

沙漠腹地紫外辐射特征及影响因子分析

何清^{1,2}, 金莉莉^{1,2,3}, 杨兴华^{1,2}

(1. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 塔克拉玛干沙漠大气环境观测试验站, 新疆 塔中 841000; 3. 临沧市气象局, 云南 临沧 677000)

摘要: 利用塔克拉玛干沙漠大气环境观测试验站 2007 年 1—12 月紫外辐射和总辐射观测资料, 分析了紫外辐射的年际变化特征及影响因子。结果表明: 紫外辐射 7 月最大, 12 月最小。冬季大约只有夏季的 2/5 多一点。全年瞬时强度峰值在 6 月, 为 $67.11 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。紫外辐射在总辐射中所占比例变化位相为单峰型, 夏季大, 冬季小, 春、秋季居中。随着云量的增多, 紫外辐射与总辐射的比值增大, 随着沙尘的增多, 其比值减小, 表明紫外辐射受云量和沙尘影响很大。与晴天相比, 阴天紫外辐射减少 31.68%; Sc、Ci 云时, 平均紫外辐射比晴天时分别减少 23.63%、12.53%; 沙尘暴天气被削弱了 41.91%。

关键词: 塔克拉玛干沙漠; 紫外辐射; 总辐射; 影响因子

中图分类号: P422.62

文献标识码: B

文章编号: 1002-0799(2011)05-0007-08

Solar Ultraviolet Radiation Characteristics and Influencing Factors of Desert Hinterland

HE Qing^{1,2}, JIN Li-li^{1,2,3}, YANG Xing-hua^{1,2}

(1. Institute of Desert Meteorology, CMA, Urumqi 830001, China; 2. Taklimakan Desert Atmosphere and Environment Observation Experiment Station, Tazhong 841000, China; 3. Lincang Meteorological Bureau, Lincang 677000, China)

Abstract: In this paper, the climatic characteristics and influencing factors of solar ultraviolet radiation in Taizhong station ($83^{\circ}40' \text{ E}$, $39^{\circ}01' \text{ N}$) are analyzed on the basis of the solar ultraviolet radiation and total radiation data observed over the Taklimakan desert hinterland from January to December, 2007. The results show that the maximum of UV-radiation appears in July and the minimum appears in December. The UV-radiation in winter is only about 2/5 a little more in summer. The peak value of UV radiation instantaneous radiant intensity is $67.11 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, and appears in June. The maximum (minimum) ratio of the UV-radiation to total radiation appears in summer (winter), while the mediacy ratio appears in spring and autumn. The cloud cover and sand/dust affect UV-radiation very obviously. The UV-radiation in cloudy day reduced by 31.68% compared with the sunny day, and the mean UV-radiation reduced respectively by 23.63% and 12.53% under Sc and Ci cloud. The UV-radiation is weakened by 41.91% when happened

收稿日期: 2011-04-12

基金项目: 公益性气象行业专项(GYHY201006012); 国家自然科学基金项目(41175017); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(IDM201001)。

作者简介: 何清(1965-), 男, 研究员, 主要从事沙漠气象研究。E-mail: qinghe@idm.cn

sandstorm weather.

Key words: Taklimakan Desert; UV-radiation; total radiation; influencing factor

太阳紫外辐射(solar ultraviolet radiation, 缩写 UV-radiation)是指波长在太阳辐射紫外波段到 X 射线波段之间的电磁辐射,其波长范围约 5~400 nm 之间。依据世界气象组织(WMO)仪器和观测方法委员会(CIMO)“气象仪器和观测方法指南(第六版)”的定义,紫外辐射按照其辐射波段的不同又可划分为三个波段,即:紫外辐射-A(波长在 315~400 nm 之间)、紫外辐射-B(波长在 280~315 nm 之间)和紫外辐射-C(波长在 100~280 nm 之间)^[1]。紫外辐射-C 量值小且易被大气平流层和对流层的臭氧及氧所吸收,很难到达地球表面而可忽视^[2]。紫外辐射是太阳辐射中的一个特殊波段,虽然其能量在太阳辐射能中只占很小的比例(约 5%左右)^[3],但由于其光量子能量较高,具有一定的穿透力,所产生的光化学作用和生物学效应十分显著,所以因其独特的作用引起人们的关注^[4]。过量紫外辐射将导致人体免疫功能变异从而引起诸如晒斑、眼疾、皮肤癌等多种疾病。紫外辐射还可以破坏蛋白质中的化学键,损害生物细胞中的脱氧核酸 DNA,破坏动植物的个体细胞,甚至破坏整个动植物个体^[3]。

国外较早地开展了紫外辐射地基监测,对地基紫外辐射变化特征研究较为全面,并得到了紫外辐射的长期变化特征规律及时间变化特征。目前世界各国对紫外辐射的研究、开发、应用均十分重视。塔克拉玛干沙漠是我国沙尘暴的主要起源地之一,独特的地理特性使塔克拉玛干沙漠的能量与水分循环有其独特之处,因此对我国西北干旱区的气候变化和生态环境有着重要影响。所以,紫外辐射的研究十分必要。太阳总辐射年量的年代际变化,20 世纪 90 年代与 20 世纪 40 年代相比,西北和东北地区减少幅度小于西南、华南、华北和华东地区^[5]。在 1996、1997 年就有学者在沙漠腹地进行了太阳辐射的观测研究,揭示了许多有意义的观测事实^[6-7]。陈霞等^[8]分析了塔中沙尘气溶胶对短波辐射的影响。辛金元等^[9]研究了腾格里沙漠东南端沙尘气溶胶对直接太阳辐射的衰减。李红军等^[10]利用肖塘野外加密观测资料分析了沙尘暴期间太阳辐射的变化。魏文寿等^[11]分析了古尔班通古特沙漠的辐射热量交换。陈世强等^[12]研究了夏季不同天气背景条件下黑河中游不同下垫面的辐射特征。张凯等^[13]研究

