广东河台金矿矿床成因研究

欧阳玉飞, 黄满湘, 刘 伟
(中南大学 地学与环境工程学院, 长沙 410083)

摘 要: 文章从成矿地质背景和矿床地质特征入手, 在分析成矿物质来源、金的地球化学性质、成矿物理化学条件和金的迁移-沉淀方式的基础上, 提出了矿床成因的新观点, 建立了新的成矿模式。认为河台金矿床的定位受韧性剪切带等构造因素的控制; 成矿物质来源为多源, 但主要来源于震旦系 C 组的地层; 矿床成因类型属于韧性剪切带中的热动力变质 + 热液循环富集型金矿床。

关键词: 河台金矿; 地层; 韧性剪切带; 热液循环; 矿床成因; 广东省
中图分类号: P611; P618.51 **文献标识码**: A **文章编号**: 1001-1412(2005)03-0166-04

广东河台金矿自发现以来, 其成因一直有争议。何绍勋、段嘉瑞[1]等首先提出了"剪切带型金矿"的观点, 此后王鹤年、凌井生、韦永福、叶锦华等先后提出了糜棱岩带蚀变型[2]、蚀变糜棱岩型[3]、韧性剪切带构造双阶段多源热液型[4]、变质热液和重熔岩浆热液型[5]等不同的成因观点。作者通过对成矿物质来源、成矿物理化学条件、金的迁移-沉淀方式以及区域地质构造发展等方面的研究, 建立了一个按成矿阶段划分的成矿模式, 认为其成因类型[6]应为"韧性剪切带中的热动力变质 + 热液循环富集型金矿床"。

1 区域地质背景和矿床地质

1.1 区域地质背景

广东河台金矿[7-8]在区域上位于华南褶皱系云开后加里东褶皱带北东段。其矿床定位于广益—罗定与四会—吴川两条主干断裂的交汇部位, 属构造叠加复合部位。

区域出露地层有震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、三叠系和第三系。金矿床主要产在震旦系 C 组地层中, 该岩系原岩为浅海相类复理石碎屑岩建造中的砂岩、砂砾岩、长石石英砂岩及砂质页岩, 经变质作用已变质为云母石英片岩、石英云母片岩、变粒岩或片麻岩、长石石英岩、石英岩, 部分地段已遭受强烈混合岩化。

区内主干构造线为 NE 走向, 构造形变以褶皱、断裂为主。主要褶皱有西侧的 雪顶复背斜, 中部的雪顶背斜, 东部的黄田背斜以及南东侧的石牛头背斜、官田背斜。断裂构造主要有 NE 向的讴坑断裂、禄步断裂、宝鸭塘 - 坑尾断裂(F_1)。

区内岩浆岩发育, 加里东期侵位的有北西部诗洞岩体、黄连山岩体和东南角的石牛头岩体, 岩性为二长花岗岩和花岗岩; 海西-印支期的岩体有凤村岩体、云楼岗岩体等, 主要为二长花岗岩、花岗闪长岩, 局部为斜长花岗岩; 燕山期入侵的岩体有伍村岩体等。

1.2 矿床地质

河台金矿区位于河台韧性剪切带上, 该带呈 NEE 向延伸, 长 10 km, 宽 4.5 km, 面积约 45 km^2。韧性剪切带中发育一系列糜棱岩带, 矿体主要产在糜棱岩带中, 矿体的形态产状与糜棱岩带基本一致。目前, 区内已发现的糜棱岩带有 100 多条, 其规模大小不等。依据其分布将矿区分为北、中、南 3 个矿带。北矿带有 11, 12, 13, 9, 19 等糜棱岩带, 赋存有高村矿床、云西矿床、后迳矿床, 其围岩为混合岩化片岩, 是本区目前最主要的矿带。

