

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(一)科

佳作

082812

烘出新濕度 - 智慧 3D 列印線材存放箱

學校名稱：澎湖縣馬公市中正國民小學

作者：	指導老師：
小六 許予嫣	項志偉
小六 許智鈞	洪常明
小六 張顥玄	
小六 洪子媗	
小五 洪翊宸	
小六 林子芹	

關鍵詞：3D 列印線材、溫濕度控制、Arduino

摘要

潮濕的 3D 列印線材會導致 3D 列印品質不良和失敗問題，我們將存放箱、防潮材料、加熱除濕等方式導入實驗變項，我們使用 arduino 開發板搭配 DHT22 溫濕度計量測數據發現：

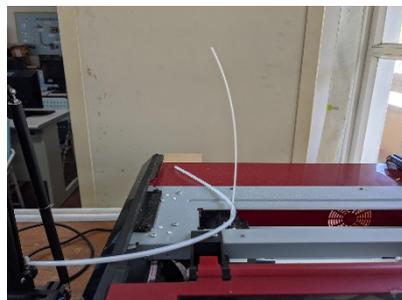
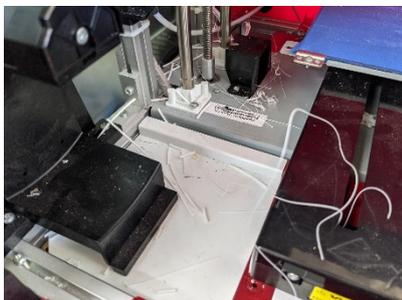
1. 塑膠存放箱內的濕度相對比紙箱和開放空間低
2. 塑膠箱中防潮材質以乾燥劑的濕度最低
3. 有鋪設鋁箔紙的塑膠箱中，在加熱效果相同的條件下溫度較高
4. 塑膠箱中的溫度相對越高，濕度相對越低

根據以上，我們將有效的變項融入我們的 3D 列印線材存放箱設計，除了加入即時溫濕度環境介面，同時套用鋁箔紙鋪面、乾燥劑和加熱法來有效控制存放箱濕度。確保 3D 列印線材可以保持乾燥狀態，最終達到我們研究目的：解決 3D 列印品質問題。

壹、研究動機

隨著科技時代的演進，3D 列印這項科技已經漸漸普及到我們的生活中，學校也被這股新潮流影響引進了幾台 3D 列印機，雖然列印的時間稍稍長了點，不過創作作品時可以更準確，而且可以及時修正再列印，對於身為 maker 的我們是一件很方便、有效率的工具。

台灣是位於亞熱帶氣候的潮濕島國，我們常用的 3D 列印線材 PLA 吸濕性很強，能以很快的速度在潮濕環境中吸收空氣中的水分。潮濕的線材可能導致很多 3D 列印不良和失敗問題，例如噴嘴堵塞、粗糙或者粒狀表面紋理，最常影響我們的問題是列印線材因為受潮而斷裂，所以常常需要花費更多的時間清理、換線，斷裂廢棄的線材已經不能再使用，同時也造成了浪費。



貳、研究目的

根據前面一個章節所列舉，我們大概知道「潮濕」是造成 3D 列印線材斷裂的原因，所以降低濕度使線材保持乾燥，是解決 3D 列印線材保存最直接的方法，如果可以隨時知道環境中的濕度變化，並且可以控制濕度就更棒了。因此我們的目的是研究、設計一款適合保存 3D 列印線材的智慧除濕箱，我們希望它可以偵測濕度，如果濕度太高就讓除濕箱啟動機制，讓濕度下降到適合保存 3D 列印線材的環境，解決線材斷裂和 3D 列印不良的問題。

我們預想的研究目的大致上如下列：

1. 開放空間或是小型密閉空間濕度是否相同？
2. 小型密閉空間內哪種防潮材料較為有效？
3. 加熱除濕對於除濕的效果如何？
4. 設計一個適合置放 3D 列印線材的儲存箱。

參、研究設備及器材

一、工具

Arduino nano(開發板)、DHT22 溫濕度感測器、電子秤、剪刀、錫槍、USB 加熱片、繼電器、麵包板、5v 變壓器、TTGO t-display(開發板)、剝線鉗



二、材料

藍色矽膠乾燥劑、棉袋、紙箱、粉筆、木炭、硅藻土、錫箔紙、雷射紙、黑色壁報紙、膠帶、塑膠儲物箱、0.6mm 單芯線、錫絲



三、軟體

Arduino IDE、Visual Studio IDE、Google 試算表

肆、研究過程或方法

一、相關研究或設計

我們的研究問題是關於 3D 列印線材如何有效保存，所以資料的研究先從 3D 列印線材的性質開始，然後是台灣環境濕度的記錄，最後是降低濕度材料、方法。

(一) 歷屆研究

我們的研究主題在歷屆科展中未有類似作品。

(二) 網路的資源

1. PLA

PLA (Polylactic Acid 聚乳酸) 是桌上型 3D 列印機中最常用的材料選擇，無需加熱平台。因為 PLA 容易列印、價格便宜，是當今市面上最環保的線材之一，材質來自玉米和甘蔗等農作物，可再生、可生物降解。¹

PLA 是一種易於吸水的熱塑性塑膠。也就是說，它非常易於吸收大氣中的水份。極少水氣的存在會導致 PLA 在加熱過程中發生水解。出現水解會改變 PLA 的熔化流動性及結晶速率，PLA 的機械性能會下降，最終產品的品質也得不到保證。²

2. 環境濕度

根據中華民國交通部中央氣象局在 1991-2020 年月平均資料，澎湖地區的平均相對濕度約 80.4%。³

一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	平均
78.7	80.7	80.0	80.9	82.8	85.2	83.6	84.4	79.6	75.2	76.8	76.8	80.4

中華民國交通部中央氣象局-氣候月平均相對濕度

3. 防潮材料、方法

生活中常見可以防潮的材料有木炭、咖啡渣、洗衣粉⁴、小蘇打粉⁵、粉筆⁶，市售花費相對昂貴的防潮材料有強調無毒、安全的水玻璃⁷、珪藻土⁸。

最廣為大眾所知的除濕方法就是除濕機，除濕機是將空氣中的水分冷凝成水珠，變成乾燥的空氣排出機外，另外一種除濕方法則是加熱除濕，原理是加熱讓水氣蒸發，對於局部乾燥效果較好。⁹

¹ 【3D 列印材料】3D 列印線材比較指南 <https://3dprint.com.tw/news/3d-printing-different-kinds-filaments-guide>

² 包裝行業環保材料 PLA 簡介 https://www.shini.com/ep_edm/tw/contact_146.html

³ 中華民國交通部中央氣象局-氣候月平均 <https://www.cwb.gov.tw/V8/C/C/Statistics/monthlymean.html>

⁴ 【清潔小妙招】對付濕氣、霉味的省錢三法寶 <https://www.boxful.com.tw/blog/00055/>

⁵ 5 個方法居家徹底防潮 <https://www.commonhealth.com.tw/article/68132>

⁶ 怕溼氣霉氣重「粉筆除溼劑」解煩惱 <https://www.ttv.com.tw/drama12/NewsScience/view.asp?id=188480>

⁷ 超強的水玻璃矽膠乾燥劑 <https://blog.xuite.net/case.lee/caselee/23888531>

⁸ 礦物塗料 2：珪藻土的迷思：能除濕嗎？能除甲醛嗎？ <https://www.courcasa.com/p/ejnN>

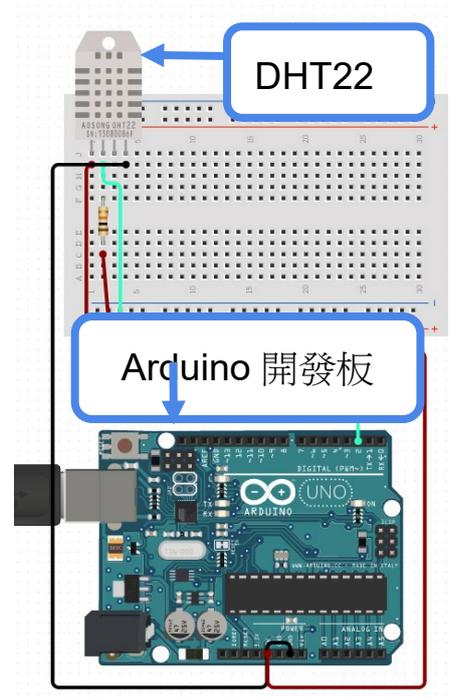
⁹ 加熱除濕和除濕機除濕有什麼區別？ <https://zhidao.baidu.com/question/136609924.html>

二、研究過程

(一) 濕度的量測和紀錄

為了要測量濕度作為紀錄，一開始我們有考慮使用濕度計作為量測工具，但是使用濕度計會面臨的問題除了量測的準度之外，如果要準確的紀錄濕度變化，我們需要長時間觀測並作紀錄。這對需要上課的我們根本就不可能實現，後來我們決定發揮 maker 精神，自己來做一組可以自動測量濕度的儀器。

根據我們在資訊課程所學習的內容，決定使用 arduino 搭配溫濕度感測器 DHT22 來量測紀錄我們的實驗數據，使用這些測量工具解決了我們兩個問題，第一個是它們可以長時間紀錄數據到電腦，第二個問題是溫濕度感測器的準確度可以達到小數點第一位，比起市售的濕度計僅有整數而言更加準確。



第一次我們連接 arduino 和 DHT22 準備量測濕度時，發現每一顆 DHT22 所輸出的數據相差太大，分別濕度 99%、85%、34%，但是當天(2020/12/24)中央氣象局的濕度大約在是 75%~80%(中午 12 時~13 時)之間，後來我們細細檢討，測試了不同電腦、不同開發板，最後猜測有可能是已經買來 3 年的 DHT22 生鏽導致失準，於是我們又從網路上買下新的 DHT22，重新安裝、測試後，終於不同的 DHT22 顯示數據差距在 1%左右，且與中央氣象局的濕度差不多。

到這裡 DHT22 的實驗裝置大致完成，為了讓實驗測試工具的誤差更小，原本我們預計是在每個 arduino 裝上一個 DHT22，我們將它改成所有的 DHT22 都連上同一台 arduino，並且在同一台電腦上紀錄數據，電腦可以在誤差幾毫秒準度上收集數據，更能有效的比較不同變項的差異。

(二) 乾燥珠-水玻璃對紙箱內濕度的影響

原本我們在存放 PLA 線材的存放箱就有放置乾燥劑，乾燥劑是現成的包裝，比較難測量精準的分量，所以我們在自然教室取得藍色矽膠乾燥劑¹⁰，然後再透過棉袋包裝的方式包裝藍色矽膠乾燥劑。

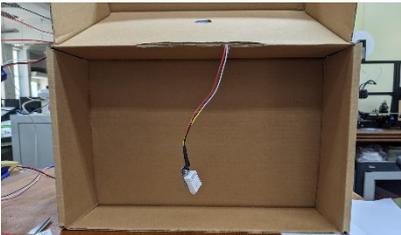
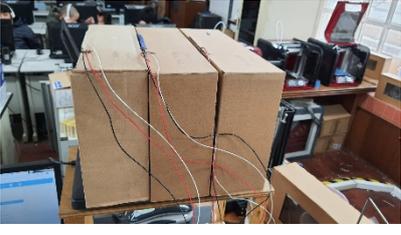
第一次的實驗我們使用電子秤分裝 20g、40g 的藍色矽膠乾燥劑到棉袋，設定三個紙箱(12cm x 40cm x 20cm)作為實驗環境，空箱子作為對照組，另外兩個箱子分別裝入 20g 及 40g 防潮珠棉袋做為實驗組。為了比對環境和紙箱的差距，我們另外在紙箱的外面放置一組 DHT22 作額外的觀察，方便比對存放紙箱中是否能有效阻隔濕度。

組別	實驗變項	控制變項	
實驗組	紙箱(12cm x 40cm x 20cm)	室內	
對照組	無紙箱		

開放空間與紙箱空間兩者的濕度比較

組別	實驗變項	控制變項	
實驗組	40g 藍色矽膠乾燥劑	紙箱(12cm x 40cm x 20cm)	
實驗組	20g 藍色矽膠乾燥劑		
對照組	無藍色矽膠乾燥劑		

不同重量乾燥劑對紙箱內空間的濕度影響

		
原本存放 PLA 線材的紙箱	設置為實驗環境的紙箱	藍色矽膠乾燥劑
		
使用電子秤量重量	棉袋分裝矽膠乾燥劑	插入 DHT22 偵測溫濕度

¹⁰ 乾燥劑 2-4mm 圓粒 https://shop.dechemical.com.tw/product.php?pid_for_show=4177

(三) 紙箱與儲物箱內濕度的差異

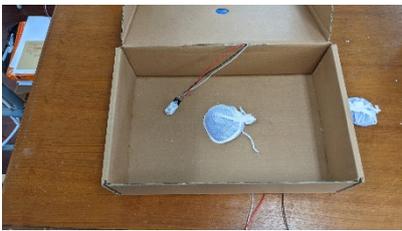
前一個實驗中我們將 20g、40g 的藍色矽膠乾燥劑分裝到棉袋，設定三個紙箱作為實驗環境，另外在設立一組偵測沒有箱子的開放環境。

