

激光自动化切割设备的技术特点及应用前景 (上)

无锡华联科技集团有限公司 (江苏 214315) 蒋建新



无锡华联科技集团有限公司
总工蒋建新

【摘要】 激光自动化切割设备作为国家重点支持和推动的高新技术必将为我国制造业的转型升级起到极大的推动作用。本文主要介绍了国内的发展现状和趋势,对激光自动化切割设备的核心部分——激光器及其应用领域作了简要介绍,并分析了市场发展趋势和展望。

一、概述

激光自动化切割设备技术是一门发展极快的新型制造技术,与传统的火焰切割、等离子切割等相比,具有加工精度高,热变形小,切割质量好,对于切割要求高的场合是一种理想的切割加工技术,激光自动化切割设备的普及应用必将为我国传统工业的技术改造、新兴工业领域以及制造业的现代化提供先进的技术装备。面对日益增长的巨大激光自动化切割设备应用市场和国际竞争新格局,激光自动化切割技术产业化亟需有一个大的发展。这种情况给国内从事激光自动化切割设备生产企业带来极好机遇和挑战。

我国激光自动化切割设备技术产业正处在高速迅猛发展期,部分国产激光切割设备和光源技术已达国际先进水平;直至去年,我国激光产业已初具规模。作为一种先进的制造技术,激光技术日益深入各行各业,对我国制造产业的转型升级起着重要作用。

激光自动化切割设备的分类主要是以光源种类、光源功率、切割维度(平面或三维)来区分;其中细分技术指标为切割速度、切割精度、运动机构的驱动方式、手动或自动对焦功能及工作台尺寸等。

二、激光源分类及其技术特性

目前市场上的激光自动化切割设备的激光源主要有CO₂激光、光纤激光、YAG激光。

1. CO₂激光器

CO₂激光器的激光工作物质为CO₂混合气体,其主要应用的激光波长为10.6 μm。由于该种激光器的激光转换效率较高,同时激光器工作产生的热量可以通过对流或扩散迅速传递到激光增益区之外,其激光输出平均功率可以做到很高的水平(万千瓦以上),满足大功率激光加工的要求。

CO₂激光器以功率来划分可分为:小功率、中功率、大功率CO₂激光器等几种。

(1) 低功率(<200W) CO₂激光的应用 主要为电子工业(如电阻制造、IC标志)、非金属加工业(竹木雕、服饰、制鞋、饰品制造等)和部分医疗和研究单位所使用。

(2) 中高功率(200~1600W) CO₂激光的应用 模具业,各种机器零部件切割,汽车钣金切割,计算机、电气机壳的钣金切割,特殊材料切割如:塑胶、玻璃、模具等非金属的切割。

(3) 高功率(>1600W) CO₂激光的应用 大于1600W的高功率CO₂激光,主要被应用在金属切

割,焊接和表面处理上,在工业先进国家已逐渐被国防、汽车和航天工业里一些特殊领域所采用。

传统的高功率轴流CO₂激光器仍是高功率激光切割加工装备中的主流配置,虽然光纤激光近年来发展势头迅猛,CO₂激光器仍占有高达65%的绝大部分份额。

国内外用于激光加工的大功率CO₂激光器,主要是横流、轴流激光器。横流激光器的光束质量不太好,为多模输出,主要用于热处理和焊接。我国目前已能生产各种大功率横流CO₂激光器系列,可满足了国内激光热处理和焊接的需求。

轴流激光器:轴流激光器的光束质量较好,为基模或准基模输出,主要用于激光切割和焊接,我国激光切割设备市场主要由国外轴流激光器所占领。尽管国内激光器厂商在国外轴流激光器上做了许多工作,但由于主要配件还需进口,产品价格难以大幅度下降,普及率低。

旋流CO₂激光器:以新型的旋转气体流动方式,使旋流CO₂激光器同时具有了轴流CO₂激光器光束质量好和横流CO₂激光器造价低、体积小等优点。该种工业加工激光器的推广应用,将对我国激光加工产业的发展和普及起到积极的促进作用。

