

康定折多山花岗岩岩石学特征及其构造意义

徐天德^{1,2}

(1. 成都理工大学, 成都 610059; 2. 四川省地矿局区域地质调查队, 四川 双流 610213)

摘要: 折多山花岗岩作为鲜水河断裂带活动的同构造花岗岩为藏东地区高原隆升和构造演化提供了重要信息。区域地质调查填图表明, 折多山岩体的岩石组合特征为: 花岗闪长岩→粗粒似斑状二长花岗岩→中粒二长花岗岩→细粒二长花岗岩。其地球化学特征表明岩石属钾玄岩-高钾钙碱质岩石, 稀土配分曲线显示其轻稀土富集, 重稀土亏损, 具有壳源岩浆特征, 稀土-微量元素投点判别图表明花岗岩形成于造山后同构造环境。根据岩石学、地球化学研究, 结合鲜水河断裂活动特征分析, 认为折多山花岗岩不是断裂活动形成的地壳重熔的产物, 而是断裂活动引起的下地壳流体上涌形成的。该项研究支持藏东地区下地壳流体存在的假说, 并表明下地壳流体的向东迁移可能是造成鲜水河断裂分期活动和藏东地区逐步隆升的最主要的原因。

关键词: 折多山; 花岗岩; 鲜水河断裂; 地球化学特征

印度板块与欧亚板块在 (60 ± 5) Ma 以来的汇聚引起了青藏高原内部强烈的陆内变形, 并造成高原隆升了 5 000~10 000m。伴随高原的隆升与剥蚀, 深部物质大量出露地表, 从而为反演高原的形成演化提供了地球深部大量有用的信息。例如对藏南林子宗火山岩的研究就揭示了印度与欧亚大陆碰撞初期板块的拼合过程(Mo et al, 2006)。藏东地区被认为是协调高原物质向东南挤出的通道, 而龙门山断裂带是藏东高原与扬子地块的边界断裂。早期的研究认为龙门山前逆冲推覆构造是造成藏东高原的主因(Tapponier et al, 1986), 后期的研究证明, 龙门山逆冲推覆量很小(Burchfiel et al., 1995), 藏东高原的形成很可能是由于中下地壳的流体存在造成地壳的加厚和整体抬升(Royden et al., 1997; Clark et al., 2000)。对于这两种模式的争论, 本文将以康定折多山花岗岩岩石学为例提供一些佐证。

