

第三屆原住民華碩科教獎 研究成果報告

團隊編號：2011015

主辦單位：華碩文教基金會
國立清華大學
行政院原住民族委員會
原住民族電視台

清華與華碩原住民雲端科展
作品說明書

作品編號：2011015
作品名稱：飲水要思源



團隊名稱：豐丘探索家

作者：

小六 黃廷洲

小四 全唐鈺燕

小四 黃怡瑄

小三 全家榆

指導老師：顏英男、莊登凱、張惠蘭

目錄

研究摘要	1
壹、研究動機	2
貳、研究目的	3
參、研究設備及器材	4
肆、研究過程與方法	5
伍、結論與建議	25
研究參考資料	26



研究摘要

本研究探討利用砂濾的方法過濾偏遠山區原水，改善家庭用了的水質。利用砂子能過濾水中雜質的特性，設計能有效過濾山區原水，讓居民能得到較安全的飲用水的過濾裝置。並利用太陽能板與三用電表組合的檢測儀器，檢測水中雜質過濾的效果。及利用觀察水中藻類的生長情形，推測水中有機物的含量。實驗結果顯示濾程較長、濾速愈低有著較好的水質濁度過濾效果。



壹、研究動機：

在偏遠山區並沒有像平地地區有著可靠的自來水供應系統，可以保障用水的安全與穩定。通常是由居民引山泉水或溪水到家中使用，中間並無監測設備或消毒設施，如果遇到大雨、土石流、或農業活動，常會有飲用水被污染或無法使用的風險。因此，我們試著去了解山區水源的由來，以及居民用水的過去與現況，進而學水質處理的原理與找尋可行的水質改善方法。



貳、研究目的：

- 一、文獻的探討：收集有關水質污染與水質處理的資料並討論。
- 二、個是探訪社區水源與了解簡易自來水的運作方式。
- 三、訪問社區人士，了解先人用水的歷史與智慧
- 四、討論偏遠山區飲用水可能會面臨的問題。
- 五、針對飲用水問題提出可行的解決之道
- 六、進行砂濾用於水質處理的研究
- 七、研究子題是，比較不同砂濾濾程對水質濁度的去除效果。
- 八、觀察不同砂濾濾程對水的導電度的影響。
- 九、觀察不同濾程對水中藻類生長的影響。
- 十、個是運用實驗結果設計出可用於山區飲用水改善的系統。



