文章编号: 1007-3701(2012)03-203-10

## 海南省保亭县新村钼矿地质特征及成因探讨

王 龙,廖香俊 1,2

(1.中国地质大学地球科学学院,武汉 430074;2.海南省地质局,海口 570206)

摘要:新村钼矿位于海南省保亭县境内,是在海南省发现的又一个达中型规模的钼矿床。矿体 主要赋存在次火山岩带中,矿石类型主要有细脉浸染型和石英脉型两种。辉钼矿 Re-Os 测年 研究获得 95.6± 0.89~97.8± 0.5 Ma 和 112.3± 4.2 Ma 的模式年龄,表明矿区可能经历两期 矿化,它们可能分别与保城岩体侵位和火山活动有关。硫同位素研究显示,主要的硫源为岩 浆源。通过地质资料综合分析,表明新村钼矿为次火山岩容矿,为岩浆后期热液作用形成的 热液脉型钼矿床。

**关 键 词:**地质特征;辉钼矿 Re-Os 测年;矿床成因;新村钼矿床;海南保亭 **中图分类法:**P618.65 **文献标识码:**A

海南岛地处华南板块南部, 矿产资源十分丰 富, 是我国传统上重要的金矿和高品位铁矿产地。 随着勘查工作的深入开展和1:5万地球化学填图 的顺利进行,在海南省琼海县、琼中县、保亭县和乐 东县相继发现了梅岭(小型)、高通岭(小型)、石门 山(中型)、新村(中型)和罗葵洞(大型)等一批具有 工业价值的钼矿床(图1)。到目前为止,仅有少量 研究资料涉及这些矿床<sup>1-4</sup>,有关这些钼矿的研究 尚处于起步阶段。

新村钼矿位于三亚市以北 33 km 的保亭县境 内。本矿床于 2001 年海南省地质综合勘察院对新 村-六罗地区进行的 1:5 万水系沉积物调查中发 现。2006 年至今,海南省地质综合勘察院对矿区进 行详细的地质普查工作。通过槽、坑、钻等探矿手段 对该矿区进行了控制,新村钼矿床业已达中型规 模。本文在前人工作的基础上,通过野外调查及样 品测试,对新村钼矿区的地质背景、矿床特征及成 因等方面进行研究。

1 区域地质背景

海南岛位于欧亚大陆东南缘, 隶属华夏板块

收稿日期:2012-03-20;修回日期:2012-06-15

(图1)。以王五-文教和九所-陵水深大断裂为界可 将海南岛划分为三个大地构造单元:雷琼新生代断 陷带、五指山加里东褶皱带和三亚地块。新村钼矿 区位于九所-陵水断裂带南缘。

海南岛地层单元大致由 4 个构造地层单元组 成,分别为中-新元古界变质结晶基底、寒武系-二 叠系浅海相-陆相沉积盖层、白垩系陆相碎屑沉积 和火山岩以及新生代基性熔岩。地质历史上曾经历 两次大的构造抬升,因而无泥盆系和中三叠系-侏 罗系的沉积记录。岩浆活动在本区较为剧烈,侵入 岩出露面积约占海南岛陆地总面积的 46.6%。根据 前人的研究成果及大量的同位素测年数据,显示海 南岛主要的构造岩浆活动时间为 299~233 Ma 和 112~82 Ma,为海西-印支期和燕山晚期。海西-印 支期和燕山晚期的侵入岩分别占海南岛陆地总面 积的 35%和 10.3%。海西-印支期侵入岩由石英闪 长岩、英云闪长岩、花岗闪长岩和钾长花岗岩组成, 燕山晚期花岗岩由花岗闪长岩、二长花岗岩、钾长 花岗岩和花岗斑岩组成,它们分别与 I 型、S 型和 I 型花岗岩具有亲和性。区域上除了发育近 E-W 向 的王五-文教断裂和九所-陵水断裂外, E-W 向的 昌江--琼海和尖峰--万宁断裂也较为明显。NE 向、 N-S 向、NW 向小断裂十分发育, 韧性剪切活动也 较为显著,其中 NNE 走向的戈枕韧性剪切带对海

作者简介:王 龙(1984—),男,在读硕士研究生,主要从事矿床 学、地球化学研究, E-mail:cug\_wuhan@sina.cn.



