

福建省散射辐射的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

提出了综合考虑日照百分率和总云量来计算散射辐射的公式。将散射辐射 D 除以日照百分率 S_1 , 称其为净散射辐射。同时求出各月及年的净散射辐射与当地天文辐射的比值和总云量的相关系数 r 。各月与年的相关系数均为正值, 且 r 均大于 $r_{0.01}$ 。在此基础上建立计算散射辐射的经验公式: $D = S_1 Q_0 e^{a+bN}$, 式中 D 为散射辐射; S_1 为日照百分率; Q_0 为天文辐射; N 为总云量; a 和 b 为经验系数。使用该经验公式求得福建省所有市、县的散射辐射月、年平均辐照度并分析其分布特征。

关键词: 日照百分率 天文辐射 总云量 散射辐射

引 言

在开展农业气候资源的研究工作中, 辐射资源是其中不可缺少的一部分。但由于日射观测站较少, 在没有日射观测的地方, 只能用气候学方法来计算当地的辐射资源。对总辐射与直接辐射的计算, 一般是用总辐射或直接辐射与日照百分率之间的经验关系式求得。总辐射或直接辐射与日照百分率之间密切相关, 建立的经验公式较可靠。对散射辐射的计算, 国内外有各种经验公式, 但目前国内一般用云量与散射辐射之间的经验关系式来计算。云滴是大气中的主要散射元之一。所以云量与散射辐射之间应有密切关系。但云层还会反射太阳辐射。对福州市散射辐射与云量之间关系的研究发现, 它们之间的关系比较复杂。散射辐射不仅与云量有关, 也与日照百分率有关。如阴雨天, 尽管云量达 10.0, 但散射辐射值却很低。有的月份常出现连阴雨天气, 月平均云量达 9.0 以上, 而散射辐射值却大大低于多云天气为主的月份。如 1977 年 1 月福州市月平均总云量为 9.7, 但散射

辐射值只及 1 月多年平均值的 18% 左右。

福建省位于亚热带海洋性季风气候区。春季、初夏常出现连阴雨天气, 使散射辐射与云量的关系复杂化。表 1A 为用 1960—1984 年福州历年各月及年的散射辐射值与同期的总云量求得的相关系数。从表中可见, 散射辐射与总云量之间相关并不密切和稳定。有 8 个月呈负相关, 另外 4 个月和年的相关系数为正相关。散射辐射与低云量之间的相关也不密切(表略), 如 1 月散射辐射与低云量之间的相关系数为 -0.4861。7 月的相关系数为 0.1453, 年的相关系数为 -0.2825。由于散射辐射与总云量或低云量之间的相关不密切, 所以无论用总云量或低云量与散射辐射建立经验公式来计算散射辐射都会产生较大的误差。也有根据总辐射与散射辐射的比值建立经验公式来求散射辐射。可是没有散射辐射观测的地点, 一般也没有总辐射观测。若先根据经验公式求得总辐射, 那么该总辐射值难免存在误差。用带有误差的总辐射来计算散射辐射就会产生二次误差。

表1 散射辐射与总云量相关系数(A)、净散射辐射与总云量相关系数(B)、经验系数(C)及相对误差(D)

月份	A		C		D
	$D-N$	D_n-N	a	b	$e_R/\%$
1	-0.429	0.740	-1.695	1.318	5.68
2	-0.683	0.736	-2.708	2.819	13.36
3	-0.652	0.818	-2.258	2.218	7.13
4	-0.604	0.835	-2.405	2.382	2.73
5	-0.530	0.726	-3.118	3.199	5.97
6	-0.144	0.724	-2.941	2.704	4.31
7	0.328	0.636	-2.064	1.347	0.04
8	0.533	0.815	-2.485	2.181	1.37
9	0.020	0.634	-1.922	1.500	0.80
10	0.183	0.731	-2.451	2.291	5.87
11	-0.506	0.733	-1.823	1.628	4.12
12	-0.320	0.768	-1.962	1.957	3.16
年	0.065	0.701	-2.673	2.638	4.58

