

汞法找矿

游云飞 编著

原子能出版社



目 录

前 言	(1)
第一章 汞法找矿的理论基础	(3)
第一节 汞的地球化学特征	(3)
第二节 汞在自然界的分布	(4)
第三节 汞法找矿的机理	(20)
第二章 汞的分析测试技术	(21)
第一节 汞的分析测试技术简介	(21)
第二节 测汞仪	(22)
第三节 热释汞分析技术	(29)
第三章 壤中气汞量测量	(37)
第一节 壤中气汞异常的形成机理	(37)
第二节 金汞齐采样技术	(42)
第三节 Rn-Hg-CO ₂ 联合采样技术	(45)
第四节 影响壤中气(Rn,Hg,CO ₂)测量结果的因素	(47)
第五节 野外测量工作的质量检查	(51)
第六节 壤中气汞异常特征	(51)
第四章 土壤汞量测量	(54)
第一节 土壤剖面	(54)
第二节 土壤汞晕的形成机理	(57)
第三节 轻便的深层采样技术	(60)
第四节 土壤汞异常特征	(62)
第五章 汞热释谱测量	(68)
第一节 汞热释谱测量技术的发展	(68)
第二节 标准汞化合物的热释谱和两类汞热释谱	(69)
第三节 岩石与金属矿物的汞热释谱峰值温度	(71)

第四节	铀矿、金矿中的汞热释谱	(78)
第六章	资料整理与异常解释	(92)
第一节	汞的地球化学背景	(92)
第二节	背景值、异常下限的确定	(92)
第三节	汞晕浓度带的划分	(96)
第四节	几种主要图件	(97)
第五节	异常解释	(99)
第六节	成矿预测	(101)
第七章	应用实例	(103)
第一节	铀矿床	(103)
第二节	金矿床	(136)
第三节	铜、铅、锌矿床	(147)
第四节	铁矿床	(149)
结束语		(151)
附录	饱和汞蒸气浓度表	(152)
参考文献		(153)

前 言

汞是在常温下唯一呈液态并极易蒸发呈气态的银白色重金属。与其他金属元素相比,汞元素具有特殊的物理化学性质,因而早已引起地球化学家们的关注。1946年,苏联地球化学家A. A. 萨乌科夫对汞元素进行了系统的研究,并著有《汞的地球化学》一书^[1]。书中指出,某些矿床上的汞分散晕很发育,可延伸到远离矿床数百米甚至数公里。由此提出用汞分散晕探寻深部隐伏盲矿是很有前景的。1955年, E. A. 谢尔盖耶夫在海达干矿山进行汞气测量试验,在汞矿床上的土壤气中,发现了汞气异常^{*}。60年代中期,随着汞分析技术的不断提高,汞量测量试验工作有了较大的发展。西方各国先后开展了汞量测量技术的试验研究,并扩展到汞矿以外的其他金属矿床上。多年的实践证明,在有汞元素伴生的各种矿床上方,都有汞晕的存在。这些矿床包括:铜、铅、锌、金、银、砷、锑、多金属硫化物、黄铁矿、钨、锡、钼、铌、钽、菱铁矿、重晶石,以及萤石矿等。在美国内华达州的科特兹矿区,利用壤中气汞量测量和土壤汞量测量圈出了被厚达30m的砾石层所覆盖的浸染状金矿床(据J. H. Mc Carthy, 1969)。此外还有石油天然气、热泉等也已证明其上方有汞气晕存在。汞气异常还指示某些构造或断裂破碎带的存在。在某些与地震活动有关的深断裂上方,汞浓度的增高往往与地震活动有关。

70年代中期,我国几个部门(核工业、冶金和地矿)的科研单位,先后从加拿大引进了应用塞曼效应研制成的测汞仪,并革新了采样技术,用金汞齐采样法,同时分别在有色金属矿床和铀矿床上进行了方法试验,取得了突破性的成果。1975年6月13日,在汞铀关系较为密切的刁德卡铀矿床上,测出了铀矿床上的第一个壤中气汞异常,展示了汞量测量显著的地质效果。此后,在512、513矿区的未知地段,根据汞气异常

