

羅必茲日射計在山坡地之使用方法

游 繁 結*

一、前 言

太陽幅射熱為驅動大氣現象之主力。因太陽幅射熱之作用，而生大氣溫度之變化，至其他現象如風、雨等，亦由之而生。設無此太陽幅射熱，則地球將成冰球，而無生物之活動矣。是以研究氣象或農業氣象者，必須瞭解太陽幅射。

太陽幅射熱強度在地球大氣層之邊界，每一平方公分面積受太陽垂直照射時，每一分鐘所受幅射熱量，一般稱之太陽常數(Solar constant)，其值為 $1.94\text{cal/cm}^2/\text{min}$ 。(1)(6)(7)(8)

然地球表面某一點所吸收之太陽幅射量，常多寡不同，其影響之主要因素為(一)太陽光投射角之大小，(二)太陽照射時間之長短，(三)大氣之透明度，(四)日地距離之變化，(五)太陽常數之變化(9)，(六)地形上海拔高、坡度與阻遮等效應(10)。由知太陽幅射量即受此等因素之影響而經常變化，且太陽幅射對大氣現象變化之影響，既是頗大，則經常之太陽幅射量之觀測，實氣象研究所必要。

一般測量太陽幅射之儀器甚多。太陽幅射計或太陽幅射表用來測定一定波段之幅射量；日照計是測量日照時間和日射強度用。太陽幅射計則又因儀器之設計不同，又有許多類型，目前在本省所使用較普遍的為低廉的羅必茲日射計(Robintzsch Bimetallic Pyranometer)，此種儀器在平地上對測定日射量雖有10%之誤差(9)，但仍不失作為水平日射量測量之儀器。如將本儀器置於山坡地，對山坡地作日射量之觀測，是否適宜，則未曾有其他文獻論及之。是以本文特對羅必茲日射計及其在山坡地之使用提出討論。

由於筆者對這方面之見解尚屬疏淺，謬見之處在所難免，尚期諸先進不吝賜教。

二、羅必茲日射計之構造和使用方法

羅必茲日射計雖然在精確度上稍差，但在世界上仍被廣泛使用(9)，其主要原因乃因該儀器構造簡單，不易損壞，操作方便，且造價低廉，茲分別說明儀器構造及使用方法如下：

(一)儀器之構造原理(2)(6)(9)(11)

羅必茲日射計之型式有許多種，但基本上都是類似，如圖1所示。其主要感應器(Sensor)為塗黑合金板，大小約為 $3.5\text{cm} \times 1.5\text{cm}$ ，可吸收幅射熱，其一端固定，另一端可因吸熱使合金板膨脹變形，並將此端以機械原理傳動至記錄筆，使記錄筆在套於時鐘圓筒外殼上之記錄紙繪出痕跡，以知日射量之多少。而時鐘圓筒轉動一圈有一日與七日兩種標準速度，視需要可自行調節牽動齒輪。整個機械構造為操作方便及防止風雨侵襲，以一金屬外盒保護之，主要感應器部份則以半球形之玻璃罩蓋上，幅射光波可通過玻璃罩而為感應器所接收。唯玻璃罩本身因製造之厚薄不均時，會對日射量有10%之誤差(9)。另外在金屬盒側邊開一窗口，罩以玻璃，便於觀測記錄情形，而無需翻起整個外殼，以免記錄中斷或受影響。