图1 海南岛地质图(a)及其大地构造位置图(b)(据文献[3, 5-6]修改) Fig. 1 Simplified geological map of Hainan island (a) and tectonic units in South China Block

1-新生代;2-白垩系;3-石炭-二叠系;4-寒武-志留系;5-中-新元古界结晶基底;6-燕山晚期花岗岩类;7-燕山早期花岗岩类;8-燕 山晚期火山岩;9-海西-印支期花岗岩类;10-中元古代花岗岩;11-断裂;12-新村矿区;13-矿点及其形成时代;A-雷琼断陷;B-五指山褶 皱带;C-三亚地块;

南岛金矿床的分布具有重要的控制意义。

同安岭火山岩盆地除了赋存有新村钼矿和罗 葵洞钼矿外,尚有六罗金矿、南改金矿、摩天岭铜 矿、岭壳铜矿产出,为一典型的"聚宝盆",这些矿床 在时空分布上均与白垩系陆相火山岩沉积地层和 白垩纪侵入岩浆活动有关。

### 2 矿区地质

矿区位于同安岭白垩系火山岩盆地东缘,与东 部的保城岩体相接(图 2),地质历史上曾经历了早 白垩世陆相火山喷发和燕山晚期酸性侵入体侵位 两期岩浆热事件。

### 2.1 地层

矿区出露的地层主要由下白垩统岭壳村组 (K<sub>1</sub>k)陆相火山岩及以石英二长斑岩-花岗斑岩-斑状二长花岗岩为主的次火山岩序列构成。 岭壳村组火山岩地层位于同安岭火山岩盆顶 部,属第二旋回火山喷发的产物。该组为一套中酸 性、酸性火山岩系,以流纹质火山熔岩及火山碎屑 岩为主,夹数层英安质火山岩,底部以流纹质含砾 凝灰岩为主。该组火山岩与下伏汤他大岭组火山岩 呈喷发不整合接触。

什堆矿段的钻探以及中南部地区的钻孔资料 (亚洪 ZK0001)均显示,岭壳村组火山岩层东部发 育一套自下而上的由石英二长斑岩-花岗斑岩-斑 状二长花岗岩为主的中酸性斑状岩性组合。本次以 约 140 m 的 ZK201 号钻孔为例进行研究,其特征 如下:

斑状二长花岗岩:位于钻孔顶部,厚约 27 m, 部分岩性段夹杂肉红色细晶岩和花岗斑岩。深灰 色,不等粒结构,块状构造。造岩矿物主要由石英 (15%)、斜长石(55%)、条纹长石(20%)、角闪石 (3%)、黑云母(4%)组成,粒径 0.5 ~ 3 mm;石英溶 蚀现象较为明显。发育不同程度的构造裂隙,沿裂隙通常可见较为明显的金属矿化。

花岗斑岩:位于钻孔中段,以钾长花岗斑岩为 主,厚约 20.4 m。灰红色--肉红色,斑状结构。造岩 矿物主要由石英(10%~29%)、斜长石(3%~ 15%)、正长石(15%~20%)、条纹长石(45%~ 64%)、黑云母(3%~4%)组成;斑晶由零散分布 的具聚片双晶的更长石、已绿泥石化的黑云母、它 形金属矿物和均匀分布的它形条纹长石组成,粒 径 0.5~5 mm; 基质由零散分布于斑晶间隙的的 石英、正长石以及微细粒的斜长石组成,粒径 0.05 ~0.4 mm。可见明显的石英溶蚀结构,石英脉和破 碎带较为发育,常见辉钼矿、黄铁矿、绿泥石化、绿 帘石化及碳酸盐岩。

石英二长斑岩:位于钻孔深部,厚约 56.6 m。淡 红色,斑状结构。造岩矿物主要由石英(10%~ 15%)、斜长石(10%~20%)、正长石(7%~25%)、 条纹长石(44%~60%)、黑云母(3%~4%)组成; 斑晶由它形金属矿物、绿泥石化的黑云母、具聚片 双晶和表面绢云母化的更长石以及零散分布的条 纹长石组成,粒径1~4 mm;基质由分布在斑晶间 隙的它形石英、正长石及斜长石组成, 粒径 0.1 ~ 0.8 mm。发育不同程度的构造破碎和绿帘石化、绿 泥石化,黄铁矿、辉钼矿常见。

脉岩:来自亚洪 ZK0001 孔,厚约9m,顶底接 触岩性均为石英二长斑岩。深灰色,基质具交织结 构。造岩矿物主要由斜长石(70%)、铁矿(10%)、方 解石(5%)、玻璃质转化的绿泥石斑晶(15%);斑晶 由少量斜长石组成,粒径 0.5 ~ 0.8 mm;基质由含 铁矿物、斜长石、方解石组成,粒径 0.2 ~ 0.3 mm。 基质和斑晶中斜长石聚片双晶均不明显。综合定名 为斜长安山岩。

