

云南省大坪金矿区二长花岗岩的 地球化学特征及地质意义

王治华, 郭晓东, 葛良胜, 王 梁, 常春郊, 从润祥, 张慧玉

(武警黄金地质研究所, 河北廊坊 065000)

[摘 要] 大坪金矿区岩浆活动频繁, 矿区出露的二长花岗岩体规模较大, 岩性为中粗粒二长花岗岩。在岩石化学组成上, SiO_2 含量为 67.32% ~ 71.71%、 Al_2O_3 为 14.54% ~ 16.66%, 属于过铝质花岗岩类。岩石富集大离子亲石元素(Sr、U、Rb 和 Ba)和轻稀土元素(LREE)、相对亏损高场强元素(Ta、Nb 和 Ti), 且 Ta、Nb 和 Ti 具“TNT”负异常; δEu 值为 0.80 ~ 1.44, 负 Eu 异常不明显; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值范围为 0.7078 ~ 0.7436, 均值 0.7256, 高于原始地幔现代值 0.7045; $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 值范围为 0.5119 ~ 0.5122, 均值 0.5120, 低于原始地幔现代值 0.512638; ε_{Nd} 值范围为 -2.5 ~ -4.2, 均值 -3.98。表明矿区二长花岗岩源区应来自于“壳-幔混合带”的部分熔融, 形成于同碰撞或碰撞晚期的构造环境。二长花岗岩体与大坪金矿成矿流体具有相同源区, 岩体为大坪金矿的形成提供了热源和主要成矿流体。

[关键词] 花岗岩 原始地幔 地球化学 大坪金矿 云南省

[中图分类号] P618 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2012)03-0618-11

Wang Zhi-hua, Guo Xiao-dong, Ge Liang-sheng, Wang Liang, Chang Chun-jiao, Cong Run-xiang, Zhang Hui-yu. Geochemical characteristics of monzonite granite from the Daping gold mining area, Yunnan Province and geological significance [J]. *Geology and Exploration*, 2012, 48(3): 0618-0628.

0 引言

云南省元阳县大坪金矿床是著名的金沙江-哀牢山构造带上继墨江金厂、镇源老王寨之后发现的又一重要的金矿床, 矿床位于云南省元阳县大坪乡境内, 矿区面积约 60 km²。大坪金矿床自从发现以来就引起地质学者极大的关注, 前人分别对矿床的地质特征、成矿流体、成矿时代和矿床成因等方面进行了系统研究(韩润生等, 1997; 应汉龙, 1998; 毕献武等, 1999; 熊德信等, 2006a, 2006b, 2007; 孙晓明等, 2007a, 2007b)。然而, 前人对矿区出露的花岗岩体仅作过地质特征的简单描述, 至今没人对花岗岩的地质地球化学特征进行系统研究。本文主要通过对比矿区出露的二长花岗岩的岩石学、主量元素、微量元素、稀土元素和同位素地球化学特征的系统研究, 来探讨岩体成岩构造环境、源区性质和成因等, 并讨论了二长花岗岩体与大坪金矿之间的关系, 将有助

于深入了解大坪金矿的矿床成因。

1 地质概况及岩石学

大坪金矿区大地构造位置位于扬子地块西缘的金平断块上, 或称为金平滑移体(王臣兴, 2002)。该区位于金沙江-哀牢山构造带的南端, 以金平为中心, 东西两侧分别受哀牢山断裂及其南部分支藤条江断裂所限, 北西交汇于元阳县南部的攀枝花一带, 大致呈一楔形区, 哀牢山深浅变质带分别位于其东西两侧(图1)。区内除发育北西向断裂外, 北东向断裂也较发育, 两者相互作用和加强, 造成岩浆活动和成矿活动成面型展开, 极大地丰富了断块内活动的内涵, 形成‘遍地是金’的特征。

矿区地层比较简单, 零星出露奥陶系、志留系、泥盆系, 是一套碎屑沉积岩及碳酸盐岩。元古界哀牢山群片麻岩、变粒岩出露于矿区之北。矿区断裂构造以北西向为主, 其次为近南北向和北东向。区

[收稿日期] 2011-11-11; [修订日期] 2012-01-06; [责任编辑] 郝情情。

[基金项目] 973 国家重点基础研究发展计划(2009CB421008)和武警黄金指挥部专项基金(编号: HJ09-03)资助。

[第一作者] 王治华(1978年-), 男, 硕士, 工程师, 2000年7月毕业于成都理工学院地质矿产勘查专业, 现主要从事金矿地质研究工作。E-mail: zhihuawang686@sina.com。

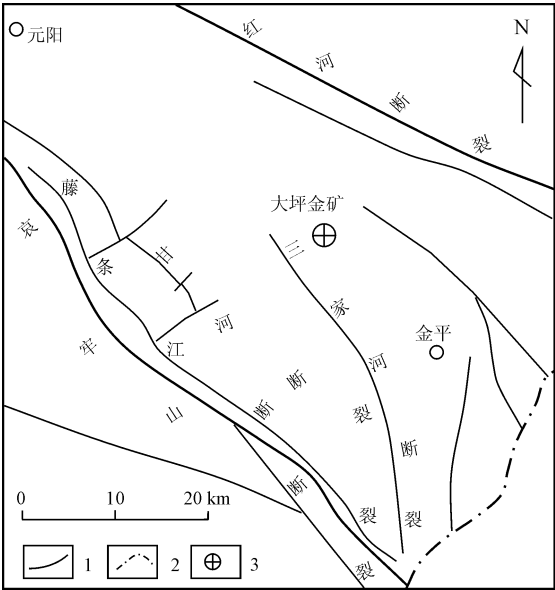


图1 大坪金矿区构造格架图(据王治华等,2010)

Fig. 1 Tectonic setting of the Daping mining field(after wang et al. , 2010)
1-断裂;2-国界;3-金矿床
1-fault;2-national border;3-gold deposit

内断裂主要有三家河断裂、金子河断裂和小寨-金平断裂(图2)。

矿区岩浆活动频繁,岩浆岩具多期次、多类型特点。矿区出露的花岗岩体是矿区内最主要的岩体,位于矿区的小寨-金平断裂东北侧,呈北西-南东向展布,长10 km,宽4~5 km,面积约50 km²。此外,矿区内脉岩比较发育,主要为二长斑岩脉、石英二长岩脉、辉绿岩脉,脉岩规模较小,一般宽数十厘米至几米,长几米至几百米(图1)。花岗岩体的岩性比

较单一,为中粗粒二长花岗岩,灰白色,块状构造,中粗粒花岗结构。主要由斜长石(38%)、钾长石(30%~35%)、石英(25%)和黑云母(小于5%)组成,粒径以2~5 mm居多,5~13 mm粗粒次之,细粒少量。斜长石呈半自形板状,具绢云母化;钾长石为微斜纹长石,呈他形-半自形宽板状,具粘土化,内常含有小的斜长石晶体;石英呈他形粒状,具波状消光。岩石蚀变较强,黑云母大部分被绿泥石、白云母交代,呈其假象。此外,还见有不规则片状白云母(呈网脉状)和少量萤石,反映了高温气成热液交代作用。主要副矿物为磁铁矿、锆石、磷灰石和榍石等。

2 采样及分析方法

本文分析样品采自大坪金矿区的二长花岗岩见图2,样品编号为:DB33、DB34、DB35、DB52、DB53。样品手标本虽然比较新鲜,但是镜下观察来看,岩石普遍遭受不同程度的蚀变。

