

# 西天山特克斯达坂岩基解体的地球化学证据 及钼找矿意义

李卫东<sup>1,2</sup>, 周继兵<sup>1,2</sup>, 李永军<sup>3</sup>, 庞振甲<sup>3</sup>, 栾新东<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 新疆维吾尔自治区 地质矿产勘查开发局, 新疆 乌鲁木齐 830000; 3. 长安大学 地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 西天山特克斯达坂岩基可解体为早石炭世库勒萨依序列和早二叠世其那尔萨依序列。库勒萨依序列为钙碱性岛弧斑岩组合,  $\text{SiO}_2$  含量为 57.06% ~ 70.74%,  $\sigma$  值平均  $< 3.26$  ( $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3 < 0.9$ ), 高  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Sr}$ , 相对富集 LREE, 低  $\text{MgO}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Yb}$ , 亏损 HREE,  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  值大都  $> 1$ ,  $\text{Sr}/\text{Y}$  平均值 57.67,  $\delta\text{Eu}$  平均 1.22, 具有典型 O 型 Adakite 岩特征,  $\text{Cu}$ 、 $\text{Mo}$ 、 $\text{W}$  等元素富集, 已发现  $\text{Mo}$  矿体。其那尔萨依序列  $\text{SiO}_2$  含量为 76.75% ~ 77.83%,  $\sigma$  值平均 4.28 ( $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3 > 0.9$ ),  $\delta\text{Eu}$  平均 0.07, 相对贫  $\text{Ba}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Sc}$ , 富  $\text{Rb}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Zr}$ 、 $\text{Th}$ 、 $\text{Ta}$  等,  $\text{Sr}/\text{Y}$  值平均 3.24, 属正常壳源板内裂谷碱性花岗岩类。地球化学特征不仅为这一岩基的解体提供了有力证据, 而且对深化区域成矿规律、丰富构造岩石组合、指导进一步找矿和探讨本区大地构造演化均有重要意义。

**关键词:** 岩基解体, 地球化学, 找矿及构造意义, 特克斯达坂, 西天山

中图分类号: P588.12; P618.65

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2008)05-0405-08

## Geochemical evidence for the “disintegration” of the Tekesi Daban batholith in the West Tianshan Mountain and its Mo-prospecting significance

LI Wei-dong<sup>1,2</sup>, ZHOU Ji-bing<sup>1,2</sup>, LI Yong-jun<sup>3</sup>, PANG Zhen-jia<sup>3</sup> and LUAN Xin-dong<sup>2</sup>

(1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Urumqi 830000, China; 3. School of Earth Sciences and Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** The Tekesi Daban batholith can be divided into two intrusive series, i. e., Early Carboniferous Kulesayi series and Early Permian Qinaersayi series. The porphyry assemblage of the Kulesayi series is a calc-alkaline series formed in an island arc environment.  $\text{SiO}_2$  is 57.06% ~ 70.74%, the Rittmann index ( $\sigma$ ) is lower than 3.26, and  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$  is lower than 0.9. It is enriched in  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Sr}$  and LREE, and poor in  $\text{MgO}$ ,  $\text{Y}$ ,  $\text{Yb}$  and HREE;  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  is higher than 1,  $\text{Sr}/\text{Y}$  is 57.67,  $\delta\text{Eu}$  is 1.22, indicating O-type adakite. The Kulesayi series is enriched in  $\text{Cu}$ ,  $\text{Mo}$  and  $\text{W}$ , and even contains  $\text{Mo}$  ore bodies. In the Qinaersayi series,  $\text{SiO}_2$  is 76.75% ~ 77.83%,  $\sigma$  is higher than 3.3,  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$  is higher than 0.9, and  $\delta\text{Eu}$  is 0.07; this series is poor in  $\text{Ba}$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Sc}$  but enriched in  $\text{Rb}$ ,  $\text{Y}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Th}$ ,  $\text{Ta}$ , with  $\text{Sr}/\text{Y}$  being 3.24. The protolith was partly derived from melting of argillaceous rocks of the earth crust, belonging to the alkaline series formed in an intraplate rift environment. Geochemical characteristics provide not only powerful evidence for the disintegration of the Tekesi Daban batholith but also abundant information for the improvement of native metallogenetic regularity. In addition, these characteristics enrich types of tectonite assemblage, guide ore-prospecting work and contribute to researches on tectonic evolution.

**Key words:** batholith disintegration; geochemistry; ore-prospecting and tectonic significance; Tekesi Daban; West Tianshan Mountain

收稿日期: 2008-02-19; 修订日期: 2008-05-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40534020), 新疆维吾尔自治区地质矿产调查资助项目(XJQDZ2003-24)

作者简介: 李卫东(1968-) 教授级高级工程师, 在职博士研究生, 主要从事区域地质及构造地质研究, E-mail: liweidongzxp@sina.com

合理解体非同源复式花岗岩基,不仅是客观、真实地表达地质体的前提,也为地质找矿提供了准确的地质依据。随着岩石谱系单位理论的广泛应用和地质研究程度的不断提高,非同源复式花岗岩基的解体自然成为大比例尺地质填图的主要任务之一,也是正确建立岩石谱系单位的关键(高秉章等,1991)。尽管野外宏观岩石学特征,尤其是不同侵入体间的接触关系及其确切的同位素年龄是复式岩基解体的主要依据(肖庆辉等,2002),但非同源岩浆序列的花岗岩类具有显著有别的岩石地球化学特征和不同的成矿专属性这一基本理论表明,岩石地球化学特征的研究可以检验岩基解体的正确与否,同时也能找矿提供有用的地球化学信息,研究意义重大。前人认为西天山特克斯达坂岩基是一个简单的深成岩体,仅做了岩性及岩相带的划分(新疆地质矿产局,1993)。笔者等近年通过详细的1:5万区域地质矿产调查,在该岩体中解体出一套浅成斑岩序列,并于其间发现了较好的钼矿体。该复式花岗岩基解体的宏观岩石学特征、接触关系、时代等依

