

广东河台金矿滑痕线理与金矿体的关系 及成矿意义

朱江建¹ 林舸² 曾乔松²

(1. 北京矿产地质研究院 北京 100012;

2. 中国科学院矿物学与成矿学重点实验室 广州地球化学研究所 广州 510640)

摘要 为了确定河台金矿的成矿动力学机制,文章研究了河台金矿滑痕线理与金矿体的关系。研究表明,两组滑痕线理均与金矿体有伴生关系;滑痕线理的两组侧伏角($10^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 和 $42^{\circ}\sim 70^{\circ}$)与金矿体的两组侧伏角($20^{\circ}\sim 29^{\circ}$ 和 $45^{\circ}\sim 70^{\circ}$)一致;可能与滑痕线理形成有关的两组时间($187\sim 192\text{Ma}$ 和 $(141\pm 6)\sim (157.1\pm 1.0)\text{Ma}$)与金矿体的两组形成时间($169\sim (175\pm 4.3)\text{Ma}$ 和 $(121.9\pm 14.1)\sim (152.5\pm 3.1)\text{Ma}$)一致。以上研究表明,滑痕线理与金矿体有成因联系。结合前人研究成果,提出河台金矿沿滑痕线理发生滑动的减压过程中,很可能引发含金热液沿滑动方向的泵吸作用与减压沸腾成矿作用,进而决定了滑动方向控制了金矿体的延伸方向。脆-韧性剪切成矿期缓侧伏角的滑动作用($10^{\circ}\sim 35^{\circ}$)控制了缓侧伏角的矿体($20^{\circ}\sim 29^{\circ}$);热液成矿期陡侧伏角的滑动作用($42^{\circ}\sim 70^{\circ}$)控制了陡侧伏角的矿体($45^{\circ}\sim 70^{\circ}$)。

关键词 河台金矿 滑痕线理 糜棱岩 广东

中图分类号: P618.51 文献标识码: A 文章编号: 1674-7801(2018)03-0333-09

0 引言

河台金矿是典型的与韧性剪切带有关的金矿床,也是目前粤西、桂东南已发现的最大的金矿床。关于河台金矿构造与成矿方面的研究,前人已开展了一些有益的探讨(凌井生等,1992;叶锦华等,1993;刘伟,2004;欧阳玉飞等,2005,2007;李新福等,2007),然而对河台金矿矿体形成时的动力学机制至今仍缺乏研究。河台金矿滑痕线理主要发育在糜棱面理上,且可见两组北东侧伏的滑痕线理,一组侧伏角为 $10^{\circ}\sim 35^{\circ}$,另一组为 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ (周崇智等,1988)。河台金矿的金矿体也主要分布在糜棱面理上且也有向北东侧伏的规律(王斯亮等,2000;伍思洪,2005)那么如上所述的滑痕线理与金矿体是否有成因联系?滑动是否是金沉淀富集的动力学机制?本文进一步统计了河台金矿滑痕线理的侧伏角与金矿体的侧伏角,进而研究滑痕线理与金矿体

的伴生关系与时间关系,以期对上述问题进行有益探讨。

1 河台金矿矿床地质特征

河台金矿位于云开大山变质杂岩体北部、罗定—广宁断裂变质带和吴川—四会断裂变质带的交汇部位(图1左上角)。该矿北部出露震旦系乐昌群局部混合岩化的石英云母片岩、石英岩等,糜棱岩带主要发育于其中。南部出露奥陶系三尖群薄层浅变质砂岩、粉砂岩及薄层板岩,其通过 F_1 断裂与震旦系乐昌群呈断层接触。 F_1 断裂是矿区主要的导矿构造之一,位于矿区南部,倾向NW,倾角 $55^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。含矿构造为糜棱岩带及发育于其中的脆性断裂。糜棱岩带及沿其下部发育的脆性主断裂倾向与 F_1 断裂一致,倾角相对较陡,与 F_1 断裂可能表现为“y”字型展布(图1右下角)。云西矿床、高村矿床是河台金矿主要的金矿床。平面上,9号糜棱岩带

[收稿日期]2017-08-21

[基金项目]中国地质调查局综合地质调查项目(编号:121201001000150010)资助。

[第一作者简介]朱江建,男,1995年生,博士,高级工程师,从事矿床学研究与矿产勘查工作;E-mail: zjj3xsjl@163.com。

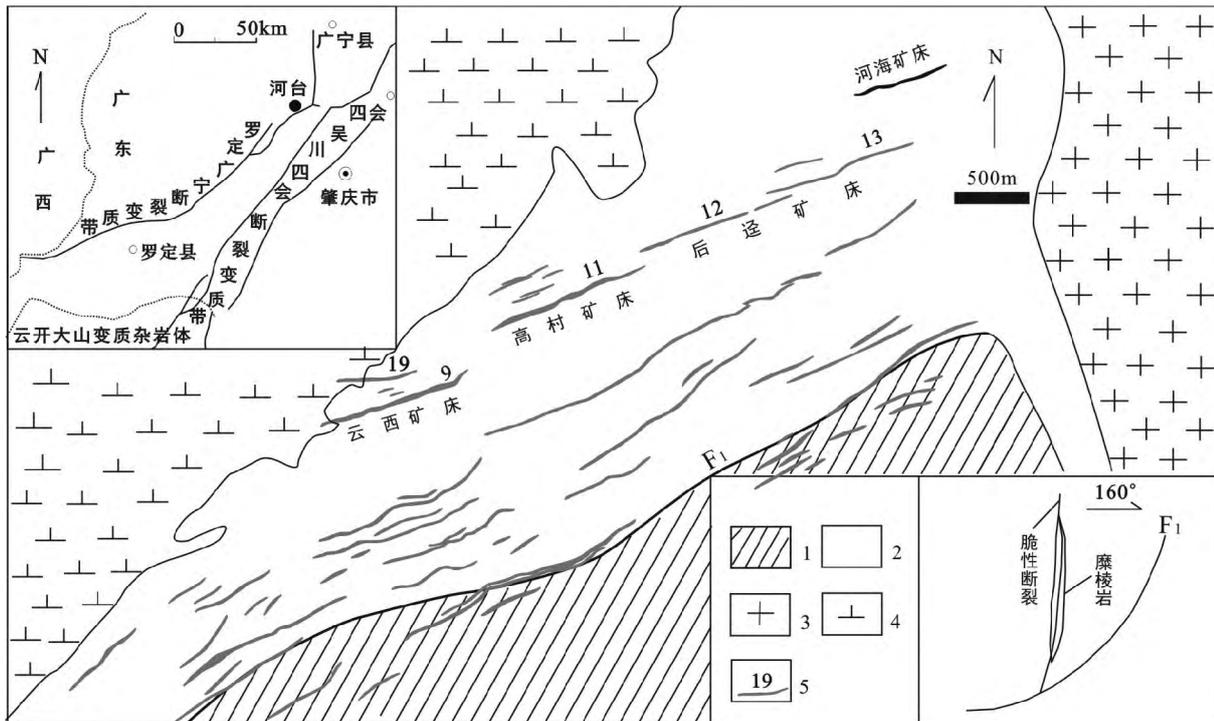


图1 河台金矿区地质简图(据朱江建等 2011a, 2011b 修改)

