

# 激光加工技术在工程机械制造中的应用探讨

张宝芬

(济南锦鸿机械有限公司, 山东 济南 250000)

**摘要** 在工程机械制造精度与效率需求越来越高的今天, 激光加工技术具有高能量密度、非接触式加工、精密加工能力以及材料适应性广等特点, 已成为这一领域中一种重要的技术手段。本文论述了激光加工技术所具有的高能量密度特性、非接触加工优点、精密加工能力和加工材料广泛等核心特点, 对激光精密打孔、切割、焊接、熔覆和增材制造在机械制造方面的具体运用进行了详细的分析, 并对激光加工技术发展趋势进行了预测, 指出装备小型化和集成化、功能多元化和复合化以及控制智能化和数字化等将是今后的重点发展方向。

**关键词** 激光加工技术; 工程机械制造; 精密加工; 高能量密度; 非接触加工

**中图分类号**: TG665; TH16

**文献标志码**: A

**DOI**: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.15.002

## 0 引言

激光加工技术是现代制造业中的一项重要内容, 由于具有高精度、高效率和非接触性加工的特点, 已在航空航天、汽车电子和生物医学等诸多领域显示出广阔的应用前景。在科学技术不断进步以及市场需求不断变化的情况下, 激光加工技术迎来了全新的发展契机和挑战。激光加工技术不断革新, 必将进一步促进工程机械制造向着高效、精密、智能化的方向迈进。本文将分析激光加工技术发展近况, 从设备设计、功能拓展、控制智能化及数字化等方面论述激光加工技术研究进展, 旨在为促进制造业向智能化转型及高质量发展提供有益借鉴。

## 1 激光加工技术的核心特征

### 1.1 高能量密度特性

激光加工技术在工程机械制造及其他诸多领域中显示出巨大应用潜力的原因, 高能量密度特性毫无疑问是其中的核心。这一特点使激光束能在最小的时空内放出大量能量以达到高效准确地处理。具体地说, 激光束能量密度极高, 能快速地把光能转换为热能或者机械能, 在被加工材料中起到强局部作用。这种局部高温或者高压环境使物料在极短时间内产生熔化、汽化乃至分解的物理或者化学变化, 以达到切割、打孔和焊接等各种加工目标<sup>[1]</sup>。同时, 激光束聚焦特性使它的能量得以准确控制, 从而显著提高了加工精度。另外, 高能量密度特性也使激光加工技术具有很强的穿透力与切割能力。就工程机械制造而言, 这一特点使激光加工技术可以很容易地处理金属、陶瓷和其他

多种复杂而又坚硬的物料, 从而达到高效而准确的加工目的<sup>[2]</sup>。

### 1.2 非接触式加工优势

激光加工技术还有一个显著优点, 就是它具有非接触式加工方式。这一特点使激光束可以通过能量传递达到精确加工材料而无需与被加工物料直接接触。该非接触式加工方式在避免传统机械加工中由于刀具磨损、切削力过大而造成加工误差及表面损伤的同时, 也极大地提升了其灵活性及适用范围。以激光束为能量载体进行非接触式加工时采用聚焦、扫描等多种控制手段可实现被加工物料的准确控制与定位。该控制方式在保证加工精度与稳定性的前提下, 也使加工过程更灵活多样, 能适应多种复杂外形与结构加工要求<sup>[3]</sup>。另外, 非接触式加工方式也降低了加工时的噪声、振动及热量等负面影响。这些要素的降低不但能改善加工环境的品质与安全, 而且有利于保护加工材料与装置的完整性。在工程机械制造领域中, 由于很多加工任务都要在高温、高压和强磁场的恶劣环境条件中才能完成, 所以, 这种优势就显得格外重要。激光加工技术非接触式的加工方式, 使在上述复杂环境中完成加工任务更具有可行性、效率更高。

### 1.3 精密加工能力

工程机械制造领域激光加工技术的精密加工能力是它备受关注的关键性能之一。这种能力表现为激光束控制精度高、微细加工能力强、加工表面质量明显提高。一是激光束高精度控制为精密加工提供了依据。通过高级激光控制系统使激光束达到微米级乃至纳米

级定位精度，以适应被加工零件大小及形状等严格要求。该高精度控制在提高加工效率的同时也保证了被加工零件尺寸的一致性与互换性，方便后续装配调试作业<sup>[4]</sup>。二是激光加工技术微细加工能力突出。工程机械制造中常需加工零件微孔、微槽及其他微细结构。激光束由于具有高能量密度、聚焦特性等特点，能够很容易地对上述微细结构进行精密加工。