据已另文发表(李永军等,2007)本文将进一步分析该岩基解体的地球化学依据及其钼找矿意义。

### 1 岩基分布特征

特克斯达坂岩基呈近 E-W 向出露于天山西部特克斯达坂腹地,总体展布方向与区域构造线方向基本一致,出露面积约 180 km<sup>2</sup>(图 1)。前人将其作为一个简单的深成岩体,时代定为二叠纪(新疆地质矿产局,1993),也无重要矿化发现。笔者等在 1:5 万区域地质矿产调查中,依据两序列成分及结构差异显著,超动接触关系清晰,形成时的大地构造背景、成因类型均明显有别等特征,将其解体为早二叠世(291.7 Ma,新疆地质矿产局,1993)其那尔萨依序列和早石炭世(347 Ma,李永军等,2007)库勒萨依序列(石英闪长玢岩-花岗闪长斑岩构成的浅成岩组合)(李永军等,2007),并在库勒萨依序列斑岩中发现了良好的钼矿体,因而具有重要的研究和找矿意义。

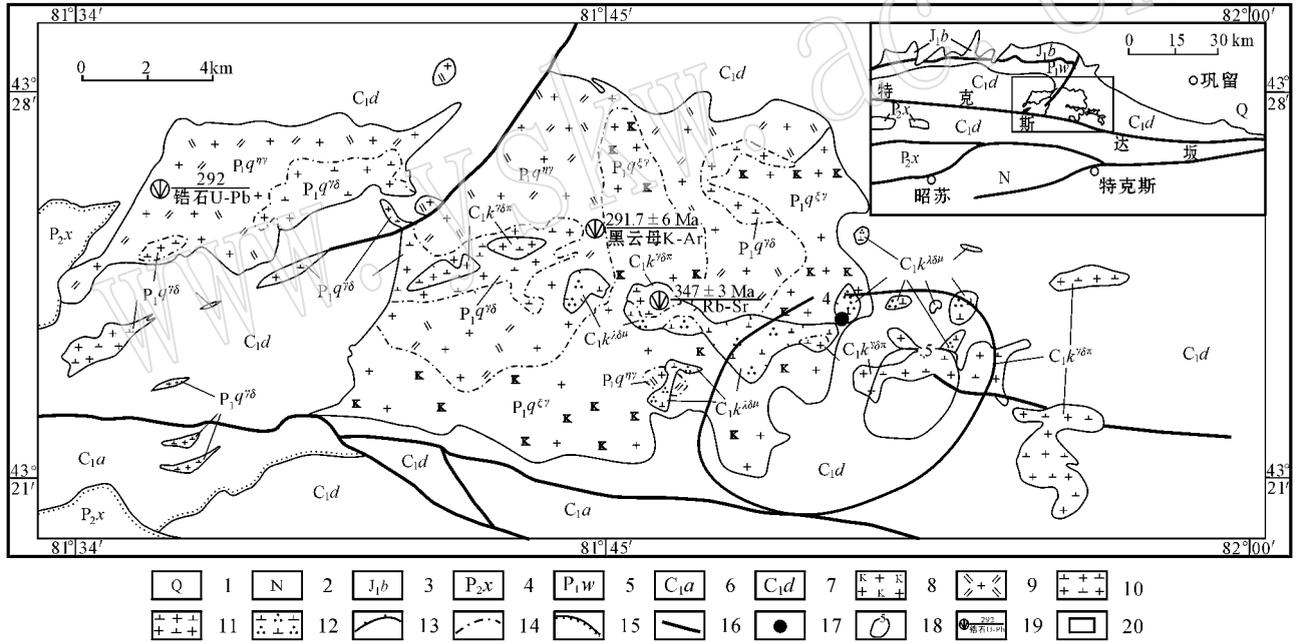


图 1 西天山特克斯达坂岩基地质简图(据李永军等,2007)

Fig. 1 Geological sketch map of Tekesi Daban granitic batholith in West Tianshan Mountain(after Li Yongjun *et al.*, 2007)  
 1—第四系 2—新近系 3—早侏罗世八道湾组 4—中二叠世晓山萨依组 5—早二叠世乌郎组 6—早石炭世阿克苏组 7—早石炭世大哈拉军山组 8—早二叠世其那尔萨依序列正长花岗岩 9—早二叠世其那尔萨依序列二长花岗岩 10—早二叠世其那尔萨依序列花岗闪长岩; 11—早石炭世库勒萨依序列花岗闪长斑岩; 12—早石炭世库勒萨依序列石英闪长玢岩; 13—超动; 14—脉动; 15—角度不整合; 16—断层; 17—钼矿点; 18—钼异常等值线; 19—同位素年龄及分析方法 20—研究区位置  
 1—Quaternary; 2—Neogene; 3—Early Jurassic Badaowan Formation; 4—Middle Permian Xiaoshansayi Formation; 5—Early Permian Wulang Formation; 6—Early Carboniferous Akeshake Formation; 7—Early Carboniferous Dahalajunshan Formation; 8—Early Permian orthoclase granite of Qinaersay series; 9—Early Permian adamellite of Qinaersayi series; 10—Early Permian granodiorite of Qinaersayi series; 11—Early Carboniferous granodioritic porphyry of Kulesayi series; 12—Early Carboniferous quartz dioritic porphyry of Kulesayi series; 13—super move; 14—pulse move; 15—angular unconformity; 16—fault; 17—molybdenum deposit; 18—contour line of Mo anomaly; 19—isotopic age and analytic method; 20—location of the study area

