

ICS 31.260

CCS L 51



团 体 标 准

T/CEATEC 008-2025

高功率固体激光器通用技术要求

General technical requirements for high-power solid-state laser

2025-6-18 发布

2025-6-18 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 工作条件	1
4.1 电源	1
4.2 温度	2
4.3 湿度	2
5 外观及结构	2
5.1 外形尺寸与重量	2
5.2 表面质量	2
5.3 机械结构	2
5.4 安装适应性	2
5.5 散热系统	3
6 性能要求	3
7 安全要求	3
7.1 激光安全	3
7.2 电气安全	3
7.3 机械安全	3
7.4 环境适应性	3
7.5 存储寿命	4
8 试验方法	4
8.1 性能试验	4
8.2 安全试验	4
8.3 环境试验	4
8.4 存储寿命试验	4
9 检验规则	4
9.1 检验分类	4
9.2 检验要求	4
9.3 型式检验	5
9.4 出厂检验	5
9.5 检验报告	5
10 标志、包装、运输和贮存	5
10.1 标志	5

10.2 包装	5
10.3 运输	5
10.4 贮存	6

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。

本文件主要起草单位：浙江摩克激光智能装备有限公司、北京云汉星驰激光技术有限公司、北京中科衡益标准技术服务有限公司、北京嘉鼎天铭信息服务有限公司、通标信诚（北京）标准技术服务有限公司。

本文件主要起草人：曹宇、李凯、李鹏、郑雅倩、邢志超、张发力。

本文件为首次编制。

高功率固体激光器通用技术要求

1 范围

本文件规定了高功率固体激光器的工作条件、外观及结构、性能要求、安全要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于高功率固体激光器。

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/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
- GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热（12h+12h循环）
- GB/T 2423.56 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fh：宽带随机振动和导则
- GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码)
- GB/T 4857.5 包装 运输包装件 跌落试验方法
- GB/T 5080.7 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案
- GB/T 7247.1 激光产品的安全 第1部分：设备分类和要求
- GB/T 9286 色漆和清漆 划格试验
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 10320 激光设备和设施的电气安全
- GB/T 11918.1 工业用插头插座和耦合器 第1部分：通用要求
- GB/T 15175 固体激光器主要参数测量方法
- IEC 62506:2023 产品加速测试方法 标准 (Methods for product accelerated testing)

3 术语和定义

GB/T 7247.1及GB/T 15175界定的术语和定义适用于本文件。

4 工作条件

4.1 电源

4.1.1 整机电源应符合下列规定：

- a) 直流电源：
 - 1) 电压：48 V，电压波动范围允许额定值的 85%~115%，恒流控制纹波系数不应大于 5%；
 - 2) 应适配外接电源模块或电池供电，具备过压、欠压保护功能。
- b) 交流电源：
 - 1) 220 V 电源：电压波动范围允许额定值的 94%~106%，频率 50/60 Hz±1%，谐波失真不应大于 5%；

- 2) 380 V 电源：电压波动范围允许额定值的 94%~106%，频率 50/60 Hz \pm 1%，谐波失真不应大于 8%；
- 3) 电源接口应符合 GB/T 11918.1，具备浪涌保护（标称放电电流不应小于 10 kA）。

4.1.2 激光器模块电源应符合下列规定：

- a) 直流电源：
 - 1) 电压：支持 5 V、12 V 等低压直流供电，电压波动范围允许额定值的 90%~110%，纹波系数不应大于 5%；
 - 2) 应适配专用电源模块或集成供电系统，具备过压（不小于 115%额定电压）、欠压（不大于 85%额定电压）保护功能，响应时间不应大于 100 ms。
- b) 接口要求：
 - 1) 模块电源接口应明确标注正负极性，连接器插拔寿命不应小于 5000 次，接触电阻不应大于 50 m Ω ；
 - 2) 低压直流模块可兼容外部控制信号（如 TTL 调制信号），信号输入电压范围 3.3 V~5 V。

4.2 温度

工作温度范围应符合下列规定：

- a) 风冷散热型：-10 $^{\circ}$ C~+40 $^{\circ}$ C，环境空气应保持流通，风速不小于 0.5 m/s；
- b) 水冷散热型：-20 $^{\circ}$ C~+50 $^{\circ}$ C，冷却水温度应控制在 15 $^{\circ}$ C~35 $^{\circ}$ C，防止结露或结冰。

