

《立体光固化成形机床 第 2 部分：技术规范》

编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

1 任务来源

本项目根据《工业和信息化部办公厅关于印发 2022 年第三批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》（工信厅科函〔2022〕312 号）进行制定。计划编号：2022-1160T-JB；项目名称：《立体光固化成形机床 第 2 部分：技术条件》；主要起草单位：西安增材制造国家研究院有限公司、上海数造机电科技股份有限公司、苏州电加工机床研究所有限公司、苏州中瑞智创三维科技股份有限公司、湖南西交智造科技有限公司、西安交通大学。计划应完成时间：24 个月。本项目为重点产业链-工业母机标准项目。

2 主要工作过程

标准研制过程主要分为以下几个阶段：

（1）起草阶段

《立体光固化成形机床 第 2 部分：技术条件》行业标准制定计划于 2022 年 11 月 22 日正式下达，全国特种加工机床标委会（SAC/TC 161）随即布置了标准研制工作任务。首先，在机床制造企业、科研院所、高校、用户及检验检测机构等范围内广泛征集项目参与方，组成标准起草工作组开展标准研制工作。其次，对标准项目牵头单位及标准起草工作组组成单位的责任进行了明确，对资料搜集、标准起草、技术验证等关键环节进行了分工；同时，TC161 与全国增材制造标委会（SAC/TC 562）沟通标准项目联合归口事宜，双方充分发挥各自专家委员优势，针对标准各阶段草案充分征求意见，协调处理标准研制过程中的意见建议直至完成标准审查，达到相关方对国家标准的协调一致以体现行业标准的科学性和广泛性，达到相关方对行业标准技术内容的协调一致。

标准起草工作组针对目前以立体光固化成形工艺的增材制造机床的设计和制造要求、技术性能特点及安全质量等现状，经过大量的资料查证和研究分析工作，确定了标准制定工作方案，在标准起草过程中，工作组成员多次利用网络视频会、电子邮件等手段进行讨论协商，在标准申报草案的基础上反复论证并修改，并于 2023 年 4 月初向 TC161 秘书处提交了标准初稿草案。经秘书处审核后，于 2023 年 4 月 27 日在陕西西安举行了标准项目研讨会，十多家起草单位共 24 人参加了会议，针对标准初稿草案进行了详细讨论，对标准框架和主要技术内容，以及标准中所提要求的依据、方法的可行性、试验验证的关键点达成了一致。会上，根据 GB/T 1.1—2020 的标准编写规则及上级标准化主管部门对行业标准项目名称的指导意见，秘书处建议将标准名称中的“技术条件”改为“技术规范”，即原计划项目名称《立体光固化成形机床 第 2 部分：技术条件》变更为《立体光固化成形机床 第 2 部分：技术规范》，获得与会代表一致同意。在此基础上，牵头单位带领标准起草工作组修改完善了技术内容，并于 2023 年 5 月 4 日形成了标准征求意见稿，由 TC161 和 TC562 分别组织标准征求意见工作。

（2）征求意见阶段

2023 年 5 月 5 日—6 月 16 日，秘书处通过电子邮件形式，就《立体光固化成形机床 第 2 部

分：技术规范》征求意见稿及编制说明向全体委员、相关研究单位及社会公开征求意见，共发函 174 名标委会委员及单位，其中 TC161 委员人数 77 人、TC562 委员人数 97 人。截至 2023 年 6 月 16 日，共收到…个单位的回函，其中…个单位提出了…条意见和建议。工作组针对这些反馈意见进行整理和分析，提出采纳或不采纳的结论（见《立体光固化成形机床 第 2 部分：技术规范》行业标准征求意见汇总处理表）。同时，工作组根据意见处理结论对标准技术内容进行相应的修改，于 2023 年 6 月…日完成了标准送审稿。

（3）审查阶段

……

3 主要参加单位、工作组成员及其所做工作

本标准由西安增材制造国家研究院有限公司、上海数造机电科技股份有限公司、苏州电加工机床研究所有限公司、苏州中瑞智创三维科技股份有限公司等共同起草。

主要成员：

所做工作：

二、标准编制原则及主要内容

1 标准编制原则

本标准按照 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》的规定进行起草。在编写标准时，遵循面向市场、服务产业、自主研发、适时推出、不断完善的原则，力求与产品研发、工艺试验、技术进步、产业发展、应用推广相结合，统筹推进。同时，努力使标准技术内容更加科学、实用，文字表述更加简洁、清楚，充分体现标准的经济合理性和市场适应性，以便于生产企业和用户使用。

