

台灣二〇〇二年國際科學展覽會

科 別：環境科學

作品名稱：淨化我們喝的水－經濟方便的再生過濾器雛型

學 校：嘉義市立北興國民中學

作 者：鄒輝穎 柯廷穎

作者簡介



我是鄒輝穎，從小對數理方面極有興趣，喜歡探索新知及演算思考性的問題。我目前就讀北興國中數理資優班，在課業之餘也有廣泛的嗜好，如：閱讀、打桌球、聽音樂、下圍棋等，尤其是對新的器物與機械具好奇心，渴望了解它的操作及原理。我曾經研發「再生過濾器」獲全國創作發明展佳作、嘉義市科展第二名，經過這次的改良，希望和柯廷穎在本次國際科展獲得佳績，並進一步改善我們的生活環境。

我是柯廷穎，童年是在一個未遭現代工業污染的優美的環境中度過。因此從小就熱愛迷人的大自然。小學時考上嘉義市大同國小美術班，使我得以從另一角度欣賞大自然，國中就讀數理資優班讓我更有機會探索科學的奧秘。在藝術與科學的陶冶下，環境科學成了我的最愛。希望有朝一日能再環境科學尚未人類貢獻一份心力。

中文簡介

近年來由於土地過度開發，經常發生土石流，使得自來水廠進水混濁度太高，過濾設施無法正常運作，本實驗裝置可以利用氣昇泵和重力作用，來清洗濾層中殘留物物比重較大的雜質，而且濾砂含自動控制器昇泵還可以重覆使用，如此便能先處理河川中大量的河水。

整個過濾器主要分成三各部份：(1) 下端進水處理處為高比重的雜質重力沉澱處。(2) 圓錐狀的濾層以利於自動清洗時砂層的循環。(3) 自動清洗監控部份。濾砂清洗的影響因子為濾層厚度的重力、氣昇泵壓力含進水量三者交互作用。濾砂以硬度大的石英砂最佳，濾層高度為 25 cm，平均進水量 0.23 升/秒，為最佳處理狀態可獲得原水 78.5% 的乾淨濾液。

Abstract

Debris flow occurs frequently due to the over-development of watershed recently. The water used as the input of water treatment factory is too turbid to be filtered by the traditional facilities. In this study on experimental apparatus was designed to remove the high density particles or suspended impurities. This apparatus can be used as a pretreatment apparatus of filtering factory.

There are three main parts in own apparatus: (1) The precipitation one which is the site for precipitating of high specific gravity impurities (2) Cone shape filter layers which allows for cyclic cleaning the sand layers (3) The automatic monitoring apparatus. The effect of water flow rate, air pressure, gravity and the height of filter layer on the performance of the experiment were discussed in this study. Experimental results showed that in the study, the height of filter layer is 25 cm, and the average water volume flow rate is 0.23liter/sec. The apparatus can achieve a 78.5% cleaner filtrate from the original water sample.

淨化我們喝的水...經濟方便的再生過濾器雛形

一、前言：

長久以來，人們短視近利，貪圖方便，以致於許多人濫砍、盜伐，有意或無意地破壞大自然的水土保持。自從九二一震災以後，各地山崩、土石流的災情日漸嚴重，就水質方面而言，每遇颱風過境，各水庫和河川因河水中泥沙黃濁，過濾器材無法發揮作用，迫使自來水廠不能順利供水，造成許多地方面臨停水的不便之處。

家中的魚缸清洗時不需拿出沙子，卻能直接吸出其中的髒東西，而引起我的好奇，經深入研究後，了解原來是虹吸原理：沙子比重大、不會和污水一起被抽走。所以就想：是否可以利用虹吸管分離砂石與雜質的方法做個不必更換濾心的濾水器？怎樣才能在過濾和反沖洗同時進行的情況下，做出在原水濁度太高時仍可使用的過濾器？

本實驗研究主要項目為：

- (一)、製作能夠取代一般需要更換濾心的過濾器。
- (二)、尋找過濾效果最好、消耗量最低、並能配合反沖洗系統運作的濾材。
- (三)、調整進水速率和濾砂層厚度，以得到效果最好的過濾水，並符合經濟效益。
- (四)、水中密度較大雜質的清洗。
- (五)、利用監視器自動控制濾心的沖洗作用。

二、研究方法與過程

實驗器材

鼓風機 (pal8) 一台	石英砂 22.6 公斤
空壓機一台	貝殼砂 26.4 公斤
沉水式抽水機 (ph2000) 一台	發泡煉石 11.9 公斤
浮水式抽水機一台	照度計
泥水〔水四公升，泥 0.5 公升〕	壓克力模型容器
RCX 一台	紅外線傳輸器
連接線一條	水管開關
蒸餾水塑膠空桶(5 加侖)	水管接頭和塞子

實驗步驟

- (一)、本研究所使用之模型及其設計圖如圖 (一) 所示。
- (二)、實驗流程
 - 1.將原水經由抽水幫浦進入濾水器底部，使水逐漸上升至盛有濾砂的圓錐形凹槽。
 - 2.利用其周圍之扇形入水口，均勻進入砂層。
 - 3.原水通過厚而緊密的濾砂層後，因其中的雜質受到砂層

