

辽宁省土壤中铊的时空分布、 存在形态及其环境意义*

颜 文

(中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301)

成 杭 新

(地质矿产部物化探研究所)

刘 孝 义

(沈阳农业大学)

摘 要 本文立足于“化学定时炸弹(CTB)”的新概念及其基本研究思想,利用超低密度采样方法,研究了辽宁省泛滥平原沉积物(土壤)中铊的时空分布和演化特征以及铊的存在形态特征。结果表明,自工业化以来(1943~1993年)的大约50年时间里,随着工农业的迅速发展,辽宁省土壤中的铊有明显的累积,部分地区如辽西南的大凌河流域和辽中的太子河流域已遭受到铊的轻度污染,预测再过50年(即2043年),全省受铊污染的面积将进一步扩大;铊在土壤中主要以硅酸盐结合态和水溶态存在,另有少量以硫化物和有机质结合态存在;铊的累积主要是人类活动造成的,累积的速率与铊在土壤和沉积物中的存在形态密切相关,表现出以硅酸盐结合态存在的铊含量比例越高其累积速率也越大,而以水溶态存在的铊含量比例越高其累积速率越小甚至出现负累积;铊在土壤和沉积物中的存在形态与土壤和沉积物自身的理化性质如土壤类型、pH值、有机质含量等有一定的关系。

关键词 铊,超低密度采样,时空分布,存在形态,环境意义

中图分类号 S153.61

环境地球化学近几年最为突出的进展是提出了“化学定时炸弹”(Chemical time bomb, CTB)^[1-3]的新概念。这一概念(思想)强调,当前环境地球化学的研究不仅要考虑许多污染“热点”,而且更需要考虑大范围、不易被觉察的污染物质的缓慢累积。

铊(Tl)是一个典型的分散元素,也是一个高毒性元素。随着人类的工业化以及一系列富(含)Tl矿床的开发利用,Tl已成为一个潜在的土壤污染元素^[4]。前人的研究表明,我国土壤中的Tl总体上呈不均匀分布,首先表现在不同土壤类型中Tl含量的差异,其次表现在地域上Tl含量的差异^[5]。辽宁是我国主要的重工业和化工基地,环境污染历来比较严重,土壤中的Tl含量也相对较高^[5]。但是,目前,人们对Tl的地球化学行为,尤其是表生地球化学行为及其生态环境效应了解得不多,系统的研究报导很少。本文对利用超低

* 本文得到辽宁省博士启动基金(批准号:941045)和国家博士后科学基金(批准号:第16批)资助。

收稿日期:1996-11-25;收到修改稿日期:1997-09-08

密度采样方法获得的辽宁省泛滥平原沉积物(土壤)样品的 Tl 含量及其存在形态进行了分析,进而探讨了 Tl 的时空分布和演化特征及其环境意义。

1 研究方法

1.1 样品采集和处理

本文样品系“中国陆地环境监控网络和动态地球化学填图项目”的组成部分(即辽宁省区块)。采样密度为 1 个样 / 1000~10000km²,即最新概念上的超低密度采样。采样介质为能代表极大面积范围内元素含量的天然组合样品——泛滥平原沉积物(土壤)^[3]。成杭新(1994)^[1]对超低密度采样的代表性作过系统研究,结果表明,在 1 个样 / 1000~6000km²的超级汇水盆地出口处采集的泛滥平原沉积物和细粒活性水系沉积物样品,能记录到上游的地球化学信息,该样品中的元素含量与上游汇水盆地大面积范围内的元素平均含量相匹配,所采样品具有良好的代表性。

根据以上采样方法,于 1993 年采集了覆盖整个辽宁省的 17 个泛滥平原沉积物(土壤)样品,并于每

表1 样品自然特征及铊含量(mg/kg)

