

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T XXXXX—XXXX

激光打标机技术规范

Technical specification for laser marking machines

（征求意见稿）

（2025.8.27）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 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 分类和组成	2
4.1 分类	2
4.2 组成	3
5 技术要求	3
5.1 通用要求	3
5.2 参数要求	3
5.3 功能要求	5
5.4 辅助设施	6
6 试验方法	6
6.1 通用要求试验	6
6.2 激光器指标试验	6
6.3 导光传输系统指标试验	6
6.4 运动系统指标试验	7
6.5 加工能力指标试验	7
6.6 加工效率指标试验	8
6.7 加工质量指标试验	8
6.8 功能要求试验	10
6.9 辅助设施	10
7 检验规则	10
7.1 检验分类	11
7.2 检验条件	11
7.3 检验项目与分类	11
7.4 检验规则	12
8 标志、包装、运输、贮存	13
8.1 标志	13
8.2 包装	14
8.3 运输	14
8.4 贮存	15

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这些专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国光辐射安全和激光设备标准化技术委员会（SAC/TC284）归口。

本文件起草单位：武汉华工激光工程有限责任公司、华工法利莱切焊系统工程有限公司、浙江工业大学、深圳市嘉鑫激光科技有限公司、成都光羿智能科技有限公司、武汉锐科激光技术股份有限公司、武汉工程大学、烟台恩邦电子科技有限公司、大族激光智能装备集团有限公司、许昌东太智能科技有限公司、中国电子科技集团公司第十一研究所、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司、北京蓝溪华兴光电科技有限公司等。

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

激光打标机技术规范

1 范围

本文件规定了激光打标机的分类、组成和技术要求，描述了相应的试验方法，规定了检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件仅适用于带有振镜扫描的4类激光打标机（以下简称打标机）的制造。本文件不适用于包装用激光打码机。各类激光打标设备应根据本文件的原则编制相应的产品标准，对技术指标、评定方法和检验项目等规定作出补充和具体化。

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 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/T 7247.1 激光产品的安全 第1部分：设备分类和要求
GB/T 7247.5 激光产品的安全 第5部分：生产者关于 GB/T 7247.1 的检查清单
GB/T 8870.1 自动化系统与集成 机床数值控制 程序格式和地址字定义 第1部分：点位、直线运动和轮廓控制系统的数据格式
GB/T 10320 激光设备和设施的电气安全
GB/T 13306-2011 标牌
GB/T 13384-2008 机电产品包装通用技术条件
GB/T 15175-2012 固体激光器主要参数测试方法
GB/T 15313-2008 激光术语
GB/T 17421.2 机床检验通则 第2部分：数控轴线的定位精度和重复定位精度的确定
GB/T 19660 工业自动化系统与集成 机床数值控制坐标系和运动命名
GB/T 26220 工业自动化系统与集成 机床数值控制 数控系统通用技术条件
GB/T 28181 公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求
GB/T 42021 工业互联网 总体网络架构
GB 44703 光辐射安全通用要求
HJ 1263 环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法
JB/T 15429 激光加工设备通用规范

3 术语和定义

GB/T 7247.1、GB/T 15313 和 JB/T 15429 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

激光打标 laser marking

在各种不同材料的工件表面用较高功率（能量）密度的激光扫描，通过烧蚀或改变材料颜色形成标记。

[来源：GB/T 15313，2.5.4]

