

江西乐平塔前钨钼矿中辉钼矿 Re-Os 定年 及其地质意义

黄安杰¹, 温祖高¹, 刘善宝², 刘消清¹, 刘献满³, 张家菁⁴, 施光海⁵, 刘战庆⁶

(1. 江西地矿局赣东北大队, 江西 上饶 334000; 2. 中国地质科学院 矿产资源研究所, 北京 100037; 3. 江西地矿局物化探大队, 江西 南昌 330025; 4. 江西省国土资源执法监察总队, 江西 南昌 330025; 5. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083; 6. 桂林理工大学 地球科学学院, 广西 桂林 541004)

摘要:江西乐平塔前钨钼矿床位于下扬子板块南缘的“塔前-赋春”成矿带, 近年找矿工作取得了重大突破, 显示该成矿带具有极好的成矿地质条件和巨大的找矿潜力。本文利用 ICP-MS 对矿石矿物辉钼矿进行了 Re-Os 同位素分析, 5 个样品的模式年龄变化在 160.8~163.4 Ma 之间, Re-Os 同位素等时线年龄为 162 ± 2 Ma (MSWD=1.7), 表明矿床形成于中侏罗世晚期。通过对区域同类矿床的成矿年代对比发现, 塔前-赋春成矿带中矿床的形成时间明显晚于其周边的德兴铜矿等矿床, 且主要控矿构造也相差很大, 其原因可能与不同时期的构造背景有关。

关键词: Re-Os 定年, 辉钼矿, 塔前钨钼矿床, 扬子板块

中图分类号: P597; P578.2⁺91

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2013)04-0496-09

Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Taqian W-Mo deposit in Leping County, Jiangxi Province and its geological implications

HUANG An-jie¹, WEN Zu-gao¹, LIU Shan-bao², LIU Xiao-qing¹, LIU Xian-man³,
ZHANG Jia-jing⁴, SHI Guang-hai⁵ and LIU Zhan-qing⁶

(1. Northeastern Jiangxi Geological Party, Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Exploration, Shangrao 334000, China; 2. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 3. Geophysical and Geochemical Exploration Party, Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Exploration, Nanchang 330025, China; 4. Law Enforcement and Supervision Office of Department of Land and Resources of Jiangxi Province, Nanchang 330025, China; 5. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 6. School of Earth Sciences, Guilin University of Science and Engineering, Guilin 541004, China)

Abstract: The Taqian tungsten-molybdenum deposit is located in the Taqian-Fuchun metallogenic belt on the southern margin of the Yangtze plate. The authors have made a breakthrough in ore-prospecting work in recent years, and the results show that the metallogenic belt has good ore-forming geological conditions and prospecting potential. However, the research work is just in the starting period. In this paper, the authors determined the molybdenite age of the Taqian tungsten molybdenum deposit by means of ICP-MS molybdenite-Os isotope analysis. The model ages of 5 samples vary between 160.8 and 163.4 Ma; the molybdenite Re-Os isochron age is (162 ± 2) Ma, MSWD=1.7, suggesting that the ore-forming process took place in late Early Jurassic. A comparison with the metallogenic time of other similar deposits in this area shows that the ore-forming time in the Taqian-Fuchun metallogenic belt is much later than that of the Dexin copper deposits, and their ore-controlling

收稿日期: 2013-05-02; 修订日期: 2013-06-19

基金项目: 江西省国土资源厅地质勘查基金(矿[2012]01-06), 国家重点基础研究发展计划 973 课题(2012CB416704)

作者简介: 黄安杰(1969-), 男, 高级工程师, 主要从事地质矿产勘查研究工作, E-mail: 395976494@qq.com

structures are different too. These phenomena might have had something to do with the tectonic backgrounds of different periods.

Key words: Re-Os dating; molybdenite; Taqian tungsten molybdenum deposit; Yangtze plate

江西乐平塔前钨钼矿床位于下扬子板块南缘“塔前-赋春”成矿带内,受北东向的构造控制。20世纪60~70年代,通过区域地质调查及物化探工作,沿该构造带发现多处物化探异常和矿(化)点,70~80年代相继发现了朱溪、横路、月形等中-小型铜矿床和弹岭铜矿、塔前钨-钼矿等矿点,这些矿床特征基本相似,都属于矽卡岩型矿床。近几年,在塔前、朱溪铜矿深部以及华子山等处的找矿工作取得了重大进展:在朱溪铜矿的边深部发现了超过400 m厚的钨矿体,成为具大型以上成矿规模的找矿远景区;塔前矿区钼资源量约4 900 t,伴生钨2 700 t,显示了该地区有极好的成矿条件和较大的找矿潜力。该成矿带的矿床均受北东向推覆构造控制,成矿岩体为燕山期中-酸性岩株、岩脉。对于该成矿带的矿床地质特征和流体包裹体等方面已经积累了部分成果(李岩等,2012),但在成矿年代学方面的研究工作却较少。本次工作系统采集了塔前钨钼矿床中的辉钼矿样品,利用 ICP-MS 对其进行了 Re-Os 同位素分析,获得了准确的 Re-Os 同位素年龄,为探讨矿床的形成提供了年代学资料,并为本区下一步找矿工作及成矿规律研究提供依据。

1 区域地质特征

塔前钨钼矿地处萍-乐拗陷带东端,中元古界双桥山群浅变质千枚岩、板岩夹变余粉砂岩构成区域褶皱基底(图1)。盖层地层有石炭系、二叠系、三叠系及少量侏罗系(图2)。石炭系下部主要为砂岩、粉砂质页岩,上部主要为白云岩、厚层状灰岩;二叠系底部为厚层状细粒石英砂岩,中上部主要为薄层状至中厚层状不纯灰岩、中厚层状泥灰岩、顶部为泥质硅质岩夹不纯灰岩;三叠系下部为页岩、粉砂岩,上部为燧石、石英砾岩、粉砂岩和炭质页岩互层,沿塔前-寿安及横路-涌山两个呈北东向的条带展布;侏罗系主要为砂岩、含砾砂岩、粉砂岩、泥岩间夹煤线或炭质页岩。

