文章编号:1009-3850(2011)03-0088-07

# 青海南部曲麻莱县加容检德工卡侵入岩序列特征 及其构造环境

# 白云山,牛志军,段其发,汤朝阳,李莉,庞迎春

(武汉地质调查中心,湖北 武汉 430205)

摘要:加容检德工卡侵入岩序列由石英闪长岩 – 英云闪长岩 – 花岗闪长岩 – 正长花岗岩组成。岩石化学成分表现 为从中基性到酸性的演化及岩浆向富硅、富碱方向演化。稀土元素特征表现为轻稀土元素富集; 微量元素特征表现 为富集大离子亲石元素 Rb、K、Ba、Th ,而 Sr、Nb、Ta 略显亏损 ,Ti、P 较强亏损。构造环境为同碰撞花岗岩 ,时代为早 白垩世。

关 键 词:加容检德工卡序列;构造环境;侵入岩;青海南部 中图分类号: P588.1 文献标识码: A

加容检德工卡侵入岩序列位于青藏高原羌塘 地块东部青海省曲麻莱县加容检德工卡一带。青 海省地矿局区调队 1990 年在进行1: 20 万区域地 质调查中对其作过一般调查。在新一轮国土资源 大调查青藏高原羌塘东部地区1: 25 万曲麻莱县幅 区域地质调查工作中,笔者对出露于曲麻莱县西部 的加容检德工卡侵入岩序列,从岩石学和地球化 学、同位素等方面进行了较详细的研究,分析了成 因类型,并对其形成构造环境进行探讨。

### 1 岩石学特征

加容检德工卡侵入岩序列位于曲麻莱县西部 口前俄哇-俄哇日俄一带,受西金乌兰-金沙江断裂 带控制,呈NW-SE向展布。该侵入岩序列由3个岩 体组成,分别为俄哇日俄石英闪长岩体和阿西涌英 云闪长岩体、俄哇西德陇巴花岗闪长岩体(图1)。 俄哇日俄石英闪长岩体由两个侵入体组成,阿西涌 英云闪长岩体由两个侵入体组成,俄哇西德陇巴花 岗闪长岩体由4个侵入体组成。各岩体间为脉动侵 入关系, 俄哇日俄石英闪长岩体被阿西涌英云闪长 岩体、俄哇西德陇巴花岗闪长岩体脉动侵入, 俄哇 西德陇巴花岗闪长岩体脉动侵入于阿西涌英云闪 长岩体中。

该侵入岩序列侵入于晚三叠统克南群中,岩体 侵入界线清楚,接触面外倾,倾角40°~50°,侵入界 线呈不规则状。内接触带见有围岩包体,成分为砂 岩、变砂岩等,以2×5cm者居多,最大可达15× 30cm,包体边部可见10~20mm的冷凝边。外接触 带宽约100~200m,普遍角岩化、硅化,形成各类角 岩。岩体外貌球状风化明显,表层形成糖粒状坡 积物。

在阿西涌英云闪长岩及俄哇西德陇巴花岗闪 长岩中见有暗色闪长质包体,包体大小为2×5~3 ×8cm,与围岩界线清楚,呈扁豆状、圆状,不规则状 赋存,含量约0.5%~1%。

本次工作在该序列的石英闪长岩侵入体中获 取了132Ma的单颗粒锆石 U-Pb 同位素年龄值(表 1) 表明其时代应为早白垩世,为燕山晚期的产物。

收稿日期: 2011-03-28; 改回日期: 2011-06-30

资助项目:中国地质调查局雪峰山西侧油气地质调查(1212010782005)

作者简介:白云山(1964-) 教授级高级工程师,主要从事区域地质调查与岩石学研究

表1 加容检德工卡序列石英闪长岩中锆石 U-Pb 同位素分析结果

o	റ
ი	9
~	-

Та	able 1 U-Pb iso	otopic deter	minations of zircon in quartz diorite from the Jiar	ongjiandegongka intrusive rocks
M IT	含量 (10-6)	普通铅	同位素原子比及误差(2σ)	表面年龄(Ma)

长星	日里 U	0)	百週扣		<b>凹世系</b> 原、	「			衣面牛龄 (Ma	1)
件与	U	Pb	含量(ng)	<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	$^{206}$ Pb/ $^{238}$ U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	$^{207}$ Pb/ $^{235}$ U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb
0.0.727	10770 4	120.7	2.015	05.0	0.02072	0.0877	0.03068	132	85	0
QD/36	10770.4	420.7	2.015	85.8	0.00053	0.07095	0.02483	2	69	0



