

32. 虹吸式沖水馬桶沖刷力研究

鄭偉盛 副教授
龍華科技大學 機械系

摘要

市面上銷售的沖水馬桶有許多的名稱或型式，例如虹吸式、沖落式、漩渦式等，根據製造商的說明，不同型式的馬桶，使用不一樣的原理來沖刷穢物。本研究採用所謂的虹吸式坐式馬桶來進行研究，藉著改變馬桶座內部之水流管道之走向，以研究其沖力受影響的程度，藉著此研究，除了希望了解什麼樣的管道會有較佳的沖力之外，也想了解沖力較佳的原因，最後更希望能達到減少水量的目的，本研究除了以實物進行沖刷的實驗外，也量測了管道內水流速度的變化。結論是設計不佳的管路在沖水時，氣體容易占據管內部的空間，造成水流面積減小，降低了虹吸效果，沖力較佳的管路，可以達到較大水流速度，沖刷力也較佳。

關鍵字: 虹吸式沖水馬桶, 虹吸效果

一、前言

台灣原本是熱帶雨林，水資源應該不虞匱乏，但是隨著全球環境變遷及氣候的暖化，台灣已經逐漸面臨缺水的窘境，因此如何節約省水資源，已經是台灣的重要課題，根據水利署及許多學者專家的研究，民生用水當中家庭衛生用水大約占了50%，我們的政府很早就正視到此一現象，並且擬定政策以求改善，其中一項行之有年的政策就是制定了沖水馬桶的省水標章，近年來凡是無法獲得省水標章認證的馬桶就無法上市販售，將沖水馬桶的一次沖水量由十餘年前的18公升降到目前的6公升，這樣的標準同時也是許多歐美日等先進國家的標準，即使如此，還是有國家採用更嚴苛的標準，例如澳洲就規定沖水量4公升的高標準，換言之，即使我們已經達到了目前的國際水準，但是其實仍然有努力的空間。

雖然市面上的沖水馬桶有如此多的型式，但其運作原理大致相同，也就是水由水箱中流出到馬桶座的盆面，然後水流通過桶座內的管道將穢物排出，即使水流是從不同位置流入到座盆，桶座內的管路都是影響沖水效果的重要關鍵，當然研究及廠商製造上的實務經驗都顯示，進水的方式必須和管路相配合才能達到好的沖刷效果，因此本研究選定了一款虹吸式的坐式馬桶，不改變盆面以上的構造及形狀，只改變桶座內的水流管道，希望從定性上的觀察及定量上的量測，來了解如何提升沖力並降低沖水量。

雖然此一議題影響民生甚巨，但是學術界並沒有投入太多的研究，國內僅有文獻[5]嘗試加裝噴射泵，期望能在短時間內快速將流道充滿水，以提高虹吸效果，卻發現單單加裝噴射泵並不一定能提高沖刷力，必須連管路一併進行配合設計，才達到效果，另外文獻[6]曾經從

建築的角度，對多種的沖水馬桶進行穢物輸送距離的測試，發現使用具有省水標章的省水馬桶，穢物在地下管路的輸送距離，明顯均短於較高沖水量的馬桶，這代表了當我們進步到使用省水的沖水馬桶時，其實是犧牲了沖力，犧牲了的沖力有沒有辦法藉著適當的管路設計技術彌補回來呢？

二、模型描述

我們建造了三個全尺寸的馬桶模型，但因為製作上的方便及增強水流強度的原因將水箱提高了1米，模型A是原先的管路，面積不均勻且有最大的截面積，模型B及C是均勻截面積，但是保有模型A之相同高度差，由於是純手工製造，因此難免有些許誤差，如圖

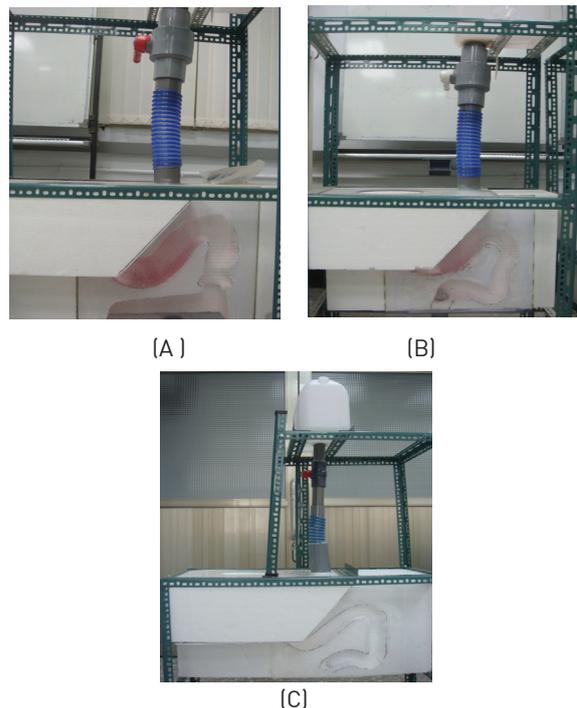


圖 1 模型A B C外觀圖

三、沖水試驗

放置25顆彈珠置於盆內，以不同的沖水量進行測試，統計能被水流沖走之彈珠比率，結果如表1，模型A不論水量多少，均無法將彈珠沖走效果最差，而模型B使用7公升沖水量僅能沖走52%的彈珠，6公升以下就無法帶走彈珠，但模型C即使低到5公升沖水量，仍能沖走20%的彈珠，表現最佳。

