第 15 卷第 4 期　　地 质 与 资 源　　Vol. 15 No. 4
2006 年 12 月　　GEOLOGY AND RESOURCES　　Dec. 2006
文章编号:1671 – 1947(2006)04 – 0265 – 07　　中图分类号:P618. 51　　文献标识码:A

云南金平铜厂金矿床地质特征和成矿物质来源

应汉龙[1],刘和林[2],杨许中[2],李志伟[3]
(1 中国科学院 地质与地球物理研究所,北京 100029;2. 云南省地勘局第二地质大队,云南 文山 653000;
3. 云南省储量评估中心,云南 昆明 610011)

摘　要:铜厂金矿床位于哀牢山造山带金平古生代盖层构造单元的中南部. 金矿化分布于奥陶系下统复理石碎屑岩和志留系中 – 上统白云岩之间的北西走向断裂破碎带中. 含金矿物主要为自然金和银金矿,附着于黏土矿物或赋存于石英、黄铁矿、毒砂裂隙和胶结物的颗粒间. 矿石为细脉状、浸染状和团块状构造. 围岩蚀变为碳酸盐化、硅化、绢云母化等. 金矿石黄铁矿 $\delta^{34}S$ 为 0. 337‰ ~ 3. 113‰,$^{208}Pb/^{204}Pb$、$^{207}Pb/^{204}Pb$ 和 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 分别为 39. 3814 ~ 40. 1504、15. 7093 ~ 15. 7727 和 19. 002 ~ 19. 5492. 矿区石英正长斑岩 $\delta^{34}S$ 为 – 1. 118‰ ~ – 0. 161‰,$^{208}Pb/^{204}Pb$、$^{207}Pb/^{204}Pb$ 和 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 分别是 39. 0817 ~ 39. 2278、15. 653 ~ 15. 6805 和 18. 8186 ~ 18. 8612. 金矿石黄铁矿的硫不是来源于石英正长斑岩,铅来源于上地壳. 石英正长斑岩铅为上地壳和下地壳或上地幔混合来源铅. 金矿床可能是在新生代岩浆 – 构造作用晚期,断裂构造中循环的热液汲取上地壳沉积围岩中的金等成矿物质形成的含矿流体,在断裂构造带压力和温度较低部位通过充填和交代作用形成的.

关键词:金矿床;硫同位素;铅同位素;云南

云南金平铜厂金矿床位于哀牢山脉南部,赋存于“三江”造山带的哀牢山次级造山带金平滑移体古生代奥陶系下统复理石沉积岩中. 该金矿床由云南地矿资源股份有限公司文山分公司发现和勘探,是金平地区查明的第一个大型金矿床.

1　地质背景

铜厂金矿床位于“三江”造山带东缘的哀牢山次级造山带金平滑移体古生代盖层构造单元的中南部[1]. 金平滑移体构造单元属于扬子板块的一部分,是在晚三叠世及以后的造山作用中,与哀牢山造山带东侧变质基底构造单元一起卷入到哀牢山造山带[1];金平滑移体在东西两侧分别以哀牢山深断裂和藤条河大断裂为界,呈楔形分布在哀牢山元古宙变质基底单元和墨江 – 绿春古生代边缘活动带之间(图 1),属于碰撞造山带的上覆陆块单元[1].

铜厂金矿床所在区域出露的地层为古生界奥陶系下统复理石砂岩和泥岩,志留系中、上统碳酸盐岩,泥盆系下统碎屑岩,泥盆系中统至二叠系下统碳酸盐岩夹细碎屑岩以及二叠系峨眉山玄武岩(图 2). 矿区内出露奥陶系下统复理石砂岩和泥岩以及志留系中、上统康朗组白云岩. 前者是原生金矿体的主要围岩;后者局部穿插含金辉绿岩脉,溶蚀洼地内发育次生金矿化(图 2).

区域构造主要为北西走向的倒转背斜,北西向和北东向两组区域性断裂构造发育. 铜厂金矿床位于倒转背斜的南东转折翼(图 2). 北西走向的甘河断裂(F5)为区域内主要断裂,总体倾向南,地表局部倾向北,倾角 80°. 断裂破碎带由碎裂白云岩和断层泥组成,宽 100 ~ 200 m,断层泥厚 10 m 左右,部分地段发育黄铁矿化和金矿化,断层泥含金大于 3×10^{-6}. 甘河断裂以北为倾向南东的单斜构造,由奥陶系下统碎屑岩、志留系中、上统白云岩、泥盆系碳酸盐岩夹细碎屑岩、石炭系和二叠系碳酸盐岩和二叠系峨眉山玄武岩等组成;甘河断裂以南为倾向南西的单斜构造,由志留系中、上统白云岩、泥盆系碳酸盐岩夹细碎屑岩、石炭系和二叠系碳酸盐岩和二叠系峨眉山玄武岩等组成(图 2). F6 断裂走向总体与甘河断裂平行,地表形迹不明显. 在铜厂附近的倒转背斜转折端与志留系中、上统和奥陶系下统界线重合,走向变为北西,断裂倾向东,主断面由浅部到深部变陡,倾角为 10 ~ 70°. 断裂带内发育辉绿岩脉、煌斑岩脉、正长斑岩和细晶正长岩脉等,一些辉绿岩和煌斑岩脉边部金矿化. F7、F8 和 F9 主要为北东走向断裂(图 1). F7 断裂穿过志留系中统

