

表 1 大气飘尘中多环芳烃定量测定结果

含量 m μ g/m ³ 名称	样品号 S-01	S-02	S-03	S-04	S-05	S-06	S-07	S-08
菲	5.06	0.87	14.91	1.72	10.74	2.68	8.24	1.76
蒽	0.78	0.29	2.70	0.70	0.47	0.50	1.85	0.66
萤蒽	17.32	2.96	57.21	5.92	49.00	5.84	36.62	5.53
苊	16.46	2.65	58.27	5.41	49.08	5.33	35.97	3.91
苯并(b)苊	6.10	1.11	32.6	2.69	24.55	2.57	25.89	2.24
苯并(a)蒽	15.13	1.80	89.62	3.72	53.01	3.74	41.67	8.59
蒽	19.36	2.26	52.81	4.28	46.44	4.39	38.41	11.66
苯并(b)萤蒽	48.62	9.08	140.41	22.41	109.28	21.40	87.31	49.20
苯并(i/k)萤蒽	8.92	1.84	34.33	4.40	29.85	2.96	23.45	4.55
苯并(e)苊	23.06	4.24	81.01	12.04	63.52	10.84	46.02	25.70
苯并(a)苊	21.39	3.80	55.44	9.84	45.80	8.49	39.07	15.91
苊	3.01	0.91	7.04	1.80	7.10	1.64	5.86	2.99
苊并(1,2,3-cd)苊	16.62	4.77	49.53	10.03	37.72	9.98	32.76	15.63
二苯并(a,h)蒽	1.44	0.36	4.84	0.87	2.62	1.05	1.40	2.61
苯并(ghi)苊	23.13	4.40	56.91	13.04	48.86	12.23	37.86	19.95
晕苯	8.49	0.37	15.56	4.77	14.76	4.89	12.76	—

不超过 $\pm 10\%$,该法对 16 种多环芳烃的最低检测浓度为 0.3—0.5 微克/毫升。

六、结论

本文介绍了一种大气飘尘中多环芳烃的气相色谱测定方法,本法回收率高,重复性好,变异系数一般不超过 10%,最低检测浓度为

0.3—0.5 微克/毫升,可分析 16 种多环芳烃的含量,并可分离三对难分离异构体物质对。

参 考 文 献

- [1] 程元恺,致癌性多环芳烃,人民卫生出版社,1980年。
- [2] Bartle, K. D. et al., *Chem. Soc. Rev.* 10(1), 113 (1981).

PIXE 法分析拉萨地区大气飘尘中元素成分

复旦大学加速器实验室*

西藏自治区卫生防疫站

分析大气飘尘中的元素组成及其浓度是环境监测的重要方面,可为大气化学、环境污染等研究提供有价值的数[1-2]。飘尘分析的特点是取样少而样品数量多,样品中元素种类多而某些元素含量低,因而需要一种灵敏、快速、取样量少的分析方法。近十年来迅速发展的质子 X 荧光分析法(简称 PIXE 法)

就具有这些特点[3]。它一次可分析样品中所含 $Z \geq 13$ 的全部元素,检测限为 0.1—

* 参加本工作的有复旦大学毛孝田(现在浙江省卫生防疫站)、车建美、冯忠秋、姚惠英、曾宪周、汤国魂、任炽刚、陈建新和西藏自治区卫生防疫站的忻旭峰等同志。本工作得到复旦大学物理二系加速器组、计算机组的帮助,并得到杨福家、顾元壮、江研因同志的指导,在此一并致谢。

1ppm, 所需样品量为毫克甚至微克级, 分析一个样品仅需几分钟, 而且可做到无损分析。本文介绍用复旦大学加速器实验室的 PIXE 实验装置^[4] 分析拉萨市区和郊区 21 个飘尘样品的元素组成, 结果见表 1。采样用抽滤空气的方法, 将样品收集在直径 20 毫米的混合纤维素薄膜上, 厚度小于 300 微克/厘米。采样日期为 1981 年 1 月 15—2 月 24 日。

1. 原理和装置

质子 X 荧光分析的原理 用加速器产生的高速质子, 轰击待分析的样品, 使样品中原子内壳层电离而产生空穴, 当外壳层中的电子填补空位时, 会以一定的几率发射特征 X 射线, 测定样品产生的 X 射线能谱, 由谱中特征 X 射线的能量和强度, 可确定样品中的元素成分。图 1 为实验装置示意图。

