

## 兰州放射性束流线(RIBLL)的控制系统\*

孙志宇 詹文龙 郭忠言 肖国青 江山红  
李加兴 王金川 孟祥伟 张万生 秦礼军 王全进

(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

**摘要** 介绍了兰州重离子加速器国家实验室放射性次级束流装置(RIBLL)的控制系统的原理、组成及其结构。

**关键词** 放射性束流线 控制系统 结构

随着核物理研究和加速器技术的发展,世界上一些主要的核物理实验室先后都在建立各具特色的放射性束流线装置,如GANIL的LISE和LISE3<sup>[1]</sup>,MSU的A1200和A1900<sup>[2]</sup>,RIKEN的RIPS<sup>[3]</sup>,GSI的FRS<sup>[4]</sup>。放射性离子次级束流线为核物理研究提供了种类繁多的放射性炮弹,使核物理研究拓广到中子滴线和质子滴线区域。对这些奇异核性质的研究可检验原有的核模型核理论,丰富核数据,发展新的核物理实验技术和理论,为重离子核物理研究开辟新的领域。为了开展我国放射性核物理的研究,兰州放射性束流线(RIBLL)于1997年7月顺利建成并投入运行。

RIBLL系统主要由电磁元件(包括4块二极磁铁,5种类型共16块四极磁铁以及1块Swinger磁铁)、真空系统、电源系统、束流诊断、探测器、数据获取及控制等分系统所组成,总体布局如图1所示。作为坐标和动量双消色差的放射性离子束流装置,RIBLL的结构可表述为 $Q_0-Q_2-D_0-T_0-Q_1-Q_2-D_1-Q_3-Q_4-C_1-Q_5-Q_6-D_2-Q_7-Q_8-T_1-Q_9-Q_{10}-D_3-Q_{11}-Q_{12}-C_2-Q_{13}-Q_{14}-D_4-Q_{15}-Q_{16}-T_2$ 模式,Q、D、T、C分别表示四极透镜、二极透镜、聚焦点及色散点。其中 $T_0-C_1$ 与 $C_1-T_1$ 以及 $T_1-C_2$ 与 $C_2-T_2$ 段是分别对称,而 $T_0-T_1$ 与 $T_1-T_2$ 段是反对称的。这种结构不仅有利于消除邻近核素的污染,提高RIB的纯度,而且 $T_1-T_2$ 段也可作为一个单独的 $0^\circ$ 角磁谱仪用于高精度的实验测量工作。

RIBLL的控制系统主要包括对磁元件电源的控制及对束流诊断和探测元件的控制两部分。在设计中采用了较为成熟的计算机控制技术,建立了基于微型计算机的RIBLL控制系统。该系统在实践中表现出了良好的性能。