參、 研究設備及器材

一、 實驗配置器材及記錄工具：

秤、溫度計、筆記本、筆、照像機、電腦、三用電表、太陽能板、LED手電筒、板子、熱融膠、驗水筆 數位顯微鏡、燒杯、量杯、塑膠管、計時器。

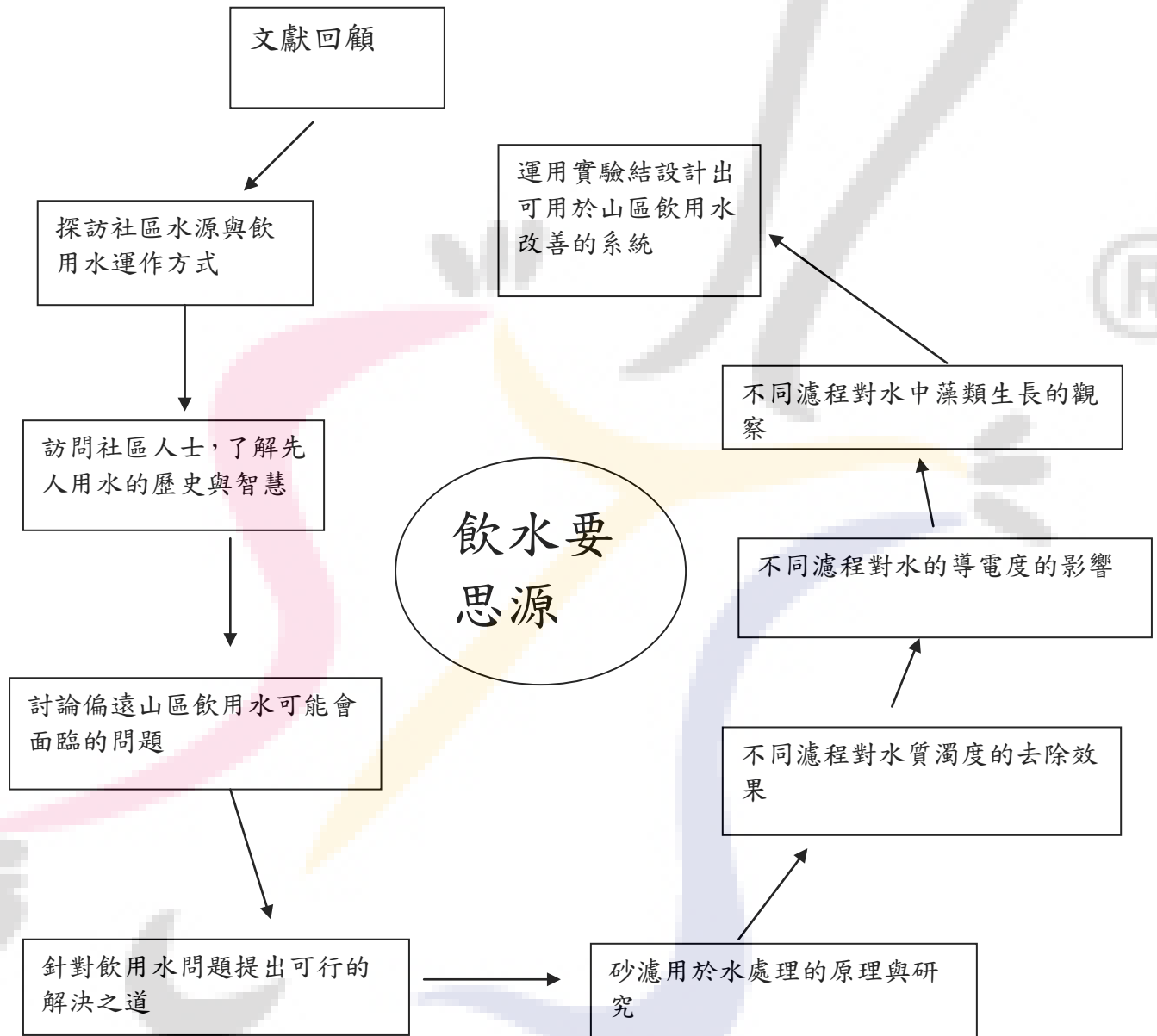
二、 研究材料：

河砂、石英砂、黏土、RO水、原水。

			
電子秤	尺	PVC 塑膠管	三用電表
			
200 倍數位顯微鏡	石英砂	太陽能板	LED 手電筒

肆、研究過程或方法

一、實驗架構：



二、研究內容：

研究一：文獻回顧

(一) 飲用水中常見的污染物：

水中的污染物可分為生物性污染、有機物污染、無機物污染及影響適飲性物質等四大類。

1. 微生物包括細菌、病毒、原生動物等；常見之致病性細菌包括退伍軍人菌、霍亂弧菌、沙門氏菌及痢疾桿菌等，尤其痢疾桿菌曾多次在校園中引起群聚感染。原生動物則以梨形鞭毛蟲、隱孢子蟲為代表。
2. 有機物包括消毒副產物、揮發性有機物、合成有機物、農藥等幾類污染物：飲用水中常見之有機物包括消毒副產物、揮發性有機物、農藥等。
3. 無機物則包括重金屬、陰離子、硬度、鹽類、氯鹽、溶解性固體物等：飲用水水質標準中重金屬項目目前管制對象包括砷、鉛、鎘、鉻、鎳、銅、鋇、鎳、汞等九種。氮與硝酸鹽氮為氮循環中的成員。當水體遭受人類或動物糞便污染時，將有機氮及氨氮排入水體，水中微生物會將氨氮轉化為亞硝酸鹽氮。
4. 影響適飲性物質：水中硬度主要由鈣、鎂等二價陽離子組成，台灣南部地區因地質因素之影響，造成水中硬度偏高。根據世界衛生組織(World Health Organization, WHO)的研究指出，長期飲用高硬度的水並不會造成健康上的危害，只是硬度較高時在燒開水過程中因鈣離子產生鍋垢，且硬水口感較差，因此屬於影響適飲性的物質。

(校園用水維護管理手冊)

(二) 水質處理常用的處理方式

自來水的處理程序分為取水、導水、淨水及送水等過程。取水係指自水源地（河川、湖泊或水庫）利用抽水機或自然重力方式將原水送至（取水口）導水渠道。而導水則是將取到的原水經由導水渠道導入淨水場。進入淨水場的原水經淨化的程序後變成自來水，稱為淨水。最後再將自來水以輸水管線配送至用戶處的過程，即為送水。(環保署 安全飲用水手冊)

分水井

作用在調節水量與水流，把經過沉砂處理的原水，分送至各淨水處理單元。部分淨水場在此階段即進行加藥作業，偵測原水水質後，將多元氯化鋁或硫酸鋁混凝劑加入水中，促使水中雜質凝結成小顆粒，以便後續沉澱與過濾等淨水處理作業；並且在水中加氯，以達消毒、殺菌之作用。必要時再加入氫氧化鈉藥劑以調整水質酸鹼度，使水質保持中性。



快混. 混凝池

原水在快混池接受快混機高速攪拌，使水中殘留雜質與所添加的藥劑充分結合，形成稱為「粒子」的懸浮顆粒。懸浮在水中粒子，進入混凝池後，繼續緩慢攪拌使粒子間相互碰撞吸附逐漸變大變重後，形成稱為「膠羽」的懸浮物質，再引進沈澱池。



沉澱池

混凝後的原水流經沉澱池前端時，顆粒較大的雜質就會沉到池底，池中特殊設計的傾斜管可增加膠羽間相互碰撞的機會，膠羽經由傾斜管慢慢沉澱後，上層清澈的水就匯集流往快濾池。



快濾池

由無煙煤、濾砂、礫石等按照顆粒大小層層堆成濾床，濾床上有成排的渠道，可使水平緩的往下流。水中細微顆粒經由濾床砂層阻隔的作用，過濾出真正清潔乾淨的水。由於過濾層在使用一段時間後，會累積雜質而降低過濾效果，須進行所謂「反沖洗砂」作業，利用強力水壓將乾淨的水從濾池底部向上沖洗濾料，以清除濾層中的雜質，確保良好過濾效果。



清水池、抽水站

經過過濾之清潔乾淨的水，在清水池中會再加氯做最後的消毒，此即完全符合飲用水標準之安全衛生的自來水。清水池上面設有抽水站，利用抽水機將自來水經由輸水管抽送到配水池，再分送到用戶家中的水塔。



參考自 台北市自來水事業處網站

(三) 濾砂過濾法

砂濾過濾法是將水通過砂層或其他過濾材料，水經過多孔濾料介質後，將含在液體中的微細懸浮固體去除。過濾對象為微細之懸浮物及細菌、色度、濁度、嗅與味、鐵與錳及溶解質。

研究二、探訪社區水源與了解簡易自來水的運作方式

想法：

常常聽到學校或社區水源斷了，知道社區的水源是靠村民自行維護、管理，並沒有如平地有自來水公司將管路鋪設到家；也沒有自來水公司為水質的安全幫社區把關。到底偏遠地區的我們，水是如何到每一戶人家的呢？我們決定去調查一下

