

## 廁所節水與污染處置技術

# 生態廁所新趨勢

工研院能環所 | 陳國帝、陳明德、陳文卿



廁所是建築物極重要的設施，其中沖水式馬桶已是目前最普遍採用者。但是為沖走糞尿所需之用水量極大，且化糞池設施往往無法達到令人滿意的污染去除功能。近年來水資源機關積極推動各式省水設施，在節約用水之成效顯著，但對於後端之處理顯然較未顧及。而在高山或偏遠地區用水取得不易之場所，抽水馬桶之使用可能受限，因此回歸早期農業時代以自然堆肥方式處理排泄物，並施用於農地之生態處理模式，可達到污染妥善處理及再利用雙重目的，不失為值得嘗試推動之方式。因此國外如北歐、非洲、內蒙古地區應用生態化乾式廁所，達到節水、妥善處理廢棄物與資源循環再利用目的，值得缺水及污水處理效果不佳台灣地區之借鏡。

### 廁所用之水及污染處理

污水下水道系統是英國人於18世紀發明，應用下水道系統將生活污水經由主、支幹管收集後送到污水處理廠處理後再排放河川或大海，為目前先進國家最主要污水處理方式，同時下水道接管率之高低，也成為國家進步象徵。台灣地區污水下水道建設起步較晚，因此至2006年6月底止，全國污水下水道用戶接管普及率達14.56%，接管普及率可達15%。預計在2008年時可達22.1%。但比起歐美國家80%以上之接管率，仍有一段差距；因此目前以社區大樓之污水處理系統或應用預鑄式家庭污水處理設施，作為下水道建設之緩慢之替代措施。

廁所用之水主要目的在將糞便等污染物質沖離，以保持廁所空間之安全衛生，因此目前普遍應用自來

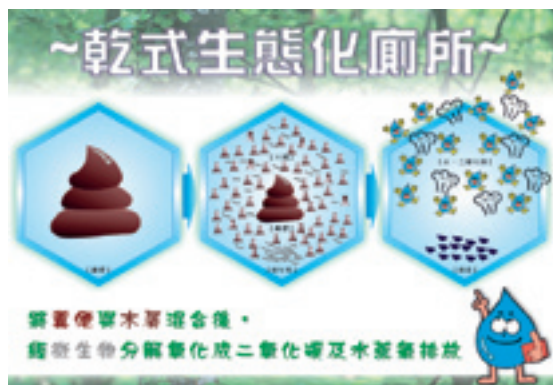


圖1.生態化乾式廁所原理



圖2.生態化乾式廁所通風除臭方式

水作為廁所沖洗用水源。自來水係經由龐大之水利建設完成攔水壩攔截水源，經由淨水場處理後，再應用主、支幹管長程送至各家庭，應用於飲用、沐浴、洗衣及沖洗廁所等用途。其中廁所用每人每日約50公升，約佔20% 總家庭用水量。一般人每次上廁所排放約150克尿液或200克糞便，但廁所沖洗用水每次約為6-8公升，也就是說將糞尿沖離之用水量高達40-60倍。而廁所排放污水經由化糞池、淨化槽或經由下水道進入污水廠，污水淨化處理所耗用之建設經費與操作費用極為龐大。但是實務上污水雖經由層層關卡處理後，仍未能達到令人滿意程度，仍然污染河川、海洋及環境。因此使用大量清水之現行沖水馬桶、下水道系統及污水處理廠之處理方式，是否仍符合現代社會需求，已為環保人士所重新評估及研究中。

國外研究資料顯示，每人每年平均約排放500公升尿液以及50公斤糞便，其中尿液具有高量肥料成分而且病原菌較少。以每人每年所排放尿液而言，

即含有5.6公斤氮（N），0.4公斤磷（P）和1.0公斤鉀（K），應用這些肥料成分可生產200-250公斤玉米。同時應用動物及人類糞尿為農作物肥料來源，為數千年來農民之傳統做法，因此應用現代科技，將糞便分別收集及處理，將糞便視為可資源化物質，重新規劃此種有機資源之再利用方式，也逐漸成為大眾所接受及注意焦點。將尿液滅菌後可直接作為液肥；糞便與木屑等填充材混合後，經微生物發酵作用達安定與減量後，也可作為有機肥再利用。此種生態化乾式廁所，僅需少量或甚至完全不需要沖水，有利於後續之資源有效再利用，同時達到廁所節水之目的。