收稿日期:2005 – 09 – 05;修回日期:2006 – 09 – 20. 张哲编辑.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

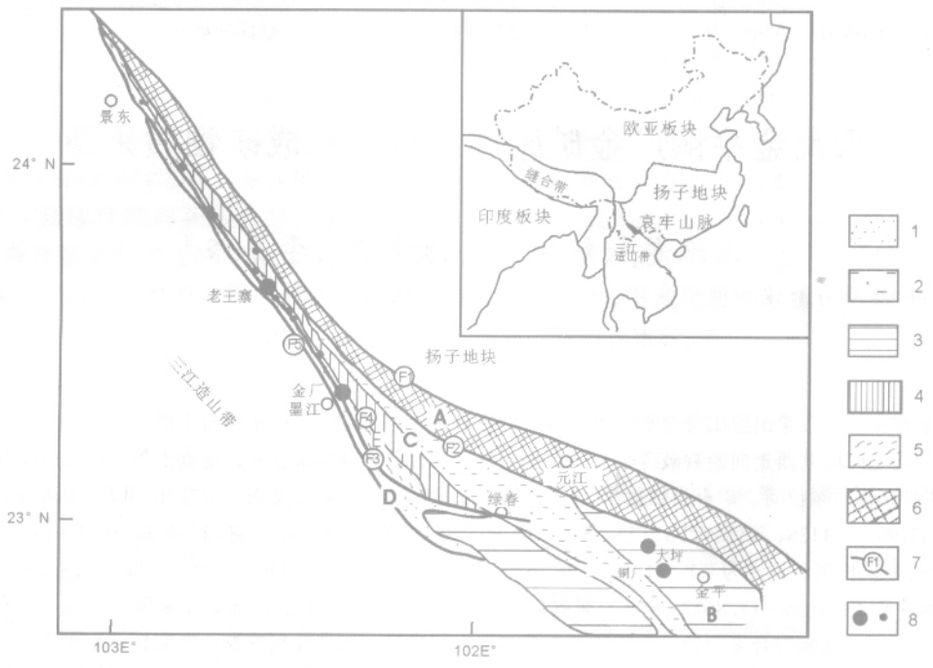


图 1 哀牢山区域构造及金矿床分布简图

(据王义昭等,2000;李定谋等,1998 改编)

Fig. 1 Regional tectonic and gold deposit distribution in Ailaoshan region

(modified from WANG Yi-zhqo et al.,2000; LI Ding-mou et al.,1998)

A—哀牢山变质基底(Ailaoshan metamorphic base); B—金平古生代沉积盖层(Jinping Paleozoic sedimentary cover); C—墨江-绿春古生代被动边缘活动带(Mojiang-Luchun Paleozoic passive margin mobile belt); D—阿墨江裂陷活动(断裂)带(Amojiang mobile rift/fault zone);1—三叠系上统一碗水组磨拉石堆积(Upper Triassic Yiwanshui Formation molasses);2—三叠系沉积岩覆盖的古生界岩石(Paleozoic rocks covered by Triassic sediment);3—未变质的古生界岩石(unmetamorphosed Paleozoic rocks); 4—弱变质的古生界岩石(weakly metamorphosed Paleozoic rocks); 5—晚泥盆世-早石炭世蛇绿混杂岩(D_3-C_1 ophiolitic melange);6—下元古界哀牢山群变质岩(Lower Proterozoic Ailaoshan Group);7—区域断裂带(regional fault zones): F1—红河断裂带(Honghe), F2—哀牢山断裂带(Ailaoshan), F3—九甲-墨江断裂带(Jiujia-Mojiang), F4—转马路断裂(Zhuanmalu), F5—阿墨江断裂带(Amojiang);8—金矿床(gold deposit)

和奥陶系下统地层界线,断裂以西的志留系中、上统地层走向北西,细晶正长岩岩床和正长斑岩岩墙侵入其中;断裂以东的地层走向北东,有正长斑岩岩株侵入. F8 断裂倾向南东,倾角 40~60°,局部破碎带宽 10~50 m,由碎裂白云岩、糜棱岩和角砾岩组成. F9 断裂倾向南东,倾角 40~65°.

