氩同位素及胶东某些金矿床的成因

王炳成[①]　徐金芳　郑文深
（山东省地质科学研究所）

张理刚　陈振胜　刘敬秀
（地矿部宜昌地质矿产研究所）

提要　通过矿床地质特征、流体包裹体、氩及氢氧稳定同位素组成的研究，认为马家窑金矿属再平衡岩浆水热液矿床，金青顶和十里铺金矿属大气降水热液矿床。本文作者首次在国内开展氩稳定同位素的研究，成果表明：马家窑金矿的^{36}Ar在温度300℃以下相对含量低于10%，金青顶和十里铺金矿则高达90%以上。说明前者以岩浆成因^{40}Ar为代表，而后者则以大气成因^{36}Ar为代表。示踪研究结果与氢、氧同位素一致，表明氩同位素在示踪成矿流体及矿床成因研究方面也是一种有效的方法。

氩是19世纪被人类发现的惰性气体元素。它有三个稳定同位素（^{36}Ar、^{38}Ar、^{40}Ar）和二个不稳定同位素（^{37}Ar和^{39}Ar）。据卡梅伦（1967）资料：太阳系中氩同位素的相对丰度为^{36}Ar＝84.2%、^{38}Ar＝15.8%、^{40}Ar＝0.01%，而大气圈中氩同位素的相对丰度为^{36}Ar＝0.337%、^{38}Ar＝0.063%、^{40}Ar＝99.6%，两者恰好相反。可见，太阳系中^{36}Ar占主导地位，地球大气圈则^{40}Ar占主导地位。

大气圈中氩的主要来源是由放射性^{40}K衰变形成的^{40}Ar。由于岩石在地质史上受熔融、变质、侵蚀等地质作用，致使^{40}Ar被释放到大气圈中；氩在化学上的惰性决定了它只能留在大气圈，而无法进入沉积物内；又因其原子量大，也不会脱离地球引力场而进入宇宙空间。所以，氩是大气圈中含量最高的惰性气体，达到9340×10^{-6}。火成岩中氩的含量仅为22×10^{-6}，主要分布在岩石的裂隙与空隙中。黑田（1977）对花岗岩中氩的同位素分布情况研究表明，与大气圈的氩相比，岩石中的氩也是由纯粹的^{40}Ar组成的。因此，通常认为大气氩以^{36}Ar为代表，而岩浆成因氩则以^{40}Ar为代表。

通过对矿床含矿石英脉中气液包裹体^{36}Ar相对含量的测定，有可能对矿床的成因、成矿溶液来源提供较为可信的证据。以往对其他同位素，尤其是氧、氢同位素的示踪研究较多。近年来在国外，尤其是苏联、英国等相继开展了对氩同位素的示踪研究，并已取得相当的进展。笔者等在研究胶东金矿稳定同位素地球化学时，曾对马家窑、金青顶、十里铺

① 本文执笔人，来稿1994年1月收到，1994年3月改回。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

