

2023 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 100036

參展科別 工程學

作品名稱 鑑色~藍染動力進行式

得獎獎項 四等獎

就讀學校 臺中市立大甲工業高級中等學校

臺中市立東勢工業高級中等學校

臺中市立臺中第一高級中等學校

指導教師 謝易裕、賴月琴

作者姓名 梁展銘、林邑誠、林子恩

關鍵詞 顏色感測器模組、藍染氧化還原、水車動力模組

作者簡介



第一作者：梁展銘

有客家血統的我，平常喜歡去參加一些客家節慶和飲食文化的活動。有一天，我和家人去參觀客家博物館，走到了一間都是衣服的房間，看到牌子的說明，我才知道這是在同治和光緒年間流行的染布，當時，客家藍衫是客家人的傳統服飾，也符合客家勤勞節儉的精神，耐洗、耐穿又抗污。上學後，我和好友討論，他查了藍染的資料，也覺得很有趣，綠變藍好像和國二時學到的氧化還原有關。恰好，和我們一起玩機電的朋友，他也有參加染藝班的社團，於是，我們七嘴八舌熱烈的討論。最後，我們決定在機電社團老師的指導協助下，來好好研究藍染的鑑色和動力問題。

第二作者: 林邑誠

我從有記憶以來對於樂高、模型組裝、機械與化學反應等…格外感興趣。在國中的時候有機會參加校方提供的園藝與機電整合課程，發現傳統藍染不但浪費物料、人力及耗時：因此在國中主任的推薦下找了兩位夥伴，進行一連串的發展改造技術，在整合了電機、物理及機械三大方面，來突破傳統的藍染技術，使得在物料、人力、時間上獲得更好的控制。

第三作者: 林子恩

我以理論為主，主要研究物理，在一個看似困難的問題中，我們往往可以將其進行簡化，再一步一步的擴張至原問題的規模，從簡單的牛頓擺，到放射物的質能轉換、撞球桌上的力學、星雲的擴張以及收斂、飛行物力的平衡，在一個個簡單的理論中，我們往往能看到將一個現實複雜問題解決的方法，同時也能回到一開始的初心，擁抱最初對物理的熱情。在一個個生活中的例子中探索，正是因此我加入了這個計畫，水車的對稱或不對稱、馬達的扭矩或是光敏電阻的電壓計算，一再的挑戰我對物理的了解程度，也幫助我不斷的進步。

摘要

傳統藍染，染個深藍色的布，需要反覆侵染二、三十次才行，而每一次洗滌，都是藍水會對環境污染!我們自製鑑色儀器的設計，以白光照射吸光儀，讓光敏電阻感光後，測量一般電阻電壓大小，以不同濃度製作檢量線比較染液濃度；染布鑑色儀則是以 GY-33 顏色感測器校正後，快速測出色布上同樣區塊面積的 RGB 值，再利用線上顏色代碼轉換工具，轉換成 HSB 值來分析染布顏色。而染布動力的部份我們想把一直都是用塑膠積木製作的二~六槳水車更新成金屬，然後再次比較出不同水位負載物的氧化及還原轉速，希望能找出最佳水車運轉速率及水位高度比，為了因應長度較大的藍巾，水車轉動還加入程式控制順逆轉軸的動力輪替。最後，我們比較增加風速或溫度可否加速藍染氧化之定色，讓精準快速的藍染文化成為可能。

Abstract

Traditional indigo dyeing takes twenty to thirty times of dip dyeing to complete a indigo blue cloth, but every time of dip dyeing water will pollute the environment!

So we designed a self-made color analyzer, irradiated the absorber with white light, made the photoresistor photosensitive, measured the general resistance voltage, and made calibration lines with different concentrations to compare the concentration of dye liquor; after the sensor is calibrated, it can quickly measure the RGB values of the same area on the fabric, and then use the online color code conversion tool to convert it into HSB values to analyze the color of the dyed fabric.

For the dyeing power part, we want to replace the two-six-paddle waterwheel, which has always been made of plastic building blocks, into metal, and then compare the oxidation and reduction speeds of the loads at different water levels again, hoping to find the best waterwheel running speed. And the water level to height ratio, in order to respond to the blue towel with a large length, the rotation of the waterwheel also adds a program to control the power rotation of the forward and reverse shafts.

Finally, we compare whether increasing the wind speed or temperature can accelerate the color fixation of indigo dyeing oxidation, so that accurate and rapid indigo dyeing culture becomes possible.

壹、前言

一、研究動機

有客家血統的我，平常喜歡去參加一些客家節慶和飲食文化的活動。有一天，我和家人去參觀客家博物館，走到了一間都是衣服的房間，看到牌子的說明，我才知這是在同治和光緒年間流行的染布，當時，客家藍衫是客家人的傳統服飾，也符合客家勤勞節儉的精神，耐洗、耐穿又抗污…。

後來，有一天，我回到家，看到家人在洗衣服，恰巧發現水是綠的，可是手卻是藍的，我覺得很奇怪？我上網查，其中建藍工序有介紹傳統建藍和半傳統建藍法，在缸桶內放木灰鹼水調 pH12 以上再放藍靛 10kg，用保險粉 30g 發色，還邊攪拌邊打入空氣…，染缸長期使用後，染液逐漸沒有還原力，缸底的藍泥沉澱越積越高，需要更換或是倒除，廢液還須加入冰醋酸做酸鹼中和後倒除！我很懷疑和藍靛差這麼多的保險粉量和需要把空氣打入才能建藍這件事，藍泥沉澱量這麼多，是否是溶解度的問題…。

上學後，我和好友討論，他查了藍染的資料，也覺得很有趣，綠變藍好像和二年級時學到的氧化還原有關，恰好，和我們一起玩機電的朋友，他也有參加染藝班的社團，於是，我們七嘴八舌熱烈的討論，最後，我們決定在機電社團老師的指導協助下，來好好研究藍染的鑑色和動力問題。

二、目的

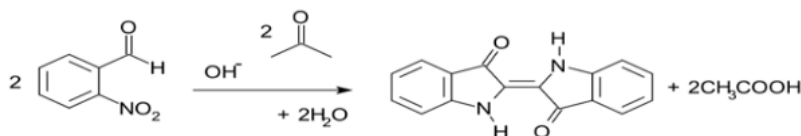
- (一)藍染原理分析及藍染染液的配製
- (二)藍染染液濃度的定量及染布試樣的鑑色比較
- (三)自製不同槳葉水車及不同負載物(一槳一物)的轉速比較
- (四)改造為金屬以符合工業化
- (五)不同藍染巾長度的藍染動力研究
- (六)藍染水車的氧化還原變換速率與鑑色的比較
- (七)增加風速或溫度加速藍染氧化定色之鑑色比較

三、文獻回顧

為了探究藍色的靛藍與綠色的藍白的氧化還原的關係及為何藍染後染缸底會沈澱出很多的藍泥,我們做了藍染原理的文獻分析及藍染染液的配製研究。

(一)資料整理

1. 藍染的原料為靛藍,可人工合成靛藍及由天然木藍植物為原料製成。
2. 靛藍的合成:拜耳(Adolf von Baeyer, 1835-1917),在實驗室從苯乙醇與丙酮反應在鹼性水溶液中,成功地合成出靛藍,其反應如下所示,這合成反應開啟人工合成藍的風潮,拜耳獲頒 1905 年諾貝爾化學獎的殊榮。



(圖片來源:維基百科, <https://goo.gl/XMY4zZ>)

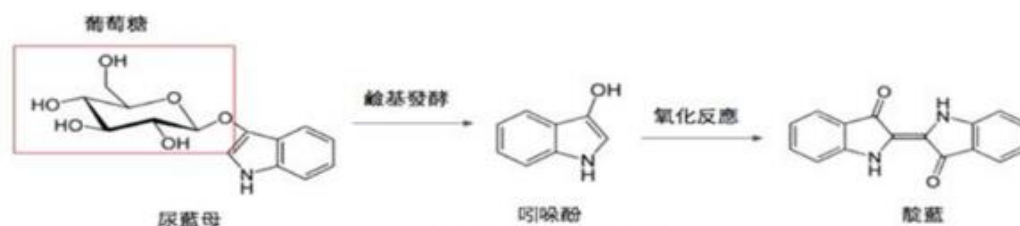
3.天然靛藍的製備

傳統建藍方式:傳統沉澱法,選馬藍做製藍的藍染植物。

- (1) 製造流程:馬藍生葉→浸泡在水中(夏季約為 24-36 小時、冬天需更長,視藍葉腐爛和藍靛素溶出的程度判斷) 腐葉撈出藍苔→ 加入適量的石灰乳「熟石灰 Ca(OH)₂」(提供製性),快速攪拌(視卷末下降減少而呈現細小狀)→靜置→待藍靛沈澱與水分離→上層的咖啡色液倒除或使用胚布袋進行過濾→沉澱之藍泥
- (2) 藍泥必須以生物繁殖發酵水解法原理生成靛藍,耗費很長的時間等待天然微生物自然發酵,無法控制時間。以木藍植物作為原料製成的藍靛精粉,這是本作品採用的藍染材料,購自天染工坊。

(二)、藍染的原理與分析。

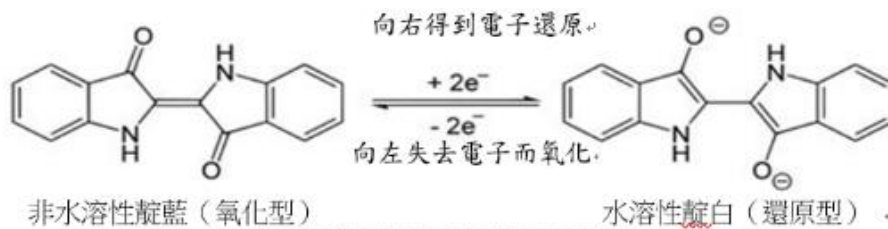
1. 靛藍的植物,皆有尿藍母(indican)的成分,結構中含有一個葡萄糖,在鹼液中進行發酵而產生吲哚酚(indoxyl)的分子,在鹼基條件下氧化合成靛藍,產生布料上藍色的效果。



靛藍形成的反應過程。

(圖片來源:Wikipedia(2019)。取自 <http://goo.gl/XMY4zZ>)

2. 靛藍微溶於水、酸或鹼,若要讓這染劑吸附布料,就必須先經過還原作用,化學還原作用是加入低亞硫酸鈉(保險粉),就可產生靛白(Indigo white),而靛白可溶於鹼液,故可對布料吸附而上色(通常是先變綠色),染後在空氣中進行氧化,再變回藍色的靛藍,附著於纖維上。所以,我們推測:靛藍的染液必須要還原劑和鹼液同時存在,藍染的效果才較佳。兩個吲哚酚分子縮合。



靛藍的還原反應與靛白的氧化反應

（圖片來源：Wikipedia(2019)。取自 <https://goo.gl/XMY4zZ>）

(三)藍染染液的配製

- 藍染染液的調配材料有:藍靛粉、水、氫氧化鈉(Sodium hydroxide, NaOH)及俗稱保險粉的低亞硫酸鈉或稱連二亞硫酸鈉(Sodium Hydrosulfite, Na₂SO₃)² 參考比例如下表:

材料	藍靛粉	水	氫氧化鈉	低亞硫酸鈉	棉布
比例	1	300	1	1	15
範例	20 g	6000 mL	20 g	20 g	300 g

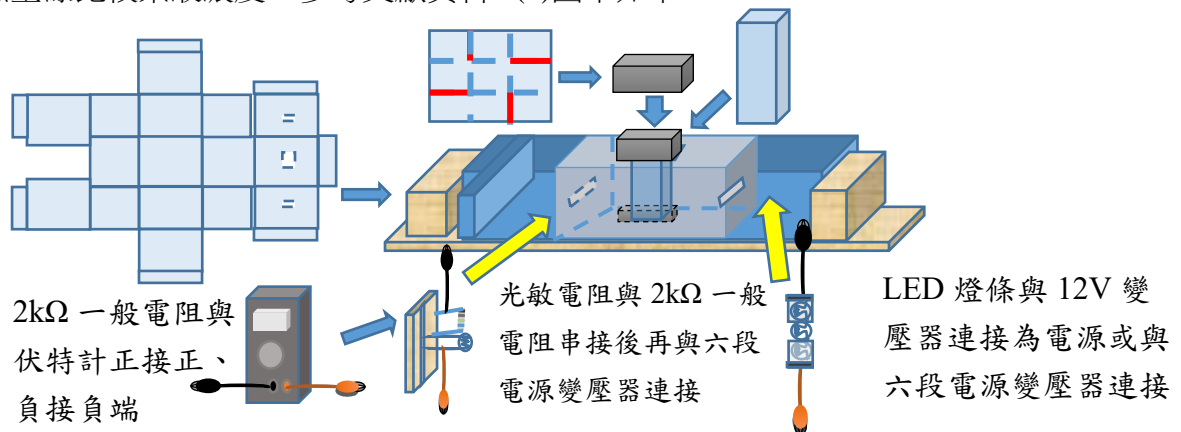
- 由上表，我們計算出：氫氧化鈉水溶液的體積莫耳濃度 = NaOH mol 數/水溶液體積 = (20/40) mol/6 L = 0.083M 接近 0.1 M。[NaOH] = 0.1 M = [OH⁻] (完全解離) = 10⁻¹ = 10^{-pOH}，pOH = 1，pH = 13，所以，調藍靛水溶液需以鹼性 > pH 12 的[NaOH]才行。
- 推算我們染缸的藍靛液配製比例為：
 - 在 1000 mL 的量杯內，倒入 500 mL 的清水，先溶解 20 g 的氫氧化鈉，再加入 20 g 的藍靛粉，攪拌溶解為 A 液。
 - 在 500 mL 的量杯內，倒入 150 mL 的溫水，溶解 10 g 的保險粉為 1/2B 液。
 - AB 兩液混合後倒入裝有 6000-500-300(2 次 B 液)=5200 mL 清水的染缸內，充份攪拌即為藍染液。
 - 剩餘 10 g 的保險粉，再配一份 B 液，當藍染液還原力不足時再補充備用。
- 文獻提醒的安全及操作注意事項如下：
 - 剛調製好的染液 pH 值 > 12，屬於強鹼，接觸時需穿戴橡膠手套。
 - 染液液體表面為藍色，液體內部呈黃綠色，若去漿後的棉布放入液內，無呈現黃綠色，表示藍染液還原力不足需再添加 B 液。
 - 完成染色後的布塊偏鹼性，可用稀釋醋(水：醋 = 30：1 酸鹼中和) 完全淹沒布塊即可。

貳、研究設備及器材

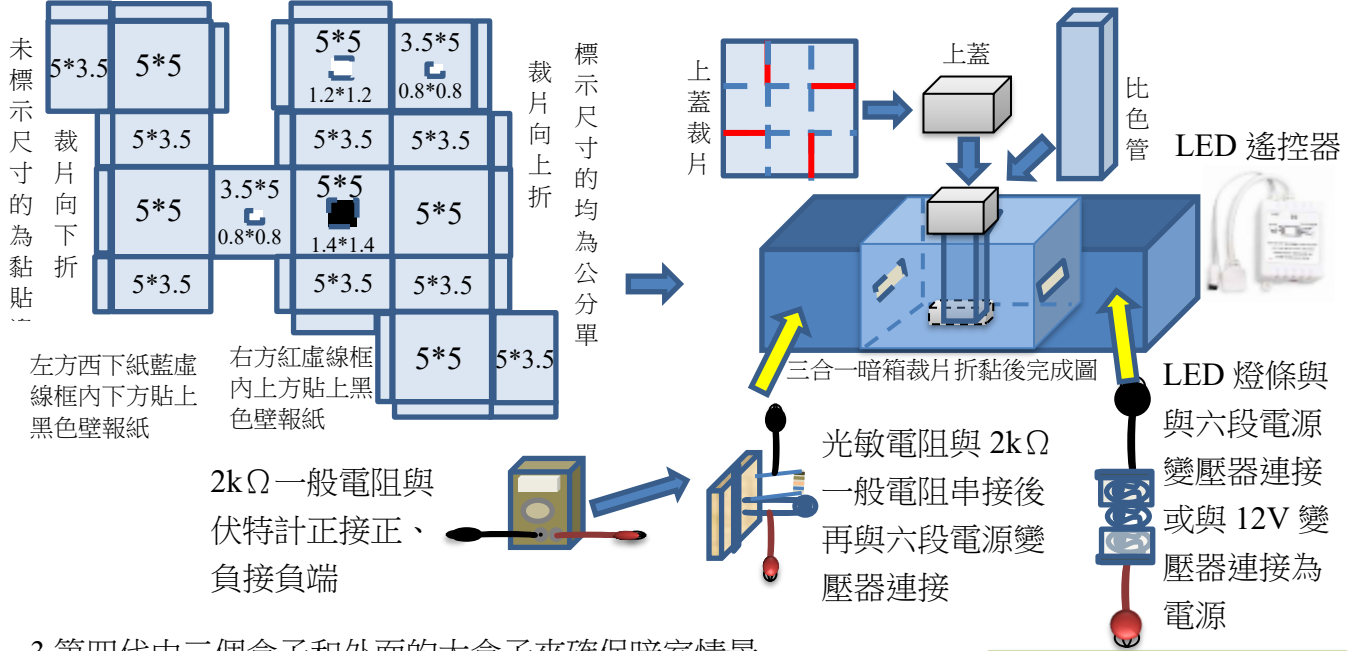
一、裝置設計一、鑑色儀器的設計

(一)測定染液透光度的光敏電阻感光吸光儀

- 第一代白光照射吸光儀:讓光敏電阻感光後，測量一般電阻電壓大小，以不同濃度製作檢量線比較染液濃度，參考文獻資料 7(2)圖示如下



2.再創新設計第二代三合一暗箱室光敏電阻感光吸光儀圖示：



3.第四代由三個盒子和外面的大盒子來確保暗室情景

左邊的盒子經光敏電阻固定後即可測得透光率

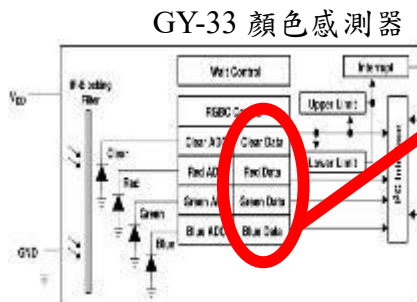
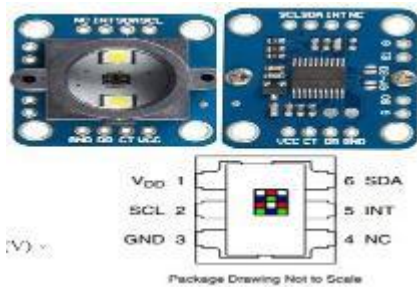
中間的盒子放置玻片來夾住染液(因應白光過弱的結果), 另增加加凸透鏡達成聚焦

