

城镇周边土壤 Hg 异常成因机理研究

马生明^{1,2)}, 朱立新³⁾, 汤丽玲^{1,2)}, 王之峰^{1,2)}

1) 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 河北廊坊, 065000

2) 中国地质科学院应用地球化学开放实验室, 河北廊坊, 065000

3) 中国地质科学院, 北京, 100037

内容提要:普遍出现在城镇及其周边土壤中的 Hg 异常受到极大关注,但是对此类异常到底具有怎样的生态危害目前还没有明确的结论原因之一就是对其成因机理缺乏准确认识。在 13 个中心试验区及其周围几十个城镇获得的试验研究结果表明,出现在城镇周边地区的土壤 Hg 异常,均与土壤中的辰砂矿物有关,而且辰砂在形成土壤 Hg 异常中起到重要作用。此类辰砂是叠加到土壤中的 Hg 经过形态转化形成 Hg^{2+} , 然后与 S^{2-} 结合生成 HgS,进而结晶形成的首次给辰砂的次生成因学提供了一种可能性。辰砂的形成使 Hg 以矿物态形式固定在土壤中,导致土壤 Hg 含量增高,形成土壤 Hg 异常。此项研究成果对土壤 Hg 异常生态效应评价及预警预测研究具有重要意义。

关键词: Hg 存在形态;辰砂次生成因; Hg 异常成因机理;城镇周边;北京;南京;西安

生态环境保护是关系到我国社会发展和经济建设全局的战略措施。当前,经济增长与环境保护并重、在保护环境求发展的全新理念已经被各级政府和广大民众所接受,并在实践中落实、实施。作为人类赖以生存和发展的自然物质基础之一,土壤生态环境的保护已经受到了足够重视,但是由于各种人为污染物的持续加入,土壤环境质量状况仍然不容乐观,其中,城镇、城市周边或城市聚集带土壤中普遍存在的 Hg 的地球化学异常就是众多土壤环境问题之一。

Hg 是一种具有生物毒性的重金属元素,由此广泛存在于城镇及其周边地区土壤中的 Hg 异常就引起了人们高度的警觉,人们普遍关心这些土壤 Hg 异常会不会给人体健康带来危害、危害程度到底有多大。在这种情况下,开展城镇及其周边土壤中 Hg 异常成因机理研究就显示出重要意义,其直接目的之一就是要从根本上揭示此类异常的形成过程,为客观、准确、有效地评价异常的生态效应提供科学依据。

本文以北京、南京、西安等 13 个中心试验区及其周围几十个城镇的试验研究结果为基础(图 1),

对城镇周边土壤 Hg 异常区 Hg 的存在形态进行了探讨,明确了辰砂在形成土壤 Hg 异常中的作用。同时,对辰砂的区域分布规律成因机理进行了探讨,进而对土壤 Hg 异常的成因机理进行了解释说明。

1 土壤 Hg 异常区 Hg 的存在形态特征及辰砂在形成土壤 Hg 异常中的作用

此前已有研究成果发现,在城市及其周边土壤 Hg 异常区内普遍存在着辰砂矿物(Zhu Lixin et al., 2004; 马生明等, 2004; 肖桂义等, 2004; 朱立新等, 2004a; 朱立新等, 2004b), 而且辰砂的数量与土壤 Hg 异常强度正相关,这表明至少有一部分土壤 Hg 异常是由辰砂引起的。但是,土壤中的 Hg 到底有多少? 是以辰砂矿物形式存在,即辰砂在形成土壤 Hg 异常中的作用到底有多大,在以往研究中却没有提及,而这些资料是客观、准确评价土壤 Hg 异常生态效应及环境危害的基础,值得深入探讨。

本次试验中采用土壤热释 Hg 法和化学相态分析法,对城镇周边土壤 Hg 异常区 Hg 的存在形态进行了系统研究,结果表明,土壤中 Hg 主要以硫化

注:本文为科技部科技基础性工作和社会公益研究专项(编号 2003DIB3J071)、地质调查项目(编号 200220130004)资助的成果。

收稿日期:2007-01-17;改回日期:2007-03-08;责任编辑:郝梓国。

作者简介:马生明,男,1963年生。博士,教授级高工。从事环境、勘查地球化学方法技术研究。电话:0316-2267728;Email:msmigge@163.com。

