

我国散射辐射的气候计算方法及其分布特征

林正云

(福建师范大学地理系, 福州 350007)

提 要

使用全国 64 个日射站的散射辐射资料, 首先计算与建立了各地 1 月、4 月、7 月和 10 月的月散射辐射值与总云量、日照百分率之间的相关系数与经验关系式, 并对经验关系式进行了方差检验。该经验关系式为: $D=Q_0(s_1+0.01)(a+bN)$ 。应用该经验关系式和 200 多个地面气象站的资料, 计算了各地的 1 月、4 月、7 月和 10 月的散射辐射值。最后对我国四季散射辐射的分布及其年变化作简要的分析。

关键词: 散射辐射 气候计算 分布 日照百分率 总云量 天文辐射

引 言

太阳总辐射包括直接辐射和散射辐射两部分。目前国内日射观测站比较少, 有的省只有一个日射观测站。所以在分析包括太阳总辐射、直接辐射和散射辐射等的分布及其变化时, 都要建立一些计算上述太阳辐射的经验公式。在以往, 高国栋、陆渝蓉^[1]、翁笃鸣^[2]、王炳忠^[3]和左大康^[4]等都曾在这方面做了大量的工作, 并从不同的角度提出各自的气候计算方法。本文是作者在研究福建省散射辐射^[5]的基础上, 进一步对全国散射辐射的气候计算方法与分布特征进行的研究。

1 散射辐射的气候计算方法

目前, 国内外提出的计算散射辐射的气候计算方法中, 相当多的是用云量与散射辐射来建立经验公式的。这实际上只考虑了云滴对太阳辐射的散射作用, 而忽略了云层对太阳辐射的反射作用。作者统计了全国 64 个日射站的月散射辐射与总云量的关系表明, 在大多数地方, 大多数月的散射辐射与总云量呈不密切的负相关或弱正相关。少数地方, 少数月的正相关值较高。总的看来, 散射辐射与总云量的相关是不密切的, 且不稳定(见表 1A)。同样, 根据用福州的观测资料进行统计

表明, 散射辐射与低云量之间的关系也是不密切和不稳定的^[5]。作者在建立计算福建省散射辐射的经验公式时, 曾引入净散射辐射 $D_N=D/s_1$ (D 为散射辐射, s_1 为日照百分率)。净散射辐射可以看成是单位日照百分率的散射辐射, 它不受日照百分率的影响。本文使用全国日射站中散射辐射资料比较完整的 64 个站的资料(1971—1980 年, 1983—1985 年), 统计了 1 月、4 月、7 月和 10 月的净散射辐射与总云量的相关系数(见表 1B)。计算结果表明, 全国大部分地区各月净散射辐射与总云量的相关系数为正值, 且相关较密切。但东北、西北的部分测站的某些月的净散射辐射与总云量的相关不密切, 有的呈负相关。还有华北的部分测站, 春季净散射辐射与总云量的相关不密切。其中一个最主要的原因是一天 4 次观测的总云量的日平均值与白天(从日出到日落)的总云量有差别。为了分析这个原因, 本文计算了日照百分率与总云量的关系。因为日照百分率与白天总云量应该呈负相关, 且相关密切。所以若日照百分率与总云量呈密切的负相关, 说明该总云量值能较好地代表白天的总云量, 而散射辐射值是与白天云量有关的。若日照百分率与总云量

相关不十分密切,说明该总云量与白天的总云量有较明显的差别。表1中的C即是日照百分率与总云量的相关系数。从表1中列出的C值可以看出,凡是净散射辐射与总云量相关不密切或呈负相关的月,该月总云量与日照百分率的相关系数值都较低。如长春1月总云量与日照百分率的相关系数仅为-0.363,该月净散射辐射与总云量的相关系数为-0.519。相反,阿勒泰1月总云量与日照百分率的相关系数为-0.932,负相关密切。该月净散射辐射与总云量的相关系数为0.889,正相关密切。第二个原因是西北、华北的某些地方,春季多风沙,沙尘对太阳辐射也能起强的散射作用,但沙尘不属云量,所以影响到总云量与净散射辐射的相关程度。南疆的喀什、和田、若羌等地4月由于多沙尘,缺少总云量的连续资料,难以建立可靠的计算散射辐射的经验公式。但从总的看来,是可以利用净散射辐射与总云量来建立计算散射辐射的经验公式的。

