

八卦庙金矿控矿构造研究

钟建华

(石油大学勘探系, 东营 257062)

摘要 陕西凤县八卦庙金矿是近期探明的特大型金矿。经研究发现它的成因与脆韧性剪切和岩浆热液蚀变有关。在八卦庙矿区至二里河铅锌矿一带发育了一条脆韧性剪切带,它控制了金矿体在走向(NWW-SEE)上的分布。金矿主要产在剪切带的脆韧性剪切条带和后期脆性剪切形成的碎裂岩内;NE 向左行小型断裂及其 NE 向节理控制了后期岩浆热液蚀变形成的矿脉的分布。在北矿带这些矿脉叠加在脆韧性剪切形成的 NWW 向展布的金矿体之上,形成富矿带。

关键词 金矿,控矿构造,剪切带,断层,八卦庙

1 区域地质概况

八卦庙金矿位于陕西凤县境内的秦岭造山带北缘,临近商丹断裂。在区域构造上,八卦庙金矿位于凤镇—山阳断裂与酒奠梁—江口断裂之间的断褶带内。该带内规模较大的断裂有拓梨园、王家楞、修石岩等断裂,其中有些是逆冲走滑断裂(如修石岩断裂)。这些断裂一般倾向朝北,倾角较大,一般在 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 之间。褶皱以复式褶皱为主,某些次级褶皱比较紧闭。整个凤太地区是由一系列高角度逆冲叠置的褶皱构造岩片所组成的。

1.1 地层及岩性、岩相

八卦庙矿区主要出露了泥盆系,仅有中上统,自下而上分别称之为古道岭组、星红铺组和九里坪组。星红铺组是含矿层,主要由浅变质碎屑岩(低绿片岩相)组成,但有少量灰岩。据研究,星红铺组是一套半深海浊积岩和深水陆棚碎屑岩,其金背景值明显偏高。在刘家院子也见到有浊积岩。

1.2 矿区构造

1.2.1 断裂

八卦庙金矿区在构造位置上处于洞沟—王家楞复式背斜的南部。矿田以北为凤镇—山阳

钟建华,男,1957年生,博士后,副教授,大地构造学专业。
1996年10月21日收稿,1996年12月17日改回。

断裂,以南为酒奠梁—江口断裂,研究表明这两条断裂是自泥盆纪(甚至更早)以来长期活动的大断裂,对泥盆纪的沉积、成矿及后期构造-岩浆活化成矿均具有重要意义。八卦庙矿区范围内以 F_1 断层最大,该断层 NWW 向延伸,是一条长期活动的大断层。与 F_1 断裂平行的还有一条重要的剪切带,该剪切带西起二里河铅锌矿(甚至更西),经长沟进入八卦庙矿区,成为矿区的主要控矿构造之一。

在八卦庙金矿,先期形成的韧性变形岩石往往在后期构造变动的影下又转变成碎裂岩等脆性变形岩石,成为后期热液蚀变的良好容矿岩石。据研究,许多由脆韧性变形而转变成的脆性变形岩石其后期岩浆热液蚀变成因的(磁)黄铁矿特别发育,有时形成微细脉。

矿区内还有另外一组重要的断裂,即 NE 向小型左行走滑断层,该组断裂对第二期岩浆热液蚀变成矿具有一定的控制作用。

八卦庙矿区节理非常发育,有 3~4 组,以 NE 向节理最为广泛和重要,是 NE 向含金石英脉的容矿构造。NE 向节理是一组共轭剪切节理。

1.2.2 褶皱

矿区内另一类常见的构造是褶皱,各种规模均有。一些小型的褶皱往往是很好的控矿构造。所有的褶皱其枢纽倾伏方向均一致,都是朝 $128^\circ\sim 140^\circ$ 倾伏的,倾伏角多在 $32^\circ\sim 38^\circ$ 之间,常有轴面劈理发育。