了绿洲荒漠过渡带夏季晴天地表辐射和能量平衡及小气候特征。尽管以往的研究揭示了一些沙漠地表辐射能量收支的特征及影响因子,但对塔克拉玛干沙漠紫外辐射的研究还特别少。

本文通过对塔中 2007 年全年紫外辐射和总辐射观测数据的分析,阐述了该地区太阳紫外辐射状况及其与总辐射比值的变化特点,分析了影响紫外辐射的部分因子,得出了统计规律性的结论,以期为进一步研究沙漠地区气候形成提供依据。

1 观测方法与资料处理

1.1 辐射观测系统

塔中(39°01'N, 83°40'E, 海拔高度 1 099.3 m)辐射探测仪器均采用国际公认的先进探测传感器,所测项目包括:短波辐射、长波辐射、紫外辐射、散射辐射。辐射观测架上安装有 2A 自动跟踪器和 CH-1 型直接辐射表、CM21 型总辐射仪、反射辐射仪、散射辐射仪、向上和向下 CG4 型长波辐射仪、UV-S-AB 型紫外辐射仪各一台。自动观测沙漠地表辐射各分量,数据采集频率为 10 s,每分钟记录 1 组平均数据。

1.2 资料处理

文中采用分钟和瞬时数据,选用 2007 年 1 月 1 日 07:17 (地方时,下同)—2007 年 12 月 31 日 16:48 辐射系统探测的紫外 UV-B 辐射资料,其中 4 月 3 日 10:00 至 13:07,4 月 4 日 15:56 至日落前,9 月 19 日 08:17 至 16:52,9 月 21 日 08:12 至 16:48,9 月 24 日 15:29 至日落前,10 月 1 日 09:29 至日落前,10 月 2、3 日 09:30 至日落前,10 月 12 日 14:30 至日落前,11 月 11 日 09:30 至日落前,11 月 27 日,12 月 2 日 11:30 至日落前,12 月 9 日 15:30 至日落前,12 月 10 日 13:30 至日落前,均为缺测数据。

云量、云状、天气现象资料来源于塔中地面气象站常规气象资料。辐射数据使用的都是地方时,云量、云状、风速和沙尘数据则是北京时间。文中晴天、少云、多云、阴天和雨天的界定是根据天空总云量来确定的:晴(云量≤2 成)、少云(云量 3~5 成)、多云(云量 6~8 成)、阴(云量≥9 成)、雨(云量 10 成并伴随有降水)^[14]。用 1、4、7、10 月分别代表一年中的四

个季节。

2 结果与讨论

2.1 塔中紫外辐射变化规律

2.1.1 紫外辐射与总辐射的年内变化及相关关系

由图 1 可知,在塔中紫外辐射与总辐射并不完全一致,紫外辐射的月总量最大值在 7 月,为 38.03 MJ·m⁻²,低于祁连山海北高寒草甸区的月总量最大值 41.62 MJ·m⁻²(5 月)^[15]。在 7 月达到最高值之后开始下降,12 月为一年中的最低值(13.4 MJ·m⁻²),5 月和 6 月的值非常接近,只相差 0.138 MJ·m⁻²。而总辐射的月总量最大值在 5 月,为 706.86 MJ·m⁻²,与紫外辐射一样,从 7 月开始其值在逐渐下降,到 12 月为最小值(263.76 MJ·m⁻²)。与 5 月相比,总辐射在 6 月和 7 月的时候值偏低,根据地面常规气象要素得知,这两个月的雨天和多云天都比 5 月多,其中 6 月分别比 5 月多 4 d 和 5 d,7 月分别比 5 月多 10 d 和 9 d,且 7 月沙尘天数比 5 月多 4 d。可见,6 月受到降水和云量的影响,总辐射值偏低,7 月由于沙尘、云量和降水的原因,其值偏低。塔中的这种情况不完全同于江灏等^[16]研究的黑河地区的太阳紫外辐射和总辐射的最大值和最小值都分别在 7 月和 12 月。胡波等^[3]研究的北京城市紫外辐射与总辐射都是冬季最小,春末夏初最大。杜尧东等^[17]研究的广东省太阳总辐射年变化,除了雷州半岛的徐闻和雷州以外,全省其他地区都表现为单峰型,7 月最大,2 月最小。

徐闻和雷州为双峰型,7 月和 5 月为两个高值,6 月为一相对低值。塔中 7 月总辐射的月总量低于张掖绿洲地区的 737.28 MJ·m⁻²^[18],高于陇中黄土高原的 616.06 MJ·m⁻²^[19]。