表1 散射辐射、净散射辐射与总云量的相关系数(A、B),总云量与日照百分率的相关系数(C)

月份	1	4	7	10
阿勒泰	A 0.679	0.494	0.680	0.489
	B 0.889	0.466	0.672	0.819
	C -0.932	-0.384	-0.445	-0.887
长春	A -0.678	-0.409	-0.072	-0.150
	B -0.519	-0.514	0.708	0.580
	C -0.363	-0.827	-0.829	-0.920
北京	A 0.226	0.010	0.190	0.539
	B 0.767	0.581	0.818	0.856
	C 0.846	-0.693	-0.931	0.855
拉萨	A 0.376	0.273	0.594	0.606
	B 0.580	0.195	0.737	0.805
	C -0.504	-0.537	-0.779	-0.887
上海	A -0.473	-0.435	0.356	-0.090
	B 0.886	0.691	0.901	0.836
	C -0.979	-0.866	-0.878	-0.980
贵阳	A -0.326	-0.310	0.169	-0.005
	B 0.854	0.650	0.915	0.804
	C -0.916	-0.792	-0.848	-0.898
海口	A -0.462	-0.453	0.304	0.334
	B 0.925	0.737	0.539	0.844
	C -0.920	-0.878	-0.672	-0.880

本文建立的计算散射辐射的经验公式如下:

$$D = D_N(s_1 + 0.01) \\ = Q_0(s_1 + 0.01)(a + bN)$$

式中, Q_0 为天文辐射; a 和 b 为经验常数; N 为总云量; D 、 D_N 和 s_1 如前所述。在经验公式中用 $s_1 + 0.01$, 避免了当日照百分率为 0 时, 出现散射辐射等于 0 和净散射辐射无穷大的情况。作者在计算福建散射辐射时曾用总云量的指数方程, 但对全国散射辐射的统计分析发现, 对我国大多数地方用线性方程比用指数方程好。所以本文中总云量与净散射辐射的关系用线性方程表示。

表2列出了我国7个城市1月、4月、7月和10月的 a 、 b 值。在云量多的月, a 出现绝对值大的负值。如贵阳4月 $a = -1.597$, 重庆1月 $a = -8.045$ 。按照这样数值推算, 当总云量为0时, 散射辐射出现负值, 但实际上这是不可能的。因为这些地方这些月份的总云量值高, 加之 a 值为负值时, b 值较高, 所以不会出现散射辐射为负值的情况。表2中 F 是对该经验公式进行方差分析的计算值。除长春外, 其余6个地点的大多数月的 F 计算值大于 $F_{0.01}$ (拉萨12个月中, 有10个月 F 计算值大于 $F_{0.01}$, 数据略去), 说明该经验公式基本上是可靠的。为了探讨使用本经验公式的误差, 用8年的资料(平均值)代入, 求出计算值与实测值的相对误差 E_R (见表2)。大部分地区, 大多数月的相对误差小于3%。

2 我国月散射辐射的分布

2.1 使用资料及方法检验

在分析月散射辐射的分布中, 除了使用全国64个日射站的资料外, 还使用200多个气象台、站的地面气象资料代入经验公式, 求得月散射辐射值参加分析。这些气象台、站的 a 、 b 值用内插求得。在内插时着重考虑同一地形单元内插。如在四川盆地、塔里木盆地内的 a 、 b 值分布, 主要用本盆地内几个日射站的 a 、 b 值进行内插。因为不同的地形单元, 其

