

黔东南州那哥铜多金属矿床地质地球化学

杨德智^{1,3}, 周家喜², 王劲松¹, 丁伟², 刘永坤¹, 陈远兴¹

1. 贵州地矿局 102 地质大队, 贵州 遵义 563003; 2. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学
国家重点实验室, 贵阳 550002; 3. 中国地质大学(武汉), 武汉 430074

摘要: 贵州黔东南州从江那哥铜多金属矿床位于扬子陆块与华夏陆块过渡带的江南造山带西南段。矿床赋存于青白口系甲路组(Qbj)和乌叶组(Qbw)的浅变质沉积岩中,受近南北向窄便区域断层 F₁ 和近东西向 F₂ 断层控制,矿体产在 F₂ 断裂破碎带内。区内新元古代岩浆活动频繁,超基性、基性和酸性岩浆广泛发育,以摩天岭花岗岩为规模最大;岩浆活动与成矿关系密切,铜多金属矿床就产于那哥,加榜辉绿岩旁。热液矿物石英包裹体 H、O 同位素组成表明,成矿流体来源于岩浆水,并有部分变质水参与,矿石硫化物 S 同位素组成暗示物质可能来源于深部,矿石、地层及岩体 Pb 同位素组成表明那哥、加榜基性侵入岩和赋矿变质沉积岩地层均为成矿提供了部分物质,岩浆活动为成矿提供了热源。综合该矿床地质地球化学特征,初步认为该矿床应为岩浆热液型多金属硫化物矿床。

关键词: 矿床地质; 矿床成因; 同位素地球化学; 从江那哥铜多金属矿床

中图分类号: P618.410.173 文献标识码: A 文章编号: 1007-2802(2010)02-0202-08

Geology and Geochemistry of the Nage Cu polymetallic Sulfide ore Deposit, Southeast Guizhou Province, China

YANG De-zhi^{1,3}, ZHOU Jia-xi², WANG Jing-song¹, DING Wei²,
LIU Yong-kun¹, CHEN Yuan-xing¹

1. The 102 Geological Team, Guizhou Bureau of Exploration and Development of Geology and Mineral Resources, Zunyi 563003, China; 2. State key Laboratory of Ore Deposits Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Science, Guiyang 550002, China; 3. China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430074, China

Abstract: The Nage Cu polymetallic ore deposit locates in the southwestern Jiangnan orogenic belt, a transitional zone of the Yangtze craton and the Cathaysia. The ore body occurs in metamorphosed sedimentary rocks of the Jialu (Qbj) and the Wuye (Qbw) formations of the Qingbaikou System, and is controlled by north-to-south orientated F₁ fault and west-to-east orientated F₂ fault. Studies had revealed that magmatic activities of the Neoproterozoic were very active in this region, ultra-basic rocks, basic rocks, and acid intrusive rocks were widely developed, and the largest magmatic rock of this region is the Motianling granite. The ores apparently relate with the magmatic activities of Neoproterozoic and usually can be found in the Nage and Jiabang diabase. The H and O isotopic compositions of quartz indicated that the ore-forming fluids mainly came from magmatic water and partially assimilated with metamorphic water; the S isotopic compositions of sulfides implicated that the ore-forming sulfur is of anatexitic origin; the Pb isotope ratios suggested the Nage and Jiabang diabase and the metamorphosed sedimentary rocks are the parent-material for the deposit, while the magmatic activities provided necessary thermal energy. After summarized the geology and geochemistry data, we believed that the Nage Cu polymetallic deposit is a magmatic-hydrothermal polymetallic deposit.

Key words: geology; isotope geochemistry; genesis; Congjiang-Nage Cu polymetallic ore deposits

收稿日期: 2009-06-15 收到, 07-13 改回

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(2007CB411402); 中国科学院地球化学所与贵州地矿局 102 队合作项目; 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室开放基金项目(2009014)

第一作者简介: 杨德智(1981—), 男, 工程师, 硕士研究生, 主要从事矿产勘查工作, E-mail: ydz102@126.com

通讯作者: 周家喜, E-mail: jarcy@163.com

贵州黔东南州从江地区的大地构造位置处于陆块与华南褶皱系的过渡带,即江南造山带西南段;其地质背景独特,构造演化复杂,成矿条件优越,矿化(床)点星罗棋布^[1-4],发育有翁浪、地虎、那哥、土地坳、羊告、有能、引略、摆荣和加榜等多个多金属矿(化)点(图 1),但成规模的矿床少。本区基础地质工作薄弱,除上世纪 60 年代的 1:20 万榕江幅区域地质调查^[5]和 2003 年的 1:5 万宰便-高武幅区域地质测量^[6]外,基本未开展其他系统的地质研究,地球化学研究更是空白,而相邻的湘西、桂北在岩浆岩和矿床地球化学研究已取得丰硕成果^[7-12],矿产勘查

也取得重大突破^[13-14]。那哥铜多金属矿床以矿化规模较大、勘查程度最高、构造控制明显,以及与岩浆岩接触等特征为本区多金属矿床的典型代表,研究该矿床地质地球化学对区域找矿实践乃至区域多金属成矿理论的探讨均有重要意义。

1 区域成矿地质背景

区域大地构造位置位于扬子陆块与华夏陆块过渡带的江南造山带西南段。区内出露的地层主要为中元古界四堡岩群文通组(Pt₂w)和新元古界青白口系下江群甲路组(Qbj)、乌叶组(Qbw)、番召组(Qbf)和拱洞组(Qbg),岩性以浅变质沉积岩为主,主要为绢云母板岩及砂质板岩。以近南北向、北西向、北东向构造为主要格架,尤其以吉羊穹窿、加车鼻状背斜、宰便逆断层最为典型,并发育规模不等、方向各异的韧性剪切带(图 1、图 2),这些构造控制着多个区域矿(化)点(图 1)。

