

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 地球科學科

(鄉土)教材獎

030501

會呼吸的房子?閩東建築的智慧

學校名稱：連江縣立介壽國民小學

作者： 國一 陳品恩 國一 蕭睿誼 國一 王妤雯	指導老師： 曹淑琳
---	------------------

關鍵詞：冬暖夏涼、透氣性、花崗岩

摘要

一般人對馬祖的感受是冬天很冷，居住的石頭屋是否舒適，成為我們想要探索的主題。

在有限的設備及時間之下，透過模擬冬天：風扇吹自製的冷劑，模擬夏天：吹風機加熱的兩個方式所得到的結果，得知閩東建築石頭屋具備冬暖夏涼的特性。

瓦片與水泥屋頂在室外溫度提升時，室內的溫度變化量差不多。

以水氣蒸發可穿越瓦片屋頂得知瓦片屋頂的透氣性佳，在夏天時屋外與屋內空氣流通，達到夏季涼爽的效果。冬天時冷空氣能通過瓦片降低室內溫度，但石頭屋牆面厚度、石材比熱大等保溫措施可弭平此缺失。

將電路系統及鋁箔紙裝在二坡式及五脊四坡式屋頂結構對側，以風吹之，觀察兩種屋頂結構的振動頻率及幅度，顯示五脊四坡式的屋頂結構振動幅度小、頻率低。

壹、研究動機

民國九十年代「聚落保存」觀念在馬祖萌芽，民間與政府都認為閩東建築極具保存與修復價值。隨著藝術家一波波進駐，商業廣告和電影也來此取景，馬祖特有的閩東風情漸漸為國人熟悉，但也對於坍塌的老屋感到惋惜不已，於是連江縣政府在民國 89 年展開古厝整修工程，接著，更多民眾整修古厝，紛紛投入民宿和餐飲店的經營，帶動了在地的觀光榮景。現在，許多到馬祖觀光的遊客都渴望到閩東古厝中住上一晚，體驗住在石頭屋的感受。

我們在文化處出版的「會呼吸的房子」一書中，看到對閩東建築的介紹，你有聽說房子會呼吸的嗎？會呼吸的房子是有生命的嗎？住起來會特別舒適嗎？這些問題縈繞在我們腦海中揮之不去，我們曾聽村莊耆老說過，馬祖的石頭屋不只在夏天時涼爽，冬天的時候，石頭屋內也很溫暖，對於閩東建築石頭屋是否真的如大家所言「冬暖夏涼」，我們感到很疑惑，因為馬祖的冬天十分寒冷，我們平時的經驗是「冬冷夏涼」的。因此我們開始探討造成閩東建築「冬暖夏涼」的原因。

貳、研究目的

藉由模擬實作、探討來了解

- 一、不同材料牆面對於室內溫度的影響。
- 二、不同材料屋頂對於室內溫度的影響。
- 三、測定不同材料屋頂的透氣性。
- 四、探討不同屋頂結構受風的影響。

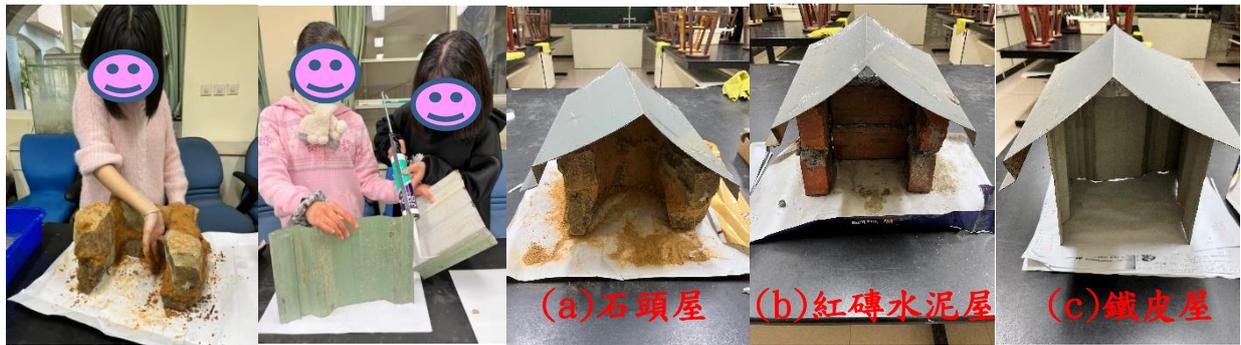
參、研究設備及器材

花崗岩、紅泥土、紅磚、水泥粉、沙子、鐵皮、溫度計、電風扇、吹風機、冰塊、鹽巴、錶玻璃、加熱設備、竹筷、電路系統組

肆、研究過程或方法

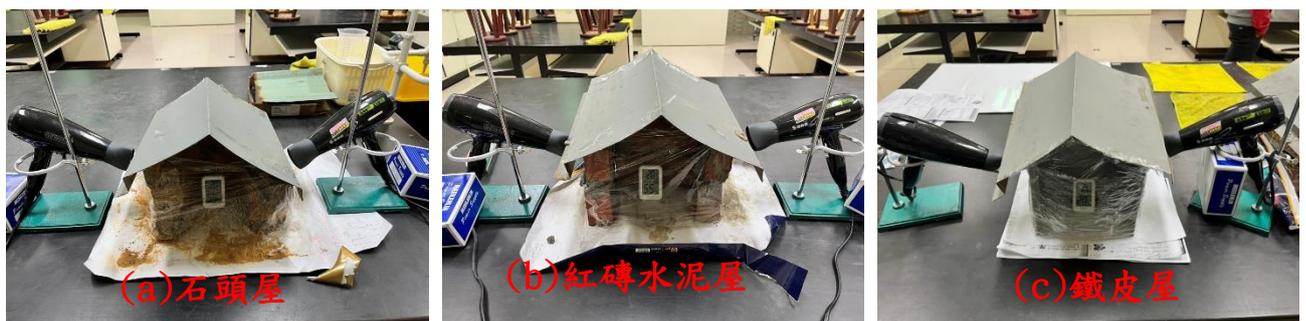
實驗一:不同材料牆面對於室內溫度的影響(模擬夏季)

1、紅泥土加水製成泥漿，將花崗岩堆疊起來，並以紅泥土填滿空隙，蓋上屋頂，製成石頭屋模型。水泥粉與沙子以 3:1 比例製成水泥砂漿，將紅磚堆砌起來，製成水泥房模型。鐵皮切割製成鐵皮屋模型。三種堆疊的模擬房屋，長 30 公分 x 寬 25 公分 x 高 20 公分。(圖一)



圖一:製作模擬房屋

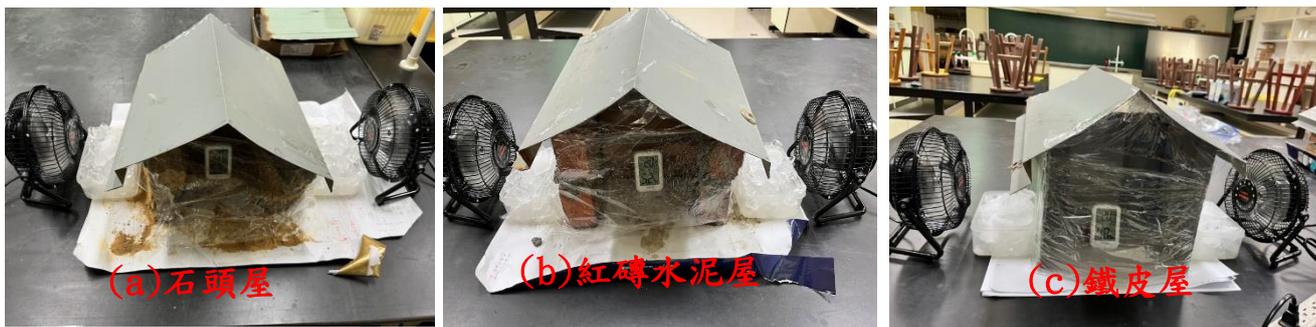
- 2、利用保鮮膜前後端空隙處包起來，使熱能不散逸。模擬屋內放入溫度計。
- 3、於石頭屋左右兩側十公分處架設吹風機，開啟開關。(圖二)
- 4、石頭屋兩端溫度維持在 38~40⁰C 之間。
- 5、觀察石頭屋內溫度變化共 35 分鐘，每 7 分鐘紀錄一次。
- 6、改為水泥磚牆、鐵皮屋，重複以上 2~5 步驟。



圖二:架設升溫設備測定不同材質牆面之室內溫差(模擬夏季)

實驗二:不同材料牆面對於室內溫度的影響(模擬冬季)