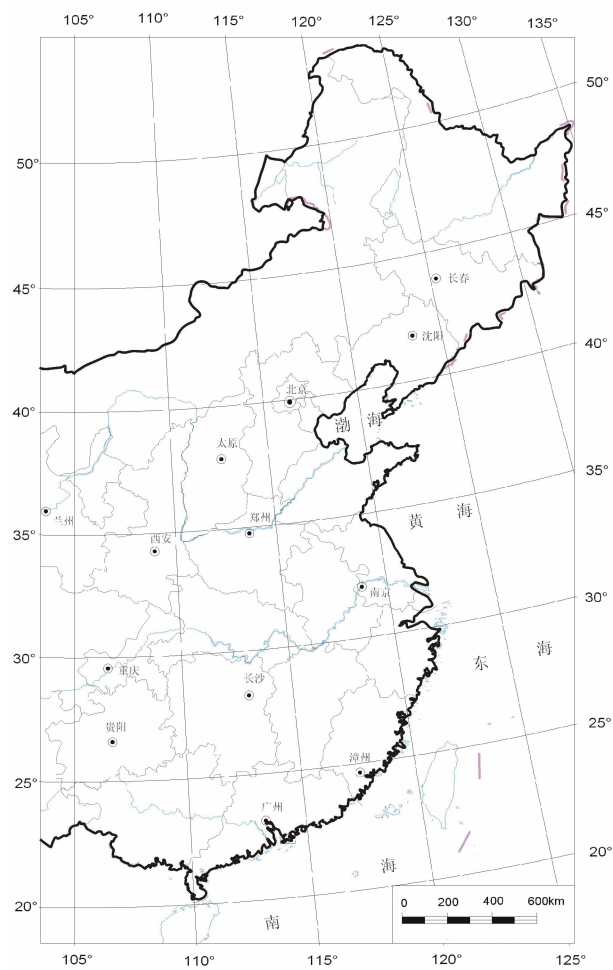


图 1 中心试验区位置示意图
Fig.1 location of the study areas

物相形式存在,辰砂对形成土壤 Hg 异常起到了决定性作用。

1.1 土壤热释 Hg 特征

土壤热释 Hg 能够很好地反映土壤中 Hg 的存在形态,其原理是通过加热使土壤中的 Hg 释放出来,根据不同温度区间释放 Hg 量的多少来判断土壤中 Hg 的主导存在形态及其含量。试验研究使用 RG-1 型测汞仪,采用非连续释汞法,测试样品 203 件。结果表明,各试验区土壤中 Hg 的释放温度均集中在 250~400℃ 之间,多数占土壤总 Hg 量的 90% 以上,其中在 350℃ 时释放 Hg 的量最大(图 2)。对照标准 Hg 化合物的释 Hg 温度,在 250~400℃ 温度区间释放的 Hg 中,主要是硫化汞和有机态汞,其次还有少量氯化高汞和氧化汞,在 350℃ 时硫化汞的释放比例最大,大约占 78.8%。据此判断,土壤 Hg 异常区内 Hg 主要以硫化物形式存在。

1.2 土壤 Hg 相态分析结果

相态分析采用连续提取法,主要目的是定量确定土壤中硫化物相汞在总 Hg 中所占的比例。此项分析由国土资源部广州矿产资源监督检测中心完成。统计结果表明(表 1),在不同试验区内,硫化物相汞在总 Hg 中所占的比例绝大多数都超过了 65%,各试验区总平均为 68%,说明土壤中大多数 Hg 以硫化物形式存在,此外还有 9.6% 的 Hg 以有机物结合态形式存在。

上述两项试验结果均表明,在城市周边土壤 Hg 异常区内,硫化汞是 Hg 的主要存在形态,结合发现的辰砂矿物推测,土壤中硫化汞已经转化为辰砂矿物,因此可以说,辰砂在形成土壤 Hg 异常中起到了重要作用,辰砂的产出与否及其分布规律是控制土壤 Hg 异常强度及其空间分布特征的主要因素。

在以往相关研究成果中,已经对个别城市周边土壤 Hg 异常强度及其分布与辰砂数量及其分布间的相关性规律进行了介绍,不再赘述,这里重点对城镇周边土壤 Hg 异常区内辰砂的区域分布规律进行探讨。

表 1 土壤 Hg 相态分析统计结果
Table 1 The results of sequence extraction Hg in soil

试验区 及样品数	平均 Hg 含 量($\times 10^{-9}$)	有机态 Hg		HgS	
		含量 ($\times 10^{-9}$)	占总 Hg 比例(%)	含量 ($\times 10^{-9}$)	占总 Hg 比例(%)
长春 n=8	1993	158	8.0	1464	73.5
北京 n=4	1843	170	9.2	1320	71.6
南京 n=11	5146	273	5.3	3354	65.2
漳州 n=4	2680	165	6.2	2175	81.2
广州 n=3	2540	193	7.6	1860	73.2
郑州 n=3	1187	207	17.4	913	77.0
贵阳 n=3	797	97	12.1	517	64.9
临汾 n=4	1428	158	11.0	1138	79.7
西安 n=5	2018	224	11.1	1552	76.9
兰州 n=3	2240	170	7.6	1500	67.0

