

中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯

國中組

地球科學科

科別：地球科學科

組別：國中組

作品名稱：爭議時錶法，時錶法真義

關鍵詞：時間、時錶法、太陽運行軌跡

編號：030507

學校名稱：

宜蘭縣立冬山國民中學

作者姓名：

劉子寧、林宇權、游易哲、蔡哲倫

指導老師：

沈寶梅、張芳銘



摘要

方位，一直是人們外出時最需要的重要工具之一。幾千年來聰明的祖先們發現自然界有許多方法可以用來判別方位，像是北極星、樹的年輪、苔蘚類植物生長的疏密.....等，而指南針的發明，使我們在外地迷路時，可以很方便找到方位，辨識回家的路。後來祖先們又發明了羅盤以應付航海上更精密的方位需求。可是當我們在野外沒有攜帶指北針，又沒有植物等自然方法知道方位時，「時錶法」就是一種不錯的方法。它所測出來的方向比植物更準，因為利用植物所指的方向只是一個大概，而時錶法所指的方向比較正確。那比較正確，就表示時錶法沒有誤差嗎？錯，經過和指北針比對後發現時錶法仍然有誤差。那是什麼影響時錶法所指的方向錯誤呢？有什麼輔助工具可以把誤差減到最小呢？這就是我們要研究的主題「時錶法的校正」。

壹、研究動機：

上童軍課時老師教了我們在戶外時，如何運用自然界動植物變化的現象及看星星的方式來辨認方位，例如例如：植物莖的年輪、當地的季風風向、(對北半球而言)植物南邊的樹葉較茂密及北側的山區植物較稀少……等方法,其中包括利用太陽及手錶的時錶法，這個方法不但有趣而且比較方便準確。我們在好奇心下，在同一地點不同時間做了一些實驗,卻發現並不是那麼準確。有些時間也許是偏差 2、3 度，但也有偏差好幾十度,後來我們跑去問老師。老師說:「原因並不是一下就可了解的」.所以我們開始尋找有關地球科學的資料，去了解時錶法背後基本的原理。並套用時錶法在不同緯度地區，希望能找出時錶法最適用的條件，造福人類。

貳. 研究目的

一、教育學習方面

(一)學習利用網路蒐集資料，運用試算軟體(EXCEL)來將資料歸納、整理、分析。

(二)學習時錶法如何和日光、時間、方位、影子，產生彼此微妙的關聯。

二、實物製作應用方面

(一) 探討時錶法的運作原理及最佳的應用時機。

(二) 發展出修正時錶法誤差的模型。

參、研究設備及器材

- 一、電腦(可上網路)及相關計算軟體(EXCEL)。
- 二、儀器器材: 檯燈、地球儀、記錄紙、火柴、日晷、台中市四季的竿影變化圖、台灣及美國各地區的太陽方位角與仰角資料表、指北針、手錶。

肆、研究過程及方法

一、實際戶外操作實驗求證時錶法的實用性

時錶法可分中北法及外南法兩種，詳見附件一。我們下午四點八分在校內實際進行時錶法的檢驗，我們採用中北法，由實驗結果我們發現，應用時錶法所求出的北方和指北針所指的北方兩者並不一致，見圖 1，黃色箭頭為時錶法所求得的北方，橘色線條為指北針所指的北方，兩者之間有很大的誤差，因此我們開始去探索其中的原因。



圖 1 時錶法（中北法）

- 二、由實驗觀察我們發現時錶法所求得的北方，一天之中不斷的改變，則表示竿影並非等速率的轉動。為了解其背後的原因，我們到圖書館及透過網路找尋地球科學裡有關太陽和地球的資訊，去瞭解為何竿影轉動速率會變化，並蒐集太陽在天空的運行軌跡、日晷、方位等相關資料。
- 三、探討時錶法的原理

時錶法必須用到手錶及影子，其中手錶的時針轉動相當規律，那我們可推論時錶法的誤差主要關鍵就來自於竿影這個因素。竿影由太陽照射竹竿產生，太陽在天空的運行變化有一定的規律，而竿影在地平面上的移動也有一定的變化，這變化每天的差異不大，但是時間一久卻出現很大的差異，見圖 2 台中市四季的竿影變化圖(資料來源:南一版國小五上自然與生活科技教師手冊)，在不同季節同一個時間，竿影會在完全不同的方位，因此時錶法當然會有誤差，而且每天利用時錶法找出的北方都不一樣。

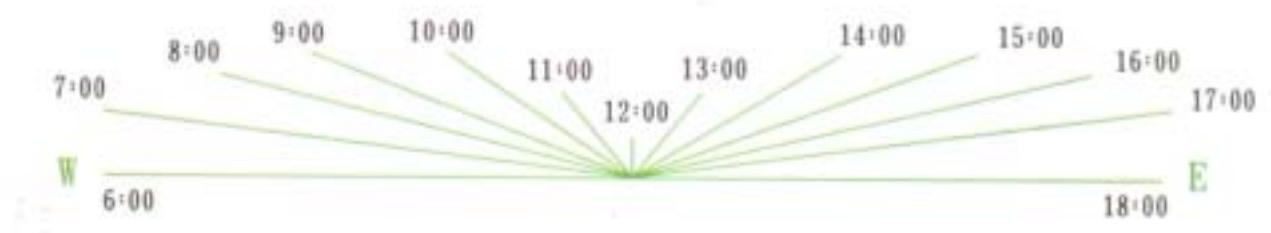


圖 2-1 台中市春秋分竿影圖

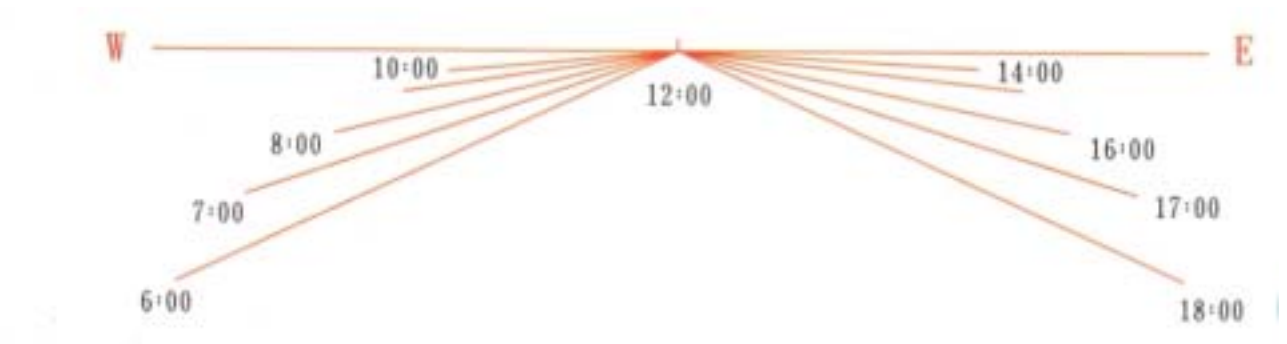


圖 2-2 台中市夏至竿影圖

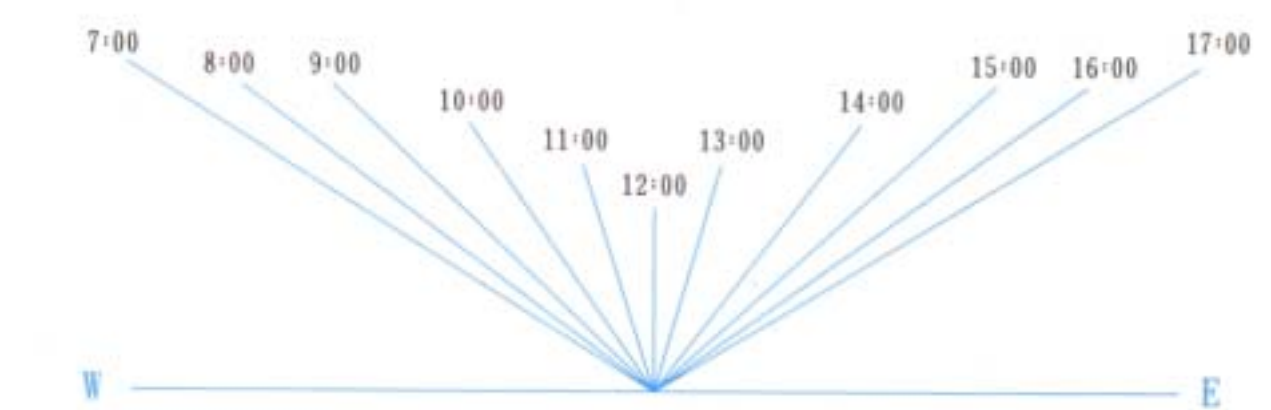


圖 2-3 台中市冬至竿影圖

因此若要運用時錶法，必須先做條件假設，我們假設每天竿影的轉動都是等速率。

以下是我們精心推導時錶法原理的過程：

假設把竿子立在時鐘的中央，我們先將時鐘轉動，使時鐘上的十二點為北方、三點為東方、六點為南方、九點為西方。**假設每天的竿影則從西向東等速率順時鐘旋轉。早上六點，竿影重合在時鐘上的九點（西方）、中午十二點，竿影重合在時鐘上的十二點（北方），即竿影指向北方，下午六點，竿影重合在時鐘上的三點（東方）。**從上面的假設我們可知，竿影從早上六點到下午六點在時鐘表面上共旋轉 180 度，可是時鐘上的時針卻旋轉 360 度見圖 3，所以竿影轉動的速度是時針轉動速度的 1/2。