1 区域地质概况

折多山花岗岩体因其南端海拔7556m高的贡嘎山而出名,它位于松潘-甘孜复理石带内

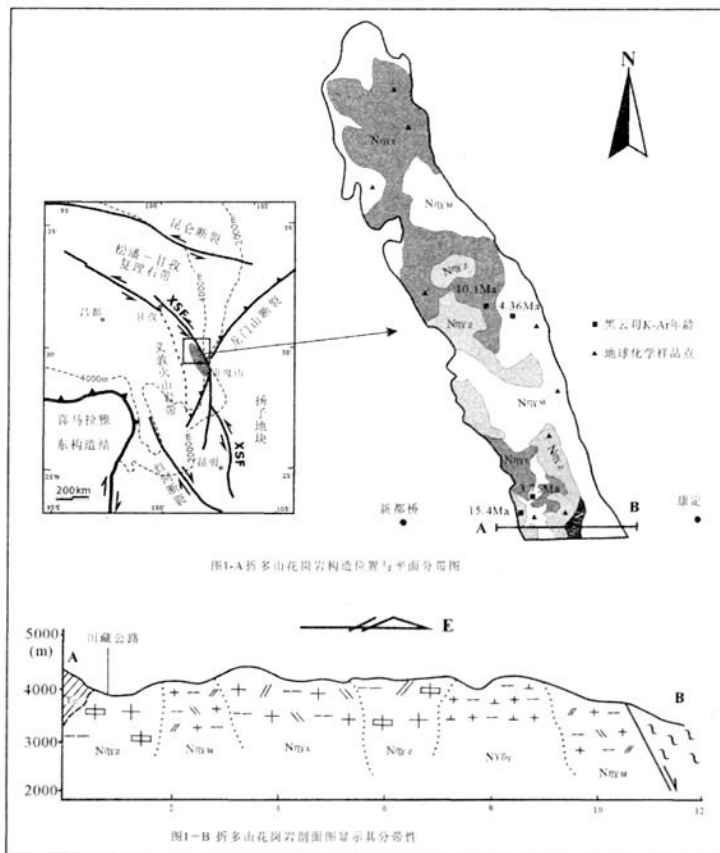


图 1 折多山花岗岩构造位置、空间分带、剖面特征及采样位置图

NmZ 折多山单元 NmL 龙布沟单元 NmM 木格措单元 NY8Y 杨家沟单元 Tz 杂谷脑组

收稿日期: 2009-03-13

作者简介: 徐天德(1968—), 男, 四川仪陇人, 高级工程师, 主要从事区域地质调查和矿产勘查工作。

部,东以龙门山断裂带为界与扬子板块相隔,西以理塘-甘孜断裂为界与义敦火山岩带相隔(见图1附图)。鲜水河断裂带切过岩体,已有的年代学研究表明岩石形成于(12.8~10)Ma,作为同构造花岗岩,这个年龄代表了鲜水河断裂的活动时间(Roger et al., 1995, 张岳桥等, 2004)。而对藏东地区GPS的研究和小江地区拉分盆地的研究表明,鲜水河断裂的活动时间可能是(6~8)Ma或(2~4)Ma才开始活动的(King et al., 1997; Wang et al., 1998)。因此,作为沿鲜水河断裂带唯一具有韧性破碎带的岩体,折多山花岗岩是否是同构造花岗岩,对确定鲜水河断裂活动时限意义重大。同时,岩石学及岩石化学的研究还可提供地球深部的信息。因此对岩体展开详细的岩石学,岩石地球化学研究可为断裂活动和藏东地区构造演化提供更确切的信息。

2 折多山花岗岩分带性及岩石学特征

折多山花岗岩体呈长条状,与北西-南东走向的鲜水河断裂一致,长约150km,最宽处约20km,岩体西侧与三叠系复理石呈侵入接触,东侧与燕山期花岗岩体呈断裂接触(图1)。近年来,由于1:25万区域填图的工作,我们对折多山岩体北半部分进行了详细的岩石学研究,表1的23块岩石薄片鉴定结果表明其总体岩石组合特征为:花岗闪长岩→粗粒似斑状二长花岗岩→中粒二长花岗岩→细粒二长花岗岩。岩石中SiO₂含量高,但范围较窄。黑云母及普通角闪石含量较高。副矿物主要为堇青石、独居石、锆石、磷灰石等。钾长石通常呈巨晶出现,大一般为3~5cm,最大达6cm左右。岩体中常出现变质砂岩及板岩捕虏体。缺乏大量与之对应的火山岩。根据岩体岩石学特征的差异,岩体又具体分为四个单元,它们是:杨家沟单元、折多山单元、龙布沟单元以及木格措单元(图1)。我们对各单元进行的黑云母K-Ar同位素测定表明:各单元形成的年代并不一致,它们的年龄分别为折多山单元-(15.4±0.6)Ma,龙布沟单元-10.1Ma,木格措单元-4.96Ma、3.76Ma。杨家沟单元由于出露面积很小,加上表面风化较强,除岩石学观察描述外,未对其进行年代及地球化学测定。

(1) 杨家沟单元

该单元侵入体分布于折多山岩体的南端,呈近南北向不规则长椭圆形,东侧与木格措单元、西侧与折多山单元均呈脉动侵入接触关系。出露面积约7.51km²。岩性为浅灰色细粒黑云母花岗闪长岩。风化表面为灰白色,具半自形细粒结构,块状构造。由斜长石、正长石、石英、黑云母等组成(表1),粒度在1~2mm之间。岩石中矿物颗粒定向性不明显,仅东侧靠近鲜水河断裂带的部位,矿物颗粒具定向排列,与断裂带展布方向基本一致。

(2) 折多山单元

该单元为折多山岩体的主要组成部分,分布于岩体西侧,断裂破坏强烈,与围岩为侵入接触,围岩发生明显的接触变质,岩体边部见宽2~5m的冷凝边,部分地段为断层接触;与杨家沟单元、木格措单元、龙布沟单元均为脉动侵入接触关系,并在木格措单元或龙布沟单元一侧发育宽一般小于1m的细化边(冷凝边),说明折多山单元形成早于以上两个单元。该单元出露面积约137.81km²,岩性为浅灰色粗粒似斑状黑云母二长花岗岩,风化表面呈褐灰色,常形成陡坎、绝壁等地貌。岩石具粗粒似斑状结构,块状构造。斑晶为斜长石,大小为1.5~2cm,个别可达4~5cm,含量约10%;基质具粗粒花岗结构,由斜长石、正长石、石英、黑云母等组成(表1),粒度一般在5~6mm。岩体边部见矿物颗粒排列略具定向性,内部定向性不明显。岩体内未见暗色包体,仅见后期细粒花岗岩脉沿构造裂隙分布。

(3) 龙布沟单元

该单元侵入体为折多山岩体的重要组成部分,在折多山岩体内从南自北均有出露,其与围岩呈侵入接触;与折多山单元、木格措单元均为脉动侵入接触,从接触边界特征看,应为木格措单元侵入龙布沟单元。该单元出露面积约227.79km²,岩性为灰白色中粒黑云母二长花岗岩,岩石风化色为深灰色,具中粒花岗结构,块状构造。由斜长石、正长石、石英、黑云母等组成(表1),粒度为3~5mm。岩石中矿物定向构造不发育,未见暗色包体。

(4) 木格措单元

该单元侵入体是折多山岩体的主要组成部分,出露面积约301km²。沿北西走向的鲜水河断裂呈长条状、带状出露,明显受鲜水河断裂控制,其东侧与围岩边界常为断层,仅西部局部地段与侏倭组为侵入

