第 14 卷第 4 期　　地 质 与 资 源　　Vol. 14 No. 4
2005 年 12 月　　GEOLOGY AND RESOURCES　　Dec. 2005
文章编号:1671 – 1947(2005)04 – 0268 – 04　　中图分类号:P618.51　　文献标识码:A

吉林海沟金矿地质特征及应力场分析

冯　明[1],曹成润[1],陈　力[2],董晓伟[1]
(1. 吉林大学地球科学学院,吉林 长春 130061;2. 吉林大学建设工程学院,吉林 长春 130026)

摘　要:海沟金矿是大型石英脉型金矿床,矿体严格受 NE 向断裂构造控制,成矿时代为晚侏罗世—早白垩世. 矿石中金属矿物以黄铁矿、自然金、方铅矿和黄铜矿为主. 28 号主矿脉中,Au 平均品位 20.59×10^{-6}. 成矿物质来自地层和岩体. 对构造应力场研究表明,矿区有 3 期构造应力场,分别是早期近 S – N 向挤压、中期 NW 向挤压和晚期 NE 向挤压. 成矿期应力场最大主压应力方向为 NE 向.

关键词:海沟金矿;构造应力场;石英脉;地质特征

海沟金矿位于吉林延边自治州境内,距安图县约 100 km,大地构造位于华北古板块北缘东段与延边华力西褶皱带交接处,为一大型石英脉型金矿. 金矿定位于中生代 NE 向两江断裂与近 E – W 向海沟 – 金银别断裂交汇处,受 NE 向断裂控制明显.

1　成矿地质背景

区内出露的主要地层为中元古界色洛河群变质岩系. 该岩系可分上、中、下 3 个岩性段,下段为绢云母石英片岩夹大理岩透镜体,呈东西向分布,岩层受动力作用发生片理化,厚 427 m;中段为碳质板岩:上段为中酸性凝灰岩及黑云母片岩,分布于矿区 NE 部,厚 506 m. 由于混合岩化强烈,岩层呈零星分布.

矿区南部为海沟 – 金银别断裂带,呈 NWW 向延伸,全长 300 km 以上,宽 5 km,断裂在海沟金矿附近走向逐渐转变为近 E – W 向伸展. 两江断裂位于矿区东部,走向 NE—NNE 向,长达 500 km 以上,宽达 50 ~ 200 m. 矿区内次一级的断裂构造可分为 3 组,即 NW、NE—NNE 和 NWW 向,其中 NE—NNE 向断裂构造为含金石英脉的容矿构造. 区内岩浆活动有 3 个高峰期,其一为华力西晚期侵入岩,主要是闪长岩和黑云斜长花岗岩,受 NW 向断裂构造控制呈岩株状产出;其二为燕山期岩浆活动,主要是二长花岗岩、花岗闪长岩和二长岩,受 NE 向断裂控制,燕山期花岗质岩浆活动与金成矿有密切的成因联系,可能为该区金成矿作用提供部分矿质来源;其三为成矿期后极为发育的脉岩.

对于该矿床成因,早期专家们认为是中条期变质作用形成的变质热液矿床[1]. 经过长期的研究,现在专家们普遍认为,该矿床是中生代石英脉型矿床[2~4].

2　矿床地质特征

海沟金矿区已发现含金石英脉 50 多条,集中分布于金银别 – 海沟 NW 向断裂的北盘,位于 NE—NNE 向构造破碎带中(图 1).

2.1　矿体特征

海沟金矿主要以 28、38、40 和 43 号 4 条含金石英脉带为主要矿体,在平面上呈脉状、透镜状和长条状,在剖面上呈舒缓波状,具有明显的尖灭再现、分支复合特征. 矿体产状严格受 NE 向破碎带制约,其中最具有代表性的矿体为 28 号矿脉群,受走向 NE、倾向 NW 的断层控制,矿脉带控制长度 934 m,宽约 293 m,最大延深 400 m. 矿体总体走向 22 ~ 40°,倾向 NW,倾角 40 ~ 75°,矿体一般厚 4 ~ 13 m,平均厚 8 m,最大厚度 17.79 m,控制延深为 300 m. Au 的平均品位 20.59×10^{-6}[4].