連接一般電阻兩端的電線直接連接至 arduino 板, 以 arduino 來測量電壓差

藍、綠、白光 LED 連接至 arduino 板來獲得 5V 電壓差


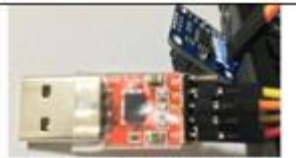


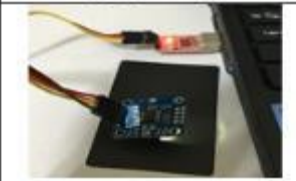

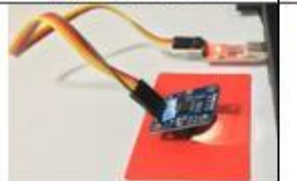
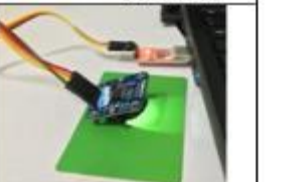




(二)染布鑑色儀

染布鑑色儀則是以 GY-33 顏色感測器校正後, 快速測出色布上同樣區塊面積的 RGB 值, GY-33 顏色感測是由兩顆白光和中間的感光器



ADC 是指類比數位訊號轉

把布反射出來的光轉換成電的類比訊號再轉換成數位數字再傳送到電腦變成 RGB

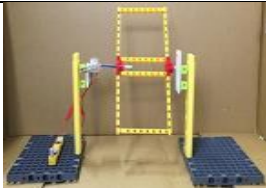

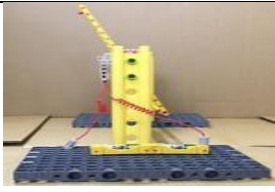
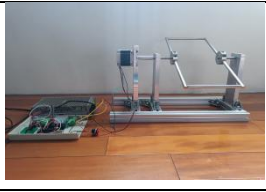

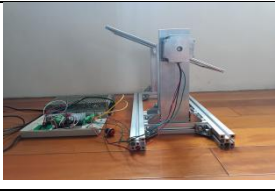
			
白色 A4 紙	GY-33 顏色感測器	感測器連接埠	TCS34725 感光元件
			
黑色校正卡	藍色校正卡	紅色校正卡	綠色校正卡
			
R : 41、G : 48、B : 48	R : 50、G : 73、B : 101	R : 150、G : 57、B : 63	R : 67、G : 106、B : 75

再利用線上顏色代碼轉換工具，轉換成 HSB 或 HSV 值來分析染布顏色。
非接觸式的光遮斷感測器及非接觸式霍爾感測器(磁感應) 運用 m-Black5 程式


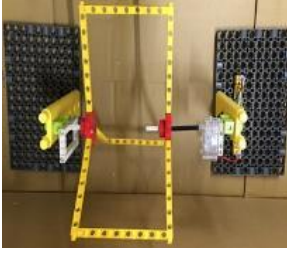

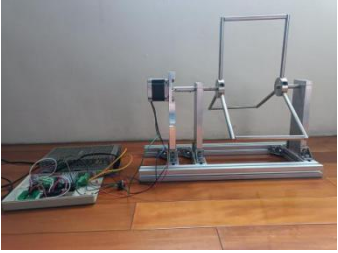


(三)自製裝置設計二、自製二~六槳葉水車

1.比較出不同水位負載物的氧化及還原轉速，希望能找出最佳水車運轉速率及水位高度比
也將塑料水車轉換成金屬材質




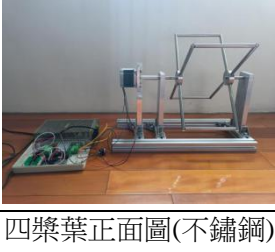
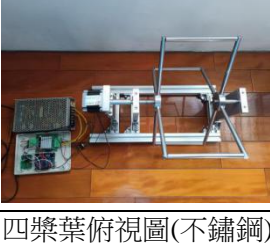

(1)二槳葉水車(可配合染缸的液面高低加上毛細現象，染出漸層色的藍巾或衣服)

		
二槳葉正面圖(塑料)	二槳葉俯視圖(塑料)	二槳葉側視圖(塑料)
		
二槳葉正面圖(不鏽鋼)	二槳葉俯視圖(不鏽鋼)	二槳葉側視圖(不鏽鋼)




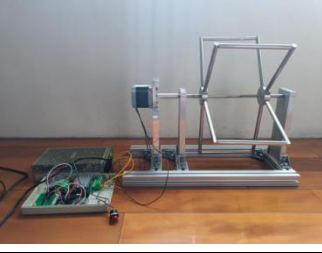

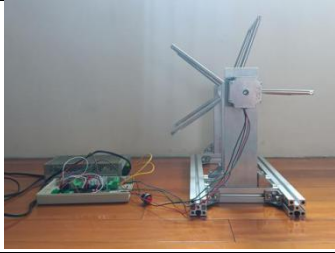
(2)三槳葉水車(可配合藍染的短藍巾或夾染、綁染等技法，將染布固定在槳葉上)

		
三槳葉正面圖(塑料)	三槳葉俯視圖(塑料)	三槳葉側視圖(塑料)
		
三槳葉正面圖(不鏽鋼)	三槳葉俯視圖(不鏽鋼)	三槳葉側視圖(不鏽鋼)




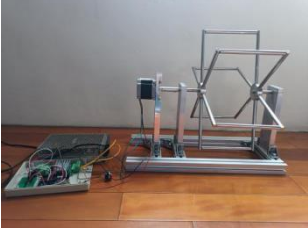


(3)四槳葉水車(可配合藍染的短藍巾或夾染、綁染等技法，將染布固定在槳葉上)

		
四槳葉正面圖(塑料)	四槳葉俯視圖(塑料)	四槳葉側視圖(塑料)
		
四槳葉正面圖(不鏽鋼)	四槳葉俯視圖(不鏽鋼)	四槳葉側視圖(不鏽鋼)





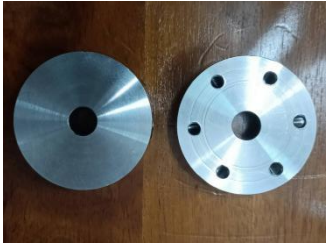
(4)五槳葉水車(可配合藍染的短藍巾或夾染、綁染等技法，將染布固定在槳葉上)

		
五槳葉正面圖(塑料)	五槳葉俯視圖(塑料)	五槳葉側視圖(塑料)
		
五槳葉正面圖(不鏽鋼)	五槳葉俯視圖(不鏽鋼)	五槳葉側視圖(不鏽鋼)

(5)六槳葉水車(可配合藍染的短藍巾或夾染、綁染等技法，將染布固定在槳葉上)

		
<p>六槳葉正面圖(塑料)</p>	<p>六槳葉俯視圖(塑料)</p>	<p>六槳葉側視圖(塑料)</p>
		
<p>六槳葉正面圖(不鏽鋼)</p>	<p>六槳葉俯視圖(不鏽鋼)</p>	<p>六槳葉側視圖(不鏽鋼)</p>

(6)第一代與第二代槳葉固定器

  	 <p>二與四共用</p> <p>六與三、二共用</p> <p>五單獨使用</p> 
<p>智高六角形軸心及六個可插桿連接器</p>	<p>自製金屬軸心分度盤和槳葉</p>

2.配合藍染的氧化及還原速率，加上水車負荷重增加，以不同的齒輪比組合來提高扭力使馬達慢速或更改馬達的馬力及提高供電的電壓。

(1)水車的動力研究：智高低電壓高扭力減速馬達來源有二種減速馬達如下：



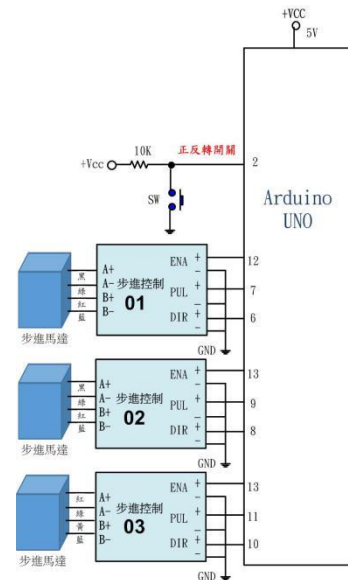
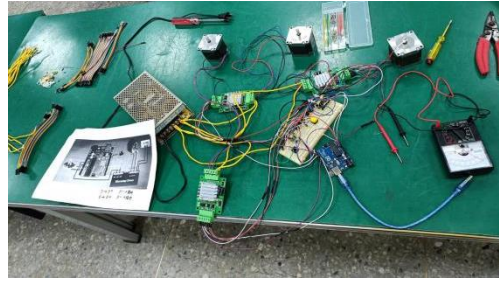
插孔(2)及十字轉軸外型結構位置相同的智高馬達有紅黑線分開的和合股的兩種。



紅黑線合股的馬達盒：主動齒輪為 8 齒，與從動齒輪咬合的齒輪比有三次：
 $(20/8) \times (30/8) \times (30/8)$
 $= 35.16$ 是減速比 35 倍速馬達，扭力較大！



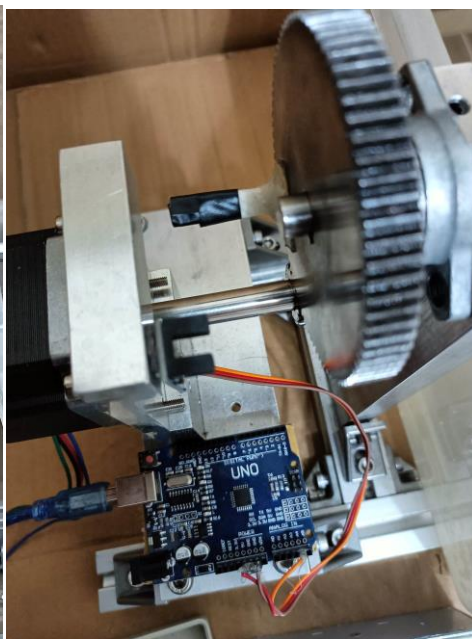
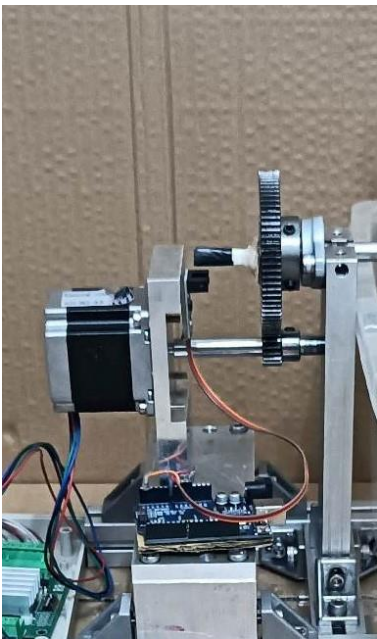
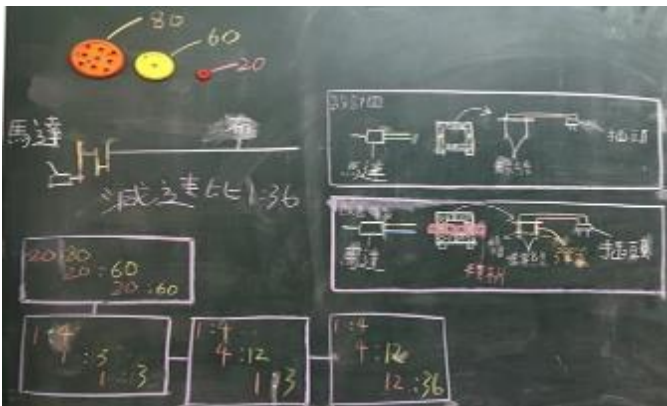
紅黑線分開的馬達盒：主動齒輪為 8 齒，與從動齒輪咬合的齒輪比有二次
 $(30/8) \times (40/8) = 18.75$ 為約 19 倍速馬達，扭力較小。



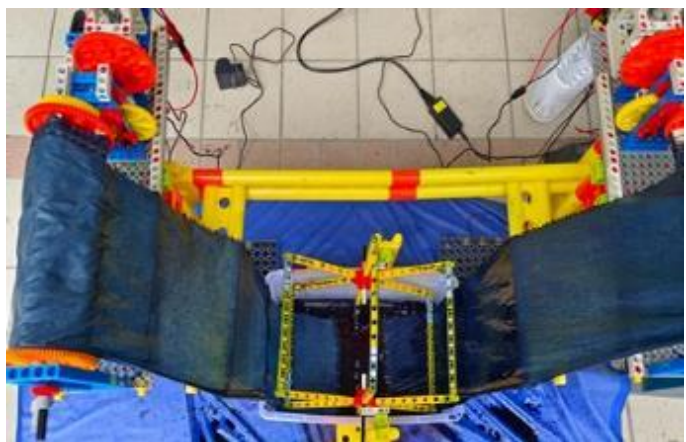
金屬式步進馬達

右圖為配線結構，中圖為實際狀況，左圖為馬達主體

(2)自製裝置設計三、因本實驗研究需提高電壓至 12V，上述的智高馬達恐負荷不了，所以，只能用外購的履帶車馬達來組裝提高扭力且減速的齒輪比至 36 倍來因應，如下圖示。



二、第二代水車轉動還加入順逆轉軸的動力輪替及伸縮桿的設計(在第四代被程控取代)。

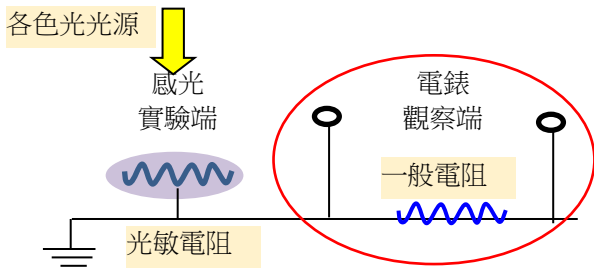
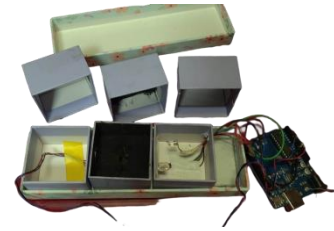


參、研究方法或過程

研究一、藍染染液濃度的定量及染布試樣的鑑色比較

(一) 測定染液濃度定量的自製光敏電阻吸光儀製作原理

白光照射自製吸光儀→光敏電阻感光後，測量一般電阻電壓大小，可依比爾定律原理來量測染液的濃度大小，測定裝置如右圖，定量檢測簡圖如下：



說明：一般電阻提高至與光敏電阻值相近，兩者仍維持串接，光敏電阻未受光時，電阻較大，分配電壓大小，與一般電阻接近，約為供電電壓的一半；而光敏電阻受光時，電阻較小，分配電壓變小，所以，數字型電錶直接並聯偵測一般電阻兩端電壓的分配電壓值愈大，以此類推。

