

PKUAMS 数据获取与测量控制系统升级

丁杏芳, 付东坡, 蒋正元, 刘克新

(北京大学 重离子物理研究所和核物理与核技术国家重点实验室, 北京 100871)

摘要: 加速器质谱数据获取与测量控制系统是能否实现高灵敏度 ^{10}Be 测量的关键因素之一。为开展高灵敏度 ^{10}Be 测量, 对北京大学加速器质谱数据获取和测量控制系统进行了升级改造。在描述重要硬件和软件功能的基础上, 重点阐述系统结构、主控软件流程和数据获取与测量控制系统在高灵敏度 ^{10}Be 测量中的作用。

关键词: 加速器质谱; 多参数数据获取与处理系统; 死时间

中图分类号: TL50 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-6931(2008)S0-0238-04

Upgrading of Data-Acquisition and Control System of PKUAMS

DING Xing-fang, FU Dong-po, JIANG Zheng-yuan, LIU Ke-xin

(*Institute of Heavy Ion Physics & State Key Laboratory of Nuclear Physics and Technology, Peking University, Beijing 100871, China*)

Abstract: In order to measure ^{10}Be with better sensitivity and higher count rate, data-acquisition and measurement control system of PKUAMS, which was based on an EN tandem, was upgraded. The hardware structure, software design and the performance of the new data-acquisition system were described in the paper.

Key words: AMS; multi-parameter multi-channel analyzer system; dead time

加速器质谱(AMS)是基于加速器的现代核分析技术, 在地球科学、环境科学、考古学和生命科学等领域中具有广泛应用, 主要用于测量 ^{14}C 、 ^{10}Be 、 ^{26}Al 、 ^{36}Cl 、 ^{41}Ca 、 ^{129}I 等长寿命宇宙成因核素, 其中, ^{10}Be 是在各类应用研究中重要性仅次于 ^{14}C 的核素^[1]。在 ^{10}Be 测量中, 离子源引出束流较弱, 各种干扰本底也较多, 因此, 对数据获取与测量控制系统有较高要求。为实现高灵敏度 AMS ^{10}Be 测量, 开展暴露年龄和侵蚀速率等地球科学领域中的重要应用研究,

本工作在文献[2-3]基础上, 对北京大学 AMS 系统进行了全面升级改造, 数据获取与测量控制系统的升级是其中重要组成部分。为此, 从德国 FASTCOMTEC 公司引入 MPA-3-2 型多参数核谱数据获取与处理系统, 并实现了与主控程序的联接, 同时, 基于 LabVIEW8.0 对 AMS 数据获取与测量控制软件系统进行了升级。升级后的系统以西门子工控机为主机, 操作系统为 Windows XP, 以 LabVIEW8.0 为软件开发平台, 硬件则包括 $\Delta\text{E-E}_r$ 气体探测器、

收稿日期: 2008-07-11; 修回日期: 2008-07-21

基金项目: 教育部“211”建设项目

作者简介: 丁杏芳(1970—), 女, 浙江义乌人, 高级工程师, 硕士, 核技术及应用专业

放大器、7072 型两路 ADC 信号甄别与成形接口、MPA-3-2 多参数核谱数据获取与分析系统、Keithley 公司的 6512 型弱电流计、NEC 公司的 MC-SNICS 型离子源的换靶控制器等。

1 MPA-3 双参数获取系统

FASTCOMTEC 公司的 MPA-3-2 可测量和处理具有时间关联的多个核信息能量、时间等分布谱,用于中子物理、重离子物理等领域。MPA-3-2 设备和配套 PCI 微机接口卡内部结构示于图 1。

MPA-3-2 包含 ADC 接口并提供配套的 ADC 信号甄别与成形设备,最多允许 16 路 ADC。每路 ADC 的信号分辨率达到 2^{16} ,每路 ADC 每秒可获取 600 万个事件,一般情况下,系统死时间基本为零,且每路 ADC 都提供活时间校正,活时间测量误差在 1 ms 以内。

MPA-3-2 提供频率为 20 MHz 的 48 位时钟,可用于跟踪与时间有关的事件,如飞行时间系统(Time-of-Flight)应用等。MPA-3-2 多路信号符合时间可调,调节范围在 150 ns~3 ms 之间,以 50 ns 递增。另外,MPA-3-2 具有高分辨