质子束经偏转 90°、聚焦、准直、射到装在真空靶室中的样品上。质子能量为 2.3 兆电子伏, 束点面积为 0.25 厘米², 准直器前加 1.8 毫克/厘米²厚的铝散射箔, 以改善束流的均匀性。样品产生的 X 射线, 由 Si(Li) 探测器和与之相连的多道能谱分析仪、计算机测量和记录, 探测器为 80 厘米² × 3 毫米, 对 5.9

千电子伏的 X 射线的能量分辨为 200 电子伏。探测器前加厚度为 7.6 毫克/厘米²的 Kapton 膜作为吸收片, 以降低测量本底。

2. 计算方法和结果

用 SCRPIO-3000 介 X 射线谱, 求得各元素特征 X 射线峰的净计数 N_i , 根据下式, 计算飘尘中各元素的含量 W_i (毫克/米³)。

$$W_i = N_i / S_i V$$

式中 V 是抽滤的空气体积, 现为 1M³。 S_i 是某元素的灵敏度因子 (计数/毫克), 由标准样品在相同的实验条件下测得。目前该实验装置的分析误差小于 30%, 主要由 S_i 和 N_i 的误差决定。拉萨市飘尘样品的分析结果见表 1。

3. 结论

通过计算分析了拉萨市 1981 年 1 月 15—2 月 24 日 14 种元素之间的相关系数和它们的富集因子 (限于篇幅, 未列出), 结果表明, 在这段时间内, 拉萨市大气飘尘中铁、钾、钛三种元素的含量是相关的, 富集因子接近于 1, 表明这三种元素来自于土壤, 而元素氯、硫、铅的富集因子较大, 表明有人为的因素, 与上海市黄浦区同期飘尘样品的分析结果比

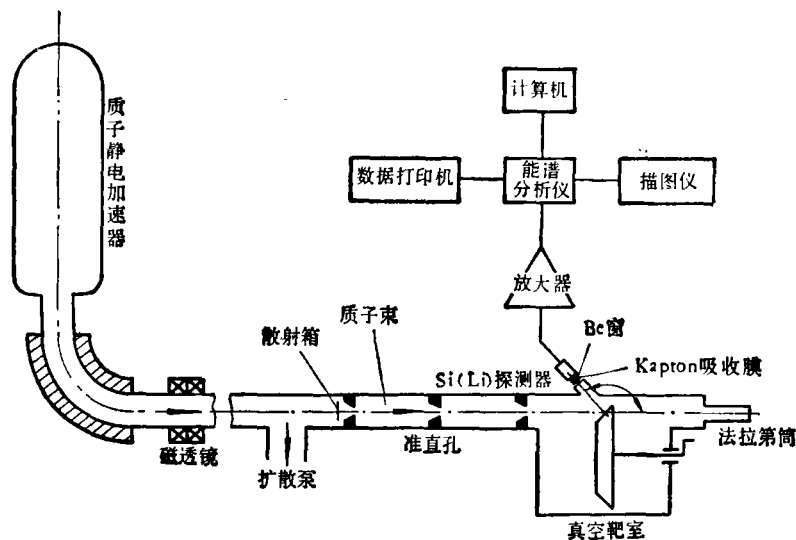


图 1 PIXE 实验装置示意图

表 1 拉萨地区大气飘尘元素成分 (ng/m³)

