

中华人民共和国国家职业卫生标准

GBZ/T XXX—XXXX

代替 GBZ/T 189.6-2007

工作场所物理因素测量

第 6 部分：紫外辐射

Measuring physical factors in the workplace

Part 6: Ultraviolet radiation

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国国家卫生健康委员会 发布

前 言

本标准是GBZ/T 189《工作场所物理因素测量》的第6部分。GBZ/T 189已经发布了以下部分：
GBZ/T 189《工作场所物理因素测量》现分为以下11个部分。

- 第1部分：超高频电磁场；
- 第2部分：高频电磁场；
- 第3部分：1Hz～100kHz电场和磁场；
- 第4部分：激光辐射；
- 第5部分：微波辐射；
- 第6部分：紫外辐射；
- 第7部分：高温；
- 第8部分：噪声；
- 第9部分：手传振动；
- 第10部分：体力劳动强度分级；
- 第11部分：体力劳动时的心率。

本部分为GBZ/T 189的第6部分。

本标准代替GBZ/T 189.6—2007《工作场所物理因素测量第6部分：紫外辐射》，与GBZ/T 189.6—2007相比，主要技术变化如下：

- 更改了测量仪器（见第4章，4.1）；
- 更改了测量方法（见第5章，5.4）；
- 增加了光谱辐照度计的技术指标（见第4章，4.2）；

本标准附录A、附录B为资料性附录。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由国家卫生健康标准委员会职业健康标准专业委员会负责技术审查和技术咨询，由中国疾病预防控制中心负责协调性和格式审查，由国家卫生健康委职业健康司负责业务管理，法规司负责统筹管理。

本标准件起草单位：汕头大学公共卫生学院、北京大学公共卫生学院、北京师范大学、北京市化工职业病防治院、北京市丰台区疾病预防控制中心、苏州市疾病预防控制中心。

本标准主要起草人：李丽萍、王生、何丽华、张保洲、孙伟、张龙连、左培军、卢利根、张付刚。

本标准及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2001年首次发布为GB 18528—2001；
- 第一次修订GBZ/T 189.6—2007；
- 本次为第二次修订。

工作场所物理因素测量

第 6 部分：紫外辐射

1 范围

本标准规定了工作场所紫外辐射的测量方法。
本标准适用于工作场所紫外辐射的测量。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 18528 作业场所紫外辐射职业接触限值

GBZ 2 工作场所有害因素职业接触限值

GBZ 2.2 工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素

GBZ/T 189.6 工作场所物理因素测量 第6部分：紫外辐射

GBZ/T 224 职业卫生名词术语

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) (2020) (2021) Documentation of the Threshold Limit Values® and Biological Exposure Indices, 8th Edition, with 2021 yearly update. ACGIH, Cincinnati.

JJF 103-2005 光学辐射计量名词术语及定义

JJF 1001-1998 通用计量术语及定义

3 术语和定义

GBZ/T 224界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

辐照度 irradiance

又称辐射度，表面上一点处的辐射照度是入射在包含该点的面元上的辐射通量 $d\Phi_e$ 除以该面元面积 dA 之商，即

$$E_e = \frac{d\Phi_e}{dA}$$

符号为 E_e ，单位为 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 或 $\text{uW}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

[参照 JJF 103-2005 《光学辐射计量名词术语及定义》]

3.2

光谱辐照度 spectral irradiance

由波长 λ 处的单位波长间隔内的光辐射产生的辐照度，符号为 $E(\lambda)$ ，单位为 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$ 。

3.3□

有效紫外辐照度 effective UV irradiance

以相对光谱作用函数 S_λ 为权重对紫外光谱辐照度 E_λ 的积分，即

$$E_{\text{eff}} = \int E_\lambda \cdot S_\lambda \, d\lambda$$

符号为 E_{eff} ，单位为 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

3.4□

光谱辐射计 spectroradiometer

在指定光谱区内以窄带方式测量辐射量的仪器。最常见的有光谱辐照计和光谱辐亮度计。

[参考 JJF 103-2005 《光学辐射计量名词术语及定义》]

3.5□

分辨力 resolution

测量设备的测量解析度、刻度限制或最小可检出的单位。对于数字式测量仪器，就是当变化一个末位有效数字跳动一个数字时其示值的变化。

[参照 JJF 1001-1998 《通用计量术语及定义》]

4□测量仪器

4.1□工作场所紫外辐射强度的测量应采用紫外光谱辐射照度计，简称紫外光谱辐照计。

4.2□紫外光谱辐照度计可测量辐射源在测量点的紫外光谱辐照度，并直接读取有效紫外辐照度 (effective irradiance, E_{eff})。仪器测量的波长范围至少应包含紫外辐射 (250 nm ~ 400 nm) 区域。仪器的光谱分辨率应 ≤ 8 nm。测量范围 $0 \mu\text{W}/\text{cm}^2\cdot\text{nm} \sim 400 \mu\text{W}/\text{cm}^2\cdot\text{nm}$ ；分辨力 $0.001 \mu\text{W}/\text{cm}^2\cdot\text{nm}$ ；最大允许相对误差 $\pm 10\%$ ；仪器最短单次测量时间 ≤ 5 ms；带外杂光 $\leq 10\%$ (用约 3200 K 辐射标准灯校准时, 在 270 nm 处的杂光量表征)

