

# 粤中三水盆地构造-岩浆事件与矿集区形成

梁华英<sup>1</sup> 孙卫东<sup>1</sup> 莫济海<sup>1</sup> 胡光黔<sup>1</sup> 曾 提<sup>1</sup> Charlotte M Allen<sup>2</sup>

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640;

2. Research School of Earth Sciences, Australian National University, Canberra, Australia ACT0200)

**摘要:** 粤中三水盆地喜山期银矿化粗面质凝灰岩中锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄 90~3175 Ma。火山岩中锆石主要为其在形成及上升过程中捕获围岩中的碎屑锆石。火山岩中锆石 U-Pb 年龄表明粤中三水盆地基底含太古宙的残余锆石 (2489 Ma±30 Ma, 3175 Ma±38 Ma), 华夏陆块元古宙基底存在与 Grenville 造山运动相对比的构造岩浆事件 (955~1148 Ma) 及在新元古代 (798 Ma±12 Ma, 883 Ma±10 Ma) 发生了较强烈的岩浆活动。粤中三水盆地经历了加里东期构造岩浆事件 (438.0 Ma±6.8 Ma), 之后至少经历了燕山早期 (~160 Ma)、燕山晚期 (98.2 Ma±1.1 Ma) 及喜山期 3 次构造岩浆事件。三水盆地多期次构造岩浆活动与成矿事件有一定的耦合关系, 是控制矿床形成的主要因素。华南褶皱带岩浆活动强烈, 经历新生代成矿作用, 中生代盆地边缘是找矿有利靶区。

**关键词:** 火山岩; 矿集区; 锆石年龄; 华夏地块; 三水盆地

**中图分类号:** P588.14; P597.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2008)06-1121-08

华南褶皱带是中国重要成矿区域, 发育一系列大型、超大型矿床。近年, 粤中三水盆地的找矿工作取得重大突破, 在三水盆地西南缘约 100 多平方千米范围内发现了富湾特大型银矿床、长坑大型金矿床、南蓬山—横江及茶山中型铅锌铜银矿床、迭平小型银矿床及西椎山古近—新近纪火山岩型银矿床等 (图 1)<sup>[1-7]</sup>。三水盆地多被第四纪沉积物覆盖, 因而对矿集区内构造岩浆热事件及其与成矿关系的研究比较薄弱。粤中三水盆地在晚白垩世至始新世火山活动强烈, 主要为玄武岩及粗面岩—流纹岩, 岩浆来自地幔源区<sup>[8]</sup>, 在上升过程中捕获了地壳物质。因此, 通过火山岩捕获锆石系统定年, 可了解三水盆地构造岩浆热事件, 分析矿集区形成条件、基底与盖层矿床形成的关系, 了解粤中地区深部基底的信息, 探讨华夏陆块早期岩浆活动、构造格局及其演化等热点科学问题<sup>[9-10]</sup>。

## 1 地质概况及样品特征

三水盆地属中新生代的断陷盆地, 盆地内火山

岩发育 (图 1), 火山岩主要产于古近系华涌组砂砾岩中。火山岩主要呈层锥状, 火山锥标高 387 m, 面积约 15 km<sup>2</sup>, 主要是角砾集块岩、粗面斑岩、粗面岩、粗面质凝灰岩、粗面质角砾岩及玉髓等。分析样品来自南海丝织厂东侧的含银黄铁矿化粗面质凝灰岩, 地理坐标: 112°59'6"E, 22°56'42"N。含银黄铁矿化粗面质凝灰岩浅灰到深灰色, 风化后为褐黄色。

## 2 分析方法及结果

分析锆石选自约 0.5kg 岩石样品, 样品经破碎、磁选及重液选等选出锆石, 经手选纯后装入环氧树脂中并磨光。用光学显微镜及扫描电镜阴极发光 (CL) 观察选出透明干净、无裂纹以及包裹体不发育的锆石晶体进行测定。锆石 LA-ICP-MS 定年在澳大利亚国立大学地球科学研究院 ICP-MS 实验室完成, 具体分析流程见文献<sup>[11]</sup>。为了减少继承铅、铅丢失等对年龄的影响, 在 <sup>207</sup>Pb/<sup>235</sup>U—<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 图中, 剔除了谐和度低于 95% 的年龄数据<sup>[12]</sup>。分析点的数

收稿日期: 2008-11-08; 改回日期: 2008-11-17

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目 (2007CB411402) 及中国科学院重大项目 (KZCX1-YW-15-3) 资助。

作者简介: 梁华英, 男, 1962 年生, 研究员, 博士生导师, 从事矿床学研究; E-mail: lianghy@gig.ac.cn。

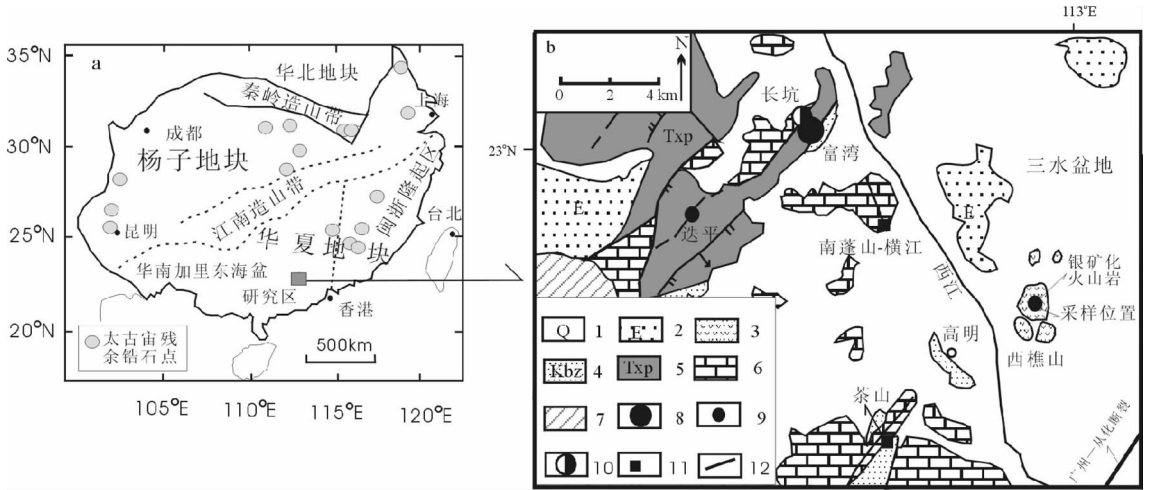


图1 三水盆地的构造位置(a)及地质简图(b)

