

## Analysis of Ultraviolet Radiation Characteristics and Related Factors in Huangshan Scenic Area

Jianyong Xu<sup>1,2</sup>, Conggui Zhang<sup>2</sup>, Liming Ren<sup>3</sup>

1. Huangshan Meteorological Bureau, Anhui Province, Huangshan 245021, China

2. Huangshan Meteorological Management Office, Anhui Province, Huangshan 245800, China

3. Qimen Meteorological Bureau, Anhui Province, Huangshan 245600, China

Received August 15, 2018

Accepted September 2, 2018

### Abstract

Using the ultraviolet observation data of Huangshan Scenic area from March 2017 to February 2018, this paper analyzes the relationship between the daily, monthly and seasonal variation characteristics of ultraviolet radiation intensity and its related meteorological elements. The results show that the diurnal variation of ultraviolet radiation intensity in Huangshan Scenic Area is normal distribution at noon; the monthly average ultraviolet radiation intensity reaches the maximum in April and May; the ultraviolet radiation intensity in all seasons is above 4, and the largest in spring. Autumn and winter are second, and summer is the smallest. Cloud amount, relative humidity and air pressure are all significantly negatively correlated with UV radiation intensity, and cloud amount, especially low cloud amount, is the most critical factor affecting UV radiation intensity.

**Key words:** Ultraviolet radiation, Huangshan Scenic Area, Variation characteristic, Correlation factor

## 黄山风景区紫外线辐射特征及相关因子分析

许剑勇<sup>1,2</sup>, 张从贵<sup>2</sup>, 任立明<sup>3</sup>

1. 安徽省黄山市气象局, 黄山 245021

2. 安徽省黄山气象管理处, 黄山 245800

3. 安徽省祁门县气象局, 黄山 245600

**摘要:** 利用2017年3月至2018年2月黄山风景区紫外线观测资料, 分析了紫外线辐射强度日、月和季变化特征及其与相关气象要素的关系。结果表明:黄山风景区紫外线辐射强度的日变化同位相, 均为正午呈正态分布; 月平均紫外线辐射强度在4、5月份达到最大; 各季节紫外线辐射强度均在4级以上, 春季最大, 秋、冬季次之, 夏季最小。云量、相对湿度和气压均与紫外线辐射强度呈现极显著负相关, 其中云量-特别是低云量的多少是影响紫外线辐射强度的最关键因素。

**关键词:** 紫外线辐射, 黄山风景区, 变化特征, 相关因子

### 1. 引言

紫外线(UV)是太阳辐射光谱中波长从100~400nm的辐射总称, 可分为UV-A(紫外

线A, 波长320~400nm, 长波)、UV-B(紫外线B, 波长280~320nm, 中波)、UV-C(紫外线C, 波长100~280nm, 短波)。平流层中的臭氧几乎完全吸收了UV-C和大部分UV-B, 到达近地面的紫外辐射主要包含UV-A和少量

\*Corresponding author (Jianyong Xu) E-mail: swordpeony@163.com

UV-B 波段能量。虽然紫外线辐射占太阳总辐射比例较少(仅 8%),但由于其光量子能量较高,具有一定穿透力,所产生的光化学作用和生物学效应十分显著。UV-A 的生物作用较弱,主要是色素沉着作用;UV-B 对人体影响较大,主要是抗佝偻症和红斑作用,是引起皮肤癌、白内障、免疫系统能力下降的主要原因之一;而 UV-C 则几乎被臭氧层吸收而不能到达地面。紫外线辐射会使植物叶片变小,减少进行光合作用的有效面积,并使植物叶片气孔阻力增大或气孔关闭,光合速率下降。紫外线辐射还能诱导植物衰老机制的产生,使植物更易受杂草损害和改变某些植物的再生能力。

