

到达地面的太阳紫外辐射强度的观测

吴 兑

(广州热带海洋气象研究所, 510080)

提 要

紫外辐射强度的公众服务一般用紫外线指数来表示,是衡量某地正午前后到达地面的太阳紫外辐射对人体皮肤(或眼睛)可能损害的程度指标,它主要依赖于纬度、季节、平流层臭氧、云况、海拔高度、地面反照率和大气污染状态等条件。紫外线辐射强度的观测主要使用紫外光谱辐射计与滤光片式的紫外辐射表。

关键词: 紫外辐射强度 UVI 观测方法

引 言

由于人类活动的影响,平流层臭氧的损耗导致太阳到达地面的紫外辐射增加,从而影响整个人类生存环境。随着人们生活水平的提高和自我保护意识的增强,世界各国对紫外线辐射强度的观测和预报逐渐开展起来,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、希腊等国家开展较早^[1],我国自 90 年代开展紫外辐射的观测与研究,但观测站点较少,且观测时段较短^[2~5]。

当前,全球建立了用于多种目的的紫外辐射和臭氧监测网。国际上已经开展的紫外辐射测量有两类。一类是采用滤光片式的紫外辐射表,即测量具有滤光片加权的紫外辐射某波段总辐射量。这类测量比较简单易行,因而在较多的地点已开展了较长期的监测。紫外辐射表的缺点是滤光片加权作用使人们较难从测值中分析对各类生物和人体的损伤严重性,因为各种效应对紫外辐射谱段内的各波长具有极不相同的响应。另一类是紫外光谱辐射测量,即利用具有绝对定标能力的光谱辐射计进行测量,获得光谱辐射绝对值。这类仪器比较复杂,目前在全球范围内实际监测的点还很少,时段也较短,但它的好处是

显而易见的。有了这样的测量,就可能用以系统分析紫外谱辐射变化的各种生态效应的严重性。紫外光谱辐射的长期监测需要高质量的紫外光谱辐射计,并需具有经常的定标,且价格昂贵。80 年代初期,新西兰的 McKenzie 紫外辐射研究小组就发展了紫外辐射光谱仪,自 1989 年以来开始了常规观测,证实了南半球上空臭氧总量减少,相应地面紫外辐射大量增加。美国从 1987 年开始用紫外辐射光谱计在南极地区布网监测紫外辐射。欧洲一些国家也较早开展了紫外辐射光谱的观测研究。并于 1991~1995 年进行了紫外光谱仪的比对观测,使欧洲的紫外辐射观测水平提高到了一个新的高度。我国由中科院大气物理所和长春光机所合作,从 1992 年开始分别在长春和北京开始了紫外辐射光谱的观测,为研究中国地区的紫外辐射光谱气候学打下了基础^[2]。

1 滤光片式的紫外辐射表

采用滤光片式的紫外辐射表观测紫外辐射,因其结构简单,价格便宜,容易维护和能实现自动化观测,因此应用相当广泛。使用较多的仪器可分为两大类,第一类采用截段式滤光片(也称长通式滤光片),通常由石英玻璃制成,一般每台仪器配有几组滤光片,所需

谱段的辐射强度是相邻滤光片所测结果相减得到的。第二类是采用通带式滤光片,所测辐射强度就是标称谱段的辐射强度,这类仪

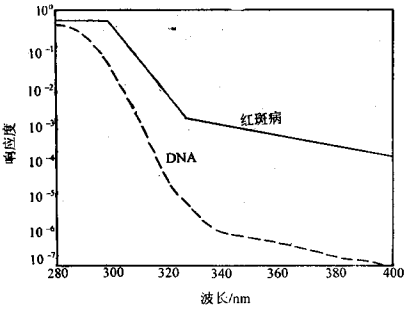


图 1 红斑灼伤作用谱和 DNA 损伤作用谱

器分为两种,一种是宽波段测量仪,通常采用石英玻璃制造滤光片,此种仪器的响应是按照与特定的作用曲线相一致设计的。例如:所测量的紫外辐射范围与人类皮肤红斑反应谱相一致(图 1)。第二种是窄波段测量仪,这类

仪器是将整个紫外辐射谱分成若干个很窄的波段,采用多组干涉滤光片分别测量每个波段的半宽度附近(比如 10nm)的实际紫外辐射量。我国近几年在一些大城市开展的紫外辐射观测,就是上述两大类采用滤光片式的紫外辐射表观测的。基本情况见表 1。图 2 给出了广州地区使用美制 Eppley 宽波段紫外总辐射计在晴天的一次观测实例。