2.2　矿石特征

2.2.1　矿石矿物成分

矿石中主要矿物成分简单,目前已查明 27 种矿物(表 1),有用矿物仅为自然金一种. 金属矿物以黄铁矿、自然金、黄铜矿和方铅矿为主,而且含量少,一般低于 5%. 非金属矿物约占 95% 以上,主要是石英、方解石和绢云母,其次为正长石、斜长石、重晶石和绿泥石等. 经测定自然金成色多在 850 以上.

2.2.2　矿石结构构造

收稿日期:2004 – 12 – 20;修回日期:2005 – 02 – 24. 张哲编辑.
基金项目:国家重点基础研究发展规划 973 项目(2003CB211708)资助.

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

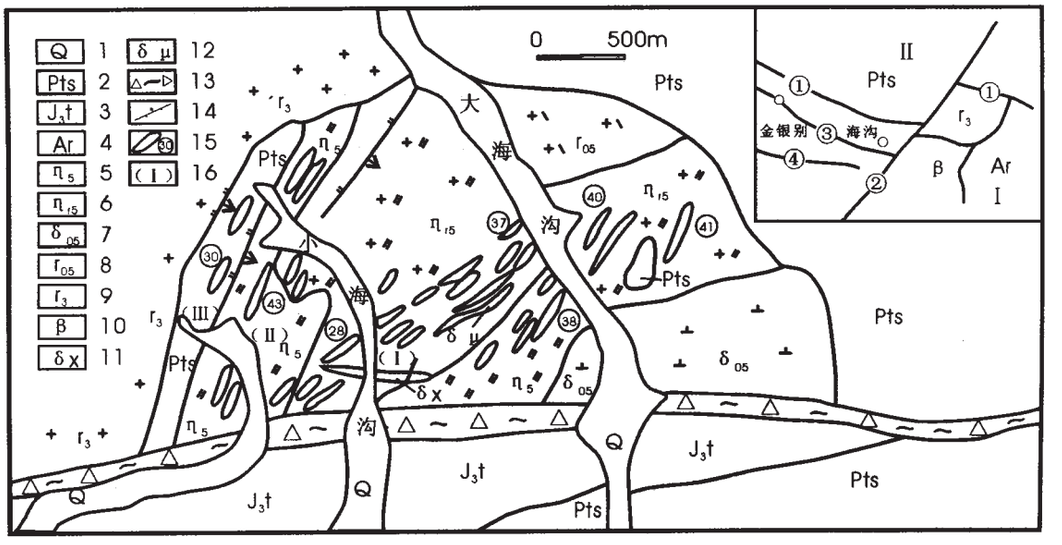


图 1　吉林海沟金矿区地质图

(根据吉林省地矿局第六地质调查所资料修改)

Fig. 1　Geologic map of Hailgou gold field, Jilin Province

(modified from Jilin No. 6 Institute of Geological Survey)

1—第四系沉积物 (Quaternary sediment);2—中元古界色洛河群变质岩系 (metamorphic series of Seluohe group, Mesoproterozoic);3—晚侏罗世屯田营组 (Late Jurassic Tuntianying fm.);4—太古宙片麻岩 (Archean gneiss); 5—燕山期二长岩 (Yanshanian monzonite);6—燕山期二长花岗岩 (Yanshanian adamellite); 7—燕山期闪长岩 (Yanshanian diorite);8—斜长花岗岩 (plagiogranite);9—加里东期花岗岩 (Caledonian granite);10—喜马拉雅期玄武岩 (Himalayan basalt);11—正长闪长斑岩脉(syenodiorite porphyry dyke); 12—闪长玢岩脉(diorite porphyrite dyke);13—破碎带(fracture zone);14—逆断层 (reverse fault);15—含金石英脉及编号 (Au-bearing quartz vein and number); 16—脉群号 (number of vein group); I—中朝古板块 (Sino-Korean paleo-plate);II—古蒙古洋板块(Paleo-Mongolian Ocean plate);①—富尔河 – 古洞河岩石圈断裂带(Furhe-Gudonghe lithospheric fault zone);②—鸭绿江岩石圈断裂(两江断裂)(Yalu River lithospheric fault);③—金银别 – 海沟断裂(Jinyinbie-Haigou fault);④—夹皮沟 – 老牛沟断裂(Jiapigou-Laoniugou fault)

