

个旧老厂矿田花岗岩地球化学特征及其形成构造背景

王永磊¹⁾, 裴荣富¹⁾, 李进文¹⁾, 武俊德²⁾, 李莉¹⁾, 王浩琳¹⁾

1) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037; 2) 云南锡业集团, 个旧, 661400

内容提要:个旧老厂矿田是中国著名的铜锡多金属矿产地而倍受关注, 本文以个旧老厂矿田花岗岩体为研究对象, 结合岩体产出的地质条件, 在岩石学研究的基础上, 运用主量元素及微量元素地球化学方法对老厂花岗岩的地球化学特征、源区及其形成的构造背景进行了系统研究。结果表明, 老厂花岗岩体为一复式岩体, 来源于陆壳岩石的部分熔融, 但其具有不同的源区性质。构造环境判别图显示, 老厂花岗岩体不同单元形成于不同的构造环境, 与成矿作用有关的花岗岩则主要形成于后碰撞造山向板内环境的转换阶段, 这种特殊的构造环境是区内超大型矿床形成的有利条件。

关键词:老厂矿田; 花岗岩; 岩石地球化学; 构造背景

个旧锡矿区地处华南地槽褶皱区右江地槽褶皱带西缘, 位于华南及东南亚板块、印度板块、菲律宾海板块交接部位的附近, 经历了不同时代的地质演化进程, 使得区内褶皱和断裂构造较为发育, 岩浆活动强烈, 因其特殊的构造位置和丰富的锡铜多金属矿产资源而倍受中外地质学家的关注。老厂矿田位于个旧锡矿区中段, 是个旧矿区的主要生产矿山, 其锡矿化达到特大型, 伴生的铜、铅达中型规模。已有研究表明, 世界上许多大型、超大型锡矿都与花岗岩类岩石有着密切的关系 (Schwartz et al., 1995; Botelho et al., 1998; Wallianos et al., 1999), 而个旧老厂锡矿在成矿时间、空间和成因上同样与花岗岩类岩石有关, 该区花岗岩类岩石常伴随着广泛的锡铜多金属矿化, 因此深入研究区内花岗岩类岩石的地球化学特征、成因和形成的构造背景, 对于我们深入理解区内花岗岩的成矿专属性性和进一步寻找新的矿产资源具有重要意义。

1 岩体地质与岩相学

老厂花岗岩体位于个旧东区老卡岩体北段 (图 1), 属于老卡岩体的一部分, 隐伏于地表以下 200m~1000m, 沿五子山复背斜核部侵位于中三叠统个旧组中下部碳酸盐中, 受 NE 向断裂带控制, 岩体顶部形成若干 NE 向展布的小岩株。岩体多与次级褶

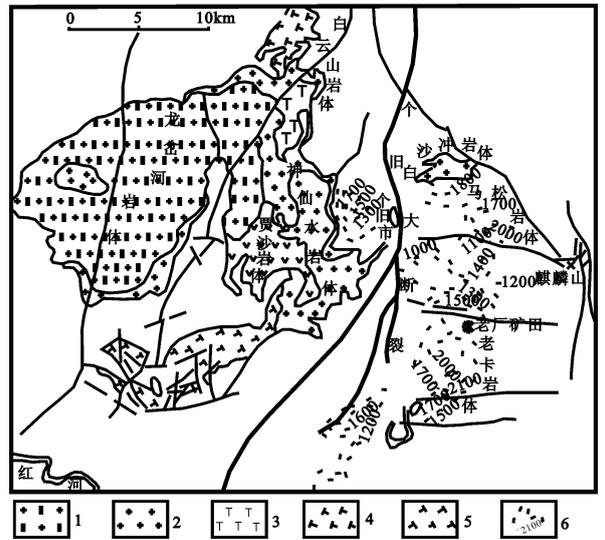


图 1 个旧岩浆杂岩体地质图 (据黄崇柯等, 2001)

Fig. 1 Geological sketch map of igneous complex in Gejiu (modified from Huang Chongke et al., 2001)

- 1—斑状黑云花岗岩; 2—粒状黑云母花岗岩; 3—碱性正长岩; 4—霞石正长岩; 5—火山岩; 6—隐伏花岗岩等深线
- 1—Porphyritic biotite granite; 2—granular biotite granite; 3—alkaline syenite; 4—nepheline syenite; 5—volcanic rocks; 6—depth contour of hidden granite

皱构造相吻合, 常呈舌状、蘑菇状突起, 是矿区接触带型矿床的最佳成矿构造。老厂岩体与卡房岩体共

注: 本文为国家自然科学基金项目 (编号 40572061) 资助的成果。

收稿日期: 2007-05-18; 改回日期: 2007-06-15; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 王永磊, 男, 1980 年生。博士研究生, 矿产普查与勘探专业。Email: yongleiw@163.com。

