此時需設置圍籬，防止人員或動物落水。

(4) 深度

前池與後池深度 1 至 2 公尺，前池與後池合佔濕地 25%~50%面積。

(5)土壤

濕地土壤需適合植物生長，同時為防止濕地水分入滲，土壤之透水性不可太高。

(6)濕地植物選擇

人造濕地上應種植濕地之原生性植物，台灣地區原生濕地植物列於表 7 (環保署，1995)。

(7)注意事項：

- o. 大型人工濕地其邊坡在水深60公分的地方至少要有4:1的坡度，若濕地的邊緣以圍牆構築，則應加設安全護欄，防止遊人掉到水裏。
- p. 人工濕地的周圍必須有足夠的空間，讓管理用的交通工具行走。

- q. 濕地的外圍至少要有30公分的出水高度。
- r. 若濕地的外圍以土壤構築，在出水管的同圍的土壤應加裝防漏設施。
- s. 濕地必須有45公分到60公分的有機性的土壤，以利濕地植物的生長。
- t. 濕地土壤必須有吸附水中磷酸鹽的作用。
- u. 若有短流的情形發生，在前塘的進水口處必須設置消能設備，降低進流水的流速，或增加池塘的長寬比。

7.維護需求

- (1)每場大雨後進行檢查，或至少一年檢查一次。
- (2)定期清除水面的漂浮物。
- (3)修理周圍崩塌的地方。
- (4)防止蚊蟲的滋生。
- (5)定期(約3~5年)清除濕地底部的沉積物，若出水中有毒性物質有增加的趨勢，應立即進行沉積物的清理。

8.執行需求 (●高，◎中，○低)

●初設費 ◎操作維護費 ◎維護需求 ○人員訓練

9.其他

人工濕地目前使用仍然不多，一般集水區必須大才能有晴天水流，維持池子濕潤。濕地內植物族群之建立不容易，必須經由有生態學專長之人員加以選擇。

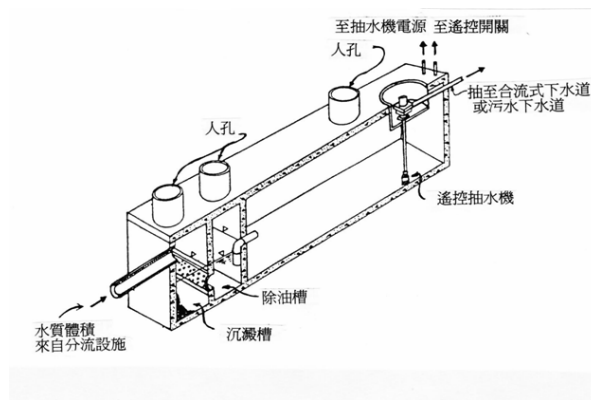
表 7 台灣地區濕地原生植物名錄

俗 名	學 名
菱	<i>Trapa bispinosa</i> o b. Var. <i>iinumai</i> Na a o
眼子菜	<i>Potamogeton octandrus</i> Poir.
馬藻	<i>Potamogeton crispus</i> L.
金魚藻	<i>Ceratophyllum demersum</i> L.
三白草	<i>Sagittaria chinensis</i> (Lour.)
水蕨	<i>Ceratopteris thalictroides</i> (L.) Brongn.
水燭	<i>Typha orientalis</i> Presl.
蘆葦	<i>Phragmites communis</i> (L.) Trin.
荸	<i>Eleocharis dulcis</i> (Rostk. Schmidt) Trin.
日本篔簹	<i>Blyxa japonica</i> (Miq.) Maxim.
水車前	<i>Ottelia alismoides</i> (L.) Pers.
銀蓮花	<i>Nymphoides pinnatifida</i> (Rostk. Schmidt) Ktze.
水芹菜	<i>Oenanthe javanica</i> (Bl.) DC.
臺灣萍蓬草	<i>Nuphar shimadai</i> Hayata
青萍	<i>Lemna perpusilla</i> (L.) Rostk. Schmidt.
稗蓋	<i>Sphaerocaryum micranthum</i> (Trin.) Pilg.
大穀精草	<i>Eriocaulon sexangulare</i> L.
大萍	<i>Pistia stratiotes</i> L.
大金髮蘚	<i>Polytrichum commune</i> Hedw.
滿紅	<i>Azolla pinnata</i> R. Br.
田字草	<i>Marilea minuta</i> (L.) Rostk. Schmidt.
槐葉蘋	<i>Salvinia natans</i> (L.) All.
匍莖通泉草	<i>Mazus miquelii</i> Makino
蝴蝶薑	<i>Heptanchium coronarium</i> Koeberlin
短柄卵果蕨	<i>Phegopteris decursive-pinnata</i> (van Hall) Fernald
水手花	<i>Scirpus mucronatus</i> (L.) Rostk. Schmidt.
水丁香	<i>Ludwigia octovalvis</i> (L.) Rostk. Schmidt.
水龍	<i>Ludwigia peploides</i> (L.) Rostk. Schmidt.
圓葉澤瀉	<i>Cyperus rotundus</i> L.
水蜈蚣	<i>Kyllinga brevifolia</i> (L.) Rostk. Schmidt.
水竹葉	<i>Murdannia keisak</i> (L.) Rostk. Schmidt.
鴨舌草	<i>Monochoria vaginalis</i> (L.) Rostk. Schmidt.