上述三类花岗岩之间为渐变关系,呈现出明显 的似层状展布特征,其岩性、结构构造可与岭壳村 组火山岩相对比。结合其产出部位、区域岩石对比、 浅成-超浅成形成特点以及脉岩的穿插等特征判定 该系列岩石组合为次火山岩组合。钻孔资料显示, 次火山岩带整体上呈现西厚东薄的特点,与底部及 东部的灰白色二长花岗岩呈侵入接触。通常次火山 岩与火山岩源自同一岩浆房,其活动时代相近。结 合同位素资料<sup>①</sup>,推测该次火山岩侵位时间大致为 122~107 Ma。



图2 海南岛新村钼矿矿区地质图

Fig. 2 Geological map of Xincun Mo deposit in Hainan island

1--岭壳村组火山岩;2-次火山岩带;3-燕山晚期花岗岩;4-勘探线;5-地质界线;6-断裂;7-矿体;8-钻孔;9-样品位置

#### 2.2 侵入岩

在 ZK201 孔石英二长斑岩底部及东部发育一 套浅灰白色斑状二长花岗岩(见图 2),造岩矿物主 要由石英(20%)、斜长石(55%)、正长石(20%),黑 云母(3%)组成。以大颗粒的钾长石斑晶为主要特 点,个别斑晶可达 1.2 cm×2.6 cm,除颜色外,该特 征为侵入体与次火山岩的显著区分标志。该套侵入 体为后期侵位的保城岩体的一部分,其侵位时代大 致为 96Ma 左右<sup>[7]</sup>。

### 2.3 构造

与矿区成矿作用有关的主要构造为 NEE 走向的九所-陵水断裂,该断裂间接控制着矿区及其外围的 Mo-Cu-Au 矿化。矿区还发育有不同方向的小断裂,如 NE 向、NW 向、N-S 向及近 E-W 向,其中 NW 向断裂(如 F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>)与矿区的钼矿化具有重要的联系。

### 3 矿床地质特征

新村钼矿主矿体位于矿区的东北缘,什堆村一带。现共圈出有工业价值的钼矿脉 39条,矿脉走向

NWW、倾向 NE,沿走向长 200~700 m,深 5~600 m, 矿体厚度介于 0.97~22.87 m 之间,品位 0.03%~ 0.1%,最高可达 0.885%。矿(化)体多呈平行的脉状 密集展布(图 3),与主要的构造线方向一致。目前在 次火山岩带和晚期的侵入体(保城岩体)中,均发现 有工业价值的钼矿脉(图 3)。

矿石类型主要为石英脉型和细脉浸染型,少量 矿石产出于碳酸盐脉中。石英脉型矿石:辉钼矿以 自形-半自形粒状、叶片状、团块状赋存于石英脉中 及石英脉的两壁,石英脉脉宽多介于1~3 cm,个 别可达 10 cm。细脉浸染型矿石:辉钼矿主要以细 脉-侵染状产出,其产出方式有:①呈侵染状分布于 脉石矿物中;②沿矿脉的两壁及围岩的节理裂隙呈 几乎纯辉钼矿薄膜产出;③沿岩石的微裂隙充填。

钼矿石均为原生矿石,在部分露头上可见钼 华。金属矿物主要为黄铁矿和辉钼矿,含少量黄铜 矿、方铅矿、褐铁矿、金银矿、赤铁矿、磁铁矿及辉铋 矿;非金属矿物主要为石英、正长石、斜长石,含少 量黑云母、白云母、碳酸盐、绿泥石和绿帘石。矿石 具有自形-半自形结构,薄膜状、细脉状、角砾岩状 和侵染状构造。



#### 图3新村钼矿4号线勘探剖面图

Fig. 3 Geological cross-section of No.4 exploration line from the Xincun Mo deposit (1-次火山岩;2-燕山晚期花岗岩;3-矿体;4-钻孔及编号)

围岩蚀变在矿区较为发育,主要的蚀变类型 有:钾长石化、碳酸盐化、高岭土化、硅化、青磐岩化 及黄铁矿化等。

4 地球化学特征

#### 4.1 同位素年龄

辉钼矿 Re-Os 体系具有封闭温度高, 富集 Re 的同时基本不含普通 Os, 在金属矿床中广泛分布 的特点。相对于传统的 Rb-Sr 法和 K-Ar 法, Re-Os 同位素定年更能准确反映金属硫化物矿床的矿化 年龄,因而辉钼矿 Re-Os 同位素定年是目前金属 硫化物矿床年代学研究的最有效工具。

鉴于矿石分石英脉型和细脉浸染型,因而在 矿区分别对两种矿石类型分别采样分析。采集石 英脉型矿石 4 件,细脉浸染型矿石 2 件(样品位 置见表 1、图 2),其中矿石样品 XC-12 来自后期 灰白色二长花岗岩。样品测试在中国科学研广州 地球化学研究所同位素地质年代学重点实验室完 成。仪器型号为 X7 型质谱仪,分析流程参见 Sun 等(2010)<sup>[8]</sup>。

