

· 矿床地质 ·

试论大型、超大型金矿金质来源的途径^{*}

——以吉林和山东地区金矿为例

曲延波¹ 许洪泉¹ 孙忠实²

(1. 山东省地质矿产勘查开发局; 2. 长春科技大学)

提要 通过对吉林夹皮沟及山东上庄等金矿床成矿地质条件、循环流体、构造机制及高温、压模拟实验的分析,指出金质并非由某一地质时期的地质作用所产生,而是构造-成矿系统的产物;金质并非直接来自某一类岩性,而是源于多层次循环流体对多类型围岩的萃取、勾通和混合;金质并不单纯取决于成岩成矿和物理化学作用,而是多层多类型构造机制数次应力作用的综合结果。

关键词 金矿 金质来源 运移途径 成矿预测 吉林省 山东省

大型、超大型金矿金质来源一直被人们所关注。50~60年代,金质来自岩浆热液或变质热液的理论在各类教科书中曾一统天下;70~80年代,绿岩和韧性剪切成矿理论也曾风靡全球,金质来自古老变质上壳岩的观点见诸国内外地质文献中;90年代以来,幔源C、H、O流体参与成矿已愈来愈得到证实^[1-4],使得人们重新考虑幔源流体的含金性问题^[5]。目前,有关地幔或壳-幔运动的成矿理论已成为地学界研究热点,但大量事实表明,无论哪种观点都未能从根本上解决以下问题:金质贫化或巨量聚集的机理;通过测定地表岩石金品位来判断深部矿源存在与否往往会失去一些真实信息;流体来源的矛盾性,如产在变质岩中的夹皮沟金矿显示了大量岩浆热液成矿信息^[6],而产在岩浆岩中的海沟金矿却反映大量幔源流体成矿信息^①。至于幔源C、H、O如何成为含金流体等问题则一直未获令人信服的证据。近期研究结果表明,不同来源的金质作为一个整体,它们的迁移、富集确与流体运动和构造应力密切相关。本文试从成矿系统、流体循环和构造成矿角度对大型、超大型金矿的金质来源进行探讨。

1 构造-成矿系统

金质来源不应只从单因子进行判别,而应将多来源金质视为一个有机整体加以讨论。翟裕生教授^[7]按古大陆边缘构造动力学特征的不同,将构造背景划分为三种类型:离散型陆缘构造-成矿系统;会聚型陆缘构造-成矿系统;走滑型陆缘构造-成矿系统。在该构造-成矿系统中,华北陆块南缘小秦岭和胶东等地金矿金质分别是初生矿源层 衍

* 本文1999年5月收到,1999年6月改回,游文澄编辑。

① 周永昶等,1996,吉林省安图县海沟金矿区及其外围控矿机制和找矿靶区优选(科研报告)。

生矿源层 岩浆热液定位等多次成矿富集作用的结果。华北陆块北缘夹皮沟和海沟等地金矿,依矿化特征及与控矿构造环境的关系,可将夹皮沟金矿区划分为三大构造带^[8]: 金质预富集过程中的太古宙克拉通边缘拉张矿化带; 夹皮沟超壳断裂形成时的海西期俯冲挤压带南缘矿化带; 中生代构造-岩浆成矿带。又如扬子陆块北缘南秦岭铅-锌-金多金属成矿带先后经历了裂谷盆地热水沉积成矿-盆地萎缩、矿体变形变质造山期岩浆热液叠加改造成矿的盆-山转换过程。由此可见,金质来源受构造-成矿系统控制,是构造多次“开”、“合”过程中的最终产物。

2 多层次循环流体的萃取、勾通与混合机制

热液组成构造-成矿系统的主体,循环的热液比单一流径的热液更能从岩石中萃取金元素。由于循环的流体难以从地幔到地壳浅部构成一个连续完整的大循环体,因此循环含金流体应具有多层次性。依流体组成和构造-成矿系统所处环境的不同,流体循环系统可划分为三大类。

