矿区断裂构造十分发育，并有多组多期次活动之特征，它们均为大型剪切带的次级配套构造。根据断层产状和性质，大体可分为三种，其中 NWW 向张扭性断裂控制着金矿体的产出。

① 以 F1 为主的 NWW～SEE 向压扭性断层

该组断层的形成是受 NNE～SSW 向强烈挤压产生的叠瓦式逆冲推覆断层组，分布广泛，产状为 190°～220° ∠32°～70°，是区内形成最早、活动时间最长、强度最大的断层。根据杆状构造劈理产状和带内碎斑分析，其为左行平移逆冲断层，它是在前述韧脆性剪切带的基础上，地壳强烈上隆和挤压的产物。

由于该组断层的强烈活动，在钙质板岩中形成宽窄不一的破碎带，总体走向 NWW，倾角较陡，形态简单，带状、狭缩膨大特征明显，控制了该矿床的形成。区域上断续出露长度＞18km，宽度最小 220m，最大可达 420m，带内变砂岩和灰岩透镜体或劈理改造形成的菱形格子块体、断层泥及片理发育。本期构造活动形成了广布全区的小褶皱及劈理，同时也形成了脉幅较小的 NWW 向顺层和斜切片理的无矿石英脉。

② NWW～SEE 向张扭（以扭为主，局部张扭明显）性断层

常受上述第①组断裂控制，但形成晚于 F1，与 F1 之间时有小的交角。是 F1 的配套构造，也是矿区重要的容矿控矿构造。以脆性活动为主，控制了主期石英脉矿体，产状 10°～30° ∠40°～70°（图 2-7），上盘破碎程度明显强于下盘，含金石英脉的走向多为 290°～310°，局部地段可见到产状不同的脉体。矿脉中常见到早期形成的金属矿物被晚期金属矿物交代和脉石矿物沿破碎裂隙充填的现象，反映成矿具有多阶段性。

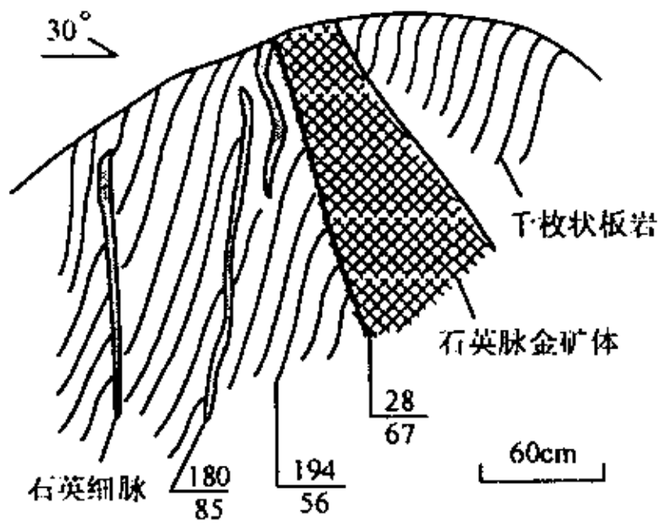


图 2-7　开荒北金矿扇子沟矿段
PD1 掌子面断裂控矿素描图

③ NNE～SSW 向压扭性断裂

为形成最晚的一组断层，产状 290°～300° ∠25°～35°，也是 F1 的配套构造，亦是矿区次要的容矿（体）构造。由于剪切挤压作用，主期石英脉被强烈错碎，部分地段已成粉末状，其中有的又被重新胶结，有的未发生胶结或胶结较松散。此外，还见到构造透镜体、拖尾、弧形弯曲和石香肠等，均反映其为压扭性特点，伴随该期构造活动有 NW、近 SN 和 NEE 向石英细脉形成，脉幅很小，部分含金，但品位低，不具工业意义。

二、矿体和矿石

（一）矿体的形态、产状及规模

该矿床共发现大小矿体 50 余个，分为含金石英脉型和蚀变岩型两种，且以石英脉型为主，前者主要分布于矿区中部的白金沟矿段及其以东地区，后者则分布在矿区的西段。它们主要产于被强烈变形和蚀变的中三叠统闹仓坚沟组斑点状粉砂质钙质千枚状板岩中，受 NWW～SEE 向张扭性断裂—裂隙系统控制，呈 NWW～SEE 向展布（图 2-5）。剖面上矿体呈透镜状、串珠状，尖灭再现特征显著，平面上石英脉体由东向西呈撒开状，东段扇子沟处仅发现 3 个矿体，西段脉体规模小，但数量多，总体上呈雁行状平行斜列式展布（图 2-5），为区内张扭性控矿构造作用的结果。各矿段矿体特征见表 2-5。

