

## 3D 打印技术在机械零件快速成型中的应用分析

侯代水

博盛（中国）控制器有限公司 山东青岛

**【摘要】**3D 打印技术为机械零件快速成型提供了新的解决方案，突破了传统制造方式在结构复杂性、工艺流程和材料利用等方面的限制。系统分析表明，该技术在制造复杂结构零件方面具有显著优势，同时成型质量受到材料特性、设备性能、工艺参数、环境条件及后处理工艺的综合影响。典型机械零件的打印实践验证了其在尺寸精度、力学性能与功能实现上的可行性。相关成果为推动 3D 打印从快速原型向批量制造转型提供了理论支撑和技术依据，也为智能制造的发展注入新动力。

**【关键词】**3D 打印；快速成型；机械零件；数字化制造；增材制造

**【收稿日期】**2025 年 3 月 10 日

**【出刊日期】**2025 年 4 月 18 日

**【DOI】**10.12208/j.ijme.20250019

### Analysis of the application of 3d printing technology in rapid prototyping of mechanical parts

Daishui Hou

Robertshaw (China) Controls Co., Ltd, Qingdao, Shandong

**【Abstract】**3D printing technology provides a new solution for the rapid prototyping of mechanical parts, breaking through the limitations of traditional manufacturing methods in structural complexity, process flow, and material utilization. Systematic analysis shows that this technology offers significant advantages in the production of complex structural components, while the forming quality is comprehensively influenced by material properties, equipment performance, process parameters, environmental conditions, and post-processing techniques. Practical printing cases of typical mechanical parts have verified their feasibility in terms of dimensional accuracy, mechanical properties, and functional realization. These findings provide theoretical support and technical basis for promoting 3D printing from rapid prototyping to mass production, and also inject new momentum into the development of intelligent manufacturing.

**【 Keywords 】**3D printing; Rapid prototyping; Mechanical parts; Digital manufacturing; Additive manufacturing

#### 引言

传统加工方法因依赖模具、工序繁复和柔性不足等问题，在应对复杂结构、小批量定制及快速迭代方面日益受限。3D 打印技术凭借增材制造原理，在缩短研发周期、提升成型自由度和实现功能集成方面展现出独特优势。当前，围绕该技术在机械制造中的应用研究持续深入，重点聚焦于工艺优化、质量控制与实际验证，旨在推动其从辅助手段向主流制造方式转变，为产业升级提供有力支撑。

#### 1 传统机械零件成型方式的技术局限性

在现代制造业中，机械零件的成型技术是决定产品性能与生产效率的核心环节。传统的机械零件成型

方法主要包括铸造、锻造、冲压、车削、铣削、磨削等工艺，这些技术经过长期发展已形成较为成熟的体系，在工业生产中占据重要地位。然而，随着产品设计复杂度提升和市场对多样化、小批量生产需求的增长，传统成型方式逐渐暴露出诸多技术上的局限性。传统成型工艺往往依赖于复杂的工装模具和专用设备，导致前期投入成本高、周期长。特别是在新产品试制阶段，模具的设计与制造通常需要耗费大量时间和资源，严重制约了研发效率和产品迭代速度。

对于结构复杂或具有内部空腔特征的零件，传统加工手段难以实现一体化成型，必须采用多道工序分步加工，再通过焊接、拼接等方式进行组装，这

不仅增加了制造难度，还可能影响零件的整体强度与精度。传统加工方式以减材制造为主，即通过去除材料来获得目标形状，这种方式在材料利用率方面存在明显短板。许多金属切削过程中会产生大量废料，造成原材料浪费，尤其在使用高性能合金或稀有金属时，这一问题更为突出。由于加工路径受限，部分具有自由曲面或微细结构的零件难以通过传统机床精确加工，限制了其在高端制造领域的应用。

再次，传统成型技术在面对个性化定制和快速响应市场需求方面缺乏灵活性。大规模生产线虽然能够保证稳定的加工效率和产品质量，但一旦设计变更或订单调整，重新配置生产线将带来额外的时间和经济成本。这种刚性生产模式难以适应当前市场日益增长的小批量、多品种生产需求，阻碍了企业对市场变化的快速反应能力。传统制造工艺在环保与可持续发展方面也面临挑战。加工过程中产生的切削液、粉尘、废气以及固体废弃物等问题，若处理不当，会对环境造成一定负担。