首先我們發現紙箱內和紙箱外的開放環境的濕度有些微差距，濕度數據的差距雖然不多但是我們假定紙箱內的環境比起暴露在開放環境中好，再來乾燥劑作為變項的實驗中，我們發現有乾燥劑的實驗組，雖然沒有達到我們預期的效果，但是濕度數據確實有下降且慢慢趨於穩定的現象，且乾燥劑棉袋的重量越重，濕度下降的效果越好。

經過了前面的實驗，開放空間和紙箱中的差距不大，所以我們考慮使用市面上容易買到的儲物箱作為實驗環境，測試儲物箱阻絕濕氣的效果是不是比紙箱要好。已經證實有些為效果的藍色矽膠乾燥劑，在這個實驗裏我們同樣在實驗組和對照組中都放入 40g，作為相同的變項。

組別	實驗變項	控制變項	
實驗組	塑膠儲物箱	40g 藍色矽膠乾燥劑	
對照組	紙箱(12cm x 40cm x 20cm)		

不同材質的儲存空間對的濕度影響

		
準備相同重量乾燥劑	DHT22 安裝到儲物箱和紙箱	紙箱和塑膠儲物箱的實驗

(四) 不同的防潮材料對儲物箱內濕度的影響

在同樣是 40g 藍色矽膠乾燥劑的密閉環境下，塑膠儲物箱阻絕濕氣的效果約略比紙箱要好上一些，於是我們開始要探討不同防潮材料之間，到底誰對密閉空間的防潮效果較好，經過我們一番網路搜尋的結果和討論，我們決定用以下四種防潮材料，分別是學校容易取得的粉筆、自然教室現有的藍色矽膠乾燥劑、生活中常見的木炭和網路上評價不錯的硅藻土。

考慮不同變項材質的重量，我們以藍色矽膠乾燥劑一整包當作基準，因此每一樣材質的重量都設定在 200g，分別放入四個儲物箱中，待一段時間之後再將 DHT22 放入，最後再蓋上蓋子密封，開始偵測濕度。

組別	實驗變項	控制變項	
實驗組	粉筆 200G	塑膠儲物箱	
實驗組	木炭 200G		
實驗組	硅藻土 200G		
對照組	乾燥劑 200G		

不同防潮材料對儲物箱內濕度的影響

		
四種防潮材料	各種材料的重量為 200G	置入儲物箱中
		
準備 DHT22	將 DHT22 安裝到儲物箱	蓋上蓋子密封

(五) 不同加熱片對儲物箱內濕度的影響

測試了不同材質對儲物箱濕度的影響後，我們發現還是以藍色矽膠乾燥劑在儲物箱內防潮效果最好，粉筆雖然容易取得，但是防潮效果最差，幾乎和環境濕度相去無幾，硅藻土雖然網路上號稱防潮效果一級棒但是效果卻比木炭還要糟糕，木炭位居防潮材料第二名，不過仍與第一名的藍色矽膠乾燥劑有一段差距。

對於防潮除濕除了這些防潮材料外，還有兩個重要的方法，一種是除濕機的冷凝法，另外一種是加熱法。而冷凝法的技術門檻較高，相對來說加熱法除濕對我們來說比較容易做到，我們實驗時正值冬季，家中的幾項常見加熱的家電都是我們考慮的選項，像是吹風機的加熱絲、電水壺電加熱管、燈泡等，但是這些選項都是交流電的電器，而且我們的實驗都會長時間監控到隔夜，幾經考量我們嘗試用相對安全的寵物用加熱墊來加熱儲物箱內的溫度，看看溫度上升對儲物箱內濕度的影響。

不過，我們第一次的加熱實驗以失敗告終，經過我們後來的一番討論，第一次實驗時的加熱片溫度調節我們設定在中，所以溫度的上升並沒有預期的多，因此第二次的實驗我們將溫度調節調整為『高』，再嘗試以 DHT22 同時紀錄溫度和濕度兩個依變項，觀察比較溫度和濕度之間相互影響的關係。

組別	實驗變項	控制變項	
實驗組	PPTC USB 保溫加熱片 (16cm x 20cm 10W)	塑膠儲物箱	
實驗組	PPTC USB 保溫加熱片 (6cm x 20cm 6W)		
對照組	無		

不同加熱片對儲物箱內濕度的影響



(六) 不同保溫材質對儲物箱內濕度的影響

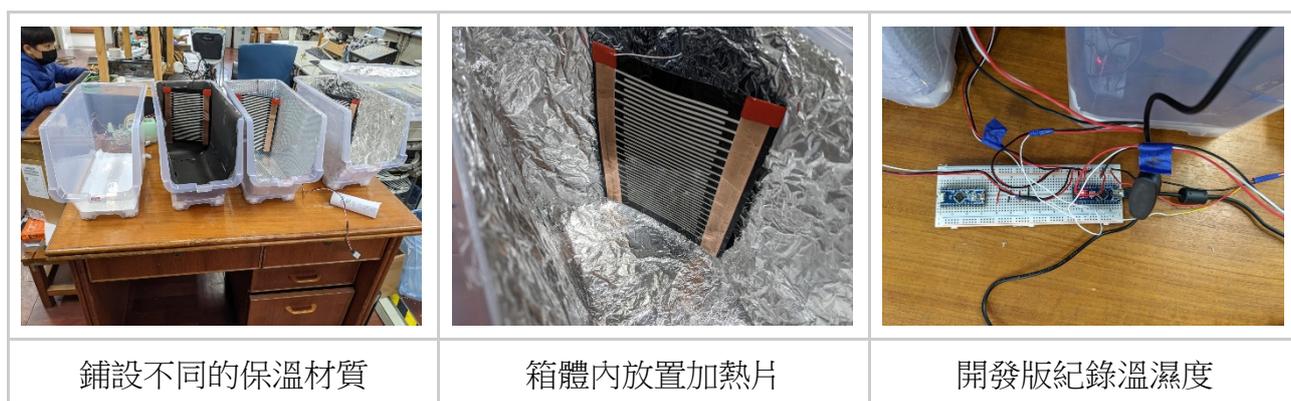
前一項實驗的結果將溫度調節調整為『高』後，成功蒐集到溫度上升的數據，而且溫度上升的越多實驗環境，濕度下降的程度也約多，但是我們並沒有因此感到滿意，實驗當天的環境溫度約在 22°C，兩個變項的最後溫度約在 24°C、26°C 左右，溫度上升的程度是否還有空間？

我們的自然課裡有熱對物質的影響，其中提到了三種熱的轉移方式，分別是熱傳導、熱對流和熱輻射，把這些轉移的方式考量到我們的研究環境中，我們的塑膠儲物箱的熱對流在密閉空間循環，但是熱輻射的能量因為沒有阻隔，有可能都穿透出儲物箱外，所以我們的這一項實驗決定針對熱輻射的保留做設計，我們考量了幾項材質，分別是廚房可以取得的鋁箔紙、有反光效果的雷射紙、和會吸熱的黑色壁報紙作為包覆的保溫材料，希望這些材料可以留著熱輻射的能量，讓儲物箱裡的溫度再上升一些。

這次的加熱器材全部改用加熱效果比較好的大 USB 保溫加熱片 (16cm x 20cm 10W)作為實驗的控制變項，實驗組鋪設鋁箔紙、黑色壁報紙、雷射紙，對照組不鋪設任何保留輻射熱的材質。

組別	實驗變項	控制變項	
實驗組	鋪設鋁箔紙	PPTC USB 保溫加熱 (16cm x 20cm 10W)	
實驗組	鋪設黑色壁報紙		
實驗組	鋪設雷射紙		
對照組	無鋪設		

不同保溫材質對儲物箱內濕度的影響



(七) 智慧 3D 列印線材存放箱設計

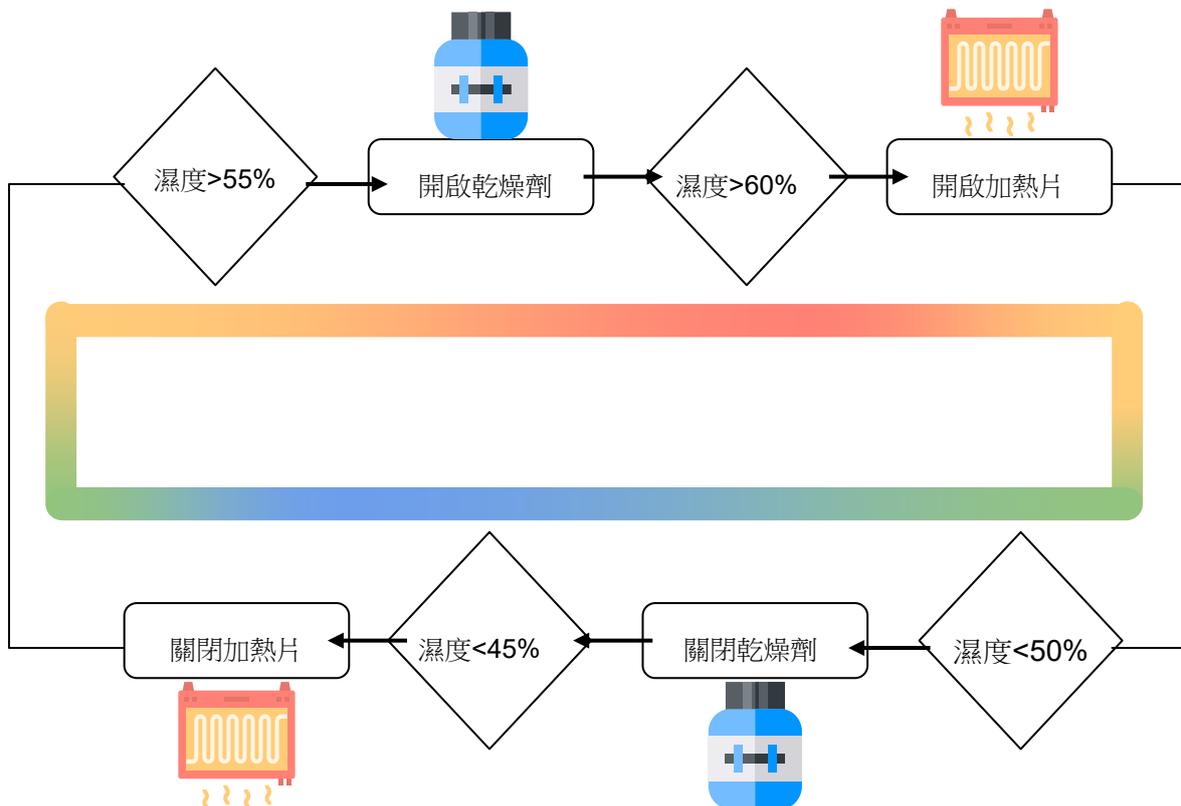
經過前面關於箱體、防潮材料、溫度對濕度影響等實驗，我們總結了幾樣對 3D 列印線材存放箱有利的環境設計：

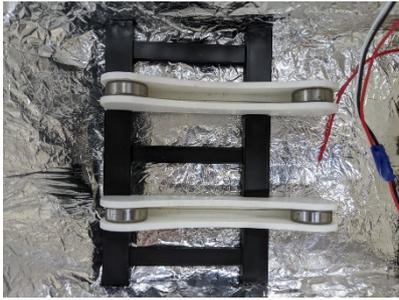
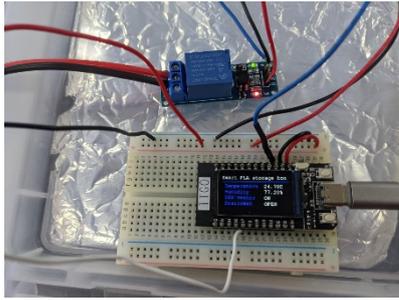
- 塑膠存放箱內的濕度相對比紙箱和開放空間低
- 塑膠箱中防潮材質以藍色矽膠乾燥劑的濕度最低
- 有鋪設鋁箔紙的塑膠箱中，在加熱效果相同的條件下溫度較高
- 塑膠箱中的溫度相對越高，濕度相對越低

根據上述的有效變項，我們開始著手設計適合 3D 列印線材的存放箱，經過我們一番討論，我們希望智慧存放箱有偵測溫濕度的功能，並且有即時監控的介面，方便我們知道現在箱體內的狀況。另外，針對溫溼度的控制方面，我們打算使用乾燥劑和加熱法雙管齊下，而箱體的內部則是全部鋪設鋁箔紙，增加熱能的效率。

