

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學科

第三名

080821

百變的虹吸管

學校名稱：臺北市大安區私立復興國民小學

| | |
|-------------------------|---------------------|
| 作者： 小六 梅佳龍 小六 梅珍鳳 | 指導老師： 盧世晟 陳顥仁 |
|-------------------------|---------------------|

關鍵詞：虹吸現象、溢流管、水庫

摘 要

將虹吸管入水口的管徑除以出水口的管徑所得到的商我們稱為「管徑比」，如果「管徑比」等於 1，我們稱為「第 1 類虹吸管」，大於 1 稱為「第 2 類虹吸管」，如果小於 1，稱為「第 3 類虹吸管」，因為這 3 類虹吸管具有不同的特性，所以我們就根據這些特性分別研可應用的範例，「第 1 類虹吸管」比較常見，所以我們就不多加討論，「第 2 類虹吸管」可運用於「虹吸式馬桶水箱」，利用適當的「管徑比」，讓它使用上更為方便。「第 3 類虹吸管」有不會產生「虹吸作用」的特性，用於水族箱可使水面高度不變的情況下達成換水的目的，「第 3 類虹吸管」也可用於水庫淤砂清理，在水庫模型的排砂實驗中，我們發現**雙管單孔型「第 3 類虹吸管」**排砂效果最為良好。

壹、 研究動機：

為了解決馬桶漏水的問題，我們曾經嘗試將虹吸管裝入馬桶水箱中，以取代容易變形漏水的橡膠「止水器」，我們也發現如果改變了虹吸管傳統的形狀，讓「入水口」的管徑大於「出水口」的管徑，會使虹吸管產生了一些特殊的功能，將它用於馬桶水箱的排水，會讓「虹吸作用」更容易發生，可是當時我們的重點在於研究馬桶水箱結構的設計，對於虹吸管改變管徑的問題，我們只描述觀察到的現象而未深入研究，在課本「**自然與生活科技第四冊**」中以及日常生活裡所見到的虹吸管，「入水口」的管徑都等於「出水口」的管徑，但事實上如果讓虹吸管「入水口」與「出水口」的管徑不相等後，可以產生很多種不同的組合，這些組合會有什麼樣的功能和特性？是否具有應用價值？我們查閱過許多關於虹吸管的相關文獻，找不到有人做過這方面的討論，所以我們將以此一現象為研究題目，並參考上一次研究所觀察到的數據，做進一步的討論，希望能有一些新的發現。

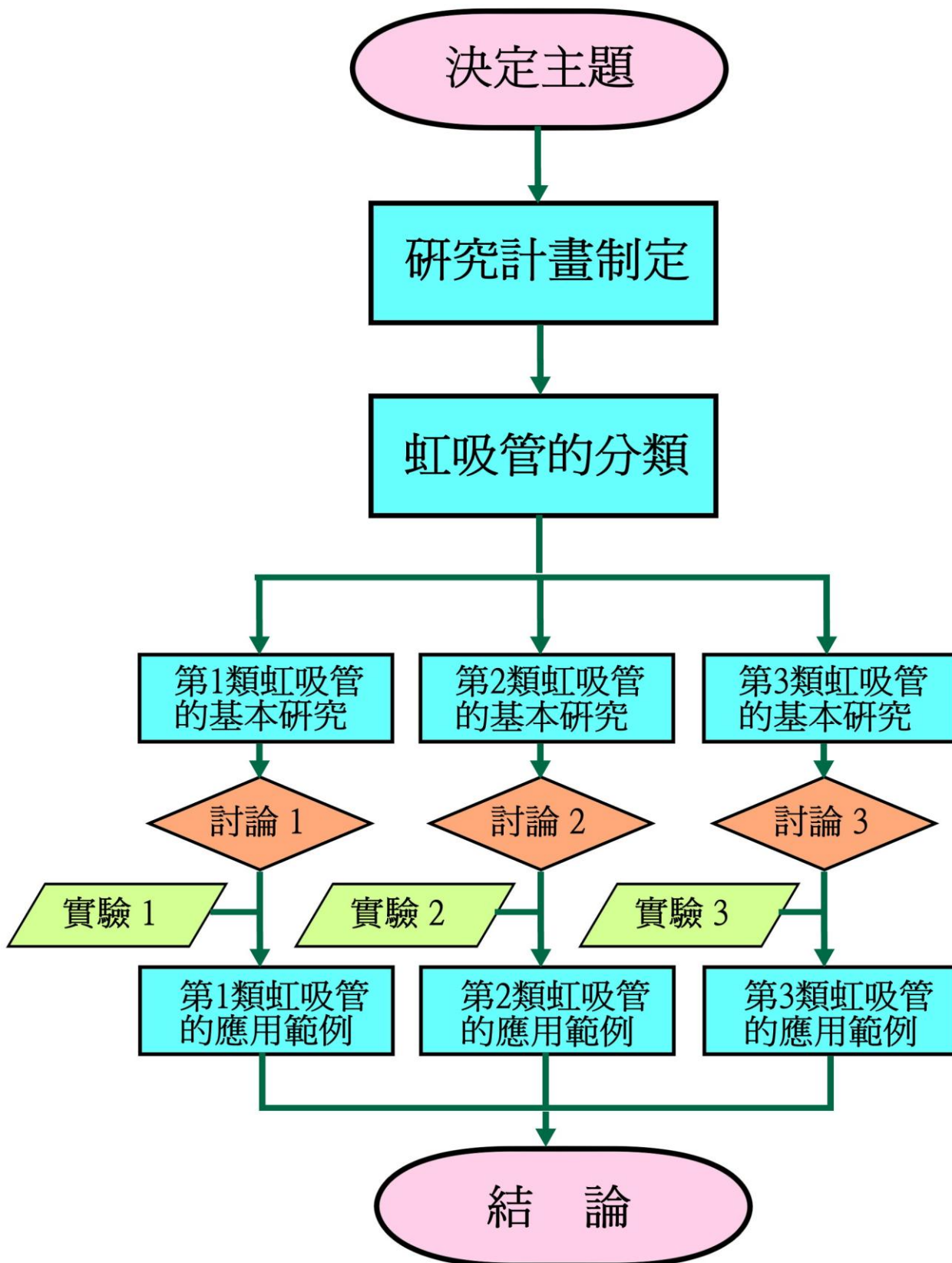
貳、 研究目的：

- 一、虹吸原理的基本研究，並以「管徑比」的大小將虹吸管分類。
- 二、不同種類的虹吸管特性及原理上的探討。
- 三、不同種類的虹吸管在應用上的研究。

參、研究的設備與器材：

| 製作虹吸管及水箱的材料 | | |
|--|--|---|
|  <p>三通管</p> |  <p>硬質水管</p> |  <p>轉接管</p> |
|  <p>L型彎管</p> |  <p>水塔聯接環</p> |  <p>水管膠</p> |
|  <p>量杯</p> |  <p>塑膠箱</p> |  <p>軟質水管</p> |
| 加工材料的工具 | | |
|  <p>鋸子</p> |  <p>砂輪機</p> |  <p>電鑽與圓形切割器</p> |
| 實驗用的器材 | | |
|  <p>水質測驗計</p> |  <p>染料</p> |  <p>保麗龍球</p> |

