

ICS 31.260

CCS L 51

T

团体标准

T/CWDPA XXX—2026

激光淬火设备通用技术条件

General technical specifications for laser hardening equipment

2026-X-XX 发布

2026-X-XX 实施

中国西部开发促进会 发布

目 次

前言	III
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 基本要求	4
4.1 设备组成	5
4.2 材料要求	5
4.3 制造要求	5
4.4 运行环境要求	5
5 技术要求	5
5.1 激光器性能要求	5
5.2 导光系统性能要求	6
5.3 运动平台性能要求	6
5.4 控制系统性能要求	6
5.5 辅助装置性能要求	6
5.6 淬火加工性能要求	6
5.7 安全防护要求	6
5.8 可靠性要求	6
6 试验方法	6
6.1 激光器性能试验	6
6.2 导光系统性能试验	7
6.3 运动平台性能试验	7
6.4 控制系统性能试验	7
6.5 辅助装置性能试验	8
6.6 淬火加工性能试验	8
6.7 安全防护试验	8
6.8 可靠性试验	8
7 检验规则	9
7.1 检验分类	9
7.2 出厂检验	9
7.3 型式检验	9
7.4 检验报告	9
8 标志、包装、运输和贮存	9
8.1 标志	9
8.2 包装	9

8.3 运输.....	9
8.4 贮存.....	10

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。

本文件由中国西部开发促进会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次发布。

激光淬火设备通用技术条件

1 范围

本文件规定了激光淬火设备的基本要求、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于使用连续波或脉冲固体激光、光纤激光或气体激光对金属零件进行表面淬火处理的工业化激光淬火设备，包括台式设备、自动化生产线设备和机器人集成成型设备。

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 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分：试验方法

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

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 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB 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

GB/T 15313 激光术语

GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

3 术语和定义

GB/T 15313界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

激光淬火 laser quenching

利用激光束对金属表面进行快速加热，随后通过材料本体或辅助冷却手段实现快速冷却，从而在表层形成淬硬组织以提高表面硬度与耐磨性的热处理工艺。

3.2

淬硬层深度 hardened layer depth

激光淬火后工件表面硬化层从表面到未硬化基体的厚度。

3.3

光束质量 beam quality

表征激光束与理想高斯光束偏差的无量纲参数，值越接近1表明光束越接近理想高斯光束。

4 基本要求

4.1 设备组成

激光淬火设备应包括以下主要组成部分：

- a) 主机：用于支撑和固定工件及运动平台的机架或机床床身；
- b) 激光器：可采用光纤激光器或固体激光器；
- c) 光学传输系统：包括导光装置、反射镜、光学透镜及聚焦单元；
- d) 运动平台：用于支撑工件或光学组件，能够实现 XYZ 或多轴联动运动；
- e) 控制系统：包括PLC、运动控制器、计算机及软件；
- f) 辅助系统：包括冷却系统、排风系统、防护罩及安全辅助装置。

4.2 材料要求

- 4.2.1 设备床身、机架等主要承载结构件应采用具有高强度和刚度的金属材料，材料抗拉强度不应低于235MPa，硬度不应低于HB180。
- 4.2.2 运动导轨、丝杠等传动部件应采用耐磨材料制造，经热处理后硬度不应低于HRC55，工作表面粗糙度Ra不应大于 $0.8\mu\text{m}$ 。
- 4.2.3 光学元件（透镜、反射镜等）应采用适用于激光加工的光学材料，其透过率不应低于98%，反射率不应低于99%。
- 4.2.4 电气元件应符合GB/T 5226.1的规定。

