

拉萨地区生物有效紫外辐射初步分析*

除多¹⁾ 普布次仁²⁾ 边多³⁾

1) (中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

2) (挪威卑尔根大学地球物理研究所, Allegaten 70, N-5007, Bergen, Norway)

3) (西藏高原大气环境科学研究所, 拉萨 850000)

P4 A

摘要 根据1996~1998年由NILUV紫外辐射仪在西藏拉萨地区观测的紫外辐射资料, 分析了青藏高原拉萨地区生物有效辐射的分布特征。结果表明, 1997年日正午最大生物有效紫外辐射剂量率(UV dose rate)达到 500 mW m^{-2} , 最小值为 9.7 mW m^{-2} ; 晴天时生物有效辐射剂量率的日变化呈规则曲线, 且早晚小, 中午大; 一年中紫外辐射变化的总趋势是由太阳天顶角决定的, 紫外辐射的日变化和年变化是其最主要、最基本的变化; 西藏拉萨地区的月平均红斑辐射剂量明显高于全球其他同纬度地区。

关键词: 拉萨地区; 紫外辐射

1 引言

紫外辐射虽然在太阳能量的总通量中所占的百分数不大, 但是研究紫外辐射有着极为重要的意义。特别是近几年来随着地球两极地区出现的臭氧洞的不断加大和加深, 极区地面的紫外辐射迅速增加, 这一问题已经引起了科学家的密切关注和深深忧虑。人类之所以没有遭受过量的紫外辐射, 是因为受到臭氧层的保护。如果大气臭氧层这个“保护伞”遭受严重破坏, 人类将遭受强烈的紫外线暴晒, 会产生十分不良的后果。由于南极臭氧洞的发现使人们开始关注大气臭氧大量损耗的可能性, 这不仅出现在极区而且有可能出现在中纬度地区。不同作者对中国地区臭氧总量的研究均表明, 中国地区臭氧总量已有相当的减少^[1~3]。周秀骥等^[1]用TOMS卫星臭氧总量数据首次发现夏季青藏高原上空存在一个臭氧低值区; 熊效振等^[4]的计算表明, 整个中国地区青藏高原的紫外辐射UV和B波段紫外辐射UV-B永远最高。假如大气臭氧从目前含量减少一半, 到达地面的紫外辐射红斑效应剂量将相应增加三倍左右, 这将给人类和地球表面许多生物带来极其不利的影响, 如皮肤癌发病率大大增加、作物生产能力减弱等。过量的紫外辐射还会伤害水中浮游生物, 大大降低水生产能力, 破坏鱼类的食物链基础, 导致水中蛋白质的大量减少, 进一步导致人类食物供应的短缺。研究拉萨地区的紫外辐射特别是生物有效紫外辐射, 一方面能够了解其在高原地区的时空分布特点和对生物的影响, 另一方面, 还可以确定该地区大气臭氧总量的变化特点及趋势, 这对高原生物和医学方面具有重要价值。

2000-11-01 收到, 2001-01-15 收到修改稿

* 西藏自治区科委重点科技项目(项目编号46)资助

2 观测方法

西藏自治区高原大气环境科学研究所与挪威卑尔根大学合作, 于1996年6月25日在西藏自治区气象局业务楼顶专门架设了由挪威卑尔根大学提供的多波段分光式宽带臭氧与紫外辐射观测仪。从此, 拉萨地区(海拔3640 m, 29.67°N, 91.13°E)有了定点的、长时间序列的UV辐射资料。该仪器是由挪威大气研究所(Norwegian Institute of Air Research, NILU)研制, 主要由一个石英散射器、一个滤光片和一个光敏二极管探测器组成。它有三个波段, 一个中心波长为305 nm的UV-B波段和两个中心波长分别为320、340 nm的UV-A波段, 带宽为10 nm。生物有效辐射剂量率(UV dose rate)是由305 nm和340 nm波段观测的辐照度的线性组合来确定的^[5]。线性组合中的系数是由McKinlay利用标定过的高精度标准光谱仪与人体皮肤的CIE作用谱观测获得的^[5,6]。该仪器是由Dahlback设计和测试的^[5], 使用该仪器与高精度分光光度计在美国圣迭戈各种天气条件下进行了为期一周的对比试验, 结果表明, 当太阳天顶角(SZA) < 80°时, 在各种天气条件下相对误差为 $1.4 \pm 3.2\%$, 晴天时则为 $0.6 \pm 1.5\%$ 。本文根据这个仪器观测的资料, 首次报道了拉萨地区生物有效紫外辐射剂量分布状况。