8.2.3 初期逕流儲水設施

1. 簡介

初期逕流儲槽構造 (Bell, 1993)，其功能在儲存暴雨初期逕流之水質體積。此一設施設有中央系統控制之抽水幫浦或出水閘，將貯存之逕流經由污水下水道或合流式系統送至污水處理場處理。若逕流水質較好，則儲槽內之雨水可用來做為澆水、洗街及廁所沖水用途。



2. 污染物去除效率

配合廢污水處理設備，各種污染物去除效率都高。

3. 適用地點

合流式下水道系統或儲槽有管線可通至污水系統處理之情況，水質較好之逕流可做雨水再利用。

4. 使用限制

1. 需配合其它處理設施，無法單獨使用；
2. 需要有輸送管路或渠道。

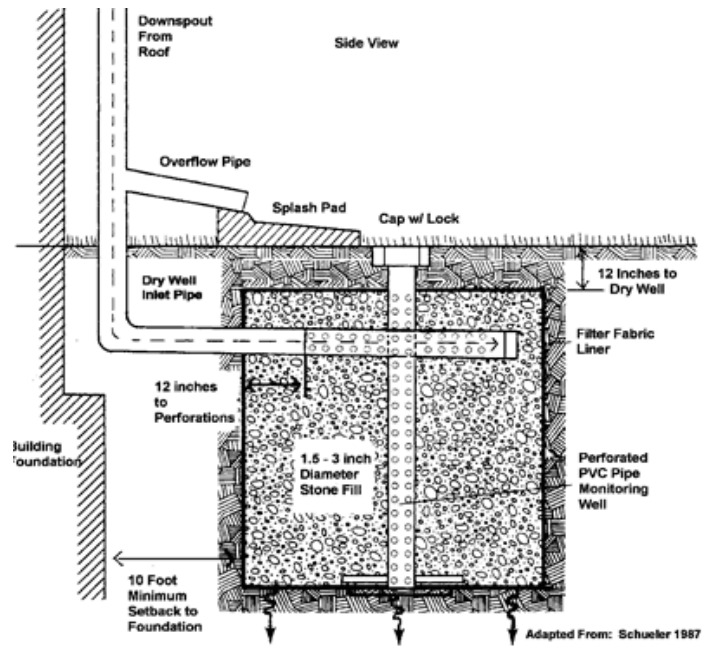
5. 設計準則

儲槽之體積應大於水質體積（不透水面之 1.25 公分逕流）。

8.2.4 入滲乾井

1. 簡介

入滲乾井為入滲溝之一種，其長度較短，深度較大，一般用來收集屋頂之雨水。



入滲乾井示意圖

(<http://www.seagrants.sunysb.edu/cprocesses/pdfs/BMPsForMarinas.htm>)



入滲乾井照片

(<http://www.reliablebasement.com/47101/47164.html>)

2.目的

- (1)降低雨水逕流量。
- (2)過濾水中沉質。
- (3)有洪水控制及地下水補注的功能。

3.污染物去除效率(高●，中◎，低○)

- 沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ●BOD 與 COD ●重金屬
- 毒性物質 ●油脂 ●細菌與病毒 ●漂浮物

4.適用地點

入滲乾井主要用來處理屋頂排水，所以一般設於建築物周圍。

5.使用限制

入滲乾井貯水體積有限，因此其設置條件不如入滲池一般嚴格，但設置地點土壤應有 0.6cm/hr 以上之透水率，同時地下水水位應離地面一公尺以上。設有地下室之建築物應確定建築防水設施完善。

6.設計準則

入滲乾井之體積、表面積設計與入滲溝相同。圖29為一常見之入滲乾井的結構圖。

7.維護需求

同入滲溝。

8.執行需求 (●高，◎中，○低)

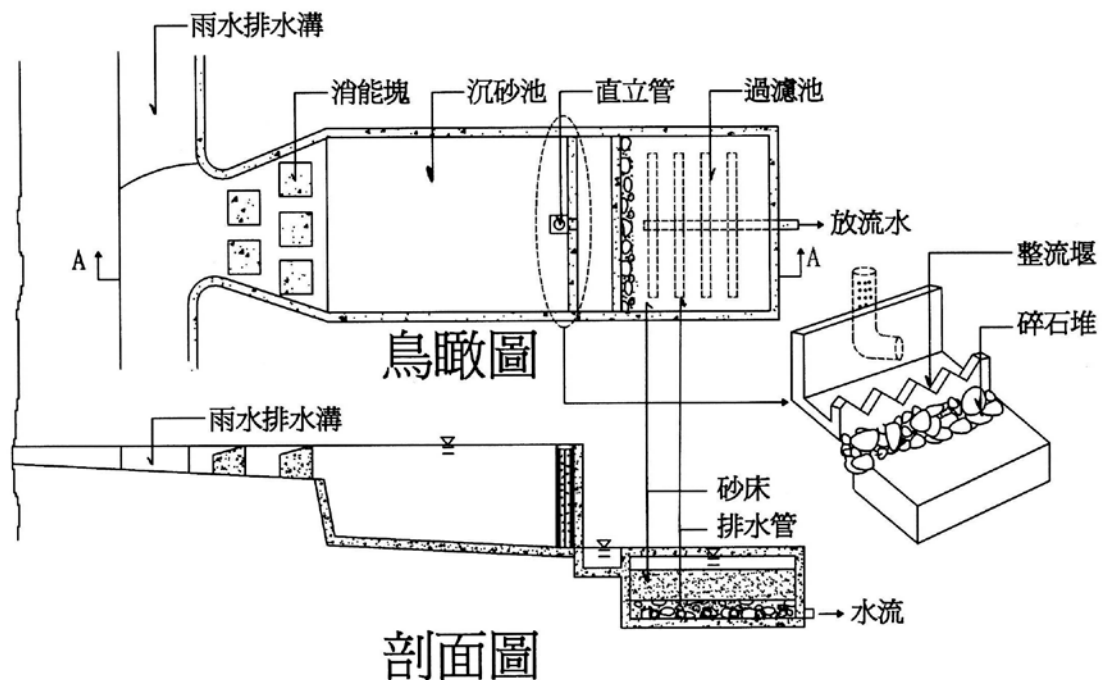
- ◎初設費 ○操作維護費 ○維護需求 ○人員訓練

8.2.5 砂濾器

1. 簡介

砂濾器係由一個沉澱池及一個砂濾槽所組成，逕流先進入沉澱池內短暫停留，將較大顆粒沉澱去除之後流入濾床過濾，濾床之濾料可為砂子或砂子與泥煤之混合物。沉澱槽體積一般設計成可完全貯存水質體積。砂濾對於粒狀污染物有很高的去除率，但對於溶解態污染物則無去除效果。在土地取得困難地區，砂濾器可設置於地下。濾器之維護需求高於大部份逕流處理設施。由於砂濾器之處理容量有限，因此設施必須與排水渠道側接，只允許小型降雨之全部逕流或大型降雨之部份逕流流入。