主量元素在中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所采用熔片法X-射线荧光光谱(XRF)分析;微量和稀土元素在中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所采用等离子体质谱法(ICP-MS)或压片法X-射线荧光光谱(XRF)分析;Sr、Nd同位素在中国地质科学院地质研究所同位素实验室由唐索寒分析,其中,Sr同位素、Rb-Sr和Sm-Nd含量分析仪器:MAT262固体同位素质谱计;Nd同位素分析仪器:Nu Plasam HR MC-ICP-MS(Nu Instruments)。

表1 大坪金矿区二长花岗岩岩石化学成分表(%)

Table 1 Chemical composition of monzogranite in the Daping gold mining area (%)

样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	CO ₂	Total
DB33	67.59	0.18	14.54	1.45	1.01	0.07	0.82	3.59	0.66	3.95	0.07	2.63	3.23	99.78
DB34	71.71	0.25	14.96	0.61	1.06	0.03	0.51	1.53	4.35	4.10	0.09	0.79	0.21	100.19
DB35	71.34	0.24	15.02	0.63	1.06	0.03	0.49	1.46	4.21	4.05	0.08	0.70	0.16	99.45
DB52	67.32	0.36	16.66	0.87	2.10	0.07	1.70	4.14	3.44	2.19	0.12	0.74	0.27	99.98
DB53	68.22	0.37	16.24	0.94	1.84	0.07	1.18	3.03	4.04	2.47	0.12	0.58	0.21	99.31
中国花岗岩(黎彤等,1998)	71.63	0.29	14.00	1.28	1.75	0.06	0.88	1.73	3.62	4.09	0.09	0.58	100.00	

表中数据:2008年在中国地质科学院地球物理地球化学研究所测试。

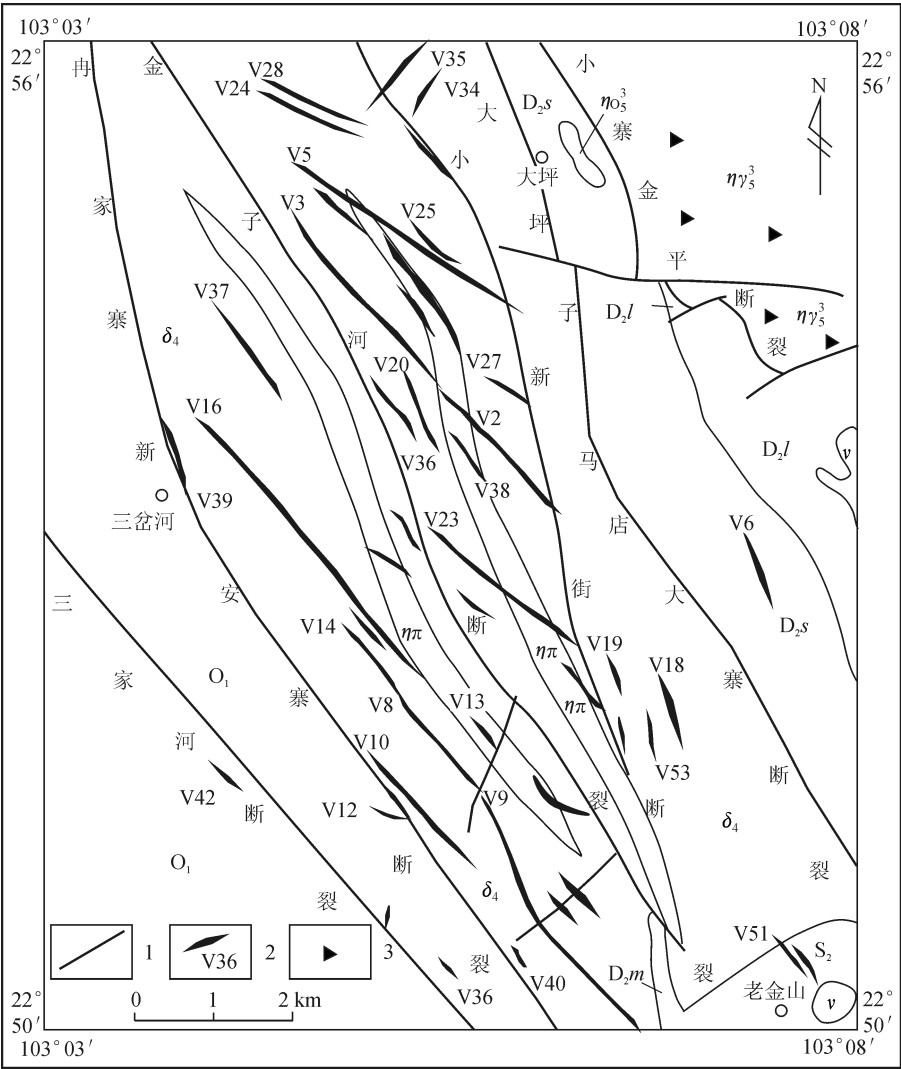


图 2 大坪金矿区地质略图

Fig. 2 Geological sketch map of the Daping mining field

1-断裂或推测断裂;2-矿脉及编号;3-采样位置;D₂l-中泥盆统老井寨组;D₂s-中泥盆统宋家寨组;D₂m-中泥盆统马鹿洞组;
S₂-中志留统;O₁-下奥陶统;ηγ₅³-二长花岗岩;ηπ-二长斑岩脉;ηγ₅^b-石英二长岩脉;δ₄-闪长岩;v-辉绿岩体或岩脉
1-fault or inferred fault;2-ore vein and its serial number;3-sample location;D₂l-middle Devonian Laojingzai Fm. ;D₂s- middle Devo-
nian Songjiazai Fm. ; D₂m-middle Devonian Maludong Fm. ;S₂-middle Silurian;O₁-lower Ordovician; ηγ₅³-monzogranite; ηπ-vein
of monzonite porphyry; ηγ₅^b-quartz monzonite; δ₄-gabbro; v-diabase rockbody ore vein

表 2 大坪金矿区二长花岗岩岩石化学特征参数

Table 2 Petrochemical characteristic parameters of monzogranite in the Daping gold mining area

样号	SIG	CI	A. R	D. I	SI	OX'	OX	FI	R1	R2	A/NK	A/CNK	F/M
DB33	0.73	5.35	1.61	67.46	10.94	0.43	0.81	54.21	3357.95	709.99	2.70	1.26	2.82
DB34	2.49	3.71	3.1	87.47	4.8	0.36	0.58	84.67	2221.21	482.45	1.29	1.04	3.15
DB35	2.41	3.67	3.01	86.78	4.69	0.37	0.59	84.98	2257.7	475.14	1.32	1.08	3.32
DB52	1.3	8.85	1.74	68.69	16.5	0.29	0.41	57.63	2659.85	854.09	2.06	1.07	1.7
DB53	1.68	7.13	2.02	75.17	11.27	0.33	0.51	68.24	2446.62	701.29	1.75	1.10	2.28

3 地球化学特征

3.1 主量元素特征

大坪金矿区花岗岩的岩石化学成分及部分岩石化学参数列于表 1、表 2。从表 1 和表 2 中可以看出,该花岗岩具有如下特点:

大坪矿区二长花岗岩 SiO_2 含量为 67.32% ~ 71.71%, 平均 69.24%, 低于中国花岗岩 SiO_2 含量 71.63%。富铝: Al_2O_3 在 14.54% ~ 16.66% 之间, 均值为 15.48%, 高于中国花岗岩 Al_2O_3 含量 14.00%。过铝指数 A/CNK 为 1.04 ~ 1.26, 均值 1.11, 属于过铝质花岗岩类。在 $A/\text{CNK}-A/\text{NK}$ 图解(图 3)中, 本区花岗岩样品的投点都落在过铝质花岗岩范围内。全碱($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)含量为 4.62% ~ 8.45%, 平均 6.69%, 低于中国花岗岩($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$)含量 7.71%。在 $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 图解(图 4)中, 该花岗岩样品的投点都落在高钾钙碱性岩石或钙碱性岩石系列范围内。