1.2.3 线理

矿区内非常常见。主要有三种:一种是褶皱线理;第二种是交面线理;第三种是矿物拉伸线理。褶皱线理最为常见,主要产在千枚岩或砂质千枚岩剪切面理上,镜下观察表明,褶皱线理系绢云母或绿泥石等片状矿物褶皱所形成的,往往被折劈所切割。褶皱线理的产状与褶皱枢纽的产状一致,具有相同的倾伏方向和倾伏角。交面线理由后期发育的折劈与先期形成的剪切面理相交所形成,在折劈发育部位常见。矿物拉伸线理主要见于剪切面理上,由黄铁矿所形成。黄铁矿拉伸线理在糜棱岩中最为发育。

1.2.4 面理

八卦庙矿区内普遍发育面理,其中有一部分是 S—C 面理。在许多地方尤其是在剪切带内,面理强烈地置换了层理,如不细心观察,否则会将面理误认为层理。

在八卦庙矿区,面理主要有以下几个特点:①主要发育在绢云岩或绢英岩中;②面理主要发育在剪切带中,越向剪切带中心,面理越发育;③一般以高角度产出,大部分倾角大于 60° ;④面理与层理的交角一般也较大,介于 $15^\circ\sim 90^\circ$ 之间,多在 $40^\circ\sim 60^\circ$;⑤面理上一般褶皱线理比较发育,阶步有时也可见。

1.2.5 折劈

矿区及其外围折劈主要发育于千枚岩中。由微型褶皱的一系列陡倾斜褶皱翼相互叠置而成或直接沿褶皱的任何部位劈断,前者具有韧性特点,而后者则是脆性变形,折劈往往把岩石劈成微劈石。折劈的宽度多在 $0.05\sim 0.5\text{mm}$ 之间,其发育与褶皱有一定关系。

此外,在八卦庙矿区及近外围还能见到杆状构造、窗棂构造等。

1.3 岩浆岩

八卦庙矿区及外围发育有较多的闪长玢岩及钠长细晶岩岩脉。闪长玢岩岩脉有两种产出方式,一种是沿 NWW 向断裂贯入;另一种是沿 NE 向断裂充填,如在八卦庙金矿 59 线附近的

空棺沟及南矿带的大柴沟等就可以见到沿 NE 向断裂贯入的闪长玢岩岩脉;钠长细晶岩也有两种产出方式,一种也是沿 NWW 向断裂充填,如北矿带 62 线附近;另一种沿 NE 向(控矿)节理或断裂充填。

1.4 变质岩

八卦庙金矿就是产在一套浅变质碎屑岩中的,该套变质岩的主要变质矿物组合为:石英+钠长石+绿泥石+绿帘石+绢云母,有少量黑云母,属于低绿片岩相。

1.5 围岩蚀变特征

八卦庙矿区内围岩蚀变非常普遍,主要有硅化、绢云母化、碳酸盐化、其次为绿泥石化、黄铁矿化、磁黄铁矿化、黑云母化、钠长石化,此外,还有电气石化。

蚀变与金矿化密切相关,尤其是硅化、黄铁矿或磁黄铁矿蚀变与金矿化有密切关系。硅化的褪色带及硅化成因的石英脉本身就是金矿的所在。黄铁矿或磁黄铁矿蚀变强烈的岩石其金含量明显偏高。

1.6 二里河—长沟—八卦庙脆韧性剪切带

近年来,我国地质工作者在剪切带与金矿的研究方面取得了许多进展,无论是在基础理论、还是在应用剪切成矿理论指导找矿方面都取得了许多重要成果[1982,肖庆辉;1985,郑亚东等;1990,王吉君;1995,林传勇]。脆韧性剪切带对金成矿具有重要意义。

西起二里河(甚至更西),经长沟进入八卦庙发育了一条脆韧性剪切带。在八卦庙金矿,剪切带分解成若干个次级条带,在剪切带中发育了糜棱岩(局部可见超糜棱岩)、初糜棱岩、糜棱岩化绢英岩等剪切型岩石,在 D_2 中还可见有糜棱岩化碳酸盐岩。在糜棱岩之间是弱变形的透镜状泥质粉砂岩,其中常见 S-C 组构。次级剪切条带彼此交织成网络状。显微镜下观察表明,剪切带中的糜棱岩发育了各种反映韧性变形的典型显微构造特征。它们是绢英糜棱中由强烈拉伸形成的石英晶体构成的“缎带”、S-C 组构、不对称残斑、云母鱼、膝折及黄铁矿或磁黄铁矿形成的压力影。

