

粤北大宝山矿区徐屋岩体 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义

潘会彬¹, 康志强^{1,2}, 付文春¹

PAN Hui-bin¹, KANG Zhi-qiang^{1,2}, FU Wen-chun¹

1. 桂林理工大学/地球科学学院/广西隐伏金属矿产勘查重点实验室, 广西 桂林 541004;

2. 中国科学院地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002

1. School of Earth Science, Guangxi Key Laboratory of Hidden Metallic Ore Deposits Exploration, Guilin University of Technology, Guilin 541004, Guangxi, China;

2. Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, Guizhou, China

摘要: 徐屋岩体位于粤北大宝山矿区南部, 是区内花岗岩体的重要组成部分。首次采用 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年方法对徐屋岩体进行了年代学研究, 获得其成岩年龄为 $441.2 \pm 4.2 \text{ Ma}$ ($\text{MSWD}=1.02$), 表明其为加里东期岩浆活动的产物。结合前人年龄数据表明, 大宝山矿区存在有加里东期和燕山期 2 次成岩作用和 1 次成矿作用, 且成矿作用与燕山期花岗岩关系密切。

关键词: SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄; 徐屋; 次英安斑岩; 大宝山矿区; 粤北

中图分类号: P597+.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2014)06-0894-06

Pan H B, Kang Z Q, Fu W C. SHRIMP zircon U-Pb ages of Xuwu subdacitic porphyry in the Dabaoshan ore district of northern Guangdong Province and its geological implications. *Geological Bulletin of China*, 2014, 33(6):894-899

Abstract: The Xuwu subdacitic porphyry is located in the south of the Dabaoshan ore district. This paper reports for the first time the SHRIMP zircon U-Pb age of Xuwu dacitic porphyry ($441.2 \pm 4.2 \text{ Ma}$), suggesting Caledonian. Combined with the previous dating results, the authors conclude that there are two rock-forming stages (Caledonian and Yanshanian) and one ore-forming stage (Yanshanian) in the Dabaoshan ore district, with the mineralization mainly related to the Yanshanian intrusions.

Key words: SHRIMP zircon U-Pb ages; Xuwu; subdacitic porphyry; Dabaoshan ore district; northern Guangdong Province

粤北大宝山矿区位于南岭成矿带中段, 是中国南岭地区典型的多金属硫化物矿区, 包括大宝山多金属矿床、大宝山斑岩型钼矿床、船肚夕卡岩型钨钼矿床等。前人对矿床的地球化学、蚀变-矿化特征^[1-3]、成矿物质和成矿流体来源^[4-5]、成矿模式和找矿预测^[6-8]、矿床成因^[9-11]等作了大量的研究。而关于矿区岩浆岩成岩时代的研究则主要集中在大宝山岩体^[2-3,9,12-14]、船肚岩体^[2,15]和丘坝岩体^[15]。结合矿

区成矿年代学研究认为, 成矿作用与燕山期花岗岩体有着密切的关系^[3,16-17]。徐屋岩体位于矿区的南部, 被认为是燕山期花岗岩, 具有一定的成矿潜力, 然而, 截止到目前尚无对其成岩时代数据的报道。笔者采用 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年方法对矿区徐屋岩体的形成时代进行了精确厘定, 对于完善大宝山矿区成岩年代学格架和确定矿区及其外围找矿靶区具有一定的指导意义。

收稿日期: 2013-11-23; 修订日期: 2014-02-17

资助项目: 广西矿冶与环境科学实验中心资助项目(编号: KH2011ZD002)、广西八桂学者项目、广西教育厅项目(编号: 201010LX170)和广西自然科学基金项目(编号: 2012GXNSFBA053132)

