

胶西北焦家式和玲珑式金矿的形成机理

程伟,瞿友兰,田秀林,王强,于雷亨

(山东省地质科学实验研究院,山东 济南 250013)

摘要:在胶西北地区,中生代郭家岭超单元岩浆期后成矿热液,形成了广泛发育的焦家式(蚀变岩型)和玲珑式(石英脉型)金矿床,并且具有相同的成矿热液,之所以产生两类有较大差异的上述不同类型的金矿床,在于“热液房”与外界沟通条件有很多的不同。蚀变岩型金矿的“热液房”与外界沟通相对开放,成矿热液的压力迅速降低,促其汽化,增强了活动,有利于广泛交代作用的产生,导致了蚀变岩型矿床的形成;石英脉型的矿床“热液房”与外界沟通条件差,当温度下降后,才与外界沟通,主要表现为充填作用,而形成石英脉型矿床。

关键词:金矿床类型;岩浆期后成矿热液;热液房;焦家式;玲珑式;胶西北地区

中图分类号:P613;P618.51

文献标识码:A

胶西北地区发育数量众多形式各类的金矿床,就其成矿本质而言,只可分为蚀变岩型和石英脉型2种类型,其他只是上述2种类型的“变种”。虽然对成矿热液来源的认识存在着较大的分歧,但相当一部分地质工作者还是认为是郭家岭超单元的岩浆期后成矿热液导致了金矿的形成(笔者认同)。相同的成矿热液为什么会形成不同类型的矿床?它们的活动机理又是怎样的?对此长期以来也有不同说法:有的认为是围岩性质不同造成的;也有人说是控矿断裂的力学性质所决定的;还有的说是成矿深度不同造成的,上有石英脉型矿床,下有蚀变岩型矿床。而笔者的观点是由“热液房”与外界沟通地质条件所决定的。因为成矿热液在成矿过程中由于地质环境的差别,发生了种种不同的变化,最终形成了2类不同类型的矿床。这2类矿床在成矿过程中及空间上的分带有很大的不同,有各自演化的独特过程,并局部可见相互转化现象。

1 金矿分布与郭家岭超单元

中生代燕山早期,在太平洋板块向欧亚板块强烈俯冲作用下,在胶北地区又产生了大规模的岩浆活动,即是郭家岭超单元岩浆侵入。该超单元分布

于莱州—招远—蓬莱一线,另外东部文登的泽头亦有少量出露,总面积514 km²。同位素年龄值多在102~200.6 Ma。在胶西北地区该类侵入体特别发育^[1],是仅次于玲珑超单元的另一极强烈的岩浆活动。其为一套中性—中酸性—酸性岩类组合,常与玲珑超单元共生在一起。招掖一带地表呈独立的小岩株出现,其地下延伸范围要比地表出露的大得多。在深部基本连成一体,成为一个巨大的复式岩体。该超单元为板块俯冲而引起的内部常含有深源残留包体的钙—碱性岩浆侵位而成。在形成过程中可能携带了大量深源的Au元素上涌。最主要的是该超单元都是侵入在Au已经被大大富集了,并包括可能具某些古金矿床的玲珑超单元内。在侵入过程中,沿途同熔了部分高峰值Au元素的玲珑超单元或TTG岩系,并驱使周边的富Au流体向其靠拢,最终成为它的岩浆期后成矿热液,在恰当的时机沿着各种构造断裂和裂隙运移定位成矿。在这东西长80 km,南北宽10 km,主要由郭家岭超单元组成,围岩分别为玲珑超单元和栖霞超单元的花岗岩而形成金矿成矿带,它囊括了胶北绝大多数的特大、大型、中型金矿床,而小型矿床则星罗棋布。金矿规模巨大、数量之多为世界罕见^[2]。

* 收稿日期:2010-08-17;修订日期:2010-12-15;编辑:曹丽丽

基金项目:2007年山东省国土资源厅地勘基金《山东胶莱盆地北部金矿成矿规律及找矿方向》部分内容。

作者简介:程伟(1978—),女,山东泰安人,工程师,主要从事地质找矿工作;E-mail:290231195@qq.com。

2 郭家岭超单元岩浆期后成矿热液的形成

郭家岭超单元钙-碱系列闪长岩类在形成过程中会产生岩浆期后成矿热液,它是在花岗闪长质岩浆凝固过程并行将结束,从岩浆分离出来的大量成矿热液,其内富含挥发物质,聚集在热液房中。其内成分取决于花岗闪长质岩浆本身成分,一部分由地幔物质参与,但主要的尤其是取决于围岩中的成分(包括被其同化混染和岩体热能从围岩中淬取的成分)。由于郭家岭超单元规模巨大,侵入的构造部位不同,特别是围岩中各元素丰度不同(Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Fe),形成的岩浆期后热液所含元素也有很大的不同。由于Au和Ag, Cu, Pb, Zn, Fe等元素地球化学性质相似,故富Au的部位都存在这些元素的伴生。

