

上海城市对太阳辐射的影响

周淑贞 邵建民
(华东师范大学)

提 要

上海是我国人口密度、建筑物密度和能源消耗量最大的城市,其对太阳辐射的影响十分显著,主要表现为:(一)自六十年代末期开始,上海龙华台的太阳直接辐射显著减少,散射辐射逐渐增加,总辐射有所减少,而在同时期内上海郊县站则无此变化。谱分析结果表明,上海城市太阳辐射的这一变化趋势,与市区的耗煤量和降尘量密切相关。(二)由同一时期城市与郊区所观测到的日照百分率和云量记录及回归方程计算,得知城区的太阳直接辐射和总辐射值比郊区小,散射辐射值比郊区大,城市有混浊岛效应。

关键词 太阳辐射 日照百分率 总云量 混浊因子

一、前 言

上海是我国最大的工商业城市,其人口密度、建筑物密度及能源消耗量均居我国首位。上海城市的特殊性质下垫面对气候的影响十分显著,过去几年我们已作过一系列分析^[1-6],上海龙华气象台位于上海城市的西南部,自1958年起进行太阳辐射观测,已积累了廿八年的记录。在建台初期,其观测记录可代表上海城市近郊的情况。随着上海城市的迅速发展,龙华的气象条件受城市的影响愈来愈大,1984年9月龙华已正式划入城区范围之内,约自七十年代开始,龙华台的观测记录可代表城区内部西南缘的实况。

上海郊区没有进行太阳辐射的观测,但有廿余年日照百分率(S')和云量观测记录,我们根据龙华1958—1985年实测的太阳直接辐射(S)、散射辐射(D)和总辐射(Q)的记录¹⁾与同时期日照百分率和云量记录²⁾,用回归统计方法,求得其回归方程如下:

$$Q = S_0(0.285 - 0.016N_2 + 0.488S') \quad (1)$$

$$D = -106.408 + 17.278N_1 + 151.497S' \quad (2)$$

(1)式中 S_0 为天文辐射月总量(W/m^2 即瓦/平方米); Q 为太阳总辐射的月总量(W/m^2); N_2 为月平均总云量!(以十分之几表示), S' 为月平均日照百分率(%)。(1)式中的复相关系数 r 为0.94,标准差为0.5。(2)式中 D 为太阳散射辐射的月总量(W/m^2); N_1 为月平均低云量; S' 同(1)式。(2)式的复相关系数 r 为0.72,标准差为0.8。(1)、

1) 上海龙华台太阳辐射(Q 、 S 、 D)1958—1980年记录取自《上海农业气候资料》上海市农业区划委员会办公室,1983;71—73,1981—1985年记录抄自龙华台记录本,单位换算为 W/m^2 。

2) 上海气象资料(1951—1980年),上海市气象局,1981年6月,p.19,22—23。

(2) 两式皆通过显著性水平为 0.01 的 F 检验, 直接辐射 (S) 月总量可由下式求得:

$$S = Q - D \quad (3)$$

根据上述公式和上海各郊县站近廿余年的日照百分率 (S') 总云量 (N_1) 和低云量 (N_2) 的观测记录^{1,2)}, 我们计算出各郊县站的 Q 、 D 和 S 值。

本文从近廿余年到达上海地面的太阳辐射(包括 S 、 D 和 Q)和混浊度因子(D/S)的逐年变化趋势以及同一时段(1959—1985年)龙华台与其邻近郊区太阳辐射(包括 S 、 D 、 Q 和 D/S)的城乡差异这两个方面来论证上海城市对太阳辐射的影响。这项研究对探讨人类活动(通过城市化)如何影响到达地面的太阳辐射和改善城市规划都具有重要的意义。

二、上海近廿八年来太阳辐射的变化

统计上海龙华台近廿八年(1958—1985年)逐年的太阳直接辐射(S)、散射辐射(D)、总辐射(Q)和混浊度因子(D/S)的年平均值。在此基础上分别计算其 28 年的平均值和各年的距平值。其升降趋势如图 1、图 2 所示。从它们逐年变化的趋势看来, 太阳直接辐射(S)是波动地减小, 散射辐射(D)相反是逐渐增加的。由于直接辐射逐年减少量大于散射辐射的增加量, 因此总辐射($Q = S + D$)的逐年变化趋势基本上与直接辐射相似(图 1)。混浊因子是 D 与 S 的比值³⁾, 它比林克混浊因子能更敏感地反映出大气的混浊程度⁴⁾, 在图 2 上可以看出其与年俱增的趋势更为明显。

