

大连市紫外线辐射强度分析和预报方法研究

丛菁 孙立娟 蔡冬梅

(大连市气象局,辽宁 大连 116001)

摘要:利用2007年8月至2008年8月大连市逐日紫外线观测资料,分析了紫外线辐射季、月和日变化特征及其与相关气象要素的关系。结果表明:大连市紫外线辐射强度具有明显的季节变化,夏季最大,春季次之,冬季最小。各季节紫外线辐射强度的日变化同位相,均为正午呈大致对称分布。无论何季节,日照总时数、14时能见度和太阳高度角均为影响紫外线辐射强度的关键因素。同时,探讨了雾对辐射强度的影响。运用逐步回归方法,求得各季节紫外线辐射强度预报方程,实现了预报定量化。

关键词:紫外线辐射强度;气象要素;变化特征;预报方程;预报检验

中图分类号:P422.6⁺2 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-503X(2009)03-0048-05

1 引言

近年来,由于温室气体的增加,平流层臭氧遭到不断破坏,地球上的人类受紫外线辐射的影响越来越大,紫外线强度和人类生存环境变化这一问题更为广泛地引起世界各国科学家和相关学者的关注和重视^[1]。相关的观测和预报逐渐开展,新西兰、澳大利亚、美国、奥地利、德国、英国、法国、挪威、比利时、荷兰和希腊等国家开展较早^[2]。中国的紫外线观测开始于20世纪90年代初,1992年我国最先在长春和北京开始紫外线辐射光谱的观测^[3],为研究中国地区的紫外线光谱气候学打下基础。近年来,相继开展了紫外线观测与研究。张云海等^[4]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,并结合MM5数值模式建立了统计预测模型。董美莹等^[5]根据大气辐射传输模式和多元线性回归方法研制出浙江省紫外线指数等级预报业务系统。李青春等^[6]、阴俊等^[7]、王晶等^[8]和杨雪艳等^[9]也从各自角度分析了北京、上海、青岛和长春等地紫外线辐射特征。本文通过对大连地区连续一年紫外线观测资料的统计分析,得出紫外线辐射强度变化规律及其相关影响因素,并通过逐步回归方法,建立了各季节大连市紫外线预报方程,旨在为研究紫外线辐射对人体健康的危害提供科学依据,并可作为大连市紫外线指数预报的参考和检验依据,以促进预报水平的提高。

2 资料和紫外线指数划分标准

2.1 紫外线观测仪器和资料

紫外线测量仪分为宽波段测量仪和窄波段测量仪。选用北京奥博迪光电技术有限公司研制的O-UVB型全天候紫外辐照计,设定通过光波段为280—315 μm,辐照度测量范围0.001—19.990 W/m²。仪器与计算机连接,每1 min自动产生1个记录,存入数据库。

本文分析资料取自2007年8月1日至2008年8月31日大连市气象台观测到的较完整的逐日紫外线辐射实况资料,并以资料中10—14时共5个时次各时次平均值的算术平均为当天紫外线辐射量,以及相应时段的气温、气压、云量、能见度和相对湿度等气象要素的逐日资料。其中,2007年9月至2008年8月资料用以建立预报方程,2007年8月资料作为检验样本。春季、夏季、秋季和冬季平均分别定义为3—5月、6—8月、9—11月和12月—翌年2月。由于紫外辐照计使用时间不长,观测的稳定性不是很好,对采集可靠数据造成了一定的困难,因此在统计相关性前,剔除和订正了部分错误数据。首先剔除缺测、误差较大数据。其次,有极少部分数据出现纵向位移,结合天气现象及实际情况,对数据进行订正。