#### 图1 加容检德工卡一带地质略图

Qh<sup>al</sup> - 第四系冲积物; Qp<sub>3</sub><sup>pal</sup> - 第四系冲洪积物; TB<sub>3</sub><sup>c</sup> - 巴颜喀拉山 群板岩组上段; TB<sub>3</sub><sup>b</sup> - 巴颜喀拉山群板岩组中段; TB<sub>3</sub> a - 巴颜喀拉 山群板岩组下段; T<sup>3</sup>K - 克南群; K<sub>1</sub>γδ<sub>J</sub> - 加容检德工卡序列花岗闪 长岩; K<sub>1</sub>δi<sub>J</sub> - 加容检德工卡序列英云闪长岩; K<sub>1</sub>δo<sub>J</sub> - 加容检德工卡 序列石英闪长岩; YZS - 雅鲁藏布江板块缝合带; BNS - 班公湖 - 怒 江板块缝合带; XJS - 西金乌兰 - 金沙江板块缝合带; KQS - 昆仑 -秦岭板块缝合带

Fig. 1 Simplified geological map of the Jiarongjiandegongka region  $Qh^{al} = Quaternary alluvial deposits; Qp_3^{pal} = Quaternary pluvial and$  $alluvial deposits; TB_3<sup>c</sup> = upper member of the Banyan Formation of the$  $Bayan Har Group; TB_3<sup>b</sup> = middle member of the Banyan Formation of the$  $Bayan Har Group; TB_3<sup>a</sup> = lower member of the Banyan Formation of the$  $Bayan Har Group; T_3K = Kenan Group; K_1\gamma\delta_J = Jiarongjiandegongka$  $granodiorite. K_1\delta_iJ = Jiarongjiandegongka tonalite; K_1\delta_0J =$ Jiarongjiandegongka quartz diorite; YZS = Yarlung Zangbo suture zone;BNS = Bangong Lake-Nujiang suture zone; XJS = Xijir Ulan-Jinshajiangsuture zone; KQS = Kunlun-Qinling suture zone

### 1.1 俄哇日俄石英闪长岩体

有南、北两个侵入体,南部侵入体呈 NW-SE 向 细长条状,出露面积 0.9km<sup>2</sup>,岩株状产出;北部侵入 体呈近东西向细长条状,面积 0.4km<sup>2</sup>,岩株状产出。 岩性为灰色/深灰色中细粒石英闪长岩,中细粒半 自形粒状结构,块状构造。由斜长石(An = 32,中长 石)(65%~69%)、石英(5%~10%)、角闪石(5% ~12%)、黑云母(8%~10%)及少量锆石、磷灰石、 榍石等副矿物组成。斜长石板柱状,具环带结构, 内部黝帘石化、绢云母化。

### 1.2 阿西涌英云闪长岩体

出露南、北两个侵入体,向西延出图幅,侵入体 均呈 NW - SE 向不规则长条状,出露面积分别为 34.5km<sup>2</sup> 和 36.5km<sup>2</sup>,测区内出露面积分别为 18. 5km<sup>2</sup> 和 35.5km<sup>2</sup>。岩性为灰白色中细粒英云闪长 岩。中细粒半自形粒状结构,块状构造,由斜长石 (An = 28 ~ 33,中长石)(60% ~ 63%)、石英(15% ~18%)、钾长石(0% ~1%)、黑云母(8% ~ 10%)、 角闪石(5% ~ 8%)及少量副矿物(磷灰石、锆石、绿 帘石)组成。中长石呈板柱状,发育环带,环带中心 常发生蚀变而混浊不清;黑云母呈片状,红褐色/黄 褐色;角闪石呈柱状,浅绿色/黄绿色;副矿物常呈 自形晶包含于暗色矿物中,显系早期结晶之产物。

