

# 人工光源紫外辐射强度的检测与评价标准应用

Application of detection and estimation standards of ultraviolet radiation intensity of artificial illuminator

吕琳, 杨虎

LI Lin YANG Hu

(北京市疾病预防控制中心, 北京 100020)

**摘要:** 按照有关检测规范要求, 采用 UV-A型、UV-B型紫外辐照度计, 在试验员调试工作位和试验控制工作位分别检测无防护措施时有防护措施时紫外辐射强度。无防护措施时汇总 4 个工作地点 3 个部位共 24 个紫外辐射检测结果, 经分析整理, 超标率 20.1%。其中模拟器甲调试位 UV-297 nm 的眼、面、手部位辐照度分别为  $1.5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、 $1.3 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、 $1.2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 眼、面、手部位分别超标 4.8 倍、4.0 倍和 3.6 倍; 模拟器甲控制位 UV-297 nm 的辐照度眼部为  $0.6 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 超标 1.3 倍, 面部为  $0.3 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ , 略微超标 0.02 倍; 其余检测结果均符合有关标准要求。使用防护用品后工作地点紫外辐射强度检测结果合格。试验员使用防护面屏进行试验时, 接触紫外辐射的强度符合国家职业接触限值的要求。美国政府工业卫生师协会 (ACGIH) 标准中对有代表性的波长分别给出了 TLV 及相对光谱有效值, 并对未防护的眼睛给出了对长波紫外线未加权的接触限值。我国现行的《工作场所所有害因素职业接触限值 第 2 部分: 物理因素》目前无长波紫外辐射卫生标准限值的情况下, 建议参考采用美国 ACGIH 标准。

**关键词:** 紫外辐射; 职业接触限值; 职业病危害评价

**中图分类号:** R122.4 **文献标识码:** B

**文章编号:** 1002-221X(2011)03-0225-02

紫外辐射 (ultraviolet radiation UVR) 又称紫外线, 指波长为 100~400 nm 的电磁辐射。按波长可分为长波紫外线 (UVA 315~400 nm)、中波紫外线 (UVB 280~315 nm)、短波紫外线 (UVC 100~280 nm)。紫外辐射有两种来源: 自然环境中太阳为紫外辐射的自然来源, 强度随季节、时间而变化, 自然环境中大部分的 UVB 和几乎全部的 UVC 被大气平流层的  $\text{O}_3$  层所吸收。生产环境中接触的紫外辐射人工源主要有高、低压水银石英灯、石英卤素灯、电焊、气焊和金属冶炼炉等。此外, 某些人工光源产生的紫外辐射也存在一定危害性。自然环境中的紫外辐射对人体健康影响利弊共存, 人工紫外辐射源除照明用日光灯、娱乐环境中的蓝光灯、餐饮场合的灭蚊灯等具有较低剂量的紫外辐射<sup>[1]</sup>外, 工业、科学实验和消毒杀菌等用途的紫外辐射往往较强。紫外辐射波长越短, 能量越大, 生物学作用越强, 对生物体的损伤程度

还与辐射的功率和时间有关<sup>[2]</sup>。紫外辐射除可致皮肤癌外, 对眼睛的损伤较大。UVC 能完全被角膜吸收, 可以直接引起角膜和结膜损伤如导致光性角膜炎等; UVB 则大部分被角膜吸收, 在光性角膜炎的发生中起部分作用, 且对晶状体具有很大的潜在危害; UVA 几乎不能被角膜和晶状体衰减而直接通过他们, 所以对白内障的发生可能关系较小, 但可能是随着年龄增加而发生黄斑退化性变的原因之一<sup>[3]</sup>。本文通过某人工光源紫外辐射强度及防护措施效果的检测与评价, 探讨综合应用国内外紫外辐射职业接触限值, 合理评价该人工光源紫外辐射危害程度。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象与内容

某建设单位分别在两个实验室内新增模拟器甲和乙, 利用紫外荧光灯发光产生紫外辐射, 模拟某种环境进行科学试验。模拟器甲工作时, 光波长 305~405 nm。模拟器乙工作时, 光波长 300~500 nm。试验时主要分两步操作: (1) 调试阶段, 进行试验设备的启动调试, 在模拟器正前方的调试工作位近距离调试; (2) 试验阶段, 按照试验要求完成试验, 在模拟器侧面计算机前的控制工作位控制操作。试验员在调试工作位和控制工作位工作时间分别为 0.5 h 和 3.5 h。原调试操作时未使用任何个人防护用品, 在该项目进行职业病危害控制效果评价过程中由于存在不同程度的超标现象, 建设单位为操作者配备了聚硫酸酯材质的防护面屏和棉布手套等个人防护用品。

