

瞬时光气候值的计算

吴其勤

(气象科学研究所气候研究所)

一、引言

光照如同温度和降水一样,对工农业生产和国民经济建设有密切关系。然而,由于没有常规天然光照观测,目前我国许多地区缺乏光照气候资料,无法满足各有关部门的需要。

太阳辐射与光照有密切关系。通常把光照与太阳辐射值之比称为辐射光当量^[1]。在国外,苏联和美国是根据一些测点进行光照与辐射平衡观测的资料,在获得辐射光当量的基础上利用辐射资料间接计算光照值^[2,3]。为了研究我国光照状况,1983—1984年我院和建筑科学研究院在全国不同气候特点的14个日射站(北京、黑河、长春、乌鲁木齐、二连、西宁、西安、玉树、上海、重庆、长沙、福州、昆明、广州),采用经过国家计量部门检定的同一型号照度计和统一的观测方法,进行了每日逐时的光照与日射的平行观测。我们根据这些资料应用多元回归分析方法,建立了用测站地理纬度、海拔高度和有关气象因子计算测站各个太阳高度的辐射光当量经验公式。在获得辐射光当量的基础上,应用历年辐射资料可计算出其各月瞬时的光照气候值。将计算的光照气候值按月点绘时间变化的曲线图,可用来估算各月每天瞬时的光气候值。

二、地面光照气候值的计算

某一地区总照度、散射照度值,可根据下式进行间接计算:

$$E_0 = K_0 \times Q$$

$$E_D = K_D \times D$$

式中 E_0 、 E_D 分别为计算的某一太阳高度角的总照度、散射照度值,单位 lx; Q 、 D 分别为相应时间的总辐射、散射辐射值,单位 W/m^2 ,日射定时观测的总辐射、散射辐射值从气表 33 可获得; K_0 、 K_D 分别为相应时间的总辐射光当量、散射辐射光当量,单位 $lx/W \cdot m^{-2}$,某一地区的 K_0 、 K_D 值,可根据当地地理纬度、海拔高度和有关气象条件按下面的计算 K_0 、 K_D 多元回归方程获得:

$$K_{0\odot,\odot} = a + b_1N + b_2H + b_3e + b_4S + b_5c$$

$$K_{D\odot,\odot} = a + b_1N + b_2H + b_3e + b_4S + b_5c$$

$$K_{D\uparrow,\odot} = a + b_1N + b_2H + b_3e + b_4S + b_5c$$

日面状况分四种: \odot^2 —太阳面上未见云; \odot —日光可透过云,地物影子明显; \odot' —日光很微弱地通过厚云层,地物影子模糊不清; Π —通过厚云看不见太阳的轮廓。式中 $K_{Q\odot^2\odot}$ 是某一太阳高度角日面状况为 \odot^2 或 \odot 的总辐射光当量; $K_{D\odot^2\odot}$ 、 $K_{Dn,\odot'}$ ($=K_{Qn,\odot'}$) 分别是某一太阳高度日面状况为 \odot^2 或 \odot 、日面状况为 Π 或 \odot' (日面状况为 Π 或 \odot' 时, Q 值与 D 值相同,即 $K_{Dn,\odot'} = K_{Qn,\odot'}$) 的散射辐射光当量; N 为测站地理纬度(度); H 为测站海拔高度(米); e 为测站 1983—1984 年的年平均绝对湿度(毫巴); S 为测站 1983—1984 年各月的日照时数平均值(小时), c 为 1983—1984 年的平均总云量; a 、 b_1 、 b_2 、 b_3 、 b_4 、 b_5 分别为回归方程待定系数(表 1)。

表 1 计算 K_Q 、 K_D 回归方程的系数

h_{\odot}	$K_{Q\odot^2\odot}$								
	a	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	a	b_1	b_2
5.0—15.0°	-20.1028	1.5625	0.0163	5.0948	0.0482	-2.9742	172.3948	-1.3184	0.0001
15.1—25.0°	45.2591	1.2264	0.0129	3.7692	-0.0482	-5.2667	163.6225	-1.9216	-0.0058
25.1—35.0°	56.9971	1.5497	0.0168	4.4021	-0.1119	-8.4701	131.8249	-1.3060	-0.0031
35.1—45.0°	108.6541	0.9321	0.0122	3.1062	-0.1473	-9.1937	161.3874	-1.8887	-0.0071
45.1—55.0°	82.9359	0.8968	0.0113	3.1376	-0.0746	-6.3949	165.7192	-2.1759	-0.0088
55.1—65.0°	90.5324	1.1433	0.0136	3.5710	-0.1304	-8.4542	169.8914	-2.2764	-0.0103
>65.0°	183.5301	-0.5636	0.0027	-0.1200	-0.1381	-5.3960	84.4492	-1.3857	-0.0081