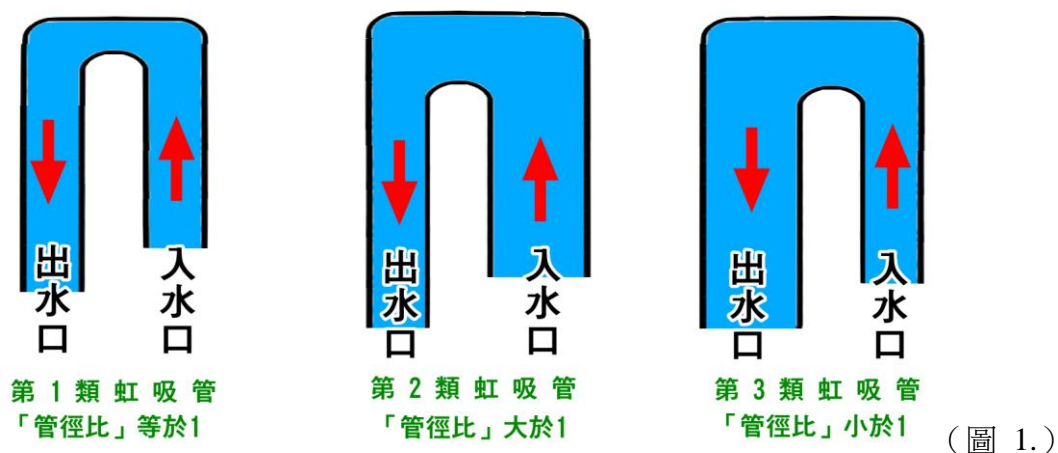
肆、研究的過程：



伍、研究的方法與結果：

一、虹吸管分類

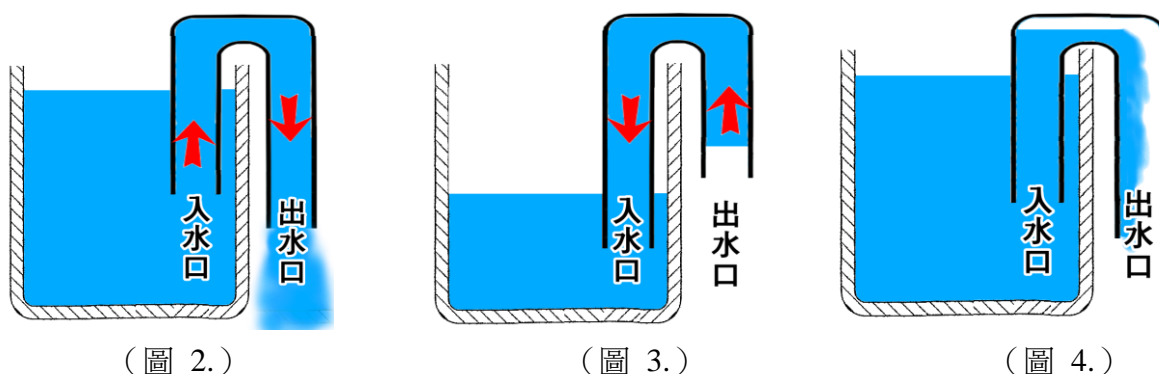
虹吸管以其外觀可分為出水口與入水口，如果將入水口的管徑除以出水口的管徑所得到的商我們稱為「管徑比」，如果「管徑比」等於1，代表出水口的管徑和入水口的管徑一樣大，這種虹吸管我們稱為「第1類虹吸管」，這也是我們在課本中以及日常生活裡所見到的虹吸管，如果「管徑比」大於1，代表入水口的管徑大於出水口的管徑，這種虹吸管我們稱為「第2類虹吸管」，如果「管徑比」小於1，代表入水端的管徑小於出水端的管徑，這種虹吸管我們稱為「第3類虹吸管」，其說明如（圖 1.）



二、第1類虹吸管的基本研究

討論 1：

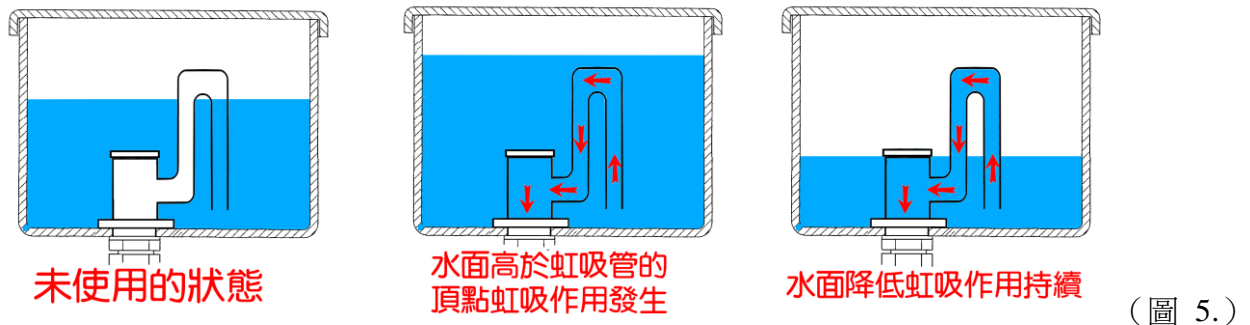
虹吸原理的運作如（圖 2.）出水口的水受重力的吸引落下，因而產生吸力將水不斷的由入水口吸入，虹吸作用因而產生，。



如果出水口的高度比入水口高，如（圖 3.），則會因出水端水柱的重量比入水端的水柱輕，水會逆流回去，虹吸作用便會停止，依照這樣的推論，如果出水口與入水口等高，那麼出水端水柱的重量與入水端的水柱就會相等，水就會停留在管內靜止不動，但是實際上這種狀況我們不能以實驗來證明，因為我們無法讓出水端與入水端的水柱完全等高等重。 如果虹吸

管內有空氣，如（圖 4.），那麼出水口就無法產生吸力，虹吸作用便會停止或根本不會發生。

我們常見的虹吸管，通常入水口位於桶內，出水口位於桶外，但是有些特殊的排水裝置出水口與入水口皆位於桶內，利用水面升高至虹吸管的頂點，使管內充滿水，這樣虹吸作用也會發生，其說明如（圖 5.）



因為這種虹吸管須完全沉浸在水中，與我們常見的虹吸管不一樣，所以我們將它稱為「沉浸式虹吸管」，而我們常見的虹吸管則稱為「傳統式虹吸管」。

三、 實驗 一：虹吸原理的實驗

實驗 1-1

（一）實驗目的：驗證虹吸原理。

（二）實驗方法：

- 1、購買透明水管 1 條製作虹吸管。
- 2、備水桶裝水並將水染色以便觀察。
- 3、將透明水管灌滿染色水，再插入水桶內以形成虹吸作用。
- 4、調整出水口與入水口的高度，觀察虹吸作用是否會產生變化。
- 5、將透明水管不灌滿染色水，保留部分空氣，再插入水桶內，觀察虹吸作用是否會停止或根本不會發生

