

青海滩间山金矿床地质特征 和控矿因素分析^{*}

于凤池 马国良 魏刚锋

王永祥 梅安静

(西安工程学院, 西安)

(青海省地质矿产厅, 西安)

提 要: 滩间山金矿床产于中元古界万洞沟群碳质糜棱片岩和华力西晚期侵入岩中。矿床是在热水沉积、区域变质和热变质的预富集基础上, 与区域进变质型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相伴的热液成矿作用的叠加改造形成的。不同时期、不同成矿作用的叠加和多种有利因素的结合控制了滩间山金矿床的形成。经生产实践证实, 具有形成大型金矿床的多种有利成矿地质条件。

关键词: 碳质糜棱片岩 华力西晚期侵入岩 韧性剪切带 控矿因素 青海滩间山

1 区域地质背景

滩间山金矿床是青海省地质工作者近年发现的一个重要金矿床。矿区位于柴达木地块北缘, 隶属于“柴北缘残山断褶带”^[1]。区内地层、褶皱、断裂和侵入岩总体呈 NW 向展布, 受晚期大规模推覆构造控制, 主要地层之间均为断裂接触, 周边为断裂围限 (图 1)。

下元古界达肯大坂群 (Pt₁dk) 构成区域地壳结晶基底, 由中深变质岩系组成。中元古界万洞沟群 (Pt₂wgd) 形成于陆缘裂陷槽环境, 由一套浅变质的碳泥质岩、富镁碳酸盐岩组成, 可见厚度大于 2300 m。加里东旋回、区域地壳经历了一次较大规模的开合演化, 在陆内裂谷环境沉积了上奥陶统滩间山群 (O₃tj) 中基性火山岩、碎屑岩和碳酸盐岩, 厚达 5000 m 以上, 产有著名的锡铁山铅-锌块状硫化物矿床。此后区内缺少大规模海相沉积, 以陆相盆地沉积为主。滩间山金矿床产于区域 NW 向韧性剪切带叠加的万洞沟群黑色岩系中。

2 矿区地质

2.1 控矿剪切带

长期活动的区域 NW 向韧性剪切带宽约 1000 m, 叠加在万洞沟群碳泥质岩石之上, 贯穿整个矿区, 覆盖了所有已知矿体和矿点。矿区 NE 向韧性剪切带夹持于区域 NW 向韧性剪切带中, 为区域韧性剪切带递进演化的产物, 宽约 500 m (图 2)。受区域韧性剪切带多次左行、

^{*} 本文为地矿部定向科研项目 (直科定 92-35) 成果的一部分, 参加本项目工作的尚有孙继东, 白开寅、刘建朝、贾建业等同志

于凤池, 男, 56 岁, 副研究员, 主要从事矿床学和矿相学教学和科研工作。邮政编码: 710054

1997-03-04 收稿, 1997-09-18 修改回

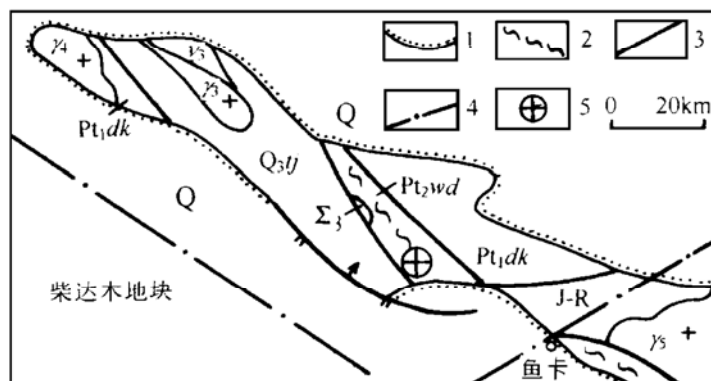


图 1 滩间山金矿床区域地质构造略图

J-R—侏罗系—第三系； O_3tj —上奥陶统滩间山群； Pt_2wd —中元古界万洞沟群； Pt_1dk —下元古界达肯大坂群； γ_s —印支期花岗岩； γ_4 —华力西期花岗岩； γ_3 —加里东期花岗岩； ν_3 —辉长岩； Σ_3 —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

Fig. 1. Diagrammatic regional geological-structural map of the Tanjianshen gold deposit.

J-R—Jurassic—Tertiary； O_3tj —Upper Ordovician Tanjiahshan Group； Pt_2wd —Mesoproterozoic Wandonggou Group； Pt_1dk —Lower Proterozoic Dakendaban Group； γ_s —Indosinian granite； γ_4 —Variscan granite； γ_3 —Caledonian gabbro； ν_3 —Gabbro； Σ_3 —Caledonian ultrabasic rocks；1—Boundary of continental basin；2—Ductile shear zone；3—Brittle fault zone；4—Inferred fault zone；5—Tanjianshan gold deposit.

