## 三、矿床地质特征

### （一）矿化带及矿体

到目前为止，五龙沟矿区共发现金矿化带 10 条（图 2-4），其中以III、IV、VII矿带矿化最强、地质特征最典型，各矿化带主要特征见表 2-3 。

**表 2-3　五龙沟矿区金矿化带特征简表**

（据胡正国等，1997）

| 编号 | 位置 | 产出地质背景 | 规　模 | 产　状 | Au 品位（g/t） | 备　注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 东支沟西侧 | NW 向脆性断裂控制，围岩为金水口群变质岩、片麻状花岗闪长岩、中一细粒闪长岩 | 蚀变带长＞2.7km 宽 2～22m，单个矿体长 83～450m，厚 0.72～0.89m | 30°～40°∠55°～80° | 3.74～4.37 | 地表已发现 2 个表内矿体 |
| II | 东支沟 | NW 向脆性断裂控制，围岩主要为金水口群变质岩，局部为片麻状花岗闪长岩 | 蚀变带长 2.3km，宽 5～8m | 30°∠67° | 最高 0.7，一般 0.00～0.69 | 未发现金工业矿体，局部出现多金属矿化 |
| III | 东支沟之岩金沟 | NW 向脆性断裂控制，围岩主要为金水口群变质岩，局部为片麻状花岗闪长岩、闪长岩、石英闪长玢岩、花岗岩 | 蚀变带长＞7km，宽 5～40m，单个矿体长 20～560m，平均厚 0.90～3.31m | 30°～60°∠40°～65° | 最高 171，平均 3.17～14.5 | 已发现表内矿体 8 个 |
| IV | 东支沟III矿带东侧 | NW 向脆性断裂控制，围岩为金水口群变质岩、花岗岩及石英闪长玢岩 | 蚀变带长＞4km，宽 2～12m，单个矿体长 108～475m，厚 10.72～2.21m | 30°～70°∠55°～70° | 平均 1.70～8.60 | 南北两端延伸与III矿带归并 |
| V | 东支沟III矿带东侧 | NW 向脆性断裂控制，围岩为金水口群变质岩，局部为花岗岩、花岗闪长岩 | 蚀变带长＞3.5km，宽 1～3m | 30°∠50°～70° | | 矿化弱，未发现矿体 |
| VI | 东支沟V矿带东侧 | NW 向脆性断裂控制，围岩为金水口群变质岩，局部为花岗闪长岩、闪长岩 | 蚀变带长＞3km，宽 5～10m | 30°∠60° | 0.1～0.5 | 未发现工业矿体 |
| VII | 淡水沟－红旗沟 | NW、NNW 向脆性断裂控制，分支复合明显，总体位于五龙沟剪切带中，北端延入石灰沟岩体 | 蚀变带长＞7km，宽 10～15m，单个矿体 100～256m，厚 1.95～2.73m | 25°～50°∠50°～80° | 平均 5.31～14.49 | 已发现多个矿体，矿化好 |
| VIII | 石灰沟西坡 | NNW 向脆性断裂控制，南端延入五龙沟剪切带，主要围岩为石灰沟岩体 | 蚀变带长＞3km，宽 10～30m | 80°～85°∠60°～80° | 平均 0.10～2.16 | 仅发现 1 个小矿体 |
| 外滩金矿点 | 东支沟口东侧外滩 | NW 向脆性断裂控制，围岩为金水口群变质岩及中一细粒闪长岩 | 蚀变带长＞300m，宽 5～10m，单个矿体长 180m，厚 1.56m | 230°∠60° | 平均 1.08～14.68 | 品位不稳定 |

