

結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫

中央大學環境工程研究所 廖述良 教授

06/10/2013

前言

2

- 以現地處理與回收再利用的社區型水及廢水處理系統取代傳統的都市污水下水道系統乃是全球未來的發展趨勢。不過，要具體實現此一做法，社區型水及廢水處理系統必須符合下列幾個關鍵性條件：
 - 具備營養鹽去除能力的生物處理方法
 - 符合庭院、清洗及馬桶等用水的出流水質
 - 低空間需求與低環境衝擊的設施與設備
 - 高安全性的系統運轉與高穩定性的出流水質
 - 低操作與維護技術、人力、藥品、能源及成本需求

前言

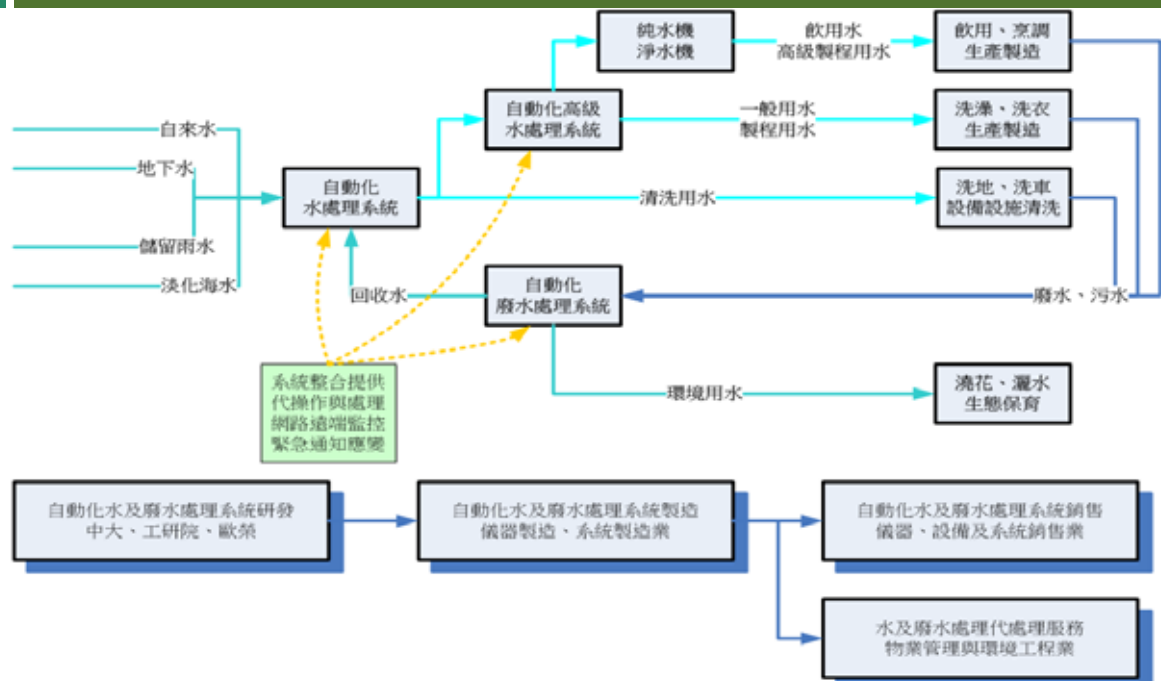
3

- 要建置符合上述條件的社區型水及廢水處理系統，必須發展自動監測、自動控制及自動化的水及廢水管理與處理系統，有效提升管理與運作成效，進而提升水資源利用效率與效益，並確保水資源的永續利用。
- 台灣在環境工程系統自動監測、自動控制及自動化方面具有發展需求與優勢。
- 發展前瞻性的永續環境科技與建立領先全球的環保產業，可同時解決台灣的環境保護與經濟發展問題，創造台灣的「環境」奇蹟。

