

ICS 11.040.01

CCS L 51



团体标准

T/CEATEC XXX—2026

深紫外激光器安全使用与防护要求

Requirements for safe use and protection of deep ultraviolet lasers

(征求意见稿)

2026-X-XX 发布

2026-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 安全分级	1
5 基本安全要求	1
5.1 设备设计	1
5.2 工作场所	2
5.3 监测与报警设施	2
6 人员防护要求	2
6.1 人员资质要求	2
6.2 个体防护装备	3
6.3 防护装备管理要求	3
7 操作使用要求	3
7.1 开机前检查	3
7.2 开机与调试	3
7.3 作业与关机	3
8 安全管理要求	4
8.1 安全责任体系	4
8.2 日常安全管理	4
8.3 职业健康管理	4
8.4 档案管理	4
8.5 监督检查	4
9 应急处置	4
9.1 应急准备	4
9.2 常见事故应急处置	4
9.3 事故报告与调查	4
10 检测验收与废弃处置	5
10.1 验收检测项目	5
10.2 验收要求与方法	5
10.3 废弃处置要求	5

前言

本文件按照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》的规定起草。

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

深紫外激光器安全使用与防护要求

1 范围

本文件规定了深紫外激光器安全使用与防护的安全分级、基本安全要求、人员防护要求、操作使用要求、安全管理要求、应急处置、检测验收与废弃处置。

本文件适用于输出波长为190nm~280nm的深紫外激光器的设备使用、防护、管理全流程。

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。

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
GB/T 7247.1 激光产品的安全 第1部分：设备分类和要求
GB/T 10320 激光设备和设施的电气安全

3 术语和定义

GB 7247.1界定的术语和定义适用于本文件。

4 安全分级

依据GB 7247.1，结合深紫外激光波段特性、输出功率/能量、辐射危害程度，将深紫外激光器划分为5个安全等级，各级别风险特征及管控要求如表1所示。

表1 深紫外激光器安全分级及管控要求

安全等级	连续波 AEL 阈值	脉冲波 AEL 阈值	辐射危害程度	核心管控要求
1 类	$\leq 0.1\text{mW}$	$\leq 1\text{nJ/脉冲}$	任何条件下无损伤风险，漫反射无害	基础警示标识，无需专属防护装备
1M 类	$\leq 0.1\text{mW}$	$\leq 1\text{nJ/脉冲}$	裸眼安全，光学仪器放大观测存在风险	禁止光学放大观测光路，无需专属防护装备
3R 类	$\leq 5\text{mW}$	$\leq 10\text{nJ/脉冲}$	短时间直视有眼部不适，无永久损伤	划定警戒区，佩戴基础防护眼镜
3B 类	$5\text{mW}\sim 500\text{mW}$	$10\text{nJ}\sim 100\text{mJ/脉冲}$	直射/漫反射可致不可逆灼伤	全封闭防护区，强制专业防护，配备连锁
4 类	$> 500\text{mW}$	$> 100\text{mJ/脉冲}$	瞬间致盲、皮肤碳化，可引燃可燃物	双人双锁操作，多重连锁，实时监测，专项审批

注：AEL 为可达发射极限，依据 GB 7247.1 取值；3R 类、3B 类、4 类设备应加装安全连锁装置，严禁擅自拆除。

5 基本安全要求

5.1 设备设计

5.1.1 结构安全

设备外壳采用绝缘、阻燃、防辐射材质，防护等级不低于IP54；激光输出端口应配备遮光罩、快门装置，快门关闭状态下漏光辐射量 $\leq 0.01\text{mW}/\text{cm}^2$ 。

5.1.2 电气安全

符合GB/T 10320的规定，高压部件耐压值 $\geq 5\text{kV}$ ，接地电阻 $\leq 4\ \Omega$ ，配备漏电保护器、过流保护装置，漏电动作电流 $\leq 30\text{mA}$ ，断电响应时间 $\leq 0.1\text{s}$ ；电源线绝缘层厚度 $\geq 0.8\text{mm}$ 。

5.1.3 联锁安全

3B类、4类设备应配备门联锁、急停按钮、钥匙开关三重防护；防护门开启、急停触发后，激光输出切断时间 $\leq 10\text{ms}$ ，钥匙开关由专人保管。

5.1.4 散热与防爆

设备散热系统风量 $\geq 5\text{m}^3/\text{min}$ ，核心部件温度 $\leq 60^\circ\text{C}$ ，散热系统应避免激光辐射外泄，散热口设置紫外屏蔽网，屏蔽效率 $\geq 99\%$ ；激光腔体内充入惰性气体保护，防爆压力阈值 $\geq 1.2\text{MPa}$ 。

5.1.5 控制装置要求

设备应设置急停按钮、电源总开关、激光发射开关，三级联动控制；急停按钮采用红色醒目标识，安装于操作区易触及位置，触发后立即切断激光发射与电源供给。

5.1.6 警示标识要求

设备机身、操作面板、光束出口处应张贴永久性激光警示标识，标识符合GB/T 7247.1规定，包含激光等级、波长、输出功率、防护提示、禁止直视等信息，标识尺寸不小于 $50\text{mm}\times 50\text{mm}$ ，颜色对比鲜明，不易磨损。