分析结果见表 2。石英脉型矿石与细脉浸染型 矿石同位素年龄相近。5件辉钼矿样品(除 XC-5)获 得 Re-Os 模式年龄介于 95.6±0.89 ~ 97.8±0.5 Ma, 等时线年龄为 97.7±1.3 Ma(MSWD=1.03), 加权平 均年龄为 97.2±0.5 Ma(MSWD=0.99)(见图 4);1 件 辉钼矿样品(XC-5)获得 112.3±4.2 Ma 的模式年龄 (见表 2)。由于 Re-Os 体系较为稳定,后期的叠加矿 化、流体活动及热变质作用均不能改变体系的稳定 性[10-13],因而该单点年龄仍有地质意义。明显的,矿 化年龄分为 97.15 Ma 和 112.3 Ma 两群, 两者之间 相差 15 Ma, 暗示矿区经历两期矿化事件。研究显 示,大规模成矿时间与构造热事件的时间相近或略 晚, 而本次测试所获得的 112.3 Ma 的成矿时间远 大于后期保城岩体的侵位时间(96 Ma),说明该矿 化年龄可能与 122~107 Ma 的火山岩浆作用有 关。95.6±0.9~97.8±0.5 Ma 的矿化事件可能与保城 岩体侵位关系密切。

表1 样品描述 Table 1 Description of the samples

母样编号	位置	深度(m)	矿石类型	分析项目		
1	ZK004	92	石英脉(单脉)	Re-Os, H, O		
2	ZK004	122	石英脉(单脉)	Re-Os, S		
3	ZK202	175	石英脉(单脉)	Re-Os, S		
4	ZK203	76	细脉浸染型 (单脉)	S, H, O		
5	ZK005	113	<b>细脉浸染型</b> (单脉)	Re-Os		
6	ZK201	33	石英脉(单脉)	Re-Os, S, H, O		
12	ZK1202	153	细脉浸染型 (单脉)	Re-Os, S		

主つ	新村田矿庄辉钼矿Be-Os同位麦分析结果
124	新行拍前从岸拍前 <b>K</b> COS的区象刀仍有不

Table 2 Results of Re-Os isotopic analyses of molybdenite from Xincun Mo deposit.

样品编号	ドモム	Re(×10 <sup>-6</sup> )		$^{187}$ Re(×10 <sup>-6</sup> )		<sup>187</sup> Os(×10 <sup>-9</sup> )		模式年龄(Ma)	
	件里(g)	测定值	2σ	测定值	2σ	测定值	2σ	测定值	2σ
XC-1	0.0385	31.15	0.12	19.58	0.07	31.93	0.12	97.81	0.53
XC-2	0.069	27.24	0.17	17.12	0.11	27.61	0.20	96.71	0.91
XC-3	0.1109	15.34	0.07	9.64	0.04	15.50	0.15	96.38	1.00
XC-3	0.1094	14.56	0.07	9.15	0.05	14.54	0.11	95.57	0.89
XC-5	0.1107	5.49	0.02	3.45	0.01	6.46	0.24	112.33	4.18
XC-6	0.0329	99.67	0.69	62.64	0.43	101.96	0.36	97.61	0.74
XC-12	0.1271	13.39	0.06	8.41	0.04	13.65	0.10	97.25	0.84
XC-12	0.1316	13.41	0.06	8.42	0.04	13.65	0.05	97.15	0.56

注: 同位素数据在中科院广州地球化学研究所同位素地质年代学重点实验室完成,仪器型号为X-7型质谱仪;年 龄计算公式:t=1/λ ln(1+<sup>187</sup>Os/<sup>187</sup>Re),式中λ(<sup>187</sup>Re)=1.666×10<sup>-11</sup> yr<sup>-19</sup>.



图4 新村钼矿Re-Os等时线图(左图)和加权平均图(右图) Fig 4 Re-Os isochron (left) and weighted average (right) age of molybdenites from Xincun deposit

#### 4.2 硫同位素特征

矿石主要的金属硫化物为辉钼矿和黄铁矿,黄 铜矿及其它金属硫化物少见,本次硫同位素测试主 要针对辉钼矿和黄铁矿进行,共采集硫同位素样品 5组,共8件同位素金属硫化物样品(其中 XC-S-2、XC-S-3号,XC-S-4、XC-S-5号,XC-S-6、XC-S-7号样品分别来自2、3、4号母样,XC-S-11来自 6号母样,XC-S-13来自12号母样),样品位置见 (表1、图2)。S同位素样品测试在中国地质大学 (武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室用 MAT251同位素质谱仪测定完成,分析结果见表3。 测定结果显示,整体上辉钼矿的δ<sup>34</sup>S大于黄铁