結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

綠色生活與生產之水資源善用

4



結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

目的

5

本計畫之目的是針對社區日常生活用水活動所產生的廢污水為處理對象，開發一套兼具低維護操作成本、低操作技術、低操作人力及低耗材等優點之自動化生活污水處理與回收系統，將生活廢污水處理至符合環境用水需求之出流水水質，以達到水資源永續利用之原則。

結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

水位量測技術之研究成果

6

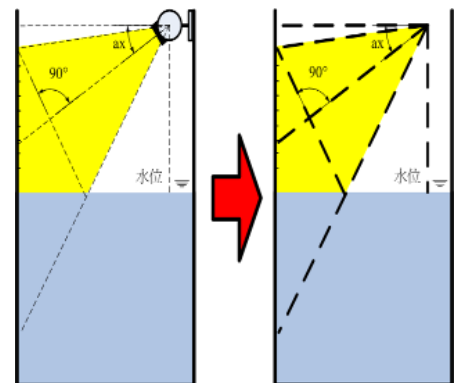
□ 方法

● 三角函數法

利用影像分析之設定參考點及水位擷取像素，以光學成像原理及三角函數原理，計算水位在槽體內數位攝影機、拍攝板及設定參考點等之已知幾何位置，以求流量變化水位之實際長度及量測流量體積。

● 回歸模式法

利用設定參考點實際長度與影像分析之設定參考點擷取像素做迴歸模式，再將水位擷取像素代入迴歸模式求得水位實際長度，進一步可求得量測流量體積。



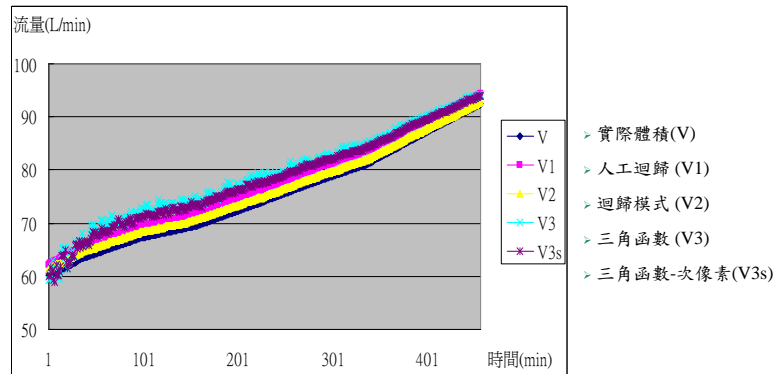
結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

水位量測技術之研究成果

7

□ 結果

相較其他傳統流量計而言，直接量測式流量計誤為5%、超音波流量計為2%及容積式流量計為2%而言，本研究開發之水量量測技術提供更有效量測資訊可做為控制之依據。



| | Valid N | Mean(%) | Minimum(%) | Maximum(%) | Variance(%) | Std.Dev.(%) | Standard Error(%) |
|-----|---------|---------|------------|------------|-------------|-------------|-------------------|
| V1 | 476 | 1.28 | 0.01 | 4.07 | 1.20 | 1.09 | 0.05 |
| V2 | 476 | 1.45 | 0.01 | 2.37 | 0.44 | 0.67 | 0.03 |
| V3 | 476 | 2.44 | 0.00 | 9.43 | 4.50 | 2.12 | 0.10 |
| V3s | 476 | 1.96 | 0.02 | 7.09 | 2.42 | 1.56 | 0.07 |

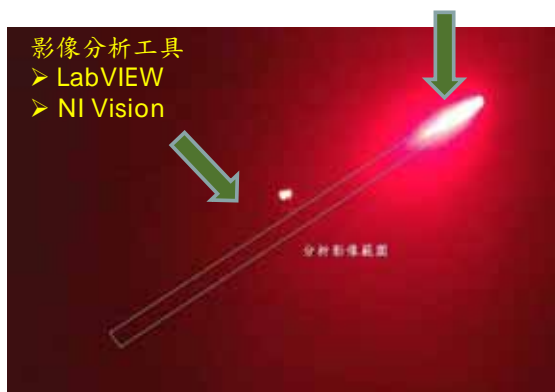
結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

