

大同市空气污染对太阳辐射的影响

胡慧敏 郭宏泰

(山西省气象科学研究所, 太原, 030002)

提 要

根据大同市辐射、日照条件变差、烟幕日数增多等事实,利用大同市1963—1987年地面实测的太阳辐射资料分析了大同空气污染对太阳辐射的影响及其长期变化情况。结果表明,到达地面的太阳辐射量的减弱与空气中混合污染物的影响有较密切的关系;空气污染物对太阳辐射量减弱的逐年变化情况,与混浊度因子的变化有很好的相关关系。

大同市属能源重化工城市,空气污染较重。排入城市大气中的各种烟尘废气,一方面改变了大气成分,在城市上空形成一覆盖层;另一方面影响该地区直接辐射和散射辐射的到达量,使到达地面太阳辐射量明显改变。目前,由于缺少长期空气污染实测资料,对上述变化进行较长时期的定量估计还较困难。本文试图从大同长年太阳辐射资料入手,分析研究大同市空气污染的长期变化及大气污染对太阳辐射的影响。

1. 大同市空气污染的气候特征

(1) 大同市年烟幕日数日趋增多

图1显示出大同市60年代以来烟幕日数明显增多,1960—1963年只有2—4天,1985—1986年多达250天;80年代年烟幕日数是60年代的7倍,表明大同市空气污染日趋严重。表1给出大同市与郊区烟幕日的比较。大同市烟幕日数明显多于大同县,年烟幕日数多162天;大同市烟幕日数最少的8月比大同县最多的12月还多0.5天。说明城市由于工业发展,空气质量远比乡村低劣得多。

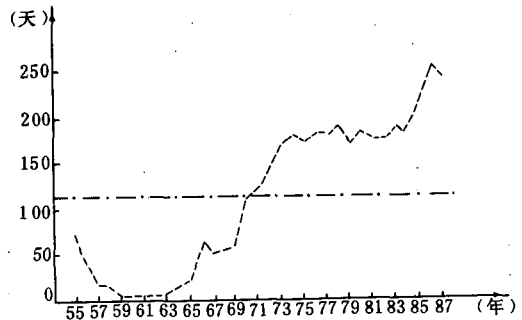


图1 大同市年烟幕日数年际变化

表 1 1978—1987 年大同市与大同县各月烟幕日数比较

地点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
大同市	24.5	19.1	19.3	15.3	11.4	10.2	9.9	8.4	8.5	16.6	21.9	24.9	190.0
大同县	7.3	3.6	3.3	1.4	0	0	0	0	0.3	1.0	3.4	7.9	28.2
差值	17.2	15.5	16.0	13.9	11.4	10.2	9.9	8.4	8.2	15.6	18.5	17.0	161.8

(2)大同市直接辐射和总辐射减少

图 2 显示出,1973 年后太阳直接辐射和总辐射低于平均状态,而散射辐射略高于多年平均值。平均而言,1973 年后到达地面的直接辐射比平均值少 9.4%,散射辐射比平均值多 2.4%,总辐射比平均值少 4.8%。由于烟尘等空气杂质的增多,大气透明度变差,使直接辐射减少,散射辐射增加,但其增加不能补偿直接辐射的损失,致使总辐射减弱。

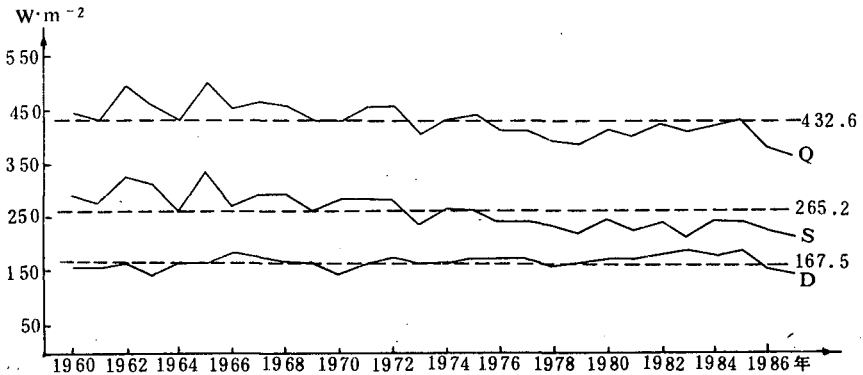


图 2 大同市太阳直接辐射 S,散射辐射 D 和总辐射 Q 的年际变化

(3)大同市日照减少

图 3 给出大同市日照时数和日照百分率逐年变化情况,总的趋势是下降的。1975 年后,两者均低于平均值,尤其 80 年代下降更明显。而大同县却无此变化,1978—1987 年平均年日照时数和年日照百分率分别比大同市多 341 小时和高 8%,进一步说明近十几年来大同市大气透明度有所下降。

