

---

# 馬桶漏水的終極救星--虹吸式馬桶水箱

馬瑪宣\* 梅佳龍 梅珍鳳

臺北市私立復興實驗高中

**你知道一座馬桶一年內可漏掉 63000 公升的水，而使用人卻完全沒感覺嗎？**

馬桶漏水是日常生活上的小問題，漏水量看起來並不大，但日積月累下來總量也十分可觀。事實上，看得見的漏水其實並不嚴重，看不見的「不可停止的無感漏水」，才是真正的問題。一座馬桶一年內可漏掉 63000 公升的水，而使用人卻完全沒感覺！其中的關鍵－水箱「止水器」因橡膠材質用久了難免老舊疲乏，造成接縫不密合而漏水。我們的新發明「虹吸式馬桶水箱」利用虹吸管原理以「虹吸式落水器」取代傳統的水箱「止水器」，並利用浮球來控制水面的高低以啟動「虹吸作用」，構造簡單可靠，材料便宜可得，可謂是馬桶漏水問題的終結者。

## 壹、神奇的虹吸作用

虹吸現象發生必須有一邊高和一邊低的水管，軟管或硬管皆可，管內需裝滿水，高的那端一定要和高處的水面接觸，低的那端一定要和低處的水面接觸，只要有一端離開水面，虹吸現象就會立刻把管內的水流光而失效。

為何會發生虹吸現象呢？讓我們用圖片來說明。圖 1 中可見 A、B 兩端各有一水杯，A 端比 B 端高，中間有一充滿水的 U 形管連接。對 C 點而言，來自左方的壓力 =  $1\text{atm} - \rho gh_A$ ；來自右方的壓力 =  $1\text{atm} - \rho gh_B$ 。因為  $h_A < h_B$ ，故來自 C 點左方的壓力 > 來自右方的壓力，U 型管內的水不斷從 C 點左端流向右端，直到 A 端水杯的水面降至虛線為止。

今日，虹吸管的使用廣泛見於你我日常生活中，舉凡清理魚缸中的髒水，清除高處的積水，只要一根充滿水的管子，不用抽水機就可將積水抽掉喔！本文中介紹的「虹吸式馬桶水箱」便是利用虹吸管原理設計而成。

## 貳、傳統馬桶水箱之基本研究

水箱內部構造可分為二個類型，一般坐式馬桶水箱為其中一個類型，其內部的構造有浮球、溢水管、進水器、止水器與拉桿，拉桿以繩索牽引止水器；另一種類型為蹲式高掛馬桶水箱，其內部的構造有浮球、進水器、落水管、落水器與拉桿，拉桿以繩索牽引止水器，如圖 3 所示。

