

# Living Machines

## 在生活污水應用之探討



A Living Machines (圖片來源Buckminster Fuller Institute)

針對廢水處理我們有很多方法，我們就生活污水來看就有不少的處理方法，例如活性污泥法、生物旋轉盤、氧化渠、薄膜法……等等，每種方法都有其優缺點及適用對象，也都有其效果，但是換個角度思考，能不能有更自然的方法來處理些生活污水，答案是有的，這就是要在這裡探討的主角-“Living Machines”，Living Machines中文怎麼稱呼？目前並沒有比較一致的名稱，有人稱為“生態水體回復系統”或簡稱“水體回復技術”。先概要介紹一下什麼是Living Machines，Living Machines就是應用生態處理工法將一個小型完整生態自淨系統架構起來，應用陽光為動力，針對不同特性的污水建構自淨處理的小型生態圈，也就是一個加速版的天然污水處理機。

使用Living Machines等於是濃縮自然環境，既環保又無污染、並且幾乎免動力(以陽光為動力)

省能源，是相當好的一個污水處理方式，Living Machines的架構為何？基本上將一系列不同的維生動植物桶槽模組如小型灌木、葦草、水藻、水草、小魚、蝦、蝸牛及多樣性的生物或有機體、細菌等等，不同的處理單元桶槽依照所要處理的不同水質做不同排列組合，這個排列組合所形成的系統就是Living Machines的主要架構，每一個桶槽就是一個不同的小型生態系統，每個桶槽均被設計用來處理不同的污水物質，所以模組不同的排列組合以及桶槽單元不同的物種就可以被用來處理不同的污水對象，系統的彈性就展現出來了，目前的案例平均約四天就可以將一般生活污水糞水處理至清澈潔淨，而且不會有任何化學藥劑污染，與傳統的污水處理方式相比，更具經濟效益，特別針對生活污水方面因為水質較為穩定，採用Living Machines處理系統均能獲致相當良好的處理效果。



Living Machines 的實例應用 (圖片來源 Dharma)

接下來我們將探討Living Machines的發展緣由，Living Machines是由Dharma Living Systems公司所提出，當初就是著眼於設計一套模組化系列的自然自淨回復的污水處理程序，每一套模組均不相同，並且依循三項設計準則：

- \* 整體美感
- \* 可靠的效能
- \* 良好的排放水質以利後續再利用

一套Living Machines的誕生是結合整個專業設計群，包括環境工程、生命工程、生物工程……等等，是一個結合科學、技術及經驗的產物，目前在美國及好幾個國家已經有非常成功的商業運轉案例，成功的處理包含一般社區機關的生活污水、休閒娛樂區及工業區的廢污水，污水處理量的規模大小可從每天600至750,000加侖，可以說是相當有彈性的。

目前國內綠建築正如火如荼的推動，而Living Machines似乎給了我們一把鑰匙，考慮Living Machines的設計將更符合綠建築的精神，綠建築的放流水經由Living Machines處理後將可回收再利用，有效降低污水排放量。

一套Living Machines的建構為配合不同的水質狀況，必須對單元生態系進行調整，單元與單元間的連結亦必須對桶槽內生態系進行調校，這些動作均需要環境、生物、植物……等等的專家，所以一套Living Machines架構的建置是集合景觀、工程、技術與經驗的結晶，通常先將欲處理的放流水部份引模廠，用來研究模組單元的適用

性，檢驗經模廠處理後之水中毒素的去除量及如何修復被酸雨或酸排物質損壞的生態模組系統，進而能讓生態回復模組自行繁衍單元自體所需的各類生物及營養源。

經由一段時間研究單元模組的處理效果後再針對特定模組的生態系統進行微調，同時針對個別不同污水水質狀況，需得特殊處理需求的污廢水，必須進行生物組態調整，使個別生態回復模組能針對特殊水質進行適應和處理，這需要相當的經驗和技術，目前Dharma Living Systems公司已累積相當的經驗及技術，可依據個別處理水質的不同需求，建構生態水體回復系統，該公司建構一套“先進生態工程系統”(AEES)使用“natural-systems”方法去架構污水處理的先進新基準，整合美學景觀，滿足“look & feel”的需求，是相當環保的一項污水處理方式。

Living Machines提供多樣的處理技術，範圍從水耕栽培乃至人工溼地復育均能有效應用，Living Machines系統的排放水處理可達到三級標準，BOD、TSS及TN能處理到10mg/L以下，算是相當好的處理系統。以下我們介紹幾個案例：