### 生態化乾式廁所之原理

傳統污水處理系統因處理效率差及最終消毒作用不確實，因此排放水中BOD、COD、SS、氮、磷等水體污染量偏高，且更可能含有致病性微生物存留於糞尿中。而傳統污水處理方式因停留時間不足及溫度不夠，無法將病原菌完全分解破壞，因此需應用更佳處理方式，以改善現行處理系統之二次污染問題。生態化乾式廁所係採用固態發酵原理，將糞便混合木屑等，經由微生物發酵作用達到減量及安定化目的。且發酵作用之最高溫度可達到60-70°C，更維持60-70天之長時間腐熟。在此條件下對人體有害之微生物均已分解完成，因此相對於傳統污水處理系統為一種更可靠之處理方式。且因糞、尿兩種污染物之性質不同，目前也有業者開發座式或蹲式糞/尿分離式馬桶設施，將尿液及糞便從源頭分別收集處理之方式。糞便應用木屑混合之固態發酵原理處理，尿液則經由長期貯存安定及滅菌後直接為液肥再利用之方式，以達到更佳處理效果。相關設施也應用現代科技加以改良，以取代舊式廁所通風不良，潮濕悶臭等缺點。生態化乾式廁所之作用原理及設施說明如圖一與圖二所示。

### 國內/外生態化乾式廁所應用案例

目前普遍應用之沖水式馬桶，雖帶來生活便利，

但後續之二次污染問題，卻不容忽視。因此國外已有將廁所重新規劃設計之趨勢，除應用省水設施之外，使用糞/尿分離方式之馬桶，完全不需沖水，或僅少量沖水，即可同樣達到維護廁所內整潔目的。國內/外建築物目前應用生態化乾式廁所之案例如下：

#### (1) 玉山國家公園乾式生態化廁所

92年工研院能環所接受玉管處委託，於玉山主峰登山路線海拔約3000公尺之塔塔加至排雲山莊之登山步道，完全無水無電及冬季下雪結冰之特殊環境下，規劃設計監造2座生態化乾式廁所，供每日150人次上下山遊客使用，設施完成後已充分發揮服務遊客及環保目的。經由為期1年持續監測，驗證微生物於低溫環境下，經由發酵槽保溫設計、木屑應用於水份控制與碳氮比之調整、經由翻堆與適當提供氧氣，發酵槽內堆肥溫度與室外溫度高約10-20°C，驗證微生物達到良好作用。經由每半年取出1/3堆肥及加入新木屑，即可維持良好操作狀態，因此已完全改善以往沿路排遺臭氣與不良景觀。經由此兩座廁所試驗成功，後續於93、94年玉山觀高地區與庫哈諾辛山各新設一座生態化乾式廁所。但此種廁所對於國人而言，為一種新體驗，同時山區清潔維護不易，因此有待加強乾式廁所之使用說明與增加清潔作業頻率。

#### (2) 芬蘭生態村

芬蘭為高度開發國家，下水道接管率80% 以上。距離Tampere 市區約20分鐘車程之Kangasalan Yhteiskyla 生態村，自從1997年開始，由村民自行建築房屋及整個社區，目前有9戶人家居住，仍繼續擴充中。該社區規劃時，應用環保及生態觀念作整體性考量，以資源耗用最少及廢棄物循環再利用，及不破壞自然環境為原則。該村中所有家戶皆應用完全不沖水之乾式廁所，部分為市售商品，部分為村民自製，各有不同型式，糞便經由發酵後轉換成肥料再應用於農田中。除了廁所完全不沖水之外，其他廚房及浴室之污水，全部集中於社區污水廠，應用三段厭氧處理後，再經由水塘之自然淨化法處

