doi:10.3799/dgkx.2010.018

# 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

王 磊<sup>1,2</sup>, 胡明安<sup>1\*</sup>, 杨 振<sup>1</sup>, 陈开旭<sup>3</sup>, 夏金龙<sup>1</sup>

1. 中国地质大学资源学院, 湖北武汉 430074

2. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 湖北武汉 430074

3. 中国地质调查局宜昌地质矿产研究所, 湖北宜昌 443003

摘要:对粤北大宝山钼钨多金属矿区的花岗闪长斑岩进行了锆石阴极发光显微结构观察和LA-ICP-MS 锆石微区 U-Pb 定年.在锆石阴极发光图像中,两个花岗闪长斑岩样品中的锆石颗粒具有明显的振荡环带,为典型的岩浆锆石.LA-ICP-MS U-Pb定年结果显示:大宝山花岗闪长斑岩样品中具岩浆环带锆石区域 12 个分析点的<sup>206</sup> Pb/<sup>238</sup> U 加权平均年龄为 175.8±1.5 Ma(MSWD=0.037),船肚花岗闪长斑岩样品中具岩浆环带锆石区域 16 个分析点的<sup>206</sup> Pb/<sup>238</sup> U 加权平均年龄为 175.0±1.7 Ma(MSWD=0.41).它们的形成时代约 175 Ma,为燕山早期第 I 阶段(180~170 Ma)产物.本次对大宝山矿区花岗闪长斑岩形成时代的准确厘定,为大宝山和船肚花岗闪长斑岩原本连为一体被后期构造错断的认识提供了新证据,岩体错断部位是矿区 Mo-W 矿进一步勘探的重要方向.结合相关研究表明,其成岩成矿动力学背景与邻区岩体相似,为南岭地区同一期岩石圈伸展一减薄事件的产物.同时启示我们,在南岭地区还存在燕山早期第一阶段(180~170 Ma)利于形成 Mo-W 矿的花岗岩类小岩体未被揭露.

关键词:花岗闪长斑岩;锆石;LA-ICP-MS U-Pb 定年;大宝山矿区。 中图分类号: P597.3;P588.13;P618.65 文章编号: 1000-2383(2010)02-0175-11

**收稿日期**: 2009-02-26

# Geochronology and Its Geological Implications of LA-ICP-MS Zircon U-Pb Dating of Granodiorite Porphyries in Dabaoshan Polymetallic Ore Deposit, North Guangdong Province

WANG Lei<sup>1,2</sup>, HU Ming-an<sup>1\*</sup>, YANG Zhen<sup>1</sup>, CHEN Kai-xu<sup>3</sup>, XIA Jin-long<sup>1</sup>

1. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

3. Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Yichang 443003, China

Abstract: The dating of LA-ICP-MS zircon U-Pb was carried out for granodiorite porphyries at Dabaoshan polymetallic ore deposit in North Guangdong Province. In cathodoluminescence (CL) image, most zircons in two granodiorite porphyry samples exhibit oscillatory zoning, which is typical for magmatic zircon. The dating of LA-ICP-MS zircon U-Pb of two samples shows the results that <sup>12</sup> points of oscillatory zoned domains of Dabaoshan granodiorite porphyry sample yields a group of weighted mean <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U ages at (175.8±1.5)Ma (MSWD=0.037) and <sup>16</sup> points of oscillatory zoned domains of Chuandu granodiorite porphyry yields a group of weighted mean <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U ages at (175.8±1.5)Ma (MSWD=0.037) and <sup>16</sup> points of oscillatory zoned domains of Chuandu granodiorite porphyry yields a group of weighted mean <sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U ages at (175.0±1.7) Ma (MSWD=0.41). So the epoch of granodiorite porphyry emplacement is nearly <sup>175</sup>Ma, belonging to the first stage of the early Yanshanian (180-170 Ma). According to the precise ages we have obtained. Dabaoshan and Chuandu granodiorite porphyries are a whole magamtic rock divided by the post-mineralization fault, and the faulted space is the most important direction for further exploration of Mo-W. The study, together with others, suggests that its geodynamic setting was the same as that of the near magamatic rocks, which formed in the same episode lithosphere extension event in Nanling region. In addition, we conclude that in the first stage of the early

作者简介:王磊(1981-),男,在读博士,矿床学专业.\*通讯作者:胡明安,E-mail: anminghu@tom.com

Yanshanian, some granodiorite porphyries favorable to forming Mo<sup>-</sup>W deposits have been undiscovered in Nanling region. **Key words**: granodiorite porphyry; zircon; LA-ICP-MS U-Pb geochronology; Dabaoshan ore deposit.

大宝山多金属矿床为我国著名的大型矿床之一 (图1).早在解放前,相继有冯景兰、朱庭祜、徐瑞麟 等老一辈地质学家进行过矿床地质的调查.解放后, 随着研究工作的深入,发现了许多新矿床,使本区成 为华南重要的铁、铜、铅、锌、硫矿产资源基地之一 (刘孝善和周顺之,1985).前人对大宝山矿区的矿床 地质、成矿条件、成矿机理、成矿模式等有过研究(刘 孝善和周顺之,1985;刘姤群等,1985;罗年华,1985; 庄明正,1986;葛朝华和韩发,1986,1987;黄书俊等, 1987;汤吉方等,1992;蔡锦辉和刘家齐,1993a;裴太 昌等,1994;何金祥等,1996;宋世明等,2007),并对 该地区的花岗闪长斑岩和次英安斑岩进行了地球化 学和同位素年代学研究(刘姤群等,1985;葛朝华和 韩发,1987;汤吉方等,1992;蔡锦辉和刘家齐, 1993b;裴太昌等,1994).但前人获取的年代学数据 中,花岗闪长斑岩年龄跨度在155~97 Ma之间,次 英安斑岩年龄为195.5~168 Ma和441 Ma.不同的 研究者所获得的年龄并不一致,同一岩性的岩体不 同的测试方法所给出的年龄也不相同,导致无法对 成岩年龄准确限定,制约了对矿床成因、成矿模式的 研究.2008 年笔者借助在大宝山矿区开展危机矿山 接替资源研究的契机,对与 Mo-W 成矿有关的花岗 闪长斑岩进行了LA-ICP-MS 锆石微区 U-Pb 定年, 获得了高精度的年龄数据,并与南岭中段其他相关



图 1 大宝山多金属矿区地质略图(葛朝华和韩发,1987;王建新,2006)

Fig. 1 Sketch geological map of Dabaoshan polymetallic ore deposit

Jı ln.下侏罗统兰塘群;C1 dc.下石炭统大塘阶测水组;D3t.上泥盆统天子岭组;D2 d<sup>b</sup>.中泥盆统东岗岭组上亚组;D2 d<sup>a</sup>.中泥盆统东岗岭组下亚 组:D1-2 gt.中下泥盆统桂头群;€.寒武系;1.砂卡岩型 Mo-W 矿;2.斑岩型钼钨矿带;3.褐铁矿铁帽;4.大宝山向斜;5.压性冲断裂;6.压扭性 断裂;7.扭性断裂;8.地质界线;9.花岗闪长斑岩;10.次英安斑岩 矿床进行了对比,阐述了其地质意义.

