广西大厂拉么锌铜多金属矿床成岩成矿作用年代学研究

李华芹[1)], 王登红[2)], 梅玉萍[1)], 梁婷[3)], 陈振宇[2)], 郭春丽[2)], 应立娟[2)]

1) 中国地质调查局宜昌地质矿产研究所, 湖北宜昌, 443003; 2) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037; 3) 长安大学成矿作用及其动力学开放实验室, 西安, 710054

内容提要: 本文对广西大厂矿田拉么矿区内出露的酸性侵入岩和矿石进行了精细的年代学研究, 分别获得龙箱盖含斑黑云母花岗岩锆石原位SHRIMP U-Pb和全岩Rb-Sr等时线年龄为94±4Ma(95%可信度)和98.6±1.9Ma(95%可信度), 矽卡岩成矿期锌铜矿石中石英矿物Rb-Sr等时线年龄为98.6±6Ma(95%可信度)。上述测定结果表明, 拉么锌铜多金属矿床的成矿年龄与相关岩体的成岩年龄接近, 均形成于早白垩世晚期。

关键词: 成岩成矿作用; 锆石SHRIMP U-Pb和全岩Rb-Sr等时线年龄; 拉么锌铜多金属矿床; 广西大厂

广西南丹大厂锡多金属矿床, 是世界上著名的超大型锡多金属矿床之一, 由于矿床规模巨大, 元素组合复杂和产出特征多样化等特点, 长期以来备受国内外地质学界的重视, 并一直是矿床地质学家研究的热点。但在矿床成因问题上仍分歧很大。概括起来其成因观点主要有: ①认为矿床形成于燕山期, 属于后生交代—充填矿床, 在成因上与花岗岩有关(陈毓川, 1964; 陈毓川, 1985, 1993; 李锡林等, 1981; 张平, 1983; 叶绪孙, 1985; 梁珍庭, 1985)。特别是在20世纪90年代(陈毓川, 1993, 1996; 王登红, 1992❶)对大厂锡矿的成因进行过较系统的研究, 明确提出成矿作用主要是岩浆热液沿层交代成矿的观点; ②认为矿床形成于泥盆纪, 属于同生沉积-喷气矿床或海相火山成因, 在成因上与花岗岩无关(蔡宏渊等, 1983; 韩发等, 1997); ③沉积-热液叠加成矿, 即认为铅、锌、黄铁矿可能来源于地层, 而锡来源于花岗岩(曾允孚等, 1982; 涂光炽, 1984; 陈俊, 1988; 丁悌平等, 1988)。综上所述, 各位学者对矿床成因所提出的观点或假设的争议焦点之一, 主要是围绕成岩成矿时代和物质来源问题。

近年来, 对大厂锡多金属矿床成矿年代学研究取得了新的进展, 王登红等(2004)获得西矿带铜坑—长坡矿床91号层状矿体石英$^{40}Ar/^{39}Ar$坪年龄94.52±0.33Ma; 龙头山100号块状矿体中石英$^{40}Ar/^{39}Ar$坪年龄94.56±0.45Ma。蔡明海等(2005)获得东矿带亢马脉状矿体石英Rb-Sr等时线年龄94.1±2.7Ma; 西矿带铜坑-长坡矿床92号层状矿体石英等时线年龄为93±1Ma。上述成矿年龄数据相对差别小于3%, 表明大厂锡多金属矿田东、西矿带内不同产状矿体的成矿年龄展布在95~92Ma之间, 均属燕山晚期成矿。对于区内与锡多金属成矿关系较为密切的侵入岩, 前人早期也曾用K-Ar和Rb-Sr开展过定年工作。获得了138~72Ma的年龄数据(李璞等, 1963; 徐文炘等, 1986; 蔡宏渊等, 1983; 高永文, 1986; 陈毓川等, 1993, 1996)。这些年龄数据主要是20世纪采用K-Ar和Rb-Sr法获得的。由于早期我国同位素实验室仪器设备、实验条件和技术方法的局限性, 不同实验室和方法之间所测得的年龄结果差别较大, 不仅相互之间不能很好吻合, 而且研究工作缺乏系统性, 给精细厘定区内岩浆活动时代、侵入期次及深入探讨成岩与成矿的耦合关系带来了一定困难。近期蔡明海等(2006)应用高精度SHRIMP锆石U-Pb方法对大厂锡矿田不同类型中—酸性侵入岩进行了系统年代学研究, 获得龙箱盖含斑黑云母花岗岩的结晶年龄为93±1Ma, 斑状花岗岩91±1Ma, 石英闪长玢岩

注: 本文为国家科技支撑计划"南岭地区有色-贵重金属成矿潜力及探测综合技术示范研究"课题(编号2006BAB01B03); 地质大调查"我国重要矿产和区域成矿规律研究"(编号1212010633903)、"中国成矿体系综合研究"项目(编号1212010634002); 危机矿山接替资源勘查计划"广西南丹铜坑锡矿接替资源勘查"(编号200545022)资助的成果。

收稿日期: 2008-01-30; 改回日期: 2008-03-20; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 李华芹, 男, 1939年生。研究员, 同位素年代学专业。Email: HQLiyc@126.com。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(西岩墙) 91±1Ma, 花岗岩岩脉(东岩墙) 91±1Ma。这一研究成果表明, 上述四种不同类型侵入岩的形成时代, 在测定误差范围基本一致。即它们均形成于燕山晚期, 属同期不同阶段岩浆活动的产物。

本文在前人对大厂矿田东、西成矿带的成矿年代学研究基础上, 重点对中矿带拉么锌铜多金属矿床的成岩成矿作用年代学进行研究, 试图通过综合定年方法, 精确地获得该矿床的成岩与成矿时代, 为深入研究大厂锡多金属超大型矿床的成因, 乃至于为地质勘探与找矿, 提供新的同位素年代学证据。

1　矿床地质特征

拉么锌铜多金属矿床位于大厂锡多金属矿田中部龙箱盖岩体与泥盆系地层的接触部位(图 1)。赋矿围岩主要为泥盆系五指山组的宽条带灰岩和扁豆灰岩, 次为榴江组硅质岩和罗富组泥质灰岩。矿化主要受接触带构造控制, 成矿元素以 Zn、Cu 为主, 伴有 Sn、Ag 和 Au 等。矿体主要分布于岩体西侧的外矽卡岩带中, 相当于上泥盆统扁豆状灰岩层和条带状灰岩层位内, 后者被强烈矽卡岩化、大理岩化和角岩化。矿体呈似层状交代产出, 保持原有的扁豆状、条带状构造。矿层产状一般走向 30°~ 80°, 倾向北西, 倾角 20°左右, 有的矿层延长可达 700m, 厚 1.8~ 3.8m。拉么矿区除了沿层交代的矽卡岩型锌铜矿床之外, 还见到沿层交代成因的花岗质岩石(陈毓川等, 1993)。