区内新元古代岩浆岩十分发育,岩类复杂,有超基性岩、基性岩、酸性侵入岩,其中以摩天岭花岗岩(桂北称三防岩体)规模最大,形成于 825 Ma^[3]。桂北许多矿床与此关系密切。镁铁质岩主要出露在宰便-加榜-大弄一带,年龄为 830~780 Ma^[2-4](图 2),其中以那哥-加榜镁铁质岩体群规模较大,出露约为 4 km²,岩石呈绿色-灰绿色-深绿色,块状构造,可见变余辉绿结构,主要矿物有基性斜长石、中性斜长石、钠长石、辉石和黑云母等;蚀变强烈,并有后期石英脉贯穿。基性斜长石绝大部分脱钙呈中性斜长石或钠-更长石,仅局部偶见;中性斜长石呈半自形或他形;原生钠长石绿泥石化强烈,次生钠长石部分泥化;仅见少量蚀变残余辉石,蚀变有绿泥石化、纤闪石化和透闪石化;黑云母呈片状集合体,常被绿泥石取代。

2 矿床地质及矿体特征

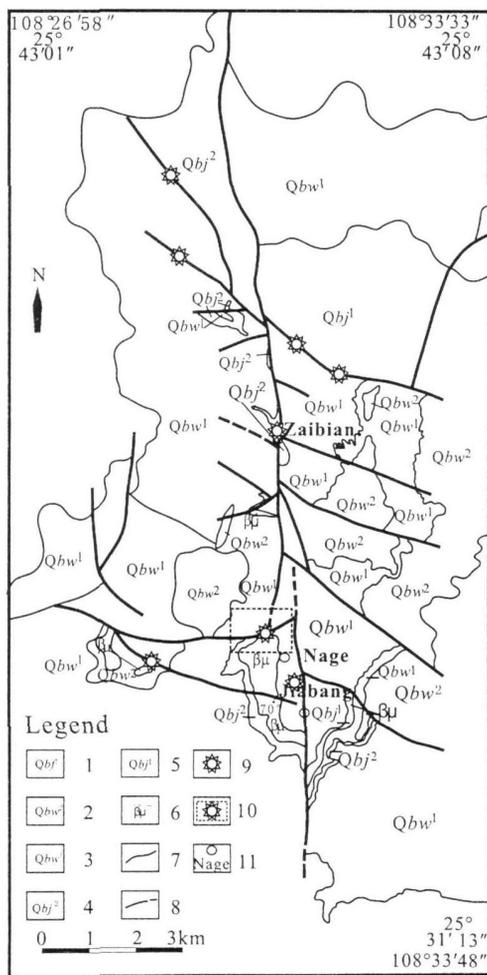
从江那哥铜多金属矿床位于加榜背斜西翼,赋存于上元古界青白口系下江群甲路组(Qbj)和乌叶组(Qbw)变质沉积岩中。对矿床 1:2000 的地质填图和构造解析,获得了实测的地质略图(图 3)。