* 《全国第一次测汞经验交流会论文摘编》,中国地质学会勘查地球化学专业委员会,1984。

揭露到深部的铀矿体,成倍地扩大了工业储量。地矿部和冶金部相继都研制出了高灵敏度的测汞仪,并立即用于生产性的找矿试验研究。几乎对所有国外试验过的矿种,国内都进行了汞量测量的试验,逐渐形成了热潮。在某些矿区的未知地段,根据汞气异常先后找到了菱铁矿、铅-锌矿和铜矿。后来又在油气田、地热田进行了汞量测量试验,并取得了令人鼓舞的结果。

1981年11月,在湖北黄石,由中国地质学会勘查地球化学专业委员会主持召开了我国第一次测汞经验交流会。参加会议的有地矿部、冶金部、二机部等系统,以及有关高等院校的代表共140余人,向会议提交了26篇论文。会议就仪器研制、工作方法、野外试验、成晕机理、找矿实例及存在的问题和今后的方向、任务等内容,进行了广泛而认真的交流与讨论。内容丰富,具有我国特色。由专业委员会决定,编辑出版了《全国第一次测汞经验交流会论文摘编》。这次会议将汞法找矿的试验研究与生产应用推向了一个新阶段。

在黄石会议之后,地质找矿出现了汞法应用的新高潮。同时,在汞异常解释技术和土壤汞量测量及岩石汞热释谱测量方法的研究方面,取得了一批喜人的新成果。

20年来,在科研与生产两方面获得成果表明,汞法具有探测深度大,操作简便、工作效率高和成本低的特点,是探寻深部金属矿的有效化探方法。

为进一步普及、推广和应用汞法找矿成果,作者在近20年的科研成果的基础上,参考了同行专家们的资料、编写了本书。希望它能我国的地质找矿事业发挥积极的作用。

本书的主要内容包括:汞法找矿的理论基础、汞的分析测试技术、壤中气汞量测量、土壤汞量测量、岩石汞热释谱测量、资料整理和异常解释及应用实例等七部分。

在本书编写过程中,作者得到了核工业北京地质研究院领导、科技处、物化探研究中心领导的关心和支持,特别是得到了蒋永一研究员的全面帮助,特在此一并致谢。

由于水平有限,不妥之处请读者批评指正。

第一章

汞法找矿的理论基础

汞法包括壤中气汞量测量、土壤汞量测量和岩石汞热释谱测量三种方法。应用这三种方法进行找矿统称为汞法找矿。本章将着重论述汞法找矿的理论基础,包括汞的地球化学特征,汞在自然界的分布及汞法找矿机理等三部分内容。

第一节 汞的地球化学特征

汞在元素周期表中位于第6周期第Ⅰ副族。原子序数为80,原子量为200.6。自然界存在有多种汞的同位素,其中稳定原子量及含量百分率如下:

同位素原子量:	202	200	199	201	198	204	196
含量百分率:	29.80	23.13	16.84	13.22	10.02	6.85	0.146 ^[2]

汞属亲铜元素,其两价离子半径为0.112nm,与其他亲铜元素性质相近。因此,汞与铜、铅、锌、银、金以及砷、锑、铋、硫、硒等元素一起富含于热液中。这使汞元素具有较为广泛的找矿指示意义。

汞的一个重要性质是它可以因不均衡反应而改变离子形式: $2\text{Hg} \rightleftharpoons \text{Hg}^0 + \text{Hg}^{++}$ 。通常认为汞离子是汞在溶液中的稳定形式。但如果被某种物质(如亚铁离子、有机物等还原剂)还原成亚汞离子,就会发生以上的不均衡反应,立即形成元素汞和汞离子以达到平衡。