作者简介: 潘会彬(1988-), 男, 在读硕士生, 地球化学专业。E-mail: phbin2013@163.com

通讯作者: 康志强(1979-), 男, 副教授, 从事岩石地球化学方面研究。E-mail: zk99201@163.com

1 地质背景

大宝山矿区在构造位置上处于南岭纬向构造带南侧、大东山—贵东东西向构造岩浆带与吴川—四会深大断裂构造带的复合部位。区内广泛出露古生代地层,其中北东部和东部泥盆系—石炭系碳酸盐岩分布最广,北西部和西部寒武系浅变质砂页岩次之,有少量下侏罗统、上白垩统碎屑岩分布,缺失奥陶系和志留系。矿区构造复杂,以断裂为主,主要有近东西向船肚—大宝山断裂,东北—南北向九曲岭断裂和徐屋断裂,以及北北西向的大宝山断裂和丘坝断裂等。区内岩浆活动频繁而强烈,主要发生在中生代,矿区北侧近东西向大东山—贵东花

岗岩带为燕山早期侵位形成,出露面积达数百平方千米,是本区岩浆岩的主体。在岩体中分布有许多中—酸性浅成、超浅成小岩体,如大宝山地区的大宝山、丘坝、岩前、徐屋、凉桥等次英安斑岩,以及大宝山和船肚花岗闪长斑岩等(图 1),这些小岩体多呈岩株、岩墙和岩脉产出^{[9,18-19]①}。

大宝山矿区是一个多矿种、多类型的大型多金属矿区,可划分为 5 种矿床类型:风化淋滤型褐铁矿床、铜铅锌硫化矿床、层状菱铁矿矿床、斑岩型钼矿床和夕卡岩型钼钨矿床。其中褐铁矿床赋存于中泥盆统东岗岭上亚组凝灰岩中,矿体呈层状,直接裸露于地表;铜铅锌多金属矿床赋存在中泥盆统东岗岭下亚组中,矿体总体倾向东,呈多层