的阻攔，使得淨水可由濾水器上方的出口流出。

4.濾層污濁時打開鼓風機，使氣昇泵進行循環過濾。

5.利用三個 250ml 的燒杯，分別收集原水、過濾後水樣。

6.清洗後水樣，分別放在照度計上，記錄透光度，並比較濁度。

7.測量進水量，並記錄過濾流出的水量及濁水量。

(三)、濾材差異的影響

分別以石英砂、貝殼砂、發泡鍊石為濾材（濾層厚度為 20cm），並測量密度和硬度，其餘皆同步驟（二）。

(四)、濾層厚度差異的影響

以石英砂為濾材，分別改變濾層厚 5cm、10cm、15cm、20cm、25cm，其餘如步驟（二）。

(五)、進水速率差異的影響

改變進水速率，其餘如步驟（二）。

(六)、取透明管內徑為 2.4 公分，小管內徑 1.45 公分。

(七)、第一種自動反沖洗系統是利用光感應器是否接觸光線來控制開關，其操作方法如下：

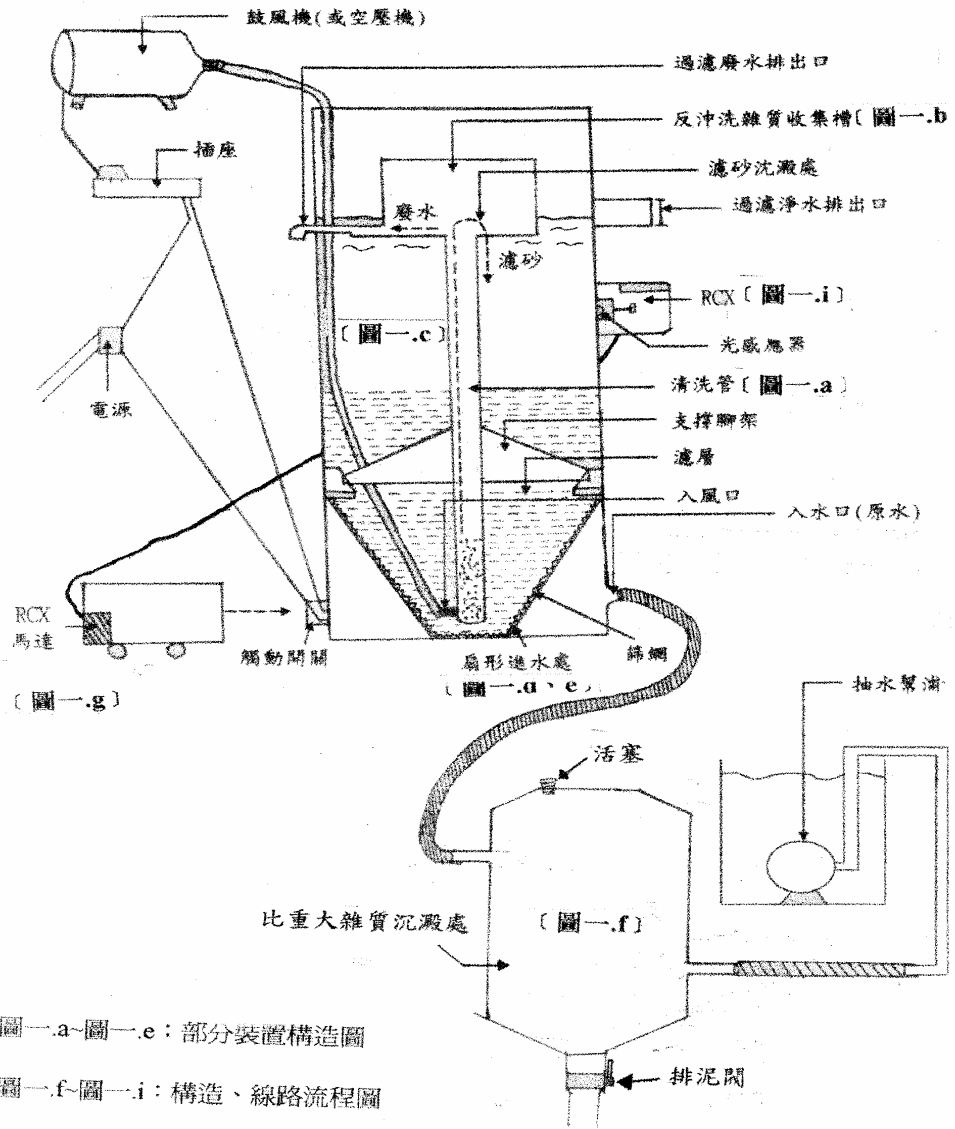
使用 RCX 自動清洗裝置，首先要先將自己的指令像繪設計圖一樣畫在電腦裡(如圖一-i)，接著再利用傳輸器傳至 RCX 本身。當 RCX 開始運轉時，光感應器會照射濾水器中的水，當它的透光度低於 40 時，為了避免有其他因素干擾，使得光感應器的值低於 40 的原因，並非是濾水器中的水濁度過高所造成，所以低於 40 的時間必須超過 4 秒鐘，時間一到，小車子將會前進撞上開關後通電，使氣昇泵開始進行清洗。清洗後，當水的透光度高於 40，相同地，為了避免有其他的因素，也一樣要超過 4 秒鐘，則小車子會向後退使開關斷電，氣昇泵才會停止運轉。而這樣的程序會自動不斷的重覆下去。

(八)、第二種自動反沖洗系統是利用光感應器是否接觸光線來控制開關，其操作方法如下：

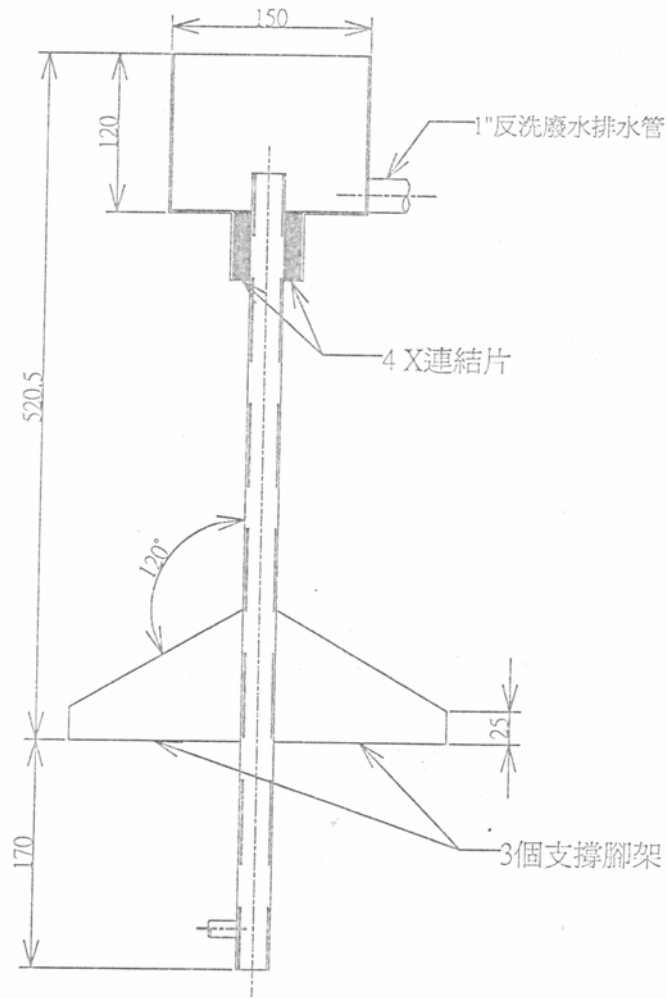
當紅外線透過乾淨的濾水照射至光感應器時，連接於光感應器的接觸開關會形成斷路，氣昇泵停止運作。當過濾效果逐漸下降，混濁的濾液會阻擋紅外線通過，光感應器一接觸到光，開關會成通路，使氣昇泵啟動而帶動反沖洗系統，達到自動沖洗的效果。

