

吉林省人发中铜、铅和钼的 背景值及应用研究*

吴敦虎

顾 红

(中国科学院长春地理研究所)

(云南省卫生防疫站)

人发是人体排除矿质元素的器官之一。它取样方便,易保存和运送,分析其中微量元素,无论是对探讨环境与健康关系,还是从临床生化方面诊断某些疾病和观察治疗效果等,都已得到广泛应用。同时,人发的微量元素含量与环境的密切相关性已使它成为一种理想的环境污染指示器¹⁾。

本文在吉林省不同地区采集发样421个,分析了其中铜、铅、钼的含量,提出吉林省不同区域环境人发中铜、铅、钼含量的背景值,并应用背景值就地方病病因和环境污染程度等问题作些讨论。

一、发样的采集、处理和分析

吉林省位于我国东北中部,属温带湿润一半干旱季风气候。全省地势东南高,西北低,依次为山地、丘陵、平原。大致可分为三个地区:东部山地针阔叶混交林暗棕色森林土地区,中部台地平原森林草原黑土地区,西部堆积平原草甸草原黑钙土地区。年降水量由东南部1000毫米向西北逐渐减少至400毫米,日照和气温则逐渐增加。按照区域特点和远离污染源的原则,于1982至1983年采集六个地区(古城、长春、四平、通化、吉林、延边)农村二十岁以下人群发样(男性主要取枕部发,女性取短发)。为了验证人发中微量元素的分布特征,对乾安县进行加密采样。另外为了比较环境污染程度,还采集北京市区发样50个,长春市区发样55个、吉林市区发样10个,其它城镇80个(图1)。

发样经合成洗涤剂、自来水、蒸馏水处理后,于60℃烘箱中干燥。干燥后用不锈钢剪刀剪碎储存备用。

准确称取0.200克处理好的发样,经干法消解的残渣,溶于5毫升0.1M氯化钾—0.01M盐酸— 5×10^{-5} M氯化汞底液,用阳极溶出伏安法测定铜和铅。将上述底液蒸干,在氯化钠—苦杏仁酸—硫酸体系中用催化波极谱法测定钼。方法的回收率均在90%以上,检出下限铜0.01ppm、铅0.01ppm、钼0.1ppb。计算结果要扣除实验空白值。

二、背景值的表示方法及数据处理

本文采用平均值加减一个标准差表示人发中铜、铅和钼含量的背景值,即 $\bar{x} \pm s$ 。样品

* 本所徐宁同志参加部分工作,孟宪玺、王晓军,以及地方病组同志提供部分人发样品,一并致谢。

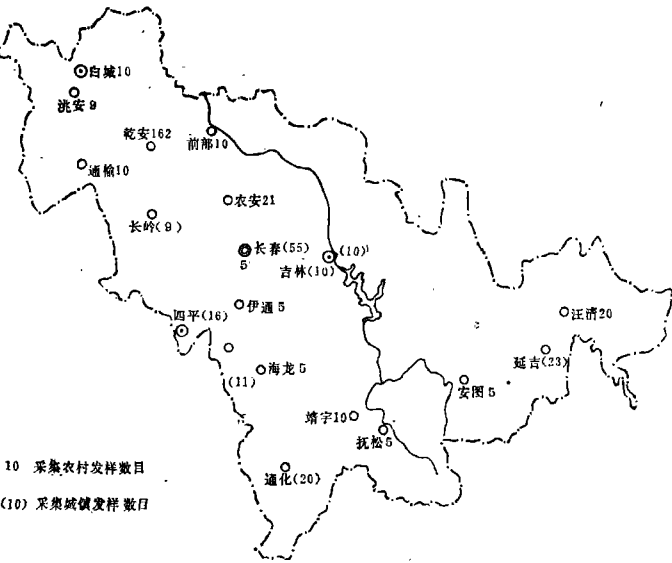


图 1 吉林省人发采样点分布图
Fig. 1 Location of sampling site

数少者直接用算术平均值表示，对样品数多的，先进行分布类型鉴别，然后根据分布类型选用不同的计算方法求均值。以乾安县发样分析结果为例，用图算法检验（图 2、3）。检验结果表明：铜、钼呈正态分布，用算术平均值±标准差表示。铅呈对数正态分布，用几何平均值乘除标准差表示。