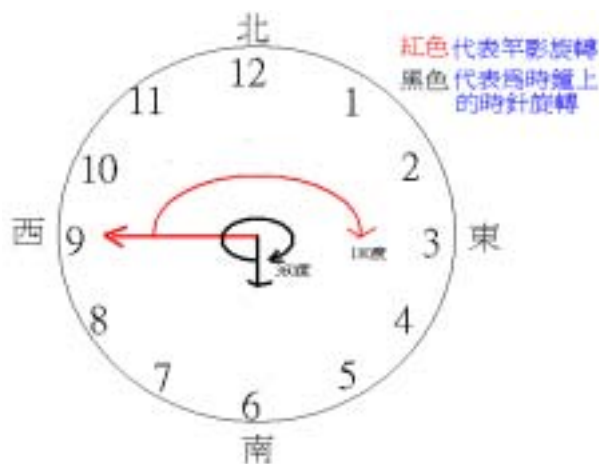


圖 3

公式歸納：

- (一) 時針旋轉速度 = $360/12=30$ (度/時)。
- (二) 竿影旋轉速度 = $180/12=15$ (度/時)。
- (三) 在同一時間，竿影轉動角度 = $1/2$ 時針轉動角度。
- (四) 竿影的方位角 (12 點) - 竿影的方位角 (現在時刻)
 $= 1/2$ 【時針指的方向 (12 點) - 時針指的方向 (現在時刻)】
 $= 1/2$ 【時針至 12 點尚要轉過的角度】
- (五) 因為竿影十二點的時候指向北方，
 故 北方 = 竿影的方位角 (12 點)

$$\text{北方} = \text{竿影的方位角 (現在時刻)} + 1/2 \text{【時針至 12 點尚要轉過的角度】} \cdots (\text{公式一})$$

- (六) 可是為什麼時錶法(中北法)告訴我們，當竿影和時針重合時，時針和十二點的角平分線（較小的夾角）就是指向北方？

當運用時錶法時，由於要將竿影和時針重合，

故 竿影的方位角 (現在時刻) = 時針指的方向 (現在時刻)

$$\text{北方} = \text{時針指的方向 (現在時刻)} + 1/2 \text{【時針至 12 點尚要轉過的角度】} \cdots (\text{公式二})$$

故時錶法（中北法）得到證明。

- (七) 因為 $1/2$ 【時針至 12 點尚要轉過的角度】 = $1/2$ 【12 時 - 現在時刻】 × 時針旋轉速度
 $= 1/2$ 【12 時 - 現在時刻】 × 30 (度/小時) = 【12 時 - 現在時刻】 × 15 (度/時)

$$\text{北方} = \text{竿影的方位角 (現在時刻)} + \text{【12 時 - 現在時刻】} \times 15(\text{度/時}) \cdots \cdots (\text{公式三})$$

當我們只有電子錶的時候，就可套用公式三。

例一、現在是早上 10 點，套用公式三：

$$\begin{aligned}\text{北方} &= \text{竿影的方位角 (10 點)} + \text{【12 時} - \text{10 時】} \times 15(\text{度/時}) \\ &= \text{竿影的方位角 (10 點)} + 2 \times 15 \text{ 度} = \text{竿影的方位角 (10 點)}\end{aligned}$$

+30 度

例二、現在是下午 3 點：

$$\begin{aligned}\text{北方} &= \text{竿影的方位角 (15 點)} + \text{【12 時} - \text{15 時】} \times 15(\text{度/時}) \\ &= \text{竿影的方位角 (15 點)} + (-3) \times 15 \text{ 度} = \text{竿影的方位角 (15 點)} - 45 \text{ 度}\end{aligned}$$

四、由網路上收集不同緯度地區太陽在天空的資料，套用時錶法(中北法)分析誤差。

爲了尋找時錶法最佳的使用地區、季節及時間，我們從網路尋找不同緯度地區的太陽在天空位置資料，並透過 Excel 軟體根據時錶法的基本原理公式三，來運算早上 6 點至下午 6 點期間，每小時用時錶法找出北方與實際北方的誤差。分析步驟如下：

(一) 收集資料

- 1.國內資料來源：中央氣象局網站 <http://www.cwb.gov.tw/V4/index.htm>
台灣各地區的太陽方位角與仰角資料
- 2.國外資料來源：<http://aa.usno.navy.mil/data/docs/AltAz.html>
美國各地區的太陽方位角與仰角資料

(二) 電腦分析資料

- 1.將太陽方位角加上 180 度則等於竿影方位角。
- 2.套用公式三，即爲運用時錶法所求出之北方。
- 3.再將所求得的北方減掉 360 度，即得出時錶法的誤差。

(三) 詳細結果見附件二，附件三。

五、設計改良時錶法的模型

在我們探討時錶法的原理後，我們同時也歸納出時錶法較適當的使用時機，但是時錶法的誤差仍在，於是我們想進一步改良時錶法的操作方法，看是否能進一步降低誤差。

當我們實際在戶外觀察竿影旋轉的變化時，我們發現竿影並不是成等速率移動，而這就是時錶法主要的誤差來源，於是我們想到幾個步驟來修正它，讓每天的竿影變化都一樣，而且變成等速率移動。

以下是我們建立新時錶法模型的步驟：

(一)、由我們蒐集整理的資料中發現，其實天上的日月星辰都是繞著北極星作規律的旋轉，也就是繞著與地軸平行的延長線旋轉。而我們在套用

時錶法之所以會有誤差，其實就是因為放在時錶中間的竹竿並沒有和極軸平行（平行的話太陽才會繞著竹竿規律的旋轉，竿影才會在盤面上等速率變化），所以我們決定把竹竿設計成傾斜。

- (二)、可是要傾斜幾度呢？由蒐集到的資料中我們發現只要朝北方，仰角抬高成當地的緯度，就可找到北極星。因此我們設計將時鐘的盤面抬高（ $90^\circ - \text{當地的緯度}$ ），則垂直於盤面的竹竿自然就平行於極軸。
- (三)、又由蒐集到的資料中我們得知在一年之中，太陽會在南北迴歸線間來回移動，而我們所傾斜的盤面恰好與赤道平行，一年之中太陽就會在此盤面的延長線兩邊各 23.5° 度內來回移動：因此我們必須在盤面的兩邊都貼上刻度紙，且雙面都要具有竹竿，見圖 4、圖 5-1~圖 5-3。

