

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

青藏东缘昌都—思茅构造带中生代陆内裂谷作用

钟康惠¹⁾, 唐菊兴^{1,2)}, 刘肇昌¹⁾, 寇林林¹⁾, 董树义^{1,3)}, 李志军¹⁾, 周慧文¹⁾

1) 成都理工大学, 610059; 2) 中国地质科学院, 北京, 100037; 3) 中国地质大学, 北京, 100083

内容提要:中三叠世末,三江联合地体形成,昌都—思茅构造带进入陆内演化阶段,堑垒相间的古地貌、具双峰式火山岩的火山-沉积组合、显双峰特点以及普具伸展因子的岩浆作用等显示,其在晚三叠世至新生代发生了广泛的陆内裂谷作用。裂谷岩浆活动主要为两侧火山地堑发育的双峰式火山活动,同期的岩浆侵入活动也呈双峰态势。岩浆喷发活动具有东强西弱的特点,其中东部江达—云岭—绿春地堑带,因局部出现洋壳而具有陆间裂谷性质;岩浆侵入活动自印支晚期向燕山期具有规模减小、范围增大的特点,到燕山期、喜马拉雅期,中央地带也发生岩浆侵入活动,形成中央热隆带。岩浆侵入活动具有明显继承性,由于昌都—思茅地体两侧于晚海西期至中三叠世发育陆源岩浆弧,岩浆岩在岩石化学上或多或少显弧岩浆特点。陆内裂谷作用在中生代经历了火山—地堑、陆内岩石圈挠曲凹陷演化阶段。裂谷作用持续到了新生代。

关键词:青藏东缘;昌都—思茅构造带;陆内裂谷作用;古地貌;活动型沉积组合;岩浆作用

青藏东缘昌都—思茅构造带(图1),以其特殊的大地构造位置和业已显现的巨大找矿潜力,日益受到地学界的重视。准确厘定其构造演化,不仅有助于青藏东缘大陆动力学研究,也有利于把握青藏东缘成矿-找矿规律。然而,对昌都—思茅构造带中生代—新生代构造演化研究,尚较薄弱。

关于中三叠世以后中生代的构造性质,目前主要有3种倾向性认识:①随着两侧澜沧江洋和金沙江洋的俯冲缝合,整个中生代属前陆盆地(李兴振等,1999;潘桂棠,1997;刘增乾,1993),或先为前陆盆地而后发生拗陷(罗建宁等,1992)②以昌都—思茅构造带南段为研究对象,认为自晚三叠世起,兰坪—思茅段进入陆内裂谷阶段(何科昭等,1996),或自三叠纪以来至渐新世为走滑拉分盆地(帅开业等,2000);③在晚三叠世,沿先存缝合带边缘发育上叠裂谷,于燕山期反转为前陆盆地(王成善等,2003)^①。研究表明,在中三叠世末的早印支期,随着澜沧江洋、金沙江—哀牢山洋碰撞关闭,左贡、临沧、昌都—思茅、德格—中甸等地体焊合成三江联合地体(刘肇昌等,1996;1997),进入陆内演化阶段。

此后,古地貌、沉积组合、岩浆作用等特征显示,昌都—思茅构造带,在晚三叠世至新生代,发生了广泛的陆内裂谷作用。

1 昌都—思茅陆内裂谷发育的背景

三江联合地体形成以前的昌都—思茅地体,由加里东褶皱形成基底,是一个年轻陆壳地体。在晚古生代,昌都—思茅地体,因东缘为江达—维西—绿春弧、西缘为妥坝—南佐—景洪弧,属弧后海盆。景东以南思茅盆地广阔的正磁异常分布,一般认为可能是二叠纪大规模喷发的玄武岩类引起的,这意味着思茅弧后海盆中有过强烈的张裂运动,并可能有类洋壳出现。伴随澜沧江(二叠纪末)和金沙江—哀牢山洋(中三叠世末)封闭,保山—临沧地体与昌都—思茅地体先联合,而后增生于扬子大陆西南缘。昌都—思茅陆内裂谷作用,发生于三江联合地体形成之后,并向西扩展到澜沧江断裂西侧地区。对于印支期增生、碰撞事件而言,是一个后造山陆内裂谷盆地。

2 昌都—思茅陆内裂谷地貌特征

盆岭相间或堑垒相间是陆内裂谷的地貌特征。晚三叠世,昌都—思茅构造带发育典型的裂谷地貌(图2),在宏观上,昌都—思茅地体东西两侧边界断裂强烈扩展,形成江达—云岭—绿春和澜沧江两条火山—地堑,总体具有“两堑夹一垒”的地貌特征,并且东部地堑较西部地堑扩张强烈,两个地堑扩张强

注:本文为国家“973”项目(编号 2002CB412607),中国地质调查局项目(编号 70401154020),中国地质调查局综合研究项目(编号 200110200010,200420190004),四川省矿物学、岩石学学科基金联合资助的成果。

收稿日期:2006-06-11;改回日期:2006-07-20;责任编辑:郝梓国、刘志强。

作者简介:钟康惠,男,1964年生。博士,副教授。矿产普查与勘探专业。Email:zhongkh@163.com。

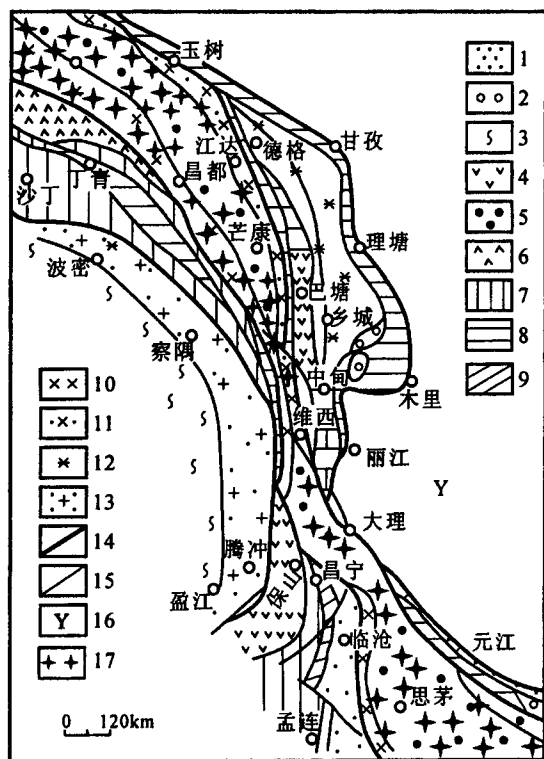


图1 昌都—思茅构造带区域构造略图

Fig. 1 Areal structure sketch of the Changdu—Simao tectonic zone

1~6: 亲陆地体: 1—哀牢山型; 2—扬子型; 3—冈瓦纳型; 4—保山型; 5—昌都型; 6—羌塘地体; 7—亲陆地体被动陆缘复理石; 8—大洋裂谷的洋壳地体; 9—陆间裂谷的准洋壳地体; 10~13: 亲弧地体及岩浆弧裂谷系: 10—晚海西期; 11—晚海西—早印支期; 12—晚印支期; 13—燕山—喜马拉雅期; 14—深断裂; 15—大断裂; 16—扬子地块; 17—昌都—思茅构造带范围

1~6: The continent—phile terranes: 1—Ailaoshan type; 2—Yangzi type; 3—Gangwana type; 4—Baoshan type; 5—Changdu type; 6—Qingtang terrane; 7—passive continental margin flysch of continent—phile terrane; 8—ocean crust terrane of ocean rift; 9—pane-oceanic crust terrane of intercontinental rift; 10~13: magmatic arc—phile terranes and rift system on magmatic arc: 10—late Haixi; 11—late Haixi to early Indo-chinese; 12—late Indo-chinese; 13—Yanshan to Ximalaya epoch; 14—deep fault; 15—major fault; 16—Yangtze block mass; 17—scope of the tectonic zone

度均自北向南减弱。就此而言,略有上叠裂谷的表象。在较小尺度上,昌都—思茅构造带内部亦发育堑垒相间的裂谷型盆岭地貌。在昌都地区,自东而西的江达、车所、妥坝、昌都、左贡等地堑与其间的地垒山地,构成堑—垒构造系(见图2)。

不仅如此,在昌都—思茅构造带东侧,由于甘孜—理塘洋壳俯冲而成为活动陆缘的德格—中甸构造带上,也发育堑垒相间的裂谷地貌,自西向东,构成

海沟—岩浆弧(外弧或主弧)—弧间裂谷—内弧(或残弧)—弧后裂谷的格局(莫宣学等,1993)。

上述表明,昌都—思茅构造带在晚三叠世并非只沿边缘发育的上叠裂谷,而是整个三江联合地体上发育广泛的伸展裂陷作用形成的陆内裂谷系。

至早侏罗世,表壳逐渐抬升,相对于东、西两侧的金沙江、类(乌齐)—左(贡)山地而言,昌都—思茅构造带为西倾的箕状盆地,水体不断萎缩,并最终形成中、下侏罗统的假整合(图3)。

至中侏罗世,三江联合地体内部大面积拗陷,昌都—思茅构造带仍表现为向西倾斜的箕状盆地。晚侏罗世,全区表壳再次抬升,导致下白垩统与上侏罗统间的假整合(图3)。

至早白垩世,依然是继承性的箕状拗陷地貌,但拗陷规模已缩小至澜沧江东侧地区(见图3),沉降中心逐渐向盆地中心、向南收缩,相应的沉积主体为河湖相。

中、早侏罗世,昌都地区的沉积厚度变化(图4)表明,在昌都—思茅构造带的拗陷,在纵向上,沉降幅度是不均匀的,暗示存在横向构造的影响。

上述表明,昌都—思茅构造带,在中三叠世后的中生代,①发育裂谷型地貌,早期(晚三叠世)相当于火山—地堑阶段的堑垒或盆岭地貌,中后期(侏罗纪—白垩纪)相当于岩石圈挠曲拗陷阶段的大型不对称箕状盆地地貌;②裂谷盆地发育过程中,因横向构造干扰,存在纵向不均匀性;③裂陷过程中,因地球动力学条件改变(王建平等,2003),存在一定的旋回性(表现为 J_2/J_1 、 K_1/J_3 假整合的存在)。

3 昌都—思茅陆内裂谷的活动型沉积组合特征

3.1 晚三叠世—早侏罗世双峰火山—沉积组合

晚三叠世—早侏罗世,昌都—思茅构造带的多级次堑—垒构造系,具有两侧地堑扩展强烈,中央带扩展较弱特征,在东西两侧的江达—云岭—绿春和澜沧江两条火山—地堑中,堆积了2~10 km的巨厚活动型火山—碎屑岩系,其中的火山岩多具双峰组合特征。

在澜沧江地堑,南段卡尼—诺利期小定西组、瑞替期茫汇河组,北段(即昌都地堑)晚三叠世甲丕拉组、巴钦组,均为活动性火山—沉积岩系,其中的火山岩具有双峰组合特征。

南段,小定西组平行不整合于中三叠统忙怀组碰撞型高钾流纹岩之上,火山岩占88%±,主要

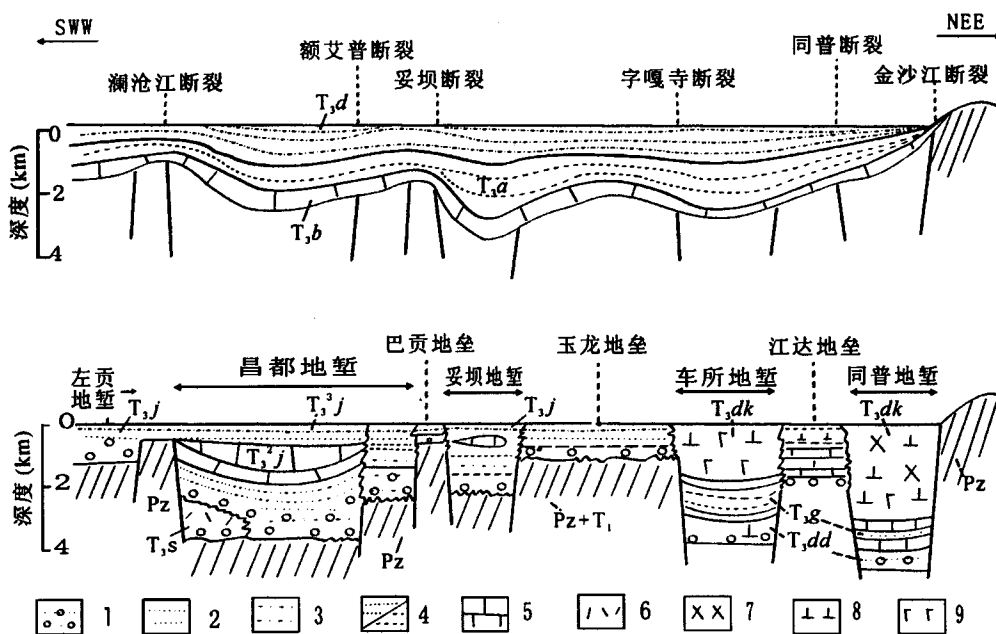


图2 昌都盆地晚三叠世沉积-构造剖面图(据1/20万区域地质调查实测剖面资料,综合绘制)

Fig. 2 The late Triassic sedimentary-structural section in the Changdu Basin

(data after actual measurement profiles of 1/200000 areal geological survey, plotted synthetically)

1—砾岩; 2—砂岩; 3—砂页岩; 4—页岩/煤; 5—碳酸盐岩; 6—粗面岩; 7—酸性火山岩; 8—中性火山岩; 9—基性火山岩; T_3d —夺盖拉组; T_3a —阿堵拉组; T_3b —波里拉组; T_3j —甲丕拉组; T_3dk —洞卡组; T_3g —公也弄组; T_3dd —东独组; T_3s —小定西组; $Pz+T_3$ —古生界+下三叠统

