

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

081555

影子下的秘密-探討光影與投影面的關係

臺北市士林區天母國民小學

作者姓名：

小五 呂晉 小五 曲劭文 小四 羅章晏
小四 廖偉翔 小四 李以諾

指導老師：

羅文杰 謝佩珍

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書封面

科 別：自然科地球科學類

組 別：國 小 組

作品名稱：影子下的秘密--探討光影與投影面的關係

關鍵詞：日晷、投影面、太陽軌跡

編 號：

摘 要

這次的研究主要是在瞭解利用改良太陽觀測器和製作改良式日晷的過程中，分析出太陽所產生的光影和投影面之間的關係。對此其研究過程可分為三個階段：

第一階段是從改良課程中所使用的太陽觀測器，因而開始收集有關日晷的型式並分析原理、比較後選定赤道式日晷儀做為實驗用之標準日晷。

第二階段是以標準日晷的操作條件下，畫出一年之中太陽在天空運動的軌跡，以這軌跡做為其他型式日晷的投影依據。並在定性的條件下，找出不同地區的太陽軌跡，對不同的曲面所形成的投影樣式，以這個結果來做為改良日晷的重要依據。

第三階段便是將數據所得到的規律性，試圖發展出所有地區皆適用的全區式日晷，製成模型並測試。

最後再從前面三個階段所得到的原理、原則與模型成果，希望能從瞭解太陽軌跡與投影面的關係中，發展出更為多樣化的觀測工具。

目 次

	頁次
壹、研究動機	1
貳、文獻探討	1
參、研究目的及研究問題	1
肆、研究器材	2
研究設計流程圖	3
伍、研究步驟	4
探索一：比較各種日晷的原理、特色與限制	4
探索二：根據日晷的運作探討一年中太陽在天空所運行的軌跡	6
實驗一：由一年中太陽在天空的路徑反推赤道式日晷的投影區	6
探索三：探討太陽軌跡與投影面之間的關係	9
實驗二：不同地區的太陽軌跡在固定的面盤上是如何的投影	9
實驗三：不同地區的太陽軌跡在浮動的面盤上是如何的投影	10
實驗四：不同地區的太陽軌跡在浮動的圓柱曲面上是如何的投影	11
陸、討論	12
探索四：探討並設計「全時區日晷」的可行性	12
柒、結論	15
參考資料	16
影子下的秘密實驗照片	17

壹、研究動機

在五年級上學期，老師有教我們如何利用太陽觀測器，測量太陽在天空中的高度與方向。只不過那個時候每當我在中午十二點測量的時候，太陽並沒有剛好在正南方最高的位置。當時我以為是太陽觀測器出現問題，直到老師告訴我說那是因為時區所造成的，不僅如此，老師還說，中午十二點太陽大多不在正南方，隨季節不同，有時偏東，有時偏西，不過這要利用計時又計日的日晷來進行長時間的觀測。

這引起了極大的興趣，原本還以為我的實驗有問題，現在證明我當初的測量是正確的。因此我決定利用日晷來對太陽進行一番瞭解，說不定還會有更多的發現。

貳、文獻探討

日晷又名日規，晷字就是影的意思，是古代測量日影方位角以定時刻的一種工具，最原始的日晷只是在地面上直立一支八尺的竿子，到周朝已改進為圭表，圭是平放在地面上的一支玉石所製的尺，表是直立地面的一支八尺木竿，到漢代改用銅表。

日晷架構上是以包含一根表(晷針)和有刻度的晷面而成，形式大體上可分為赤道日晷、地平日晷及垂直日晷等。赤道日晷其圭盤與地球赤道平行，圭表通過圭盤中心垂直於圭盤，圭表與地軸平行，頂端指向北極。由於赤道式日晷則因地軸傾斜及地球公轉運動，圭盤兩面均須有刻度才能使用。

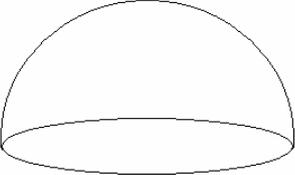
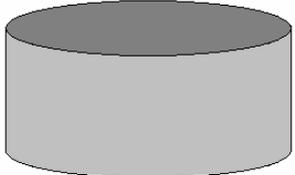
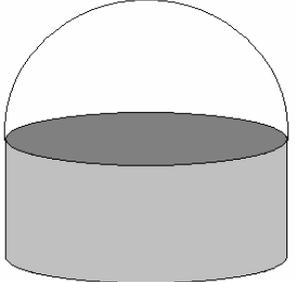
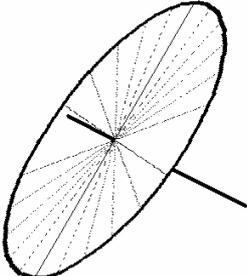
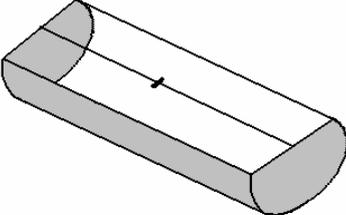
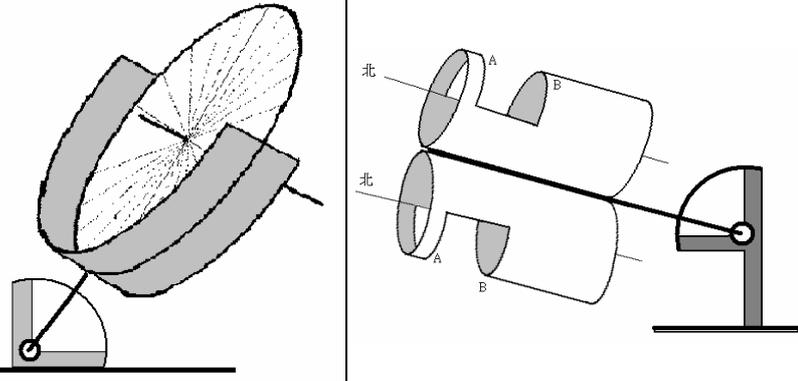
地平日晷以立於水平面上一塊三角斜板為圭表，圭表對準南北方位，圭盤可為半圓形，圭表斜邊對圭盤的傾角為當地緯度，此種日晷製造容易，雖刻度並非等分，但適合中緯度地區使用因此比較普遍。

而垂直日晷係安置在建築物的牆壁上，牆壁與地平面垂直，而圭盤平置或繪於牆面，因牆壁朝向方位不同，所以有正南、正北、朝東、朝西或偏向等不同的垂直日晷，其圭表安置的方式依日晷的不同而異。(邱紀良，日晷的實作)

