

用太阳辐射数据推测城市大气污染状况初探

Estimation of the City Atmospheric Pollution Using Solar Radiation Data

郑宏飞

Zheng Hongfei

(广西大学物理系 南宁市西乡塘路 10号 530004)

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

摘要 根据 Heermann余弦晴天太阳辐射模型,利用在城市中心测得的太阳总辐射数据,提出估计城市上空大气总污染水平的方法。以南宁市为例证计算由于城市污染所引起的太阳辐射衰减量,发现此衰减量为 15%~30%,冬天比夏天严重。

关键词 晴天模型 大气污染 太阳辐射衰减量

Abstract Based on the cosine function clear-day solar radiation model and using the solar radiation data measured in the city, a method for estimating the total atmospheric pollution over the city was proposed. The attenuation of solar radiation caused by the atmospheric pollution was calculated with Nanning as an example. It was considerable (15%~30%) and even more serious in winter than in summer.

Key words clear-day model, atmospheric pollution, solar radiation attenuation

城市工业烟尘的大量排放,化石燃料燃烧所排放出的各种废气,以及城市众多人口生活耗能所释放出来的各种有毒气体,均是造成城市上空大气污染的直接原因。城市中高层建筑物的密布以及众多机动车辆在狭窄的街道上急速穿梭及其排放出的废气也是造成城市大气污染的重要原因。这种污染主要表现为低空大气中固体粒子的大量增加和有色小水珠的大量存在^[1]。如果该城市又刚好处在无风和少风的地区,那么这些污染就会给城市大气带来沉重的负担,直接的后果是照射到该城市的太阳辐射量减少。

随着城市人口的大量增加,城市工业的高速发展,即便是多风的城市,这几年的观测表明,照射到城市中的太阳辐射量也呈递减的趋势。比如,北京市是我国首都,又是一个多风的城市,环保和卫生在全国来说均属上乘水平,但由于人口的飞速增长等原因,自 1970年到 1990年 20年间,照射到该市的年太阳辐射总量已净减少了 12%左右^[2]。由此可见,城市上空的大气污染已到了相当严重的地步,是值得重视的时候了。

利用太阳辐射资料估计城市上空大气污染水平的方法,国外已有不少学者作过这方面的探索^[1,3]。目前比较流行的方法是,在晴天状况下,比较一天或数天在城市中心和在郊外测量到的太阳辐射总值,由它们的差来判断城市大气的污染。这种方法比较直接和简单,但由于数据偏少(郊外一般没有完整的太阳辐射数据),偶然因素很多等原因,这种方法广大学者一般不乐于采用。为此,提出一种估算城市上空大气污染的简单方法,即在建立每个城市晴天状况下每日太阳辐射总量的模型基础上,利用城市中心测得的太阳辐射数据与之比较,进而估算出城市上空大气的污染程度。该方法运用简单,而且每个城市均有比较长期的完整的太阳辐射数据,便于跟踪研究,因而是比较有意义的。

1 晴天太阳辐射模型

各地每天的太阳辐射量,在一年中是不断变化的,但在晴天条件下,一年中任何一个晴天的太阳辐射总量都是可以计算的。Heermann等人^[4]给出晴天条件下太阳辐射总值的余弦函数方程为:

$$Q = A + B \cos \frac{360}{365}(d - C) \quad (1)$$

这里 Q 为日历天数为 d 的那天在晴天状况下的太阳辐射总量 (MJ/m^2); A 为晴天条件下平均每天的太阳辐射量 (MJ/m^2); B 为晴天条件下每天的辐射 (MJ/m^2); C 为相位常数, 一般取一年中昼间最长的一天作为数值 (比如, 第 172 天或 6 月 21 日)。显然, A 和 B 应是纬度 H 和当地海拔高度 h 的函数。文献 [4] 给出 A 和 B 的函数分别为:

$$A = 31.5400 - 0.2734H + 0.0007813h, \quad (2)$$

$$B = -0.2986 + 0.2678H + 0.0004102h. \quad (3)$$

因此, 根据上述 (1) ~ (3) 式, 我们可从理论上计算出一年中任何一个晴天的太阳辐射总量。如果通过实际测量, 掌握了这天的太阳辐射总量, 就可将它们加以比较, 从中求出由于大气污染而引起的太阳辐射减少量。