(九)、先前沉澱池：將 5 加崙蒸餾水空桶倒立接上開關，底下開一個入水口，上方開一個出水口並各自接上接頭，桶子最上端開一個壓力平衡孔並塞上塞子(如圖一)。比重大的雜質在

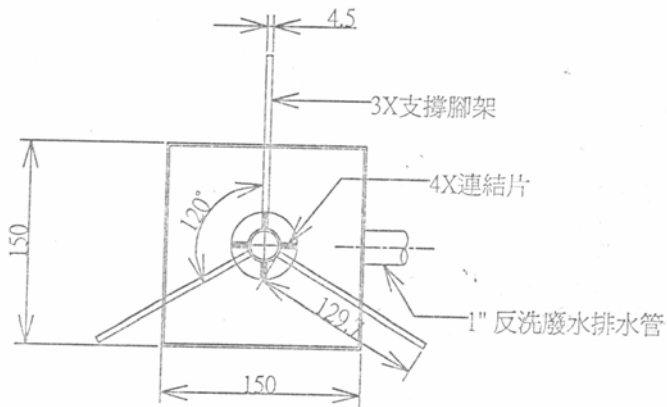
此就先行沉澱不會進入過濾器，底部弧形構造可避免雜質卡在桶內難以清洗。



圖一 濾水器裝置總圖

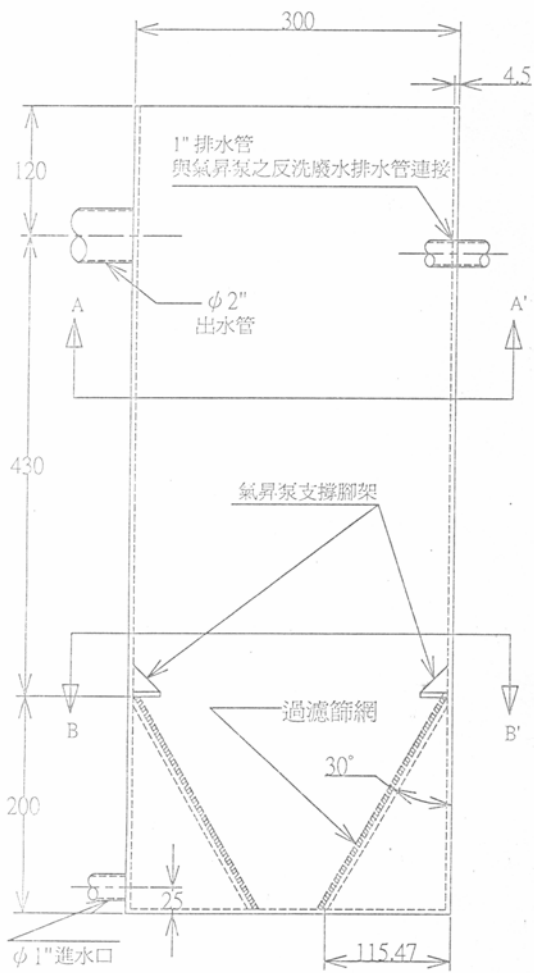


圖一.a：氣昇泵側視圖

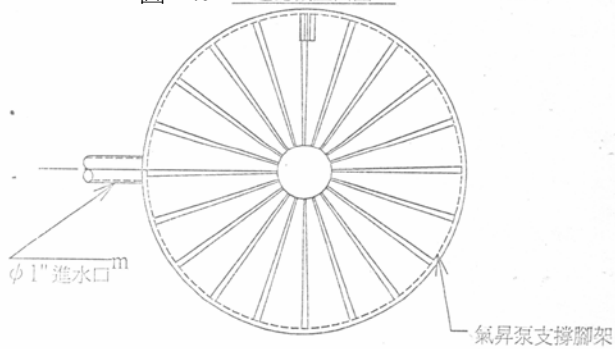


圖一.b：氣昇泵上視圖

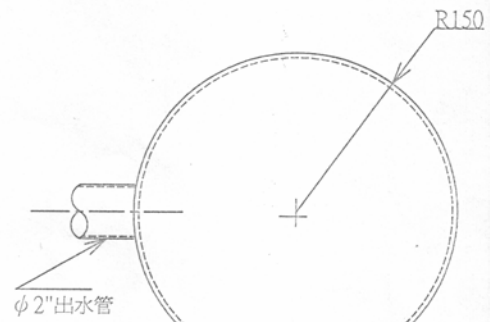
圖名：氣昇泵細部圖
單位：mm 比例：1/5



圖一.c : 過濾機立面圖

