

《DLP 光固化增材制造设备技术规范》团体标准

征求意见稿 编制说明

一、任务来源

增材制造作为先进制造的重要方向，正在从原型制造向规模化生产延伸。光固化技术路线在增材制造体系中占据关键位置，其中DLP技术凭借面曝光成型的特性，逐渐成为精密成型领域的重要技术分支。随着下游应用场景的不断拓展，数字光处理（DLP）光固化设备在制造体系中的角色愈发重要，其技术演进与产业应用受到广泛关注。

DLP技术沿用了数字微镜器件对光的精确控制能力，将其引入光固化增材制造后，形成了与传统点扫描立体光固化截然不同的面成型路径。这种路径带来了更高的单层固化效率，也使成型件的表面质量和细节还原能力获得显著提升。与此同时，DLP技术在分辨率和幅面拓展上面临固有挑战，需要在光学系统设计、像素控制、离型机制等方面持续优化。

近年来，光固化增材制造的应用边界不断拓宽，从最初的科研教育、文创设计，逐步延伸至齿科医疗、精密铸造、工业手板、鞋业制造乃至航空航天、汽车工业等更高要求的领域。不同应用场景对设备的精度等级、幅面尺寸、稳定性、安全性提出了差异化要求，设备呈现出明显的分级发展趋势。光学器件、运动控制、离型材料等配套环节也同步迭代，共同推动了DLP光固化设备整体技术水平的提升。

在产业快速发展的同时，DLP光固化设备在术语界定、分级分类、光学性能、成型精度、安全规范等方面缺乏专门针对该技术的系统性技术标准。现有相关标准或侧重于增材制造通用术语，或面向立体光固化成形机床等其他技术路线，难以完全覆盖DLP设备的技术特征与产业需求。制定专门的技术规范，成为引导产业健康有序发展、提升设备质量一致性的必然要求。

目前，DLP光固化增材制造设备技术规范相关的标准有JB/T 14716-2023 增材制造装备 面曝光光固化三维打印机、JB/T 13231.2-2025 立体光固化成形机床 第2部分：技术规范。

JB/T 14716虽涵盖DLP技术，但作为面曝光光固化设备的通用标准，对DLP技术路线的专属特性规定不够细化；JB/T 13231.2则主要面向紫外激光光源的立体光固化成形机床，不适用于DLP面曝光设备。本标准优势在于：专门针对DLP光固化设备，建立了桌面级、专业级、工业级的完整分级体系；细化了光源波长、数字微镜器件分辨率、光强均匀性、对比度、像素精度等光学系统专项指标；明确了离型膜耐受次数等树脂槽与离型系统要求；针对工业级设备提出了自动液位控制等进阶要求，技术规定更具针对性和可操作性。