2 八卦庙金矿的控矿构造

秦岭造山带在后泥盆纪主要经历了晚海西—印支期的碰撞造山及中新生代的陆内造山运动。晚海西—印支期扬子、华北及秦岭三个壳体沿商丹及勉略缝合线发生斜向穿时碰撞造山,不仅造成了秦岭造山带的挤压收缩,而且还伴随了一定规模的水平走滑,形成了一些走滑断层,如从宝成铁路线上的白石铺,经宁陕县的沙河街北,黄花岭到商丹地区一线糜棱岩带就是印支期的产物。晚海西—印支期是秦岭造山带剪切带的主要形成期,包括二里河—长沟—八卦庙金矿在内的一系列剪切带可能主要形成于这一时期。除了强烈的构造运动外,岩浆作用也是晚海西—印支期秦岭碰撞造山的重要地质事件。秦岭造山带演化史上晚近时期(燕山期)的一次重要地质事件是陆内造山,块断作用、强烈的逆冲推覆、剪切平移及岩浆作用是其显著特点。这一次构造岩浆事件影响和控制了八卦庙金矿的第二次岩浆热液蚀变成矿。

八卦庙金矿的赋矿地层是中泥盆统的星红铺组,因此,其控矿构造的形成、展布及组合仅

与以上介绍的两次构造运动有关。以下分三个部分讨论八卦庙金矿的控矿构造及其有关问题。

2.1 八卦庙金矿的构造组合及分期配套

2.1.1 构造组合

前文已述,八卦庙矿区在区域上处于凤镇—山阳断裂与酒奠梁—江口断褶带内。八卦庙矿区含矿地层的岩性以绿片岩相浅变质岩为主。断裂以 NWW 向为主,叠加了一些 NE 或 NEE 向小型断裂。NWW 向断裂有两类:一类是早期形成的脆韧性或脆性剪切断裂,它们均以高角度($>70^\circ$)产出,另一类是晚期形成的自北向南的逆冲断层,包括矿区北侧边界的 F_1 断裂和矿区内部的一系列小型低角度逆冲断层。NE 和 NEE 向小型断裂也是晚期形成的,它们切割了早期形成的构造,大部分具左行走滑性质。褶皱的展布方向也以 NWW 向为主,无论那种规模的褶皱其枢纽的倾伏方向都比较一致,均在 $130^\circ\sim 140^\circ$ 范围以内,倾伏角也多在三十几度。除上述构造外,还有一系列与有关构造相伴生的次级小型构造,如节理、面理、折劈及线理等。总之,由于两期(实际上应为三期,因为最后一期相对较弱,对成矿也无关紧要,故从略考虑)构造叠加复合,使得八卦庙矿区的构造组合呈现出一个比较复杂的局面。

2.1.2 构造分期配套

以上已说明,八卦庙矿区主要有两期构造:早期(估计应为晚海西—印支期)的构造以 NWW 向脆韧性剪切带为主,兼含与其伴生的一系列其它构造;晚期(燕山期)以 NWW 向脆性断裂及其派生的 NE 向断裂为主。

(1) NWW 向剪切构造及褶皱构造

二里河—长沟—八卦庙—空帽沟脆韧性剪切带中发育了从超糜棱岩到糜棱岩化岩石的一系列剪切型岩石及碎裂岩。剪切面理及与剪切作用有关的构造也非常发育。许多特征表明,这是一条压剪性剪切带。从剪切面理与层面的交角($0^\circ\sim 90^\circ$)看,该剪切带的力学演化及变形历史可能是这样的:早期受 NNE—SSW 向挤压作用的影响(可能与扬子、华北及秦岭三个壳体的碰撞缝合有关)而形成了一系列 NWW—SEE 向的褶皱,在褶皱过程中不同性质的岩层之间有种滑动剪切,导致一些薄层砂岩被拉断,并形成了“剪切”“眼球体”。一些绢英岩也留下了较好的记录早期受压的组构证据,如绢云母等片状矿物平行于由挤压产生的共轭剪切应力的方向排列,这种排列是在深部“韧性”的条件下进行的,最有可能的是在绢云母等片状矿物一边形成,一边遭受压剪的过程中形成。这种条件只有在剪切带发育的早期未被隆起抬升之前才具备。此后派生出一左行剪切分量,这样便形成了边剪边褶的局面。与此同时还发育了一些褶皱、(韧性)折劈及线理等与剪切或褶皱有关的次级派生构造。当然,与此同时还发育了另一类对金成矿更为重要的构造——剪切裂隙。这些裂隙是含金石英脉的良好就位空间。在八卦庙金矿,一些所谓顺层、斜层或强烈变形破碎的石英脉就属此类。虽然它们的品位不高,一般含金仅百万分之几,但由于它们数量多、分布广,因此也是重要的金矿石。