天气、气候特点也不同, a 、 b 值差异较大。若不考虑地形特点, 单纯按距离均匀内插会产生较大的误差。

表 2 经验常数(a 、 b)、方差(F)、相对误差 $E_R/\%$

月份	1	4	7	10
阿勒泰	a -0.0964	0.1613	0.1006	0.0317
	b 0.1086	0.0310	0.0266	0.0438
	F 45.39	3.33	9.88	24.46
	E_R 2.07	2.54	2.05	2.09
	a 0.4571	0.1837	-0.4220	0.1153
长春	b -0.0388	0.0472	0.1347	0.0467
	F 4.41	4.31	12.07	6.09
	E_R 2.05	2.28	2.41	2.20
	a 0.2450	0.1961	-0.0633	0.1228
	b 0.0505	0.0449	0.0785	0.0404
北京	F 17.18	6.12	24.21	32.92
	E_R 3.06	2.03	1.86	1.74
	a 0.0968	-0.0397	-0.1959	0.0763
	b 0.0423	0.0624	0.0823	0.0285
	F 5.08	3.25	11.89	18.46
拉萨	E_R 1.16	2.52	6.98	2.95
	a -0.1860	-0.0101	-0.1409	-0.1253
	b 0.1241	0.0774	0.0809	0.0976
	F 43.61	10.98	52.03	27.91
	E_R 2.20	2.03	2.75	2.54
上海	a -3.7618	-1.5970	-0.5077	-0.3657
	b 0.5775	0.2750	0.1312	0.1190
	F 32.20	8.80	61.87	21.94
	E_R 4.32	3.91	2.35	2.76
	a -0.6892	-0.3862	-0.0950	-0.1621
贵阳	b 0.1763	0.1329	0.0480	0.0792
	F 64.79	14.26	4.91	27.24
	E_R 2.12	4.07	2.57	2.59
	a -0.6892	-0.3862	-0.0950	-0.1621
	b 0.1763	0.1329	0.0480	0.0792
海口	F 64.79	14.26	4.91	27.24
	E_R 2.12	4.07	2.57	2.59
	a -0.6892	-0.3862	-0.0950	-0.1621
	b 0.1763	0.1329	0.0480	0.0792
	F 64.79	14.26	4.91	27.24

为了检验用内插的 a 、 b 值来求月散射辐射值的准确性, 选取伊宁等 4 个日射站的实测资料与用内插 a 、 b 值来求得的计算值进行对比。表 3 列出计算值的相对误差。相对误差超过 13% 的占 12.5%, 小于 10% 的占 56.3%。这表明该方法基本可行, 计算值可做分析的参考值。

下面以 1 月、4 月、7 月和 10 月分别代表冬、春、夏和秋四季来叙述我国散射辐射的分布(台湾省缺资料)。

2.2 1 月散射辐射的分布

表 3 用内插的 a 、 b 值求得的月散射辐射的相对误差/%

月份	1	4	7	10
伊宁	19.1	1.2	11.8	15.7
天津	11.4	6.9	9.2	8.3
宜昌	12.7	1.8	2.4	2.6
韶关	8.0	11.8	10.8	3.1

在我国 90°E 以东地区散射辐射分布的特点为: 从南海诸岛、海南省西南部的全国最高值区(1 月散射辐射高于 $200 \times 10^6 \cdot \text{J} \cdot \text{m}^{-2}$)向长江流域减少。从长江流域向黄河中游、淮河流域, 散射辐射稍有增大。从黄河流域向北, 随着纬度的升高, 散射辐射值逐渐减少。黑龙江北部 1 月散射辐射低于 $60 \times 10^6 \cdot \text{J} \cdot \text{m}^{-2}$, 为全国最低值。

从上述分布特点可以看出, 纬度因子是影响 1 月我国 90°E 以东地区散射辐射分布的最主要因子。此外, 还受云量和日照百分率的影响。分析长江流域至黄河流域之间地区散射辐射的分布表明, 散射辐射不是单纯随着云量的增多而增大。例如遵义的纬度稍低于南昌, 1 月份遵义散射辐射比南昌低 $40.2 \times 10^6 \cdot \text{J} \cdot \text{m}^{-2}$, 同期遵义的总云量比南昌多 2.0。又如重庆与武汉对比, 1 月重庆散射辐射也比武汉低 $40.2 \times 10^6 \cdot \text{J} \cdot \text{m}^{-2}$, 同期重庆的总云量比武汉多 2.2。

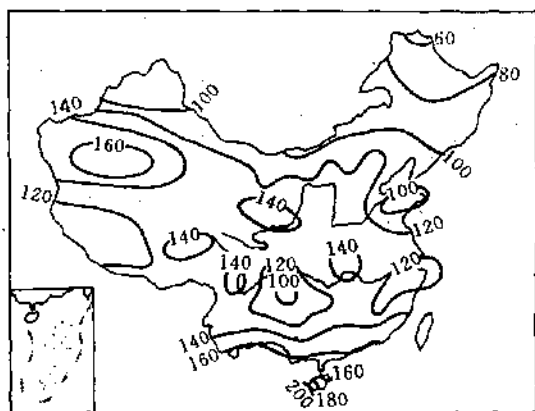


图 1 我国 1 月散射辐射的分布($10^6 \cdot \text{J} \cdot \text{m}^{-2}$)

