

可编程控制器在 100MeV 直线加速器束流剖面测量中的应用

俞路阳^{1,2} 陈永忠¹ 刘德康^{1,3}

1(中国科学院上海应用物理研究所 上海 201800)

2(中国科学院研究生院 北京 100049)

3(中国科学院高能物理研究所 北京 100049)

摘要 本文介绍了一种基于可编程控制器 (PLC), 利用荧光靶对束流截面形状以及能散度和发射度进行实时测量的技术。由于 PLC 及虚拟仪器软件 Labview 的应用, 使该测量系统具有可靠性好、测量直观、操作方便等特点。

关键词 可编程控制器 (PLC), 束流剖面, 远程控制

中图分类号 TL506

束流诊断技术是加速器技术的一个重要组成部分。SSRF(上海同步辐射装置)的 100 MeV 电子直线加速器具有低发射度, 高流强等特点^[1], 因此对束流诊断系统提出了更高的要求。为了测量束流传输过程中的束流剖面形状、束流发射度和能散度, 以及对束流强度进行相对测量, 在电子直线加速器的束流诊断中, 阻挡型的荧光靶截面测量仍是主要的测量方法^[2]。100 MeV 直线加速器束流线上安装了四套荧光靶及相应的图像获取和处理系统(一套备用)。本文主要介绍采用可编程控制器 (PLC) 技术并且结合 Labview 技术实现对荧光靶片和摄像机的本地和远程控制。

1 系统硬件介绍

测量系统总体结构示意图如图 1 所示。

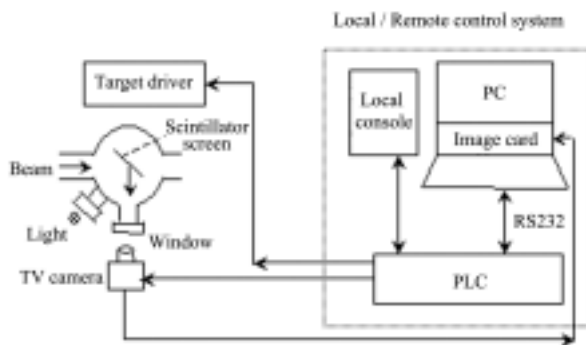


图 1 束流剖面测量系统总体结构示意图

Fig.1 Schematic view of the whole measuring system

荧光靶探测器的腔体与束流管道垂直正相交, 荧光靶的靶片固定在一个梯形的铝框架上, 铝框安装靶片的面与束流线成 45°角。铝框通过连杆与直流电机相连, 控制直流电机的正反转就能使靶片上下移动。当测量束流截面时, 直流电机驱动靶片往下运动, 靶片的中心与束流管道的轴心重合, 束流打在靶片上产生荧光通过下面的观测孔引出, 经过一套光学成像装置, 将荧光传送到辐射剂量较小的区域, 用摄像机来观测荧光^[3]。

整个测量系统包括荧光靶 (Al₂O₃) 及其驱动机构、图像获取处理系统、本地/远程控制系统三部分。

荧光靶的驱动机构接线图如图 2 所示。

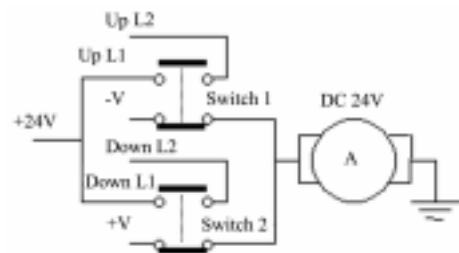


图 2 荧光靶驱动机构接线图

Fig.2 Schematic interconnection of scintillator screen driver

直流电机的线圈一端固定接地, 另一端的电压由 PLC 控制, 从而决定直流电机的正反转来驱动荧光靶上下移动。Switch 1 和 Switch 2 是限位联动开关, 上面为常开触点, 下面为常闭触点。测量时, PLC 输出模块将 +V 信号导通, 电机正转, 荧光靶

第一作者: 俞路阳, 男, 1977 年 6 月出生, 现为中国科学院上海应用物理研究所博士研究生, 从事数据采集及控制系统研究

收稿日期: 2004-10-31, 修回日期: 2005-05-18

片下降,此时 Switch 1 的触点回复原状,Up L2 信号断开,下降到位时,Switch 2 的常闭触点打开,电机停转,常开触点闭合,Down L2 信号接通高电平回送到 PLC 输入模块,表征荧光靶片下降到位。测量结束时,PLC 输出模块将-V 信号导通,电机反转,荧光靶片上升,此时 Switch 2 的触点回复原状,Down L2 信号断开,荧光靶片上升到位时,Switch 1 的常闭触点打开,电机停转,常开触点闭合,Up L2 信号接通高电平回送到 PLC 输入模块,表征荧光靶片上升到位(此状态为系统默认状态)。