2 标准主要内容

本文件规定了立体光固化成形机床的组成与环境要求，安全防护要求，技术要求，检测方法标志、包装、运输与贮存。

本文件适用于采用紫外激光光源的立体光固化成形机床的设计与制造，不适用于面曝光成形机床。

2.1 关于第 1 章“范围”

概括了标准的技术内容，规定了标准的适用范围。

2.2 关于第 2 章“规范性引用文件”

本标准引用国家标准 12 项，其中强制性国家标准 3 项；引用行业标准 2 项，均在标准正文的技术内容中有所体现。

2.3 关于第 3 章“术语和定义”

本标准的术语和定义均来源于 GB/T 14896.7《特种加工机床 术语 第 7 部分：增材制造机床》。

2.4 关于第 4 章“机床组成和环境要求”

本章内容主要包括机床组成与环境要求。机床组成部分对立体光固化成形机床的各子系统的组成方式进行了规范，立体光固化成形机床各子系统包括床身、机械运动系统、控制系统、光路系统、液控系统；同时对各子系统的功能作用进行了规范性的定义。环境要求部分对立体光固化成形机床的工作环境和放置环境分别进行了说明，并明确了环境温度、相对湿度、照明、大气压力和振动的

规范性要求，根据实际生产过程中的加工技术要求确定。

2.5 关于第5章“安全防护要求”

规定了立体光固化成形机床的安全防护要求，包括：为了保证机床和人员安全，规定了相关强制性安全标准的要求；为了防止有害物质对健康和环境的影响，规定了排放有害物质的要求；为了保护操作人员和器件安全，规定了机械自动保护功能要求；为了保证机床电气系统运行安全，防止安全事故发生，规定了电气安全防护要求；为了防止外界光源污染造成树脂材料固化，影响打印效果，规定了紫外线防护和照明要求。

2.6 关于第6章“技术要求”

本章主要对立体光固化成形机床的各项技术要求进行了统一的规定，根据机床生产企业在生产过程的设计要求和机床工作过程中的工艺要求确定以下技术要求。

总体要求规定了立体光固化成形机床的设计制造过程中的图样和技术文件、加工和装配质量、电气系统等要求。

零部件加工和装配规定了机床零部件一般要求、重要基础结构件、主要件等在加工和装配中的要求。

外观规定了机床整理外观、机床表面涂层或镀层、电气管线、机床标识说明功能的文字和图形符号等要求。

机械运动系统规定了立体光固化成形机床至少有两个线性轴（刮刀运动轴、升降平台运动轴）及其调整机构，并要求几何精度技术要求及线性轴的定位精度和重复定位精度符合 JB/T 13231.1—2017 中第5章～第6章的规定；规定了运动轴工作范围测试要求、运动速度变换试验及点动试验要求、Z轴限位试验、刮平机构定位试验要求、噪声声压级要求等。

控制系统规定了立体光固化成形机床控制仪表、控制软件具备运行功能控制、工艺参数、故障监测、激光功率监测、工作日志、电气装置、急停功能等要求。

光路系统规定了立体光固化成形机床光斑大小调整功能、扫描位置精度、振镜扫描试验、冷却功能的要求。

液控系统规定了立体光固化成形机床树脂槽、自动液位调节机构及液面传感器的要求。

机床工作精度规定了具体打印加工件及其精度要求。

负荷运转试验规定了成形效率试验和成形稳定性试验的要求。

2.7 关于第7章“检测方法”

本章对第6章“技术要求”中所有的技术要求指标的检测方法进行了规定，根据机床生产企业在生产过程的检测试验方法确定以下内容。

检测条件规定了立体光固化成形机床检测实施的环境、电源电压要求、检测仪器条件等。

零部件加工和装配规定了机床主要零部件包括重要基础结构件、主要件等在加工和装配中的检测方法。

外观规定了机床外观检测的方法。

机械运动系统规定了机床线性轴（刮刀运动轴、升降平台运动轴等）的有效工作行程检查方法及两个线性轴精度检测应按照 JB/T 13231.1—2017 中第5章～第6章规定的方法，并且规定了两个线性轴调节机构的检查方法；规定了工作范围测试方法、运动速度变换试验及点动试验方法、Z轴限位试验方法、刮平机构定位试验方法、噪声声压级检测方法等。