## 2 岩基解体的地球化学依据及成矿专属性

### 2.1 岩石地球化学依据

特克斯达坂岩基岩石化学分析数据及主要参数列于表 1。由表 1 中可见,库勒萨依序列  $\text{SiO}_2$  含量为 57.06% ~ 70.74% 属酸性岩类,在  $R_1 - R_2$  岩石分类图解 (Irvine and

Baragar, 1971; Collins *et al.*, 1982; Le Maitre, 1989; 李伍平等, 1999) 中多位于花岗闪长岩-闪长岩区 (图 2) ( $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$  (分子比))  $< 0.9$ , 平均 0.68;  $\sigma$  值平均 3.26; 显著高  $\text{TiO}_2$  和  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 在  $\text{SiO}_2 - \text{AR}$  图中显示钙碱性系列特征 (Irvine and Baragar, 1971; Collins *et al.*, 1982; Le Maitre, 1989; 李伍平等, 1999) (图 3);  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  大都  $> 1$ , 为钠质类型。其那尔萨依序列  $\text{SiO}_2$  含量为 76.75% ~ 77.83%, 属酸性

表 1 特克斯达坂岩基岩石地球化学数据及参数表

$\tau_B/\%$

Table 1 Chemical composition and parameters of the Tekesidaban granitic batholith

序列	序号	$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{FeO}$	$\text{MnO}$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	总量	$\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$	$\sigma$ 或 AR	NK/A
库勒萨依	1	70.74	0.42	15.01	1.03	2.03	0.08	0.91	1.83	4.56	3.26	0.14	100.01	1.40	2.73	0.73
	2	67.37	0.51	15.4	1.59	2.97	0.08	1.22	1.31	4.32	3.77	0.15	98.69	1.15	2.69	0.73
	3	63.94	0.72	15.52	1.75	3.96	0.10	1.70	3.37	3.58	3.87	0.22	98.73	0.93	2.65	0.65
	4	63.71	0.85	15.60	2.16	3.39	0.09	1.70	3.22	3.88	3.76	0.25	98.61	1.03	2.82	0.67
	5	63.69	0.58	16.27	1.65	3.52	0.13	2.67	2.55	4.49	2.37	0.12	98.04	1.89	2.27	0.61
	6	62.70	0.93	16.07	2.24	3.49	0.11	1.63	3.22	4.06	4.13	0.25	98.83	0.98	3.40	0.69
	7	62.58	0.92	16.94	2.32	3.53	0.10	2.21	1.70	5.10	4.30	0.30	100.00	1.19	4.51	0.77
	8	58.48	0.9	17.02	3.17	3.85	0.12	2.73	2.28	5.30	4.03	0.38	98.26	1.32	5.62	0.77
	9	57.06	0.93	19.31	2.59	5.41	0.12	2.54	5.83	4.24	1.85	0.29	100.17	2.29	2.64	0.47
	平均值	63.36	0.75	16.35	2.06	3.57	0.10	1.92	2.81	4.39	3.48	0.23	99.04	1.26	3.26	0.68
其那尔萨依	10	77.83	0.06	11.93	0.08	1.88	0.04	0.09	0.20	3.96	4.01	0.01	99.59	0.99	4.76	0.91
	11	76.80	0.06	12.76	0.40	0.64	0.05	0.12	0.36	3.85	4.43	0.07	99.54	0.87	3.84	0.87
	12	76.77	0.06	12.07	0.43	1.34	0.02	0.07	0.13	3.78	4.76	0.03	99.66	0.79	4.26	0.94
	13	76.75	0.06	12.14	0.30	1.32	0.03	0.09	0.26	3.84	4.79	0.02	99.60	0.80	4.25	0.95
	平均值	77.04	0.06	12.23	0.30	1.30	0.04	0.09	0.24	3.86	4.50	0.03	99.60	0.86	4.28	0.92

样品由宜昌地质矿产研究所采用原子吸收和发射光谱方法分析,经检验分析精度及质量符合规范要求;里特曼指数  $\sigma = (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / (\text{SiO}_2 - 43)$ , 当  $\text{SiO}_2 > 70\%$  时用碱度率 AR 替代,  $\text{AR} = (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} - \text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O})$ ; 当  $\text{SiO}_2 > 50\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O} > 1$  而  $< 2.5$  时 ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) 用  $2 \text{Na}_2\text{O}$  代替,  $\text{NK}/\text{A} = (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  (分子比)。

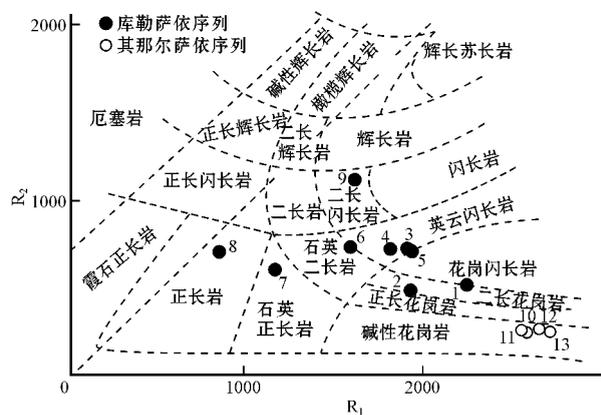


图 2 特克斯达坂岩基  $R_1 - R_2$  岩石分类图解 (据 De La Rache 等, 1980)