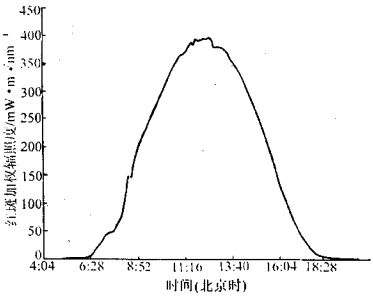


图 2 广州 1999 年 10 月 17 日紫外辐射日变化

表 1 我国各城市紫外辐射观测仪器性能简表

城市	仪器型号	生产厂商	观测谱段/nm	观测波段	开始观测时间	开始预报时间
广州	TUVR	Eppley	295~385	宽波段	1999.10	1998.11
北京		中科院空间应用中心	280~320	宽波段	1999.3	1998.6
昆明	TBQ-4-3	锦州 322 所	300~2800 400~2800	宽波段	1999.1	1999.6
武汉	PC-2	锦州 322 所 湖北气科所	290~3200 400~3200	宽波段	1999.8	1999.8
上海	SUR-1	上海气科所	280~390	宽波段	1999.11	1998.7
沈阳	UV-B	北师大	230~290 250~350	窄波段	2000.01	1999.7
天津	SUR-1	上海气科所	280~390	宽波段	1999.6	1999.5
石家庄	SUR-1	上海气科所	280~390	宽波段	已购待装	1998.12
贵阳	TBQ-4-3	锦州 322 所	300~3200	400~3200宽波段	1999.12	
西宁	TBQ-4-3	锦州 322 所	300~3200	400~3200宽波段	2000.3	
呼和浩特	TBQ-4-3	锦州 322 所	300~3200	400~3200宽波段	2000.4	
乌鲁木齐	TBQ-4-3	锦州 322 所	300~3200	400~3200宽波段	2000.4	
大连	TBQ-4-3	锦州 322 所	300~3200	400~3200宽波段	2000.4	
南京	SUR-2	上海气科所	280~320	宽波段		
合肥	SUR-2	上海气科所	280~320	宽波段		
兰州	SUR-2	上海气科所	280~320	宽波段		
郑州	SUR-2	上海气科所	280~320	宽波段		
哈尔滨	SUR-2	上海气科所	280~320	宽波段		
苏州	SUR-1	上海气科所	280~390	宽波段		

Eppley 紫外总辐射计主要由一个带硒阻挡层、用石英窗密封的光电池、滤光片和洁净的聚四氟乙烯散射片组成。光电池的上方

有一块波长范围在 295~385nm 的滤光片,滤光片的作用是限制光电管对 295~385nm 波段的波长效应(295~385nm 波段几乎是

地球表面,或是 4500m 高度所接收的太阳紫外总辐射范围)。聚四氟乙烯散射片有两种作用:一是消弱光强(这样可增加暴露期间光的稳定性);另一是改进仪器遵循朗伯(Lambert)余弦定律的能力。此散射片在我们所感兴趣的波长范围内几乎有一致的散射作用,以及保持仪器整个系统在几何学上的协调性。热敏电阻用来测定仪器的温度,便于对滤光片和光电池进行温度订正。光电管的终端与一个精密的电阻相连接,信号的测定是通过测量电阻的降压值来实现的。这种测量方法,光电通量与电路中的电流便满足光电管保持最佳稳定性的两个条件。整个仪器用一根镀黄铜的杆固定安装;散射片是可移动的,因为有一个 O 型绝缘封的保护,放散射片的地方是不受天气影响的,可全天候工作,安装杆也采用了相似于散射片用的绝缘封套,在杆连接端反面的底座安装了干燥器。一个环形酒精水平仪监测仪器的平衡状态。该仪器能通过微机实现自动观测。