4.3 制造要求

- 4.3.1 设备零部件的加工应符合设计图样和工艺文件要求，关键零部件的尺寸偏差不应大于 $\pm 0.01\text{mm}$ 。
- 4.3.2 机架及床身等焊接结构件的焊缝应均匀连续，不应存在裂纹、气孔、夹渣、未焊透等影响结构强度的缺陷。
- 4.3.3 设备装配应符合装配工艺文件要求，各连接部位应紧固可靠，不应出现松动现象。
- 4.3.4 导轨、丝杠及轴承等运动部件装配后，应进行运动精度检查和运行试验，运动应灵活平稳。
- 4.3.5 光学系统装配完成后，应进行光路调整和检测，激光束在传输过程中不应出现明显偏移或散射。
- 4.3.6 电气系统应接线规范、布线整齐、标识清晰。
- 4.3.7 设备外表面涂装应均匀、牢固，涂层不应存在起泡、流挂、脱落等缺陷。
- 4.3.8 设备制造完成后应进行整机装配调试和空载运行试验，设备运行应稳定，各系统功能应正常。

4.4 运行环境要求

- 4.4.1 设备的安装和运行环境温度应为 $5^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。
- 4.4.2 设备运行环境的相对湿度不应大于85%，且不应出现凝露现象。
- 4.4.3 设备适用的大气压力范围应为 $86\text{kPa}\sim 106\text{kPa}$ 。
- 4.4.4 设备供电电源应为AC $380\text{V}\pm 10\%$ ， $50\text{Hz}\pm 1\text{Hz}$ ，三相五线制供电，并应具有可靠接地。
- 4.4.5 设备安装场地应保持清洁，环境中不应存在大量粉尘、油雾或腐蚀性气体，粉尘浓度不应大于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。
- 4.4.6 设备运行环境不应存在明显振动源，地面振动加速度不应大于 0.1g 。
- 4.4.7 设备运行环境不应存在强电磁干扰源。

5 技术要求

5.1 激光器性能要求

- 5.1.1 激光器应采用连续光纤激光器或半导体激光器，输出功率范围应为 $1000\text{W}\sim 6000\text{W}$ ，并应满足淬火工艺稳定工作的要求。
- 5.1.2 激光器额定输出功率稳定度不应低于 $\pm 2\%$ 。
- 5.1.3 激光器光束质量因子 M^2 不应大于5。
- 5.1.4 激光器连续工作时间不应少于8h，运行过程中功率波动不应超过额定功率的 $\pm 3\%$ 。
- 5.1.5 激光器应具备过热保护、过载保护和异常停机保护功能。

5.2 导光系统性能要求

- 5.2.1 导光系统应能够稳定传输激光能量，光束传输效率不应低于90%。
- 5.2.2 光学系统应能够实现稳定聚焦，聚焦光斑直径应为1mm~5mm，并可根据淬火工艺要求进行调节。
- 5.2.3 聚焦镜组应具备防尘、防污染保护结构，光学系统连续工作4h后光束质量变化率不应大于5%。
- 5.2.4 光学系统应具备快速调焦或更换光学组件的能力。

5.3 运动平台性能要求

- 5.3.1 运动平台应能够实现工件与激光束之间的相对运动，并满足淬火加工轨迹要求。
- 5.3.2 运动平台定位精度不应大于±0.05mm。
- 5.3.3 重复定位精度不应大于±0.02mm。
- 5.3.4 运动平台最大运行速度不应低于500mm/s，且在额定运行速度范围内运动应平稳。
- 5.3.5 运动机构在连续运行2h后，不应出现明显振动、卡滞或异常噪声。

5.4 控制系统性能要求

- 5.4.1 控制系统应能够实现激光输出、运动轨迹、扫描速度及辅助装置的协调控制。
- 5.4.2 控制系统应具备程序控制功能，可对加工路径、加工参数及工艺参数进行设定和调整。
- 5.4.3 控制系统应具备实时监控功能，能够显示激光功率、扫描速度、设备状态等信息。
- 5.4.4 控制系统响应时间不应大于100ms。
- 5.4.5 控制系统应具备故障报警及自动停机保护功能。

5.5 辅助装置性能要求

- 5.5.1 设备应配置冷却系统，激光器工作时冷却水温应控制在20℃~30℃范围内。
- 5.5.2 冷却系统水流量不应低于10L/min，并应具备水温、水压监测功能。
- 5.5.3 设备应配置保护气体系统，保护气体压力应为0.2MPa~0.6MPa。
- 5.5.4 设备应配置除尘或排烟装置，除尘效率应不低于95%，排放粉尘浓度不大于120mg/m³。