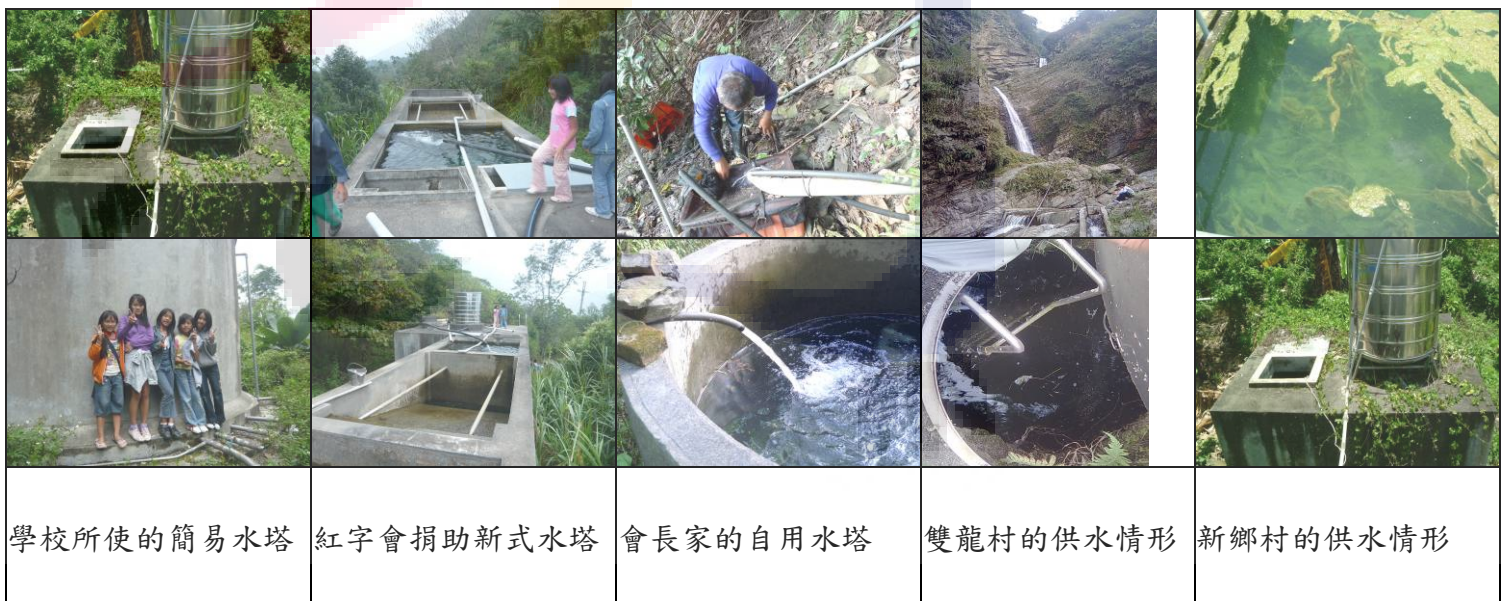
(一)實施步驟：

- 1 訪問學校工友，家長，了解社區飲用水供應的現況。
2. 依所取得的資訊進行實地勘查，並記錄。

(二)實施結果：

- 1 訪問學校工作莊媽媽，得知學校的用水來自於社區的集合式水塔，為全村共同使用，原為原民局補助建造，水源地到水塔約為三公里，平時由社區成立管理委員會派人負責維護。
- 2 經詢問負責維護的伍先生，得知因水源為溪水引入，平時會定時清理隨水流入公用水塔的樹葉、泥砂。因水源地已無村民進行農業活動，好天氣時水質還算清澈。如果遇到雨天或颱風季節，小則水源變污濁，大則有土石流會沖壞進水口或引水管，就需趕快處理，不然很多人就會沒有乾淨的水可以用了
- 3 訪問本校會長全唐大釗先生，得知全村共有三處公用水塔，在不同時期建立，其中由紅十字會捐建的新式水塔有簡易的沈澱設計及排沙設計。其飲則只是儲水功能而以，本身並沒有任何的水質處理功能。
- 4 我們從學校總務處得知，政府會定期對偏遠地區的水質進行抽查。經查詢上一次的檢查結果，多項指均在合格範圍內，只有大腸桿菌數超標。但這樣的供水水品質可以讓我們放心嗎？

(三)探訪照片：



(四)討論：

- 1 了解了社區的供水情形後，我們不禁想要知道村子的用水歷史，所以我們決定要再拜訪一次會長，再詢問有關前人用水的故事。
- 2 根據社區的現況，我們查詢了自來水公司及相關法令、資料，得知本社區的供水方式是歸類在簡易自來水這一類。所謂簡易自來水主要指使用自來水以外之其他水源做為用水之來源，包括使用地下水、山泉水以及簡易自來水等。完全使用非自來水的學校多半位於較偏僻之山區、海邊或離島，因自來水管線鋪設不易，改由學校或社區自行設置地下水井取水，或由山泉逕流、池塘地表水源引水使用。

根據環保署民國 91-97 年飲用水水質抽驗結果，非自來水共抽驗 6,516 件，其中不合格者 3,312 件(50.83%)，主要不合格項目以大腸桿菌群為最多，其次為總菌落數、pH 值、氨氮、濁度及硝酸鹽氮等項目。原因推測為非自來水系統之水源大多未經過妥善的消毒與處理、或消毒槽年久失修而擱置不用，非自來水系統中微生物指標之抽驗結果經常不合格，無法確保其水質安全。這項資訊更讓我們想要對社區的飲用水水質進行研究。

研究三：訪問社區人士，了解先人用水的歷史與智慧

想法：

在完成研究一的活動後，我們想知道先人用水的歷史，了解先人為了生活所需，為了更方便的生活方式，所展現出來的智慧，做作為我們的借鏡

(一)活動步驟：

- 1 訪問全唐大釗會長。會長是村子內非常熱心公益的人士，本身也是非常好學，無論是工作所需、生活中用得到的，會長總是能要求自己學起來，並知其所以然。
- 2 詢問會長有關先人用水的故事。
- 3 請會長示範一下先人在沒有現代化的工具及材料之下，如何發揮智慧，利用竹子改造成水管，將飲用水順利地引到住家，不再需要每日長途勞累地打水。

(圖片：利用竹子搭建自來水管)