在热液形成过程中,有两种情况发生:第一种情况是该超单元岩浆同化混染了原已高度富集了Au的围岩,甚至还包括一些古金矿床,并从高丰度Au的围岩中淬取大量Au元素,同时还淬取了与金伴生的多金属物质,成为Au的岩浆期后热液。玲珑超单元的外围已是金高丰度地区,尤其在它穿过东西向构造带的部位,而该部位Au的丰度应尤为高,并可能有古矿床的存在。而郭家岭超单元常与玲珑超单元相伴产出,因此郭家岭超单元的岩浆期后热液吸取了玲珑超单元已富集区域大量Au元素,使得该成矿热液中的Au元素极其丰富。该类热液特别容易形成大型或特大型金矿。第二种情况是虽然玲珑超单元外围有金的高丰值区,但也不是到处都一样,也有相对比较贫金的部分,或远离了EW向构造带,或远离了金高丰度区域,该类岩浆期后热液的含量就明显的低,因此由其所形成的蚀变带或石英脉金品位往往达不到开采的要求。这种情况在胶北更为普遍。如在一些地区蚀变带发育良好,黄铁矿化甚强,但金含量却很少。当黄铁矿化特发育时,以至可当硫矿床开采。因此如何来识别郭家岭超单元含Au的岩浆期后热液和不含金的热液是极为重要的工作。而目前只能用Au的品位来区分。如果能设法圈出玲珑超单元周边的TTG岩系富金部位(特别在东西向构造带内),也许就可以预测,当郭家岭超单元侵入到该处时,它的岩浆期后热液中一定有丰富的Au元素,可形成大型和特大型金矿。笔者认为这将是今后开展成矿预测工作的重要战略

步骤。

当郭家岭超单元演化行将结束时,在特定的条件下,在该岩体周边形成了多个热液房,聚集了大量的含矿热液,在其上升过程中,由于地质构造的条件不同,主要形成2类不同的矿床:一为焦家式蚀变岩型金矿床;二为玲珑式石英脉型金矿床。虽然还有其他一些略有不同特征的金矿床,其实都是这2类矿床的变种。

3 焦家式蚀变岩型金矿床的形成机理

该类型矿床主要发育在大一中型断裂之中,通常它们具有多期次活动特点,并且破碎强烈,切割很深。深部的破碎有利于规模较大的“热液房”的形成。在极大多数情况下,成矿前断裂上部具有强烈压扭性,发育规模较大断层泥,致使热液房内聚集更多的成矿热液。当以后成矿时的断裂再次活动切割到了热液房,新产生的断裂空间(真空状态)对成矿热液有一种真空吸引作用,促其迅速上升。因压力的迅速降低,促使成矿热液气化,从而大大增强了它的活性,有利于广泛的交代作用发生,致使该类矿床称为蚀变岩型金矿床。控矿断裂上部的大量破碎带有利于天水的渗透,深部少量地下水积极地参与了岩浆期后成矿热液的形成,成为其不可分割的一部分。氢氧同位素数据表明,在稍浅部位,也有大量地下水与上升成矿热液混合并参与了蚀变和成矿过程。成矿时这种比较宽松、开放、利于成矿热液活动的构造条件,促成了焦家式蚀变岩型金矿的形成。

郭家岭期花岗闪长质岩浆在同化、混染了玲珑期二长花岗质岩石,尤其是当其进入了玲珑期已富集金的古金矿和富金区域时,在岩浆期后热液中,富集了许多金、银、多金属和其他一般岩浆期后热液中所富含的硅、钙、钾、钠及挥发分的物质,在断裂控制下,它们常富集在郭家岭期岩体的边部,形成了“热液房”。在稍后构造活动的作用下,当成矿时的断裂较早切割到该热液房时,热液房内的压力降低,因此在相当范围内周边岩石中的活泼元素(其中包括Au元素)会继续朝着压力较低的热液房中迁移。由于蚀变岩型金矿的断裂规模较大,影响的范围也大,在成矿物质和其他挥发分物质源源不断地补充下,热液房中热液数量增多,各类矿物质也特别丰富。通常含有大量的K, Na, Ca, Mg, Al, Si, SO_4 , HCO_3 , Fe, Zn, Pb, Au, Ag, Bi, Sb, As, Hg, Be, Ni, Co, W, Mo,