铜厂金矿区构造为北西走向的倒转单斜构造,下部为志留系中、上统白云岩,上部为奥陶系下统复理石碎屑岩. 控矿构造 F6 断裂破碎带发育在两套岩石界线上部的奥陶系下统复理石碎屑岩中,断裂下盘为志留系中、上统白云岩,上盘为奥陶系下统粉砂岩、细砂岩、泥岩和砾岩. 沿断裂主断面发育厚约 2 m 的灰黑色、灰色断层泥或糜棱岩,在奥陶系下统碎屑岩地层一侧形成宽度大于 100 m 的破碎带. 破碎带内北东向、北西向和南北向裂隙发育,岩石破碎程度不一. F6 断裂破碎带从主断面向外由断层泥或糜棱岩带、碎裂岩带和破碎岩带等 3 个不同变形(破碎)程度的构造岩带组成. 碎裂岩带和破碎岩带的岩石保留了原岩的结构构造和产状,沿走向和倾向方向分布裂隙较少、相对完整的地层透镜体和砾岩、白云岩透镜体. 变形破碎强烈的地段,金矿化较好. 断裂下盘志留系中、上统白云岩裂隙不发育. 断裂经历了倒转背斜形成时的张性构造活动,及随后的北西向走滑和后期的推覆逆冲作用. 张性作用造成断裂面呈倒'S'型;北西走向走滑造成上盘岩石破碎程度的不均一;推覆作用使断裂面由陡变缓的转折部位形成一系列缓倾角层间滑动破碎裂隙或剪切破裂(图 3).

区域上出露基性岩脉、酸性岩脉、碱性岩和煌斑岩脉. 基性岩脉主要为辉绿岩脉和辉长岩脉,分布广泛,侵入于各种沉积岩石中,大小不一,走向与地层走向一

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

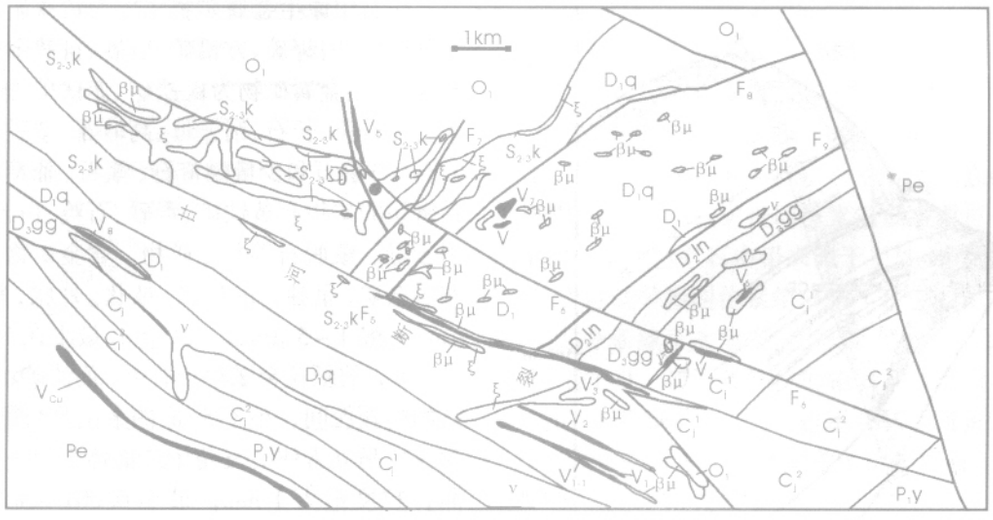


图 2　铜厂金矿床地质图

Fig. 2　Geological map of Tongchang gold deposit

O_1—奥陶系下统粉砂岩、细砂岩、砾岩和泥岩 (Lower Ordovician siltstone, fine-grained sandstone, conglormerate and mudstone); $S_{2-3}k$—志留系中统康廊组白云岩(Middle Silurian Kanglang Formation dolomite); D_1q—泥盆系下统青山组白云质灰岩、砾岩(Lower Devonian Qingshan Formation dolomitic limestone and comglomerate); D_1—泥盆系下统莲花曲组硅质板岩、板岩(Lower Devonian Lianhuaqu Formation siliceous slate and slate); D_2ln—泥盆系中统烂泥箐组灰岩夹钙质泥岩 (Middle Devonian Lanniqing Formation limestone interbedded with calcareous mudstone); D_3gg—泥盆系上统干沟组灰岩 (Upper Devonian Gangou Formation limestone) C_1^1—石炭系尖山营组一段灰岩及白云质灰岩 (Carboniferous lower Jianshanying Formation dolomitic limestone and limestone); C_1^2—石炭系尖山营组二段白云质灰岩 (Carboniferous upper Jianshanyin Formation dolomitic limestone); P_1y—二叠系下统阳新组灰岩 (Lower Permian Yangxin Formation limestone); Pe—二叠系峨眉山玄武岩 (Permian Emeishan basalt); ξ—正长岩 (syenite); βμ—辉绿岩 (dolerite); γ—辉长岩 (gabbro); Y—花岗岩(granite); V_5—金矿体及编号(gold ore body and number); V_{Cu}—铜矿体(copper ore body); F5—断层及编号(fault and number); •—银厂坡金矿 (Yinchangpo gold mine)