4.3□仪器的功能：可直接给出有效紫外辐射照度 (E_{eff})，以及 UVA 波段的辐照度。

5□测量方法

5.1□现场调查

为正确选择测量点、测量方法和测量时间等，在测量前对工作场所进行现场调查。调查内容主要包括：

- a) 工作场所紫外辐射接触的地点 (室内、室外)、空间分布、辐射方式 (直接照射、平面反射) 等。
- b) 工艺流程、工作方式、接触人员与光源的距离、接触持续时间、防护用具使用情况。
- c) 接触人员的数量、工作路线、停留地点、停留时间、轮岗制度等。

5.2□仪器校正

保证测量时使用的仪器在校准有效期。

5.3□测点的选择

5.3.1□具有相同环境、相同工艺、相同辐射源以及相同防护的工作岗位和工作地点可选择有代表性点测量，但必须包括危害最大（紫外光谱辐照度最大）和接触时间最长的工作点。

5.3.2□对于紫外辐射工作区域内位置相对固定的岗位，应在实际工作岗位进行测量。具体操作为：工作人员无防护时，应从眼、面、手及其他等代表性暴露部位进行测量，仪器探头应放置在暴露最充分处且探头光敏面应与眼及上述部位的皮肤表面一致。若使用防护用具时，应在防护用具内距边缘2 cm处、防护用具外进行测量。

5.3.3□对于紫外辐射工作区域内位置不是固定的岗位，应对操作人员移动的路线进行分析，选择距离光源最近和最远的岗位，以及接触时间最长的岗位进行测量。测量部位与5.3.2位置相对固定的岗位相同。

5.3.4□对于室外工作存在日光紫外辐射接触的岗位，应在实际工作岗位进行测量。测量部位与5.3.2位置相对固定的岗位相同。

5.4□测量

5.4.1 使用防护用具时，仪器的探头应在防护用具内距边缘 2 cm 处进行测量，且应保证探头光敏面平行于测量部位。待仪器读数稳定后，读取测量值并记录。在持续光情况下读取 3 次测量值，取其平均值；闪烁光情况下选取闪烁光测量模式获取最大值。

5.4.2 在无防护用具的情况下，对作业人员的眼、面、手及其他等代表性暴露部位进行多部位测量时，只要有一个点超标，就记录该工作场所为“超标”场所。

5.4.3 测量记录应该包括以下内容：测量地点（单位、厂矿名称、车间和具体测量位置、周边情况）、测量日期、测量时间、气象条件、测量岗位、光源属性、测量仪器型号和参数、测量数据、测量人员等。（室外工作测量日光紫外辐射接触时应记录天气状况。）

6□注意事项

6.1□测量应严格按照仪器使用说明书进行，为保护仪器不受损害，开始测量时仪器应先置于最大量程，测量值不应超过仪器的测量范围。

6.2□在进行现场测量时，测量人员应注意个体防护。

7□正确使用本文件的说明

正确使用本文件的说明见附录 A、附录 B（紫外辐射现场检测原始记录表）。

附录 A
(资料性)
正确使用本文件的说明

A.1 □ 计算有效紫外辐照度 (E_{eff})

计算公式如下:

$$E_{eff} = \sum_{180}^{400} E_{\lambda} \cdot S_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \quad \text{公式(1)}$$

式中:

E_{eff} ——表示测量点处的有效紫外辐照度, 单位 W/m^2 ;

E_{λ} ——为辐射源在测量点处提供的光谱辐照度, 单位 $W/m^2 \cdot nm$;

S_{λ} ——为光谱相对于 270 nm 的作用效率 (无量纲); $\Delta\lambda$ 为波长采样宽度, 单位 nm。

A.2 □ 相同作业区域、作业点或作业岗位选点原则

不同作业点紫外辐射测点数量的确定, 见表 A.1, 必须包含危害最大和接触时间最长的作业点。

表 A.1 不同作业点紫外辐射测点数量的确定

作业点数量 (个)	测量点数量 (个)
1	1
2~3	2
≥ 4	≥ 3

A.3 □ 测量方法

对于紫外辐射作业区域内位置相对固定的岗位, 如电焊作业, 应在实际作业方位进行测量。具体操作如下:

操作人员无防护情况时, 应测量眼、面、手及其他暴露部位 (头顶、颈、肩等) 的紫外辐射辐照量和辐照度。若使用防护用具时, 应测量防护用具内的紫外辐射辐照量及辐照度, 同时测量防护用具 (如面罩、防护眼镜) 内部距边缘 2 cm 的量。