碳质糜棱片岩的变余组构极为发育，为追索其形成历史提供了有利条件。近矿碳质糜棱片岩及相应矿石中的碳泥质碎斑，具轻微变质，保留了原岩的碳泥质结构，其中自形针状、短柱状电气石微晶常见，无定向分布，由同生热液活动形成（照片 1）^[2]。矿体和近矿围岩中堇青石碎斑常见，尽管已蚀变为水云母、石英、铁白云石、黄铁矿等矿物组合，但堇青石的六连晶组构依然可见。多硅白云母和拔丝黄铁矿组成的剪切叶理绕过堇青石碎斑（照片 2、6），表明堇青石为剪切变形前的热变质形成。热变质现象在万洞沟群中常见，具区域分布特征，与加里东晚期裂谷火山活动有关。硬绿泥石可叠加在堇青石之上或在剪切叶理中轻微旋转，其形成应在热变质之后，与晚奥陶世裂谷消减闭合伴随的区域剪切变形变质有关。根据硬绿泥石的出现及其矿物共生组合确定区域 NW 向韧性剪切带属进变质型高绿片岩相韧性剪切变形变质带。

2.3 矿区侵入岩

侵入岩多位于矿区周边，以加里东期和华力西晚期侵入岩为主，呈小岩体或岩脉产出，出露面积多在 1 km^2 以下。由于区域韧性剪切带的长期活动，原始侵入关系已为片理化带取代。加里东期侵入岩以蚀变辉长岩为主，未见显著矿化富集。华力西晚期侵入岩以浅成、超浅成斜长花岗斑岩、闪长玢岩、花岗斑岩为主，原岩含 Au 多在 10×10^{-9} 以上，在控矿剪切带中多

右行剪切活动的控制，矿区 NE 向韧性剪切带经历了多次挤压收缩和伸展扩容，为矿化流体循环和沉淀提供了通道和空间，控制了主矿体的产出和分布。晚期脆性断裂纵横交错，编织成网，截切错断矿体现象常见，说明断裂是成矿后形成。

2.2 容矿岩层

矿区地层由于强烈剪切变形，原始层理已被破坏。依据区域对比，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，片理化微晶大理岩和云母石英片岩少量。

碳质糜棱片岩位于矿区强应变域内，由旋转碎斑（10%）和动态重结晶的基质（90%）组成。碎斑呈直径约数毫米的椭圆形，多为堇青石或硬绿泥石变斑晶、富含碳质或黄铁矿的原岩碎斑等；基质主要由多硅白云母、少量石英、碳酸盐矿物和拔丝黄铁矿组成。岩石化学成分富 K 贫 Na，与水云母粘土岩相当，富含 Au (13.6×10^{-9})、As (32.2×10^{-6}) 等成矿元素。

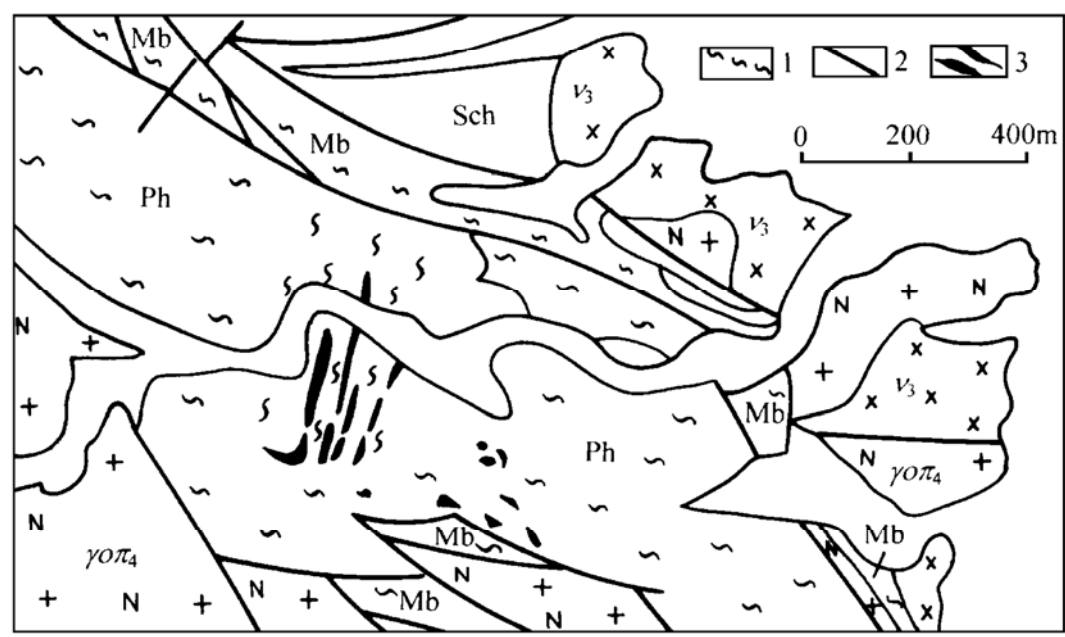


图 2 滩间山金矿床矿区地质构造略图

Ph—碳质糜棱片岩；Mb—微晶大理岩；Sch—云母石英片岩； $\gamma O\pi_4$ —斜长花岗岩； ν_3 —辉长岩；1—韧性剪切带；2—脆性断裂；3—矿体

Fig. 2. Geological-structural sketch map of the Tanjianshan gold ore district.

