

伊宁市、乌鲁木齐市空气气溶胶 α 放射性分布的初探

刘 鄂 安惠民*

(新疆环境保护科学研究所)

新疆伊犁和乌鲁木齐地区的煤炭资源十分丰富,种类齐全,是当地工农业生产和居民生活的主要能源。经分析表明:所有煤矿的煤炭都含有天然铀。伊犁地区煤的含铀量是乌鲁木齐地区的 4.0—6.5 倍;伊犁地区民用煤(长焰煤)铀含量比工业用煤(烟煤)高 1.5 倍。民用长焰煤燃烧后,煤炭中的天然铀平均以 11 倍的含量富积于残留煤灰之中。在伊宁市市区采得的 167 份煤灰样品中,总 α 放射性强度平均为 4.77×10^{-8} 居里/公斤,达到和接近放废标准的占 24.55%^[1]。另外,据文献^[2,3]报道,煤炭燃烧后,部分放射性物质经烟尘排入大气,也造成了对环境的放射性污染。

正确地评价放射性气溶胶对人体的危害程度,不仅要进行放射性气溶胶浓度的测量,而且需要知道放射性气溶胶的粒度分布。因为放射性气溶胶是否能够进入下呼吸道,它在肺部的沉积、滞留和转入其它器官的份额等,均与粒子大小有关^[4]。

为了弄清伊犁地区烧煤造成的环境放射性污染状况,我们于 1980 年至 1982 年对伊犁地区环境的辐射状况作了多方面的监测调查,其中包括对伊宁市(以乌鲁木齐市作为对照)的空气气溶胶 α 放射性浓度作了调查,同时还对伊宁市和乌鲁木齐市空气 α 放射性气溶胶粒度分布作了初步的探讨。

一、采样和测量的方法

1. 采样 采样点选择在伊宁市(伊犁州

标准计量管理所)和乌鲁木齐市(新疆矿务局办事处)两地的居民区,分别于冬季的 12 月至 1 月和春季的 4 月采样。采样对气象条件未作选择。采样次数为伊宁市冬季 15 次、春季 17 次,乌鲁木齐市冬季 13 次、春季 10 次。

我们根据侯价礼同志研制的气溶胶放射性分布分选仪的图纸,加工成采样仪(见图 1)。将清洗干净的采样仪安放在距地面约

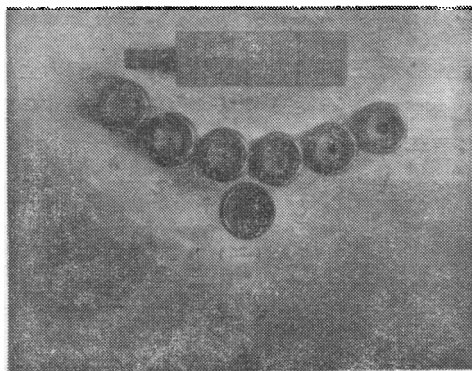


图 1 放射性气溶胶分布分选仪

(一) 组装好的分布分选仪 (二) 拆开的分布分选仪的正视图,示各级孔径大小。图中 1—6 表示各级的级数(三)分布分选仪的侧视图,示圆锥面。

1.3 米处,于 9 时开始以 20 升/分的流速采样 1.5—2 小时,将样品分别采在装于采样仪内的六片涂有松香蓖麻油的盖玻片和滤膜(放在第六级后)上。

2. 测量 将样品分别于采样后 4 小时和 4 天按照各级的放射性强度由强到弱的顺序,用 FJ-332 α 低本底 α 测量仪进行测量。

* 文雅莉等同志参加了部分采样、测量工作。

表 1 分选仪对美兰球采样测定的粒径分布频数表

粒 子 级 别	粒 径 (μm)	<0.625	<1.25	<2.5	<3.75	<5.0	<6.25	<7.5	<10	<12.5	<15	<21.5	<25	<37.5	MMAD (μm)
1				29	29	54	27	43	29	8	5	3	1	1	15
2			55	119	44	27	3	2							3.5
3		16	91	129	12	2									2.1
		<0.5	<1.0	<1.5	<2.0	<2.5	<3.0								
4		17	56	76	75	4	2								1.4
5		93	125	20	3										0.93
		<0.2	<0.35	<0.7	<1.0										
6		202	129	40	3										0.4