$K_{D\odot^2\odot}$			h_{\odot}	$K_{Dn,\odot'} (= K_{Qn,\odot'})$					
b_3	b_4	b_5		a	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
-0.3697	-0.0461	-1.1491	5.0—15.0°	220.9113	-1.6507	-0.0030	-1.0266	-0.0858	-4.5248
-1.8327	0.0753	4.5815	15.1—25.0°	300.5254	-2.2126	-0.0039	-1.3728	-1.1912	-9.5647
-1.0545	0.0680	4.7211	25.1—35.0°	281.8158	-2.1866	-0.0053	-1.8145	-1.1361	-6.6736
-2.0322	0.0643	5.9000	35.1—45.0°	244.9696	-1.6987	-0.0033	-1.3184	-0.1087	-5.2483
-1.9484	0.1098	5.3422	45.1—55.0°	273.9632	-1.9858	-0.0044	-1.3787	-0.1378	-7.1672
-2.3737	0.1091	6.0681	55.1—65.0°	286.5463	-2.1393	-0.0050	-1.6435	-0.1416	-7.7050
-1.1401	0.1977	9.7536	>65.0°	206.1623	-1.4399	-0.0041	-1.0405	-0.0510	-2.3158

表 1 中的回归系数 (b_i) 如果经过消除各个因子的单位影响之后, 所得的标准回归系数 (b'_i), 则与 N 、 H 、 e 、 S 、 c 、 K_Q (或 K_D) 的单位无关。因此, 通过直接比较 b'_i 的绝对值大小, 可以看出计算各种日面状况的 K_Q (或 K_D) 回归方程中各个因子的重要性。由标准回归系数可知:

(1) $K_{Q\odot^2\odot}$ 、 $K_{D\odot^2\odot}$ 回归方程中, 除了 $h_{\odot} > 65.0^\circ$ 的标准回归系数是以 $|b'_5|$ 最大、 $|b'_4|$ 居第二位 (即以 c 为最重要, S 为次) 之外, h_{\odot} 为其他值时, 其标准回归系数均以 $|b'_3|$ 为最大 (即以 e 为最重要)。

(2) $K_{D\odot^2\odot}$ 回归方程中, 除了 $h_{\odot} > 65.0^\circ$ 的标准回归系数是以 $|b'_5|$ 最大、 b'_4 居第二位 (即以 c 为最重要, S 为次) 之外, h_{\odot} 为其他值时, 其标准回归系数均以 $|b'_1|$ 为最大 (即以 N 为最重要)。

(3) $K_{Dn, \odot}$ 回归方程中, 各个 h_{\odot} 的标准回归系数, 均以 $|b_1|$ 为最大(即以 N 为最重要)。

三、 K_Q, K_D 回归方程效果检验

回归方程的效果, 通常是用统计量 F 、复相关系数 R 和剩余标准离差 S 来衡量。由计算可知, 表 1 中各个太阳高度的回归方程统计量 $F > F_{0.25}$, 而且大多数回归方程的统计量 $F > F_{0.05}$, 回归方程中全体自变量的回归效果显著; 表 1 中各个太阳高度的回归方程的复相关系数, 是在 0.85—0.98 之间, 这表明自变量的综合体与依变量的线性关系较密切; 表 1 中各个太阳高度的回归方程中, S 值均不超过 6.3 ($lx/W \cdot m^{-1}$), 其中有 70% 的回归方程的 S 值 < 5.0 ($lx/W \cdot m^{-2}$)。各个太阳高度的回归方程的 R, F, S 值, 本文从略。

