

东准库布苏南岩体微量元素特征及构造意义

成勇¹,杨高学²,李永军²,司国辉²,吴宏恩¹,金朝¹

(1.新疆维吾尔自治区有色地质矿产勘查院,新疆 乌鲁木齐 830000;

2.长安大学地球科学与资源学院,陕西 西安 710054)

摘要:新疆东准噶尔卡拉麦里地区库布苏南岩体以花岗闪长岩为主,稀土元素和微量元素地球化学研究表明,具有轻稀土富集,重稀土亏损,随酸度的增加, ΣREE 增加, δEu 值显著降低(1.03~0.25),K,Rb,Th 大离子亲石元素明显富集,Rb,Th 等不相容元素呈正异常,Ba,Zr 等元素形成明显的谷.结合东准噶尔卡拉麦里地区晚古生代构造-岩浆演化过程分析,岩体形成于卡拉麦里造山带的大陆主碰撞后初始拉张阶段(300±10) Ma,属于后碰撞花岗岩.库布苏南岩体记录了东准噶尔卡拉麦里地区“软碰撞”后陆内均衡调整过程,为建立东准噶尔地区构造格架和恢复岩浆演化事件提供了最有力的证据.

关键词:东准噶尔;库布苏南花岗岩体;地球化学;地质意义

东准噶尔呈东南窄、西北宽楔形体展布于西伯利亚板块和中朝-塔里木板块之间.整个板块由一系列线状蛇绿岩带和岛弧带组成,构成西伯利亚和中朝-塔里木古陆块之间重要构造带.该区分布有3条呈NW向展布的大断裂,从北向南依次为额尔齐斯断裂、阿尔曼太断裂和卡拉麦里断裂^[1,2].沿3条断裂分别形成了3条富碱花岗岩带,前人对其有不同程度的研究,但对属于卡拉麦里富碱花岗岩带的库布苏南岩体研究较少^[3-6].笔者在进行“新疆青河、奇台县红柳沟-苏吉泉一带1:5万区域地质矿产调查”项目时,对该岩体做了岩石学、岩石地球化学和LA-ICP-MS锆石U-Pb测年综合研究,获得较详细资料.本文在岩石学、岩石地球化学研究基础上,重点讨论岩体微量元素地球化学特征,并探讨其地质意义^[7].

1 地质概况

库布苏南花岗闪长岩体出露于东准噶尔造山带,位于准噶尔盆地东北缘,北以额尔齐斯河断裂和阿尔泰山南缘额尔齐斯构造混杂带为界,南以卡拉麦里蛇绿混杂岩带与东准噶尔古生代沟弧盆体系相邻(图1).区内出露最老地层为上志留统红柳沟组,岩性为杂色细碎屑岩夹凝灰岩和泥质灰岩,顶部被下泥盆统整合覆盖,下泥盆统托让格库都克组以玄武岩、安山玄武岩为主;中泥盆统卡拉麦里组发育在研究区西南部,自西向东,岩性由基性火山岩建造变为正常碎屑岩夹

少量火山碎屑岩;中泥盆统蕴都喀组分布于研究区北东部,除发育中酸性火山岩夹火山碎屑岩建造外,还发育一套洋壳性质汇聚过渡壳阶段的博宁岩-玻安岩系列;下石炭统分布于研究区中、南部,为海陆交互碎屑岩夹偏碱性火山岩建造,进一步分为姜巴斯套组、黑山头组和巴塔玛依内山组.NW向延伸的蛇绿岩带沿向南西逆冲推覆为主,以左行走滑为辅的卡拉麦里深大断裂断续分布,其形成时代为早泥盆世,可能是小洋盆洋壳残片^[8,9].蛇绿岩呈岩片或岩块混杂堆积于中泥盆统复理石及早石炭世早期火山复理石中,上为早石炭世晚期岛弧相火山岩及碎屑岩不整合覆盖.区内发育NW、EW和NE向断裂,其中以NW向卡拉麦里断裂为最大,EW向断裂被NW向断裂贯通,同时又被NE向构造切割.东准噶尔地区在晚石炭世发生了强烈构造热事件,导致该区晚古生代花岗岩的形成^[10].其富碱花岗岩类出露面积约为1 100 km²,由不同期次、大小不等的岩体组成,如库布苏南岩体、黄羊山花岗岩体、老鸦泉-贝勒库都克花岗岩体以及锡矿北花岗斑岩体.多为岩基状分布(少数呈岩枝状),具高硅、富碱和高度分异特点.

