

尿铀的缓发中子分析法

Ide HM等 Health Phys 37(3): 405~408, 1979 (英文)

一、引言

缓发中子计数法是测定水样中铀浓度的一种方法。缓发中子是铀在反应堆中受热中子辐照后裂变产生的。在热中子作用下,唯有裂变能产生放射性同位素,它们具有足够高的激发能,因而发射中子。用于铀的分析测定,由热中子辐射产生的缓发中子计数技术已经使用多年。由于热中子能使 ^{235}U 、 ^{235}U 和 ^{239}Pu 发生裂变,即可使用缓发中子的测量程序。

在裂变过程产生的缓发中子发射体经 β 衰变后,成为可释放多种能量中子的子核,它们在去激过程中或者发生 γ 衰变或者发射几百千伏的中子。中子辐射的缓发性完全取决于这种活性中子发射体的母体的半衰期。实验表明,缓发中子分为六个主要的组,每个组都有一个特定的半衰期。在美国洛斯阿拉莫斯科学实验所西奥米伽反应堆所作的测量中,发现照射后初期水样中存在有引起本底活性的中子发射体,即 ^{17}N ($T_{1/2}=2.45$ 秒),这是由于在辐照部位的热中子通量中混有一些快中子,它们导致了 $^{17}\text{O}(\text{n}, \text{p})^{17}\text{N}$ 反应的结果。因此,计数要推迟30秒开始。那时 ^{17}N 的活性基本消失,那些半衰期较长(20秒和50秒)的裂变缓发中子组依然存在。

用于测定水样中铀浓度的这种方法已用于尿样分析。这些样品的常规分析是洛斯阿拉莫斯整个保健和安全计划的一个部分,其结果用来估算工作人员接触有毒物质的程度。

缓发中子计数法也能应用于测量尿样中的 ^{239}Pu ,但常规应用受到探测极限(300皮居里/1000立方厘米)的限制,当遇到钚含量超过探测极限的大量样品时,该方法的优点是快速。

二、方法

洛斯阿拉莫斯科学实验所提供了用于现行测量的一套装置。水样封装在25毫升的高纯度的聚乙烯瓶中,由一个自动化的气动转移系统将它送进反应堆照射60秒。辐照场内的热中子通量为 1.2×10^{13} 中子数/平方厘米·秒。然后把样品送至中子计数器内,该仪器对于缓发中子的测量效率为40%,等待衰变30秒钟后计数55秒。对于每个样品都要记录总的缓发中子数

和相对中子辐照通量。系统的更低的探测极限受到总的中子本底(平均为40计数/分)的限制。

三、分析方法的比较

往一系列尿样中加入已知量的正常铀($0.72\%^{235}\text{U}$)后,分别用缓发中子计数法和荧光法作了分析,结果表明,已知浓度和两种方法分析结果之间比值的平均值均为1,两个分析装置的校正系数也都是1.0。

往一系列尿样中加入已知量的浓缩铀($93.6\%^{235}\text{U}$)后,分别用缓发中子测量和湿法化学分离 α 活性测量分析,样品分析结果的校正系数也是1.0。

上述实验表明,缓发中子计数分析法能可靠地测定尿样的铀浓度。

四、常规样品分析经验

用缓发中子计数法已分析了几千个常规样品。用荧光法和缓发中子计数法各分析正常铀的质量检查样品十个时,荧光法的回收百分率均值为101、标准差为13,缓发中子计数法的回收百分率均值为100、标准差为5;用辐射测量和缓发中子计数法各分析浓缩铀的质量检查样品十个时,辐射测量法的回收百分率均值为96、标准差为28,缓发中子计数法的回收百分率均值为102、标准差为3。上述结果表明,缓发中子计数法比之荧光法或 α 测量法有更高的精度。

用缓发中子法在常规基础上分析尿样的经验表明,有99%以上的样品给出的计数大于本底计数的上限,与湿法化学分析相比,给出了精度更高的可靠铀浓度。

五、结论

用缓发中子计数法分析尿样中的铀含量是一种快速、简便、精密度高的方法。它的精密度高于湿法化学分析法的部分原因是它的分析程序简单。为了对本底和堆功率水平进行校正,每一组样品都要作标准和空白刻度实验。

中子探测器不能区分裂变同位素,在某些情况下限制了该技术的应用。在 $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ 的比率不明的情况下,需要筛分大量含量高的样品时,则该技术具有无法估量的价值。

(朱南康 符荣初节译 章仲侯校)