为避免自然或人为污染样品混入背景值，将大于平均值加 2 倍标准差的样品测定值 ($x_i > \bar{x} + 2s$) 视为异常，予以剔除。

三、吉林省人发中铜、铅、钼含量的背景值

我国农村居民生产尚较落后，对当地环境条件的依赖性较强。这一特点，明显地区别于先进国家。而区域特征往往在不同程度上控制或影响地下水的形成、分布和元素集散，影响土壤和植被的形成与分布。因此，各地化学地理特征的差异，势必影响人发的化学元素含

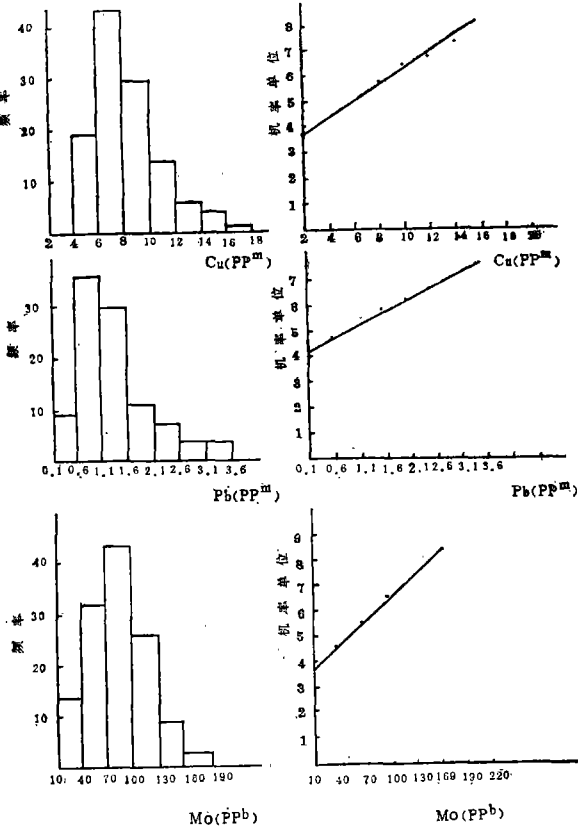


Fig. 2 Histogram of frequent distribution of Cu, Pb and Mo content in personal hair in Qanan county and their probability curves

图 2 乾安县人发中 Cu、Pb、Mo 含量频数直方图及相应的分布概率曲线

量,反之也反映环境化学背景。

表1分别列出铜、铅和钼含量的背景值。为更直观地表明人发中微量元素含量随区域环境不同而变化的趋势,编制了相应的折线图(图4)。

由表1和图4可见:

1. 吉林省绝大多数县级采样点的发铜含量背景值与吉林省发铜含量背景值(7.43ppm)相差不大,说明发铜的背景值是均匀、稳定的。以洮安发铜最高(10.50 ppm),为吉林省发铜背景值的1.4倍。汪

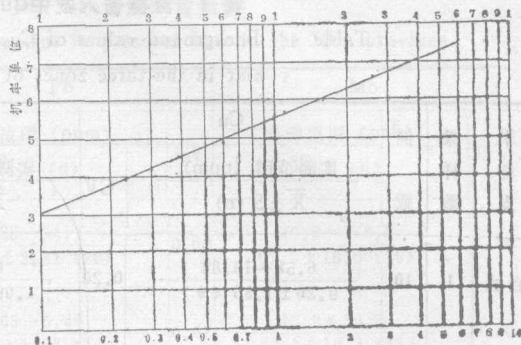


图3 乾安县人发中Pb含量频率概率曲线

Fig. 3 Probability curve of frequent distribution of Pb content in personal hair in Qanan county

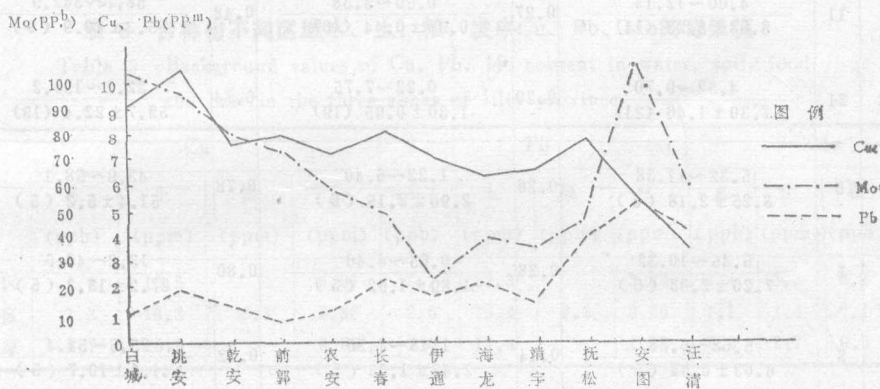


图4 吉林省不同地区人发中 Cu、Pb、Mo 的背景值

Fig. 4 Cu, Pb and Mo background values in personal hair in different zone in Jilin province

清发铜最低(3.83ppm),仅为省背景值的1/2。发铜的背景值由西向东有降低趋势。

吉林省发铅含量的背景值为2.41ppm。不同地区发铅含量有差异,西部地区发铅含量较低,仅为全省的1/3。而东部地区发铅含量较高,为全省的2.2倍。发铅含量背景值由西向东有增加趋势,发铜的变化规律恰好相反。

吉林省发钼含量的背景值为67.2ppb,各县的变幅较大,东部和西部高,中部低。

2. 由于省内地域差异明显的自然地带对人发中微量元素含量有明显的影响,故人发中铜、铅、钼的含量按自然地带统计背景值,更符合客观情况和具有实用价值(表2)。

3. 发铜、铅、钼含量的差异,受地域特点和膳食状况等制约。不同区域发铜、铅、钼含量与水、土、粮中的铜、铅、钼含量比较,铅和钼呈正相关(表3)。东部长白山地区是高铅区^[2],通过食物链作用其发铅也高。东部和西部是高钼区,发钼也高。所以,在研究人发中微量元素背景值时,必须考虑区域背景差异。

表 1 吉林省人发中Cu、Pb、Mo含量背景值
Table 1 Background values of Cu, Pb, Mo content in personal
hair in the three zones of Jilin province