高村矿床[7]主要由 11 号糜棱岩带组成, 全长 1 440 m, 宽 30～50 m, 走向 70°, 倾向 NW, 倾角较陡, 工程控制延深达 600 m。高村矿床共圈出 14 个矿体, 除 51 号矿体为含金石英脉型并位于糜棱岩带上盘外, 其余均产在 11 号糜棱岩带中, 其中 11 号矿体连续性最好, 规模最大, 占高村矿床总储量的 88 %。

收稿日期: 2004-08-31; **修订日期**: 2004-11-09
作者简介: 欧阳玉飞(1979-), 男, 湖南郴州人, 硕士研究生, 矿产普查与勘探专业, 成矿预测方向。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

云西矿床[8]由 9,19 号糜棱岩带组成,9 号糜棱岩带长 1 300 m,宽 10～46 m,控制垂深大于 500 m,共圈出 4 个矿体,其中 9 号矿体为最大,占云西矿床总储量 80 %以上。

2　矿床成因

2.1　成矿物质来源

河台金矿作为一种特殊类型的金矿床,前人对其进行过较多的研究工作。对于成矿物质来源,也存在较多的争议,但比较统一的观点有二:一是认为来自矿区地层,另一种观点则认为来自深部岩浆岩。笔者认为,成矿物质是多源多阶段的。早阶段是各种变质热液萃取矿源层中的金,使金在糜棱岩带中初步富集。本次在矿体中对不同阶段的石英和部分硫化物采有包体成分分析样,测试结果(表 1)表明,液相包体中,除少数样品外,大多数样品中 $Na^+ > K^+$,$Cl^- \gg F^-$,表明成矿液体以变质水或大气降水为主。

到燕山晚期,由于岩浆活动,部分与岩浆有关的成矿物质经循环进入矿体中。这一点可以硫同位素组成作佐证(表 2)。

表 1　河台金矿部分矿物包体液相成分

Table 1　Gas composition of fluid inclusions from some minerals　　$w_B/10^{-6}$

样号	矿物名称	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Li^+	F^-	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-
T_1	磁黄铁矿	5.385	4.050	9.987	4.220	0.105	2.78	6.88	25.50	0.00
T_2	乳白色石英	0.602	2.137	0.285	0.151	0.010	0.22	4.61	0.50	0.00
T_3	纯白色石英	0.582	3.748	0.364	0.047	0.000	0.13	5.55	0.00	0.00
T_4	烟灰色石英	3.436	2.346	1.092	1.433	0.030	0.41	4.85	5.00	0.00

测试单位:宜昌地质矿产研究所。

表 2　河台金矿的硫同位素组成

Table 2　S-isotope composition

样号	岩性	测定矿物	$\delta(^{34}S)/10^{-3}$	附注
GCM1501-RZ36	黄铁矿、黄铜矿化糜棱岩矿石	黄铁矿	-3.06	$N=4$
CM1701-1	黄铁矿、黄铜矿化糜棱岩矿石	黄铁矿	-1.73	平均值:-2.24
高村 11 号脉	黄铁矿、黄铜矿化糜棱岩矿石	黄铁矿	-2.12	标准差:0.57
黑山屋-1	含金石英脉	黄铁矿	-2.06	变异系数:0.26
ZK002-4	混合质千糜岩	黄铁矿	-2.34	$N=3$
ZK002-8	千糜岩	黄铁矿	-1.58	平均值:-1.92
570	千糜岩	黄铁矿	-1.83	标准差:0.39
CM1501-1	方铅矿-闪锌矿方解石脉	方铅矿	-1.35	变异系数:0.20
CM1501-2	方铅矿-闪锌矿方解石脉	方铅矿	3.16	(据戴爱华)

从表 2 中看出,矿与非矿千糜岩中黄铁矿的硫同位素组成非常相近,反映了二者硫源的一致性,其变化范围小,均为很小的负值,显示深源特征。另外,通过微量元素分析,矿区深源元素 Ni,Co,Cr 含量较高,其分布与一定的层位有关。在矿区北矿带和南矿带赋矿地层中,Ni,Co,Cr 含量高,反映矿区明显存在一个矿源层。这个矿源层中,初始成矿物质有可能来自上地幔,矿源层的形成可能与当时的海底喷流沉积有关。