Table 1 The natural features and Tl contents (mg/kg) of samples

样号(点位) Sample No.	采样地点 Sampling location	所属水系 River system	地貌特征 Geomorphic features	采样介质 Sampling medium	铊含量 Tl content (A)	铊含量 Tl content (B)	pH	有机质含量 O.M. (g/kg)
L ₁	昌图	招苏台河	平原	土壤	0.88	0.66	7.2	19.8
L ₂	昌图	寇河	平原	土壤	0.68	0.39	6.9	24.5
L ₃	彰武	柳河	平原	土壤	0.40	0.83	7.5	20.8
L ₄	沈阳		平原	土壤	0.53	1.01	6.8	21.7
L ₅	北票	忙牛河	丘陵	土壤	0.96	0.58	7.4	4.8
L ₆	抚顺	浑河	平原	土壤	0.63	0.53	6.5	14.4
L ₇	朝阳	大凌河	丘陵	土壤	1.36	0.66	7.5	6.2
L ₈	辽中	蒲河	平原	土壤	0.82	0.53	6.6	6.6
L ₉	辽阳	太子河	平原	土壤	1.09	0.35	6.4	30.1
L ₁₀	盘锦	双台子河	平原	土壤	0.65	0.54	7.5	28.9
L ₁₁	盘锦	绕阳河	平原	土壤	0.91	0.38	7.9	15.1
L ₁₂	锦州	小凌河	准平原	土壤	0.90	0.75	7.1	8.2
L ₁₃	绥中	六股河	准平原	土壤	0.61	0.74	7.1	7.8
L ₁₄	盖县	大清河	准平原	土壤	0.58	0.53	6.8	13.6
L ₁₅	丹东	爱河	山地	土壤	0.72	0.91	6.3	9.1
L ₁₆	东沟	大洋河	准平原	土壤	0.60	0.96	5.4	12.3
L ₁₇	庄河	碧流河	平原	土壤	0.82	0.70	5.8	8.8

个采样单元内采集了两种样品,一是地表 30cm 以内的表层泛滥平原沉积物(记为 A),另一种是距地表

1) 成杭新. 超低密度采样代表性研究及超低密度地球化学填图的应用(硕士学位论文). 1994

80cm 以下的反映工业化前的泛滥平原沉积物(记为 B)。这些样品的自然特征及铊含量见表 1。

样品经自然风干后,于恒温 40℃ 的烤箱内烘干,而后将样品放入玛瑙球磨机中磨碎至 180~200 目。球磨机的工作条件为:转速不超过 220 转/分钟条件下先研磨 10 分钟,然后停机 30 分钟再开机研磨,以使样品在研磨过程中温度不超过 40℃,防止挥发性元素的挥发。

1.2 铊及其各形态分析方法

土壤中全量铊的分析采用塞曼效应无火焰原子吸收法,分析结果见表 1。实验中利用亚硝酸钠作 Tl(I) 的氧化剂,避免了使用溴水时的刺激气味;用 EDTA 作解剂,可于解后直接测定;用钽处理热解石墨杯作原子化器,灵敏度高,精度好,使用寿命长。利用本方法测 Tl 的绝对灵敏度为 2×10^{-11} 克^[6]。

铊的各形态分离、萃取和测定方法见表 2。

表2 铊形态分析方法

Table 2 Analytical procedures for fractions of Tl

形态 Fractions	分析方法 Analytical procedures
水溶态(+3价)	水溶解(振荡1小时)后过滤,加盐酸酸化至盐酸浓度约5%,用泡塑 ¹⁾ 吸附(振荡1小时),用2%EDTA 解脱,用日立180-70型偏振塞曼原子吸收分光光度计测定水溶相中的 Tl ³⁺ 。
水溶态(+1价)	原液于电热板上蒸至10ml后加入5ml王水蒸至近干,盐酸酸化,水稀释,滴加10滴5%NaNO ₂ 放置5 分钟,用泡塑吸附(振荡1小时),用2%EDTA解脱,同上法测定水溶相中的 Tl ¹⁺ 。
硫化物结合态	盐酸-过氧化氢分解样品,在60~80℃ 条件下保持30分钟,滤液中加5ml王水蒸发至湿盐状,盐酸 酸化,水稀释,加10滴5%NaNO ₂ 放置5分钟,用泡塑吸附(振荡1小时),用2%EDTA解脱,用上法 测得Tl(I)、Tl(III)与Tl _{硫化物相} 之和,减去前两项即为硫化物结合态的Tl。
硅酸盐结合态	将过滤硫化物相中的残渣灰化后放冷,用HNO ₃ +HF+H ₂ SO ₄ 分解,用2ml王水溶解并蒸至湿盐状 盐酸酸化,水稀释,加10滴5%NaNO ₂ 放置5分钟,泡塑吸附(振荡1小时),用EDTA解脱,上法测定 硅酸盐结合态Tl含量。
有机质结合态	用焦磷酸钠浸取样品后过滤,加HNO ₃ +1:1H ₂ SO ₄ 破坏有机物,用王水溶解并蒸至湿盐状,盐酸 酸化,水稀释,加10滴5%NaNO ₂ 放置5分钟,泡塑吸附(振荡1小时),用EDTA解脱,如上法测定有 机质结合态Tl含量。

