

东昆仑白金沟金矿床特征及找矿方向

袁万明¹ 莫宣学² 喻学惠² 罗照华² 淦卫东³

(1 中国科学院高能物理研究所核分析技术开放实验室, 北京 2 中国地质大学, 北京

3 青海省第八地质大队, 西宁)

提 要: 白金沟金矿床位于区域昆南断裂带北缘, 区内广泛分布中三叠统闹仓坚沟组板岩和灰岩。影响较大的断裂构造为三条压扭性断层, 按先后成生次序分别是 F1 为 $210^{\circ}/\angle 35^{\circ}\sim 60^{\circ}$; F2 为 $290^{\circ}\sim 300^{\circ}/\angle 25^{\circ}\sim 35^{\circ}$; F3 为 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}/\angle 40^{\circ}\sim 55^{\circ}$, 同时相应发育三组张裂隙。矿体产于千枚状碳质板岩中, 主要矿体为含金石英脉, 部分为蚀变岩。矿脉在地表倾向 25° 左右, 在深部与 F1 产状基本一致。成矿期主要在 F2 活动期间, 赋矿构造主要是沿 F1 结构面形成的张裂隙, 并形成走向 $290^{\circ}\sim 300^{\circ}$ 的矿化石英脉带。另外在 F3 活动晚期, 亦形成一部分走向 NE—NNE 的矿化石英脉, 属于辅助成矿期。矿体规模与品位变化大。找矿预测主要应考虑 F2 成矿构造和 F3 对矿体的破坏作用。

关键词: 金矿床 矿床地质 找矿方向 东昆仑

白金沟金矿地处东昆仑的开荒北地区, 海拔在 4300 m 以上, 是东昆仑较为典型的石英脉型金矿和富有找矿前景的矿种。虽然当地地质部门进行了一定的普查与勘探工作, 但是, 总体上矿区基础地质研究程度较低, 诸如矿区构造与活动期次、成矿期与成矿构造、成矿条件与找矿远景以及地层划分等, 严重制约了进一步的找矿与开发。本文通过大量室内外工作, 试图查明这些问题, 并直接用于指导找矿, 效果较好。

1 矿区地质背景

白金沟矿区在区域上位于昆南断裂与阿拉克湖-托索湖断裂交汇处(秀沟北侧附近)。区内北西向断裂发育。区内地层主要是三叠系中统闹仓坚沟组(T_2n), 岩石类型包括两大类, 即板岩类和灰岩类, 其中灰岩段层序在上。除局部受构造影响外, 地层层序总体正常。从北向南, 由老至新。总体产状向南倾斜, 倾角主要为 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$, 倾向南西, 为一单斜岩层。板岩类岩性有千枚状碳质铁质板岩和千枚状粉砂质板岩。原岩系一套泥质粉砂质沉积岩, 现仍保留着正常的沉积层序。典型特征是具有三个沉积韵律, 即从矿区剖面线北端向南(即从山顶向山脚), 由粒度较粗的千枚状粉砂质板岩到粒度较细的千枚状碳质斑点板岩。区内未见岩浆岩出露。

区内断裂构造发育, 并具多期次活动, 以致矿区岩石破碎强烈, 局部地段形成次级小型褶皱和层间揉皱。影响较大的断裂破碎带有三条, 以压性为主, 产状分别为 $210^{\circ}/\angle 35^{\circ}\sim 60^{\circ}$ (F1), $290^{\circ}\sim 300^{\circ}/\angle 25^{\circ}\sim 35^{\circ}$ (F2) 和 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}/\angle 40^{\circ}\sim 55^{\circ}$ (F3)。F1 断层在区域上形成数条破碎带, 在矿区南侧该破碎带宽约 150 m, 在矿区北侧表现为挤压破碎带, 它的构造形迹在矿区几乎随处可见, 是区内形成最早, 影响较大的断层。F2 断层面见于白金沟分叉处的南侧, 它形成晚于 F1。上盘破碎明显强于下盘。F3 为叠瓦状冲断层, 系由数条彼此平行的

