

五轴激光切割机床结构设计研究

吴明昭

齐齐哈尔工程学院 黑龙江 齐齐哈尔 161000

【摘要】在“智能制造”浪潮的兴起之下，制造业的创新与发展将如何实现，五轴机床等高精度机床的研究与制造已成为一个主要的难题。本文首先从五轴激光切割机床整体结构的选型、床身的结构设计、摆头的结构设计以及复杂曲面激光切割工艺的研究等四个方面对五轴激光切割机床结构设计进行了分析，接着对五轴激光切割机床技术及应用发展趋势进行了分析，最后希望通过本文的研究，对今后研究本课题有一定的参考价值。

【关键词】五轴；激光切割机床；结构设计

“智能制造”的出现，为中国制造业带来了新的改革创新周期。制造业的发展方向正在从产业范式转变为创新发展。五轴激光加工技术的发展是中国制造业的一项重大创新。智能制造一体化系统的形成离不开机械结构的支撑。因此，研究五轴激光切割机床的结构设计显得尤为重要。



图1 五轴激光切割机床

1 五轴激光切割机床整体结构的选型

五轴激光切割机床采用碳钢，不锈钢，钛合金，铝合金等材料进行三维精密加工，主要用于航空航天，汽车制造，机械工程，健身材料等领域。就目前而言，将五轴激光切割机床用于现代木雕加工也较为常见。在整体结构设计中，首要问题是必须考虑如何建造一个适合实验室环境的五轴激光切割机床。方案一是使用双回转型五轴激光切割机床，因为双回转型更加具有刚性，且这种结构在市场上较为普遍。但是双回转型五轴激光切割机床需要很高的加工精度，激光需要更长的加工时间，再者，又因为它所能加工的种类较少，所以一般都会选择第二个方案。方案二是使用A、C轴型的五轴激光切割机床。该结构由A、C旋转轴和三个移动的轴X、Y、Z组成，最初设计的三维加工体积为 $3500 \times 1500 \times 1000$ 立方毫米。它与传统的五轴机床结构之间的区别在于，两个旋转轴不是矩形的，而是在彼此倾斜的平面内。这种设计具有很高的机械刚性和紧凑的结构。另外，五轴

数控激光切割机床在运行过程中切割的力度不是很大，因此可以满足力学要求。再者，这种设计能够提高机床的灵活性，使机床工作时更加方便，并且还可以增加机床的柔韧性。最后，我们选择了第二个方案。五轴激光切割机床由床身部分和机床摆头部分组成。机床床身部分一般都固定不变，五轴分别是X、Y轴，Z轴，A轴和C轴。X轴，Y轴和Z轴是根据直线运动在X、Y、Z三个方向上移动的轴。A轴是绕X轴旋转的轴，c轴是绕着z轴转动的旋转轴。A轴可以绕X轴旋转 $-125^\circ \sim 125^\circ$ ，而C轴可以绕Z轴旋转 $-270^\circ \sim 270^\circ$ 。移动轴和旋转轴的定位精度可以分别达到 $\pm 0.05 \text{ mm}$ 和 $\pm 0.015 \text{ mm}$ 。X轴行程，Y轴行程和Z轴行程分别为4000毫米，2000毫米和1000毫米。

2 五轴激光切割机床床身的结构设计

机床床身的结构设计比较简单。框架常使用悬臂梁的结构，X轴方向上的曲柄滑块常沿着悬臂梁上的导轨方向。Y轴方向也是一种曲柄滑块机构，通常在x轴方向上的两个悬臂梁之间进行一个横梁的设计，这个横梁恰好可以带动机床摆头部分沿着X轴的方向进行直线运动，并且也可以在该横梁上设置导轨，使机床摆头部分可以沿着Y轴的导轨移动。在z轴方向上仍使用曲柄滑块机构，在先前设计的横梁上设计一个垂直于y轴的Z轴方向上的导轨，机床的摆头部分可以沿着这个Z轴方向上的导轨进行移动。三个方向上的电机均配备有德国毕孚（BECKHOFF）公司提供的特殊伺服电机。后期的控制系统基于德国CNC公司平台进行编写，因此使用他们所提供的伺服电机控制，高度的兼容性使伺服电机驱动可以精确地调节X、Y、Z轴在导轨上的移动。[7, 8]在工艺中，选择了铝合金制成的X、Y和Z三方向上的外横梁，采用铸造的方法，经过退火后，去除内应力，进行粗加工，然后经过第二次振动时效处理之后，再进行精加工，以保证床身框架的牢固。五轴激光切割机床床身使用整体的焊接结构，非常受欢迎。同时，焊接可以将各种形状，尺寸甚至不同的材料连接在一起，从而减轻产品的重量，节省产品的材料，优化产品的资源。由于该焊接出的结构具有较高的耐久性，产品的高度完整性，并且又可以确保焊接接头的气密性和水密性，因