该仪器本底为 2 脉冲/4 小时。4 小时的测量按照相对标准差 30% 选取测量时间。

3. 采样仪的标定 该采样仪分六级(孔径依次为 9.5、7、5、3.4、2.2、1.5 毫米), 每级样品都采在 18×18 毫米的盖玻片(上面涂有松香蓖麻油作为粘附剂)上, 第六级后面是一层一号滤布, 阻留余下的气溶胶粒子。

将美兰染料制成 0.8% 的甲醇溶液, 用小喷雾器喷出, 流经 60—80℃ 的加温管道烘干, 形成比重约 1.26 的美兰球, 以 20 升/分的流速进行采样, 然后在显微镜下, 在每张盖玻片上至少计数 200 个粒子, 分别测出粒径(见表 1)。

在对数几率坐标纸上作图(见图 2), 求得各级盖玻片上的粒子的质量中数空气动力学直径 MMAD, 由第一级至第六级依次为 15、3.5、2.1、1.4、0.93、0.4 微米, 滤膜的 MMAD 小于 0.4 微米。

二、数据的处理和分析

1. 由于一次采样分为七级(包括滤膜), 样品的放射性强度较低。由滤膜起依次测量, 每级的测量时间又很长, 这就必须求得气溶胶的放射性半衰期, 然后将采样后 4—15 小时测出的各级的计数率都统一修正成 4 小时的数值, 再作进一步的计算。具体方法是

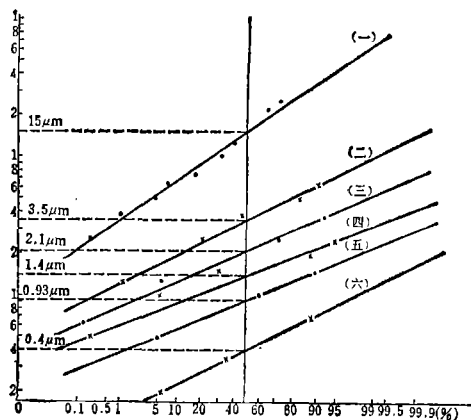
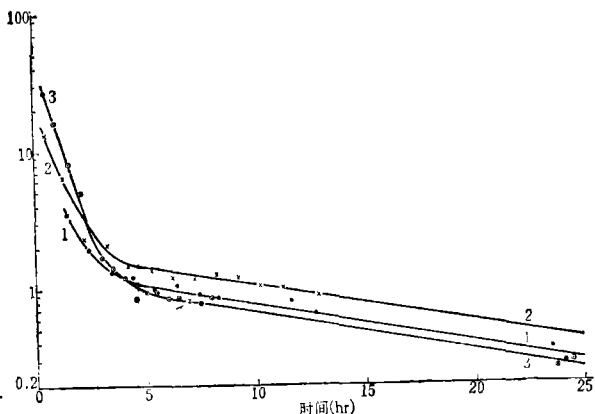


图 2 分布分选仪各级 MMAD 的确定

图 3 空气气溶胶 α 放射性衰变曲线

按前面所说的采样方法和时间采得样品,自采样后半小时起,每间隔约半小时测量 30 分钟左右,测至采样后 24 小时左右,求出每次测量的计数率,然后在半对数坐标纸上作出衰变曲线如图 3 所示。根据图 3 中的衰变曲线和文献提供的方法,求得乌鲁木齐市的 α 放射性气溶胶的半衰期是 10.7 小时,伊宁市的 α 放射性气溶胶的半衰期是 10.75 ± 0.35 小时,其数值与 ThB 的半衰期 10.64 小时相符(可能这里测得的放射性强度主要是 ThC 的

贡献,而 ThC 的母体 ThB 的半衰期 10.64 小时远大于 ThC 的半衰期 60.6 分钟,所以 ThC 的衰变是遵循 ThB 的衰变速率进行的)。因此把采样后 4—15 小时测得的各级计数率数值,取 $T_{1/2}=10.64$ 小时,用公式 $\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}}$

