

# 江西寻乌铜坑嶂钼矿床地质特征及其成矿时代

许建祥<sup>1,2)</sup>, 曾载淋<sup>2)</sup>, 李雪琴<sup>2)</sup>, 刘俊生<sup>2)</sup>, 陈郑辉<sup>3)</sup>, 刘善宝<sup>1)</sup>, 郭春丽<sup>3)</sup>, 王成辉<sup>1)</sup>

1) 中国地质科学院研究生部, 北京, 100037; 2) 江西地勘局赣南地质调查大队, 赣州, 341000;  
3) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037

**内容提要:**铜坑嶂钼矿床是目前南岭东段正在进行普查评价并取得重要进展的钼矿, 它以独特的辉钼矿-萤石组合、特征的矿体内部结构变化趋势、辉钼矿颗粒大与品位富等宏观特征, 有别于赣南已知的低品位斑岩型、与钨共(伴)生的石英脉型钼矿床。鉴于其产出的特定区域背景, 通过 Re-Os 同位素研究, 了解其成矿时代(134Ma), 对研究其成矿机理及其在赣南燕山期区域性大规模成矿过程中的特殊性具有重要意义。

**关键词:** Re-Os 等时线; 矿床特征; 辉钼矿; 铜坑嶂

## 1 地质背景

铜坑嶂矿区位于华南褶皱系东南部的北北东向武夷山隆褶带南段。区内地层简单, 基底为中深变质的元古宙寻乌岩组与震旦-寒武纪浅变质岩构成的“双基底”, 上覆侏罗纪酸性火山岩和白垩纪断陷盆地沉积。北北东向鹰潭-定南-石城-寻乌、北东向龙南-宁化、北西向会昌-上杭等深大断裂在此交汇, 构成了以北北东向为主, 北西向、东西向、北东向相继发育的构造网络, 同时还发育以红山、密坑山、坳子背、铜坑嶂为主的火山机构, 构造十分复杂。受多期次褶皱造山作用影响, 区内岩浆活动频繁, 侵入岩、火山岩分布广泛, 并显示出加里东、海西-印支、燕山、喜马拉雅等多期次构造-岩浆旋回的特点, 其中以燕山期活动最强烈, 表现出与钨、锡、钼、铜等多金属矿产的强相关性, 致使其成为华南钨-钼-铜成矿省的重要成矿区带之一。

## 2 矿区地质概况

矿区位于石城-寻乌深断裂西部, 澄江-寻乌背斜核部南段。出露地层为北部的晚元古代寻乌岩组、南部的寒武纪牛角河组。寻乌岩组( $Pt_3x$ )为一套片状无序中深变质细碎屑岩建造, 属片岩、片麻岩、变粒岩组合, 固态塑性流变构造发育; 牛角河组为浅变质细碎屑岩建造, 上部为板岩与千枚状板岩

夹变余粉砂岩, 下部主要为变余长石石英细砂岩、板岩, 偶夹少量变余粉砂岩, 常发育平行纹理、低角度斜层理。两者间与花岗岩的接触带附近 Mo 异常明显, 是钼矿体分布的主要地段(图1)。

区内北东向、北西向和近东西向三组断裂构造发育。其中北东向、北西向区域性断裂复合控制了岩浆岩、隐爆角砾岩的空间展布, 东西向断裂、裂隙组为脉状钼矿体的赋矿构造。隐爆角砾岩筒主要有两处, 较大的位于铜坑嶂主峰东侧, 呈圆形出露, 大小为  $300m \times 450m$ 。隐爆角砾岩角砾成分较杂, 有花岗斑岩、变质砂岩、片岩、板岩与石英、长石斑晶, 角砾形态不规则, 多呈次圆状、棱角状、次棱角状, 杂乱排列、大小混杂, 大小为  $3mm \times 5mm \sim 50mm \times 100mm$ , 角砾含量  $45\% \sim 55\%$ ; 胶结物为花岗质熔浆、硅质、铁质绿泥石及石英细脉充填胶结, 胶结紧密, 占  $50\%$  左右。角砾岩具极强的绿泥石化、硅化蚀变, 含少量锐钛矿、金红石、锆石、白钛矿等, 见硫化物风化淋滤后的空洞和较多褐铁矿。