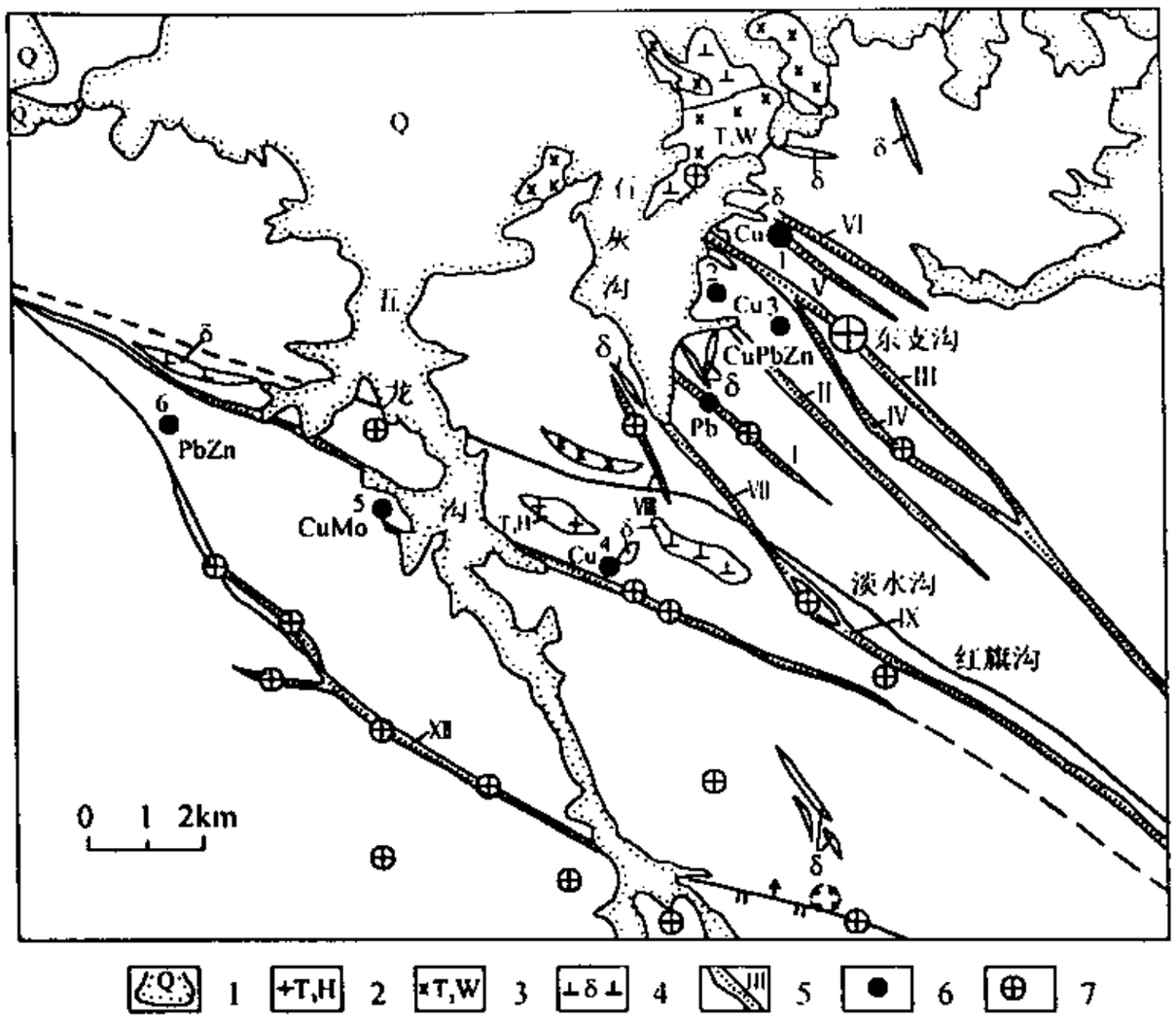



图 2-4　五龙沟金矿及外围矿化分布略图

1—第四系；2—红石岭单元；3—外滩超单元；4—闪长岩及闪长玢岩脉；
5—金矿化带及编号；6—多金属矿点；7—金矿床、矿点及矿化点；

表 2-4　五龙沟金矿III矿带矿体特征一览表

| | 矿体编号 | 长度（m） | 平均厚度（m） | 延深（m） | 平均品位(g/t) | 产　状 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 倾向 | 倾角 |
| 表内矿体 | $M_{1-1}$ | 165 | 2.86 | 41.25 | 7.28 | 30°～40° | 46°～60° |
| | $M_{2-1}$ | 215 | 2.21 | >390 | 12.56 | 50° | 50° |
| | $M_{3-1}$ | 580 | 3.41 | 134.2 | 8.80 | 50° | 50° |
| | $M_{3-2}$ | 30 | 2.54 | 20 | 10.25 | 40° | 55° |
| | $M_{3-4}$ | 20 | 1.90 | 20 | 9.60 | 75° | 80° |
| | $M_{3-6}$ | 20 | 0.90 | 20 | 5.00 | 60° | 50° |
| 表外矿体 | $M_{1-2}$ | 20 | 0.98 | 5 | 2.34 | 45° | 60° |
| | $M_{1-3}$ | 20 | 1.30 | 5 | 4.86 | 50° | 50° |
| | $M_{1-4}$ | 20 | 1.00 | 5 | 4.0 | 30° | 50° |
| | $M_{1-5}$ | 100 | 1.02 | 25 | 2.32 | 25°～32° | 40°～60° |
| | $M_{1-6}$ | 42 | 1.18 | 10.5 | 4.15 | 30°～32° | 46°～50° |