2 辰砂与土壤 Hg 含量的相关性及其区域分布规律

试验研究在 13 个中心试验区及其周围几十个城镇进行,对应采集土壤样品、土壤重砂样品各 665 件。重矿物鉴定结果显示,在总共 665 件重砂样品中,出现辰砂矿物的有 541 件,占总样品数的 81.2%,表明城镇周边出现辰砂并非偶然现象,而是一个普遍现象。出现辰砂样品的比例随着土壤 Hg 含量的增加而增大,呈现出显著的正相关关系(图

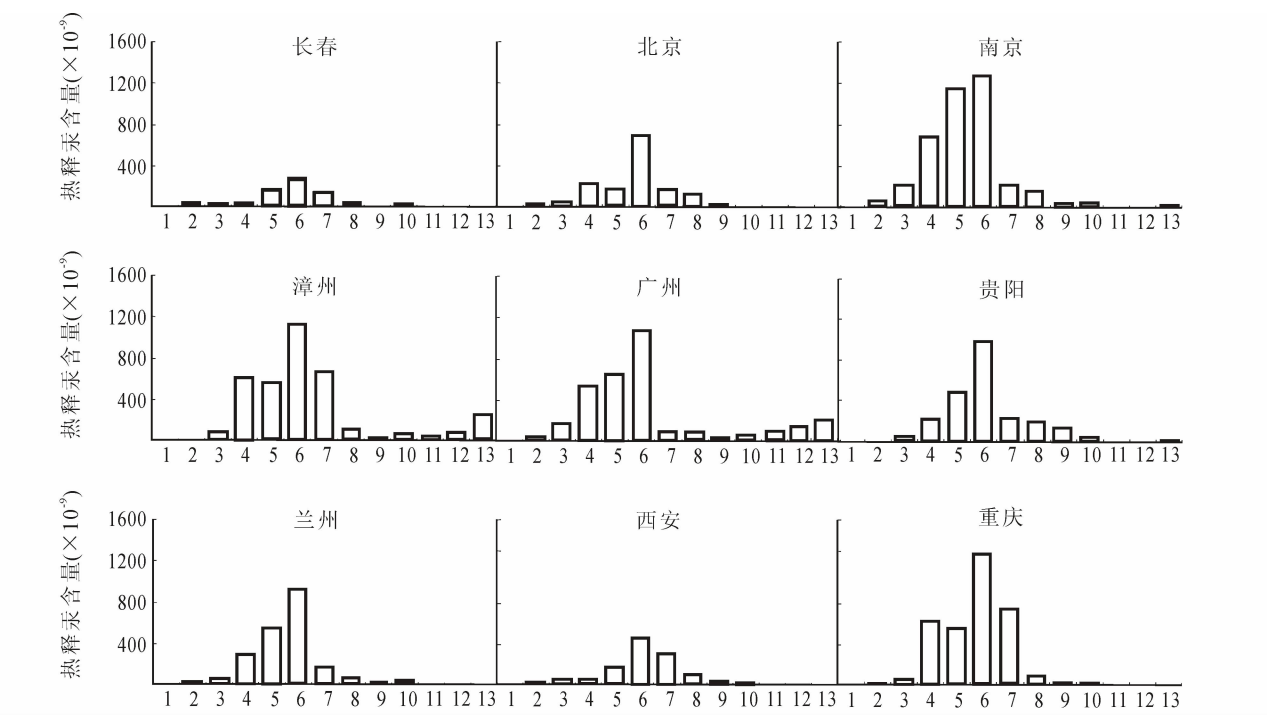


图 2 不同试验区土壤热释 Hg 特征

Fig.2 Thermal release of Hg in soil in different study areas

横坐标:热释温度,1:100℃,2:150℃,3:200℃,4:250℃,5:300℃,6:350℃,7:400℃,8:450℃,9:500℃,10:600℃,11:700℃,12:800℃,13:900℃

Abscissa: temperature, 1: 100℃,2: 150℃,3: 200℃,4: 250℃,5: 300℃,6: 350℃,7: 400℃,8: 450℃,9: 500℃,10: 600℃,11: 700℃,12: 800℃,13: 900℃;Ordinate:Hg content (×10⁻⁹)