Fig. 2  $R_1 - R_2$  diagram of Tekesi Daban granitic batholith (after De La Rache *et al.*, 1980)

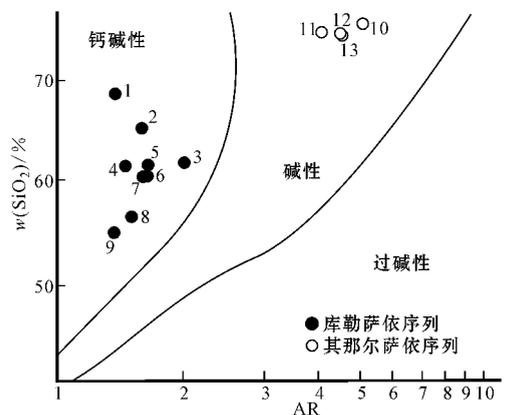


图 3 特克斯达坂岩基  $\text{SiO}_2 - \text{AR}$  图解 (据 Wright, 1969)

Fig. 3  $\text{SiO}_2 - \text{AR}$  diagram of Tekesi Daban granitic batholith (after Wright, 1969)

岩类  $(Na_2O + K_2O)/Al_2O_3$  (分子比)除 11 号样品外均大于 0.9, 平均 0.92;  $\sigma$  值大于 3.3, 平均 4.28; 显著低  $TiO_2$  和  $P_2O_5$  综合分析属碱性系列,  $Na_2O/K_2O < 1$ , 为钾质类型。

## 2.2 微量元素地球化学依据

特克斯达坂岩基微量元素含量列于表 2。两序列对比分析, 微量元素含量有明显区别。库勒萨依序列相对富集 Ba、Sr、Ni、Sc、Co、Li 等微量元素, 相对贫 Rb、Y、Zr、Nb、Th、Ta、Sn。这些元素在其那尔萨依序列则与之相反。从大离子亲石元素蛛网图(图 4)的配分曲线特征对比看, 库勒萨依序列与 Pearce 提出的火山岛弧型花岗岩特征相吻合(Pearce *et al.*, 1984; 李昌年, 1992; 赵振华, 1997; Alther *et al.*, 2000), 而其那尔萨依序列则与 Pearce 等所列举的以萨巴洛卡为代表的板内花岗岩特征相吻合(Pearce *et al.*, 1984; Maniar and Piccoli, 1989; Barbarin, 1999; Alther *et al.*, 2000)。

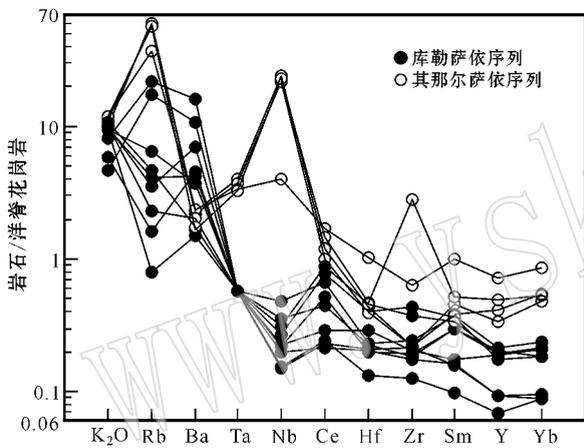


图 4 特克斯达坂岩基微量元素蛛网图

Fig. 4 Trace element spider diagram of Tekesi Daban batholith

## 2.3 稀土元素地球化学依据

稀土元素含量、参数及有关比值列于表 2。由表 2 中可见, 库勒萨依序列和其那尔萨依序列中稀土总量均较低, 但相对而言, 其那尔萨依序列中稀土总量要比库勒萨依序列高 2~3 倍。

库勒萨依序列稀土总量平均仅为  $49.86 \times 10^{-6}$ , 富集度低。LREE/HREE 平均 4.40  $(La/Yb)_N$  平均为 4.58, 稀土配分曲线为右倾式(图 5)表明轻稀土元素较为富集。 $\delta Eu$  值略大于 1, 平均 1.22, 为钨轻度富集型, 岩浆分异程度较低。与此截然相反的是, 其那尔萨依序列稀土总量平均为  $127.68 \times 10^{-6}$ , LREE/HREE 平均 3.84  $(La/Yb)_N$  等参数显示的地球化学行为均与库勒萨依序列显著有别, 其轻稀土元素富集程度较高, 轻稀土元素之间分馏程度也较高。稀土配分曲线为向右倾但较平缓, 轻稀土略为富集。 $\delta Eu$  值均  $< 1$ , 平均仅为 0.07, 为钨严重亏损型, 显示岩浆分异程度高(亨德森, 1989; 李昌年, 1992; 赵振华, 1997)。库勒萨依序列在稀土元素配分图中明显分为两群(图 5), 与该岩体中的不均匀钨矿化密切

