

文章编号 : 0254 - 5357(2009) 03 - 0201 - 08

湖南瑶岗仙钨矿成岩成矿作用年代学研究

王登红¹, 李华芹², 秦 燕³, 梅玉萍², 陈郑辉¹, 屈文俊⁴, 王彦斌⁵, 蔡 红², 龚述清⁶, 何晓平⁷

(1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037 ;

2. 宜昌地质矿产研究所, 湖北 宜昌 443005 ; 3. 中国地质科学院研究生部, 北京 100037 ;

4. 国家地质实验测试中心, 北京 100037 ; 5. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037 ;

6. 湖南省地质矿产勘查开发局湘南地质调查大队, 湖南 郴州 411000 ;

7. 瑶岗仙钨矿, 湖南 宜章 411000)

摘要 : 湖南瑶岗仙钨矿床位于南岭东西构造带中部, 加里东隆起带与印支 - 燕山凹陷带的交汇部位。区内出露地层有寒武系、泥盆系、石炭系和侏罗系, 其中寒武系和泥盆系为含矿的主要层位。矿体赋存于燕山早期花岗岩体内外接触带。笔者在前人对矿床的地质构造、岩石地球化学以及同位素年代学等方面研究的基础上, 采用 SHRIMP 铀 - 铅、铷 - 锶等时线和铪 - 钨等时线定年方法, 对瑶岗仙花岗岩体及赋存于岩体内外接触带的黑钨矿 - 石英脉进行精确定年, 获得岩体锆石 SHRIMP 铀 - 铅年龄为 (170.7 ± 2.2) Ma (置信度 95% , $n = 12$, $MSWD = 1.7$) , 产于岩体外接触带寒武系地层中的黑钨矿 - 石英脉年龄为 (175.8 ± 4.1) Ma (置信度 95% , $MSWD = 0.88$) , 产于岩体内接触带的黑钨矿 - 石英脉年龄为 (156 ± 3) Ma (置信度 95% , $MSWD = 0.20$) , 产于外接触带石英脉中的辉钼矿年龄为 (170 ± 5) Ma。测定结果表明, 瑶岗仙钨矿床的形成至少经历了两个成矿期, 分别对应于 J_1/J_2 过渡期与 J_2/J_3 过渡期。今后的深部找矿工作尤其是杨梅岭矿段深部应该注意寻找两个时期分别形成的石英脉型和矽卡岩型矿体。

关键词 : 瑶岗仙钨矿 ; 成岩成矿作用 ; 年代学

中图分类号 : P597.3 文献标识码 : A

Rock-forming and Ore-forming Ages of the Yaogangxian Tungsten Deposit of Hunan Province

WANG Deng-hong¹, LI Hua-qin², QIN Yan³, MEI Yu-ping², CHEN Zheng-hui¹,
QU Wen-jun⁴, WANG Yan-bin⁵, CAI Hong², GONG Shu-qing⁶, HE Xiao-ping⁷

(1. Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Resource Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China ;

2. Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443005, China ;

3. Graduate Department, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China ;

4. National Research Center for Geoanalysis, Beijing 100037, China ;

5. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China ;

6. Xiangnan Geological Team, Hunan Geology and Mineral Resources Exploration and Development Bureau, Chenzhou 411000, China ;

7. Yaogangxian Tungsten Mine, Yizhang 411000, China)

收稿日期 : 2009-02-10 ; 修订日期 : 2009-03-16

基金项目 : 国家科技支撑计划课题项目资助(2006BAB01B03) ; 国土资源地质大调查项目资助(1212010633903) ; 中国成矿体系综合研究项目资助(1212010634002) ; 我国西部重要成矿区带矿产资源潜力评估项目资助(200420190004)

作者简介 : 王登红 (1967 -) 男, 浙江嘉兴人, 研究员, 主要从事矿产资源研究工作。E-mail : wangdenghong@ sina. com。

Abstract: The Yaogangxian tungsten deposit of Hunan province is located in the central part of the Nanling EW-direction tectonic belt, interjunction of Caledonian uplift zone and Indosinian-Yanshanian hollow zone. The strata of Cambrian, Devonian, Carboniferous and Jurassic widely spread in the area with Cambrian and Devonian as the dominant ore-bearing strata. The ore body hosted in the inside and outside contact zone of the early Yanshanian granite. On the basis of geological structure, rock geochemistry, isotope chronology and other research of the deposit, the authors used SHRIMP U-Pb, Rb-Sr and Re-Os isochrone techniques to determine the ages of rock-forming and ore-forming in the Yaogangxian mine. The Yaogangxian granite mass and wolframite-quartz vein which hosted in inside and outside of mass contact zone was tested and the SHRIMP U-Pb age, of (170.7 ± 2.2) Ma (95% confidence, $n=12$, MSWD=1.7) was obtained and the age of (175.8 ± 4.1) Ma (95% confidence, MSWD=0.88) for the wolframite-quartz vein which located in outside of mass contact zone and the age of (156 ± 3) Ma (95% confidence, MSWD=0.20) for the wolframite-quartz vein which located in inside of mass contact zone were also obtained. While the Re-Os isochron age for molybdenite was (170 ± 5) Ma (MSWD=0.34). The results indicate the formation of the Yaogangxian tungsten deposit undergoing at least two mineralization periods, corresponding to J_1/J_2 and J_2/J_3 transition periods respectively. Furthermore, the rock-forming and ore-forming process of the deposit is featured by multi-stage and multi-phase superimposing, and the process of ore-forming is coupling with the process of rock-forming.