2.1 地层

甲路组(Qbj):甲路组分为两个岩性段。

(1)甲路组一段(Qbj¹),厚度 550~890 m。按岩性特征分为 a、b 两亚段。

a 亚段(Qbj^{1a}):岩性为灰、灰绿色中-厚层变质石英砂岩、中厚层变质粉砂岩夹绿泥绢云母千枚岩和石英绢云母片岩。底部底砾岩厚 0~32 m,为

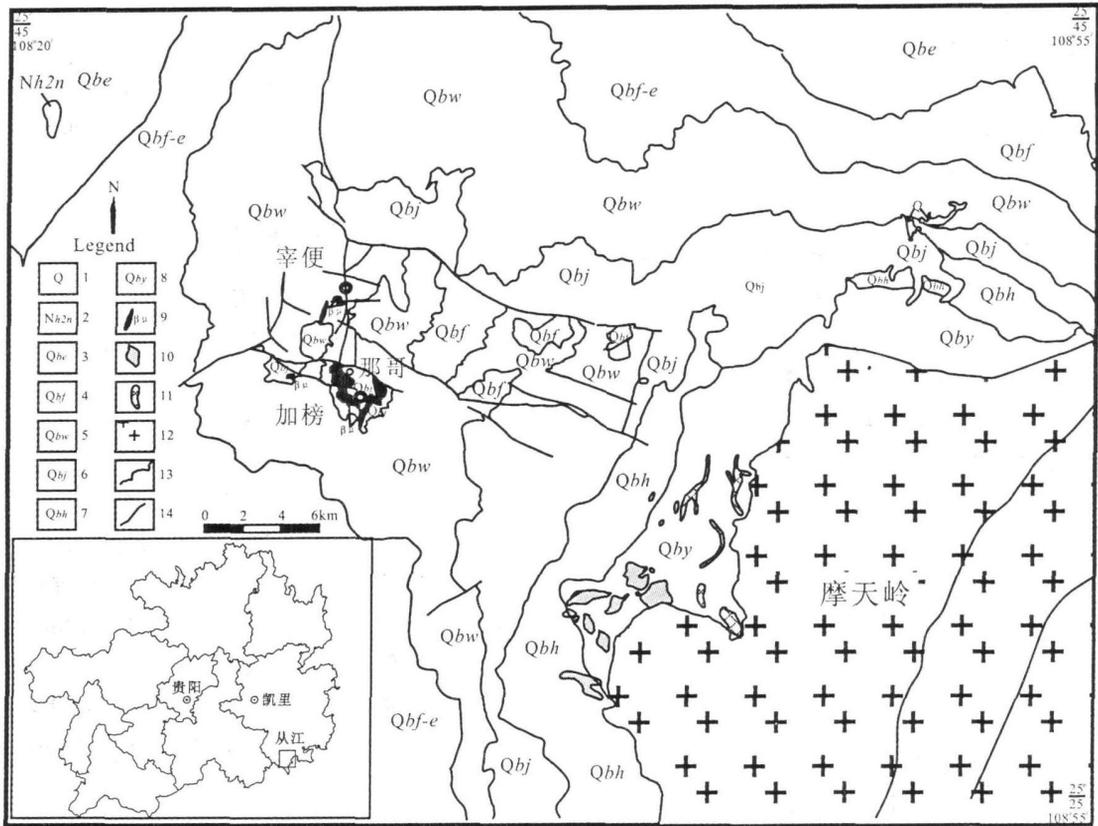


1. 番召组一段; 2. 乌叶组二段; 3. 乌叶组一段; 4. 甲路组二段; 5. 甲路组一段; 6. 辉绿岩; 7. 地层界线; 8. 断层及推测断层; 9. 矿(化)点; 10. 那哥多金属矿床; 11. 地名

1. 1st member of the Fanzhao Formation; 2. 2nd member of the Wuye Formation; 3. 1st member of the Wuye Formation; 4. 2nd member of the Jialu Formation; 5. 1st member of the Jialu Formation; 6. Diabase; 7. Boundary of stratum; 8. Fault and inferred fault; 9. Ore spots; 10. Nage Cu polymetal ore deposit; 11. Placename

图 1 矿点分布略图^[5]

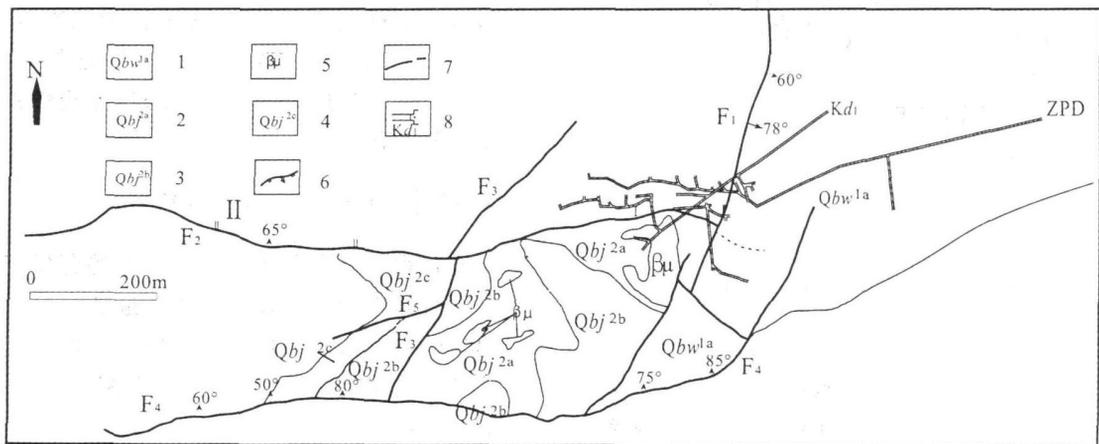
Fig. 1 Sketch map for the regional geology and locations of ore spots^[5]



1. 第四系; 2. 南陀组; 3. 鹅家坳组; 4. 番召组; 5. 乌叶组; 6. 甲路组; 7. 河村组; 8. 尧等组; 9. 镁铁质岩; 10. 闪长岩; 11. 中至基性混杂岩; 12. 花岗岩; 13. 地层界限; 14. 断层
1. Quaternary; 2. Nantuo Formation; 3. Ejiaao Formation; 4. Fanzhao Formation; 5. Wuye Formation; 6. Jialu Formation; 7. Hecun Formation; 8. Yaodeng Formation; 9. Mafic rocks; 10. Diorite; 11. Intermediate-basic hybrid suite; 12. Granite; 13. Boundary of stratum; 14. Fault

图2 黔东南区域地质略图^[5]

Fig. 2 The geological outline of the southeast Guizhou Province



1. 乌叶组一段 a 亚段; 2. 甲路组二段 a 亚段; 3. 甲路组二段 b 亚段; 4. 甲路组二段 c 亚段; 5. 辉绿岩; 6. 正断层; 7. 推测断层; 8. 坑道及编号
1. a section of 1st member of Wuye Formation; 2. a section of 2nd member of Jialu Formation; 3. b section of 2nd member of Jialu Formation; 4. c section of 2nd member of Jialu Formation; 5. Diabase; 6. Normal fault; 7. Inferred fault; 8. Sap and number

图3 矿床地质略图

Fig. 3 The geological outline of the ore deposit

灰、灰绿色块状,砾石含量 30%~40%,向上砾径变小,具正粒序特征;砾石磨圆度为圆状、次圆状。与下伏四堡岩群呈明显的角度不整合接触。厚约 180~480 m。

b 亚段(Qbj^{1b}):主要由浅灰、灰绿色石英绢云母千枚岩和石英绢云母片岩夹少量灰绿色中-厚层变质石英细砂岩组成。该亚段岩石以千枚岩、片岩为主,变形变质普遍较强,上部绿泥石片岩中富含磁铁矿,岩石的沉积构造被完全改造,下部千枚岩中常含较多的锰质透镜体或锰质条带。厚 370~410 m。

