

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

■國中組 □普高組 □技高組 成果報告格式

題目名稱：濾材清淤與重力清淤的比較

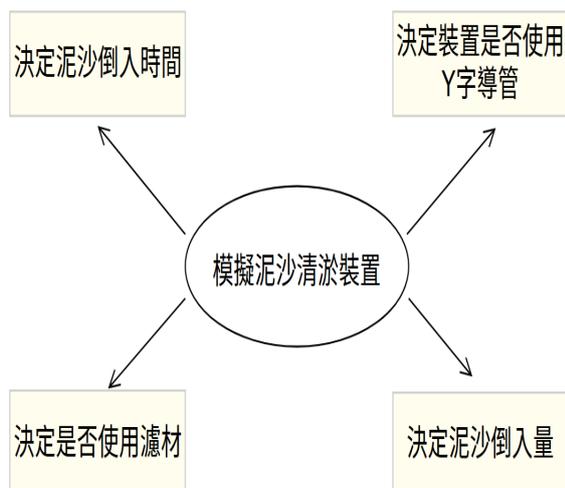
一、摘要

本研究設計一款模擬水庫清淤的裝置，探討不同過濾方式對清淤效率的影響。傳統水庫清淤依賴高壓水流沖刷淤泥，耗能且難以有效聚集泥沙。因此，本研究在泥沙沉積前，透過減速沉降機制分離泥沙，以減少泥沙淤積，延長水庫壽命。

實驗中，我們將過濾後的泥沙水烘乾並測量殘餘泥沙量，以計算過濾效率。結果顯示，當濾材置於大孔徑濾網上，倒入泥沙水，管線較易堵塞，也就是說，加了濾材到裝置內，沒辦法讓過濾裝置穩定運行，過濾效果不會更好。而在 Y 形導管內只要放置大孔徑濾網，利用水流通過減速與沉降，使泥沙沉積於 Y 管內，利用 Y 管底部開口可定期排除泥沙，可維持過濾效能並延長運行時間。

研究結果顯示，重力與高度差結合大孔徑濾網使沙減速並下沉，可提升過濾效率，優於濾材過濾，並降低過濾後泥水的沙量，減少高壓沖刷需求，適用於大型水庫，有助於維持水質穩定及運行效率。

二、探究題目與動機



某次校外教學中，我們參訪了石門水庫，當地的志工向我們介紹了水庫上方的清淤船，並詳細解釋了水庫中淤泥積累的現象。當水庫中積聚大量淤泥時，不僅會減少水庫的儲水容量，還可能影響水質，進而對生態和用水安全造成威脅。這讓我們深感興趣，並產生了一個想法：我們希望設計出一款更為節能且資源消耗較低的清淤裝置，幫助解決水庫淤泥堆積的問題。為進一步探

討如何提升清淤效率，我們也計畫測量不同濾材的過濾效率，這不僅關係到過濾的速度，也直接影響水質的改善效果。

三、探究目的與假設

本研究旨在建立一個能夠模擬大型水庫清淤過程的模型，以探討濾材對於提升過濾效率的可行性。我們首先使用寶特瓶與吸管進行初步建構(圖一)，並透過熱熔膠將抹布等濾材固定於切割處。當泥沙水倒入模型後(圖二)，藉由高度差與重力作用，我們觀察到水流經濾材後能有效過濾出較清澈的水(圖三)。由此推測，在清淤模型中加入濾材能夠提升過濾效率。因此，我們進一步改良設計，將原本的小型寶特瓶與吸管模型升級為由較大 PVC 管與 Y 字過濾裝置所組成的大型模型(圖四)，以更精確地模擬重力與濾材結合對過濾效果的影響。當我們完成了初步設計與改良之後，我們開始探究其實用性與效能，為了能夠全面了解各種變因對過濾效率的影響，我們從以下三個方向進行探究目的與假設：