---

\*為本文通訊作者

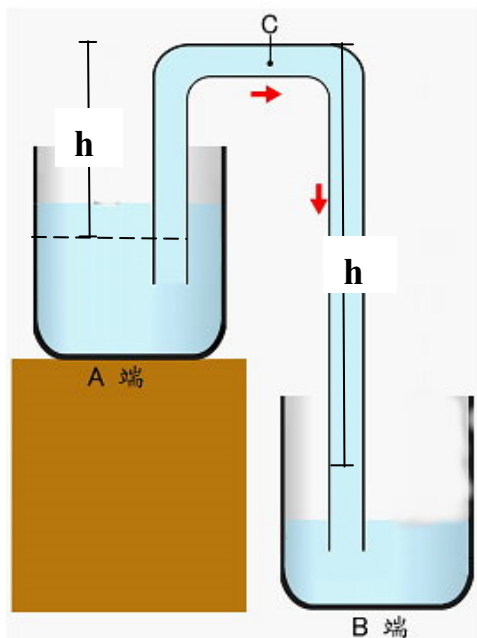


圖 1、虹吸作用原理示意圖



圖 2、虹吸作用運用於生活實例

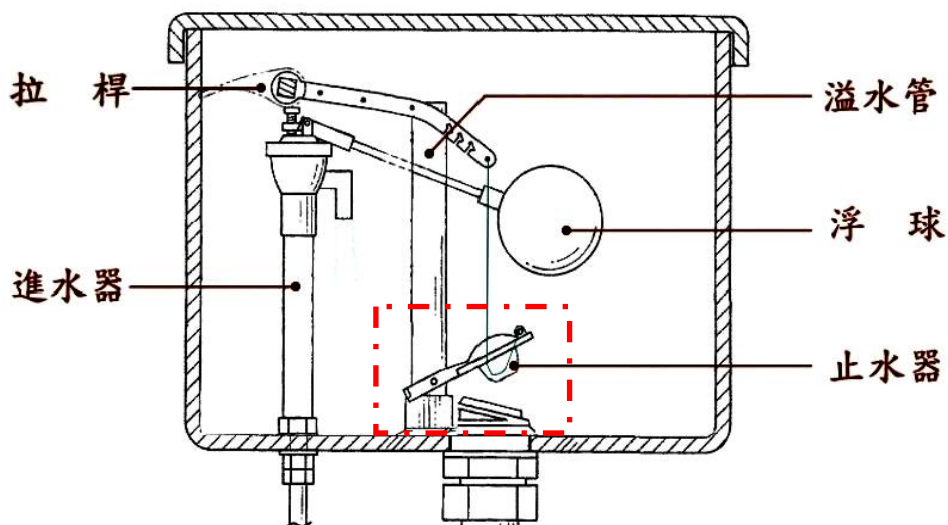


圖 3、一般坐式馬桶水箱示意圖（紅色虛線部分為傳統水箱易漏水之處）

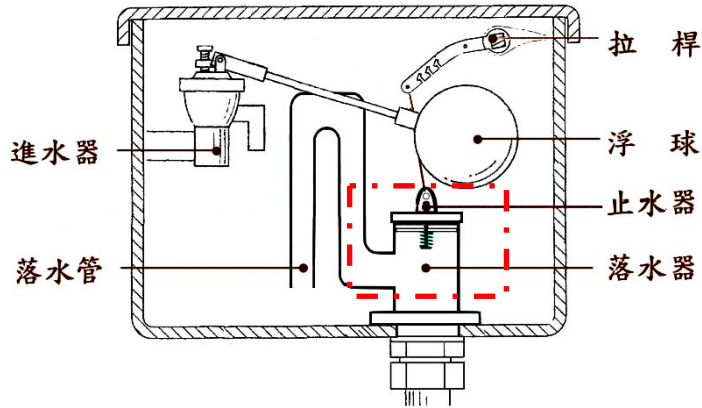


圖 4、蹲式高掛馬桶水箱示意（紅色虛線部分為傳統水箱易漏處）