5.2 工作场所

5.2.1 区域划分

按照风险等级划定防护区，控制区（激光直射区）半径 $\geq 1.5\text{m}$ ，警戒区半径 $\geq 3\text{m}$ ，安全区半径 $\geq 5\text{m}$ ；区域边界设置高度 $\geq 1.2\text{m}$ 的防护围栏，围栏缝隙 $\leq 5\text{cm}$ 。

5.2.2 通风要求

作业场所每小时换气次数 ≥ 15 次，深紫外激光加工产生的臭氧、挥发性有机物浓度符合GBZ 2.1限值要求：臭氧 $\leq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$ ，VOCs $\leq 0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

5.2.3 照明与标识

作业区照度 $\geq 200\text{lux}$ ，不得强光直射激光光路；激光危险警示标识尺寸 $\geq 30\text{cm}\times 40\text{cm}$ ，张贴高度 $1.5\text{m}\sim 1.8\text{m}$ ，醒目无遮挡。

5.2.4 环境管控

作业场所温度 $18^\circ\text{C}\sim 26^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $40\%\sim 60\%$ ，无粉尘、无易燃易爆物品，地面采用防静电、防激光反射材质。

5.2.5 消防要求

控制区配备二氧化碳灭火器、干粉灭火器，严禁使用水基灭火器；消防器材放置于区域入口易取用位置，定期检查有效性。

5.3 监测与报警设施

3B类、4类设备应配备激光辐射监测仪、有害气体检测仪、温度传感器，监测阈值及响应要求如下：

- 激光辐射监测：超标阈值 \geq 最大允许照射量的1.1倍，声光报警响应时间 $\leq 1\text{s}$ ；
- 臭氧监测：超标阈值 $\geq 0.16\text{mg}/\text{m}^3$ ，联动通风系统启动；
- 温度监测：腔体温度 $\geq 65^\circ\text{C}$ 报警， $\geq 70^\circ\text{C}$ 自动切断激光输出；
- 数据存储：监测数据存储周期 ≥ 90 天，可追溯、可导出。

6 人员防护要求

6.1 人员资质要求

深紫外激光器操作人员应满足以下条件：

- 年满18周岁，无眼部、皮肤疾病，通过岗前安全培训，考核合格后方可上岗；

b) 岗前培训不少于16学时，年度复训不少于8学时，培训内容应包括激光危害、设备操作、防护使用及应急处置等；

b) 无证人员、未佩戴防护装备人员、酒后/疲劳人员不得操作设备，4类设备操作人员应具备2年以上激光作业经验，4类设备实行双人作业，一人操作、一人监护；

c) 定期参加职业健康体检，每年至少1次，眼部、皮肤检查合格后方可上岗。

6.2 个体防护装备

依据激光器安全等级，操作人员应佩戴对应防护装备，具体配置如表2所示。

表2 个体防护装备配置标准

防护部位	防护装备	1/1M 类	3R 类	3B 类	4 类	防护性能指标
眼部	深紫外防护器具	—	防护眼镜 OD \geq 2	防护面罩 OD \geq 4	全面型面罩 OD \geq 6	200~280nm 屏蔽率 \geq 99.99%
皮肤	防紫外防护服	长袖工作服	长袖工作服	全封闭防紫外服	连体阻燃气密服	紫外透射比 \leq 0.01%，阻燃 V-0
呼吸道	防护器具	—	—	活性炭口罩	全面型臭氧呼吸器	臭氧过滤效率 \geq 99.5%
手部	防护手套	普通劳保手套	防紫外手套	加厚防紫外绝缘手套	耐高温防化绝缘手套	绝缘电阻 \geq 100M Ω

注：光学密度（OD）值针对 190nm~280nm 全波段深紫外激光，单一波长防护应对应提升 OD 值 0.5~1。

6.3 防护装备管理要求

6.3.1 防护装备专人专用，定期检测性能，防护眼镜每3个月检测1次光密度，OD值下降10%及以上应立即更换。

6.3.2 防护服、手套定期清洗消毒，破损、老化后禁止使用。

6.3.3 不应擅自摘除防护装备作业，非操作人员不得进入防护区。

7 操作使用要求

7.1 开机前检查

应按照以下步骤进行：

- 核查设备安全等级、防护设施、联锁装置完好性，急停按钮、快门装置功能正常；
- 检查作业区通风、监测、报警系统运行状态，清理光路周边杂物；
- 确认防护装备佩戴到位，无关人员撤离防护区，设置警示围栏。

7.2 开机与调试

应按照以下步骤进行：

- 采用钥匙开关启动设备，先预热30min，监测腔体温度、辐射值正常；
- 调试光路时应使用低功率模式，不应直视激光输出端口，禁止用手触摸光路部件；
- 调试完成后逐步提升功率，确认设备无异常后转入正常作业。

