

用缓发中子计数法测铀数据的自动获取和处理

宋全坝

(中国原子能科学研究院, 北京)

关键词 缓发中子, 铀, 数据。

一、引言

用缓发中子计数法测量铀具有很多优点。例如, 灵敏度和精确度高, 制样简单, 不用化学预处理或后处理; 需要的样品量少, 样品非破坏; 无空白误差, 无 γ 平衡问题, 无干扰; 分析速度快, 可迅速给出分析结果; 可大规模自动分析; 分析费便宜等。从1983年底至今已分析了5万多个样品, 在铀资源化探和其它一些领域的应用中已经获得了很好的效果^[1-5]。

我们原用自动定标器记录缓发中子计数, 它在程序控制器和冷却时间定时器的控制下自动清零, 自动开始计数和停止。然而缓发中子计数仍然靠人来抄写, 因此工作人员是相当紧张的。虽然定标器可配接简单和小型的打印机, 实现数据的自动获取, 但是数据仍然要靠人工来处理。直接用S-40和S-85多道分析器也可实现数据的自动获取, 这一方法除了上述缺点外还有一些缺点, 例如, 打印数据的时间长, 浪费打印纸。这是由于每次都要打印一个分析报告头的缘故, 正因为如此过去我们也不采用该法。

随着工作的发展, 有时几天之内要测4~5千个样品, 因此有必要解决缓发中子计数法测铀的数据全自动获取和处理的问题。本文叙述我们用S-85多道分析器和PDP-11/34计算机, 实现全自动数据获取和处理的情况。

二、方法原理

缓发中子计数的自动获取用S-85多道分析器来完成。它可配置8622和8623模数转换器, 8622ADC具有谱峰分析(PHA)和多路定标(MCS)两种功能, 在设置为多路定标的情况下, S-85MCA的每道可存一个样品的缓发中子计数。所有样品测完后, 可用SPECTRAN-F的传谱程序“TR”把数据传送给计算机, 然后再进行处理。这种方式的自动获取有以下缺点: 一是控制道进, 开始和停止测量的技术比较复杂; 二是突然停电、停机或有故障时多道分析器内存贮的数据会丢失, 要补测大量具有相当强放射性的样品, 不仅费时而且还会受到很大的 γ 辐射剂量; 三是多道分析器不能判断是否停堆和测量装置是否有故障, 在出现上述情况时测量不会自动停止。

用PDP-11/34计算机控制的自动 γ 谱仪的研制成功和堆中子短照纯仪器多元素在线自动分析方法的建立^[6], 为缓发中子计数法测铀数据的自动获取和处理开辟了一条更好的途径。用PDP-11/34计算机控制和用S-85多道分析器进行自动获取、自动传送和贮存数据的缓发中子测铀装置的框图如图1所示。

它和堆中子短照纯仪器多元素在线自动分析的主要区别如下: 一是在此探测器是BF₃,

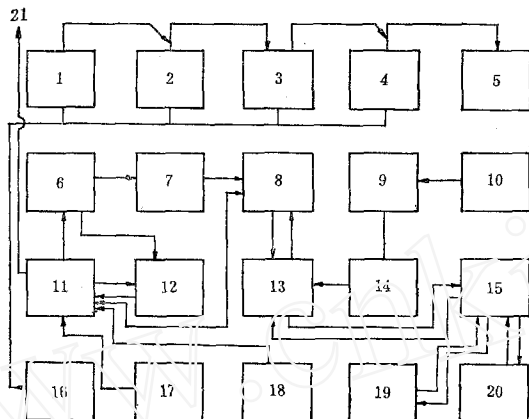


图 1 用 PDP-11/34 计算机控制和用 S-85 多道分析器自动获取和处理数据的缓发中子计数法测铀装置框图

Fig. 1 The sketch figure of the automatic delayed neutron counting device

- 1——自动换样器；2——插在重水堆石墨反射层的辐照管；3——转换器；4——测量终端和 BF₃ 正比管组；5——样品贮存铅室；6——辐照时间定时器；7——冷却时间定时器；8——控制接口；9——前置放大器；10——高压电源；11——控制与显示器；12——程序控制器；13——S-85 多道分析器；14——2020 主放大器；15——PDP-11/34 计算机；16——压缩空气和贮气罐；17——负 12 伏低压电源；18——正 6 伏低压电源；19——VT220 视屏终端；20——LA-120 打印机；21——指示跑兔位置的光电讯号。