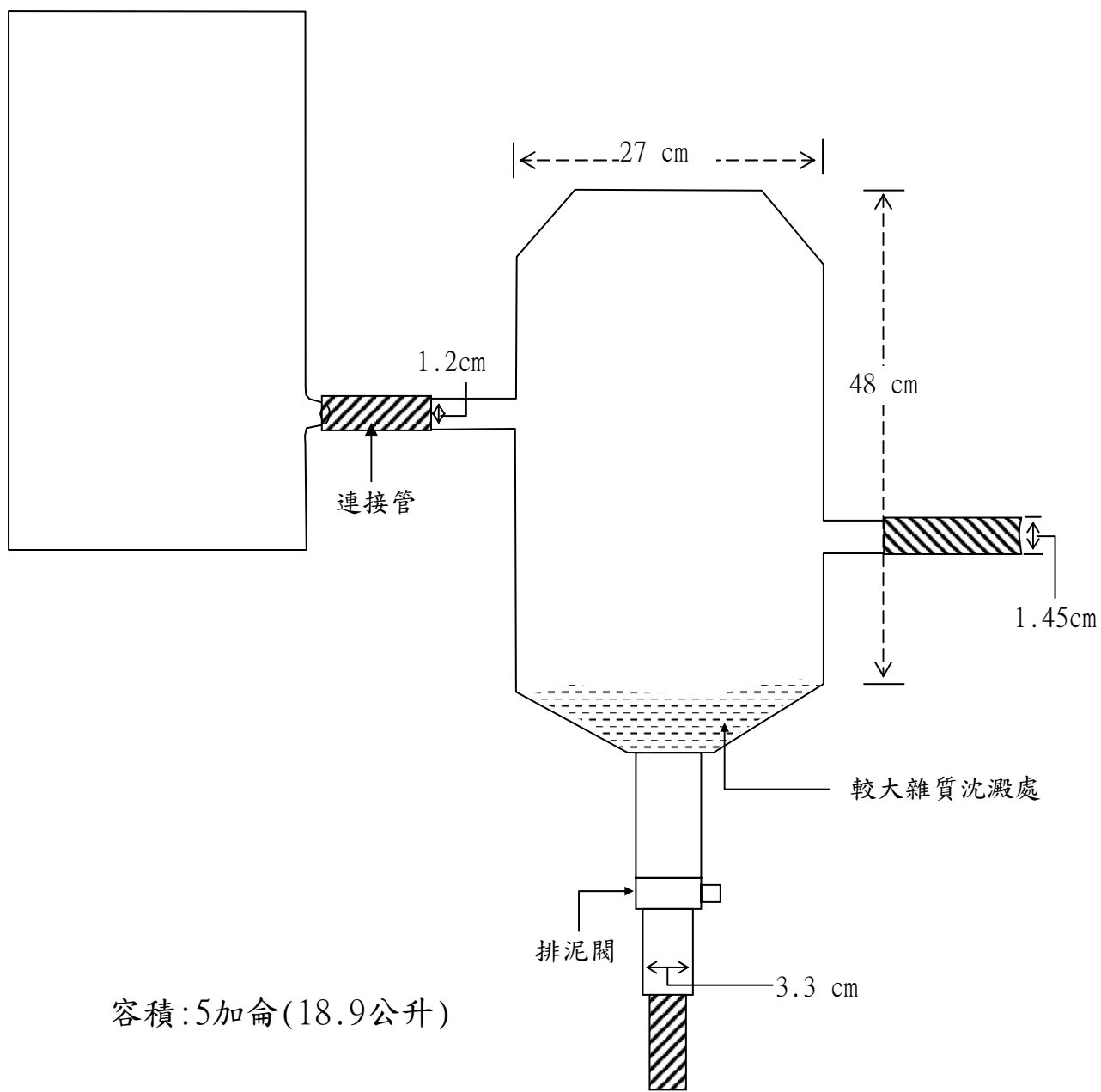


圖一.d : B-B' 剖面圖

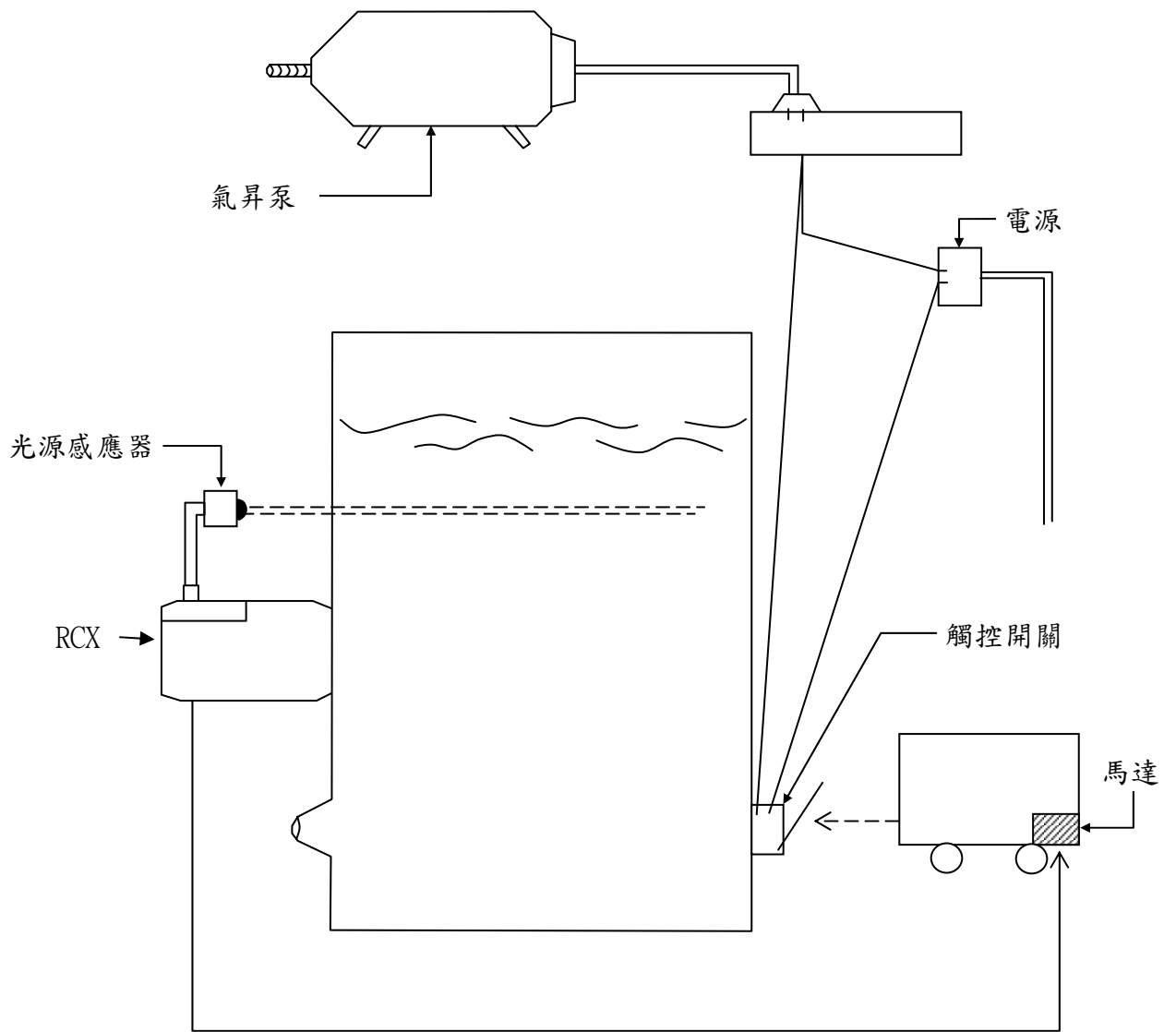


圖一.e : A-A' 剖面圖

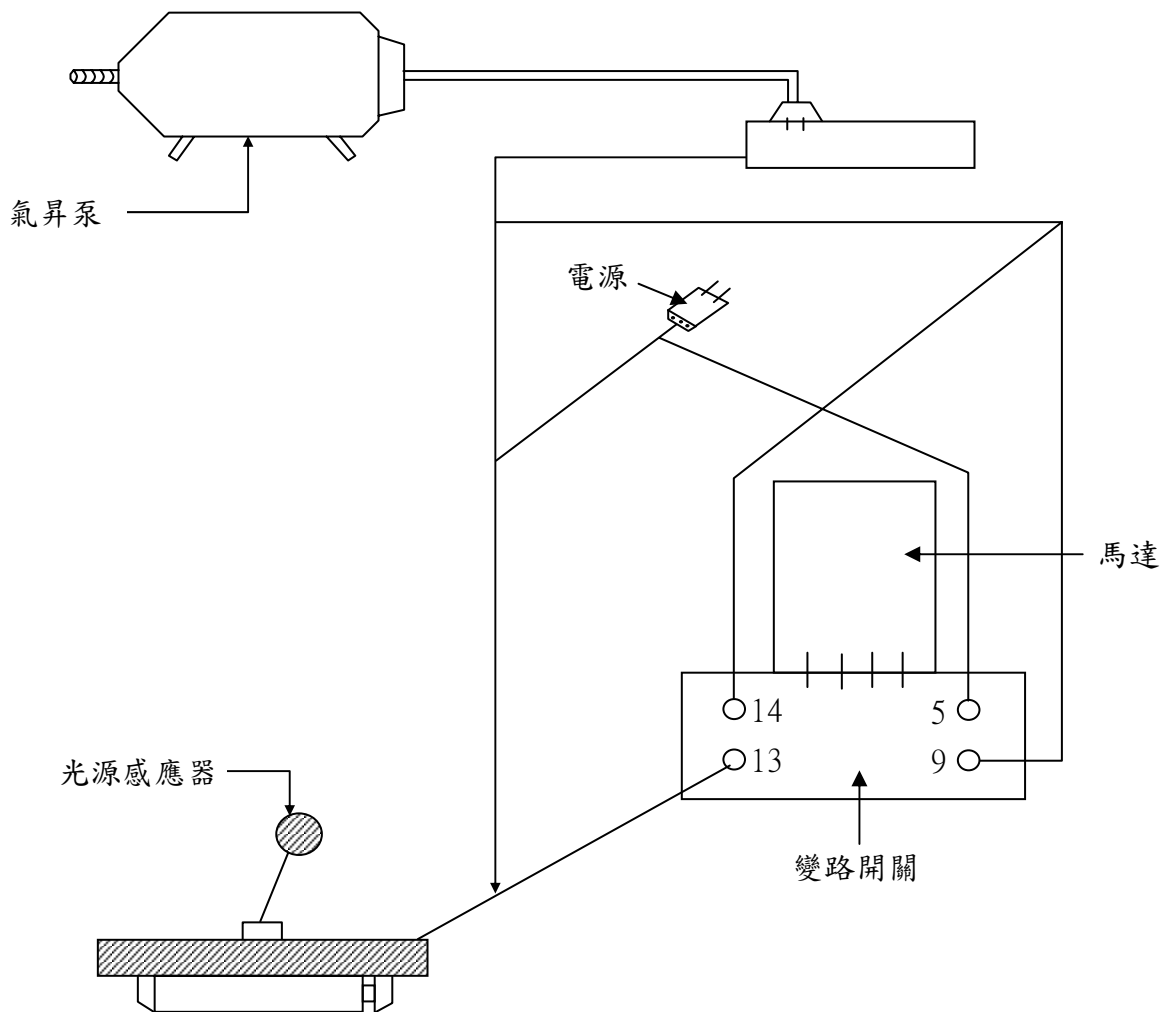
圖名：過濾機槽體圖
單位：mm 比例：1/5



圖一.f 過濾前流程圖



圖一.g RCX 流程圖



圖一.h 光感應器流程圖

三、 實驗結果與討論

(一)、過濾原理

1. 一般之過濾方法乃將原水(未處理的水)在濾層上方注入以便藉由濾砂將水中的雜質攔截，但如此的操作方法勢必會將所攔截的雜質累積在濾砂的上方，每當進行反沖洗時則必須停止過濾。
2. 本實驗採用逆向操作，將原水由濾層底部注入，如此，雜質將累積在濾砂的底部