汞在亲铜元素中的电离势能(10.39eV)最高,因而使汞具有最特殊的性质:容易从各种化合物中还原生成金属汞,即是不呈离子化倾向,而强烈地倾向于共价键,化学上表现出“惰性气体”的性质,汞是在常温下呈液态(汞的冰点 -38.89°C ,沸点 357.25°C)且具有显著蒸气压的独一无二的金属元素,因而具有非常高的挥发性和穿透性。汞能穿透水层、冰层、塑料层、甚至混凝土层。当然,地下深处的汞蒸气也能穿过岩层、土壤覆盖层而到达地表。实践证明,汞蒸气可以穿越一般元素难以逾越的障层而到达地表。这是汞法勘查伴生有汞元素的深部矿体并能取得良好效果的根本原因。

汞能够溶解其他金属,形成固态或液态汞齐,如金汞齐、银汞齐等。

汞有毒,所以操作汞的工作时必须注意安全。

第二节 汞在自然界的分布

1. 汞的存在形式

自然界的汞有三种状态:一是汞化合物或高汞(2价)的形式;二是呈亚汞化合物或低汞(1价)形式出现;三是零价状态的汞(Hg^0),即元素汞。各种汞在自然界的稳定范围^[3]见图1-1。

汞的矿物主要是辰砂(HgS)。还有自然汞、金汞齐、银汞齐、灰硒汞矿、碲汞矿(HgTe)、硫汞锑矿($\text{HgS} \cdot 2\text{Sb}_2\text{S}_3$)和橙红石(HgO)等。

2. 陨石中的汞

关于汞在陨石中的含量的资料很少。诺达克在卡诺纳-季阿勃洛(Каньона Дьябло)铁质陨石分离出陨硫铁中,发现汞含量为 2×10^{-7} (I. u. W. Noddack, 1935)^[1]。据 Heide(1957),陨

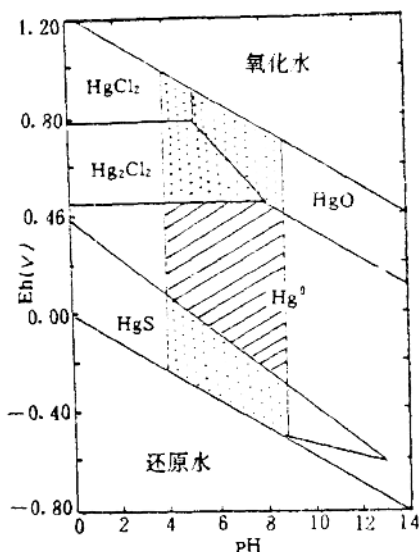


图 1-1 关于各种汞在 25°C 和 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ 条件下的稳定范围

其中包括水中含 $36 \times 10^{-6} \text{Cl}^-$, 总计硫有 $96 \times 10^{-6} \text{SO}_4^{2-}$ (Hem 1970)。勾画有点状花纹的空块轮廓是 Eh 和 pH 在自然环境里通常的范围。勾画有条纹的空块轮廓是元素汞的极限稳定范围。(据 J. J. Mc Nerney 等 1973)

硫铁中含 Hg 量为 0.2×10^{-6} , 陨石中的 Hg 含量为 0.02×10^{-6} 。维诺格拉多夫给出球粒陨石中 Hg 含量为 3×10^{-6} (4)。

3. 岩石、矿物中的汞

了解岩石、矿物中的汞含量及其分布规律是汞法找矿需要研究的基础问题之一。我国有关部门都做了大量实测工作，

获得了丰富的实测数据。表 1-1 和表 1-2 列出了部分实测数据,其中包括有笔者历年来所获得的实测资料。从表 1-1 中可知,高于 1×10^{-6} 的含汞量出现在沉积岩和沉积变质岩中。这证实了地球化学家萨乌科夫早在 50 年代的论断:“沉积岩中汞一般的比火成岩中更富集”⁽¹⁾。各类岩石中汞元素的平均含量见表 1-3,地壳中汞元素丰度见表 1-4。

表 1-1 我国某些岩石类型的含汞量(10^{-6})