Sr, Ba 以及挥发分 H_2O , CO_2 , H_2S , CH_4 , CO , F 等。大量事实表明, 蚀变和成矿过程是一个较长期的过程, 成矿时断裂的间歇性及多次活动, 会造成热液房中的成矿热液的多次贯入, 在断裂的周边破碎带内形成较大的、先后不同的各种蚀变带。由于早期热液房内温度高、压力大, 最易挥发的物质首先随断裂上升, 对围岩进行交代, 随着热液房内温度的降低, 活动能力稍弱的元素也对围岩进行交代, 最后是一些活动能力较差的元素沿断裂上升进行充填。交代作用形成的岩石与围岩一般是渐变过渡性的, 而充填作用为主时, 二者之间有明确的界线。在蚀变和成矿过程中, 随着热液房的温、压不断下降, 从热液房上升的热液不但成分有差别, 数量也有大幅度的减少, 因此随着蚀变的不断进行, 后期蚀变的规模也不断的变小, 蚀变带的范围不断变窄。

整个蚀变和成矿过程是叠加在早期断裂断面和破碎带之上, 通常断裂主要发育在花岗岩中, 因此它是叠加在花岗质碎裂岩、花岗质碎斑岩、断层角砾岩、古断层泥之上。蚀变带以矿体为中心基本对称分布, 但断层下盘更发育些(图1)。

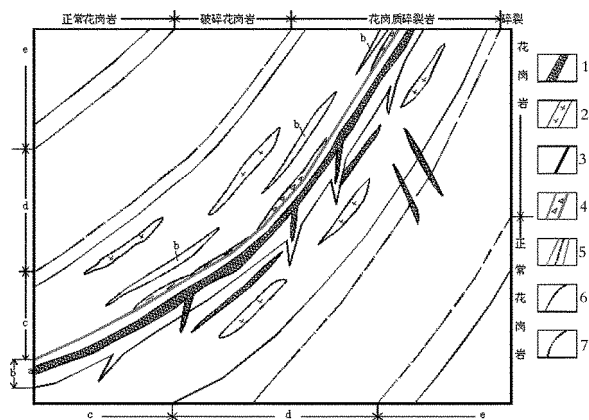


图1 焦家断裂带蚀变岩型金矿蚀变带和矿带分布示意图

1—黄铁矿化带(部分构成矿体); 2—残存花岗质碎斑岩; 3—断层; 4—断层角砾岩(带); 5—断层泥; 6—蚀变带分界线; 7—构造岩分界线

(1) 钾化及其蚀变带

在多数矿床, 围岩主要为花岗岩, 故表现为成矿热液对花岗岩的交代作用。钾化是指在汽化—热液交代过程中, 形成钾长石的蚀变过程常表现为钾长石交代斜长石, 新生的钾长石斑晶具肉红色; 此外在

高温作用下, 斜长石晶格中弥散的二价铁被氧化为三价铁, 使斜长石也变为肉红色。因为该期蚀变作用使原岩的色调变为红色, 也被人们形象地称为“红化”。

该蚀变带的形成最早, 是热液房中压力大, 温度高时, 最具活动元素首先沿断裂上升, 而对围岩进行的高温气态交代作用。此时蚀变的温度多在 $400^{\circ}C$ 以上。

大型矿床的钾化带宽多在 300 余米, 大尹格庄金矿钾化带宽度可达 600 余米, 其宽度很大, 是一种重要的找矿标志。愈靠近矿体或是成矿断裂主断面, 蚀变愈强烈, 但由于后期蚀变的占位和破坏, 在这些后期蚀变强烈的部位只残留有钾化(红化)现象。该蚀变作用愈远离主断面钾化愈弱, 只有个别岩石发生钾化, 而大部分岩石保持原样。

(2) 黄铁绢英岩化及其蚀变带

在上述钾化交代以后, 成矿热液房中的温度和压力有所降低, 在成矿断裂的间歇性活动作用下, 又有众多气成热液携带着大量热能和 H_2O , CO , Si 以及少量 Fe, S 等物质沿断裂上升, 并在适当的部位对围岩进行交代作用。主要表现为热液对围岩中的各种矿物进行交代, 围岩中大量长石被热液交代而变为绢云母和石英; 暗色矿物角闪石和黑云母, 几经交代最终也大部变为绢云母和石英。由于围岩多为花岗质岩石, 因此该蚀变带内岩石都不同程度地变为绢英岩和绢英岩化岩石。该期蚀变也有黄铁矿的出现, 呈星点状分布在绢英岩中, 称之为黄铁绢英岩化蚀变。