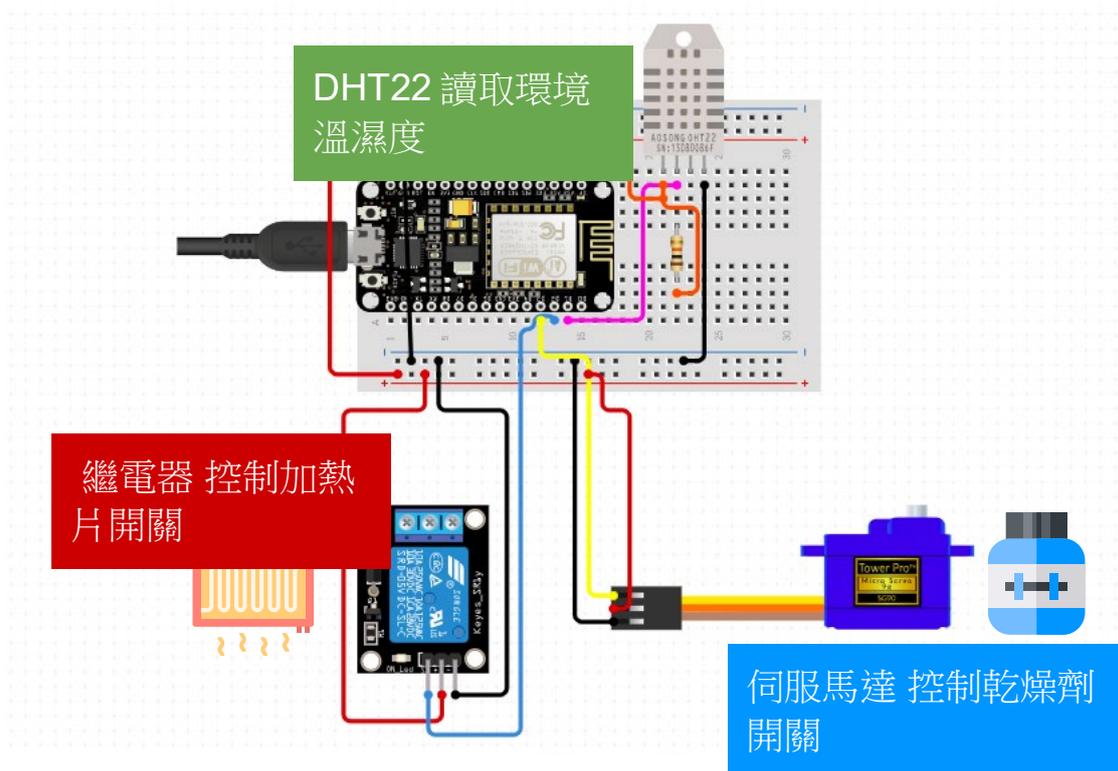
其中關於乾燥劑和加熱法的並用，我們有一些構想，我們打算以乾燥劑作為第一道降低濕度的防線，濕度到達 55%時就讓乾燥劑上場，如果乾燥劑已經無法降低濕度而且濕度已經達到 60%，就開啟加熱片進行加熱除濕，濕度在加熱的狀況下一定會持續下降，下降到濕度 50%時，就蓋上乾燥劑的盒子，下降到濕度 45%時，才關閉加熱片。

濕度控制的設計會是一個濕度的循環，以濕度 45%~60%作為循環區間，確保儲物箱內的環境濕度可以低於外部環境濕度，讓 3D 列印線材可以保持乾燥狀態。

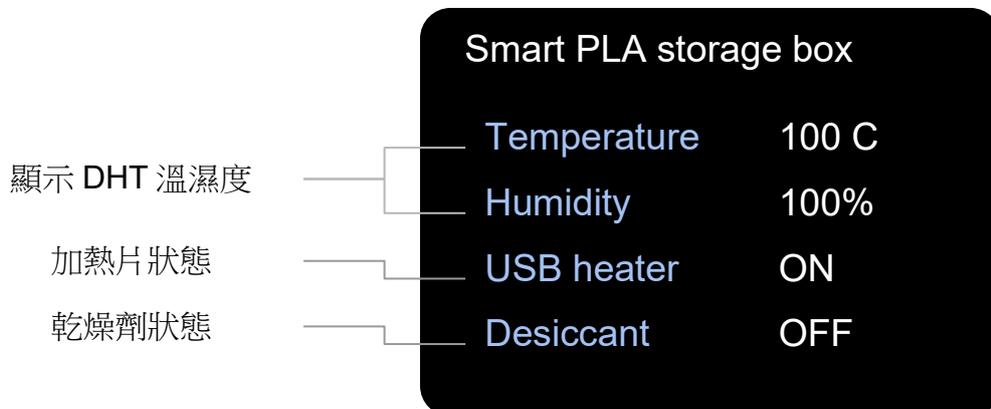


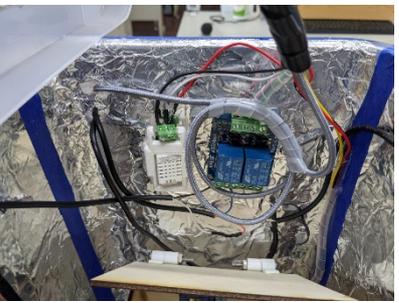
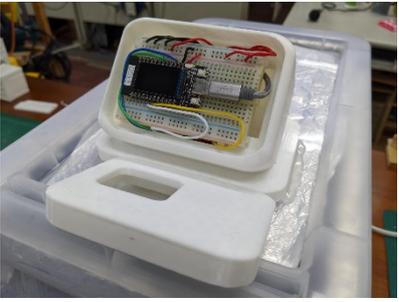
		
乾燥劑放置盒在後側 安裝伺服電機開關盒子	USB 加熱片放置在箱子兩側	DHT22 安裝在箱子後側
		
線材固定座和滑輪	放入 PLA 線材	連接繼電器控制加熱片

所有電子原件、線材、開發板的配置位置都如上面的圖片所示，其中乾燥劑的開關機制，我們用雷射切割的木盒子當存放空間，伺服電機安裝在木盒的後面偏頂蓋的位置，只要濕度達到一定水準就打開木盒，加熱片也是同樣的濕度機制，但是加熱片的開關是用繼電器控制。



開發板的顯示介面提供關於存放箱的環境數據，包含 DHT 所傳回的溫度，採用生活中常用的攝氏單位°C、濕度顯示百分比，乾燥劑木盒的開關、加熱片的開關則顯示 ON/OFF，因為開發板顯示介面放不下中文輸出，所以我們用英文作為介面語言，介面的輸出如下圖所示。

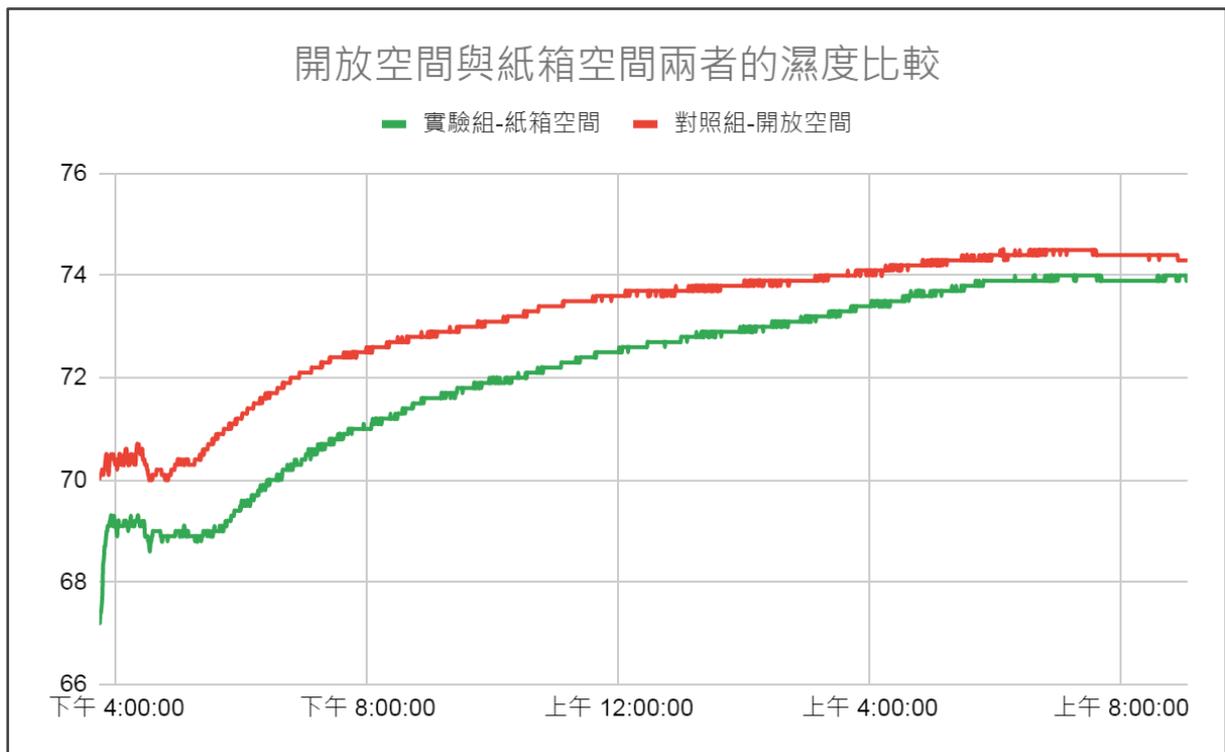


		
智慧 3D 列印線材存放箱	3D 列印線材出口快速接頭	DHT22 和繼電器
		
後方獨立電源開關	TTGO 面板斜撐，方便使用者觀察數據	TTGO 顯示數據畫面

伍、研究結果

本章的研究結果，我們將數據從 arduino 的序列監控視窗複製，再轉貼紀錄在 google 雲端硬碟的試算表，同時製作圖表，方便解讀數據的趨勢判斷變項是否有效。本章下的每一個小節除了會附上圖表，同時我們也將數據紀錄 QRcode 公開在網路上供大家檢視。

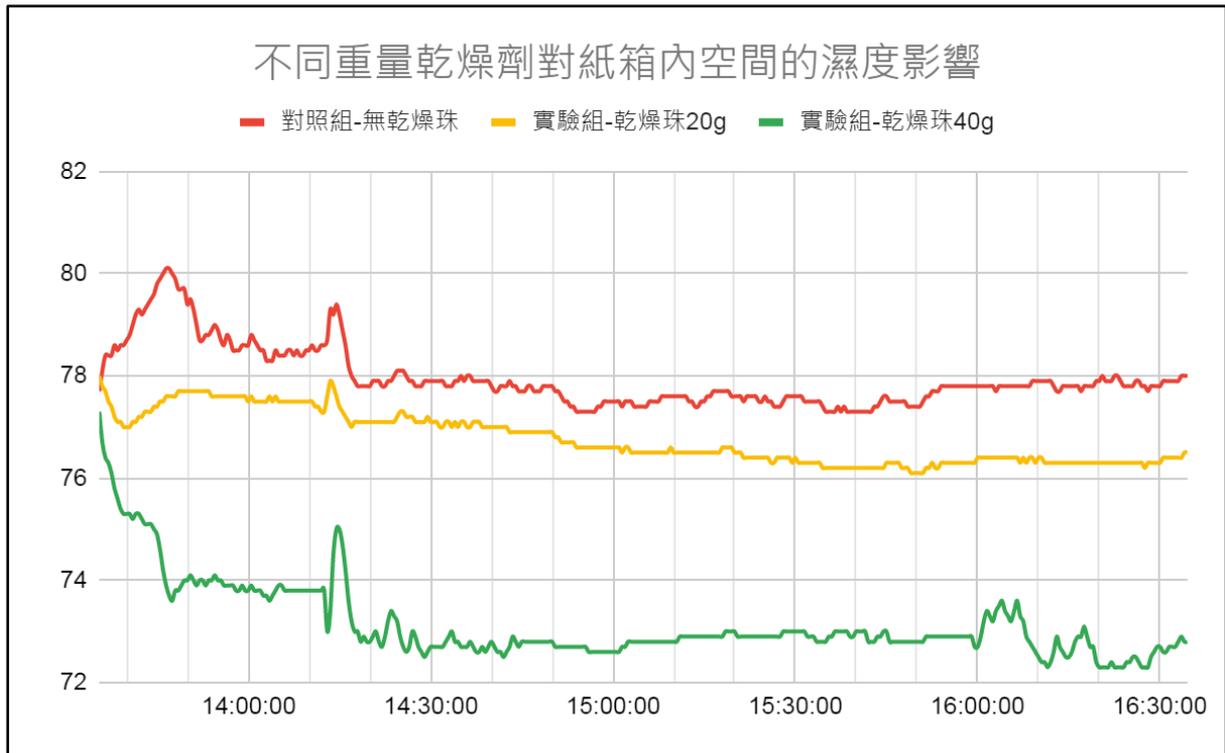
一、開放空間與紙箱空間兩者的濕度比較



首先我們先實驗原本放在紙箱中的防潮效果，以開放空間為對照組，紙箱內空間作為實驗組，兩組同時擺放 DHT 溫溼度偵測器，紀錄溼度的變化，數據圖顯示紙箱空間和開放空間之間的溼度差異不大，紙箱對於防潮幾乎沒有效果，紀錄其間溼度差異都在 0~2%之間震盪，最後溼度如下：