表 1　海沟金矿矿石矿物成分

Table 1　Mineralogical compositions of ore in Haigou gold deposit

金属矿物			非金属矿物		
主要	次要	少量	主要	次要	少量
黄铁矿	闪锌矿	磁黄铁矿	石英	钾长石	白云母
自然金	晶质铀矿	斑铜矿	方解石	斜长石	白云石
黄铜矿	沥青铀矿	碲金矿	绢云母	重晶石	高岭石
方铅矿		碲铅矿		角闪石	滑石
		白铁矿		黑云母	
		褐铁矿		绿泥石	
				绿帘石	

矿石结构类型主要有黄铁矿和方铅矿等矿物结晶作用形成的自形、半自形和他形粒状结构,自然金与其他金属硫化物形成的包裹填隙结构,早期矿物被交代形成的交代溶蚀、交代残余结构以及黄铁矿等被压碎形成的碎裂结构. 自然金为他形—半自形,呈不规则的粒状、片状、条状、树枝状,粒径在 0.001 ~ 0.1 mm,大部分在 0.01 ~ 0.03 mm. 矿石构造以星点浸染状、细脉浸染状为主,其次为块状.

2.3　矿化期次及围岩蚀变

根据野外及室内观察,矿床成矿作用可划分成两期,即热液期和表生期. 热液期又可分为 5 个矿化阶段,第一阶段为贫硫化物黄铁矿 – 金 – 石英脉阶段,第二阶段为富硫化物方铅矿 – 金成矿阶段,第三阶段为自然金 – 硫化物阶段,第四阶段为自然金 – 贫硫化物 – 铀矿成矿阶段,第五阶段为无矿石英 – 方解石脉阶段. 其中第二、第三阶段为矿床的主要成矿阶段.

矿床的围岩蚀变受 NE 向断裂构造控制,蚀变类型有硅化、钾化、绢云母化、黄铁矿 – 方铅矿化、绿泥石化、绿帘石化、电气石化、滑石化等. 蚀变宽度为 0.3 ~ 2.0 m,围岩蚀变的分带性较为明显,分布于含金石英脉两侧,一般自内向外依次出现石英 – 钾长石化带→石英 – 黄铁矿 – 方铅矿化带→石英绢云母化带→绿泥石 – 绿帘石化带→碳酸盐化带.

2.4　成矿物质及热液来源

海沟金矿的成矿围岩是中元古界色洛河群变质岩

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

系和燕山期二长花岗岩. 从地球化学原生晕分布特征看，主要围岩的 Au 含量都只有地壳丰度的一半左右，矿体与围岩的硫同位素组成相似，说明经过长期复杂的地质构造成矿作用已使 Au 逐渐迁移到成矿带内，海沟金矿床中 Au 主要来自中元古界色洛河群变质岩系和燕山期二长花岗岩. 曾庆栋等[3]根据主成矿元素在脉岩和含金石英脉中变化规律一致的特点，认为脉岩带来深源成矿流体及部分成矿物质.

成矿热液主要来自二长花岗岩体，在循环过程中加热了围岩中的大气降水，并使成矿热液富集到岩浆期后. 这些流体在上升过程中非常缓慢地渗透到某些构造扩容带中，也可由于地块上升或断裂切割面向新的扩容带迁移[5]，使其定位于 NE 向次级断裂带中. 成矿时温度在 300～210℃，压力 6002.2～1006.67 Pa. 根据冯守忠（1999 年）所测，二长花岗岩体的 Rb－Sr 等时线年龄为 181 Ma，岩体中成矿前构造千糜岩为 164.55 Ma，矿石 K－Ar 稀释法年龄 143.95 Ma. 成矿时代属于晚侏罗世[4].