實驗一、染液的濃度配製及電壓檢測

步驟：

1. 同 p4(三)配製的藍染 A 液以 pH13 的氫氧化鈉溶液稀釋如下：

	0.1A 液	0.08A 液	0.06A 液	0.04A 液	0.02A 液
濃度 1/300 的藍染 A 液(mL)	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
pH13 的氫氧化鈉(mL)	9.0	9.2	9.4	9.6	9.8

$$A = -\log_{10} \frac{I_t}{I_o} = K \times l \times c$$

為了得到該液體的濃度，我們需要使用比爾公式，這個方程描述了液體濃度與其透光度的關係，觀察我們的實驗可發現其中 l, I_t, K, I_o 成定值，因此我們能列出這個式子：

$$\frac{-\log_{10} \frac{I_t}{I_o}}{K \times l} = c, \quad \because K, l = const., \quad \therefore -\log_{10} \frac{I_t}{I_o} \propto c$$

因此我們知要量測溶液並檢查是否成正比就能知道儀器是否準確。

- 2.以自製吸光儀檢測光敏電阻感光後(以六段電源供應器 3~12V 供電)，測量一般電阻電壓大小：各取 4 mL 溶液於比色管中，依序測 pH13 的氫氧化鈉水溶液(背景值)、濃度由低至高的藍染稀釋 A 液的一般電阻分壓大小，如表一，用藍光照比色管為表二。
- 3.提高藍染稀釋 A 液濃度至 0.5A，同步驟 2，用白光照射光敏電阻吸光儀，結果如表三，藍光則如表四。(分析圖表後，發現白光靈敏度 ok，藍光不 ok)。
- 4.同步驟 2，白光照射光敏電阻吸光儀的低至高濃度藍染液，再偵測與光敏電阻串接的一般電阻電壓大小如表五。
- 5.以保險粉液稀釋高濃度藍靛液分別以白光→綠光(還原)→藍光(氧化)照射吸光儀，記錄如表六~八。(圖 1~圖 8)。

(二)GY33 鑑色儀與校正

實驗二、染布的颜色鑑定

- 1.配製 pH13 的氫氧化鈉溶液當藍染液的稀釋液備用。
 - 2.如上述藍染液的濃度配製出 0.02A~0.1 A、0.1 A~0.5 A 的藍染濃度。
 - 3.準備 10 個乾淨的培養皿，每個培養皿均放置 3*3cm² 的白色去漿乾燥後的染布。
 - 4.準備 10 支乾淨的塑膠滴管，分別貼上標籤後，依序吸取各藍染液濃度 2mL，然後均勻的滴到染布上。
 - 5.浸染一天後，準備量測各藍染乾布的 RGB 及 HSB 值。
-
- 6.電腦連接 GY-33 顏色感測器，以白色色卡做白平衡校正後，分別測出藍色色卡及潮濕及乾燥後 0.01A~1A 染布的 RGB 值，再利用線上顏色代碼轉換工具，分析染布顏色的 HSB 值，記錄於表九。
 - 7.配製 pH14 的氫氧化鈉溶液當藍染液的稀釋液備用。
 - 8.同步驟 2~6，測完 RGB 值後，分析染布顏色的 HSB 值，記錄於表十。
 - 9.如上述保險粉的配製，與 pH14 的氫氧化鈉溶液 1:1 當藍染液的稀釋液備用。
 - 10.同步驟 2~6，測完 RGB 值後，分析染布顏色的 HSB 值，記錄於表 11。
 - 11.將去漿後白布加稀釋的濃染液浸泡 30 分鐘後洗滌晾乾後備用。
 - 12.將濃染後白布浸染如步驟 9 的藍染液各 10 秒、陽光下曝曬 20 秒，反覆兩次後(模擬染布浸於水車染缸中的第一圈及第二圈)，測量各藍染 A 液潮溼染布的 RGB 值，記錄於表 12。
 - 13.步驟 12 的染布夾在通風的晾布架上乾燥後，再測乾布的 RGB 值，記錄於表 13。(圖 9~圖 16)。

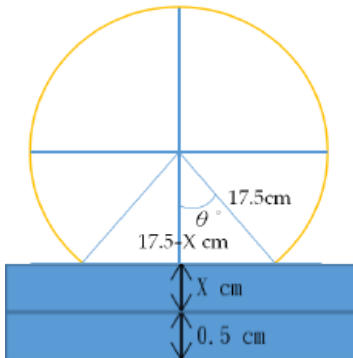
研究二、自製不同槳葉水車及不同負載物(一槳一物)的轉速比較

(一)槳葉在水中的阻力可以用這個方程描述:

$$F_{\text{drag}} = S \times C_D \rho A V^2 + C_D \rho A V^2 + C_D \rho A V^2$$

front bar side bar load

S: the unber of the inside water bar



x = 水深(淺: 4cm, 中: 8cm, 高: 12cm)

2θ = 在水面下的路程角度

藉由這張水車的示意

圖，我們能清楚得知: $\theta = \cos^{-1}\left(\frac{17.5-x}{17.5}\right)$

進而求出:

1. 最大水面下槳葉數: $S_{\text{Max}} = \left[\frac{2 \times \cos^{-1}\left(\frac{17.5-x}{17.5}\right)}{360^\circ} \right] \times n$, n:(槳葉數), x:水深

我們因而得知槳葉造成的阻力在高槳葉數(同時更多的 S)時和深水深(由側槳葉造成的更高的 A)時會增加，而載物在綁染和方巾兩種狀態時有著不同的特性:綁染更接近於在原本的狀態(槳葉數增加而水組增加)，而方巾在低槳葉時造就了更多相對運動的截面積，因此我們知道綁染和方巾在多槳葉時會造就更高的轉動慣量 I(加速不易)以及更大的阻力(抑制極速)，而方巾則是在少槳葉時造就了更大的阻力，造成極速下降，因此我們只要量測加速時間以及極限速度的最大和最小情況就可知道轉動慣量和阻力的具體影響。

載物最高阻力情況:兩槳高水位方巾載物

轉動慣量最高情況:六槳水車

槳葉最高阻力情況:六槳水車高水位

阻力最低情況:兩槳無水位無載物

(加速時間定義:第一筆從無速率加速到完成一圈的時間減去後 9 圈的平均時間)

對照組:阻力最低情況:兩槳無水位無載物

	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
平均值	1.107	2.427	3.749	5.155	6.396	7.718	9.05	10.371	11.395	13.016
標準差	0.001	0.001	0.001	0.002	0.024	0.045	0	0.001	0.054	0.002
轉速 (°/sec)	325.2	148.3	96	69.8	56.3	46.6	39.8	34.7	31.6	27.7

槳葉最高阻力情況:六槳水車高水位綁染載物

	100ms	200ms	300ms	400ms	500ms	600ms	700ms	800ms	900ms	1000ms
平均值	1.1	2.427	3.754	5.067	6.395	7.722	9.042	10.369	11.696	13.017
標準差	0.047	0.001	0.001	0.045	0.001	0.001	0.001	0.001	0.049	0.001
轉速 (°/sec)	327.3	148.3	95.9	71	56.3	46.6	39.8	34.7	30.8	27.7

載物最高阻力情況:兩槳高水位方巾載物

	100ms	200ms	300ms	400ms	500ms	600ms	700ms	800ms	900ms	1000ms
平均值	1.105	2.455	3.771	5.078	6.422	7.685	9.085	10.369	11.696	13.018
標準差	0.031	0.076	0.05	0.032	0.055	0.415	0.092	0.021	0.029	0.029
轉速 (°/sec)	325.8	146.6	95.5	70.9	56.1	46.8	39.6	34.7	30.8	27.7

由上列數據可發覺三種狀況時水車的轉速再現性以及速度依然保持穩定，顯示我們所加上的減速齒輪組的確發揮了效用。

(二)不同槳葉水車的中心主軸及程長的操作步驟：

- 1 以中心有十字孔的六孔速接環為水車中心主軸支點，此連接環的六孔加長條積木為桿長，如水車作圖分析及運算，總桿長至六孔連接環中心點約為 18cm(控制變因相同·操作變因則為槳葉數不同)
- 2 以中心有十字孔的六孔連接環為水車中心主軸支點，在此智高積木上以雙層 PP 板（先以投影片繪製比六孔連接環長度更大的正方形透明模板），可在正方四個角落加紅扣夾擊成 90°夾角四桿長四四孔連接環；同理，可繪製正五邊形，加紅扣夾擊成 72 夾角五桿長的五孔速接環
- 3 連接洞口用熱熔膠封住，可製成除了二、三、六槳葉以外的四支槳葉及五支槳葉水車
- 4 金屬世代中我們使用分鍍盤來改善精準度

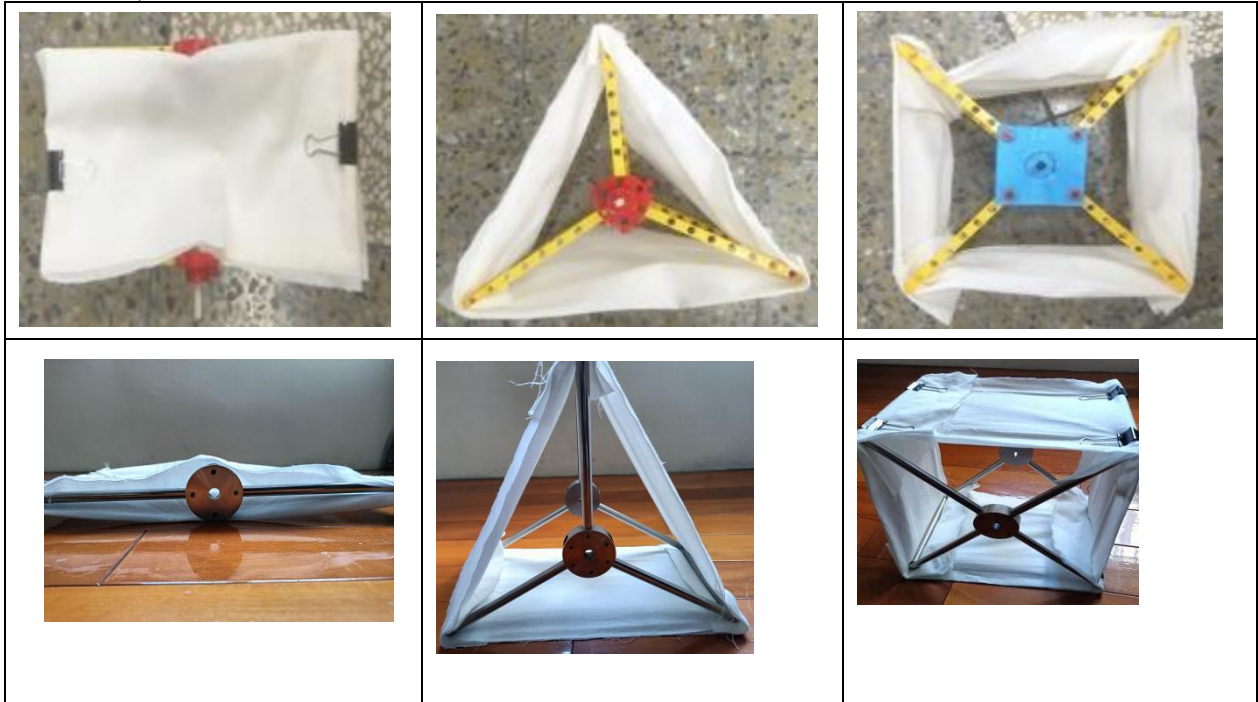


研究三、不同藍染巾長度的藍染動力研究

(一)純水車轉動

實驗三、純水車二~四槳葉的負載藍染巾二~四條在 6V 和 12V 電壓大小的轉速比較

- 1.在二槳葉水車上夾取二塊 30cm*30 cm 方巾於槳葉橫桿上備用。
- 2.在三槳葉水車上夾取三塊 25 cm* 25cm 方巾於槳葉橫桿上備用。
- 3.在四槳葉水車上夾取四塊 20 cm* 20 cm 方巾於槳葉橫桿上備用。
- 4.水車水位設定在低水位，測試 6V、12V 電壓下各水車轉動的平均轉速，記錄於表 19。
- 5.水車水位設定在中水位，測試 6V、12V 電壓下各水車轉動的平均轉速，記錄於表 20。(圖 22-1~22-2)



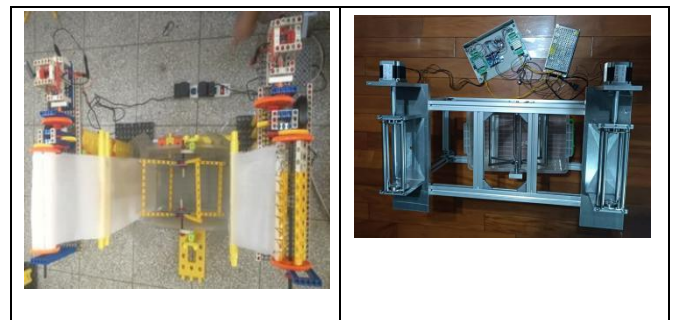
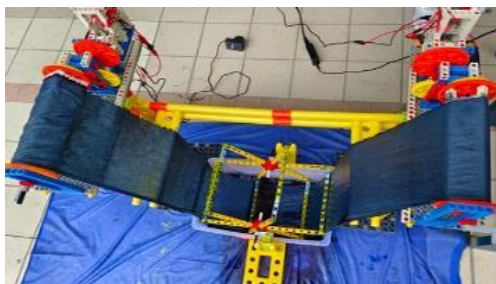
(二)水車加順逆轉軸機構設計

實驗四、六槳葉水車加順逆動力轉軸機構在 6V 和 12V 電壓大小的轉速比較

- 1.六槳葉的水車居中，左右方設置對稱的動力轉軸機構。
- 2.在左方轉軸上固定長型去槳染巾，轉動左方轉軸十圈，再繞到六槳葉下，再拉至右方轉軸上固定，如右圖示。
- 3.水車水位設定在低水位，測試左右方對稱的動力轉軸機構同步在 6V 下各順逆轉動每轉動十圈的平均轉速大小，記錄於表 21。(圖 23-1~23-2)

- 4.測每轉動十圈，共採樣十點測試每槳葉色布 RGB 值，以 pH 試紙粗測是否為藍紫色，若呈現藍色，且用測試布測試染布非藍綠色而為藍色，且染布或染液中已有藍色微粒，即表示藍靛的溶解度下降，
- 5.重覆步驟錄於表

- 6.同步步驟 23(圖 25-



需加保險粉讓它變為靛白。

4，至共轉動五十圈為止，將測試結果記 22(圖 24)。

3~5，改為 12V，將測試結果 記錄於表 1~25-2)。

研究四、藍染水車的氧化還原變換速率與鑑色的比較

實驗五、低水位二、三槳葉或四槳葉水車負載一槳一物在 6V 或 12V 下藍染的氧化還原變換速率與鑑色的比較

1. 配製藍染染液

(1)在 1000 mL 的量杯內，倒入 500 mL 的清水，先溶解 20 g 的氫氧化鈉，再加入 20 g 的藍靛粉，攪拌溶解為 A 液。

(2)在 500 mL 的量杯內，倒入 150 mL 的溫水，溶解 10 g 的保險粉為 B 液。

AB 兩液混合後倒入裝有 6000-500-300=5200 mL 清水的染缸內，充份攪拌即為藍染液。

(3)同(2)，10 g 的保險粉，再配一份 B 液，當藍染液還原力不足時再補充備用。

註 1. 剛調製好的染液 pH 值 > 12，屬於強鹼，接觸時需穿戴橡膠手套。

2. 與實驗五相同，在每台水車的槳葉上夾一槳一染布料，在每台水車上加一項標記物，

3. 每轉動五圈後，取染缸內染液測試 pH 值(以廣用試紙測試 pH12~13 藍紫色即可)，若低於 pH12，表染液的溶解度變小，或染液無呈現黃綠色，表示藍染液還原力不足需再添加 B 液，否則藍靛會有沈澱物產生而影響染布的效能。

4. GY-33 顏色感測器校正後→快速測出每槳葉色布上同樣區塊面積的 RGB 值 10 個隨機的點→實驗後再利用線上顏色代碼轉換工具→轉換成 HSB 值來分析染布顏色。

5. 同步驟 4~5，再轉動至十圈~二十圈，測試染缸的 pH 值及各槳葉上染布的 RGB 值。

6. 完成染布染二十圈後的布塊偏鹼性，可用稀釋醋(水：醋 = 30：1 酸鹼中和) 完全淹沒布塊後，靜置三十分鐘後洗滌色布，以 GY-33 顏色感測器再測試每槳葉色布上同樣區塊面積的 RGB 10 個隨機點的值，記錄如表 24~29。(圖 27-1 及圖 27-2)



研究五、增加風速或溫度加速藍染氧化定色之鑑色之比較

(一) 增加風速加速藍染氧化定色之鑑色比較

實驗六、無風狀態低水位四槳葉水車負載一槳一物在 12V 下轉動十圈藍染的鑑色比較

- 1.同實驗九操作步驟，水車轉動十圈後，GY-33 顏色感測器校正後→快速測出每槳葉色布上同樣區塊面積的 RGB 值 10 個隨機的點，記錄如表 30。
- 2.實驗後再利用線上顏色代碼轉換工具→轉換成 HSB 值來分析染布顏色，結果記錄如表 28，色布 R、G、B 平均值及色相 H 值和飽和度 S 值，記錄如表 31。

