

崙坪觀測台太陽黑子相對數及 K 因素之分析

謝 德 郎* 黃 胤 年**

On the Reduction Factor K of the Relative

Sunspot Numbers Observed at Lunping Observatory

Te-Lang Hsieh and Yinn-Nien Huang

Abstract

Sunspot observation has been carried on since Jun. 7, 1967 at Lunping Observatory, Telecommunication Laboratories, M.O.C.. In order to determine the reduction factor K, so that the observed sunspot numbers at Lunping can be reduced to the relative sunspot numbers, the daily sunspot data obtained during Jun. 7, 1967-Dec. 31, 1968 were compared with the final daily Zürich relative sunspot numbers to obtain the daily values of K. Using these daily values of K, the authors have investigated the possible effects of the solar image quality, the solar apparent declination, and the observers' habit on the values of K. The results show that the mean values of K are negatively correlated with the solar image quality; and the monthly mean value of K are negatively correlated with those of the solar apparent declination. It was also found that the observers' habit has an effect on the values of K, i.e., the larger the sunspot numbers, the smaller the values of K which the observers tend to obtain; and vice versa. The relation between the daily Lunping sunspot numbers and the final daily Zürich relative sunspot numbers are also analyzed. The result shows that the correlation between them are positively, but not linearly correlated. The value of K is finally determined to be 0.78; however, more observation and data collection are required to determine a more accurate value of K.

一、前 言

地球上之地磁、電離層，以及極光等等地球物理現象之變化，均直接或間接受太陽活動 (Solar activity) 之影響，而太陽黑子 (Sunspots) 出現之多寡，又為太陽活動之指標。因此世界上無數的科學家由分析太陽黑子與地球物理各種現象之關係，進而根據其已觀測之數據預報未來現象將如何發生。目前曾被廣泛利用的有利用太陽黑子數據來預報最佳短波通訊週率，還有利用太陽黑子出現之類型及其變化情況來判斷是否會發生太陽閃焰 (Solar flare)，而引

起地球上之磁暴 (Geomagnetic storm) 及電離層暴 (Ionospheric storm) 等，從而推測電波傳播情況之好壞⁽¹⁾。

交通部電波研究所 (目前已改組為電信研究所) 鑑於太陽黑子觀測之重要，乃於民國五十五年間向日本五藤光學儀器公司 (Goto Optical Mfg. Co.) 購買 4" 口徑水平式太陽望遠鏡及西羅斯達式 (Coelostat system) 定天儀，並於次年六月起在所轄桃園縣觀音鄉崙坪觀測臺 (北緯 25.0°，東經 121.2°) 開始太陽黑子之經常觀測⁽²⁾。至今該臺觀測已逾兩年，為使該臺觀測之太陽黑子相對數與瑞士 Zürich 天

* 交通部電信研究所技術員

** 交通部電信研究所研究策劃室副主任兼工程師

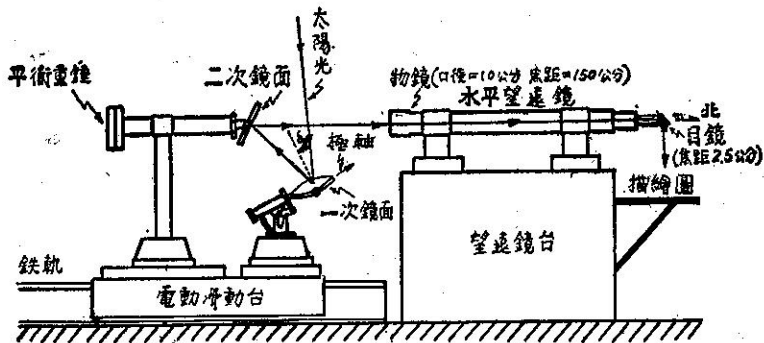
文臺發表之標準黑子相對數 (Final Zürich relative sunspot numbers) 一致起見，必須將該臺已觀測之太陽黑子數據與 Zürich 之標準黑子相對數作一分析與比較，方能決定其 K 因素 (Reduction factor K)。為使讀者明瞭太陽黑子相對數及 K 因素之意義，本文將先就其定義加以扼要的解說，然後分析崙坪 K 因素與太陽像之品質 (Image-quality)、太陽之視赤緯、及觀測人員性癖等之關係，接着分析崙坪太陽黑子相對數與 Zürich 標準黑子相對數之關係，而後決定崙坪初步之 K 因素。文中所用數據為自公元1967年6月7日起至1968年12月31日止共計1年7個月之崙坪太陽黑子觀測數據及 Zürich 標準太陽黑子相對數。Zürich 之數據係採自刊登於美國 ESA 之 Solar Geophysical Data⁽³⁾。