1—奥陶系三尖群薄层浅变质砂岩、粉砂岩及薄层板岩; 2—震旦系乐昌群局部混合岩化的石英云母片岩、石英岩; 3—巨斑状黑云母二长花岗岩; 4—黑云母斜长花岗岩; 5—糜棱岩带及其编号

(云西矿床主要的含矿糜棱岩)、11号糜棱岩带(高村矿床主要的含矿糜棱岩)、12、13号糜棱岩带(后迳矿床)呈左阶斜列产出。9号糜棱岩带走向长1300m,宽8~51m,工程控制深度达900m未尖灭,总体倾向NW,倾角 $70^{\circ}\sim 85^{\circ}$,局部反倾。11号糜棱岩带走向长1500m,宽30~61m,工程控制深度达600m仍未尖灭,总体倾向NW,倾角较陡,局部反倾。9、11号糜棱岩中的矿体呈大脉状产出,长一千多米,厚几十厘米到几十米,延深达600m以上。矿体膨大缩小明显(往往对应糜棱岩的膨大缩小部位),连续性差,从东向西,从上到下侧列产出,且主要沿糜棱岩的糜棱面理分布。矿体与围岩没有明显的界限。12、13号糜棱岩带规模与9、11号糜棱岩带相当,矿化较弱,地质工作程度较低,其中13号糜棱岩带西端的钻孔见有品位较高、厚度较大的矿体,往下往东均未做进一步的地质工作。如上矿床均为蚀变糜棱岩型金矿床。位于矿区东北部的河海矿床则为石英脉型金矿床。矿区西部出露印支期(209~242Ma)(陈骏等,1993)黑云母斜长花岗岩;东部出露燕山期(153.6 Ma \pm 2.61Ma)(翟伟等,2005)巨斑

状黑云母二长花岗岩(图1)。

河台金矿可分为韧性剪切成矿期(陈骏等,1993;王鹤年等,1989;何文武等,1993;姚德贤等,1995;翟伟等,2006)、脆-韧性剪切成矿期(陈骏等,1993)与热液成矿期(刘伟,2004;陈骏等,1993;王鹤年等,1989;何文武等,1993;翟伟等,2006;Zhang et al., 2001;龚贵伦,2011;朱江建等,2011a)。其中韧性剪切成矿期形成小于 1×10^{-6} 的金矿化(陈骏等,1993;姚德贤等,1995)。脆-韧性剪切成矿期可形成 $10\times 10^{-6}\sim 100\times 10^{-6}$ 的金矿体(陈骏等,1993)。热液成矿期往往叠加在脆-韧性剪切成矿期形成的硅化糜棱岩中(如上脆-韧性剪切成矿期形成的 $10\times 10^{-6}\sim 100\times 10^{-6}$ 的金矿体实际与热液成矿期的叠加有关),且为河台金矿主要的成矿期。据前人研究其总体可分为金-黄铁矿-石英阶段、金-石英-多金属硫化物阶段、金-石英-硫化物-碳酸盐阶段(刘伟,2004;陈骏等,1993;王鹤年等,1989;何文武等,1993;翟伟等,2006;Zhang et al., 2001)。其中金-黄铁矿-石英阶段、金-石英-多金属硫化物阶段是河台金矿热液成矿期中主