#### 1.4 加工材料广泛性

激光加工技术表现出的加工材料的广泛性是它在工程机械制造和许多工业领域备受推崇的一个主要原因。这一特点使激光加工技术几乎可以用于各种材料中，其中包括但不限于金属、非金属、复合材料和新的功能材料。就金属加工而言，激光加工技术能够实现多种金属材料精确切割、焊接以及表面改性等。高强度钢、铝合金或钛合金，激光加工均可依靠其高能量密度及精确控制特性达到效率高、成本低的目的。另外，激光加工技术可应用于金属表面硬化、熔覆及合金化等加工，以改善材料耐磨性、耐腐蚀性及强度。对非金属材料及复合材料而言，激光加工技术也有突出的性能。以塑料、玻璃、陶瓷等非金属材料加工为例，激光加工能达到高精度切割、打孔、雕刻等目的。同时，激光加工技术也可应用于复合材料层间剥离、切割与修补，以适应航空航天、汽车及其他工业领域高性能复合材料要求<sup>[5]</sup>。

### 2 激光加工技术在机械制造领域的应用

#### 2.1 激光精密打孔技术

在机械制造领域，激光精密打孔技术具有高精度、高效率以及非接触式加工等特点，该技术是利用激光束能量密度高的特点，能在极短时间内实现光能到热能的转换，使材料表面产生高精度孔洞。激光精密打孔技术与传统的机械打孔方法相比有着显著优点。一是激光打孔能达到微米级精度控制并满足孔的大小、形状及位置等严格要求。这种高精度在改善产品质量与性能的同时也给后续组装与调试带来了方便。二是激光打孔技术加工效率高。由于激光束具有聚焦特性，可将能量快速聚焦到极小区域，实现快速打孔。这一特点使激光打孔技术加工数量众多或形状复杂的孔洞可以显著提高生产效率和加工成本。三是激光打孔技术还有非接触式加工等特点。这就意味着打孔时激光束不物理接触材料，避免传统机械打孔中由于刀具磨损、切削力过大造成加工误差及表面损伤。

#### 2.2 激光切割技术

激光切割技术作为现代机械制造领域的核心加工方法，具有高精度、高效率和对材料适应性广的特点，逐渐成为许多工业应用的优选工艺。该技术是利用激光束能量密度高的特点，将激光束经聚焦镜导向待处理物料表面，从而达到对物料进行快速准确切割的目的。与传统机械切割方式相比，激光切割技术显示出其他切割方式无法比拟的优越性。一是激光切割具有极高的精度，可以很容易地达到微米级切割精度，对要求加工精度高的机械部件来说非常关键。该高精度在保证产品尺寸一致性的同时也极大地提升了整体质量与性能。二是激光切割技术加工效率异常显著。激光束具有高能量密度，在降低切割时热影响及变形情况下，使切割速度显著提高，进而提高材料利用率及加工效率。

#### 2.3 激光焊接技术

激光焊接技术作为现代先进制造技术中的一项重要内容，由于具有高精度、高强度、低热输入以及高自动化程度的显著优点而被越来越多地应用于机械制造领域。该项技术以激光束为热源，在准确控制激光功率、焦距和焊接速度的基础上，达到了快速优质焊接物料的目的。激光焊接技术具有精度高、强度大等核心优点。激光束聚焦特性决定了焊接时能量密度极高，可在短期内使材料局部熔化以形成优质焊缝。该高精度焊接方式在保证焊缝外观质量及尺寸精度的同时，也提升了产品整体强度及耐久性，符合机械制造领域高质量焊接需求。另外，激光焊接技术具有低热输入特性，与传统焊接方法相比，激光焊接具有焊接时热影响小、降低材料热变形及残余应力等特点，使产品加工精度及稳定性得到改善。

#### 2.4 激光熔覆技术

激光熔覆技术作为表面工程领域先进技术已逐渐成为机械制造行业改善材料性能、修复受损部件和制备特殊功能表面等方面的重要方法。该技术是以高能激光束为热源，使特定的粉末或丝材在基材表面迅速熔融和沉积，从而形成性能良好的熔覆层。激光熔覆技术最核心的优点是它可以实现材料和基材高强度的冶金结合。通过对激光束能量密度、扫描速度和熔覆材料供应等参数进行精确调控，可使熔覆层和基材紧密贴合，同时确保基材受到最低热影响。该冶金结合方式既增加了熔覆层结合强度，又保证了熔覆层和基材物理和化学性能的一致性，可延长零件使用寿命。