主要岩浆岩为燕山期三标复式花岗岩体的东延部分, 呈舌状分布于矿区中部, 侵入于寻乌岩组与牛角河组之间, 包括帽子顶岩体、铜坑嶂岩体。帽子顶岩体呈北西向展布于矿区北西侧及外围, 呈岩株状, 具多期次活动, 岩性为中粗粒斑状黑云母花岗岩与中细粒斑状黑云母花岗岩, 属高硅、富钾、贫钛铝铁的弱碱性系列花岗岩。钨含量较高, 稀土配分曲线

注: 本文为国家科技支撑计划“南岭地区有色-贵重金属成矿潜力及综合探测技术示范研究”课题(编号 1212010733803)、中国地质调查局大调查项目“中国成矿体系与区域成矿评价”(编号 K1.4-3-4)等资助的成果。

收稿日期: 2007-04-06; 改回日期: 2007-05-16; 责任编辑: 郝梓园。

作者简介: 许建祥, 男, 1963年生。教授级高工, 在读博士研究生, 长期从事地质勘查与技术管理工作。Email: jxgzddy@vip.163.com。

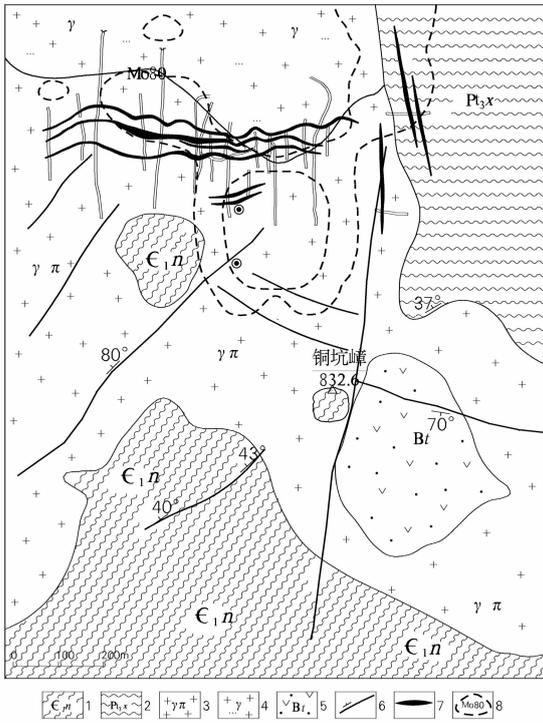


图 1 赣南铜坑嶂钼矿区地质简图(据赣南地质队)

Fig. 1 Sketch geological map of Tongkengzhang molybdenum deposit in South Jiangxi province

1—早寒武纪牛角河组:变余砂岩、板岩; 2—新元古代寻乌岩组:变粒岩、片岩; 3—花岗斑岩; 4—细粒少斑黑云母花岗岩; 5—隐爆角砾岩; 6—断层; 7—钼矿体; 8—钼异常及异常值

1—Early Cambrian Niujiache Formation: blastosammite, slate; 2—Neoproterozoic Xunwuyan Formation: granulite, schist; 3—granite-porphphyry; 4—fine-grained biotite granite; 5—breccia; 6—fault; 7—molybdenum body; 8—Mo abnormality and abnormal value

形态为负钼异常显著的标准“海鸥型”。岩石具较强的硅化、绿泥石化、绢云母化与云英岩化、钾化蚀变,局部可见浸染状、细脉状辉钼矿化及石英脉黑钨矿分布。铜坑嶂岩体呈岩瘤状产出,与帽子顶岩体接触界线清楚,内见多个浅变质岩残留体( $\epsilon_1n$ ),肉眼观察存在两类岩性,一为基质呈显晶质的斑状花岗岩,一为基质呈隐晶质的花岗斑岩,显示多期次活动的特征。与中国花岗岩对比, $SiO_2$ 、 $K_2O$ 明显偏高, $CaO$ 、 $FeO$ 、 $MgO$ 明显偏低,属高硅、富钾、贫钙铁镁的弱碱性系列花岗岩。微量元素 W、Mo 含量高占地壳丰度 6~20 倍。铜坑嶂岩体是会昌—安远—寻乌远景区内钨、钼含量最高的岩体,加之受后期地质作用,特别是隐爆角砾岩在其内部或附近的形成,使其产生较强的硅化、绢云母化及黄玉化蚀变,并伴 Sn、W、Mo、Cu、