1) 本实验所用泡塑为北京泡沫塑料厂生产的白色聚醚型($\Phi 0.1-0.5$ mm, $\rho 0.03-0.04$ g/cm³)聚氨酯泡沫塑料; 只有在氧化剂存在时泡沫塑料才能定量富集铊,本实验采用 NaNO₂作铊(I)的氧化剂

2 铊的时空分布特征

对环境污染的认识首先必须建立在了解其背景的基础之上,这样才有可能预测研究 区遭受污染的程度和趋势。图 1 为辽宁省地表以下 80cm 泛滥平原沉积物(土壤)(B)中 Tl 的分布状况,从中可以看到, Tl 含量基本在 0.30~0.85mg/kg 之间波动,平均含量为 0.65mg/kg 左右。据《中国土壤元素背景值》资料^[7],全国土壤中 Tl 的平均值为 0.620mg/kg。可见,此时辽宁省的土壤基本没有遭受 Tl 污染。而在工业革命的一百多年时间里,我 国主要在解放以后,随着工农业的迅速发展,环境污染也日益严重。在解放后短短的 40~ 50 年间,即到了 1993 年,辽宁省大部分地区土壤中的 Tl 含量(图 2)比工农业不发达的解 放前(图 1)有较大的增加, Tl 的总体含量已达到 0.60~1.0mg/kg, 平均值达 0.77mg/kg。