由于该期蚀变作用也是在断裂的间歇性多次活动下进行的, 因此, 性质类似的黄铁绢英岩化作用也是多次进行的, 在某些部位可见多世代的绢云母发育在一起。热液沿断裂上升, 因此靠近断裂的地方蚀变强烈, 而远离断裂则蚀变较弱。因此可划分 2 个亚带, 靠近断裂为绢英岩亚带, 远离断裂为绢英岩化亚带。绢英岩亚带内因交代强烈, 仅发育石英和绢云母, 为较纯的绢英岩; 在绢英岩化亚带内, 残存着较多的围岩残体, 远离主断裂面残块愈多、愈大, 当绢英岩化作用稍弱, 被绢英岩化的岩石则保留有较多的钾化花岗岩特征, 可识别原岩的岩性。

由于该期蚀变作用相对钾化蚀变作用较弱, 其范围相对较小, 它们多分布在钾化带内侧, 即靠近主断面的上、下盘。通常下盘要比上盘发育, 宽度在百

余米至几十米之间。断裂规模大,该蚀变带的宽度亦大。

在绝大多数情况下,该期出现的少量黄铁矿内是不含金的,因而该期蚀变不能产生金矿体。

(3) 黄铁硅化及其蚀变带

经过上述2期蚀变作用后,热液房中被带出了大量热能和易挥发分物质,其内温压有所降低,金、银、多金属物质被相对富集。当成矿断裂又一次活动时,经过多次演变后的成矿热液又一次沿断裂上升,并对围岩(包括早期绢英岩化和钾化岩石)进行交代。

在该带中广泛发育交代的硅化石英,早期的为乳白色;晚期的多为烟灰色、深灰色、黑色。通常硅化作用是叠加在绢英岩化的内带,即绢英岩亚带之上。该带中心部位98%的矿物为石英。在后期成矿时构造轻微作用下,或许是大量刚形成硅化岩因冷却而收缩,而形成细微的网状裂隙,这些硅化后残存的熔液被贯入上述裂隙中,因此所形成的含金黄铁矿和多金属矿物多呈星点状、细脉网络状、浸染状分布在硅化岩中,特别是晚期硅化的烟灰色石英中较为发育。该带形成温度大约在280~360℃。

该期蚀变作用的范围相对早期蚀变带又进一步缩小,它们绝大部分发育在离主断面40~50m内的断裂上、下盘中,尤其是下盘更为发育,宽度明显比上盘要大。因而它们多叠加在早期绢英岩化带上,在该带边部常可见到大小不等的绢英岩残留体。

在该期蚀变同时,底部热液房内有部分Au元素被带了上来,参于蚀变作用,因此黄铁矿内普遍含金,一般说来它只能构成小矿或贫矿体。

(4) 黄铁矿化及其形成的矿体

在热液房内,成矿热液经历了上述多次演变,大部分易挥发、易迁移的活泼元素已经被其迁出,此时在热液房内的残余热液内聚集了大量相对不太活泼的元素,主要有Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Fe和其他一些元素,在张性断裂又一次活动下,这种含金、银的多金属络合物的矿液沿断裂上升,在有利部位充填空间,形成了黄铁矿化蚀变带,导致了大部分金矿床(体)的形成,并成为蚀变岩型金矿床的主成矿期^[3]。

金的地球化学特征表明,金亲黄铁矿和SiO₂,因此在这一黄铁矿化过程中,金呈包体被黄铁矿包裹或产于它的裂隙中,尤其是成矿时被破碎的裂隙中。而Ag、多金属与硫化铁的地球化学习性与金也

较相似,故在金矿床中含金黄铁矿也与黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等相伴出现。

种种迹象表明,黄铁矿迁移和定位所要求的温压范围较大,虽然在高温和压力较大时(如在硅化过程中)是可以部分迁出,但数量较少。而Au、Ag则不同,温压过大,在热液房中不易迁出,故蚀变早期黄铁矿是含金很少的,只有温压下降到一定程度金才能与黄铁矿一起迁出,而成为主成矿期。