按主要成矿元素的特点可将拉么的锌铜矿体分为两种类型: ①含锡矽卡岩型锌矿体, 产于岩体顶部围岩的层间裂隙中, 沿矽卡岩化条带状扁豆状灰岩的层间裂隙充填交代形成似层状矿体, 矿体一般距离接触带较远, 主要金属元素为 Zn, 以铁闪锌矿形式产出。伴生 Sn 主要在钙铁榴石中呈类质同像存在; ②沿层交代型锌铜矿体, 是该矿床的主要工业矿体。分布于岩体西侧, 呈缓倾斜似层状产出, 矿石以铁闪锌矿-黄铜矿-矽卡岩矿物组合为主。次有磁黄铁矿、毒砂和少量锡石产出。近矿围岩蚀变除矽卡岩化外, 还有萤石化、绿泥石化、闪石化和碳酸盐化等。

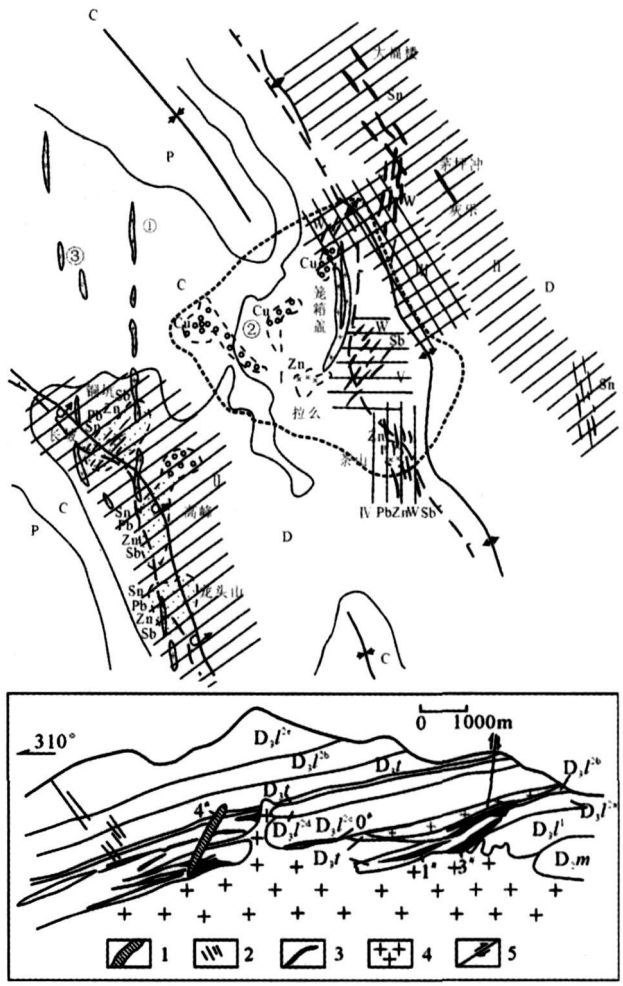


图 1　拉么矽卡岩锌铜矿床 13 号地质纵剖面图
(据陈毓川等, 1993)

Fig. 1　No. 13 geological profile of the Lamo skarn-type Zn-Cu deposit (after Chen Y C, et al., 1993)

1—细脉带矿体; 2—钨锑矿脉; 3—似层状矽卡岩锌铜矿体及编号; 4—笼箱盖花岗岩; 5—断层; D_3t—同车江组泥灰岩页岩; D_3l^{2e}—榴江组硅质泥岩; D_3l^{2d}—榴江组大扁豆状灰岩; D_3l^{2c}—榴江组小扁豆状灰岩; D_3l^{2b}—榴江组细条带状硅质岩灰岩; D_3l^{2a}—榴江组宽条带状硅质岩灰岩; D_3l^1—榴江组硅质岩; D_2m—中泥盆统马家坳组泥灰岩; P—二叠系; C—石炭系; D—泥盆系; Ⅰ—锌铜矿带; Ⅱ—锡石-硫化物多金属矿带; Ⅲ—白钨矿-萤石矿带; Ⅳ—硫化物多金属和钨锑矿带; Ⅴ—钨锑矿带; ①—花岗斑岩; ②—龙箱盖黑云母花岗岩; ③—玢岩脉

1—Small vein zone orebody; 2—W-Sb veins; 3—strata-form skarn-type Zn-Cu orebody and its number; 4—Longxianggai granitic pluton; 5—fault; D_3t^{3a}—marl and shale of Tongchejiang Formation; D_3l^{2e}—ribbon siliceous marl of Liujiang Formation; D_3l^{2d}—large lenticular limestone of Liujiang Formation; D_3l^{2c}—small lenticular limestone of Liujiang Formation; D_3l^{2b}—fine-banded siliceous rock and limestone of Liujiang Formation; D_3l^{2a}—wide-banded siliceous rock and limestone of Liujiang Formation; D_3l^1—siliceous shale of Liujiang Formation; D_2m—marl of Majiaao Fromation; P—Permian; C—Carboniferous; D—Devonian; Ⅰ—skarn-type Cu-Zn belt; Ⅱ—cassiterite-sulfide belt; Ⅲ—scheelite-fluorite belt; Ⅳ—sulfide and wolframite-stibnite belt; Ⅴ—wolframite-sibnite belt; ①—granitic porphyry; ②—Longxianggai granitic intrusive body; ③—mafic porphyry

2　同位素年龄测定方法

2.1　样品采集

龙箱盖含斑黑云母花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 和全岩 Rb-Sr 等时线定年样品, 采自拉么矿床 530m 中段水平坑道内, 其具体采样点标注于图 2。岩石