3.2

激光打标机 laser marking machines

通过激光器产生高功率（能量）密度光束，经光学控制系统引导在工件表面进行扫描运动，通过烧蚀、氧化或材料相变形成永久性标记的专用设备。

3.3

振镜 galvanometric scanner

通过电流驱动反射镜片实现激光束高速偏转的光学扫描装置。

注：通常由X/Y轴扫描振镜电机、反射镜片、位置传感器和伺服驱动电路组成。

3.4

场镜 f-theta lens

通过畸变校正将激光束在目标平面内形成均匀聚焦光斑，与振镜系统协同工作的聚焦光学组件。

注：场镜可分为二维场镜和三维场镜。二维场镜适用于平面打标，焦点固定于单一焦平面；三维场镜集成动态聚焦模块，通过实时补偿Z轴焦点位置，实现曲面打标。

3.5

打标幅面 marking format

激光打标机在满足标称加工能力、加工质量及加工效率要求下，可进行有效标记的最大连续工作区域几何范围。

3.6

最小线宽 minimum line width

激光打标机在额定工况下，能加工出的清晰可辨的最小刻蚀槽的最大截面宽度。

3.7

系统温漂 system temperature drift

激光打标系统在额定工作状态下，于一定温度变化范围内，振镜经全范围往复扫描后，因温度变化引起的振镜偏转基准点或光斑聚焦位置在打标幅面上产生的非预期位移量。

注：系统温漂的核心评估指标为每摄氏度的位移偏移量。

3.8

系统零漂 system null drift

激光打标系统在恒定环境条件下并于额定工作状态下完成振镜归零后，随时间变化在打标面上产生的自发位移量。

注：系统零漂的核心评估指标为每小时的位移偏移量，通常以10分钟静置重启作为测试周期。

4 分类和组成

4.1 分类

4.1.1 按设备运动类型式分类

固定式激光打标机：激光打标头（产生和聚焦激光束的核心部件）刚性固定于设备机架或工作台，工件需移动以实现定位的激光打标设备。

移动式激光打标机：激光打标头或其输出端可在空间内移动，工件相对固定的激光打标设备。可细分为手持式激光打标机、桌面式激光打标机、机器人集成式激光打标机等。

4.1.2 按激光工作方式分类

连续波激光打标机：采用连续波（CW）激光器，输出稳定功率光束的激光打标设备。

脉冲激光打标机：采用脉冲激光器，通过峰值功率脉冲烧蚀材料的激光打标设备。按激光脉冲宽度，可细分为纳秒激光打标机、皮秒激光打标机、飞秒激光打标机。

应用本文件时，连续波与脉冲组合打标机可分解成相应的连续波激光打标机、脉冲激光打标机。

4.1.3 按激光波长分类

按波长可分为紫外激光打标机、绿光激光打标机、红外激光打标机和二氧化碳激光打标机等，其主要可加工材料参见表1。

表 1 不同波长的激光打标机可加工材料

类型	波长范围	典型工业应用波长	典型可加工材料
紫外激光打标机	100–400nm	355nm	玻璃、半导体晶圆、高分子
绿光激光打标机	515–540nm	532nm	金银首饰、铜合金、陶瓷
红外激光打标机	700nm–1mm	1064nm	金属、深色塑料
二氧化碳激光打标机	9–11μm	10.6μm	有机材料、皮革、亚克力、木材

4.1.4 按核心功能特征分类

三维曲面激光打标机：集成动态聚焦系统，可在非平面曲面实现精准标记的激光打标设备。

大幅面激光打标机：有效打标幅面 $\geq 1\text{m} \times 1\text{m}$ ，通过长焦距场镜或 X-Y 平台扩展的激光打标设备。

飞行激光打标机：在工件连续运动中同步完成标记的激光打标设备。

柱面激光打标机：专用于圆柱/圆锥工件周向标记的激光打标设备。

精密微雕激光打标机：最小特征尺寸 $\leq 10\mu\text{m}$ 的超精细标记激光打标设备。

4.2 组成

打标机组成应包括激光器系统、导光传输系统、机械运动系统、控制系统、安全防护系统、辅助设施，各组成部分的主要功能见表 2。

表 2 打标机各组成部分的主要功能

系统名称	主要功能	组成
激光器系统	产生高功率（能量）密度激光束	可包括激光器、电源模块、传感器等
导光传输系统	控制光束路径与聚焦形态	可包括扩束镜、反射镜、偏振镜、2D 振镜、3D 振镜（含 Z 轴动态聚焦）、Q 开关、平场聚焦镜（f-theta 透镜）、3D 场镜（动态调焦模块）、保护镜片等
运动系统（适用时）	工件定位与动态跟踪	可包括 X-Y 直线平台、旋转轴（R 轴）、Z 轴升降机构、传输带同步伺服等
控制系统	图形解析、路径规划、实时闭环控制	可包括工控机、主控箱、振镜驱动卡、视觉定位模块（CCD+算法）、HMI 人机界面等
机械结构（适用时）	提供刚性支撑与精度保障	可包括光具座、升降立柱、防震机脚、外壳、机柜
安全防护系统	提供光辐射安全、电气安全、机械安全防护	可包括 Class 4 防护罩、光闸联锁、急停按钮、红外感应器、激光警示标识等
辅助设施	提供环境保障与设备维护	可包括冷却系统（水冷机/风冷）、除尘系统、气路保护、除湿机等

5 技术要求

5.1 通用要求

打标机的使用条件、布局和造型、机械润滑系统、外观、互换性与维修、可靠性、环保要求应符合 JB/T 15429 的要求。

特殊使用要求的打标机由产品规范确定。

5.2 参数要求

5.2.1 参数组成

打标机应包含但不限于以下基本性能参数：

a) 激光器指标；

- b) 导光传输系统指标；
- c) 运动系统指标（适用时）；
- d) 加工能力指标；
- e) 加工效率指标；
- f) 加工质量指标。

5.2.2 激光器指标

激光器的性能指标应符合打标机产品规范要求。表3规定了激光器的性能参数。

表3 激光器性能参数

代号	参数	连续波激光器	脉冲激光器
a)	中心波长	●	●
b)	额定输出功率	●	x
c)	额定平均输出功率	x	●
d)	激光功率调节范围	●	●
e)	功率不稳定性	●	●
f)	单脉冲激光能量	x	●
g)	脉冲频率调节范围	x	●
h)	脉冲宽度调节范围	x	●
i)	脉冲峰值功率	x	●
j)	光束质量	●	●
k)	光束直径	●	●
注：“●”表示适用；“○”表示可选；“x”表示不适用。			