Ph—Carbonaceous mylonite schist；Mb—Micritic marble；Sch—Mica-quartz schist； $\gamma O\pi_4$ —Plagioclase granite； ν_3 —Gabbro；1—Ductile shear zone；2—Brittle fault；3—Orebody.

呈构造透镜体产出，矿体中直径数厘米的浑圆角砾也可见到，普遍遭受不同程度的蚀变矿化，其中偏基性的闪长玢岩和云煌岩可形成金矿体。

斜长花岗斑岩和闪长玢岩化学成分富 Na 贫 K，属 I 型或同熔型花岗岩。据 J A Pearce 等的微量元素判别图解，均属火山弧花岗岩。

闪长玢岩 K-Ar 定年 294.6×10^6 a，蚀变闪长玢岩型矿石 K-Ar 定年 282.8×10^6 a，表明华力西晚期侵入岩浆活动是一次重要成矿事件。

3 矿床地质特征

3.1 矿体和矿石

滩间山金矿床以蚀变岩型矿石为主，根据含矿岩石不同，可分为片岩型（即碳质糜棱片岩）和脉岩型（即闪长玢岩或云煌岩）矿石。以片岩型为主，约占矿石总量 90%。两者常共同构成矿体。主矿体位于 NE 向韧性剪切带中，矿体形态、产状与剪切面理一致，严格受剪切带 S-C 组构控制，呈平行带状、分枝脉状成群产出（图 3），总体产状：倾向 $115^{\circ} \sim 125^{\circ}$ 、倾角 $60^{\circ} \sim 89^{\circ}$ ，矿化垂幅约 500 m，金品位 $(5 \sim 7) \times 10^{-6}$ 。其中 1 号矿体规模最大，长约 500 m，宽度变化于 1.6~31.9 m 之间。以脉岩型矿石为主的矿体多呈孤立的团块状、透镜状产出，规模小、品位高，通常 Au 含量大于 10×10^{-6} 。

两类矿石金属矿物组合类似，含量约 5%~25%，以含 As（1%~5%）黄铁矿为主，毒

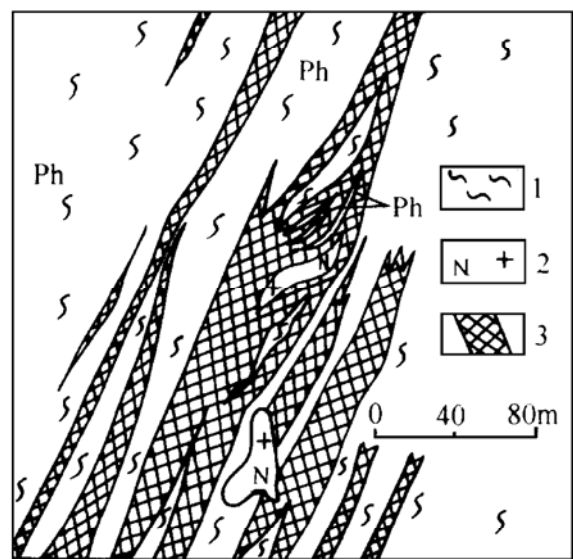


图 3 主矿体 3378 中段地质略图
Ph—碳质糜棱片岩。1—韧性剪切带；2—斜长花岗斑岩；3—矿体

Fig. 3. Schematic geological plan at 3378 level of the principal ore body.

Ph—Carbonaceous mylonite schist; 1—Ductile shear zone; 2—Plagioclase granite porphyry; 3—Orebody.

砂少量。有微量的闪锌矿、方铅矿、磁黄铁矿、黝铜矿及镍的硫砷化物等，主要见于片岩型矿石中。金矿物以自然金和银金矿为主，原生金成色变化于 830~640 之间。氧化矿石以黄钾铁矾为主，表生金成色大于 900，粒径增大，可见明金。

两类矿石的造岩元素分别继承了原岩的特点(表 1)，但蚀变闪长玢岩型矿石 K 含量显著增加，Ca、Na 含量降低，与斜长石水云母化有关。矿化剂元素在矿石和原岩中变化较大，分成矿流体的交代反应有关。两类矿石的成矿元素以 Au、As 的高度富集为特征，Cu、Pb、Zn 等贱金属基本没有富集，唯一显著差别是 Ag 含量在脉岩型矿石中有较高的富集。

3.2 成矿阶段

滩间山金矿床形成与控矿剪切带退化演化同步，据此可划分为三个成矿阶段。

(1) 脆韧性剪切变形成矿阶段：该阶段为区域 NW 向韧性剪切带强烈活动时期（即加里东裂谷闭合时期），成矿作用与剪切变形变质有关，形成滩间山金矿床首次矿化富集。剪切前沉积变质黄