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

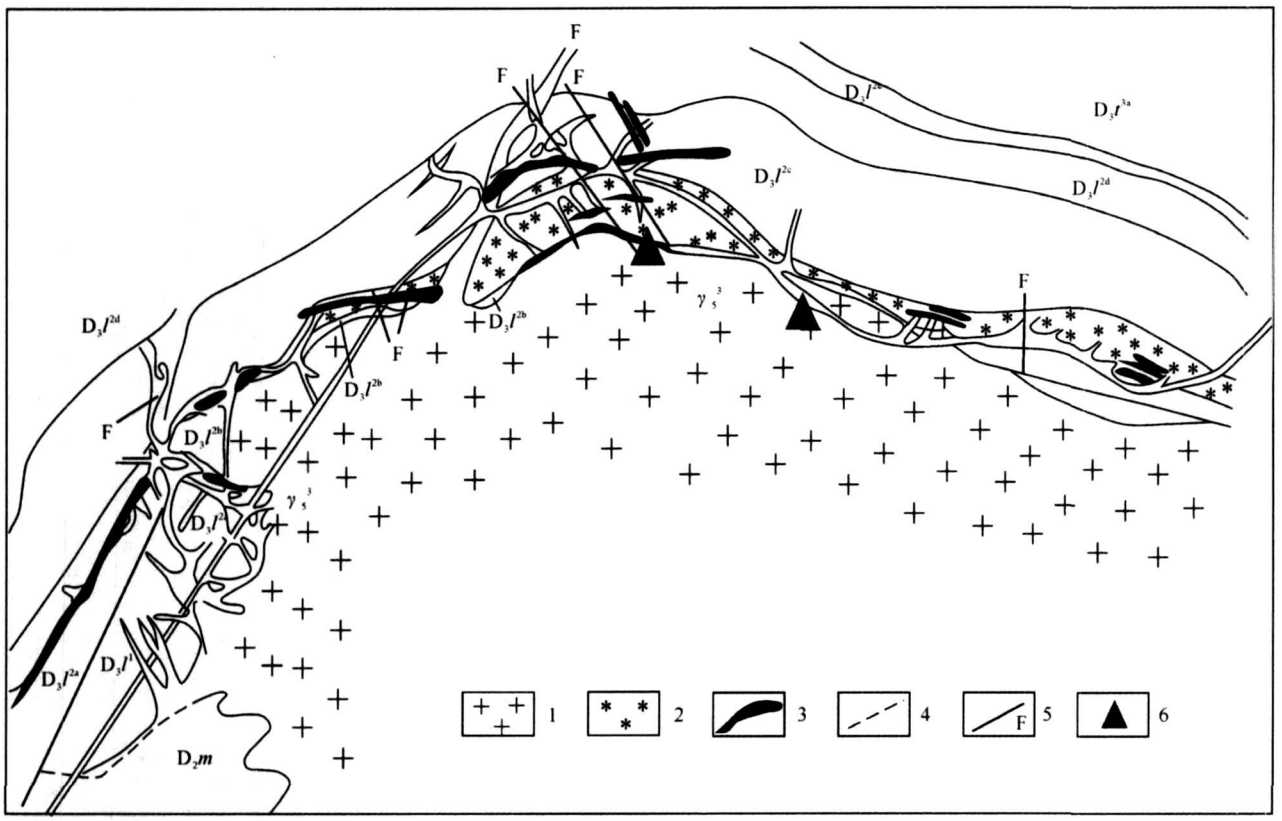


图 2 拉么锌铜矿床 530m 中段平面地质图(转引自王登红, 1992)

Fig. 2 Geological map of the 530m Level in the Lamo Zn-Cu deposit(after Wang Denghong, 1992)

1—黑云母花岗岩; 2—矽卡岩; 3—似层状锌铜矿体; 4—地质界线; 5—断层; 6—采样位置; D_3t^{3a}—同车江组泥灰岩页岩; D_3l^{2c}—榴江组硅质泥岩; D_3l^{2d}—榴江组大扁豆状灰岩; D_3l^{2c}—榴江组小扁豆状灰岩; D_3l^{2b}—榴江组细条带状硅质岩灰岩; D_3l^{2a}—榴江组宽条带状硅质岩灰岩; D_3l^1—榴江组硅质岩; D_2m—中泥盆统马家坳组泥灰岩

1—Biotite granite; 2—skarn; 3—strata-form Zn-Cu orebody; 4—geological boundary; 5—fault; 6—location of samples; D_3t^{3a}—marl and shale of Tongchejiang Formation; D_3l^{2c}—ribbon siliceous marl of Liujiang Formation; D_3l^{2d}—large lenticular limestone of Liujiang Formation; D_3l^{2c}—small lenticular limestone of Liujiang Formation; D_3l^{2b}—fine-banded siliceous rock and limestone of Liujiang Formation; D_3l^{2a}—wide-banded siliceous rock and limestone of Liujiang Formation; D_3l^1—siliceous shale of Liujiang Formation; D_2m—marl of Majiaao Fromation

为灰白色, 似斑状结构, 块状构造, 并具明显的绢云母化特征。主要造岩矿物为石英(35%~ 40%)、斜长石(28%~ 32%)、钾长石(25%~ 30%)和黑云母(1%~ 5%), 副矿物有锆石、黄玉、磷灰石和磁铁矿等。斑晶粒径一般为 0. 5~ 2cm, 最大者可达 4~ 5cm, 主要是长石和石英。石英矿物 Rb-Sr 等时线定年样品采自同一中段的矽卡岩锌铜成矿期的块状矿石, 并从中分离出纯净的石英矿物做为成矿年龄的测定样品。

2.2 分析方法及实验流程

2.2.1 锆石 SHRIMP U-Pb 定年分析方法

锆石 SHRIMP U-Pb 年龄分析方法, 采用宋彪等(2002)和简平(2003)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与标准锆石样品(TEM)一起粘贴在环氧树脂靶上, 并对样品靶上的待测样品进行透射光、反射光和阴极发光分析, 据此选定锆石微区分析靶位。锆石微区原位 U-Pb 同位素定年在北京离子探针中心的 SHRIMP Ⅱ上完成, 对测定结果用 SHRIMP 定年标准物质对 U-Th 和 Pb 含量及年龄作了校正。普通铅根据实测^{204}Pb 校正。

2.2.2 Rb-Sr 定年分析方法

全岩和石英矿物 Rb-Sr 等时线年龄测定方法采用李华芹等(1998)所报道的流程。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。Rb-Sr 同位素分析在宜昌地质矿产研究所同位素实验室的 Finnigin MAT-261 可调多接受固体质谱计上完成。用国际标准物质 NBS987 监控仪器工作状态, 用 NBS607 和 Rb-Sr 年龄国家一级标准物质(GBW0411)监控分析流程, 全部化学操作均在净化

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　大厂矿田拉么矿区龙箱盖含斑黑云母花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 数据

Table 1 SHRIMP U-Pb dating results of zircon samples from Longxianggai pluton, Lamo mine, Dachang

Spot	$^{206}Pb(\%)$	U	Th	$^{232}Th/^{238}U$	$^{206}Pb^*$	$^{206}Pb/^{238}U$/年龄	$^{207}Pb^*/^{206}Pb^*$ ±%	$^{207}Pb^*/^{235}U^*$ ±%	$^{206}Pb^*/^{238}U^*$ ±%
DLM-1	3.80	534	180	0.35	6.72	90±5	0.0478±14	0.0930±15	0.0141±6.0
DLM-2	4.89	295	172	0.60	3.72	90±6	0.0600±18	0.1160±19	0.0140±6.1
DLM-3	4.94	362	150	0.43	4.96	97±6	0.0409±24	0.0860±24	0.0152±6.1
DLM-4	6.00	2952	210	0.07	46.7	111±7	0.0456±9.1	0.1090±11	0.0173±5.9
DLM-5	1.01	2883	234	0.08	34.9	89±5	0.0483±3.4	0.0929±6.8	0.0140±5.9
DLM-6	0.49	533	84	0.16	77.8	1006±55	0.0700±1.4	1.631±6.1	0.1689±5.9
DLM-7	3.12	471	258	0.57	11.3	172±10	0.0538±12	0.2010±14	0.0270±6.0
DLM-8	6.47	314	292	0.96	3.99	89±6	0.0430±45	0.0820±45	0.0139±6.4
DLM-9	2.29	1528	219	0.15	20.3	97±6	0.0504±6.7	0.1053±9.0	0.0151±539
DLM-10	2.08	1641	181	0.11	21.5	96±7	0.0477±11	0.0980±12	0.0149±6.0
DLM-11	6.57	240	160	0.69	3.13	91±6	0.0680±21	0.1330±22	0.0142±6.3
DLM-12	2.87	617	177	0.30	7.73	91±5	0.0519±11	0.1010±13	0.0142±6.0
DLM-13	1.14	6531	265	0.04	92.6	104±6	0.0474±2.8	0.1066±6.5	0.0163±5.9
DLM-1.1	0.87	5412	290	0.06	69.5	95±5	0.0472±2.9	0.0961±6.0	0.0148±5.2