Austin 砂濾系統濾池為 45 至 60 公分厚的砂層以及下方的礫石與多孔 PVC 排水管所構成，砂層與上下礫石層間鋪設地工織物，以防砂土流失。使用經驗顯示，地面砂濾系統對總磷之去除效率在 40%~60% 之間（Bell, 1993）。



2. 污染物去除效率(高●，中◎，低○)

- 沉滓 ◎營養鹽 ◎重金屬 ○毒性物質
●漂浮物 ◎耗氧物質 ◎油脂 ◎細菌與病毒

3. 設計準則

1. 沈澱池應設消能設施，防止沈降物再懸浮；
2. 水流應均勻分布於濾床；
3. 與渠道做側接，以防大水沖刷；
4. 沈澱池體積計算

砂濾器之沈澱池體積計算可以沿用乾式滯留池體積的計算方法，但由於砂濾器沈澱池之後有過濾處理，因此其沉澱池之沈滓去除效率不須如滯留池，以避免設施體積過於龐大。

5. 濾床表面積計算

根據美國德州 Austin 經驗，濾床表面積可以使用下列公式計算：

$$A_f = 3630(V \times H) / [K \times (D + H)]$$

其中 A_f = 濾床表面積，ft²

V = 需處理之逕流體積(in-acre)，可以用下式計算

$$V = DCIA \times 0.5in$$

$DCIA$ = 與排水系統直接相連之不透水表面總面積，acre

H = 砂濾床厚度，ft

D = 砂濾床上水深（取最大水深之一半），ft

K = 濾床係數，建議使用 3.5

上述式子根據濾砂有效粒徑為 0.02~0.04in 導出，濾砂粒徑小於此值時，濾床面積必須加大。

4. 維護需求

1. 每半年或每次較大降雨之後應檢視設施；
2. 沈澱池沈澱累積 10 吋，砂濾床沉澱累積 1.5 公分即應進行清除；
3. 濾床表層淤泥與濾砂之混合物應每半年清除一次，以維護砂床之透水性，並避免沈澱穿透濾層，導致全部砂層必須更換；
4. 集水區須避免因地表裸露或施工活動造成土壤沖刷，以延長濾床維護間距。

5. 執行需求 (●高, ◎中, ○低)

●初設費 ◎操作維護費 ●維護需求 ○人員訓練

8.3 非點源污染去除設施及其它

8.3.1 (Access Road)

1.簡介

良好的森林行車通道可透過減緩坡度、植栽、刷狀柵欄等削減70%的沉積顆粒。



2.目的

改善土壤沖蝕和沉積。

3.使用限制

- (1) 針對大量運輸行為地區、可以暫時性或長久性方式設計
- (2) 需避開濕地和水岸區域

4.設計準則

- (1) 遵循原始等高線設計

- (2) 單向車道最窄14尺
- (3) 雙向車道最窄20尺並預留2尺路肩
- (4) 需有溝渠導開水流、設置完工後需盡快恢復植栽覆蓋
- (5) 設置前需評估負面效應，未適當管理的行車通道會衝擊下游水質

5.維護需求

- (1) 路面鋪設
- (2) 過濾帶植栽
- (3) 淤泥柵欄
- (4) 維護費用

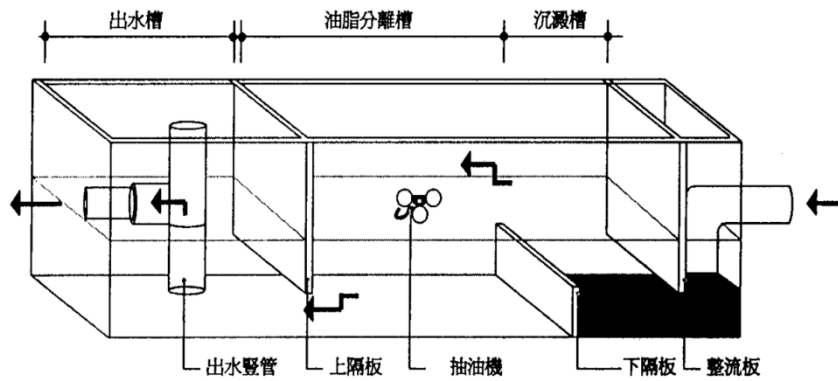
6.執行需求

截水設施材料與建造費用，其高低取決於截水設施的複雜程度。

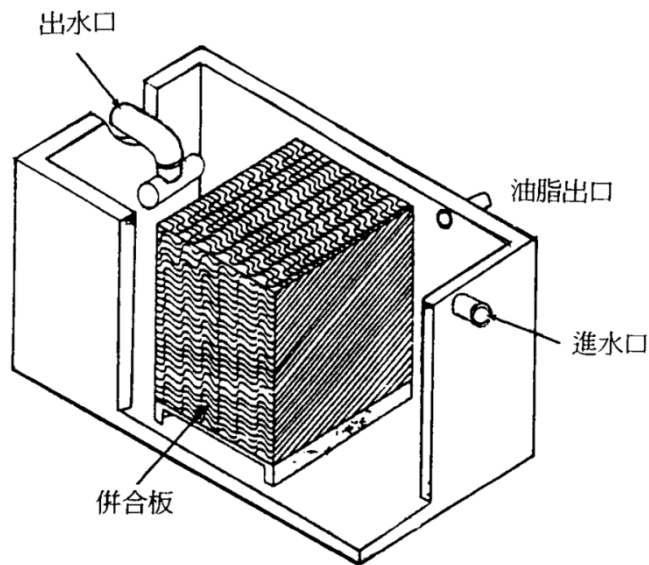
8.3.2 油水分離槽

1. 簡介

逕流中油脂去除可使用油水分離槽，分離槽主要係靠油、水之比重差將油脂浮除，主要的設計有傳統的重力式以及效率較高之併合板截留式 (Coalescing plate Interceptor, CPI) 兩種。



重力式油水分離槽
(Camp & McKee, 1993)



併合板油水分離槽
(Camp & McKee, 1993)

2.目的

減少遊憩區內產生之油脂進入承受水體。

3.污染物去除效率 (高●，中◎，低○)