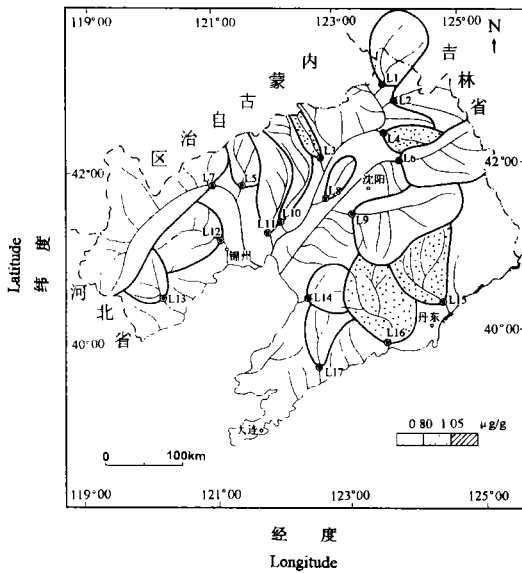


图 1 1943 年辽宁省土壤中的全量铊分布

Fig. 1 Distribution of total thallium in soils of Liaoning Province in 1943

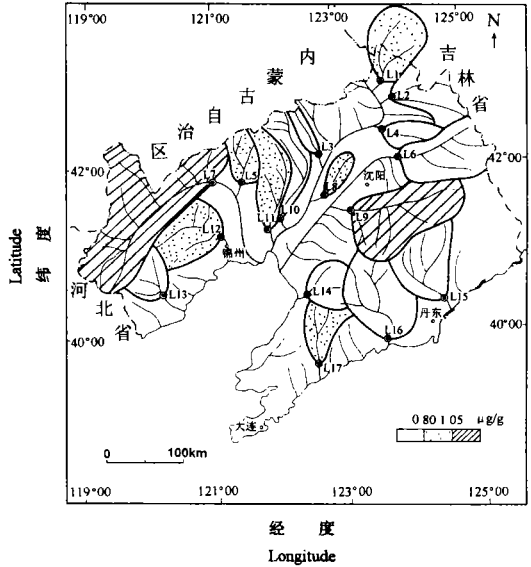


图 2 1993 年辽宁省土壤中的全量铊分布

Fig. 2 Distribution of total thallium in soils of Liaoning Province in 1993

某些地区已遭受到 Tl 的轻度污染,如 L_7 点位的大凌河流域所包括的朝阳市及其以西地区的土壤 Tl 含量则高达 $1.36\text{mg} / \text{kg}$; L_9 点位的太子河流域所包括的辽阳、鞍山及本溪地区的土壤 Tl 含量也达 $1.09\text{mg} / \text{kg}$ 。这表明,人类活动是 Tl 污染的主要来源。此外,从图 2 还可以看到, L_1 点位所代表的招苏台河流域、 L_3 点位所代表的忙牛河流域、 L_8 点位所代表的蒲河流域、 L_{11} 点位所代表的绕阳河流域、 L_{12} 点位所代表的小凌河流域、 L_{17} 点位所代表的碧流河流域等众多地区的土壤 Tl 含量也较高,都在 $0.80\text{mg} / \text{kg}$ 以上。这些地区是潜在 Tl 污染的危险地区。

大量研究表明,泛滥平原沉积物的沉积速率大多在 $1\text{--}2\text{cm} / \text{年}$ 之间,平均约 $1.5\text{cm} / \text{年}$,据此,可以粗略地假定地表以下 80cm 的泛滥平原沉积物(B)中的 Tl 含量为 1943 年的背景含量^[3]。那么按 1943~1993 年间每个汇水盆地的 Tl 含量增长(或下降)速率再持续 50 年,就可以得到 2043 年辽宁省土壤的 Tl 分布趋势图(图 3)。图 3 表明,目前(1993 年)的潜在 Tl 污染区到 2043 年均开始发生轻度 Tl 污染,而目前已遭受轻度 Tl 污染的大凌河流域和太子河流域,到那时 Tl 污染将进一步升级, Tl 含量分别达到 $2.06\text{mg} / \text{kg}$ 和 $1.83\text{mg} / \text{kg}$ [依公式 $Tl_{2043} = Tl_{1993} + 50 \times (Tl_{1993} - Tl_{1943}) / 50$ 计算获得,即某流域经 50 年后(2043 年)沉积物中 Tl 的平均含量应大致等于其起始背景含量(即 1993 年 Tl 的背景含量)与它按前一个 50 年的累积速率再累积 50 年的累积量之和]。尽管上述结果离爆发 Tl 的化学定时炸弹可能还有很大距离,但从发展趋势看,如果不采取有效的预防措施,几百年甚至几十年之后完全有可能在某些地区产生 Tl 的有害环境效应。

3 铊的存在形态特征

对地表 30cm 以内各样品 (A) Tl 的存在形态进行了分析 (表 3)。结果发现, Tl 在这些

表3 辽宁省土壤不同形态铊含量(mg/kg)及其百分比(%)

Table 3 Contents and percentages of different thallium fractions in soils of Liaoning Province

样号(点位)	水溶态(+1价)	水溶态(+3价)	水溶态(总和)	硅酸盐结合态	硫化物结合态	有机质结合态
Sample No.	Water-soluble (I)	Water-soluble (III)	Water-soluble (Total)	Silicates-bound	Sulfides-bound	Organically bound
L ₁ 含量	0.12	0.14	0.26	0.54	0.05	0.04
百分比	13.48	15.73	29.21	60.67	5.62	4.49
L ₂ 含量	0.16	0.19	0.35	0.24	0.07	0.03
百分比	23.19	27.54	50.72	34.78	10.14	4.35
L ₃ 含量	0.18	0.18	0.36	0.15	0.06	0.05
百分比	29.03	29.03	58.06	24.19	9.68	8.06
L ₄ 含量	0.12	0.14	0.26	0.32	0.05	0.03
百分比	18.18	21.21	39.39	48.48	7.58	4.55
L ₅ 含量	0.10	0.18	0.28	0.56	0.10	0.07
百分比	9.90	17.82	27.27	55.54	9.90	6.93
L ₆ 含量	0.13	0.17	0.30	0.30	0.06	0.08
百分比	17.57	22.97	40.54	40.54	8.11	10.81
L ₇ 含量	0.09	0.11	0.20	0.90	0.17	0.07
百分比	6.72	8.21	14.39	67.16	12.69	5.52
L ₈ 含量	0.10	0.13	0.23	0.50	0.10	0.07
百分比	11.11	14.44	25.56	55.56	11.11	7.78
L ₉ 含量	0.09	0.13	0.22	0.74	0.11	0.10
百分比	7.69	11.11	18.80	63.25	9.40	8.55
L ₁₀ 含量	0.12	0.14	0.26	0.35	0.10	0.12
百分比	14.46	16.87	31.33	42.17	12.05	14.46
L ₁₁ 含量	0.15	0.18	0.33	0.50	0.09	0.09
百分比	14.85	17.82	32.67	49.50	8.91	8.91
L ₁₂ 含量	0.08	0.13	0.21	0.60	0.10	0.06
百分比	8.25	13.40	21.65	61.68	10.31	6.19
L ₁₃ 含量	0.10	0.10	0.20	0.30	0.09	0.03
百分比	16.13	16.13	32.26	48.39	14.52	4.84
L ₁₄ 含量	0.12	0.14	0.26	0.24	0.06	0.07
百分比	19.05	22.22	41.27	38.10	9.52	11.11
L ₁₅ 含量	0.09	0.10	0.19	0.45	0.10	0.15
百分比	10.11	11.24	21.35	50.56	11.24	16.85
L ₁₆ 含量	0.12	0.20	0.32	0.20	0.07	0.09
百分比	17.65	29.41	47.06	29.41	10.29	13.24
L ₁₇ 含量	0.16	0.16	0.32	0.45	0.12	0.08
百分比	16.49	16.49	32.99	46.39	12.37	8.25