5.2.3 导光传输系统指标

导光传输系统的性能指标应满足激光能量传输、光束变换的要求，符合打标机产品规范的规定。导光传输系统的主要性能参数应符合表4要求。

表4 导光传输系统参数

代号	参数	要求
a)	工作距离	与标称工作距离偏差≤5%
b)	工件表面光斑圆度及尺寸	如无整形，聚焦光斑为圆形，光斑圆度≥70%
c)	焦点位置调节范围	焦点位置调节范围≥±20mm（Z轴机械调节）
d)	焦距调节范围（适用时）	Z轴补偿≥±50mm
e)	工件表面光斑能量分布	高斯光束：边缘/中心能量比≥75% 平顶光束：全区域波动≤±10%
f)	功率损耗	每增加一个光学器件，功率损耗≤5%，整套光路总功率损耗≤n*5%（n为光学器件个数）

5.2.4 运动系统指标（适用时）

运动系统的性能指标应满足打标机的加工性能要求，符合产品规范的规定。运动系统的主要性能参数应符合表 5 要求。

表 5 运动系统参数

代号	参数	要求
a)	激光束与工件之间相对运动的轴数	标注基础轴（XY）及扩展轴（Z/R/转台）
b)	各运动轴的行程	各轴实测行程≥标称值
c)	最大运动速度	≥10 m/min（直线轴） ≥360°/s（旋转轴）
d)	定位精度	单轴定位精度≤±0.008 mm（300 mm 行程内）
e)	重复定位精度	≤±0.003 mm

5.2.5 加工能力指标

加工能力的性能指标应满足打标机的加工性能要求，符合产品规范的规定。加工能力的主要性能参数应符合表 6 要求。

表 6 加工能力参数

代号	参数	要求
a)	打标幅面	实测值与标称值偏差≤±5%
b)	功率均匀性	全幅面功率均匀性≤±12%

5.2.6 加工效率指标

加工效率的性能指标应满足打标机的加工性能要求，符合产品规范的规定。加工效率的主要性能参数为标记速度，标记速度≥500 字符/秒。

5.2.7 加工质量指标

加工质量的性能指标应满足打标机的加工性能要求，符合产品规范的规定。加工质量的主要性能参数应符合表 7 要求。

表 7 加工质量参数

代号	参数	要求
a)	标记重复精度	标记重复精度≤<2μrad
b)	系统零漂	≤±80μrad/h
c)	系统温漂	≤±100μrad/°C
d)	最小线宽	满足用户需求
e)	标记一致性	标记一致性≤1.5%
f)	标记均匀性	满足用户需求

5.3 功能要求

5.3.1 使用功能

打标机应具有以下基本使用功能：

- a) 打标机以激光为能量源，通过光束传输与变换，具备对规定材料实现预期打标加工的功能；
- b) 激光系统确保过热、超温、断电等自动保护功能可靠有效，并只能通过人工方式才能复位；
- c) 对于非可见光波长打标机宜具备指示激光，指示激光与工作激光具有较高重合度，即同轴指示功能。

注：重合度偏差主要因两者波长不一致、光学元件镀膜不匹配导致，且需控制光学系统畸变，确保全幅面内两束激光光路一致性畸变会使边缘呈圆弧而非直线，由焦距差异引发折射角、反射角变化。

5.3.2 控制功能

打标机应具有与预期用途相匹配的控制功能：

- a) 控制系统的坐标轴和运动方向符合 GB/T 19660 的规定；
- b) 控制系统的数据格式符合 GB/T 8870.1 的规定；
- c) 控制系统中的电气控制和联锁保护符合 GB/T 5226.1 中的相关要求；
- d) 数控系统符合 GB/T 26220 中的要求；
- e) 具有智能工厂数字化信息网络的接口功能（适用时），符合 GB/T 42021 中的相关要求；
- f) 具有打标机运行状态视频监控功能（适用时），符合 GB/T 28181 中的相关要求；
- g) 控制系统的其他控制功能满足打标机的预期使用要求，符合产品规范的规定；
- h) 控制软件要求：打标机控制软件能支持多种格式的文件，包括但不限于：各类图像文件（如 BMP、TIF、JPG）和各类图形文件（如 DWG、PLT、DXF）等；
- i) 计算机接口要求：打标机接口为标准接口，即通用 USB、网络或 PCI 扩展插槽。

5.3.3 安全防护

打标机应具有为实现预期使用功能所需的安全防护功能，其光辐射安全防护、电气安全防护、机械安全防护、烟尘防护等功能及相应的安全标识应符合 JB/T 15429 的要求。