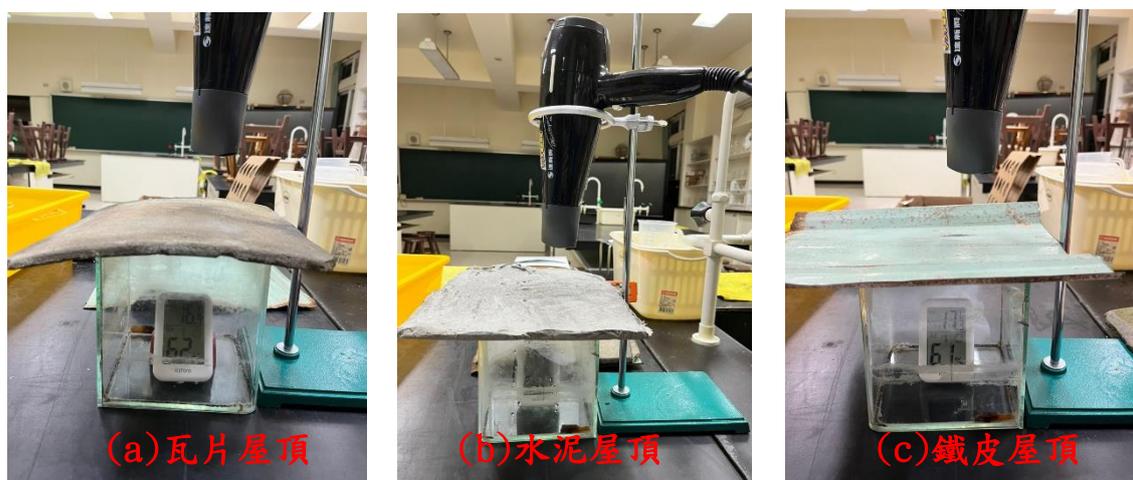
- 1、於石頭屋左右兩側放置塑膠盒，加入 600g 冰塊、200g 食鹽，以電風扇吹之。(圖三)
- 2、石頭屋兩端溫度維持在 15~16°C 之間。
- 3、觀察石頭屋內溫度變化共 35 分鐘，每 7 分鐘紀錄一次。
- 4、改為水泥磚牆、鐵皮屋，重複以上 1~3 步驟。



圖三:架設降溫設備測定不同材質牆面之室內溫差(模擬冬季)

實驗三:不同材料屋頂對於室內溫度的影響。

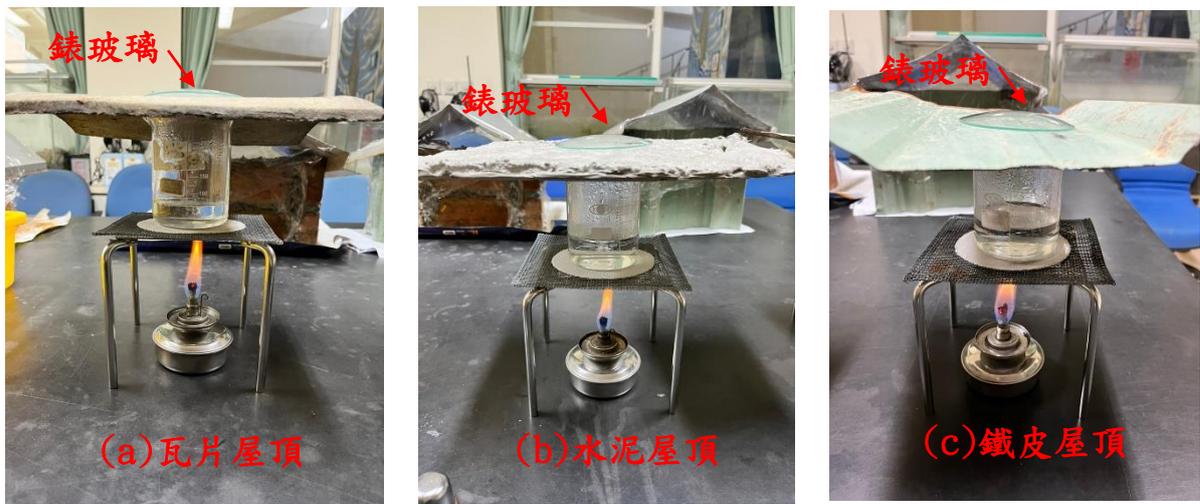
- 1、測量瓦片尺寸:長 26cmX 寬 23cmX 厚度 1cm，製作同樣大小的水泥屋頂及鐵皮屋頂。
- 2、在長 14cmX 寬 13.5cmX 高 15cm 的玻璃罐中放入溫度計，再放置瓦片於其上。
- 3、鐵架上放鐵圈，鐵圈上放置吹風機，吹風機口朝下，距離瓦片 10 公分。
- 4、開啟吹風機，加熱時間 30 分鐘，觀察加熱後方形玻璃罐中溫度變化，紀錄之。(圖四)
- 5、將瓦片改成模擬水泥屋頂、鐵皮屋頂，重複 2~4 步驟。



圖四:模擬夏季加溫不同材質屋頂

實驗四:測定不同材料屋頂的透氣性。

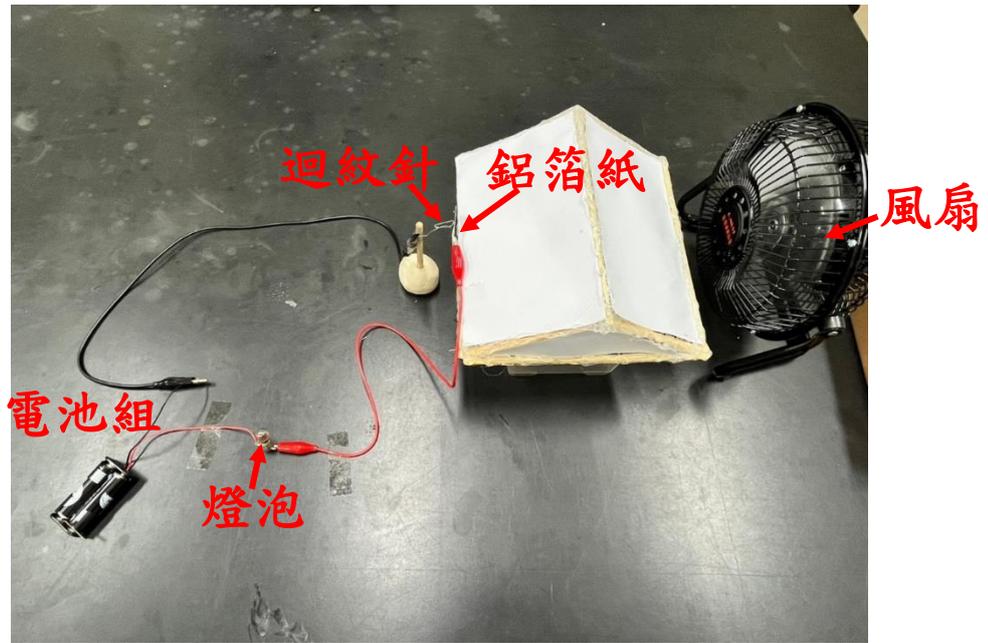
- 1、在燒杯中加入 100 公克、70°C 的水，秤燒杯加水的重量。
- 2、架設加熱設備，將已裝水燒杯置於加熱裝置上。
- 3、將瓦片放在燒杯上，並在其上放置一個錶玻璃，觀察錶玻璃是否有水氣凝結狀況，時間為 30 分鐘。(圖五)
- 4、將裝水燒杯秤重，計算水分散失量。
- 5、將瓦片改為水泥屋頂及鐵皮屋頂，重複 1~4 步驟。



圖五:測定透氣性裝置

實驗五: 探討不同屋頂結構受風的影響。

- 1、利用竹篾製作「二坡式」、「五脊四坡式」結構的屋頂，底面的尺寸為:長 21cmX 寬 20cm
- 2、借助電路組測定振動幅度:當風從屋頂一側吹入(風扇分別置於桌面上、墊高 7.5 公分處、墊高 15 公分處)，氣流使鋁箔紙飄動，隨即啟動電路，燈泡也就隨之亮起，觀察燈泡亮滅情形，以推測其受風性。(圖六)
- 3、將風扇分別置於桌面上、墊高 7.5 公分處、墊高 15 公分處，打開電源吹向「二坡式」、「五脊四坡式」結構的屋頂，以手機側錄固定於屋頂的鋁箔紙之振動狀況，計算一分鐘內的振動頻率，以測定風對不同屋頂結構受風的影響。