土壤中主要以硅酸盐结合态和水溶相态形式存在,另有少量以硫化物结合态和有机质结合态形式存在。前两者之和所占比例高达 71.91~89.88%,而且表现出两者的百分比基本上成互补的关系,即硅酸盐结合态 Tl 含量百分比越大的样品,其水溶相态 Tl 含量百分比则越小,反之亦然。此外,在以水溶相态存在的那部分 Tl 中, Tl(III) 的含量总体上略高于 Tl(I) 的含量。

在 Tl 的以上几种存在形态中,以水溶态 Tl 的活性最大,通常可直接被作物吸收利用。水溶态 Tl 在本区土壤中所占比例较大,是 Tl 的主要存在形式之一,而且毒性相对较大的 Tl(III) 比毒性相对较小的 Tl(I) 的含量高。因此,这部分 Tl 对本区生态环境的直接危害性较大。而以硅酸

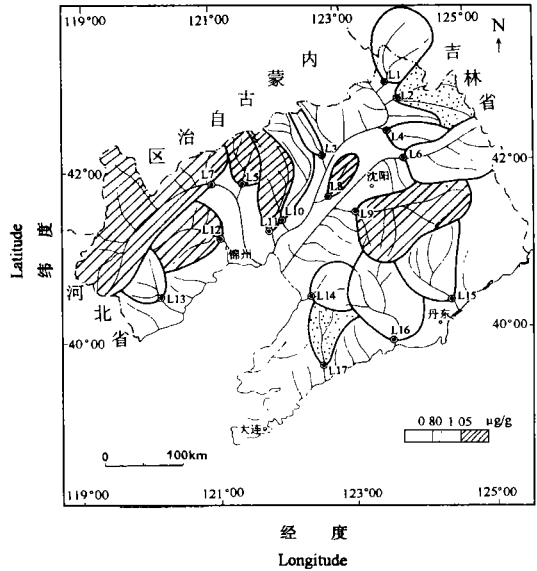


图 3 预测 2043 年辽宁省土壤中的全量铊分布
Fig. 3 Predictable distribution of total thallium in soils of Liaoning Province in 2043

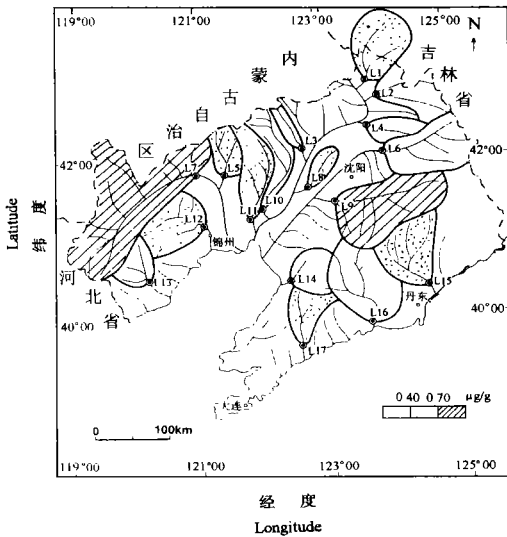


图 4 1993 年辽宁省土壤中硅酸盐结合态铊含量的分布
Fig. 4 Distribution of silicates-bound fraction of thallium in soils of Liaoning Province in 1993

