

28-32
青海滩间山金矿床成矿模式*
p618.5/0.5

于凤池 魏刚特 孙继东

(西安工程学院资源系, 西安 710054)

王永祥 梅安静

(青海省地质矿产局, 西宁 810001)

摘要 滩间山金矿床位于柴达木地块北缘, 产于中元古界蜀县系万洞沟群碳质糜棱片岩和华力西晚期侵入岩中。矿床形成与柴北缘区域地壳多阶段演化和多次成矿作用有关, 属多因复成矿床。矿床是在热水沉积、区域变质、热变质等预富集的基础上, 与区域绿片岩相韧性剪切带的退化演化同步, 经历了脆韧性、韧脆性和脆性剪切变形成矿阶段的演化并遭受华力西晚期侵入岩浆活动的叠加改造形成的。成矿物质来自容矿黑色岩系和华力西晚期侵入岩。

关键词 韧性剪切带; 碳质糜棱片岩; 华力西晚期侵入岩; 成矿模式; 青海
中图分类号 P618.01

第一作者简介 于凤池, 男, 1940年生, 副研究员, 现主要从事地质矿床学教学和科研工作。

滩间山金矿床位于柴达木盆地北缘, 金矿化与剪切变形变质作用同步, 经历了韧性→脆性剪切变形成矿阶段的演化, 是一个较典型的同构造蚀变岩型金矿床。

1 成矿地质背景

矿区位于柴达木地块北缘, 中元古界万洞沟群与上奥陶统滩间山群交接带北侧的区域北西向韧性剪切带中^[1] (图1)。下元古界达肯大坂群由角闪岩相变质岩类组成, 构成区域地壳结晶基底, 中元古界万洞沟群为一套浅变质的碳泥质岩、富镁碳酸盐岩建造, 其中碳泥质岩石富含金、砷等成矿元素, 为金的矿源层。晚奥陶世、区域地壳经历了强烈的伸展, 北西向陆内裂谷形成, 沉积了厚达5 000 m以上的滩间山群中基性火山岩、碎屑岩和碳酸盐岩。加里东末期裂谷闭合造山, 滩间山群与万洞沟群拼贴焊接在一起, 沿交接带的挤压推覆, 导致区域北西向韧性剪切带强烈活动, 叠加在矿区含金碳质岩石之上, 导致滩间山金矿床经历了首次矿化富集。华

力西期、区域地壳又经历了一次较小规模的开合演化, 华力西晚期侵入岩浆活动导致滩间山金矿床遭受强烈的改造和叠加, 滩间山金矿床形成。

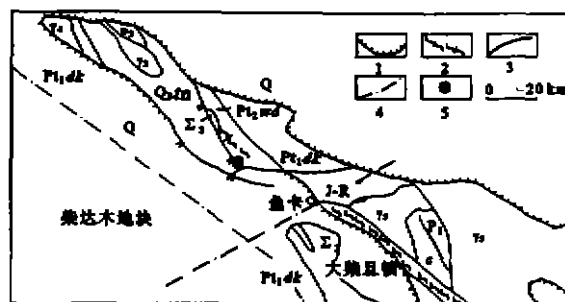


图1 滩间山金矿床区域地质构造略图

Q 第四系; J-R 侏罗系—第三系; O_{3tm} 晚奥陶统滩间山群; Pt_{2md} 中元古界万洞沟群; Pt_{1dk} 早元古界达肯大坂群; γ₅ 印支期花岗岩; γ₄ 海西期花岗岩; γ₃ 加里东期花岗岩; v₃ 加里东期基性岩; Σ₃ 加里东期超基性岩; 1. 陆相盆地边界; 2. 韧性剪切带; 3. 脆性断裂带; 4. 推测断裂带; 5. 滩间山金矿床

2 矿区地质概况

2.1 控矿剪切带

区域北西向韧性剪切带宽约1 km, 叠加在矿区碳泥质岩石之上, 覆盖了所有已知矿体、矿点的分

布。矿区北东向韧性剪切带宽约 500 m, 夹持于区域北西向韧性剪切带之中, 为区域北西向韧性剪切带递进演化的产物。由于区域北西向韧性剪切带多次左型、右型剪切活动, 矿区北东向韧性剪切带经历了多次强烈的挤压收缩和伸展扩容, 为矿化流体的循环和汇聚提供了有利条件, 控制了矿区主矿体的分布 (图 2)。