(图a据参考文献[9, 10]等修改;图b据参考文献[7]修改)

- 1—第四纪沉积物;2—古近纪砾岩;3—新生代火山岩;4—晚白垩世砾岩及碎屑岩;  
5—晚三叠世粉砂岩及泥岩;6—晚泥盆世至早石炭世砂岩及灰岩;7—早古生代粉砂岩及板岩;  
8—超大型银矿床;9—中小型银矿床;10—金矿床;11—铅锌矿床;12—断裂

Fig.1 Simplified maps showing the tectonic location(a)and geology (b)of the Sanshui Basin

- 1-Quaternary sediments;2-Palaeogene conglomerate;3-Cenozoic volcanic rocks;4-late Cretaceous conglomerate and clasts;5-Late Triassic siltstone and mudstone;6-Late Devonian to early Carboniferous limestone;7-Early Paleozoic siltstone and slate;8-Giant silver deposit;9-middle to small size silver deposit;10-Gold deposit;11-Lead-zinc deposit;12-fault

据较多时,为了获得较精确的年龄值,用累积概率统计分析锆石年龄,正态分布数据在累积概率统计图上是一条斜率为正值的直线,分布在直线延伸方向上方者被解释为继承锆石年龄,而分布在直线延伸方向下方的年龄被解释为铅丢失锆石年龄。在累积概率统计图上,呈线状分布的年龄代表锆石主群年龄。锆石  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄小于 1000 Ma 时,采用  $^{208}\text{Pb}$  校正  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄;锆石  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄大于 1000 Ma 时,采用  $^{208}\text{Pb}$  校正  $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$  年龄。锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄和 SHRIMP U-Pb 年龄对比表明,两者的分析精度基本一致<sup>[13]</sup>,精度在 3% 左右。

三水盆地西樵山含银黄铁矿化粗面质凝灰岩锆石年龄结果见表 1 及图 2。从中可以看出:锆石 LA-LCP-MS U-Pb 年龄变化很大,在 90 Ma 至 3175 Ma 之间,其中 2 颗锆石年龄为太古宙 ((2489±30) Ma 和 (3175±38) Ma)、6 颗锆石年龄在中新元古代 (798~1214 Ma)、8 颗锆石年龄在 366~449 Ma、1 颗锆石年龄为 160.5 Ma、14 颗锆石年龄在 90~105 Ma。用累积概率统计图分析 7 颗年龄在 366~449

Ma 锆石,把分布于累积概率图计图下方的 366 Ma 年龄看作铅丢失年龄时,其余 6 个点的锆石 U-Pb 年龄:(438.0±6.8) Ma, MSWD=2.53。14 颗锆石年龄在 90~105 Ma, 平均年龄 (98.2±1.8) Ma, MSWD=4.78。把位于累积概率统计图上方的 105.1 Ma 看作继承铅,位于累积概率统计图下方的 90.7 Ma 看作是铅丢失年龄,则其余 12 颗锆石分析点年龄为 (98.2±1.1) Ma, MSWD=1.40。

## 3 讨论

### 3.1 锆石特征及成因

含矿火山岩产于古近系华涌组中粗粒石英长石砂岩中,前人获得的三水盆地火山岩 K-Ar 年龄 (43~64 Ma) 表明,其形成时代为喜山期<sup>[14]</sup>。笔者测定含银矿化火山岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄大于 98 Ma, 大于火山岩形成年龄。虽然云母或全岩 Ar 同位素封闭温度低于锆石 U-Pb 体系的封闭温度,但由于火山岩浆快速上升喷发,快速冷却,因此,未受后期地质热事件改造的火山岩 K-Ar 或 Ar-Ar

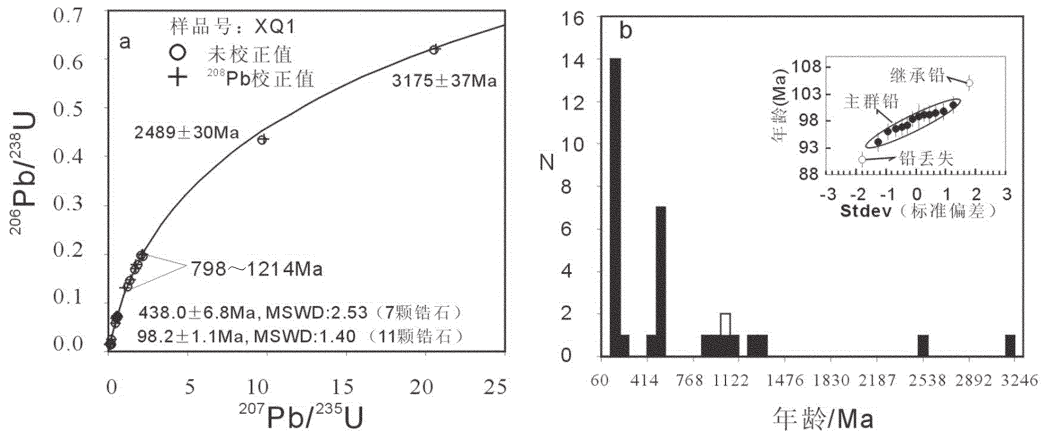


图 2 西樵山含银火山岩锆石 U-Pb 谐和图及锆石年龄分布图  
(图 b 中空格为排除年龄,内插图为累积概率统计图)