### 1.2 检测方法 with 评价依据

按照《工作场所物理因素测量第 6 部分: 紫外辐射》(GBZ/T189.6-2007) 等有关检测规范的要求, 在试验员调试工作位和试验控制工作位设置检测点, 检测仪器为北京师范大学光电仪器厂生产的 UV-A 型紫外辐照度计、UV-B 型紫外辐照度计。选取 UV-297 nm 和 UV-365 nm 两个测量探头, UV-297 nm 测量探头的检测波长为 250~350 nm, UV-365 nm 测量探头检测波长为 320~400 nm。检测模拟器甲时首先选择 UV-365 nm 测量探头, 考虑到 UV-297 nm 测量探头对模拟器甲工作时的光谱也有一定的响应作用, 故使用 UV-365 nm 测量探头进行再次检测。模拟器乙同样选择这两个测量探头分别进行检测。首次进行紫外辐射检测时, 操作者无任何防护措施, 测量了裸眼、裸面部、裸手的紫外辐照度, 反映无防护时操作者在工作地点接触值。当操作者使用防护用品时, 如防护面屏、手套等, 则测量防护用品内眼部、面部和手部

收稿日期: 2011-01-25 修回日期: 2011-03-22

作者简介: 吕琳 (1963-), 女, 研究员, 从事建设项目职业病危害评价工作。

接触的紫外辐照度,以反映操作者实际受照值;同时每个检测点检测3次,取平均值。

《工作场所有害因素职业接触限值第2部分:物理因素》(GBZ.2-2007)中规定8h工作场所紫外辐射职业接触限值仅包括UVB和UVC,其中中波紫外线(315~280nm)8h职业接触限值:辐照度为 $0.26\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,照射量为 $3.7\text{mJ}/\text{cm}^2$ 。该标准未规定长波紫外线(UVA)的职业接触限值。

美国政府工业卫生师协会(ACGIH)标准中有关紫外辐射的阈限值(TLV)的定义为:指近乎所有健康劳动者可以反复接触不引起急性不良健康效应(如皮肤红斑和电光性角膜炎)的空气中的波长180~400nm的紫外辐射限值要求<sup>[4]</sup>。参考美国ACGIH的TLV标准,当波长365nm,在8h内照射到未防护的皮肤或眼睛上的紫外线照射量不应超过 $2.7\times 10^4\text{mJ}/\text{cm}^2$ 。此外,对于波长为315~400nm的长波紫外线,除满足上述限值外,未防护的眼睛对长波光线的接触不应超过以下未加权的值:持续接触时间 $<1000\text{s}$ 时,照射量为 $1.0\text{J}/\text{cm}^2$ ;持续接触时间 $\geq 1000\text{s}$ 时,辐照度为 $1.09\text{mW}/\text{m}^2$ 。

## 2 结果

### 2.1 无防护措施时工作地点紫外辐射强度检测结果

汇总4个工作地点3个部位共24个检测结果,经分析整理,超标率20.1%。其中模拟器甲调试位UV-297nm的眼、面、手部位辐照度分别为 $1.5\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、 $1.3\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 、 $1.2\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,眼部超标4.8倍,面部超标4.0倍,手部超标3.6倍;模拟器甲控制位UV-297nm的辐照度眼部为 $0.6\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,超标1.3倍,面部为 $0.3\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,略微超标0.02倍;其余检测结果均符合有关标准要求。

### 2.2 使用防护用品后工作地点紫外辐射强度检测结果

使用防护面屏后,模拟器乙的调试位和控制位UV-297nm和UV-365nm时检测结果均为未测出,模拟器甲的调试位和控制位UV-297nm检测结果均为未测出,UV-365nm辐照度检测结果符合有关标准要求。