打标机应满足 GB 44703 规定的光辐射安全的要求。

打标机应符合 GB/T 10320 中电气安全与防护的要求。

5.3.4 工艺数据库

激光打标工艺数据库的功能应符合预期激光打标要求，满足产品规范的规定。

5.4 辅助设施

打标机应配有实现预期加工功能所需的辅助设施及专用工具。

激光冷却设备、气体过滤装置、原辅料送料装置、上下料系统、工件定位工装器具、光学辅助定位装置、加工过程监控系统、保护气氛/真空环境获得系统、除尘设备、稳压电源、除湿设备和离线编程软件等打标机辅助设施的功能、性能应符合产品规范的要求。

打标机专用附件、光学元件擦拭更换用具和光路调整专用工具等附件与工具应符合产品规范的要求。

6 试验方法

6.1 通用要求试验

打标机的使用条件、布局和造型、机械润滑系统、外观、互换性与维修、可靠性、环保要求按照 JB/T 15429 的试验方法进行。

6.2 激光器指标试验

激光器的指标按照 JB/T 15429 的试验方法进行。

6.3 导光传输系统指标试验

6.3.1 工作距离

在打标机额定工作状态下，用检定合格有效的适宜量程、准确度达标的高度规、激光焦点定位仪等测量仪器，测量场镜下端面至工件焦平面的距离。

6.3.2 工件表面光斑圆度及尺寸

按照 GB/T 15175 中规定的试验方法进行试验。

6.3.3 焦点位置调节范围

沿光轴调节光学聚焦元件位置，测量该聚焦元件的最大可调节距离。

6.3.4 焦距调节范围（适用时）

保持光学聚焦元件位置固定，改变聚焦元件的焦距从最短到最长，沿光轴测量最短位置处焦点与最长位置处焦点之间的距离。

6.3.5 工件表面光斑能量分布

按照 GB/T 15175 中规定的试验方法进行试验。

6.3.6 功率损耗

用检定合格有效的适宜量程、准确度达标的仪器工具，测量最终输出端的功率 P_1 和激光器端功率 P_2 ，同步记录两个功率 P_1 、 P_2 （采样间隔 $\leq 1s$ ，持续 $\geq 60s$ ），按公式（1）计算功率损耗 η_L ：

$$\eta_L = \frac{P_2 - P_1}{P_2} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

η_L ——功率损耗；

P_1 ——最终输出端的功率，单位为瓦（W）；

P_2 ——激光器端功率，单位为瓦（W）。

6.4 运动系统指标试验

6.4.1 激光束与工件之间相对运动的轴数

采用观察法进行查验。

6.4.2 各运动轴的行程

用检定合格有效的适宜量程、准确度符合测量要求的长度测量仪器进行试验。

6.4.3 最大运动速度

测量作用于工件表面的激光光斑相对于工件表面移动的位移轨迹长度和对应的所需位移时间，按公式（2）计算出运动系统运动速度。

$$V_{\max} = \frac{L}{t} \quad (2)$$

式中：

V_{\max} ——运动速度，单位为米每秒（m/s）；

L —— t 时间内激光光斑相对于工件表面移动的位移轨迹线长度，单位为米（m）；

t ——激光光斑相对于工件表面移动线长度 L 所需时间，单位为秒（s）。

6.4.4 定位精度

按照 GB/T 17421.2 规定的试验方法进行试验。GB/T 17421.2 中的“刀具”在本文件中为“工件表面光斑”。

6.4.5 重复定位精度

按照 GB/T 17421.2 中的检验程序进行试验。GB/T 17421.2 中的“刀具”在本文件中为“工件表面光斑”。

6.5 加工能力指标试验

6.5.1 打标幅面

在打标机额定工作状态下，使用适当的工具（如设备控制软件）绘制最大标称尺寸的正方形图形，在相纸或标靶片表面进行刻蚀，用适当的仪器工具测量实际幅面边长。

6.5.2 功率均匀性

在打标机额定工作状态下，在打标幅面内选取 5 个测量点（中心点 P_0 及四角 P_1 ~ P_4 ），用适当的仪器工具记录功率，重复操作多次测量取均值，按公式（3）计算全幅面功率均匀性。

$$U = \frac{\max(P_0, P_1, P_2, P_3, P_4) - \min(P_0, P_1, P_2, P_3, P_4)}{\bar{P}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

P_0 ~ P_4 ——幅面 5 点位功率，单位为瓦（W）；

\bar{P} ——为功率平均值，单位为瓦（W）；

U ——为全幅面功率均匀性，无单位。

6.6 加工效率指标试验

在打标机额定工作状态下，在相纸或标靶片表面刻蚀 10 行罗马单线字体（字高 1.0 mm，内容为“0 1 2 3 4 5 6 7 8 9”），统计完整刻蚀 100 个字符的总时间，计算打标速度。

