

国际交流

我院活化分析研究 在国际合作中取得新进展

柴 之 芳

(高能物理研究所)

我院近年来通过国际合作,促进了活化分析方法学及其应用的迅速发展,开创了一些新的研究领域,取得了一批优秀科研成果。在 1990 年 10 月 15—19 日于北京召开的“国际活化分析及应用会议”上,我院高能物理研究所、上海原子核研究所、兰州近代物理研究所等单位的科研人员提交了 19 篇学术论文,其中不少是我院科研人员开展广泛、有效而且深入的国际合作的结晶,获得了与会专家的高度评价。

活化分析是一种核分析方法,其基础是核反应。该法是用一定能量和流强的中子(包括热中子、共振中子和快中子)、带电粒子(包括质子、氘子、氦-3、氦-4 以及重离子等)或者高能 γ 光子轰击供测试样,用射线探测器测定由核反应生成的放射性核素衰变时放出的缓发辐射或者直接测定核反应中放出的瞬发辐射,从而实现元素的定性和定量分析。由于这种方法具有灵敏度高、准确度和精密度好、不破坏性、能测定多种元素、基体效应小等优点,因此在常量、微量、微量乃至超微量元素及核素分析中起着独特的作用。在国际上通常被用作仲裁手段,广泛地用于工业、农业、生命科学、地球科学、环境科学、材料科学、考古学、法学和国防科学等领域。

早在 50 年代末期,我院科研人员就在国内开展了中子活化分析和带电粒子活化分析。80 年代以来,在改革、开放方针的指引下,积极开展并加强国际合作,采用派出去、请进来、主办国际会议等方式,大大促进了活化分析的发展,取得了一批研究成果,其中有些已达到国际先进水平。

“铂族元素丰度特征的研究”这一重要成果是高能物理所核技术应用部化学室与国内外许多学者合作、经过 8 年努力工作而取得的。1980 年,美国贝克莱实验室诺贝尔奖获得者 Alvarez 博士领导的研究小组首先用中子活化法,发现在距今 6500 万年的白垩系—第三系界线粘土层中铂族元素铱的丰度异常高,比背景值高约十倍或更多。由于已知地壳中铱的丰度一般只有几百亿分之一克或更低,而地外物质(如陨石、宇宙尘、彗星等)中的铱含量要比其高出数千至数万倍,因此很自然地推测白垩系末的异常铱可能来自地外物质。根据中子活化分析的结果,该小组提出了地外物质撞击模型以解释地球历史上曾统治中生代的恐龙王国的突然灭绝。科研人员敏锐地觉察到这是一个具有重大科学意义的研究课题,从 1982 年起开展国际合作,从事这一课题的系统研究。他们首先建立了测定铱的仪器中子活化分析法和放射化学中子活化法,利用一种新型的长链伯胺 N_{1923} 萃取剂,可有效地络合铱等铂族元素,并深入研究了铱的水溶液状态,使铱的分析灵敏度达到 10^{-12} 克/克,80 年代中期已达到国际先进水平。

1986 年,高能物理所的科研人员应邀到美国著名的洛斯阿拉莫斯国立实验室从事铂族元素丰度特征的合作研究,在一年多的时间里,高质量地完成了前寒武系—寒武系、震旦系内部、

奥陶系—志留系、泥盆系—石炭系、石炭系—二叠系、二叠系—三叠系、弗拉斯阶—法门阶、白垩系—第三系等数十条地质剖面、近 500 个样品的铂族元素丰度分析,测定了一万余个数据,在国际上首次发现了泥盆系—石炭系等重要界线的铂族元素丰度异常,并验证了其它一些界线的铀异常。这项工作获得了美国科学家的高度评价。该实验室的 Orth 博士在写给高能物理的信中指出:“合作使我们双方均获益更多。在与中国学者的合作中,我学到了不少知识”。

1984 年,美国华盛顿大学的 Zoller 小组发现位于夏威夷的基拉韦厄火山灰中也有高丰度的铀,从而对地外物质撞击说提出了挑战。为了探讨铀异常的成因,高能物理所的科研人员在外国科学家的帮助下,创造性地发展了一个铀的物相分析流程。美国马里兰大学的 Gordon 教授、贝克莱实验室的 Asaro 博士等先后寄来珍贵的实验标本。经采用化学逐步溶解法将地质样品分解成碳酸盐、金属、硫化物、氧化物、硅酸盐及残余相 6 个部分,然后用中子活化法测定这些组分中铀的丰度。化学物相分析的结果表明界线样品与地外物质(碳质球粒陨石)相似,证实了界线的异常铀主要不是来自火山喷发作用,而是来自地外物质,从而有力地支持了白垩系末期的地外物质撞击模型。同时他们还发现了不少具有指示作用的微球粒。在实验基础上,提出了撞击—火山喷发—地球化学富集的混合模型。在刚刚结束的国际活化分析及应用会议上,这项成果得到了一些外国学者的赞赏。一位美国学者说:“中国人首次研究了铀异常的分布特征,做了其它实验室想做还未做的事。”另一位外国学者说:“我为中国人而感到骄傲”。

关于“人发与体内器官的元素分布特征研究”是上海原子核所承担国际原子能机构委托的一项合作项目。微量元素具有重要的生物效应,尤其是一些必需营养元素和有毒元素。它们或者参与蛋白质或酶的合成,或者具有增强或抑制酶活性的功能。了解人体内微量元素的分布、蓄积和新陈代谢过程,是当前国际上科学研究的热点之一。与体内器官相比,人发具有易于取样这一重要优点,但是由此引起的问题是人发是否具有代表性,即人发中的微量元素含量和变化能否真实地反映人体内脏器官(例如肾、肝、肺等)中微量元素的含量和变化。为了研究两者的相关性,上海原子核所的科研人员首先制备了一种均匀度良好且定值可靠的人发标准参考物,有效地保证了人发中微量元素分析的可靠性。他们用中子活化法、质子激发 X 荧光法等核分析方法以及其它方法,确定了人发标准参考物质中的十余种微量元素,现已列入国际原子能机构(IAEA)出版的标准参考物质手册中,并为国内外科研机构所引用。继而,他们用精心发展的放射化学中子活化分析法和仪器中子活化分析法,测定了 24 例年龄从 35—60 岁的尸检样品中的肝、肾、肺、脑和毛发中的 As、Hg、Cd、Cr、Zn、Cu、Se、Na、Cl、Mn、Mg、S、Br、Rb、Fe 和 Co 等元素的含量,对器官和发样中元素丰度的相关性做了较系统的实验。

最近,该所将研究重点转移到在细胞水平上研究微量元素的分布。他们与澳大利亚的科学家合作,建立了微分析装置,探针束流斑点的直径可达 2 微米。同时,利用该装置双方共同研究了胃癌细胞与正常细胞的元素谱,结果提示胃癌细胞中铁含量明显低于正常细胞。这一发现为理解胃腺细胞的癌变提供了有价值的信息。

此外,我院科学家还在活化分析专家系统、西太平洋海气交换作用、硒的生物效应、环境体系中的汞和甲基汞、缺铁性贫血机制、宇宙尘的研究等许多方面开展了国际合作研究,已经或正在取得一批有价值的成果。近 5 年来,仅高能物理所就获得中国科学院和部委级的重大科技成果奖 5 项,出版专著 2 本,在国内外重要学术刊物上发表论文 150 余篇,在国际学术会议上应邀作特邀报告 4 次。这些成果的取得,是与国际间的合作分不开的。