黄铁矿化时的络合物含金属矿液主要贯入到前一阶段的黄铁矿硅化蚀变带中,这是因为这2个阶段先后紧邻,成矿通道基本一致,故易叠加其上,但由于络合物的含金属矿液的数量较小,故其分布范围比黄铁矿硅化蚀变带的范围小得多,通常只有10~30m。而金矿体要比上述黄铁矿化带的范围还要小,它是黄铁矿化蚀变带的一部分,是根据金的品位来圈出。黄铁矿化带和矿体大部分位于成矿后主断面的下盘,并被黄铁矿化带所包围。但也不尽然,有一些会侵入到黄铁矿绢英岩带中,甚至侵入到离断面较远的碎裂花岗石中(该岩石基本无蚀变现象或蚀变很微弱),单独构成小矿体。当然也有例外,当这种黄铁矿成矿热液大量侵入远离成矿时古断面,并发育在蚀变较弱的碎裂花岗岩中就成了“河西式”金矿了。这也证明了有单独黄铁矿化蚀变的原因之一。

黄铁矿化阶段所形成的矿脉,多表现为不同规模的含金黄铁矿脉(含少量SiO₂和多金属等),穿插在早期形成的各种岩石(主要是蚀变岩石,特别是在硅化带)之上。含金黄铁矿脉最厚可见10cm,一般也见1~2cm,此外还有数量众多更细的矿脉。它们多呈不规则的树枝状,细脉状、细脉浸染状分布,随着矿体埋深增加,含金黄铁矿脉愈来愈多,并且也明显变厚。当该期含金黄铁矿脉穿插在早期黄铁矿硅化岩中富有含金黄铁矿的区域时,使早晚2期金矿化叠加在一起(虽然它们的归属不易区分),使得该区含金量特别高,而成为富矿体。其形成的温度大约在200~280℃。

应该指出含金黄铁矿化蚀变也是一个较长的过程,并不是一次充填的结果。如有黄铁矿阶段、含金黄铁矿阶段、毒砂黄铁矿阶段、多金属硫化物阶段、含金黄铁矿-银阶段等。在不同的矿床中,因种种因素的差别,会缺失某一阶段,或先后顺序会发生变化。但金属矿物先后出现的总趋势大致应按如下次

序排列:黄铁矿→含金黄铁矿→磁黄铁矿→毒砂→闪锌矿→黄铜矿(包括各种含铜硫化物)→方铅矿→银金矿→自然金→自然银。在有的矿床中,个别矿体的局部矿段会有较多的自然金呈细脉,浸染状发育,具有极高的品位。为了更简明、概括的叙述成矿过程,把先后不同种类金属矿物的形成归并到同一黄铁矿化这期中。

经过粗略估计,在蚀变岩型岩金矿中该期所形成的金,约占整个矿床中金的70%~90%,因此可认为这期黄铁矿化蚀变是金的主成矿期所形成的矿体,浅部薄且变化大;深部变厚,且相对稳定^[4]。一方面反映了更深部还大有潜力可挖,另一方面反映了黄铁矿化蚀变热液由中心浅缘的侵入过程。

需要指出的是,成矿时断裂的活动方式控制着成矿热液的运移和定位。焦家、新城矿区矿体(主要由含金黄铁矿化集中区段构成)的侧伏方向,实际上就指示了成矿时断裂的两盘相对运动的方向。因为在这个方向上围岩最容易破碎,并且该方向的机械力(断层活动)可以驱使成矿热液沿该方向运移。断裂破开新产生的空间处于真空状态,成矿热液显然会朝着无压力的空间迅速迁至而充填成矿,可称之真空泵吸作用。在焦家矿区,据望儿山断裂时焦家断裂伴生张性“入”字型构造用赤平投影计算,焦家断裂正断左行平移,上下盘运移方向与已知的矿体侧伏方向是一致的,从而证实成矿时断裂相对运移方向控制了矿体的侧伏方向。

(5)碳酸盐化及其蚀变带

早期碳酸盐化发生在黄铁矿化将结束时,多表现为充填作用。主要表现为方解石化、白云石化、菱铁矿化,形成温度在180℃左右。由于该期蚀变作用较弱,且分散,其蚀变带分布不很明显。蚀变的最大范围一般不超过黄铁矿化带,早期碳酸盐化多与主黄铁矿化相伴,并晚于后者,在矿体中多见,多以细粒的白云石、铁方解石呈云朵状集合体分布,分散在矿体内。通常白云石愈发育,在其周边金会愈发育,是金富集标志之一。晚期碳酸盐蚀变多呈方解石脉和菱铁矿脉或方解石英脉出现,后者岩脉内常含有重晶石,并伴有黄铁矿、多金属硫化物出现,后期岩脉具典型的充填性质,与围岩的界线清楚,其分布范围极广,虽然在主断裂附近较发育,但在绢英岩化、钾化蚀变带内均可发现,甚至在正常花岗岩中也能见到。晚期碳酸盐化在很大程度上为矿后岩脉活