| | $M_{2-2}$ | 20 | 0.96 | 5 | 4.86 | 50° | 55° |
| | $M_{2-3}$ | 37 | 1.27 | 9.25 | 3.16 | 30°～50° | 40°～50° |
| | $M_{2-4}$ | 20 | 2.73 | 5 | 2.48 | 55° | 55° |
| | $M_{3-3}$ | 25 | 3.22 | 20 | 2.79 | 55° | 60° |
| | $M_{3-5}$ | 20 | 0.87 | 20 | 3.00 | 45° | 55° |
| | $M_{3-7}$ | 20 | 1.39 | 20 | 2.69 | 65° | 60° |
| | $M_{3-8}$ | 20 | 0.95 | 20 | 3.78 | 50° | 55° |

总体来看，各金矿化带受 NW 向断裂构造控制明显，呈 NW 向近平行排列延伸，倾向 NE，倾角 40°～60°，单个矿带一般宽数米，延伸稳定，且规模较大，如III号、VII号矿化带延伸已超过 7km。在平面上，单个矿化带多呈不规则膨缩状，分支、复合特征显著（图 2-4），沿断裂带产出有蚀变碎裂岩型的金矿化、矿体或矿化体，呈灰白色或灰黑色，表层

氧化后呈褐红色、淡黄色。矿化带内单个矿体一般为中小规模，常常集中分布，如对III矿带地表及坑道的揭露，现共圈出 3 个矿体群，即 $M_1$、$M_2$、$M_3$，其中 $M_1$ 和 $M_2$ 各由 9 个小矿体组成（含表外矿），$M_3$ 由 18 个小矿体（含表外矿）组成。表内金矿体长度和厚度变化不一，长 20～580m，平均厚 0.90～3.41m，Au 平均品位为 5.0～12.6g/t，最大延深 390m，表外矿体长 20～120m，平均厚度 0.87～3.22（表 2-4），这些矿体在断裂带内呈斜列式展布，分支复合、膨大缩小特征明显。矿化带及其中的矿（化）体的产状、分布和变化形式反映它们是在构造由压扭性向张扭性转换的过程中形成的，并且矿体的形态、产状、规模和空间展布样式严格受 NW 向断裂构造控制。