Fig.2 Concordia plot and age histogram showing the zircon U-Th-Pb analyses of the Xiquishan silver-bearing volcanic rock in the Sanshui basin. The insert is probability plot

年龄和锆石的 U-Pb 年龄差别不大。笔者测定火山岩中锆石 U-Pb 年龄远大于火山岩锆石 K-Ar 年龄,表明三水盆地西樵山含银矿化粗面质凝灰岩中的锆石主要为碎屑锆石,是火山岩从深部地壳上升过程中俘获围岩的锆石。分析锆石中未发现喜山期年龄的锆石,这可能主要是因为火山岩浆快速上升喷发,形成锆石颗粒较细,在过筛时丢失。岩石中的锆石主要由岩浆结晶及变质作用形成的,变质作用形成的锆石多具低的 Th/U 比值(<0.1)<sup>[15-17]</sup>。西樵山含银矿化粗面质凝灰岩不同 U-Pb 年龄的碎屑锆石 Th/U 值存在一定的差异:太古宙 2 颗锆石分别为 0.32、0.34,中晚元古代锆石为 0.27~1.60、加里东期锆石为 0.19~0.75、燕山期锆石为 0.47~1.01。阴极发光图像显示燕山期锆石韵律环带发育,结合火山岩中碎屑锆石 Th/U 值较大,因此推断火山岩中碎屑锆石应主要是岩浆作用形成的。

### 3.2 太古宙及元古宙碎屑锆石的发现及意义

火山岩中发现了 2 颗谐和年龄分别为(3125±38)Ma 及(2475±30)Ma 的太古宙碎屑锆石(数据点落在谐和线上,谐和度 100%±5%),表明粤中地区深部地壳可能存在太古宙地壳物质。华南主要由扬子板块和华夏陆块组成,目前在扬子板块较多地区发现了太古宙锆石<sup>[9,18-20]</sup>,而华夏陆块则仅在闽浙隆起区的粤东北及闽西北一带发现太古宙锆石(图 1)<sup>[9-10,27-29]</sup>。而在华夏陆块华南加里东海盆中部地区未见太古宙谐和年龄锆

石报道。笔者在粤中三水盆地新生代火山岩中发现太古宙锆石,使华夏陆块太古宙残余锆石的分布范围向南西方向扩大了数百千米,为华夏陆块可能发育太古宙基底提供了新的年龄依据。所分析的 31 颗锆石中,有 6 颗锆石 U-Pb 谐和年龄在 798~1214 Ma(表 1),而其中的 4 颗锆石 U-Pb 年龄(955~1148 Ma),与形成 Rodinia 超大陆的 Grenville 造山运动时间(1.3~1.0 Ga)相近,表明华夏陆块元古宙基底存在与 Grenville 造山运动对比的岩浆构造事件,该事件可能与晋宁期华南的俯冲及华夏陆块与扬子地块的碰撞有关;而其余 2 颗锆石 U-Pb 年龄(798 Ma±12 Ma, 883 Ma±10 Ma)与华南新元古代中期岩浆活动时间(825~797 Ma)<sup>[30-35]</sup>相近,说明三水盆地深部地壳中含新元古代岩浆结晶作用形成的锆石,可能暗示华夏地块在新元古代发生了较强烈的岩浆活动,这值得进一步探讨。

### 3.3 三水盆地构造-岩浆事件与矿集区形成

三水盆地西南缘矿床发育,在超过 100 km<sup>2</sup> 范围内形成了包括 1 个具有超大远景规模的富湾银矿床、1 个大型长坑金矿床、2 个中至大型铜铅锌(金银)多金属矿床(茶山及南蓬山—横江)以及迭平银矿床和西樵山古近—新近纪火山岩型银矿床小型矿床构成的矿集区。由于区内多被古近—新近纪及新生代沉积物覆盖,侵入岩浆岩出露不多,仅见古近—新近纪火山岩。因此,前人对三水盆地西南缘矿集区

表 1 西樵山含银矿化火山岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄分析结果  
Table 1 Zircon LA-ICP-MS U-Pb data for the Xiqiaoshan silver-bearing volcanic rocks