(2) 甲路组二段(Qbj²),岩性和厚度稳定,是划分甲路组与乌叶组的标志层。以钙质岩为标志层分为 a、b、c 亚段。

a 亚段(Qbj^{2a}):称“下钙质岩系”。岩性为灰绿色钙质千枚岩夹片岩及蚀变基性火山岩。局部有辉绿岩侵入。厚 20~80 m。

b 亚段(Qbj^{2b}):主要岩性有灰黄色、灰绿色灰中-厚层变质粉砂岩、板岩、粉砂质千枚岩、含锰质片岩夹变质细砂岩。局部有辉绿岩体侵入。厚 130~190 m。

c 亚段(Qbj^{2c}):称“上钙质岩系”。岩性为灰、灰绿色钙质千枚岩,含钙质千枚岩、含钙质变质粉砂岩夹锰质片岩。厚 160 m。

乌叶组(Qbw):按岩性组合特征分为两个段。

(1) 乌叶组一段(Qbw¹):分为 a、b 亚段。

a 亚段(Qbw^{1a}):下部为深灰色中厚层炭质粉砂质绢云母板岩和片岩,中部为深灰色绢云母绿泥片岩夹炭质粉砂质绢云母板岩,上部为灰色、灰绿色粉砂质绢云母板岩与炭质千枚岩互层,夹中-厚层变质粉-细砂岩。

b 亚段(Qbw^{1b}):岩性为灰、灰绿色中-厚层变质石英粉砂岩和变质细砂岩。呈厚层状或块状产出,普遍发育水平层理、斜层理,底界面清楚。

(2) 乌叶组二段(Qbw²):岩性以灰黑色薄-中厚炭质粉砂质绢云母板岩、炭质千枚岩和炭质石英绿泥绢云母片岩为主,夹少量变质石英粉-细砂岩。以出现大量的黑色炭质板岩和炭质千枚岩作为与一段的划分标志。

2.2 构造

矿区断裂构造发育,主要为近东西向、北西-南东向和南北向。近东西向构造是主要控(容)矿构造。

F₁ 断层(宰便断层):走向南北,全长约 34 km,为区域性高角度正断层。倾向东或东南,倾角 55~80°,垂直断距 300~500 m,断层破碎带宽数米至十

余米。在破碎带中有破碎角砾带、形状不规则的硅质条带和石英团块。破碎带两侧除了那哥多金属矿点外,从北到南还有土地坳、羊告、有能、引略、肯楼、摆荣和加榜等多金属矿(化)点。目前认为该断层为那哥铜多金属矿床、铅多金属矿的主要导矿构造。

F₂ 断层:为正断层。走向近东西向,已知长约 4 km,倾角 45~85°,北盘为下降盘,两盘均出露甲路组和乌叶组、辉绿岩。断层破碎带宽 4~6 m,岩石明显硅化、黄铁矿化,局部地段含矿,可能为张扭性断层,是主要的容矿构造。

F₃ 断层:走向北北东,倾向南东,倾角 75°左右。断层破碎带宽 1~2 m,断距约 15 m,被 F₂ 错断。

F₄ 断层:为走向近东西向的正断层,与 F₂ 大致平行。东段逐渐转向北东,倾角 50~85°。断层破碎带宽 2~8 m,破碎带岩石主要为断层角砾岩,角砾为板岩、千枚岩等,蚀变明显,未见明显矿化。

F₅ 断层:走向近东西,为次级小断裂。

2.3 镁铁-超镁铁质侵入岩

矿区内镁铁-超镁铁质侵入岩主要为辉绿岩(μ)(图 2、图 3),规模较小,分布在加榜、那哥一带,呈岩株、岩床产出;在肯楼有零星呈岩瘤出露。岩体侵位于甲路组(Qbj)中,岩石呈绿色-深绿色,主要呈块状构造。结构有辉绿结构、交代结构和海绵陨铁结构。岩体蚀变较强烈,主要有绿泥石化、碳酸盐化和硅化。镁铁-超镁铁质岩地球化学和锆石 U-Pb 年代学研究(另文讨论)显示,形成于板内拉张环境,年龄约为 830 Ma,与摩天岭花岗岩(约 825 Ma)^[3] 年龄一致,可能均为导致 Rodinia 超大陆裂解的地幔柱活动的产物。

2.4 矿体、矿石及矿物特征

目前发现的主要工业矿体有两个。

号矿体:呈似层状、透镜状和脉状,赋存于 F₂ 断裂破碎带中,主要赋矿围岩为 Qbj 绢云母板岩、片岩和千枚岩。矿石分为:石英-黄铜矿型,主要矿石矿物为黄铜矿、黄铁矿和少量方铅矿,脉石矿物为石英;板-片岩型,主要矿物方铅矿呈团块状及细粒浸染状。矿体与断层产状基本一致,断层走向 270~280°,倾角 65~80°。F₂ 断裂破碎带宽一般 4~6 m,局部可达 10 m。通过坑道工程和钻探工程,控制的矿(化)体沿走向长约 230 m,沿倾向宽约 120 m,矿体一般厚 1.5~2.4 m,平均厚 1.88 m,厚度变化系数为 28%,属稳定类型。矿石矿物有方铅矿和黄铜矿,少量黄铁矿,矿石品位 Pb 为 1.11%~9.25%,Cu 为 0.1%~0.88%。

号矿体:与号矿体赋存于同一条矿化破碎

带(F₂断裂)中,两矿体相距约400 m。矿石类型为板-片岩型。主要矿物方铅矿呈团块状和细粒浸染状。矿体与断层产状基本一致,走向近东西向,倾向北,倾角65°~80°。矿(化)体呈脉状和透镜状,走向长约120 m,厚1.54~3.60 m,平均厚2.51 m。矿石矿物为方铅矿,少量黄铁矿和黄铜矿,Pb品位为1.14%~3.03%。