1.3 俄哇西德陇巴花岗闪长岩体

分为南、中、北3个侵入体,均呈岩株状产出。 南部、中部侵入体均呈近东西向长条状,面积分别 为4.5km<sup>2</sup>及1.0km<sup>2</sup>,北部侵入体呈 NW-SE 向椭圆 状,出露面积3.4km<sup>2</sup>。岩性为灰白色中细粒花岗闪 长岩。中细粒半自形粒状结构,块状构造。由斜长 石(An = 29~30,为中更长石)(55%~59%)、钾长 石(7%~9%)、石英(20%~23%)、黑云母(5%~ 7%)、角闪石(3%~4%)组成。斜长石呈半自形板 柱状,具不显的环带结构,内部帘石化、绢云母化; 钾长石晶体粗大,常包含较自形的斜长石柱状晶体 和少量角闪石、黑云母构成包含结构;二长石晶体 接触处出现蠕英结构,黑云母自形片状;角闪石呈 长柱状。副矿物常作为暗色矿物中的包体出现。

### 2 岩石化学特征

加容检德工卡岩石序列化学分析结果见表 2, 岩石的 SiO<sub>2</sub> 含量为 59.26% ~68.19%,变化范围 大,反映了岩石从中性到酸性的演化。俄哇日俄石 英闪长岩体 SiO<sub>2</sub> 含量为 59.26% ~61.58%,平均 60.30%,ALK = 3.96% ~4.29%,平均 4.12%, Na<sub>2</sub>O > K<sub>2</sub>O,里特曼指数  $\sigma$  = 0.86 ~1.01,A/CNK = 0.84 ~0.98,为准铝质;阿西涌英云闪长岩体 SiO<sub>2</sub> 含量为 56.20% ~65.92%,平均 62.62%,ALK = 3.97 ~5.49%,平均 4.79%,Na<sub>2</sub>O > K<sub>2</sub>O,里特曼指 数  $\sigma$  = 0.87 ~1.45,A/CNK = 0.86 ~1.02,属准铝 质-弱过铝质;俄哇西德陇巴花岗闪长岩体 SiO<sub>2</sub> 含 量为 64.12% ~68.19%,平均 65.51%,ALK = 4.56%

序号	样品号	岩性	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	灼失	总量	σ	A/CNK	ALK
1	QD734		64.12	0.486	15.81	0.388	4.24	0.097	2.6	5.04	2.94	2.55	0.086	0.42	98.777	1.40	0.94	5.49
2	QD7341	化冈内长岩	64.4	0.46	15.46	0.435	4.18	0.097	2.73	5.04	2.77	2.55	0.085	0.84	99.047	1.30	0.94	5.32
3	QD7342	P.C.H	64.06	0.466	15.67	0.392	4.29	0.096	2.7	5.08	2.8	2.48	0.087	0.55	98.671	1.30	0.95	5.28
4	QD735		64.24	0.472	15.58	0.442	4.29	0.096	2.54	5.22	2.84	2.58	0.084	0.6	98.984	1.36	0.92	5.42
5	QD735-2		61.02	0.534	15.91	0.352	4.83	0.117	3.98	6.2	2.5	2.38	0.083	1	98.906	1.29	0.89	4.88
6	QD735-3		64.28	0.465	15.56	0.615	3.91	0.095	2.68	5.12	2.82	2.41	0.088	0.82	98.863	1.26	0.94	5.23
7	QD7354		63.94	0.509	15.9	0.426	4.35	0.103	2.46	5	2.84	2.47	0.096	0.103	98.197	1.32	0.97	5.31
8	QD735-5		63.41	0.512	16.39	0.629	4.23	0.105	2.34	4.97	2.94	2.55	0.096	0.74	98.912	1.45	0.99	5.49
9	QD735-6		63.78	0.498	16.27	0.392	4.47	0.105	2.32	4.83	2.85	2.62	0.093	1	99.228	1.41	1.00	5.47
10	QD735-7	] [	64.28	0.59	16.21	0.29	4.49	0.101	2	4.8	2.84	2.44	0.104	0.78	98.925	1.29	1.01	5.28
11	QD735-8	] [	64.24	0.49	16.44	0.411	4.39	0.101	1.91	4.79	2.92	2.48	0.101	0.68	98.953	1.35	1.02	5.40
12	QD735-9	英	64.14	0.444	15.39	0.381	4.3	0.103	3.26	5.15	2.69	2.45	0.074	0.72	99.102	1.23	0.94	5.14
13	QD737	「次」	62.16	0.596	15.95	0.464	4.92	0.115	3.62	6.04	2.54	1.88	0.097	1.22	99.602	1.00	0.93	4.42
14	QD737-1	岩	61.14	0.611	15.86	0.3	5.21	0.114	3.98	6.32	2.3	1.98	0.087	0.94	98.842	0.98	0.91	4.28
15	QD737-2	] [	61.91	0.567	15.73	0.396	5.16	0.108	3.7	6.25	2.5	1.98	0.078	0.66	99.039	1.04	0.89	4.48
16	QD737-3	] [	58.78	0.661	16.33	0.542	5.82	0.129	4.39	7.22	2.42	1.64	0.099	0.82	98.851	1.01	0.86	4.06
17	QD7374	1 [	60.44	0.132	16.38	0.287	5.6	0.132	3.98	6.08	2.1	1.87	0.138	1.02	98.159	0.87	0.99	3.97
18	QD737-5	1 [	61.8	0.601	16.24	0.486	4.89	0.11	3.81	6.12	2.44	1.98	0.091	0.9	99.468	1.02	0.94	4.42
19	QD737-6	1	62.98	0.566	15.33	0.1	4.85	0.105	3.57	5.8	2.49	1.96	0.083	1.5	99.334	0.97	0.91	4.45
20	QD737-7		64.88	0.504	15.55	0.132	4.43	0.098	2.92	5.55	2.67	1.92	0.076	0.76	99.49	0.95	0.94	4.59
21	QD737-8	1 [	59.58	0.582	16.32	0.082	5.46	0.114	3.96	5.6	2.54	2.22	0.091	2.12	98.669	1.30	0.97	4.76
22	QD7379	1	59.56	0.593	15.87	0.101	5.65	0.123	4.15	6.76	2.37	1.7	0.096	1.74	98.713	0.96	0.88	4.07
23	QD7361	E	60.4	0.56	16.39	0.411	5.29	0.111	4.04	6.38	2.56	1.64	0.084	0.96	98.826	0.98	0.93	4.20
24	QD736-2	英	59.34	0.598	16.18	0.472	5.83	0.125	4.25	6.71	2.34	1.71	0.101	1.29	98.946	0.97	0.90	4.05
25	QD7363	长史	60.9	0.585	16.51	0.437	5.33	0.114	3.8	6.36	2.6	1.69	0.089	0.98	99.395	1.01	0.93	4.29
26	QD7364	白	60.34	0.556	17.14	0.405	4.72	0.1	3.53	6.36	2.64	1.54	0.083	1.2	98.614	0.97	0.98	4.18

