

- [4] Underwood E. J., *Trace Element in Human and Animal Nutrition*, p. 302—346, Academic Press, New York, San Francisco, London, (1977).
- [5] Irene Rosenfeld and Orville A. Beath, *Selenium*, p. 233—247, Academic Press, New York

and London, (1964).

- [6] *Chemica Scripta*, The Second International Symposium on Organic Selenium and Tellurium Chemistry, p. 96—107, Published by the Royal Swedish Academy of Sciences, (1975).
- [7] 李崇正, 中华医学, 59(5), 169, (1979).

上海市人发中多元素同位素源激发 X 射线分析

陈志祥 汪学朋 徐耀良 夏蕊娟 史紫璇 吴建平*

(中国科学院上海原子核研究所)

(上海第六人民医院)

人的头发是一种排泄金属废物的器官,它取样方便,对人体没有损伤,容易保存和传递,元素浓度高,便于分析。七十年代以来被看成为一种理想的“活体检查材料”和环境污染指示器。国际原子能机构还在 1976 年提出了利用核技术对世界各国居民头发中微量元素含量进行普查的建议,以期建立头发中微量元素含量的基线水平,作为环境调查的参考资料。现在国际原子能机构的赖阿伯欣(Y. S. Ryabukhin)正在从 20 多个国家的实验室收集 40 多个元素的分析数据,努力建立各国居民头发中微量元素浓度的数据库。

本文应用放射性同位素源激发能量色散 X 射线分析技术测定了上海居民头发中 10 个元素的浓度。

一、方法和设备

我们采用内标法进行定量分析^[1]。定量分析公式如下:

$$m_x = \frac{N_x \cdot m_y}{N_y \cdot \eta_{xy}} \quad (1)$$

式中 N_x 、 N_y 分别是待测元素 x 和内标元素 y 特征 X 射线强度。 η_{xy} 为元素 x 相对于内标 y 的相对灵敏度因子, m_y 为加入的内标量, m_x 为待测元素的浓度。其中 N_x 、 N_y 是对特征 X 射线全峰面积进行积分,然后扣除

峰下梯形本底而求得。

所用谱仪包括:100 毫居 ^{238}Pu 环状源,不锈钢屏蔽体,硅(锂)探测器和配套的高压电源,脉冲放大器,谱线展宽器以及核数据处理系统。硅(锂)探测器面积为 30 平方毫米,灵敏层厚度 3 毫米,铍窗厚 25 微米,对能量为 5.9 千电子伏的 X 射线的分辨率(FWHM)为 175 电子伏。

二、仪器标定

由实验测得,样品平面与放射源距离为 9 毫米时可以得到最佳激发效率,且样品平

表 1 S_x 、 η_{xy} 和 DL 测定值

元 素	$S_x \left(\frac{\text{CPM}}{\mu\text{g}} \right)$	η_{xy}	DL(μg) (30min.)
Y K_α	23.6		
Sr K_α	23.5	0.989	0.07
Pb L_α	13.7	0.602	0.08
Zn K_α	19.2	0.835	0.07
Cu K_α	16.9	0.725	0.07
Ni K_α	14.6	0.615	0.09
Fe K_α	8.88	0.391	0.13
Mn K_α	6.93	0.300	0.16
Cr K_α	4.98	0.208	0.22
Ti K_α	1.54	0.068	0.70
Ca $K_{\alpha+\beta}$	1.11	0.048	1.34

* 高忠成、陈红妹、邱雪菲参加了样品处理工作,于薇参加了样品制靶工作。

面上直径 12 毫米内具有接近均匀的激发效率。在此几何条件下利用预先配制的标准样品测得的各元素灵敏度因子 S_x , 相对灵敏度因子 η_{xy} 和探测限 DL 列于表 1 中。

我们对一批均匀混合发样与原子吸收光谱进行了核对分析, 结果对铜、锌和铅等元素在误差范围之内一致^[2]。还对一批实际发样用不同强度的激发源, 不同型号的探测器和不同的标准样品进行了核对分析, 结果重复, 表明方法可靠。

三、样品分析

1. 样品收集和处理

选择健康的非职业金属接触者的头发作为分析样品, 年龄在 20 岁以上, 男女各 120 名。一次理发剪下的短发用于分析。

我们通过实验筛选, 采用含 5% 的海鸥洗剂溶液来清洗头发^[2]。发样在溶液中浸泡 1 小时, 并不断搅动, 最后用重蒸水冲洗干净, 干燥后备用。

2. 制样和测量

精确称取 1.00 克发样置于瓷坩埚中, 于 600℃ 温度条件下在马福炉中灰化, 然后将

灰分用含 200 微克镭的 6N 硝酸溶解, 并移至 6 微米厚的涤纶膜上制靶, 在约 10^{-2} mmHg 柱真空下脱水, 干燥后直接用于测量。由实验测定, 铅、锌、铜、铁和锰的回收率均在 95% 以上^[2]。

得到的 X 射线能谱由电子计算机在线处理, 按方程 (1) 直接计算出各待测元素浓度。典型的 ^{238}Pu 源激发的头发样品的 X 射线能谱表示于图 1 中。

3. 结果

上海居民男女各 120 人发样 10 个元素的含量范围、算术均值、几何均值、中值以及男女二组之间含量差异的显著性检验结果列于表 2 中。其中女性的镉、锌、铜、镍、铁、锰和钙显著高于男性, 而铅和铬则相反。