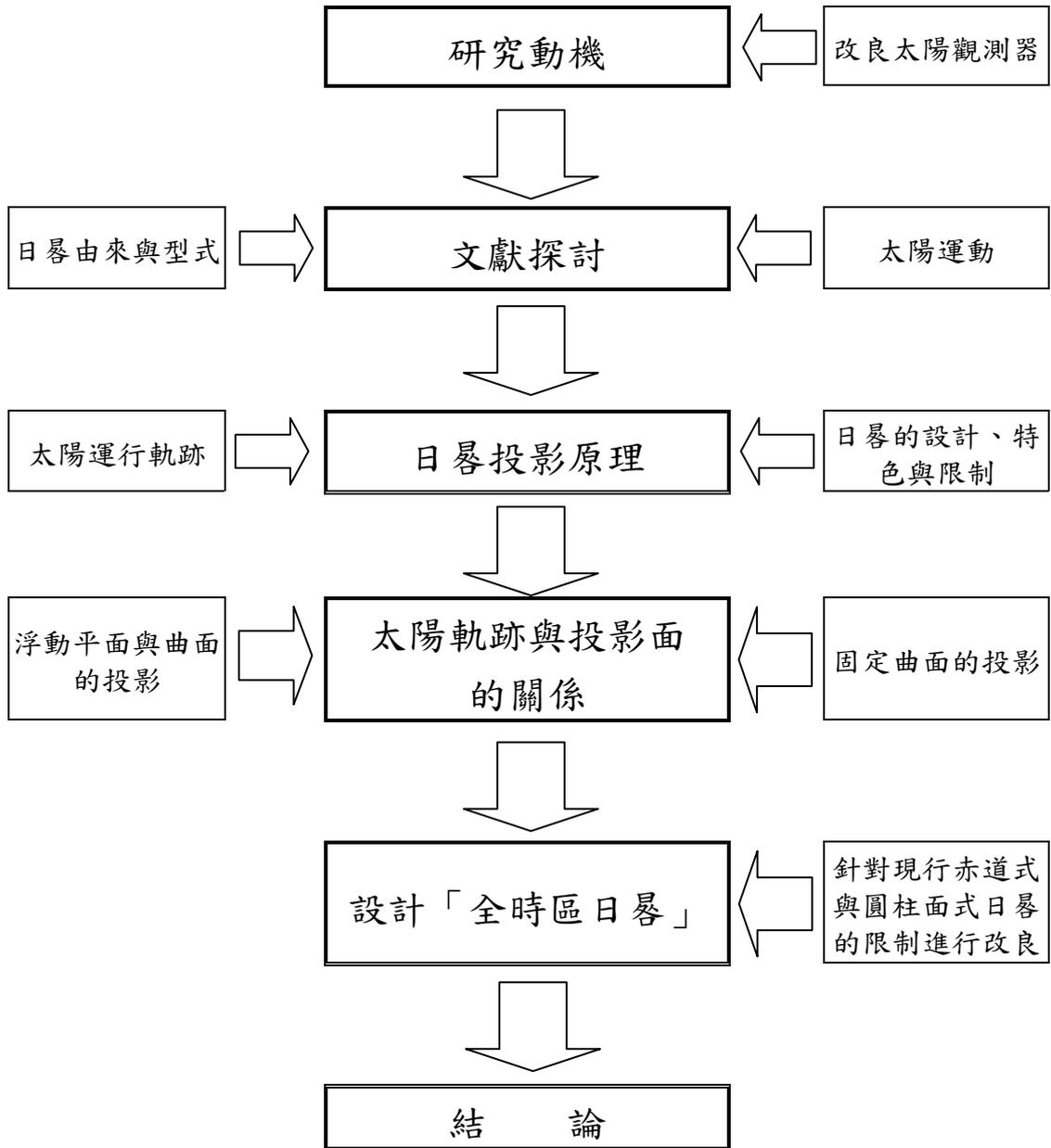
參、研究目的及研究問題

- 一、探討並比較各種日晷的原理、特色與限制
- 二、由一年中太陽在天空的路徑反推赤道式日晷的投影區
- 三、探討太陽軌跡與投影面之間的關係
 - (一)不同地區的太陽軌跡在固定的面盤上是如何的投影
 - (二)不同地區的太陽軌跡在浮動的面盤上是如何的投影
 - (三)不同地區的太陽軌跡在浮動的曲面上是如何的投影
- 四、探討並設計「全時區日晷」的可行性

肆、研究器材

器材名稱	規格	圖樣
半圓透明天球	內半徑 10cm 的透明半圓球體	
半圓天球底座	半徑 10cm、深 20cm 圓筒形的鐵製餅乾盒	
半圓天球底座組合	是將半圓透明天球疊在半圓天球底座上而成	
赤道式日晷	半徑為 5cm 的圓形投影面盤並用 2cm 長的牙籤穿透中央投影面盤等分為二十四個刻度，每一個刻度代表一小時	
圓柱面式日晷	圓筒為 2 公升保特瓶 保特瓶內襯有計時計日刻度	
全時區日晷	為改良型之赤道式日晷與圓柱面式日晷	
雷射光筆	一般簡報用	
手電筒	一般圓筒式	

研究設計流程圖

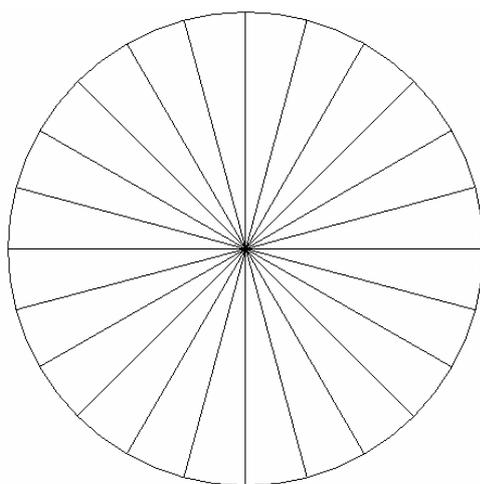
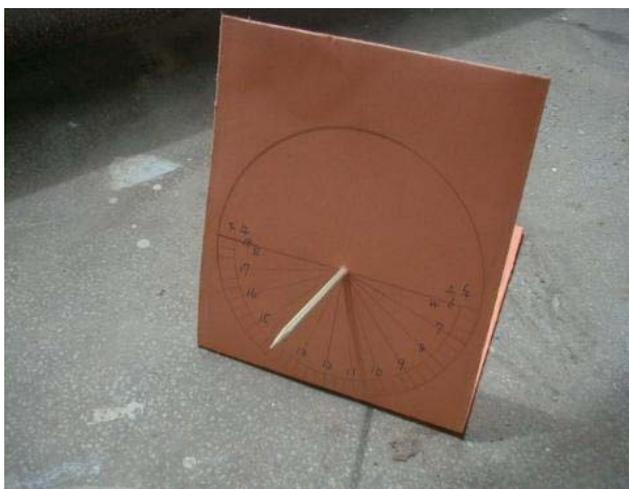


伍、研究步驟

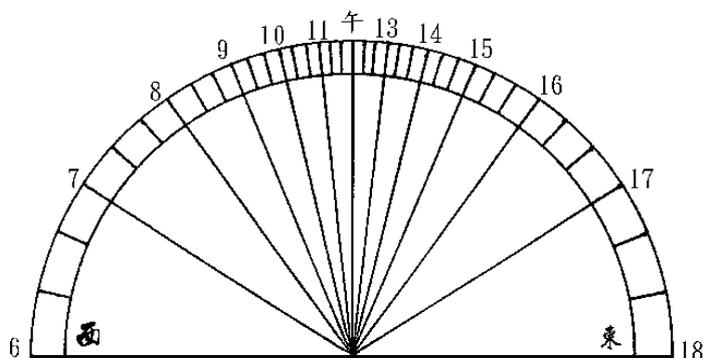
探索一：比較各種日晷的原理、特色與限制

收集網路、書籍上的資料後得知日晷的種類、樣式和功能還真多。我們把收集到的各種日晷資料列舉出來，除了能對日晷的發展有進一步的瞭解外，還希望能藉此找出適合我們研究的日晷類型。以下就赤道式、水平式、垂直式、圓弧式、半球面式及變心日晷等六種日晷來說明：

