

• 监测技术 •

静电加速器辐射污染环境监测系统

杨全玖, 张大伟, 吕宗芳, 赵书俊, 吕运朋, 秦广雍
(郑州大学物理工程学院, 河南 郑州 450052)

摘要: 介绍了静电加速器辐射污染环境监测系统的结构与原理, 采用合理的布局设置对静电加速器在运转中产生的 α 、 X 和快中子等多种辐射实时监测, 并按国际辐射吸收剂量率标准进行辐射污染防治。该系统实际运行效果良好, 也适用于其他大范围场地多种辐射的监测。

关键词: 静电加速器; 辐射监测; 环境监测系统; 辐射防护

中图分类号: X34 TL75⁺ 1 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2006)05-0022-03

Environmental Monitoring System for Radiation Pollution of Static Electricity Accelerator

YANG Quan-jiu, ZHANG Da-wei, LV Zong-fang, ZHAO Shu-jun, LV Yun-peng, QIN Guang-yong
(Department of Physical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450052, China)

Abstract The paper introduced the structures and principle of radiation pollution environmental monitoring system from static electricity accelerator. We can monitor much kinds of radiation ion, such as α , X , fast neutron and so on, by setting reasonable layout during operation of static electricity accelerator and carried out protection of radiation pollution according to International Radiation Protection Criterion. The system works well in practical operation and it can be applied in many similar places as well.

Key words Static electricity accelerator; Radiation monitoring; Environmental monitoring system; Radiation protection

静电加速器在加速离子时, 会产生 α 、 X 和快中子等多种辐射, 尽管全封闭在工作区域内, 但仍须对其周围环境进行防辐射监测^[1,2]。一方面, 各种辐射能量和强度随加速器加速离子能量的增加而增加, 并能达到相当高的辐射剂量, 可穿透混凝土墙壁, 对所在楼体内部环境造成严重污染, 并对邻近科研室内人员造成生命伤害; 另一方面, 辐射监测数据可为加速器在生命科学、放射医疗等学科研究中的应用提供依据^[3]。今设计了静电加速器辐射污染环境监测系统, 具有多个监测端, 可根据辐射源状况分布安排设置, 能够在大范围场所内对加速器产生的 α 、 X 和快中子实时监测。

该系统由主控计算机和多个探测通道组成。主控计算机采用 VC++ 编程, 配有核辐射分析软件, 与各探测通道采用 USB 通信方式, 并可调整参数, 计算各种辐射的能量、强度、剂量率、剂量、剂量

当量及能量分辨率。

按国际辐射吸收剂量率标准, 放射性工作人员全身受到照射的有效剂量当量每年不得超过 20 mSv(2 rem), 通过该系统从现场探测的实际剂量水平, 可以确定工作人员在现场能停留的时间。

分析软件还提供键盘、报警、打印等外控设备服务, 可显示多层次界面, 视窗明快, 图形丰富, 显示内容包括实时数据曲线, 日、周、月、季、年累积曲线, 被测辐射能谱, 统计报表及历史数据档案等, 为辐射污染环境防护提供可靠的技术数据。

收稿日期: 2005-11-14 修订日期: 2006-08-24

基金项目: 国家“九七三”计划基金资助项目(2004CB719604)

