

东昆仑肯德可克铁矿区二长花岗岩 组成、年龄及地质意义

奚仁刚, 校培喜, 伍跃中, 董增产, 过磊, 高晓峰

(中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054)

摘要: 东昆仑地区华力西—印支造山旋回在三叠世中—晚期进入造山后伸展阶段, 且伴生大量中酸性岩浆作用, 其中肯德可克铁矿区发育的二长花岗岩是本区砂卡岩型铁矿的成矿母岩。地球化学数据表明: 该二长花岗岩具有偏铝质—弱过铝质 A 型花岗岩的特征, 形成于造山后期的伸展环境; LA-ICPMS 锆石 U-Pb 测年得到其谐和年龄为 $(230.5 \pm 4.2) \text{ Ma}$ ($n=7$, $\text{MSWD}=1.4$), 代表了岩体的形成年龄, 并且其形成很可能与造山后岩石圈伸展, 玄武岩岩浆底侵提供热源引起下地壳物质深融作用有关, 是印支末期岩浆活动的产物。

关键词: 锆石 LA-ICPMS 测年; 二长花岗岩; 肯德可克; 东昆仑

中图分类号: P618.31, P588.12 **文献标识码:** A

1 引言

肯德可克铁矿区二长花岗岩体位于青海省西部巴音格勒河东岸, 在构造位置上属东昆仑造山带北部昆北火山-侵入岩带之西段。该侵入岩分布面积约 7 km^2 , 受冬巴布鲁可断裂及其有关的一系列北西向断裂控制, 展布方向总体为北西向、近东西向, 与区域构造方向基本一致 (青海省地质矿产局, 1991)。区内出露中晚元古代蓟县纪狼牙山组 (J_{x1}), 奥陶纪祁漫塔格群 (OQ), 上泥盆统牦牛山组 (D_{3m}), 下石炭统大干沟组 (C_{1dg}), 上石炭统绵散苏组 (C_{2d}) 以及第四系的冲积洪积物、风积洪积物和风积破积物等 (图 1)。近年来, 随着区域地质大调查的不断深入, 在整个东昆仑造山带西段地区发现了许多新的与花岗岩有关的砂卡岩型铁、铜、铅、锌、银等多金属矿床及矿化点, 并对部分与成矿有

关的岩体的侵位时代和构造环境进行了报道 (刘云华等, 2005; 常有英等, 2009)。而对肯德可克地区成矿的中酸性侵入岩研究程度较低, 仅有少量的花岗岩的全岩 Rb-Sr 数据限性 (张德全等, 2001)。笔者对该地区与成矿有关的花岗岩进行了锆石 LA-ICPMS 测年, 并对其形成环境进行了研究, 为该区地质构造演化历史提供了高精度年代学依据。

2 岩石学及地球化学特征

2.1 岩石学特征

岩石类型为灰白色中细粒二长花岗岩, 岩石具中细粒半自形粒状结构, 块状构造。主要矿物成分: 斜长石 45% ~ 50%, 钾长石 20% ~ 25%, 石英 20% ~ 25%, 透辉石 5% ~ 10%。副矿物为金属矿物, 磷灰石, 锆石。斜长石呈自形板状, 为更长石 ($An=$

收稿日期: 2010-10-20; 修回日期: 2010-11-19

基金项目: 中国地质调查局国土资源大调查项目“昆仑-阿尔金成矿带基础地质综合研究” (1212010911025)