等金银矿床的氩同位素组成进行了研究，这在国内尚属首次。同时对矿床的流体包裹体及氧氢等同位素也进行了探讨。初步研究成果表明，氩同位素示踪研究是一种较为有效的方法。

一、金矿床的基本特征

马家窑、金青顶和十里铺矿床分别位于胶东半岛的栖霞、乳山和招远等县市，三个矿床的一般特征列于表 1，综合对比如下：

表 1　马家窑、金青顶、十里铺矿床的一般特征

特征＼矿床	马家窑	金青顶	十里铺
矿体	石英脉型矿床，主要有 3 个矿体，长 78—367m，深 90—335m	石英脉型矿床，已控制矿体 13 个，其中 I 号矿体最大，长 363m，深 800m 以上，占整个勘探储量的 98%以上	主要为蚀变岩型矿床，矿体长数十米，深数十至 200 米
控矿构造	受 NE 向马家窑断裂控制	NNE 向断裂，成群密集，等距分布，其中将军石断裂控制矿床的形成	位于招平断裂北段 NNE 与 NE 向断裂复合部外弯处与灵北断裂之间
围岩	为太古界胶东群唐家庄组（原蓬夼组）变质岩，出露石英闪长斑岩等中基性脉岩，其内含斑状花岗闪长岩的捕虏体（矿区西南 20 多公里外有该岩体出露）	为元古代昆嵛山花岗岩和燕山晚期斑状二长花岗岩，并发育中基性脉岩。下元古界荆山群变质岩呈大小不等包体“漂浮”在花岗岩内	为玲珑片麻状花岗岩，太古界胶东群唐家庄组（原蓬夼组）变质岩呈残留体零星分布于花岗岩内，矿区西北角有郭家岭斑状花岗闪长岩出露
围岩蚀变	主要为绿泥石化、绢云母化、硅化、黄铁矿化、碳酸盐化（菱铁矿为主），蚀变范围窄小，一般宽 1—3m	主要为红化、黄铁绢英岩化和高岭土化，常呈带状分布，一般为矿体→黄铁绢英岩化→红化→花岗岩，蚀变范围较宽大	主要为黄铁绢英岩化，其次为红化、重晶石化、碳酸盐化、高岭土化
矿石矿物	含金矿物为银金矿，伴生矿物以黄铁矿为主，其次为黄铜矿、方铅矿、闪锌矿，另有少量磁铁矿、辉钼矿、黑钨矿、白钨矿等	含金矿物为自然金、银金矿、碲金矿，伴生矿物为黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、磁黄铁矿、斑铜矿、辉铜矿、辉银矿、碲铅矿、碲铋矿等	金银矿物为自然银、辉银矿、金银矿和硫铜银矿，伴生矿物为方铅矿、闪锌矿等

马家窑矿是赋存于太古代胶东群变质岩中的石英脉型金矿，规模中小，矿体延深较小，围岩蚀变窄小，没有红化蚀变现象，矿石矿物中有黑钨矿、白钨矿、磁铁矿等高温矿

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

物。

金青顶矿是赋存于昆嵛山花岗杂岩体中的高硫石类脉型金矿，矿床规模大，延伸深，围岩蚀变强烈，特别是红化作用(部分为钾长石化，多为 $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ 氧化染色现象，常与岩石裂隙伴生发育)范围较大，矿石矿物中有碲金矿、碲银矿、碲铅矿、碲铋矿等低温矿物。

十里铺矿是赋存于玲珑片麻状花岗岩内的以银为主的蚀变岩型矿床，规模小，矿体延伸浅，围岩蚀变较强，也有红化作用并多发育在矿体下盘，矿石矿物中含有较多的含银低温矿物。

二、金矿床的流体包裹体特征

(一)包裹体均一温度

所研究的三个金矿床的均一温度反映在表 2 和图 1 中。

表 2 金矿床流体包裹体均一温度

矿 区	样 品 数	平均温度(℃)	温度变化(℃)
马 家 窑	33	266	210—320
金 青 顶	19	217	185—270
十 里 铺	14	183	150—205

注:为自测结果。

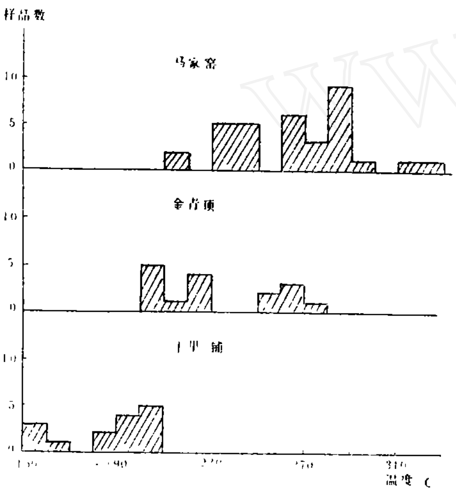

图 1 马家窑、金青顶、十里铺矿均一温度直方图

马家窑矿:均一温度平均为 266℃，温度变化于 210—320℃，由图可见有 240℃左右和 280℃左右两个明显峰值，而 320℃左右的峰值不明显。这些峰值代表了不同成矿阶段的成矿温度。