采 样 点	采 样 数	例 数	Cu		Pb		Mo	
			实测范围 (ppm)	CV	实测范围 (ppm)	CV	实测范围 (ppb)	CV
			$\bar{X} \pm S (n)$		$\bar{X} \pm S (n)$		$\bar{X} \pm S (n)$	
白城	1	10	$\frac{6.58 \sim 14.88}{9.20 \pm 1.86 (9)}$	0.20	$\frac{0.50 \sim 4.30}{1.09 \pm 0.48 (9)}$	0.44	$\frac{73.6 \sim 142.9}{103.9 \pm 19.9 (10)}$	0.19
洮安	1	9	$\frac{7.73 \sim 14.25}{10.50 \pm 2.03 (9)}$	0.19	$\frac{0.44 \sim 4.19}{2.00 \pm 1.19 (9)}$	0.59	$\frac{70.0 \sim 302.6}{97.6 \pm 19.2 (8)}$	0.20
乾安	16	162	$\frac{2.33 \sim 17.63}{7.69 \pm 2.98 (134)}$	0.38	$\frac{0.13 \sim 19.0}{0.86 \times 0.47 (103)}$	0.55	$\frac{10.0 \sim 520.3}{81.2 \pm 1.1 (125)}$	0.01
前郭	1	11	$\frac{4.00 \sim 12.13}{8.08 \pm 2.23 (11)}$	0.27	$\frac{0.50 \sim 3.38}{0.90 \pm 0.44 (10)}$	0.48	$\frac{58.7 \sim 342.9}{75.3 \pm 10.9 (9)}$	0.15
农安	2	21	$\frac{4.32 \sim 9.70}{7.30 \pm 1.46 (21)}$	0.20	$\frac{0.22 \sim 7.75}{1.30 \pm 0.95 (19)}$	0.74	$\frac{32.2 \sim 156.2}{59.7 \pm 22.4 (19)}$	0.37
长春	1	5	$\frac{5.32 \sim 11.38}{8.25 \pm 2.18 (5)}$	0.26	$\frac{1.22 \sim 6.40}{2.96 \pm 2.15 (5)}$	0.78	$\frac{43.9 \sim 58.1}{51.4 \pm 5.2 (5)}$	0.10
伊通	1	5	$\frac{5.45 \sim 10.32}{7.20 \pm 2.03 (5)}$	0.28	$\frac{0.65 \sim 4.40}{1.89 \pm 1.52 (5)}$	0.80	$\frac{13.2 \sim 46.6}{27.2 \pm 15.3 (5)}$	0.56
海龙	1	5	$\frac{5.68 \sim 6.38}{6.63 \pm 0.94 (5)}$	0.14	$\frac{1.48 \sim 4.20}{2.43 \pm 1.03 (5)}$	0.42	$\frac{25.6 \sim 54.4}{41.8 \pm 10.7 (5)}$	0.26
靖宇	2	10	$\frac{3.18 \sim 8.75}{6.82 \pm 1.60 (10)}$	0.23	$\frac{0.35 \sim 14.4}{1.75 \pm 1.38 (8)}$	0.79	$\frac{59.0 \sim 141.0}{36.7 \pm 13.0 (8)}$	0.35
抚松	1	5	$\frac{4.38 \sim 10.62}{7.97 \pm 2.29 (5)}$	0.28	$\frac{1.75 \sim 10.75}{4.14 \pm 3.82 (5)}$	0.92	$\frac{51.9 \sim 64.9}{58.6 \pm 4.6 (5)}$	0.08
安图	1	5	$\frac{1.25 \sim 8.38}{5.67 \pm 2.83 (5)}$	0.50	$\frac{3.50 \sim 8.10}{5.30 \pm 0.58 (4)}$	0.11	$\frac{58.1 \sim 176.5}{110.0 \pm 33.9 (5)}$	0.31
汪清	1	20	$\frac{1.75 \sim 5.32}{3.83 \pm 1.17 (9)}$	0.31	$\frac{1.12 \sim 11.20}{4.48 \pm 3.46 (9)}$	0.77	$\frac{40.6 \sim 80.1}{62.8 \pm 12.4 (8)}$	0.20
吉林省	29	268	$\frac{1.25 \sim 14.88}{7.43 \pm 1.97 (228)}$	0.27	$\frac{0.13 \sim 19.0}{2.41 \pm 1.46 (191)}$	0.61	$\frac{5.9 \sim 520.3}{67.2 \pm 14.1 (212)}$	0.21

$\bar{X}$:平均值, S:标准差, n:样品数, CV: 变异系数

另外由图 5 可见, 虽然吉林省东部发铜含量在全国农村儿童发铜背景值^[5] (9.7±5.1ppm) 的范围之内。但是, 偏低者占60%, 比陕西北部, 山东东部, 四川东、西部, 云南中北部均低。而吉林省西部和中部发铜的含量虽然也低于全国农村发铜背景

表 2 吉林省不同区域人发中Cu、Pb、Mo含量的背景值

Table 2 Background values of Cu, Pb, Mo content in personal hair in the Jilin province

区 域	Cu		Pb		Mo	
	实测范围 (ppm)	CV	实测范围 (ppm)	CV	实测范围 (ppb)	CV
	$\bar{X} \pm S (n)$		$\bar{X} \pm S (n)$		$\bar{X} \pm S (n)$	
东部山区	1.25~10.62 6.07 ± 1.97 (29)	0.25	0.35~14.4 3.92 ± 2.31 (26)	0.60	40.6~176.5 67.0 ± 16.0 (26)	0.24
中部半山区	5.32~11.38 7.36 ± 1.72 (15)	0.23	0.65~6.40 2.36 ± 1.57 (15)	0.67	13.2~58.1 40.1 ± 10.4 (15)	0.30
西部平原区	2.33~17.63 8.55 ± 1.11 (184)	0.33	0.13~19.0 1.23 × 0.71 (190)	0.56	10.0~520.3 83.5 ± 14.7 (171)	0.18