黄山是我国唯一集世界自然遗产、世界文化遗产、世界地质公园三项桂冠为一体的世界著名风景区。紫外线随着海拔升高,强度增大,海拔高度每上升 100 米,紫外线辐射强度增加 1.3%<sup>1</sup>,黄山景区海拔在 1600~1860m,理论上黄山紫外线强度相对山下增强约 22%。此前黄山景区未有紫外线观测及相关研究,2017 年 4 月首次在黄山景区光明顶架设紫外线观测仪,已持续观测数据一年有余。利用一年的紫外线数据进行初步分析,为推动黄山风景区旅游发展、生态保护、医疗气象研究提供参考和依据。

## 2 资料和紫外线划分标准

### 2.1 紫外线观测仪器和资料

选用上海长望气象科技有限公司研制的 TFU-I 型紫外线观测仪,设定通过光波段为 280~400 $\mu\text{m}$ ,辐照度测量范围 0~70 $\text{w}/\text{m}^2$ ,分辨率 0.1 $\text{w}/\text{m}^2$ ,室外传感器工作温度-40~50 $^{\circ}\text{C}$ ,工作湿度 $\leq 100\%$ ,可以满足黄山景区室外极值气温(-22.7~28.1 $^{\circ}\text{C}$ )及长时间相对湿度 100%的高湿环境。仪器与计算机连接,每 1min 自动产生 1 个记录,存入数据库。设备架设在黄山气象管理处雷达楼顶,四周空旷无遮挡。本文分析资料取自 2017 年 3 月 4 日至 2018 年 3 月 3 日黄山气象站观测到的完整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。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。在资料处理过程中,共有 9 天紫外线数据不全,经筛选得到 356 天有效样本。统计分析软件使用 Excel2017 和 SPSS22.0。

### 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防护措施见表 1。

表 1. 紫外线辐射指数与紫外辐射分级

Tab1. The UVI and grade of UVI

级别	到达地面紫外线辐射量/ ( $\text{W m}^{-2}$ )	紫外线指数	紫外线辐射强度	对人体可能影响 (皮肤晒红时间 /min)	需采取的防护措施
1 级	<5.0	0,1,2	最弱	100~180	不需要采取防护措施 可以适当采取防护措施,如外出时戴防护帽和太阳镜、涂擦防晒霜等
2 级	5.0-9.9	3,4	弱	60~100	外出时戴好遮阳帽、太阳镜和太阳伞等,涂擦防晒霜(防晒霜的 SPF 指数应大于 15)
3 级	10-14.9	5,6	中等	30~60	除上述防护措施外,上午 10 时至下午 4 时段避免外出活动,外出时应尽可能在遮阴处
4 级	15-29.9	7,8,9	强	20~40	尽可能不在室外活动,必须外出时,要采取各种有效的防护措施
5 级	$\geq 30$	$\geq 10$	很强	<20	

### 3 紫外线辐射特征分析

#### 3.1 紫外线辐射强度日分布特征

选取 2017 年 4 月 30 日黄山气象站资料, 当日天气晴好, 无云、能见度 24.0km、无天气现象, 日照时数为 12.3h, 能较好的反映出紫外线强度的日变化规律。图 1 表明, 在没有其他因素影响下, 紫外线辐射强度变化曲线和太阳高度角变化保持一致, 呈正态分布特征。即从 5:30 开始指数逐渐增大, 在 11:00~12:00 达到顶峰, 然后持续减小, 接近 19:00 趋于 0。

与同纬度的杭州 (5 月 3 日) 对比<sup>2</sup>, 紫

外线辐射变化规律十分相似, 日最大值都为  $55\text{w}/\text{m}^2$  左右, 强度增大开始时间黄山 (5:30) 比杭州 (6:00) 早半小时, 强度趋零时间黄山 (18:30) 比杭州 (19:00) 也早半小时。杭州比黄山位置偏东, 理论上日出时间早 10 分钟左右, 但实际接收紫外线辐射的时间却迟半小时, 主要原因是黄山景区海拔高, 且空气透明度高, 接收紫外线辐射更早也更敏感。

选取 2017 年 7 月 22 日作为黄山景区夏季天气情况典型代表: 见图 2, 受副高控制下, 日出至 10 时为晴天, 紫外线辐射强度一路攀升, 于 8 时就达到了 5 级; 之后因山区局地热

