

黄沙坪铅锌多金属矿成岩成矿年龄测定及地质意义

雷泽恒¹⁾, 陈富文²⁾, 陈郑辉³⁾, 许以明¹⁾, 龚述清¹⁾, 李华芹²⁾,
梅玉萍²⁾, 屈文俊⁴⁾, 王登红³⁾

1)湖南省湘南地质勘察院, 湖南郴州 423000; 2)宜昌地质矿产研究所, 湖北宜昌 443005;
3)中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 4)国家地质实验测试中心, 北京 100037

摘 要: 黄沙坪铅锌多金属矿位于南岭多金属成矿带湘南矿集区。自危机矿山接替资源勘查项目执行以来, 又探明资源量达大型的含铁钨锡多金属矿及达中型的铜多金属矿, 为开展科学研究提供了丰富的资料。笔者在前人研究的基础上, 通过采用锆石 SHRIMP U-Pb 和辉钼矿 Re-Os 等时线定年方法, 对分别对矿区 56 m 中段的石英斑岩体以及矿石中共生的辉钼矿进行了精确定年, 获得石英斑岩体锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 152 ± 3 Ma, 三组同一中段不同位置的辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 159.4 ± 3.3 Ma, 157.5 ± 2.4 Ma 和 157.6 ± 2.3 Ma。测定结果为厘定黄沙坪铅锌多金属矿成岩成矿作用多期多阶段性特点提供了重要的依据。

关键词: 锆石 SHRIMP U-Pb 年龄; 辉钼矿 Re-Os 等时线年龄; 成岩成矿; 黄沙坪

中图分类号: P533;P597 文献标志码: A 文章编号: 1006-3021(2010)04-532-09

Petrogenetic and Metallogenic Age Determination of the Huangshaping Lead-Zinc Polymetallic Deposit and its Geological Significance

LEI Ze-heng¹⁾, CHEN Fu-wen²⁾, CHEN Zheng-hui³⁾, XU Yi-ming¹⁾, Gong Shu-qing¹⁾, LI Hua-qin²⁾,
MEI Yu-ping²⁾, QU Wen-jun⁴⁾, WANG Deng-hong³⁾

1) South Hunan Institute of Geological Survey, Chenzhou, Hunan 423000;
2) Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang, Hubei 443005;
3) Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037;
4) National Research Center for Geoanalysis, Beijing 100037

Abstract: The Huangshaping lead-zinc ore deposit is located in the South Hunan ore concentration area of the Nanling polymetallic metallogenic belt. Since the implementation of the project for exploration of replacement resources in crisis mines, two ore deposits have been found: one is a Fe-W-Sn polymetallic deposit whose metal reserves have reached the large-sized ore deposit, and the other is a Cu polymetallic deposit whose metal reserves have attained medium size. These achievements provide abundant information for the study of ore deposits. Based on data available, the authors carried out a study of the zircon U-Pb age of the granite porphyry and the molybdenum mineralization age. It is shown that the quartz porphyry zircon U-Pb weighted isochron age is 152.3 ± 3 Ma, and the molybdenite Re-Os isochrone ages are 159.4 ± 3.3 Ma, 157.5 ± 2.4 Ma and 157.6 ± 2.3 Ma (dated at different positions of the same 56 m elevation). These data provide important evidence for collating and stipulating the multi-period and multi-phase rock-forming and ore-forming characteristics of the Huangshaping lead-zinc deposit.

Key words: zircon U-Pb dating; molybdenite Re-Os isotopic dating; petrogenetic and metallogenic process; Huangshaping

本文由国家科技支撑计划项目“南岭地区有色—贵金属成矿潜力及综合探测技术示范研究”(编号: 2006BAB01B03)、危机矿山接替资源勘查项目(编号: 200643044)、国家深部探测技术与实验研究专项“南岭成矿带地壳岩浆系统结构探测实验研究”课题(编号: SinoProbe-03-01)和地质大调查项目“南岭大型矿集区深部评价技术方法研究”(编码: 1212010981027)联合资助。

收稿日期: 2009-11-20; 改回日期: 2010-03-23。

第一作者简介: 雷泽恒, 男, 1962年生。高级工程师。长期从事地质找矿及研究工作。E-mail: leizeheng@163.com。

黄沙坪铅锌多金属矿位于湖南省桂阳县境内, 距桂阳县城 9 km, 地理坐标为: 东经 112°39'57"~112°44'40"; 北纬 25°38'02"~25°43'30"。该矿处于南岭构造带中段北缘, 耒阳-临武南北向构造带中段, 郴州-蓝山北东向基底构造岩浆岩带与郴州-邵阳北西向基底构造岩浆岩带的交汇部位(图 1), 成矿地质条件优越。黄沙坪矿是一个大型规模的铅锌银多金属矿, 已探明铅锌矿体 528 个, 危机矿山接替资源勘查项目执行以来又探明资源量达大型的含铁钨锡多金属矿及达中型的铜多金属矿, 表明其深部边部找矿潜力巨大。矿区地质研究程度较高, 前人对该矿的地质特征及成矿规律进行了总结, 对区内岩浆岩的特征、成岩年龄其与成矿的关系进行了研究(杨世义等, 1986; 童潜明等, 1986, 1995; 朱恩静等, 1995; 姚军明等, 2005), 对该区深部找矿潜力进行了分析(许以明等, 2007), 对矿区同位素年代学开展了测试和研究工作(谷利, 1997; 马丽艳等, 2007; 毛景文等, 2007; 姚军明等, 2007)。

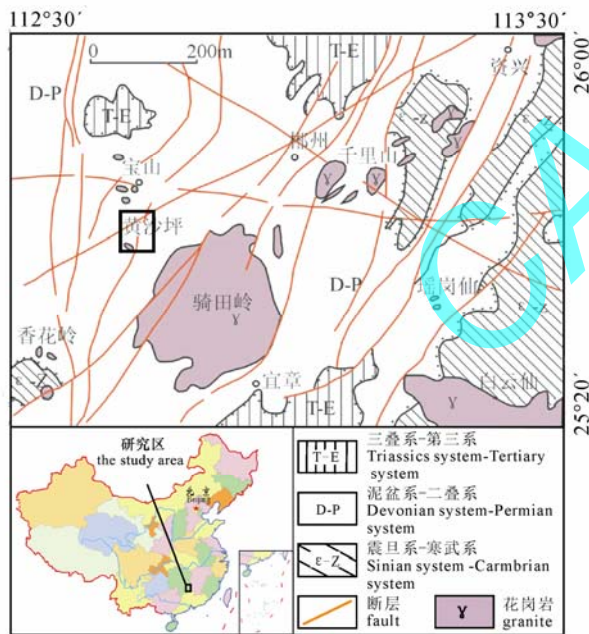


图 1 黄沙坪矿区域构造位置图

Fig. 1 Regional tectonic position of the Huangshaping ore district

童潜明等(1986)通过研究铅同位素组成特点, 认为黄沙坪矿床的形成主要受花岗斑岩的制约, 其成矿物质也主要来源于以 301 花岗斑为代表的岩浆结晶分异的成矿热液。石英斑岩与区内测水组泥质岩石一起, 形成一种有利于阻碍矿质分散的屏障, 石英斑岩也提供一些成矿物质, 但只是被淋溶析出的结果。区内与成矿有关岩浆岩的成岩年龄测定数据相差较大, 目前仅对矿区内花岗岩进行了精确定