一、泥沙水流時間對於過濾效率的影響

二、在利用重力與高度差的過濾裝置中，再添加較小孔徑的濾材，是否會增加過濾效率？

三、探究重力與高度差的過濾裝置中，每次最多能處理多少泥沙水？



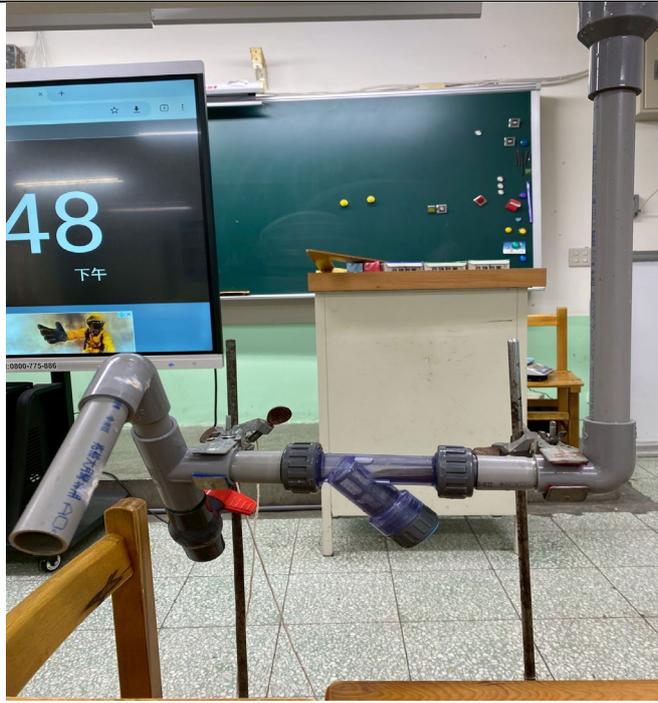
圖一 寶特瓶模型



圖二 倒入泥沙水



圖三 模型濾出的泥沙水



圖四 裝置架設圖



圖五 裝置圖

四、探究方法與驗證步驟

實驗主要步驟：

1. 先架設好 pvc 裝置，並設置好傾斜角度 30.0 度
2. 在裝置內部充滿水，並倒入 300.00g 水並測量出水量為 300.00g
3. 將測量用燒杯設置在出水口接水
4. 倒入泥沙 10g 與水 300g
5. 測量濾出來的泥沙水，將其倒入鐵鍋加熱燒乾，並測量泥沙重
6. 統計數據後進行比較
7. 由過濾效率來決定實驗泥沙倒入時間，重複三次，並實驗添加濾材對裝置影響，重複三到五次，以及實驗泥沙流入量，重複三次。

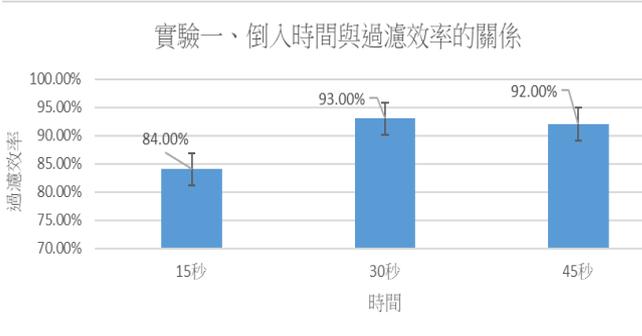
實驗一操作變因：

將泥沙 10.00g 倒入裝置內，並分別以 15 秒、30 秒、45 秒加入自來水 300.00g，各做三次。

依據右表實驗結果，30 秒與 45 秒過濾效果較接近，且 15 秒有下降的趨勢，因此我們推測較長的過濾時間能使水更充分通過濾網，提高過濾效率，30 秒的過濾效果又跟 45 秒接近，為節省時間，我們選擇以 30 秒做為後續實驗過濾時間的標準。

時間	第一次	第二次	第三次	平均	標準差	過濾效率
15秒	1.70g	1.70g	1.40g	1.60g	0.14g	84.00%
30秒	0.60g	0.90g	0.50g	1.67g	0.20g	93.00%
45秒	0.50g	1.00g	0.60g	1.80g	0.26g	92.00%

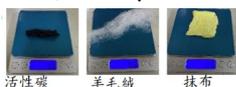
過濾效率： $\frac{10.00\text{公克}-\text{未被過濾泥沙量平均}}{10.00\text{公克}}$