各个太阳高度拟合的 K_Q, K_D 值, 其相对误差均 $< 10\%$, 而且有 75% 以上的测站其相对误差在 5% 以内, 见表 2。

表 2 各个太阳高度拟合的 $K_{Q\odot^2, \odot}, K_{D\odot^2, \odot}$ 和 $K_{Dn, \odot}$ 值相对误差

占测站 % h_{\odot}	相对误差 $ E $	$K_{Q\odot^2, \odot}$		$K_{D\odot^2, \odot}$		$K_{Dn, \odot}$	
		$ E \leq 5\%$	$ E \leq 5\%$	$ E \leq 10\%$	$ E \leq 5\%$	$ E \leq 10\%$	
5.0—15.0°		100	75	100	83	100	
15.1—25.0°		100	75	100	100	100	
25.1—35.0°		100	92	100	100	100	
35.1—45.0°		100	75	100	100	100	
45.1—55.0°		100	92	100	100	100	
55.1—65.0°		100	83	100	100	100	
>65.0°		100	92	100	100	100	

四、我国瞬时光气候值分布特征

根据气表 33 定时观测的各种日面状况的 Q, D 累年(本文只统计了 1976—1980 年,

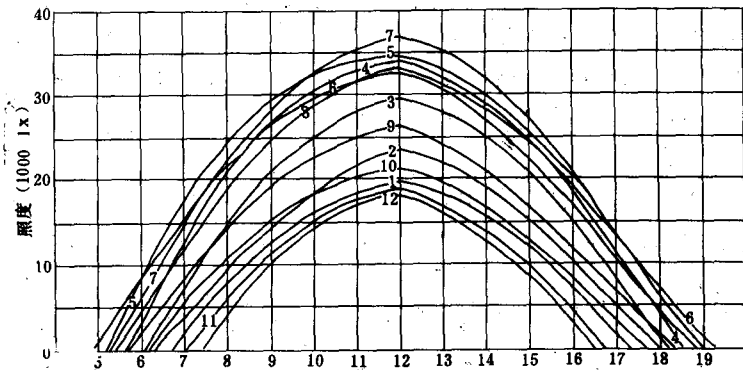


图 1 北京各月白天逐时总照度变化曲线图

以下同)平均值和应用相应测站的纬度、海拔高度和累年年平均的绝对湿度、各月的日照时数平均值、年平均总云量资料,按表 1 的回归系数计算 K_Q 、 K_D 值,便可获得各个定时观测时间的 E_Q 、 E_D 气候值(E_Q 、 E_D 值的计算方法,详见[4])。

表 3 各地日射观测时间 E_Q 、 E_D 气候值(单位 1000 lx)

地 点 照 气 候 值	一 月						七 月					
	9 : 30		12 : 30		15 : 30		9 : 30		12 : 30		15 : 30	
	E_Q	E_D	E_Q	E_D	E_Q	E_D	E_Q	E_D	E_Q	E_D	E_Q	E_D
北京 (39.8°N, 31.2 米)	27.84	12.66	44.48	19.03	15.24	9.58	55.09	30.69	68.30	36.76	41.42	24.79
黑河 (50.3°N, 165.8 米)	15.35	6.35	33.68	10.55	7.39	3.92	63.49	21.21	73.40	23.35	48.26	19.04
长春 (43.9°N, 236.8 米)	22.03	7.83	38.32	11.06	11.17	5.50	44.15	26.23	56.46	31.44	42.85	24.70
乌鲁木齐 (43.8°N, 917.5 米)	19.10	10.31	31.13	15.16	8.78	6.90	65.93	19.11	80.07	22.10	51.95	16.48
二连 (43.7°N, 964.8 米)	26.04	10.27	44.91	13.95	14.04	7.14	73.95	22.04	76.26	30.83	54.60	18.45
西宁 (36.6°N, 2295.2 米)	29.70	15.46	44.28	20.38	18.77	11.08	75.55	25.87	89.95	28.18	56.30	23.30
格尔木 (36.4°N, 2807.7 米)	34.44	16.61	50.77	22.12	20.27	8.87	74.46	31.44	99.84	34.16	54.66	25.64
郑州 (34.7°N, 109.0 米)	25.38	14.58	43.20	25.12	15.81	11.09	56.08	25.32	68.84	33.67	43.36	25.89
西安 (34.3°N, 396.9 米)	21.07	15.88	35.97	19.89	15.07	11.17	60.26	27.63	74.32	26.88	45.68	23.76
上海 (31.2°N, 4.5 米)	25.59	15.22	40.68	21.85	16.52	10.94	48.89	27.55	64.04	33.78	41.00	22.22
拉萨 (29.7°N, 3658.0 米)	56.62	7.32	79.90	16.75	29.29	11.97	75.03	30.87	96.75	29.24	51.95	24.17
重庆 (29.5°N, 351.1 米)	11.92	10.62	22.14	18.52	9.87	8.63	50.06	24.03	62.20	31.09	38.60	19.28
福州 (26.1°N, 88.4 米)	24.26	12.36	35.13	17.18	15.55	9.12	53.91	26.67	66.24	29.76	41.52	18.86
昆明 (25.0°N, 1891.2 米)	38.89	15.63	62.21	15.40	30.94	9.56	47.47	37.22	67.43	43.18	41.29	26.40
广州 (23.1°N, 6.3 米)	29.16	17.99	48.63	27.30	21.87	13.72	55.60	32.39	69.63	35.59	42.71	21.64