（三）實驗結果：



透明水管灌滿染色水



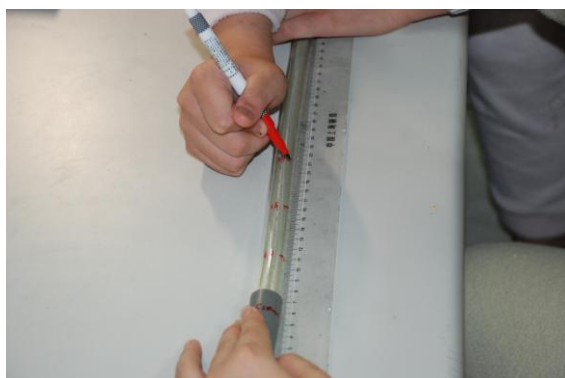
形成虹吸作用



出水口的高度提高至入水口之上



水逆流回去，虹吸作用停止



將虹吸管出水端畫上刻度



測量不同長度出水端水的流速



不灌滿染色水保留部分空氣



虹吸作用根本不會發生

(四) 實驗結果分析：

由本實驗我們得到以下結論

- 1、虹吸管出水口的高度較入水口高，水會逆流回去，虹吸作用便會停止。
- 2、我們將虹吸管出水端每隔 5 cm 畫上 1 個刻度，測試出水端比入水端長 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm 對水的流速的影響，結果發現裝滿 1000 ml 量杯所需的時間都是 7 秒鐘，因此我們認為在可發生虹吸作用的條件下，變動出水口與入水口的高度差並不會影響生虹吸作用。
- 3、如果虹吸管內有空氣，那麼出水口就無法產生吸力，虹吸作用就不會發生。

實驗 1-2

- (一) 實驗目的：驗證「沉浸式虹吸管」原理。
- (二) 實驗方法：
 - 1、製作測試「沉浸式虹吸管」所需之水箱。
 - 2、將水染色並倒入水箱觀察虹吸作用。
- (三) 實驗結果：



製作測試「沉浸式虹吸管」的水箱



水面高度超過「高水線」，虹吸作用發生



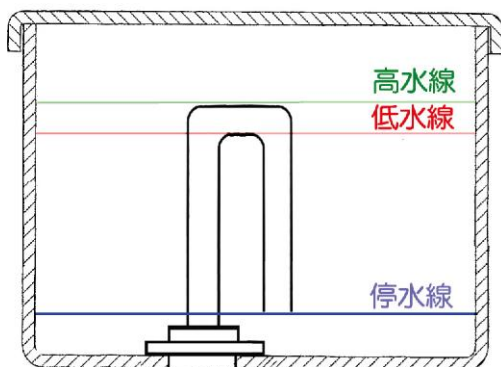
虹吸作用持續發生



水面會降至「停水線」虹吸作用結束

- (四) 實驗結果分析：

「沉浸式虹吸管」的特性如（圖 6.）



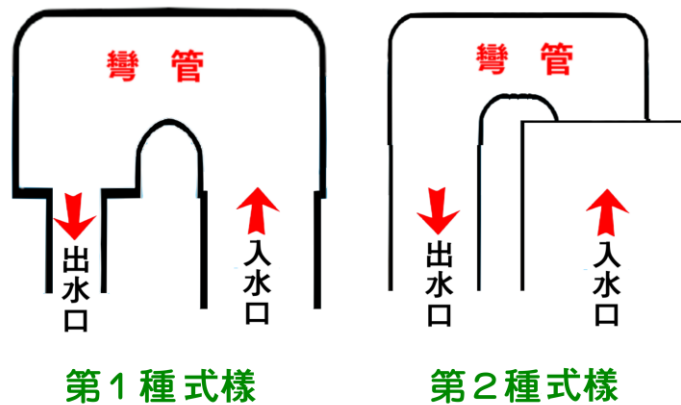
（圖 6.）

- (1)、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」停止。
- (2)、水面高度若超過「低水線」但未到達「高水線」，會有水自出水口中漏出，但是吸作用不會發生。
- (3)、水面高度若停留在「低水線」，則不會有任何動作發生。

四、第2類虹吸管的 basic 研究

討論 2：

「第2類虹吸管」管徑比大於1，代表入水端的管徑大於出水端的管徑，可是虹吸管的頂端有一段彎管，這一段彎管屬於入水端或出水端會造成「第2類虹吸管」有2種不同的式樣如(圖7.)，第1種式樣彎管屬於入水端，第2種式樣彎管屬於出水端，這2種式樣的特性則必需另行設計實驗來說明。



(圖 7.)

五、實驗二：第2類虹吸管的實驗

實驗 2-1

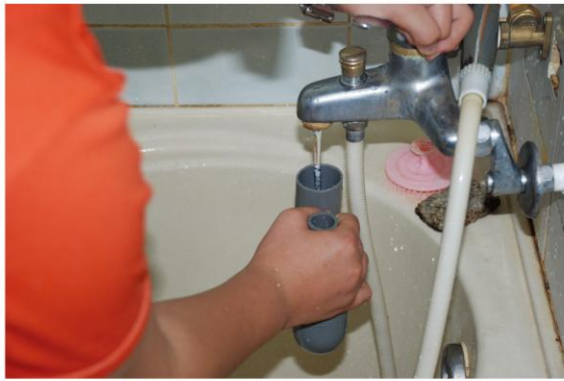
- (一) 實驗目的：驗證「第2類虹吸管」2種式樣的特性。
- (二) 實驗方法：1、製作「第2類虹吸管」2種式樣的虹吸管各一支。
2、依虹吸的原理驗證2種式樣的特性。
- (三) 實驗結果：



第1種式樣



第2種式樣



將水灌入第 1 種式樣虹吸管



虹吸作用發生



將水灌入第 2 種式樣虹吸管



虹吸作用發生



第 1 種式樣虹吸管沉浸測試



第 2 種式樣虹吸管沉浸測試

(四) 實驗結果分析：

由本實驗我們得到以下結論

- 1、「第 2 類虹吸管」2 種式樣在「傳統式虹吸管」的實驗中都會發生虹吸作用，工作原理和特性與「第 1 類虹吸管」相同。
- 2、「第 2 類虹吸管」2 種式樣在「沉浸式虹吸管」的實驗中，第 1 種式樣水面高度不用超過「高水線」，虹吸作用就會發生，而發生的高度與「管徑比」有關，第 2 種式樣水面高度要超過「高水線」，虹吸作用才會發生，與「第 1 類虹吸管」相同。
- 3、因為第 2 種式樣與「第 1 類虹吸管」的特性相同，所以我們就不再討論它，以下所討論的「第 2 類虹吸管」都以第 1 種式樣為準。

實驗 2-2

- (一) 實驗目的：測試「第 2 類沉浸式虹吸管」「管徑比」與發生虹吸作用的水面高度的關係。
- (二) 實驗方法：1、製作不同「管徑比」的第 2 類虹吸管一批。
2、製作測試所需之水箱，
3、將不同「管徑比」的第 2 類虹吸管分別裝入測試水箱中。
4、將水倒入水箱，直到水面高度到達「低水線」為止。
5、記錄不同「管徑比」的第 2 類虹吸管，由「低水線」到發生虹吸作用所需補充的注水量，以此來表示發生虹吸作用的水面高、低的變化。