据张理刚[7]研究,认为河台金矿石英的 $\delta(^{18}O)$ 值均集中在 $+12\times10^{-3}$ - $+14\times10^{-3}$ 之间,少数为 $+15\times10^{-3}$,石英包体水的 $\delta(D)$ 值在 -70×10^{-3}～-90×10^{-3} 之间,少数在 -50×10^{-3} 左右,显示两者主岩岩性不一,即来源不一。从而判断有一部分成矿流体来自变质水或大气降水,另一部分可能来自岩浆热液。

2.2　金的地球化学性质

金具有 $5d^{10}6s^1$ 的价电子层构造,当它失去一个

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

或 3 个电子后属于铜型结构,在周期表中介于亲硫元素(Zn,Cd,Hg,Pb,As,Sb,Bi 及 S,Se,Te 等)与亲铁元素(Fe,Co,Ni,Pt 族等)之间,故金既具有某些亲硫性,又具有一定的亲铁性。在地球演化早期,亲铁性较强,而晚期亲硫性相对较强。根据金在矿体中的分布特征,表明金的亲铁性似乎大于亲硫性,在含硫化物的金矿体中,几乎金矿化都与硫化物黄铁矿密切共生。金具有较明显的化学惰性,其一价和三价的离子分别可以在碱性溶液和酸性介质中溶解、迁移,表现出一定的化学活泼性,这就为金在自然界的溶解、迁移、沉淀、富集成矿成为可能。

2.3 成矿物理化学条件

为了确定成矿物理化学条件,分析成矿流体在成矿过程的不同阶段如何演化,前人[2]系统采集了变质岩、混合岩、伟晶岩以及矿石样品,对其中的石英包裹体进行了系统研究。通过河台金矿石英包裹体的研究,认为河台金矿形成的物理化学条件是:成矿温度 200～280 ℃,矿床形成时的压力约为 57.4 MPa,fo_2 为 10^{-37}～10^{-39},成矿流体富含 HCO_3^- 及 CO_2,并且有 $Na^+ > K^+ > Ca^{2+}$,$HCO_3^+ > Cl^+ > F^+ > S$,$CO_2 > CH_4$ 的特点,成矿流体从早期到晚期愈来愈偏碱性。

2.4 金的迁移与沉淀

据前人研究资料,金在高温酸性介质中,主要以 Cl^- 的络合物形式迁移;在较低温度中-碱性介质中,主要以硫的络合物形式迁移。如在 pH 值较低(酸性),氧逸度高的介质中,金主要以 $AuCl_4^-$ 形式存在;在 pH 值较高(碱性),氧逸度低的介质中,主要以 $AuHS_2^-$,$AuSHS_2^-$ 等复硫络合物形式存在;在中性条件下,金与氯络合物和金与硫络合物两种形式都可能出现,在氧逸度高的碱性介质中,金的存在可以是 $AuOH_2^-$,AuO_2^{3-} 等形式。

河台金矿在成矿的早期和晚期阶段,金在溶液中的迁移形式是不一样的,由于早期阶段成矿溶液温度高,并且成矿溶液中 Cl^- 含量比较高,因此在成矿溶液中金主要以氯络合物形式搬运,到了晚期阶段,温度相对较低,成矿溶液由中向弱碱性演化,金在成矿溶液中主要是以硫氢络合物搬运。

影响成矿溶液中金沉淀的因素是多种多样的,如温度、压力的降低、还原剂的作用、pH 值的变化等等都会促使金从溶液中沉淀出来。

据栾世伟[10]等的实验证明,温度越高,成矿溶液溶解金就越高,也就是说,如果温度骤然降低,金就会沉淀出来,压力对金硫络合物的稳定性影响也很大,这是因为在有 S^{2-} 存在的体系中,存在下列平衡:

$$H_2S = H^+ + HS^-$$

$$HS^- = H^+ + S^{2-}$$

总反应式:$H_2S = 2H^+ + S^{2-}$

显然,如果压力骤然降低,总反应式就会强烈向右进行,随着 HS^- 的不断逸出,体系中 S,HS^- 的浓度就会不断降低,这时金硫络合物就不稳定而发生分解,导致金沉淀。黄铁矿等硫化物对金具有强烈的吸附还原作用,在河台金矿,除黄铁矿外,还有黄铜矿、磁黄铁矿、毒砂等,这些矿物对金的吸附、还原和结晶沉淀起有重要作用。

