海南抱伦金矿地质特征及其成矿作用

丁式江[1],黄香定[1],李中坚[2],傅杨荣[1],董法先[2],舒斌[2],张小文[1]

(1.海南省地质调查院,海南 海口 570206;2.中国地质科学院地质力学研究所,北京 100081)

提 要:抱伦金矿产于志留系陀烈组千枚岩中,受豪岗岭背斜转折端NNW向构造破碎带控制,以含金石英脉型为主,次为含金蚀变岩型。自然金、黑铋金矿、硫金铋矿为主要含金矿物,矿石矿物中产出较多的含铋硫盐矿物。矿体规模大、品位高,成矿作用经历了变形变质、岩浆侵入、构造逆冲等三个阶段,主成矿时代为205~216Ma,抱伦金矿床属于花岗质岩浆水和变质水混合的中温偏高热液矿床。其深部及外围仍具较大的找矿潜力。

关键词:石英脉;金矿;海南抱伦

抱伦金矿位于海南省乐东县境内,为“九五”期间发现的大型金矿,且随着勘查工作的深入,有望成为超大型金矿。本文简要介绍其地质特征,并对成矿作用作初步探讨。

1 区域成矿地质背景

矿区处于东西向尖峰-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。区内主要分布着中元古界长城系抱板群深变质岩系、志留系浅变质岩、白垩系陆相沉积岩及印支、燕山期的花岗岩(图1)。

抱板群组成本区的结晶基底,分布于矿区西侧,其岩性为混合岩、斜长片麻岩及石英云母片岩。与上覆志留系陀烈组呈断层接触。

陀烈组主要分布于矿区中部,为金矿的赋矿层位,呈NE-SW向展布,北西侧与尖峰岩体呈侵入接触,南东侧超覆于白垩系鹿母湾组之上,二者呈断层接触。陀烈组下段主要为绢云母石英千枚岩,厚度大于560 m;陀烈组中段主要为含碳千枚岩,厚度849 m。白垩纪地层分布于矿区东部,由鹿母湾组及报万组组成。下白垩统鹿母湾组主要为砂砾岩、含砾砂岩夹紫灰色厚层状含砾富晶屑凝灰岩及紫红色凝灰岩,与陀烈组呈断层接触,上部整合于上白垩统报万组之下。报万组主要为砂砾岩,含砾砂岩。

矿区断裂与褶皱构造较发育,断裂构造主要有NE向的坝毫山-铁弯岭逆冲断层(F_1)及NNW向控矿断裂带。褶皱构造主要为豪岗岭背斜。

坝毫山-铁弯岭断裂(F_1),分布于矿区东部,呈NE走向,两端延伸出图,区内长16 km。宽1~5 m。断层总体走向NE27°,倾向NW,倾角34~85°。上盘为陀烈组,下盘为鹿母湾组地层,为一逆