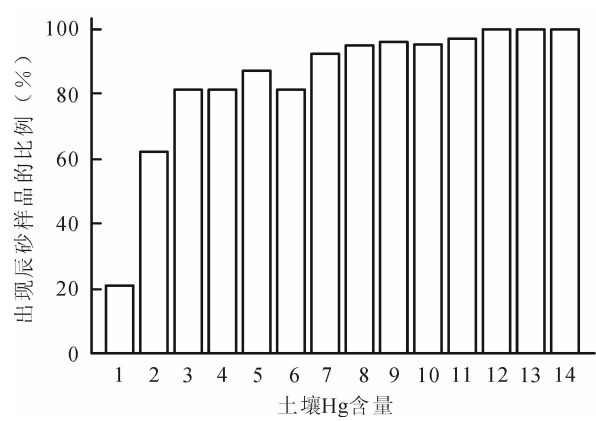


图 3 土壤 Hg 含量与出现辰砂样品比例相关性图示

Fig.3 Relativity of Hg content in soil and percentage of occurring cinnabars

Hg 含量单位:×10⁻⁹,1—0~20; 2—20~40; 3—40~60; 4—60~80; 5—80~100; 6—100~200; 7—200~400; 8—400~600; 9—600~800; 10—800~1000; 11—1000~1500; 12—1500~2000; 13—2000~4000; 14—>4000

Hg content: ×10⁻⁹, 1—0~20; 2—20~40; 3—40~60; 4—60~80; 5—80~100; 6—100~200; 7—200~400; 8—400~600; 9—600~800; 10—800~1000; 11—1000~1500; 12—1500~2000; 13—2000~4000; 14—>4000

3)。当土壤 Hg 含量小于 20×10^{-9} 时,出现辰砂样品的比例为 21%;当土壤 Hg 含量介于 $(20\sim40)\times10^{-9}$ 之间时,出现辰砂样品的比例增大到 62%;当土壤 Hg 含量介于 $(40\sim200)\times10^{-9}$ 之间时,出现辰砂样品的比例大于 80%;当土壤 Hg 含量介于 $(200\sim1500)\times10^{-9}$ 之间时,出现辰砂样品的比例大于 95%;当土壤 Hg 含量超过 1500×10^{-9} 时,重矿物中 100% 出现辰砂。

辰砂的数量(粒/5kg)与土壤 Hg 含量总体上也呈现正相关关系(图 4)。少数样品中辰砂的数量甚至达到每 5kg 中含 1mg,证实土壤 Hg 异常区出现辰砂不仅是一个普遍现象,而且出现辰砂的数量还相当可观,不过不同试验区间辰砂的数量却存在差异。

出现辰砂数量最大的试验区依次位于我国东南地区的是南京、漳州和广州,辰砂平均数量超过 30 粒/5kg,其中南京试验区出现辰砂的数量最多,达 137 粒/5kg。其次是长春、北京、郑州、西安、兰州,辰砂平均数量超过 15 粒/5kg,沈阳、长沙、贵阳、太原和重庆试验区辰砂平均数量最低,等于或低于 15

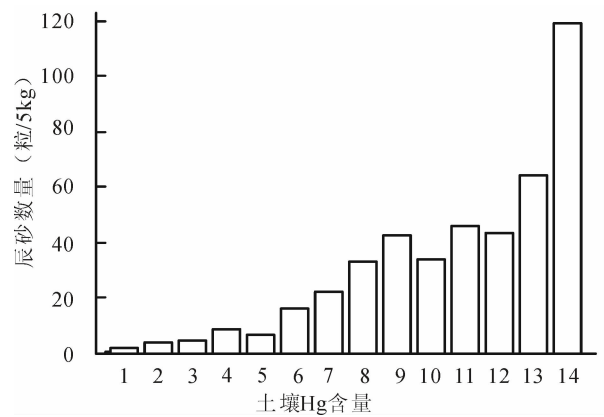


图 4 土壤 Hg 含量与辰砂数量相关性图示

Fig. 4 Relativity of Hg content in soil and numbers of cinnabars

注: Hg 含量单位: $\times 10^{-9}$, 1—0~20; 2—20~40; 3—40~60; 4—60~80; 5—80~100; 6—100~200; 7—200~400; 8—400~600; 9—600~800; 10—800~1000; 11—1000~1500; 12—1500~2000; 13—2000~4000; 14— >4000

Hg content: $\times 10^{-9}$, 1—0~20; 2—20~40; 3—40~60; 4—60~80; 5—80~100; 6—100~200; 7—200~400; 8—400~600; 9—600~800; 10—800~1000; 11—1000~1500; 12—1500~2000; 13—2000~4000; 14— >4000