Ag 矿化<sup>①</sup>,因此,该岩体与钼矿形成与分布具有密切的关系,也是找矿的重要对象。

### 3 矿床地质特征

本矿床的已知钼矿化(体)分布于铜坑嶂岩体北侧的内、外接触带(以内接触带为主),有近东西向、近南北向两组矿体,东西向者倾向南,倾角  $50^\circ \sim 65^\circ$  (图 2),南北向者倾向西,倾角  $60^\circ \sim 70^\circ$ ,较陡。目前控制矿体长 100~700m,宽 1.0~20.0m,最大倾斜延深 300m。东西向矿体比南北向矿体厚度大、延伸长、品位富。

矿石的物质成分相对较简单,已查明的金属矿物主要有:辉钼矿、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、钼华;非金属矿物有:萤石、钾长石、黑云母、石英、黄玉、绢云母、绿泥石等,具工业价值的为辉钼矿、萤石。矿石类型包括辉钼矿-萤石型、辉钼矿-长石-萤石型、辉钼矿-石英-萤石型等。辉钼矿呈叶片状、鳞片状集合体产于长石-萤石脉、石英-萤石脉、萤石脉中,集合体大小 1~20mm 不等,有时呈薄膜状、浸染状附着于裂隙面上,少量呈浸染状、星点状、细脉浸染状分布于硅化、云英岩化的岩体中,极少数呈含量极高的辉钼矿脉状出现。辉钼矿的含

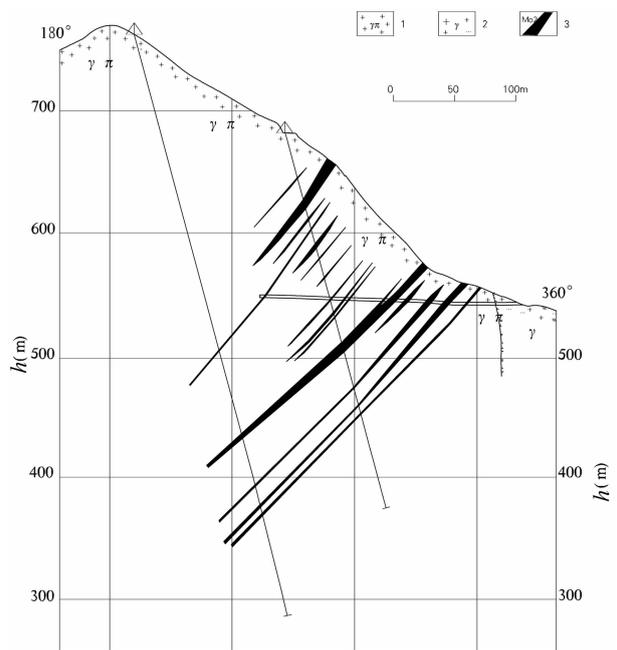


图 2 铜坑嶂钼矿区剖面示意图

Fig. 2 Sketch geological section of Tongkengzhang molybdenum deposit

1—花岗斑岩; 2—细粒少斑黑云母花岗岩; 3—钼矿体及编号

1—Granite-porphphyry; 2—fine-grained biotite granite;

3—molybdenum body and numbers

铼量较低,仅  $n \times 10^{-6}$ 。

辉钼矿矿石结构主要为叶片状、鳞片状、菊花状的自形及半自形粒状结构,也有粒状浸染、交代、熔离形成的包裹结构、海绵陨铁和填隙结构等;矿石构造为稠密和稀疏浸染状、浸染~细脉状、块状构造等。而矿体在内部结构上表现为:水平方向上每条矿体都有一至多条厚约 0.1~0.3m 的富辉钼矿脉(品位最高可达 5%),或作为钼矿体的顶、底边界,或分布于钼矿体内部,辉钼矿脉间或辉钼矿脉外侧,为大量厚度小于 1 厘米的含辉钼矿细脉、细网脉,甚至网状裂隙,裂隙面上附着薄膜状辉钼矿;在垂向上,总体有上部厚度较大的单脉较多,向下渐变为网脉状为主,甚至出现较多的浸染状矿石。

