

关于日照計的感应性能和实际日照百分率的确定*

陶 祖 文

(中央气象局观象台)

日照时数的观测是气象台站所进行的基本气象观测项目之一。月、年总日照时数或日照百分率是表征当地气候状况的一个重要指标。近年来,利用日照百分率来求算辐射热量,如总辐射、辐射平衡等得到了广泛的采用。为了比较和确定这些计算方法的精确性,首先必须了解日照計的工作性能和日照百分率的计算方法。

用以取得日照时数观测资料的日照計,通常为二种类型:Campbell-Stokes型日照計(以下简称康氏日照計)和Jordan型日照計(以下简称乔氏日照計)。在世界各国气象站上采用康氏日照計的占多数,而在我国气象站上主要采用乔氏日照計。关于这两种日照計的性能,也曾有人进行过研究,但是对于日照計的感光性能和不同天气条件下的工作情况,还缺乏必要的观测数据,因而还未能得出这两种日照計的工作性能的肯定结论。

我們在1958—1959年中,組織了沈阳、上海、天津、郑州、河口、烏魯木齐、喀什等七地进行了康氏日照計和乔氏日照計工作性能的比较观测。試驗是在邻近日出、日沒的时间进行的,以获得这两种日照計感应所需的最低限度的垂直于太阳的直接辐射强度 S_{min} 。通过不同月份总日照时数的对比,討論了不同天气条件下日照計的工作性能;再根据 S_{min} 統計出日照計起始(或終止,下同)感应时相应的太阳高度角 $h_{(S_{min})}$,并进一步确定出实际的最大可能日照时数 N_0 及实际日照百分率 $\frac{n}{N_0}$ 。

一、日照計的工作性能

1. 日出日沒时日照計起始感应的 S_{min} 根据近300组日出、日沒时观测资料的对比,其統計結果(表1)为:乔氏日照計起始感应平均所需的 S_{min} 为0.32卡/厘米²·分,康氏日照計为0.38卡/厘米²·分,康氏日照計的 S_{min} 是和一般¹⁾所得的結果相当的^[1]。从表1也可以看出,康氏日照計开始感应的 S_{min} 的变化范围较大,这表明了乔氏日照計的感应性能較康氏日照計为优。

表1 日照計起始感应时 S_{min} 的比较(单位:卡/厘米²·分)

类 型	日出后(开始)感应的 S_{min}		日落前(終止)感应的 S_{min}		平均的 S_{min}
	各地平均值的范围	个别观测值的范围	各地平均值的范围	个别观测值的范围	
康氏日照計	0.37—0.41	0.13—0.80	0.31—0.41	0.13—0.66	0.38
乔氏日照計	0.30—0.37	0.07—0.56	0.31—0.32	0.10—0.56	0.32

* 本文1964年1月3日收到。

1) 乔氏日照計一般尚未得到定量的結果。

一般认为, 乔氏日照計自記紙的感光性变化较大, 这是影响观测精确性的重要因素^[2], 但是由表 1 所列结果表明, 它的变化范围并不很大。相反, 康氏日照計却有较大的变化范围, 这是和以热辐射为基础的感应原理有关。在其灼焦自記紙的过程中, 环境条件如: 气温的高低、湿度的大小, 甚至风力的强弱都将影响康氏日照計的起始感应的 S_{\min} 。在沈阳夏季, 康氏日照計的 S_{\min} 最小值为 0.13 卡/厘米²·分, 而冬季增加到 0.25 卡/厘米²·分; 在上海, 1959 年 1 月 23 日日光情况为 \odot^2 时, S_{\min} 更高到 0.80 卡/厘米²·分 (同一日乔氏日照計为 0.56 卡/厘米²·分)。

此外, 逐次对比两种日照計的 S_{\min} , 得到: 康氏日照計大于乔氏日照計的占 71%, 相等的占 14%, 小于的占 15%; 而且差值的大小比较一致, 最大差值不超过 0.25 卡/厘米²·分。如沈阳 1959 年夏半年, 日光情况为 \odot^2 , 日没时逐次的 S_{\min} 对比如图 1 所示。