- 對照組-開放空間溼度為 74.3%
- 實驗組-紙箱內空間溼度為 73.9%
- 對照組-開放空間與實驗組-紙箱內空間濕度差距為 0.4%

二、不同重量乾燥劑對紙箱內空間的濕度影響

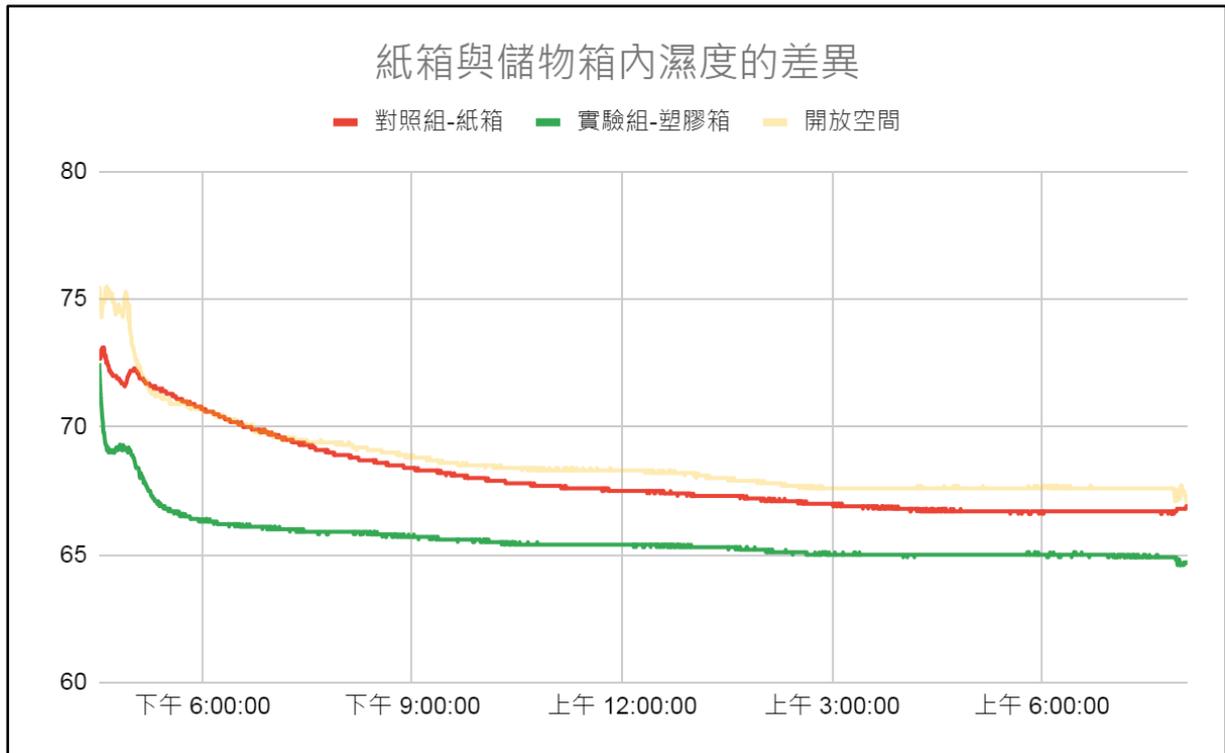


第二個實驗我們以不同重量的乾燥劑作為實驗變項，試試看乾燥劑是否能夠有效防潮，我們以不放乾燥劑的紙箱作為對照組，20g、40g 的藍色矽膠乾燥劑作為實驗組，三組同時擺放 DHT 溫溼度偵測器，紀錄溼度的變化。

數據圖顯示放置乾燥劑的實驗組在溼度有些微下降，下降幅度不大，40g 乾燥劑的實驗組下降的程度比 20g 乾燥劑的實驗組多了些，最後實驗數據溼度如下：

- 對照組-紙箱內空間溼度為 78.0%
- 實驗組-20g 的藍色矽膠乾燥劑溼度為 76.5%
- 實驗組-40g 的藍色矽膠乾燥劑溼度為 72.8%
- 40g 乾燥劑實驗組和無乾燥劑的對照組差距為 5.2%
- 40g 乾燥劑實驗組比無乾燥劑的對照組防潮效果好

三、紙箱與儲物箱內濕度的差異

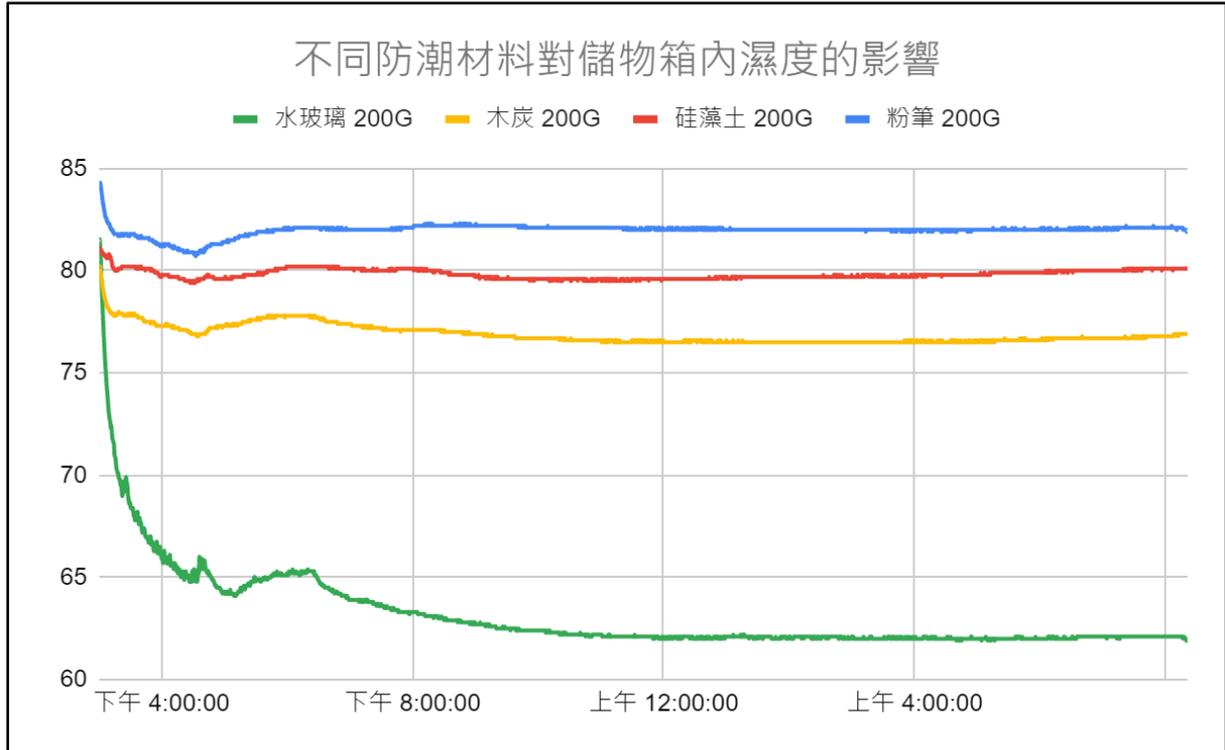


第三個實驗我們以不同儲物箱作為實驗變項，試試看紙箱和市售塑膠箱是否能夠有效防潮，我們以紙箱作為對照組，塑膠箱作為實驗組，兩組同時擺進 40g 的藍色矽膠乾燥劑，兩組同時擺放 DHT 溫溼度偵測器，紀錄溼度的變化。

數據圖顯示市售塑膠箱的實驗組在溼度在短時間內下降後趨於平穩，紙箱對照組的溼度則是緩緩的下降再趨於平穩，最後實驗數據溼度如下：

- 對照組-紙箱內空間溼度為 66.9%
- 實驗組-塑膠箱內空間溼度為 64.6%
- 實驗組的塑膠箱和對照組的紙箱濕度差距為 2.3%
- 實驗組的塑膠箱比對照組的紙箱防潮效果好

四、不同防潮材料對儲物箱內濕度的影響

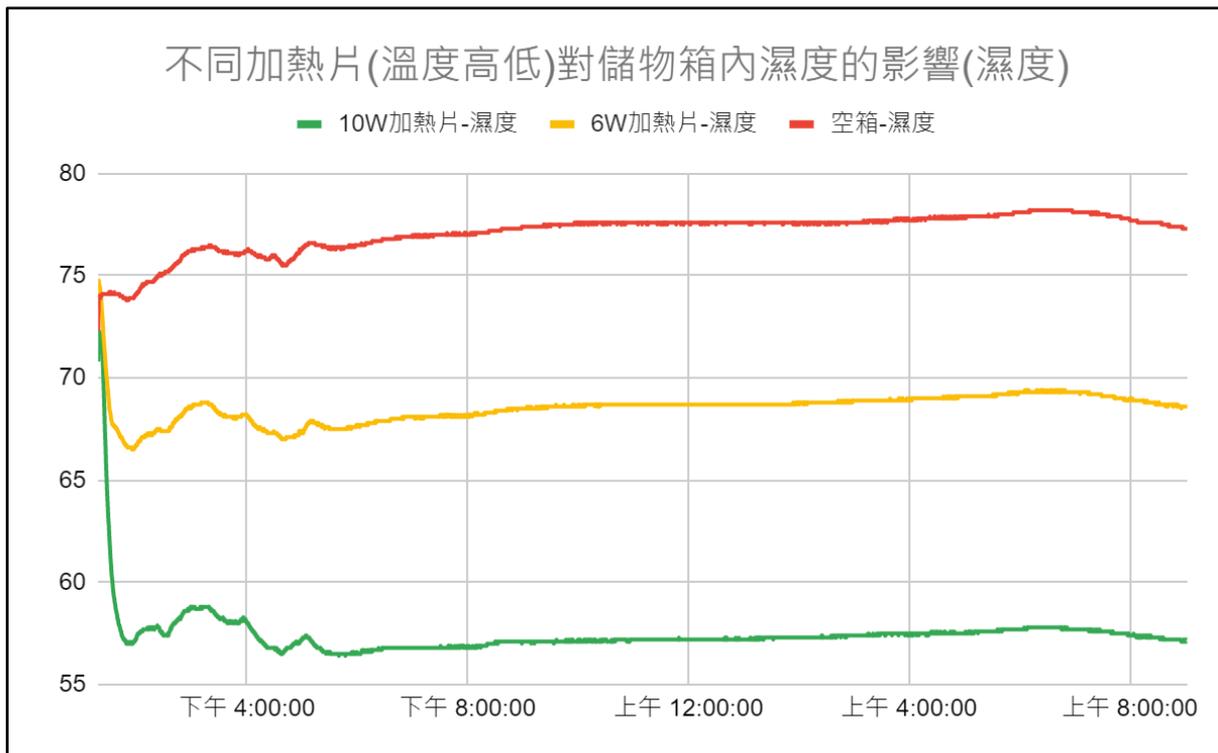


第四個實驗我們以不同防潮材料作為實驗變項，試試看不同防潮材料的防潮效果如何，我們同時在 4 組塑膠箱中擺進 200g 不同的防潮材料，並同時擺放 DHT 溫溼度偵測器，紀錄溼度的變化。

數據圖顯示四種不同防潮材料都在溼度在短時間內下降後趨於平穩，我們發現水玻璃在儲物箱內防潮效果最好，粉筆雖然容易取得，但是防潮效果最差，硅藻土雖然網路上號稱防潮效果一級棒但是效果卻比木炭還要糟糕，木炭位居防潮材料第二名，不過仍與第一名的乾燥劑有一段差距，最後實驗數據溼度如下：

- 實驗組-200g 粉筆在塑膠箱內空間溼度為 81.9%
- 實驗組-200g 硅藻土在塑膠箱內空間溼度為 80.2%
- 實驗組-200g 木炭在塑膠箱內空間溼度為 76.9%
- 實驗組-200g 乾燥劑在塑膠箱內空間溼度為 61.9%
- 效果最好的乾燥劑與最差的粉筆濕度差距為 20%
- 200g 乾燥劑在塑膠箱內空間防潮效果最好