#### 1 矿区地质概况

大宝山多金属矿床位于广东省北部、南岭花岗岩 带中段,大地构造位置上位于南岭东西向构造带南 侧、北江北东向断裂与近东西向大东山一贵东构造岩 浆岩带的复合部位(图1).区内构造以断裂为主,主要 有近东西向船肚一大宝山断裂(F1),北东一南北向九 曲岭断裂(F2a, F2b)和徐屋断裂(F3)及北北西向的大 宝山断裂( $F_4$ )和丘坝断裂( $F_5$ ),其中,九曲岭断裂 (F2a)错断船肚一大宝山东西向断裂(F1),并使沿船肚 一大宝山断裂(F1)侵入的花岗闪长斑岩体分成两段 (王殿宝等,2006),即船肚花岗闪长斑岩体和大宝山 花岗闪长斑岩体、矿区出露的地层主要有寒武系浅变 质砂页岩及板岩,中下泥盆统桂头群砂砾岩及砂页 岩,中泥盆统东岗岭组灰岩、上泥盆统天子岭组灰岩 和下侏罗统兰塘群砂页岩 矿区出露的岩浆岩主要为 次英安斑岩和花岗闪长斑岩.其中,与成矿有关的岩 体为大宝山次英安斑岩、大宝山花岗闪长斑岩和船肚 花岗闪长斑岩、大宝山花岗闪长斑岩侵入于次英安斑 岩及侏罗系地层中、次英安斑岩具脱玻结构、斑状结 构和流动构造;主要斑晶矿物为中性斜长石和石英, 具强烈硅化、绢云母化和黄铁矿化.花岗闪长斑岩均 为斑状结构和块状构造;主要由石英、斜长石、钾长石 和黑云母组成,具强烈云英岩化、硅化、绢云母化、黄 铁矿化和辉钼矿化、在副矿物组合上次英安斑岩和花 岗闪长斑岩均有磁铁矿、钛铁矿、锆石、磷灰石和榍石 等(刘姤群等,1985;汤吉方等,1992;蔡锦辉和刘家 齐,1993a,1993b).

前人研究表明(刘姤群等,1985;汤吉方等, 1992),矿区两期岩浆的侵入相应发生了两次成矿作 用·与次英安斑岩有成因联系的黄铜矿一黄铁矿体、 铅锌矿体及菱铁矿体分布在大宝山次英安斑岩墙东 侧东岗岭组中·矿体呈层状、似层状、透镜状和脉状 分布·与花岗闪长斑岩有关的斑岩型一砂卡岩型钼 钨矿体分布在大宝山和船肚花岗闪长斑岩体的内外 接触带(图1)·该矿床围岩蚀变普遍而强烈,空间上 自西向东,从北往南,有逐步减弱的趋势·其蚀变类 型主要有:角岩化、砂卡岩化(包括石榴石、透辉石、 阳起石、透闪石、绿帘石等蚀变)、钾长石化、碳酸盐 化、黑云母化及绢云母化等.

## 2 样品及分析方法

在大宝山 ZK<sup>5404</sup> 钻孔  $69 \sim 74$  m 处和船肚花 岗闪长斑岩与泥盆系天子岭组灰岩接触带附近的岩 体中,本次研究共采集 2 块花岗闪长斑岩样品.样品 编号为 ZK<sup>5404</sup> 和 CD-22(图 1). 锆石分选在中国地 质大学(武汉)选矿实验室完成.在测试之前,在中国 地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室进行 透射、反射光拍照,并利用 JEOL JXA-8100 型电子 探对锆石晶体进行阴极发光(CL)照相.2 个样品中 的锆 石 为半自 形到自 形, 锆石 的长 度 为  $60 \sim$  $200 \mu$ m, 长宽比为 1.5: 1~2.5: 1. CL 图像揭示锆 石存在明显的核一边结构. 锆石边大多具有清楚的 振荡环带, 为典型的岩浆锆石(Crofu et al., 2003; 吴元保和郑永飞, 2004; 吴元保等, 2005), 而核部具 强的发光性, 无明显的结构, 部分依稀可见残留的岩 浆环带(图 2a 中 2.2、13; 图 2b 中 3).

锆石 U-Pb 同位素分析在中国地质大学地质过 程与矿产资源国家重点实验室的 LA-ICP-MS 仪器 上采用标准测定程序进行,详细的实验原理及流程 见参考文献(Yuan et al., 2004). 测试点的选取首 先根据锆石反射光和透射光照片进行初选,再与CL 照片对比,力求避开内部裂隙和包裹体,以获得尽可 能准确的年龄信息(何世平等,2008).在每个样品靶 测试前,先测定1个 NIST 610 标准样,2个 91500 标 准样,  $2 \uparrow GJ$ -1标准样. 每 5 个样品点完成后测试 2 个 91500 标准样,1 个 GJ-1 标准样. 每个样品靶测 试完后, 再测定 2个 91500 标准样, 2个 GJ-1 标准 样,1个 NIST 610 标准样.本次共测试了 28 个 GJ-1 标准样,<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U年龄为 592.6~603.4 Ma. 锆石 年龄采用国际标准锆石 91500 作为外标标准物质, 元素含量采用 NIST 610 作为外标,<sup>29</sup> Si 为内标.测 试结果通过 Macquarie University 的 GLITTER 软 件计算得出,并按照 Andersen(2002)的 ComPbCon #3-151 程序对其进行了普通铅校正,年龄计算及 谐和图采用 Ludwig(2001)的 Isoplot 软件完成.

### 3 结果

笔者对样品 ZK5404 中的 15 颗锆石进行了 18 个点的年龄测定,对样品 CD-22 中的 17 颗锆石进 行了 19 个点的年龄测定,结果列于表 1、表 2 和 图 3.