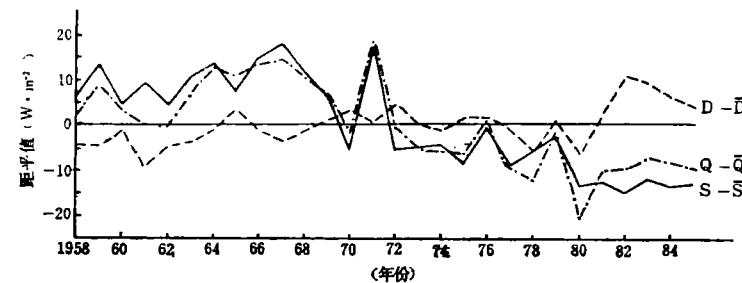


图 1 上海台的太阳直接辐射(S)、散射辐射(D)和总辐射(Q)的距平值逐年变化(1958—1985年)

Fig. 1 The evolution of departure of direct diffuse and global radiation (S , D and Q) in Shanghai central observatory during (1958—1985)

上海龙华台这 28 年太阳辐射和混浊因子的历史变化可以分为以下三个时段: 第 I 时段从 1958 至 1970 年。其主要特征是太阳直接辐射(S)和总辐射(Q)是时升时降的。各年平均值大都在此 28 年的总平均值之上。散射辐射(D)虽有波动上升的趋势, 但其各年平均值大都在总平均值以下。各年 S 值皆大于 D 值, 混浊因子小于 1。第 II 时段从 1971 至 1980 年, 太阳直接辐射(S)和总辐射(Q)波动下降趋势比较明显, 除 1971 年情

1) 上海郊区 10 个站气象资料均系上海市气象局 1981 年 12 月出版, 包括上海县、嘉定、宝山、奉贤各站气象资料 (1959—1980 年); 青浦、川沙、金山、崇明各站气象资料 (1960—1980 年); 松江 (1955—1980 年); 南汇 (1956—1980 年) 气象资料。

2) 1981、1982、1983、1984、1985 年上海气候年鉴均由上海气象局资料室自 1982 年至 1986 年陆续出版。

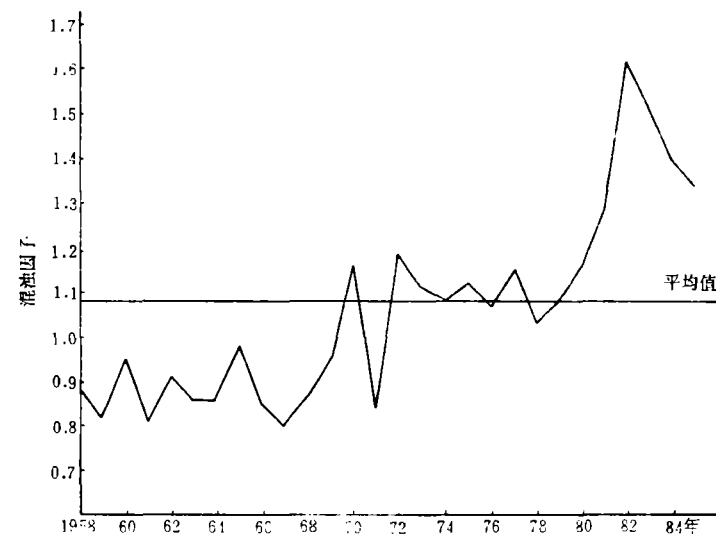


图2 上海台近28年来混浊因子的逐年变化(1958—1985年)

Fig. 2 The Variation of turbidity factor(D/S) at Shanghai central observatory (1958—1985)

况特殊外¹⁾, S 和 Q 值基本上都在总平均值以下, 散射辐射 (D) 则在平均值附近波动地升降。混浊因子除 1971 年外, 基本上在平均值附近上下波动。第 III 时段从 1981 至 1985 年, 太阳直接辐射 (S) 和总辐射 (Q) 呈现出明显地波动下降, 全部位于平均值以下。相反地, 太阳散射辐射 (D) 和混浊因子则明显地波动上升。各年的 D 值皆大于 S 值, 混浊因子大于 1。自 1981 年后 D/S 出现较大的正距平。其各时段的变化如表 1 所示。