二、太陽黑子相對數及 K 因素

太陽黑子相對數係公元一八四八年由瑞士天文學家 R. Wolf 氏所創始，用來表示太陽黑子的活動，故又稱為 Wolf 氏太陽黑子相對數⁽⁴⁾，其定義為：

$$R = K (10g + f) \dots\dots\dots (i)$$

式中 R 表示太陽黑子相對數。f 表示可見太陽面之個別黑子總數，計算時不考慮它的大小。g 為黑子數。K 為修正因數，此 K 因素與觀測人員，計算方法，太陽像之品質 (Image-quality)，及觀測儀之型式等有關⁽⁵⁾。Wolf 氏當時所用之儀器為 Fraunhofer 折光望遠鏡，其物鏡口徑為 8 公分，焦距為 110 公分，放大倍數為 64 倍，其 K 值定為 1。至公元 1882 年 Zürich 天文臺 Wolf 氏之繼承者鑑於計算方法的改變乃將其 K 值改為 0.60，以便使其新的觀測值符合舊的標度 (Scale)，此 K 值一直延用至今。世界其他各觀測臺必須根據其長時期之觀測數據與 Zürich 之標準黑子相對數作一比較求得 K 值後，其相對數方能稱為該臺之正式太陽黑子相對數。崙坪觀測臺採用水平望遠鏡，其物鏡口徑為 10 公分 (4")，焦距為 150 公分，放大倍數為 60 倍，定天儀為西羅斯達式 (Coelostat system)，其一、二次反射鏡面直徑均為 20 公分，太陽投射影像之直徑亦為 20 公分，其各部份關係位置如圖一所示。



圖一 崙坪觀測臺太陽黑子觀測儀平面圖

三、崙坪太陽黑子相對數之 K 因素與太陽像品質 (Image-Quality) 之關係

太陽像之品質 (Image-quality) 表示太陽投影像清晰度之好壞，一般分為 1~5 等五個等級⁽⁵⁾，5 表示太陽像之品質最好，1 表示最差。它的好壞對觀測所得黑子數之多少影響很大，通常像之品質好時，能觀測到較多的黑子，其 K 因素將因之而變小；反之，如像之品質差時，觀測所得之黑子數較少，其 K 因素將因之而變大。

為分析 K 因素與太陽像品質之關係，吾人在此

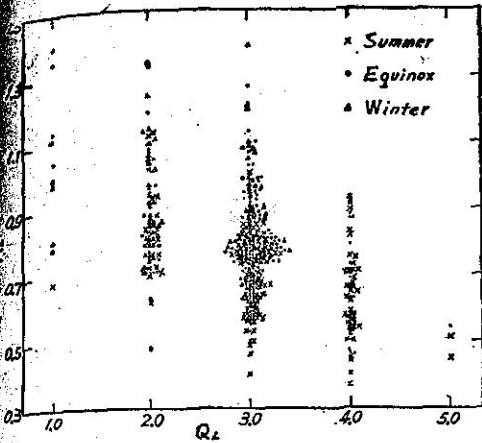
設某日未經修正 (即設 $K=1$ 時) 之崙坪太陽黑子相對數為 R_L ，該日崙坪太陽像之品質為 Q_L ，而與其對應日期之 Zürich 標準太陽黑子相對數為 R_Z ，令此 R_Z 與 R_L 之比值為 K_L ，則吾人可將此相對應之 K_L 及 Q_L 分別點成如圖二。由圖二可看出雖然在同一 Q_L 之下其對應之 K_L 值變化很大。然而就 K_L 值之平均值而言，則當 Q_L 大時 K_L 較小，而當 Q_L 小時 K_L 則較大。為分析方便起見，吾人設在同一 Q_L 下之所有 K_L 之平均值為 \bar{K}_L ，將此 \bar{K}_L 與其對應之 Q_L 點成如圖三。由圖三吾人不難發現 \bar{K}_L 與 Q_L 間有負線性相關關係 (Negative linear correlation) 存在，因此用最小二乘方法 (The

