

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組成果報告表單

題目名稱：吸新吐故：微波再生活性碳

一、摘要

我們首先證實微波對活性碳再生有明確的再生效果。接著以微波時長為操縱變因，以低火功率的微波對活性碳加熱再生，探討不同微波時長對活性碳的再生效果，但所得數據未見預期成效，推測是因系統溫度並未達到活性碳碳化步驟所需之溫度所致。於是我們將微波功率調至中火，證實活性碳再生效果正相關於微波時長，並推論是高溫促進碳化反應提升再生效果。最後我們探討了高火功率微波實驗中產生的容器破裂現象。

二、探究題目與動機

近年來節省水資源的環保意識抬頭，廢水處理的議題備受關注。其中活性碳多孔洞結構造就的高吸附性質，使其成為了廢水再生過程中不可或缺的角色。然而活性碳的吸附量並非沒有上限，又礙於活性碳製備過程的高耗能、步驟繁雜與產率不穩定，以及廢棄飽和活性碳的隨意丟棄將導致資源浪費與二次汙染等問題，因此我們以再生取代丟棄，期望達到良好的環境效益與經濟效益。而微波爐居家常見，且短時間內可達到碳化再生所需之溫度，因此選擇微波爐進行再生。

三、探究目的與假設

● 探究目的

1. 對飽和活性碳進行微波處理，並以亞甲藍液為檢測劑，探討微波加熱對活性碳再生有無正面效果。
2. 探討微波時長對活性碳再生效果之影響。
3. 改變功率、提高微波再生之效果與效率，期望將微波參數最佳化。

● 假設

1. 經微波後活性碳將能夠恢復吸附能力。
2. 再生效果在短時間內與微波時長成正相關。
3. 微波爐低火所達之溫度及再生效率不如預期，提高微波功率至中火可以改善以上兩點。

四、探究方法與驗證步驟

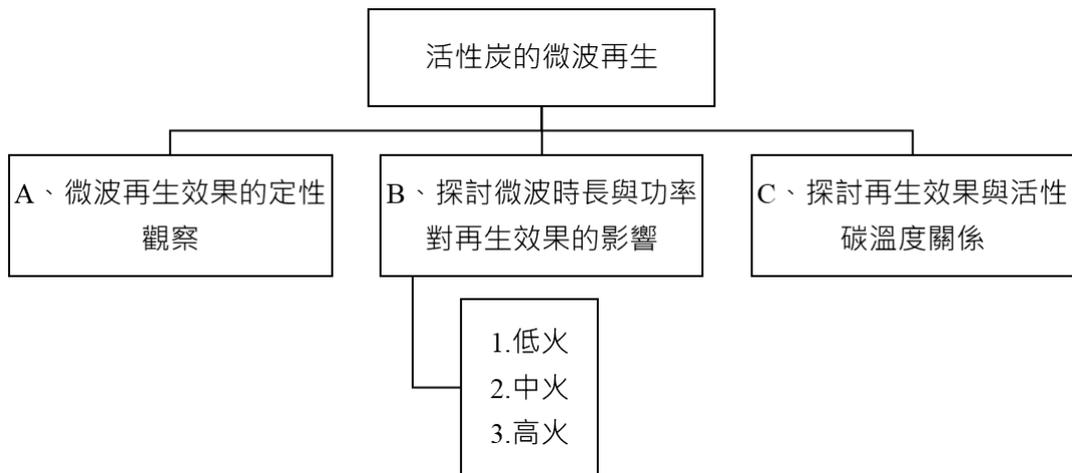
探究方法

(一) 藥品及儀器選用

賀眾牌 UF-505 椰殼顆粒活性碳 (吸附劑)、亞甲藍液 (吸附質)、型號 CHIMEI MV20C0PK 家用微波爐 (功率高火 700W、中火 231W、低火 119W)、型號

HITACHI U-2900 雙光束分光光譜儀、坩堝、玻璃砂、紅外線測溫槍。

(二) 研究架構



(圖 1、研究架構圖)

(三) 實驗步驟

● 實驗一：微波對活性炭之再生效果探討

1. 取 1g 飽和活性炭置入蒸發皿
2. 將活性炭以 700W 高火微波
3. 取三杯 0.1M 亞甲藍液 100ml
4. 其中兩杯分別置入已微波、未微波活性炭
5. 以磁攪拌機 200rpm 攪拌 15min
6. 觀察亞甲藍液顏色深淺差異