表3 新村钼矿硫同位素组成

Table 3 Sulfur isotopic composition of sulfides fromXincun molybdenum deposit, southern Hainan island

样品编号	测试矿物	$\delta^{34}S_{CDT}$ /%
XC-S-2	辉钼矿	9.34
XC-S-3	黄铁矿	2.09
XC-S-4	辉钼矿	5.94
XC-S-5	黄铁矿	-0.24
XC-S-6	辉钼矿	7.36
XC-S-7	黄铁矿	2.63
XC-S-11	辉钼矿	6.47
XC-S-13	黄铁矿	5.43

矿的 δ<sup>34</sup>S 值,同一矿脉样品(如 XC-S-2、3,XC-S-4、5,XC-S-6、7)也显示出同样的变化规律。4 件辉

钼矿样品的 δ34S 值为 5.94‰ ~ 9.34‰, 平均值为 7.28‰。4件黄铁矿样品的 δ<sup>34</sup>S 值为 -0.24‰ ~ 5.43‰,平均值为 2.48‰。一般情况下,在S 同位素 分馏达到平衡条件下,共生硫化物的 δ<sup>34</sup>S 值显示硫 酸盐>>辉钼矿>黄铁矿>闪锌矿>磁黄铁矿>黄铜 矿>方铅矿>辉铜矿>辉铋矿>辰砂顺序递减的规律<sup>[14]</sup>。 新村矿区不论是同一样品还是整体上,硫化物的 δ<sup>34</sup>S 值显示辉钼矿>黄铁矿的特征,表明在成矿过 程中共生的硫同位素分馏达到了平衡。

研究区矿石样品中的 δ<sup>34</sup>S 值变化于-0.24‰~ 9.34‰,变化范围较宽,显示沉淀的硫化物硫源较 为复杂。在判断硫来源时,必须依据硫化物沉淀期 间热液的总硫同位素组成( $\delta^{34}S_{\Sigma}$ )。在新村矿区,矿 石矿物主要以辉钼矿和黄铁矿为主,无硫酸盐矿物 出现,显示成矿热液为以 HS 为主的还原性热液, 那么在平衡条件下可以根据黄铁矿的 S 同位素组 成来近似代表整个热液体系的总硫[15]。因而,新村 钼矿的矿化热液的 δ<sup>34</sup>S<sub>5</sub>近似为 2.48‰。天然成矿 热液的总硫同位素组成( $\delta^{34}S_{\Sigma}$ )一般可分为4组,即 0‰、5‰~15‰、约20‰及较大的负值。接近0值 的矿床其S同位素为火成来源,包括岩浆释放的硫 和从火成岩硫化物中淋滤的硫;总硫近于 20‰的 矿床,硫来自于大洋水和海水蒸发岩;总硫具中间 值的矿床,硫来源较为复杂,可能来自围岩中侵染 状硫化物(无机还原成因)或其它更老的矿床:总 硫同位素组成为较大负值的则表明硫来源于开放 沉积条件下的细菌还原成因硫1%。本研究区的总 硫值接近于 0, 说明成矿流体中的硫主要来源于 岩浆热液。

### 4.3 氢氧同位素特征

为了揭示成矿热液的来源问题,本次还对三件 含矿石英样品进行了 H、O 同位素测试。XC-HO-1、 XC-HO-6来自1号和6号母样,矿物组合为 Q+ Mo;XC-HO-4来自4号母样,源自构造裂隙带,矿 物组合为 Q+Mo+Py+Cpy。具体采样位置见(表1)。 样品测试在中国地质科学院矿产资源研究所同位 素实验室完成,测试仪器为 MAT253EM 质谱仪,测 试精密度为±0.2‰。分析结果见表4。

三件样品的  $\delta D_{V-SMOW}$  值介于-55%。~ -85%。之间,均值为-69%。; $\delta^{18}OV$ -SMOW 值介于 9.2%。~ 13%。,均值为 10.6%。。由于样品及围岩中无代表高温的钾化蚀变也无代表低温的碳酸盐矿物出现,主要矿物组合为石英+金属硫化物,因而根据 300℃的平衡温度对  $\delta^{18}O_{H20}$  做出估计,采用石英-水分馏方程 1000Ina  $_{\Xi_{2}-X}=3.38\times10^{\circ}T^{-2}-3.4$ <sup>114</sup>,计算出石英的  $\delta^{18}O_{H20}$  值介于 2.3%。~ 6.1%。之间,均值为 3.7%。在  $\delta D-\delta^{18}O_{H20}$  图解上显示(图 5),成矿流体应为岩浆流体和大气降水流体的混和流体。