3 西藏拉萨地区生物有效紫外辐射的日变化

紫外辐射由于受日地距离和臭氧、云盖等各种大气消光因子的衰减作用, 不仅有明显的日际变化, 而且日变化也很大。图1是典型晴天条件下白天整点紫外辐射剂量率在一天内的变化情况。由于1997年1月3日拉萨地区全天为晴天(云量为0, 日照时数为8.9), 且大气比较稳定, 使得紫外辐射剂量率的变化曲线呈规则曲线。早晨紫外辐射剂量率随着太阳天顶角的增大而增大, 午时太阳天顶角达到最大, 相应辐射剂量率也最大, 而后辐射剂量率又随太阳天顶角的减小而减弱, 下午地方时17时(北京时=地方时+2小时)时降之最低点。云能有效地衰减到达地面的紫外辐射强度, 特别是云量大于7以上时, 这种衰减更为强烈。图2是典型云天的紫外辐射剂量率变化趋势。1997

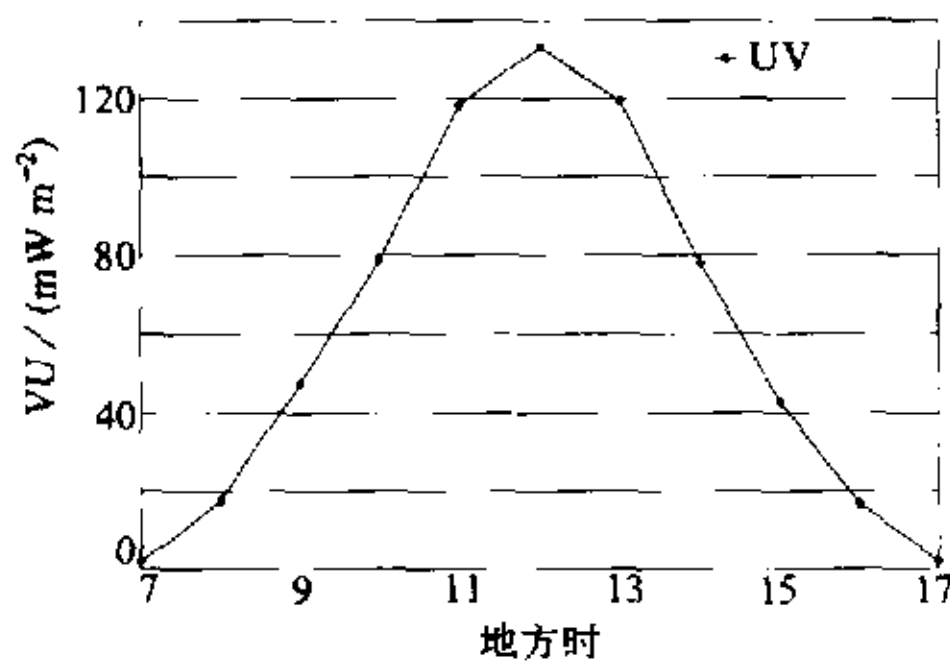


图1 1997年1月3日晴天(云量为0, 日照时数为8.9)条件下紫外辐射剂量率

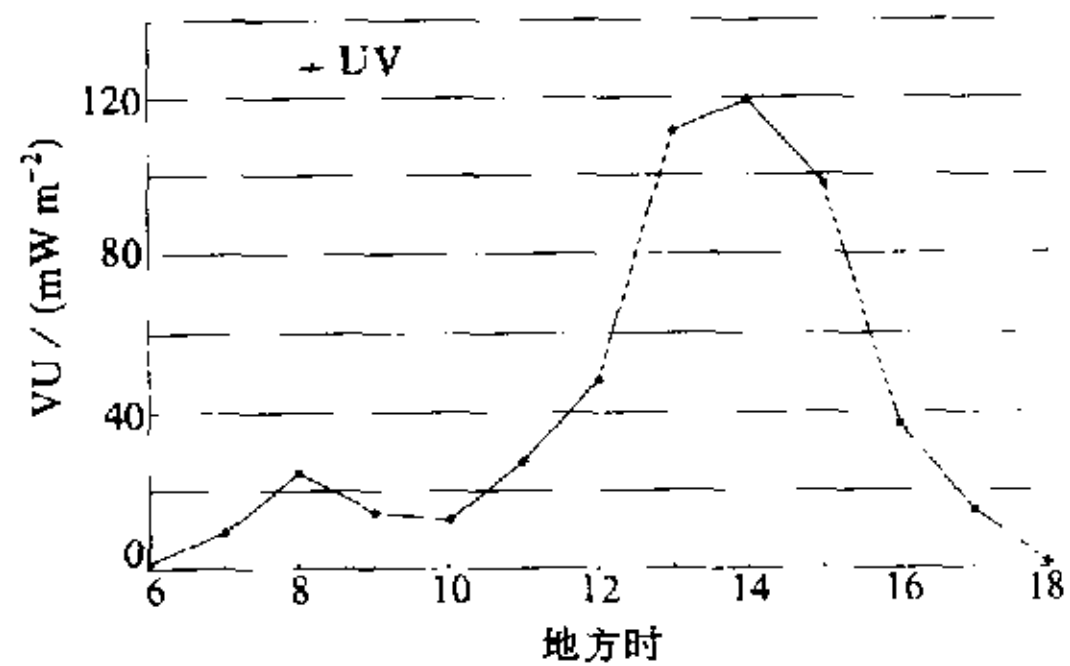


图2 1997年9月10日阴天(云量为10, 日照时数为2.5)时, 辐射剂量率变化