率的图形显示,分辨率可达 $1\ 280 \times 1\ 024$ 。

2 LabVIEW8.0 的软件平台

国际上 AMS 控制系统主要基于 CAMAC、VME 和 LabVIEW。一些早期开发的系统主要基于 CAMAC^[4] 和 VME^[5]。由于 CAMAC 和 VME 是大型工业控制系统,结构复杂,多采用 Linux 软件系统,维护升级不方便。近年来出现了基于 LabVIEW 软件平台和 group3 硬件系统的控制系统^[6]。LabVIEW 是一种图形化软件编程平台,适用于 Windows、Linux 及 Mac OS 等操作系统,开发者可通过定义和连接代表各种功能模块的图标来方便迅速地建立应用程序,适用于自动测试、数据采集与分析、过程监控系统的软件开发。LabVIEW 具有内置测量和分析函数,能快速从多种测量仪器获取并分析数据,支持过程监控及自动测试。

LabVIEW 8.0 的分布式智能化极大地简化了分布式系统的开发。对于用户的各种应用系统,都可利用 LabVIEW8.0 更快捷地实现各种控制和测试功能。在软件平台 LabVIEW 从 4.0 升级到版本 8.0 的过程中,LabVIEW8.0

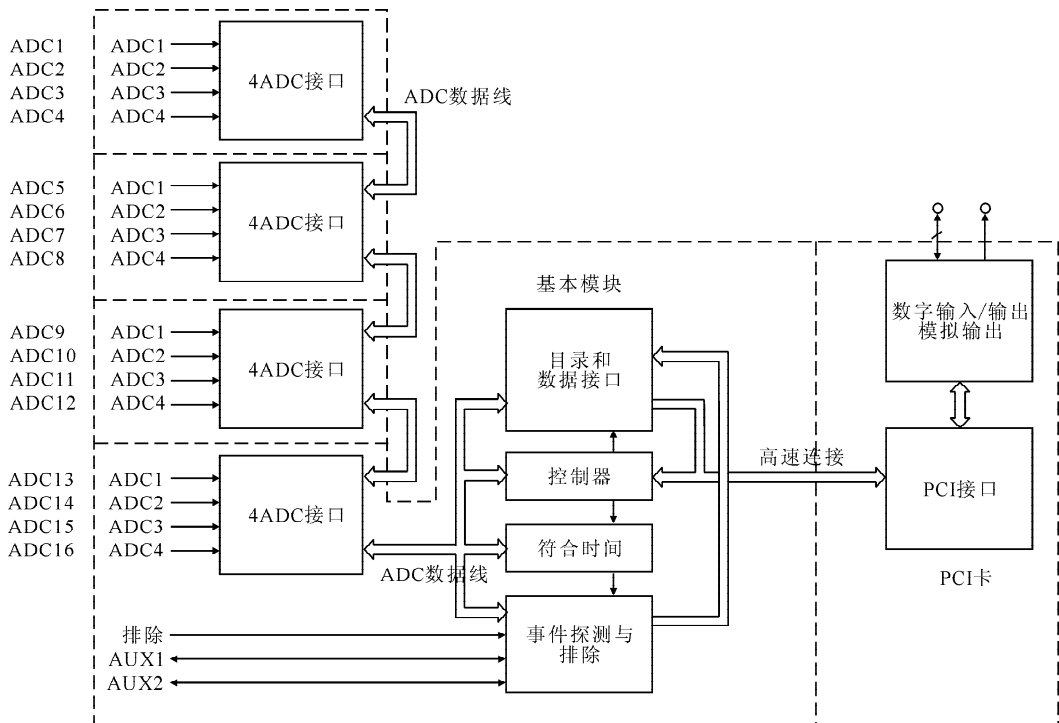


图 1 MPA-3-2 系统结构图

Fig. 1 Structure of MPA-3-2

与用于提供离子源换靶控制器通讯的 PCL-730 型 DI/O 硬件接口卡出现兼容问题,从而无法对离子源靶位进行控制。通过升级接口卡的驱动程序并将其嵌入 LabVIEW 8.0,重新编制合适的接口软件,实现了 LabVIEW 8.0 主控程序和 PCL-730 卡的通讯并对换靶进行远程控制和数据采集。

3 MPA-3-2 与 PKUAMS 测量控制系统的连接

在对 MPA-3-2 结构与功能进行深入研究的基础上,通过编制接口软件将 MPA-3-2 成功联接到 AMS 测量控制系统中。图 2 所示为升级后的 PKUAMS 测量控制系统硬件连接。主控程序通过 3 个硬件接口控制 4 部分外设:通过 ISA 插槽的 GPIB 卡与 Keithley 公司的 6512 弱电流计通讯,以获取来自束流积分仪的 ^9Be 束流值;通过 PCI 插槽的多参数核谱数据获取与处理系统 MPA-3-2 微机接口卡与 MPA-3-2 通讯,以获取到达探测器的 ^{10}Be 粒子数及 ^{10}Be 的双参数谱 $\Delta E-E_1$;通过 ISA 插槽的 Advantech 公司 PCL-730 型 DI/O 卡与 NEC 公司 MC-SNICS 型离子源的换靶控制器通讯,以实现远程自动换靶功能,同时,DI/O 卡还用于控制 AMS 注入段的交替电源,以实现 AMS 的 ^{10}Be 、 ^9Be 的交替注入。