表1 上海龙华台不同时段太阳辐射和混浊因子的比较(1958—1985年)

Tab. 1 Comparison of solar radiation (W/m^2) and turbidity factor of Shanghai Central Observatory (Longhua) during different periods of years (1958—1985)

序号	项目 年代	直接辐射 S (W/m^2)	散射辐射 D (W/m^2)	总辐射 Q (W/m^2)	混浊因子 D/S
I	1958—1970	82.45	73.80	156.25	0.90
II	1971—1980	69.81	75.39	145.20	1.08
III	1981—1985	57.99	82.42	140.41	1.42

由表 1 可见, 上海龙华台到达地表的太阳直接辐射 S 在此 28 年中逐个时段是递减的, 在第 II 时段比第 I 时段减少了 15.3%, 而进入八十年代后的第 III 时段又比第 II 时段减少了 16.9%。散射辐射相反, 其变化趋势是逐个时段递增的, 第 II 时段比第 I 时段增加了 2.2%, 进入八十年代后又比第 II 时段增加了 9.3%。其递增率的绝对值虽比较小, 但其递增速度却是加速的。总辐射是逐时段递减的, 其递减速度显然要比直接辐射小得多。第 II 时段比第 I 时段减小了 7.1%, 第 III 时段比第 II 时段减小了 3.3%。混浊因子各时

1) 1971 年因龙华台的年平均总云量为 6.1, 是上海近 30 年来总云量最少的一年, 比 1970 年和 1972 年的总云量分别少 1.1—1.0, 因此这一年 S 和 Q 都出现较大的正距平。

段递增的速度最大,分别为 20.0%和 31.5%。这种递增率确实是惊人的。

为了弄清产生上述变化的原因,我们首先根据上海四个近郊气象站上海县(南郊)、川沙(东郊)、宝山(北郊)和嘉定(西郊)在上述三个时段的日照百分率和云量记录进行统计平均,按照前述的(1)(2)(3)三个经验公式,计算出其各时段的太阳直接辐射(S)、散射辐射(D)、总辐射(Q)和混浊因子(D/S)的数值如表 2 所示:

表 2 上海近郊四站不同时段太阳辐射和混浊因子的比较(1959—1985年)
Tab. 2 Comparison of solar radiation (W/m^2) and turbidity factor (D/S) of the four suburban stations during different periods of years (1959—1985)

序号	项目 年代	直接辐射 S (W/m^2)	散射辐射 D (W/m^2)	总辐射 Q (W/m^2)	混浊因子 (D/S)
I	1959—1970	78.29	76.92	155.21	0.983
II	1971—1980	75.41	77.31	152.72	1.025
III	1981—1985	72.87	74.27	147.14	1.019

由表 2 可见,近廿余年来上海四个近郊气象站各时段太阳辐射和混浊因子的变化很小。其中散射辐射是先升后降的,其变化趋势与龙华的逐时段加速递增,完全不同。其直接辐射是递减的,混浊度因子是递增的。但其减小与增加的幅度都比龙华小得多。这四个站距龙华都很近,其区域气候因子是相同的,龙华台在近 28 年来在三个不同时段中 S 、 D 、 Q 和 D/S 的上述显著变化,显然不是区域气候因子所造成的。

我们再根据上海市近 26 年(1958—1983年)太阳辐射(包括 S 、 D 和 Q)与同一时期煤炭消耗量的资料进行交叉谱分析(表 3)。从协谱 P_{12} 分析可见,除了波数 $l=8$ (相当于周期 3.3 年)外,在其它所有波数(或周期)上,直接辐射与耗煤量都存在同位相负相关关

表 3 上海太阳直接辐射 S 、散射辐射 D 和总辐射 Q 与耗煤量的交叉谱计算结果(1958—1983年)
Tab. 3 Results of cross spectrum analysis of direct solar radiation S , diffuse radiation D and global radiation Q in Shanghai District (1958—1983)