1 散射辐射的计算方法

本文使用的方法,首先设法消去日照百分率对散射辐射的影响。即把历年逐月的散射辐射值 D 除以该年、月的日照百分率 S_1 ,得出的散射辐射值相当于日照百分率为100%时该年、月的散射辐射值,我们称其为净散射辐射值(D_n), $D_n=D/S_1$,而后用净散射辐射与总云量求相关系数。表1B列出各月、年的净散射辐射 D_n 与总云量 N 之间的相关系数。各月、年的相关系数均是正值,即随着总云量的增多,净散射辐射增多。其中2月、5月、7月、9月、10月和年的相关系数,虽小于0.75,但 $r>r_{0.01}$ 。其余各月的相关系数大于0.75。

因为散射辐射与云量之间的关系不是简单的直线关系,我们点绘了净散射辐射与总云量之间的点聚图(图略)。根据图上点的分布趋势确定净散射辐射与总云量之间的关系是以 e 为底的指数关系。其经验关系式 $\frac{D}{S_1}=Q_0e^{a+bN}$ 或 $\ln(\frac{D}{S_1Q_0})=a+bN$,式中 a, b 为经验系数。用 $\ln(\frac{D}{S_1Q_0})$ 与 N 求相关系数,仅7

月与9月的相关系数低于0.70,分别为0.649和0.626。但这两个月的 $r>r_{0.01}$ 。表1C列出使用1960--1984年福州市历年逐月的散射辐射、日照百分率与总云量求得的各月及年的经验系数 a, b 值。

用福州的实测值与计算值求得计算值的相对误差(表1D)。2月的计算值的相对误差较大达13.36%,3月计算值的相对误差达7.13%。其余各月和年的计算值的相对误差均低于6%。

2 散射辐射的分布

2.1 月散射辐射的分布

1月散射辐射基本上自福建南部向北部减少,月平均散射辐射辐照度大致变化在40—55 $W \cdot m^{-2}$ 之间(见图1)。但闽中大山带北段鹭峰山区东侧的屏南至寿宁一带出现 $>45 W \cdot m^{-2}$ 的相对高中心。这种分布形势反映了1月各地散射辐射的差异主要受入射辐射(天文辐射)随纬度变化的影响。福建东、西部对比,东部的散射辐射值高于西部。低值中心出现在闽西大山带北段的光泽和南段的武平,月平均散射辐射辐照度均稍低于40 $W \cdot m^{-2}$ 。

2月散射辐射在福建的分布,虽然从总

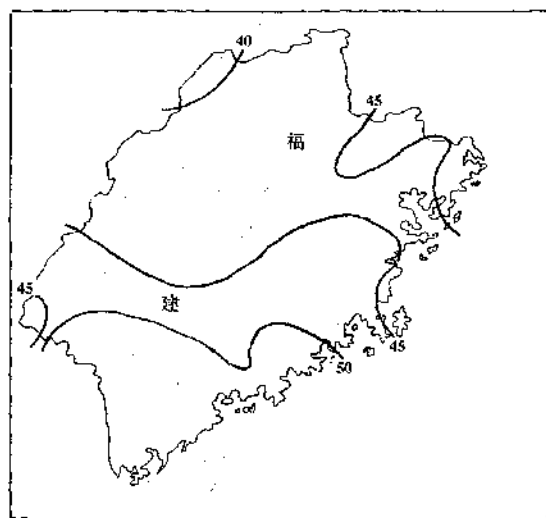


图1 福建1月散射辐射分布($W \cdot m^{-2}$)

体上看,福建南部还是高于北部。但其分布形势已与1月有明显差别。其中最明显的差别是在闽中大山带以东的福建东部地区,除位于最南端的沿海岛屿外,散射辐射月平均辐照度自沿海平原低地向闽中大山带,随着高度的升高,由于云量增多,散射辐射随之增多的现象开始出现,而且这种现象一直持续到10月。2月高值中心出现在闽中大山带南段的华安和福建最南端的诏安、东山一带。散射辐射月平均辐照度达 $62\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 以上。同时在惠安以南的福建东南沿海地区的散射辐射等值线沿海岸伸展,这也与1月等值线呈东西走向不同。低值中心出现在福建东部沿海平原中段的福州至罗源一带,月平均值在 $50\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 左右。