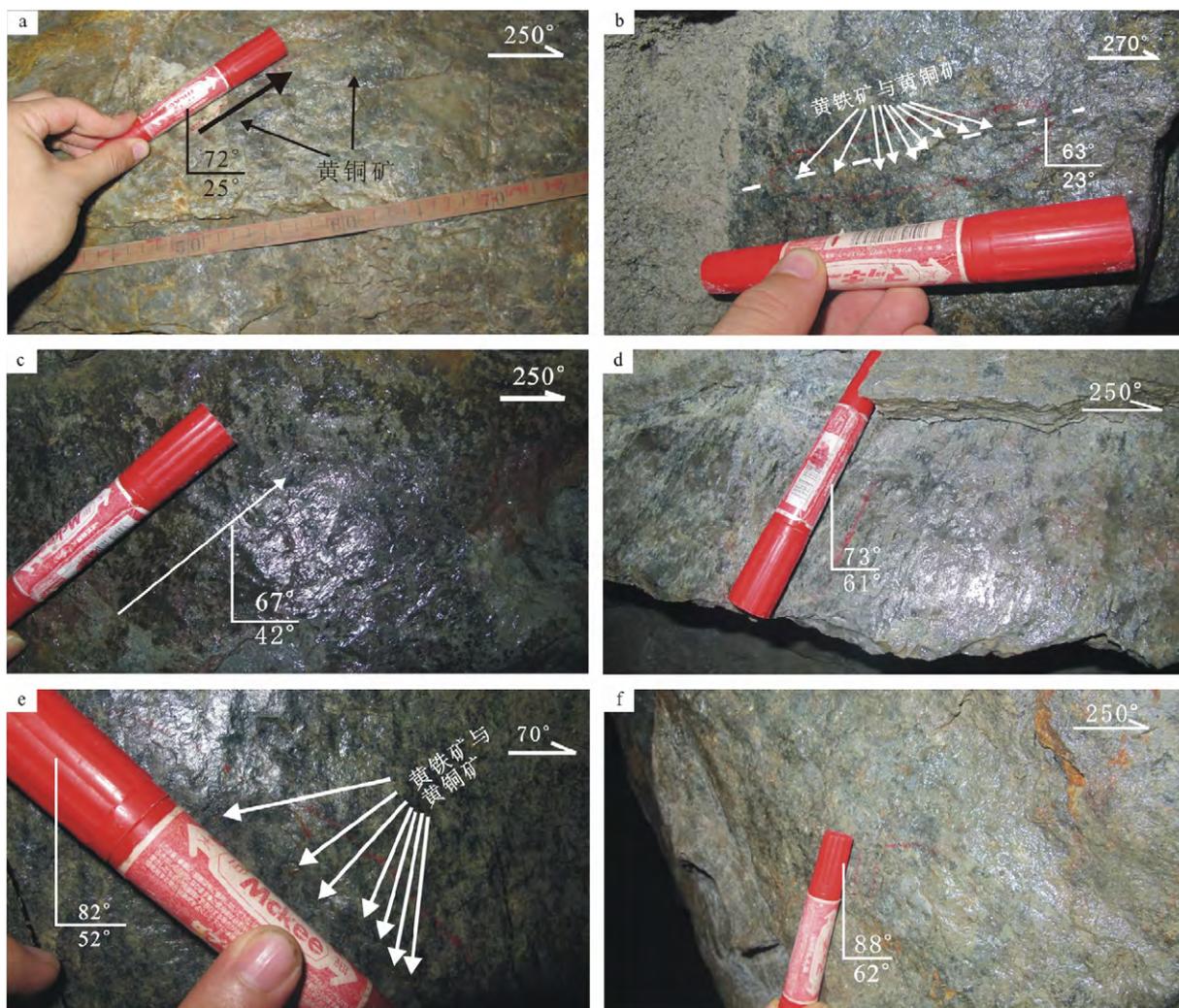


图2 河台金矿区滑痕线理上的滑痕线理及沿其中分布的含金硫化物

a—62线-90水平滑痕线理上的滑痕线理及沿其中分布的黄铁矿化; b—22线-140水平滑痕线理上的滑痕线理及沿其中分布的黄铁矿化、黄铜矿化; c—33线-90水平滑痕线理上的滑痕线理; d—36线-90水平滑痕线理上的滑痕线理; e—23线-140水平滑痕线理上的滑痕线理及沿其中分布的黄铁矿化、黄铜矿化; f—64线-140水平滑痕线理上的滑痕线理

要的成矿阶段。与矿化相关的蚀变作用主要有烟灰色的硅化与细粒它形的黄铁矿化。伴生金属矿物主要有黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、菱铁矿、毒砂; 脉石矿物主要有石英、绢云母、方解石; 副矿物有电气石、磷钇石、锆石、楣石、独居石等。

2 滑痕线理与金矿体的关系

2.1 滑痕线理与金矿体的伴生关系

河台金矿的坑道观察表明, 9、11号糜棱岩带的滑痕线理有热液活动的痕迹(硅化、硫化物化, 图2a、b、c、d、e、f)。滑动面上有两组滑痕线理, 一组滑

痕线理的侧伏角为 $23^{\circ} \sim 25^{\circ}$ (图2a、b), 另一组滑痕线理的侧伏角为 $42^{\circ} \sim 62^{\circ}$ (图2c、d、e、f), 且在这两组滑痕线理上都可见黄铁矿与黄铜矿, 且以细粒他形的含金黄铁矿为主(图2a、b、e)。23线-140水平测得图2e处一样品的品位为 5.56×10^{-6} 。含金硫化物的分布特征主要表现为沿滑痕线理方向分布密集, 沿垂直滑痕线理方向分布稀疏。这种分布特征指示滑痕线理的形成与含金硫化物同时或早于含金硫化物。

2.2 滑痕线理与金矿体的空间关系

前已述及, 本次坑道测量表明, 滑痕线理上一组

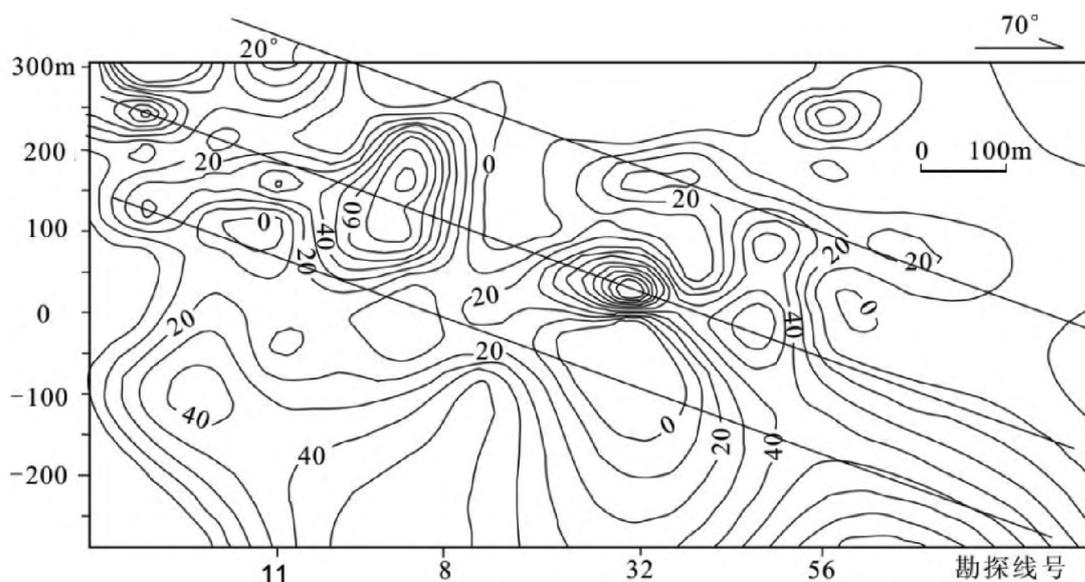


图3 河台金矿高村矿床品位×厚度富集中心连线的侧伏角(底图据刘伟,2004)