图像获取处理系统由电控镜头、图像采集卡和图像处理软件(安装在上位机)组成。电控镜头选用日本的 AVENIR TV ZOOM LENS,型号:SL08080M。高能电子轰击荧光靶片产生可见光,用图 1 所示的照明灯作为背景光,电控镜头把光斑在靶片上的位置和形状转化为视频信号,经由图像采集卡送到上位机,由上位机的图像处理软件来处理 and 显示。电控镜头的 ZOOM、FOCUS、APERTURE 的调节分别通过相应的三个 DC6V 直流电机,可采用本地和远程两种控制方式来调节获得最佳图像。

本地/远程控制系统由上位机、PLC 和本地控制平台组成。PLC 选用 OMRON 的 CJ1G 系列,4 个 16 点直流输入模块,5 个 16 点继电器输出模块。上位机采用研华公司的 PC 工控机,上位机应用编写的 Labview 控制和显示程序通过 RS-232 串口和 PLC 进行通讯,从而构成远程控制系统。本地控制平台用于本地控制和本地显示,由一系列控制按钮和指示灯组成,控制按钮的信号接入 PLC 的输入模块,指示灯的信号接到 PLC 的输出模块,从而构成本地控制系统。

2 PLC 控制软件的设计

2.1 PLC 控制软件的设计任务和要求

上海光源(SSRF)的 100 MeV 直线加速器束运线上安装了四套荧光靶及相应的图像获取和处理系统,为了行文方便将其分别编号为 、 、 、 。

本地控制系统和远程控制系统都包括控制和显示两部分。控制部分的设计任务和要求如下:1)靶片选择控制(每次只能选择一个靶片);2)靶片上下移动控制(换靶时,无论前面所选靶片的位置如何都应该自动上升到系统的默认状态);3)照明灯控制(自由独立控制,不受靶片选择的约束);4)电控镜头电源控制(受靶片选择的约束,例:如果选择了靶 就只能控制电控镜头);5)电控镜头

Zoom、Focus、Iris 控制(受靶片选择的约束)。显示部分的任务和要求如下:1)所有靶片被选择状态显示;2)所有靶片的上下位置状态显示(up or down);3)所有照明灯的开关状态显示(on or off)。整个测量控制系统的任务和要求:()本地控制的时候,远程控制禁止,但双方都可以显示;()远程控制的时候,本地控制禁止,但双方都可以显示。

2.2 PLC 本地控制软件的设计

将本地控制平台上的本地/远程按钮连接到 PLC 的 I0.15 输入端子,用 I0.15 作为远程控制的执行条件之一,I0.15 为 ON 时产生本地控制失效标志 W0.08,用 W0.08 作为本地控制的执行条件之一。所以当 I0.15 为 OFF 时进行本地控制,远程控制失效;为 ON 时进行远程控制,本地控制失效。具体控制任务的软件编程限于篇幅就不赘述。

2.3 远程控制软件的设计

PLC 采用上位链接模式通过 RS-232 串口和上位机的 Labview 应用程序进行通讯,通讯协议为:812E(8 位数据位、一位起始码、两位结束码、偶校验)。串行通讯指令 RXD 接收来自上位机命令的 ASCII 值,TXD 发送所有显示状态的 ASCII 值到上位机供 Labview 显示程序使用。Labview 应用程序总共有 26 条控制命令,每条命令 8 个字符,PLC 将这 26 条控制命令的 ASCII 字符按一定格式存入保持继电器区域作为数据库,每条控制命令分别占用数据库的 16 个字节资源,当系统工作方式改变或掉电时,保持继电器区的数据保持不变。引入数据库的概念可以避免命令识别时的繁琐比较过程,使得程序更加简单可靠。

命令接收:

```
LD 0.15
MOV #0 D20
LD 0.15
AND A392.06
LD 128.01
KEEP 128.0
LD 128.00
@RXD D10 D20 & 8
LD 128.00
AND A392.06
DIFU 128.01
```

I0.15 为 OFF 时,禁止命令接收,远程控制失效;为 ON 时设置接收指令 RXD 的控制字;当接收完成标志 A392.06 为 ON 并且执行条件 I0.15 为

ON 时,开始执行 RXD 指令,128.00 将保持为 ON,直到 RXD 指令执行完毕;执行 RXD 指令,将端口中的 8 个字节放入 D10-D13;当 RXD 指令执行完毕,128.01 为 ON。

命令识别:采用 26 条多字节比较指令 MCMP,将接收到的 8 个字节和数据库中的内容分别进行比较,根据比较结果置位相应的标志来进行命令识别。以控制电控镜头“ZOOM 放大”为例,上位机的控制命令为“przoom/1”,相应的 ASCII 字符“70727A6F6F6D2F31”已经预先存放在 H177 开始的连续地址中。

```
MCMP D10 H177 H411
LD = H411#0
OUT W1.00
```

若两组数据相同,则 $H411=0$,否则 $H411=1$;若 $H411=0$,则置位“ZOOM 放大”命令标志 W1.00。

命令锁定:若此后上位机发送了诸如“灯 1 打开”的控制命令“lamp01/1”,那么“灯 1 打开”命令标志 W2.00 置位,“ZOOM 放大”命令标志 W1.00 复位,“ZOOM 放大”控制命令将停止执行。这样导致命令之间相互干扰,不能进行有效的控制。为了解决这一问题,必须将命令编组然后锁定。还是以控制“ZOOM 放大”为例,将“ZOOM 放大停止”控制命令“zom+stop”同其编为一组,增加如下的编程就可解决上述的问题。

```
LD W1.00
XFER &16 H177 D400
LD W1.01
XFER &16 H193 D400
LD 0.15
MCMP D400 H177 H0
MCMP D400 H193 H1
LD = H0 #0
OUT W3.00
```

W1.00=1 时,将“ZOOM 放大”命令的 ASCII 字符传送到数据存储区以 D400 开始的连续 16 个地址中;W1.01 是“ZOOM 放大停止”命令标志,W1.01=1 时,将“ZOOM 放大停止”命令的 ASCII 也传送到数据存储区以 D400 开始的连续 16 个地址中;若发送了“ZOOM 放大”指令,则 $H0=0$, $H1=1$;若发送了“ZOOM 放大停止”指令,则 $H1=0$, $H0=1$ 。若 $H0=0$,则置位“ZOOM 放大”控制标志 W3.00,否则复位“ZOOM 放大”控制标志 W3.00;所以,如果此后上位机发送了其它的控制命令,虽然 W1.00 复位,但是 W3.00 并不受其影响,只有发送了“ZOOM 放大

停止”命令时,W3.00 才复位,这正是我们所要求的结果。

状态发送:只有当所控制的状态发生变化时,PLC 才将所有显示状态的 ASCII 值传送到上位机。这样做有两个作用:1、提高效率;2、当本地控制的时候,Labview 的显示程序也能够显示其控制状态。总共有 12 个状态,占用 24 个字节,存放在数据存储区从 D50 开始的连续 12 个地址中。以灯 1 的状态为例,其它的状态类似。

```
LD 4.04
DIFU H11.00
LD 4.04
DIFD H11.01
LD H11.00
OR H11.01
.....
MOV #0 D40
@TXD D50 D40 & 24
```

灯 1 从 OFF 跳变到 ON 时置位 H11.00;灯 1 从 ON 跳变到 OFF 时置位 H11.01;将 H11.00 和 H11.01 作为发送指令 TXD 的执行条件并设置发送指令 TXD;执行 TXD 指令。

3 结束语

用 PLC 作为本地/远程控制器,提高了整个系统的稳定性和可靠性,结合上位机的 Labview 应用程序使得操作简单方便。整个测量系统已于 2004 年 3 月在现场进行了多次调试,所有的控制逻辑和控制任务都满足 100 MeV 直线加速器截面测量系统的测量控制要求。

致谢 作者感谢中国科学院上海应用物理研究所束测组叶恺容、周伟明两位老师的建议和帮助,感谢刘征平编写 Labview 应用软件。

参考文献

- 1 上海同步辐射装置工程初步设计. 上海: 国家上海同步辐射中心(筹), 2001.1-22
The preparatory design report of Shanghai Synchrotron Radiation Facility. Shanghai: Shanghai National Synchrotron Radiation Center, 2001. 1-22
- 2 Koziol H. Beam Diagnostics Revisited. 6th European Particle Accelerator Conference: EPAC '98, Stockholm, Sweden, 22 -26 Jun 1998: Proceedings.164-165
- 3 叶恺容, 周伟明. SSRF 直线加速器束流测量系统, 内

- 部报告, 2002.2: 21—29
- YE Kairong, ZHOU Weiming. Beam Measurement System of the LINAC of SSRF, Inside Report, 2002.2 (in Chinese): 21—29
- 4 CJ1G-CPU 可编程序控制器操作手册(编号: W393-C1-02), OMRON 公司, 2002 年 10 月修订: 53—462
- CJ1G-CPU Programmable Controllers Manipulation Manual (Publication Number W393-C1-02), OMRON Inc, Revised October, 2002: 53-462
- 5 CJ1G-CPU Programmable Controllers Instructions Reference Manual, OMRON Inc, Revised May, 2001, 107—444

Application of PLC technology in measurement of beam profile on 100MeV accelerator

YU Luyang^{1,2} CHEN Yongzhong¹ LIU Dekang^{1,3}

1 (Shanghai Institute of Applied Physics, the Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800, China)

2 (Graduate School of the Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China)

3 (Institute of High Energy Physics, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract A comprehensive introduction is given to the real-time measuring method, which is based on the Programmable Logic Controller (PLC) technology and can measure intensity and profile of the beam by a scintillator screen. The whole system has many advantages, such as good reliability, high precision, intuitional measurement, etc. due to the use of the PLC and Labview software.

Key words PLC, Beam profile, Remote control

CLC TL506