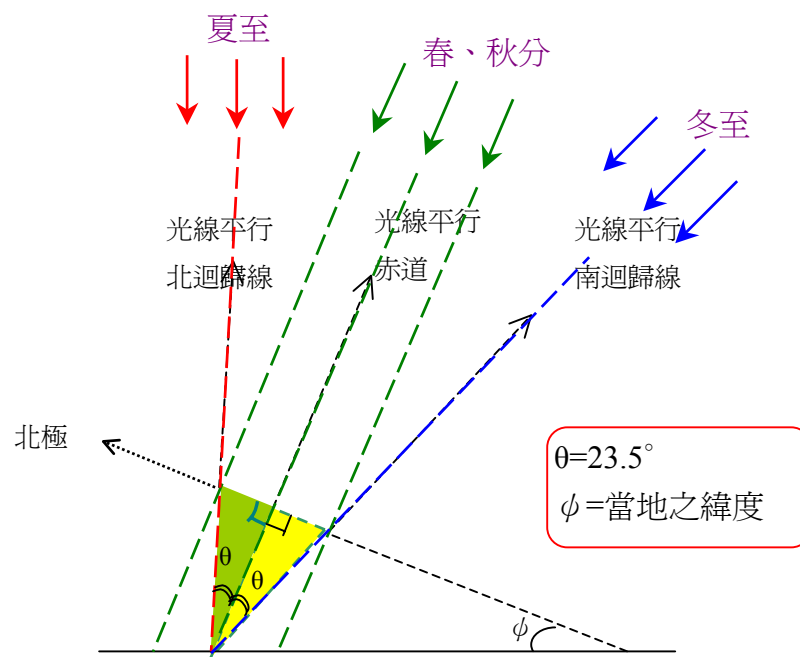


圖 4

- (四)、我們從前面討論時錶法原理得知，其實我們並不需要時針，只需將盤面的刻度標上時間，轉動模型讓竿影對齊當時的時間刻度即可，由於竿影旋轉速度 $15^\circ/\text{小時}$ ，因此我們將新的時錶模型設計成每 15° 代表 1 小時。
- (五)、由於每天太陽出現的時間在十二小時上下，因此我們大約只需盤面的下半圓來當作是測量的範圍，當春分至秋分期間看上盤面，盤面數字呈順時針排列，刻度範圍大於半圓，因太陽日出的時間早於早上六點，日落時間晚於下午六點；當秋分至春分期間看下盤面，盤面數字呈逆時針排列，刻度範圍小於半圓，因太陽日出的時間晚於早上六點，日落時間早於下午六點，結合我們前面在推論時錶法原理所作的假設，我們將盤面設計成圖 5-4、圖 5-5。
- (六)、我們盤面的設計恰與赤道型日晷的盤面一致，比較圖 5-4、圖 5-5 與圖

6-1、圖 6-2 (圖 6-1、圖 6-2 為利用網路下載的日晷產生程式，產生台北地區赤道型日晷的上下盤面圖，資料來源：<http://web.fc-net.fr/frb/sundials/gb/default.htm>)。我們由日晷程式產生不同緯度的盤面圖發現，竿影在早晨六點的方向一定在西方，在傍晚六點的方向一定在東方，這與我們前面在推論時錶法原理所作的假設一致，更加印證我們所設計模型的正確度。

(七)、但是新模型在秋分春分兩天不適用，因為太陽光線和盤面平行，竿影沒有落於盤面上，除非模型另加上設計，沿著下半圓邊緣垂直方向貼上刻度紙，就可以使用。



圖 5-1



圖 5-2



圖 5-3

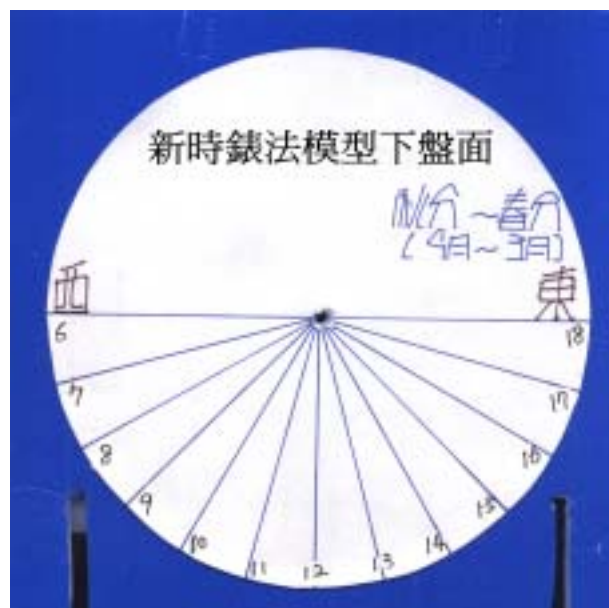
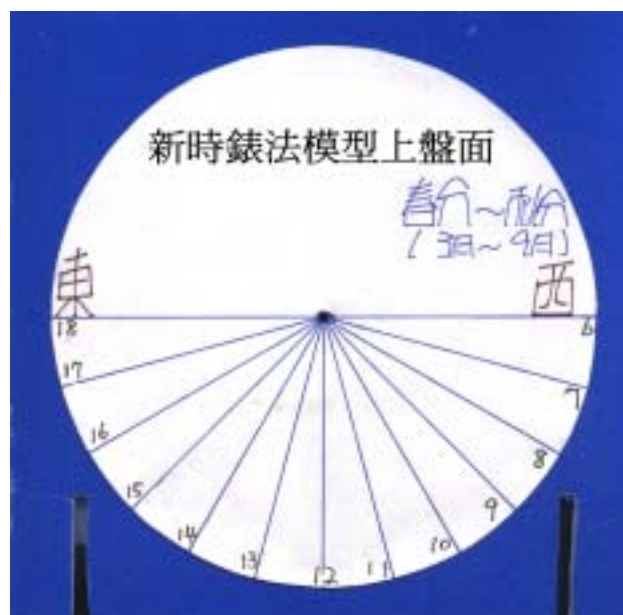


圖 5-4

圖 5-5

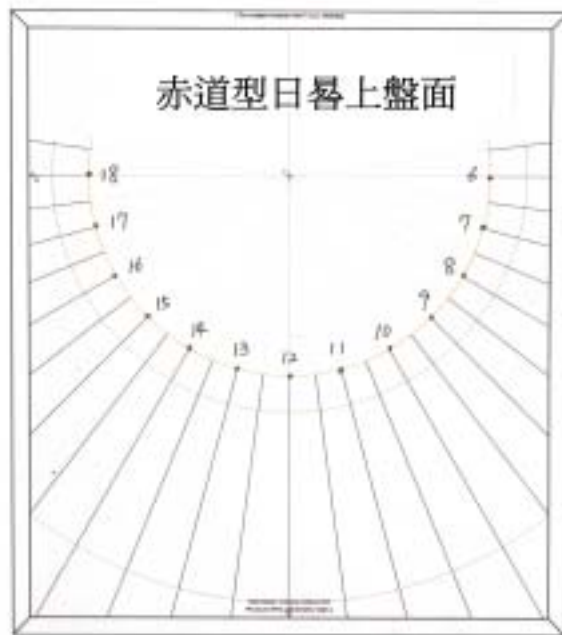


圖 6-1



圖 6-2

(八)、如何應用修正後的時錶法模型。

- 1 水平放置地平面。
- 2 視季節決定使用盤面的上下面。(當春分至秋分期間看上盤面)

- 3 緩速轉動整個模型，讓模型的竿影重合於當時的時間刻度。
- 4 則盤面上的東西向即是真正的東西方位，而與東西方位垂直的即是南北方位。

(九)、戶外實際驗證，見圖 7，附件實驗記錄。

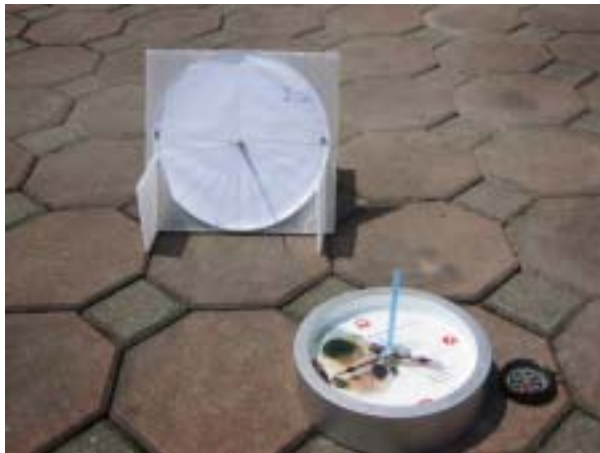


圖 7-1

圖 7-2



圖 7-3

伍、研究結果

一、實際戶外操作實驗求證時錶法的實用性

由觀測到的數據發現(觀測時間:四月份)