表 1 彈珠沖走比率

水量(L) \ 模型	A	B	C
4	0%	0%	0%
5	0%	0%	20%
6	0%	0%	100%
7	0%	52%	100%
8	0%	100%	100%

以下三個觀測圖也許可以解釋為何3個管路模型會有如此大的沖力差距，這三張圖是在6公升沖水量之下，當水充滿管道時所攝得的照片，模型A的管路中有一大部分被空氣所佔據，所以水並沒有辦法充滿整個管路，在管路B中此現象已有改善，氣體佔據的部分體積明顯較小，但是仍有多處被氣體佔據，在C中不僅氣泡體積小，連數目也減少了，這樣的現象也許說明了一個好的管路應該具備的基本條件。

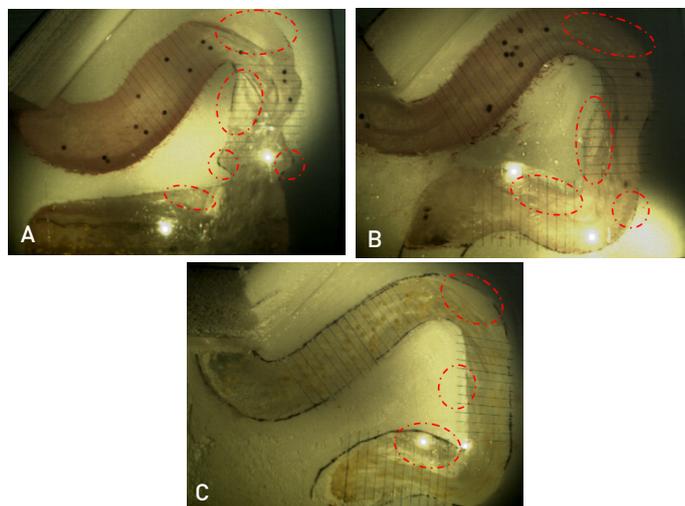


圖 2 水流觀測圖

四、速度量測

我們也進一步用微小顆粒來測量水流的流速，測量的地點在圖2所示的流道中水流流進管路後，經過第一個彎後面積均勻的部分。

從圖3的量測可以看出沖刷力好的C管路，在第4秒後可以達到最大的水流速度，之後就急速衰退，水流中止，相較於B管路，水流雖然持續較長時間，但速度小，這應該是C有較佳的沖刷力的原因，而A管路可能是面積太大，以致速度無法提升且沖刷時間也短。

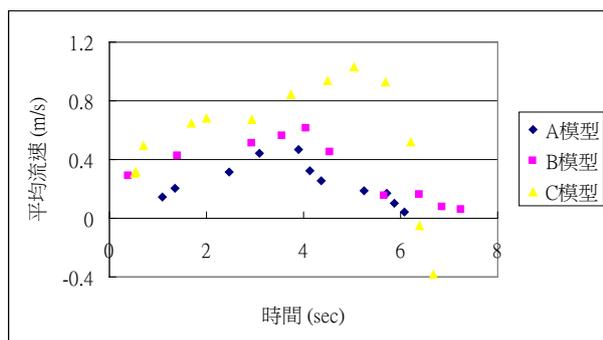


圖 3 平均流速比較圖

五、結論

從這個研究我們獲得幾個結論

1. 沖刷力越佳的馬桶，管路管中的殘存氣體所占的體積越少，所以能夠建立較佳的虹吸現象，產生較好的沖刷力。
2. 沖刷力越佳的馬桶，管路管中水流速度越大。
3. 實驗中截面積最大的管路，反而不利於建立虹吸效果，而影響了馬桶的沖刷力。

參考文獻

- [1] McDougall, J. A., Wakelin, R. H. M., 2007, "The influence of flush volume and branch drain cross-section on deformable solid transport in attenuating flows," *Building Services Engineering Research and Technology*, Vol. 28, No. 1, pp 7-22.
- [2] Cheng, W. S., Tsai T. H., 2007, "Transient Flow Analysis for Small Amount of Water Passing through Pipes with Double Consecutive Bends," *Journal of Lughwa University of Science and Technology*, Vol. 22, pp. 9-14.
- [3] Simon Fane and Anna Schlunke, 2008, "Opportunities for more efficient toilets in Australia – How low can we go?," 3rd National Water Efficiency Conference.
- [4] Swaffield, J. A., Galwin, L. S., "Engineered design of Building Drainage System," 1992, Gower.
- [5] Heu, S. W., 2002, "The Study of the Implementation of jet-Pump into Water Closet," Master Thesis, Department of Mechanical Engineering, National Yunlin University of Science and Technology, Taiwan.
- [6] Ho, C. J., 1981, "Research of Lower Volume Closet Performance and Ordure-Transferring in Building Drainage System," Master Thesis, Department of Architecture, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan.
- [7] Chu, S. C., Wang, G. H., and Chu, G. L., 2007, "Study on the Flush Performance of Siphon-Type Water Closets," Project Report, Lughwa University of Science and Technology, Taiwan.
- [8] ASME-A112.19.2-2003, Vitreous China Plumbing Fixtures and Hydraulic Requirements for Water Closets and Urinals.
- [9] CNS3221 Method of Test for Sanitary Ceramic Wares.