对被测样品按五个区进行统计处理, 由方差分析得到各区之间女性的发镍和锰有极显著差异, 进一步配对检验表明虹口区女子发镍和锰显著高于静安、南市、普陀和徐汇等区。其他元素无显著差异。

将被测样品按年龄分组统计, 每隔 10 岁为一组, 共分四组, 统计检验表明, 锰和镉随年龄增加而下降。其他元素无显著差异。

四、结 语

放射性同位素源激发能量色散 X 射线分析可以测定人发中 10 个以上元素, 可分析中子活化分析灵敏度较差的铅、镉、镍等元素, 在环境监测、生物医学研究领域中有较广泛的应用。

上海市居民头发中锰含量较高, 是否表明上海地区环境中锰偏高应引起重视, 作进一步调查研究。

参 考 文 献

- [1] 陈志祥、汪学朋等, 劳动卫生与环境医学, 5, 36 (1980)。
- [2] 汪学朋、陈志祥, 同上 3, 27 (1980)。

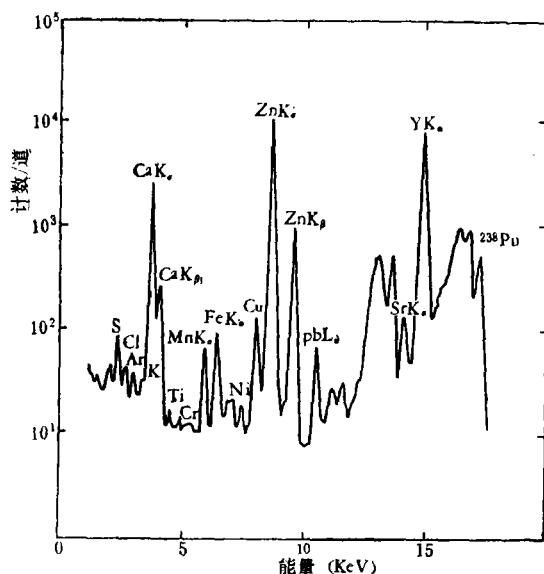


图 1 ^{238}Pu 激发头发样品的 X 射线能谱图。

表 2 上海市成人头发中 10 个元素浓度的分析结果(单位, ppm)

元素	性别	样本数	范围	算术均值±标准差	几何均值 $\times$ 标准差	中值	几何均值 t 检验		算术均值 t 检验	
							t	p	t	p
Sr	男	120	<0.3—14.5	4.94±2.85	3.96 $\times$ 2.16	4.56	11.43	<0.001	12.96	<0.001
	女	120	2.40—29.0	11.5±4.77	10.4 $\times$ 1.62	11.75				
Pb	男	115 ^a	0.81—32.0	6.11±5.72	4.59 $\times$ 2.04	4.12	3.204	<0.01	2.969	<0.01
	女	113 ^b	0.90—19.6	4.27±3.22	3.44 $\times$ 1.91	3.42				
Zn	男	120	93.4—289	163±32	160 $\times$ 1.23	167	5.617	<0.001	3.977	<0.001
	女	120	112—357	181±38	178 $\times$ 1.21	177				
Cu	男	119 ^c	5.37—25.2	8.71±2.16	8.52 $\times$ 1.22	8.34	2.822	<0.01	2.452	<0.02
	女	119 ^d	5.59—38.0	9.68±3.70	9.26 $\times$ 1.31	9.02				
Ni	男	120	<0.4—3.38	0.64±0.44	0.53 $\times$ 1.85	0.56	5.750	<0.001	6.560	<0.001
	女	119 ^e	<0.4—7.94	1.53±1.41	1.13 $\times$ 2.16	1.12				
Fe	男	120	5.27—29.8	10.4±3.67	9.85 $\times$ 1.37	9.84	4.176	<0.001	4.035	<0.001
	女	120	5.01—56.4	13.4±7.47	11.9 $\times$ 1.53	11.7				
Mn	男	120	0.40—8.19	3.41±1.74	2.92 $\times$ 1.84	3.05	12.05	<0.001	11.88	<0.001
	女	120	1.06—21.1	8.14±4.0	7.14 $\times$ 1.72	7.54				
Cr	男	120	<0.5—6.55	0.71±0.76	0.49 $\times$ 2.30	0.59	2.693	<0.01	2.490	<0.02
	女	120	<0.5—1.89	0.51±0.44	0.37 $\times$ 2.17	<0.5				
Ti	男	120	<0.8—10.7	2.94±2.13	2.11 $\times$ 2.46	2.45	0.69	>0.05	2.527	<0.02
	女	120	<0.8—9.72	3.01±2.45	1.93 $\times$ 2.87	2.50				
Ca	男	120	359—8821	1590±965	1424 $\times$ 1.56	1445	5.715	<0.001	6.454	<0.001
	女	120	681—7863	2073±762	1973 $\times$ 1.36	1979				

a. 例外值为 50.3, 70.3, 144, 172, 548, b. 例外值为 46.2, 66.4, 123, 159, 183, 577, 1625, c. 例外值 87.8 d. 例外值 58.4, e. 例外值 44.

燃煤电厂烟道放出的放射性物质初步探讨

焉文祉 任礼华 吴锦海

裴永法 王雅珍 周天豹

(上海市工业卫生研究所)

能源是发展国民经济和保证人民生活需要的物质基础。其消耗与城市环境污染及环

境保护的关系很重要。世界上许多人反对核能源核电站,认为核电站将给人们带来不幸,