2.2 紫外线辐射强度等级和指数划分标准

紫外线辐射强度分级采用中气预发[2000]11号文标准,各级别辐射量、指数、辐射强度描述、对人体可能影响和需要采取的防护措施见表1。

3 紫外线辐射强度的变化特征

3.1 季和月变化

图1和统计数据表明,大连市紫外线辐射强度

(日平均值)具有明显的季节变化,夏季最大,春季次之,冬季最小。这种分布主要与紫外线受太阳高度

表1 紫外线辐射等级和强度指数划分标准

级别	到达地面紫外线辐射量/(W·m ⁻²)	紫外线指数	紫外线辐射强度	人体皮肤晒红时间/min	需采取的防护措施
1	<5.0	0,1,1	最弱	100—180	不需要采取防护措施
2	5.0—9.9	3,4	弱	60—100	可以适当采取一些防护措施,如涂擦防护霜等
3	10—14.9	5,6	中等	30—60	外出时戴好遮阳帽、太阳镜及太阳伞等,涂擦SPF指数大于15的防晒霜
4	15—29.9	7,8,9	强	20—30	外出时戴好遮阳帽、太阳镜和携太阳伞等加强防护,涂SPF指数大于15的防晒霜,上午10时至下午16时避免外出,或尽可能在遮阴处
5	≥30	10或>10	很强	<20	尽可能不要在室外活动,必须外出时,要采取各种有效的防护措施

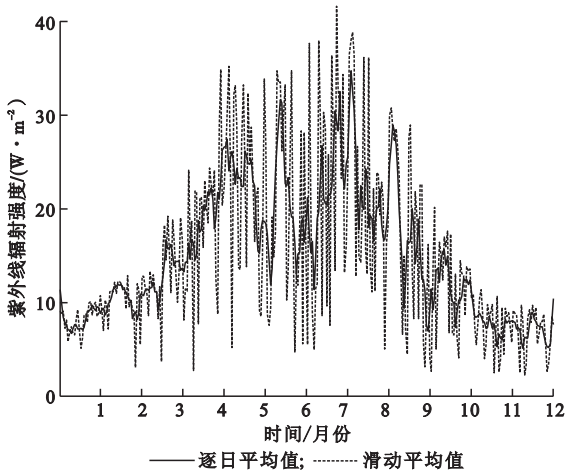


图1 大连市全年紫外线辐射强度分布

角变化有关,还与地面反照率、大气污染状况、平流层臭氧、每日天空状况等诸多因素有关^[1]。4月开始紫外线辐射强度逐渐增强,5—9月长达5个月紫外线强度一直较强,10月紫外线辐射强度迅速减弱。太阳高度角6月最高,而全年紫外线辐射量却是5月最大,说明影响紫外线辐射量的其他因素如云、雾等占有很大比重。

表2为大连市紫外线级别分布频率。由表2可知,春、夏季3级以上出现频率占80%成以上,秋季占50%,冬季占21%。一年四季均可达3级或以上,说明大连地区紫外线辐射较强,按紫外线辐射强度分级,2级时人体就要采取适当防护措施。因此,在大连地区中午前后外出时不论什么季节,人们都应注意采取适当的防护措施。1—2月紫外线辐射都在3级以下,3月开始出现4级,而4—9月4级以上频率均在50%以上,其中4月4级频率突增,并出现5级。

表2 大连市紫外线级别分布频率 %

项目	1级	2级	3级	4级	5级
1月	3.8	92.4	3.8	0.0	0.0
2月	3.6	39.3	57.1	0.0	0.0
3月	4.0	16.0	48.0	32.0	0.0
4月	4.5	9.1	9.1	72.8	4.5
5月	3.6	7.1	14.3	53.6	21.4
6月	4.5	18.2	18.2	36.4	22.7
7月	7.4	18.5	18.5	33.3	22.2
8月	4.0	0.0	28.0	44.0	24.0
9月	4.3	17.4	13.0	60.9	4.3
10月	19.2	23.1	30.8	26.9	0.0
11月	20.7	58.6	20.7	0.0	0.0
12月	18.5	81.5	0.0	0.0	0.0
春季	4.0	10.7	24.0	52.0	9.3
夏季	5.4	12.2	21.6	37.8	23.0
秋季	15.4	34.6	21.8	26.9	1.3
冬季	8.6	70.4	21.0	0.0	0.0