区域构造线总体呈北东向展布,受南北向挤压作用,形成北东向系列压性断裂、压扭性断裂、破碎带及复式褶皱带。

沿北东向断裂带发育有印支期超基性-基性脉岩群,主要岩性有蚀变辉石岩、苦橄玢岩、辉绿岩脉等,岩石中 As、W、Co、Ni、Sb 元素含量较高;其次有成串珠状分布的燕山期中酸性侵入岩,主要岩性有斑状花岗闪长岩、花岗斑岩、花岗闪长斑岩和黑云母花岗闪长斑岩体等,此类中酸性岩体侵入于碳酸盐岩中,常形成大理岩化、矽卡岩化,并伴随有硅化、绢云母化、绿泥石化、绿帘石化、云英岩化等,岩石中 Cu、W、Mo、As、Sb 元素含量较高,与本地区成矿关系密切(朱训等,1983)。

2 矿床地质特征

2.1 矿区地质特征

矿区出露的地层主要包括中元古界蓟县系、石炭系、二叠系和三叠系地层。中元古界蓟县系溪口岩群中的板桥组(J_{xb})和木坑组(J_{xm})为一套千枚岩、板岩夹变余粉砂岩组成的浅变质岩系。石炭系上统船山组(C_{2c})为灰白至浅红色大理岩、大理岩化灰岩及厚层状灰岩。二叠系下统栖霞组(P_{1q})为深灰色薄层状至中厚层状不纯灰岩,间夹黑色炭质泥岩,灰岩具大理岩化。二叠系下统茅口组(P_{1m})下部为灰黑色中厚层状泥灰岩、钙镁质泥岩夹灰岩,受岩浆热液作用影响岩石普遍矽卡岩化,形成透辉石矽卡岩、石榴石透辉石矽卡岩,是主要的赋矿层位;上部为厚层状灰岩、泥质硅质岩夹不纯灰岩。三叠系上统安源组(T_{3a})下部为页岩、粉砂岩;上部为燧石、石英砾岩、粉砂岩和炭质页岩互层。

矿区构造线总体呈北东向展布(图3),经过多次构造活动,次级褶皱、断裂较发育。矿区北东向主干断裂有 F_1 、 F_2 二条,次级断裂有 F_3 、 F_4 、 F_5 、 F_6 四条;北西向断裂仅 F_7 一条。 F_1 、 F_2 断裂原为北东向初级构造,在燕山期被北北东向扭性断裂归并,变成了压扭性断裂。当区域应力方向发生转变时派生出一系列张性裂隙,成为良好的储矿空间。