库布苏南花岗闪长岩东侧侵入于石炭纪黑山头组,成港湾状分布(图1),出露面积约为30 km²,北东侧大面积被第四系覆盖,南东和正南分别与黄羊山岩体和贝勒库都克岩体呈超动接触关系.围岩中见有花岗闪长岩岩脉和岩枝.在前人研究的基础上,在库布苏

项目资助:新疆青河、奇台县红柳沟-苏吉泉一带1:5万区域地质矿产调查(QD200508)项目资助

收稿日期:2008-06-20;修订日期:2008-08-28;作者 E-mail: xjys_cy@yahoo.com.cn

第一作者简介:成勇(1966-),男,新疆石河子人,高级工程师,2007年于中国地质大学(武汉)地球科学与资源学院硕士毕业,从事地质矿产勘查工作

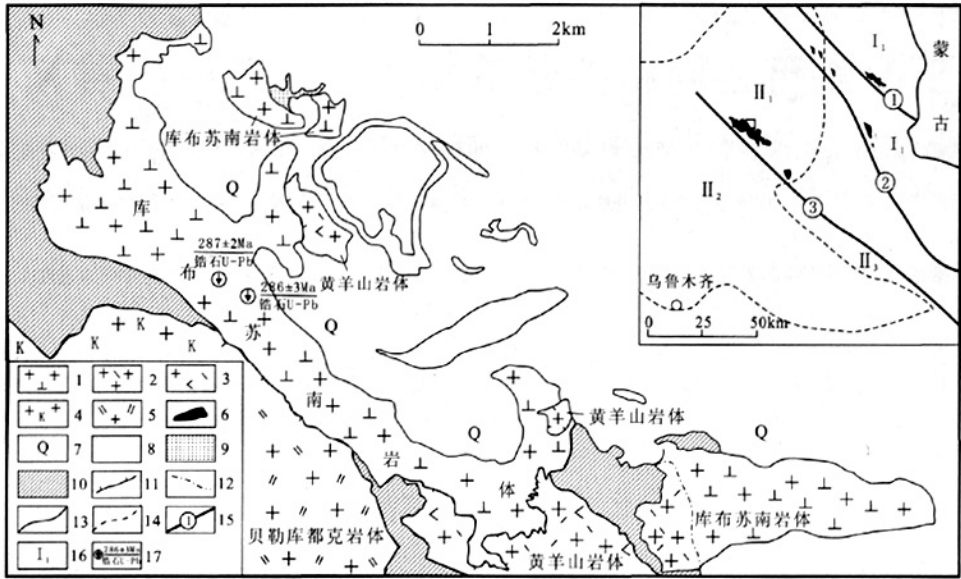


图1 卡拉麦里构造带库布苏南岩体分布略图

Fig.1 Geological sketch of Kubusunan rock in Kalamaili tectonic belt,East Junggar

1.花岗闪长岩;2.碱长花岗岩;3.钠铁闪石碱长花岗岩;4.正长花岗岩;5.二长花岗岩;6.花岗岩带;7.第四系;8.侏罗系;9.石炭系姜巴斯套组;10.石炭系黑山头组;11.超动接触关系;12.脉动接触关系;13.侵入接触;14.构造带界线;15.断裂及编号;16.构造带;17.样品位置及同位素年龄
I₁——阿尔泰构造带;I₂——阿尔曼太构造带;II₁——卡拉麦里构造带;II₂——准噶尔盆地;II₃——将军庙构造带;
①——额尔齐斯断裂;②——阿尔曼太断裂;③——卡拉麦里断裂

南岩体中识别出灰白色似斑状花岗闪长岩和浅肉红色似斑状碱长花岗岩,以前者为主,两者为脉动侵入接触关系。灰白色似斑状花岗闪长岩,岩石具似斑状结构,块状构造。岩石由斑晶和基质两部分组成,斑晶由斜长石和钾长石组成。库布苏南花岗闪长岩体 SiO₂ 饱和,属于准铝质高钾钙碱性系列,形成于相对氧化介质环境,有幔源物质参与富碱后碰撞花岗岩^[7]。