5.6 淬火加工性能要求

- 5.6.1 设备应能够稳定实现工件表面激光淬火加工。
- 5.6.2 淬火后工件表面硬度不应低于HRC50。
- 5.6.3 淬硬层深度不应小于0.5mm。
- 5.6.4 同一淬火区域内硬度均匀性偏差不应大于±5HRC。
- 5.6.5 淬火表面不应出现明显烧蚀、裂纹或熔化缺陷。

5.7 安全防护要求

- 5.7.1 设备安全防护应符合GB 7247.1的规定。
- 5.7.2 设备应设置激光防护罩或安全防护结构，防止激光直接外泄。
- 5.7.3 设备应设置急停装置，急停装置动作后设备应立即停止激光输出及运动。
- 5.7.4 电气安全应符合GB/T 10320的规定。
- 5.7.5 设备外壳防护等级应不低于GB/T 4208中IP54的要求。
- 5.7.6 设备应设置安全联锁装置，当防护门打开时激光输出应自动停止。

5.8 可靠性要求

- 5.8.1 设备平均无故障工作时间(MTBF)不应低于2000h。
- 5.8.2 设备在额定工况下连续运行8h后，各系统应运行稳定，不应出现异常停机现象。
- 5.8.3 设备经过规定运行试验后，其主要性能指标不应出现明显下降。

6 试验方法

6.1 激光器性能试验

6.1.1 激光器输出功率试验

采用激光功率计对激光器输出功率进行测量,在额定工作条件下连续测量不少于5min,记录输出功率平均值,测得功率应符合5.1.1的规定。

6.1.2 激光功率稳定度试验

在额定功率条件下运行激光器,使用激光功率计每隔30s测量一次输出功率,连续测量10min,按公式(1)计算功率稳定度:

$$S = \frac{P_{max} - P_{min}}{P_{avg}} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

S ——功率稳定度;

P_{max} ——测试期间最大功率;

P_{min} ——测试期间最小功率;

P_{avg} ——平均功率。

6.1.3 光束质量试验

采用光斑分析仪测量激光束的光束质量因子 M^2 ,测量3次,取平均值,结果应符合5.1.3的规定。

6.1.4 连续工作能力试验

在额定工况下连续运行激光器8h,运行期间每30min记录一次输出功率,运行结束后分析功率波动情况,其波动范围应符合5.1.4的规定。

6.2 导光系统性能试验

6.2.1 光束传输效率试验

在激光器输出端测量激光功率 P_1 ,在导光系统输出端测量激光功率 P_2 ,光束传输效率按公式(2)计算:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

η ——光束传输效率;

P_2 ——输入功率;