2.1 地幔富 C-H-O 流体循环系统

深部电磁探测揭示出深断裂可在莫霍面上发生水平滑脱和拆离作用,并证实含金

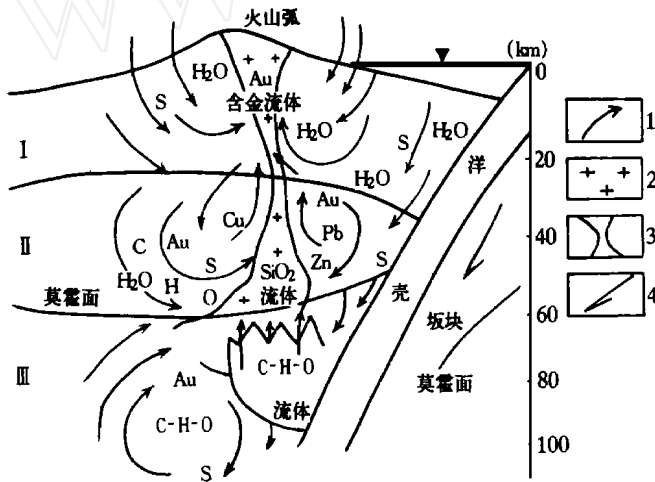


图1 含金流体层次性循环系统

Fig.1 Multi - grade circulation system of gold - bearing liquid

- 1—循环流体; 2—花岗岩; 3—深大断裂; 4—洋壳俯冲方向
- 浅—表部地壳富硫流体循环系统; · 中—下部地壳富硅循环系统;
- 地幔富 C-H-O 流体循环系统

水平流体运移通道具多层次性^[9,10]。无论液体向上抑或向下渗透,均使多层次水平流体在垂向上得以勾通,产生地幔富 C-H-O 流体循环系统。该循环系统的形成主要受控于洋壳俯冲和地核、地幔脱气产生的 C, H, O 流体。洋壳俯冲产生流体的活动机制主要有三种:一是随板块俯冲直接把海水带入上地幔;二是俯冲洋壳本身通过脱水作用把水释放到上地幔中;三是依洋壳俯冲速度与地幔局部熔融的关系,即冷地壳(大于 50Ma)的俯冲速度大于 12cm/a 时,会使上地幔

有独立的 C-H-O 流体相存在而不发生地幔熔融作用^[1]。地核是 C 和 H 的重要储集场所,地幔脱气是指因温度升高和氧逸度的变化而引起 C 和 H 不断地释放出来,二者亦为流体来源。无论是洋壳俯冲还是地核、地幔脱气,它们都源源不断地向地幔提供大量 C, H, O 流体,从而使地幔富 C-H-O 流体循环系统周而复始进行,并使 Au 和 S 等元素不

断得到预富集(图 1)。

2.2 浅—表部地壳富硫流体循环系统

硫、水和氯是浅—表部地壳流体主要组份。“Kebrit”海中曾发现呈“烟囱”状的块状硫化物,并保存有完好的溶液流动通道,其中有一个完全由自然硫组成^[11]。石英包裹体中 H₂O 为 368~1072.7 μg/L, Cl⁻ 为 26.93 g/L, pH 值为 6.30~7.60, Eh 值为 -0.51~-6.50(表 1),表明当地表水或海水进入地壳内部时,介质将逐渐由氧化态变为还原态,由中性变为弱酸性,盐度不断增高,形成的弱酸性溶液易从岩石中渗滤出金质并组成浅部富硫流体。循环流体又可分为两种:

表 1 石英包裹体气-液相成分分析结果

Table 1 Component s analysis result of gas - liquid phase in quartz inclusion

样号	阳离子组(g/L)				阴离子组(g/L)				气体组(μg/L)						盐度 B %	pH	Eh (V)	
	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	H ₂	N ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	CO	CO ₂				H ₂ O
A5	3.47	8.87	11.35	2.84	0.42	14.84	2.85	8.51	3.06	11.73	1.67	<0.05	3.02	59.6	650.15	2.86	6.60	-6.26
A21	3.50	9.39	149.2	26.84	0.33	26.93	2.20	6.73	5.90	8.18	2.90	<0.05	6.14	113.6	826.83	2.97	6.85	-6.50
A9	2.74	5.77	10.24	1.88	0.34	16.99	2.32	6.92	4.23	12.66	3.39	<0.05	4.39	37.88	786.7	1.95	6.45	-6.18
3-1	1.08	1.35	90.71	0.81	0.81	0.81	3.23	26.92	1.59	23.33	1.39	0	6.72	59.3	635.6	0.55	7.60	-0.64
4210	1.40	2.45	86.27	1.40	2.10	3.86	4.21	56.11	0.29	23.94	0.93	0	6.76	95.4	368.1	0.90	7.40	-0.62
D68	0.41	2.98	46.69	8.85	1.34	13.17	4.32	72.00	8.96	20.27	3.50	0	6.35	235.0	1072.7	0.83	7.35	-0.61
X64	1.49	3.61	22.29	0.62	0.75	0.25	1.49	33.92	5.56	44.81	2.67	0	12.9	204.8	970.8	1.20	6.30	-0.51
5233	2.63	2.05	27.49	1.46	1.75	1.46	6.73	58.49	1.75	13.49	1.79	0.05	7.29	68.5	482.5	1.02	6.65	-0.55

注:A5,A21,A9为山东下庄金矿样品;3-1,4210,D68,X64,5233为吉林夹皮沟金矿样品。

测定单位:长春科技大学测试中心。

(1) 主体位于浅部地壳内的流体循环系统

地下水不断地由地表水补给,同时又不断地向排泄区运动从而形成地下径流,交替的地下径流产生浅部地壳内的循环流体。吉林夹皮沟金矿带和山东下庄金矿区控矿构造产状陡倾,与断层模型对应较好。该模型^[12]认为高角度逆断层促进流体压力由超静岩压力到静水压力的周期性波动,并强调脆性变形作用导致循环的地下水规模变大,流体流量增大,萃取的围岩矿物质增多。这个从单一流径热液运移机制得出的结论难以解释矿质与水量之间(形成 10g 金需要 10¹⁰g 水^[13])的需求矛盾,因为要形成一个象夹皮沟(金储量约 100 吨)这样的金矿带,至少需要 30 个与该区绿岩带(长 20km,宽 5km,深 3000m)等体积的水,如此之大的需求空间在成矿过程中是不可能存在的,因此,只有循环流体才能为来自地表水中的硫质不断被迁移、富集提供必要的条件。

(2) 主体位于海底的流体循环系统

夹皮沟金矿含金石英脉稀土元素测定结果,其平均值之比与海洋热液水十分接近,说明当时成矿曾在古海洋热液水中进行过^①。70 年代末期,在红海深部及东太平洋中脊均发现有海底热液系统,成矿流体以海水居主导地位^[14]。洋壳热源或局部的侵入-喷出

① 程玉明等,1994,夹皮沟金矿带花岗岩-绿岩地体金矿成矿规律及成矿预测(科研报告)。

岩使海水在下降过程中逐渐被加热而产生冷热对流循环,循环的流体能使金属元素发生高度富集。如红海 A⁻ 海渊热液成矿系统中铜(0.26×10^{-6})、锌(5.4×10^{-6})和铅(0.63×10^{-6})的含量与循环流体(盆地底部金属沉积物)的分析结果相比,分别富集了50000倍、6296倍及1587倍^[14]。显然,循环的流体不仅使S和Cu、Pb、Zn等金属元素得到预富集,而且在特定条件下还会使某些元素高度集中(图1)。