### 5 矿床成因探讨

### 5.1 区域成矿时间对比

海南岛燕山晚期(112~82 Ma)是继海西印支 期(299~233 Ma)发生大规模岩浆作用的又一关

### 表4 新村钼矿床H、O同位素分析结果 Table 4 Hydrogen and oxygen isotopic data of the Xincun Mo deposit

样品编号	矿物组合	δD <sub>V-SMOW</sub> δ	δ <sup>18</sup> O <sub>V-SMOW</sub>	δ <sup>18</sup> O <sub>H2O</sub>
XC-HO-1	Q+Mo	-67	9.2	2.3
XC-HO-4	Q+Mo+Py+Cpy	-85	9.7	2.8
XC-HO-6	Q+Mo	-55	13	6.1

键时期。现有的矿床同位素定年资料表明,海南岛 大量的钼矿床形成均介于 103~80 Ma 之间,成矿 与成岩时间一致。高精度的 Re-Os 地质年代学研 究显示,高通岭钼矿的矿化年龄为 98.4±2.5 Ma[3]; 罗葵洞钼矿的 Re-Os 模式年 99.6±0.5 M、99.8±1.1 Ma 和 100.1±1.3 Ma; 石门山 Mo-Pb-Zn 矿获得 80.2±0.6 Ma 和 88.6±1.0 Ma 的模式年龄;文且钼矿 获得模式年龄 103.9±1.0Ma<sup>20</sup>。本文研究显示,新村 钼矿主要的矿化发生在 97.2±0.5 Ma (在 112Ma 左 右可能还经历一期矿化作用)。表明燕山晚期是海 南岛发生大规模钼矿化的关键时期。

华南地区中生代的金属矿化时间大致划分为 三期<sup>[17-19]</sup>,它们分别为晚三叠纪(230~210 Ma)、 中-晚侏罗纪(170~150 Ma)和早-中白垩纪(110 ~80 Ma)。显然,与整个华南大区大规模成矿时限 相比,海南岛钼矿床的成矿作用与华南地区第三阶



图5 新村钼矿床成矿流体的δD-δ<sup>18</sup>O<sub>H20</sub>图解 Fig 5δD versus δ<sup>18</sup>O<sub>H20</sub> diagram of Xincun Mo deposit

段成矿作用可在时间上对比。新村钼矿床的形成恰 是这种大规模成矿时间的重要例证。

### 5.2 成矿地质条件

矿区发育一套次火山岩组合,其岩性序列(自下而上)为石英二长斑岩-花岗斑岩-斑状二长花岗 岩。该斑状岩性组合的形成时间大致与西部同安岭 火山岩浆活动时间相近。现有资料显示,钼矿脉主 要赋存于该套次火山中。根据矿脉在岩石单元中的 穿插关系确认 97.2±0.5 Ma 的矿石时间为矿区的主 矿化期,该结果与保城岩体 96 Ma(Rb-Sr法)的侵 位时间在同位素误差范围内一致,与次火山岩结晶 年龄(122~107 Ma)相差较大,说明次火山岩带为 主要的赋矿单元。另外,本次还获得了一个 112 Ma 的矿化年龄,暗示在火山岩结晶过程中亦有矿化出 现,这与前人统计出的火山岩中有高的 Mo 元素背 景含量<sup>3</sup>的结论较为一致。

侵入岩浆活动是矿区成矿的的重要因素,它为 新村矿区矿床的形成提供热动力条件,还为矿体的 形成提供物质和流体来源。1件赋存于灰白色斑状 二长花岗岩破碎带中的辉钼矿(XC-12)矿化年龄 显示 97.2±0.6 Ma,与保城岩体的结晶年龄相近,指 示它们之间有成因联系。S同位素测定结果显示, 硫源主要起源于该期侵入体。前人的统计材料<sup>3</sup>显 示在燕山晚期的侵入体普遍具有较高的 Mo 元素 含量,间接说明 Mo 也是来自侵入体的。

NEE 向九所-陵水深大断裂是控制矿区及外围 Mo-Cu-Au 成矿最重要的构造条件。另外在矿区 还发育有 NW 向、近 N-S 向、NE 向及近 E-W 向四 组断裂,而且断裂中均有不同程度的辉钼矿、黄铁 矿化,其中 NW 向断裂对矿体的控制较为显著。如  $F_1$ 和  $F_2$ 断裂,在图 2 中该两组断裂均垂直勘探线,在图 3 中 ZK401 恰处于两断裂之间; $F_1$ 断裂产状和  $F_2$ 断裂产状分别为(30°~32°) $\angle$ (42°~60°)和 (35°~50°) $\angle$ (42°~55°),主要的矿脉产状为 25°  $\angle$ (20°~60°),在产状上两者较为一致。在空间上 断裂与矿体直接相关,产状上高度一致,可见断裂 构造直接控制着新村矿区矿床的形成。