表 3 吉林省不同区域水、土、粮、发中Cu、Pb、Mo的背景值

Table 3 Background values of Cu, Pb, Mo content in water, soil, food and hair in the three zones of Jilin province

区 域	Cu				Pb				Mo			
	水 (ppb)	土 (ppm)	粮 (ppm)	发 (ppm)	水 (ppb)	土 (ppm)	粮 (ppm)	发 (ppm)	水 (ppb)	土 (ppm)	粮 (ppb)	发 (ppb)
东部山区	1.8	19.5		6.07	7.7	28.3		3.92	4.4	3.2	0.2	67.0
中部半山区	1.3	16.3	2.3	7.36	2.5	15.4	0.2	2.36	1.1	1.4	0.1	40.1
西部平原	2.7	15.9		8.55	2.0	11.4		1.23	7.8	2.7	0.5	83.5

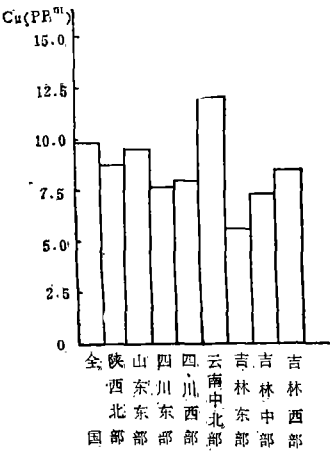


图 5 全国八个地区发铜的含量
Fig. 5 Cu content in personal hair in 8 regions of China

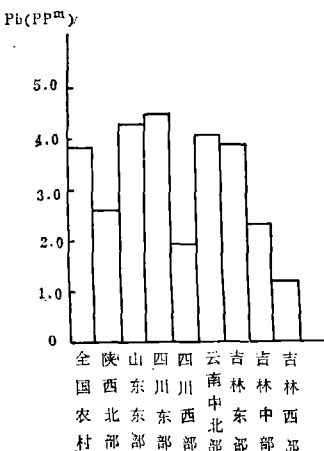


图 6 全国八个地区发铅的含量
Fig. 6 Pb content in personal hair in 8 regions of China

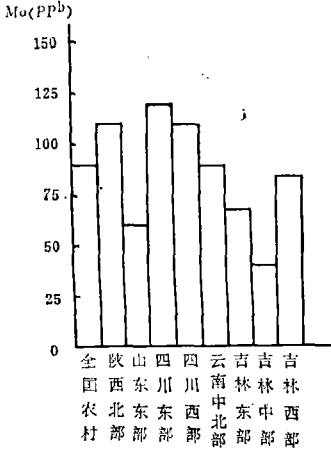


图 7 全国八个地区发钼的含量
Fig. 7 Mo content in personal hair in 8 regions of China

值，但与四川、陕西的发铜含量接近或略高一些。

由图 6 可明显地看出，吉林省西部发铅最低，仅是全国农村儿童发铅背景值⁵¹ (3.8 ± 2.7 ppm) 的 1/3。中部发铅含量在全国范围内也偏低，与陕西北部，四川西部的发铅含量相近。只有东部发铅含量与全国农村儿童发铅背景值相一致。

图 7 表明，吉林省中部发钼含量特别低，比列举的各省发钼含量都低，仅是全国农村儿童发钼背景值 (0.09 ± 0.04 ppm) 的 1/2。西部发钼含量接近全国农村儿童发钼背景值。

吉林省各地带（除汪清县）头发中微量元素含量的背景值顺序为： $Cu > Pb > Mo$ ，这与全国农村儿童情况一致。发铜含量背景值约是发钼含量背景值的 100 倍。如果以各地带人发微量元素含量平均值为基础，列出最大均值超过最小均值的倍数（表 4），便可清楚看出最大、最小均值之差。发铜含量相差 1 倍以内，与全国农村类同。发钼含量相差也在 1 倍以内，但全国农村相差 1.7 倍。发铅含量相差幅度较大，约 3 至 4 倍，但是，全国农村相差 1.4 倍。人发中微量元素含量的差异，说明三个自然带的环境化学背景和人群膳食状况对它的影响是十分明显的。

