

广西主要城市倾斜面上太阳辐射总量的气候学计算

The Climatology Calculation of Global Solar Irradiation on Tilted Surfaces in Guangxi Region

蒙沛南

Meng Peinan

(广西大学物理系 南宁市西乡塘路10号 530004)

(Dept. of Physics, Guangxi University, 10 Xixiangtang Road, Nanning, Guangxi, 530004)

摘要 提出了倾斜面上太阳辐射总量的气候学计算公式,并据此计算了广西区主要城市各典型倾斜面上的太阳辐射月平均值。

关键词 气候学计算 太阳辐射总量 倾斜面

Abstract The climatology calculation formulae of global solar irradiation on tilted surfaces were proposed in this paper. The monthly mean global irradiation on varied typical tilted surfaces were calculated for the main cities of Guangxi Province.

Key words The climatology calculation, Global solar irradiation, Tilted surfaces

太阳辐射量的气候学计算,是评估当地太阳能资源的重要参数,也是太阳能利用中不可缺少的理论基础。以往人们对太阳辐射总量的气候学研究多注重于水平面上的数值计算,但绝大多数太阳能热利用装置均是倾斜放置的,这使得倾斜面上的气候学计算更具实际意义。又由于倾斜面上的太阳辐射总量不但与斜面倾角有关,而且与当地纬度也有很大关系,因而使得倾斜面上的太阳辐射总量的计算具有很强的区域性,不易计算。另外,农作物叶片的生长也基本上是倾斜的,而且朝东、西、南、北各方向都有,平均来说大致可以认为它们的倾角为 45° 。因此倾斜面上太阳辐射资源的计算,对于探索提高农作物的太阳能资源的利用率也是十分有益的。

为此,本文将以水平面上太阳辐射总量的气候学计算公式为基础,推导出倾斜面上太阳辐射总量的气候学计算公式,并利用广西区的太阳辐射资料,计算了 45° 倾斜面朝东、西、南、北放置时,广西区内主要城市的太阳月平均辐射总量,并对此进行了比较和讨论。

1 倾斜面上太阳辐射总量的气候学计算公式

水平面上太阳辐射总量的气候学计算,目前用得

最多的经验公式为:

$$\bar{H} = \bar{H}_0[a + b(\bar{n}/\bar{N})] \quad (1)$$

式中: \bar{H} 、 \bar{H}_0 分别表示水平面上太阳辐射总量的月平均值和当地太阳天文辐射总量月平均值; (\bar{n}/\bar{N}) 为日照百分率的月平均值; a 、 b 是与云量和大气透明状况有关的经验系数。该经验公式效果较好,也比较适合广西的气候状况。

根据晴天模型,对于倾斜面上太阳辐射总量可用下面公式计算^[1];

$$\bar{H}_i = \bar{R}_b \bar{H}_b + \bar{R}_s \bar{H}_s + \rho \bar{R}_a \bar{H} \quad (2)$$

式中: \bar{H}_i 为斜面上太阳总辐射日平均值; \bar{H}_b 、 \bar{H}_s 分别为平面上太阳辐射直射和散射的日平均值; ρ 为地面反射率; \bar{R}_b 、 \bar{R}_s 、 \bar{R}_a 分别为直射、散射、漫射的倾斜因子。其中:

$$\bar{R}_s = (1 + \cos S)/2 \quad (3)$$

$$\bar{R}_a = (1 - \cos S)/2 \quad (4)$$

$$\bar{R}_b = A/B \quad (5)$$

这里

$$A = \cos S \cdot \sin \delta \cdot \sin \Phi \cdot \frac{\pi}{180} (\omega_r - \omega_s)$$

$$- \sin \delta \cdot \cos \Phi \cdot \sin S \cdot \cos \gamma \cdot \frac{\pi}{180} (\omega_r - \omega_s)$$

Guangxi Sciences, Vol. 2 No. 2, May 1995

$$\begin{aligned}
 & + \cos\Phi \cdot \cos\delta \cdot \cos S \cdot (\sin\omega_r - \sin\omega_s) \\
 & + \cos\delta \cdot \cos\gamma \cdot \sin\Phi \cdot \sin S (\sin\omega_r - \sin\omega_s) \\
 & + \cos\delta \cdot \sin S \cdot \sin\gamma (\cos\omega_r \omega_s) \quad (6)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B = 2(\cos\Phi \cdot \cos\delta \cdot \sin\omega_s \\
 + \frac{\pi}{180}\omega_s \cdot \sin\Phi \cdot \sin\delta) \quad (7)
 \end{aligned}$$