区内岩浆活动强烈,发育一套中酸性的浅成侵入岩,其中以花岗闪长斑岩岩墙规模最大,而且与矿床形成关系密切。

花岗闪长斑岩岩墙($\gamma\sigma\pi$): 侵入于 F_1 与 F_2 断裂

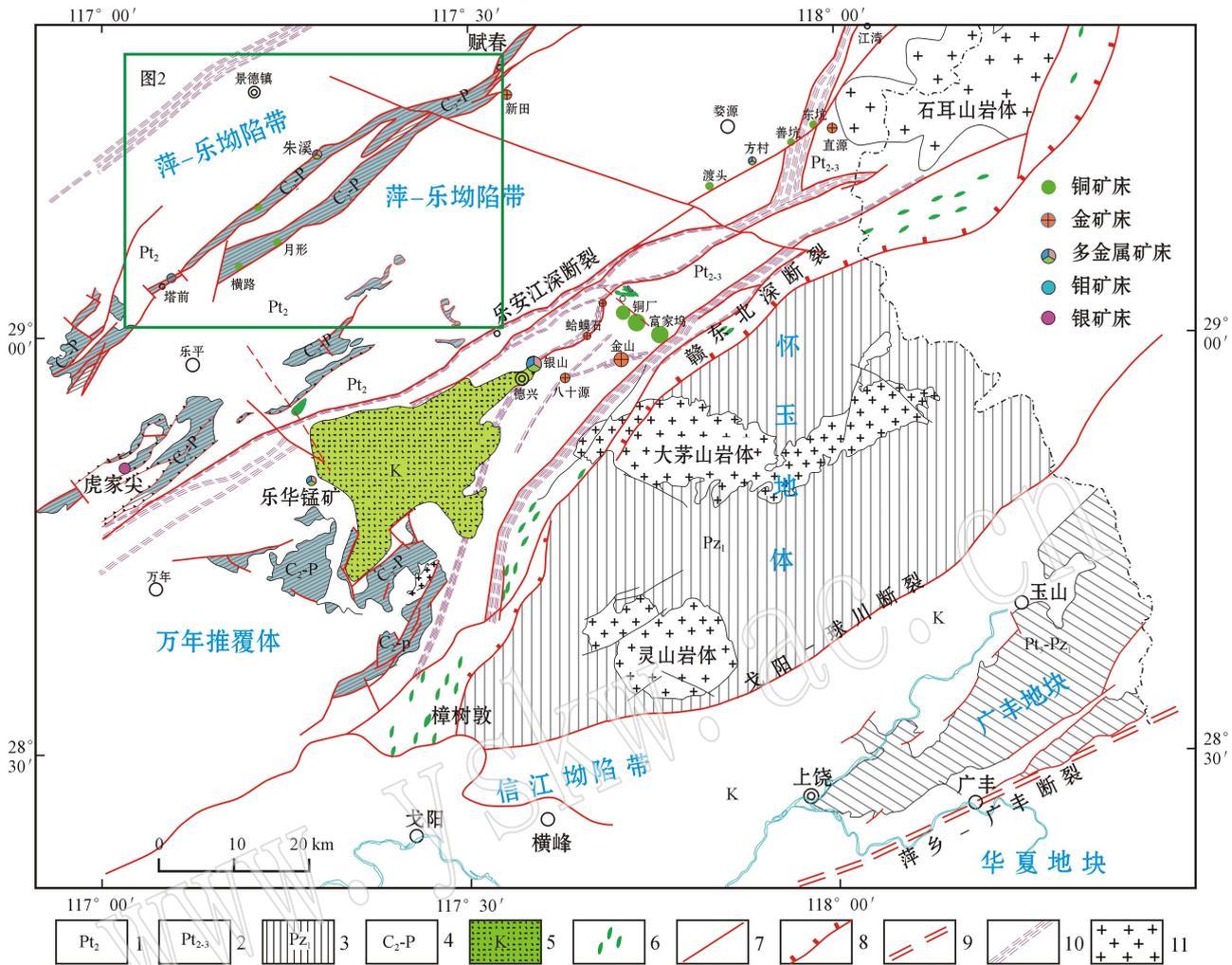


图1 赣东北地区构造矿产分布略图(据江西省地矿局赣东北大队, 2006^①简化)

Fig. 1 Tectonic and mineral distribution sketch map of northeast Jiangxi Province

(after Northeast Jiangxi Geological Party, Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources, 2006^①)

1—中元古代地层; 2—中-晚元古代地层; 3—早古生代地层; 4—石炭-二叠系; 5—白垩系; 6—超基性岩体; 7—区域性断裂;
8—晋宁期俯冲带; 9—加里东期板块缝合带; 10—韧性剪切带; 11—花岗岩体

1—Proterozoic; 2—Middle-Late Proterozoic; 3—Early Paleozoic; 4—Carboniferous-Permian; 5—Cretaceous; 6—ultrabasic rock; 7—regional fracture; 8—Jinning period subduction zone; 9—Caledonian tectonic plate suture zone; 10—ductile shear belt; 11—granite rock mass

之间,控制长度 800 m,宽数米至数十米。岩墙在走向上呈舒缓波状,主体呈北东东展布,南西翘起,以波浪式朝北东倾伏,倾角 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。岩石呈浅灰色,局部略具肉红色。似斑状结构,块状构造。主要矿物成分(体积分数)包括石英(约 15%)、斜长石(约 45%)、钾长石(约 9%)、黑云母(约 13%)、角闪石(约 1%)。在斑晶矿物中,石英多呈他形粒状,有熔融现象;斜长石呈自形至半自形晶,聚片双晶,常见环带构造;钾长石呈他形或不规则板状,有时可见条

纹构造;黑云母呈片状,常蚀变为绿泥石或白云母。基质的矿物成分基本上与斑晶的矿物成分相似。副矿物多数以独立矿物出现在基质中,少量以包体形式赋存于斑晶矿物内,主要有磁铁矿、锆石、磷灰石等。磁铁矿多呈不规则的细粒状;锆石无色透明呈细长的正方柱状及正方双锥体;磷灰石无色透明,六方柱状。此外还有较多的黄铁矿,少量黄铜矿、辉铜矿、白钨矿等。

花岗闪长斑岩体的化学成分(质量分数)特征为:

① 江西省地矿局赣东北大队, 2006. 赣东北地质图.