致. 岩脉发育黏土化、绢云母化、碳酸盐化和蛇纹石化，多数岩脉边缘发育金矿化. 分布于甘河断裂带(F5)内的蚀变辉绿岩脉中发育金矿体. 酸性岩类为中粒花岗岩脉，分布很少. 碱性岩为同期多阶段复式正长岩杂岩体，由早阶段的细粒正长岩、中阶段的石英正长斑岩、石英二长斑岩和少量的二长花岗岩以及晚阶段的正长岩组成，呈岩株、岩墙和岩席产出，岩体接触带附近的围岩夕卡岩化和大理岩化. 中阶段的正长斑岩黑云母的 K－Ar 稀释法年龄为 36 Ma[3]，岩体局部含较多的立方体黄铁矿. 晚阶段正长岩全岩 Rb－Sr 同位素年龄为 34～36 Ma[4]. 正长杂岩体中没有发现金矿化. 超基性煌斑岩、基性煌斑岩和碱性煌斑岩脉一般是最晚的侵入体[5]，岩脉边缘金矿化，少量煌斑岩脉体外接触带围岩中发育浸染状雄黄，表明金矿化晚于煌斑岩脉形成.

2　矿化特征

铜厂地区金矿化主要沿北西走向断裂和志留系中、上统白云岩和奥陶系下统碎屑岩之间发育，矿化带长数十公里(图 2). 原生金矿化岩石为碎裂粉砂岩、细砂岩、辉绿岩、碎裂白云岩、断层泥和灰岩. 次生金矿化形成的金矿体规模和矿石品位受地形、喀斯特地貌和脉岩密集程度的影响，变化较大.

铜厂金矿床由 V_5 金矿体等组成，分布于北西走向 F6 断裂破碎带的奥陶系下统碎屑岩中. 金含量大于 0.5×10^{-6} 的矿化体长度大于 2000 m，宽度为 150 m 左右，垂直厚度约 300 m. 以 1×10^{-6} 金含量为边界品位确定金矿体，V_5 主矿体长约 1800 m，厚度为 0.86～39.49 m，最大斜深 425 m，矿化连续，矿石金含量为 1.0×10^{-6}～82.40×10^{-6}. 矿体倾向 NE 40～75°，倾角 28～60°，上缓下陡，与 F6 断裂产状基本一致，主要受主断面上盘脆性破碎带控制 (图 3). 次要矿体多数与 V_5 主矿体相连，矿体受层间破裂带控制，产状与地层一致，倾向 NE40°，倾角 30～35°(图 3). 金矿体赋存于比较破碎的的岩石中，矿化强度与岩石的破碎和裂隙的发育程度正相关. 矿化岩石主要为碎裂粉砂岩，其次为碎裂石英细砂岩、粉砂质碎裂岩、含炭泥质粉砂岩和底砾岩等. 矿体与围岩为过渡渐变关系. 破碎带内北