动,应与成矿热液活动无关,是后期热液叠加的结果。

(6)成矿期后的断裂活动

经过上述多期蚀变和矿化后,继承在老构造上的成矿时断裂构造已被上述强烈蚀变和矿化物质交代和充填,使早期断裂的构造岩经改造后大部消失,仅有极少量构造岩被残留在硅化带和黄铁矿化带内,而且固结程度也大大提高,抗剪能力已与周围岩石相差无几。在成矿以后该断裂又一次强烈活动时,在相对较薄弱的地方又产生了新的断面,这就是现今看到的主断面,它们一般发育在早期成矿期断面上盘,有时切割了矿体(古断面),并致使蚀变岩石和矿体错开,产生了宽度不大的断层泥和各种蚀变岩的断层角砾,并使其周边蚀变岩石碎裂,形成了各种蚀变岩的碎裂岩。

成矿前和成矿时的古断裂面(该断面往往沿着成矿前断面活动)不仅不是成矿热液的隔挡面,而恰恰是成矿热液的主要通道和贮矿场所。初步看来成矿前断裂有大规模活动已基本定型;成矿时断裂活动相对较弱,造成破裂程度很差,断距较小;成矿后断裂活动强度稍大,有一定的破碎和断距,在个别部位对矿体有一定的破坏。

4 玲珑式石英脉型金矿床形成机理

该类型矿床多发育在中小型断裂和大型节理之中,一般向下延伸不深,破碎不强,能使成矿热液通过的通道不畅,容矿空间也较狭小,很难一开始就直达成矿热液房。由于构造破碎较弱,热液房与周边温度,特别是压力差不是很大,从围岩中熔取物质较为困难,成矿热液数量显然比蚀变岩型的要少得多,特别是易挥发物质和矿化剂相对要少。热液房是在相对比较稳定和闭塞的情况下,大气水较少参与,成矿热液演化到一定程度,在温度稍低(相对蚀变岩型而言)时,中小型断裂才完全与热液房沟通(蚀变岩型则在较早时期与热液房沟通),这就使得早期的蚀变作用很弱,稍后成矿热液呈液态贯入上述空间而成为含石英脉。

玲珑矿田内石英脉型金矿床的蚀变类型与焦家式蚀变作用基本相似,因构造条件制约,其蚀变作用规模要小的多,但分布面积很广,可称为“面型”蚀变。岩浆期后“热液房”的成矿热液中少量较活泼元素最早呈气态上升并使围岩发生蚀变,即是钾化

(红化)作用,是沿花岗岩裂隙发生的。稍后上升的岩浆热液对花岗质围岩发生绢英岩化,有些地方为白云母化,围岩中长石常被交代成白云母、绢云母和石英,使花岗质岩石向绢英岩(含白云母)过渡。最后是硅化和黄铁矿化,它们常出现在最靠近含金石英脉两侧,自早期钾化到晚期黄铁矿化,蚀变范围逐步变小。

岩浆期后“热液房”内成矿热液,在参与了上述早期的规模较小且分散的围岩蚀变后,大量残余的成矿热液演变为富含 SiO_2 、金、银、多金属的温度、压力较低溶液,在控矿构造作用下,沿各种小断裂和节理上升,并多次充填到其中,形成矿脉。在早期阶段该成矿热液还有较高的温度(300°C 左右)并充填到低温、低压的上层裂隙时,随着压力的降低高温成矿热液少量气化,活泼元素也会对围岩(花岗质)进行交代,这在大型矿脉的周边,常能见到1 m左右的硅化、黄铁矿化的蚀变带,它们紧靠矿脉,并与矿脉有明确的界线,而与外侧原岩花岗质岩石是渐变过渡的。

矿脉周边的蚀变带内的黄铁矿含有相当数量的黄金,常构成富矿,虽小但可供开采。该期蚀变是与矿脉同时形成,与上述早期面状蚀变是先后形成的,虽然蚀变类型和特征相似,在一些部位,尤其是矿体附近,可以重叠并不易区分,这些由矿脉形成的蚀变可称之“线型”蚀变。即随着含金石英脉的侵入而形成的接触变质的蚀变和矿化。

随着成矿热液多次侵入,构造扩容使含金石英脉不断地变大变厚,并形成明显的与脉壁平行的条带状构造,因成矿时小断裂或节理呈张性活动,因此在石英脉内,尤其是中心部位常形成晶洞,同一条矿脉上部晶洞更发育。一些成矿热液的多次活动带上的不同金属矿物等物质也有差别。就单个含金黄铁矿石英矿脉来说,不同部位出现的金属元素是不一样的,会缺失某些成矿亚阶段的金属矿物^[5]。

