

T/TMAC

团 体 标 准

T/TMAC XXXX—XXXX

DLP 光固化增材制造设备技术规范

Technical specification for DLP light curing additive manufacturing equipment

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。
已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国技术市场协会 发 布

目 次

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分类 1

5 技术要求 1

 5.1 外观与结构 1

 5.2 光学系统 2

 5.3 成型精度 2

 5.4 成型平台与运动系统 3

 5.5 控制系统与软件 3

 5.6 树脂槽与离型系统 3

 5.7 环境适应性要求 3

 5.8 安全要求 4

 5.9 噪声要求 4

6 试验方法 4

 6.1 试验条件 4

 6.2 外观与结构检查 4

 6.3 光学系统性能 4

 6.4 成型精度 5

 6.5 运动系统 5

 6.6 环境适应性 5

 6.7 安全性能 5

 6.8 噪声 6

7 检验规则 6

 7.1 检验分类 6

 7.2 出厂检验 6

 7.3 型式检验 6

 7.4 判定规则 6

8 标志、包装、运输与贮存 6

 8.1 标志 6

 8.2 包装 6

 8.3 运输 6

 8.4 贮存 7

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××××提出。

本文件由中国技术市场协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

DLP 光固化增材制造设备技术规范

1 范围

本文件规定了DLP光固化增材制造设备（以下简称“设备”）的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与贮存。

本文件适用于采用数字光处理（DLP）技术，以紫外光（UV）固化光敏树脂为成型材料，通过面曝光方式逐层固化的增材制造设备。

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/T191 包装储运图形符号标志
- 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 2894 安全色和安全标志
- 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 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 13306 标牌
- GB/T 35351 增材制造 术语

3 术语和定义

GB/T 35351界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

像素精度 pixel resolution

单个像素在成型面所对应的物理尺寸，以微米（ μm ）为单位，表征设备在X-Y方向上的理论最小分辨能力。

3.2

光强均匀性 light intensity uniformity

在成型面有效区域内，各点光强与平均光强的偏差程度，以百分比（%）表示。

4 分类

根据设备应用场景和成型幅面大小，DLP光固化增材制造设备分为下列类型：

- a) 桌面级：成型幅面任一方向尺寸小于 200 mm，适用于科研教育、珠宝首饰、文创设计等领域；
- b) 专业级：成型幅面任一方向尺寸为 200 mm~500 mm，适用于齿科医疗、精密铸造、工业手板等领域；
- c) 工业级：成型幅面任一方向尺寸大于 500 mm，适用于鞋业制造、航空航天、汽车工业等领域。

5 技术要求

5.1 外观与结构

5.1.1 外观

设备外表面应平整、光洁，无明显的划痕、锈蚀、裂纹、毛刺等缺陷。涂覆层应色泽均匀，无起泡、脱落、流挂等现象。

5.1.2 结构

设备各部件应安装牢固，连接可靠，运动部件动作灵活、无卡滞。电气布线应整齐、规范，符合GB/T 5226.1的规定。

5.1.3 标识

设备上的铭牌、标志、操作指示等内容应清晰、耐久，符合GB/T 13306的规定。

5.2 光学系统

5.2.1 光源

设备应使用紫外LED光源（UV-LED）或紫外激光光源（UV-LD），波长范围应为385 nm~420 nm，常用波长为405 nm。光源寿命不应低于20000 h。

5.2.2 DMD 芯片

设备所用DMD芯片的分辨率应根据产品定位确定，应不低于1080p（1920×1080像素）。工业级设备宜采用4K及以上分辨率（不低于3840×2160像素）的DMD芯片。