矿床围岩的热液蚀变十分发育,具有多期多阶段的特点。包括硅化、萤石化、云英岩化、绿泥石化、黄玉化、次生石英化、黄铁绢云岩化、铁锂云母化、钾长石化、高岭土化等。其中与钼矿化有关的蚀变主要为硅化、钾长石化、黄铁绢云岩化、萤石化,在平面分带上大致以主矿化区为中心,有:向外从硅化、钾长石化、萤石化→黄铁绢云岩化→绿泥石化、碳酸盐化,矿化分带上由辉钼矿、萤石组合→黄铜矿、方铅矿、闪锌矿组合的总体趋势。但由于岩浆活动的多期次,火山-隐爆作用的叠加,矿化组合与元素的分带更趋复杂。

## 4 成矿时代

### 4.1 采样测试

本次研究,分别从矿床中的辉钼矿-萤石矿脉、辉钼矿-长石-萤石脉、辉钼矿-石英-萤石脉、辉钼矿脉、网状脉、岩体中采集了辉钼矿样品;测试分析由国家地质实验测试中心 Re-Os 同位素实验室完成。铼钼化学分离步骤和质谱测定年龄方法详见相关文献(杜安道等,1994;2001;屈文俊等,2003),现简述如下:

准确称取待分析样品,通过长细颈漏斗加入到 Carius 管底部。缓慢加液氮到有半杯乙醇的保温杯中,调节温度到摄氏  $-50 \sim -80^{\circ}\text{C}$ 。将装好样的 Carius 管放到该保温杯中,通过长细颈漏斗把准确称取的  $^{185}\text{Re}$  和  $^{190}\text{Os}$  混合稀释剂加入到 Carius 管底部,再加入 4 mL 10 mol/L HCl, 4mL 16 mol/L  $\text{HNO}_3$ 。当管底溶液冰冻后,用丙烷氧气火焰加热封好 Carius 管的细颈部分,放入不锈钢套管内。轻轻放套管入鼓风烘箱内,待回到室温后,逐渐升温到  $230^{\circ}\text{C}$ ,保温 12h。在底部冷冻的情况下,打开 Carius tube,并用 40 mL 水将管中溶液转入蒸馏瓶中。在  $105 \sim 110^{\circ}\text{C}$  条件下蒸馏,用 10 mL 水吸收蒸出的  $\text{OsO}_4$ 。以 ICPMS(等离子体质谱仪测定)测定 Os 同位素比值。将第一次蒸馏残液置于电热板上,加热近干。加少量水,加热近干。重复两次以降低酸度。加入 10 ml 5 mol/L NaOH,稍微加热,转为碱性介质。转入 50mL 聚丙烯离心管中,离心,取上清液转入 120 mL Teflon 分液漏斗中。加入 10 mL 丙酮,萃取 Re。静止分相,弃去水相。加 2 mL 5 mol/L NaOH 溶液到分液漏斗中,洗去丙酮相中的杂质。在电热板上加热溶液至干。加数滴浓硝酸和 30%过氧化氢,加热蒸干以除去残存的钼。用稀  $\text{HNO}_3$  溶解残渣,稀释到硝酸浓度为 2%时测定 Re 同位素比值。

### 4.2 测试结果

经过测试,得出每个样品中  $^{187}\text{Re}$  和  $^{187}\text{Os}$  的含量以及根据公式计算所得的模式年龄值见表 1,根据  $^{187}\text{Re}$  和  $^{187}\text{Os}$  的含量绘制等时线图(图 3),根据模式年龄的测定值与不确定度得到辉钼矿加权平均值(图 4)。由表 1、图 3、图 4 可知铜坑嶂辉钼矿的模式年龄为  $133.4 \pm 1.8 \text{ Ma} \sim 134.3 \pm 1.6 \text{ Ma}$ ,等时线年龄  $134 \pm 10 \text{ Ma}$ ,表明成矿作用主要发生在白垩纪的初期。

表 1 江西铜坑嶂钼矿辉钼矿 Re-Os 同位素数据

Table 1 Re-Os isotopic data of Tongkengzhang molybdenum deposit

化验编号	野外编号	样重(g)	Re (ng/g)		Os (ng/g)		$\text{Re}^{187}$ (ng/g)		$\text{Os}^{187}$ (ng/g)		模式年龄(Ma)	
			测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度
051227-15	KW-1	0.40084	1192	10	0.0049	0.0008	749.4	6.2	1.678	0.013	134.3	1.6
051227-16	KW-2	0.20275	1125	12	0.0119	0.0008	707.1	7.4	1.574	0.011	133.4	1.8
051227-17	KW-3	0.19999	1313	10	0.0058	0.0016	825.0	6.4	1.838	0.014	133.6	1.5
051227-18	KW-4	0.20072	1338	11	0.0054	0.0012	841.2	6.9	1.879	0.015	133.9	1.6
051227-19	KW-5	0.20188	1269	10	0.0155	0.0012	797.8	6.4	1.779	0.015	133.7	1.7
051227-20	KW-6	0.20104	1297	10	0.0084	0.0006	815.2	6.6	1.817	0.014	133.7	1.6