3. 藉由流體化床作用以氣昇泵將底部含有雜質的濾砂抽取上來，濾砂在清洗管中因為劇烈的攪動而獲得清洗的效果。
4. 乾淨之濾砂會因重力作用經由廢水槽返回濾層的上方，雜

質被清洗後的濁水帶離濾水器如此不斷循環便可達到過濾及反沖洗同時進行之目的。

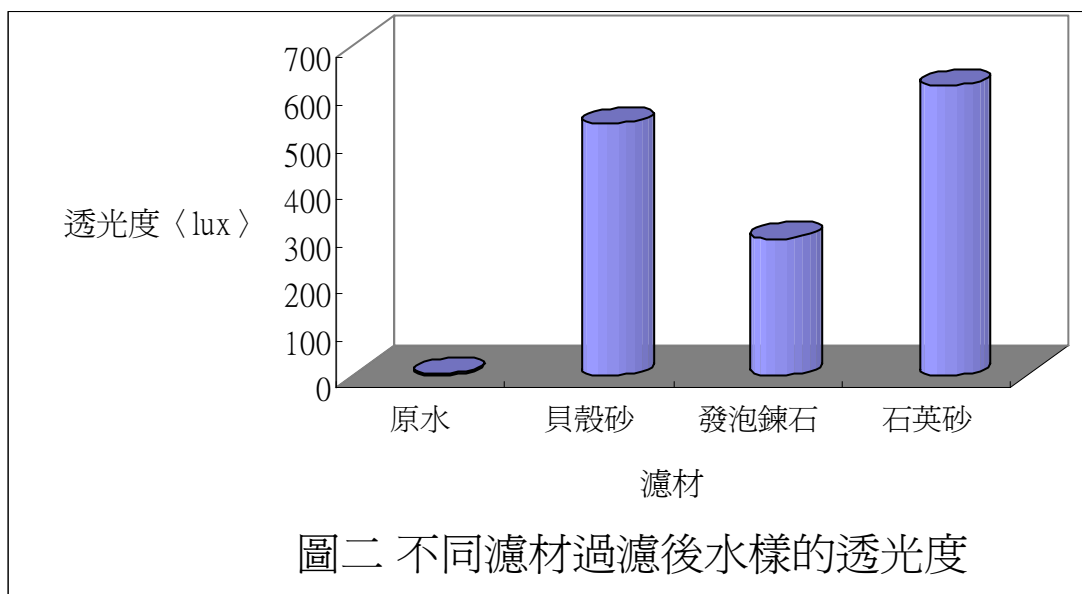
5. 氣昇泵的運作方式，則是利用空壓機將壓縮空氣送入氣昇泵底部的進氣孔，以帶動管底的水、雜質與濾砂向上衝往廢水槽
6. 在氣昇泵管中，因為空氣強大的向上衝力，使空氣、水及濾砂三者得以在激烈攪動而達到清洗濾砂的目的。
7. 濾砂因為比重大，會由廢水槽邊的隙縫落下返回濾層上部，而污水則從排水口流出，至於比重與濾砂相近的雜質在先前沉澱池就已經沉澱，不會混在濾砂中。
8. 由於過濾槽底採用圓錐形的設計，砂粒遭氣昇泵抽走後，旁邊的濾砂便會向中央遞補，如此反覆的循環，便可省去更換濾心的麻煩。