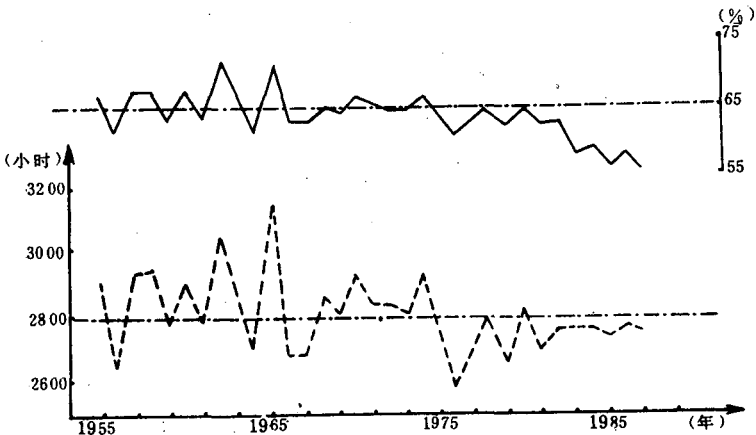


图 3 大同市年日照时数(虚线)和年日照百分率(实线)年际变化

2. 空气污染对太阳辐射的影响

(1) 资料及计算方法

本文选用大同气象台曹夫楼观测站 1963—1987 年冬季(12—2 月)晴天地面实测日射资料,取正午前后四个时次(地方时 9:30、11:30、13:30、15:30)共 1340 组样本计算分析。

晴天混合污染物引起的直接辐射减弱量(S_p)可按式(1)求算:

$$S_p = S_0 - S_M - S_w - S_{O_3} - S_D \quad (1)$$

式中, S_0 为太阳常数(取 $1367 \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$); S_M 为干洁大气中分子散射引起的直接辐射减弱量; S_w 为水汽吸收和散射引起的直接辐射减弱量; S_{O_3} 为臭氧吸收所引起的直接辐射减弱量; S_D 为到达地面的实测直接辐射。

干洁大气中空气分子的散射所引起的直接辐射减弱量为:

$$S_M = S_0 - S_m \quad (2)$$

式中, S_m 为干洁大气中直接辐射通量,计算式^[1]为:

$$S_m = S_0 [1.112(1 + 0.265m)^{-0.325} - 0.112] \quad (3)$$

式中, m 为大气质量。

水汽对直接辐射的吸收减弱量按下式^[1]求算:

$$S_w = 0.172(m \cdot W_\infty)^{0.303} \quad (4)$$

式中, $W_\infty = 2.1e_0^{[1]}$, e_0 为地面绝对湿度; W_∞ 为铅直方向整层大气柱内的水汽总含量, m 同式(3)。

臭氧对直接辐射的吸收用图解法^[1]求得,该法是根据大气中臭氧为平均含量时计算出来的。

运用式(1)~(4)和图解法,可分别求出空气分子、水汽、臭氧及空气混合污染物对太阳直接辐射的减弱量。

(2) 各因子对太阳直接辐射的减弱量

根据上述方法,对大同市 1963—1987 年所选取的冬季日射资料进行计算,其结果见表 2 和图 4。从表 2 可以看出:

① 空气分子、水汽及臭氧对直接辐射的减弱量,合计约占大气上界太阳辐射的 37.3%。以上三者各自的年际变化很小。

② 空气混合污染物对太阳辐射减弱量平均约占太阳常数的 18.6%,并有逐年增加趋势。 S_p/S_0 60—80 年代分别为 9.8%、19.4%、25.2%。

图 4 阴影部分表示大同空气混合污染物引起太阳直接辐射减弱量的逐年变化情况。 S_p 呈逐年增加趋势,由 1963 年的 $76.63 \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 增加到 1987 年的 $383.17 \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$,1982 年曾达 $404.07 \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$;计算表明,到达地面的直接辐射由 1963 年的 $815.10 \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 降至 1987 年的 $473.73 \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$,25 年内地面直接辐射约减少了 42%。

表 2 1963—1987 年大同市空气中各成分对太阳常数减弱的百分比(%)