紫外辐射本身作为总辐射的一个光谱段,其量值以及变化规律与总辐射是一致的,即有显著的正相关性(图 1),如以全年日平均作统计分析表明:紫外辐射与总辐射的相关系数达 0.986 ($n=150, P<0.001$)。晴天主要受太阳高度角的影响,在当地时间 12 时左右最大,早晚小。但当天空有云或沙尘时,云量和沙尘的多寡将影响紫外辐射,有较大的不确定性,另外,不同的因子对紫外辐射和总辐射的作用不同,在总辐射发生变化时,紫外辐射和总辐射又有一些差异,这些差异表现为紫外辐射在总辐射中所占比例有变化^[20]。云量和沙尘对紫外辐射的影响在日变化中表现得非常明显。晴天中午前后,紫外辐射和总辐射都有所增大,它们之间的差异也随之增大,但当受到云量、沙尘等外界因素影响时,它们之间的差异会有所减小,阴天和沙尘暴天气时这种差异最小。晴天紫外辐射主要受太阳高度角的影响,即早晚小,中午大,当有云和沙尘,早晚太阳高度低时,紫外辐射因其透射能力较弱而受到较大的削弱,所以,在早晚时值减小。虽然,对于一天中紫外辐射及紫外辐射与总辐射比值在随天气变化上有所不同,但从年、月、日平均的趋势来讲,不论是紫外辐射还是紫外辐射占总辐射的比值均是较为稳定的。

表 1 为 2007 年各月的紫外辐射、总辐射的月平均日总量和各月的紫外辐射在总辐射中所占比例的

表 1 本地区紫外辐射和总辐射月平均日总量的变化及其比例及紫外辐射瞬时最大值

月份	紫外辐射/(MJ·m ⁻²)	总辐射/(MJ·m ⁻²)	比例/%	瞬时最大值/(W·m ⁻²)
1	0.45	10.68	4.21	31.24
2	0.63	14.11	4.46	42.35
3	0.77	17.36	4.44	55.36
4	0.86	18.69	4.60	53.31
5	1.13	22.80	4.96	62.66
6	1.17	21.93	5.34	67.11
7	1.23	19.80	6.21	64.37
8	1.11	20.83	5.33	50.07
9	0.95	20.46	4.64	60.93
10	0.73	15.10	4.83	46.55
11	0.57	11.87	4.80	36.87
12	0.43	8.50	5.06	27.96
年平均	0.84	16.84	4.99	49.88

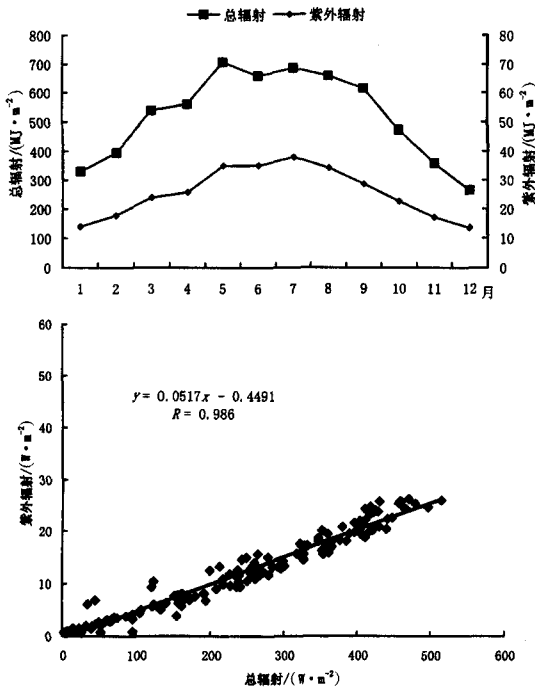


图 1 紫外辐射和总辐射关系

变化情况及紫外辐射瞬时最大值。从表中可以看出：本地区紫外辐射的年变化与总辐射的年变化位相基本相同,最小值都出现在12月,最大值分别出现在7月和5月。就其变化幅度而言,夏季值约为冬季相应值3倍,白建辉等^[21]利用香河观测站1990年1月—1991年3月太阳紫外辐射资料研究的北京地区,夏季值约为冬季相应值2倍。塔中地区紫外辐射月平均日总量的最大值为7月的1.23 MJ·m⁻²,最小值为12月的0.43 MJ·m⁻²,年平均为0.84 MJ·m⁻²,大于黑河(0.48 MJ·m⁻²)、太湖(0.73 MJ·m⁻²)和五道梁(0.73 MJ·m⁻²)地区^[22-24]。年振幅为0.8 MJ·m⁻²,相对年振幅为65%,大于黑河(51%)、太湖(58.5%)和五道梁(61%)地区^[16,22-23]。瞬时最大值夏季大于冬季,其中6月最大,为67.11 W·m⁻²,12月最小为27.96 W·m⁻²。紫外辐射年平均值在总辐射年平均值中所占比例为4.99%,小于太湖和北京地区^[21,23],大于黑河地区(2.9%)^[16]和五道梁(4.3%)^[22]。

2.1.2 紫外辐射与总辐射的比值

从表2可以看出：紫外辐射平均日变化与总辐射平均日变化比例的平均变化范围为4.16%~5.9%,而世界各地的紫外总辐射占太阳总辐射的比值为4.6%~5.9%,平均为5.4%^[24]。对紫外辐射与总辐射比值的研究,Robaa 利用埃及开罗4 a 观测数据得到的比例变化范围为2.7%~4.9%^[25],Khogali 等利用18个月得到的麦加比例变化范围为2.8%~4.3%^[26],Elhadidy 等在沙特阿拉伯得到的比例为2.1%~