式中： δ 、 Φ 、 S 、 γ 、 ω_r 、 ω_s 分别为太阳赤纬、地理纬度、斜面倾角、斜面方位角、日出和日落时角。可见上述公式的计算是相当复杂的。为计算广西主要城市倾斜面上的太阳辐射月平均值，我们用每月 15 日这天的 δ 、 ω_r 、 ω_s 值作为近似；并取 $S = 45^\circ$ ，即斜面倾角为 45° ；斜面朝南、西、北、东时， γ 分别取为 0 、 $-\frac{\pi}{2}$ 、 π 、 $\frac{\pi}{2}$ 。

文献[2]给出，散射辐射与总辐射、太阳天文辐射、日照百分率的关系为：

$$\bar{H}_d = \bar{H}[1.00 - (1.13\bar{H}/\bar{H}_0)] \quad (8)$$

则直射分量为：

$$H_b = H - H_d = 1.13H(\bar{H}/\bar{H}_0) \quad (9)$$

最后，经过推导就可得到倾斜面上太阳月辐射总量的气候学计算经验公式：

$$\begin{aligned}
 \bar{H}_i = \bar{H}_0 \{ & 1.13\bar{R}_b[a + b(\bar{n}/\bar{N})] \\
 & + \bar{R}_s[1 - 1.13(a + b(\bar{n}/\bar{N}))] + \rho\bar{R}_g \} \\
 & \times [a + b(\bar{n}/\bar{N})] \quad (10)
 \end{aligned}$$

2 计算结果

根据广西太阳辐射资料^[3]，利用(10)式给出的倾斜面上太阳辐射总量的气候学计算公式，计算了广西区主要城市倾斜面上的太阳辐射月平均总量如表 1。

表 1 广西主要城市倾斜面上太阳辐射月平均总量 ($\times 10^3 \text{kJ/m}^2$)

Table 1 The monthly mean global solar irradiation on varied tilted surfaces for the main cities of Guangxi Province

城区 City area	朝向 Facing	1月 Jan.	2月 Feb.	3月 Mar.	4月 Apr.	5月 May	6月 June	7月 July	8月 Aug.	9月 Sep.	10月 Oct.	11月 Nov.	12月 Dec.
北海 Beihai	东西	242.6	226.7	243.8	300.2	434.9	397.2	428.9	410.4	387.6	352.2	287.7	261.1
	南	344.5	284.1	209.0	310.7	418.5	365.0	401.2	410.3	437.9	457.4	420.1	401.5
	北	166.4	177.8	219.3	292.7	459.3	439.2	473.6	416.8	342.6	257.7	182.0	161.1
玉林 Yulin	东西	232.0	207.0	223.8	253.9	374.7	366.1	433.8	420.5	387.1	346.5	280.3	248.6
	南	329.2	255.5	247.0	262.2	365.3	342.3	404.8	423.5	440.6	453.6	412.2	382.5
	北	160.6	165.9	202.4	247.4	390.0	398.0	473.3	424.6	338.7	250.9	176.3	156.4
南宁 Nanning	东西	178.1	177.0	206.9	259.7	343.8	345.1	368.8	343.3	302.7	236.9	191.4	177.0
	南	301.5	265.7	261.8	305.7	385.3	371.5	410.3	425.5	448.7	435.5	388.9	353.1
	北	158.1	169.5	211.0	283.4	412.3	430.6	468.8	420.3	339.8	247.9	178.5	155.2
梧州 Wuzhou	东西	239.0	218.5	248.9	270.8	370.8	377.4	454.6	433.4	345.8	276.1	254.3	245.9
	南	350.0	277.2	279.6	281.7	363.5	354.0	425.5	433.4	439.9	458.7	411.7	385.5
	北	159.6	169.1	220.7	262.4	383.9	410.3	496.6	434.9	336.2	245.6	170.7	152.8
柳州 Liuzhou	东西	172.3	170.3	208.0	234.7	293.7	351.2	431.8	421.7	375.5	306.8	237.4	181.6
	南	244.5	216.8	240.5	247.5	289.2	333.6	409.2	430.8	435.0	399.4	341.0	274.2
	北	122.3	131.5	178.3	224.5	303.5	376.3	465.3	420.4	322.0	225.1	158.3	122.4
桂林 Guilin	东西	176.8	164.0	220.6	247.6	311.6	367.1	465.7	449.4	406.1	325.3	251.9	200.2
	南	257.8	208.9	259.7	263.4	308.4	349.4	442.1	463.9	483.9	439.1	379.8	319.5
	北	122.9	127.0	185.0	234.9	321.0	393.5	503.5	444.8	336.5	225.4	156.0	126.7