## 二、馬桶水箱運作原理

1. 一般坐式馬桶水箱運作原理如下：其中，因為止水器橡膠容易老化變形，因此會產生馬桶漏水問題。

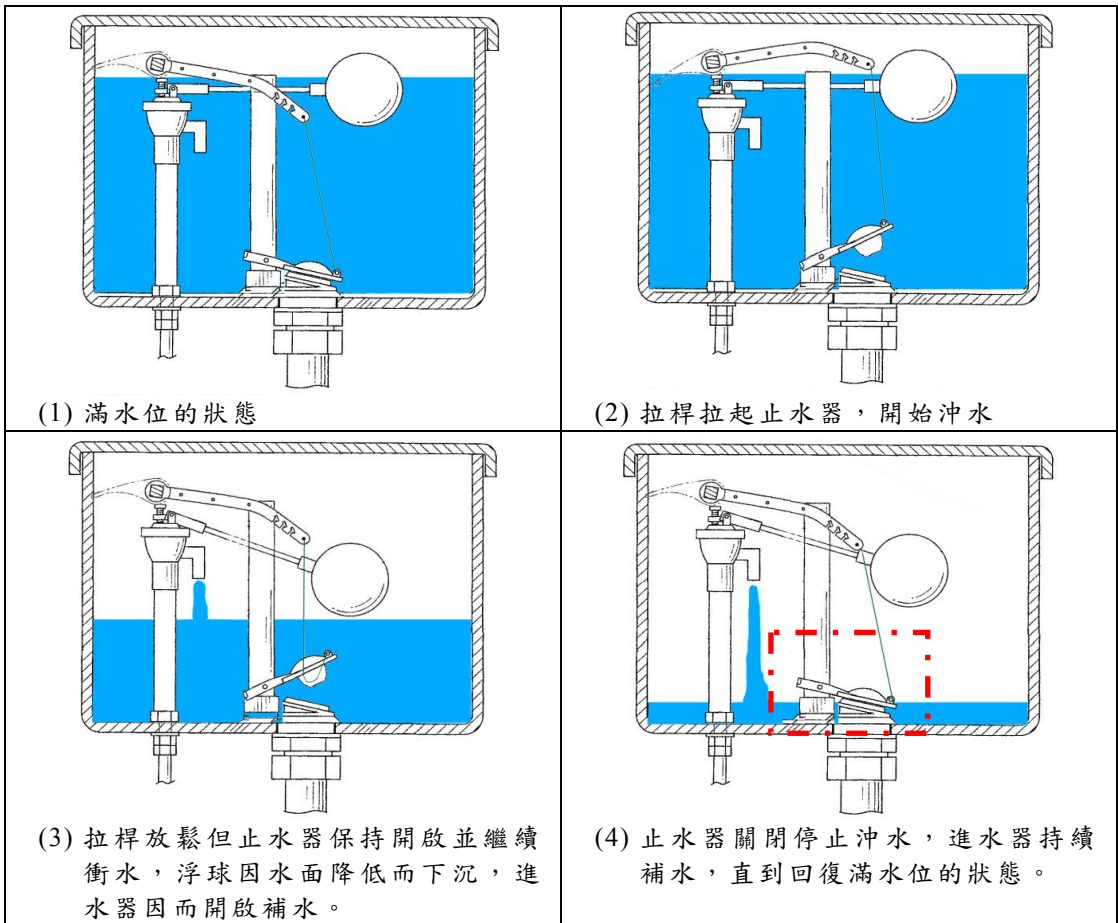


圖 5、一般坐式馬桶水箱運作原理示意圖（紅色虛線部分為易漏水之處）

2. 蹲式高掛馬桶水箱的運作原理如下：因蹲式高掛馬桶水箱的浮球、補水器與一般坐式馬桶水箱作用相同，為使圖面簡潔，故省略不畫。此型水箱與一般坐式馬桶水箱同樣有止水器橡膠老化變形產生的漏水問題。