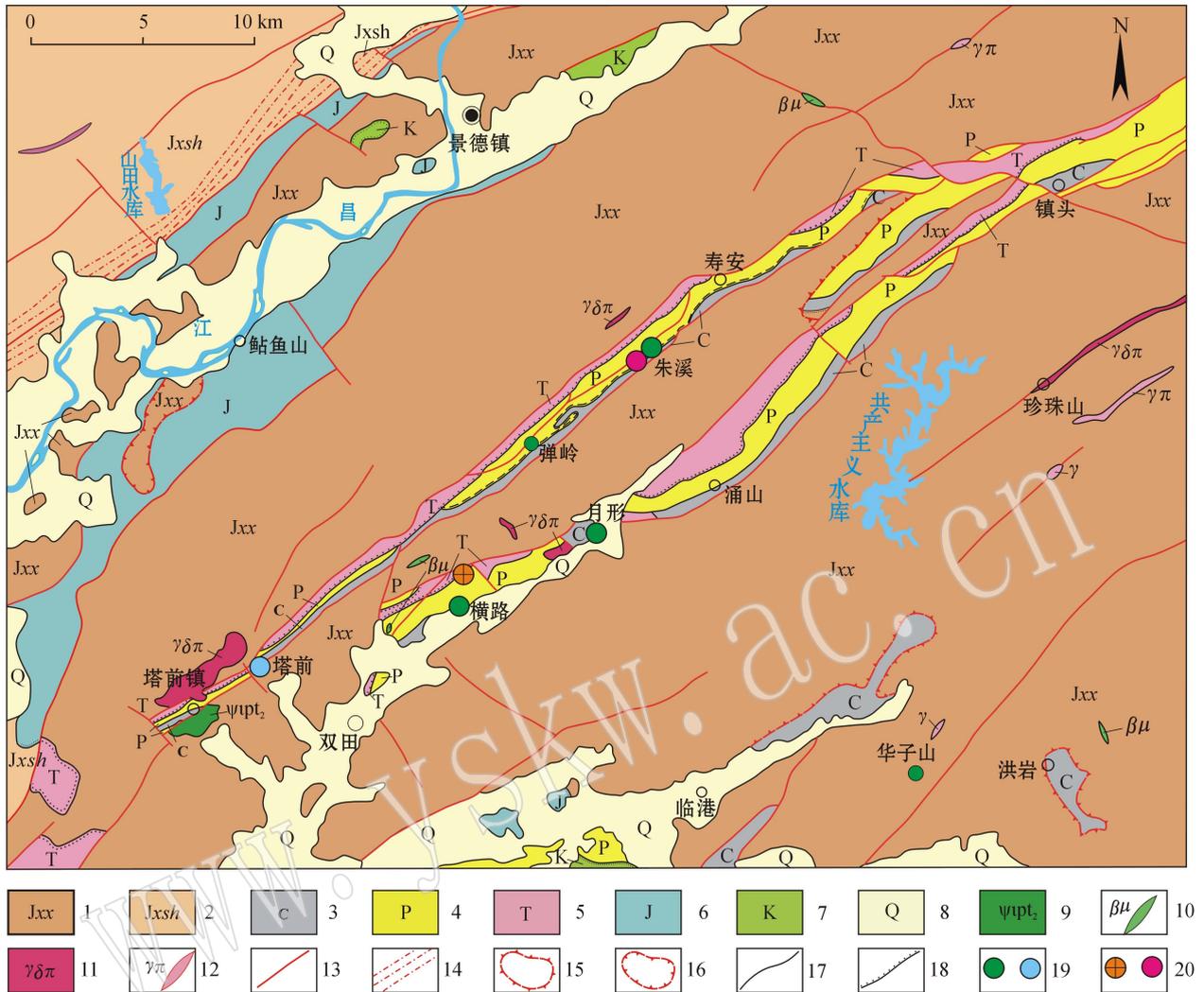


图 2 塔前-朱溪地区地质矿产分布图(据江西省地质调查研究院, 2002^①修改)
 Fig. 2 Regional geological and mineral resources distribution map of Taqian-Zhuxi area
 (after Geological Survey of Jiangxi Province, 2002^①)

- 1—蓟县系溪口岩群; 2—蓟县系双桥山群; 3—石炭系; 4—二叠系; 5—三叠系; 6—侏罗系; 7—白垩系; 8—第四系; 9—蚀变辉石岩;
 10—基性岩脉; 11—花岗闪长斑岩; 12—花岗(斑)岩脉; 13—断层; 14—韧性剪切带; 15—飞来峰; 16—构造窗; 17—地层界线;
 18—地层不整合线; 19—铜矿/钼矿; 20—金矿/钨矿
- 1—Xikou Group of Jixian System; 2—Shuangqiaoshan Group of Jixian System; 3—Carboniferous; 4—Permian; 5—Triassic; 6—Jurassic; 7—Cretaceous; 8—Quaternary; 9—altered pyroxenite; 10—basic dike; 11—granite diorite porphyry; 12—granite (porphyry) dike; 13—fault; 14—ductile shear zone; 15—klippe; 16—tectonic window; 17—stratigraphic boundary; 18—unconformity; 19—copper/molybdenum deposit; 20—gold/tungsten

SiO₂ 含量为 66.04%, Al₂O₃ 为 15.14%, K₂O + Na₂O 为 7.13%, Na₂O/K₂O 为 0.92, 里特曼指数为 2.21, 显示出弱酸、富碱、高铝的钙碱性岩, 全岩平均 Mo 丰度达 10 × 10⁻⁶, 高出一般岩石达数十倍(朱训等, 1983), 是极有利的钼矿成矿岩体。

产出。以呈北东向展布为主, 部分为北北东向, 少数为北西向和北西西向。主要为花岗斑岩和花岗闪长斑岩, 次为石英闪长玢岩和闪长玢岩。

2.2 矿体和矿石

矿体赋存于二叠系下统茅口组下段, 为矽卡岩型钼矿体, 由 5 个单矿体组成, M₁、M₂ 为本区主矿体

① 江西省地质调查研究院. 2002. 江西省 1:250 000 景德镇市幅构造建造图.

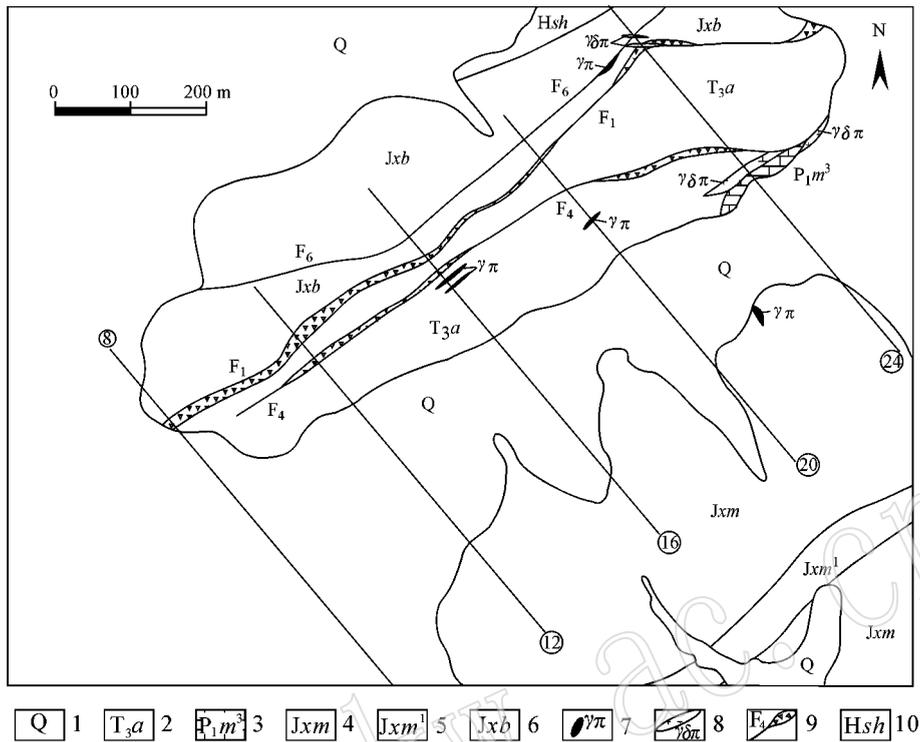


图 3 江西乐平塔前钨钼矿区地质平面图(据江西省地矿局物化探大队, 2010^①)

