

# 塔里木盆地麻扎尔塔格碱性杂岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及地质意义

孙燕<sup>1)</sup>, 肖渊甫<sup>1)</sup>, 赵锡奎<sup>1)</sup>, 钱一雄<sup>2)</sup>, 肖光武<sup>1)</sup>, 刘虹强<sup>1)</sup>

1) 成都理工大学, 成都, 610059;

2) 中国石化西北油田分公司, 乌鲁木齐, 830011

**内容提要:** 采用阴极荧光图像分析、LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄测定方法, 对塔里木盆地中央隆起北西部麻扎尔塔格碱性杂岩体中辉石正长岩和呈脉状产出的细粒钾长花岗岩中锆石进行了内部结构、微量元素组成分析和 U-Pb 年龄测定, 表明这两类岩石的成岩年龄分别为  $283.3 \pm 1.8$  Ma 和  $281.2 \pm 3.7$  Ma, 揭示塔里木盆地北缘二叠纪早期存在碱性基性岩浆活动, 为塔里木地区石炭纪—二叠纪地幔柱岩浆活动及金刚石、石油天然气等相关矿产找矿方向研究提供了重要证据。

**关键词:** 塔里木盆地; 麻扎尔塔格; 碱性杂岩体; LA-ICP-MS; 锆石 U-Pb 年龄; 地幔柱岩浆活动

塔里木盆地是我国最大的含油气盆地, 也是我国重要的金刚石潜在成矿区域, 前人做了很多研究(金之钧等, 2002, 2006; 聂保峰等, 2008)。盆地内古生代岩浆活动频繁, 近年来对塔里木盆地南缘及邻区(中亚)地区大范围分布的石炭纪—二叠纪玄武岩研究显示存在地幔异常, 并认为存在地幔柱岩浆活动(夏林圻等, 2004, 2006)。塔里木盆地柯坪地区广泛发育的二叠纪低 Ti/Y(LT)类型玄武岩(姜常义等, 2004a, 2004b)和麻扎尔塔格碱性杂岩体的岩石学、主量与微量元素和同位素年龄等方面研究(杨树峰等, 2006; 李勇等, 2007)进展支持塔里木盆地北缘同样存在石炭纪—二叠纪地幔柱岩浆活动。

巴楚地区是塔里木盆地岩浆活动中心之一, 出露有麻扎尔塔格碱性中性杂岩体等深成侵入体和巴楚瓦基里塔格似金伯利岩体, 这类碱性基性—超基性岩体的成岩年龄、成岩构造环境备受关注, 许多学者对岩体的成岩年龄做了大量的研究工作, 正长岩<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar法测年获主坪年龄为  $278 \pm 1$  Ma(杨树峰等, 1996); SHRIMP 锆石 U-Pb 测年为  $285.9 \pm 2.6$  Ma(孙林华等, 2008)。本文采用单颗粒锆石 LA-ICP-MS U-Pb 法对麻扎尔塔格碱性中性杂岩体最早期侵位的辉石正长岩和呈脉状穿切该岩相带的钾长花岗岩进行了系统的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年代学研究, 补

充完善了该杂岩体的定年资料, 为准确判定该碱性中性杂岩体成岩年龄提供了重要依据。

## 1 区域地质背景

麻扎尔塔格碱性杂岩体位于塔里木盆地中央隆起北西部巴楚地区, 该区除大部分区域中生界沉积缺失外, 震旦系—第四系均有发育(图 1), 以海相和海陆交互沉积为主, 上二叠统为陆相沉积, 仅在白垩系和第三系局部有海相沉积(贾承造等, 1997)。巴楚隆起属塔里木盆地中央隆起带, 是一个周边由断裂界定的活动性古隆起, 北西以柯坪逆冲断裂为界; 北东与瓦提坳陷相邻, 以阿恰—吐木休克断裂为界; 东南与塔中隆起相接, 以巴东断裂为界; 西南与麦盖提斜坡相连, 以色力布亚—玛扎塔格断裂带为界。经历了加里东期、海西期、印支—燕山期、喜马拉雅期等多期构造运动, 从而形成现今的构造格局(孙龙德等, 2005; 肖安成等, 2005)。巴楚隆起基岩出露区中部以碱性中性杂岩广泛出露为特征, 除麻扎尔塔格碱性杂岩体外, 巴楚瓦基里塔格地区有三十余个似金伯利岩、碳酸岩体出露。