2.3 中一下部地壳富硅流体循环系统

富含SiO₂且有古大气降水及幔源流体的加入是该系统主要组成特征^[4],形成机制主要有两种:一是花岗岩浆形成的流体系统(由岩石发生部分熔融而形成的花岗岩浆以底辟或气球式向上运移并析出岩浆热液,在与围岩流体产生对流中萃取了有用元素);二是外来水和岩浆热液混合形成的流体系统(幔源流体含有较多的二价、三价阳离子,CO₂/H₂O比值较高,易使中部地壳花岗质岩石熔点和固相线温度下降,最大可达400之多^[4])。夹皮沟金矿区及外围中生代花岗岩石英包裹体中含有大量CO₂(表1)表明,幔源流体沿夹皮沟深大断裂运移时,形成的线状热异常带使断裂两侧基底岩石产生部分熔融而成带状岩浆。随着地壳抬升岩浆冷却,析出的岩浆热液与来自浅部地壳大气水相遇,迅速产生冷、热对流并不断萃取围岩中的Si、K、Al、Au等元素,从而形成中一下部地壳富硅流体循环系统。

2.4 含金流体层次性循环系统勾通与混合机制

巨量的金质堆积取决于中一下部地壳与地幔和浅一表部流体循环系统三者之间的勾通状况。在勾通情况下,中一下部地壳富硅流体循环系统富含大量的多种成矿物质,通过脉动性演化形成多期多阶段(夹皮沟金矿分二期五个成矿阶段,招远下庄金矿分二期四个成矿阶段)大型、超大型金矿床。若中一下部地壳富硅流体循环系统未与其它两个层次流体循环系统勾通,则会出现两种极端现象:一是多硅少金,如吉林二道甸子金矿石英脉宽5~36m,长213m,却很少见有金和硫化物;二是多硫化物少金,如吉林三道沟—援朝沟金矿的15条金矿化脉中产有大量由Cu、Pb、Zn、Fe等组成的块状硫化物矿石,而金品位仅0~0.2g/t。可见,各层次循环含金流体是否勾通对于成矿条件分析和成矿规模估算具有重要意义。

各层次流体循环系统勾通的控制因素较多,如中一下部地壳岩石的熔融程度和持续时间等,其中成矿构造环境是主导性因素。在单一挤压构造(或拉张环境)及受火山机构局部控制的条件下,由于成矿作用持续时间短、流体得不到充分循环,地幔与浅一表部流体未能相互勾通,因此所形成的金矿即便能成群出现,其规模也不大。只有大规模挤压和拉张同时存在的构造环境才有利于大型金矿的形成(图1),如中生代太平洋板块与欧亚大陆的强烈碰撞,在吉林产生NE向浑辉和两江断裂,并形成大型夹皮沟金矿和海沟金矿;胶南-苏北-黄海地体在向胶北地体强烈挤压俯冲(按柯石英的存在需要2~4GPa的压力条件推算,其俯冲深度达95km以上^[15])时,与之同时形成的拉张环境中产生了日照-青岛-崂山-石岛碱性花岗岩带,带内的高温、压条件促使金向胶北地体转移。板块俯冲和挤压可把海水或地表水带到地壳深处,大陆超壳断裂的拉张则易使幔源熔体或流体上冲,它们均可进入中一下部地壳富硅流体循环系统。三个层次流体的相互勾通和混合,不仅使有用元素成分增多,而且还使流体循环机制持续时间加长,因

而从围岩中萃取更多的有用元素,莱州—招远金矿集中区就是这样形成的。

近年来,越来越多的成矿模式(斑岩型,SEDEX,VMS,变质核杂岩-热液型,乃至奥林匹克坝矿床模型)均强调了不同性质、不同来源流体混合形成的物理化学障对金元素富集成矿的重要意义^[7]。

3 多类型构造机制

构造成岩成矿理论的实质是循环流体促使岩石内成矿元素活化并使其发生迁移、富集,进而加速流体对围岩成矿物质的萃取。由此可见,循环流体层次形成的基础是构造应力,其形成机制主要体现在五个方面:

3.1 构造增热

构造变形使外力对岩石所做的功转化为热,从而改变岩石的内能状态,导致地下一定深度的岩石发生熔融。绝大多数岩体和大型、超大型金矿都沿着深大断裂带分布,尤其是不同深度的岩石同时具有构造增热等地质特征,反映构造层次对成岩成矿的控制。

3.2 构造变形

构造变形主要包括弹性变形和永久变形两部分。永久变形部分的能已全部转化为热能,弹性变形部分的能以应变能贮存于岩石中。岩石内所保存的热能和应变能极易使矿物晶格扭曲,导致元素活化、扩散、迁移,其中某些成矿元素经富集可形成矿床。即便是同一次构造变形,也会因为矿物组成和结构上的差异,促使弹性变形和永久变形在岩石内交替出现,从而导致成矿元素呈层次性活化、迁移、富集。

3.3 构造流体

构造变形能产生流体,从而活化岩石内的成矿元素,导致矿化的发生^[16]。它的产生分三种情况:当断裂切割流量有差异的岩石时,流体就会在裂隙压力的驱动下沿着构造带流动;构造挤压作用可降低岩石的孔隙度,并使孔隙水渗出,在孔隙压力下形成渗透流体;构造活动破坏了矿物晶格,使含水矿物脱水产生流体。后者更容易与矿物发生化学反应,改变流体成分。因此,构造流体并不等于构造水,而是一种富含介质的液体。Fyfe^[17]曾对逆冲构造带深部产生渗透构造流体和浅部产生裂隙构造流体的转移方式及其层次性做过论述。

3.4 构造降压

在热液成矿作用中,必须有一个动力促使成矿物质源源不断地向一个或几个区运移、混合、富集、沉淀,从而形成矿床。只有构造降压空间才具备为这种成矿物质提供富集、沉淀的场所,而这种降压空间总体呈透镜状断续分布,其在纵向上的叠置显示出成矿物质迁移、富集的层次性。

3.5 构造耦合

成矿溶液的热力学演化与有利的动力学条件相匹配或者耦合,是金质巨量堆积的主要形成机制,其实质是将多层循环含金流体与多层多构造机制相互结合组成一个有机的成矿系统,因此,构造耦合对大型、超大型金矿的形成具普遍性意义^[7,18~20]。

4 高温、压模拟实验

4.1 实验条件

实验样品取自吉林夹皮沟金矿,包括硫化物粉末(黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿等),斜长角闪岩,石英闪长岩样品及辉绿岩岩粉与含金黄铁矿粉混合样品共四套。它们被制成高 5cm,直径为 2.5cm 的圆柱体放入炉膛石墨管内,外套为石盐或叶腊石,两端用九九瓷堵盖。实验采用长春科技大学高温高压三轴仪器,由轴压(20.0 GPa,应变速率 $10^{-8}/s$),围压(1.4 GPa),加温(1200 °C),压力室及监测五个系统组成。

4.2 实验结果

实验后的样品被切成薄片和光片,经显微镜观察和分析测试,结果如下:

(1) 硫化物样品

实验温度 400 ~ 700 °C,轴压 300MPa,应变速率 $10^{-5}/s$,每次实验时间 4 小时。

在无水条件下,当温度为 600 °C 和 700 °C,缩短率达 30 % 时,硫化物呈细小粒状迁移到显微裂隙处,但始终未见有硫化物脉形成。

在矿石粉末中加入少量的水,然后冷压成圆柱状置于铁管中,底部和上部分别用铁片和角闪岩柱密封。当实验温度达 400 °C 后,角闪岩中的很多裂隙被硫化物细脉所充填。当温度为 550 °C (样品上部改用花岗岩柱密封)时,所获结果与前者一样。

(2) 金元素实验样品

一种是斜长角闪岩样品,在温度 250 ~ 575 °C,围压 0.1 ~ 0.3 GPa,差应力 0.1 ~ 1.5

GPa 的实验条件下,样品中硫化物没有明显迁移,只是在斜长石破裂面处形成少量绢云母、方解石和钠长石等。部分角闪石转化为绿泥石和极少量星散状黄铁矿、方解石、石英;而当温度达 800 °C,围压达 0.07 GPa,差应力为 0.0284 GPa 时,斜长石和角闪石中明显见有熔融流动现象,且在样品与石墨套 X 型剪裂面之间见有含金($1.569 \times 10^{-6} \sim 0.125 \times 10^{-6}$)黄铁矿团块分布。