作者简介: 奚仁刚 (1985-), 男, 助理工程师, 从事岩石地层方面的工作。E-mail: happ01008@163.com

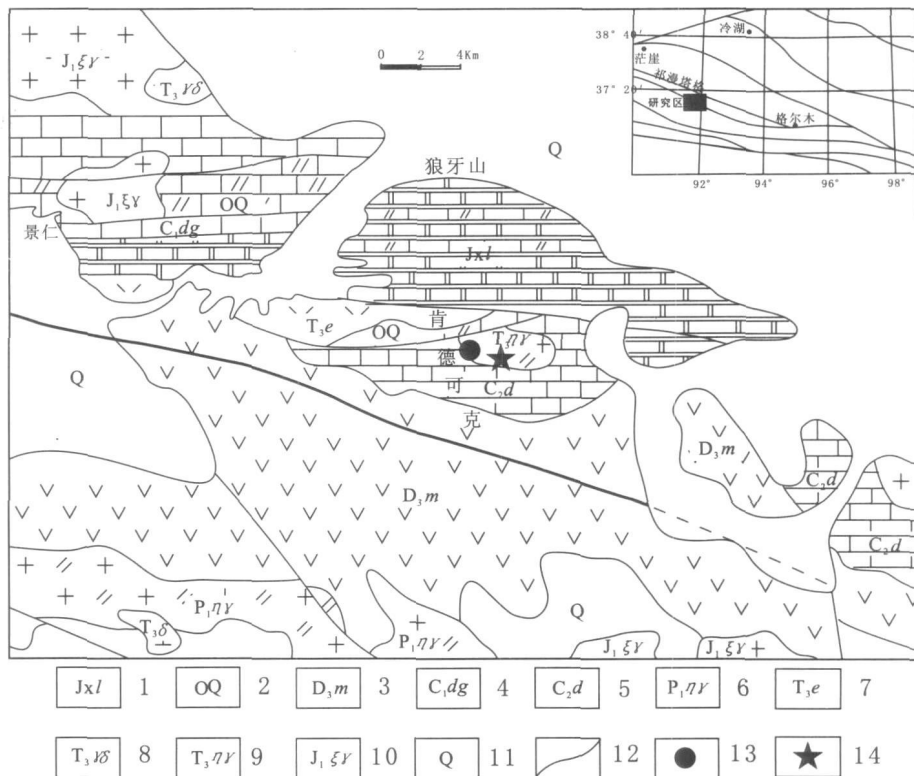


图 1 肯德可克铁矿区地质简图

Fig. 1 The sketch geological map of Kendekeke iron mine

1. 蓟县纪狼牙山组大理岩、白云质灰岩;
2. 奥陶纪祁漫塔格群白云质灰岩;
3. 晚泥盆世牦牛山组安山岩;
4. 早石炭世大干沟组灰岩;
5. 中石炭世纳苏组灰岩;
6. 早二叠世二长花岗岩;
7. 晚三叠世鄂拉山组流纹质凝灰岩、安山岩;
8. 晚三叠世花岗闪长岩;
9. 晚三叠世二长花岗岩;
10. 早侏罗世钾长花岗岩;
11. 第四季风积、冲积物;
12. 断层;
13. 铁矿床;
14. 采样点

13), 钾长石为半自形板状, 透辉石为自形—半自形柱状, 石英为他形粒状。矿物粒径多数为 0.5~2 mm, 部分 2~4.5 mm。

2.2 地球化学特征

二长花岗岩的主量元素、稀土元素和微量元素的分析测试在西安地质矿产研究所实验测试中心完成, 其中主量元素采用 X 荧光光谱 (XRF) 进行分析测定, 稀土和微量元素利用电感耦合等离子质谱仪 (ICP-MS) 进行测定, 主量元素的分析精度优于 1%, 稀土和微量元素的分析精度为 5%~10%。另外 3 个样品数据由青海地调院提供, 测试是由宜昌地质矿产研究所实验测试中心完成。测试数据见表 1。

肯德可克铁矿区二长花岗岩岩体主量元素分析结果表明, 该时代侵入岩 SiO_2 含量变化范围在 $69.61 \times 10^{-2} \sim 71.43 \times 10^{-2}$, Na_2O 含量 3.12×10^{-2}

$\sim 3.65 \times 10^{-2}$, K_2O 含量 $3.47 \times 10^{-2} \sim 4.30 \times 10^{-2}$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 值为 1.03~1.31。在 AFM 图解中 (图 2) 样品点落在钙碱性系列区内, 并接近 AF 线

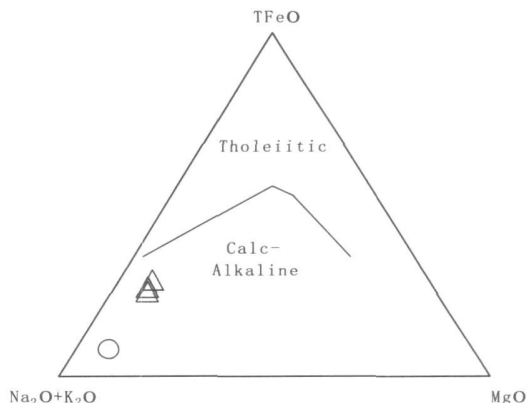


图 2 AFM 图解

Fig. 2 AFM diagram

(○来源于 KDKD001, 来源于青海地调院, 后同)