接触关系；该单元与杨家沟单元、龙布沟单元、折多山单元间均为脉动侵入接触关系。岩性为灰白色细粒黑云母二长花岗岩。岩石风化表面为灰色，风化后岩石显浅肉红色。岩石具细粒花岗结构、块状构造。由斜长石、正长石、石英、黑云母等组成（表 1），粒度为 1~2mm。岩石中矿物定向性不明显，未见暗色包体。

表 1 折多山各单元酸性侵入岩矿物统计表

单元名称	岩石名称	样品编号	矿物含量 (%)					副矿物
			钾长石	斜长石	石英	黑云母	白云母	
木格措	黑云母二长花岗岩	D1620b1	26	40	25	8		磷灰石、锆石、褐帘石、金属矿物
	细粒二长花岗岩	D1621b1	40	30	25	4		
	细粒二长花岗岩	D1623b4	30	40	25	4		
	细粒二长花岗岩	D1624b2	30	40	25	3		磷灰石、锆石
	细粒二长花岗岩	D1625b3	30	40	25	3	1	磷灰石、锆石
	细粒二长花岗岩	D1626b1	40	30	25	4		磷灰石、锆石
	细粒黑云母二长花岗岩	D1628b2	38	30	25	6		磷灰石、锆石、金属矿物
龙布沟	中粒二长花岗岩	D1620b ₂	40	25	28	5		磷灰石、锆石、褐帘石、金属矿物
	中粒含斑二长花岗岩	D1621b ₂	30	35	25	8		
	中粒二长花岗岩	D1623b1	40	25	27	6		
	中粒含斑二长花岗岩	D1623b2	40	27	28	4		
	中粒二长花岗岩	D1623b3	40	30	25	4		
	中粒二长花岗岩	D1624b1	45	25	25	4		
	中细粒二长花岗岩	D1624b4	27	38	28	5		
	中粒二长花岗岩	D1625b1	42	27	25	5		磷灰石、锆石
	中粒黑云母二长花岗岩	D1625b2	30	35	28	6		
	中粒黑云母二长花岗岩	D1626b2	35	30	27	7		
	中粒含斑二长花岗岩	D1627b2	42	25	28	4		
折多山	粗粒似斑状二长花岗岩	D1619b ₅	50	12	28	7	1	磷灰石、锆石、独居石、榍石、金属矿物
	黑云母花岗闪长岩	D1627b1	13	55	25	5		锆石、磷灰石、榍石、钦铁矿
杨家沟	黑云母花岗闪长岩	D1629b1	14	55	25	5		
	细粒花岗闪长岩	D1629b2	10	60	25	4		

3 折多山花岗岩岩石化学特征

3.1 主量元素特征

本次研究过程中所有元素含量的测试工作均由国土资源部宜昌地质研究所试验室完成。折多山岩体化学全分析见表 2，从表中可看出，折多山花岗岩富 SiO₂ (71.45%~75.5%)、Al₂O₃ (13.47%~14.49%)、和 K₂O+Na₂O (7.91%~8.96%)，贫铁、镁、钙。标准矿物计算表明出现饱和矿物石英和长石，所有样品均出现标准矿物刚玉分子。wAl₂O₃/w(CaO+Na₂O+K₂O) (A/CNK)值介于 1.51~1.79 之间，wAl₂O₃/w(Na₂O+K₂O)

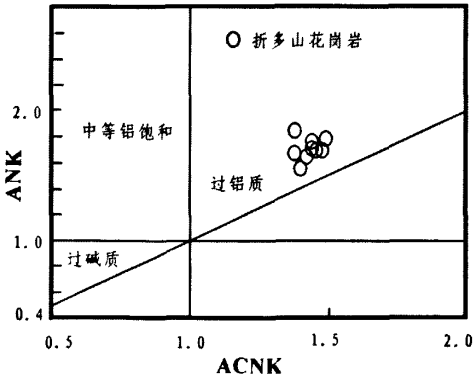


图 2 折多山花岗岩饱和度和碱饱和度图
ANK=Al₂O₃/(Na₂O+K₂O) ACNK= Al₂O₃/(CaO+Na₂O+ K₂O)

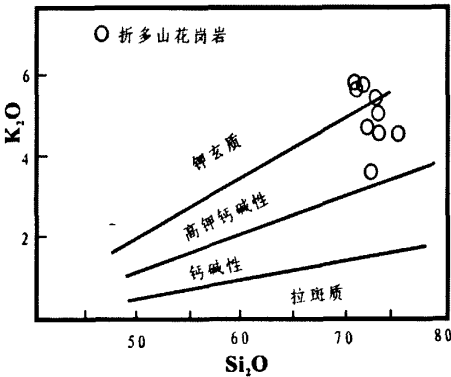


图 3 折多山花岗岩 SiO₂-K₂O 图解

(A/NK)1.38~1.54 之间，在 ACNK-ANK 投点图（图 2）中为过铝质花岗岩。9 个样品中有 8 个样品 $w(K_2O)/w(Na_2O)$ 介于 1.06~1.91 之间，一个为 0.82，平均值为 1.44，表明花岗岩相对富钾，在 K_2O-SiO_2 投点图（图 3）中属高钾钙碱性-钾玄质花岗岩。这些数据表明折多山岩体岩石为 SiO_2 过饱和系列富碱性花岗岩。