● 實驗二：低火功率微波—微波時長對亞甲藍液再生之影響

1. 取 10g 活性炭置入 6.25×10^{-4} M 亞甲藍液吸附
2. 將活性炭置入微波爐以 119W 低火再生 2.5、5、7.5、10 分鐘
3. 再次置入 6.25×10^{-4} M 亞甲藍液吸附 15 分鐘
4. 取出被吸附過的亞甲藍液並測量吸光度
5. 觀察數據趨勢

● 實驗三：中火功率微波—微波時長對亞甲藍液再生之影響

1. 取 12 公克活性炭置入 3.13×10^{-2} M 亞甲藍液吸附
2. 24 小時後分離出活性炭並烘乾
3. 將活性炭置入微波爐以 231W 中火再生 1, 2, 3, 4 分鐘
4. 取出並浸泡清水 1 分鐘
5. 再次置入 3.13×10^{-2} M 亞甲藍液吸附 24 小時
6. 取出被吸附過的亞甲藍液並測量吸光度

7. 觀察數據趨勢

● 實驗四：高功率微波—容器破裂現象探討

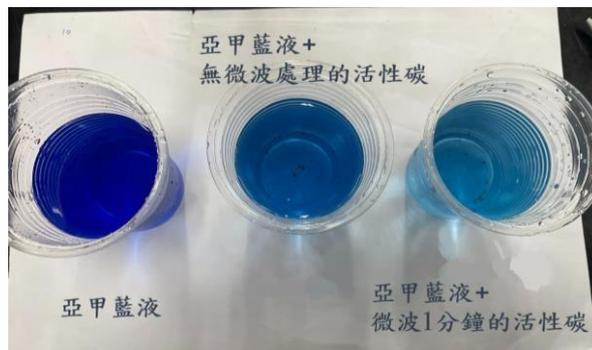
1. 取 5 克活性碳置入 $3.13 \times 10^{-2}M$ 亞甲藍液吸附後分成兩組
2. 一組加玻璃砂，另一組不加
3. 兩組皆以高功率微波 1 分鐘
4. 紀錄容器破裂現象

驗證步驟

◆ 探討 A：微波再生效果的定性觀察

● 實驗一：微波對活性碳再生效果之探討

為了確認微波對活性碳再生有正面影響，我們設計了實驗一。



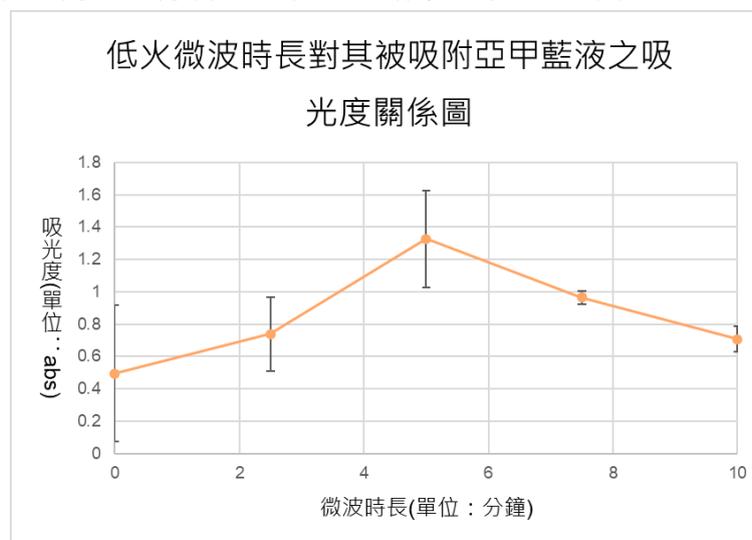
(圖 2、微波對活性碳再生效果結果圖，圖片來源：作者拍攝)

如圖 2 所示，利用定性觀察得出：加入微波處理過活性碳的該杯亞甲藍液顏色最淺，表示杯中亞甲藍已被吸附，證明微波對活性碳再生效果有正向影響，符合我們目標。

◆ 探討 B：微波時長與再生效果的關係

● 實驗二：低功率微波—微波時長對亞甲藍液再生之影響

為了探討出微波再生之最佳操作條件，我們將操作變因設定為微波時長的變化，進行以下實驗二的定量分析。實驗二之結果如下圖 3 所示。



(圖 3、低火微波時長對其被吸附亞甲藍液之吸光度關係圖)