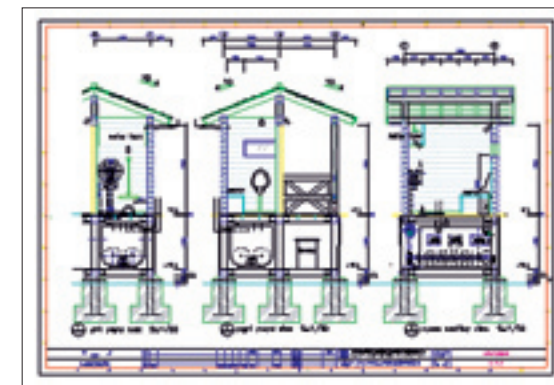


圖3.生態化乾式廁所設計圖



圖4.玉山孟祥亭生態化乾式廁所



圖5.芬蘭家戶應用乾式生態化廁所



理。

### (3) 德國GTZ辦公大樓

GTZ (德國技術合作公司) 為德國政府經濟合作部於1975年所委託成立之國際合作永續發展機構，總部位於法蘭克福附近，於全球各地如亞洲、非洲及中東地區許多國家推廣使用生態化廁所。2005年辦公大樓改建時，將容納600人之辦公室廁所污水系統重新規劃設計，使用免沖水便斗，尿液集中後經由貯存、滅菌後作為農業用途。糞便部分則應用少量水沖洗，並以活性污泥及薄膜分離方式，將水回收再利用於沖洗用水或作為灌溉用水。污水處理後之殘渣可當肥料再利用。洗手及廚房廢水則進入污水處理系統進行處理。此種改善方式，不但降低自來水用量，有機物廢棄物可回收再利用，更能避免傳統污水廠無法處理之藥物與環境荷爾蒙物質進入水體。

### (4) 中國-瑞典內蒙古厄爾多斯東昇生態城鎮計畫

生態化乾式廁所因為不須用水將廢棄物沖走，因此大部分應用於平房式建築。經由瑞典國際合作組織委託斯得哥爾摩環境研究院 (SEI)，規劃設計之內蒙古厄爾多斯東昇鎮生態城鎮計畫，規劃800戶約3000位居民之城鎮，皆為四層樓之建築物，於2004年興建完成。使用糞尿分離方式完全不沖水之廁所，可將尿液集中作為農業液肥應用。而糞便更集中與廚餘、落葉等有機廢棄物混合作堆肥處理，經醱酵腐熟後作為農業用途。經由組織之集體化運作以節省操作人力及經費，並達到節水及資源再利用目的。

### 結語

現行一般抽水馬桶使用龐大的水量，且後續之污水處理仍欠理想，是否仍適合現代社會，為一項值得檢討之課題。而應用省水衛生器材，雖可節省部分用水，但將污染濃度提高也增加處理之困難度。生態化乾式廁所具有不需用水、無二次污染及資源回收再利用之目的，可達到環保及永續再利用功效，也能符合綠建築之節水與垃圾處理之二項



圖6.GTZ總部辦公大樓 資料來源: (<http://www2.gtz.de>)



圖7.內蒙古生態城鎮 資料來源: 瑞典 斯得哥爾摩環境研究院

指標，值得在高山、偏遠地帶、環境敏感、缺水地區，或水源不足及水源特別保護地區推廣使用。此種新型衛生設施，可經由教育推廣等方式，讓民眾認知、接受，以普遍使用而達到環境保護與永續發展之目標。☺

## 健康節水與時尚創意導向 ——和成欣業(股)公司

水利署保育事業組 | 楊介良  
工研院能環所 | 王先登

國內衛浴領導品牌 — 和成欣業(股)公司為配合政府推動節約用水政策，共同落實珍惜水資源行動。於2007年初特別推出兼具健康與節水功效，又吸引目光焦點的兩項產品—「Hello Kitty省水馬桶與洗臉盆」及「奈米環保陶瓷省水龍頭」，將傳統衛浴賦予新的創意，引導一種時尚風潮，以迎合年輕族群品味，並將省水行動融入日常生活中。



### 充滿歡樂氣氛的「Hello Kitty省水馬桶與洗臉盆」

日常生活中，馬桶沖水量約佔每人每日用水量25%~30%，可說是相當大的比例。這些年來在衛浴業者共同努力之下，已成功地將傳統馬桶由12~15公升的沖水量，研發改良為大號6公升和小號3公升的省水馬桶，節省許多日常生活用水。不僅如此，為使省水馬桶更加普及，和成公司近年來幾乎所有生產款式均為省水型，且都取得政府省水標章驗證，今以「Hello Kitty」與「節水」為訴求，為傳統衛浴市場注入新的產品風格。