Key words: the Yaogangxian tungsten deposit; rock-forming age and ore-forming age; chronology

瑶岗仙钨矿位于湖南省宜章县城东北瑶岗仙镇,南西至京广铁路白石渡站 51 km, 1948 年由徐克勤等人提交调查报告,被认为是我国勘查的第一个大型规模的钨矿^[1]。近年来,瑶岗仙被列入首批启动的危机矿山资源接替项目之一,取得了地质找矿新进展。由于瑶岗仙钨矿是南岭地区代表性钨矿之一,其成矿作用既不同于赣南的石英脉型黑钨矿,也不同于湘南的砂卡岩型白钨矿,但既有赣南特色又有湘南特色,在空间上也正好位于赣南“五层楼”式石英脉型黑钨矿集区与湘南以柿竹园为代表的砂卡岩型钨多金属矿床的过渡部位。因此,瑶岗仙钨矿成矿规律的研究,对于揭示南岭钨矿的区域成矿规律具有重要意义。

瑶岗仙钨矿区地处南岭东西构造带北端,加里东隆起带与印支-燕山凹陷带的交汇地带^[2]。由于矿床规模巨大,以其独特的“五层楼”成矿地质特征著称,引起国内外矿床和地质工作者的关注。前人已对矿床的地质构造、岩石地球化学特征、花岗岩与成岩成矿作用的关系、矿床流体包裹体、化探异常和找矿前景评价等方面作了不同程度的研究^[2-12]。

关于瑶岗仙钨矿床的成岩成矿作用年代学研究相对较薄弱。近期 Peng 等^[13]报道了杨梅岭矿段的定年结果,但是由于瑶岗仙矿区成矿作用复杂,数百条矿脉不见得同时形成,而 Peng 等^[13]并没有提供具体采样的位置。本文在前人研究工作的基础上,对瑶岗仙花岗岩体锆石和产于岩体内外接触带的矿体用 SHRIMP U-Pb、Rb-Sr 和 Re-Os 等时线法进行同位素年代学的研究,其成果为进一步精确厘定瑶岗仙脉钨矿床成岩与成矿作用时间以及成矿期次

和阶段的划分提供了依据,对深入研究成矿机制、建立成矿模式和找矿模型具有重要意义。

1 成矿地质背景

瑶岗仙矿区地处南岭东西向构造带中部,是湖南千里山-骑田岭矿集区内的主要大型钨矿田之一。矿区内出露的地层有寒武系浅变质砂岩、板岩、中泥盆统砂岩、砂砾岩、页岩,中、上泥盆统灰岩、页岩,下、中石炭统灰岩、砂岩、页岩,下侏罗统石英砂岩、长石砂岩、砂砾岩、页岩,其中寒武系和泥盆系底层为含矿的主要层位(见图 1),瑶岗仙燕山早期复式花岗岩体侵入其中,构成含矿围岩之一。

瑶岗仙钨矿赋存在燕山早期花岗岩体内外接触带,以外带为主,尤以岩体隆起部位的中心地带最发育。矿内的北北西、北西、北西西及近东南向 4 组脉带是矿区发现的规模最大、下延最深、品位较富的隐伏半隐伏状矿体。矿带分布具有“五层楼”式特征,即从花岗质岩体顶部到浅变质围岩,依次出现了 5 个矿化层次:尖灭带—大脉带—薄脉带—细脉带—线脉带^[2,4]。据研究^[5,14],瑶岗仙多阶段复式岩体的侵位伴随相应的成矿作用发生,并将成岩成矿作用划分为 4 个期次和 6 个矿化阶段,即第一期中粗粒斑状黑云母花岗岩的侵位,形成细脉浸染型白钨矿床赋存于寒武系中统石英砂岩中及赋存于中泥盆统碳酸盐中的砂卡岩型白钨矿体,第二期中粗粒白云母花岗岩的侵位,伴随含辉钼矿、绿柱石的黑钨矿石英脉矿体的形成,第三期中细粒黑云母花岗岩侵位,伴随形成黑钨矿石英脉,第四期中细粒白云母花岗岩浆活动伴随的成矿作用形成含锡石-硫化物黑钨矿石英脉。

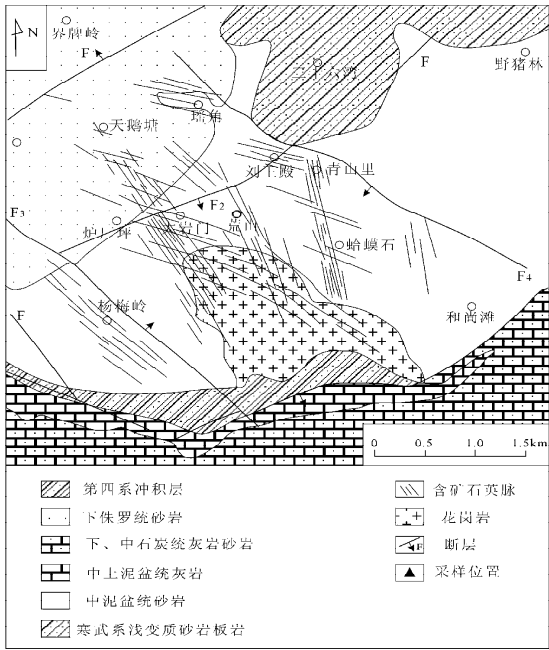


图1 瑶岗仙钨矿床地质简图^[49]
Fig.1 Simple geological map of the Yaogangxian tungsten deposit