收稿日期:2000-12-10;修订日期:2001-02-20

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

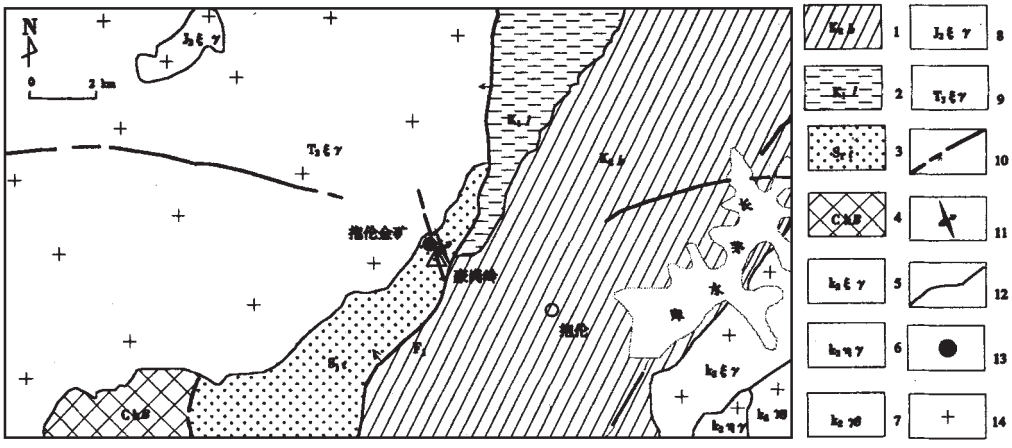

图1　抱伦金矿区域地质图

1—上白垩统报万组;2—下白垩统鹿母湾组;3—志留统陀烈组;4—长城系抱板群;
5—晚白垩世黑云母正长花岗岩;6—晚白垩世角闪石黑云母二长花岗岩;
7—晚白垩世角闪石黑云母花岗闪长岩;8—晚侏罗世黑云母正长花岗岩;
9—晚三叠世黑云母正长花岗岩;10—断层;11—背斜;12—地质界线;13—金矿床;14—花岗岩

冲断层。见石英脉与硅化脉透镜体分布,局部地方可见上盘发育许多次级的叠瓦状逆掩小裂隙。断裂带内绢云母化、硅化、绿泥石化较普遍。据野外露头及应变测量显示,该断裂曾遭受过强烈的挤压变形。

NNW向断裂破碎带主要分布于陀烈组地层中并穿过北部的晚三叠纪花岗岩。矿区内现已发现8条破碎带,其中5条含矿破碎带(图2)。基本上近等距、平行产出。破碎带间距一般为50~80 m,总体走向330~355°,倾向240~265°,局部倾向60~75°,倾角55~82°,破碎带长400~1 300 m,宽一般10~30 m,最宽80 m,金矿脉均赋存于该组破碎带中。断裂带具有良好的分带性,一般中心为含金石英脉充填,两侧依次为硅化千糜岩、碎裂岩化硅化千枚岩。

豪岗岭背斜,分布于豪岗岭一带陀烈组中,长约1.5 km,区内宽0.8 km, 轴迹NNW向,其核部为陀烈组下段的千枚岩,两翼为陀烈组中段的含碳千枚岩,东翼因NE向逆冲断层切割而未出露陀烈组中段。东翼地层产状:61~88°∠58~88°;西翼地层产状:230~245°∠60~80°,向S侧伏,侧伏角48~60°。NNW向的含矿破碎带位于豪岗岭背斜的转折端至核部,该背斜可能形成于加里东期,后又经过印支期和燕山期岩浆侵入及燕山期逆冲构造的改造。

区内岩浆活动强烈,主要有晚三叠世尖峰超单元黑云母正长花岗岩,分布于矿区西北部,而燕山期花岗岩主要分布于矿区东南方。

2　矿床地质特征

2.1　矿体基本特征

抱伦金矿区矿体主要分布于豪岗岭一带,目前已圈定了十九个矿体,由含金石英脉和含金蚀变岩组成。含金石英脉界线清楚,含金蚀变岩与围岩千枚岩界线不清,呈渐变过渡关系,主要

