

中國科學院
紫金山天文臺

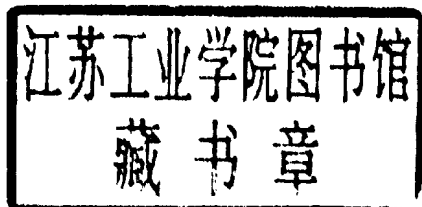
佘山觀象台

天文實習手冊

李珩編撰

1954

此手冊謹貢獻給
新中國的天文幹部



序

佘山觀象台自經中國科學院接管以來，天文工作，除恢復舊有規模之外，且更有進一步的發展。工作人員多係新來參加的同志，需要訓練培養。每年夏季各大學天文，物理，數學三系派來台實習的同學日益增多。爲同志們學習上的便利起見，我們曾將解說，編成一套講義，題名“佘山觀象台實習手冊”。此稿試用已經三年，舊日油印本模糊不清，且已用完。茲應本台新來同志和實習同學的需要，特將此稿排印，以便每人可以拿着一本。

本手冊的寫成，除在天文典籍（文獻均詳篇中）及本台檔案中吸取材料以外，其餘則採納本台天文部同志們的工作經驗，在這裏向同志們謹誌謝忱。

本手冊雖僅供本台工作同志及來台實習的同學們參攷之用，不對外發行，但讀者若有見教之處，我們仍誠懇盼望，虛心接受，以便修改，使此手冊更加完善。

李 珩 1954 年 4 月

目 次

	頁
I. 佘山觀象台大赤道儀的機構·····	1.
II. 佘山觀象台大赤道儀的使用法·····	6.
III. 照片上測得的數字的整理·····	18.
IV. 由照片測算天體的坐標·····	26.
V. 照片常數和恆星經緯的計算法·····	34.
VI. 照片上小行星(或彗星)方位的測量和計算	39.
VII. 星等的測算·····	45.
VIII. 太陽黑子的觀測·····	50.
IX. 太陽輻射熱的觀測·····	62.
X. 太陽的分光觀測·····	68.

佘山觀象台大赤道儀的機構

§1. 這個赤道儀的構造樣式，在二十世紀之初頗為流行，稱為“天圖式”，是國際合作拍照全天星圖時，一致採用的儀器。

儀上有二遠鏡，平行裝置，一供目視，一供攝影，共同裝置於一個鋼製長方體狀的管子之上。它的裝置方法叫做“英國式”它的時軸的兩端，放在南北方向的兩個支柱的上面。

兩個物鏡的口徑均是 40 厘米，焦距攝影用 6.9 米，目視用 7.0 米，故在照片上一毫米相當於 30 弧秒。

組成物鏡的玻璃的密度：冕號 2.50，火石 3.57，它們的折折係數是：

譜線	C	D	F	G	H
火石	1.6113	1.6161	1.6281	1.6342	1.6444
冕號	1.5093	1.5117	1.5178	1.5210	1.5256

它們的曲率半徑是：

		目視 米		攝影 米	
第一面	冕號	凸	2.755	凸	4.443
第二面		凸	2.658	凸	2.392
第三面	火石	凹	2.588	凹	2.332
第四面		凸	500.0	凸	7.726

§2. 這兩個遠鏡平行裝置在一個鋼板製成的長方柱上，長

6.50米。這鋼管的重量已經相當可觀，還加上緯度盤，二物鏡，測微盤和攝影箱等件的重量。這些重量完全支持在時軸的中央，而不使它7米之軀發生彎曲，時軸應當非常堅實，自不待言。它也是鋼板製的兩個三角柱所作成，遠鏡整個可在其中移動。這些三角柱的兩端支持在有相當厚，而中間彫空的圓盤的上面。這兩個圓盤的中心裝有精製的鐵樞，遠鏡的時軸，即圍繞它們而轉動。南端的一樞放在一個銅製的壳內，而這個壳又放在一個生鐵塊內，這樞的上端和水平向所成之角等於余山的餘緯度。支持時軸的下端的銅壳，為便於校準計，可使支柱在其中移動。