7.3 作业与关机

应按照以下步骤进行：

- 作业过程中不得离岗，实时监测辐射、气体、温度数据，发现异常立即按下急停；
- 连续作业时长不宜超过4h，每作业2h应停机通风15min，降低臭氧浓度
- 作业完成后，先关闭激光输出，待机10min散热后再切断总电源；
- 清理作业现场，关闭通风、监测系统，做好设备运行记录。

8 安全管理要求

8.1 安全责任体系

使用单位应建立“主要负责人全面负责、安全管理员专职管控、操作人员具体落实”的三级安全责任体系，签订安全责任书，明确各岗位安全职责：

- a) 主要负责人对激光安全工作负总责；
- b) 安全管理员负责日常监督、隐患整改、培训教育；
- c) 操作人员严格执行操作规范与防护要求。

8.2 日常安全管理

应按照以下要求进行：

- a) 制定安全操作规程，张贴于作业区醒目位置，每月开展1次安全培训，每季度开展1次应急演练；
- b) 4类设备实行双人双锁管理，作业前履行审批手续，严禁单人操作4类设备；
- c) 定期维护设备，每周清理光路、检查联锁装置，每月校准监测仪器，每年开展1次全面安全检测。

8.3 职业健康管理

作业人员每日连续操作深紫外激光器时间 $\leq 4h$ ，避免长时间暴露；建立职业健康档案，跟踪眼部、皮肤健康状况，出现红肿、疼痛、视力模糊等症状立即离岗就医。

8.4 档案管理

建立深紫外激光器安全管理档案，档案内容包括：设备说明书、安全分级报告、检测报告、维护记录、操作记录、培训记录、应急演练记录、隐患整改记录等；档案由专人保管，实现全生命周期可追溯。

8.5 监督检查

使用单位每月开展内部安全自查，每季度委托第三方机构开展专项检测；行业主管部门定期开展监督检查，对不符合本文件要求的单位，责令限期整改，整改不合格的暂停设备使用。

9 应急处置

9.1 应急准备

应满足以下要求：

- a) 使用单位应制定深紫外激光安全事故应急预案，包含辐射灼伤、臭氧中毒、火灾、触电等事故处置流程；
- b) 配备应急药品（灼伤膏、生理盐水、眼用冲洗液）、应急救援器材、通讯设备；
- c) 每年开展不少于1次应急演练，提升应急处置能力。

9.2 常见事故应急处置

9.1.1 辐射灼伤处置

立即切断激光电源，将伤者转移至安全区域；眼部灼伤用无菌生理盐水冲洗15min以上，皮肤灼伤用清水冲洗后涂抹医用灼伤膏，立即送医治疗，严禁揉搓、热敷灼伤部位。

9.1.2 有害气体中毒

迅速转移至通风良好区域，保持呼吸道通畅，吸氧缓解不适，症状加重立即送医。

9.1.3 设备漏电/火灾

立即切断总电源，使用干粉灭火器灭火，不得用水扑救；触电人员立即脱离电源，实施心肺复苏并送医。

9.1.4 腔体爆裂

立即撤离作业区，封锁现场，排查泄漏点，待气体散尽、温度降低后再开展检修。

9.3 事故报告与调查

发生安全事故后，操作人员立即上报安全管理人员，轻微事故1h内上报，重伤、死亡事故立即上报；24h内提交事故报告，查明事故原因、责任主体，制定整改措施，留存调查记录备查。

10 检测验收与废弃处置

10.1 验收检测项目

设备启用前、大修后应开展安全验收，检测项目及合格标准如下：

- a) 激光辐射漏光量： $\leq 0.01\text{mW}/\text{cm}^2$ ；
- b) 联锁装置响应时间： $\leq 10\text{ms}$ ；
- c) 接地电阻： $\leq 4\Omega$ ；
- d) 防护装备光密度：符合对应等级要求；
- e) 作业场所有害气体浓度：符合GBZ 2.1限值。

10.2 验收要求与方法

应满足以下要求：

- a) 验收应由具备激光安全相关能力的专业人员或委托第三方检测机构实施；
- b) 激光辐射、有害气体、接地电阻等项目应采用经检定/校准合格的仪器现场检测；
- c) 联锁装置应进行不少于3次有效动作试验，记录响应时间；
- d) 防护装备应核查有效合格证明，并对照本文件6.2要求核对型号与光密度指标；
- e) 所有项目全部合格方可通过验收；任一项目不合格应整改合格后重新验收；
- f) 验收过程应形成验收报告，内容包含检测数据、合格判定、验收人员与日期，归入设备安全管理档案。

10.3 废弃处置要求

报废设备应委托专业机构处置，不得擅自拆解、丢弃；先放电、排空腔体气体，拆除激光介质、高压部件，应分类回收有毒有害材料，处置过程全程做好防护，避免辐射、化学污染。