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

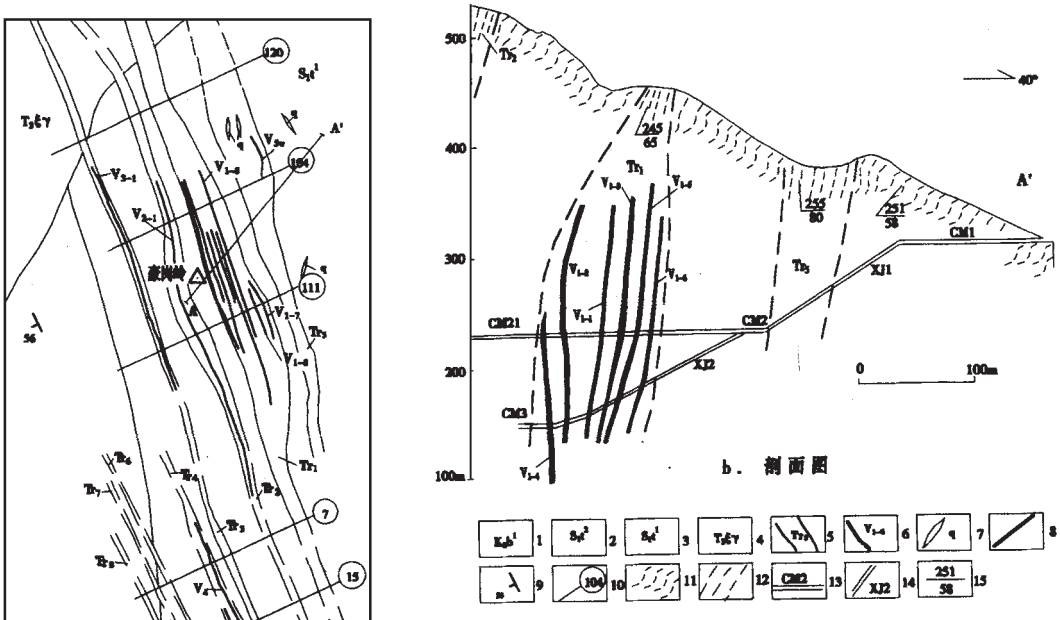

图2 抱伦金矿地质图

1—上白垩统报万组下段;2—下志留统陀烈组中段;3—下志留统陀烈组下段;4—晚三叠世正长花岗岩;5—构造破碎带;6—矿体及编号;7—石英脉;8—断裂;9—产状;10—勘探线及编号;11—千枚岩;12—千糜岩;13—穿脉坑道及编号;14—斜井及编号;15—产状(剖面)

靠品位圈定。

矿体均分布于含矿破碎带中(图2),赋存于Tr1含矿破碎带中的矿体有14个,Tr2含矿破碎带1个,Tr3含矿破碎带1个,Tr4含矿破碎带2个,Tr5含矿破碎带1个。矿体多呈脉状、似透镜状、透镜状。矿体产状与含矿破碎带基本一致,走向一般为325~355°,倾向南西西,局部北东东,倾角65~85°。矿体出露标高+270~+510m,坑道控制矿体标高一般为+320~+130m,个别(V_{1-3})控制到-25m标高。矿体长度一般160~1100m,平均厚度为0.45~4.86m,厚度变化系数14%~95%。矿体平均品位1.61×10^{-6}~29.48×10^{-6},个别为98.05×10^{-6},品位变化系数41%~164%。V_{1-3}号矿体为抱伦矿区主矿体,分布于Tr1含矿破碎带中,地表未见出露,属于隐伏矿体,矿体走向325~345°,倾向南西西,局部北东东,倾角75~85°,矿体由含金石英脉和含金蚀变岩组成。含金石英脉呈脉状和透镜状,走向延长708 m,倾向延伸720 m,具分段富集特征,金的浓集中心分布于104线300~350 m标高和111线北侧25~120 m标高范围。含金蚀变岩呈脉状,分布于含金石英脉两侧,与围岩千糜岩呈渐变过渡关系,靠品位圈定。含金蚀变岩型矿石品位一般为2.70×10^{-6}~4.18×10^{-6},远比含金石英脉型矿石品位低。矿体走向控制长度310 m,控制最大斜深415 m,平均厚度2.62 m,单工程最大平均厚度7.49 m,厚度变化系数72%,属较稳定类型。矿体平均品位29.48×10^{-6}(单工程平均品位加权平均求得),单样最高品位282.70×10^{-6},品位变化系数164%,属很不均匀类型。矿体向南侧伏,侧伏角可达45°。