SS濃度量測技術之研究成果

8

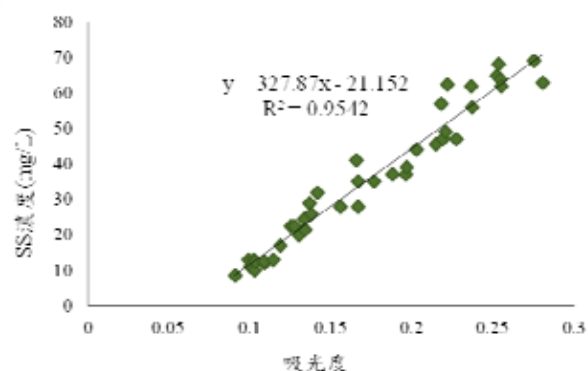
□ 雷射光束投射至水體，與水體中顆粒產生反射、吸收、散射與穿透等作用，計算光束衰減強度變化建立吸光度與懸浮固體濃度之關係。

雷射光垂直入射



影像分析工具
 > LabVIEW
 > NI Vision

俯視圖-分析SS濃度之影像畫面



結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

色度量測技術之研究成果

9

□ 方法

分析所擷取影像拍攝影像背景對照空白及水體影像區塊RGB值後，以白色背景RbGbBb值修正水體RwGwBw值，得到影像輸出修正的sRdGdBd後，透過公式將sRdGdBd成分值轉換成CIE XYZ三刺激值。依據水中真色色度檢測方法，由轉換表內插精確求出蒙氏轉換值，最後利用亞當－尼克森色值公式算出DE值，DE值與標準品檢量線比對可求得水樣之真色色度值。

| 水樣濃度 (31 WL) | 95 ADMI | 140 ADMI | 191 ADMI | 244 ADMI |
|-----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| 0 l/min | 97±5 (2.2 %) | 133±5 (5.2 %) | 194±4 (1.8 %) | 245±6 (0.5 %) |
| 30 l/min | 92±7 (3.5 %) | 142±7 (1.4 %) | 193±6 (1.1 %) | 246±6 (0.9 %) |
| 50 l/min | 92±7 (2.8 %) | 148±9 (5.7 %) | 193±8 (0.9 %) | 242±10 (0.7 %) |
| 70 l/min | 91±8 (4.3 %) | 151±9 (8.0 %) | 193±11 (1.3 %) | 237±10 (3.0 %) |
| 90 l/min | 87±8 (7.9 %) | 159±7 (13.5 %) | 198±9 (3.7 %) | 234±10 (4.2 %) |
| 110 l/min | 87±11 (8.6 %) | 163±9 (16.6 %) | 188±9 (1.8 %) | 233±8 (4.3 %) |
| 130 l/min | 88±9 (7.6 %) | 157±9 (12.3 %) | 195±8 (2.2 %) | 235±13 (3.8 %) |

結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

污泥沉澱特性量測技術之研究成果

10

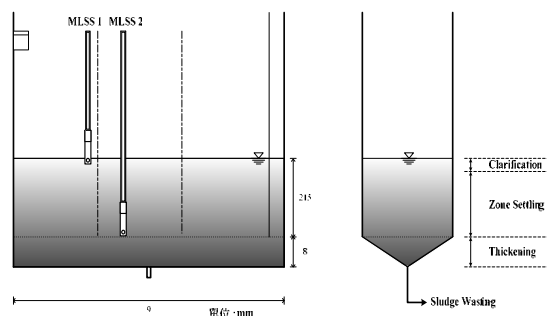
- 溶氧即時自動監測單元、流量自動監測單元及曝氣量自動量測單元
- 線上即時計算生物反應槽單位時間耗氧量/速率
- 推估下一時段生物反應槽需氧量與曝氣量
- 控制生物反應槽之溶氧濃度以控制生物反應機制
- 掌握活性污泥之活性與生物反應動力特性
- 有效降低曝氣能源使用量、提升處理效率與系統穩定度