另一种是岩粉和金矿粉混合样品,加热到 890 °C,围岩和差应力均为 0.1 GPa。熔融后的岩粉全为玻璃质,黄铁矿主要呈 3 种状态(图 2): 多个黄铁矿小球(直径为 0.5 ~ 1.2mm)呈线状排布于样品底部;靠近九九瓷堵盖处见有长 0.4 ~ 0.9cm,宽 0.1 ~ 0.2cm 的不规则梯形或三角形黄铁矿矿条,两个矿条与九九瓷底面交角分别为 35° 和 60°,构成 X 型剪裂面;在上九九瓷内出现几条极细裂隙,与长 5mm,宽 3mm

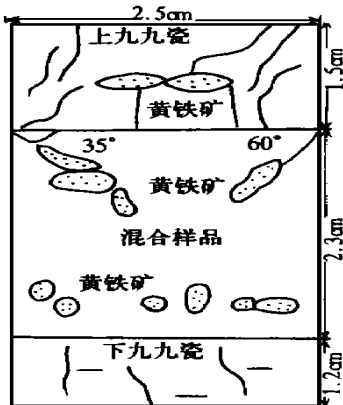


图 2 实验结果
(混合样品剖面观察)

Fig. 2 Experimental result
(profile observation
of mixed samples)

的哑铃状空洞相连,裂隙内主要由黄铁矿充填。不同部位黄铁矿的金元素分析结果列于表 2。

表 2 金元素电子探针定量分析结果(B %)

Table 2 Assay result of gold element by electron probe(B %)

位 置	底 部 黄 铁 矿 小 球					中 部 X 型 剪 裂 面 黄 铁 矿		上 九 九 瓷 哑 铃 黄 铁 矿	
	甲		乙						
点 数	1	2	1	2	3	1	2	1	2
Au 含量	0.082	0.163	0.163	0.082	0.091	0.25	0.31	0	0.082

SiO₂ 实验在石英闪长岩中进行,结果表明在水的参与下岩石熔点明显降低(表 3)。

表 3 石英闪长岩实验结果

Table 3 Experimental results of quartz - diorite

样品编号	岩石类型	水参与情况	轴 压	围 压	受载时间	熔化温度
9	石英闪长岩	无水	2000MPa	2000MPa	8 小时	850
11	石英闪长岩	有水	2000MPa	2000MPa	8 小时	700

4.3 分析与讨论

(1) 硫化物迁移富集的层次性

基于实验前(颗粒呈分散尖棱角状)后(颗粒形态受裂隙控制并形成出溶结构)硫化物颗粒的形态变化和原始颗粒(方铅矿中铅含量 79.5%,硫 17.5%,未含铁;黄铜矿中硫含量 37.82%、铜 23.92%、铁 37.29%)与新形成颗粒(方铅矿中铅含量 83.27%、硫 16.7%、铁 0.12%;黄铜矿中硫含量 34.43%、铜 20.2%、铁 37.4%)化学成分的变化,表明硫化物在运移过程中既不是塑性流动,也不是固态扩散,而是以气-水热液形式参与了化学过程。在加水实验中,硫化物极易形成脉体,而在无水实验中硫化物只是相对集中而已。可见,流体存在与否是控制硫化物呈层次性迁移、富集的一个重要因素,如山东招平断裂带破碎蚀变岩型金矿(深处少水)与上盘石英脉型金矿(浅处多水)即同一成矿过程中两个成矿层次的典型实例。