图 2 花岗闪长斑岩样品 ZK<sup>5404</sup>(a)和 CD<sup>-22</sup>(b)中典型锆石阴极发光(CL)图像 Fig.<sup>2</sup> Typical CL images of zircons with <sup>26</sup>Pb<sup>/28</sup>U ages for granodiorite porphyry samples ZK<sup>5404</sup> (a) and CD<sup>-22</sup> (b) at Dabaoshan ore deposit

样品 ZK5404 中 12 个分析点位于岩浆环带清 楚的锆石区域,这些分析点的 Th 和 U 的含量变化 范围分别为(265.43~633.62)×10<sup>-6</sup>和(829.28~ 1999.39)×10<sup>-6</sup>,对应的 Th/U 比值为 0.18~ 0.34;<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 年龄为 176±3 Ma~175±3 Ma, 加权平均结果为 175.8±1.5 Ma(MSWD=0.037). 该年龄代表了大宝山花岗闪长斑岩的形成年龄.分 析点 2.2、5.1、8.2、10 和 13 位于继承锆石的核部. 除分析点 2.2 具高的 Th 和 U 含量(Th: 505.54× 10<sup>-6</sup>,U:1 228.85×10<sup>-6</sup>)外,其他 4 个分析点 Th 和 U 含量分别为(62.03~121.01)×10<sup>-6</sup> 和 (158.29~500.58)×10<sup>-6</sup>,但它们 Th/U 较高 (0.17~0.76),表观年龄分别为 1 210±79 Ma、 1 615±68 Ma、228±4 Ma、212±4 Ma 和 2 442± 36 Ma.

样品 CD-22 中 16 个分析点位于岩浆环带清楚的错石区域,这些分析点的 Th 和 U 的含量变化范围分别为(81.72~1243.65)×10<sup>-6</sup> 和(128.43~2332.14)×10<sup>-6</sup>,对应的 Th/U 比值为 0.15~0.96;<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 年龄为177±3 Ma~168±4 Ma,加权平均结果为175.0±1.7 Ma(MSWD=0.41).该年龄代表了船肚花岗闪长斑岩的形成年龄.分析点3 和 6 位于继承锆石的核部,Th 和 U 含量分别为

359.81×10<sup>-6</sup>、172.36×10<sup>-6</sup>和 611.61×10<sup>-6</sup>、 267.44×10<sup>-6</sup>,对应的 Th/U 比值分别为 0.59 和 0.64;<sup>206</sup> Pb/<sup>238</sup> U 年龄分别为 397±7 Ma 和 395± 8 Ma.13 号分析点可能打在锆石核边分界处,给出 了 193±4 Ma 的混合年龄,无地质意义.

## 4 讨论与结论

对大宝山花岗闪长斑岩的年龄,刘姤群等 (1985)采用 K-Ar 法测定年龄为  $101 \sim 97$  Ma,蔡锦 辉和刘家齐(1993b)采用全岩 Rb-Sr 等时线法获得 年龄为  $155\pm23$  Ma.但由于 K-Ar 和 Rb-Sr 同位素 体系封闭温度较低,易受后期构造一热事件影响而 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,因此上述年龄并不可信.大宝山矿区成岩 成矿年代数据的不确定性一直制约着对该矿床成岩 成矿过程的研究,而且对于与钼钨成矿作用有关的 船肚花岗闪长斑岩的测年工作,前人更未涉及.笔者 采用 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 法对大宝山和船肚花 岗闪长斑岩定年,结果分别为  $175.8\pm1.5$  Ma (MSWD=0.037)和  $175.0\pm1.7$  Ma(MSWD = 0.41).它们在误差范围内完全一致,形成年龄约 175 Ma,属于燕山早期 I 阶段180~170 Ma产物.