1—Conglomerate; 2—sandstone; 3—sand shale; 4—shale/coal; 5—carbonate rock; 6—trachyte; 7—acidic volcanite; 8—intermediate volcanite; 9—basic volcanite; T_3d —Duogaila Fm.; T_3a —Adula Fm.; T_3b —Bolila Fm.; T_3j —Jiapila Fm.; T_3dk —Dongka Fm.; T_3g —Gongyenong Fm.; T_3dd —Dongdu Fm.; T_3s —Xiaodingxi Fm.; $Pz+T_3$ —Palaeozoic and lower Triassic

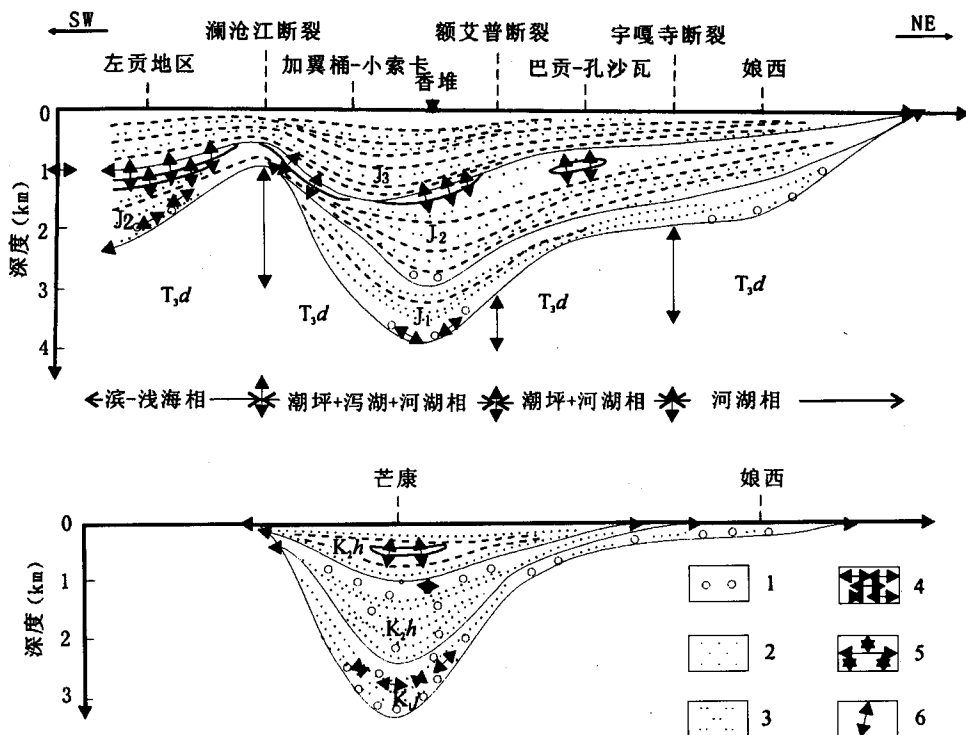


图3 昌都地区侏罗纪—白垩纪沉积组合与厚度变化(1/20万区域地质调查实测剖面资料综合绘制)

Fig. 3 The sedimentary association and thickness variation of Jurassic to Cretaceous in Changdu area

(data after actual measurement profiles of 1/200000 areal geological survey, plotted synthetically)

1—砾岩; 2—砂岩; 3—粉砂岩; 4—泥岩; 5—灰岩; 6—断层

1—Conglomerate; 2—sandstone; 3—siltstone; 4—mudstone; 5—limestone; 6—fault

表 1 昌都地区上三叠统火山岩岩石化学数据表(芒康幅、白玉幅、邓柯幅)

Table 1 Petrochemical data(%) of Triassic volcanic rocks of Changdu area(Geological Map of Mangkang, Baiyu, Dengke)

序号	样号	岩性	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	烧失	总量
1	YJ1491-1	安山岩	63.58	0.70	14.32	2.38	2.86	0.15	2.77	4.34	2.70	3.43	0.11	2.11		0.22	99.75
2	YJ738-22	流纹岩	70.53	0.65	12.26	0.78	0.02	1.06	1.47	1.72	6.57	0.17	0.17	0.98		1.01	100.05
3	YJ739-28	英安岩	67.80	0.89	14.05	1.13	4.40	0.04	1.60	1.67	3.57	1.81	0.21	0.87		0.82	100.03
4	YJ742-3	流纹岩	71.26	0.41	13.43	0.60	2.95	0.02	1.26	0.42	2.02	6.32	0.08	1.04		0.31	100.26
5	YJ474-11	高硅流纹岩	76.67	0.10	11.33	1.20	2.20	0.06	0.42	0.61	0.95	6.00	0.05			0.66	100.25
6	YJ474-18	高硅流纹岩	79.15	0.18	11.67	1.25	1.51	0.05	0.06	0.88	0.00	1.10	0.05			3.61	99.51
7	YJ486-1	高硅流纹岩	74.86	0.52	11.15	0.60	2.56	0.08	0.36	0.79	2.15	6.15	0.07			0.21	99.56
8	YJ425-2	高硅流纹岩	73.63	0.40	13.17	0.90	2.36	0.07	1.17	0.99	4.15	1.90	0.22			1.11	100.07
9	MK821-8	碱性玄武岩	50.73	0.80	13.21	6.23	0.43	0.12	4.49	7.64	3.16	4.38	0.76	2.31		5.26	99.52
10	MK1767-12	安粗岩	55.58	0.89	11.86	7.51	0.70	0.15	2.66	4.41	3.57	5.48	0.75	1.38		1.38	99.43
11	YJ263-3	响岩质玄武岩	48.36	1.00	14.78	7.67	2.39	0.17	6.98	5.21	0.50	7.50				4.01	99.31
12	YJ263-5	碱性玄武岩	52.06	0.90	12.59	8.17	1.94	0.13	4.96	8.60	2.50	5.00	0.91			1.56	99.32
13	YJ263-7	流纹岩	72.07	0.01	11.00	1.24	3.14	0.12	1.17	3.04	2.75	2.75	0.03			2.69	100.01
14	YJ973-4	粗面岩	58.97	0.74	13.52	3.82	1.47	0.17	4.00	4.12	3.37	7.11	0.67	1.61		0.02	99.82
15	YJ974-1	碱性长石粗面岩	56.94	0.91	15.18	6.12	1.69	0.16	1.98	3.31	4.58	5.90	0.58	1.12		1.01	99.75
16	YJ978-4	玄武安山岩	52.09	0.94	11.28	6.29	1.33	0.23	7.50	7.31	1.99	4.82	0.74	2.95		1.24	99.12
17	YJ215-1	安粗岩	59.92	0.55	14.98	2.46	3.26	0.06	3.24	3.51	1.80	7.25	0.43			2.52	99.98
18	YJ630-2	安粗岩	58.29	0.70	15.53	5.14	2.25	0.12	2.15	3.86	3.60	6.35	0.54			1.32	99.85
19	YJ630-3	碱性长石粗面岩	60.56	0.88	16.10	0.68	3.06	0.05	2.67	1.11	1.55	10.50	0.42			1.87	99.50
20	9P11GS23-1	更长玄武质凝灰岩	49.96	0.92	16.15	2.38	7.43	0.13	6.12	4.00	4.86	1.77	0.20		0.46	5.63	
21	9P11GS24-1	付长岩	29.85	0.67	11.06	2.51	5.78	0.23	5.66	20.65	3.05	0.27	0.08		0.44	19.68	
22	9P11GS25-1	流纹质玻屑晶屑凝灰岩	67.93	0.52	15.23	0.45	3.02	0.02	1.57	1.20	7.27	0.24	0.04		0.14	2.02	
23	9P11GS26-1	玄武安山质凝灰角砾岩	51.99	0.82	16.31	2.14	7.43	0.01	7.33	3.84	3.27	0.60	0.02		0.94	5.66	
24	9P11GS27-1	中钾玄武安山岩	48.65	0.79	15.68	2.32	7.13	0.13	6.89	8.76	2.12	0.89	0.12		0.26	5.93	
25	9P11GS28-1	粗面岩	47.06	0.31	12.03	1.15	3.32	0.02	1.00	0.10	5.58	1.17	0.05		0.12	0.77	
26	9P11GS29-1	钠质粗面玄武岩	46.58	0.74	16.40	2.30	7.05	0.24	7.72	7.18	3.62	1.58	0.11		0.24	5.98	
27	9P11GS30-1	粗面质火山角砾岩	61.96	0.98	14.95	2.83	5.25	0.11	1.87	1.95	6.41	0.67	0.26		0.14	2.34	
28	9P11GS31-1	碱性玄武岩	40.38	0.56	12.53	2.22	3.90	0.21	5.24	17.53	4.01	0.19	0.11		0.24	12.93	
29	9P11GS32-1	中长玄武岩	48.28	0.94	18.63	1.96	7.37	0.11	6.82	5.55	4.43	0.89	0.13		0.28	4.70	
30	9P11GS33-1	流纹质火山角砾岩	72.85	0.31	12.75	0.84	2.64	0.02	0.96	0.88	6.30	0.27	0.03		0.12	1.48	
31	9P11GS34-1	低钾安山岩	60.28	0.39	16.01	1.35	8.24	0.11	3.18	0.10	6.12	0.13	0.02		0.34	3.76	
32	9GS601-1	碱玄岩质火山角砾岩	37.46	0.68	14.36	2.15	5.42	0.21	5.16	13.93	1.53	2.78	0.03		0.72	15.96	
33	9P1GS5-1	粗安岩	55.55	0.56	16.86	1.41	5.42	0.12	4.06	4.50	4.73	1.64	0.16		0.38	4.42	
34	9P1GS6-1	粗安岩	56.19	0.52	17.03	2.85	4.01	0.21	3.98	2.80	5.97	2.42	0.13		0.80	3.37	
35	9P1GS7-1	流纹质凝灰岩	75.27	0.26	12.20	0.48	2.26	0.02	1.11	0.46	5.97	0.11	0.04		0.20	1.28	
36	9P1GS8-1	安山质火山角砾岩	52.78	0.52	13.69	1.34	5.43	0.20	5.65	6.28	4.63	0.32	0.10		0.52	8.56	
37	9P1GS10-1	粗安质玻屑凝灰岩	55.89	0.80	17.14	7.93	0.13	4.17	0.71	6.06	0.46	0.14	0.00		0.18	4.06	
38	9P1GS16-1	低钾流纹岩	71.92	0.16	9.71	5.00	0.16	0.22	0.36	3.48	4.62	0.42	0.00		0.18	4.06	
39	9GS1	中钾流纹岩	73.58	0.27	12.31	2.02	1.65	0.06	0.76	0.70	4.03	2.51	0.00		0.13	2.02	
40	9GS8-1	粗安岩	53.54	1.10	15.15	2.05	7.21	0.20	5.68	3.09	4.41	1.38	0.18		0.22	6.16	
41	9GS1101-1	中钾流纹岩	72.06	0.23	13.13	1.69	2.34	0.07	0.64	1.77	3.82	2.81	0.00		0.08	1.14	
42	9GS1104-1	低钾玄武安山岩	50.52	0.53	14.21	2.08	5.97	0.24	8.21	8.97	4.53	0.05	0.04		0.14	4.26	