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

2.2　矿物学特征

抱伦金矿以含金石英脉型为主,次为含金蚀变岩型。矿石矿物中主要金属矿物为黄铁矿、磁黄铁矿、自然金。次要矿物为毒砂、含镍黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、自然铋、黑铋金矿、硫金铋矿、辉铋矿、硫铋铅矿、斜方硫铋铅矿、柱硫铋铅矿、卡辉铋铅矿、柱辉铋铅矿、辉锑镍矿、赫碲铋矿和微量铁砷混合物、硫铁混合物、金铋混合物、硫铁砷混合物及氧化铁等。主要脉石矿物为石英,次要脉石矿物为白云母、绢云母、绿泥石、方解石、金红石及粘土矿物等 ;矿石结构有自形粒状结构、半自形粒状结构、它形粒状结构、交代残留结构、固溶体分离结构、镶嵌结构、筛状结构、骸晶结构、鳞片变晶结构、碎裂结构等 ;矿石构造有浸染状构造、网脉状构造、角砾状构造、斑点状构造、似条带状构造、片状构造,揉皱状构造等 ;金矿物成色921‰~968‰ ;抱伦金矿自然金的粒度相对较粗, 巨粒金~中粒金占34.4%, 镜下可见1.4 mm的金颗粒, 细粒金占17.5%,显微金占48.1% ;金的赋存状态为金的独立矿物——自然金,次为金的铋化物黑铋金矿和金的硫化物硫金铋矿。还有微量金以类质同象或以混合物的形式存在于其它载金矿物中,这些微量金,均为超分散金 ;金的嵌布形式有①裂隙金 :金矿物(及金矿物集合体)呈细脉状嵌布在脉石英或其它早形成的矿物如黄铁矿等晶粒之间或晶洞中 ; ②包裹体金 : 粒度较细的金矿物,呈包体状分布载金矿物诸如黄铁矿、毒砂、磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿及石英等中 ;③超分散金 :在通常显微镜下难以察之,借助电子探针和电镜扫描证实有微量金或称不可见金分布在有关载金矿物内。矿化阶段分为金-辉铋矿阶段、金-黄铁矿阶段、多金属-硫盐矿物阶段及碳酸盐阶段。

2.3　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。此类蚀变分布上比较严格地受到含矿构造带的制约,呈狭窄带状产出,其中硅化与矿化关系最为密切。

3　成矿作用分析

3.1　成矿控制因素分析

3.1.1　地层岩性的控矿性

地层岩性是成矿作用的基础,起到矿源和促进成矿的作用。根据对陀烈组中85件样品的微金分析显示,高于地壳克拉克值,金平均含量5.58×10^{-9},且离散度较大。陀烈组微量元素组合为Au-Sb、As、Pb、Mo、Bi、Ag,反映出与矿体类似的矿化元素组合(Au-Sb、Ag、Pb)。并且这种元素组合特征明显受到邻近的尖峰超单元岩体的改造,即Au与Mo、Bi等高温元素在同一组中。以上特征表明陀烈组在变形变质、花岗岩侵入改造等过程中,金活化、迁移和重新分配,具有为成矿提供大量物质的潜力和动力,起到矿源的重要作用。陀烈组中段的含碳千枚岩,既可以起到矿化屏蔽的作用,又可起还原作用,破坏金-硫(氯)络合物的稳定性和元素间的动态平衡,导致金的沉淀,形成矿体。因此,围岩的化学性质影响成矿流体的演化,控制金的成矿强度和富集定位空间。

3.1.2　花岗岩体的控矿性

抱伦金矿产于印支期尖峰超单元黑云母正长花岗岩的外接触带0~2 km, 从矿石矿物组合可以看出,抱伦金矿大量产出含铋矿物,显然与岩浆作用有密切的关系。对尖峰超单元23件样

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

品的微金分析显示,平均含量达15.47×10^{-9},且含量区间较离散,可能为金的矿源岩;燕山期花岗岩22件样品微金分析,平均含量仅1.32×10^{-9},金含量分布较均匀。聚类分析表明,印支期花岗岩,Au-Ag、As、Hg、Cl、Sb、Bi在一组,与矿体元素组合特征较一致,且Au与Cl在一组,可能预示着岩浆期后热液中Au呈氯络合物形式运移;燕山期花岗岩中Au与Hg、Sb、F等较密切,显示出燕山期花岗岩除提供热动力作用外,部分地参与了成矿作用。