實驗七、一般風扇增加風速加速藍染氧化定色之鑑色比較

- 1.準備有一段~三段風力的一般風扇，置於染缸左側對著出染液液面的水車槳葉吹一段~三段風力，記錄如表 30。
- 2.同實驗九操作步驟，GY-33 顏色感測器校正等操作程序亦與實驗十相同。結果記錄如表 28，色布 R、G、B 平均值及色相 H 值和飽和度 S 值，記錄如表 31。

(二) 局部增加風速或溫度加速藍染氧化定色之鑑色比較

實驗八、以吹風機冷風增加風速局部加速藍染氧化定色之鑑色比較

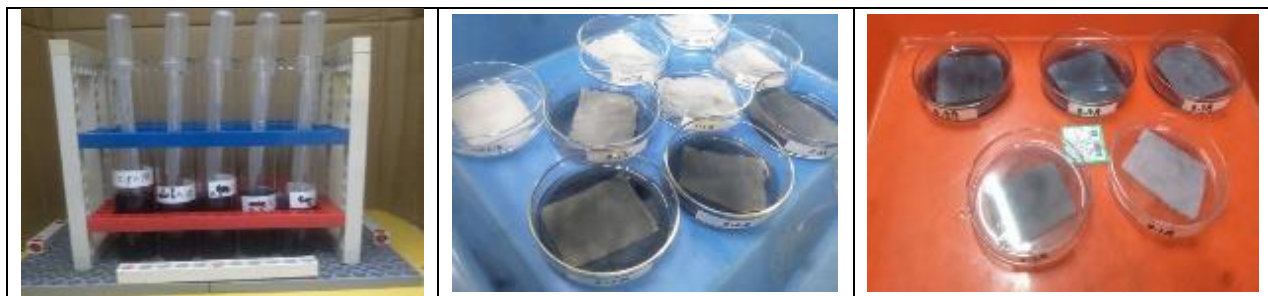
- 1.準備有冷風的吹風機，置於染缸左側對著出染液液面的水車槳葉，定點局部吹出冷風，同實驗五及六操作步驟，GY-33 顏色感測器校正等操作程序亦與實驗五及六相同。
- 2.比較定點受冷與無受冷藍染氧化定色的鑑色結果記錄如表 32 及 33。

實驗九、以吹風機熱風增加溫度加速藍染氧化定色之鑑色比較

- 1.準備有熱風的吹風機，置於染缸左側對著出染液液面的水車槳葉，定點局部吹出熱風，同實驗五及六操作步驟，GY-33 顏色感測器校正等操作程序亦與實驗五及六相同。
- 2.比較定點受冷與無受冷藍染氧化定色的鑑色結果記錄如表 32 及 33。
(表 30~表 33 如紙本內附件六)

肆、研究結果

一、藍染染液濃度的定量及染布試樣的鑑色比較



白光藍染 A 液濃度	0	0.02A	0.04A	0.06A	0.08A	0.1A
3V 電源下的一般電阻分壓(V)	3.03	3.23	3.00	2.88	2.77	2.90
4.5V 電源下的一般電阻分壓(V)	4.34	4.64	4.27	4.10	3.97	4.08
6V 電源下的一般電阻分壓(V)	5.60	5.95	5.50	5.28	5.18	5.28
7.5V 電源下的一般電阻分壓(V)	6.71	7.06	6.59	6.35	6.23	6.24
9V 電源下的一般電阻分壓(V)	7.98	8.39	7.88	7.64	7.51	7.64
12V 電源下的一般電阻分壓(V)	10.37	10.92	10.36	10.05	9.95	10.07

白光藍染 A 液濃度	0	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A
3V 電源下的一般電阻分壓(V)	1.63	2.85	2.60	2.39	2.42	2.35
4.5V 電源下的一般電阻分壓(V)	2.32	4.04	3.74	3.46	3.50	3.41
6V 電源下的一般電阻分壓(V)	2.99	5.24	4.89	4.58	4.61	4.50
7.5V 電源下的一般電阻分壓(V)	3.60	6.35	6.00	5.66	5.65	5.53
9V 電源下的一般電阻分壓(V)	4.26	7.63	7.30	6.87	6.87	6.74
12V 電源下的一般電阻分壓(V)	5.47	10.10	9.75	9.15	9.17	9.08

藍光藍染 A 液濃度	0	0.02A	0.04A	0.06A	0.08A	0.1A
3V 電源下的一般電阻分壓(V)	1.63	2.11	2.02	1.92	1.93	1.92
4.5V 電源下的一般電阻分壓(V)	2.32	2.98	2.86	2.78	2.78	2.79
6V 電源下的一般電阻分壓(V)	2.99	3.88	3.77	3.71	3.73	3.73
7.5V 電源下的一般電阻分壓(V)	3.60	4.73	4.62	4.56	4.59	4.60
9V 電源下的一般電阻分壓(V)	4.26	5.66	5.56	5.51	5.54	5.56
12V 電源下的一般電阻分壓(V)	5.47	7.37	7.23	7.16	7.25	7.18

藍光藍染 A 液濃度	0	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A
3V 電源下的一般電阻分壓(V)	1.63	1.96	1.75	1.79	1.82	1.76
4.5V 電源下的一般電阻分壓(V)	2.32	2.81	2.64	2.69	2.71	2.68
6V 電源下的一般電阻分壓(V)	2.99	3.80	3.63	3.65	3.68	3.67
7.5V 電源下的一般電阻分壓(V)	3.60	4.68	4.53	4.52	4.55	4.53
9V 電源下的一般電阻分壓(V)	4.26	5.69	5.55	5.49	5.55	5.52
12V 電源下的一般電阻分壓(V)	5.47	7.47	7.35	7.21	7.29	7.27

藍靛液加保險粉液前後光照數據白光→綠光(還原)→藍光(氧化)

白光藍染 A 液濃度	0	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A
3V 電源下的一般電阻分壓(V)	3.60	3.25	3.19	2.91	2.71	2.90
4.5V 電源下的一般電阻分壓(V)	5.16	4.63	4.55	4.19	3.90	4.09
6V 電源下的一般電阻分壓(V)	6.70	5.98	5.80	5.41	5.09	5.21
7.5V 電源下的一般電阻分壓(V)	8.05	7.17	6.90	6.54	6.18	6.26
9V 電源下的一般電阻分壓(V)	9.55	8.54	8.18	7.87	7.46	7.49
12V 電源下的一般電阻分壓(V)	12.34	11.24	10.66	10.43	9.94	9.88

綠光藍染 A 液濃度	0	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A
3V 電源下的一般電阻分壓(V)	3.60	2.75	2.55	2.54	2.25	2.42
4.5V 電源下的一般電阻分壓(V)	5.16	3.85	3.62	3.61	3.22	3.46
6V 電源下的一般電阻分壓(V)	6.70	4.92	4.73	4.63	4.28	4.57
7.5V 電源下的一般電阻分壓(V)	8.05	5.88	5.75	5.58	5.22	5.63
9V 電源下的一般電阻分壓(V)	9.55	7.07	6.93	6.71	6.38	6.79
12V 電源下的一般電阻分壓(V)	12.34	9.26	9.00	8.96	8.58	8.87

藍光藍染 A 液濃度	0	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A
3V 電源下的一般電阻分壓(V)	3.60	2.38	2.32	2.25	2.03	2.22
4.5V 電源下的一般電阻分壓(V)	5.16	3.37	3.27	3.21	2.96	3.14
6V 電源下的一般電阻分壓(V)	6.70	4.40	4.27	4.22	3.98	4.12
7.5V 電源下的一般電阻分壓(V)	8.05	5.38	5.19	5.17	4.88	5.08
9V 電源下的一般電阻分壓(V)	9.55	6.47	6.34	6.25	6.04	6.13
12V 電源下的一般電阻分壓(V)	12.34	8.44	8.34	8.24	7.95	8.13

實驗十、染布的顏色鑑定數據結果

表九、浸染一天後，未漂染、pH14配製各藍染A液染後乾布的RGB及HSB值

藍染A液濃度	0	0.02A	0.04A	0.06A	0.08A	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A	藍色色卡
R	255	233	224	156	130	160	142	89	84	64	81
G	255	242	235	171	153	174	159	105	100	79	116
B	255	244	244	177	159	180	165	109	104	81	161
色相值H	0	191°	207°	197°	198°	198°	196°	192°	192°	187°	214°
飽和度值S	0	4.5	8.2	11.9	12.6	11.1	13.9	18.3	19.2	21	49.7
明度值	100	95.7	95.7	69.4	62.4	79.6	64.7	42.7	40.8	31.8	63.1

表十、浸染一天後，未漂染、pH14配製各藍染A液染後乾布的RGB及HSB值

藍染A液濃度	0	0.02A	0.04A	0.06A	0.08A	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A	藍色色卡
R	255	231	206	181	190	126	110	169	107	83	81
G	255	243	218	197	204	152	130	132	128	105	116
B	255	213	218	200	205	161	137	142	136	113	161
色相值H	0	180	180	189	184	195	196	198	197	197	214°
飽和度值S	0	4.9	5.5	9.5	2.3	21.7	19.7	23.2	21.3	24.8	49.7
明度值	100	95.3	85.5	78.5	80.5	63.1	53.7	55.7	53.3	44.3	63.1

表11、浸染一天後，未漂染、pH14、加保險粉配製各藍染A液染後乾布的RGB及HSB值

藍染A液濃度	0	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A	藍色色卡
R	255	164	82	91	84	77	81
G	255	194	108	117	111	103	116
B	255	199	123	136	127	119	161
色相值H	0	189	202	205	202	203	214°
飽和度值S	0	17.6	33.3	33.1	33.9	35.3	49.7
明度值	100	78	48.2	53.3	49.8	46.7	63.1

表12、浸染、漂染藍染液10秒、陽光下曝曬20秒、反覆兩次後測量潮濕染布的RGB及HSB值

藍染A液濃度	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A	藍色色卡
R	150	88	81	85	94	81
G	180	149	117	121	130	116
B	195	159	137	138	147	161
色相值H	190	188	201	199	199	214
飽和度值S	21.1	40.9	40.9	38.4	36.1	49.7
明度值	74.5	58.4	53.7	54.1	57.6	63.1

表13、浸染10秒、曝曬10秒、再浸染10秒後，各藍染A液乾燥染布的RGB及HSB值

藍染A液濃度	0.1A	0.2A	0.3A	0.4A	0.5A	藍色色卡
R	135	80	62	72	75	81
G	160	112	88	103	103	116
B	169	115	101	114	115	161
色相值H	196	185	200	196	198	214
飽和度值S	20.1	30.4	38.6	36.8	34.8	49.7
明度值	66.3	45.1	39.6	44.7	45.1	63.1

二、自製不同漿葉水車及不同負載物(一漿一物)的轉速比較

表14、零水位二漿葉-六漿葉無負載物轉速及各電壓大小的轉速(圓周長為113.04 cm)

零水位無負載物	二漿葉	三漿葉	四漿葉	五漿葉	六漿葉
3V水車轉一圈平均時間(s)	0.85	0.79	0.91	1.1	0.92
3V水車的平均轉速(cm/s)	133.51	143.69	123.77	80.74	122.87
6V水車轉一圈平均時間(s)	0.59	0.56	0.62	1.09	0.63
6V水車的平均轉速(cm/s)	192.68	201.86	182.32	103.39	180.38
9V水車轉一圈平均時間(s)	0.49	0.48	0.45	0.48	0.47
9V水車的平均轉速(cm/s)	229.14	235.5	235.5	235.5	238.82
12V水車轉一圈平均時間(s)	0.42	0.4	0.38	0.4	0.43
12V水車的平均轉速(cm/s)	269.13	282.6	297.47	282.6	260.86

表15、零水位二漿葉-六漿葉一漿一負載物轉速及各電壓大小的轉速(圓周長為113.04 cm)

漿葉大小轉速	零水位無負載物	二漿葉	三漿葉	四漿葉	五漿葉	六漿葉
3V水車轉一圈平均時間(s)	1.07	1.08	1.07	1.07	1.07	1.07
3V水車的平均轉速(cm/s)	105.98	104.67	105.32	87.28	105.32	105.32
6V水車轉一圈平均時間(s)	0.62	0.72	0.55	0.89	0.55	0.55
6V水車的平均轉速(cm/s)	182.32	157	206.78	126.54	206.78	206.78
9V水車轉一圈平均時間(s)	0.56	0.55	0.41	0.75	0.41	0.41
9V水車的平均轉速(cm/s)	201.86	206.78	277.97	150.05	277.97	277.97
12V水車轉一圈平均時間(s)	0.5	0.5	0.35	0.63	0.35	0.35
12V水車的平均轉速(cm/s)	226.08	226.08	319.92	180.38	319.92	319.92

表16、低水位二漿葉-六漿葉一漿一負載物轉速及各電壓大小的轉速(入水高度為113.0cm, 中水圓周長113*4.5cm)

低水位一漿一負載物	二漿葉	三漿葉	四漿葉	五漿葉	六漿葉
3V水車入水轉一圈時間(s)	0.39	0.65	0.53	0.55	0.54
3V水車出水轉一圈時間(s)	2.53	6.58	4.73	7.27	7.18
3V水車入水的轉速(m/s)	0.992	0.39	0.369	0.343	0.349
3V水車出水的轉速(m/s)	0.072	0.148	0.14	0.13	0.138
6V水車入水轉一圈時間(s)	0.31	0.62	0.25	0.28	0.25
6V水車出水轉一圈時間(s)	1.47	3.22	3.23	3.4	3.26
6V水車入水的轉速(m/s)	1.732	0.589	0.753	0.734	0.753
6V水車出水的轉速(m/s)	0.448	0.292	0.287	0.277	0.289
9V水車入水轉一圈時間(s)	0.05	0.19	0.15	0.15	0.17
9V水車出水轉一圈時間(s)	1.03	1.95	1.83	2.32	2.19
9V水車入水的轉速(m/s)	3.354	0.881	1.256	1.045	1.108
9V水車出水的轉速(m/s)	0.934	0.453	0.468	0.406	0.43
12V水車入水轉一圈時間(s)	0.07	0.17	0.13	0.14	0.15
12V水車出水轉一圈時間(s)	0.94	1.65	1.56	1.95	1.7
12V水車入水的轉速(m/s)	2.89	1.338	1.449	1.345	1.449
12V水車出水的轉速(m/s)	1.062	0.581	0.587	0.501	0.524

表17、中水位二漿葉-六漿葉一漿一負載物轉速及各電壓大小的轉速(入水高度為113.0cm, 中水圓周長113*4.5cm)

中水位一漿一負載物	二漿葉	三漿葉	四漿葉	五漿葉	六漿葉
3V水車入水轉一圈時間(s)	0.51	0.67	0.51	0.56	0.52
3V水車出水轉一圈時間(s)	6.71	6.76	6.79	7.35	6.89
3V水車入水的轉速(m/s)	2.22	1.69	2.2	2.04	2.17
3V水車出水的轉速(m/s)	0.17	0.17	0.17	0.15	0.16
6V水車入水轉一圈時間(s)	0.24	0.31	0.26	0.26	0.25
6V水車出水轉一圈時間(s)	3.39	3.1	3.39	3.35	3.26
6V水車入水的轉速(m/s)	4.68	3.68	4.4	4.41	4.58
6V水車出水的轉速(m/s)	0.55	0.56	0.53	0.53	0.53
9V水車入水轉一圈時間(s)	0.13	0.22	0.18	0.18	0.18
9V水車出水轉一圈時間(s)	1.7	2.11	2.38	2.44	2.32
9V水車入水的轉速(m/s)	8.75	5.16	6.27	6.11	6.42
9V水車出水的轉速(m/s)	0.66	0.51	0.47	0.46	0.49
12V水車入水轉一圈時間(s)	0.1	0.17	0.13	0.15	0.14
12V水車出水轉一圈時間(s)	1.83	1.74	1.71	1.96	1.79
12V水車入水的轉速(m/s)	11.19	6.56	8.72	7.62	8.33
12V水車出水的轉速(m/s)	0.85	0.65	0.66	0.58	0.63