		
竹子的取得	竹子整理	打通竹子
		
竹子連接	裝置進水口	完成竹管裝設



全唐大釗 會長

(二)實施結果：

1. 經會長說明，得知布農族人原先散居山區各地，對水源的要求僅需飲用所需即可，所以是以竹子當容器到水源區提拿回家存備，如果要經常用於洗滌、洗澡，所需的水量恐會增加取水的負擔。
2. 在日治時期，日本政府將布農族人們強制遷於河谷區，集中管理，並教導相關的衛生觀念，用水的需求愈來愈大。先人運用智慧，運用竹子可以引水的結構，將竹子的節打通，並一根、一根地接起來，變成一根長長的天然水管，經架設後，用來引水到家戶，讓水的取得更加方便。
3. 我們請會長示範先人如何使用竹子建造方便的供水系統：整個竹水管系統的建造過程大概為：
 - (1)採竹子：

要取用新鮮、口徑配合流量的竹子，我們採的是桂竹。採的標準是注意接近根部的區域要直，才不會接起來後會漏水。會長也告訴我們冬天的竹子比較好，含水量低，較堅固，可以用得比較久(三至四年)。會長也說採竹子的時候要用刀砍，不要用鋸的，竹子比較不會死掉。
 - (2)竹子的貫穿：

進行竹子貫穿時要找一個有高低落差的地方，將鋼筋從細端置入，敲擊出一個小洞。鋼筋沒入後就將竹子不斷搗向地面，讓鋼筋能將每一個竹節打通。打通後還要重覆幾次，讓洞更大些。最後換較粗的鋼筋重覆之前的動作，讓竹節盡量擴大以免水流不順，最後要把竹碎片搖出。
 - (3)竹子的接管：等所需竹子都打通完畢，就進行竹子的連接，由水源地向下，粗端朝上、細端朝下，一根根連接。連接處要注意竹子的口徑要相近。竹子接合處須另外準備約一公尺長的竹子剖半，將接口處固定，以免接口漏水。
 - (4)水源區的架設：另採較大口徑的麻竹二段，長約 1.5 公尺。一段立在水源區，在竹子上開三個孔；最高的為進水，次高的為出水口，最低的為排砂口。水源至直立麻竹筒段使用另一根剖半的麻竹筒當引水、集水管，中間要放置小石塊，以阻擋落葉、異物進入竹管。上面以另一半麻竹筒蓋住，以免異物、污染物掉入。
 - (5)竹水管阻塞了怎麼辦？

如果水流變小或消失了，有可能是因為竹管被異物塞住了。這時就要沿竹管檢查，敲一敲竹管，聽聽看聲音是有水的札實聲、還是中空的聲音。找到阻塞處後，可用鋸子或刀將竹管打開清理。清理完畢後再將蓋子蓋回，用樹皮、樹藤綁住固定。
4. 現在有科技的幫助，多已經改為 pvc 管取代竹管，年輕人也沒有架設竹管的經驗，我們 希

望藉這個活動，讓學生能記得先人曾經運用這樣的技術，試著讓生活更美好。

(三)討論：

1. 隨著時代的前進，先人用水的習慣也隨之進步。隨著衛生觀念的進步，我們對水的需求也愈來愈高。保持個人衛生，洗澡、洗臉、刷牙、馬桶沖水，樣樣都需要水。
為了維護個人的健康，對水質的要求也愈來愈高，如水中微生物、寄生蟲、懸浮物、農業污染物的去除。
為了讓飲用了的味道更好，對水的硬度、土味、水藻味的去除也將會被要求。

研究四：討論偏遠山區飲用水可能會面臨的問題

想法：

在經過研究二與研究三的實地踏察後，發現偏遠地區的供水因為與都會區的自來水系統不同，因此有些問題就會面臨到，到底有那些問題呢？讓我們來找找看。

(一)研究步驟：






1. 上網找尋自來水公司的網站，了解自來水公司的水處理程序。
2. 比較社區的供水系統與自來水公司的系統不同之處。



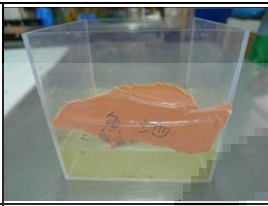

(二)研究結果：

由資料與我們現地觀察比較得知，偏遠地區供水系統的一些特性：

1. 本地區的水源地通常取自溪水或山澗水，水源不穩定，會受雨季、乾季影響。
2. 水源地因沒有堅固的設備，容易因大雨、土石流而損壞；損壞時因地處山區，維修不易。
3. 水源地的決定除水源水量的大小外，還有距離的考量。距離太遠，維護與建置成本太高；距離太近，有受人類活動污染的可能性，如農藥噴灑、施肥、排泄物。
4. 飲用了引到水塔後並無自來水系統的沈澱、過濾、消毒的措施，也沒有自來水系統的立即檢測程序，水的品質沒有得到足夠的保證。
5. 社區學童在活動後有時會圖方便直接生飲水龍頭水；洗澡、煮飯也是用同樣的水源，如果處理不好，有可能會生病。

(三)實驗照片

				
居民對水質安全沒有足夠的認識	源水沈澱效果有限	水源地因人類開發行為，愈來愈遠	飲用水儲存水塔管理不易。	山區水源有優養化現象

				
<p>水源地旁的農業活動危害水源品質</p>	<p>水源取水口常因大雨、土石流損壞</p>	<p>水源地至水塔的水管維護不易</p>	<p>飲用水的安全沒有立即的監測</p>	<p>學校飲水機使用過濾心</p>

(四)討論：

1. 針對所見到的情形，我們將所發現的問題分為：社區設備改善、家庭設備改善、個人對飲用水衛生觀念的改善三個方向。
2. 在社區設備方面應向政府或有關單位請求協助改善飲用水設備，讓居民也能享有與都會區一樣的飲用水品質。
3. 在家庭設備改善方面，可參考一些家庭用飲用水處理設備的原理，研究處理方式。
4. 在個人對飲用水衛生觀念方面，透過教育與宣導，培養居民正確的飲用水衛生觀念。