铁矿强烈拔丝，与多硅白云母共同组成密集的剪切叶理，围绕堇青石旋转碎斑同步弯曲，流线状分布（照片 2）；拔丝黄铁矿具增生的富 As 环带和富 Au 外壳（照片 3）；旋转碎斑扩容部位由微细粒石英、碳酸盐矿物和硫化物构成结晶尾。该阶段仅见于片岩型矿石中，自然金成色较高（大于 800），粒度细微，以包体金为主，和富 As 环带或微细粒毒砂共生。

表 1 矿石和原岩的化学成分

Table 1. Chemical composition of ores and protoliths

造岩元素/%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	H ₂ O ⁺	C _{有机}
碳质糜棱片岩	57.4	16.8	0.87	6.46	1.04	0.09	1.56	1.63	0.51	4.23	0.09	4.6	2.38	0.18
片岩型矿石	57.5	17.1	0.89	1.31	6.28	0.06	0.96	1.31	0.53	4.46	0.07	1.87	2.75	0.08
闪长玢岩	67.7	15.3	0.34	0.97	0.75	0.05	0.62	2.19	4.34	2.38	0.062	1.60	2.22	—
闪长玢岩型矿石	67.8	15.0	0.95	3.06	0.20	0.004	0.55	0.69	0.34	4.74	0.113	0.10	3.22	—
成矿元素/10 ⁻⁶	Au	Ag	As	Sb	Hg	Bi	Pb	Zn	Cu	W	Mo	S	F	Cl
碳质糜棱片岩	0.014	0.125	32.2	1.67	0.06	0.54	16.8	120	72	21.72	11.33	2500	166	35
片岩型矿石	9.52	2.5	2250	23.5	0.21	0.72	41.6	86.0	75	25.2	26.1	52000	185	195
闪长玢岩	0.027	0.11	24.4	1.55	0.03	0.16	11.8	47.5	22.3	13.8	5.16	500	60	83
闪长玢岩型矿石	10.0	17.1	2750	18.8	0.09	0.47	48.2	23.9	28.8	43.0	23.8	10000	180	31

注：地矿部宜昌地质矿产所测定

(2) 韧脆性剪切变形成矿阶段：该阶段与华力西晚期侵入岩浆活动伴随的热液成矿作用有关，是滩间山金矿床最重要的一次成矿富集。控矿剪切带经历了显著的退化演化，碳质糜棱片岩的剪切叶理为密集的折劈理取代，前期黄铁矿脆性碎裂，新生五角十二面体黄铁矿增生其上，沿扩容部位充填了糖粒状、梳状石英和细粒五角十二面体黄铁矿的集合体（照片 4），围绕碎斑形成特征的旋转环黄铁矿（照片 5），矿石中硫化物剧增，形成片岩型矿石特有的细脉浸染状构造（照片 6）。控矿剪切带中闪长玢岩或云煌岩透镜体遭受强烈矿化蚀变，以水云母化、黄铁矿化为主，形成脉岩型矿石特征的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，出现银金矿，以裂隙金为主，粒度略有增加。

(3) 脆性剪切变形成矿阶段

该阶段为华力西晚期热液成矿作用演化的末期，以穿切前期面理的碳酸盐矿物、石英和黄铁矿细脉为主，可含少量毒砂、Cu、Pb、Zn 的硫化物及 Ni 的硫砷化物等，伴有 Au 的局部富集，成色偏低，以银金矿为主。

3.3 流体包裹体特征

对不同演化阶段的石英和个别碳酸盐矿物的流体包裹体进行了初步研究。各类包裹体总的特点是发育程度差、个体细小，以纯液相包裹体为主，次为气液包裹体。气液比低，多呈稀疏和星散状不均匀群体孤立产出。均一法测温变化于 396~116℃（未经压力校正）之间，主成矿温度在 204~278℃之间，压力变化于 56.7~8.1 MPa 之间，中低盐度（21.8~1.5 wt% NaCl），流体为弱酸—中偏碱性（pH 值为 5.9~4.7），形成于还原环境（Eh 为 -0.77~-0.62 eV）。

不同演化阶段流体包裹体组成变化较大（表 2）。受剪切无矿石英脉包裹体成分应代表沉积变质流体组成，以富 Na 贫 K，矿化度偏低为特征。片岩型矿石黄铁矿的包裹体成分富 K 贫 Na、矿化度最高，应代表主成矿阶段的流体特征，蚀变闪长玢岩显著的钾交代（见表 1）与该类流体有关，反映了华力西晚期侵入岩浆活动伴随的成矿流体特征。成矿晚期石英脉包裹体成分 Na 略大于 K，矿化度低，反映了成矿晚期交代反应及混合后流体的特征。阴离子组成变化不大，各阶段均以 Cl⁻ 离子为主，但 F⁻ 离子在主成矿阶段显著高于沉积变质流体。