● MLSS 1

主要功能在於計算層沉降速度及監測放流SS水質

● MLSS 2

主要功能在於監測污泥沉降過程中MLSS的變化

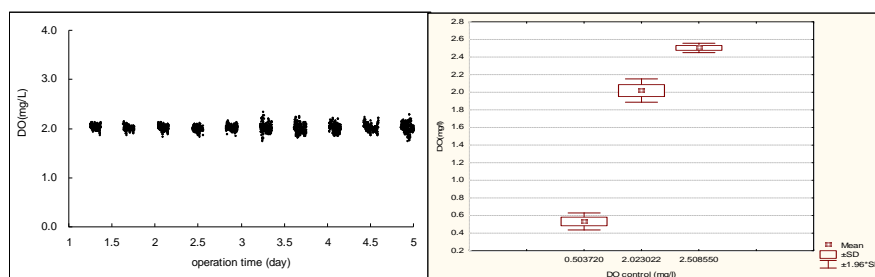


結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

生物需氧量量測技術之研究成果

11

- 溶氧即時自動監測單元、流量自動監測單元及曝氣量自動量測單元
- 線上即時計算生物反應槽單位時間耗氧量/速率
- 推估下一時段生物反應槽需氧量與曝氣量
- 控制生物反應槽之溶氧濃度以控制生物反應機制
- 掌握活性污泥之活性與生物反應動力特性
- 有效降低曝氣能源使用量、提升處理效率與系統穩定度



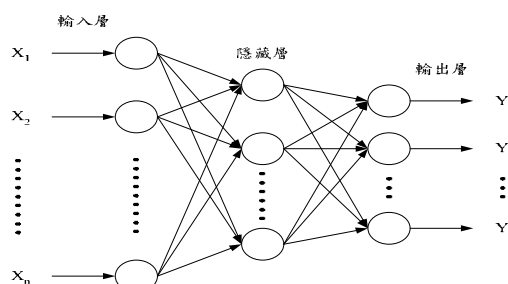
結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

虛擬監測技術之研究成果

12

- 半封閉性特定系統（水質特性具高度相關性）
- 利用既有自動監測項目同步推估其他水質特性
- 利用類神經網路建立各水質項目關係模式
- 考慮起始狀態與反應時間及速率
- 結合人工智慧與資料庫建立自動學習與修正能力
- 提供具代表性系統與水質特性資訊（控制用）