年(姚军明等, 2007), 没有对石英斑岩的侵位年龄精确测定。要讨论成矿与岩浆岩的关系, 测定成岩年龄及成矿年龄是很有必要的。

本次在前人工作的基础上, 对黄沙坪矿区的石英斑岩进行锆石 SHRIMP U-Pb 和矿石中辉钼矿 Re-Os 同位素年代学研究, 其成果为进一步精确厘定黄沙坪铅锌多金属矿的成岩成矿时代以及成矿期次、成矿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 地质背景

1.1 矿区地质概况

矿区出露有泥盆系上统和石炭系下统地层(图 2)。泥盆系上统出露于矿区的东部, 面积小, 岩性以灰岩、白云质灰岩及白云岩为主, 次为钙质粉砂岩。石炭系下统为一套海相—浅海相碳酸盐岩夹陆源碎屑岩沉积建造, 岩性以灰岩为主, 少量的砂页岩, 其中石磴子组是区内最为有利的赋矿地层, 测水组既是良好的遮挡层, 也是次要的赋矿层位。当石磴子组处于背斜轴部, 其上有测水组构成穹状“帽盖”时, 对成矿最为有利。

矿区构造骨架由一系列近南北向的复式褶皱和逆冲断层构成。褶皱构造为坪宝复式向斜的一部分, 主要由宝岭—观音打座复式倒转背斜、上银山向斜和上银山背斜组成。区内断裂构造极为发育, 按先后关系可分为 3 期 7 次。按其方向可分为近南北向(F_1 、 F_2 、 F_3)、东西向(F_0 、 F_6 、 F_9)、北东向、北西向四组。印支运动形成的近南北向断裂构造与近东西向断裂构成围限构造; 燕山运动迁就和改造先期构造, 产生了以北东向为主的褶皱和断裂构造。区内的断裂构造与倒转褶皱构造既是控岩, 又是控矿构造。

区内岩浆岩主要有英安斑岩($\epsilon\pi$)、石英斑岩($\lambda\pi$)、花岗斑岩($\gamma\pi$)及微细粒斑状钾长花岗岩, 其中英安斑岩、石英斑岩出露于地表, 花岗斑岩、微粒花岗岩为隐伏岩体。

英安斑岩: 地表出露有十余个小岩体, 组成呈东西向展布的岩体群, 岩体倾向北或北北东, 倾角 75°~88°, 单个岩体呈陡倾斜岩墙或不规则岩脉产出, 脉幅变化大, 常有分支、复合、尖灭、再现的现象。

石英斑岩: 分布在观音打座、宝岭一带, 即 $\lambda\pi 51$ 和 $\lambda\pi 52$ 岩体, 岩体形似哑铃, 侵入石炭系梓门桥组白云岩中。 $\lambda\pi 51$ 南北长约 560 m, 东西宽约 480 m, 面积 0.23 km²; $\lambda\pi 52$ 南北长 640 m, 东西宽 420 m, 面积约 0.29 km²。两岩体向深部相连并变小, 形似漏斗。岩体产状: 东部陡向西倾, 倾角 70°左右; 西部

缓向东倾, 倾角 50° 左右; 南部北倾, 北部南倾, 在 200 m 标高以下, 逐渐变成不规则的脉状, 分支、膨胀频繁。

花岗斑岩: 隐伏于矿区东南部 F_1 、 F_2 断层之间, 呈岩群产出。南北长约 1000 m, 东西宽 200~500 m, 倾向东, 倾角 68° ; 呈小岩株状产出, 略向北东东和南东倾伏, 倾伏角约 50° , 与石炭系石磴子组地层呈侵入接触。岩体形态有椭圆状、扁豆状、瘤状、脉状等, 大小一般为 100 m \times 400 m, 隐伏最高点为 380 m 标高, 深部已延伸到-462 m 标高。岩体向深部规模变小, 产状变陡。

微细粒斑状钾长花岗岩: 为危机矿山接替资源勘查项目工作的钻孔所揭露, 隐伏于地表以下 1000 m 处, 目前产状还不清楚。岩性为: 灰白色, 似斑状结构, 块状构造。斑晶由钾长石(3%~4%)、石英(3% \pm)组成, 次为斜长石(1% \pm), 含量约 3%~10%; 基质主要由钾长石(55%~60%)、石英(30% \pm)、斜长石(5%~10%)组成。矿物颗粒很细, 一般为 0.05 mm 左右。

区内蚀变种类繁多, 分布广, 强度大。主要有:

矽卡岩化、硅化、钾长石化、萤石化、绢云母化、绿泥石化、绿帘石化、黑云母-金云母化、铁白云石化、方解石化、高岭石化、菱铁-菱锰矿化、大理岩化和灰岩重结晶作用等。与矿化关系密切的主要有矽卡岩化、硅化、绿泥石化、钾化、萤石化、黄铁矿化、碳酸盐化等。

1.2 矿床地质概况

黄沙坪铅锌多金属矿床主要成因类型有热液充填交代型(充填交代型铅锌矿体、充填交代型银铅锌矿体、充填交代型铜矿体)、矽卡岩型(矽卡岩型铅锌矿体、矽卡岩型铜锌矿体、矽卡岩型钨钼矿体、矽卡岩型磁铁(锡)矿体)两大类。矿区内已圈定热液充填交代型铅锌矿体 528 个(其中 301 矿带 434 个、304 矿带 94 个), 以 1、2 号矿体群规模最大, 矿体呈脉状、似层状、扁豆状、透镜状产出; 矿体走向长 500 m, 倾斜延深断续可达 1000 m, 平均厚约 8 m; 该类矿体 0 m 标高以上已探明铅锌资源量为 172.6 万 t, 且大多数矿体已被开采。危机矿山接替资源勘查项目中, 新圈出矽卡岩型钨钼多金属矿体 17 个, 规模