为此申请立项《DLP光固化增材制造设备技术规范》该标准。本团体标准的制定，具有以下几方面的意义：

1、规范产业发展秩序

本标准为DLP光固化设备的设计、制造与检验提供统一技术依据，有助于解决行业发展过程中出现的无序竞争现象，引导产业从粗放增长转向高质量发展，提升整体制造水平。

2、统一设备性能评价

标准明确了分级分类方法和关键技术指标，为设备性能评价提供了权威基准，使不同厂家产品的性能对比有据可依，降低了用户在设备选型过程中的信息不对称。

3、提升产品质量一致性

通过对光学系统、成型精度、运动系统、离型系统等核心环节的量化规定，标准推动制造企业建立完善的质量管控体系，提升国产DLP光固化设备的质量稳定性。

4、保障设备使用安全

标准系统规定了电气安全、光辐射安全、机械安全等要求，明确了紫外防护、安全联锁、紧急停机等具体措施，切实保护操作人员身心健康，降低设备使用风险。

5、促进产业链协同

标准为上游光学器件、离型材料、控制软件等配套环节提供了明确的技术对接基准，有助于产业链上下游企业形成协同创新合力，提升整个产业链的运转效率。

先进性与创新性：

1、分级分类体系创新

突破传统单一规格要求，建立桌面级、专业级、工业级三级分类体系，并按精度等级划分尺寸误差指标，使标准更具层次性和适用性。

2、光学性能量化规定

针对DLP技术特征，首创性地系统规定了光强均匀性、对比度、像素精度等光学专项指标，并给出相应试验方法，体现技术先进性。

3、离型系统专项要求

明确离型膜耐离型操作次数等量化指标，填补了DLP设备离型系统技术规定的空白，对提升设备耐用性具有重要指导意义。

4、工业级进阶指标

针对工业级设备提出自动液位控制、最小层厚等进阶要求，引导产业向高精度、高自动化方向升级，体现标准的前瞻性。

5、安全光辐射防护

系统规定紫外光防护装置及开门断电等联锁要求，将光辐射安全纳入设备强制规范，体现标准在人机安全方面的先进理念。

二、起草单位所作工作

1. 起草单位

本标准由源卓微纳科技（苏州）股份有限公司、宁波智造数字科技有限公司、上海联泰科技股份有限公司等单位共同起草。

2. 主要起草单位及其所作工作

本文件主要起草单位及工作职责见表1。

表1 主要起草单位及工作职责

起草单位	工作职责
源卓微纳科技（苏州）股份有限公司	项目主编单位，负责标准制定的统筹规划与安排，标准内容和试验方案编制与确定，标准水平的把握及标准编制运行的组织协调。人员中包括了行业资深专业人员，行业管理人员
宁波智造数字科技有限公司、上海联泰科技股份有限公司	实际生产单位、负责汇报实际生产数据、试验方法，参与标准编制。

三、标准的编制原则

标准起草小组在编制标准过程中，以国家、行业现有的标准为制订基础，结合我国目前的行业现状，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》的规定及相关要求编制。

四、标准编制过程

4.1 调研阶段

1. 技术现状调研

DLP光固化技术以数字微镜器件为核心，通过整层投影方式实现面曝光固化，在打印速度上显著优于激光点扫描的立体光固化工艺，同时在精度层面能够满足齿科、珠宝、精密铸造等场景对细节还原的要求。近年来，配套的光学引擎不断迭代，高分辨率数字微镜器件、稳定波段的紫外光源、均匀化光学镜头等组成了设备的关键技术底座。与此同时，设备在幅面拓展、光强均匀性控制、离型可靠性、液位稳定性、自动化校准等方面仍存在工程化难点，精度随幅面放大而下降、核心光学部件成本较高、树脂槽消耗件寿命有限等问题尚未被系统性解决。整体来看，DLP光固化设备正处在从消费级走向量产级、从单件原型走向批量制造的关键阶段，技术路线成熟但仍需在标准化层面予以规范和引导。

2. 市场需求分析

DLP光固化设备的市场需求呈现出由医疗齿科牵引、多领域同步扩张的格局。齿科领域对手术导板、矫正器模型、临时牙冠等个性化器械的批量生产需求，对该技术的高速度、高分辨率、高表面质量形成了刚性拉动；珠宝铸造、文创设计、消费电子、汽车工业、航空航天等领域也因其对小批量复杂构件快速制造的优势而加快采用。下游用户在采购设备时，不再仅关注单一精度指标，而是更加重视设备在成型稳定性、自动化程度、安全合规、软件易用性、材料适配性等维度的综合表现。随着数字化制造和定制化生产模式深入推进，市场对设备分级、性能可验证、质量可追溯的要求日益增强，迫切需要一套专门针对DLP光固化设备的技术规范来对接供需两端。

3. 相关标准研究

通过对国内外相关标准的梳理发现，现行标准中涉及光固化增材制造的包括通用术语、点光源立体光固化、面曝光光固化、光敏树脂材料、后处理工艺等多个层面。其中，JB/T 14716-2023《增材制造装备 面曝光光固化三维打印机》规定了面曝光光固化三维打印机的通用要求和性能要求，适用于DLP或图像掩码技术的面曝光设备，属于覆盖面较宽的行业标准。上述标准或与DLP技术路线存在交叉，或侧重于面曝光大类设备的通用规定，对DLP技术特有的光学系统性能、数字微镜器件分辨率、光强均匀性、对比度、像素精度、离型系统耐久性等关键指标的针对性规定尚不充分。因此，制定专门面向DLP光固化设备的技术规范，是对现行标准体系的有益细化和补充。

4. 产业链调研

DLP光固化设备产业链上游主要包括光学器件、光敏树脂材料、运动控制系统、机械结构件等核心环节，其中数字微镜器件、紫外光源、高精度光学镜头等技术门槛较高，光敏树脂则在配方体系上呈现多样化发展趋势；产业链中游为整机制造环节，设备厂商需要将光学、机械、电子、软件系统进行集成优化；产业链下游覆盖医疗齿科、珠宝铸造、工业制造、消费电子、汽车、航空航天等应用领域，并衍生出打印服务、后处理、材料供应等配套业态。调研发现，产业链各环节对设备技术参数的理解存在差异，上游部件性能指标、中游整机出厂指标与下游应用验证指标之间缺乏统一的对接基准，导致设备在跨环节协作中出现性能表征不一致、质量评价不统一等问题。建立专门的技术规范，有助于打通产业链上下游的技术语言，提升整体协同效率。