表 2 折多山花岗岩主要元素、微量元素和稀土元素分析结果

样品号	Dzd1	Dzd2	Dzd3	Dzd4	Dzd5	Dzd6	Dzd7	Dzd8	Dzd9
岩石名称	细粒二长花岗岩	细粒二长花岗岩	细粒二长花岗岩	细粒黑云母花岗岩	中粒含斑二长花岗岩	中粒二长花岗岩	粗粒似斑状花岗岩	中粒黑云母花岗岩	粗粒似斑状黑云母花岗岩
SiO ₂	72.72	73.74	75.5	73.42	71.46	71.67	73	72.72	72.52
TiO ₂	0.3	0.12	0.19	0.21	0.37	0.36	0.33	0.35	0.36
Al ₂ O ₃	13.86	14.49	13.47	14.23	14.32	14.36	13.88	14.06	13.82
Fe ₂ O ₃	0.1	0.02	0.05	0.04	0.03	0.01	0.25	0.26	0.02
FeO	1.51	0.7	0.8	1.2	1.8	1.68	1.55	1.62	2.05
MnO	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.06
MgO	0.33	0.21	0.18	0.37	0.42	0.34	0.32	0.4	0.45
CaO	1.21	1.32	0.79	1.29	1.43	1.22	1.15	1.25	1.66
Na ₂ O	3.04	4.45	4.11	3.82	3.27	3.06	3.31	3.27	3.52
K ₂ O	5.76	3.64	4.35	4.41	5.69	5.83	5.16	5.31	4.39
P ₂ O ₅	0.07	0.04	0.02	0.05	0.09	0.09	0.07	0.11	0.14
loss	0.38	0.54	0.38	0.56	0.5	0.64	0.42	0.51	0.74
H ₂ O ⁺	0.62	0.42	0.48	0.52	0.58	0.54	0.48	0.5	0.66
H ₂ O ⁻	0.03	0.06	0.07	0.05	0.2	0.08	0.1	0.06	0.05
总重量	99.96	99.78	100.42	100.21	100.2	99.91	100.06	100.45	100.44
Rb	250	102	214	182	246	210	282	206	209
Sr	236	927	170	375	216	267	191	268	279
Zr	213	62.4	65.7	51.8	284	224	204	196	203
Nb	14.7	4.1	12.9	5.93	17.6	13.4	17.6	10.2	30.7
Ba	1110	1090	415	1240	1050	1100	970	966	404
Hf	6.4	1.96	2.9	1.58	8.24	6.36	6.41	5.68	6.24
Ta	1.02	0.4	0.97	0.57	0.64	0.66	0.83	0.65	1.73
Th	69.5	4.54	16.7	13.5	66.7	59.6	56.7	67.1	24.8
La	121	12.6	18.9	33.3	159	162	118	126	75.4
Ce	192	24.2	32.6	48.8	287	290	198	210	121
Pr	15.7	2.67	2.79	4.67	24	23.3	15.9	16.8	10.9
Nd	62.4	9.99	13.5	16.9	91.3	87.1	63.4	63.9	43.6
Sm	9.7	1.38	2.62	2.7	13.9	12.4	10.2	9.72	7.32
Eu	1.07	0.43	0.3	0.5	1.07	1.17	0.91	0.89	1.14
Gd	5.92	1.79	2.97	2.32	7.46	6.23	6.43	5.93	5.52
Tb	0.85	0.28	0.45	0.34	1.14	0.85	0.85	0.97	0.85
Dy	2.39	1.16	2.35	1.48	2.89	2.17	2.88	1.84	3.21
Ho	0.37	0.22	0.4	0.28	0.39	0.47	0.35	0.26	0.45
Er	0.71	0.61	1.05	0.78	0.77	0.89	1.03	0.49	1.27
Tm	0.1	0.08	0.16	0.12	0.12	0.094	0.12	0.1	0.16
Yb	0.58	0.45	0.99	0.63	0.43	0.37	0.7	0.35	0.96
Lu	0.2	0.073	0.16	0.13	0.1	0.1	0.22	0.089	0.19
Y	9.57	4.49	4.55	6.74	11.2	10.2	10.4	11.3	12.5
REE	422.56	60.423	83.79	119.69	600.77	597.344	429.39	448.639	284.47

3.2 稀土元素特征

从表 2 中看出, 折多山岩体稀土元素总量分布范围较宽, 为 60.42~600.77, $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 为 3.10~19.40; δEu 值为 0.294~0.845, 多数小于 0.5, 表现为 Eu 强烈亏损。稀土元素配分模式为右倾型 (图 4), 轻稀土富集较明显, 重稀土亏损; 几个单元的样品曲线形态相似, 说明其为同源岩浆演化的产物。稀土配分曲线表明岩浆在不同单元之间侵位深度有较大的差异, 但总体而言, 具有壳源岩浆的特征, 不排除下地壳流体沿断裂破碎带上涌的可能。