表 2 加容检德工卡序列岩石化学成分/% Table 2 Chemical compositions (%) of the Jiarongjiandegongka intrusive rocks

~5.49%,平均5.22%,Na<sub>2</sub>O>K<sub>2</sub>O,里特曼指数σ = 0.82~1.40,A/CNK = 0.93~0.99,为准铝质; 石英闪长岩、英云闪长岩、花岗闪长岩的SiO<sub>2</sub>含量 逐渐升高,碱含量也逐渐升高,反映岩浆向富硅、富 碱方向演化。

在 SiO<sub>2</sub> - Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O 图解上,样品几乎全部落 入闪长岩及花岗闪长岩区内,仅个别样品落入辉长 二长岩区内。所有样品为亚碱性系列。在 SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O 图解中(图 2),各岩体样品大多数落入钙碱性 系列区,仅少量英云闪长岩样品落入高钾钙碱性系 列与钙碱性系列分界线附近。总体上该序列岩石 属钙碱性系列。

- 3 稀土元素及微量元素特征
- 3.1 稀土元素特征



Fig. 2 SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O diagram for the Jiarongjiandegongka intrusive rocks  $\bigcirc$  = granodiorite;  $\triangle$  = tonalite;  $\square$  = quartz diorite

加容检德工卡岩石序列稀土元素分析结果见 表3,从表中可看出加容检德工卡岩石序列均为轻 稀土富集型。俄哇日俄石英闪长岩体(La/Yb)n = 5.47~7.33,平均为6.44 δEu = 0.73~1.03,平均 为0.84,为Eu弱负异常-正异常。阿西涌英云闪 长岩体(La/Yb)n = 4.90~10.05,平均为6.93。 δEu 仅一个样品为1.16,呈正异常。其余样品δEu = 0.64~0.86 ,为 Eu 中等负异常 - 弱负异常。俄 哇西德陇巴花岗闪长岩体(La/Yb) n = 4.99~ 7.50,平均6.18。δEu = 0.81~0.92 ,为 Eu 弱负异 常。在稀土元素配分曲线图(图3)中,加容检德工 卡序列各侵入体均为轻稀土元素富集,重稀土元素 平坦型,为地壳部分熔融的产物。