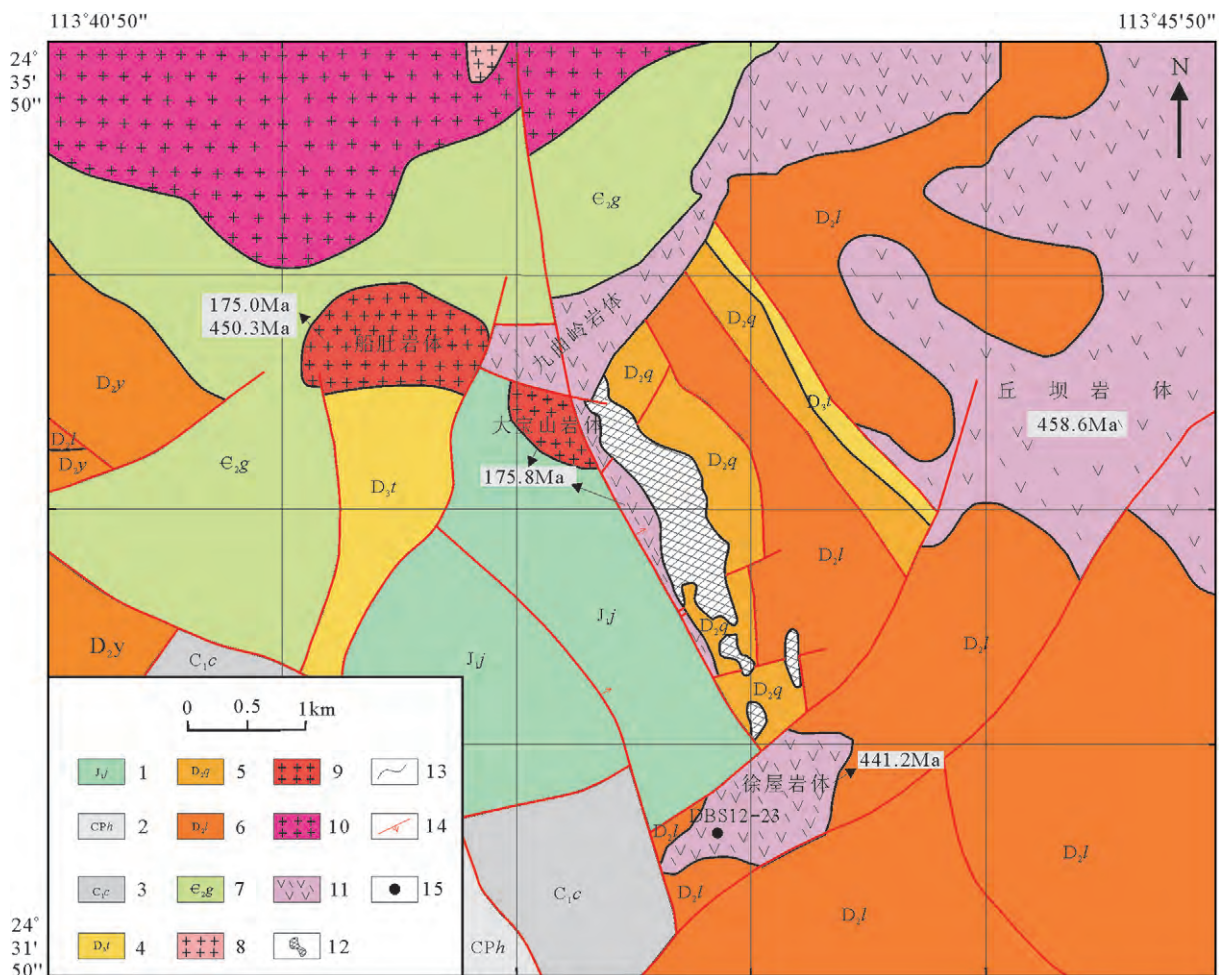


图 1 大宝山矿区区域地质图(据参考文献[3])

Fig. 1 Regional geological map of the Dabaoshan ore district

- 1—下侏罗统金鸡组;2—石炭系壶天组;3—石炭系测水组;4—泥盆系天子岭组;5—泥盆系棋子桥组;
- 6—泥盆系老虎头组;7—寒武系高滩组;8—黑云母钾长花岗岩;9—花岗闪长斑岩;10—黑云母二长花岗岩;11—次英安斑岩;12—铁帽;13—地质界线;14—断层;15—采样位置

状分布;菱铁矿矿床产于上述2类矿床之间的凝灰岩中;斑岩型钼矿床产于船肚和大宝山花岗闪长斑岩体的内外接触带上,大宝山斑岩钼矿体围绕大宝山花岗闪长斑岩体呈环状分布,船肚斑岩钼矿体赋存在船肚花岗闪长斑岩体及北接触带内侧,整个岩体都有矿化;夕卡岩型钼钨矿体主要产于船肚花岗闪长斑岩体南缘与天子岭组灰岩接触交代的石榴子石夕卡岩带中,矿体多呈透镜状,上部花岗闪长斑岩主要呈绢云母化,下部夕卡岩带或大理岩呈硬石膏化、透闪石化、绿泥石化等。

2 样品采集及测试方法

定年样品(DBS12-23)采自大宝山矿区南部的徐屋岩体(图1),岩性为次英安斑岩,岩石蚀变严重,矿物呈一定的定向性(图2)。在选取锆石前,先将岩石样品破碎,用常规的人工淘洗、电磁选及重液选方法处理样品,分离出锆石,然后在双目镜下挑纯。制样时先将锆石样品与标准锆石BR266($^{238}\text{U}=903\times 10^{-6}$, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}=0.09059$, $t=559\text{Ma}$)在玻璃板上用环氧树脂固定,然后将锆石颗粒磨薄抛光,直至锆石内部暴露,并对样品靶上锆石进行透射光、反射光照相和阴极发光图像分析,据此选定锆石微区原位分析的靶位,再进行镀金以备分析。锆石阴极发光分析与成像(CL)在澳大利亚科廷大学成像与应用物理系完成。

SHRIMP 锆石U-Pb 同位素分析在澳大利亚科廷大学 John de Laeter 中心 SHRIMP-II 仪器上完成。样品详细分析流程和测试原理见参考文献[20]。一次离子流(O^-)稳定在2.0nA,离子束直径约