岩石类型	样品数	含汞量	地区	参考 资料	岩石类型	样品数	含汞量	地区	参考 资料
泥质页岩	7	6.50	白马洞		云母片岩	8	0.310	白银	*
泥质页岩	21	0.011	两江	*	长英片岩	3	0.095	白乃庙	*
炭质页岩		0.2~2	黄梅	*	角闪斜长片岩	4	0.120	白乃庙	*
炭质页岩		0.1~14		*	绿泥斜长片岩	3	0.116	白乃庙	*
含炭硅质岩	26	17.92	512		片岩	1	0.065	上镇	
含炭硅质岩	4	6.56	拉日玛		片岩	1	0.004	关上	
含炭硅质岩	38	7.23	刁德卡		角岩	26	0.010	张墟	*
硅质岩	10	0.38	白银	*	角岩	8	0.004~	公婆泉	*
							0.04		
硅质岩		0.112~0.86	黄梅	*	细砂岩	13	0.009	两江	*
硅质千枚岩	13	0.190	白银	*	粉砂岩	4	0.020	鲁奎山	*
千枚岩	3	0.017	大果子	*	褐黄色粗砂岩	7	0.041	库捷尔太	
千枚岩	1	0.33	郝泉沟		灰色粗砂岩	6	0.083	库捷尔太	
千枚岩、板岩	5	0.003	夹皮沟		石英砂岩、	11	0.012	两江	
					石英岩				
含炭板岩	18	9.37	512		长石石英砂岩	18	0.022	昆山	
含炭板岩	9	5.96	刁德卡		长石石英砂岩	33	0.021	大龙山	
含炭板岩	1	1.46	拉日玛		东湖砂砾岩	15	0.002	代家湾	*
板岩	1	0.078	二台子		石灰岩	81	0.009	鲁奎山	*
云母石英片岩	10	0.001	代家湾	*	泥灰岩	3	0.016	鲁奎山	*
条带灰岩	3	0.039	鲁奎山	*	石英钢长斑岩	9	0.150	白银	*
灰岩	1	0.035	宁芜		灰英安斑岩	173	0.010	公婆泉	*

续表 1-1

岩石类型	样品数	含量	地区	参考资料	岩石类型	样品数	含量	地区	参考资料
炭岩	4	1.800	五龙山		安山玢岩	12	0.005	公婆泉	*
炭岩	3	0.334	二台子		安山岩	1	0.089	海沟	
炭岩	18	9.37	512		凝灰岩	3	0.013	鲁奎山	*
炭岩	25	2.16	刁德卡		凝灰岩	4	0.264	河北 460	
白云质灰岩	43	0.534	鲁奎山	*	凝灰岩	16	0.048	芙蓉山	
白云岩	6	8.45	白马洞		凝灰岩	1	0.022	香炉碗子	
大理岩	18	0.190	白银	*	流纹岩	4	0.187	河北 460	
大理岩	3	0.017	大栗子	*	流纹岩	6	0.009	江西 261	
大理岩	2	0.245	白乃庙	*	流纹岩	5	0.015	北京香山	
大理岩	2	0.617	二台子		流纹斑岩	2	0.383	香炉碗子	
细碧岩	32	0.310	白银	*	熔岩	7	0.028	江西 261	
细碧玢岩、凝灰岩		0.077		*	火山岩	10	0.017	庐枞	
角斑岩	7	0.110	白银	*	火山岩	4	0.008	繁昌	
石英角斑岩	6	0.219	白银	*	火山岩	2	0.010	宁芜	
石英角斑凝灰岩	7	0.540	白银	*	粗面岩	3	0.097	河北 460	*
石英角斑熔岩	95	0.410	白银	*	辉绿岩	37	0.018	鲁奎山	
变辉长岩	12	0.002	代家湾	*	辉长花岗岩	1	0.015	怀宁	
变基性火山岩	9	0.002	代家湾	*	白云母花岗岩	3	0.050	公婆泉	*
残积变质岩	4	0.120	白乃庙	*	黑云母花岗岩	6	0.001	夹皮沟	*
片麻岩	10	0.004	夹皮沟	*	花岗岩	2	0.003	三山岛	
混合花岗片麻岩	10	0.002	代家湾	*	花岗岩	2	0.021	玲珑	
混合花岗岩	5	0.001	夹皮沟	*	花岗岩	3	0.386	郝家沟	
混合花岗岩	2	0.045	兴隆		石英正长岩	20	0.018	大龙山	
混合花岗岩	1	0.108	香炉碗子		石英正长岩	5	0.016	昆山	
花岗闪长岩	1	0.050	白乃庙	*	二长岩	1	0.022	庐枞	
花岗闪长岩	15	0.015	张垓	*					
花岗闪长岩	5	0.010	龙水						
变花岗闪长岩	3	0.120	张垓	*					
花岗闪长斑岩	10	0.004	公婆泉	*					
斜长花岗岩	1	0.130	公婆泉	*					

