

## 轴快流 CO<sub>2</sub> 激光器循环工作气体参数控制系统设计

文 捷 李适民 邬鹤清 左都罗 韩晏生 周新军  
(华中理工大学激光加工国家工程研究中心, 武汉, 430074)

**摘要:** 本文介绍了一种适用于 CO<sub>2</sub> 激光器的气体循环控制系统。该系统所采用的可编程程序控制方法和系统结构不仅能够精确地控制激光器的工作气压, 而且可以根据激光器不同的工作状态和功率输出, 选择不同的混合气分比和换气量。系统所有的参数不仅可以预先设定, 也可在激光器运行中方便地进行改变。

**关键词:** 气体循环控制系统 CO<sub>2</sub> 激光器 气压工作点稳定

### Fast axial flow CO<sub>2</sub> laser fluid recycle control system

Wen jie, Li Shimin, Wu Heqing, Zuo Duluo, Han Yansheng, Zhou Xinjun  
(National Engineering Research Center for Laser Processing, HUST)

**Abstract:** A CO<sub>2</sub> laser fluid recycle control system is described in this paper. The used structure and programmable control means in this system permit not only the accurate control and maintenance of gas pressure substantially constant in CO<sub>2</sub> laser but also the automatically adjustment of the fluid exchange volume and the different compositions of supplied mixed fluid according to the laser working status (CW or Pulse) and its output power. All parameters can be preset before the operation of the laser and can be conveniently, precisely and selectively varied at any time of the operation.

**Key words:** fluid recycle system CO<sub>2</sub> laser gas pressure control

### 一、引言

轴快流 CO<sub>2</sub> 激光器是一种混合气体激光器, 它采用气体流动方式, 通过注入新鲜的冷工作气体及气体的循环流动, 以保证激光器工作的稳定。但工作气体的不断补充也大大提高了激光器的运行成本。不同的功率输出及激光器在不同工作状态下(连续、脉冲)对气体换气量的要求是不同的。因此方便地选择所需的换气量, 有利于激光器运行成本的降低。同时工作气压的稳定直接决定了激光功率输出的稳定<sup>[1,2]</sup>。本系统的设计不仅能够方便地选择气体的比例和工作换气量, 而且能够更有效地保证工作气压的稳定。

### 二、轴快流 CO<sub>2</sub> 激光器的气体循环系统设计及工作特点

#### 1. 气体循环系统设计

图 1 给出了气体循环系统的结构图。

工作气体 CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> 和 He 经混气控制板混合, 由工作气体输入口进入激光器。工作气体进入激光器后, 经罗茨泵升压, 高速流过放电区, 完成放电。其中一部分由真空泵抽出系统, 另一部分进入热交换器冷却, 与补充的新鲜气体混合进入下一个循环。系统中设计了 4 路抽气气

路: a. 抽罗茨泵油箱中的气体, 保证油气能够被真空泵及时地抽走。该路设计有调节阀, 可方便地调整流量, 亦可采用限制孔。b. 慢抽气气路。该气路从回气的热交换器中抽气, 保证激光器工作气压稳定。c. 快抽气气路。在激光器快速抽至真空时, 该气路打开。d. 气压传感器气路。该气路为气压控制电路提供必须的气压信号。

### 2. 气体循环的工作流程

轴快流 CO<sub>2</sub> 激光器的气体循环共设有 4 个参考点: 真空点、快充点、工作点及报警气压点。激光器开始运行时, a, b, c 三路抽气气路全部打开。系统抽至真空点后, 可运行罗茨泵。罗茨泵启动, 电磁阀 1, 2 断开, 抽气气路 c 关闭, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> 和 He 的充气电磁阀打开, 系统开始充气。快充气到快充点后(或快充时间结束), CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> 和 He 的充气电磁阀关闭, 进入慢充气阶段。慢充时的电磁阀控制信号由换气量控制程序提供。气压不断接近工作点, 并稳定在工作点。工作气压大于工作点时, 电磁阀 1 打开, 加大抽气量, 使气压降低; 若工作气压大于报警气压, 则激光器停止运行, 关闭罗茨泵, 打开电磁阀 2, 重新开始抽真空, 为下一次启动作准备。

在系统设计时, 抽气气路 a, b, c 总的抽气量必须大于系统的充气量, 而 a, b 总的抽气量必须小于总的充气量, 但必须大于所设计的最大换气量。a 的抽气量必须小于所设计的最小换气量。调节阀 1, 2 可方便地调节持续的抽气量。参数确定后, 调节阀可由限制孔替代。

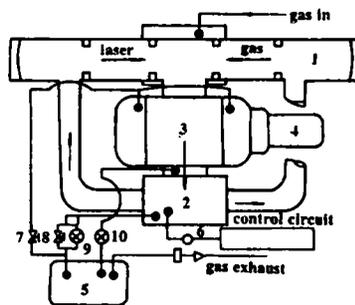


Fig. 1 Diagram of FAF CO<sub>2</sub> laser fluid recycle system  
 1 - resonator 2 - heat exchanger 3 - roots pump 4 - motor 5 - vacuum pump 6 - pressure sensor 7 - valve 1 8 - valve 2 9 - solenoid valve 1 10 - solenoid valve 2