矿体产状变化不一，即使是同一个矿段中的矿体产状变化亦较大。白金沟矿段地表处绝大多数矿体北倾，深部则南倾，矿体倾角为 45°～87°，局部较缓；好汉沟及以西矿段矿体的倾向以南倾为主，其次向北倾，倾角变缓，一般 40°～60°，向深部有变陡的趋势，可达到 80°；扇子沟矿段矿体倾向 NE，倾角较陡，为 50°～79°（图 2-7）。

表 2-5　开荒北金矿各矿段矿体特征简表（据青海省柴达木综合地质队，1998）

矿段	矿体编号	长度(m)	矿体产状	矿体厚度(m)		矿体品位($\times10^{-6}$)		矿体形态	围岩特征
				平均	最大	平均	最高		
开金沟矿段（I）	I_1	41	190° ∠50°	0.65	1.12	2.45	3.87	透镜状	褐铁矿化钙质板岩
	I_2	60	350° ∠50°	1.50	2.50	2.94	3.10	透镜状	褐铁矿化钙质板岩
	I_3	150	195° ∠45°	0.73	1.27	2.05	2.09	透镜状	褐铁矿化钙质板岩，蚀变较弱
	I_4	40	200° ∠35°	0.27	0.30	19.57	19.57	透镜状	粉砂质板岩,蚀变较强
	I_5	40	49° ∠37°	0.33	0.90	2.35	3.90	透镜状	钙质板岩，蚀变弱
	I_7	119	183° ∠78°	0.84	1.11	31.49	164.30	串珠状	粉砂质板岩，蚀变强
	I_9	103	205° ∠60°	0.74	0.98	2.25	3.64	透镜状	褐铁矿化钙质板岩，蚀变较强
	I_{10} I_{10-1}	113	25° ∠65°	2.40	4.20	31.13	138.10	透镜状	蚀变强,发育浸染状五角十二面体黄铁矿
	I_{10} I_{10-2}	40	20° ∠52°	0.41	0.97	90.86	128.33	串珠状	
	I_{11}	139	25° ∠65°	1.13	1.83	20.25	79.44	透镜状	斑点状粉砂质钙质板岩，蚀变发育
	I_{22}	42	18° ∠87°	0.82	1.01	2.17	3.03	透镜状	石英细脉发育
	I_{24}	40	35° ∠60°	0.43	0.34	4.22	4.22	透镜状	褐铁矿化粉砂质钙质板岩且有细石英脉产出
	I_{25}	1591	185° -200° ∠70° -84°	0.90	1.39	21.99	87.55	串珠状为主	斑点状粉砂质钙质板岩，蚀变较弱，脉两侧断层泥发育
	I_{27}	62	200° ∠70°	0.57	0.67	10.70	27.79	串珠状	发育新鲜的五角十二面体黄铁矿,蚀变强烈
好汉沟矿段（II）	II-1	60	348° ∠36°	0.90		3.65		透镜状	蚀变带窄
	II-2	750	195° ∠80°	1.78		5.61	70.99	透镜状串珠状	蚀变范围大，强度大
	II-3	40	225° ∠32°	1.00		1.39		透镜状	钙质板岩
	II-4	40	30° ∠66°	1.00		1.18			
	II-5	40	226° ∠52°	1.00		1.29			
	II-6	40	352° ∠38°	3.70		1.42			
	II-7	40	205° ∠50°	1.00		1.45			
	II-8	40	30° ∠62°	0.60		1.05			
	II-9	230	220° ∠40°	2.88		2.64	12.85		
	II-10	280	220° ∠40°	1.35		3.98	8.14		
	II-11	130	45° ∠45°	4.30		2.61	4.82		
	II-12	234		0.90		1.97			
	II-13	30		1.00		1.32			
休闲沟矿段（III）	III-1	160	220° ∠50°	6.70	11.28	1.13	2.06	透镜状	菱铁矿斑点板岩夹石英细脉
	III-2	60	215° ∠45°		9.56	1.21	2.05		
	III-3	103	200° ∠71°	2.98	3.20	1.48	2.12		
	III-4	80	200° ∠50°	2.80		1.27	1.40		
	III-5	90	205° ∠55°	1.11	2.00	2.04	4.05		
	III-7	202	207° ∠40°	1.73	2.90	2.07	2.35	串珠状	
	III-10	130	205° ∠60°	2.24	2.91	1.88	2.43	透镜状	
哈布登巴尔矿段（IV）	IV-1	40	25° ∠47°	1.20		1.20		透镜状	
	IV-2	105		0.80		1.17			
	IV-3	60	205° ∠65°	2.65	7.25	2.12	3.12		
	IV-4	97	190° ∠15°	2.00		1.29	1.56		
	IV-5	120	210° ∠64°	1.90	2.70	1.35	1.91		
	IV-7	40	201° ∠67°	3.41	5.55	2.46	2.61		
	IV-8	40	185° ∠50°	1.92	1.92	1.40	1.40		
刷子沟矿段	VI-1	276	205° ∠50°	0.43	0.50	2.91	3.74	透镜状	褐铁矿化板岩
	VI-2-1	242.5	200° ∠79°	0.68	1.10	28.93	145	串珠状	
	VI-2-2	352	200° ∠76°	0.79	1.80	11.23	30.10		
矿化带	B-1	2200	210° ∠45°	1.20	1.80	0.31	0.79	串珠状	
	B-2	80	35° ∠79°	0.30	0.30	0.50	0.50	透镜状	
	B-3	150		0.89	0.89	0.24	0.24		