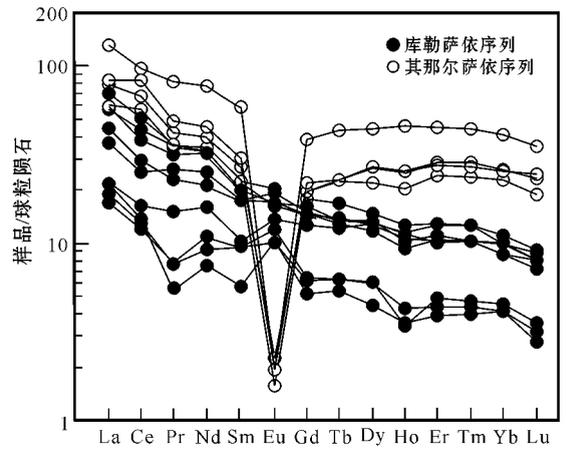


图 5 特克斯达坂岩基稀土元素配分图

Fig. 5 Chondrite-normalized REE patterns of Tekesi Daban batholith

相关, 其中 4、6、7、10 号 4 个样品采自矿化主岩体之东的侵入体中, 东部侵入体中未见钨矿化, 无钨明显亏损, 配分曲线呈斜形态, 而其余样品均采自钨矿化较好的主岩体区, 钨严重亏损, 稀土元素含量总体较低, 且配分曲线呈波状起伏明显。

## 2.4 构造环境信息判别依据

应用花岗岩类岩石化学、元素地球化学的多种常用构造环境信息判别图解分析, 库勒萨依序列样品均落入岛弧或火山弧区, 而其那尔萨依序列样品则位于板内环境区(图 6)。

## 2.5 两个序列具有明显不同的成矿专属性

其那尔萨依深成岩区的 Au、Co、Ni、Zn 等元素含量明显高于库勒萨依序列中的该含量, 有 Au、Ag、Pb、Zn 等分散流、水系和土壤等地球化学异常分布, 但至今未发现较好矿化。而在库勒萨依浅成岩分布区, Mo、As、Ag、Cu、W 等元素含量显著高于其那尔萨依序列中的(表 3); 垂直斑岩体长轴方向上测制的 2 条土壤地化剖面, Mo、Cu 等元素强烈富集, 浓集中心明显, 浓度分带清晰, 有 5 个样品 Mo 元素含量大于 0.15%, 最高值达到 0.261%, 已高于工业品位; 槽探揭露发现钨矿体 1 个, 矿化体 2 条。控制长度 350 m, 宽 1.5~2.9 m, 平均 2.2 m, 钨含量 0.04%~0.30%, 平均 0.15%。库勒萨依沟口仅有的 5 钻工程证实, 矿体向深部厚度明显变厚, 已控制矿体 4 条, 长度大于 500 m, D 级储量有望达到中型, 而其找矿靶区大部分地段还未进行工程控制, 因而找矿前景良好。

综上所述, 两个序列的主要氧化物、微量元素、稀土元素和成矿元素的含量及矿化蚀变特征均显著差异。其里特曼指数( $\sigma$ )、 $\delta Eu$ 、LREE/HREE 等参数和有关比值也有显著差异, 显示出其源岩、岩石系列与类型明显不同, 是分别形成于火山岛弧和板内两个截然不同构造环境的两次岩浆事件的产物(表 4)。这些岩石化学、元素地球化学和成矿专属性上的显著差异, 为特克斯达坂岩基解体为两个序列提供了有力的佐证。

表 2 特克斯达坂岩基微量、稀土元素含量数据表

$\omega_B/10^{-6}$

Table 2 Trace element and rare earth element data of Tekesi Daban granitic batholith