A.4 □ 稳态光源的判断

光谱及有效辐照度变化不大 (相差不超过 10%) 的持续型光源, 可视为稳态光源。

附录 B
(资料性)
紫外辐射现场检测原始记录表

紫外辐射现场检测原始记录见表 B.1。

表B.1 紫外辐射现场检测原始记录表

质控号：

第 页 共 页

受检单位		检测仪器					仪器编号							
联系地址		检测依据					检测日期	年 月 日						
样品编号		气象条件	℃, %RH, kPa, 天气:				检测时间							
光源类型*	<input type="checkbox"/> 持续型 <input type="checkbox"/> 闪烁型	光源种类	<input type="checkbox"/> 灯 <input type="checkbox"/> 电焊弧光 <input type="checkbox"/> 其他光源				日光紫外辐照水平	Jm^{-2} (测量时间) Wm^{-2}						
样号	测 点	距离 (m)	辐射量 H_{eff} (Jm^{-2})				辐照度 E_{eff} (Wm^{-2})				测量 时间 (s)	光谱范围 (nm)	备注	
			眼	脸	手	其他	眼	脸	手	其他				

检测：

受检陪同单位：

校核：

*注：持续型光源 continuous light sources：发光不间断、强度无明显变化的光源。

闪烁型光源 Scintillation light sources：是光源发出的光随时间呈快速、重复的变化，使得光源跳动和不稳定。

卫生标准制（修）订项目编号：

工作场所物理因素测量 第 6 部分：紫外辐射

Measuring physical factors in the workplace

Part 6: Ultraviolet radiation

（征求意见稿）

编制说明

汕头大学公共卫生学院

2021 年 09 月 24 日

一、项目基本情况

（一）任务来源

最初本项目由国家卫生健康委（原卫生部）列入 2011 年卫生标准制修订计划项目，项目名称《工作场所紫外辐射测定方法》，项目编号 20110204。

2021 年，为了适应新发展阶段对卫生健康标准体系的新需求，制定卫生健康标准五年规划，并一揽子解决标准老化滞后问题，国家卫生健康委下达了卫生健康标准体系升级改造项目计划，由中国疾病预防控制中心承担《公共卫生标准体系升级改造》项目。《工作场所物理因素测量 第 6 部分：紫外辐射》项目是此次公共卫生标准体系升级改造项目中确定的标准修订项目。据《中国疾病预防控制中心关于 2021 年度国家卫生健康标准职业健康专业修订项目的通知》

（中疾控标准便函〔2021〕881 号），本项目由汕头大学承担，项目名称《工作场所物理因素测量 第 6 部分：紫外辐射》修订。

（二）各起草单位和起草人承担的工作

序号	姓名	性别	职称/职务	单位	所承担的工作
1	李丽萍	女	教授/院长	汕头大学	课题负责人
2	王生	男	教授	北京大学	技术指导
3	何丽华	女	教授	北京大学	文献复习及分析，人群调查
4	张保洲	男	教授	北京师范大学	测量仪器方案及研制，样机调试
5	孙伟	男	研究员	北京市化工职业病防治院	现场测量

6	张龙连	男	主任医师	北京市丰台区疾病预防控制中心	现场测量
7	左培军	男	讲师	汕头大学	人群调查
8	卢利根	男	副教授	北京师范大学	样机制作与调试
9	张付刚	男	副主任技师	苏州市疾病预防控制中心	标准文本格式校审

（三）起草过程

接受任务后，汕头大学公共卫生学院、北京大学公共卫生学院共同牵头成立了标准修订小组，先后检索分析了美国、日本、澳大利亚、瑞典、英国等国家关于紫外辐射职业接触限值标准的相关资料，同时了解了国内作业场所紫外辐射职业接触限值、测量方法的应用情况，总结国内对现行测量标准中提出的问题，并进一步开展了工作场所紫外辐射接触作业调查和测量验证。在此基础上对现行的标准进行了修订。具体情况如下：

1. 标准修订背景

早在 2001 年，本标准申报的主要成员单位之一北京大学公共卫生学院（原为北京医科大学公共卫生学院）课题组经过大量流行病学调查及实验室研究并参考了国外标准制定了我国的紫外辐射职业接触限值的标准，该限值标准中包括了紫外辐照度的测量方法。2007 年在此基础上进行了修订，并将限值和测量方法分别作为两个标准颁布。该测量方法后续在实际应用中存在一些问题，因此于 2011 年申报了卫生标准修订计划，经过研制形成了报批稿，但由于机构调整等原因，延缓了该标准的颁布。

2. 项目再启动

2021 年该标准被列入公共卫生标准体系升级改造项目职业健康标准修订计划后，汕头大学公共卫生学院、北京大学公共卫生学院组织了 6 个单位 9 名专家组成了标准修订课题组，专家的工作领域

涵盖了标准研究、现场调查于检测、测量仪器研发等，标准修订课题组先后组织召开了项目启动会和项目研讨会，研究部署了相关工作安排及时间进度，在原有的工作基础上分析近年来工作场所紫外辐射测量数据及接触人群健康资料，同时，开展了工作场所接触紫外辐射作业调查、现场测量验证等工作。

3. 现场工作进程（包括但不限于根据时间序列概述以下等工作的简要情况）

（1）项目开展的预调查。在查询最新文献及现场调研的基础上，开展了现场的预调查工作。对存在紫外辐射的工作场所作业工人，开展了现场紫外辐射检测及电焊工流行病学调查及问卷调查，在预调查的基础上，检验问卷设计的合理性、可行性，以及问卷结构的科学性；继而调整改善测量方法及问卷内容。