此适合于高强度和高耐用性结构的构造。

3 五轴激光切割机床摆头的结构设计

机床摆头由两个转矩马达和两个反射镜和反射镜座, 防撞装置, 调高机构和切割头组成。这两个转矩马达控制 A 和 C 两个轴的旋转, 中心提供激光束的导路, 这便于激光器的冷却水管, 气管和接线管的走线。反射镜座可以调节反射镜的角度, 以确保激光导路的正常输出。当发现撞刀问题时, 防撞装置可以自动关闭激光切割, 有效地保证了激光切割头的整个使用寿命。高度调节机制是为了使激光切割头与工件之间的距离保持一致。从台湾的上银公司 TMY 旋转平台系列中选择了两个旋转轴电机。TMY 旋转平台整合高解析度绝对式解角器, 具有很高的动态反应, 高精确定位。整合高解析度解角器, 高达 920000p/rev 的解析度, 使用绝对式解角器, 不需进行原点复归的步骤, 高动态以及最高达 12 ~ 300Nm 的高精度扭力, 满足各种各样的需求。

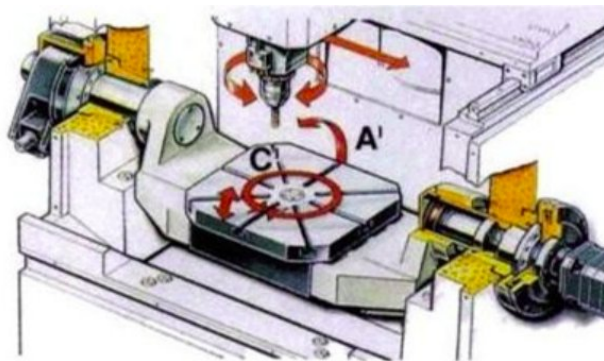


图 2 五轴激光切割机床摆头

4 五轴激光切割机床复杂曲面激光切割工艺的研究

(1) 对光路进行改造, 从而确定适合的切割光束模式。

(2) 研制穿孔、切割状态控制技术, 同时攻克复杂图形和小轮廓处理的技术问题。

(3) 深刻了解激光切割方法, 激光速度控制方法。

【参考文献】

- [1] 周桂兵. 三维五轴光纤激光切割机技术剖析 [J]. 世界制造技术与装备市场, 2019(05): 29-32.
- [2] 陈旻鹏, 陆荣鑑, 张建红, 缙斌丽, 张攀. 五轴激光切割机床结构设计研究 [J]. 艺术科技, 2019, 32(06): 221-222.
- [3] 贾盛宇, 程远涛, 邹喜涛, 徐进彬, 商凌云. 新型插板式激光切割定位工装的发展优势 [J]. 汽车实用技术, 2019(07): 191-193.
- [4] 汤亮, 张董洁, 龚发云, 潘明铮, 汪威. 全自动太阳能残片激光划片机系统设计 [J]. 机床与液压, 2019, 47(02): 9-12.

(4) 开发基于 Z 轴仿形控制技术, 预览图形技术, 能在最短时间内响应激光脉冲方波 PWM 发生器的激光脉冲频率。

(5) 解决三维件拐角烧灼, 薄板穿孔等问题, 快速建立激光切割数据库, 实现大, 小轮廓等工艺参数的调用。

5 五轴激光切割机床技术及应用发展趋势

5.1 五轴激光切割机床技术发展趋势

三维五轴激光切割技术正在被强化, 功能越来越强大, 以下是它的发展趋势:

(1) 产品的速度与产品的加速度有关。

(2) 切割的速度越快, 生产的效率也随着速度提高, 同时这样还可以降低生产成本。

(3) 生产成本在增加, 产品必须向自动化, 高度智能化方向发展。

5.2 五轴激光切割机床应用发展趋势

第一方面, 不断优化产品的性能, 产品价格越来越便宜, 所以许许多多的用户都能花很少的钱来购买, 产品都用了三维五轴激光加工。第二方面, 三维五轴激光切割技术可以促进个性化产品设计, 设计出不同于传统加工的好产品。当前, 根据其发展, 低价汽车和新能源汽车也将从热成形技术中受益。根据汽车行业调查显示, 未来汽车的更换速度会加快, 每年生产一百万辆汽车已经成为了历史。

6 结束语

本文首先从五轴激光切割机床整体结构的选型、五轴激光切割机床床身的结构设计、五轴激光切割机床摆头的结构设计以及五轴激光切割机床复杂曲面激光切割工艺的研究等四个方面对五轴激光切割机床结构设计进行了分析, 接着从五轴激光切割机床技术发展趋势以及五轴激光切割机床应用发展趋势等两个方面对五轴激光切割机床技术及应用发展趋势进行了分析, 最后希望通过本文的研究, 对今后的专家学者研究与五轴激光切割机床结构设计相关的课题有一定的借鉴与启发作用。