10月紫外线辐射开始减弱,直至12月均在2级以下。这与前面的研究结论是一致的。

3.2 日变化

图2为2008年7月26日(晴朗无云)大连市紫外线辐射强度,当天日照总量为13.7h,能较好地反映出紫外线辐射强度的日变化规律。08时开始紫外线辐射强度显著加强,10—14时是紫外线辐射最强的时段,14时后逐渐减弱,总体上是正午大、早晚小。这与太阳高度角的变化有较好的一致性。

选取各季节4个晴天紫外线辐射量的平均值,分别代表大连市春、夏、秋、冬季晴朗无云时到达地面的太阳紫外线辐射状况。四季紫外线辐射等级分别为4、5、3级和2级。分析表明,各季节紫外线辐

射强度的日变化同位相,都是正午呈大致对称分布。

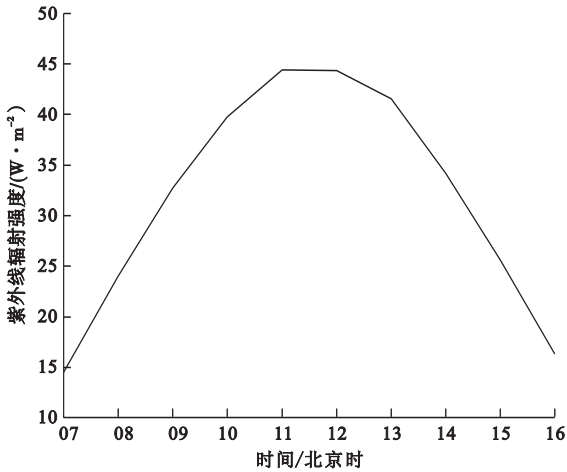


图2 2008年7月26日大连市紫外线辐射强度日变化

太阳高度角较低的凌晨和傍晚紫外线辐射强度较弱,白天晴空时随着太阳高度增大,紫外线辐射也随之连续增大,正午前后辐射强度达到一天中的极大值。同样,由于太阳高度角的影响,冬季紫外线辐射量明显小于夏季辐射量,且冬季日变化幅度也较小(图3)。

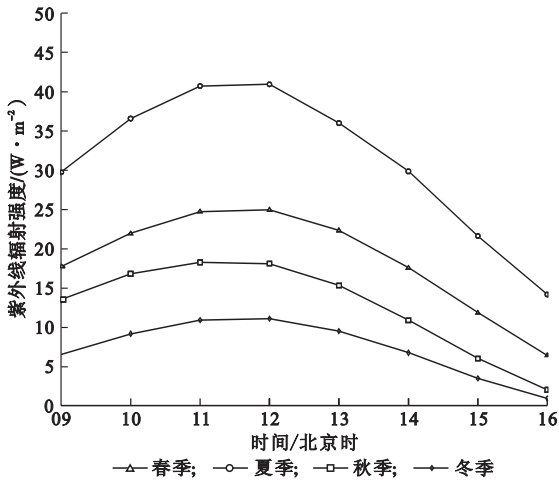


图3 各季节晴天时紫外线辐射强度日变化

4 预报模式的建立与检验

4.1 预报因子筛选及紫外线辐射强度影响因素

4.1.1 预报因子筛选

初选气温、云量、相对湿度、太阳高度角(考虑到正午前后紫外线辐射占主要部分,以正午的太阳高度角为代表)、日照总时数等与紫外线辐射强度关系密切的20个气象要素作为候选因子。经过相关性筛选,将通过置信度 $\alpha = 0.05$ 或 $\alpha = 0.01$ 的气象要素选为各季节多元回归预报因子。其中,春季正相关因子8个,相关系数为0.276—0.619;负相关因子7个,相关系数为-0.254 ~ -0.360。夏季正相关因子7个,相关系数为0.251—0.849;负相关因子6