4.6%^[27]。祝青林等^[28]利用中国陆地生态系统2002年通过差减法得到的紫外辐射监测资料,分析了我国紫外辐射与总辐射比值的变化特征,认为紫外辐射与总辐射的比例在5.85%~8.51%(均值为7.28%)。胡波等^[9]计算出北京紫外辐射与总辐射的比例在2%~5%。

图2为晴天、阴天、沙尘和实际天气下紫外辐射的月平均日总量占总辐射的月平均日总量的比例变化曲线。从图看出,各天气条件下,紫外辐射占总辐射的比例在一年间均呈现单峰型,夏季大,冬季小,春、秋居中,尤其在晴天表现得明显。与晴天相比,阴天、沙尘天和实际天气下虽然波动较大,但其变化趋势与晴天一致。一年中的绝大多数月份,其比值,晴天>沙尘天,晴天<阴天,只有个别月份二者比较接近。在晴天条件下,大气一般处于不稳定状态,相对于紫外辐射而言,大气中的水汽和气溶胶等对太阳总辐射的衰减起主要作用,所以总辐射的衰减大于紫外辐射;在沙尘天气情况下,大气中的气溶胶颗粒物不易扩散且量很多,使紫外辐射较总辐射衰减很多,例如:4月22日这天的沙尘暴时段与4月26日典型晴天下相应时段相比,紫外辐射衰减了74.7%,总辐射衰减了52.2%。此外,处理全年数据后得到,月平均日总量 $Q_{uv\text{晴}}/Q_{uv\text{沙尘}} > Q_{\text{晴}}/Q_{\text{沙尘}}$,也可证明此推断正确。一般认为,大气中水汽对太阳紫外辐射和总辐射的影响程度不同,致使其比值阴天值大于晴天值^[21]。白建辉等^[21]研究的北京紫外辐射占总辐射比例的变化呈U型,认为这主要是受到水汽、气溶胶、大气中各种污染气体等的季节变化不同,使一年中总辐射增加或减小的程度均大于紫外辐射。在塔中,其比例变化主要受到水汽和沙尘颗

表2 紫外辐射平均日变化与总辐射
平均日变化比例/%

地方时	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
05:00					11.09	6.52	9.65					
06:00				6.70	4.42	4.58	4.98	4.53	4.13	1.28		
07:00		12.48	5.11	4.38	4.27	4.64	4.97	4.62	4.08	4.72	9.65	
08:00	4.20	4.34	4.09	4.34	4.58	5.08	5.28	4.86	4.28	4.23	4.67	6.05
09:00	3.56	4.19	4.31	4.47	4.90	5.25	5.58	5.15	4.86	4.64	4.52	5.03
10:00	3.99	4.34	4.48	4.84	5.10	5.44	5.77	5.40	5.02	5.18	4.77	4.91
11:00	4.39	4.54	4.57	4.76	5.24	5.65	5.85	5.54	4.96	5.40	4.79	5.09
12:00	4.53	4.67	4.59	4.81	5.28	5.60	5.85	5.58	5.00	5.29	4.88	5.12
13:00	4.71	4.66	4.61	4.71	5.18	5.54	5.59	5.58	5.01	5.01	4.94	5.06
14:00	4.33	4.45	4.48	4.55	4.98	5.43	5.51	5.47	4.87	4.80	4.74	4.83
15:00	3.49	4.15	4.24	4.33	4.73	5.43	5.32	5.40	4.33	4.32	4.39	4.73
16:00	3.30	4.16	4.13	4.30	4.52	5.21	5.27	4.99	3.91	3.81		6.25
17:00	12.87	5.45	4.36	4.38	4.32	5.06	4.93	4.82	2.71	3.67		
18:00			9.68	5.55	4.51	4.88	4.96	4.85	0.91			
19:00					4.76	9.40	8.96					
平均	4.94	5.22	4.89	4.78	5.19	5.58	5.90	5.14	4.16	4.36	5.26	5.23

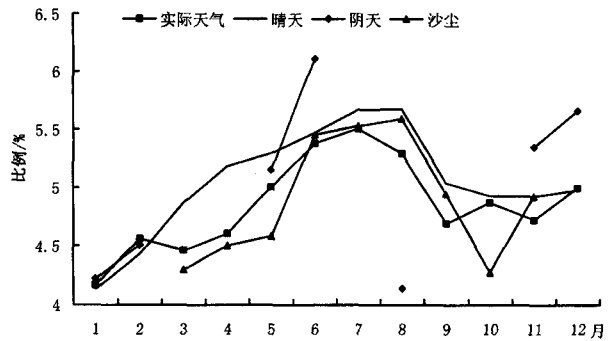


图2 紫外辐射月平均日总量占总辐射
月平均日总量的比例

(注:阴天为云量≥9成且不含沙尘,即除去沙尘的影响,故没有3、4、7、9、10月份的值;沙尘天为云量≤2成下的天气,即除去云的影响,故没有1、2、12月的值。)

粒物季节变化的影响。

3 影响因子

3.1 太阳高度角的影响

塔中地区太阳紫外辐射和紫外 UV-B 辐射的年变化、日变化趋势大致与太阳高度角相同(图 3)。日出之后随着太阳高度角顶角的逐渐增大,太阳光穿过大气层的路径越来越短,被臭氧等消光因子衰减