控制系统规定了目视方法检查控制仪表、电气装置试验方法、系统控制软件各项功能。

光路系统规定了光斑调整功能检测方法，激光扫描定位精度检测方法、振镜扫描试验方法。

液控系统规定了树脂槽和自动液位调节机构的检测方法。

机床工作精度规定了按照 JB/T 13231.1—2017 第 7 章的方法进行检验。

负荷运转试验规定了成形效率试验和成形稳定性试验的方法。

2.8 关于第 8 章“标志、包装、运输与贮存”

规定了对立体光固化成形机床的标志，包括标牌、警告、包装标志的要求，还规定了立体光固化成形机床的包装、运输与贮存的要求。

3 解决主要问题

本标准涉及的立体光固化成形机床在国内的应用已有 20 多年的历史，是技术最成熟、应用最广的 3D 打印技术，也是国产化最早、最成功的 3D 打印技术，国内运行的设备几乎 100%都是国产设备，目前国内出货量上万台，并逐年增长，具有利用率高、产品质量高的特点，在模具、医疗器械、文创等领域具有广阔的发展前景。但同时，由于老的技术标准限于当时的技术水平，在这些年都有了长足的发展，导致国内立体光固化成形机床在生产中没有一个是合适的标准可依，导致质量参差不齐，给用户的选型、购买、使用带来困惑，不利于行业的发展。立体光固化成形机床以成形速度快、表面质量优，成为当前发展最快且成功商业化的 3D 打印设备之一，通过多年的延伸，其扩展面已辐射到行业内所有生产快速成形机床的制造商，产量也在逐年增加，提高产品质量已到了刻不容缓的阶段。因此，标准的制定将有利于行业的有序发展和有序竞争。

本次标准具体解决的问题如下：

1) 本标准适用于增材制造行业以光固化树脂为主要原材料的，采用光固化成形工艺的增材制造机床的制造技术要求及检验方法。为我国增材制造行业的立体光固化机床的设计、制造、检验提供了指导依据。

2) 本标准实现对立体光固化成形机床技术指标与检测要求的标准化、统一化，指导增材制造相关工程技术人员有效进行机床的选择和检测，为增材产品实现和工艺过程控制提供保障。

3) 本标准对立体光固化成形机床的安全、性能指标和检测方法进行规范性统一要求；不但有利于客户的选型，把伪劣产品拒之门外，而且有利于生产厂家标准化生产、调试、检测流程，不断提高产品质量，控制生产成本，能有效地保证行业的有序、良性发展，为高端装备研发和生产制造提供技术标准基础。

4) 首次提出了光路系统、液控系统的技术要求和检测方法，并提出激光功率在线监测系统要求，填补了相关技术空白。

三、试验验证情况

本标准起草单位涵盖了立体光固化成形机床的制造、使用、检验检测等产业链上的众多单位，结合起草单位的验证数据和资料完成了本标准草案的编写。机床组成和设计以及制造和装配要求主要根据立体光固化成形机床制造商上海数造机电科技股份有限公司、苏州中瑞智创三维科技股份有限公司、威斯坦（厦门）实业有限公司等企业的实际生产和制造经验编写。各方在机床设计、机床关键部件的生产和装配、安全防护以及精度检验方面均具有丰富的实践经验。根据本标准所规范的技术要求、检测方法等，能够为国内增材制造领域生产、应用企业提供指导，试验对标准中的检测方法进行了验证，证明了规范的可行性。

部分指标值的确定依据如下：

- 1) 光路系统应具备光斑大小调整功能，调整范围：0.1~0.5mm，根据机床生产过程的设计要求确定。
 - 2) 激光光束的扫描位置精度宜小于等于 50μm，根据实际生产过程中的加工技术要求确定。
 - 3) 液位传感器精度应优于 0.02mm，液位控制精度应优于 0.05mm。
 - 4) 机床的噪声防护标准依据机床制造商的数据，声压级不应大于 55 dB(A)，该机床噪声的测量按照 GB/T 17421.5 的规定进行。
 - 5) 光路系统的标定和检验方法根据生产过程中机床调试的方法确定。
- 试验项目验证要求见表 1。