5. 行业问题与挑战

当前DLP光固化设备行业面临多重问题与挑战。一是设备分级与性能评价体系不健全，不同厂商对同类指标的测试方法、允差范围表述不一，用户难以横向比对设备优劣；二是光学系统等核心技术指标缺乏统一规范，光强均匀性、对比度、像素精度等关键参数在行业内认知不一，影响设备互换性与应用稳定性；三是安全运行阈值缺乏专门规定，紫外光辐射防护、紧急停机、电气安全等方面的要求分散在不同通用标

准中，针对DLP设备自身风险特征的系统规定不足；四是离型系统、液位控制、环境适应性等影响量产稳定性的环节缺乏统一的量化要求；五是后处理工艺与设备性能的协同评价机制缺失，难以支撑齿科、医疗等对质量一致性要求严苛的领域实现规模化合规应用。上述问题的存在，制约了行业从高速增长转向高质量健康发展。

4.2 立项阶段

2026年6月12日，中国技术市场协会正式批准《DLP光固化增材制造设备技术规范》立项。

4.3 起草阶段

4.3.1 成立标准制定工作组，根据《DLP光固化增材制造设备技术规范》编制需要，源卓微纳科技（苏州）股份有限公司、宁波智造数字科技有限公司、上海联泰科技股份有限公司等机构相关专家成立标准制定工作组。

4.3.2 形成标准草案：根据工作计划及分工安排，在系统参考、学习已有标准及研究的基础上，标准制定工作组完成《DLP光固化增材制造设备技术规范》各部分内容，并于2026年8月19日汇总形成标准草案。

4.3.3 2026年8月27日，通过腾讯会议线上召开了《DLP光固化增材制造设备技术规范》团体标准讨论会，与会代表30余人参加会议。会上，标准编制组就该标准立项背景和标准框架分别进行了介绍。与会专家和代表就标准名称、框架结构、定义、范围、技术指标、试验方法等内容进行了深入讨论。明确了该标准编制工作方向，并提出了一系列标准内容的完善措施和修改意见、建议。

在讨论会结束后标准编制工作组根据与会专家及参会代表的意见和建议，对标准稿进行了修改完善，形成了标准征求意见稿和编制说明。

4.4 征求意见阶段

2026年8月，本标准由中国技术市场协会在全国团体标准信息平台面向社会进行公开征求意见，同时由编制工作组向相关单位进行定向征求意见，具体见《征求意见汇总表》。

五、标准主要内容

根据生产企业源卓微纳科技（苏州）股份有限公司、宁波智造数字科技有限公司、上海联泰科技股份有限公司等单位的产品数据得到以下主要技术内容：

1. 光学系统性能

设备须采用紫外光源，波长范围限定在385 nm至420 nm，光源寿命不低于20000小时。DMD芯片最低分辨率1080p，工业级宜达4K以上。成型面光强均匀性不低于90%，工业级不低于95%，对比度不低于700:1，像素精度控制在25 μm 至100 μm 区间。保障核心固化过程的稳定性和成型质量的一致性。

2. 成型精度分级

X-Y方向尺寸误差按四级划分，最高级不超过0.050 mm，最低级不超过0.300 mm。Z轴定位精度依设备等级设定。分级设置旨在匹配不同应用场景对精度的差异化需求，实现按需选型与合理定价。

3. 成型平台与运动系统

成型平台平面度误差不大于0.05 mm，具备水平校准功能，校准后水平度误差不大于0.02 mm/m。Z轴采用精密导轨与滚珠丝杠或直线电机驱动，保证刚性及稳定性，无爬行抖动。工业级宜配备自动液位控制系统，精度不大于±0.05 mm。确保首层附着质量与层间累积误差可控，支撑连续稳定生产。

4. 安全要求

电气安全符合GB/T 5226.1，具备漏电、过流及接地保护。设备须设紫外光防护装置，开门或舱盖开启时自动切断光源。运动部件设防护罩或安全联锁，配置紧急停机按钮，停机后保持状态直至手动复位。从设计源头消除紫外辐射、机械夹伤、电气故障等隐患，保护操作人员安全。

5. 树脂槽与离型系统

树脂槽采用耐腐蚀、耐UV辐射材料，底部装设透光性良好的离型膜，结构牢固无泄漏。离型膜须具备良好透光性、耐撕裂性和离型性能，在正常使用条件下能承受不低于5000次离型操作而不发生功能性损坏。为用户评估耗材成本和更换周期提供量化依据。