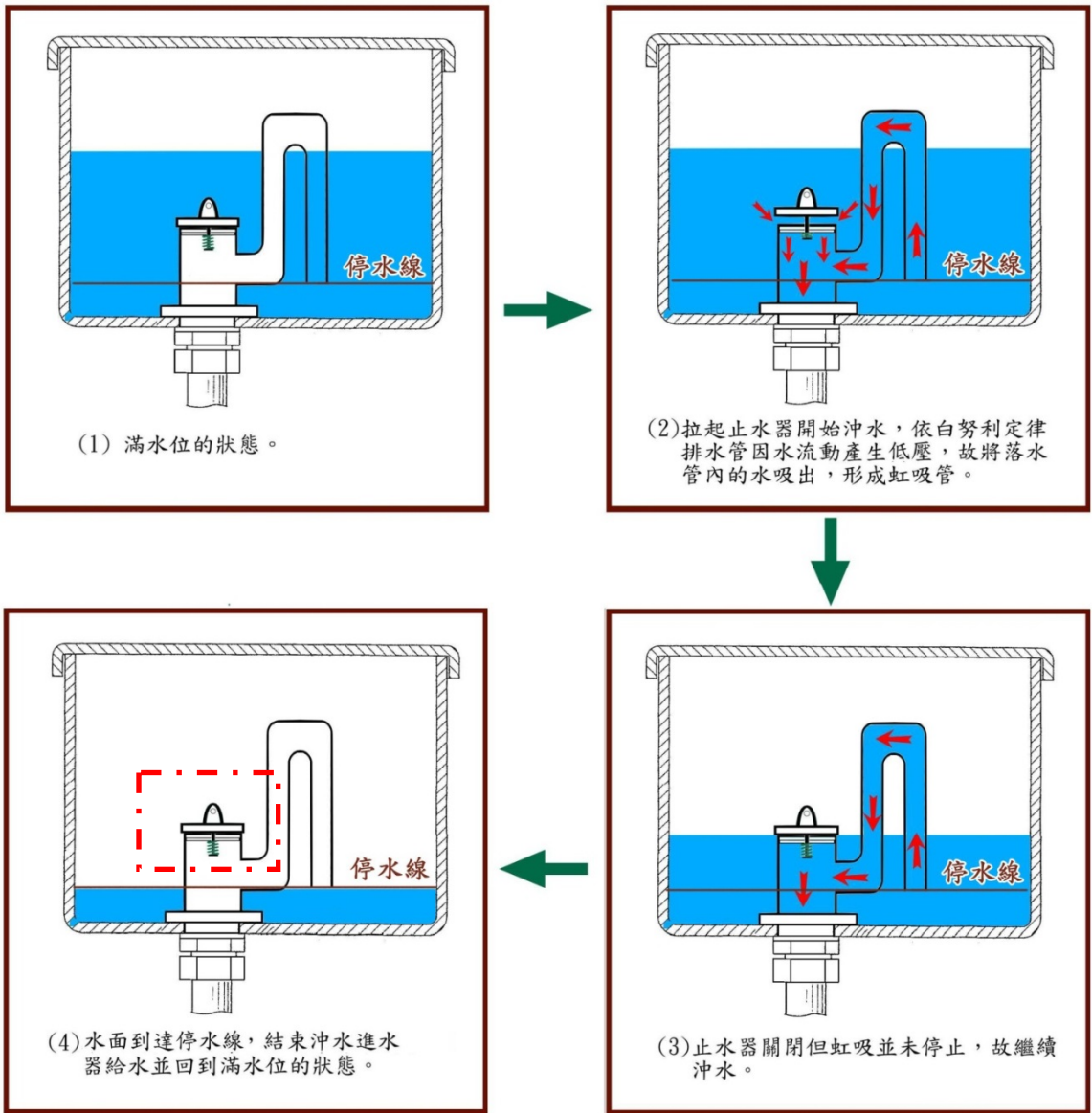


圖 6、蹲式高掛馬桶水箱的運作示意圖（紅色虛線部分為易漏水之處）

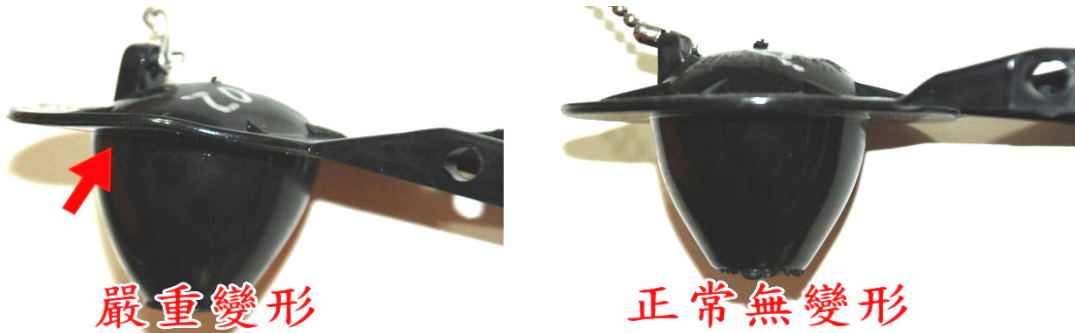


圖 7、止水器橡膠老化變形照片

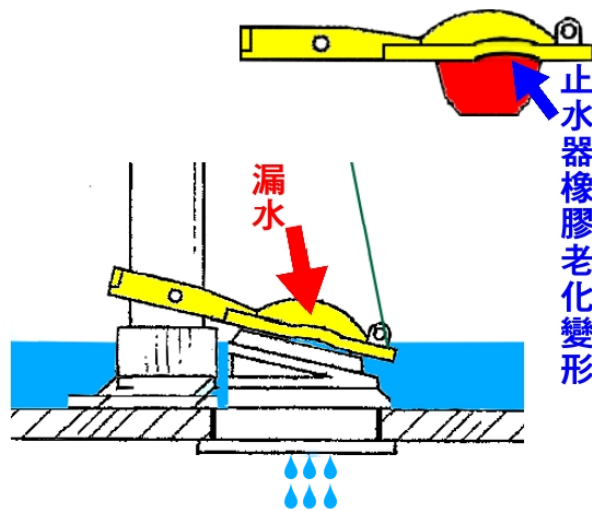


圖 8、止水器橡膠老化變形示意圖

水箱體有裂縫、水管連接處漏水與水箱內零件鬆動等問題由外觀即可看出來，並且形成的原因很單純問題易解決。然而，馬桶水箱在使用時間拉長後，止水器的橡膠老化變形的機率增高，水箱「無感漏水」的問題乃是造成多數馬桶漏水而使用者卻毫不知覺的最大元兇，本發明「虹吸式馬桶水箱」就是針對此問題所形成的漏水做徹底的改善。

### 參、虹吸式落水器的設計

為了要改善傳統馬桶水箱止水器漏水的問題，我們利用「虹吸式落水器」取代傳統的「止水器」，它最大的不同點在於沒有頂蓋，主要以高低水位變化所引發的虹吸作用啟動沖水，因此沒有止水器老化變形的漏水問題。