作者简介: 杨全玖(1949-), 男, 河南开封人, 副教授, 大学, 主要从事核辐射探测技术及核电子学方面的研究。

1 监测端的分布

静电加速器主体通道在三层楼高的建筑内,其俯视图标明了监测端围绕静电加速器主体通道的分布位置,见图 1。

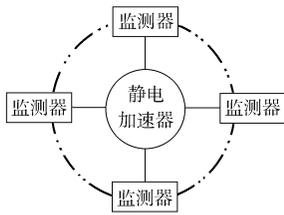


图 1 静电加速器主体通道周围监测端的分布

在离子束打靶大厅中,被加速的离子束经加速管射向靶区,其俯视图标明了监测端的位置分布,见图 2。

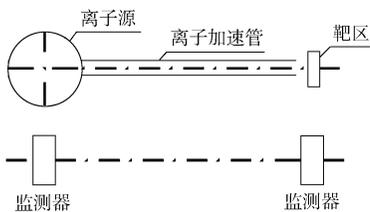


图 2 靶厅监测端分布

2 系统结构与原理

该系统可安装连接 5~15 个探测端。每个探测端是一个用于探测特定粒子的辐射探测传感器,属于一个探测通道,它们相互独立,除探头外,每个通道的工作原理及电子线路都相同。各通道将所有探测数据远程传输给主控计算机室的上位机,上位机对采集的数据实时处理、显示并存储。系统结构与原理见图 3 为用于探测 γ 射线的有 5 个核辐射探测通道时的情况。

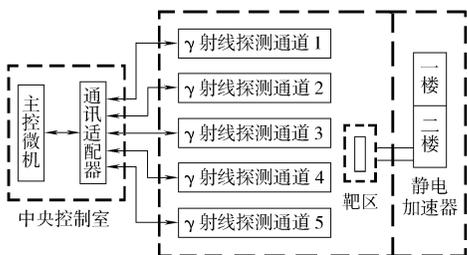


图 3 系统结构与原理

3 探测通道原理

γ 射线的探测通道原理见图 4。探测 γ 辐射用 NaI(Tl) 闪烁体 Φ 40 mm、厚度 40 mm 的探头,和 PMT(光电倍增管)及前置放大器封装一体,主放大器单独封装,两个相互独立的封装可放在强辐射区内,能尽量减少前期探测信号的损耗。经主放大器放大后的输出信号,用同轴电缆引入到采样峰值保持电路,通过鉴幅比较器保持峰值,经调零电路将阈值限外的噪声干扰除去,进入 A/D 转换器后,将数字存入扩展存储器,待上位机查询读取。

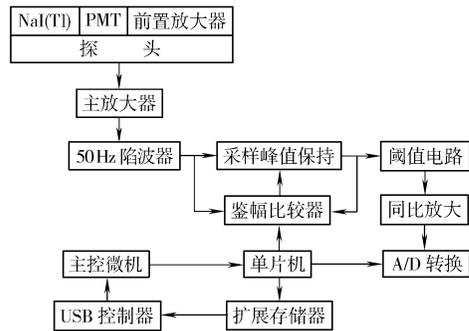


图 4 探测通道原理

4 采样峰值保持电路

代表辐射能量的电压脉冲信号非常窄,宽度在 2.5 μ s 左右,无法进行 A/D 转换,必须将其峰值保持在 5 μ s 以上,方可完成量化。采样峰值保持电路见图 5。主放大器将脉冲信号经同轴电缆送至射极跟随电路 O1,分成两路,一路经 45 Hz~65 Hz 的带阻滤波器进入 O3(LF398)峰值采样保持器,对 100 pF 的电容器充电;另一路将输入信号送至 O6(AD790)电压比较器,与 O3 输出端 A 的电压比较, O3 让电容 C 充电并保持信号峰值。电容 C 是云母电容器,有极高的防泄露电能^[4],因而窄脉冲信号的峰值被展宽保持。A/D 转换器(AD1672)内也有一个 100 pF 的充电电容,使被展宽的峰值量化过程更稳定。O3 中的电容放电清零由与非门控制,控制信号来自单片机的 P3.5。当一个模拟电压被转换成数字信号存入扩展存储器后,单片机对充电电容发出清零指令。O2 是用射极跟随器构成的隔离电路。

O1、O2、O4、O5 所使用的 AD8045 是美国 ADI 公司生产的 1 GHz 带宽电压反馈运算放大器, O6 使用 ADI 公司的高速电压比较器 AD790 其传输