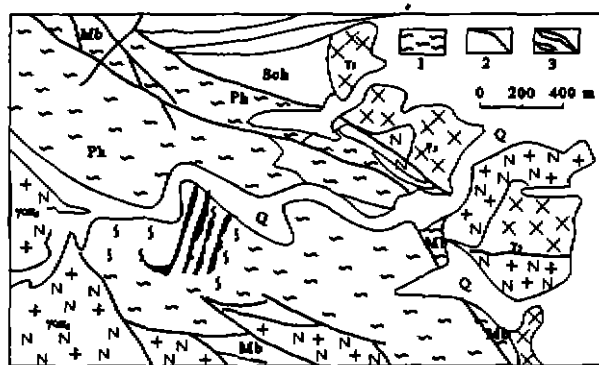


图 2 滩间山金矿床矿区地质构造略图

Ph 碳质糜棱片岩; Mb 微晶大理岩; Sch 云母石英片岩; $\pi\pi_4$ 华力西晚期斜长花岗斑岩; γ_3 加里东期辉长岩; 1. 韧性剪切带; 2. 脆性剪切带; 3. 矿体

2.2 容矿岩层

矿区地层由于强烈的剪切变形, 原始层理已被置换, 根据区域对比, 其层位相当于万洞沟群中部的黑色岩系, 以碳质糜棱片岩为主, 位于矿区强应变域内。岩石化学成分与水云母粘土岩相当, 还原碳含量 1.53%, 可与 В. А. Буряк 的含侵染型硫化物金矿化的容矿碳质岩石对比^[4], 富含金 $(13.6 \sim 32.0) \times 10^{-9}$ 、砷 $(17.68 \sim 79.68) \times 10^{-6}$ 等成矿元素, 属含金碳质岩石。

该类岩石主要由基质 (90%) 和碎斑 (10%) 两部分组成, 基质主要由动态重结晶的多硅白云母和石英组成, 碳酸盐类、黄铁矿、白钛石、电气石少量。碎斑主要由堇青石、硬绿泥石、富含碳质或黄铁矿的团块组成, 呈直径约数毫米的椭圆形散布于基质之中。不同类型的碎斑反映了碳质糜棱片岩的形成历史, 可为成岩、成矿作用提供重要的信息。近矿围岩中的碳泥质碎斑变质轻微, 保留了原岩的含粉砂碳泥质结构, 其中针状电气石微晶常见, 无定向分布。电气石通常是热液产物, 他们和碳泥质组分在一起, 表明是同生热液沉积形成。矿石中粗粒电气石常见, 粒径增大一个数量级以上, 组构证据同样表明为剪切前沉积生成, 粒度的差异反映了热水沉积环境的差别。

矿体和近矿围岩中堇青石碎斑极为常见, 粒径约 4~6 mm 左右, 尽管经历了强烈的剪切变形和热液蚀变, 但其六连晶依然清晰可见, 被多硅白云母组成的剪切叶理绕过, 表明为剪切前热变质形成。热变质现象在万洞沟群地层中呈区域性分布, 与加里东晚期裂谷火山活动有关。

硬绿泥石在碳质糜棱片岩中常见, 他们或交代堇青石碎斑、或在剪切叶理中轻微旋转, 形成于热变质之后, 区域北西向韧性剪切带强烈活动时期。

上述碳质糜棱片岩中的变余组构和矿物组合, 表明区域北西向韧性剪切带属进变型高绿片岩相韧性剪切变形变质带。

2.3 矿区侵入岩

矿区侵入岩以加里东期和华力西晚期为主, 多分布在矿区周边, 呈小岩体或岩脉产出, 出露面积多在 1 km² 以下。由于区域韧性剪切带的长期活动, 原始侵入关系已被片理化带取代。加里东期侵入岩以蚀变辉长岩为主, 未见矿化现象。华力西晚期侵入岩以浅成、超浅成斜长花岗斑岩、闪长玢岩为主, 其次有少量花岗斑岩和云煌岩。他们在控矿剪切带中呈石香肠或构造透镜体产出, 矿体中直径约数厘米的浑圆角砾也可见到, 普遍遭受不同程度的蚀变和矿化, 其中偏基性的闪长玢岩和云煌岩可形成显著的矿化富集。斜长花岗斑岩和闪长玢岩化学成分富钠贫钾, 属 I 型或同熔型花岗岩。利用 J. A. Peare 等的花岗岩构造环境判别图解, 均投在火山弧环境。闪长玢岩 K-Ar 年龄为 294.6 Ma, 蚀变闪长玢岩型矿石 K-Ar 年龄为 282.8 Ma, 表明华力西晚期侵入岩岩浆活动与成矿有关。

3 矿床地质特征

3.1 矿体和矿石

金矿化以蚀变岩型矿石为主, 根据含矿岩石不同, 可分为片岩型矿石 (即碳质糜棱片岩型矿石) 和脉岩型矿石 (即闪长玢岩型和云煌岩型矿石) 两大类, 两者常共同组成矿体, 以前者为主, 约占矿石总量 90% 以上。主矿体位于北东向韧性剪切带中, 矿体形态、产状受剪切带 S-C 组构控制, 与剪切叶理一致, 呈条带状、分枝脉状成群产出, 总体产状倾向 115°~125°、倾角 60°~89° (图 3), 矿化垂幅约 500 m, 金的平均品位 $(5 \sim 7) \times 10^{-6}$ 。以脉岩型

