

海南抱伦造山型金矿的确认*

The determination of the Baolun orogenic gold deposits in Hainan Province

李明艳¹, 刘玉琳², 李相波³

(1 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; 2 北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871; 3 黄石理工学院, 湖北 黄石 435003)

LI MingYan¹, LIU YuLin² and LI XiangBo³

(1 Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing 100029, China; 2 Peking University, Beijing 10871, China; 3 Huangshi Institute of Technology, Huangshi 435003, Hubei, China)

摘 要 文章在已有资料的基础上, 通过对抱伦金矿构造背景、区域地质、岩石矿物学、流体包裹体以及围岩蚀变和相关岩体的研究, 认为抱伦金矿是一个在时空上与花岗质岩浆紧密相关的、受断裂控制的、赋存于造山带变形的变质炭质岩系中、由低盐度炭质流体形成的高品位低硫化物中温石英脉型大型矿床。其成矿作用发生在应力转变期, 且围岩发生了硅化、碳酸盐化、绢云母化等蚀变。因此它属于典型的造山型金矿, 且与超大型穆龙套金矿相似。

关键词 抱伦金矿; 造山型; 穆龙套

随着 20 世纪 80 年代以来关于碰撞型造山带地质研究的重要发展, 全世界的地质学家们对碰撞造山带与矿床之间关系的认识不断深入, 已经完成了从否定碰撞造山成矿到碰撞造山成矿作用广泛发育的认识转变(陈衍景等, 1999)。与此相对应, 基于中国大陆内碰撞造山广泛发育的特点, 国内的地质学家们对中国主要造山带及其成矿省进行划分并就造山带形成的矿床的特点进行了描述(邱小平, 2002; 毛景文等, 2005), 但这些成矿造山带主要集中在祁连山、天山、南北中轴带和中央造山带。海南省地处我国最南端, 区内矿产资源研究程度不高, 虽然近年来已加大了研究力度, 但关于区内的造山型金矿还未有报道。本文结合已有的文献资料(丁式江等, 2001; 陈柏林等, 2001; 2004; 舒斌等, 2004; 2005; 2006; 刘玉琳等, 2002)对海南大型金矿床——抱伦矿床进行了研究, 依据 Groves 等(1998)提出的判据对该矿属于典型的造山型金矿进行了确认。该典型造山型矿床的确认不但有利于了解该矿床的成因机制, 而且因为它与世界上最大的同变形/同岩浆型穆龙套金矿同属于赋存于古生代含炭且具复理石构造的浅变质岩系中的典型造山型金矿(Bierlein 等, 2000), 因此在矿床成因模式及分布上可以相互印证, 为在该地区的进一步找矿提供指示, 具有重要的现实意义。由于本人水平有限, 文中难免有错误或不当指出, 请同行批评指正。

1 成矿时代及其大地构造背景

抱伦金矿位于华南褶皱系五指山褶皱带的南西部, 东西向尖峰—吊罗深大断裂与九所—陵水深大断裂之间, 乐东盆地边缘地带。

该矿的成矿时代为 236~199.2 Ma(陈柏林等, 2001; 舒斌等, 2004; 刘玉琳等, 2002)。与该时代对应的海南岛区域构造演化旋回和构造运动大致为海西—印支运动末。李孙雄等(2006)的研究认为海南地

*本文得到国家重点基础研究发展规划课题“大型剪切成矿系统与金矿成矿作用”(项目编号: 2001CB409807)的资助

第一作者简介 李明艳, 女, 1981 年生, 在读博士生, 地球化学专业, 主要从事计算地球化学、矿床学和流体包裹体研究。Email: limingyan55@gmail.com

区古生代存在一个弧状构造带,并存在一个从早二叠世到晚三叠世自西向东陆陆碰撞造山的过程。这个过程与古特提斯洋的闭合相关,并发育大量海西—印支期花岗岩。抱伦金矿处于该大陆弧上碰撞造山带的南部,从形成时代来看,它形成于造山末—后期。