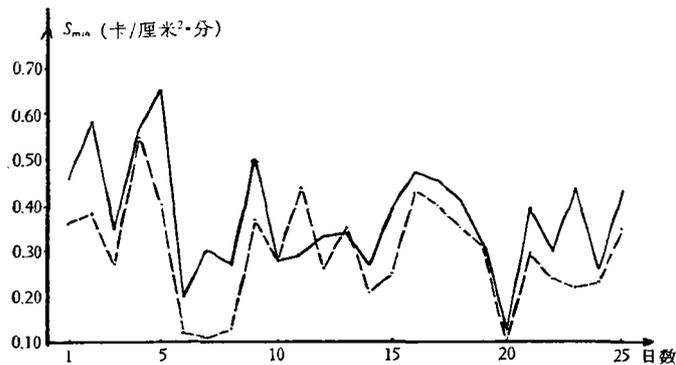


图 1 沈阳 1959 年夏半年 \odot^2 日没时逐次 S_{\min}
(——为康氏日照計, ----为乔氏日照計)

2. 不同天气条件下日照計的工作性能 根据我国不同地区 52 个月的月总日照时数的对比资料, 其差值对于不同地区是不同的(图 2)。从图 2 可以看到: 除华南地区全年 (仅有冬半年 5 个月的记录) 无明显的差别外, 其余地区冬半年的月总日照时数, 康氏日照計一般都小于乔氏日照計约 10%; 而在夏半年东部地区和西部地区的差值变化截然不同, 在西部地区差值增大到 20% 以上, 而东部地区差值较冬季为小, 纬度越低甚至出现负值。

产生因地区及季节不同而差值不同的原因, 除上述日照計的 S_{\min} 不同外, 还与从自

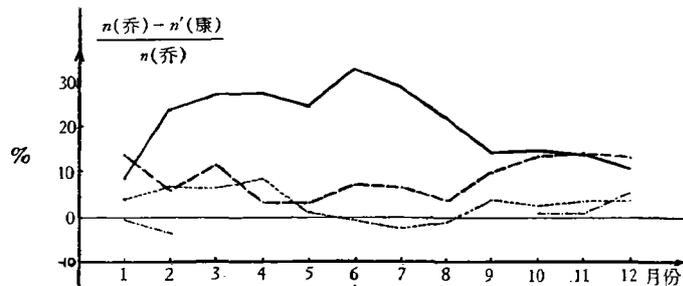


图 2 不同地区 $\frac{n(\text{乔}) - n'(\text{康})}{n(\text{乔})}$ 的年中分布

(——为西北地区, ----为东北地区,为东部地区(25—40°N), -·-·-·为华南地区)

記紙的記錄曲線上計算日照時數的誤差有關。這種誤差 Bilham^[3] 指出，是由康氏日照計的焦點超過焦點的範圍所引起。關於這種現象，在夏季氣溫較高， S 值又較大時，過去已有人作了實例說明，最大曾觀測到康氏一日的日照時數高出喬氏 2 小時以上，達到該日的日照時數 40% 以上。在這次試驗中也得到了証實，如沈陽 1959 年 8 月 2 日多對流性低雲時日照時數的分布(圖 3b)，日總日照時數康氏較喬氏大達 1.1 小時；在晴天天空全日無雲的 1959 年 6 月 3 日，則反而小了 0.8 小時(圖 3a)。從這個現象可定性地解釋華南全年差值都較小；夏半年，華東(25°—40°N) 康氏略偏大，東北(40°N 以北) 略偏小；西北冬半年天空為多雲或陰較多時，差值較小的現象。

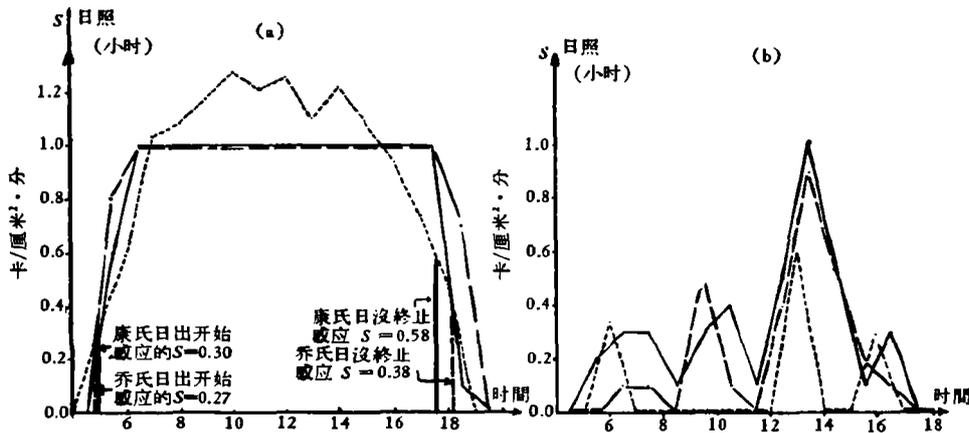


圖 3 沈陽夏季日照時數及 S 的日分布圖
(—為康氏日照計 ---為喬氏日照計為 S 值)