研究五、針對飲用水問題提出可行的解決之道

想法：

由之前的活動得知，偏遠地區的飲用水並不如想像中安全。

安全的飲用了是確保居民健康的重要項目，也不是一句經費不足可以忽略的。即然如此，還有什麼方法可以在現有條件下改善飲用水的品質呢？

(一)討論內容：

- 1 由文獻得知，標準自來水廠的處理方式為：先以化學混凝、快速混合、及膠凝程序處理，再以沈澱或浮除將膠羽去除，經這些方式前處理後再進行過濾。一般淨水廠傳統過濾的濾料材質包含了砂、或多種濾料雙層/三層填充濾床等方式。傳統快濾方式搭配混凝及沈澱流程可有效去除病毒 99%以上，梨形鞭毛蟲等原生動物去除率則可達 97~99.9%。但傳統過濾方式較少應用在小型供水系統（供應 500 人以下之用水），因為其需要較高的操作費用，操作技術方面也較複雜。（校園用水維護管理手冊）
2. 在一般的民生用水處理中，使用過濾方式來淨化水質是最普遍的處理方法，尤其是用來降低濁度與微生物的污染。一般的飲用水過濾程序包含了使水通過濾料來去除懸浮顆粒與較大的膠體物質（懸浮顆粒例如黏土、淤泥、微生物、一些有機聚合物及鋁鐵的氧化物等）。水廠中較常使用的濾料材質有：石英砂、矽藻土、無煙煤與細沙等，淨水流程可使用單一濾料過濾，也可以結合多種濾料分層過濾。



2. 我們綜合以上的文獻，決定利用陳有蘭溪中採集到的砂，來做為過濾的濾材。實驗是否可作水質改善的材料。
3. 討論過濾系統的建立應採用小型模擬現有環境與相近的水質條件。
4. 訪察社區水源的水質狀況，並取樣參考。

(二) 討論結果：

1. 文獻中指出過濾系統為水質改善重要因素，因此大家決定以過濾系統的設計作為我們實驗的方向。
2. 在以河砂為濾材的操作中非常不順利。先是河砂的洗淨不易，水質一直呈現混濁，可能是因為本區是濁水溪支流，地質上屬泥板岩地形，砂石較易崩解；砂的粒徑的篩選方面使用水流處理有其難度，一直無法得到較均勻的砂粒徑；使用河砂進行過濾操作時，一旦濾程較長(100公分)，濾速就降得非常低。考量到若使用河砂為濾材，實驗的變數將不好控制，因為決定使用市售的石英砂做為濾材，待對實驗有初步的成果後，再考慮使用河砂作為濾材。
3. 濾材決定選用石英砂後，那下一步應可以探討不同的石英砂高度(濾程)對水質改善的影響。
4. 現有的水質檢測方式有那些呢？自來水檢測項目有很多項，有機物濃度，氨氮濃度、濁度、總大腸桿菌數，...，大部分是小學校設備無法進行的，考量設備因素，我們決定將濁度作為水質狀況的判斷方式。

(三) 實驗照片

照片				
說明	取河砂	水源區取樣	河砂的清洗	市售石英砂



研究六、運用“光電池法”進行水質的濁度檢驗的介紹 想法：

在水的濁度測量方面，原本是想用目測法，但每個人的成覺都不一樣，在不同的光線下看起來也不一樣，為了讓研究更科學，我們試著找尋一種更客觀、更精確的方法來量測水中的濁度。

(一)、實驗步驟

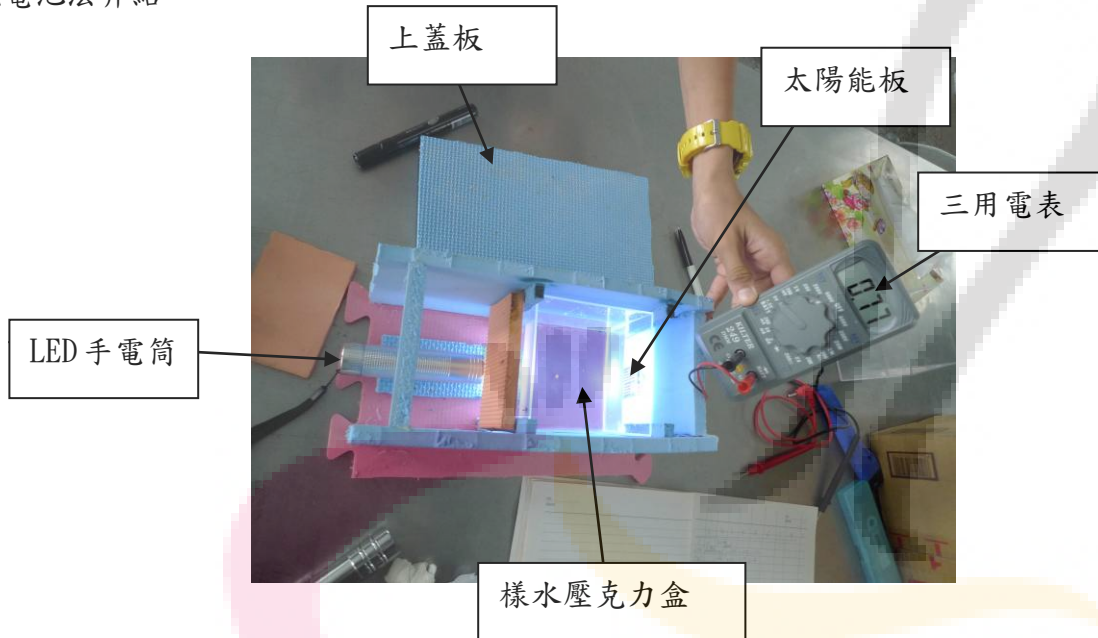
1. 利用黏土調配不同濁度的樣水，以作為濁度的標準比較樣本
2. 將黏土利用電子秤，取 0.1 克、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、1 克，與 500 毫升的逆滲透水(R0 水)均勻混合，並標示。
3. 參考由臺北市光仁國民小學陳佳宜、楊基宏老師所指導的第四十七屆中小學科學展覽會國小組自然科第一名作品“你有多「混」，我知道“，內文中所使用到的光電池法加以修正，以符合我們的需求。(以下簡稱光電池法或光電池計)用來檢測水中的濁度，器材設計如下
 - (1)先用不要的巧拼墊裁剪、拼黏出一約15*15*30公分的盒子，
 - (2)光源使用白光LED手電筒。太陽能電池板從太陽能車拆下，約3*3公分。將太陽能板重新焊上兩條接線，可直接插在三用電表上。
 - (3)在盒子中間放置一個10*10*10公分的乾淨壓克力盒，用來存放要檢測的樣水。
 - (4)盒子四周要儘量保持封閉，以免漏光，影響檢測結果。
 - (5)手電筒放置於一個固定座上，可前後調整位置。因手電筒如果快沒電了，光源強度改變，就會影響檢測結果，所以在使用光電池計之前，要用乾淨的水(蒸餾水或逆滲透水)進行校正。
 - (6)手電筒的光照在太陽能板上時會產生電流，可在三用電表上量測到。如果放在手電筒與太