2 稀土元素特征

稀土元素含量及相关参数特点见表 1:①稀土元

素总量 ΣREE 较高($104.91\times10^{-6}\sim123.24\times10^{-6}$),平均为 113.19×10^{-6} ,且随酸度的增加而增大,表明总体变异趋势不明显;②轻稀土 LREE 为 $73.97\times10^{-6}\sim85.37\times10^{-6}$,重稀土 HREE 为 $30.94\times10^{-6}\sim37.87\times10^{-6}$,轻、重稀土比值 LREE/HREE 为 2.19~2.39,大于 1,具轻稀土富集特征,说明壳源物质对岩浆形成起重要作用;③(La/Yb)_N 比值 3.84~4.43,平均 4.16,大于 1,表明轻稀土富集。(La/Sm)_N 比值介于 2.67~2.99,平均值为 2.85;(Gd/Yb)_N 比值为 1.07~1.19,平均值为 1.12,表明轻、重稀土分馏程度较高;④在稀土元素含量经球粒陨石标准化分布模式图中(图 2),轻、重稀土分馏较明显,呈右

表 1 新疆东准噶尔卡拉麦里地区库布苏南岩体稀土元素数据及相关参数

Table 1 REE data and index number of Kubusunan Granite of karamaili area in East Junggar,Xinjiang

序号	样品	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
1	IV-27-1	16.3	32.9	4.37	16.0	3.49	0.91	3.55	0.60	3.08	0.65	1.95	0.36	2.48	0.37	17.9
2	VI-40-1	18.9	38.8	4.95	17.6	3.97	1.15	4.03	0.71	3.86	0.80	2.35	0.44	3.04	0.44	22.2
3	IV-25-1	16.1	33.3	4.50	17.1	3.63	0.94	3.77	0.66	3.46	0.71	2.17	0.41	2.83	0.41	20.1
4	IV-23-1	16.4	35.6	4.83	17.9	3.86	1.11	3.90	0.68	3.55	0.72	2.17	0.38	2.64	0.38	20.4
平均值		16.9	35.2	4.66	17.2	3.74	1.03	3.81	0.66	3.48	0.72	2.16	0.39	2.75	0.40	20.2

序号	样品	LREE	HREE	ΣREE	L/H	σEu	σCe	La/Sm	La/Yb	(La/Yb) _N	(La/Sm) _N	(Gd/Yb) _N
1	IV-27-1	73.97	30.94	104.91	2.39	0.78	0.92	4.67	6.57	4.43	2.94	1.16
2	VI-40-1	85.37	37.87	123.24	2.25	0.87	0.95	4.76	6.22	4.19	2.99	1.07
3	IV-25-1	75.57	34.52	110.09	2.19	0.77	0.93	4.44	5.69	3.84	2.79	1.07
4	IV-23-1	79.70	34.82	114.52	2.29	0.87	0.95	4.25	6.21	4.19	2.67	1.19
平均值		78.65	34.54	113.19	2.28	0.82	0.94	4.53	6.17	4.16	2.85	1.12

注:L/H 代表 LREE/HREE.表中的 4 个样品岩性均为花岗闪长岩.样品由宜昌地质研究所岩矿测试室用 ICP 原子光谱等方法分析,2007

倾平滑型曲线,为不对称“V”型模式,显示库布苏南花岗闪长岩体具轻稀土富集重稀土亏损的特征;⑤ δEu 值(0.77~0.87)表现为 Eu 弱亏损型,表明岩浆演化过程中发生了斜长石分离结晶作用. δCe 为 0.92~0.95,平均为 0.94,大多数小于 1,为 Ce 弱亏损型,表明其成岩环境氧逸度高.