2 区域地质背景

抱伦金矿的赋矿围岩为早志留系陀烈组的一套含炭且具复理石建造的浅变质碎屑岩系,其岩性为绢云母石英千枚岩-含炭绢云母千枚岩-千枚岩。陈柏林等(2004)对其进行磁组构分析发现矿化发生于应力转折期。矿区西边是中元古界长城系深变质的抱板群,东边为白垩纪鹿母湾组及报万组。矿区东南部是形成于印支早期、燕山期又有强烈活动的临高—望楼断裂带的西南组成部分——豪岗岭断裂,该断裂具有右行压扭性活动特征(陈柏林等,2004),上下盘分别为赋矿的陀烈组地层和白垩纪鹿母湾组。区域上发育琼中复背斜,但到矿区中心的豪岗岭一带,受豪岗岭断裂影响,地质界限和岩层产状发生了明显变化,形成宽缓的NNW向次级褶皱——豪岗岭背斜。金矿就发育在豪岗岭背斜核部的一系列NNW向构造破碎带中。这些构造破碎带基本上近等距、平行产出,也是豪岗岭断裂的右行压扭性活动所派生的(陈柏林等,2004)。

3 金矿石及其蚀变围岩的岩石矿物学特征

抱伦金矿的最主要的矿石类型为低硫化物的含金石英脉型。矿石中石英总含量可达90%~95%以上;次要脉石矿物为绢云母、金红石、绿泥石和碳酸盐矿物。金属矿物含量低,一般为1%~5%,局部可达10%~15%,主要是硫化物、铋化物和碲化物。硫化物以黄铁矿和磁黄铁矿为主,少量黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、碲铋类矿物、毒砂等。此外还含有少量含金碳酸盐-石英脉型矿石、含金多金属硫化物型矿石和含金蚀变岩型。

成矿可分为四期:早期粗粒石英阶段、中期细粒石英阶段、晚期硫化物-石英阶段和末期碳酸盐阶段。中期是最主要的成矿期。

对不同期次矿石中的石英研究表明,早期的石英有韧性变形出现,中期石英中主要发育微裂隙,而最晚期的石英中有梳状石英出现,反应了成矿由早期到晚期应力由挤压到拉张的转变。对矿石中各种硫化物的电子探针数据研究表明,除最晚期与碳酸盐共生的一些硫化物外,其它期的各种硫化物,如黄铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、毒砂等与它们的标准组分相比都相对贫S,具有岩浆热液的特点。矿石金银含量分析表明,矿床品位高,Au/Ag比值一般大于8。金主要是以自然金的状态存在,还有一些金的铋化物、金银矿和银金矿。富铋化物是该矿的一大特点,关于这点舒彬等(2006)已有详细的描述,在此不再赘述,这主要是受到该区高Bi背景值的影响,同时高Bi也是与岩浆热液相关的指示。

矿区内的围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、黄铁矿化及白云母化等,偶见钠长石化。此类蚀变分布上受到含矿构造带的制约,呈狭窄带状产出。

这种低硫化物石英脉、高Au/Ag比值以及围岩发生碳酸盐化和绢云母化都属于造山型金矿的典型特征。

4 成矿流体特征及其反映的温度压力条件

RG202 四极质谱仪测定成矿流体的气相成分主要是H₂O,其次CO₂,还含有少量N₂、CH₄、其他有机物等。CO₂含量高(4.8%~8.6%),CO₂/H₂O平均值为0.074;CO₂/CH₄平均值为24.5。离子色谱仪测试表明成矿流体的液相中阳离子主要有Na⁺、K⁺、Ca²⁺和Mg²⁺,阴离子主要有SO₄²⁻、Cl⁻和F⁻(含量依次大致由高到低)。K/Na=0.13~1.1,KN/MC=0.88~3.12,F/Cl⁻=0.05~0.5,Cl⁻/SO₄²⁻=0.07~0.68。与舒斌等(2006)测量结果相差较大,但测得的离子总浓度都很低。测量结果的差异除与样品选择相关外可能还与低浓度造