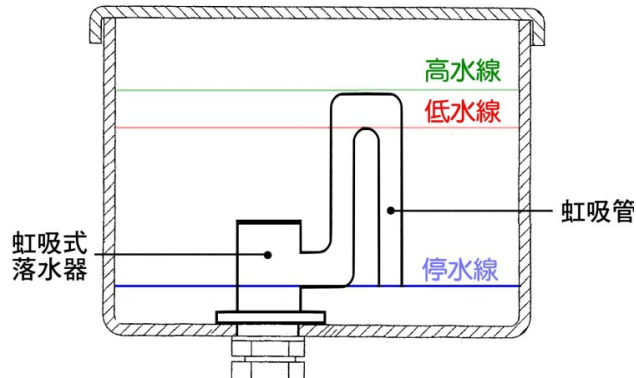


圖 9、虹吸式馬桶水箱內部設計圖（為了使圖面簡潔，只繪出了虹吸管及虹吸式落水器）

經過實驗測試，水箱內水面高度若超過「高水線」，虹吸作用確實會發生，水面會降至「停水線」為止。

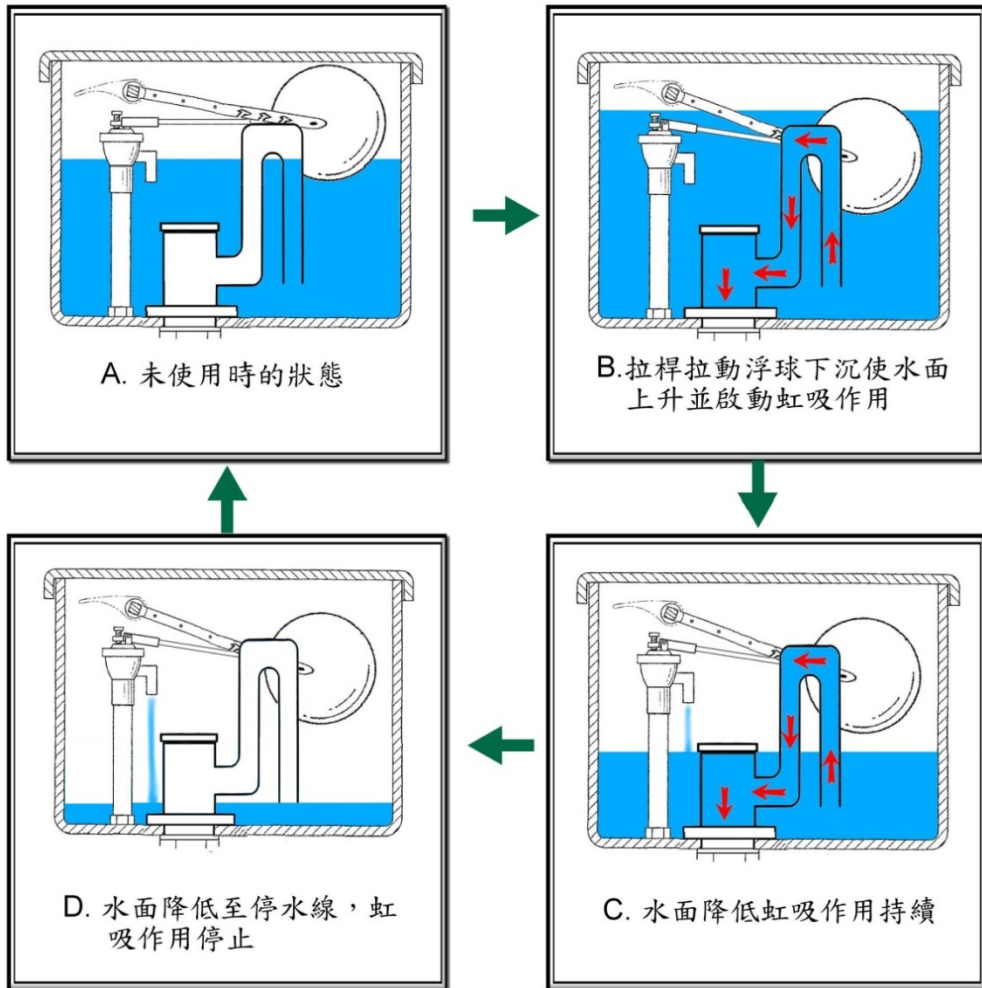


圖 10、虹吸式馬桶水箱運作示意圖

## 肆、第一代虹吸式馬桶水箱

目前新型馬桶水箱為了達成省水的目的，紛紛走向兩段式沖水的設計，第一段大約沖出 4 公升的水，第二段大約沖出 6 公升的水，為了使「虹吸式馬桶水箱」也能具有這樣的功能，我們做了以下的修正：

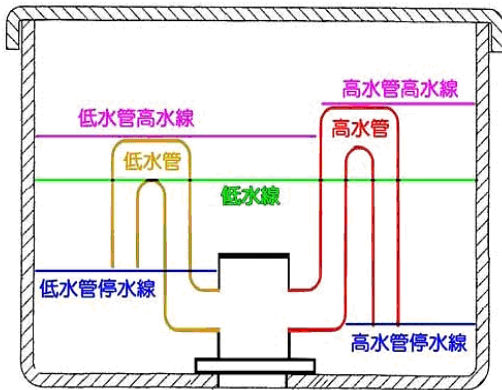


圖 11、兩段式沖水虹吸水箱設計圖

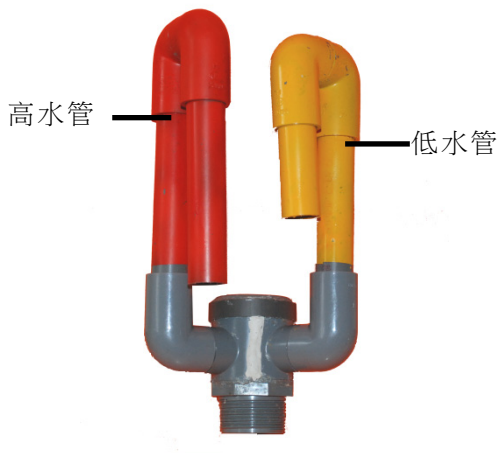


圖 12、兩段式沖水虹吸水箱虹吸式落水器套組成品圖

### 【說明】

1. 未開始使用時，水面停留在低水線。

2. 水面上升至低水管高水線時，低水管發生虹吸作用。水面降至低水管停水線時，虹吸作用結束。此時「高水管」不會發生虹吸作用，只會漏出少許的水，「低水管」沖出的水等於「低水管停水線」到「低水管高水線」之間的水量，沖水量約等於 4 公升，相當於新型省水馬桶水箱的第一段沖水。
3. 水面上升至高水管高水線時，高、低水管同時發生虹吸作用，水面降至高水管停水線時，虹吸作用結束。此時，「高水管」沖出的水等於「高水管停水線」到「高水管高水線」之間的水量，沖水量約等於 6 公升，那麼這項動作便相當於新型省水馬桶水箱的第二段沖水。