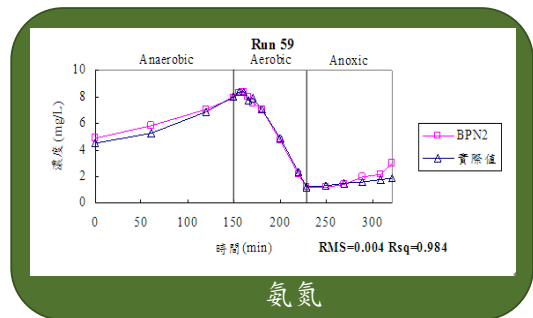
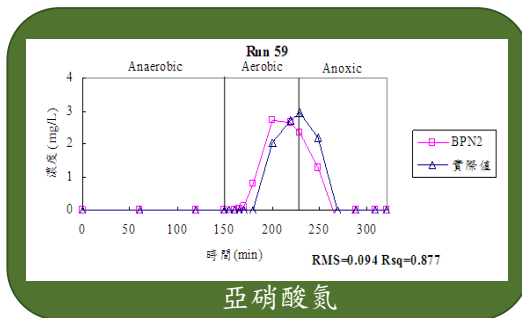
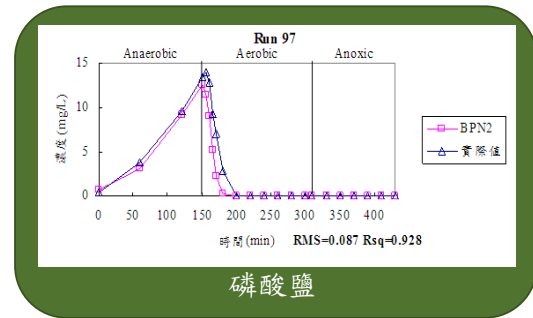
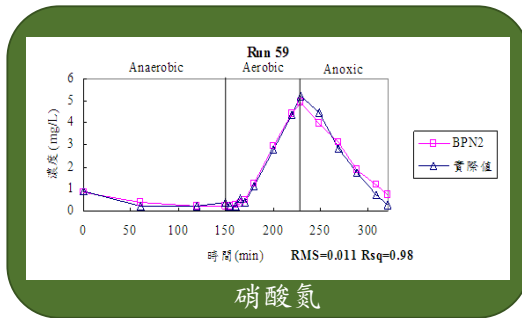
| | |
|------|-------------------------|
| 監測項目 | 酸鹼值、氧化還原電位、溶氧值、污泥濃度、滲流量 |
| 控制項目 | 操作相停留時間、曝氣量 |
| 水質項目 | 化學需氧量、磷酸鹽、亞硝酸氮、硝酸氮、氨氮 |



結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

虛擬監測技術之研究成果

13



結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

CFSBR即時控制技術之研究成果

14

□ 自動化連續流循序批次式廢水生物處理系統

- 線上即時自動監測pH、ORP、DO、MLSS、體積(流量)、污泥沉降特性、生物耗氧速率(需氧量)、磷酸鹽、硝酸鹽及氨氮(虛擬監測)。
- 以ORP斜率相乘及pH一次微分值可作為判斷此等特徵點產生時機的依據，進而作為研擬處理動態進流污水之控制策略
- 在動態進流即時控制操作策略下系統對污水中所含之碳系、氮系及磷系等污染物質去除效率較高(98%, 97%, 84%)且穩定，除磷效率更較以連續控制操作者提高20%以上。

| | TCOD | SCOD | NH ₄ ⁺ -N | TKN | NO ₂ ⁻ -N | NO ₃ ⁻ -N | PO ₄ ³⁻ -P | TN | SS |
|------|------|------|---------------------------------|-----|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----|------|
| Run1 | 6.9 | 6.4 | 0.4 | 0.7 | 0.2 | 0.4 | 0.9 | 1.4 | 18.3 |
| Run2 | 8.7 | 5.4 | 2.1 | 3.2 | <0.01 | 0.4 | 1.7 | 5.3 | 14.0 |
| Run3 | 6.5 | 6.2 | 0.5 | 0.9 | <0.01 | 0.4 | 1.2 | 2.6 | 17.1 |

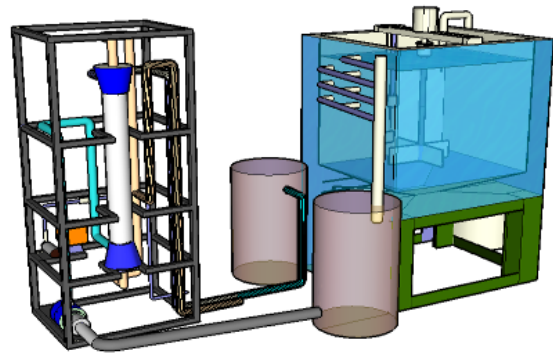
結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

