

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0257-03

3500 W 轴快流 CO₂ 激光器的 PLC 控制系统研究

赵学民¹, Ken Lind²

(¹ 华中科技大学激光加工国家工程研究中心, 湖北 武汉 430074)
(² Convergent Prima, Inc. 1 Picker Road Sturbridge, MA 01566)

摘要 可编程逻辑控制器应用于3500 W轴快流CO₂激光器有着良好的实用性。其中着重研究了气压和功率等模拟量的控制程序,根据国际标准IEC1130所编写的程序更进一步提高了系统的整体功能和实用性。

关键词 激光技术;轴快流CO₂激光器;可编程逻辑控制器(PLC);控制系统

中图分类号 TN248.2.2

文献标识码 A

PLC Control System of 3500 W Fast Axial Flow CO₂ Laser

ZHAO Xue-min¹, Ken Lind²

(¹ National Engineering Research Center for Laser Processing, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430074, China;
² Convergent Prima, Inc. 1 Picker Road Sturbridge, MA 01566)

Abstract A PLC control system for 3500 W fast axial flow CO₂ laser is introduced in this article. The study of control programs focuses on the analog parameters of gas & laser power. This PLC software based on IEC1130 is stabilization, simple and credibility.

Key words laser technology; fast axial flow CO₂ laser; PLC; control system

1 引言

高功率轴快流CO₂激光器的控制是一个复杂的过程控制,它包括从开机到稳定放电的流程控制、气体流量控制、数据采集、数据处理、报警控制等部分。其中激光器的流程控制是一个典型的过程控制。现在常用的控制器件有:单片机,可编程控制器PLC(Programmable Logic Controller),PC总线工业控制计算机(Industrial Programmable Computer)。可编程控制器是一种带有指令存储器,数字或模拟I/O接口,以位运算为主,能够完成逻辑、顺序、定时、计数和算术运算功能,用于控制机器或生产过程的自动控制装置。对用户来说,不用考虑PLC的内部构成。其程序也是一般通用的电气梯型图,在激光器的控制方面有良好的实用性。

2 轴快流CO₂激光器控制系统概述

激光器的控制系统主要是流程控制,其流程图如图1所示。高功率轴快流CO₂激光器的具体流

程:首先检测激光器的现实状态信号是否满足条件,此时的状态信号包括:门锁、高压锁、油箱温度、水压信号、水温信号、光闸位置、电源钥匙等,只有这些信号均满足条件,才能正式启动控制程序,然后再检测报警信号:涡轮增压过压、进气压不足等。一旦这些条件不满足,则立即报警。这些信号的关系都是“与”的关系,即有一个信号状态不满足条件,就不能向下进行。这样保证了激光器操作的安全性。当一切信号均满足条件后,就可以打开真空泵,对腔体抽真空,在达到了真空点后,可打开涡轮增压。同时,关抽气阀,打开充气阀,开始向腔体内充入工作气体,当充到快充点时,关闭充气阀,用慢充阀(带小孔)充气,慢抽针阀(带小孔)打开抽气,此时就可以开高压放电。当气压达到工作点气压后,通过程序指令,就可以控制气压保持在工作点位置^①。

激光器的控制系统中模拟量数据的采集有以下几个参数:功率信号、气压信号、冷却水流量和温度、放电电流等。在这些参量当中主要是功率信号和气压信号,对这两个信号处理的好坏,直接影响到激光

作者简介:赵学民(1972.-),男,华中科技大学博士,主要从事CO₂激光器(包括中小功率射频CO₂激光器和轴快流CO₂激光器)研制及其应用的工作。Email:zhxinron@public.wh.hb.cn