不同「管徑比」的第 2 類虹吸管



製作測試水箱



將虹吸管裝入水箱



測試測試「沉浸式虹吸管」

(三) 實驗結果：

| 實驗序號 | 入水管管徑 (公分) | 出水管管徑 (公分) | 管徑比 | 虹吸啟動注水量 (ml) | 每秒出水量 (ml) |
|------|------------|------------|------|--------------|------------|
| 1 | 1.8 | 1.6 | 1.12 | 1350 | 180 |
| 2 | 3.4 | 1.6 | 2.12 | 400 | 190 |
| 3 | 3.4 | 2.0 | 1.70 | 650 | 270 |
| 4 | 4.2 | 2.0 | 2.10 | 450 | 290 |
| 5 | 4.2 | 2.6 | 1.61 | 1100 | 470 |

(表 1)

(四) 實驗結果分析：

- 1、因市售水管管徑種類有限，我們僅能就買得到的尺寸來實驗。
- 2、以**實驗序號** (1, 2)、(3, 4)、(5) 來看，出水管管徑不變，入水管管徑越大「**管徑比**」會也變大，但**虹吸啟動注水量**則隨之減少，**每秒沖水量**會微幅增加。
- 3、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**」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。
- 4、以整體數據來看，「**管徑比**」與**虹吸啟動注水量**成反比。

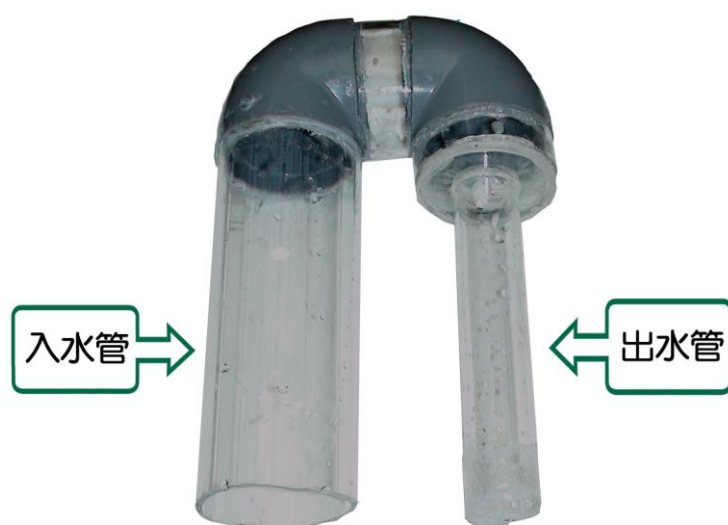
實驗 2-3

(一) 實驗目的：探討「**第 2 類沉浸式虹吸管**」的工作原理。

(二) 實驗方法：

- 1、購買材料製作「**透明第 1 類沉浸式虹吸管**」。
- 2、將「**透明第 1 類沉浸式虹吸管**」裝入測試水箱中。
- 3、倒入染成藍色的水至「**測試水箱中**」並觀察結果。

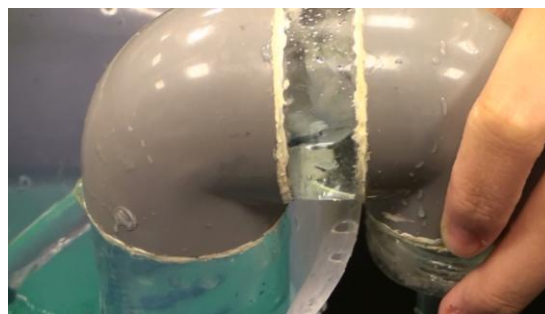
(三) 實驗結果：



透明第 2 類沉浸式虹吸管



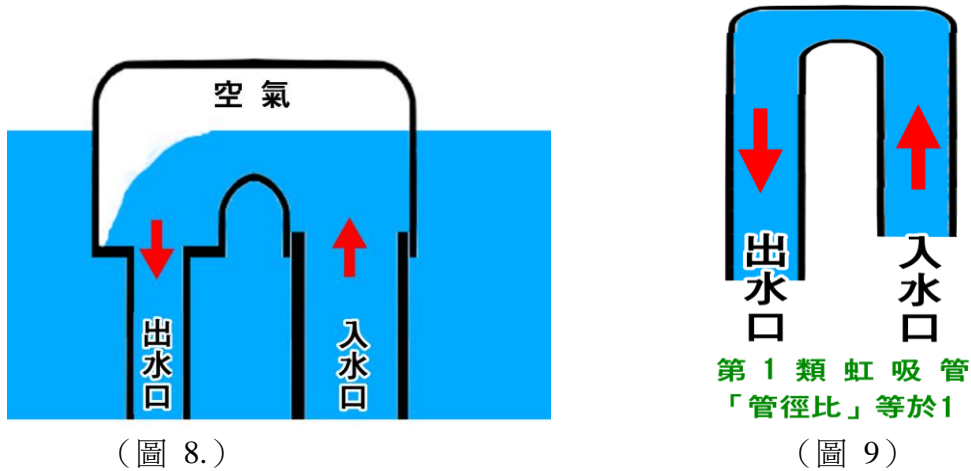
發生虹吸作用



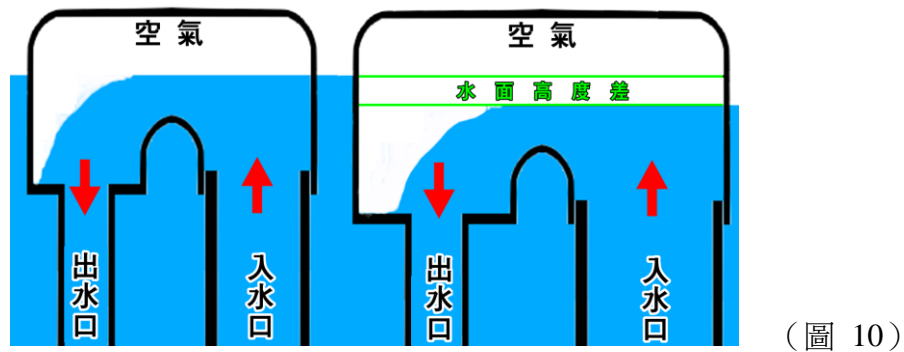
虹吸管內有空氣

(四) 實驗結果分析：

在發生虹吸作用的同時，我們在虹吸管的頂端發現大量的空氣，這一點與「實驗一」的實驗結果分析：「如果虹吸管內有空氣，那麼出水口就無法產生吸力，虹吸作用就不會發生」發生抵觸，不過當再次觀察透明管內的水流動方式時，我們發現只要出水管產生持續的吸力，虹吸作用就不會停止，在本實驗中因為出水管管徑較小，故入水管內的水不需要排除全部的空氣就可以填滿出水管產生持續的吸力，其說明如（圖 8.）



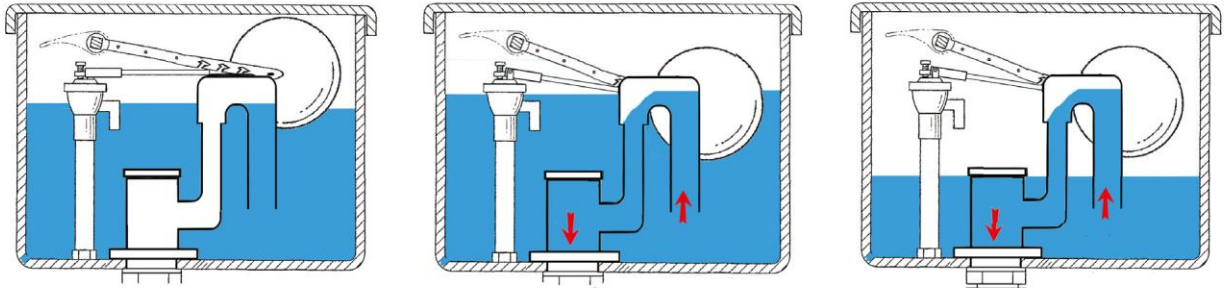
但是「第 1 類虹吸管」：如（圖 9），因為管內每一點管徑都相同，所以不能有空氣存在另外我們也發現「出水管不變，管徑比越大則管內的空氣越多」，當然這也說明了「實驗 2-1」的結果：「管徑比與虹吸啟動注水量成反比」，如（圖 10）