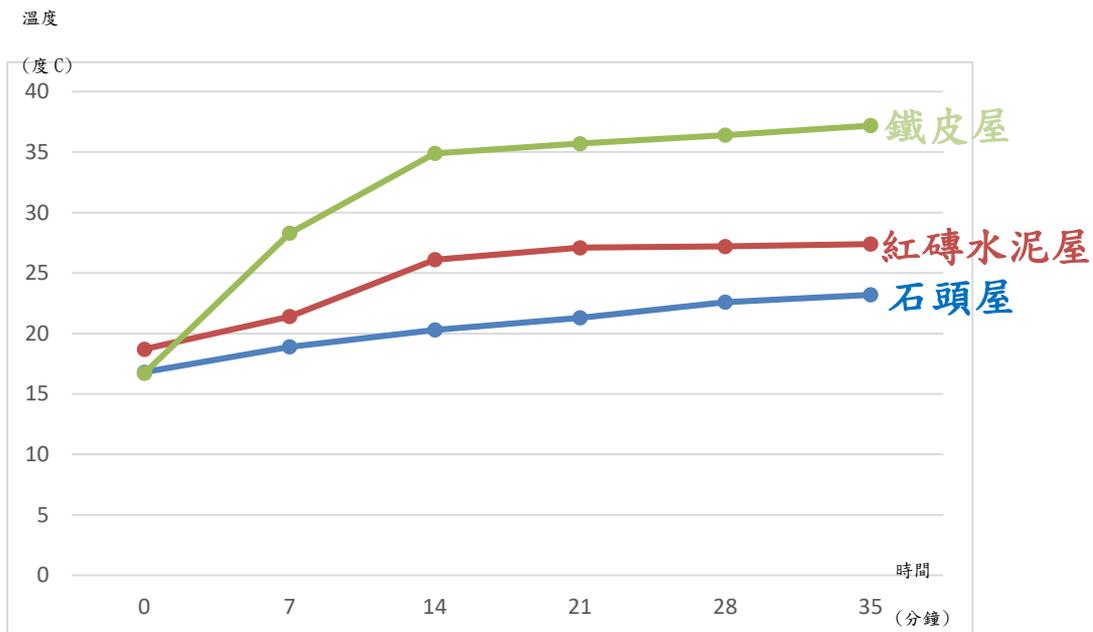
圖六:測定不同屋頂結構的受風性裝置

伍、研究結果

實驗一:不同材料牆面對於室內溫度的影響(模擬夏季)之分析

時間(分鐘)	石頭屋	紅磚水泥	鐵皮屋
0	16.8	18.7	16.7
7	18.9	21.4	28.3
14	20.3	26.1	34.9
21	21.3	27.1	35.7
28	22.6	27.2	36.4
35	23.2	27.4	37.2
溫度變化量 ($^{\circ}\text{C}$)	6.4 \uparrow	8.7 \uparrow	20.5 \uparrow

表一:模擬夏季時不同材料牆面對室內溫度變化紀錄



圖七:模擬夏季時不同材料牆面的室內溫度變化圖

從表一可以看出在模擬夏季(屋外控溫在 $38\sim 40^{\circ}\text{C}$)的情況下,各式牆面的房子室內溫度都會上升,鐵皮屋的溫度變化量最大,共上升了 20.5°C ;石頭屋的溫度變化量最小,共上升了 6.4°C ;紅磚水泥屋的溫度變化量介於以上兩者之間,共上升 8.7°C 。

從圖七的溫度趨勢圖可以知道鐵皮屋與紅磚水泥屋於0~14分鐘的區間溫度上升變化大,14~35分鐘溫度變化趨於平緩,溫度緩慢上升;而石頭屋的溫度變化於0~35分鐘都是平均地

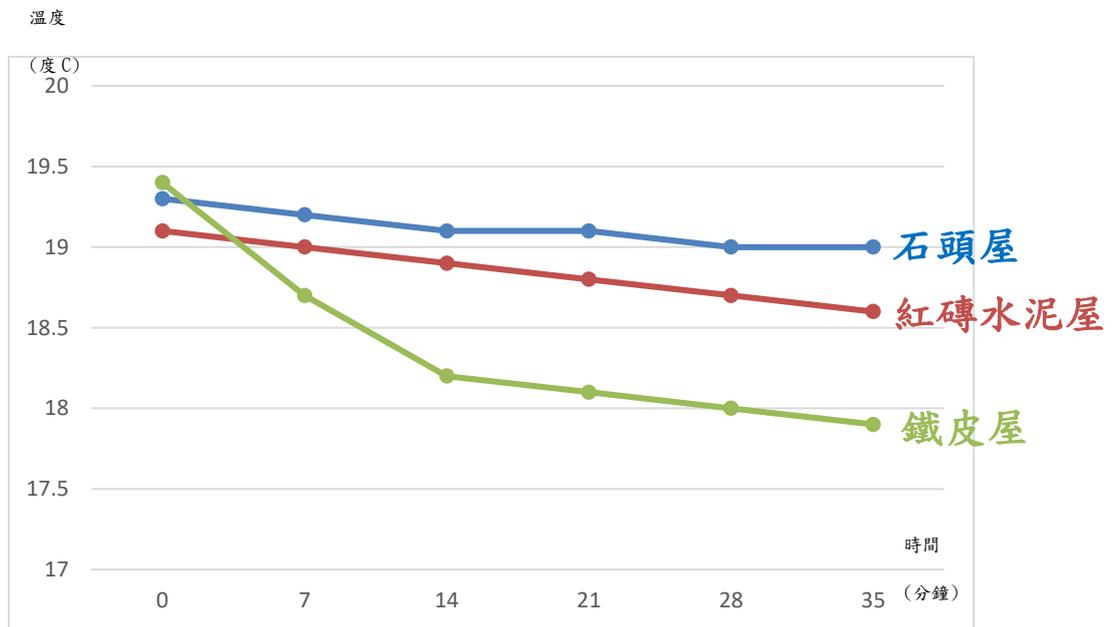
往上升，並未發生急遽升溫的情形。

石頭屋與紅磚水泥屋室內最終溫度較為接近，都未超過 25⁰C;鐵皮屋室內最終溫度則為 37.2⁰C，與室外溫度(控溫在 38~40⁰C)非常接近。

實驗二:不同材料牆面對於室內溫度的影響(模擬冬季)之分析。

時間(分鐘)	石頭屋	紅磚水泥	鐵皮屋
0	19.3	19.1	19.4
7	19.2	19	18.7
14	19.1	18.9	18.2
21	19.1	18.8	18.1
28	19	18.7	18
35	19	18.6	17.9
溫度變化量 (度C)	0.3 ↓	0.5 ↓	1.5 ↓

表二:模擬冬季時不同材料牆面的室內溫度變化



圖八:模擬冬季時不同材料牆面的室內溫度變化圖

從表二可以看出在模擬冬季(屋外控溫在 15~16⁰C)的情況下，各式牆面的房子室內溫度都會下降，鐵皮屋的溫度變化量最大，共下降了 1.5⁰C;石頭屋的溫度變化量最小，共下降了 0.3⁰C;紅磚水泥屋的溫度變化量介於以上兩者之間，共下降 0.5⁰C。

從圖八的溫度趨勢圖可以知道鐵皮屋於 0~14 分鐘的區間溫度下降變化大，14~35 分鐘溫度變化趨於平緩，穩定下降；而石頭屋和紅磚水泥屋的溫度變化於 0~35 分鐘都是平均地往下降，並未發生急遽降溫的情形；石頭屋於 14~21 分鐘及 28~35 分鐘的溫度甚至沒有明顯改變。

石頭屋與紅磚水泥屋室內最終溫度較為接近；鐵皮屋室內最終溫度則為 17.9°C，低於石頭屋及紅磚水泥屋，下降的溫度變化量是石頭屋的 5 倍，是紅磚水泥屋的 3 倍。

實驗三：不同材料屋頂對於室內溫度(模擬夏季)影響之分析。

次數	瓦片屋頂	水泥屋頂	鐵皮屋頂
第一次	5.9 ↑	5.9 ↑	6.4 ↑
第二次	6.1 ↑	6.2 ↑	6.6 ↑
第三次	6.1 ↑	5.6 ↑	6.4 ↑
溫度平均變化量(°C)	6.0 ↑	5.9 ↑	6.5 ↑