四、崙坪太陽黑子相對數之 K 因素與太陽視赤緯之關係

太陽黑子相對數之 K 因素除了與太陽像之品質有關外，其與觀測儀器之型式之關係亦很密切。崙坪觀測臺所用之太陽黑子觀測儀之定天儀係西羅斯達式 (Coelostat system)⁽⁶⁾，由於其一次反射鏡之傾斜角不變，而太陽光之入射角隨季節作週期性之變化，因此陽光由一次鏡反射至二次鏡之角度亦隨着變化，以致由二次鏡反射至水平望遠鏡單位面積上所受之光通量亦相應的變化，其變化可以 $\cos(32.5^\circ - \delta_s/2)$ 來表示， δ_s 為太陽視赤緯。為分析其對 K_L 之影響，吾人可先從天文曆書 (Ephemeris)⁽⁷⁾ 查得各觀測日之 δ_s 值，其次求出 $\cos(32.5^\circ - \delta_s/2)$ 之月平均值並以 $\overline{\cos(32.5^\circ - \delta_s/2)}$ 表示，則其變化可點成如圖四之虛線。又圖中實線 $\overline{K_L'}$ 表示 K_L 月平均值之變化。由圖四吾人不難發現 $\overline{\cos(32.5^\circ - \delta_s/2)}$ 與 $\overline{K_L'}$ 均作如同正弦波 (Sine wave) 形之變化，兩者成相反相位之季節性變化。吾人若進一步將兩者點成如圖五之散佈圖 (Scatter diagram) 則可看出兩者間成負線性相關關係，其迴歸方程式為：

$$\overline{K_L'} = 1.75 - 1.13 \overline{\cos(32.5^\circ - \delta_s/2)} \pm 0.063 \dots \dots \dots (3)$$

由(3)式可知當 $\overline{\cos(32.5^\circ - \delta_s/2)}$ 增加 0.10 時， $\overline{K_L'}$ 值相應的減少 0.113；反之，當 $\overline{\cos(32.5^\circ - \delta_s/2)}$ 值減少 0.10 時，則 $\overline{K_L'}$ 值相應的增加 0.113。 $\overline{\cos(32.5^\circ - \delta_s/2)}$ 之極小值在 12 月份為 0.72，其對應之 $\overline{K_L'}$ 值為 0.94。 $\overline{\cos(32.5^\circ - \delta_s/2)}$ 之極大值在 6 月份為 0.935，其對應之 $\overline{K_L'}$ 值為 0.69。若以被分析 19 個月所有的 $\overline{\cos(32.5^\circ - \delta_s/2)}$ 之平均值 0.84 代

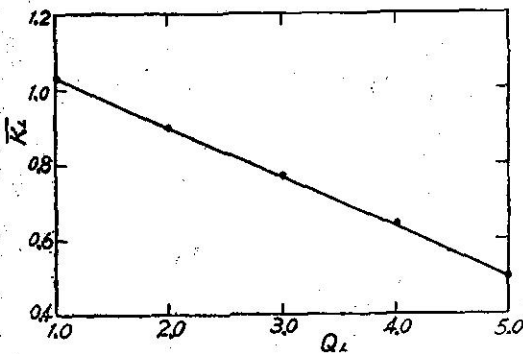


圖二 每日之 K_L 與 Q_L 之關係圖 (1967年6月~1968年12月)

method of least squares) 可求出其迴歸線 (Regression line) 方程式為：

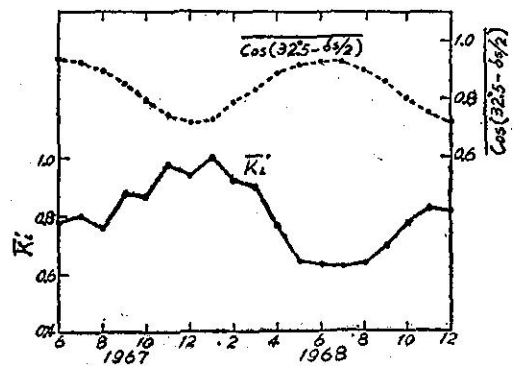
$$\overline{K_L} = 1.16 - 0.132 Q_L \pm 0.048 \dots \dots \dots (2)$$