最後，還必須指出：當日光情況為 ☉ 和 ☉² 時， S 通常不小於 0.3 卡/厘米²·分，在太陽高度角較小時，還可略低於此值，這個數值是和日照計感應所需的 S_{min} 相當的。因此，日照時數大致等於一天中直接輻射強度可以直接測定的時間。

二、關於日照百分率

由於日照計的感應需要一定的 S_{min} ，而直接輻射的強度 S 和太陽高度角 h 有着密切的關係，所以可以確定出相應於 S_{min} 的最小太陽高度角 $h_{(S_{min})}$ 。因此，日照計所測得的日照時數 n 是代表太陽高度角 $h > h_{(S_{min})}$ 的時間內的日照時數，於是採用考慮大氣蒙氣差的最大日照時數 N_0 ^[4] 求商得出的日照百分率 $\frac{n}{N_0}$ ，是不能代表該地的日照情況。應該採用 $h > h_{(S_{min})}$ 的可能實際日照時數 N'_0 來求得表征氣候特點的實際日照百分率 $\frac{n}{N'_0}$ 。

1. $h_{(S_{min})}$ 的確定 為了能表征我國各地的平均情況，統計了海口、上海、北京、鄭州、二連、喀什等六地 1957—1959 年間的定時觀測資料，鄰近日出、日沒時的太陽高度角 h 和 S 的對應關係如表 2 所示。

從表 2 的平均結果可以看出：喬氏日照計的 $h_{(S_{min})} \approx 5^\circ$ ，在北方接近於 4° ，在南方接近於 6° 。康氏日照計的 $h_{(S_{min})} \approx 6^\circ$ ，在南方及北方均較喬氏日照計大 0.5—1°。這種地區性差別，如前已指出，是和大氣中的水汽含量對 S 的削弱有關。

表 2 邻近日出、日落时 h 和 s 的对应关系 (单位: 卡/厘米²·分)

地 点	h 的范围(°)	h (平均)	s (平均)
六地平均	5.0—6.0	5°42'	0.35
	4.0—4.9	4°15'	0.27
二 連	5.0—6.0	5°42'	0.50
	4.0—4.9	4°20'	0.36
海 口	5.0—6.0	5°45'	0.32
	4.0—4.9	4°05'	0.23

2. N'_0 的确定 根据以上所确定的两种日照計的 $h_{(s_{min})}$ 值, 可以利用天球坐标公式

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \quad (1)$$

来计算 N'_0 , 经过变换后, 得出

$$N'_0 = 24.0 - \frac{2}{15} \cos^{-1} \left\{ \frac{\sin h_{(s_{min})}}{\cos \varphi \cos \delta} - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta \right\}. \quad (2)$$

式中 φ ——緯度, δ ——月平均太阳傾角, t ——真太阳时时角。

由于我国气象站上普遍采用乔氏日照計, 因而取 $h_{(s_{min})} = 5^\circ$ 代入(2)式中, 于是求出北緯 0—70°N 地区每隔 5° 的 N'_0 值列于表 3 中。

表 3 $h_{(s_{min})} = 5^\circ$ 时逐月日平均实际可能日照时数 N'_0 (单位: 小时)