20 μm 。应用锆石标样进行同位素U/Pb比值的校正,年龄计算采用Steiger等^[22]推荐的U、Th衰变常数,普通铅根据实测 $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 进行校正^[22],数据的计算和作图采用Ludwig^[23-24] SQUID 2和Isoplot3.0程序。单个数据点误差均为 1σ ,年龄加权平均值具有95%的置信度,具体分析数据见表1。

3 测试分析结果

大宝山徐屋岩体样品(DBS12-23)中代表性锆石颗粒的阴极发光(CL)图像见图3,锆石大部分呈长柱状,具有明显的振荡环带,锆石的Th/U值介于0.301~0.678之间,均大于0.10,属于岩浆成因的锆石^[25-26]。11个锆石颗粒具有十分相近的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄值,所获年龄数据的加权平均值为 $441.2\pm 4.2\text{Ma}$ (MSWD=1.02)。在 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}-^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 图(图4-a)上,样品投影点均位于谐和线上,且比较集中,表明这些锆石颗粒在形成后U-Pb同位素体系是基本封闭的,未受后期地质热事件的干扰而引起Pb的明显丢失等。因此,上述 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄值可以代表徐屋岩体的形成时代。

4 讨论

4.1 成岩时代

研究区与成矿有关的花岗闪长斑岩和次英安斑岩体的成岩年代学研究可以追溯到20世纪80年代(表2)。刘娟群等^[9]采用K-Ar法获得的大宝山花岗闪长斑岩和次英安斑岩年龄分别为97~101Ma和163~166Ma;蔡锦辉等^[13]采用全岩Rb-Sr等时线法

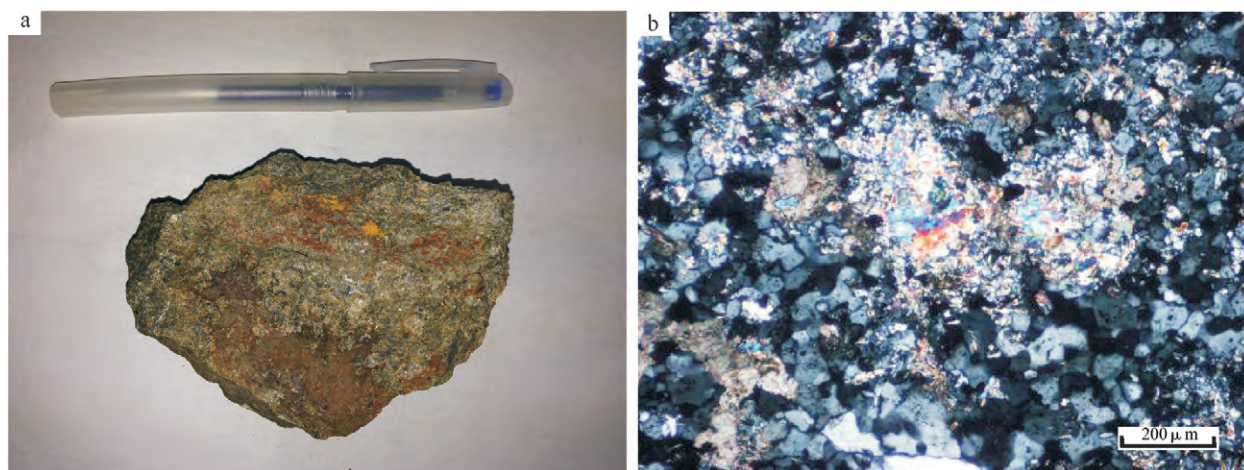


图2 徐屋次英安斑岩体手标本(a)及显微照片(b)