表 4 吉林省各地域人发中Cu、Pb、Mo含量最大和最小均值相差倍数

Table 4 Different times between maximum and minimum mean content of Cu, Pb and Mo in different regions in Jilin province

元 素	Cu				Pb				Mo			
地 域	吉林东部	吉林中部	吉林西部	全国农村	吉林东部	吉林中部	吉林西部	全国农村	吉林东部	吉林中部	吉林西部	全国农村
最大值和最小值相差倍数	1.0	0.6	0.7	0.9	2.9	4.0	2.7	1.4	0.6	0.7	0.4	1.7

四、人发中微量元素含量背景值的应用

既然人发微量元素含量与自然环境有密切关系，那么人发中的微量元素与由于自然环境引起的地方性疾病也应密切相关。例如，钼是人体必需的营养元素，它通过膳食和饮水进入人体，又通过头发排泄一部分，在人体中积蓄多少，可以通过粮钼和发钼含量之比，水钼和发钼含量之比粗略地看出（表 5）。如果比值大，说明钼在人体内积蓄多。

表 5 吉林省克山病区和非病区水、粮中Cu、Pb、Mo含量之比

Table 5 Ratio of Co, Pb and Mo content in water, food and hair in disease area to those in indesease area in Jilin province

区 域	克山病	粮Mo/发Mo	水Mo/发Mo	发Mo/发Cu	发Mo/发Pb
东部山区	有	3.0	0.066	0.011	0.017
中部半山区	有	2.5	0.025	0.006	0.017
西部平原	无	6.0	0.093	0.010	0.068

吉林省克山病病区主要分布在东部和中部, 由表 5 可见其比值明显低于西部, 说明东部和中部(病区)人体缺钼。另外, 发钼含量分别与发铜、发铅含量之比也是克山病病区低于非病区。钼的区域差异, 恰与克山病病情分布相一致。

人发中微量元素含量, 同相应区域人发微量元素的背景值相比较, 可以作为评价环境污染程度的指标。笔者分析对照北京、长春、吉林等城镇发样 204 分, 结果见表 6。

表 6 城镇人发 Cu、Pb、Mo 含量及污染指数

Table 6 Cu Pb and Mo content and pollution index in personal hair in different types of town and city

地 点	Cu			Pb			Mo		
	实测范围 (ppm) $\bar{X} \pm S (n)^*$	CV	$\bar{X}$ 区域背景值	实测范围 (ppm) $\bar{X} \pm S (n)$	CV	** 污染指数	实测范围 (ppb) $\bar{X} \pm S (n)$	CV	$\bar{X}$ 区域背景值
长岭县 城通榆 县城	3.00~11.91 6.69 ± 2.46 (19)	0.37	0.8	0.28~11.0 1.74 ± 1.59 (19)	0.91	1.4	48.0~194.8 100.4 ± 42.5 (19)	0.42	1.2
长 春 市	1.20~79.38 7.96 ± 2.60 (55)	0.33	1.1	0.58~29.60 4.00 ± 3.58 (55)	0.89	1.7	22.4~423.6 51.2 ± 19.6 (55)	0.38	1.3
四 平 市	4.86~69.50 7.09 ± 1.65 (16)	0.23	1.0	0.32~26.0 2.41 ± 1.95 (16)	0.81	1.0	11.8~70.7 36.2 ± 14.1 (16)	0.39	0.9
梅河口镇	5.50~10.35 7.90 ± 1.49 (11)	0.19	1.1	0.70~16.20 3.90 ± 3.75 (11)	0.96	1.6	16.2~56.9 34.4 ± 12.7 (11)	0.37	0.9
吉 林 市	4.10~9.35 6.98 ± 1.54 (10)	0.22	1.0	0.92~28.6 5.18 ± 3.97 (10)	0.77	2.2	25.1~145.1 39.5 ± 12.5 (10)	0.32	1.0
延 吉 市	4.15~11.88 7.77 ± 2.45 (23)	0.31	1.3	1.12~24.75 6.32 ± 5.61 (23)	0.88	1.6	23.5~77.9 45.3 ± 15.2 (23)	0.33	0.7
通 化 市	4.50~11.22 6.90 ± 1.79 (20)	0.26	1.1	0.72~9.60 3.98 ± 2.86 (20)	0.72	1.0	6.8~67.3 35.8 ± 13.9 (20)	0.39	0.5
北 京 市	2.88~22.40 8.45 ± 15.0 (50)	0.18	0.9	0.20~25.25 6.34 ± 5.02 (50)	0.94	1.7	34.4~264.4 67.9 ± 12.4 (50)	0.18	0.8