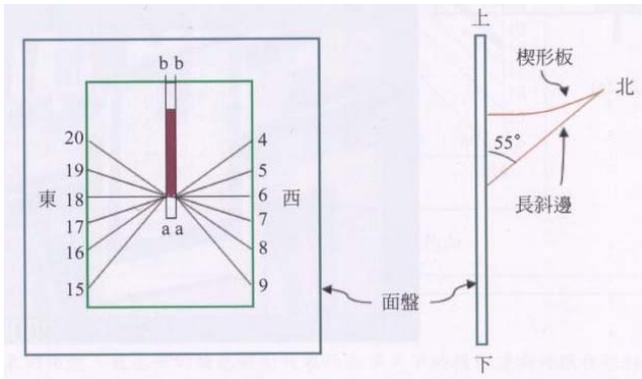
赤道式：這種型式日晷因其受影面盤與地球赤道面平行而得名。它是我國傳統的日晷。它的投影晷針與面盤相互垂直，而面盤常做成圓形，形狀有一點像陀螺，所以也有人稱它為陀螺式。晷針取子午向，與水平面的夾角等於當地的緯度，所以跟地球的自轉軸平行。



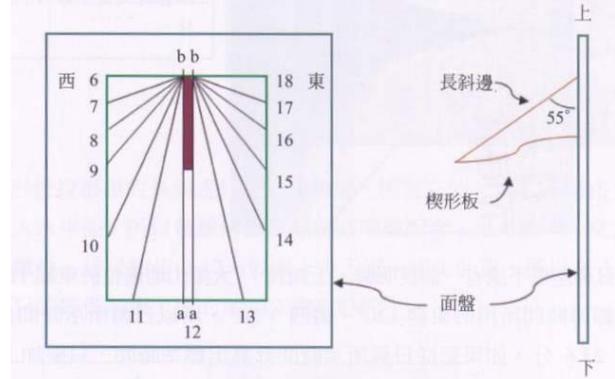
水平式：此型式的日晷因其底座要水平地面擺放著而得名，也有人稱它為地平式。底座就是那刻有時間指示線條的面盤。其晷針與底座之間的夾角要等於觀測地的緯度。晷針的南北方向要對正。這樣也就如同赤道式日晷，晷針與地球的南北極平行。我們可以想像，這種型式的日晷在赤道上無法使用，因為赤道的緯度是0度。



垂直式：水平式的日晷，爲了方便觀看，通常都建在地面或離地數尺。爲了避免日光被遮，它必須建在廣擴之處。因此可以高掛在戶外牆壁上的垂直式日晷，雖然現在比較少見，在過去它也是很受歡迎的。這種型式的日晷因其面盤是垂直地面掛著而著名。在北半球如果面盤正向南方，日晷的晷針或楔型板的長斜邊便應該指向地，與面盤之間的夾角等於 90 度減去觀測地的緯度。



垂直式日晷(面北)

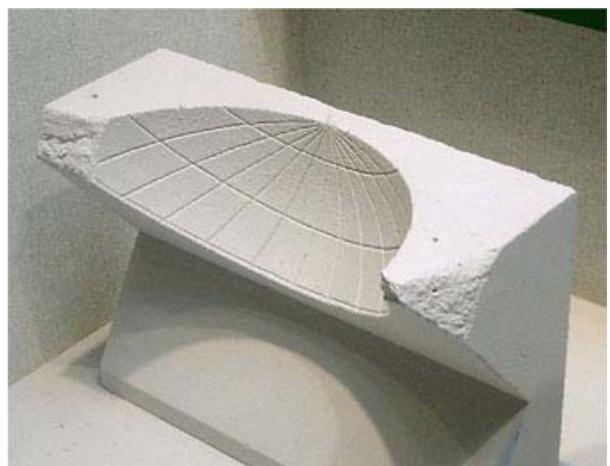


垂直式日晷(面南)

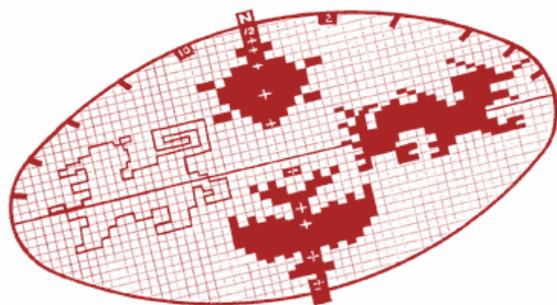
圓弧式：這種型式的日晷可以看成是赤道式的一種改良，即取去圓盤形的面盤，改用一个半圓弧替代而得名。晷針通常是經過圓心的一條弦，與地球的自轉軸平行。圓弧本身與地球赤道面平行。圓弧內面就是受影面，上面刻有南北向平行的時間線條。與赤道式日晷相同，弧度每十五度差就是一小時的時差。弧長等於半圓周，所以計時頂多只由六點到十八點。



半球面式：有記錄最早的半球面式日晷是亞歷山大帝時代(西元前 356-323 年)的迦勒底祭司 Berosus 製作的。他在水平的石頭上挖開一個空心半球，在其底部中心插上一根晷針，其尖端正好落在球心。半球面裡刻上十一條小時弧線，將球面等分成十二份。所有弧線在正北端以及正南端水平面處交會。每天太陽由東方出現第一道曙光，針影就出現在半球西方邊緣，是白天第一小時的開始。太陽走到中天，針影就到了球面正中的第六條線上。此線對正南北，是當天白天的第六小時結束、第七小時開始的線條。太陽由西方沒下，針影就到達球面東方邊緣，是白天第十二小時的結束。利用這種方式，針影的位置指示了當時已經是當天白天的第幾小時了。



變心日晷：另一種特殊的日晷是變心日晷。它常常做成一個橢圓，短軸放在子午線上。橢圓圓周上用另種顏色或大小的石塊來標記小時。當然，十二點鐘在子午線上。早晚的六點鐘在長軸的端點上。這種日晷的垂直標竿要隨著日期在短軸上一年做一次來回移動。因為標竿得常常改變位置，以使竿影能投射在正確的時間標示上，所以叫做變心日晷。



在對以上六種日晷的原理進行瞭解之後，我們便針對這些日晷的優缺點進行討論，所得到的結果如下表：

表一：各式日晷優缺點比較表

	赤道式	水平式	垂直式	圓弧式	半球面式	變心日晷
刻度間距	等距	不等距	不等距	等距	不等距	不等距
計時計日	計時	計時	計時	計時	計時計日	計時計日
晷針型式	針狀	楔形	楔形	針狀	針狀	人形
適用地區	中低緯度	中低緯度	中高緯度	中低緯度	中低緯度	中低緯度
不適用地區	無	赤道	極區	極區	高緯度	赤道
不適用的時間	春秋分	清晨傍晚	清晨傍晚	無	無	清晨傍晚
空間利用	小區域	寬廣區域	建築物上	小區域	小區域	寬廣區域
投影平面	平面	平面	平面	圓弧	球形	平面
日期校正	需要	需要	需要	需要	不用	不用
結構複雜度	中等	簡單	簡單	複雜	複雜	簡單
製作難度	中等	簡單	簡單	難	難	簡單