### 2.3 试验员使用防护面屏后接触到的紫外辐射强度

以试验员在调试位和控制位工作时间加权,综合得出试验员使用防护面屏后接触到的紫外照射量,模拟器甲试验员UV-365nm眼部、面部接触的紫外照射量分别为 $4.7\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、 $2.0\text{mJ}/\text{cm}^2$ ,UV-297nm眼部、面部接触的紫外照射量为0。模拟器乙试验员眼部、面部接触的紫外照射量均为0。以上结果可以看出,试验员使用防护面屏试验时,接触紫外辐射的强度符合国家职业接触限值的要求。

## 3 讨论

### 3.1 关于检测探头的选择

本文所述紫外辐射人工光源模拟器甲工作时,光波长为305~405nm;模拟器乙工作时,光波长为300~500nm。检测仪器紫外辐照度计UV-297nm测量探头的检测波长为250~350nm,UV-365nm测量探头检测波长为320~400nm。对模拟器甲,使用UV-297nm和UV-365nm检测探头,能够全面

覆盖工作波长范围,只是320~350nm波长范围重复测量。对模拟器乙,使用UV-297nm和UV-365nm检测探头,除320~350nm波长范围重复测量外,400~500nm波长范围应使用420nm检测探头,但因无相应评价标准,故400~500nm波长范围没有进行测量。

此外,电焊弧谱UVR段的主频率为365nm、290nm及254nm<sup>[5]</sup>,目前职业病危害因素检测中所用国产紫外辐射测量仪器大多为同型号仪器,其检测探头设置为UV-297nm和UV-365nm,大概也基于电焊弧谱UVR段的主频率,而人工光源的主频率是否与其一致并无相应检测方法。美国ACGIH给出了紫外辐射TLV及相对光谱有效值,要求选择有代表性的波长,因此,现有国产仪器用于非电焊弧光紫外辐射检测中也许存在一定误差。

### 3.2 关于照射量的时间加权接触分析

经工时调查,操作者在调试位和控制位每日分别工作约0.5h、3.5h。我们计算工作日内各个接触持续时间与其相应辐照度的乘积之和,得出操作者日接触紫外照射量。本文计算得出的照射量为4h接触值。《工作场所有害因素职业接触限值第2部分:物理因素》中规定8h工作场所紫外辐射职业接触限值,但未明确规定时间加权平均接触值的计算方法。如按照8h接触限值衡量,模拟器甲试验员无防护时眼部、面部接触的紫外照射量(UV-297nm)分别为 $10.2\text{mJ}/\text{cm}^2$ 、 $6.2\text{mJ}/\text{cm}^2$ ,超过国家职业接触限值1.8、0.7倍。如考虑日总接触时间为4h,折合8h接触,则面部接触的紫外照射量符合接触限值。建议有关部门明确时间加权平均接触量计算公式及方法,可参照《工作场所物理因素测量第1部分:超高频辐射》(GBZ/T189.1)中关于限值的应用规定,接触时间不足4h的,按4h计;超过4h不足8h的,按8h计。

### 3.3 关于美国ACGIH标准的补充应用

美国政府工业卫生师协会(ACGIH)标准中有关紫外辐射特别是长波光线的阈限值要求,对我国现行的《工作场所有害因素职业接触限值第2部分:物理因素》起到了补充作用。该标准对有代表性的波长分别给出了TLV及相对光谱有效值,并对未防护的眼睛给出了对长波紫外线未加权的接触限值。在我国目前无长波紫外辐射卫生标准限值的情况下,建议参考采用美国ACGIH标准。

### 参考文献:

- [1] 田燕,代彩虹,郝允祥,等. 生活环境中人工光源的紫外辐射测定及意义初探[J]. 临床皮肤科杂志, 2006, 35(4): 209-210
- [2] 金锡鹏,帕它木,吴玉霞. 紫外辐射对人体健康的不良影响[J]. 环境与职业医学, 2002, 19(1): 44-45.
- [3] 丁振华. 紫外辐射与疾病[R]. 2005中国科协学术年会《生物物理与重大疾病》分会专题报告, 2005: 8-9.
- [4] 张敏,王丹,杜雯祎,等. ACGIH的紫外辐射TLVs[J]. 国外医学卫生学分册, 2007, 34(1): 55-56
- [5] 赵宗群,刘学恩,叶康平,等. 作业环境紫外线卫生标准研制建议[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 1996, 23(4): 257-259.