但在實際使用上，壓下浮球使水面上升必須克服浮球的浮力，一顆浮球體積約等於 1250 mL 的水，壓下浮球使之沒入水面可以啟動第一段沖水（施力約 1.25 公斤）；壓下浮球必須再外加 700 mL 水才能順利啟動第二段沖水（施力約 1.95 公斤）。此外，拉桿設計原理為拉桿的施力臂約為浮球抗力臂的 1/3，壓下沖水的力道必須是浮球浮力的 3 倍（4 公斤）。為了要突破此施力瓶頸，我們做了接下來的實驗與改良。

## 伍、你看過一胖一瘦的虹吸管嗎？

在設計完「第一代虹吸式馬桶水箱」後我們發現，若使用出入水管管徑相同的虹吸管，必須要非常用力按下浮球才能使

水面上升至足夠高度以啟動虹吸作用。我們的新發明「虹吸式馬桶水箱」特色之一，也是申請專利的第二個項目，就是一胖一瘦的虹吸管：出水管（小管）、入水管（大管）以及連接出、入水管的彎管（如圖 14 所示）。經由實驗證實，如此的設計能有效減少啟動虹吸作用所需的上升水量（表 1、圖 17~19），也就是說，以較小的力量按下浮球，便可使水面上升足夠的高度，進而引發虹吸作用以順利沖水。此設計的構想及原理如下：我們拿實驗室中不同管徑的量筒作示範（圖 15），明顯可見同體積的液體在管徑較小的量筒液面高度較高。入水管的管徑比出水管管徑大，如此一來，輕按浮球，水面上升的高度便能使出水管（小管）被填滿，虹吸作用即能發生（圖 16）。注意此時連接兩端水管的彎管內尚有空氣，並不用整個被填滿，可說是虹吸管設計的一大突破。由此可知，虹吸管頂端真空並非是啟動虹吸作用的必要條件，有空氣也能有虹吸現象喔！



圖 13、大小管徑虹吸管的設計

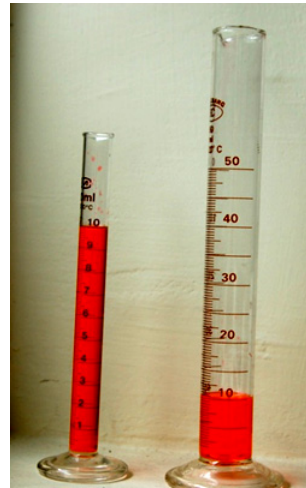


圖 14、同體積的液體（10mL）在不同管徑的量筒液面高度比較

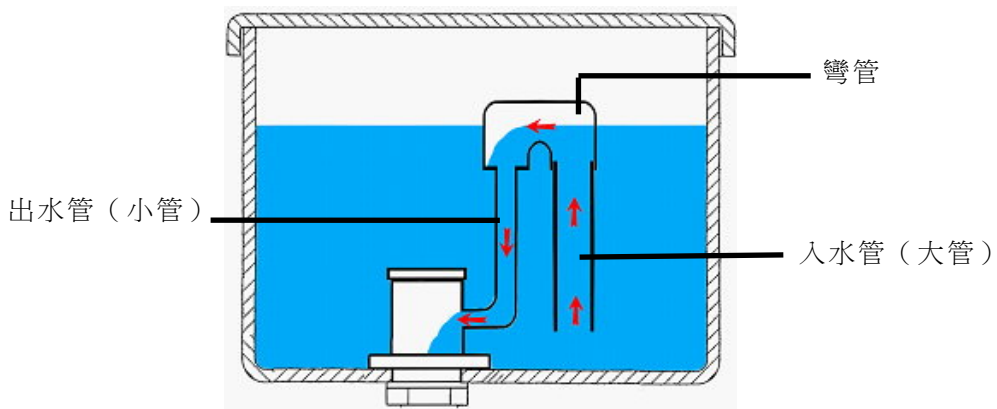


圖 15、大小管徑虹吸管虹吸作用啟動示意圖  
（注意：此時彎管內尚有空氣，不用完全被水填滿便能啟動虹吸作用）



表 1、大小管徑虹吸管管徑比與其每秒沖水量的關係

實驗序號	入水管管徑 (公分)	出水管管徑 (公分)	管徑比值 (入水管管徑÷ 出水管管徑)	啟動虹吸作 用的注水量	每秒沖水量
1	1.8	1.6	1.12	1350mL	180mL
2	3.4	1.6	2.12	400mL	190mL
3	3.4	2.0	1.70	650mL	270mL
4	4.2	2.0	2.10	450mL	290mL
5	4.2	2.6	1.61	1100mL	470mL
6	6.0	2.6	2.30	350mL	500mL