（二）矿石

1. 矿石类型、矿物组成及结构构造

矿床最主要的矿石类型是破碎带蚀变岩型金矿石，按照金属矿物组合、蚀变特征等，又可将其划分为 4 种：① 绢云母化黄铁矿化型金矿石　形成早、分布广，构成了工业矿体的主体，一般呈灰白色、浅黄绿色，块状构造，绢云母含量≥50%，含一定量的石英和I＜5%的浸染状黄铁矿，金品位一般＜10g/t；② 硅化毒砂矿化型金矿石　分布较广，构成了东支沟III-2、III-3 矿体的大部分，呈灰黑色，矿石中石英含量≥45%，普遍含＜5%的毒砂及黄铁矿，毒砂和黄铁矿主要呈星散状、细小网脉状穿插或浸染于蚀变碎裂岩中，金含量较高，一般＞20g/t，局部可达 171.04g/t；③ 辉（铁）锑矿化金矿石　分布局限，仅见于III-2 矿体中，呈灰黑色，辉锑矿、辉铁锑矿呈针状、毛发状浸染于蚀变碎裂岩中，或呈辉锑矿、辉铁锑矿石英细脉和辉锑矿、辉铁锑矿铁碳酸盐细脉产出，这种矿化一般叠加于前两种矿石之上，因而金品位较高，一般＞19.75g/t，最高达 80.49～99.08g/t；④ 黄铁矿化碳酸盐化金矿石　分布局限，矿石中碳酸盐含量普遍较高，可达 50%以上，黄铁矿、方解石以微细网脉形式产出，矿石含金低，一般＜5g/t，标志着金矿化已接近尾声。

矿石矿物主要有黄铁矿和毒砂，其次为辉锑矿、辉铁锑矿及很少量的白铁矿、自然金、磁黄铁矿、钛铁矿、黄铜矿、方铅矿；主要的脉石矿物为石英、绢云母、斜长石，其次有方解石，另含有微量的铁白云石、重晶石、矽线石、锆石等。

主要矿石结构为他形—半自形粒状结构、鳞片变晶结构、碎裂结构。矿石构造以浸染状和细网脉状为主，其次为角砾状构造，偶见有条带状和环带状构造。浸染状构造表现为细粒黄铁矿及粉尘状毒砂均匀分布于绢英岩化蚀变碎裂岩中，细网脉状构造主要见有石英网脉、毒砂石英网脉、毒砂铁碳酸盐网脉、辉（铁）锑矿铁白云石网脉和方解石石英黄铁矿网脉等穿插于不同的矿石中。

2. 主要矿石矿物标型特征

① 黄铁矿

是五龙沟金矿中含量最高、分布最广的金属矿物，多呈它形—半自形粒状和细粒状集合体较均匀分布于蚀变岩石及矿石中，粒径 0.005～1.132mm，一般晶形不好，多沿黑云母、角闪石的解理及边部分布，局部所见的立方体及五角十二面体自形黄铁矿主要产于石英细脉、碳酸盐脉和单一黄铁矿细脉中。黄铁矿表现为不同的世代，较早的晶形好，其四周因受后期强烈构造活动作用而碎裂化，含金性差。而成矿期黄铁矿呈细小的粒状，局部集中成团块状或细网脉状，含金性好。单矿物电子探针分析表明，矿石中的黄铁矿 S/Fe 原子比为 1.82～2.13，呈现亏 S 和富 S 两种，显示出成矿流体性质与成矿环境的变化，含金黄铁矿的 As 含量明显偏高，为 1500～15000×$10^{-6}$。

② 毒砂

为主要含 Au 矿物之一，在矿石中分布较普遍，但含量不高，粒径 0.005～0.10mm，呈自形矛状、长条状均匀分布于矿石中，少量与碳酸盐、石英或黄铁矿相伴呈脉状产出。电

子探针分析结果表明，毒砂主要由 Fe34.25%～37.61%、As40.85%～44.47%、S18.60%～22.09%组成，与理想成分十分接近，与黄铁矿相比，Sb、Au 含量较高。矿石中毒砂的 As/S 原子比为 0.79～1.00，平均 0.90，具贫 As 富 S 特征。实验研究证明，当 T＞491±12℃时毒砂与磁黄铁矿共生，而当 T＜491±12℃时与黄铁矿共生，该矿床毒砂常与黄铁矿共生而不与磁黄铁矿共生，表明其形成温度应＜491±12℃，另外，矿石中毒砂多以粉尘状微细粒产出，亦显示为较低温条件下结晶产物。