（2）问卷调查。选择北京市、广东省 6 家企业的电焊工、辅工为调查对象，包括大型车辆制造厂、电气企业、生物企业，工人的工龄（在该岗位上工作）>0.5 年。

问卷调查内容包括：年龄、工种、工龄、每日接触电焊光的时间等一般情况，工人对危害的知晓度，面罩、眼镜、防护服、手套、防紫外护肤品、屏障等防护措施的使用情况。

实行调查对象知情同意原则。调查员的培训：在调查实施前，首先对调查员进行严格的培训，要求调查员能够正确理解调查表的内容；制定调查员手册，统一调查方式、指标含义及填写方式；要求调查员明确调查工作中的注意事项，掌握正确的提问方式，避免诱导式询问，按照统一的标准完成调查表填写工作；培训人员进行实景演练和考核。质量控制方面，问卷中涉及逻辑问题，抽查已回收问卷，对数值及逻辑进行人工检错；定期观察调查员的工作情况。

（3）现场调查。采用问卷调查与临床体检相结合，体检包括眼部和皮肤外观检查。

眼部的症状和体征包括：眼痛、眼烧灼感、眼异物感、畏光流泪、视物模糊、眼睛抽搐及眼底、晶状体有无病变。

皮肤的症状和体征包括：手、面部皮肤痒、皮肤灼热刺痛、潮红、斑疹丘疹、皮肤感觉迟钝麻木、皮肤色素沉着、疣状赘生物
反应接触水平的指标主要包括：

1) 从事电焊相关作业的工龄。

2) 电焊作业过程中工人接触的焊接方式。本次调查中主要的焊接方式有三种：手工电弧焊、氩弧焊、二氧化碳气体保护焊。国内外有研究表明在电焊作业中紫外辐射的强度与焊接方式有关系，氩弧焊的紫外辐射强度最高，CO₂气体保护焊其次，均高于手工电弧焊。

3) 电焊作业人员每月发生电光性眼炎的次数。

调查对象的工种主要为电焊工、辅工。

调查结果显示，面部皮肤损伤排在的症状及体征分别为灼热刺痛（48.7%）、皮肤痒（39%）、色素沉着（31.9%）；手部皮肤排在前三位的为灼热刺痛（41.3%）、皮肤痒（34.9%）、色素沉着（24.5%）；眼部损伤排在前三位的症状为疼痛（61.5%）、畏光流泪（61.4%）、视物模糊（50.2%），15.8%工人眼部体检发现晶状体混浊，眼底病变的发生率为2.5%，

（4）现场验证。在广东省职业病防治院等3家职业卫生技术服务机构对新修订标准进行验证工作。依据新修订标准对工作场所紫外辐射危害进行检测评价，并出具验证报告。3家机构一致认为新修订标准具备良好的科学性和可行性。

4. 文本修改过程（包括但不限于根据时间序列概述以下内容）

2011年，标准修订小组检索分析了国内外关于紫外辐射职业接触限值标准的相关资料，同时了解了国内作业场所紫外辐射职业接触限值、测量方法的应用情况，总结国内对现行测量标准中提出的问题，继而以室内电焊行业作为调研现场，对职业接触人群进行了问卷调查及体检，并对电焊现场的紫外辐射强度进行了测量。在此基础上对现行的标准进行了修订。还于2011年申报了卫生标准修订计划，经过研制形成了报批稿，但由于机构调整等原因，延缓了该

标准的颁布。2021年，为了适应新发展阶段对卫生健康标准体系的新需求，国家卫生健康委下达了卫生健康标准体系升级改造项目计划，由中国疾病预防控制中心承担《公共卫生标准体系升级改造》项目。《工作场所物理因素测量 第6部分：紫外辐射》项目是此次公共卫生标准体系升级改造项目中确定的标准修订项目。标准修订小组进行了线上线下多次研讨，在2007年的标准基础上，结合目前的实际情况，修订了GBZ/T 189.6—2007《工作场所物理因素测量 第6部分：紫外辐射》，并对该标准方法进行验证，向社会征求意见后，进行处理，并公布社会意见研究处理过程和结果。

5. 项目完成情况

标准修订课题组通过查阅文献、会议研讨、现场调查、现场测试、数据统计分析、征求意见等工作，组织课题组成员对社会意见进行研究处理，同时完成标准文本格式校审，最终形成报批稿提交秘书处审阅。

二、与相关规范性文件和其他标准的关系

本标准作为推荐性国家职业卫生标准，与《中华人民共和国职业病防治法》配套，格式依据GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则编写。

与本标准相关的文件和标准有GB 18528—2001《作业场所紫外辐射职业接触限值》、GBZ/T189.6—2007《工作场所物理因素测量 第6部分：紫外辐射》。GB 18528—2001标准规定了作业场所紫外辐射的容许限值及测试方法；GBZ/T189.6—2007标准纳入了工作场所物理因素测量系列，规范了使用范围、测量方法，增加了测量记录及注意事项；GBZ/T189.6-2007标准与本标准的主要区别是调整了测量方法与测量仪器、增加了光谱辐照度计的技术指标，还完善了规范性引用文件，进一步规范和细化了测量方法，增加了辐照度、光谱辐照度、光谱辐射计及分辨力的定义。