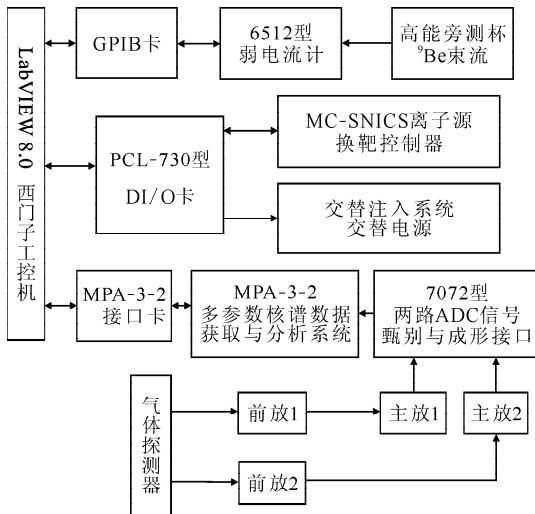


图 2 PKUAMS 测量控制系统的硬件连接

Fig. 2 Hardware structure

of PKUAMS data-acquisition system

PKUAMS 数据获取与测量控制系统的主控程序流程如图 3 所示。在 主控程序启动测量之前,须先设置和初始化双参数系统的硬件接口及相应的软件配置。图中,7072 为阈值设置系统,7072 采纳的模拟信号范围为 0.025 ~ 10 V,同时,可设置甄别有效信号的下限阈值 LLD 及上限阈值 ULD。MPANT 是双参数获取系统的配套软件,可提供多参数操作界面,在该界面中可设置多个感兴趣区,用不同的编号区分。在测量开始前,需先设置 ^{10}Be 感兴趣区并编号,然后,将 ^{10}Be 感兴趣区的编号输入给 LabVIEW 主控软件。测量开始后,主控软件通过调用 CIN(Code Interface Node)程序从双参数接口软件 MPANT 中读取指定 ^{10}Be 感兴趣区内的 ^{10}Be 计数。

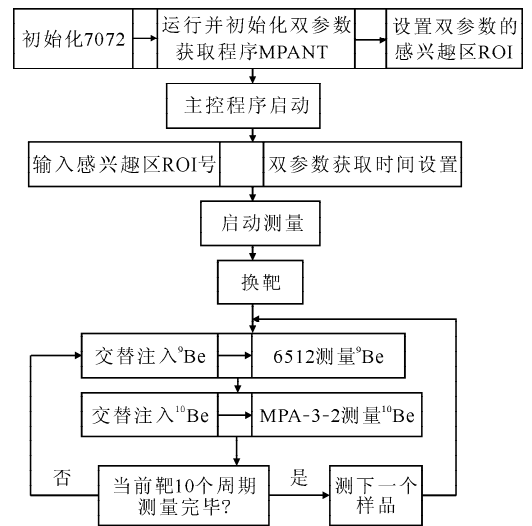


图 3 主控软件流程图

Fig. 3 Software structure of PKUAMS control system

由于 MPANT 接口函数是用 C 语言实现的,LabVIEW 主控软件通过 CIN 调用 C 语言源代码,则提高了主控软件的数据处理功能。作为 LabVIEW 与 C 编程语言的接口图标,CIN 通过输入、输出端口实现两种语言之间的数据传递。用户可根据实际需要确定输入、输出端口的个数。当 LabVIEW 程序运行到 CIN 节点时,数据由 CIN 的输入端口传递给 C 源代码,程序执行 C 源代码,得到的数据结果由 CIN 输出端口返回给 LabVIEW。

PKUAMS 测量控制系统通过 CIN 实现在

LabVIEW 平台中控制 MPANT, 并从 MPANT 获取数据, 主要为读取指定 ROI 内的 ^{10}Be 计数, 获取测量实时间及死时间、设置测量时间, 启动双参数测量等。当主控计算机向交替电源发出指令、使其输出电压适于注入 ^{10}Be 时, 测量控制程序运行双参数数据获取模块。该模块首先向多参数核谱数据获取系统 MPA-3-2 的 MPANT 软件发送双参数计数时间, 同时使 SMPANT 清除旧双参数谱, 然后, 启动 MPANT 开始计数 ^{10}Be 并生成新的双参数谱。到达预先设定的计数时间后, MPANT 停止计数, 同时将双参数谱中落在感兴趣区内的 ^{10}Be 计数发送给测量控制程序。