正比管组。通过改变跑兔管道的联接，我们可以选用 Ge(Li) 探测器或者 BF₃ 正比管组。二是缓发中子的半衰期很短，而 γ 射线对其无干扰，因此无需延时冷却送样。第三是缓发中子计数法测铀数据的自动获取和传送不能直接应用自动 γ 谱仪的计算机控制程序，因为它传送数据的时间长，占用磁盘的空间太大。第四是 SPECTRAN-F 谱峰分析软件包没有合用的程序可处理缓发中子测铀的数据。鉴于上述后两个原因，我们用 FORTRAN 语言编写了缓发中子计数法测铀数据自动获取和处理程序，经试用证明其效果很好，现已投入常规测量使用。

三、数据自动获取和处理程序

缓发中子计数法测铀数据的自动获取和处理程序由以下几部份组成：数据自动获取、传送和贮存程序；打印、校对和修改缓发中子计数程序；输入和贮存样品重量程序；打印、校对和修改样品重量程序；计算样品铀含量和相对误差程序；打印分析报告程序等。其中最关键的是第一个程序，下面我们将作比较详细的介绍，其它的则简述其功能。

数据自动获取、传送和贮存程序的流程图如图 2 所示。输入参数有：送样单位，样品说明，样品个数，进行分析的批号，分析者，分析日期，测量次数，辐照、冷却和测量时间，化学标准的铀含量，本底计数，贮存缓发中子计数的文件名，样品重量文件名等一些必需的参数和讯息；根据输入的文件号建立一个名为 DN × × × × .DAT 的文件，用来贮存上述的参数和讯息以及缓发中子计数；清 S-85 多道分析器的时间和数据；等待冷却时间定时器的讯号来解挂程序；S-85 多道分析器开始获取；传送数据到计算机内存；求缓发中子总计数；把总计数记入磁盘；在 LA-120 打印机上打印出该样品的样品号和缓发中子计数；判断是否停堆，跑兔是否正常或测量装置是否有故障，如一切正常则测量继续循环

下去。如有问题则自动停止，并打印出故障讯息，提示分析员检查原因；排除故障后又可继续进行自动测量和获取。本程序的主要优点是：传送、处理和贮存数据的速度快，从一个样品测量结束到下一个样品开始获取之间的时间大约只要10s左右；数据占用磁盘的空间小，一个记录一千一百多个样品的缓发中子计数的文件仅占磁盘11块空间；每个样品的缓发中子计数除了记入磁盘外同时在 LA-120打印机上打印出来，既便于分析员了解测量的情况，又可用它核对或修改磁盘里的数据，确保其正确性；遇到临时停堆或测量装置有故障时，测量自动停止；在任何情况下都不会丢失贮存在磁盘上的已获取的数据。

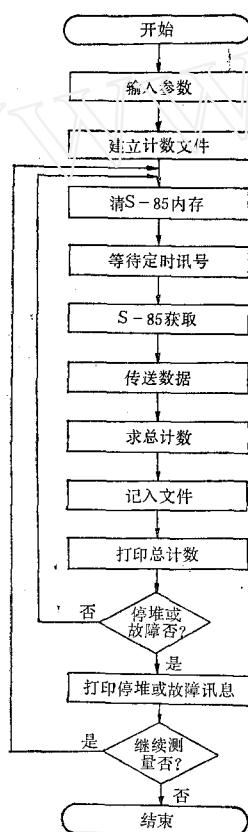


图 2 自动获取、传送和贮存数据程序框图
Fig. 2 The flow chart of the programm for automatical collecting, transferring and storing data

读入计算机内存里。把标准和样品的缓发中子计数分开，分别放在两个数列中，然后按公式(1) 计算样品的铀含量：

$$X = \frac{(C_{\text{样品}} - C_{\text{本底}}) \times Q_{\text{标准}}}{(C_{\text{标准}} - C_{\text{本底}}) \times W_{\text{样品}}} \quad (1)$$