6.7 加工质量指标试验

6.7.1 标记重复精度

在打标机额定工作状态下，在相纸或标靶片表面同一位置连续打标三组十字标记（线长 10mm，打标参数与额定工况一致）。使用适当的仪器工具（如影像测量仪或显微镜），测量每组十字标记的中心点坐标 (X_1, Y_1) ~ (X_3, Y_3) ，按公式（4）计算 3 组中心点相对于其几何平均值 (\bar{X}, \bar{Y}) 的间距的最大值 δ_{rep} ， δ_{rep} 记为标记重复精度。

在打标机额定工作状态下，在相纸或标靶片表面同一位置连续打标三组十字标记（线长 10mm，打标参数与额定工况一致）。使用适当的仪器工具（如影像测量仪或显微镜），测量每组十字标记的中心点坐标 (X_1, Y_1) ~ (X_3, Y_3) ，按公式（4）计算 3 组中心点相对于其几何平均值 (\bar{X}, \bar{Y}) 的间距的最大值 $\delta_{rep,lin}$ ；再根据场镜工作距离 D ，按公式（5）将线位移量转换为角位移量 δ_{rep} ， δ_{rep} 记为标记重复精度。

$$\delta_{rep,lin} = \max_{i=1}^3 \left\{ \sqrt{(X_i - \bar{X})^2 + (Y_i - \bar{Y})^2} \right\} \quad (4)$$

$$\delta_{rep} = \arctan \left(\frac{\delta_{rep,lin}}{D} \right) \times 10^6 \quad (5)$$

式中：

\bar{X} ——3 组十字标记中心点 X 轴坐标的几何平均值，单位为毫米（mm）；

\bar{Y} ——3 组十字标记中心点 Y 轴坐标的几何平均值，单位为毫米（mm）；

$\delta_{rep,lin}$ ——3 组中心点相对于其几何平均值的间距的最大值，单位为毫米（mm）；

δ_{rep} ——标记重复精度，单位为微弧度（ μrad ）。

注：线位移量与角位移量之间满足三角函数关系 $\theta = \arctan \left(\frac{L}{D} \right)$ ，其中 L 代表线位移量， θ 为角位移量

6.7.2 系统零漂

在 $25^\circ C \pm 1^\circ C$ 恒温环境中，在打标机额定工作状态下，在相纸或标靶片零点位置标记参考十字 M_1 ；关闭设备电源，静置 60 分钟后重新启动，重启后立即在同一位置标记对比十字 M_2 。使用适当的仪器工具（如影像测量仪）测量两十字中心在 X 轴、Y 轴的偏移量，按公式（5）计算 M_1 与 M_2 中心的综合线位移量 $\delta_{null,lin}$ ；再根据场镜工作距离 D ，按公式（6）将线位移量转换为光束偏转角位移量 δ_{null} ， δ_{null} 记为系统零漂。

$$\delta_{null,lin} = \sqrt{(|X_{M2} - X_{M1}|)^2 + (|Y_{M2} - Y_{M1}|)^2} \quad (6)$$

$$\delta_{null} = \arctan \left(\frac{\delta_{null,lin}}{D} \right) \times 10^6 \quad (7)$$

式中：

- X_{M1} —— M_1 中心点的 X 轴坐标，单位为毫米（mm）；
- Y_{M1} —— M_1 中心点的 Y 轴坐标，单位为毫米（mm）；
- X_{M2} —— M_2 中心点的 X 轴坐标，单位为毫米（mm）；
- Y_{M2} —— M_2 中心点的 Y 轴坐标，单位为毫米（mm）；
- D ——场镜工作距离，单位为毫米（mm）；
- $\delta_{\text{null,lin}}$ —— M_1 与 M_2 中心的综合线位移量，单位为毫米（mm）；
- δ_{null} ——系统零漂，单位为微弧度（ μrad ）。

6.7.3 系统温漂

在打标机额定工作状态下，在相纸或标靶片表面标记参考十字 M_1 。关闭激光源输出，驱动振镜以最大速度在最大打标幅面内全范围往复扫描 60 分钟，扫描结束后立即开启激光源，在同一位置标记对比十字 M_2 。使用适当的仪器工具（如影像测量仪、温度检测仪）测量两十字中心在 X 轴、Y 轴的偏移量和系统温度变化情况，按公式（6）计算 M_1 与 M_2 中心的综合线位移量 $\delta_{\text{temp,lin}}$ ；再根据场镜工作距离 D ，按公式（7）将线位移量转换为光束偏转角位移量 δ_{temp} ， δ_{temp} 记为系统温漂。

$$\delta_{\text{temp,lin}} = \sqrt{(|X'_{M2} - X'_{M1}|)^2 + (|Y'_{M2} - Y'_{M1}|)^2} \quad (8)$$

$$\delta_{\text{temp}} = \arctan\left(\frac{\delta_{\text{temp,lin}}}{D}\right) \times 10^6 \quad (9)$$