實驗二操作變因：

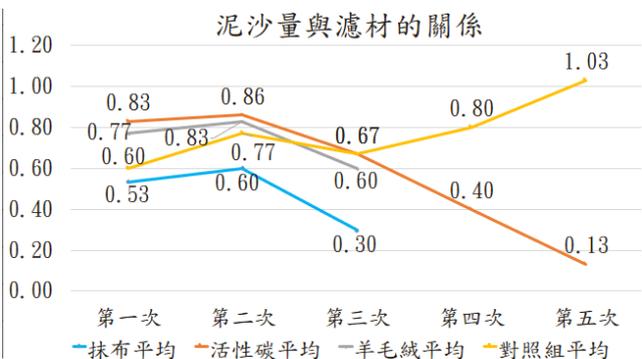
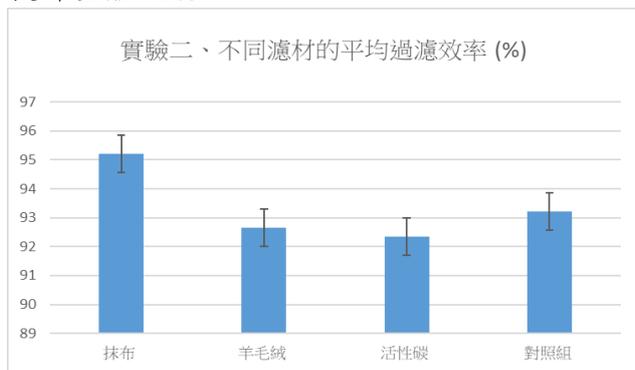
分使用三種不同的濾材(0.60 公克)

1:活性碳 2:羊毛絨 3:抹布 4:對照組(無濾材)，做三到五次，塞住即停止。



在寶特瓶模型中，我們知道抹布有良好的過濾效果。當模型升級為 PVC 管後，抹布仍有最高的過濾效率(下表)，卻引入了先前未考慮的變因——可重複操作性。結果顯示，使用抹布與羊毛絨時，裝置最多連續運行三次即堵塞，而活性碳可達五次(右圖)。這指出：高效率不代表高耐用性。同時，對照組的三次過濾效率落在抹布、羊毛絨與活性碳之間(右圖)，顯示濾材不一定能提升效果，但會影響使用次數。所以追求效率，也需考量其可重複操作性，以延長使用時間並提升整體效能。

濾材	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	前三組平均	過濾效率
抹布1	0.70g	0.70g	0.30g	堵塞		0.56g	94.33%
抹布2	0.50g	0.40g	0.30g	堵塞		0.40g	96.00%
抹布3	0.40g	0.70g	0.30g	堵塞		0.46g	95.33%
抹布平均	0.53g	0.60g	0.30g	堵塞		0.68g	95.23%
活性碳1	0.80g	0.80g	0.80g	0.50g	0.20g	0.80g	92.00%
活性碳2	0.90g	0.90g	0.60g	0.50g	0.10g	0.80g	92.00%
活性碳3	0.80g	0.70g	0.60g	0.20g	0.10g	0.70g	93.00%
活性碳平均	0.83g	0.80g	0.66g	0.50g	0.15g	0.80g	92.00%
羊毛絨1	0.80g	0.80g	0.60g	堵塞		0.73g	92.37%
羊毛絨2	0.80g	1.00g	0.90g	堵塞		0.90g	91.00%
羊毛絨3	0.70g	0.70g	0.30g	堵塞		0.56g	94.33%
羊毛絨平均	0.76g	0.83g	0.60g	堵塞		0.82g	92.70%
對照組1	0.60g	0.70g	0.80g	0.80g	0.80g	0.70g	93.00%
對照組2	0.60g	0.80g	0.60g	0.70g	1.10g	0.66g	93.33%
對照組3	0.60g	0.80g	0.60g	0.90g	1.20g	0.66g	93.33%
對照組平均	0.55g	0.65g	0.70g	0.80g	1.03g	0.67g	93.27%



實驗三操作變因：

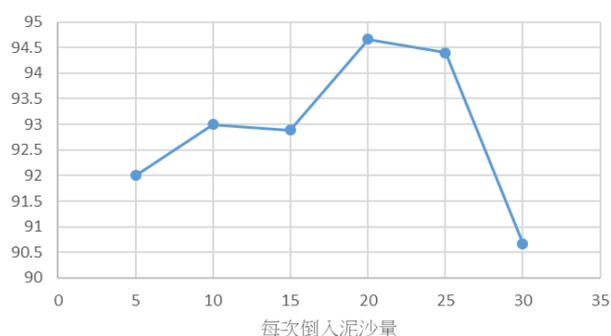
分別將泥沙 10.00g、20.00g、30.00g 倒入裝置內，並加入自來水 300.00g。