的紫外辐射逐渐减少,到达地面紫外辐射逐渐增强,中午之后太阳高度角逐渐减小,太阳光穿过大气的路径越来越长,被臭氧等消光因子衰减的紫外辐射逐渐增大,到达地面紫外辐射也逐渐减弱^[20]。但是紫外辐射和紫外 UV-B 辐射量最大的时刻并不一定在正午,而要稍提前一些,例如:6 月 23 日 12:00 太阳高度角达到一天中的最大值为 74.44° ,紫外辐射和紫外 UV-B 辐射量在 11:13 达到一天中的最大值,分别为 $55.87 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 $2.03 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$,赵晓艳等^[29]利用成都地区紫外 UV-B 辐射观测资料得出的 UV-B 辐射量最大的时刻在正午稍后。

紫外辐射随太阳高度角具有明显的季节变化特征。1、4、7、10 月中,太阳高度角最大的 7 月,紫外辐射值最大,太阳高度角最小的 1 月,紫外辐射值最小,4 月的太阳高度角高于 10 月,但这两个月的紫外辐射值相差不大,这可能与 4 月多沙尘天(38 d, 占春季沙尘天日数的 37.6%) 有关,削弱了紫外辐射。紫外辐射最大值出现的时间早于太阳高度角最大的时间(6 月 23 日),紫外辐射和紫外 UV-B 辐射强度分别在 6 月 17 日和 6 月 12 日就达到全年最大,分别为 $66.90 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 $2.51 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$,而阴俊^[14]利用上海地区 2001—2003 年辐射资料得出的紫外辐射强度出现的时间晚于太阳高度角达到最大的时间为 7 月下旬。

3.2 云量和云状的影响

天气状况的不同能够很大程度地影响到达地表的紫外辐射,吴兑等^[30]认为在有云的情况下,云层的光学厚度确定了云对到达地面的紫外辐射的减弱,而与太阳天顶角、紫外辐射的波长、云所在的高度关系不大。光学厚度为 5 的云(薄云)减弱地面紫外辐射约 35%,光学厚度为 10 的云(较薄云)减弱地面紫外辐射约 50%,光学厚度为 80 的云(厚云)减弱地面紫外辐射约 90%。云层光学厚度与高地表反照率共同对到达地面的紫外辐射的影响是很大的,因为高反照率的地表和高反射率的云层的来回内反射可使地面紫外辐射增加很多倍。

3.2.1 云量

大量的观测资料表明,云天的紫外辐射较晴天有不同程度的减少。根据 Ityas 4 a 的观测,云天条件下的紫外辐射,在云量为 83% 时,减弱为晴天(无云)条件下相应值的 50%;云量为 100% 时,减弱为晴天(无云)条件下相应值的 45%。Blumthaler 等的测量结果是:云量为 10 时的太阳紫外波段辐射为晴天(云量=0)条件下相应值的 55%~65%。北京 1990

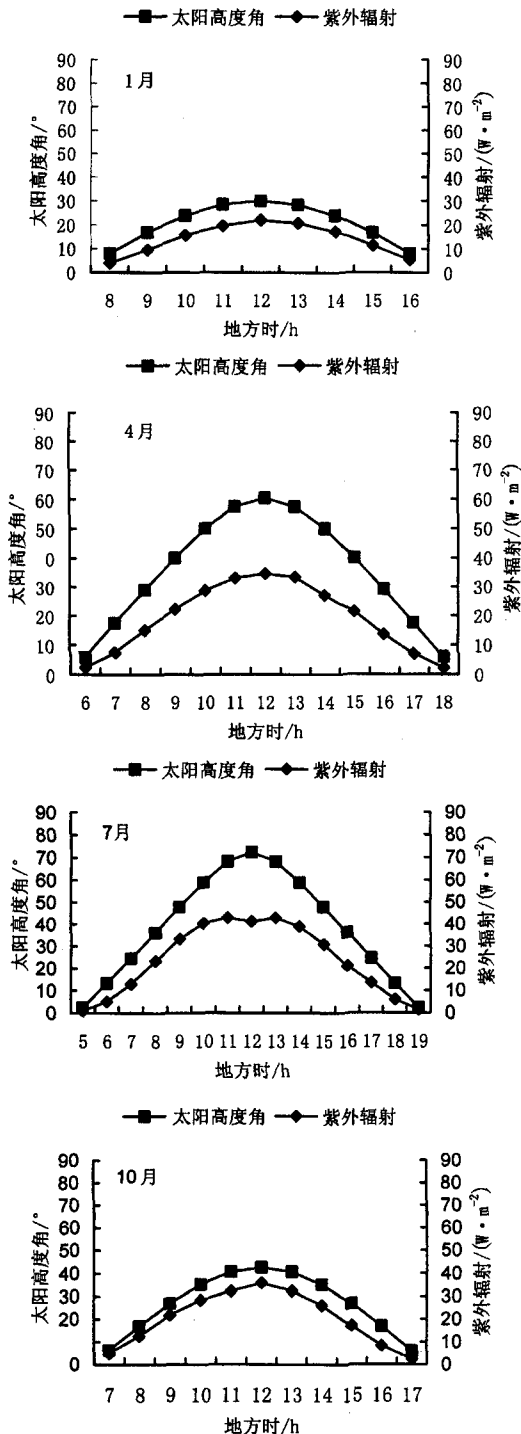


图3 太阳高度角与紫外辐射的关系

年紫外辐射阴天与晴天的比值在 44.16%和 61.82% 之间变化,12 个月的平均值为 53.62%^[31]。

对塔中 2007 年 12 个月晴天($N \leq 2$)、阴天($N \geq 8$)、少云(3~ $N \sim 5$)和多云(6~ $N \sim 8$)条件下到达地面的太阳紫外辐射曝辐量的月平均日总量分析后表明(表 3),UV 和 UV-B 辐射阴天与晴天的比值分别在 55.92%~77.5%,58.59%~74.79%之间变化,12 个月的平均值分别为 68.32%和 66.31%;UV 和 UV-B 辐射多云天与晴天的比值分别在 73.04%~94.91%,71.23%~99.2%之间,12 个月的平均值分别为 84.26%和 83.92%;UV 和 UV-B 辐射少云天与晴天的比值分别在 69.1%~99.36%,69.57%~97.05%之间,12 个月的平均值分别为 88.36%和 86.85%。