地点	时间	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Pb _d
市	9:00 12:00	1.2×10 ²	1.6×10 ³	3.7×10 ³	5.6×10 ³	4.0×10 ²	<5.5	<3.7	9.0×10	3.6×10 ³	<4.0	<3.0	5.0×10	<4.5	2×10
		1.7×10 ²	3.3×10 ³	7.0×10 ³	1.0×10 ⁴	7.3×10 ²	<5.5	<3.7	1.2×10 ²	6.8×10 ³	<4.0	<3.0	5.0×10	<4.5	4×10
	12:00 16:30	3.6×10 ²	2.7×10 ³	6.2×10 ³	8.6×10 ³	6.5×10 ²	<5.5	6.0	1.2×10 ²	5.8×10 ³	<4.0	<3.0	8.0×10	<4.5	1×10 ²
		4.9×10 ²	3.3×10 ³	7.9×10 ³	1.9×10 ⁴	8.9×10 ²	<5.5	10	1.7×10 ²	7.9×10 ³	<4.0	<3.0	7.0×10	<4.5	8×10
区	14:00 16:30	3.8×10 ²	2.2×10 ³	5.8×10 ³	9.2×10 ³	5.9×10 ²	<5.5	<3.7	4.0×10	5.4×10 ³	<4.0	<3.0	4.0×10	<4.5	8×10
		2.2×10 ²	1.0×10 ³	3.9×10 ³	7.8×10 ³	4.3×10 ²	<5.5	10	8.0×10	4.0×10 ³	<4.0	<3.0	10	<4.5	4×10
	14:00 16:30	1.4×10 ²	1.5×10 ³	1.4×10 ³	2.5×10 ³	1.0×10 ²	<5.5	<3.7	3.0×10	1.3×10 ³	<4.0	<3.0	2.0×10	<4.5	2×10
		3.0×10 ²	1.8×10 ³	2.4×10 ³	5.0×10 ³	3.0×10 ²	<5.5	<3.7	5.0×10	2.5×10 ³	<4.0	<3.0	2.0×10	<4.5	8×10
屋平均	9:00 12:30	4.0×10 ²	1.8×10 ³	3.0×10 ³	5.5×10 ³	3.4×10 ²	<5.5	<3.7	7.0×10	2.8×10 ³	<4.0	2.0×10	3.0×10	<4.5	6×10
		3.8×10 ²	2.1×10 ³	1.8×10 ³	3.6×10 ³	1.8×10 ²	<5.5	8.0	3.0×10	1.9×10 ³	<4.0	3.0	2.0×10	<4.5	8×10
	12:30 16:30	1.9×10 ²	2.7×10 ³	1.7×10 ³	4.9×10 ³	2.5×10 ²	<5.5	<3.7	6.0×10	2.2×10 ³	<4.0	<3.0	10	<4.5	4×10
		2.8×10 ²	2.2×10 ³	4.1×10 ³	7.4×10 ³	4.4×10 ²	<5.5	8.5 _a	7.8×10	4.0×10 ³	<4.0	1.2×10 _c	3.6×10	<4.5	6×10
郊	9:00 12:30	4.8×10 ²	1.8×10 ³	7.2×10 ³	7.7×10 ³	7.5×10 ²	<5.5	<3.7	1.3×10 ²	6.5×10 ³	<4.0	<3.0	8.0×10	<4.5	8×10
		3.9×10 ²	2.3×10 ³	4.3×10 ³	6.5×10 ³	4.3×10 ²	<5.5	<3.7	1.0×10 ²	3.7×10 ³	<4.0	<3.0	10	<4.5	8×10
	12:30 16:30	1.5×10 ²	1.2×10 ³	3.2×10 ³	4.7×10 ³	4.0×10 ²	<5.5	<3.7	5.0×10	3.4×10 ³	<4.0	<3.0	10	<4.5	4×10
		1.5×10 ²	1.2×10 ³	5.1×10 ³	6.8×10 ³	6.0×10 ²	<5.5	<3.7	7.0×10	5.1×10 ³	<4.0	<3.0	4.0×10	<4.5	2×10
区	14:00 16:30	6.0×10	2.0×10 ³	1.6×10 ³	2.3×10 ³	2.3×10 ²	<5.5	6.0	3.0×10	2.1×10 ³	<4.0	<3.0	6.0	<4.5	2×10
		2.6×10 ²	2.0×10 ³	4.6×10 ³	4.7×10 ³	5.8×10 ²	<5.5	4.0	1.0×10 ²	4.7×10 ³	<4.0	<3.0	8.0	<4.5	4×10
	14:00 16:30	2.9×10 ²	1.9×10 ³	5.6×10 ³	6.2×10 ³	7.5×10 ²	<5.5	10	1.5×10 ²	5.9×10 ³	<4.0	10	2.0×10	<4.5	6×10
		1.4×10 ²	1.9×10 ³	2.0×10 ³	2.7×10 ³	2.4×10 ²	<5.5	<3.7	4.0×10	2.2×10 ³	<4.0	3.0	10	<4.5	2×10
屋平均	9:00 12:30	1.1×10 ²	2.6×10 ³	2.9×10 ³	4.2×10 ³	4.1×10 ²	<5.5	<3.7	6.0×10	3.6×10 ³	<4.0	<3.0	3.0×10	<4.5	2×10
		1.3×10 ²	1.2×10 ³	5.4×10 ³	6.0×10 ³	5.8×10 ²	<5.5	<3.7	1.0×10 ²	5.1×10 ³	<4.0	4.0	7.0×10	<4.5	4×10
	12:30 16:30	2.2×10 ²	1.6×10 ³	4.2×10 ³	5.2×10 ³	5.0×10 ²	<5.5	6.7 _b	8.3×10	4.2×10 ³	<4.0	5.7 _b	2.8×10	<4.5	4×10
		2.2×10 ²	1.6×10 ³	4.2×10 ³	5.2×10 ³	5.0×10 ²	<5.5	6.7 _b	8.3×10	4.2×10 ³	<4.0	5.7 _b	2.8×10	<4.5	4×10