注: U、Th 和 $^{206}Pb^*$ 的单位是 $\times 10^{-6}$, $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄的单位是 Ma。

实验室内进行, 与样品同时测定的 Rb-Sr 全流程空白为 0.3ng; 当样品中 Rb、Sr 含量低于 10^{-6} 量级水平, 均作了空白校正。上述标准物质测定值分别为 NBS987: $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值为 0.71025 ± 0.00006 (2σ), NBS607: Rb 为 523.22×10^{-6}, Sr 为 65.56×10^{-6}, $^{87}Sr/^{86}Sr$ 为 1.20035±10(2σ); GBW0411: Rb 为 249.08×10^{-6}, Sr 为 159.39×10^{-6}, $^{87}Sr/^{86}Sr$ 为 0.76006±15(2σ)。等时线年龄计算采用 Isoplot 程序(Ludwig, 2001), 实验误差的设定为: 全岩 $^{87}Rb/^{86}Sr$= 1%, $^{87}Sr/^{86}Sr$= 0.01%; 石英矿物 $^{87}Rb/^{86}Sr$ = 3%, $^{87}Sr/^{86}Sr$= 0.01%。

3　测定结果

拉么矿区龙箱盖含斑黑云母花岗岩中部分锆石阴极发光图像显示, 所研究的锆石主要有两种类型(图 3)。其中一种类型, 如图 3 中的 DLM-3、DLM-4、DLM-5 和 DLM-8 为透明的自形晶体, 并具有清晰的振荡环带结构, 表明为典型的岩浆结晶锆石; 另一种类型锆石, 如图 3 的 DLM-6, 环带结构基本清晰, 但锆石内部有核存在, 一般来说, 这一类型锆石阴极发光的图像显示了有花岗岩物质源区的继承锆石特点, 揭示成岩过程中有古老地壳物质参与。

含斑黑云母花岗岩样品中的锆石 U-Pb 同位素年龄分析结果见表 1。表中列出了本次分析的 14 个点的全部数据, 其中 DLM-6、DLM-7 和 DLM-11 三个点因离群而未参与年龄的计算, 其余的 11 个分析点的 $^{206}Pb/^{238}U$ 和 $^{207}Pb/^{235}U$ 比值年龄和谐一致。图 4a 显示了这 11 个点的谐和年龄为 94 ±4Ma

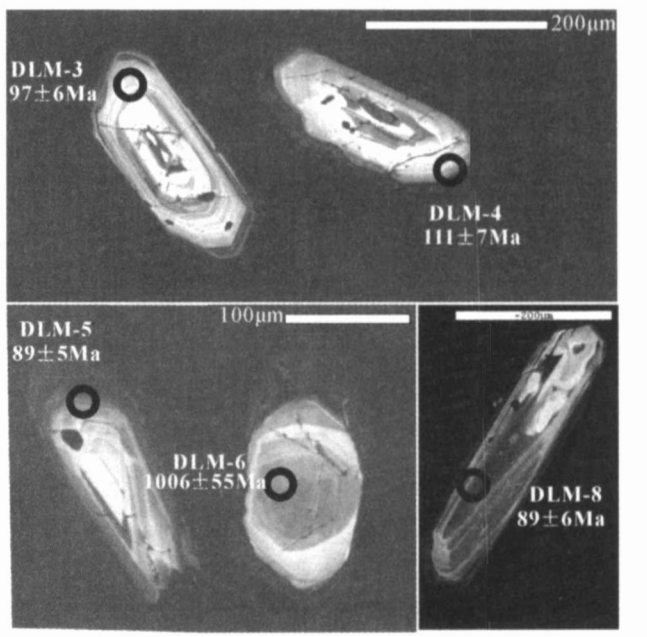


图 3　大厂拉么矿区龙箱盖含斑黑云母花岗岩岩体部分锆石阴极发光图像

Fig. 3　The zircon CL image of presentative samples from Longxianggai pluton, Lamo mine, Dachang

(95%可信度), 其 MSWD= 1.64, 表明由这些点所拟合的和谐年龄精确可靠, 由于年轻锆石一般无铅丢失, 因而用 $^{206}Pb/^{238}U$ 比值年龄进行加权平均(图 4b)所得的平均年龄 94.2 ±3.4Ma(95%可信度)与和谐年龄是一致的, 该年龄代表了拉么龙箱盖含斑黑云母花岗岩形成的年龄; 同一岩体全岩 Rb-Sr 等时线年龄测定结果如表 2 和图 5 所示。6 个全岩样品所拟合的直线具有良好的线性关系, 求得相应的

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

等时线年龄为 98.6±1.9Ma(95%可信度), MSWD = 0.99; 该年龄与同一岩体锆石 SHRIMP U-Pb 年龄(94±4Ma)的结果相差约 4Ma, 据此表明, 拉么矿区内含斑黑云母花岗岩岩浆侵位时间应属燕山晚期是毋庸置疑的。

表 2 大厂拉么矿区龙箱盖含斑黑云母花岗岩 Rb-Sr 同位素测定数据

Table 2 Rb-Sr isotopic dating result of pophyritic biotite granite samples from the Longxianggai pluton, Lamo deposit, Dachang orefield

样品编号	样品名称	Rb ($\times 10^{-6}$)	Sr ($\times 10^{-6}$)	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr$	±2σ
DLM12	黑云母花岗岩	955.7	33.46	83.24	0.81786	0.00009
DLM13	黑云母花岗岩	870.5	18.47	138.4	0.89314	0.00010
DLM14	黑云母花岗岩	858.4	34.68	72.35	0.80209	0.00009
DLM16	黑云母花岗岩	864.3	13.91	183.6	0.95804	0.00010
DLM17	黑云母花岗岩	905.4	19.70	135.0	0.89224	0.00007
DLM19	黑云母花岗岩	887.4	19.42	134.1	0.88846	0.00009

对从矽卡岩成矿期的锌铜矿石中分离出来的石英矿物进行 Rb-Sr 等时线年龄测定, 结果如表 3 和图 6 所示。9 个石英矿物所拟合的 Rb-Sr 等时线也具有良好的线性关系(MSWD= 5.4), 求得相应的等时线年龄为 98.6±5.8Ma(95%可信度), 由于所测石英矿物是与矿石中主成矿元素 Zn、Cu 共生, 而石英矿物形成后又能保持着良好的化学封闭体系。故石英矿物 Rb-Sr 等时线年龄可直接代表拉么矽卡岩型 Zn、Cu 多金属矿床的形成时间, 即形成于燕山晚期。