矿石为主的矿体多呈团块状、透镜状产出,规模小、品位高,一般大于 10×10^{-6} 。

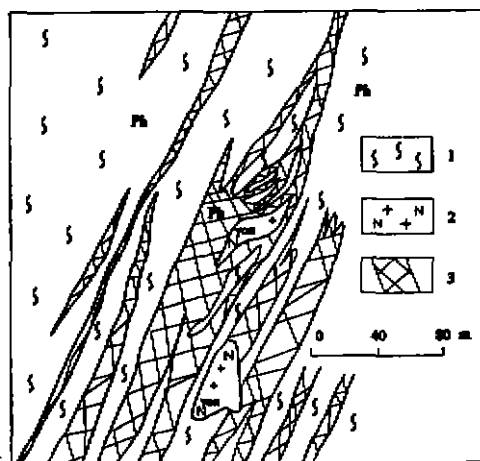


图3 主矿体3378中段平面地质略图

Ph 碳质糜棱片岩; rom 斜长花岗斑岩;

1. 韧性剪切带; 2. 斜长花岗斑岩; 3. 金矿体

两类矿石的矿物组合类似,金属硫化物含量5%~25%,以含砷黄铁矿为主,约占金属矿物总量90%以上,其次是少量毒砂。微量矿物有闪锌矿、黄铜矿、方铅矿、磁黄铁矿、黝铜矿以及镍的砷硫化物等。金的成色变化于83%~64%之间,以自然金和银金矿为主。在组构上两类矿石有显著差别,片岩型矿石以黄铁矿细脉构成的浸染状构造为特征;脉岩型矿石则以微细粒五角十二面体黄铁矿构成的浸染状构造为特征。

两类矿石的造岩元素继承了原岩的特点,成矿元素也基本类似,以金、砷的高度富集为特征,唯脉岩型矿石银含量较高(表1)。

3.2 成矿阶段

滩间山金矿床的形成和控矿剪切带的演化密切相关,矿石组构、矿物组合清楚地反映了剪切变形的演化阶段,据此可划分出三个显著不同的阶段。

3.2.1 脆韧性剪切变形成矿阶段

该阶段为区域韧性剪切带强烈活动时期(加里

东晚期—华力西早期),以剪切变形变质成矿作用为主,仅见于片岩型矿石中。剪切前沉积变质黄铁矿强烈塑性变形,呈“S”形毛发状(长3~5mm,宽0.1~0.3mm)与多硅白云母共同组成密集的剪切叶理,围绕椭圆形基岩旋转碎斑同步弯曲、流线状分布或形成旋转环。拔丝黄铁矿具增生的含砷环带或富金外壳。旋转碎斑影区扩容部位由微细粒石英、碳酸盐和硫化物构成结晶尾。该阶段自然金成色较高(>80%)、粒度细微(<0.005mm),以包体金为主,和富砷环带或微细粒毒砂共生。

3.2.2 韧性剪切变形成矿阶段

该阶段是滩间山金矿床最重要的成矿时期,成矿作用与华力西晚期侵入岩浆活动伴随的热液成矿作用有关。片岩型矿石的剪切叶理为密集的褶皱理取代,沿其扩容部位充填了含五角十二面体黄铁矿的糖粒状石英或梳状石英;前期黄铁矿脆性碎裂,新生五角十二面体黄铁矿增生其上;矿石中硫化物剧增,形成了特征的细脉浸染状构造。闪长玢岩或云煌岩构造透镜体强烈蚀变,以水云母化、碳酸盐化、黄铁矿化为主,形成了脉岩型矿石特有的微细粒五角十二面体黄铁矿构成的浸染状构造。该阶段金的成色降低,以银金矿为主,多为裂隙金。

3.2.3 脆性剪切变形成矿阶段

该阶段成矿作用已近尾声,以穿切前期面理的碳酸盐、石英、黄铁矿细脉为主,伴有金的局部富集,以银金矿为主,叠加在片岩型和脉岩型矿石之上,不具独立经济意义。

3.3 成矿物质来源

容矿碳质糜棱片岩富含金、砷等成矿元素,矿石的组成也显著反映了这种特点。稀土元素、硫同位素地球化学研究(详见另文)也都证实地层对成矿物质的重要控制作用,但华力西晚期侵入岩浆活动对成矿物质的贡献也不容忽视。氢氧同位素研究表明成矿介质水位于岩浆水和变质水范围,矿石中