(二)、水質透明度的探討

利用照度計在固定光源下測量的指數，可以相對顯示出水中懸浮顆粒的多寡和稠密程度。懸浮物質越多，透光度就越低，照度計指數也越少。

(三)、濾材影響

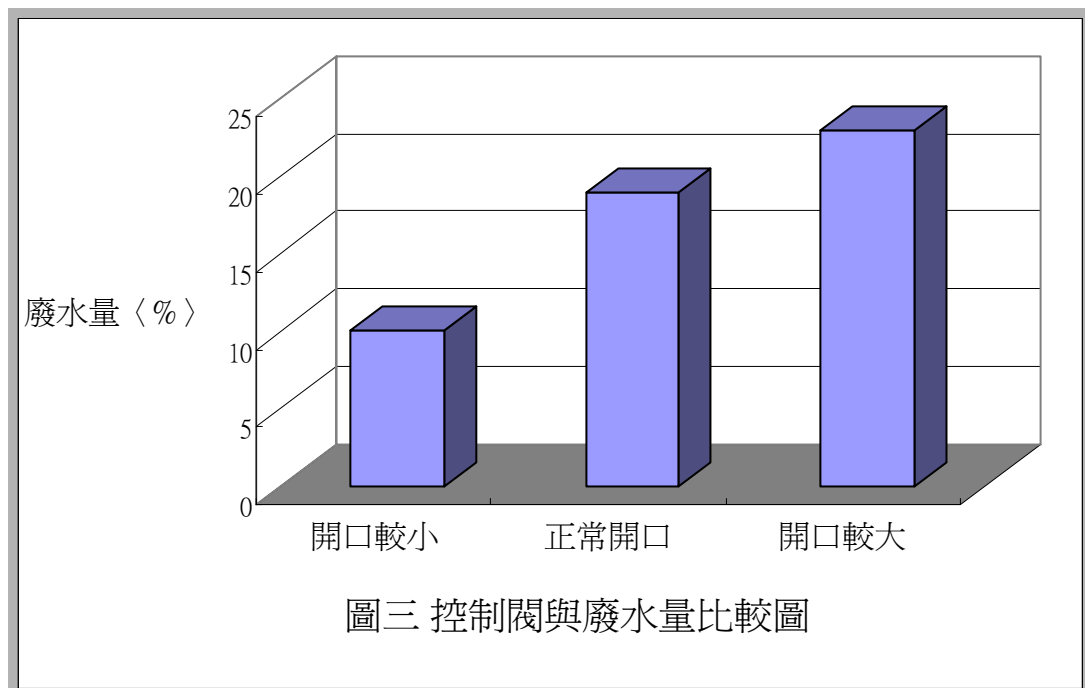
1. 根據實驗的結果發泡鍊石的粒徑最大比重輕，進水時緊密度差，易被水流帶動，因此過濾的效果最差，過濾後的透光度為 289lux 濁度仍然相當高。
2. 貝殼砂的粒徑遠小於發泡鍊石，且比重較大，過濾的效果就較發泡鍊石為佳。
3. 石英砂的粒徑又較貝殼砂為小且密度更大，因此其過濾效果又較貝殼砂為佳，過濾後之平均透光度為 613 lux。



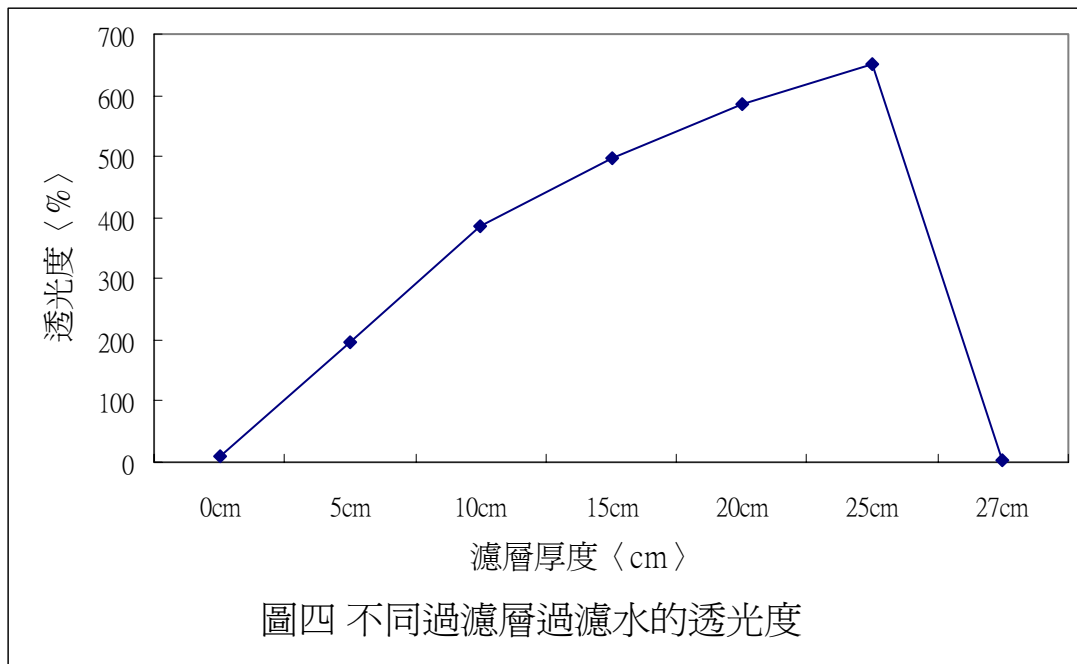
4. 在過濾及清洗過程濾材會產生劇烈的攪動，硬度太小的濾材容易因碰撞及摩擦而耗損，濾材的碎屑也容易混在濾液中。