表 1 试验项目表

技术指标	技术要求	检测方法
安全防护	机床在设计时应按照 GB 26503、GB 25493 和 GB/T 18569.1 所规定的原则。考虑其排放的有害物质对健康的风险，并采取措​​施加以抑制和防护。有害性物质浓度的测定方法按照 GB/T 18569.2 的规定。	目视功能检查
	机床电气系统的安全应符合 GB/T 5226.1 的规定。	目视功能检查
	机床激光系统的安全防护要求应符合 GB/T 18490.1-2017 的规定。	目视功能检查
	机床激光系统属于 Class IV 等级，适应 4 类激光安全防护要求。	目视功能检查
外观要求	机床外观应整洁，表面不应有明显的凹痕、划伤、裂缝、变形和污染等缺陷。外露焊缝平整,表面涂覆层应均匀，不应有明显的起泡、龟裂、脱落、磨损和其他机械损伤。	目视功能检查
	电气部件安装牢固，线管线束应布置紧凑、排列整齐和固定。	目视功能检查
	标记的文字、符号应清晰、规范。	目视功能检查
机械运动系统要求	机械运动系统应至少有两个线性轴（刮刀运动轴、升降平台运动轴）；线性轴的有效工作行程不应小于机床说明书的标称值。	目视功能检查
	机械运动系统几何精度技术要求及线性轴定位精度与重复定位精度技术要求应符合 JB/T 13231.1-2017 中第 5~6 章的规定。	按照 JB/T 13231.1—2017 中第 5 章~第 6 章规定的方法进行机械运动系统几何精度及线性轴定位精度与重复定位精度检验。
	机械运动系统应具备分别调节 Z 轴导轨副安装基座的垂直度和刮平导轨副安装基座的水平度的机构。	目视功能检查
	工作范围测试。a)Z 轴从工作零点运动的行程应大于标称打印高度；Z 轴从工作零点上升到停靠位置时，网板的表面应超出 XY 防护罩上表面；Z 轴上下运动过程应与树脂槽留有安全距离，不能相互干涉。b)刮刀的回零停靠位置应与网板留有安全距离；刮刀的有效工作距离应大于网板前后宽度；在网板远端外侧应设置有刮刀停靠位置，停靠位置的宽度大于刮板厚度。	目视功能检查
	速度变换试验及点动试验，对 Z 轴升降、刮平机构进行速度变换及点动实验，应运动平稳、功能可靠。	分别对 Z 轴升降、刮平机构在每一方向做低速、中速、高速变换，试验其运动的平稳性和功能的可靠性。至少任选一个位置进行点动试验，试验其运动的平稳性与功能的可靠性。
	Z 轴限位试验，Z 轴升降进行快速升降运动至极限位置时，应能自动停止。	Z 轴升降机构快速升、降运动至极限位置时，往复进行两次，检查其自动停止功能，验证其运行的可靠性。
刮平机构定位试验，刮平机构应有做不同范围往复运	刮平机构做往复刮平运动，选取小、中、	

	动的定位功能。	大不同范围的行程进行定位运行,验证定位的准确性与启停的可靠性。
控制系统要求	机床应具备运动控制、激光扫描、液位控制、打印控制、状态监测等功能。	目视功能检查
	机床应具备工艺参数设置、显示、保存功能。	目视功能检查
	机床应具备故障监测功能,机床说明书中应对所有可监测的故障类型进行说明,信号监测系统应能显示和保存故障信号。	目视功能检查
	机床应具备激光功率监测功能。	目视功能检查
	机床宜具备工作日志记录功能。	目视功能检查
	机床通电后,各指示灯、显示器、继电器等工作状态应正常,控制仪表应显示清晰,开关、旋钮的操作应灵活可靠。	目视功能检查
	机床急停器件功能应可靠。	急停器件动作 5 次,应符合 GB 5226.1—2019 中 10.7 的规定。
光路系统要求	光路系统应具备光斑大小调整功能,调整范围: 0.1~0.5mm,或供需双方协商约定的要求。	采用激光焦点分析仪检测光斑大小变化。
	机床配置的激光器在工作过程中的激光光束的扫描位置精度宜小于等于 50 μ m。	完成光路标定之后,利用光路系统在焦平面打印预置位置点,通过测量仪测量实际坐标值,通过比较预置位置点与实际点坐标得到激光扫描定位精度值。
	振镜扫描试验,振镜在静态时,不能有啸叫声等异常状态; X、Y 轴全程扫描范围应覆盖最大成形范围。	X、Y 轴的正、负方向分别做低速、中速、高速全程扫描,可以准确到达扫描位置点,试验其运动的平稳性、功能的可靠性及范围的正确性。
液控系统要求	树脂槽不应有切屑、杂物、生锈、漏液现象,应具备方便快捷的排液装置。	目视功能检查
	机床应具备自动液位调节机构,液面传感器应满足线性精度 $\leq \pm 2\%$; 液位传感器精度应优于 0.02mm,液位控制精度应优于 0.05mm。	目视功能检查
机床加工精度检验	机床加工精度检验应在机床负荷运转试验前进行,精度要求: 100mm 尺寸范围内 $\leq \pm 0.1$ mm, 100mm 范围外 $\leq \pm 0.1\%$ 。	按照 JB/T 13231.1—2017 第 7 章的要求进行,或按照供需双方协商的要求进行。
负荷运转试验	成形效率试验,机床的成形效率应符合技术文件或说明书的要求。	按照机床最优工艺参数和 JB/T 13231.1—2017 中 7.1 的样件尺寸要求进行成形效率试验,或按照供货商技术文件中的要求进行。
	成形稳定性试验,机床工作 48 h 以上运转应正常、稳定。	累计工作 48 h 以上,间隔次数不超过 10 次,每次间隔时间不超过 15min,机床运转应正常、稳定,或按照供货商技术文件中的要求进行。