表1 主要矿石类型造矿元素

矿石类型		Au	Ag	As	Sb	Hg	Bi	Pb	Zn	Cu	W	Mo
片岩型	含量/ $\times 10^{-6}$	9.52	2.5	2 250	23.5	0.21	0.72	41.6	86.0	75	25.2	25.1
矿石		2 380	35.70	1 250	117.5	2.6	4.2	3.30	1.23	1.40	16.8	17.4
闪长玢岩	含量/ $\times 10^{-6}$	10.00	17.10	2 750	18.8	0.095	0.47	48.2	23.9	28.8	43.0	23.8
型矿石		2 500	244.3	1 527.8	94.0	1.2	2.80	3.9	0.34	0.52	28.7	15.9

高能成矿元素 (Ta、Nb、Zr) 有不同程度的富集, 黄铁矿铅同位素比值位于碳质糜棱片岩和华力西晚期侵入岩之间, 更靠近侵入岩一侧, 这些事实表明华力西晚期侵入岩岩浆活动对成矿物质也作出了重要的贡献。

4 成矿模式

滩间山金矿床的形成是柴北缘区域地壳演化的产物, 是多种成矿作用、多种有利因素在同一空间多次叠加、改造的结果, 其成因属多因复成矿床, 现有矿床成因分类很难包容这类矿床的成因特征和重要信息, 为此, 有必要以演化的观点, 概括滩间山金矿床四维空间成矿模式如下:

矿床位于柴达木块北缘的内侧, 处于稳定地块和构造活动带之间的过渡带。受深部地质作用控制, 经历了多次开合演化, 使矿区遭受多次成矿地质作用的叠加和改造。

中元古代蓟县纪, 在达肯大坂群结晶基底之上的裂陷槽内, 沉积了万洞沟群碳泥质岩和富镁碳酸盐岩, 受基底同生断裂控制的凹陷中沉积了富含热水沉积物的含金碳质岩石, 此后经历了低绿片岩相区域变质和基岩青角岩相热变质, 矿源层形成并经历了预富集。

含金碳质岩石岩性软弱, 对剪切变形极为敏感。加里东晚期陆内裂谷闭合造山, 进变型高绿片岩相韧性剪切变形变质带选择性地叠加在矿区含金碳质岩石之上, 伴随区域北西向韧性剪切带多次左行、右行剪切活动, 夹持其间的矿区北东向韧性剪切带经历了多次强烈的收缩和扩容, 成为矿化流体的渗流带和储集带。由于剪切叶理的屏蔽作用及富含黄铁矿和碳质的还原障、吸附障的存在, 使矿质不易分散, 在脆韧性剪切变形条件下, 形成了以变质热液为特征的首次矿化富集。

华力西晚期的造山活动伴有浅成、超浅成火山弧花岗岩及云煌岩侵位, 该阶段控矿剪切带已演化为脆韧性剪切带, 更有利于矿化流体的循环和聚

集; 在侵入岩浆活动相伴随的热液成矿作用条件下, 滩间山金矿床遭受了强烈的叠加和改造, 形成了特有的片岩型矿石和脉岩型矿石, 滩间山金矿床基本形成。

华力西期后, 控矿剪切带已演化成脆性断裂带, 成矿作用已近尾声, 沿穿切前期面理的微裂隙形成碳酸盐-石英细脉型矿化, 叠加在片岩型矿石和脉岩型矿石之上。

中新代以来, 伴随区域大规模地推覆构造, 滩间山金矿床局部因剥蚀暴露地表, 形成了以黄钾铁矾为代表的氧化矿石。

黑色岩系中的金矿床具有重要的经济价值, 许多大型、特大型金矿床都与黑色岩系有关, 是找矿和研究的重点。文献^[3,4]中关于黑色岩系中金矿床的成因多强调变质成因, 矿质来源于地层本身。我们的研究成果表明, 滩间山金矿床不仅经历了剪切变形变质成矿作用, 也遭受了侵入岩浆活动相伴随的热液成矿作用的强烈叠加和改造; 成矿物质不仅来自地层, 侵入岩也作出了重要贡献。滩间山金矿床成矿模式在黑色岩系金矿床领域内具有一定的典型意义, 该模式一方面反映了滩间山金矿床的研究程度, 是地质类比的基础; 另一方面也具有预测性, 可供黑色岩系金矿地质工作者参考, 是勘查滩间山型金矿床的“智力拐杖”。

参加野外工作的尚有白开寅、贾建业等, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 青海省地质矿产局, 青海区域地质志, 北京: 地质出版社, 1991, 521~576
- 2 刘英俊, 马东升, 金的地球化学, 北京: 科学出版社, 1991, 151~155
- 3 Я Н Геленев Ю МЕНЯТКО 著, 宿怀璧译, 金矿床的分布规律和找矿标志, 地质地球化学, 1988 (9): 64~84
- 4 В А БУДНК 著, 张维根译, 含碳岩层中的金矿化, 地质地球化学, 1988 (9): 85~92

(外文提要下转第 75 页)