90°E 以西地区的散射辐射的分布突出表现出受大气透明度的影响。青藏高原中、西部由于大气透明度好,成为散射辐射低值区。其北面塔里木盆地,多沙尘,大气透明度差,成为全国的次高值区。从塔里木盆地向北越过天山山脉,散射辐射值明显减少。如伊宁1月散射辐射比库车少 $38.7 \times 10^6 \cdot \text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ 。在北疆,散射辐射随纬度的升高而稍有减少。

2.3 4月散射辐射的分布

4月,我国 90°E 以东,长江流域以北地区散射辐射的分布形势与1月相似。长江流域及其以南地区的低值区位置与1月不同。4月低值区位在湖南、广东北部、广西东北部和福建西部

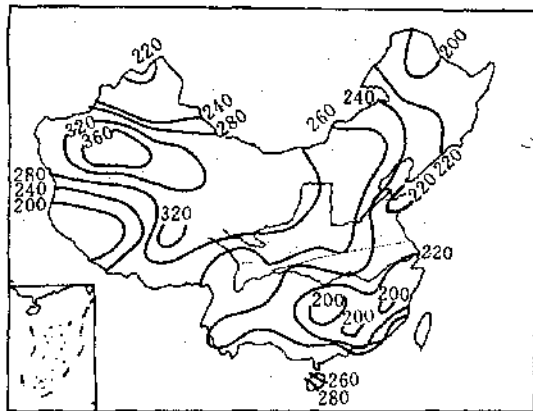


图2 我国4月散射辐射的分布($10^6 \cdot \text{J} \cdot \text{m}^{-2}$)

90°E 以西地区,4月散射辐射的分布形势与1月相似。但4月塔里木盆地由于沙尘多,其散射辐射居全国之首,中心值达 $370 \times 10^6 \cdot \text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

2.4 7月散射辐射的分布

90°E 以东地区,与1月相比,7月散射辐射的分布形势已有很大变化。首先7月散射辐射的南北差异不如1月大。相反,黑龙江北部的散射辐射值反而比海南省稍大些。大面积的低值区从浙江、福建、江西经湖南中部、北部,向四川东部伸展。这个低值区的形成与这些地区7月受西太平洋副高控制,多晴天有关。

90°E 以西地区散射辐射的分布形势与4月相似。塔里木盆地的散射辐射仍居全国之首。但新疆西北部为 90°E 以西的最低值区。

2.5 10月散射辐射的分布

10月,90°E 以东地区,除四川、贵州两省西部和云南等地云量多外,大部分地区秋高气爽,云量分布比较均匀。所以10月我国 90°E 以东地区散射辐射的分布更明显突出纬度的影响。月散射辐射自南向北减少,等值线走向接近纬向。

90°E 以西地区,10月散射辐射的分布形势仍与4月相似。但青藏高原中、西部的散射辐射为全国最低。塔里木盆地仍为高值区。

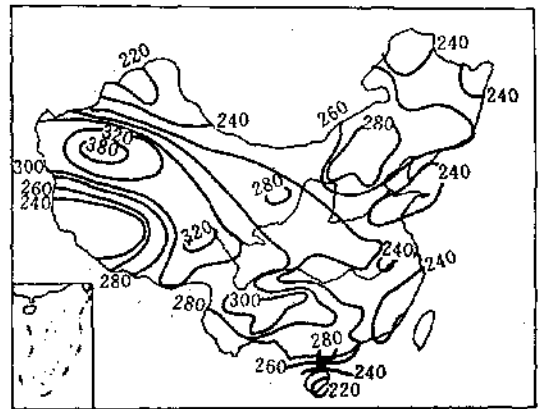


图3 我国1月散射辐射的分布($10^6 \cdot \text{J} \cdot \text{m}^{-2}$)