序列	库勒萨依										其那尔萨依				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均值	10	11	12	13	平均值
Ba	804	188	209	74.2	229	101	88	353	540	287.36	115	109	118	83.4	106
Rb	87.6	26	16.5	3.15	6.40	9.10	18.6	14.3	68.8	27.83	252	238	149	230	217
Sr	643	626	543	454	452	593	441	526	794	563.56	219	185	28.4	13.0	111
Y	12.3	14.2	13.3	4.73	13.5	6.48	6.56	14.9	13.6	11.06	23.6	28.6	50.2	34.8	34.3
Zr	146	65.7	69.2	43.1	62.9	58.6	72.1	82	126	80.62	74.4	74.8	218	953	330
Nb	2.69	2.21	2.22	1.52	3.57	1.97	1.51	4.75	3.14	2.62	243	219	40.4	232	184
Th	6.22	18.3	22.2	19.3	15.4	20.3	64.7	14.6	11.6	21.4	255	32.4	302	22.6	153
Ga	27	17.6	15.7	10.5	15.1	14.6	13.4	12.6	23.4	16.66	17.7	22.8	26.6	20	22
Ni	14.8	111	68.6	130	12.8	69.6	83.8	5.5	82.2	64.26	12	7.4	8.4	32	15
Cr	78	65	107	112	24.4	10.6	218	2.4	160	86.38	0.9	111	118	-	76.63
Hf	3.63	1.79	2.6	1.2	2.03	1.81	1.86	2.06	4.06	2.34	3.89	3.49	9.32	4.18	5.2
Sc	13.6	27.4	44.8	10.8	36	9.39	21.4	31.6	14	23.22	2.4	1.67	0.63	2.6	1.83
Ta	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	2.8	2.63	2.38	2.3	2.53
Co	13.6	25.9	21.8	36.8	24.9	20.30	27.8	24.4	1.90	21.93	3.80	1.20	8.50	2.80	4.08
Li	20.1	21.1	10.9	4.2	52.1	9.3	16.8	38	13.1	20.62	4.1	3.0	3.1	1.9	3.03
Be	2.5	1.0	1.06	0.4	1.18	0.69	0.67	1.31	1.34	1.13	2.35	3.77	3.41	6.16	3.92
Sn	4.50	3.55	2.40	1.90	6.00	2.30	2.70	3.40	2.75	3.28	4.00	3.80	2.80	21.0	7.90
Sr/Y	52.28	44.08	40.83	95.98	33.48	91.51	67.23	35.3	58.38	57.67	9.28	6.47	0.57	0.37	3.24
La	13.40	10.60	5.23	5.17	8.71	3.99	4.53	14.10	16.60	9.15	18.50	14.20	31.20	19.90	20.95
Ce	26.80	18.00	10.00	8.50	15.50	7.38	7.99	23.60	31.00	16.53	41.70	34.80	59.60	51.50	46.90
Pr	3.40	2.18	1.43	0.52	2.47	0.74	0.73	3.04	3.46	2.00	4.01	3.29	7.83	4.66	4.95
Nd	16.30	9.90	7.49	3.49	11.90	5.14	4.31	15.20	15.40	9.90	18.70	15.50	35.90	21.40	22.88
Sm	3.30	2.64	1.55	0.87	2.64	1.44	1.43	3.38	3.00	2.25	4.08	3.46	8.95	4.61	5.28
Eu	0.92	1.11	0.78	0.59	0.99	0.58	0.68	1.17	0.96	0.86	0.13	0.09	0.11	0.11	0.11
Gd	3.00	3.06	2.59	1.06	2.93	1.26	1.29	3.61	3.28	2.45	4.00	3.97	7.90	4.43	5.08
Tb	0.48	0.50	0.45	0.20	0.51	0.23	0.23	0.62	0.50	0.41	0.82	0.84	1.61	0.85	1.03
Dy	2.94	3.36	3.23	1.11	3.15	1.48	1.53	3.73	3.28	2.65	5.47	6.61	11.1	6.79	7.49
Ho	0.52	0.58	0.64	0.20	0.60	0.24	0.19	0.71	0.63	0.48	1.14	1.41	2.58	1.44	1.64
Er	1.70	1.81	2.07	0.64	1.69	0.71	0.80	2.10	1.64	1.46	3.95	4.67	7.35	4.47	5.11
Tm	0.26	0.26	0.32	0.10	0.26	0.11	0.12	0.32	0.26	0.22	0.60	0.72	1.12	0.68	0.78
Yb	1.45	1.46	1.66	0.70	1.65	0.70	0.77	1.88	1.70	1.33	3.80	4.37	6.93	4.28	4.85
Lu	0.18	0.20	0.22	0.07	0.20	0.08	0.09	0.23	0.20	0.16	0.47	0.58	0.88	0.62	0.65
∑REE	74.65	55.66	37.66	23.22	53.20	24.08	24.69	73.69	81.91	49.86	107.4	94.51	183.1	125.7	127.68
∑LREE	64.12	44.43	26.48	19.14	42.21	19.27	19.67	60.49	70.42	40.69	87.12	71.34	143.59	102.18	101.06
∑HREE	10.53	11.23	11.18	4.08	10.99	4.81	5.02	13.20	11.49	9.17	20.25	23.17	39.47	23.56	26.61
L/H	6.09	3.96	2.37	4.69	3.84	4.01	3.92	4.58	6.13	4.40	4.30	3.08	3.64	4.34	3.84
δEu	0.88	1.19	1.18	1.88	1.08	1.29	1.50	1.02	0.93	1.22	0.10	0.07	0.04	0.07	0.07
(La/Yb) <sub>N</sub>	6.23	4.89	2.12	4.98	3.56	3.84	3.97	5.06	6.58	4.58	3.28	2.19	3.04	3.13	2.91

样品由宜昌地质矿产研究所采用 ICP-MS 方法分析 标准化值采用 Boynton(1984)值(引自 Henderson, 1989)