月份 緯度 φ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年总量 $\times 10^4$ (平年)
0	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	413
5	11.0	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6	11.5	11.5	11.4	11.2	11.1	11.0	413
10	10.7	11.0	11.3	11.5	11.7	11.8	11.8	11.6	11.4	11.1	10.8	10.7	412
15	10.5	10.8	11.2	11.7	12.0	12.1	12.1	11.8	11.4	11.0	10.6	10.3	412
20	10.2	10.6	11.2	11.8	12.2	12.4	12.3	12.0	11.4	10.9	10.3	10.0	412
25	9.8	10.4	11.1	11.9	12.4	12.7	12.6	12.1	11.4	10.7	10.0	9.6	410
30	9.4	10.2	11.1	12.0	12.7	13.1	12.9	12.3	11.5	10.6	9.7	9.2	410
35	9.0	9.9	11.0	12.1	13.0	13.4	13.2	12.5	11.5	10.4	9.3	8.7	408
40	8.5	9.6	10.9	12.2	13.3	13.8	13.6	12.7	11.5	10.2	8.9	8.1	406
45	7.8	9.2	10.8	12.4	13.6	14.3	14.0	13.0	11.5	9.9	8.3	7.3	402
50	7.0	8.8	10.6	12.5	14.0	14.9	14.5	13.2	11.5	9.6	7.6	6.5	398
55	5.9	8.2	10.4	12.7	14.5	15.6	15.2	13.6	11.4	9.1	6.7	5.2	391
60	4.1	7.3	10.1	12.9	15.2	16.5	16.0	14.0	11.4	8.6	5.4	2.7	378
65	0	6.1	9.8	13.2	16.1	17.9	17.2	14.6	11.3	7.8	2.9	0	356
70	0	3.7	9.2	13.6	17.6	20.7	19.3	15.1	11.2	6.5	0	0	357

比較 N'_0 和 N_0 可以得到: 在低緯度地区 (20°N 以南) N'_0 較 N_0 減少約 5%; 在中緯度地区 (40°N) 約減少 10—15%; 而高緯地区 (60—70°N) 則減少更大达 20% 以上。

从表 3 还可以看出, 在緯度 40°N 以北地区夏季 (5—7 月) N'_0 将大于 14 小时, 这超过了乔氏日照計所能记录的范围。在台站实际工作中, 我国新疆北部、吉林、黑龙江、內蒙北部等地区 (大約相当于 43°N 以北地区) 也曾出現过记录不到晨晚的日照, 这是和計算

結果相符的。

此外，我們在整理 1957—1959 年的日射資料時，得到 $\frac{n}{N_0}$ 的月最大值为 0.97（敦煌，1958 年 10 月），未曾出現過 $\frac{n}{N_0} > 1$ 的情況，而 $\frac{n}{N_0}$ 的最大值僅為 0.88。因此，我們認為， $\frac{n}{N_0}$ 是一個能較好地表示氣候特征的指標。

三、總 結

根據實測結果的比較以及與計算的結果相比較，可以得到下列三點結論：

(1) 喬氏日照計起始感应的 S_{\min} 約為 0.32 卡/厘米²·分，較康氏日照計小約 0.06 卡/厘米²·分；其相應的 $h_{(S_{\min})}$ 為 5°，而較康氏日照計小 0.5—1°。因而用喬氏日照計觀測的日照時數一般都應大於康氏日照計的時數。

(2) 作為喬氏日照計的主要缺點，自記紙的感應性能是非固定的，這一點在康氏日照計中並未能避免，而且由於空氣溫、濕度的影響而更為明顯。此外，康氏日照計又因記錄時焦痕可超過焦點以不定的範圍，從而增加了觀測記錄的誤差。因此，雖然喬氏日照計在夏季 40°N 以北地區記錄有可能偏小，但考慮到上述原因，在 40°N 以北採用康氏日照計並不能提高觀測日照時數的精確性。

(3) 按喬氏日照計起始感应的 $h_{(S_{\min})}$ 確定了月最大可能的實際日照時數。作為表示氣候特征的日照指標，宜採用實際日照百分率 $\frac{n}{N_0}$ 。

參 考 文 獻

- [1] Кедрованский, В. Н. и Стернзат, М. С., 气象仪器学(中譯本), 高教出版社, 1956, 221—222.
- [2] Guide international meteorological instrument and observing practice, Chapter 9. Measurement of radiation and sunshine, WMO. No. 8, TP. 3 1954, 89—92.
- [3] Bilham, E. G., An instrument for the optical examination of sunshine recorder lenses, *Journal of Scientific Instrument*, 6 (1929), 283—287.
- [4] 气象常用表(第三号), 中央气象局出版, 1957, p. IV 和 42—45.

簡 訊

中国学术代表团訪問日本

應日本學術界和日中友好協會的邀請，中國學術代表團於 1963 年 11 月下旬到 12 月下旬訪問了日本。訪日期間除了全團性的學術交流和友好訪問外，氣象方面的代表應日本氣象學會與全日本氣象勞動組合的邀請，作了我國氣象工作情況和若干氣象研究成果的報告。並參觀了日本東北大學、東京大學、京都大學的地球物理系，和名古屋大學、九州大學的氣象工作，以及日本氣象廳本部、氣象研究所等氣象業務單位，進行了氣象學術交流和友好訪問。