五、不同加熱片(溫度高低)對儲物箱內濕度的影響

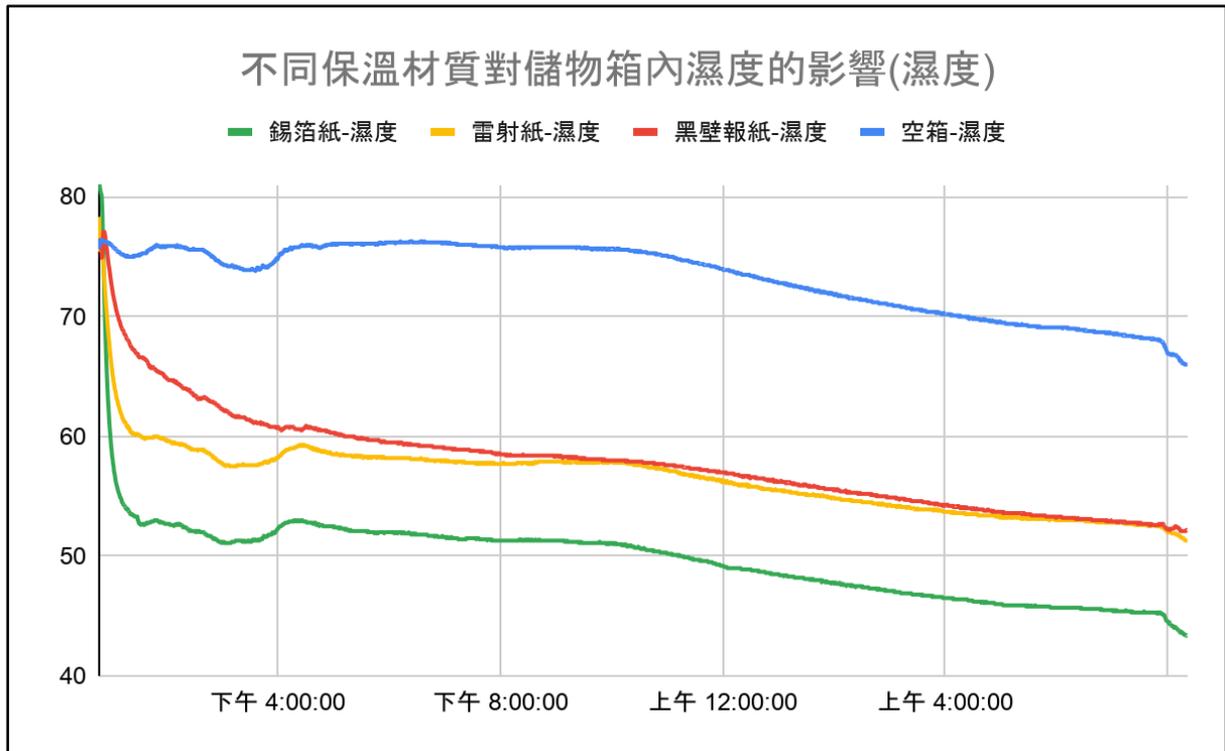


第五個實驗我們以不同溫度高低為實驗變項，測試不同溫度對濕度的影響，我們在 2 組塑膠箱中分別擺進 10W 加熱片和 6W 加熱片，另外設置不擺加熱片的空箱，然後全部擺放 DHT 溫溼度偵測器，紀錄溼度的變化。

數據圖顯示，6W 加熱片和 10W 加熱片實驗組溫度在一開始都有明顯下降，但是 10W 加熱片的實驗組溫度上升較多，濕度相對越低，最後實驗數據溼度如下：

- 實驗組-10W 加熱片在塑膠箱內空間溼度為 57.2% 溫度 28.9°C
- 實驗組-6W 加熱片在塑膠箱內空間溼度為 68.6% 溫度 26.1°C
- 對照組-塑膠箱內空間溼度為 77.3% 溫度 24.3°C
- 實驗組-10W 加熱片與對照組最後濕度相差 20.1%
- 實驗組-10W 加熱片與對照組最後溫度相差 4.6°C

六、不同保溫材質對儲物箱內濕度的影響



第六個實驗我們就溫度的變項再深入研究，以不同鋪設面材質作為實驗變項，測試不同鋪設面材質對溫度的影響，進一步讓濕度更低。我們在 3 組實驗組塑膠箱中分別擺進鋁箔紙、黑色壁報紙、雷射紙，對照組不鋪設任何保留輻射熱的材質，然後實驗組全部擺放 10W 加熱片、DHT 溫溼度偵測器，紀錄溼度的變化。

數據圖顯示，實驗組的蓄熱效果皆比對照組好，其中鋁箔紙的實驗組溫度上升較多，濕度相對越低，最後實驗數據溼度如下：

- 實驗組-鋁箔紙鋪在塑膠箱內空間溼度為 43.3% 溫度 29.8°C
- 實驗組-黑色壁報紙鋪在塑膠箱內空間溼度為 52.1% 溫度 25.7°C
- 實驗組-雷射紙鋪在塑膠箱內空間溼度為 51.3% 溫度 25.7°C
- 對照組-塑膠箱內空間溼度為 66% 溫度 21.2°C
- 實驗組-鋁箔紙與對照組最後濕度相差 22.7%
- 實驗組-鋁箔紙與對照組最後溫度相差 8.6°C

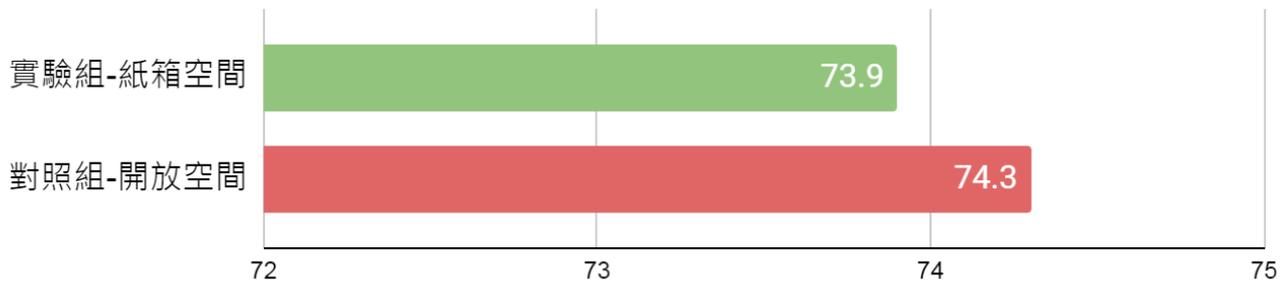
陸、討論

一、開放空間與紙箱空間兩者的濕度比較

在我們開始這個實驗之前，存放 PLA 一直都是用紙箱，經過這次的測試之後才發現原來紙箱幾乎沒作用，紙箱內濕度和開放空間的溼度並無二致，從第五章的研究數據來看，開放空間和紙箱的溼度數據在常時間的觀察中差距都只有在 0~2% 之間，數據最終差距也僅有 0.4%，怪不得之前的 PLA 線材使用的時間越長狀態越差，到最後常常卡料。

紙箱並不是適合存放 3D 列印線材的儲物空間，因為和放在開放空間中沒有明顯差距。

開放空間與紙箱空間兩者的濕度比較-最後濕度(%)

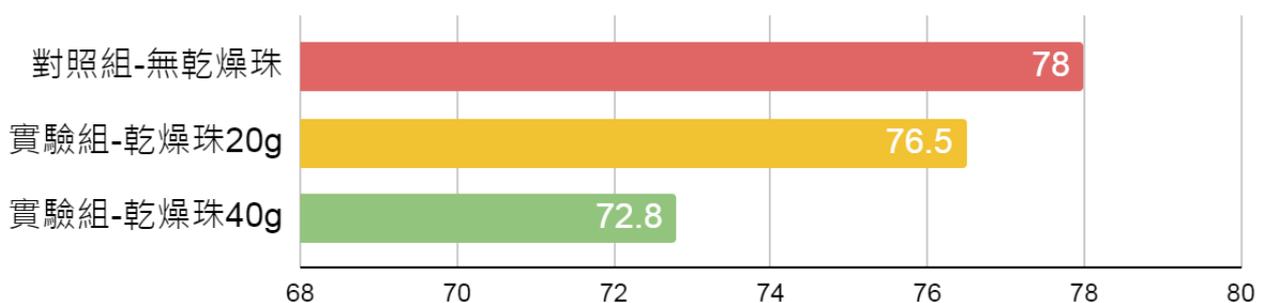


二、不同重量乾燥劑對紙箱內空間的濕度影響

不同重量的乾燥劑作為實驗變項確實對密閉空間的濕度產生影響，一開始我們設定的重量用了 20g 和 40g 乾燥劑，40g 的實驗組在 30 分鐘左右就和 20g 的實驗組開始有些微差距，但是以整體的濕度百分比而言，20g 和 40g 的實驗組濕度下降的程度都不大，溼度數據與對照組差距約在 2~5% 之間。

乾燥劑放置在紙箱內有些微效果，劑量的重量越多，濕度下降的越多。

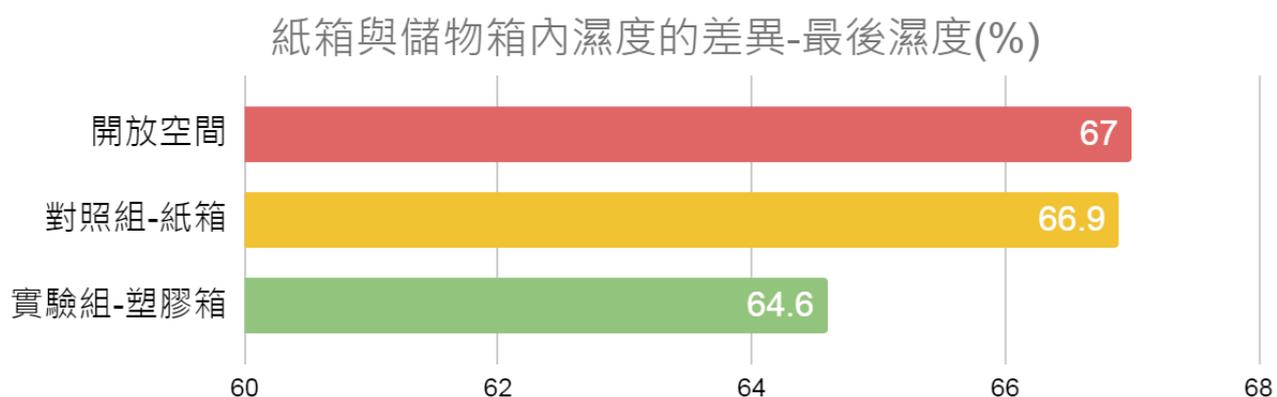
不同重量乾燥劑對紙箱內空間的濕度影響-最後濕度(%)



三、紙箱與儲物箱內濕度的差異

儲物箱和紙箱放置相同的 40g 乾燥劑，在數據圖上可以觀察到儲物箱在 2 小時就達到最後的濕度數據，紙箱則是在 8 小時才達到最後的濕度數據，所以我們可以判斷儲物箱對於拒絕箱外的濕氣效果比紙箱好一點。另外我們可以從箱外的濕度計觀察到，箱外的濕度計和紙箱內的濕度計在趨勢上也比較接近，但是紙箱內的數據略低於箱外的數據。

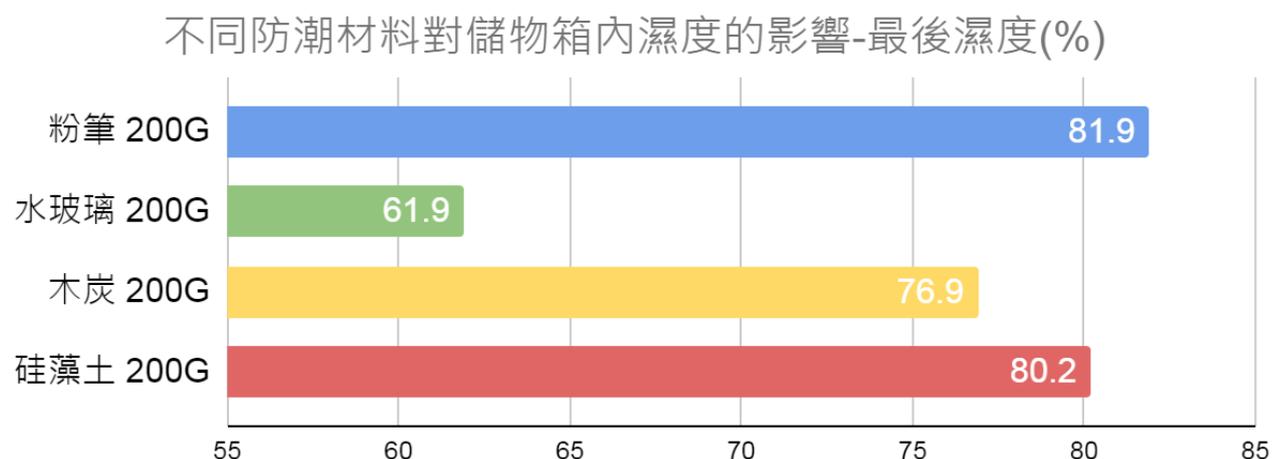
實驗組的塑膠箱和對照組的紙箱濕度差距為 2.3%，儲物箱對於阻絕濕氣較紙箱有效，且可以在較短時間達到濕度下降效果。



四、不同防潮材料對儲物箱內濕度的影響

四種不同防潮材料都在溼度在約 1 小時內下降後漸趨於平穩，我們發現乾燥劑在儲物箱內防潮效果最好，粉筆雖然容易取得，但是防潮效果最差，硅藻土雖然網路上號稱防潮效果一級棒但是但是效果卻比木炭還要糟糕，木炭位居防潮材料第二名，不過仍與第一名的乾燥劑有一段差距。坊間流傳的幾項常見防潮材料像是粉筆、木炭甚至是市售硅藻土在各式各樣的文章中都標榜有效，但是都沒有數據證明。