表 3 加容检德工卡侵入体序列稀土元素含量表/×10<sup>6</sup> Table 3 REE contents (×10<sup>6</sup>) in the Jiarongjiandegongka intrusive rocks

			-			-	-											
样品号	岩性	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	δEu
QD734	龙 岗	15.80	29.50	2.74	12.10	2.69	0.82	2.87	0.45	2.89	0.51	1.67	0.25	1.72	0.24	13.9	74.25	0.91
QD7341	加上当	20.50	35.30	3.32	14.70	2.89	0.78	2.98	0.47	3.03	0.60	1.79	0.28	1.80	0.26	14.4	88.70	0.81
QD7342	内衣石	13.20	24.30	2.54	12.20	2.62	0.80	2.72	0.45	2.98	0.58	1.82	0.28	1.74	0.23	14.7	66.46	0.92
QD735	古	16.20	27.20	2.91	12.60	2.68	0.77	2.82	0.45	2.95	0.58	1.81	0.27	1.84	0.26	15	73.34	0.86
QD735-2	云四	21.40	37.70	3.78	16.80	3.24	0.82	3.40	0.57	3.59	0.71	2.21	0.34	2.18	0.29	17.9	97.03	0.76
QD737-1	「松田」	16.20	28.80	3.02	14.60	3.16	0.85	3.13	0.54	3.32	0.63	1.96	0.30	1.89	0.26	15.8	78.66	0.82
QD737-3	石	20.00	37.90	4.66	20.40	4.56	0.94	4.44	0.76	4.96	1.01	3.00	0.44	2.68	0.33	22.8	106.08	0.64
QD7361	石苗	25.50	44.40	4.80	20.20	4.21	1.00	4.10	0.68	4.36	0.88	2.70	0.43	2.66	0.35	22.4	116.27	0.73
QD7362	山大山	20.60	37.50	4.49	19.20	4.00	0.96	3.88	0.66	4.38	0.84	2.70	0.41	2.48	0.32	20.6	102.42	0.74
QD7363	内衣石	22.80	40.20	3.81	16.90	3.47	0.98	3.52	0.57	3.63	0.70	2.14	0.32	2.05	0.29	17.2	101.38	0.86





Fig. 3 Chondrite-normalized REE distribution patterns for the Jiarongjiandegongka intrusive rocks ( chondrite values from Leedy)

### 3.2 微量元素特征

加容检德工卡序列侵入体微量元素分析结果 见表4 微量元素 MORB 标准化图见图4。从表4 和 图4 可看出,该序列岩石富集大离子亲石元素 Rb、 K、Ba、Th 相对于其它相邻元素而言,Sr、Nb、Ta 略 显亏损,Ti、P 较强亏损,显示出岛弧岩浆或活动大 陆边缘岩浆的特征。P、Ti 亏损表明岩石受到了磷 灰石、钛铁矿的分离结晶作用影响。Rb/Sr=0.29~



# 图 4 加容检德工卡侵入体序列微量元素 MORB 标准化蛛 网图

#### (MORB 值据 Beviens et al. ,1984)

Fig. 4 MORB-normalized trace element spidergrams for the Jiarongjiandegongka intrusive rocks (MORB values from Beviens et al. , 1984)

0.60,平均0.48,显示了壳幔混合的特征(壳源 Rb/ Sr >0.5)。Nb/Ta = 6.04~25.05,平均13.56,低于 原始地幔值(17.5),但高于大陆地壳平均值(11) (Green,1995)<sup>[1]</sup>,La/Nb = 1.39~7.01,除一个样品 较高(7.01)外,其余16个样品平均为2.31,高于原 始地幔值(0.94),接近于地壳平均值(2.2),说明其 物质来源为壳幔混合物质,且地壳物质贡献较多。

