

辽宁太阳紫外线辐射特征及强度预报

张云海¹ 杨洪斌¹ 龚强²

(1. 中国气象局沈阳大气环境研究所, 沈阳 110016; 2. 辽宁省气象能源开发应用研究所, 沈阳 110016)

摘要:利用紫外线观测仪器对辽宁4个地区紫外线辐射强度进行观测,研究了辽宁地区紫外线辐射强度的变化特征;分析了影响到地面紫外线辐射强度的因子,结合MM5数值模式建立了统计预测模型,建立了紫外线辐射强度分级标准和对人体健康影响的对应关系。结果表明:辽宁地区的紫外线辐射强度,总体上是西、北部较东、南部稍强,但相差不大;紫外线辐射强度具有明显的季节变化,夏季最大、冬季最小。每年5~9月紫外线强度维持在一个较高的水平,日最大值出现在每日的11~14时。夏季紫外线对人体的影响最大,冬季基本无影响。云量的变化对紫外线强度的影响较大。紫外线辐射强度预报模型的预测结果较为理想。

关键词:紫外线辐射观测;紫外线强度;健康影响

1980年以来,全球范围内设立了约50个紫外线监测点,到1993年已超过250个^[1]。太阳紫外线辐射强度(简称紫外线辐射强度)的预测也逐渐开展起来。美国、加拿大等发达国家都已经开展多年且效果较好。英国在春夏季每天的气象预报中包括紫外线辐射强度预测,称作紫外线指数(UV indices),以利人们防护。我国从20世纪90年代也开始了这方面的研究工作^[2~5],北京、武汉等地已经开发了相应的方法,并在业务中使用。从2001年起,我们在辽宁地区对地面紫外线辐射强度进行了连续监测,得到2001~2003年计3a紫外线辐射资料并建立了估算紫外线辐射强度的方法及对应等级指数。

1 观测方法

紫外线测量仪分为宽波段测量仪和窄波段测量仪。选用由上海市气象科学研究所开发研制的SUR-1型太阳紫外线辐射强度宽波段测量仪,对280~400 nm波段的紫外光线进行观测,输出电压0~400 mV,响应速度0.5 s,仪器常数为 $6.4 \mu\text{W}/(\text{cm}^2 \cdot \mu\text{V}^{-1})$,辐照度测量范围 $0.0001 \times 10^5 \sim 1.999 \times 10^5 \mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。仪器与计算机连接,每隔1 min自动产生一个记录,存入数据库。观测时间为每日05~19时(每年8月—翌年3月),04~21时(每年4~8月)。观测地点为丹东、营口、阜新和沈阳,分别代表

辽宁东、南、西、北部的4个地区,形成辽宁地区紫外线辐射强度观测网,监测点四周无强烈反射物体和遮蔽物。

2 观测结果和影响因子分析

2.1 辽宁紫外线辐射强度基本特征

2.1.1 季节变化

根据2001~2003年计3a观测资料分析可以看出,辽宁年紫外线辐射强度较强。从地区分布来看,其中西部地区最强,北、南、中部地区次之,东部地区最弱,但地区差并不明显。从季节分布上,全省紫外线辐射强度具有明显季节变化,如图1所示,夏季最

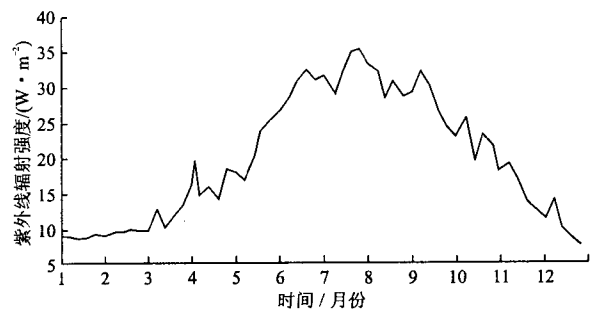


图1 2001~2003年辽宁平均日紫外线辐射最大强度季节变化大,其次是秋、春季,冬季最小。4月开始紫外线辐射强度显著增强,6~9月紫外线辐射强度一直较强,10月开始紫外线辐射强度逐渐减弱。紫外线辐射强度日最大值7月平均最大,日最大值月平均为30.04