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

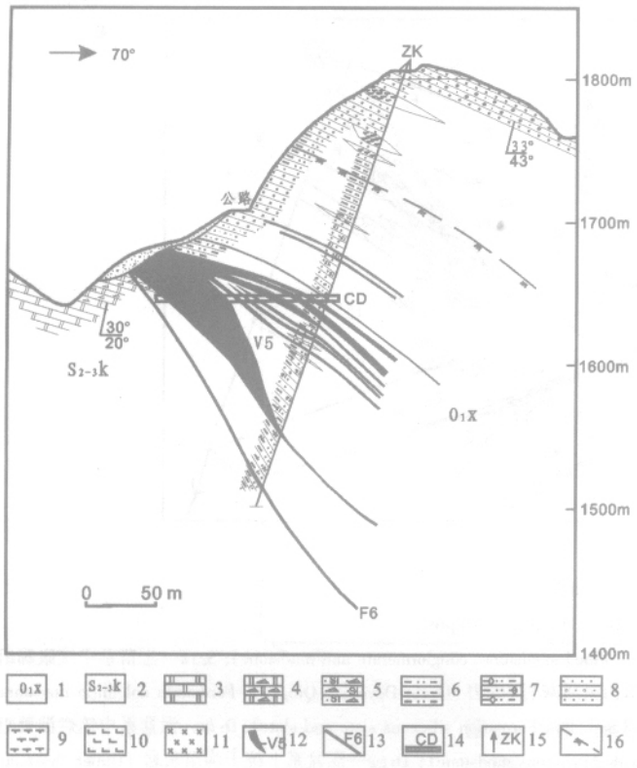


图 3 铜厂金矿床地质剖面图

Fig. 3 Cross section of Tongchang gold deposit

1—奥陶系下统 (Lower Ordovian); 2—志留系中、上统康廊组 (Middle-Upper Silurian Kanglang Formation); 3—白云岩(dolomite); 4—碎裂白云岩 (cataclasitic dolomite); 5—碎裂硅化粉砂岩; (cataclasitic silicified siltstone); 6—泥质粉砂岩 (muddy siltstone); 7—碳酸盐化泥质粉砂岩 (carbonatized muddy siltstone); 8—含砾砂岩、粗砂岩 (gravel-bearing sandstone and coarse-grained sandstone); 9—正长岩(syenite); 10—煌斑岩 (lamprophry); 11—辉绿辉长岩 (gabbrodolerite); 12—矿体及编号 (ore body and number); 13—断层及编号(fault and number); 14—穿脉(adit); 15—钻孔(drillhole); 16—矿化带界线(boundary of mineralization zone)

西走向和北东走向的辉绿岩脉和煌斑岩脉一般含金小于 0.5×10^{-6}，低于岩脉周围的碎屑岩的金含量．在海拔 +1645 m 以上，矿石基本为氧化矿石 在海拔 +1645 m 以下，矿石为原生硫化物矿石．原生矿石主要为碎裂状构造和变余粉砂结构，碳质、泥质和浸染状、细脉状硫化物分布在弯曲波状碎裂裂隙中．与金有关的石英、白云石和黏土矿物等矿物呈细脉状和浸染状分布．金矿化碎裂粉砂岩由 0.01 ~ 0.2 mm 粒径的石英、白云石等碎屑组成，碎屑呈棱角状，基底式胶结．胶结物为硅质、钙质、泥质及铁质，多数重结晶为显晶质的石英及绢云母、白云石(方解石)，基底部分呈显微鳞片粒状变斑晶结构．

矿石中原生金属矿物主要为黄铁矿和毒砂，其次为黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、辰砂、自然金、自然银、银金矿等 次生金属矿物为褐铁矿、赤铁矿、铜蓝等 非金属矿物为石英、长石、绢云母、高岭石、蒙脱石、白云母、白云石、方解石和少量黝帘石、氟石、葡萄石等．与金关系密切的矿物有黄铁矿、毒砂、石英、白云石和高岭石、绢云母、蒙脱石等黏土矿物．含金矿物主要为自然金和银金矿，呈独立的粒状、枝状、片状，粒径最大为 70 μm，一般 1 ~ 5 μm、5 ~ 20 μm，最小在 1 μm 以下．大于 5 μm 的颗粒金赋存于石英、黄铁矿、毒砂裂隙和胶结物的颗粒间，小于 5μm 的金主要与黏土矿物共生．黄铁矿呈立方体、五角十二面体自形—半自形和他形晶，粒度最大 1 mm，最小 0.001 mm，一般 0.03 ~ 0.40mm，常与金连生或部分包裹自然金．早期形成的黄铁矿被包裹于长石中，呈完好的自形—半自形晶，分布于黏土矿物及蚀变长石中的黄铁矿中．除少数仍保留自形—半自形晶外，大多数受到后期交代溶蚀，呈浑圆粒状、他形粒状、孤岛状和破布状．毒砂主要与黄铁矿共生，部分分布在石英脉中，为粒状自形晶，粒径最大 0.4 mm，最小 0.002 mm，一般 0.01 ~ 0.2 mm．部分石英为重结晶硅质胶结物．

围岩蚀变主要为碳酸盐化、硅化、绢云母化等．蚀变强烈的部位，金矿化较好．碳酸盐化形成白云石和方解石，呈浸染状、细脉状和网脉状分布于破碎岩石和裂隙带中．在 F6 断层主断面附近的碎裂粉砂岩中碳酸盐化比较强烈，发育一些含黄铁矿和自然金颗粒的白云石脉．硅化为石英颗粒和硅质重结晶以及形成石英细脉，局部形成石英团块，常含黄铁矿、毒砂等硫化物和自然金，主要分布在接近 F6 断层主断面的碎裂岩中．石英细脉经常与白云石细脉伴生．