4.3 湿度

相对湿度不应大于 95%（非冷凝状态），且在温度变化时设备表面及内部无冷凝水产生。

5 外观及结构

5.1 外形尺寸与重量

- 5.1.1 外形尺寸应符合制造商标称值，偏差 \pm 5 mm（长、宽、高）。
- 5.1.2 整机重量：实际重量与制造商标称重量的偏差应控制在 \pm 5%以内。
- 5.1.3 运输包装重量：含包装材料的总重量与制造商标称运输包装重量的偏差应控制在 \pm 10%以内。

5.2 表面质量

激光器整机外表面光洁干净，涂层应符合下列规定：

- a) 硬质氧化：厚度不应小于 25 μ m，硬度不应小于 300 HV，盐雾试验（按 GB/T 10125）大于 48 h 无腐蚀；
- b) 喷涂工艺：漆膜厚度不应小于 60 μ m，附着力不应小于 5 B（按 GB/T 9286），耐候性（QUV 加速老化）大于 1000 h 无褪色；
- c) 关键表面（如散热片、安装面）粗糙度 $R_a \leq 6.3 \mu$ m。

5.3 机械结构

5.3.1 整机机械结构应符合下列规定：

- a) 激光传输组件固定牢固、无松动迹象，应通过振动测试（按 GB/T 2423.56，10 Hz~200 Hz，振幅 0.15 mm，持续 2 h）；
- b) 电源引线应标识清楚、固定可靠。

5.3.2 模块机械结构应符合下列规定：

- a) 模块内部激光传输组件及电路元件应采用抗震设计，通过振动测试（按 GB/T 2423.56，10 Hz~200 Hz，振幅 0.10 mm，持续 1 h），应无松动、脱落现象；
- b) 模块对外接口应具备防松脱结构，插拔寿命不应小于 5000 次，接触电阻不应大于 50 m Ω 。

5.4 安装适应性

5.4.1 整机安装适应性应符合下列规定：

- a) 支持 19 英寸标准机架（IP54 防护）、桌面式（IP54）或定制化安装（IP65 水冷型）；

b) 风冷型的表面温升不应大于 25 ℃（环境温度 25 ℃），水冷型的进出口温差不应大于 10 ℃。

5.4.2 模块安装适应性应符合下列规定：

- a) 模块应设计标准化安装接口，支持嵌入式、导轨式或卡扣式安装；
- b) 模块散热面应与整机散热系统兼容。

5.5 散热系统

5.5.1 风冷型激光器应符合下列规定：

- a) 对于 IP54 防护等级，防尘网孔径不应大于 1 mm，满足固体异物防护要求。
- b) 定制化安装（非 IP54 等级）可根据实际需求设计，孔径不应大于 0.5 mm。
- c) 设备周围保留至少 200 mm 散热空间，确保空气对流顺畅。

5.5.2 水冷型激光器应符合下列规定：

- a) 冷却水参数应符合下列规定：
 - 1) 水质应为去离子水或蒸馏水，电导率不应大于 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，pH 值应在 6.5~8.5 之间，悬浮物不应大于 5 μm ；
 - 2) 压力应在 0.2 MPa~0.4 MPa 之间，并配置过滤精度不应大于 20 μm 的水过滤器。
- b) 水冷管路应使用耐腐蚀材料（如不锈钢 316L、聚四氟乙烯），不应接触酸性/碱性液体。

6 性能要求

高功率固体激光器的性能要求应符合表1的规定。

表1 高功率固体激光器性能要求

序号	项目	要求
1	输出功率/能量	标称值的 $\pm 5\%$
2	光束质量 (M^2)	≤ 1.5 (连续) 或 ≤ 2.0 (脉冲)
3	脉冲宽度 (脉冲型)	标称值的 20%~100%
4	重复频率 (脉冲型)	标称值的 $\pm 10\%$
5	波长稳定性	$\pm 3\text{nm}$
6	光光转换效率	$\geq 30\%$
7	光束指向稳定性	$\leq 0.5\text{mrad}$
8	输出功率稳定性	$\leq \pm 2\%$
9	发散角	$\leq 2\text{mrad}$
10	平均无故障工作时间	$> 1000\text{h}$

7 安全要求

7.1 激光安全

激光安全应符合GB/T 7247.1中Class 4类的安全要求。

7.2 电气安全

电气安全应符合GB/T 10320中的安全要求。

7.3 机械安全

按GB/T 4208的要求，风冷型应符合IP54，水冷型应符合IP65。

7.4 环境适应性

7.4.1 高低温

应能在-20 ℃~60 ℃环境中正常工作。

7.4.2 湿热

7.4.2.1 恒定湿热（适用于非冷水机型）

激光器平均功率变化率 $<5\%$ 。

7.4.2.2 循环湿热（适用于水冷机型）

水冷管路无漏水，激光器平均功率变化率 $<5\%$ 。

7.5 存储寿命

未开封状态下，存储环境温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，湿度不应大于 60 \%RH ，存储寿命不应小于5年。