Fig. 3 Geological sketch map of the Taqian tungsten molybdenum ore district in Pingle County of Jiangxi Province (after Geophysical and Geochemical Exploration Partye, Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources, 2010^①)

1—第四系; 2—三叠系安源组; 3—二叠系茅口组; 4—蓟县系溪口岩群木坑组; 5—木坑组中的紫色千枚岩; 6—蓟县系溪口岩群板桥组; 7—花岗岩斑岩; 8—花岗闪长斑岩; 9—断裂破碎带; 10—角岩化千枚岩

1—Quaternary; 2—Triassic Anyuan Formation; 3—Permian Maokou Formation; 4—Mukeng Formation of Xikou Group in Jixian System; 5—purple phyllite of Mukeng Formation; 6—Banqiao Formation of Xikou Group in Jixian System; 7—granite porphyry; 8—granite diorite porphyry; 9—fractured zone; 10—hornfelsed phyllite

(图 4) M_3 、 M_4 、 M_5 号矿体规模较小。目前, 该矿区已探得资源总量 Mo 4 886.67 t, W_2O_3 2 745.44 t, 为一小型钨钼矿。

M_1 矿体分布于 8~24 线, 呈似层状, 走向长度约 800 m, 控制斜深 377 m, 矿体的形态比较简单, 产状与地层基本一致, 矿体走向北东, 倾向南东, 倾角 $65^\circ \sim 90^\circ$, 局部有反倾现象。沿走向具舒缓波状近类似于“S”型, 沿倾向呈长透镜状, 中部矿体厚度较大。矿体 Mo 品位介于 $0.0839\% \sim 0.8943\%$ 之间, 平均品位为 0.1582% 。

M_2 矿体分布于 18~20 线, 走向长度 100 m, 斜深 132 m。矿体呈透镜状, 产状与地层基本一致, 走向北东, 倾向南东, 倾角 $47^\circ \sim 56^\circ$ 。矿体品位 Mo

$0.0620\% \sim 0.3068\%$, 平均为 0.1944% 。

M_3 、 M_4 、 M_5 矿体仅有单线控制, 矿体呈透镜状, 产状与地层基本一致, 走向北东, 倾向南东, 倾角 $71^\circ \sim 82^\circ$ 。 M_3 、 M_4 、 M_5 矿体平均品位为 $0.0986\% \sim 0.1347\%$ 。

主要矿石矿物有辉钼矿、黄铁矿、黄铜矿、辉铜矿、毒砂、方铅矿、闪锌矿、白钨矿、褐铁矿、磁铁矿等, 脉石矿物有辉石、透辉石、角闪石、透闪石、阳起石、黝帘石、石榴石、石英、绿泥石、云母及方解石等碳酸盐矿物。矿石组合样中 Mo 品位为 0.11% , 伴生有用组分 W_2O_3 含量为 0.059% , 其他元素低于综合评价利用值。

矿石结构: ①粒状结构, 黄铁矿、黄铜矿等金属

① 江西省地矿局物化探大队, 2010. 江西省乐平市塔前钨钼矿区地形地质图.