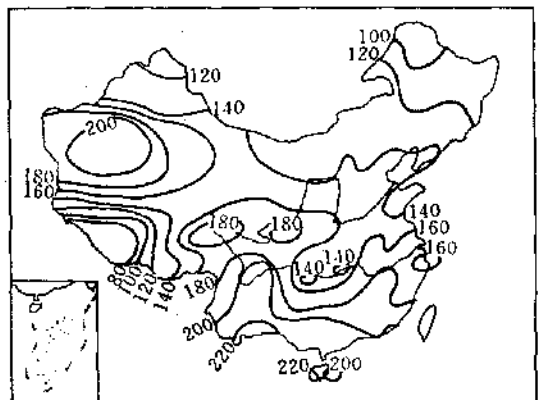


图4 我国10月散射辐射的分布($10^6 \cdot \text{J} \cdot \text{m}^{-2}$)

3 散射辐射的年变化

散射辐射的年变化主要与各地的昼长和正午太阳高度角的年变化有关。散射辐射最少月多为12月,只有少数地方,如广州、昆明、桂林等1月为散射辐射最少月。5月、6月和7月为天文辐射高值期,这3个月的天文辐射差别不大。所以,我国绝大部分地区散射辐射最多月出现在这3个月之中,但多以5月为散射辐射最多月。西藏、贵州、云南中部和东北部以7月为散射辐射最多月。浙江、江西、湖北、湖南等地多以6月为最多月。福建东部地区5月为散射辐射最多月,西部地区多以8月为最多月。

4 小结

4.1 用云量与日照百分率建立的计算散射辐射的经验公式其效果比只用云量的好。经方差分析表明,对全国大部分地区,大多数月份说来,该经验公式的 F 计算值大于 $F_{0.01}$ 。

4.2 某些地方(主要是我国东北、西北)的回归效果差。其主要原因是一天4次观测平均的总云量与白昼总云量不一致的缘故。有的地方则因大气中沙尘多,影响了总云量与净散射辐射的相关程度。

4.3 我国 90°E 以西地区的月散射辐射的分布形势比较稳定。塔里木盆地四季皆为高值区。青藏高原中部、西部和北疆为低值区。天山山脉南北两侧的散射辐射差别显著。 90°E 以东地区,除东北外,散射辐射的分布形势随季节变化较大。秋季散射辐射等值线走向接近纬向。我国东北各月散射辐射大体上都随纬度的升高而减少。 90°E 以西地区4月、7月散射辐射的地区差异比1月、10月大。 90°E 以东地区则相反。

4.4 我国绝大部分地区以12月为散射辐射最少月,以5月、6月或7月为最多月。

参考文献

- 1 高国栋、陆渝蓉,中国地表西辐射平衡与热量平衡,北京:科学出版社,1982.
- 2 翁笃鸣、孙治安、缪启龙等,中国亚热带东部山区坡面太阳能资源和净辐射图集,北京:气象出版社,1988.
- 3 王炳忠等,我国太阳能资源及其计算,太阳能学报,1980,1.
- 4 左大康,我国各月及年总辐射图,《中国气候图集》,北京:地图出版社,1966.
- 5 林正云,福建省散射辐射的计算方法及其分布特征,气象,1994,20(4):10-14.

The Climatic Distribution of Diffuse Solar Radiation in China

Lin Zhengyun

(Department of Geography, Fujian Normal University, Fuzhou, 350007)

Abstract

Based on the diffuse solar radiation data of 64 solar radiation observatories from 1971 to 1985, the correlation coefficients between the total cloud cover, relative sunshine and the diffuse solar radiation are calculated. Then the experimental equation is established as the following: $D = Q_0(s_1 + 0.01)(a + bN)$, where Q_0 is the extraterrestrial radiation, s_1 is the relative sunshine, N is the total cloud cover, a and b are experimental constants and D_n is the net diffuse solar radiation that is given by $D_n = D/(s_1 + 0.01)$. The net diffuse solar radiation is the diffuse solar radiation of unit relative sunshine. With the experimental equation, diffuse solar radiations for more than 200 places where none of the solar radiation observation is calculated. Last, the distributions of monthly diffuse solar radiation in China is discussed.

Key Words: diffuse solar radiation relative sunshine total cloud cover extraterrestrial radiation