矿石结构主要为他形-半自形-自形晶粒结构。矿石构造有条带状构造、角砾状构造、细脉状构

造、浸染状构造、网脉状构造和块状构造等(图4)。主要矿石矿物有方铅矿和黄铜矿,少量闪锌矿。脉石矿物以石英、绢云母、陆源碎屑、黄铁矿、绿泥石和白云石为主,次为含钛矿物、电气石和铁泥质等(图4)。围岩蚀变多发育于脆-韧性断层破碎带、片理化及节理化部位和两侧围岩。主要有硅化(呈烟灰色)、方解石化、白云石化、黄铁矿化、绢云母化和绿泥石化等。以硅化(呈烟灰色)、黄铁矿化和绿泥石化最为广泛(图4)。

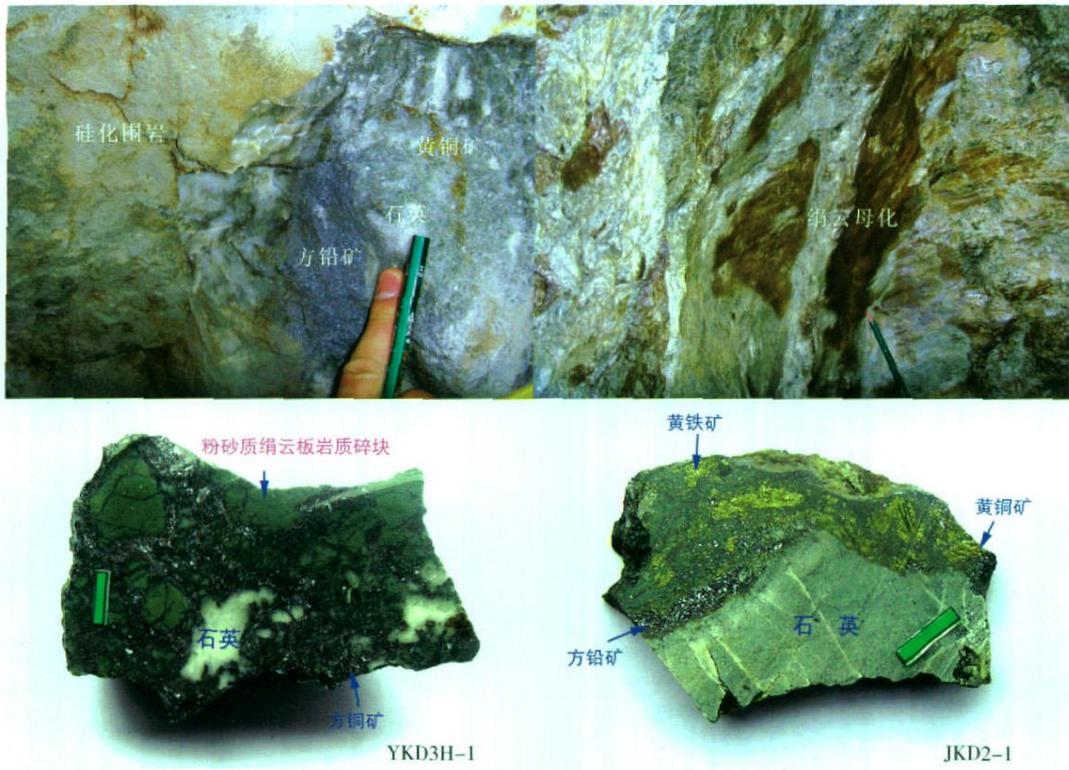


图4 矿体及手标本照片

Fig. 4 The pictures of ores and samples

3 矿床地球化学

3.1 氢、氧同位素

对那哥铜多金属矿床5件单矿物石英包裹体D和石英¹⁸O在核工业北京地质研究院采用MA T-253分析,显示所有样品包裹体水的 δD_{V-SMOW} 为-60.7‰~-44.4‰,石英的 $\delta^{18}O_{V-SMOW}$ 为14.9‰~16.0‰。根据石英 $\delta^{18}O_{V-SMOW}$ 在300理论计算流体水中的 $^{18}O_{H_2O_{V-SMOW}}$ 为7.9‰~9.0‰,在 δD_{V-SMOW} 和 $^{18}O_{H_2O_{V-SMOW}}$ 图解(图5)中,全部样品落入岩浆水与变质水区域,表明成矿流体源于深部岩浆水,不能排除区域浅变质沉积岩,即赋矿地层也为成矿提供了流体。

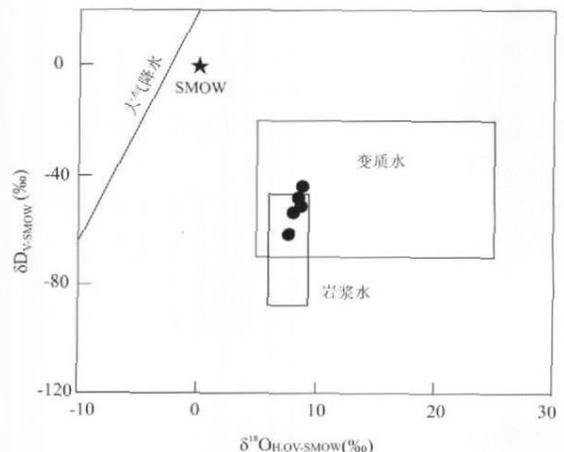


图5 D-¹⁸O图解

Fig. 5 Diagram of D vs ¹⁸O

3.2 硫同位素

该矿床 21 件矿石单矿物(黄铁矿、黄铜矿和方铅矿)在中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室用连续流动质谱分析,结果显示全部样品 $^{34}S_{V-CDT}$ 为 $-3\text{‰} \sim 3\text{‰}$ (图 6),与幔源 $^{34}S_{V-CDT}$ 的 $0 \pm 3\text{‰}$ ^[15]相近,暗示成矿物质中硫来自深部幔源,即岩浆活动为成矿提供了成矿物质硫源。