粒/5kg。不同试验区间辰砂数量与土壤 Hg 含量具有明显的相关性,说明辰砂与土壤 Hg 含量之间,不仅具有数量上的相关性,还具有区域空间分布上的相关性,这种区域空间分布上的相关性似乎受自然气候条件的制约,并通过辰砂数量的区域分布规律表现出来(表 2)。

表 2 辰砂数量及土壤 Hg 含量统计表

Table 2 The numbers and Hg content in soil in different study areas

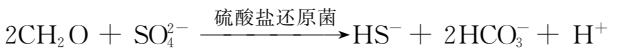
试验区	样品数 (件)	出现辰砂 样品数(件)	辰砂平均数量 (粒/5kg)	土壤 Hg 含量 ($\times 10^{-9}$)
长春	95	60	28	140
沈阳	86	57	15	318
北京	37	27	26	327
郑州	6	5	26	148
南京	108	103	137	1465
漳州	70	66	76	1878
广州	92	76	35	1813
贵阳	35	32	10	308
长沙	45	37	15	471
重庆	10	10	5	632
西安	23	22	17	508
太原	19	17	10	597
兰州	39	29	17	356
合计	665	541		

根据上述辰砂区域分布规律,结合其仅在城市周边表层土壤中产出的产状特征,推断此类辰砂是在表生条件下通过次生作用形成的。这一认识虽然尚未见有文献报道,到目前为止也没有直接的试验结果来证实,但是,根据相关领域的最新研究进展,这种看法实际上具备充分的理论基础,而且在试验过程中也发现了一些间接证据,足以证实辰砂的次生成因说是可信的。

3 辰砂次生成因的理论和试验证据

3.1 理论依据

有研究者指出,土壤中 Hg 的价态可能有元素汞(Hg^0)、一价汞(Hg^+)和二价汞(Hg^{2+}),不同价态的 Hg 在土壤微生物的作用下可以相互转化。在氧化环境中,Hg 在抗汞细菌参与下可以被氧化成 Hg^{2+} ;在还原性较强的土壤中,Hg 与硫化物有高度亲和性,当含 Hg 的土壤溶液中存在一定量 S^{2-} 时,就可能生成 HgS 。土壤溶液中无机硫主要来自硫酸盐的还原。在氧化还原电位低于 -100mV 的土壤环境中,有机质发生氧化时,硫酸盐在硫酸盐还原细菌的作用下,直接被还原为 S^{2-} 。此外,有机质氧化过程中,其中间产物也可能有 S^{2-} 的释放,成为 S^{2-} 的又一供源(Oehm et al., 1997; Van Den Berg et al., 1998)。



新产生的 HS^- 会迅速与 Fe 和 Mn 结合而以固相的铁、锰硫化物形式存在,其中铁硫化物是主要的存在形式,且以 FeS 为主,反应式如下:



铁的各种硫化物的稳定顺序依次为:非晶质 FeS < 马基诺铁矿(FeS) < 硫复铁矿(Fe_3S_4) < 黄铁矿(FeS_2),其中,黄铁矿是还原性无机物的终端产物,它在热力学和动力学上是稳定的,而其他几种无机物则是处于向终端产物过渡的亚稳定态,但其转化速率很慢,并且这几种中间过渡产物都能溶于 1mol/L 的冷盐酸中,因此在水体沉积物的研究中统称为酸可挥发性硫化物(AVS: Acid Volatile Sulfide; Demh et al., 1997; Helly et al., 1985; Yuk. c et al. 2001)。有研究表明,在所有硫化物中,AVS 的活动性最强,由于他们的溶度积相对较大,能与沉积物中的重金属离子发生置换作用,生成更难溶的金属硫化物(Carlson et al., 1991; Di Toro et al., 1992; 王飞越等, 1997)。因此,当有外源弱

结合态或离子态的微量金属元素进入时,AVS 则成为 S^{2-} 配体的供源,并与二价微量金属发生置换反应,当外源 Hg 进入时,反应如下:



该取代反应中,受有毒金属 Hg 的亲硫性质决定,Hg 迅速取代 FeS 中的 Fe,生成更难溶的 HgS 和 Fe^{2+} 自由离子,结果,AVS 则成为吸收 Hg 的最重要固定剂,而且 HgS 较大的稳定常数也使得其它结合配体难以与 S^{2-} 竞争,因此,金属离子 Hg^{2+} 被固定的程度将首先依赖于 S^{2-} 供源和 AVS 的存在量,在 S^{2-} 产生时,若有 Hg^{2+} 存在,只要二者的浓度积达到 10^{-50} , S^{2-} 就会与 Hg^{2+} 生成 HgS,而不会先生成铁的硫化物。

