



自製低成本手機顯微鏡架 與融入教學

文／廖酉鎮

顯微鏡是引領學生進入微觀世界的工具。但傳統顯微鏡操作課程，容易發生一人操作多人放空的現象，以及對於顯微鏡下的觀察目標物雞同鴨講等問題。隨著手機光學元件的進步與手機的普及，結合手機顯微鏡架可以解決上述的教學現場問題。檢視市售手機顯微鏡架，發現若要布署於教學現場的顯微鏡，會出現價格、目鏡與手機鏡頭無法貼合、支援尺寸不足、固定方式存在手機滑落疑慮等等狀況。面對上述問題，筆者嘗試自製單組成本約 60 元、製作時間約 30 分鐘的低成本手機顯微鏡架，並將之融入教學現場。

生物課使用顯微鏡課程中，經常出現的場景是教師穿梭於各組，協助學生解決基礎的對焦問題，或是解說及協助辨識顯微鏡下的觀察目標物。教師四處奔走之餘，沒有操作顯微鏡的學生處於休息狀態，無法立即參與討論；討論時也會出現無法精確描述觀察物體外型與位置、換人觀察時，目標物已經移動等問題。這些問

題，在手機已經普及與手機顯微鏡架問世之後，已經獲得解決的方法。

臺大應力所江宏仁教授、新竹縣光華國中簡志祥老師（阿簡老師）及臺北市龍山國中鄭志鵬老師（小 P 老師）都曾製作過手機顯微鏡架，都發表過許多很棒版本的手機顯微鏡架與簡便型的高品質顯微鏡。筆者雖想過以班級人數為基準，製作

他們分享過的顯微鏡，但面臨了這些顯微鏡結構與課本教材內容不同的衝突，因為課本中採用的是一般的複式顯微鏡，構造與操作上兩種顯微鏡略有不同。此外，將學校顯微鏡閒置在旁也覺得有點可惜。市售的顯微鏡架雖然容易取得，但是有四個缺點：

1. 價格要從數百到數千不等，比自製的成本高，既然能 DIY，就自己試試。
2. 存在目鏡與手機鏡頭無法貼合的問題，會造成視野範圍過小。
3. 市售手機顯微鏡夾具大多沒有支援到 5 吋以上的手機與平板。
4. 多數手機架固定僅以兩側夾住手機的方式固定手機，高階手機的單價甚至較學校的顯微鏡貴，因此防止手機滑落相當重要。

面對這些問題，筆者嘗試在不使用雷射或 3D 列印的前提下，設計一款利用一般五金賣場就能買到的材料，製作耐用且能解決上述問題的手機顯微鏡架，然後將手機顯微鏡架布署於 10 部顯微鏡，讓學生大約 3 人一組的方式進行課程。

製作材料與製作過程

一、製作材料與工具

如圖 1，需開關板(5 吋 × 8 吋)1 片、PVC 閥接頭(35mm)1 個、六角螺絲(1/4 吋 × 2 吋)6 顆、綁髮鬆緊帶(2mm)1 條、固定夾(2 號)2 個、尼龍束帶(2.5mm)2 條，實物如圖 1。使用工具則包含手持式起子、飛機型開孔器、鋸子、5/16 吋鑽頭、1/4 吋攻牙鑽頭、砂紙等，備妥以上材料與工具，即可進行手機顯微鏡架的製作。



圖 1. 製作材料

二、製作步驟

手機顯微鏡架製作步驟與說明如表 1：

表 1 手機顯微鏡架製作步驟與說明

製作步驟與說明

1. 進行開關板開孔：選擇 5 吋 X8 吋的美術版，以配合目前 5 吋以上的手機與平板，以便在不拆除手機皮套的情況下，能直接固定上去。

為配合 35mm PVC 閥接頭的外牙尺寸，建議開孔 41 ~ 42mm，這樣會略小於閥接頭的外牙，此步驟利用飛機型開孔器開孔，開孔時儘量避開背面的加強塑膠條，開完孔後用斜口鉗修剪開關版背面部分加強用塑膠（圖 2），以方便後續連接 PVC 閥接頭。