右邊的虹吸管啟動虹吸作用的水面較低，空氣相對較多，所以虹吸啟動注水量較少。

六、第 2 類虹吸管的應用範例研究

「第 2 類虹吸管」在日常生活上其實並不多見，目前已有用於「虹吸式馬桶水箱」中，其作用原理如（圖 11）



未使用的狀態 拉桿拉動浮球下沉使水面上升 水面降低虹吸作用持續

(圖 11)

由(圖 11)中我們知道壓下浮球才能啟動「虹吸式馬桶水箱」沖水，浮球體積越小，則拉動拉桿的力量就越小，操作就越容易，但是浮球體積變小，水面上升的高度也會變低，虹吸作用就不容易啟動，由(實驗 2-2)中我們知道要使虹吸作用啟動的水面降低，出水管管徑越小越好，但是如此沖水量也會變小，造成馬桶沖不乾淨，所以我們認為「虹吸式馬桶水箱」可裝設 2 支相同的「第 2 類虹吸管」，如此便可兼顧操作容易與沖水量大。如(圖 12)

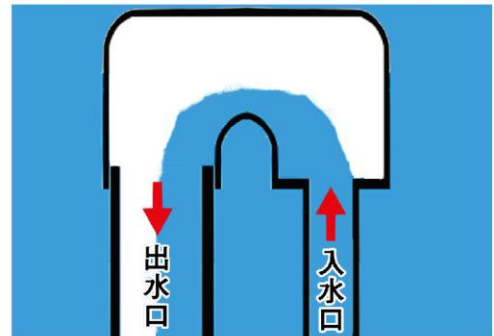


(圖 12)

七、第 3 類虹吸管的 basic 研究

(一) 討論 3-1 :

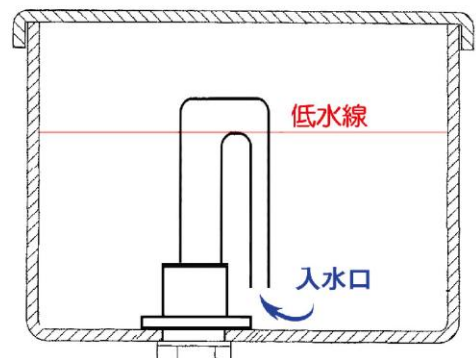
「第 3 類虹吸管」與「第 2 類虹吸管」的差別，僅在於出水管與入水管的位置互換而已，可是以虹吸原理來看，它們的功能與特性完全不同，我們在「實驗」的實驗結果分析中知道：「出水口無法產生吸力，虹吸作用就不會發生」，以「第 3 類虹吸管」的構造來看，入水管的水量根本無法填滿出水管以產生吸力，所以不會有虹吸作用發生，其說明如(圖 13)。



(圖 13)

(二) 討論 3-2 :

「第 3 類虹吸管」如果以「沉浸式虹吸管」的方法測試，它會如同「第 1 類虹吸管」一樣，水面高度若超過「低水線」會有水自出水口中漏出，並且水面高度若停留在「低水線」，則不會有任何動作發生，與「第 1 類虹吸管」的差別在於它不會產生虹吸作用，其說明如(圖 14) 因此，如果以「第 3 類虹吸管」當作「沉浸式虹吸管」，水面高度可以穩定停留在「低水線」，而超過「低水線」以上的水將自入水口排出。



(圖 14)

八、實驗三：第3類虹吸管的實驗

實驗 3-1

- (一) 實驗目的：驗證第3類虹吸管的特性。
- (二) 實驗方法：1、將第2類虹吸管出水管與入水管的位置互換。
2、依虹吸的原理驗證第3類虹吸管。
- (三) 實驗結果：



將水灌入虹吸管



準備盛水量杯



將虹吸管插入水杯中



不會發生虹吸作用



將第虹吸管裝入測試水箱中



驗證「沉浸式虹吸管」

(四) 實驗結果分析：

- 1、不論在「傳統式虹吸管」的測試，或是「沉浸式虹吸管」測試，「第3類虹吸管」果然如預期不會發生虹吸作用。
- 2、「第3類虹吸管」在「沉浸式虹吸管」測試中，我們發現如果水面高度超過「低水線」會有水自出水口中漏出，若水面高度若停留在「低水線」，則不會有任何動作發生，這一點與「第1類虹吸管」十分類似。

實驗 3-2

- (一) 實驗目的：驗證第 3 類虹吸管的實用性
- (二) 實驗方法：1、將第 3 類虹吸管裝入測試水箱中。
2、將水倒入測試水箱中並記錄倒入的水量。
3、以「水質測驗計」測量 TDS (總溶解固體量) 質。
4、將食鹽倒入水箱中並攪拌至完全溶解並測量 TDS 質。
5、逐次倒入固定量的水並觀察 TDS 質。
- (三) 實驗結果：



記錄倒入的水量



TDS 質 = 45 PPM



食鹽倒入測試水箱中



TDS 質 = 359 PPM



逐次倒入固定量的水



TDS 質 = 91 PPM

(四) 實驗結果分析：

- 1、測試水箱由底部到「低水線」共約 8 公升，逐次倒入固定量的水每次約 4 公升，共倒了 4 次 TDS 質便由 359 PPM 降至 91 PPM。
- 2、在實驗過程中水箱內水面高度始終維持在「低水線」附近，而排水的速度則視倒水而定，倒水速度越快，排水的速度也越快。
- 3、本實驗證明水箱內使用「第 3 類虹吸管」，有維持水面高度與換水的功能。

九、第3類虹吸管的應用範例研究

「第3類虹吸管」雖然在外觀上與其他兩類很接近，但是它不會發生虹吸作用，管內的水是靠入水口上方的水產生壓力將水壓出，壓力平衡後水就會停止流動，以這樣來看，它比較像「溢流管」，而不是「虹吸管」，因此我們將它更名為「U型溢流管」，故以下都以「U型溢流管」來替代「第3類虹吸管」，而水在管內的流動我們為「溢流作用」。

(一) 範例研究：

我們由生活經驗中知道，水族箱常常有許多魚類的排泄物和殘餘的飼料，為保護魚類的健康，我們必須時常換水以維護水質，傳統上水族箱換水的方法是用「第1類虹吸管」抽出一半的髒水，再倒入等量的清水，因為如果將魚類撈出再換水，不但麻煩也有可能會使魚類受傷，另外有部分的魚類需要水中有一些有機物才能生存。