金青顶矿:均一温度平均为 217℃，温度变化于 185—270℃，图上有 210℃左右和 260℃左右两个峰值，代表了两个主要成矿阶段的成矿温度。

十里铺矿:均一温度平均为 183℃，温度变化于 150—205℃，图上呈现 160℃和 200℃左右的两个峰值，代表了该矿床两个主要成矿阶段的形成温度。

上述的均一温度表明马家窑金矿的成矿温度高于金青顶和十里铺矿，金青顶又高于十里铺矿，这与它们的矿石矿物共生组合情况也是相吻合的。

(二)流体包裹体成分

马家窑、金青顶和十里铺矿流体包裹体的液相、气相成分分别列于表 3。由表可知，三

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

个矿床之间存在以下特征：

表 3　矿床流体包裹体成分（$\times10^{-6}$）

矿区＼成分	液相									气相					
	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	F^-	Cl^-	SO_4^{2-}	K/Na	H_2O	CO_2	H_2	CO	NH_4	$\frac{H_2+CO+NH_4}{CO_2}$	$\frac{CO_2+H_2+CO+NH_4}{H_2O}$
马家窑	0.54	18.21	0.11	0.03	0.00	28.0	0.0	0.03	2150	116	0.174	8.35	2.06	0.091	0.059
金青顶	1.78	1.67	0.74	0.27	0.00	0.0	5.0	1.07	2130	43.5	0.44	8.56	7.50	0.38	0.028
	0.95	1.34	0.15	0.03	0.00	0.2	5.0	0.71	980	23.2	0.09	5.7	4.69	0.45	0.034
十里铺	1.43	1.97	—	—	0.60	2.30	0.0	0.73	2600	33.5	0.094	2.08	0.91	0.092	0.014
	10.58	1.26	1.74	0.09	0.25	0.05	5.0	0.40	2500	47.0	0.128	5.62	24.92	0.653	0.031

注：宜昌地质矿产研究所测试。

1．马家窑金矿流体包裹体的阳离子 K^+ 明显低，而 Na^+ 则明显高，反映在 K/Na 比值上也明显低于金青顶和十里铺矿。

2．在阴离子成分中，马家窑金矿的 Cl^- 明显高，而 SO_4^{2-} 则明显低于金青顶和十里铺矿。

3．在气相成分中，马家窑金矿的 CO_2 含量明显高，反映在 $H_2+CO+NH_4/CO_2$ 比值上则低于金青顶和十里铺矿。

以上对比表明，马家窑金矿与金青顶、十里铺矿不仅成矿溶液的成分存在差异，而且成矿时的的环境条件也各不相同。马家窑金矿成矿时的环境处于相对还原的条件，而金青顶、十里铺矿则处于相对氧化的条件。

三、金矿床的氢氧同位素组成特征

马家窑、金青顶和十里铺矿床的氢同位素（δD）和石英、蚀变岩、成矿流体的氧同位素（$\delta^{18}O$）组成列于表 4，并表示在图 2 上。

表 4　矿床的氢、氧同位素组成（‰）

矿区	石英 $\delta^{18}O$		蚀变岩 $\delta^{18}O$		流体 $\delta^{18}O$*		δD	
	平均	变化	平均	变化	平均	变化	平均	变化
马家窑	12.1 (22)	9.7—13.4	8.6 (16)	4.4—10.5	5.1 (20)	3.4—6.3	−63 (4)	−47——74
金青顶	10.3 (16)	7.9—13.4	7.0 (16)	6.1—8.3	1.9 (11)	−2.2—5.7	−93 (12)	−67.4——120.2
十里铺	9.7 (21)	7.0—15.9	6.5 (3)	5.3—7.7	−3.6 (15)	0.1——5.8	−84 (7)	−75——123

注：（　）为样品数；* 由公式 $1000\ln\alpha_{石英-水}=3.306\times10^6T^{-2}-2.719$ 计算（张理刚等，1989）。

（一）石英 $\delta^{18}O$

马家窑金矿的石英 $\delta^{18}O$（‰）值高于金青顶和十里铺矿，而且其变化范围（离差为 3.7‰）小于金青顶（离差为 5.5‰）和十里铺（离差为 8.9‰）矿。含矿石英脉 $\delta^{18}O$ 值的组成和变化上的差异，反映了矿床成因上的不同。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