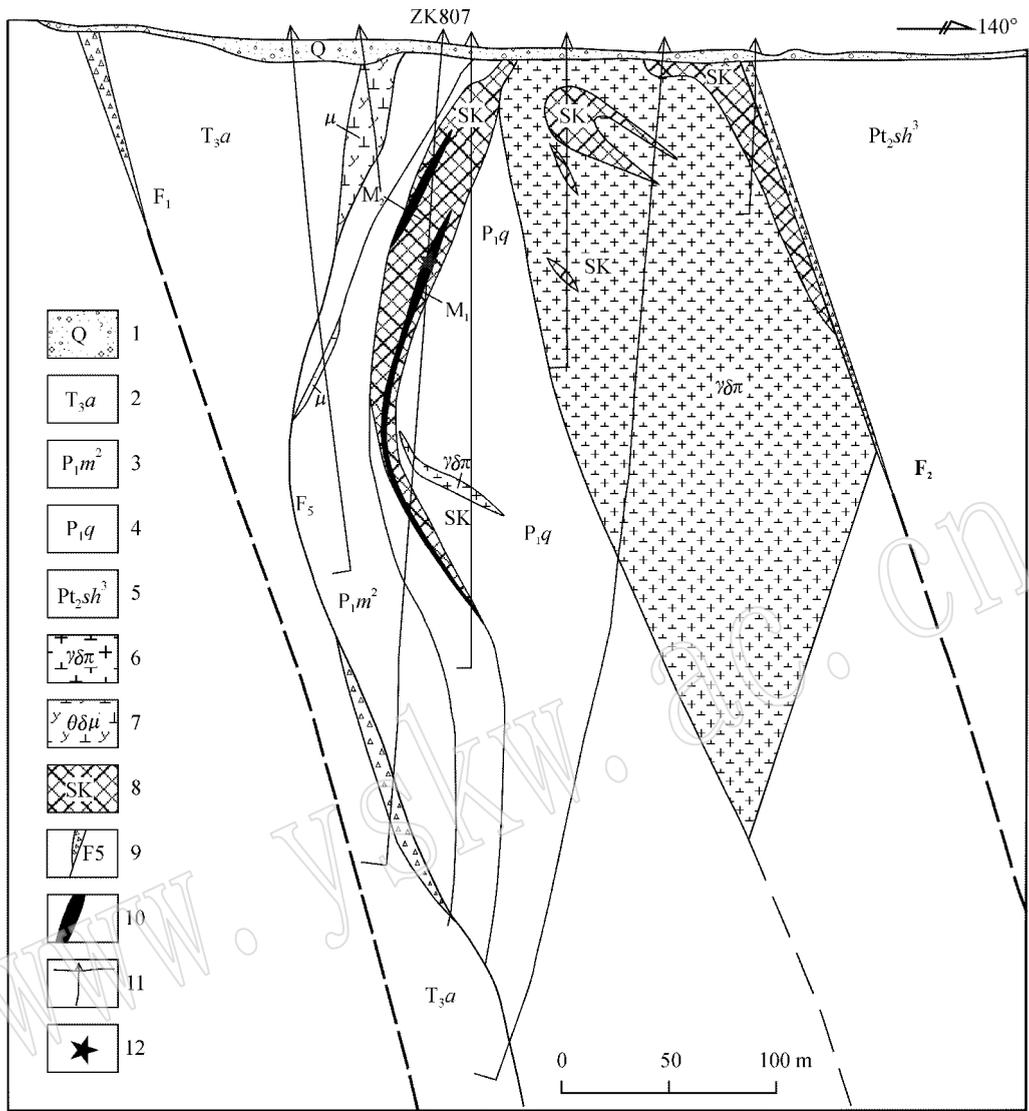


图 4 江西乐平塔前钨钼矿 8 线剖面图(据江西省地矿局物化探大队 2010^①)

Fig. 4 Geological section along No. 8 exploration line of the Taqian tungsten molybdenum deposit in Pingle County of Jiangxi Province(after Geophysical and Geochemical Exploration Party , Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources , 2010^①)

- 1—第四系；2—三叠系安源组；3—二叠系茅口组中段；4—二叠系栖霞组；5—中元古界双桥山群第三段；6—花岗闪长斑岩；7—石英闪长岩；8—砂卡岩；9—断裂破碎带；10—钼矿体；11—钻孔；12—采样位置
- 1—Quaternary；2—Triassic Anyuan Formation；3—middle member of Permian Maokou Formation；4—Permian Qixia Formation；5—3rd member of Mesoproterozoic Shuangqiaoshan Group；6—granite diorite porphyry；7—quartz diorite porphyrite；8—skarn；9—fractured zone；10—molybdenum ore body；11—drill hole；12—sampling location

硫化物主要呈此结构产出；②包含结构，辉钼矿中包裹有颗粒细小的黄铜矿而呈包含结构；③弯曲结构，辉钼矿形成过程中沿脉石矿物粒间或脉石裂隙晶出，形成不同形态的弯曲现象呈弯曲结构。

矿石构造：①稀疏浸染状构造，矿石中辉钼矿、

少量黄铜矿主要呈稀疏浸染状构造产出；②浸染状构造，黄铁矿主要呈此构造分布；③脉状、细脉状构造，偶见黄铁矿与毒砂紧密连晶呈脉状填充于脉石裂隙中，黄铜矿呈细小颗粒集合体沿脉石裂隙呈细脉状分布。

① 江西省地矿局物化探大队，2010。塔前钼矿区 8 号勘探线地质剖面图。

3 辉钼矿 Re-Os 同位素定年

3.1 样品及分析方法

用于 Re-Os 同位素分析的 5 件辉钼矿矿石样品均采自塔前钨钼矿床钻孔 ZK807 的 105.73 ~ 113.44 m 处的 M1 号矿体(采样位置如图 4 所示),矿体呈脉状充填于断裂带中,矿石呈自形-半自形片状结构、粒状结构,浸染状、脉状构造。样品中金属矿物主要为辉钼矿,非金属矿物主要为石榴子石、绿帘石、透辉石、透闪石等。辉钼矿呈铅灰色,片状、鳞片状集合体,呈脉状、团块状分布。首先用小刀将样品中团块状、脉状辉钼矿集合体从矿石中剔出,粉碎至 60~80 目,在双目镜下去除掉杂物,使辉钼矿纯度达 99% 以上,然后用玛瑙钵研磨至 200 目以供 Re-Os 同位素分析使用。

辉钼矿 Re-Os 同位素测试在国家地质实验测试中心完成。化学分离、ICP-MS 测定和数据处理遵照 Re-Os 同位素测试的实验流程与标准执行(杜安道等,1994,2001;Shirey and Walker,1995;屈文俊等,2003;Du *et al.*,2004),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。缓慢加液氮到装有半杯乙醇的保温杯中,调节温度到 $-50 \sim -80^{\circ}\text{C}$ 。把装好样的 Carius 管放置到该保温杯中,通过长细颈漏斗把准确称取的 ^{185}Re 和 ^{190}Os 混合稀释剂加入到 Carius 管底部,再加入 4 mL 10 mol/L 的 HCl、4 mL 16 mol/L 的 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°C ,保温 12 h。在底部冷冻的情况下,打开 Carius 管,并用 40 mL 水将管中溶液转入蒸馏瓶中。蒸馏分离 Os 的过程大体如下,于 $105 \sim 110^{\circ}\text{C}$ 条件下蒸馏 50 min,用 10 mL 水吸收蒸出的 OsO_4 。用 ICP-MS 测定 Os 同位素比值。将蒸馏残液倒入 150 mL 烧杯中待分离 Re。萃取分离 Re 的过程如下,将第一次蒸馏残液置于电热板上,加热近干。加少量水,再加热近干,重复 2 次以降低酸度。加入 10 mL 5 mol/L 的 NaOH 稍微加热,转为碱性介质。转入 50 mL 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,振荡 5 min,萃取 Re,然后弃去水相。加 2 mL 5 mol/L 的 NaOH 溶液到分液漏斗中,振荡 2 min,洗去丙酮相中的杂质,弃去

水相,排丙酮到 150 mL 已加有 2 mL 水的烧杯中。在电热板上 50°C 加热以蒸发丙酮,加热溶液至干,然后加数滴浓硝酸和 30% 过氧化氢,加热蒸干以除去残存的 Os 。用数毫升稀 HNO_3 溶解残渣,稀释到硝酸浓度为 2%,备 ICP-MS 测定 Re 同位素比值。如含 Re 溶液中盐量超过 1 mg/mL,需采用阳离子交换柱除去 Na(屈文俊等,2003)。采用美国 TJA 公司生产的 TJA PQ ExCell ICP MS 测定同位素比值。对于 Re 选择质量数 185、187,用 190 监测 Os ;对于 Os ,选择质量数为 186、187、188、189、190、192,用 185 监测 Re。