Fig. 2 The hand specimen photo(a) and micrograph(b) of Xuwu subdacitic porphyry

表 1 徐屋次英安斑岩(DBS12-23)SHRIMP 锆石 U-Th-Pb 同位素测试结果

分析 点号	$^{206}\text{Pb}_c$ /%	U/ 10^{-6}	Th/ 10^{-6}	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$ /%	$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	误差	$^{207}\text{Pb}^*/$	误差	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	误差
							1 σ /%	^{235}U	1 σ /%	年龄/Ma	/Ma
04	0.105	603	290	0.497	37.3	0.072	1.5	0.561	2.2	448.6	6.7
05	-0.050	246	101	0.422	14.9	0.071	1.6	0.540	2.9	439.6	6.9
06	-0.053	213	140	0.678	13.0	0.071	1.6	0.571	2.9	442.4	7.0
07	0.223	318	98	0.320	19.4	0.071	1.6	0.546	2.9	443.3	6.8
08	0.081	396	165	0.430	24.3	0.071	1.6	0.553	2.4	444.6	6.7
09	-0.052	249	131	0.542	14.7	0.069	1.8	0.531	3.1	429.5	7.6
10	0.000	640	242	0.390	39.3	0.071	1.5	0.564	2.1	444.8	6.6
11	-0.046	250	106	0.437	15.2	0.071	1.6	0.555	2.8	440.8	6.8
12	-0.311	150	59	0.409	9.3	0.072	1.7	0.581	3.9	451.0	7.4
13	0.667	162	47	0.301	9.5	0.069	2.0	0.532	5.1	425.4	8.3
14	0.086	296	151	0.528	17.8	0.070	1.6	0.521	2.8	436.2	6.7

注:以实测 $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 校正的普通铅; Pb_c 和 Pb^* 分别指普通铅和放射性铅

获得大宝山花岗闪长斑岩年龄为 $155\pm 23\text{Ma}$,次英安斑岩强蚀变岩体年龄为 $195.5\pm 11\text{Ma}$,弱蚀变岩体年龄为 $135.5\pm 5.7\text{Ma}$;裴太昌等^[14]报道的大宝山花岗闪长斑岩和次英安斑岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄分别为 156Ma 和 168Ma 。由于 K-Ar 和 Rb-Sr 同位素体系封闭温度较低,易受后期构造-热事件影响而导致其年龄值偏低,且本区出露岩体均受到不同程度的蚀变,因此上述 K-Ar 和 Rb-Sr 等时线年龄并

不精确。最近,王磊等^[2]采用高精度 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 法对大宝山和船肚花岗闪长斑岩进行分析,定年结果分别为 $175.8\pm 1.5\text{Ma}$ 和 $175.0\pm 1.7\text{Ma}$,并认为两者原本是连为一体的,后期被构造错断,表明大宝山和船肚地区岩浆活动的时限集中在 $163\sim 175\text{Ma}$ 之间,形成于燕山早期。蔡锦辉等^[15]对矿区丘坝次英安斑岩和船肚花岗闪长斑岩进行了单颗粒锆石 LA-ICP-MS 测试,得出其年龄分别为 $419\sim 496\text{Ma}$ 和 $410\sim 489\text{Ma}$,大宝山强蚀变次英安斑岩的测试年龄有 2 组,一组为 $145\sim 168\text{Ma}$,另一组为 $412\sim 420\text{Ma}$,表明矿区存在一期加里东期的岩浆活动。本文首次采用 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年法测得徐屋次英安斑岩体的成岩年龄在 $425\sim 451\text{Ma}$ 之间,该成岩年龄与上述蔡锦辉等^[15]获得的丘坝岩体和船肚岩体在形成时代上一致,均为加里东期形成的岩浆岩,可能为同一时期同源岩浆的产物。以上研究结果表明,该区存在加里东期和燕山期 2 期岩浆活动事件。

4.2 成岩成矿关系

大宝山多金属矿床成矿年代学研究表明,区内与次英安斑岩有密切成因联系的黄铜矿-黄铁矿-铅锌矿床的成矿年龄在 $158\sim 174\text{Ma}$ 之间^[17,27-28];与花岗闪长斑岩有关的斑岩型-夕卡岩型钨钼矿床的成矿年龄在 $161\sim 167\text{Ma}$ 之间^[3,17]。可以看出,该区