式中之 ± 0.048 為估計標準誤差 (Standard error of estimate)。由(2)式可知當 Q_L 增加 1.0 時，其 $\overline{K_L}$ 對應的減少 0.132；反之，當 Q_L 減少 1.0 時， $\overline{K_L}$ 則增加 0.132。 Q_L 之極大值為 5.0，其對應之 $\overline{K_L}$ 為 0.50。 Q_L 之極小值為 1.0，其對應之 $\overline{K_L}$ 為 1.09。 Q_L 之中間值為 3.0，其對應之 $\overline{K_L}$ 值為 0.76。若以被分析 19 個月之所有 Q_L 之平均值 2.91 代入(2)式，則其對應之 $\overline{K_L}$ 值為 0.78。由上所述吾人可知崙坪觀測臺當太陽像之品質好時，其太陽黑子相對數之 K 因素較小，而當太陽像之品質壞時，其太陽

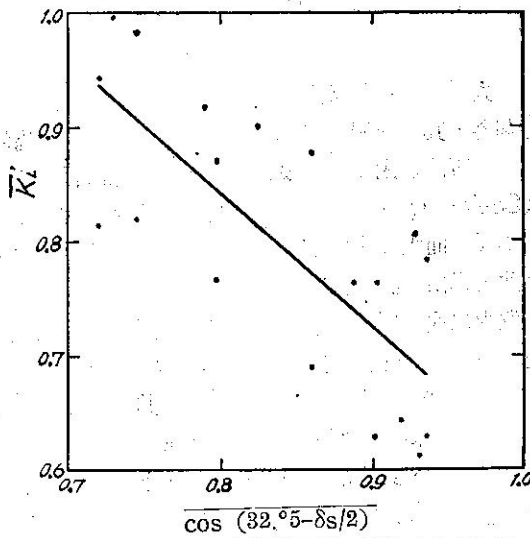


圖三 $\overline{K_L}$ 與 Q_L 之關係圖 (1967年6月~1968年12月)

黑子相對數之 K 因素則較大。其 K 因素之平均值與太陽像之品質係成負線性相關關係。



圖四， $\overline{K_L'}$ 與 $\overline{\cos(32.5^\circ - \delta_s/2)}$ 之季節性變化圖



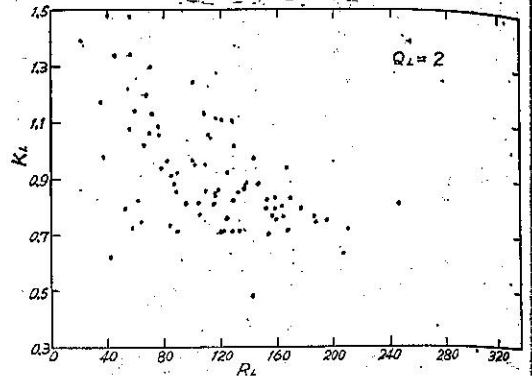
圖五 K_L' 與 $\cos(32.5 - \delta_s/2)$ 之關係圖
(1967年6月~1968年12月)

入(3)式，則其 K_L' 值為 0.80。由上所述吾人可知崙坪太陽黑子相對數之 K 因素有季節變化之特性，且其 K 因素之月平均值與 $\cos(32.5 - \delta_s/2)$ 之月平均值間成負線性相關關係。又因當太陽視赤緯 (δ_s) 值增大時， $\cos(32.5 - \delta_s/2)$ 之值亦增大，而當太陽視赤緯 (δ_s) 值減小時，其 $\cos(32.5 - \delta_s/2)$ 之值亦減小，因此就月平均值而言，崙坪太陽黑子相對數之 K 因素與太陽視赤緯間係成負相關關係。在此，值得一提的是圖四 K_L' 之變化線之極大值及極小值在1968年比1967年的值小，1968年之極大值比1967年之極大值小 1.8，而極小值則小 1.4。此現象是否代表 K_L' 之長年變化 (Secular variation)，有待來日觀測數據較多時作進一步之研究。