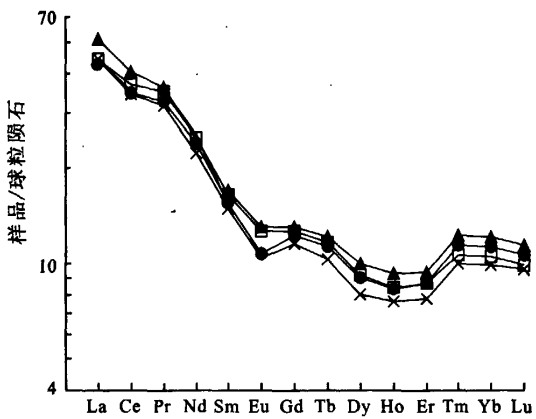


图 2 稀土元素分布模式图
Fig.2 Chondrite-normalized REE patterns
(亨德森 P^[11],1989)
×——IV-27-1;▲——VI-40-1;●——IV-25-1;□——IV-23-1

3 微量元素特征

库布苏南岩体稀土微量元素特点见表 2.库布苏南花岗闪长岩体以高 Rb,Sr 和低 Rb/Sr 值为特征,其中 Rb 丰度 $81\times10^{-6}\sim108\times10^{-6}$,随酸度的增加,Rb 含量升高而 Ba 和 Sr 含量明显降低.在原始地幔标准化微量元素蛛网图上(图 3),Ba 和 Nb 等元素形成 2 个尖锐的低谷,其余元素呈富集状态,Sn 正异常最为明显,为原始地幔含量的 100 倍左右;不相容元素 Rb,Th 等正异常显著,为原始地幔含量的 100 倍左右,次为 La,Ce,Ta 等元素约为原始地幔的 10 倍左右,Hf,Zr,Y,Yb 等相容元素正异常偏低,小于 10 倍.在洋脊花岗岩标准化微量元素图解(图 4)上,显示为右倾斜不规则曲线,K,Rb,Th 大离子亲石元素明显富集,Rb,Th 等不相容元素呈

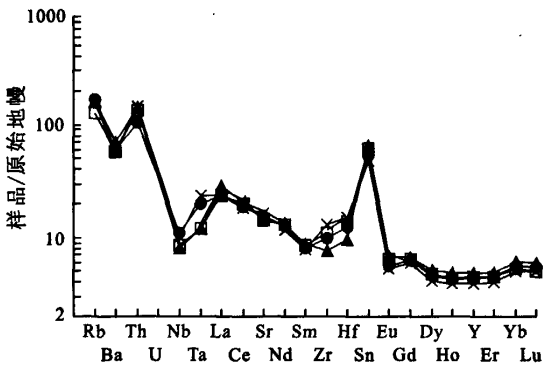


图 3 原始地幔标准化微量元素蛛网图
Fig.3 Primitive mantle normalized trace element spidergrams
(Pearce A J^[12],1984)
(原始地幔标准化值来自 Sun 和 McDonough^[13],1989)
(图例同图 2)

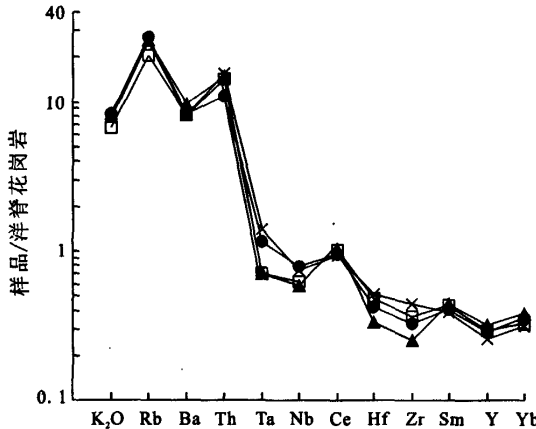


图 4 洋脊花岗岩标准化微量元素蛛网图
Fig.4 Ocean ridge granite normalized trace element spidergrams
(Pearce A J^[12],1984)
(图例同图 2)

正异常和 Ba,Zr 等元素形成明显的谷,具岛弧花岗岩特征.