死时间则通过 7072 型 ADC 信号甄别与转换系统获取。7072 内部每路 ADC 包含 1 个 10 MHz 的时钟用来检测死时间信号, 7072 将 16 位 ADC 转换出来的信号和死时间信号同时传送给 MPA-3-2, MPA-3-2 每 ms 将校正后的死时间信号和活时间信号传送到微机接口卡 PCI 卡的缓存中, 死时间测量可精确到 1 ms。在 MPANT 接口软件中, 每路 ADC 信号对应 1 个数据结构 ACQSTATUS, 通过该数据结构, 可获取对应 ADC 的状态。测量控制软件则通过调用 CIN 程序来获取每路 ADC 的信息。

PKUAMS 测量系统把从多参数核谱数据获取与处理系统 MPA-3-2 获得的 ^{10}Be 计数、死时间、实时间及从 Keithley 公司的 6512 型弱电流计获得的 ^9Be 束流值写入 Excel 表, 并计算出比值, 该 Excel 表用于测量数据的离线处理。

4 数据获取和测量控制系统升级与 ^{10}Be 测量

由于 MPA-3-2 多参数数据获取与分析系统每路 ADC 每秒可获取 600 万个事件, 且 7072 通过设置合适阈值可有效抑制噪声干扰信号, 因此, 进行 ^{10}Be 测量时系统的死时间基本为零。而系统升级前死时间常达到 20% ~ 30%, 且不稳定, 损失较多的 ^{10}Be 信号, 降低 ^{10}Be 计数率, 也影响测量的准确性。另外, 由于 MPA-3-2 多参数核谱数据获取系统双参数符合时间可调, 选择合适的符合时间可有效抑制噪声信号, 有助于降低 ^{10}Be 测量本底。

软件系统升级后, 界面友好, 操作方便快捷,

为高水平 AMS ^{10}Be 测量提供了可靠基础。

此外, 本工作还优化了离子源工作参数, 研制了循环气体剥离系统^[7], 并对 ^{10}Be 测量本底进行了系统的实验研究。通过改进, PKUAMS ^{10}Be 测量水平有了较大提高, 测量本底由 1×10^{-14} 下降到 6×10^{-15} , 标准样品 NIST($^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 原子比 = 2.67×10^{-11}) ^{10}Be 计数率由 5 s^{-1} 提高到 20 s^{-1} , ^{10}Be 含量较低 ($^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ 原子比 $< 5 \times 10^{-12}$) 样品的测量精度均能达到好于 5% 的水平, 使 PKUAMS 在开展古地磁翻转和我国黄土成因等对 ^{10}Be 测量要求较高的应用研究中更好地发挥了作用。

参考文献:

- [1] 郭之虞, 李坤. 加速器质谱计的原理、技术及其进展[J]. 原子能科学技术, 1989, 23(6): 76-80. GUO Zhiyu, LI Kun. AMS principles, techniques and its progress[J]. At Energy Sci Technol, 1989, 23(6): 76-80(in Chinese).
- [2] CHEN C, GUO Z, LIU K, et al. Accelerator mass spectrometry at Peking University: Experiments and progress[J]. Nucl Instrum Methods, 1994, B92(1-4): 47-50.
- [3] LIU K X, GAO H L, ZHOU L P, et al. AMS measurements of ^{10}Be concentration in Chinese loess using PKUAMS[J]. Nucl Instrum Methods, 2004, B223-224: 168-171.
- [4] BERNO A, JOHN S V, MARC C, et al. High speed acquisition of multiparameter data using a Macintosh IIcx [J]. Nucl Instrum Methods, 1991, B56-57(2): 1 076-1 079.
- [5] MENU M, MENU T, SALOMON J, et al. The dedicated accelerator-based IBA facility AGLAE at the Louvre[J]. Nucl Instrum Methods, 1990, B45(1-4): 610-614.
- [6] BERKOVITS D, PAUL M, BEN-DOV Y, et al. Upgrading of the AMS facility at the Koffler 14UD pelletron accelerator [J]. Nucl Instrum Methods, 2004, B223-224: 161-167.
- [7] 刘克新, 朱正, 巩玲华, 等. 串列加速器循环气体剥离系统的研制与束流实验[J]. 核技术, 2007, 30(12): 1 003-1 007. LIU Kexin, ZHU Zheng, GONG Linghua, et al. A new recirculation gas stripper for EN tandem [J]. Nuclear Techniques, 2007, 30(12): 1 003-1 007(in Chinese).