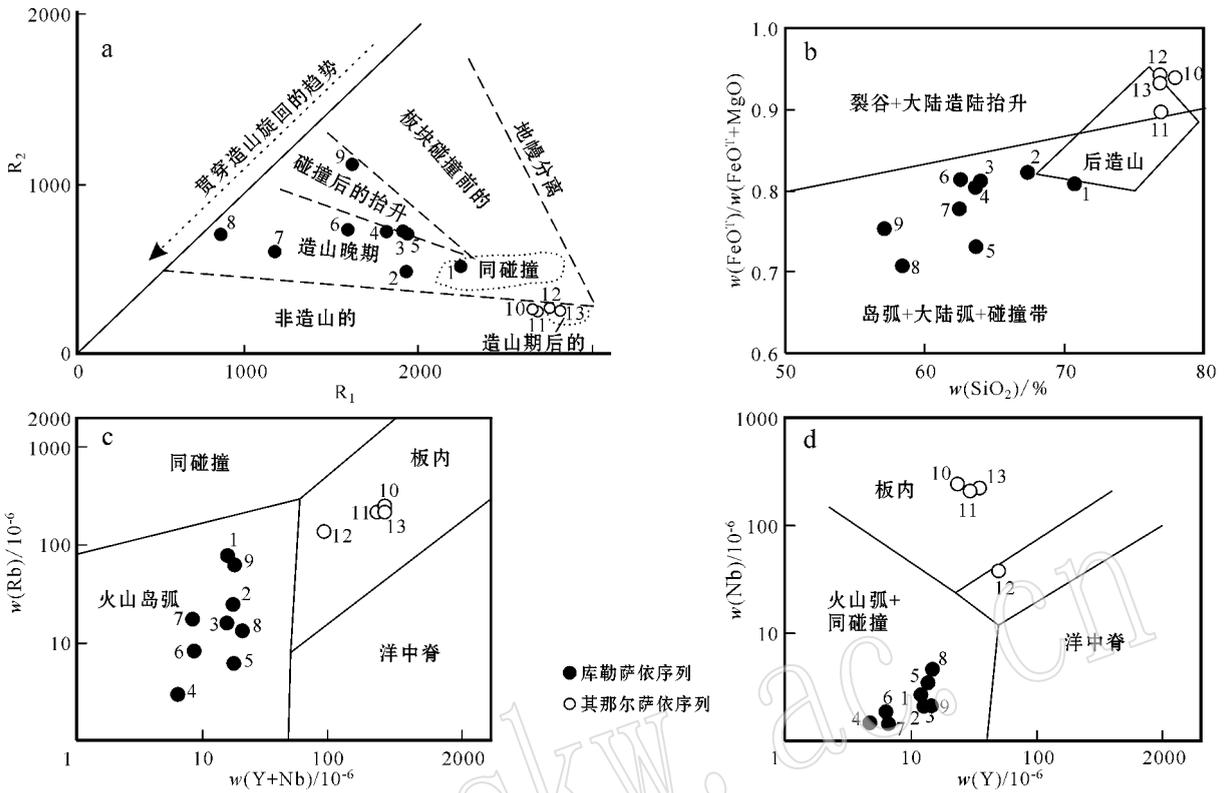


图 6 特克斯达坂岩基构造环境判别图

Fig. 6 Tectonic environment discrimination diagram of Tekesi Daban granitic batholith

a—据 De La Roche 等 (1980) ; b—据 Maniar 和 Piccoli (1989) ,肖庆辉等 (2002) ; c, d—据 Pearce 等 (1984)

a—after De La Roche *et al.* (1980) ; b—after Maniar and Piccoli (1989) and Xiao Qinghui *et al.* (2002) ; c, d—after Pearce *et al.* (1984)

表 3 特克斯达坂岩基的基岩光谱数据平均值对比表

$w_B/10^{-6}$

Table 3 Comparison of the average data for bedrock spectra of Tekesi Daban granitic batholith

	As	Sb	Pb	Ag	Cu	Zn	Mo	W	Au*
库勒萨依 (14 个样品)	5.93	0.34	15.64	5.35	49.02	54.51	8.31	12.91	0.71
其那尔萨依 (42 个样品)	1.55	0.13	12.56	0.03	18.56	58.94	0.85	1.73	0.86

样品由新疆地质矿产局实验测试中心用原子吸收 MS 方法分析, \* Au 含量单位为  $10^{-9}$ 。

表 4 库勒萨依序列和其那尔萨依序列主要地球化学特征表

Table 4 Main geochemical features of Kulesayi series and Qinaersayi series

序列	岩石组合	年龄/Ma	岩石地球化学	微量元素地球化学	稀土元素地球化学	源岩特征	构造环境	异常及含矿性
库勒萨依	钙碱性系列钠质石英闪长岩、花岗闪长岩	347	SiO <sub>2</sub> 57.06% ~ 70.74% , (Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O) / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (分子比) < 0.9 , Na <sub>2</sub> O / K <sub>2</sub> O > 1 , σ < 3.3 , 高 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、Na <sub>2</sub> O	相对富 Ba、Sr、Ni、Sc , 贫 Rb、Y、Zr、Th、Ta 等 , Sr/Y 平均 57.67	∑ REE 平均 48.96 × 10 <sup>-6</sup> , LREE/HREE 平均 4.40 , δEu 平均 1.22 , 弱正异常 , 强烈亏损 HREE , 岩浆分异程度较低	典型 O 型 Adakite 岩特征 , 大洋板片俯冲部分熔融	岛弧	Cu、Mo、W 等元素强烈富集 , 浓集中心明显 , 已发现 Mo 矿
其那尔萨依	碱性系列钾质二长花岗岩、正长花岗岩	292	SiO <sub>2</sub> 76.75% ~ 77.83% , (Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O) / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (分子比) > 0.9 , Na <sub>2</sub> O / K <sub>2</sub> O < 1 , σ > 3.3 , 高 SiO <sub>2</sub> 、K <sub>2</sub> O	相对贫 Ba、Sr、Ni、Sc , 富 Rb、Y、Zr、Th、Ta 等 , Sr/Y 平均 3.24	∑ REE 平均 127.68 × 10 <sup>-6</sup> , LREE/HREE 平均 3.84 , δEu 平均 0.07 , 明显负异常 , 岩浆分异程度高	壳源 , 泥质岩部分熔融	板内裂谷	Au、Ni、Zn 等元素弱富集 , 未见矿化

### 3 岩基解体的意义

(1) 通过多种方法的岩石化学、地球化学统计分析、图解等研究证实,早石炭世库勒萨依序列与早二叠世其那尔萨依序列具有显著的差异,地球化学特征为这一岩基解体给予有力的支持。

(2) 新解体的库勒萨依浅成岩序列与本区的早石炭世大哈拉军山组钙碱性火山岩共同构成了岛弧火成岩组合,而其那尔萨依深成岩序列与晚石炭世-早二叠世大陆裂谷环境双峰式火山岩共同构成了板内裂谷火成岩组合(姜常义等, 1993, 1995; 李注苍等, 2006; 朱永峰等, 2006)。特克斯达坂岩基的解体,为丰富和佐证构造岩石组合,探讨大地构造演化有重要理论意义。

(3) 特克斯达坂岩基的解体,不仅客观反应了区内地质体的分布特征与规律,而且为区内寻找斑岩型铜、钼矿床提供了新的找矿思路和理论依据。库勒萨依斑岩型钼矿床属在伊宁地块内首次发现,这不仅填补了区内钼矿类型的空白,而且新解体和填绘的斑岩面积分布大,与 Cu、Mo 异常基本吻合,有助于在这些地区扩大找矿靶区。因而特克斯达坂岩基的解体,为深化区域成矿规律和指导进一步找矿具有重要意义。

### References

Alther R, Holl A, Hegner E, *et al.*. 2000. High-potassium, calc-alkaline I-type plutonism in the European Variscides: northern Vosges France and northern Schwarzwald Germany [J]. *Lithos*, 50: 51~73.