*國立中興大學水土保持學系助教

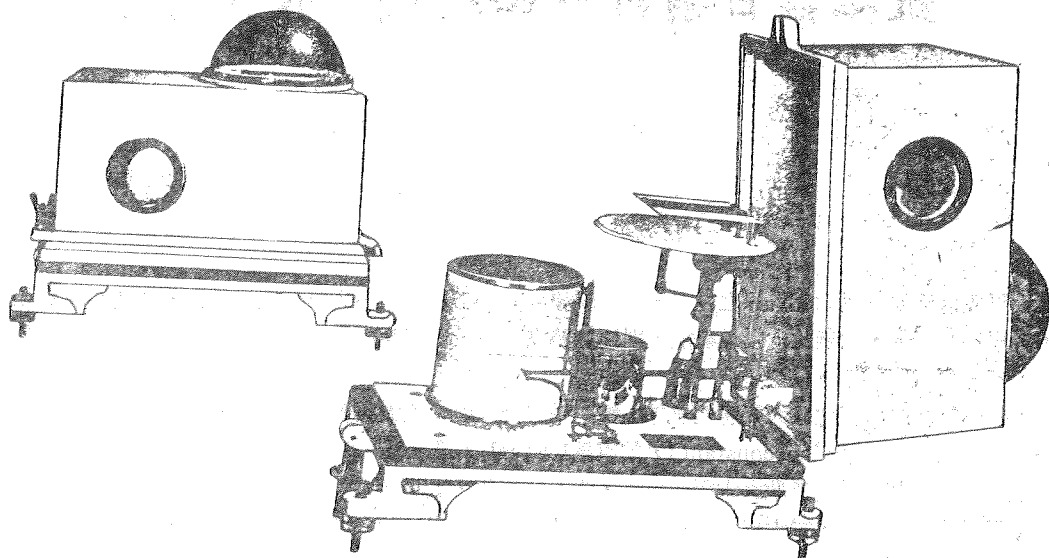


圖1. 羅必茲日射計之構造及其外形

一般感應器部份之裝置都以四塊合金板並排，外側兩塊塗白色，內側兩塊塗黑色。白色因不吸收太陽輻射熱，故僅受周圍氣溫之影響；黑色則可吸收太陽輻射熱，造成其膨脹變形，如此由兩種合金之受熱不同，及此四塊合金板之一端固定，另一端可伸縮，而傳動記錄筆，以測定日射量。

(一) 儀器之安置⁽¹⁾

通常羅必茲日射計係用來測定水平面之日射量，因此該儀器必須水平安置。另外使觀測窗口朝北，而合金板即呈東西向。至於透光之半球形玻璃罩則需經常保持清潔，以免影響日光強度。

(二) 記錄紙格式及其日射量之計算⁽⁴⁾

至於記錄紙之規格，橫軸為時間，每一大格 11mm，為一小時轉動距離，其中再分成四小格，每小格即為 15 分鐘。縱軸則為日射量，每一小格 1mm，其單位為 $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{min}$ ，欲知某一時刻之日射量，可讀出該一時刻記錄筆所繪之點至零線之公厘數（或小格數），再乘以儀器係數 k 即可。

若欲知一小時之水平日射量，則可讀出記錄筆所描繪出之曲線與零線所圍成之小方格數再乘以 $1.5k$ ，即可知一小時內之水平日射量。

一日之水平日射量，當可將一日內每一小時之日射量累加起來即得。

(三) 記錄紙之更換

記錄紙之更換均需在日落以後，無太陽輻射時行之，並旋緊時鐘發條，供第二天之運轉。

三、羅必茲日射計在山坡地之使用

前已述及，羅必茲日射計係觀測水平日射量之儀器，是以用之於平地當無問題。但台灣山坡地農業開發日益興盛，有關影響山地作物之環境因子，當與平地環境大異其趣，應有深入探討之必要。尤以日射量之觀測，如採用羅必茲日射計能否測得山坡地較合理之日射量，更有加以檢討之必要。

筆者曾於民國 66 年 3 月 28 日，在台南縣新化農業改良分場所屬之一塊山坡地上，為安置羅必茲日射計於南北向兩坡面之問題，作一簡單之比較，即於南北向兩坡面分別安置水平與傾斜之羅必茲日射計各一台，如圖 2 所示，其合金板一律呈東西向，唯北向坡面之傾斜日射計係向北傾斜 20° ，而與坡面平行；南向

坡面之傾斜日射計則向南傾斜 18°，而與坡面平行。為使記錄筆尖能正常操作起見，令窗口均向坡上方向，如此儀器均可正常操作。水平安置之日射計則按一般正常之安置無異。所測得之數據如表 1：

表 1. 羅必效日射計在不同坡向水平與傾斜安置之比較

| 儀器安置 | 坡面 | 日射量 cal/cm ² /day | 日射量較差 cal/cm ² /day |
|------|---------|---------------------------------|-----------------------------------|
| 水 平 | 南 向 坡 面 | 469.9 | 25.6 |
| | 北 向 坡 面 | 444.3 | |
| 傾 斜 | 南 向 坡 面 | 421.2 | 63.1 |
| | 北 向 坡 面 | 358.1 | |