年9月10日这一天, 四次观测时刻(地方时00、02、12和18时)的云量都为10, 全天的日照时数为仅为2.5小时。由于受云的影响, 紫外辐射剂量率的变化呈很不规则的形状。这一天的最大值也不象晴天那样出现在午时太阳天顶角最大的时候, 而出现在14时。

图3和图4分别给出了1997年1月和7月每日逐小时整点的紫外辐射剂量率及其平均值。从图中可以看出, 每天的紫外辐射变化趋势基本一致, 早、晚紫外辐射很弱, 随着太阳天顶角的升高紫外辐射也迅速增大, 正午12时, 紫外辐射达到最大值, 以后又随着太阳天顶角的减小而迅速减小。从图中可以看出, 紫外辐射上下午基本对称, 日变化振幅较大, 远大于日平均值。1月和7月具有季节代表性, 虽然每日逐小时整点的紫外辐射剂量率和平均值的总变化趋势一样, 但强度有很大的差别。7月份的紫外辐射剂量率较大, 1月份则较小。1997年7月正午最大值为 432.0 mW m^{-2} , 时间为7月5日, 该月最大平均值为 321.7 mW m^{-2} 。是午后1小时整点(地方时13时整)时刻的平均值(见图4), 图3是1997年1月份每日逐小时整点的辐射剂量率及其平均值。最大值出现在1月1日, 为 160.2 mW m^{-2} , 最大平均值是 127.9 mW m^{-2} 。