分布, 表现出富碱贫铁镁的特点。 $A/NK=1.40\sim 1.51$, $A/CNK=0.84\sim 1.01$, 在铝饱和指数图解中 (图 3), 沿偏铝质和过铝质花岗岩的分界线分布, 属于偏铝质到弱过铝质岩石。将该花岗岩的化学成分投入花岗岩成因分类的 K_2O-Na_2O 图解中 (图 4), 花岗岩均落在 A 型花岗岩区, 属于 A 型花岗岩。

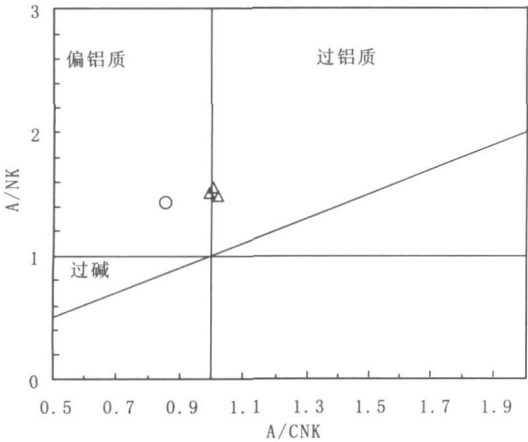


图 3 铝饱和指数图解
Fig.3 Al saturation index diagram

肯德可克铁矿区二长花岗岩岩体稀土元素总量较高 ($\sum REE=132.06\times 10^{-6}\sim 256.35\times 10^{-6}$), 且以轻稀土较富集及重稀土亏损为特征 ($LREE/HREE=8.55\sim 10.34$); $(La/Yb)_N=8.42\sim 10.62$,

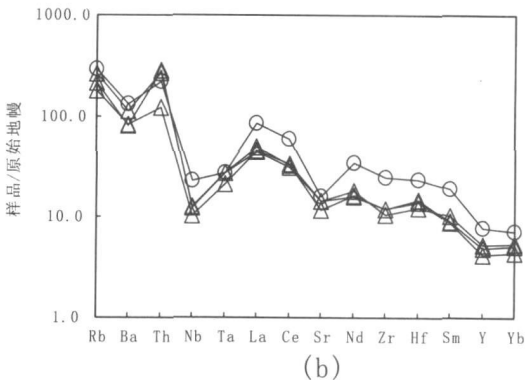
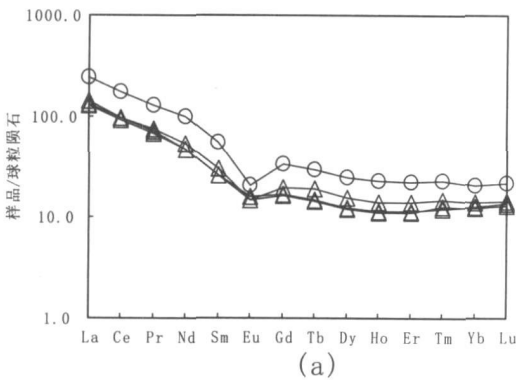


图 5 肯德可克铁矿区二长花岗岩稀土元素球粒陨石标准化配分图和微量元素原始地幔标准化蛛网图 (球粒陨石和原始地幔标准化值分别引自 Taylor and McLennan (1985) 和 Sun and McDonough (1989))

Fig. 5 Chondrite-normalized REE patterns and primitive mantle-normalized spider diagrams of monzonitic granite from Kendekeke iron mine. Values ($\times 10^{-6}$) of trace element for chondrite are from Taylor and McLennan (1985) and for PM from Sun and McDonough (1989) respectively

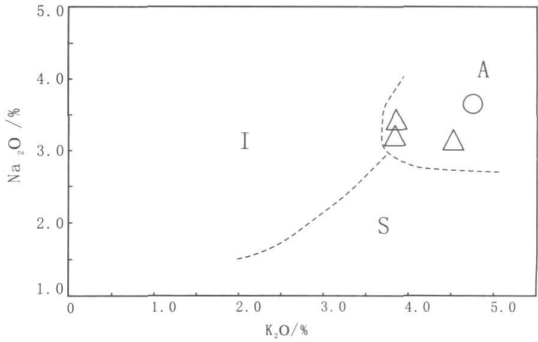


图 4 肯德可克二长花岗岩 Na_2O-K_2O 图解 (据 Collins, 1982)