根据上述反应机理推测,决定土壤中 Hg 存在形态转变及 HgS 形成的最直接和最重要因素是土壤中是否存在 S^{2-} ,以及 S^{2-} 含量的多少。如果土壤中有合适量的 S^{2-} 存在,叠加到土壤中的 Hg^{2+} 就会与其结合,形成 HgS,进而形成辰砂,相反,叠加到土壤中的 Hg^{2+} 可能再次被还原,并参与到大气 Hg 循环中去。 S^{2-} 的形成需要同时满足两个条件,即有机质的氧化和硫酸盐的还原,而土壤环境恰好可以同时满足这两个条件。从总体上讲,位于包气带中的土壤属于氧化环境,能够满足土壤中有机质氧化对环境的要求,而在土壤组成物的内部,特别是土壤团粒内部,也存在着局部的还原环境,土壤中孔隙水的存在,更有利于形成局部的还原环境,这样就给硫酸盐还原菌的存活提供了场所,并使硫酸盐还原成 S^{2-} 。由此可以推测,湿润、温暖地区的土壤更适于 S^{2-} 的形成,从而从客观上控制了辰砂及土壤 Hg 含量的区域分布规律。

不可否认,以上引述的相关研究成果证实了在表生条件下土壤中可以形成 HgS,但是却不能证实 HgS 转化为矿物态的辰砂。我们知道,HgS 只是辰砂矿物的化学成分,从化合态的 HgS 到矿物态的辰砂还要经历结晶过程,而矿物结晶需要一定的温度和压力条件,这种温度和压力条件在表生条件下是不具备的,由此就给辰砂的次生成因说提出了极大挑战,实事求是地说,在表生环境的常温常压条件下,HgS 如何转化成矿物态的辰砂,在本次研究中并没有得到解决,不过,试验过程中发现的具有明显次生生物成因特征的黄铁矿,可以为辰砂的次生成因说提供佐证。

3.2 来自次生生物成因黄铁矿的证据

在上一节的叙述中已经提到,即便是在地表条

件下,当氧化还原电位达到一定程度之后,在土壤中微生物的作用下也可以产生 S^{2-} ,进而形成 FeS 直至黄铁矿。如果在土壤中发现有生物成因的黄铁矿,就足以证明在表生条件下土壤中确实具备形成次生硫化物的环境条件,同时也为辰砂的次生成因提供证据。为此,在重矿物鉴定过程中,对次生生物成因黄铁矿给予了特别关注,结果在土壤重矿物中果真发现了具有典型生物成因特征的黄铁矿。此类黄铁矿多数呈球粒集合体产出,具有明显的生物结构(图 5)。

重矿物中生物成因黄铁矿并不普遍存在,更多的出现在温暖湿润的南方地区,可能反映出自然气候及环境条件对此类黄铁矿形成的控制作用。尽管这种类型的黄铁矿并不普遍存在,但是其指示意义却非常明确,充分证实了在表生条件下,土壤环境中具备形成金属硫化物矿物(黄铁矿)的条件,从而为辰砂的次生成因说提供了有力证据。

土壤中次生生物成因黄铁矿的发现,对本项研究而言其意义在于它揭示出土壤中存在着能够形成金属硫化物的环境条件,也证实了金属硫化物在表生条件下可以转化为相应的硫化物矿物。但是毫不夸张地说,此类黄铁矿的发现本身就极具理论和实际意义,鉴于此项内容不是本文研究的重点,这里暂不做深入探讨。

4 土壤 Hg 异常成因机理

根据上述试验研究结果,就很容易对城镇周边土壤 Hg 异常的成因机理进行归纳总结。简单地说,就是叠加到土壤中的 Hg 经过价态转化与 S^{2-} 结合生成 HgS,进而结晶生成辰砂矿物,使 Hg 以辰砂矿物的形式固定在土壤中,导致土壤 Hg 含量增高,形成土壤 Hg 异常。

在探讨辰砂或土壤 Hg 异常形成机理过程中,一个不能回避的问题就是 Hg 的来源。从出现在城镇周边地区的局部 Hg 异常空间分布规律来看,Hg 主要来自人为活动释放物,其中最主要的是来自煤的燃烧过程,如果同时考虑 Hg 异常和辰砂的区域性分布规律,其来源还可能与大气 Hg 循环有关。辰砂中的 S^{2-} 来自土壤中的硫酸盐或有机质,土壤中硫酸盐还原菌对 S^{2-} 的形成起到决定性作用。