3.3 微量元素特征

我们对折多山花岗岩 9 个样品的 8 种微量元素 (表 2) 的测定表明, Rb 的含量范围在 $(102\sim250) \times 10^{-6}$ 之间, 平均值为 211.22×10^{-6} ; Sr 的含量范围在 $(170\sim927) \times 10^{-6}$ 之间, 平均值为 325.44×10^{-6} ; Ba 的含量范围在 $(404\sim1110) \times 10^{-6}$ 之间, 平均值为 927.22×10^{-6} ; Nb 的含量范围在 $(4.1\sim30.7) \times 10^{-6}$ 之间, 平均值为 14.13×10^{-6} ; Ta 的含量范围在 $(0.4\sim1.73) \times 10^{-6}$ 之间, 平均值为 0.83×10^{-6} ; Zr 的含量范围在 $(62.4\sim284) \times 10^{-6}$ 之间, 平均值为 167.1×10^{-6} ; Hf 的含量范围在 $(1.58\sim8.24) \times 10^{-6}$ 之间, 平均值为 5.09×10^{-6} ; Th 的含量范围在 $(4.54\sim69.5) \times 10^{-6}$ 之间, 平均值为 42.13×10^{-6} 。其中, Rb/Sr 的比值介于 0.11~1.48 之间, 均值为 0.87; Nb/Ta 的比值介于 10.25~27.5 之间, 均值为 16.76; Zr/Hf 的比值介于 22.66~35.22 之间, 均值为 32.12。微量元素的主要特征值 Rb/Yb=37.17~101, 为分异程度强的残余体。与典型酸性岩微量元素平均含量相比, 折多山花岗岩存在 Rb、Th、Hf 含量相对较高, 而 Sr、Ba、Nb、Ta、Zr 含量相对较低; 其次 Rb/Sr、Nb/Ta 比值相对较高, Zr/Hf 比值相对较低。这些微量元素的含量与比值表明其壳源的可能性是比较大的。

3.4 构造环境与生成深度判别

在主量元素 R_1 - R_2 构造成因判别图 (图 6) 上, 投点主要落在造山晚期的花岗岩 (次碱性二长岩) 区与同碰撞花岗岩 (深熔二云母浅色花岗岩) 的交叠区域; 在 Ta-Yb 图解 (图 5-c) 上, 投点落在同碰撞花岗岩

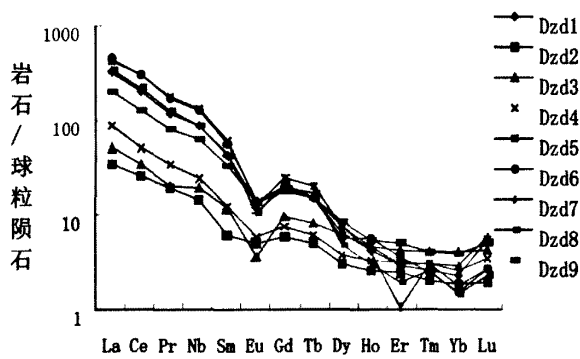


图 4 折多山花岗岩稀土配分曲线图

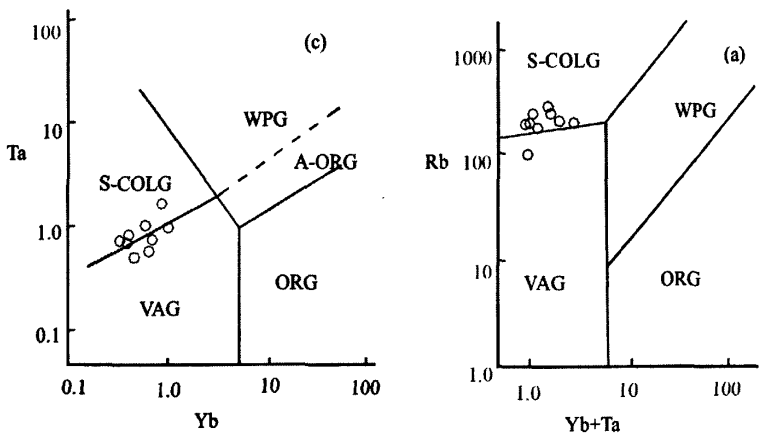


图 5 折多山花岗岩的非活动性元素构造环境判别图

VAG: 火山弧花岗岩; WPG: 板内花岗岩; S-COLG: 同碰撞花岗岩; ORG: 洋中脊花岗岩; A-ORG: 异常洋中脊花岗岩 (据 Pearce 等, 1984)