3 区域构造应力场分析

构造应力场是在一个空间范围内构造应力的分布，即在静岩应力状态上，由于构造运动所附加的应力分布. 构造应力场是决定构造变形空间分布规律的关键，因此，可利用岩石中已存在的构造变形特征，反推变形时的构造应力状态，即确定主应力方向[6].

对矿区出露的中元古界色洛河群变质岩、燕山期二长花岗岩及脉岩中的共轭剪切节理进行了系统的测量，共测量节理点 15 个，节理 1000 余条. 在研究共轭剪节理、断裂构造、脉岩的基础上，进行分期配套，并根据节理的相对滑动方向确定挤压区，进而确定构造应力场的应力方向.

3.1 节理分期及应力方向

分析矿区地质构造并结合矿脉发育特征和节理裂隙发育规律，尤其是节理的切割关系，将矿区构造应力场分为 3 期（表2）. ①早期应力场为近 S－N 向挤压，最大主压应力轴 σ_1 走向近 S－N，倾角较缓，一般小于 20°；最小主压应力轴 σ_3 走向近 EW，倾角小于 14°. ②中期应力场为 NW 向挤压，最大主压应力轴 σ_1 走向 NW，多为 S 倾，倾角一般小于 15°；最小主压应力轴 σ_3 走向 NE，多为 W 倾，倾角一般小于 20°. ③晚期应力场为 NE 向挤压，最大主压应力轴 σ_1 走向 NE，倾向以 NE 为主，倾角一般小于 25°；最小主压应力轴 σ_3 走向近 NW，SE 倾为主，倾角一般小于 18°. 各期中间应力轴 σ_2 均近于直立.

表 2 海沟金矿区构造应力场应力轴方向

Table 2 Tectonic stress field of Haigou gold deposit

早 期		中 期		中 期	
σ_1	σ_3	σ_1	σ_3	σ_1	σ_3
176°∠11°	80°∠36°	131°∠12°	40°∠10°	205°∠8°	115°∠11°
175°∠8°	83°∠32°	122°∠15°	31°∠3°	34°∠3°	314°∠5°
		128°∠10°	36°∠5°	204°∠18°	120°∠13°
		135°∠8°	44°∠20°	30°∠11°	141°∠2°
		138°∠10°	47°∠23°	28°∠16°	312°∠15°
		125°∠3°	30°∠8°		

各期应力场构造形迹的发育程度不同，晚期 NE 向应力场最为发育，切割其他方向的节理；而早期 S－N 向构造应力场最弱，显示各期构造活动对本区影响程度不同. 与我国东部区域构造应力场相比较，海沟金矿区早期构造应力场与三叠纪 S－N 向挤压构造应力场相对应，中期构造应力场与中侏罗世 NW 向构造应力场相对应，晚期与晚侏罗世—早白垩世应力场相对应[7].

3.2 应力场与含金石英脉

矿区含金石英脉沿 NE25～43°走向分布；倾向 NW，倾角 40～70°. 对含金石英脉进行统计，共统计产状 80 个，找出应力的优选方位为 $\sigma_1 = 32°\angle 8°$, $\sigma_2 = 93°\angle 72°$, $\sigma_3 = 108°\angle 12°$. 在 NE 向构造应力场作用下，中元古界色洛河群地层与二长花岗岩接触带及二长花岗岩中薄弱带发生破碎，产生一组走向 NE 的张扭性断层和裂隙，其中两江壳断裂继承性的活动成为导矿构造，而 NE 向次级断裂成为容矿构造，形成了海沟金矿.

4 结论

通过对海沟金矿特征及构造应力场分析，取得如下认识：

（1）海沟金矿严格受 NE—NNE 向断裂构造控制，其成矿时代为侏罗纪—早白垩世，在成因上与燕山期二长花岗岩浆活动有关.