2.5 矿床成因及成矿模式

河台金矿是一典型的受韧性剪切带控制的金矿

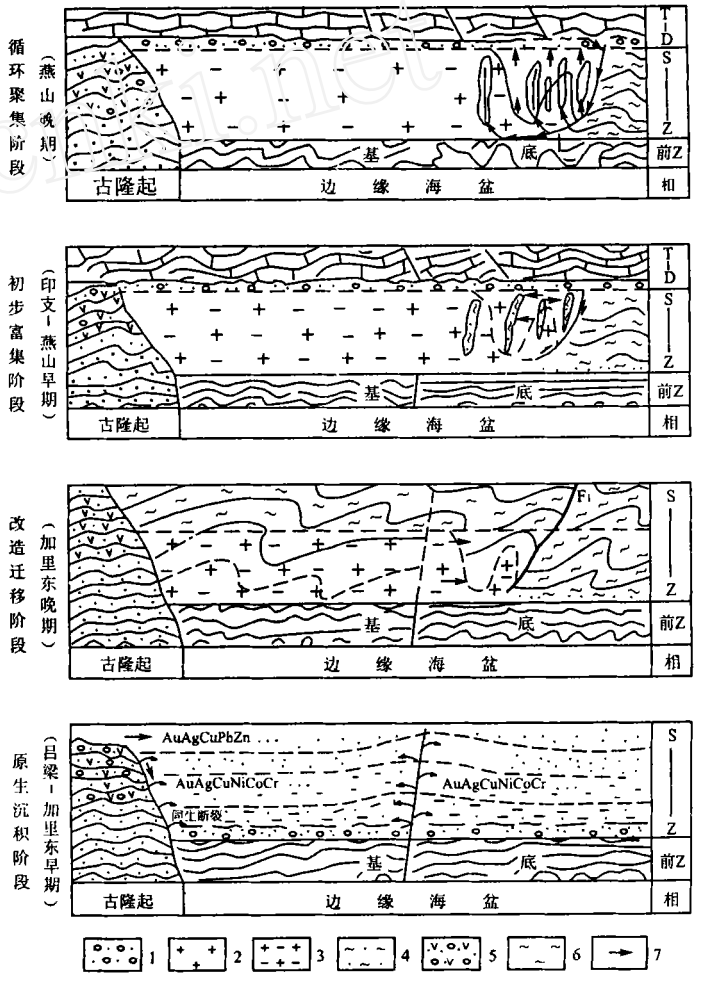

图 1 广东河台金矿成矿模式图

Fig.1 Metallogenic model

1.底砾岩 2.侵入岩 3.混合岩 4.糜棱岩 5.碎屑岩 6.片岩 7.成矿物质运移方向

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

床。其成矿是在区域变质、混合岩化、糜棱岩化、岩浆热液等因素作用下,成矿物质经过多阶段迁移沉淀而富集成矿的,本文根据矿床地质特征,结合区域构造演化,对其成矿机制、成矿模式加以探讨,并建立一个新的成矿模式(图 1)。

原生沉积阶段(期):时间相当于吕梁-加里东早期。本阶段处于地槽期,在震旦纪,河台矿区处于浅海的边缘,以浅海陆源碎屑物沉积为主,由于地壳运动,在海盆地边缘形成同生断裂,古陆隆起缓慢抬升,海盆地同时不断下降。古陆上的碎屑物以及从中解离出来的部分成矿物质以机械搬运形式或呈吸附状态随地表水搬运到海盆,同时部分深源成矿物质沿同生断裂以热泉喷流涌出,与陆源碎屑物一起沉积于海底,形成含金的矿源层。这一沉积作用从震旦纪一直持续到志留纪,由于海底热泉或喷流作用总体上随时间推移逐渐减弱,矿源层从老到新含 Au 背景逐渐降低。