	T1 /T1	∩/u⊺	0.18	0.25	0.39	0.34	0.30	0.17	0.32	0.24	0.32	0.27	0.23	0.29	0.27	0.27	0.20	0.76	0.25	0.62
ы	<sup>238</sup> U	(9-01)	588.95	457.70	288.85	705.71	770.03	500.58	611.08	112.07	999.39	897.17	275.17	579.51	406.21	285.71	813.27	158.29	429.96	829.28
angdong	<sup>32</sup> Th	0_9_0	90.97 1	57.54 1	05.54 1	33.35 1	35.85 1	35.60	23.33 1	55.43 1	33.62 1	03.68 1	52.03	55.83 1	11.18	1.81 1	56.19 1	21.01	58.70 1	10.13
rth Gu	<sup>3</sup> Pb <sup>2</sup>	( <sub>9-</sub> (	76 29	84 35	39 5(	05 58	19 53	22 8	39 52	48 2(	27 63	21 5(	11	95 46	57 11	65 34	83 35	98 12	09 35	58 51
t, No	b <sup>208</sup>	-e) (1(	18 4.	31 5.	16 54.	66 10.	73 9.	98 12.	84 8.	10 4.	04 12.	49 8.	29 1.	59 7.	23 2.	22 5.	43 5.	96 20.	21 7.	93 20.
deposi	207]	(10 <sup>-</sup>	3 10.	9.	1 83.	1 11.	1 11.	5 51.	3 11.	1 7.	5 15.	2 12.	3 2.	5 10.	1 3.	7 8.	7 11.	2 35.	5 10.	9 14.
n ore	$^{206}\mathrm{Pb}$	$(10^{-6})$	184.53	168.7(	910.5	197.5	205.94	471.05	186.23	128.54	230.35	218.92	41.13	180.10	56.5	147.6	207.77	205.92	163.6	243.09
baosha	$^{204}\mathrm{Pb}$	$(10^{-6})$	<1.67	$<\!1.89$	<1.62	<1.17	<2.06	< 1.26	< 1.91	< 2.22	1.53	<1.70	$<\!1.79$	1.85	$<\!1.39$	<1.47	$<\!1.34$	$<\!1.64$	<1.57	<1.35
at Da	<sup>232</sup> Th	10	4	4	15	4	4	20	4	9	ŝ	ч С	~	വ	6	ч С	9	51 .	ŝ	13 -
X5404	$^{208}\mathrm{Pb}/^{2}$	t(Ma)	167	167	989	176	175	1286	164	173	173	167	183	175	237	170	168	1 713	174	412
ple Zl	<sup>238</sup> U	$1\sigma$	3	ŝ	16	ŝ	ŝ	20	ŝ	ŝ	ŝ	ŝ	4	ŝ	4	ŝ	3	29	ŝ	8
ry sam	<sup>206</sup> Pb/	$\iota({\rm Ma})$	176	176	1 000	176	177	$1 \ 308$	176	176	175	176	228	175	212	176	176	1761	175	441
rphy	/ <sup>235</sup> U	$1\sigma$	2	10	23	10	10	24	9	7	6	9	10	9	6	9	9	32	6	14
rite pc	<sup>207</sup> Pb,	t(Ma)	181	180	1068	192	186	$1\ 429$	204	180	190	185	228	188	219	180	177	2095	182	441
nodio	$^{206} \mathrm{Pb}$	$1\sigma$	39	41	79	40	37	68	41	60	122	53	78	49	71	55	57	36	132	54
for gra	$^{207} \mathrm{Pb}/$	$\iota(\mathrm{Ma})$	240	238	$1\ 210$	388	307	1 615	544	225	381	291	233	357	292	224	195	2442	272	442
zircon	<sup>32</sup> Th	lσ	0.0002	0.0002	0.0008	0.0002	0.0002	0.0011	0.0002	0.0003	0.0001	0.0003	0.0004	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	0.0027	0.0001	0.0007
le-grain	$^{208}\mathrm{Pb}/^2$	比值	. 008 3	.0083	. 050 2	. 008 7	. 008 7	. 065 7	. 008 2	. 008 6	. 008 6	. 008 3	. 009 1	. 008 7	.0118	. 008 4	. 008 4	. 0884	. 008 6	. 020 6
ie sing	5	ø	00 5 0	00 5 0	0290	00 5 0	00 5 0	0390	0050	0050	00 5 0	0050	0070	0050	0070	0050	00 5 0	0590	0050	013 0
for th	$b/^{238}$	-	7 0.0	5 0.0	9 0.0	7 0.0	8 0.0	9 0.0	7 0.0	7 0.0	5 0.0	8 0.0	0.0	5 0.0	5 0.0	7 0.0	7 0.0	1 0.0	5 0.0	8 0.0
dating	206 F	比值	0.027	0.027	0.167	0.027	0.027	0.224	0.027	0.027	0.027	0.027	0.036	0.027	0.033	0.027	0.027	0.314	0.027	0.070
otopic	۶U	lσ	. 005 9	0 900	.0658	006 5	0059	096 5	0072	0079	0102	. 007 5	.0125	. 007 4	0113	0074	0076	2472	010 5	0214
Pb is	$^7  \mathrm{Pb}/^{23}$	ład	480.	400	3.9 0.	760.	13 0.	61 0.	31 0.	360	560	9.5 0.	200.	32 0.	0 6 0	34 0.	070	240.	580	450.
of U-	20	比化	0.19	0.19	1.86	0.20	0.20	3.08	0.22	0.19	0.20	0.19	0.25	0.20	0.24	0.19	0.19	6.87	0.19	0.54
Results	<sup>206</sup> Pb	lσ	0.0016	0.0016	0.0032	0.0017	0.0016	0.0036	0.0019	0.0021	0.0029	0.0020	0.0026	0.0020	0.0025	0.0020	0.0020	0.0058	0.0029	0.0022
able 1 I	<sup>207</sup> Pb/:	比值	0.0510	0.0509	0.0805	0.0544	0.0525	0.0995	0.0584	0.0507	0.0542	0.0521	0.0508	0.0537	0.0522	0.0506	0.0500	0.1587	0.0517	0.0557
T	样品编号		ZK5404.1	ZK5404.2.1	ZK5404.2.2	ZK5404.3	ZK5404.4	ZK5404.5.1	ZK5404.5.2	ZK5404.6	ZK5404.7	ZK5404.8.1	ZK5404.8.2	ZK5404.9	ZK5404.10	ZK5404.11	ZK5404.12	ZK5404.13	ZK5404.14	ZK5404.15

表 $_1$ 粤北大宝山多金属矿区花岗闪长斑岩(样品 $_{
m XK5404})$ 单颗粒锆石 $_{
m U-Pb}$ 同位素测定结果

	North Guangdong
表 2 粤北大宝山多金属矿区花岗闪长岩(样品 CD-22)单颗粒锆石 U-Pb 同位素测定结果	2 Results of U-Pb isotopic dating for the single-grain zircon for granodiorite sample CD-22 at Dabaoshan ore deposit,
	Table 2