个,相关系数为-0.570 ~ -0.803。秋季正相关因子9个,相关系数为0.243—0.767;负相关因子8个,相关系数为-0.306 ~ -0.448。冬季正相关因子6个,相关系数为0.331—0.862;负相关因子10个,相关系数为-0.487 ~ -0.764。

4.1.2 紫外线辐射强度影响因素

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和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($\pm 1\%$)^[10],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、日照时间和云量等^[4]。

通过初步相关分析可知,大连地区紫外线辐射强度与很多气象要素关系密切。无论何季节,太阳高度角、日照总时数、气温和能见度均与紫外线辐射强度呈显著正相关,而云量、相对湿度与紫外线呈显著负相关。这与文献[11]的研究结果基本一致。通过得到的预报方程进一步分析表明,四季紫外线辐射强度均与日照总时数、14时能见度呈显著正相关。除夏季外,太阳高度角也是影响辐射量的重要因素。

大连地处辽东半岛最南端,3面分别为渤海、渤海海峡、黄海北部,背靠千山山脉,易形成大雾天气。据统计,2008年春季共有雾日30d,其中大雾日13d;夏季共有雾日55d,其中大雾日25d。表3给出春季

表3 雾日紫外线辐射强度对比

项目	春季	夏季
紫外线辐射强度平均值	18.004	20.731
雾日紫外线辐射强度平均值	15.703	20.151
大雾日紫外线辐射强度平均值	16.645	15.306

和夏季紫外线辐射强度平均值与雾日和大雾日的对比。由表3可知,雾对紫外线辐射有衰减作用,尤其是夏季出现大雾时,但影响较小。这可能与雾多生成于02—08时和20—23时2个时段、而很少生成于14—17时有关。

为进一步分析不同天气类型对紫外线辐射强度日变化的影响,选择典型天气条件下紫外线观测值进行对比分析。图4中5条曲线分别代表晴天(2008年7月26日)、雾天(2008年8月9日)、少云(2008年8月9日)、多云(2008年6月18日)和雨天(2008年7月20日)5种不同天气类型。由图4可见,不同的天气类型对紫外线辐射强度的日变化有很大的影响。晴天和雾天紫外线日变化曲线最为平滑;雨天时日变化曲线也较为平滑;而少云、多云天气时日变化曲线有较大的波动。从紫外线辐射强度来看,晴天时辐射量最大,雾天次之,雨天时最小,这可能说明雾对紫外线辐射强度有较小影响,而云

和降水对其影响较大。

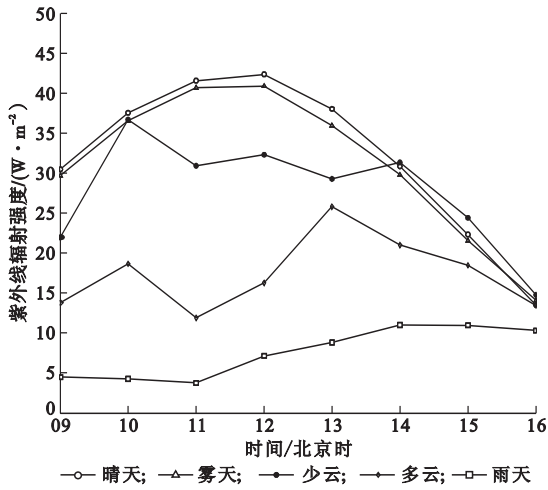


图4 不同天空状况下紫外线强度日变化

4.2 建立预报方程

由于太阳高度角不同,在同样的气象条件下紫外线辐射强度是不同的。因此在分析气象因子对紫外线辐射强度的影响时,按照不同季节分别进行分析,并建立不同季节的紫外线辐射强度预报数学模型是十分必要的。本文利用各季入选预报因子和紫外线辐射资料,进行多元回归计算。最后得到各季预报方程:

$$y = -24.5117 + 0.4972h + 1.0807s_2 + 0.3347va_{14}$$

相关系数 $R = 0.8561$, 剩余标准差 $S = 4.1840$

(1)

$$y = 6.1941 - 0.6882nad_{平均} - 0.7293naz_{平均} + 0.8598s_2 + 0.7285tb_{14} + 0.1717va_{14}$$