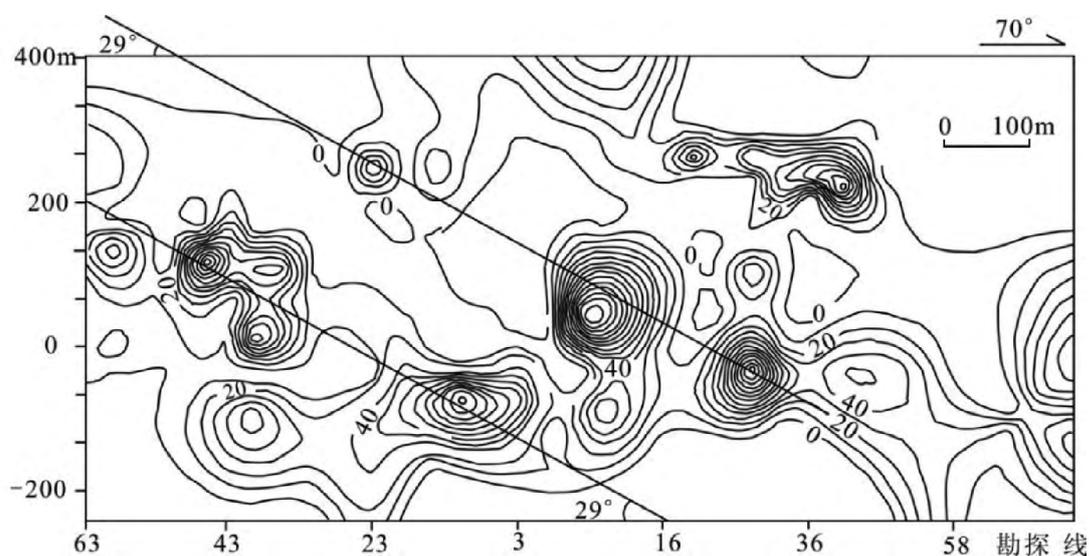


图4 河台金矿云西矿床品位×厚度富集中心连线的侧伏角(底图据刘伟,2004)

滑痕线理的侧伏角为 $23^{\circ}\sim 25^{\circ}$ (图2a、b);另一组为 $42^{\circ}\sim 62^{\circ}$ (图2c、d、e、f)。这与周崇智等(周崇智等,1988)测得的 $10^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 与 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 一致。综合如上统计结果,表明河台金矿两组滑迹线理的侧伏角主要分布于 $10^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 和 $42^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。矿区的导矿构造 F_1 断裂可见擦痕与阶步(李新福等,2007),指示滑动作用在本区可能普遍存在。河台金矿高村矿床厚度×品位富集中心连线的侧伏角约为 20° (图3);河台金矿云西矿床厚度×品位富集中心连线的侧伏角约为 29° (图4);高村矿床品位富集中心连线的侧伏角

为 $64^{\circ}\sim 70^{\circ}$ (图5);云西矿床品位富集中心连线的侧伏角为 $45^{\circ}\sim 52^{\circ}$ (图6)。高村、云西矿床烟灰色石英(含矿石英)的流体包裹体测温等值线表明,从高温指向低温的总体方位(代表热液的流动方向)约为 62° (图7、8)。以上滑痕线理与矿体均向北东侧伏。综上所述,矿体的两组侧伏角 $20^{\circ}\sim 29^{\circ}$ 和 $45^{\circ}\sim 70^{\circ}$,分别与滑痕线理的两组侧伏角 $10^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 和 $42^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 一致。