我們最後決定要採用赤道式日晷做為本實驗的標準日晷，原因如下：

1. 盤面的時間刻度的間隔是等距的，製作時可免除計算刻度的困擾
2. 所需要的場地比較小，方便我們進行模擬
3. 製作難度低，只要瞭解原理便可立即做
4. 雖然只有計時功能，但配合日期校正，就具有計日的功能
5. 晷針投影在面盤上，如同鐘錶的面盤，容易觀察

探索二：根據日晷的運作探討一年中太陽在天空所運行的軌跡

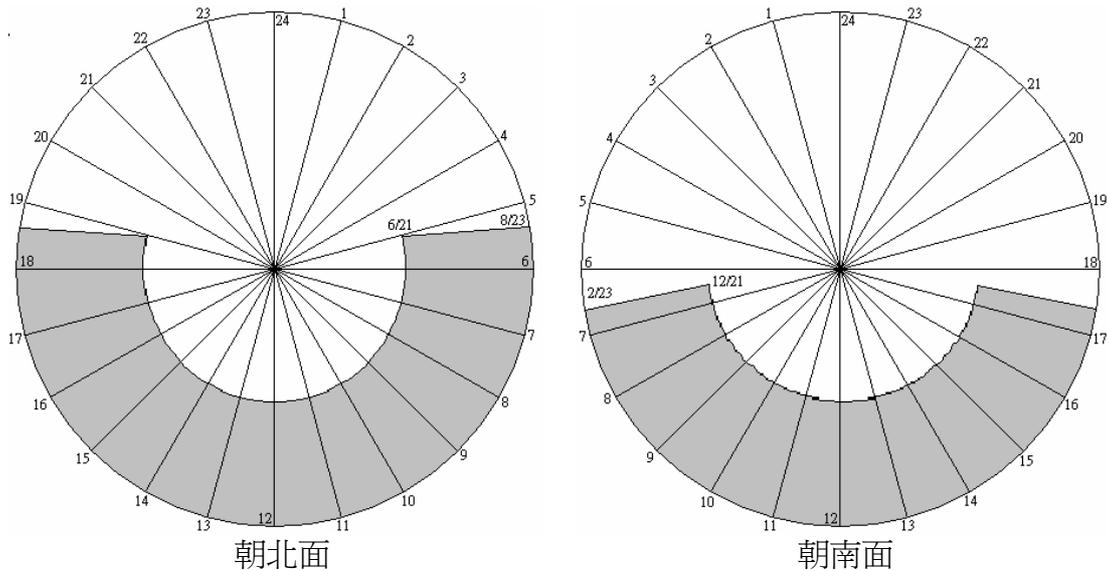
實驗一：由一年中太陽在天空的路徑反推赤道式日晷的投影區
實驗步驟：

1. 將赤道式日晷的面盤依比例縮小到直徑 10cm 的大小
2. 再將赤道式日晷固定在內凹的底座上
3. 將 2cm 長的晷針穿透投影面盤的中央後，並固定晷針
4. 以晷針的基底為準，調整投影面盤以下的半圓使其落在基座水平面以下
5. 在底座上蓋上透明的半球形天球

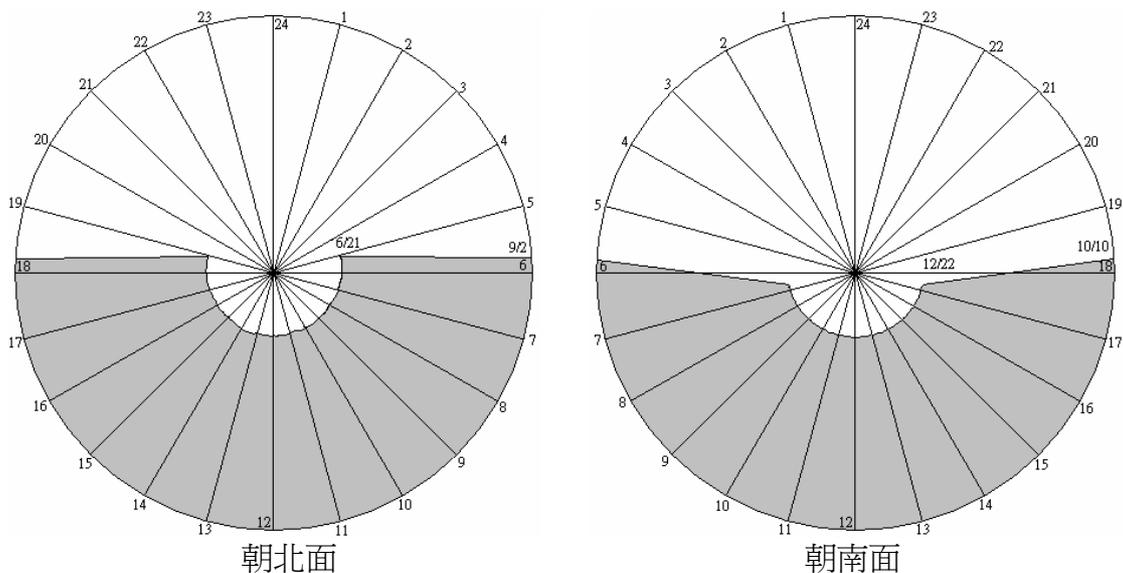
- 在天球上先畫出夏至、冬至與春秋分的太陽軌跡
- 利用雷射光筆在天球上的夏至、冬至與春秋分的太陽軌跡上移動，觀察影子在投影面盤上的變化，並在面盤上畫出影子的軌跡
- 重複 5~7 的步驟，畫出其餘八個月份的太陽軌跡，各軌跡的時間刻度與面盤上影子的軌跡

實驗結果：

- 我發現晷針頂部所投影到的範圍只有以下有顏色的部分
- 投影的日期朝北面盤大約從 4/22 到 8/22 左右幾個月份
- 投影的日期朝南面盤大約從 10/23 到 2/22 左右幾個月份



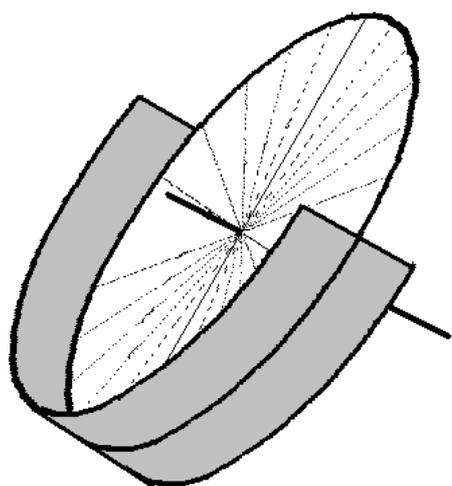
- 由於全年投影的範圍只有投影面盤的一半左右，因此將晷針的長度減半(1cm)之後，全年所能投影的範圍增加一倍。不僅如此，原本只能記錄到的日期天數也增加了許多
- 投影的日期朝北面盤大約從 4/10 到 9/2 左右幾個月份
- 投影的日期朝南面盤大約從 10/10 到 3/2 左右幾個月份