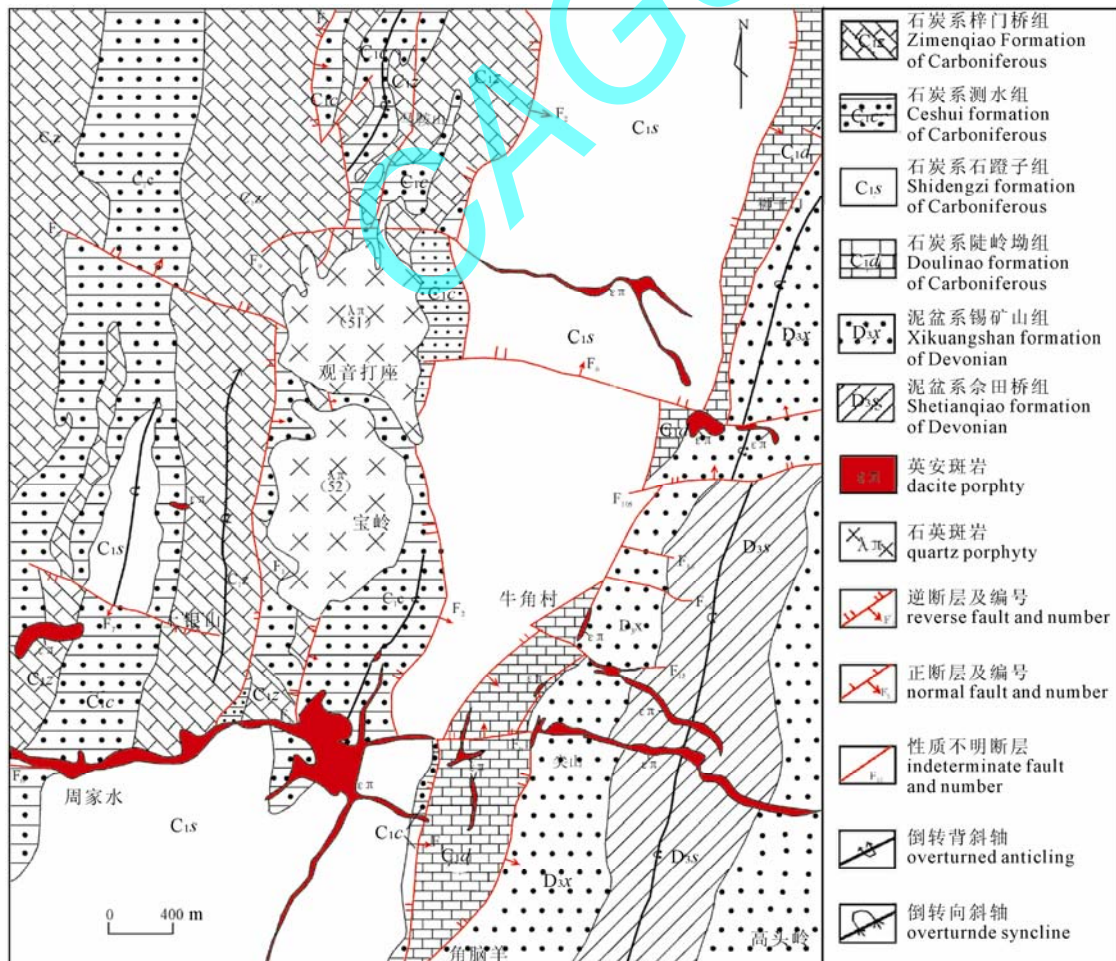


图2 黄沙坪矿区地质略图

Fig. 2 Geological sketch map of the Huangshaping ore district

最大的为 W1、W2、W216 等, 分别分布在矿区的中部和南部; 矿体长数十米至数百米, 厚度数米至数十米, 钻孔最大穿矿厚度为 325 m。矿体呈带状、扁豆状、透镜状、不规则状等; 矿体平均含 WO_3 0.135%~0.550%, Mo 0.019%~0.24%。初步估算钨锡钼铋资源量 17.74 万 t(WO_3 8.80 万 t、Mo 3.50 万 t、Bi 1.62 万 t、Sn 3.82 万 t)。

不同类型的矿体, 其矿石具有不同的矿物组合。区内矿石中已发现的矿物共有一百多种, 主要和次要的金属矿物种类不多, 微量矿物种类繁多。热液充填交代型矿体的铅锌矿石中主要矿物为方铅矿、闪锌矿、铁闪锌矿, 次要矿物有黄铜矿、黝锡矿、毒砂、磁黄铁矿、斑铜矿、硫锡铅矿等。矽卡岩型钨锡多金属矿体的矿石中主要金属矿物为磁铁矿、白钨矿、辉钼矿、辉铋矿、锡石, 次要矿物为毒砂、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、黝铜矿、自然铋等, 脉石矿物为钙铁榴石、钙铁辉石、透辉石、次透辉石、萤石等。

2 样品采集及测定方法

2.1 样品

本次开展同位素年代学研究中的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测定样品和辉钼矿 Re-Os 等时线年龄测定样品, 分别采自黄沙坪矿区 56 中段的石英斑岩 (HSP-1) 和 56 中段的石门 (SM11/56、SM15/56、SM19/56) 附近的钨钼矿石, 其具体位置标注于图 3。石英斑岩石呈灰白色, 斑状结构, 基质球粒状结构, 块状构造。主要矿物成分为石英 15%, 钾长石 5%~10% 及长英质 70% 左右。副矿物主要有锆石、榍石、磷灰岩 (含量均小于 0.1%)。钨钼矿石为块状构造, 半自形结构 - 它形结构, 白钨矿呈细粒浸染状分布, 辉钼矿呈星点状、细脉状分布。进行实验的辉钼矿主要采集自矿石中结晶相对粗大的辉钼矿单矿物。

2.2 测定方法

2.2.1 锆石 SHRIMP U-Pb 法

锆石 SHRIMP U-Pb 年龄分析方法, 采用宋彪等 (2002) 所报道的实验流程。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 同位素定年在离子探针中心用 SHRIMP 仪器完成, 对测定结果应用标准锆石 TEM (417 Ma) 进行年龄校正。应用另一标准锆石 SL13 (572 Ma, U 含量为 238 $\mu\text{g/g}$) 标定所测锆石的 U、Th 和 Pb 含量。普通铅用实测的 ^{204}Pb 校正。

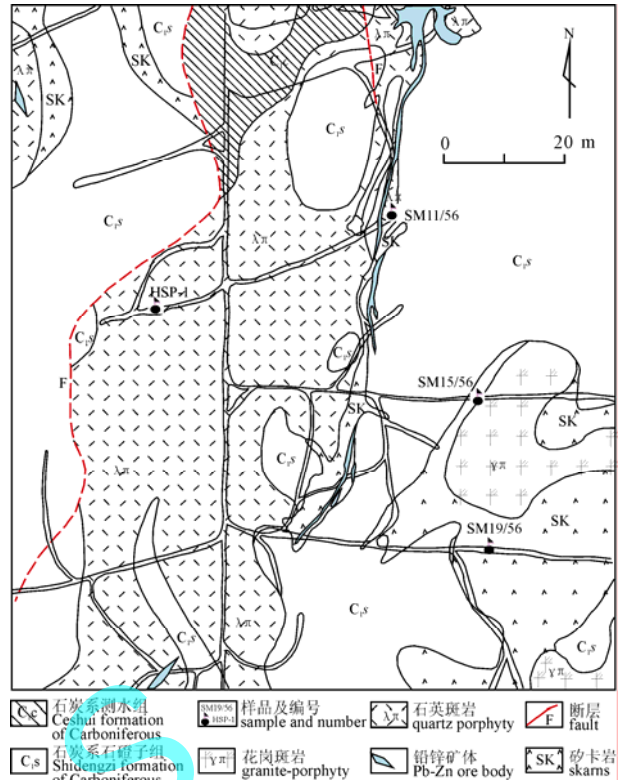


图 3 黄沙坪矿区 56 中段地质图及取样位置图
Fig. 3 Geological map of 56 level, showing sampling locations

数据处理采用 Isoplot 程序 (Ludwig, 2001)。

2.2.2 辉钼矿 Re-Os 等时线法

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杜安道等 (1996)、屈文俊等 (2003) 等文献资料。本次测定的数据是在国家地质实验测试中心的电感耦合等离子体质谱仪 TJA X-series ICP-MS 进行测量而得到的。普 Os 是根据原子量表 (Wieser, 2006) 和同位素丰度表 (Bohlkea et al., 2005), 通过 $^{192}\text{Os}/^{190}\text{Os}$ 测量比计算得出的。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。置信水平 95%。模式年龄的不确定度还包括衰变常数的不确定度 (1.02%), 置信水平 95%。

3 测定结果

3.1 锆石 SHRIMP U-Pb 测定

表 1 列出了黄沙坪石英斑岩体的锆石 SHRIMP U-Pb 测试数据, 图 4 为被测锆石的阴极发光 (CL) 图像及测定点位, 相应的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 视年龄。由表 1 数据可看出, 所有测定点的 Th/Ub 比值在 0.28~0.40 之间, 在阴极发光图像中, 被测锆石内部结构均显示出变质锆石特征 (图 4)。其岩浆锆石的有序结晶状态已基本消失, 而呈玻璃质状态, 即发生了蜕晶质

表 1 黄沙坪石英斑岩体锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测定结果
Table 1 SHRIMP U-Pb dating result of zircon from quartz porphyry in the Huangshaping ore district

Spot	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (%)	U (10^{-6})	Th (10^{-6})	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (10^{-6})	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm\%$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm\%$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ $\pm\%$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ Age(Ma)(1)	
1.1	0.02	12539	3470	0.29	263.1	0.0491	0.66	0.1653	2.8	0.02443	2.7	155.5 \pm 4.1
2.1	0.05	8884	3225	0.38	180.1	0.0493	0.72	0.1606	1.8	0.02366	2.7	150.6 \pm 4.0
3.1	0.04	12861	3516	0.28	272.4	0.0486	0.50	0.1650	2.7	0.02465	2.7	157.0 \pm 4.2
4.1	0.06	9638	2925	0.31	193.3	0.0484	0.64	0.1557	2.8	0.02336	2.7	148.7 \pm 3.9
5.1	0.05	9039	2862	0.33	188.9	0.0489	0.64	0.1641	2.8	0.02430	2.7	154.9 \pm 4.1
6.1	0.10	6509	1881	0.30	130.7	0.0488	1.0	0.1571	2.9	0.02336	2.7	148.8 \pm 3.9
7.1	0.06	7920	3058	0.40	153.5	0.0488	0.80	0.1517	2.8	0.02258	2.7	143.7 \pm 3.8
8.1	0.16	7456	2106	0.29	154.1	0.5012	0.83	0.1696	2.8	0.02398	2.7	153.0 \pm 4.0
9.1	0.27	7795	2217	0.29	161.7	0.0531	3.1	0.1764	4.1	0.02396	2.7	153.4 \pm 4.1

注: 1 误差水平均为 1 σ ; Pbc、Pbr 分别表示普通铅和放射性铅; 2 普通铅用实测 ^{204}Pb 进行校正

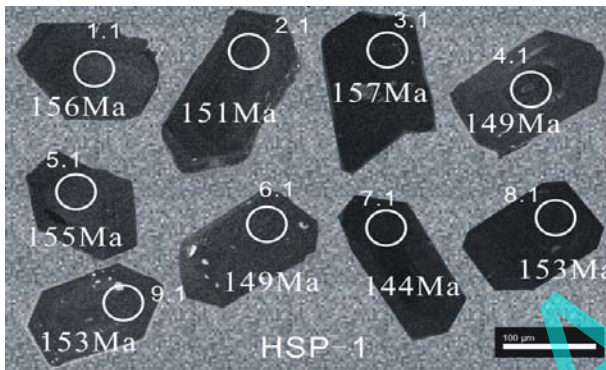


图 4 黄沙坪石英斑岩锆石阴极发光图像及点位和视年龄
Fig. 4 CL images and $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ apparent ages of zircons from quartz porphyry in the Huangshaping ore district

化作用。在 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ — $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 谐和图上, 样品点均投影在谐和线上或谐和线附近(图 5), 在 9 个测点中, 除测点(7.1)明显偏年轻(143 ± 3.8 Ma)外, 其余的 8 个测点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄值变化于 148.7~157.0 之间。由 8 个锆石测点数据计算的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄统计权重平均值为 152 ± 3 Ma(95%可信度, MSWD=0.94), 与中国有色矿产地质研究院全岩 Rb-Sr 年龄 149.7Ma 对比, 在误差范围内。锆石样品的阴极发光图像显示, 在锆石结晶或固结以后可能受到后期地质事件的扰动。尽管锆石的阴极发光图像过暗, 其图像特征仍然显示其结晶过程是连续的, 即其结晶后即使有后期的地质事件发生, 也不至于影响到锆石内 U-Th-Pb 体系。此外, 由于此年龄数据点在协和线上, 其加权平均年龄结果可代表石英斑岩的侵位年龄。

3.2 辉钼矿的 Re-Os 等时线法测定

三组样品 Re-Os 同位素年龄测定数据见表 2。

从表 2 看出, 辉钼矿中 Re 的含量在 $(434.7 \sim 21710) \times 10^{-9}$ 之间, ^{187}Re 含量在 $(273.2 \sim 13645) \times 10^{-9}$

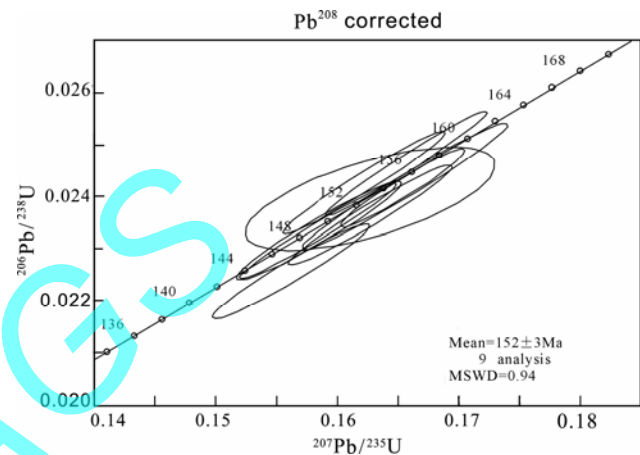


图 5 黄沙坪矿区石英斑岩锆石 U-Pb 谐和图
Fig. 5 Zircon U-Pb isotope concordia diagram of quartz porphyry in the Huangshaping ore district

之间, ^{187}Os 含量在 $(0.7083 \sim 33.40) \times 10^{-9}$ 之间。模式年龄除 SM11/56-7 为 146.8 Ma 外, 其余分布在 154.7~163.9 Ma 之间。用 Isoplot 软件计算 3 组样品的等时线年龄分别为: SM11/56 等时线年龄 159.4 ± 3.3 Ma, MSWD=0.86(因 SM11/56-6 相对离群, 被剔除), SM15/56 等时线年龄 157.5 ± 2.1 Ma, MSWD=0.12, SM19/56 等时线年龄 157.6 ± 2.3 Ma, MSWD=0.077(图 6)。测定结果表明, 采自同一中段不同空间位置的三组样品的等时线年龄在测定误差范围内一致, 图 6 中等时线的截距接近 0 点, 表明辉钼矿中不存在普通钨, ^{187}Os 都是 ^{187}Re 衰变产物, 这符合计算模式年龄的条件, 所获得的模式年龄是有效的。且等时线与模式年龄的平均值也十分接近, 由此说明其等时线年龄和模式年龄都是可靠的。由于黄沙坪铅锌多金属矿床的成矿是多期多阶段的, 董潜明等(1986)将黄沙坪矿床的内生成矿作用划分出两个成矿期(矽卡岩期和硫化物期)和若干个成矿阶段与亚期, 野外也可见铅锌矿体呈脉状产于围岩及矽卡岩中, 说明铅锌矿与矽卡岩型钨锡钼铋矿形成是同时

表 2 黄沙坪辉钼矿 Re-Os 同位素数据
Table 2 Re-Os isotope data of molybdenite from the Huangshaping ore district

编号	样重(g)	Re (ng/g)		C 普 Os (ng/g)		Re ¹⁸⁷ (ng/g)		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
SM11/56-1	0.05240	578.9	6.6	0.0019	0.0107	363.8	4.1	0.9415	0.0078	155.1	2.5
SM11/56-2	0.30277	580	5	0.0005	0.0011	364	3	0.96	0.01	157.3	2.4
SM11/56-3	0.20905	10041	219	0.0053	0.0011	6311	138	17.26	0.16	163.9	4.1
SM11/56-4	0.25168	11726	461	0.0013	0.0011	7370	290	20.24	0.19	164.6	6.8
SM11/56-5	0.30630	434.7	3.5	0.0007	0.0014	273.2	2.2	0.7083	0.0061	155.4	2.2
SM11/56-6	0.30254	21710	831	0.0017	0.0006	13645	522	33.40	0.47	146.8	6.1
SM11/56-7	0.05056	20192	175	0.0055	0.0210	12691	110	33.37	0.29	157.6	2.3
SM15/56-1	0.05053	9149	118	0.0145	0.0063	5750	74	15.16	0.13	158.0	2.7
SM15/56-2	0.05306	5529	42	0.0145	0.0118	3475	27	9.10	0.08	156.9	2.2
SM15/56-3	0.05138	1175	13	0.0099	0.0137	739	8	1.91	0.02	155.0	2.6
SM15/56-4	0.05072	2417	18	0.0121	0.0062	1519	11	3.94	0.03	155.5	2.2
SM15/56-5	0.05046	10623	100	0.0162	0.0066	6677	63	17.50	0.14	157.1	2.3
SM15/56-6	0.05022	8635	72	0.0063	0.0100	5428	45	14.28	0.12	157.8	2.3
SM15/56-7	0.05262	11919	116	0.0124	0.0128	7492	73	19.52	0.16	156.2	2.4
SM19/56-1	0.05357	1128	13	0.0058	0.0073	709.1	7.9	1.838	0.018	155.4	2.6
SM19/56-2	0.05118	589	8	0.0024	0.0057	370.5	5.3	0.956	0.009	154.7	2.9
SM19/56-3	0.05062	12426	113	0.0017	0.0057	7810	71	20.44	0.19	156.9	2.4
SM19/56-4	0.05110	17430	160	0.0040	0.0053	10955	101	28.91	0.23	158.2	2.3
SM19/56-5	0.05078	4659	39	0.0041	0.0074	2928	24	7.674	0.065	157.1	2.2
SM19/56-6	0.05191	1307	10	0.0023	0.0093	821.5	6.2	2.137	0.021	155.9	2.3

注: 测试单位为国家地质实验测试中心, 2009.

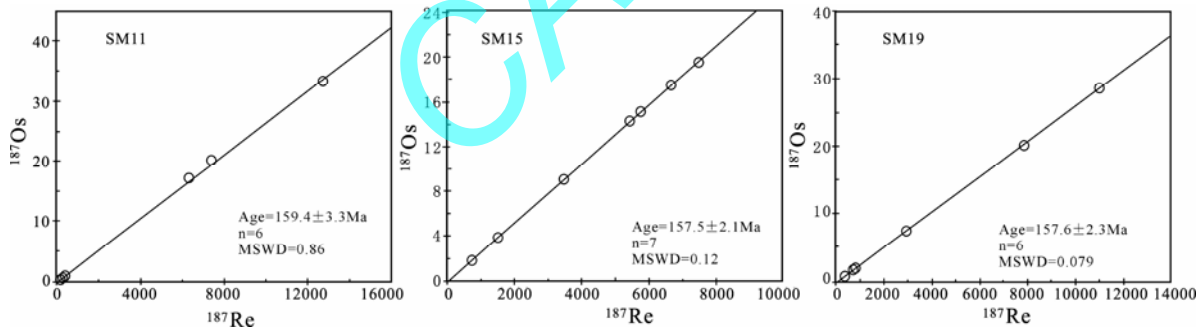


图 6 黄沙坪辉钼矿 Re-Os 同位素等时线(其中 SM11 样品中的 SM11/56-6 号样未参加等时线年龄计算)
Fig. 6 Re-Os isotope concordia diagram of molybdenite from the Huangshaping ore district