過去陳舊觀念中，傳統衛浴空間常為家中陰暗一角，使用廁所總是來去匆匆。隨著生活水準提升，如廁環境變得如此重要，衛浴空間乃逐漸伴隨著健康與節水議題，兩者之間息息相關密不可分。

過去衛浴產品多以素色為主，其中又以白色衛浴瓷器系列居多。為跳脫此制式框限，Hello Kitty省水馬桶及洗臉盆等系列產品乃應運而生，讓單調的生活品味變得更多彩多姿！



各式「Hello Kitty」省水馬桶與洗臉盆

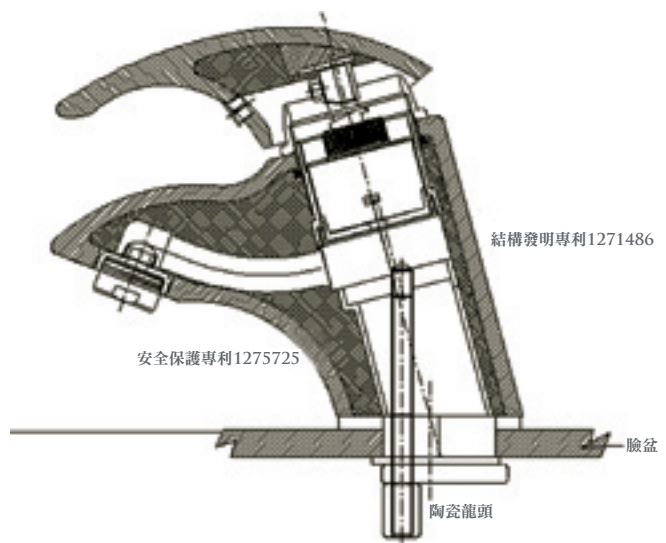
## 深具創新突破的「奈米環保陶瓷省水龍頭」

和成公司此項新產品，會讓人體驗到科技所帶來的健康與環保，很難想像陶瓷龍頭將逐漸取代傳統銅鑄水龍頭。在實際生活經驗中，傳統銅器水龍頭表面，需要經常清潔才能保持光亮。但即使每天努力擦拭，銅器電鍍表面仍會殘留一些水漬痕跡。如改用陶瓷材料製造可克服上述困擾，人類至今較喜歡使用陶瓷材料製作碗盤餐具等原因在此。

另外，一般洗手習慣，使用水龍頭後，一定還要有關水動作，乾淨的手再次接觸到水龍頭，易造成腸病毒感染。奈米環保陶瓷龍頭使用高溫燒成及奈米抗菌釉藥技術，藉由陶瓷表面的抗菌銀離子使細菌無法生存，通常此抗菌功能僅在頂級醫療機構才使用得到，未來如能普遍應用，可讓居家生活變得更健康。

由於綠色環保產品近年來快速發展，歐盟在2006年起開始針對電子、電機產品，透過法律手段禁令執行綠色產品要求。其中，無鉛要求更是影響深遠。傳統以銅為原材料生產水龍頭的製造過程中，需要混入含鉛的原料，和成此項無鉛綠色環保陶瓷龍頭技術，已成功申請多項國家專利，例如結構發明專利，其專利內容在水龍頭結構閥體的一側與可撓性管連接，且外殼的內壁與閥體之間以填充材料填實，藉以使閥體及撓性管容易安裝及固定於外殼內部。此陶瓷龍頭產品每分鐘流量在9公升以下，已通過省水標章驗證，對消費者而言可說是一項兼具環保及省水的最佳選擇。

台灣近年來，民眾利用溫泉SPA減緩生活及工作壓力已蔚為風潮，溫泉旅館與休閒渡假中心到處林立，由於溫泉水經常含有一定量的硫磺，會侵蝕金屬器具表面，因此經常看到水龍頭表面被溫泉水侵蝕，影響整體形象與服務水準。「環保陶瓷省水龍頭」以陶瓷為材料，可避免上述困擾。尤其國內女性對鹽浴瘦身趨之若鶩，希望能在家中享受此項頂級服務，以常保青春美麗，陶瓷龍頭非常符合此貼心需求。☺



奈米環保省水龍頭