同构成平缓开阔,两侧下倾,东缓西陡的老卡岩体,其绝大部分隐伏于老厂至卡房一带,仅在卡房白沙坡约有0.3km²出露。一些初步的研究资料表明,个旧东西区岩体在较深处相连,形成一轴向北西,面积达数千平方公里的椭圆状大岩基,东西区岩体以其岩石学和地球化学的递变,共同构成一个演化系列(庄永秋等,1996)。

老厂花岗岩体无明显分带,岩性变化不大,主要为灰色—灰白色中粒至细中粒黑云母花岗岩,主要矿物成分为钾长石,斜长石,石英,黑云母等,黑云母含量一般小于5%,副矿物有锆石、磷灰石、电气石等。钾长石多为微斜长石,局部有轻微的高岭土化和绢云母化。斜长石呈自形板状、板条状,含量一般低于钾长石和石英。黑云母呈不规则片状,棕褐色,常发生退色蚀变,极似白云母,但光性和黑云母相同。老厂花岗岩体在空间上与成矿关系密切,普遍具白云母化、钠长石化,岩体的直接围岩主要为灰质白云岩与白云质灰岩组成的互层,接触带上砂卡岩发育,伴随Sn、Cu多金属矿化。

2 岩石地球化学

老厂花岗岩常量元素、微量元素及稀土分析结果见表1,除样品ZYS19、ZYS20发生一定程度蚀变外,其它均为新鲜未蚀变样品。

2.1 常量元素

老厂花岗质岩石SiO₂含量在71.25%~73.65%之间(未包括样品ZYS19、ZYS20),平均72.43%,高于Nockolds(1954)、Le Maitre(1976)、Vinogradov(1962)和黎彤(1998)等定义的花岗岩类平均值。在侵入岩分类图(图2)中主要表现为花岗岩,全碱含量为6.72%~8.53%(样品ZYS19、ZYS20因受蚀变的影响,导致Na₂O含量减少),绝大部分样品K₂O含量大于Na₂O,具有富钾的性质,在K₂O-SiO₂图解(图3)上表现出高钾钙碱性系列岩石的特征,暗示了原始岩浆富钾的特点,说明花岗岩源岩具有壳源的特点。铝饱和指数(A/CNK)变化较大,0.864~1.112,属于准铝质到弱过铝质花岗岩。MgO、TiO₂、P₂O₅明显偏低,含量分别为0.33%~0.66%、0.05%~0.24%,0.03%~0.12%,反映出地壳浅部物质来源特点。各样品的常量元素含量基本相似,但TiO₂、P₂O₅的含量略有差别,其二者含量与SiO₂含量具有相关性,依据二者的含量可将样品分为两组:第一组(ZYS2、ZYS6、ZYS7、ZYS19)TiO₂含量

为0.18%~0.24%,P₂O₅含量为0.12%~0.15%;第二组(ZYS9、ZYS20、TZ2)TiO₂含量为0.05%~0.09%,P₂O₅含量为0.03%~0.06%。

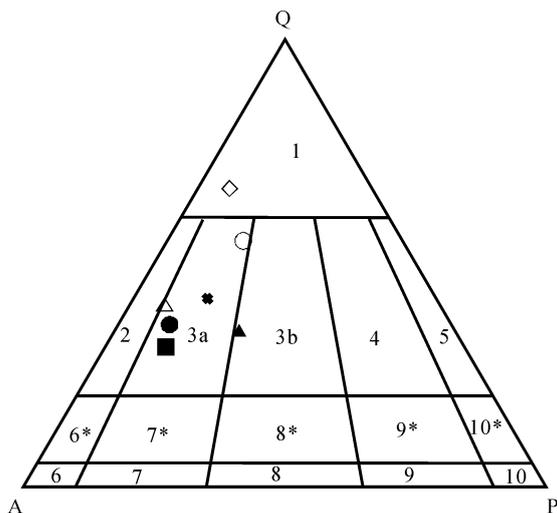


图2 个旧老厂花岗岩类侵入岩分类图解

Fig. 2 Classification of the granitoid intrusions occurring in the Laochang area, Gejiu

1—富石英花岗岩; 2—碱长花岗岩; 3a—花岗岩(正长花岗岩); 3b—花岗岩(二长花岗岩); 4—花岗闪长岩; 5—英云闪长岩、斜长花岗岩; 6*—碱长石英正长岩; 7*—石英正长岩; 8*—石英二长岩; 9*—石英二长闪长岩; 10*—石英闪长岩、石英辉长岩、石英斜长岩; 6—碱长正长岩; 7—正长岩; 8—二长岩; 9—二长闪长岩、二长辉岩; 10—闪长岩、辉长岩、斜长岩; ■—ZYS2; ●—ZYS6; ▲—ZYS7; ○—ZYS19; △—TZ2; ×—ZYS9; ◇—ZYS20