③ 辉锑矿及辉铁锑矿

辉锑矿多以斜切含金构造蚀变带的辉锑矿石英脉形式产出，具多期性，较早形成的辉锑矿呈粗粒块状或团块状产于石英脉中，受后期构造变形作用，被搓碎呈碎斑和碎基，并见应力聚片双晶变形条带，细粒碎基后来重结晶又形成细粒自形粒状，化学成分除 S、Sb 外，还含有较高的 As（4.49～5.00%），含金性一般较差。

辉铁锑矿又名蓝铁矿，为本区首次发现，形成较晚，呈针状、毛发状与铁碳酸盐或石英共生，宏观及显微镜下与辉锑矿不易区分，但两者的化学成分明显不同，辉铁锑矿含 Fe 达 12.47%，含 Sb 低，但含 As 较高，达 3.73%，与辉锑矿相比，其含金偏高。

3. 金的赋存状态

总体上，该矿床金矿石中明金少，金主要以不可见金的形式赋存于硫化物矿物中。对原矿矿石（含 Au6.65×$10^{-6}$）进行的金溶解性实验表明，单体自然金、裸露自然金含量少，仅占 10.08%；硅酸盐矿物中金也不多，占 20.44%；而在硫化物矿物（主要为毒砂、黄铁矿、白铁矿等）中，含量大于 53.68%。

李厚民等（2001）对该矿床 100 多个矿石光片进行了研究，仅在 1 个光片中的脉石矿物内见有 52 粒明金，粒径多<0.03mm，最大粒径 0.139mm×0.308mm，金主要以细脉状、粒状赋存于脉石矿物裂隙和晶隙中。明金多为自然金，成色较高，呈金黄红色。此外，在辉锑矿中偶见包裹有金矿物。

（三）围岩蚀变

矿床围岩蚀变十分强烈，主要蚀变类型有硅化、绢云岩化、黄铁矿化、毒砂矿化及碳酸盐化等，其中以黄铁绢英岩化蚀变最强烈、最普遍。

① 绢云岩化

以斜长石和黑云母等矿物的绢云岩化为代表，是矿区内最普遍的水热蚀变。绢云母化与金矿化的直接联系不十分清楚，当强绢云母化与强硅化共生时，通常将二者合并称为绢英岩化，金矿化明显增强，但仅有绢云母化而无硅化蚀变时，金矿化较弱。

② 硅化

单一硅化以石英细脉、网脉穿切岩石的形式出现，但最常见的硅化为与绢云母共生的热液石英。石英呈细一微粒自形晶，多与辉铁锑矿、毒砂、细粒黄铁矿等密切共生。在蚀变带硅化岩脉中，金品位往往很高，且随硅化增强而明显变高，在III-1 矿体烟灰色硅化石英晶间及裂隙中，就多处见到明金。

③ 金属硫化物化

与金矿化关系最密切，常常形成黄铁绢英岩化蚀变岩型矿石和多金属硫化物细脉。在蚀变岩（矿）石中金属硫化物含量一般＜10%，早期的金属硫化物矿化呈浸染状，是含铁硅酸盐矿物蚀变时析出的 Fe 与成矿流体中的 S、As 反应的产物，较晚期的金属硫化物矿化以细脉状辉锑矿、辉铁锑矿为特征，并与石英、铁碳酸盐共生，Sb、S、As 等成矿元素主要来自成矿流体，形成温度较低；最晚期的金属硫化物矿化以黄铁矿细脉、黄铁矿方解石细脉形式出现。

④ 碳酸盐化

主要为长石及闪石类矿物蚀变后产生的方解石及少量铁碳酸盐（＜10%），呈浸染状和细脉状。该类蚀变分布广泛，但一般较弱，其含金性分析结果表明，金矿化亦较弱。

（四）成矿期与成矿阶段

根据矿物组合、矿石组构及矿脉穿插关系，结合区域构造演化特征，可将矿化过程分为早期金初始矿化期和主期金热液成矿期，其中主热液成矿期又可分为 5 个矿化阶段。

1．初始金矿化期

为区内最早的一次矿化作用，主要为受加里东期构造活动的影响，沿碰撞带形成了一些大型韧性剪切带，促使了成矿流体活化和金等成矿物质的初步富集。金含量一般较低，仅仅为非经济的矿化。