相关系数 $R = 0.9280$, 剩余标准差 $S = 4.0505$

(2)

$$y = -10.7233 + 0.1839h + 1.1199s_2 + 0.3873tb_{max} + 0.1213va_{14}$$

相关系数 $R = 0.9538$, 剩余标准差 $S = 2.2768$

(3)

$$y = 2.8053 + 0.1491h - 0.09naz_{14} + 0.2901s_2 - 4.623ub_{14} + 0.049va_{14}$$

相关系数 $R = 0.9545$, 剩余标准差 $S = 0.7648$

(4)

式(1)~式(4)分别代表春、夏、秋季和冬季;各方程式中 y 为紫外线辐射强度; h 为太阳高度角; s_2 为日照总时数; va_{14} 为 14 时能见度; $nad_{平均}$ 为低云量平均值; $naz_{平均}$ 为总云量平均值; tb_{14} 为 14 时气温; tb_{max} 为气温最高值; naz_{14} 为 14 时总云量; ub_{14} 为 14 时相对湿度。

4.3 预报方程的检验

由于 2007 年 8 月包含了晴天、多云、雨天和雾

天等多种典型天气类型,具有较好的代表性,所以选其为检验样本。将 2007 年 8 月总云量平均值、低云量平均值、日照总时数、14 时气温和 14 时能见度逐日资料代入预报模式中,计算出预报值与 8 月逐日紫外线辐射观测值进行对比分析。从图 5 和表 4 可

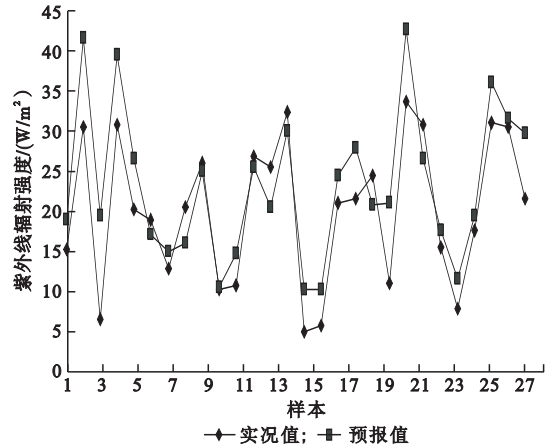


图5 2007年8月大连市逐日紫外线辐射观测值和预报值

表5 2007年8月1—31日大连市紫外线观测等级与预报等级对比

时间/日期	观测等级	预报等级	等级差
1	4级	4级	0级
2	5级	5级	0级
3	2级	4级	2级
4	5级	5级	0级
5	4级	4级	0级
6	4级	4级	0级
7	3级	4级	1级
8	4级	4级	0级
9	4级	4级	0级
10	3级	3级	0级
11	3级	3级	0级
13	4级	4级	0级
14	4级	4级	0级
15	5级	5级	0级
16	1级	3级	2级
17	2级	3级	1级
18	4级	4级	0级
19	4级	4级	0级
20	4级	4级	0级
21	3级	4级	1级
22	5级	5级	0级
24	5级	4级	1级
25	4级	4级	0级
26	2级	3级	1级
27	4级	4级	0级
29	5级	4级	0级
30	5级	4级	0级
31	4级	4级	0级

知,模式变化趋势与实际观测值基本一致,且一般预报等级较实况偏大。预报与实况大多相差一个等级,两者相差两个等级很少。这说明除个别样本外,

预报值与观测值在量级和等级上较为接近,方程具有较好的预报能力。

值得指出的是:晴天和少云时预报等级基本与实况相同,而多云尤其是雨天时误差较大,这可能说明预报方程在阴雨天气时预报结果的可信度存在一定误差。这就要求投入实际业务中时,预报员要根据天气情况对预报结果及时进行合理订正。