圖例

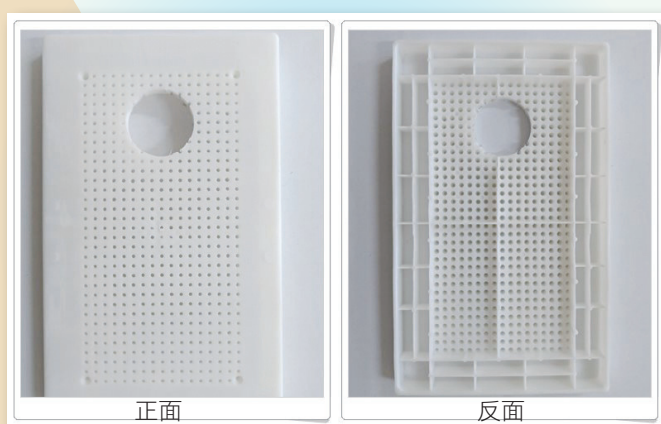


圖 2

2. 裁切水管接頭外緣長度：選擇 35mm PVC 水管接頭，是因為發現學校部分既有的 15 倍的物鏡視野範圍很小，需要將手機鏡頭儘量靠近目鏡，一開始選定的 28mm 水管接頭，無法使這些 15 倍目鏡穿過而遭到捨棄。此步驟須將水管接頭旋入開關板的開孔後，標記突出開關板部分後鋸除，大約保留 8mm（圖 3），大略打磨或修平切口，不超出開關板即可，若未修平會造成手機無法貼平開關板，導致漏光或鏡頭角度歪斜。

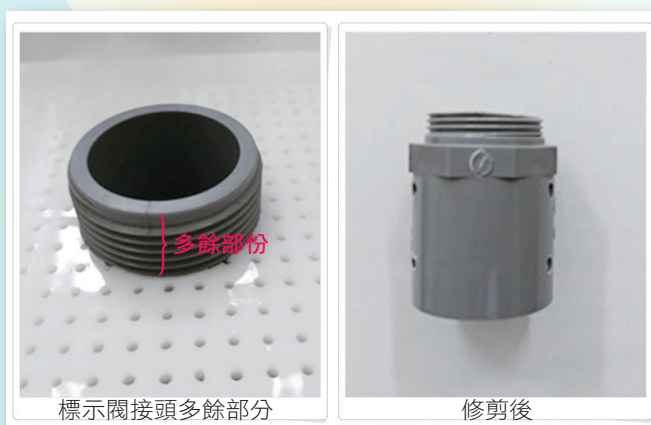


圖 3

製作步驟與說明

3. 裝設固定螺絲：參考了市售手機架，剛開始製作的版本只有 3 根固定螺絲，但實際操作時，發現僅有 3 根螺絲，固定後容易有手機架歪斜問題，鎖太緊又有刮傷鏡筒或目鏡的疑慮，因此改為 6 根固定螺絲的版本，好處是不用鎖太緊，手機架也不會歪斜。此步驟須卸下水管接頭，在水管接頭本體上上方，間隔約 120 度鑽孔，下方相同位置再鑽孔，完成後換上 1/4 吋攻牙鑽頭，攻出內螺紋，然後裝上 1/4 吋六角螺絲即完成（圖 4）。

圖例



圖 4

4. 上膠加強：將閥接頭以旋入方式固定，會比較穩固，上膠黏合水管接頭跟開關版可以讓強度更好。此步驟需要將強力膠塗佈於水管接頭的螺紋，以及接頭與開關板的交界處，再將 PVC 閥接頭旋進開關板，放乾即可（圖 5），PVC 閥接頭的上方的固定螺絲要垂直於開關板上方的邊，此種方式較便利於在鏡筒上固定手機架。



圖 5

製作步驟與說明

5. 裝設手機固定部分：較頂級的手機，其價格不亞於學校的顯微鏡，因此確保手機不會從手機架上掉落相當重要。此步驟利用綁髮鬆緊帶，將手機固定於開關板上，先將固定夾上鐵釘拔除，再穿入綁髮鬆緊帶中，以右圖 6 方式將把鬆緊帶打結。將綁髮鬆緊帶套在手機架閥接頭上（圖 7），並在固定夾下方束上束帶，調整束帶緊度使固定夾不會滑落，剪去多餘束帶即完成。

