

金矿床中汞化合物的分布特征

李 剑

(冶金部第一地质勘查局地质探矿技术研究所)

文章介绍了岩、矿石中汞化合物的测试技术。根据金矿床中汞化合物的分布、分配特征开展了盲矿预测,取得了较好的效果。讨论了汞化合物与金矿成矿作用的关系。

关键词: 汞化合物; 金矿床; 分布分配特征; 盲矿预测

R.J.Watling等(1972)人工合成了一些汞化合物,并将这些化合物从常温开始加热,逐步释放其中的汞。结果表明,样品中的各种汞化合物都有其特定的热释峰温^[1]。

A.Aftabi等(1982)在加拿大魁北克省的西格马金矿,研究了天然矿石和岩石样品中的汞化合物,发现矿石中汞呈硫化物或以类质同象进入硫化物晶格,而在围岩和不含矿的石英脉中,则以 Hg_2Cl_2 和 HgCl_2 形式为主。

近年来,我们在研究牛心山金矿地球化学特征时,发现同一矿脉不同部位汞化合物的组成有很大差别,且与金矿化有一定关系,可作为盲矿预测的依据。

汞化合物的测试技术

首先对研究区有代表性的矿石及近矿围岩样品做热释谱图,确定各种汞化合物汞释出的热释温区。然后对每件样品从低温到高温,在每个温区定时、定温测定汞的含量,将每个温区测得的汞量视为相应汞化合物中汞的含量。通过实验,我们确定了5种汞化合物的热释温区,测得的汞分别称为 Hg_1 、 Hg_2 、 Hg_3 、 Hg_4 和 Hg_5 ,其和为全汞 ΣHg 。5种汞化合物及其热释温区为:

Hg_1 : 从常温到100℃释放吸附态汞,如样品无污染,一般含量很低。测它的目的

在于减少干扰因素。

Hg_2 : 100~170℃释放的汞,以 Hg_2Cl_2 为主。试验结果表明,在片麻岩、花岗岩、花岗斑岩等围岩,以及无矿化的构造破碎带和无矿化的石英脉中, Hg_2 所占比例较大。

Hg_3 : 170~270℃释放的汞,以 HgCl_2 为主。在无矿化的构造破碎带及无矿化的石英脉中含量较高。

Hg_4 : 270~380℃释放的汞,以 HgS 为主,它与硫化物关系密切。

Hg_5 : 380~780℃释放的汞,其组成比较复杂,多呈类质同象形式进入硫化物晶格取代Fe、Cu、Pb、Zn等,故可称为晶格汞。因其离子性质差异,多为不完全类质同象,故加热后汞便从晶格中释放出来。

测试方法: 称取一定量样品放在保温性能良好的镀金石英炉中(要求炉内温度均匀),用高精度控温仪控制温度。当达到某一定温温度时,开启大气取样器进行抽气。此时由样品中释出的部分汞(气态)经过滤器进入金丝管,并立即被金丝吸附形成金汞齐。抽气5min后,开始升温,同时更换金丝管,将已吸附汞的金丝管放到高温热释炉中,经30s定时加热,使金丝上吸附的汞全部释出,测汞仪自动抽气。这时在表头上可直接读汞量格值,据此计算出相应温度下释放的汞量。

实例

1. 牛心山金矿汞化合物的分布规律

(1) 矿区地质概况: 牛心山金矿地处河北省宽城县, 区域构造位置在燕山沉降带—山海关隆起与马兰峪复背斜的衔接处。矿区内主要出露下太古宙迁西群老变质岩系, 控矿构造以断裂为主, 有北北东、北西和东西向3组断裂。据统计, 90%以上的矿脉充填在北北东向含矿断裂中。矿区西南部出露一个面积约0.32km²的燕山早期花岗岩株, 岩体有多处绢英岩化。

矿区内有含金石英脉近80条, 矿石矿物主要有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、自然金等。脉石矿物主要是石英, 其次是钾长石、绿泥石、绢云母、方解石及叶蜡石等。据报道, 其多数金属硫化物的形成温度在250~350℃, 属中偏高温热液成矿。

(2) 汞化合物分布分配特征: 近矿围

岩中全汞含量因受多种因素影响变化较大, 一般在10~40ppb之间, 其组成以Hg₂和Hg₃为主; 含金石英脉的全汞量明显大于围岩, 在矿化体及其附近, 汞化合物以Hg₄和Hg₅为主, 靠近矿化体部位则以Hg₂和Hg₃为主。