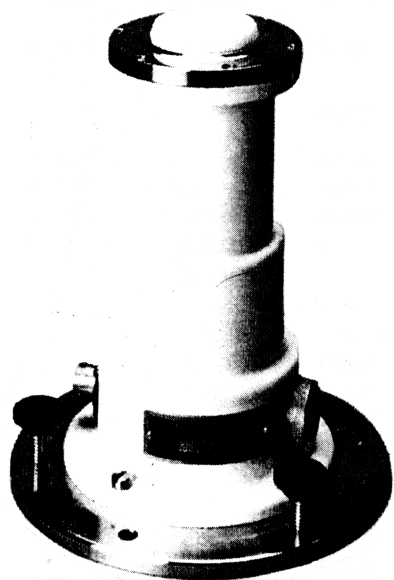


图 3 Eppley 紫外总辐射计外形图

2 影响到达地面紫外辐射的主要因素

影响到达地面紫外辐射的因素比较多,

其中较重要的有:臭氧总量、臭氧垂直分布、二氧化硫、气溶胶、火山气溶胶、地表反照率和云。这些因素将直接影响紫外线指数预报的准确性^[4,5]。

2.1 臭氧总量

臭氧总量是影响到达地面紫外辐射的最重要因子,因为臭氧在紫外波段存在很强的吸收带——哈特利(Hartley)和赫金斯(Huggins)带。数值试验的结果表明,臭氧总量的减少会导致地面紫外辐射的大量增加,比如臭氧总量减少到一半,则到达地面的紫外辐射在 290nm 处将增强 3 个数量级,如果用具有生物学意义的产生红斑效应的紫外辐射剂量率表示,则剂量率也被放大了许多倍。可见臭氧总量的变化,特别是臭氧洞的出现,对地面紫外辐射的影响之大。

2.2 臭氧垂直分布

臭氧总量的垂直分布在一定程度上影响到到达地面的紫外辐射。同等的臭氧总量分布在不同的高度上,到达地面的紫外辐射是有差别的。当臭氧的垂直分布发生变化时,到达地面的紫外辐射的较大差别主要出现在 292~305nm 之间,可达 10% 左右。

2.3 二氧化硫

就单个分子而言,二氧化硫对紫外辐射的吸收是臭氧分子吸收的 1~4 倍,依赖于波长。但是,大气中二氧化硫总量通常只有臭氧总量的 1% 左右,所以实际上二氧化硫的紫外吸收并不很强。但是对于大气遭到二氧化硫严重污染的地区,二氧化硫对紫外辐射的吸收可达 20%,则紫外辐射受二氧化硫的影响就不能忽略。

2.4 气溶胶

辐射传输模拟试验的结果表明,气溶胶对到达地面的紫外辐射的影响是非常重要的。中等厚度的气溶胶层对紫外辐射的衰减可达到 20% 左右,较厚的气溶胶层对紫外辐射的衰减达到 30%,在 UV-B 波段,由于分

子和气溶胶的散射与臭氧强吸收的相互作用,衰减对波长具有一定的依赖性。总之,气溶胶对到达地面的紫外辐射的影响相当重要且非常复杂,与太阳天顶角、气溶胶光学厚度、紫外辐射波长等都有密切关系。

2.5 地表反照率

数值模拟试验结果表明,对于地表反照率小于10%的情况,相应紫外辐射的增强小于4%,且对波长的依赖较弱。但对于高地表反照率(如冰、雪)的情况,地面紫外辐射增强十分可观,可达40%。在野外,大部分地表的地表反照率不高,因此对地面紫外辐射影响不大。

2.6 云

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许多倍。

致谢:感谢北京大学毛节泰教授、湖北气象研究所涂松柏所长、张东风工程师、云南气象研究所王建彬所长、上海气象研究所邵得民高级工程师、北京气象研究所李慧所长、孙庭凯工程师、辽宁气象研究所宫福久副所长、白乐生副所长、天津气象研究所边海所长、解以扬副所长、河北气象台张书余台长的大力帮助。

参考文献

- 1 C. S. Long, A. J. Miller, Hai-Tien Lee et al., Ultraviolet index forecasts issued by the National Weather Service, Bull. AMS, 1996, 77(4), 729~748.
- 2 吕达仁,李卫,李福田等. 长春地区紫外光谱(UV-A, UV-B)辐射观测和初步分析. 大气科学, 1996, 20(3): 343~351.
- 3 郭松,周秀骥,张晓春. 青海高原大气 O₃ 及紫外辐射 UV-B 观测结果的初步分析. 科学通报, 1994, 39(1): 50~53.
- 4 王普才,吴北婴,章文星. 影响地面紫外辐射的因素分析. 大气科学, 1999, 23(1): 1~8.
- 5 王普才,吴北婴,章文星. 紫外辐射传输模式计算与实际测量的比较. 大气科学, 1999, 23(3): 361~364.

Observation of Surface Sunny Ultraviolet Radiation

Wu Dui

(Guangzhou Institute of Tropical and Oceanic Meteorology, 510080)

Abstract

The ultraviolet radiation for the public service usually abbreviated UVI, is to express the index as the solar noon erythemally weighted dose rate. UVI mainly depends on latitude, season, stratospheric ozone field, cloud-amount, height above sea level, SO₂ and aerosols et. al. Observation of surface sunny ultraviolet radiation is mainly done by the UV spectroradiometer and filter ultraviolet radiation meter.

Key Words: ultraviolet radiation UVI observation methods