

影响上海地区太阳紫外辐射的研究

张 维 邵德民

(上海市气象科学研究所, 上海 200030)

提 要

上海于1997年8月起建立了太阳紫外辐射强度观测点。分析了1998年8月~1999年7月用埃帕莱紫外辐射仪(Eppley Ultra-Violet Radiometer)所采集的到达地面太阳紫外辐射数据。研究了紫外辐射与影响它变化的各个因子之间互相影响程度。

关键词: 太阳紫外辐射 强度 观测

引 言

自1985年第一次发现南极臭氧洞以来,引起了普遍关注,吸引着各有关领域科学家研究这个问题。许多研究表明,大气层臭氧浓度降低可使那些高能的紫外线得以到达地面。紫外辐射增加可破坏地球生物链,它将对环境、农作物和森林、全球的气候、人类的健康产生影响^[1~5]。因此,进行长期监测地面紫外线强度和紫外辐射研究是一项很有意义的工作。紫外线辐射观测是开展紫外线研究和进行紫外线指数预报的基础。所以,我们从一开始就十分注重对紫外线的实际测量,并于1997年8月建立了上海地区紫外线观测点,先后使用两种紫外辐射测量仪进行太阳紫外辐射观测。

1 紫外线辐射测量仪器与观测方法

在观测试验的前一阶段(1998年8月~1999年7月)使用的是美国埃帕莱实验室(The Eppley Laboratory INC.)生产的埃帕莱紫外辐射仪(Eppley Ultra-Violet Radiometer)进行太阳紫外线辐射强度的测量。仪器光谱测量范围为290~385nm,相当于UVA和UVB波段。

从1999年7月份起,我们换用了由荷兰Kipp & Zonen公司生产的CUV3型宽波段紫外太阳辐射测量仪继续进行观测。该仪器光谱测量范围为290~400nm,中心波长

360nm,也在UVA和UVB波段。仪器输出0~100mV电压信号。仪器经过严格标定校正系数。

紫外线辐射测量仪安置在上海浦东气象中心观测场内(位置为:31°14'N、121°32'E)。仪器接入上海市气象局雾自动监测系统,实现了太阳紫外辐射强度和其它气象要素的同步自动观测。自动监测系统每10分钟采集一次数据,除记录下紫外辐射强度值以外,也同步记录下该时刻的气温、相对湿度、露点温度、气压、降雨量、日照时间、瞬时能见距离、10分钟平均能见距离、风速、风向等全部共11个要素。所有资料由计算机自动储存。可以在远程利用MODEM拨号,实现观测数据资料的实时调用和传输。

2 上海地区到达地面的紫外辐射量的时间变化

2.1 到达地面的紫外辐射量月变化

太阳紫外辐射与太阳辐射一样有着明显的月际变化特征。表1给出了1998年8月19日至1999年7月10日期间到达地面紫外辐射强度的监测结果。由于1998年8月份和1999年7月份的观测资料不甚完整,因此,实际的测量表明,月紫外辐射总量是在春季的5月份和秋季的9月份出现较高值,它们分别是 $13.60\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 、 $11.44\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 。其次是4月份与10月份。冬季的紫外辐射量

较低,最低值出现在12月份($5.14\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$),与5月份相比较减少了 $8.46\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 。中午前后时段(10~14时)紫外辐射量占全天紫

外辐射总量的58%~74%,表明中午前后时段紫外辐射量对人体等影响是最大的。

表1 各月到达地面紫外辐射强度($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$)

(资料时间:1998.9.1~1999.6.30)

	月紫外辐射总量	10~14时月紫外辐射总量	日最大紫外辐射量	10~14时日最大紫外辐射量	中午前后紫外辐射量占全天紫外辐射量的百分比(%)
1998年8月	5.09	3.00	0.72	0.47	58.94
9月	11.44	7.66	0.73	0.47	66.96
10月	10.37	6.99	0.62	0.42	67.41
11月	7.30	5.08	0.37	0.26	69.59
12月	5.14	3.77	0.31	0.22	73.35
1999年1月	5.39	4.01	0.33	0.24	74.40
2月	7.11	5.08	0.40	0.29	71.45
3月	4.03	2.77	0.52	0.34	68.73
4月	10.60	6.82	0.72	0.45	64.34
5月	13.60	8.42	0.67	0.42	61.91
6月	8.24	5.18	0.89	0.54	62.86
7月	2.12	1.28	0.74	0.51	60.38

从秋、冬、春季节的紫外辐射量也可看出季节变化规律明显。紫外线辐射强度在春季(4、5月)最强,峰值出现在11时左右,曝辐量为 $1.7\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$,秋季(9、10、11月)略小于春季,出现的最大值为 $1.5\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$,冬季(12、1、2月)由于太阳总辐射较弱,紫外线辐射也处在一年的最低值,11时的最大值仅为 $1.0\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

观测期间的3月份雨日有18天,出现了持续低温阴雨天气,上海各区县降水总量比常年多50%~70%,总日照比常年少55~100小时;而6月份入梅比常年提早了近10天,雨日有22天,全月日照时数比常年少40~75小时。但从观测资料中仍可看出,晴天中午10~14时紫外辐射强度还是比较强的。由于这两个月气候状况与常年存在着一定的差异,所以紫外辐射月总量也出现了较低的值。

2.2 到达地面的紫外辐射的日变化规律

到达地面的紫外辐射与太阳总辐射同样存在着明显的日变化规律。它们两者之间有着很好的相关性,太阳总辐射量增加,紫外线辐射量也随着增强,反之,紫外线辐射也随着减弱。只是紫外线辐射强度变化比太阳总辐

射变化要小得多。

分析上海地区不同月份到达地面的紫外线辐射的日变化情况(图1),可以看出它们多具有早晚辐射量小,中午时辐射量大的共同特点。

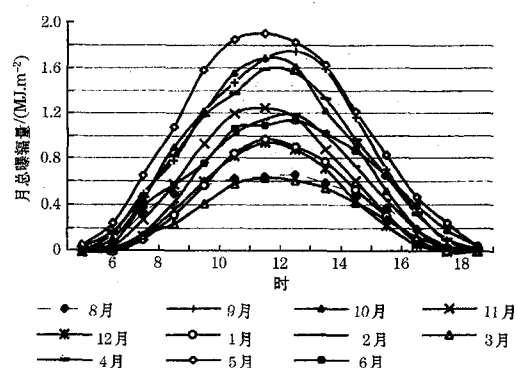


图1 太阳紫外线辐射的日变化

(1998.8.19~1999.6.30)

3月、6月、8月份的紫外线辐射日变化曲线都比较低,这主要是由于3月份和6月份的雨日比常年多,日照比常年少的缘故;8月份则是由于资料不甚完整所造成的。另外,8月份在开始观测的后一段时间内,只有两天中午总云量为4成,其它时间的云量都在7~10成,而其中总云量为10的就占了8天,太阳总辐射较弱,导致这3个月的紫外线

强度日变化曲线偏低。

2.3 不同时间段最大紫外线辐照度的变化

不同月份中,不同时间段出现最大紫外线辐照度的变化反映出(图2仅给出双月的变化曲线),冬季的最大紫外辐照度最小,春、秋季节比较接近,中午前后最大紫外线辐照度接近于 $30\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 左右。但是,6月份的最大紫外辐照度值要比其它月份都大。12月、1月中午的最大紫外线辐照度值也比较接近(分别是 $15.2\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 $15.4\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$),11月、2月与3月的最大紫外线辐照度平均是 $17.9\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 、 $19.5\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 $20.6\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$,4月、5月最大紫外线辐照度平均值为 $28.1\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$,9月、10月份的最大紫外辐照度平均值为 $27.8\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$,8月、6月的最大紫外线辐照度分别为 $32.2\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 、 $33.0\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。尽管3月、6月雨日多,日照时间少,影响了这两个月总的太阳辐射与紫外线辐射,但晴好天气时,最大紫外线辐照度值仍然是比较大的。