表 3 云天紫外辐射与晴天紫外辐射比例/%

月份	阴天		多云		少云	
	η_{UV}	η_{UV-B}	η_{UV}	η_{UV-B}	η_{UV}	η_{UV-B}
1	74.79	77.50	73.04	71.23	96.72	90.36
2	73.58	69.56	81.37	84.99	91.26	91.65
3	-	-	81.63	74.51	87.46	81.31
4	-	-	-	-	92.00	90.86
5	65.58	66.56	80.04	84.42	69.10	69.57
6	69.23	76.28	90.17	87.99	83.12	85.05
7	-	-	76.79	71.93	95.69	93.91
8	58.59	64.42	90.33	89.64	87.06	83.94
9	-	-	94.91	99.20	99.36	97.05
10	-	-	-	-	82.81	84.89
11	62.86	68.03	-	-	-	-
12	59.57	55.92	90.04	91.32	87.38	86.74
平均	68.32	66.31	84.26	83.92	88.36	86.85

可见,云天、紫外辐射明显减小,这可能是因为阴天与晴天相比,大气中的气溶胶粒子不易扩散,大气中的水汽含量大于晴天的,衰减了到达近地面的紫外辐射。经计算,与晴天相比,UV 和 UV-B 辐射在阴天分别减少 31.68%和 33.69%;在多云天分别减少 15.74%和 16.89%;在少云天分别减少 11.64%和 13.15%。即,随着总云量的增多,紫外辐射被衰减得愈多。云对 UV-B 的衰减大于对 UV 的衰减。多云天时,对 UV 和 UV-B 衰减最大和最小的月份分别是 1 月和 9 月;少云天时,对 UV 和 UV-B 衰减最大和最小的月份分别是 5 月和 9 月;阴天时,对 UV 和 UV-B 衰减最大的月份分别是 8 月和 12 月,衰减最小的月份均为 1 月。

3.2.2 云状

从表 4 可以看出,塔中在全部天空有云的情况

下,紫外 UV 和 UV-B 辐射与云状的关系,与碧空条件相比较,Sc、As、Ci 云状下紫外辐射值基本上都减小,递减由 Ci 云向 Sc 云方向变化。平均的说,Sc、Ci 云时的平均紫外 UV 辐射比晴天时分别减少 23.63%、12.53%;平均紫外 UV-B 辐射比晴天时分别减少 17.47%、14.31%。可见,Sc 云对 UV 和 UV-B 辐射的衰减最大。

表 4 塔中各种云状阴天下紫外辐射值/($W \cdot m^{-2}$)

时次	碧空	Sc	As	Ci	碧空	Sc	As	Ci
	UV	UV	UV	UV	UV-B	UV-B	UV-B	UV-B
8	1.73	2.05	-	2.36	0.025	0.037	-	0.033
9	4.67	8.33	-	7.72	0.082	0.138	-	0.117
10	9.46	8.73	2.52	8.51	0.190	0.188	0.046	0.173
11	18.34	14.78	-	16.29	0.444	0.363	-	0.399
12	26.79	23.01	-	21.45	0.743	0.709	-	0.561
13	32.15	34.33	-	29.62	0.968	1.161	-	0.872
14	36.82	-	-	33.72	1.156	-	-	1.046
15	33.94	24.87	-	26.9	1.058	0.939	-	0.807
16	29.95	28.1	-	23.21	0.900	0.952	-	0.697
17	25.05	12.5	-	25.27	0.679	0.367	-	0.721
18	15.44	8.55	-	11.29	0.369	0.204	-	0.266
19	8.44	9.62	-	9.53	0.184	0.202	-	0.197
20	11.44	4.24	-	6.41	0.197	0.066	-	0.1
平均	19.56	14.93	-	17.1	0.538	0.444	-	0.461

3.3 沙尘的影响

对塔中 2007 年有沙尘月份中到达地面的太阳紫外 UV 和 UV-B 辐射量的月平均日总量分析后表明(表 5),沙尘天,紫外 UV 和 UV-B 辐射明显减

表 5 沙尘天紫外辐射与晴天紫外辐射比例/%

月份	浮尘、扬沙		浮尘、扬沙、沙尘暴		沙尘暴	
	η_{UV}	η_{UV-B}	η_{UV}	η_{UV-B}	η_{UV}	η_{UV-B}
3	81.72	70.18	-	-	-	-
4	86.95	86.45	70.95	70.01	38.96	37.11
5	87.90	91.33	60.89	61.43	40.64	39.01
春季	85.52	82.66	65.92	65.72	39.80	38.06
6	94.52	93.64	82.46	79.05	77.63	73.21
7	98.25	95.20	94.66	91.32	73.11	68.05
8	88.64	84.51	77.07	75.11	59.70	61.01
夏季	93.81	91.12	84.73	81.83	70.15	67.42
9	68.24	67.78	68.24	67.78	-	-
10	98.75	97.19	98.75	97.19	-	-
11	87.79	81.63	87.79	81.63	-	-
秋季	84.93	82.20	84.93	82.20	-	-
年平均	88.09	85.32	80.1	77.94	58.01	55.68