我国于2001年颁布了GB18528—2001《作业场所紫外辐射职业接触限值》标准，该标准是以预防电光性眼炎及皮炎为宗旨，规定了中波紫外线（280 nm ~315nm）、短波紫外线（100 nm ~280nm）

及电焊弧光的紫外辐射接触时间加权限值、最高接触限值及测量方法。2002年颁布 GBZ 2—2002《工作场所有害因素职业接触限值》，将紫外辐射作为其中一部分写入标准中。2007年对该标准进行了修订，将 GBZ 2—2002《工作场所有害因素职业接触限值》分为 GBZ 2.1《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》和 GBZ 2.2《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分：物理因素》，将紫外辐射测量方法纳入工作场所物理因素测量系列，并规范了使用范围及具体的操作方法。

三、国外相关规定和标准情况的对比说明

美国政府工业卫生学家协会（American Conference of Government Industrial Hygienists, ACGIH）规定把紫外辐照度作为评价紫外辐射对工人损伤的一个指标。1972年 ACGIH 从紫外辐射对人体的急性损伤这一角度出发，以 Sliney 作用光谱包络为基础，由产生电光性眼炎的作用光谱及作业人员在高敏感波段内（200 nm ~315nm）产生红斑的作用光谱相结合而提出了紫外辐射阈限值（threshold limit values, TLVs）。TLVs 规定了两种辐照度限值：一种是以单色光源为基础，除规定了不同波长的限值外，还给出了相对光谱有效值（ S_{λ} ）；另一种是根据每日接触持续时间规定了有效辐照度允许值（ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ）。1972年美国国立职业安全与卫生研究所（National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH）采用 ACGIH 的建议制定了关于紫外辐射的推荐暴露限值（REL）。

国际非电离辐射防护委员会（ICNIRP）也出版了紫外辐射限值指南，同 ACGIH 一样也规定了两种辐照度限值，但是在对未加权的 UVA 接触限值的规定上二者有一些区别，测量紫外辐射仪器有紫外照度计、分光光谱仪等。日本关于紫外辐射推荐性容许标准以每日 8h 有效辐照度积分值表示，限值为 $30\text{J}/\text{m}^2$ ，该值是防止角膜、结膜及皮肤急性损伤的相关容许值，不适用激光照射。澳大利亚关于紫外辐射限值的规定与 ACGIH 一致。ICNIRP 在出版的紫外辐射限值指南中提到，

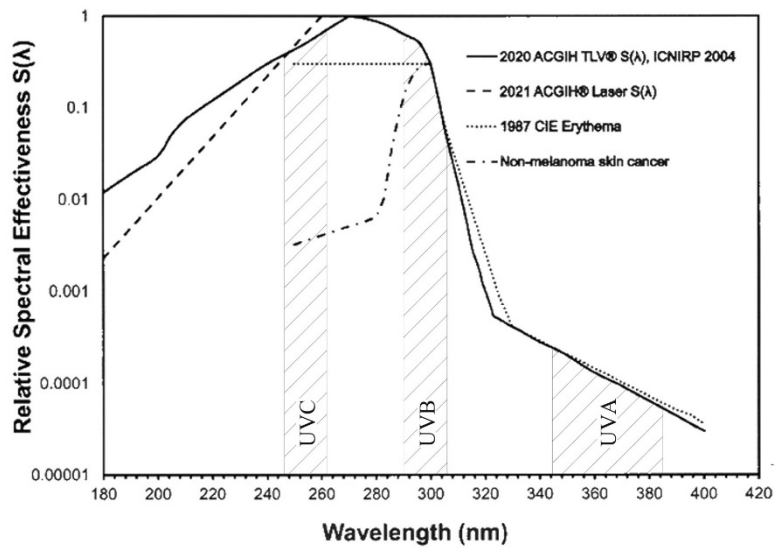
2005年，英国发布《NF X90-008-1-2005 非相干光辐射下个人辐照量的测量和评估的第1部分：工作地点内人工光源的紫外辐射》；2006年，发布了《NF X90-008-4-2006 非相干光辐射下个人辐照量的测量和评估第4部分：紫外辐射、可见光和红外辐射测量中用术语和质量》；2008年，又发布了《NFX90-008-3-2008 处于非相干光辐射中人员的测量和评定第3部分：太阳释放的紫外（UV）辐射》。

综上，本标准参考上述紫外辐射的相关标准、规定或文件，结合我国的实际情况，基于 GBZ/T189.6—2007《工作场所物理因素测量第6部分：紫外辐射》，对现行标准进行了修订。