分析号	Pb*/ /10 <sup>-6</sup>	U /10 <sup>-6</sup>	未校正同位素比值						未校正年龄/Ma						208Pb 校正年龄/Ma		注				
			206Pb/238U	1 σ	207Pb/235U	1 σ	207Pb/206Pb	1 σ	206Pb/238U	1 σ	207Pb/235U	1 σ	207Pb/206Pb	1 σ	206Pb/232Th	1 σ		206Pb/238U	1 σ		
xq-1	5.8	35.4	1.10	0.1322	0.0011	1.222	0.033	0.0671	0.0017	0.04287	0.00061	800.2	11.5	810	17	840.0	18	848	12	798	12
xq-2	26.1	1028	0.37	0.02513	0.00008	0.1706	0.0019	0.04923	0.00051	0.00792	0.00006	160.0	2.0	159.9	2.5	159.8	2.5	159.4	1.2	160.5	2.0
xq-3	4.6	252	0.96	0.01524	0.00018	0.1196	0.0049	0.05699	0.0023	0.00516	0.00012	97.5	1.6	114.7	4.7	488	17	104.1	2.5	97.2	1.7
xq-4	4.0	220	1.01	0.01534	0.00014	0.1028	0.0037	0.0486	0.0017	0.00505	0.00008	98.2	1.5	99.3	3.6	125.1	4.4	101.9	1.6	98.3	1.5
xq-5	20.0	1237	0.45	0.01554	0.00007	0.1025	0.0018	0.04783	0.00081	0.00506	0.00005	99.4	1.3	99.1	2.0	93.0	1.9	101.9	1.1	99.5	1.3
xq-6	73.8	371	0.27	0.1977	0.0012	2.078	0.030	0.0762	0.0010	0.0562	0.0013	1163.0	15.5	1141	17	1101	16	1105	25	1167	17
xq-7	38.4	205	0.40	0.17944	0.00071	1.830	0.021	0.07396	0.00081	0.05729	0.00053	1063.9	13.3	1056	15	1041	14	1126.0	9.9	1148	21
xq-8	26.9	384	0.32	0.06979	0.00027	0.5201	0.0072	0.05405	0.00071	0.02167	0.00030	434.9	5.5	425.2	7.0	373.5	6.1	433.3	5.8	435.9	5.5
xq-9	3.7	227	0.57	0.01519	0.00012	0.1137	0.0037	0.0543	0.0017	0.00543	0.00008	97.2	1.4	109.3	3.7	382	11	109.5	1.7	96.5	1.4
xq-10	25.7	388	0.19	0.06850	0.00023	0.5320	0.0058	0.05633	0.00059	0.02181	0.00026	427.1	5.3	433.2	6.5	465.1	6.8	436.1	5.2	427.5	5.3
xq-11	1.6	9.04	0.63	0.1567	0.0026	1.82	0.14	0.0840	0.0062	0.0477	0.00018	938.6	18.5	1051	51	1293	56	941	34	943	19
xq-12	9.5	589	0.23	0.01645	0.00010	0.1088	0.0027	0.0480	0.0011	0.00562	0.00012	105.2	1.4	104.9	2.7	100.8	2.6	113.2	2.3	105.1	1.5
xq-13	17.9	255	0.29	0.07041	0.00032	0.5559	0.0090	0.05726	0.00089	0.02221	0.00025	438.6	5.6	448.9	8.0	501.2	8.6	444.0	4.8	439.3	5.6
xq-14	5.7	339	0.64	0.01536	0.00018	0.0975	0.0050	0.04604	0.00232	0.00463	0.00013	98.3	1.6	94.5	4.8	15.1	0.8	93.4	2.6	99.2	1.7
xq-15	4.6	268	0.85	0.01491	0.00017	0.1007	0.0041	0.04895	0.00194	0.00474	0.00007	95.4	1.6	97.4	4.0	143.9	5.6	95.6	1.5	96.0	1.6
xq-16	3.3	181	0.92	0.01532	0.00017	0.1362	0.0098	0.06451	0.00458	0.00577	0.00024	98.0	1.6	129.7	8.9	758	39	116.3	4.8	96.8	1.7
xq-17	13.8	193	0.40	0.06892	0.00037	0.543	0.010	0.05712	0.00104	0.02459	0.00034	429.7	5.6	440.3	8.6	496.0	9.3	491.0	6.5	426.3	5.7
xq-18	17.1	239	0.30	0.07174	0.00037	0.551	0.011	0.05569	0.00114	0.02274	0.00032	446.6	5.8	445.5	9.3	440.3	9.0	454.5	6.2	447.1	5.8
xq-19	4.4	291	0.55	0.01417	0.00015	0.0995	0.0049	0.05092	0.00246	0.00462	0.00012	90.7	1.5	96.3	4.7	236	11	93.2	2.5	90.7	1.5
xq-20	23.6	1467	0.47	0.01545	0.00009	0.1036	0.0028	0.04865	0.00129	0.00489	0.00007	98.8	1.3	100.1	2.9	129.4	3.6	98.6	1.4	99.2	1.3
xq-21	11.2	158	0.25	0.07186	0.00035	0.5626	0.0099	0.05678	0.00096	0.02175	0.00033	447.4	5.8	453.2	8.4	482.6	8.7	434.9	6.4	448.8	5.8
xq-22	55.6	297	0.66	0.16903	0.00088	1.653	0.021	0.07093	0.00080	0.04983	0.00049	1006	13	991	14	956	13	982.9	9.3	1013	13
xq-23	2.5	143	0.72	0.01526	0.00020	0.186	0.013	0.0885	0.0062	0.00635	0.00024	97.7	1.7	173	12	1392	55	128.0	4.8	94.1	1.8
xq-24	25.5	548	0.34	0.04319	0.00142	9.688	0.047	0.16182	0.00058	0.11721	0.00091	2423	29	2406	29	2475	30	2240.2	15.7	2490	30
xq-25	78.1	493	0.59	0.14598	0.00039	1.3748	0.0090	0.06830	0.00041	0.04353	0.00026	878	11	878	11	878	11	861.3	4.8	883	11
xq-26	2.8	165	0.69	0.01547	0.00016	0.1056	0.0040	0.0495	0.0018	0.00480	0.00009	99.0	1.6	101.9	3.9	170.5	6.1	96.6	1.8	99.7	1.6
xq-27	152	215	0.32	0.1832	0.00212	20.53	0.11	0.2408	0.0010	0.15956	0.00130	3101	38	3117	38	3125	38	2992.3	21.4	3133.1	38
xq-28	2.1	118	0.79	0.01563	0.00016	0.1032	0.0054	0.0479	0.0025	0.00485	0.00011	100.0	1.6	99.7	5.1	95.5	4.8	97.7	2.3	101.0	1.6
xq-29	36.7	567	0.75	0.05763	0.00043	4.612	0.0085	0.05803	0.00098	0.01850	0.00019	361.2	5.14	385.1	7.5	530.8	9.4	370.5	3.8	362.3	5.1
xq-30	25.7	367	0.22	0.07157	0.00035	0.594	0.014	0.0602	0.0014	0.02653	0.00051	445.6	5.7	473	10	610	13	529.2	10.0	443.7	5.8
xq-32	19.7	1173	0.59	0.01558	0.00024	0.122	0.015	0.0570	0.0068	0.00550	0.00044	99.7	1.9	117	13	491	47	110.8	8.8	98.8	2.4
xq-33	46.4	174	1.60	0.19562	0.00104	2.148	0.031	0.0796	0.0011	0.05836	0.00049	1152	15	1164	17	1188	17	1146.4	9.2	1214	33