波数 周期	l	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	$T_l(a)$	∞	26	13	8.7	6.5	5.2	4.3	3.7	3.3
太阳辐射 S	$P_{12}(l)$	-0.24	-0.08	-0.02	-0.03	-0.01	-0.01	-0.00	-0.02	0.01
	$Q_{12}(l)$	0.14	0.13	-0.05	0.01	0.00	0.01	-0.01	0.01	0.01
	$R_{12}^2(l)$	—	0.20	0.14	0.21	0.03	0.30	0.12	0.82*	—
D	$P_{12}(l)$	0.26	0.19	0.13	0.08	0.03	0.01	0.00	0.00	-0.00
	$Q_{12}(l)$	-0.09	-0.11	-0.22	-0.00	0.01	0.01	0.01	-0.01	-0.01
	$R_{12}^2(l)$	—	0.54	0.33	0.52	0.23	0.09	0.03	0.39	—
Q	$P_{12}(l)$	-0.15	0.01	0.04	0.00	0.01	-0.01	0.00	-0.02	0.00
	$Q_{12}(l)$	0.12	0.10	-0.07	0.01	0.01	0.01	-0.01	0.00	0.00
	$R_{12}^2(l)$	—	0.08	0.34	0.01	0.06	0.33	0.15	0.85*	—

* 经检验后显著, $\alpha = 0.05$

系,而散射辐射与耗煤量则与同位相正相关。这表示随着耗煤量的增加,直接辐射趋于减少,而散射辐射趋向增加。

凝聚谱分析指出,直接辐射和总辐射与耗煤量的凝聚最大值出现在 3.7 年附近。在信度 $\alpha = 0.05$ 条件下, F 检验表明, S 及 Q 与耗煤量 3.7 年的凝聚是显著的。这说明它们的关系是十分密切的。

由此可见,上海近 20 余年到达地面的太阳辐射的前述变化,与上海城市发展迅速,耗煤量与年俱增所导致的城市大气污染有关。这一点从上海太阳辐射与市区降尘量的交叉谱分析中也得到论证(图略)¹⁾

三、上海太阳辐射的城乡差异

由前所述,上海太阳辐射(包括 Q 、 D 、 S)与日照百分率(S')和总云量(N_1)及低云量(N_2)的相关性甚好。为了应用(1)(2)(3)三式来计算上海各郊县站的太阳总辐射、散射辐射和直接辐射,并进而计算其混浊因子。我们统计了上海龙华和各郊县站近廿余年(1959—1985年)逐月平均日照百分率(S')、总云量(N_1)和低云量(N_2)。现将龙华与其近郊四站的统计结果列于表(4—6)。

由表 4—表 6 可见上海城区(龙华)的日照百分率比四周郊县站小,总云量和低云量

表 4 上海龙华台与邻近四个郊县站日照百分率的比较(1959—1985年)
Tab. 4 Comparison of percentage of possible sunshine (S') between Longhua and its nearby four rural stations (1959—1985)

月份 地名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
宝 山	48	43	42	44	43	40	57	64	50	54	52	51	49.0
嘉 定	47	41	40	43	42	40	56	65	48	52	51	51	48.0
川 沙	45	40	39	41	41	38	56	64	49	51	49	48	46.8
上海县	44	38	38	40	39	39	56	62	46	48	47	47	45.3
龙 华	44	38	38	40	40	39	56	61	45	48	46	47	45.2

表 5 上海龙华与邻近四个郊县站总云量的比较(1959—1985 年)
Tab. 5 Comparison of total cloud amount (N_1) between Longhua and its nearby four rural stations (1959—1985)

月份 地名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
宝 山	5.6	6.5	6.9	6.9	7.3	8.0	7.0	5.8	6.4	5.6	5.5	5.2	6.4
嘉 定	5.7	6.5	6.9	7.0	7.3	7.9	6.9	5.7	6.6	5.8	5.7	5.4	6.5
川 沙	5.6	6.5	6.9	6.9	7.5	8.1	6.8	5.6	6.4	5.6	5.5	5.3	6.4
上海县	5.8	6.7	7.1	7.1	7.6	8.1	7.0	5.9	6.6	5.9	5.7	5.4	6.6
龙 华	5.8	6.7	7.1	7.2	7.6	8.2	7.0	5.9	6.6	5.8	5.7	5.4	6.6

1) Chow Shu djen and Shao Janming, Solar Radiation of Shanghai and its Relation to the Urban Climate, BIRS, 1986 (1986 年 8 月北京国际辐射会议宣读的论文)

表 6 上海龙华与邻近四个郊县站低云量的比较(1959—1985年)
Tab. 6 Comparison of low Cloud amount (N_L) between Longhua and its nearby four rural stations (1959—1985)