式中 $C_{\text{样品}}$ 是样品的缓发中子计数(个)， $C_{\text{本底}}$ 是空兔子盒和空聚乙烯样品瓶的本底计数(个)， $C_{\text{标准}}$ 是标准的缓发中子计数(个)， $Q_{\text{标准}}$ 是标准中天然铀的重量(μg)， $W_{\text{样品}}$ 是样品的重量(g)， X 的单位为 ppm。

测量结果的相对误差用公式(2) 计算：

打印、校对和修改缓发中子计数程序。其作用是把磁盘里记录的缓发中子计数打印出来，和打印在纸上的结果进行对比，确保数据正确可靠。另外在测量过程中可能会出现这样或那样的问题，例如，停堆或测量装置出现故障，个别数据可能有差错，用本程序可对有错的数据进行修正。用它还可以打印出计数文件头部的讯息，便于了解保存下来的缓发中子计数文件的内容。

输入样品重量程序。在测量样品的同时，可在视屏终端 VT 220 上运行该程序输入样品的重量，然后存在磁盘里名为 $WE \times \times \times .\text{DAT}$ 的文件中，以备数据处理程序使用。

打印、校对和修改样品重量数据程序。在输入几百或上千个样品重量的过程中难免个别或少数重量值会出错，用本程序可打印出或显示出所有样品的重量，然后校对和订正他们。用它还可以打印出保存下来的重量文件的头部讯息，以便查找出所要的文件。

数据处理程序。按程序提示回答缓发中子计数文件和重量文件号后，本程序打开上述两个文件，把缓发中子计数和样品的重量

$$E = \sqrt{\frac{(C_{\text{样品}} + C_{\text{本底}})^2}{(C_{\text{样品}} - C_{\text{本底}})^2} + \frac{(C_{\text{标准}} + C_{\text{本底}})^2}{(C_{\text{标准}} - C_{\text{本底}})^2} + \frac{1}{5000}} \quad (2)$$

式中的符号和公式(1)相同,其中1/5000是考虑到化学标准的相对误差约为1%,堆中子通量密度涨落的相对误差约为1%而引入的修正项。样品称重的相对误差一般小于0.2~0.3%,故可忽略不计。本程序还把缓发中子计数,样品重量,样品的铀含量以及相对误差等一起贮存在一个名为RE××××.DAT的结果文件中,以便长期保存。一千一百多个样品的结果文件,仅占磁盘空间44块左右。

打印分析报告程序。首先打印测量开始前输入的一些重要讯息,然后打印分析结果。在此有两种格式可供选择:一是全数据分析报告,包括序号,样品号,缓发中子计数,样品重量,铀含量和相对误差;另一种是部份结果报告,每行打印二个样品的结果,包括序号,样品号、铀含量和相对误差,这样可节省一半的打印纸。

实现数据全自动获取和处理后,用缓发中子计数法测铀分析大量样品的工作不再是一种单调,紧张,劳累而又乏味的工作了,分析员只需定期添加样品,照看测量装置是否工作正常就可以了。全部样品测量完后在十几至二十几分钟之内就可以处理完全部数据并打印好分析结果报告,因此大大地加快了分析速度,节省了人力和时间。另外由于全自动获取和处理,还可以减少和避免在抄写计数,处理数据以及抄写分析报告的过程中由于粗心等原因而引入的错误。实现全自动数据获取和处理后,对测量装置的可靠性要求更高,目前我们全自动缓发中子测铀装置的失误率大约为千分之三左右。

参 考 文 献

- [1] 宋全坝,核技术,1,21(1985)。
- [2] 宋全坝,原子能科学技术,20(1),33(1986)。
- [3] 宋全坝等,核技术,9,42(1987)。
- [4] 宋全坝,核技术,10,35(1987)。
- [5] 宋全坝等,原子能科学技术,20(4),485(1986)。
- [6] 宋全坝,堆中子短照纯仪器多元素在线自动分析,原子能科学技术,待发表。

(编辑部收到日期:1988年8月11日)

THE AUTOMATIC COLLECTION AND TREATMENT OF DATA FOR DNC

SONG QUANXUN

(China Institute of Atomic Energy, P. O. Box 275, Beijing)

The automatic data collection and treatment for DNC with S-85 MCA and PDP-11/34 computer is described.

The principle and function of the soft-ware package are introduced in detail.

Key words Delayed neutron, Uranium, Data.