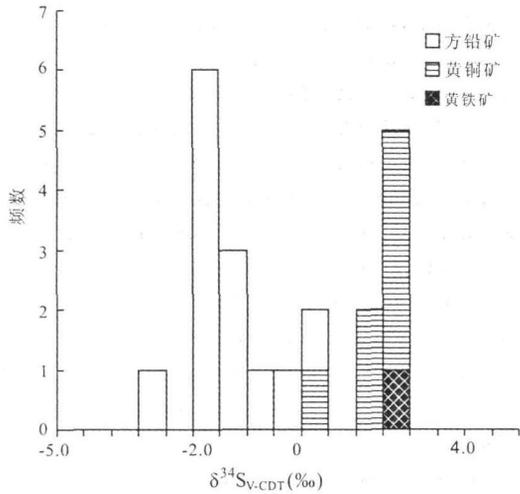


图 6 硫化物 $^{34}S_{V-CDT}$ 组成

Fig. 6 Diagram of $^{34}S_{V-CDT}$ of sulfides

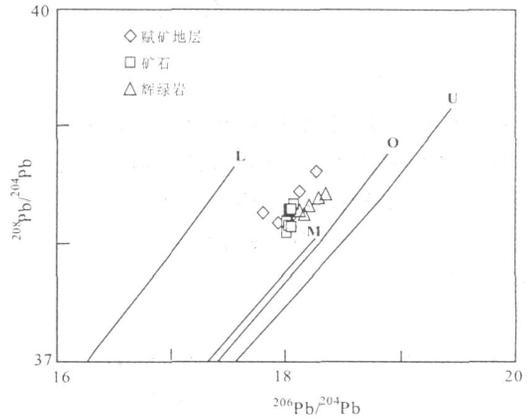
测定结果表明, $^{34}S_{\text{黄铁矿}} > ^{34}S_{\text{黄铜矿}} > ^{34}S_{\text{方铅矿}}$, 指示硫同位素达到平衡。根据文献[16]和[17]平衡硫同位素分馏温度计算公式: $^{34}S = ^{34}S_a - ^{34}S_b = A * 10^6 / T^2$, 利用 $^{34}S_{\text{黄铁矿-黄铜矿}}$ 、 $^{34}S_{\text{黄铁矿-方铅矿}}$ 、 $^{34}S_{\text{黄铜矿-方铅矿}}$, 求得硫同位素平衡温度为 250 ~ 550, 平均 300, 暗示其形成温度较高。

3.3 铅同位素

那哥矿床矿石、地层和岩体的 30 件全岩样品在核工业北京地质研究院采用 TIMS 测试,矿石样品 $^{208}Pb/^{204}Pb$ 为 38.147 ~ 38.356, 平均 38.225; $^{207}Pb/^{204}Pb$ 为 15.644 ~ 17.708, 平均 15.675; $^{206}Pb/^{204}Pb$ 为 17.996 ~ 18.072, 平均 18.028。在 $^{208}Pb/^{204}Pb$ - $^{206}Pb/^{204}Pb$ 图解(图 7)中,全部样品落于地幔 Pb 与下地壳 Pb 之间,暗示其来源可能为深部,并可能有地壳 Pb 的加入。矿石 Pb 落于地层与辉绿岩 Pb 之间(图 7),也暗示成矿物质来自赋围岩青白口系浅变质沉积岩和那哥辉绿岩体,即成矿物质既有幔源也有壳源。

4 矿床成因初探

综上所述,矿体受断裂构造的控制,初步认为南北向的宰便大断层(F_1)为重要的导矿构造,区域上



M. 上地幔;O. 造山带;L. 下地壳;U. 上地壳;据文献[18]
M. Upper Mantle; O. Orogenic Belt; L. Lower Crust;
U. Upper Crust; after ref. [18]

图 7 $^{208}Pb/^{204}Pb$ vs $^{206}Pb/^{204}Pb$ 图解

Fig. 7 Diagram of $^{208}Pb/^{204}Pb$ vs $^{206}Pb/^{204}Pb$

很多矿床和矿(化)点都分布在该断层两侧的次一级断裂中。矿区构造地球化学分析也表明,构造破碎带内成矿元素含量高,特别是 Cu、Pb、As、Zn 等,都说明断层是成矿物质的运移通道。那哥矿体形态及产出位置严格受 F_2 断层控制,矿化不均匀,在 F_2 断层的次级断裂裂隙和片理面、节理面等部位较富集。矿化以金属硫化物充填、交代断裂破碎带中的微裂隙或构造角砾边缘,形成的网脉状、角砾状矿石,金属硫化物多沿片理或节理裂隙充填,形成条带状或团块状硅质岩矿石,表明为热液贯入交代成矿。

矿化较好的地段主要为断层与下江群甲路组上部(Qb_j^{2a})相切部位。其岩性为变质砂-粉砂岩、千枚岩、钙质千枚岩、钙质板岩等“钙质岩系”,见大理石条带和石英白云石绿泥板岩,夹辉绿岩,说明矿化对地层也具选择性,钙质岩系有助于成矿,暗示成矿热液更易交代贯入钙质岩系而富集成矿。

