

太阳辐射各因子的变化对 太阳紫外辐射的影响

白建辉 王庚辰

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

提 要

利用北京地区 1990 年太阳分光辐射的观测资料, 计算了影响太阳紫外辐射的各因子的变化所引起的太阳紫外辐射的变化。当臭氧、水汽、气溶胶分别减少 5% 时, 到达地面的太阳紫外辐射将分别增加 0.84%、0.27% 和 1.90%。在分析太阳紫外辐射的变化趋势时, 应当全面考虑各个因子的影响。

关键词: 太阳紫外辐射 臭氧 水汽 气溶胶

引 言

近年来, 对平流层臭氧的减少将导致地面太阳紫外辐射增加这一课题的研究, 已受到各国政府和科学家的高度重视, 特别是近几年南极臭氧洞的加深, 更加迫使我们不能轻视对此课题的研究。平流层臭氧的大量减少将导致地面太阳紫外辐射的剧增, 由此将给地球上的人类、动植物、环境等方面带来不可逆转的严重危害, 为此, 有必要全面细致地研究影响太阳紫外辐射的各个因子以及各个因子的变化对太阳紫外辐射影响的程度, 以便更加深入地研究太阳紫外辐射未来的变化趋势。

1 统计计算方法

利用中国科学院大气物理研究所香河综合观测站 1990、1991 两年的太阳分光辐射观测资料, 根据辐射传输方程和回归分析方法, 得到了计算晴天到达地面太阳紫外辐射的统计计算方法, 公式的形式为:

$$Q_m/Q = A \cos Z + B \quad (1)$$

其中 Q_m 为太阳紫外辐射曝辐量, Q 为太阳总辐射曝辐量, Z 为每月 15 日正午时

刻的天顶角。A、B 均为常数, 并且都由臭氧、水汽、气溶胶等因子决定, 其具体形式为: $A = A_1 e^{-k_1 \rho_3 m} + A_2 e^{-k_2 w m} + A_3 e^{-D/S}$, $B = B_1 e^{-k_1 \rho_3 m} + B_2 e^{-k_2 w m} + B_3 e^{-D/S}$ 。这里, $e^{-k_1 \rho_3 m}$ 为臭氧对太阳紫外辐射的选择性吸收, 是影响太阳紫外辐射的最主要因子, $e^{-k_2 w m}$ 是水汽对太阳总辐射的吸收, 是影响太阳总辐射的最主要因子, $e^{-D/S}$ 则表示气溶胶、空气分子等对太阳紫外辐射、太阳总辐射不同程度的影响。以上各项中各字母所代表的物理意义、取值及单位等可详见文献[1], 此处不赘述了。

采用公式(1), 我们计算了 1990—1991 年两年 24 个月晴天条件下地面太阳紫外辐射曝辐量的月平均日总量, 计算值与观测值吻合得比较好, 二者最大的相对偏差为 9.78%, 最小相对偏差为 0.58%, 有 13 个月的相对偏差小于 4%, 24 个月相对偏差的平均值为 4.08%。由于式(1)考虑了影响比值 Q_m/Q 的各主要因子, 所以计算值比较准确。

2 各因子的变化对太阳紫外辐射的影响

国内外虽然有很多学者用模式和经验的方法计算了到达地面的太阳紫外辐射^[2-7], 但目前还缺少对影响太阳紫外辐射各主要因

子的分析,缺少各主要因子的变化引起到达地面的太阳紫外辐射变化的分析。本文利用公式(1)来计算晴天条件下,影响太阳紫外辐射各因子的变化所引起的到达地面太阳紫外辐射的变化。