5 结论与讨论

(1)大连市紫外线辐射强度具有明显的季节变化,夏季最大,春季次之,冬季最小;其中5月最强。四季紫外线等级均为3级或以上,说明大连地区紫外线辐射较强。

(2)各季节紫外线辐射强度的日变化同位相,均为正午呈大致对称分布。凌晨和傍晚紫外线辐射强度较弱,白天晴空时随着太阳高度的增大,紫外线辐射也随之连续增大,正午前后辐射强度达到一天中的极大值。冬季紫外线辐射量明显小于夏季辐射量,且冬季日变化幅度也较小。

(3)无论何季节,太阳高度角、日照总时数、气温和能见度均与紫外线辐射强度呈显著正相关,而云量、相对湿度与紫外线呈显著负相关。同时,雾对紫外线辐射有衰减作用,尤其是夏季出现大雾时,但影响较小。而云和降水对其影响较大。利用逐步回归方法得到各季节紫外线预报方程,其回代和试报结果均较为理想,在预报业务中具有实际参考价值。

(4)由于观测资料所限,本文未对紫外线辐射强度的最大值进行研究。所建立的预报模型较粗略,

有待于进一步改进。随着观测及研究的不断深入,对紫外线的分析结论将会更加完善,预报准确率也会进一步提高。

参考文献

- [1] 吴兑,邓雪娇. 环境气象学与特种气象预报[M]. 北京:气象出版社,2001:191-224.
- [2] Long C S, Miller A J, Lee H T, et al. Ultraviolet index forecasts issued by the National Weather Service[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1996, 77(4):729-748.
- [3] 张书余. 医疗气象预报基础[M]. 北京:气象出版社, 1999:43.
- [4] 张云海,杨洪斌,龚强. 辽宁太阳紫外线辐射特征及强度预报[J]. 气象与环境学报,2006,22(1):34-37.
- [5] 董美莹,沈翊,张力. 浙江省紫外线指数预报系统[J]. 科学通报,2007,23(6):785-789.
- [6] 李青春,陆晨,阮毓文. 北京地区紫外线观测和预报系统[J]. 气象科技,2001,29(4):47-50.
- [7] 阴俊,谈建国. 上海地区地面紫外辐射的观测和分析[J]. 热带气象学报,2006,22(1):86-90.
- [8] 王晶,侯红英. 青岛地区太阳紫外线辐射研究[J]. 中国海洋大学学报,36(4):671-676.
- [9] 杨雪艳,王宝书,崔显成. 长春市紫外线辐射强度变化特征及影响因子分析[J]. 吉林气象,2006(4):29-31.
- [10] 周允华. 中国地区的太阳紫外辐射[J]. 地理学报, 1986,41(2):133-143.
- [11] 毛则剑,张立峰. 杭州市紫外线辐射强度分析和预报方法研究[J]. 浙江气象,2007,28(3):22-26.

Ultraviolet radiation intensity and its forecast method in Dalian, Liaoning province

CONG Jing SUN Li-juan CAI Dong-mei

(Dalian Meteorological Bureau, Dalian 116001, China)

Abstract: Based on the ultraviolet radiation observation data from August 2007 to August 2008 in Dalian, the seasonal, monthly and daily changes of ultraviolet radiation and the relationships with meteorological factors were analyzed. The results show that the ultraviolet radiation intensity is of seasonal characteristic in Dalian, which is strong in summer, followed in spring and winter. The diurnal variation has the same trend among different seasons, which is an approximately symmetric distribution at noon. The total sunshine duration, fourteen o'clock visibility and solar altitude angle are the important controls on the ultraviolet radiation intensity. At the same time, the effects of fog on ultraviolet radiation intensity were also analyzed. The ultraviolet radiation intensity forecast equations in every season were established by the stepwise regression method.

Key words: Ultraviolet radiation intensity; Meteorological factor; Variation characteristic; Forecast equations; Forecast verification