				)   		0	2	D		D			-	ũ			1		1100000 ALL	0		
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	<sup>207</sup> Pb/	<sup>/206</sup> Pb	$^{207} \mathrm{Pb}$	/ <sup>235</sup> U	<sup>206</sup> Pb,	/ <sup>238</sup> U	$^{208} Pb/$	<sup>232</sup> Th	<sup>207</sup> Pb/2	06 Pb 201	$^7 \mathrm{Pb}/^{230}$	5 U 206	$Pb/^{238}$	$U^{208}P$	b/ <sup>232</sup> Tł	1 <sup>204</sup> Pb	$^{206}\mathrm{Pb}$	$^{207}\mathrm{Pb}$	$^{208}\mathrm{Pb}$	<sup>232</sup> Th	238 U	T1, /T1
	比值	lσ	比值	lσ	比值	lσ	比值	lσ	t(Ma)	$1\sigma t($	Ma) ]	10 t(N	(Ja) 1	σ t(N.	la) 1σ	(10 <sup>-6</sup> )	$(10^{-6})$	$(10^{-6})$	$(10^{-6})$	$(10^{-6})$	$(10^{-6})$	U/U
22.1	0.0631	0.0033	0.2419	0.0125	0.0278	0.0006	0.0085	0.0003	710	75 2	220 ]	10 1	17 4	1 17	2 5	< 1.12	28.13	1.92	3.92	231.55	242.08	0.96
22.2	0.0512	0.0025	0.1939	0.0089	0.0275	0.0005	0.0087	0.0001	249	116 ]	180	8	75 3	3 17	4 3	1.75	195.17	12.54	12.39	610.11	1 684.63	0.36
22.3	0.0572	0.0019	0.5010	0.0163	0.0636	0.0011	0.0196	0.0005	498	42 4	112 ]	11 3;	, 26	7 39	2 10	$<\!1.21$	162.13	10.07	13.94	359.81	611.61	0.59
-22.4	0.0516	0.0025	0.1966	0.0087	0.0276	0.0005	0.0087	0.0001	267	112 j	182	7 1	76 3	3 17	5 3	1.55	136.65	8.40	3.95	181.08	1 178.59	0.15
-22.5	0.0541	0.0027	0.2049	0.0097	0.0274	0.0005	0.0086	0.0001	377	116 j	681	8 1	75	3 17	3 3	2.51	117.48	7.65	6.01	307.37	1 022.55	0.30
-22.6	0.0611	0.0057	0.5323	0.0487	0.0632	0.0013	0.0195	0.0003	641	210 4	133 5	32 35	95 8	3 39	9 0	5.40	75.10	9.10	11.35	172.36	267.44	0.64
-22.7	0.0503	0.0017	0.1924	0.0065	0.0277	0.0005	0.0082	0.0002	209	46 ]	179	6 1	76 3	3 16	4 5	<0.92	122.28	6.72	4.16	258.79	$1 \ 062. \ 08$	0.24
22.8	0.0517	0.0017	0.1978	0.0066	0.0277	0.0005	0.0092	0.0003	274	45 ]	183	6 1	76	3 18	6 5	1.67	170.10	9.62	4.65	256.29	1 478.86	0.17
22.9	0.0504	0.0025	0.1910	0.0086	0.0275	0.0005	0.0087	0.0001	213	114 j	177	7 1	75	3 17	4 3	1.85	200.33	12.20	7.73	376.77	1746.03	0.22
22.10	0.0512	0.0020	0.1957	0.0074	0.0277	0.0005	0.0084	0.0003	252	54 ]	181	6 1	76 3	3 17	0 5	2.07	172.94	9.72	5.98	363.10	1510.25	0.24
22.11	0.0479	0.0018	0.1835	0.0069	0.0278	0.0005	0.0082	0.0003	93	55	171	6 1	277	3 16	4 5	$<\!1.43$	181.74	9.54	6.23	390.86	1582.09	0.25
22.12	0.0519	0.0026	0.1964	0.009.0	0.0274	0.0005	0.0086	0.0001	283	116	182	8	74 :	3 17	3 3	$<\!1.31$	214.37	13.04	7.59	396.42	1 884.74	0.21
22.13	0.0491	0.0019	0.2060	0.0080	0.0304	0.0006	0.0089	0.0003	154	56 ]	061	7 15	93 4	1 17	9 6	$<\!1.43$	211.99	11.44	8.79	507.27	1  689.  70	0.30
22.14.1	0.0531	0.0029	0.2009	0.0103	0.0274	0.0005	0.0086	0.0001	333	127	186	9 1	74 :	3 17	3 3	3.72	266.96	18.50	10.69	441.63	2 330. 23	0.19
22.15	0.0520	0.0060	0.1911	0.0216	0.0267	0.0006	0.0084	0.0002	284	260 ]	178	18 1	70 4	1 16	9 4	8.03	275.11	25.72	32.08	1243.65	2 332. 14	0.53
22.16	0.0567	0.0060	0.2069	0.0215	0.0265	0.0006	0.0082	0.0002	479	242 ]	[ 161	18 1	68	1 16	6 5	9.97	211.78	21.87	15.58	369.56	1 795.95	0.21
22.17	0.0545	0.0066	0.2074	0.0245	0.0276	0.0009	0.0082	0.0006	392	209	3 161	21 1	76 5	5 16	5 12	<2.83	15.11	0.94	1.38	81.72	128.43	0.64
22.14.2	0.0472	0.0035	0.1806	0.0130	0.0277	0.0007	0.0088	0.0006	60	113 j	[ 691	11 1.	76 4	4 17	8 11	<3.80	176.20	9.49	4.67	256.91	1 488. 11	0.17
22.2.2	0.0495	0.0034	0.1891	0.0126	0.0277	0.0007	0.0083	0.0005	173	108 j	176 ]	11 11	76 4	1 16	6 9	2.96	243.94	13.85	14.00	821.31	2 060.96	0.40





图 5 化闪闪式斑石杆面(ZK 5404, CD 22)铝石 U PB 临冲图 Fig. 3 U-Pb concordia diagrams of zircons from granodiorite porphyry samples (ZK 5404, CD-22) at Dabaoshan ore deposit

大宝山和船肚花岗闪长斑岩测年结果的一致性,为 大宝山和船肚花岗闪长斑岩原本连为一体被后期构 造错断的认识提供了新证据.在钼钨成矿作用发生 之后,九曲岭断裂(F2a)将原本连为一体的花岗闪长 斑岩错断为目前情形,船肚岩体基本未发生位移,大 宝山岩体往南滑动.断裂错动很可能将形成的矿体 错断、深埋.因此,我们认为岩体错断部位是矿区 Mo-W 矿进一步勘探的重要方向.大宝山矿区物探 资料显示(广东省大宝山矿业有限公司,2007.广东 省大宝山危机矿山接替资源勘查项目续做申请书), 物化探异常在大宝山矿段的北部及北东部异常并未 圈闭,其北部偏左的异常正对应着断裂错开部位,目 前钻孔中见矿良好的 ZK4602 孔就位于错断位置 附近.

同时,李献华等(2007)对南岭及邻区燕山早期 花岗岩的年龄统计表明,燕山早期第 I 阶段(180~ 170 Ma)的岩浆活动规模较小,花岗闪长质小岩体 仅在湘东南水口山、宝山、江华、江永地区(Wang et al.,2002)和赣东北德兴地区(王强等,2004)出现. 但最近对湘东南小岩体采用锆石 SHRIMP U-Pb 定年表明,水口山花岗闪长岩形成年龄为 $163 \pm 2 \text{ Ma}(\text{MSWD}=0.34)$ (马丽艳等,2006)、铜山岭花 岗闪长岩形成年龄为 $149 \pm 4 \text{ Ma}(\text{MSWD}=1.2)$ (魏 道芳等,2007)、宝山花岗闪长岩形成年龄为 $158 \pm 2 \text{ Ma}(\text{MSWD}=0.26)$ 和 $161 \pm 1 \text{ Ma}(\text{MSWD}=$ 0.66)(伍光英等,2005;路远发等,2006).这些高精 度的年龄数据( $163 \sim 149 \text{ Ma}$ )表明,湘东南地区的 花岗闪长质小岩体并不属于燕山早期第 I 阶段产 物.通过大宝山和湘东南这两个例子,我们可以认 为,南岭地区应还存在燕山早期第 I 阶段花岗质小 岩体未被高精度的同位素年代学数据揭露.