收稿日期:2005-11-24;修订日期:2006-02-13。

基金项目:辽宁省气象局科技项目“辽宁省城市气象环境业务系统的建设与研究”(98001)资助。

作者简介:张云海,男,1966年生,硕士,副研究员,主要从事大气环境、天气气候方面的研究,E-mail:yunhaizhang@hotmail.com。

$W \cdot m^{-2}$, 达到 $30.00 W \cdot m^{-2}$ 以上的天数占月总天数的 22%; 8 月为 $29.63 W \cdot m^{-2}$, 占 15%; 9 月为 $27.85 W \cdot m^{-2}$, 占 6%。由此可见, 辽宁夏季紫外线辐射强度较强。

2.1.2 日变化

辽宁紫外线辐射强度的日变化有明显规律, 一天中紫外线辐射强度呈不对称波峰状态, 06~08 时紫外线辐射强度变化比较平稳, 呈上升趋势。08 时开始紫外线辐射强度显著加强, 10~15 时是紫外线辐射强度最强的时段, 15 时后逐渐减弱。16~20 时紫外线辐射强度下降很快。日最大紫外线辐射强度出现在 11:30~12:00。最大紫外线辐射强度冬季日中维持时间较短, 夏季日中维持时间较长。这与华北地区的紫外线辐射强度日变化呈对称波峰形式略有差别^[6]。图 2 为 2003 年 6 月 22 日(晴朗无云)沈

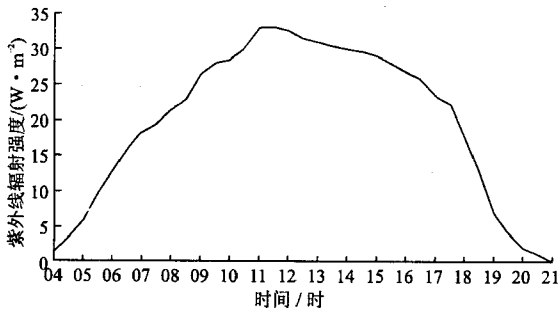


图 2 2003 年 6 月 22 日沈阳紫外线辐射强度日变化
 阳紫外线辐射强度日变化, 基本反映了辽宁地区的紫外线辐射强度的日变化特征。

2.2 影响因子

影响紫外线辐射强度变化的因子很多。就大尺度而言, 大气中的臭氧量及其垂直分布、地面反照率等是最重要的影响因素。就辽宁局地而言, 由于处在中纬度地区全年臭氧的日变化很小 ($\pm 1\%$)^[6], 决定紫外线辐射强度的重要因素主要是地区的太阳高度角、海拔高度、日照时间、云量等。对于辽宁而言, 一年中东部地区有云、雨日天数较多, 西部地区相对较少, 因此东部地区紫外线辐射强度相对西部地区弱。

3 紫外线辐射强度预报

3.1 预报方法

紫外线指数预测采用以下方法进行, 并根据云量进行订正^[7]。

3.1.1 一般情况

晴天(无云)状态下, 瞬时紫外线总辐射通量密

度参数化公式为:

$$Q_{UV-1} = \eta Q(\alpha/\gamma)^2 \tag{1}$$

式(1)中 Q_{UV-1} 为晴天紫外线总辐射; Q 为太阳总辐射; η 为 Q_{UV-1} 与 Q 的比值, 值定为 0.041; $(\alpha/\gamma)^2$ 为日地距离订正值。采用以下公式计算:

$$(\alpha/\gamma)^2 = 1.000\ 11 + 0.0342\ 21\cos d + 0.001\ 28\sin d + 0.000\ 719\cos 2d - 0.000\ 077\sin 2d \tag{2}$$