（2）矿区构造应力场分为 3 期，分别是三叠纪、侏罗纪、晚侏罗世—早白垩世构造应力场，反映出中国东部构造应力场作用方向的统一性. 晚侏罗世—早白垩世构造应力场是成矿期构造应力场.

参考文献：

[1]吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志[M]. 北京：地质出版社，

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

1988. 553—575.
[2]孙忠实,冯亚民,孟庆丽. 吉林海沟金矿成矿预测新思路[J]. 吉林地质,1998,17(3):43—50.
[3]曾庆栋,沈远超,孟庆丽. 海沟金矿区脉岩特征及其与金矿成矿关系[J]. 贵金属地质,1999,8(2):70—74.
[4]冯守忠. 吉林海沟金矿床地质特征及成矿模式[J]. 地质与勘探,1999,35(1):10—14.
[5] Hay R, Craw D. Syn-metamorphic gold mineralization, Invincible Vein, NW Otago Schist, New Zealand[J]. Mineral Deposit, 1993, 28:90—98.
[6]万天丰. 古构造应力场[M]. 北京:地质出版社,1988. 1—5.
[7]冯明,万天丰,林建平. 吉林省大黑山条垒南段构造演化与成矿作用[J]. 吉林地质,1995,14(3):55—59.

GEOLOGIC CHARACTERISTICS AND TECTONIC STRESS FIELD OF HAIGOU QUARTZ-VEIN GOLD DEPOSIT IN JILIN PROVINCE

FENG Ming[1], CAO Cheng-run[1], CHEN Li[2], DONG Xiao-wei[1]
(1. *College of Earth Science, Jilin University, Changchun* 130061, *China*; 2. *College of Construction Engineering, Jilin University, Changchun* 130026, *China*)

Abstract: Haigou gold deposit in Jilin province is of a large quartz vein type. The ore bodies are strictly controlled by NE-trending fault structures. The ore-forming period ranges from Late Jurassic to Early Cretaceous. The metal minerals in ore are mainly pyrite, native gold, chalcopyrite and galena. The average grade of gold in the main ore vein is 20.59×10^{-6}. Tectonic stress field analysis indicates that in the gold field, there are 3 tectonic stress stages, namely, the early style of S-N-trending compression, the middle stage of NW-trending compression and the last stage of NE-trending compression.
Key words: Haigou gold deposit; tectonic stress field; quartz vein; geologic characteristics

作者简介:冯明(1958—),男,辽宁大连人,副教授,1982 年毕业于长春地质学院,主要从事构造地质研究,通讯地址:吉林省长春市亚泰大街 4026 号 吉林大学应用技术学院国土资源系,邮政编码 130022,E-mail//fengm@jlu.edu.cn

(上接第 267 页)

DISCUSSION ON THE GEOLOGY AND GENESIS OF LIBA GOLD DEPOSIT IN LIXIAN, GANSU PROVINCE

ZHANG Yin-fei
(*Taibai Gold Mining Industry Co. Ltd., Shaanxi, Baoji* 721607, *China*)

Abstract: Liba gold deposit in Lixian, Gansu Province, belonging to altered fracture zone type, is hosted in Devonian epi-metamorphic fine clastic rocks. The ore bodies are strictly controlled by faults. The ore-forming matters are derived mainly from deep strata. The ore-forming fluid is a mixture of meteoric water, metamorphic water and magmatic water. The Zhongchuan granite serves as the heating dynamics for metallization.
Key words: gold deposit; geological feature; genesis; Gansu Province; Liba

作者简介:张印飞(1968—),男,陕西武功人,工程师,1992 年毕业于沈阳黄金学院地质系地质矿产勘查专业,主要从事金矿地质工作,通讯地址:陕西省太白县太白河镇陕西太白黄金矿业有限责任公司生产计划部,邮政编码 721607,E-mail//zhangyinfei@126.com

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