P_1 ——输出功率。

6.2.2 聚焦光斑直径测量

将激光器置于额定功率和额定焦距条件下,使激光聚焦在靶材表面或光斑分析仪检测位置,连续测量3~5次,取平均值作为光斑直径,其测得光斑直径应符合5.2.2的规定。

6.2.3 光束稳定性试验

在连续工作4h条件下,每隔30min测量一次光束质量参数或光斑尺寸变化情况,计算变化率,其结果应符合5.2.3的规定。

6.3 运动平台性能试验

6.3.1 定位精度测量

使用激光干涉仪或高精度位移传感器,在运动平台工作行程范围内选取5~10个测点,测量目标位置与实际到位位置偏差,计算定位误差,其结果应符合5.3.2的规定。

6.3.2 重复定位精度测量

在同一位置进行不少于7次往复定位,测量各次定位偏差,重复定位精度按最大偏差值计算,其结果应符合5.3.3的规定。

6.3.3 运动速度试验

在最大运行速度条件下运行运动平台,采用测速仪或位移计测量单位时间内的运动距离,计算运动速度,其结果应符合5.3.4的规定。

6.3.4 运行稳定性试验

运动平台在额定运行条件下连续运行2h,观察运动过程中是否出现振动、卡滞或异常噪声。

6.4 控制系统性能试验

6.4.1 控制功能试验

在设备运行过程中,通过设定不同加工程序和工艺参数,检查控制系统对激光输出、运动轨迹及辅助装置的协调控制能力,其性能应符合5.4.1和5.4.2的规定。

6.4.2 监控功能试验

在设备运行过程中检查控制系统显示界面,验证激光功率、运动速度及设备状态等参数显示功能。

6.4.3 控制响应时间试验

使用数据采集系统或示波器测量控制系统响应时间,测得响应时间应符合5.4.4的规定。

6.5 辅助装置性能试验

6.5.1 冷却系统试验

在设备额定运行条件下,使用温度计测量冷却水温度,使用流量计测量冷却水流量,测得数据应符合5.5.1和5.5.2的规定。

6.5.2 保护气体系统试验

在设备运行状态下使用压力表测量保护气体输出压力,其压力范围应符合5.5.3的规定。

6.5.3 除尘系统试验

在设备运行状态下采集排放气体样品,粉尘浓度测量应按照GB/T 16157规定的方法进行。

6.6 淬火加工性能试验

6.6.1 淬火硬度检测

采用洛氏硬度计按GB/T 230.1的规定测量工件淬火后的表面硬度,结果应符合5.6.2的规定。

6.6.2 淬硬层深度测量

对淬火试样进行金相制样,经腐蚀后使用金相显微镜测量硬化层深度,结果应符合5.6.3的规定。

6.6.3 硬度均匀性试验

在淬火区域不同位置测量不少于5点硬度值,计算最大值与最小值差值,结果应符合5.6.4的规定。

6.6.4 表面质量检查

采用目视检查或放大镜观察淬火表面质量,应符合5.6.5的规定。

6.7 安全防护试验

6.7.1 激光安全防护检查

按照GB 7247.1的规定检查激光防护结构和防护装置。

6.7.2 急停功能试验

在设备运行状态下按下急停按钮,记录设备是否立即停止激光输出和运动。

6.7.3 联锁保护试验

在设备运行状态下打开防护门,记录激光输出是否自动停止。

6.7.4 电气安全试验

应按照GB/T 10320规定的方法进行。

6.7.5 外壳防护等级试验

应按照GB/T 4208规定的方法进行。

6.8 可靠性试验

6.8.1 平均无故障工作时间试验

应按照GB/T 5080.7规定的方法,在额定工况下对至少3台设备连续运行并记录故障发生时间和次数,计算各设备无故障工作时间的平均值。

6.8.2 连续运行稳定性试验

应按照GB/T 5080.7规定的方法,在额定工况下对单台设备连续运行8h,记录各系统运行状态和故障情况,结果应符合5.8.2的规定。

6.8.3 主要性能指标保持性试验

在经过规定运行试验后,对整机主要性能指标(包括激光输出功率、运动平台定位精度、光学系统光斑直径等)进行测量,验证性能指标是否出现明显下降。

7 检验规则

7.1 检验分类

本文件要求的检验分为出厂检验和型式检验两类。

7.2 出厂检验

出厂检验的项目应包括外观与结构检查等关键指标，各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，应进行返工或报废处理。

7.3 型式检验

7.3.1 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时；
- b) 设计、工艺或主要原材料有较大改变，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结果有较大差异时。

7.3.2 检验项目

型式检验的项目为本文件第五章规定的所有技术要求。

7.3.3 抽样规则

抽样规则应符合GB/T 2828.1的规定。

7.3.4 判定规则及处理措施

所有检验项目均满足本文件的技术要求时，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。

7.4 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。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

设备标志应满足下列要求：

- a) 应有清晰、牢固、耐久的标志，内容包括：设备名称和型号、生产单位、出厂编号、生产日期、电气参数、安全标志等；
- b) 所有标志应清晰、耐磨，符合GB/T 191的相关规定。

8.2 包装

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；
- 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) 每台设备应随包装附带说明书、合格证及出厂检验报告。

8.3 运输

设备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。

8.4 贮存

设备贮存应满足下列要求：

- a) 设备应存放于5℃~40℃的环境温度内，相对湿度不大于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，应每6个月对设备进行一次检查和维护。
-