综上所述,花岗闪长岩体中微量元素 K,Rb,Th 等

表 2 新疆东准噶尔卡拉麦里地区库布苏南岩体微量元素及稀土元素数据表		Table 2 Trace element and REE content of Kubusunan Granite of karamaili area in East Junggar,Xinjiang																		×10 ⁻⁶	
序号	样品	Ba	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Th	Ga	Ni	Cr	Hf	Sc	Ta	Co	Li	Be	B	W	Sn	Mo
1	IV-27-1	406	102.0	349	17.9	149.0	7.31	12.40	17.2	9.18	10.7	4.64	6.47	0.98	9.26	53.0	2.58	14.0	1.32	8.20	0.76
2	VI-40-1	488	104.0	302	22.2	86.5	5.86	12.00	18.0	8.04	15.4	3.00	4.38	0.50	6.12	31.5	2.73	13.8	1.56	11.00	1.23
3	IV-25-1	416	108.0	326	20.1	112.0	7.86	8.76	19.2	11.20	21.5	3.82	7.32	0.81	10.6	54.4	2.72	12.1	1.43	9.00	0.64
4	IV-23-1	410	81.0	308	20.4	123.0	6.16	11.30	20.4	11.90	48.1	4.31	8.68	0.50	11.80	27.3	2.60	18.4	1.10	10.50	0.86
平均值		430	98.8	321	20.2	117.0	6.80	11.10	18.7	10.10	23.9	3.90	6.70	0.70	9.40	41.6	2.70	14.6	1.44	9.73	0.91

注:L/H 代表 LREE/HREE.表中的 4 个样品岩性均为花岗闪长岩.样品由宜昌地质研究所岩矿测试室用 ICP 原子光谱等方法分析,2007

元素强烈富集, Ba, Zr 等元素亏损, 具岛弧花岗岩特征, 但并非岛弧花岗岩, 可能是后碰撞阶段壳-幔岩浆混合作用的结果。

4 构造环境分析

在不同构造环境花岗岩的 Nb-Y 和 Rb-(Y+Nb) 判别图中(图 5), 投点落入火山弧花岗岩与同构造造山期花岗岩区。与 Pearce 等对一些已知后碰撞花岗岩投图结果相似^[12]。在 Rb/10-Hf-3Ta 构造判别图解上(图 6), 主要落入火山弧花岗岩与碰撞带花岗岩过渡区。其微量元素标准化图式显示典型火山弧花岗岩特征, 表明地壳在部分熔融形成该序列岩浆过程中, 有部分斜长石残留或与岩浆作用过程发生分离结晶使样品投入火山弧区, 结合岩石化学研究, 认为该岩体形成于碰撞期后由压性转为张性的构造环境^[7]。

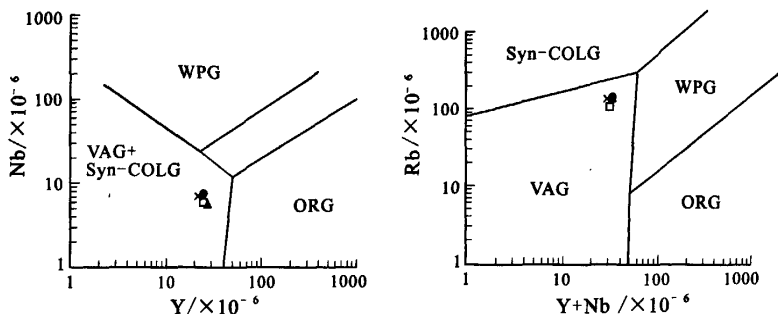


图 5 库布苏南岩体 Nb-Y 和 Rb-Y+Nb 判别图
Fig.5 Rb-Y+Nb and Nb-Y diagrams for the Kubusunan intrusive
(据 Pearce 等^[12], 1984)
(图例同图 2)

势, Eu 随酸度增加由弱正异常变为强负异常, 属轻稀土富集型, 具岛弧花岗岩的特征, 但并非岛弧花岗岩。

(2) 构造环境判别表明, 岩体形成于后碰撞构造环境, 产于碰撞期后由压性转为张性的构造环境。韩宝福认为, 仅仅依靠花岗岩类构造环境的地球化学判别图解会得出似是而非的结果, 强调时空分布特征及区域地质构造全面分析是厘定后碰撞花岗岩类最重要依据。在区域地质研究基础上的高精度锆石 U-Pb 年代学研究能建立区域构造演化年代学框架, 进而准确地限定后碰撞花岗岩类岩浆活动时限^[16]。库布苏南花岗岩岗长岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 (287 ± 2) Ma, MSWD=0.15, 时代属准东后碰撞深成岩浆活动范围 $(330 \sim 265)$ Ma^[6,17]。结合东准噶尔卡拉麦里地区晚古生代构造-岩浆演化过程分析, 岩体形成于卡拉麦里造山带大陆主碰撞 (300 ± 10) Ma 后初始拉张阶段, 属后碰撞花岗岩^[18]。是岩石圈拆沉过程初期, 幔源岩浆在壳下和壳内不同深度发生垫托, 壳幔物质发生不同程度分熔、混合和交换的产物。