续表 1

序号	样号	岩性	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	烧失	总量
43	9GS884-1	中长玄武岩	48.38	0.76	17.73	2.07	7.32	0.13	6.88	7.52	2.92	1.90	0.10		0.46	3.95	
44	9GS848-1	粗面岩	54.43	1.55	16.50	10.62	0.66	0.10	3.47	1.56	7.91	0.04	0.18		0.66	2.28	
45	9GS1045	钾玄岩	51.78	0.80	17.66	2.36	5.98	0.11	4.30	5.69	3.98	3.11	0.22		0.60	3.77	
46	9P4GS15-3	更长玄武岩	49.88	2.10	15.25	11.54	0.92	0.15	4.22	4.34	6.41	0.21	0.30		1.00	4.64	
47	9P3GS1-2	钾玄岩	51.28	0.83	17.93	1.77	6.30	0.21	3.97	7.10	3.94	2.44	0.23		0.24	3.40	
48	9P3GS3-1	粗安岩	54.68	0.80	18.46	1.38	5.08	0.25	2.97	2.29	6.61	2.23	0.29		0.28	4.54	
49	9P3GS4-1	钾玄岩	49.85	0.90	17.11	3.00	6.41	0.23	4.74	3.43	4.16	3.50	0.22		0.46	5.85	
50	9P3GS5-1	粗安质火山角砾岩	55.84	0.73	18.09	2.18	5.12	0.14	4.01	0.61	6.88	1.82	0.26		0.42	3.75	
51	9P3GS6-1	粗安质火山角砾岩	56.43	0.81	18.55	1.94	4.90	0.10	3.10	1.23	8.00	0.41	0.25		0.34	3.89	
52	9P3GS11-1	更长玄武岩	50.49	0.78	18.96	3.02	4.80	0.14	3.28	7.37	4.65	1.17	0.19		0.64	4.51	
53	9P3GS13-1	钾质粗面玄武岩	51.97	0.84	17.99	2.16	6.45	0.20	3.61	2.94	4.59	3.64	0.24		0.38	5.10	
54	9P3GS23-1	钾质粗面玄武岩	50.90	0.71	17.87	2.65	6.05	0.18	5.62	4.81	4.21	2.28	0.18		0.58	4.17	
55	9P3GS40-2	更长玄武岩	50.49	1.42	15.77	3.22	7.55	0.21	6.17	4.88	4.85	1.05	0.18		0.42	4.08	
56	9GS713	亚碱性低钾玄武岩	45.14	0.85	18.39	3.96	5.27	0.17	5.91	8.55	3.01	0.23	0.15		1.22	7.67	
57	9GS739	中钾流纹岩	72.15	0.28	12.66	2.71	2.09	0.04	0.96	0.42	4.76	2.89	0.05		0.10	0.42	
58	9GS1054	流纹质凝灰岩	71.30	0.28	14.00	3.51	0.63	0.04	0.48	0.75	4.27	2.38	0.07		0.26	1.84	
59	9GS1360-1	流纹质凝灰岩	80.92	0.12	8.96	2.15	0.63	0.12	0.18	0.58	3.48	0.79	0.24		0.18	1.30	
60	9GS1393	更长玄武岩	50.12	1.05	15.46	4.29	6.65	0.17	4.06	2.57	4.88	0.56	0.22		0.32	5.24	
61	9GS1394	低钾安山岩	54.49	1.05	15.46	4.29	6.65	0.17	4.06	2.57	4.88	0.56	0.22		0.32	5.24	
62	9P6GS0-1	英安质凝灰角砾岩	66.53	0.41	13.54	0.92	4.13	0.14	2.99	1.25	2.26	3.80	0.11		0.14	3.61	
63	9P25GS2-1	低钾流纹岩	76.54	0.06	13.92	0.72	0.31	0.02	0.12	0.41	7.61	0.28	0.03		0.08	0.28	
64	9GS41	英安质凝灰角砾岩	65.92	0.39	13.66	1.08	4.03	0.08	2.23	2.16	5.05	1.46	0.07		0.13	3.77	
65	9GS236-1	碱性玄武岩	37.60	0.47	12.36	3.26	4.00	0.20	6.59	14.78	3.04	0.82	0.19		0.94	15.69	
66	9GS245-1	中钾英岩	65.19	0.60	14.86	2.81	4.13	0.12	1.22	3.44	4.48	1.21	0.14		0.14	1.74	
67	9GS1206-1	低钾玄武安山岩	54.99	1.28	16.29	2.64	7.86	0.13	5.06	2.58	4.20	0.37	0.20		0.18	3.97	
68	9GS1207	流纹质熔岩角砾岩	78.23	0.26	12.01	2.04	0.55	0.05	0.36	0.70	0.06	1.48	0.05		0.20	4.12	
69	9GS1208	安山质混合凝灰岩	59.40	0.62	14.26	1.21	5.65	0.14	7.50	1.50	3.11	1.55	0.10		0.24	5.25	
70	9GS1538-1	流纹质晶屑玻屑凝灰岩	73.11	0.22	13.66	2.71	0.65	0.04	0.51	0.49	4.14	3.20	0.03		0.28	1.44	
71	9GS1543-1	安山质凝灰岩	55.45	1.29	14.45	1.48	9.35	0.20	7.00	2.17	2.36	0.52	0.19		0.00	5.28	
72	9GS1544-1	中钾流纹岩	72.42	0.18	12.79	1.50	0.71	0.04	0.29	1.04	3.50	3.56	0.00		0.10	1.78	
73	9GS80	玄武质火山角砾岩	53.45	1.15	14.57	1.84	8.91	0.20	4.09	5.78	4.95	0.93	0.25		0.24	4.67	
74	9GS140	玄武质火山角砾岩	49.11	1.52	14.35	3.30	8.54	0.19	1.98	6.61	4.78	0.27	0.42		0.42	3.57	
75	9GS752-1	低钾流纹岩	68.17	0.50	14.94	1.43	3.55	0.02	1.91	0.10	6.89	0.13	0.12		0.14	1.84	
76	9P23GS4-1	中钾流纹岩	78.42	0.12	11.98	1.11	0.69	0.00	0.16	0.03	3.71	3.00	0.01		0.18	64.00	
77	9P23GS7-1	安山质火山角砾岩	53.62	0.92	13.91	4.42	4.93	0.30	4.11	5.25	2.95	1.04	0.21		0.16	7.47	
78	15GS50-1	中钾流纹岩	77.10	0.24	9.99	1.90	2.09	0.08	1.64	0.10	0.42	3.40	0.07		0.28	2.42	
79	15GS80	安山质凝灰岩	57.07	1.64	14.20	1.48	9.55	0.17	2.73	3.48	4.88	0.53	0.39		0.28	4.04	
80	15GS301	低钾流纹岩	75.18	0.21	11.76	0.60	2.75	0.04	0.62	0.68	5.69	1.25	0.02		0.10	0.94	
81	15GS216	中钾流纹岩	73.68	0.29	11.98	2.87	2.06	0.05	0.47	0.73	5.28	2.26	0.00		0.08	0.46	
82	15GS216-1	更长玄武岩	49.50	0.54	16.64	2.74	6.36	0.11	7.61	6.97	4.70	0.38	0.09		0.30	4.75	

续表 1

序号	样号	岩性	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	烧失	总量
83	15GS220-1	流纹质晶屑 玻屑凝灰岩	73.04	0.00	11.97	1.99	0.07	0.06	0.81	1.36	2.14	4.08	0.04		2.46	4.60	
84	15GS222	粗面岩	64.61	0.38	14.49	2.56	1.22	0.06	3.93	2.55	4.08	5.00	0.30		0.54	1.02	
85	15GS1201-1	高钾安山岩	59.52	0.57	15.93	2.17	3.93	0.10	2.87	3.74	3.42	2.83	0.13		0.66	4.60	
86	15GS347-1	低钾流纹岩	73.38	0.62	11.39	0.76	2.60	0.09	1.10	2.49	3.65	1.11	0.18		0.18	2.38	
87	15GS348-2	中钾流纹岩	74.75	0.19	11.84	1.71	2.65	0.05	0.42	0.33	5.00	2.45	0.04		0.10	0.60	
88	15GS348-5	低钾流纹岩	73.83	0.29	11.84	1.00	3.98	0.08	1.49	0.42	4.47	0.90	0.01		0.18	1.70	
89	15GS358	中钾流纹岩	62.61	0.85	13.93	2.70	5.99	0.14	1.46	2.67	4.69	1.65	0.25		0.36	2.43	
90	15GS359	高钾流纹岩	78.84	0.15	9.80	1.39	0.69	0.02	0.00	0.24	0.28	7.88	0.07		0.10	0.64	
91	15P23GS1-2	高钾流纹岩	70.37	0.39	13.96	2.04	2.25	0.05	1.26	1.26	3.69	3.52	0.14		0.10	1.31	
92	15P23GS2-1	中钾流纹岩	67.71	0.67	14.82	2.12	2.90	0.06	1.56	0.98	4.00	2.69	0.20		0.30	2.12	
93	15P23GS9-1	中钾流纹岩	54.93	1.36	13.95	2.40	8.73	0.17	5.07	6.59	1.77	0.94	0.26		0.26	3.97	
94	15P23GS12-1	中钾流纹岩	77.90	0.22	10.18	2.24	0.60	0.01	0.81	0.07	3.90	2.29	0.12		0.40	1.06	
95	15P23GS14-1	中钾流纹岩	79.39	0.22	10.18	2.52	0.53	0.04	0.60	0.14	4.08	1.76	0.18		0.22	0.82	
96	15P23GS15-1	中钾流纹岩	74.17	0.23	12.42	2.95	1.48	0.02	0.86	0.21	3.76	2.31	0.07		0.28	1.80	
97	15P23GS19-1	低钾英安岩	65.96	0.56	14.77	3.10	4.83	0.16	2.32	0.14	4.60	0.66	0.20		0.50	3.16	
98	9GS1648-8	亚碱性 玄武岩	46.65	1.00	13.64	4.00	5.10	0.15	7.40	11.98	0.73	0.06	0.12		0.16	8.71	
99	9GS1620-1	碱性玄武岩	14.21	1.18	14.63	1.99	7.55	0.14	8.20	6.01	4.00	0.06	0.15		0.18	10.38	
100	9P43GS3-3	亚碱性玄武岩	44.18	2.29	12.48	0.41	11.53	0.18	5.34	6.77	2.87	0.71	0.33		0.14	12.68	
101	9P43GS5-4	碱性玄武岩	44.63	2.78	13.87	2.07	11.26	0.21	5.68	8.96	3.05	0.95	0.45		0.15	3.26	
102	9P43GS9-2	亚碱性玄武岩	44.40	3.42	14.14	1.04	12.41	0.22	6.05	3.07	2.72	0.04	0.61		0.20	6.52	
103	Gsd6004	凝灰英安流纹 质火山角砾岩	69.00	0.52	13.27	3.01	0.30	0.06	0.70	2.98	6.32	0.43	0.34		2.62	99.89	
104	Gsd5005	碱性玄武岩	51.38	1.22	16.60	2.28	3.92	0.30	8.97	3.86	4.67	1.33	0.43			3.92	98.88
105	Gsd5003	碱性玄武岩	47.06	1.22	15.03	6.33	3.81	0.216	9.66	4.26	3.70	0.41	0.13			7.72	99.55
106	Gsd3016	凝灰质碱 性玄武岩	48.29	0.56	16.97	1.38	5.75	0.11	8.67	6.43	2.88	0.57	0.08			7.93	99.61
107	Gsd6008	玻基纯橄岩	30.74	0.72	18.06	2.33	4.97	0.09	4.51	8.79	2.42	0.91	0.27			5.24	79.06
108	Gsd6009	玻基纯橄岩	33.36	0.81	12.37	0.58	6.47	0.27	4.13	19.30	3.33	0.10	0.30			17.46	98.48
109	Gsd4001	安山岩	57.34	1.10	13.57	4.44	4.07	0.16	1.60	5.51	5.28	0.69	0.26			5.18	99.20
110	Gsd4002	碱性玄武岩	50.32	0.90	18.97	4.64	4.19	0.18	4.22	3.76	5.82	0.56	0.32			5.34	99.22
111	Gsd4019	角砾高 铝玄武岩	52.19	0.77	16.33	1.87	5.93	0.13	2.41	8.70	2.79	0.68	0.14			6.72	98.65
112	Gsd3031	碱性玄武岩	49.38	0.45	18.84	2.08	4.97	0.12	3.79	5.65	5.85	0.94	0.10			6.61	98.98
113	Gsd3034	玄武岩	55.14	0.66	14.54	2.69	4.67	0.16	2.10	6.62	3.93	1.24	0.31			6.96	99.04
114	Gsd3035	碱性玄武岩	49.10	1.15	19.62	2.39	8.02	0.13	3.64	2.29	4.68	1.56	0.30			5.76	98.66
115	Gsd3011	玄武安山岩	54.38	0.72	17.76	2.51	4.49	0.13	4.34	4.57	4.89	0.84	0.19			3.64	99.35
116	Gsd3017	英安流纹质 晶屑凝灰岩	70.52	0.42	12.54	2.12	1.14	0.05	1.18	2.79	2.98	3.52	0.10			2.19	99.46
117	Gsd3018	安屑山凝 质灰玻岩	57.26	0.97	13.65	1.77	6.47	0.07	5.57	3.99	1.14	1.44	0.42			6.06	99.11
118	Gsd3019	碱性玄武岩	49.40	1.65	15.56	4.69	4.55	0.22	3.80	5.74	6.06	0.25	0.31			6.24	98.86
119	Gsd3029	安山岩	57.30	0.65	16.71	2.11	4.55	0.12	2.56	7.25	3.06	1.44	0.19			3.36	99.29
120	Gsd3030	碱性玄武岩	53.62	0.69	17.08	1.81	6.29	0.16	3.88	6.25	4.26	1.43	0.18			3.30	98.95
121	Gsd6001	火山角砾英安 流纹质凝灰岩	70.30	0.26	14.50	1.17	1.38	0.08	0.81	3.35	3.31	2.96	0.07			1.44	99.63
122	Gsd6002	玄武安山玢岩	55.94	0.63	17.90	1.65	4.13	0.10	3.56	6.62	4.22	0.89	0.17			3.76	99.57
123	Gsd6003	粗安玢岩	56.26	0.61	16.62	4.35	1.32	0.08	1.72	5.23	7.73	0.62	0.17			4.08	99.19
124	Gsd6010	安山玢岩	59.52	0.72	16.53	1.14	5.15	0.07	4.06	1.35	5.77	0.56	0.28			3.36	98.70
125	Gsd7002	流纹英安岩	67.74	0.83	14.22	1.37	3.11	0.08	1.73	1.74	5.67	0.82	0.17			2.37	99.85
126	Gsd4004	石英安山质 熔结晶灰岩	65.22	0.83	14.73	5.65	1.14	0.07	0.99	1.28	0.78	5.46	0.43			2.87	99.48
127	Gsd4005	安山岩	60.82	0.89	16.52	2.39	4.91	0.08	2.18	1.63	4.51	1.31	0.18			3.73	99.10
128	Gsd4006	玄武安山岩	54.12	1.00	15.88	2.51	4.49	0.07	5.62	6.25	2.85	2.29	0.38			3.67	99.07
129	Gsd4007	晶屑玻屑 凝灰岩	70.60	0.22	13.19	1.65	1.20	0.06	1.03	2.30	2.96	4.01	0.06			2.70	99.96