从图1可以看出, 几种汞化合物并不都在矿脉上出现异常, 其中仅Hg₄和Hg₅异常与矿脉吻合好, 采用(Hg₃+Hg₄)/(Hg₂+Hg₃)之比值(R值)作图(图1下), 在矿体上方出现一个清晰的异常, 且与矿体吻合极好, 离开矿体则异常值很快消失。我们称R为汞的丰度特征值, 并认为该值的大小大致反映了矿脉中汞化合物的分布与分配状况。

牛心山金矿5条主要含金石英脉地表样品的分析结果表明, 其R值异常与已探明的工业矿体均有很好的对应关系(图2)。

由图2可以看出, 矿体及近矿部位R值明显升高, 矿体均位于R高值异常区, 但R的高值异常与矿体并不是简单的重合关系; R值异常的分布形态似乎反映了矿液的运移趋势, 其下方指向牛心山岩体; 图2左10线300m标高附近可能有一个盲矿体。

在含矿部位及远离含矿部位共采集19件石英样品, 18件黄铁矿、方铅矿、闪锌矿等硫化物单矿物样品, 并研究了这些样品中汞化合物的分配关系(图3)。由图3可见, 无论是含矿部位还是不含矿部位的石英样品中, 汞化合物成分均以Hg₃为主, 表明石英形成早于成矿作用, 成矿过程中汞的活动未能进入石英晶格; 在硫化物单矿物中汞的化合物均以Hg₅为主, 在牛心山矿区尚未采到与金矿化无关的硫化矿物。在其他矿区曾见有多处硫化物单矿物中汞的化合物主要以Hg₂和Hg₃的形式存在, 故推测牛心山金矿的形成温度可能较高, 与之伴生的硫化物矿物中汞多以Hg₅为主。