◎沉澱物(sediment) ◎氮、磷 ◎BOD與COD◎重金屬
◎毒性物質 ●油脂 ○細菌與病毒 ●漂浮物

4.適用地點

- (1)車輛、設備維修保養或清洗之區域。
- (2)油脂含量高且來源控制(Source control)無法有效去除的地區。

5.使用限制

暴雨逕流中油滴之比重以及粒徑分佈數據不足，處理效率的不確定性高。

6.設置準則

- (1)傳統式重力油水分離槽

- ◆ 池子深度：

$$D = (Q/RV)^{0.5}$$

式中，D：油水分離槽深度，必須介於 1~2.5 公尺

Q：設計流量，m³/s

R：槽之寬度與深度比(W/D)，使用 2 到 3

V：容許之水平流速，等於油脂上升速度 V_p 之 15 倍，且不可於大於 0.015m/s

- ◆ 油溝上升速度：

$$V_p = 0.55(d_p - d_c) \cdot d^2 \times 10^{-8} / \eta$$

其中， V_p ：油滴上升速度，m/s

η ：水之絕對黏度，poise

d_p ：油之密度，g/mL

d_c ：水之密度，g/mL

d ：欲去除油滴之直徑， μm

溫度影響水與油脂之密度和黏滯度，因而油滴上升速度必須考慮溫度因素。暴雨逕流水中油脂之密度可假設約介於 0.85 ~ 0.95 g/mL 之間。

- ◆ 池子長度與池子寬度：

$$L = \frac{V \cdot D}{V_p}$$

$$W = \frac{Q}{V \cdot D}$$

其中， L ：長度，m

W ：寬度，m；寬度應為深度之 2~3 倍，而且不可超過 7.5 公尺

- ◆ 其他設計準則：
 - 上隔板高使用深度之 0.85 倍。
 - 下隔板高使用深度之 0.15 倍。
 - 設置分流隔板位於距進水口 0.15L 處。
 - 槽之出水高度應有 30 公分以上。
 - 設置繞流設施，導離大於設計流量之逕流。

◆ 設計流量之決定：

設計流量可以使用再現期 3 個月到 1 年的尖峰流量，若使用 6 個月再現期之尖峰流量為設計流量，油水分離槽約可處理 90%的全年逕流體積。

(2)併合板除油器

欲達到較高的油脂去除效率，必須使用併合板除油器，此類除油器之規格與需要數量與洽製造廠商決定。

7.維護需求

- (1) 每年雨季來臨之前清理除油槽或除油器。
- (2) 雨季期間每月檢查油污累積情形，必要時即應清理油污。
- (3) 廢油泥應按照相關廢棄物管理條例妥處理與廢棄。

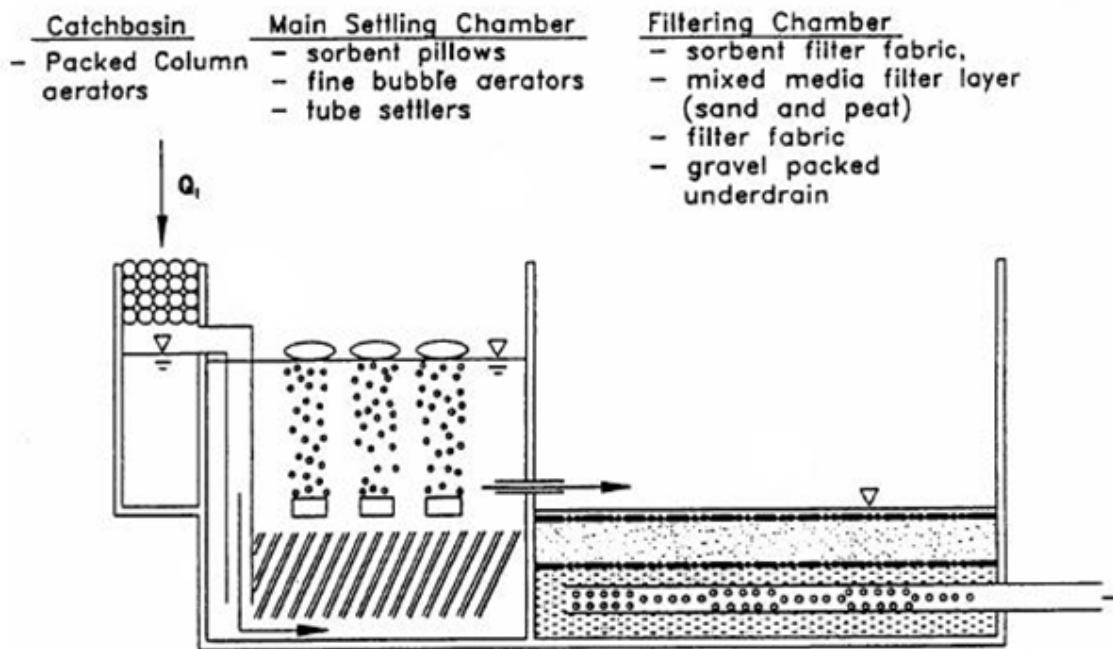
8.執行需求（●高，◎中，○低）

◎初設費 ◎操作維護費 ◎維護需求 ○人員訓練

8.3.3 多槽處理設施

1. 簡介

多槽處理設施 (Multi-Chambered Treatment Train, MCTT) 屬於新型的非點源污染處理技術 (State of California, 2004)，由阿拉巴馬大學 (University of Alabama Birmingham) Pitt 教授及其同仁設計發展。MCTT 為延續解決油水分離設施之問題而發展出之新處理方式，共有 3 個槽體設施。第一槽為攔截槽，提供篩除作用；第二槽為沉澱槽：使較微細的固體物沉積；第三槽為過濾槽，運用泥炭-砂組成的過濾層去除污染物。



2. 目的

削減暴雨逕流中之有機或金屬毒性物質 (包括揮發性、粒狀及溶解性物質)

3. 污染物去除效率 (高●，中◎，低○)

- | | | | |
|-----------------|-------|-----------|-------|
| ● 沉澱物(sediment) | ○ 氮、磷 | ◎ BOD與COD | ● 重金屬 |
| ● 毒性物質 | ◎ 油脂 | ○ 細菌與病毒 | ● 漂浮物 |

4.適用地點

MCTT 主要針對小型且分離的不透水地區，集水區面積約在 0.1 到 1 公頃，主要包括停車場、加油站、工業區、遊艇碼頭、車輛維修站等，其所產生之逕流，具有相當高濃度之污染，為其他地區之 3~600 倍。