表 2 滩间山金矿床流体包裹体组成特征

Table 2. Fluid inclusion composition in the Tanjianshan gold deposit						
样品名称	Na ⁺ /K ⁺	Na ⁺ /(Ca ²⁺ +Mg ²⁺)	Cl ⁻ /(F ⁻ +Cl ⁻ +SO ₄ ²⁻)	F ⁻ /Cl ⁻	CO ₂ /H ₂ O	矿化度/(g/l)
受前切无矿石英脉	10.045	4.636	0.528	0.005	0.002	83.6
片岩型矿石黄铁矿	0.143	1.600	0.529	0.618	0.008	>455
成矿晚期石英脉	1.435	13.435	0.630	0.426	0.001	51.8

注：西安有色金属研究所刘持恭测定；CO₂/H₂O 为克分子比，其它为摩尔浓度比

包裹体水的 δD 值变化于 -72‰~-53‰之间，脉石英的 δ¹⁸O 变化于 18.2‰~16.9‰之间，经换算后的热液水主要投在岩浆水和变质水范围。

基于上述研究，我们认为滩间山金矿床成矿流体主要有两种来源：一种为富 Na 的变质流体，来自容矿地层；另一种为富 K 的流体，与华力西晚期侵入岩浆活动有关。

4 控矿因素分析

4.1 万洞沟群含 Au 碳质岩石

滩间山金矿床显著受万洞沟群黑色岩系控制,已知重要矿体全部产于碳质糜棱片岩中,片岩型矿石的稀土元素组成和分配型式与碳质糜棱片岩基本一致;脉岩型矿石和稀土元素组成

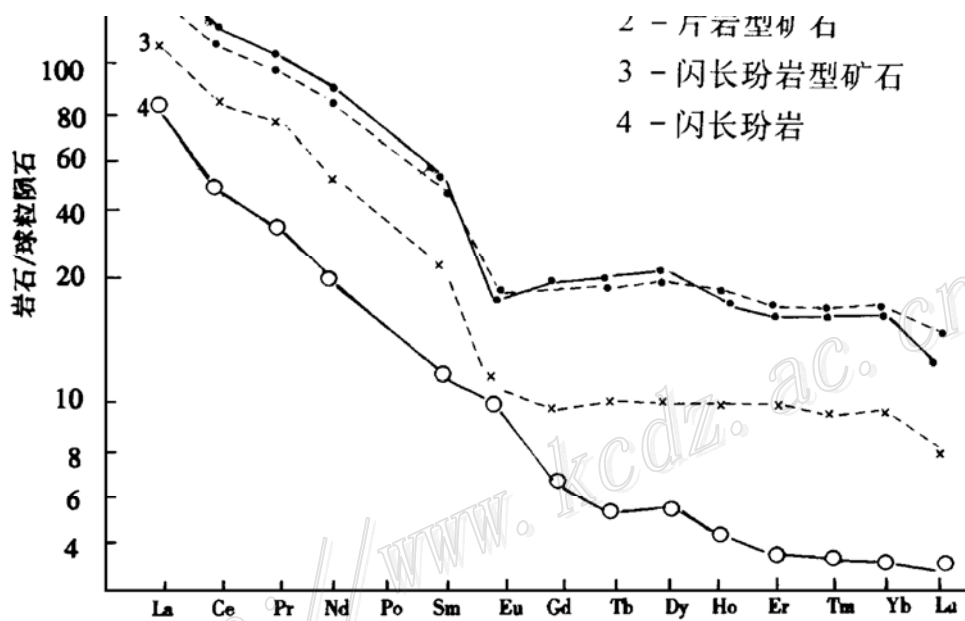


图 4 滩间山金矿床岩石和矿石的球粒陨石标准化 REE 分配型式

Fig. 4. Chondrite-normalized REE patterns of rocks and ores from the Tanjianshan gold deposit.

1—Carbonaceous mylonitic schist; 2—Schist type ore; 3—Diorite porphyrite type ore; 4—Diorite porphyrite.

(1) 矿区碳质糜棱片岩形成于受基底断裂控制的沉积拗陷中,沿同生断裂上升的热液流体导致黑色岩系富含 Au、As、S 等成矿元素。碳质糜棱片岩的化学成分可与 В А БУРЯК 的含浸染型硫化物金矿化的碳质岩石对比,属含 Au 碳质岩石^[3],可为金矿化提供充分的矿质来源。

(2) 碳质糜棱片岩的原岩为含碳的水云母粘土岩,富含 Au 的沉淀障(黄铁矿、有机碳)和吸附障(有机碳)。该类岩石对剪切变形极为敏感,极易形成糜棱叶理或片理化带,伴随剪切变形的扩容作用,剪切叶理或片理化带成为流体活动的渗流带和储集带,由于叶理的屏蔽作用以及还原障、吸附障的存在,使矿质不易分散而富集成矿。