第一個案例是位於美國佛蒙特州的“Smugglers Notch Resort”休閒渡假中心，該中心於1999年設立一座日處理40,000加侖的Living Machines處理該中心的生活污廢水，採用Living Machines處理至三級後，排放水回收利用為園區植栽澆灌水，該系統亦成為對遊客講解生態教育的重要教育展示中心。

第二個案例是位於美國加州的“Corkscrew Swamp Sanctuary”是一個小型的水耕渡假農莊，該農莊於1994年建造一套日處理10,000加侖的Living Machines系統，整體規劃為污水先打入兩個合計10,000加侖的桶槽，經過初級厭氧處理後再送至兩組系統平行處理，每組五個模組化生態處理桶槽，總共十個2,500加侖的Living Machines生態處理桶槽，每組處理系統平均維持75%的最大日流量，兩組系統各加裝第六個桶槽以收集處理水，第六個桶槽頂端上澄液取出回收再利用，桶槽下端的水則抽出重回Living Machines系統再處理，最終放流水排入兩塊人工溼地，經由濕地生物如小梭魚、沼澤睡蓮……等等，將最後的殘餘氮給去除，轉換回無害的氮氣，最後排水回收再利用。

第三個案例是位於美國威斯康辛州的Conserve School，該校於2000年建構一個日處理量生活廢水38,000加侖的Living Machines系統，Conserve School是一家強調環境管理、倫理領導統御、創新科技應用的私立中學，因為重視環境管理所以率先引進Living Machines系統，兼具保護當地環境及提供學生生態實驗教室的雙重功能，讓學生體驗參與環境教育課程，是相當好的一個案例。

整體而言，Living Machines系統有五項特點：

1. 針對不同環境及需求可提供彈性設計規劃。
2. 生物驅動，所以省能源、低污染，可抵抗衝擊負載。
3. Living Machines系統可協助使用者降低甚至排除污廢水處理所造成環境衝擊。
4. Living Machines系統兼具景觀美學，同時又沒有一般污水處理廠的髒亂及臭味。
5. 兼具良好的排放水質及回收再生價值，Living Machines系統提昇了污水處理再生利用的接受度。

一個好的污水再生系統是相當值得推動推廣的，Living Machines系統取之自然又回歸自然，生態自淨是人類未來努力的方向，因為我們只有一個地球，如何把我們對環境及地球的污染及破壞減至最低，是我們共同的課題，而Living Machines系統只是一個開始，一個需要共同努力課題的開始。



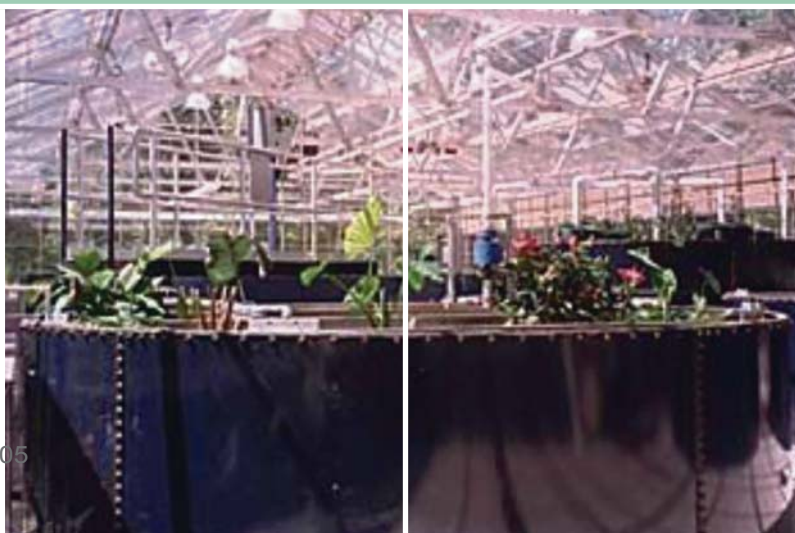
參考文獻：

1. Buckminster Fuller Institute [The Design Science Revolution Today Solutions to the challenges facing humanity]
2. [The Living Machine] - Jeff Wolovitz
3. [The Living Machine] - audubon.org.
4. [Living Technologies] - Dharma Living Systems, inc.

▼教育展示中心



▼Conserve School的Living Machines系統



▼初級厭氧處理桶槽