自 20 世纪 90 年代以来,众多学者先后对华南 地区中生代大规模成岩成矿作用背景进行研究与讨 论,目前的主导观点是中生代华南处于岩石圈拆沉 或伸展减薄环境,而且认为在燕山早期便开始伸展 (Chen et al., 2002;陈志刚等,2003;范蔚茗等, 2003;Hua et al., 2003;谢桂青,2003;毛景文等, 2004;华仁民等,2005a,2005b;朱金初等,2005;李献 华等,2007;Li et al., 2007).谢桂青(2003)提出华 南地区的岩石圈伸展主要可以归并为 180~

155 Ma、145~125 Ma 和 110~75 Ma 三个阶段. 范 蔚茗等(2003)认为华南地区至少存在 220 Ma、 175 Ma、150~120 Ma、90~80 Ma 四次明显的岩石 圈伸展减薄事件,且 175~90 Ma 期间陆内岩石圈 伸展减薄作用最强.已有成果表明(徐夕生等,2003; 张敏等,2003;马铁球等,2006;黄会清等,2008),矿 区东北侧贵东杂岩体为印支期(239~235.8 Ma)-燕山期(160~151 Ma)多次岩浆侵入的复式杂岩 体,形成于晚造山至后造山的拉张环境.矿区西侧大 东山岩体主体侵位于 165~159 Ma,为后造山拉张 环境或岩石圈伸展拉张环境下的产物.另外,彭建堂 等(2008)对湘东南地区 W-Sn-Mo 成岩成矿时代统 计结果表明,其成岩成矿时代分布范围为162~ 148 Ma,主要集中在 160~150 Ma 之间,成矿与相 关花岗岩的成岩基本是同时的,或稍晚于花岗岩的 成岩作用,同时认为,南岭中段花岗岩大规模的侵入 和W、Sn 等金属的爆发性成矿均形成于岩石圈伸展 减薄一地壳拉张的构造环境.毛景文等(2004)报道 的大宝山铜矿床层状矿体中单个辉钼矿 Re-Os 模 式年龄为164.7±3 Ma,略早于162 Ma.因此,大宝 山矿区的成岩成矿时代与上述岩体具有一致性或继 承性 据此推测大宝山矿床成岩成矿动力学背景与 上述岩体相似,为同一期岩石圈伸展一减薄事件产 物.同时启示我们,在南岭地区还应存在燕山早期第 — 阶段(180~170 Ma)利于形成 Mo-₩ 矿的花岗岩 类小岩体未被高精度测年方法所揭露.

致谢:广东省大宝山矿业有限公司黄建华副总 经理、邹卫清副总经理和刘聪主任等为本研究的野 外地质工作提供了大力协助;中国地质大学地质过 程与矿产资源国家重点实验室胡兆初副研究员、郑 曙工程师、徐旺春博士、高长贵博士为锆石微区 U-Pb 同位素分析提供了指导和帮助;评审专家对论文 初稿提出了宝贵修改意见,特此致谢!

#### References

- Andersen, T., 2002. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report <sup>204</sup>Pb. Chemical Geology, 192 (1-2):59-79.
- Cai.J.H., Liu, J.Q., 1993a. Research and its application on the inclusions characteristics in the Dabaoshan polymetallic deposit.northern Guangdong. Journal of Mineralogy and Petrology, 13(1):33-40 (in Chinese with English abstract).

Cai, J. H., Liu, J. Q.,  $1993b\cdot$  The age of the magmatic rocks

of Dabaoshan polymetallic ore field in North Guangdong  $\cdot$  Guangdong Geology, 8(2): 45-52 (in Chinese with English abstract).

- Chen, P. R., Hua, R. M., Zhang, B. T., et al., 2002. Early Yanshanian post-orogenic granitoids in the Nanling region-petrological constraints and geodynamic setting. Science in China (Ser. D), 45(8):755-768.
- Chen, Z. G., Li, X. H., Li, W. X., et al., 2003. SHRIMP U-Pb zircon age of the Quannan syenite, southern Jiangxi: constraints on the early Yanshanian tectonic setting of SE China. *Geochimica*, 32(3): 223-229 (in Chinese with English abstract).
- Crofu, F., Hanchar, J. M., Hoskin, P. W., et al., 2003. Atlas of zircon textures. *Reviews Mineral Geochemistry*, 53: 469-495.
- Fan, W. M., Wang, Y. J., Guo, F., et al., 2003. Mesozoic mafic magmatism in Hunar-Jiangxi provinces and the lithospheric extension. Earth Science Frontiers, 10(3): 159-169 (in Chinese with English abstract).
- Ge, C. H., Han, F., 1986. Submarine volcanic hydrothermal sedimentary origin of the Dabaoshan iron and polymetallic sulfide deposit. *Mineral Deposits*, 5(1):1-12 (in Chinese with English abstract).
- Ge, C. H., Han, F., 1987. Submarine volcanic hydrothermal sedimentary origin and geological. geochemical characteristics of the Dabaoshan deposit in Guangdong Province.Beijing Science and Technology Publishing House, Beijing, 1-111 (in Chinese).
- He, J.X., Xu, K.Q., Gu, L.X., 1996. Recognition of different compositional textures of metamorphism-origin pyrrhotites from Mashan and Dabaoshan deposits. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 21(3):305-310 (in Chinese with English abstract).
- He,S.P., Wang, H.L., Chen, J.L., et al., 2008. LA-ICP-MS U-Pb zircon geochronology of basic dikes within Maxianshan rock group in the central Qilian Mountains and its tectonic implications. Earth Science Journal of China University of Geosciences, 33(1):35-45 (in Chinese with English abstract).
- Hua, R. M., Chen, P. R., Zhang, W. L., et al., 2003. Metallogenic systems related to Mesozoic and Cenozoic granitoids in South China. Science in China (Ser. D), 46 (8):816-829.
- Hua, R. M., Chen, P. R., Zhang, W. L., et al., 2005a. Three major metallogenic events in Mesozoic in South China. *Mineral Deposits*, 24(2): 99-107 (in Chinese with English abstract).
- Hua, R. M., Chen, P. R., Zhang, W. L., et al., 2005b. Metal-

logeneses and their geodynamic settings related to Mesozoic granitoids in the Nanling range. Geological Journal of China Universities, 11(3):291-304 (in Chinese with English abstract).