2. 石湖金矿汞化合物的分布特征

(1) 矿区地质概况: 矿区位于河北省灵寿县, 是目前太行山区唯一的大型金矿。

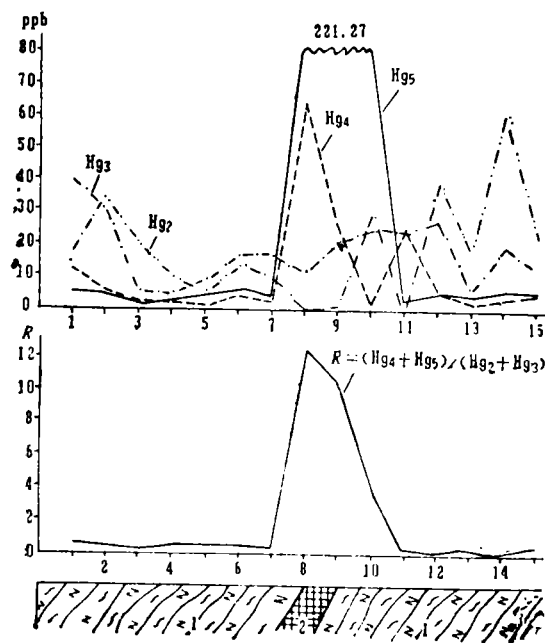


图1 牛心山102孔5号脉钻孔剖面

汞量曲线

1—斜长角闪岩; 2—含金石英脉

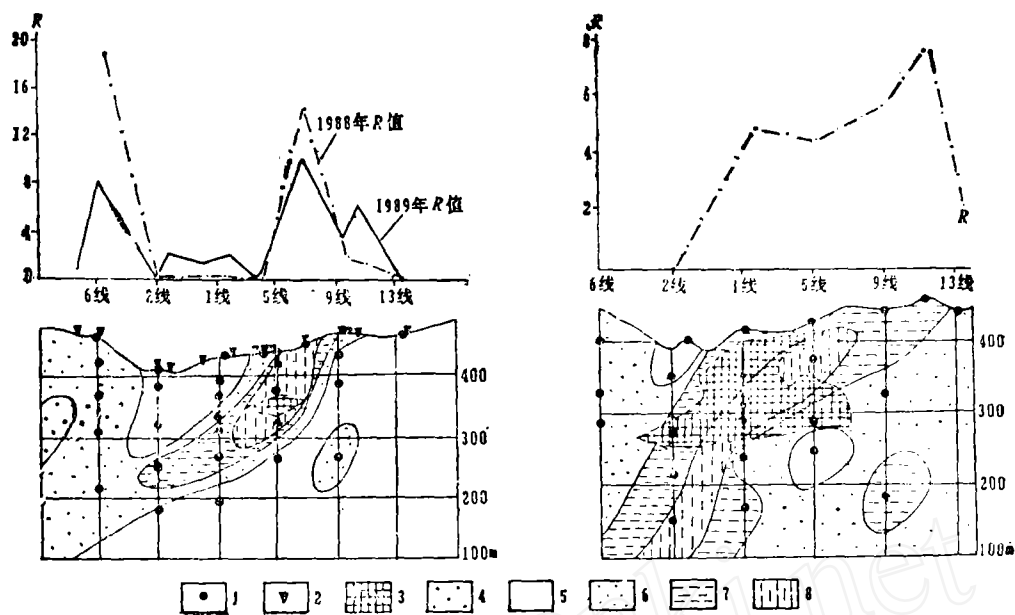


图 2 牛心山3号脉(左)和5号脉(右)地表及矿体周围汞化合物分布特征

1—1988年地表及钻孔采样点; 2—1989年地表异常检查采样点; 3—已探明的工业矿体; 4—预测工业矿体; 5— $R < 2$, $\Sigma Hg < 40ppb$; 6— $2 < R < 4.5$ 或 $\Sigma Hg \geq 40ppb$; 7— $4.5 < R < 10$; 8— $R \geq 10$

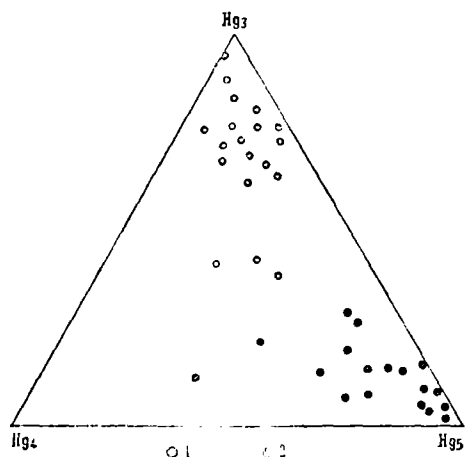


图 3 石英及硫化物单矿物中 $Hg_3-Hg_4-Hg_5$ 三角图

1—石英样品; 2—黄铁矿、方铅矿、闪锌矿样品

区内广泛分布太古界阜平群黑云斜长片麻岩, 因其普遍受混合岩化影响, 故可见到一些条带状片麻岩和粒状变晶结构的浅粒岩。

金矿化与麻棚岩体侵入活动密切相关。呈脉状产出的花岗斑岩、花岗闪长斑岩及闪长玢岩均系麻棚岩体同源同期的派生产物, 脉岩一般与含金矿化带紧密伴生。断裂构造控制了岩脉、含金石英脉、含矿蚀变带的产状、形态和规模; 近南北向的断裂是本区最发育的一组, 贯穿全区并成群出现。其中101号脉所在的破碎蚀变带长大于1500m, 目前该脉所探明的金矿储量占矿区总储量的绝大部分; 蚀变带具绿泥石化、钾化、硅化、黄铁矿化等蚀变; 矿石矿物主要有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿及自然金; 地质测温其成矿温度在190~360℃, 属中偏高温热液型金矿。

(2) 汞化合物分布分配特征: 矿区主要近矿围岩斜长角闪片麻岩及花岗闪长岩脉中, 全汞含量一般在3~6ppb之间, 其中 Hg_2 和 Hg_3 占绝大部分; 在含矿的破碎蚀变带中全汞含量变化很大, 有些比围岩还低, 有些则高达1000ppb以上。