## 2.5 激光增材制造技术

以激光增材制造技术为代表的先进制造技术逐渐引领机械制造领域朝着更加高效、灵活和定制化的方向迈进。该技术利用激光束作为能量源,将粉末或者丝材材料层层堆积,直接构造三维实体零件,从而达到从设计和制造一体化的目的。激光增材制造技术具有设计自由度高、材料利用率高等核心优点。与传统的减材或者等材制造技术相比,激光增材制造不需要模具和复杂工装就可以实现对复杂几何形状零件的精确制造。这一设计在减少产品开发成本的同时,也加快了新品上市的步伐。同时,激光增材制造工艺材料利用率更高,降低材料浪费,符合绿色制造理念。

## 3 激光加工技术发展趋势展望

### 3.1 设备小型化与集成化

在科学技术不断进步、市场需求不断变化的情况下,激光加工技术发展正向着装备小型化、集成化方向发展。这一发展趋势既顺应了现代制造业高效、灵活、节能的生产要求,又促进了激光加工技术向更广泛的领域发展。设备小型化,是激光加工技术的一个主要发展方向。随着半导体激光器和其他新型光源技术的持续进步,激光器的尺寸逐步缩小,而其功率密度持续上升,使激光加工设备在体积和重量上都得到了显著的减少。小型化激光加工设备既方便携带与移动,又能在有限空间中进行高效加工作业,提升生产效率与灵活性。同时集成化又成为激光加工技术的一个重要发展趋势。通过激光加工设备及其他相关装置或系统集成,可使加工过程自动化、智能化。如激光切割设备结合自动送料系统和机器视觉系统可实现物料自动识别及精确定位并进一步提高加工精度及效率。

### 3.2 功能多元化与复合化

在激光加工技术不断发展的过程中,功能多元化、复合化是促进其进一步发展、扩大应用范围的关键性趋势。此趋势的目标是通过融合各种激光加工方法和其他辅助技术,达到在单一设备或系统中集成多种加工功能的目的,进而提高加工的效率、扩大其应用领域并增加加工的灵活性。功能多元化表现为激光加工设备既可以完成切割、焊接和熔覆的常规基础工作,又可以根据具体需要实现表面改性、快速原型制造和微纳加工的先进功能集成为一体。如将激光纹理化和表面合金化加工相结合,可以同步增强零件美观性和耐磨性;而激光快速原型制造和微纳加工技术集成为精密器件快速研制和制造提供了一种新的途径。这一

多元化功能设计既满足了复杂零件加工的高度需求,又推动了激光加工技术向生物医学、微电子和航空航天等高技术领域扩展。

### 3.3 控制智能化与数字化

在激光加工技术飞速发展过程中,控制智能化和数字化已经成为驱动其向更高方向发展的关键动力。这一发展趋势在促进激光加工工艺精确性与稳定性的同时,也大大加强了生产效率与灵活性,对现代制造业智能化转型具有有力的技术支撑作用。控制智能化主要表现为激光加工系统可以将先进传感器、机器视觉和人工智能算法等技术融合到加工过程中进行实时监控和智能调控。通过对加工过程中激光功率、扫描速度、熔池状态关键参数的收集,结合机器学习算法对数据的分析,该系统可实现工艺参数的自动调节,从而达到加工质量与效率的最优化。另外,该智能化控制系统可实现故障预警及远程诊断等功能,减少设备停运时间及维护成本,增强整个生产线运行可靠性及稳定性。数字化已经成为激光加工技术进步中的一个关键方向,它主张将激光加工完全整合进数字化的生产体系中。激光加工系统可以通过建立数字化双胞胎,实施虚拟仿真以及利用云计算和大数据等信息技术来实现加工任务的准确规划和高效实施。

## 4 结束语

激光加工技术发展正向着设备小型化和集成化、功能多元化和复合化、控制智能化和数字化方向发展。这些发展趋势在提高激光加工技术性能和效率的同时,还拓宽了激光加工技术应用领域,为制造业智能化转型、高质量发展提供了有力的技术支撑。未来,随着相关工艺的不断创新和更新,激光加工技术必将在更多的领域显示出独特的价值,并对我国智能制造体系建设和工业4.0进程的推进做出巨大贡献。

### 参考文献:

- [1] 刘鹏,李峰西.激光加工技术在农业机械制造中的发展和应用研究[J].数字农业与智能农机,2023(09):33-35.
- [2] 刘鹏,马立强,李峰西.激光加工技术在工程机械制造中的应用[J].锻压装备与制造技术,2023,58(04):61-64.
- [3] 杜帅,张成林,孙文明,等.激光微细加工技术在医疗器材领域的应用[J].光电工程,2023,50(03):176-190.
- [4] 周静.激光加工技术在机械制造中应用研究[J].农业工程与装备,2024,51(01):24-26.
- [5] 李款.现代机械加工技术在农业机械制造中的应用[J].农机使用与维修,2024(04):86-88.