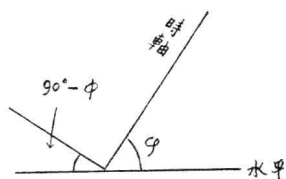


圖 1

時軸的北端放置在一個銅製之板的中央，其中心的口徑，適與轉軸的粗細相吻合。這個銅板復裝在一個鋼板內，此鋼板轉折成一頗大的鈍角形的二面角。這個鋼板的東西向比較銅板的頗大，釘着這個鋼板的塞釘，可使它在東西向移動，同時這鋼板又可在槽子內移動，大號的旋動螺釘可使其作上下的進退。因上述的這些裝置，時軸上部可作兩項運動（即東西上下）故頗便於校準之用。

為移動整個遠鏡而設的驅儀鐘，裝置在放於生鐵塊上的時軸南端的下方。藉兩個正交的齒輪，將鐘機的運動，由一剛桿傳達到靠近時軸的另一齒輪。此齒輪與直徑長一米的圓輪相啣接，而可以將時軸和附於其上的整個遠鏡推動。載時角盤的圓輪，須在轉緊時方與遠鏡合為一體。因此欲使遠鏡後退，便弄鬆

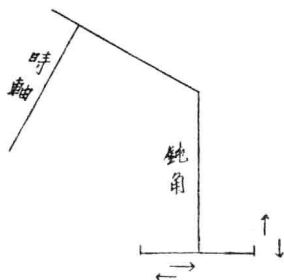


圖 2

為移動整個遠鏡而設的驅儀鐘，裝置在放於生鐵塊上的時軸南端的下方。藉兩個正交的齒輪，將鐘機的運動，由一剛桿傳達到靠近時軸的另一齒輪。此齒輪與直徑長一米的圓輪相啣接，而可以將時軸和附於其上的整個遠鏡推動。載時角盤的圓輪，須在轉緊時方與遠鏡合為一體。因此欲使遠鏡後退，便弄鬆

“壓緊螺旋”，圓輪的齒便不隨它轉動。圓輪只循由西向東的一個方向轉動，其上面的輪齒，挨次一一和由鐘內伸出的齒輪接觸。

赤道儀雖重至 3000 公斤，但很容易繞其兩軸轉動。和目鏡相近的一端比較沉重，故在物鏡所在之另一端載有鉛片，以期取得平衡。

§3. 在赤道儀的下部，即兩遠鏡的接目處，一載測微盤，一載照像箱。測微盤是遠鏡上極重要的一部，應有詳細的說明。此盤是正方形的，每邊長 10 厘米，即相當於 50 弧分。但視野却受內接於方形的圓圈的限制。用所有的目鏡，（一套共 12 枚）概不足以窺見這視野的全部。最弱的目鏡亦可放大 90 至 120 倍，故由這些目鏡所窺見的範圍，直徑不過 10 弧分。但這個放大的目鏡可以藉推動的螺旋，使其在整個視野中移動，不須藉控制經緯二輪的微動桿，觀測者得見視野的全部。測微盤故意造為如許大的原因，是想在視野中得着一個相當明亮的星，以為攝影時取為導星之用。在此正方的視野內，裝置有十根固定的細絲，其中一絲屬於赤經，即其運動和周日動平行，九絲屬於赤緯。這些固定細絲間的距離極近於 10 時秒。第五根赤緯絲和赤經絲相交處，即視野圓圈的中心。因佘山氣候潮濕，這些細絲時常斷裂，而須重新裝置。幸製造人 Gautier 在方形盤之四邊上刻有細紋，可以按紋裝線，不致差誤。

在此十根固定絲之外，又裝有三排可以移動的細絲。第一第二兩排和赤緯絲平行，第三排則和赤經絲平行。此三排絲藉推動螺旋，可以使其在視野內移動。這些螺旋的頭部，有刻度的圓圈，可以記下轉過的度數。第一第二兩螺旋各推動三根細絲和兩根白金帶，第三螺旋推動五根細絲和四根白金帶。

視野照明時當用細絲作觀測，視野暗淡之時則使用白金細

帶。但測恆星和小行星用白金細帶常使觀測者不太滿意。

兩排平行的動絲甚便於常用，觀測者應常利用之，以測兩對距離。此兩對距離在赤徑向上，並不須看鐘的進行，只須同時移動兩排動絲好了。

攝影遠鏡的末端是一照像箱，在使感光片置於物鏡的焦點上，而且須與遠鏡的光軸正交。爲欲達這兩個目的，這個照像箱便有兩個動作，即沿光軸進退，和繞中心作天秤式的擺動。司進退動作的是一個螺旋，每步是一毫米，在它的頂上有一度盤，分爲十分，且易讀出其十分之一。照像箱以四螺絲釘釘在遠鏡的末端。欲驗證照像底片是否和光軸正交，須使用一特殊的裝備。取一底匣，中貫以一銅片，此片的中心有框入的一個小的透鏡。升降這四螺釘的這一個或那一個，務使物鏡之像落在透鏡之中心，於是物鏡的光軸和透鏡的光軸平行，即銅片（亦即底片）的平面和物鏡的光軸正交了，照像箱還可以繞其中心轉動，其目的在使底片上所照的坐標格的中線放在適當的位置。

§4. 佘山大望遠鏡的光學性能。

1) F 數字（即口徑與焦距之比）

目視爲 4/70 攝影爲 4/69

2) 聚光能力 P_{∞} （口徑）²

如以人目的瞳孔爲 1/4 吋，比人目強約 4100 倍

比最大的折光望遠鏡（40 吋）弱 6.24 倍，少看兩個星等的星，因據 $m = 9 + 5 \log D$

D 表口徑以吋表之，我們的望遠鏡看到 15 等，40 吋鏡看到 17 等。

3) 鑑別本領 $R'' = \frac{1.22 \lambda}{D''}$

如用黃色光 $\lambda = 2 \times 10^{-5}$ 吋

$$R'' = \frac{5''.45}{16} = 0''.38, \text{ 約爲 } 0.013 \text{ 毫米}$$

故密集到 13 微米 (microns) 距離的兩個星像, 在照片上不能分析出來。

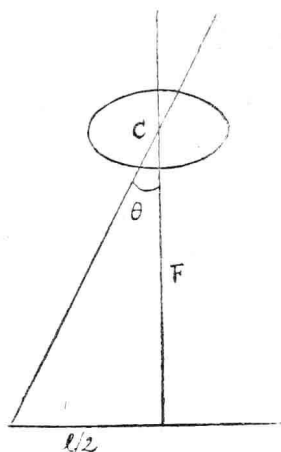


圖 3

4) 分解本領。

設焦距爲 F , 2θ 爲照片全長 l 在物鏡中心所配之角度, 則。

$$\tan \theta = \frac{l/2}{F}$$

如 $l = 30$ 厘米, 因 $F = 690$ 厘米, 故 $\theta = 1^{\circ} 15'$, $2\theta = 2^{\circ} 30'$

大照片的拍照範圍圖 = $30^m \times 24^m = 150' \times 120' = 10^m \times 2^{\circ}$

小照片的拍照範圍 = $18 \times 13 = 6^m \times 1^{\circ} 5'$ 。

II

佘山觀象台大赤道儀的使用

§5. 綱要 第一步作大略的校準。

照 明

- A) 圓頂室內一切電燈的總開關在進門處之走廊內。
- B) (a) 恆星鐘前有一燈，東西兩小桌上有兩小燈可以移動(花線相當長)，預備參考圖書照明時計，和裝配儀器而設。
- (b) 極軸南端足下有一燈，爲讀時角盤上的度數而設。
- (c) 赤道儀鋼筒上有下列各燈：
 - (1) 一燈照明緯度盤，以便讀出星之極距。
 - (2) 一燈照明視野，其位置與(1)對稱，((1)(2)的開關皆在目鏡之端)有一螺旋頭在其附近可以調節此燈之明暗程度。
 - (3) 有三小燈照明 A, B, C 三螺旋頭和方位角(position angle)。

目 的

- A) 追隨星之周日運動。
- B) 以目視或攝影的方法作天體的相對微差式的觀測(differential method of observation)。

主 要 部 份 有三：

A) 機 械 之 部

極軸 $P'P$ 與地軸平行，負載一具雙管遠鏡 MM' 。須校準：

(1) 極距 $P\hat{O}M$, (2) 在時角盤上校準時角, (3) 開驅儀鐘。

(1) M' 在旁管壁上有一小遠鏡, 可在其目鏡上讀出所要的極距 $P\hat{O}M$ 可至其小分格 $5'$, 並利用游標讀至 $0'.5$, 然後弄緊 (clump) 橢圓鋼環式螺旋, 使緯度盤固定。

(2) 在時角盤上把預先算出的時角校準至 $1''$ (但用游標可讀至 $2''$)。

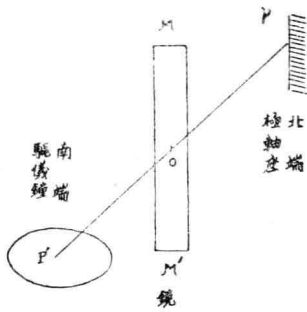


圖 4

算法是: 時角 $H = \text{恆星時 } T_s - \text{赤經 } \alpha$

算至時分 (minute of time) 而止。

算時可使 T_s 為後來一分或數分後的恆星時, 俟校準後, 守候恆星鐘側的助手, 說“到”或叫“開鐘”之際, 即刻開鐘, 赤道儀立即在所要的方位上, 開始發動, 追隨星之周日運動。

B) 光 學 之 部

使用測微盤上的二螺旋, 將目鏡導至所要的那部份視野的範圍去。(如圖 5)

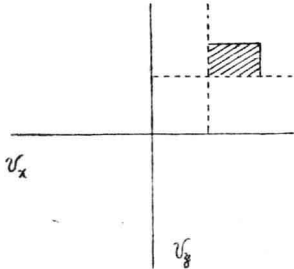


圖 5

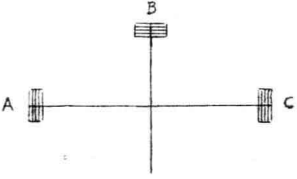


圖 6

測微螺旋

總共有三個測微螺頭

A 和 C 各自獨立，測赤經差 $\Delta\alpha$ 之用。

B 測赤緯差 $\Delta\delta$ 之用（即視野內兩個鄰近之星的 α, δ 的差，換言之即 $\Delta\alpha = \alpha_1 - \alpha_2$ $\Delta\delta = \delta_1 - \delta_2$ ）

C) 攝影之部。（詳後）

§6. 第二部：細節

A) 機械之部

將儀器向所需要的 (α, δ) 方向上去，（應練習純熟在一二分鐘內完成此手續）注意：校準時，常是**先赤緯後時角**。

1° 赤緯：我們的赤道儀的緯度盤上係載北極距 (p) 換言之即由北極至星，在赤經圈上的角度，故

$$p = 90^\circ - \delta \quad \text{若 } \delta \text{ 爲正} \quad \text{即若星在北半球}$$

$$p = 90^\circ + \delta \quad \text{若 } \delta \text{ 爲負} \quad \text{即若星在南半球}$$

因藉遠鏡閱讀，緯度盤上之刻度，方向倒轉，每 2° 至 2° 方有字碼（如 86, 88—）標明。

細紋爲 $5'$ ；藉游標可讀至 $0'.5$ 即 $30''$

在確定 δ 之先，若須作歲差之校正，須先校正之。（過去之年與其分數）。

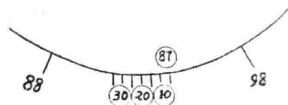


圖 7

2° 時角

(a) 從年曆或星表中尋覓所要的星的赤經 α 。

(b) 作歲差的校正（年與其分數）。

若係雙星（如 Burham 雙星）有一特製之歲差校正表。

在法國年曆 (C.T.) 內有公式可將星表內所載之年所佔的位置，改爲觀測時應佔的位置（例如 C.T. 1925 p 614）或德國年曆 (B. J. 1933 p 265)。

大略的校正法： 在 $C.T.$ 內尋出星的平位置 p 266—281 按下式計算：

$$\begin{cases} \alpha \text{ 上的大略的歲差校正} = 3^s + 1^s \cdot 3 \tan \delta \sin \alpha & (\text{每年的}) \\ \delta \text{ 上的大略的歲差校正} = 20'' \cos \alpha & (\text{每年的}) \end{cases}$$

天體中天時，時角爲零，其 $\alpha = TSL$ (即本地恆星時)

設鐘面差爲 E ，則天體應在 $\alpha + E$ 三鐘面時 M 時分秒中天。

一般的情形 (即不一定在中天之時)

$$H = T_s - \alpha = (T_s + E) - (\alpha + E) = M - (\alpha + E)$$

(例) 設欲在鐘面時 M ，開驅儀鐘

$$\begin{array}{rcl} \text{例如} & \alpha = 18^h & 30^m & 13^s \\ \text{鐘面差(快)} & = & 1^h & 17^m & 24^s \\ \hline \alpha + E & = & 19 & 47 & 37 \end{array}$$