续表 1

序号	样号	岩性	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	烧失	总量
130	Gsd4008	凝灰熔岩	68.70	0.26	13.60	2.73	0.42	0.14	1.03	2.93	3.22	4.76	0.07			4.06	99.92
131	Gsd4009	英安流纹质凝灰熔岩	68.36	0.34	14.77	1.31	2.10	0.05	1.31	2.04	2.53	4.76	0.07			3.24	99.65
132	Gsd4010	安山质玻屑凝灰岩	58.28	0.71	18.77	4.30	2.57	0.07	1.70	5.33	3.10	3.53	0.19			3.44	99.41
133	Gsd4011	安山质熔凝灰岩	64.98	0.59	14.46	3.98	3.17	0.09	2.58	2.68	4.69	0.96	0.20			1.49	99.68
134	Gsd4012	安山质火山角砾凝灰岩	63.86	0.61	14.96	2.73	3.95	0.15	1.71	3.71	4.80	0.86	0.14			1.55	100.81
135	Gsd4013	英安质熔角砾凝灰岩	68.48	0.28	14.64	3.75	0.54	0.07	1.17	2.40	1.27	1.89	0.05			3.30	99.81
136	Gsd4014	碱性玄武岩	49.64	1.32	16.08	2.22	7.75	0.13	3.86	6.43	3.64	3.86	0.19			6.01	99.59
137	Gsd3006	玄武质火山角砾凝灰岩	48.96	1.12	24.60	3.53	5.45	0.14	4.06	8.34	2.83	1.29	0.24			9.02	99.32
138	Gsd3007	玄武安山质火山角砾岩	54.38	1.01	15.76	3.11	4.73	0.13	2.69	5.79	3.47	2.03	0.28			4.46	99.31
139	Gsd3008	安山质岩屑晶屑凝灰岩	63.40	0.67	11.65	1.48	5.51	0.09	2.69	6.25	2.25	0.48	0.15			3.45	98.42
140	Gsd3009	安山质火山角砾岩	62.54	0.75	15.35	3.49	3.11	0.06	2.88	2.98	2.31	0.83	0.21			3.46	99.16
141	Gsd3010	安山质火山角砾岩	59.92	1.06	12.44	5.02	7.24	0.09	3.62	2.47	2.83	1.81	0.19			3.69	98.91
142	Gsd3013	拉斑玄武岩	52.40	1.07	14.58	4.55	5.57	0.15	4.96	8.25	0.35	0.45	0.23			5.44	99.22
143	Gsd4003	玄武安山岩	53.16	0.63	17.89	2.14	4.97	0.06	5.15	4.33	3.18	0.72	0.19			5.98	98.90
144	Gsd2007	碱性玄武岩	46.38	2.20	16.44	0.36	7.24	0.13	4.58	6.98	4.24	0.99	0.74			0.47	90.75
145	Gsd2008	碱性玄武岩	47.14	1.46	13.54	0.93	10.18	0.15	12.58	4.53	3.00	0.60	0.25			4.77	99.13
146	Gsd5007	碱性玄武岩	47.24	1.92	15.51	1.39	7.08	0.18	5.78	6.86	4.71	0.04	0.34			5.60	99.66
147	Gsd5008	碱性玄武岩	47.02	2.30	19.28	1.09	8.23	0.08	5.76	2.72	4.00	1.49	0.83			5.11	98.41
148	Gsd2001	玻基辉橄岩	44.88	2.40	14.98	1.44	10.90	0.13	7.56	7.25	3.70	0.21	0.18			4.52	98.15
149	Gsd2002	苦橄岩	44.26	1.40	14.21	0.45	10.00	0.13	7.84	7.98	2.96	0.12	0.17			9.73	99.24
150	Gsd2003	苦橄岩	39.78	2.00	13.46	1.37	8.56	0.13	7.15	11.06	2.23	0.12	0.14			12.96	99.26
151	Gsd2004	苦橄岩	47.20	2.28	15.22	0.68	6.64	0.13	9.12	5.97	3.37	0.13	0.68			8.45	99.87
152	Gsd2005	高铝玄武岩	44.12	2.14	17.07	1.14	7.72	0.08	9.79	5.21	3.45	0.13	0.47			7.10	99.88
153	Gsd2006	玻基辉橄岩	45.02	2.06	15.56	0.96	6.59	0.12	8.73	7.52	2.54	1.59	0.43			6.81	99.59
154	Gsd2009	碱性玄武岩	48.02	2.66	16.11	0.89	6.90	0.187	7.25	5.15	4.46	3.46	0.65			7.06	99.77
155	Gsd2010	碱性玄武岩	47.72	1.74	13.87	1.28	6.39	0.157	5.76	9.55	1.46	0.04	0.42			10.01	99.96

注:采样地点:1—格里;2~4—达拉;5~6—跟古;7—察里;8—门巴;9—日金;10—瓦特顶;11~13—说衣;14~15—西鲁;16—土拉地;17~18—巴美;19—坡娃;20~97—则巴—阿益岩带;98~102—色当—亚新岩带;103~105—地点不详。岩体时代:1~102—T₃;103~104—E_{2g};105~106—T_{3ch};107~120—T_{3bt}²;121~143—T_{3bt}⁴;144~147—T_{3r};148~155—T_{3z}。

为粗安岩→亚碱性玄武质→中长玄武质→英安质→性岩为主,中晚期有少量英安岩(占20.9%),具有亚碱性玄武质→钾玄岩质火山岩,以碱性系列中基双峰组合特征;夹1100~2000m滨海相→海陆交互

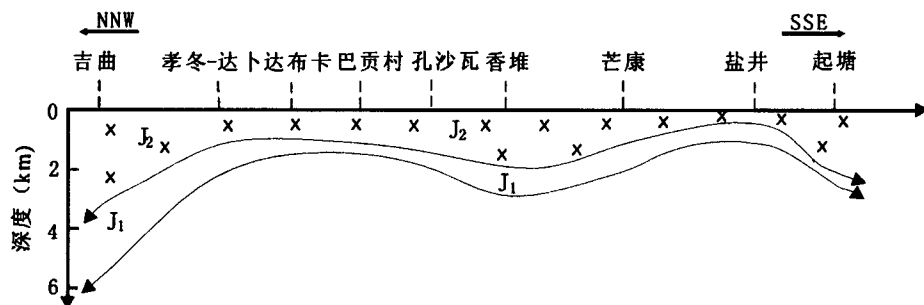


图4 昌都盆地早、中侏罗世纵向沉积厚度变化图(1/20万区域地质调查实测剖面资料综合绘制)

Fig. 4 The longitudinal thickness change in early and middle Jurassic of Changdu area (data after actual measurement profiles of 1/200000 areal geological survey, plotted synthetically)

J₁—下侏罗统; J₂—中侏罗统
J₁—Lower Jurassic; J₂—middle Jurassic

相粉砂岩、泥页岩。茫汇河组整合于小定西组之上,由富钾的钾质粗面玄武岩与富钾流纹质火山岩构成双峰火山组合,夹陆相、湖相细屑岩,具有酸性→基性→酸性的成分韵律。

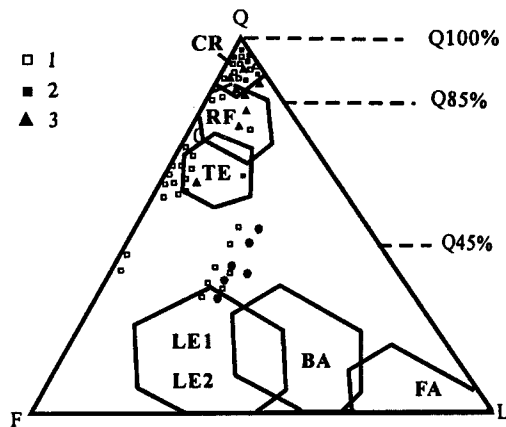


图5 Q-F-L图解中碎屑沉积模型

Fig. 5 Clastic sediment model in Q-F-L diagram
底图据 Valloni 等(1985); 兰坪—思茅地区数据据阙梅英等(1998), 昌都地区西部数据据王建平等(2003)。1—昌都地区上三叠统; 2—兰坪—思茅地区侏罗—白垩系; 3—兰坪—思茅地区上三叠统。CR—稳定克拉通内浅海盆地型(Q96F3L2); TE—被动边缘型(Q62F26L12); LF1—活动陆缘消减带型(Q16F53L31); LE2—活动与被动边缘转换断层型(Q34F39L27); BA—弧后盆地型(Q20F29L51); FA—弧前盆地型(Q8F17L75); RF—裂谷及断陷盆地型(Q70F20L10)

Basal map after Valloni and Maynard, 1985; data of Lanping—Simao area after Que Meiyin et al., 1998; data of West Changdu area after Wang Jianping et al., 2003。1—upper Triassic in Changdu area; 2—Jurassic to Cretaceous in Lanping—Simao area; 3—upper Triassic in Lanping—Simao area。CR—type of shallow sea basin of stable craton area (Q96F3L2); TE—type of passive continental margin (Q62F26L12); LF1—type of subduction belt in active continental margin (Q16F53L31); LF2—type of transform fault between active and passive continental margin; BA—back-arc basin type (Q20F29L51); FA—forearc basin type (Q8F17L75); RF—type of rift and faulted basin (Q70F20L10)

北段, 吉曲—甲桑卡—俄让一带, 晚三叠世滨岸—潮坪相砂泥岩、灰岩、火山碎屑岩, 厚达 2051m。东侧, 甲丕拉组(T_3j)厚近 1000m, 中下部红色砂泥岩夹 200m 橄榄玄武质角砾熔岩、橄榄玄武岩、碱玄武岩, 英安质晶屑凝灰岩、流纹岩, 构成的双峰式火山岩组合; 西侧, 巴钦组火山—沉积组合厚 2000 余米, 发育 10 个喷发韵律火山岩, 具有下部英安质、中部流纹质、上部英安质的旋回特征, 与以基性为主的甲丕拉组火山岩, 在较大时空尺度内, 构成双峰组合。

在江达—绿春地堑, 中三叠统之上, 不整合堆积

了厚 5000~10000m 的活动型火山—沉积组合, 自下而上, 由火山—磨拉石组合→泥质岩—碳酸盐岩组合→含煤碎屑岩(夹火山岩)组合构成, 其中的火山岩具有双峰组合特征。

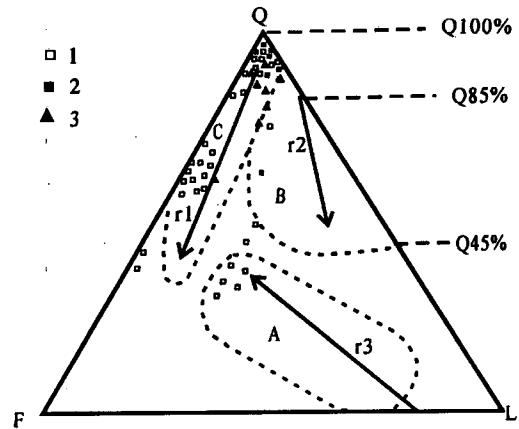


图6 Q-F-L图解中碎屑沉积模型

(底图: Dickinson, 1979; 兰坪—思茅地区数据: 阙梅英, 1998; 昌都地区西部数据: 王建平等, 2003)

Fig. 6 Clastic sediment model in Q-F-L diagram
(base map: Dickinson, 1979; data of Lanping—Simao area: Que Meiyin, 1998; data of West Changdu area: Wang Jianping et al., 2003)

1—昌都地区上三叠统; 2—兰坪—思茅地区侏罗—白垩系; 3—兰坪—思茅地区上三叠统; A—岩浆弧源区; B—再旋回带源区; C—陆块源区; r_1 —成熟度稳定性降低趋势; r_2 —大洋组分/大陆组分比率增加趋势; r_3 —深成岩/火成岩组分比率增加趋势

1—Upper Triassic in Changdu area; 2—Jurassic to Cretaceous in Lanping—Simao area; 3—Upper Triassic in Lanping—Simao area; A—magmatic arc source area; B—recycling belt source area; C—landmass source area; r_1 —decreasing trend of maturity and stability; r_2 —increasing trend of rate for oceanic component to continental component; r_3 —increasing trend of rate for plutonic rock to pyrogenic rock

南段, 绿春—墨江一带, 上三叠统一碗水组下段、路马组/高山寨组构成的火山—沉积组合, 以英安—流纹岩分布最广, 在墨江有长达 30km 的枕状玄武岩夹酸性火山岩带(段嘉瑞等, 1993), 中性火山岩少见, 总体上属双峰组合。

中段, 云岭地区, 活动性火山—沉积组合由上三叠统甲丕拉组、崔依比组、石钟山组、波里拉组构成, 累厚达 10000m。其中的火山岩, 在石钟山一带, 为陆相中酸性岩, 向北至维西以北的云岭地区, 为海相中基性岩(云南地质志, 1990), 构成双峰组合。