		Table	4 Tı	race el	ement	conte	ents (	×10 <sup>-6</sup>	) in	the Ji	arongj	iandeg	gongka	a intru	isive r	ocks			
序号	样品号	岩性	Cr	Li	Rb	Cs	As	Sr	Ba	v	Sc	Nb	Та	Zr	Hf	Be	Ga	U	Th
1	QD734		45.9	38.4	94.1	7.2	0.87	169	409	64.3	16.4	8.85	0.72	138	4.18	1.94	19.2	0.9	5.89
2	QD7341	花 岗  闪长岩	52.9	37.2	91.9	5.7	1.39	167	405	64.8	16.9	10.5	0.68	131	3.85	1.77	20.1	1.49	8.72
3	QD7342		44.7	38.4	88.8	7.1	1.28	170	424	64.4	16.8	9.52	0.38	103	3.26	1.95	17.5	1.39	5.15
4	QD735	**	47.2	38.3	95	7.9	1.29	159	426	61.6	16.5	8.7	<0.5	99.4	3.02	1.8	15.2	1.19	7.39
5	QD735-2	一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一	108	32.4	81.6	6.8	1.35	147	392	89.9	23.5	7.62	0.51	92.3	2.81	1.7	18	1.1	7.49
6	QD737-1	长	101	26.4	78.9	5.5	1.86	138	361	105	21.7	8.32	0.51	115	4.03	1.46	18.9	1	3.29
7	QD737-3		100	21	58.2	4.6	2.02	152	276	132	28.6	8.98	0.78	176	5.04	1.41	17.9	1.1	5.32
8	QD7361		117	19.1	61.2	4.5	1.45	173	298	122	25.1	10.2	1.24	152	4.92	2.14	23.5	1.29	6.64
9	QD7362	石 英   闪长岩	125	23.7	60.2	4.3	2.44	162	320	120	25.6	7.84	0.5	136	4.14	1.94	25.2	1.34	4.3
10	QD7363		115	22.4	61.1	3.9	2.28	188	335	112	23.7	7.43	<0.5	153	4.54	1.78	24.5	1.78	4.06

表4 加容检德工侵入体卡序列微量元素含量表/×10<sup>-•</sup>

## 4 Sr、Nd、Pb 同位素特征

Sr、Nd 同位素分析结果列于表 5。加容检德工 卡岩体 εNd(t) 在-8.4 ~ -9.2 之间变化。εSr(t) 在 100.5~122.7 之间变化。在  $\epsilon$ Nd(t)  $-\epsilon$ Sr(t) 图解中 (图5) ,两个样品落入IV象限的中部靠右,四个样品  $\epsilon$ Sr(t) 大于 110 ,落入图外,表明源区具有明显的壳 源性质或为壳幔混合源区特征。

表 5 加容检德工卡复式岩 Nd、Sr 同位素组成

Table 5 Nd and Sr isotopic compositions in the Jiarongjiandegongka intrusive rocks

样品号	QD735	QD735-1	QD735-2	QD736	QD7361	QD7363
<sup>147</sup> Sm/ <sup>144</sup> Nd	0.1275	0.1347	0.1201	0.1314	0.1267	0.1257
<sup>143</sup> Nd/ <sup>144</sup> Nd	0.512118	0.512119	0.512098	0.512152	0.512110	0.512134
( <sup>143</sup> Nd/ <sup>144</sup> Nd)i	0.512008	0.512003	0.511994	0.512039	0.512001	0.512025
εNd(t)	-9.0	-9.1	-9.2	-8.4	-9.1	-8.6
<sup>87</sup> Rb/ <sup>86</sup> Sr	1.6990	0.5522	1.5740	1.1470	0.9923	0.9286
<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr	0.71489	0.71246	0.71594	0.71466	0.71402	0.71397
( <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr)i	0.71170	0.71142	0.71299	0.71251	0.71216	0.71223
εSr(t)	104.5	100.5	122.7	115.9	110.9	111.9
$T_{2DM}$	1656	1665	1678	1608	1668	1629



图 5 加容检德工卡侵入体序列  $\varepsilon$ Nd(t)  $-\varepsilon$ Sr(t) 图解 Fig. 5  $\varepsilon$ Nd(t) vs.  $\varepsilon$ Sr(t) diagram for the Jiarongjiandegongka intrusive rocks