Fig.4 Na_2O-K_2O diagrama of Kendekeke monzonitic granite (after Collins, 1982)

反映了轻重稀土分馏较明显的特点。球粒陨石标准化稀土配分图 (图 5-a), 呈 Eu 明显负异常的右倾型曲线特征, δEu 为 $0.48\sim 0.78$ 。样品显示 Eu 较明显负异常, 说明在成岩过程中存在斜长石的分离结晶作用。

不相容元素原始地幔标准化蛛网图中 (图 5-b), 二长花岗岩样品表现富集 LILE (Rb、Th), 强烈亏损 Nb、Ta, 具有一定程度的 Sr 负异常, 显示了 A 型花岗岩的一般特征。Rb/Sr 和 Rb/Ba 的值为 $12.41\sim 22.38$ 和 $2.18\sim 2.61$, 反映了岩石在成岩过程中经历了一定程度的分异演化。

样品编号	氧化物含量/ $\times 10^{-2}$																	
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	LOI	H ₂ O ⁺	SUM	K ₂ O/Na ₂ O	A/CNK	A/NK	
NGs8138	70.18	14.26	1.35	1.65	2.66	0.85	3.12	4.09	0.33	0.09	0.13	0.56	0.46	99.73	1.31	0.98	1.46	
NGs2135a	70.24	13.72	1.64	1.55	2.25	0.83	3.39	3.49	0.34	0.22	0.13	0.67	1.19	99.66	1.03	1.01	1.44	
NGs0108	71.43	13.88	0.91	1.68	2.62	0.83	3.2	3.47	0.34	0.06	0.09	0.45	0.85	99.81	1.08	0.99	1.51	
KDKD001/GX	69.61	15.23	0.09	0.72	3.94	0.68	3.65	4.30	0.45	0.03	0.12	0.75	0.39	99.78	1.18	0.84	1.40	
样品编号	稀土丰度/ $\times 10^{-6}$																	
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	REE	LREE/HREE	(La/Yb) _N	δEu
KDKD001/GX	58.17	105.4	12.21	46.79	8.41	1.20	6.99	1.11	6.36	1.31	3.73	0.59	3.54	0.55	256.35	9.60	10.62	0.48
NGT8138-1	30.75	55.7	6.37	21.8	3.99	0.94	3.42	0.56	3.15	0.65	1.9	0.31	2.17	0.35	132.06	9.56	9.17	0.78
NGT2135a	33.77	58.7	6.8	22.07	3.97	0.85	3.34	0.54	3.1	0.64	1.84	0.32	2.09	0.33	138.36	10.34	10.46	0.71
NGT0108	31.23	59.67	7.14	24.85	4.65	0.87	4.05	0.72	3.96	0.8	2.33	0.38	2.4	0.37	143.42	8.55	8.42	0.61
样品编号	微量元素丰度/ $\times 10^{-6}$																	
	Ba	Rb	Th	Nb	Ta	La	Ce	Sr	Nd	Sm	Zr	Hf	Y	Yb	Rb/Sr	Rb/Ba		
KDKD001/GX	923	184	18.8	16.2	1.12	58.2	105	342	46.8	8.41	280	7.28	35.5	3.54	17.88	2.19		
NGT8138-1	569	135	24.2	8.82	1.14	30.75	55.7	307	21.8	3.99	136	4.6	22.5	2.58	14.61	2.61		
NGT2135a	789	167	23.1	8.95	1.12	33.77	58.7	248	22.07	3.97	135	4.4	19.1	2.21	22.38	2.33		
NGT0108	580	115	10.4	7.47	0.86	31.23	59.67	308	24.85	4.65	118	3.8	24.2	2.68	12.41	2.18		