(3) 容矿碳质糜棱片岩经历了低绿片岩相区域变质作用,有利于变质流体的形成和保存,为 Au 的矿化富集提供了重要的流体来源。

4.2 华力西晚期侵入岩

矿床地质研究表明，华力西晚期侵入岩浆活动相伴的热液成矿作用不仅形成了脉岩型矿石，也使片岩型矿石受到强烈地叠加和改造，前期矿化仅呈残留。采自矿区和外围不同类型的岩石、矿石和矿物的铅同位素组成清楚地说明了华力西晚期侵入岩对成矿物质的重要贡献(图 5)^[6]。碳质糜棱片岩富含放射成因铅，特别是与母体 U 有关的铅同位素比值位于所有样品投点的右上端，上地壳铅同位素演化曲线的延长线上；华力西晚期侵入岩贫放射成因铅，位于所有样品投点的左下端，地幔铅演化曲线的上方；片岩型矿石、脉岩型矿石和相应黄铁矿样品的投点恰好位于两种极端情况之间，表明是碳质糜棱片岩和华力西晚期侵入岩铅同位素组成不同比例混合的结果。黄铁矿是最主要的矿石矿物和载金矿物，片岩型矿石黄铁矿更趋向华力西晚期侵入岩，脉岩型矿石黄铁矿则位于华力西晚期侵入岩中心，从铅同位素来源考虑，华力西晚期侵入岩作出了更大贡献。

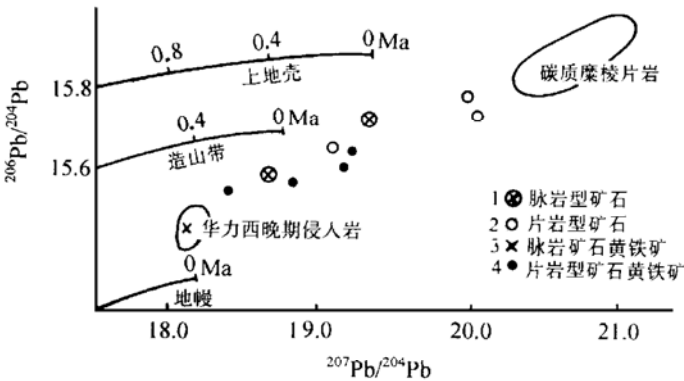


图 5 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 地质环境分布图
(据 Doe 和 Zartman)

Fig. 5. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ geotectonic environment diagram.

1—Dike type ore; 2—Schist type ore; 3—Pyrite of dike ore; 4—Pyrite of schist type ore.

华力西晚期侵入岩富 Cl，在岩浆侵位过程中有利于岩浆-气液相产生液态分离和沸腾作用^[5]；不仅可促使岩浆中的 Au 以氯络合物形式富集于气液相中，也有利于围岩中 Au 的活化迁移，形成富 Au 的成矿流体；华力西晚期侵入岩属高侵位浅成岩，与围岩有明显的温度差，在韧性剪切条件匹配下，有利于不同来源的流体形成较稳定的水热对流循环系统，为地层和侵入岩中成矿物质再分配提供了可能。

4.3 韧性剪切带

韧性剪切带是造山带常见的一种断裂形式，然而，与金矿化直接有关的韧性剪切带却不多见，这种情况表明韧性剪切带并非唯一的控矿因素。基于滩间山金矿床研究，我们认为韧性剪切带对金矿床的控制主要表现在以下几点：

(1) 区域韧性剪切带延伸远，涉及深度大，有利于不同层圈、不同来源流体的汇聚和循环，可提供广泛的矿质和流体来源；区域韧性剪切带是地壳中的薄弱带，在后期地质活动中易于活化，为多次叠加成矿提供了有利条件。

(2) 控矿剪切带应是区域韧性剪切带退化演化不同阶段的产物，其温压条件应近于或小于热液金矿床中 Au 沉淀所需的温压条件（即近于或小于低绿片岩相的温压条件），才有利于 Au 的沉淀富集。

(3) 控矿剪切带层与区域韧性剪切带有较大的夹角，应叠加在含 Au 地层或侵入岩之上。在这种情况下，受区域韧性剪切带多次不同方向剪切活动控制，控矿剪切带必然经历多次挤压收缩、伸展扩容，驱动成矿流体渗透汇聚，并有丰富的矿质补给，有利于大型金矿床的形成。

4.4 区域构造

矿区位于柴达木地块北缘,受深部地质控制,经历了多次小规模の開合演化^[4],在空间上具叠置的特点,控制了区域地壳演化和滩间山金矿床的形成。

中元古代的开合演化,控制了万洞沟群含 Au 黑色岩系的形成;加里东晚期的开合演化使矿区含 Au 碳质岩石遭受热变质,区域 NW 向韧性剪切带叠加在含 Au 碳质岩石之上,形成了滩间山金矿床首次矿化富集;华力西晚期开合演化形成了滩间山金矿床最主要的一次成矿富集,矿床基本形成。华力西后期,控矿剪切带演化为脆性断裂,没有重要的矿化富集。基于上述认识,我们认为区域构造是控制滩间山金矿床形成的更深层次的因素。