(2) SiO₂ 迁移富集的层次性

石英闪长岩在同等压力和时间的试验条件下,因水的存在可使岩石熔点降低 150(表 3)。这意味着在水的参与下,石英矿物的熔点可由原来的 550 降至 400。据研究,夹皮沟金矿床成矿温度最高可达 480,成矿深度为 3km,另有实验证实^①,在 200 和 16 个大气压的条件下,每公升气体可携带 67mg 的 SiO₂。这表明在浅处脆性控矿构造层次(3.7~4km),当温度为 200~480 时,原生节理和次生破裂两侧的围岩可产生一定量的 SiO₂ 流体;深处韧性控矿构造层次所产生的 SiO₂ 流体主要位于 4km 以下。

① 孙忠实,1995,吉林夹皮沟金矿带地质背景、控矿构造及成矿机制(博士论文)。

(3) 金元素迁移富集的层次性

在一定温度和差应力的实验条件下,原样品中含金硫化物可以发生活化、迁移,沿裂隙面分布,并在样品的下、中上、顶部富集,构成含金硫化物迁移、富集的三个层次(图2),各层次间距1.2~1.5cm。在下层水平切面上,金和硫化物排成两行,间距为0.8~1cm,垂向间距为水平间距的1.2~1.5倍,这与夹皮沟金矿区统计结果基本吻合。样品各层次含金量的变化(表2),也反映出不同层次流体金品位贫、富变化的规律性。

(4) 构造层次与成矿物质的关系

从斜长角闪岩等实验结果看,当斜长石发生脆性破裂时,首先沿这些破裂面或解理面交代形成绢云母、方解石和钠长石等新矿物;角闪石(或黑云母)经剪切粒度变细,蚀变形成绿泥石集合体及星散状黄铁矿、方解石和石英。这表明,差应力可促使岩石直接提供多种成矿物质,如黄铁矿中 Fe^{2+} 和碳酸盐中的 Ca^{2+} ,分别来源于角闪石(黑云母)及斜长石的蚀变作用;石英除来自上述矿物蚀变作用外,更多地来自被剪岩石中的 SiO_2 ;这一阶段形成的金含量较少,仅为 $(1.569 \sim 0.125) \times 10^{-6}$ 。

随着剪应力进一步发展,形成的裂隙(空间)不断变大,流体增多,已形成的载金矿物向剪裂隙进一步富集,形成硫化物脉和石英脉。据夹皮沟金矿区石英包裹体红外光谱测定结果:早期 CO_2 为 $0.2350 \sim 0.6121 \text{kg/m}^3$, H_2O 为 $1.4620 \sim 4.5540 \text{kg/m}^3$;晚期 CO_2 为 $0.7232 \sim 1.2156 \text{kg/m}^3$, H_2O 为 $2.0112 \sim 3.3446 \text{kg/m}^3$ 。早、晚两期石英包裹体中 CO_2 和 H_2O 密度的差异说明成矿流体的组分性质不同,但仍为同一成矿过程不同演化阶段的产物。早期阶段金含量为 6.414×10^{-6} ,到晚期阶段高达 24.41×10^{-6} ,表明同一构造层次内也存在成矿物质的迁移、富集,这是数次构造应力作用的结果。

上述高温、压模拟实验证实,构造应力可使岩石内成矿元素发生活化、迁移,并呈层次性富集。

综上所述,大型、超大型金矿的金质并非直接来自某一岩性,也不单纯取决于成岩成矿和物理化学作用,而是在构造-成矿系统控制下,由多层次循环流体对多类型围岩的萃取、勾通、混合,并由多层多类型构造机制数次应力作用共同形成的。