3 锆石 LA-ICPMS 测年

3.1 样品制备和分析方法

样品采集于青海省西部巴音格勒河东岸肯德可克铁矿区附近二长花岗岩岩体, 具体位置 (E: 91°49'24.9", N: 37°00'45.7") 见图 1。

锆石样品是从二长花岗岩 (KDKD-001) 通过人工重砂、电磁选和双目镜下挑选, 锆石的 CL 图像和 LA-ICP-MS 法单颗粒锆石微区 U-Pb 年龄测定是在西北大学大陆动力学教育部重点实验室完成, 其中 CL 发光仪为加载于扫描电镜上的英国 Gatan 公司的 Mono CL3+ 型阴极荧光探头。LA-ICP-MS 分析采用 Agilent 7500 型 ICP-MS 和德国 Lambda-Physik 公司的 ComPex102 ArF 准分子激光器 (工作物质 ArF, 波长 193nm) 以及 MicroLas 公司的 GeoLas 200 M 光学系统联机进行。激光束斑直径为 30 μm , 激光剥蚀样品的深度为 20~40 μm 。实验中采用 He 作为剥蚀物质的载气, 用美国国家标准技术研究院研制的人工合成硅酸盐玻璃标准参考物质 NIST SRM 610 进行仪器最佳化, 采样方式为单点剥蚀, 数据采集选用一个质量峰一点的跳峰方式, 每完成 4~5 个测点的样品测定, 加测标样一次。在所测锆石样品分析 15~20 个点前后各测 2 次 NIST SRM 610。锆石年龄采用国际标准锆石 91500 作为外标准物质, 元素含量采用 NIST SRM 610 作为外标, ^{29}Si 作为内标。测试结果通过 GLITTER (ver4.0, Mac-quaie University) 软件计算得出, 并按照 Andersen 的方法, 用 LAM-ICPMS Common Lead Correction (ver3.15) 对其进行了普通铅校正。详细分析步骤和数据处理方法参见文献 (袁洪林等, 2003), 年龄计算及谐和图采用 Isoplot (ver3.0) 完成。

3.2 分析结果

依据 CL 图像 (图 6), 二长花岗岩中的锆石绝大多数呈柱状, 内部发育较宽的环带结构 (锆石点 3、4、13、14、17) 或条带状结构 (锆石点 5、20), 实物镜下呈浅玫瑰色, 具典型的岩浆成因锆石特征, 部分锆石有不规则的锆石残留核。Th/U 值较高 (表 2), 绝大多数在 0.45~0.92, 也显示为岩浆成因。

通过对 20 粒锆石进行 LA-ICPMS 测试, 获得 20 个测点年龄, 测试结果经 GLITTER (ver4.0, Mac-quaie University) 软件处理, 得出 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 、 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ 四组同位素比值、

年龄及误差 (表 2), 采用 Isoplot (ver3.0) 处理得到 U-Pb 谐和图与 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 的加权平均年龄。

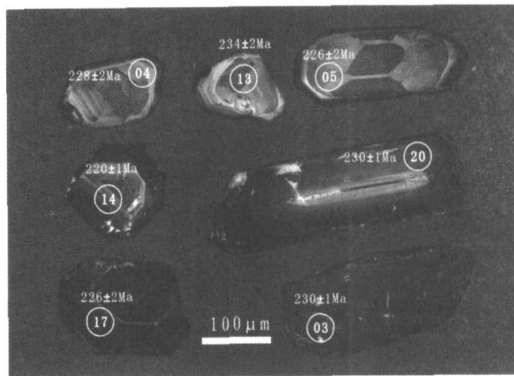


图 6 肯德可克铁矿区二长花岗岩锆石阴极发光 (CL) 图像

Fig. 6 CL images of zircons of Kendekeke iron mine monzonitic granite

测试结果表明, 锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 谐和年龄共 11 个, 其中集中在 220~234 Ma 有 7 个样点, 大部分锆石 Th/U 值为 0.45~0.92 [2 粒分别为 0.03 (230Ma), 0.03 (226Ma)], Th/U 值较高 (表 2), 显示为岩浆成因。其余 4 粒锆石的年龄分别为 (385±2 Ma、369±2 Ma)、(206±1 Ma)、(273±2 Ma), 偏离平均年龄较多, 不具有明确的地质意义, 不参加 U-Pb 同位素年龄计算。最终获得 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 (226.9±4.5) Ma ($n=7$, MSWD=2.7), 谐和年龄为 (230.5±4.2) Ma ($n=7$, MSWD=1.4) (图 7)。由于锆石的晶格受 U、Th 的放射性