间差异的, 故辉钼矿 Re-Os 同位素年龄仅能代表矽卡岩型钨锡钼铋矿的形成年龄, 不能代表黄沙坪铅锌多金属矿形成的年龄。

4 讨论与结论

4.1 成岩成矿年龄问题

前人对本区的成岩年龄研究较多, 如童潜明等(1986)测得石英斑岩 K-Ar 年龄为 125.2 Ma 和 146.1 Ma, 花岗斑岩中的长石 K-Ar 年龄为 118.4 Ma; 有色 238 队测得花岗斑岩中黑云母的 K-Ar 年龄为 163 Ma(湖南冶金 238 队, 1977); 中国有色矿产地质研究

院采用全岩 Rb-Sr 法获得石英斑岩的形成年龄为 149.7 Ma; 杨世义等(1986)获得花岗斑岩全岩 Rb-Sr 年龄为 134 ± 3 Ma; 谷俐(1997)的花岗斑岩形成年龄为 162~165 Ma(没有注明测定矿物及测定方法); 姚军明等(2005)采用 LA-ICPMS 锆石 U-Pb 法, 获得了花岗斑岩的侵位年龄为 162 Ma。区内同一岩性其测定数据相差较大, 其原因可能与研究者选择的定年方法对样品的适用性、样品的代表性及早期仪器测定精度及实验条件等诸多因素有关。如全岩 K-Ar 法测年很难获得燕山期前花岗岩类的精确定年数据, 传统的锆石 U-Pb 定年法也无法排除源区继承锆石

对年龄测定结果的影响(陈富文等, 2008)。前人对花岗斑岩的精确定年开展了工作, 本次对石英斑岩采用锆石 SHRIMP U-Pb 精确定年, 获得其侵位的等时线年龄为 152 ± 3 Ma, 平均模式年龄为 151.5 ± 2.8 Ma。虽然在结晶或固结后受到后期地质事件的扰动, 但基本上年龄值是可靠的, 因此可以作为石英斑岩的精确年龄值。

本矿床的成矿时代研究也不少, 谷俐(1997)获得的矽卡岩中金云母为 153~157 Ma、磁铁矿为 150~160 Ma 和方铅矿的年龄 90~170 Ma(均没有提供测试原始数据及测试方法); 马丽艳等(2007)测得的 20 中段矽卡岩型矿石中辉钼矿成矿的等时线年龄 153.8 ± 4.8 Ma; 毛景文等(2007)测得的辉钼矿 Re-Os 模式年龄为 157.5 ± 2.1 Ma~ 159.4 ± 3.3 Ma; 姚军明(2007)测得的辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 154.8 ± 1.9 Ma; 本次对矿区内 56 中段矽卡岩型钨锡多金属矿中的辉钼矿 Re-Os 同位素定年, 获得三组等时线成矿年龄为 159.4 ± 3.3 Ma, 157.5 ± 2.1 Ma, 157.6 ± 2.3 Ma。

以上可以看出, 如果将测年结果的误差考虑进去, 前人测得的矽卡岩型钨锡多金属矿床中辉钼矿的年龄为 149~162.7 Ma, 本次测得的辉钼矿成矿年龄为 155.3~162.7 Ma, 两者的成矿年龄值很吻合。同样考虑测定结果误差, 本次石英斑岩的等时线年龄为 149~155 Ma, 平均模式年龄为 148.7~154.3 Ma, 姚军明等(2005)测得花岗斑岩的侵位年龄为 162 Ma, 它们均与辉钼矿的形成年龄相近, 在误差范围内基本一致, 说明辉钼矿与石英斑岩、花岗斑岩在时间、空间上能很好耦合, 矽卡岩型钨锡钼铋多金属矿与两类斑岩具有成因上的联系。

4.2 成矿物质来源

辉钼矿中的 Re 含量可以作为指示成矿物质来源的参考。Mao et al. (1999)在综合分析、对比中国各种类型钼矿床中辉钼矿的铼含量后, 总结认为从地幔到壳幔混合再到地壳, 矿石中的铼含量呈数量级下降, 从与幔源、I型至S型花岗岩有关的矿床, Re 的含量从 $n \times 10^{-4}$ $n \times 10^{-5}$ $n \times 10^{-6}$ 变化。刘逸群等(1991)认为, 与深源火成物质有联系的矿床中辉钼矿含铼量比较高, 而与浅源沉积物有成生联系的矿床中辉钼矿含铼量比较低, 但同时强调与成岩成矿机制有关。本次研究中获得矽卡岩型钨锡多金属矿体中辉钼矿的 Re 含量为 0.4347×10^{-6} ~ 20.192×10^{-6} , 平均为 7.6125×10^{-6} , 与马丽艳(2006)测得 20 中段矽卡岩多金属矿中辉钼矿 Re 含量(3.107~46.826) $\times 10^{-6}$ 、姚军明(2007)测得辉钼矿 Re 含量(0.46~7.02) \times

10^{-6} (没有注明采样的具体位置)基本一致。该含量级别相当于 Mao et al.(1999)所总结的壳源级。因此我们认为黄沙坪矿成矿物质主要来源于地壳, 这一观点与前人(童潜明等, 1986; 杨世义等, 1986; 钟正春, 1996; 姚军明等, 2005)提出的黄沙坪花岗斑岩属于 S 型花岗岩, 成岩物质来源于地壳物质部分熔融的观点吻合。

黄沙坪矽卡岩型钨锡多金属矿体中辉钼矿的 Re 含量与柿竹园钨锡多金属矿辉钼矿的 Re 含量相近(Re 含量 1.04×10^{-6} ~ 1.34×10^{-6} , 李红艳等, 1996; 毛景文等, 2004), 说明它们的成矿物质来源相似。黄沙坪辉钼矿中的 Re 含量远低于与花岗闪长斑岩有关的宝山铜钼多金属矿中辉钼矿的 Re 含量(95.2 ~ 338.6×10^{-6} , 平均为 190.2×10^{-6} , 据路远发等, 2006), 说明两个相邻矿床的成矿物质来源是有明显差异的, 其中宝山多金属矿的成矿物质有相当数量的地幔物质加入。另外, 从成岩成矿年龄来看, 石英斑岩与矽卡岩型钨锡多金属矿在时间和空间上耦合较好, 故黄沙坪矿床的成矿物质来源并不象以前认为的主要来源于花岗斑岩, 石英斑岩的成矿物质只是被动的淋溶析出, 研究证明石英斑岩与矽卡岩型钨锡多金属矿的形成具有成因联系。