- Huang, H. Q., Li, X. H., Li, W. X., et al., 2008. Age and origin of the Dadongshan granite from the Nanling range:
  SHRIMP U-Pb zircon age, geochemistry and Sr-Nd-Hf isotopes. Geological Journal of China Universities, 14 (3): 317-333 (in Chinese with English abstract).
- Huang, S. J., Zeng, Y. C., Jia, G. X., et al., 1987. On the genesis of Dabaoshan polymetallic deposit in Guangdong Province, China. Geochimica, 1:27-35 (in Chinese with English abstract).
- Li, X. H., Li, W. X., Li, Z. X., 2007. Petrogenesis and tectonic implications of the early Yanshanian granites in the Nanling area, South China. Chinese Science Bulletin, 52(9):981-991 (in Chinese).
- Li, X. H., Li, Z. X., Li, X. W., et al., 2007. U-Pb zircon, geochemical and Sr-Nd-Hf isotopic constraints on age and origin of Jurassic I- and A-type granites from central Guangdong, SE China: a major igneous event in response to foundering of a subducted flat-slab? *Lithos*, 96(1-2):186-204.
- Liu, G. Q., Yang, S. Y., Zhang, X. L., et al., 1985. A preliminary study on the genesis of the Dabaoshan polymetallic deposit in northern Guangdong. *Acta Geologica Sinica*, 1(1):47-60 (in Chinese with English abstract).
- Liu, X. S., Zhou, S. Z., 1985. On the occurrence of Middle Ordovician volcanics and analysis of ore-forming mechanism of siderite polymetallic ore deposit from Dabaoshan, Qujiang County, Guandong Province. Journal of Nanjing University (Natural Sciences), 21(2): 348-360 (in Chinese with English abstract).
- Lu, Y.F., Ma, L.Y., Qu, W.J., et al., 2006. U-Pb and Re-Os isotope geochronology of Baoshan Cu-Mo polymetallic ore deposit in Hunan Province. Acta Petrologica Sinica, 22(10): 2483-2492 (in Chinese with English abstract).
- Ludwig, K. R., 2001. Users manual for Isoplot/Ex (rev.2. 49):a geochronological tool for Microsoft Excel.Berkeley Geochronology Center, Special Publication, 55.
- Luo, N. H., 1985. The geological and geochemical features and the origin of Dabaoshan polymetallic deposit in Guangdong Province. Journal of Guilin College of Geology, 5(2): 183-195 (in Chinese with English abstract).
- Ma, L. Y., Lu, Y. F., Mei, Y. P., et al., 2006. Zircon SHRIMP U-Pb dating of granodiorite from

Shuikoushan ore-field, Hunan Province and its geological significance. Acta Petrologica Sinica, 22 (10): 2475-2482 (in Chinese with English abstract).

- Ma, T·Q·, Bai, D·Y·, Kuang, J·, et al., 2006.<sup>40</sup> Ar<sup>-39</sup> Ar dating and geochemical characteristics of the granites in north Dadongshan pluton, Nanling mountains. *Geochimica*, 35 (4): 333 - 345 (in Chinese with English abstract).
- Mao, J. W., Xie, G. Q., Li, X. F., et al., 2004. Mesozoic large scale mineralization and multiple lithospheric extension in South China. *Earth Science Frontiers*, 11(1):45-55 (in Chinese with English abstract).
- Pei, T. C., Zhong, S. R., Liu, S., et al., 1994. Metallogenic series and model in Dabaoshan-Xueshanzhang area. North Guangdong Province. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 9(3):48-58 (in Chinese with English abstract).
- Peng, J. T., Hu, R. Z., Yuan, S. D., et al., 2008. The time ranges of granitoid emplacement and related nonferrous metallic mineralization in southern Hunan. *Geological Review*, 54(5):617-625 (in Chinese with English abstract).
- Song, S. M., Hu, K., Jiang, S. Y., et al., 2007. The He-Ar-Pb-S isotope tracing on ore-forming fluid in Dabao Hill polymetallic deposit, North Guangdong. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 22(2):87-99 (in Chinese with English abstract).
- Tang, J.F., Liu, J.Q., Fu, T.A., et al., 1992. Ore-forming conditions, the regularites of rock-and ore-control structures for the ploymetallic deposits and prediction for the concealed deposits in Dabaoshan and adjacent regions, northern Guangdong Province.In:contributions to geology and mineral resources of the Nanling area (3). Geological Publishing House, Beijing, 1-67 (in Chinese).
- Wang, D.B., Liang, J.G., Lin, Y., 2006. A study on the genesis of the Dabaoshan Cu-Pb-Zn deposits. Dabaoshan Science &. Technology, 1:10-13 (in Chinese).
- Wang, J. X., 2006. Geological characteristics and ore prospecting orientation of lead zinc polymetallic deposit in South Dabaoshan, Guangdong. *Mineral Resources and Geology*, 20(2):142-146 (in Chinese with English abstract).
- Wang, Q., Zhao, Z. H., Jian, P., et al., 2004. SHRIMP zircon geochronology and Nd-Sr isotopic geochemistry of the Dexing granodiorite porphyries. *Acta Petrologica Sinica*, 20(2): 315-324 (in Chinese with English abstract).
- Wang, Y.J., Fan, W. M., Guo, F., et al., 2002. U-Pb dating

of Early Mesozoic granodioritic intrusions in southeastern Hunan Province, South China and its petrogenetic implications. Science in China (Ser. D), 45(3): 280– 288.

- Wei, D.F., Bao, Z.Y., Fu, J. M., 2007. Geochemical characteristics and zircon SHRIMP U-Pb dating of the Tongshanling granite in Hunan Province, South China. *Geotectonica et Metallogenia*, 31(4):482-489 (in Chinese with English abstract).
- Wu, G. Y., Ma, T. Q., Bai, D. Y., et al., 2005. Petrological and geochemical characteristics of granodioritic crypto-explosion breccia and zircon SHRIMP dating in the Baoshan area, Hunan Province. *Geoscience*, 19 (2): 198 -204 (in Chinese with English abstract).
- Wu, Y.B., Zheng, Y.F., 2004. Genetic mineralogy of zircon and its constraint on the interpretation of U-Pb zircon ages. Chinese Science Bulletin, 49(16):1589-1604 (in Chinese).
- Wu, Y.B., Zheng, Y.F., Gong, B., et al., 2005. Zircon U-Pb ages and oxygen isotope compositions for granite at Xinkailing in the Beihuaiyang zone and their significance. Earth Science – Journal of China University of Geosciences, 30(6): 659-672 (in Chinese with English abstract).
- Xie, G. Q., 2003. Late Mesozoic mafic dikes (body) from southeastern China; geological and geochemical characteristics and its geodynamics—a case of Jiangxi Province (Dissertation). Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, 1—128 (in Chinese with English abstract).
- Xu, X.S., Deng, P., O'Reilly, S.Y., et al., 2003. Single zircon laser ablation ICPMS U-Pb dating of Guidong complex (SE China) and its petrogenetic significance. Chinese Science Bulletin, 48 (12): 1328 - 1334 (in Chinese).
- Yuan, H. L., Gao, S., Liu, X. M., et al., 2004. Accurate U-Pb age and trace element determinations of zircon by laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry. Geostandards and Geoanalytical Research, 28 (3):353-370.
- Zhang, M., Chen, P. R., Zhang, W. L., et al., 2003. Geochemical characteristics and petrogenesis of Dadongshan granite pluton in mid Nanling range. *Geochimica*, 32 (6):529-539 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, J. C., Xie, C. F., Zhang, P. H., et al., 2005. Niumiao and Tongan intrusive bodies of NE Guangxi:petrology, zircon SHRIMP U-Pb geochronology and geochemistry. Acta Petrologica Sinica, 21(3):665-676 (in Chi-

nese with English abstract).