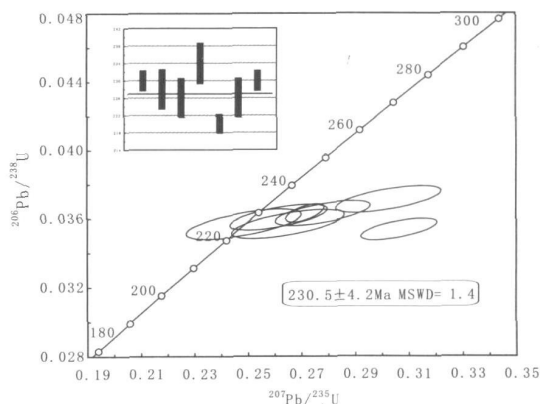


图 7 肯德可克铁矿区花岗岩长岩锆石 U-Pb 谐和图
Fig. 7 U-Pb zircon concordia diagram of Kendekeke iron mine monzonitic granite

表 2 肯德可克铁矿区二长花岗岩锆石 U-Pb 定年结果
Tab. 2 The results of dating of zircon U-Pb from Kendekeke iron mine monzonitic granite

样品编号	同 位 素 比 值				年 龄/Ma						含 量	
	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	
	比值	1 σ	比值	1 σ	比值	1 σ	年龄	1 σ	年龄	1 σ	年龄	1 σ
KDKD001/1-1	0.0536	0.0010	0.4553	0.0071	0.0616	0.0004	0.0186	0.0002	355	25	381	5
KDKD001/1-2	0.0610	0.0012	0.3023	0.0059	0.0359	0.0002	0.0111	0.0001	641	44	268	5
KDKD001/1-3	0.0542	0.0007	0.2714	0.0024	0.0363	0.0002	0.0112	0.0001	381	11	244	2
KDKD001/1-4	0.0526	0.0013	0.2616	0.0060	0.0361	0.0003	0.0108	0.0001	312	40	236	5
KDKD001/1-5	0.0539	0.0015	0.2651	0.0070	0.0357	0.0003	0.0109	0.0002	367	45	239	6
KDKD001/1-6	0.0579	0.0010	0.4706	0.0065	0.0589	0.0003	0.0178	0.0002	527	20	392	4
KDKD001/1-7	0.0539	0.0011	0.2419	0.0045	0.0325	0.0002	0.0068	0.0001	368	31	220	4
KDKD001/1-8	0.1035	0.0017	0.8345	0.0127	0.0585	0.0003	0.0170	0.0001	1687	31	616	7
KDKD001/1-9	0.0771	0.0025	0.3730	0.0117	0.0351	0.0003	0.0105	0.0001	1124	66	322	9
KDKD001/1-10	0.0699	0.0019	0.3308	0.0088	0.0343	0.0002	0.0104	0.0001	924	57	290	7
KDKD001/1-11	0.0548	0.0018	0.3271	0.0105	0.0433	0.0003	0.0135	0.0001	402	75	287	8
KDKD001/1-12	0.0795	0.0057	0.4614	0.0328	0.0421	0.0004	0.0126	0.0002	1184	146	385	23
KDKD001/1-13	0.0564	0.0017	0.2875	0.0085	0.0370	0.0003	0.0115	0.0001	468	69	257	7
KDKD001/1-14	0.0504	0.0015	0.2415	0.0070	0.0348	0.0002	0.0110	0.0001	212	70	220	6
KDKD001/1-15	0.1116	0.0032	0.5174	0.0139	0.0336	0.0003	0.0097	0.0001	1826	53	423	9
KDKD001/1-16	0.0783	0.0025	0.4007	0.0127	0.0371	0.0002	0.0111	0.0001	1155	66	342	9
KDKD001/1-17	0.0506	0.0015	0.2486	0.0071	0.0357	0.0003	0.0111	0.0002	221	51	225	6
KDKD001/1-18	0.0623	0.0021	0.2817	0.0087	0.0328	0.0003	0.0128	0.0002	683	50	252	7
KDKD001/1-19	0.1661	0.0025	0.9480	0.0107	0.0414	0.0003	0.0236	0.0002	2519	11	677	6
KDKD001/1-20	0.0556	0.0013	0.2780	0.0059	0.0363	0.0002	0.0109	0.0001	436	35	249	5

破坏比较严重, 容易发生放射性成因 Pb 丢失, 而导致这些锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄偏低, 后期构造-热事件可能是导致这些晶格受到破坏的锆石发生放射成因 Pb 丢失的主要原因。因此, $(230 \pm 4.2) \text{ Ma}$ ($n=7$, $\text{MSWD}=1.4$) 可以代表岩体形成的年龄。