### 三、气压控制电路设计

气压控制信号由气压传感器提供。控制电路如图 2 所示。

CA723CE 内部稳压源与 R<sub>10</sub>, R<sub>11</sub> 及电位器 P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> 和 P<sub>4</sub> 一起提供各参考点的参考电压。调节 P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> 可方便地设定所需要的气压值。741CN 与 LM324N 构成 4 个施密特触发器。触发器将触发信号提供给可编程控制器 PLC, 由 PLC 中的换气量控制程序处理后, 产生相应的动作。PLC 作为顺序控制器时, 其输入点由断开到接通, 工作电流最小需要 4mA。在选定触发信号电平后, 需选择接口限流电阻, 其值由 PLC 接口要求确定。

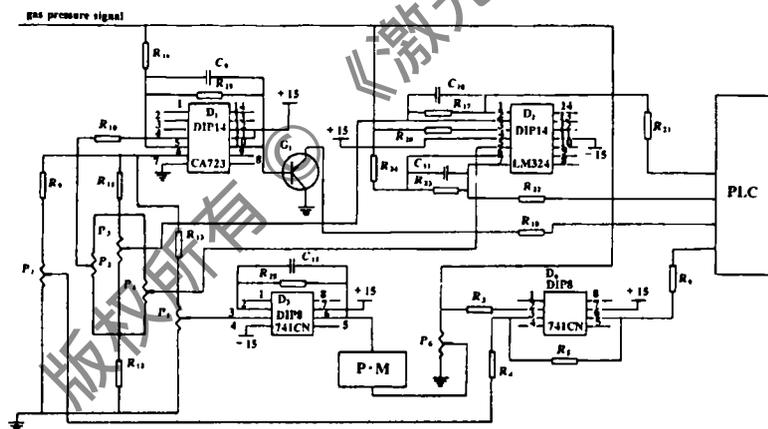


Fig. 2 Gas pressure control circuit and interface

#### 四、换气量控制程序设计

由于激光器在功率输出较小时,对换气量的要求低;功率输出高时,要求换气量大。另外,激光器在连续(CW)工作状态比在脉冲工作状态(Pulse)时,要求更多的  $N_2$ ,以达到更高的功率输出和更稳定的运行。

在设计中,采用控制  $CO_2$ ,  $N_2$  及 He 充气电磁阀的开断时间来控制换气量。每种气体的换气量由相应电磁阀的开启时间与关闭时间的比例确定。激光器的换气量可由下列公式获得:

$$G = (3600 \times F_1 \times T_0) / (T_0 + T_c) \quad (1)$$

$$F_1 = (P_i \times V_1) / (760 T) \quad (2)$$

式中,  $P_i$  为充气气压( $\tau$ ),  $T$  为充到  $P_i$  时所用的时间(s),  $V_1$  为激光器充气的体积。  $T_0$  为相应气体充气电磁阀开启时间(s);  $T_c$  为相应气体充气电磁阀关断时间(s)。根据实际情况,本系统设定四种换气量(或更多),由操作面板的拨段开关选定。因为  $N_2$  在 CW 状态及 Pulse 状态

时,换气量不同,因此将  $N_2$  作为单独的一路进行控制。控制脉冲由 PLC 的换气量控制程序生成。图 3a, b 分别给出了程序流程图及脉冲时序图。

图 3b 中 a 为罗茨泵启动,快充气时间脉冲。改变  $T_c$  的设置,可以设定快充点气压;b 为充气电磁阀关闭时间脉冲;c, d 分别为 Pulse 及 CW 状态下的充气电磁阀开启时间脉冲;e 为  $CO_2$  和 He 的充气脉冲(CW & Pulse);f, g 分别为 Pulse 和 CW 状态下  $N_2$  的充气脉冲。由图 3a, b 及公式(1)(2)可以看出,改变  $T_c$  及  $T_{01}$ ,  $T_{02}$  的设置,就可以方便地设置换气量,即换气量的大小完全由控制脉冲的占空比确定。利用控制面板的开关选择,即可改变气体的比份和获得不同大小的换气量。

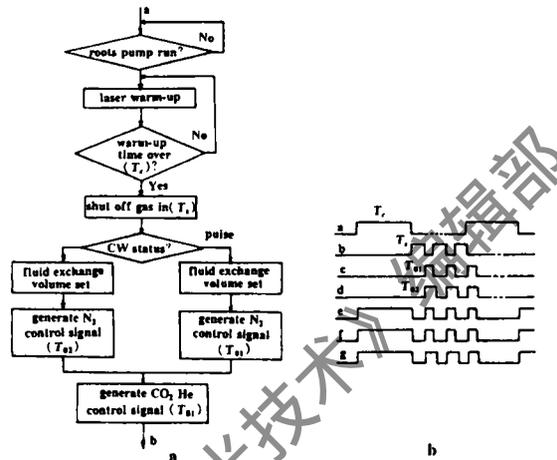


Fig. 3 a Diagram of fluid exchange volume control program  
b Fluid exchange volume control time sequence

#### 五、结 语

本文介绍的可编程序控制方法和系统结构,能够方便地设定系统的进气量,精确控制激光器的工作气压和工作气体的比份。利用 PLC 的控制程序,不仅可在激光器运行前进行参数的选择和设定,也可在系统运行中方便地改变。有利于降低激光器的运行成本,使激光器工作得更稳定,同时也大大地方便了操作人员。

本文所论及的方法及系统的结构不仅仅适用于轴快流  $CO_2$  激光器,也适用于其他  $CO_2$  激光器及具有类似气体控制任务的系统。

#### 参 考 文 献

- 1 李适民. 激光器件原理与设计. 武汉: 华中理工大学出版社, 1994
- 2 楼祺洪. 脉冲放电气体激光器. 北京: 科学出版社, 1992