5.使用限制

- (1) 不適用於去除營養鹽（氮、磷）污染物
- (2) 過濾槽之濾材選用，必須基於污染物去除率及場址特性

6.設計準則

- (1) 攔截槽部份（Catch basin）：

攔截槽的設計常用圓形攔截槽，其槽體直徑是出口直徑的4倍。該出口則位於從頂部算起4倍直徑與從底部算起4倍直徑之處，所以槽體將有6.5倍出口直徑的深度。而槽體的尺寸是由下列三個因素所決定：逕流量、逕流中的SS濃度、以及攔截槽清理的頻率等。

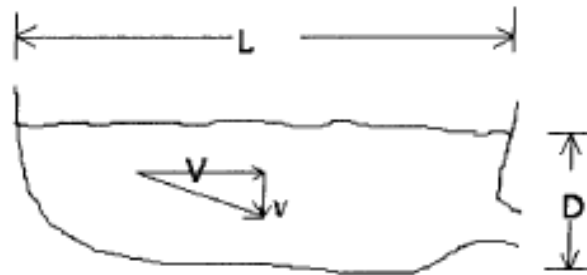
- (2) 沉澱槽部份（Settling Chamber）

MCTT的沉澱槽與一般常見的沉澱槽原理相似，都是採用水力負荷率（深度與時間之比值）來估計去除率。所謂之水力負荷率即相當於連續流系統中的表面溢流率（Surface Overflow Rate, SOR）或是靜態系統中的水深與滯留時間的比值。本研究之MCTT可在兩種模式中運作。若出口採用限流孔（Orifice）控制流量的話，MCTT就類似傳統的濕式滯留池而上述比率就是上流速度（Upflow Velocity，即瞬間流出量除以槽的表面積）。若出流是利用浮球開關與泵浦控制的話，則就類似靜態的系統，而其水力負荷率就是槽深度除以泵浦啟動前的沉澱時間。

以連續流系統為例，槽內任一粒子的路徑均由水平速度 V 與沉積速度 v 所決定。因此，當水平速度緩慢時，則即便是緩降的粒子也能被滯留。然而若水平速度較快時，則僅有較重之粒子（即沉積速度較快者）才容易被滯留。所以，水平速度與粒子沉積速度臨界比值必須等於沉澱槽之長（ L ）與出口深度（ D ）的比值，即

$$\frac{V}{v} = \frac{L}{D}$$

其關係式如下圖所示：



沉澱槽尺寸與臨界沉澱速度關係圖

進一步推導，水平速度又等於排放之流量（ Q ）除以槽體的截面積（ DW ），所以

$$V = \frac{Q}{DW}$$

在穩態狀況下（Steady State），槽體內之出流率應等於入流率。然而當暴雨來臨時，入流率（ Q_{in} ）通常會大於出流率（ Q_{out} ），所以槽體內的流速是由較慢的出流率所控制，將此關係帶入上述臨界比值，可得：

$$\frac{Q_{out}}{WDv} = \frac{L}{D} \quad , \quad \text{整理後可得} \quad \frac{Q_{out}}{v} = LW$$

而右式 LW 為槽體的表面積，所以 $\frac{Q_{out}}{v} = A$

由此可得上流速度（Upflow Velocity）的定義為：

$$v = \frac{Q_{out}}{A}$$

其中， Q_{out} = tank outflow rate

A = tank surface area

$v = \text{upflow velocity, or critical particle settling velocity}$

因此，就一理想沉澱槽而言，當粒子的沉澱速度小於上流速度時就會被移除。只有增加槽體的表面積或降低出流率，才可能增加粒子的沉澱效率。增加槽體深度將減少底部沖刷（Scour）的機率。

另外，在極緩慢的流況下（比如MCTT中必須採用浮球開關與泵浦的情況），會有下列的關係式：

$$t = \frac{\text{Volume}}{\text{Flow rate}} \quad , \text{ 所以：} \quad \text{Flow rate}(Q_{\text{out}}) = \frac{\text{Volume}}{t}$$

其中， t 為水力滯留時間。

將 $v = \frac{Q_{\text{out}}}{A}$ 帶入可得：
$$v = \frac{\text{Volume}}{(t)(A)}$$

但是， $\text{Volume} = (A)(\text{depth})$ ，帶入可得

$$v = \frac{\text{depth}}{t}$$

由此可見，溢流率（Overflow rate, Q/A ）等於槽體深度與滯留時間的比值，而不僅與滯留時間有關。因此，MCTT沉澱槽的尺寸可以根據前述之連續流或靜態流的理論予以推算。

(3) 過濾槽部份（Filter Chamber）

MCTT最後一個槽體是一個含有混合式濾料（有吸收/離子交換功能）的設施。最原始的設計是含有50/50的砂與泥炭（Peat Moss）的混合料，後來在Milwaukee的全尺寸試驗中也採用33/33/33的砂、泥炭與活性碳的混合料。MCTT過濾槽可採用

許多可用的濾料，然而必須留意其水力容量（Hydraulic Capacity）是否足夠。舉例來說，單純的泥炭因為容易被壓縮而使得水不易流過，所以效果並不好。然而，當其與砂混合後將使水力容量大幅提升。Clark and Pitt (1997)曾做過一系列有關暴雨污染物控制之濾材的去除效率研究，下表所示即為典型之砂、樹葉堆肥、泥炭等濾材對各種污染物之去除效率。

應用於暴雨污染物控制之濾材效率

Pollutant	Sand ¹	Leaf Compost ²	Peat Moss ³
Suspended Solids	70	95	90
Turbidity	n/a	84	n/a
Total Nitrogen	21	n/a	50
Total Kjeldahl Nitrogen	46	56	n/a
Nitrate - Nitrogen	0	n/a	n/a
Total Phosphorus	33	40	70
BOD ₅	70	n/a	90
Fecal Coliform Bacteria	76	n/a	90
COD	n/a	67	n/a
Total Organic Carbon	48	n/a	n/a
Iron	45	89	n/a
Copper	n/a	67	80
Lead	45	n/a	80
Zinc	45	88	80
Petroleum Hydrocarbons	n/a	87	n/a

¹ City of Austin (1988)

² W&H Pacific (1992)