4 讨论与结论

据前人 (常有英等, 2009) 研究, 显生宙以来, 东昆仑地区经历了加里东期和华力西—印支期两个主要构造旋回, 岩浆活动强烈, 而华力西—印支期岩浆活动比加里东期时更为强烈。晚古生代东昆仑地区经历了由挤压向伸展的转变, 三叠纪中—晚期为造山后伸展阶段, 深部表现为岩石圈地幔的拆沉作用, 大规模的幔源基性岩浆底侵及其与壳源性岩浆的混合 (罗照华等, 2002; 刘成东等, 2004), 同时也为区域成矿提供了丰富的物质来源。

笔者本次报道的肯德可克铁矿区二长花岗岩谐和年龄为 $(230.5 \pm 4.2) \text{ Ma}$ (图 7), 确定该岩体形成时代为晚三叠世。其地球化学特征总体上具有富碱贫铁镁的特点, 属于偏铝质到弱过铝质 A 型花岗岩。并且, 肯德可克二长花岗岩具有轻重稀土分馏较明显, Eu 负异常, 富集 LILE (Rh、Th), 强烈亏损 Nb、Ta, 并有一定程度的 Sr 负异常的特征, 表明该地区二长花岗岩成岩过程中存在一定程度的分异结晶作用。结合区域构造演化特征, 并与东昆仑野马泉地区同时期形成的 A 型花岗岩进行对比 (地球化学特征基本一致) 确定其形成于造山后期的伸展环境。进一步证明了东昆仑地区华力西—印支造山旋回在三叠世中—晚期进入造山后伸展阶段, 肯德可克铁矿区形成的偏铝质-弱过铝质二长花岗岩很可能是造山后岩石圈伸展玄武质岩浆底侵提供热源, 下地壳物质深融作用的产物。

近年来, 随着区域地质调查、区域矿产调查及相关的工作不断深入, 发现区域上与铁、铜、多金属成矿有关的花岗岩时代多集中于印支期。例如, 常有英 (2009) 等测定那陵郭勒河以东与铁矿产有关的花岗岩的锆石年龄为 $(214.2 \pm 1.3) \sim (225.2 \pm 1.2) \text{ Ma}$; 刘云华 (2005) 等测得景仁地区与铁、铜、多金属有关的花岗岩的 SHRIMP U-Pb 年龄为 $(204.1 \pm 2.6) \text{ Ma}$ 。笔者本次报道了肯德可克

地区与矽卡岩型铁矿有关的二长花岗岩的锆石 U-Pb 年龄数据为 $(230.5 \pm 4.2) \text{ Ma}$, 进一步证明区域上与铁、铜、多金属成矿有关的花岗岩时代多集中于印支期, 为深化东昆仑地区华力西—印支期构造旋回的研究提供了精确的年龄数据, 同时也对今后找矿具有重要的指导意义。

致谢: 感谢青海地质调查院谈生祥高工的野外工作指导以及西北大大学大陆动力学国家重点实验室第五春荣博士在同位素测年过程中的指导和帮助。同时, 感谢审稿老师的严格审查及宝贵意见。

参考文献 (References):

- 常有英, 李建放, 张军, 等. 青海那陵郭勒河东晚三叠世侵入岩形成环境及年代学研究 [J]. 西北地质 2009, 42 (1): 57-65.
- Chang Youying, Li Jianfang, Zhang Jun, et al. Study of Environment and Chronology of Late Triassic Intrusive Rocks in East Nalinggele River of Qinghai [J]. Northeastern Geology, 2009, 42 (1): 57-65.
- 李光明, 沈远超, 刘铁兵, 等. 东昆仑祁漫塔格地区华力西期花岗岩地质地球化学特征 [J]. 地质与勘探, 2001, 37 (1): 73-78.
- Li Guangming, Shen Yuanchao, Liu Tiebing, et al. Geological and geochemical characteristics of Variscan granite in the Qimantage region, Kunlun [J]. Geology and Prospecting, 2001, 37 (1): 73-78.
- 刘成东, 莫宣学, 罗照华, 等. 东昆仑壳-幔岩浆混合作用: 来自锆石 SHRIMP 年代学的证据 [J]. 科学通报, 2004, 49 (6): 596-602.
- Liu Chendong, Mo Xuanxue, Lu Zhaohua, et al. East Kunlun crust-mantle magma mixing: Evidenced from SHRIMP zircon [J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49 (6): 596-602.
- 刘云华, 莫宣学, 张雪亭, 等. 东昆仑野马泉地区矽卡岩矿床地质特征及控矿条件 [J]. 华南地质与矿产, 2005, (3): 18-23.
- Liu Yunhua, Mo Xuanxue, Zhang Xueting, et al. Geological feature and ore-control condition of skarn type deposits in Yemaquan area, eastern Kunlun [J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2005, (3): 18-23.
- 潘彤. 青海祁漫塔格地区铁多金属成矿特征及找矿潜力 [J]. 矿产与地质, 2008, 22 (3): 232-235.
- Pan Tong. Metallogenic characteristics and prospecting potential of the Fe polymetallic deposits in Qimantage