断层带构成,野外宏观特征是破碎强,呈黑色(断层泥)带,走向稳定,并形成明显的负地形。F3断层面出露于矿区南东侧,于半山坡形成坎状地形,矿区主体范围系它的上盘部分,矿区受它挤压而破碎的程度相对较小。F3断层在所述三条断层带中形成最晚。与F1、F2和F3三条压性断层相对应,区内发育三组张裂隙,走向分别为 210° 左右, $290^{\circ}\sim 300^{\circ}$ 和 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$,其中前者倾角相对较小,一般为 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$;后二者倾角陡。与压性结构面相比,张性结构面形成较晚。此外,在矿区及其北侧山坡,曾经发生冰川滑坡作用,滑动方向南西,与现在山坡倾向一致。冰川作用发生时间很晚,它对表层岩石有较强影响,主要表现在使岩石破碎程度加剧;使F1产状发生变化,冰川所经地段F1结构面由向SW倾变为向NE倾;使F3结构面倾角变缓,即由 $40^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 变为 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$;倾向亦由 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 变为 30° 左右。F2结构面由于其走向与冰川滑坡方向基本一致,故受影响不明显。

2 矿体特征

矿体产于中三叠统闹仓组千枚状碳质(斑点)板岩中,主要矿体为含金石英脉,部分为含金板岩。矿脉产状与挤压片理产状一致,似“顺”片理贯入定位。地表总体倾向 25° 左右,总体倾角 55° 左右;深部产状与F1产状一致或基本一致,即为 $210^{\circ}\angle 45^{\circ}$ 左右。矿体的地表产状之所以发生变化,与后期冰川作用有关。矿化石英脉与围岩具强烈蚀变,普遍金品位较高,相当一部分构成工业矿体,宽度一般较小。矿脉规模和品位变化均较大,大者如25号矿体长1 km以上,最宽6 m,含金性好,品位多大于 10 g/t ,高者达 100 g/t 以上;小者矿脉长不足10 m;但多大于10 m。围岩蚀变主要有硅化,黄铁矿化,绢云母化,碳酸盐化,褐铁矿化等,其中硅化、黄铁矿化和绢云母化与成矿关系密切。围岩蚀变带的规模正比于石英脉体的宽度,蚀变强烈时形成黄铁绢英岩。区内石英脉极为发育,除含矿脉外,另有非矿化脉。前者皆为北西或北西西走向,后者尚有北东和北东东向。石英脉多具褐铁矿化,尽管其中一部分并未成矿。同时,亦存在无任何蚀变的白色脉体。

矿石类型主要为石英脉型矿石,部分为碳质斑点板岩型矿石。矿石金属矿物主要有黄铁矿,黄铜矿,方铅矿,闪锌矿和毒砂。次生矿物有铅黄和白铅矿等。黄铁矿、黄铜矿、方铅矿和闪锌矿的Au、Ag含量皆较高,其中闪锌矿含Au高达0.61%,黄铜矿含Au 0.23%、Ag 0.27%,方铅矿含金虽较低($0\sim 0.02\%$),但Ag含量高($0.33\%\sim 0.42\%$),显然均为载金银矿物。矿石非金属矿物主要为石英,少量绢云母和方解石。主体脉石英形成早,多破碎强烈和具波状消光,粒度较大,一般为 $2\sim 5\text{ mm}$;后期硅化石英沿裂隙分布,呈似脉状,粒度小于 0.03 mm 。矿体中的石英和绢云母均可有较高的Au、Ag含量,其中原生石英与次生石英均含金较高。

3 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。前者主要是呈自然金存在,次为银金矿,粒度很细,为 $0.0018\sim 0.0576\times 0.0018\sim 0.0576\text{ mm}$,实际上亦可称为显微金,分布不均匀,呈不连续脉状、星散状、团粒状分布。大致可分为二种产出形式,即呈裂隙金和晶隙金存在,前者以自然金为主,见于石英脉中,呈水滴状和不规则状,粒度小,形成时间晚;后者以银金矿为主,见于石英与黄铁矿接触部位的石英侧,呈似圆粒状,粒度较