圖 16、不同管徑比值的虹吸管

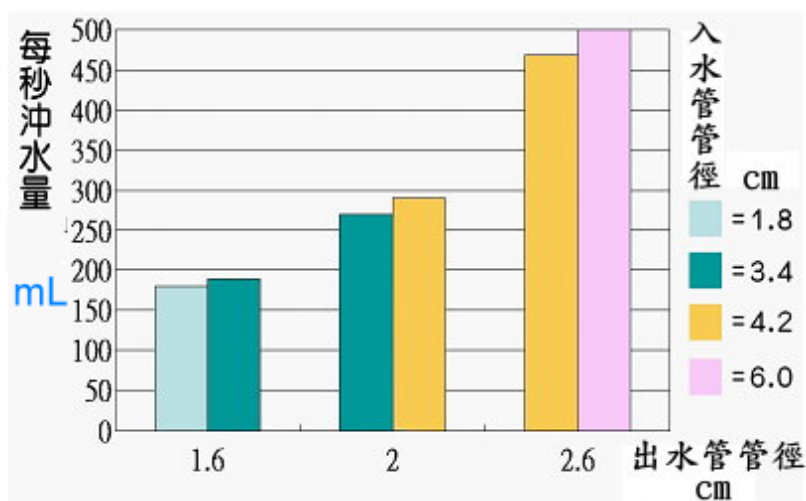


圖 17、出水管管徑與每秒沖水量的關係

**【說明】**

- 1、因市售彎管管徑種類有限，我們僅能就買得到的尺寸來做實驗，管徑大於 2.6 公分的水管，已無法安裝在落水器上，故本實驗出水管管徑上限為 2.6 公分。
- 2、浮球的體積等於 1250ml 的水，為求實驗結果的精確，實驗中我們以注入水代替壓入浮球的動作，一開始水箱內的水位高度在低水線（圖 18）。
- 3、以實驗序號（1，2）、（3，4）、（5，6）來看，出水管管徑不變，入水管管徑越大「管徑比值」會也變大，虹吸啟動注水量則隨之減少，但每秒沖水量會微幅增加（表 2、圖 19）。
- 4、以實驗序號（2，3）、（4，5）來看，入

水管管徑不變，出水管管徑越大「管徑比值」會變小，虹吸啟動注水量則隨之增加，但每秒沖水量會大幅增加。

- 5、以整體數據來看，出水管管徑變大，每秒沖水量會大幅增加（圖 19）。
- 6、傳統馬桶水箱每秒沖水量大約是 700ml，以我們的「二段式虹吸水箱」而言，使用「管徑比值 2.1」（第二段虹吸管）及「管徑比值 2.3」（第一段虹吸管）各 1 支併列，利用不同的「水面上升高度」來達成二段式沖水的目的。其中，第一段沖水的每秒沖水量為 320 mL，第二段沖水的每秒沖水量可達 680 mL，近似於傳統馬桶水箱的每秒沖水量。

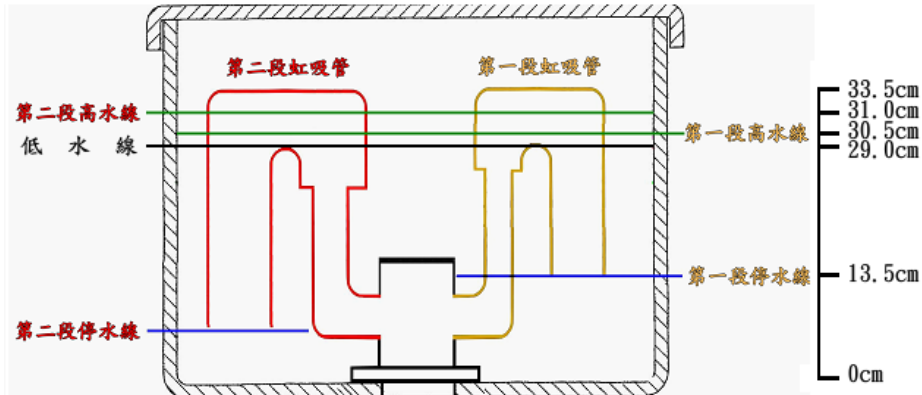


圖 18、兩段式沖水虹吸馬桶水箱模型

表 2、傳統馬桶水箱與虹吸式馬桶水箱的比較

	傳統式馬桶水箱			虹吸式馬桶水箱	
	無段氏	2 段式第 1 段	2 段式第 2 段	第 1 段	第 2 段
每秒沖水量	690mL	360mL	690mL	320mL	680mL
總沖水量	7100mL	4700mL	7200mL	4500mL	7300mL