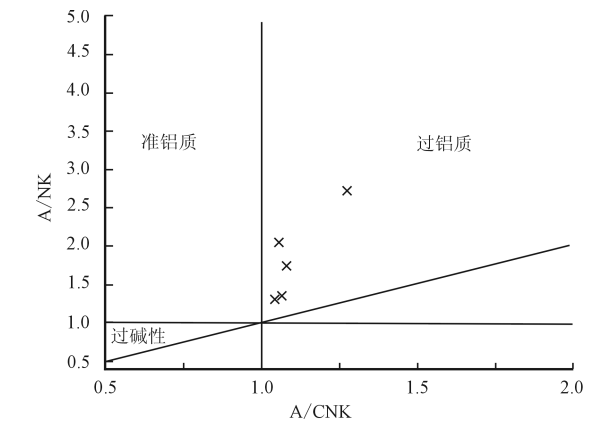


图 3 大坪矿区二长花岗岩 $A/\text{CNK}-A/\text{NK}$ 图解
(底图据 Maniar P D, 1989)
Fig. 3 $A/\text{CNK}-A/\text{NK}$ diagram of monzonite granite in the Daping gold mining area
(base map after Maniar P D, 1989)

3.2 过渡族元素特征

从表 3 中可见, 大坪金矿区花岗岩过渡族元素含量相对稳定。从以原始地幔标准化的过渡族元素蛛网图(图 5)中可见, 本区花岗岩微量元素 Ti、Mn、Cu 和 Zn 等则有轻微富集; 而 Cr 和 Ni 则亏损明显。从曲线的形状看, 均呈大致相同的“W”形, 相容元素 Cr、Ni 处于低谷。从晶体场的相关理论出发, 一般认为由地幔部分熔融形成的岩浆相对于地幔矿物而言, 由于 Cr^{3+} 、 Ni^{2+} 具有较大的八面体择位能力, 更倾向于保存在后者中, 因此前者就会贫 Cr 和 Ni

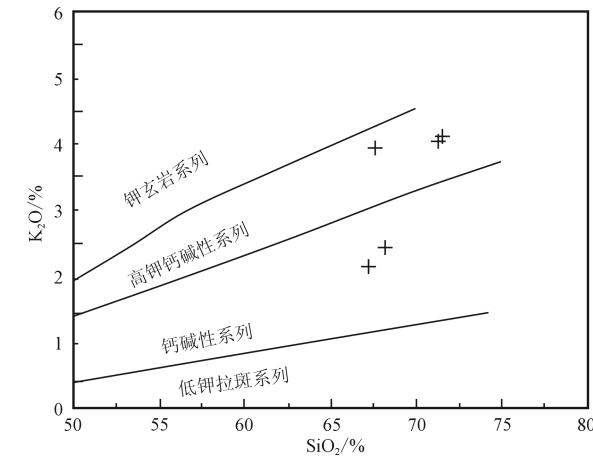


图 4 大坪矿区二长花岗岩 $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ 图解
(底图据 Middlemost, 1985)
Fig. 4 $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ diagram of monzonite granite in the Daping gold mining area
(base map after Middlemost, 1985)

(葛良胜等, 2003)。同时据对不同源区岩石的分配曲线特征看, 地幔岩石的分配曲线趋于平缓, 而经地幔派生的岩石则趋于 W 型。对比本区花岗岩过渡族元素的配分曲线图, 可以认为其源区具有经地幔派生岩浆的特征。

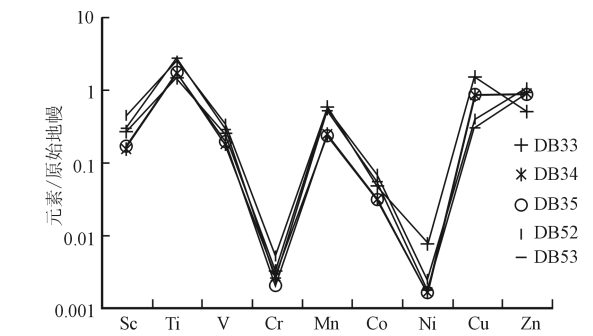


图 5 大坪矿区二长花岗岩过渡族元素蛛网图
(原始地幔值引自 Taylor S R, 1985)
Fig. 5 Spidergram of transition elements for monzonite granite in the Daping gold mining area
(annotate: primitive mantle values from Taylor S R, 1985)

3.3 不相容元素特征

矿区花岗岩的不相容元素含量不稳定, 特别是 Th、Ta、U、Nb、La 和 Ce 等元素含量变化范围较大。从不相容元素的蛛网图(图 6)可以看出, 矿区花岗岩的微量元素明显富集 Rb、U、Sr 和 Ba 等大离子亲石元素, 而相对亏损 Ta、Nb 和 Ti 等高场强元素, 且

表 3 大坪金矿区二长花岗岩微量元素结果表(10⁻⁶)

Table 3 Trace element composition of monzogranite in the Daping gold mining area (10⁻⁶)

样号	As	Ba	Be	Bi	Co	Cr	Cs	Cu	Ga	Hf	Sr	Nb	Zn
DB33	0.48	1733.70	5.65	0.05	4.92	9.90	1.91	42.35	15.49	3.54	197.40	2.00	25.31
DB34	0.65	1689.55	3.48	0.39	3.23	8.30	3.32	23.03	20.57	6.15	469.70	9.72	45.25
DB35	0.65	1706.53	2.89	0.36	3.22	6.00	3.38	24.49	20.64	6.42	456.20	9.95	44.66
DB52	0.65	1046.24	0.59	0.04	7.10	15.70	0.70	11.26	15.85	3.48	381.80	2.99	54.36
DB53	0.48	2082.30	0.81	0.04	5.43	8.10	0.54	8.52	17.45	3.30	443.10	2.28	44.76
样号	Ta	Mn	Sn	U	Rb	Sc	Li	Pb	Ni	Th	Ti	Zr	V
DB33	0.24	587.41	0.70	0.36	159.10	3.39	4.50	155.22	15.44	2.35	1431.17	72.57	31.92
DB34	0.89	258.54	1.63	2.85	157.70	1.98	27.50	27.86	3.08	15.40	1683.77	170.48	23.00
DB35	0.91	239.35	1.75	3.22	160.40	2.17	28.52	27.83	3.42	16.30	1706.92	174.57	25.20
DB52	0.18	539.23	0.70	0.33	65.40	5.74	8.52	9.56	5.08	2.46	2431.48	100.95	44.94
DB53	0.10	525.56	0.70	0.13	69.70	3.83	7.23	7.48	3.48	1.40	2692.29	157.33	37.38

表中数据:由本文 2008 年在中国地质科学院地球物理地球化学研究所测试。

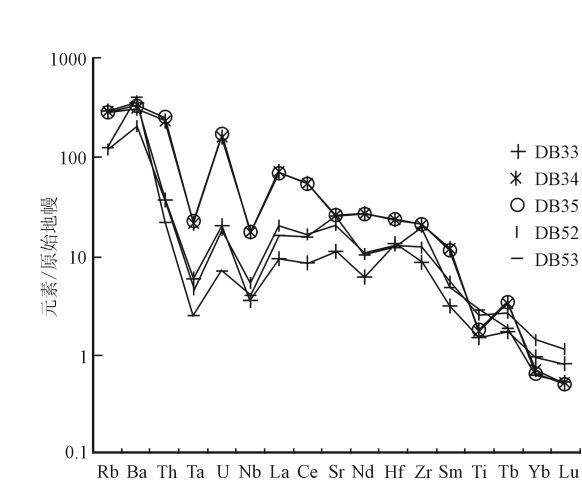


图 6 大坪矿区二长花岗岩不相容元素蜘蛛网图
(原始地幔值引自 Taylor S R,1985)