4.3 结论

本次研究, 通过对石英斑岩中锆石 U-Pb 年龄测定, 确定该岩体的侵位年龄为 152 ± 3 Ma; 矽卡岩型钨锡钼矿体中三组辉钼矿 Re-Os 同位素年龄分别为 159.4 ± 3.3 Ma, 157.5 ± 2.1 Ma, 157.6 ± 2.3 Ma, 说明石英斑岩与矽卡岩型钨锡多金属矿床在时间和空间耦合较好, 它们均属于燕山早期大规模成岩成矿的产物, 研究结果也为成岩成矿多阶段的厘定提供了重要依据。

黄沙坪铅锌多金属矿, 矿种较复杂, 成矿类型多, 虽然前人和本文对花岗斑岩、石英斑岩、辉钼矿等进行了成岩年龄、成矿年龄的测定工作, 获得的成果进一步厘定了该区的多期多阶段的成矿作用, 但是随着地质找矿工作往矿区的深部和边部的开展, 更多的地质现象的揭露为研究矿区的成岩和成矿作用提出了新的问题, 一个非常值得进一步工作和关注的问题是, 在危机矿山接替资源勘查项目工作中, 在地表 1000 m 以下揭露到了隐伏的微细粒斑状花岗岩, 在本区是一个新的发现, 该花岗岩的成岩年龄、与成矿的关系如何? 该花岗岩体与目前矿区浅部的花岗斑岩、石英斑岩体关系怎样? 它对本矿区如此大规模的成矿作用有什么贡献? 因此, 本区内各类岩浆岩与成矿的关系, 还有待于更进一步的成

岩、成矿同位素年代学的研究。

致谢: 锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测定得到北京离子探针中心杨之青工程师及黄沙坪矿的帮助, 审稿人提出了宝贵的修改意见, 在此表示衷心的感谢。

参考文献:

- 陈富文, 李华芹, 梅玉萍. 2008. 广西龙头山斑岩型金矿成岩成矿锆石 SHRIMP U-Pb 年代学研究[J]. 地质学报, 82(7): 921-926.
- 杜安道, 何红蓼, 殷宁万, 邹晓秋, 孙亚利, 孙德忠, 陈少珍, 屈文俊. 1996. 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.
- 谷俐. 1997. 黄沙坪铅锌多金属矿床的成因分析[J]. 湖南地质, 16(4): 234-238.
- 湖南冶金 238 队. 1977. 湖南骑田岭地区内生铁铜多金属矿成矿条件及找矿方向的认识[R]. 郴州: 湖南冶金 238 队.
- 李红艳, 毛景文, 孙亚利, 邹晓秋, 何红蓼, 杜安道. 1996. 柿竹园钨多金属矿床的 Re-Os 同位素等时线年龄研究[J]. 地质论评, 42(3): 261-267.
- 李逸群, 颜晓钟. 1991. 中国南岭及邻区钨矿床矿物学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1-370
- 路远发, 马丽艳, 屈文俊, 梅玉萍, 陈希清. 2006. 湖南宝山铜-钼多金属矿床成岩成矿的 U-Pb 和 Re-Os 同位素定年研究[J]. 岩石学报, 22(10): 2473-2482.
- 马丽艳, 路远发, 屈文俊, 付建明. 2007. 湖南黄沙坪铅锌矿床的 Re-Os 同位素等时线年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 26(4): 425-431.
- 毛景文, 谢桂青, 李晓峰, 张长青, 梅燕雄. 2004. 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, (11): 45-55.
- 毛景文, 谢桂清, 郭春丽, 陈毓川. 2007. 南岭地区大规模钨钼多金属成矿作用: 成矿时限及地球动力学背景[J]. 岩石学报, 23(1): 2329-2338.
- 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.
- 宋彪, 张玉海, 万渝生. 2002. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论[J]. 地质论评, 48(增刊.): 26-30.
- 童潜明, 姜胜章, 李荣清, 龚茂杨, 王世明, 黄日明. 1986. 湖南黄沙坪铅锌矿床地质特征及成矿规律研究[J]. 湖南地质, 2(增刊): 1-42.
- 童潜明, 伍仁和, 彭季来, 王世明. 1995. 郴桂地区钨锡铅锌金银矿床成矿规律[M]. 北京: 地质出版社, 1-98.
- 王登红, 李华芹, 秦燕, 梅玉萍, 陈郑辉, 屈文俊, 王彦斌, 蔡红, 龚述清, 何晓平. 2009. 湖南瑶岗仙钨矿成岩成矿作用年代学研究[J]. 岩矿测试, 28(3): 201-208.
- 许以明, 龚述清, 江元成, 雷泽恒, 李玉生. 2007. 湖南黄沙坪铅锌矿深边部找矿前景分析[J]. 地质与勘探, 43(1): 38-43.
- 杨世义, 刘后群, 张秀兰, 陈长江. 1986. 湖南宝坪地区两类斑岩及其成矿作用的研究[A]//中国地质科学院宜昌地质矿产研究所, 中国地质科学院矿床地质研究所编. 南岭地质矿产文集(第二集)[C]. 北京: 地质出版社, 157-167.
- 姚军明, 华仁民, 林锦富. 2005. 湘东南黄沙坪花岗岩 LA-ICPMS

锆石 U-Pb 定年及岩石地球化学特征[J]. 岩石学报, 21(3): 688-696.

- 姚军明, 华仁民, 屈文俊, 戚华文, 林锦富, 杜安道. 2007. 湖南黄沙坪铅锌钼多金属矿床辉钼矿的 Re-Os 同位素定年及其意义[J]. 中国科学 D 辑, 37(4): 471-477.
- 钟正春. 1996. 黄沙坪矿区岩浆岩及其控矿特征[J]. 矿产与地质, 10(6): 400-405
- 朱恩静, 王建国, 邱玉民. 1995. 湖南黄沙坪铅锌矿伴生银的赋存状态及分布规律[J]. 有色金属矿产与勘查, 4(2): 89-95.