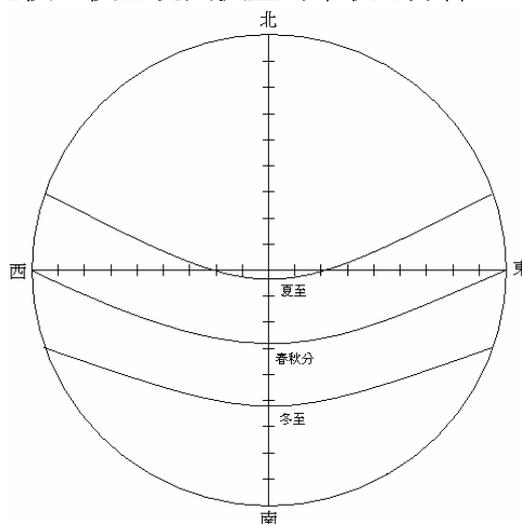
- 雖然如此，9/2 到 10/10 以及 3/2 到 4/10 之間依舊會因太陽光線角度的關係，使投影長度

超過面盤的範圍，要是這樣就無法記錄到全年的投影資料。爲了能夠記錄到全年的投影位置，面盤必需要再調整。由於晷針太短在測量上會不方便，所以經過我們和老師討論之後，決定改變面盤的型式，這樣一來，全年不管任何時間與日期，都可以測量到晷針頂端的位置。

8. 如果將竿影轉換成太陽在天球上的軌跡之後，便呈現圓弧型的帶狀區分佈

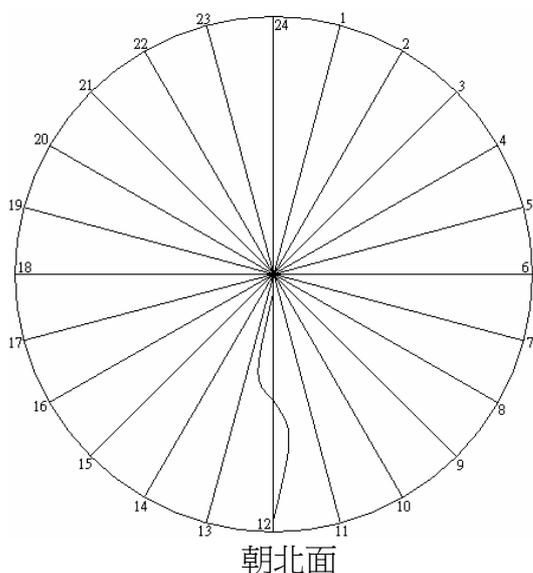


全年赤道式日晷

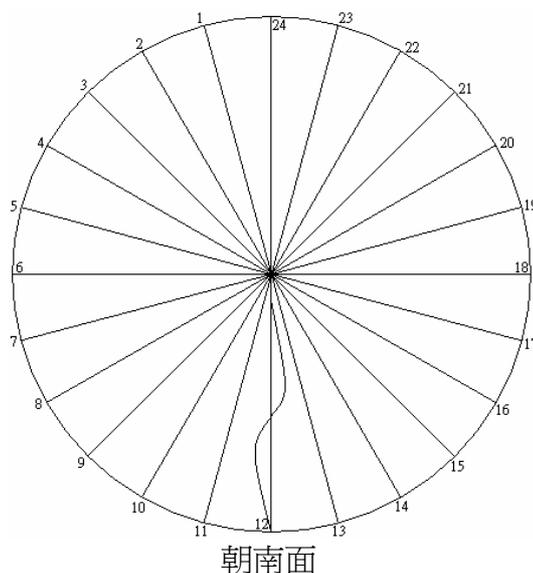


全年太陽軌跡圖

9. 配合日期、時間校正表之後，發現中午十二點的竿影沒有出現在子午線上，而是呈「8」字型的來回移動如下圖所示



朝北面



朝南面

由以上的結果發現，將赤道式日晷的面盤畫上全年竿影的日期與時間刻度後，的確是可以製成計算日期與時間的工具，同時又可免去日期、時間的校正麻煩。雖然如此，我們發現到，這種型式的日晷只能在局部的特定區域及時間來使用。主要的原因在於：

1. 太陽升起的角度會隨地球的緯度而改變。赤道地區太陽呈直上直下的軌跡，中緯度會隨緯度不同而有不同程度的斜度上下，而極區則在一定高度繞旋。在極區雖 24 小時皆可觀測，但也只有半年的時間。
2. 若太陽與面盤的夾角若太小，針影將超出面盤範圍，使得部份日期無法準確測出因此，我們便進行了第二階段的探索

探索三：探討太陽軌跡與投影面之間的關係

實驗二：不同地區的太陽軌跡在固定的面盤上(水平地面)是如何的投影

實驗步驟：

1. 根據查詢書籍得知，一年中赤道上的太陽軌跡後，在透明天球上畫出夏至、冬至與春、秋分三條太陽軌跡線
2. 將赤道式日軌平放在半圓天球底座上
3. 利用雷射光筆在天球上的夏至、冬至與春秋分的太陽軌跡上移動，觀察影子在投影面盤上的變化，並在面盤上畫出影子的軌跡(夏至：紅、冬至：藍、春秋分：綠)
4. 再根據緯度 45° 、 75° 、 90° 三個地區的太陽路徑，分別在三個透明天球上畫出這些地區的太陽軌跡
5. 重複 2~3 的步驟，並將結果畫在觀測記錄表中

實驗結果：

表二：不同緯度太陽軌跡與竿影變化對照表

	0	24	45	75	90
日晷示意圖					
全年竿影圖					
太陽軌跡圖					

研究發現：

1. 太陽軌跡圖會隨緯度的增加而有逐漸往南邊傾斜，最後躺平在天空繞旋
2. 全年竿影圖也會隨緯度的增加，由原來的雙曲線形→蝶翅形→翅緣拉長形→翅緣拉長部分接近→翅緣連結而成為甜甜圈的形狀
3. 全年的竿影在早晨及傍晚則無法投影在日晷的面盤上
4. 在緯度 75 度以上時，秋冬以後的竿影投影區將隨緯度增加而消失
5. 所投影的時間呈現出不等距的間隔

實驗三：不同地區的太陽軌跡在浮動的面盤上(與赤道平行)是如何的投影

實驗步驟：

1. 根據查詢書籍得知，一年中赤道上的太陽軌跡後，在透明天球上畫出夏至、冬至與春秋分三條太陽軌跡線
2. 調整赤道式日晷的角度，以配合赤道地區的緯度
3. 利用雷射光筆在天球上的夏至、冬至與春秋分的太陽軌跡上移動，觀察影子在投影面盤上的變化，並在面盤上畫出影子的軌跡(夏至：紅、冬至：藍、春秋分：綠)
4. 再根據緯度 45° 、 75° 、 90° 三個地區的太陽路徑，分別在三個透明天球上畫出這些地區的太陽軌跡
5. 重複 2~3 的步驟，並將結果畫在觀測記錄表中

實驗結果：

表三：不同緯度太陽軌跡與竿影變化對照表

	0	24	45	75	90
日晷示意圖					
向北盤面					
向南盤面					
太陽軌跡圖					

研究發現：

1. 太陽軌跡圖會隨緯度的增加而有逐漸往南邊傾斜，最後躺平在天空繞旋
2. 全年朝北竿影圖會隨緯度的增加，由原來的 180 度半圓形漸漸增加成爲完整的圓形，相反的全年朝南竿影圖則隨緯度增加，由原來的 180 度半圓形漸漸縮減到消失
3. 赤道及低緯度地區在春夏與秋冬時，竿影會分別投影在北、南兩面的面盤上
4. 全年的竿影頂端在早晨及傍晚超出投影的面盤