四、各项技术内容的依据

1 采用光谱辐射度法测量工作场所紫外有效辐射

原标准采用的是多波段紫外辐照计测量、归算出工作场所紫外有效辐射，这是限于当时的技术水平和经济条件的制约的权宜之策。将紫外辐射有效作用函数绘于平面坐标系中，是一条波长从180 nm~400 nm 随波长变化的曲线（见图1），这就意味着要获得准确可靠的工作场所紫外有效辐射可以有两种办法：一是将探测器的光谱响应匹配成与紫外辐射有效作用函数完全一致，不过这几乎是不可能的；二是采用光谱辐射度法测量工作场所紫外有效辐射，即用紫外光谱辐照度计测得测试点的光谱辐照度，然后用紫外辐射有效作用函数作为加权函数进行积分获得紫外有效辐射，本标准正是选用这种方法。



紫外有效辐射作用函数

图 1 从 180nm~400nm 紫外线光谱的相对分光效果值

过去的标准之所以没有采用光谱辐射度法是由于当时很难研制出性能可靠的便携式紫外光谱辐照度计，而是按 UVA、UVB 和 UVC 分波段测量得出的分波段限值，它们的峰值波长分别为 365nm、297nm 和 254nm，而工作场所紫外辐射有效值的峰值波长为 270 nm，与分波段紫外辐照计峰值波长都不一致，用于工作场所有效紫外辐射测量，只能通过归算得到结果，其精度很差，即使没有其他缺陷，仅利用归算来获得结果而言，其可靠性较低。所以现行方法对测量紫外有效辐射而言存在先天的缺陷：

首先，目前的天然光源和人工光源的紫外辐射主要位于 250nm~400nm，而多波段紫外辐照计的波段范围并不能真正对这个范围做到全覆盖，它们测量到的主要是 365nm、297nm 和 254nm 附近一定区域的辐射，而工作场所紫外辐射有效值的峰值波长为 270 nm，与分波段紫外辐照计的峰值波长都不一致，（见图 1，图中阴影部分分别表示 UVA、UVB 和 UVC 波段紫外辐照计响应的半峰值宽度）。换言之，只有当辐射位于这些阴影区域，测试结果才比较准确，否则，测量结果的误差就会很大。事实上，随着新技术的不断

涌现，工作场所中出现的紫外辐射的波长分布的随机性也越来越大，例如，在 DNA 控制菌膜形成机理研究中，常使用 254nm、260nm 或 270 nm 的辐射，在光刻加工中常见紫外光源的波长峰值就位于 275 nm、290 nm 或 325 nm 附近，紫外辐射波长分布的随机性增加进一步影响了多波段紫外辐照计测量工作场所紫外有效辐射的准确度，采用光谱辐射度法是目前破解这个困局的唯一选择。

其次，原先应用中使用的多波段紫外辐照计并不是为测量工作场所紫外有效辐射专门设计的，常规的分波段紫外辐照计分辨力通常只有 $0.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。而以 8 小时暴露时间计算在 270 nm(光谱有效值为 1)附近对应辐照度约为 $0.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，以 24 小时计算对应的辐照度自然更低。因此，这就要求用于测量紫外辐射暴露量的紫外辐照计或紫外光谱辐照计的最小分辨应达到 $1\text{nW}/\text{cm}^2$ ，比目前常用的紫外辐照计的灵敏度大致要高两个量级，这也是影响过去测量实践的主要问题。新方案中采用具有高灵敏度的光电倍增管阵列作为探测器，使过去存在仪器的灵敏度低的问题迎刃而解。

第三，原先应用中使用的多波段紫外辐照计，由于其响应速度很低，只能测量稳态紫外辐照度，而在很多应用场合中，紫外辐射并不稳定，甚至辐射呈现出脉冲辐射的形式，原先的设备对这样的工作场所也就无能为力了。新方案中光谱辐射计的响应速度高达 ms 量级，完全可以适应上述测试条件。

此外，由于材料性能的限制，原先应用中使用的 UVC 波段（254 nm）紫外辐照计限制带外杂光的性能很差，大多不是普适性仪器，仅限于低压汞灯（杀菌灯）紫外辐射的测量，用于工作场所有效紫外辐射测量时，常常会受到带外杂光的显著影响。

总之，新方案提出的分光辐射法所具有的波段全覆盖、高灵敏和快速响应保证了测量工作场所紫外有效辐射的可靠性。**2 工作场所紫外辐射测量方法标准演变**

北京大学公共卫生学院（原北京医科大学公共卫生学院）课题组早于 2001 年就在大量流行病学调查、实验室研究及当时可用设备调研的基础上，参考国外标准将三波段紫外辐照计测量法确定为当

时的工作场所紫外辐射测量方法，使用的仪器主要为国内生产的 UVA、UVB 和 UVC 波段紫外辐照计，2007 年进行修订时，尽管当时已经发现使用设备存在一些缺陷和问题，但由于当时的技术条件所限，仍然沿用了过去规定的方法。

随着技术的进步，使得采用更先进的方法测量成为可能，加之在实际测量工作中也发现原来测量方法存在的缺陷所导致的问题更加凸显，特别是紫外辐射职业接触限值标准修订后，采用单一波长测量值代表紫外辐射接触限值，对于仪器的要求进一步提高。为了保证测量结果的可靠，课题组决定采用光谱辐射度法替代原来的三波段辐照度法测量工作场所紫外有效辐射辐射。考虑到测量仪器的实质性变化，课题组邀请国内著名的光学仪器研究单位参与本标准的研究，并根据职业卫生现场特点有针对性的规范了新的测量方法，研制了相关实验仪器。