式中：

- X'_{M1} —— M_1 中心点的 X 轴坐标，单位为毫米（mm）；
- Y'_{M1} —— M_1 中心点的 Y 轴坐标，单位为毫米（mm）；
- X'_{M2} —— M_2 中心点的 X 轴坐标，单位为毫米（mm）；
- Y'_{M2} —— M_2 中心点的 Y 轴坐标，单位为毫米（mm）；
- D ——场镜工作距离，单位为毫米（mm）；
- $\delta_{\text{temp,lin}}$ —— M_1 与 M_2 中心的综合线位移量，单位为毫米（mm）；
- δ_{temp} ——系统温漂，单位为微弧度（ μrad ）。

6.7.4 最小线宽

在打标机额定工作状态下，在相纸或标靶片表面垂直标记线宽渐变图案（0.01~0.10mm）。使用适当的仪器工具观测清晰可辨的最小槽宽值并记录，该值即为最小线宽。

6.7.5 标记一致性

在打标机额定工作状态下，在打标幅面 5 个点位（中心 P_0 及四角 $P_1 \sim P_4$ ）分别打标标准十字线（线长 10mm）。使用适当的仪器工具（如影像测量仪）对 5 个十字线的中心段测量线宽并计算线宽平均值 \bar{w} ，按公式（7）计算标记一致性 C 。

$$C = \frac{\max(w_0, w_1, w_2, w_3, w_4) - \min(w_0, w_1, w_2, w_3, w_4)}{\bar{w}} \times 100\% \quad (10)$$

式中：

- $w_0 \sim w_4$ ——打标幅面中心 P_0 及四角 $P_1 \sim P_4$ 共 5 个点位的线宽测量值，单位为毫米（mm）；
- \bar{w} ——5 个点位经过 3 次测量所得该点位的线宽值，单位为毫米（mm）；
- C ——标记一致性，无单位。

6.7.6 标记均匀性

在打标机额定工作状态下，设置激光功率为 10% 额定功率，在打标幅面 5 个点位（中心 P_0 及四角 $P_1 \sim P_4$ ）分别打标 10mm×10mm 实心正方形，目测对比均匀性或使用适当的工具仪器（如分光光度计）测量各方块中心区域色度值。

6.8 功能要求试验

6.8.1 使用功能

打标机基本使用功能的试验方法如下：

- a) 根据打标机的预期用途对预期加工对象进行相应的激光打标，评估打标结果是否满足预期打标功能要求；
- b) 通过使用适当的方式，使打标机激光系统处于过热、超温、断电状态，观察打标机是否自动触发保护停机；尝试重启打标机，验证是否需人工操作才能复位；
- c) 开启指示激光，采用适当的仪器工具（如光束分析仪、高分辨率相机），在打标幅面内采集指示激光与工作激光的光斑图像，或采用观察法对同轴指示功能进行查验。

6.8.2 控制系统

控制系统的试验应符合以下要求：

- a) 采用观察法对控制系统坐标轴、运动方向定义和数据格式进行查验；
- b) 控制系统中的电气控制和联锁保护按照 GB/T 5226.1 中的验证方法进行试验；
- c) 数控系统按照 GB/T 26220 中的试验方法进行试验；
- d) 逐项模拟产品规范中设定的故障现象，查验故障报警、诊断与显示功能；
- e) 采用观察法对打标机信息网络接口类型与数量进行查验；
- f) 采用观察法对打标机运行状态视频监控功能进行查验；
- g) 控制系统的其他功能按照产品规范中规定的试验方法进行试验；
- h) 控制软件试验：将多种格式的文件导入打标机软件检验打标功能；
- i) 计算机接口试验：将打标机通过通用 USB、网络或 PCI 扩展插槽等标准接口与计算机连接，检查数据交互正常。