注: Pb\* 表示放射性成因铅; 年龄大于 1000 Ma 时, 采用 208Pb\* 校正 206Pb/208Pb 年龄。

岩浆作用的认识薄弱。三水盆地新生代火山岩中碎屑锆石定年表明,来自深部地壳火山岩除捕获了前寒武纪(太古宙及元古宙)锆石外,还含有加里东期(~436 Ma)、燕山早期(~160 Ma)、燕山晚期(~98 Ma)的碎屑锆石。笔者获得的加里东期锆石年龄与云开大山加里东期麻粒岩相变质、混合岩化及花岗岩侵入年龄(443±10) Ma<sup>[36,37]</sup>基本一致。结合三水盆地在古近纪—新近纪(43~64 Ma)发生了较强烈的火山活动,认为三水盆地自古生代以来至少经历了 4 次大规模的地质热事件。

粤西地区元古宇基底为一套巨厚(>5000 m)浅变质陆源碎屑岩夹火山碎屑岩、熔岩及热水沉积岩。基底地层中金银含量较高,4 个剖面 488 个样品金平均含量  $5.06 \times 10^{-9}$ ,银平均含量  $349 \times 10^{-9}$ <sup>[38]</sup>。基底地层中金银矿床发育,有特大型河台金矿床、新洲金矿床、大沟谷金矿床以及庞西洞—金山大型银矿床、茶洞银矿床等,表明元古宙基底富集金银等成矿元素,为后期金银矿床形成提供了物质基础。加里东期粤西元古代基底普遍发生了区域变质作用,从而使金从沉积岩中的难活化状态变为易活化状态<sup>[39]</sup>,有利于在后期地质作用过程中被活化及富集成矿。三水盆地加里东期锆石较多,表明三水盆地加里东期构造岩浆事件强烈,可视为三水盆地矿集区形成的有利条件。

三水盆地自加里东运动后经历了燕山早期(~160 Ma)、燕山晚期(~98 Ma)及喜山期(43~64 Ma)构造岩浆热事件。目前,三水盆地矿集区内矿床同位素年龄可粗略地分为 3 个时期:燕山早期,代表性矿床为茶山铅锌(铜)金银矿床,Rb-Sr 等时线年龄(189±6) Ma<sup>[4]</sup>;燕山晚期,代表性矿床为长坑金矿:绢云母 Ar-Ar 年龄为 109~110 Ma<sup>[1]</sup>;喜山期,以富湾银矿床和南蓬山—横江铜铅锌矿床为代表,前者石英 Rb-Sr 等时线年龄(68±6)Ma,石英 Ar-Ar 年龄(64.3±0.1)Ma<sup>[6]</sup>,后者石英 Rb-Sr 等时线 35 Ma,石英 Ar-Ar 年龄 36~39 Ma<sup>[40]</sup>。对比成矿年龄和三水盆地内岩浆热事件同位素年龄,富湾银矿床、南蓬山—横江铜铅锌矿床成矿年龄与三水盆地喜山期火山活动有对应关系。茶山铅锌(铜)金银矿床 Rb-Sr 等时线年龄大于锆石年龄,长坑金矿床绢云母 Ar-Ar 年龄略大于燕山晚期锆石年龄。在分析的 30 多颗锆石中,燕山早期仅有 1 颗锆石,该年龄仅显示该区发生了燕山早期构造岩浆事件,但由于数据较少,其年龄与

岩浆活动主群锆石年龄可能有一定的偏差。长坑金矿床绢云母 Ar-Ar 年龄略大于燕山晚期锆石年龄的可能原因是:(1)三水盆地可能经历 110 Ma 左右构造岩浆热事件,而火山岩在上升过程中没有捕获到该期的锆石;(2)云母类矿物可能含有成矿前云母和成矿时的云母,而长坑金成矿温度低,不足以完全破坏成矿前云母类矿物 Ar 同位素体系而重新计时。事实上,卡林型金矿床之白云母类矿物年龄略大于金成矿年龄的现象常见<sup>[41-42]</sup>。

综上所述,三水盆地多期次构造岩浆事件和成矿有一定的时间耦合关系,表明构造岩浆事件可能加热了循环大气降水或盆地热卤水,使之溶解、迁移基底或赋矿地层中的成矿元素,并在适宜的储矿环境发生沉淀而形成矿床。因此,多期次构造岩浆事件是三水盆地矿集区形成的主要控制因素和主要驱动能量。

三水盆地矿集区位于粤中坳陷三洲晚古生代断陷盆地北西缘<sup>[43]</sup>,中生代三水裂谷盆地南西缘,北东向广州—从化深断裂带、东西向高要—惠来深断裂带及北西向西江大断裂的交汇处。断陷盆地或裂谷盆地都是由拉伸张裂作用形成的,拉伸张裂作用使地壳产生差异沉降活动,边缘受同生断裂控制。盆地边缘同生断裂构造在盆地形成发展过程中长期活动,构成导热、导矿及释放地应力的有利系统<sup>[43]</sup>。早期同生断裂在后期构造热事件中常可复活而成为岩浆热流体的通道。三洲晚古生代断陷盆地边缘同生断裂在中新生代复活、三水中新生代盆地边缘发育的同生断裂加上在富湾矿区交汇的三组深大断裂构造可形成优良的成矿构造连通网,是三水盆地矿集区形成的重要条件。

### 3.4 找矿意义

三水盆地矿床研究表明,华南褶皱带盖层中既发育燕山期成矿,也发育喜山期的成矿,因此,应注意对华南褶皱带喜山期矿床的寻找。三水盆地西南缘矿集区形成与该区经历加里东运动及其后的 3 期构造岩浆事件有关,而盆地边缘同生断裂在矿床形成过程中也起着重要的作用。华南褶皱带中生代岩浆活动强烈,有良好盖层的中新生代盆地边缘具备形成矿床的良好条件,今后工作中应注意在华南褶皱带中—新生代盆地边缘寻找有关矿床。

## 4 结论

(1)粤中地区深部地壳中含有太古宙及中新元

古代残余锆石,华夏陆块基底存在与 Grenville 造山运动相对比的岩浆构造事件,在新元古代发生了较强烈的岩浆活动。

(2)多期次构造岩浆事件是三水盆地矿集区形成的主要控制因素,盆地边缘同生断裂构造在成矿中起着重要的作用。

(3)华南褶皱带既发育燕山期矿床,也发育喜山期矿床,中生代岩浆活动强烈的盆地边缘是重要的找矿靶区。

**致谢:**广东省地质勘查开发局 757 地质大队魏琳和李晓焰在野外工作中给予大量帮助,评审人给予了很多宝贵的修改建议,在此表示感谢!

谨以此文祝贺著名矿床学家胡受奚教授 80 华诞!