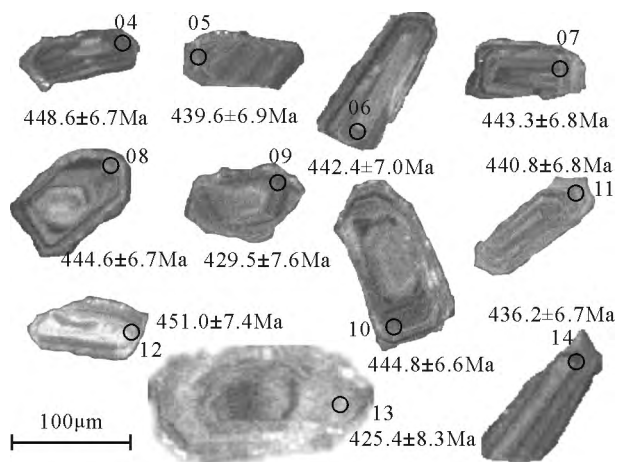


图 3 徐屋次英安斑岩锆石阴极发光图像

Fig. 3 Cathodoluminescence (CL) images of zircons from Xuwu subdacitic porphyry

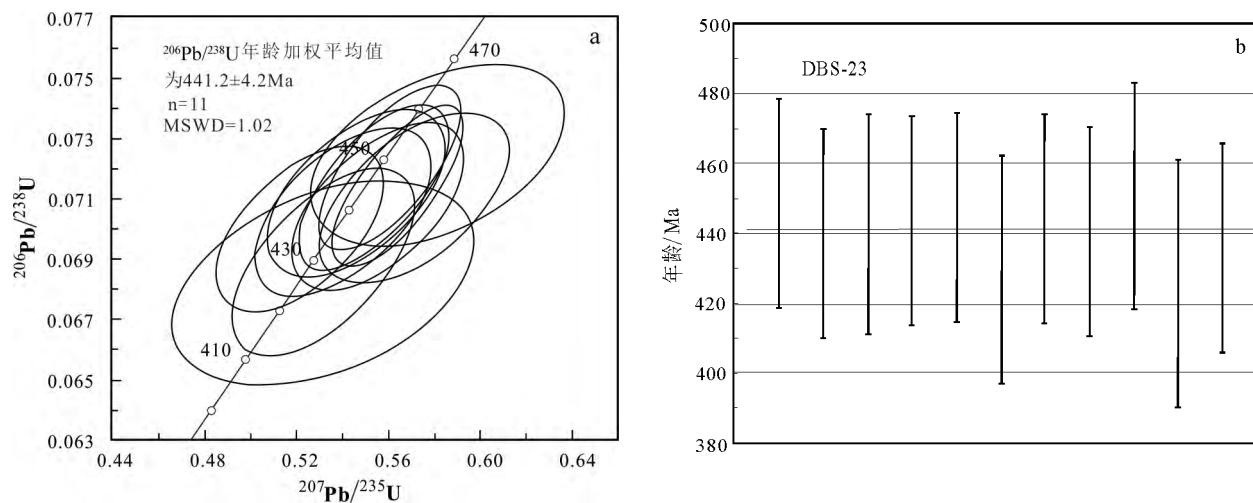


图4 徐屋次英安斑岩(DBS12-23)锆石U-Pb谐和图(a)和 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄图(b)

Fig. 4 Zircon U-Pb concordia diagrams (a) and $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ ages (b) of Xuwu subdacitic porphyry (DBS12-23)