注:数据来自国家地质实验测试中心分析报告(屈文俊等,2006)。

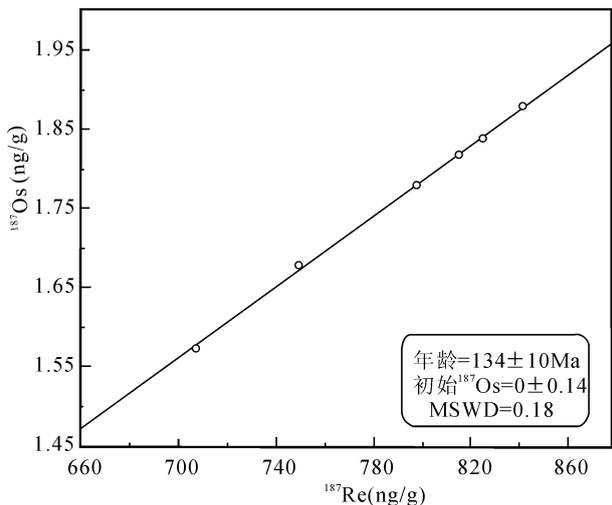


图 3 铜坑嶂钼矿床辉钼矿 Re-Os 等时线

Fig. 3 Re-Os isochron of molybdenite of Tongkengzhang molybdenum deposit

## 5 讨论与结论

赣南铜坑嶂矿区处于南岭成矿带东段与武夷成矿带交汇部位,区域内已知的会昌岩背锡矿与火山喷发后的浅成细粒似斑状花岗岩有关,矿体主要产在岩体前锋凹形接触带上,成岩成矿时代相近,含矿花岗岩的时代为 128~121Ma,成矿时代为 118Ma(周济元等,2000);红山铜矿的成矿作用发生在花岗斑岩、花岗闪长斑岩及隐爆角砾岩中,矿体总体分布在隐爆角砾岩筒的顶部和两侧及外接触带,成矿时代与成岩时代也紧密相随,其中隐爆角砾岩 K-Ar 法年龄为 109~101Ma,花岗斑岩 K-Ar 法年龄为 106~92Ma,含矿石英脉 K-Ar 法年龄为 97~80Ma,表明成岩时代为 109~92Ma,成矿时代为 97~80Ma(周济元等,2000)。

在区域成矿带上,南岭东段的武夷山成矿带(江西东南部段)总体以 Sn、Cu 为主成矿元素,区域条件上总体也为与燕山晚期岩浆热液作用有关,成矿时代基本为白垩纪中晚期,符合于南岭成矿带岩浆活动与成矿自西而东年龄由老变新的总体趋势,至武夷山成矿带大致为 120~80Ma。根据 1:5 万区域地质《澄江幅》成果,矿区钼矿体的直接赋矿围岩——铜坑嶂岩体,其花岗斑岩 Rb-Sr 同位素年龄为 105Ma,似乎也与之相符。

本次测得铜坑嶂钼矿的成矿年龄为 134Ma,明显早于岩背锡矿和红山铜矿(早了约 15~40Ma)。这对于重新认识当地的地质、成矿演化历史、指导下一步的地质找矿具有重要意义。① 会昌—寻乌—

安远一带不但有独立的锡矿、独立的铜矿,而且有独立的钼矿,很可能还存在 Sn-Cu、Cu-Mo 甚至 Sn-Mo 或 Cu-Mo-Sn 共生或伴生的矿床,值得今后地质找矿注意;② 该地区上述已知矿床的成矿时代,很可能从白垩纪的初期一直延续到后期,在大约 70Ma 的漫长历史中,岩浆活动也是长期的、多阶段的、岩浆岩的性质具有多样性,成岩物质也可能是多来源的,既有壳源也有幔源,向南的安远—定南一带还有类金伯利岩发育,这样的成矿地质条件非常有利于成矿,需要今后加强找矿工作;③ 铜坑嶂岩体为复式岩体,其中至少有一期应在钼矿成矿时间之前(似斑状花岗岩)或稍前形成,而 105Ma 岩体(花岗斑岩)只是岩浆演化的后期产物,前者可能为钼矿成矿的母岩,后者则可能决定着矿区内及外围 Sn、Cu 矿化的成生,当然也有隐伏着与钼矿成矿有关的其它岩体的可能,需要再次取证得以确认。