RIBLL的磁元件电源系统共包括各种型号的高精度直流稳流电源23台,额定功率超过1.5MW。其控制系统主要由状态读取和电流控制两部分组成,结构框图如图2所示。

1998-03-11收稿

\* 中国科学院和国家科委资助

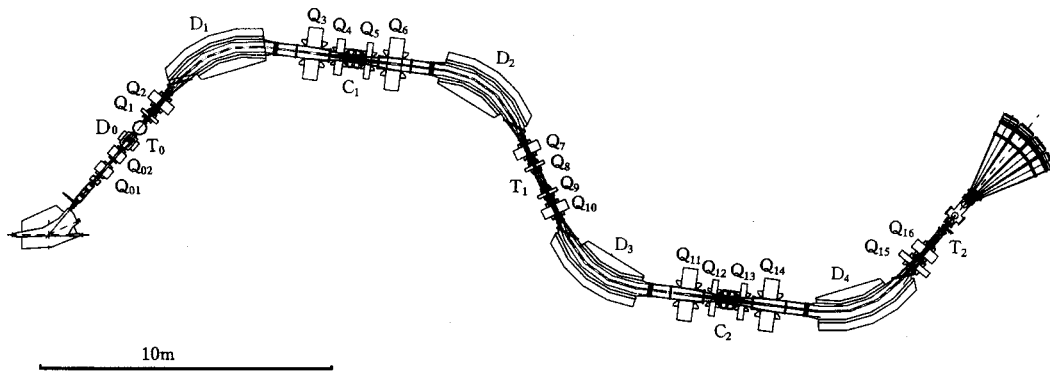


图1 RIBLL整体布局示意图

电源的控制包括对数字开关量及模拟量(电流)的控制。对数字量的输入输出,选用标准数字 I/O 卡,并用光电隔离技术来避免相互间的干扰。而对模拟量则采用高精度的数模(D/A)和模数(A/D)转换器来实现输入输出。采用美国 Keithley 公司的 DAS1802HR 多路高精度(16Bits)模数转换卡用于电流的采样测量。该 A/D 卡内建高速多路模拟量转换开关,具有输入阻抗高( $> 100\text{M}\Omega$ ),量程可调(从 20mV 到 10V 多档)、易扩展(可通过外接的 EXP1800 附件堆叠扩展至 256 路)等优点。由于采用高速 A/D 转换,为了消除外界干扰和阻抗不匹配的影响,采用多次(数千次)取样,剔除偏离平均值较大的受干扰点后再进行累加平均,得到了满意的结果。在对电流的调节上,采用了自行研制的基于美国 AD 公司 AD669 D/A 转换芯片的 4 路高精度(16Bits) D/A 转换卡,在满量程条件下,其相对控制精度小于  $2 \times 10^{-5}$ 。通过采用光电隔离和每路独立的供电系统等技术,有效地防止了电源之间的互相干扰。长时间( $> 8\text{h}$ )测量表明,其输出电压稳定度小于满量程的  $1 \times 10^{-5}$ 。

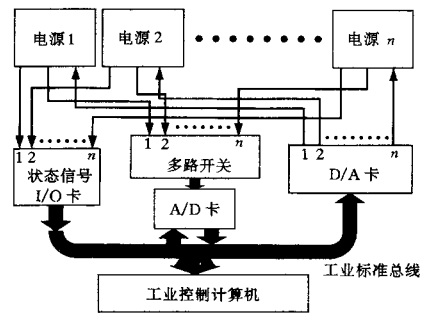


图2 电源控制系统结构框图

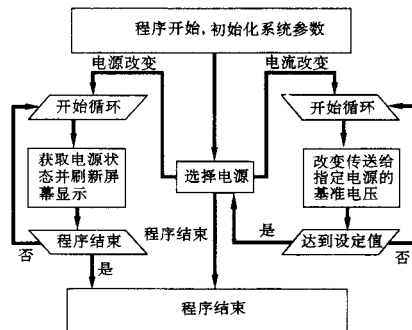


图3 电源控制系统程序流程图

所采用的计算机是基于 ISA 总线的 PC 工业控制计算机。机内附加插件包括 1 块 A/D 卡, 7 块 D/A 卡(1 块备用)及 1 块数字 I/O 卡。控制软件基于 Windows 95/NT 操作系统自行编制完成, 其软件流程如图 3 所示。程序根据控制的对象选取相应的磁铁电源, 程序通过模拟和数字开关接通该台电源的输入和输出通道, 使之处于可调节的工作状态。在调节的同时显示出该台电源所加的电流值、磁场值和工作状态。