## 参考文献 (References):

- [1] 孙晓明, 陈文, 王敏, 等. 微细浸染型金矿激光微区  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  等时年龄测定: 以长坑大型金矿为例 [J]. 科学通报, 2003, 48(12): 1355-1358.  
Sun Xiaomin, Cheng wen, Wang min, et al. Laser probe  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of mica for veinlet and dissemination gold mineralization: implication of the Changkeng large gold deposit[J]. Chinese Science Bulletin, 2003, 48(12):1355-1358(in Chinese with English abstract).
- [2] Sun X M, Norman DI, Sun K, et al.  $\text{N}_2$ -Ar-He systematics and source of ore-forming fluid in Changkeng Au-Ag deposit, central Guangdong, China [J]. Science in China (series D), 1999, 42(5): 474-481.
- [3] Liang H Y, Xia P, Wang X Z, et al. Geology and geochemistry of the adjacent Changkeng gold and Fuwang silver deposits, Guangdong Province, South China[J]. Ore Geology Reviews, 2007, 31:304-318.
- [4] 梁华英, 王秀璋, 程景平. 粤中茶山银金多金属矿床地质特征及形成时代[J]. 地球化学, 2000, 29(6):592-597.  
Liang Huaying, Wang Xiuzhang, Cheng Jingping. Geological characteristics and age of the Chashan silver-gold-bearing polymetallic deposit in central Guangdong Province, China [J]. Geochimica, 2000, 29 (6):592-597 (in Chinese with English abstract).
- [5] 梁华英, 王秀璋. 粤中南蓬山-横江铜多金属矿床地球化学特征及形成分析[J]. 地球化学, 2002, 31(4):354-360.  
Liang Huaying, Wang Xiuzhang. Geochemical features and genesis of Nanpengshan-Hengjinag Cu-polymetallic deposit in central Guangdong Province, China[J]. Geochimica, 2002, 31(4):354-360 (in Chinese with English abstract).
- [6] 梁华英, 喻亨祥, 曾提, 等. 富湾超大型银矿床 Ar-Ar 年龄、铅同位素特征及形成条件分析[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2006, 36(5):767-772.  
Liang Huaying, Yu Hengxiang, Zeng Ti, et al. Studies on the Ar-Ar age, Pb isotope features and the key factors for the formation of the Fuwan superlarge silver deposit in Guangdong Province, China [J]. Journal of Jilin University, 2006, 36 (5):767-772 (in Chinese with English abstract).
- [7] 杜均恩, 马超槐, 魏琳, 等. 广东长坑金、银成矿特征[J]. 广东地质, 1993, 8(3):1-8.  
Du Junen, Ma Chaohuai, Wei Lin, et al. Geological features of Changkeng Au-Ag deposit in Guangdong Province [J]. Geology Guangdong, 1993, 8(3):1-8(in Chinese with English abstract).
- [8] 肖龙, 周海民, 董月霞, 等. 广东三水盆地火山岩: 地球化学特征及成因—兼论火山岩性质的时空演化和南海形成的深部过程[J]. 大地构造与成矿学, 2006, 2:78-81.  
Xiao Long, Zhou Haimin, Dong Yuexia, et al. Geochemistry and petrogenesis of Cenozoic volcanic rocks from Sanshui basin: implications for spatial and temporal variation of rock types and constraints on the formation of south China Sea [J]. Geotectonics et Metallogenia, 2006, 2:78-81.
- [9] 郑永飞, 张少兵. 华南前寒武纪大陆地壳的形成和演化 [J]. 科学通报, 2007, 52(1):1-10.  
Zheng Yongfei, Zhang Shaobing. Formation and evolution of precambrian continental crust in South China [J]. Chinese Science Bulletin, 2007, 52(1):1-12(in Chinese with English abstract).
- [10] 赵风清. 华夏地块前加里东期变质基底的时代构造格架[J]. 前寒武纪研究进展, 1999, 22(2):38-45  
Zhao Fengqing. The chronotectonic framework of precaledonian basements form Cathaysia block [J]. Progress in Precambrian Research, 1999, 22(2):38-45(in Chinese with English abstract).
- [11] Harris A C, Allen C M, Bryan S E, et al. ELA-ICP-MS U-Pb zircon geochronology of regional volcanism hosting the Bajo de la Alumbrera Cu-Au deposit: implications for porphyry-related mineralization[J]. Mineralium Deposita, 2004, 39:46-67.
- [12] Liang H Y, Campbell I H, Allen C M, et al. Zircon age and tectonic model for the Yulong porphyry copper ore belt in eastern Tibet[J]. Mineralium Deposita, 2006, 41:152-159.
- [13] Ballard J R, Palin J M, Williams I S, et al. Two ages of porphyry intrusion resolved for the super-giant Chuquibambilla copper deposit of northern Chile by ELA-ICP-MS and SHRIMP [J]. Geology, 2001, 29:383-386.
- [14] 朱炳泉, 王慧芬, 毛存孝, 等. 广东三水盆地古俯冲带地幔源岩石的年代学与 Nd-Sr-Pb 同位素证据[J]. 地球化学, 1991, (1):27-32.  
Zhu Bingquan, Wang Hui fen, Mao Cunxiao, et al. Chronology and Nd-Sr-Pb isotopic evidences for the rocks from the mantle of ancient subduction zone in the Sansui Basin [J]. Geochimica, 21, 27-31(in Chinese with English abstract).
- [15] 吴元保, 郑永飞. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约[J]. 科学通报, 2004, 49(16):1589-1604.  
Wu Yuanbao, Zheng Yongfei. Genesis of zircon and its constraints on interpretation of U-Pb age [J]. Chinese Science Bulletin, 49