注: a. 四组平均, b. 三组平均, c. 二组平均, d. 统计误差大,仅取一倍。

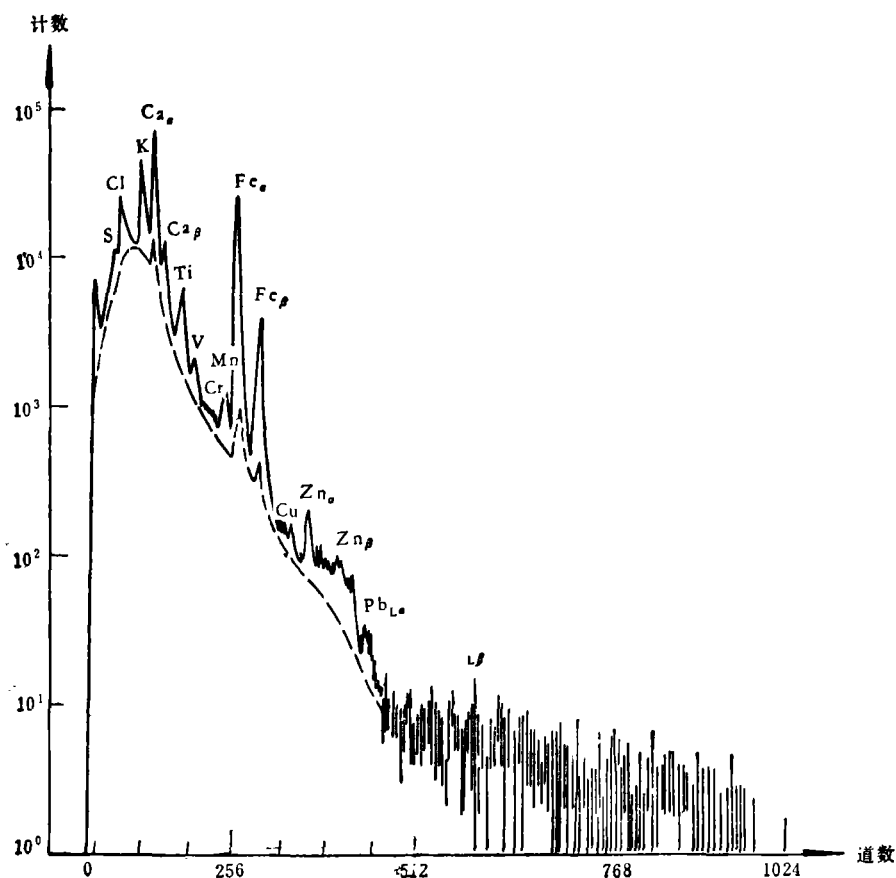


图2 飘尘样品的X射线谱

——飘尘样品的X射线谱 ---滤膜衬底的X射线谱

较,发现硫、铜、锌、铅、镍等元素的含量比后者低1个数量级,表明拉萨市这一段时间内大气环境还是比较干净的。

参 考 文 献

[1] 汪安璞等,环境科学学报,1(3),219(1981).

[2] Winchester et al., *Nucl. Instr. & Meth.* 181, 391 (1981).

[3] 伍炽刚等编著,质子X荧光分析和质子显微镜,原子能出版社,北京,1981.

[4] Chen jian-xin et al., *Nucl. Instr. & Meth.* 181, 269(1981).

《环境化学》重要启事

《环境化学》是中国科学院环境化学研究所和中国环境科学学会环境化学专业委员会主办的学术刊物(双月刊)。为了加强管理,保证和不断提高期刊的质量,缩短出版周期,经科学出版社推荐,《环境化学》编辑委员会决定,从1984年起,在中国科学院沈阳分院印刷厂印刷。由辽宁省沈阳市邮电局统一向全国发行(刊号8-157)。请读者注意邮局的期刊收订日期。

一九八三年八月