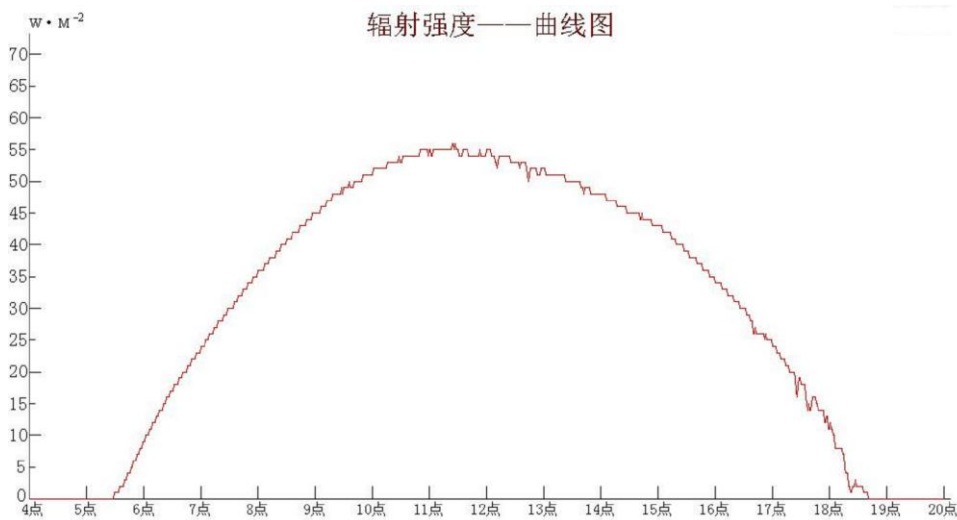


图 1. 2017 年 4 月 30 日年黄山风景区紫外线辐射日变化曲线。

Fig.1. The daily change of UV radiation intensity in Huangshan scenic area on April 30, 2017.

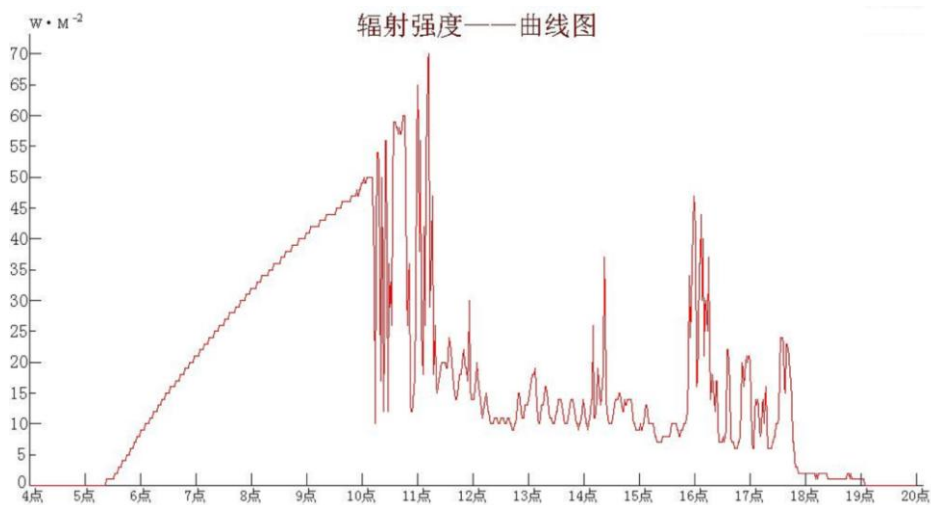


图 2. 2017 年 7 月 22 日年黄山风景区紫外线辐射日变化曲线。

Fig.2. The daily change of UV radiation intensity in Huangshan scenic area on July 22, 2017.