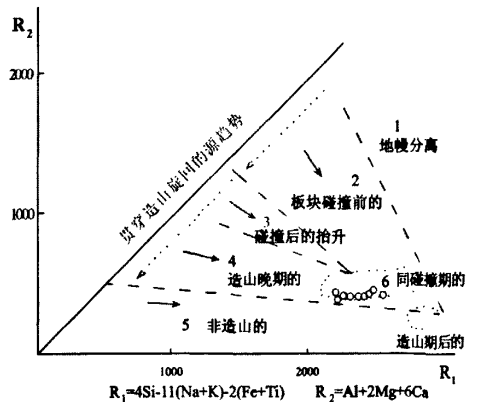


图 6 折多山花岗岩的 R_1 - R_2 构造成因判别图

区和火山弧花岗岩区的交界部位;在 Rb-Yb+Ta 构造环境判别(图 5-a)图上,投点均落在同碰撞花岗岩区。从以上判别图可看出,折多山岩体具造山期后同碰撞花岗岩的特征,结合藏东地区的构造演化特征,岩体很可能是鲜水河断裂活动形成的同构造花岗岩。在微量稀土元素 Th/Yb 与 Ta/Yb 的投点图上(图 7),折多山花岗岩样品全部落在橄榄玄粗岩系列,这与主量元素 K_2O-SiO_2 图解(图 3)得出的岩石类型相似,结合稀土元素总量分布范围较宽的事实,可以推测本区花岗岩类侵入岩很可能含有深源岩浆岩的组分,特别是下地壳成分。

4 讨论与结论

折多山花岗岩岩石学年代学数据表明,其形成不完全是 12.8Ma (Roger et al., 1995; 张岳桥, 2002),它是由连续侵入的若干岩体组成,侵入时间主要有两期,(15~11) Ma 和 5Ma。岩体的地球化学特征表明岩体属造山期后同构造花岗岩。鲜水河断裂在穿过折多山花岗岩体后,沿北西走向在马尼干戈附近错断雀儿山岩体,在玉树当江地区错断当江涌岩体 (Wang et al., 2000; Wang et al., 2006),后两岩体均为脆性破碎带,这表明接近高原内部,隆升造成的剥蚀量并不大,这与 Kirby et al (2002)、Clark et al (2004)对龙门山地区及金沙江水系的热年代结果相同,他们的研究均表明藏东地区 20Ma 以来藏东地区处于一个相对稳定状态,(13~5) Ma 开始有缓慢隆升。虽然有的研究(如:王宗秀等, 1996)将折多山花岗岩做为地壳浅部重熔的产物。由于沿鲜水河断裂带只有此处有同构造花岗岩及韧性变形,其他地段位置均表现为脆性断裂,如果是断裂活动引起的重熔,那其它地段也应该产生重熔的花岗岩,但事实并非如此。结合岩石地球化学特征,我们倾向于折多山花岗岩体的出现与藏东地区中下地壳流体的存在联系起来,即:分布面积近千平方千米的折多山花岗岩是中下地壳流体沿断裂薄弱带侵入近地表产生的。

折多山花岗岩的研究还表明鲜水河断裂应该有两期活动,早期活动在 15Ma 左右就开始了,但此时断裂的活动尚未错断龙门山断裂带,因为位于龙门山断裂带南东的鲜水河断裂带的小江断裂是 5Ma 才开始活动的 (Wang et al., 1998);晚期在 5Ma 左右断裂的活动才穿过龙门山延伸到小江断裂带,并形成一系列拉分盆地 (Wang et al., 1998)。鲜水河断裂的这种运动学特征与红河断裂的运动学特征类似:红河-哀牢山左旋走滑运动在 22Ma 左右停止后,一般认为红河右旋走滑断裂始于 5Ma (Leloup et al., 1995),但 Burchfiel et al (2003)的研究表明 15Ma 左右断裂系有一期重要活动。这表明红河断裂与鲜水河断裂组成的共轭断裂在协调高原物质挤出的过程中处于类似的构造背景之下。我们对这种构造背景的分析是:15Ma 左右,藏中地区下地壳的流体向藏东地区扩散,造成龙门山地区地壳的加厚和地表的抬升,并带动上地壳刚性块体做挤出和顺时针旋转(在地表表现为鲜水河断裂做左旋走滑运动),这时的龙门山逆冲推覆带为高原物质向东挤出的边界断裂。随着中下地壳流体的不断向东运动,同时由于四川盆地刚性地壳的阻挡,藏东高原的高度逐步抬升,大约在 5Ma 左右,龙门山断裂带不能再支持流体向东迁移造成的压力时,鲜水河断裂带开始切断龙门山断裂带,并作为新的边界断裂,引导藏东物质向东南方向挤出。

参考文献:

- [1]Burchfiel, B.C., Chen, Z., Liu, Y., and Royden, L.H., 1995, Tectonics of the Longmen Shan and adjacent regions, Central China: International Geology Review, v.37, p. 661~736.
- [2]Burchfiel, B. C. & Wang E. 2003. Northwest-trending, middle Cenozoic, left-lateral faults in southern Yunnan, China, and their tectonic significance. Journal of Structural Geology 25, 781~792.
- [3]Clark, M. & Royden, L., 2000, Topographic ooze: Building the eastern margin of Tibet by lower crustal flow, Geology, v. 28; no. 8; p. 703~706.
- [4]Clark, M. K., Schoenbohm, L. M., Royden, L. H., Whipple, K. X., Burchfiel, B. C., Zhang, X., Tang, W., Wang, E., and Chen, L., Surface uplift, tectonics, and erosion of eastern Tibet from large-scale drainage pattern. Tectonics, 2004, v. 23, TC1006, doi:10.1029/2002TC001402.
- [5]King, R.W., Shen, F., Burchfiel, B.C. Chen, Z., Li, Y., Liu, Y., Royden, L.H., Wang, E., Zhang, X., and Zhao, J., 1997, Geodetic measurement of

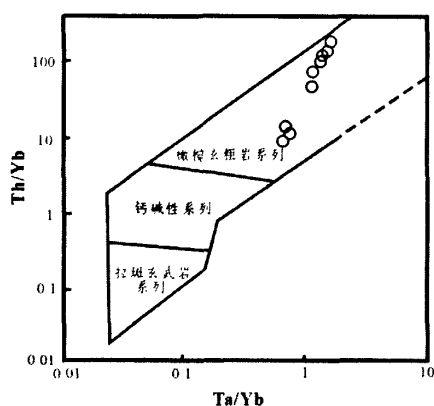


图 7 稀土微量元素 Th/Yb 与 Ta/Yb 投点图

crustal motion in southwest China: *Geology*, v. 25, p.1279~1282.

[6] Kirby, E., Reiner, P.W., Krol, M.A., Whipple, K.X., Hodges, K.V., Farley, K.V., Tang, W., and Chen, Z., 2002, Late Cenozoic evolution of the eastern margin of the Tibetan Plateau: inferences from Ar/Ar and (U-Th)/He thermochronology: *Tectonics*, v. 21(1), doi: 10.1029/2000TC001246.

[7] Leloup, P. H., Lacassin, R., Tapponnier, P., Scharer, U., Zhong, D., Liu, X., Zhang, L., Ji, S. & Trinh, P. T., 1995, The Ailao Shan-Red River shear zone (Yunnan, China), Tertiary transform boundary of Indochina. *Tectonophysics* 251, 3~83.

[8] Mo, X., Zhao, Z., Deng, J., Flower, M., Yu, X., Luo, Z., 2006, Petrology and geochemistry of postcollisional volcanic rocks from the Tibetan plateau: Implications for lithosphere heterogeneity and collision-induced asthenospheric mantle flow, *GSA Special paper*, 409.

[9] Roger, F., S. Calassou, J. Lancelot, J. Malavieille, M. Mattauer, Xu Zh., 1995, Miocene emplacement and deformation of the Konga Shan granite (Xianshui He fault zone, west Sichuan, China) :Geodynamic implications, *Earth and Planetary Science Letters*, 130,201~216.

[10] Royden, L.H., Burchfiel, B.C., King, R.W., Chen, Z., Shen, F., and Liu, Y., 1997, Surface deformation and lower crustal flow in eastern Tibet: *Science*, v.276, p.788~790.

[11] Tapponnier, P., Peltzer, G., and Armijo, R., 1986, On the mechanics of the collision between India and Asia, In *Collision Tectonics*, eds. Coward, M. p., Ries, A. C., Geological Society [London] Special Publish, v.19, p.115~57.

[12] Wang E., Burchfiel, B. C., Royden, L. H. Chen, L., Chen, J., Li, W., and Chen, Z., 1998, The Cenozoic Xianshuihe-Xiaojiang, Red River, and Dali fault systems of southwestern Sichuan and central Yunnan, China: Geological Society of America Special Paper 327,108p.

[13] Wang, S., Wang, E., 2006, Late Cenozoic deformation along the northwest continuation of the Xianshuihe fault systems, Eastern Tibetan plateau: Geological Society of America Bulletin (in press)

[14] Wang Z., Xu, Zh., Yang, T. and Hao, M., 1996, Study of deformation mechanism of the Xianshuihe River fault zone-A shallow-level, high-temperature ductile shear zone, *Regional geology of China*, v. 3, p.244~252.

[15] Zhang, Y., Chen, W. and Yang, N., 2004, 40Ar/39Ar dating of shear deformation of the Xianshuihe fault zone in west Sichuan and its tectonic significance, *Science in China, Ser.D*, v.47(9): 794~803.

[16] 张岳桥, 陈文, 杨农. 川西鲜水河断裂带晚新生代剪切变形 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测年及其构造意义[J]. 中国科学 (D 辑) 2004, 34 (7): 613~621.

[17] 王宗秀, 许志琴, 杨天南, 郝美美. 川西鲜水河断裂带变形机制研究——一个浅层次高温韧性平移剪切带[J]. 中国区域地质, 1996, 3: 244~252.