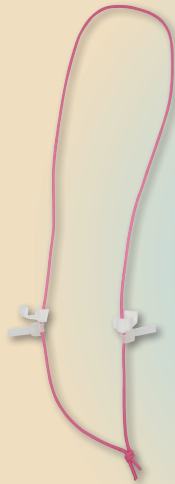


圖 6

圖例

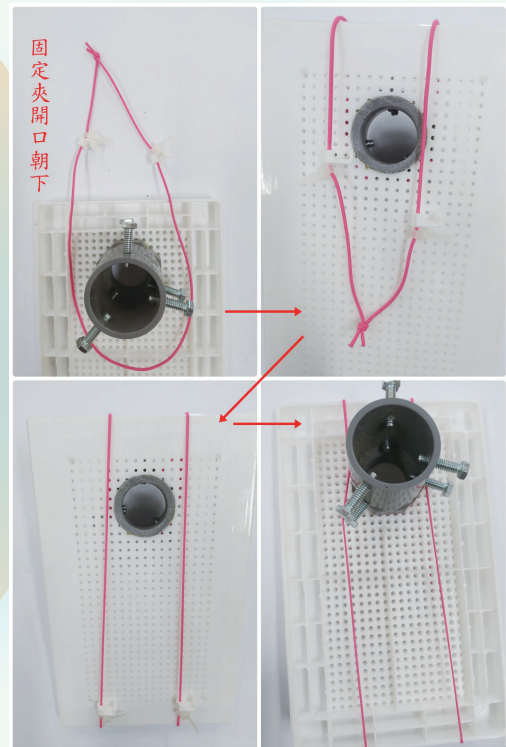


圖 7

6. 進行強度測試：即使平板，重量也不會超過 1,000 克，且重心會位於平板中央區域。如圖 8 的方式簡單測試一下，確認開關板與 PVC 閥接頭不會因此鬆脫即完成。

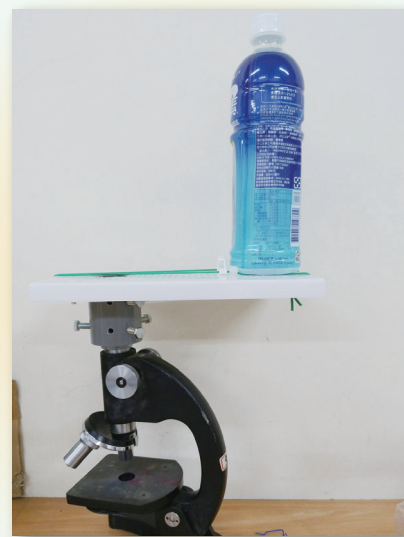


圖 8

三、架設步驟

手機架安裝完成後如圖 9：

將手機架裝上顯微鏡時，相關步驟與注意事項說明如表 2。



圖 9. 手機架安裝完成圖

表 2 將手機架裝上顯微鏡的相關步驟與注意事項

操作步驟與說明

1. 決定手機架固定位置：為了使手機在手機架上有最大視野範圍，須將手機置於目鏡上，然後慢慢將手機移離目鏡，確認手機最大視野範圍時與目鏡的距離，再據此固定手機架於鏡筒上。圖 10 為實際操作畫面螢幕截圖，左方為手機鏡頭直接貼著目鏡，右方為將手機座稍稍拉高後固定，手機鏡頭與目鏡約相距 1 公分，可獲得較大視野範圍。

固定時先固定下方 3 顆螺絲，再將 6 顆固定螺絲平均地旋入，稍稍夾緊使手機架不滑動即可，若擔心刮傷鏡筒，可先在鏡筒上包上一層紙再裝設手機顯微鏡架。

圖例



圖 10

操作步驟與說明

2. 固定手機：確認手機鏡頭對準目鏡時，手機下方的概略位置，調整下方束帶與固定夾位置，可連同皮套將手機置入綁髮鬆緊帶下方，將手機概略固定於開關板上（圖 11 左方），此時可能鏡頭出現的不是一個完整的圓形，調整手機位置與固定夾位置，使手機鏡頭對正目鏡，對正時視野範圍應為一個圓形且亮度良好（圖 11 右）。

圖例



圖 11

四、製作後記

此顯微鏡手機座構造刻意簡化以利製作，還有許多能進一步改造的空間，供製作的老師發揮創意，製作過程中曾嘗試過一些方式固定鏡筒與手機，篩選優缺點後保留目前的設計，說明如下供讀者參考。

1. 手機座固定方式

- (1) 設計時想過用快拆元件固定手機架，或是利用彈簧來迫緊螺絲，達到快拆功效，但這些方式在精簡設計、簡化製作流程、以及穩定度的綜合考量後，決定捨棄上述方式，採取以旋入螺絲方式固定手機架。
- (2) 固定螺絲長度的選擇上，過長操作時容易撞到，過短則安裝時較不好鎖定，因而最後採用 2 吋長的螺絲。