(四)、濾層厚度的影響

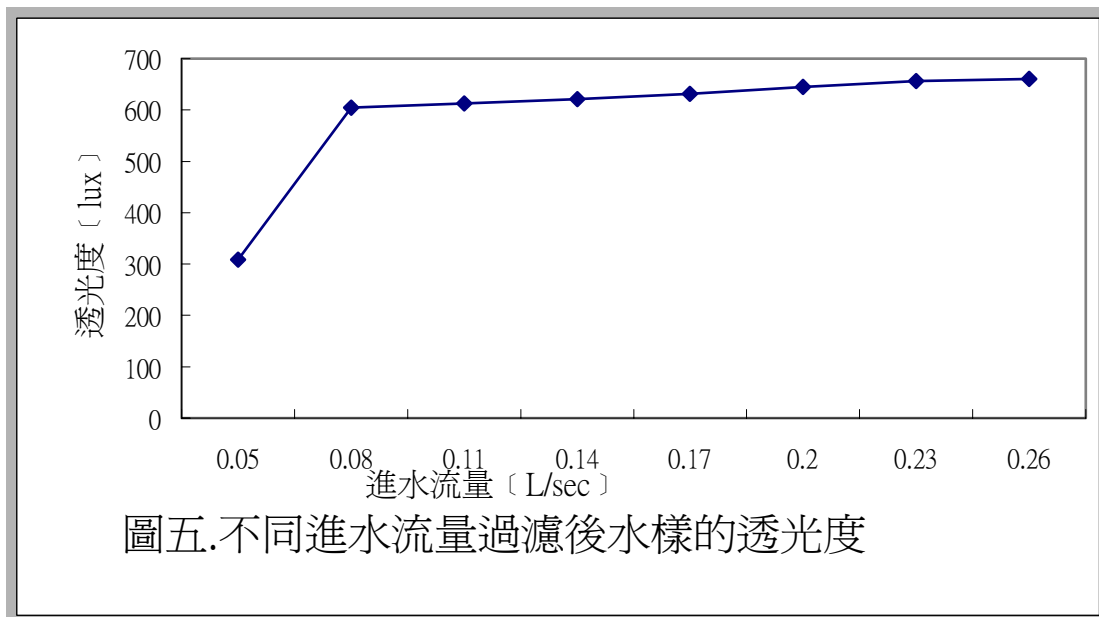
1. 實驗的結果顯示，當濾層厚度小於 25cm 時，厚度愈大過濾的效果愈好。
2. 由於進水速率會造成濾層中濾材的攪動，要維持過濾效果，濾材所產生的重力必須大於水流上升的推力，所以濾層厚度不可太薄。
3. 由於本實驗受限於過濾模型尺寸的限制，當濾層厚度大於 25cm 時，因為濾砂的重力，使氣昇泵無法帶動濾層進行反沖洗。
4. 至於原水中比較大的雜質，容易沿著管底進入濾水器，使得氣昇泵無法清洗，所以，本裝置就將進水口前增加一道沉澱裝置（見圖一-f），讓比重大的雜質沉至底部而不進入濾水器。
5. 本實驗裝置過濾時所造成的水耗損量，由實驗結果清洗濾材所產生的廢水量，會隨著氣昇泵控制閥的開口大小而改變（見圖三），開口愈大廢水量愈多，但氣昇泵運轉的時間也愈短。



6.由於過濾的清澈度會影響到透光度，利用紅光發射器和光敏電阻的結合，組合成自動清洗控制器，當透光度達到約400lux時氣昇泵會自動斷電，節省電力。



(五)、在進水體積流速沒有超過 0.23 (l/sec) 時，進水速率並沒有太大的差異，但流量若超出濾層的負荷，過濾便會因流速太快而帶動砂層，使得濾砂間孔隙增加，而造成效果打折。若流量小於 0.23 l/sec，砂層會因為流速太慢而過於緊密，無法循環清洗。



(六)、當濾材在氣昇泵中劇烈攪動，濾料便會因此而磨損，消耗量

的多少和濾材硬度成反比，貝殼砂因硬度小，循環過程中，消耗量便很大，一次實驗(運轉時間為一小時)消耗量約 45g；發泡鍊石雖然硬度小，但因為粒徑太大而且密度小於水，因此無法進行循環，所以無法測量其消耗量，其實驗現況請詳照片三所示；而石英砂粒徑小、硬度大，所以不易磨損(見下表)。

表一、濾材硬度與消耗量的比較

	硬 度	氣昇泵運轉一小時大約的濾材消耗量
貝殼砂	3.0	45 g
發泡鍊石	2.0~2.5	0 g (上浮無法循環)
石英砂	7.0	6 g

(七)、依據上述的最佳流量計算，每天約可以處理 19.8 立方公尺的水量。未來如擬將此模型放大以運用於自來水廠。由於原水中可能含有相當細微的顆粒，為獲得更佳的過濾效果建議在原水中添加明礬或其他等效的凝結劑。

四、 結論與應用：

- (一)、濾砂在過濾和清洗過程中會產生擾動摩擦，濾材在選擇上應以硬度大者為佳。
- (二)、濾材清洗的乾淨程度和濾砂的擾動情形有關，而濾砂的擾動由氣昇泵，濾材硬度產生的重力、進水流速三者交互控制。
- (三)、本模型在濾層高度為 25cm 時以 0.23 l/sec 的體積流速，效果最佳，體積流速過低對於去除效果的改善有限。
- (四)、本研究所設計的過濾器模型，經實驗證明，確實可以達到同時進行過濾及反沖洗的功能，將來可推廣運用於自來水廠過濾前的水質處理。

五、 參考文獻：

- (一)、劉廣定，地球科學（全），國立編譯館，【1999】。
- (二)、Homer W. Parker，譯述：郭慶潔，廢水系統工程。
- (三)、李俊德，自來水工程設計，徐氏基金會，【1989】。
- (四)、Franklin L. Burton，Wastewater Engineering，Metcalf & Eddy INC，【1991】。
- (五)、曾昭衡、曾廣銓，環境工程概論，高立圖書有限公司，【1995】。



