

7-11

五龙金矿脉岩对金矿体的制约机制

杨春福 纪兆家 张国宪 许相男

(辽宁五龙金矿·丹东·118012)

p618.510.5
p618.510.2

从五龙金矿矿体与各类脉岩的同源性入手,结合矿区成矿构造的发生、发展及演变规律,系统阐述了脉岩与金矿体的相互制约关系及成生机理,总结了各类脉岩对金矿体的控制规律。

关键词 脉岩, 金矿体, 制约机制, 五龙金矿床

成矿构造

1 矿区地质概况

五龙金矿区位于新华夏系千山山脉一级隆起东部边缘。区内分布的岩石为黑云母花岗片麻岩,上元古界辽河群呈残留体仅出露于矿区的南部。距矿化中心南2.5 km有花岗闪长岩岩株(K-Ar法年龄为90 Ma)侵位于辽河群与黑云母花岗片麻岩的接触带部位,并有闪长岩脉、花岗斑岩脉、煌斑岩脉等多种脉岩遍布全区。区域断裂有矿区SE 13 km、走向45°的鸭绿江深大断裂及矿区周围的一组NE 20°左右的断裂。由于容矿围岩为花岗岩类脆性岩石,因此区内褶皱构造很不发育(图1)。

矿体(含金石英脉)主要有近SN和NW两组走向,倾角均较陡(多在60°~80°之间),赋存在细粒闪长岩脉的构造空间内,并同其它脉岩一样成群成带产出。矿体与围岩界限清晰,脉壁平直,围岩的金矿化极弱,显示成矿以裂隙充填式为主。成矿热液为岩浆热液(李兆龙等,1987;杨连生等,1989;刘连登,1987)。

2 脉岩同金矿体的关系

2.1 各类脉岩特征及与矿化的关系

根据井下揭露的大量现象结合有关的分

析测试数据,将矿区常见脉岩的主要特征,按生成先后的顺序列于表1。

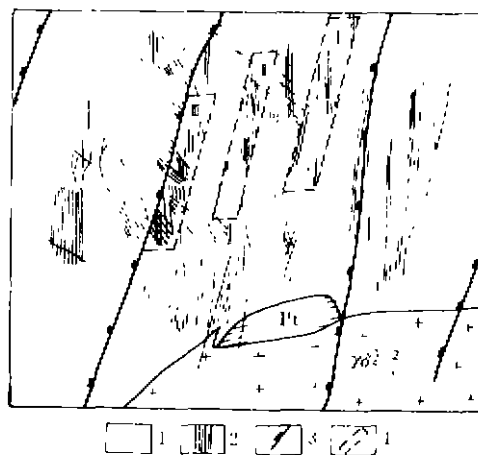


图1 五龙金矿区构造地质简图

Pt—元古界辽河群; γ_0^{f-2} —花岗闪长岩; 1—黑云母花岗片麻岩; 2—各类脉岩; 3—断裂; 4—脉岩集中带(工业矿体分布区)