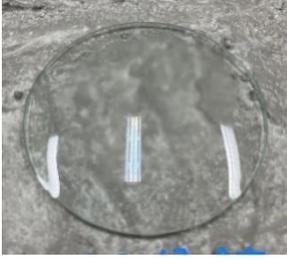
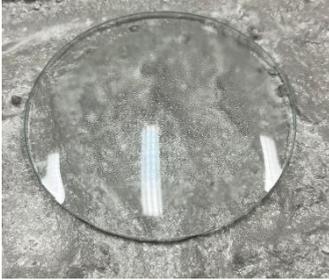
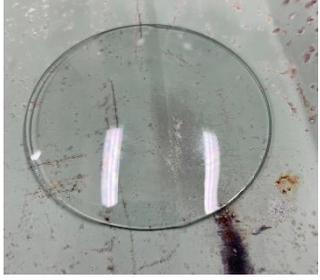
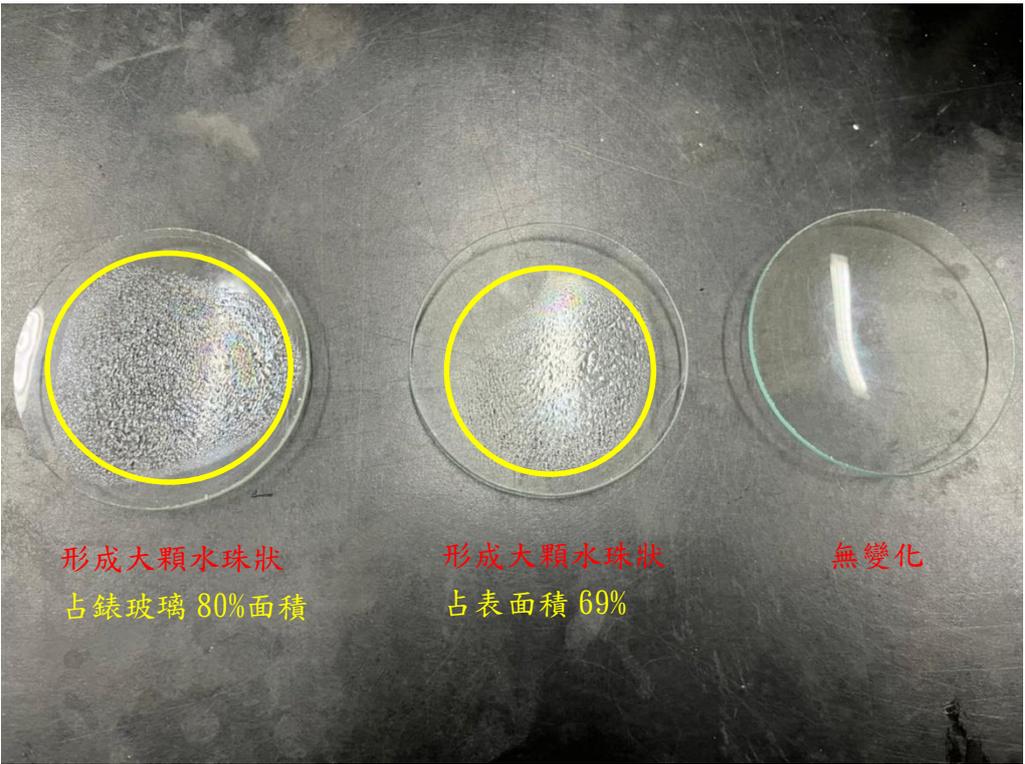
表三：模擬夏季時不同材料屋頂的室內溫度變化

由表三可以看出瓦片屋頂的房子溫度平均上升 6.0°C，水泥屋頂的房子溫度平均上升 5.9°C，兩者的溫度變化量差不多。在進行實驗時發現加熱瓦片屋頂和水泥屋頂實驗時會產生一些水氣，但不影響觀察溫度計的視線。鐵皮屋頂的溫度平均上升 6.5°C，溫度變化量是最大的，玻璃容器內壁無水氣附著於其上。

實驗四：測定不同材料屋頂的透氣性之分析。

次數	瓦片屋頂	水泥屋頂	鐵皮屋頂
第一次	7.9 ↓	7.4 ↓	5.3 ↓
第二次	7.4 ↓	6.2 ↓	5.5 ↓
第三次	7.8 ↓	7.1 ↓	4.8 ↓
水的平均變化量(g)	7.7 ↓	6.9 ↓	5.2 ↓
透過屋頂的水量(扣除從燒杯口散逸水重(g))	2.5g ↓	1.7g ↓	0

表四：不同材料屋頂透氣性分析：加熱後通過不同材質屋頂的水量多寡

時間 \ 材料	瓦片屋頂	水泥屋頂	鐵皮屋頂
10 分鐘	 <p>形成水霧狀</p>	 <p>形成水霧狀</p>	 <p>無變化</p>
20 分鐘	 <p>形成小水珠</p>	 <p>形成小水珠</p>	 <p>無變化</p>
30 分鐘結果	 <p>形成大顆水珠狀 占錶玻璃 80%面積</p> <p>形成大顆水珠狀 占表面積 69%</p> <p>無變化</p>		

表五:不同材料屋頂透氣性分析:加熱後通過不同材質屋頂的水氣多寡

由表四可以知道瓦片屋頂在燒杯內的水平均散失了 7.7g，水泥屋頂在燒杯內的水平均散失了 6.9 克，鐵皮屋頂在燒杯內平均散失了 5.2g，我們觀察錶玻璃狀態，發現瓦片及水泥屋頂上的錶玻璃都會有水氣附著，只有鐵皮屋頂的錶玻璃沒有任何水氣附著，因此我們認為鐵皮屋頂是不會有水氣通過的，而鐵皮屋頂燒杯內水量的減少量就是從燒杯尖嘴處散失到空氣中的，因此我們再把水的平均變化量扣除 5.2g，算出通過瓦片屋頂的淨水量是 2.5g，通過水泥屋頂的淨水量是 1.7g。

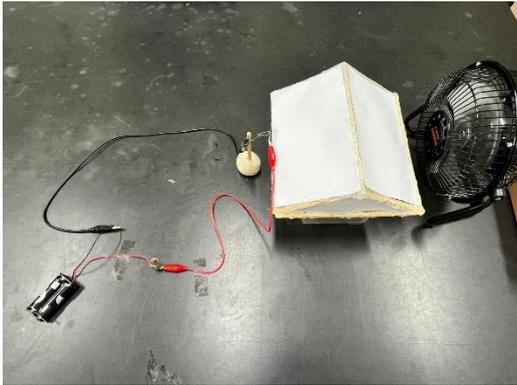
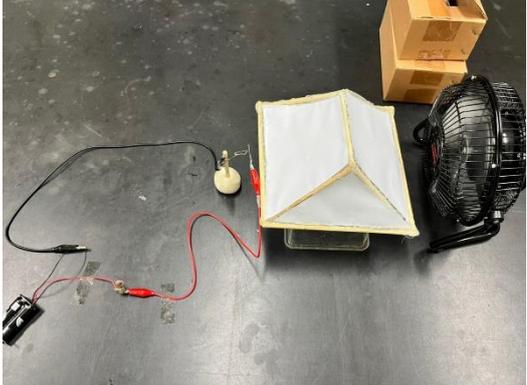
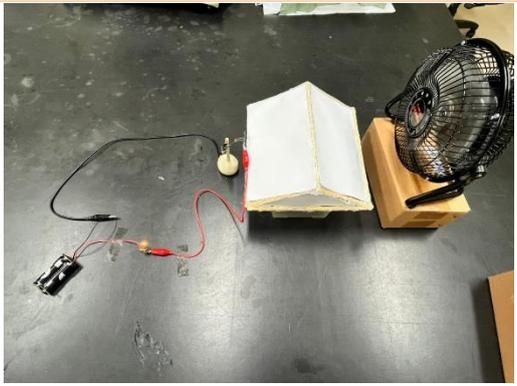
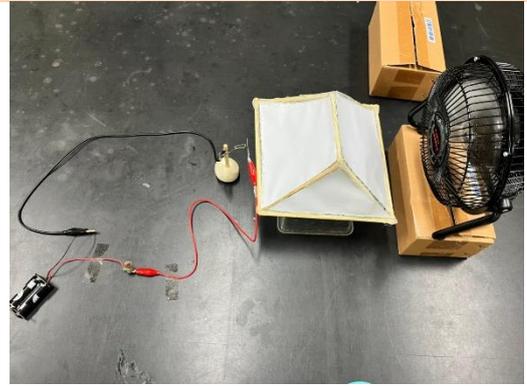
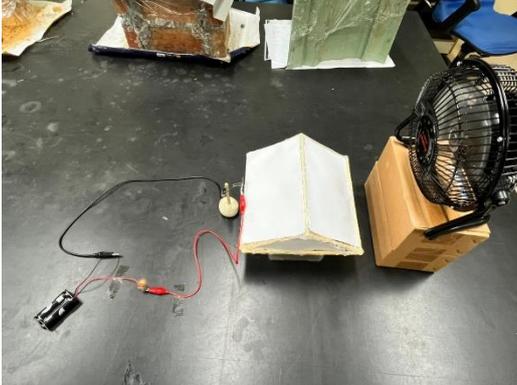
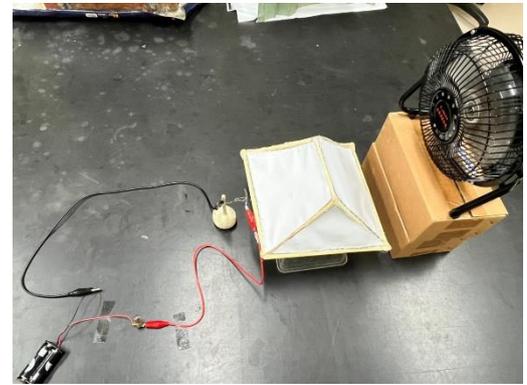
由表五可看出在十分鐘時瓦片屋頂和水泥屋頂上的錶玻璃有薄薄的一層水霧，而瓦片屋頂的水霧明顯多於水泥屋頂；在二十分鐘時，瓦片屋頂已經產生足夠水氣，形成小顆粒狀水珠，水泥屋頂也產生顆粒狀水珠，但顆粒較小，且凝聚成水珠的範圍較小；在三十分鐘時，瓦片屋頂上的錶玻璃以匯聚成許多大顆粒水珠，範圍占錶玻璃的 80%，而水泥屋頂也匯聚較大顆粒的水珠，但是範圍僅占錶玻璃的 69%。鐵皮屋頂上的錶玻璃則完全沒有產生水霧、水珠。