六、主要试验（验证）的分析，技术经济论证，预期的经济效果

6.1 主要试验（验证）的分析

本标准的技术要求均配套了相应的试验方法，验证路径覆盖光学系统、成型精度、运动系统、树脂槽与离型、环境适应性、安全与噪声等全部关键维度。光学系统验证通过在成型面有效区域内测量不少于九个均匀分布点的光强值计算光强均匀性，使用光功率计分别测量全白与全黑投影状态下的光强以计算对比度，借助光谱分析仪核验光源波长，这一多点采样与全白全黑态测量的思路与行业中成熟的辐照均匀性评估方法一致。成型精度验证采用标准测试件法，打印一组均匀分布于成型面不同区域的长方体，使用精度不低于零点零一毫米的量具测量尺寸偏差，Z轴定位精度使用激光干涉仪或千分表在不少于五个位置测量取最大值，层厚通过显微测量设备对实际打印层厚进行验证。运动系统与平台验证通过水平仪或激光测距仪测量成型平台平面度，Z轴全程往复运行观察爬行抖动等异常。树脂槽与离型系统重点验证离型膜的耐离型次数与透光性能。安全与噪声验证则严格按相关国家标准进行电气安全测试，使用紫外辐射计测量操作者位置的紫外泄漏，并在设备运行时触发开门或紧急停机动作以验证联锁与切断功能的有效性。整套试验方案注重可操作性与可重复性，每项技术指标均有明确的试验条件、测量工具与判定方法，为型式检验与出厂检验提供了统一依据。

6.2 技术经济论证

从技术经济性角度看，本标准的制定具备充分的合理性与必要性。首先，指标设定契合当前技术成熟度，标准规定的光源寿命不低于两万小时、工业级Z轴定位精度不超过正负八微米、光强均匀性工业级不低于百分之九十五等指标，均建立在当前DLP光学引擎、精密导轨与滚珠丝杠、紫外LED等核心部件的产业化能力之上，既具先进性又可实现，不会造成过度设计带来的成本浪费。其次，分级体系优化了资源配置，桌面级、专业级、工业级的三级分类与X-Y方向四级精度划分，使制造商能够按目标市场合理选材与配置，用户也可按需选型，避免了高精度指标一刀切导致的低端设备成本虚高或高端设备性能冗余，从供给侧提升了性价比。此外，标准对离型膜耐受次数、自动液位控制、安全联锁等可靠性与安全性指标的明确规定，能够显著降低设备运行中的故障率与耗材更换频率，减少因成型失败导致的树脂浪费与工时损失，从全生命周期看降低了用户的总体拥有成本。更进一步，标准对设备性能一致性的界定有助于制造商优化成本结构，使DLP设备在中等批量生产场景中具备替代传统工艺的经济竞争力，为行业规模化发展奠定了经济基础。

6.3 预期的经济效果

本标准的实施将从多个层面产生积极的经济效果。对于制造企业而言，标准统一了设计、制造与检验的技术语言，减少了产品研发中的反复试错与对标成本，缩短了新品上市周期，同时明确的性能指标有助于企业建立稳定的供应链协作关系，降低配套件采购中的技术沟通成本与质量争议。对于下游用户来说，齿科医疗、精密铸造、工业制造等领域用户在设备选型时有了权威的量化依据，能够显著降低信息不对称带来的选型风险与采购成本，标准化的性能表征使不同品牌设备的横向对比成为可能，促进良性市场竞争，抑制低价低质产品的生存空间。在产业链协同层面，标准打通了上游光学器件、离型材料、控制软件与中游整机制造、下游应用服务之间的技术对接基准，减少跨环节协作中的性能表征差异，提升整个产业链的运转效率，形成标准引领、质量提升、成本下降、规模扩张的正向循环。从行业整体来看，专门的技术规范能够有效解决企业工艺不统一、质量无依据、检测无标准等行业难题，助力企业降本增效、提质升级，推动DLP光固化设备行业从高速增长转向高质量健康发展。

七、标准水平分析

7.1 采用国际标准和国外先进标准的程度

未采用。

7.2 与现有标准及制定中的标准协调配套情况

本标准的制定与现有的标准及制定中的标准协调配套，无重复交叉现象。

7.3 涉及国内外专利及处置情况

经查，本标准没有涉及国内外专利。

八、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准及相关标准协调配套情况

本标准的制定过程、技术要求的选定、试验方法的确定、检验项目设置等符合现行法律、法规和强制性国家标准的规定。

九、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

十、标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议该标准作为推荐性团体标准。

十一、贯彻标准的要求和措施建议，包括（组织措施、技术措施、过渡办法）

由于本标准首次制定，没有特殊要求。

十二、废止现有有关标准的建议

无。

团体标准起草组

2026 年 8 月