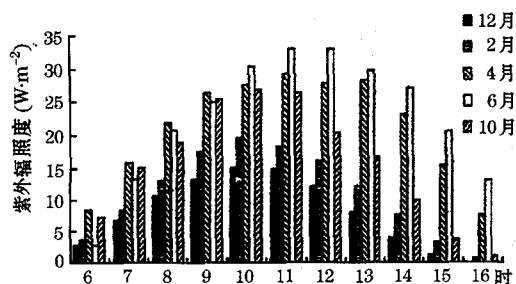


图2 不同月份在不同时段出现最大紫外线辐照度情况

3 各种因子对太阳紫外辐射的影响

3.1 太阳高度角的变化对太阳紫外辐射影响

紫外线辐射日变化的特点主要是由太阳的高度角日变化所决定,因为太阳高度角决定了太阳辐射在大气中的所通过“路径”。在太阳高度角较低的早晚时刻,太阳光线斜射,使太阳辐射受到较强的削弱,同时也使得到达地面的紫外辐射较小;随着太阳高度角的增高,太阳辐射量增大,紫外辐射也随着增大。

从图3给出的在不同太阳高度角下太阳紫外辐射变化曲线中可明显看出这一变化过程。另可看出天气变化的影响是明显的,晴天时,紫外辐射强度随着太阳高度角的变化也有较大的变化;而阴天时则变化较小。一般的变化趋势是:随着太阳在天空中的高度角增大,到达地面的紫外辐射也随之增大,正午时分达到最大,尔后,又随着太阳高度角的降低,太阳总辐射量和紫外辐射量都随之减弱。另外,可以看出的是,即使是在同样的太阳高度角情况下,午前与午后到达地面的紫外线辐射强度有着不同的表现,午前的强度比午后要大,这是由于午前和午后大气透明度及云量等不同所引起,还与大气污染等因素有关。

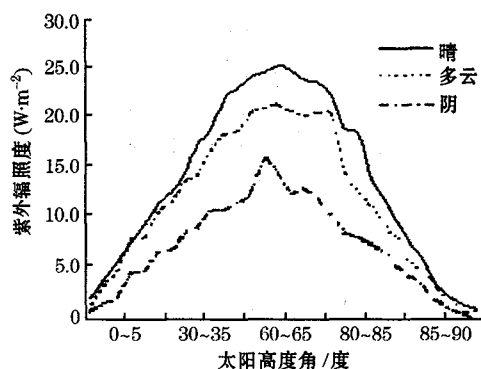


图3 不同太阳高度角下太阳紫外辐射变化

3.2 天空状况对太阳紫外线辐射的影响

我们粗略地把天空状况分为晴天、少云、多云和阴天4种情况,分类分析所观测到紫外线辐射数据可看出,到达地面的太阳紫外线辐射强度与天空状况有着密切的关系(见图4)。晴天的日变化幅度较大,并且随着月份的不同在强度上的变化差异也较大,其中以6月、9月份的紫外线辐射强度较大,12月份及1月份紫外线辐射强度较弱。在多云天气条件下,由于云的存在,降低了来自太阳光的直接紫外线辐射量,而阴天天空状况下,由于云层的覆盖,紫外线辐射的衰减更明显,中午时段与晴天相比减少将近一半左右。