瑶岗仙钨矿属于产于燕山期花岗岩体内外的高中温热液矿床,实际上由一系列矿脉组成。这些矿脉根据构造、围岩条件的不同,也经常被当成不同类型的矿床,即主要有产于寒武系、泥盆系、侏罗系砂岩(如501[#]矿脉,见图2)和花岗岩中受断裂控制的黑钨石英脉型矿脉(如1[#]矿脉,见图3和图4),产于泥盆系砂岩与灰岩接触面的矽卡岩型白钨矿体以及产于中下泥盆统的含钙质砂岩中顺层分布的石英细脉浸染型白钨矿体等。本次野外调查了主岩体、21中段(地表GPS定位海拔634 m)1[#]矿脉和501[#]矿脉等“王牌”矿脉的地质特征,采集了岩体锆石、岩体内外接触带不同矿脉中石英及杨梅岭矿段辉钼矿等样品(见图5)。未采集到白钨矿矿体的样品,留待今后补充。



图2 瑶岗仙钨矿21中段501[#]矿脉
Fig.2 The No.501 vein in Level 21, the Yaogangxian tungsten deposit
顶视,围岩为寒武系浅变质碎屑岩。



图3 瑶岗仙钨矿21中段1[#]矿脉
Fig.3 The No.1 vein in Level 21, the Yaogangxian tungsten deposit
顶视,脉宽约30 cm。围岩为云英岩化花岗岩,锆石样品采自其旁侧花岗岩中。

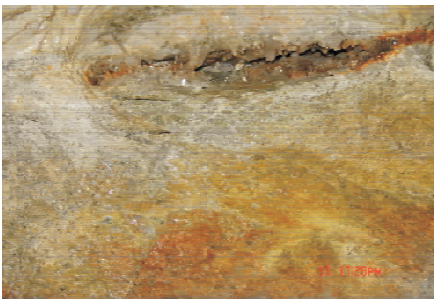


图4 瑶岗仙钨矿21中段1[#]矿脉中的水晶晶洞
Fig.4 Crystal geode in the No.1 vein in Level 21, the Yaogangxian tungsten deposit
顶视,晶洞宽度约4 cm。



图5 瑶岗仙钨矿杨梅岭矿段602[#]脉中的辉钼矿
Fig.5 Molybdenite in the No.602 vein in Yangmeiling ore block, the Yaogangxian tungsten deposit

2 实验部分

2.1 样品采集

花岗岩锆石 SHRIMP U - Pb 定年样品(YGX 634 - 1)采自 21 中段主采矿坑道 1[#]矿脉旁侧(岩体作为黑钨矿石英脉的围岩,见图3),主要造岩矿物为钾长石、斜长石、石英,次矿物为黑云母,副矿

物有石榴子石和锆石等,镜下观察已发生云英岩化,但这不影响锆石的挑选,而且表明至少在成岩后遭受了流体的蚀变作用。

两组用于 Rb-Sr 等时线法年龄测定的样品均采自 21 中段主采矿坑道平硐,但分别属于两条独立的矿脉(均属于黑钨矿石英脉)。其中一组采自岩体外接触带的 501[#] 矿脉(见图 2,野外编号为 YGX 634-501-1~YGX 634-501-9,室内挑选的石英单矿物编号为 YGX-501-1~YGX-501-9);另一组采自花岗岩体中的 1[#] 矿脉(见图 3,野外编号为 YGX 634①1~YGX 634①6,室内挑选的石英单矿物编号为 YGX 634-1-1~YGX 634-1-6)。

用于 Re-Os 等时线年龄测定的样品采自矿区西部杨梅岭矿段西部拓展工程 754 m 中段的 602[#] 脉。据介绍,602[#] 脉是近年来危机矿山项目执行过程中新发现的,本次从该矿脉的同一块大标本上分选了辉钼矿单矿物样品用于 Re-Os 等时线定年(见图 5)。

2.2 定年方法

2.2.1 锆石 SHRIMP 铀-铅法定年

锆石 SHRIMP U-Pb 年龄分析方法采用文献[15]报道的实验流程。按常规方法分选出晶形完好、无裂纹和包体少的锆石颗粒与标准锆石样品(91500),一起粘接在环氧树脂靶上。在年龄分析之前,对样品靶上的待测锆石进行透射光、反射光和阴极发光图像分析,据此选定被测锆石微区分析的靶位。锆石微区原位 U-Pb 同位素定年在北京市离子探针中心的 SHRIMP II 仪器上完成,其测定结果用 SHRIMP 定年标准物质对 U-Th 和 Pb 含量及年龄作了校正。

2.2.2 石英 Rb-Str 等时线法定年

石英 Rb-Sr 等时线年龄测定方法采用文献[16]报道的流程。Rb-Sr 含量及同位素比值采用同位素稀释法和质谱直接测定。同位素分析在宜昌地质矿产研究所同位素实验室的 MAT-261 可调多接收固体质谱计上完成。用国际标准物质 NBS 987 监控仪器工作状态,用 NBS 607 和 Rb-Sr 年龄国家一级标准物质(GBW 04411)监控分析流程,全部化学操作均在净化实验室内进行,与样品同时测定的 Rb-Sr 全流程空白为 0.3 g 和 0.5 g。上述标准物质多次测定的平均值分别为:NBS 987 的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值为 0.71025 ± 0.0006 (2σ);NBS 607 的 Rb 为 $523.22 \mu\text{g/g}$, Sr 为 $65.56 \mu\text{g/g}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 1.20035 ± 0.0010 (2σ);GBW 04411 的 Rb 为