3.1.3 NNW向构造的控矿性

加里东期的变形变质作用,形成了NNW向豪岗岭背斜,在背斜的转折端部位产生了NNW向的裂隙构造,这些裂隙即为本区金矿的控矿构造,矿体的侧伏与背斜的倾伏方向一致。对横过矿化破碎带所作的应变测量显示,构造岩主要为平面应变型,反映岩石总体处于简单剪切状态,而矿体部分则付林参数较大(K≈3~4),矿体赋存于断裂的扩容带中,也即在简单剪切的局部扩容空间中,有大量的矿液进入。对矿区岩矿石也做了部分磁组构测量,将各样品的最小磁化率轴产状投影成图(图3),可以发现不同样品的最小磁化率轴投影点各不相同,但同类岩石样品有占优势的趋势。千枚岩类岩石的最小磁化率轴投影点大多为东西向;而石英脉矿石类的最小磁化率走向以南北向为主。最大主应力方位大体可为三组,而且对应着三期主要的构造作用,①近东西向组,倾角较平缓,占大多数,反映的是加里东期近东西向应力作用形成近南北向的豪岗岭背斜;②近南北向组,倾角中等,反映的是印支晚期尖峰岩体侵位,该区主压应力近南北向,对豪岗岭背斜进一步改造,为主成矿期的应力特征;③为NW-SE向组,反映的是燕山期逆冲作用的主压应力特征,该期应力对成矿起叠加改造作用,局部使矿体变富,局部切割矿体,但错距不大。

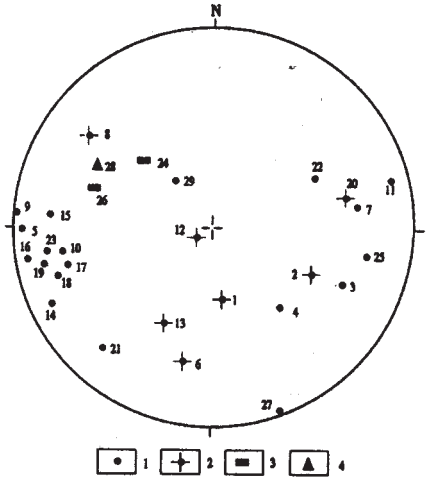

图3 最小磁化率轴产状投影(下半球投影)

1-千枚岩;2-石英脉矿石;3-侵入岩;4-变形古石英脉

3.2 成矿物理化学条件

抱伦金矿床氧同位素测定结果见表1,$\delta^{18}O_{石英}=12.9‰\sim14.8‰$,相应包裹体水的氢同位素$\delta D=-61‰\sim-62‰$。根据Clayton等(1972)给出的石英-水体系中氧同位素分馏随温度变化的关系式:$\Delta^{18}O_{石英}-\delta^{18}O_{水}=A(10^6T^{-2})+B$(当$T\approx200℃\sim500℃$时,A=3.38,B=-3.40),并选择包裹体的捕获温度230℃和290℃,可求得的成矿流体中水的$\delta^{18}O_{水}$为+2.94‰~+7.54‰。

投影点位于岩浆水区左侧边部、变质水区的左下角,表明成矿流体是以岩浆水为主,有变质水参与的混合流体,大气降水影响比较小。抱伦金矿床的氢氧同位素组成与福建肖板金矿和阿尔金大平沟金矿相似,但是大气降水影响更小一些;此明显具有大气降水来源的火山热液型浙江治岭头金矿床雨水影响要小得多;与北京崎峰茶金矿相比,后者岩浆水比例要大得多,几乎没有变质水的参与;与典型岩浆热液成因的江西大背坞金矿床相比,尚有少量大气降水影响,后者几乎没有受到大气降水的影响。