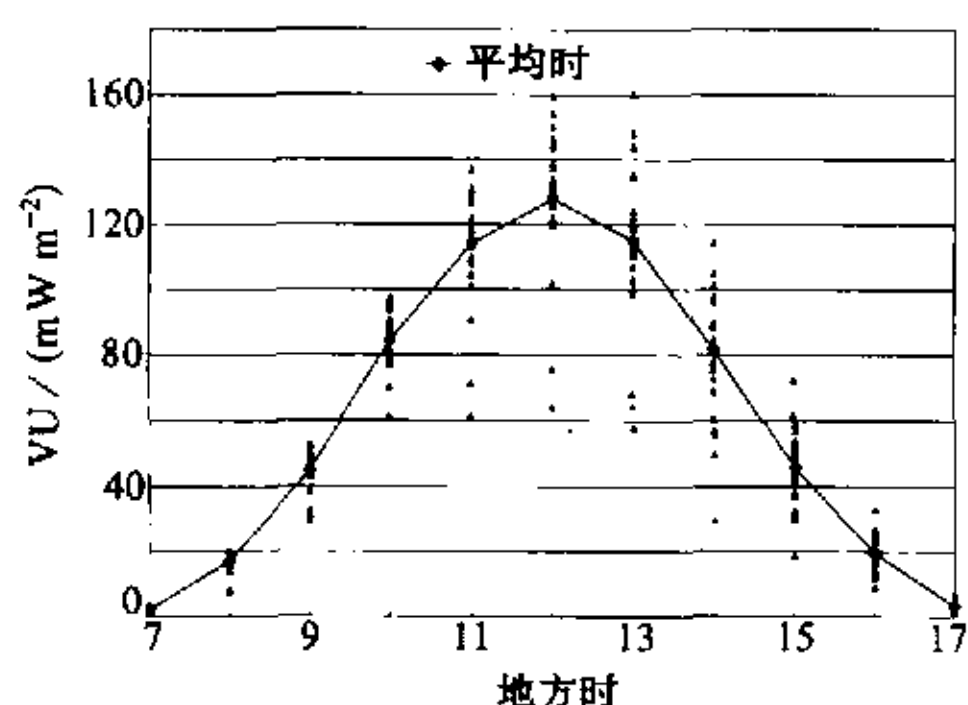


图3 1997年1月逐小时紫外辐射剂量率及其平均值

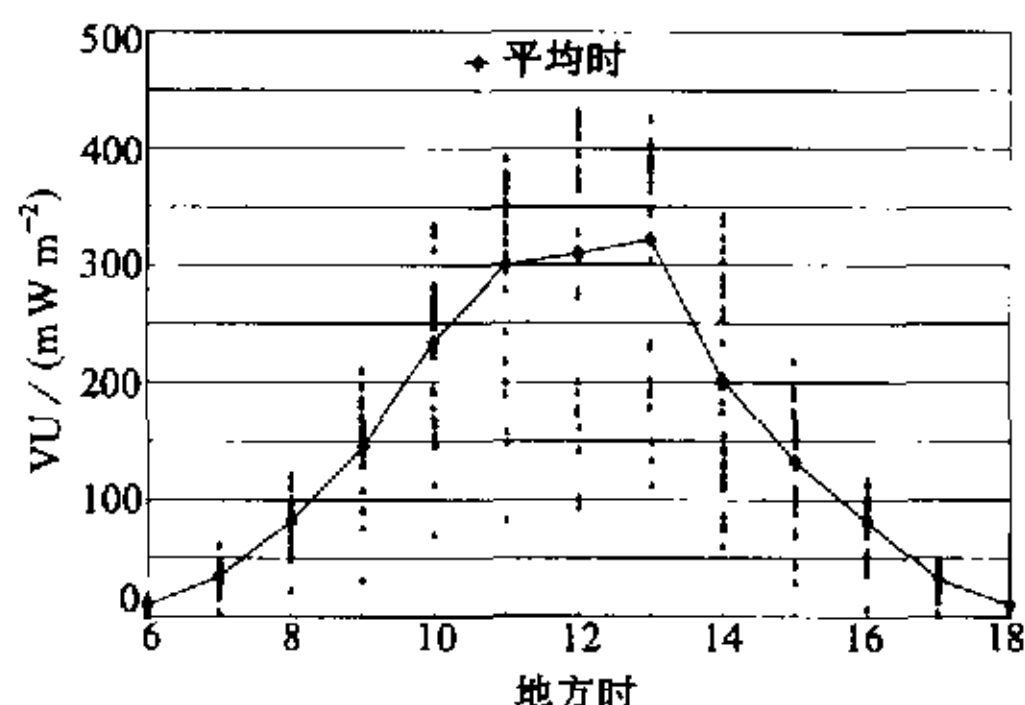


图4 1997年7月逐小时紫外剂量率及其平均值

根据这些分析得出, 紫外辐射的日变化振幅较大, 远大于日平均值, 晴天时日振幅也大于同期正午的日际变化值; 夏季的辐射剂量率最大, 其次是春季, 而后是秋季, 冬季最小, 这与青藏高原地区的总辐射变化趋势一致。

4 西藏拉萨地区月平均紫外辐射剂量率的变化特征

每日正午紫外辐射资料按月累加平均后得出了月平均紫外辐射剂量率。图5是1997年1月至12月的月平均每天正午12时的紫外辐射剂量率。图5的变化特点是从1月份开始随着太阳高度的不断增加, 紫外辐射不断加强, 直到6月份月平均值达到最大值, 为 334.1 mW m^{-2} , 此时太阳高度也达到一年中的最高处, 而后又随太阳高度下降紫外辐射剂量率也逐步下降, 一直到冬季的12月份。从图上可以看出, 整个过程为典型的倒抛物线型。