在该剪切带发育过程中,还伴随着褶皱或逆冲叠置的发育,这就免不了会在某些地方发生隆起抬升,二里河—长沟—八卦庙脆韧性剪切带中的一系列近于直立的断裂可能是剪切带晚期脆性剪切破裂的产物,因此,在 NWW 向剪切构造与褶皱构造中还应包括一系列脆性剪切断裂,这些断裂在后期的(金)热液蚀变成矿期是一种良好的导矿和容矿构造,对控矿具有重要意义。

(2) NWW 向及 NE 向断裂构造

F_1 断裂是一条自 NE 向 SW 推覆的高角度逆冲断层,在其活动过程中会在断层的两盘产生一种共轭剪切应力场,在这种应力场的作用下自然会产生与之相应的共轭剪切节理。据野外观察,确实存在一套与之相对应的共轭剪切节理,NE 向控矿剪切节理便是其中的一组。在 F_1 断裂向 SW 逆冲推覆的过程中,很自然会在其前方形成一系列倾向 NE、倾角稍缓的小型断裂,在八卦庙矿区,这组断裂是极为常见的。在 F_1 断裂活动的中后期其应力场发生了变化,从 NE—SW 向逆冲推覆转化成左旋逆冲推覆,因此,使得 NE 向控矿节理的发育进一步得到加强,并从简单剪性变成张剪性,更有利于导流和容矿。与此同时,还形成了一系列近于等间距出现的 NE 向小型左行走滑断层,以求适应新的动力学体制及运动学格局。这为同期或后期通导岩浆和成矿热液创造了良好的条件。在 F_1 断裂活动的后期, F_1 断裂的活动又从左旋逆冲推覆转变成了右行走滑,在大柴沟以西不远可以见到古道岭灰岩沿顺时针方向错开了 14 m。在 F_1 断裂活动的过程中,NWW 向褶皱还被进一步加强,在某些地方变得更加紧闭,并伴生了一些(轴面)折劈。