3 硫、铅同位素组成

3.1 硫同位素

铜厂金矿床矿体附近的正长岩杂岩体的中阶段石英正长斑岩普遍含黄铁矿，其 $\delta^{34}S$ 为 −1.118‰ ~ −0.161‰．金矿石黄铁矿 $\delta^{34}S$ 为 0.337‰ ~ 3.113‰，平均为 1.283‰，极差为 2.776‰ (表 1)．石英正长斑岩黄铁矿的 $\delta^{34}S$ 可以代表形成黄铁矿的热液的 $\delta^{34}S$ 值[6]，如果硫在初始岩浆溶液中以 H_2S 为主，则高温时 $\delta^{34}S_{H_2S}=\delta^{34}S_{热液}=\delta^{34}S_{熔体}=0\pm3‰$；当温度降低到 400 ℃时，大部分 H_2S 转变为 SO_2，可以使 $\delta^{34}S_{H_2S}$ 连续降低到比 $\delta^{34}S_{熔体}$ 低 10‰[7]，即如果初始熔体的 $\delta^{34}S_{H_2S}$ 为 0，则 $\delta^{34}S_{H_2S}$ 变化范围可以为 0 ~ −10‰．石英正长

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　铜厂金矿床黄铁矿硫同位素组成

Table 1　Sulfur isotope of pyrite from Tongchang gold depsoit

样品号	取样位置及样品	$\delta^{34}S/‰$
T02	石英正长斑岩脉	-1.118
T12	+1646 m CD01 平峒石英正长斑岩脉	-0.161
T06	CD01 平峒矿化部位	2.313
T16	CD01 平峒 71 号样位	0.542
T15	CD03 平峒 53 号样位	0.337
T13	CD03 平峒 405 样品位置	3.113
T17	+1600 m 标高 801 平峒	2.837
T14	ZK001 钻孔孔深 150 m 处矿心	1.024
T1	ZK003 钻孔孔深 168 m 处矿心	2.659

相对于国际标准 CDT 之值,使用质谱计型号 MAT-251. 中国科学院地质与地球物理研究所同位素实验室分析

斑岩黄铁矿可能是从岩浆热液中结晶形成的. 形成金矿石黄铁矿的热液的 $\delta^{34}S_{H_2S}$ 等于黄铁矿 $\delta^{34}S_{H_2S}$[5],如果形成金矿石黄铁矿的热液是从形成石英正长斑岩的岩浆熔体演化而来的,那么,其 $\delta^{34}S_{H_2S}$ 应该等于或小于石英正长斑岩黄铁矿的 $\delta^{34}S$ 值. 而铜厂金矿床矿石黄铁矿 $\delta^{34}S$ 大于石英正长斑岩黄铁矿 $\delta^{34}S$ 值,这样,形成矿石黄铁矿的硫不是由形成石英正长斑岩的岩浆流体演化而来的,推断可能来源于沉积围岩.

3.2　铅同位素

正长岩杂岩体第二阶段石英正长斑岩黄铁矿的 $^{208}Pb/^{204}Pb$、$^{207}Pb/^{204}Pb$ 和 $^{206}pb/^{204}Pb$ 分别是 39.0817~39.2278、15.653~15.6805 和 18.8186~18.8612;金矿石黄铁矿 $^{208}Pb/^{204}Pb$、$^{207}Pb/^{204}Pb$ 和 $^{206}pb/^{204}Pb$ 分别是 39.3814~40.1504、15.7093~15.7727 和 19.002~19.5492(表 2). 在铅构造模式图上,金矿石黄铁矿铅同位素组成主要位于地壳增长线附近,表明金矿石中铅来源于上地壳(图 4). 石英正长斑岩黄铁矿铅同位素组成位于造山带增长线上方,其铅部分来源于上地壳,但有上地幔或下地壳的来源的铅(图 4). 矿石黄铁矿的铅既不是由形成石英正长斑岩的岩浆流体沉淀的,也不是从石英正长斑岩中汲取的,而可能来源于矿体周围的沉积岩石.

4　讨论与结论

金平铜厂金矿床周边新生代碱性正长岩杂岩体、基性岩脉和煌斑岩脉发育,煌斑岩脉形成最晚,边缘发育金矿化,表明金矿化晚于煌斑岩脉形成. 控制金矿化的北西走向 F6 断裂经历了背斜倒转时的张性构造活动,及随后的北西向走滑和后期的推覆逆冲构造活动. F6 断裂切过正长岩杂岩体,但断裂破碎带内的基性岩脉和辉绿岩脉没有破碎现象,表明岩脉晚于正长岩杂岩形成,是在 F6 断裂活动过程中侵入的.