* $\bar{X}$: 算术平均值, ** 污染指数 = ($\bar{X}$ /区域背景值)Pb

从表 6 人发中微量元素含量的平均值与区域背景值之比可以看出, 多数城镇的人体必需元素铜和钼, 在头发中的含量与背景值相差不大。至于通化市发钼含量只有背景值的 1/2, 其原因有待深入研究。

铅是人体有害元素。发铅含量与背景之比值(称污染指数)愈大, 说明环境铅污染愈严重。从表 6 可见, 县城的铅污染指数是 1.4, 说明有轻度的铅污染; 北京市和长春市铅污染指数是 1.7, 说明受到了铅污染, 这与监测大气中烷基铅的含量所得结果是一致的^[6]。以化学工业为主的吉林市铅污染指数是 2.2, 其污染程度最严重。这是汽车尾气、工业生产废物、燃煤等铅污染造成的。因此用发铅背景值和监测发铅含量作为评价与预测环境铅污染是比较可靠的。

参 考 文 献

- [1] 盛士骏等, 人发微量元素分析及其应用, 群众出版社, 1982年。
[2] 朱颜明等, 长白山天池水化学, 地理科学, 1卷, 1期, 1981年。
[3] 孟宪玺等, 第二松花江流域土壤中若干元素的自然背景值, 环境科学学报, 3卷, 1期, 1983年。
[4] 余中盛等, 第二松花江环境科学论文集, 吉林人民出版社, 1982年。
[5] 成延鳌等, 环境中若干元素的自然背景值及其研究方法, 科学出版社, 1982年。
[6] 孟可等, 京津市区大气四乙基铅污染状况与分布规律的研究, 地理科学, 2卷, 4期, 1982年。

AN APPROACH TO BACKGROUND VALUES OF Cu, Pb, Mo IN PERSONAL HAIR IN JILIN PROVINCE AND THEIR APPLICATION

Wu Dunhu Gu Hong

(Changchun Institute of Geography, Academia Sinica)

ABSTRACT

According to regional characteristics of the threenatural zones in Jilin province, the author collected 421 samples from personal hair in difierent zones, analysed the contents of Cu, Pb and Mo, and gave respectively the background values in the three zones and the mean value in Jilin province. those are Cu($7.43 \pm 1.97\text{ppm}$), Pb($2.41 \pm 1.46\text{ppm}$) and Mo($67.2 \pm 14.1\text{ppb}$) in Jilin province; Cu(6.07 ± 1.97), Pb ($3.92 \pm 2.31\text{ppm}$) and Mo ($67.0 \pm 16.0\text{ppb}$) in the East Mountaineous Zone, Cu ($7.36 \pm 1.72\text{ppm}$), Pb ($2.36 \pm 1.57\text{ppm}$) and Mo($40.1 \pm 10.4\text{ppm}$) in the Middle Semi-Mountaineous Zone, and Cu($8.55 \pm 2.11\text{ppm}$), Pb ($1.23 \pm 0.71\text{ppm}$) and Mo ($83.5 \pm 14.7\text{ppb}$) in the West Plain Zone.

The background value varies with regionally chemical features, the author point to differetiation in content of Cu, Pb, Mo and their background value in the three zones as comppare with those in some provinces in China.

The background value of Cu, Pb and Mo in personal hair can be used to indicate the differentiation in microelement between keshan's disease area nad indisease area, netherless, as a main method, the background value of Pb and its content in person hair can be used to avaluate environment quality and calculate its variation.