RIBLL 的真空腔体内安放有大量的束流诊断元件, 用以获取束流调节所需的有关信息, 控制对束流

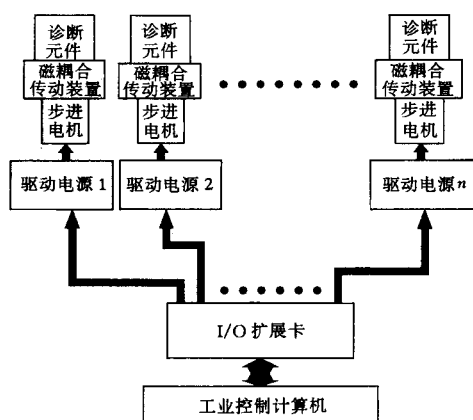


图4 束流诊断元件控制系统结构示意图

的调节、鉴别和分离。对它们的控制主要在于对这些元件位置的精确移动和测定。

由于束流诊断元件都位于高真空腔体内，且工作在高辐射计量环境中。为此研制了基于计算机的远程控制系统和相应的电机驱动电源，用于驱动步进电机通过高真空磁耦合传动机构，实现真空中元件的位移和转动，而其位置则由相对于固定点的位移来标记。

整个系统的工作原理如图 4 所示。通过计算机将被控部件所要移动的距离、方向和速度转换成不同长度、次序和频率的脉冲序列，经由相应的 I/O 地址发送给指定步进电机的驱动电源。脉冲信号在电源内通过开关电路被转换成 4 相 8 拍的驱动电流以控制步进电机的运动，从而控制诊断、探测部件的移动。该系统的单向移动和定位精度可达 0.01mm。

该系统也是基于 ISA 总线的 PC 工业控制计算机。通过使用多路输入输出 (I/O) 接口卡和光电隔离技术，不仅可以由单台计算机实现对数十路电机的同时控制，而且可以增强输出信号的驱动能力，其控制距离可达到 100m。相应的控制软件同样基于 Windows 95/NT 操作系统自行编制完成。程序根据控制的对象输入对被控部件的控制量后，程序将控制量转换成不同的脉冲输出到被控部件上。在被控部件执行指令的同时，工控机通过 I/O 卡读取其工作状态，确定被控部件所处的位置。

中国科学院近代物理研究所研制的 RIBLL 控制系统运行 Microsoft 的 Windows NT 和 Windows 95 操作系统。全部应用软件用 Microsoft Visual C++ 编写。RIBLL 的长期正常运行已经证明了该套系统具有可靠性高、花费小、易于维护、操作和升级等优点。但该系统也存在一些缺点和不足，我们将作进一步改进，如人机交互方式的操作环境，引进数据库及服务器/客户机技术来方便束流的调节等，使该系统更趋完善。

中国科学院近代物理研究所研制的 RIBLL 控制系统运行 Microsoft 的 Windows NT 和 Windows 95 操作系统。全部应用软件用 Microsoft Visual C++ 编写。RIBLL 的长期正常运行已经证明了该套系统具有可靠性高、花费小、易于维护、操作和升级等优点。但该系统也存在一些缺点和不足，我们将作进一步改进，如人机交互方式的操作环境，引进数据库及服务器/客户机技术来方便束流的调节等，使该系统更趋完善。

### 参 考 文 献

- 1 Anne R, Bazin D, Mueller A C et al. N.I.M., 1987, **A257**:215—232
- 2 Sherrill B M et al. N.I.M., 1991, **B56/57**:1106—1110
- 3 Kubo T, Ishihara M, Inabe N et al. N.I.M., 1992, **B70**:309—319
- 4 Geissel H, Armbruster P, Behr K H et al. N.I.M., 1992, **B70**:286—297

### Control System of RIBLL \*

Sun Zhiyu Zhan Wenlong Guo Zhongyan Xiao Guoqing Jiang Shanhong  
Li Jiaying Wang Jinchuan Meng Xiangwei Zhang Wansheng  
Qin Lijun Wang Quanjin

*(Institute of Modern Physics, The Chinese Academy of Science, Lanzhou 730000)*

**Abstract** This paper describes the working principle and structure of the control system of the Radioactive Ion Beam Line in Lanzhou (RIBLL).

**Key words** Radioactive Ion Beam Line, control system, structure

---

Received 11 March 1998

\* Supported by the Chinese Academy of Science and National Science and Technology Committee