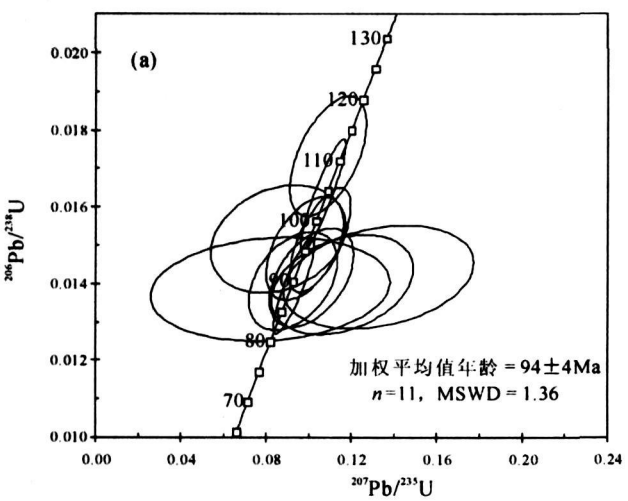
表 3 大厂矿田拉么锌铜矿床中石英 Rb-Sr 同位素测定数据

Table 3 Rb-Sr isotopic dating result of purified qyartz samples from the Lamo Zn-Cu deposit, Dachang orefield

样品编号	样品名称	Rb ($\times 10^{-6}$)	Sr ($\times 10^{-6}$)	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr$	±2σ
DLM22	含矿石英石英矿物	0.3062	0.2721	3.247	0.71642	0.00006
DLM23		0.7988	0.523	4.408	0.71772	0.00001
DLM24		0.7773	0.5545	4.045	0.71751	0.00002
DLM25		0.4762	0.5143	2.671	0.71536	0.00001
DLM26		0.4559	0.1596	8.25	0.72328	0.00088
DLM28		1.004	0.265	10.94	0.72725	0.00007
DLM30		0.4384	0.6875	1.839	0.71419	0.00007
DLM31		2.182	1.208	5.213	0.71852	0.00003
DLM31r		2.308	1.185	5.621	0.71917	0.00008

4 讨论

关于大厂锡多金属矿田龙箱盖侵入岩的形成时代及侵入期次的划分等问题, 前人根据对区内不同类型侵入岩的 K-Ar 和 Rb-Sr 年代学资料, 大多数研究者认为是区内岩浆岩多期多阶段岩浆活动的产物(蔡宏渊等, 1986; 尹意求, 1990; 陈毓川等, 1993)。近年来, 由于离子探针技术和激光等离子质谱技术取得长足进展并成功应用于锆石 U-Pb 定年, 使测定单颗粒锆石微区 U-Pb 年龄成为可能并具有很高的精度。因此, 锆石 U-Pb 高灵敏度高精度离子探针质谱法(锆石 SHRIMP U-Pb)已成为测定花岗岩同位素年龄的首选方法。花岗岩全岩 Rb-Sr 等时线法也是一种成熟的同位素定年方法, 所获得的年龄被认为代表了花岗岩结晶年龄(Harrison, 1979; Fure, 2005), 其锶同位素初始值(I_{Sr})可以为探讨岩



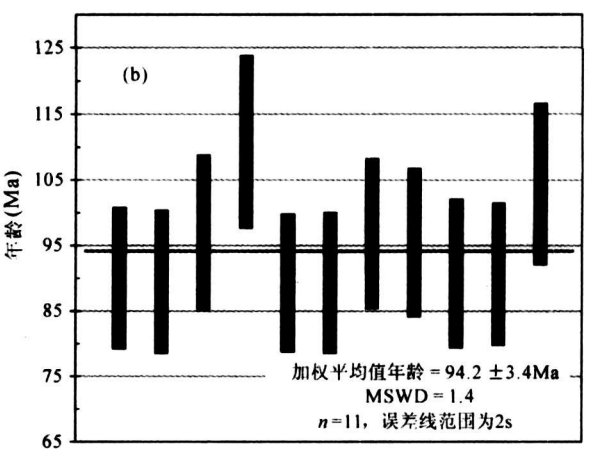


图 4 拉么矿区龙箱盖斑状黑云母花岗岩岩体锆石 SHRIMP U-Pb 谐和图(a)与 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄加权平均值图(b)

Fig.4 SHRIMP U-Pb concordia diagram of zircon in Longxianggai porphyritic biotite granite pluton (a) and average value of $^{206}Pb/^{238}U$ ages(b), Lamo mine, Dachang

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

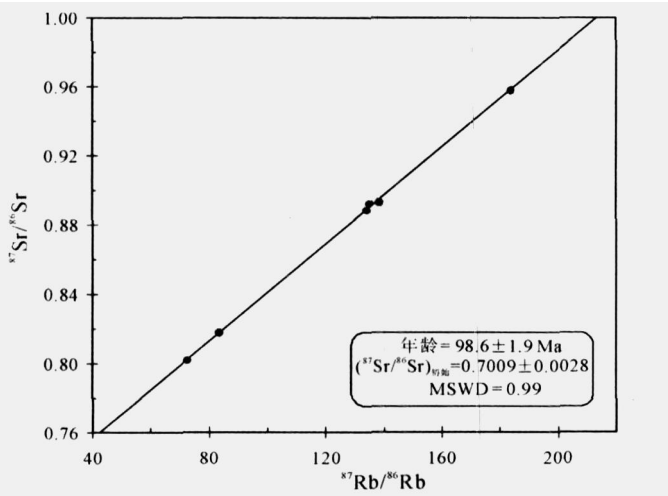


图 5　拉么矿区 530m 平硐龙箱盖含斑黑云母花岗岩 Rb-Sr 等时线图

Fig. 5　Rb-Sr isochron of porphyritic biotite granite from Longxianggai pluton, Lamo 530m Level, Dachang

浆物质来源及花岗岩成因提供重要信息。但近年来, 部分学者对 Rb-Sr 等时线法作为火成岩定年的工具提出了质疑(陈岳龙等, 2005) , 认为花岗岩 Rb-Sr 等时线定年法似乎已经过时而不可信, 并应由锆石 U-Pb 法替代。显然这种观点是不够全面的。近期吴俊奇等(2007) 对国内外不同时代、不同类型的 32 个花岗岩体的锆石 U-Pb 年龄与全岩 Rb-Sr 等时线年龄数据进行了对比, 说明花岗岩体的 Rb-Sr 等时线年龄测定结果与锆石 U-Pb 定年测定结果是一致的。这也表明花岗岩全岩 Rb-Sr 等时线定年方法是成熟的和可信的。

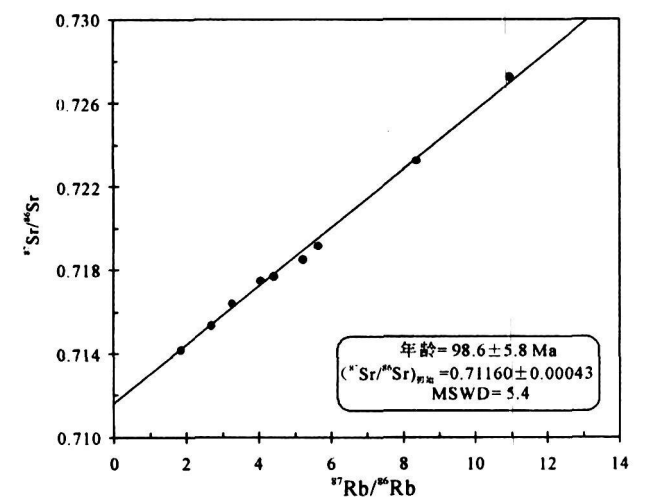


图 6　大厂拉么矿区块状锌铜矿石中石英 Rb-Sr 等时线图

Fig. 6　Rb-Sr isochron of purified quartz from massive Zn-Cu ores, Lamo 530m Level, Dachang