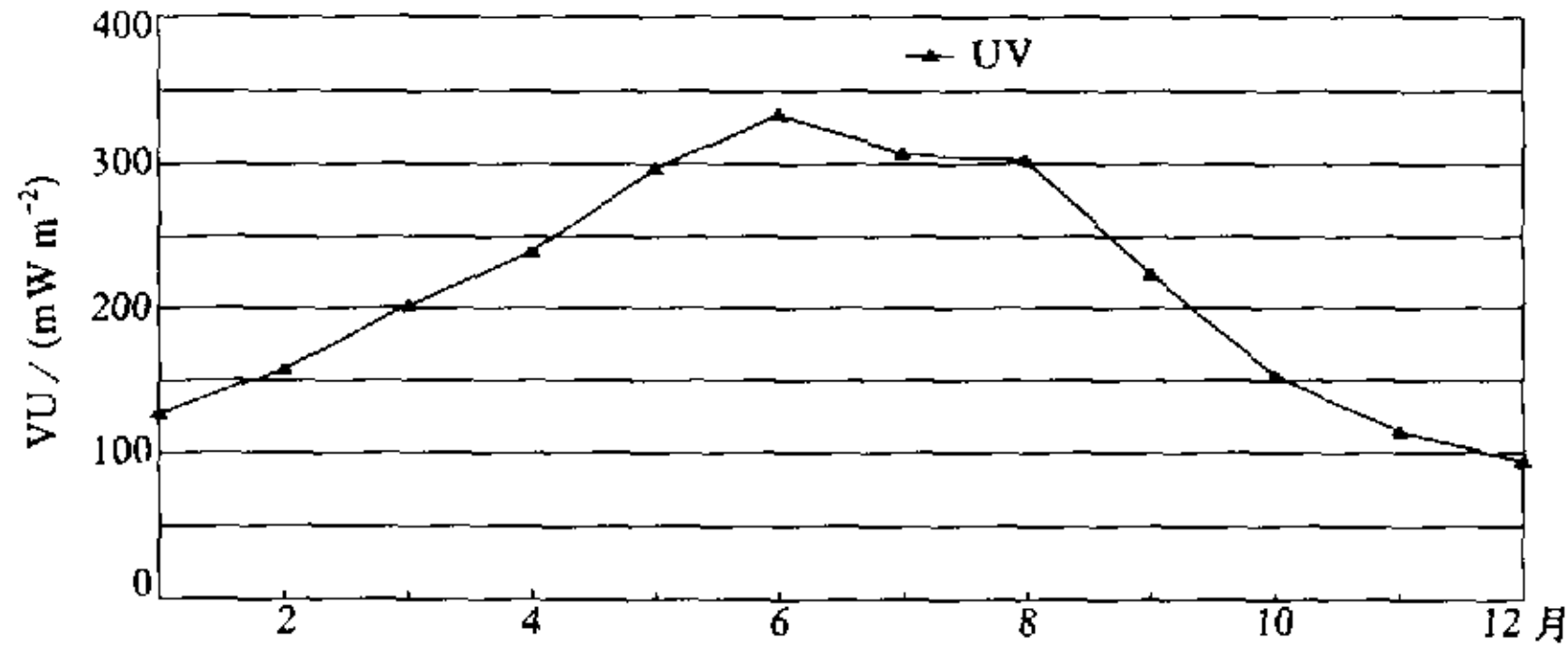


图5 1997年1月至12月月平均正午紫外线辐射剂量率变化

5 西藏拉萨地区紫外辐射剂量率年变化

图6是1997年1月1日至12月31日日总辐射与太阳天顶角变化情况, 其中的规则曲线是太阳天顶角一年中的变化趋势。一年中最大的辐射剂量率出现在6月30日, 达 500.0 mW m^{-2} , 最小值为 9.7 mW m^{-2} , 于3月10日出现。与日变化类似, 紫外辐射剂量率的年变化(图略)振幅大于其平均值, 也大于其年际变化, 且夏季大冬季小的变化趋势与总辐射一致。两者具有良好的相关性, 相关系数 r 等于 0.76, 呈显著相关性。从以上的分析可以得出, 虽然对流层中的云、平流层中的臭氧、气溶胶等大气中的其他成分能够影响紫外辐射, 但一年中紫外辐射变化的总趋势是由太阳天顶角决定的。紫外辐射的日变化和年变化是其最主要、最基本的变化, 远大于其他变化, 其变化规律具有明显的外强迫特征, 而地球的自传和公转变化形成的太阳辐射的天文变化正是这一强迫源。