如果在水族箱裝設「U型溢流管」，按照「實驗 3-2」的方式操作，與傳統換水的方法相比較，我們覺得有下列的優點：

1. 可維持水面高度，不易驚嚇魚類。
2. 清水由上方倒入，髒水由下方的出水口排出，倒入多少水便換出多少水，易於控制換水量。
3. 倒入清水的速度越快，水對流造成沉積物的揚起使濁度越高，則懸浮有機物排出越完全，反之，如果想多保留一些有機物，則降低到入清水的速度即可。
4. 可由入水管的高度決定換水的水層深度，低於入水口的水將會先被排出。

以下為模擬「U型溢流管」水族箱的操作，以染成紅色的水代表髒水，沙拉油水代表清水：



(1)



(2)



(3)



(4)

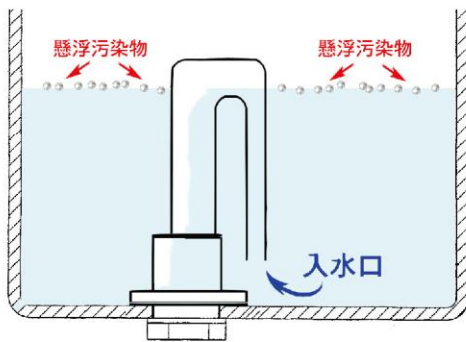


(5)

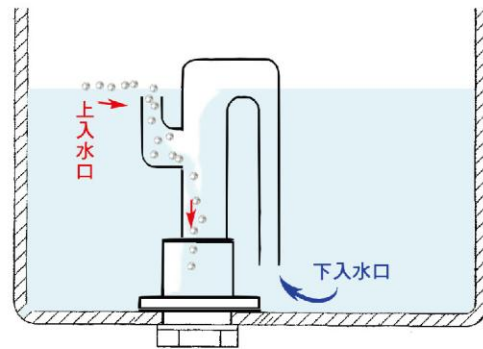


(6)

但是我們也發現因為水都由下方排出，如果水的表面有懸浮的污染物，那麼就無法由「U型溢流管」排出，其說明如（圖 15.）



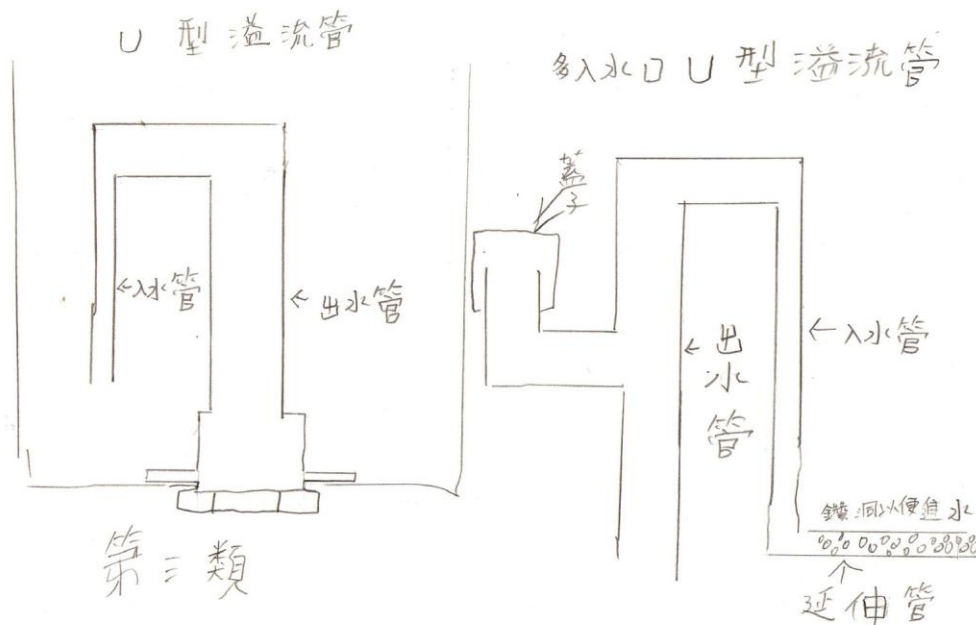
（圖 15.）



（圖 16）

為了解決這個問題，我們決定在排水管旁加裝「上入水口」，其說明如（圖 16），這樣懸浮的污染物就可順利排出，為達成這樣的功能，「上入水口」應該具備下列的條件：

1. 「上入水口」開口的高度不可超過「低水線」，但如果太低則會造成水面高度下降過多，理想高度應該比「低水線」略低一點即可。
2. 「上入水口」的管徑如果太小則有可能被較大的懸浮污染物卡住，但是如果大於「出水管」則入水無法與排水同步就無意義，故理想管徑應該是介於「出水管」與「下入水口」之間。
3. 「上入水口」應該要有蓋子，平常蓋住，需要進行上層排水時再打開，否則水面很難昇至「低水線」，下層排水難以進行。



「多入水口 U型溢流管」設計手稿

為了區別它與「U型溢流管」的不同，我們將它命名為「多入水口 U型溢流管」。

根據以上的原則，我們做出了「多入水口 U 型溢流管」模型如（圖 17.），



（圖 17）

爲了讓入水管的取水面較大，我們在下入水口處裝設橫向延伸管，並且鑽了許多洞，以下爲「多入水口 U 型溢流管」操作測試，以白色保麗龍球代表懸浮污染物。



將「上入水口」蓋子打開



持續補水使保麗龍球被吸入「上入水口」



將「上入水口」蓋子蓋回



持續補水使水面昇至「低水點」



持續補水使「下入水口」進水



水逐漸恢復澄清

由以上的模擬操作可證明水族箱裝設「多入水口 U 型溢流管」，確實較傳統的方法有效

(二) 範例研究延伸討論：

民國 98 年 8 月 7 日莫拉克颱風侵襲，造成慘痛的「88 水災」，暴雨將山上的土石冲刷下來，首當其衝的曾文水庫增加近 1 億立方公尺淤砂量，危及水庫安全，並影響蓄水量及民生供水與發電量，但是目前淤砂清理進度每年僅清理 20 萬立方公尺，真不知何時能清理完，其實水庫淤砂清理的問題並不是從「88 水災」才開始的，長久以來幾乎每一座水庫都有相同的困擾，並且清出來的淤砂該如何處理又使得這個問題更加複雜。

「U 型溢流管」是清理水族箱的利器，如果將它用在水庫淤砂清理是否也有良好的功效呢？要回答這個問題就必須要對水庫有進一步的了解，根據我們蒐集的資料來看，雖然各水庫的大小差異很大，但是基本的結構大致相同，為了研究的方便，以下所引用的範例都以台北縣的「石門水庫」為主。