2 南宁市上空的大气污染

南宁市所处的纬度为 22.8° , 海拔高度为 75 m 通过简单的运算求得南宁市晴天太阳辐射总量方程为:

$$Q_1 = 25.36 + 5.84 \cos \frac{360}{365}(d - 172) \quad (4)$$

表 1 中给出了每月 5 日、15 日、25 日由上式计算出的南宁市晴天的太阳辐射总量

表 1 晴天条件下南宁每天的太阳辐射总量

Table 1 Estimated daily values of total solar radiation in Nanning during clear sky days

月份 Month	辐射量 Radiation (MJ/m^2)		
	5日 5th	15日 15th	25日 25th
1月 Jan.	19.73	20.07	20.58
2月 Feb.	21.29	22.07	22.95
3月 Mar.	23.70	24.68	25.69
4月 Apr.	26.78	27.73	28.61
5月 May	29.39	30.05	30.58
6月 June	30.98	31.17	31.19
7月 July	31.03	30.71	30.23
8月 Aug.	29.53	28.77	27.91
9月 Sept.	26.88	25.89	24.88
10月 Oct.	23.89	22.95	22.07
11月 Nov.	21.22	20.58	20.07
12月 Dec.	19.73	19.55	19.54

要估计南宁市上空的大气污染程度, 有必要知道南宁市晴天条件下实际的太阳辐射值。为此, 我们从南宁市 1993 年全年的太阳辐射数据中, 选出 85 d (约占全年天数的 23.3%) 天气晴朗的辐射数据为研究对象。在这些选出来的天数中, 都是少云或无云的天气, 由于云层而产生的衰减可以忽略不计。我们将这些天气中测量到的太阳辐射数据与 (4) 式的计算进行比较, 以此来判断南宁市的污染水平。

正如我们所预料的那样, 即使在连续晴天条件下测得的太阳辐射值, 其大小也不是完全相等的 (排除天文学上的因素) 这说明大气污染的水平在一定程度上也与天气状况有关。实际上, 这也是比较容易理解的, 比如雨后和风和城市上空大气的透明度将有所增加。对南宁市而言, 为了看到晴天状况下太阳辐射实测值的离散性, 我们将 1993 年中 85 d 晴天的太阳辐射值依日历中的天序数描于图 1 中。图 1 的结果告诉我们, 晴天状况下太阳辐射值的离散性是很大的,

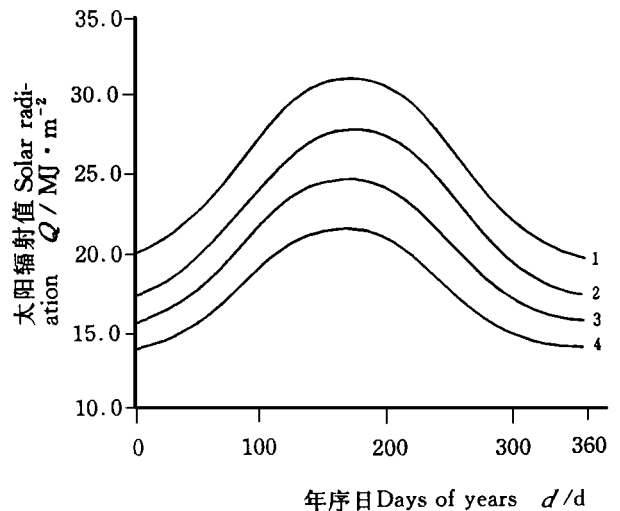


图 1 南宁市晴天条件下每天的太阳辐射值

Figure 1 Daily values of the total solar radiation during clear sky days in Nanning
曲线 1~4 分别代表方程 (4) ~ (7) 的计算曲线 Curve nos. 1~4 referring to the mathematical expression (4) ~ (7), respectively.

最不利的晴天值与最有利的晴天值相差最高达 28%。为此, 我们用谐波函数分析法, 估算出这些天的太阳辐射离散范围, 如图 1 中曲线 2 和曲线 3 所示。曲线 2 描述的是最有利晴天条件下的太阳辐射值, 曲线 3 描述的是最不利晴天条件下的太阳辐射值。曲线 2 和曲线 3 的谐波函数方程分别为:

表 2 晴天条件下南宁市各月 15日 太阳辐射计算值

Table 2 Calculated total solar radiation values on the 15th each month in Nanning during clear sky days

