

文章编号: 0258-7025(2002)Supplement-0625-03

# 光机电一体化激光切割机床优化特性的研究

彭铁军 韩晏生 罗用胜

(华中科技大学激光技术与工程研究院, 武汉 430074)

**提要** 将激光器、机床和数控系统融为一体的光机电一体化数控激光切割设备具有整机性能好、占地面积小、运输方便、成本较低等诸多优点,因而在工业应用中具有很强的适应性。在该类机床研究成功的基础上,结合一体化激光切割机床的基本要求,充分利用激光切割具有无切削力的特点,在机床的传动、精度保证、总体布局等方面进行优化设计和理论分析,并对机床的高速运行、聚焦系统的轻便化、Z 浮系统的多样化等关键技术进行了深入研究,并在实践中得到了验证,为该类机床性能的进一步提高打下了理论和实践基础。

**关键词** 光机电一体化, 优化设计, 聚焦, Z 浮

**中图分类号** TG485 **文献标识码** A

## Optimization Character Research of the Laser Cutting Equipment Integrated of Mechanical Electronic and Optic Technologies

PENG Tie-jun HAN Yan-sheng LUO Yong-sheng

(Institute of Laser Technology and Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

**Abstract** The CNC laser cutting equipment is integrated of laser, machine tool and CNC. The complete machine has the advantages of high performance, little floor space, convenience to transport and low cost. Based on the research of such machine tool, by using the character -no cutting force an optimum design and theoretical analysis on the machine tool's driving, precision and general planning are given. The key technology, runup of the machine tool, portabilities of the focus system and diversification of the Z-float are studied.

**Key words** integration of mechanical electronic and optic technologies, optimum design, focus; Z-float

### 1 一体化激光切割设备

对激光与机床分离的设备而言,工件与光束的相对移动可以采用只有光束移动,工作台面不动的方式。典型的产品如属于意大利 Prima 工业集团的瑞士 Laser work 公司生产的“Laser Work”激光切割机和 Laser-Comb 公司的“MMS”激光切割机。亦可以采用工作台面移动,而光束则固定不动的方式,如美国切割公司生产的 HP 系列激光切割机“Laser Cut”(配美国 PRC 公司生产的激光器)和日本 Amada 公司生产的激光切割机“LASMAC”<sup>[1]</sup>。对于前者,由于光束移动,当工作幅面较大时(如 1.5 m×3 m),相应的变化光程较长,则必须对光束作扩束处理,以保证切割质量。对于后者,由于只有工件移动,对相同幅面的切割设备而言,其占地面积约为光束参与移动的 1.5~2 倍。

综合两者的特点,采用光机联动的方式,为一体化提供了条件。首先,让光束作短程运动,如 Y 轴,工件作较长方向的运动,如 X 轴;其次,将机床设计成龙门式结构,激光器连同移动的 Y 轴一起,构成机床的横梁部分,这样既紧凑了机床结构,又在 Y 轴移动不超过 2 m 时,可以不加扩束镜,从而降低了设备成本。日本 MAZAK 激光公司生产的一体化切割设备在此方面获得了成功,国内我院和襄樊建昌机器股份有限公司联合研制的 JQ-1 型数控激光切割机采用龙门式一体化结构(如图 1),运行情况也很好,完全可以投产试制。另外,龙门式布局便于集中抽风、落料和整体防护。一般只用在移动的 Y 轴,即整机的中部较小范围内进行抽风和落料;采用整体式防护后,大大提高了操作者的安全,杜绝了激光辐射的危害。

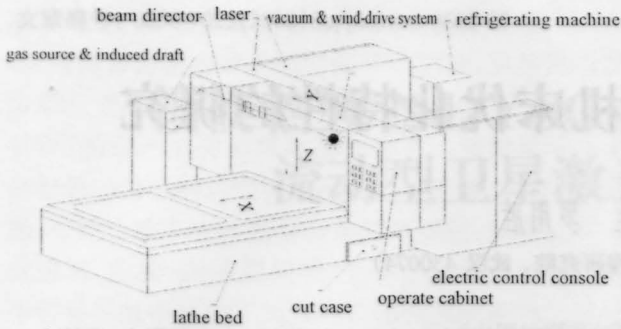


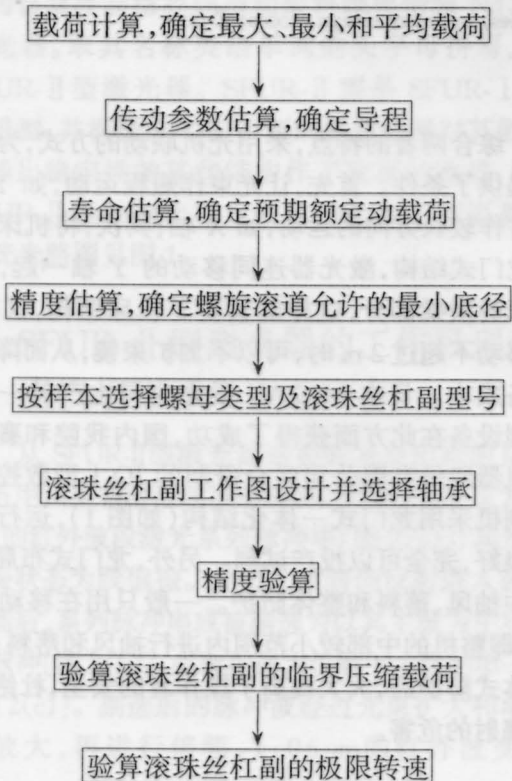
图1 一体化布局图  
Fig. 1 Integrate layout

## 2 龙门式切割机床的关键技术

### 2.1 滚珠丝杠传动

由于激光切割速度远大于传统切削加工速度，而且在切割过程中没有切削力，几乎各种形式的激光切割机床都采用了滚珠丝杠和直线滚动导轨进行传动。JQ-1型机床也不例外。滚珠丝杠同普通滑动螺旋传动相比，具有传动效率高（高达92%~96%）、运行平稳无爬行、传动精度高、使用寿命长等诸多优点。

如何选择滚珠丝杠的参数是设计者关心的问题，根据作者的实践，应充分考虑传动关系，负载及负载的条件（振动、冲击），定位精度，加工精度，正反向间隙，额定寿命等因素，按如下计算步骤进行：



另外，进行滚珠丝杠和直线导轨传动计算时，还应注意：

#### 1) 电机的启动与制动性能要求高

由于激光切割设备的传动速度一般要求在20 m/min以上（空行程），速度响应快，约0.1 s，无切削力存在，所以其启动与制动力矩远高于平稳运行时的力矩，因此，在选择电机时，应充分注意到这一点。

#### 2) 丝杠的导程对传动速度的影响

由  $v = r \cdot p$  ( $v$  为传动速度， $r$  为丝杠或电机转速， $p$  为丝杠导程) 可知，导程传动速度成正比，在电机转速不宜太高（频繁启动）的情况下，增大丝杠的导程是提高运行速度的有效办法。

#### 3) 丝杠的直径对传动的的影响

由  $J \propto d^4$  ( $J$  为丝杠的转动惯量， $d$  为丝杠直径) 可知，在满足传动强度和刚度的前提下，应尽可能的降低丝杠的直径，以降低丝杠的转动惯量，从而降低电机的启动和制动转矩。在激光切割设备的主轴传动中，且转速要求较高时，丝杠的直径一般都不超过50 mm。

#### 4) 丝杠传动不具备自锁性能

丝杠无自锁性源于滚珠的自循环特性，因此，在丝杠垂直布置时，应设置配重或者选择停转锁紧的电机。

### 2.2 精度保证

在一体化设备中，精度保证是确保机床低噪声、低震动、高寿命运行的关键，尤其是在噪声和震动方面，要比激光器与机床分离的设备要求高因此精度保证便显得非常关键。

一般而言，设备精度主要依靠零部件的加工精度来保证。如JQ-1型X、Y轴丝杠精度等级达5级精度。滚动直线导轨的为E级精度，导轨及丝杠轴承座的安装面最后一道加工工序在具有6级精度的导轨磨床上加工成，窗身及横梁虽为钢板焊接件（铸件更优），但在焊后进行了去除应力处理，所有这些都是机床获得可靠精度保证所必须的条件。