5. 所投影的任何時間呈現等距的間隔，但日期則呈現不等距的情形
6. 盤面若呈現日期時，便可在面盤上畫出校正後的經差與時間差

問題思索：

由結果中發現當投影的平面與地球表面平行時，一天的早晨及傍晚的竿影便不易投影在面盤上，也使得一年的竿影圖在不同緯度間的變化非常大。如此一來要製作一張全部都適用的全年竿影圖便不可能。

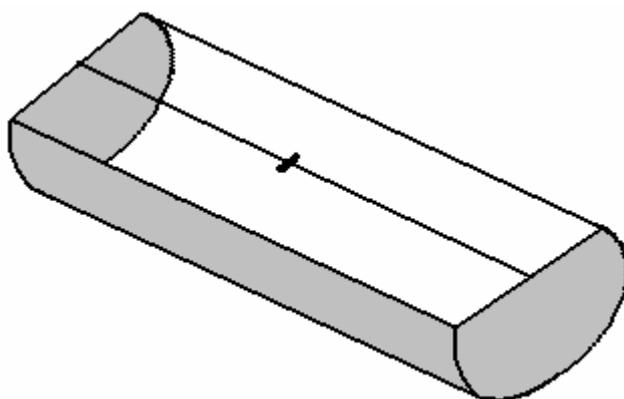
而當投影的平面與赤道面平行時，便可大幅減少不同地區全年竿影圖的差異。除刻度因等距容易劃分外，從赤道到北極都可以使用相同的全年竿影圖，因此大大的提高了實用的價值。

雖然如此，我們依舊發現到雖然時間是呈等距，但日期卻不是等距的。越接近圓心，每日的間隔越接近，遠離圓心則間隔越大。如此一來也增加我們在劃線時的困擾，除非實際模擬每天的位置，否則很難以計算的方式推估。

為解決此一問題，於是我們又開始思索竿影的投射原理：**太陽路徑是弧形，而投影面則是平的，導致太陽路徑是等距的，而投影長卻是不等距的主要原因。**因此若把投影面也變成和太陽一樣的圓弧形，那麼投影面的日期與時間應該就等於太陽在天空中相對的日期與時間位置。經評估之後，我們發現製成球面體有困難與限制：

1. 投影面只有 180 度無法在高緯度地區，日出早於六點鐘而日落晚於六點鐘時使用
2. 在球面上劃出日期與時間，難度較高

因此我們便參考資料，將投影面改為圓柱體的曲面來代替，應可解決日期不等距的問題(如下圖所示)



實驗四：不同地區的太陽軌跡在浮動的圓柱曲面上(與赤道平行)是如何的投影

實驗步驟：

1. 根據查詢書籍得知，一年中赤道上的太陽軌跡後，在透明天球上畫出夏至、冬至與春、秋分三條太陽軌跡線
2. 將半柱面式日軌平放在半圓天球底座上
3. 利用雷射光筆在天球上的夏至、冬至與春秋分的太陽軌跡上移動，觀察影子在投影面盤上的變化，並在面盤上畫出影子的軌跡(夏至：紅、冬至：藍、春秋分：綠)

- 再根據緯度 45° 、 75° 、 90° 三個地區的太陽路徑，分別在三個透明天球上畫出這些地區的太陽軌跡
- 重複 2~3 的步驟，並將結果畫在觀測記錄表中

實驗結果：

表四：不同緯度太陽軌跡與竿影變化對照表

	0	24	45	75	90
日晷示意圖					
全年竿影圖					
太陽軌跡圖					

研究發現：

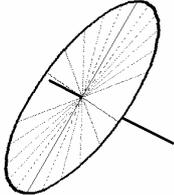
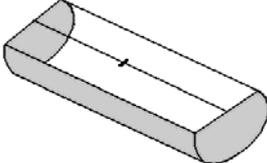
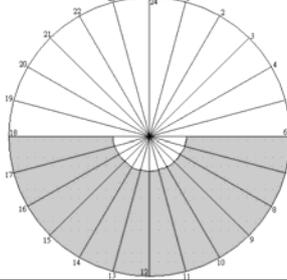
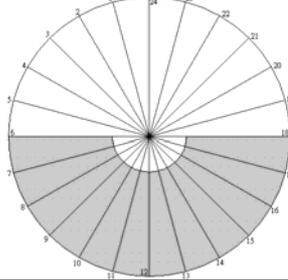
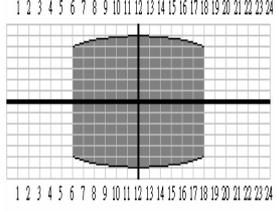
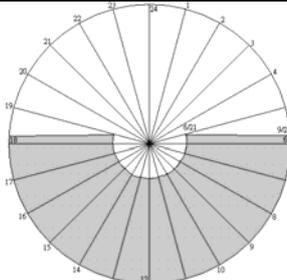
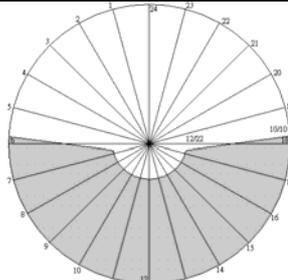
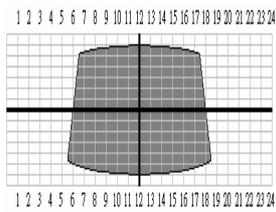
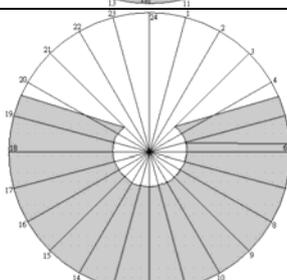
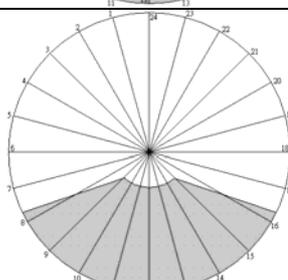
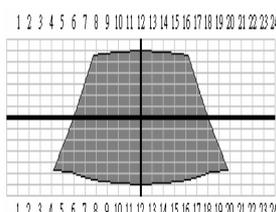
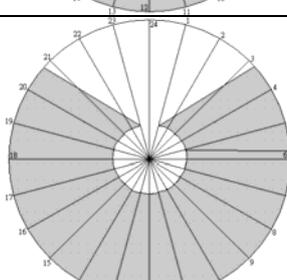
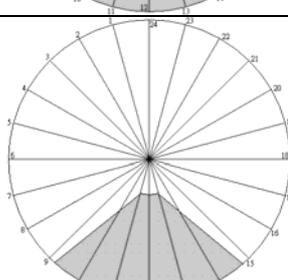
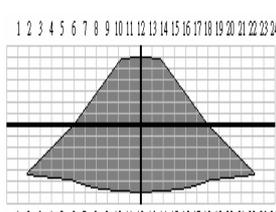
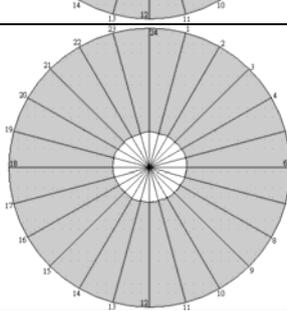
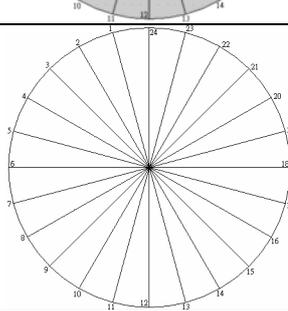
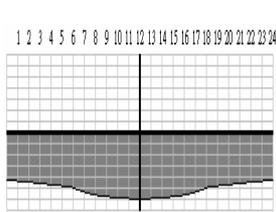
- 全年竿影圖也會隨緯度的增加，時間軸的寬度漸漸拉長，由原來緯度 0° 度的 6~18 點→ 24° 度的 5~19 點→ 45° 度的 3~21 點→ 75° 度的 1~23 點→ 90° 度 1~24 點的連續環條狀
- 日期間隔已改善成爲等距，而時間間隔也是等距，在劃記上比較簡單
- 全年的竿影在早晨及傍晚則無法投影在日晷的面盤上
- 在緯度 45° 以上時，春夏在日出日落的竿影投影區將超過圓柱體的範圍
- 可直接在面盤上直接畫出經差與時間差的校正