20世纪60年代末,我国已开始了高功率CO₂激光器及其应用的研究。经过三十多年的努力,现在已形成了500~10kW系列产品的生产能力,大约有10多家公司和单位能够生产500W以上的CO₂激光器,其中包括楚天、华工、大族、南京东方、南京通快及上海普瑞玛。不过从整体上来说中国激光器与国外相比还有一定距离,所有中国市场,大部分使用的是进口产品。国际品牌包括Rofin(罗芬)、Trumpf(通快)、PRC, Coherent(相干)、Access(美国大通)、Prima(普瑞玛)、瑞士百超、日本三菱、日本马扎克和日本Amada。

总体来说,我国CO₂激光技术经过多年的培育,有了一定的发展,正在形成规模,我国大部分切割机上所有的大功率CO₂激光器至今仍依赖进口。与国外相比,国内高功率CO₂激光器就其激光质量及其测控系统而言,还有一定的差距。

2. 光纤激光器

光纤激光切割技术在国内仅在不到5年内出

现,光纤激光器的优越性主要体现在:光纤激光器是波导式结构,具有高增益、转换效率高、阈值低、输出光束质量好、线宽窄、结构简单、可靠性高等特性,易于实现和光纤的耦合,输出峰值功率可高达数百千瓦,波长1.06μm附近,对大部分材料吸收效率较高,体积小,重量轻,便于移动,聚焦光斑直径较小(10~100μm),能够实现非常精确的切割,从而能够免去一些后期处理步骤。通过光纤输出,易于与机械手配合,实现激光远距离加工,总体光电转换效率高达25%~30%,可以长时间稳定工作,维护方便,运行成本低。

虽然光纤激光切割擅长切割大部分材料,但是其不能用于切割丙烯酸类或聚碳酸酯类材料,而且仅能切割有限应用领域中的木质或纤维材料。生产光纤激光器的公司有SPI、IPG、国内的有锐科激光(华工激光旗下)。

3. YAG激光器

YAG激光器输出的波长为1.06μm,恰好比CO₂激光波长10.06μm小一个数量级,传统的固体激光器通常采用高功率气体放电灯泵浦,其泵浦效率为1%~3%。泵浦灯发射出的大量能量转化为热能,不仅造成固体激光器需采用笨重的冷却系统,而且大量热能会造成工作物质不可消除的热透镜效应,使光束质量变差。加之泵浦灯的寿命约为300h,操作人员需花很多时间频繁的换灯,中断系统工作,使自动化生产线的效率大大降低,但如果采用二极管泵浦的固体激光器,则可以很好的避免这一点。

YAG固体激光切割机具有价格低、稳定性好的特点,但能量效率低一般<3%,目前产品的输出功率大多在600W以下,由于输出能量小,故主要用于打孔和点焊及薄板的切割。它的绿色激光束可在脉冲或连续波的情况下应用,具有波长短、聚光性好适于精密加工特别是在脉冲下进行孔加工最为有效,也可用于切削、焊接和光刻等。YAG固体激光切割机激光器的波长不易被非金属吸收,故不能切割非金属材料,且YAG固体激光切割机需要解决的是提高电源的稳定性和寿命,即要研制大容量、长寿命的光泵激励光源,如采用半导体光泵可使能量效率大幅度地增长。

三、CO₂激光切割机与光纤激光切割机的比较

(1) 作为主流的传统的激光切割、焊接设备都采用CO₂激光器，可以稳定切割20mm以内的碳钢，10mm以内的不锈钢，8mm以下的铝合金。光纤激光器在切割4mm以内的薄板时优势明显，受固体激光波长的影响，它在切割厚板时质量较差。激光切割机也不是万能的，CO₂激光器的波长为10.6μm，固体激光器如YAG或光纤激光器的波长为1.06μm，前者容易被非金属吸收，可以高质量地切割木材、亚克力、PP、有机玻璃等非金属材料，后者却不易被非金属吸收，故不能切割非金属材料，但两种激光在碰到铜、银、纯铝等高反射材质时都欠佳。