矿体规模和品位变化均较大，长度介于 30～750m 之间。另外，在扇子沟处矿带以北的位置发现了一矿化体长达 2.2km；平均厚度为 0.27～6.70m，最大厚度达 11.28m；Au 平均品位相差悬殊，为 0.24～90.86g/t，最高可达 164.30g/t。

根据矿体集中分布和产出特征，由东至西大致可分为 5 个矿段和 1 个矿化带：

白金沟矿段（Ⅰ）：位于白金沟一带，由 24 条矿体组成，分布相对集中，走向 NWW，矿体长几十米至 1km 以上，品位 1～90g/t，最高达 170g/t，主要为含金石英脉，整个矿床中最有代表意义的 I_7、I_{25} 号矿体即产于其中。I_7 号矿体呈大的串珠状，连续性好，控制长 119m，平均厚度 0.84m，最大厚度 1.11m，向西厚度变小，推测延深 30m，该矿体的品位最高，平均品位为 31.4g/t，最高达 164.30g/t，也是矿区内唯一一条能见到明金的矿体，矿体总体产状较陡，为 183° ∠78°，局部倾角达 80°～85°，地表（2m 以上）矿体产状为 10°～15° ∠40°～45°。I_{25} 号矿体呈串珠状、透镜状，以前者为主，分支复合特点明显，是开荒北金矿最主要矿体，其规模大、品位高、连续性最好，稀疏控制长度为 1591m，平均厚度 0.90m，最大厚度为 1.39m，平均品位为 21.99g/t，最高品位为 87.55g/t，矿体总体产状 185°～200° ∠70°～84°，局部变化大。

好汉沟矿段（Ⅱ）：位于Ⅰ矿段以西的好汉沟一带，由 16 条金矿体组成，矿体呈脉状，个别似层状，以含金石英脉型为主，同时见有一些破碎带蚀变岩型金矿体，后者以品位低、规模大为特征，品位一般为 1～3g/t，宽 1～3m，个别达 10m 以上。其中，破碎带蚀变岩型与石英脉型矿石在空间上常相伴产出，前者受韧脆性断裂控制，后者受韧脆性断裂中的张扭性裂隙系统控制，后者与 S_1 之间有小的交角。

休闲沟矿段（Ⅲ）：位于休闲沟一带，是Ⅰ、Ⅱ矿段的西延部分，由 10 条金矿体组成，矿体多为含有矿化石英细脉的破碎带蚀变岩型，品位较低，宽度和延伸相对稳定。

哈布登巴尔矿段（Ⅳ）：位于哈布登巴尔一带，由零星产出的矿体（共 8 条）组成，其产出特征与Ⅲ矿段基本一致。

扇子沟矿段：位于远景沟－扇子沟之间，共发现 3 条矿体，均为多金属硫化物矿化石英脉型，受张扭性断裂控制明显，一般矿体较长，为 242.5～352m，但厚度不大，平均 0.50～1.80m，矿体倾向 SW，倾角较陡，呈透镜状、串珠状。

矿化带：为后期发现的，位于远景沟－扇子沟北侧，其中共发现 3 条褐黄色石英脉矿化体，较破碎。长度均较大，最大的一条达 2200m，产状变化较大，厚度、品位均较小。

（二）矿石类型、矿物组成及结构构造

根据矿石中金属硫化物和脉石矿物组合特征，可将矿石分为石英脉型和蚀变岩型两种，且以前者为主，蚀变岩型矿石主要产于矿区休闲沟以西地段，其次，在石英脉型矿石的下部及两侧常常也可见及。

石英脉型金矿石：该矿床的主要矿石类型，矿物组成为自然金、石英、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂等，金属矿物含量低（＜4%），其中黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿为 Au 的主要载体。矿石多强烈破碎，部分发生再胶结作用，金品位介于 2.05～164.30g/t 之间，平均品位为 19.81g/t。

蚀变岩型金矿石：该类型金矿石较少，分布范围局限，矿石呈变余泥质结构、千枚状构造，是含炭钙质板岩经构造－热液蚀变的产物，黄铁绢英岩化较强，金品位介于 1.05～87.55g/t 之间，平均含金 21.45g/t。