陸、討論

探索四：探討並設計「全時區日晷」的可行性

根據實驗三與實驗四所得之結果，比較赤道式與半圓柱式日軌在發展全時區日晷時的適用性

表五：赤道式與半圓柱式日晷比較表

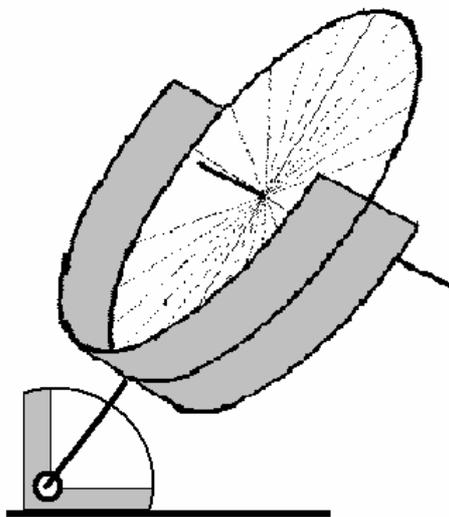
日晷型式			
時間間隔	等距	等距	
日期間隔	不等距	等距	
投影面	平面	弧面	
緯度 0 度			
緯度 24 度			
緯度 45 度			
緯度 75 度			
緯度 90 度			

投影範圍	雙面：中、低緯度 單面：南、北極區	單面 受影面寬度隨緯度 增加而拉長
不適用時間	日出及日落	日落及超過圓柱體 外的投影時間
不適用地區	沒有	高緯度、極區
需更換投影面	不用	不用
實際操作	簡單	複雜

由上表的比較可知，若克服特定日期與其間隔的限制，赤道式日晷的確較易改良成全時區日晷。相反的，若能解決半圓柱體的環形投影的話，半圓柱式日晷也是相當理想的選擇。因此針對以上兩種日晷的問題，應該都可以找出各自的解決方法。

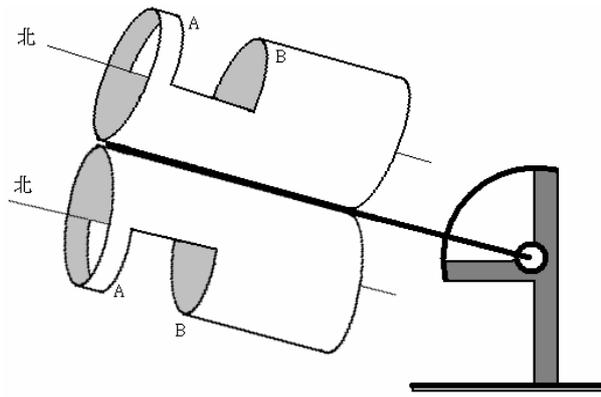
(一)赤道式日晷的改良步驟

1. 將投影面盤兩面同時劃記上日期與時間刻度
2. 面向北方側之投影面盤之時間刻度須為順時針
3. 面向南方側之投影面盤之時間刻度須為逆時針
4. 再將投影面盤下緣貼上與晷針長同寬的環帶
5. 把整個面盤下緣黏貼固定在一根木棒上
5. 將量角器黏貼固定在堅固的底座上
6. 再將木棒底部固定在可轉動的軸心上，最後完成如下圖



(二)圓柱面式日晷的改良步驟

1. 將圓柱面式日晷的切割面修改為對稱式
2. 再製作兩個相同的圓柱面式日晷
3. 將兩個圓柱面式日晷的底部黏貼固定在一根木棒上
4. 將量角器黏貼固定在堅固的底座上
5. 再將木棒底部固定在可轉動的軸心上，最後完成如下圖



柒、結論

一、研究發現：

- (一)從本研究中學到對不同緯度的全年竿影面，如何掌握了變化的趨勢，進而探究出影響投影面的變因。如投影面的弧度、時間日期間距的改變、時差經差的修正、投影面與赤道面的關聯等。這些都是在實際操作的過程中，一一被釐清。不僅如此，我們也將所得的發現，轉移到傳統日晷的改良上。
- (二)在同一地點太陽的軌跡是不變的，而造成不同型式日晷有不同的全年竿影面，其主要的因素在於晷針的型式與投影面盤的弧度，兩者相互影響下所造成的結果。
- (三)配合日期、時間校正表之後，發現中午十二點的竿影沒有出現在子午線上，而是呈「8」字型的來回移動
- (四)太陽軌跡圖會隨緯度的增加而有逐漸往南邊傾斜，最後躺平在天空繞旋。也就是赤道地區太陽呈直上直下的軌跡，中緯度會隨緯度不同而有不同程度的斜度上下，而極區則在一定高度繞旋。
- (五)赤道式日晷的投影發現
 - 1.全年的竿影在早晨及傍晚則無法投影在日晷的面盤上，但若將赤道式日晷的晷針縮短及面盤下緣貼上帶狀條，便可解決此問題
 - 2.全年朝北竿影圖會隨緯度的增加，由原來的 180 度半圓形漸漸增加成爲完整的圓形，相反的全年朝南竿影圖則隨緯度增加，由原來的 180 度半圓形漸漸縮減到消失
 - 3.赤道及低緯度地區在春夏與秋冬時，竿影會分別投影在北、南兩面的面盤上
 - 4.所投影的任何時間呈現等距的間隔，但日期則呈現不等距的情形
- (六)水平式日晷的投影發現
 - 1.全年竿影圖也會隨緯度的增加，由原來的雙曲線形→蝶翅形→翅緣拉長形→翅緣拉長部分接近→翅緣連結而成爲甜甜圈的形狀
 - 2.全年的竿影在早晨及傍晚則無法投影在日晷的面盤上
 - 3.在緯度 75 度以上時，秋冬以後的竿影投影區將隨緯度增加而消失
 - 4.所投影的時間與日期都呈現出不等距的間隔
- (七)半圓柱式日晷的投影發現
 - 1.全年竿影圖也會隨緯度的增加，時間軸的寬度漸漸拉長，由原來緯度 0 度的 6~18 點→24 度的 5~19 點→45 度的 3~21 點→75 度的 1~23 點→90 度 1~24 點的連續環條狀
 - 2.日期間隔已改善成爲等距，而時間間隔也是等距，在劃記上比較簡單
 - 3.全年的竿影在早晨及傍晚則無法投影在日晷的面盤上