2．主热液成矿期

① 黄铁绢英岩化金矿化阶段

该阶段黄铁绢英岩化强烈，绢云母、石英主要为构造岩中斜长石、黑云母等经热液蚀变而成，可见绢云母、石英集合体显示为斜长石、黑云母的晶形、解理或环带、双晶构造等假象，黄铁矿以细粒它形浸染状沿原暗色矿物的解理及边部分布。典型矿物组合为绢云母＋石英＋黄铁矿＋磁黄铁矿，含 Au0.02～17.80×$10^{-6}$，平均 3.80×$10^{-6}$。

② 硅化毒砂化金矿化阶段

该阶段细粒硅质交代明显，毒砂化发育，并有较强绢云母化。硅化以石英细脉、网脉或交代硅化岩形式出现；毒砂呈极细小矛状、长条状自形晶均匀浸染、交代。典型矿物组合为石英＋毒砂±黄铁矿±绢云母，含 Au3.57～171.04×$10^{-6}$，平均 46.69×$10^{-6}$。

③ 辉（铁）锑矿化金矿化阶段

该阶段的代表产物是辉锑矿和辉（铁）锑矿。辉锑矿呈它形粗晶产于脉石英的裂隙中，部分被碎粒化；辉铁锑矿比辉锑矿形成晚，呈毛发状产于活化石英细脉或铁碳酸盐细脉中，或呈重结晶的细粒自形辉锑矿交代细粒化辉锑矿。典型矿物组合为辉锑矿＋辉铁锑矿＋石英±铁碳酸盐，含 Au16.54～99.08×$10^{-6}$，平均 54.04×$10^{-6}$，电子探针分析结果表明金主要赋存在辉铁锑矿中。

④ 石英黄铁矿化金矿化阶段

该阶段以黄铁矿细脉、活化石英细脉发育为特征。脉宽数毫米，脉中黄铁矿呈细粒立方体自形晶，石英呈洁净的微细粒自形棒状晶，系硅质活化产物，明显晚于绢云母化、毒砂化。该阶段金矿化弱，含 Au 0.108～5.49×$10^{-6}$，平均 1.32×$10^{-6}$。

⑤ 碳酸盐化阶段

以沿张性裂隙充填的方解石细网脉为特征，切穿毒砂黄铁矿脉。含 Au 0.152～1.85×$10^{-6}$，平均 0.80×$10^{-6}$，表明金矿化已接近尾声。

## 四、矿床成因分析

综合前述可见，五龙沟金矿是一个产于区域 NW 向剪切带中的、严格受其旁侧次一级 NW～NNW 向脆性断裂控制的造山型破碎带蚀变岩亚型金矿床。根据野外观察到的不同地质体之间的穿插关系和剪切带中黑云母、角闪石、白云母等热液蚀变矿物的 Ar-Ar 法定年（439～399Ma 和 240～216Ma）以及 1 件黄铁绢英岩化蚀变糜棱岩型金矿石的绢云母 Ar-Ar 法测年结果，表明该矿床是晚加里东和晚华力西－印支两期造山作用叠加的产物。在晚加里东洋陆碰撞阶段，由于昆南地体向北俯冲闭合，沿碰撞带形成一系列大型逆冲型韧性剪切带，从而导致成矿流体活化和金等成矿物质的初步富集；晚华力西－印支期，造山过程中的流体沿剪切带大规模迁移，区域南侧阿尼玛卿－巴颜喀拉洋的逐渐向北俯冲闭合，使昆中地区强烈隆升，并导致上述大型剪切带的左行滑移，使大型剪切带旁侧的早期配套断