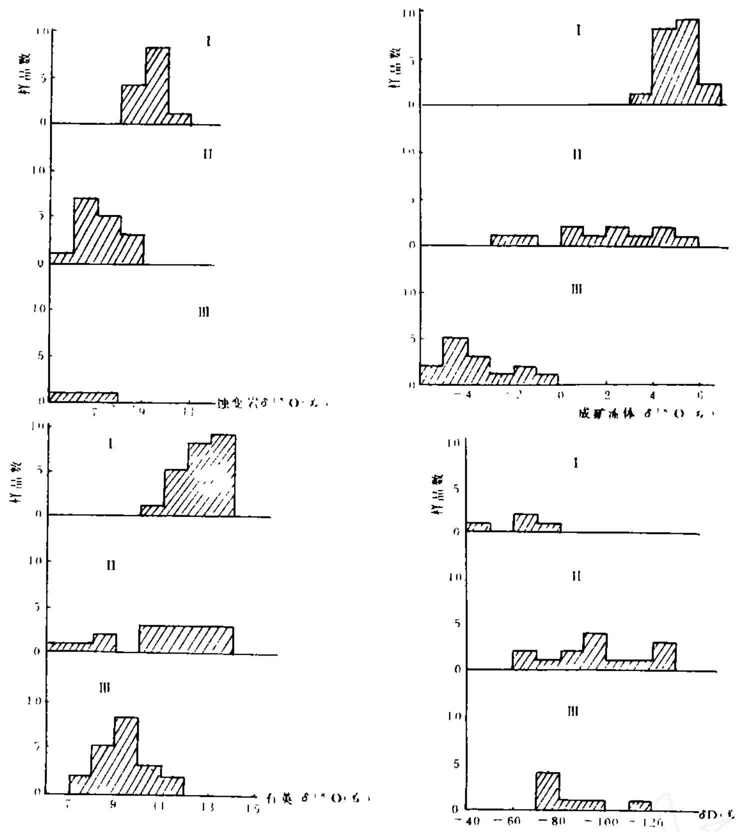

图2 马家窑(Ⅰ)、金青顶(Ⅱ)、十里铺(Ⅲ)金矿氢、氧同位素组成直方图

(二)蚀变岩 $\delta^{18}O$

所研究的三个金矿床蚀变岩的 $\delta^{18}O$ 可对比如下：

1. 马家窑金矿蚀变岩的 $\delta^{18}O$(‰)值亦高于金青顶和十里铺矿；

2. 马家窑金矿蚀变岩的 $\delta^{18}O$ 值变化范围(离差为 6.1‰)明显大于金青顶(离差为 2.2‰)和十里铺矿(离差为 2.4‰)，这可能与围岩的类型和性质不同有关。马家窑矿的围岩是太古界胶东群变质岩，岩性变化大，而金青顶和十里铺矿的围岩皆是花岗岩，所以后两者蚀变岩的 $\delta^{18}O$ 值变化较为相近；

3. 马家窑金矿蚀变岩的 $\delta^{18}O$ 值变化主要表现在横向上，即由含矿石英向两侧围岩呈逐渐下降的趋势(图3)。而金青顶和十里铺矿床蚀变岩的 $\delta^{18}O$ 变化则主要表现在垂直方向上，即由深部向地表呈逐渐升高的趋势(图4)；

4. 金青顶和十里铺矿床蚀变岩的 $\delta^{18}O$ 值变化范围虽然相近，但前者矿体延深达 800m 以上，而后者矿体延深仅 100 余米，即金青顶金矿蚀变岩的 $\delta^{18}O$ 在 800m 的深度上只变化 2.2‰，而十里铺矿蚀变岩的 $\delta^{18}O$ 值在 100 余米的深度上就变化了 2.4‰，这可能与成矿过程中的水/岩比和温度不同等有关。氧同位素的这种垂向变化规律有可能作为金矿床延深规模的勘查预测标志，即由地表向深部蚀变岩的 $\delta^{18}O$ 降低缓慢者，可能为大型特大型金矿。反之，则可能为小型矿床。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