效果最好的乾燥劑與最差的粉筆濕度差距為 20%，與市售硅藻土濕度差距為 18.3%，與木炭的濕度差距為 15%，所以乾燥劑防潮效率相對於前面的變項顯得更有效。

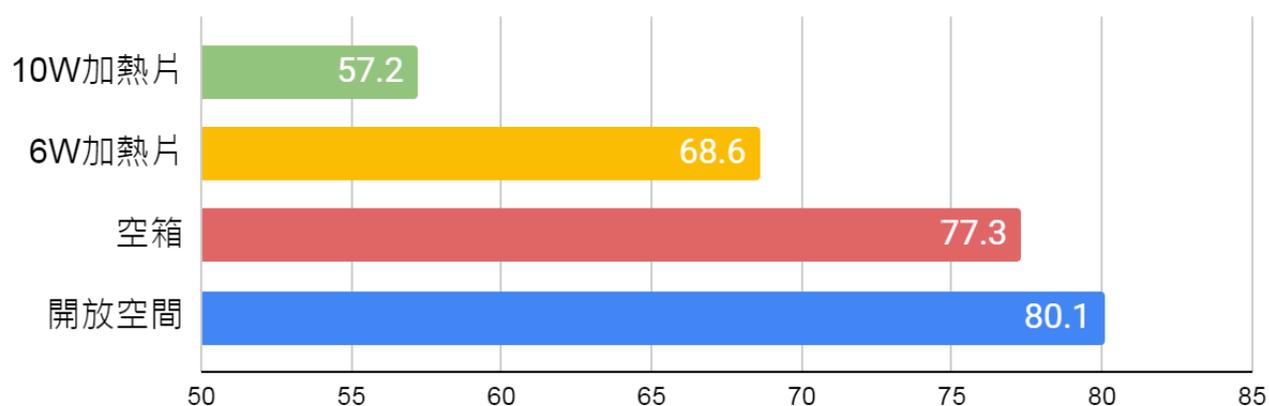


五、不同加熱片(溫度高低)對儲物箱內濕度的影響

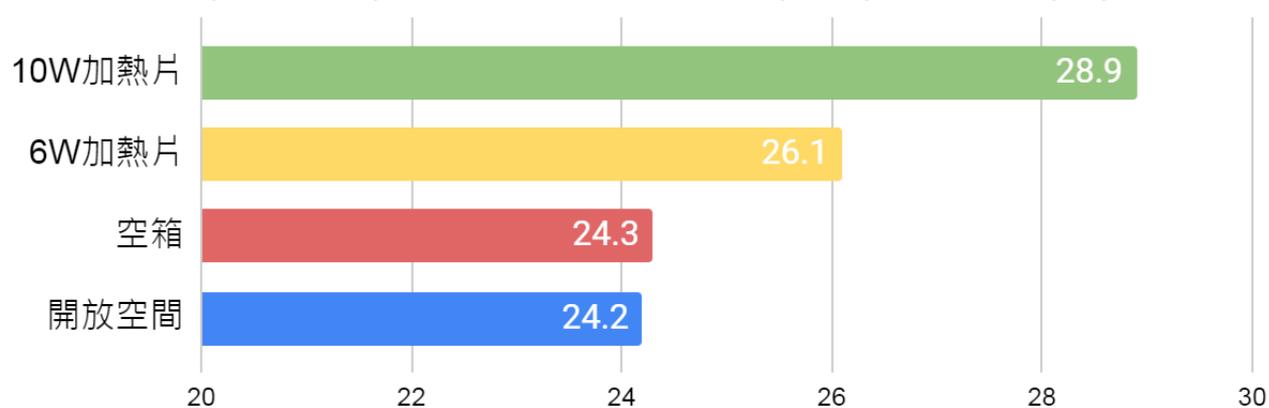
加熱法除濕在前面的討論中是我們比較合理除濕的選項，而實驗後也確實證明了加熱法除濕確實有效，10W 加熱片比空箱的溫度多了 4.6°C，濕度少了 20.1%，6W 加熱片比空箱的溫度多了 1.8°C，濕度少了 8.7%，數據也帶來第二個證明，溫度越高濕度越低。

不過在我們所購買的 USB 加熱片在產品說明介紹了 10W 加熱片的最高溫度可以達到 55°C，但是我們在實驗中，卻沒有達到我們想要的高溫效果，除了一方面熱量可能溢散到周遭的空氣中，我們進一步考慮是否可以保留更多熱量的可能。

不同加熱片(溫度高低)對儲物箱內濕度的影響(濕度)-最後濕度(%)



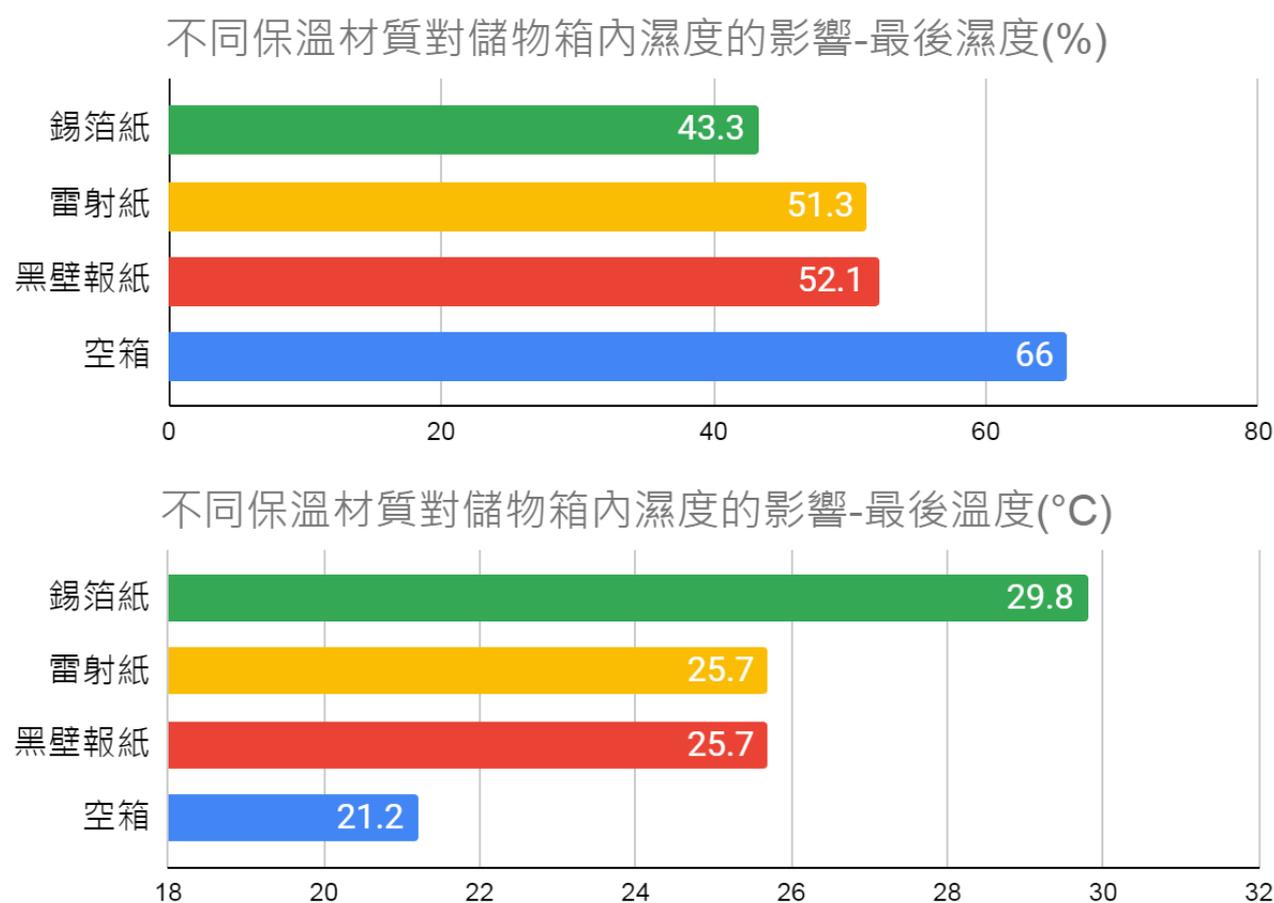
不同加熱片(溫度高低)對儲物箱內濕度的影響(溫度)-最後溫度(°C)



六、不同保溫材質對儲物箱內濕度的影響

我們就溫度的變項再深入研究，以不同鋪設面材質測試看看能不能讓保留更多熱量，數據顯示實驗組的蓄熱效果皆比對照組好，其中鋁箔紙的溫度上升最多，預設比較容易吸熱的黑色壁報紙和預設反射功能較好的雷射紙表現差不多。鋁箔紙溫度最後停在 29.8°C，黑色壁報紙和雷射紙停在同樣的 25.7°C。

根據我們學習的熱傳播三種方法：熱傳導、熱對流、熱輻射，鋁箔紙之所以可以保留更多熱能讓溫度上升，我們認為可能是熱輻射保留所得到的效果。和前一項實驗相同的結果，數據證明溫度越高濕度越低，第二，鋁箔紙保留更多輻射熱能。



柒、結論

一、實驗數據解讀

我們預想的除濕方法如存放箱、防潮材料、加熱除濕等方式導入實驗變項後，我們使用 arduino 開發板搭配 DHT22 溫濕度計量測數據，整理成圖表後發現：

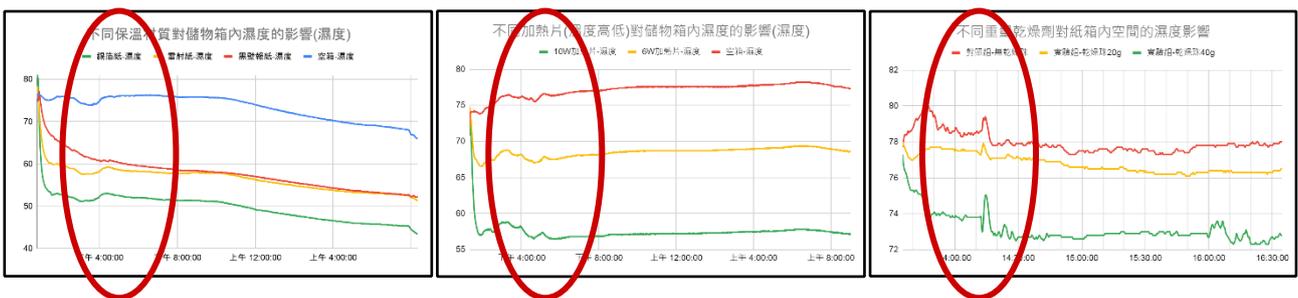
1. 塑膠存放箱內的濕度相對比紙箱和開放空間低
2. 塑膠箱中防潮材質以乾燥劑的濕度最低
3. 有鋪設鋁箔紙的塑膠箱中，在加熱效果相同的條件下溫度較高
4. 塑膠箱中的溫度相對越高，濕度相對越低

二、智慧 3D 列印線材存放箱設計

乾燥劑和加熱法的並用作為降低濕度的方法，加上開發板提供溫濕度監視、控制設計，以濕度 45%~60%作為循環區間，確保儲物箱內的環境濕度可以低於外部環境濕度，讓 3D 列印線材可以保持乾燥狀態，最終達到我們研究目的：解決 3D 列印品質問題。

三、環境濕度和實驗數據的關係

環境的濕度每天不同，在全部的圖表中都可以發現到不論對照組或是實驗組都會有相似的圖表趨勢或是走向，我們認為可能因素在於箱體的密閉性還不算完美，雖然箱體有些許阻隔濕氣的功能，但是整體環境濕氣還是會對實驗數據有趨勢上的影響。相對的也證明了乾燥劑和加熱法確實有效，即使在外界環境濕度的趨勢影響之下仍可以達到下降 20%的濕度。



四、3D 列印線材與濕度關係的探究

降低濕度使 3D 列印線材保持乾燥是研究目的，智慧 3D 列印線材存放箱設計是研究產物，在前面找尋相關資料的時候，雖然有 3D 列印線材沾上水氣會導致列印品質變差、堵料的現象，但是並沒有具體數據說明 3D 列印線材在濕度多少百分比時，3D 列印線材可以保持乾燥不容易斷裂，或是列印品質不受影響，這部分的探究也許可以成為一個新的研究方向。

捌、參考文獻資料

Case.lee(Case.lee). (2009, May 09). 超強的水玻璃矽膠乾燥劑. Retrieved from

<https://blog.xuite.net/case.lee/caselee/23888531>

加熱除濕和除濕機除濕有什麼區別？ (2010, February 05). Retrieved from

<https://zhidao.baidu.com/question/136609924.html>

任意存, A. B. (2017, November 28). 【清潔小妙招】對付 濕氣、霉味的省錢三法寶 | 共享倉.