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

表 1　抱伦金矿氧、氢同位素组成及与其它金矿床对比表

序号	样品编号	采样位置	岩　性	测定矿物	$\delta^{18}O_{SMOW}$/‰	$\delta^{18}O_{SMOW水}$/‰	δD/‰	备　注
1	B37－1	Ⅰ号矿体	石英脉型金矿石	石英	+12.9	+2.94～+5.64	－61	中国地质科学院矿床地质研
2	B41－2	Ⅳ号矿体	石英脉型金矿石	石英	+14.8	+4.84～+7.54	－62	究所测试(数据均为相对于
3	BD21	CM21	石英脉型金矿石	石英	+13.7	+3.74～+6.44	－61	国际标准 SMOW 之值)
4	阿尔金大平沟金矿床		石英脉金矿石	石英	+12.02	+3.06	－58	据地质力学所内部报告
5	福建肖板金矿床		蚀变岩－石英脉型	石英	+11.4	+2.95	－51	据陈柏林(1998)5 个样平均
6	江西大背坞金矿床		石英脉金矿石	石英	+16.6	+10.48	－60	据王平安(1998)3 个样平均
7	浙江治岭头金矿床		石英脉金矿石	石英	－	+0.78	－60	据郑明华(1986)3 个样平均
8	北京崎峰茶金矿床		石英脉金矿石	石英	+12.1	+5.6	－88	据李中坚等(1997)

8件样品89个均一温度测定值介于105~324℃之间,在直方图上均一温度频数呈现出明显的两个峰值,主峰值区范围为240~300℃、峰值268℃左右,次峰值区范围为160~200℃、峰值185(图4),表明成矿过程主要经历两个阶段,但以240~300℃为主要成矿阶段,表明成矿温度较高,为中温矿床温度的上限。测温结果与金矿石的矿物组合所反映的成矿温度较高的特点是吻合的。

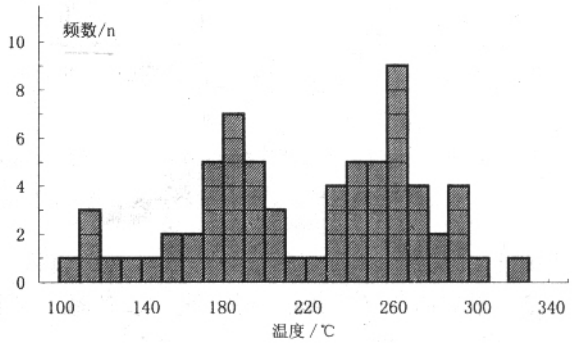

图 4　抱伦金矿床石英包裹体均一温度频数直方图(10℃区间统计)

3.3　金矿成矿时代讨论

为了研究抱伦金矿成矿时代,我们采集了矿石样,并用K－Ar法进行了成矿时代的测定。结果如表2,矿石中伊利石的K－Ar法同位素年龄为216.04Ma和205.26Ma,相当于晚印支期,两个数据极其接近,表明分析结果有一定的可验证性,这一年龄数据可能代表金矿的成矿年龄。矿区北边尖峰超单元花岗岩的年龄,前人用锆石U－Pb法测得208Ma和232Ma(1:5万千家幅区调报告,1999),由此看出,成矿作用晚于花岗岩侵入作用3~27Ma,推测岩浆期后热液对本区金成矿起着至关重要的作用。

表 2　抱伦金矿矿石 K－Ar 稀释法年龄数据结果

矿物	样　号	B38－1A	B38－1－1
伊利石	样品重量/g	0.0094	0.0112
	钾含量/%	1.990	7.250
	$(^{40}Ar/^{38}Ar)_{测量值}$	38.29220	149.65114
	$(^{38}Ar/^{36}Ar)_{测量值}$	134.88874	313.64266
	放射成因氩$(^{40}Ar_{放}/g)$ (mol/g)	7.921×10^{-10}	2.733×10^{-9}
	^{40}K 含量$(^{40}K/g)$(mol/g)	5.939×10^{-8}	2.164×10^{-7}
	$^{40}Ar_{放}/^{40}Ar_{总}$(%)	93.10	98.04
	$^{40}Ar_{放}/^{40}K$	0.0133358	0.0126314
	年龄值/Ma	216.04±3.21	205.26±3.04