陽能板中間的水質濁度愈低，則透過的光愈強，量到的電壓愈高；反之，水質濁度愈高，透過的光就愈弱，量到的電壓就愈低。

4. 將濁度樣水使用光電池法進行檢測

(二) 觀察比較結果

1. 光電池法介紹



2. 經光電池計檢測結果：

濁度樣水在光電池法測量下的電壓值											
濃度 mg/L	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
電壓 V	0.281	0.205	0.105	0.018	0.018	0.013	0.013	0.011	0.009	0.002	0.002

(三) 觀察照片



		
LED 手電筒	調配的不同濁度樣水	光電池器操作

(四)討論：

1. 壓克力盒最好用同一個，因為每一個壓克力盒的透明度好像有些不一樣，會影響檢測結果。
2. 每次測完後最好要洗一下，以免上一次的樣水污染下次的樣水。
3. 使用前一定要校正，在低濃度時檢測的靈敏度好像不太夠，如果再加上沒有校正，得到的結果就不是非常可靠。
4. 光電池法的確在低濁度水質時比用目測的方式更科學、更客觀，不會因每個人的視力不同 或背景亮度的影響而產生太大的檢測誤差。
5. 經操作，決定設定三用電表量測電壓設為 1.5V 因此一電壓範圍得到的數據較為靈敏。