1—Quartz-rich granite; 2—alkaline granite; 3a—granite (syenogranite); 3b—granite (monzogranite); 4—granodiorite; 5—tonalite (plagioclase granite); 6*—alkaline quartz syenite; 7*—quartz syenite; 8*—quartz monzonite; 9*—quartz monzodiorite; 10*—quartz diorite; 6—alkaline syenite; 7—syenite; 8—monzonite; 9—monzodiorite (monzogabbro); 10—diorite (gabbro); ■—ZYS2; ●—ZYS6; ▲—ZYS7; ○—ZYS19; △—TZ2; ×—ZYS9; ◇—ZYS20

表1 老厂花岗岩常量、微量元素及稀土元素分析结果

Table 1 The analysis result of major, trace and rare earth elements of Laochang granite

样品编号	ZYS2	ZYS6	ZYS7	ZYS19	TZ2	ZYS9	ZYS20
常量元素(%)							
SiO ₂	71.25	71.69	72.21	69.62	73.37	73.65	75.04
TiO ₂	0.21	0.18	0.24	0.24	0.09	0.05	0.09
Al ₂ O ₃	13.93	13.63	13.61	13.31	10.58	13.21	12.67
Fe ₂ O ₃	0.55	0.81	0.43	1.38	2.17	0.62	1.98
FeO	1.22	1.56	1.05	3.56	2.54	0.44	1.96
MnO	0.04	0.04	0.03	0.07	0.07	0.02	0.04
MgO	0.36	0.33	0.66	1.09	0.37	0.49	0.34

样品编号	ZYS2	ZYS6	ZYS7	ZYS19	TZ2	ZYS9	ZYS20
CaO	1.55	1.42	2.82	2.50	1.52	1.78	1.11
Na ₂ O	2.81	2.22	3.77	0.12	3.26	2.36	0.12
K ₂ O	5.72	5.72	3.14	4.05	3.81	4.36	3.76
P ₂ O ₅	0.12	0.12	0.15	0.14	0.03	0.05	0.06
LOI	2.08	2.16	1.76	3.76	2.04	2.80	2.66
总量	99.84	99.88	99.87	99.84	99.85	99.83	99.83
A/CNK	1.02	1.10	0.92	1.46	0.86	1.12	2.02
Na ₂ O+K ₂ O	8.53	7.94	6.91	4.17	7.07	6.72	3.88
K ₂ O/Na ₂ O	2.04	2.58	0.83	33.75	1.17	1.85	31.33
稀土元素($\times 10^{-6}$)							
La	38.80	34.40	45.60	29.90	21.60	15.50	18.00
Ce	71.40	64.00	82.00	53.60	43.40	31.30	36.70
Pr	8.36	7.58	9.34	6.51	5.87	4.27	4.62
Nd	29.30	26.70	32.10	22.90	22.20	17.30	17.60
Sm	5.58	5.39	5.87	4.67	6.40	5.46	4.83
Eu	0.77	0.64	0.81	0.52	0.16	0.24	0.22
Gd	4.28	4.10	4.50	3.42	6.40	6.23	5.20
Tb	0.49	0.50	0.50	0.43	1.05	1.14	0.99
Dy	2.18	2.35	2.23	2.08	6.44	7.36	6.34
Ho	0.34	0.41	0.37	0.35	1.29	1.46	1.32
Er	0.92	1.10	1.03	0.96	3.80	4.35	4.06
Tm	0.12	0.15	0.13	0.14	0.59	0.67	0.66
Yb	0.83	1.02	0.91	0.99	4.27	4.58	4.68
Lu	0.12	0.14	0.13	0.13	0.63	0.65	0.65
Y	9.27	10.40	9.85	10.40	35.50	35.20	37.70
Σ REE	163.50	148.47	185.52	126.62	124.10	100.50	105.88
LREE	119.69	108.41	134.62	91.62	84.43	64.80	69.17
HREE	14.28	16.06	15.15	15.50	53.57	55.41	56.41
LREE/HREE	16.60	14.21	17.92	13.86	4.07	2.80	3.43
La _N /Yb _N	31.59	22.79	33.75	20.33	3.42	2.29	2.60
δ Eu	0.46	0.40	0.46	0.38	0.08	0.12	0.14
δ Ce	0.89	0.90	0.89	0.87	0.89	0.89	0.93
微量元素($\times 10^{-6}$)							
Rb	479.00	459.00	309.00	672.00	532.00	369.00	762.00
Ba	442.00	382.00	374.00	98.50	33.60	165.00	58.70
Th	27.20	25.20	26.80	21.00	34.30	27.70	27.00
U	8.95	10.60	9.90	7.62	23.60	32.50	19.60
Ta	2.42	2.55	2.44	3.00	7.90	13.20	9.48
Nb	20.30	17.60	18.50	19.30	46.60	43.60	43.70
Sr	180.00	107.00	319.00	58.90	32.80	135.00	12.00
Zr	121.00	103.00	106.00	116.00	98.70	80.70	80.40
Hf	4.18	3.75	3.96	4.01	6.37	5.41	4.62
Sm	5.58	5.39	5.87	4.67	6.40	5.46	4.83
Ti	1273.00	1181.00	1618.00	1470.00	406.00	306.00	541.00
特征比值							
La/Sm	6.95	6.38	7.77	6.40	3.38	2.84	3.73
La/Nb	1.91	1.95	2.46	1.55	0.46	0.36	0.41
Th/Ta	11.24	9.88	10.98	7.00	4.34	2.10	2.85
Th/Nb	1.34	1.43	1.45	1.09	0.74	0.64	0.62
Ta/Hf	0.58	0.68	0.62	0.75	1.24	2.44	2.05
Nb/Ta	8.39	6.90	7.58	6.43	5.90	3.30	4.61
Zr/Hf	28.95	27.47	26.77	28.93	15.49	14.92	17.40
Gd/Lu	34.52	30.37	34.62	25.52	10.19	9.64	8.01