3月、4月为福建春雨季,这两个月散射辐射的分布形势比较接近。3月罗源一带仍为低值中心,散射辐射月平均辐照度低于 $65\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。在闽西南武平出现低于 $50\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 的低值中心。高于 $70\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 的高值区出现在闽中大山带的中段,惠安以南的闽东南沿海半岛、岛屿和闽东北的福鼎。4月闽东沿海中段的低值区向北扩展到宁德,散射辐射月平均辐照度低于 $80\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。同时在中部大山带以西也出现大面积低于 $80\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 的低值区。而在闽中大山带北段的东北侧寿宁一带,南段的华安、南靖一带和自福清以南的沿海地区都出现高于 $90\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 的高值区(见图2)。

5月、6月为福建全省最主要的降雨时段。全省绝大部分地区的总云量超过8.0。而且自5月起,天文辐射值也高。所以5月在闽中大山带中段、南段出现高于 $100\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 的高值区。但在闽东、闽东北出现自莆田至福鼎的低值区,散射辐射月平均值低于 $90\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。闽西大山带的散射辐射值相对低些。在闽西南武平出现小面积的全省最低中心,月平均散射辐射低于 $70\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

6月的分布形势与5月基本一致。不过

闽中大山带中段的高值区消失了。其余两高值中心仍存在,月平均散射辐射值仍超过 $100\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。6月在闽西大山带最北段浦城和中段泰宁出现高于 $90\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 的较高值区。

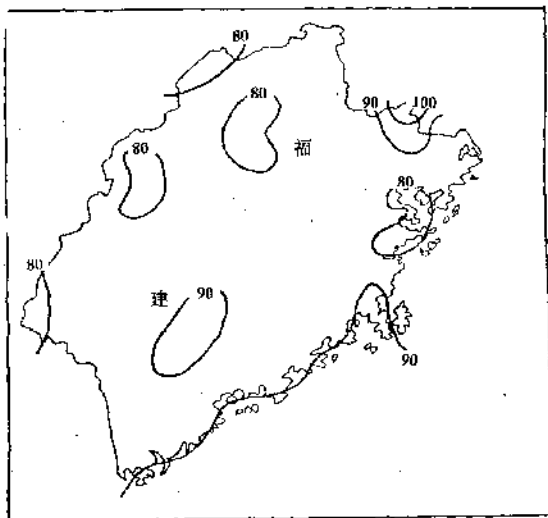


图2 福建4月散射辐射分布($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)

6月下旬至7月中旬福建省受西太平洋副高脊线控制,云量明显比5月减少。日照百分率、直接辐射和总辐射等都明显增多。但散射辐射的变化却不一样。7月与5月、6月对比,全省各地散射辐射的差别变小了。7月闽中大山带中段、南段以及福建沿海地区的散射辐射月平均辐照度低于6月。闽东北沿海平原7月散射辐射值稍高于6月或相差不多。7月福建全省没有出现大面积的散射辐射月平均值高于 $100\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 的高值区。7月高于 $90\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 的高值区主要出现在闽东南沿海、闽中大山带北段、闽西大山带的北段和中段(见图3)。

7月下旬副高脊线北进。8月福建省位于副高南侧的东风气流中,云量比7月多,散射辐射值也高了。而且各地散射辐射的差别也大了。8月高值中心主要出现在闽中大山带中段、南段和闽西大山带的中段,中心值超过 $100\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。与5月、6月相似,大面积的低