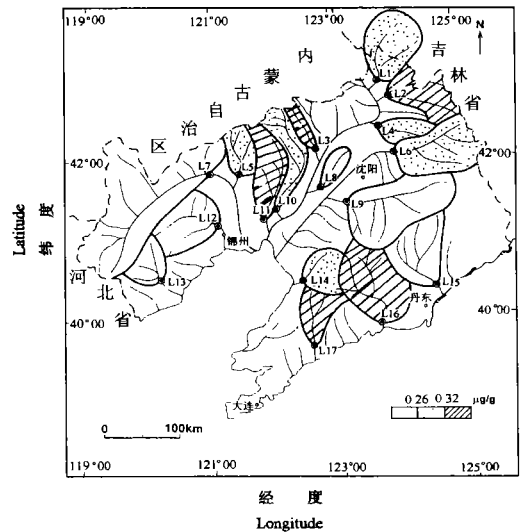


图 5 1993 年辽宁省土壤中水溶态铊含量的分布
Fig. 5 Distribution of water-soluble fraction of thallium in soils of Liaoning Province in 1993

盐结合态和硫化物结合态等形式存在的 Tl, 虽然在一定条件下稳定性较大,但当气候和环境条件发生改变时,如在高温、酸性氧化条件下,它们也会随着结合体的分解而活化迁移。

因此,这部分 Tl 的潜在危害性也不可忽视。

对比前面的图 1 和图 2,我们还可以看到另外一种现象,即 1943 年土壤 Tl 含量相对较高的地区,如 L_3 点位(柳河流域)、 L_4 点位(沈阳北面地区)、 L_{15} 点位(爱河流域)和 L_{16} 点位(大洋河流域),到现在(1993 年)Tl 含量却反而降低了。为了更清楚地了解辽宁省土壤中 Tl 的变化特征及其环境意义,利用表 3 数据作出了各种形态 Tl 含量的分布趋势图。对比这些分布图,我们发现,硅酸盐结合态 Tl 含量的分布趋势(图 4)与同时期全量 Tl 的分布趋势(图 2)非常相似,即全量 Tl 含量高的地区其硅酸盐结合态的铊含量相应也高,反之亦然。此外,硫化物结合态 Tl 含量的分布趋势与全量 Tl 的分布趋势也有一定的相似性。而水溶相 Tl 含量的分布趋势(图 5)与同时期全量 Tl 的分布趋势(图 2)成典型的互补关系,即全量 Tl 含量高的地区其水溶相 Tl 含量低,但它与 1943 年时全量 Tl 的分布趋势(图 1)有一些相似性。导致上述结果的原因,我们认为,在自然作用过程中,水溶态 Tl 易于迁移转化,因此,1943 年时 Tl 含量相对较高的地区(如 L_3 、 L_4 、 L_{15} 、 L_{16} 等点位),到 1993 年 Tl 含量反而降低了;而硅酸盐结合态 Tl 含量相对较高的 L_7 、 L_9 等点位,随着时间的推移其全量 Tl 含量也逐渐增加,到 1993 年,部分点位已达到污染起始值(1.05),另有部分点位也接近污染起始值。有机质结合态 Tl 含量的分布趋势与全量 Tl 含量的分布趋势仅在局部存在一些相似性,或者说它是介于硅酸盐结合态与水溶相态之间的一种过度情形。此外,它与本区土壤有机质含量的分布趋势也有一定的相似性。

以上结果表明,Tl 在土壤和沉积物中的累积与 Tl 的存在形态密切相关。总体表现出,以硅酸盐结合态 Tl 所占比例越大的土壤,Tl 的累积速率相对也越大;而以水溶态 Tl 所占比例越大的土壤,其 Tl 累积速率相对越小甚至出现负累积。因此,研究土壤和沉积物中 Tl 的存在形式可加深对作为化学污染物质储存库的土壤和沉积物的认识,从而更有效地预防更大面积的 Tl 污染。