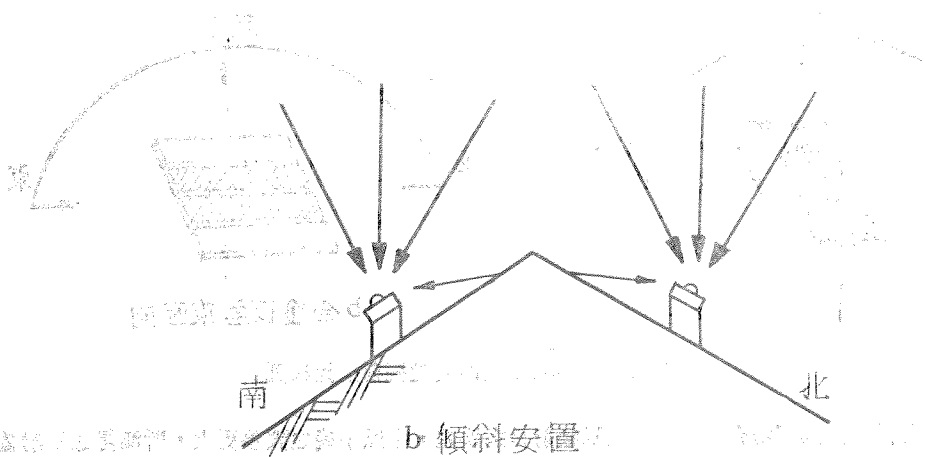
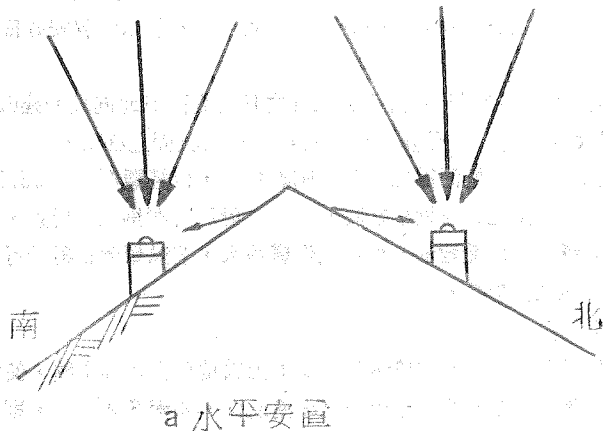


圖 2. 羅必效日射計在南北向坡面水平與傾斜安置圖

由表 1 知羅必茲日射計以水平安置者，南向坡面略高於北向坡面 $25.6\text{cal/cm}^2/\text{day}$ ，而傾斜安置者，南向坡面竟高於北向坡面達 $63.1\text{cal/cm}^2/\text{day}$ 。另水平安置與傾斜安置比較，兩坡面之水平日射量均高於傾斜者。

四、討 論

(一) 傾斜安置與水平安置之比較

由圖 2a 之水平安置可看出，日射計除接受太陽幅射外，由於係將日射計安置於斜坡中央位置，由山頂放射之長波幅射，多少仍會被日射計所接收，但不一定會被坡面土壤所吸收，如此由日射計所測得之日射量，並非係坡面所吸收者，而有高估之趨勢，故水平安置在坡面上似乎是一種錯誤方法。

由圖 2b 之傾斜安置可看出，凡為坡面所接收之幅射量均可被日射計所接收，而由坡面幅射出去者，則因感應器係與坡面平行，不能接收到這些由坡面幅射出去者，是以日射計所測得之日射量，純為進入坡面之日射量，即所謂之 Global radiation，是以知傾斜安置所測得乃較合理。

此外考慮直射光如係由山頂垂直照下，由圖 2 可看出水平與傾斜安置，在南北向兩坡面之日射計，理論言之，均可測得相等之日射量（山頂之長波幅射除外）。若光線係偏南，則南向坡面可受直射光，北向坡面則為斜射光，其日射強度要比南向坡面為小。此時若日射計係以水平安置，將山頂之長波幅射除外不計，且假設北向坡面未受山頂之影響而有所遮蔭外，則理論上在兩坡上之水平日射計亦應有相同之日射量，但實際上南向坡面單位面積之日射強度應高於北向坡面才是。若以傾斜安置日射計，則可顯示南北兩坡面之顯著差異了。

由觀測比較之結果亦顯示，傾斜日射計南向坡面之日射量高於北向坡面達 $63.1\text{cal/cm}^2/\text{day}$ ，而水平日射計之差異僅 $25.6\text{cal/cm}^2/\text{day}$ ，充分顯示傾斜日射計用於坡面之必要。

理論上水平日射計在兩坡面上所測得之日射量即應相等，但經觀測竟有 $25.6\text{cal/cm}^2/\text{day}$ 之差異，再者同一坡面之水平日射計所測得之日射量也都高於傾斜日射計所測得之日射量，充分顯示山坡地除受光線之直射、斜射及坡向之影響外，尚受地形、地物之影響很大，若以傾斜日射計行之，當可消除部份之影響因子，而測得坡面上較合理之日射量。

(二) 合金板感應器需呈東西向之探討

合金板感應器需呈東西向之原因，依筆者分析為：由於地球自西向東轉，使太陽光早上由東方射出，正午通過天頂，至黃昏而落於西方，若合金板令之呈南北向，如圖 3 a 所示，則四塊合金板同時接收幅射