#### 5.3 矿床成因

总结上述分析,认为新村钼矿床属受断裂构造 控制的脉型钼矿床,早期火山活动有一定矿化作 用,成矿物质主要来源于后期岩浆热液的热液脉型 矿床,其主矿化时代为 97.2±0.9 Ma~97.8±0.5 Ma。 矿床成因模式如图 6 所示。



图6 海南岛新村钼矿床成因模式图 Fig. 6 Metallogenic model of Xincun Mo deposit, Hainan island

### 6 结论

本文在研究新村钼矿床的地质特征、地球化学特征的基础上,结合前人的研究成果,得出以下认识:

(1)新村钼矿床属脉型钼矿,其成因上与海南 岛燕山晚期酸性侵入体有关。钼矿体主要赋存于早 白垩纪次火山岩带,主要的矿石类型有石英脉型和 细脉--浸染型。

(2)通过精确的 Re-Os 同位素体系精确定年, 获得 95.6±0.9~97.8±0.5Ma 和 112.3±4.2Ma 两组年 龄值,表明新村钼矿床可能经历两期矿化事件。根 据断裂和矿体在岩石单元中的穿插关系,确认前者 为主成矿期。

(3)稳定同位素研究显示,硫源为晚期岩浆源, 成矿流体来源为岩浆流体与大气降水流体的混合 流体。

(4)新村钼矿床的矿床成因为次火山岩容矿 (含矿),含矿热液沿构造裂隙充填交代的热液脉型 钼矿床。

野外工作期间得到海南省地质调查院矿产队的大力支持和帮助,Re-Os同位素分析由中国科学院广州地球化学研究所孙胜玲、孙亚莉完成,S同位素分析由中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室王新君完成,H、O同位素由中国地质科学院矿产资源研究所李延河等完成,在此一并致以衷心的感谢。

### 注释:

- 宜昌地质矿产研究所,海南省地质调查院.海南岛乐东、陵水幅 1:25 万区域地质调查报告.2004.
- ② 广州地球化学研究所,海南省地质调查院.海南岛构造演化特征及钼(铜)成矿作用专题研究工作报告.2010.
- ③海南省地质矿产勘查开发局.海南省成矿系列及成矿预 测研究.2001.

### 参考文献:

- [1] 龙文国,林起玉,范庆贺,等.海南琼海烟塘梅岭铜钼矿床地 质特征[J].华南地质与矿产, 2003,(3): 30-36.
- [2] 陈沐龙,李孙雄,曾雁玲,等.海南岛白垩纪千家岩体岩石地 球化学特征及其成矿作用分析 [J]. 矿产与地质, 2008.22
  (1): 36-41.
- [3] 廖香俊,王平安,覃海灿,等.海南屯昌地区高通岭钥矿床的 地质、地球化学特征及成矿时代[J].地质通报, 2008,27(4):

560-570.

- [4] 王国君,刘君,曹玉莲,等.海南罗葵洞斑岩型钥矿地质特征 及矿床成因[J].矿产勘查, 2010, 1(5): 453-457.
- [5] 万天丰.中国大地构造学纲要[M].北京:地质出版社,2004.
- [6] 王清晨,蔡立国.中国南方显生宙大地构造演化简史[J].地 质学报, 2007,81(8): 1025-1040.
- [7] 汪啸风,马大铨,蒋大海.海南岛地质一岩浆岩[M].北京:地 质出版社,1991.
- [8] Sun Y L, Xu P, Li J, et al. A practical method for determination of molybdenite Re-Os age by inductively coupled plasma-mass spectrometry combined with Carius tube-HNO3 digestion [J]. Anal. Methods, 2010, 2: 575-581.
- [9] Smoliar M.L, Walker R J, Morgan J W. Re–Os ages of group II A, III A, IVA and VIB iron meteorites [J]. Science, 1996, 271: 1099–1102.
- [10] Selby D, Creaser R A. Re-Os geochronology and systematics in molybdenite from the Endako porphyry molybdenum deposit, British Columbia, Canada [J]. Econ. Geol., 2001, 96: 197–204.
- [11] Selby D, Creaser R A. Late and Mid Cretaceous mineralization in the Northern Cordillera: Constraints from Re-Os molybdenite dates [J]. Econ. Geol., 2001, 96: 1461-1467.
- [12] Selby D, Creaser R A. Macroscale NTIMS and microscale LA-MC-ICP-MS Re-Os isotopic analysis of molybdenite: Testing spatial restrictions for reliable Re-Os age determinations, and implications for the decoupling of Re and Os within molybdenite [J]. Geochimica et Cosmochimica, 2004, 19: 3897-3908.
- [13] Stein H J, Markey R J, Morgan J W, et al. The remarkable Re-Os chronometer in molybdenite: how and why it works [J]. Terra Nova, 2001, 13: 479-486.
- [14] 韩吟文, 马振东. 地球化学 [M]. 北京: 地质出版社, 2003,254-258.
- [15] 宋生琼,胡瑞忠,毕献武,等.赣南崇义淘锡坑钨矿床氢、氧、 硫同位素地球化学研究[],矿床地质,2011,30(1),1-10.
- [16] 张 生,李统锦,王连魁.广东长坑金银矿床的成矿地球化 学一硫同位素研究[J].地球化学, 1997,26(4):78-85
- [17] 毛景文,谢桂青,程彦博,等.华南地区中生代主要金属矿 床模型.地质评述[J].2009,55(3):347-354.
- [18] 毛景文,谢桂青,郭春丽,等.华南地区中生代主要金属矿 床时空分布规律和成矿环境[J].高校地质学报,2008,14 (4):510-526.
- [19] 毛景文,谢桂青,李晓峰,等.华南地区中生代大规模成矿 作用与岩石圈多阶段伸展 [J]. 地学前缘,2004,11(1): 45-55.