³ Galli (1990)

過濾槽藉由過濾及吸附作用，提供沉澱槽以外之除污效果。除了滿足設計逕經沉澱槽處理後流入外，另也藉由溢流口承接超過沉澱槽負荷之暴雨逕流量。主要設計點可區分為兩階段，第一階段為達成污染去除目標濾材之選擇，第二階段為濾材尺寸配置以符合濾材更換前需求之操作期。實際操作經驗常在尚未確認濾材去除效率前，濾材孔隙已被懸浮固體所阻塞，故過濾槽之前置單元沉澱槽其功能需能使SS 降至10mg/L 以下，方能使過濾槽發揮其正常功能。

濾材選用基於所需求污染物去除率及場址特性，前置沉澱槽發揮正常處理功能情況下，試驗過濾槽各種濾材之處理成效依序排名如下：

(i) 泥炭 + 砂（僅對色度、濁度、pH 有負面影響）。

(j) 活性炭 + 砂（無負面影響，惟效果略低於泥炭 + 砂）。

(k) Enretech (註) + 砂 (改變不大, 效果時好時壞)。

(l) Compost (註) + 砂 (較多負面影響)。

註: Enretech、Compost 為以回收植物纖維經加工後製成之環保濾材廠牌名稱, 試驗結果如

暴雨逕流未經沉澱槽適當前處理情況下, 極短停留時間即達過濾槽, 則以Compost+砂去除效果會變為最佳。

實務上過濾槽設計時以容許之懸浮固體負荷及濾材更換週期作為主要控制因子, 當滲透率低於1 m/day 時視為阻塞, 雖然其仍存在微量過濾效果。

7. 維護與管理

- (1) 每半年檢查槽內是否有積水情形、泥沙、垃圾、雜物等沉積物
- (2) 經常巡視水管與濾床, 避免發生阻塞狀況
- (3) 在每場暴雨之後, 確定是否在 72 小時內排水順暢
- (4) 當濾料下降且出流口有嚴重泥沙堆積時, 請務必對濾床作緊急處理
- (5) 各槽沉澱物堆積情形, 若佔槽體深度之 10% 淤積量, 立即作清理動作

8.3.4 街道清掃

1.簡介

使用掃街車定期清掃街道可減少降雨期間污染物沖刷進入雨水下水道。街道定期清掃為各先進國家都市及社區之必要市政工作，此項工作有維持市容、改善空氣污染、降低非點源污染等多重功能。

2.執行方法

1. 瞭解街道污染情形，對於污染嚴重之路段應使用較好設備及較高的清掃頻率
2. 執行停車管理，樹立告示牌標示掃街及禁止停車時段
3. 雨季來臨之前增加掃街頻率
4. 掃街車應充份維修，維持最高之清除效率
5. 詳細規劃掃街路段與頻率，並保持完整之掃街紀錄

8.4 示範案例

8.4.1 前言

本示範案例是參考美國喬治王子郡的 LID 之概念設計。LID 全名 Low Impact Development 是一種新的暴雨管理設計理念，該理念是將 BMP 設計更加分散化、多功能化和當地語系化。低衝擊開發理念設計的 BMP 是通過小型的造價及維護成本低的設施實現面源污染控制、洪峰削減、景觀生態及水土保持等多種功能。LID 在暴雨管理的目標上具有更高的要求，其主要是對綜合逕流係數的要求：傳統的暴雨管理目標（BMPs）只對暴雨洪峰逕流係數提出控制目標，而最新的低衝擊開發技術在要求控制洪峰逕流係數基礎上更加提出對開發後的綜合逕流係數的控制。

採用 LID 技術設計的 BMP 稱之為 IMPs，幾乎所有的城市建築都可以建造 IMPs。IMPs 不再必須大片的空地，而是利用屋頂、道路綠化帶、人行道、樹木、停車場等的透水路面實現地表逕流的滯留和入滲。LID 設計理念可以適用於城市的初次開發和改造。

8.4.2 案由介紹

本案例場址坪林行控中心停車場如圖 8.2.1，主要停放北宜高速公路緊急救災用消防車、吊卡車、貨車、箱型車、轎車等，目前戶外規劃 7 個大型車停車位，14 個小型車停車位。觀察降雨期雨水陰井積水有深色油污（詳圖 8.2.2 所示），集水面積約 0.1 公頃，場址周邊有綠化草坪，暴雨逕流經陰井收集後排入道路旁之排水溝。而從該地區流出的暴雨逕流夾帶平日累積的重金屬，成為高重金屬濃度的污染逕流，卻可能會造成水體在暴雨初期的瞬間衝擊，影響水質與水生生態。

該停車場為一扇形封閉區域，其高程北高南低，故於該場址南方端點處設置非點源處理技術—多槽處理設施（Multi-Chambered Treatment Train, MCTT），其位置如圖 8.2.3 所示。

8.4.3 MCTT 技術原理

標準 MCTT 處理設施為三槽的地下結構，其表面面積一般為集水面積的 0.5% ~1.5%之間。MCTT 主要由三個處理單元組成，分別為攔截槽、沉澱槽以及過濾槽，如圖 8.2.4 所示。坪林行控中心停車場之 MCTT 外觀如圖 8.2.5 所示。

MCTT 設施第一槽為攔截槽 (Catch basin or Grit Chamber) 提供篩除作用，除去較大固體顆粒與廢棄物。第二槽為沉澱槽 (Settling Chamber)，槽內水流保持靜態，使較微細固體物沉降。第三槽為過濾槽 (Filtering Chamber)，利用砂與泥炭組成的表面過濾層，做最後的污染去除。MCTT 三種槽體分別有不同的去除功能，而其中攔截槽對毒性物質並無任何去除效果，主要在於攔截大型污染物，作為接續兩槽的前處理，大部分的去除效果都發生在沉澱槽，過濾槽則對於毒性物質與重金屬提供進一步的處理。