Tl 在土壤和沉积物中的形态分布与土壤和沉积物自身的理化特性有一定的关系。这些特性包括土壤和沉积物的类型、所含粘粒和胶体氧化物的类型和数量、可交换阳离子的数量、有机质含量、pH 值等。从前面的分析可知,辽宁省土壤中的 Tl 含量以西南部最高,是 Tl 污染的危险地区之一。而辽宁省现代土壤的地带性分布表明,辽西南部以落叶阔叶林褐土为主,既有别于辽东的棕壤和辽河下游平原的草甸土,也有别于辽西北部的草原栗钙土和干草原栗钙土^[8],这一类型的土壤可能因其自身特殊的理化性质,特别是较高的 pH 值,而对 Tl 有较大的累积作用,从本区土壤的 pH

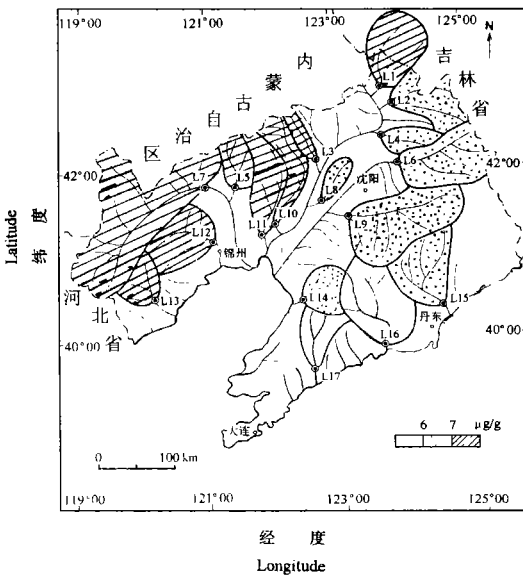


图6 辽宁省土壤的pH值分布

Fig.6 Distribution of soil pH of Liaoning Province

分布趋势(图 6)可以看到,它与全量 Tl 的分布模式(图 2)及硅酸盐结合态 Tl 含量的分布模式(图 4)也有一定的相似性,总体上表现出 pH 高的区域(辽西南部)其全量 Tl 含量和硅酸盐结合态 Tl 含量相应也高。结合辽宁省的自然气候状况可知,辽西山地丘陵地带的年降水量在全省范围内属于最低的地区,因而其土壤的 pH 值相对较大,在这种条件下,土壤中的 Tl 主要以结合态形式存在,而可溶性的离子态 Tl 含量较少,因而更有利于 Tl 在土壤和沉积物中的累积。从这一意义上看,辽西南土壤中 Tl 含量较高与该区的自然地理条件也有一定的关系。

4 结 论

1. 在工农业落后的解放前(1943 年)。辽宁省泛滥平原沉积物(土壤)中的 Tl 含量普遍较低,基本没有遭受污染。而解放后随着工农业的迅速发展,短短 50 年即到 1993 年,全省大部分土壤中的 Tl 有明显累积,其中以辽西南部的大凌河流域和辽中的太子河流域土壤中的 Tl 含量最高,已遭受到 Tl 的轻度污染。以此速率推算,再过 50 年即到 2043 年,辽宁省遭受轻度 Tl 污染的面积将进一步扩大。

2. 本区土壤中的 Tl 主要以硅酸盐结合态和水溶态形式存在,另有少量以硫化物结合态和有机质结合态形式存在。水溶态 Tl 含量高表明对生态环境的直接危害性大;而硅酸盐结合态 Tl 含量高,一方面加速全量 Tl 的累积,另一方面其本身的潜在危害性也较大。表现出硅酸盐结合态 Tl 所占比例越大的土壤,Tl 累积速率相对也越大;而以水溶态 Tl 所占比例越大的土壤,其 Tl 累积速率相对越小甚至出现负累积。这便是决定辽宁省泛滥平原沉积物中全量 Tl 的分布趋势与硅酸盐结合态 Tl 的分布趋势极其相似,而与水溶相 Tl 的分布趋势基本成互补的主要因素。