Fig.6 Spidegram of incompatible elements for monzogranite in the Daping gold mining area
(annotate: primitive mantle values from Taylor S R,1985)

Ta、Nb 和 Ti 具“TNT”负异常,显示出俯冲带幔源岩石的成分特点。

3. 4 稀土元素

稀土元素具有相近或相似的地球化学行为,稀土元素的地球化学行为与岩石成因关系十分密切。从稀土元素组成表和特征参数表(表 4、表 5)中,本区花岗岩 Σ REE 为 $34.52 \times 10^{-6} \sim 168.54 \times 10^{-6}$; LREE 为 $27.41 \times 10^{-6} \sim 158.12 \times 10^{-6}$; HREE 为 $2.93 \times 10^{-6} \sim 5.23 \times 10^{-6}$; LR/HR 为 $9.36 \sim 30.53$,其值变化范围都较大,表明矿区花岗岩具强烈分异。 δ Eu 值为 $0.80 \sim 1.44$,负 Eu 异常不明显。邓晋福等(1996)根据岩石相平衡理论,进一步论证了中酸性火成岩的成因,并指出在正常陆壳厚度或加厚陆壳的中上部,陆壳岩石局部熔融产生的是具有负 Eu 异常的花岗岩(流纹岩)岩浆,而在加厚的陆壳底部(深度大于 50~60 km),陆壳岩石局部熔融产生的是粗面岩(正长岩)岩浆。矿区花岗岩不具有或仅具有弱的负 Eu 异常,因此可以排除研究区的花岗

表 4 大坪矿区二长花岗岩稀土元素结果表(10⁻⁶)

Table 4 REE composition of monzogranite in the Daping gold mining area (10⁻⁶)

样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
DB33	5.1	13	1.61	6.62	1.10	0.35	1.01	0.15	0.79	0.15	0.37	0.06	0.36	0.05	4.2
DB34	39.0	77	8.30	29.03	3.98	0.91	2.68	0.30	1.31	0.18	0.43	0.05	0.26	0.03	5.2
DB35	38.8	76	8.34	28.45	3.82	0.85	2.63	0.30	1.29	0.18	0.42	0.05	0.24	0.03	5.2
DB52	11.0	24	2.89	11.34	1.91	0.65	1.66	0.23	1.26	0.22	0.57	0.09	0.53	0.07	5.8
DB53	9.0	22	2.76	10.81	1.66	0.72	1.30	0.16	0.80	0.14	0.34	0.04	0.23	0.03	3.5

表中数据:由本文 2008 年在中国地质科学院地球物理地球化学研究所测试。

表 5 大坪金矿区二长花岗岩稀土元素成因参数表

Table 5 Characteristic parameters of rare earth element of monzogranite in the Daping gold mining area											
样号	$\Sigma \text{REE} \times 10^{-6}$	$\text{LREE} \times 10^{-6}$	$\text{HREE} \times 10^{-6}$	LR/HR	δEu	δCe	La/Sm	La/Yb	Ce/Yb	Eu/Sm	Sm/Nd
DB33	34.52	27.41	2.93	9.36	0.99	1.05	4.64	14.29	35.4	0.32	0.17
DB34	168.54	158.12	5.23	30.23	0.80	0.98	9.8	150.09	296	0.23	0.14
DB35	166.84	156.53	5.13	30.53	0.78	0.97	10.16	159.67	313.57	0.22	0.13
DB52	62.59	52.19	4.63	11.28	1.09	1.02	5.77	20.92	46.31	0.34	0.17
DB53	53.79	47.2	3.05	15.47	1.44	1.07	5.42	39.05	96.62	0.43	0.15

岩起源于正常厚度的陆壳内或双倍陆壳中、上部的可能。大坪矿区花岗岩的稀土配分模式图表现为左高右低的较平滑曲线（图 7），轻稀土富集，重稀土亏损，且轻微的 Eu 负异常，表明稀土元素发生了分馏，花岗岩的源区具有壳幔混染的特征。

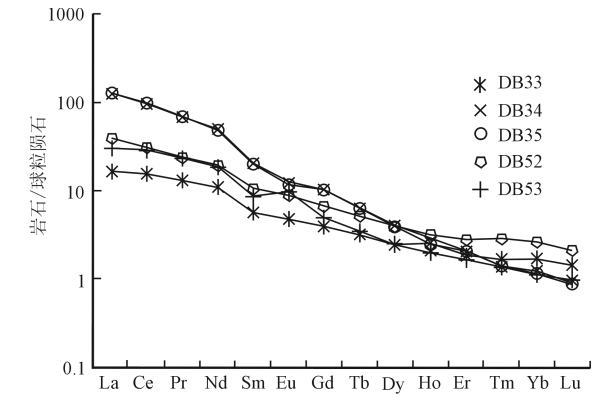


图 7 大坪矿区花二长花岗岩稀土元素配分模式图
(球粒陨石引自 Boynton,1984)

Fig. 7 Diagram showing REE distribution for monzogranite in the Daping mining area

3.5 Sr、Nd 同位素

Sr、Nd 同位素分析结果见表 6。⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 值范围为 0.7078 ~ 0.7436，均值 0.7256，高于原始地幔现代值 0.7045 (DePaolo D J, 1979)；¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 值范围为 0.5119 ~ 0.5122，均值 0.5120，低于原始地幔现代值 0.512638 (Wasserburg G J, 1981)； ϵ_{Nd} 值范围为 -2.5 ~ -4.2，均值 -3.98。¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd 值为 0.0954 ~ 0.1182，均值 0.1025，低于地壳的平均 ¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd 值 0.118 (Jahn B M, 1995)。由以上可见，大坪矿区花岗岩 Sr、Nd 同位素既不同于典型的原始地幔也不同于典型的大陆地壳。在 $I_{\text{Sr}}-\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 图解中 (图 8) 上，数据点均落入第四象限，暗示大坪矿区花岗岩来源于富集地幔。

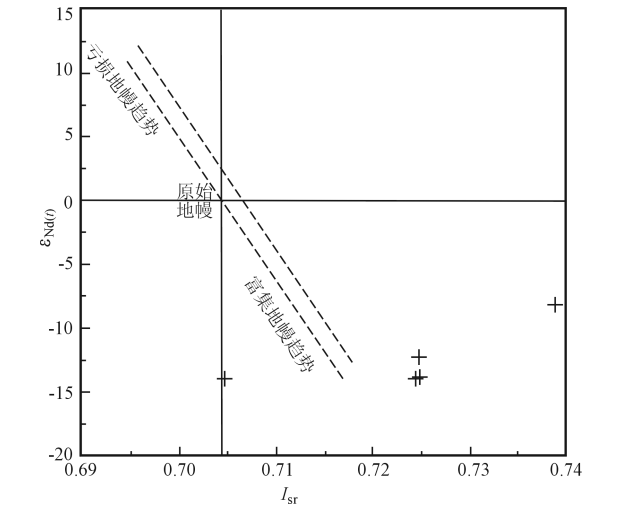


图 8 大坪矿区花二长花岗岩 $I_{\text{Sr}}-\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 图解 (底图据 Hu AQ, 2000)