3 仪器及其主要性能指标确定的依据

3.1 选择紫外光谱辐射照度计的依据

如前所论，紫外辐射职业接触限值规定的有效值波长范围涵盖了 UVA、UVB 和 UVC 三个波段，由于整个范围内紫外辐射作用函数很难用单一探测器准确模拟，而且标准中还规定了无防护的眼睛接触长波紫外辐射限值，也排除了通过单一波段积分式仪器完成工作场所紫外有效辐射测量的可能性。所以，采用紫外光谱辐射照度计就成为了实现单一设备对工作场所紫外辐射进行准确快速测量的必然选择。

3.2 确定紫外光谱辐射照度计主要性能指标的依据

3.2.1 波长范围至少应包含紫外辐射(250nm~400nm)区域

紫外有效辐射作用函数对应的波长范围是(180nm~400nm)，但是波长小于 200 nm 的紫外辐射被称为真空紫外，在空气中不能传播，所以工作场所紫外辐射测量中也就不涉及这段辐射；而无论人工光源还是大气内的自然光源都鲜有(200nm~250nm) 范围的辐射，加之国家的光谱辐照度标准的传递范围（这涉及到仪器的标定）也

不包含这个波段，所以规定紫外光谱辐射照度计波长范围至少应包含紫外辐射(250nm~400nm)区域。

3.2.2 仪器的光谱分辨率应 $\leq 8\text{nm}$

目前适合作为工作场所紫外辐射测量的紫外光谱辐射照度计应该采用光电倍增管阵列作为传感器，目前的线阵单元数最多只有 32 个，在无损失设计中每个单元对应的波长范围是 $(400-250)/32=4.7\text{nm}$ ，实际设计和生产中不可能达到这样的理想程度，加之考虑到与规定的测量相对误差的匹配关系，故将仪器的光谱分辨率规定为 $\leq 8\text{nm}$ 。

3.2.3 测量范围 $0\mu\text{W}/\text{cm}^2.\text{nm}\sim 400\mu\text{W}/\text{cm}^2.\text{nm}$ ；分辨力 $0.001\mu\text{W}/\text{cm}^2.\text{nm}$

这里涉及两个问题：一个是分辨力的考虑，对于接触紫外辐射 8 小时评价时，其对应的紫外有效辐照度限值仅为 $0.1\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，要保证相对测量误差不超过 $\pm 10\%$ ，紫外辐照计分辨力至少优于 $0.01\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ，在考虑到仪器的光谱分辨率为 $\leq 8\text{nm}$ ，所以规定仪器分辨力为 $0.001\mu\text{W}/\text{cm}^2.\text{nm}$ ；另一个是测量上限的考虑，大气外太阳在 400nm 处的光谱辐照度为 $143\mu\text{W}/\text{cm}^2.\text{nm}$ ，仪器测量上限应显著高于太阳的辐射，因此将其上限定在 $400\mu\text{W}/\text{cm}^2.\text{nm}$ ，大体是大气外太阳最大光谱辐照度的三倍。

3.2.4 最大允许相对误差 $\pm 10\%$

最大允许相对误差规定 $\pm 10\%$ 是参照现行紫外辐射照度计的检定规程中规定(一二级紫外辐照计最大允许相对误差分别为 $\pm 8\%$ 和 $\pm 15\%$)的基础上，一方面考虑了光谱紫外辐照度计可以获得比分波段紫外辐射照度计更准确的结果；另一方面也考虑了工作场所紫外辐射测量的难度远高于常规紫外辐照度计一般应用，规定仪器最大允许相对误差为 $\pm 10\%$ 。

3.2.5 仪器最短单次测量时间 $\leq 5\text{ms}$

规定仪器最短单次测量时间，主要是考虑到要检测电弧焊等不稳定或脉冲光源。在电焊工艺中，最短的单次电焊持续时间不到 0.1s，一般讲 20 组数就可以完整描述一个单一变化过程，为了较准确

获得一次焊接过程中发出紫外辐射的变化过程，每次测量时间应 $\leq 0.1/20=0.005\text{s}$ ，所以规定仪器最短单次测量时间 $\leq 5\text{ms}$ 。

3.2.6 带外杂光 $\leq 10\%$ （用约 3200 K 辐射标准灯校准时,在 270 nm 处的杂光量表征）

对紫外测量而言，带外杂光是影响测量准确度最重要的因素之一，规定其 $\leq 10\%$ ，一方面是考虑最大允许相对误差是 $\pm 10\%$ ，带外杂光影响不能放得更宽；另一方面也考虑到如果规定过严，技术上实现会增加很大的难度。

规定在 270 nm 处表征，主要是考虑工作场所紫外辐射有效值的峰值波长为 270 nm，而且绝大多数应用条件下紫外波段杂光屏蔽效果波长越长难度就越低，相应的屏蔽效果也越好。至于使用约 3200K 辐射标准灯是因为这近似光谱辐照计的标定条件。