和 $N_0 = Ne^{\lambda t}$ 都统一修正为 4 小时的计数率,再求得各级计数率占测得的总活性的百分数如表 2 所示。

至于 4 天的测量数值,这时主要是长寿

表 2 采样后 4 小时各级 α 放射性百分数(%)

时 间	地 点	$\leq 0.4\mu\text{m}$	$0.93\mu\text{m}$	$1.4-2.1\mu\text{m}$	$> 3.5\mu\text{m}$
12 月, 1 月	伊 宁 市	95.2	3.7	1.1	0
	乌鲁木齐市	89.6	8.7	1.7	0
4 月	伊 宁 市	96.4	2.2	1.3	0
	乌鲁木齐市	89.5	6.9	3.6	0

命子体,测量时间先后相差几小时对测量的影响不大,因此在这里不作修正,就用测量所得的计数率,求出各级计数率占测得的总活性的百分数如表 3 所示。

由表 2 和表 3 看出:(1)4 小时的空气气溶胶 α 放射性在滤膜和第六级上占 90% 左右,其 MMAD 为 0.4 微米以下,再加上第五级(MMAD 为 0.93 微米)占 98% 左右;(2)4 天时的空气气溶胶 α 放射性在滤膜和第六级上也约占 90%,除乌鲁木齐市 1 月份在第四级上(MMAD 为 1.4 微米)还有 4.2% 以外,其它都分布在第五级以下,MMAD 小于 0.93 微米;

(3) 乌鲁木齐市的空气 α 放射性气溶胶粒径分布略大于伊宁市,但 4 小时和 4 天时的 MMAD 分别不大于 2.1 微米和 1.4 微米。

2. 根据我们对伊、乌两市空气气溶胶 α 放射性浓度的测量结果和表 2、表 3 提供的各级 α 放射性百分数,求得各级的 α 放射性强度如表 4 和表 5 所示。

3. 肺区的沉积份额 根据有关文献^[4]提供的资料,绘出肺区、气管-支气管区、鼻咽区沉积的百分数与 MMAD 的关系的图线如图 4 所示。

根据表 1 和图 2 提供的 MMAD 和图 4

表 3 采样后 4 天各级 α 放射性百分数(%)

时 间	地 点	$\leq 0.4\mu\text{m}$	$0.93\mu\text{m}$	$1.4\mu\text{m}$	$> 2.1\mu\text{m}$
12 月, 1 月	伊 宁 市	93.1	6.9	0	0
	乌鲁木齐市	84.9	10.9	4.2	0
4 月	伊 宁 市	95.1	4.9	0	0
	乌鲁木齐市	91.7	8.3	0	0

表 4 采样后 4 小时各级 α 放射性强度分布 ($\times 10^{-14}\text{Ci/l}$)

时 间	地 点	均 值	$\leq 0.4\mu\text{m}$	$0.93\mu\text{m}$	$1.4-2.1\mu\text{m}$	$>3.5\mu\text{m}$
12 月、1 月	伊宁市	3.33	3.17	0.12	0.04	0
	乌鲁木齐市	1.01	0.90	0.09	0.02	0
4 月	伊宁市	1.59	1.53	0.04	0.02	0
	乌鲁木齐市	0.80	0.72	0.05	0.03	0

表 5 采样后 4 天各级 α 放射性强度分布 ($\times 10^{-14}\text{Ci/l}$)

时 间	地 点	均 值	$\leq 0.4\mu\text{m}$	$0.93\mu\text{m}$	$1.4\mu\text{m}$	$>2.1\mu\text{m}$
12 月、1 月	伊宁市	0.98	0.91	0.07	0	0
	乌鲁木齐市	0.58	0.49	0.06	0.03	0
4 月	伊宁市	0.57	0.54	0.03	0	0
	乌鲁木齐市	0.36	0.33	0.03	0	0

表 6 各级气溶胶颗粒在呼吸器官各部位的沉积百分数 (%)

沉 积 区	$\leq 0.4\mu\text{m}$	$0.4\mu\text{m}$	$0.93\mu\text{m}$	$1.4\mu\text{m}$	$2.1\mu\text{m}$
肺 区	>31	31	23	19.5	16
气管-支气管区	8	8	8	8	8
鼻 咽 区	<11	11	29	40	53