實驗五：探討不同屋頂結構受風的影響。

風扇位置	二坡式	五脊四坡式
桌面上	138 次	132 次
墊高 7.5 公分	147 次	137 次
墊高 15 公分	157 次	142 次

表六：不同屋頂結構在風扇擺放不同位置時每分鐘的振動頻率

從表六中可以知道二坡式的屋頂和五脊四坡式的屋頂在對側有來風時，皆可使鋁箔紙產生搖動的現象，兩種屋頂結構上的鋁箔紙都是風扇放在桌面上吹動時振動頻率最低，放在墊高 15 公分處時振動頻率最高。風扇放置於不同位置所造成鋁箔紙振動的頻率，二坡式的屋頂結構皆高於五脊四坡式的屋頂結構。

	二坡式	五脊四坡式
桌面上	 <p>不發亮</p>	 <p>不發亮</p>
墊高 7.5 公分	 <p>發亮</p>	 <p>不發亮</p>
墊高 15 公分	 <p>發亮</p>	 <p>不發亮</p>

表七:不同屋頂結構在風扇擺放不同位置時的振動幅度

另外，利用鋁箔紙搖動的幅度大小測量受風大小，從表七中可看到二坡式的屋頂結構中的鋁箔紙在風扇放置於墊高 7.5 公分處和墊高 15 公分處時，能使電路系統中的燈泡發亮，代表鋁箔紙受到風扇所帶動的氣流擾動的振幅較大，風扇放在桌面上吹動鋁箔紙，產生較小振幅，無法使電路系統中的燈泡發亮。五脊四坡式的屋頂結構上的鋁箔紙在風扇放置於桌面上、墊高 7.5 公分處、墊高 15 公分處都無法燈泡發亮。

陸、討論

一、實驗一:不同材料牆面對於室內溫度的影響(模擬夏季)

我們發現在模擬夏季的情況下，石頭屋的溫度上升量最少，石頭屋的建材是就地取材的花崗岩，推測造成的原因為:花崗岩的熱傳導系數大，當熱量傳給花崗岩時因傳導系數大，熱量較容易傳出去，用手去摸時，會感覺冰涼，成了夏季較為涼爽的結果;且花崗岩的比熱大($0.79\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$)，溫度不易升降，因此在夏季時屋內的溫度不容易上升。查找網路資訊，我們知道紅磚水泥屋中，在紅磚燒製的過程中，內部會產生一些空洞，充滿空氣，空氣的導熱性能差，在夏季溫度提升時，較難散熱，因此室內溫度上升得比石頭屋快一些。而鐵皮比熱小(鐵的比熱是 $0.46\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$)，容易吸收熱能，於是夏天太陽直曬的高溫傳入屋內，積蓄的溫度直線攀升，讓室內變得像烤箱一樣。

二、實驗二:不同材料牆面對於室內溫度的影響(模擬冬季)之討論。

我們從實驗結果發現石頭屋和紅磚水泥屋在戶外環境溫度降低時，其室內的溫度變化量皆很小，推測可能的原因為石頭屋本身因為是由花崗岩和泥土所砌成，兩者的揉合產生較大的熱容量，因此外界的低溫要經過很久才能影響到室內的溫度，這就是為什麼石頭屋內部的溫度變化量較低的緣故;而紅磚水泥屋也是因為紅磚的內部具備一些空洞，充滿空氣，空氣的導熱性能差，因此外界溫度降低時，屋內的溫度變化也較慢。而鐵皮屋則因為比熱較小，熱容易散逸出去，不能夠保溫，因此溫度下降較快。

另外，石頭屋的厚度一般來說都比較厚，約可達 50 公分的厚度，且花崗岩質地緻密，熱量不易散失，因此在冬天溫度降低時，石頭屋較能保暖。

三、實驗三:不同材料屋頂對於室內溫度(模擬夏季)影響之討論。

從實驗結果可知瓦片屋頂及水泥屋頂在模擬夏季溫度提升時，其室內的溫度變化量差不多，一般的瓦片是由泥土燒製而成，因此不管使用瓦片還是水泥屋頂，兩者之間溫差沒有顯著的不同的。雖然材料不同看不出瓦片和水泥屋頂對室內溫度變化的影響，但兩者的建築方式有很大的差異，這將與造成房子透氣性的差異。

四、實驗四:測定不同材料屋頂的透氣性之討論。

在實驗四中我們利用將水加熱，使水成為氣體型態，觀察氣體是否得以穿過屋頂，測不同屋頂材料的透氣性，我們知道一般室內溫度無法到達如此高溫，而在大氣中的水也會以氣體的方式呈現，故此實驗採取加熱方式僅是為了加快實驗效率，並未模擬實際的室內溫度。

實驗結果顯示，通過瓦片的水氣最多，因此我們可以瞭解瓦片屋頂的透氣性是三者之中最好的，我們查找瓦片的製作過程，知道瓦片是由泥土燒製而成，其燒製過程中造成孔隙，使氣體得以穿過其中，透氣性高，因此能夠在夏季時防暑降溫，房屋就會很涼快，且房屋透氣性佳，不但可以減少壁癌產生，減少南風結露，降低室內溼度，更能大幅提升居住的舒適度。水泥屋頂是由水泥砂漿所製成，水泥砂漿也具有孔隙透氣性，水進不來，水蒸氣出得去，透氣率低於瓦片屋頂，因此水泥屋會較為悶熱。鐵皮屋則是完全不能透氣，因此在戶外溫度升高時室內顯得格外酷熱。

我們查找資料時，知道瓦片的堆疊方式具有隙縫，產生自然的空氣對流，能使瓦片下的空氣流通，且為了方便修補，屋瓦並不封死，以俗稱壓瓦石的石頭壓鎮，因此透氣性佳，在夏天時能達到涼爽的效果。綜合以上概念，我們認為，傳統石頭屋所使用的瓦片屋頂確實能達到夏天涼爽的效果。但是在冬天時，瓦片屋頂會造成室內冷空氣流通而降低保暖效果。

五、實驗五:探討不同屋頂結構受風的影響討論。

閩東傳統建築中最常見到的屋頂建築結構有兩種形式:二坡式及五脊四坡式，從實驗結果中可以發現二坡式屋頂上的鋁箔紙在受風擾動下，會產生較高的振動頻率，而五脊四坡式屋頂上的鋁箔紙在受風擾動下，所產生的振動頻率比較低，我們推測五脊四坡式屋頂的受風面和二坡式屋頂的受風面之面積大小不同而影響受風的結果，二坡式的受風面是長方形，面積較大，五脊四坡式受風面是梯形，面積較小，因此我們可以知道受風吹之面積愈大，受風吹的力量也就愈大，由此可知二坡式屋頂的防風性較差，五脊四坡式屋頂的防風性較好。