注:样品分析由核工业北京地质研究院分析测试研究中心完成;常量元素用 XRF 测试;微量元素和稀土元素用 HR-ICP-MS 测试。

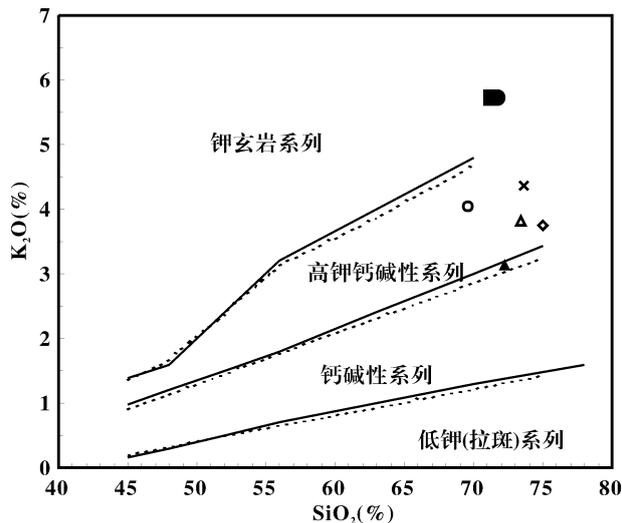


图 3 个旧老厂花岗岩类侵入岩 K₂O-SiO₂ 图解
Fig. 3 K₂O-SiO₂ diagram of the granitoid intrusions occurring in the Laochang area, Gejiu

2.2 稀土元素

由表 1 及全岩稀土元素的球粒陨石标准化 (Taylor and McLennan, 1985) 配分曲线 (图 4) 可以看出, 蚀变对样品 ZYS19、ZYS20 的稀土元素影响不大。老厂花岗岩稀土元素总量 Σ REE 在 100.50 ~ 185.52 之间, 低于世界平均花岗岩 (Σ REE 为 254.3×10^{-6} , 维诺格拉多夫, 1962) 及华南地区的改造型花岗岩 (Σ REE 为 234.5×10^{-6} , 刘英俊, 1984), Ce 异常不明显。由图 4 可知, 老厂花岗岩的稀土元素具有两种不同的配分模式: 第一组 (ZYS2、ZYS6、ZYS7、ZYS19) 呈右倾型, 轻稀土富集, 轻、重稀土之间的分馏较为明显, La_N/Yb_N 比值高, 20.33 ~ 33.75, 发育中等负 Eu 异常, $Eu/Eu^* = 0.38 \sim$

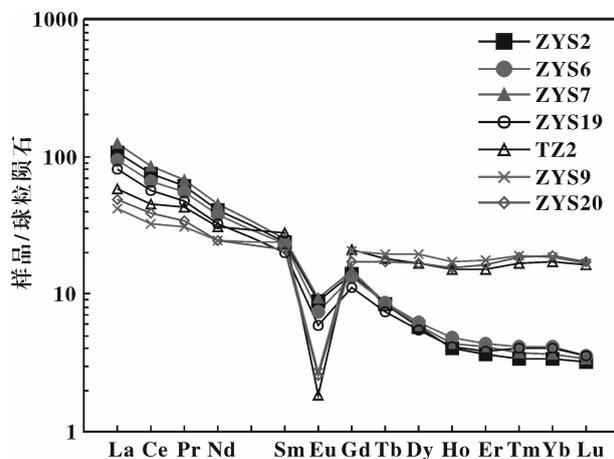


图 4 球粒陨石标准化的稀土配分模式
Fig. 4 Chondrite normalized REE patterns

0.46, 平均 0.43; 第二组 (ZYS9、ZYS20、TZ2) 近似于“海鸥”型, 轻、重稀土的分馏程度较低, La_N/Yb_N 比值为 2.29~3.42, 具有强烈的负 Eu 异常, $Eu/Eu^* = 0.08 \sim 0.14$, 平均 0.11, 暗示着花岗岩经历了高度演化, 斜长石分离对岩浆分异演化起了重要的支配作用, 已有的研究表明, 此类花岗岩与成矿作用关系密切 (庄永秋等, 1996)。