此外,矿区内还有花岗闪长岩脉、闪长玢岩脉、晚期细粒闪长岩脉等脉岩,因其发育数量稀少且与成矿关系不甚密切,因此不做重点阐述。

2.2 主要脉岩、金矿体、三股流岩体三者的同源性

2.2.1 稀土元素特征

稀土元素是一组稳定性很强的元素,即使受构造—热事件的影响,其配分比也变化甚微。在同一地质作用中形成的或同一岩浆

演化作用的产物具有相似的配分图式。图 2 可清楚看出三者的稀土元素配分曲线基本一致,而金矿体与各种脉岩的曲线分布型式更

加接近,反映了三者成因上的一致性;从图 3 可直观看出它们的线性分布特点,进一步说明了三者为同源岩浆演化的产物。

表 1 五龙金矿主要脉岩特征及与矿化关系表

生成顺序	与成矿的关系	脉岩名称	总体走向	主要特征
1	成矿前	片理化细粒闪长岩脉	NEE	延长 $n \times 10m \sim 100$ 余 m, 宽常见 2 m~4 m, 蚀变以黑云母化、绿泥化为主, 普遍存在构造片理化现象。边部局部地段赋存有早期石英脉(无金矿化)。
2		细粒闪长岩脉	近 SN NW	延长 $n \times 10^2 m \sim n \times 10^3 m$, 宽常见 2 m 左右, 成带状分布, 纵贯全区。是含金石英脉赋存的空间。
3		花岗斑岩脉	近 SN	延长 $n \times 10^2 m \sim n \times 10^3 m$, 宽 $n m \sim n \times 10 m$, 发育于东部区。脉壁不平直, 齿状边界及走向大角度转弯现象明显。边部常有金矿化, 但不具有工业价值。
4	成矿期	含金石英脉	近 SN NW	延长 $n \times 10 m \sim n \times 10^2 m$, 宽常见 1 m~2 m, 最宽 17 m。呈带状展布, 赋存在闪长岩脉的构造空间内, 产状与细粒闪长岩脉完全一致。
5	成矿后	煌斑岩脉	近 SN	延长 $n \times 10 m \sim n \times 10^2 m$, 宽常见 2 m 左右, 遍布整个矿区, 穿插破坏矿体。
6		辉绿玢岩脉	NWW	走向延长 $n \times 10^2 m \sim 1000$ 余 m, 宽常见 2 m~4 m, 数量稀少, 穿插破坏矿体。

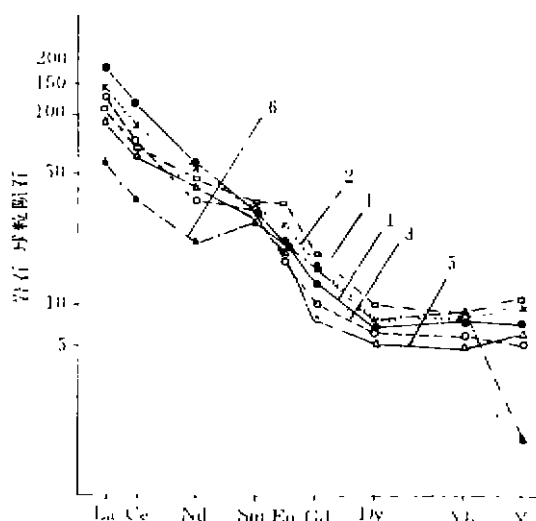


图 2 五龙金矿矿体、主要脉岩及三股流岩体的 REE 球粒陨石标准化图谱
(据长春黄金研究院)

1—三股流岩体(花岗闪长岩, $n=5$); 2—细粒闪长岩脉($n=3$); 3—花岗斑岩脉($n=4$); 4—辉绿玢岩脉($n=5$); 5—煌斑岩脉($n=1$); 6—金矿体($n=5$)

2.2.2 硫同位素特征

矿区含金石英脉中主要金属矿物黄铁矿、磁黄铁矿硫同位素主要特征如下: ① δS 值的分布范围为 $+0.9\text{‰} \sim +3.5\text{‰}$, 算术平均值为 $+2\text{‰}$, 塔氏分布特征明显, 具有一般岩浆热液矿床特征; ② 不同矿化阶段的硫化物的硫同位素组成基本相同, 表明可能为同一硫源; ③ 黄铁矿、磁黄铁矿的硫同位素没

有明显差异。由此进一步说明了矿床与燕山期花岗闪长岩岩株的成因关系。

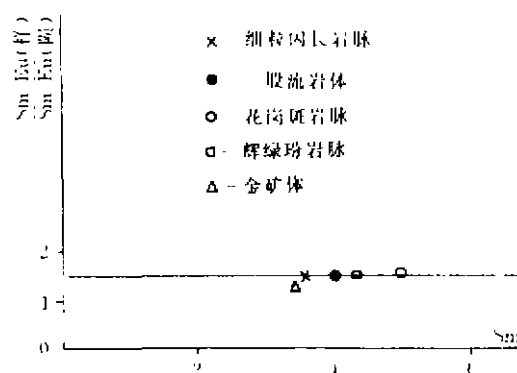


图 3 $\frac{Sm}{Eu}(\text{样}) - \frac{Sm}{Eu}(\text{陨})$ 变异图
(据长春黄金研究院)