5 结论

系统的试验研究结果表明,城镇周边土壤 Hg 异常区 Hg 的存在形态以硫化物态为主,硫化物态

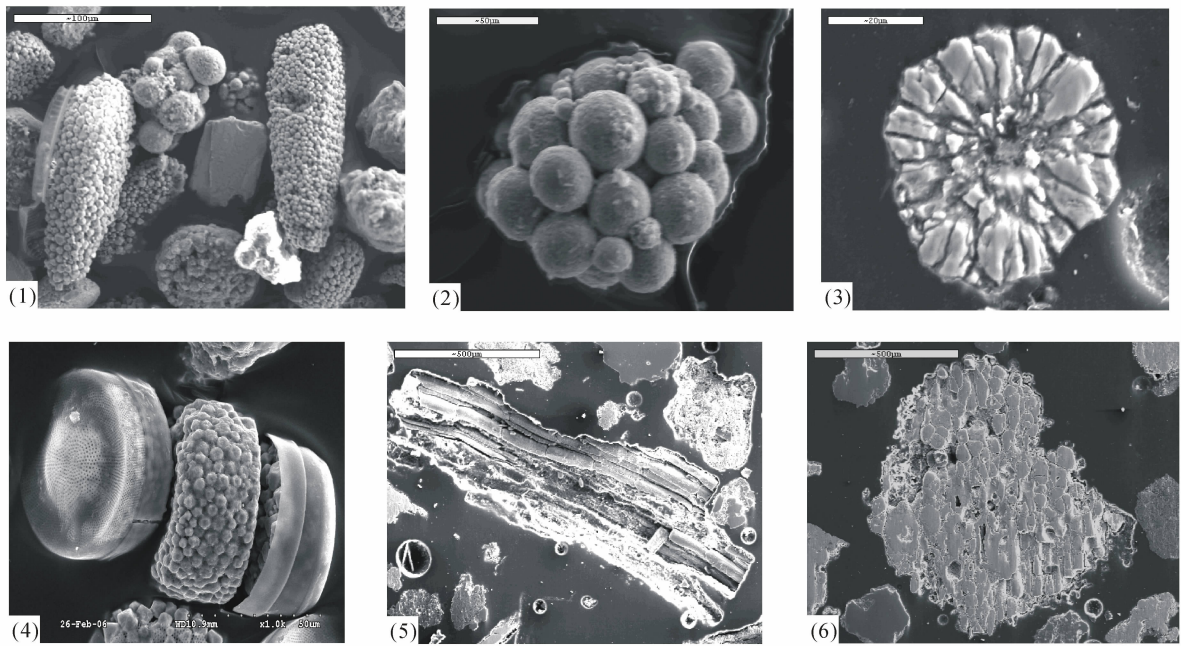


图 5 具生物组构黄铁矿显微图片

Fig. 5 The pyrite of displaying structure of microbe and plant

(1)—棒状生物组构黄铁矿;(2)—鱼子状生物组构黄铁矿;(3)——鱼子状黄铁矿颗粒抛光面

(4)——保留生物体结构的黄铁矿;(5)——保留植物体结构的黄铁矿;(6)——保留植物体结构的黄铁矿

(1)—Rod-like biological texture pyrite; (2)—roe-shape biological texture pyrite; (3)—pyrite polishing plane with roe-shape biological texture; (4)—pyrite with biological texture; (5)—pyrite with plant texture; (6)—pyrite with plant texture

Hg 呈辰砂矿物形式产出,此类辰砂矿物是由 Hg^{2+} 和 S^{2-} 在表生条件下通过次生作用形成的。自然气候条件决定了土壤中形成 S^{2-} 的数量,同时也就决定了辰砂及土壤中 Hg 含量的区域分布规律,城镇周边辰砂的存在与否及其数量,则与人类活动程度有关,取决于 Hg 来源的多少。

可以想象,不同来源的 Hg,叠加到土壤中之后最终大多数将转化为矿物态的辰砂,那么在当前条件下,其通过食物链而产生的生态效应应该是不敏感的,已有试验研究结果也证实了这一点。但是,我们不能保证,随着环境条件的改变,以辰砂形式存在的 Hg 不再活化、迁移。由此认为,此项成果的取得,不单单是解释了城镇周边土壤 Hg 异常和辰砂的成因机理,同时也为环境矿物学研究提供了非常有价值的信息,具有重要的理论和科学意义,更重要的是此项成果还对此类 Hg 异常生态效应评价、预警预测研究等具有重大的实际意义。

参 考 文 献

马生明,朱立新,王之峰. 2004. 城镇区土壤中 Hg 环境地球化学异常查证及评价新思路. 地质与勘探, 40(3): 82~85.

王飞越, 汤鸿霄. 1997. 水体沉积物中的酸挥发性硫化物 (AVS) 及其对沉积物环境质量的影响. 环境科学进展, 5(1): 1~8.

