

总紫外辐射变率的分光谱测量

G. Seckmeyer

摘要 设计并制作了一种灵敏的测量总紫外 (UV) 辐射的便携式系统。在慕尼黑附近进行的一些初步测量证实了这一技术在信号获取方面的精确性和适用性。把所得数据同 Bener 的测量结果进行了比较, 后者是目前公布的最准确的数据。考虑到在臭氧层破坏方面紫外辐射对生物圈的实际重要性, 可以得出结论: 有必要加强对测量技术和辐射本身的研究。

1. 引言

紫外辐射对于有机体的直接影响 (如皮肤癌, 减缓植物生长), 以及通过光氧化物的间接影响 (如毒害植物的效应) 具有生物学的极端重要性。

在生物圈的许多光化学和光生物学过程中最有影响的中波紫外线 (UVB) 辐射 (280—320 nm) 至今尚未被广泛研究。在这一波长范围内的低辐照度水平和对仪器相对严格的限制使得进行准确测量变得很困难。此外, 装备有双单色仪和灵敏检测器的仪器几乎无法运送到野外站点来测量自然界的紫外辐射。市售仪器在机械和热力学方面的不稳定性阻碍了野外测量的可重复性。在进行了一些对作为稳定的便携式系统所必需的改进之后, 我们现在已经能够提供克服上述问题的技术。

2. 技术细节

如图 1 所示, 光学系统 (从英国的 Benthams 公司可以买到) 由余弦漫射器、选定的石英光纤、遮光器、具有 2400 l/mm 光栅以获得高分辨率和透射性的双单色仪

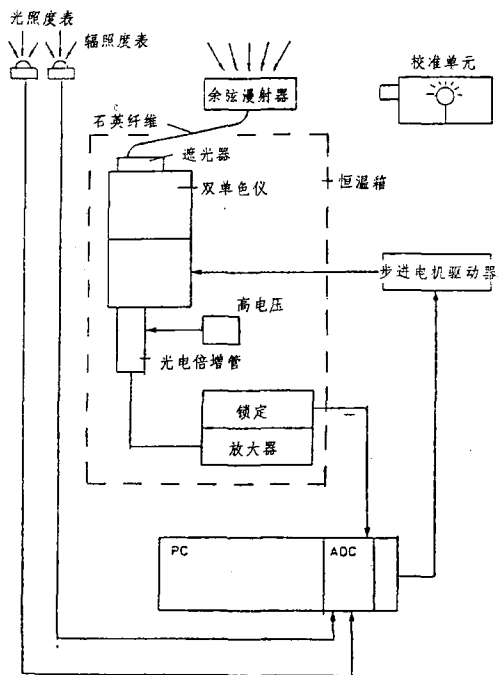


图 1 户外辐照度测量用便携式系统的局部示意图

(最大限度地减少漫射光)、步进电机驱动器、光电倍增管和可编程电流-锁定放大器组成。

作为辅助部分, 这一辐射谱仪还包括了

一个装有 Kipp&Zonen 日射总量表的辐照度表和一个在柏林 PRC Krochmann 公司有售的经过校准的光照度表。数据由一模拟-数转换器 (ADC) 进行转换, 由一台个人计算机 (PC) 进行分析。在市售子单元 (A-syst 系统) 的基础上, 我们开发了用于快速联机计算的软件, 用以监视仪器的稳定性, 控制电机驱动器和获取光照度表和辐照度表的数据。

由于对温度变化的敏感性, 光学系统的各部分必须在仔细控制的温度条件下工作。因此, 它们被整体装入一便携式气候箱中 (图 1 的虚线部分), 用 Peltier 技术使之稳定。使用石英-卤素或氙灯系统进行分谱辐照度的校准, 前者是在英国国家物理实验室 (NPL) 校准的。

3. 结 果

辐射谱仪的实验室测试得到以下本系统的技术性能:

非线性	<1% (对 8 位数)
漫射光	<10 ⁻¹⁰
随温度的变动 (不带恒温箱时)	约 1%/K (依 波长而定)
100 个测量点的 扫描时间	约 3 分钟
余弦误差	10%

图 2 给出辐射谱仪的分光谱灵敏度。误差

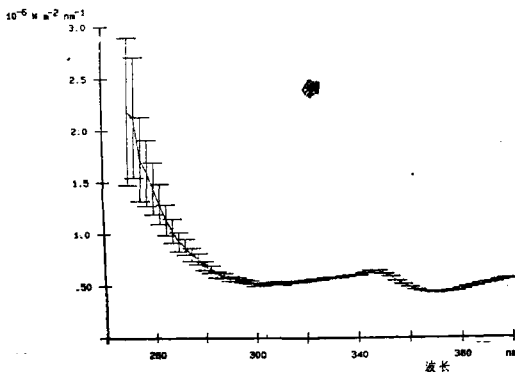


图 2 系统不使用石英光纤时紫外辐照度的检测极限; 误差竖线表示由 NPL 确定的校准误差

差竖线代表由 NPL 校准合格证所确定的误差。

图 3、图 4 给出 1988 年 7 月 11 日在德国慕尼黑附近 (48°N, 11°E, 海拔 500 m) 进行的一些初步测量的结果。在正午时分, 太阳高度角约为 62°。测量是借助通到大楼内仪器上的石英光纤完成的。狭缝宽度调整到 2.5 nm 的分辨率。