大，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，即早于裂隙金的形成。因此，早期成矿的金成色低。自然金与金银矿化学成分呈连续变化，Au 含量为 76.06%~82.49%，Ag 含量 16.55%~20.35%。

矿区主要金属矿物和非金属矿物含金量皆较高，其中黄铁矿 3 个样最低 Au=0.23%，最高达 2.99%，并且 Ag=0~0.27%；闪锌矿 Au=0.61%；方铅矿金含量低，Au=0~0.02%，但银含量高，Ag=0.33%~0.42%。成矿期石英和绢云母含金最高皆可达 0.40%。电子探针分析属于显微微区分析，如果测点恰好落在自然金上则必显示 Au 和 Ag 为主要元素，现在金属矿物和非金属矿物分析结果显然不属这种情况，并且众多的矿物具有高金含量，不能不表明金在其中是呈另一种状态存在，即类质同象金。类质同象金是以原子或离子状态存在于矿物晶格中，占据晶格结点位置，形成类质同象置换；或位于结点间隙之间形成填隙式固溶体，故还可称为晶格金或固溶体金。黄铁矿属于非化学配比矿物，其化学成分不固定，Fe 往往在 0.984~1.030 之间变动，所以在晶体结构中常出现某些缺位而被金原子充填形成填隙固溶体。黄铁矿中铁离子的共价半径为 1.23Å，而 Au⁺ 的八面体配位半径为 1.40Å，两者相近，故 Au⁺ 可置换黄铁矿中的 Fe。张振儒等（1984）利用电子顺磁共振谱仪（EPR），对湖南含金与不含金黄铁矿和毒砂进行对比分析，结果是含金黄铁矿和毒砂中晶格金形成顺磁中心，出现共振信号，不含金黄铁矿和毒砂则无共振信号，证明金可以呈 Au⁺ 置换 Fe 而进入这两种矿物晶格。

4 成矿期次与成矿构造

成矿石英脉产于千枚状碳质板岩中，脉体产状虽与挤压片理产状基本一致，但石英脉往往随挤压片理而发生形变，诸如弧形弯曲、透镜状、石香肠状等，显然表明成矿后又遭构造作用的改造和破坏。71 线采坑的 25 号矿体，与片理斜交，二者产状不完全一致。某探槽壁见晚期挤压片理切穿较早形成的矿脉，而该矿脉又呈褶曲状，在转折端发生加厚、在翼部被拉断，晚期挤压片理内充填有密集且平行的无蚀变白色石英脉。73 线 22 号矿体上窄下宽，产状为 25°~30°/70°~80°，其上下盘片理产状不一致，分别为 220°/22°和走向 122°、直立，并有另一细矿脉与主矿脉相交，应是不同期次成矿结果；依据矿体上盘小揉皱轴线与主矿脉的交角和下盘所见阶步特征，可知上盘为上升盘，体现了陡倾的张性结构面特征。宏观上，石英脉尽管以北西向为主，却亦有北东向、北西西向等，这本身便是不同期次定位产出的结果。即使是同一脉体，亦具有不同期次。同一石英脉体中，早期形成的石英粒度较大（2~5 mm），不等粒状、不规则粒状，脉体碎裂程度高，有的发生韧性剪切变形，拉长定向明显。矿脉早期形成的金属矿物有些被晚期金属矿物交代，有的被脉石矿物充填等特征，无疑是不同期次成因的表现，只是主次有别而已。早期石英脉形成之后，先后经历如下蚀变矿化：① 硅化。呈似脉状或脉状，沿早期石英脉的破裂面分布。当破碎强烈时，硅化石英所占比例增大，最高可达 70%左右；当裂隙较窄时，硅化细脉特征典型。硅化石英粒度细小，线性分布，粒度 0.01~0.05 mm。本次硅化十分强烈，无论成矿脉还是非成矿脉皆普遍存在；② 硅化+黄铁矿化。呈细脉状或网脉状，硅化石英粒度更为细小，黄铁矿已褐铁矿化，属主要成矿阶段；③ 黄铁矿+绢云母化。细脉状，发育程度不及前者，亦为主要成矿阶段；④ 多金属矿化；⑤ 碳酸盐化和绿帘石化，其中碳酸盐化又有二期。成矿脉石英包裹体研究