(3) 东准噶尔造山带在古生代形成多岛洋局面, 由于古亚洲洋是多岛洋, 经历了多旋回的开合过程, 洋盆的闭合, 实际上是洋盆中岛屿的拼合过程。泥盆纪初期, 伸展作用广泛发育在西伯利亚古陆及其边缘地区, 形成卡拉麦里洋盆。从中泥盆纪开始, 卡拉麦里洋盆北缘转化为活动陆缘。晚石炭纪, 卡拉麦里洋盆闭合, 塔里木地块与西伯利亚增生边缘碰撞, 结束了研究区内洋陆格局的演化, 这种地质块体对接拼贴具“软碰撞”特征, 即各个块体联而不合^[19]。研究认为, 早二叠世 280 Ma 前后, 东准噶尔地区岩浆活动继续发育, 基性-酸性火山喷发作用普遍而强烈, 具双峰式特征, 这可能就是“软碰撞”特征的表现^[9,20]。库布苏南花岗岩岗长岩是在这种构造背景下侵位形成, 记录了东准

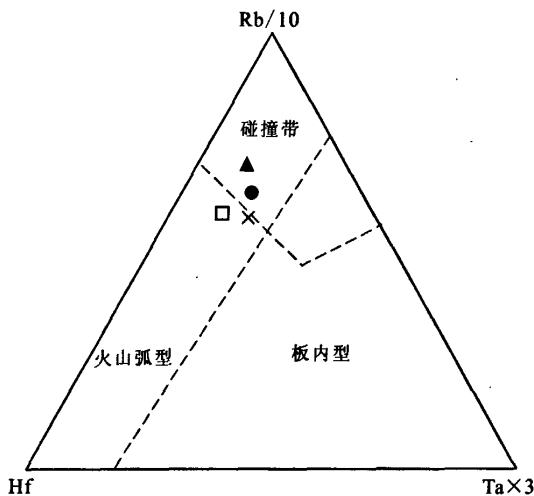


图 6 库布苏南岩体 Rb/10-Hf-3Ta 图解
Fig. 6 Rb/10-Hf-3Ta diagram of the Kubusunan intrusive
(引自肖庆辉等^[14-15], 2002)
(图例同图 2)

5 结论

(1) 地球化学特征: 微量元素组成上富集大离子亲石元素(如 K, Rb, Th, Ce 等)、亏损高场强元素(如 Nb, Hf, Zr 等), Σ REE 变化较小, 且随酸度增加呈增大趋