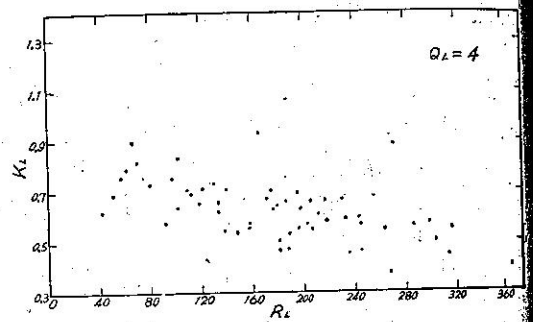
五、崙坪太陽黑子相對數之 K 因素與觀測人員性癖之關係

太陽黑子相對數之 K 因素除了與太陽像之品質及儀器之型式有關之外，尚與觀測人員之性癖有關。為求 K 因素與觀測人員性癖之關係，吾人在此將就崙坪觀測臺之太陽黑子觀測數據與 Zürich 之標準太陽黑子相對數在同一太陽像品質之下作比較分析。今設在同一太陽像品質 (Q_L) 之下，未經修正 (即設 $K=1$ 時) 之崙坪每日太陽黑子相對數為 R_L ，而 Zürich 對應日期之標準黑子相對數為 R_z ，則其對應日期崙坪之太陽黑子相對數之 K 因素 (K_L) 應為 R_z/R_L 。圖六及圖七係用上述 R_L 及 K_L 求得之 K_L 對 R_L 之散佈圖。圖六表示當崙坪太陽像之品質為 2

時 K_L 與 R_L 之關係圖，由圖六得知：當 R_L 在 140 以上時， K_L 大部份分佈在 0.7 與 0.85 附近；當 R_L 在 70~140 之間時 K_L 大部份分佈在 0.7 與 1.15 之間；而在 R_L 小於 70 時則 K_L 大部份分佈在 0.7 與 1.5 之間。圖七表示崙坪太陽像之品質 (Q_L) 為 4 時之 K_L 與 R_L 之關係圖，由圖七得知：當 R_L 大於 280



圖六 $Q_L=2$ 之 K_L 與 R_L 關係圖
(1967年6月~1968年12月)



圖七 $Q_L=4$ 之 K_L 與 R_L 關係圖
(1967年6月~1968年12月)

時，其 K_L 大部份分佈於 0.45 與 0.6 之間；當 R_L 在 180 與 280 之間時， K_L 大部份分佈於 0.5 與 0.8 之間；而當 R_L 在 180 以下時， K_L 大部份分佈於 0.6 與 0.9 之間。由上所述吾人不難發現崙坪觀測之觀測員之性癖，即在太陽黑子數多時其 K_L 值較小，且 K_L 值之散佈情形亦較小。然而在太陽黑子數少時其 K_L 值較大，且其 K_L 值之散佈情形亦較大。於在不同太陽像之品質下，則當太陽像之品質差時太陽黑子數之多少對 K_L 值之影響較大；而在太陽像之品質好時，太陽黑子數之多少對 K_L 值之影響較小。由此顯示崙坪觀測臺之觀測人員在太陽黑子數較多時有多報黑子數之傾向；而在黑子數較少時有少報黑子數之傾向。而此種傾向在太陽像品質好時比太陽像品質差時小。又此種傾向在太陽像品質差時之散佈情形較像之品質好時為大。

六、未經修正之崙坪太陽黑子相對數與 Zurich 標準太陽黑子相對數之關係

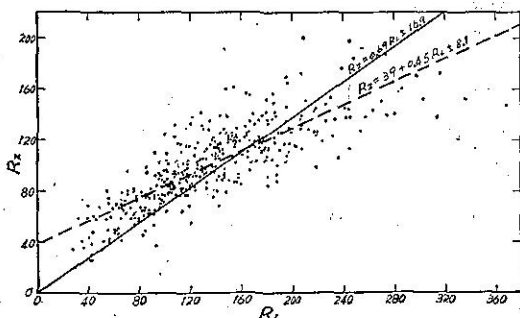
為比較未經修正 (即設 $K=1$ 時) 之崙坪太陽黑子相對數 (R_L) 與 Zurich 標準太陽黑子相對數 (R_Z) 之關係, 吾人可將公元1967年6月至翌年12月之各觀測日之 R_L 及對應之 R_Z 點成如圖八之散佈圖, 由圖八吾人可看出兩者間大致成正線性相關關係, 因此用最小二乘方法可求出其迴歸線方程式為:

$$R_Z = 39 + 0.45R_L \pm 8.1 \dots\dots\dots(4)$$

由(4)式當 R_L 每增減10時, R_Z 則對應地增減 4.5。當 R_L 趨近於 0 時, R_Z 則趨近於 39, 此點顯然與實際情形不合, 因實際情形為當 R_L 趨近於 0 時, R_Z 亦應趨近於 0。因此(4)式對於 R_L 少時不能適用。吾人若令欲求之迴歸線通過零點, 則其迴歸方程式為:

$$R_Z = 0.69 R_L \pm 16.9 \dots\dots\dots(5)$$

(5)式之標準誤差 ± 16.9 雖比(4)式之標準誤差 ± 8.1 稍大, 然而由於(5)式無常數項, 則當 R_L 趨近於零時, R_Z 亦趨近於零, 因此由(5)式 R_L 之係數 0.69 用來表示崙坪之 K 因素時, 要比(4)式 R_L 之係數 0.45 有代表性。吾人觀察圖八將不難發現(5)式誤差值大之原因, 由圖八: 當 R_L 小 (150以下) 時, R_Z 大部份分佈在迴歸線 (實線) 之上方, 此即表示在此部份之 K_L 值比 0.69 來得大。又在 R_L 大 (200 以上) 時, R_Z 大部份分佈在迴歸線 (實線) 之下方, 此表示其 K_L 值要比 0.69 來得小。在本文第五節內作者曾提及觀測人員在太陽黑子少時有少報黑子數, 而在黑子數多時有多報黑子數之性癖, 為此實際之 K_L 值與 R_L 之多少有關係, 即當 R_L 少時 K_L 較大, R_L 多時 K_L 較小。就圖八之數佈圖觀之: R_L 在 80 以下時, K_L 約等於 1.0; R_L 在 80~160 時, K_L 約等於 0.8;



圖八 R_Z 與 R_L 之關係圖 (1967年6月~1968年12月)

R_L 在 160~240 時, K_L 約等於 0.65; R_L 在 240 以上時, K_L 約等於 0.55。因此未經修正之崙坪太陽黑子相對數與 Zurich 之標準黑子相對數之關係, 並非為一次函數, 而為二次或以上之函數關係。

七、結 論

本文根據交通部電信研究所崙坪觀測臺自1967年6月至1968年12月共計19個月之太陽黑子觀測數據及 Zurich 對應日期之標準太陽黑子相對數, 以分析崙坪 K 因素與太陽像之品質, 太陽視赤緯及觀測人員性癖等之關係。其結果顯示, 崙坪太陽黑子相對數之 K 因素之平均值與太陽像之品質有負線性相關關係。又其 K 因素之月平均值與 $\cos(32^\circ 5' - \delta_s/2)$ 之月平均值亦有負線性相關關係存在。而 K 因素與觀測人員性癖之關係主要在於太陽黑子數之多少, 即太陽黑子數多時, 其 K 因素較小; 而在太陽黑子數少時, 其 K 因素則較大。在太陽像品質較好之情況下, 黑子數之多少對 K 因素之影響較小, 且其散佈情形亦較小; 在像之品質較差時, 其影響則較大, 且其散佈情形亦較大。文中亦比較兩臺太陽黑子相對數之關係, 結果顯示其關係非為一次函數, 而為二次或以上之函數。因此崙坪太陽黑子相對數之 K 因素應隨季節、太陽像之品質及太陽黑子數之多少而改變其值, 然而實用上宜採用一 K 值較為方便。為此崙坪太陽黑子相對數之 K 因素似可使用本文之(2)式, 當 Q_L 為 2.91 時之 K_L 值 0.78 當作 K_L 之暫時值。本研究所用之數據只有19個月, 各項統計結果難免含有統計誤差在內, 因此惟有繼續觀測, 待觀測數據更多時再作進一步之分析, 方能獲得更可靠之結果, 進而獲得更可靠之崙坪 K 因素。

誌謝 本文承蒙交通部電信研究所康所長寶煌及何副所長定一之鼓勵得以完成, 謹此誌謝。又本研究之數據計算及繪圖等受崙坪觀測臺黃文得、李正義、陳盛文、林以賢及謝國明等諸先生之協助頗多, 併此致謝。

參 考 資 料

- (1) 黃胤年: 太陽黑子與短波通信, 電波研究所參考書第二冊 (1966)
- (2) 黃胤年: 介紹交通部電波研究所崙坪觀測臺之觀測及研究工作, 交通建設十七卷十二期 (1968)
- (3) Solar Geophysical Data, IER-FB-282 and 295, published by ESSA Research Laboratories, U.S.A.
- (4) Bray, R. J. and R. E. Loughhead: Sunspots, Chapter 6. (1964)
- (5) Annals of the International Geophysical year, Vol. V, Part IV, Solar Activity (1958)
- (6) Miczaika, G. R. and W. M. Sinton: Tools of the Astronomer, Chapter 7 Instruments for Solar Research (1961)
- (7) Japanese Ephemeris for the year 1967 published by Hydrographic Office. The American Ephemeris and Nautical Almanac for the year 1958, published by Nautical Almanac Office.