对流旺盛,生成很多云系,对太阳辐射时有遮挡,紫外线辐射强度出现频繁的跳跃,中午及到下午云量已到8成以上,紫外线辐射强度下降并稳定在3级左右。下午16时左右,云系逐渐消散,紫外线辐射强度再次跳跃,之后因临近日落,紫外线等级徘徊在3、4级。全天能见度都在20km以上、日照时数为7.0h,12~

2017年黄山景区最大瞬时紫外线辐射强度为 $84.2\text{w}/\text{m}^2$ ,出现在6月20日14:00,处在一年中太阳高度角最大的时间段,和杭州(6月22日前后)时间基本一致。低纬度的高原城市昆明(海拔1889m)最大瞬时紫外线辐射强度接近 $150\text{w}/\text{m}^2$ ,对比之下,黄山景区明显偏低,但较高纬度的泰山(不超过 $50\text{w}/\text{m}^2$ )又明显偏高<sup>3,4</sup>。印证了不受天气因素影响下,中国紫外线辐射强度总体呈现由南向北减小的特征<sup>5</sup>。

日平均紫外线辐射强度最大为 $55.2\text{w}/\text{m}^2$ ,出现在5月13日,对比石家庄( $28.26\text{w}/\text{m}^2$ )明显偏高<sup>6</sup>;最小的只有 $1.3\text{w}/\text{m}^2$ ,出现在6月23日。统计全年黄山风景区紫外线等级:1级有36天,2级58天,3级43天,4级80天,5级138天,分别占样本总数的10%、16%、12%、23%和39%。其中5级和4级,即很强和强级别的共218天,占样本总数的62%,天数明显最多,所占比例明显最高,可见黄山风景区属于紫外线辐射强的地区,游客户外游玩时需采取有效的防护措施。

15时日照为0,相对湿度在60~80%。分析表明,紫外线辐射强度及其日变化均与天空云量多少密切相关。云量少,辐射强度大且辐射强度的日变化幅度较大;云量多,辐射强度弱且日变化幅度小;阴雨天紫外线辐射强度最弱,辐射强度日变化幅度也最小。

### 3.2 紫外线辐射强度月分布特征

统计2017年3月~2018年2月各月紫外线辐射强度平均值及月降雨日数并绘制曲线图,图3可以看出,各月紫外线辐射强度和降雨日数呈现明显的负相关;紫外线辐射强度小于 $20\text{w}/\text{m}^2$ 的月份为6月、8月和9月,高于 $30\text{w}/\text{m}^2$ 的为4月和5月,其他月份都在 $20\sim 30\text{w}/\text{m}^2$ ,可见黄山景区各个月平均紫外线辐射强度都较强。达到很强级别为4月和5月,和泰山地区相似<sup>4</sup>,可能由于2017年4、5月多晴日,且太阳高度角较高。6月由于进入梅雨期,阴雨日数达到25天,紫外线辐射强度反而最低。7月中旬出梅后副高控制,维持较长时间晴天,阴雨日数不多,紫外线辐射强度升高。8、9月阴雨日数相比气候均值异常偏多,紫外线辐射强度也异常偏低。黄山秋冬月份多晴日,紫外线辐射强度整体偏高,变化不大,其中12月频受冷空气影响,雨雪日数多,紫外线辐射强度较低。对比泰山和石家庄,4、5月份紫外线辐射强度都是一年中最大月份,不