2.3 微量元素

老厂花岗岩的微量元素原始地幔标准化 (Sun and McDonough, 1989) 分布曲线见图 5, 花岗岩的微量元素分布型式整体表现为 Rb、Th、U 强烈富集, 亏损 Ba、Sr、Zr、Ti 等不相容元素。强不相容元素 Rb 强烈富集, 说明岩浆分异作用进行得很充分; Ti 的明显亏损则说明钛铁矿已从岩浆中分离; Nb 的亏损暗示了其地壳来源性质。与千里山花岗岩 (毛景文等, 1995) 相比, U、Th 的含量整体偏低, 但是按照 Darnley (1985) 的定义, U 和 Th 分别达 8×10^{-6} 或 10×10^{-6} , 老厂花岗岩依然为高热 (HHP) 花岗岩。从花岗岩的微量元素分布曲线来看, 花岗岩的微量元素 Ba、U、Sr、Ta、Nb、Ti 等具有明显的变化, 与稀土元素的分布曲线相对应, 花岗岩的微量元素分布曲线依然具有明显的区别, 与第一组相比, 第二组花岗岩 U、Ta、Nb 的含量偏高, Ba、Sr、Ti 亏损更明显, 随着岩浆的演化, Ba、Sr 的亏损逐渐加强, 应与斜长石的分离有关, 与 Eu 的负异常相对应, 进一步印证了花岗岩经历了高度演化。

3 形成构造环境

不同构造环境中的酸性侵入岩地球化学特征的

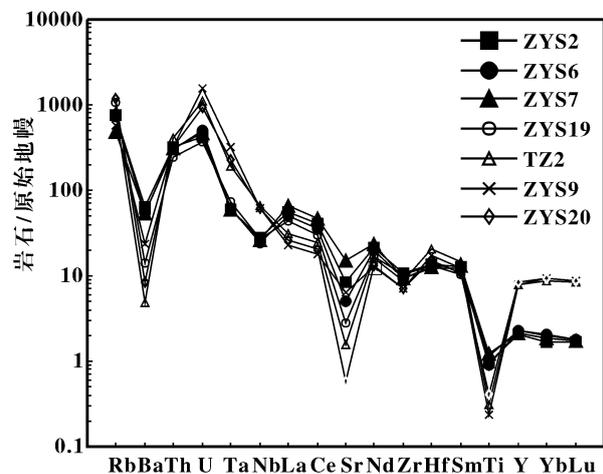


图 5 原始地幔标准化的蛛网图

Fig. 5 Primitive Mantle normalized spider diagrams

研究表明, 在很多情况下, 微量元素可被用作确定岩浆侵入构造环境的判别标志。在 Pearce 等 (1984) 的花岗岩构造环境判别图上 (图 6), 老厂花岗岩体主要位于同碰撞花岗岩和板内花岗岩区, 与花岗岩的稀土、微量元素图解相对应, 该岩体不同类型花岗岩落入不同的构造区域, 这表明该岩体的花岗岩形成于不同的构造环境: 第一组形成于碰撞环境; 第二组则主要形成于后碰撞造山到板内的环境, 研究表明, 这种分布特点指示着后碰撞造山向板内环境的转换阶段 (Pearce, 1996)。在 Harris 等 (1986) 的 $Rb/30 - Hf - 3Ta$ 构造环境判别图解 (图 7) 中, 老厂花岗岩相应的分为两个阶段: 第一阶段为同碰撞环境; 第二阶段主要为碰撞晚期和后碰撞环境及板内环境, 基本与 Pearce 等 (1984) 的构造环境分类相对应。这表明老厂花岗岩体的不同单元形成于不同的构造环境, 与成矿作用有关的花岗岩则形成于后碰撞造山向板内环境的转换阶段。

4 讨论

上述岩石地球化学特征表明, 老厂花岗岩体不同单元的岩石地球化学特征具有很大的差别, 表明该岩体为一复式岩体, 其整体特征类似于南岭地区的中生代陆壳重熔型复式花岗岩体, 南岭地区的复式花岗岩体从早到晚具有轻稀土减少, 重稀土增加的趋势, 其稀土配分曲线由右倾型逐渐过渡为“海鸥”型, Eu 处由微凹的形态逐渐向尖深递变, 多被解释为同源岩浆演化的不同阶段 (谭俊等, 2007)。与南岭地区的复式岩体相比, 老厂花岗岩体虽无明显的岩性和结构构造差异, 常量元素在一定范围内类似, 但是不同单元花岗岩却展现出自己独特的稀土元素和微量元素特征, 这表明老厂花岗岩体可能具有不同的岩浆源。

利用微量元素 (特别是强不相容元素) 的含量比值来讨论岩浆演化倍受人们关注, Nb/Ta 比值在岩浆演化过程中变化很小, 具有明显的源区指示意义。在 Nb-Nb/Ta 图解 (图 8) 上, 老厂花岗岩的 Nb/Ta 值小于上地壳的 Nb/Ta 值, 并沿推测的部分熔融趋势线演化, 说明其主要物质成分来源于地壳, 可能是地壳物质部分熔融而生。在稀土元素 La-La/Sm 图解 (图 9) 中, 呈正相关关系, 说明岩浆演化和稀土元素分异主要受部分熔融作用所制约 (Borg et al., 1999)。