設開驅儀鐘之時 M 爲 $20^h 36^m$ 附近，可選：

$$M = 20^h \quad 37^m \quad 37^s$$

$$\text{因} \quad \alpha + E = 19^h \quad 47^m \quad 37^s$$

$$\text{故} \quad \text{時角 } H = 50^m$$

由是亦可知星在鐘面時 $19^h 47^m 37^s$ 時中天。

且在所選之 $M = 20^h 37^m 37^s$ 之際，星已中天後 50^m 而在子午圈之西方去了。

換言之，即應將時角盤校準在 $0^h 50^m$ 分處，等候鐘面三指針在 $M = 20^h 37^m 37^s$ 之際，即開驅儀鐘。

B) 測微盤之部

假想你站立在子午圈平面之上，面向南方，赤道儀大略在水平的位置上。

載測微尺的箱子分爲二部份：—

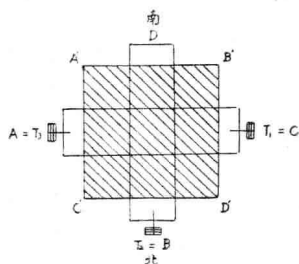


圖 8

i) A'B'C'D' 表固定之部

ii) 其他為三個活動的輪車，被三個測微螺旋頭 T_3 T_2 T_1 (A,B,C)所控制。

- $\left\{ \begin{array}{l} T_1 \text{ 絲向頭來時讀度增加, 絲由西至東即 } \alpha \text{ 增加之向} \\ T_2 \text{ 絲向頭來時讀度增加, 絲由南至北即 } \delta \text{ 增加之向} \\ T_3 \text{ 絲向頭來時讀度增加, 絲由東至西即 } \alpha \text{ 減少之向} \end{array} \right.$

在 A'B'C'D' 之上裝置有蛛絲，稱為固定絲

在活動輪車所裝之絲稱為活動絲

在 A'B'C'D' 上所有之固定絲，概係蜘蛛絲

在動車上細絲係蛛絲，粗絲係白金絲。故粗絲概可移動。

在 A'B'C'D' 上有九根垂直絲，稱為時角絲，一根水平絲，稱為赤緯絲。

遠鏡的光軸（即 A'B'C'D' 的中心）應是指向水平絲，和第五垂直絲的交點之處。（亦即測微尺的中心）

若果儀器不動，星影移動，應是由右至左，故此九根垂直絲的次序是由右至左。 ←

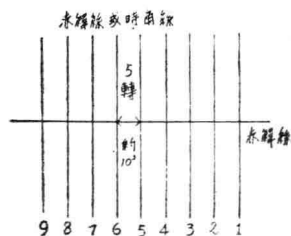


圖 9

在測微盤之前面放有目鏡，可以循兩個直交的方向移動。

螺旋頭一轉（分為 60 等分） = $1^m = 30'' = 0'.5 = 2^s$

相鄰二時角絲的距離 = 5 轉螺旋頭 = $10^s = 2'.5$

由一根白金絲到他一根白金絲 $\div 18 \text{ 轉} = 36^s = 9'$

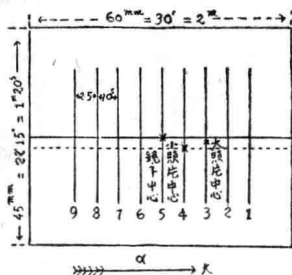


圖 10

螺旋頭上一刻度 = $0''.5$, 二刻度 = $1''$

攝影時注意：照片上的中心並不與測微盤的中心相當。而却在螺旋頭 T_2 所控制的第 4 線附近，即到第四線後，螺旋頭 T_2 再轉 64 刻度。

目鏡倍率：常放在赤道儀上的是 100 倍稱為 1 號其餘 2, 3, 4, ……9 之倍率順次為 200, 300, 400, ……900。

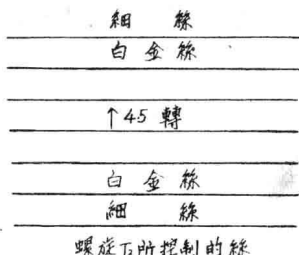


圖 11

目鏡號數	螺旋頭每一轉的距離
1	$29''.6182 = 0'.4936$
2	$59.2364 = 0'.9872$
3	$88.8546 = 1.4808$
4	$118.4728 = 1.9744$
5	$148.0910 = 2.4680$
6	$177.7092 = 2.9616$
7	$207.3274 = 3.4552$
8	$236.9456 = 3.9488$
9	$266.5638 = 4.4424$
10	$296''.1820 = 4'.9360$