Fig. 8 $I_{\text{Sr}}-\text{Nd}(t)$ diagram of monzonite granite in the Daping gold mining area (base map after Hu AQ, 2000)

4 讨论

4.1 岩浆的源区

从前面的分析可以看出，大坪金矿区花岗岩在地球化学和同位素组成上独具特色，其源区并不是典型的原始地幔，也不是来自于地壳物质的重熔，而是来自于“壳-幔混合带”的部分熔融，这种源区是壳-幔物质混合的一种所谓 EM II 型富集地幔源 (Hart S R, 1984; 周新华, 1992)。主要证据如下：(1) 岩石化学成分上具有低 SiO_2 ，和高 Al_2O_3 的主量元素特征，比较接近原始岩浆 (Langmuir *et al.*, 1978)。(2) 花岗岩的微量元素相对于原始地幔，明显富集 Rb、Sr、Ba、Th 和 La 等大离子亲石元素，相对亏损 Ta、Nb 和 Ti 等高场强元素，并且 Ta、Nb 和 Ti 具“TNT”负异常，显示出俯冲带幔源岩石的成分特点。(3) 以原始地幔标准化的过渡族元素蛛网图中曲线均呈大致相同的“W”形，一些在幔源岩石中

表 6 大坪矿区二长花岗岩 Sr-Nd 同位素组成表

Table 6 Sr-Nd isotope composition for monzogranite in the Daping mining area

样品号	Rb(μg/g)	Sr(μg/g)	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	Sm(μg/g)	Nd(μg/g)	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	ε _{Nd(0)}
DB54	35.09	578	0.1756	0.7078	4.841	30.68	0.0954	0.5119	-14.0
DB55	110.8	145.5	2.208	0.7257	2.288	12.77	0.1084	0.5120	-12.4
DB56	105.8	145	2.115	0.7257	3.578	21.92	0.0987	0.5119	-13.3
DB58	161.9	111.8	4.204	0.7436	4.913	25.13	0.1182	0.5122	-8.0
DB59	112.7	205.7	1.588	0.7254	2.888	19.04	0.0917	0.5119	-14.1

表中数据:2008 在中国地质科学院地质研究所同位素实验室测试。

富集的 Ti、Cu 和 Zn 元素相对富集,相容元素 Cr、Ni 明显亏损。(4) 稀土总量变化较大,稀土配分模式图表现为左高右低的较平滑曲线,且具有轻微的 Eu 负异常,这种曲线与典型的地壳 REE“V”字形配分模式截然不同,与 I 型花岗岩配分曲线相似,表明花岗岩岩浆并不是幔源玄武岩浆在基性斜长石分异作用后的残余熔体。(5) Rb-Sr 和 Sm-Nd 同位素结果表明,岩体具有高 I_{Sr} 值和低 ε_{Nd} 值的特征,既不同于典型的亏损地幔也不同于典型的大陆地壳,接近与有俯冲带地壳物质参与的 EM II 地幔单元。

4.2 成岩构造环境

根据本区的构造演化史(张志斌,2005),本区区域上在晚二叠世结束了金沙江-哀牢山特提斯的演化过程,开始进入陆内俯冲造山阶段。自中三叠世拉卜期开始,陆内俯冲作用所导致的地块碰撞,结束了以下冲作用为主的造山前期阶段,转入了以逆冲推覆作用为主的造山抬升阶段-造山主期。自古

近纪开始,喜马拉雅阶段的造山作用影响云南全境,始新世晚期-渐新世,由于受欧亚板块与印度板块碰撞的影响,引起三江地区强烈的陆内变形,形成不同方向的走滑断裂组合,其中包括了 NW 向的哀牢山-金沙江断裂(罗均烈等,1994;钟大赟等,2000)。本区花岗岩的成岩年龄 39.0Ma(K-Ar 法),测试对象为黑云母(韩润生等,1997),为喜马拉雅中期岩浆活动的产物。由此可见,受喜马拉雅运动影响而侵位的大坪矿区岩浆活动在时间、空间和机制上与哀牢山地区新生代的构造背景一致,应产于造山晚期或后碰撞的构造环境中。本区花岗岩的样品在花岗岩形成构造环境分级判别图解(图 9)中的投点都落在后碰撞弧和大陆弧混合区域内,由此可见,岩石化学判别图解的结果与本区新生代的构造演化背景一致,它进一步证明大坪矿区二长花岗岩形成在造山晚期或后碰撞的构造环境中。

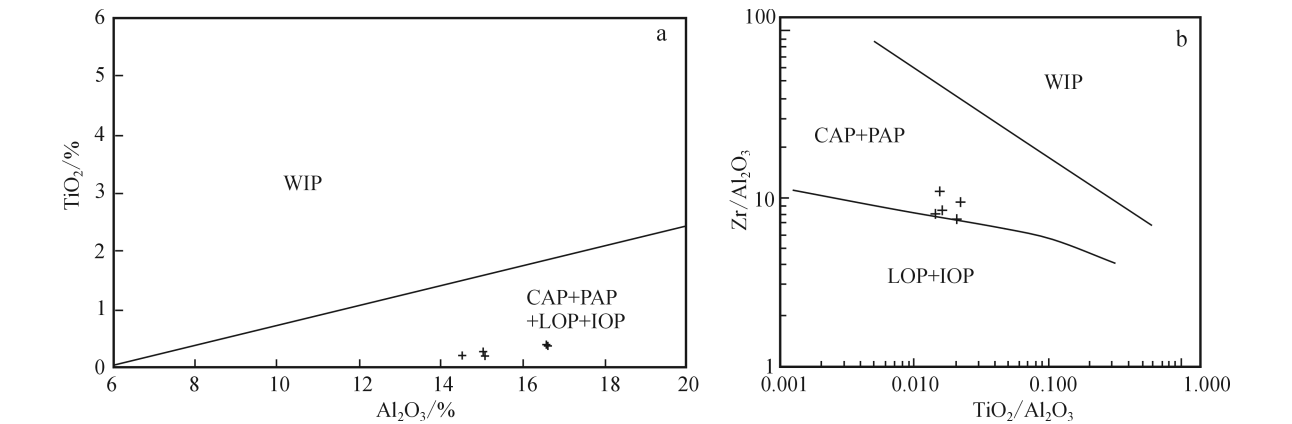


图 9 大坪矿区花二长花岗岩的形成构造环境的分级判别图解(底图据 Müller, et al., 2007)

Fig. 9 Hierarchical discrimination diagrams of monzogranite in the Daping mining area (bottom diagram after Müller, et al., 2007)

WIP-板内;CAP-大陆弧;LOP-晚期洋弧;IOP-早期洋弧;PAP-后碰撞弧

WIP-plate;CAP-continental arc;LOP-later oceanic arc; IOP-early oceanic arc; PAP-post-collisional arc