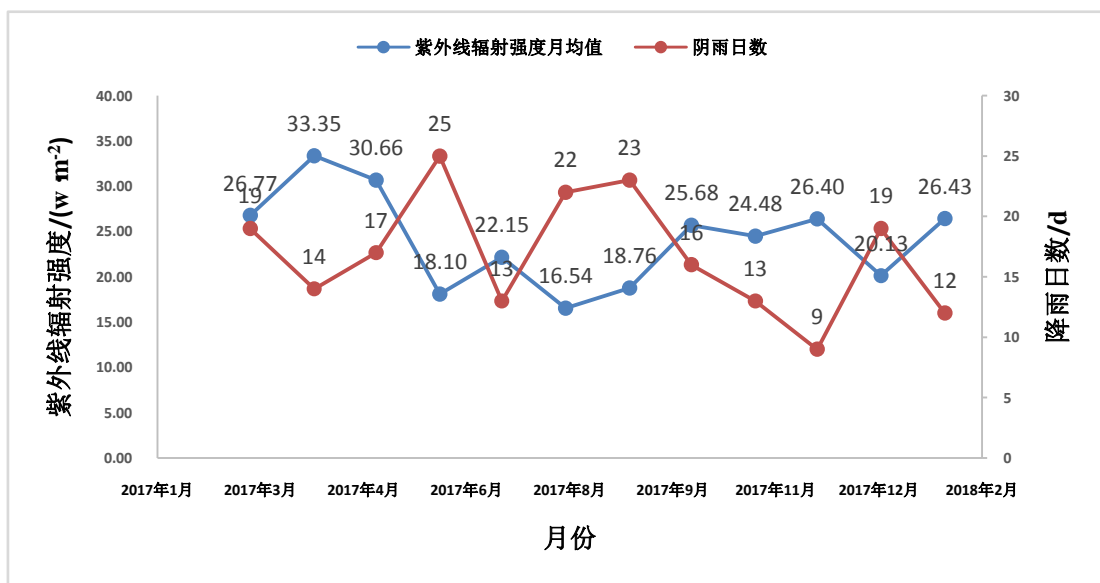


图3. 2017~2018年各月黄山风景区紫外线辐射变化及月降雨日数曲线。

Fig.3. The monthly change of UV radiation intensity and rainfall days in Huangshan scenic area on 2017~2018.

同的是黄山景区最低月份在6~9月，而泰山和石家庄都在冬季月份<sup>4,7</sup>。黄山景区纬度偏低，海拔偏高，相比之下黄山景区月均紫外线辐射强度明显偏强，天气复杂多变，月变化规律不明显，紫外线辐射强度并不随气温的下降而变小。

### 3.3 紫外线辐射强度季节分布特征

选取各季节4个晴天分别代表黄山景区春、夏、秋、冬季晴朗无云时到达地面的太阳紫外线辐射状况并绘制日变化曲线，其中夏季因黄山特殊气候并无绝对无云日，曲线频繁有大幅度瞬时跳跃。图4可以看出，各季节紫外线辐射强度的日变化同位相，都是以正午大致对称呈抛物线型；四季紫外线辐射强度均可达到5级；夏季变化幅度最大，其次是春季、秋季和冬季，对应紫外线照射时长也有相同规律。

而夏季最少，仅有4成半日数。

故黄山景区四季紫外线辐射强度都较强，夏季因云雾较多，平均强度较低，但瞬时强度较强，到黄山旅游的游客晴日都需要做好防护紫外线的措施。

### 4 紫外线辐射强度相关因子分析

选取14:00紫外线辐射强度，寻找与对应时刻的总云量、低云量、气温、气压、相对湿度等气象要素的相关关系。表3所示，气温与紫外线强度的相关系数为-0.055，为不相关；气压的相关系数为-0.233 (n=356, α=0.01)，负相关系数偏小，但极显著；相对湿度相关系数为-0.619 (n=356, α=0.01)，为极显著负相关，相对湿度间接反映了水汽对紫外辐射有着重要影响，虽然水汽对太阳的紫外辐射没有直