黔东南岩浆岩活动年龄约在 850 ~ 860 Ma、820 ~ 830 Ma、780 ~ 800 Ma^[2,3,19-25]三个主阶段,地幔柱活动导致 Rodinia 超大陆裂解^[19-25],形成摩天岭花岗岩(约 825 Ma)^[3]及那哥辉绿岩体(约 830 Ma),约 788 Ma 基性岩浆侵位形成加榜辉绿岩体^[3],大量的深部成矿物质分期阶段上涌,持续时间超过 50 Ma,深部来源的成矿流体活化萃取部分地层物质,在合适的构造部位受地球化学障的影响而成矿。综合相邻的湘西、桂北区域地质地球化学资料,该矿床应为岩浆热液型中温矿床,成因模式可以初步概况为岩浆热液随地幔柱活动上升侵位至岩浆房(下地壳流体库?),混合、交代、萃取下地壳物质,并在区域性大断裂的诱导下,活化、交代并萃取

地层物质,在有利的成矿构造空间中富集成矿。

5 结 论

(1) 矿床受构造控制明显,与岩浆活动密切相关。成矿物质具多来源特征,其中赋矿浅变质沉积地层和基性岩岩提供成矿物质和成矿流体。

(2) 矿床成因类型应为岩浆中温热液型多金属硫化物矿床。

致 谢:野外工作得到中国科学院地球化学研究所范良伍博士、贵州地矿局 102 队杜国华队长等的帮助,谨此致谢!

参考文献 (References) :

- [1] 王亮. 贵州东南部深部构造与区域矿产的关系[J]. 贵州地质, 2003, 20 (2) : 75 - 79.
Wang Liang. Relationship in the deep structures and the regional minerals from southeastern Guizhou [J]. Guizhou Geology, 2003, 20 (2) : 75 - 79. (in Chinese with English abstract)
- [2] 曾昭光, 刘灵, 舒永宽, 张华, 王景腾. 贵州宰便 - 高武地区中新元古代火山岩的发现及其意义[J]. 贵州地质, 2003, 20 (3) : 135 - 138.
Zeng Zhaoguang, Liu Ling, Shu Yongkuan, Zhang hua, Wang Jingteng. A discovery of the mesoproterozoic and neoproterozoic volcanic rocks in the Zhaibian-Gaowu areas, Guizhou and its implication [J]. Guizhou Geology, 2003, 20 (3) : 135 - 138. (in Chinese with English abstract)
- [3] 曾雯, 周汉文, 钟增球, 曾昭光, 李惠明. 黔东南新元古代岩体单颗粒锆石 U-Pb 年龄及其构造意义[J]. 地球化学, 2005, 34(6) : 548 - 556.
Zeng Wen, Zhou Hanwen, Zhong Zengqiu, Zeng Zhaoguang, Li Huiming. Single zircon U-Pb ages and their tectonic implications of Neoproterozoic magmatic rocks in southeastern Guizhou, China [J]. Geochemia, 2005, 34(6) : 548 - 556. (in Chinese with English abstract)
- [4] 黄隆辉, 胡廷辉, 曾昭光, 王铭松. 贵州从江及毗邻地区岩浆岩形成时代探讨[J]. 贵州地质, 2007, 24(2) : 122 - 125, 129.
Huang Longhui, Hu Tinghui, Zheng Zhaoguang, Wang Mingsong. Elaboration on the ages of magmatic rock in Chongjiang and its neighboring area of Guizhou. [J]. Guizhou Geology, 2007, 24(2) : 122 - 125, 129. (in Chinese with English abstract)
- [5] 贵州地矿局, 区域地质调查(1:20 万榕江幅) [Z]. 1964.
The Guizhou Bureau of Exploration and Development of Geology and Mineral Resources. Areal geological survey (1/200 000 Rongjiang) [Z]. 1964. (in Chinese)
- [6] 贵州地质调查院. 区域地质调查说明书(1:5 万宰便幅、高武幅) [Z]. 2003.
The Academy of Geological Research. The regional geological survey manual (1/50 000 Zhaibian and Gaowu) [Z]. 2003. (in Chinese)
- [7] 李献华. 广西北部新元古代花岗岩锆石 U-Pb 年代学及其构造意义[J]. 地球化学, 1999, 28(1) : 1 - 9.
Li Xianhua. U-Pb zircon ages of granites from north Guangxi and their tectonic significance [J]. Geochimica, 1999, 28(1) : 1 - 9. (in Chinese with English abstract)
- [8] Li X H, Li Z X, Zhou H, Liu Y, Kinny P D. U-Pb zircon geochronology, geochemistry and Nd isotopic study of Neoproterozoic bimodal volcanic rocks in the Kangding Rift of South China: Implications for the initial rifting of Rodinia [J]. Precam. Res, 2002, 113: 135 - 1551
- [9] Li Z X, Li X H, Kinny P D, Wang J, Zhang S, Zhou H. Geochronology of Neoproterozoic syn-rift magmatism in the Yangtze Craton, South China and correlations with other continents: Evidence for a superplume that broke up Rodinia [J]. Precam, Res, 2003, 122: 85 - 109.
- [10] Ling W, Gao S, Zhang B R, Li H M, Liu Y. Neoproterozoic tectonic evolution of the northwestern Yangtze Craton, South China: Implications for amalgamation and breakup of the Rodinia supercontinent [J]. Precam. Res., 2003, 122: 111 - 40.
- [11] 周金城, 王孝磊, 邱检生, 高剑锋. 桂北中-新元古代镁铁质-超镁铁质岩的岩石地球化学[J]. 岩石学报, 2003, 19(1) : 9 - 18.
Zhou Jincheng, Wang Xiaolei, Qiu Jiansheng, Gao Jianfeng. Lithogeochemistry of Meso- and Neoproterozoic mafic-ultramafic rocks from northern Guangxi [J]. Acta Petrol. Sinica, 2003, 19(1) : 9 - 18. (in Chinese with English abstract)
- [12] Peng J T, Hu R Z, Zhao J H, Fu Y Z, Lin Y X. Scheelite Sm-Nd dating and quartz Ar-Ar dating for Woxi Au-Sb-W deposit, western Hunan [J]. Chinese Science Bulletin, 2003, 45(23) : 2640 - 2646.
- [13] Peng B, Piestrzynski A, Huang R H. W-Sb-Au mineralization at Woxi deposit in western Hunan, China [J]. Mineralogia Polonica, 1999, 30(1) : 33 - 47.
- [14] 杨斌, 彭省临, 李水如, 张起钻. 广西有色金属成矿系列与成矿带[J]. 矿产与地质, 2007, 21(1) : 8 - 11
Yang Bin, Peng Shenglin, Li Shuiru, Zhang Qizuan. Metallogenic series and metallogenic belt of nonferrous metals in Guangxi [J]. Mineral Resources and Geology, 2007, 21(1) : 8 - 11. (in Chinese with English abstract)
- [15] Chaussidon M, Albardele F, Sheppard S M F. Sulphur isotope variations in the mantle from ion microprobe analyses of micro-sulphide inclusions [J]. Earth Planet. Sci. Lett., 1989, 92(2) : 144 - 156.
- [16] Kajiwara Y, Krouse H R. Sulfur isotope partitioning in metallic sulfide systems [J]. Can. J. Earth Sci., 1971, 8: 1397 - 1408.
- [17] Czamanske G K, Rey R O. Experimentally determined sulfur isotope fractionation between sphalerite and galena in the temperature 600 to 275 [J]. Econ. Geol., 1984, 69, 17 - 25.
- [18] Zartman R E, Doe B R. Plumbotectonics: The model [J].