8 试验方法

8.1 性能试验

性能试验方法应符合表2的规定。

表2 性能试验方法

序号	试验项目	试验方法
1	输出功率	GB/T 15175
2	光束质量 (M^2)	GB/T 15175
3	脉冲宽度 (脉冲型)	GB/T 15175
4	重复频率 (脉冲型)	GB/T 15175
5	波长稳定性	GB/T 15175
6	光光转换效率	GB/T 15175
7	光束指向稳定性	GB/T 15175
8	输出功率稳定性	GB/T 15175
9	发散角	GB/T 15175
10	平均无故障工作时间	GB/T 5080.7

8.2 安全试验

安全试验方法应按照GB/T 7247.1执行。

8.3 环境试验

环境试验方法应按照GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T 2423.3和GB/T 2423.4执行。

8.4 存储寿命试验

存储寿命试验方法应按照IEC 62506执行。

9 检验规则

9.1 检验分类

本文件要求的检验应分为型式检验和出厂检验两类。

9.2 检验要求

高功率固体激光器的检验应满足下列要求：

- 检验人员具备化学分析、仪器科学、电子工程等专业知识和操作技能；
- 检验设备经过计量单位检定、校准并定期维护，在检定有效期内使用；
- 检验过程中严格按照本文件规定的检验方法进行；
- 检验记录详细、准确，并妥善保存，以便追溯和复查；

e) 对于检验中发现的不合格品，及时进行标识、隔离、返工或报废处理。

9.3 型式检验

9.3.1 检验时机

有下列情形之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品试制定型鉴定；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺等有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 正常生产满一年时；
- d) 间隔一年以上再生产时；
- e) 出厂检验结果与同产品型号或批次的型式检验有较大差异时。

9.3.2 检验项目及要求

型式检验应在国家认证监督管理委员会认可的检测机构或者具备化学分析、仪器科学等行业相关认证资质的实验室完成，检验的项目应包括表1中的所有指标。

9.3.3 判定规则及处理措施

所有检验项目均满足本文件的要求时，判定为合格。任一项不符合规定时，判定为不合格。对于不合格的产品，应进行返工或报废处理，返工产品应重新进行检验。

9.4 出厂检验

出厂检验的项目应包括：输出功率、光束质量、脉冲宽度、重复频率、波长稳定性、光光转换效率六项关键性能指标。六项指标均满足本文件的要求时，方可被判定为合格产品。对于不合格的产品，应进行报废处理。

9.5 检验报告

所有检验记录和报告应妥善存档，每次检验结束后应出具完整的检验报告，并包括下列内容：

- a) 基本信息：产品名称、产品批次编号、检验日期、检验机构和参与人员等；
- b) 检验目的与检验依据；
- c) 检验环境与检验设备清单等；
- d) 检验方法与检验过程；
- e) 检验数据：详细列出各项目的检测数据；
- f) 检验结论：评估该批次产品是否合格。

10 标志、包装、运输和贮存

10.1 标志

高功率固体激光器的标志应满足下列要求：

- a) 每台设备应在明显位置粘贴产品铭牌，内容包括：设备名称、型号、生产单位、出厂编号、生产日期等；
- b) 所有标志应清晰、耐磨，符合GB/T 191的相关规定。

10.2 包装

高功率固体激光器的包装应满足下列要求：

- a) 包装应采用防潮、防震、防尘材料，确保设备在运输和存储过程中不受损；
- b) 包装内部应有缓冲材料（如泡沫或减震垫），满足GB/T 4857.5的相关要求；
- c) 包装箱外应标明设备的名称、型号、毛重、净重及运输标志；
- d) 每件设备随包装附带说明书、合格证及出厂检验报告。

10.3 运输

高功率固体激光器的运输应满足下列要求：

- a) 运输过程中应避免剧烈振动、跌落及强烈温度变化；
- b) 在运输过程中不得与有毒、有腐蚀性或易燃物品混装；
- c) 设备运输过程中应避免暴露在高湿或雨淋环境下。

10.4 贮存

高功率固体激光器的贮存应满足下列要求：

- a) 设备应存放于 $-10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 的环境温度内，相对湿度不应大于85%的干燥环境中；
 - b) 贮存环境应通风良好，避免阳光直射及高湿度环境；
 - c) 长期贮存时需提前排空冷却水管路，应每6个月对设备进行一次检查和维护。
-