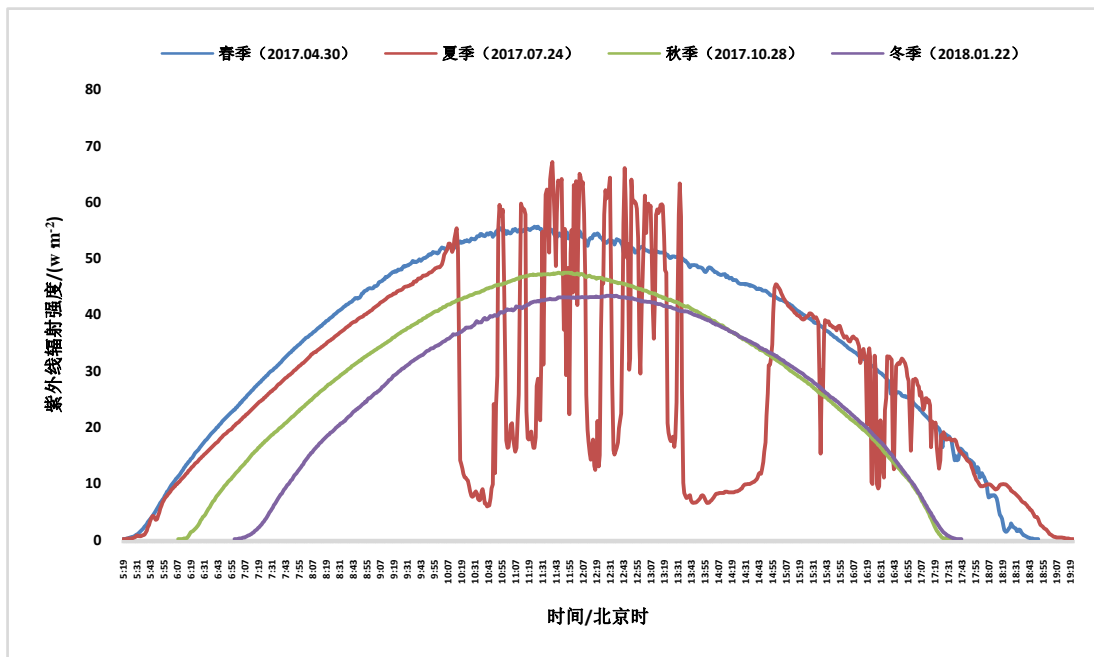


图4.黄山风景区各季节晴天时紫外线辐射日变化曲线。

Fig.4. The daily change of UV radiation intensity on sunny days in each seasons in Huangshan scenic area.

从表2可以看出，紫外线辐射强度瞬时最大值出现在夏季，其次是春季、秋季，冬季最低；季度平均值最大在春季，秋冬季接近平均值，夏季却最低，主要是由于黄山景区夏季梅雨和午后多局地强对流天气，阴雨日数偏多，其余季节因海拔高，相对山下地区多晴日，受日照时间长；四季紫外线辐射等级≥4级的天数都较多，几乎7成日数都为强紫外线日，反

接吸收，但它对太阳紫外辐射的消光机制主要是水汽参与了大气中的光化学反应，使紫外辐射受到衰减<sup>8</sup>；总云量和低云量与紫外线强度的相关系数分别为-0.687和-0.695 (n=356, α=0.01)，均为极显著负相关，尤其是低云量相关性更高一些，可见云对紫外线辐射具有显著的衰减作用。研究表明，光学厚度为5的云（薄云）减弱地面紫外线辐射约35%，光学厚

表2.各季节紫外线辐射强度(2017.3~2018.2)  
Tab2. UV radiation intensity in each season, 2017.3~2018.2

紫外线辐射强度	春季	夏季	秋季	冬季	全年
瞬时最大值/(w m <sup>-2</sup> )	78.6	84.2	68.4	56.1	84.2
平均值/(w m <sup>-2</sup> )	30.3	19.2	23.0	24.3	24.2
≥4级天数/d	63	41	54	60	218

表3.黄山风景区14:00各气象因子与紫外辐射的相关性  
Tab3. Correlation between meteorological factors and UV radiation at 14:00 in Huangshan scenic area

	气温	相对湿度	气压	总云量	低云量
紫外线辐射强度	-0.055	-0.619**	-0.233**	-0.687**	-0.695**

注: \*\*表示通过 0.01 显著性水平检验。

度为 10 的云(较薄云)减弱地面紫外线辐射约 50%, 光学厚度为 80 的云(厚云)减弱地面紫外线辐射约 90%<sup>9</sup>。

### 5 结论

(1) 在无其他因素的影响下, 紫外线辐射强度日变化曲线大致呈正态分布特征。黄山风景区日平均紫外辐射强度最大为 55.2w/m<sup>2</sup> (5 级强度), 瞬时最大值为 84.2w/m<sup>2</sup>。