### 2 3D 打印在复杂结构零件制造中的突破能力

3D 打印技术，作为增材制造的重要代表，正在重塑机械零件成型的工艺路径，尤其在应对复杂结构零件制造方面展现出传统方法难以企及的优势。该技术通过逐层堆积材料的方式实现零件成型，摆脱了传统加工中对刀具路径、夹具设计以及装配顺序的依赖，从而在几何形态构建上实现了更高的自由度和更强的适应性。在制造具有复杂内部结构的零件时，3D 打印无需额外的模具或复杂的多工序流程，能够直接将三维数字模型转化为实体部件。这种一体化成型能力不仅减少了零部件的组装需求，还提升了整体结构的完整性与可靠性。

特别是对于包含内部流道、蜂窝状结构或拓扑优化特征的零件，传统切削或铸造方式往往难以满足其成型要求，而 3D 打印则可以通过精确控制每一层材料的沉积位置和厚度，实现高精度的复杂几何构建。在处理高强度、轻量化需求并存的零件设计方面，3D 打印展现了独特的工艺优势。通过参数化建模与结构优化，可制造出具有功能集成特性的零件，例如同时具备支撑、散热或导流功能的一体化构件。这种能力使得产品在性能提升的还能减少零件数量、简化装配流程，为机械系统的轻量化与高效运行提供保障。

传统制造方式因受制于工具可达性和材料去除方式，难以实现此类高度集成的设计目标。在材料应

用方面，3D 打印技术也在不断拓展其适用范围。当前，金属、聚合物、陶瓷等多种工程材料均可用于打印过程，并可根据零件的功能需求进行合理选择。尤其是高性能合金材料的应用，使得 3D 打印能够在航空航天、汽车动力系统等对强度、耐热性有严格要求的领域中发挥作用。材料的局部可控沉积特性也使得零件在不同区域具备差异化的物理性能，进一步增强了其功能性与设计灵活性。与此 3D 打印在制造过程中所体现出的数字化特征，使其更容易与现代设计软件和智能制造系统融合。

### 3 影响 3D 打印成型质量的关键因素分析

在 3D 打印技术不断拓展其在机械零件制造领域应用的背景下，成型质量的稳定性与可控性成为决定其能否替代传统工艺的重要考量。尽管该技术具备高自由度和强适应性的优势，但其成型过程涉及多个相互关联的技术环节，任何一个环节控制不当，都会对最终零件的几何精度、表面质量以及力学性能产生显著影响。材料特性是影响 3D 打印成型质量的基础因素之一。不同类型的打印材料，如金属粉末、热塑性聚合物或陶瓷复合材料，在熔融、凝固及冷却过程中表现出不同的物理化学行为。材料的粒径分布、流动性、热导率以及粘结性能等参数直接关系到层间结合强度与整体结构致密性。

若材料选择不当或批次不一致，可能导致成型件出现孔隙、裂纹或变形等问题，进而影响其使用性能。设备性能在成型质量控制中同样占据核心地位。3D 打印设备的激光功率、扫描速度、铺粉精度、喷嘴分辨率等关键参数决定了每一层材料的沉积质量。设备的热场控制能力对零件内部组织均匀性具有直接影响，而运动系统的定位精度则决定了零件的尺寸一致性。设备的密封性、气氛控制能力以及温控系统的稳定性也对成型质量起着不可忽视的作用。工艺参数的设定是影响打印质量最为直接的因素之一。在打印过程中，扫描策略、层厚设置、填充率、支撑结构设计等均会对零件的内部结构和外部形貌产生作用。

过高的能量输入可能引发材料过度熔融和球化现象，而能量不足则会导致层间结合不良和孔洞缺陷。支撑结构的设计合理性不仅影响零件的可成形性，还关系到后续加工去除难度及表面完整性。环境条件作为外部影响因素，也在一定程度上制约着成型质量。打印过程中所处的温度、湿度、气体氛围等环境参数会影响材料的物理状态变化和反应过程。

例如,在金属打印中,若保护气氛纯度不足,可能引发材料氧化,降低零件的力学性能;而在聚合物打印中,环境湿度过高可能导致材料吸湿,从而影响其流动性和固化效果。后处理工艺对最终成型质量的提升具有决定性意义。