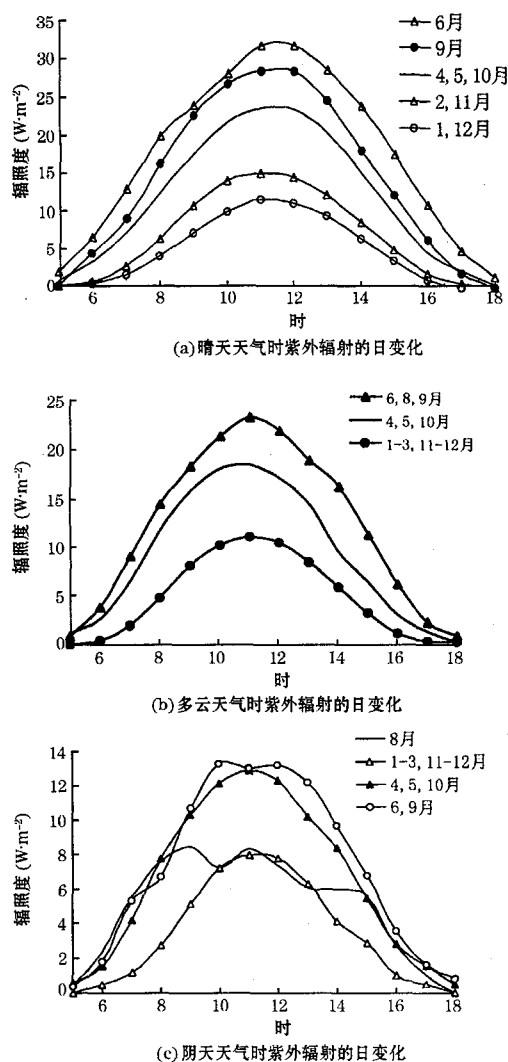


图4 各种天空状况下紫外辐射的日变化

3.3 云量和云状对紫外线辐射强度的影响

云量对到达地面的紫外辐射有着很大的影响,从所观测到的14时的总云量与中午时段的紫外线辐照度资料分析看,总云量与紫外线辐照度呈反相关,平均相关系数为 -0.715 。但是,紫外线辐照度与低云量的相关性相对较差些。

从图5中可以看出,随着云量的增多,太阳光线被遮挡的机会也增大,所以紫外线辐照度随着云量的增多而减少。冬季的递减率比其它月份要慢一些,当总云量增加到8成以上时,紫外线辐照度的减弱就较快;春秋季

的3~5月和10月当云量在3~4成以下时,紫外线辐射的递减变得平缓,而当云量在3~4成以上时,紫外线辐射递减速度就有所加快;6月和9月随着云量不断地增多,紫外线辐射减弱速度比其它月份更加显著。

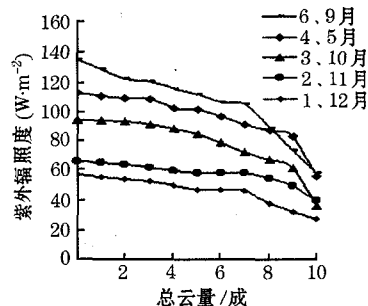


图5 总云量和紫外线辐照度的关系

另外,我们还对上海地区较常出现的几种云状(14时)与同步的紫外线辐射关系进行了分析(见图6),从图6中反映出在不同云状情况下对紫外辐射所产生影响程度有非常大的差异。低云族的淡积云(Cu hum)对紫外线辐射的减弱影响不甚明显,相对于无云条件下的紫外线辐射强度平均减少在10%以下;透光性低云(Sc tra)和中云(Ac tra)对紫外线辐射的衰减率在35%~40%左右,而蔽光性云层由于相对比较厚,且光透射率小,云的含水量又高,以致对紫外线辐射减少的百分比较大,平均在60%~70%左右。密卷云、卷层云等高云,对紫外线辐射减小的影响就比较小,大致为20%左右。

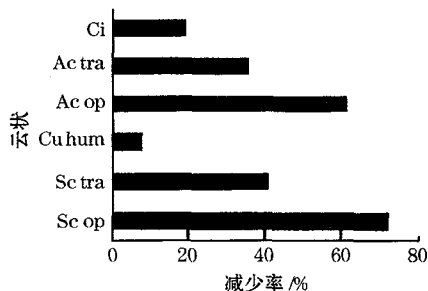


图6 不同云状相对于无云情况下紫外线辐射的百分比

3.4 大气能见度与太阳紫外辐射的关系

在影响地面太阳紫外线辐射的因子中,气溶胶粒子的作用比较敏感,是一个相当重

要的影响因子。当污染气体和颗粒物聚集于大气中时,就会影响大气透明度,降低能见度距离,颗粒物越多,大气透明程度就越差,能见度距离就越小,这时的紫外线辐射强度也就要减弱。

我们对1998年9月1日~1999年5月30日期间所观测的10分钟一次的紫外线辐射强度数据和能见度数据进行了分析,统计时为排除云对紫外线辐射的影响作用,仅取了晴天条件下观测的数据,得到太阳紫外辐射强度与能见距离之间的相关关系。

从不同能见距离与太阳紫外辐射强度关系(见表2)可看到,随着能见距离降低,太阳紫外辐射量减弱的现象明显。当能见距离在10km以上时,各月紫外线辐射量减弱都比较小,平均在10%以下;能见距离在5000~7500m时,各月的紫外线辐射量减弱百分比有所加大,平均在26%左右。冬季的几个月一般为30%左右;当能见距离小于2500m时,除4月份外,各月的紫外线辐射强度减弱的百分比都接近一半左右。