石油勘探开发科学研究院实验中心测试(仪器:MM5400静态真空质谱仪)

常数:$\lambda_C=0.581\times10^{-10}$年$^{-1}$,$\lambda_H=4.962\times10^{-10}$年$^{-1}$,$^{40}K/K=1.167\times10^{-4}$

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

3.4 成矿模式

抱伦金矿区地处琼西二甲—抱伦成矿远景区带上,地质体含金性较高,琼西南北向构造带通过本区,使该区遭受多次强烈的构造运动、岩浆活动和变质作用,具备良好的成矿地质条件,找矿潜力巨大。该金矿的形成经历了多期构造运动,其形成大致经历以下过程(图5):

1)加里东期的构造运动及区域变质作用,形成了豪岗岭背斜。伴随着背斜的形成,在背斜

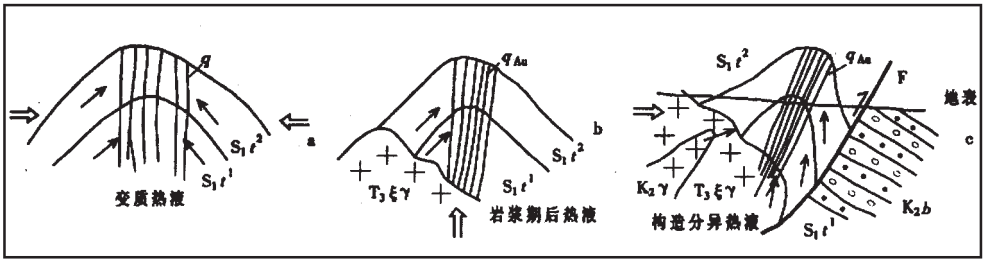

图5 抱伦金矿成矿模式

a—加里东期;b—印支期;c—燕山晚期

K_2b—上白垩统报万组;S_1t^2—下志留统陀烈组中段;S_1t^1—下志留统陀烈组下段;

$K_2\gamma$—晚白垩世花岗岩;$T_3\xi\gamma$—晚三叠世正长花岗岩;q—贫金石英脉;q_{Au}—含金石英脉

转折端形成构造裂隙,变质分异热液沿裂隙贯入,形成贫金石英脉。

2)印支期尖峰岩体的侵入,进一步改造了豪岗岭背斜,使背斜更加紧闭,其岩浆期后含矿热液充填在构造破碎带内,为本区的主成矿期。一方面岩浆期后含Au、S、Cl、F、H_2O、CO_2等热液沿构造破碎带上升运移,另一方面岩浆热能又活化萃取了围岩中的Au、S、Fe等组分,与岩浆期后热液一起沿构造带向上运移,在断裂带的扩容空间地带,由于氧化-还原势的急剧变化,形成连续的大规模的矿化作用。陀烈组中段为含碳千枚岩,起着隔档层的作用,因而金矿体主要就位于陀烈组一段NNW向构造中。

3)燕山晚期伴随着逆冲作用,早期形成的含金石英脉再次破碎,构造分异热液及岩浆热能改造形成的含矿热液再次充填到破碎的石英脉中,为本区金矿的进一步富集起着重要的作用。

4 讨论与建议

抱伦地区地质体的含金性较高,成矿作用经历了变形变质→岩浆侵入→构造逆冲等多次叠加,而陀烈组中段的含碳岩系起到了较好的屏蔽效应,且矿床形成后没有经受大规模剥蚀。所有这些都为该区形成巨型金属量的堆积提供了良好的匹配条件。笔者就该区深部及外围找矿提出以下初步设想:

抱伦金矿已发现矿脉的深部仍有较大的远景,因矿体向南侧伏,在豪岗岭以南的陀烈组深部仍有较大的成矿潜力,尤其是矿区西南部新近发现的Tr6、Tr7、Tr8破碎带,尽管地表矿化不理想,但通过深入细致的勘查研究,深部仍具找矿潜力。

抱伦矿区外围尖峰超单元的外接触带,广泛分布陀烈组地层,在其合适的构造部位,如褶皱的转折端或翼部,裂隙构造较发育处,可望成为新的找矿靶区。 (下转第18页)

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

参考文献：

[1] 姚宗富.青海玉树县长青可地区元古代地层特征[J].西藏地质,1992,(1).