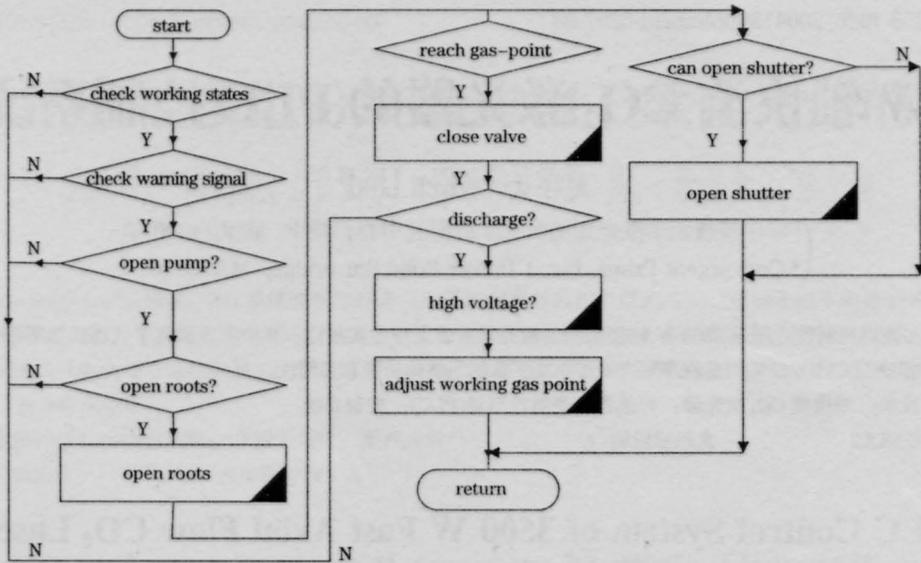


图1 控制系统流程图

Fig.1 Diagramming of control system

器是否能够稳定工作。在本系统中的控制器件选用三菱 FX2N 系列 PLC, 和 FX2N-4AD, FX2N-4DA 型模拟量输入输出模块。

3 主要控制参数研究

3.1 气体循环控制

高功率轴快流 CO₂ 激光器的气体控制决定着激光器功率输出的大小和稳定程度。气压控制系统包括预先设置的 5 个参考点: 真空点、快充点、工作点、过压点、大气点。具体应用如下: 激光器开始工作时, 真空控制电磁阀打开, 系统抽至真空点后, 打开工作气体 CO₂, N₂, He 的电磁阀, 对系统充气, 变频器开始缓慢启动涡轮泵, 使系统内的气压缓慢接近工作点气压。进入工作点后, 涡轮泵的转速也达到最大值, 通过调整充气电磁阀通断时间, 就可以保

证气压稳定在工作点。如果出现故障, 气压不断上升, 当超过报警气压点后, 激光器就停止运行, 并给出报警指示和关闭涡轮泵、真空泵和充气电磁阀等, 以便检查并排除故障。

气压校正电路如图 2 所示。其输出有三个方面的作用, 首先保证工作点气压的稳定, 确保最大的功率输出。这是轴快流激光器的基本要求。并可以按照功率来调节换气量。其次, 利用气压信号可以在程序中加入漏气率的检测, 作为整机性能检测的一个手段, 即在程序中取一段时间的气压变化值, 作为漏气检测。一般情况下, 轴快流 CO₂ 激光器的漏气率应保证在每小时 100 Pa 以内, 在实际程序中, 可以设置 15 min 的检测时间, 气压变化量不超过 25 Pa。即认为系统可以正常运行。第三, 作为一种保护, 控制工作气压点超过工作点气压 1333.3 Pa 后报警,