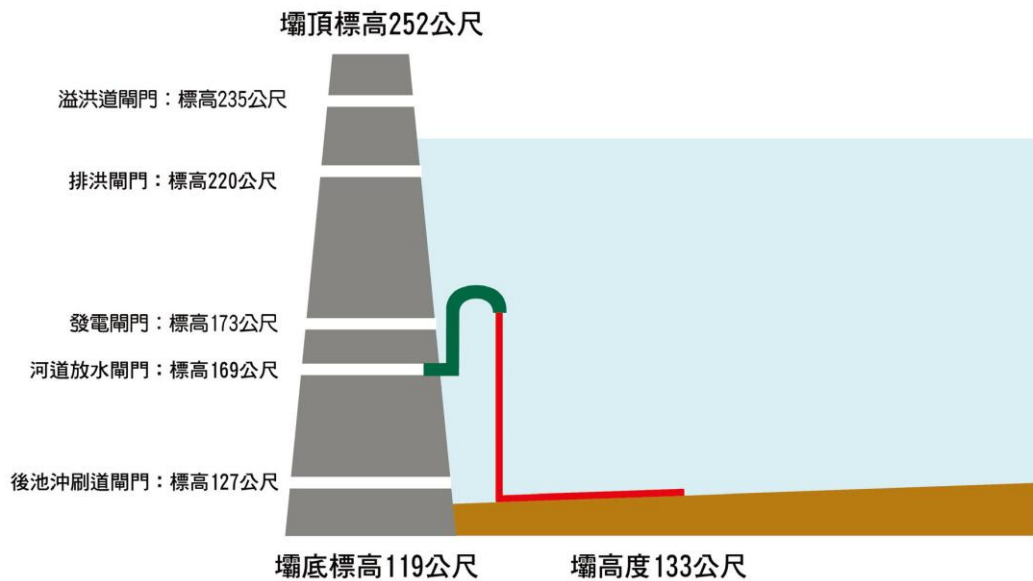
水庫在建造時，會依它的需要設立一些不同高度的洩水道，通常高度最低的洩水道會用來排除沉積於水庫底層含砂量高的水，故通稱「排砂道」，低於「排砂道」以下的水，已無法用自然的方式排出，常年靜止不動，它所佔有的容積稱為「呆容積」，通常「呆容積」並不算入水庫的有效容量，它的用途是儲存水庫內無法排出的砂石，其說明如（圖 18



(圖 18)

水庫淤砂清理最簡單的方法就是打開「排砂道」讓泥水洩光，可是這樣會使水庫內的水大幅減少，而大量的泥水洩入下游河川則會造成更嚴重的問題，所以「排砂道」通常是在豐水期的時候才會使用。

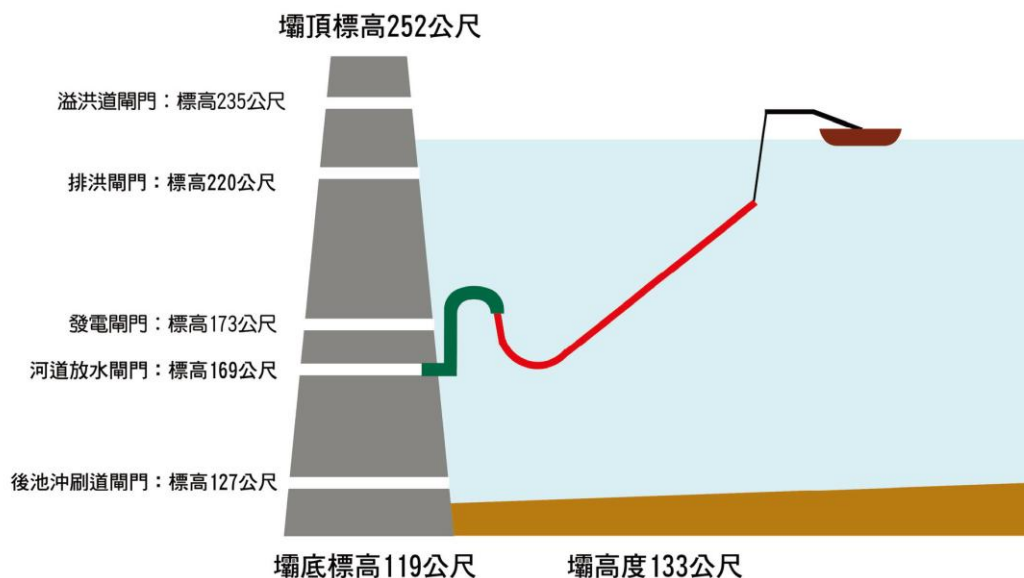
基於以上對水庫淤砂清理的認識，我們有了新的構想，在豐水期的時候，如果能將「呆容積」內高濃度的泥水抽出混入正常放流至下游河川的水中，這樣會使水庫內的水在相同的損耗量下排出更多的泥砂，又因混入正常放流中產生稀釋，故河川內的泥砂濃度就不會太高，其實在水庫建造之前，山上的泥砂本來就是利用河川帶到平地，形成肥沃的土壤，水庫的興建是用人為的力量破壞自然的節奏，適度的將泥砂放流至下游河川中是回歸自然的行為，但是我們要如何將「呆容積」內的泥水抽出呢？「U 型溢流管」提供了可行的方案，以下以台北縣「石門水庫」為例，說明如（圖 19）



(圖 19)

(圖 19.) 中標高 173 公尺的「發電閘門」可作為「豐水期」與「枯水期」的參考指標，紅色與綠色部分構成一組「U 型溢流管」，入水口橫向延伸管位於「呆容積」內，故可取到「呆容積」內的泥水，「低水線」位於「發電閘門」之上，代表「溢流作用」只會發生在「豐水期」，出水口則與「河道放水閘門」並聯，讓泥水稀釋於正常放流中。

(圖 19.) 中紅色的入水管應採用軟性的材質，當「U 型溢流管」入水口阻塞時可將它拉高，讓上層的清水流入管中清洗泥砂，其說明如 (圖 20.)



(圖 20)

為了解石門水庫的運作，我們向「石門水庫管理局」申請實地解說，並根據解說的內容製作水庫模型以實驗「U 型溢流管」排砂的可行性，為提昇實驗的正確性，我們得到「石門水庫管理局 養護課」的協助，前往第 13 號沉澱池取得淤泥的樣品，以進行「水庫模型排砂實驗」。