北段南部, 则巴—雄松地区, 火山—沉积组合中的火山岩, 西侧则巴—阿益地堑(车所地堑南延), 主

表 2 昌都—思茅侵入岩岩石化学数据表

Table 2 Petrochemical data of intrusive rocks in the Chuangdu—Simao area, Yunnan

序号	样品编号	岩性	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 ⁺	H ₂ O ⁻	CO ₂	燃失量	总量
1	I-6	英安岩	62.45	0.86	14.98	1.84	3.98	0.07	2.29	4.32	3.68	0.67	0.09	2.16	0.32	1.74		99.45
2	I-11	英安岩	67.95	0.47	16.15	2.44	1.82	0.07	0.89	0.41	4.36	2.38	0.14	2.00	0.46	0.16		99.70
3	I-20	安山岩	55.38	1.15	16.42	4.49	4.65	0.13	3.00	2.80	5.63	0.88	0.13	2.83	0.30	1.99		100.23
4	I-71	安山岩	58.01	0.98	17.39	3.83	3.20	0.15	2.31	2.34	7.37	0.36	0.11	1.99	0.17	1.30		99.51
5	I-107	英安岩	63.72	0.74	16.06	4.60	2.97	0.09	1.60	3.07	2.53	1.44	0.21	2.09	0.74	0.24		99.96
6	I-107	安山岩	58.96	1.09	16.84	3.48	3.69	0.18	3.02	2.74	4.70	0.78	0.18	2.72	0.36	1.02		99.76
7	I-165	安山岩	58.83	1.05	13.15	5.91	4.23	0.22	0.33	8.83	2.83	1.11	0.14	2.20	0.36	0.51		99.74
8	I-194	英安岩	64.43	0.42	14.81	3.13	1.90	0.07	0.87	4.43	2.70	2.94	0.09	1.96	0.65	1.42		99.82
9	I-213	安山岩	61.72	0.50	14.81	2.96	3.06	0.07	0.54	6.15	3.48	1.68	0.13	2.22	0.50	2.05		100.10
10	I-219	英安岩	65.28	0.29	14.57	2.38	4.14	0.09	1.78	2.28	5.29	0.35	0.11	2.75	0.29	0.18	1.11	100.86
11	I-220	英安岩	67.75	0.56	15.45	2.30	2.01	0.03	1.82	0.46	5.79	0.73	0.13	1.85	0.29	0.13	1.16	100.22
12	D-8	安山岩	59.24	0.60	17.72	3.06	4.66	0.09	0.71	4.13	4.04	1.57	0.06	3.06	0.38	0.57		99.89
13	D-9	安山岩	56.16	1.10	16.68	7.01	3.12	0.24	1.35	5.19	4.46	0.81	0.19	2.71	0.44	0.44		100.00
14	D-13	安山岩	51.30	1.72	20.84	5.04	0.19	0.02	0.00	0.08	0.12	0.04	0.11	8.96	0.35	0.17	3.64	100.67
15	江-2-12	细碧岩	48.08	0.96	14.44	4.36	5.98	0.09	6.30	5.05	5.52	0.61	0.19	4.32	1.00	2.88		99.78
16	江-2-33	变玄武岩	48.14	1.04	14.36	4.23	6.44	0.07	8.11	8.31	3.60	0.15	0.225	4.39	0.93	0.38		100.38
17	江-2-44	变玄武岩	48.19	1.03	13.34	4.61	6.63	0.09	7.32	9.69	2.52	0.89	0.25	4.13	0.37	0.53		99.59
18	江-2-50	细碧岩	45.58	0.88	15.55	4.57	7.08	0.05	8.70	4.35	4.26	0.64	0.19	5.73	0.55	2.06		100.19
19	江-2-58	细碧岩	48.00	0.96	14.15	4.12	7.18	0.12	6.15	7.44	4.87	0.32	0.20	4.08	0.32	1.96		99.85
20	车-1-99	细碧岩	54.34	1.17	16.22	1.70	7.55	0.11	5.36	1.23	4.66	1.67	0.35	3.95	0.61	0.59		99.51
21	车-1-80	细碧岩	53.51	1.24	15.69	2.46	7.83	0.07	5.97	1.51	3.76	2.08	0.34	3.89	0.47	0.66		99.47
22	车-1-60	细碧岩	51.49	0.88	13.47	2.91	5.96	0.07	8.94	6.35	3.33	1.53	0.25	3.58	0.37	0.23		99.36
23	车-1-26	细碧岩	50.49	1.05	16.90	2.75	5.30	0.05	5.80	4.24	4.60	1.15	0.32	3.90	0.23	0.03		99.81
24	车-1-15	细碧岩	47.17	0.75	14.19	2.19	5.12	0.06	5.60	8.52	2.73	1.31	0.20	4.42	0.34	6.96		99.56
25	车-1-14	细碧岩	53.96	0.86	15.19	2.24	6.07	0.05	5.58	1.88	7.30	0.85	0.225	3.85	0.56	1.58		100.47
26	MK36-5	花岗闪长岩单元	67.66	0.80	13.91	0.64	4.07	0.09	2.46	1.27	2.50	3.66	0.20				2.24	99.55
27	36-10	花岗闪长岩单元	68.44	0.57	13.75	0.48	3.87	0.04	1.91	1.77	2.65	4.08	0.15				2.08	99.93
28	39-1	花岗闪长岩单元	63.16	0.86	15.29	0.68	4.33	0.10	3.05	2.54	3.12	4.15	0.18				1.70	99.23
29	43-1	花岗闪长岩单元	66.00	0.87	14.23	0.91	1.68	0.11	2.28	2.03	2.66	4.26	0.33				1.00	99.56
30	44-1	花岗闪长岩单元	68.83	0.76	13.00	0.77	3.70	0.05	2.37	3.10	2.44	3.42	0.14				0.55	99.52
31	44-7	花岗闪长岩单元	66.58	0.82	13.74	0.55	4.32	0.06	1.96	2.92	2.69	4.13	0.29				1.23	99.47
32	46-2	花岗闪长岩单元	64.27	0.73	14.62	0.58	4.71	0.11	3.46	3.17	2.59	3.31	0.36				1.80	99.76
33	2425-1	花岗闪长岩单元	66.86	0.82	14.76	0.81	3.70	0.12	2.43	2.48	2.18	4.58	0.23	1.76		0.46	1.08	100.66
34	YJ3185-1	花岗闪长岩单元	66.17	0.98	13.76	0.76	3.92	0.16	2.69	1.95	2.92	3.51	0.21			0.90	1.79	99.80
35	II	花岗闪长岩单元	66.76	0.64	14.32	0.06	3.82	0.07	1.50	2.87	3.01	4.38	0.26	0.97				100.75
36	82-156	花岗闪长岩单元	66.37	0.42	15.70	0.59	3.33	0.09	1.29	3.46	2.61	1.28	0.11	1.39				99.73
37	82-157	花岗闪长岩单元	66.65	0.74	14.70	0.78	3.77	0.08	2.66	0.86	1.76	5.49	0.12	1.73				99.40
38	82-158	花岗闪长岩单元	67.46	0.70	11.50	1.09	3.61	0.09	1.37	2.27	1.77	4.59	0.18	1.42				99.12
39	Gsd4021	吉钦黑云正长 花岗岩单元	53.74	1.28	18.62	6.03	3.71		1.98	2.52	5.98	3.52	0.41				2.15	
40	Gsd206	吉钦黑云正长 花岗岩单元	71.02	0.06		12.09	1.02	0.06	0.55	0.07	3.14	4.82	0.02				0.38	
41	Gsd5004	宁多黑云二长 花岗岩单元	72.92	0.20	14.05	1.56	0.65	0.037	0.61	1.52	3.09	3.84	0.06				1.19	
42	Gsd7057	宁多黑云二长 花岗岩单元	75.34	0.46	11.19	3.47	0.73		0.56	1.05	0.88	3.65	0.10				2.22	
43	Gsd7006	宁多黑云二长 花岗岩单元	73.28	0.28	13.31	1.86	0.76		0.62	1.60	2.57	3.83	0.07				1.40	

续表 2

序号	样品 编号	岩性	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 ⁺	H ₂ O ⁻	CO ₂	燃失量	总量
44	MK1236-1	碎裂蚀变中粒 石英闪长岩	56.64	0.71	16.00	1.91	5.86	0.14	3.08	6.76	2.89	1.80	0.18				4.12	100.02
45	MK1238-1	中细粒石英 闪长岩	57.02	0.81	16.58	1.45	5.86	0.13	3.40	7.21	3.04	1.75	0.18				1.96	99.38
46	MK1239-1	中细粒石英 闪长岩	62.89	0.49	15.81	0.90	4.26	0.12	2.31	6.14	3.18	1.42	0.14				1.90	99.56
47	YJ2041-1	蚀变石英 闪长玢岩	57.68	0.443	15.62	2.81	5.55	0.10	3.34	4.71	3.58	2.07	0.15				2.16	99.21
48	YJ237-1	含辉石石英 闪长岩	55.42	0.90	14.50	1.61	6.02	0.10	5.64	5.91	3.00	1.90	0.14				3.74	99.42
49	YJ933-10	碎裂蚀变 石英闪长岩	53.13	1.57	14.15	3.44	7.10	0.24	4.18	8.12	3.74	0.84	0.17				3.58	100.24
50	MK1242-1	中细粒黑云 二长闪长岩	50.11	1.09	16.84	4.53	4.26	0.14	4.21	10.13	2.12	2.83	1.67				2.06	100.08
51	MK03-3	蚀变细粒 闪长岩	59.72	0.59	15.43	1.30	4.12	0.08	3.91	4.05	3.61	2.90	0.14				3.81	99.66
52	MK1820-23	硅化闪长岩	57.63	0.32	12.42	3.62	7.09	0.16	5.44	7.22	1.65	1.98	0.04				2.02	99.59
53	MK25-3	石英闪长玢岩	62.33	0.61	15.80	0.82	4.45	0.13	2.18	5.32	3.07	2.55	0.16				1.93	99.35
54	D5045GS1	粗面英安质 凝灰岩	66.52	0.57	14.58	2.91	2.26	0.18	1.2	2.35	4.11	3.76	0.1				1.55	100.09
55	D5044GS1	流纹质凝灰岩	72.14	0.29	13.92	1.77	0.82	0.06	0.6	1.84	3.33	3.45	0.05				2.45	100.72
56	D6165GS1	流纹质凝灰岩	72.12	0.28	12.88	2.13	1.08	0.06	0.32	1.84	3.17	3.72	0.05				2.4	100.05
57	D6156GS1	流纹质凝灰岩	77.24	0.18	11.76	1.58	0.94	0.03	0.2	0.67	3.03	2.56	0.03				1.44	99.66
58	L 俄 P1GS1	流纹质凝灰岩	69.66	0.5	14.76	1.96	2	0.08	0.81	1.26	4.49	3.45					2.22	101.19
59	2GS1	英安质凝灰岩	66.24	0.5	16.41	1.69	2.24	0.05	0.63	1.2	4.36	3.95					2.13	99.9
60	4GS1	英安质凝灰岩	66.68	0.73	14.97	4.12	0.99	0.03	1.44	0.92	2.7	3.95					2.59	99.12
61	5GS1	流纹质凝灰岩	78.62	0.13	12.04	1.25	0.59	0.03	0.28	0.31	2.46	2.78					1.77	100.25
62	7GS1	流纹岩	77.34	0.1	12.06	1.16	0.42	0.05	0	0.92	2.8	2.42					1.89	99.16
63	8GS1	英安质凝灰岩	60.62	1.2	14.4	1.37	5.99	0.18	1.49	4	2.28	2.47					6.03	100.23
64	12GS1	流纹质凝灰岩	78.56	0.2	11.79	1.29	0.51	0.05	0.11	1.08	0.88	3.1					2.4	99.47
65	15GS1	流纹质凝灰岩	72.92	0.38	14.73	0.8	0.88	0.08	0.39	1.08	1.5	4.21					2.72	99.69
66	17GS1	流纹质凝灰岩	75.62	0.38	11.68	0.98	1.9	0.09	1.14	0.92	1.5	3.16					2.39	100.06
67	L 俄 P18GS1	流纹质凝灰岩	74.62	0.2	12.4	2.58	0.75	0.05	0.44	0.46	1.42	5.52					1.6	100.04
68	20GS1	流纹质凝灰岩	75.06	0.13	12.65	2.6	0.94	0.03	0.06	0.54	5.57	1.24					0.76	99.58
69	22GS1	英安质凝灰岩	68.1	0.45	16.31	1.72	1.09	0.05	1.33	1.31	1.32	5.41					3.18	100.27
70	24GS1	流纹质凝灰岩	75.52	0.1	12.4	1.64	0.54	0.06	0.39	1.38	2.12	3.64					2.62	100.41
71	25GS1	流纹质凝灰岩	79.2	0.2	11.6	1.15	0.47	0.01	0.24	0.35	1.21	3.44					2.01	99.88
72	D4815GS3	安山质火山 角砾岩	61.52	0.6	17.6	6.36	0.72	0.09	0.97	3.01	4.83	1.66	0.1				2.48	
73	D4815GS4	安山质火山 角砾岩	55.04	1.25	15.55	7.33	4.28	0.35	4.17	2.18	5.11	0.42	0.11				4.14	
74	D4815GS6	安山质晶屑 岩屑凝灰岩	63.94	1	12.26	5.56	3.47	0.22	3.75	2.54	3.66	0.3	0.12				3.11	
75	D 叉 P6GS1	酸性岩屑 晶屑凝灰岩	74.34	0.1	12.68	2.04	0.92	0.02	0.31	0.95	3.65	4	0.07				1.4	
76	D4790GS1	变质流纹质 晶屑凝灰岩	75.44	0.07	12.53	1.32	0.9	0.04	0.08	0.84	2.95	4.57	0.04				1.16	
77	D4793GS3	蚀变辉石 安山岩	55.1	0.32	16.92	3.18	5.16	0.13	5.55	6.02	3.3	0.48	0.08				3.99	
78	D 擦 P18GS1	安山质凝灰岩	68.76	0.22	15.75	1.65	1.19	0.04	1.29	1.37	4.66	3.59	0.07				2.03	
79	D 擦 P19GS1	蚀变中酸性 凝灰熔岩	69.74	0.09	15.22	2.09	0.71	0.02	0.3	0.84	3.88	5.41	0.07				1.26	
80	D 擦 P21GS1	安山质火山 角砾岩	65.1	0.62	15.11	4.26	1.13	0.11	0.84	4.65	3.72	2.65	0.13		2.04			
81	D 擦 P22GS1	石英安山质 凝灰角砾岩	68.88	0.32	14.31	3.72	1	0.11	0.08	4.22	4.61	1.45	0.08		1.33			