4.3 岩体的成因机制

大坪矿区花岗岩的源区具有 EM II 型富集地幔端元的地球化学特征。EM II 型富集地幔端元的成因与洋壳沉积物的混合以及再循环作用有关(郑永飞,1999)。哀牢山-金沙江洋发生俯冲碰撞的时间是在晚二叠世-早三叠世。在洋壳消减过程中,必然有拆沉的俯冲岩石圈在下降到一定深度的时候,脱水形成高度富集大离子亲石元素(LILE)和轻稀土(LREE)而强烈亏损高场强元素(HFSE)的流体,这些上升的流体交代岩石圈地幔,引起壳幔物质发生混合,从而使得由该源区形成的花岗岩具有壳-幔混合成因的岩石成分特征。高名修等(1997)通过研究认为,在滇西西部发现在红河断裂以北、元谋-绿汁江断裂带和安宁河断裂以西,存在着速度为 7.7~7.8 km/s 的过渡带(即壳-幔混合带),其厚度为 10 km 左右。本文研究的大坪矿区正好处在上述区域之中。据邓万明等(1998)对滇西地区 Pb 同位素的研究,认为滇西斑岩的成源时代为 250~220 Ma,这与洋壳发生俯冲碰撞的时间一致,而成岩时代为 38 Ma 左右,他们将“成源”与“成岩”的时间差称为岩浆活动的“滞后效应”。印度大陆与欧亚大陆碰撞时间约在 50~45 Ma,稍早于本区花岗岩体的同位素地质年龄(39 Ma 左右)。因此可以推断:在晚二叠世-早三叠世(250~220 Ma 年左右),金沙江洋壳在俯冲、消减过程中,一部分海水及大洋沉积物被带到增生楔内并与增生楔内地幔物质发生混合,这种带有壳幔混合特征的源区物质暂时滞留下来;早古近纪(40 Ma 年左右),印度大陆与欧亚大陆发生碰撞,形成不同方向的走滑断裂组合,其中包括了沿着金沙江-哀牢山洋的地方逐步形成的左行走滑断裂带以及一系列新生代走滑拉分盆地;由于盆地陷和地幔上拱诱发了“壳-幔混合层”的部分熔融,滞留的源区物质在走滑断裂带有利部位上侵和喷发。同时,交代富集地幔源区的花岗岩在本区的出现,标志着在喜马拉雅中晚期区域上构造运动,是一个地壳持续减薄的过程,并且在伸展拉张的不同阶段,表现出不同的壳幔关系。因此大坪矿区花岗岩脉的形成无论在时间、空间和机制上都与这些大的构造事件有着密切的耦合关系。

4.4 岩体与金矿的关系

目前,许多学者对于大坪金矿床的成矿流体的认识还有不同观点;主要有:1)成矿流体以岩浆热液为主,地表水被加热后所产生的改造热液、区域变质热液共同参与了成矿作用(徐研非,1989);2)成

矿流体为岩浆期后热液和地下水热液组成的混合流体,大气降水参与了成矿作用(金世昌等,1994;韩润生等,1997);3)成矿流体为热卤水,硫源可能为深源或高度均一化的产物,多数源于地层,少数源于岩浆,金主要源于地层及蛇绿岩带,铅具有壳幔混合源的特征(沈上越等,1997);4)各成矿期流体均是以深源流体为主的壳-幔混合流体,但具有不同的地球化学特征,是相对独立的成矿流体体系(葛良胜等,2007a,2007b);5)成矿流体主要来自地幔排气形成的深源地幔流体和下地壳脱水形成的富 CO₂ 流体,深源流体与花岗岩发生水-岩反应和沸腾作用导致矿质沉淀富集是矿床形成的主要原因(孙晓明等,2006,2007a)。

前人对大坪金矿床成矿作用认识主要为:中生代哀牢山地区已经处于板块俯冲造山期,大量陆壳物质随俯冲板块被带入地幔,与地幔物质发生熔融、混染;至喜马拉雅期,张性构造运动(张玉泉等,1987;陈胜早等,1990;从柏林等,1993;杨开辉等,1993)使岩石圈减薄、软流圈上涌,这一时期不仅大量幔源岩浆上升至地表,还伴随大规模的变质作用和地幔去气;同时地幔流体携带大量成矿物质、流体沿深断裂带向上运移,激发、活化地壳中的矿质,同时促进浅部流体的循环对流,萃取更多的成矿物质,在地壳浅部由于物理化学条件的变化,成矿物质从流体中卸载,在构造有利部位形成矿体,形成大坪金矿床。

综合前人对大坪金矿床的成矿流体和成矿作用研究,作者认为:大坪金矿成矿流体主要来源于深部岩浆水而非岩浆期后热液和地下水热液组成的混合热液,地表水未参加成矿作用,成矿流体源区为壳幔混合区,与矿区二长花岗岩体具有相同的源区,岩体为大坪金矿的形成提供了热源和主要成矿流体,岩浆作用与大坪金矿的关系十分密切。

5 结论

(1)花岗岩的稀土、微量元素和 Sr、Nd 同位素特征显示其源区具有交代富集地幔的地球化学特征。交代富集地幔主要是由俯冲到地幔的俯冲带组分脱水形成的富集流体交代岩石圈地幔的结果。

(2)交代富集地幔源区的花岗岩在本区的出现,标志着哀牢山构造带古近纪大地构造运动,是一个地壳持续减薄的过程,并且在伸展拉张的不同阶段,表现出不同的壳幔关系。

(3)大坪金矿床成矿流体源区为壳幔混合区,

与矿区二长花岗岩体具有相同的源区,岩体为大坪金矿的形成提供了热源和主要成矿流体,岩浆作用与大坪金矿的关系十分密切。

[References]