表18、高水位二漿葉-六漿葉一漿一負載物轉速及各電壓大小的轉速

高水位一漿一負載物	二漿葉	三漿葉	四漿葉	五漿葉	六漿葉
3V水車入水轉一圈時間(s)	0.51	0.65	0.54	0.57	0.56
3V水車出水轉一圈時間(s)	6.79	6.58	7.16	7.52	7.16
3V水車入水的轉速(m/s)	2.2	1.53	2.08	1.98	2.03
3V水車出水的轉速(m/s)	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15
6V水車入水轉一圈時間(s)	0.26	0.31	0.25	0.26	0.27
6V水車出水轉一圈時間(s)	3.43	3.26	3.35	3.45	3.41
6V水車入水的轉速(m/s)	4.34	3.3	4.43	4.33	4.13
6V水車出水的轉速(m/s)	0.51	0.53	0.54	0.53	0.53
9V水車入水轉一圈時間(s)	0.17	0.28	0.18	0.19	0.18
9V水車出水轉一圈時間(s)	2.34	2.3	2.85	2.49	2.87
9V水車入水的轉速(m/s)	6.67	4.97	6.35	5.99	6.18
9V水車出水的轉速(m/s)	0.51	0.49	0.48	0.45	0.48
12V水車入水轉一圈時間(s)	0.12	0.18	0.14	0.16	0.14
12V水車出水轉一圈時間(s)	1.6	1.53	1.81	2.11	1.89
12V水車入水的轉速(m/s)	9.88	6.24	8.21	7.08	7.99
12V水車出水的轉速(m/s)	0.75	0.67	0.67	0.54	0.6

三、藍染水車的氧化還原變換速率與鑑色的比較

表22、低水位六葉第一藍染長巾轉速在6V下，每轉10圈及浸稀釋醱液後的RGB值

低水位藍染巾 負載物轉動圈數	第10圈	第20圈	第30圈	第40圈	第50圈	浸稀釋 醱後	藍色色 卡
轉動每五圈的pH值	13	13	13	13	13	7	--
是否添加保險粉B液	否	否	否	否	否	--	--
每葉藍色布R平均值	46	41	39	40	38	44	81
每葉藍色布G平均值	57	51	48	50	48	53	116
每葉藍色布B平均值	59	53	50	51	49	56	161
色相H值	189	190	191	185	185	195	214
飽和度S值	22	22.6	22	21.6	22.4	21.4	49.7

表23、低水位六葉第一藍染長巾轉速在12V下，每轉10圈及浸稀釋醱液後的RGB值

低水位藍染長巾負載 物轉動圈數	第10圈	第20圈	第30圈	第40圈	第50圈	浸稀釋 醱後
轉動每五圈的pH值	13	13	13	13	13	7--
是否添加保險粉B液	否	否	否	否	否	--
每葉藍色布R平均值	41	39	39	39	39	44
每葉藍色布G平均值	51	49	48	49	49	53
每葉藍色布B平均值	52	50	50	51	51	55
色相H值	185	185	191	190	190	191
飽和度S值	21.2	22	22	23.5	23.5	20

(一) 金屬世代數據:

兩槳葉，100ms pulse width

圈數	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
第5圈	R	37	40	50	41	35	53	34	48	49	52	43.9	7.279
	G	54	57	72	57	51	72	49	64	65	72	60.1	8.895
	B	51	55	81	57	49	62	44	56	57	63	56.9	10.047
第10圈	R	29	28	26	27	23	29	30	29	27	26	27.4	2.066
	G	36	36	34	35	31	39	38	39	35	37	35.9	2.449
	B	37	37	35	36	32	42	39	42	36	40	37.3	3.169
第15圈	R	24	27	17	28	28	26	17	28	28	28	25.1	4.458
	G	34	36	35	37	37	34	31	37	34	37	35	1.989
	B	35	34	36	41	39	35	33	36	36	40	36.1	2.635
第20圈	R	27	17	27	28	20	27	26	28	27	25	25.2	3.706
	G	35	35	34	35	29	36	37	38	36	33	35	2.486
	B	36	36	35	37	30	35	40	43	38	32	36.7	3.706

兩槳葉，1000ms pulse width

圈數	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
第5圈	R	31	28	30	29	28	29	27	28	28	29	28.7	1.16
	G	32	37	37	36	36	36	35	35	35	37	35.4	1.506
	B	32	37	37	37	36	37	36	36	35	36	39	35.9
第10圈	R	28	23	28	28	26	30	28	26	28	22	26.7	2.497
	G	36	30	36	36	33	37	36	34	37	30	35	2.677
	B	38	31	39	37	34	39	37	34	40	30	36.6	3.479
第15圈	R	27	26	28	28	28	28	27	29	28	28	27.7	0.823
	G	34	34	35	37	37	37	36	37	36	35	35.9	1.229
	B	35	35	36	40	40	39	38	39	37	38	37.7	1.889
第20圈	R	28	24	26	24	26	27	29	29	31	26	27	2.261
	G	36	32	33	32	34	35	36	37	38	34	34.8	2.058
	B	37	32	34	33	35	37	38	38	39	34	35.9	2.406

三槳葉，100ms pulse width

圈數	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
第 5 圈	R	35	26	33	29	28	35	25	28	24	29	29.2	3.938
	G	51	37	50	45	42	52	38	43	43	44	44.6	5.148
	B	57	43	60	55	51	65	46	52	40	55	52.1	7.72
第 10 圈	R	24	25	26	26	26	25	25	25	24	23	24.9	0.994
	G	32	34	36	35	34	35	35	34	32	32	34.1	1.449
	B	36	38	40	39	39	39	39	39	38	37	37	38.3
第 15 圈	R	22	24	23	23	22	21	22	21	20	22	22	1.155
	G	31	34	32	32	31	29	31	30	29	31	31	1.491
	B	36	39	36	37	37	34	37	34	31	37	35.7	2.251
第 20 圈	R	28	31	25	26	25	27	33	23	26	23	26.7	3.234
	G	36	39	31	34	33	37	44	29	35	31	34.9	4.408
	B	40	44	36	39	38	44	53	32	42	36	40.4	5.816

三槳葉，1000ms pulse width

圈數	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
第 5 圈	R	23	31	29	30	36	23	23	23	22	25	26.5	4.72
	G	33	42	42	44	42	33	34	34	32	37	37.3	4.692
	B	38	48	52	54	49	39	41	41	37	46	44.5	6.096
第 10 圈	R	22	21	21	20	20	20	21	20	20	21	20.6	0.699
	G	31	28	29	31	28	28	30	28	27	29	28.9	1.37
	B	38	32	33	36	35	32	36	32	30	34	33.8	2.44
第 15 圈	R	23	22	20	22	20	20	19	20	20	20	20.6	1.265
	G	31	30	31	31	30	29	27	28	29	27	29.3	1.567
	B	37	37	36	38	36	34	31	34	35	30	34.8	2.616
第 20 圈	R	22	22	20	20	20	22	18	20	21	19	20.4	1.35
	G	30	30	28	28	29	31	27	29	30	36	29.8	2.486
	B	34	36	33	34	35	38	36	35	35	30	34.6	2.119

四槳 100ms pulse width

圈數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
第 5 圈	37	42	38	41	35	24	40	37	33	32	35.9	5.301
	53	50	50	53	51	34	53	45	44	44	47.7	6.038
	54	53	47	49	53	35	56	50	42	44	48.3	6.464
第 10 圈	36	34	31	34	33	28	29	29	29	31	31.4	2.716
	45	42	40	43	42	37	37	39	38	39	40.2	2.7
	47	46	43	46	44	40	39	40	42	42	42.9	2.807
第 15 圈	32	28	26	26	26	29	28	27	27	25	27.4	2.011
	40	36	35	34	33	37	37	36	35	33	35.6	2.119
	42	38	37	36	35	40	39	38	37	35	37.7	2.214
第 20 圈	44	36	39	33	32	39	30	32	28	28	34.1	5.28
	50	42	45	40	38	36	37	39	35	34	39.6	4.926
	52	44	48	41	41	38	41	41	40	38	42.4	4.452

四槳 1000ms pulse width

圈數	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
第 5 圈	R	30	35	38	50	34	36	44	34	55	40	39.6	7.863
	G	40	46	48	59	46	45	53	45	65	50	49.7	7.454
	B	41	49	51	60	48	48	58	18	67	49	48.9	13.153
第 10 圈	R	30	31	29	33	36	37	33	29	31	32	32.1	2.726
	G	37	39	36	41	43	45	40	38	39	41	39.9	2.726
	B	40	41	39	41	44	46	42	39	41	42	41.5	2.173
第 15 圈	R	26	27	25	25	26	24	25	23	25	24	25	1.155
	G	35	35	34	32	34	32	33	31	33	32	33.1	1.37
	B	37	38	36	35	36	35	36	34	36	35	35.8	1.135
第 20 圈	R	27	25	23	21	22	23	24	23	24	24	23.6	1.647
	G	34	31	30	28	28	29	30	30	30	31	30.1	1.729
	B	36	36	34	31	32	33	34	34	34	36	34	1.7

四、增加風速或溫度加速藍染氧化定色之鑑色比較

表10、低水位四階染水車一階一藍染巾，12V動力的轉速、無風及一段至三段風狀態下，轉動十圈的每圈染色布RGB值內大小比較

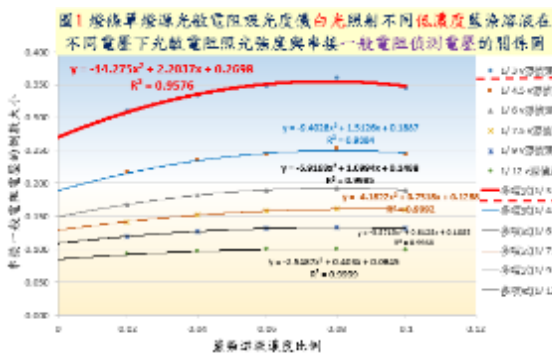
圈數	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
無風	R	45	45	58	44	45	46	44	43	42	45.8	4.81	
	G	55	55	66	50	50	55	47	56	50	54	5.29	
	B	60	59	74	52	52	60	51	60	52	57.2	7.11	
一段風	R	46	47	58	46	55	54	59	38	41	43	49.7	4.87
	G	55	47	38	46	35	34	39	38	41	50	42.3	6.9
	B	55	58	45	55	46	42	47	48	51	53	50	5.19
二段風	R	41	43	36	38	38	35	38	39	36	38	38.2	2.39
	G	47	51	43	45	41	42	45	45	45	45.2	3.08	
	B	49	56	44	47	45	43	47	44	46	46.9	3.67	
三段風	R	37	43	37	38	34	31	38	40	36	39	37.3	3.27
	G	43	47	43	43	41	38	44	42	44	42.7	2.31	
	B	46	52	41	46	41	38	47	44	44	45	3.85	

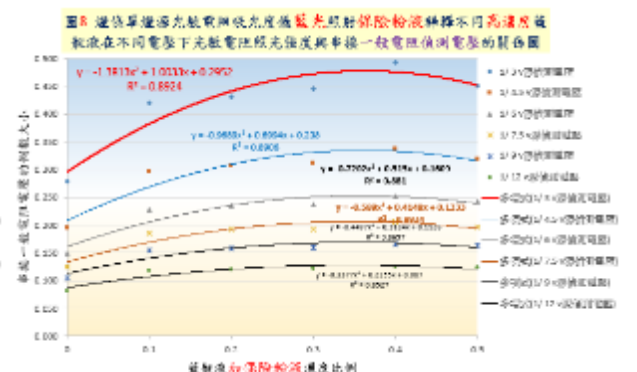
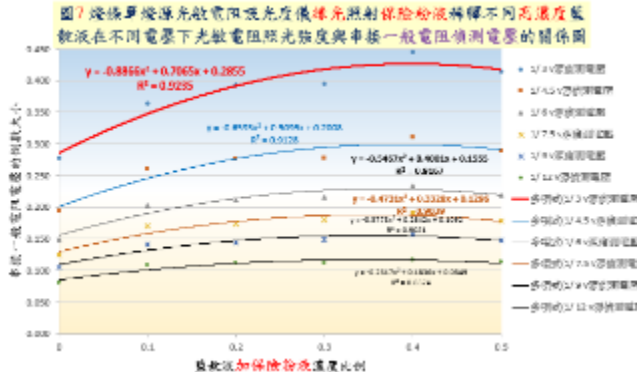
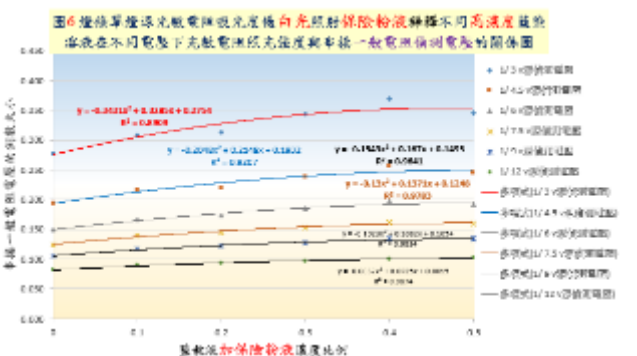
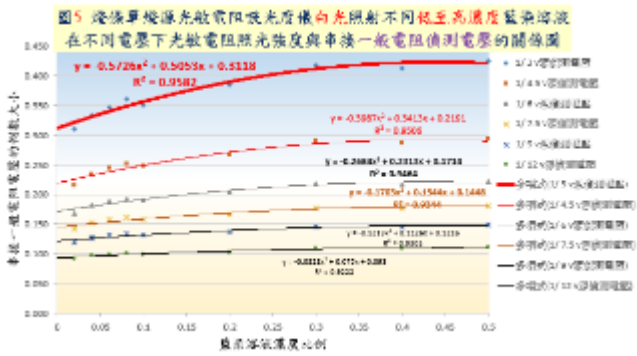
表11、低水位四階染水車一階一藍染巾，12V動力的轉速、吹風機冷風及熱風狀態下，轉動十圈的每圈染色布RGB值的大小比較第十圈的RGB值(四階染巾每圈採樣2-3分鐘)記錄如下表

圈數	次數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均值	標準差
冷風	R	38	43	49	48	41	40	44	40	44	41	42.8	3.55
	G	47	51	58	56	50	48	52	48	51	50	51.1	3.51
	B	47	52	61	59	52	52	54	56	49	50	53.2	4.39
熱風	R	39	38	40	47	46	37	50	41	47	45	43	4.52
	G	48	47	48	55	53	46	57	50	52	53	50.9	3.67
	B	49	48	50	57	55	48	55	53	57	57	52.9	3.81

伍、討論

一、藍染染液濃度的定量及染布試樣的鑑色比較





4. 為慎重起見，我們以保險粉溶液稀釋藍染液發現，綠光偵測的靈敏度優於藍光，將以上的八個圖示比較如下表

藍染液稀釋液	12V光源	六段電壓電壓	趨勢線	相關係數
pH13的 NaOH _{aq} 稀釋 0.02M-0.1M 藍染液低濃度	白光	3V	$y = -14.275x^2 + 2.2037x + 0.2698$	$R^2 = 0.9476$
		4.5 V	$y = -9.4028x^2 + 1.5126x + 0.1887$	$R^2 = 0.9884$
		6 V	$y = -6.9168x^2 + 1.0994x + 0.1488$	$R^2 = 0.9985$
		7.5 V	$y = -4.1822x^2 + 0.7318x + 0.1288$	$R^2 = 0.9992$
		9 V	$y = -3.8715x^2 + 0.6128x + 0.1085$	$R^2 = 0.9968$
		12 V	$y = -2.5487x^2 + 0.403x + 0.0845$	$R^2 = 0.9999$
	藍光	3V	$y = -11.664x^2 + 1.9841x + 0.438$	$R^2 = 0.963$
		4.5 V	$y = -7.2858x^2 + 1.1531x + 0.3155$	$R^2 = 0.9911$
		6 V	$y = -3.7098x^2 + 0.563x + 0.2483$	$R^2 = 0.9608$
		7.5 V	$y = -2.7314x^2 + 0.3946x + 0.2045$	$R^2 = 0.9516$
		9 V	$y = -1.8337x^2 + 0.2551x + 0.1724$	$R^2 = 0.9552$
		12 V	$y = -1.0092x^2 + 0.1551x + 0.1333$	$R^2 = 0.7112$
pH13的 NaOH _{aq} 稀釋 0.1M-0.5M低 藍染液高濃度	白光	3V	$y = -0.5846x^2 + 0.5287x + 0.3042$	$R^2 = 0.9578$
		4.5 V	$y = -0.3541x^2 + 0.3222x + 0.2189$	$R^2 = 0.9557$
		6 V	$y = -0.2284x^2 + 0.2122x + 0.172$	$R^2 = 0.9635$
		7.5 V	$y = -0.1456x^2 + 0.1444x + 0.1444$	$R^2 = 0.9758$
		9 V	$y = -0.1058x^2 + 0.1067x + 0.1211$	$R^2 = 0.9651$
		12 V	$y = -0.0851x^2 + 0.0798x + 0.0914$	$R^2 = 0.947$
	藍光	3V	$y = -0.5816x^2 + 0.4429x + 0.4827$	$R^2 = 0.5569$
		4.5 V	$y = -0.2377x^2 + 0.1673x + 0.3457$	$R^2 = 0.4833$
		6 V	$y = -0.1707x^2 + 0.1173x + 0.255$	$R^2 = 0.6809$
		7.5 V	$y = -0.1011x^2 + 0.0739x + 0.2082$	$R^2 = 0.7958$
		9 V	$y = -0.0775x^2 + 0.0573x + 0.1712$	$R^2 = 0.8367$
		12 V	$y = -0.0556x^2 + 0.0418x + 0.1302$	$R^2 = 0.8624$