表中列出了石湖金矿区几个已知矿体不

石湖金矿床汞丰度特征值 (R) 分类表

顺序号	样 号	采 样 位 置	样 长 (m)	金品位 (g/t)	ΣHg (ppb)	R	分类
1	1027	2号矿体	0.90	4.78	188.72	13.11	B
2	1028	"	0.70	1.77	108.03	2.98	B
3	1845	"	1.09	0	26.78	2.97	B
4	1846	"	0.96	1.36	1221.47	1.50	B
5	1851	"	0.70	2.50	58.97	2.93	B
6	378	3号矿体	1.07	1.49	142.39	6.61	B
7	379	"	1.00	0	25.75	2.53	B
8	380	"	0.95	8.95	33.82	11.18	B
9	461	"	0.63	5.88	352.95	5.64	B
10	462	"	0.80	0.42	96.97	10.20	B
11	947	4号矿体	0.95	1.71	147.97	7.50	B
12	948	"	0.95	3.85	219.23	6.02	B
13	953	"	1.00	8.52	45.65	4.05	B
14	1524	"	0.81	0.68	32.46	6.15	B
15	1207	"	0.79	3.24	36.12	4.02	B
16	1439	4号矿体前缘	0.80	0	27.27	2.29	B
17	1585	2号矿体前缘	1.05	1.90	17.35	2.72	B
18	1501	"	0.70	0	57.54	3.71	B
19	1166	3号矿体前缘	1.30	0	23.51	8.78	B
20	1503	"	1.00	0.21	40.44	29.67	B
21	885	3号矿体尾部	1.05	0.43	21.24	5.99	B
22	1043	4号矿体尾部	1.00	0	49.68	4.26	B
23	1044	"	1.00	0	66.01	0.92	B
24	1040	3号矿体尾部	0.88	0	19.11	2.04	B
25	1041	"	0.80	0	10.34	2.23	B
26	454	2号与3号矿体之间破碎蚀变带	1.00	0	2.87	2.53	A
27	451	"	0.80	0	1.76	0.57	A
28	1026	破碎蚀变带近矿部位	1.12	0	6.38	1.38	A
29	888	破碎蚀变带与片麻岩接触处	0.83	0	4.95	3.55	B
30	954	4号矿体下部破碎蚀变带	1.25	0	23.91	1.73	A
31	475	破碎蚀变带	1.05	0	6.48	0.18	A
32	886	"	1.06	0	5.52	1.13	A
33	1161	"	1.27	0	12.51	1.69	A
34	337	"	0.90	1.79	179.29	9.36	B
35	1436	"	0.70	0	11.77	1.41	A
36	1867	片麻岩	0.50	0	2.15	1.15	A
37	1868	"	0.60	0	9.73	1.13	A
38	1592	"	1.18	0	3.30	0.30	A
39	1595	"	1.20	0	4.75	0.81	A
40	1504	"	0.80	0	3.16	1.25	A
41	883	花岗闪长岩	1.10	0	2.54	0.08	A
42	884	"	1.40	0	6.46	1.37	A
43	889	"	0.83	0	5.34	1.15	A

注: A类与矿化无关; B类与矿化关系比较密切。

同部位、各种片麻岩、花岗闪长岩等围岩样品中金和全汞含量,以及根据金品位、全汞和 R 值所作的两类判别分析结果。从表中可以看出,矿体及其前缘、尾部样品无一例外地都归为B类,不但全汞含量较高,且 R 值一般都大于2;未受矿化作用影响的破碎蚀变带、各种片麻岩及花岗闪长岩,基本都归为A类,不但全汞含量低,且 R 值多小于2。据此,在石湖矿区可以用 R 值及全汞含量来预测盲矿体。

1988年我们在101号脉19线地表采样作了汞化合物分析,根据全汞及 R 异常特征(图4),预测其下部可能有盲矿体,后经钻探验证,在400m深处见到两层工业矿体。

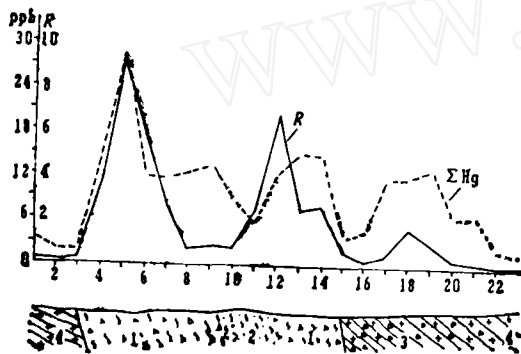


图4 石湖金矿101号脉19线 ΣHg 和 R 值异常

1—破碎蚀变带; 2—石英脉带; 3—破碎花岗片麻岩; 4—花岗片麻岩

3. 其他金矿床中汞化合物的分布特征

近年来,我们对河北省赤城县金家庄金矿和后沟金矿、辽宁省建平县霍家地金矿的松岭矿段及山东焦家金矿的少量样品作了研究,结果表明,上述几个矿床中汞化合物在矿脉和围岩中没有明显差异,除金家庄金矿外,其他矿床全汞含量均较低,且都以 Hg_2 、 Hg_3 为主。

河北遵化县洪山口石英脉型金矿三道沟矿段20件样品的分析结果表明,在金富集地

段 Hg_3 在全汞中所占比例明显增高;远离矿体时,除全汞含量降低外, Hg_2 在全汞中所占比例逐渐增高。

结论与讨论

1. 我们的初步研究结果表明,不同类型的金矿床,汞化合物的分布特征亦不同。实际工作中常见:一些金矿床硫化物矿化作用较强,但硅化作用不明显;而另一些金矿床硅化作用较强,且与金矿化关系密切,而硫化物矿化作用表现较弱。我们的研究结果似乎有如下规律:即矿石中汞化合物以 Hg_4 、 Hg_5 为主的金矿床,金的成矿作用与硫化物矿化作用关系密切;以 Hg_2 和 Hg_3 形式为主的金矿床,其形成可能与硅化作用有关。前者成矿温度较后者高。