3.2 分析结果

Re-Os 同位素分析结果见表 1,5 个样品中普通 Os 含量均很低,表明几乎所有的 ^{187}Os 都来自于 ^{187}Re 的 β 衰变,可以通过辉钼矿中的 ^{187}Re 和 ^{187}Os 的含量计算模式年龄。5 个样品的模式年龄变化在 $160.8 \sim 163.4$ Ma 之间,获得的等时线年龄为 162 ± 2 Ma,MSWD=1.7(图 5),模式年龄加权平均值为 162 ± 2 Ma(图 6),MSWD=0.92。5 件样品的模式年龄分布集中,代表了塔前钨钼矿床的成矿年龄,即中侏罗世晚期。

4 讨论

在赣东北地区,铜矿的主要成矿区带有两处(图 1):一是沿赣东北深断裂与乐安江断裂之间呈北东展布的狭长地带,分布着德兴铜矿田、银山铜-铅-锌-银矿床,以及渡头、善坑等铜矿点;二是“塔前-赋春”铜-钼-钨多金属成矿带,分布着月形、横路、朱溪、塔前等铜、钼矿床,以及弹岭、华子山等矿点。本文测试的结果显示,塔前钨钼矿的成矿年龄为 162 ± 2 Ma,属中侏罗世晚期,即燕山早期。在附近地区,德兴铜矿成矿岩体(花岗闪长斑岩)的锆石 U-Pb 年龄为 $171.2 \sim 172.6$ Ma(水新芳等,2012),辉钼矿的 Re-Os 年龄为 $169.4 \sim 171.1$ Ma(Guo *et al.*,2012);银山铜-铅-锌-银矿床的成矿岩体(英安斑岩)锆石 U-Pb 年龄为 175.8 ± 1.5 Ma(水新芳等,2012)。虽然两条矿带中矿床都形成于侏罗纪,但有一定的时差。总体上,塔前-赋春成矿带中矿床的形成时间,明显晚于德兴地区的银山、铜厂等矿床。

区内两条主要铜多金属成矿带的总体展布方向都为北东向,但德兴铜矿床的主要控岩控矿构造呈北西向,而塔前-赋春成矿带的控岩控矿构造为北东

表 1 乐平塔前钨钼矿中辉钼矿 Re-Os 同位素数据

Table 1 Re-Os isotopic data for molybdenite from the Taqian W-Mo deposit of Leping

样品号	称样量/g	Re $\pm 2\sigma/10^{-6}$	普 Os $\pm 2\sigma/10^{-9}$	$^{187}\text{Re}\pm 2\sigma/10^{-6}$	$^{187}\text{Os}\pm 2\sigma/10^{-9}$	模式年龄 $t\pm 2\sigma/\text{Ma}$
TQ-Mo-1	0.030 05	30.831 \pm 0.263	0.007 3 \pm 0.008 2	19.378 \pm 0.165	51.97 \pm 0.45	160.8 \pm 2.3
TQ-Mo-2	0.010 78	87.682 \pm 0.734	0.019 9 \pm 0.044 7	55.110 \pm 0.461	148.0 \pm 1.20	161.0 \pm 2.3
TQ-Mo-3	0.020 33	46.361 \pm 0.461	0.010 2 \pm 0.057 2	29.139 \pm 0.290	79.22 \pm 0.68	163.0 \pm 2.5
TQ-Mo-4	0.031 75	34.313 \pm 0.342	0.089 5 \pm 0.037 7	21.566 \pm 0.215	58.79 \pm 0.50	163.4 \pm 2.5
TQ-Mo-5	0.050 15	19.174 \pm 0.140	0.009 0 \pm 0.004 8	12.051 \pm 0.880	32.54 \pm 0.27	161.9 \pm 2.2

注：由国家地质实验测试中心屈文俊、杜安道测试。

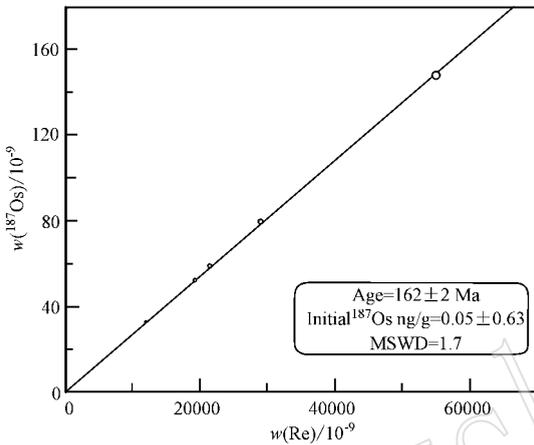
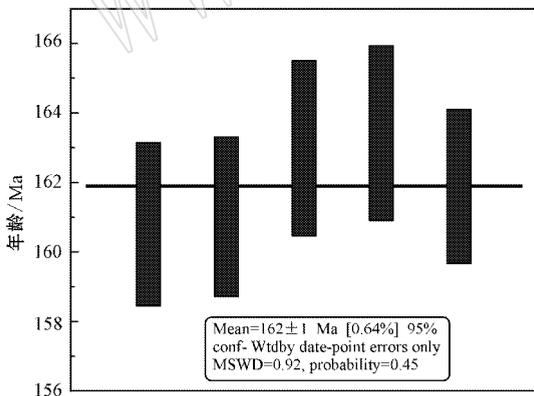


图 5 塔前钨钼矿中辉钼矿 Re-Os 等时线年龄

Fig. 5 Re-Os isochron age of molybdenites from the Taqian molybdenum deposit

图 6 塔前钨钼矿床辉钼矿 ^{187}Re - ^{187}Os 模式年龄加权平均图Fig. 6 Weighted average of ^{187}Re - ^{187}Os model age of molybdenites from the Taqian molybdenum deposit