原生金矿化的岩石包括奥陶系下统的碎裂粉砂岩和细砂岩、断层泥、志留系中、上统碎裂白云岩和灰岩

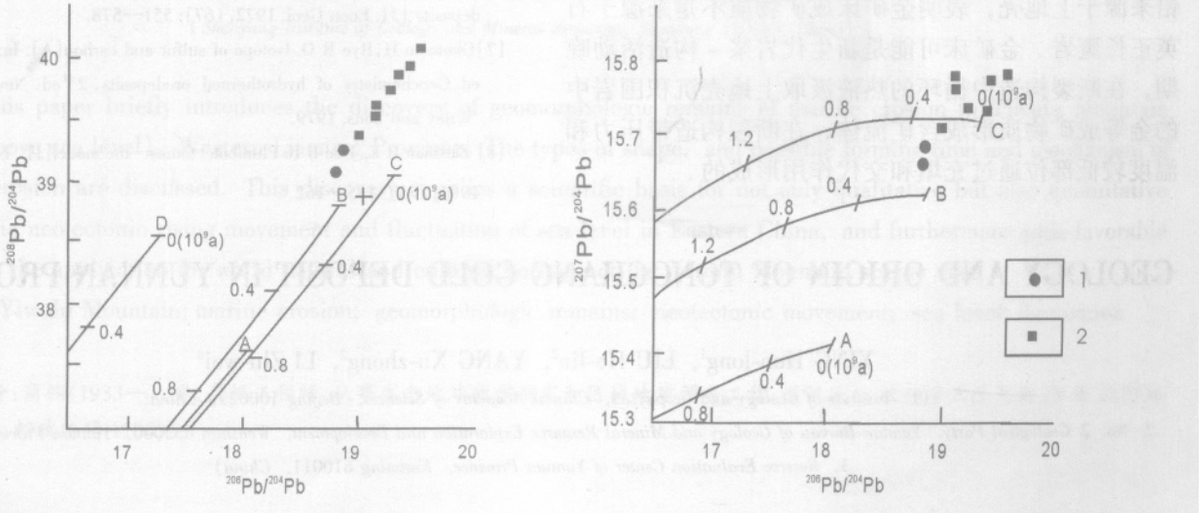


图 4　铜厂金矿床铅同位素组成图解

(背景图据 Doe & Zartman, 1979)

Fig. 4　Diagram of lead isotope composition of pyrite from Tongchang gold deposit

(after Doe & Zartman, 1979)

铅同位素平均演化曲线(lead isotopic evolution average trend):A—地幔(mantle),B—造山带(orogen),C—上地壳(upper crust),D—下地壳(lower crust);1—石英正长斑岩中黄铁矿(pyrite from quartz syeniteporphyry);2—金矿石中黄铁矿(pyrite from gold ore)

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 铜厂金矿床黄铁矿铅同位素组成

Table 2 Lead isotope of pyrite from Tongchang gold deposit

样品号	取样位置及样品	$^{208}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{206}Pb/^{204}Pb$
T02	石英正长斑岩脉	39.0817	15.6530	18.8186
T12	+1646 m CD01 平峒石英正长斑岩脉	39.2278	15.6805	18.8612
T06	CD01 平峒矿化部位	39.5083	15.7531	19.1077
T16	CD01 平峒 71 号样位	39.9229	15.7650	19.4148
T15	CD03 平峒 53 号样位	39.7625	15.7330	19.2967
T13	CD03 平峒 405 样品位置	39.6666	15.7727	19.1461
T17	+1600 m 标高 801 平峒	39.3814	15.7093	19.0020
T14	ZK001 钻孔孔深 150 m 处岩心	39.8201	15.7315	19.3660
T01	ZK003 钻孔孔深 168 m 处岩心	40.1504	15.7702	19.5492

以及辉绿岩脉和煌斑岩脉．含金硫化物、石英和黏土矿物呈细脉状、网脉状和浸染状分布于矿石中，矿体与围岩为过渡渐变关系．金呈独立的微细粒金附着于黏土矿物和赋存于石英、黄铁矿、毒砂的裂隙中和胶结物的颗粒之间．围岩蚀变主要有碳酸盐化、硅化和绢云母化．这些特征表明金矿化形成于中低温环境，但矿化蚀变作用阶段有待进一步研究．

金矿床围岩石英正长斑岩黄铁矿和金矿石黄铁矿的硫铅同位素组成表明，形成矿石黄铁矿的硫不是由形成石英正长斑岩的岩浆流体演化而来的，推断来源于壳源岩石．石英正长斑岩的的黄铁矿可能由石英正长斑岩岩浆流体结晶形成，黄铁矿的铅同位素具有上地壳和下地壳或上地幔混合来源的特征．而金矿石的铅来源于上地壳，表明金矿床成矿物质不是来源于石英正长斑岩．金矿床可能是新生代岩浆－构造活动晚期，在断裂构造中循环的热液汲取上地壳沉积围岩中的金等成矿物质形成含矿流体，在断裂构造带压力和温度较低部位通过充填和交代作用形成的．

致谢：野外工作期间得到云南地矿资源股份有限公司文山分公司的帮助，谨表谢意．

参考文献：

[1] 王义昭，李兴林，段丽兰，等．三江地区南段大地构造与成矿[M]．北京 地质出版社，2000. 123.

[2] 李定谋，曹志敏，覃功炯，等．哀牢山蛇绿混杂岩带金矿床[M]．北京 地质出版社，1999. 137.

[3] 中国科学院青藏高原综合科学考察队．横断山区花岗岩类地球化学[M]．北京 科学出版社，1995. 187.