月份 地名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
宝 山	2.8	3.1	3.0	3.1	3.5	3.9	3.1	3.2	3.4	2.6	2.7	2.4	3.1
嘉 定	2.6	3.1	3.1	3.1	3.2	3.4	2.7	2.9	3.1	2.5	2.7	2.4	2.9
川 沙	2.7	3.2	3.3	3.2	3.4	3.7	2.8	3.1	3.1	2.3	2.5	2.1	3.0
上海县	2.9	3.5	3.4	3.3	3.5	3.7	2.9	3.2	3.3	2.7	2.8	2.6	3.2
龙 华	3.6	4.1	4.2	3.8	4.0	4.0	3.0	3.2	3.8	3.2	3.3	3.0	3.6

则比四周郊县站大。这种现象与城市的影响密切有关¹⁾。上海城市人口高度集中,城区人口密度高达每平方公里 4 万人以上,相当于郊县的 47 倍强。城区能源消耗量远比郊区多,其排放至空气中的污染物远远超过郊区,据上海市环境监测部门的调查报告,1984 年由于燃料燃烧的废气排放总计排出二氧化硫 SO_2 全市共 $32.4 \times 10^4 t/a$, 其中城区为 $22.9 \times 10^4 t/a$, 比郊区 $9.5 \times 10^4 t/a$ 大 1.41 倍,烟尘排放总量为 $21.7 \times 10^4 t/a$, 其中城区为 $15.9 \times 10^4 t/a$, 比郊区 ($5.8 \times 10^4 t/a$) 大 1.74 倍,粉尘排放总量为 $10.3 \times 10^4 t/a$, 其中城区有 $7.9 \times 10^4 t/a$, 比郊区 ($2.4 \times 10^4 t/a$) 大 2.3 倍。从污染物的日平均浓度来讲,城区 SO_2 浓度为 $0.09 mg/m^3$, 郊区只有 $0.01 mg/m^3$, 城区 NO 浓度为 $0.05 mg/m^3$, 郊区只有 $0.02 mg/m^3$, 城区飘尘浓度为 $0.16 mg/m^3$, 郊区只有 $0.12 mg/m^3$ 。降尘量城区平均为 $24 t/km^2 \cdot 月$, 郊区只有 $11 t/km^2 \cdot 月$ ²⁾。空气中的这些污染物质既能削弱日照,又为云的形成提供凝结核。

上海城市有显著的热岛效应¹⁾,城区低空的大气稳定度比郊区小,有利于垂直湍流的发展,城市热岛环流更有利于低云的形成。上海城区建筑物密度大 ($>56\%$),房屋鳞次栉比,参差不齐,下垫面的粗糙度大,其摩擦阻障效应容易激起机械湍流,亦有利于云的形成和发展。在表 5、表 6 中所显示的龙华的总云量和低云量都比邻近郊区多与上述城市影响是分不开的。观测证明,上海城区的阴天日数比郊区多,晴天日数比郊区少。再加上又有雨岛效应。这些因子综合起来,遂导致上海城区的日照百分率小于郊区²⁾。

根据上海郊区各站近 27 年 (1959—1985 年) 的日照百分率 (S') 总云量 (N_1) 和低云量 (N_2) 的实测记录,分别应用 (1)(2)(3) 三个经验公式,计算出其总辐射、散射辐射、直接辐射和混浊因子如表 7 所示。

由表 7 可见,上海龙华台的直接辐射 (S) 在全地区中是最少的,与周围的四个近郊站 (宝山、嘉定、川沙、上海县) 的平均值 $75.19 W/m^2$, 相比要少 $8.55 W/m^2$, 按百分率计要少 11.4% 。其所占总辐射的比值 ($S/Q\%$) 亦是全地区中最小的。其四个近郊站 ($S/Q\%$) 平均为 49.9% , 而龙华只有 46.2% 。相反地,龙华的散射辐射值却是全地区中最多的,与其邻近四个郊区站的平均值 $75.17 W/m^2$ 相比要多 $2.49 W/m^2$ (多 3.3%) 龙华的 ($D/Q\%$) 是全地区最大的达 53.8% , 比上述四站要大 3.8% 强。龙华台的总辐射是全地区最小的,与

1) 周淑贞等,上海城市的混浊岛效应,待发表。
2) 周淑贞: 上海城市对云量和日照的影响,将在华东师范大学学报发表。

表 7 上海地区太阳辐射(包括 Q 、 D 、 S) 和混浊因子的年平均值(1959—1985年)
Tab. 7 Mean annual values of solar radiation (Q 、 D 、 S) and turbidity factors (D/S)
of Shanghai District (1959—1985) (Q 、 S 、 D) 单位: W/m^2