6.8.3 安全防护

6.8.3.1 辐射安全

按照 GB/T 7247.5 中的检查清单进行查验。

6.8.3.2 电气安全

电气安全按照 GB/T 5226.1 和 GB/T 10320 中的验证方法进行试验。

6.8.3.3 机械安全

机械安全按照观察、手动检查及测量等方法进行试验。

6.8.3.4 烟尘安全

烟尘防护按照 HJ 1263 规定的试验方法进行试验。

6.8.3.5 安全标识

采用观察法进行查验。

6.8.4 工艺数据库

按照打标机预期用途调用激光打标工艺数据库文件，编制激光打标工艺进行激光打标，查验工艺数据库的功能。

6.9 辅助设施

辅助设施的功能、性能按照产品规范中规定的试验方法进行试验。

采用观察法对产品规范中规定的专用附件、光学元件擦拭更换用具和光路调整专用工具等工艺装备进行查验。

7 检验规则

7.1 检验分类

本文件规定的检验为：

- a) 型式检验；
- b) 出厂检验。

7.2 检验条件

除非另有规定，所有的检验都应在环境温度 5℃～40℃、相对湿度≤85%、大气压强 86kPa～106kPa 和产品规范规定的工作技术条件下进行。

7.3 检验项目与分类

本文件规定的打标机检验项目见表 8，其中出厂检验项目中标记为“●”的项目为基本检验项目，其他需要增加的出厂检验项目应在产品规范中规定。

表 8 检验项目内容与分类

检验项目		要求	试验方法	检验分类	
				型式检验	出厂检验
通用要求	使用条件、布局和造型、机械润滑系统、外观、互换性与维修、可靠性、环保要求	5.1	6.1	●	X
激光器指标	中心波长	5.2.2 a)	6.2	●	X
	额定输出功率	5.2.2 b)		●	●
	额定平均输出功率	5.2.2 c)		●	●
	激光功率调节范围	5.2.2 d)		●	●
	功率不稳定性	5.2.2 e)		●	X
	单脉冲激光能量	5.2.2 f)		●	X
	脉冲频率调节范围	5.2.2 g)		●	X
	脉冲宽度调节范围	5.2.2 h)		●	X
	脉冲峰值功率	5.2.2 i)		●	X
	光束质量	5.2.2 j)		●	X
	光束直径	5.2.2 k)		●	X
导光传输系统	工作距离	5.2.3 a)	6.3.1	●	●
	工件表面光斑圆度及尺寸	5.2.3 b)	6.3.2	●	X
	焦点位置调节范围	5.2.3 c)	6.3.3	●	●
	焦距调节范围（适用时）	5.2.3 d)	6.3.4	●	X
	工件表面光斑能量分布	5.2.3 e)	6.3.5	●	X
	功率损耗	5.2.3 f)	6.3.6	●	X
运动系	激光束与工件之间相对运动的轴数	5.2.4 a)	6.4.1	●	●
	各运动轴的行程	5.2.4 b)	6.4.2	●	●

统 参 数	最大运动速度	5.2.4 c)	6.4.3	●	●
	定位精度	5.2.4 d)	6.4.4	●	●
	重复定位精度	5.2.4 e)	6.4.5	●	●
加 工 能 力	打标幅面	5.2.5 a)	6.5.1	●	●
	功率均匀性	5.2.5 b)	6.5.2	●	●
加 工 效 率	标记速度	5.2.6	6.6	●	●
加 工 质 量	标记重复精度	5.2.7 a)	6.7.1	●	●
	系统零漂	5.2.7 b)	6.7.2	●	●
	系统温漂	5.2.7 c)	6.7.3	●	●
	最小线宽	5.2.7 d)	6.7.4	●	●
	标记一致性	5.2.7 e)	6.7.5	●	●
	标记均匀性	5.2.7 f)	6.7.6	●	●
功 能 要 求	使用功能	5.3.1	6.8.1	●	●
	控制功能	5.3.2	6.8.2	●	●
	安全防护	5.3.3	6.8.3	●	●
	工艺数据库	5.3.4	6.8.4	●	●
辅助设施与工具		5.4	6.9	●	●
注：标有“●”的为检验项目，标有“x”的为不需检验项目。					

7.4 检验规则

7.4.1 型式检验

7.4.1.1 说明

本文件规定的型式检验包括产品设计定型检验、生产定型检验、例行检验。

7.4.1.2 时机

有下列情况之一，应进行型式检验：

- 按申报定型的图样和技术文件制造的新产品；
- 为了全面评价新产品的质量是否达到技术要求，以及工厂是否具备了批量生产的能力和手段时；
- 新产品正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- 产品停产超过二年，又恢复生产时；
- 产品转厂生产时；
- 国家质量监督机构提出鉴定检验时；
- 生产厂家规定的需要例行检验时。

7.4.1.3 规则

由制造厂随机选定一台及以上数量产品作为检验样品，对表 8 中“型式检验”栏所选定的检验项目逐个逐项，按表 8 中“试验方法”栏引用的检验方法进行检验。每项检验结果均符合表 8 中“要求”栏

规定的要求，则判定产品检验合格。检验过程中，若有一个产品的一个检验项目不符合要求，则判定产品检验不合格。检验不合格，在查找原因和改进工艺重新生产后，可重新提出型式检验。

7.4.2 出厂检验

7.4.2.1 时机

有下列情况之一，应进行出厂检验：

- a) 产品经组装调试后；
- b) 需要重复检验时。

7.4.2.2 规则

将产品或需要重复检验的产品全数作为检验样品，对表 8 中“出厂检验”栏所选定的检验项目逐项，按表 8 中“试验方法”栏引用的检验方法进行检验。每项检验结果均符合表 8 中“要求”栏规定的要求，则判定产品出厂检验合格。检验过程中，若有一个检验项目不符合要求，则判定产品出厂检验不合格。检验不合格，在查找原因和返工或返修经调试后，可重新提出出厂检验。