Petrographical Features of the Zheduoshan Granite Pluton in Kangding and Their Tectonic Implication

XU Tian-de^{1,2}

(1- Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059; 2-Regional Geological Surveying Team, BGEEMRSP, Shuangliu, Sichuan 610213)

Abstract: The Zheduoshan Granite pluton in Kangding is a syntectonic granite pluton in the Xianshuihe active fracture zone. It provides important information for uplift and tectonic evolution of the Qinghai-Tibet Plateau. The regional geological survey indicates that the pluton consists of granodiorite, coarse porphyroid adamellite, medium-grained adamellite and fine-grained adamellite. The petrogeochemical characteristics indicate its shao-shaonite-K-rich calco-alkaline in character with enrichment in LREE and depletion in HREE characteristic of crust-derived magmatic rock which was formed in postorogenic syntectonic setting. The study shows that the pluton resulted from ascending fluids due to faulting other than crust remelting. The Xianshuihe faulting and gradual uplift of the east Tibet Plateau were attributed to the eastwards shift of the lower crust-derived fluids.

Key words: Zheduoshan; granite; Xianshuihe fault; geochemical characteristic

作者: [徐天德, XU Tian-de](#)
作者单位: [成都理工大学, 成都, 610059; 四川省地矿局区域地质调查队, 四川, 双流, 610213](#)
刊名: [四川地质学报](#)
英文刊名: [ACTA GEOLOGICA SICHUAN](#)
年, 卷(期): 2009, 29(z1)

参考文献(17条)

1. 张岳桥;陈文;杨农 [川西鲜水河断裂带晚新生代剪切变形 \$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}\$ 测年及其构造意义](#)[期刊论文]-[中国科学D辑](#) 2004(07)
2. Zhang Y;Chen W;Yang N [\$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}\$ dating of shear deformation of the Xianshuihe fault zone in west Sichuan and its tectonic significance](#)[期刊论文]-[Science in China\(Series D\)](#) 2004(09)
3. Wang Z;Xu Zh;Yang T;Hao, M [Study of deformation mechanism of the Xianshuihe River fault zone-A shallow-level, high-temperature ductile shear zone](#) 1996
4. Roger F;S Calassou;J Lancelot;J. Malavieille, M. Mattauer, Xu Zh [Miocene emplacement and deformation of the Konga Shah granite \(Xianshui He fault zone, west Sichuan, China\): Geodynamic implications](#) 1995
5. Mo X;Zhao Z;Deng J;Flower, M. Yu, X. Luo, Z [Petrology and geochemistry of postcollisional volcanic rocks from the Tibetan plateau: Implications for lithosphere heterogeneity and collision-induced asthenospheric mantle flow](#) 2006
6. Leloup P H;Lacassin R;Tapponnier P;Scharer, U. Zhong, D. Liu, X. Zhang, L. Ji, S. Trinh, P. T [The Ailao Shan-Red River shear zone \(Yunnan, China\), Tertiary transform boundary of Indochina](#) 1995
7. Kirby E;Reiner P W;Kxol M A;Whipple, K. X. Hodges, K. V. Farley, K. V. Tang, W. Chen, Z [Late Cenozoic evolution of the eastern margin of the Tibetan Plateau: inferences from Ar/Ar and \(U-Th\)/He thermochronology](#) 2002(I)
8. King R W;Shen F;Burchfiel B C;Chen, Z. Li, Y. Liu, Y. Royden, L. H. Wang, E. Zhang, X. Zhao, J [Geodetic measurement of crustal motion in southwest China](#) 1997
9. Clark M K;Schoenbohm L M;Royden L H;Whipple, K. X. Burchfiel, B. C. Zhang, X. Tang, W. Wang, E. Chen, L [Surface uplift, tectonics, and erosion of eastern Tibet from large-scale drainage pattern](#) 2004
10. Clark M;Royden L [Topographic ooze: Building the eastern margin of Tibet by lower crustal flow](#)[外文期刊] 2000(08)
11. Burchfiel B C;Wang E [Northwest-trending, middle Cenozoic, left-lateral faults in southern Yunnan, China, and their tectonic significance](#) 2003
12. 王宗秀;许志琴;杨天南;郝美英 [川西鲜水河断裂带变形机制研究-一个浅层次高温韧性平移剪切带](#) 1996
13. Wang S;Wang E [Late Cenozoic deformation along the northwest continuation of the Xianshuihe fault systems](#)[[Eastern Tibetan plateau: Geological Society of America Bulletin](#)] 2006
14. Wang E;Burchfiel B C;Royden L H;Chen, L. Chen, J. Li, W. Chen, Z [The Cenozoic Xianshuihe-Xiaojiaug, Red River, and Dali fault systems of southwestern Sichuan and central Yunnau](#)[[China: Geological Society of America Special Paper 327](#)] 1998
15. Tapponnier P;Peltzer G;Armijo R [On the mechanics of the collision between India and Asia](#) 1986
16. Royden L H;Burchfiel B C;King R W;Chen, Z. Shen, F. Liu, Y [Surface deformation and lower crustal flow](#)

in eastern Tibet[外文期刊] 1997(5313)

17. Burchfiel B C;Chen Z;Liu Y;Royden, L. H Tectonics of the Longmen Shan and adjacent regions[外文期刊]
] 1995

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_scdzxb2009z1010.aspx