(一)中午之前用時錶法所求得的北方，都略偏西方；中午之後都略偏東方。

(二)11~13 點的其間因竿影過短，而不容易作判斷。

(三)8 點之前及 16 點之後求出的北方誤差較小。

二、由相關書籍和網路找到的資料中，並經實驗驗證，我們推論竿影轉動速度會改變的原因是太陽在天空雖是成等速率運動，但是由於地面是平面，不是和天空相對應的曲面，所以，竿影在地面的移動不是等速率運動，並且有以下規則：

(一)清晨或傍晚的時候，竿影較長且移動（轉動）較慢。

(二)中午的時候，竿影較短且移動（轉動）較快。

三、探討時錶法的原理

當我們將竿影的移動變化規則化後，可推導出三個時錶法的公式。

北方＝竿影的方位角(現在時刻)＋ $1/2$ 【時針至 12 點尚要轉過的角度】…(公式一)

北方＝時針指的方向(現在時刻)＋ $1/2$ 【時針至 12 點尚要轉過的角度】…(公式二)

北方＝竿影的方位角(現在時刻)＋ 【12 時－現在時刻】 $\times 15$ (度/時)……(公式三)

公式一是時錶法的基本原理，公式二是時錶法的原理套用，即童軍課本提到的時錶法（中北法），而當我們只有電子錶時也可套用公式三，直接以人為竹竿，而不需要有時針的手錶，就可直接求得北方。

四、由網路上收集不同緯度地區太陽在天空的資料，套用時錶法（中北法）分析誤差。

（一）我們發現大致上當緯度越高的地區，時錶法越準確

1. 國內部分如台灣的台北地區皆比其他地區（台中、台南、恆春）的誤差小，

見誤差表格 1、誤差圖 8 及附件二。

2. 國外部分如美國的阿拉斯加比其它低緯度地區（紐約、台灣(台中)、夏威夷）的誤差小，見誤差表格 2、誤差圖 9 及附件三。

（二）同一地區不同季節的誤差變化也不一樣，以北半球而言，冬至的誤差最小，春秋分次之，夏至最大，見誤差圖 10、誤差圖 11。

（三）中午 12 點之前，誤差皆為負，即所求得之北方偏向於西。

（四）中午 12 點的時候，誤差接近零，即所求之北方接近於正北方。

（五）中午 12 點之後，誤差皆為正，即所求得之北方偏向於東。

（六）南半球地區則需採用中南法，而且誤差的變化在上述所列（二）～（五）點中恰好相反。

五、改良時錶法的模型在戶外實際驗證的結果：

（一）我們設計出時錶法的修正模型，確實能幫助我們找出較正確的方位。

（二）我們設計出的模型能訂出東西方位，而非時錶法原先找出的南北方位。

（三）已經不需要時針，而且沒有中午竿影太短的問題，只要我們知道時間就可使用。

台灣地區不同緯度時錶法（中北法）的誤差比較

地點	緯度	偏差角度範圍(夏至)	偏差角度範圍(春秋分)	偏差角度範圍(冬至)
台北	北緯 25.03 度	-70.6 ~ 72.8(143.4) 度	-21.8 ~ 25.6(47.4) 度	-11.8 ~ 13.3(25.1) 度
台中	北緯 24.15 度	-75 ~ 74.3(149.3) 度	-23.6 ~ 25.7(49.3) 度	-12.1 ~ 12.9(25) 度
台南	北緯 23.00 度	-80 ~ 69.9(149.9) 度	-25.4 ~ 26.4(51.8) 度	-12.3~12.6(24.9) 度
恆春	北緯 22.00 度	-84.3 ~ 149.4(233.7) 度	-23.8 ~ 25.1(48.9) 度	-12 ~ 12.8 (24.8) 度

表格 1 台灣地區不同緯度時錶法的誤差

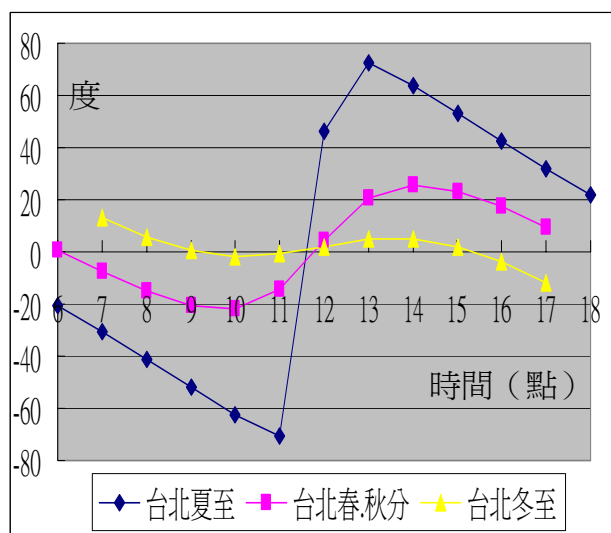


圖 8-1

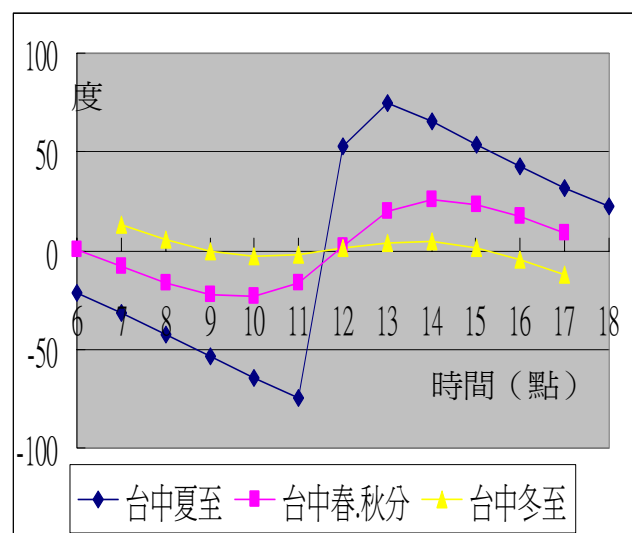


圖 8-2

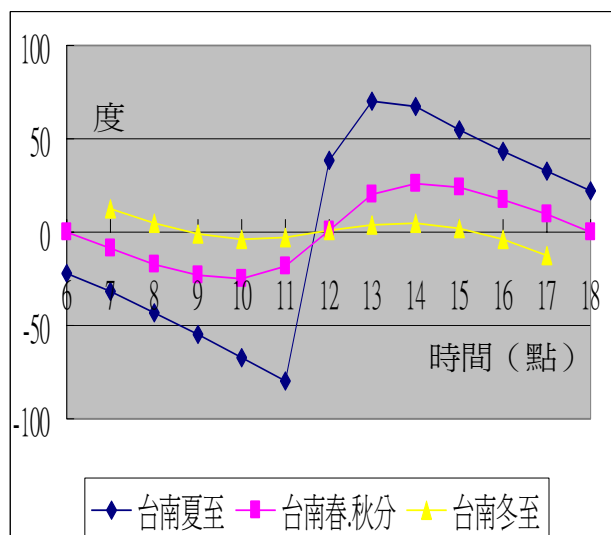


圖 8-3

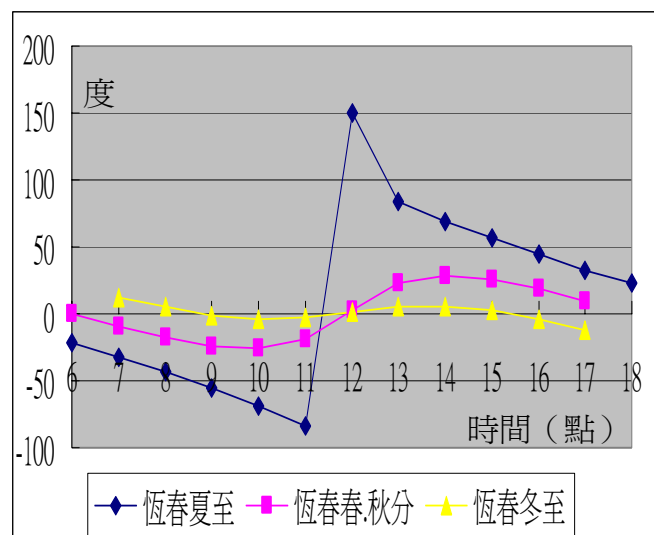


圖 8-4

世界各地不同緯度時錶法（中北法）的誤差比較

地點	緯度	偏差角度範圍(夏至)	偏差角度範圍(春秋分)	偏差角度範圍(冬至)
----	----	------------	-------------	------------