## 2 岩体地质及样品描述

麻扎尔塔格碱性杂岩分布于巴楚小海子水库东

注: 本文为矿物学岩石学矿床学国家重点(培育)学科建设项目(编号 SZD0407)资助成果。

收稿日期: 2008-12-29; 改回日期: 2009-03-06; 责任编辑: 周健。

作者简介: 孙燕, 女, 1957年生。副教授, 主要从事矿产地质研究。通讯地址: 610059, 成都理工大学地球科学学院; 电话: 028-84078809; Email: sunyan@cdu.cn。

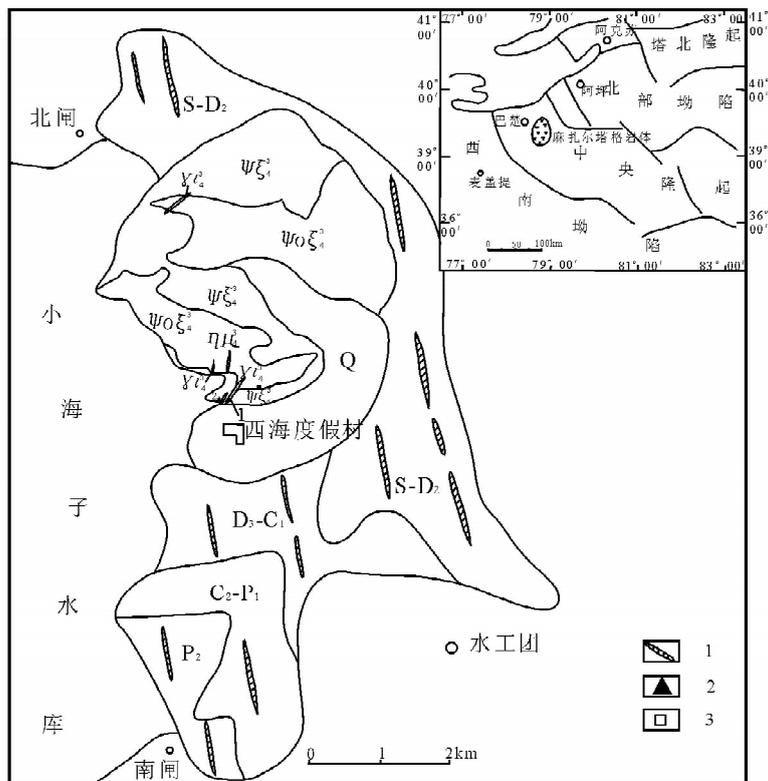


图 1 巴楚小海子地区地质简图

Fig. 1 The geological sketch map of the Xiaohaizi region, Bachu County

$\psi\xi_1^3$ —晚海西期辉石正长岩;  $\psi_0\xi_1^3$ —晚海西期角闪正长岩;  $\gamma_1^3$ —晚海西期细晶花岗岩;  $\eta\mu_1^3$ —晚海西期云闪二长玢岩; Q—第四系;

P—二叠系; C—石炭系; D—泥盆系; S—志留系; 1—晚海西期辉绿岩脉; 2—采样位置; 3—前人采样位置

$\psi\xi_1^3$ —Pyroxene syenite of late Hercynian;  $\psi_0\xi_1^3$ —hornblende syenite of late Hercynian;  $\gamma_1^3$ —fine granite of late Hercynian;

$\eta\mu_1^3$ —tonalite monzonitic porphyrite of late Hercynian; Q—Quaternary; P—Permian; C—Carboniferous; D—Devonian; S—Silurian;

1—diabase of late Hercynian; 2—sampling position; 3—previous sampling position

岸,为辉石正长岩、角闪正长岩、细粒花岗岩组成的杂岩体,侵位于由泥盆纪地层组成的穹状构造中,两者呈整合或局部不整合接触。碱性杂岩体外围基性、超基性小型岩墙或岩脉十分发育,呈北北西向成群产出,尤以辉绿岩为主,岩墙或岩脉宽 30~155 cm,延长几十至千余米。据前人研究,它们的形成年龄与区内二叠纪玄武岩相当,是同期岩浆活动的产物(贾承造等,1997)。研究区主要侵入体及不同类型岩石的岩性特征、接触关系如下:

**辉绿岩:**属本区浅成岩类中的主要类型,主要分布于小海子侵入杂岩体的外围。部分呈放射状岩体分布,呈岩墙状较密集侵入于志留纪—泥盆纪地层中(图 1),并伴生有少量超基性岩墙及岩筒。本区辉绿岩脉的 Sm-Nd 等时线年龄为  $259 \pm 57$  Ma (贾承造等,1997), 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 一致年龄为  $225 \pm 15$  Ma(李曰俊,2005)。

**超基性浅成侵入岩:**小海子地区超基性侵入岩

少见,南闸东侧见一黑色橄辉岩岩墙;瓦基里塔格地区发育有角砾云母橄辉岩,呈超基性隐伏角砾岩岩筒产出,锆石 LA-ICP-MS U-Pb 一致年龄为  $285 \pm 15$  Ma(李曰俊,2005)。

**小海子侵入杂岩:**位于小海子东岸,北闸附近,侵入泥盆纪红色砂岩组成的穹状构造中,与围岩呈整合,局部不整合接触。杂岩体大体呈近等轴的小岩株状,岩体规模较小,出露面积约  $12.56 \text{ km}^2$ 。岩石组成较复杂,主体可分为两部分:中部为肉红色角闪正长岩( $\psi_0\xi_1^3$ ),其外围为灰绿至黄灰色辉石正长岩( $\psi\xi_1^3$ )组成,二者呈涌动侵入接触关系,地貌上形成较陡峻的山峰。浅肉红色细粒花岗岩( $\gamma_1^3$ )呈脉状穿侵于正长岩体中,与之呈脉动侵入接触关系。关于小海子杂岩体的成因,李昌年等(2008)认为由基性至超基性层状杂岩体组成,正长岩属于其分异产物。经实地调查,认为该杂岩体不同岩相属同源岩浆不同期次侵位的产物。

样品 XB001-1 为杂岩体最晚期的细粒花岗岩, 岩石具细粒花岗结构, 主要由微条纹正长石、酸性斜长石及石英(20%±)组成, 暗色矿物仅见少许细粒黑色云母无序穿插于长石粒间。XB001-2 为杂岩体中最早期结晶岩石辉石正长岩, 岩石为中粗粒结构, 主要由半自形粒状斜长石、微条纹长石和不规则粒状普通辉石组成, 辉石常被绿色角闪石或棕色黑云母交代, 常见充填长石粒间, 另含少量贵橄榄石或透铁橄榄石。

### 3 测试条件及分析方法

锆石分选采用常规浮选+电磁选方法将样品中重矿物富集分离, 随后在双目显微镜下人工挑选获得锆石(选样单位:四川区调队测试中心)。在北京离子探针中心将锆石颗粒粘在直径 25 mm 环氧树脂靶上, 磨至近一半并抛光后待测。锆石的阴极荧光图像分析在北京大学物理学院电镜室的阴极荧光分析系统(FEI 公司生产的 Quatan 200F 型场发射环境扫描电镜+Gatan 公司 Mono CL3 阴极荧光谱仪)上完成, 分析方法和条件参照陈莉等(2005)。

锆石 U-Th-Pb 年龄分析在“中国地质大学地学实验中心元素地球化学研究室”完成, 分析仪器为由美国 New Wave Research Inc. 公司生产的 193 nm 激光剥蚀进样系统(UP 193SS)和美国 AGILENT 科技有限公司生产的 Agilent 7500 a 型四级杆等离子体质谱仪联合构成的激光等离子体质谱仪(LA-ICP-MS)。本次分析 193 nm 激光器工作频率为 10 Hz, 剥蚀物质载气为高纯度 He 气, 流量为 0.7 L/min; Angilent 等离子质谱仪工作条件:冷却气(Ar)流量 1.2 L/min;测试点束斑直径为 36 μm, 剥蚀采样时间为 45 s。元素含量以国际标样 NIST612 为外部标准, Si 为内部标准计算;锆石 U-Pb 年龄用澳大利亚 Glitter 4.4 数据处理软件计算获得, 分析及计算选用的外部标准锆石为国际标准锆石 91500(Michael et al., 2006), 单个数据点误差均为 1σ, 加权平均值误差为 2σ, 平均年龄值选用<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 年龄。