觀測 $8^m - 9^m$ 等星使用 300—400 倍的目鏡

§7. 天體攝影

1) 關於照片

照片有二面，即上藥之面（觸之滯指）與玻璃之面（觸之光滑）；裝片入匣之時，千萬要將藥面放在外面，以便照時藥面正對

物鏡，并將照片用盛片匣旁的小扣扣好，以免攝影時照片發生搖動。

照片照就沖洗曬乾之後，在藥面赤經較小一端的左邊簽上攝影之年月日時(或附照片中心的 α, δ)右邊簽上照片的號數(均用鋼筆黑水寫)以藥面對着眼目，其狀如圖 12 a (即在赤道儀上照片所處的位置)。為免混淆計，可在藥面上，赤經增漲之方向上，繪一箭頭。

為尋覓分兩次所攝的對對星影如''..可以玻璃對人目，年月日時所在處放在右面，圖 12 b。

露 光 時 間：

欲照上一定星等的恆星，所需之露光時間，因靠天氣狀況，照片感光程度等，故須長期經驗，始能判斷。大概言之，若須 t 時可攝 m 星等之星，則欲攝得 $m + 1$ 星等之星，便需 $2t$ 時間，換言之即時間加倍，星等增一。

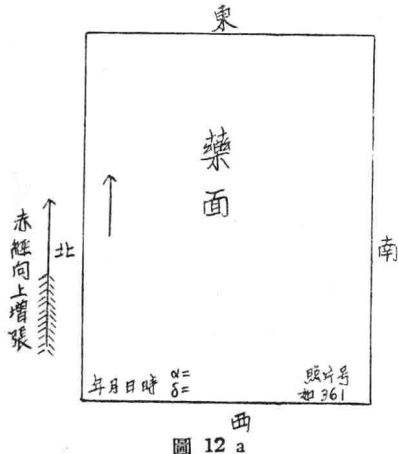


圖 12 a

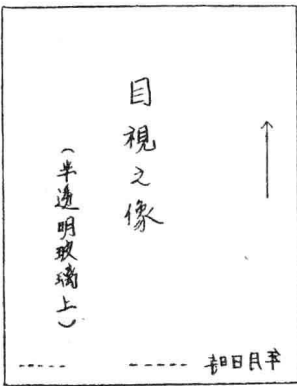


圖 12 b

根據經驗，用 Lumière 公司的照片，拍照露光時間，與攝得星等之關係，有如下表所示：

欲得星等	露光時間
12	30 分
11	15
10	8
9	5
8	3
7	2

用 Kodak 的 Spectroscopic plate 拍照，露光時間當較此短，可無疑義，此極值得實驗。根據經驗用 Kodak 103a-0 天文照片，露光一小時，在氣候優良情形下，可拍得暗至 14 等之星。

§8. 2) 怎樣找星

a) 使用星圖：本台藏有“國際攝影星圖”(Carte photographique du Ciel)其索隱卡片(Index)在圖書館抽屜內。此圖每張之範圍為 2^0 平方度(其座標按 1900.0 的春分點)。欲使星圖與遠鏡視野內所見之現象相合，須將赤經增長之箭頭如 AR $\rightarrow$ 放置在由左至右；於是北在下而南在上。換言之，即應將攝影星圖倒置而觀。

b) 使用星表：若利用星表(Catalogue)(或年曆)尋出星之球面坐標 α, δ 應先作表中之春分點(如 1900.0)至觀測時， t 年內的歲差的校正(如 $1951.56 - 1900 = 51.56 \equiv t$) * 大略的校正法詳前。

茲舉一實際的例子并說明規則於下：(照片尺碼 30×24 厘米)。

攝影的對象為 N G C 2548 號星雲，應放在照片的中心。所取之導星為 A G C ($-2^0 - -6^0$) No. 3111。

$$*\alpha_t = \alpha_0 + t(\alpha \text{ 上的歲差} + \frac{t}{200} \alpha \text{ 上的長期變項})$$

$$\delta_t = \delta_0 + t(\delta \text{ 上的歲差} + \frac{t}{200} \delta \text{ 上的長期變項})$$