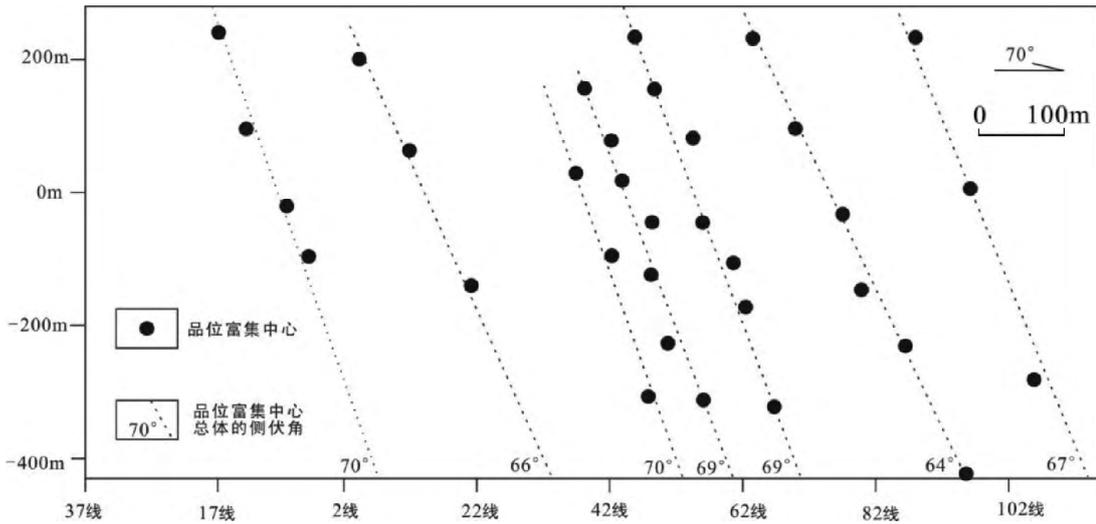


图5 河台金矿高村矿床品位富集中心的侧伏角

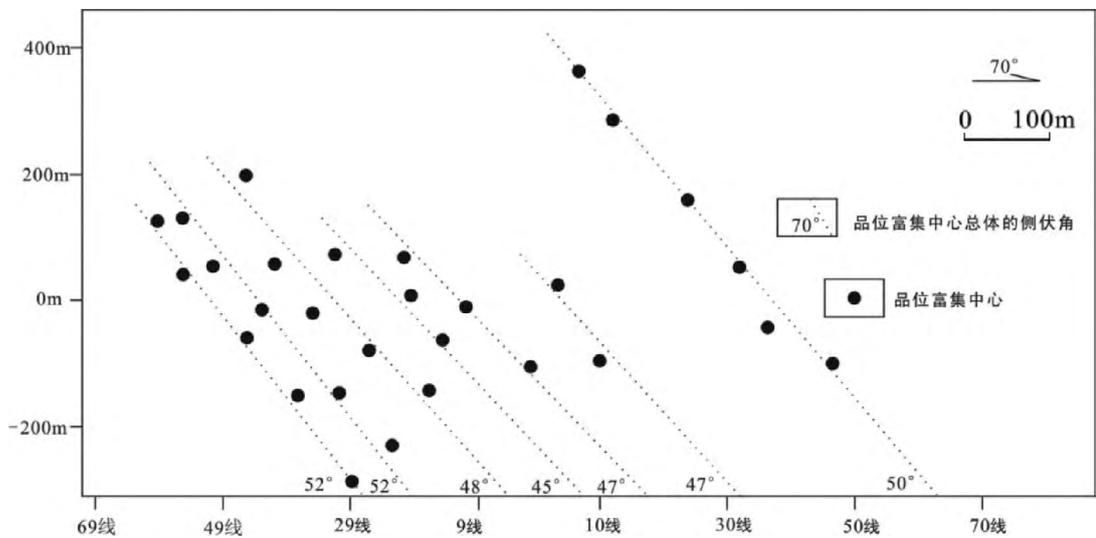


图6 河台金矿云西矿床品位富集中心连线的侧伏角

2.3 滑痕线理与金矿体的时间关系

文章统计了河台金矿可能与成矿、滑动有关的年龄(表1)。表1表明,与成矿有关的定年主要获得两组年龄。一组成矿年龄为 $169 \sim (175 \pm 4.3) \text{ Ma}$ (符力奋,1989; 张志兰等,1989; 水汀等,1997; 王成辉等,2012)。这组年龄与河台金矿 $300 \sim 340^\circ\text{C}$ 时的金成矿年龄 $168 \sim 197 \text{ Ma}$ (朱江建等,2011a)一致,结合 $300 \sim 340^\circ\text{C}$ 在脆-韧性剪切变形的温度范围 $250 \sim 350^\circ\text{C}$ (Sibson,1977) 之内,表明 $169 \sim (175 \pm 4.3) \text{ Ma}$ 的年龄可能代表了河台金矿脆-韧性剪切成矿

期的年龄。 $169 \sim (175 \pm 4.3) \text{ Ma}$ 包含金硅化岩 Pb-Pb 获得的 171 Ma (张志兰等,1989)。河台金矿硅化岩表现的充填特征与动态重结晶特征(陈骏等,1993)表明其形成于脆韧性的变形环境,支持了 $169 \sim (175 \pm 4.3) \text{ Ma}$ 的成矿年龄可能代表了河台金矿脆-韧性剪切成矿期的年龄。另一组成矿年龄为 $(121.9 \pm 14.1) \sim (152.5 \pm 3.1) \text{ Ma}$ (翟伟等,2006; 张志兰等,1989),这组定年所用的矿物有石英、硫化物及石英脉中的锆石,显然这组年龄代表了河台金矿热液成矿期的年龄。河台金矿白云母和绢云母 Ar-Ar 定年分别获得了 $187 \sim 192 \text{ Ma}$ (蔡建新,2012)

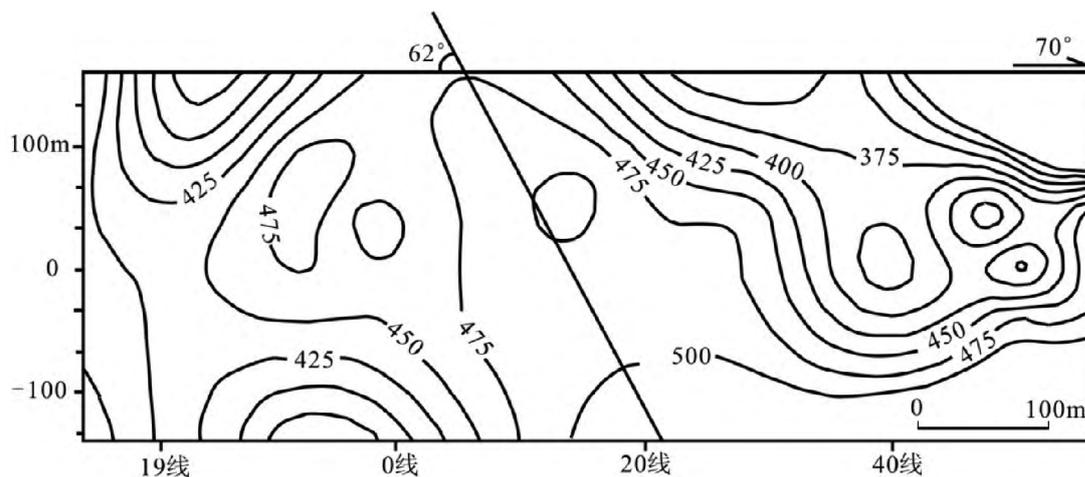


图7 河台金矿高村矿床流体包裹体测温等值线图(底图据刘伟, 2004)

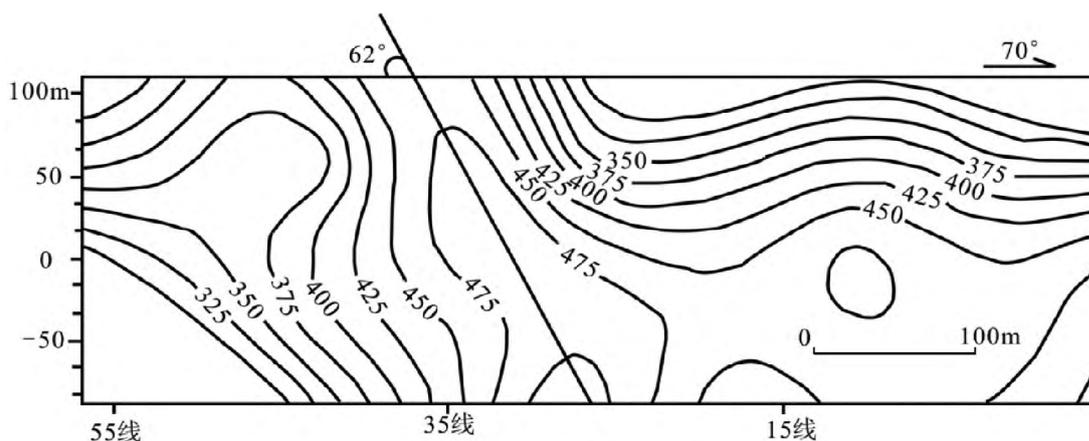


图8 河台金矿云西矿床流体包裹体测温等值线图(底图据刘伟, 2004)

与 $(141 \pm 6) \sim (157.1 \pm 1.0)$ Ma(王成辉等, 2012; 富云莲等, 1991)的两组年龄, 这两组年龄很可能代表了河台金矿两次与热作用有关的滑动年龄, 且与如上提到的两组成矿年龄 $(169 \sim (175 \pm 4.3)$ Ma 与 $(121.9 \pm 14.1) \sim (152.5 \pm 3.1)$ Ma)基本一致。