圖 8.2.1 坪林行控中心停車場



圖 8.2.2 坪林行控中心停車場雨水陰井（可見表面油污）

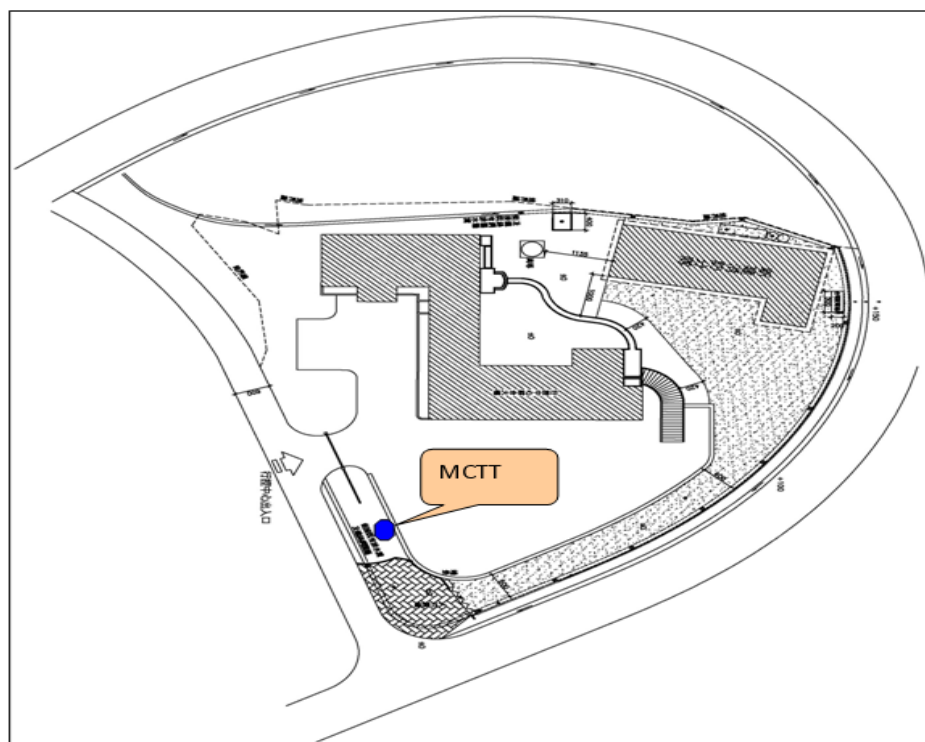


圖 8.2.3 MCTT 設施平面位置圖

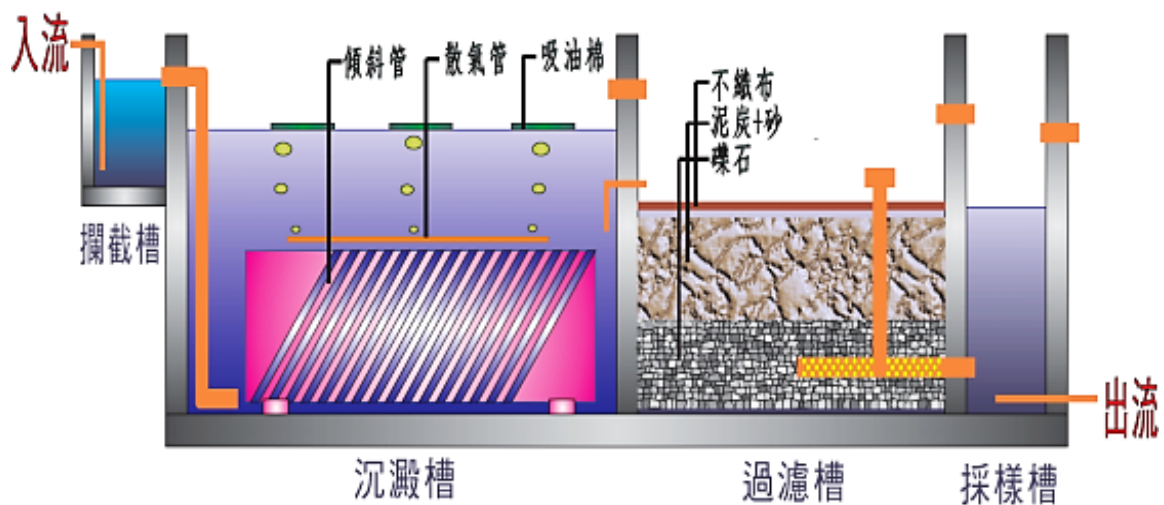


圖 8.2.4 MCTT 剖面示意圖



圖 8.2.5 坪林停車場 MCTT

8.4.4 結果分析

MCTT 對各種污染物的平均去除效率分別為，SS 81.29%、TP 41.86%、鉛 46.15%、銅 50%、鋅 65.41%，油脂 15.49%，詳見表 8.2.1 所示。

坪林場址實測初步的結果顯示，MCTT 是控制“熱點”暴雨逕流污染的一個有效設施。因其為地下設施，可配置為下水道系統之一，故在人口密集、地價昂貴之地區較為實用。

表 8.2.1 MCTT 成本效益分析（濃度單位：mg/L）

樣品	SS	TP	銅	鉛	鋅	油脂	備註
平均入流濃度	27.8	0.043	0.014	0.013	0.159	2.13	入流量 =10CMD
平均出流濃度	5.2	0.025	0.007	0.007	0.055	1.8	
削減率%	81.29	41.86	50.00	46.15	65.41	15.49	

參考文獻

Seattle Public Utilities Non-point Source Pollution Programs

National Taipei University of Technology, 2007

Neil Thibert, P.E.

System for Urban Stormwater Treatment and Analysis INtegration

(SUSTAIN)Step-by-Step Application Guide Version 1.0

Tetra Tech (2009)

行政院環境保護署（1998），工業活動非點源污染最佳管理作業規範。

行政院環境保護署（1998），社區非點源污染最佳管理作業規範。

行政院環境保護署（1998），遊憩活動非點源污染最佳管理作業規範。

行政院環境保護署（2007），非點源污染削減技術試驗計畫－MCTT 多槽處理技術。

林鎮洋、劉秀鳳、陳彥璋、王建清、陳起鳳(2007)，「以出流機率法評估濕式滯留池除污效率」，中華水土保持學報，38(3): 205-215。

<http://wr.ntut.edu.tw/student/student.aspx?stid=22520&sname=%E6%A5%8A%E5%BF%A0%E5%8B%B3>