*《全国第一次测汞经验交流会议论文集摘要》，中国地质学会勘查地球化学专业委员会，1984。

表 1-2 某些单矿物的含汞量(10^{-6})

矿物名称	样品数	含 量	采样矿区	参考 资料	矿物名称	样品数	含汞量	采样矿区	参考 资料
黄铁矿	2	126.225~224.000	512	*	黄铜矿		0.5	锡山	*
黄铁矿	3	1.185~4.214	大龙山	*	黄铜矿		0.225	小南山	*
黄铁矿	3	1.010~30.820	拉日玛	*	斑铜矿		0.10~30.0		*
黄铁矿	6	3.189~21.006	香炉碗子	*	辉铜矿		0.1~25		*
黄铁矿	1	0.305	瑶沟	*	黝铜矿		10~1000		*
黄铁矿	3	0.190~0.220	平度旧店	*	神铜矿		5~500		*
黄铁矿	1	6.600	平谷上镇	*	车轮矿		0.1~25		*
黄铁矿		0.17	锡山	*	磁黄铁矿	2	0.900~1.214	大龙山	*
黄铁矿		0.53	小南山	*	磁黄铁矿		0.1~5		*
黄铁矿		0.12	大栗子	*	磁黄铁矿	1	0.28	夹皮沟	*
黄铁矿		0.1~100		*	白铁矿		0.1~20		*
黄铁矿	12	0.011~0.021	代家湾	*	镍黄铁矿		46		*
黄铁矿		1.56	白乃庙	*	自然金	3	13.0	香炉碗子	*
黄铁矿		0.134	夹皮沟	*	自然金		1~100		*
黄铁矿		0.232~4.666	两江	*	自然银		1~100		*
黄铜矿		0.10~40.0		*	磁铁矿		0.1~0.5		*
黄铜矿	3	75.00	白乃庙	*	磁铁矿		0.02~0.05		*
黄铜矿	13	0.313	两江	*	磁铁矿		0.826	大栗子	*
菱铁矿		0.02~30.00	大栗子	*	辉钼矿	2	1.550	白乃庙	*
菱铁矿	4	0.002	鲁奎山	*	胶硫钼矿	1	193.8	460	*
菱铁矿		0.112~0.410	黄梅	*	毒砂	1	25.056	郝泉沟	*
菱铁矿	6	0.034~0.072	大栗子	*	毒砂		0.1~3		*
菱锰矿		0.12	锡山	*	毒砂		0.17	锡山	*
闪锌矿	1	2.160	芙蓉山	*	毒砂		0.29	小南山	*
闪锌矿		0.1~200		*	辉铋矿	5	102.76~189.600	拉日玛	*
闪锌矿	3	0.569	大栗子	*	辉铋矿		0.1~150		*
闪锌矿		0.22	锡山	*	辉铋矿		80.6	锡矿山	*
方铅矿	1	13.284	芙蓉山	*	雄黄		0.2~150		*
方铅矿		0.04~70		*	雄黄		0.1~9		*
方铅矿	3	3.600	白乃庙	*	锡石		0.1~1		*
方铅矿	3	0.037	夹皮沟	*	锡石		0.12	锡山	*