(2) 黄山风景区因海拔高及特殊的气候, 紫外线辐射强度的月、季节变化特征相对不明显, 四季紫外线辐射强度均可达到 5 级; 春季平均紫外线强度最强, 秋冬季紫外线瞬时强度减弱但照射时间较长, 平均紫外线辐射强度依然在 4 级以上, 夏季虽然瞬时强度最强, 但多云雾日, 平均紫外线强度反而是最低的。非阴雨日登黄山时都需注意做好紫外线防护措施。

(3) 黄山风景区紫外线辐射强度与总云量、低云量、相对湿度和气压都具有极显著的负相关。

(4) 黄山景区开展紫外线辐射观测时间不长, 累积数据较少, 待未来数据丰富, 将对紫外线数据进一步分析并开展紫外线指数预报。

### 参考文献:

1. 毕家顺. 紫外线辐射对人体的影响及其预报. 云南环境科学, 2001, 20(12): 46-48.  
Bi Jiashun. Impact of Ultraviolet Radiation on Human Body and its Prediction, J. Yunnan Environmental Science. 20(12) (2001): 46-48.  
2. 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. 浙江气象, 2007, 28(3): 22-26.  
Mao Zejian and Zhang Lifeng. Study on Analysis and Forecast Method of Ultraviolet Radiation Intensity in Hangzhou, J. Zhejiang Weather. 28(3) (2007): 22-26.  
3. 毕家顺. 低纬高原城市紫外辐射变化特征分析. 气候与环境研究, 2006, 11(5): 87-91.  
Bi Jiashun. A Study of Variation Characteristics of the Ultraviolet Radiation of City at the Low Latitudes and Plateau, J. Climatic and Environmental Research. 11(5) (2006): 87-91.  
4. 王继鹏, 魏敏, 张冉. 鲁中山区紫外线指数强度分布特征研究. 安徽农业科学, 2008, 36(36): 16034-16035.  
Wang Jipeng, Wei Ming and Zhang Lan. Study on the Distribution Characteristics of Ultraviolet Index Intensity in Luzhong Mountain Area, J. Anhui Agricultural Sciences. 36(36) (2008): 16034-16035.  
5. 祝青林, 于贵瑞, 蔡福, 等. 中国紫外辐射的空间分布特征. 资源科学, 2005, 27(1): 108-113.  
Zhu Qinlin, Yu Guirui, Cai Fu, et al. Spatialization Research on Ultraviolet Radiation In China, J. Resources Science. 27(1) (2005): 108-113.  
6. 曲晓黎, 张彦恒, 赵娜, 等. 石家庄市紫外线监测分析及预报方法. 气象科技, 2011, 39(6): 931-935.  
Qu Xiaoli, Zhang Yanheng, Zhao Na, et al. Analysis of Ultraviolet Ray Monitoring Data in Shijianzhuang and Prediction Method, J. Meteorological Science and Technology. 39(6) (2011): 931-935.  
7. 武辉芹. 石家庄市紫外线与气象因子的相关分析及等级预报方程的建立. 干旱气象, 2012, 28(4): 483-488.

- Wu Huiqin. Correlation Between Solar Ultraviolet Radiation and Meteorological Factors in Shijiazhuang and Its Prediction Equation, *J. Journal of Arid Meteorology*. 28(4) (2012) :483–488.
8. 刘晶淼, 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. *高原气象*, 2003, 22(1):45-50.
- Liu Jinmiao, Ding Yuguo, Huang Yongde, et al. Correlation Analysis of Solar Ultraviolet Radiation Intensity and Meteorological Elements, *J. Plateau weather*. 22(1) (2003): 45–50.
9. 吴兑, 邓雪娇. 环境气象学与特种气象预报. 北京: 气象出版社, 2001:191-223.
- Wu Dui and Deng Xuejiao. *Environmental Meteorology and Special Weather Forecast* [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2001:191-223.