为了进一步精确测定龙箱盖花岗岩主体岩石、含斑黑云母花岗岩和矽卡岩成矿期锌铜矿石的年龄, 本文特采用锆石 SHRIMP U-Pb 和全岩及矿物 Rb-Sr 等时线综合定年方法进行精细的年代学对比研究。其中, 含斑黑云母花岗岩体中锆石微区原位 SHRIMP U-Pb 定年的 14 个分析点中, 除 DLM-6、DLM-7 的结果明显偏老(1006Ma, 172Ma) 外, 其余 12 个分析点$^{206}Pb/^{238}U$ 比值年龄的加权平均值为 94.2±3.4Ma(95% 可信度, MSWD= 1.36) 。从所分析的部分有代表性锆石的阴极发光图像(图 3) 特征可见, 14 个点中主要有两种锆石晶形, 其一为透明的自形晶体(并具有清晰的岩浆结晶韵律环带结构) , 其$^{206}Pb/^{238}U$-$^{207}Pb/^{238}U$ 谐和年龄和$^{206}Pb/^{238}U$ 比值年龄的加权平均值可能代表了岩体的形成时间或岩体结晶年龄。另一种年龄较老的锆石(DLM-6 分析点) 的阴极发光图像显示出花岗岩物源区继承锆石的特点, 表明成岩过程中有古老地壳物质参与。DLM-7 分析点锆石(172Ma) 年龄所代表的地质意义还有待于进一步研究。同一岩体的 6 个全岩样品 Rb-Sr 等时线年龄为 98.6±1.9Ma(95% 可信度, MSWD= 0.99。图 5) , 比同一岩体锆石 SHRIMP U-Pb 年龄(94±4Ma) 要偏老(约 4Ma) 。其全岩 Rb-Sr 等时线年龄比锆石 SHRIMP U-Pb 年龄偏老的主要原因可能是由于所测地质体较年轻, 其年龄的测定误差相对于老的地质体误差要大, 从定年方法学角度来讲, 对年轻的花岗岩地质体 Rb-Sr 法定年的适应性比锆石 U-Pb 法要好, 其 Rb-Sr 年龄测定结果更为精确。因此, 同一岩体的两种测年同位素体系和不同测定对象所获得年龄可视为基本一致, 表明拉么矿区龙箱盖花岗岩主体含斑黑云母花岗岩形成以后的 Rb-Sr 同位素体系仍保持化学封闭系统, 未受到任何岩浆-构造热事件的扰动, 锆石 SHRIMP U-Pb 和全岩 Rb-Sr 等时线年龄均代表了龙箱盖花岗岩主体侵入期次的时间, 即岩体的侵位发生在早白垩世晚期或晚白垩世早期。这一结果与蔡明海等(2006) 所获得的同一岩体的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄(93±1Ma) 在测试误差范围内几乎完全一致。因此, 龙箱盖含斑黑云母花岗岩的形成时间变化区间于 93±1Ma~ 98±4Ma。

5　结论

(1) 本研究首次对拉么锌铜矿床形成的年龄进行了测定, 获得 530m 中段水平坑道内 Zn-Cu 矿石中石英矿物 Rb-Sr 等时线年龄为 98.6±5.8Ma

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(95% 可信度)。鉴于所测得石英矿物是从同期或同阶段形成的矽卡岩型锌铜矿石中分离的纯净石英矿物,其年龄可直接代表成矿时代,即:大厂矿田中部成矿带拉么矽卡岩型锌铜成矿期也为燕山晚期,且与上述含斑黑云母花岗岩在形成时间上有耦合关系。这与矿化主要分布在主岩体顶部和接触带、矿体呈似层状产出的地质事实相吻合。因此,锌铜矿石中石英矿物 Rb-Sr 等时线年龄是可靠的。

(2) 本文所获得的成矿年龄也与王登红等(2004)和蔡明海等(2005)获得西矿带铜坑—长坡 91 和 92 号层状矿床、龙头山 100 号矿床和东矿带亢马脉状矿体的石英 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 坪年龄及石英 Rb-Sr 等时线年龄介于 93~ 94Ma 之间的结果,在测试误差范围内基本一致。总之,在大厂锡矿田,无论是东带、中带还是西矿带,也无论是层状矿体还是脉状矿体,是矽卡岩型锌铜矿石还是锡石硫化物型矿石,无论是金属矿物还是脉石矿物,也无论采用何种方法,所测得的年龄数据,有助于说明成矿作用集中发生于燕山晚期,以 90~ 95Ma 之间达到高峰期,并与岩浆活动(也无论是幔源岩浆还是壳源岩浆)基本同期。

注 释

❶ 王登红. 1992. 广西大厂层状超大型锡多金属矿床与层状花岗岩的特征、成因及成矿历史演化——兼论硅质页岩的成因. 中国地质科学院研究生部研究生学位论文, 119.

参 考 文 献

蔡宏渊, 张国林. 1983. 试论广西大厂锡多金属矿床海底火山热泉(喷气)成矿作用. 矿产地质研究院学报, 1(4): 13~ 21.

蔡宏渊, 张国林. 1986. 广西大厂隐伏花岗岩体发育特征及其含矿性评价. 矿产地质研究院学报, (4): 1~ 11.

蔡明海, 梁婷, 吴德成, 等. 2005. 广西大厂锡多金属矿田亢马锡矿床地质特征及成矿时代. 地质学报, 79(2): 262~ 268.

蔡明海, 何龙清, 刘国庆, 吴德成, 黄惠明. 2006. 广西大厂锡矿田侵入岩 SHRIMP U-Pb 年龄及其意义. 地质论评, 52(3): 309~ 413.

陈骏. 1988. 论华南层控锡矿的地质特征与形成机制. 地质论评, 34(6): 524~ 531.

陈毓川, 黄民智, 徐钰, 等. 1993. 大厂锡矿地质. 北京, 地质出版社, 53~ 165.

陈毓川, 黄民智, 徐钰, 等. 1985. 大厂锡石-硫化物多金属矿带地质特征及成矿系列. 地质学报, 59(3): 228~ 240.

陈毓川, 王登红. 1996. 广西大厂层状花岗质岩石地质、地球化学特征及成因初探. 地质论评, 42(6): 523~ 530.

陈毓川. 1964. 一个锡石多金属矿带中闪锌矿的成矿期与成矿特征. 地质论评, 22(2): 111~ 128.

陈岳龙, 杨忠芳, 赵志丹. 2005. 同位素地质年代学与地球化学. 北京, 地质出版社: 34~ 36.

丁悌平, 彭子成, 黎红. 1988. 南岭地区几个典型矿床的稳定同位素研究. 北京, 科学技术出版社.

高永文. 1986. 广西大厂隐伏花岗岩体的岩石类型及演化. 桂林冶金地质学院学报, 8(2): 151~ 157.

韩发, 赵汝松, 等. 1997. 大厂锡多金属矿床地质及成因. 北京, 地质出版社, 213.