续表 1-2

矿物名称	样品数	含量	采样矿区	参考 资料	矿物名称	样品数	含量	采样矿区	参考 资料
方铅矿		0.052	大栗子	*	晶质铀矿	2	261.80~282.37	512	
方铅矿		0.08~0.251	锡山	*	晶质铀矿	6	0.619~17.706	大龙山	
方铅矿		0.19	小南山	*	晶质铀矿	1	3.9	昆山	
辉钼矿		0.1~5		*	黑钨矿		0.1		*
辉钼矿		3.10	小南山	*	黑钨矿		0.01	锡山	*
方解石	1	6.500	大龙山		石英	3	1.138~4.857	夹皮沟	
方解石		0.01~20		*	石英	4	0.099~0.340	蓬莱齐家庄	
方解石		0.191	大栗子	*	石英	3	0.137~0.162	玲珑大开头	
方解石		0.240	白乃庙	*	石英	2	0.089~0.558	平谷上镇	
白云石	4	1.032~79.252	大龙山		石英		0.012		*
白云石		0.0~50		*	石英		0.037	大栗子	*
萤石	3	0.039~2.780	460		石英	1	0.04	白乃庙	*
萤石		0.01~50		*	石英脉	2	0.009	代家湾	*
萤石		0.10	锡山	*	石英脉 (含铜)	3	0.050	代家湾	*
萤石		0.17	小南山	*	石英脉 (含金)	1	2.000	白乃庙	*
石英	1	1.82	512		重晶石	1	1.204	昆山	
石英	2	2.357~14.500	大龙山		重晶石	6	9.51~96.13	拉日玛	*
石英	6	0.082~1.440	460		重晶石	1	1.40	邛崃	
石英	12	1.71~62.08	拉日玛		重晶石	2	55.18~167.70	牙相	
石英	12	0.11~11.89	邛崃		软锰矿		0.1~1000		*
石英	13	0.99~58.85	牙相		褐铁矿		0.1~500		*
石英	3	0.037~0.743	香炉碗子		褐铁矿	3	0.2~3.44	黄梅	*
石英	2	0.025~0.109	瑞沟		褐铁矿	2	0.114	鲁奎山	*

*《全国第一次测汞经验交流会论文集摘编》，中国地质学会勘查地球化学专业委员会，1984。

表 1-3 各类岩石中汞元素的平均含量(10^{-6})

岩性	超基性岩	基性岩	中性岩	酸性岩	页岩	砂岩	碳酸岩
汞含量	0.0x	0.09	0.0x	0.08	0.40	0.03	0.04

* Turekian and Wedepohl, 1961

表 1-4 地壳中汞元素丰度表⁽³⁾

作 者	时 间	汞的丰度(10^{-6})
克拉克和华盛顿(Clarke and Washington)	1924 年	0. x
费尔斯曼(Ферсман)	1933~1939 年	0.05
戈尔德施密特(Goldschmidt)	1937 年	0.50
维诺格拉多夫(Виноградов)	1962 年	0.083
泰勒(Taylor)	1964 年	0.08
马逊(B. Mason)	1966 年	0.08
魏德波尔(K. H. Wedepohl)	1967 年	0.08
黎彤	1976 年	0.089

汞属亲铜元素,通常认为硫化矿物的含汞量应该是高的。可是从表 1-2 中可以看出,无论是硫化矿物还是氧化矿物等等,其含汞量的变化范围都是很大的,从 $n \times 10^{-8}$ 至 $n \times 10^{-4}$,并没有显示出硫化矿物独有富汞特征。这是为什么?看来问题不在于是硫化矿物还是氧化矿物或是别的什么矿物,而在于成矿溶液中是否富汞。只要是成矿溶液中富汞,那么,形成的硫化矿物、氧化矿物及碳酸盐矿物等等,都是富汞的,否则即使是硫化矿物也是贫汞的。如大龙山铀矿床中的晶质铀矿(UO_2)、石英(SiO_2)、方解石(CaCO_3)、白云石 $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$ 、重晶石(BaSO_4)、及黄铁矿(FeS_2),都是富汞的。据