實地解說



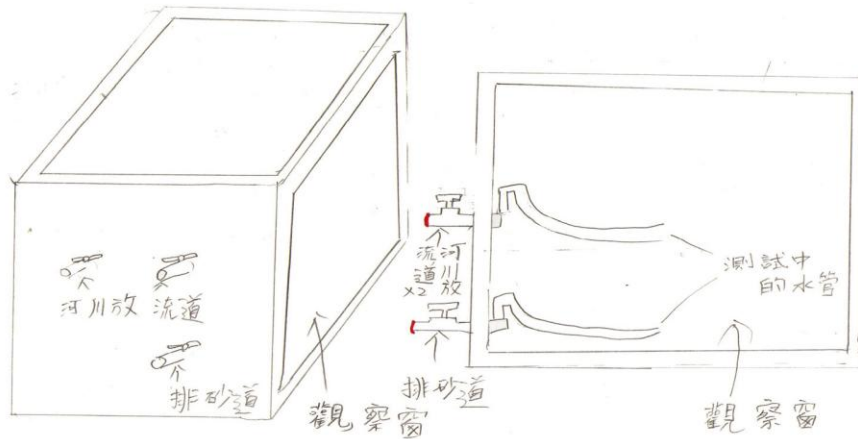
水庫排砂船



沉澱池分佈圖



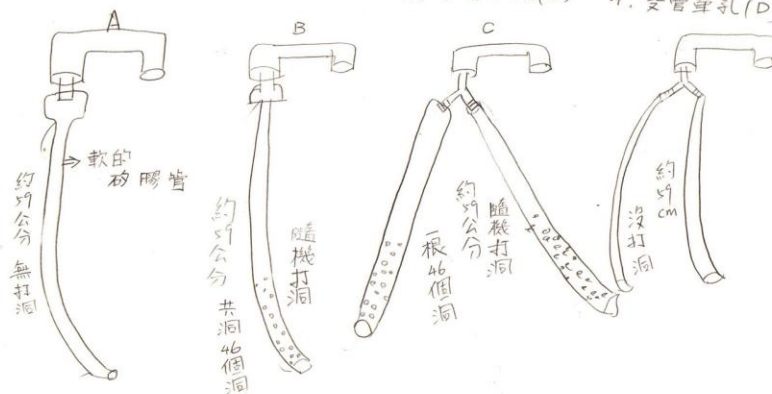
取淤泥樣品



水庫模型設計手稿

測試 溢水管

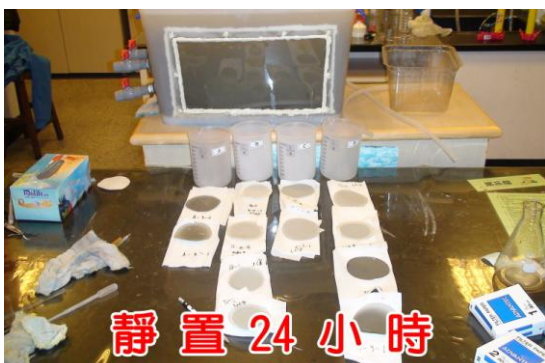
- 1. 單管單孔(A)
- 2. 單管多孔(B)
- 3. 雙管多孔(C)
- 4. 雙管單孔(D)



各類型「U型溢流管」設計手稿

(三) 水庫模型排砂實驗

- 1、實驗目的：研究並比較各類型「U型溢流管」排砂的功效
- 2、實驗方法：
 - (1)、製作水庫模型。
 - (2)、製作單管單孔(A)、單管多孔(B)、雙管多孔(C)、雙管單孔(D) 4種類型 U型溢流管。
 - (3)、將淤泥樣品置於模型中並加入清水。
 - (4)、每次選 2 組「U型溢流管」裝入模型中，與下方的無 U 型溢流管排水口各取樣 1000ml 的泥水。
 - (5)、將取樣的泥水分別倒入裝有濾紙的漏斗中濾掉水份，每 500ml 換一張濾紙。
 - (6)、將濾紙邊編號靜置 24 小時，等完全乾燥後秤重加以分析。
- 3、實驗結果：



| 實驗序號 | U 型溢流管類型 | 第 1 張濾紙重 單位 (g) | 第 2 張濾紙重 單位 (g) | 總 重 單位 (g) |
|------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------|
| 1 | 單管多孔 (B) | 0.91 | 0.89 | 1.80 |
| | 單管單孔 (A) | 1.04 | 1.00 | 2.04 |
| | 無 U 型溢流管排水口 | 0.89 | 0.85 | 1.74 |
| 2 | 單管多孔 (B) | 0.89 | 0.95 | 1.84 |
| | 雙管多孔 (C) | 1.04 | 1.22 | 2.26 |
| | 無 U 型溢流管排水口 | 0.86 | 0.85 | 1.71 |
| 3 | 單管單孔 (A) | 1.08 | 2.05 | 3.13 |
| | 雙管單孔 (D) | 1.30 | 2.15 | 3.45 |
| | 無 U 型溢流管排水口 | 0.97 | 1.32 | 2.29 |

(表 2)

3、實驗結果分析：

- (1) 實驗序號 (1) 的結果：單管單孔 (A) > 單管多孔 (B) > 無溢流管排水口
 實驗序號 (2) 的結果：雙管多孔 (C) > 單管多孔 (B) > 無溢流管排水口
 實驗序號 (3) 的結果：雙管單孔 (D) > 單管單孔 (A) > 無溢流管排水口
- (2) 就以上的結果，我們可以推論就排砂效率而言，**「雙管型溢流管優於單管型溢流管」**，**「單孔型溢流管優於多孔型溢流管」**，**「不論何種類型的溢流管皆優於無溢流管排砂」**。以本模型來看，**雙管單孔 (D)** 為最佳選擇。
- (3) 我們與指導老師討論後推測，**「單孔型虹吸管優於多孔型溢流管」** 是因為**多孔型**管內水壓相互抵消，造成大部分的孔洞無法產生吸力，這牽涉到較複雜的「流體力學」理論，日後若有機會再以專題來研究。
- (4) 因為水庫的水壓遠大於本模型的水壓，所以我們無法精確比較「溢流排砂」與其他排砂法的效能，不過「溢流排砂」**是一種可與其他排砂法並用的選項**，對水庫而言，多一種排砂管道應該有益而無害。

面對著未來可能發生的極端性氣候變化，水庫是我們面對暴雨和乾旱的重要防線，以「**U 型溢流管**」清理「呆容積」內的淤砂，是經常性與長期性的工作，能將「呆容積」保持較大的蓄砂容量，一旦發生類似「88 水災」的大型天災，則水庫的安全性就較有保障，希望我們的研究能有實用的價值。

陸、結 論

- 一、實驗（一）中我們證明了虹吸管出水口的高度較入水口高，水會逆流回去，虹吸作用便會停止，如果虹吸管內有空氣，那麼出水口就無法產生吸力，虹吸作用就不會發生。
- 二、實驗（二）中我們證明了「第 1 類虹吸管」與「第 2 類虹吸管」在「傳統式虹吸管」的測試中，作原理和特性完全相同，以「沉浸式虹吸管」測試時，「第 2 類虹吸管」水面不用升高至「高水線」，虹吸作用就會發生，其虹吸啟動的水面高度與管徑比成反比。
- 三、「第 2 類虹吸管」在日常生活上其實並不多見，目前已有用於「虹吸式馬桶水箱」中，我們認為「虹吸式馬桶水箱」可裝設 2 支相同的「第 2 類虹吸管」，如此便可兼顧操作容易與沖水量大。
- 四、在實驗（三）中，不論在「傳統式虹吸管」的測試，或是「沉浸式虹吸管」測試，「第 3 類虹吸管」果然如預期不會發生虹吸作用，「第 3 類虹吸管」在「沉浸式虹吸管」測試中，我們發現如果水面高度超過「低水線」會有水自出水口中漏出，若水面高度若停留在「低水線」，則不會有任何動作發生。
- 五，「第 3 類虹吸管」又稱「U 型溢流管」，則可裝設於水族箱內以作為換水之用，也可用於水庫內清理「呆容積」內的淤砂，以水庫模型實驗的結果來看，雙管單孔型「U 型溢流管」排砂效果最佳。

柒、參考資料：

- 一、「奇摩網站」知識搜尋，關鍵字：「虹吸管」。
- 二、「奇摩網站」知識搜尋，關鍵字：「水庫淤砂」。
- 三、翰林 國小版 自然與生活科技第四冊 水的奇妙現象 3-3 虹吸現象
- 四、「中華民國第 49 屆中、小學科展 -小學組 - 生活與應用科學科」的第「080817」號作品，題目：「馬桶水箱裡的秘密」

【評語】 080821

分析比較不同種類虹吸管的特性，應用在抽水馬桶、魚缸換水及抽取水庫淤沙，具有效果；致力於解決生活週遭的民生問題及水庫危機，值得鼓勵。利用溢流管抽砂的設備，應可再加以改進，使他發揮更大的實用價值。