成的测量误差相关。离子总浓度低，这反映了成矿流体总盐度低的特点。用英国 Renishaw 产的 Ar 激光拉曼微探针光谱仪 (RW1000) 对包裹体进行微区分析测到四种类型的流体包裹体：(i) H_2O 型，两相水溶液(液+气)包裹体；(ii) 纯 CO_2 型包裹体，在室温条件下 CO_2 可呈气-液两相，一般含有 CH_4 ，也有极少量不含 CH_4 ；(iii) 三相 $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 型包裹体，含少量或者不含 CH_4 ，也有少量富 CH_4 ；(iv) 两相 $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 型包裹体，含少量或者不含 CH_4 ，也有少量富 CH_4 的包裹体。其中，(ii) 型包裹体主要出现在成矿早期。主成矿期 (iv) 型包裹体最且富。这反映了成矿流体较富 CO_2 的特点。抱伦金矿低盐度、高 CO_2 含量的特点与造山型金矿一致 (盐度 3~10wt%， $\text{CO}_2>5\%$)。

在冷热台上测定 $\text{NaCl-H}_2\text{O}$ 包裹体的冰点，并运用 Hall 等 (1988) 给出的公式计算盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 2.6%~11.7%，与舒斌 (2006) 和陈柏林 (2001) 结果相一致。测定包裹体的均一温度如图 1 所示，峰期的平均均一温度为 305℃，与舒斌等 (2006) 和陈柏林等 (2001) 的研究结果基本一致，都属于中温的范围。用 Holloway 等 (1977) 方法计算含 CO_2 包裹体的均一压力发现，完全均一温度 270~330℃，在造山型金矿形成温度范围内 (200~700℃)。成矿中期的包裹体的均一压力约为 100~160 MPa，也与造山型金矿的 100~300 MPa 一致。

采用 MAT 251 EM 质谱对低硫化物含金石英脉型矿石中石英的氧同位素和石英中包裹体中碳氢同位素进行测量得 $\delta\text{D}_{\text{V-SMOW}}=-56\text{‰} \sim -73\text{‰}$ ， $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ (石英) = 12.0‰~15.8‰， $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}=-3.1\text{‰} \sim -1.2\text{‰}$ 。用 305℃ 作为石英与包裹体之间达到同位素交换平衡的温度，采用 Taylor (1974) 提出的公式换算得 $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW (水)}}=5.1\text{‰} \sim 8.8\text{‰}$ 。投到成矿流体的 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 图，样品点主要位于岩浆水的内部和变质水与岩浆水的交界处偏变质水的部位。舒斌等 (2006) 测量样品投在岩浆水、变质水以及岩浆水与大气降水线之间。

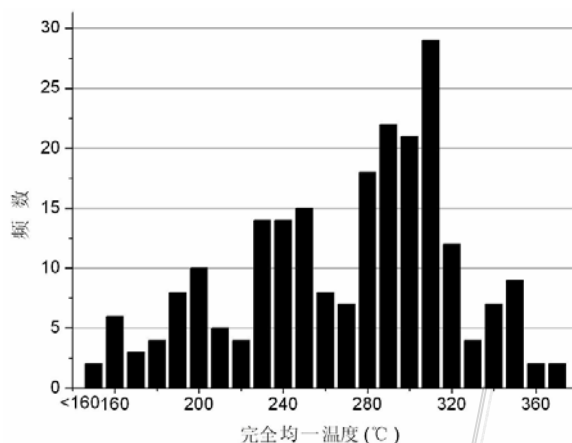


图 1 流体包裹体均一温度频数直方图

5 尖峰花岗岩的特点及其与金矿的关系

上面我们提到过抱伦金矿的金矿石矿物成分、成矿流体的液相成分以及氢氧同位素组成都表明抱伦金矿可能与岩浆热液相关。那么是否存在这样一个岩浆热液来源呢？研究表明抱伦金矿北边的尖峰复式花岗岩体是可能的岩浆热液来源。