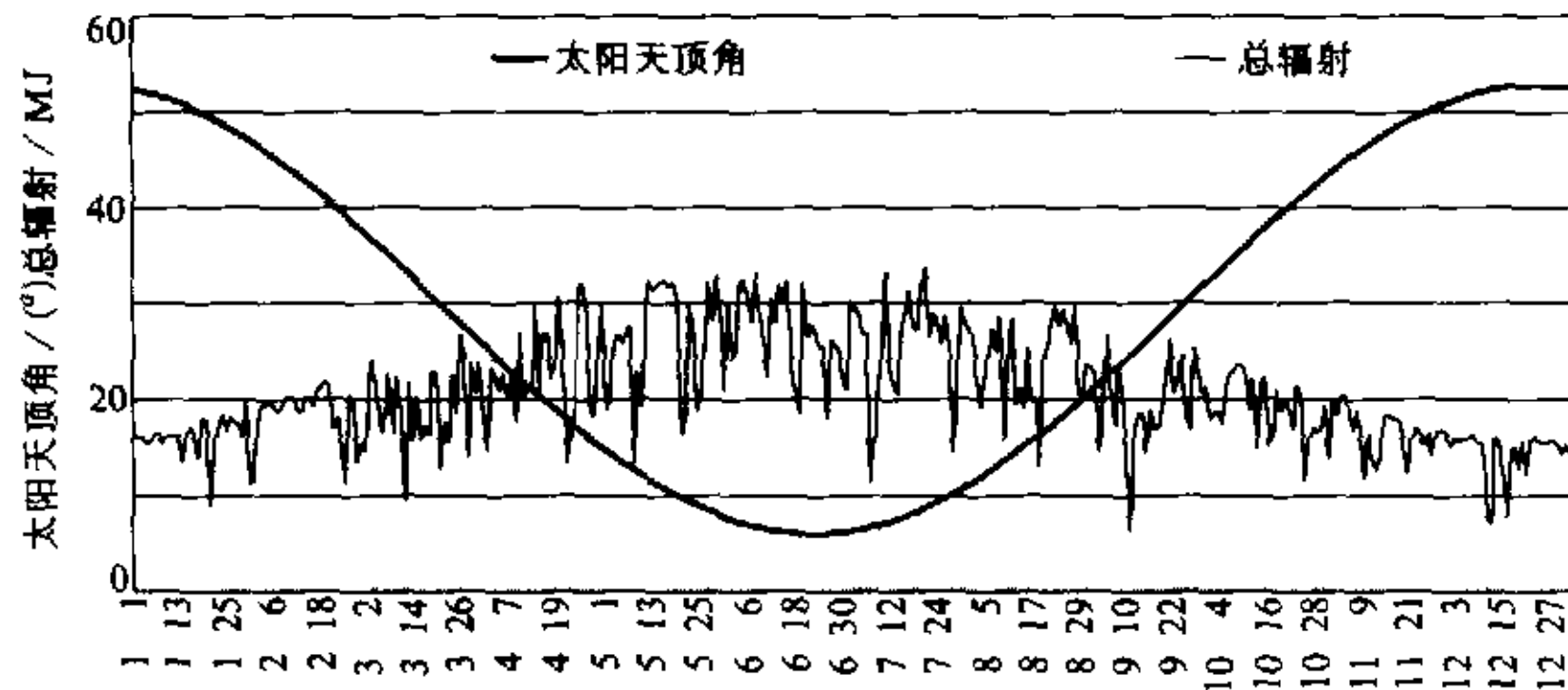


图6 1997年1月1日至12月31日日总辐射(MJ)与太阳天顶角(°)之间的关系, 其中规则曲线为太阳天顶角一年中的变化情况

6 与其他地区对比

普布次仁^[7]利用 1995 年 Seckmeyer 等^[8]在全球各地观测的资料和 Bernhard 等^[9]1995 年在澳大利亚赤道地区观测的资料与拉萨地区接收的总辐射剂量进行了对比(见表 1)。结果表明, 西藏拉萨地区的月平均红斑辐射剂量远大于其他地区, 5 月至 8 月在拉萨的值为同纬度圣迭戈的 1.3~1.4 倍, 夏天拉萨的值也明显高于南半球赤道以外的地区, 与同纬度的 Perch 地区相比, 拉萨值是其 1.2~1.4 倍。

表 1 不同地区月平均日红斑辐射剂量

		kJ m ⁻²			
北半球	年	5 月	6 月	7 月	8 月
圣迭戈 (32.5°N, 117.1°W)	1993	4.45 (1.39)	5.21 (1.31)	4.96 (1.41)	4.77 (1.32)
拉萨 (29.7°N, 91.1°E)	1996			7.60 (0.92)	6.90 (0.90)
	1997	6.20	6.80	7.00	6.30
南半球	年	11 月	12 月	1 月	2 月
达尔文 (12.5°S, 131.0°E)	1991/1992	5.21 (1.19)	5.70 (1.19)	3.72 (1.88)	3.55 (1.77)
布里斯班 (27.5°S, 153.0°E)	1991/1992	4.11 (1.51)	4.76 (1.43)	4.47 (1.57)	3.27 (1.93)
Perch (32.0°S, 115.8°E)	1991/1992	4.53 (1.37)	5.30 (1.28)	5.77 (1.26)	5.15 (1.22)
Palmer 站 (64.5°S, 64.0°W)	1993/1994	3.94 (1.57)	4.39 (1.55)	4.67 (1.50)	3.30 (1.91)

注: 括号内为拉萨地区 1997 年月平均日总红斑辐射剂量与其他地区 (取自文献[8,9]) 的比值

7 主要结论

(1) 1997 年日正午最大生物有效紫外辐射剂量率达到 500.0 mW m⁻², 最小值为 9.7 mW m⁻²;

(2) 晴天时生物有效辐射剂量率的日变化呈规则曲线, 且早晚小, 中午大而阴天时则为不规则曲线;