$249.08 \mu\text{g/g}$, Sr 为 $158.39 \mu\text{g/g}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.76006 ± 0.0015 (2σ),等时线年龄计算的设定不确定度: $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ 为 3%, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.01%。

2.2.3 铼-钼等时线法定年

辉钼矿 Re-Os 同位素组成的测定及等时线年龄的计算方法参见文献[17-18]。年龄数据由国家地质实验测试中心 Re-Os 同位素实验室采用 TJA X-Series 电感耦合等离子体质谱仪(美国 Thermo 公司)获得。普 Os 是根据原子量表和同位素丰度表,通过 $^{192}\text{Os}/^{190}\text{Os}$ 测量比值计算得出的。Re、Os 含量的不确定度包括样品和稀释剂的称量误差、稀释剂的标定误差、质谱测量的分馏校正误差、待分析样品同位素比值测量误差。置信度 95%。模式年龄的不确定度还包括衰变常数的不确定度(1.02%),置信度 95%。

3 年龄测定结果

3.1 锆石 SHRIMP 铀-铅年龄

表 1 列出了瑶岗仙花岗岩体的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测定数据,图 6 为被测锆石的阴极发光(CL)图像及测定点位和相应的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 视年龄。由表 1 数据可以看出,所有测定点的 Th/U 比值在 0.41~0.81,在阴极发光图像中,被测锆石内部均显示较清晰的韵律环带结构(见图 6),表明为典型的岩浆结晶锆石。



图 6 瑶岗仙花岗岩体的被测锆石阴极发光图像及 SHRIMP 分析点位和 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 视年龄

Fig. 6 Zircon CL images, SHRIMP analytical spots and $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ apparent age of the Yaogangxian granite mine

除 YGX 634-1-7.1、YGX 634-1-9.1、YGX 634-1-10.1、YGX 634-1-11.1 和 YGX 634-1-12.1 等 5 个测点,由于普通铅(见表 1)含量较高而偏离谐和曲线外,其余的 9 个测点在

$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ – $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 谐和图上,均投影在谐和线上或谐和线附近(见图 7A)这一特征也指示被测锆石未遭受明显的后期热事件的影响。9 个点计算的谐和年龄为 (170.3 ± 2.6) Ma(置信度 95%),加权平均方差(MSWD)为 1.15 除了 YGX 634–1–12.1 测点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 比值年龄(201)明显较其他 13 个测

点年龄偏高,在计算加权平均年龄时被删除外,其余的 13 个测点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 比值年龄的加权平均值为 (169.5 ± 2.5) Ma(置信度 95%),MSWD = 1.3(见图 7B)。其加权平均年龄与谐和年龄几乎完全一致,这更进一步说明本次用 SHRIMP 定年技术测定的瑶岗仙花岗岩体的年龄是可靠的。

表 1 瑶岗仙花岗岩体锆石 SHRIMP U–Pb 年龄测定^①

Table 1 Dating results of SHRIMP U-Pb age of the zircon from the Yaogangxian granite mine

样品编号	$u(^{206}\text{Pb}_e)/\%$	$w_B/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$		$\frac{^{232}\text{Th}}{^{238}\text{U}}$	$u(^{206}\text{Pb})/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	
		U	Th				测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度
YGX 634–1–1.1	2.76	510	283	0.57	12.7	179 ± 4	0.0522	14%	0.2030	15%	0.0282	2.2%
YGX 634–1–2.1	5.30	674	308	0.47	16.2	173 ± 4	0.0719	5.8%	0.2700	6.1%	0.0272	2.1%
YGX 634–1–3.1	0.04	1975	833	0.44	46.1	173 ± 3	0.0500	1.5%	0.1871	2.4%	0.0271	1.9%
YGX 634–1–4.1	3.77	1325	706	0.55	31.2	168 ± 4	0.0493	7.3%	0.1790	7.6%	0.0264	2.1%
YGX 634–1–5.1	3.19	123	96	0.81	2.83	167 ± 4	0.0538	13%	0.1940	14%	0.0262	2.4%
YGX 634–1–6.1	3.14	375	245	0.67	8.80	171 ± 4	0.0663	6.8%	0.2450	7.1%	0.0268	2.1%
YGX 634–1–7.1	23.19	370	203	0.57	10.7	181 ± 6	0.1240	16%	0.4860	16%	0.0285	3.6%
YGX 634–1–8.1	0.25	1655	759	0.47	38.7	173 ± 3	0.0486	2.4%	0.1820	3.1%	0.0272	1.9%
YGX 634–1–9.1	59.04	277	197	0.73	13.0	162 ± 11	0.1310	39%	0.4600	39%	0.0255	7.1%
YGX 634–1–10.1	0.96	598	291	0.50	13.5	165 ± 3	0.0473	5.4%	0.1689	5.7%	0.0259	2.0%
YGX 634–1–11.1	16.12	634	376	0.61	15.8	161 ± 4	0.0740	15%	0.2570	15%	0.0252	2.7%
YGX 634–1–12.1	29.28	694	317	0.47	22.1	201 ± 5	0.1890	7.0	0.8240	7.4%	0.0317	2.4%
YGX 634–1–13.1	9.53	923	363	0.41	23.6	172 ± 4	0.0561	11%	0.2090	12%	0.0270	2.2%
YGX 634–1–14.1	18.98	630	418	0.68	18.1	184 ± 4	0.1060	9.6%	0.4210	9.9%	0.0289	2.4%