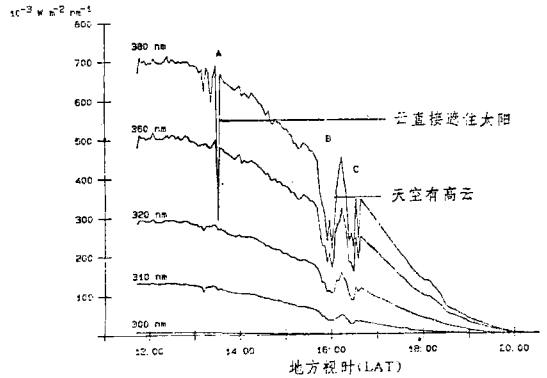


图 3 1988 年 7 月 11 日白天不同时刻, 在慕尼黑附近的 GSF Neuherberg 测量的不同波长的紫外辐照度

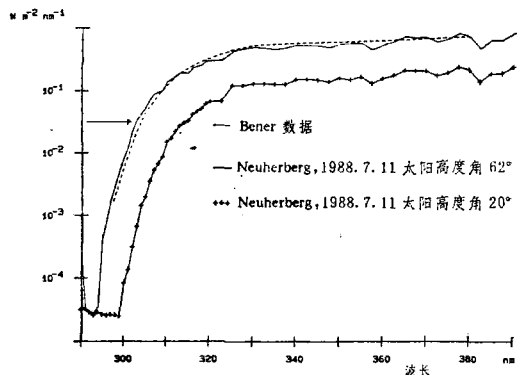


图 4 慕尼黑附近的平均紫外光谱辐照度 (1988 年 7 月 11 日, 海拔高度 0.5 km, 在不同太阳高度) 同 Bener 的测量数据 (海拔高度 1 km) 的比较。箭头指示 Bener 和我们的结果间的最大偏差区 (34%)。低于 $4 \times 10^{-6} \text{ W m}^{-2} \text{ nm}^{-1}$ 的数值表示在使用石英光纤时的较高的检测极限

数据表明了在不同波长上, 我们的系统对总紫外辐射变化的灵敏性 (图 3)。测量日的中午 (最大总辐照度约 900 W m^{-2}) 和傍晚无云, 下午有云。直接遮住太阳光的有云情况 A 仅影响较长波长的紫外辐照度。这种 (下转封四)

影响在辐照度表的数值中也表现出来。覆盖了天空较大部分的有云情况 B 和 C 影响紫外辐照度的全部频率范围。在距慕尼黑附近我们设置仪器处 64 km 的 Hohenpeissenberg 测量的臭氧值为 320 DU。

图 4 将中午 11:40 LAT (地方视时) 至 12:40 LAT 期间平均的光谱辐照度同傍晚 17:40 LAT 的光谱辐照度 (取自图 3 的测量结果) 进行了比较。在后一时刻, 中波紫外线比光谱其他部分减少得要多。为了进行比较, 图中插入了 60 度太阳高度角、海拔 1 km 和臭氧含量 320 DU (内插得到) 的 Bener (1972) 数据。两条曲线间的最大偏差约为 34% (箭头处)。

目前用本仪器可以检测到的“自然”辐照度信号的最短波长是 285.3 nm。它是由对应于 1 nm 分辨率和信噪比为 3 的狭缝宽度获得的。

4. 结 论

本系统适合于测量自然和人工环境下的分光谱辐照度。如图 3 所示, 紫外辐照度的谱函数依赖于太阳高度和云覆盖。可以建立

描述这种依赖关系的理论模式, 但其相互关系必须用另外的辐射谱仪测量结果加以证实。

在 330 至 290 nm 范围内生物敏感度增加了 4 个数量级, 而同一波长范围辐照度的最大下降可达 5 个数量级, 如果要计算紫外辐射的变化及其对生物圈的影响, 那么对任何紫外测量系统就要提出非常高的要求。我们的试验证明, 本文所描述的仪器可以满足这些要求, 它比简单的滤光片系统有高得多的准确度, 后者既不具有好的准确度和光谱分辨率, 也不具有为估算总紫外辐射变率所必需的精度。我们的测量结果同 Bener 的测量结果的偏差表明仍有需改进之处。人们已广泛承认和提出需要在野外对总紫外辐射进行研究, 但只要还不能满足对仪器的户外要求, 研究就不可能实现。用我们描述的这类系统进行测量将为更好地认识中波紫外辐射在生物圈中的重要性作出贡献。

孙 阳译自《Meteorol. Rdsch.》,

1989, 6

文 昌校