铅同位素分析结果见表 6,在 Pb 同位素 △β-△γ 图解(图 6) 中,样品落入 3a 区,上地壳与地幔 混合的俯冲带岩浆作用铅区域。

# 5 构造环境分析

加容检德工卡侵入体序列由石英闪长岩 - 英 云闪长岩 - 花岗闪长岩 - 正长花岗岩组成,岩石化 学物征表现为,SiO<sub>2</sub> 含量为59.26% ~68.19%,变 化范围大,反映了岩石从中基性到酸性的演化。A/ CNK =0.85 ~1.02 属准铝质 - 弱过铝质,ALK = 3. 90 ~5.49%,Na<sub>2</sub>O > K<sub>2</sub>O。岩石总体属岩石属钙碱 性系列。稀土元素特征表现为轻稀土元素富集,重 稀土元素平坦型,为地壳部分熔融的产物。微量元 素表现为富集大离子亲石元素 Rb、K、Ba、Th,Nb/Ta =6.04 ~25.05,平均13.56,低于原始地幔值(17. 5),但高于大陆地壳平均值(11)(Green,1995)<sup>[1]</sup>, 表6 Pb 同位素分析结果表

n	$\mathbf{a}$
ч	3
_	~

	Table 6 Pb isotopic compositions in the Jiarongjiandegongka intrusive rocks											
样号	地质体名称	<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	Δβ	$ riangle \gamma$					
735		18.346	15.62	38.574	0.8514	18.92	29.46					
735-2	加容检德	18.402	15.641	38.671	0.8500	20.29	32.05					
736	工卡序列	18.208	15.581	38.404	0.8557	16.37	24.93					
736-2		18.426	15.612	38.626	0.8473	18.40	30.85					





 1. 地幔源铅; 2. 上地壳铅; 3. 上地壳与地幔混合的俯冲带铅(3a 岩浆 作用 3b 沉积作用); 4. 化学沉积型铅; 5. 海底热水作用铅; 6. 中深变 质作用铅; 7. 深变质下地壳铅; 8. 造山带铅; 9. 古老页岩上地壳铅; 10. 退变质铅。

Fig. 6  $\triangle \beta$  vs.  $\triangle \gamma$  diagram for Pb isotopes 1 = mantle-derived lead; 2 = upper crust-derived lead; 3 = mixed upper crust- and mantle-derived lead (3a = magmatism; 3b = sedimentation); 4 = chemical-sedimentary lead; 5 = submarine hydrothermal lead; 6 = mesometamorphic to hypometamorphic lead; 7 = hypometamorphic lower crust-derived lead; 8 = orogenic lead; 9 = upper crust-derived lead from old shale; 10 = retrograde metamorphic lead

La/Nb = 1.39 ~ 7.01,平均为 2.31,高于原始地幔值 (0.94),接近于地壳平均值(2.2),说明其物质来源 为壳幔混合物质,且地壳物质贡献较多。 $\varepsilon$ Nd(t)变 化在-8.4 ~ -9.2 之间,(87Sr/86Sr) i 值较高,变化于 0.71170 ~ 0.71299 之间。说明岩浆来源主要是壳 源的,但受到幔源物质的混染。

在 Pb 同位素 $\Delta\beta$  –  $\Delta\gamma$  图解(图 6) 中,样品落 入 3a 区(为上地壳与地幔混合的俯冲带岩浆作用铅 区域)。在 Rb-Y + Nb 图解及 Rb-Yb + Ta 图解(图 7 图 8) 岩体样品均落入火山弧花岗岩区,表现出 了弧花岗岩的特点,说明源区受到了俯冲组分影响。



图 7 Rb – Y + Nb 图解

VAG:火山弧花岗岩; WPG: 板内花岗岩; S – COLG: 同碰撞花岗岩; ORG:洋中脊花岗岩石

Fig. 7 Rb vs. Y + Nb discriminant diagram (after Pearce et al. , 1984)

VAG = volcanic arc granites; WPG = within plate granites; S-COLG = syn-collision granites; ORG = ocean ridge granites