式(2)中 $d = 2m/365$, m 为日数, 自 1 月 1 日至 12 月 31 日。由于 1 月 1 日 $(\alpha/\gamma) = 0.9832$, 7 月 1 日 $(\alpha/\gamma) = 1.01671$ 与 1.0 偏差很小, 故可不作日地距离订正。式(2)中, 太阳总辐射预报方程为:

$$Q = S_0(C_1 - C_2\tau)\sin h \tag{3}$$

式(3)中 S_0 为太阳常数, 取 $1\ 367 W \cdot m^{-2}$; C_1, C_2 为经验系数, 分别取 0.994, 0.098; τ 为浑浊度系数, 空气污染较重的大城市 $\tau = 3.5 \sim 4.5$, 中小城市 $\tau = 2.5 \sim 3.5$, 乡村 $\tau = 1.5 \sim 2.5$; h 为太阳高度角。

$$\sin h = \sin\varphi\sin\delta + \cos\varphi\cos\delta\cos\omega \tag{4}$$

式(4)中 φ 为城市纬度(单位为弧度); δ 为太阳赤纬; ω 为时角, $\omega = (12 - T_{RE})(-\pi/12)$, 单位为弧度; T_{RE} 为真太阳时(单位为时), 它与地方时 T_{L0} 的关系式为 $T_{L0} = T_{RE} + \Delta T$ (时), ΔT 表示时差, 由于相对较小可以忽略, T_{L0} 以北京时表示。太阳赤纬 δ 的近似公式为(单位为弧度):

$$\delta = 0.006\ 918 - 0.399\ 912\cos d + 0.070\ 257\sin d - 0.006\ 758\cos d + 0.000\ 907\sin 2d - 0.002\ 697\cos 3d + 0.001\ 48\sin 3d \tag{5}$$

3.1.2 引入云量建立预测方程

由于阴天的概率与晴天、少云、多云等 3 个概率具有代数关系, 即几个概率之和为 1。根据实际观测资料, 利用回归方法求出有关常数及晴天、少云、多云的云系数(概率分别为 P_c, P_s, P_b): 常数(Const) = $0.316(\pm 0.172)$, 晴天系数 $ac = 0.676 \pm 0.037$, 少云系数 $as = 0.580(\pm 0.033)$, 多云天系数 $ab = 0.410(\pm 0.077)$ 。用来确定云衰减因子(CAF)的方程为:

$$CAF = Const + acP_c + asP_s + abP_b \tag{6}$$

因此, 晴天概率为 100% 的 CAF 为 0.99, 少云天概率为 100% 的 CAF 为 0.89, 多云天概率为 100% 的 CAF 为 0.72, 阴天概率为 100% 的 CAF 为 0.31。

3.1.3 云量的确定

云量的确定采用数值模式 MM5 输出的云量预报结果^[8]。以每日 12 时的云量预报作为当日最大

紫外线强度预报的云量影响因子。

3.2 紫外线辐射强度分级与人体健康影响

将辽宁紫外线辐射强度按辐射量划分5个级别、10个指数,分别代表紫外线辐射强度由弱到强。指数是指当太阳在天空中的位置最高时(10~15时)。同时,将紫外线辐射强度对人体健康影响及需要采取防护措施进行定性描述,也相应划分为5级,

如表1。

3.3 效果检验

根据沈阳2003年7月逐日14时云量实测资料,用上述方法计算对应时刻的紫外线辐射量、紫外线指数及对应等级,结果如表2。表2中除个别时次预报值较实测值偏差较大外(等级差1级),多数情况下预报值与实测值基本相符。

表1 紫外线强度对人体影响

级别	280~400nm 辐射量 ($W \cdot m^{-2}$)	紫外线指数	紫外线辐射强度	建议外出时间/min	对人体可能影响
一级	<5	0,1,2	最弱	100~180	不需要采取防护措施
二级	5~10	3,4	弱	60~100	可以适当采取一些防护措施
三级	10~15	5,6	中等	30~60	外出时戴好遮阳帽、遮阳镜和太阳伞
四级	15~30	7,8,9	强	20~40	10~16时应避免外出
五级	≥ 30	≥ 10	很强	<20	10~16时应避免外出