2.1 臭氧总量的变化对太阳紫外辐射的影响

近年来,随着全球大气臭氧总量(O_3)的

表1 晴天臭氧总量的变化(ΔO_3)引起的太阳紫外辐射的变化/%

ΔO_3	-1%	+1%	-2%	+2%	-3%	+3%	-4%	+4%	-5%	+5%	-10%	+10%	-15%	+15%	-20%	+20%
1月	0.26	-0.25	0.51	-0.51	0.77	-0.76	1.03	-1.02	1.28	-1.27	2.58	-2.52	3.90	-3.75	5.23	-4.97
2月	0.21	-0.21	0.43	-0.43	0.65	-0.64	0.86	-0.85	1.08	-1.07	2.17	-2.12	3.27	-3.16	4.38	-4.20
3月	0.16	-0.16	0.33	-0.33	0.49	-0.49	0.65	-0.65	0.82	-0.81	1.64	-1.62	2.47	-2.41	3.31	-3.20
4月	0.14	-0.14	0.28	-0.28	0.42	-0.42	0.56	-0.56	0.70	-0.70	1.41	-1.39	2.12	-2.08	2.84	-2.76
5月	0.12	-0.12	0.24	-0.24	0.36	-0.36	0.48	-0.48	0.60	-0.60	1.21	-1.20	1.82	-1.79	2.43	-2.38
6月	0.13	-0.13	0.26	-0.26	0.39	-0.39	0.52	-0.52	0.66	-0.65	1.31	-1.30	1.98	-1.94	2.65	-2.58
7月	0.11	-0.11	0.21	-0.21	0.32	-0.32	0.42	-0.42	0.53	-0.53	1.07	-1.05	1.60	-1.58	2.14	-2.10
8月	0.11	-0.11	0.22	-0.22	0.34	-0.33	0.45	-0.45	0.56	-0.56	1.12	-1.11	1.69	-1.66	2.26	-2.21
9月	0.13	-0.13	0.27	-0.27	0.40	-0.40	0.53	-0.53	0.67	-0.66	1.34	-1.32	2.01	-1.97	2.69	-2.62
10月	0.16	-0.16	0.31	-0.31	0.47	-0.47	0.63	-0.62	0.79	-0.78	1.58	-1.55	2.38	-2.32	3.18	-3.08
11月	0.21	-0.21	0.43	-0.42	0.64	-0.64	0.85	-0.85	1.07	-1.06	2.15	-2.10	3.24	-3.13	4.34	-4.16
12月	0.26	-0.26	0.52	-0.51	0.77	-0.77	1.03	-1.02	1.29	-1.28	2.61	-2.54	3.93	-3.79	5.28	-5.02
平均	0.17	-0.17	0.33	-0.33	0.50	-0.50	0.67	-0.66	0.84	-0.83	1.68	-1.65	2.53	-2.47	3.39	-3.27

注:表中正号表示增加,负号表示减少,下同。

可以看到,臭氧减少或增加相同量值时,所引起的各月太阳紫外辐射的增加或减少略有不同。平均来讲,当臭氧总量减少(或增加)5%和10%时,到达地面的太阳紫外辐射增加(或减少)分别为0.84%和1.68%(或0.83%和1.65%)。

2.2 水汽总含量的变化对太阳紫外辐射的影响

大气中的各种光化学反应都与太阳紫外辐射的直接或间接吸收有关,其中有很多是大气中的水汽、OH、 HO_2 、 H_2O_2 等自由基参与的光化学反应,因此水汽含量的变化必然影响到达地面的太阳紫外辐射。表2给出了利用公式(1)计算的1990年12个月晴天条件下,整层水汽含量(W)的变化导致到达地面太阳紫外辐射的变化。

可以看出,水汽总含量减少或增加相同

减少,到达地面的太阳紫外辐射正在逐渐增强,因太阳紫外辐射强烈的生物效应,迫使人们对臭氧总量的减少所引起的太阳紫外辐射的增加进行定量研究。不同学者给出的估算结果差别较大。表1给出利用公式(1)计算得到的1990年12个月晴天条件下臭氧总量的变化所引起的到达地面的太阳紫外辐射变化的百分率。

数值时,所引起的太阳紫外辐射增加或减少略有差别。水汽总含量减少(或增加)5%和10%时,到达地面的太阳紫外辐射的增加(或减少)分别为0.27%和0.55%(或0.26%和0.55%)。

2.3 气溶胶(D/S)的变化对太阳紫外辐射的影响

大气气溶胶中的各种物质通过对太阳紫外辐射的散射作用影响着到达地面的太阳紫外辐射,特别是近年来,各国工农业的发展,废物燃烧、废气排放、火山爆发、森林火灾等事件,使大气污染日益严重,因此必然会减弱到达地面的太阳紫外辐射。表3给出利用公式(1)计算的1990年12个月晴天条件下D/S的变化所引起的到达地面的太阳紫外辐射的变化。