Retrieved from <https://www.boxful.com.tw/blog/00055/>

作者：姥姥. (n.d.). 礦物塗料 2：珪藻土的迷思：能除濕嗎？能除甲醛嗎？. Retrieved from

<https://www.courcasa.com/p/ejnN>

包裝行業環保材料 PLA 簡介. (n.d.). Retrieved from

https://www.shini.com/ep_edm/tw/contact_146.html

康健. (n.d.). 5 個方法居家徹底防潮 - 康健雜誌. Retrieved from

<https://www.commonhealth.com.tw/article/68132>

怕溼氣霉氣重「粉筆除溼劑」解煩惱 - 發現科學 - 台視網站. (n.d.). Retrieved from

<https://www.ttv.com.tw/drama12/NewsScience/view.asp?id=188480>

最新消息 / NEWS. (n.d.). Retrieved from [https://3dmart.com.tw/news/3d-printing-different-kinds-](https://3dmart.com.tw/news/3d-printing-different-kinds-filaments-guide)

[filaments-guide](https://3dmart.com.tw/news/3d-printing-different-kinds-filaments-guide)

氣候月平均資料. (n.d.). Retrieved from <https://www.cwb.gov.tw/V8/C/C/Statistics/monthlymean.html>

【評語】 082812

1. 3D 列印的應用多元，此作品探討 3D 列印線材的保存，有必要性且具有實用價值。
2. 溫濕度感測器連上電腦，自動記錄。大大地簡化量測工作，值得嘉許。
3. 進行各種不同參數的實驗，俱備科學研究精神。
4. 在不同濕度環境下，若能進一步探討對於 3D 列印線材的影響情形，則可增加其科學深度。

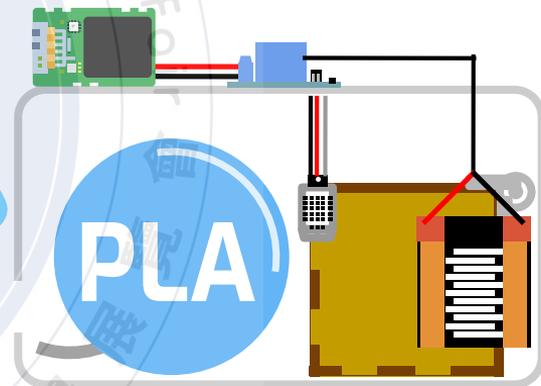
作品簡報

國小組

生活與應用科學科(一)(機電與資訊)

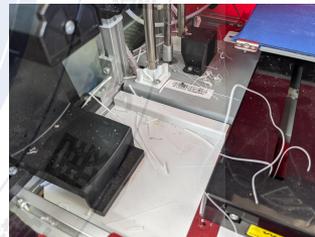
共出新濕度

智慧3D列印線材存放箱



研究 目的

「潮濕」是造成3D列印線材斷裂的原因，因此我們的目的是研究、設計一款適合保存3D列印線材的智慧除濕箱，除了可以偵測濕度，如果濕度太高就讓除濕箱啟動機制，讓濕度下降到適合保存3D列印線材的環境，解決線材斷裂和3D列印不良的問題。



研究 問題

01

開放空間和小型密閉空間的濕度是否相同？

02

小型密閉空間內哪種防潮材料較為有效？

03

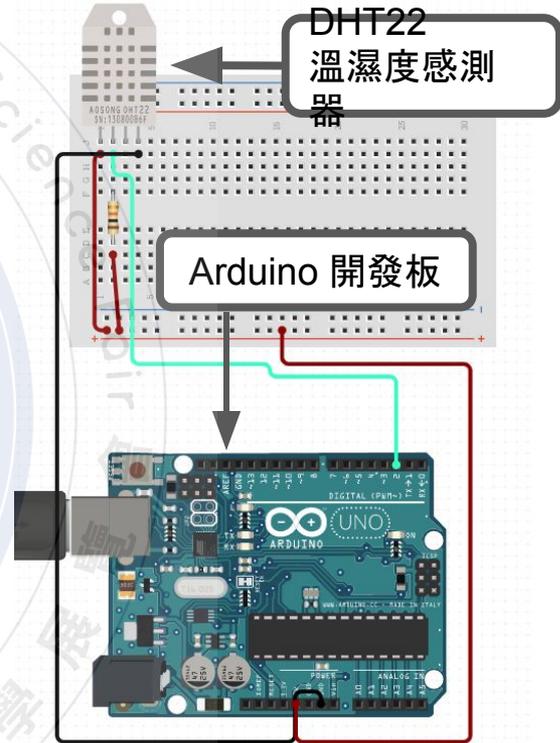
加熱除濕是否能達到降低濕度的效果？

04

如何設計一個適合置放3D列印線材的儲存箱。

研究方法

1. 硬體使用arduino搭配溫濕度感測器 DHT22感測濕度、溫度。
2. Arduino IDE編寫韌體後，利用序列埠來收集實驗數據。
3. 實驗數據使用Google試算表製成圖表，觀察數據變化情形。

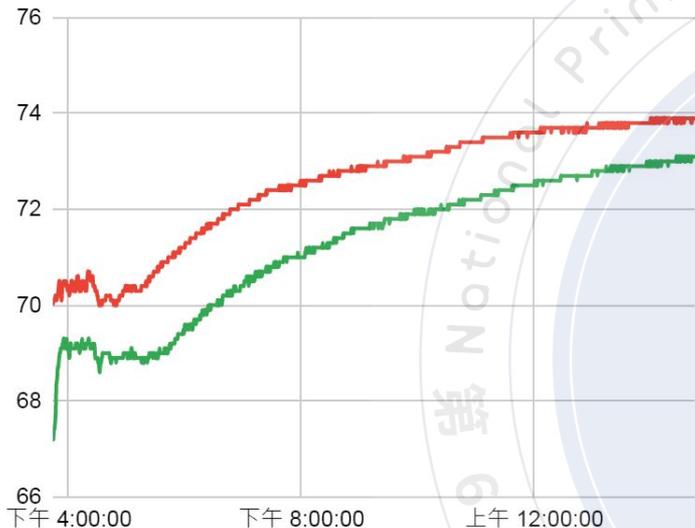


實驗名稱	實驗組	對照組
開放空間與紙箱空間兩者的濕度比較	紙箱	開放空間
不同重量乾燥劑對紙箱 內空間的濕度影響	乾燥劑40G+紙箱 乾燥劑20G+紙箱	乾燥劑0G+紙箱
紙箱與儲物箱 內濕度的差異	儲物箱+乾燥劑40G	紙箱+乾燥劑40G
不同的防潮材料對儲物箱 內濕度的影響	粉筆200G+儲物箱 木炭200G+儲物箱 硅藻土200G+儲物箱	乾燥劑200G+儲物箱
不同加熱片對儲物箱 內濕度的影響	USB保溫加熱片 (10W)+儲物箱 USB保溫加熱片 (6W)+儲物箱	無加熱片+儲物箱
不同保溫材質對儲物箱 內濕度的影響	鋪設鋁箔紙+加熱片 (10W) 鋪設黑色壁報紙+加熱片 (10W) 鋪設雷射紙+加熱片 (10W)	無鋪設+加熱片 (10W)

