

中子活化分析跑兔装置的建立

李 梅¹, 徐存礼¹, 党宇峰¹, 王小坤¹, 邓朝平²
(1. 中国工程物理研究院 核物理与化学研究所, 四川 绵阳 621900;
2. 中国核动力研究设计院, 四川 成都 610041)

摘要:介绍了某研究堆跑兔辐照装置的原理和结构组成, 对该装置的气动传输系统、自动控制系统的功能及安全性设计进行研究。本装置样品传输速度可达 7.0 m/s, 具有传输稳定、自动化程度高、操作简单、维护方便等特点, 可满足短半衰期核素的中子活化分析要求。
关键词:跑兔装置; 中子活化分析; 气动传输; 自动控制
中图分类号: TL411 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-6931(2011)04-0506-03

Establishment of Rabbit Radiation Facility
for Neutron Activation Analysis

LI Mei¹, XU Cun-li¹, DANG Yu-feng¹, WANG Xiao-kun¹, DENG Chao-ping²
(1. China Academy of Engineering Physics, P. O. Box 919-230, Mianyang 621900, China;
2. Nuclear Power Institute of China, Chengdu 610041, China)

Abstract: The transfer principle and the composition of a rabbit radiation facility for neutron activation analysis in a reactor were introduced. The functions and security designs of the pneumatic transfer system and automatic control system in the irradiation device were studied. By the testing, the transfer speed of the facility is 7.0 m/s. The facility has advantages of steady transmission, simple operation, easy maintenance, etc. The facility satisfies the demand of the neutron activation analysis for short half-life nuclides.
Key words: rabbit radiation facility; neutron activation analysis; pneumatic transfer system; automatic control system

反应堆中子源具有热中子注量率高、对多数元素活化截面大、反应道单纯(多为(n, γ)反应)、中子注量率的空间均匀性和时间恒定性(稳态堆)好等特点, 因此, 反应堆中子活化分析(ReNAA)具有较低的探测极限、较高的选择

性、高精密度和准确度, 一直是活化分析的主流^[1-2]。随着电子技术的快速发展, ReNAA 已趋向全自动化方式, 可自动完成样品的输送、辐照和测量等要求, 减少或避免对人体的辐射, 系统的时间控制精度也相对较高, 从而提高了活

化分析的安全性、准确性^[3]。

本工作在某研究堆上,配套设计3套辐照传输系统,主要功能是在不停堆的情况下完成活化分析样品的出入堆操作,并在各指定位置间快速、定点输送样品。其中,1#系统用于短时间辐照的样品传输,简称跑兔装置;2#和3#系统用于中长时间辐照的样品传输。1#系统功能全面,设计相对复杂,本工作主要研究1#跑兔系统。

1 装置的组成和原理

该套跑兔装置由气动传输系统和控制系统组成。气动传输系统主要由样品盒、进样器、分路器、暂存器、探测器、气源组件、废样品罐、废盒罐、辐照套管、手套箱、管路三通组件及高密度聚乙烯输送管等设备组成。整个传输系统的工艺控制系统由工控微机、控制仪及外围设备组成,控制方式分为微机自动控制和人工手动控制两种,两种控制方式的转换由转换开关完成。

该系统是利用负压传送方式,利用输送管中的气压差作为驱动力,驱使样品盒在管道中运动,根据实验要求,借助相应的换向装置可使样品实现入堆辐照、出堆前冷却、定时辐照、缓冲和样品盒储存等工序。传输管道的转换由驱动器驱动转换电磁阀(DQK 阀)启动相关的正压阀使换向器换位来实现,完成样品在各终端位置间传送。相关负压阀的开启、关闭使样品获得启动、加速和缓冲的动能。系统还设置了多路光电探测控制信号,以保证样品入堆、出堆缓冲操作实时到位,不致因时序设置误差而出现缓冲失控现象。

2 功能简介

跑兔系统一次可装料10只兔盒,通过控制台的控制系统可依次自动实现样品的入堆、缓冲、定时辐照、出堆、冷却、样品接收、样品储存和测量等工艺操作。整套系统设有自检程序,在进样前检查自动控制各部分的功能是否正常。

2.1 气动传输系统流程

跑兔系统流程图如图1所示,样品放入进样器后,将按工控机预先设定的控制程序自动送入堆内辐照管中完成定时照射与途中停留冷却(衰变)等动作;到达预设时间后,自动将样品

直接送入探测管测量;测量完成后,样品排入废源罐;若测量发现样品放射性活度过大,可转换为手动控制,将样品送入已预先设定的暂存器某一位置中冷却,然后再送入探测管测量。此过程可反复执行,直至测量完毕,最后将样品排入废源罐中。若测量过程中发现样品活度过小,需返回堆内重照,则将控制方式转换为重照,并按设定的重照时间,启动重照程序执行。对于照射后需剥离及重新装盒的样品,入堆照射前将控制方式切换到剥离状态,并预先选择好样品将要进入暂存器的位置。启动后样品自动入堆照射,出堆后样品经分路器自动转换进入暂存器。完成人工剥离及重装后,重新启动,样品即进入测量管测量。