(3) 虽然对流层中的云, 平流层中的臭氧、气溶胶等大气中的其他成分能够影响紫外辐射, 但一年中紫外辐射变化的总趋势是由太阳天顶角决定的。紫外辐射的日变化和年变化是其最主要、最基本的变化。

(4) 西藏拉萨地区的月平均红斑辐射剂量明显高于全球其他地区。夏天是北半球同纬度地区圣迭戈的 1.3~1.4 倍, 是南半球同纬度 Perch 地区的 1.2~1.4 倍。

参 考 文 献

- 1 周秀骥, 罗超等, 中国地区臭氧总量变化与青藏高原低值中心, 科学通报, 1995, 40(15), 1396~1398.
- 2 魏鼎文, 赵延亮等, 中国北京和昆明地区大气臭氧层的异常变化, 科学通报, 1994, 39(16), 1509~1511.
- 3 Zou Han, Seasonal variation and trends of TOMS ozone over Tibet, *Geophys. Res. Lett.*, 1996, 23(9), 1029~1032.
- 4 熊效振, 王庚辰, 中国地区近地面太阳紫外辐射的分布及其对大气臭氧层破坏的响应, 大气科学, 1993, 17(5), 611~620.
- 5 Dahlback, A., Measurements of biologically effective UV dose, total ozone abundances, and cloud effects with

- multichannel, moderate bandwidth filter instruments, *Appl. Opt.*, 1996, **35**(33), 6514~6521.
- 6 McKenzie, R. L., W. A. Matthews and P. V. Johnston, The relationship between erythemal UV and ozone, derived from spectral irradiance measurements, *Geophys. Res. Lett.*, 1991, **18**(12), 2269~2272.
- 7 Pu Bu Ci Ren, *Solar Ultraviolet Radiation on the Tibetan Plateau: Measurements and Modeling*, Ph. D. Thesis, Geophysical Institute, University of Bergen, Norway, 1998.
- 8 Seckmeyer, G., B. Mayer, G. Barnhard, R.L. McKenzie, P.V. Johnston, M. Kotkamp, C.R. Booth, T. Tucas, T. Mehtechkina, C.R. Roy, H.P. Gies and D. Tomlinson, Geographical differences in the UV measured by intercompared spectrometers, *Geophys. Res. Lett.*, 1995, **22**, 1889~1892.
- 9 Bernhard, G., B. Mayer, and G. Seckmeyer, Measurements of spectral solar UV irradiance in tropical Australia, *J. Geophys. Res.*, 1997, **102**, 8719~8730.

A Preliminary Study of the Biologically Effective Ultraviolet Radiation of the Lhasa Area

Chu Duo¹⁾, Pu Bu Ci Ren²⁾ and Bian Duo³⁾

1) (Institute of Geographical Sciences and Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

2) (Geophysical Institute, University of Bergen, Allegaten 70, N-5007, Bergen, Norway)

3) (Tibet Meteorological Bureau, Lhasa 850000)

Abstract The characteristics of biologically effective UV in Lhasa are analyzed in this paper on the basis of the measurements with multichannel moderate bandwidth filter instruments from 1996 to 1998 in Lhasa. The results show that the max UV dose rate is 500.0 mW m^{-2} and the min UV dose rate is 9.7 mW m^{-2} at local noon of 1997. For clear sky, the variations of daily UV dose rate are regular curve and UV dose rate at noon is larger than that at morning and evening. The basic variations of UV dose rate in a year are mainly determined by solar zenith angle (SZA). On the other hand, a comparison between monthly mean daily erythemal UV dose of Lhasa and that of other locations demonstrates the extremely high UV radiation on the Tibetan Plateau. The values of Lhasa from May to August are higher than those of San Diego by a factor of 1.3~1.4 and in summer values of Lhasa are even higher by a factor of 1.2~1.4 than those of Perth which has a similar latitude to Lhasa.

Key words: Lhasa area; ultraviolet radiation