2.2.3 脉岩、金矿体、三股流岩体的时空关系

用 K—Ar 法测得三股流岩体、花岗斑岩脉的同位素年龄分别为 90 Ma 和 78.6 Ma, 可见成岩成矿归属于中生代末期的燕山运动; 在空间上, ① 各类脉岩成群成带围绕三股流岩体产出, 并相互穿插制约, 可明显地分出集中带与分散带; ② 含金石英脉产于上述的脉岩集中带内, 并与细粒闪长岩脉同构造空间; ③ 各类脉岩及金矿体无论其走向如何, 均向岩体方向倾伏; ④ 脉岩的产状变化对金矿体(化)有明显的制约作用。

此外,三股流岩体内有 Ag、As、Cu、Pb、Bi、Sn 元素异常,与矿体的元素异常相似;容矿围岩(花岗片麻岩)的 K—Ar 法年龄为 106 Ma~115 Ma^[2],明显经受了燕山期的构造—岩浆活动叠加。综上所述,五龙金矿的成矿是在燕山期的频繁构造—岩浆活动中进行的,脉岩与金矿体及三股流岩体三者有密切的时空和成因上的联系。

3 脉岩对金矿体的制约及成因探讨

3.1 脉岩的集中带控制了金矿体的产出部位

由图 1 可见,矿区内脉岩自东向西明显地存在 3 个脉岩集中带,基本上以 400 m 左右等距离出现,与其相对应的金矿体也呈带状嵌布其中。I 带为 213~2 号脉带,II 带为 76~10 号脉带,III 带为 107 号脉带。目前的勘探程度表明,区内所有的工业矿体全部位于这 3 个脉岩集中带内,其余部位(分散带)的含金石英脉不具有工业价值或工业意义不大且数量稀少。

关于金矿体产于脉岩集中带的这一现象,国内外不少矿山都有类似的介绍,但对其成因却报道较少。笔者认为,就五龙金矿而言,产生这种现象的缘由主要有两个方面:首先取决于它们形成的构造应力场方向。通过对矿区内整个脉岩阶段的构造应力场分析,结合前面的结论得出,含金石英脉是在各类脉岩生成的频繁构造应力场活动下侵位的,并且构造应力场方向没有大的变化。这样导致早先生成的脉岩(结构面)成为下一次构造脉动的薄弱面,后期脉岩(或矿体)利用(或迁就利用)早期先存的结构面侵位,造成了矿体和(或)脉岩的成群成带的分布现象;其次,取决于各类脉岩及矿体的同源性。前已述及,各类脉岩与含金石英脉来自同一岩浆源,因此,它们具有相同的运移通道,构造的继承性脉动促使原有的构造裂隙张开,具同源岩浆演化的后期地质体沿复活的裂隙运

移和定位形成了脉岩和矿体的带状分布特点。

3.2 含金石英脉与细粒闪长岩脉同构造空间

据对矿区内 400 余条含金石英脉的逐一观察和统计,所有的含金石英脉均赋存在细粒闪长岩的构造空间内,无一例外,闪长岩脉是含金石英脉存在的“必要条件”。产生这种“鱼与水”的依赖关系,笔者认为除了以上介绍的具有相同的构造应力场方向和相同的运移通道(同源性决定的)两方面的决定因素外,还与闪长岩脉的物、化性质有关。据测定,矿区细粒闪长岩脉的抗张强度为 132 kg/cm²,而花岗片麻岩的抗张强度为 95.07 kg/cm²(据东北大学测试结果),可见,细粒闪长岩脉具有较强的韧性,在构造活动中不易产生贯通裂隙,因而是矿液富集的很好“屏障”。这一认识同时又是对矿区内花岗斑岩脉为何存在多处金矿化(局部金品位高达 91×10^{-6})但又不能形成工业矿体这一普遍现象的最好解释。现场观察发现,由于花岗斑岩脉的脆性,导致成矿期的构造活动在该脉岩内产生了两组共轭剪裂隙且发育完善(矿工称之为“骰(色)子块岩石”),使随后侵位的矿液分散,不能形成实质性的富集。这就是该区呈现的含金石英脉表面上优选细粒闪长岩脉构造赋存的原因。换言之,如果该区的花岗斑岩脉为其它较韧性的岩石,则该构造同样也可能赋存金矿体。此外,含金石英脉位于闪长岩脉的构造空间内还与闪长岩脉本身的还原性质有关。由于该脉岩的 Fe、Mg 矿物含量较多,在与含金热液作用时可作为金的沉淀创造良好的还原条件。这一过程可简单地理解为 $Au^+ + Fe^{2+} \rightarrow Au \downarrow + Fe^{3+}$ 。据资料记载,胶东地区的金矿不少与煌斑岩脉关系密切,其中就有这方面的因素。当然,造成含金石英脉与闪长岩脉同构造空间可能还有酸碱度,挥发组份等多种因素参与,不过相比之下前述条件更为重要。