表2 晴天水汽总含量的变化(ΔW)引起的太阳紫外辐射的变化/%

ΔW	-1%	+1%	-2%	+2%	-3%	+3%	-4%	+4%	-5%	+5%	-10%	+10%	-15%	+15%	-20%	+20%
1月	0.05	-0.05	0.11	-0.11	0.16	-0.16	0.22	-0.21	0.27	-0.26	0.55	-0.51	0.84	-0.76	1.15	-1.00
2月	0.05	-0.05	0.09	-0.09	0.14	-0.14	0.19	-0.18	0.23	-0.22	0.47	-0.44	0.72	-0.65	0.98	-0.86
3月	0.04	-0.04	0.08	-0.08	0.12	-0.12	0.16	-0.16	0.21	-0.20	0.42	-0.39	0.64	-0.58	0.87	-0.76
4月	0.04	-0.04	0.08	-0.08	0.11	-0.11	0.16	-0.15	0.20	-0.19	0.40	-0.37	0.61	-0.55	0.83	-0.72
5月	0.04	-0.04	0.09	-0.09	0.13	-0.13	0.18	-0.17	0.22	-0.22	0.46	-0.43	0.70	-0.63	0.95	-0.83
6月	0.04	-0.04	0.09	-0.09	0.13	-0.13	0.18	-0.17	0.22	-0.22	0.45	-0.42	0.70	-0.63	0.95	-0.82
7月	0.06	-0.06	0.11	-0.11	0.17	-0.17	0.23	-0.22	0.29	-0.28	0.58	-0.54	0.89	-0.80	1.21	-1.05
8月	0.06	-0.06	0.12	-0.12	0.18	-0.18	0.24	-0.23	0.30	-0.29	0.62	-0.57	0.94	-0.85	1.28	-1.11
9月	0.06	-0.06	0.11	-0.11	0.17	-0.16	0.23	-0.22	0.28	-0.27	0.58	-0.54	0.88	-0.79	1.20	-1.04
10月	0.07	-0.06	0.13	-0.13	0.20	-0.20	0.27	-0.26	0.34	-0.33	0.69	-0.65	1.06	-0.96	1.45	-1.26
11月	0.06	-0.06	0.13	-0.13	0.20	-0.19	0.26	-0.25	0.32	-0.32	0.66	-0.62	1.01	-0.91	1.38	-1.20
12月	0.07	-0.07	0.15	-0.15	0.22	-0.22	0.30	-0.29	0.37	-0.36	0.76	-0.71	1.16	-1.04	1.58	-1.37
平均	0.05	-0.05	0.11	-0.11	0.16	-0.16	0.22	-0.21	0.27	-0.26	0.55	-0.55	0.85	-0.76	1.15	-1.00

表3 晴天 D/S 的变化引起的太阳紫外辐射的变化/%

$\Delta(D/S)$	-1%	+1%	-2%	+2%	-3%	+3%	-4%	+4%	-5%	+5%	-10%	+10%	-15%	+15%	-20%	+20%
1月	0.30	-0.30	0.60	-0.59	0.89	-0.89	1.19	-1.18	1.49	-1.47	3.01	-2.92	4.55	-4.35	6.11	-5.76
2月	0.44	-0.44	0.89	-0.88	1.33	-1.31	1.78	-1.75	2.23	-2.18	4.51	-4.32	6.84	-6.40	9.22	-8.44
3月	0.30	-0.30	0.61	-0.60	0.91	-0.91	1.22	-1.21	1.53	-1.50	3.08	-2.99	4.65	-4.45	6.25	-5.89
4月	0.34	-0.34	0.68	-0.68	1.02	-1.01	1.37	-1.35	1.71	-1.68	3.45	-3.33	5.22	-4.96	7.01	-6.55
5月	0.44	-0.44	0.88	-0.87	1.32	-1.30	1.77	-1.74	2.21	-2.16	4.47	-4.28	6.69	-6.35	9.15	-8.38
6月	0.30	-0.29	0.59	-0.59	0.89	-0.88	1.19	-1.17	1.49	-1.46	2.99	-2.91	4.53	-4.33	6.08	-5.73
7月	0.57	-0.57	1.15	-1.14	1.73	-1.70	2.32	-2.27	2.91	-2.82	5.90	-5.57	8.98	-8.24	12.14	-10.83
8月	0.48	-0.47	0.95	-0.94	1.43	-1.41	1.92	-1.88	2.40	-2.35	4.86	-4.64	7.38	-6.87	9.96	-9.05
9月	0.26	-0.26	0.52	-0.52	0.78	-0.78	1.04	-1.03	1.31	-1.29	2.63	-2.56	3.97	-3.82	5.32	-5.06
10月	0.24	-0.24	0.49	-0.48	0.73	-0.72	0.97	-0.96	1.22	-1.20	2.45	-2.39	3.70	-3.57	4.96	-4.73
11月	0.38	-0.38	0.76	-0.76	1.15	-1.13	1.53	-1.51	1.92	-1.88	3.88	-3.73	5.87	-5.54	7.90	-7.32
12月	0.46	-0.46	0.93	-0.92	1.40	-1.38	1.86	-1.83	2.34	-2.28	4.73	-4.51	7.17	-6.69	9.68	-8.82
平均	0.38	-0.37	0.75	-0.75	1.13	-1.12	1.51	-1.49	1.90	-1.86	3.83	-3.68	5.80	-5.46	7.82	-7.21