0.1M-0.5M高 濃度藍染液以 保險粉溶液稀釋 依序以白光→ 綠光(偏藍)→ 藍光(偏化)照 射視光儀	白光	3V	$y = -0.3431x^2 + 0.3285x + 0.2754$	$R^2 = 0.8909$
		4.5 V	$y = -0.2048x^2 + 0.2149x + 0.1932$	$R^2 = 0.9207$
		6 V	$y = -0.1549x^2 + 0.167x + 0.1495$	$R^2 = 0.9641$
		7.5 V	$y = -0.13x^2 + 0.1371x + 0.1248$	$R^2 = 0.9783$
		9 V	$y = -0.1023x^2 + 0.1082x + 0.1054$	$R^2 = 0.9814$
		12 V	$y = -0.0662x^2 + 0.0725x + 0.0815$	$R^2 = 0.9874$
	綠光	3V	$y = -0.8866x^2 + 0.7065x + 0.2855$	$R^2 = 0.9235$
		4.5 V	$y = -0.6593x^2 + 0.5095x + 0.2068$	$R^2 = 0.9128$
		6 V	$y = -0.5467x^2 + 0.4001x + 0.1555$	$R^2 = 0.9167$
		7.5 V	$y = -0.4731x^2 + 0.3328x + 0.1296$	$R^2 = 0.9039$
		9 V	$y = -0.3778x^2 + 0.2642x + 0.1092$	$R^2 = 0.9081$
		12 V	$y = -0.2617x^2 + 0.1836x + 0.0849$	$R^2 = 0.8874$
藍光	3V	$y = -1.3813x^2 + 1.0033x + 0.2952$	$R^2 = 0.8924$	
	4.5 V	$y = -0.9689x^2 + 0.6994x + 0.208$	$R^2 = 0.8906$	
	6 V	$y = -0.7202x^2 + 0.515x + 0.1609$	$R^2 = 0.881$	
	7.5 V	$y = -0.589x^2 + 0.4148x + 0.1333$	$R^2 = 0.8824$	
	9 V	$y = -0.4497x^2 + 0.3184x + 0.1126$	$R^2 = 0.8657$	
	12 V	$y = -0.3377x^2 + 0.2355x + 0.087$	$R^2 = 0.8527$	

由以上趨勢線分析可知，若要將染布後的藍染液定量，可與標準原液皆用低濃度方式稀釋 10 倍後，以 3V~12V 電壓測出待測液的一般電阻電壓大小，如本研究方法做作出 Excel 趨勢線格式中二次多項式函數，以此檢量線，即可反推測染布後的染液濃度。

二、自製不同槳葉水車及不同負載物(一槳一物)的轉速比較

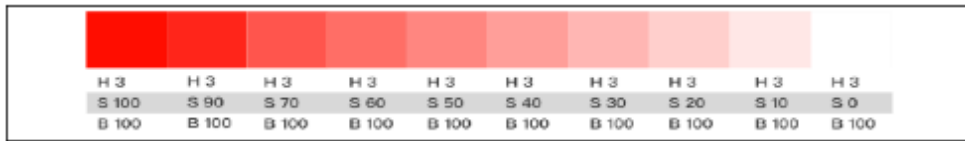
1. 染布鑑色儀使用程序為：GY-33 顏色感測器白平衡校正→快速測出色布上同樣區塊面積的 RGB 值→利用線上顏色代碼轉換公式→轉換成 HSB 值來分析染布顏色→色相值 H 顯示棉布是否可染上色，飽和度值 S 越高代表染色效果較好⁵。

2. HSB 值簡述如下：(以下圖片皆源自 <https://www.kubonews.com/201803077831.html>)

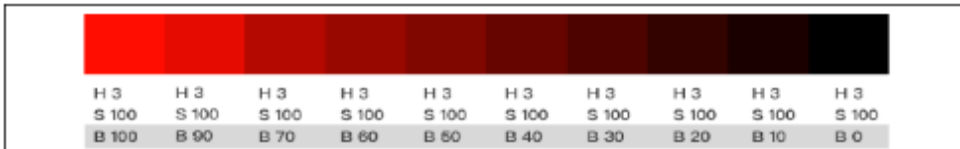
(1)色相(Hue)：是指色彩的種類。其數值為 0°~360°，每個角度代表一種顏色。0°或 360°為紅色、120°為綠色、240°為藍色等。



(2)飽和度(Saturation)：是指色彩中單色的含量。其數值為 0%~100%，數值越高則單色越鮮豔，反之越低則越淡白。



(3)明度(Brightness)：是指色彩明亮程度。其數值為 0%~100%，數值越高則色彩越亮，反之越低則越暗。



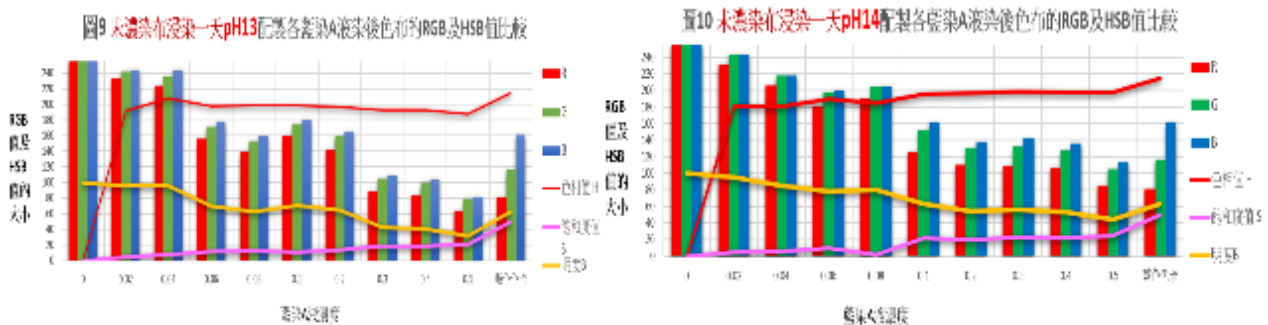
3. 染布的 RGB 辨色研究

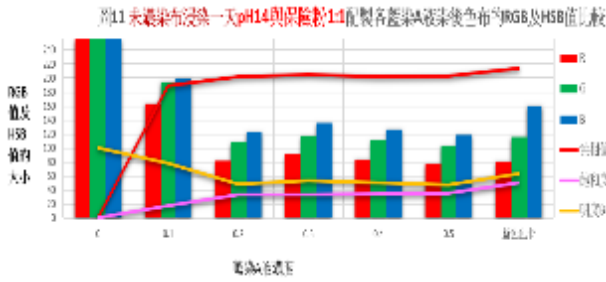
RGB 測定模組-GY-33 顏色感測器模組核心為 TCS34725 感光元件，感光元件可提供數位的紅、綠、藍數值，具有高度整合的光電耦合感光元件，能去除不必要的紅外線及其他干擾，以增加顏色量測的準確度。以白色校正卡校正後，RGB 感光元件的遮罩恰是我們去除所有外界光源干擾的光罩，所以，我們的色布都是用 GY-33 顏色感測器模組測定 RGB。

4. 由實驗二染布的顏色鑑定可知：純棉布的 H 為 0°及 S 也為 0%，標準藍色色卡 H 為 214°及 S 為 49.7%，我們將白布浸染一天後，未濃染且用 pH13 氫氧化鈉溶液配製各藍染 A 液，

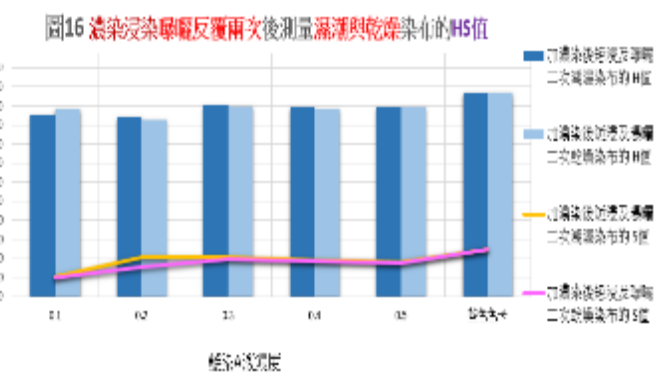
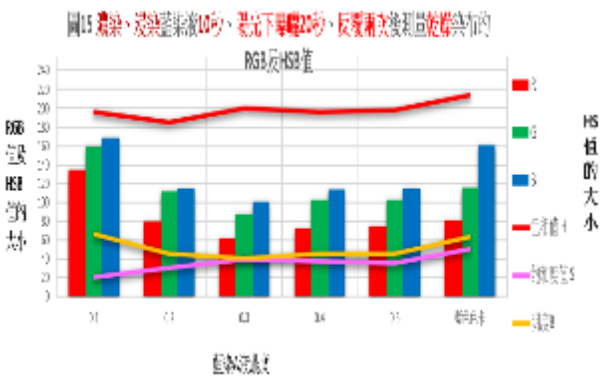
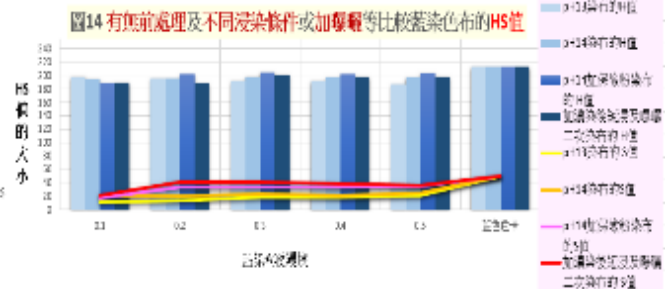
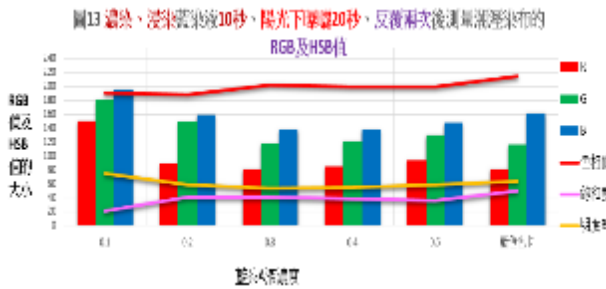
浸染後乾布的色相值 H 均比藍色卡為小，呈現淺藍色；飽和度值 S 也比藍色卡的為小，藍

染 A 液濃度愈高，飽和度值也愈多，分析圖示如下：





由圖示可知色相值 H° 與飽和度 $S\%$ 比較均為： $pH14$ 與保險粉 1:1 $> pH14 > pH13$ 。



有濃染前處理、反覆曝曬色相值 H° 與飽和度 $S\%$ 均有提高。

5. 綜合以上圖示分析，染布時需隨時檢測藍染液的溶解度，變因有酸鹼性大小(以廣用試紙檢測需呈藍紫色)、保險粉是否需添加(色布在液中未呈藍綠色)、還有提高藍染時氧化的速率(曝曬)等。

三、不同藍染巾長度的藍染動力研究

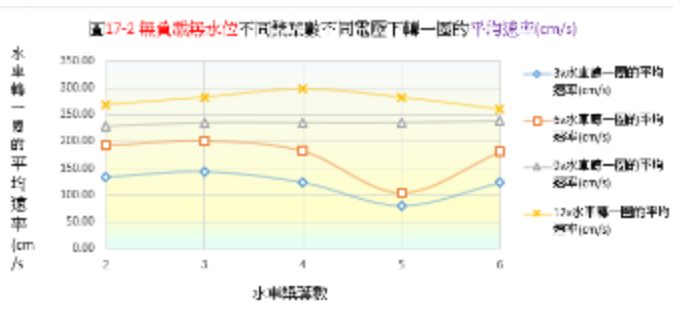
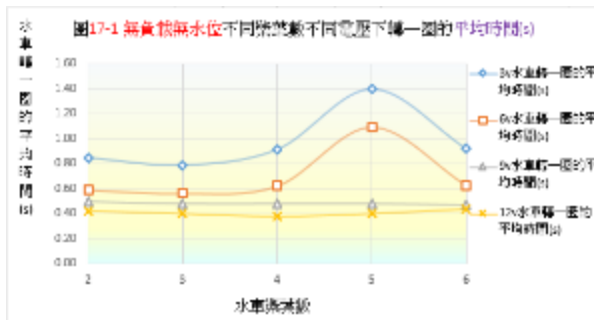
1. 藍染技法中有很多綁染，一堆綁布浸在缸內很容易認不出來，又要拿夾子夾起來，戴手套把未綁的地方打開氧化，所以，乾脆設計把綁染作品固定在水車槳葉上，未綁的地方也可以先拉開，尤其是負載布料在水車內浸染時還原、出水時在空氣中氧化時間及速率的比較，希望能比較出效能較佳的操作設計模式。

2. 水車液面上氧化速率與液面下還原速率的推算

(1) 零水位，無氧化及還原速率的區別，只是純水車速率的運算。

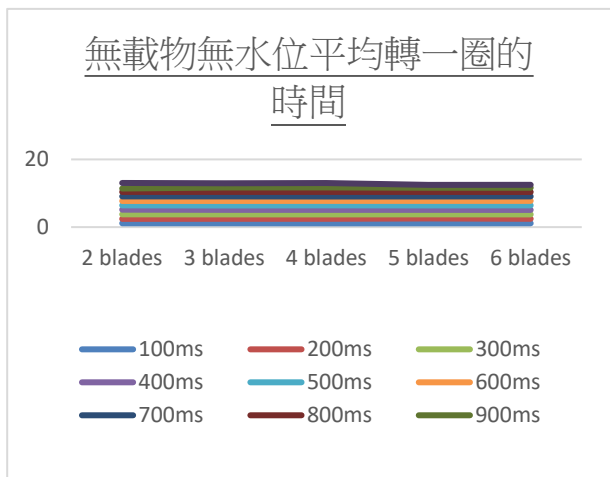
(2) 低、中、高水位水車運轉速率就明顯愈來愈小，尤其每槳均綁上一負載物更是如此。

(3) 為了提高染布的染色效能，我們試做藍染時發現染布氧化的時間應比染布還原吸附的時間要長些才能更好的定色，也為了節省染液量，進行了以下藍染動力的實測結果。

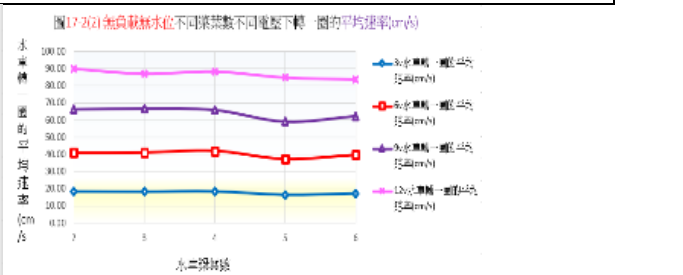
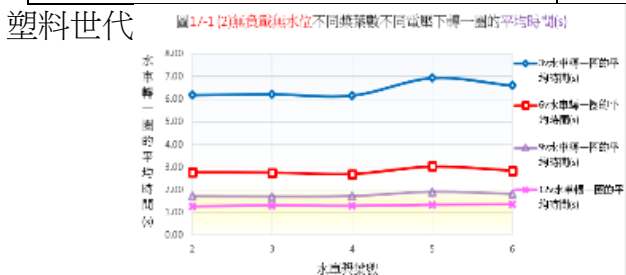
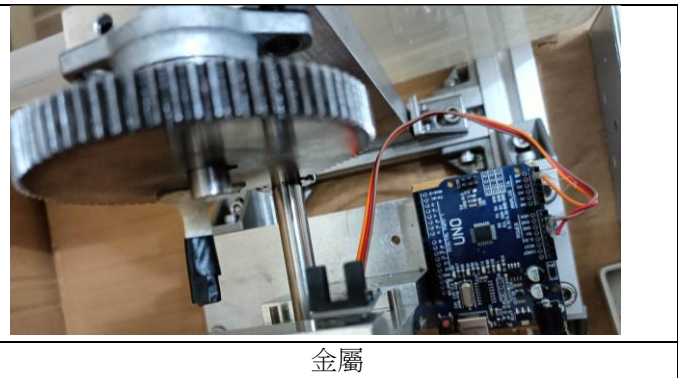
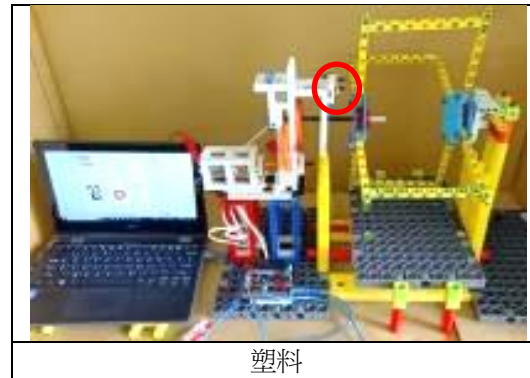