5 结 论

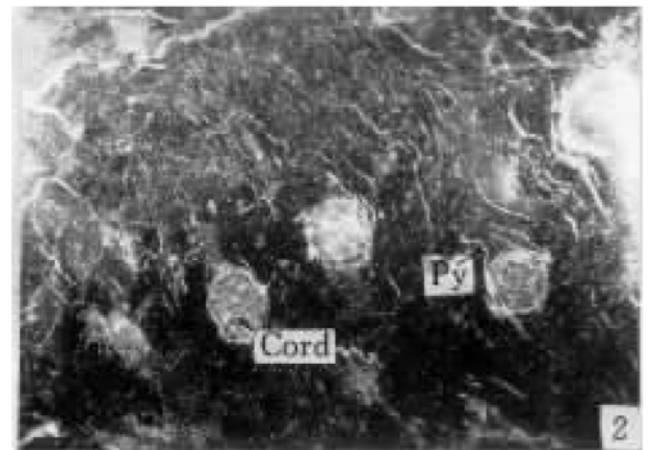
(1) 滩间山金矿床的形成经历了长期复杂的历史。该矿床是在热水沉积、区域变质和热变质等预富集的基础上,与区域进变质型绿片岩相韧性剪切带的退化演化同步,经历了剪切变形变质成矿作用和华力西晚期侵入岩浆活动相伴的热液成矿作用的叠加改造形成。

(2) 矿石和相应原岩的稀土元素及铅同位素组成的研究表明,成矿物质主要来自含金碳质岩石和华力西晚期侵入岩。黄铁矿是最主要的矿石矿物和载金矿物,其铅同位素组成和华力西晚期侵入岩表现出更密切的亲缘关系,表明华力西晚期侵入岩浆活动在韧脆性剪切变形成矿阶段为滩间山金矿床的形成做出了更大的贡献。华力西晚期侵入岩浆活动不仅提供了热源,也提供了成矿流体和成矿物质,华力西晚期是最重要的成矿期。

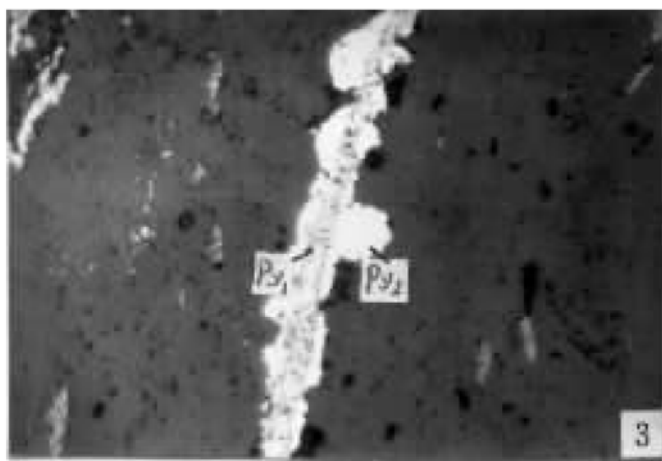
(3) 稳定地块边缘多次小规模の開合演化及其在空间上的叠加控制了滩间山金矿床的形成,不同期次、不同成矿作用的叠加和多种有利因素的配合控制了滩间山金矿床的类型和规模。滩间山金矿床属多因复成矿床,具有形成大型金矿床的必备地质条件和有利因素,已为生产实践证实。



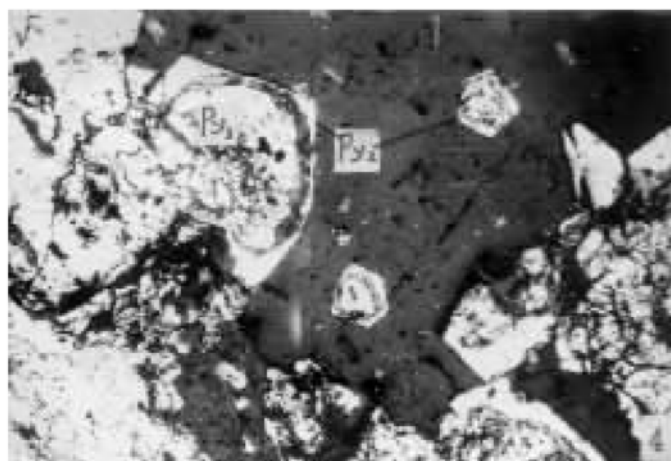
照片 1 自形短柱状电气石 (T) 无定向分布于碳泥质碎斑中,晶体中常含少量碳质 薄片 长边 1.4 mm



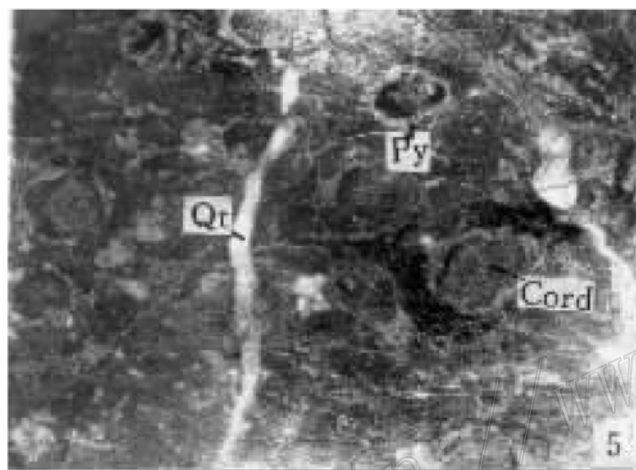
照片 2 毛发状拔丝黄铁矿 (Py) 绕过堇青石 (Cord) 碎斑、流线状分布 磨光面 长边 34 mm