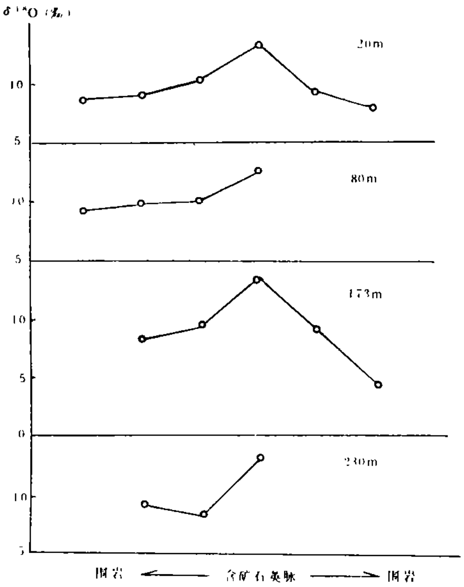

图 3 马家窑金矿氧同位素在各中段横向上的变化规律

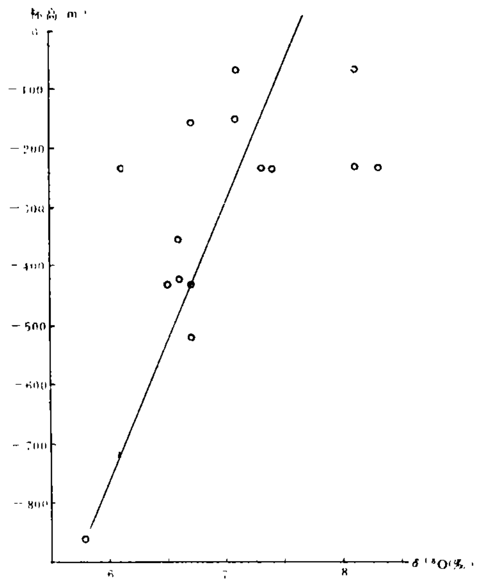

图 4 金青顶金矿氧同位素组成在垂直方向上的变化规律

(三)成矿流体的 $\delta^{18}O$

本文所研究的三个金矿床的成矿流体的 $\delta^{18}O$ 值是根据石英的 $\delta^{18}O$ 和均一温度,按公式 $1000\ln\alpha_{石英-水}=3.306\times10^{6}T^{-2}-2.719$(张理刚,1989)计算而得。由表 4 可知,马家窑金矿成矿流体的 $\delta^{18}O$(‰)明显高于金青顶和十里铺矿,而且其变化范围(离差为 2.9‰)明显小于金青顶(离差为 7.9‰)和十里铺矿(离差为 5.9‰)。表明马家窑金矿成矿流体的 $\delta^{18}O$ 值较为稳定,反映该金矿是在封闭体系环境中形成的。

(四)成矿流体的氢同位素 δD

成矿流体的氢同位素系测定矿脉石英流体包裹体的 δD(‰)而得,参见表 3。马家窑金矿成矿流体的 δD 值高于金青顶和十里铺金矿,而且与石英的 $\delta^{18}O$ 和成矿流体的 $\delta^{18}O$ 一样,该金矿成矿流体的 δD 值变化范围(离差为 -27‰)明显小于金青顶(离差为 -52.8‰)和十里铺矿(离差为 -48‰)。无疑,这也是它们成矿流体来源不同的一个标志。

(五)成矿流体 δD—$\delta^{18}O$ 图解

在成矿流体 δD—$\delta^{18}O$ 投影图上(图 5),马家窑金矿位于温度 300℃、水/岩比为 0.005—0.01 之间的再平衡岩浆水演化线附近,金青顶金矿位于温度为 250℃左右、水/岩比为 0.03—0.05 之间的大气降水演化线附近,十里铺矿则位于温度为 150℃左右、水/岩比为 0.05—1.0 之间的大气降水演化线附近。图解表明,马家窑金矿和金青顶、十里铺矿的成矿流体来源各不相同,即马家窑金矿是再平衡岩浆水热液,而金青顶和十里铺矿则是大气降水热液。