(2) 正是由于CO₂和光纤激光两者的波长相差一个数量级，前者是不能用光纤传输的，后者可以用光纤传输，大大增加了加工的柔性化程度。早期在光纤激光器推出市场之前，为了实现三维加工，我们采用光关节技术通过高度精密配合的动态的组合反射镜系统将CO₂激光导到三维曲面表面，实现CO₂激光的三维加工，这种技术因为国内精密加工技术的限制主要掌握在极少数欧美发达国家手里，价格昂贵，维护要求高，在光纤激光的市场份额逐渐扩大的同时已经逐渐失去其市场。而光纤激光由于它可以通过光纤传输，柔性化程度空前提高，特别是针对汽车行业，由于基本上都是1mm左右的薄板曲面加工，光纤激光配合同样柔性化的机器人系统，成本低，故障点少，维护方便，速度奇快，当仁不让地稳稳占领了这块市场。

(3) 光纤激光的光电转化率高达25%以上，而CO₂激光的光电转化率只有10%左右，在电费消耗、配套冷却系统等方面光纤激光的优势相当明显，要是光纤激光的生产厂家更多一些，价格再合适一点，并解决了厚板切割工艺，CO₂激光受到的威胁将会是巨大的。不过，光纤激光作为一种新兴的激光技术，普及程度远远不如CO₂激光，其稳定可靠性、售后服务的便利性还有待市场的长期观察。

值得一提的是，根据国际安全标准，激光危害等级分4级，CO₂激光属于危害最小的一级，而光

纤激光由于波长短，对人体由于是眼睛的伤害大，属于危害最大的一级，出于安全考虑，光纤激光加工需要全封闭的环境。

(4) 光纤激光器搭配机器人的柔性加工系统在汽车行业及配套产业的高地位由来已久，以往是被国外集成商所垄断，近年来由于金融危机及汽车产业生产技术的不断提升，尤其是国内激光技术高端厂家，如华工激光法利莱在国家政策的支持下对技术的攻关，在近几年给汽车用户提供的汽车白车身焊接、汽车仪表板激光弱化、汽车安全气囊激光焊接、汽车保险杠、车门、中柱等机器人柔性切割、汽车保险杠激光焊接、汽车排气管在线焊接系统和汽车变档套激光自动切割设备等。

综上所述，激光应用的方向应该是高功率的CO₂激光应用在更稳定、更大幅面、更快速的机床上。针对2mm以下的三维曲面加工，光纤激光则是更有优势。

四、YAG激光器与CO₂激光器比较

YAG激光器输出的波长为1.06μm，恰好比CO₂激光器波长10.06μm小一个数量级，因而使其与金属的耦合效率高、加工性能良好，YAG激光器能与光纤耦合，借助时间分割和功率分割多路系统能方便地将一束激光传输给多个工位或远程距离工位，便于激光加工实现柔性化；YAG激光器能以脉冲和连续两种方式工作，其脉冲输出可通过调Q和锁模技术获得短脉冲及超短脉冲，从而使其加工范围比CO₂激光更大；YAG激光器结构紧凑、重量轻、使用简便可靠、维修要求较低，价格相对低廉，故其应用前景看好。

YAG激光器的主要缺点是：

第一，其转换效率较低，仅为1%~3%，这比CO₂激光器的效率约低一个数量级。

第二，YAG激光棒在工作过程中存在内部温度梯度，因而会引起热应力和热透镜效应，限制了YAG激光器平均功率和光束质量的进一步提高。

第三，YAG激光器每瓦输出功率的成本费比CO₂激光贵。

第四，目前产品的输出功率大多在600W以下，由于输出能量小，主要用于打孔和点焊及薄板的切割。**MW** (待续) (20120825)