此推测,当时的成矿溶液是富汞的。相反的例子是锡山矿床,该矿床中的方铅矿(PbS)、闪锌矿(ZnS)、毒砂(FeAsS)、锡石(SnO_2)、萤石(CaF_2)、黑钨矿 $[(\text{Mn}, \text{Fe})\text{WO}_4]$ 、菱锰矿(MnCO_3)、黄铁矿(FeS_2)、黄铜矿(CuFeS_2)等等各种矿物中,其汞含量没有一个能达到 1×10^{-6} 。可见该矿床的成矿溶液并不富汞。山东平度旧店金矿床蚀变岩金矿石中的黄铁矿,其含汞量不足 0.30×10^{-6} ,而川北的512铀矿床中黄铁矿的含汞量高达 100×10^{-6} 以上。尽管同一矿物在不同的矿床中,其含汞量的差异可能很大,但在同一矿床内差异不大。金属矿物的含汞量通常都高于本区岩石的含汞量。

4. 某些地层中的汞

我国某些地区(如四川、湖南、贵州)的地层控制着汞的富集,其依据有:

(1)我国许多重要的汞矿床都具有明显的区域层控现象 武陵成矿区中汞矿分布范围很大,其中数以百计的汞矿床(点),绝大多数都在中下寒武统的碳酸盐岩中。其下有厚达数千米的包含有许多泥质岩类的板溪群^[6]。

(2)含矿层中的汞含量高 我国层控型汞矿床的含矿层及其相邻的岩层中,含汞量大都比地壳克拉克值高得多。川东南的一些地区曾作过系统的原生晕汞量测量,以 1×10^{-6} 为下限圈定的异常基本上都分布在中、下寒武统地层中,表明这一套地层中有较高的沉积汞异常^[6]。西秦岭南亚热带志留系的硅灰岩层中分布着一系列的铀矿床(510, 511, 512, 513, 701, 104)。这些矿床中伴生有 Mo, Hg, Ni, Cu, S, V 等元素。据有关研究成果^[7]表明,该区的铀及其伴生元素是在硅灰泥岩矿源层的基础上,经过地下热水多期多阶段改造叠加富集,其中铀形成了工业矿床,其它 Mo, Hg 等伴生元素均有不同程度

的富集,其来源也是“就地取材”,从而形成了受地层控制的汞异常。

5. 气圈、水圈及生物圈中的汞

(1)气圈中的汞来自岩石圈、水圈、火山气及汞矿床和其他金属矿床、矿山 由于汞极易蒸发,汞便经常呈蒸气状态进入大气中。大气中的汞含量约为 $(0.02 \sim 0.1) \times 10^{-11} \text{g/L}$,火山气中的汞含量可达 $(10 \sim 960) \times 10^{-11} \text{g/L}$,汞矿床上的大气中的汞含量可到 $(3 \sim 160) \times 10^{-11} \text{g/L}^{(5)}$ 。壤中气中的汞含量参看表 1-5。

表 1-5 壤中气中的汞含量(10^{-11}g/L)

地 区	背景值	最大值	资料来源	地 区	背景值	最大值	资料来源
陕西公馆汞矿床	4	>50	*	甘南拉日玛金矿床	5	600	
川北 512 铀矿床	7	600		湖南分水岭菱铁矿床	1.2	>20	*
冀北 460 铀矿床	5	600		广东凡口铅锌矿床	4	320	*
上海张墟铜矿床	1	55	*	松辽红岗油气田		160	*

*《全国第一次测汞经验交流会论文集摘编》,中国地质学会勘查地球化学专业委员会,1984。

(2)水圈中的汞 水圈中汞的来源有二:一是从岩石圈中风化后进入水圈;二是从气圈中与雨水一起进入水圈。水圈中的汞含量极低,研究数据是 $0.03 \times 10^{-8} \text{g/L}^{(1)}$,被认为约略可作为水圈中的克拉克值看待。各种水体中的含汞情况见表 1-6。汞可借蒸发作用自水圈进入气圈,也可自气圈移入水圈,甚至超过汞自水圈移出的量。即汞在气圈与水圈之间进行的可逆的物理化学过程,其总结果趋向于汞在水圈中的增高。