至于矿体为何不定位于片理化细粒闪长岩脉?这主要决定于该脉岩的产状和容矿构造的性质。杨春福^[2]通过对五龙矿区成矿期的构造应力场分析得出,矿区的含金石英脉侵位时,构造活动体现为沿 20° 方向的左行扭动。矿体的定位空间是该扭动应力场作用下产生的一组共轭剪裂隙(图 4)。在主压应力作用下,共轭剪裂面 S_1 (近 SN 向) 与 S_2 (NW 向) 具有可能的相对引张部位,而扭压结构面 P (NEE 向) 则始终与主压应方向垂直,不具备发育良好储矿空间的条件。此外根据这一认识又不难解释该脉岩内部广泛发育的构造片理化现象;其次,五龙金矿的容矿围岩为大面积的花岗岩类脆性岩石,这类岩石在扭应力作用时,其扭压性结构面 P 往往很不发育(在沉积岩或副变质岩地区这组结构面则占主导地位(多发育为褶皱)),因而不能为矿液提供聚集场所(柔性岩石地区多形成层间裂隙或褶皱虚脱空间)。

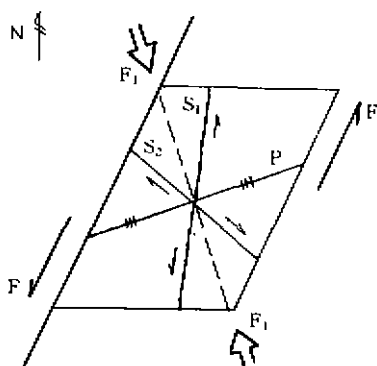


图 4 成矿期构造应力场作用下产生的实际结构面
F—主结构面扭应力; F_1 —主压应力; S_1, S_2 —共轭剪裂面; P—扭压结构面

3.3 含金石英脉厚度与闪长岩脉厚度呈“反消长”关系

矿区内含金石英脉的厚度与其同构造空间的细粒闪长岩脉厚度存在一种特殊的制约关系,即在矿体中部相对膨大部位,边部的闪长岩脉厚度很薄;而在矿体厚度较小的端部,则闪长岩脉的厚度却较宽,但二者厚度的总和却基本保持稳定(图 5-C)。产生这种现

象的原因,笔者认为与岩脉形成时的厚度差异,岩脉同花岗片麻岩间的物性差异以及矿液充填时的构造活动方式有关。在脉岩侵位过程中,由于受构造应力的强弱和(或)不同地段岩石物化性质的不均一以及地理条件等因素的影响,细粒闪长岩脉在成岩时存在厚度上的膨缩区间(图 5-A),由于成矿期构造的继承性脉动,导致在闪长岩脉两壁(物性分界面)形成构造包络面(图 5-B),包络面内则发育密集的剪裂隙,其中相对脆性的花岗片麻岩块体极易演化为构造岩而形成一定的储矿空间,矿液选择该区段侵位就形成了二者厚度上的“反消长”关系。当然,剪切作用也造成了细粒闪长岩内部剪裂隙的生成,但由于它本身的相对柔性,因此不能形成良好的储矿空间(闪长岩脉内部的剪裂隙现仍保存完好,部分裂隙因贯入了少量矿液而形成“矿脉构造线”)。

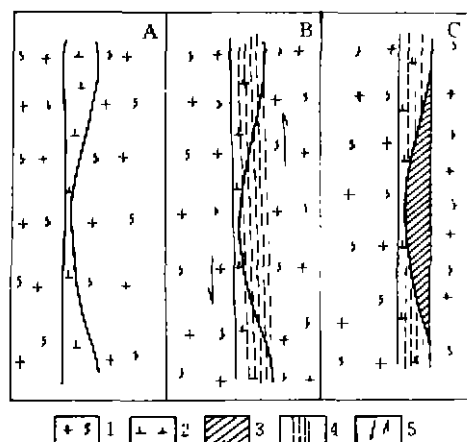


图 5 五龙金矿体与脉岩厚度呈“反消长”成因模式图

1—黑云母花岗片麻岩;2—细粒闪长岩;3—含金石英脉;4—构造包络面(带);5—应力及方向

3.4 脉岩产状对矿体的制约机制

矿区矿体的发育程度明显受细粒闪长岩脉产状的制约。主要表现在以下几个方面:
①近 SN 组矿体在沿细粒闪长岩脉走向的左弯地段发育,反之在右弯地段变窄甚至尖灭;
②NW 组矿体在沿细粒闪长岩脉走向的右弯