MCFSBR 自動化社區污水處理與回收系統

15

- MCFSBR 是結合 CFSBR 與薄膜過濾系統。利用一獨立單槽以不同的操作相循環，達到同時去除含碳有機物及氮磷等營養鹽的目的。系統槽體內的操作相包括：厭氧相、好氧相、缺氧相、再曝氣、沈澱、排水及排泥。在過濾系統方面是採用採用壓力式薄膜過濾系統，其中填充中空纖維絲以垂直交叉流過濾方式，產生的沖刷力量可有效地進行顆粒的去除，同時也可達到濾膜的清洗與排污。

| 系統組成 | 規格 |
|-------------|--------------------------|
| CFSBR 槽體 | 體積 1.72(m ³) |
| 薄膜過濾系統 | 壓力式 UF 薄膜 |
| MCFSBR 處理水量 | 1.8~2.4(CMD) |



結合 CFSBR 與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

MCFSBR 系統之建置成果-CFSBR

16

方法

本計畫 CFSBR 系統係利用一獨立單槽，以不同的操作相循環，達到同時去除含碳有機物及氮磷等營養鹽的目的。系統槽體內的操作相包括：厭氧相、好氧相、缺氧相、再曝氣、沈澱、排水及排泥。

結果



結合 CFSBR 與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

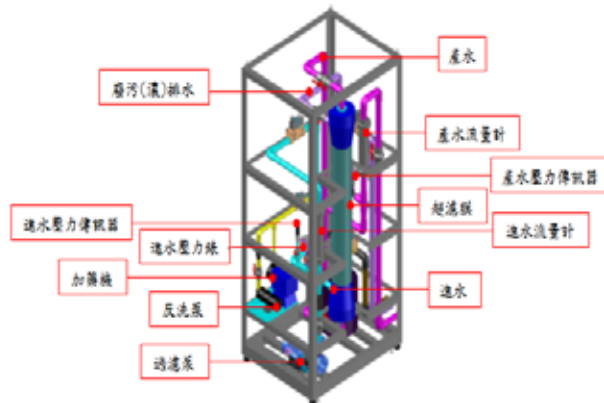
MCFSBR系統之建置成果-薄膜系統

17

□ 方法

本計畫係採用壓力式薄膜過濾系統，其中填充中空纖維絲以垂直交叉流過濾方式，產生的沖刷力量可有效地進行顆粒的去除，同時也可達到濾膜的清洗與排污。

□ 結果



結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

自動監測系統之建置成果-市售監測儀器

18

□ 方法

利用市售監測儀器所獲得之量測資料來掌握系統之動態變化其包括pH、ORP、DO、MLSS(高濃度)、MLSS(低濃度)及溫度等6個監測項目。利用AD/DA 訊號擷取卡以每秒擷取100筆數據並利用移動平均法來進行雜訊去除與獲得正確之量測數值。

□ 結果

已完成pH監測儀器、ORP監測儀器、DO監測儀器、溫度監測儀器及MLSS與SS監測儀器之電極校正程序，並建立電壓與監測值之關係，並將所測得知監測值值存入資料庫。

結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

自動監測系統之建置成果-水位量測

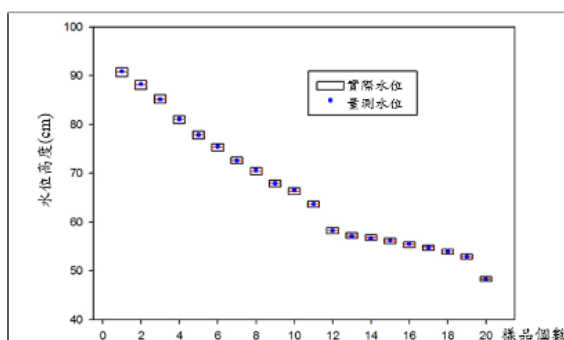
19

□ 方法

將網路攝影機放至校正平台上垂直往下拍攝，利用網路攝影機連續拍攝與擷取方形浮板之光學影像，並藉由影像分析技術建立浮板面積與水位之關係進而求得系統所處理之水量。

□ 結果

水位量測結果顯示量測水位高度49~100cm(約50cm)，其誤差在0.2(cm)誤差百分比為0.4%。



結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

自動監測系統之建置成果-DO虛擬監測技術

20

□ 方法

對「半開放」的處理系統而言，其水質特性相互之間存在一定的關係。以倒傳遞類神經網路來做為資料學習與監測技術方法之建立，藉由學習與建立pH、ORP及DO之關係，來開發DO濃度虛擬監測之技術。