中英對照

人工濕地	Wetlands	47
入滲乾井	Infiltration Dry Well	61
下水道清理	Sewer cleaning	119
土地利用規劃	Land Use Planning	77
大眾教育與民眾參與	Public education and public participation	76
不當接管防治	Inappropriate to take over control	84
戶外原物料貯存	Outdoor storage of raw materials	26
水利設施與植栽管理	Management of irrigation facilities and the planting	36
水道與排水溝維護	Maintenance of watercourses and drains	205
加蓋隔離	Isolation seal	36
污染物清除	Contaminant removal	24
地面儲槽洩漏控制	Ground storage tank leakage control	100
多重處理設施	Multiple treatment facilities	142
多槽處理設施	Multi slot processing facilities	70
安全替代品	Safer alternatives	28
收集池或收集坑	Collection pool or collection pit	37
污水下水道洩漏控制	Sewage Spill Control	122
污水管理	Wastewater Management	199
行車通道	Vehicular access	226
呈層複合土壤系統	Layer composite soil system was	150
沉砂井清理	Well clean grit	45
車輛、街道、建物管理	Vehicles, streets, building management	31
車輛使用控制	Traffic control	108
車輛洩漏控制	Vehicle Spill Control	109
車輛與設備加油	Refueling vehicles and equipment	32
車輛與設備清洗	Vehicle and equipment cleaning	33
車輛與設備維修	Vehicle and Equipment Maintenance	34
其他項目	Other items	65
垃圾管理	Waste Management	202
承接設備	Equipment to undertake	85
油水分離槽	Oil-water separator tank	78
物料管理	Materials Management	204
初期逕流儲水設施	Runoff storage facilities	59
雨水下水道入口標示	Marked storm sewer inlet	60

非法傾倒管制	Illegal dumping control	83
室外物料裝卸作業	Outdoor loading and unloading of materials	29
砂濾器	Sand filter	55
風景區的清掃	Scenic cleaning	210
員工訓練	Staff Training	86
家務管理	Housekeeping	157
液態儲桶之室外存放	The outdoor storage of barrels of liquid storage	30
透水鋪面	Permeable pavement	67
圍堵凸堤	Convex containment dike	64
植生緩衝帶	Vegetative buffer strips	52
植栽修剪與管理	Planting pruning and management	212
街道清掃	Street sweeping	111
貯存操作	Storage operation	27
開放式遊憩活動管理	Open Recreation Activities	210
間歇性砂濾池	Intermittent sand filter	207
集中式遊憩活動管理	Centralized management of recreation activities	175
溢流防制與清理	Flood control and clean-up	65
遊客環保教育	Tourist environmental education	215
遊憩規劃	Recreational Planning	214
滯留池	Detention pond	38
製造程序之檢討	Review of manufacturing process	87
廢棄物處理	Waste disposal	26
廠區地面維護	Factory floor maintenance	31
暴雨逕流疏導土堤	Embankment to divert stormwater runoff	58
暴雨逕流疏導溝渠	Ditches to divert stormwater runoff	46
機油回收	Oil Recycling	107
機械與車輛管理	Machinery and vehicle management	198
臨時性沉砂池	Temporary grit chamber	191
攔砂池	Silt Pond	188

英中對照

Contaminant removal	污染物清除	24
Centralized management of recreation activities	集中式遊憩活動管理	175
Collection pool or collection pit	收集池或收集坑	37
Convex containment dike	圍堵凸堤	64
Detention pond	滯留池	38
Ditches to divert stormwater runoff	暴雨逕流疏導溝渠	46
Embankment to divert stormwater runoff	暴雨逕流疏導土堤	58
Equipment to undertake	承接設備	85
Factory floor maintenance	廠區地面維護	31
Flood control and clean-up	溢流防制與清理	65
Ground storage tank leakage control	地面儲槽洩漏控制	100
Housekeeping	家務管理	157
Illegal dumping control	非法傾倒管制	83
Inappropriate to take over control	不當接管防治	84
Infiltration Dry Well	入滲乾井	61
Intermittent sand filter	間歇性砂濾池	207
Isolation seal	加蓋隔離	36
Land Use Planning	土地利用規劃	77
Layer composite soil system was	呈層複合土壤系統	150
Machinery and vehicle management	機械與車輛管理	198
Maintenance of watercourses and drains	水道與排水溝維護	205
Management of irrigation facilities and the planting	水利設施與植栽管理	36
Marked storm sewer inlet	雨水下水道入口標示	60
Materials Management	物料管理	204
Multi slot processing facilities	多槽處理設施	70
Multiple treatment facilities	多重處理設施	142
Oil Recycling	機油回收	107
Oil-water separator tank	油水分離槽	78
Open Recreation Activities	開放式遊憩活動管理	210
Other items	其他項目	65
Outdoor loading and unloading of materials	室外物料裝卸作業	29
Outdoor storage of raw materials	戶外原物料貯存	26
Permeable pavement	透水鋪面	67
Planting pruning and management	植栽修剪與管理	212

Public education and public participation	大眾教育與民眾參與	76
Recreational Planning	遊憩規劃	214
Refueling vehicles and equipment	車輛與設備加油	32
Review of manufacturing process	製造程序之檢討	87
Runoff storage facilities	初期逕流儲水設施	59
Safer alternatives	安全替代品	28
Sand filter	砂濾器	55
Scenic cleaning	風景區的清掃	210
Sewage Spill Control	污水下水道洩漏控制	122
Sewer cleaning	下水道清理	119
Silt Pond	攔砂池	188
Staff Training	員工訓練	86
Storage operation	貯存操作	27
Street sweeping	街道清掃	111
Temporary grit chamber	臨時性沉砂池	191
The outdoor storage of barrels of liquid storage	液態儲桶之室外存放	30
Tourist environmental education	遊客環保教育	215
Traffic control	車輛使用控制	108
Vegetative buffer strips	植生緩衝帶	52
Vehicle and equipment cleaning	車輛與設備清洗	33
Vehicle and Equipment Maintenance	車輛與設備維修	34
Vehicle Spill Control	車輛洩漏控制	109
Vehicles, streets, building management	車輛、街道、建物管理	31
Vehicular access	行車通道	226
Waste disposal	廢棄物處理	26
Waste Management	垃圾管理	202
Wastewater Management	污水管理	199
Well clean grit	沉砂井清理	45
Wetlands	人工濕地	47