四、涉及专利问题的说明

本标准不涉及有关专利等知识产权问题。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用情况

立体光固化成形技术是我国研究较早、技术及应用较成熟的增材制造技术之一,它主要以光敏树脂为材料,通过紫外激光束照射凝固成形、逐层固化并最终得到完整的产品,其成形速度快、原型精度高,可广泛应用于工业设计、模具开发、生物医疗等领域,具有显著的经济效益和发展潜力。

目前国内立体光固化成形机床在各方面均处于国际先进水平,并且经过多年的飞速发展,亟需形成一套行之有效的标准和规范来凝聚生产厂商和科研院所的研发力量,规范立体光固化成形技术的发展方向,促进国内技术的快速升级和迭代。

在充分分析国内立体光固化成形技术现有技术发展水平,形成立体光固化成形机床技术规范,并开展关键标准的研究与论证,构建完整的立体光固化成形机床的安全要求、技术指标、检测方法,

为后续标准的进一步提升奠定基础。

重点的社会效益、对产业发展的作用概述如下：

- (1) 解决目前立体光固化成形机床行业内的开发与设计、制造与验收过程中标准滞后的问题；
- (2) 引导立体光固化成形机床制造企业重视标准、规范生产，促进产品质量提升和产业技术进步；
- (3) 有助于买卖双方对立体光固化成形机床产品的质量和性能要求进行了解；
- (4) 对产品制造、检验等方面进行规范，维护消费者（买方）利益；
- (5) 为相关应用单位和检验单位提供技术参考，确保机床的安全性和先进性；
- (6) 推进立体光固化成形机床的蓬勃发展，为增材制造行业的规范化提供重要支撑，推动我国增材制造产业的进程和在国际竞争中的地位；
- (7) 首次对光路系统、液控系统的技术要求和检测方法以及激光功率在线监测系统要求进行了规范，填补了行业技术空白。

六、采用国际标准和国外先进标准情况

目前，立体光固化成形机床无国际标准和国外标准。因此，本标准没有采用国际标准，也没有测试国外的样品、样机。本标准为国内先进水平。

七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

(1) 本标准属于特种加工机床领域标准体系的增材制造机床小类。该标准在标准体系表中编号为：0816101050004002。

(2) 本标准按照 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》的规定进行起草。标准内容不违背现行相关法律、法规和规章，与 GB 26503《快速成形机床 安全防护技术要求》等强制性标准无矛盾。

八、重大分歧意见的处理和依据

无。

九、标准性质的建议说明

建议批准为推荐性行业标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议于标准批准发布 6 个月后实施。标准正式实施后，将以标委会为主体，组织立体光固化成形机床的生产方、经营方、使用方及第三方检测机构以及相关领域的企事业单位，采取会议培训、标准解读等线上线下相结合方式进行宣贯。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

根据 GB/T 1.1—2020 的标准编写规则及上级标准化主管部门对行业标准项目名称的指导意见，在本标准起草过程中，秘书处建议将标准名称中的“技术条件”改为“技术规范”，即原计划项目名称《立体光固化成形机床 第2部分：技术条件》变更为《立体光固化成形机床 第2部分：技术规范》。