地名	宝山	嘉定	川沙	上海县	松江	南汇	奉贤	金山	崇明	青浦	龙华
太阳辐射											
总辐射 (Q)	149.35	151.63	150.42	150.03	148.61	148.09	144.32	148.95	144.84	145.26	144.28
直接辐射 (S)	74.22	76.05	75.75	74.75	73.31	73.66	72.87	75.18	70.56	71.69	66.64
(S/Q)(%)	49.7	50.2	50.4	49.9	49.3	49.7	50.5	50.5	48.7	49.4	46.2
散射辐射 (D)	75.13	75.58	74.67	75.28	75.30	74.43	71.45	73.77	74.28	73.57	77.66
(D/Q)(%)	50.3	49.8	49.6	50.2	50.7	50.3	49.5	49.5	51.3	50.6	53.8
混浊因子 (D/S)	1.01	0.99	0.99	1.01	1.03	1.01	0.98	0.98	1.05	1.03	1.17

近郊四站的平均值相比要少 $6.08 W/m^2$ (少 40%), 而混浊因子则又是全地区最大的, 要比近郊四站高出 0.17。

从上海地区太阳直接辐射 (W/m^2) 分布图(图 3) 和混浊因子分布图(图 4) 上, 更可以清晰地看出上海城市有减弱太阳直接辐射 (S) 和增大空气混浊因子 (D/S) 的效应。

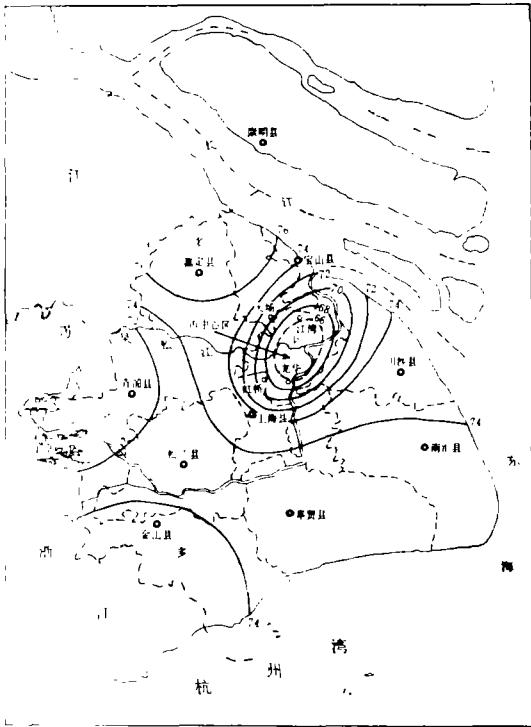


图 3 上海地区的太阳直接辐射 (W/m^2) (1959—1985 年)
Fig. 3 The distribution of direct radiation (W/m^2) at Shanghai District (1959—1985)

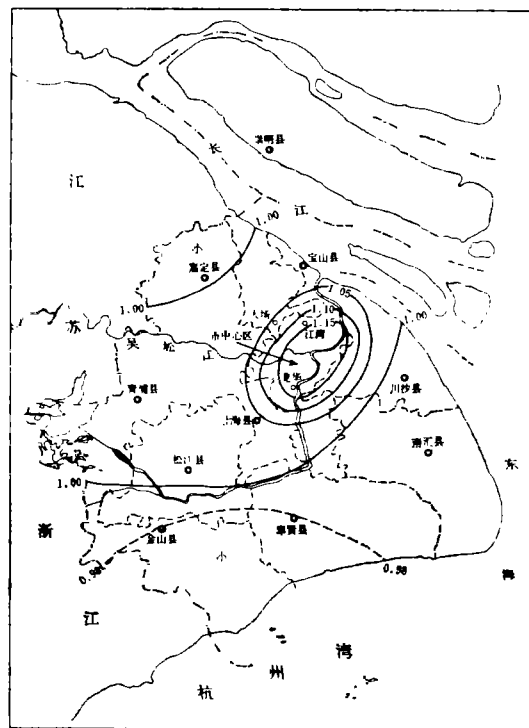


图 4 上海地区的混浊因子(1959—1985年)

Fig. 4 The distribution of turbidity factor (D/S) at Shanghai District (1959—1985)