阿拉斯加	N60.29 度	-30.6 ~ 0.7 (31.3) 度	-20.4 ~ -11.6(8.8) 度	-9.7 ~ -16.9(7.2) 度
紐約	N43.18 度	-30.7 ~ 32.3 (63) 度	-11.5 ~ 11.1(22.6) 度	-6.1 ~8.5 (14.6) 度
台灣(台中)	N24.15 度	-75 ~ 74.3 (149.3) 度	-23.6 ~ 25.7(49.3) 度	-12.1 ~ 12.9(25) 度
夏威夷	N21.28 度	-105.5 ~ 94.5 (200) 度	-38.1 ~ 19.4(57.5) 度	-24.6~9.4(34) 度

表格 2 世界各地不同緯度時錶法的誤差

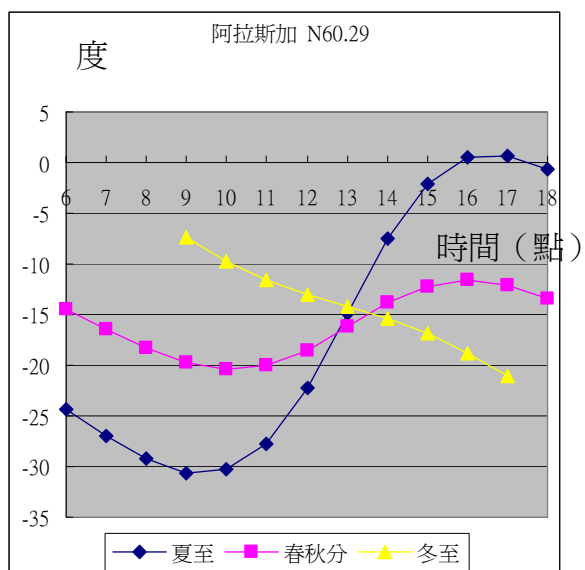


圖 9-1

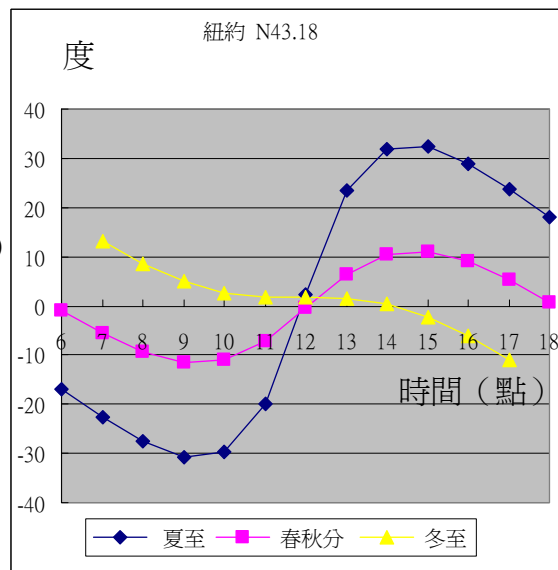


圖 9-2

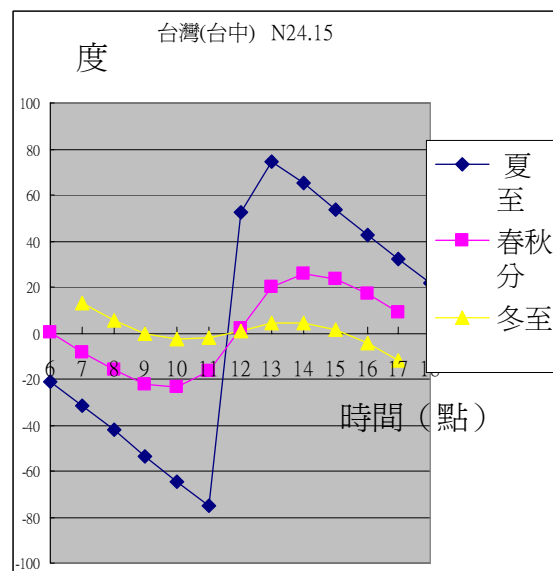


圖 9-3

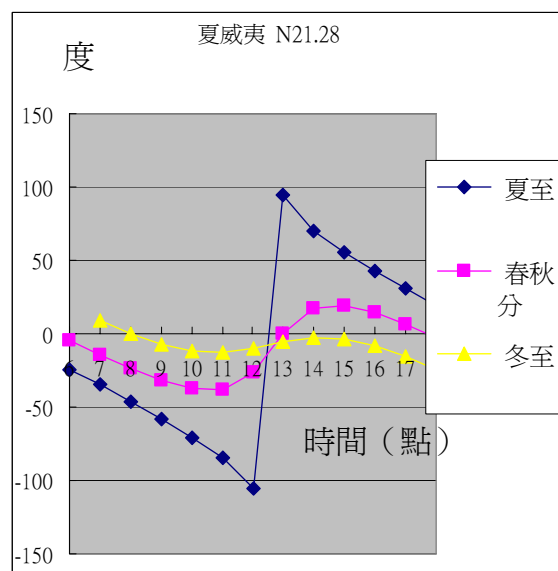


圖 9-4

台灣地區不同季節時錶法（中北法）的誤差比較

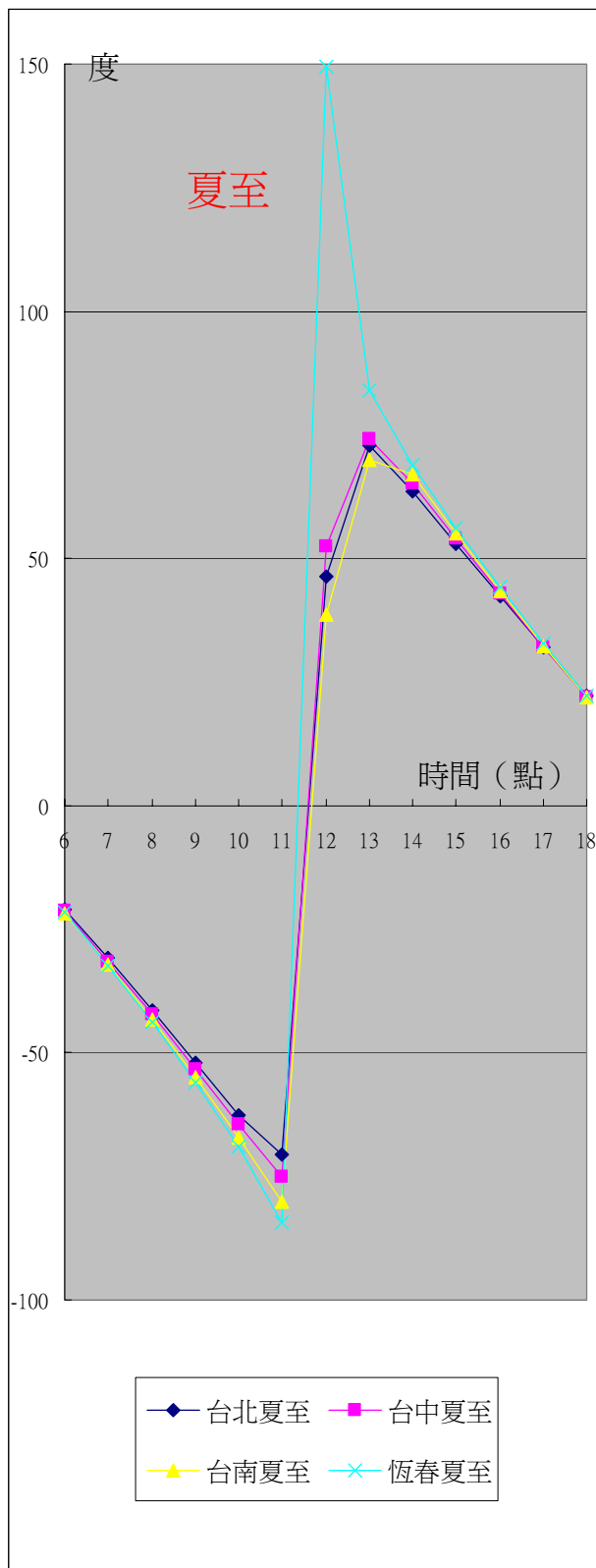