□ 結果

結果顯示出利用單一ORP項目之監測資料可有效推估DO濃度(相對誤差百分比為11.38%)。雖然模式2比模式1多增加一項pH監測資訊做為輸入因子，但其結果比模式1較差其可能之因素為pH對於DO之變化較無直接關係，造成模式推估結果不好。

| 模式編號 | 輸入因子 | 輸出因子 | 相對誤差百分比(%) | | |
|------|---------|------|------------|-------|-------|
| | | | 模式學習 | 模式測試 | 模式驗證 |
| 模式1 | ORP | DO濃度 | 12.73 | 12.48 | 11.38 |
| 模式2 | pH+ ORP | DO濃度 | 16.30 | 13.64 | 15.53 |

結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

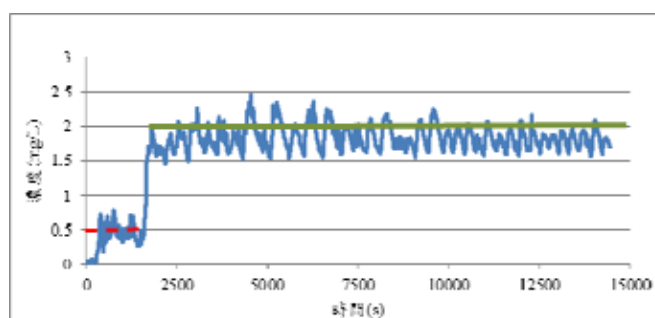
溶氧自動控制系統之建置成果

21

□ 方法

計算溶氧轉換係數與微生物所需氧量並且透過回饋控制來重新計算微生物所需之氧量來進行下一個時間點所需曝氣量。曝氣量計算公式是利用水中氧量(mg)動態平衡(增加=消耗)所建立的，曝氣量=達設定值(欲維持水中氧的濃度)所需的氧量(mg)+微生物所需的氧量(mg)

□ 結果



結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

MCFSBR系統之驗證成果-CFSBR

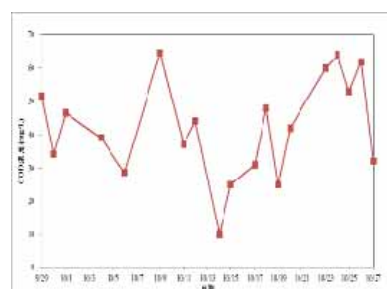
22

□ 方法

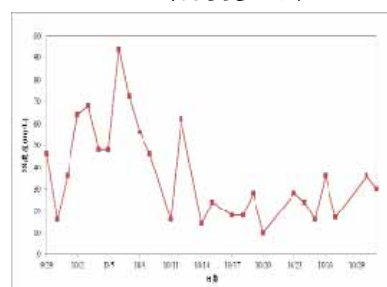
採用固定時間方式來進行厭氧、好氧、缺氧、再曝氣、沉澱及排水等操作相之運作，其各相運作時間分別為120 min、160 min、100 min、10 min、90 min及30 min。

□ 結果

- COD 濃度馴養初期為65 mg/L，馴養一個月後為10 mg/L；
- SS濃度馴養初期為94 mg/L，馴養一個月後為10 mg/L；



COD濃度變化圖



SS濃度變化圖

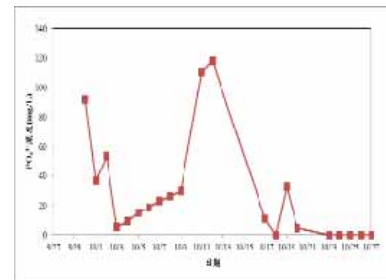
結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