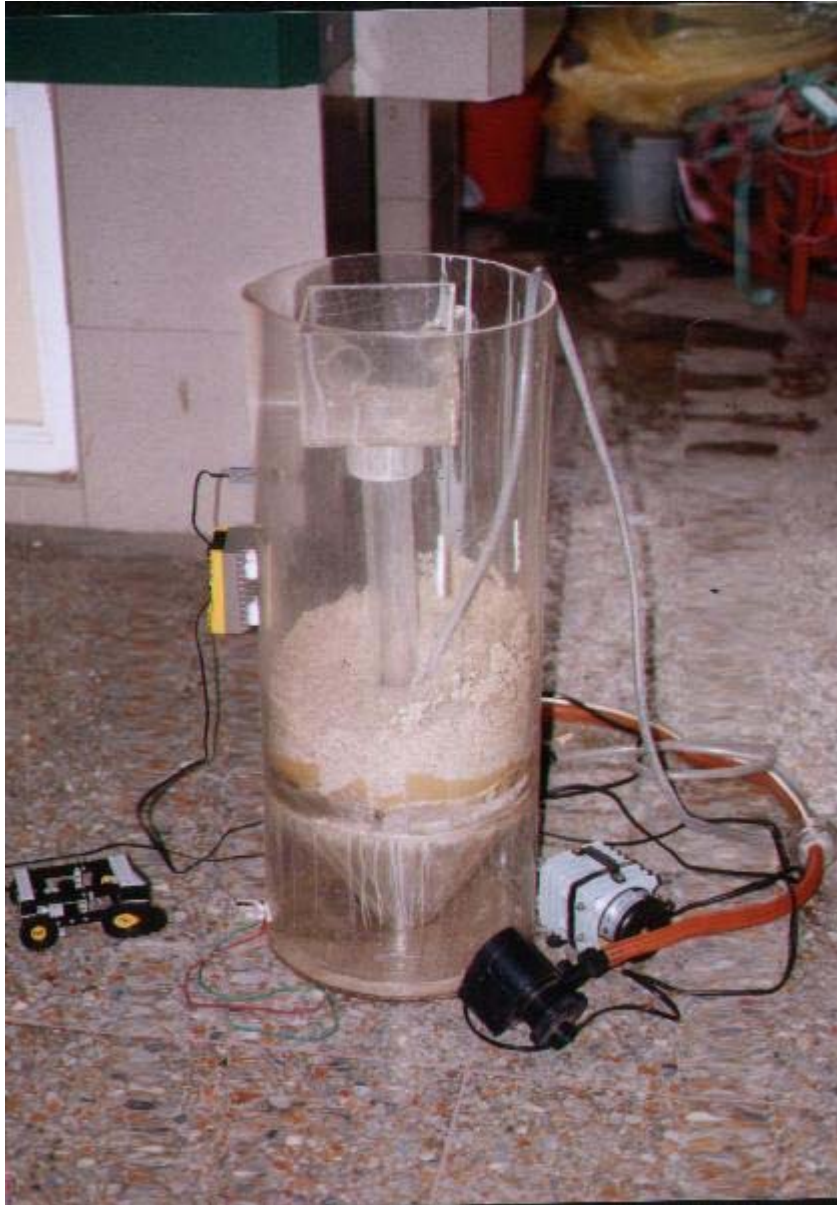
照片一 濾層薄時,過濾效果差



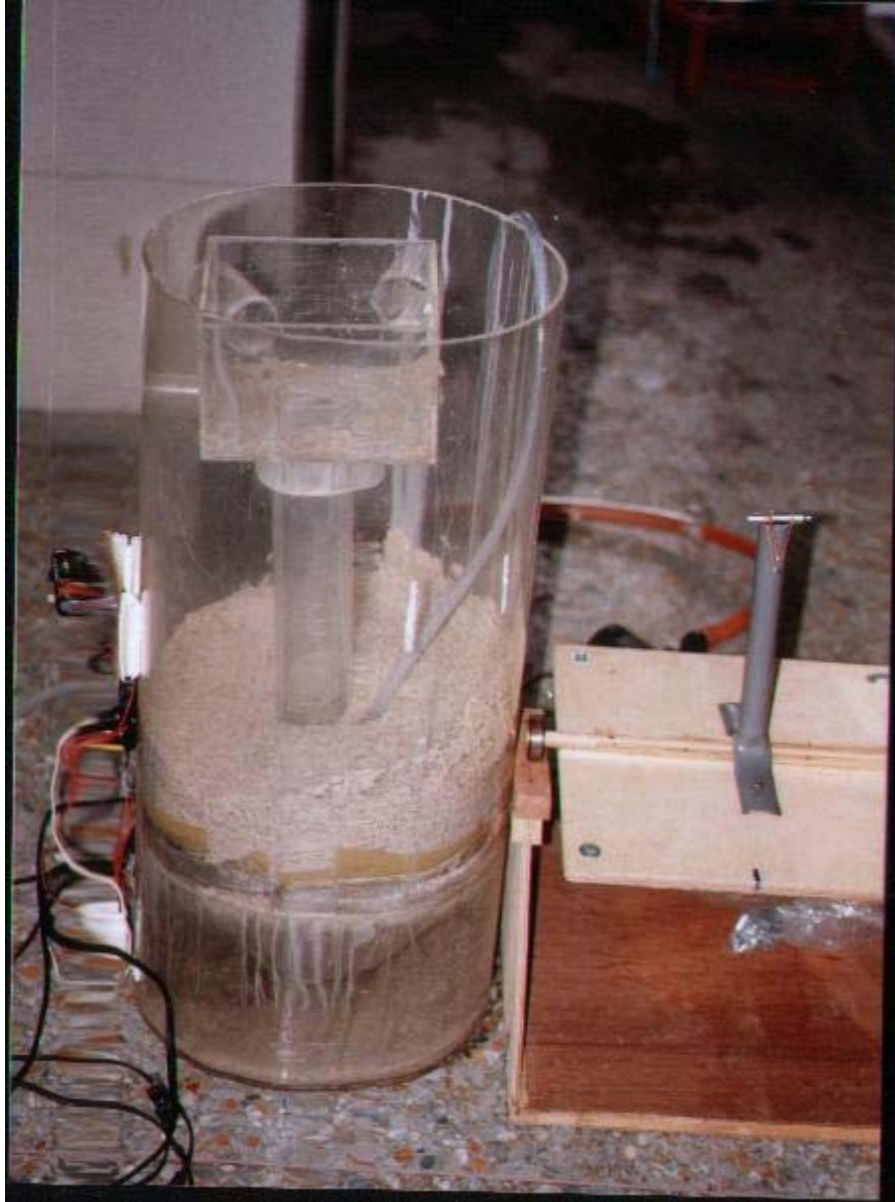
照片二：濾層加厚過濾效果相對變好



照片三 部份濾材因為密度小於水,容易浮出水面,無法進行



照片四：使用 RCX 的過濾總圖



照片五：使用光感應器時的過濾全圖