從右下圖得知，當每次泥沙投放量增加時，平均過濾效率大致維持在 92-94%，顯示該裝置在一定範圍內能夠穩定且重複運作，保持高效的過濾能力。然而，當每次倒入泥沙量達 30g 時，平均過濾效率顯著下降至 90.67%，這表明裝置在處理過多泥沙時，可能已經達到其物理限制，導致部分泥沙無法有效過濾，直接排出。尤其是 30g 泥沙的在第三次燒乾後單位泥沙重出現急劇變化(右表)，顯示裝置可能已經處於過載狀態，導致過濾效果不穩定，甚至發生堵塞或水流速度改變，使部分泥沙隨水流流出，而非沉降於裝置內。

倒入泥沙重	第一次燒乾後泥沙重	第二次燒乾後泥沙重	第三次燒乾後泥沙重	平均流出泥沙重	泥沙濾出百分比	過濾效率
5.00g	0.30g	0.40g	0.50g	0.40g	8.00%	92.00%
10.00g	0.60g	0.70g	0.80g	0.70g	7.00%	93.00%
15.00g	0.90g	0.90g	1.40g	1.07g	7.01%	92.89%
20.00g	0.80g	0.80g	1.60g	1.07g	5.33%	94.67%
25.00g	1.20g	1.20g	1.80g	1.40g	5.60%	94.40%
30.00g	1.80g	1.90g	4.70g	1.55g	9.33%	90.67%

過濾效率：(倒入泥沙重-平均流出泥沙重) / 加入泥沙量

實驗三、不同泥沙投放對裝置過濾效率的影響



五、結論與生活應用

結論：

- 一、在進行大量泥水的過濾時，建議不使用濾材，因為無論是否使用濾材，過濾效果相似，而且避免使用濾材可有效降低維護成本，減少頻繁更換濾材的需求。
- 二、在有濾材的情況下，每個濾材隨濾材孔徑不同而泥沙流出量不一致，且會隨著重複次數的增加而減少；相較之下，利用重力高度差結合大孔徑濾網的 Y 字型裝置，泥沙流出量則相對穩定，只有當裝置達到最大容沙量後，排沙量才會急遽上升。
- 三、在有濾材的實驗中，進行到第四、五次時，可能會出現濾材堵塞的情形，導致過濾效率上升，且此時裝置的效能已經下降，難以維持穩定過濾，因此當濾材的過濾效率高於 96% 時，代表濾材已接近飽和狀態，應立即更換濾材；相對地，若重力過濾的效率低於 92%，則表示 Y 形導管內已充滿泥沙，無法再進行過濾，此時應立即排沙。

四、每次投入沙量不超過 30g 時，有較好的過濾效率，有助於延長裝置的運作時間並維持穩定的過濾效率。

五、在有 Y 的重力過濾裝置，是讓過濾裝置出沙更穩定，而且可以利用底部排沙，讓裝置可以重複清淤。

在生活的應用：

此裝置可廣泛應用於水庫清淤、都市排水、農業灌溉及生態池維護等情境。在水庫或沉砂池中，裝置可安裝於出水口或下游端，利用水壓與高度差將沉積的泥沙自然分流排出；在都市下水道或排水系統中，則可設置於斜坡處，藉由水流減速與重力讓泥沙沉澱並順勢排出，避免淤塞；於農業灌溉系統中，裝置可裝設在渠道末端，定期釋放沉積物，保護作物與灌溉設備；而在校園或社區生態池中，則能藉由雨水集中時自動排出泥沙，維持水質清潔與景觀美觀。

六、參考資料

水庫庫區的淤積問題與清淤技術研究

https://www.researchgate.net/publication/384875451_shuikukuqudeyujiwentiuyuqingyujishuyanjiu

維基百科-活性炭，<https://zh.wikipedia.org/wiki/活性炭>

維基百科-濁度，<https://zh.wikipedia.org/wiki/濁度>

維基百科-總溶解固體，<https://zh.wikipedia.org/wiki/總溶解固>