2. 固定手機方式

雖嘗試過利用拉釘或邊條，配合下方開關板孔洞，最後仍以綁髮鬆緊帶為最佳固定選擇，原因在於：

- (1) 孔洞區域有限，不能滿板使用，會限縮手機支援尺寸。
- (2) 市面手機所使用的保護套或皮套尺寸不一，但孔洞位置與邊條寬度固定，要使手機鏡頭對準目鏡，差距有時是零點幾毫米，使用綁髮鬆緊帶的好處，在於手機位置能無段調整。
- (3) 利用孔洞固定時，孔洞位置與大小存在公差，略有差異，同樣大小的固定針，孔洞大時會造成邊條歪斜，孔洞小時則插拔不易甚至無法置入。
- (4) 邊條或固定針在多組且多班操作下，存在遺失的疑慮，以綁髮鬆緊帶做為手機固定元件，在器材管理上相對容易許多。

課程實施

操作顯微鏡的課程中，常見的問題包含對焦、氣泡辨識、影像位置調整與玻片移動方式等問題，利用手機顯微鏡架融入課程，有下列優點：

1. 遇到上述問題的時候，對於同組操作能力較弱的學生，同儕也比較方便及時協助。
2. 可同時觀察與記錄所見，再一同討論。
3. 對於教師而言，不需再一組一組湊近顯微鏡確認學生的影像。
4. 可以讓學生將觀測結果拍攝下來，當成後續討論依據或是成果作業。
5. 學生有疑問時，可以直接以手機的即時影像討論，或拍攝下來再進行查詢。
6. 以水中微生物的觀察而言，還可逐步建立校園微生物的影像資料與採集地點。

此外，課後也發現學生會將拍攝結果分享於社群網站並引起討論，有助於於科普知識的推廣。

一、前置作業

1. **安裝手機架：**這邊需要耗費一些時間，且使用後要再拆除以利其他班級操作，但實際操作時，只要將手機拿起，就可以用眼睛貼近目鏡觀察，手機架並不影響操作。以筆者任教班級為例，安裝 10 座手機架，約需耗費 20～30 分鐘，拆除較快，也需要 10～20 分鐘，若是學校顯微鏡有備用目鏡，或許可以直接裝上，需要使用時連手機架與目鏡一同更換較為便利。

2. **學生手機設定：**請學生將螢幕休眠時間設定修改為 5 分鐘或更長，以免經常需要重新啟動螢幕。
3. **教室環境：**若手機背面或皮套背面具有弧度，可能造成漏光問題或畫面出現上方燈源反光問題，操作時關閉教室中非必要的光源可避免這些問題。
4. **手機架設教學：**先集合各組組長，說明如何架設手機。

二、課程實施

1. 複式顯微鏡基本操作

顯微鏡的操作上包含對焦、調整亮度、移動標的物、更換倍率等步驟，學生操作時能同時直接藉由手機畫面，觀察到對焦結果，看到顯微鏡成像位置與標本上下左右相反的特性，並且在移動玻片時，觀察到玻片移動方向與影像移動方向相反的現象。

傳統實驗設計是讓學生在載玻片上寫上字母「P」，會出現學生把字寫太大或玻片放反的問題。筆者提供給學生的練習玻片，將內容字母 A～Z，分四行，字型 2，標明前後，圖檔如圖 12（練習用玻片列印檔如附錄），印出後剪裁，用膠帶直接貼於載玻片上（圖 13），相較



圖 12. 練習用紙

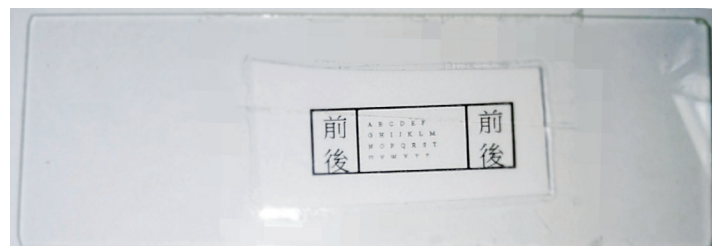


圖 13. 練習玻片實際大小

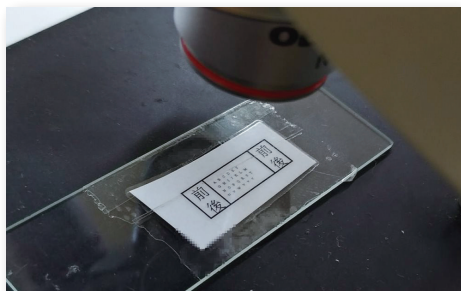


圖 14. 肉眼仍能辨識字體



圖 15. 在顯微鏡低倍鏡下能看到整個字

於用奇異筆在載玻片上寫「P」作為標的。此方式好處是字體夠小但肉眼仍能辨識（圖 14），且在顯微鏡低倍鏡下能看到整個字（圖 15），容易觀察到標本與影像前後左右相反的現象。若是將字母隨機排列，還能夠將尋找字母任務指派給不同學生。