老厂花岗岩体整体显示壳源的特征, 但是花岗岩的岩石地球化学特征具有明显的差异性, 确定二

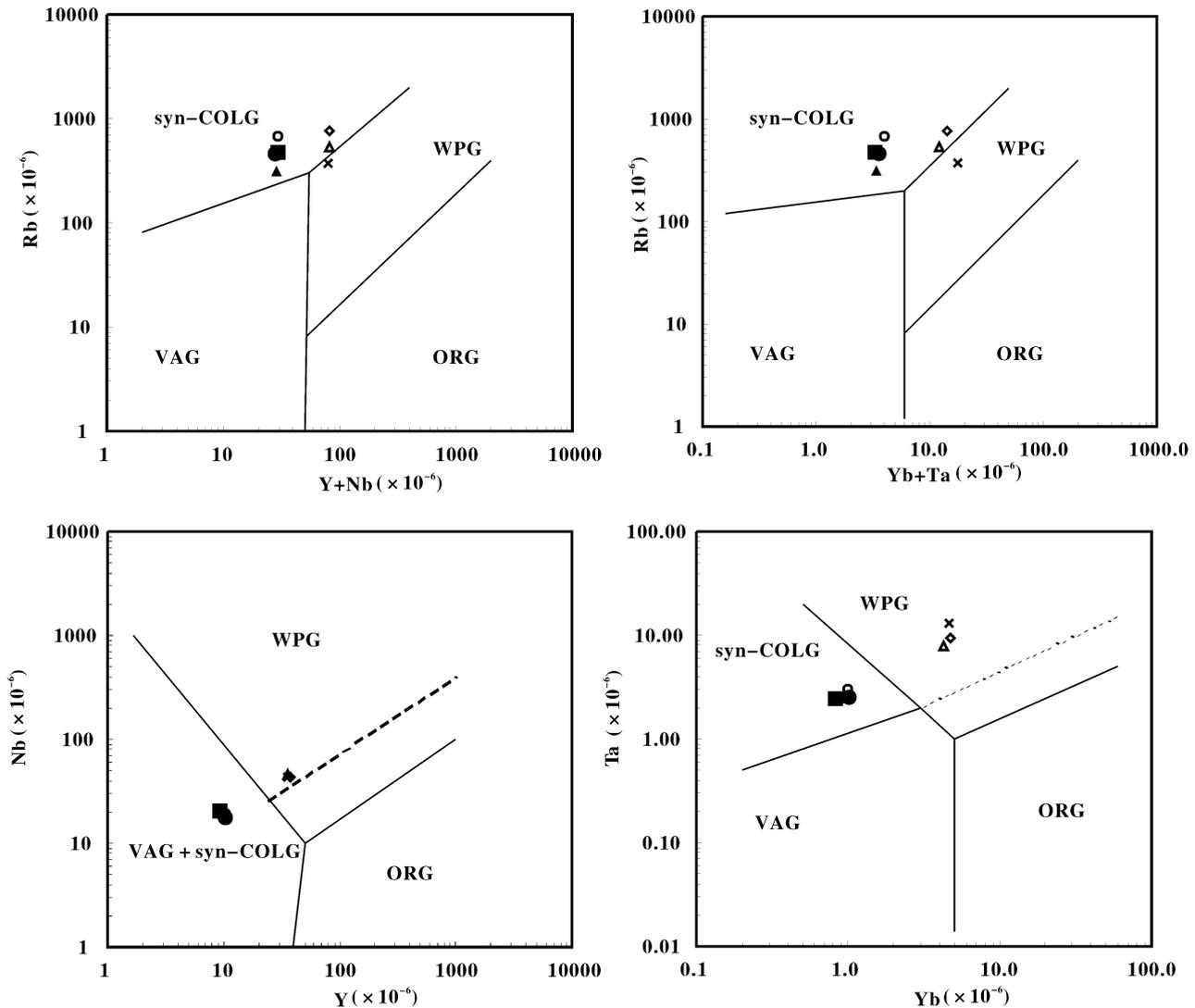


图 6 个旧老厂花岗岩形成构造环境的微量元素判别图(据 Pearce 等,1984)

Fig. 6 Trace element discrimination of tectonic environments of Laochang granite, Gejiu (after Pearce et al., 1984)

syn-COLG—同碰撞花岗岩; VAG—火山弧花岗岩; WPG—板内花岗岩; ORG—洋脊花岗岩

syn-COLG—syntectonic collision granite; VAG—volcanic arc granite; WPG—within-plate granite; ORG—ocean-ridge granite