表2 大宝山矿区成岩成矿年龄数据

Table 2 Data of rock-forming and ore-forming ages of the Dabaoshan ore district

岩(矿)体名称	测试矿物	测试方法	年龄/Ma	资料来源
大宝山花岗闪长斑岩	全岩	K-Ar法	97~101	[9]
	全岩	Rb-Sr等时线	155±23	[13]
	含矿石英脉	Rb-Sr等时线	136.3±6.2	
	全岩	Rb-Sr等时线	156.0	[14]
	锆石	LA-ICP-MS U-Pb法	175.8±1.5	[2]
大宝山次英安斑岩	全岩	K-Ar法	163~166	[9]
	锆石	U-Pb稀释法	441±19	[12]
	含矿石英脉	Rb-Sr等时线	168.7±5.7	[13]
	弱蚀变岩	Rb-Sr等时线	135.3±5.7	
	强蚀变岩	Rb-Sr等时线	195.5±11	[14]
	全岩	Rb-Sr等时线	168.0	[14]
	锆石	LA-ICP-MS U-Pb法	174.6±1.5	[3]
强蚀变岩	SHRIMP U-Pb法	(145~168) (412~420)	[15]	
船肚花岗闪长斑岩	锆石	LA-ICP-MS U-Pb法	175.0±1.7	[2]
	锆石	LA-ICP-MS U-Pb法	410~489	[15]
丘坝次英安斑岩	锆石	LA-ICP-MS U-Pb法	419~496	[27]
徐屋次英安斑岩	锆石	SHRIMP U-Pb法	425~451	
钨铋钼矿石	石英	Rb-Sr等时线	136.3±6.2	[28]
铜铅锌矿石	石英	Rb-Sr等时线	168.7±5.7	
似层状铜矿体	辉钼矿	Re-Os模式年龄	164.7±3	[28]
层纹状黄铁矿矿石	黄铁矿	Rb-Sr等时线	168±5	[17]
辉钼矿石英脉矿石	石英	Rb-Sr等时线	164±3	
黄铁矿石英脉矿石	石英	Rb-Sr等时线	162±4	[3]
斑岩型、夕卡岩型钨钼矿体	辉钼矿	Re-Os模式年龄	163~165	

多金属矿成矿年代学数据与燕山期花岗岩形成时代(163~175Ma)基本一致,应为同一次岩浆事件的产物。蔡锦辉等^[15]认为,大宝山矿区在加里东末期存在海底火山活动,这次火山喷发在矿区形成了广泛分布的次英安斑岩,并为该地区带来了大量的成矿物质。因此认为,整个大宝山矿区经历了2次成岩(加里东期和燕山期)和1次成矿作用(燕山期)。这一认识为大宝山矿区及其外围找矿指明了方向,即燕山期岩浆岩与成矿关系密切,而加里东期岩浆岩出露的地区成矿作用则不明显。

5 结论

(1)大宝山矿区徐屋次英安斑岩体SHRIMP 锆石U-Pb年龄为 441.2 ± 4.2 Ma,与矿区丘坝岩体和船肚岩体(早期)的形成时代一致,表明大宝山矿区存在广泛的加里东期岩浆活动。

(2)大宝山矿区成岩成矿年代学研究表明,该区经历了2次成岩和1次成矿作用,且成矿作用主要与燕山期花岗岩相关,因此该区的找矿方向是寻找晚期燕山期的岩浆活动,而早期加里东期岩浆活动成矿较弱。