续表 2

序号	样品编号	岩性	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 ⁺	H ₂ O ⁻	CO ₂	燃失量	总量
82	Ht26	英安流纹质凝灰岩	77.05	0.3	11.01	2.86	0.85	0.04	0.35	0.37	5.44	0.1	0.08				1.3	
83	Ht27	英安质岩屑晶屑凝灰岩	63.35	0.69	14.84	2.28	3.87	0.09	2.79	4.97	2.55	2.23	0.12				2.9	
84	Xj7	蚀变辉石安山岩	47.64	0.85	16.29	3.06	6	0.32	3.16	12.56	2.03	0.29	0.17				7.77	
85	Xj8	蚀变辉石玄武安山岩	50.31	0.78	15.85	2.38	7.27	0.19	5.89	11.17	11.99	0.25	0.11				3.24	
86	Xd1	凝灰质玻基安山岩	64.45	0.52	15.03	2.76	1.76	0.05	1.11	4.01	7.24	0.62	0.099				8.49	
87	Xd2	蚀变岩屑晶屑凝灰岩	65.25	0.55	15.09	3.1	1.84	0.09	1.46	2.36	6	1.29	0.11				4.24	
88	Xd8	蚀变辉石安山岩	60.02	0.73	15.76	3.6	2.9	0.17	3.22	4.39	3.59	2.8	0.15				4.58	
89	M3670GS1	中基性火山岩	51.36	0.84	17.58	4.04	3.47	0.15	3.04	5.49	6.4	1.3	0.07				5.71	
90	Tz239	流纹岩	73.27	0.33	13.16	2.45	1.67	0.1	0.76	0.73	2.06	4.05	0.14					
91	江铁 GS1	流纹英安岩	63.54	0.4	14.77	2.44	0.87	0.08	1.15	4.16	7.4	11.2	0.027				4.7	
92	D 汪 P3GS2	蚀变斑状角闪安山岩	61.54	0.33	16.48	2.04	4.21	0.13	2.01	1.98	5.56	0.76	0.1				4.27	
93	D 区 P5GS1	变斑状安山岩	60.2	0.5	17.02	2.35	3.64	0.11	2.09	2.15	5.24	1.34	0.1				4.63	
94	D 得 P14GS1	辉石安山岩	51.32	1.07	17.44	4.16	6.12	0.15	3.19	8.87	2.85	2.33	0.32				2.34	
95	D 车 P10GS1	中基性岩屑火山角砾岩	52.48	0.9	147.83	3.06	4.26	0.14	4.08	5.11	4.74	1.69	0.25				6.71	
96	D 车 P12GS1	玄武质凝灰角砾岩	41.9	0.85	15.93	2.92	5.28	0.13	6.67	10.3	1.22	0.52	0.2				12.23	
97	D 车 P16GS1	玄武安山岩	40.34	0.87	15.47	2.25	5.36	0.14	4.08	11.86	4.85	0.7	0.24				12.8	
98	D 车 P18GS1	中基性火山角砾岩	52.82	1.1	15.22	2.4	4.05	0.14	4.29	5.26	5.35	1.81	0.25				6.84	
99	D 车 P20GS1	蚀变杏仁状玄武质安山岩	49.34	0.6	15.57	2.08	6.55	0.12	5.26	6.14	5.89	0.46	0.15				9.33	
100	D 车 P21GS1	蚀变玄武质安山岩	49	0.85	16.29	2.93	6.1	0.04	7.3	6.11	4.57	1.18	0.2				4.94	
101	D 车 P23GS1	酸性火山岩	73.24	0.2	12.81	0.78	0.51	0.03	1.28	0.36	3.8	4.3	0.05				1.32	
102	D 车 P24GS1	中基性火山角砾岩	47.62	1.25	16.9	3.19	7.64	0.14	7.04	2.27	3.8	2.59	0.12				6.65	
103	D 车 P27GS1	中基性火山角砾岩	42.6	0.4	14.82	4.11	3.79	0.14	7.6	9.52	3.61	0.98	0.22				12.4	
104	D 汪 P9GS1	蚀变斑状安山岩	57.24	0.58	17.29	2	6.12	0.15	2.92	2.04	5362	0.98	0.15				4.84	
105	D 擦 P1GS1	变质硅质岩屑角砾岩	61.26	0.59	17.89	2.39	1.94	0.03	2.66	0.84	9	0.22	0.14				3	
106	D 鲁 P5GS1	蚀变安山岩	52.78	0.85	17.79	3.72	3.02	0.13	4.7	3.27	7.22	0.46	0.33				5.06	
107	D 区 P34GS1	变质安山岩	51.94	0.55	18.09	2.64	6.26	0.22	3.47	0.22	3.54	2.1	0.2				4.18	
108	D 区 P39GS1	变安山质含角砾熔岩	54.24	0.55	16.5	1.68	5.4	0.18	1.92	6.45	2.58	2.1	0.2				8.41	
109	D1130GS1	蚀变玄武安山岩	45.12	0.9	14.8	1.88	8.09	0.18	5.11	8.59	4.19	0.52	0.1				9.6	
110	D 区 P10GS3	安山质含砾凝灰岩	57.74	0.75	16.54	3	5.22	0.15	4.22	3.57	2.99	1.48	0.19				4.48	
111	D1124GS2	安山质晶屑岩屑凝灰岩	47.6	0.8	15.2	3.02	4.26	0.13	6.48	8.03	4.4	0.21	0.35				3.17	

采样地点:1~11—德基沟;12~14—东独;15~25—车所乡;26~111—无采样地点。地层时代:1~25—晚三叠世;26~38,44~53—时代不明;39~43—印支晚期;54~72—T₃bq;73~103—T₂₋₃j³;104~105—T₂₋₃j²;106—T₂₋₃j¹;107—T₂w;108—T₂s;109~111—T₁p;数据来源:1~25—三江幅区调报告;26~38,44~53—芒康幅区调报告;39~43—邓柯幅区调报告;54~71—类乌齐幅区调报告;72~111—德格幅区调报告。

要为钠质碱性玄武岩和酸性流纹岩,构成双峰组合;东侧色当—亚章地堑(江达地堑南延),为低钾拉斑系列的碱性-亚碱性玄武岩、低钾-中钾玄武岩,东、西两带亦构成双峰组合态势。统计 1:20 万白玉幅—雄松幅的 78 组岩石化学数据(表 1)发现, $\text{SiO}_2 = 45\% \sim 56\%$ 的样品占 45%, $\text{SiO}_2 = 68\% \sim 80\%$ 的样品占 43%, $\text{SiO}_2 = 57\% \sim 67\%$ 的样品仅占 12%,双峰特征十分明显。

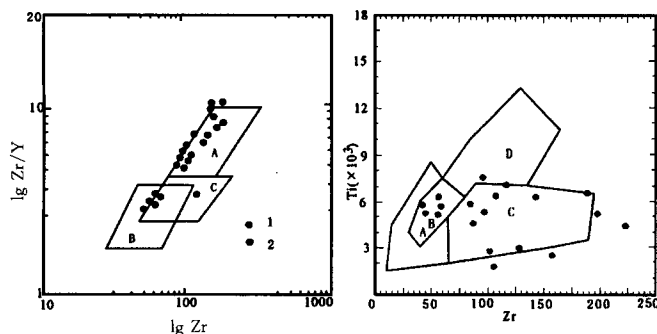


图 7 昌都—思茅地区火山岩 $\lg \text{Zr}-\lg (\text{Zr}/\text{Y})$

与 $\text{Zr}-\text{Ti}$ 图(底图据 Pearce 等, 1973)

Fig. 7 Diagrams of $\lg \text{Zr}-\lg (\text{Zr}/\text{Y})$ and $\text{Zr}-\text{Ti}$

for volcanics in Changdu—Simao area

(base map, Pearce, et al., 1973)

左为 $\lg \text{Zr}-\lg (\text{Zr}/\text{Y})$ 图: A—地壳玄武岩; B—岛弧型玄武岩; C—大洋中脊玄武岩; 1—江达地区晚三叠世火山岩; 2—澜沧江地堑火山岩。右为江达地区晚三叠世火山岩 $\text{Zr}-\text{Ti}$ 图: A, B—低钾玄武岩; A, C—钙碱玄武岩; B, D—大洋底玄武岩

The left: $\lg \text{Zr}-\lg (\text{Zr}/\text{Y})$ diagram: A—With plate Basalts; B—Island Arc Basalts; C—Mid Ocean Ridge Basalts; 1—late-Triassic volcanics in Jiangda area; 2—late Triassic volcanics of Lancan river's graben. The right: $\text{Zr}-\text{Ti}$ diagram late-Triassic volcanics in Jiangda area; A, B—LKT; A, C—CAB; B, C—OFB

北段中部,江达地区,江达、车所两个地堑盆地的上三叠统火山-沉积组合,总厚 5000m 以上。江达地堑,南段火山岩以安山质岩为主,北段以中基性、中酸性为主,具有东西两侧基性、中部酸性特点,双峰组合特征明显。车所地堑,火山-沉积总厚 6000m 以上(未见顶底),在车所及其北西一带,火山岩厚度达近 2300m,有厚 2264m 深海槽环境的枕状基性熔岩,伴辉绿岩脉侵入,且火山旋回厚度有从下到上不断增加趋势,暗示不仅有洋壳产生,而且拉张程度不断增强。江达地堑的火山岩以酸性为主,车所地堑的火山岩以基性为主,在空间上,亦具双峰组合特征。

北段北部,交拉打-巴龙地区,火山岩宏观上具有东基、中酸、西基特征,构成双峰组合,统计 1:20 万邓柯幅 51 组岩石化学数据(表 2)发现, $\text{SiO}_2 =$

44%~60% 的样品约占 70%, $\text{SiO}_2 = 65\% \sim 71\%$ 的样品约占 20%,双峰特点明显。

车所—维西的火山岩不仅局部具双峰组合特征,而且局部出现洋脊拉斑玄武岩,夹灰岩、白云岩、泥灰岩、含放射虫硅质板岩、杂砂岩,在白茫雪山垭口,更有层序不完整的蛇绿岩,表明该地堑为具有新生洋壳的小洋盆,已属陆间裂谷性质。

3.2 中侏罗世-晚白垩世活动型沉积组合

下侏罗统为一套湖相及滨海相红色碎屑岩海退序列沉积(见图 3),在兰坪-思茅地区为漾江组,在昌都地区为大野组。

中侏罗世岩石圈挠曲明显,全区大面积沉降,堑垒构造为大型拗陷盆地所代替,沉积范围扩展到澜沧江断裂以西地区(见图 3)。

在滇西,大型挠曲拗陷背景上的同生断裂活动频繁,沿泚江断裂的金顶花开佐组细砂岩中发育角砾岩及岩块,出现多级堑沟状盆地或单断式箕状盆地。盆地中堆积了中侏罗统下部花开佐组红色细屑岩组合,上部和平乡组海陆交互相碎屑岩、碳酸盐岩及膏盐组合,上侏罗统坝注路组红色细屑组合,总厚 5000~7000m。

在昌都地区,堆积了达布卡组(J_2)、肯做尔组(J_3)河湖相细屑岩组合,厚 3150m。

侏罗纪末,三江联合地体表面全面抬升,盆地萎缩,沉积范围逐步缩小,沉降中心向盆内、向南部迁移,下白垩统普遍假整合在上侏罗统之上。白垩系的分布范围收缩至澜沧江断裂以东地区,主体为河湖相红色碎屑岩及膏盐建造,仅江城、勐腊局部有间歇性海水浸漫,厚 5000m。

3.3 晚三叠世-侏罗纪沉积相构造环境判别

在图 5 上,昌都地区临澜沧江带的上三叠统,大部分投在稳定克拉通内浅海盆地(CR)、裂谷及断陷盆地(RF),少部分投在被动陆缘(TE)和消减型活动陆缘(LE1)过渡区域;兰坪思茅地区上三叠统则全部落在稳定克拉通内浅海盆地(CR)和裂谷及断陷盆地(RF),反映晚三叠世,整个昌都-思茅构造带处于陆内裂谷环境,但南、北两段的发展存在差异。

在图 6 上,昌都—思茅构造带的上三叠统绝大部分源于陆块物源区(C),但北段昌都地区稳定情况降低,并有部分源于岩浆成分较多的岩浆弧源区(A),与由图 5 所得结论一致。

兰坪-思茅地区的侏罗-白垩系在上述两图上则显示物源为活动性较差的陆块(C)的稳定克拉通浅海盆地(CR),反映陆内裂谷发育的拗陷阶段特征。

兰坪—思茅地区的上三叠统一白垩系, 在 Bhatia (1983) 化学成分判别函数图解 (阙梅英等, 1998) 上, 绝大多数样品均落入包括大西洋型大陆边缘、裂谷盆地及克拉通盆地在内的被动陆缘区, 且中侏罗统、白垩系样品明显远离活动区, 反映本区处于大陆裂谷盆地环境, 且中侏罗世起进入陆内拗陷阶段; 在 Bhatia and Crook (1986) 的 $La/Y-Sc/Cr$ 关系图 (阙梅英等, 1998) 上, 大多数投点也落入包括裂谷盆地在内的被动陆缘区。

综上所述, 昌都—思茅构造带, 自晚三叠世起进入陆内裂谷期, 中侏罗世进入裂谷拗陷阶段。

4 昌都—思茅陆内裂谷的中生代岩浆活动特征

裂谷作用的又一表现是裂谷型岩浆活动。

昌都—思茅陆内裂谷的岩浆活动十分广泛, 大体可分为两类: 一类是具有典型裂谷特征的双峰式火山活动; 另一类是钙碱偏碱的中基性、中酸性侵入活动, 该类岩浆岩具有与晚三叠世火山岩相似的岩石化学特征, 局部出现双峰特点。这两类岩浆活动是在统一的伸展构造体制下不同形式的产物。