改造迁移阶段(期):时间段相当于加里东晚期。地槽沉积结束后,区域上经历过一次大的构造运动(广西-百越运动),在矿区形成倒转褶皱和大断裂,岩层出现片理化,到晚期部分地段出现混合岩化,遭混合岩化的地层部分成矿元素向围岩(片岩)迁移,致使围岩成为含矿背景更高的矿源层。

初步富集阶段(期):时间段相当于印支-燕山早期。从泥盆纪,区域上进入地台期,地壳逐渐下降成为海盆地,沉积了一套厚达数千米的地台盖层,早期形成的矿源层掩埋到地下深处。地台沉积结束后,到燕山早期,区域上又出现过一次大的构造运动,这次构造运动在区域上形成数条韧性剪切带,在河台韧性剪切带中还形成了一系列 NEE 向糜棱岩带。此时部分成矿物质向糜棱岩带迁移,使成矿物质在糜棱岩带中得到初步富集。

循环聚集阶段(期):时间段相当于燕山晚期,印支-燕山早期构造运动以后,区域长时间被剥蚀,地台盖层已剥去大部分,到燕山晚期构造运动以右行直剪为主,在区域构造应力场作用下,部分早期形成的糜棱岩带产生张扭剪性断裂。这组断裂向下延伸,与导矿构造 F_1 汇合,形成一完整的控矿构造系统。这一期间,在矿区深部有岩浆侵入,形成隐伏岩体。由于岩浆的侵入,其上部矿源层中的成矿物质进一步活化,与岩浆热液一起形成成矿流体。这些成矿流体在热动力驱使下缓慢向上运移,当成矿热液运移至泥盆系底部整合面,便沿不整合面向 F_1 断裂(低压区)运移,在裂隙水参与下成矿流体沿 F_1 断裂向下流动,当流至隐伏岩体上部,成矿物质在控矿构造系统中不断循环聚集,形成具有工业价值的矿体。这一时期的成矿作用,应是河台金矿最主要的成矿阶段(期)。

3　结论

河台金矿床的定位受韧性剪切带构造的控制,成矿物质来源于古陆、地壳深部,最终主要来源于震旦系 C 组地层;成矿流体来源既有变质水、大气降水,又有岩浆水;矿床类型属于韧性剪切带中的热动力变化 + 热液循环富集型金矿床。

参考文献:

[1] 段嘉瑞,何绍勋,周崇智. 广东河台金矿构造特征及剪切带型金矿模式探讨[J]. 中南矿冶学院学报,1992,23(3):245-252.

[2] 王鹤年,张守韵,陈骏,等. 华夏地块韧性剪切带型金矿地质[M]. 北京:科学出版社,1992:68-90.

[3] 凌井生,陈础廷,季明钧. 广东河台蚀变糜棱岩型金矿床地质特征、矿床成因与成矿模式[A]. 见:中国东部金矿地质研究文集,(云开地区)[C]. 北京:地质出版社,1994:39-46.

[4] 韦永福,裘有守,余昌涛,等. 中国东部金矿地质研究[M]. 北京:地质出版社,1993. 99-106.

[5] 叶锦华,邱小平. 河台金矿矿床地球化学研究及矿田成矿模式探讨[J]. 贵金属地质,1993,2(4):306-315.

[6] 黄满湘. 广东河台金矿成矿规律及找矿预测研究(科研报告)[R]. 长沙:中南大学地学与环境工程学院,2003.

[7] 广东地质 719 队. 高村矿床勘探报告[R]. 广州:广东省地质矿产勘查局,1987.

[8] 广东地质 719 队. 云西矿床勘探报告[R]. 广州:广东省地质矿产勘查局,1992.