area, Qinghai Province [J]. Mineral Resources and Geology, 2008, 22 (3): 232-235.

袁洪林, 吴福元, 高山, 等. 东北地区新生代侵入体的锆石激光探针 U-Pb 年龄测定与稀土元素成分分析 [J]. 科学通报, 2003, 48 (14): 1511-1520.

Yuan Honglin, Wu Fuyuan, Gao Shan, et al. LA-ICPMS zircon U-Pb age and REE of Cenozoic pluton in NE China [J]. Chinese Science Bulletin, 2003, 48(14): 1511-1520 (in Chinese).

袁忠信. 关于 A 型花岗岩命名问题的讨论 [J]. 岩石矿物学杂志, 2001, 20 (3): 293-296.

Yuan Zhongxin. A Discussion on the Naming of A-type Granite [J]. Acta Petrologica Et Mineralogica, 2001, 20 (3): 293-296.

张德全, 丰成友, 李大新, 等. 柴北缘-东昆仑地区的造山型金矿床 [J]. 矿床地质, 2001, 20 (2): 137-146.

Zhang Dequan, Feng Chengyou, Li Daxin, et al. Orogenic Gold Deposits in the North Qaidam and East Kunlun Orogen, West China [J]. Mineral Deposits, 2001, 20 (2): 137-146.

张德全, 党兴彦, 余宏全, 等. 柴北缘-东昆仑地区造山型金

矿床的 Ar-Ar 测年及其地质意义 [J]. 矿床地质, 2005, 24 (2): 87-98.

Zhang Dequan, Dang Xingyan, Yu Hongquan, et al. Ar-Ar dating of orogenic gold deposits in northern margin of Qaidam and East Kunlun Mountains and its geological significance [J]. Mineral Deposits, 2005, 24 (2): 87-98.

Collins W J. Nature and origin of A type granites with particular reference to Southeast Australia [J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1982, 80: 189-200.

Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implication for mantle composition and processes. In: Saunders A D & Norry M J (Eds), Magmatism in the ocean basins [C]. Geological Society Special Publication, 1989, 42: 313-345.

Taylor SR, McLennan SM. The continental crust: Its composition and evolution [M]. Blackwell, Oxford Press, 1985, 312.

The Geological Significances, Composition and Age of the Monzonitic Granite in Kendekeke Iron Mine

XI Ren-gang, XIAO Pei-xi, WU Yue-zhong, DONG Zeng-chan,
GUO Lei, GAO Xiao-feng

(Xi'an Center of Geological Survey, CGS, Xi'an 710054, China)

Abstract: Hercynian-Indosinian orogenic cycle of East Kunlun underwent the post orogenic extending stage in the middle-late Triassic Epoch and was associated with large intermediate-acidity magmatism, in which the monzonitic granite in Kendekeke iron mine is the host rock of the skarn-type iron ores. Geochemical analyses indicate that the monzonitic granite has the characteristics of metaluminous-weak peraluminous A-type granite, that formed in post orogenic extending environment; LA-ICPMS zircon U-Pb dated a concordant age of (230.5 ± 4.2) Ma ($n=7$, MSWD=1.4), represented the rock formation age, and it is likely to be the product of lower-crust suffered anatexis melting, which was caused by the heat source of basaltic magma underplating during the apotectonic lithosphere extension, and it is the product of late Indosinian magmatic activity.

Key words: Zircon LA-ICPMS dating; Monzonitic granite; Kendekeke; East kunlun