圖 19、大小管徑虹吸式落水器套組成品圖

### 陸、兩段式沖水虹吸馬桶水箱

結合了「兩段式沖水」及「大小管徑虹吸管」，「虹吸式馬桶水箱」使用管徑比值 2.1（第二段虹吸管）及 2.3（第一段虹吸管）各一支置於水箱中，但考量到實際裝置必須預留空間安裝其他五金配備以及要安裝水箱上蓋，我們將虹吸管安裝相同高度，利用大小管徑不同控制水面上升高度以啟動虹吸作用，其作用原理如下（如圖 20）。

第一段虹吸管「管徑比值」大於第二段虹吸管，因此，當水面高度由低水線升

高至第一段高水線時，由於水會先填滿第一段虹吸管出水管，僅第一段虹吸管會發生虹吸作用，水面高度降至第一段停水線時虹吸作用停止完成第一段沖水。

同理，當水面高度由低水線升高至第二段高水線時，2 支虹吸管出水管出水管皆會被水填滿，因此都會發生虹吸作用，水面高度降至第二段停水線時虹吸作用停止完成第二段沖水。第二段沖水因為有 2 支虹吸管同時作用，並且停水線較低，因此每秒沖水量與總沖水量都會大於第一段沖水。

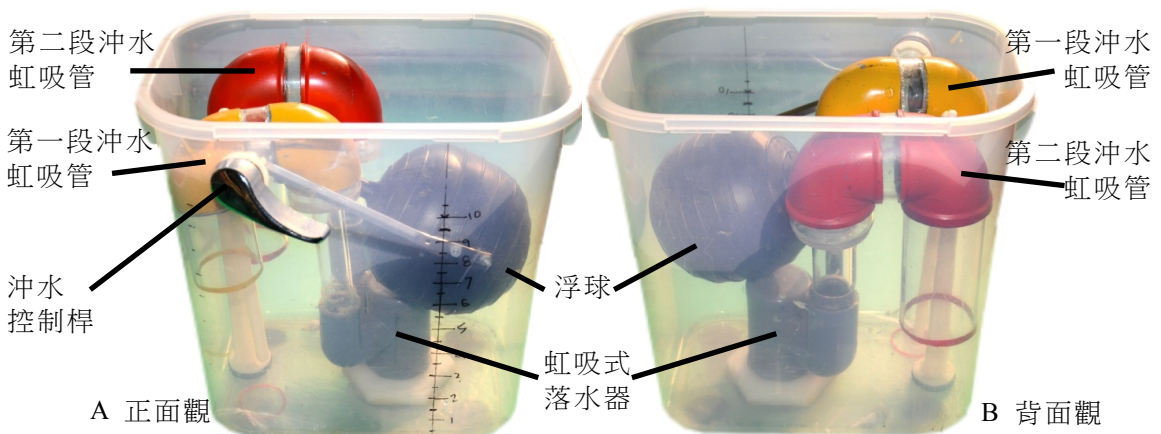


圖 20、虹吸式馬桶水箱成品正面及背面觀

## 柒、虹吸式馬桶水箱成品

經過了好些日子的構思與研發，我們的新發明「虹吸式馬桶水箱」已大功告成，並申請了兩項專利－「虹吸式落水器套組」以及「大小管徑虹吸管」。我們以「虹吸式落水器」取代傳統水箱橡膠「止水器」，從此水箱不再因止水器老舊變形問題而漏水！並且，順應兩段式沖水潮流，我們的「虹吸式馬桶水箱」也有「兩段式」的設計，可謂是強效又環保的犀利馬桶水箱！

每秒 2 ml 的「不可停止的無感漏水」看起來似乎很少，但是累計 1 年便有 63000 公升，如果水箱在 2 樓以上，浪費的還包

括將水抽到頂樓水塔的電能，在倡導「節能減碳」的今天，這是不容忽視的問題。「虹吸式馬桶水箱」可能不盡完美，不過我們希望能拋磚引玉，引起大眾對馬桶漏水議題的重視，並將「節能減碳」落實到日常生活的小處與深處，創造乾淨與環保的明天。

## 捌、參考資料

- 中華民國第 49 屆中小學科學展覽會 馬桶水箱裡的秘密  
翰林版 國小自然與生活科技 第四冊 3-3  
虹吸現象  
康軒版 國中自然與生活科技 第四冊 6-3  
壓力  
馬桶原理與實務 <http://www.wcis.itri.org.tw>