7.4.3 复检

7.4.3.1 时机

有下列情况之一，应进行复检：

- a) 产品在出厂检验过程中，具有不合格项，经返工、返修和调试后；
- b) 产品经维修，用户提出要求时；
- c) 产品出厂检验合格后入库贮存超过 12 个月而未出厂时。

7.4.3.2 规则

以最后一次出厂检验结果作为判定依据，按 7.4.2.2 确定的规则进行判定。

8 标志、包装、运输、贮存

8.1 标志

8.1.1 产品标志

打标机应在产品的明显部位固定产品铭牌，铭牌规格及要求应符合 GB/T 191 和 GB/T 13306 标准的有关规定，其内容应包括：

- a) 制造厂名称及地址；
- b) 产品名称及型号；
- c) 主要技术参数；
- d) 生产日期；
- e) 出厂编号；
- f) 售后服务电话；
- g) 电源数据；
- h) 辐射源性能的说明性标记。

8.1.2 包装标志

每一台打标机的外包装运输箱上应清晰地标有符合 GB/T 191 规定的尺寸、颜色要求的由产品规范规定的“易碎物品”“向上”“怕晒”“怕雨”“重心”“由此吊起”和“禁止翻滚”等标志。

8.1.3 警告标志

8.1.3.1 激光辐射警告标志

打标机的激光辐射警告标志应符合 GB 44703 和 GB/T 7247.1 的规定。

8.1.3.2 电气系统的警告标志

打标机电气系统和项目代号应符合 GB/T 5226.1 的规定，在电路附近设置永久性警告标志，并加设“当心触电”标志。

8.2 包装

8.2.1 内包装

8.2.1.1 基本要求

每一台打标机应进行单独的内包装。有关零部件可以用独立包装盒（箱）分开包装。在内包装之前，应完全排空打标机的冷却液和油脂。包装时在打标机的各关键部位应设置固定支架用于紧固产品运动部件，薄弱部分采用隔震材料，做好防震措施。

8.2.1.2 随箱文件

下列技术文件应随打标机一并装入包装盒（箱）内：

- a) 产品合格证（标注产品所执行标准的编号、名称）；
- b) 产品说明书；
- c) 装配图（需要时）；
- d) 装箱单；
- e) 其他。

8.2.2 外包装

打标机应选用适合水陆运输的包装，包装要求应符合 GB/T 13384 的规定，其它包装要求也要按供需双方协议进行包装。

8.2.3 包装设计与材料要求

包装设计与材料符合下列要求：

- a) 打标机内、外包装的设计及对材料的要求应符合打标机产品规范中的规定；
- b) 打标机的内、外包装盒（箱）应牢固，经运输试验后，外观不应有明显损伤（箱体开裂、整体变形等）。

8.2.4 包装试验

8.2.4.1 试验时机

有下列情况之一，应进行包装试验：

- a) 当打标机改进、改型、新产品投产时；
- b) 当打标机的内、外包装盒（箱）的结构、工艺、材料变更时。

8.2.4.2 试验准则

8.2.4.2.1 包装试验每二年进行一次。样品从当年已完成内、外包装的产品中随机抽取 1 件产品，按 GB/T 13384 的试验方法和打标机产品规范中的具体要求进行试验。

8.2.4.2.2 上述检验都合格，则判定包装检验合格，否则判定不合格。在查明原因及改进措施后，按试验程序再次检验。

8.2.4.2.3 包装检验不合格，产品不应发运交货。

8.3 运输

打标机在运输过程中应固定牢靠，并防止运输过程中损坏产品。

8.3.1 运输方法

经包装检验合格的产品应适合汽车、火车、飞机、轮船等运输工具运输。

8.3.2 运输条件

运输过程应符合以下条件：

- a) 产品在符合 5.1 要求的温度、湿度的条件下进行运输；
- b) 海上运输有密封措施；
- c) 汽车运输根据道路状况控制车辆速度；
- d) 陆地运输有防雨、防尘、防跌落、防撞击、防日晒等措施，用敞篷车运输加盖篷布；
- e) 搬运时避免跌落、倾覆；
- f) 不和易燃、易爆、易腐蚀的物品同车装运。

8.4 贮存

打标机应贮存在通风良好、并能防雨、防潮、无腐蚀性物质的厂房内。

8.4.1 贮存条件

产品应贮存在符合 5.1 要求的温度、湿度的通风、无腐蚀性气体的仓库内。贮存时宜排净打标机冷却系统中的冷却液。

8.4.2 贮存要求

产品应按外包装标志直立向上方向放置，堆码存放应符合产品规范要求。

8.4.3 贮存期

产品在本文 8.4.1 规定的条件下，其贮存期不应超过 12 个月，如超出 12 个月，产品应按照 7.4.3 进行复检。