研究七、不同濾程對水的濁度的去除效果

想法：

當管柱中的濾材愈多，水通過的阻礙就愈多，水中的污染物就愈有可能被截留下來，不同濾程對水質改善的情形是本研究的課題。

(一)、實驗步驟

1 準備不同濾程的管柱，分別為 100 公分，50 公分、30 公分

(1) 準備足夠的石英砂。

(2) 準備三根直徑 4 公分，長度 150 公分的 pvc 管柱，於 0 公分、50 公分、100 公分處裝置開關。

不同濾程樣水，在光電池法測量下的電壓值

(3) 量取直徑約 5mm 的小石子若干，放置於管柱內約 10 公分高，作為承托層，以免較細的石英砂流出出水口。

(4) 將石英砂放置入管柱中，使用捲尺確認石英砂的高度分別為 100cm、50cm、30cm。

(5) 將 pvc 管柱上進水口連接樣水水桶，並測試水流是否順暢

(6) 配製接近溪水濁度的樣水，放置於水桶中本實驗配置。

(7) 測量各管柱的最大流速，並調整開關統一各管柱的流速。

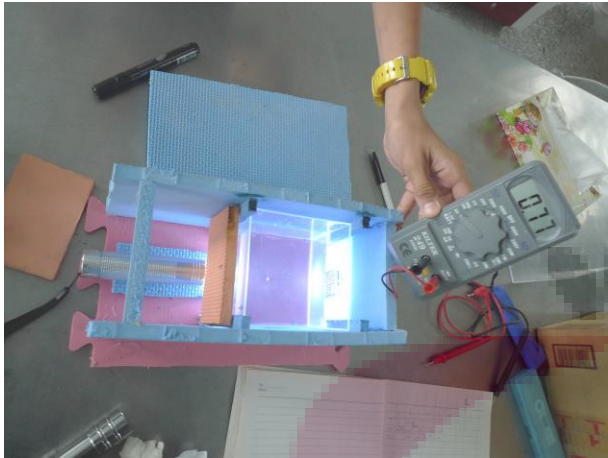
(8) 待管中的餘水流完後，確認流出的水為樣水，就進行採樣檢測。

2 針對不同濾程的管柱，進行觀察比較。

(二)觀察比較結果

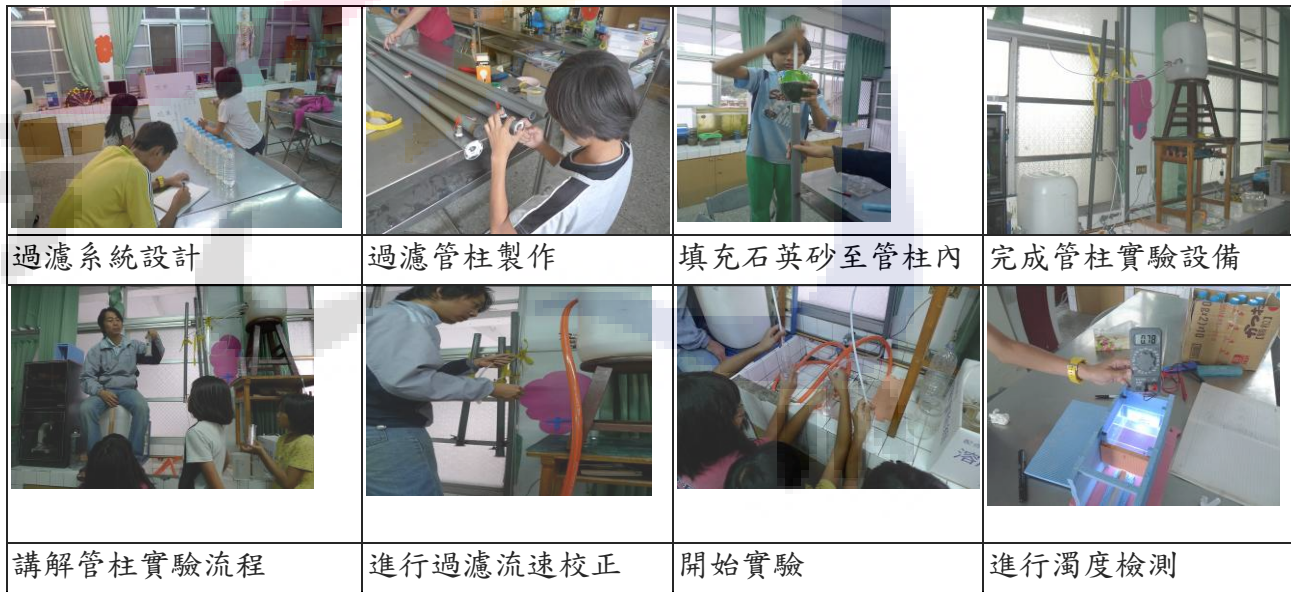
1. 不同濾程比較，濾程較長時，可檢測的電壓較高，代表水質濁度的改善有較好的效果。在表中顯示同一濾速下，過濾效果由高到低為濾程 100 公分，50 公分，30 公分。
2. 同一濾程，不同流速比較，濾速較快時，電壓值較低，表示過濾效果較差，濾速 20ml/分優於 40ml/分。

流速 ml/分	100	180	40	20
濾程				
RO 水，無過濾	0.281	0.281	0.281	0.281
100cm	未測	未測	0.196	0.201
50cm	未測	0.193	0.193	0.197
30cm	0.178	未測	0.187	0.188
未過濾	0.020	0.020	0.020	0.020



圖：使用光電池計測量水質濁度

(三) 實驗照片



(四)討論：

1. 流速與濾程之間到底要如何設計才能達到較好的水質改善效果呢？這值得我們深入研究。
2. 濁度改善了是否其它的水中雜質也改善了。除了濁度外，我們還能檢測那些水質特性呢？
3. 如果與其它的濾材結合，如混入木炭、活性碳、麥飯石，會不會有更好的過濾效果呢？
4. 流速會受砂粒徑的影響，這可作為此實驗研究延伸討論。

研究八、不同濾程對水的導電度的影響

想法：

砂濾系統能對水中的雜質截留下來，那對水中的礦物質是也有去除的作用呢？我們決定將過濾後的樣水用驗水筆進行檢測，看看結果如何。

(一)、實驗步驟

- 1 準備濾程 30cm、50cm、100cm 的樣水，分別放入燒杯中，使用驗水筆檢驗導電度，計錄。
2. 觀察、比較各組數據。

(二)觀察比較結果

1. 我們使用的儀器是市售用來檢驗家中逆滲透飲水機水質的TDS驗水筆；TDS 值代表了水中溶解物含量，TDS 值越大，代表水中的雜質含量大。其原理是利用量測水的導電度，間接的計算出 TDS 值，水的 TDS 值就越大，水的導電性也越好，導電度就越大。

1. 檢測結果如表（未過濾水樣為 120ppm


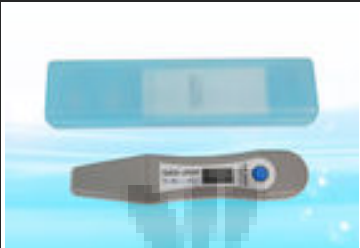

經過濾的樣水使用驗水筆測量的值	單位：ppm
-----------------	--------

濾程 濾速	30cm	50cm	100cm
20ml/分	176	175	182
40ml/分	177	181	181

單位：ppm

2. 在本次實驗中發現經 30cm、50cm、100cm 濾程的樣水，驗水筆測出來的值並沒有有很大的差異；與未處理的樣水比較，反而比較高。可能是石英砂不僅不能去除水中的溶解物，反而還溶出一些電解質，讓量測的值變高。或是石英砂沒有完全洗乾淨，影響了實驗的結果。

(三)照片

		
取得樣水	市售 tds 驗水筆	不同樣水的測量與計錄

(四)討論：

石英砂濾管柱可以有效改善水質濁度，但在驗水筆的實驗中沒有改善的情形，可能是石英砂對水中電解質沒有辦法有效去除，所以才有這樣的結果。

家中的逆滲透飲水機在水中的礦物質是採用離子交換樹脂將水中的鈣、鎂離子去除，也許我們也可以研究看看環境中有那些材料可以幫忙將水中的鈣、鎂離子去除，因為我們這裏的飲用水中也有很多的離子，水龍頭四週、洗手檯常會有一層灰灰的物質產生，很難清除。

研究九、不同水源中藻類生長的觀察

想法：

水中的污染物有許多種，但不是每一種都可以輕易被觀察、檢測得到。濁度可以用光電池法檢測，但水中看不見的污染物如大腸桿菌、氮、總有機物等，對國小現有的設備而言，是難以觀察的。

我們觀察到自然教室的水族箱壁面上會長出一層綠色的藻類。如果有放魚飼料的話，似乎會長得比較多且快，這讓我們想到也許可以利用藻類的生長情形來衡量水中雜質的多寡。

(一)、實驗步驟

1. 使用玻璃杯準備各種不同的樣水(魚池水、30 公分與 100 公分濾程水、RO 逆滲透水)，放置在室內燈泡照射區及廚房屋頂，
2. 每隔一段時間進行目視觀察及顯微鏡觀察，並進行比較。