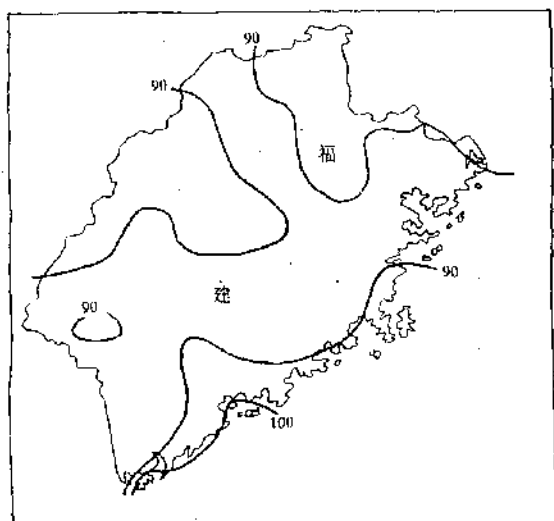


图3 福建7月散射辐射分布($W \cdot m^{-2}$)。低值区(低于 $90 W \cdot m^{-2}$)出现在闽东、闽东北沿海地区。

9月、10月全省各地散射辐射的差别又减小了。9月散射辐射月平均值低于 $80 W \cdot m^{-2}$ 的低值区出现的地区与8月相同。月平均值高于 $90 W \cdot m^{-2}$ 的高值区位于闽中大山带南段和福建最南端的东山岛。全省广大地区的月平均散射辐射值在 $80-90 W \cdot m^{-2}$ 之间。10月全省各地散射辐射月平均辐照度变化在 $60-75 W \cdot m^{-2}$ 之间(见图

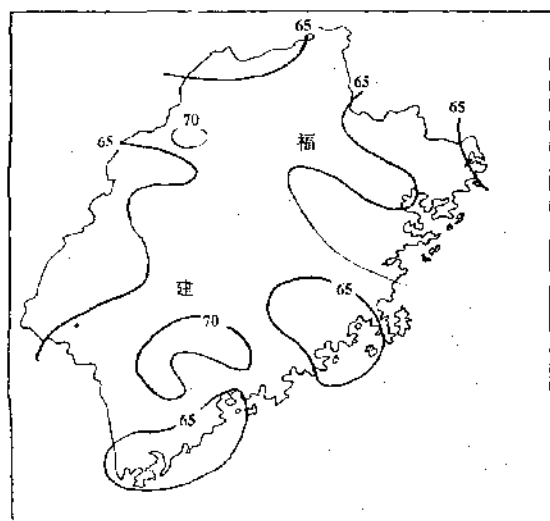


图4 福建10月散射辐射分布($W \cdot m^{-2}$)

4)。高值区主要位于闽中大山带南段。低值区北缩,主要位于闽东北沿海地区。

11月、12月散射辐射的分布与1月相似,以南北差异为主。散射辐射自南向北减少。11月福建全省各地散射辐射值变化在 $53-71 W \cdot m^{-2}$ 之间。武平、漳平、仙游一线以南,散射辐射月平均辐照度高于 $60 W \cdot m^{-2}$ 。12月全省各地散射辐射值变化在 $45-58 W \cdot m^{-2}$ 左右。长汀、漳平、惠安一线以南散射辐射值高于 $50 W \cdot m^{-2}$ 。

2.2 散射辐射年平均辐照度的分布

福建全省各地散射辐射年平均辐照度变化在 $65-80 W \cdot m^{-2}$ 左右,其分布形势与8月的分布形势比较接近。在闽江干流以南,在东西方向上分布形势呈三高两低型,即沿海半岛、岛屿,闽中大山带南段、中段和闽西大山带为高值区。东部沿海平原的内陆地区(除半岛、岛屿外)和两大山带之间地区为低值区。除沿海半岛、岛屿小面积高值区外,年平均散射辐射有随高度升高而增大的趋势。闽中大山带南段和沿海东山岛、厦门等地,散射辐射年平均辐照度超过 $80 W \cdot m^{-2}$,为全省最高值。如华安为 $81.0 W \cdot m^{-2}$ 。