圖 10-1

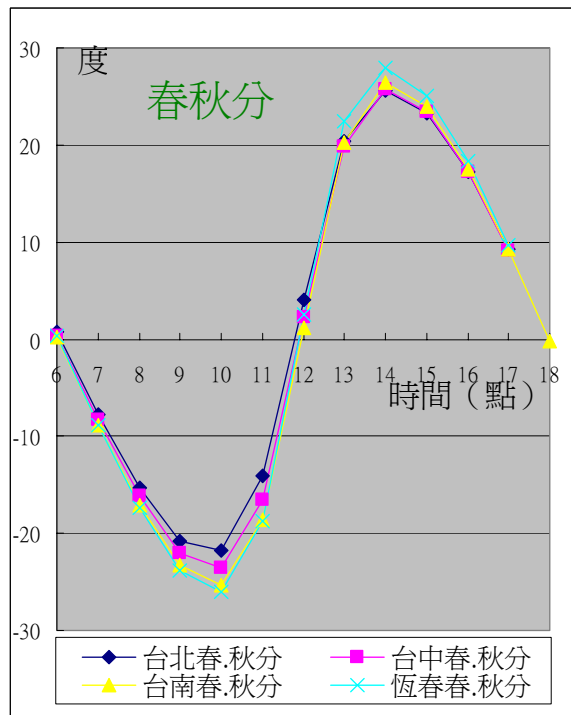


圖 10-2

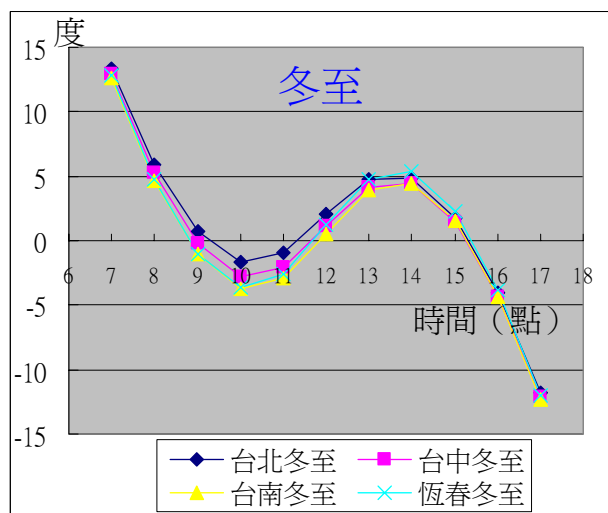


圖 10-3

世界各地不同季節時錶法（中北法）的誤差比較

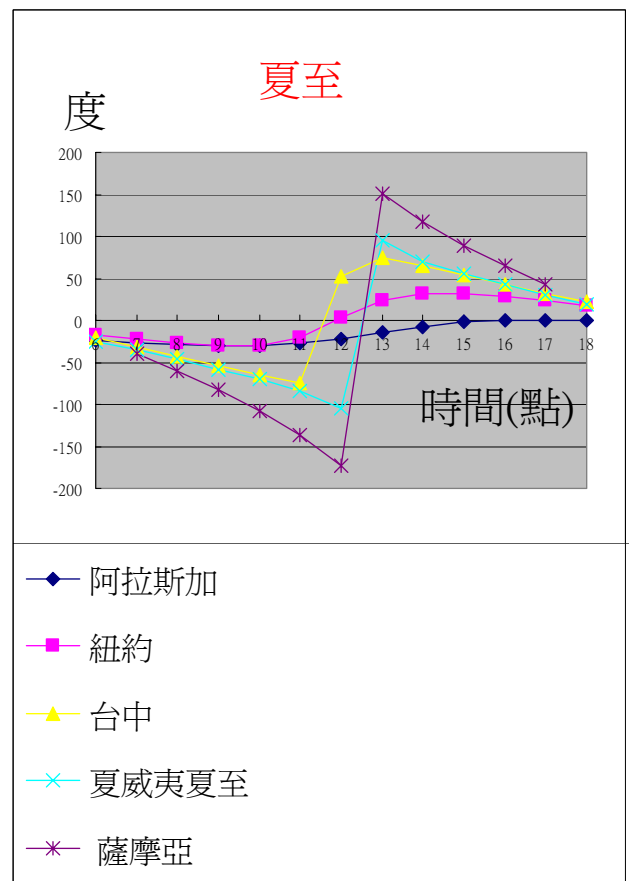


圖 11-1

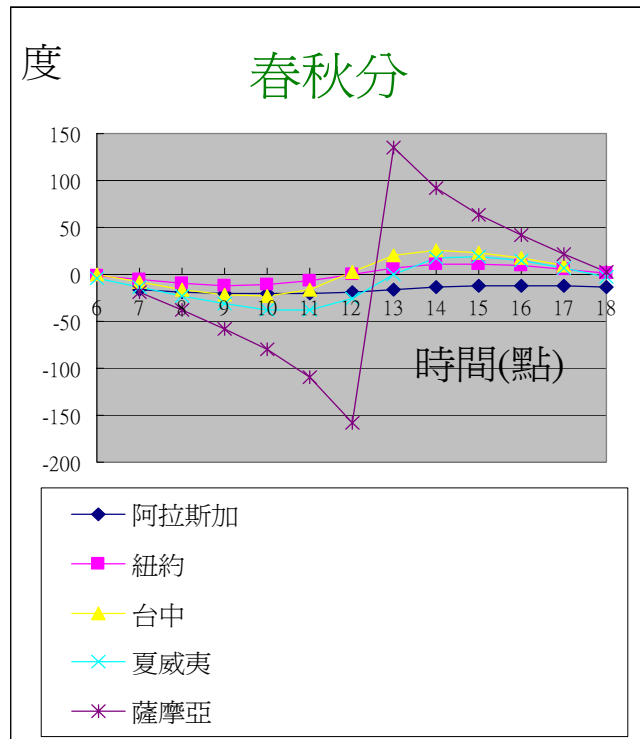


圖 11-2

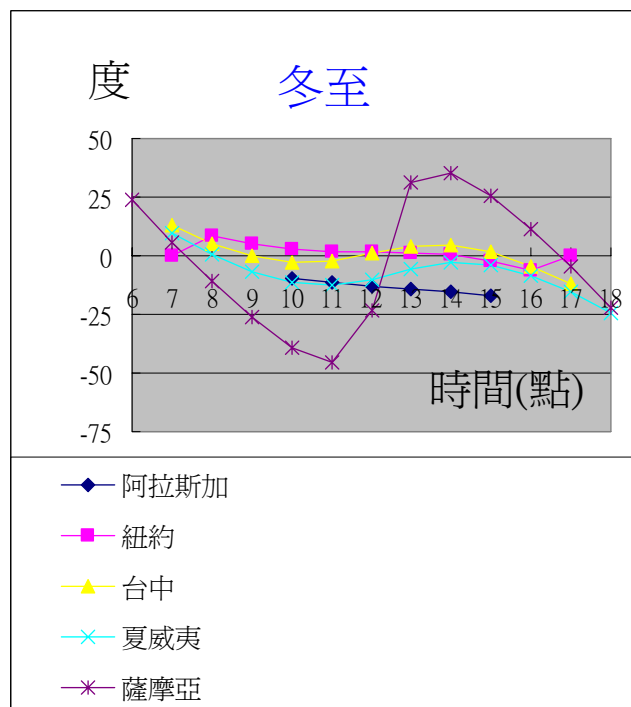


圖 11-3

陸、討論

一、 由戶外實際印證及觀察台中地區的竿影圖，我們可以很明確知道使用時錶法會產生誤差，**其背後的原因是**，因為地平面上竿影的變化不是等速率轉動，而且一年四季都不相同，所以套用時錶法會產生誤差。

二、 觀察前面研究結果中的誤差圖，我們知道以下三種時機使用時錶法誤差會比較小：

(一) 緯度越高 (二) 北半球的冬季 (三) 清晨和傍晚時

其背後的原因我們推論應該是，以上三種時機都和太陽的高度角比較小有關。每天太陽在天空劃過半圓形的路徑，而當太陽的高度角較小時竿影端點在地平面上比較容易畫出接近半圓形的路徑，另一方面竿影移動的速率也較成等速率。