上述金矿床氢、氧同位素组成特征,与陈振胜等(1992)研究江西阴储岭钨钼矿、西华山钨矿和内蒙白乃庙金矿氢、氧同位素组成后所得的结论是一致的,即"对于大气降水热

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

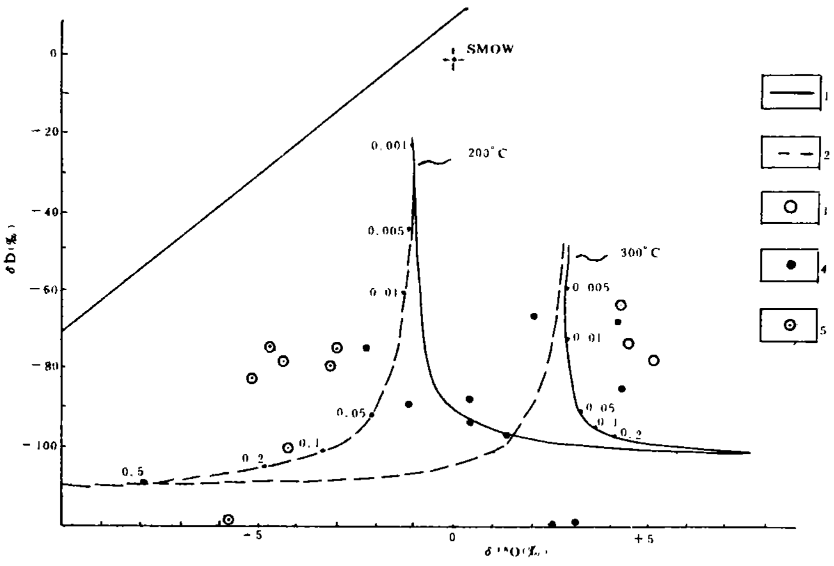

图 5 马家窑、金青顶和十里铺金矿床成矿流体的氧氢同位素组成演化曲线

1. 再平衡岩浆热液演化线；2. 大气降水热液演化线；

3. 马家窑矿；4. 金青顶矿；5. 十里铺矿

液矿床，具低^{18}O热液水和蚀变岩石氧同位素组成特征，有别于岩浆热液水矿床。典型大气降水热液矿床，由于有效水/岩比值大，低^{18}O特征得到充分体现，岩浆热液水矿床受水/岩比的限制，蚀变岩石氧同位素组成升高不显著”。

四、金矿床的氩同位素组成

氩同位素是利用含矿石英脉中的石英气液包裹体在不同温度下（200—600℃，间隔100℃）所释放出的^{36}Ar百分含量作为测定对象的。随着温度的提高，石英中微量含钾矿物亦能释放出部分^{40}Ar，从而导致^{36}Ar百分含量的降低。马家窑、金青顶和十里铺金矿床的氩同位素组成列于表5中。

表 5a 金矿床石英包裹体氩同位素组成

矿 区	产 状	^{36}Ar(%)				
		200℃	300℃	400℃	500℃	600℃
马家窑	含矿石英脉	9.0	6.9	8.2	7.6	
金青顶	团块状伟晶岩 晚期髓石脉	84.7 107.0	80.7 95.3	75.4 76.3	51.9 46.2	28.9 49.9
十里铺	含矿石英脉 晚期方解石石英脉	84.7 120.0	80.7 100.5	75.4 105	51.9 95.6	28.9 54.2

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

由表可见，马家窑金矿床^{36}Ar含量非常稳定，在不同温度下，最低含量为 6.9%，最高也只有 9.0%，显然与金青顶和十里铺矿不同。金青顶金矿床的^{36}Ar含量，在各个温度间隔下皆大大高于马家窑金矿，尤其是在 500℃以下时皆高于 50.0%，有的在 200—300℃时甚至达 100.0%左右。十里铺与金青顶金矿相似，其^{36}Ar含量在不同温度间隔下亦明显高于马家窑金矿，500℃以下皆高于 50.0%，有的甚至高达 120.0%，这可能是由于石英次生包裹体中含有过量的^{36}Ar，也可能是由分析误差造成。