太平洋板块的挤压俯冲作用影响巨大。当古太平洋板块的漂移方向为北西向时,华南地区遭受来自南东方向的强烈挤压,在此应力背景下形成北西走向的张性断裂,为深部岩浆上侵提供通道和赋存空间,这一时期形成的矿床受北西向构造控制是合理的。而此时的北东向断裂处于挤压闭合状态,难有岩浆侵入。只有在挤压应力消减或张性状态下,北东向断裂带(如塔前-赋春断裂)中可能有大量的岩脉形成。近年来的研究成果认为:中生代古太平洋板块的漂移方向曾经发生过多次转折(孙卫东等,2008),每次发生转折,华南地区的构造应力方向也随之改变。因此,可以根据不同方向的构造带中岩体形成时间来大致推断区域构造应力的改变情况。由此可以认为在 170~162 Ma 时,本地区的构造应力曾经发生过重大转变。

5 结论

(1) 运用 Re-Os 同位素体系测定矿石矿物辉钼矿形成年龄,获得 Re-Os 等时线年龄为 $162\pm 2\text{ Ma}$,表明塔前钨钼矿床形成于中侏罗世晚期,稍早于德兴成矿带中矿床的形成。

(2) 塔前-赋春成矿带中的主要控矿构造皆为北东走向,与德兴成矿带中矿床的主要控矿构造截然不同,可能预示着两个成矿阶段区域构造应力方向发生了重大转变。

致谢 本文野外样品采集过程中得到了江西省地矿局物化探大队赖志坚总工程师、刘献满副总工程师等的大力支持,在此对他们的帮助表示感谢。

References

Du Andao, He Hongliao, Yin Ningwan, et al. 1994. A study on the

向,两者之间的差异明显。究其原因,应该是两者之间的成矿构造背景不同,即燕山早期本地区的构造-岩浆演化差异造成的。根据杨明桂等(2004)关于赣北地区金属成矿规律,认为本地区的成矿作用受古

- Rhenium-Osmium geochronometry of molybdenites [J]. *Acta Geologica Sinica* , 68(4): 339 ~ 347(in Chinese with English abstract).
- Du A D , Wu S Q , Sun D Z , *et al.* 2004. Preparation and certification of Re-Os dating reference materials : Molybdenite HLP and JDC [J]. *Geostandard and Geoanalytical Research* , 28(1): 41 ~ 52.
- Du Andao , Zhao Dunmin and Wang Shuxian. 2001. Precise Re-Os dating for molybdenite by ID-NTIMS with Carius tube sample preparation [J]. *Rock and Mineral Analysis* , 20(4): 247 ~ 252(in Chinese with English abstract).
- Guo Shuo , Zhao Yuanyi , Qu Huanchun , *et al.* 2012. Geological characteristics and ore-forming time of the Dexing porphyry copper Ore Mine in Jiangxi province [J]. *Acta Geologica Sinica* , 86(3): 691 ~ 699.
- Li Yan , Zhao Miao , Pan Xiaofei , *et al.* 2012. The studies on the geological characteristics and fluid inclusion of Zhuxi copper tungsten polymetallic ore deposit in Fuliang county of Jiangxi province [J]. *Mineral Deposits* , 31(suppl): 671 ~ 672(in Chinese with English abstract).
- Qu Wenjun and Du Andao. 2003. Highly Precise Re-Os Dating of Molybdenite by ICP-MS with Carius Tube Sample Digestion [J]. *Rock and Mineral Analysis* , 22(4): 254 ~ 257(in Chinese with English abstract).
- Shirey S B and Walker R J. 1995. Carius tube digestion for low blank rhenium- osmium analysis [J]. *Anal. Chem.* , 67 : 2 136 ~ 2 141.
- Shui Xinfang , Zhao Yuanyi , Gu Shou , *et al.* 2012. U-Pb dating and Hf isotopic characteristics of zircons from granodiorite in the Dexing ore concentration area [J]. *Geology in China* , 39(6): 588 ~ 597(in Chinese with English abstract).
- Sun Weidong , Ling Mingxing , Wang Fangyue , *et al.* 2008. Pacific Plate subduction and Mesozoic geological event in Eastern China [J]. *Bulletin of Mineralogy , Petrology and Geochemistry* , 27(3): 218 ~ 225(in Chinese with English abstract).
- Yang Minggui , Wang Faning , Zeng Yong , *et al.* 2004. Northern Jiangxi Metal Metallogenic Geology [M]. Beijing : China Land Press , 7 : 1 ~ 186(in Chinese with English abstract).
- Zhu Xun , Huang Chongke , Rui Zongyao , *et al.* 1983. Dexing Porphyry Copper Deposits [M]. Geological Publishing House , 33 ~ 72 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 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 [J]. *地质学报* , 68(4): 339 ~ 347.
- 杜安道,赵敦敏,王淑贤. 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 [J]. *岩矿测试* , 20(4): 247 ~ 252.
- 李岩,赵苗,潘小菲,等. 2012. 江西省浮梁县朱溪铜钨多金属矿床地质特征及流体包裹体研究 [J]. *矿床地质* , 31(增刊): 671 ~ 672.
- 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 [J]. *岩矿测试* , 22(4): 254 ~ 257.
- 水新芳,赵元艺,郭硕,等. 2012. 德兴矿集区花岗闪长斑岩锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素特征及其意义 [J]. *中国地质* , 39(6).
- 孙卫东,凌明星,汪方跃,等. 2008. 太平洋板块俯冲与中国东部中生代地质事件 [J]. *矿物岩石地球化学通报* , 27(3): 218 ~ 08.
- 杨明桂,王发宁,曾勇,等. 2004. 江西北部金属成矿地质 [M]. 北京 : 中国大地出版社 , 7 : 1 ~ 186.
- 朱训,黄崇轲,芮宗瑶,等. 1983. 德兴斑岩铜矿 [M]. 北京 : 地质出版社 , 33 ~ 72.