5.2.3 光强均匀性

在成型面有效区域内，光强均匀性应不低于90%。工业级设备应不低于95%。

5.2.4 对比度

DLP光学系统的对比度应不低于700:1。

5.2.5 像素精度

设备像素精度应在25 μm~100 μm范围内，具体指标由制造商根据产品定位确定并在产品技术说明书中明示。

5.3 成型精度

5.3.1 尺寸精度

设备在X-Y方向的成型尺寸误差应符合表1的规定。

表 1 X-Y 方向尺寸误差

精度等级	尺寸误差值（mm）
1级	≤0.050
2级	≤0.100
3级	≤0.150
4级	≤0.300

5.3.2 轴定位精度

Z轴定位精度应符合表2的规定。

表 2 Z 轴定位精度

设备等级	Z轴定位精度（μm）
工业级	≤±8
专业级	≤±10
桌面级	≤±15

5.3.3 层厚范围

设备应支持可调节的打印层厚，层厚范围应为0.025 mm~0.100 mm。工业级设备最小层厚宜不大于0.050 mm。

5.4 成型平台与运动系统

5.4.1 成型平台

成型平台表面应平整，平面度误差应不大于0.05 mm。平台应具备水平校准功能，手动或自动校准后的水平度误差应不大于0.02 mm/m。

5.4.2 运动系统

Z轴运动机构应采用精密导轨和滚珠丝杠传动，或同等精度的直线电机驱动。运动系统应具有足够的刚性和稳定性，在正常工况下应无爬行、抖动等异常现象。

5.4.3 液位控制系统

工业级设备宜配备自动液位控制系统，液位控制精度应不大于±0.05 mm。专业级和桌面级设备可根据产品定位选配。

5.5 控制系统与软件

5.5.1 控制系统

设备控制系统应具备稳定的运行能力，能够实时监控打印状态，支持异常报警和自动停机保护功能。

5.5.2 数据接口

设备应支持通用的三维模型数据格式，STL、OBJ、PLY等。设备应具备USB接口和以太网接口，支持网络数据传输。

5.5.3 切片软件

设备应配备专用的切片软件或兼容主流通用切片软件。切片软件应具备下列功能：

- a) 模型导入与预览；
- b) 支撑结构自动生成与手动编辑；
- c) 层厚、曝光时间等工艺参数设置；
- d) 打印路径预览与仿真。

5.6 树脂槽与离型系统

5.6.1 树脂槽

树脂槽应采用耐腐蚀、耐UV辐射的材料制造，底部应具有透光性良好的离型膜或离型层。树脂槽应结构牢固，无泄漏，便于安装和拆卸。

5.6.2 离型膜

离型膜应具有良好的透光性、耐撕裂性和离型性能。离型膜在正常使用条件下应能承受不低于5000次离型操作而不发生功能性损坏。

5.7 环境适应性要求

5.7.1 工作环境条件

设备在下列环境条件下应能正常工作：

- a) 环境温度：18℃~32℃；
- b) 相对湿度：30%~70%；
- c) 电源电压：220 V±22 V，50 Hz（或380 V±38 V，50 Hz，根据产品设计确定）。

5.7.2 贮存环境条件

设备在下列环境条件下贮存后，恢复至正常工作条件应能正常运行：

- a) 低温贮存：-20 ℃，持续 16 h；
- b) 高温贮存：55 ℃，持续 16 h；
- c) 恒定湿热贮存：40 ℃、相对湿度 93%，持续 48 h。

5.8 安全要求

5.8.1 电气安全

设备的电气安全应符合GB/T 5226.1的规定。设备应具备漏电保护、过流保护和接地保护功能。

5.8.2 光辐射安全

设备应设置紫外光防护装置，在设备运行时，操作者可视区域内的紫外泄漏辐射。设备开门或舱盖开启时应自动切断紫外光源。

5.8.3 机械安全

运动部件应设置防护罩或安全联锁装置，防止操作人员在设备运行时接触运动部件造成伤害。设备应具备紧急停机按钮，紧急停机后应能保持当前的停机状态，直至手动复位。

5.8.4 安全标志

设备应在适当位置设置安全标志，安全色和安全标志应符合GB 2894的规定。

5.9 噪声要求

设备在正常工作时，噪声声压级应不大于65 dB（A）。

6 试验方法

6.1 试验条件

除另有规定外，试验应在下列条件下进行：

- a) 环境温度：25 ℃±2 ℃；
- b) 相对湿度：30%~70%；
- c) 电源电压：220 V±22 V，50 Hz。

6.2 外观与结构检查

采用目视检查和手感检查的方法，检查设备外观、结构、标识等是否符合5.1的要求。

6.3 光学系统性能

6.3.1 光源波长与寿命

光源波长使用光谱分析仪测量，测量结果应符合5.2.1的要求。光源寿命依据制造商提供的产品技术说明书进行验证。

6.3.2 光强均匀性

使用光功率计在成型面有效区域内测量不少于9个均匀分布点的光强值，按式（1）计算光强均匀性，结果应符合5.2.3的要求。

$$U = \left(1 - \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}\right) \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：
U——光强均匀性，%；
 I_{max} ——测量点中的最大光强值；
 I_{min} ——测量点中的最小光强值。