三、 我們除了直接應用先前我們發展的三個公式外，更可將時錶法（中北法）簡化成以下：

北方 = 人影的方位角（現在時刻）(+ -) **尚須轉動角度**

尚須轉動角度 = 絕對值【(12 時 - 現在時刻) × 15(度/時)】

中午 12 點以前(後)，往順(逆)時鐘方向轉 **尚須轉動角度**，就可找到北方

四、 觀察前面研究結果的誤差圖 10-1 恆春夏至，誤差圖 11-1 夏威夷夏至，誤差圖 11-1

薩摩亞夏至、誤差圖 11-2 薩摩亞春秋分，我們發現以上四者在接近中午的時候，誤差都超過九十度，**其背後的原因我們推論應該是：**

夏至時太陽中午直射北迴歸線，春秋分時太陽中午直射赤道，這時太陽在皆在偏北方的天空，竿影中午在正南方，故不適用中北法，應該用中南法。我們將以上所提四者分別套用中南法及中北法整理成表格 3，以印證我們的推論。

地區日期	緯度	時間	中北法誤差	中南法誤差
恆春夏至	N23 度	12 時	149.4 度	-30.6 度
夏威夷夏至	N21.28 度	12 時	-105.5 度	74.5 度
薩摩亞夏至	S14.14 度	12 時	-172.4 度	7.6 度
薩摩亞春秋分	S14.14 度	12 時	-158.1 度	21.9 度

表格 3 中南法與中北法的比較

五、 由於從地面上觀察太陽，一年之中太陽會在南北迴線上移動，我們在套用兩種時錶法分析世界各地的誤差後，歸納出以下三點原則來供不同地區選擇使用何種時錶法（中南法或中北法）：

- （一）在**北迴歸線以北的地區**，太陽始終會偏向南方的天空，中午時影子會在北方，此時套用中北法所找出的北方誤差就較小，**宜採用中北法**。
- （二）在**南迴歸線以南的地區**，太陽始終會偏向北方的天空，中午時影子會在南方，此時套用中南法所找出的南方誤差就較小，**宜採用中南法**。
- （三）在**南北迴歸線之間的地區**，因太陽有時會在天空偏向南方或北方，故要視當時的情況（季節）而採用中北法或中南法。當太陽在天空位置偏南時，就用中北法；而當太陽在天空位置偏北時，就用中南法。

例如 1 夏威夷地區位於北緯 21.28 度，位於南北迴歸線之間：

1. 夏至太陽偏向北方，用中南法計算出誤差介於 $-55.5 \sim 74.5$ 之間，用中北法誤差介於 $-105.5 \sim 94.5$ 之間，故適用中南法。
2. 春秋分太陽偏向南方，用中南法計算出誤差介於 $-149.8 \sim 153.8$ 之間，用中北法誤差介於 $-38.1 \sim 19.4$ 之間，故適用中北法。
3. 冬至太陽偏向南方，用中南法計算出誤差介於 $-155.7 \sim 169.9$ 之間，用中北法誤差介於 $-24.6 \sim 9.4$ 之間，故適用中北法。（見圖 12、詳細計算見附件三）

例如 2 薩摩亞地區位於南緯 14.14 度，位於南北迴歸線之間：

1. 夏至太陽偏向北方，用中南法計算出誤差介於 $-21.8 \sim 23.9$ 之間，用中北法誤差介於 $-172.4 \sim 150.4$ 之間，故適用中南法。
2. 春秋分太陽偏向北方，用中南法計算出誤差介於 $-28.7 \sim 40.3$ 之間，用中北法誤差介於 $-158.1 \sim 134.8$ 之間，故適用中南法。
3. 冬至太陽偏向南方，用中南法計算出誤差介於 $-118.9 \sim 156.7$ 之間，用中北法誤差介於 $-45.4 \sim 35.4$ 之間，故適用中北法。（見圖 13、詳細計算見附件三）

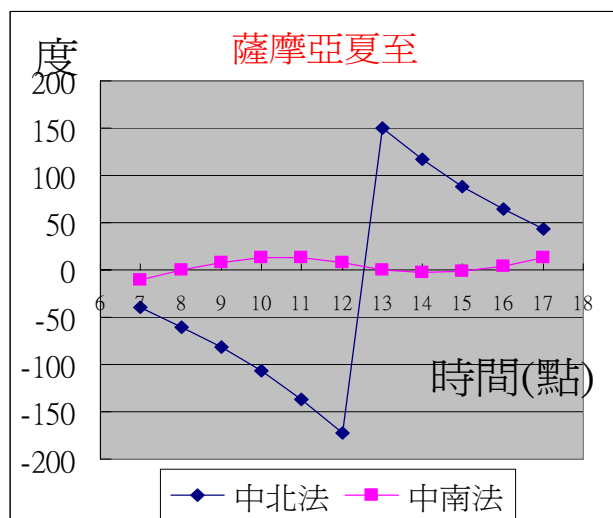
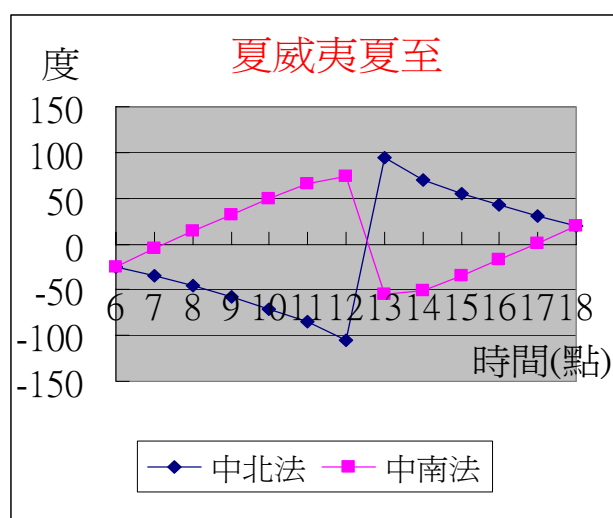


圖 12-1

圖 13-1

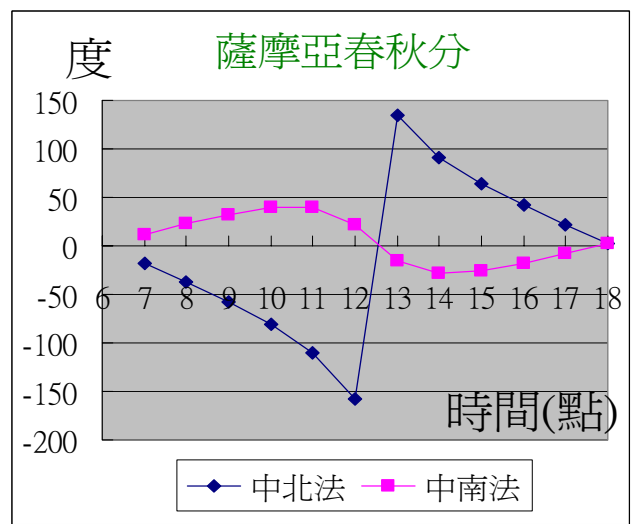
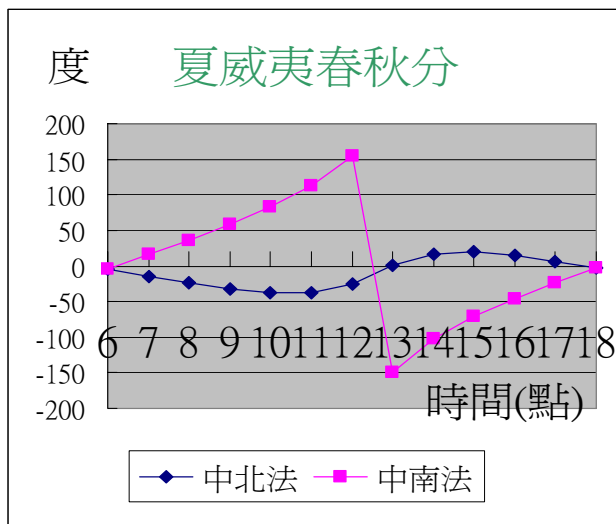