年 度	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
S_M/S_0	18.1	17.3	19.0	18.4	19.9	19.1	18.4	18.9	18.2	19.0	19.9	18.7	18.7
S_W/S_0	16.0	14.3	15.5	14.3	16.7	17.7	14.0	15.3	16.2	18.1	17.3	16.2	15.0
S_{O_3}/S_0	2.4	2.3	2.4	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
S_P/S_0	5.6	9.9	15.6	9.2	7.9	11.3	8.7	13.0	12.7	17.5	17.3	16.5	21.6
年 度	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	平均
S_M/S_0	19.0	19.0	17.9	19.5	18.3	19.6	17.3	18.8	19.6	19.2	18.9	19.3	18.8
S_W/S_0	14.8	16.6	16.0	17.0	15.2	17.1	15.7	15.2	16.6	17.0	17.9	17.3	16.1
S_{O_3}/S_0	2.4	2.4	2.3	2.4	2.4	2.4	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
S_P/S_0	27.7	22.4	23.4	21.8	21.6	21.7	29.9	26.9	23.1	26.8	23.4	28.5	18.6

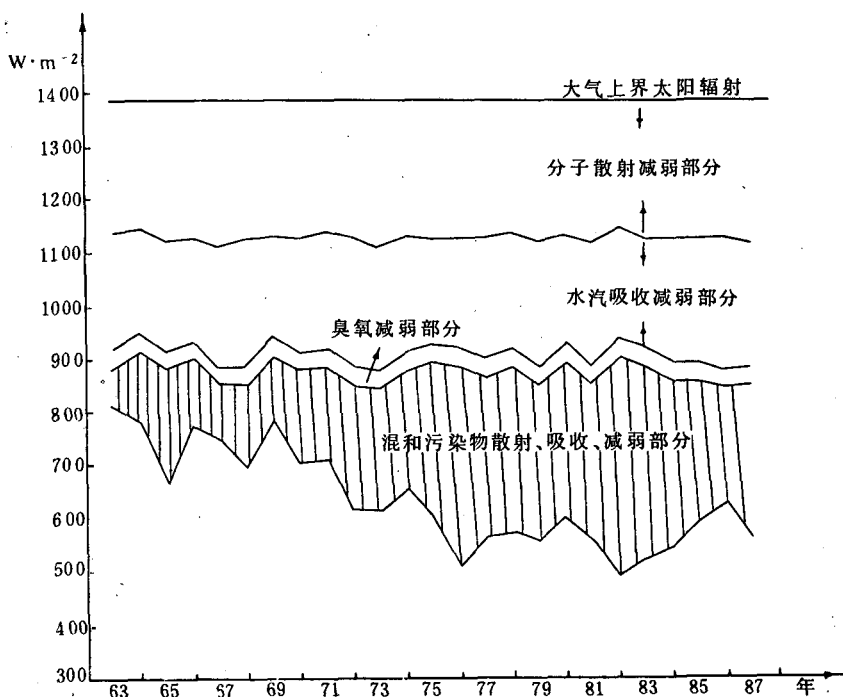


图 4 1963—1987 年大同市空气各因子减弱太阳直接辐射量的年际变化

(3) 空气污染物对散射辐射和总辐射的影响

对大同市 1963—1987 年冬季晴天辐射观测资料分析表明,由于城市工业化发展,大气污染物逐年增加,尤其 1973 年后,散射辐射比多年平均值增加 6.6%,总辐射比平均值减少 8.1%;80 年代污染更重,平均而言,散射辐射比平均值增加 15.2%,总辐射比平均值减少 11.3%。

3. 结论

(1) 大同市空气污染对太阳辐射影响十分明显。70 年代中期以来,空气污染加重,烟

幕日数明显增加,太阳入射辐射和日照时数减少。

(2)冬季晴天时,大同市空气混合污染物对太阳直接辐射的减弱量平均占太阳常数的18.6%;1973年后,冬季晴空时空气污染使大同市散射辐射平均增加6.6%,总辐射平均减少8.1%。

参 考 文 献

- [1] Peterson, J. T., et al., Analysis of urban-rural solar radiation data from St. Louis Missouri, *J. Appl. Meteor.*, 19, 3, 1980.
- [2] 么枕生, 气候学原理, 科学出版社, 1959年。
- [3] 沈觉成, 南京空气污染对太阳辐射的影响, 《城市气候与城市规划》, 科学出版社, 1985年。

THE INFLUENCE OF AIR POLLUTION ON SOLAR INSOLATION IN THE DATONG CITY

Hu Huiming Guo Hongtai

(Shanxi Institute of Meteorology, Taiyuan, 030002)

Abstract

Based on the facts that the solar insolation and sunshine condition in Datong is getting worse and the smoke screen days is more than before, the influence of air pollution on solar insolation and its variation in Datong are estimated by using the observational data of surface solar insolation from 1963 to 1987. It is shown that the decrease of solar insolation is greatly related to the influence of mixing pollutants and there is a good correlation between the annual variation of solar insolation and the turbidity factor.