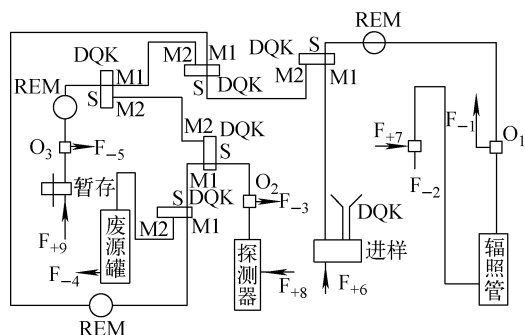


图1 跑兔系统流程图

Fig. 1 Flow chart of rabbit radiation facility

S——转换器,M1为复位态,M2为转换态;

F₋——负压电磁阀;F₊——大气电磁阀;DQK——转换阀;

REM——光电探测器;O——管路三通组件

2.2 自动控制系统

监视与辅助控制系统为1套基于计算机的控制系统,采用组态设计,通过预先设定控制程序及待测样品的主要参数(样品号、元素名称、质量、照射计时、测量计时等),对辐照样品在传输系统中的工序进行控制,动态监视样品行程,对辐照样品过程数据进行处理。

监视与控制软件采用MCGS5.5工控组态软件,运行环境为Windows XP。跑兔系统控制界面以仿真图为背景,包含开始、重照、排源控制按钮,可显示真空罐和储气罐压力状态,进样器、管路、各电磁阀及其状态,分路器及其状态,各光电监测器、辐照管、探测器、暂存器、暂存器暂存工位样品情况、废源罐等;跟踪显示样

品的行程、驻留位置、驻留计时;对上述各设备的异常状态进行中止进程或给出提示。整个操作界面简洁明了,操作方便。

3 相关安全性设计

系统选择采用负压传送方式,输送管内压力低于管外,可有效防止放射性气体外泄,这相对于正压输送方式(对系统和设备的密封性要求很高),降低了设计的复杂程度。

高速飞行的兔盒速度较快,须在堆内辐照管、测量管和暂存器处考虑缓冲安全措施。兔盒在经过接收终端之前设置的光电检测器后,控制系统则给出控制信号,通过相应的气路配合,为兔盒减速,再落入辐照管等接收终端中,以减小兔盒受到的冲击力,消除了兔盒破裂、脱落等的可能性,保障了管路系统的安全。

在样品盒的结构设计和材料选取上,为了保证有可靠的强度和封装安全性,兔盒选用聚氨酯材料,盒体的壁厚留有足够的安全裕量,盒体两端的端盖采用圆角处理,既减小了应力集中又增大了兔盒在弯管处的可通过性。

辐照样品在堆内辐照时,会产生辐照热。为避免样品盒由于受热膨胀导致盒体破裂现象的发生,样品在堆内辐照时,抽气系统一直投入工作,对辐照样品进行冷却,使样品及样品盒的发热保持在 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的安全限值内。

该装置的气管和兔盒输送管有大量接头,接头处密封不好会导致堆内的放射性气体泄漏,造成操作间的辐射水平超标。因此,该套装置的接头采用了较成熟的快插管接头方式,在现场安装时,对所有接头进行密封性检查,以保证管路内放射性气体由接头处的泄漏减小到最低。

4 装置调试与结果

为了检验兔盒的入堆缓冲效果及在其余各接收终端的缓冲效果,检测不同重量兔盒的实际输送速度,以及整个回路运行的稳定性,进行了各工况下的反复模拟运行与调试。调试结果表明,整个系统运行稳定可靠,兔盒在各接受终端缓冲效果良好,传输平均速度可达到 7.0 m/s ,控制系统的响应时间在 15 ms 以内,定时误差 $\leq\pm 0.055\text{ s}$,满足设定的功能需要。

5 结束语

某堆是1座中子注量率高、多用途的研究堆,中子活化分析是其重要应用项目之一。所建的这套跑兔辐照系统具有传输稳定、自动化程度高、操作简单、维护方便等特点,可满足短半衰期核素的活化分析需求。随着该研究堆的正式投入使用,本系统将在中子活化分析领域发挥重要作用。

参考文献:

- [1] 霍斯特 J,德索埃托 D,吉布尔斯 R. 中子活化分析[M]. 北京:原子能出版社,1978.
- [2] 柴之芳. 活化分析基础[M]. 北京:原子能出版社,1980.
- [3] 吴建平,王士林. 基于 P89C669 的反应堆样品照射控制装置设计[J]. 核电子学与探测技术, 2007, 27(6): 1 073-1 076.
WU Jianping, WANG Shilin. Design of control equipment of reactor sample radiation based on P89C669 MCU[J]. Nuclear Electronics & Detection Technology, 2007, 27(6): 1 073-1 076 (in Chinese).