[9] 陈国达,王瑞华,王伏泉. 地洼改造与金成矿[M]. 北京:地质出版社,1997. 41-61.

[10] 栾世伟,陈尚迪,曹殿春,等. 金矿床地质及找矿方法[M]. 成都:四川科学技术出版社,1987.

(下转第 175 页)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

logenic systems occured, i,e. Meso-Neoproterozoic passive continental margin system that incudes MVT Pb-Zn-Ag series and sedex Pb-Zn-Ag series and Mesozoic intracontinent collision metallogenic system of magmatic and hydrothermal fluid filling replacement series; palaeoproterozoic continent core margin Au metallogenic system consisting of Xiaoqinling quartz vein Au ore series and Meso-Neoproterozoic passive continental margin system including Xiongershan altered cataclastic rock type Au series.

Key words: metallogenic series; metallogenic systems; lead and gold ; southern margin of North China platform; Henan province

(上接第 169 页)

THE STUDY ON GENESIS OF HETAI Au DEPOSIT IN GUANGDONG PROVINCE

OUYANG Yu-fei, HUANG Man-xiang, LIU Wei

(College of Earth Science and Environmental Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Hetai Au deposit is located in a ductile shear zone in Yunkai mountains in the west Guangdong province. The paper begins with the analysis of ore material source, geochemical property of gold, physio-chemical condition of ore formation and transportation-precipition mechanism of gold. Then a new genetic view point and metallagenic medel of the deposit is put forth. The deposit location is controled by ductile shear zone and ore materials are multi-sourced but dominated by that from Sinian C bed. The metallogenic model is ductile shear zone + thermal dynamic metamorphison + hydrothermal fluid eirculation enrichment.

Key words: Hetai deposit; stratum; ductile shear zone; hydrothermal circulating; genesis; Guangdong province

欢迎订阅 2006 年《黄金》杂志

《黄金》杂志于 1980 年创刊,是由中华人民共和国新闻出版总署批准,中国黄金集团公司主管,长春黄金研究院主办的黄金行业惟一的综合性科技刊物。主要报道黄金及其相关行业的经济管理、黄金市场、(黄金及贵金属)工业应用、黄金地质、采矿工程、机电与自动控制、选矿与冶炼、分析与环保等方面的科研成果,以及新理论、新技术、新方法、新工艺、新设备、生产技术经验等内容,同时还开辟了首饰之苑、企业之窗、信息纵横、专利技术、读编往来等栏目。为发展和提高黄金生产技术水平服务,为黄金科技进步与创新服务,为厂矿企业、广大读者用户服务。

《黄金》杂志为全国中文核心期刊、中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊)、美国《化学文摘》(CA)检索文献源、《中国学术期刊综合评价数据库》统计刊源,并被《中国期刊网》、《中国期刊全文数据库》、《中文科技期刊数据库》、《万方数据 —— 数字化期刊群》和《中国核心期刊(遴选)数据库》全文收录,入编《中国学术期刊(光盘版)》。《黄金》杂志杂志荣获冶金工业系统优秀期刊奖和吉林省优秀期刊奖。

《黄金》杂志内容翔实,信息量大,实用性强,具有权威性。其发行量大、覆盖面广,已遍布黄金、冶金、地质矿产、有色金属、核工业、化工、金融及金银珠宝饰品等行业。

《黄金》杂志为月刊,彩色封面,64 页,国际开本(297mm ×210mm),国内外公开发行。国内邮发代号 12 - 47,全国各地邮局均可订阅;国外发行代号 M3331,由中国国际图书贸易总公司承办。国内每期定价 10.00 元,全年定价 120.00 元。订阅者可到当地邮局(所)订阅,也可直接通过《黄金》杂志社发行部订阅。

地 址:吉林省长春市南湖大路 6760 号《黄金》杂志社发行部
邮 编:130012 联系人:李跃辉
电 话:(0431)5529838 传 真:(0431)5521861
电子信箱:journal @ccgri.com http://www.ccgri.com/gold

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net