尖峰花岗岩与赋矿的早志留系陀烈组地层呈侵入接触的关系，抱伦金矿处于尖峰花岗岩的外接触带上。海南地质调查局 (2001) 研究表明尖峰花岗岩为晚造山及同造山的 S 型花岗岩，缺少内部定向组构，且超单元的产状与围岩的区域性构造走向不整合，属于强烈挤压转变为挤压较为松弛，甚至部分转变为弱张性构造环境 (即挤压-伸展区) 下的产物，与金矿形成于应力转化期相互辉映。对该花岗岩的年代研究表明该花岗岩的形成时代为 236.6~193 Ma (陈柏林等, 2001; 舒斌等, 2004; 刘玉琳等, 2002; 黄流市幅、千家幅区域地质调查报告)，与金矿的形成时代一致。这表明尖峰花岗岩与抱伦金矿在时空上都具有高度的相关性，这也是造山型金矿的特点。

6 结 论

综合上述研究，抱伦金矿是一个在时空上与花岗质岩浆紧密相关的、受断裂控制的、赋存于造山带变形的变质炭质岩系中、由低盐度炭质流体形成的高品位低硫化物中温石英脉型大型矿床，且围岩发生了硅

化、碳酸盐化、绢云母化等蚀变。它可能是造山末期俯冲板块拆沉形成的花岗质岩浆上侵到造山褶皱带附近,在冷却过程中其接触带上褶皱核部应力集中部位发生韧性到脆性转化,并在应力转变期在断裂处形成一个低压带,富金的岩浆流体沿裂隙进入该带,并与含炭富金的变质流体相混合成矿。抱伦金矿的特征满足 Groves 等 (1998) 对造山型金矿的判别标准,属于典型造山型金矿。

参 考 文 献

- 陈柏林, 丁式江, 李中坚, 等. 2001. 海南抱伦金矿床成矿时代研究. 地球化学, 30(6): 525~532.
- 陈柏林, 李中坚, 董 诚, 等. 2004. 海南抱伦金矿床控构造特征及其对金矿化的控制作用. 中国地质, 31(2): 139~146.
- 陈衍景, 王海华, 陈华勇, 等. 1999. 碰撞造山过程内生矿床成矿作用研究的历史和进展. 科学通报, 44: 1681~1689.
- 丁式江, 黄香定, 等. 2001. 海南抱伦金矿地质特征及其成矿作用. 中国地质, 28(5): 28~34.
- 李孙雄, 范 渊, 莫位明, 等. 2006. 海南岛古生代弧状构造带的特征及其地质意义. 矿产与地质, 20(3): 232~236.
- 刘玉琳, 丁式江, 张小文, 等. 2002 (增刊). 海南乐东抱伦金矿床成矿时代研究. 地质论评, 84~87.
- 毛景文, 李晓峰, 李厚民, 等. 2005. 中国造山带内生金属矿床类型特点和成矿过程探讨. 地质学报, 79(3): 343~372.
- 邱小平. 2002. 碰撞造山带与成矿区划. 地质通报, 21(10): 675~681.
- 舒 斌, 王平安, 董法先, 等. 2005. 海南乐东地区抱伦金矿矿石特征及其成因矿物学意义. 地质通报, 25(6): 745~755.
- 舒 斌, 王平安, 董法先, 等. 2006. 海南西南部抱伦金矿床流体包裹体及稳定同位素特征. 地质通报, 25(7): 880~893.
- 舒 斌, 王平安, 李中坚. 2004. 海南抱伦金矿的成矿时代研究及其意义. 现代地质, 18(3): 316~320.
- Bierlein F P, Crowe D E. 2000. Phanerozoic orogenic lode gold deposits. SEG Rev, 13: 103~139.
- Ding S J, Huang X D, Li Z J, et al. 2001. The Geological Characteristics and Mineralization of Hainan Baolun Gold Deposit. Chinese Geology, 28(5): 28~34.
- Groves D I, Goldfarb R J, Mariam M Gebre, et al., 1998. Orogenic gold deposits— A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. Ore Geology Review, 13: 7~27.
- Taylor H P. 1974. The application of oxygen and hydrogen isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition. Econ Geol, 69: 843~88