① 误差为 1σ; Pb_e 和 Pb 分别代表普通铅和放射成因铅,应用实测的 ^{204}Pb 数据对普通铅进行了校正。

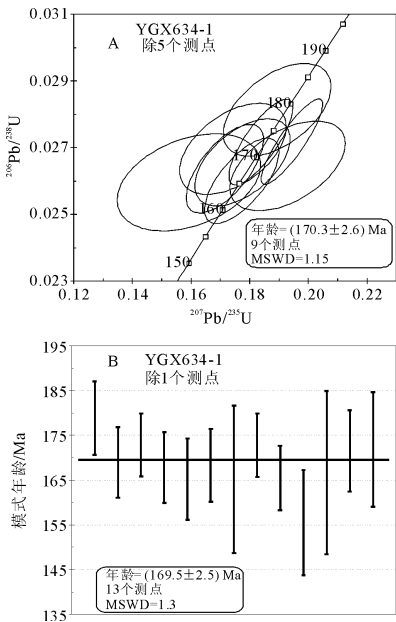


图 7 瑶岗仙花岗岩体锆石 SHRIMP U–Pb 年龄谐和图(A)和 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄(B)

Fig. 7 Zircon U-Pb concordia diagram (A) and $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age weighted average plots (B) of the zircon from the Yaogangxian granite mine

3.2 含石英脉铷–锶年龄

表 2 和图 8A 列出采自瑶岗仙矿区 21 中段平硐内、赋存于寒武系砂岩地层中黑钨矿石英脉中石英矿物(YGX 501)的 Rb–Sr 年龄测定结果。8 个样品在等时线上相关性良好,按 ISOPLOT 程序计算的等时线年龄为 (175.8 ± 4.1) Ma(置信度 95%),MSWD = 0.88。表 3 列出了采自岩体内接触带黑钨矿–石英脉样品(YGX 634)中石英矿物的 Rb–Sr 同位素年龄测定结果。从图 8B 中可以看出,由所测的 8 个石英矿物拟合的直线具有良好的线性关系,用 ISOPLOT 程序计算的等时线年龄为 (156 ± 3) Ma(置信度 95%),MSWD = 0.20。测定结果表明,产于外接触带寒武系地层中黑钨矿石英细脉的矿化年龄要比产于岩体内接触带黑钨矿石英脉形成年龄要早 20 Ma。根据本次和结合前人^[13]对瑶岗仙钨矿床的年代学研究,可以断定该矿床的成矿作用至少有两期,即第一期成矿作用发生的时间于 170~178 Ma,第二期成矿作用发生在 150~160 Ma,第一期成矿作用可能与瑶岗仙复式岩体的中粗粒斑状黑云母花岗岩浆侵位活动有关,第二期成矿作用所对应的岩浆作用事件的年龄还有待进一步研究。

表 2 瑶岗仙钨矿床 501[#]矿脉中石英单矿物 Rb – Sr 同位素年龄测定

Table 2 Rb-Sr isotopic data for quartz samples from the No. 501 vein , the Yaogangxian tungsten deposit

样品编号	样品名称	$w_B/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$		同位素比值		不确定度 ($\pm 2\sigma$)
		Rb	Sr	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	
YGX-501-2	石英	0.8860	0.02652	98.78	0.96936	0.00013
YGX-501-3	石英	1.1800	0.02987	117.3	1.01109	0.00006
YGX-501-4	石英	1.7300	0.02052	258.7	1.36457	0.00002
YGX-501-5	石英	0.6018	0.01435	124.6	1.02579	0.00005
YGX-501-6	石英	1.7340	0.02932	178.2	1.17234	0.00042
YGX-501-7	石英	0.7998	0.02984	78.91	0.92164	0.00021
YGX-501-8	石英	3.9690	0.03486	357.6	1.62451	0.00012
YGX-501-9	石英	2.3080	0.02091	345.7	1.58571	0.00040

表 3 瑶岗仙钨矿床 1[#]矿脉中石英单矿物的 Rb – Sr 同位素年龄测定^①

Table 3 Rb-Sr isotopic data for quartz samples from the No. 1 vein , the Yaogangxian tungsten deposit

样品编号	样品名称	$w_B/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$		同位素比值		不确定度 ($\pm 2\sigma$)
		Rb	Sr	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	
YGX 634-1-1	石英	2.503	0.02612	295.8	1.42939	0.00017
YGX 634-1-2	石英	2.426	0.03209	230.2	1.28239	0.00008
YGX 634-1-4	石英	5.379	0.23430	67.6	0.92370	0.00003
YGX 634-1-5	石英	1.962	0.01674	368.7	1.59275	0.00016
YGX 634-1-6	石英	1.295	0.04804	79.56	0.95181	0.00006
YGX 634-1-2	石英	2.548	0.03303	235.0	1.28930	0.00008
YGX 634-1-1	石英	2.830	0.02700	325.6	1.49997	0.00004

① 样品编号重复者为重复两次测定的结果。

表 4 瑶岗仙钨多金属矿中辉钼矿的 Re – Os 同位素测定

Table 4 Re-Os isotopic data of molybdenite in the Yaogangxian tungsten-polymetallic deposit