結果塑料五槳水車運轉一圈的時間較六槳為多，我們檢查水車結構時發現，五槳的槳葉間的角度有偏差，檢測旋轉時略有偏心移位情形，應重新校準五槳的接合角度才行。

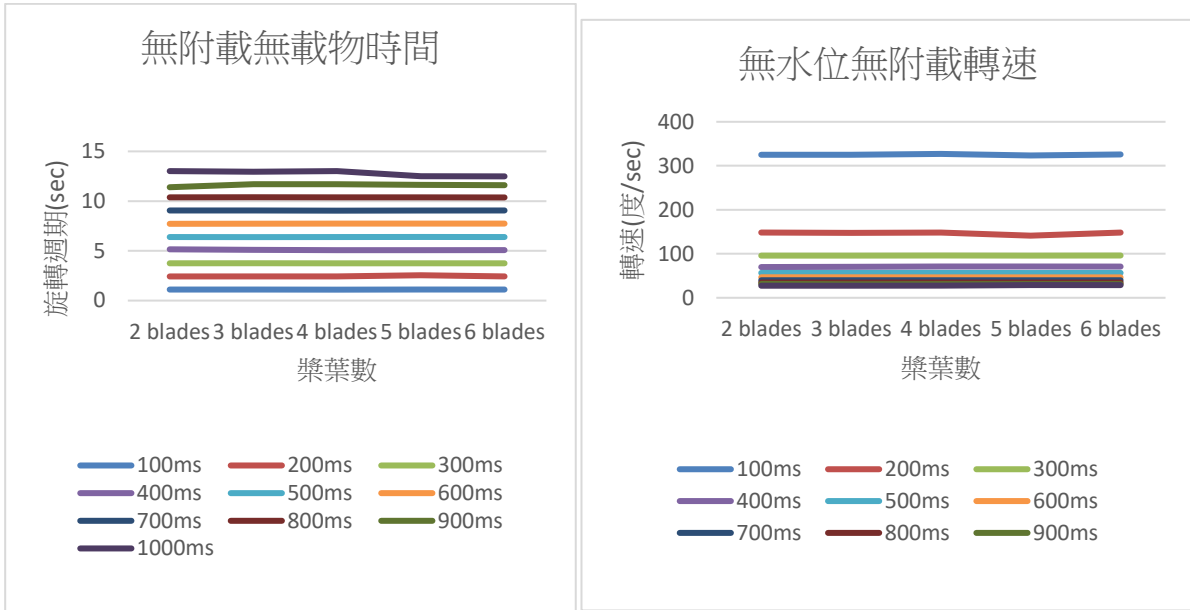
(4)在金屬世代中我們測出的數據如下，由此可以判斷槳葉的接合狀況是精準的，因此可以拿掉五槳的誤差限制。



(5)光遮斷感應器量測無載物無水位二槳至六槳的每一圈運轉時間

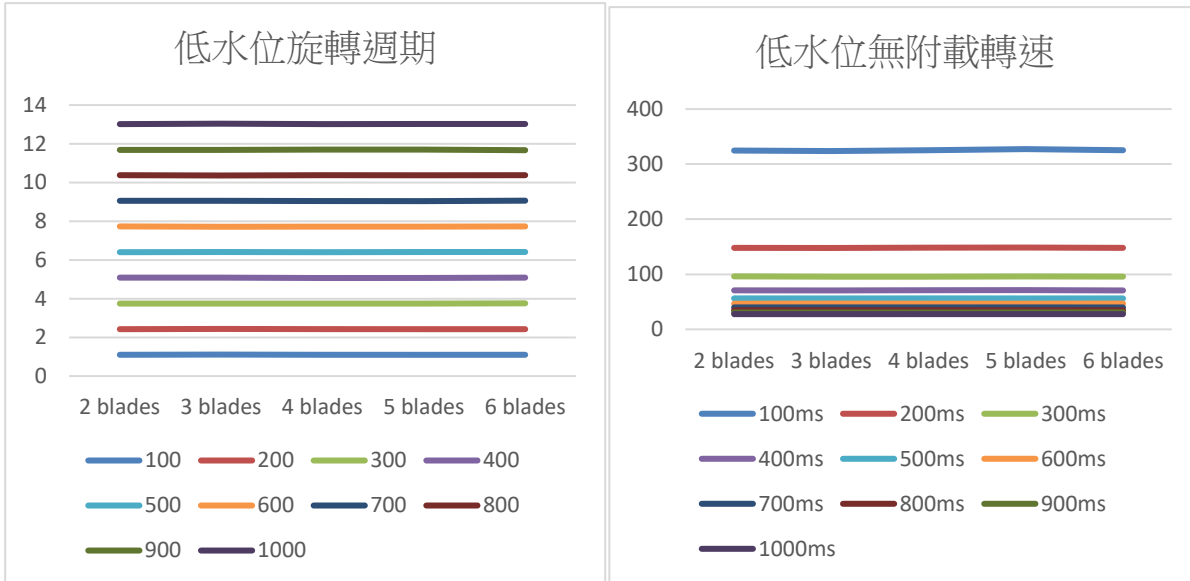


金屬世代



由此可知，金屬的精準性以及穩定性也比塑料來的更高。各水中運轉每圈由連續量測 10 次的標準差不到 1 可知，非接觸式的光遮斷感測器可精準量測水車運轉時間。同樣的，若水車有負載或有高中低水位，同樣可用兩個光遮斷感測器或用霍爾磁感測器分開量測每個水車入水及出水的精準時間差。

3. 由於過去在不同槳葉上有大量誤差已經被改進，因此在這一次就不再討論一次

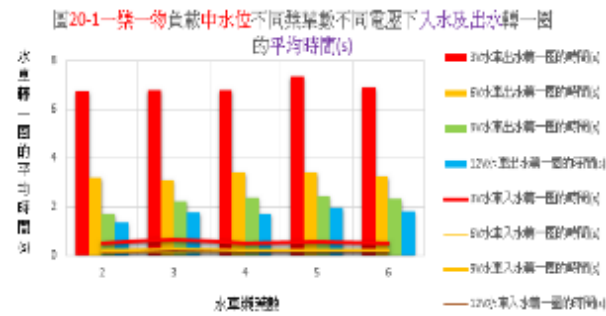


4. 由之前的結論我們知道 $\theta = \cos^{-1}\left(\frac{17.5-x}{17.5}\right)$

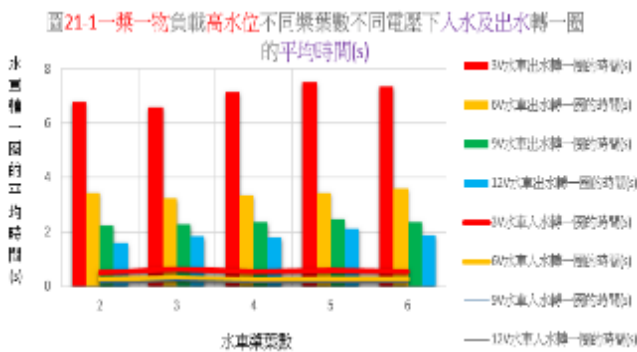
則水面下時間: $t_{downward} = t \times \frac{2 \times \theta^\circ}{360^\circ} = t \times \frac{2 \times [\cos^{-1}\left(\frac{17.5-x}{17.5}\right)]^\circ}{360^\circ}$, $t = \text{一圈週期}$

以及水面上時間: $t_{upper} = t \times \frac{360^\circ - 2 \times \theta^\circ}{360^\circ} = t \times \frac{360^\circ - 2 \times [\cos^{-1}\left(\frac{17.5-x}{17.5}\right)]^\circ}{360^\circ}$
就可清楚的得知。

5.因為低水位，入水圓周長 $113/6\text{cm}$ ，出水圓周長 $113*5/6\text{cm}$ ，所以，出水時間均 $>$ 入水時間。

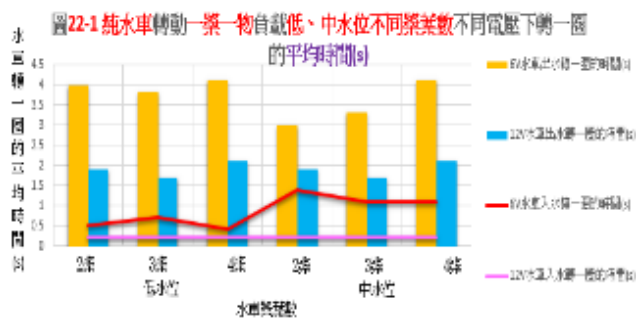


6.中水位，入水圓周長 $113/5\text{cm}$ ，出水圓周長 $113*4/5\text{cm}$ ，出水時間均 $>$ 入水時間。



7.高水位，入水圓周長 $113/4\text{cm}$ ，出水圓周長 $113*3/4\text{cm}$ ，出水時間均大於入水時間，入水轉速均大於出水轉速。

8.實驗三~七比較水車的轉速差異外，最主要的是要比較出不同水位過水負載物的藍染染色效能，看看是否驗證假設的藍染在液中的還原速率，比在液外的氧化速率快，希望能找出最佳水車運轉速率及水位高度比，經以上實驗結果，我們先選定 6V 和 12V 電壓，二~四槳水車繼續做不同藍染巾長度的藍染動力的探討。



四、藍染水車的氧化還原變換速率與鑑色的比較

我們已經掌握藍染時，在染缸內的時間和晾在外面曬衣架上的時間短，所以，水缸內水位高低影響缸內還原及缸外氧化的條件，推測這兩者時間應該要不同才是！

1. 純水車有負載一槳一物，中、低水位，出水時間均>入水時間，動力電壓愈大，轉速愈大，12V 不管槳葉數及水位高低均為入水轉速>出水轉速；6V 低水位為入水轉速>出水轉速，中水位則入水受阻較大，馬達動力不足，反而是入水轉速略小，由此可知，水位愈高，動力電壓應加大，使出水轉速變小，氧化反應時間較長，有利於吸附於布料上的靛藍固著。
2. 六槳葉水車加順逆動力轉軸機構藍染長巾動力電壓愈大，出入水的時間愈小、轉速愈大，最重要的仍是出水氧化時間都比入水時間長，出入水轉速呈現平穩接近的狀態。

圖24 低水位六槳水車 6V 電壓 長巾負載物 轉動不同圈數 藍染後色布 RGB 值及 HS 值的比較

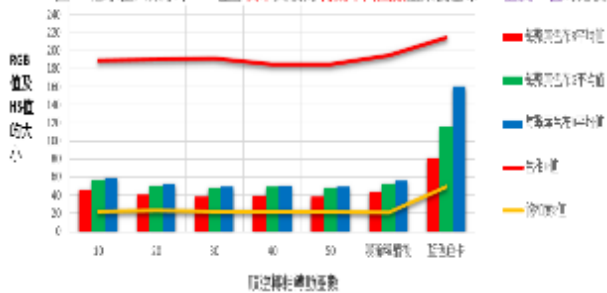
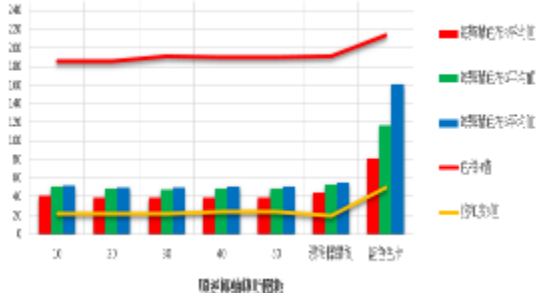


圖25 低水位六槳水車 12V 電壓 長巾負載物 轉動不同圈數 藍染後色布 RGB 值及 HS 值的比較



3. 低水位六槳葉水車加順逆 6V 動力轉軸機構藍染長巾 10~50 圈的 RGB 值非常接近，圈數愈多，飽和度才略增加一點點，所以，轉動圈數不需到 50 圈就可以將 377cm 的長巾染出均相的效果！我們發現，從染布的外觀來看，顏色是藍色的，B 值均與標準色卡的色相值接近，且看起來頗深的，RGB 換算的色相值 ok，但飽和度 S 卻比藍色卡的低不少，我們決定繼續往下做，再看看結果如何。

圖26 低水位二槳水車 6V 動力 藍染巾 負載物 轉動每轉動五圈後色布 RGB 值及 HS 值

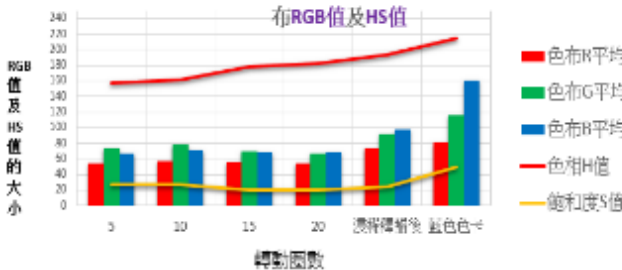


圖27 低水位二槳水車 12V 動力 藍染巾 負載物 轉動每轉動五圈後色布 RGB 值及 HS 值



圖28 低水位三槳水車 6V 動力 藍染巾 負載物 轉動每轉動五圈後色布 RGB 值及 HS 值

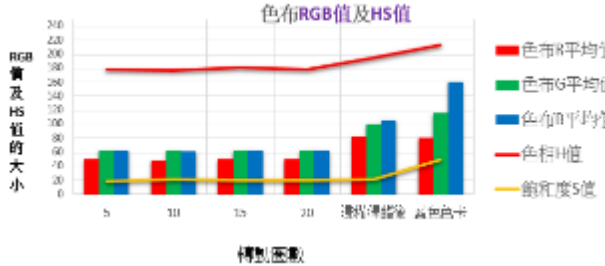


圖29 低水位三槳水車 12V 動力 藍染巾 負載物 轉動每轉動五圈後色布 RGB 值及 HS 值



圖30 低水位四槳水車 6V 動力 藍染巾 負載物 轉動每轉動五圈後色布 RGB 值及 HS 值

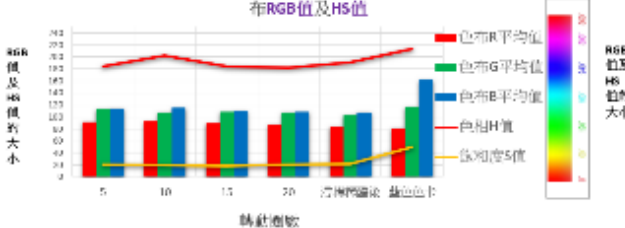
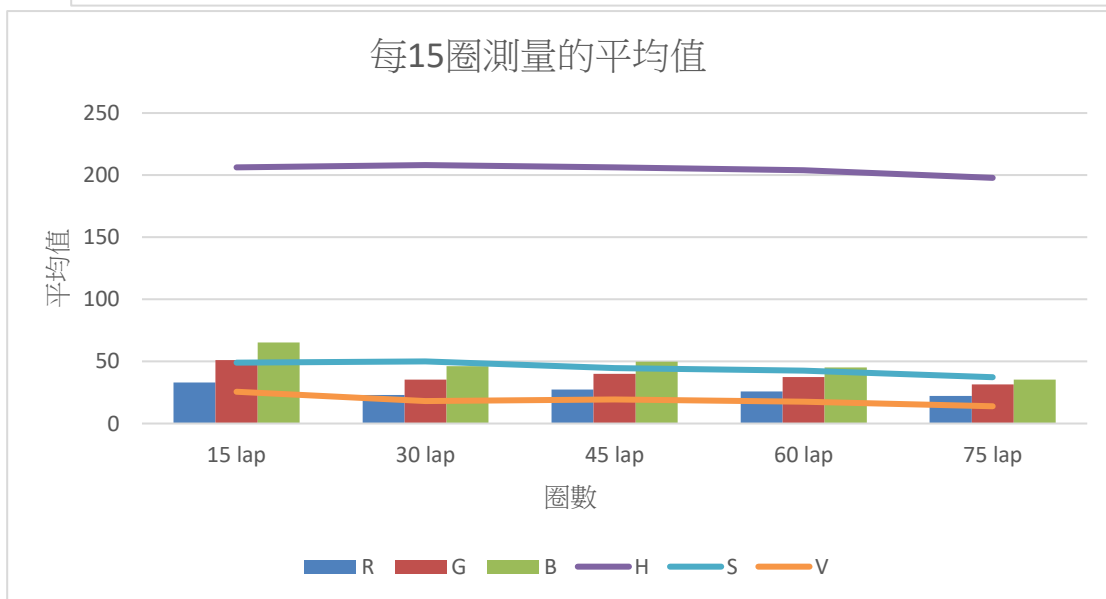
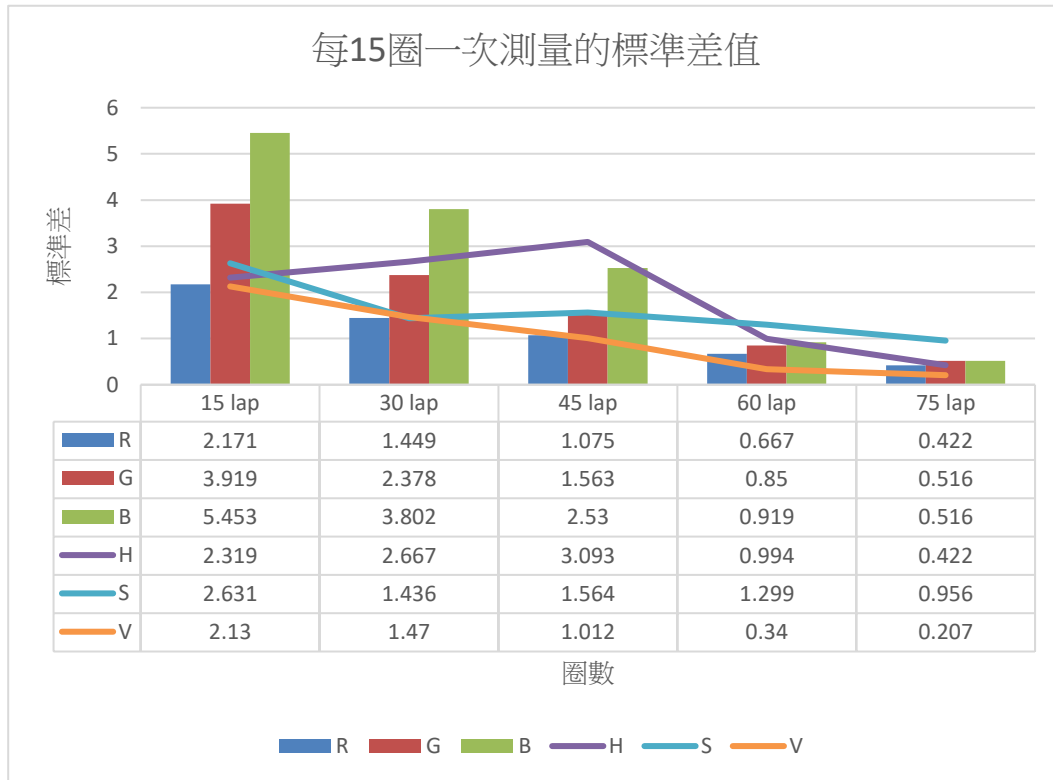