根據圖 3 可看出當微波循環數達 10 次時，其再吸附後的溶液吸光度最高，顯示微波不僅無法再生反而造成反效果的結論，明顯與文獻內容及實驗一結果不符。

● 實驗二、實驗調整

針對以上結果，以及一系列實驗證實後，分析有以下控制變因未固定：

1. 活性碳的第二次吸附時長太短，無法確定活性碳已再次達到飽和吸附。
2. 攪拌子過小，造成活性碳堆積於燒杯底面與杯壁相接處，使每杯中活性碳吸附亞甲藍之機率、條件並未一致。
3. 查詢文獻後，證實活性碳表面孔洞在微波脫附後可能殘存已脫附但未被沖洗掉的亞甲藍。

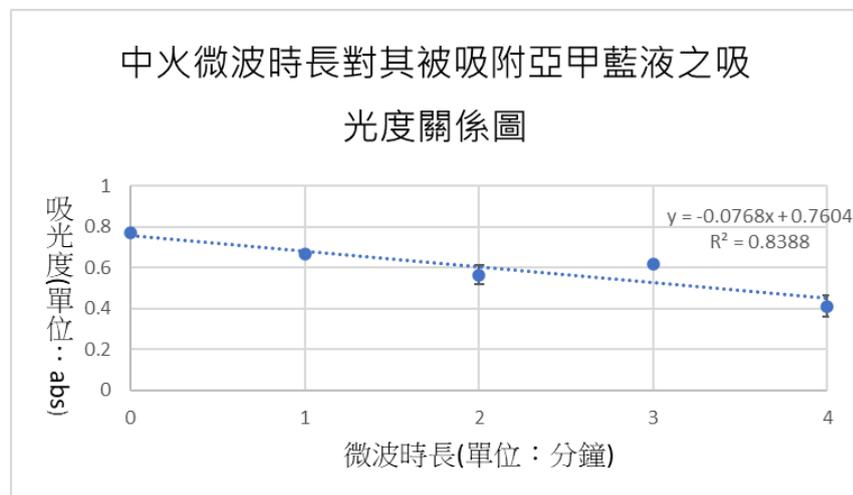
針對以上三點變因，我們修改了：

1. 根據文獻，將吸附比例調整為 1 克活性碳置入濃度 $3.13 \times 10^{-2}M$ 的亞甲藍液中吸附 24 小時。
2. 改用 50 毫升燒杯進行實驗，確保活性碳皆能被轉動到。
3. 微波脫附後，泡入蒸餾水 1 分鐘後，以烘箱攝氏 75 度烘乾 100 分鐘。

且為了使再生效果更加明顯，我們將實驗三的控制變因—微波功率調整至中火，期望能在相同時間內達到更好的再生效果。

● 實驗三：中火功率微波—微波時長對亞甲藍液再生之影響

根據以上實驗二之調整，我們重新設計了實驗三以證實我們的一開始的假設。實驗結果如下圖 4 所示：



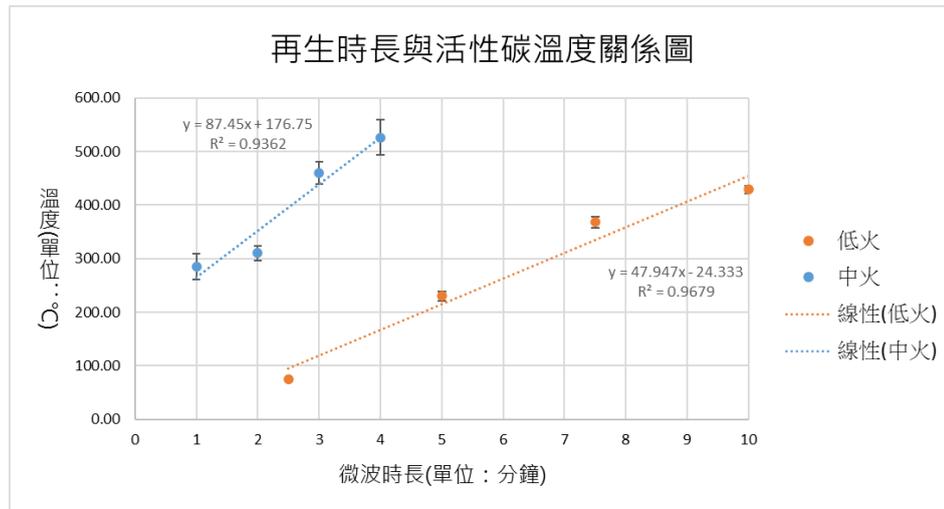
(圖 4、中火微波時長對其被吸附亞甲藍液之吸光度關係圖)