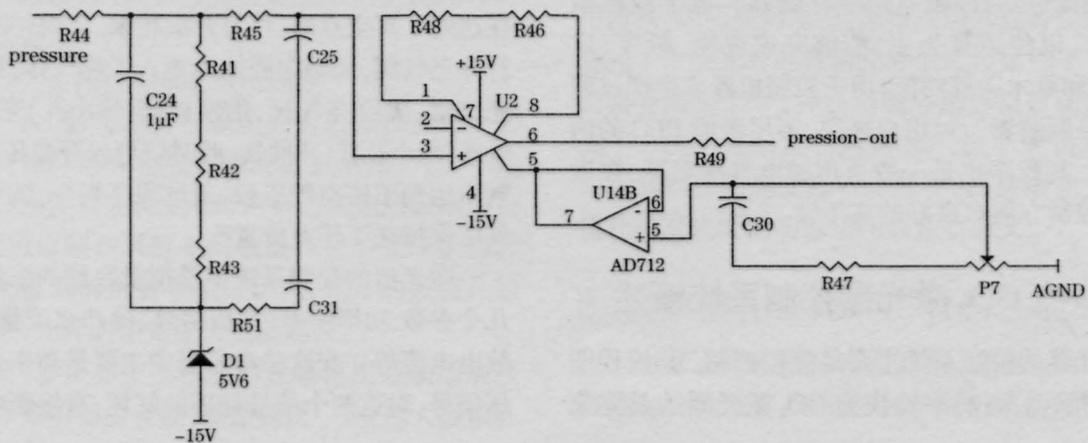


图2 气压校正电路

Fig.2 Gas pressure check circuit

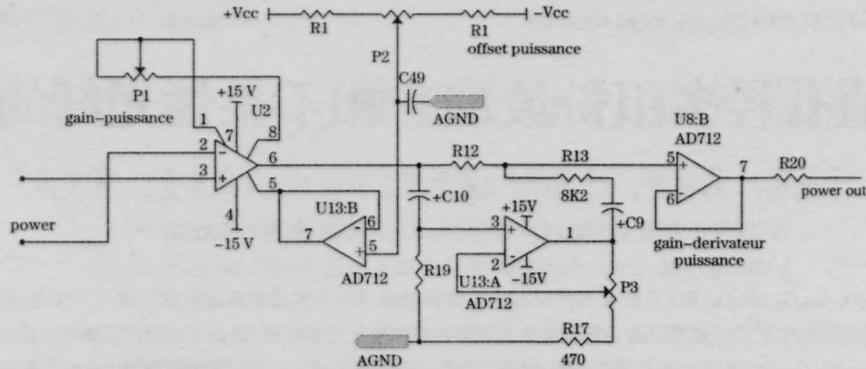


图3 功率电路

Fig.3 Power circuit

以便保护涡轮泵;还可以作为保护气的限制气压点,保证充入的氮气不会使系统产生危险。

实验结果表明,通过该气压控制系统,可以达到气压工作点稳定在 15000 Pa。气压波动控制在 100 Pa 以内。从电气特性上看,PLC 的气压控制信号稳定在 7 mV 以内。

3.2 功率信号控制

功率信号的控制是通过 PLC 的模拟量的输出控制的。PLC 的 D/A 模块是有模拟量输出功能的,通过 D/A 模块输出的模拟量电压,调节电源电路的相应参数,可以使得在 PLC D/A 模块的输出范围内,从小到大调节激光器的输出功率,直至最大输出功率。在功率调节线路中采用了功率反馈线路。功率的采样由尾镜取得,尾镜为 0.5% 的透过率,99.5% 的反射率。通过相应的校正电路,传输给 PLC 和电源,达到显示和稳定输出的功能。其电路图如图 3 所示。

其输出的电压值为 PLC 可以接受的标准 0~10 V 范围内的电压,直接进入 PLC 进行运算处理。在实际测量功率时,直接测量激光功率和尾镜探头测得的功率会有一定的误差,所以,在实际工程中需要两种方法同时测量,以获得正确的激光功率输出。

3.3 控制系统的接口

在本系统中,将各种控制参量,特别是数字量参量集中在同一个接口。对于轴快流 CO₂ 激光器独立控制和自检功能,采用与 FX2N 相互兼容的触摸屏,

作为人机界面,可以实现对激光器的全面独立的操作。另外,该接口同样可以与 CNC 进行通讯,由于激光器大多数参量都是数字量,而且,模拟量的处理都在 PLC 内转化成为数字量,因此,不论是 CNC 还是工控机的 I/O 卡,都可以通过数字量的形式简单而有效地控制激光器,并能够将激光器内的各种参量融合在加工机的系统内综合控制,达到了让轴快流 CO₂ 激光器具有通用性的要求^[1,3]。

4 结论

通过对控制系统的实验,达到了对激光器的更精密控制,气压可控制在 100 Pa 以内,输出功率稳定度达到 $\pm 1\%$ 。控制系统对激光器的各点温度、冷却水流量、放电电流以及每对放电电流的均匀性可以实现准确监控,自动化程度高,运行稳定,易于维护。

参考文献

- 1 H. Sato, E. Tsuchida. Dependence of transient gain on gas-flow velocity and discharge current in the FAF CO₂ laser amplifier[J]. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1989.9, 25(9):2067-2076
- 2 Richard Saunders: LASERS Operation, Equipment, Application and Design [M]. California: McGraw-Hill Book Company, 1980. 23-55
- 3 Sato Heihachi, Kodama Yutaka, Kasuya Koichi. Modern reforms and diagnostics of the dc-discharged high-speed axial-flow CO laser[C]. *SPIE*, 1998, 3574: 225-234