东西：East of west；南：South；北：North

3 分析和讨论

从以上结果可以看出,当斜面朝东、西向时,所接收到的太阳辐射总量一般较差,这显然是由于东、西向斜面不能接收整天的太阳辐射之故。向东斜面只能接收前大半日的太阳辐射,朝西斜面只能接收后大半日的太阳辐射。然而,在5~8月这4个月中,东、西向的斜面却要比朝南的斜面接收更多的太阳,特别是在低纬度地区尤甚。这是由于这个季节的太阳赤纬较大,甚至超过了当地的地理纬度值,所以太阳的高度角很大,不利于朝南的斜面接收。在考虑到斜面的反射后,朝南的斜面接收到的太阳能会更少。这是与传统的太阳能集热器均朝南放置相矛盾的。

一般认为,朝南倾斜的斜面接收的太阳辐射量最多,若以一年的总辐射量来说,的确如此。特别是在冬、春两季,其它朝向的斜面更是无法比拟。但在5~8月4个月中,朝北的斜面接收的太阳辐射却比朝南的多,这也是与传统观念相悖的,纬度越低,情况

越烈。这也是由于此时太阳赤纬较大,太阳是从北半球升起的,不利于朝南斜面接收之故。

据此,我们在利用太阳能时,就可以作出最佳选择,冬季朝南,夏季朝北或东、西。如果主要是在夏季使用的太阳能装置,不妨考虑适当增加北面的接收面积。当然,这些结论对于低纬度地区而言比较合适,高纬度地区不在此列。

对于种植农作物来说,如果能选择叶片的朝向(有些是能够选择的),就应该在冬、春季尽可能让其朝南,而在夏季则尽可能让其朝东、西或北,这样有利于提高农作物产量。

参考文献

- 1 Edward E. Erson. Fundamentals of solar energy conversion.
- 2 Copp Lino S. A simple model for computing diffuse solar radiation. Solar Energy, 1989, 6 (43).
- 3 广西气象科学研究所. 广西太阳辐射. 1982.

(责任编辑:梁积全、莫鼎新)

(上接第23页 Continue from page 23)

- 3 Les A, Walker RW. Toxicity and binding of copper, Zinc and cadmium by the blue-green alga. Water Air Soil Pollut, 1984, 23: 129~139.
- 4 Li BH, Miles CD. Effect of cadmium on photoreaction two of chloroplasts. Plant Science Letters, 1975, 5: 33~40.
- 5 Wagner GJ. Variation in cadmium accumulation potential and tissue distribution of cadmium in tobacco. Plant Physiol. 1986, 82: 274~279
- 6 Gutemann WH et al. Cadmium and nickel in smoke of cigarettes prepared from tobacco cultured on municipal sludge-amended soil. J Toxicol Environ Health, 1982, 10: 423~431.
- 7 李德耀,叶济宇. 薄膜氧电极的制作与呼吸或光合控制的测定. 植物生理学通讯, 1980, (1): 35~40.
- 8 李德耀等. 氧电极法测定叶片光合作用技术探讨. 植物生

理学通讯, 1982, (5): 23~25.

- 9 魏家绵等. 光合磷酸化偶联机制研究 VI. 叶绿体完整度对 P/e_2 的影响. 植物生理学报, 1983, 9 (3): 231~239.
- 10 Tripathy BC, Mohanty P. Zinc-inhibited electron transport of photosynthesis in isolated barley chloroplasts. Plant Physiol. 1980, 66: 1174~1178.
- 11 Maldonado AC, Swader JA. The cupric ion as an inhibitor of photosynthetic electron transport in isolated chloroplasts. Plant Physiol, 1972, 50: 698~701.
- 12 Miles CD, et al. Inhibition of photosystem two in isolated chloroplasts by lead. Plant Physiol, 1972, 49: 820~825.
- 13 董渭祥,高小颜. 植物超薄切片制备技术. 植物生理学通讯, 1982, (5): 32~35.
- 14 叶济宇. 蛇毒对菠菜完整叶绿体的作用. 植物学报, 1978, 20 (2): 114~119.

(责任编辑:梁积全、邓大玉)