比較圖 3 與圖 4 中之趨勢，可看出中火功率微波有更好的再生效果，且根據低吸光度的表現可見，中火再生於 4 分鐘時即可看見良好再生效果。

◆ 探討 C：再生效果與活性碳溫度的關係

根據文獻 (蔡安東, 2007。)所示，活性碳活化再生溫度區間為攝氏 300~600 度，據

此我們推測中火與低火之再生效果差異正相關於活性碳出爐時之溫度，溫度越高則效果越好，對此我們以圖 3 和圖 4 微波後的溫度數據進行疊圖探討，如下圖 5。



(圖 5、實驗三之微波時長對活性碳再生效果關係圖)

比較上圖 5 中兩線之趨勢可見，得知微波溫度正相關於微波時長，中火微波後的活性碳溫度，在各微波時長下皆較低火來得更高，且中火功率所達之最高溫符合文獻 (蔡安東，2007。) 內容，證實「中火功率微波有更好的再生效果」此一推論。

◆ 高火微波實驗之困境與未來展望

● 實驗四：高火功率微波—容器破裂現象探討



(圖 6、高火功率微波—容器破裂現象)



(圖 7、玻璃砂冷卻後結晶示意圖)

在調整微波功率的過程中，我們曾以高火功率進行加熱，但由於升溫過快的關係，在加熱時長剛達 1 分鐘時，坩堝便會因短時間內溫差過大而破裂，如上圖 6。故推論若無法有效抑制活性碳升溫過快的問題，則高火功率將不會是適宜的操作條件。

解決方法：由於玻璃砂有吸熱快、散熱快的性質，因此我們將玻璃砂與活性碳充分混和後一併放入微波爐中加熱，期望玻璃砂能幫助散熱，以抑制活性碳升溫過快的問題。

結論與未來展望：加入玻璃砂後能有效的避免容器破裂。但由於高火功率所達之溫度過高，玻璃砂在加熱過程中形成熔融態，而在系統冷卻至室溫時將部分活性碳黏進玻璃砂塊狀結晶中，使活性碳產生損失，如上圖 7。故未來將改變玻璃砂添加方式、添加量等試圖改善之。

五、結論與生活應用

1. 結論

1. 微波可使活性碳有正向再生效果
2. 低火功率微波之再生效果較不顯著
3. 中火功率微波再生約 4 分鐘即可有良好再生效果
4. 若想成功將高火功率微波應用於活性碳再生，則必須進一步探討幫助散熱的物質，其添加方式、添加量等變因對現象改善與否之關係。

2. 生活應用

1. 在家即可將家用濾水器中的活性碳再生，以減少濾心丟棄所產生的廢棄物與重新購入濾芯之花費。
2. 此再生方法可廣泛應用於類似活性碳的高比表面積物質，如奈米活礦石、咖啡渣等，皆可考慮使用微波再生來清除孔洞中堵塞之雜質。

參考資料

1. 蔡安東 (2007)。化學活化法製備孟宗竹活性碳製程之研究。國立雲林科技大學化學工程與材料工程研究所。碩士論文。<https://hdl.handle.net/11296/32gt5w>
2. 施佳希 (2019)。應用微波反應活性碳固定床處理氮氧化物與硫氧化物之研究。國立臺北科技大學環境工程與管理研究所。碩士論文。
<https://hdl.handle.net/11296/2h24gx>
3. 李淑芬 (2007)。吸附光碟片剝膜廢液之廢棄活性碳以微波熱脫附再生之研究。大仁科技大學環境管理研究所。碩士論文。<https://hdl.handle.net/11296/e9y44q>
4. 李炳楠、侯瑞毅、楊慶成(2004)。利用微波加熱活性碳固定床以回收二氯甲烷之探討。大仁科技大學環境管理研究所。碩士論文。
<http://www.tasder.org.tw/meeting/2004/part04/4-11.pdf>
5. 蘇傑誠、張文昇、蔡福人、潘定中、黃昭銘(2010)。製備中孔洞活性碳對亞甲基藍及苯吸附研究。中華民國環境工程學會。2010 空氣污染控制技術研討會。
<http://eportfolio.lib.ksu.edu.tw>