上述金矿床的^{36}Ar含量表明，马家窑金矿主要是继承了花岗岩中放射性成因的^{40}Ar，仅在成矿过程中，即在低的水/岩比（0.01 左右）条件下与围岩发生平衡交换的过程中，混入了少量大气成因氩^{36}Ar。这是因为围岩本身含有被沉积物所吸附的大气氩^{36}Ar，成矿过程中部分大气氩^{36}Ar也可能通过泄漏而进入包裹体蒸发相。金青顶和十里铺金矿氩同位素则以大气成因氩^{36}Ar为主，所含部分^{40}Ar是在成矿过程中，由于大气降水与花岗岩在水/岩比较高（0.1 左右）的条件下发生平衡交换，并从花岗岩中淋滤出含有部分^{40}Ar的大气降水热液造成的。温度较高时（>400℃），也可能由石英中含钾矿物包裹体释放出的^{40}Ar增多所致，而且温度越高，所释放出的^{40}Ar含量也越多，相应地^{36}Ar含量就越少。

综上所述，大气成因的氩以^{36}Ar为代表，而岩浆成因的氩则以^{40}Ar为代表。故可根据矿物包裹体^{36}Ar的含量，判断马家窑金矿是再平衡岩浆热液成因矿床，而金青顶和十里铺金矿则是大气降水热液成因矿床。

五、成矿模式的探讨

栖霞马家窑金矿是这样形成的：当隐伏燕山期花岗岩侵入体分异出的岩浆水，在温度 300℃左右、水/岩比为 0.01 的条件下发生再平衡交换作用时，便形成了较原始岩浆水$\delta^{18}O$下降、δD升高的再平衡岩浆热液；而当这种含矿热液上升至胶东群变质岩裂隙中，继续与变质岩发生氢、氧同位素平衡交换作用，也就获得了部分金属物质和大气氩^{36}Ar，并在适宜的物理化学环境中成矿。因此，这类金矿床主要发生在浅部，图 6—A 是其成矿作用模式示意图。

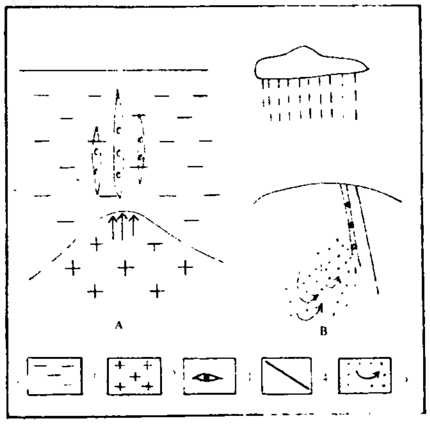

图 6　两类成因金矿成矿作用模式示意图
A. 马家窑再平衡岩浆热液矿床；
B. 金青顶大气降水热液矿床

金青顶和十里铺金矿的成矿作用模式为：燕山期花岗岩及其后期沿断裂侵入的中基性脉岩的相继活动，形成了一个浅部热机中心，从而导致下渗大气降水受热并循环流动；循环的早期在深部进行渗透交代作用，形成了比原始大气降水富^{18}O和富 D 的演化大气降水成矿热液；这种含矿热液在向地表运移过程中，与围岩（水/岩比 0.1 左右）发生扩散蚀变交换；当其接近地表时，伴随着温度的降低（250℃左右），导致蚀变岩石的$\delta^{18}O$不断升高，并在适宜的物理化学环境中成矿。如果早期渗滤交代的部位越深，那么越近地表蚀变岩的$\delta^{18}O$升高越明显，就越

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

有利于形成延伸深、规模大且多发育于主断裂下盘的金矿，如金青顶金矿；反之，如果早期渗滤交代部位越浅，那末温度就越低，且变化梯度大，近地表蚀变岩的 $\delta^{18}O$ 升高幅度小，就可能形成延伸浅、规模小的金矿床，如十里铺金银矿。其成矿作用模式参见图 6—B。

六、结　　语

1. 马家窑金矿和金青顶、十里铺矿为两类成因不同的矿床：前者属再平衡岩浆水热液矿床，后者则属大气降水热液矿床。它们在矿床特征上存在一定的差异：前者形成于较高温度、相对还原的环境，而后者则形成于较低温度、相对氧化的环境。围岩蚀变上也有重要区别：马家窑金矿中因 Fe^{2+} 转化为 Fe^{3+} 所形成的红化现象不发育，而金青顶、十里铺矿则广泛发育红化现象，这也可以作为寻找大气降水热液金矿床的重要标志。