6.3.3 对比度

使用光功率计分别测量设备在全白和全黑投影状态下的光强，按式（2）计算对比度，结果应符合5.2.4的要求。

$$C = \frac{I_{white}}{I_{black}} \quad (2)$$

式中：

C ——对比度；

I_{white} ——全白投影状态下的光强；

I_{black} ——全黑投影状态下的光强。

6.3.4 像素精度

像素精度依据DMD芯片分辨率与成型面尺寸的对应关系进行计算，或通过显微镜测量成型面上实际像素尺寸。

6.4 成型精度

6.4.1 X-Y 方向尺寸精度试验

按照设备规定的工艺参数，打印一组标准测试件：9个尺寸为10 mm×10 mm×5 mm的长方体，均匀分布在成型面不同区域，使用精度不低于0.01 mm的量具测量其X、Y方向尺寸，计算测量值与设计值的偏差。

6.4.2 Z 轴定位精度试验

使用激光干涉仪或千分表测量Z轴在不同位置的定位误差，测量不少于5个位置，取最大偏差值。

6.4.3 层厚验证

切片软件中设置指定层厚参数，打印后使用显微测量设备测量实际层厚。

6.5 运动系统

成型平台平面度使用水平仪或激光测距仪测量，结果应符合5.4.1的要求。Z轴运动系统在全程范围内来回运行，观察是否存在爬行、抖动等异常现象。

6.6 环境适应性

6.6.1 低温贮存

按GB/T 2423.1的规定执行，试验温度-20℃，持续时间16 h。试验结束后恢复至室温，检查设备功能是否正常。

6.6.2 高温贮存

按GB/T 2423.2的规定执行，试验温度55℃，持续时间16 h。试验结束后恢复至室温，检查设备功能是否正常。

6.6.3 恒定湿热贮存

按GB/T 2423.3的规定执行，试验温度40℃、相对湿度93%，持续时间48 h。试验结束后恢复至室温，检查设备功能是否正常。

6.7 安全性能

6.7.1 电气安全

按GB/T 5226.1的规定进行绝缘电阻测试、耐压测试和接地电阻测试。

6.7.2 光辐射安全

使用紫外辐射计在设备正常工作时，于操作者位置测量紫外泄漏辐射量，应符合5.8.2的要求。同时验证设备开门或舱盖开启时紫外光源是否自动切断。

6.7.3 紧急停机功能

在设备正常运行时按下紧急停机按钮，验证设备能否立即停止所有运动部件并切断光源，检查复位方式是否符合5.8.3的要求。

6.8 噪声

使用声级计在设备正常工作时，距设备外表面1 m、高度 1.5 m处进行测量，取4个不同方向测量值的平均值。

7 检验规则

7.1 检验分类

设备检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

每台设备出厂前均应由制造企业质量检验部门进行出厂检验，检验项目包括：外观与结构、控制系统功能、安全功能、噪声检查。

7.3 型式检验

7.3.1 型式检验应在以下情形之一时进行：

- a) 新产品或产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 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；
- c) 正常生产时，每年至少进行一次；
- d) 产品停产一年以上恢复生产时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时。

7.3.2 型式检验的项目应包括第 5 章规定的全部技术要求。

7.4 判定规则

7.4.1 出厂检验：出厂检验项目全部合格，判定为合格；有不合格项，允许复检，复检仍不合格，则判定为不合格。

7.4.2 型式检验：型式检验项目全部合格，判定为合格。若有一项不合格，则判定为不合格。

8 标志、包装、运输与贮存

8.1 标志

每台设备应在明显位置设置铭牌，应包括下列内容：

- a) 产品名称和型号；
- b) 制造企业名称；
- c) 主要技术参数（成型尺寸、光源波长、额定功率等）；
- d) 出厂编号；
- e) 出厂日期。

8.2 包装

设备包装应能防止其在运输过程中受到损伤和腐蚀。包装箱内应附有：

- a) 产品合格证；
- b) 使用说明书（符合 GB/T 9969 的要求）；
- c) 装箱清单；
- d) 备附件及专用工具（如有）。
- e) 包装储运图示标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.3 运输

设备在运输过程中应避免剧烈碰撞、雨淋和曝晒。运输环境温度应为-20℃～55℃。

8.4 贮存

设备应贮存在干燥、通风、无腐蚀性气体和强电磁场的环境中。贮存环境温度宜为-10℃～45℃，相对湿度应为30%～70%。