致谢:野外地质工作得到大宝山矿业有限公司杨富初、高志辉、李春生等领导和技术人员的大力支持和帮助;审稿专家对论文提出了许多建设性的意见,在此一并表示感谢。

参考文献

- [1]魏振伟.广东省大宝山斑岩型钨矿床围岩蚀变特征[J].甘肃科技,2007,23(9):103-104.
- [2]王磊,胡明安,杨振,等.粤北大宝山矿区花岗闪长斑岩LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄及其地质意义[J].中国地质大学学报,2010,35(2):176-185.
- [3]王磊,胡明安,屈文俊,等.粤北大宝山矿区花岗闪长斑岩LA-ICP-MS锆石U-Pb和辉钨矿Re-Os定年及其地质意义[J].中国地质,2012,39(1):29-42.
- [4]宋世明,胡凯,蒋少涌,等.粤北大宝山多金属矿床成矿流体的He-Ar-Pb-S同位素示踪[J].地质找矿论丛,2007,22(2):87-99.
- [5]徐文忻,李薇,陈民扬,等.广东大宝山多金属矿床成矿物质来源同位素证据[J].地球学报,2008,29(6):684-690.
- [6]王联魁,覃慕陶,刘师先,等.吴川一四会断裂带铜金矿控矿条件和成矿预测[M].北京:地质出版社,2001.
- [7]王磊.粤北大宝山钨多金属矿床成矿模式与找矿前景研究[D].武汉:中国地质大学博士学位论文,2010:1-119.
- [8]祝新友,韦昌山,王艳丽,等.广东大宝山钨钼多金属矿床成矿系统与找矿预测[J].矿产勘查,2011,2(6):661-668.
- [9]刘妮群,杨世义,张秀兰,等.粤北大宝山多金属矿床成因的初步探讨[J].地质学报,1985,1:47-60.
- [10]黄书俊.大宝山多金属矿床原生晕理想分带模式[J].矿产与地质,1988,2(3):80-87.
- [11]杨振强.大宝山块状硫化物矿床成因:泥盆纪海底热事件[J].华南地质与矿产,1997,(1):7-17.
- [12]葛朝华,韩发.广东大宝山矿床喷气—沉积成因地球—地球化学特征[M].北京:北京科学技术出版社,1987.
- [13]蔡锦辉,刘家齐.粤北大宝山多金属矿区岩浆岩的成岩时代[J].广东地质,1993,8(2):45-52.
- [14]裴太昌,钟树荣,刘胜,等.粤北大宝山—雪山障地区成矿系列及成矿模式[J].地质找矿论丛,1994,9(3):48-58.
- [15]蔡锦辉,韦昌山,张燕挥,等.广东省大宝山钨多金属矿区岩浆岩成岩时代研究[J].华南地质与矿产,2013,29(2):146-155.
- [16]刘莎,王春龙,黄文婷,等.粤北大宝山斑岩钨钼矿床赋矿岩体锆石LA-ICP-MS U-Pb年龄与矿床形成动力学背景分析[J].大地构造与成矿学,2012,36(3):440-449.
- [17]杜国民,梅玉萍,蔡红,等.粤北大宝山钨钼多金属矿床年代学研究及其意义[J].华南地质与矿产,2012,28(3):227-231.
- [18]庄明正.大宝山多金属矿田矿床类型及成矿作用探讨[J].地质与勘探,1983,8:9-16.
- [19]庄明正.大宝山多金属矿床成矿条件及矿床成因探讨[J].地质与勘探,1986,5:27-31.
- [20]Wingate M T D, Kirkland C L, Bodorkos S. Introduction to geochronology data released in 2010[M]. Geological Survey of Western Australia, Perth 2010.
- [21]Steiger R H, Jäger E. Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology[J]. Earth Planet. Sci. Lett, 1977, 36:359-362.
- [22]Stacey J S, Kramers J D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model[J]. Earth and Planetary Science Letters, 1975, 26: 207-221.
- [23]Ludwig K R. Users Manual for Isoplot/Ex(version2.49): A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel[M]. Berkeley Geochronology Center, 2001, 1: 1-55.
- [24]Ludwig K R. Isoplot 3.00: a geochronological toolkit for Microsoft Excel[M]. Berkeley Geochronology Center Special Publication 4, 2003.
- [25]Williams I S, Buick A, Cartwright I. An extended episode of early Mesoproterozoic metamorphic fluid flow in the Reynold Region, central Australia[J]. J. Metamorphic Geol., 1996, 14: 29-47.
- [26]Pidgeon R T, Nemchin A A, Hitchen G J. Internal structures of zircon from Archaean granites from the Darling Range batholith: implication for zircon stability and the interpretation of zircon U-Pb ages[J]. Contrib. Mineral. Petrol., 1998, 132: 288-299.
- [27]丘广礼,汤吉方,等.粤北大宝山及其外围地区多金属矿床成矿条件及成矿规律[M].湘桂地区铜铅锌隐伏矿床研究(2).北京:地质出版社,1994:11-35.
- [28]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.
- ①黎洲辉,魏振伟,等.广东省韶关市大宝山钨多金属矿接替资源勘查报告.2011.