五脊四坡式的屋頂共有五條脊，除了中間平直的正脊外，另外四條分別向四角落下，這種形式接近制式廡殿頂，但屋簷不出挑，沒有如廡殿頂垂脊做法，純粹是順著內部之間開的結構，因此外部具有防風的功能。而其屋簷角度成 23.5 度，這樣的角度的平緩，是阻風力相對

好的角度，接近流線形，如此可以防止屋頂瓦片被強風吹落。

我們由實驗結果可以看到二坡式屋頂的鋁箔紙在風扇置於7.5公分處及15公分處時會使電路系統的燈泡發亮，代表振動幅度較大，受風較強，五脊四坡式的屋頂上的鋁箔紙則無法造成電路系統的燈泡發亮，代表振動幅度小，受風較弱，因此閩東建築使用五脊四坡式的結構確實可以降低受風，有防風的效果。

風扇放置的位置越高，置於屋頂的鋁箔紙振動頻率就越高。我們推測置於桌面上的風扇所吹出的風會被屋頂坡面擋住，風力不易傳遞；風扇置於7.5公分處時，部分的風會被正脊阻擋而消散；風扇置於15公分處，大部分的氣流不被阻擋，而能直接傳遞出去，產生較大的振動頻率。從此實驗中可知風的來向也決定受風性。

柒、結論

以下是我們觀察及分析的發現：

- 一、地區的閩東建築之花崗岩建材在夏季時可以阻擋熱氣，達到涼爽的效果；在冬季時可以保暖，維持室內的溫度。符合「冬暖夏涼」的特性。
- 二、紅磚水泥屋在夏季及冬季時室內溫度變化量皆高於閩東傳統石頭屋；鐵皮屋則是在夏季時炎熱，冬季時寒冷，是為「冬寒夏熱」的特性。
- 三、瓦片屋頂及水泥屋頂在室外溫度提升時，兩者的溫度變化量差不多，因此這兩種材質屋頂受環境溫度的影響沒有顯著的不同，但是若考量兩者的建築方式之不同而造成的空氣流通性，將會造成室內溫度變化的差異。
- 四、瓦片屋頂的透氣性比水泥屋頂的透氣性還要好，空氣流動佳，房內的通透性好，較不悶熱。鐵皮屋的透氣性差，完全無法使空氣通透，所以較為悶熱。
- 五、閩東傳統建築的屋頂結構中二坡式的防風性較差，五脊四坡式的防風性較好。通常家境較富裕或者較大空間的房子會建造五脊四坡式的結構，家境較清寒或是建造倉庫、魚寮等會採取二坡式的屋頂結構。

- 六、閩東建築的五脊四坡式屋頂結構有效降低受風力，房屋的受風振幅也會比較小，在建造房屋時應考量東北季風的風向，房屋開口以座東北朝西南向較為恰當。
- 七、綜合以上五個實驗，我們可以瞭解閩東式建築順應了馬祖地區的氣候，在屋內溫度的調控、透氣性的思考、防風性的考量都有縝密的設計，這讓我們體會到祖先的生活智慧，閩東式石頭屋不是生硬冰冷的建築物，而是融入祖先對這塊土地的深入的認識、情感的連結、「取之於自然，用之於自然」生命共存的態度。

捌、參考資料及其他

- 1、戀上石板屋的美——冬暖夏涼。第 61 屆中小學科學展覽。
- 2、布農族家屋的建築智慧。第 58 屆中小學科學展覽。曾偉傑、余祥恩、余家綾、余杰倫。
- 3、你家被風吹倒了?!探討風對不同建築物的影響情形。第 45 屆中小學科學展覽。陳弘誌、陳建彰、林建甫。
- 4、荒壁聚落保存與空間再利用。
<https://www.matsu.gov.tw/chhtml/Detail/371040200A/2352?mcid=32408>。北竿鄉公所。

【評語】 030501

不只量溫度變化，且應該考慮遞減的時間（斜率），比對時間點應該考慮溫度衰減期的觀念。

需考量模型尺度的問題，思考模型放大所產生的比例問題。

研究主題具明確鄉土相關性。

作品海報

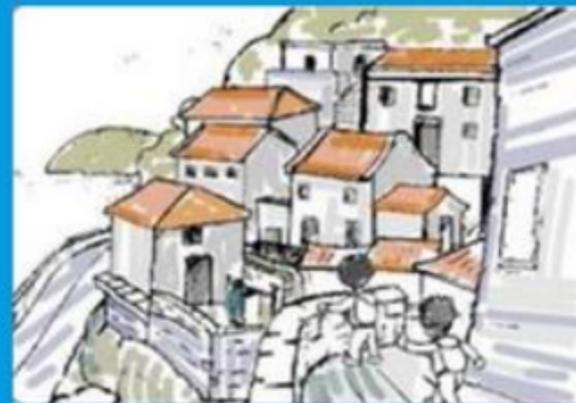
會呼吸的房子？閩東建築的智慧

冬暖？

夏涼？

透氣性？

受風性？



壹、研究動機

我們在文化處出版的「會呼吸的房子」一書中，看到對閩東建築的介紹，你有聽說房子會呼吸的嗎？會呼吸的房子是有生命的嗎？住起來會特別舒適嗎？這些問題縈繞在我們腦海中揮之不去，我們曾聽村莊耆老說過，馬祖的石頭屋不只在夏天時涼爽，冬天的時候，石頭屋內也很溫暖，對於閩東建築石頭屋是否真的如大家所言「冬暖夏涼」，我們感到很疑惑，因為馬祖的冬天十分寒冷，我們平時的經驗是「冬冷夏涼」的。因此我們開始探討造成閩東建築「冬暖夏涼」的原因。

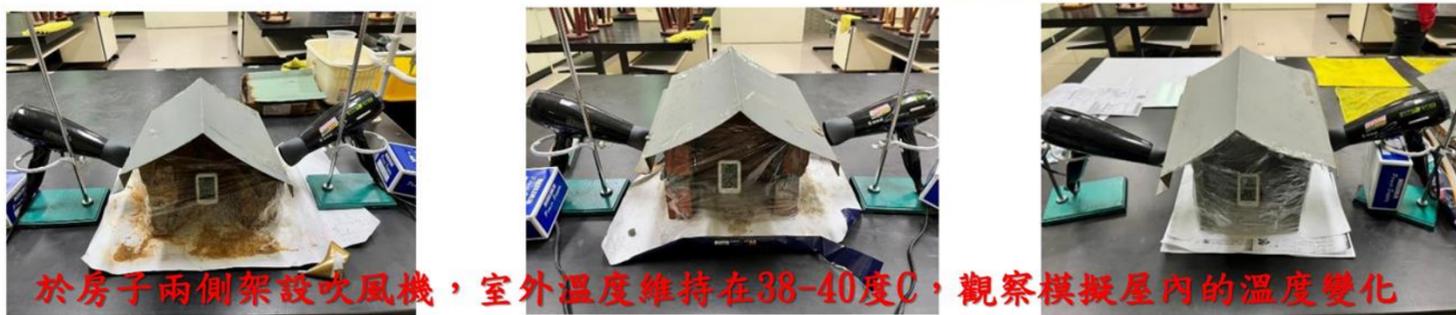
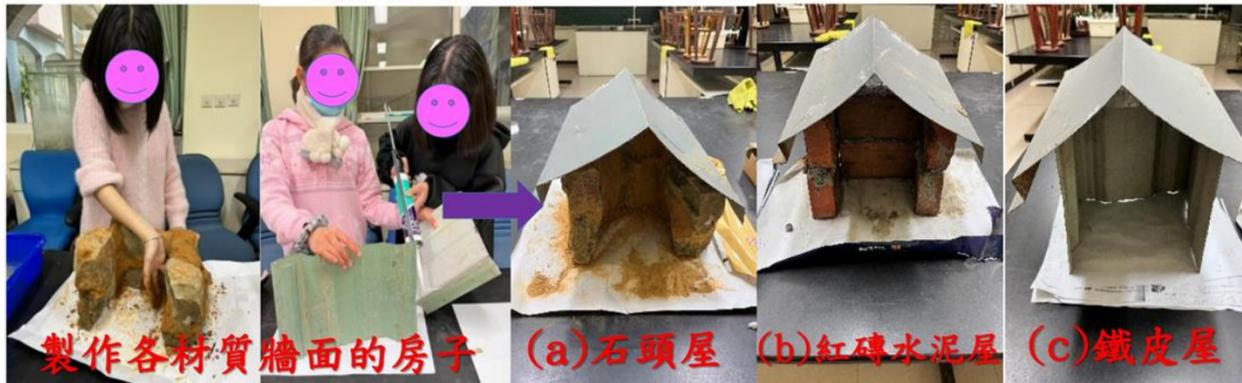
貳、目的