者之间的成因联系对于找矿的实践具有指导意义。Ta、Hf、Th、Nb 等强不相容元素具有相似的全岩配分系数 D,在岩浆演化过程中的变化是同步的,这些元素之间的比值是判断岩浆是否同源的重要参量(Weaver B L,1991;Schmidberger S S et al,1999)。Th/Ta、Ta/Hf 在部分熔融过程中变化很小,在岩浆结晶分异过程中基本没有变化,因此,相对原始岩浆中的 Th/Ta 和 Ta/Hf 的差异被解释为源区成分不同引起的(McCulloch M T, et al., 1989)。由表 1 可知,老厂花岗岩的 Th/Ta、Ta/Hf 值可分为两个不同的范围:Th/Ta,7~11.24, Ta/Hf,0.5~0.75; Th/Ta,2.10~4.34, Ta/Hf,1.24~2.44。其它微量元素比值,如 Th/Nb、Nb/Ta、La/Nb、Zr/Hf,多

数变化幅度较大,结合花岗岩形成构造环境的微量元素判别图可以确定,老厂花岗岩体中具有不同岩石地球化学特征的花岗岩之间无必然的成因联系,它们具有不同的源区性质,是不同岩浆房岩浆分异演化的产物。

5 结论

综合老厂花岗岩的常量元素、稀土元素及微量元素特征判别结果,可以得出如下结论:

(1) 老厂花岗岩体为一复式岩体,来源于地壳物质的部分熔融,整体具有富硅、富铝、富碱、贫镁、铁的特点。

(2) 老厂花岗岩体中不同单元的花岗岩之间无

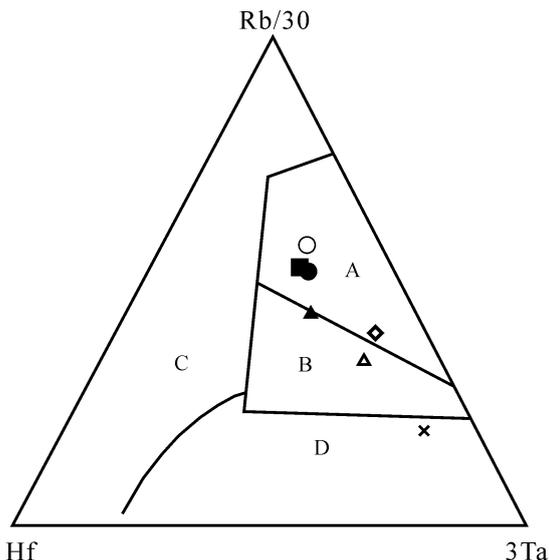


图7 个旧老厂花岗岩的 Rb/30-Hf-3Ta 图解
(据 Harris 等,1986)

Fig.7 Rb/30-Hf-3Ta diagram of Laochang granite, Gejiu (after Harris et al.,1986)

A—同碰撞花岗岩;B—碰撞后花岗岩;C—火山弧花岗岩;
D—板内花岗岩
A—syn-collision granite; B—post-collision granite;
C—volcanic arc granite; D—within-plate granite

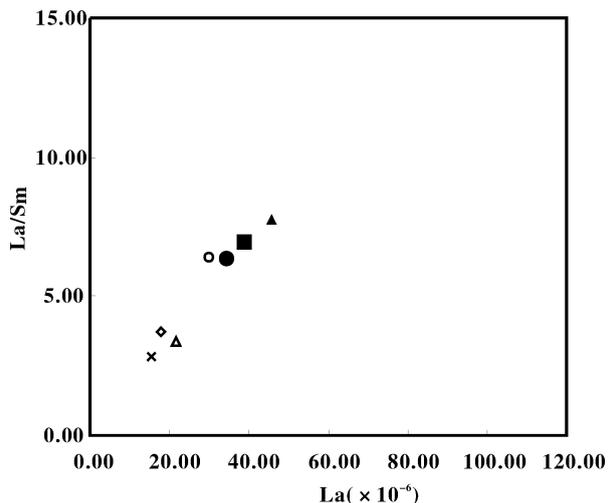


图9 个旧老厂花岗岩的 La-La/Sm 图解
Fig.9 La-La/Sm diagram of Laochang granite,Gejiu

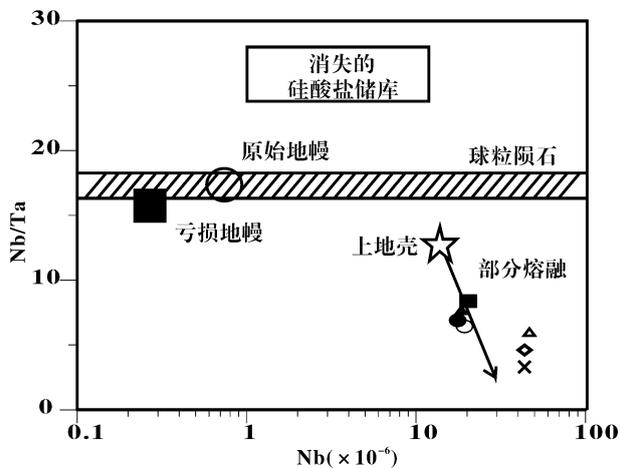


图8 个旧老厂花岗岩 Nb-Nb/Ta 图解(据 Barth,2000)
Fig.8 Nb-Nb/Ta diagram for Laochang granite,Gejiu
(after Barth,2000)