2.2 八卦庙金矿的控矿构造

简言之,八卦庙金矿的控矿构造有两类:一种是控制矿体展布方向的 NWW 向剪切构造;另一种是控制晚期 NE 向石英脉和与之有关的蚀变的 NE 向构造。

2.2.1 NWW 向剪切控矿构造

这是基本的、第一性的控矿构造,控制了整个八卦庙矿区 NWW 向矿体或矿带的空间展布。这种控矿构造属于二里河—长沟—八卦庙剪切带的一部分。

在八卦庙金矿,这条剪切带表现出更具韧性的特点。从地表探槽和平峒的观察结果看来,剪切带已不再象二里河铅锌矿剪切带那样是一完整的条带了,而是分解成了一系列次级的剪切细条带,其间为低变形的透镜体。在剪切细条带中发育了从糜棱岩化绢云岩、绢英岩至糜棱岩、甚至超糜棱岩的一系列韧性剪切型岩石,从 PD—B8 及 PD—SM 两个平峒的观察结果来看,这类剪切型岩石是主要的赋矿岩石。其中的黄铁矿和磁黄铁矿蚀变非常强烈,比其间所夹的弱变形钙质粉砂岩或钙泥质粉砂岩透镜体高数倍、甚至十几倍,再加上剪切型岩石中发育了一系列剪切含金石英脉。而夹于其间的弱变形粉砂岩透镜体中则很少,这样自然就有剪切型岩石中的金含量高于非剪切型岩石。剪切型岩石、尤其是糜棱岩或超糜棱岩,其本身就是一种非常好的金容矿岩石。实际上,斑点状千枚岩,其独特的结构(面理、片理、折劈及显微张性断裂等)及矿物组成(绢云母、绿泥石)有利于黄铁矿、磁黄铁矿蚀变发生。镜下观察表明,千枚岩中的各种面理(如 S、C 面理及折劈)相对地更富集黄铁矿或磁黄铁矿,所以斑点状千枚岩也是一种很好的赋矿岩石。因此,在八卦庙金矿,摸清楚剪切型岩石的分布规律是至关重要的。据观察,剪切型岩石在八卦庙金矿具有厚度不稳定(0~20 m 左右)、似层状或透镜状的特点,如在 PD—SM 中观察到的某一绢英糜棱岩,顺斜交走向的方向其厚度可以在 30 m 内从 16 m 变成尖灭。根据平峒中的观察,以及结合薄片的观察结果类推,八卦庙金矿的 NWW 向(含矿)剪切型岩石在空间上具有网络状分布特点,其间所夹的都是弱变形灰白色的钙质或钙泥质粉砂岩透镜体,它们的含矿性非常差,除非叠加了后期岩浆热液蚀变形成的矿脉。因此,八卦庙金矿 NWW 向的剪切带型金矿体或矿带在空间上是不稳定的,无论是沿走向还是沿垂直方向,变化大,分叉尖灭频繁。

还必须着重指出,以上谈的仅是 NWW 向韧性剪切带的控矿特点,如前文提到的那样,在二里河—长沟—八卦庙脆韧性剪切带的晚期发育了一些脆性剪切断裂,在这些断裂中发育了断层角砾岩,在后期的(岩浆)热液蚀变中遭受了一定程度的矿化而成为金矿体,有时品位还很高。因此,与 NWW 向韧性剪切条带一样,NWW 向的脆性(剪切)断裂也是一种很有意义的控矿构造,只不过它们是由后期岩浆热液蚀变成矿的控矿构造而已。

总之,NWW 向的剪切构造是早期的一级控矿构造。但是,在同一条剪切条带内,尤其是在糜棱岩化绢云岩(千枚岩)或绢英岩中,金的分布也不是均匀的,它们还受到更低一级具体的构造控制。无论从宏观,还是从显微角度看均是这样,在一些小型的褶皱、尤其是强烈褶皱破碎的剪切石英脉内,金的品位往往明显偏高。这些小型的褶皱或揉皱可以视为次一级控矿构造。

在显微镜下容易发现即便是在同一薄片,变形强烈的绢云母条带中的黄铁矿、磁黄铁矿含量明显高于弱变形的粉砂岩透镜体。因为在这些变形强烈的部位,其扩容构造也相对发育,有利于形成一种对金沉淀富集有利的物理化学微区,所以容易形成相对的富矿域,前面已经提到了各种面理中有相对更多的黄铁矿、磁黄铁矿发育,这些显微构造可以视为最低一级的控矿构造。

2.2.2 NE 向控矿构造

在 NWW 向剪切带型金矿形成后,后期叠加了一次岩浆热液蚀变成矿。这一次成矿以 NE 向含金石英脉和由此所引起的蚀变带为特点。NE 向含金石英脉主要充填在 NE 向节理中,据研究这种节理是共轭剪切节理,在后期受到了引张而打开,宽度一般在 1 cm 左右,最宽可达 10 cm 以上,长度不定,可以在 1 m 以下或 5~7 m 以上,具有大范围的稳定性。

与 NE 向含金石英脉一同发育的还有 NE 向小型左行平移断层,断面倾向 NW,倾角多在 70°以上,从北矿带到中矿带发育了一系列这种断层。沿这种断层,由 NE 向节理所控制的矿体相对较富。目前,矿山就是沿着中矿带西侧第一条这种断裂两侧开采风县金矿。据 PD—SM 的观察,北矿带金矿体复合形成的“螃蟹肚”正是数条这种小型断裂密集发育的破碎带,也正是一个 NWW 向剪切型金矿带群与这种 NE 向小型断裂所控制的 NE 向金矿带的复合部位,在这里是一个富矿带,如图 1 所示。