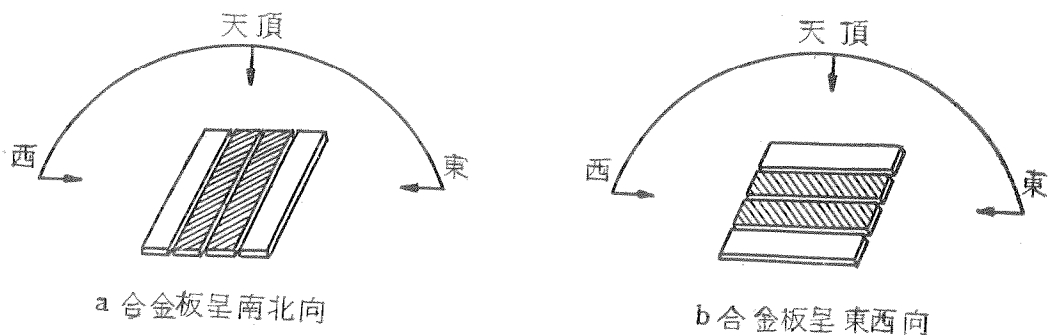


圖 3. 合金板呈南北向與呈東西向受幅射之比較圖

之面積不平均，如此會造成四塊合金板接收太陽幅射量之誤差，尤以早晚之誤差更大，所測得之日射量當較不準確。若令之呈東西向如圖 3 b，則四塊合金板可同時等面積接收幅射能量而膨脹變形，無誤差發生。故羅必茲日射計之安置，務需使合金板感應器呈東西向。

(三) 傾斜安置之問題

羅必茲日射計之安置，除令合金板感應器呈東西向外，尚需使窗口朝北向，若依此規定，傾斜安置在山坡地時則有些困難。因日射計在向北傾斜時，記錄筆會脫離時鐘圓筒上之記錄紙，而無法記錄，改進之方法，係將窗口朝南，亦即向坡上方向，儀器仍保持向北傾斜，則記錄筆即能正常操作。若日射計安置在南向坡面時，除將日射計向南傾斜外，窗口仍保持朝北向即可。故總而言之，只需使記錄筆保持在儀器上方，使之能附於時鐘圓筒上正常操作即可。

至於窗口朝北之規定，無非與百葉箱門之朝北開類似，在於減少各種輻射之直接進入罷了，若在北向坡面其儀器窗口朝南，可用白紙予以遮蓋，防止直射光從窗口進入，以免影響儀器之精確度，當無問題才是。

五、結論與建議

綜觀所述，可簡單作一結論與建議事項如下：

- (一) 羅必茲日射計使用於山坡地時，應傾斜安置，使合金板感應器與坡面平行。
- (二) 羅必茲日射計安置時，務需使合金板感應器呈東西向，以減少誤差。
- (三) 羅必茲日射計之窗口視需要可使之朝南，但應設法避免輻射之直接進入。
- (四) 羅必茲日射計如何使用在東西向坡面，或其他方向之坡面，有繼續探討之必要。
- (五) 羅必茲日射計安置於坡面時，應置於坡面之何處，即山腰或接近山頂等，應有繼續探討之必要。
- (六) 羅必茲日射計在傾斜達到幾度時，尚能繼續使用之問題，應再加以探討，以瞭解此種儀器機械性能之使用極限。

六、參考資料

1. 蔣丙然 (1954)：農業氣象，正中書局，P. 3.
2. 吳世承 (1964)：農業氣象上冊，台灣開明書店，PP. 25~29.
3. 鄒豹君 (1975)：地學通論，正中書局，PP. 23~25.
4. 坂上務 (1961)：氣象學實驗法，日本九州大學農學部農業氣象學教室，PP. 111~112.
5. Rose, C. W. (1969)：Agricultural Physics, 北一出版社翻印，PP. 20~21.
6. Chang, J. H. (1970)：Climate and Agriculture, 成大書局，P. 4.
7. Thekaekare, M. P. and A. T. Drummond. (1971)：Standard Values for the Solar Constant and its Spectral Components, Nature Physical Science, 229, PP. 6~9.
8. Thekaekare, M. P. and A. T. Drummond. (1973)：Solar Energy Outside the Earth Atmosphere, Solar Energy, 14, PP. 109~127.
9. Coulson, K. L. (1975)：Solar and Terrestrial Radiation, Academic Press, N. Y.
10. Liang Shen (1976)：Evaluating Radiant Energy Balance on Mountain Slopes, 國立中興大學農林學報，第25輯，PP. 13~22.
11. Anon：影印資料，來自美國夏威夷大學地理系張鏡湖教授。