•可供參考的操作步驟：

- (1) 複習顯微鏡構造與功能，並說明手機顯微鏡架的功用。
- (2) 指導學生依照課本步驟，調整顯微鏡物鏡、光圈以及載物台位置。
- (3) 指導學生固定手機。
- (4) 學生領取練習用玻片，教師說明放置方式。
- (5) 請學生將玻片標本放上載物台，調整粗調節輪，尋找任一字母的概略影像。
- (6) 請學生調整細調節輪，將影像調至最清晰狀態，指派尋找字母任務，請學生將指定的字母移到視野中央。
- (7) 切換物鏡到高倍鏡，調整細調節輪使影像最清晰。

2. 動植物細胞觀察與水中微生物觀察

將製作好的玻片標本，放置於顯微鏡下，尋找目標物，可以進一步指派學生拍照繳交作業。圖 16 是筆者實際拍攝鴨跖草下表皮照片、圖 17 是擷取操作時手機畫面，可以更清楚的知道放大倍率，以及圖 18 是學生操作畫面，可供參考。

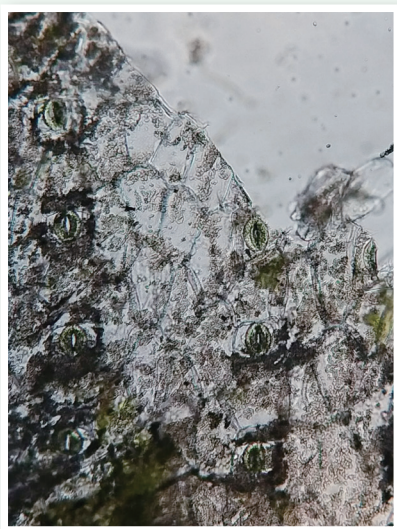


圖 16. 鴨跖草下表皮

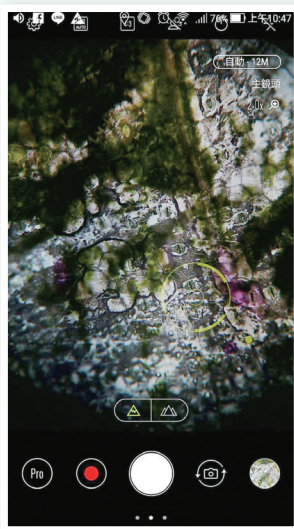


圖 17. 手機畫面

結語

此低成本手機架在製作已經盡量簡化，材料與工具都能由一般五金賣場能取得，工具部分只有電鑽可能需要跟學校借用，若是能利用各縣市自造中心的工具資源更佳。學校端提供適合的顯微鏡與手機顯微鏡架，學生端提供手機。

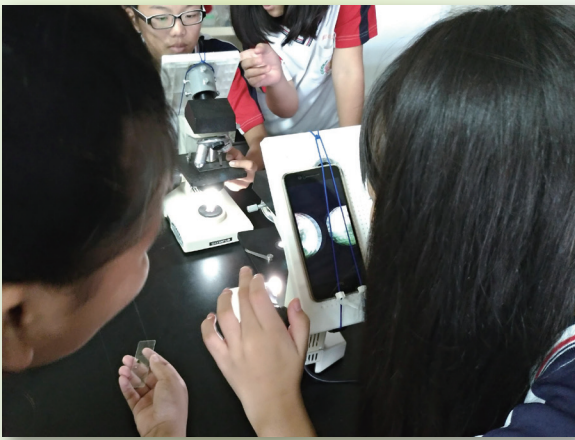


圖 18. 學生操作情形

讓手機鏡頭代替眼睛，手機螢幕同步讓更多學生同時參與觀察及討論，顯微鏡的課程可以以另一種風貌呈現。

參考資料

1. 科學影像 scimage/ 科學 Maker
<http://scimage-tw.blogspot.tw/>
2. 阿簡生物筆記
<http://a-chien.blogspot.tw/>
3. 小 p 老師的教具工房
<http://jjpaid.blogspot.tw/>

附錄：練習用玻片列印檔