样品编号	样品 原编号	样品质量 m/g	$w_{\text{B}}/(\text{ng} \cdot \text{g}^{-1})$								模式年龄/Ma	
			Re		普 Os		^{187}Re		^{187}Os			
			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
080320-1	YGS 754-1	0.20128	245.0	2.3	0.0036	0.0007	154.0	1.5	0.4211	0.0063	163.9	3.2
080320-2	YGS 754-2	0.20247	384.8	3.4	0.0024	0.0008	241.9	2.1	0.6737	0.0066	167.0	2.6
080320-3	YGS 754-3	0.20297	283.8	3.4	0.0001	0.0003	178.4	2.2	0.4954	0.0086	166.4	3.8
080320-4	YGS 754-4	0.20048	206.2	1.9	0.0018	0.0004	129.6	1.2	0.3542	0.0038	163.8	2.7
080320-5	YGS 754-5	0.20088	362.0	7.3	0.0025	0.0011	227.5	4.6	0.6272	0.0100	165.2	4.4

4 讨论

对于瑶岗仙地区的成岩、成矿时代 ,前人利用常规方法测得中粗粒斑状黑云母花岗岩的 K – Ar 年龄为 173 ~ 178 Ma(K – Ar) ,中细粒斑状黑云母花岗岩的 K – Ar 年龄为 169 Ma^[6] ,测得产于寒武系变质砂岩地层中的辉钼矿 – 黑钨矿 – 石英脉中辉钼矿 Re – Os 等时线年龄为(154. 9 \pm 2. 6) Ma ,

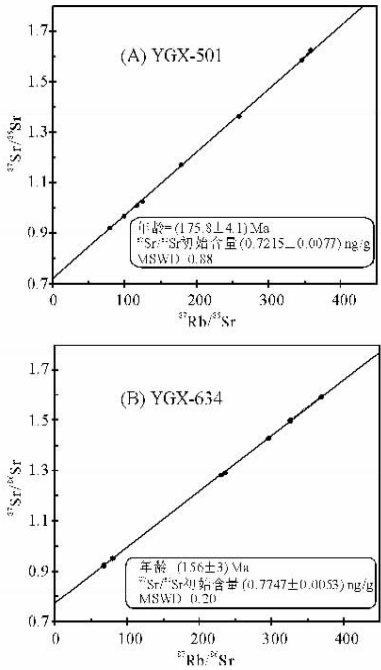


图 8 瑶岗仙钨矿床 501[#]矿脉(A)和 1[#]矿脉(B)中石英单矿物的 Rb – Sr 等时线年龄

Fig.8 Rb-Sr isochron age for quartz samples from the No. 501 vein (A) and No. 1 vein (B) , the Yaogangxian tungsten deposit

3.3 辉钼矿铼 – 钨年龄

表 4 和图 9 列出了采自瑶岗仙矿区西部杨梅岭矿段辉钼矿石英脉(754 m 中段的 602[#]脉)中辉钼矿的 Re – Os 年龄测定结果。5 件样品在等时线上相关性良好 ,获得等时线年龄为(170 \pm 5) Ma。

测得产于同一地层中石英 – 长石 – 云母 – 黑钨矿脉中的金云母 Ar – Ar 坪年龄为(153. 04 \pm 1. 08) Ma ,产于泥盆系灰岩、砂岩地层中石英 – 长石 – 云母 – 黑钨矿脉中的白云母 Ar – Ar 坪年龄为(155. 1 \pm 1. 10) Ma^[13]。可见 ,同一岩体不同岩性花岗岩的侵位时间(165 ~ 175 Ma)相差不大 ,而产于外接触带不同地层层位中矿脉中云母的坪年龄(153 ~

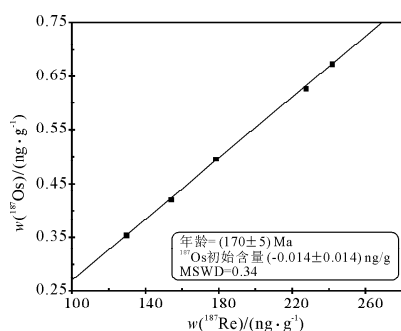


图9 湖南瑶岗仙钨多金属矿中辉钼矿 Re-Os 同位素等时线年龄

Fig. 9 Re-Os isochron age for molybdenite from the Yaogangxian tungsten-polymetallic deposit

155 Ma)也近乎一致,但成岩、成矿作用所发生的时间相距约20 Ma。尽管前人对该矿床的成岩成矿年代学研究方面取得了重大进展,但仍然无法清晰地回答瑶岗仙钨矿床是否存在多期成岩及伴随的成矿作用,以及成岩和成矿之间的对应关系。

本次研究结果表明,21中段1[#]矿脉形成于156 Ma前后。因此,尽管不知道文献[13]中的样品(形成于153~155 Ma)采自哪条矿脉,但153~156 Ma期间的成矿作用的确是存在的。由于21中段的1[#]矿脉充填在花岗岩岩体内部的张性充填脉中,而文献[13]中的样品采自杨梅岭矿段(相当于外接触带的部位),因此,这一时期的成矿作用不只是局限于岩体内部,还可能扩展到外接触带。这对于杨梅岭矿段深部找矿具有重要的现实意义。鉴于1[#]矿脉本身常见晶洞(见图4^[7]),同位素年龄也偏小,代表了后期成矿作用的产物。除了153~156 Ma期间的成矿作用外,本次研究测得21中段501[#]矿脉的成矿时代为175.8 Ma。这一结果虽然略大于岩体的锆石U-Pb年龄(170.3 Ma)和杨梅岭754 m中段602[#]脉中辉钼矿的Re-Os年龄(170 Ma),但基本上属于同一成岩、成矿期。由此可见,170~176 Ma期间也是一个重要成岩、成矿期,这在以往的研究成果中并没有报道或确切的依据。