圖31 低水位四槳水車 12V 動力 藍染巾 負載物 轉動每轉動五圈後色布 RGB 值及 HS 值



4. 不管是二槳葉、三槳葉還是四槳葉，6V 及 12V 動力水車藍染的飽和度均呈現緩升的現象，色相值標準藍色卡數值比藍染巾略高，分析藍色色卡的 B 值 > G 值 > R 值；藍染巾則 B 值與 G 值接近，且兩者均結果 > R 值，與研究四相同。
5. 更新為金屬水車後我們重複了之前塑料的實驗，數據如下：



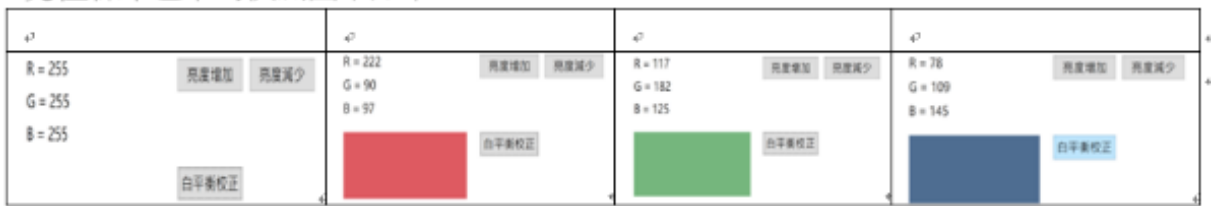
我們清楚的觀察到標準差隨著圈數增加而降低，而 RGBHSV 值全都隨著減少。在金屬世代我們將所有的實驗重複後皆可看到更加精準、完美的數據。

五、增加風速或溫度加速藍染氧化定色之鑑色比較

- 1.布最後是要變藍色的，所以，氧化變藍的定色至關重要，如果在染缸外能快速氧化增加染布的吸附量，我們覺得增加風速或增加溫度或許是一種可以嘗試的方法。
- 2.我們回頭查看第 19 頁的黑、藍色校正卡發現，染布的外觀明明呈現深藍色的，為何飽和度 S 卻比藍色卡的低？從黑色和藍色校正卡數值來看，我們偵測的 RGB 應是介於黑色和藍色校正卡數值之間，而且以前校正卡測量的藍色與現在測量的藍色數值有些差異，我們應每次測量樣本本色布時，藍色卡也校正為亮度減少，是不是就會更接近我們需要鑑色的都查一下是否 **B 值**均與標準色卡的色相值接近，且看起來頗深的，換算的色相值 ok，但飽和度不少，我們決定繼續往下做，再看看結果如何。

以前黑色校正卡	以前藍色校正卡	現在黑色校正卡	現在藍色校正卡
R41、G48、B48	R50、G73、B101	R68、G80、B76	R78、G109、B145

現在標準色卡的偵測圖示如下：



因染布為深藍色的，所以，我們連續偵測黑色藍色標準色卡兩次，圖示如下：



再與有無增加風速或溫度加速藍染氧化定色之鑑色比較圖示如下：

圖32 不同風速下低水位四葉葉水車負載一葉一物在12V下轉動十圈藍染色布的RGB值及HS值的鑑色比較

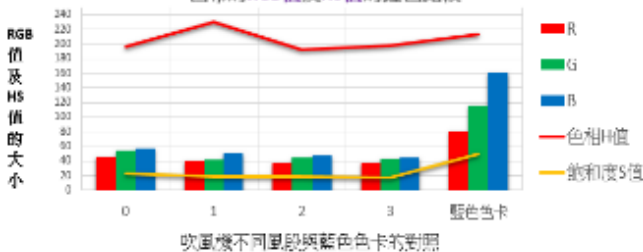


圖33 無風、冷熱風不同溫度下低水位四葉葉水車負載一葉一物在12V下轉動十圈藍染色布的RGB值及HS值的鑑色比較

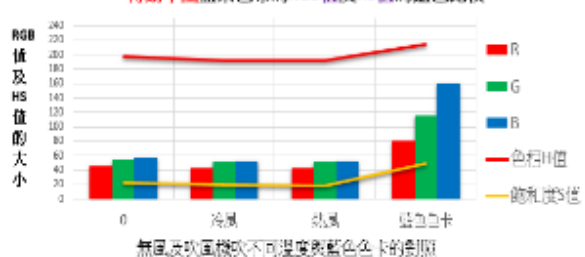
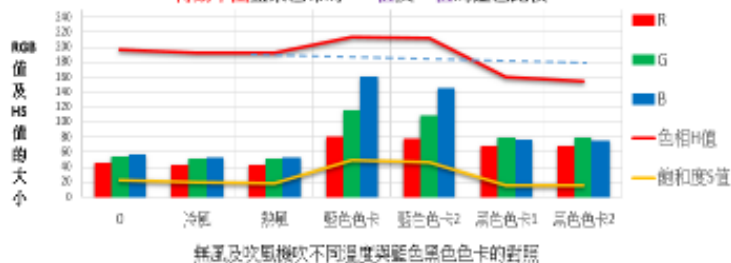


圖34 無風、冷熱風不同溫度下低水位四葉葉水車負載一葉一物在12V下轉動十圈藍染色布的RGB值及HS值的鑑色比較二



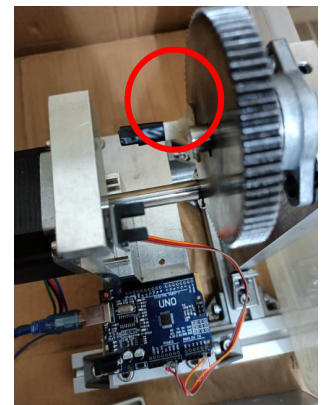
結果與我們所推論的一樣，黑色色卡的飽和度與我們藍色染布接近，也就是說，使用GY33感測器鑑別色布時，可調整亮度的增減，鑑別染出不同深淺的藍染布。

陸、未來展望

在這些實驗中，我們能看到數據正不斷的往更加精準的方向呈現，或許我們可以使用方程式來敘述某個 RGB 或 HSV 值的色布所需要的變因，據此即可實現快速、民生、客製化的藍染，然而因為目前水車對於藍染的技巧沒辦法完全克服，導致有些染法還做不到，而且重量、價格依然過重，造成攜帶不便、取得不易，而且對於絲巾等易被破壞的布料時這樣的張力可能會破壞布體，這些都是未來能有所改進的地方。

柒、結論

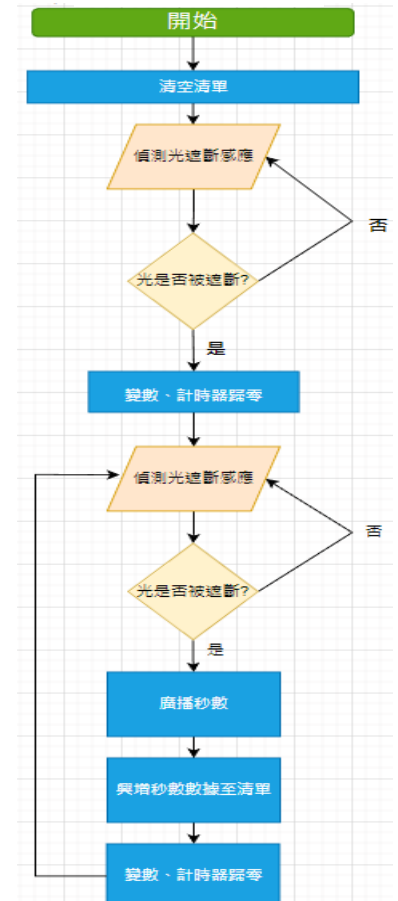
1. 傳統的藍染或半傳統建藍用保險粉發色，還對著染缸邊攪拌邊打入空氣的建藍工序應是產生更多藍泥沉澱物的主因。
2. 因為，我們發現靛藍在水中的溶解度是低的，要提高其溶解度可以：
 - (1)加還原劑，靛藍必須先經過連二亞硫酸鈉(保險粉)提供的電子還原產生可溶性的靛白而溶解度提高，這樣才能讓染布吸附住染液，否則呈氧化微粒的靛藍是無法上色的，一旦顆粒變大或因攪拌擾動，就呈沉澱的沉積物落在底部了。
 - (2)染液的 pH 值，由研究二之(二)染布試樣的鑑定可知，提高 pH 值至 14 會比 pH13 對藍靛的溶解度較大，染出的色布也較深，只是鹼性這麼強，對無法忍受強鹼的其它布料，例如絲質布料而言，就不利了，所以，我們在研究二之(一)藍染液不同濃度的定量中，以加弱酸性的保險粉稀釋高濃度的藍靛液，畫出的檢量線相關係數大都在 0.9 以上可見一般。
 - (3)提高溫度，我們在浸染又曝曬(提高氧化的速率)連續兩次染出的色布樣發現，色布呈現的藍色更明顯。
3. 染布鑑色儀組裝 GY-33 顏色感測器，經白平衡校正後，可以快速測出色布上同樣區塊面積的 RGB 值，再利用線上顏色代碼轉換工具，轉換成 HSB 值來分析染布的色相度、飽和度%及明暗度%。
4. 我們從實際參加學校的藍染活動中，已經掌握藍染時，在染缸內的時間比晾在外面曬衣架上的時間短，也就是說，水缸內水位高低影響缸內還原及缸外氧化的條件，而這兩者時間應該要不同！
5. 我們成功的自製二~六槳葉水車的動力積木機械裝置，加入順逆轉軸的動力輪替(設計正反轉的切換開關或用六段電源供應器)，找出最佳水位高度及水車還原、氧化運轉時間及速率，不僅可因應藍染技法中有很多綁染，短巾，染出滿意的藍巾，不算前處理準備及後續裝置清洗，酸中和等，只需 3~5 分鐘時間即可完成；若要染長藍巾，時間也可以在 5 分鐘之內完成，而且無傳統中間多次清洗的藍水對環境的污染，在後期成功打造金屬製水車提升運行精度。
- 6.水車運轉的時間測量及轉速運算：每台水車上一塊強力磁鐵，每次通過支架上非接觸式的霍爾磁感測器做計時記錄，電腦連接 Arduino 板子，開啟 Arduino 介面，以 m-Block 圖塊程式設定每偵測到標記物即開始記錄時間，程式上傳後，將運算數據表貼至 Excel 表中，運算每次與下一次的時間差，即可由圓周長除以時間，算出轉速。



7.同樣的，我們也可用電腦連接 Arduino 板子，將非接觸式的光遮斷感測器與水車支架接上，設定 m-Block 程式，當標記物穿越光遮斷感測器中間的狹縫時，讀取入水的時間數據，測試流程如右圖示。

8. 我們由鑑色比較增加風速或溫度是否可加速藍染氧化之定色，目前的結論是可行的！

第三代流程圖



捌、參考文獻

1. 臺灣化學教育(2017)。當藝術遇見化學:藍染魔法與化學神功的融合交會。
2. 建藍工序 <https://goo.gl/XMY4zZ>。
3. 馬毓秀(2008)。四季繽紛草木染。台北:遠流。
4. 光敏電阻遇光的電壓變化值測定
http://blog.ncue.edu.tw/sys/lib/read_attach.php?id=19286。
5. RGB 到 HSV 顏色轉換 <https://www.rapidtables.org/zh-TW/convert/color/rgb-to-hsv.html>。
6. 惡魔急凍管-馬克士威妖
<https://www.youtube.com/watch?v=syu6SM7X8yU>。
7. 郭珈妤等(2020)色變~藍靛粉的山水風情畫 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會,中市。
8. 郭珈妤等(2021)色變~移印幻影-著墨於儀 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會,中市。
9. 自然第三冊第 2-2 水溶液-飽和溶液與溶解度 康軒文教事業。
10. 自然第四冊第 8-2-2 氧化還原反應的應用 康軒文教事業。
11. 國中自然課本第四冊力的單元 康軒文教事業。
12. 國中第五冊功與能、能量轉換、第四章 基本電路 康軒文教事業。
13. 國中第六冊電磁感應 康軒文教事業。
14. 羅聖祺(2019)。水輔助可見光催化吲哚合成 2,2-二(3-吲哚基)-3-吲哚酮。國立中正大學化學暨生物化學研究所。
15. 鄭莉婷(2019)。吲哚的可見光光氧化還原催化 和全合成 (±)-馬美通。國立中正大學化學暨生物化學研究所。
16. 邱琍貞(2012)。藍染 DIY 操作箱之設計與應用。國立臺北教育大學數位科技設計學系。
17. 蕭翔文(2009)。影響本土固氮螺旋菌生長、固氮活性及吲哚乙酸產出因子之研究。朝陽科技大學應用化學系碩士班。
18. <https://pansci.asia/archives/57207> (2023/01/02) 瀏覽。
19. <https://www.sow.org.tw/blog/20191111/7032> (2022/10/17) 瀏覽。
20. <https://student.hlc.edu.tw/action/report1/59/20211008090833390.pdf>
藍藍路—兼具實用性及安全性之藍染研究 (2022/10/19) 瀏覽。
21. 計畫名稱:以永續性觀點探討客家藍染技術在產業應用之研究
https://www.hakka.gov.tw/File/Attach/39757/File_75796.pdf (2022/10/19) 瀏覽。
22. Lin GH, Chen HP, Huang JH, Liu TT, Lin TK, Wang SJ, Tseng CH, Shu
23. HY. Identification and characterization of an indigo-producing
24. oxygenase involved in indole 3-acetic acid utilization
25. by *Acinetobacter baumannii*. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 2012
26. May;101(4):881-90. doi: 10.1007/s10482-012-9704-4.
27. Scott JC, Greenhut IV, Leveau JH. Functional characterization of the
28. bacterial iac genes for degradation of the plant hormone indole-3-acetic acid. *J Chem Ecol*. 2013 Jul;39(7):942-51. doi: 10.1007/s10886-013-0324-x.

【評語】 100036

1. 本文自製鑑色儀器，以白光照射吸光儀，讓光敏電阻感光後，測量一般電阻電壓大小，以不同濃度製作檢量線比較染液濃度；染布鑑色儀以 GY-33 顏色感測器校正後，快速測出色布上同樣區塊面積的 RGB 值，再利用線上顏色代碼轉換工具，轉換成 HSB 值來分析染布顏色。
2. 染布動力的部份，把一直都是用塑膠積木製作的二~六槳水車更新成金屬，然後再次比較出不同水位負載物的氧化及還原轉速，希望能找出最佳水車運轉速率及水位高度比，為了因應長度較大的藍巾，水車轉動還加入程式控制順逆轉軸的動力輪替。最後，比較增加風速或溫度可否加速藍染氧化之定色，讓精準快速的藍染文化成為可能。
3. 更進一步的實驗設計與參數優化，是自動化生產的必備關鍵。本研究因牽涉變因較多，宜先採初步設計，篩選顯著因子，再作細部設計，以建構完整的系統模型。