必然的成因联系,它们具有不同的源区性质,是不同岩浆房岩浆分异演化的产物。

(3) 构造环境分析表明,老厂花岗岩体不同单元花岗岩形成于不同的构造环境,与成矿有关的花岗岩主要形成于后碰撞造山向板内环境的转换阶段,这种特殊的构造环境是区内超大型矿床形成的有利条件。

参 考 文 献

黎彤,袁怀雨,吴胜昔. 1998. 中国花岗岩类和世界花岗岩类平均化学成分的对比如研究. 大地构造与成矿学, 22(1):29~24.
刘英俊. 1984. 华南花岗岩类中微量元素的地球化学特征. 徐克勤, 涂光炽. 花岗岩地质与成矿. 南京:江苏科学技术出版社, 511~525.
毛景文,李红艳,裴荣富. 1995. 千里山花岗岩体地质地球化学及与成矿关系. 矿床地质, 14(1):12~25.
谭俊,魏俊浩,李艳军,等. 2007. 南岭中生代陆壳重熔型花岗岩类成岩成矿的有关问题. 地质论评, 53(3):349~362.
庄永秋,王任重,杨树培,等. 1996. 云南个旧锡铜多金属矿床. 地震出版社,1~183.
Barth M G, McDonough W F, Rndnick R L. 2000. Tracking the budget of Nb and Ta in the continental crust. Chemical Geol., 165:197~213.
Borg L E, Clyne M A. 1999. The petrogenesis of felsic calc-alkaline magmas from the southernmost Cascades, California: Origin by partial melting of basaltic lower crust. Petrology,39(6):1197~1222.
Botelho N F, Moura M A. 1998. Granite-ore deposit relationship in central Brazil. Journal of south american earth sciences, 11(5):427~438.
Harris N B W, Pearce J A, Tindle A G. 1986. Geochemical characteristics of collision zone magmatism. In: Collision tectonics (by Coward M P ed.). Geol. Spec. Publ., 19:67~81.
Le Maitre R W. 1976. The chemical variability of some common igneous rocks. J Petrol, 17(4):589~637.
Nockolds S R. 1954. Average composition of some igneous rocks. Geol Soc Am Bull, 65:1007~1032.
Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Petrol., 25(4):956~983.
Pearce J A. 1996. Sources and settings of granitic rocks. Episodes,

- 19:120~125.
- Schmidberger S S, Hegner E. 1999. Geochemistry and isotope systematics of calc-alkaline volcanic rocks from the Saar-Nahe basin (SW Germany) implications for Late-Variscan orogenic development. *Contr. Mineral. Petrol.*, 135, 373~385.
- Schwartz M O, Rajah S S, Askury A k, et al. 1995. The southeast Asian tin belt. *Earth-science review*, 38:85~293.
- Sun S S, McDonough W F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders A D, Norry M J. *Magmatism in the Ocean Basin*. *Geol Soc Special Publ.* (42) :313~345.
- Taylor S R, McLennan S M. 1985. *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. London: Blackwell Sci Publ, 1~312.
- Vinogradov A P. 1962. Average content of chemical elements in the chief types of igneous rocks of the crust of the Earth. *Geokhimiya*, (7):555~571(in Russian with English abstract).
- Wallianos A, Dietrich A, Lehmann B, et al. 1999. Trace element analyses of melt inclusions as probes for the evolution of Bolivian tin porphyry deposits. *Nuclear instruments and methods in physics research B*. 158: 621~627.
- Weaver B L. 1991. The origin of ocean island basalt end-member composition trace element and isotopic constrains. *Earth Planet Sci Lett*,104:381~397.

Geochemical Characteristics and Tectonic Setting of Laochang Granite in Gejiu

WANG Yonglei¹⁾, PEI Rongfu¹⁾, LI Jinwen¹⁾, WU Junde²⁾, LI Li¹⁾, WANG Haolin¹⁾

1) *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037*

2) *Yunnan Tin Group, Gejiu, 661400*

Abstract

Laochang ore field of Gejiu, as a famous tin-copper polymetallic ore producing area in China has received great attention. The paper aimed at the granite in the ore field, and mainly studied geochemical characteristics of the granite, source area and tectonic settings. Combined with the geological background and lithological features of the granite body, the research indicated that the Laochang granite is a compound massif, resulted from partial melting of the crust rock, and of the features of different source area. The diagram of tectonic discrimination shows that different granite units of the Laochang compound massif formed at different structural environments and the granite related to metallogenesis formed at the transitional stage from the post-collisional orogeny to intraplate environment, which is most favorable condition for the formation of super-large deposit in the Laochang ore field.

Key words: Laochang ore field; granite; petrochemistry; tectonic setting