表 7 吸气后 4 小时每升空气沉积在肺区的 α 放射性强度 ($\times 10^{-14}\text{Ci/l}$)

时 间	地 点	$\leq 0.4\mu\text{m}$	$0.93\mu\text{m}$	$1.4-2.1\mu\text{m}$	沉积总量
12 月、1 月	伊宁市	>0.98	0.03	0.01	1.02
	乌鲁木齐市	>0.28	0.02	0.004	0.30
4 月	伊宁市	>0.47	0.01	0.004	0.48
	乌鲁木齐市	>0.22	0.01	0.006	0.23

提供的沉积百分数，得出各级气溶胶颗粒在呼吸器官各部位的沉积百分数如表 6 所示。

根据表 4、表 5 和表 6 计算出人吸气后 4 小时和 4 天，每升空气沉积在肺区的 α 放射性强度如表 7 和表 8 所示。

从表 7 和表 8 可以看出：(1) 人吸气后 4 小时时每升空气沉积在肺区的 α 放射性强度的范围为 $10^{-15}-10^{-14}\text{Ci/l}$ ，4 天时在 10^{-17}Ci/l 的范围内波动。(2) 伊宁市空气气溶胶沉积在肺区的 α 放射性强度高于乌鲁木齐

表 8 吸气后 4 天每升空气沉积在肺区的 α 放射性强度($\times 10^{-16}\text{Ci/l}$)

时 间	地 点	$\leq 0.4\mu\text{m}$	$0.93\mu\text{m}$	$1.4\text{--}2.1\mu\text{m}$	沉积总量
12 月、1 月	伊宁市	>0.28	0.02	—	0.30
	乌鲁木齐市	>0.15	0.01	0.01	0.17
4 月	伊宁市	>0.17	0.01	—	0.18
	乌鲁木齐市	>0.10	0.01	—	0.11

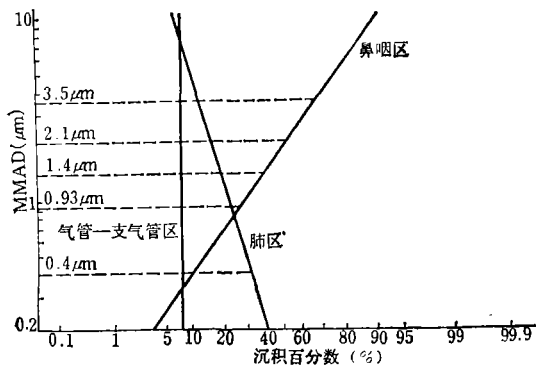


图 4 气溶胶在呼吸器官中沉积的百分数与 MMAD 的关系图

两市各自的烧煤取暖季节的空气气溶胶沉积在肺区的 α 放射性强度都高于不取暖季节。

该项工作是在乌鲁木齐部队军事医学研究所副研究员侯价礼的具体指导下进行的。李德平教授仔细审阅了本文初稿并作了具体指导,在此一并致谢。

参 考 文 献

[1] 安惠民等,新疆环境保护,1,(1982).
[2] 焉文祉等,环境科学,2(5),23(1981).
[3] Harold, L. B. *et al.*, 科学(日),51(1),25(1981).
[4] 辉群,核防护,1—2(1977).

市,这种差别在烧煤取暖季节更为突出。(3)

关 于 污 染 指 数 的 可 靠 性

袁 丙

(浙江农业大学)

第 i 种污染物的污染指数 $\beta_i = \frac{c_i}{c_{si}}$, 其中 c_{si} 表示第 i 种污染物的评价标准, c_i 表示它的实测浓度, 它常常是许多观察值的平均值。

污染指数除作为环境质量指数计算中的输入数外, 它本身也可用来表征环境受某种污染物污染的程度。当某个污染物的污染指

数的值大于 1 时, 则表明环境已被此污染物污染; 当其值小于 1 时, 则表明环境还未被它污染^[1]。一般情况下, 用污染指数来指示环境被某污染物污染与否是可靠的, 但也有不可靠的时候。即当 $\beta_i < 1$, 环境却已被污染; 当 $\beta_i > 1$, 环境倒未被污染。因为我们得到的污染指数是观察值的平均值, 是随机变量。它仅仅是真值 p_i (一般是未知的) 的点