表2 各月不同距离平均能见度(km)和太阳紫外总辐射减弱情况(%)

月份	≤2.5	2.5~5	5~7.5	7.5~10	10~12.5	12.5~15
9	58.0	33.1	25.2	15.0	4.6	3.1
10	45.7	22.0	22.8	12.6	6.5	5.4
11	47.9	26.2	20.6	14.0	8.3	9.6
12	54.3	38.3	33.2	17.1	11.1	5.3
1	41.7	31.8	30.0	22.7	14.6	3.1
2	48.9	39.5	30.5	24.8	12.2	4.0
3	46.4	41.1	39.6		6.2	
4	29.7	29.2	21.7	13.6	10.5	7.5
5	52.6	41.1	14.0	8.7	6.8	4.2
平均	47.8	33.7	25.6	15.9	9.0	5.3

表3 各时段不同能见度(km)和太阳紫外总辐射减弱情况(%)

北京时	≤2.5	2.5~5	5~7.5	7.5~10	10~12.5	12.5~15
7	45.2	36.8	31.5	14.3		
8	47.3	39.9	31.4	21.3	14.6	10.5
9	46.5	30.8	23.3	14.6	8.1	5.7
10	47.6	31.0	22.9	15.8	7.1	5.2
11	56.0	27.2	22.3	12.8	7.2	3.1
12	55.2	29.5	22.2	15.2	8.2	4.5
13	54.3	33.5	23.2	17.1	9.0	3.6
14	61.8	39.0	28.7	15.5	10.5	6.6
15	32.7	32.2	25.7	17.1	9.0	7.9

表3给出了不同时段、不同能见距离下太阳紫外辐射强度的减弱情况,从表3中可以看出:在各种不同的能见度情况下,中午时段紫外辐射减弱都要小一些,而中午前后两头时段紫外辐射强度的减弱现象都有增加的趋势。另外还可以看出,在能见距离10km以上时,各时段的紫外辐射减弱都比较小(一般都<10%),当能见度距离小于2500m时,对紫外线辐射减弱的作用就变得较大,基本上都在50%左右。据Nader^[6]对美国洛杉矶

市的观测分析指出,在无烟雾日,下层空气层内(近地面1630m空气层内)紫外线辐射平均减弱14%,而当有烟雾出现时则要减弱58%。Stair^[7]对洛杉矶市的紫外线辐射也曾作过观测,他指出,有烟雾出现时紫外线辐射量要减弱50%,在极稠密的烟雾时,竟减弱90%。

4 紫外线辐射量预报方法

到达地面的紫外线辐射在大气中传输过程十分复杂,影响因子众多,我们仅对影响地

面紫外线辐射的主要气象因子作一些分析。

大气中颗粒污染物和气态污染物对太阳光线有散射和吸收作用。从以上同步监测的紫外线辐射与大气能见度分析看出,大气能见度对紫外线辐射具有一定的影响,因此在建立预报方程预报时,应考虑大气能见度这一因子。考虑到大气能见度代表大气中TSP污染水平,但目前尚未进行能见度预报,这给预报工作带来困难。目前每天要对空气质量进行预报,其中有悬浮颗粒物(TSP)指数预报。通过对TSP污染指数与日平均能见距离的分析,得出在研究时段中的TSP污染指数与能见度之间的平均相关系数为-0.56(4月份的TSP污染指数与能见度之间相关性较差,未加入)。于是,以TSP污染指数作为在客观上能反映大气透明程度的一个因子来考虑,引入到回归方程中。方程中共考虑了8个因子,建立了如下回归方程:

$$Q_{uv} = -194573.84 + 19546.54X_1 - 1741.13X_2 - 16444.99X_3 - 1299.76X_4 - 9402.73X_5 - 11903.78X_6 - 18468.98X_7 - 34013.89X_8$$

其中: X_1 : 太阳高度角, X_2 : 日平均温度, X_3 : 14时总云量, X_4 : 日平均TSP指数, X_5 : 1000hPa水汽压, X_6 : 850hPa水汽压, X_7 : 700hPa水汽压, X_8 : 500hPa水汽压。此回归方程的复相关系数是0.898。