藉由模擬實作、探討來了解

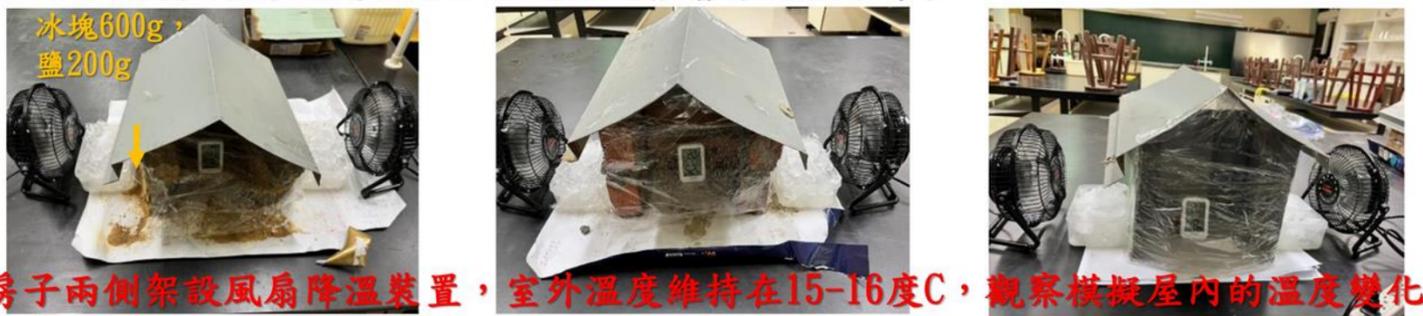
- 一. 不同材料牆面對於室內溫度的影響。
- 二. 不同材料屋頂對於室內溫度的影響。
- 三. 測定不同材料屋頂的透氣性。
- 四. 探討不同屋頂結構受風的影響。

參、研究過程或方法

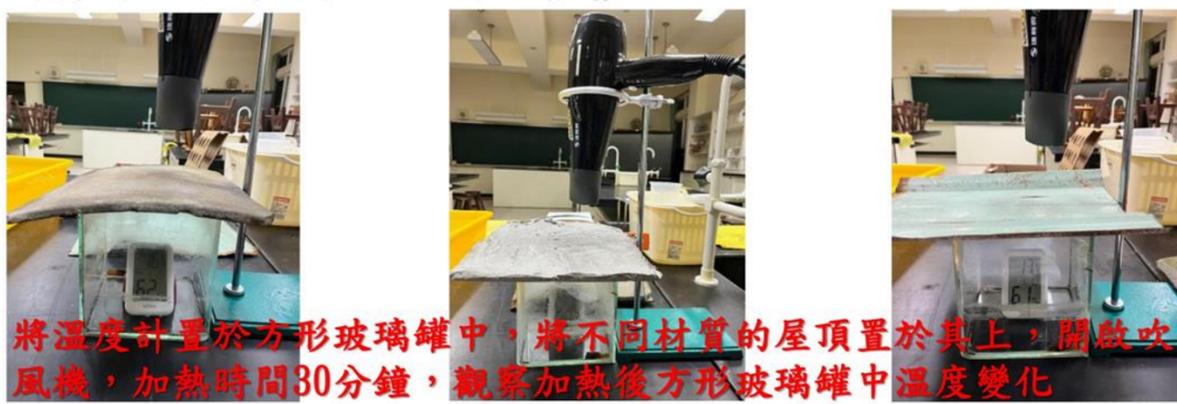
實驗一：不同材料牆面對於室內溫度的影響(模擬夏季)



實驗二：不同材料牆面對於室內溫度的影響(模擬冬季)



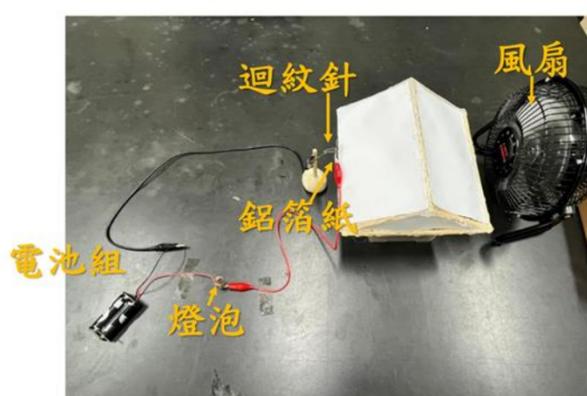
實驗三：不同材料屋頂對於室內溫度的影響。



實驗四：測定不同材料屋頂的透氣性。



實驗五：探討不同屋頂結構受風的影響

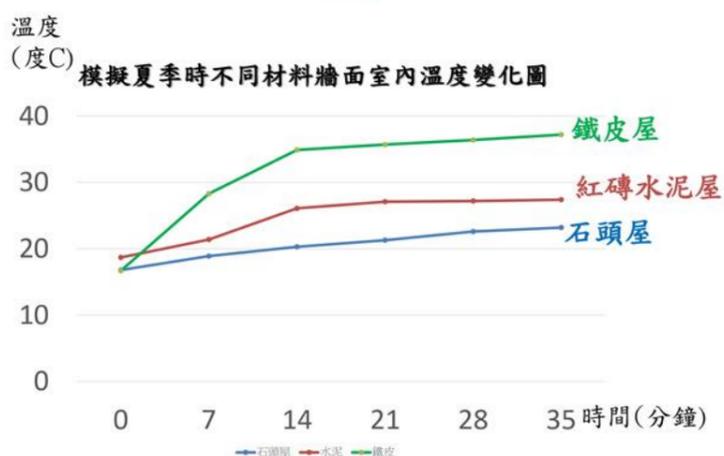


1. 利用竹筷製作「二坡式」、「五脊四坡式」結構的屋頂。
2. 借助電路組測定振動幅度：測定風扇分別置於桌面上、墊高7.5公分處、墊高15公分處，觀察燈泡亮滅情形。
3. 以手機側錄固定於「二坡式」、「五脊四坡式」屋頂的鋁箔紙之振動狀況，計算一分鐘內的振動頻率，以測定風對不同屋頂結構受風的影響。

肆、研究結果

實驗一:不同材料牆面對於室內溫度的影響 (模擬夏季)之分析

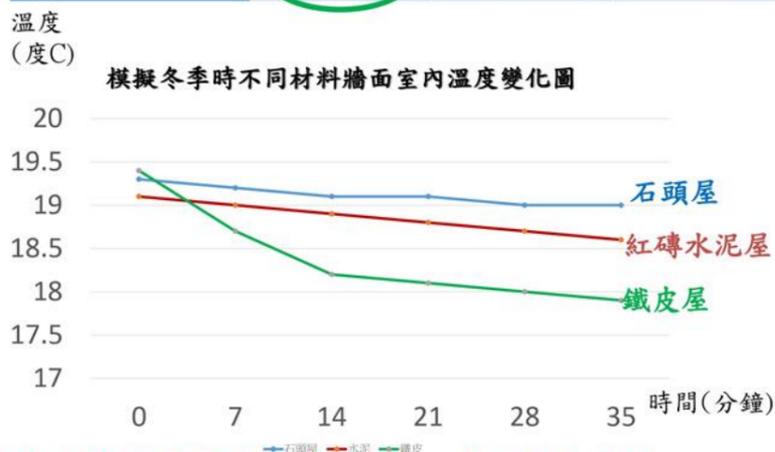
時間(分鐘)	石頭屋	紅磚水泥	鐵皮屋
0	16.8	18.7	16.7
7	18.9	21.4	28.3
14	20.3	26.1	34.9
21	21.3	27.1	35.7
28	22.6	27.2	36.4
35	23.2	27.4	37.2
溫度變化量(度C)	6.4↑	8.7↑	20.5↑



→鐵皮屋的溫度變化量最大，共上升20.5°C；
石頭屋的溫度變化量最小，共上升6.4°C；
紅磚水泥屋的溫度變化量介於兩者之間，上升8.7°C。

實驗二:不同材料牆面對於室內溫度的影響 (模擬冬季)之分析

時間(分鐘)	石頭屋	紅磚水泥	鐵皮屋
0	19.3	19.1	19.4
7	19.2	19	18.7
14	19.1	18.9	18.2
21	19.1	18.8	18.1
28	19	18.7	18
35	19	18.6	17.9
溫度變化量(度C)	0.3↓	0.5↓	1.5↓