综上所述,瑶岗仙地区至少存在两期成矿作用,早期发生在170~176 Ma期间,后期发生在153~156 Ma期间,相隔大致20 Ma。每一个成矿期均不止一个成矿阶段,包括硅酸盐阶段、硫化物阶段和碳酸盐-萤石阶段,但目前对各成矿阶段的精细同位素年代控制还不足,需要进一步研究。杨梅岭的辉钼矿应该在两个成矿期都形成,彭建堂等^[19]测得的

是晚期辉钼矿(155 Ma),本文测得的是早期辉钼矿(170 Ma)。因此,杨梅岭矿段虽然地表没有大规模的岩体出露,但深部找矿前景看好。

5 结语

南岭地区是我国也是世界上钨矿最集中的产地,并以赣南粤北的“五层楼+地下室”式黑钨矿和湘南的柿竹园式砂卡岩型钨锡钼铋多金属矿床为代表^[20],瑶岗仙钨矿在空间上位于石英脉型钨矿与砂卡岩型钨矿过渡的部位。本次年代学研究结果也证明,瑶岗仙至少存在两期成矿作用,前期发生在稍晚于早侏罗世向中侏罗世过渡的时期(J_1/J_2 过渡期为175 Ma^[21]),后期发生在中侏罗世向晚侏罗世过渡的时期(J_2/J_3 过渡期为154 Ma)。后期成矿作用发生的时间大致与漂塘(150.2 ± 1.4 Ma)、大吉山[(150.4 ± 8) Ma]、柿竹园(151~121 Ma)、香花岭(155 Ma)、天门山—红桃岭矿田[(150~155) Ma]等^[22-23]大型超大型矿床一致,而前期成矿作用在漂塘、岿美山、瑶岭、盘古山、梅子窝等地也有相近的同位素年代学记录^[24-26]。可见,目前在瑶岗仙地区虽然找到的矿脉是以石英脉型黑钨矿为主,但不排除深部存在柿竹园式砂卡岩型矿体的可能性,应该在寻找两种类型的同时,注意寻找两个成矿期的多种类型的矿脉和矿体。

6 参考文献

- [1] 中国矿床发现史湖南卷编委会. 中国矿床发现史·湖南卷[M]. 北京:地质出版社,1996:152-153.
- [2] 林新多,张德会,章传玲. 湖南宜章瑶岗仙黑钨矿石英脉成矿流体性质的探讨[J]. 地球科学——中国地质大学学报,1986,11(2):153-160.
- [3] 阮道源. 湖南瑶岗仙花岗岩侵入体的生成与变化过程及成矿关系的初步研究[J]. 地质论评,1958,18(1):1-10.
- [4] 陈依壤. 瑶岗仙脉钨矿床地质特征与找矿标志[J]. 地质与勘探,1981(2):25-30.
- [5] 陈依壤. 瑶岗仙花岗岩地质地球化学特征与成岩成矿作用[J]. 矿产与地质,1988,2(1):62-72.
- [6] 陈依壤. 瑶岗仙矿田控矿因素及成矿条件分析[J]. 湖南地质,1992,11(4):285-293.
- [7] 陈依壤. 瑶岗仙钨矿床的晶洞特征及其研究意义[J]. 湖南地质,1995,14(4):226-234.
- [8] 邱瑞龙. 瑶岗仙“五层楼”式脉钨矿床围岩蚀变研究[J]. 矿床地质,1984,3(2):68-75.
- [9] 刘汉元. 瑶岗仙矿田的构造地球化学特征[J]. 大地构造与成矿学,1988,12(3):233-240.
- [10] 倪纪文. 瑶岗仙钨矿床包体研究及成矿溶液特征的