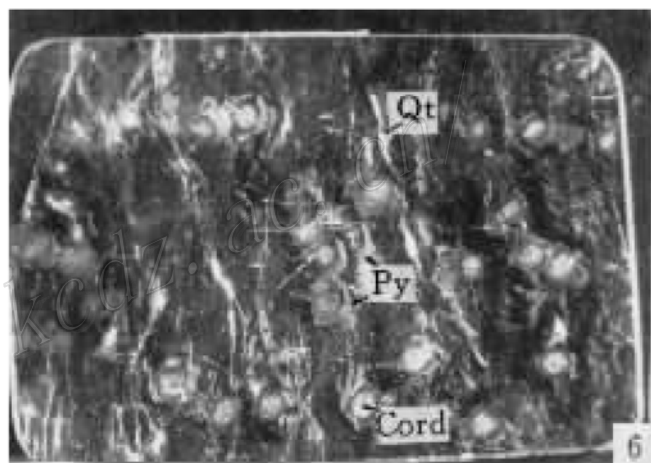
照片 3 拔丝黄铁矿 (Py_1) 具增生的黄铁矿 (Py_2), 探针图像可显示增生黄铁矿具富 As 环带和富 Au 外壳
浸蚀光片 长边 1.4 mm



照片 4 早期碎裂黄铁矿 (Py_1) 构成核心, 新生五角十二面体黄铁矿 (Py_2) 增生其上或呈浸染状分布的自形晶
浸蚀光片 长边 0.44 mm



照片 5 黄铁矿 (Py) 围绕堇青石 (Cord) 碎斑、同构造生长, 形成旋转环, 晚期碳酸盐石英脉 (Qt) 穿切旋转环 磨光面 长边 32.6 mm



照片 6 黄铁矿 (Py) 细脉绕过堇青石 (Cord) 碎斑, 形成片岩型矿石特征的细脉浸染状构造, 晚期石英脉 (Qt) 斜切剪切叶理 磨光面 长边 86 mm

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 沈建忠, 韩发. 电气石岩——一种和矿化有关的岩石类型. 矿床地质, 1992, 11 (4): 384~388
- 3 Буряк В. А. 含碳岩层中 Au 的矿化. 张维根译. 地质地球化学, 1988, (9): 85~92
- 4 杨巍然, 杨森楠. 造山带结构与演化的现代理论和研究方法——东秦岭造山带剖析. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991, 3~25
- 5 刘英俊, 马东升. 金的地球化学. 北京: 科学出版社, 1991, 95~122
- 6 Zartman R E, Doe B R. Plumbtectonics—the model. Tectonophysics, 1981, 75: 135~162

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND ORE-CONTROLLING FACTORS OF THE TANJIANSHAN GOLD DEPOSIT, QINGHAI PROVINCE

Yu Fengchi, Ma Guliang, Wei Ganfeng

(Xian College of Geology, Xian 710054)

Wang Yongxiang and Mei Anjiang

(Qinghai Bureau of Geology and Mineral Resources, Xining 810001)

Key words: carbonaceous mylonite schist, Late Variscan, intrusive rock, ductile shear zone, Tanjianshan in Qinghai

Abstract

Located on the northern margin of Qaidam massif, the Tanjianshan gold deposit occurs in the carbonaceous mylonite schist of Wandonggou Group of Mesoproterozoic Jixian System as well as in the Late Variscan intrusive rocks. Hydrothermal deposition, regional metamorphism and thermal metamorphism led to the primary enrichment of the ore-forming materials. The retrograde metamorphism of the greenschist facies brittle-ductile shear deformation and metamorphic zone, in conjunction with the brittle-ductile, ductile-brittle and brittle shear deformation subjected to the superimposition of Late Variscan magmatic intrusion, resulted in the formation of the deposit. The Late Variscan ore-forming process seems to have been the most important metallogenic epoch under the condition of ductile-brittle shear deformation.

Fluid inclusion studies show that ore-forming fluids were composed mainly of Na-rich metamorphic water and K-rich magmatic water. REE contents and REE patterns of ores and host rocks suggest that ore-forming materials came from carbonaceous mylonite schist and intrusive rocks. The strata, intrusive rocks, ores and pyrite in the ore district show good affinity in lead isotopic composition. The lead isotope composition of pyrite, the most important ore mineral, is quite similar to that of the Late Variscan intrusive rocks, indicating that the Late Variscan magmatic intrusion must have made greater contribution to ore-forming materials than the strata.

Related to repeated opening-closing evolution of the regional crust, the Tanjianshan gold deposit is a polygenetic composite deposit. The superimposition of different ore-forming processes of different periods and the combination of various favorable factors were responsible for the formation of the Tanjianshan gold deposit. The ore deposit was predicted to be large in size, and this has been proved to be true in practice.