综上所述, 两组滑痕线理均与金矿体有伴生关系; 滑痕线理的两组侧伏角 $(10^\circ \sim 35^\circ$ 和 $42^\circ \sim 70^\circ)$ 与金矿体的两组侧伏角 $(20^\circ \sim 29^\circ$ 和 $45^\circ \sim 70^\circ)$ 一致; 可能与滑痕线理形成有关的两组时间 $(187 \sim 192$ Ma 和 $(141 \pm 6) \sim (157.1 \pm 1.0)$ Ma)与金矿体的两组形成时间 $(169 \sim (175 \pm 4.3)$ Ma 和 $(121.9 \pm 14.1) \sim (152.5 \pm 3.1)$ Ma)一致。

3 讨论

以上研究表明, 滑痕线理与金矿体有成因联系。

其中, 滑痕线理的两组侧伏角与金矿体的两组侧伏角一致, 且可能与滑痕线理形成有关的两组时间与金矿体的两组形成时间一致, 表明在滑动面发生滑动(形成滑痕线理)的减压过程中, 很可能引发含金流体沿滑动方向的泵吸作用, 进而决定了滑动方向控制了金矿体的延伸方向。滑痕线理上两组滑痕线理均与金矿体有伴生关系, 且可能与滑痕线理形成有关的两组时间与金矿体的两组形成时间一致, 表明滑痕线理滑动过程中金沉淀富集的进行。以下将结合前人的包裹体研究, 探讨滑动过程中金的沉淀富集机制。

周永章(1995)等指出, 河台金矿的流体包裹体可分为低盐度的 H_2O-CO_2 流体、中等盐度流体和几乎不含盐的富 CO_2 流体, 且低盐度 H_2O-CO_2 流体作为初始流体演化成富 CO_2 流体和中等盐度流体

表1 河台金矿与成矿、滑动有关的年龄统计表

序号	采样位置	岩石	测试样	方法	年龄/Ma	资料来源
1	11号糜棱岩		硫化物	Pb-Pb	174	符力奋,1989
2		含金硅化岩		Pb-Pb	171	张志兰等,1989
3			硫化物	Pb-Pb	150	张志兰等,1989
4	11号糜棱岩	千糜岩型矿石	绢云母	Ar-Ar	141±6	富云莲等,1991
5	11号糜棱岩		石英	Rb-Sr	121.9±14.1	陈好寿等,1991
6	9、19号糜棱岩		石英	Rb-Sr	129.3±4.1	陈好寿等,1991
7	12、13号糜棱岩		石英	Rb-Sr	129.6±6.1	陈好寿等,1991
8	11号糜棱岩		黄铁矿	Pb-Pb	169-174	水汀等,1997
9	河海矿床	富硫化物石英脉	锆石	U-Pb	152.5±3.1	翟伟等,2004
10	11号糜棱岩	富硫化物石英脉	石英	Rb-Sr	172±2	翟伟等,2004
11	11号糜棱岩	糜棱岩	多硅白云母	Ar-Ar	187-192	蔡建新,2012
12	河海矿床	富硫化物石英脉	磁黄铁矿	Re-Os	175.5±4.3	王成辉等,2012
13	河海矿床	富硫化物石英脉	绢云母	Ar-Ar	157.1±1.0	王成辉等,2012

可完美解释河台金矿流体包裹体的特征。同时指出,这种热液流体的演化存在两种可能,一种是温度缓慢下降,使CO₂一点一滴地从热液中逸出。另一种是温度骤减或压力突然释放使原来的热水溶液发生不混溶作用,形成一个水溶液相和一个富CO₂的气相。低盐度H₂O-CO₂包裹体、中等盐度水溶液包裹体及富CO₂包裹体有时共存于同一晶粒中,说明以上3种性质不同的流体是近于同时(石英结晶时)、同地点(同一晶体)形成。温度缓慢下降,使CO₂一点一滴地从热液中逸出,决定了在近相同时间、近相同地点流体的变化应是渐变的、无明显变化甚至基本没变化的,这无法解释3种包裹体位于同一晶体中的现象,因此这种可能基本可以排除。若用流体的混合导致温度突然骤减来解释河台金矿的流体演化,显然对应两种流体演化为一种流体。这与能完美解释河台金矿流体包裹体特征的一种流体演化为两种流体(周永章等,1995)不符,所以温度骤减在本区也很难成立。压力的突然释放,导致CO₂的突然析出,进而导致低盐度H₂O-CO₂流体突变为富CO₂流体和中等盐度流体,且决定了这种转变可近同时间、同地点发生,这完美的解释了3种流体包裹体有时在同一晶体中的现象,说明了压力突然释放应为本区流体包裹体的成因。而这种压力的突然释放很可能就是成矿于滑动过程中的减压作用。多种单一流体相包裹体同时存在的现象并紧密相邻,属同时捕获,矿物同时捕获性质迥异的流体的

现象,被称为非均一捕获,可作为流体沸腾的标志(Bondar,1993; Ramboz et al.,1982; 陈华勇等,2004; 顾大钊等,2008)。如上减压沸腾必然导致大量CO₂从成矿溶液中析出。由于CO₂有利于硫化物在成矿溶液中的溶解,所以CO₂的析出可导致硫化物溶解度的降低而析出(徐学纯,1991; Loucks et al.,1999),而析出的黄铁矿对金的吸附(张世柏等,1996)、还原(Hyland et al.,1989; 王玉明,1998)作用促进了金的富集成矿。

以上研究指示了减压沸腾成矿为滑动面滑动过程中金的沉淀富集机制。河台金矿沿滑动面发生滑动的减压过程中,很可能引发含金热液沿滑动方向的泵吸作用,这种泵吸作用使含金热液沿滑痕线理方向上升(图2)。结合河台金矿流体包裹体的沸腾特征,推断在含金热液沿滑痕线理方向上升的过程中很可能伴随着含金热液的减压沸腾成矿作用,从而导致河台金矿含金硫化物沿滑痕线理分布(图2a、b、e,沿滑痕线理方向分布密集,沿垂直滑痕线理方向分布稀疏),及金矿体的侧伏方向、侧伏角(20°~29°和45°~70°)与滑痕线理的侧伏方向、侧伏角(10°~35°和42°~70°)一致。即河台金矿滑痕线理的延伸方向控制了金矿体的延伸方向(图9)。