- 探讨[J]. 浙江大学学报, 1994, 28(1): 73-80.
- [11] 周柏生, 张国华, 龚述清, 曾友生. 湖南瑶岗仙矿田化探异常特征及找矿前景[J]. 物探与化探, 2002, 26(6): 432-438.
- [12] 王巧云, 胡瑞忠, 彭建堂, 毕献武, 刘华, 苏本勋. 湖南瑶岗仙钨矿床流体包裹体特征及其地质意义[J]. 岩石学报, 2007, 23(9): 2263-2273.
- [13] Peng J T, Zhou M F, Hu R Z, Shen N P, Yuan S D, Bi X W, Du A D, Qu W J. Precise molybdenite Re-Os and mica Ar-Ar dating of the Mesozoic Yaogangxian tungsten deposit, Central Nanling District, South China [J]. *Miner Deposita* 2006, 41: 661-669.
- [14] 刘德镒. 湖南瑶岗仙钨矿中石英的标型特征[J]. 矿物学报, 1994, 14(1): 74-82.
- [15] 宋彪, 张玉海, 万渝生, 简平. 锆石 SHRIMP 样品靶制作, 年龄测定及有关对象讨论[J]. 地质论评, 2002, 48(S1): 26-31.
- [16] 李华芹, 谢才富, 常海亮, 蔡红, 朱家平, 周肃. 新疆北部有色金属矿床成矿作用年代学[M]. 北京: 地质出版社, 1998: 10-24.
- [17] 何红蓼, 殷宁万, 邹晓秋, 孙亚莉, 孙德忠, 陈少珍, 屈文俊. 辉钼矿的铼-钨同位素地质年龄测定方法研究[J]. 地质学报, 1994, 68(4): 339-347.
- [18] 屈文俊, 杜安道. 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, 2003, 22(4): 254-257.
- [19] 彭建堂, 胡瑞忠, 毕献武, 戴瑾谟, 李兆丽, 李晓敏, 双燕, 袁顺达, 刘世荣. 湖南芙蓉锡矿床⁴⁰Ar/³⁹Ar 同位素年龄及地质意义[J]. 矿床地质, 2007, 26(3): 237-248.
- [20] 王登红, 许建祥, 张家菁, 李水如, 许以明, 曾载淋, 陈郑辉. 与华南深部找矿有关的几个问题[J]. 地质学报, 2008, 82(7): 865-872.
- [21] 陈毓川, 王登红, 朱裕生, 徐志刚, 任纪舜, 翟裕生, 常印佛, 汤中立, 裴荣富, 滕吉文, 邓晋福, 胡云中, 任天祥, 沈保丰, 王世称, 肖克炎, 彭润民, 钱壮志, 梅燕雄, 杜建国, 施俊法, 张晓华, 朱明玉, 徐珏, 薛春纪. 中国成矿体系与区域成矿评价(上册)[M]. 北京: 地质出版社, 2007: 1008.
- [22] 刘善宝, 王登红, 陈毓川, 许建祥, 曾载淋, 应立娟, 王成辉. 南岭东段赣南地区天门山花岗岩体及花岗岩斑岩脉的 SHRIMP 定年及其意义[J]. 地质学报, 2007, 81(7): 972-978.
- [23] 丰成友, 许建祥, 曾载淋, 张德全, 屈文俊, 余宏全, 李进文, 李大新, 杜安道, 董英君. 赣南天门山—桃岭钨锡矿田成岩成矿时代精细测定及其地质意义[J]. 地质学报, 2007, 81(7): 952-963.
- [24] 陈毓川, 裴荣富, 张宏良, 林新多, 白鸽. 华南与燕山期花岗岩类有关的稀有、有色金属矿床成矿作用[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [25] 毛景文, 李红艳, 宋学信, 芮柏, 胥友志, 王登红, 蓝晓明, 张景凯. 湖南柿竹园钨锡钼多金属矿床地质与地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1998: 215.
- [26] 王登红, 陈毓川, 陈郑辉, 刘善宝, 许建祥, 张家菁, 曾载淋, 陈富文, 李华芹, 郭春丽. 南岭地区矿产资源形势分析和找矿方向研究[J]. 地质学报, 2007, 81(7): 882-890.

中国地质学会 2008 年度十大地质找矿成果 (排名不分先后)

安徽省庐枞深部发现泥河大型铁矿

项目由安徽省地质调查院承担。主要完成人是吴明安、杜建国、王克友、赵文广等。

河南省唐河县周庵发现含铂族—铜镍硫化物矿床

项目由河南省地质矿产勘查开发局第一地质勘查院承担。主要完成人是李胜利、马庚杰、刘勤安、王建明等。

黑龙江省东宁县金厂发现超大型金矿

项目完成单位是中国人民武装警察部队黄金第一支队。主要完成人是贾国志、王振忠、杨兆光、边红业等。

湖北省铜绿山铜铁矿深部找矿取得重大突破

项目的主要完成单位是湖北省鄂东南地质大队和大冶有色金属公司。主要完成人是魏克涛、熊继传、张国胜、邓世品等。

湖北省宜昌磷矿深部勘查取得重大突破

项目的主要完成单位是中化地质矿山总局湖北地质勘查院。主要完成人是郑门关、方邵平、瞿长青、曾德军等。

内蒙古二连盆地中东部地区发现大型铀矿床

项目由核工业二〇八大队承担勘查工作, 核工业北京地质研究院做了大量综合研究工作。

主要完成人是申科峰、旷文战、李洪军、于恒旭等。

山西省灵丘县支家地铅锌银矿深部找矿取得重大突破

项目由中国冶金地质总局第三地质勘查院承担勘查工作, 第三地质勘查院太原分院做了大量综合研究工作。

主要完成人是曹国雄、李兵院、李怀谦、李树臣等。

四川省攀枝花市宝鼎煤矿找矿取得重大突破

项目由四川煤田地质工程勘察设计院承担勘查工作, 中国矿业大学参与了聚煤规律研究。

主要完成人是苏时才、孙应珠、邵龙义、汪为作等。

塔河油田奥陶系碳酸盐岩中发现大型油气田

项目由中石化西北油田分公司勘探开发研究院承担。

主要完成人是漆立新、云露、李宗杰、吕海涛等。

准噶尔盆地发现第一个千亿方大气田——

克拉美丽气田

项目的主要完成单位是中国石油新疆油田公司, 中国石油新疆油田公司研究院做了大量综合研究工作。

主要完成人是陈新发、匡立春、况军、吕焕通等。

详情见中国地质学会网站:

http://www.geosociety.org.cn