小,随沙尘含量的增多,紫外辐射值减小。沙尘暴天气 UV 和 UV-B 辐射值为沙尘天气中最小值,这从其日变化曲线中可以看出。沙尘对 UV-B 的衰减大于对 UV 的衰减。受沙尘暴影响时,UV 和 UV-B 辐射在春季被削弱得最明显;受浮尘、扬沙影响时,则在秋季被削弱得最为明显。浮尘、扬沙天气下,UV 和 UV-B 辐射被削弱得最少,分别被削弱 11.91% 和 14.68%,其中在春季分别被衰减约 1.54% 和 2.1%,在夏季分别被衰减约 1.59% 和 2.95%,在秋季分别被削弱约 7.77% 和 9.3%;沙尘暴天气下则被削弱得最多,分别削弱 41.91% 和 44.32%,其中在春季分别被削弱了约 25.94% 和 28.4%,在夏季分别被削弱了约 10.54% 和 12.98%。

选取 7 月 20 日、8 月 22 日、8 月 12 日分别代表晴天、浮尘和扬沙、沙尘暴天气,来分析沙尘对 UV 和 UV-B 辐射日变化的影响。由图 4 可知,晴天,辐射变化平缓,为典型倒“U”型,即 12 时为一天中最大值,两边呈对称分布,呈现单峰特征。浮尘、扬沙天气条件下,辐射值削弱较为明显,起伏变化较大,出现浮尘(00:15—0:35、03:55—06:55、09:55—15:00)和扬沙(00:45—03:55、06:55—09:55、15:00—17:35)的时段,UV 和 UV-B 辐射值分别只有晴天相应时段的 35.28% 和 29.97%。沙尘暴出现(16:26—17:35)时段其 UV 和 UV-B 值分别只有晴天相应时段的 13.04% 和 13.31%。

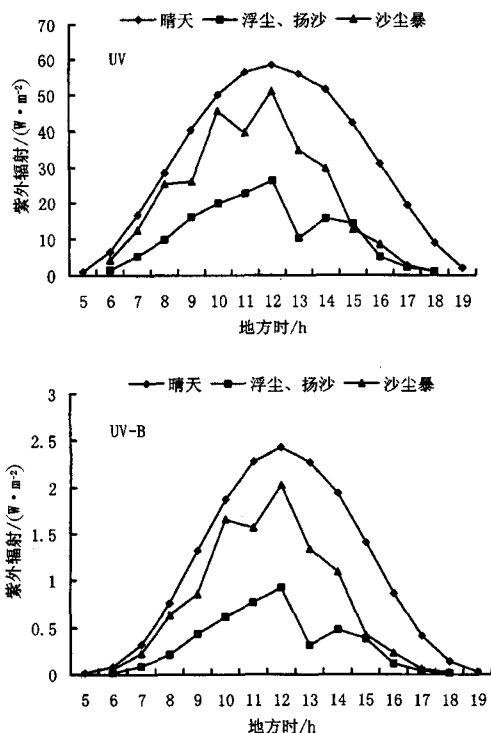


图 4 典型天气条件下 UV 和 UV-B 辐射的变化曲线

4 结论

(1) 紫外辐射月总量最大值在 7 月 ($38.03 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$), 低于祁连山海北高寒草甸区的月总量最大值 $41.62 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ (5 月)。最小值在 12 月 ($13.4 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$), 低于北京和太湖地区, 高于黑河和五道梁地区。紫外辐射与总辐射的相关系数达 0.986。紫外辐射平均日变化与总辐射平均日变化比例的平均变化范围为 4.16%~5.9%。

(2) 紫外辐射在总辐射中所占比例变化位相为单峰型, 夏季大, 冬季小, 春、秋季居中, 尤其在晴天表现得明显, 与晴天相比, 阴天、沙尘天和实际天气下虽然波动较大, 但其变化趋势与晴天一致。一年中的绝大多数月份, 其比值, 晴天>沙尘天, 晴天<阴天, 只有个别月份二者比较接近, 其比例的年变化分为三个明显不同的阶段。紫外辐射在总辐射中所占比例的日变化最大值或最小值几乎出现在早晨或傍晚。晴天的日变化较为简单, 有云和沙尘的天气, 其日变化波动较大。随着云量的增多, 紫外辐射与总辐射的比值增大, 随着沙尘的增多, 其比值减小。

(3) 塔中地区太阳紫外辐射的年变化、日变化趋势大致与太阳高度角相同, 但瞬时最大值出现的时间早于太阳高度角最大值出现的时间 (6 月 23 日)。云天, 紫外辐射明显减小。与晴天相比, 阴天减少 31.68%, 多云天减少 15.74%, 少云天减少 11.64%。即, 随着总云量的增多, 紫外辐射减少得愈多。与碧空条件相比较, Sc、Ci 云时的平均紫外辐射比晴天时分别减少 23.63%、12.53%, Sc 云对紫外辐射的衰减最大。随沙尘含量的增多, 紫外辐射值减小。受沙尘暴影响时, 紫外辐射在春季被削弱得最明显, 受浮尘、扬沙影响时, 则在秋季被削弱得最为明显, 春季与其差不多。沙尘暴天气下, UV 和 UV-B 辐射被削弱得最多, 分别削弱 41.91% 和 44.32%, 其中在春季分别被削弱了 31.49% 和 31.65%。