河台金矿两次滑动的年龄为187~192Ma与(141±6)~(157.1±1.0)Ma,且两次滑动形成的滑痕线理,陡倾斜滑痕常掩盖缓倾斜滑痕(周崇智等,1988),说明缓侧伏角的滑动作用(10°~35°)形成时

间较早,对应的主要形成时间为 187~192Ma,陡侧伏角的滑动作用($42^{\circ}\sim 70^{\circ}$)形成时间较晚,对应的主要形成时间为(141 ± 6)~(157.1 ± 1.0)Ma。由金矿体与滑痕线理紧密的伴生关系与时空关系,推断缓侧伏角的矿体($20^{\circ}\sim 29^{\circ}$)对应的主要形成时间为 169~(175 ± 4.3)Ma,陡侧伏角的矿体($45^{\circ}\sim 70^{\circ}$)对应的主要形成时间为(121.9 ± 14.1)~(152.5 ± 3.1)Ma。河台金矿 300~340℃的金成矿作用主要集中于 168~197Ma(朱江建等,2011a)。此成矿年龄与缓侧伏角的滑动作用($10^{\circ}\sim 35^{\circ}$)主要的形成时间 187~192Ma 一致,也与缓侧伏角的矿体($20^{\circ}\sim 29^{\circ}$)主要的形成时间 169~(175 ± 4.3)Ma 一致,结合 300~340℃在脆—韧性剪切变形的温度范围 250~350℃(Sibson,1977)之内,说明了缓侧伏角的滑动作用($10^{\circ}\sim 35^{\circ}$)及其控制的缓侧伏角的矿体($20^{\circ}\sim 29^{\circ}$)形成于脆—韧性剪切成矿期。前面由高村矿床品位富集中心连线的侧伏角为 $64^{\circ}\sim 70^{\circ}$ (图 5);云西矿床品位富集中心连线的侧伏角为 $45^{\circ}\sim 52^{\circ}$ (图 6);高村、云西矿床从高温指向低温的总体方位约为 62° (由含矿的烟灰色石英的流体包裹体测温获得),得到陡侧伏角的矿体的侧伏角主要分布于 $45^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。显然这些富矿与测量包裹体的石英均来自于热液成矿期,说明陡侧伏角的滑动作用($42^{\circ}\sim 70^{\circ}$)及其控制的陡侧伏角的矿体($45^{\circ}\sim 70^{\circ}$)形成于热液成矿期。综上所述,脆—韧性剪切成矿期缓侧伏角的滑动作用($10^{\circ}\sim 35^{\circ}$)控制了缓侧伏角的矿体($20^{\circ}\sim 29^{\circ}$);热液成矿期陡侧伏角的滑动作用($42^{\circ}\sim 70^{\circ}$)控制了陡侧伏角的矿体($45^{\circ}\sim 70^{\circ}$)。

4 结论

(1) 两组滑痕线理均与金矿体有伴生关系,滑痕线理的两组侧伏角($10^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 和 $42^{\circ}\sim 70^{\circ}$)与金矿体的两组侧伏角($20^{\circ}\sim 29^{\circ}$ 和 $45^{\circ}\sim 70^{\circ}$)一致,可能与滑痕线理形成有关的两组时间(187~192Ma 和 (141 ± 6)~(157.1 ± 1.0)Ma)与金矿体的两组形成时间(169~(175 ± 4.3)Ma 和 (121.9 ± 14.1)~(152.5 ± 3.1)Ma)一致,表明滑痕线理与金矿体有成因联系。

(2) 河台金矿沿滑痕线理发生滑动的减压过程中,很可能引发含金热液沿滑动方向的泵吸作用与减压沸腾成矿作用,进而决定了滑动方向控制了金矿体的延伸方向。

340

(3) 河台金矿脆—韧性剪切成矿期缓侧伏角的滑动作用($10^{\circ}\sim 35^{\circ}$)控制了缓侧伏角的矿体($20^{\circ}\sim 29^{\circ}$);热液成矿期陡侧伏角的滑动作用($42^{\circ}\sim 70^{\circ}$)控制了陡侧伏角的矿体($45^{\circ}\sim 70^{\circ}$)。

参考文献

- Bondar R J. 1993.Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O- NaCl fluid inclusions[J]. Science, 284: 2159-2163.
- Hyland J M, Bancroft G M. 1989.An XPS study of gold deposition at low temperatures on sulphide minerals: Interpretation of fluid inclusion data in terms of immiscibility[J]. Chem Geol, 29-48.
- Loucks R R, Mavrogenes J A. 1999.Cold solubility in supercritical hydrothermal brines measured in synthetic
- Ramboz C, Pichavant M, Weisbrod A. 1982.Fluid immiscibility in natural processes: Use and misuse: II Reducing agents[J]. Geochim Cosmochim Acta, 53: 367-372.
- Sibson R H. 1977.Fault rocks and Faults mechanisms[J]. Journal of Geological Society, London, 133 (1): 191 - 213. solution [J]. Geochim Cosmochim Acta, 683-684.
- Zhang Guilin, Clive, Boulter A, Jincheng Liang. 2001.Brittle Origins for Disseminated Gold Mineralization in Mylonite: Gaocun Gold Deposit, Hetai Goldfield, Guangdong Province, South China [J]. Economic Geology, 96: 49- 59.
- 蔡建新. 2012.广东河台右旋韧性剪切带及其对金矿的控制[J]. 地质评论, 58(6): 1069-1080.
- 陈好寿,李华芹. 1991.云开隆起金矿带流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄[J]. 矿床地质, 10(4): 333-341.
- 陈华勇,陈衍景,倪培.2004.张增杰.南天山萨瓦亚尔顿金矿流体包裹体研究: 矿床成因和勘探意义[J]. 矿物岩石, 46-54.
- 陈骏,王鹤年. 1993.广东省河台含金矿剪切带中 REE 及其它微量元素的含量和分布特征[J]. 矿床地质, 12(3): 202- 211.
- 符力奋. 1989.河台金矿区矿床成因探讨[J]. 广东地质, 4(4): 35-43.
- 富云莲,叶伯丹. 1991.广东清远-高要金矿的 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 测年[J]. 矿物岩石学杂志, 10(1): 21-28.
- 龚贵伦. 2011.广东河台金矿构造成矿与成矿模式研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院.
- 顾大钊,范洪海,林锦荣,何德宝,王凤岗. 2008. 赣南河草坑地区铀矿床流体包裹体特征研究[J]. 铀矿地质, 24(3): 137-142.
- 何文武,张文淮. 1993.广东河台金矿成矿物理—化学条件及找矿方向[J]. 矿床地质, 12(2): 120-128.
- 李新福,湛培任. 2007.河台金矿田糜棱岩带含矿性分析[J]. 中国矿山工程, 36(1): 13-16.
- 凌井生,陈础廷,季明钧. 1992.河台韧性剪切带蚀变糜棱岩型金矿的地质特征、矿床成因与成矿模式[J]. 广东地质, 7(3): 51-57.
- 刘伟. 2004.广东河台金矿矿床成因及成矿规律研究[D]. 湖南长沙: 中南大学硕士学位论文.