（三）金的赋存状态

金的赋存状态有二种，即呈独立矿物和类质同象形式存在。

① 呈独立矿物存在　主要为自然金，其次为银金矿，金矿物的 Au 含量为 70.06～82.49%，Ag 16.55～20.35%；自然金中还含有微量 Ni、Cu、Pb、Bi、Cr、Ba、Fe、As，银金

矿中含微量 Zn、Co、Fe、Pb、Sb、Cr、Sn、Te 等。粒度很细，为 0.0018～0.0576×0.0018～0.0576mm 的显微金，分布不均匀，以星散状、微细团粒状分布于脉石矿物和闪锌矿、方铅矿、黄铜矿之间、石英粒间或石英与闪锌矿接触处。大致可分为裂隙金和晶隙金两种产出形式，前者以自然金为主，呈水滴状、不规则状存在于石英脉中，粒度小，形成时间晚，后者以银金矿为主，呈似圆粒状，粒度较大，见于石英与黄铁矿接触部位靠近石英一侧。依据其近圆形形态、似包裹于石英中且主体边界圆滑，推测其形成时间与石英相近，即形成早于裂隙金。因此早期成矿的金成色低，自然金与银金矿化学成分连续变化，表明成矿主期环境较稳定，延续时间较长。

② 呈类质同象形式存在　据电子探针分析，矿区主要金属和非金属矿物的含金量均较高，3 个黄铁矿样最低含金为 0.23%，最高达 2.99%，Ag 含量为 0～0.27%；闪锌矿含 Au 量为 0.61%，方铅矿金含量低，为 0～0.02%，但银含量高达 0.33～0.42%，成矿期石英和绢云母含 Au 最高，皆可达 0.40%。

三、围岩蚀变

矿区围岩蚀变强烈，主要蚀变类型包括硅化、黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化等。绢云母化、碳酸盐化及微弱的硅化在整个矿区内都很普遍，强硅化、黄铁矿化和绢云母化是矿区内与金矿化关系最密切的矿化蚀变，前两者构成了石英脉型金矿石，而黄铁矿化和绢云母化则形成黄铁绢英岩化蚀变岩型金矿石独立存在或分布在石英脉矿体的两侧。从矿体中心向两侧蚀变强度明显减弱，且受构造控制明显。

四、成矿期与成矿阶段

如前所述，开荒北金矿床严格受构造控制，不同级别和类型构造的多期多阶段活动，也相应地决定了成矿的多期多阶段性。根据矿脉相互穿插关系、矿物共生组合和矿石组构等特征，可将该矿床的成矿过程分为两个成矿期，即早期韧脆性剪切及金初始富集期和主热液成矿期，其中主热液成矿期又可分为 3 个成矿阶段（表 2-6）。

（1）早期韧脆性剪切及金初始富集期

该期形成了大量石英脉，不仅仅出现在控矿断裂破碎带内，在不同规模的强挤压褶皱带及褶皱转折端和翼部的伴生裂隙、层间剥离面等均有发育，并多呈无根钩状产出，脉幅细小，一般宽 5～10cm，个别可达 50cm，显示为区域动力变质作用产物。脉体核部为白色石英，两侧为铁碳酸盐，风化后呈褐红色，石英脉含 Au 性差，一般不构成工业矿体，但矿区西部的韧脆性剪切带中的强蚀变岩有时可构成工业矿体，反映金在该期已发生了初步富集作用。

（2）主热液成矿期

分为三个阶段，即黄铁矿-石英阶段、多金属硫化物-石英阶段和铁碳酸盐-石英阶段。

① 黄铁矿—石英阶段

黄铁矿含量少（1～3%），多呈自形、半自形晶星点状分布于乳白色石英脉中。石英多呈白色、乳白色，颗粒粗大，可达 5mm 以上，含有大量气液包裹体，均一温度较高。自然金以晶间金和类质同象的形式存在于黄铁矿中，且有少量粒度细小（0.0018×0.0018mm）的圆粒状、不规则状者分布于石英之中。

② 多金属硫化物—石英阶段

主要成矿阶段。随着区域隆升和成矿热液运移，温度进一步下降，流体中的络合物分解，从而形成黄铁矿—毒砂—黄铜矿—闪锌矿—方铅矿、方铅矿—黄铜矿—黝铜矿等矿物组合，呈粗短脉状、浸染状、条带状和团块状分布于石英脉中。不规则状、圆粒状、片状、角粒状自然金成群分布于脉石中，同时大量裂隙金产于各种矿物接触边缘，也有部分以类质同象形式分布于金属硫化物中。石英中流体包裹体十分丰富，均一温度为中等。