#### 4 典型机械零件打印案例与性能验证

在 3D 打印技术不断成熟并逐步向工业化应用推进的过程中,各类典型机械零件的打印实践成为衡量其工艺可行性和性能稳定性的关键依据。通过对具有代表性的结构件、传动件及功能集成件的制造过程进行系统性跟踪与测试,能够有效评估该技术在实际应用中的适应能力及其成型件的综合性能。针对结构类零件,如壳体、支架和连接件等,3D 打印展现出较高的几何还原精度和良好的力学承载能力。这类零件通常具有非规则外形或内部加强筋结构,在传统加工中需多道工序配合完成,而采用增材制造方式可实现一体化成型。通过高精度扫描设备对打印件进行尺寸检测,结果显示其外形轮廓与原始设计模型高度吻合,关键部位的尺寸偏差控制在允许公差范围内。经拉伸、弯曲和冲击试验验证,其抗拉强度、屈服极限及韧性指标均达到工程应用标准,满足一般机械系统的使用需求。

在传动类零件的应用方面,齿轮、轴类部件等通过 3D 打印方式制造后,表现出良好的表面质量和适配性。由于此类零件对啮合精度与接触面要求较高,打印过程中采用了精细层厚控制与优化扫描路径策略,以提升齿形轮廓的准确性。成型后的齿轮组件在装配测试中表现出良好的传动平稳性,未出现明显振动或噪声问题。材料经过热处理强化后,其硬度和耐磨性能也达到了预期水平,能够在一定载荷条件下维持较长时间的稳定运行。对于功能集成型零件,如带有内置流道的液压阀块、散热器或轻量化支撑结构,3D 打印技术展现出更强的优势。这些零件往往融合了多种功能特征,传统制造手段难以兼顾复杂结构与性能要求。

通过精确控制材料沉积路径与填充密度,打印出的功能件不仅实现了设计意图中的流体导通路径和热传导效率,还在整体重量上实现了优化。经过压力测试与热循环实验,其密封性、耐压能力和温度分布均匀性均符合工程规范,证明了其在高性能机械系统中的应用潜力。在长期稳定性与可靠性方面,部分打印零件被纳入模拟工况环境下的疲劳测试。通

过设定周期性载荷条件,观察其在持续运行状态下的性能变化趋势。测试数据显示,多数零件在经历数万次循环加载后仍能保持结构完整,未出现明显裂纹扩展或失效现象。

#### 5 结语

3D 打印技术在机械零件快速成型中的应用正在改变传统制造方式的局限,展现出高自由度、强适应性和工艺集成性的优势。通过对材料、设备、工艺等关键因素的有效控制,成型质量得到显著提升,典型零件在结构完整性、功能实现与服役性能方面均达到工程应用标准。随着技术不断成熟,3D 打印正从原型制造向直接生产迈进,推动机械制造向数字化、柔性化和高效化方向发展。未来,通过优化材料体系、提升工艺稳定性与智能化水平,其在制造业中的应用深度和广度将进一步拓展。

#### 参考文献

- [1] 沈扬,沈嘉毅,梁晖,等.基于 3D 打印技术的仿真钙质砂三轴试验研究[J/OL].岩土力学,2025,(08):1-11[2025-05-19].
- [2] 李晓敏.基于逆向工程和快速成型技术的零件制造工艺探究[N].山西科技报,2025-03-03(A07).
- [3] 余林可,方梦珍,唐萱齐,等.YB518 型盒外透明纸包装机成型轮轧包快速处理方法[J].设备管理与维修,2025,(01):97-99.
- [4] 徐琳琳,陈奕文.基于参数化设计的熔融挤压快速成型 3D 打印织物[J].毛纺科技,2025,53(01):41-47.
- [5] 李丹阳,辛栖桐,高申,等.开槽结构化砂轮光固化快速成型制备及其磨削实验研究[J].制造技术与机床,2025,(01):5-12.
- [6] 赵芳伟,林伟青,林婷,等.工程认证背景下“机械设计 A”课程教学重构[J].农业装备与智能技术,2024,(03):58-62.
- [7] 石文新,多种来源外泌体结合 3D 打印技术促进大鼠阴道重建及机制探索.河北省,中国人民解放军联勤保障部队第九八〇医院,2024-08-26.
- [8] 卫颖麟.机械模具加工精度研究[J].化纤与纺织技术,2022,51(08):91-93.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS