

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0338-03

大功率 CO₂ 激光器光腔及控制系统设计

贺昌玉

(华中科技大学激光加工国家工程研究中心, 湖北 武汉 430074)

摘要 分析了 HGL-20 型横流 CO₂ 激光器的腔式结构, 论述了外桥内腔式结构、光腔精密调节系统对改善激光谐振腔稳定性的作用。分析了电源测控系统、光腔及功率测控系统、真空测控、自动充排气系统、温度测控系统、安全报警系统等设计特点以及这些因素对输出激光的稳定性和光束质量的影响。

关键词 激光技术; 外桥内腔; PLC; 智能控制

中图分类号 TN242; TN248.2

文献标识码 A

Design of Control System and Resonator for High Power CO₂ Laser

HE Chang-yu

(National Engineering Research Center for Laser Processing, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract The structural style of the resonator of HGL-20 type CW CO₂ laser is investigated. The roles of the external-bridge-intracavity structure and optical cavity micro-adjust system for improving the stability of the laser resonator are discussed. The design characteristics of the electrical supply measuring system, the optical cavity and power measuring system, the vacuum measuring system, the auto gas filling-draining system, the temperature measuring system, the safety alarm system, etc., and the effect of these factors on the stability and the beam quality of the output laser are investigated.

Key words laser technique; external-bridge-intracavity; PLC; intelligent control

1 引言

随着大功率 CO₂ 激光器加工技术应用范围的扩展以及在先进制造加工领域的重要地位, 使得提高激光器的可控性、长期运行的稳定性、可靠性及高效率成为工业激光设备发展的核心。激光器输出功率和模式的稳定性以及激光的指向性对激光器工作性能有非常重要的影响, 而影响以上因素的单元技术主要是: 电源系统和光腔系统的稳定性, 这包括电源结构

和控制系统设计以及光腔结构及工作模式测控系统。

激光器在工作过程中, 控制系统和光腔的稳定性对激光器输出功率的稳定性和激光的指向性有较大影响, 在 HGL-20 型横流 CO₂ 激光器上采用外桥内腔式结构, 同时把激光器的整体控制分为 5 个部分: 真空测控及自动充排气系统; 激光电源测控系统; 激光功率与工作模式测控系统; 温度测控系统; 安全报警系统(见图 1)。

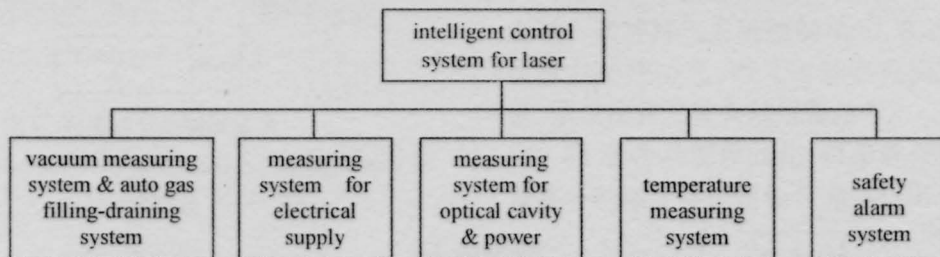


图 1 控制系统工作的原理示意图

Fig.1 Schematic diagram of control system work

2 激光器控制系统工作的原理

2.1 光腔设计

一般谐振腔输出镜既参与谐振又起隔离激光器

腔体与外部环境的作用。激光器在运行过程中, 随着箱体内部压力、温度等因素发生改变, 输出镜因内外温差、压差而导致性能产生变化, 破坏激光谐振腔的

作者简介: 贺昌玉(1970-), 男, 华中科技大学激光加工国家工程研究中心博士研究生, 主要从事大功率激光器器件的研究与应用。E-mail: hcyxml@public.wh.hb.cn

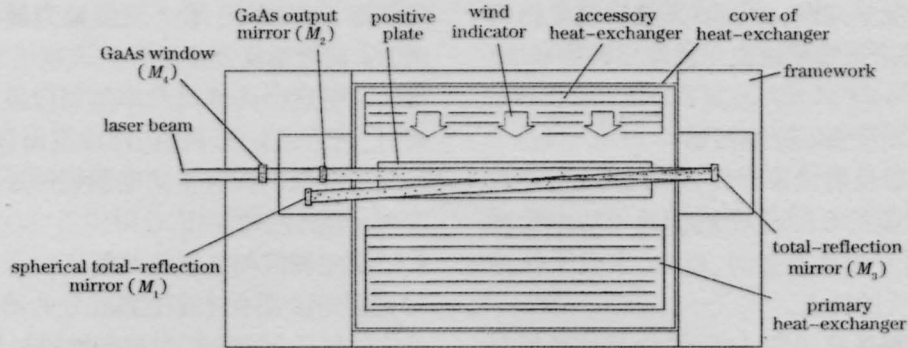


图2 谐振腔原理图

Fig.2 Schematic diagram of resonator

稳定性与指向性,甚至导致谐振腔失调。现增加一片全透窗口镜片来隔离大气与透过激光,使激光谐振腔完全封闭在激光器箱体内,处于一个相对稳定的环境,来达到稳定谐振腔的目的(如图2)。在谐振腔的设计中,所有激光谐振腔的元件都安装在光桥上,所以光桥的稳定性至关重要,为了克服光桥在激光箱体内因温度、气体流速、压力的变化而引起光桥变形,把光桥放置在激光箱体外部温度、压力变化较小的大气环境中,使光桥的变化量降低到最小范围。

上述光腔的设计中,由于把输出镜移至箱体内部,使调节变得困难。在此设计的基础上,开发出光腔腔镜精密控制调节系统,通过电子调控的方法,用

两个较小步距脚的步进电机来分别控制输出镜的X,Y方向。能实现手动与自动控制两种功能。

2.2 控制系统设计

把激光器的整体控制分为图1所示的5个部分。从各个系统之间的制约关系、系统的协调工作、操作的友好与简单化、系统的成本等方面综合考虑,PLC控制功能设计如图3所示。

2.3 电源调控系统

电源调控系统的工作原理如图4所示。本系统的功能是检测激光电源的各种电参数,如:电源的输入及输出的电压、电流和激光功率等。根据输入参量判断激光器电源工作是否存在故障或需要调整,有故障的发出故障信号到主控单元。需要做出调整的,输出调整控制信号。本次设计的特点是通过控制激光腔内注入的电功率($V \cdot I$)来控制电源能量的输出,并按照一定的($V \cdot I$)上升速率来达到与反馈环节时间常数的匹配,实现激光输出的稳定。而通常激光器电源是通过电流反馈同时与功率反馈共同作用来达到功率控制的目的。采用注入能量的反馈方式可以同时控制激光电源输出功率的上升、下降速率,减小电流或电压急速变化对电子元件的损伤,同时根据注入能量计算出光电转换效率,若光电转换效率低于预定值的下限,则不再通过提高注入电功率来增加激光功率输出,而是输出需要光腔调节指令到主控单元,要求调节光腔。主控单元

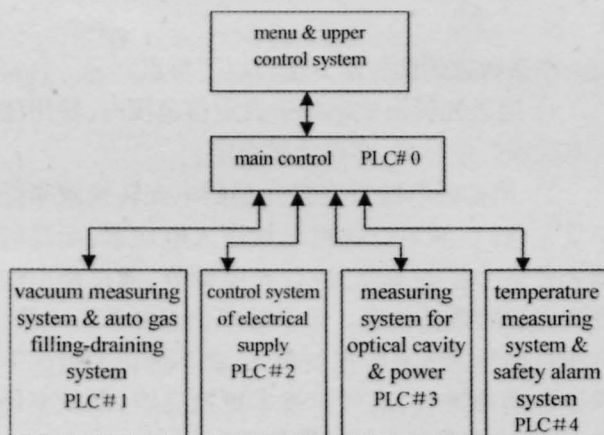


图3 PLC控制功能设计示意图

Fig.3 Schematic diagram of PLC design control function

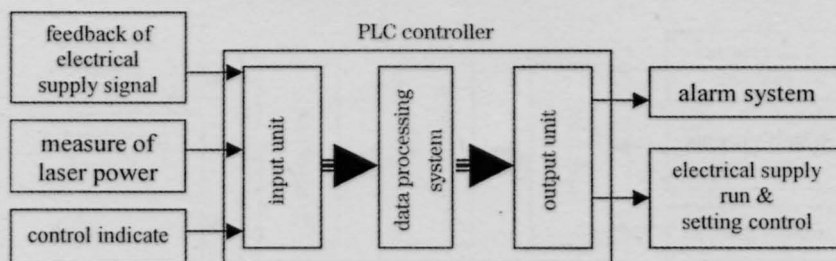


图4 电源调控系统工作原理

Fig.4 Schematic diagram of electrical supply measuring & controlling

根据光腔调节情况来判断,如调节光腔后现象仍然没有消除,则向安全报警系统发出故障报警信号,光电转换效率低。

2.4 激光功率检测反馈及光腔控制

在谐振腔的后反射镜采用具有 99.5%反射率的介质镜,并利用透过 0.5%激光进行激光功率检测(如图 5),该检测方法具有实时、稳定、不受干扰并不对使用造成干扰的特点。

光腔调节控制系统如图 6 所示,由单片机控制步进电机驱动精密丝杆传动达到精确调整激光输出镜的 X,Y 坐标。 M_1 与 M_2 分别为调节 X 轴和 Y 轴的两个三相六排的步进电机,能对光腔进行自适应调整。利用具有 A/D 转换的功能的单片机是把激光检测器的输出信号进行取样后变为数字信号,程序根据激光器输出功率的变化自动调用上述子程序来控制 M_1, M_2 ,一般先用试探的办法调整 M_1 看激光功率的变化,若激光功率变大,则继续沿此方向调整,反之则沿反方向调整,到最大,若沿两个方

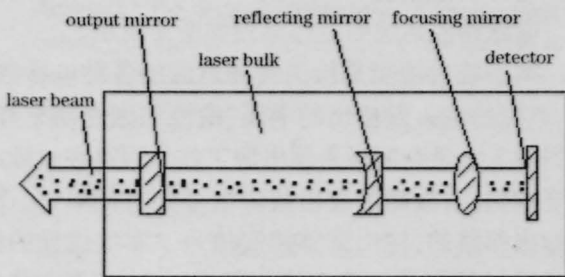


图 5 激光功率检测示意图

Fig.5. Schematic diagram of laser power measuring

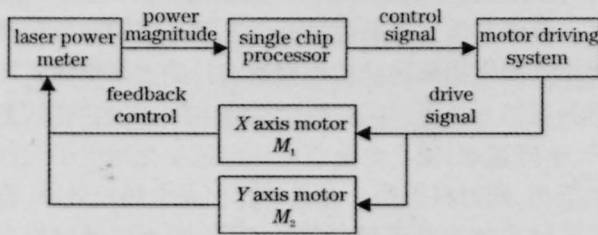


图 6 光腔调节控制原理图

Fig.6 Schematic diagram of optical cavity adjusting & controlling

向调输出都变小,那么该位置为最佳位置;同理来调 M_2 ,反复重复上述过程。该系统能对光腔自适应调整。给定激光输出功率下门限值,当激光功率偏离时,进行自适应调整,在设定时间内无法使功率回到门限值以内时,向电源控制系统发出信号,要求加大注入功率。

2.5 真空测控与充排气系统

激光器要维持气压和成分的动态稳定,必须准确检测气压大小并实时进行冲排气控制。采用线性度好的传感器进行准确的气压测量,并用 PLC 控制器对信号进行处理,实时控制系统的冲排气,以实现气压的动态稳定。工作原理如图 7 所示。

3 主控系统设计

主控系统是是整个控制系统的总指挥,它负责协调各个控制系统的工作,以保证整台激光器安全稳定地运行。同时它还负责处理人机交互的工作或者上层控制器的控制信号。将激光器工作时的各种状态参数显示出来,激光器工作时的各种警告信息也由它传递给报警显示系统。操作人员可以通过操作面板来对整台激光器进行操作和控制,并可编写程序控制激光器的自动运行。

4 总结

本系统较传统控制方法有以下特点

- 1) 当电光转换效率处于设定值范围时,使用注入电功率反馈方式,实现功率稳定。
- 2) 当控制系统发现激光器的电光转换效率低于设定值时,并不一味地增加注入电功率,而是启动光腔调节控制单元,进行光腔调节,通过爬山法找到光腔的最佳位置,如果效率仍然低于设定值,启动自动冲排气系统控制单元,在不停机的情况下快速自动冲排气,当气体基本更换完毕,而效率仍低,则发出有元件失效报警信号。
- 3) 各个功能单元化,可单独使用,易于升级以及在各种激光器控制场合选择使用。

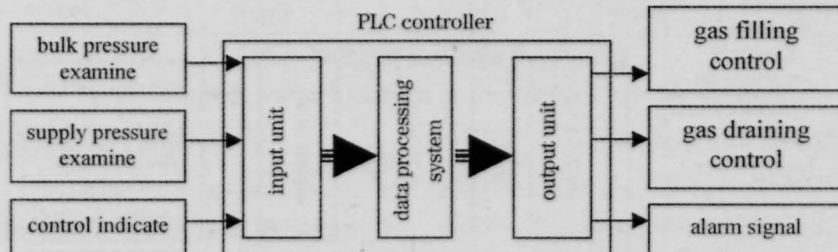


图 7 冲排气控制原理示意图

Fig.7 Schematic diagram of gas filling-draining control