表 1-6 各种水体中的汞含量⁽⁶⁾(10^{-9})

水体类别	含量范围	平均值
雨水	0.05~0.48	0.20
雪	<0.005~0.05	0.01
溪水、河水、湖水	0.01~0.10	0.03
温泉水及某些矿水	<0.1~2.5	0.10
地下水	0.01~0.10	0.05
海洋	0.03~5.00	0.20
煤田、油田水	0.10~23.0	

(3)生物圈中的汞 生物圈中的汞来自大气圈、水圈及土壤圈。研究生物圈中汞的意义在于“汞毒问题”。研究结果⁽¹⁾表明空气汞浓度达 $0.1 \times 10^{-6} \text{g/L}$ 时,对健康有害。即使在浓度为几个 $10 \times 10^{-9} \text{g/L}$ 的空气中居留数月,就会发现初步慢性中毒症状:疲乏、头痛等。几种常见食物的汞含量列于表 1-7,从表 1-7 中可知,鱼类的含汞量极高,这表明汞可以被在水中生活的鱼类所富集。海草,例如 *Laminaria hyperborea* 的含汞量为 $(3.0 \sim 3.7) \times 10^{-6}$ 。松树中含汞量为 24×10^{-9} ,杉树汞含量为 15×10^{-9} ,植物中的汞来自土壤。土壤中的汞含量一般为 $(30 \sim 81) \times 10^{-9}$ 。⁽¹⁾

表 1-7 几种食物中含汞量⁽¹⁾(10^{-9})

植物性食物				动物性食物			
干豌豆	12	黑麦面粉	3.6	猪肉	0.6~13	蛋	0.22
干大豆	46	小麦面粉	2.0	小牛肾	2.3	鲑鱼	2.4~8.2
马铃薯	0.2~0.4	啤酒	(0.07~1.4) $\times 10^{-6} \text{g/L}$	牡牛肾	6.7	比目鱼	10~11
苹果	0.4	可可油	6	牛乳	(0.6~1.2) $\times 10^{-6} \text{g/L}$	鲱鱼	6.5~18
				油脂	0.2	羊油	28

6. 汞在铀矿、金矿中的分布

汞法找铀矿、金矿的依据是铀矿、金矿中伴生汞元素。因此,汞在铀矿、金矿中的分布情况如何是涉及汞法找矿效果的根本问题,必须有个基本了解。

(1)汞在铀矿中的分布 我国主要的四种类型的铀矿床中汞元素的含量列于表 1-8。从表 1-8 中可以看出:

①以碳酸盐岩为主岩的铀矿床中伴生有汞元素,其含量都在 1×10^{-6} 以上,称高水平的汞。

②火山岩型铀矿床中汞元素的含量水平有南北之分:处在华北地台北缘的冀北地区的 460、534 等火山岩型铀矿床中伴生有高水平的汞;而在华南准地台的赣东北地区的 65 号矿床及闽北地区的毛羊头矿床中的汞含量远低于 1×10^{-6} 。

表 1-8 四种类型铀矿床矿石中的汞含量

类 型	矿 床	样品数(个)	Hg($\times 10^{-6}$)	汞的矿物
碳硅泥岩型	四川 510	10	79.56	辰砂
	四川 512	127	39.28	辰砂
	湖南柏坊	16	47.18	汞银砂
	贵州白马洞	5	882.80	辰砂
	湖北五龙山	16	39.46	
	广西马鞍山	30	1.50	
火山岩型	河北 460	54	19.26	辰砂
	河北 534	4	1.33	
	福建毛羊头	5	0.33	
	江西 65	12	<1	
花岗岩型	安徽大龙山	6	2.80	
	广东城口	2	<1	
	湖南高黄	3	<1	
砂岩型	新疆库捷尔太	12	0.12	
	湖北铜家湾	3	0.10	