表明,成矿温度主要为 340~280℃ 和 210~150℃。

石英脉的种种特征表明,当时的张性结构面是脉体的定位场所。成矿石英脉主要是受 F2 断层的控制。由于 F1 的强烈挤压,较早形成走向 120°左右的片理。在 F2 作用期,一方面由于 F2 的 NW-SE 向挤压,一方面由于 F1 已形成 NW 走向的片理,最终导致 NW 向张性裂隙的形成,部分已具正断层性质。这时上侵的成矿热液沿这些张裂隙定位成矿,从而形成现在所见走向 290°~300°的矿化石英脉带。因此,成矿时间主要应在 F2 活动后期。同时,鉴于成矿作用的多期次性,赋矿构造不完全限于这一组。经取样化验证实, F3 构造活动晚期,亦有一定的成矿能力,形成部分走向 NE—NNE 的矿化石英脉,但品位低。同时, F3 对早期矿体产生改造。在 ZK0304 孔 130°方向约 100 m 处,有一典型的 S-C 组构,其中下侧的 C 结构面是 11 号矿脉,产状为 31°/20°(产状的少许变化,与后期冰川作用有关),矿脉厚度小于 20 cm,证实成矿后 F3 的活动。另需指出的是,同为走向 NE 的石英脉,属 F1 构造作用晚期所形成者,则无矿化,因为 F1 系成矿前构造;但是, F1 断层规模很大,属于区域性大断裂,所以,它是最为可能的导矿构造。

因此,区内成矿期主要对应于 F2 断层作用晚期张性结构面活动时期;与 F3 有关的张性裂隙形成期间,属于辅助成矿期。该二组张性裂隙同时亦为赋矿构造,并且仍以前者最为重要。F1 于成矿前形成,系导矿构造,它对矿体直接影响不大。F3 产于主成矿期之后,对主矿体有破坏作用。

5 找矿方向

(1) 与 F2 有关的张裂隙是最为重要的直接控矿构造,故应重点寻找走向 290°~300°的石英脉矿化体。F3 成生晚于主成矿期的 F2,属于成矿后构造,对主矿体产生改造和破坏,这样,地表找矿是以 F3 上盘地区为主,矿区地表石英脉产出的密集区便属于 F3 上盘,故应注意 F3 对矿体的破坏和影响。

(2) 矿体的真正产状为 210°/45°左右。地表矿体普遍向北东倾,倾角 55°左右,主要系后期冰川滑动作用所造成。矿体向下逐渐变为向南西倾,产状趋于正常,这已被后来的钻孔所证实。区内 ZK0302 孔位布置于 10 号矿体的北东侧,依据地表矿体产状计算,该孔在所预测的深度范围未能见矿,从而终孔,原因为矿体在较小的深部范围内产状趋于恢复正常。矿区及其外围矿体的勘探与开采,均应考虑矿体产状的这种变化。

(3) 对较深部位矿体的寻找,必需考虑 F3 的逆推错断作用。正是基于这一点,当时笔者便提出不仅 ZK0302 孔没能见矿,而且后来在 10 号矿体的南西侧所布的 ZK0304 孔,亦难以与 10 号矿体相交,因为是矿脉向下渐渐陡倾,钻孔在较浅处难以见矿;钻孔在深部理应有可能截到矿体,然而在深部由于 F3 的错动,使矿体移位,从而亦不能见矿。ZK0304 孔终孔结果已应证这一看法。据 ZK0302 孔南侧(白金沟东侧)山坡上深色碳质板岩覆于浅色碳酸盐岩之上的特征推算, F3 断层的水平断错距离至少在 150 m 以上。这就是说,对应于地表矿体, F3 下盘的矿体应在 NE 向 150 m 以上的地下深处。

(4) 开荒北地区现已发现 5 个化探异常区和 1 个基岩破碎带异常区,白金沟矿区仅是其中之一(2 号异常区)。由于整个开荒北地区地质特征十分类似,各异常区彼此相距很近,所以,白金沟矿区模式完全可以用于对其他异常区的评价和普查找矿。