- (16):1589-1640(in Chinese).
- [16] Vavra G, Schmid R, Gebauer D. Internal morphology, habit and U-Th-Pb microanalysis of amphibole to granulite facies zircon: geochronology of the Ivren Zone (Southern Alps) [J]. *Contrib Mineral Petrol*, 1999, 134:380-404.
- [17] 陈道公, Isachsen C, 支霞臣, 等. 安徽潜山片麻岩锆石 U-Pb 年龄[J]. *科学通报*, 2000, 45(2):214-217.  
Chen Daogong, Isachsen C, Zhi Xiachen, et al. Zircon U-Pb ages for gneiss from Qianshan, Anhui [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2000, 45(2):214-217(in Chinese with English abstract).
- [18] Qiu Y M, Gao S, McNaughton N J, et al. First evidence of (3.2 Ga continental crust in the Yangtze craton of South China and its implications for Archean crustal evolution and Phanerozoic tectonics)[J]. *Geology*, 2000, 28:11-14.
- [19] Zhang S B, Zheng Y F, W Y B, et al. Zircon isotope evidence for <3.5 Ga continental crust in the Yangtze craton of China [J]. *Precambrian Res*, 2006, 146:16-34.
- [20] 柳小明, 高山, 凌文黎, 等. 扬子克拉通 35 亿年碎屑锆石的发现及其地质意义[J]. *自然科学进展*, 2005, 15(11):1334-1337.  
Liu XiaoMing, Gao Shan, Ling WenLi, et al. Discovery of 3.5Ga detrital zircons in the Yangtze craton and their geological implication [J]. *Progress in Nature Science*, 2005, 15 (11):1334-1337(in Chinese with English abstract).
- [21] 高山, Qin Y, 凌文黎, 等. 崮岭高级变质岩地体单颗粒锆石 SHRIMP 年代学研究: 扬子克拉通>3.2Ga 陆壳物质的发现[J]. *中国科学*, 2001, 31(1):27-36.  
Gao Shan, Qiu Yumin, Ling Wenli et al. SHRIMP single zircon U-Pb dating of the Kongling high-grade metamorphic terrain: Evidence for >3.2 Ga old continental crust in the Yangtze craton [J]. *Science in China*, 2001, 31(1):27-36(in Chinese).
- [22] Zhang S B, Zheng Y F, W Y B, et al. Zircon U-Pb age and Hf isotope evidence for 3.8 Ga crustal remnant and episodic reworking of Archean crust in South China [J]. *Earth and Planet Sci Lett*, 2006, 252:56-71.
- [23] 张旗, 简平, 刘敦一, 等. 宁芜火山岩的锆石 SHRIMP 定年及其意义[J]. *中国科学*, 2003:309-314.  
Zhang Qi, Jian Ping, Liu Dunyi, et al. SHRIMP dating of volcanic rocks from Ningwu area and its geological implications [J]. *Science in China*, 2003, 33(4):309-314(in Chinese).
- [24] Zheng J P, Griffin W L, O'Reilly S Y, et al. Widespread Archean basement beneath the Yangtze craton[J]. *Geology*, 2006, 34:417-420.
- [25] Compston W, Williams I S, Kirschvink J L, et al. Zircon U-Pb ages for the Early Cambrian time-scale [J]. *J Geol Soc London*, 1992, 149:171-184.
- [26] 陈岳龙, 罗照华, 赵俊香, 等. 从锆石 SHRIMP 年龄及岩石地球化学特征论四川冕宁康定杂岩的成因[J]. *中国科学*, 2004, 34(8):687-697.  
Chen Yuelong, Luo Zhaohua, Zhao Junxiang, et al. Genesis of the Mianning-Kangding complexes from Sichuan Province: evidence from zircon SHRIMP age and geochemical features [J]. *Science in China*, 2004, 34(8):687-697(in Chinese).
- [27] 李献华, 王一先, 赵振华, 等. 闽浙古元古代斜长角闪岩的离子探针锆石 U-Pb 年代学[J]. *地球化学*, 1998, 27(4):327-334.  
Li XianHua, Wang YiXian, Zhao ZhenHua, et al. SHRIMP U-Pb geochronology for amphibolite from the Precambrian basement in SW Zhejiang and NW Fujian Provinces [J]. *Geochimica*, 1998, 27(4):327-334(in Chinese with English abstract).
- [28] 于津海, O'Reilly S Y, 王丽娟, 等. 华夏地块古老物质的发现和前寒武纪地壳的形成[J]. *科学通报*, 2007, 52(1):11-18.  
Yu JinHai, O'Reilly S Y, Wang Lijuan, et al. Discovery of old material from Cathaysian block and its implication for the formation of the Precambrian crust [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2007, 52(1):11-18(in Chinese).
- [29] Li X H. U-Pb zircon ages of granites from the southern margin of the Yangtze Block: timing of Neoproterozoic Jinning orogeny in SE China and implications of for Rodinia assembly[J]. *Precam Res*, 1999, 97:43-57.
- [30] Li X H, Li Z X, Zhou H W, et al. U-Pb zircon geochronology, geochemistry and Nd isotopic of Neoproterozoic bimodal volcanic rocks in the Kangdian rift of South China: implications for the initial rifting of Rodinia[J]. *Precam Res*, 2002, 113:135-154.
- [31] Li Z X, Li X H, Kinny P D, et al. The breakup of Rodinia: Did it start with a mantle plume beneath South China? [J]. *Earth Planet Sci Lett*, 1999, 173:171-181.
- [32] Li X H, Li Z X, Ge W, et al. Neoproterozoic granitoids in South China: crustal melting above a mantle plume at ca. 825 Ma? [J]. *Precam Res*, 2003, 122:45-83.
- [33] Li Z X, Li X H, Kinny P D, et al. Geochronology of Neoproterozoic syn-rift magmatism in the Yangtze Craton, South China and correlations with other continents: Evidence for a mantle superplume that broke up Rodinia [J]. *Precam Res*, 2003, 122:85-109.
- [34] Li W X, Li X H, Li Z X. Neoproterozoic bimodal magmatism in the Cathaysia Block of South China and its tectonic significance [J]. *Precam Res*, 2005, 136:51-66.
- [35] 袁正新, 钟国芳, 谢岩豹, 等. 华南地区加里东造山运动时空分布的新认识[J]. *华南地质与矿产*, 1997, (4):19-25.  
Yuan Zhengxin, Zhong Guofang, Xie Yanbao, et al. A new recognition on space-temporal characteristics of the Caledonian orogeny in South China [J]. *Geology and Mineral Resources of South China*, 1997, (4):19-25(in Chinese with English abstract).
- [36] 王江海, 涂湘林, 孙大中. 粤西云开地块内高州地区深熔混合岩的锆石 U-Pb 年龄[J]. *地球化学*, 1999, 28:231-238.  
Wang Jianghai, Tu Xianglin, Sun Dazhong. U-Pb dating of anatectic migmatites at Gaozhou in the Yunkai Block, western Guangdong, China [J]. *Geochimica*, 1999, 28 (3):231-238 (in Chinese with English abstract).
- [37] 潘家永, 张乾, 张宝贵, 等. 粤西金、银矿床成矿规律探讨[J]. *矿床地质*, 1996, 15(3):257-265.  
Pan Jiayong, Zhang Qian, Zhang Baogui, et al. Metallogenic regularity