噶尔卡拉麦里地区“软碰撞”后陆内均衡调整过程。虽然其规模较小,但对建立东准噶尔地区构造格架和恢复岩浆演化事件具有重要意义。

参考文献

- [1] 忻建刚,袁奎荣,刘家远.新疆东准噶尔北部碱性花岗岩的特征、成因及构造意义[J].大地构造与成矿学,1995,19(3):214-226.
- [2] 刘家远,喻亨祥,吴郭泉.新疆东准噶尔两类碱性花岗岩及其地质意义[J].矿物岩石地球化学通报,1999,18(2):89-94.
- [3] 韩宝福,王式洗,江博明,等.新疆乌伦古河碱性花岗岩 Nd 同位素特征及其对显生宙地壳生长的意义[J].科学通报,1997,42(17):1829-1832.
- [4] 韩宝福,季建清,宋彪,等.新疆喀拉通克和黄山东含铜镍矿镁铁—超镁铁杂岩体的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J].科学通报,2004,49(22):2324-2328.
- [5] 韩宝福,何国琦,王式洗.后碰撞幔源岩浆活动、底垫作用及准噶尔盆地基底的性质[J].中国科学(D 辑),1999,29(1):17-21.
- [6] 韩宝福,季建清,宋彪,等.新疆准噶尔晚古生代陆壳垂向生长(I)—后碰撞深成岩活动的时限[J].岩石学报,2006,22(5):1077-1086.
- [7] 闫存兴,杨高学,李永军,等.东准库布苏南岩体岩石化学特征及其地质意义[J].新疆地质,2008,26(3):220-224.
- [8] 李锦轶.新疆东准噶尔蛇绿岩的基本特征和侵入历史[J].岩石学报,1995,11(增刊):73-84.
- [9] 李锦轶,肖序常,汤耀庆,等.新疆东准噶尔卡拉麦里地区晚古生代板块构造的基本特征[J].地质论评,1990,36(4):305-316.
- [10] 李锦轶,肖序常,陈文,等.新疆北部晚石炭世至晚三叠世地壳热演化——东准噶尔考克塞山荒草坡群的⁴⁰Ar-³⁹Ar 定年[J].地质学报,2000,71(4):303-312.
- [11] P.亨德森主编.稀土元素地球化学[M].北京:地质出版社,1989,20-178.
- [12] Pearce A.J.etc. Trace element discrimination diagram for the tectonic interpretation of granitic rocks[J]. Journal of petrology, 1984, 25(4): 956-983.
- [13] Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and process s. In: Saunders AD and Norry MJ (eds). Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society [J]. Special Publication, 1989, 42: 313-345.
- [14] 肖庆辉,邓晋福,马大铨.花岗岩研究思维与方法[M].北京:地质出版社,2002,53-63.
- [15] 高秉章,洪大为,郑基俊,等.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,1991.
- [16] 韩宝福.后碰撞花岗岩类的多样性及其构造环境判别的复杂性[J].地学前缘(中国地质大学(北京)),2007,14(3):64-72.
- [17] 杨高学,李永军,司国辉,等.东准库布苏南岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年[J].中国地质,2008,35(5):849-858.
- [18] 胡漪琴,张国新,李启新,等.新疆北部主要地质事件同位素年表[J].地球化学,1995,24(1):20-31.
- [19] 梁云海,李文钊,李卫东.新疆准噶尔造山带多旋回开合构造特征[J].地质通报,2004,23(3):279-285.
- [20] 陈哲夫.新疆开合构造与成矿特征的有关问题[J].地质通报,2004,23(3):214-221.

TRACE-ELEMENT FEATURE AND TECTONIC SIGNIFICANCE OF THE KUBUSUNAN GRANITIC ROCK IN EAST JUNGGAR, XINJIANG

CHENG Yong¹, YANG Gao-xue², LI Yong-jun², Si Guo-hui², WU Hong-en¹, JIN Zhao²
(1. Xinjiang Institute of Geological Exploration for Nonferrous Resources, Urumqi, Xinjiang, 830000, China;
2. Earth Science & Resources College of Chang'an University, Xi'an, Shanxi, 710054, China)

Abstract: Granodiorite is main lithological character of the Kubusunan rock in Kalamaili area, East Junggar, Xinjiang. Study of trace element and REE of the rock, rocks characteristics of rich LREE, defect HREE, with acidity increase, Σ REE rise, δ Eu remarkable drop (1.03~0.25), larger ion element like K、Rb、Th rich, accommodating element like Rb、Th exceptionally, Ba、Zr lower than others. Based on tectonics-magma evolution of the Later Paleozoic era in Kalamaili area, East Junggar, indicated that rock formed in initial stretch stage of the main-collision (300±10Ma) in the Kalamaili orogenic zone, belongs to post-collision granite type, that record the process continental equilibrium adjust of “soft-collision” in Kalamaili area, and take strong evidence for rebuilding tectonic framework and recovering magma evolution in East Junggar.