参 考 文 献

- [1] 孙丰月,石淮立,冯本智. 胶东金矿地质及幔源 $\text{C} \cdot \text{H} \cdot \text{O}$ 流体分异成岩成矿. 长春:吉林人民出版社,1995,80~82
- [2] 牛树银,李红阳,孙受群等. 地幔热柱的多级演化及其成矿作用. 矿床地质,1996,15(4):298~307
- [3] 邓军,徐守礼,方云等. 胶东西北部构造体系及金成矿动力学. 北京:地质出版社,1996,49~60
- [4] 孙忠实,冯本智. 吉林夹皮沟金矿稳定同位素地质及找矿方向. 长春科技大学学报,1998,28(2):142~147
- [5] 刘凤山,石淮立. 从闪长质岩石包体角度探讨太行山-燕山造山带壳幔成矿作用. 矿床地质,1995,14(3):206~214
- [6] 于清义. 论夹皮沟金矿花岗岩热液成因. 长春地质学院学报,1987,17(1):55~64
- [7] 翟裕生. 古大陆边缘构造演化和成矿系统. 见:北京大学国际地质科学学术研讨会论文集. 北京:地震出版社,1998,769~778
- [8] 孙忠实,冯亚民. 吉林夹皮沟金矿床主成矿时代的确定及找矿方向. 地球学报,1997,18(4):367~372

- [9] R. H. Sibson. Fault rocks and fault mechanism J. Ged. Sol. London, 1979, 133(3): 18 ~ 25
- [10] 叶发广. 下地壳深成地质作用的研究进展. 国外前寒武纪地质, 1994, (1): 7
- [11] Blum, N., and Puchelt, H., Sedimentary - hosted Polymetallic massive sulfide deposits of the Kebrit and Shaban Deeps, Red Sea. Mineralium Deposits. 1991, 26: 217 ~ 227
- [12] Sibson, R. H., Robert, F., Poulsen, K. H. High - angle reverse fault, fluid - pressure cycling, and mesothermal gold - quartz deposits. GEOLOGY, 1988, 16, 551 ~ 555
- [13] W. Sfyfe and R. Kerrich, Gold: Natural concentration processes, Gold 82, A. A. Balkema, Rotterdam, 1984, 99 ~ 127
- [14] 韩发, 赵汝松, 沈建忠等. 大厂锡多金属矿床地质及成因. 北京: 地质出版社, 1997, 149 ~ 152
- [15] 胡受奚, 赵乙英, 卢冰等. 胶北地体金矿富集的构造环境. 地质找矿论丛, 1993, 8(1): 8
- [16] 岳石. 一个新的地质理论: 构造成岩成矿. 长春地质学院学报, 1996, 26(增刊 1): 6 ~ 8
- [17] Fyfe W. S., Kerrich R. fluid and thrusting. Chem. Geol., 1985
- [18] 赵伦山, 陈岳龙, 叶荣. 含金黄铁矿的模拟合成实验及热液作用中金富集机制. 地学前缘, 1998, 5(1 - 2): 308
- [19] Cai Yuanji, Zhou Mao. Crystalomorphological characteristics of pyrite in hydrothermal gold deposit - An experimental study. Science in China(B), 1994, 37(1): 117 ~ 127
- [20] 孙忠实, 冯亚民. 构造层次与大陆壳动力学机制转变关系. 吉林地质, 1997, 16(4): 15 ~ 21

STUDIES ON THE GOLD ORIGINATING WAYS OF LARGE - SUPER LARGE GOLD DEPOSITS

Qu Yanbo¹, Xu Hongquan¹ and Sun Zhongshi²

(1. Shandong Geological Exploration Bureau of the MGR.)

(2. Changchun Scientific University)

Abstract

By the analysis of ore - forming geological condition, liquid circulation, structure mechanism and model experiment of high temperature and high pressure of Jiapigou gold deposit in Jilin province and Xiazhuang gold deposit in Shandong province, it is said that the gold was not formed by a certain geological action in a certain geological period, but the product of a system of structure and ore - forming; the gold was not directly from a certain type of rock, but originated from extraction, connection and mixture which took place, between multi - grade liquid circulation and multi - type countryrocks, the gold was not simply controlled by geophysical and geochemical actions, but the comprehensive action result of the stresses which were multi - grade and multi - type structural mechanism.

Key words: Gold deposits, gold originating ways, motion ways, ore - forming predication, Jilin province, Shandong province