从表3中可以看到,当 D/S 增加(或减少)5%和10%时,到达地面的太阳紫外辐射的减少(或增加)分别为1.86%和3.68%(或1.90%和3.83%)。

从表1、表2和表3中可以看出,当影响太阳紫外辐射的各个因子臭氧、水汽、气溶胶都增加(或减少)相同的量值时,它们引起的地面太阳紫外辐射的减少(或增加)是不同的,以气溶胶的变化所引起的太阳紫外辐射的变化为最大。因此,我们得到一个结论:晴天条件下,太阳紫外辐射的变化对气溶胶(D/S)的变化较臭氧总量的变化要敏感。Nagaraja Rao C. R. 等人也得到了同样的结

论^[7]。

对1990年12个月实际天气条件下各因子的变化所引起的太阳紫外辐射的变化,也采用了式(1)进行计算,得到同晴天基本相同的结论,限于篇幅,不再多述。

据报导,近20年来臭氧层平均减少了2%—3%。但美国于30—50°N地区8个观察点1974—1985年各年地面UVB总量并没有增高,相反由于受太阳活动及大气状况的影响反而有下降趋势。这表明,目前其它自然条件对地面太阳紫外辐射的影响较臭氧层改变相对要强。

那么近年来北京地区太阳紫外辐射的变

化趋势如何?为回答这一问题,我们分析了北京地区1981—1991年各因子的变化特征^[6]。结果表明:大气臭氧总量的年平均值从1981年开始下降,1983年达极小值后,在以后的几年中,呈上升趋势,其年增长率约为0.15%,整层大气水汽含量的年平均值略呈增大趋势,其年增长率约为0.18%,*D/S*因子的年平均值也呈增大趋势,其年增长率约为0.63%。很明显,由于近11年大气臭氧总量、整层大气水汽含量、*D/S*等缓慢的增长,导致到达地面的太阳紫外辐射呈逐年降低的趋势,其年减少率约为0.54%^[8]。

利用式(1)可估算出近11年到达地面的太阳紫外辐射的变化。臭氧总量、整层大气水汽含量、*D/S*等不同程度的增加,分别使太阳紫外总辐射减少约0.02%,0.01%和0.50%,总效果使到达地面的太阳紫外总辐射减少0.53%,计算值与实际变化值非常接近。

3 结 语

因为太阳紫外辐射在大气中要经历复杂的传输过程,影响它的因子又有很多,并且各因子的变化情况也很复杂、多变,对太阳紫外辐射的影响程度还存在着较大的差别。本文对影响太阳紫外辐射的各个主要因子做了简

要分析,结果表明,虽然臭氧是影响太阳紫外辐射的主要因子,在考虑太阳紫外辐射变化时,是不容忽视的,但是不应只看到臭氧这单一因子,而应该全面考虑影响太阳紫外辐射的各主要因子及其综合作用效果,例如水汽因子、*D/S*因子,特别是*D/S*因子。近11年来,北京地区到达地面的太阳紫外辐射呈逐年下降趋势,其年减少率约为0.54%。

参考文献

- 1 白建辉,王庚辰. 晴天地面太阳紫外总辐射的观测结果和统计计算方法. 太阳能学报,1993,14(4):364—370.
- 2 周允华. 中国地区的太阳紫外辐射. 地理学报,1986,41(2):132—143.
- 3 季国良,陈有虞. 青藏高原的紫外辐射. 高原气象,1985,4(4):112—121.
- 4 田国良等. 青藏高原东部农作物生长季(5—10月)紫外、可见和红外辐射的特征初步分析. 气象学报,1982,40(3):344—352.
- 5 Henriksen K, Stamnes K, Stensen P. Measurements of solar U. V., visible and near I. R. irradiance at 78°N, Atmospheric Environment, 1989, 23(7):1573—1579.
- 6 Webb A, Steven M D. Measurement of Solar UVB radiation in the English Midlands, Arch Met Geoph Biod, 1984, Ser. B(35):221—231.
- 7 Nagaraja Rao C R et al. Near ultraviolet radiation at the earth's surface: measurements and model comparison, Tellus, 1984, 36B:286—293.
- 8 白建辉,王庚辰. 北京地区太阳紫外辐射的观测与分析研究. 大气科学,1994,18(3):341—347.

Effects of the change in factors affecting solar radiation on solar ultraviolet radiation

Bai Jianhui Wang Gengchen

(Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica, Beijing, 100029)

Abstract

The change of the solar ultraviolet radiation caused by changes of the factors such as ozone, water vapour and aerosol, was calculated based on the observations of solar spectral radiation in 1990 over Beijing area. The solar ultraviolet radiation will increase 0.84%, 0.27% and 1.90% respectively while ozone, water vapour and aerosol decrease 5%. The influence of all the factors affecting solar ultraviolet radiation should be considered comprehensively as analysing the variation trends of solar ultraviolet radiation.

Key Words: solar ultraviolet radiation ozone water vapour aerosol