Barbarin B. 1999. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments [J]. *Lithos*, 46: 605~626.

Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang. 1993. Regional Geology of Xinjiang Uygur Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 426~427 (in Chinese).

Collins W J, Beams S D, White A J R, *et al.*. 1982. Nature and origin of A type granites with particular reference to Southeastern Australia [J]. *Contrib. Petro.*, 80: 189~200.

De La Roche H, Letecci J, Grande Claude P, *et al.*. 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks using  $R_1$ - $R_2$  diagrams and major element analyses—Its relationships and current nomenclature [J]. *Chem. Geol.*, 29: 183~210.

Gao Bingzhang, Hong Dawei, Zheng Jijian, *et al.*. 1991. A guide to the method of the 1:500 000 regional geological survey in granitoid rocks [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 38~93 (in Chinese).

Henderson P. Translated by Tian Feng and Shi Lang. 1989. Rare Earth

Element Geochemistry [M]. Beijing: Geology Publishing House, 158~178.

Irvine T N and Baragar W R A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks [J]. *Can. J. Earth Sci.*, 8: 532~548.

Jiang Changyi, Wu Wenkui, Xie Guangcheng, *et al.*. 1993. Characteristics of Carboniferous volcanic rocks and the trench-arc basin system in the Northern part of West Tianshan Mountains [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 13(3): 2~31 (in Chinese with English abstract).

Jiang Changyi, Wu Wenkui, Zhang Xueren, *et al.*. 1995. The change from island arc to rift valley—evidence from volcanic rocks in Awulale are [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 14(4): 289~300 (in Chinese with English abstract).

Le Maitre R W. 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms [M]. Blackwell Sci. Pub.

Li Changnian. 1992. Igneous Petrography of Trace Elements [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 57~121 (in Chinese).

Li Wuping and Lu Fengxiang. 1999. New progress of the study of geologic setting for calc-alkaline volcanic rocks [J]. *Geological Science and Technology Information*, 18(2): 15~18 (in Chinese with English abstract).

Li Yongjun, Pang Zhenjia, Luan Xindong, *et al.*. 2007. Disintegration of Tekesi Daban granitic batholith and its significance for Mo prospecting, Western Tianshan Mountains [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 31(4): 435~440 (in Chinese with English abstract).

Li Zhucang, Li Yongjun, Li Jinghong, *et al.*. 2006. The geochemical characteristics of Dahalajunshan Formation volcanic rocks and its analysis on tectonic Setting in Awulale are [J]. *Xinjiang Geology*, 24(2): 120~124 (in Chinese with English abstract).

Maniar P D and Piccoli P M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids [J]. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 101: 635~643.

Pearce J A, Harris N B W and Tindle A G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks [J]. *Petrol.*, 25: 956~983.

Wright J B. 1969. A simple alkalinity ratio and its application to questions of non-orogenic granite genesis [J]. *Geol. Mag.*, 106(4): 370~384.

Xiao Qinghui, Deng Jinfu, Ma Daquan, *et al.*. 2002. The Ways of Investigation on Granitoids [M]. Beijing: Geology Publishing House, 219~220 (in Chinese).

Zhao Zhenhua. 1997. Geochemical Principle of the Trace Element [M]. Beijing: Science Publishing House, 122~125 (in Chinese).

Zhu Yongfeng, Zhou Jing, Song Biao, *et al.*. 2006. Age of the "Dahalajunshan Formation" in Xinjiang and its disintegration [J]. *Geology in China*, 33(3): 487~497 (in Chinese with English abstract).

## 附中文参考文献

- 高秉章,洪大卫,郑基俭,等. 1991. 花岗岩类区 1:5 万区域地质填图方法指南[M]. 武汉:中国地质大学出版社,38~93.
- 亨德森 P. 田丰,施郎,译. 1989. 稀土元素地球化学[M]. 北京:地质出版社,159~178.
- 姜常义,吴文奎,谢广成,等. 1993. 西天山北部石炭纪火山岩特征与沟弧盆体系[J]. 岩石矿物学杂志,12(3):2~31.
- 姜常义,吴文奎,张学仁,等. 1995. 从岛弧向裂谷的变迁——来自阿吾拉勒地区火山岩的证据[J]. 岩石矿物学杂志,14(4):289~300.
- 李昌年. 1992. 火成岩微量元素岩石学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,57~121.
- 李永军,庞振甲,栾新东,等. 2007. 西天山特克斯达坂花岗岩基的解体和钼找矿意义[J]. 大地构造与成矿学,31(4):435~440.
- 李伍平,路凤香. 1999. 钙碱性火山岩构造背景的研究进展[J]. 地质科技情报,18(2):15~18.
- 李注苍,李永军,李景宏,等. 2006. 西天山阿吾拉勒一带大哈拉军山组火山岩地球化学特征及构造环境分析[J]. 新疆地质,24(2):120~124.
- 新疆地质矿产局. 1993. 新疆维吾尔自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社,426~427.
- 肖庆辉,邓晋福,马大铨,等. 2002. 花岗岩研究思维与方法[M]. 北京:地质出版社,219~220.
- 赵振华. 1997. 微量元素地球化学原理[M]. 北京:科学出版社,122~125.
- 朱永峰,周晶,宋彪,等. 2006. 新疆“大哈拉军山组”火山岩的形成时代问题及其解体方案[J]. 中国地质,33(3):487~497.

www.yskw.ac.cn