

多道能谱分析仪及其应用

王长生 魏建云

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002)

关键词 多道能谱分析仪、核分析仪、微量分析

多道能谱是一种射线测量仪器,可以测量各种射线,主要用于微量分析。人工生成的放射性核素分析,即“活化分析”,其特点是操作简便,灵敏度高(可测到 10^{-9})。需要量少(数毫克—数十毫克),非破坏性,与化学组份无关,多元素分析等。因而,不仅适于一般样品的分析,且对于那些高纯材料、珍贵样品、稀少样品、稀土元素等的鉴定与微量分析,非常有效。活化分析在环境监测、环境地球化学、地球化学、医学、生物学等领域里已得到日益广泛的应用。

1 多道能谱分析仪。

能谱仪已由单道发展成了多道,尤其是与计算机联用后,在灵敏度、精度、速度、功能等方面都有了很大提高。国外活化分析工作已很普遍。在我国,自70年代起开始此项工作,至今几乎各省区都建立了相应的实验室。我所1979年由美国引进了一台4096道能谱仪,而今又从美国引进了一台S-100 16384道能谱分析仪。

S-100 16384道能谱系统是90年代的代表产品,其特点是:(1)配有三种不同用途的 γ 探测器和两种不同用途的 α 探测器,五种探测器可同时工作;(2)可做天然本底及浓度非常低的放射性核素,如 ^7Be , ^{137}Cs 等,探测限为 $n \times 10^{-13}\text{Ci}$;(3)可做岩矿、土壤、动植物、飘尘等样品的元素分析,每个样品可提供30~50个元素数据;(4)可分析9~10个稀土元素(远离堆照射情况下);(5)系统工作,从谱数据的收集、存贮、效率刻度、峰形修正、能量刻度、寻峰、面积计算、误差计算、报告打印、绘图等全部程序化,一次可处理近百个峰。

多道谱仪主要由探测器、高压电源、前置放大器、线性放大器、模数转换器、存储器等部份组成。其中最关键的部份是探测器,其分辨率值越小越好,效率值越大越好。一台谱仪只要配备 α 、 β 、 γ 、 n 、 X 等射线探测器,就可承担相应射线核素的测量工作。

2 测量原理

γ 探测器的工作原理:射线作用于探测器时,在探测器中产生了电子、空穴对,它们在高压作用下形成了脉冲电压。射线能量与脉冲电压成正比。脉冲电压经线性放大器、模数转换器转换成相应的数字量,送入存储器中相应的道址储存;每当产生一个相同幅度的脉冲,就在相应的道址中加1。如以能量为横坐标,道址中的计数为纵坐标作图,就可得到 γ 射线全谱,据此可对各种放射线核素进行定量。

3 分析原理

目前,活化分析一般是用(n, γ)反应,用堆中子照射的办法,使样品中各元素生成相应不稳

定的、处于高激发态的核素,在退激过程中可产生具有不同能量的 γ 射线。如: ^{139}La 经堆中子照射后,产生 $^{139}\text{La}(n,\gamma)^{140}\text{La}$ 反应。不稳定的 ^{140}La 在退激过程中放出328,8,487,1,1596.4keV的 γ 射线。如果样品中有许多元素,经堆中子照射后,就可得到 γ 射线全谱,用多道谱仪测量各种核素的谱,找到能代表相应核素的 γ 峰,与标准中相应核素的 γ 峰比较,就可确定各核素和元素的量。

4 应 用

4.1 环境方面

(1) ^{137}Cs 是一种核爆炸产物, ^7Be 是一种宇宙成因核素,前者能放出661.64keV的 γ 射线,后者能放出441keV的 γ 射线,利用它们可研究湖泊沉积物界面的地球化学行为、元素迁移、水土流失、沉积物的计年特征等。但由于 ^{137}Cs 、 ^7Be 的浓度极低(约为 $n \times 10^{-13}\text{Ci}$),目前各法均难以胜任,只有多道能谱能解决。

(2)大气悬浮颗粒中的微量元素分析:此项工作要求:①悬浮颗粒在大气中的丰度很小,其量少、元素含量低,一般为 $10^3 \sim 10^{-3}\text{ng}/\text{m}^3$,要求分析灵敏度高;②悬浮颗粒中含有多种元素,它们之间有一定的相关性,因而要求进行多元素分析;③悬浮颗粒中含有很多经高温燃烧的碳质残渣,很难溶解,要求非破坏性分析。常用的分析方法,往往难以满足这些要求。而活化分析却能满足这些要求,目前已成为大气污染分析的主要手段之一。该法可测颗粒中As、Ba、Br、Ca、Cd、Co、Cr、Cs、Fe等35种元素。

4.2 地学方面 国内外学者广泛应用稀土元素作为地球化学指示剂,研究成岩成矿作用、地壳、地幔和天体的演化。其中发展最快的是使用稀土元素对岩浆热动力学、岩浆成因和演化的研究。在沉积学方面,主要研究不同风化条件下稀土元素的性状和行为,并利用稀土元素研究碎屑沉积物中的物质来源、沉积环境及地层对比等问题。中子活化分析通过测定样品中的稀土元素来解决上述问题。

4.3 空间科学方面 宇宙物质包括陨石、宇宙尘等,是一些珍贵而又稀少的样品,其它分析方法不能满足它的分析要求:灵敏、准确、可靠。中子活化分析球粒陨石中微量元素的结果表明,陨石中大多数元素的丰度与宇宙丰度是一致的,不同类型的陨石之间只有很小的变化。

此外,中子活化分析还可测定人血中的Mn、Cu、Zn、Na、K;人发中的Br、Ca、Cu、Mg、Mn、Na、V;动物脏器中的稀土元素;土壤和粮食中的As、Cr、Zn、Hg等。

活化分析除上面介绍的 (n,γ) 反应外,还有 (n,α) 、 (n,p) 、 $(n,2n)$ 、 (b,n) 、 (α,n) 等反应方式。用这些方式的反应,可以承担一些特殊元素、特殊样品的分析。