[2] 郝太平,谭正义.金沙江中段波罗—巴塘地区元古代地层的确定及主要地质特征[J].西藏地质,1991,(2).

[3] 游再平.西藏前寒武系沉积岩稀土地球化学特征及意义[J].西藏地质,1994,(1):66~74.

[4] 郝子文.青藏高原前寒武纪岩石地层划分对比——兼论"三江"构造带基底特征[J].四川地质学报,1997,17(2):84~91.

[5] 夏代祥,刘世坤.全国地层多重划分对比研究(54).西藏自治区岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997,8~12.

[6] 王鸿祯.地层学的分类体系和分支学科[J].地质论评,1989,35(3).

[7] 冯庆来.造山带区域地层学研究的思想和工作方法[J].地质科技情报,1993,12(3):51~56.

[8] 陈克强,汤加富.构造地层单位研究[M].武汉:中国地质大学出版社,1995.

[9] 殷鸿福,张洪涛,其和日格,等.关于"非史密斯地层学"的一点意见[J].中国区域地质,1999,18(3):225~228.

[10] 游再平.宁多群中花岗质正片麻岩系特征[J].西藏地质,1996,(1):69~75.

[11] 郭承志等译.太古代绿岩带及其矿产[M].北京:地质出版社,1980.

[12] 赫德伯格H D.国际地层指南[M].北京:科学出版社,1979.

[13] 四川省地质矿产局.四川省区域地质志[M].北京:地质出版社,1991.

[14] 辜学达、刘啸虎.全国地层多重划分对比研究(51),四川省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997.

[15] 郝太平.金沙江北段元古界变质岩的Rb-Sr同位素年龄研究[J].西藏地质,1994,(1):56~65.

[16] 郝太平.金沙江中段元古宙变质岩的Sm-Nd同位素年龄报道[J].地质论评,1993,39(1):52~56.

[17] 钟大赉,丁林.从三江及邻区特提斯带演化讨论冈瓦纳大陆离散与亚洲的增生[A].IGCP第321项中国工作组编:亚洲的增生[C].北京:地震出版社,1993.

(上接第34页)

据近期的工作,NNW向构造破碎带已伸入内接触带，破碎带内充填石英脉硅化破碎强烈。应注意对尖峰超单元进行详细的地质地球化学工作，寻找与本成矿系列有关的Au、Ag、Mo、Pb、Zn等矿产资源。

参考文献：

[1] 蔡本俊,等. 崇安—石城构造带中段金矿成矿规律[M].北京:地震出版社,1994.

[2] 陈柏林,等. 福建尤溪肖板金矿床成因探讨[J].矿床地质,1988,17(增刊):319~322.

[3] 丁式江,翟裕生,邓军. 胶东焦家金矿床有限应变分析及其意义[J].地质找矿论丛,1997,12(4):1~10.

[4] 李中坚,等. 北京怀柔崎峰茶—琉璃庙地区含金构造与找矿研究[M].北京:北京科学技术出版社,1997.

[5] 刘裕庆. 吉林海沟金矿床同位素地球化学和成矿规律研究[J].矿床地质,1991,10(2):131~142.

[6] 王平安,董法先,刘建民,等. 江西大背坞金矿床地质地球化学特征[J].矿床地质,1998,17(1):57~69.

[7] 郑明华,等. 论浙江治岭头金银矿床的成矿物质来源[J].矿床地质,1986,5(1):39~52.

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