(1) 黄铁矿石英亚阶段

含金黄铁矿石英脉在矿田内广泛发育,数量众多,是大规模成矿热液早期充填的结果。石英呈乳白色,他形粗粒($0.15 \sim 0.18 \text{ cm}$),表面干净,透明度高。黄铁矿呈完整立方体,粒径 $0.5 \sim 2 \text{ cm}$,晶面条纹极为发育,呈斑点状(或小团状)分布于石英脉中。黄铁矿含金性差,该期石英脉仅局部脉体组成贫矿体。

(2) 石英黄铁矿亚阶段

在上述黄铁矿石英亚阶段形成之后,成矿时小断裂和节理又一次活动,该亚阶段是又一次大规模的成矿热液侵入事件所形成的产物。

早期石英黄铁矿石英亚阶段侵入之后,成矿热液房内的Fe、S有相对富集,在该亚阶段形成的矿脉中,黄铁矿含量骤增,占脉体的60%以上。由于金的地球化学特性亲黄铁矿,在适当的压力和温度及地球化学条件下会与黄铁矿伴生,故该期形成的含金黄铁矿脉是玲珑金矿田内的主要工业矿体。黄铁矿为块状构造,半自形—自形粒状结构,粒径 0.5 cm ,晶面条纹发育,多种聚形发育。石英为灰白色,光泽较暗,透明度较差,他形中粒,粒径为 0.05 cm 左右。小晶洞($n \times 10 \text{ mm}$)大量发育。方解石发育,与石英相嵌共生,为灰白色他形中粒结构。金矿物主要为银金矿,呈乳滴状、浑圆状,随机分布在黄铁矿晶体中,或呈不规则状散布在石英和黄铁矿晶隙间,此外还有少量黄铜矿和闪锌矿的发育。该期成矿热液的数量也较多,多数沿着早期黄铁矿石英亚阶段脉体侵入,使其显的更为厚,并形成矿脉。该亚阶段含矿性很好,绝大部分玲珑矿田之金矿床由该次侵入活动而形成。在上述2个亚阶段形成之后,玲珑矿田之金矿床基本形成。以后的热液活动,不但规模小,分布局限,提供金的储量占很小比例。

(3) 其他亚阶段

大规模的成矿热液经上述2个亚阶段活动后,热液房内残余热液的成分也有较大变化,大量的黄铁矿(包含了较多的Au元素)侵位后,其他金属矿物在热液房内有较大聚集,因此在以后的侵入活动中,较多场合出现了这些金属矿物,而成为成矿的亚阶段。先后有磁黄铁矿黄铁矿亚阶段、胶状黄铁矿亚阶段、黄铁矿亚阶段、菱铁矿亚阶段、闪锌矿亚阶段、方铅矿和黄铜矿亚阶段、白铁矿亚阶段、自然金亚阶段等。

在石英脉内所发育的矿体与蚀变岩型矿体一样也有侧伏现象,但通常侧伏角较大,这与小断裂层和节理在成矿时张性活动有关。矿体侧伏的方向代表了成矿时断裂或节理两盘相对运动的方向。

5 两类型金矿的对比

郭家岭期岩浆活动因其得天独厚的优越条件在胶北地区形成了众多型式不同的金矿。其成矿热液

形成的物理、化学条件基本一致,可形成 2 类矿床: 于控矿地质条件的不同所造成的。虽然如此,2 类
一为蚀变岩型,二为石英脉型。造成这种差别是由 矿床演化过程仍有很大的可对比性(表 1)。

表 1 蚀变岩型和石英脉型形成地质环境与成矿热液演化趋势对比

内 容		破碎带蚀变岩型	含金石英脉型
构造条件与成矿环境和成矿热液特征对比	断裂规模及其与热液房沟通条件	大,切入热液房很早,当时温度很高,破碎能聚集更多热液,较为开放	中小,稍晚切入热液房,热液温度较低,较为闭塞
	蚀变成矿空间	大,宽数十米至几百米	中小,数米至十数米
	迁移条件	良好,破碎强,成矿规模大	差,破碎弱,成矿规模小
	热液数量	大量吸取围岩有用元素(岩浆水+天水)	吸收围岩有用元素相对少(岩浆水)
	汽化条件	热液上升不断被汽化(交代强)	热液汽化量小(充填为主)
热液演化趋势对比	钾化	宽度大、钾化强	小,钾化较弱
	绢英岩化	宽度大、绢英岩化强	小,绢英岩化弱
	硅化	宽度大、硅化强(矿化弱)	黄铁矿-石英阶段(充填形式,矿化弱)
	黄铁矿化(主矿化阶段)	主要穿插在硅化带中,可分几个亚阶段	石英-黄铁矿亚阶段主要穿插在黄铁矿-石英脉中,可分亚阶段
	碳酸盐化	局部发育	局部发育