日期 Date	太阳辐射值 Solar radiation values (MJ/m ²)				相对偏差 Relative attenuation (%)					
	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	δ ₁₂	δ ₁₃	δ ₂₃	δ ₁₄	δ ₂₄	δ ₄₃
1月 15日 15th Jan.	20.07	17.49	14.12	15.80	13	30	19	21	10	10
2月 15日 15th Feb.	22.07	19.24	15.41	17.32	13	30	20	22	10	11
3月 15日 15th Mar.	24.68	21.53	17.09	19.31	13	31	19	22	10	11
4月 15日 15th Apr.	27.73	24.20	19.06	21.62	13	31	21	22	12	11
5月 15日 15th May	30.05	26.24	20.56	23.39	13	32	22	22	11	12
6月 15日 15th June	31.17	27.21	21.28	24.24	13	32	22	22	11	12
7月 15日 15th July	30.71	26.81	20.98	23.89	13	32	22	22	11	12
8月 15日 15th Aug.	28.77	25.11	19.73	22.41	13	31	21	22	11	12
9月 15日 15th Sept.	25.89	22.58	17.87	20.22	13	31	21	22	10	12
10月 15日 15th Oct.	22.95	20.00	15.97	17.99	13	30	20	22	10	11
11月 15日 15th Nov.	20.58	17.93	14.44	16.18	13	30	19	21	10	11
12月 15日 15th Dec.	19.55	17.02	13.78	15.40	13	30	19	21	10	10

$$Q_2 = 22.12 + 5.12 \cos \frac{360}{365}(d - 172), \quad (5)$$

$$Q_3 = 17.53 + 3.77 \cos \frac{360}{365}(d - 172). \quad (6)$$

将由方程 (5) 计算得的 Q₂ 值与由方程 (4) 计算得的 Q₁ 值比较后发现,在南宁市全年大约有 13% 左右的总体相对衰减(表 2 中 W₂ 列),这个总体的相对衰减是城市污染的大背景所致,而与观测点的天气状况无关。因为 Q₂ 所得的值是最有利晴天条件下得到的。这个衰减值在 12 月份有加剧之势,可能与冬天污染程度增加有关。Q₂ 和 Q₃ 值相比较后我们发现,它们的差别在 1% ~ 2% 之间的变化(表 2 中 δ₂₃ 列),即在最有利晴天和最不利晴天条件下,太阳辐射值大约相差 20% 左右。

为了进一步估计太阳辐射的平均衰减,还有必要在 (5) 式和 (6) 式所描述的曲线之间找到一条描述晴天太阳辐射平均值的曲线,以便说明太阳辐射的平均衰减。用类似的谐函数分析法,我们找到描述这条曲线的函数方程为:

$$Q_4 = 19.82 + 4.44 \cos \frac{360}{365}(d - 172), \quad (7)$$

Q₄ 描述的是最一般晴天下所测得的太阳辐射值。最一般晴天的辐射值要比最有利晴天的辐射值衰减 11% 左右(表 2 中 δ₂₄ 列所示),这可能是大气污染所直接造成的降低,与天气状况有关。最不利晴天太阳辐射值又比最一般晴天辐射衰减 10% ~ 12% (表 2 中 δ₄₃ 所示),这也是与天气状况有关的。

3 结论

由于工业污染的加剧,以及城市人口的迅速膨胀,使得城市上空大气的污染越来越严重,最直接的结果是导致投射到城市中的太阳辐射量减少。本文提出了根据 Heermann 晴天太阳辐射模型,计算太阳辐射衰减量的方法,并以此推断城市上空大气的污染程度。在以南宁市为例子的讨论中,发现:最有利的晴天太阳辐射量也因为大气污染背景的作用衰减了 13% 左右;最不利的晴天太阳辐射在大气污染的作用下衰减量高达 32%。一般情况下,晴天太阳辐射量由于大气污染的作用而衰减 21% ~ 22%。可见城市大气的污染已经相当严重,值得引起人们的高度重视。

参考文献

- 1 Sahsamanoglou H, Bloutsois A, Solar radiation reduction by water and dust in the area of Thessaloniki. Solar Energy, 1989, 43 (5): 301~ 304.
- 2 宋爱国等.北京地区晴天太阳辐射模型初探.太阳能学报, 1994, 14 (3).
- 3 Sahsamanoglou H S, Makrogiannis T I, Meletis H. An estimation of the total atmospheric pollution in the city of Thessaloniki using solar energy data. Solar Energy, 1991, 46 (3): 145~ 148.
- 4 Heermann D F, Harrington G J, Stahl K M. Empirical estimation of daily clear sky solar radiation, Journal of Climate and Applied Meteorology, 1985, 24 206~ 214.

(责任编辑: 蒋汉明 邓大玉)