4.1 昌都—思茅陆内裂谷的双峰式火山活动

昌都—思茅陆内裂谷型双峰式岩浆喷发活动发生于晚三叠世, 集中于金沙江、哀牢山断裂西侧的江达—车所—云岭—绿春地堑, 以及澜沧江断裂东侧的澜沧江地堑。

为了判断昌都—思茅陆内裂谷火山岩的形成环境, 作者利用区调报告 (表 1, 2)、莫宣学等 (1993) 和我们分析的共 266 组数据 (分析项目不完全对应), 进行了大量岩石地球化学投图。在图 7 (左) 上, 澜沧江地堑的火山岩投于板内区 (A) 近侧, 江达—绿春地堑的火山岩主体投于板内区 (A) 及其近侧, 部分落于岛弧区 (B) 与洋脊区 (C) 交汇部偏岛弧区位置; 在图 7 (右) 上, 江达—绿春地堑的火山岩主要分布于可能为低钾拉班系列和洋底玄武岩的 B+D 区, 以及可能为钙碱玄武岩的 C 区; 在图 8 上, 澜沧江地堑火山岩主要投在张裂岛弧区 (1), 少数投于洋脊及洋底区 (3), 其次投在造山带区 (2), 个别落在大洋岛区 (4) 和大陆板内区 (5); 在图 9 上, 澜沧江火山岩在裂谷及造陆抬升区 (RRG+CEUG) 与岛弧、陆缘弧与造山后区 (IAG+CAG+CCG) 分界线两侧, 江达—绿春地堑火山岩主体在裂谷及造陆抬升区。

上述表明, 昌都—思茅陆内裂谷的晚三叠世火山岩, 总体具有张裂特点, 但带有弧火山岩的印迹。

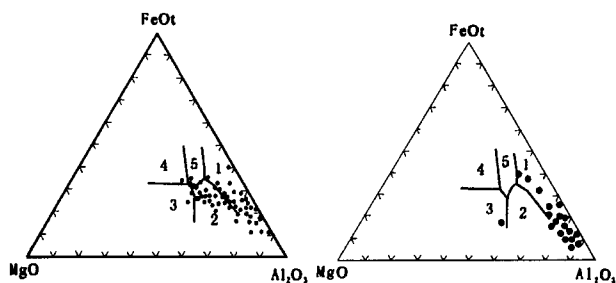


图 8 昌都—思茅地区晚三叠世火山岩

FeO_t - MgO - Al_2O_3 图 (底图, Pearce, 1977)

Fig. 8 FeO_t - MgO - Al_2O_3 diagram of late Triassic volcanics in Changdu—Simao area

(base map, pearce et al., 1977)

左为江达地区晚三叠世火山岩; 右为澜沧江地堑晚三叠世火山岩
The left: the late-Triassic volcanics in Jiangda area; The right: the late-Triassic volcanics in Lancan River graben

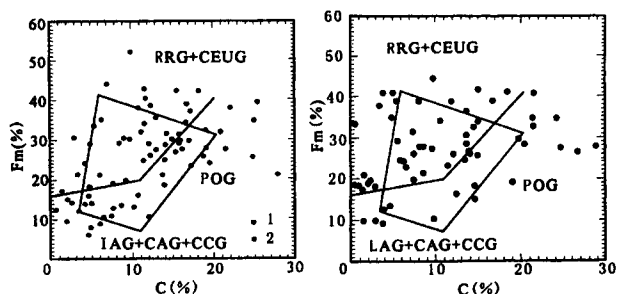


图 9 昌都—思茅地区火山岩 FM-C 图

(底图, Maniar 等, 1989)

Fig. 9 FM-C diagram of late Triassic volcanics in Changdu—Simao area (base map, Maniar et al., 1989)

左为澜沧江地堑与交打—巴龙地区晚三叠世火山岩; RRG+CEUG—与裂谷有关的花岗岩类+花岗岩 (且 $A/P > 2.0$); POG—后造山花岗岩类; IAG+CAG+CCG—岛弧花岗岩类+大陆弧花岗岩类+大陆碰撞花岗岩类; 右为江达地区晚三叠世火山岩; RRG+CEUG—与裂谷有关的花岗岩类+花岗岩 (且 $A/P > 2.0$); POG—后造山花岗岩类; IAG+CAG+CCG—岛弧花岗岩类+大陆弧花岗岩类+大陆碰撞花岗岩类

The left: the late-Triassic volcanics in Lancan river's graben and Jiaoda—Balong area. The right: late-Triassic volcanics in Jiangda area

鉴于车所—云岭带局部已产生洋壳, 莫宣学等 (1993) 对不同地段盆地的平均扩张速率和平均扩张宽度进行了估算: 在车所、几家顶、崔依比等地, 平均扩张速率分别为 1.1 cm/a、2.5 cm/a 和 1.8 cm/a, 以火山活动延续 4.5 Ma 计, 洋底的平均扩张宽度分别为 49.5 km、113 km 和 81 km。

4.2 昌都—思茅陆内裂谷的岩浆侵入活动

昌都—思茅地区古生代—中三叠世的中酸性侵

入活动,集中分布在金沙江—哀牢山和澜沧江焊合带毗邻的地区,形成规模巨大的海西—早印支期花岗岩。裂谷期的岩浆侵入活动,大体可分为晚印支期、燕山期。晚印支期的岩浆侵入主要发生在江达—云岭—绿春地堑中北段,与地堑火山活动基本同位相伴发生;燕山期岩体虽然规模较小,但岩浆活动的范围有所扩大,除与印支期侵入岩构成复式岩带外,在澜沧江断裂带西侧也拉一带和昌都—思茅裂谷盆地中轴部位的妥坝—都日一带也有表现。喜马拉雅期岩浆岩的活动,更显向中轴部位集中趋势,大体分布于囊谦—芒康—兰坪—景谷—勐腊中轴带上。上述显示,昌都—思茅陆内裂谷盆地存在中轴岩浆热隆带。

陆内裂谷的晚印支期岩浆侵入活动主要集中在江达—云岭—绿春地堑中北段,以则巴—雄松一带和初拿—遵喜一带最为强烈,在北部的江达地堑东侧的格拉山—亚拉一线也有表现。

在格拉山—亚拉一线为 I 型、S 型黑云母花岗闪长岩、石英闪长岩、黑云母二长花岗岩、黑云母正长花岗岩,侵入年龄为 198Ma(K-Ar)~230(U-Pb) Ma。

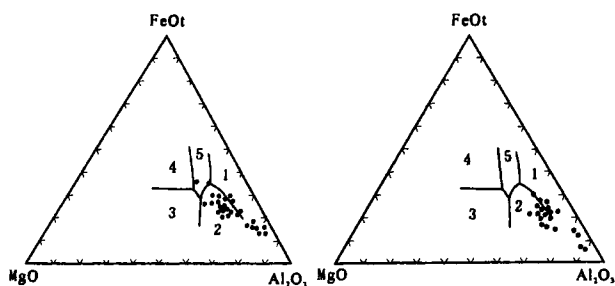


图 10 昌都地区侵入岩 $\text{FeO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ 图

(底图, Pearce, 1977)

Fig. 10 $\text{FeO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ diagram of intruded rock in northern Changdu area (base map, Pearce et al, 1977)

左为格拉山—亚拉、初拿—遵喜带印支期侵入岩;右为江达—江达普燕山期侵入岩

The left: the Indo-Chinese intruded rock in Gelashan—Yala belt and Chuna—Zunxi belt. The right: the Yanshan intruded rock in Jiangda—Jiangdapu area

在则巴—雄松带发育由辉长岩、辉绿岩、辉长闪长岩、辉石闪长岩、闪长岩构成的中基性岩带和由二长花岗岩、石英二长岩、英云闪长岩构成的中酸性岩带,显示一定的双峰特征,侵入年龄 198~234Ma(K-Ar)。在初拿—遵喜带为闪长岩、花岗闪长岩、二长岩、石英闪长岩、石英二长岩,侵入年龄 223~

233Ma(K-Ar)。

在江达,与基本同位的印支期岩体构成复式杂岩体。在初拿—遵喜一带主要为二长花岗岩,少量花岗岩。在澜沧江地堑的若也拉一带为花岗斑岩群。在昌都地块内部中央热隆的妥坝—江达地区,德登—江达普一带的许多侵入体,原区调报告认为是印支期的,但经 Ar-Ar 法定年,结合以前的 K-Ar 法定年结果,除少量是海西期的弧岩体外,大部分(包括丁钦弄、仁达、加多岭等)是陆内裂谷期的燕山期侵入体,侵位的时间在 150~165Ma,相当于中侏罗世晚期,岩石类型有闪长玢岩、二长花岗岩、闪长花岗斑岩、辉长玢岩等。在则巴—雄松一带,侵位时间为 160~185Ma,岩石类型有花岗闪长岩、二长花岗岩及各种脉岩,主要为基性岩脉;都日带为二长花岗斑岩、正长斑岩、石英二长斑岩、角闪二长斑岩等。总体具有酸性和基性两个单元,呈双峰特点。

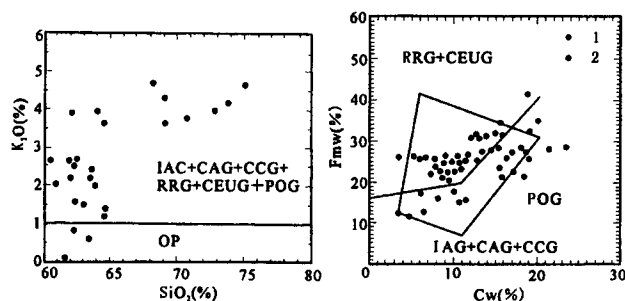


图 11 昌都地区侵入岩 $\text{SiO}_2-\text{K}_2\text{O}$ 和 FM-C 图

(底图, Maniar 等, 1989)

Fig. 11 Diagrams of $\text{SiO}_2-\text{K}_2\text{O}$ and FM-C for intruded rock in Changdu area (base map, Maniar et al, 1989)

左为江达—江达普带晚燕山期侵入岩 $\text{SiO}_2-\text{K}_2\text{O}$ 图: IAC+CAG+CCG+RRG+CEUG+POG—岛弧花岗岩类+大陆弧花岗岩类+大陆碰撞花岗岩类+与裂谷有关的花岗岩类+花岗岩(且 $A/P > 2.0$)+后造山花岗岩类; OP—大洋斜长花岗岩; 右为 FM-C 图: RRG+CEUG—与裂谷有关的花岗岩类; POG—后造山花岗岩类; IAG+CAG+CCG—岛弧花岗岩类+大陆弧花岗岩类+大陆碰撞花岗岩类; 1—江达—江达普带燕山期侵入岩, 2—初拿—遵喜带印支期侵入岩

The left: diagram of $\text{SiO}_2-\text{K}_2\text{O}$ for late Yanshan intruded rock in Jiangda—Jiangdapu area. The right: FM-C diagram: 1—Yanshan intruded rock in Jiangda—Jiangdapu area; 2—Indo-Chinese intruded rock in Chuna—Zunxi

利用岩石化学分析资料(表 1)及有关图解,判别上述两期侵入岩形成的构造环境。在图 10 上,格拉山—亚拉一带的晚印支期侵入岩投在张裂弧区(1);初拿—遵喜一带的晚印支期侵入岩主体在造山带(2)与张裂弧区(1)界线偏造山带一侧,少量落在大

陆板内区(5);江达—江达普地区的燕山期侵入岩落在张裂弧区和造山带区。在图 11 上,江达—江达普地区燕山期侵入岩少量落在洋底区(OP)。

在图 11 上,初拿—遵喜地区晚印支期侵入岩,江达—江达普地区燕山期侵入岩,主要投在裂谷和造陆抬升区(RRG+CEUG),其次落入岛弧、陆缘弧与造山后区(IAG+CAG+CCG)。

5 讨论

5.1 裂谷作用的新生代演化

通过上述论述,可基本确认,昌都—思茅构造带,在中三叠世以后的中生代,发生了陆内裂谷作用。那么,进入新生代后,陆内裂谷作用又如何演化的呢?