2. 两类不同成因的金矿床，其氧、氢同位素的组成及其变化明显不同。再平衡岩浆热液成因的马家窑金矿的氢、氧同位素组成高于大气降水热液成因的金青顶和十里铺矿，而且变化小，比较稳定。马家窑金矿蚀变岩 $\delta^{18}O$ 的变化主要表现在横向上由围岩向矿脉逐渐升高，而金青顶和十里铺矿蚀变岩 $\delta^{18}O$ 的变化主要表现在垂向上由深部向上逐渐升高。

3. 同是大气降水热液成因的金矿床，其蚀变岩氧同位素的变化速率各异。氧同位素的这种垂向变化规律可以作为金矿床延伸规模的勘查预测标志，即蚀变岩的 $\delta^{18}O$ 由地表向深部降低缓慢者，可能为大型特大型金矿。反之，则可能为小型矿床。

4. 两类金矿床的氩同位素组成也有所区别。再平衡岩浆水热液成因马家窑金矿的 ^{36}Ar% 很低（不足 10%），表明以岩浆放射成因 ^{40}Ar 为代表；而大气降水热液成因金青顶、十里铺矿的 ^{36}Ar% 则大于 50%，甚至达 90% 以上，表明该类金矿床以大气氩 ^{36}Ar 为代表。这也说明氩同位素示踪研究结果与氢、氧同位素的示踪研究结果是一致的。

目前我国虽然尚未开展对氩同位素的示踪研究，但根据我们对某些金矿床的初步研究成果，并与氢、氧等同位素的示踪研究进行对照，有理由认为氩同位素在示踪成矿流体来源，研究矿床成因方面是一种很有前途的方法。

参 考 文 献

〔1〕 刘英俊等，1984，元素地球化学。科学出版社。
〔2〕 张理刚，1985，稳定同位素在地质科学中的应用。陕西科学技术出版社。
〔3〕 陈振胜等，1992，热液体系氢、氧同位素分馏机制及其地质意义。地质学报，第 66 卷，第 2 期。
〔4〕 王炯成，1991，山东胶西北金矿的控矿因素及与成矿的关系。山东地质，第 7 卷，第 1 期。
〔5〕 G. Turner 和 M. P. Bannon，王桂华译，英格兰西南部和东北部与花岗岩伴生的矿脉中包体流体中氩同位素地球化学。国外花岗岩类地质与矿产，1993，第 2 期。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

STUDY ON THE ISOTOPE OF ARGON AND ORE GENESIS OF SOME GOLD DEPOSITS IN THE JIAODONG (EASTERN SHANDONG) REGION

Wang Bingcheng, Xu Jinfang, Zheng Wenshen
(Shandong Institute of Geological Sciences)

Zhang Ligang, Chen Zhengsheng, Lin Jingxiu
(The Institute of Geology and Mineral Resources of Yichang, the Ministry of Geology and Mineral Resources)

Abstract

Based on the study of the geological charecteristics, fluid inclusions and stable isotope compositions of hydrogen oxygen and argon of the gold deposits in the Jiaodong region, it is suggested that the Majiayao gold deposit belongs to the hydrothermal one fermed from reequilibrated magmatic water whereas the Jingqingding and Shilipu gold deposits—hydrothermal deposits deminated by meteoric water.

The argen isotope study was carried out for the first time in china by the authors. The relative amount of ^{36}Ar for samples from the Majiayao gold deposit is less than ten percent below 300℃ while that for samples from the Jingqingding and Shilipu gold deposits — up to ninety percent. This indicates that in the former deposit the magmatogenic ^{40}Ar is predominated whereas in the latter two deposits the meteoric argon ^{36}Ar is typical. The results obtained from the argon trace study are in close agreement with those of hyaragen and oxygen isotopes which shews that the argon isotope can be an effective methad in tracing ore — forming fluids and studying ore genesis.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net