## Geological Characteristics and Genesis of Xincun Molybdenum Deposit in Baoting County, Hainan Province

WANG Long<sup>1</sup>, LIAO Xiang-Jun<sup>1,2</sup>

Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;
Geological Bureau of Hainan Province, Hainan 570206, China)

Abstract: The Xincun molybdenum deposit, located at the Baoting county, is another mid-sized deposit discovered in Hainan island. Molybdenum ores can be divided into quartz vein -type and veinlet - disseminated-type, which are hosted by subvolcanic rocks. Molybdenite separated from ores yield Re-Os model age of  $95.6\pm0.89 \sim 97.8\pm0.5$  Ma and  $112.3\pm4.2$  Ma, suggested that there had ever experienced two stages of molybdenum mineralization. The mineralization of former ages is considered to be related to the intrusion of Baocheng plutons, and the mineralization of older age is probably related to the Late-Yanshanian terrestrial faces volcanism during  $122 \sim 107$  Ma. The measured  $\delta^{34}$ S values suggest that the formation of Mo ore -body is closely related to contemporary magmatism. Based on synthetic studies of geological and geochemical information, we consider that the Xincun Mo deposit is a volcanic-hosted deposit which is formed by the post-stage magmatic hydrothermal activity.

Key words: geological characteristics; molybdenite Re-Os dating; ore genesis; Xincun molybdenum deposit; Baoting county, Hainan province

# 《华南地质与矿产》 2012 年 第 4 期 要目预告

湖南	七宝	山石	英斑岩	当地球	化学特	征及其	もう しんしょう しんしょ しんしょ	矿的头	关系…	• • • • • • • • • • •	• • • • • • • • • •	• • • • • • • • • • •	•••••	胡俊	良	等
湖南	桃林	铅锌	矿区す	を 対 岩	地球化	学特征	E及其	与成团	⁺的关	系研究		•••••		·张	鲲	等
湖南	攸县	新市	玄武岩	± LA-I	CP-MS	锆石て	U-Pb 兌	官年及	其地理	求化学物	恃征⋯	••••••	•••••	马铁	球	等
证据	权法	在成	矿预测	则中的。	应用—	一以湖	北通坝	成地区	铍矿的	的成矿	预测为	]例	• • • • • • • •	• Xß	杰	等
粤西	德庆	花岗	岩的:	SHRIMI	P锆石	U–Pb 🔅	定年及	其构	造环境	£	•••••		• • • • • • • •	・李	龙	等
粤西	桂东	南地	区大型	型推覆	构造一	一对印	支期降	击内作	用模	式的启	发	•••••	• • • • • • • •	·Xß	-K.4	等
钦杭	成矿	带西	段罗纲	容杂岩	体岩石	学、地	□球化学	学及年	5代学	• • • • • • • • • • •	•••••	• • • • • • • • • • •	• • • • •	黄炳	诚	等
钦杭	成矿	带西	段古	龙花岗	岩株郡	岩石	学、地3	球化学	≥及年	代学…	• • • • • • • • • •	•••••••		・许	华	等
桂南	钦防	地区	"台王	马岩体	"地质	特征及	と 成 因 :	探讨・	• • • • • • • • • •	•••••	••••		•••••	谢凌	锋	等