岩相古地理研究表明,古新世—中始新世,裂谷的东、西边部和北段的昌都地区抬升,沉积范围缩小至兰坪—思茅地区的中轴部位(云南省地质矿产局,1990;1995)。原先统一的大型盆地因断裂活动而解体成若干小型地堑盆地及其间的地垒隆起,而形成堑—垒构造系。由沱江断裂等构成的中轴断裂带,在早第三纪活动强烈。规模大、沉降幅度大、地层发育齐全的兰坪—云龙、景谷、镇源、磨黑、勐腊等盆地均发育在中轴断裂带上。这些盆地多为 SN 向延伸的狭长形,长宽比多在 20:1 以上,剖面为单断式箕状半地堑或双断式地堑,主要堆积了河湖相红色碎屑岩、膏盐建造,厚度可达 8000m 以上。反映区域地壳仍处于伸展、离散构造状态,裂谷作用得以继续。

由于,在三江地区,轻微—中等程度褶皱变形的上始新统一渐新统同造山磨拉石地层,角度不整合在强烈褶皱的古生界、中生界及古新统一始新统地层之上,我们认为,此角度不整合代表的喜马拉雅运动 I 幕,不仅使陆内裂谷封闭,形成陆内裂谷褶皱造山带(刘肇昌等,1996;1997)而且导致了毗邻的盐源—丽江构造带新生代造山(钟康惠,2004;2005)。

然而,沿昌都—思茅构造带中轴部位晚始新世

表 3 三江地区北段岩浆岩含量($\times 10^{-6}$)

Table 3 Rb, Hf, Ta Contents($\times 10^{-6}$) of the magmatic rocks in the north sector of the Sanjiang area

序号	时代	岩体名称	样品名	样品号	Rb	Ta	Hf
1	喜马拉雅期	萨尼拉	辉石正长斑岩	D1408REE	226	2.74	10.51
2		如叫坡	辉石正长斑岩	D1409REE	229	3	10.62
3		卓扎玛	黑云正长斑岩	D1421REE	228	1.77	9.02
4		展木机	辉石正长斑岩	D1438REE	255	2.65	14.62
5		拉玛拉	黑云角闪正长斑岩	D4349REE	236	2.22	12.75
6		高吉北	角闪黑云正长斑岩	高 4REE	234	2.14	5.48
7		高吉南	辉石正长岩	高 19REE	296	2.77	8.35
8		甲陇	辉石正长岩	D4449REE	238	2.16	9.41
9		高吉	角闪辉石正长岩	高 17REE	289	1.88	9.96
10				高 22REE	285	2.73	12.28
11		雀丁果	闪长斑岩	D4315REE	33	2.23	6.19
12		德约翁	角闪闪长斑岩	D4450REE	234	2.05	8.8
13		通钦涌	角闪黑云闪长斑岩	D5450REE	141	0.96	5.2
14					149	1.84	7.3
15					6.2	2.15	8.97
16		扎色	闪长玢岩	Z 夏 Pb5	272	0.89	4.1
17		那核涌	花岗岩长斑岩	D5181GS1	183	2.68	4.62
18		察尾雄	花岗岩长斑岩	D5369GS	117	1.39	4.63
19		夏日多	黑云二长花岗岩	Z 夏 P68—5	203	0.91	4.6
20	印支期	基隆	正长花岗岩	D3784GS2	146	2.15	2.36
21		杀嘎弄	正长花岗岩	D5788GS	198	2.15	2.16
22		22 库鲁西	二长花岗岩	D5164GS	95	0.9	3.11
23		加荣弄	花岗闪长岩	D5180GS1	96	0.87	3.11
24		库鲁甲道	花岗闪长岩	D5786GS2	146	1.09	3.46
25		喷泥坝	花岗闪长岩	D5423GS1	138	1.05	3.3
26							
27		塔琼	花岗闪长岩	D5700—2	105	0.69	3.4
28							
29							
30		马拥	花岗闪长岩	D5422GS1	123	0.89	3.15
31				D5421GS1	113	1.87	4.61
32				D5421GS3	115	1.24	3.81
33		夺纳陇西	英云闪长岩	D5423GS5	104	1.47	4.29
34		把杂弄	石英闪长岩	D5789GS	214	1.6	4.19
35	燕山期	包涌	二长花岗岩	D5538—1	297	1.86	3.8
36		包也群	二长花岗岩	D5536GS2	251	1.24	6.2
37		欠弄	二长花岗岩	D5605GS	296	1.13	3.4

注:数据来源:1~15—(类乌齐—拉多幅,280 页,表Ⅲ-38、39,白 L 扎卡—日通带);16~34—(夏日多—玉龙带,拉多幅 299~300 页,表Ⅲ-46)。

以后的磨拉石盆地,空间配置关系具有裂谷盆地的面貌,但同时,又构成两侧推覆带的前陆盆地(钟康惠,2005)。中轴北段的囊谦等盆地,亦具有早期断陷强烈,地形高差显著,物源区近,堆积快速,相伴上地幔源初始裂谷火山活动(钙碱性次粗面岩的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 法坪年为 $38.7 \pm 4.9\text{Ma}$ (蒲勇等,1999),晚期是一个由裂谷盆地反转为压陷盆地的复合盆地(钟康惠等,2004)。新近纪的景谷盆地依然具有先裂陷后反转的性质(杨大雄等,1988),段嘉瑞等(1992)亦曾指出“兰坪—思茅地洼区是第三纪才进入地洼期,至今仍处于活化阶段”。上述表明沿昌都—思茅构造带中轴的伸展作用,持续到了新近纪。不过,晚始新世

以后的伸展裂陷作用,应该是在喜马拉雅期造山或造山后发生的。

看来,昌都—思茅构造带新生代裂谷(陷)作用,与中生代裂谷作用存在某种衔接关系,但与中生代裂谷作用相比,无论表现形式还是动力机制都存在特殊性(另文专述)。因此,昌都—思茅构造带的陆内裂谷作用,在新生代的演化不能“一褶了之”,需作进一步研究。

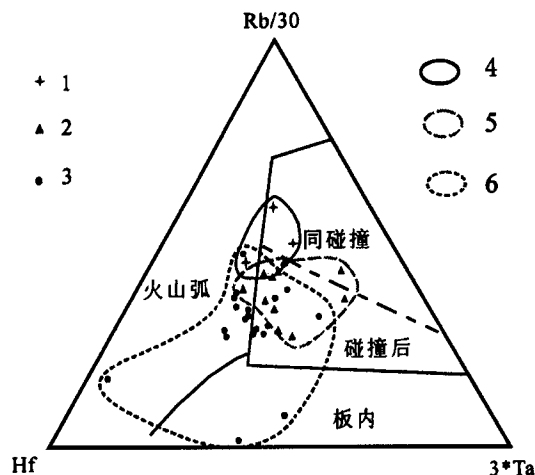


图 12 三江地区北段岩浆岩的 Rb-Hf-Ta 图解
(底图, Harris 等, 1986)

Fig. 12 Rb-Hf-Ta diagram of magmatite in
northern Sanjiang area

(base map, Harris et al., 1986)

1—海西期; 2—印支期; 3—喜马拉雅期; 4—海西期区域; 5—印支期区域; 6—喜马拉雅期区域

1—Hercynian; 2—Indo-Chinese (Indosinian); 3—Himalayan; 4—the Hercynian area; 5—the Indo-Chinese area; 6—the Himalayan area

5.2 昌都—思茅构造带岩浆活动的继承性

昌都—思茅构造带中生代岩浆岩,具有在一些图解上显弧特征、另外一些图解上显裂谷特征的特点。这是否说明了昌都—思茅陆内裂谷裂谷期岩浆作用的继承与发展特征?

利用昌都—思茅构造带古生代以来的中、酸性岩浆岩的代表性样品分析数据(表 3),制作 Rb-Hf-Ta 图解(图 12),发现海西期→印支期→喜马拉雅期,一方面,岩石化学的分布区存在明显的重叠;另一方面,存在明显演化趋势。证实了昌都—思茅构造带岩浆作用具有继承与发展特征判断:晚三叠世以前,昌都—思茅地体夹持于金沙江—哀牢山洋和澜沧江洋之间,两侧大洋的相向俯冲,在昌都—思茅地体两侧形成陆缘岩浆弧,并最终碰撞焊合形成三江

联合地体,晚三叠世的广泛伸展裂陷在上述岩浆弧,或在内部陆壳背景下发育,相伴的岩浆活动不可避免地打上了“弧”的烙印。

同时,图 12 也表明,用岩石化学图解判断构造环境存在很大局限性,在运用时应十分谨慎。

6 结论

(1) 堑垒相间的古地貌、具双峰式火山岩的火山-沉积组合、显双峰特点及普具伸展因子的岩浆作用等显示,其在晚三叠世至新生代发生了广泛的陆内裂谷作用。

(2) 裂谷岩浆活动主要为两侧火山地堑发育的双峰式火山活动,同期的岩浆侵入活动也呈双峰态势。岩浆喷发活动具有东强西弱的特点,其中,东部江达—云岭—绿春地堑带,因局部出现洋壳而具有陆间裂谷性质;岩浆侵入活动自印支晚期向燕山期具有规模减小、范围增大的特点,到燕山期、喜马拉雅期,中央地带也发生岩浆侵入活动,形成中央热隆带。

(3) 岩浆侵入活动具有明显继承性,由于昌都—思茅地体两侧于晚海西期至中三叠世发育陆源岩浆弧,岩浆岩在岩石化学上或多或少显弧岩浆特点。

(4) 陆内裂谷作用在中生代经历了火山—地堑、陆内岩石圈挠曲凹陷演化阶段。裂谷作用持续到了在新生代。

致谢:研究工作得到成都理工大学、中国地质科学院以及原中国有色金属总公司三江指挥部、西南有色地勘局、成都地质干部学院、306 队、317 队、楚雄矿勘院等单位及潘龙驹教授级高工、陈名全总工的帮助和指导,论文撰写过程中,施央申、舒良树、王成善教授、王良书教授、孙岩教授、张庆龙教授等提供宝贵建议,在此一并致以衷心感谢。本工作得到国家“973”2002CB412607 项目、科技部“九五攻关”96-914-01-03 项目和原中国有色总公司地质总局 97-S-1 项目资助。

注 释

①王成善等, 1998. 兰坪盆地演化与成矿条件研究中期评估报告(地矿部 95-02-001-06)。

参 考 文 献

- 段嘉瑞,何绍勋,王幼明, 1992. 试论云南兰坪—思茅地体构造的时代及其发展与演化. 大地构造与成矿, 16(1), 103~104.
何科昭,赵崇贺,何浩生,等, 1996. 滇西陆内裂谷与造山作用. 武汉: 中国地质大学出版社, 1~138.

- 李兴振,刘文均,王义昭,等. 1999. 西南三江地区特提斯构造演化与成矿(总论). 北京:地质出版社,1~276.
- 刘增乾,李兴振,叶同庆,等. 1993. 三江地区构造岩浆带的划分与矿产分布规律. 北京:地质出版社,1~246.
- 罗建宁,张正贵,陈明,等. 1992. 三江特提斯沉积地质与成矿. 北京:地质出版社,1~231.
- 刘肇昌,李凡友,钟康惠,等. 1996. 扬子地台西缘构造演化与成矿. 成都:电子科技大学出版社,165~219.
- 刘肇昌,李凡友,钟康惠. 1997. 金沙江、澜沧江、怒江地区地体—裂谷构造与演化. 有色金属矿产与勘查,6(1):8~15.
- 莫宣学等. 1993. 三江特提斯火山作用与成矿. 北京:地质出版社.
- 潘桂棠,陈智梁,李兴振,等. 1997. 东特提斯地质构造形成演化. 北京:地质出版社,14~128.
- 蒲勇,赵霞飞. 1999. 景谷盆地上第三系构造特征与油气聚集. 云南地质,18(1):67~71.
- 阙梅英,程敦模,张立生,等. 1998. 兰坪—思茅盆地铜矿床. 北京:地质出版社,17.
- 帅开业. 2000. 兰坪—思茅中新生代盆地成因新解. 地学前缘,7(4):380.
- 王成善,李祥辉,胡修棉. 2003. 再论印度—亚洲大陆碰撞的启动时间. 地质学报,77(1):16~24.
- 王建平,李秋生,刘彦明,等. 2003. 西藏东部特提斯地质. 北京:科学出版社,1~348.
- 杨大雄,王培生. 1988. 横断山北段囊谦盆地新生代钙碱性次粗面岩的⁴⁰Ar—³⁹Ar法坪年龄测定结果. 见:青藏高原地质文集(19). 北京:地质出版社,39~44.
- 云南省地质矿产局. 1990. 云南省区域地质志. 北京:地质出版社,36~575.
- 云南省地质矿产局. 1995. 云南岩相古地理图集. 昆明:云南科技出版社,194~203.
- 钟康惠,刘肇昌,施央申,等. 2004. 盐源—丽江构造带是新生代陆内造山带. 地质学报,78(1):36~43.
- 钟康惠. 2005. 青藏高原东缘昌都—思茅新生代造山带及其地球动力学. 南京大学博士论文,18~89.

Mesozoic—Cenozoic Intracontinental Rifting of Changdu—Simao Tectonic Zone in East Margin of Qinghai—Tibet, WS China

ZHONG Kanghui¹⁾, TANG Juxing^{1,2)}, LIU Zhaochang¹⁾, KOU Linlin¹⁾,
DONG Shuyi^{1,3)}, LI Zhijun¹⁾, ZHOU Huiwen¹⁾

1) Chengdu University of Technology, 610059; 2) Chinese Academy of Geological Science, Beijing, 100037

3) China University of Geosciences, Beijing, 100083

Abstract

By the end of Middle Triassic after, the Three-river Composite Terrane the Changdu—Simao Tectonic Zone (CSTZ) experienced intracontinental evolutionary period. It is indicated that extensive intracontinental rift action from late Triassic to Cenozoic happened in the CSTZ referring to paleogeomorpholgy with alternate graben and horst, volcano-sedimentation association with bimodal volcanics, and magmatism with extension factor and bimodal character. The rifting magmatic action is mostly bimodal volcanicity in volcanic grabens located at both sides of the CSTZ formed and the synchronous magmatic irruption is also bimodal posture. The magmatic eruption is stronger in east side than in west side. The Jiangda—Yunling—Luchun graben zone in east has intercontinental rift property for its local ocean crust, from late Indo-Chinese to Yanshan epoch, the magmatic irruption's intensity decreased and the extension accreted. Till Yanshan and Himalaynian epoch, the magmatic irruption extended to the central zone of the CSTZ, and the central thermal-uplift zone was formed. The magmatic action of the CSTZ had obvious succession. As continental margin magmatic arcs were developed on eastern side and weatern side of the CSTZ, magmatite formed from late Haixi to middle Triassic in the CSTZ showed arc magma features more or less. The intracontinental rifting of the CSTZ experienced volcanic graben and intracontinental lithosphere flexion-depresstion stages in Mesozoic. The intracontinental rifting went on to Cenozoic.

Key words: east margin of Qinghai—Tibet; Changdu—Simao tectonic zone; intracontinental rifting; paleogeographic feature; active sedimentary association; magmatism