→鐵皮屋的溫度變化量最大，共下降1.5°C；
石頭屋的溫度變化量最小，共下降0.3°C；
紅磚水泥屋的溫度變化量介於兩者之間，下降0.5°C。

實驗三:不同材料屋頂對於室內溫度影響 (模擬夏季)之分析

次數	瓦片屋頂	水泥屋頂	鐵皮屋頂
第一次	5.9↑	5.9↑	6.4↑
第二次	6.1↑	6.2↑	6.6↑
第三次	6.1↑	5.6↑	6.4↑
溫度平均變化量(度C)	6.0↑	5.9↑	6.5↑

→瓦片屋頂的房子溫度平均上升6.0°C，
水泥屋頂的房子溫度平均上升5.9°C，
兩者的溫度變化量差不多。
鐵皮屋頂的溫度平均上升6.5°C，溫度變化量最大。

實驗四:測定不同材料屋頂的透氣性之分析

次數	瓦片屋頂	水泥屋頂	鐵皮屋頂
第一次	7.9↓	7.4↓	5.3↓
第二次	7.4↓	6.2↓	5.5↓
第三次	7.8↓	7.1↓	4.8↓
水的平均變化量(g)	7.7↓	6.9↓	5.2↓
透過屋頂的水量	2.5	1.7	0

時間	瓦片屋頂	水泥屋頂	鐵皮屋頂
10分鐘	形成水霧狀	形成水霧狀	無變化
20分鐘	形成小水珠	形成小水珠	無變化
30分鐘	形成大顆水珠狀 占錶玻璃80%面積	形成大顆水珠狀 占錶玻璃69%面積	無變化

→瓦片屋頂在燒杯內的水平均散失了7.7g，
水泥屋頂在燒杯內的水平均散失了6.9克，
鐵皮屋頂在燒杯內平均散失了5.2g，
瓦片屋頂上的錶玻璃匯聚成許多大水珠，範圍占80%，
而水泥屋頂也匯聚成水珠狀，範圍占錶玻璃的69%。

實驗五:探討不同屋頂結構受風的影響

風扇位置	二坡式	五脊四坡式
桌面上	138次	132次
墊高7.5公分	147次	137次
墊高15公分	157次	142次

→五脊四坡式受風吹動的振動頻率較低

	二坡式	五脊四坡式
桌面	不發亮	不發亮
墊高7.5公分	發亮	不發亮
墊高15公分	發亮	不發亮

→五脊四坡式受風吹動的振動幅度較小

伍、討論

一、實驗一:不同材料牆面對於室內溫度的影響(模擬夏季)

花崗岩的熱傳導係數大，**當熱量傳給花崗岩時因傳導係數大，熱量較容易傳出去，用手去摸時，會感覺冰涼，成了夏季較為涼爽的結果;且花崗岩的比熱大(0.79cal/g⁰C)，溫度不易升降，因此在夏季時屋內的溫度不容易上升。**查找網路資訊，我們知道紅磚水泥屋中，在紅磚燒製的過程中，內部會產生一些空洞，充滿空氣，空氣的導熱性能差，在夏季溫度提升時，較難散熱，因此室內溫度上升得比石頭屋快一些。

二、實驗二:不同材料牆面對於室內溫度的影響(模擬冬季)

石頭屋本身因為**是由花崗岩和泥土所砌成，兩者的揉合產生較大的熱容量，因此外界的低溫要經過很久才能影響到室內的溫度，這就是為什麼石頭屋內部的溫度變化量較低的緣故;**而紅磚水泥屋也是因為紅磚的內部具備一些空洞，充滿空氣，空氣的導熱性能差，因此外界溫度降低時，屋內的溫度變化也較慢。而鐵皮屋則因為比熱較小，熱容易散逸出去，不能夠保溫，因此溫度下降較快。

三、實驗三:不同材料屋頂對於室內溫度(模擬夏季)影響

從實驗結果可知瓦片屋頂及水泥屋頂在模擬夏季溫度提升時，其室內的溫度變化量差不多，一般的瓦片是由泥土燒製而成，因此**不管使用瓦片還是水泥屋頂，兩者之間溫差沒有顯著的不同。**雖然材料不同看不出瓦片和水泥屋頂對室內溫度變化的影響，但兩者的建築方式有很大的差異，這將與造成房子透氣性的差異。

四、實驗四:測定不同材料屋頂的透氣性

通過瓦片的水氣最多，因此瓦片屋頂的透氣性是三者之中最好的，**瓦片是由泥土燒製而成，其燒製過程中造成孔隙，使氣體得以穿過其中，透氣性高，因此能夠在夏季時防暑降溫，房屋就會很涼快，且房屋透氣性佳，不但可以減少壁癌產生，減少南風結露，降低室內溼度，更能大幅提升居住的舒適度。**水泥屋頂是由水泥砂漿所製成，水泥砂漿也具有孔隙透氣性，水進不來，水蒸氣出得去，透氣率低於瓦片屋頂，因此水泥屋會較為悶熱。鐵皮屋則是完全不能透氣，因此在戶外溫度升高時室內顯得格外酷熱。

五、實驗五:探討不同屋頂結構受風的影響

從實驗結果中可以發現二坡式屋頂上的鋁箔紙在受風擾動下，會產生較高的振動頻率，推測五脊四坡式屋頂的受風面和二坡式屋頂的受風面之面積大小不同而影響受風的結果，**二坡式的受風面面積較大，五脊四坡式受風面面積較小，因此我們可以知道受風吹之面積愈大，受風吹的力量也就愈大，由此可知二坡式屋頂的防風性較差，五脊四坡式屋頂的防風性較好。**

五脊四坡式的屋頂屋簷不出挑，因此外部具有防風的功能。而其屋簷角度成23.5度，這樣的角度的平緩，是阻風力相對好的角度，接近流線形，如此可以防止屋頂瓦片被強風吹落。

二坡式屋頂的鋁箔紙在風扇置於7.5公分處及15公分處時會使電路系統的燈泡發亮，代表振動幅度較大，受風較強，五脊四坡式則都無法造成電路系統的燈泡發亮，代表振動幅度小，受風較弱，因此閩東建築使用五脊四坡式的結構確實可以降低受風，有防風的效果。

風扇放置的位置越高，置於屋頂的鋁箔紙振動頻率就越高。我們推測置於桌面上的風扇所吹出的風會被屋頂坡面擋住，風力不易傳遞;風扇置於7.5公分處時，部分的風會被正脊阻擋而消散;風扇置於15公分處，大部分的氣流不被阻擋，而能直接傳遞出去，產生較大的振動頻率。從此實驗中可知風的來向也決定受風性。

陸、結論

- 一、地區的閩東建築之花崗岩建材在夏季時可以阻擋熱氣，達到涼爽的效果;在冬季時可以保暖，維持室內的溫度。符合「冬暖夏涼」的特性。
- 二、紅磚水泥屋在夏季及冬季時室內溫度變化量皆高於閩東傳統石頭屋;鐵皮屋則是在夏季時炎熱，冬季時寒冷，是為「冬寒夏熱」的特性。
- 三、瓦片屋頂及水泥屋頂在室外溫度提升時，兩者的溫度變化量差不多，因此這兩種材質屋頂受環境溫度的影響沒有顯著的不同，但是若考量兩者的建築方式之不同而造成的空氣流通性，將會造成室內溫度變化的差異。
- 四、瓦片屋頂的透氣性比水泥屋頂的透氣性還要好，空氣流動佳，房內的通透性好，較不悶熱。鐵皮屋的透氣性差，完全無法使空氣通透，所以較為悶熱。
- 五、閩東傳統建築的屋頂結構中二坡式的防風性較差，五脊四坡式的防風性較好。通常家境較富裕或者較大空間的房子會建造五脊四坡式的結構，家境較清寒或是建造倉庫、魚寮等會採取二坡式的屋頂結構。
- 六、閩東建築的五脊四坡式屋頂結構有效降低受風力，房屋的受風振幅也會比較小，在建造房屋時應考量東北季風的風向，房屋開口以座東北朝西南向較為恰當。

柒、參考資料及其他

- 1、戀上石板屋的美——冬暖夏涼。第61屆中小學科學展覽。
- 2、布農族家屋的建築智慧。第58屆中小學科學展覽。曾偉傑、余祥恩、余家綾、余杰倫。
- 3、你家被風吹倒了?!探討風對不同建築物的影響情形。第45屆中小學科學展覽。陳弘誌、陳建彰、林建甫。
- 4、芹壁聚落保存與空間再利用。

<https://www.matsu.gov.tw/chhtml/Detail/371040200A/2352?mcid=32408>。北竿鄉公所。