四、结 论

本文根据上海龙华台近28年实测的太阳辐射资料,应用回归统计的方法,求得上海地区太阳总辐射 Q 与天文辐射(S_0)日照百分率(S')和低云量(N_2)的回归方程(1);以及散射辐射 D 与 S' 和总云量(N_1)的回归方程(2)。这些回归方程具有甚好的相关性。利用这些方程和郊区站实测的 S' 、 N_1 和 N_2 求得各郊县站的 Q 、 D 和 S 值。这为研究上海地区太阳辐射的城乡对比提供了有利条件,也为上海各郊县站的太阳能利用提供了科学依据。

上海城市发展迅速,能源消耗量逐年递增,空气污染日趋严重,导致上海近28年来到达地面的太阳直接辐射(S)逐渐减少;近五年比前十年减少了16.9%,前十年又比1958—1970年减少了15.3%。与此相反,散射辐射(D)则逐渐增加,其增加率虽较小,但却是加速进行的(由4.13%到7.01%)。总辐射(Q)亦有递减现象。混浊因子则显著递增(由20.0%到31.5%)。而在同时期中,上海四个近郊站的变化情况则大不相同。

上海城市与郊区的人口密度、建筑物密度、能源消耗量和大气质量有显著差异,从而导致在同一时期内(1959—1985年),同一区域气候条件下,到达城区地面的太阳直接辐射(S)和总辐射(Q)比邻近郊区少。城区的 S/Q 值是全地区中最小的。散射辐射则比邻近郊区多,其 D/Q 值是全地区中最大的。混浊因子 D/S 城乡差异最为显著,城市有混

浊岛效应。

总之,上海“城市”这个特殊下垫面对到达地表的太阳辐射的影响是无庸置疑的。为了防止上海城市气候的恶化,改善城市大气环境,使居民得到健康的太阳直接辐射,如何在保证经济发展的同时,合理地使用能源,是上海城市规划中迫切需要解决的一个重要问题。

参 考 文 献

- [1] 周淑贞等,地理学报, **37**(4), 1982, 372—382。
- [2] 周淑贞等,华东师范大学学报(自然科学版), 1983年1期, 69—84。
- [3] 周淑贞,地理学报, **38**(4), 1983年, 397—405。
- [4] Chow Shu djen et al., Shanghai Urban Influences on Humidity and Precipitation Distribution, *Geojournal* 8.3, 1984, 201—204。
- [5] 周淑贞,地理科学, **5**(4), 1985, 300—307。
- [6] Chow Shudjen, Some Aspects of the Urban Climate of Shanghai, *Proceedings of the Technical Conference of Urban Climatology and its Applications with Special Regard to Tropical Areas*, WMO, 652, 1986, 87—109。
- [7] Marvin L., *Atmos. Enviro.*, **10**(1976), 11, 981。
- [8] 邵德民,大气湍流扩散及污染气象论文集,气象出版社, 1982, 100—108。
- [9] 周淑贞,张超编著,城市气候学导论,华东师范大学出版社, 1985, 206—210。

SHANGHAI URBAN INFLUENCE ON SOLAR RADIATION

Chow Shudjen Shao Janming
(East China Normal University)

Key words Solar radiation; percentage of possible sunshine; total cloud cover; turbidity factor

Abstract

Shanghai is the largest industrial and commercial center and the most rapidly growing city in China. In order to approach Shanghai urban influence on the solar radiation, we deal with the following two aspects:

1. Evolution of annual solar radiation during the last 28 years in Shanghai area (1958—1985). From the late 1960s', the direct solar radiation (S) in Shanghai central observatory obviously decreased while the diffuse solar radiation (D) increased gradually. Since the decrement of S is greater than the increment of D, the global radiation (Q+S+D) had the same decreased trend as S. But these trends did not appear in Shanghai rural areas. The results obtained from the spectral analysis show that the decreased or increased trends of S, Q and D in city are closely related to the consumption of coal and the amount of fall dust in the urban district.

2. The difference of solar radiation between Shanghai city and its suburban counties. By using the simultaneous observational data of percentage of possible sunshine and amount of clouds in Shanghai city and its suburbs, we calculated the values of S, D, and Q for its nearby ten rural stations (applying suitable statistical formula). The results show that the urban district has the lowest values of S and Q. In view of the turbidity factor (D/S), the urban district gives the highest value. The effect of turbidity-island is obvious.