简平, 刘敦一, 孙晓猛. 2003. 滇川西部金沙江石炭纪蛇绿岩 SHRIMP 测年: 古特提斯洋盆演化的同位素年代学制约. 地质学报, 77(2): 217~ 228.

李华芹, 谢才富, 常海亮. 1998. 新疆北部有色金属矿床成矿作用年代学. 北京, 地质出版社, 117~ 126.

李璞, 戴橦谟, 邱纯一, 等. 1963. 内蒙和南岭地区伟晶岩和花岗岩的钾-氩法绝对年龄测定. 地质科学(1): 1~ 9.

李锡林, 章振根. 1981. 大厂矿田分散元素的分布特征及地球化学. 地质与勘探, (7): 19~ 25.

梁珍庭, 苏登华. 1985. 广西大厂锡矿田成矿模式. 广西地质, 2(1): 1~ 11.

宋彪, 张玉海, 万渝生, 简平. 2002. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关对象讨论. 地质论评, 48(增刊): 26~ 31.

涂光炽. 1984. 锡和铅锌成矿作用的若干问题. 地质与勘探, (3): 7~ 10.

王登红, 陈毓川, 陈文, 等. 2004. 广西南丹大厂大型锡多金属矿床的成矿时代. 地质学报, 78(1): 132~ 138.

吴俊奇, 章邦桐, 凌宏飞, 陈培荣. 2007. 花岗岩锆石 U-Pb 年龄与全岩 Rb-Sr 等时线年龄对比研究及其地球化学意义. 高校地质学报, 13(2): 272~ 281.

徐文炘, 伍勤生. 1986. 大厂锡多金属矿田同位素地球化学初步研究. 地质矿产研究院学报, (2): 31~ 41.

叶绪孙. 1985. 大厂锡多金属矿田成矿规律与成矿预测. 地质与勘探, (5): 1~ 7.

尹意求. 1990. 广西大厂隐伏花岗岩的成因. 桂林冶金地质学院学报, 10(4): 381~ 288.

曾允孚, 王正英, 田洪钧. 1982. 广西大厂龙头山矿区矿床成因初探. 成都地质学院学报, (3): 15~ 26.

张平. 1983. 长坡锡矿成矿规律与隐伏矿体的找矿与勘探. 地质与勘探(3): 30~ 34.

Cai H Y, Zhang G L. 1983. On submarine volcanism hosting (exhalative) mineralization of the Dachang tin-polymetallic deposit in Guangxi. Bulletin of Institute of Mineral Resources and Geology, 1(4): 13~ 21 (in Chinese).

Cai Hongyuan, Zhang Guolin. 1986. Characteristics and ability of mineralization of the Dachang hidden granite in Guangxi. Bulletin of Institute of Mineral Resources and Geology, (4): 1~ 11 (inChinese).

CaiMinghai, He Longqing, Liu Guoqing, Wu Decheng, Huang Huimin. SHRIMP Zircon U-Pb Dating of the Intrusive Rocks in the Dachang Tin-Polymetallic Ore Field, Guangxi and Their Geological Significance. Geological Review, 52 (3): 409~ 414 (in Chinese with English abstract).

CaiMinghai, Liang Ting, Wu Decheng, Huang Huiming. 2005. Geological characteristics and minerogenetic epoch of the

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Kangma deposit in the Dachang tin-polymetallic ore field, Guangxi. Acta Geologica Sinica, 79 (2) : 262~ 268 (in Chinese with English abstract).

Chen Jun. 1988. On the geological features and genetic mechanism of some strata-bound tin deposits in south China. Geological Review, 34(6): 524~ 532(in Chinese with English abstract).

Chen Y C. 1964. Age and characteristics of the sphalerite in a cassiterite-bearing polymetallic belt. Geological Review , 22(2) : 111~ 128 (in Chinese).

Chen YC, Huang MZ, Xu J , Ai YD, Li XM , Tang S H, Meng LK. 1985. Geological features and metallogenetic series of the Dachang cassiterite-sulfide-polymetallic belt. Acta Geo logica Sinica, (3) : 228~ 240 (in Chinese with English abstract).

Chen Yuchuan, Huang Minzhi, Xu Jue, Hu Yunzhong, Tang Shaohua, Li Yinqing, M eng Lingku. 1993. Tin deposits of Dachang. Beijing: Geological Publishing House (in Chinesew ith English abstract).

Chen Yuchuan, Wang Denghong. 1996. Geology, geochem istry and genesis of bedded granitic rocks in Dachang, Guangxi. Geological Review , 42 (6) : 523~ 530 (in Chinese w ith English abstract).

Chen Yuelong. Yang Zhongfang and Zhao Zhidan. 2005. Isotopic Geochronology and Geochemistry. Beijing: Geological Publishing House, 34~ 36. (in Chinese).

Ding T P , Peng Z C , Li H , et al. 1988. Stable isotope studies on several typical mineral deposits in Nanling area. Beijing : Beijing Sci. &Tech. Pub. House. 21~ 44 (in Chinese with English abstract).

Faure G, Mensing T M. 2005. Isotopes: Principles and Applications. New York: John Wiley and Sons, 321~ 343.

Gao Yongwen. 1986. Granite type and its evolution of the Dachang hidden granite in Guangxi. Journal of Guilin College of Geology, 8 (2) : 151~ 157 (in Chinese).

Han Fa, Zhao Rusong, Shen Jianzhong, Hutchinson R W. 1997. Geology and origin of ores in the Dachang tin-polymetallic ore field. Beijing: Geological Publishing House, 1 ~ 213 (in Chinese w ith English abstract).

Harrison T M, Clake G K C. 1979. A model for the thermal effect of igneous intrusion and uplift as applied to Quotton pluton, British Columbia, Canadian. J. Earth Sciences, 16(3): 411~ 420.

Jian Ping, Liu Dunyi, Sun Xiaomeng. 2003. SHRIMP dating of Carboniferous J inshajiang ophiolite in western Yunnan and Sichuan: geochronological constraints on the evolution of the Palaeo-Tethys oceanic crust. A cta Geologica Sinica, 77 (2) : 217~ 228 (in Chinese w ith English abstract).

Li Huaqin, Xie Caifu, Chang Hailiang. 1998. Study on Metallogenetic chronology of nonferrous and precious metallic ore deposits in north Xinjiang, China, Beijing, Geological publishing House, : P 117~ 126.

Li Pu, Dai Tongmo, Qiu Chunyi. 1963. A bsolute age of the pegmatites and granites of southern innerMongolia and N anling region by K2A r determ inations. Scientia Geological Sinica, (1) : 1~ 9 (in Chinese).

Li Xilin, Zhang Zhengen. 1981. Distribution feature and geochemistry of trace elements in Dachang ore field. Geology and Exploration, (7): 19~ 25(in Chinese).

Liang Zhenting and Su Denghua. 1985. Minerogenic models of Dachang tin field, Guangxi. Guangxi Geology, 2(1): 1~ 11.

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.

Song Biao, Zhang Yuhai, Wan Yusheng, Jiang Ping. 2002. Themount making and the p rocedure of SHRIMP dating. Geological Review , 48 (Supp l.) : 26~ 30 (in Chinese w ith English abstract).