- 欧阳玉飞, 黄满湘, 刘伟. 2005. 广东河台金矿床成因研究[J]. 地质找矿论丛, 20(3): 66-169.
- 欧阳玉飞, 刘继顺, 黄满湘, 杨立功. 2007. 广东河台金矿田控矿构造研究[J]. 矿产与地质, 21(1): 27-30.
- 水汀, 施华生, 潘明宝. 1997. 吴川-四会断裂带构造岩变形环境分析[J]. 火山地质与矿产, 18(3): 191-202.
- 王成辉, 张长青, 王永磊, 邱小平, 龚朝阳. 2012. 广东高要河台金矿同位素年代学研究[J]. 大地构造与成矿学, 36(3): 427-433.
- 王鹤年, 张景荣, 戴爱华, 凌井生, 陈础庭, 季明钧. 1989. 广东河台糜棱岩带蚀变岩型金矿床的地球化学研究[J]. 矿床地质, 8(2): 61-71.
- 王斯亮, 李得钦. 2000. 河台金矿云西矿床富矿包特征及预测[J]. 黄金学报, 2(1): 17-21.
- 王玉明. 1998. 韧性剪切过程中金沉淀富集的新机制[J]. 地质论评, 44(6): 643-648.
- 伍思洪. 2005. 河台金矿田富矿包的特征[J]. 黄金科学技术, 13(3): 33-35.
- 徐学纯. 1991. 内蒙古乌拉山区韧性剪切带型金矿地质特征及形成机理[J]. 地质与勘探, 27(7): 12-15.
- 姚德贤, 陈晓明, 杨荣勇. 1995. 河台金矿床金赋存状态研究[J]. 中山大学学报, 34(4): 82-87.
- 叶锦华, 邱小平. 1993. 河台金矿床地球化学研究及矿田成矿模式探讨[J]. 贵金属地质, 2(4): 306-315.
- 翟伟, 李兆麟, 黄栋林, 文拥军. 2004. 粤西河台金矿床富硫化物石英脉 Rb-Sr 等时线年龄讨论[J]. 地球学报, 25(2): 243-247.
- 翟伟, 李兆麟, 孙晓明, 黄栋林, 梁金龙, 苗来成. 2006. 粤西河台金矿锆石 SHRIMP 年龄及其地质意义[J]. 地质论评, 52(5): 690-699.
- 翟伟, 袁桂邦, 李兆麟, 黄栋林, 文拥军. 2005. 粤西河台金矿床富硫化物含金石英脉锆石 U-Pb 测年及成矿意义[J]. 地质论评, 51(3): 340-346.
- 张世柏, 吴大清, 谢先德. 1996. 不同类型黄铁矿对金的吸附实验[J]. 地球化学, 25(1): 84-92.
- 张志兰, 张树发, 袁海华. 1989. 广东河台金矿的硫铅同位素特征[J]. 广东地质, 4(1): 29-40.
- 周崇智, 段嘉瑞. 1988. 广东云西糜棱岩型金矿床控矿构造特征[J]. 矿产与地质, 2(3): 10-17.
- 周永章, 张海华, 卢焕章, Jayanta Guha Edward H. Chown. 1995. 粤西河台金矿床的流体包裹体及成矿流体[J]. 矿物学报, 15(4): 411-417.
- 朱江建, 曾乔松, 易金, 龚朝阳, 李新福, 黄栋林, 王斯亮, 夏永健, 龚贵伦, 陈广浩, 林舸. 2011b. 地电化学测量在河台金矿的找矿预测研究[J]. 地质与勘探, 47(4): 894-902.
- 朱江建, 陈广浩, 龚贵伦, 曾乔松, 易金, 龚朝阳, 黄栋林, 林舸. 2012. 综合找矿方法在河台金矿找矿预测中的应用[J]. 大地构造与成矿学, 36(2): 241-248.
- 朱江建, 陈广浩, 龚贵伦, 易金, 蔡建新, 龚朝阳, 黄栋林, 曾乔松, 林舸. 2011a. 广东河台金矿糜棱岩化过程构造-流体成矿研究[J]. 地学前缘, 18(5): 67-77.

Relationship between slip surfaces and auriferous orebodies and its metallogenic significance in the Hetai gold deposit , Guangdong

ZHU Jiang-jian¹, LIN Ge², ZENG Qiao-song²

(1. Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing 100012;
2. Key Laboratory of Mineralogy and Metallogeny, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640)

Abstract: In order to find the mechanism of metallogenic dynamics of the Hetai gold deposit, this paper studied the relationship between auriferous orebodies and slip surfaces. Slip-marks on slip surfaces are always accompanied with auriferous orebodies. Plunge angles(10°-35° and 42°-70°) of Slip-marks on slip surfaces are consistent with plunge angles(20°-29° and 45°-70°) of auriferous orebodies. Formation times(187-192Ma and (141±6) -(157.1±1.0) Ma) of Slip-marks on slip surfaces are consistent with formation times(169-(175±4.3) Ma and(121.9±14.1) -(152.5±3.1) Ma) of auriferous orebodies. All of this, indicated slip surfaces and auriferous orebodies have close relationship in the formation. It is proposed that the pressure reducing in the process of sliding was likely accompanied with pumping process and mineralization, which support glide directions controlled the directions of auriferous orebodies. Glide directions of low pitching angles(10°-35°) controlled the auriferous orebodies of low pitching angles(13°-34°) in mineralization epoch of brittle-ductile shearing deformation, and glide directions of steep pitching angles(42°-70°) controlled the auriferous orebodies of steep pitching angles(45°-70°) in hydrothermal mineralization epoch.

Key words: the Hetai gold deposit, slip surface, mylonite, Guangdong