[4] 吕伯西，王增，张能德，等．三江地区花岗岩类及其成矿专属性[M]．北京 地质出版社，1993. 328.

[5] 沈敢富，吕伯西．西南三江地区新生代侵入岩的成岩成矿作用[M]．北京 地质出版社，2000. 141.

[6] Ohomoto H. Systematics of sulfur and carbon isotopes in hydrothermal ore deposits [J]. Econ Geol, 1972, (67): 551－578.

[7] Ohomoto H, Rye R O. Isotope of sulfur and carbon[A]. In: Barnes H L, ed. Geochemistry of hydrothermal oredeposits, 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, 1979.

[8] Zartman R E, Doe B R. Plumbotectonics－the model[J]. Tectonophysics, 1981, (75): 135－162.

GEOLOGY AND ORIGIN OF TONGCHANG GOLD DEPOSIT IN YUNNAN PROVINCE

YING Han-long[1], LIU He-lin[2], YANG Xu-zhong[2], LI Zhi-wei[3]

(1. *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100029, *China*;
2. No. 2 *Geological Party, Yunnan Bureau of Geology and Mineral Resource Exploration and Development, Wenshan* 653000, *Yunnan Province, China*;
3. *Reserve Evaluation Center of Yunnan Province, Kunming* 610011, *China*)

Abstract: The Tongchang gold deposit is tectonically sited in middle south of Jinping Paleozoic cover of Ailaoshan orogenic belt. Gold mineralization occurs within NW-striking fault-fractures between Lower Ordovician flysch sediment and Middle-Upper Silurian dolomite. The gold-bearing minerals are native gold and electrum, which are attached to clay minerals or within crevices of quartz, pyrite and arsenopyrite grains and in between grains of cements, occurring as veinlet, disseminated and smallmassive in ores. Carbonatization, silicification and sericitization develop as wallrock alteration. The

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

$\delta^{34}S$ values of pyrite from gold ore range from 0. 337‰ to 3. 113‰. The values of $^{208}Pb/^{204}Pb$、$^{207}Pb/^{204}Pb$ and $^{206}pb/^{204}Pb$ of pyrite from gold ore range respectively from 39. 3 814 to 40. 1504, 15. 7093to 15. 7727 and 19. 002 to 19. 5492. While the $\delta^{34}S$ values of pyrite from the wallrock quartz-orthophyry range from −1. 118‰ to −0. 161‰, with $^{208}Pb/^{204}Pb$, $^{207}Pb/^{204}Pb$ and $^{206}pb/^{204}Pb$ of pyrite from the quartz-orthophyry ranging from 39. 0817 to 39. 2278, 15. 653 to 15. 6805 and 18. 8186 to 18. 8612, respectively. It is indicated that the sulphur of the pyrite from gold ore is not derived from quartz-orthophyry magma fluid but sedimentary wallrock. The lead of pyrite from ore is derived of upper crust and that from the quartz-orthophyry is originated from upper and lower crust or upper mantle. It is inferred that gold in the Tongchang ore was deposited from gold-bearing hydrothermal fluid, which circulated along faults and extracted gold and other ore-forming matters, by infilling and replacing at low pressure and temperature site in the fault system.

Key words: gold deposit; sulphur isotope; lead isotope; Yunnan Province

作者简介:应汉龙(1964—),博士,1993 年毕业于中国科学院地质研究所,现任中国科学院地质与地球物理研究所副研究员, 从事矿床学研究, 通讯地址 北京市 9825 信箱, 邮政编码 100029,E-mail//hanlong-ying@ 163. com

(上接第 255 页)

DISCOVERY AND SIGNIFICANCES OF THE GEOMORPHOLOGIC REMAINS OF MARINE EROSION IN YIWULU MOUNTAIN, WESTERN LIAONING PROVINCE

SHANG Ling, GAO Fei, ZHAHG Li-dong, ZHENG Yue-juan, ZHANG Zhi-bin

(*Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang* 110033, *China*)

Abstract: This paper briefly introduces the discovery of geomorphologic remains of marine erosion in Yiwulu Mountain (866. 6 m above sea level), Western Liaoning Province. The types of shape, and possible forming time and mechanism of the marine erosion are discussed. This discovery supplies a scientific basis for not only qualitative but also quantitative analysis of the neotectonic rising movement and fluctuation of sea level in Eastern China, and furthermore adds favorable conditions to the application for world natural and cultural heritage of the Yiwulu Mountain scenic spot.

Key words: Yiwulu Mountain; marine erosion; geomorphologic remains; neotectonic movement; sea level; fluctuation

作者简介:商翎(1933—),男,高级工程师,从事生态地球化学研究和区域地质调查工作,通讯地址 沈阳市北陵大街 25 号 沈阳地质矿产研究所,邮政编码 110033.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net