Key words: Kubusunan rock; Geochemistry; Tectonic significance; Kalamaili; East Junggar

作者: [成勇](#), [杨高学](#), [李永军](#), [司国辉](#), [吴宏恩](#), [金朝](#), [CHENG Yong](#), [YANG Gao-xue](#),
[LI Yong-jun](#), [Si Guo-hui](#), [WU Hong-en](#), [JIN Zhao](#)
作者单位: [成勇, 吴宏恩, 金朝, CHENG Yong, WU Hong-en, JIN Zhao\(新疆维吾尔自治区有色地质矿产勘查院, 新疆, 乌鲁木齐, 830000\)](#), [杨高学, 李永军, 司国辉, YANG Gao-xue, LI Yong-jun, Si Guo-hui\(长安大学地球科学与资源学院, 陕西, 西安, 710054\)](#)
刊名: [新疆地质](#) **ISTIC PKU**
英文刊名: [XINJIANG GEOLOGY](#)
年, 卷(期): 2009, 27(1)
被引用次数: 1次

参考文献(20条)

1. [忻建刚;袁奎荣;刘家远](#) [新疆东准噶尔北部碱性花岗岩的特征、成因及构造意义](#)[期刊论文]-[大地构造与成矿学](#) 1995(03)
2. [李锦轶;肖序常;汤耀庆](#) [新疆东准噶尔卡拉麦里地区晚古生代板块构造的基本特征](#)[期刊论文]-[地质论评](#) 1990(04)
3. [陈哲夫](#) [新疆开合构造与成矿特征的有关问题](#)[期刊论文]-[地质通报](#) 2004(03)
4. [梁云海;李文铅;李卫东](#) [新疆准噶尔造山带多旋回开合构造特征](#)[期刊论文]-[地质通报](#) 2004(03)
5. [胡霭琴;张国新;李启新](#) [新疆北部主要地质事件同位素年表](#)[期刊论文]-[地球化学](#) 1995(01)
6. [杨高学;李永军;司国辉](#) [东准库布苏南岩体LA-ICP-MS锆石U-Pb测年](#)[期刊论文]-[中国地质](#) 2008(05)
7. [韩宝福](#) [后碰撞花岗岩类的多样性及其构造环境判别的复杂性](#)[期刊论文]-[地学前缘\(中国地质大学\(北京\)\)](#) 2007(03)
8. [高秉章;洪大为;郑基俭](#) [花岗岩类区1:5万区域地质填图方法指南](#) 1991
9. [肖庆辉;邓晋福;马大铨](#) [花岗岩研究思维与方法](#) 2002
10. [Sun S S;McDonough W F](#) [Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts:implications for mantle composition and process s](#) 1989
11. [Pearce A J](#) [Trance element discrimination diagram for the tectonic interpretation of granitic rocks](#) 1984(04)
12. [P 亨德森](#) [稀土元素地球化学](#) 1989
13. [李锦轶;肖序常;陈文](#) [新疆北部晚石炭世至晚三叠世地壳热演化—东准噶尔考克塞尔盖山荒草坡群的40Ar-39Ar定年](#)[期刊论文]-[地质学报](#) 2000(04)
14. [李锦轶](#) [新疆东准噶尔蛇绿岩的基本特征和侵位历史](#)[期刊论文]-[岩石学报](#) 1995(zk)
15. [闫存兴;杨高学;李永军](#) [东准库布苏南岩体岩石化学特征及其地质意义](#)[期刊论文]-[新疆地质](#) 2008(03)
16. [韩宝福;季建清;宋彪](#) [新疆准噶尔晚古生代陆壳垂向生长\(I \)-后碰撞深成岩浆活动的时限](#)[期刊论文]-[岩石学报](#) 2006(05)
17. [韩宝福;何国琦;王式洗](#) [后碰撞幔源岩浆活动、底垫作用及准噶尔盆地基底性质](#)[期刊论文]-[中国科学D辑](#) 1999(01)
18. [韩宝福;季建清;宋彪](#) [新疆喀拉通克和黄山东含铜镍矿镁铁-超镁铁杂岩体的SHRIMP锆石U-Pb年龄及其地质意义](#)[期刊论文]-[科学通报](#) 2004(22)
19. [韩宝福;王式洗;江博明](#) [新疆乌伦古河碱性花岗岩Nd同位素特征及其对显生宙地壳生长的意义](#) 1997(17)
20. [刘家远;喻亨祥;吴郭泉](#) [新疆东准噶尔两类碱性花岗岩及其地质意义](#)[期刊论文]-[矿物岩石地球化学通报](#)

引证文献(1条)

1. 章文忠, 曾长华 新疆东准噶尔库布苏金矿床地质与地球化学特征[期刊论文]-新疆地质 2010 (1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_xjdz200901002.aspx