其中蚀变的顺序相似,仅规模不同;蚀变岩型矿床的硅化和含金石英脉型物质成分相似,仅形式不同。总的来说,二者有强烈而明显的可对比性。从而更进一步证实其原始的成矿热液是基本相同的。

一般说来,绝大多数矿床的成因比较单一,或是蚀变岩型,或是含金石英脉型。但也有个别矿床比较复杂,既有石英脉型金矿脉,又有蚀变岩型金矿脉,但总以一种为主,其他为副的情况出现。这也显示了自然界情况的复杂性。当成矿时,热液源的地质环境比较开放,但局部地区相对闭塞,这就出现了以蚀变岩型为主的金矿床,稍后有含金石英脉叠加在蚀变岩型矿床之上。当成矿时热液源的地质环境相对闭塞,但早期仍有少量活泼元素构成的气成热液脱离热液源沿断裂上升产生钾化和绢英岩化,一般不能构成矿体。后期大规模的含金成矿热液在 200~350℃左右时上升充填在断裂中成矿,由于该热液早期温压很高,侵入到围岩中特别是压力的下降,会产生气化作用,并对围岩进行交代,这就出现了紧靠含矿石英脉,宽不过数米的接触变质蚀变带,往往这些蚀变带含金量较高,可以构成矿体,但这种情况的出现,并不能改变矿床的性质,这在大型含金石英脉矿床经常出现的现象。

应该说成矿热液房与外界沟通状态时产生蚀变岩型和石英脉型矿床的关键,控矿构造的力学性质只是外因之一。就胶北而言,成矿前断裂可有不同

的力学性质,但成矿时不论是蚀变岩型还是石英脉型都是由张扭性或张性活动所控制,并叠加在成矿前断裂之上。但可能个别小型断裂除外。

6 结语

胶西北的蚀变岩型金矿床和石英脉型金矿床是同种同源的岩浆期后中温热液矿床,造成二类不同矿床的原因是由于不同的“热液房”与外界的沟通条件不同造成的。由于构造条件的不同,它们分别历经了各自独特的演化历程,最终形成型式不同的矿床。虽然表现形式不同,但终有很大的相似性。在许多金矿床中,这两种类型矿床形影不离,共同组成了一个较为复杂的金矿床。

参考文献:

[1] 宋明春,王沛成,梁邦启,等. 山东省区域地质[M]. 济南:山东省地图出版社,2003:489-490.
[2] 李士先,刘长春,安郁宏,等. 山东金矿地质[M]. 北京:地质出版社,2007:71-72.
[3] 李宏骥. 胶北地区内生金矿成矿规律[J]. 山东地质,2002,18(3-4):74-75.
[4] 鲍中义,钮涛,高书剑. 焦家金矿床深部矿体地质特征及深部成矿预测[J]. 山东国土资源,2010,26(1):6-7.
[5] 陈光远,邵伟,孙岱生,等. 胶东金矿成因矿物学找矿[M]. 重庆:重庆出版社,1989:99-101.

Ore – forming Mechanism of Jiaojia Type Gold Deposit and Linglong Type Gold Deposit in Northwest Jiaodong Area

CHENG Wei, QU Youlan, TIAN Xiulin, WANG Qiang, YU Leiheng

(Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: In the northwest Jiaodong area, ore – forming hydrothermal fluids after magmatic period in Mesozoic Guojialing superunit had formed Jiaojia type (altered rock type) and Linglong type (quartz vein type) gold deposits. These two deposits had the same ore – forming hydrothermal. Different types of deposits were formed by different communication conditions between "hydrothermal room " and the outside world. The "hydrothermal room " of altered rock type gold deposit was relatively open with the outside world. The pressure of hydrothermal mineralization could decrease rapidly, and sped up the vaporization. It was favorable for the generation of extensive metasomatism, and caused the formation of altered rock type gold deposits. The "hydrothermal room " of quartz vein type deposits had poor communication with the outside world. When the temperature dropped, the deposit would communicate with the outside world and mainly represented as the filling function, and formed quartz vein type gold deposits.

Key words: Gold deposit types; magmatic hydrothermal mineralization; hydrothermal room; Jiaojia type; Linglong type; north part of Jiaodong area