以测站计算的照度为纵坐标,白天地方时为横坐标,用计算的 E_0 、 E_D 气候值可分别点绘测站各月白天逐时的 E_0 、 E_D 变化曲线图。图 1 和图 2 分别是北京各月白天逐时总照度、散射照度变化曲线图。应用这些图可以获得测站白天任一时间的 E_0 、 E_D 值。

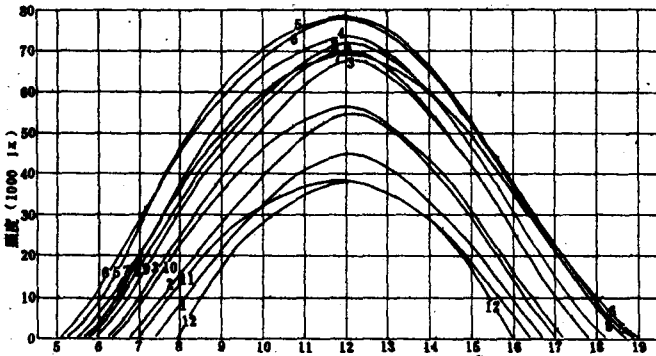


图 2 北京各月白天逐时散射照度变化曲线图

本文计算了北京、黑河、上海等 15 个地点各月日射定时观测时间的 E_0 、 E_D 气候值并点绘了 E_0 、 E_D 变化曲线图。现将这 15 个地点 1、7 月份日射定时观测时间的 E_0 、 E_D 气候值列于表 3,其他月份观测时间的 E_0 、 E_D 气候值和各月 E_0 、 E_D 变化曲线图从略。

从表 3 可见:

各地光照瞬时气候值的分布与太阳高度有密切关系,太阳高度角越高,光照瞬时气候值越大。一年之内,夏天的 E_0 、 E_D 瞬时气候值最大,冬天的 E_0 、 E_D 值最小;一天之内,中午的 E_0 、 E_D 瞬时气候值较上午和下午的值大。

五、结 语

目前我国虽然没有常规的天然光照观测资料,然而有许多日射站积累了较长时间的辐射观测资料。根据本文拟合的计算各种日面状况的辐射光当量多元回归方程;利用当地的地理和气象资料,在计算出各种日面状况的辐射光当量的基础上,用多年辐射资料可计算出当地的相应时间的瞬时光照气候值。将计算的光照气候值点绘各月逐时的 E_0 、 E_D 变化曲线图,便可用来估算当地白天某一时刻的光照瞬时气候值。

参 考 文 献

- [1] Бартенева О. Д., Труды Выпуска 220, Р. 233, Гидрометеонадат Ленинград, 1967.
- [2] Бартенева, О. Д., Е. А. Полякова и Н. П. Русин, Режим естественной освещенности на территории СССР, 14—20, Гидрометеонадат, Ленинград 1971.
- [3] Treado, S., and G. Gillette, Measurements of sky luminance, sky illuminance, and horizontal solar radiation, *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 12, 3, 130—135, 1983.
- [4] Wu Qikuang, et al., The light equivalent of solar radiation in China, Proceedings of the 1985 international conference on solar and wind energy applications, A115—120, China Academic Publishers, 1985.