3.3 据现场工作人员的环境及工作方式开展紫外辐照度测定

本次现场调查发现电焊工作场所存在严重的光污染问题，有时多个焊接点间隔不到 1m，形成多个紫外线的污染点、污染圈。当某焊点停止焊接时，仍可测得来自周围紫外辐射的影响，因此提示应该根据现场工作人员的环境进行紫外辐照度的测定较合理。

国内外研究发现焊接方式的不同，紫外辐射的强度也是不同的，氩弧焊、二氧化碳气体保护焊的紫外辐照度高于手工电弧焊。本次调查涉及的焊接方式为氩弧焊、二氧化碳气体保护焊及手工电弧焊三种，现场测量的结果显示与研究结果一致，提示应该根据工作方式或工艺的不同分别测量工作场所紫外辐射强度。

一些使用单位建议应从规范化角度考虑，提出测量紫外辐射时仪器的探头应对准光源，待仪表指示最大值时读数。本次现场调查也选取了代表性的点进行测量，在工作人员无防护时，应从眼、面、手等选择代表性暴露部位进行测量；使用防护用具时，应在防护用具内距边缘内 2cm 处进行测量；仪器处于平稳状态时，读取测量值，每个测量点读取 3 次，取其平均值。应保证仪器探头光敏面平行于测量部位。由于使用的测量仪器响应时间达到了毫秒级，所

以在实际测量时，可以直接读取有效辐照度的数值，不涉及测量时间长短问题。

在对电焊现场测量时发现，防护面罩内、外及边缘的紫外辐照度差异较大，提示对于使用防护用具情况的测量，应测量使用防护用具后工作人员所接受到的紫外辐射的强度，包括测量防护用具边缘（如面罩、防护眼镜）的紫外辐射有效辐照度。对于身体其他部位，也应测量采取防护措施后实际接受的紫外辐射有效辐照度。

由于某些室外工作会存在日光紫外辐射接触，因此在测量这些点的紫外辐照有效辐照度时，应在工作人员眼部高度测量视线方向的紫外辐照度。

五、征求意见和采纳情况

暂无。

六、重大意见分歧的处理结果和依据

暂无重大意见分歧。

七、实施标准的建议

本标准建议发布后 6 个月实施。

本标准涉及北京师范大学天文系张保洲教授等研制的紫外辐射测定仪器----紫外光谱辐照度计。

本标准与 GBZ/T189.6—2007 标准文件不一致，建议自本标准实施之日起，GBZ/T189.6—2007 标准文件相应内容废止。

本标准发布后需要充分宣贯。

八、其他应予说明的事项

暂无。

参考文献

- [1] 中华人民共和国卫生部.工作场所有害因素职业接触限值:GBZ 2-2002[S].北京:中国标准出版社, 2002.
- [2] 中华人民共和国卫生部.工作场所有害因素职业接触限值 第2部分:物理因素:GBZ 2.2-2007[S].北京:中国标准出版社, 2007.
- [3] 中华人民共和国卫生部.工作场所物理因素测量 第6部分:紫外辐射:GBZ/T 189.6-2007 [S].北京:中国标准出版社, 2007.
- [4] 廖辉, 陈伟雄, 熊志芳, 等. 紫外辐射测量技术现状与发展趋势(上)[J]. 中国照明电器, 2016(08):39-42.DOI:10.3969/j.issn.1002-6150.2016.08.010.
- [5] 徐岩, 宫曼漫, 王姣等. 电焊紫外辐射对工人危害及防护措施现况调查, 北京大学学报(医学版), 2012, 44(3): 222-227
- [6] 徐岩. 电焊紫外辐射对工人危害及紫外辐射标准的研究[D]. 北京: 北京大学, 2011:3.
- [7] 卢利根, 张保洲. 适于紫外辐射暴露量测量的快速高灵敏度测量系统的探讨[C].中国计量测试学会光辐射计量学术研讨会论文集, 西安:中国计量测试学会光辐射计量专委会, 2011:143-149.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.作业场所紫外辐射职业接触限值:GB 18528-2001 [S].北京:中国标准出版社, 2001.
- [9] Li-gen Lu, Bao-zhou Zhang, and Jun-yuan Zhang "Fast and sensitive ultraviolet spectrum detection based on 32-anode photomultiplier tube array", Proc. SPIE 8335, 2012 International Workshop on Image Processing and Optical Engineering, 83350O (15 November 2011); <https://doi.org/10.1117/12.917796>
- [10] Sliney, D. H. (1972) The merits of an envelope action spectrum for ultraviolet radiation exposure criteria. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 33(10), 644– 653.
- [11] International Non-ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association (1989) Proposed change to

the IRPA 1985 guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation. *Health Phys.* 56(6), 971– 972

[12] American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) (2020) (2021) Documentation of the Threshold Limit Values® and Biological Exposure Indices, 8th Edition, with 2021 yearly update. ACGIH, Cincinnati.

[13] World Health Organization [WHO] (1994) Environmental Health Criteria No. 160, Ultraviolet Radiation, joint publication of the United Nations Environmental Program, the International Radiation Protection Association and the World Health Organization, Geneva.

[14] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) (2004) Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 and 400 nm (incoherent optical radiation). *Health Phys.* 87(2), 171– 186.