我们随机选取每月中旬云量 ≤ 2 的日期作为计算日,图7给出了中午14时紫外辐射

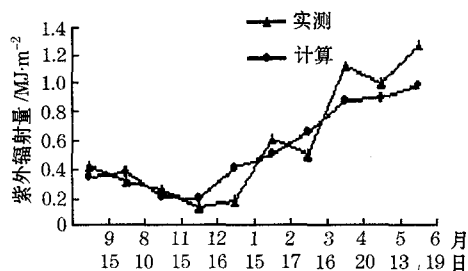


图7 紫外辐射的实测值与计算值的曲线

的实测值与同时段的计算值,由图7中两条曲线比较可看出,计算值基本与实测值一致。

5 结论

(1)实际的测量表明,中午前后时段(10~14时)紫外线辐射量占全天紫外辐射总量的58%~74%,表明中午前后时段紫外辐射量对人体等影响是最大的。紫外辐射季节变化与日变化规律明显,紫外线辐射强度在春季(4、5月)最强,秋季(9、10、11月)略小于春季,冬季(12、1、2月)由于太阳总辐射较弱,紫外线辐射也处在一年的最低值。

(2)冬季当总云量增加到8成以上时,紫外辐照度的减弱较快;3~5月和10月当云量在3~4成以下时,紫外辐射的递减变得平缓,而当云量在3~4成以上时,紫外辐射递减速度就有所加快;6月和9月随着云量的不断地增多,紫外辐射减弱速度比其它月份更加显著。

(3)低云族的淡积云(Cu hum)对紫外线辐射的减弱影响不甚明显,相对于无云条件下的紫外线辐射强度平均减少在10%以下;透光性低云(Sc tra)和中云(Ac tra)对紫外线辐射的衰减率在35%~40%左右,而蔽光性云层由于相对比较厚,对紫外线辐射减少的百分比就比较大,平均在60%~70%左右。密卷云、卷层云等高云,对紫外线辐射减小的影响比较小,大致为20%左右。

(4)当能见距离大于1万米以上时,紫外线辐射量减弱平均在10%以下;能见距离在5000~7500m时,紫外线辐射量减弱百分比平均在26%左右。当能见距离小于2500m时,多数月份的紫外线辐射强度减弱的百分比都接近50%左右。在各种不同的能见度情况下,中午时段紫外线辐射减弱现象要比中午前后两时段都要小一些。

(5)对观测得到的近一年左右上海地区地面紫外线辐射资料进行了整理分析,初步了解了上海地区紫外辐射的基本变化情况和规律。由于观测还刚开始,数据和资料也并不十分完整,所以,对紫外线的监测仍需继续进行,更全面、更仔细、详尽的分析也有待以

后继续进行。

致谢:衷心感谢南京气象学院陈万隆教授提供埃帕莱宽波段紫外辐射测量仪。

参考文献

- 1 Farman, J. C, Gardiner, B. G & Shanklin, J. D. Nature, 1985, 315:207—210.
- 2 Weishurd, S., Science News, 1986, 130:404.
- 3 Raloff, J., Science New, 1986, 130:362—363.
- 4 Rasmussen, R. A., & Khalil, M. A. K., Science, 1986,

232(4758):1623.

- 5 志民. 环境保护. 1987, 111:22~23.
- 6 Nader, J. S., Pilot study of ultraviolet radiation in Los Angeles, Octobre, 1965, Public Heath Serv. Publ. 999-AD-38, Dept. HEW, New. Cent. for Air Poll. Contr. Cincinnati, Ohio, 1967.
- 7 Stair, R.. The measurement of solarradiation, with principle emphasis on the ultraviolet componet. Int. Journ. Air Water Pol. 10, 665—686.

A Study of Solar Ultraviolet Radiation Influencing Shanghai

Zhang Wei Shao Demin

(Shanghai Institute of Meteorological Science, Shanghai 200030)

Abstract

A sampling station for observing solar ultraviolet radiant intensity was set up in Shanghai in August 1998. The surface solar ultraviolet radiation data collected by an American Eppley Ultraviolet Radiometer from August 1998 to July 1999 are analyzed. The relationship between ultraviolet radiation and some factors that may affect its variation is studied.

Key Words: solar ultraviolet radiation radiant intensity observation