参考文献:

- [1] 中国气象局. 中华人民共和国气象行业标准 (QX/T43-2006) TFU-AB 型宽波段太阳紫外辐射测量仪[S]. 北京: 气象出版社, 2007, 10. http://www.sac345.org.cn/upload/userfiles/QXT_43-2006.pdf.
- [2] 李英年, 赵亮, 徐世晓, 等. 祁连山海北高寒草甸紫外辐射与气象要素的关系 [J]. 干旱区研究, 2008, 25 (2): 266-272.
- [3] 胡波, 王跃思, 刘广仁. 北京城市紫外辐射变化特征及经验估算方程[J]. 高原气象, 2007(6): 511-518.
- [4] 江灏, 季国良, 师生波, 等. 藏北高原紫外辐射的变化特征 [J]. 太阳能学报, 1998, 19(1): 7-12.

- [5] 刘晶森,马金玉,李世奎,等.华北平原北部太阳辐射及地表辐射平衡特征[J].太阳能学报,2009,30(5):577-585.
- [6] 胡列群.塔克拉玛干沙漠地面有效辐射研究[J].干旱区地理,1997,20(1):25-32.
- [7] 何清,徐俊荣.塔克拉玛干沙漠散射辐射观测研究[J].干旱区地理,1996,19(4):39-44.
- [8] 陈霞,魏文寿,刘明哲.塔里木盆地沙尘气溶胶对短波辐射的影响[J].中国沙漠,2008,28(5):920-926.
- [9] 辛金元,张文,袁九毅,等.沙尘气溶胶对直接太阳辐射的衰减研究[J].中国沙漠,2003,23(3):311-315.
- [10] 李红军,袁玉江.塔克拉玛干沙漠北缘沙尘暴观测分析[J].中国沙漠,2005,25(增刊1):146-149.
- [11] 魏文寿,董光荣.古尔班通古特沙漠的辐射热量交换分析[J].中国沙漠,1997,17(4):335-341.
- [12] 陈世强,吕世华,奥银焕,等.夏季不同天气背景条件下黑河中游不同下垫面的辐射特征[J].中国沙漠,2008,28(3):514-518.
- [13] 张凯,王润元,张强,等.绿洲荒漠过渡带夏季晴天地表辐射和能量平衡及小气候特征[J].中国沙漠,2007,27(6):1055-1061.
- [14] 阴俊,谈建国.上海地区地面太阳紫外辐射的观测和分析[J].热带气象学报,2006,22(1):86-90.
- [15] 李英年,王文英,赵亮,等.祁连山海北高寒草甸地区紫外辐射特征及其对植物生理作用的探讨[J].高原气象,2002,21(6):615-621.
- [16] 江灏,季国良,吕兰芝.HEIFE 绿洲区的太阳紫外辐射[J].高原气象,1994,13(3):346-352.
- [17] 杜尧东,毛慧琴,刘爱君,等.广东省太阳总辐射的气候学计算及其分布特征[J].资源科学,2003,25(6):66-70.
- [18] 季国良,邹基玲.干旱地区绿洲和沙漠辐射收支的季节变化[J].高原气象,1994,13(3):323-329.
- [19] 杨兴国,马鹏里,王润元,等.陇中黄土高原夏季地表辐射特征分析[J].中国沙漠,2005,25(1):55-62.
- [20] 刘晶森,丁裕国,黄永德,等.太阳紫外辐射强度与气象要素的相关分析[J].高原气象,2003,22(1):45-50.
- [21] 白建辉,王庚辰.北京地区太阳紫外辐射的基本特征[J].太阳能学报,1993,14(3):245-250.
- [22] 江灏,季国良.五道梁地区的太阳紫外辐射[J].高原气象,1996,15(2):141-146.
- [23] 张运林,泰伯强.太湖地区太阳紫外辐射的初步研究[J].大气科学,2002,22(1):93-99.
- [24] 马金玉,刘晶森,李世奎,等.华北平原北部紫外 UV-B 辐射特征及生态效应—以固城站观测资料为例[J].资源科学,2007,29(6):33-39.
- [25] Robaa S M.A study of ultraviolet solar radiation at Cairo ur-ban area Egypt [J].Solar Energy,2004,77 (2):251-259.
- [26] Khogali A,Al-Bar O F.A study of solar ultraviolet radiation at Makkah solar station[J].Solar Energy.1992,48 (2):79-87.
- [27] Elhadidy M A, Abdel-Nabi D Y,Kruss P D.Ultraviolet solar radiation at Dhahran Saudi Arabia [J].Solar Energy, 1990,44(6):15-319.
- [28] 祝青林,于贵瑞,刘新安,等.中国陆地生态信息空间化技术研究—太阳辐射要素 [J]. 自然资源学报,2005,27(1):114-120.
- [29] 赵晓艳,龚敏,何捷,等.成都地区太阳紫外 UV-B 辐射的测量与分析[J].光散射学报,2007,19(1):74-78.
- [30] 吴兑.到达地面的太阳紫外辐射强度观测 [J]. 气象, 2001,27(3):27-29.
- [31] 白建辉,王庚辰,胡非.太阳紫外辐射在大气中衰减的探讨[J].气候与环境研究,2002,7(4):440-446.