Zhuang, M.Z., 1986. The ore-forming conditions and genesis of Dabaoshan polymetallic deposit. Geology and Prospecting, 5:27-31(in Chinese).

#### 附中文参考文献

- 蔡锦辉,刘家齐,1993a.粤北大宝山多金属矿床矿物包裹体 特征研究及应用.矿物岩石,13(1):33-40.
- 蔡锦辉,刘家齐,1993b.粤北大宝山多金属矿区岩浆岩的成 岩时代.广东地质,8(2):45-52.
- 陈志 刚,李 献 华,李 武 显,等,2003. 赣 南 全 南 正 长 岩 的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其对华南燕山早期构造背 景的制约.地球化学,32(3):223-229.
- 范蔚茗,王岳军,郭峰,等,2003.湘赣地区中生代镁铁质岩浆 作用与岩石圈伸展.地学前缘,10(3):159-169.
- 葛朝华,韩发,1986.大宝山铁一多金属矿床的海相火山热液 沉积成因特征.矿床地质,5(1):1-12.
- 葛朝华,韩发,1987.广东大宝山矿床喷气一沉积成因地质地 球化学特征.北京:北京科学技术出版社,1-111.
- 何金祥,徐克勤,顾连兴,1996.对马山、大宝山变质成因磁黄 铁矿不同组成结构的认识.地球科学——中国地质大 学学报,21(3):305-310.
- 何世平,王洪亮,陈隽璐,等,2008.中祁连马衔山岩群内基性 岩墙群锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学及其构造意义. 地球科学——中国地质大学学报,33(1):35-45.
- 华仁民,陈培荣,张文兰,等,2005a.论华南地区中生代3次 大规模成矿作用.矿床地质,24(2):99-107.
- 华仁民,陈培荣,张文兰,等,2005b.南岭与中生代花岗岩类 有关的成矿作用及其大地构造背景.高校地质学报,11 (3):291-304.
- 黄会清,李献华,李武显,等,2008.南岭大东山花岗岩的形成 时代与成因——SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄、元素和 Sr-Nd-Hf 同位素地球化学、高校地质学报,14(3):317-333.
- 黄书俊,曾永超,贾国相,等,1987.论广东大宝山多金属矿床 的成因.地球化学,1:27-35.
- 李献华,李武显,李正祥,2007.再论南岭燕山早期花岗岩的 成因类型与构造意义.科学通报,52(9):981-991.
- 刘姤群,杨世义,张秀兰,等,1985.粤北大宝山多金属矿床成 因的初步探讨,地质学报,1(1):47-60.
- 刘孝善,周顺之,1985.广东大宝山中泥盆世火山岩与层状菱 铁矿、多金属矿床成矿机制分析,南京大学学报(自然 科学版),21(2):348-360.
- 路远发,马丽艳,屈文俊,等,2006.湖南宝山铜一钼多金属矿 床成岩成矿的 U-Pb 和 Re-Os 同位素定年研究.岩石学 报,22(10):2483-2492.
- 罗年华,1985.广东大宝山多金属矿床地质地球化学特征及 成因探讨.桂林冶金地质学院学报,5(2):183-195.

- 第2期
- 马丽艳,路远发,梅玉萍,等,2006.湖南水口山矿区花岗闪长 岩中的锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义,岩石 学报,22(10):2475-2482.
- 马铁球,柏道远, 邝军,等, 2006. 南岭大东山岩体北部 <sup>40</sup> Ar<sup>/39</sup> Ar定年及地球化学特征. 地球化学, 35(4): 333-345.
- 毛景文,谢桂青,李晓峰,等,2004.华南地区中生代大规模成 矿作用与岩石圈多阶段伸展.地学前缘,11(1):45-55.
- 裴太昌,钟树荣,刘胜,等,1994.粤北大宝山一雪山嶂地区成 矿系列及成矿模式,地质找矿论丛,9(3):48-58.
- 彭建堂,胡瑞忠,袁顺达,等,2008.湘南中生代花岗质岩石成 岩成矿的时限.地质论评,54(5):617-625.
- 宋世明,胡凯,蒋少涌,等,2007.粤北大宝山多金属矿床成矿 流体的 He-Ar-Pb-S 同位素示踪.地质找矿论丛,22 (2):87-99.
- 汤吉方,刘家齐,傅太安,等,1992.粤北大宝山及其外围地区 多金属矿床成矿条件、构造控岩控矿规律及隐伏矿床 预测.见:中国地质科学院宜昌地质矿产研究所编,南 岭地质矿产文集(3).北京:地质出版社,1-67.
- 王殿宝,梁继官,林雁,2006.大宝山多金属矿铜铅锌矿床成 因探讨.大宝山科技,1:10-13.
- 王建新,2006.广东大宝山南部铅一锌多金属矿床地质特征 及找矿方向.矿产与地质,20(2):142-146.
- 王强,赵振华,简平,等,2004.德兴花岗闪长斑岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学和 Nd-Sr 同位素地球化学,岩石学

报,20(2):315—324.

- 魏道芳,鲍征宇,付建明,2007.湖南铜山岭花岗岩体的地球 化学特征及锆石 SHRIMP 定年.大地构造与成矿学, 31(4):482-489.
- 伍光英,马铁球,柏道远,等,2005.湖南宝山花岗闪长质隐爆 角砾岩的岩石学、地球化学特征及锆石 SHRIMP 定 年.现代地质,19(2):198-204.
- 吴元保,郑永飞,2004.锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年 龄解释的制约.科学通报,49(16):1589-1604.
- 吴元保,郑永飞,龚冰,等,2005.北淮阳新开岭地区花岗岩锆石U-Pb年龄和氧同位素组成.地球科学——中国地质大学学报,30(6):659-672.
- 谢桂青,2003.中国东南部晚中生代以来的基性岩脉(体)的 地质地球化学特征及其地球动力学意义初探——以江 西省为例(博士学位论文).贵阳:中国科学院地球化学 研究所,1-128.
- 徐夕生,邓平,O<sup>'</sup>Reilly,S.Y.,等,2003.华南贵东杂岩体单 颗粒锆石激光探针 ICPMS U-Pb 定年及其成岩意义. 科学通报,48(12):1328-1334.
- 张敏,陈培荣,张文兰,等,2003.南岭中段大东山花岗岩体的 地球化学特征和成因.地球化学,32(6):529-539.
- 朱金初,谢才富,张佩华,等,2005.桂东北牛庙闪长岩和同安 石英二长岩:岩石学、锆石 SHRIMP U-Pb 年代学和地 球化学.岩石学报,21(3):665-676.
- 庄明正,1986.大宝山多金属矿床成矿条件及矿床成因探讨. 地质与勘探,5:27-31.