图 8 Rb – Yb + Ta

VAG: 火山弧花岗岩; WPG: 板内花岗岩; S - COLG: 同碰撞花岗岩; ORG: 洋中脊花岗岩石

Fig. 8 Rb vs. Yb + Ta discriminant diagram VAG = volcanic arc granites; WPG = within plate granites; S– COLG = syn-collision granites; ORG = ocean ridge granites 加容检德工卡侵入体序列处于甘孜 - 理塘缝合带 与金沙江缝合带之间,出露于通天河蛇绿混杂岩带 南部,受西金乌兰-金沙江断裂带控制,呈北西南 东向展布 并伴有地壳挤压收缩和剪切应变形成的 复杂变形构造。晚三叠世,甘孜-理塘洋向南俯冲 消减、闭合<sup>[24]</sup>;至三叠世末期,俯冲造山作用结束, 碰撞造山作用开绐。高密度洋壳拖拉着密度较轻 的陆壳继续沿着俯冲带俯冲,导致陆壳缩短和弧-陆 汇聚碰撞 沿俯冲带俯冲的陆壳因携带大量水圈物 质 随向下的俯冲和 P-T 条件的改变 而发生大规 模的脱水,一方面导致干莫霍面石重新水化,形成 莫霍软化带,俯冲的陆壳沿软化带平行插入,造成 碰撞带地壳双倍加厚(Bird 1978)<sup>[5]</sup>;另一方面因矿 物脱水而发生陆壳深熔作用,形成壳源为主的碰撞 花岗岩。伴随陆壳巨型缩短和地壳加厚 碰撞带大 幅度隆升。侯增谦等(2002)<sup>[6]</sup>在研究三江地区义 敦岛弧碰撞造山过程中,把义敦岛弧碰撞造山带中 的花岗划分为4种成因类型 即印支期弧花岗岩 燕 山早期同碰撞花岗岩 燕山晚期 A 型花岗岩和喜马 拉雅期花岗岩。加容检德工卡序列中的侵入岩与 其燕山早、中期同碰撞花岗岩相当。稀土配分型 式、微量元素特征都与同碰撞花岗岩相当,说明加 容检德工卡序列应为同碰撞型花岗岩 属陆壳重熔 型花岗岩 源区以壳源为主,有地幔物质的加入。

# 6 结论

(1)加容检德工卡序列由石英闪长岩 - 英云闪

长岩 - 花岗闪长岩 - 正长花岗岩组成。岩石化学 成分表现为岩石从中基性到酸性的演化,岩浆向富 硅、富碱方向演化。稀土元素特征表现为轻稀土元 素富集;微量元素特征表现为:富集大离子亲石元 素 Rb、K、Ba、Th,而 Sr、Nb、Ta 略显亏损,Ti、P 较强 亏损,显示岛弧岩浆或活动大陆边缘岩浆的特征。 εNd(t)值低,变化于-8.4 ~ -9.2 之间,(87Sr/86Sr)i 值高,变化于 0.71170 ~ 0.71299 之间,表明源区主 要是壳源的,但受幔源物质的混染。

(2)通过对加容检德工卡序列侵入岩的研究, 确认该序列同碰撞型花岗岩,属陆壳重熔型花岗 岩源区以壳源为主,有地幔物质的加入。时代为 早白垩世。

### 参考文献:

- GREEN T H. Significance of Nb /Ta as an indicator of geochemical processes in the crust-mantle system [J]. Chem. Geol. ,1995 ,120 (3-4) : 347-359.
- [2] 刘增乾 李兴振 叶庆同 等. 三江地区构造岩浆带的划分与矿 产分布规律[M]. 北京: 地质出版社 ,1993.
- [3] 莫宣学. 三江特提斯火山作用与成矿 [M]. 北京: 地质出版社, 1993, 15-150.
- [4] 潘桂棠,陈智梁,李兴振,等.东特提斯地质构造形成演化[M].北京:地质出版社,1997 41-75.
- [5] BIRD P. Initiation of intracontinental subduction in the Himalaya[J]. J. Geophys. Res. 1987 \$3:4975 4978.
- [6] 候增谦,曲晓明,周继荣,等.三江地区义敦岛弧碰撞造山过程:花岗岩记录[J].地质学报 2001 75(4):484-497.

# Geochemistry and tectonic setting of the Jiarongjiandegongka intrusive rocks in Qumarleb , Qinghai

BAI Yun-shan , NIU Zhi-jun , DUAN Qi-fa , TANG Chao-yang , LI Li , PANG Ying-chun (Wuhan Center , China Geological Survey , Wuhan 430205 , Hubei , China)

**Abstract**: The intrusive sequences in Jiarongjiandegongka, Qinghai consist of quartz diorite, tonalite, granodiorite and syenogranite. The lithochemical compositions display the evolution from intermediate, basic to acidic rocks, and the magmas are rich in silica and alkali. The geochemical signatures are characterized by the enrichment of LREE, enrichment of large ion lithophile elements such as Rb, K, Ba and Th, slight depletion of Sr, Nb and Ta, and strongly depletion of Ti and P. The tectonic setting of the Jiarongjiandegongka intrusive rocks are assigned to syn-collision granites, and may be traced back to the Early Cretaceous.

Key words: Jiarongjiandegongka intrusive sequence; tectonic setting; intrusive rock; southern Qinghai