研究
方法

開放空間與紙箱空間兩者的濕度比較

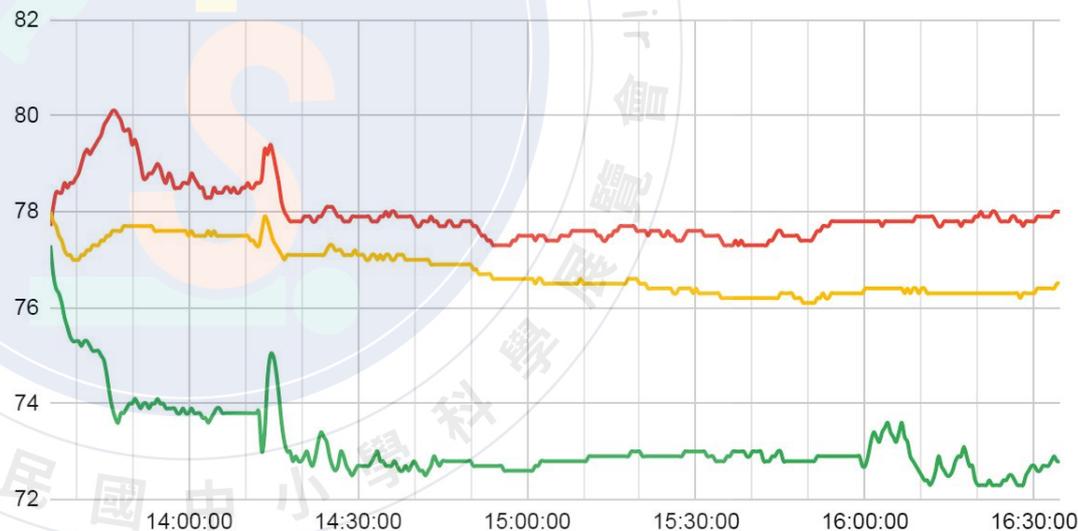
■ 實驗組-紙箱空間 ■ 對照組-開放空間



國小組 生活與應用科學科(一)(機電與資訊)
烘出新濕度 - 智慧3D列印線材存放箱

不同重量乾燥劑對紙箱內空間的濕度影響

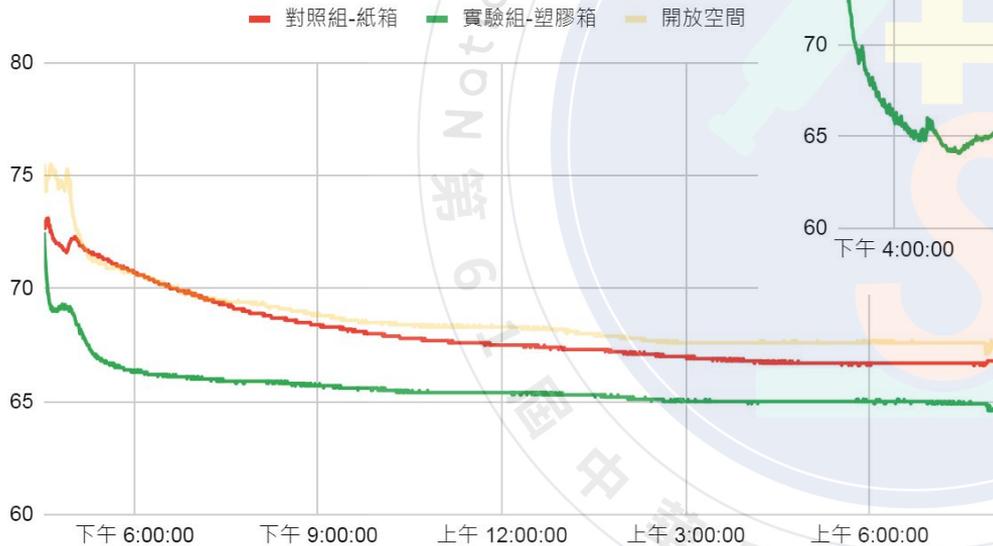
■ 對照組-無乾燥珠 ■ 實驗組-乾燥珠20g ■ 實驗組-乾燥珠40g



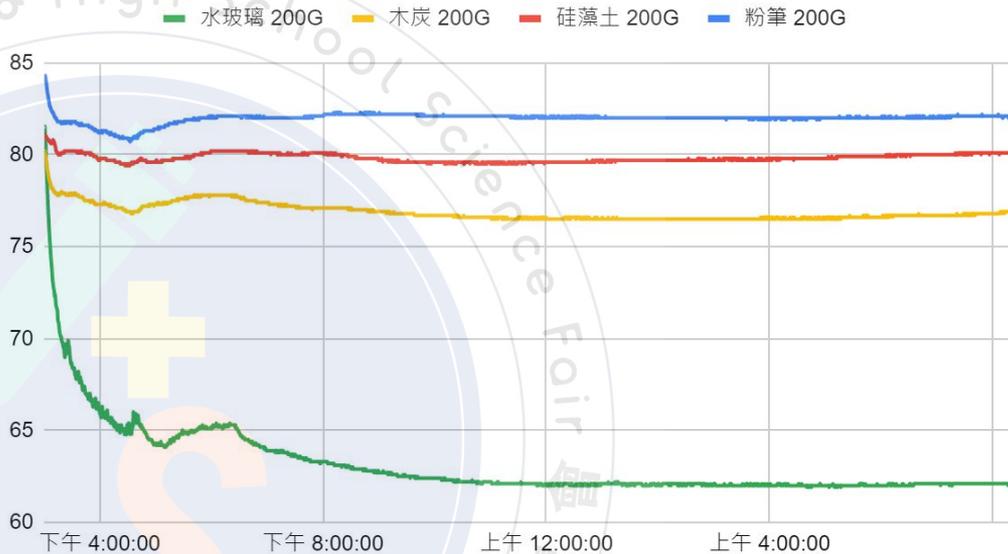
研究
結果

研究 結果

紙箱與儲物箱內濕度的差異



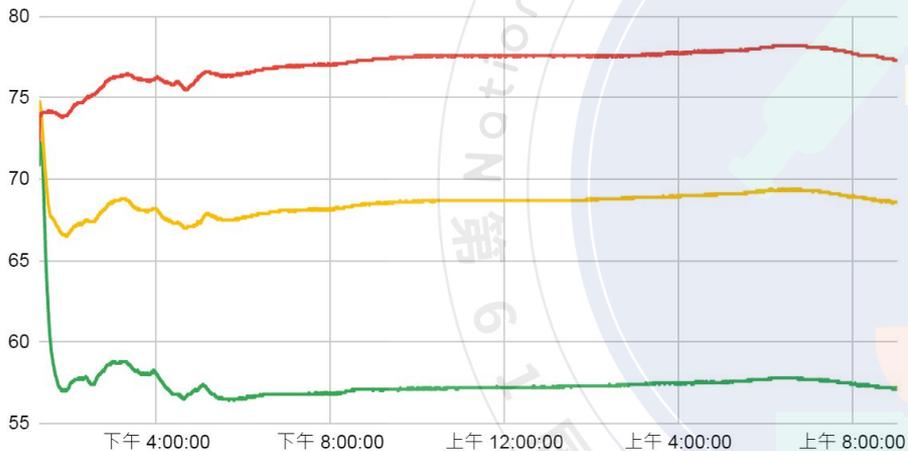
不同防潮材料對儲物箱內濕度的影響



研究結果

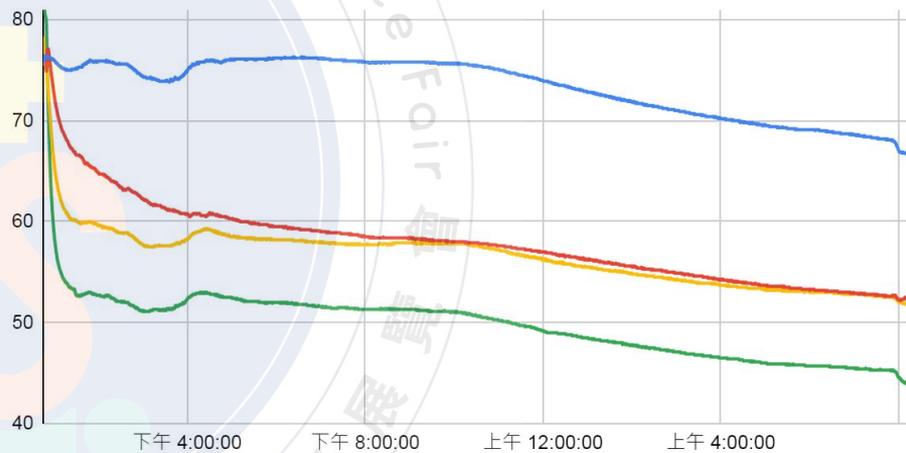
不同加熱片(溫度高低)對儲物箱內濕度的影響

10W加熱片-濕度 6W加熱片-濕度 空箱-濕度



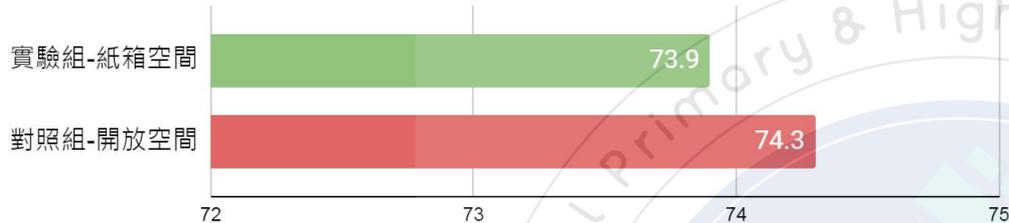
不同保溫材質對儲物箱內濕度的影響

錫箔紙-濕度 雷射紙-濕度 黑壁報紙-濕度 空箱-濕度



結果 解釋

開放空間與紙箱空間兩者的濕度比較-最後濕度(%)



紙箱並不是適合存放 3D 列印線材的儲物空間，因為和放在開放空間中沒有明顯差距。

不同重量乾燥劑對紙箱內空間的濕度影響-最後濕度(%)



乾燥劑放置在紙箱內有些微效果，劑量越多，濕度下降的越多。

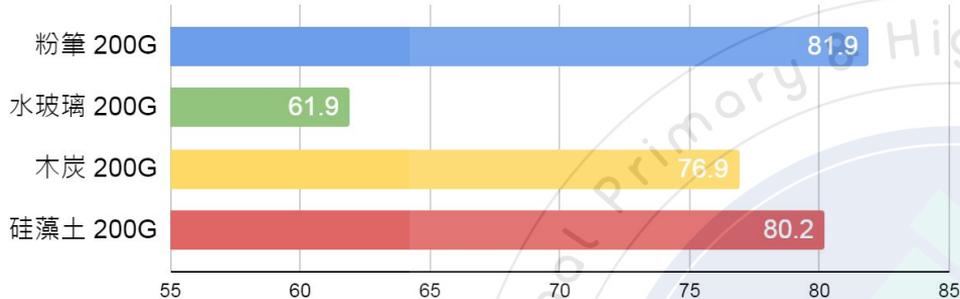
紙箱與儲物箱內濕度的差異-最後濕度(%)



儲物箱對於阻絕濕氣較紙箱相對有效。

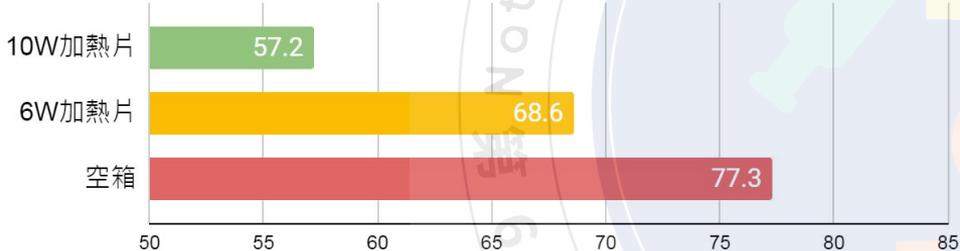
結果 解釋

不同防潮材料對儲物箱內濕度的影響-最後濕度(%)



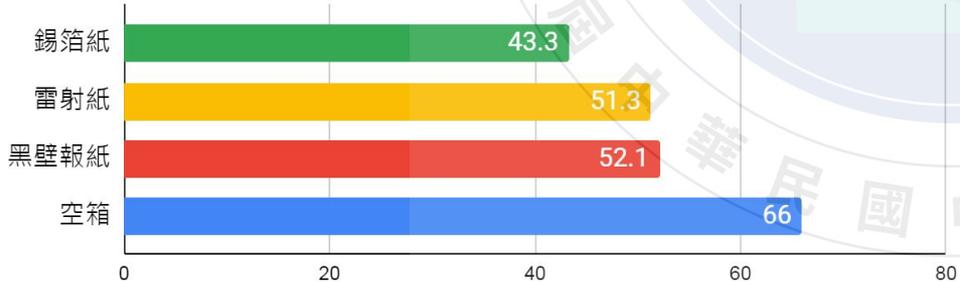
效果最好的乾燥劑與最差的粉筆濕度差距為 20%，市售硅藻土濕度差距為 18.3%，與木炭濕度差距為 15%，乾燥劑防潮效率相對其他變項顯得更有效。

不同加熱片(溫度高低)對儲物箱內濕度的影響-最後濕度(%)



實驗顯示了加熱法除濕確實有效，10W加熱片比空箱的溫度多了4.6°C，濕度少了20.1%，數據也顯示，溫度越高濕度越低。

不同保溫材質對儲物箱內濕度的影響-最後濕度(%)



鋁箔紙的溫度上升最多，預設比較容易吸熱的黑色壁報紙和預設反射功能較好的雷射紙表現差不多。數據顯示溫度越高濕度越低、鋁箔紙保留更多輻射熱能。

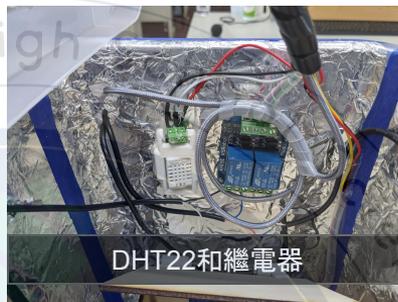
研究 應用



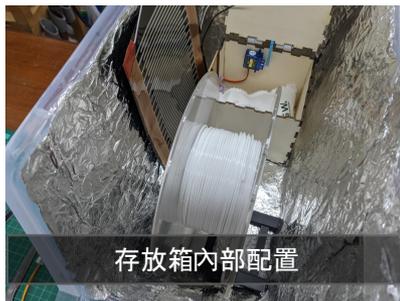
智慧3D列印線材存放箱



3D列印線材出口快速接頭



DHT22和繼電器



存放箱內部配置



TTGO面板斜撐

顯示DHT溫濕度

加熱片狀態

乾燥劑狀態

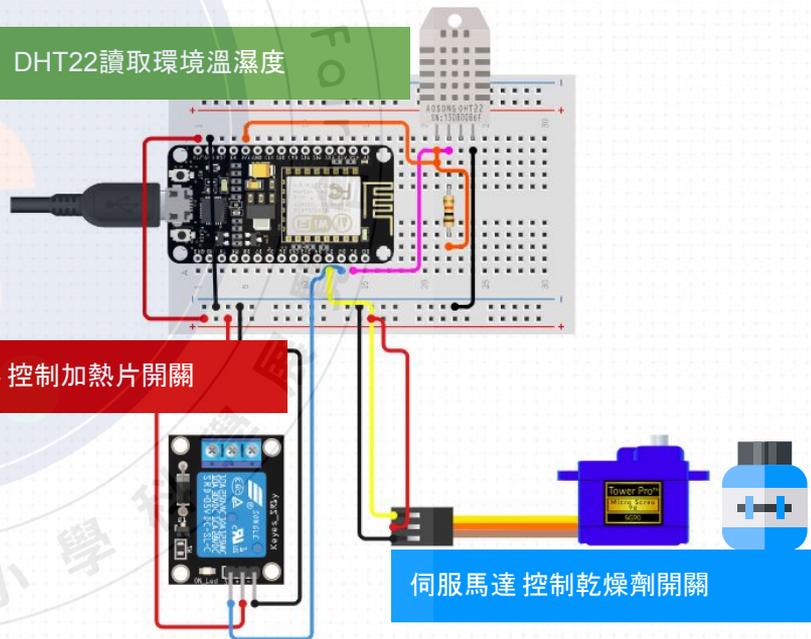
Smart PLA storage box

Temperature	100 C
Humidity	100%
USB heater	ON
Desiccant	OFF

DHT22讀取環境溫濕度

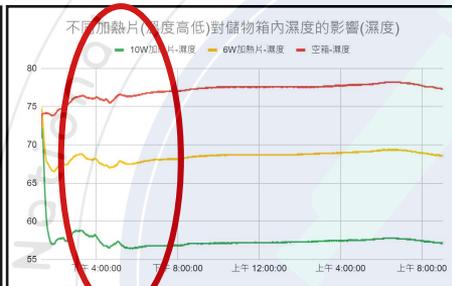
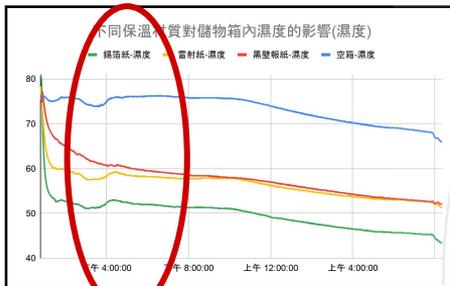
繼電器 控制加熱片開關

伺服馬達 控制乾燥劑開關



環境濕度和實驗數據的關係

結論



參考
資料

3D列印線材與濕度關係的探究(未來研究)

- Case.lee(Case.lee). (2009, May 09). 超強的水玻璃矽膠乾燥劑. Retrieved from <https://blog.xuite.net/case.lee/caselee/23888531>
- 加熱除濕和除濕機除濕有什麼區別?(2010, February 05). Retrieved from <https://zhidao.baidu.com/question/136609924.html>
- 任意存, A. B. (2017, November 28). 【清潔小妙招】對付濕氣、霉味的省錢三寶 | 共享倉 Retrieved from <https://www.boxful.com.tw/blog>
- 作者:姥姥. (n.d.). 礦物塗料2:珉藻土的迷思:能除濕嗎?能除甲醛嗎?. Retrieved from <https://www.courcasa.com/p/ejnN>
- 包裝行業環保材料PLA簡介. (n.d.). Retrieved from https://www.shini.com/ep_edm/tw/conect_146.html
- 康健. (n.d.). 5個方法居家徹底防潮- 康健雜誌. Retrieved from <https://www.commonhealth.com.tw/article/68132>
- 怕溼氣霉氣重「粉筆除溼劑」解煩惱 - 發現科學 - 台視網站. (n.d.). Retrieved from <https://www.ttv.com.tw/drama12/NewsScience/view.asp?id=188480>
- 最新消息 / NEWS. (n.d.). Retrieved from <https://3dmart.com.tw/news/3d-printing-different-kinds-filaments-guide>
- 氣候月平均資料. (n.d.). Retrieved from <https://www.cwb.gov.tw/V8/C/C/Statistics/monthlymean.html>