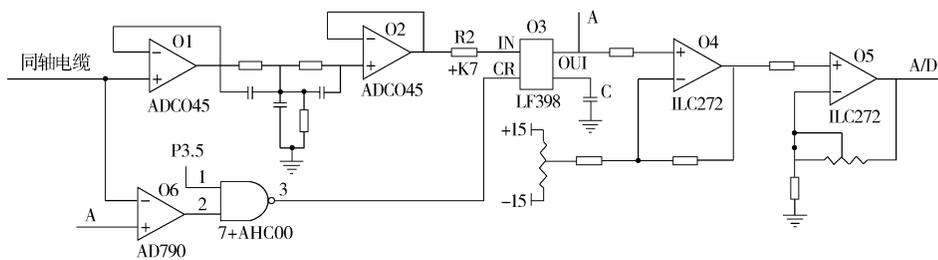


图 5 采样峰值保持电路

延迟时间为 40 ns 特别适用于高速工作条件下要求具有高分辨率的系统。

A/D 转换器采用 ADI 公司的 AD1672 12 位逐次逼近型, 内有三态数据缓冲器、高精度参考电压源、时钟电路和 100 PF 的采样保持电路, 转换速率低于 3 μs。为增大数据存储量, 采用 6264 作数据扩展存储器。

对上位机通信采用 USB 接口方式, 大大缩短了数据传输时间。采集到的数据通过基于 USB 总线控制器 AT43USB380 的 USB 接口电路传输给上位机。

5 上位机可视化编程的界面及图形显示

上位机接收到数据后, 采用 VC++ 编写数据处理程序, 得到现场辐射的剂量率曲线, 见图 6。图中实时数据的统计时间间隔为 5 s (可调整), 上半部分为监测过程中每隔 5 s γ 事件的记数率, 下半部分为监测时间内 (设定为 5 min, 可调整) 得到的剂量率曲线。通过剂量率曲线, 按国际辐射吸收剂量率标准, 可以确定工作人员在现场能停留的时间, 并为辐射污染环境防护提供数据^[5]。

6 结论

该系统由死时间造成的误差为 2%, 最大计数率可达 $20 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$, 是 4M eV 静电加速器不可缺

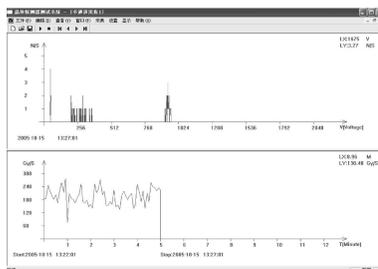


图 6 剂量率曲线

少的重要组成部分, 可以为辐射污染环境防护提供依据, 也能为加速器在动植物育种、放射治疗、核物理材料改性、放射化学等诸多领域的应用提供相关的辐射监测数据。系统实际运行效果良好, 不仅能探测 γ 辐射, 更换探头并稍作参数调整后, 还可将其用于其他大范围场地多种辐射的监测。

【参考文献】

- [1] 奚旦立. 环境监测 (上册) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [2] 凌球. 核电站辐射测量技术 [M]. 北京: 原子能出版社, 2001.
- [3] 李少林. 核医学与放射防护 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2003.
- [4] 杨振江. 智能仪器与数据采集系统中的新器件及应用 [M]. 西安: 西安电子科大出版社, 2001.
- [5] 刘明, 吕魁, 张斌. 田湾核电站原野 γ 辐射剂量率调查 [J]. 环境监测管理与技术, 2003, 15(6): 17-20.

• 简讯 •

江苏调查饮用水源有机毒物

江苏省近日决定在全省范围内组织开展集中式饮用水源地有机毒物监测调查, 调查时间从现在起至 2009 年 5 月结束。调查范围包括全省各省辖市、典型县 (市、区) 及乡镇、工业园区、癌症高发区饮用水源地。

为达到对全省饮用水源地有机毒物现状“说得清”的目的, 江苏省环保厅要求, 各级环保局、监测部门要积极筹措落实资金。江苏省环保厅将安排部分专项资金, 用于监测工作标样采购、采样及实验分析补助费用的支出, 以确保统一标准, 统一试剂, 统一监测方法, 统一数据处理方法, 统一质控和统一综合评价方法。

摘自 www. jshb.gov.cn 2006 年 9 月 28 日