- 4.在緯度 45 度以上時，春夏在日出日落的竿影投影區將超過圓柱體的範圍
- (八)赤道式與半圓柱式日晷的面積公式
- 1.在任何緯度赤道式日晷朝北與朝南面盤受影面積相加都會相等成爲一個完整的圓形
 - 2.在任何緯度半圓柱式日晷的受影範圍雖不同，但面積卻完全相等
- (九)日晷面盤在經由經差與時間差修正，成爲計時又計日的日晷後，所有的時間線都將成爲 S 型

二、研究的重要性

- (一)我們除對傳統的赤道式日晷的原理和影響變因進行有系統瞭解後，更以此爲基礎，成功改良成爲計時又計日的日晷，甚至再進一步將此發展成全緯度皆可適用的日晷。
- (二)從實際的測試中，我們成功擴展圓柱面式日晷的適用範圍，使得原本只適用於中、低緯度的日晷，能夠應用到高緯度，甚至是極區的位置。

三、研究結果展望

- (一)希望以後能對其它型式日晷投影原理，進行探究及發展出更爲簡易的多功能日晷。
- (二)未來技術成熟後，希望能夠發展出不僅可以計日、計時，甚至還能夠精準到計分的日晷來。

參考資料

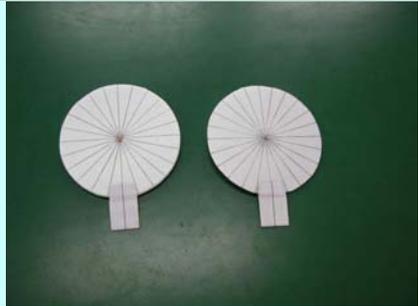
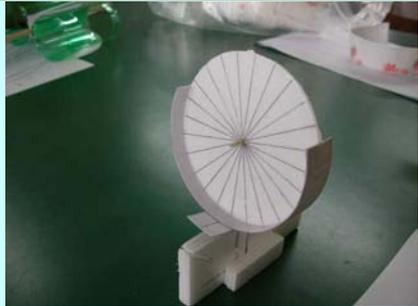
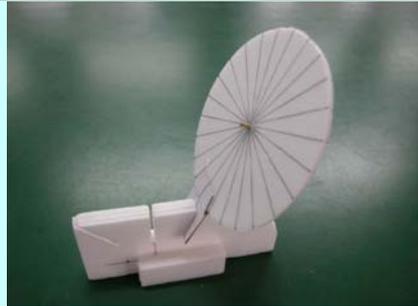
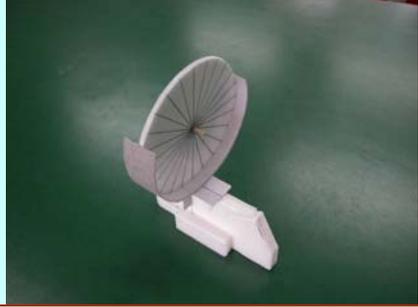
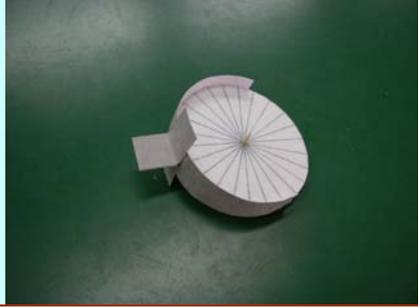
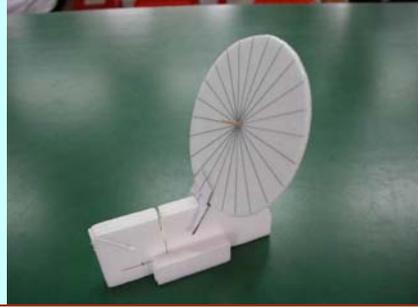
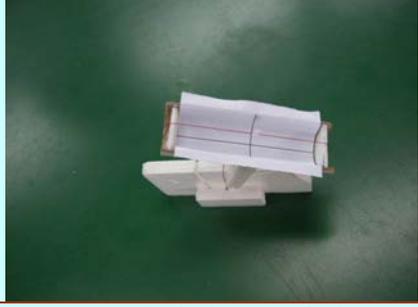
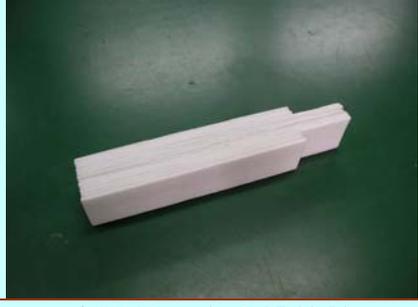
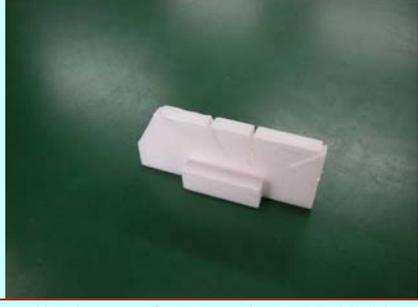
邱紀良（2003）。日晷的實作。新竹：國立清華大學出版社。

AEEA 天文教育資訊網。<http://aeea.nmns.edu.tw/aeea/contents.html>

國立自然科學博物館網站。<http://www.nmns.edu.tw/>

中央氣象局。<http://www.snps.ntct.edu.tw/book/earth/center/index.html>

影子下的秘密實驗照片

		
長、短針日晷及改良式日晷		
		
不同緯度下的圓柱面式日晷		
		
全區式日晷底座	不同緯度之日晷底座	改良式圓柱面式日晷
		
赤道地區之太陽軌跡	北緯 24 度地區之太陽軌跡	北緯 45 度地區之太陽軌跡
		

北緯 70 度地區之太陽軌跡



北極地區之太陽軌跡



天求底座



實驗過程之一



實驗過程之二



實驗過程之三



實驗過程之四



實驗過程之五



實驗過程之六



實驗過程之七



實驗過程之八



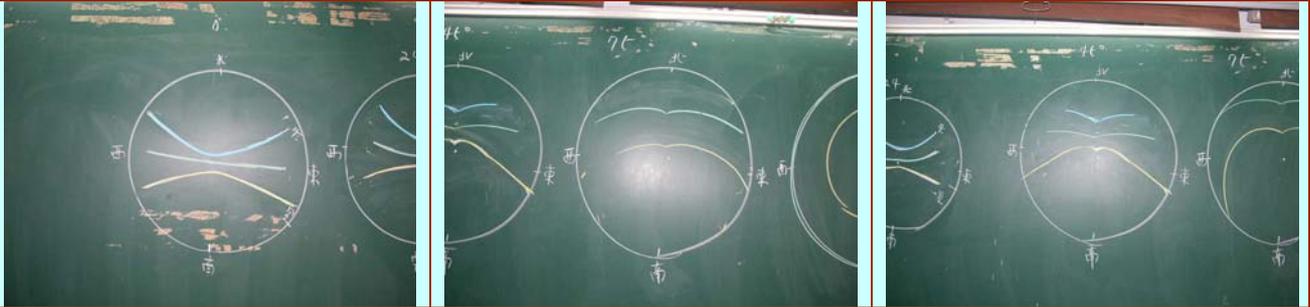
實驗過程之九



實驗過程之十



實驗結果之一



實驗結果之二



中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國小組 自然科

081555

影子下的秘密-探討光影與投影面的關係

臺北市士林區天母國民小學

評語：

由不同種類的日晷，探究其原理及其限制，設計出改良式日晷，解決問題能力以及實驗價值，值得嘉獎鼓勵。