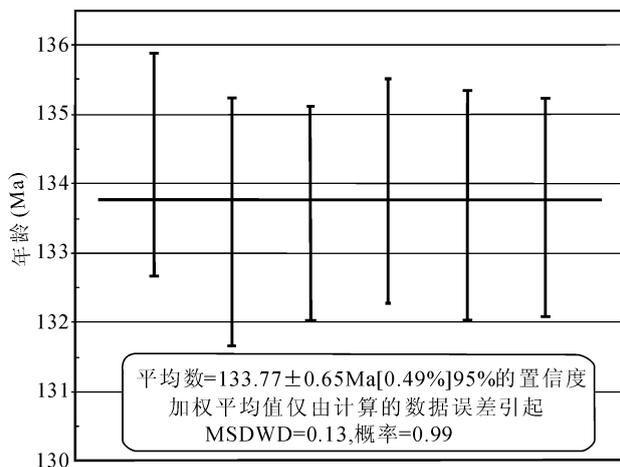


图 4 铜坑嶂钼矿床辉钼矿 Re-Os 模式年龄加权平均值

Fig. 4 Weighted average value of Re-Os mode age of Tongkengzhang molybdenum deposit

**致谢:**本文是在江西省寻乌县铜坑嶂矿区普查找矿的资料基础上,结合国家地质测试中心 Re-Os 同位素测定结果而拟就,属于集体劳动成果。成文中得到了中国地质科学院陈毓川院士、中国地质科学院矿产资源研究所王登红研究员的悉心指导,在此深表谢意。

### 注 释

① 赣南地质调查大队. 1997. 中华人民共和国地质图说明书(澄江圩幅, 1:50000); 内部出版。

### 参 考 文 献

杜安道,何红蓼,殷宁万,等. 1994. 辉钼矿的铼-钨同位素地质年龄

测定方法研究. 地质学报, 68(4): 339~347.  
 杜安道, 赵敦敏, 王淑贤, 等. 2001. Carius 管溶样和负离子热表面电  
 离质谱准确测定辉钼矿铼-钨同位素地质年龄. 岩矿测试, 20  
 (4): 247~252.  
 屈文俊, 杜安道. 2003. 高温密闭溶样电感耦合等离子体质谱准确

测定辉钼矿铼-钨地质年龄. 岩矿测试, 22(4): 254~257.  
 王德滋, 刘昌实, 沈渭洲, 熊小林. 1993. 江西岩背斑岩锡矿区火山  
 岩—侵入杂岩. 南京大学学报, 29(4): 638~650.  
 周济元, 崔炳芳, 陈宏明, 等. 2000. 赣南红山—锡坑迳地区铜锡矿  
 地质及预测. 地质出版社, 195p.

## Geological Characteristics and Mineralization Age of the Tongkengzhang Molybdenum Deposit in Xunwu County, South Jiangxi Province, China

XU Jianxiang<sup>1,2)</sup>, ZENG Zailin<sup>2)</sup>, LI Xueqin<sup>2)</sup>, LIU Junsheng<sup>2)</sup>, CHEN Zhenghui<sup>3)</sup>  
 LIU Shanbao<sup>1)</sup>, GUO Chunli<sup>3)</sup>, WANG Chenghui<sup>1)</sup>

1) Graduate school of CAGS, Beijing, 100037; 2) Gannan Geological Survey Party of Jiangxi Province, Jiangxi, 341000; 3) Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037

### Abstract

Tongkengzhang molybdenum deposit is located in East Nanling area. We have gotten lots of important progresses after primarily exploring. It has molybdenite-fluorite combination, special interior structure, big grain, and high grade. These characters are different from those low-grade molybdenum deposits, including porphyry and quartz-vein types. Through Re-Os dating, we know the mineralogenetic epoch (134Ma) that is significant to know how this deposit formed and how the large-scale mineralogenesis evolved at Yanshanian in South Jiangxi province.

**Key words:** Re-Os isochron; molybdenite; Tongkengzhang