圖 12-2

圖 13-2

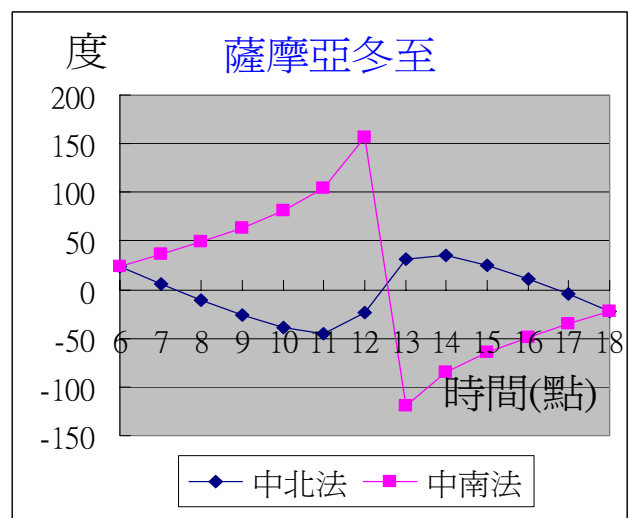
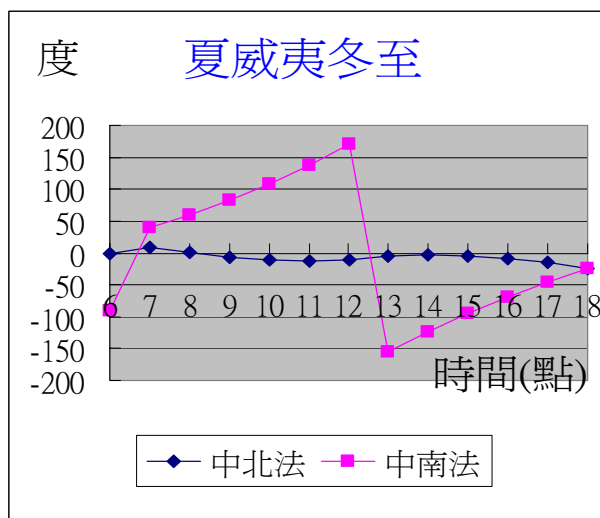


圖 12-3

圖 13-3

六、設計改良時錶法的模型

由於我們在設計實驗的時候，爲了讓竿影能等速率轉動，因此我們將盤面做個適當的傾斜，所以傾斜面跟原來的地面也產生了交角，這時只有東西方向會一致，而南北方已經跑到了天空或地底下，因此改良的時錶法模型，能測出的是東西方位，而南北方爲自然可得（北方是由東方逆時針轉 90 度，南方則由東方順時針轉 90 度）。

七、時間的修正

由於本實驗是透過太陽照射，所以參考的時間是太陽時，但是手錶上的是標準時，所以兩種時間存在有些許誤差需要校正，我們將網路所蒐集的資料整理如下，時間校正需考慮以下三個因素，：

（一）軌道時差-時間修正公式。

其原因來自於(1)地球自轉軸傾斜 (2)地球公轉軌道呈橢圓形

由於這兩個原因造成每天太陽位置會稍微偏離理想中的軌道，如果我們每天同一時刻觀察並紀錄太陽在天空的位置，一年之後我們便可以發現太陽的軌跡構成一個 8 字型。相關時間修正公式數值請參考附件五。

（二）地理時差-經度的校正(每偏東 1 度快 4 分鐘)

我們站在地球上會認爲太陽一天繞地球一圈，經過 24 小時，故全球分爲 24

個時區。又地球自轉一圈爲一天經過 1440 分鐘，全球經度分爲 360 度，所以

地理時差爲 $1440 \text{ 分鐘} / 360 \text{ 經度} = 4 \text{ (分鐘/經度)}$ 。台灣標準時區（東經 120 度）。

地理時差的計算方式如下：

東經 121 度 45 分（宜蘭地區）－東經 120 度（台灣標準時區）
= 1 度 45 分 = $7/4$ 度， $7/4 \text{ (度)} \times 4 \text{ (分/度)} = +7 \text{ 分}$

例如就太陽時而言，宜蘭東經 121 度 45 分）比台灣標準時區快 7 分鐘。

台北市（東經 121 度 30 分）比台灣標準時區快 6 分鐘。

台中市（東經 120 度 40 分）比台灣標準時區快 3 分鐘

金門（東經 118 度 25 分）比台灣標準時區慢 5.6 分鐘

（三）日光節約時-目前台灣並沒有實施。

八、方位的修正

另外要更精確的話，我們也要一併考慮正北方跟磁北方的差異，因為時錶法參考的是太陽，求出的是正北方；而指北針參考的是地磁，指出的是磁北方，兩者相差磁偏角。

柒、結論

一、我們由時錶法的實際印證出發，到探討時錶法的原理、實際透過網路資料分析等，最後提出時錶法的修正模型，整個過程中，讓我們對太陽運行的週期變化和切身事物緊密的聯繫，有了更深一層的認識。

二、我們解釋了時錶法的基本原理，並提出三個公式，都可以很方便的幫我們找北方。

三、我們由困惑→建立假設→公式推導→分析網路數據→建立模型→實際映證→提出時錶法的簡單使用及準確模型應用，整個過程讓我們學會學習科學的態度及科學研究的方法，感覺收獲很多，也希望大家下次外出時能因我們提出的簡易時錶法而受益。

四、時錶法若不修正，我們就應該配合注意以下原則：

- （一）視太陽在天空是偏南或偏北，而決定採用中北法（外南法）或中南法（外北法）。
- （二）緯度較高地區較適用。
- （三）在一年之中太陽高度角較低的季節使用，如北半球的冬天。
- （四）在一天之中清晨及傍晚的時候使用（或中午，但是因為竿影太短，技術上較難判斷）。

五、設計改良時錶法的模型

優點：大大減少了之前時錶法的實驗誤差、增進時錶法的準確度，而且任何季節只要太陽的光線夠，就可使用。

缺點：竹竿可能因為沒有和盤面垂直，或盤面傾斜的角度不等於（90度－當地緯度）則會造成更大的錯誤，另外模型體積如果太大，也難以攜帶使用。

六、其實我們所發展出的修正模型就是赤道型日晷，這個研究的過程中，讓我們瞭解時錶法和日晷原來都是運用相同的原理，其不同點在於：

- （一）日晷是先定好方位，再透過太陽照射晷針來求得時間。
- （二）時錶法是先定好時間，再透過太陽照射竹竿來求得方位。

七、若要更精確的應用時錶法則我們要將討論七及討論八的時間跟方位修正因素

考慮進去。

捌、參考資料及其他

- 一、 國民中學童軍教育教師手冊第二冊，國立編譯館主編
- 二、 地球科學概論，郭瑞濤、林政宏編，文教出版中心
- 三、 國小五上自然與生活科技教師手冊，南一書局
- 四、 星星的運動與四季星座，再版三刷 台北市 台北市立天文教育館員工消費合作社
- 五、 科學寶庫下(自然篇)，國語週刊叢書 10， 國語週刊雜誌社
- 六、 太陽測方位
http://content.edu.tw/junior/scouting/tc_jr/209/brief01.htm
- 七、 中央氣象局網站
<http://www.cwb.gov.tw/V4/index.htm>
- 八、 美國各地的太陽方位角與仰角資料:
<http://aa.usno.navy.mil/data/docs/AltAz.html>
- 九、 太陽視軌跡實驗
http://content.edu.tw/senior/earth/tp_ml/sun_new/ss2.htm
- 十、 何謂日晷（sundial）？可分那幾類？
<http://www.csit.edu.tw/csitshow/Csitcomc/ee2c-10/q-cal.htm>
- 十一、 日晷製作程式
<http://web.fc-net.fr/frb/sundials/gb/default.htm>
- 十二、 太陽 8 字型軌跡（The Analemma）
<http://www.analemma.com/Pages/framesPage.html>
- 十三、 台灣地區主要縣市的經緯度
<http://sunmoon.pair.com/astro/castrolog.html>
- 十四、 日光節約時間
<http://tigerboy.idv.tw/talk/talk18.htm>
- 十五、 各地時區
<http://ihouse.hkedcity.net/~hm1203/links/world-time-zones.htm>
- 十六、 軌道時差與地理時差
<http://www.nknu.edu.tw/~gise/sky/%BBs%A7@%A4%E9%B4%BE.htm>
- 十七、 磁偏角
http://photino.cwb.gov.tw/rdcweb/lib/h/g_000653.htm

評語

本作品利用實際觀測製作出簡易的模型，非常有實用價值，若能推廣對教學上助益不少。

自製模型若能再加修改，使其適合各不同緯度的觀測，將更具學術價值。