NE 向小型左行走滑断层是第二期金成矿的岩浆热液通道,这种通道可能是二级通道,一级通道可能是 F₁ 断裂或早期形成的 NWW 向脆韧性剪切带本身。矿液或岩浆首先沿它们上升,尔后再进入 NE 向小型左行走滑断层二级构造通道中,如在矿区内可见 NE 向断裂中有闪长玢岩岩脉和钠长细晶岩岩脉,进而再进入 NE 向节理或剪切晚期形成的碎裂岩中形成含金石英脉或含金蚀变。所以,NE 向小型左行走滑断层也是一种重要的(间接)控矿构造,应当予以重视。NE 向的三级控矿构造则是 NE 向节理,这是最低序次的直接控矿构造,在矿区范围内它控制了 NE 向含金石英脉及其热液蚀变的分布。

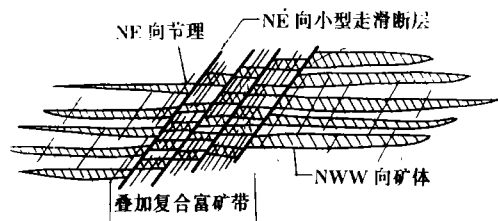


图 1 八卦庙金矿北矿带中部两期成矿构造叠加复合形成的富矿带

Fig. 1 Ore-rich belt formed by superimposed composite of the two stage ore-forming structures in the middle of the north ore belt in the Baguamiao gold mine

NE 向节理在整个八卦庙金矿及其外围均很发育,如在离八卦庙金矿约 4 km 远的刘家院子,NE 向节理发育得非常好,不仅密度大,而且产状稳定,规模也很大,但是其中未见丝毫石英脉及有关蚀变,因而也就谈不上有金矿化。然而在南矿带以西不远,NE 向节理也很发育,其中有粗大(常厚于 5 cm)的石英脉发育,但见不到与之有关的蚀变,其含金性亦非常差。

所以,NE 向控矿构造能否成为真正的(金)控矿构造,还受到一、二级控矿构造和深部岩浆热液背景及其容矿岩石的矿物学或化学性质所决定。毫无疑问,北矿带正是一个得天独厚的 NE 向控矿构造和成矿构造发育的良好部位。

3 结束语

八卦庙金矿是一个近期探明的特大型金矿。其控矿构造的研究是非常重要的,它不仅是个理论问题,更是一个实践问题,因为只有彻底查清了控矿构造,才有可能更加经济地开采它。同时,八卦庙金矿的控矿构造也是非常复杂的,我们的研究工作也非常粗浅。我们希望它仅仅只是一个开始,以后会有更多、更好的这方面的成果问世。

致谢 作者深深感谢有色总公司有关项目基金的资助。

参 考 文 献

- 1982 肖庆辉. 韧性断层的特征及断层应变和位移的测定方法. 构造地质论丛, (2): 131~144
 1985 郑亚东, 常志忠. 岩石有限应变测量及韧性剪切带. 北京: 地质出版社
 1990 王吉君. 玲珑金矿田花岗岩中韧性剪切带与成矿的关系. 矿床地质, 9(3): 231~241
 1995 林传勇. 韧性剪切带与金矿化关系——以冀东金厂峪金矿床为例. 中国科学, 24(11): 1223~1232

STUDY ON THE ORE-CONTROL STRUCTURES OF THE BAGUAMIAO GOLD DEPOSIT

ZHONG Jianhua

(Exploration Department, University of Petroleum, Dongying 257062)

ABSTRACT

The Baguamiao gold deposit of Feng County, Shaanxi is an extraordinary gold deposit, which genesis is related to brittle-ductile shear and magma hydrothermal alteration. From the Baguamiao gold mine to Erlihe lead-zinc mine there is a brittle-ductile shear zone. It controls the gold ore body extending along NWW to SEE. The gold enrichment occurs in the brittle-ductile shear zone and the cataclastic rock formed during late brittle shear process. The small NE sinistral slip fault and the NE joint controls the distribution of gold vein lodes formed by late hydrothermal alteration. In the north gold-ore belt, these lodes stack over the NWW gold body formed by brittle-ductile shear, and result in formation of prolific zone.

KEY WORDS gold deposit, ore-control structure, shear zone, fault, Baguamiao