表2 2003年7月1~31日沈阳紫外线辐射实测资料与预报对比

时间/日期	云量/成	辐射量/ ($W \cdot m^{-2}$)	预报量/ ($W \cdot m^{-2}$)	实测指数	预报指数	实测等级	预报等级	等级差
1	9	6	9	3	4	2	2	0
2	8	13	12	6	5	3	3	0
3	8	10	12	5	5	3	3	0
4	6	23	15	8	7	4	4	0
5	9	4	8	2	4	1	2	1
6	10	2	5	1	3	1	2	1
7	5	17	19	5	6	3	3	0
8	4	17	19	5	6	3	3	0
9	2	35	33	11	10	5	5	0
10	2	34	34	10	10	5	5	0
11	1	36	35	11	10	5	5	0
12	0	38	36	11	11	5	5	0
13	3	33	29	10	9	5	5	0
14	7	19	23	6	7	3	4	1
15	6	24	27	8	9	4	4	0
16	2	35	35	11	11	5	5	0
17	4	29	24	9	8	4	4	0
18	3	32	28	10	9	5	4	1
19	2	35	32	11	10	5	5	0
20	1	38	39	11	11	5	5	0
21	1	39	35	11	11	5	5	0
22	0	41	36	12	11	5	5	0
23	1	38	39	11	11	5	5	0
24	3	33	28	10	9	5	4	1
25	4	30	29	10	9	5	4	1
26	3	28	29	9	9	4	4	0
27	8	14	17	6	7	3	4	1
28	10	4	6	2	3	1	2	1
29	9	7	6	3	3	2	2	0
30	9	4	9	2	4	1	2	1
31	3	28	31	9	10	4	5	1

4 结语

现在紫外线指数预测方法已于2002年在辽宁

14个城市得到应用,每天通过新闻媒体对外发布,为人们的工作生活提供了很好的健康提示。存在的问题:紫外辐射观测时间还比较短,且观测站点相对较

少,只有3 a 4个观测站点资料,对紫外线辐射强度的预测订正和检验都有一定的困难。此外,紫外线辐射强度预测准确度还受到数值模式预报准确度的影响。相信随着资料的丰富、方法的改进,预报准确率会进一步提高。

参考文献

- [1] WHO. Environmental Health Criteria 160, Ultraviolet Radiation. Geneva: WHO, 1994: 21.
- [2] 郭松,周秀骥,张晓春,等. 青海高原大气臭氧及紫外辐射 UV-B 观测结果初步分析,科学通报,1994,39(1): 50-53.
- [3] 吕达仁,李卫,李福田,等. 长春地区紫外光谱辐射观测和初步分析,大气科学,1996,20(3):343-351.
- [4] 王普才,吴北婴,章文星,等. 紫外辐射传输模型计算与实际测量的比较,大气科学,1999,23(3):359-364.
- [5] 王普才,吴北婴,章文星,等. 影响地面紫外辐射的因素分析. 大气科学,1999,23(1):1-9.
- [6] 周允华,中国地区的太阳紫外辐射. 地理学报,1986,41(2):133-143.
- [7] 张书余,城市环境气象预报技术. 北京:气象出版社,2002:116-123.
- [8] 周晓珊,杨森,张立祥. 中尺度数值模式(MM5V3)在沈阳区域气象中心的试用,气象,2001,27(8):28-32.

Characteristics of ultraviolet radiation and its intensity prediction in Liaoning province

ZHANG Yunhai¹ YANG Hongbin¹ GONG Qiang²

(1. Institute of Atmospheric Environment, CMA, Shenyang 110016;

2. Institute of Meteorological Energy Exploitation and Application, Shenyang 110016)

Abstract: With the equipment of ultraviolet radiation, the ultraviolet intensities in 4 sites of Liaoning province were monitored. It showed that the ultraviolet radiation intensities in west and north Liaoning province were stronger than those in east and south Liaoning province. The radiation intensities were different in different seasons. It was stronger in summer. There was the period of stronger radiation from May to September, especially in July. The daily strongest radiation appeared from 11:00 a. m. to 14:00 p. m. The radiation in summer was harmful to human health. The cloud was the main controlling factor of the radiation. The prediction method was developed and could give a good prediction.

Key words: Ultraviolet radiation monitoring; Ultraviolet radiation intensity; Health prediction