- Bi Xian-wu, Hu Rui-zhong. 1999. Mineralize source and its constrains on gold mineralization of the Daping gold deposit, Yunnan[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 119(1): 28-33 (in Chinese with English abstract)
- Boynton W. V. 1984. Geochemistry of the rare earth elements; meteorite studies[J]. In: Henderson P. (ed), *Rare earth element geochemistry*[M]. Elsevier;63-114
- Chen Sheng-zao. 1990. Geophysical and geological features of the mesozoic lower Yangtze rift zone[J]. *Acta Geological Sinica*, 64(2):107-120 (in Chinese and with English abstract)
- Cong Bo-lin, Wu Gen-yao, Zhang Qi, Zhang Ru-yuan, Zhai Ming-guo, Zhao Da-sheng, Zhang Wen-hua. 1993. The geotectonic evolution of tectonic zone in Paleo-Tethyan, Western Yunnan, China[J]. *Science in China (ser. B)*, 23(11):1201-1207 (in Chinese)
- Deng Jin-fu, Zhao Hai-ling, Mo Xuan-xue. 1996. Continental root-plume tectonics of China—key to continental dynamics[M]. Beijing: Geological Publishing House; 1-110 (in Chinese with English abstract)
- Deng Wan-ming, Huang Xuan, Zhong Da-lai. 1998. Petrological characteristics and genesis of cenozoic alkali-rich porphyry in West Yunnan, China[J]. *Scientia Geologica Sinica*, 33(4):412-425 (in Chinese with English abstract)
- DePaolo D J, Wasserburg G J. 1979. Inferences about magma sources and mantle structure from variations of $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ [J]. *Geophy Res Lett*, 3:743-746
- Gao Ming-xiu, Kan Rong-ju, Zhen Jian-dong. 1991. Lithosphere structure and Himalaya Movement in western Sichuan and Yunnan provinces, China. See: *Annals of opening laboratory for lithosphere structure evolution in Geology Institute of Chinese Academy of Sciences (1989-1990)* [M]. Beijing: China science & technology press; 49-53
- Ge Liang-sheng, Deng Jun, Yang Li-qiang, Xing Jun-bing, Yuan Shi-song. 2007a. Geology and geochemistry of Daping super-large gold polymetallic deposit in Yunnan province, China[J]. *Geology and Exploration*, 43(3):17-24 (in Chinese and with English abstract)
- Ge Liang-sheng, Deng Jun, Li Han-guang, Yang Li-qiang, Zhang Wen-zhao, Yuan Shi-song, Xing Jun-bing. 2007b. Superposed mineralization in Daping Au-Cu-Ag-Pb deposit, Yunnan province; Evidences from geology, fluid inclusions and stable isotopes[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 23(9):2131-2143 (in Chinese and with English abstract)
- Ge Liang-sheng, Zou Y-lin, Li Zhen-hua, Zhang Xue-jun, Huang Hui, Li Xi-mou, Ma Jian-wen. 2003. Geochemistry and Genetic discussion of the granite in Bengnazangbu and Jiagang Area, Tibet [J]. *J Mineral Petrol*, 23(2):55-61 (in Chinese with English abstract)
- Han Yun-sheng, Jin Shi-chang, Lei Li. 1997. Geochemistry of ore-forming hydrothermal system of Daping reworked gold deposit, Yuanyan, Yunnan[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 17(3):337-344 (in Chinese and with English abstract)
- Hart S R. 1984. A large-scale isotope anomaly in the southern hemisphere mantle[J]. *Nature*, 309: 753-757
- Hu AQ, bor-ming Jahn, Zhang GX, Chen YB and QF. 2000. Crustal evolution and Phanerozoic crustal in northern Xinjiang: Nd isotopic evidence, Part I. Isotopic characteristics of basement rocks[J]. *Tectonophysics*, 328:15-51
- Jahn B M, Condie K C. 1995. Evolution of the Kaapvaal eraton as viewed from geochemical and Sm-Nd isotopic analyses of intracratonic pelites [J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 59: 2239-2258
- Jin Shi-chang, Han Yun-sheng. 1994. Geochemical characteristics of metallogenic hydrothermal system of the reformed deposit-Taking Yuanyan Daping gold deposit As an example[J]. *Yunnan Geology*, 15(1):17-22 (in Chinese and with English abstract)
- Langmuir CH, Vocke RD, Hanson GN, Hart SR. 1978. A general mixing equation with applications to Icelandic basalts [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 37(3):380-392
- Li Tong, Yuan Hui-yu, Wu Sheng-pu. 1998. Comparative study on average chemical composition for granitoids in China and world[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 22(1):29-34
- Luo Jun-lie, Yang You-hua, Zhao Zhen, Chen Ji-chun, Yang Jin-zhou. 1994. Tethyan evolution and principal metal mineralization in western Yunnan province [J]. Beijing: Geological Publishing House; 1-340 (in Chinese)
- Maniar P D, Piccoli P M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids [J]. *Bull Geol Soc Am*, 101: 635-643
- Middlemost E A K. 1985. *Magmas and Magmatic Rocks* [J]. London: Longman; 1-266
- Müller D, Groves D I. 2000. Potassic Igneous Rocks and Associated Gold-Copper Mineralization[J]. Berlin: Springer-Verlag; 1-252
- Shen Shang-yue, Wei Qi-rong, Cheng Hui-lan, Mo Xuan-xue. 1997. An approach to genetic types of the gold deposits in the Ailaoshan gold ore belt, Yunnan[J]. *Tethyan Geology*, (21):73-84 (in Chinese and with English abstract)
- Sun Xiao-ming, Shi Gui-yong, Xiong De-xin, Wang Sheng-wei, Zhai Wei. 2007a. Platinum group elements geochemistry and Re-Os isotopic compositions of Daping Gold Deposit in Ailaoshan Gold Belt, Yunnan Province, China and their metallogenic implications [J]. *Acta Geologica Sinica*, 81(3):394-404 (in Chinese with English abstract)
- Sun Xiao-ming, Xiong De-xin, Shi Gui-yong, Wang Sheng-wei, Zhai Wei. 2007b. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of gold deposit hosted in the Daping ductile shear zone in the Ailaoshan Gold Belt, Yunnan Province, China[J]. *Acta Geologica Sinica*, 81(1):88-93 (in Chinese and with English abstract)
- Sun Xiao-ming, Xiong De-xin, Wang Sheng-wei, Shi Gui-yong, Zhai Wei. 2006. Noble gases isotopic composition of fluid inclusions in scheelites collected from Daping gold mine, Yunnan province, China, and its application for ore genesis[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(3):725-732 (in Chinese and with English abstract)
- Taylor S R and McLennan S M. 1985. *The Continental Crust: Its Composition*

sition and Evolution[J]. London: Blackwell;57-72

Wang Chen-xing. 2000. On the jinping fault block and its mineral resource[J]. Yunnan Geology, 21 (3): 256-265 (in Chinese with English abstract)

Wasserburg G J, Jacobsen S B, DePaolo D J. 1981. Precise determination of Sm/Nd ratios, Sm and Nd isotopic abundances in standard solutions[J]. Geochim. et Cosmochim Acta, 45: 2311-2323

Xiong De-xin, Sun Xiao-ming, Shi Gui-yong, Wang Sheng-wei, Gao Jian-feng, Xue Ting. 2006a. Trace elements, REE and Nd-Sr isotopic compositions in scheelites and their significance for the mineralization in Daping gold mine in Yunnan province, China[J]. Acta Petrologica Sinica, 22 (3): 733-741 (in Chinese with English abstract)

Xiong De-xin, Sun Xiao-ming, Zhai Wei, Shi Gui-yong, Wang Sheng-wei. 2006b. Graphite inclusions with high crystallinity in the auriferous quartz veins from Daping gold deposit in Yunnan Province, China: evidence for involvement of metamorphic fluid from granulite-facies lower crust in the mineralization[J]. Acta Geologica Sinica, 80(9): 1448-1456 (in Chinese with English abstract)

Xiong De-xin, Sun Xiao-ming, Zhai Wei, Shi Gui-yong, Wang Sheng-wei. 2007. CO₂-rich fluid inclusions in auriferous quartz veins from the Daping ductile shear zone hosted gold deposit in Yunnan Province, China, and its implications for gold mineralization[J]. Acta Geologica Sinica, 81 (5): 640-652 (in Chinese with English abstract)

Xu Yan-fei. 1989. The geological characteristics of quartz vein gold deposit, Daping, Yuanyang[J]. Yunnan Geology, 8 (2): 171-177 (in Chinese)

Yang Kai-hui, Mo Xuan-xue. 1993. Late Paleozoic Rifting-related Volcanic Rocks and Tectonic Evolution in Southwestern Yunnan[J]. Acta Petrologica Et Mineralogica, 12(4): 297-311 (in Chinese and with English abstract)

Ying Han-long. 1998. The geochemistry characteristics of wallrock alteration and isotope of Daping gold deposit[J]. Gold Science and Technology, 6(4): 14-23 (in Chinese with English abstract)

Zhang Zhi-bin, Liu Fa-gang, Bao Jia-feng. 2005. The structural evolution of Ailaoshan Orogen[J]. Yunnan Geology, 24(2): 137-141 (in Chinese with English abstract)

Zhang Yu-quan, Xie Ying-wen, Tu Guang-chi. 1987. Preliminary studies of the Alkali-ich intrusive rocks in the Ailaoshan - jinshajiang belt and their bearing on rift tectonics[J]. Acta Petrologica Sinica, (1): 17-25 (in Chinese and with English abstract)

Zhou Xing-hua, Zhu Bing-quan. 1992. Basalt isotope system and mantle chemical compartmentalization. See: Liu Ruo-xin chief editor. Geochronology and geochemistry of volcanic rocks in Cenozoic, China [M]. Beijing: Seismic Press; 366-391 (in Chinese)

Zhen Yong-fei. 1999. Chemistry geodynamics [M]. Beijing: Science Press; 1-100 (in Chinese)

Zhong Da-lai, Ding Lin, Liu Fu-Tian, Liu Jian-hua, Zhang Jing-jiang, Ji Jian-qing, Chen Hui. 2000. Multi-directional layer framework in orogeny stratum and its constraint on magmatic activities in Cenozoic-Take Sanjiang (Chinese meaning is three big rivers, namely Nujiang, Lanchangjiang, and Junshajiang in western Yunnan province) and its adjoining area as example[J]. Scientia Sinica(D), 30 (supplementary): 1-8