闽江干流以北,散射辐射年平均辐照度的分布形势为低—高—低。即闽东北沿海为全省最低值区,大面积地区散射辐射年平均辐照度低于 $70 W \cdot m^{-2}$ 。其中柘荣 $63.7 W \cdot m^{-2}$,罗源 $66.3 W \cdot m^{-2}$ 。从闽东北沿海向闽中大山带北段,散射辐射年平均值增大。从闽中大山带北段再向西,散射辐射年平均值又减小了。

2.3 散射辐射的年变化

表2列出了福建省部分县市的月、年散射辐射的计算值。从表中数值可知,12月或1月为散射辐射最少月,多数地区以1月为最少月。5-8月为全省散射辐射高值期。闽中大山带以东地区,散射辐射最多月多为5月或6月。闽中大山带以西地区多以8月为全年散射辐射最多月。因为在福建西部5、6月

虽然是云量最多的月份,但由于阴雨日数多,使散射辐射值反而比8月稍低些。

表2 福建各地太阳散射辐射($W \cdot m^{-2}$)计算值

地点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
邵武	42.6	53.4	62.2	80.2	86.6	84.6	89.1	93.5	81.2	65.3	57.0	45.1	70.1
建阳	42.0	53.4	64.6	79.2	81.3	85.0	89.4	93.7	85.0	67.9	59.7	44.8	70.5
寿宁	46.5	54.5	67.7	100.4	89.1	86.3	92.0	93.3	77.1	62.3	55.3	47.3	72.6
泰宁	43.0	54.1	63.6	81.1	95.4	94.9	97.3	102.0	83.8	71.5	58.5	48.8	74.5
罗源	44.1	50.8	63.4	81.0	83.5	80.2	82.7	77.7	73.0	61.0	53.1	44.7	66.3
尤溪	43.8	55.9	70.4	85.1	102.2	89.7	92.1	100.3	84.2	68.8	56.2	48.0	74.7
莆田	47.1	53.6	67.4	84.5	89.7	89.3	84.9	85.9	79.9	60.8	58.9	47.5	70.8
武平	39.4	53.7	48.0	66.9	69.5	79.3	84.7	87.8	81.6	64.3	61.1	51.1	70.8
华安	51.3	62.1	69.5	94.9	102.0	102.1	94.0	108.1	92.8	74.5	67.6	53.4	81.0
崇武	51.9	60.5	74.6	91.9	101.1	103.6	97.1	97.4	89.2	63.5	67.2	52.5	79.2
龙海	52.0	57.5	69.0	81.5	91.5	88.5	86.7	84.3	84.0	64.6	63.4	51.0	72.8

福建省各地散射辐射的年较差为38—50 $W \cdot m^{-2}$ 左右。

3 小结

3.1 由于福建省的散射辐射与总云量或低云量的相关不密切,所以只用总云量或低云量建立的经验公式来计算散射辐射会产生较大误差。本文使用综合考虑日照百分率与总云量,引入净散射辐射 $\frac{D}{S_1}$ 所建立的经验公式($D=S_1Q_{ce}^{a+bN}$)计算散射辐射误差较小。

3.2 福建省散射辐射的分布可分为两种类型:11月、12月和1月为I型。该型的特点是

散射辐射的分布表现以经向差异为主,散射辐射月平均辐照度等值线的走向接近东西向。2月至10月为II型。该型的特点为:各地散射辐射的差异主要决定于总云量和日照百分率的分布。在这期间,闽中大山带南段、中段和福建南端的岛屿常出现散射辐射高值区。

参考文献

- 1 高国栋、陆渝蓉,中国地表面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.

The Distribution and Calculation of Diffuse Solar Radiation in Fujian Province

Lin Zhengyun

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

Abstract

The relative sunshine and total cloud cover are used to calculate the diffuse solar radiation in Fujian Province. First, the relative sunshine is used to calculate the net diffuse solar radiation. Then, the formula of diffuse solar radiation is established. Last, the distribution of diffuse solar radiation in Fujian is discussed.

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