(二)觀察實驗結果

1. 經一週後，室內區樣品的藻類生長沒有很明顯，有些昆蟲會被光源吸引，反而掉在在在水中污染實驗樣品，室外區在一週後魚池水與水龍頭水有些許的綠色痕跡，RO 水沒有任何綠色痕跡；經過濾的樣水沒有明顯藻類生長痕跡

2. 實驗結果得知，濾程愈長，水質有較好的跡象。更長的濾程是否可得到接近標準自來水的水質，有待以後的研究。
- 3 藻類的生長與水中養分、陽光、氧氣有關，這些方面的改善也許可加快藻類的生長，讓我們更易、更手能了解水質狀況。

研究十、運用實驗結果設計出可用於改善偏遠地區飲用水的系統

想法：

我們已得知石英砂管柱能有效過水中雜質，但不知在實際運用的效果到底如何，所以我們試著製造一個較大型的砂濾管柱系統，與學校的水塔結合，作為源水進入水塔前的處理程序。

(一)、實驗步驟

1 大型砂濾管柱的製作：

- (1)準備一個 150 公分高，直徑 20 公分的大型 pvc 管
- (2)將管柱從底部 0 公分、50 公分、100 公分處放置進水口；底部用一塊 30*30 的 pvc 板密封，接合處黏上小塊塑膠片加強接合的強度。
- (3)管柱內放置約 50 公分高的石英砂，底部放約 10 公分高、粒徑約 5 毫米的小石頭當承托層，以防止細石英砂從出水口流出。
- (4)進出水口接上凡立閥開關，用來控制水流速度。
- (5)將進水管連接在上進水口，出水口連接水塔進水口。
- (6)中間 50 公分處的開口可做為將來石英砂被雜質堵住時清理之用。

(二)過濾速的估計：

在研究六、七中觀察到，濾速愈低、濾程愈高，濁度的過濾效果有變好的趨勢。在實際

生活中如果因為濾速太慢，以致過濾的水量不足以供應生活所需，這樣的設計就不是一個完善的設計。

依聯合國衛生組織估計每人每日的用水量標準值為 250 公升。以一家六口計算，一戶每日所需用水量約為 1500 公升。如果要滿足所需，砂濾系統的過濾速度要在每分鐘過濾 1 公升左右。

與直徑 4 公分的 pvc 管做比較，大型 pvc 管流速在 1.6 公分/分鐘，每分鐘可濾得 500 毫升。如果流速增加到 3.2 公分/分鐘，則每分鐘可濾得 1000 毫升。

所以如果要用一根大型過濾管柱供應一戶民生用水所需，流速就要高於 3.2 公分以上。過濾品質雖不是最好的、預測還是有相當作用。

	相等流速 (1.6 公分/分鐘)	相等流速 (3.2 公分/分鐘)	
直徑 4 公分管柱	濾速每分鐘 20 毫升	濾速每分鐘 40 毫升	
直徑 20 公分管柱	濾速每分鐘 500 毫升	濾速每分鐘 1000 毫升	

(三) 觀察照片

		
學校宿舍水塔	學校內水塔	社區居民水塔

(四) 討論：

將實驗所得到的結果應用在實地生活中，有很多的技術性問題要克服，從材料的取得；找尋可以真正實地運作的地點，都有著不確定性，實驗結果也不一定如所預測的一樣。但只要能

從中得到一些知識與啟發，學習克服各種沒有想到的情況，實驗本身就有著一定的價值，可以讓我們得到更多的寶貴經驗。

伍、結論與建議

- 一、給水工程的演進與生活中對水的需求增加有關。愈多的用水量代表著衛生的習慣、標準有往上提升。
- 二、“光電池法“可有立即、有效的用於水中濁度的檢測，避免因人為主觀意識而對水質濁度的判斷不一致，也可以檢測人眼無法判斷的低濁度水質。
- 三、愈長的砂濾程，可得到較佳的過濾效果，但也隨伴著有流速愈慢的問題。在本實驗中，砂濾程達 50 公分時已可得到相當的濁度過濾效果。也可保持較高的過濾速度。
- 四、愈快的過濾流速可在單位時間內可得到較多的水量，但過濾效果有變差的現象。因此，為得到較佳的過濾效果，保持在一定的過濾流速以下是必要的。
- 五、利用水中藻類生長情形，以判斷過濾的水質是可行的方法；水中有利於藻類生長的雜質愈少，藻類的生長速度與規模愈低，唯這種方法有觀測時間較長的缺點，對過濾的水質無法立即的

掌握。



研究參考資料

一、中文書籍

1. 卓麗容(2006)。國小自然與生活科技學習手冊。台北縣；康軒文教事業股份有限公司
2. 中華民國第四十七屆中小學科學展 國小組 自然科第一名 “你有多「混」，我知道”
3. 高肇藩，「給水工程(衛生工程·自來水篇)」
4. 安全飲用水手冊[第四版] 環保署

二、網路資源

1. 漫談國內淨水程序 成功大學 環工系教授 葉宣
顯 <http://alumni.ncku.edu.tw/files/13-1020-77741.php>
2. 行政院環境保護署。水(含飲用水) <http://www.epa.gov.tw/main/index.asp>。
3. 行政院環境保護署。水體透明度測定方法 <http://www.niea.gov.tw/niea/LIVE/E22050C.htm>
4. 維基百科 <http://en.wikipedia.org/>
5. 行政院環境保護署飲用水全球資訊網，<http://ivy1.epa.gov.tw/drinkwater/index.html>
6. 經濟部水利署全球資訊網 <http://www.wra.gov.tw/>

7. 台北市自來水處 <http://www.twd.gov.tw/ct.asp?xItem=986179&ctNode=23283&mp=114001>
8. 安全飲用水 成功大學環工系教授 林財富 www.water800.com/js wz/5/safedrinking.pdf
9. 校園用水安全維護管理手冊 臺灣大學公共衛生學系編輯