- of gold and silver deposits in western Guangdong[J]. *Mineral Deposits*, 1996, 15(3):257-265(in Chinese with English abstract).
- [38] 王秀璋, 程景平, 梁华英, 等. 变质细碎屑岩型金矿床三阶段成矿模式[J]. *矿床地质*, 1995, 14(4):322-328.  
Wang Xiuzhang, Chen Jingping, Liang Huaying, et al. A three-stage metallogenic model for gold deposits in metamorphosed microclastic rocks [J]. *Mineral Deposits*, 1995, 14 (4):322-328(in Chinese with English abstract).
- [39] 王登红, 陈毓川, 李杰维, 等. 广东三水盆地西缘横江铅锌矿床的成矿时代及新生代找铜前景[J]. *矿床地质*, 2006, 25(1):10-17.  
Wang Denghong, Chen Yuchuan, Li Jiwei, et al. Ore-forming epoch of Hengjiang Pb-Zn-Cu deposit on western margin of Sanshui basin, Guangdong Province, and its significance in prospecting for Cenozoic copper deposits [J]. *Mineral Deposits*, 2006, 25(1):10-17(in Chinese with English abstract).
- [40] Hofstra A H, Cline J S. Characteristics and models for Carlin-type gold deposits[J]. *Reviews in Economic Geology*, 2001, 13:163-220.
- [41] Arehart G B, Chakurian A M, Tertbar D R. Evaluation of radioisotope dating of Carlin-type deposits in the Great Basin, western North America, and implications for deposit genesis [J]. *Econ Geol*, 2003, 98, 235-248.
- [42] Zhang H, Xie Y B. The horizontal zoning in Changkeng ore area, Guangdong Province, China [C]//Tu G-Z (eds.). *Progress in geochemistry*. Guangzhou: Zhongshan University Ppress, 1996: 53-63.
- [43] 翟裕生, 邓军, 宋鸿林, 等. 同生断层对层控超大型矿床的控制 [J]. *中国科学*, 1998, 28(3):214-218.  
Zhai Yusheng, Deng Jun, Song Honglin, et al. Synchronous structural control of superlarge ore deposits [J]. *Science in China*, 1998, 28(3):214-218(in Chinese).

## Study on the structural-magmatic events and the formation of ore deposits in the Sanshui basin, central Guangdong Province

LIANG Hua-ying<sup>1</sup>, SUN Wei-dong<sup>1</sup>, MO Ji-hai,

HU Guang-qian, ZENG Ti, Charlotte M Allen<sup>2</sup>

(1. *Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;*

2. *Research School of Earth Sciences, Australian National University, Canberra, ACT0200, Australia*)

**Abstract:** Zircon LA-ICP-MS U-Pb age of the Cenozoic silver-bearing trachytic tuff from the Sanshui basin ranges from 90 to 3175 Ma. The zircon age of the Cenozoic volcanic rocks indicates that the zircon grains were captured during the formation and ascending of the volcanic melts. The occurrence of zircon grains with ages (2489 Ma $\pm$ 30 Ma, 3175 Ma $\pm$ 38 Ma) shows that the basement of the Sanshui basin contains the Archean relict zircon. The occurrence of zircon grains in Proterozoic age indicates that the Proterozoic basement of the Cathaysian block underwent structural-magmatic activities (955~1148 Ma) at the same period as the Grenville orogeny and the Neoproterozoic structural-magmatic activities (798 Ma $\pm$ 12 Ma, 883 Ma $\pm$ 10 Ma). The region of the Sanshui basin underwent Caledonian (438.0 Ma $\pm$ 6.8 Ma), early Yanshanian (~160 Ma), late Yanshanian ( $\pm$ 98.2 $\pm$ 1.1Ma), and Himalayan structural-magmatic events. The multi-structural magmatic events correlate well with the formation of deposits occurred in the southwestern rim of the Sanshui basin. It is concluded that the multi-structural-magmatic events are the key factors controlling the formation of the deposits in the southwestern rim of the Sanshui basin. The South China Fold belt underwent Himalayan ore-forming event and the rim regions of the faulted basins in the South China Fold Belt that underwent multi-structural-magmatic activities are favorable target area for mineral prospecting.

**Key words:** Volcanic rocks; ore-rich domain; zircon age; Cathaysian block; Sanshui basin

**About the first author:** LIANG Hua-ying, male, born in 1962, senior researcher and director of Ph.D students, mainly engages in the study of deposits; E-mail: lianghy@gig.ac.cn.