References:

- CHEN Fu-wen, LI Hua-qin, MEI Yu-ping. 2008. Zircon SHRIMP U-Pb chronology of diagenetic mineralization of the Longtoushan porphyry gold orefield, Gui County, Guangxi[J]. Acta geologica sinica, 82(7): 921-926 (in Chinese with English abstract).
- DU An-dou, HE Hong-liao, YIN Ning-wan, ZOU Xiao-qiu, SUN Ya-li, SUN De-zhong, CHEN Shao-zhen, QU Wen-jun. 1996. A study on the rhenium-osmium geochronometry of molybdenites[J]. Acta geologica sinica, 68(4): 339-347 (in Chinese with English abstract).
- GU Li. 1997. On the genesis of the lead-zinc polymetallic deposit in Huangshaping[J]. Hunan geology, 16(4): 234-238(in Chinese with English abstract).
- Hunan Metallurgy 238 Survey Team. 1977. Mineralization geological condition and prospecting direction of Fe-Cu polymetallic deposits in qitianling region, Hunan[R]. Chenzhou: Hunan metallurgy 238 Survey team.
- J. K. BOHLKEA, J. R. De. LAETER, P. DE. BIEVRE, P. DE. BIEVRE, H. S. PEISERB, K. J. R. ROSMAN, P. D. P. TAYLOR. 2005. Isotopic compositions of the elements[J]. Phys. Chem. Ref. Data, Vol.34, No.1: 57-67.
- LI Hong-yan, MAO Jing-wen, SUN Ya-li, ZOU Xiao-qiu, HE Hong-liao and DU An-dao. 1996. Re-Os isotopic chronology of molybdenites in the Shizhuyuan polymetallic tungsten deposit, Southern Hunan[J]. Geological review, 42(3): 261-267(in Chinese with English abstract).
- LI Yi-qun, YAN Xiao-zhong. 1991. Tungsten deposit mineralogy of Nanling and its adjacent areas in China[M]. Wuhan: China university of geosciences press, 1-370.
- LU Yuan-fa, MA Li-yan, QU Wen-jun, MEI Yu-ping, CHEN Xi-qing. 2006. U-Pb and Re-Os isotope geochronology of Baoshan Cu-Mo polymetallic ore deposit in Hunan province[J]. Acta petrologica sinica, 22(10): 2473-2482(in Chinese with English abstract).
- LUDWIG K R. 2001. Users Manual for Isoplot IEX rev.2.49: A Geochronological toolkit of Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication No. La.1-55.
- MA Li-yan, LU Yuan-fa, QU Wen-jun, FU Jian-ming. 2007. Re-Os isotopic chronology of molybdenites in Huangshaping lead-zinc deposit, southeast Hunan, and its geological implication[J]. Mineral deposits, 26(4): 425-431(in Chinese with English abstract).

- MAO Jing-wen, ZHANG Zhao-chong, ZHANG Zuo-heng and DU An-dou. 1999. Re-Os isotopic dating of molybdenites in the Xiaoliugou W (Mo) deposit in the northern Qilian mountains and its geological significance[J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 163(11-12): 1815-1818.
- MAO Jing-wen, XIE Gui-qing, GUO Chun-li, CHEN Yu-chuan. 2007. Large-scale tungsten-tin mineralization in the Nanling region, South China: metallogenic ages and corresponding geodynamic processes[J]. *Acta petrologica sinica*, 23(10): 2329-2338(in Chinese with English abstract).
- MAO Jing-wen, XIE Gui-qing, LI Xian-feng, ZHANG Chang-qing, MEI Yan-xiong. 2004. Mesozoic large-scale mineralization and multiple lithospheric extension in South China[J]. *Earth science frontiers*, 11: 45-55(in Chinese with English abstract).
- M.E.WIESER. 2006. Atomic weights of the elements 2005(Iupac technical report), *Pure Appl Chem*. Vol.78, No.11; 2051-2006
- QU Wen-jun, DU An-dou. 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)
- SONG Biao, ZHANG Yu-hai, WAN Yu-sheng. 2002. Mount making and procedure of the SHRIMP dating[J]. *Geological review*, 48(Sup): 26-30(in Chinese with English abstract).
- TONG Qian-ming, JIANG Sheng-zhang, LI Rong-qing, GONG Mao-yang, WANG Shi-ming, HUANG Ri-ming. 1986. A study of geological characteristics and ore forming process of the Huangshaping Pb-Zn ore deposit, Hunan[J]. *Hunan geology*, 2(Supp): 1-42 (in Chinese with English abstract).
- TONG Qian-ming, WU Ren-he, PENG Ji-lai, WANG Shi-ming. 1995. Metallogeny of W, Sn, Pb-Zn, Au and Ag deposits in the Chenxian-Guiyang region, south Huang, China[M]. Beijing, Geological publishing house: 1-98(in Chinese with English abstract).
- WANG Deng-hong, LI Huan-qin, QIN Yan, MEI Yu-ping, CHEN Zheng-hui, QU Wen-jun, WANG Yan-bin, CAI Hong, GONG Shu-qing, HE Xiao-ping. 2009. Rock-forming and ore-forming ages of the Yaogangxian tungsten deposit of Hunan Province[J]. *Rock and mineral analysis*, 28(3): 201-208(in Chinese with English abstract).
- XU Yi-ming, GONG Shu-qing, JIANG Yuan-cheng, LEI Ze-heng, LI Yu-sheng. 2007. Hunan Huangshaping lead zinc mine of the deep analysis of the prospects for lead zinc mine resources[J]. *Geology and Prospecting*, 43(1): 38-43(in Chinese with English abstract).
- YANG Shi-yi, LIU Hou-qun, ZHANG Xiu-lan, CHEN Chang-jiang. 1986. A study of two types of porphyry in Baoping district, south Hunan and their mineralization[A]. in: Yichang institute of geology and mineral resources and institute of mineral deposits, Chinese academy of geological sciences, ed. Contributions to geology and mineral resources of the Nanling area(No.2)[C]. Beijing: geol. pub. House, 157-167(in Chinese with English abstract).
- YAO Jun-ming, HUA Ren-min, QU Wen-jun, QI Hua-wen, LIN Jin-fu, DU An-dou. 2007. Re-Os isotope dating of molybdenites in the Huangshaping Pb-Zn-W-Mo polymetallic deposit, Hunan province, South China and its geological significance[J]. *Science in China(D)*, 37(4): 471-477(in Chinese).
- YAO Jun-ming, HUA Ren-min, LIN Jin-fu. 2005. Zircon LA-ICPMS U-Pb dating and geochemical characteristics of Huangshaping granite in southeast Hunan province, China[J]. *Acta petrologica sinica*, 21(3): 688-696(in Chinese with English abstract).
- ZHONG Zheng-chun. 1996. Magma rocks and their ore-controlling characteristics in the Huangshaping mining area[J]. *Mineral resources and geology*, 10(6): 400-405(in Chinese with English abstract).
- ZHU En-jing, WANG Jian-guo, QIU Yu-min. 1995. The distribution regularity and occurrence of the associated silver in the Huangshaping Pb-Zn ore field, Hunan province[J]. *Geological exploration for non-ferrous metals*, 4(2): 89-95(in Chinese with English abstract).