肖桂义, 朱立新, 马生明. 2004. 城镇地区土壤中汞的累加量及其存在形式. 物探与化探, 28(3): 265~267, 272.

朱立新, 马生明, 王之峰. 2004a. 城市环境地球化学研究新进展. 物探与化探, 28(2): 95~98.

朱立新, 马生明, 王之峰, 吴昆明, 胡树起, 刘崇民. 2004b. 平原区多目标地球化学调查异常查证及生态效应评价方法. 中国地质, 31(4): 431~435.

Carlson A R, G L Phipps, V R Mattson et al. 1991. The role of acid volatile sulfide in determining cadmium bioavailability and toxicity in freshwater sediments. Environ. Toxicol. Chem, 10: 1309~1319.

Di Toro D M, J D Mahony, D J Hansen et al. 1992. Acid volatile sulfide predicts the acute toxicity of cadmium and nickel in sediments. Environ. Sci. Technol, 26: 96~101.

Herlihy, A T, A L Mills. 1985. Sulfide reduction in freshwater sediments receiving acid mine drainage. Appl. Environ. Microbiol, 49: 179~186.

Ma Shengming, Zhu Lixin, Wang Zhifeng. 2004. New thinking about appraisal and inspecting of Hg environmental geochemical anomalies in soil around urban. Geology and Prospecting, 40(3): 82~85 (in Chinese with English abstract).

Oehm, N. J., T. J. Luben, M. L. Ostrofsky. 1997. Spatial distribution of acid volatile sulfur in the sediments of Canadohta

Lake PA. Hydrobiologia, 345: 79~85.

Xiao Guiyi, Zhu Lixin, Ma Shengming. 2004. Accumulation and mode of occurrence of Hg in soil around urban areas. Geophysical & Geochemical Exploration, 28(3): 265~267, 272 (in Chinese with English abstract).

Van Den Berg, G A, J P Gustav Loch, L M Van Der Heijdt, J J G Zwolsman. 1998. Vertical distribution of acid-volatile sulfide and simultaneously extracted metals in a recent sedimentation area of the river Meuse in the Netherlands. Environ. Toxicol. Chem., 17: 758~763.

Wang Feiyue, Tang Hongxiao. 1997 Acid volatile sulfide in aquatic sediments and its effect on sediment quality. Advances in Environmental Science, 5(1): 1~8 (in Chinese with English abstract).

Yu K C, L J Tsai, S H Chen et al. 2001. Chemical binding of heavy metals in anoxic river sediments. Wat. Res., 35(17): 4086~4094.

Zhu Lixin, Ma Shengming, Wang Zhifeng. 2004. New advances in the study of urban environment geochemistry. Geophysical & Geochemical Exploration, 28(2): 95~98 (in Chinese with English abstract).

Zhu Lixin, Ma Shengming, Wang Zhifeng, Wu Kunming, Hu Shuqi, Liu Chongmin. 2004. The method for anomaly inspection and ecological appraisal in multi-purpose geochemical survey in plain areas. Geology in China, 31(4): 431~435 (in Chinese with English abstract).

Zhu Lixin, Ma Shengming, Wang Zhifeng. 2005. Discovery of Cinnabar in Soils in Hg Anomalous Zones in City and Town Areas and Their Surroundings and Its Significance. Acta Geologica Sinica, 79(2): 286~290.

Mechanism of Hg Anomalies in Soil of City ang Town Areas and Their Surroundings

MA Shengming^{1, 2)}, ZHU Lixin³⁾, TANG Liling^{1, 2)}, WANG Zhifeng^{1, 2)}

1) Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang, hebei, 065000

2) Open laboratory of applied geochemistry, CAGS, Langfang, hebei, 065000

3) Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037

Abstract

Attentions have been paid to Hg anomalies in soil in town areas and their surroundings nowadays. However, no clear conclusion has been drawn on the ecological effects induced by Hg anomalies at present for lacking of exact understanding of the mechanism of the cause. The results of this paper showed that there was causal relationship between Hg anomalies and the existence of mineral cinnabar, which was formed by the crystallized compound of HgS. And this compound was combined by the anion S^{2-} with the cation of Hg^{2+} which was derived from all kinds of environmental pollution. So heavy metal Hg was fixed by the form of mineral cinnabar and resulted in Hg anomalies in soil. The results provided scientific evidence for evaluation and forecast of the effects of eco-geochemistry induced by Hg anomalies.

Key words: town areas and their surroundings; existence formation of Hg; the cause of cinnabar; mechanism of the cause of Hg anomalies