3. 辽宁省土壤中 Tl 的明显累积主要是人类活动造成的,部分地区如辽西南部 Tl 的累积也可能有其自然的因素。Tl 在土壤和沉积物中的形态分布与土壤和沉积物自身的理化特性有一定关系,如辽西南部以褐土为主,且 pH 值居全省最高,这些自然因素决定了土壤和沉积物中的 Tl 主要以结合态形式存在,因而累积速率较大,使该区土壤中全量 Tl 的含量也居全省最高。

4. 本文讨论的是第一层次上采集的泛滥平原沉积物(土壤)样品(即超低密度采样)的分析结果,即每个样品代表数千平方公里的汇水盆地,其 Tl 含量基本反映的是整个汇水盆地的平均值。因此,在该汇水盆地内必有局部地段的 Tl 含量比分析结果更高。也就是说,如果我们继续进行第二层次采样(甚低密度,1 个样 / 100—1000km²),甚至第三层次采样(低密度,1 个样 / 1—100km²)分析的话,就有可能圈出更局部和更严重的 Tl 污染区,这是有待我们下一步开展的工作。

致谢:地矿部物化探研究所谢学锦院士无偿提供样品,该所卢荫麻高工和沈阳农业大学孙效文实验师帮助完成了有关化学分析。

参 考 文 献

1. Stragliani W M. et al., Chemical time bombs: predicting the unpredictable. *Environment*, 1991, 33:4—30.
2. 谢学锦. 化学定时炸弹研究. *中国地质*, 1993, (11): 18—19
3. Xie Xuejing, Cheng Hangxin. The suitability of floodplain sediments as a global sampling medium: evidence from China. *J. Geochem. Explor.*, 1997, (58): 51—62
4. 颜文, 刘孝义, 龙江平. 铊(Tl)—一个不可忽视的土壤污染元素. *土壤学进展*, 1995, 23(3): 21—28
5. 齐文启, 曹杰山, 陈亚蕾. 镉(In)和铊(Tl)的土壤环境背景值研究. *土壤通报*, 1992, 23(1): 31—33
6. 卢荫麻, 丁莎. 塞曼效应无火焰原子吸收法测定地球化学样品中的微量铊. *地质实验室*, 1987, 3(3): 177—180
7. 中国环境监测总站. 中国土壤元素背景值. 北京: 环境科学出版社, 1990, 329—497
8. 贾文锦. 辽宁土壤和景观的演化. 见: 辽宁省第二次土壤普查专题研究论文选. 沈阳: 辽宁大学出版社, 1990. 1—14

TEMPORAL AND SPATIAL DISTRIBUTION AND FRACTIONS OF THALLIUM IN SOILS OF LIAONING PROVINCE AND ITS IMPLICATIONS TO ENVIRONMENT

Yan Wen

(South China Sea Institute of Oceanology, Academia Sinica, Guangzhou 510301)

Cheng Hang-xin

(Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Ministry of Geology and Mineral Resources)

Liu Xiao-yi

(Shenyang Agricultural University)

Summary

The characteristics of temporal and spatial distribution and fractions of thallium in floodplain sediments (soils) of Liaoning Province were dealt with in this paper based on the basic thought of "chemical time bombs (CTB)". Seventeen samples of floodplain sediments (soils) which covered all the area of Liaoning Province were obtained through wide-spaced sampling, and four fractions, *i. e.*, silicates-bound (SILB), sulfides-bound (SULB), organically bound (ORGB) and Water-soluble (WS) fractions, were found through fractionation. The results indicated that:

1. From pre-industrialization (1943) to now (1993), the content of thallium in soils of Liaoning Province increased obviously with the rapid development of industry and agriculture, and some parts such as the Daling River Basin and Taizi River Basin have been slightly polluted by thallium, therefore, it could be predicted that the area polluted by thallium would increase fifty years later (*i. e.*, the year 2043).

2. Thallium mainly existed in SILB and WS fractions, secondarily in SULB and ORGB fractions.

3. The accumulation of thallium in the soils and sediments was mainly caused by human activities, and the rate of accumulation was closely related to the fractions of thallium.

4. The fractions of thallium in the soils and sediments were related to the physical and chemical properties of soils and sediments themselves such as soil types, pH and organic matter to a certain extent.

Key words Thallium, Wide-spaced sampling, Temporal and spatial distribution, Fractions of thallium, Environmental implications