MCFSBR系統之驗證成果-CFSBR

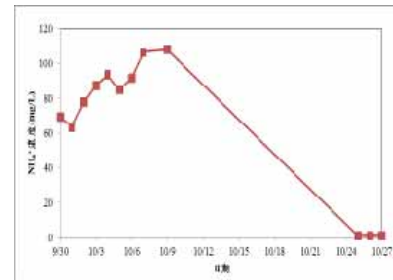
23

□ 結果

- 磷酸鹽濃度馴養初期為118 mg/L，一個月後則檢測不出來；
- 氨氮濃度馴養初期為108 mg/L，一個月後則檢測不出來；
- 由結果可看出馴養初期之水質項目濃度皆有較高之情形，但經由一個月後濃度已有明顯的降低。



磷酸鹽濃度變化圖



氨氮濃度變化圖

結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

MCFSBR系統之驗證成果-薄膜過濾

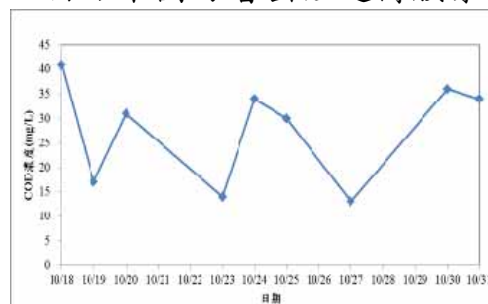
24

□ 方法

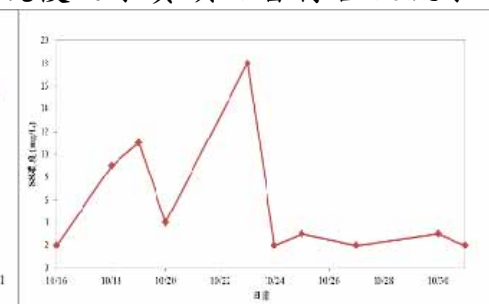
利用薄膜過濾程序進一步將CFSBR出流水中之顆粒去除使其SS濃度降低。

□ 結果

薄膜出流水結果顯示COD濃度為13 mg/L ~ 41 mg/L與SS濃度為2 mg/L ~ 18 mg/L，由結果圖可看出經過薄膜系統後之水質項目皆符合放流水標準。



COD濃度變化圖



SS濃度變化圖

結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

結論

25

- 在控制結果方面，馴養期以固定各操作相時間方式進行運作其CFSBR之出流水COD濃度為15 mg/L~53 mg/L，SS濃度為10 mg/L ~94mg/L可達到符合放流水水質標準。
- 再經過薄膜過濾系統，其COD與SS濃度分別降低至13 mg/L~41mg/L與2 mg/L~18 mg/L，其出流水水質可達到水回收再利用之水質建議值。
- 當CFSBR系統受到微生物異常或環境干擾而造成系統降低或失去處理功能時，仍可透過薄膜過濾系統維持其出流水水質之穩定度，以符合放流水排放標準。

結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013

建議

26

- 後續會進一步探討利用pH與ORP折點、水質虛擬監測技術及結合線上分光光度計所獲得之水質資訊，來掌握系統運作之動態性，以做為提供自動化控制所需之依據並驗證處理系統之成效。
- 後續會針對薄膜的積垢狀況與維護保養做進一步研究與探討，使其延長薄膜之使用壽命以及降低薄膜操作與維護成本，提升本處理系統之競爭性。
- 未來會針對環保署所公告之新興污染物列為研究對象，針對污染物之組成成分與結構持續開發自動監測與去除技術，以確保回收水之使用無虞。

結合CFSBR與薄膜過濾自動化社區污水處理與回收系統之研發計畫/中大環工所 廖述良教授 06/10/2013