地段膨大,而在左弯地段不发育(图6);③两组矿体在垂向上倾角较陡的地段矿化富集。所有这些,均是由于容矿构造在矿脉(液)充填时所受的应力及方向引起的。前已述及,区内的两组容矿构造系区域 NE 20° 组断裂的左行扭动所诱导的一组共轭剪裂面,其中近 SN 组的局部应力场表现为左行剪切,这

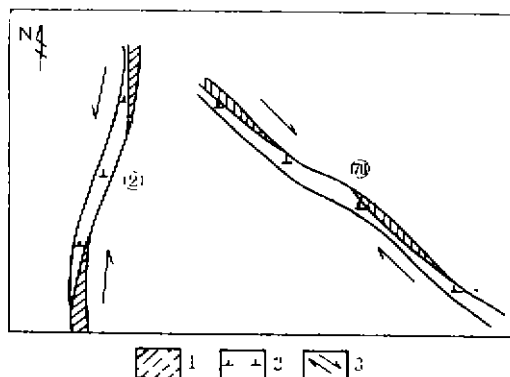


图6 闪长岩的走向变化对金矿体的制约作用

1—金矿体;2—闪长岩;3—应力及方向。

种剪切方向会造成结构面在沿走向左弯的地段具有相对引张的空间,因而能产生矿液的大量储集,而在沿走向右弯的地段则是应力的集中部位(可见应力集中的各种现象),没有良好的储矿空间,故矿体不发育;矿区的另一组 NW 向容矿构造由于局部应力场表现为右行剪切(图4),导致发育矿体的部位恰与近 SN 组的相反,即在沿结构面的右弯地段发育矿体;至于在垂向上的矿化展布特点,是容矿断裂的性质决定的。通过观察分析确认,该区的两组容矿构造均具有正断层性质,

而正断层的容矿构造恰是在陡倾斜地段具有相对引张的空间,即有利于矿液的侵位,缓倾斜的部位则做为封闭“区间”。这一点,同上述矿体在平面上的富集规律相似。

4 结论

(1)五龙金矿的矿体受各类脉岩的严格制约。由于构造活动的脉动性,使较早生成的脉岩地段成为后来地质体侵位的有利场所,加之同源性的因素,导致各类脉岩的成群成带产出;

(2)含金石英脉定位于细粒闪长岩脉的构造空间是由相同的构造应力场、二者的同源性及岩石的物化性质等多方面因素共同促成的;

(3)区内花岗斑岩普遍存在金矿化却不形成工业矿体,主要是因为本身的脆性产生了贯通裂隙、无“阻挡层”的缘故;

(4)细粒闪长岩脉与含金石英脉厚度呈现“反消长”的关系是由该脉岩同花岗片麻岩的物性差异、岩脉本身的厚度变化及构造活动性质决定的;

(5)容矿构造的力学性质及活动方向控制了金矿体在细粒闪长岩脉中发育的具体部位,产生了细粒闪长岩脉的产状变化对金矿体的制约作用。

参考文献

- 1 杨春福 辽宁五龙金矿容矿断裂构造与金矿体空间赋存特征. 黄金, 1997, 18(3)
- 2 李兆龙, 等. 辽宁五龙金矿地质特征及矿床成因. 地质找矿论丛, (2); 3, 1987

RESTRAINING MECHANISM OF VEINS IN WULONG GOLD DEPOSIT ON Au OREBODIES

Yang Chunfu, Ji Zhaojia, Zhang Guoxian, Xu Xiangnan

By the same sources between Wulong Au orebodies and veins, with the development evaluation of mineralization structure, the relationship between veins and Au bodies and their metallogenic mechanism were described. Ore-controlling regularities on various veins were summarized.

Key words veins, gold orebody, restrain mechanism, Wulong gold deposit