除此而外，合理的结构和装配以保证机床运行精度亦十分重要。在一体化激光切割设备中，导轨与丝杠的跨距（如X轴）比较大，往往需采用双导

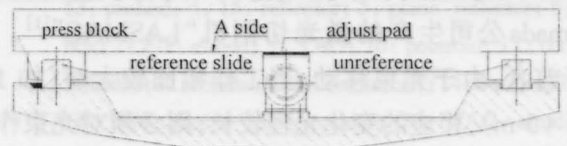


图2 单导轨定位预防过定位示意图  
Fig. 2 Single slide guide locating preventing over locating

轨,因此,将基准导轨固定,并在安装时保证非基准导轨与基准导轨,丝杠轴线与基准导轨达到较高的平行度,防止过定位就很关键。如图2、图3两示意图为丝杠以及导轨的安装和调整给出了一种方法。

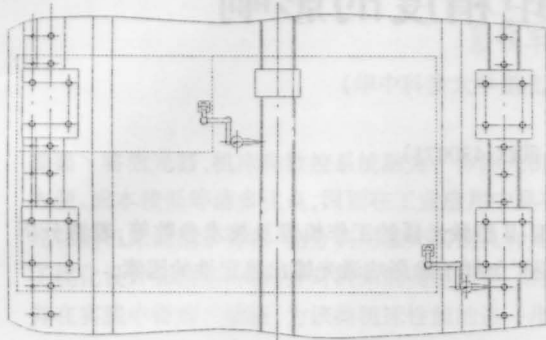


图3 按基准导轨调整丝杠及非基准导轨平行示意图

Fig.3 Keeping screw and unreference slide guide parallel with the reference slide guide

### 2.3 激光束的聚焦

利用激光束的热量进行切割,必须把激光器射出的原始光束经过透镜聚焦,才能形成高能量(功率)密度。

JQ-1型机床采用ZnSe作为透镜材料,两面镀增透膜。ZnSe镜片既可透过CO<sub>2</sub>激光束进行聚焦,也能透过通常作光束对中用的可见He-Ne光<sup>[2]</sup>。

在激光束的聚焦过程中,首先要考虑透镜的冷却,以免引起热透镜效应甚至炸裂透镜,设计上通常采用通气兼通水的冷却方式。其次,要设计合理的喷嘴以利于通切割辅助气。最后还要考虑整个聚焦系统的轻便与可调整性,喷嘴与透镜的互换性好以及便于出光对中等。我们在研制过程中正是本着这样的原则进行设计,并取得了成功。

### 2.4 Z浮系统(即激光焦点自动跟踪)

激光切割时,工件变形,特别是大型工件和薄板件很难保证,从而很难使焦点位置维持恒定,因此,必须有专用高度检测传感器与信号处理电路、控制电路和驱动装置组成的Z浮系统来控制其位置,它是获得良好切割质量的前提。

依传感器是否与工件接触可将Z浮分为接触

式Z浮和非接触式Z浮。接触式Z浮以电感传感器比较多见,多用于平面切割和非金属板材切割,非接触式Z浮则以电容传感器比较多见,用于三维切割和金属切割。它们的基本原理都是一致的:即传感器将激光头与工件表面之间的位移变化信号传输给控制系统,控制系统依变化量的大小发出指令,使激光头浮动的驱动装置(如伺服电机)驱动,使激光头和工件表面之间的距离在加工过程中始终保持不变<sup>[3]</sup>。

在具体设计Z浮系统时,应考虑:

1) 传感器的类型:对电容式传感器,必须考虑电容的边缘效应及电容的介质由于激光的照射而发生的变化,从而带来的信号干扰;对接触式的电感传感器,虽然信号干扰不如电容式传感器明显,但由于传感器的传感头始终与作相对运动的工件接触,因而在机械结构上,必然要求传感器的位置传动杆的随动性好,与工件接触的传感头耐磨且具有合理的弧度(最好滚动接触)。这都是接触式Z浮稳定工作必不可少的条件。

2) 必要的软件处理:由于驱动装置的驱动需要一定的时间,当激光头移动到位时,工件已经切割到另一点上,这一点上激光头离工件表面的距离与上一点肯定不同,据此在软件处理方面要考虑这种滞后性。如JQ-1型切割机引入了前馈焦点控制,使得焦点的波动控制在±0.02 mm的范围内。

## 3 结 论

实践证明,按照以上的技术要点和设计思路优化一体化激光切割设备完全可以实现激光切割设备的稳定运行。

### 参 考 文 献

- 1 关振中. 激光加工工艺手册. 北京:中国计量出版社, 1998
- 2 李适民. 激光器件与原理. 武汉:华中理工大学出版社, 1999
- 3 刘 强. 多坐标数控激光加工设备. 机床, 1993, (3)