2. 在牛心山和石湖两个金矿床,用 R 值大于2或 $\Sigma Hg > 40$ ppb可以圈定矿化有利部位。在横剖面和纵剖面上的 R 值异常,可大致反映深部矿化情况,为预测盲矿提供依据。

3. 由 Hg_2 、 Hg_3 、 Hg_4 、 Hg_5 的热释峰温得知, Hg_2 、 Hg_3 为汞的氯化物,形成温度较低;而 Hg_4 和 Hg_5 与硫化物有关,形成温度较高。这对矿床成因研究及找矿提供了重要信息。

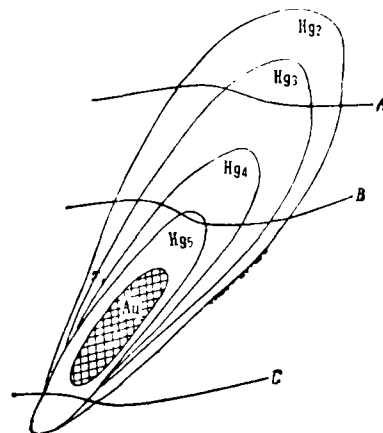


图5 金矿脉中汞化合物与金关系模式图
A、B、C表示不同的剥蚀水平

4. 热液成矿作用的主要条件之一是温度和压力逐渐降低,从而渐次沉淀出各种金属矿物。汞的各种化合物在金沉淀的同时及金沉淀后,也随着温度的降低相继以不同形式沉淀下来。图5是根据近几年的研究成果得出的汞化合物与金关系模式图,据此,能较好地解释某些金矿床中汞与金关系密切,但二者相关系数不大,其原因可能是浓集中心不重合所致。

利用不同形式的汞化合物在金矿床中的分布分配特征,研究和预测盲矿,是一种新的尝试,这一工作是初步的,许多问题有待进一步研究,希望有更多的同仁共同探讨。

工作和成文过程中得到邵跃高级工程师的悉心指导;冶金部第一地质勘查局520、515、522及1队等单位给予了大力协助;裴振华、袁玲、杜松林、宋锐、高树先等同志参加了部分工作。在此一并致谢。

Distribution Features of Mercury Compounds in Gold Deposits

Li Jian

Techniques for measuring and testing mercury compounds in rocks and ores are described in this paper. Based upon the distribution features of mercury compounds from a gold deposit, it is possible to make an effective prognostication of blind ore bodies. The relationship of mercury compounds and gold metallogenesis is also discussed.

《桂林冶金地质学院学报》(季刊)征订启事

《桂林冶金地质学院学报》为融理论性与应用性为一体的综合性地质刊物。设有地质矿产勘查、水文地质与工程地质、地球物理与地球化学勘查、方法技术、科技述评等栏目。可供相关专业的科

研、生产人员及大专院校师生阅读参考。

本刊为公开发行的季刊,季中出版。每册定价2元,全年8元。由桂林市邮局向全国发行,欢迎订阅。邮发代号48—7。

《矿山技术》(双月刊)征订启事

《矿山技术》杂志,双月刊,逢单月出版,系黑色冶金采矿、选矿、烧结球团专业综合性应用技术刊物,公开发行,并承办国内外广告。

本刊读者对象是:黑色冶金、煤炭、化工、建材、有色金属、非金属和铀矿冶等矿山系统从事科研、设计、施工、生产、管理干部及有关高等院校师生。

《矿山技术》1991年仍由邮局发行,邮发代号8—132,每期定价1.80元,全年10.80元。国内统一刊号CN21—1175、ISSN 1001—5809。

如您漏订时,亦可直接由邮局汇款向本刊编辑部订阅。

地址:辽宁省鞍山市南胜利路35号,邮政编码:114002

《国外金属矿选矿》(月刊)

《国外金属矿选矿》是报道国外选矿工业科学技术的综合性刊物,系由北京矿冶研究总院《国外金属矿选矿》编辑部编辑出版,以交流国际选矿技术为己任,为我国选矿工业实现现代化服务。

本刊主要报道国外选矿工业的发展趋势、新技术、新工艺、新设备、新药剂及工艺过程自动化控制;国际会议论文;国外考察报告;学术交流活

动;国外选矿文献索引;国外选矿新书评介;国外专利介绍;化学选矿;与选矿有关的环境保护。

《国外金属矿选矿》邮局公开发行,每期56版,10万字左右,每期定价0.80元,全年9.60元。如您在当地邮局未能及时订到本刊,可与本刊编辑部联系。本刊代号2-670。

地址:北京西直门外文兴街一号,邮编:100044