Tu Guangchi. 1984. Some problems on the mineralization of Sn and Pb-Zn. Geology and Exploration, (3): 7~ 10(in Chinese).

Wang Denghong, Chen Yuchuan, Chen Wen, Sang Haiqing, Li Huaqin, Lu Yuanfa, Chen Kaili, Lin Zhimao. 2004. Dating the Dachang giant tin-polymetallic deposit in Nandan, Guangxi. Acta Geologica Sinica, 78 (1) : 132~ 138 (in Chinesew ith English abstract).

Wu Junqi; Zhang Bangtong; Lin Hongfei and Chen Peirong. 2007. Comparison between the Zircon U-Pb Ages and the Whole-Rock Rb-Sr Ages of Granite Plutons and Its Geochemical Implication. Geological Journal of China Universities, 13(2): 272~ 281 (in Chinesew ith English abstract).

XuW X, Wu Q S. 1986. Prelim inary study on isotop ic geochem istry of Dachang cassiterite-polymetallic ore field. A cta of Institute of Mineral Resources and Geology, (2) : 31~ 41 (in Chinese).

Ye Xusun. 1985. Metallogeny of the Dachang tin-polymetal field and prospecting. Geology and Exploration, (5): 1 ~ 7 (in Chinese).

Yin Yiqiu. 1990. Origin of the Dachang hidden granite in Guangxi. Journal of Guilin College of Geology, 10 (4) : 381~ 388 (in Chinese with English abstract).

Zeng Yunfu, Wang Zhengying, Tian Hongjun. 1982. New consideration on the origin of cassiterite-sulfide deposits in Longtou Mountain, Dachang, Guangxi. Journal of Chengdu College of Geology, 5(3): 15~ 26(in Chinese with English abstract).

Zhang Ping. 1983. Metallogeny of the Changpo tin deposit and exploration for sub-buried orebody. Geology and Exploration, (3): 30~ 34(in Chinese).

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Lithogenesis and Mineralization Chronology Study on the Lamo Zine-Copper Polymetallic Ore Deposit in Dachang Orefield, Guangxi

LI Huaqin[1], WANG Denghong[2], MEI Yuping[1], LIANG Ting[3], CHEN Zhenyu[2], GUO Chunli[2], YING Lijuan[2]

1) *Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang*, 443003; 2) *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geologica Sciences, Beijing*, 100037; 3) *Changán University, Xi'an*, 710054

Abstract

This article presents the precise chronology study on the acid intrusive rocks and mineralization in the Lame ore deposit of Dachang ore field in Guangxi using different isotopic datings. SHRIMP U-Pb in-situ zircon age of phenocryst-bearing biotite granite is 94±4Ma (with 95% credibility), whole rock Rb-Sr isochrone age of that is 98.6±1.9Ma (with 95% credibility), and quartz Rb-Sr isochrone age of zine-copper ore during skarn mineralization is 98.6±6Ma (with 95% credibility). These results indicate that mineralization age of the Lame zine-copper ore deposit is consistent to the lithogenesis age of correlated plutons, both at the late stage of Late Cretaceous Epoch.

Key words: lithogenesis and mineralization; SHRIMP U-Pb zircon age and whole rock Rb-Sr isochrone age; Lamo zine-copper polymetallic ore deposit; Dachang ore field in Guangxi

被《SCI》收录的76种中国刊物排名表——中国地质学会主办刊物《地质学报(英文版)》位居第四名

排名	刊物名	影响因子	排名	刊物名	影响因子	排名	刊物名	影响因子
1	CELL RES	4.217	27	J INTEGR PLANT BIOL	0.671	53	SCI CHINA SER F	0.437
2	FUNGAL DIVERS	3.593	28	J COMPUT MATH	0.667	54	J RARE EARTH	0.398
3	CHINESE PHYS	2.103	29	CHINESE J GEOPHYS-CH 地球物理学报	0.662	55	CHEM RES CHINESE U	0.392
4	ACTA GEOL SIN-ENGL 地质学报(英文版)	1.781	30	CHINESE J ASTRON AST	0.652	56	SCI CHINA SER A	0.371
5	ACTA PHARMACOL SIN	1.677	31	CHINESE MED J-PEKING	0.636	57	CHINESE ANN MATH B	0.354
6	COMMUN COMPUT PHYS	1.633	32	SCI CHINA SER C	0.635	58	J UNIV SCI TECHNOL B	0.342
7	ASIAN J ANDROL	1.609	33	SCI CHINA SER B	0.615	59	CHINESE CHEM LETT	0.336
8	ACTA PHYS SIN-CH ED	1.277	34	ACTA PHYS-CHIM SIN	0.611	60	CHINA OCEAN ENG	0.325
9	ACTA BIOCH BIOPH SIN	1.017	35	CHINESE J CATAL	0.596	61	PLASMA SCI TECHNOL	0.317
10	TRANSPORTMETRICA	0.96	36	SCI CHINA SER G	0.591	62	J WUHAN UNIV TECHNOL	0.312
11	ADV ATMOS SCI	0.902	37	ACTA MECH SINICA	0.583	63	ACTA PHYTOTAXON SIN	0.31
12	EPISODES 地质幕	0.868	38	CHINESE J INORG CHEM	0.569	64	RARE METAL MAT ENG	0.286
13	ACTA CHIM SINICA	0.844	39	ACTA MATH SIN	0.562	65	SCI CHINA SER E	0.265
14	SPECTROSC SPECT ANAL	0.843	40	BIOMED ENVIRON SCI	0.557	66	T NONFERR METAL SOC	0.264
15	CHINESE PHYS LETT	0.812	41	ACTA POLYM SIN	0.541	67	ALGEBR COLLOQ	0.237
16	CHINESE SCI BULL 科学通报	0.77	42	PROG CHEM	0.528	68	ACTA MATH SCI	0.216
17	CHINESE J ORG CHEM	0.766	43	CHINESE J ANAL CHEM	0.513	69	PROG BIOCHEM BIOPHYS	0.214
18	CHINESE J POLYM SCI	0.753	44	PROG NAT SCI	0.508	70	RARE METALS	0.204
19	J INFRARED MILLIM W	0.743	45	J INORG MATER	0.498	71	J IRON STEEL RES INT	0.202
20	INSECT SCI	0.739	46	J ENVIRON SCI-CHINA	0.48	72	APPL MATH MECH-ENGL	0.2
21	CHINESE J CHEM	0.719	47	CHINESE J CHEM PHYS	0.469	73	J CENT SOUTH UNIV T	0.189
22	SCI CHINA SER D 中国科学(D辑)	0.718	48	J MATER SCI TECHNOL	0.468	74	HIGH ENERG PHYS NUC	0.171
23	ACTA OCEANOL SIN	0.716	49	CHINESE J CHEM ENG	0.462	75	CHINESE J ELECTRON	0.12
24	CHINESE J STRUC CHEM	0.696	50	ACTA METALL SIN	0.449	76	J GENET GENOMICS	无数据
25	CHEM J CHINESE U	0.695	51	J COMPUT SCI TECHNOL	0.441			
26	COMMUN THEOR PHYS	0.676	52	ACTA MECH SOLIDA SIN	0.438			

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net