- Tectonophysics, 1981, 75: 135 - 162.
- [19] Zhou M F, Yan D P, Kennedy A K, Li Y Q, Ding J. SHRIMP U-Pb zircon geochronological and geochemical evidence for Neoproterozoic arc magmatism along the western margin of the Yangtze Block, South China [J]. EPSL, 2002, 196: 51 - 67.
- [20] Zhou M F, Kennedy A K, Sun M, Malpas J, Leshner C M. Neoproterozoic arc-related mafic intrusions along the Northern margin of South China: Implications for the accretion of Rodinia [J]. J. Geol., 2002, 110: 611 - 618.
- [21] 颜丹平, 周美夫, 宋鸿林, Malpas J. 华南在 Rodinia 古陆中的位置的讨论—扬子地块西缘变质岩浆杂岩的证据及其与 Seychelles 地块的对比[J]. 地学前缘, 2002, 9(4): 49 - 50. Yan Danping, Zhou Meifu, Song Honglin, Malpas J. Where was South China located in the reconstruction of Rodinia? [J]. Earth Science Frontiers, 2002, 9 (4): 49 - 50. (in Chinese with English abstract)
- [22] 邱检生, 周金城, 张光辉, 凌文黎. 桂北前寒武纪花岗岩类岩石的地球化学与成因[J]. 岩石矿物学杂志, 2002, 21(3): 197 - 208. Qiu Jiansheng, Zhou Jincheng, Zhang Guanghui, Ling Wenli. Geochemistry and petrogenesis of Precambrian granitoid rocks in northern Guangxi [J]. Acta Petrol Mineral, 2002, 21(3): 197 - 208. (in Chinese with English abstract)
- [23] 周金城, 王孝磊, 邱检生, 高剑锋. 桂北中-新元古代镁铁质-超镁铁质岩的岩石地球化学[J]. 岩石学报, 2003, 19(1): 9 - 18. Zhou Jincheng, Wang Xiaolei, Qiu Jiansheng, Gao Jianfeng. Litho-geochemistry of Mesor- and Neoproterozoic mafic-ultramafic rocks from northern Guangxi [J]. Acta Petrol Sinica, 2003, 19(1): 9 - 18. (in Chinese with English abstract)
- [24] Li Z X, Zhang L, Powell C M. South China in Rodinia: part of the missing link between Australia-East Antarctica and Laurentia? [J]. Geology, 1995, 23: 407 - 410.
- [25] Li Z X, Zhang L, Powell C M. Positions of the East Asian cratons in the Neoproterozoic supercontinent Rodinia [J]. Aust. J. Earth Sci., 1996, 43: 593 - 604.

·学会之声·

第三届全国应用地球化学学术讨论会 (第一号通知)

第三届全国应用地球化学学术讨论会将于 2010 年 12 月上旬(2010 年广州亚运会后)在广州中山大学举行。本次会议旨在为全国同行提供一个良好的沟通和学术交流平台,充分展示我国应用地球化学研究与实践的成果,推动中国以至全球矿产资源与能源、地质环境、地质灾害研究中应用地球化学的水平迈向新水平。它重点围绕应用地球化学在解决人类面临矿产资源与能源、地质环境和地质灾害等重大难题的应用开展学术交流。大会的交流议题还将覆盖应用地球化学更广泛的研究进展和发展趋势。

重要截止日期:

第一轮会议通知回执:2010 年 4 月 15 日

提交会议交流论文:2010 年 7 月 30 日(格式按《地质通报》要求)

会议秘书处联系方式:

中山大学地球科学系

胡小琼(15975478292)、余锦婷(13560044204)

电话:020-84111255

E-mail: aahuxiaoqiong@126.com zhouyongzhang2005@163.com

详细内容可在中国矿物岩石地球化学学会网站(www.csmpeg.org.cn)下载。

中国矿物岩石地球化学学会应用地球化学专业委员会

2010 年 2 月 20 日