[附中文参考文献]

毕献武, 胡瑞忠. 1999. 云南大坪金矿床矿化剂来源及其对金成矿的制约[J]. 矿物学报, 19(1): 28-33

陈胜早. 1990. 下扬子中生代裂谷带的地球物理-地质特征[J]. 地质学报, 64(2): 107-120

从柏林, 吴根耀, 张旗, 张儒媛, 翟明国, 赵大升, 张雯华. 1993. 中国滇西古特提斯构造带岩石大地构造演化[J]. 中国科学(B辑), 23(11): 1201-1207

邓晋福, 赵海玲, 莫宣学. 1996. 中国大陆根-柱构造-大陆动力学的钥匙[M]. 北京: 地质出版社; 1-110

邓万明, 黄萱, 钟大赉. 1998. 滇西新生代富碱斑岩的岩石学特征与成因[J]. 地质科学, 33(4): 412-425

高名修, 阚荣举, 郑剑东. 1991. 中国川滇西部岩石圈结构与喜马拉雅运动. 见: 中国科学院地质研究所岩石圈构造演化. 开放实验室年报(1989~1990) [M]. 北京: 中国科学技术出版社; 49-53

葛良胜, 邓军, 杨立强, 邢俊兵, 袁士松. 2007a. 云南大坪超大型金多金属矿床地质地球化学特征[J]. 地质与勘探, 43(3): 17-24

葛良胜, 邓军, 李汉光, 杨立强, 张文钊, 袁士松, 邢俊兵. 2007b. 云南大坪大型金多金属矿床叠加成矿作用: 地质、流体包裹体和稳定同位素证据[J]. 岩石学报, 23(9): 2131-2143

葛良胜, 邹依林, 李振华, 张学军, 黄辉, 李兴谋, 马建文. 2003. 西藏崩纳藏布和甲岗雪山地区花岗岩的地球化学特征及成因初探[J]. 矿物岩石, 23(2): 55-61

韩润生, 金世昌, 雷丽. 1997. 云南元阳大坪改造型金矿床的成矿热液系统地球化学[J]. 矿物学报, 17(3): 337-344

金世昌, 韩润生. 1994. 改造型矿床的成矿热液系统地球化学特征——以元阳金矿床为例[J]. 云南地质, 15(1): 17-22

黎彤, 袁怀雨, 吴胜普. 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[J]. 大地构造与成矿学, 22(1): 29-34

罗君烈, 杨友华, 赵准, 陈吉琛, 杨荆舟. 1994. 滇西特提斯的演化及主要金属矿床成矿作用[M]. 北京: 地质出版社; 1-340

沈上越, 魏启荣, 程惠兰, 莫宣学. 1997. 云南哀牢山金矿带成因类型探讨[J]. 特提期地质, 21: 73-84

孙晓明, 石贵勇, 熊德信, 王生伟, 翟伟, 屈文俊, 杜安道. 2007a. 云南哀牢山金矿带大坪金矿铂族元素(PGE)和Re-Os同位素地球化学及其矿床成因意义[J]. 地质学报, 81(3): 394-404.

孙晓明, 熊德信, 石贵勇, 王生伟, 翟伟. 2007b. 云南哀牢山金矿带大坪韧性剪切带型金矿⁴⁰Ar-³⁹Ar定年[J]. 地质学报, 81(1): 88-93

孙晓明, 熊德信, 王生伟, 石贵勇, 翟伟. 2006. 云南大坪金矿白钨矿惰性气体同位素组成特征及其成矿意义[J]. 岩石学报, 22(3): 725-732

王臣兴. 2000. 金坪断块及其矿产[J]. 云南地质, 21(3): 256-265

熊德信, 孙晓明, 石贵勇, 王生伟, 高剑锋, 薛婷. 2006a. 云南大坪金矿白钨矿微量元素、稀土元素和Sr-Nd同位素组成特征及其意义[J]. 岩石学报, 22(3): 733-741

熊德信, 孙晓明, 翟伟, 石贵勇, 王生伟. 2006b. 云南大坪金矿含金石英脉中高结晶度石墨包裹体: 下地壳麻粒岩相变质流体参与成矿的证据[J]. 地质学报, 80(9): 1448-1456

熊德信,孙晓明,翟伟,石贵勇,王生伟. 2007. 云南大坪韧性剪切带型金矿富 CO₂ 流体包裹体及其成矿意义[J]. 地质学报, 81(5):640-652

徐研非. 1989. 元阳大坪石英脉型金矿床地质特征[J]. 云南地质, 8(2):171-177

杨开辉,莫宣学. 1993. 滇西南晚古生代火山岩与裂谷作用及区域构造演化[J]. 岩石矿物学杂志, 12(4):297-311

应汉龙. 1998. 云南大坪金矿床围岩蚀变和同位素地球化学特征[J]. 黄金科学技术, 6(4): 14-23

张志斌,刘发刚,包佳凤. 2005. 哀牢山造山带构造演化[J]. 云南地质, 24(2):137-141

张玉泉,谢应雯,涂光炽. 1987. 哀牢山-金沙江富碱侵入岩及其与裂谷构造关系初步研究[J]. 岩石学报, (1):17-25

周新华,朱炳泉. 1992. 中国东部新生代玄武岩同位素体系和地幔化学区划. 见:刘若新主编. 中国新生代火山岩年代学与地球化学[J]. 北京:地震出版社:366~391

郑永飞. 1999. 化学地球动力学[J]. 北京:科学出版社:1-100

钟大赉,丁林,刘福田,刘建华,张进江,季建清,陈辉. 2000. 造山带岩石层多向层架构造及其对新生代岩浆活动制约——以三江及邻区为例[J]. 中国科学(D辑), 30(增):1-8

Geochemical Characteristics of Monzonite Granite from the Daping Gold Mining Area, Yunnan Province and Geologic Significance

WANG Zhi-hua, GUO Xiao-dong, GE Liang-sheng, WANG Liang, CHANG Chun-jiao, CONG Run-xiang, ZHANG Hui-yu
(Gold Geological Institute of CAPG, Langfang, Hebei 065000)

Abstract:The Daping gold mining area has underwent active magmatic activities. Granites of large scales outcrop widespread as medium- to coarse-grained monzonite granite in lithology. Contents of SiO₂ range from 67.32% to 71.71%, and Al₂O₃ is between 14.54% and 16.66%, belonging to peraluminous granitoid rocks. The rock is rich in large ion lithophile elements of Sr, U, Rb, Ba and light rare earth elements (LREE), and is depleted in the high field strength elements (Ta, Nb and Ti). It shows a “TNT” negative anomaly; δEu ranging from 0.80 to 1.44. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr varies in the range of 0.7078 ~ 0.7436, averaging 0.7256, higher than the contemporary value of primitive mantle 0.7045. The ratio ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd is in the range of 0.5119 ~ 0.5122, averaging 0.5120, lower than the contemporary value of primitive mantle 0.512638. ε_{Nd} is in the range of -2.5 ~ -4.2, averaging -3.98. All above indicate that the monzonite granite derived from a crust-mantle mixing belt through partial melt and formed in the tectonic regime of syn- or late collisional stage. The source of monzonite granite is identical to the ore-forming fluid, and the rock bodies provided heat and main mineralizing fluid in the Daping gold deposit.

Key words:granite, primitive mantle, geochemistry, Daping gold deposit, Yunnan Province