## 4 分析结果

### 4.1 锆石晶体

锆石多呈自形一半自形柱状, 无色透明, 内部见有磷灰石等矿物包裹体, 且晶体边部及沿晶体裂隙处颜色变为灰黑色(图 2)。阴极荧光图像分析揭示, 锆石主要为内部结构清晰显示出岩浆结晶振荡环带的岩浆锆石(图 3), CL 图像分析揭示该样品中

锆石结晶后发生明显的挤压破裂, 并伴有痕量元素丰度的显著改变, 特别是 U、Th 含量明显增高, 改变了其阴极荧光发光性(Langhorne et al., 2006)。

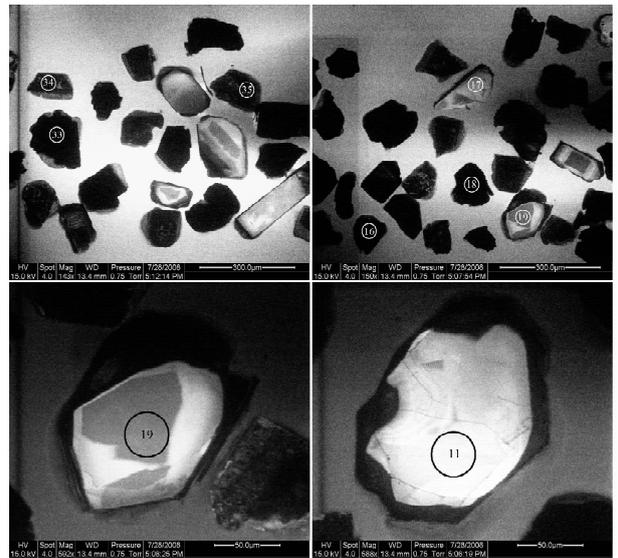


图 2 样品 XB001-01 中锆石 CL 图像  
Fig. 2 CL imager of zircons from magmatic rocks in the sample XB001-02

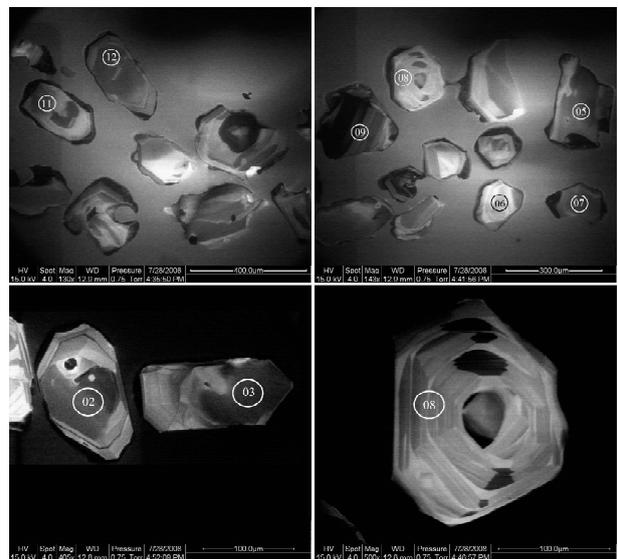


图 3 样品 XB001-02 中锆石 CL 图像  
Fig. 3 CL imager of zircons from magmatic rocks in the sample XB001-02

### 4.2 锆石微量元素

所选锆石具有岩浆锆石结构特征, 利用 LA-ICP-MS 对锆石的 REE 丰度进行测定(表 1), 分析值经球粒陨石(Sun et al., 1989)标准化后做出配分形式(图 4、5), 可见锆石内核都具有典型岩浆锆石

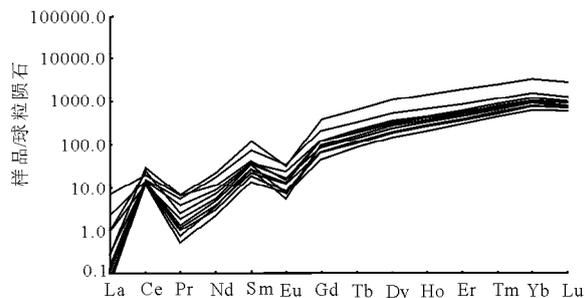


图4 样品XB001-01锆石稀土配分型式

Fig. 4 Chondrite normalized REE patterns of the zircons in sample XB001-01

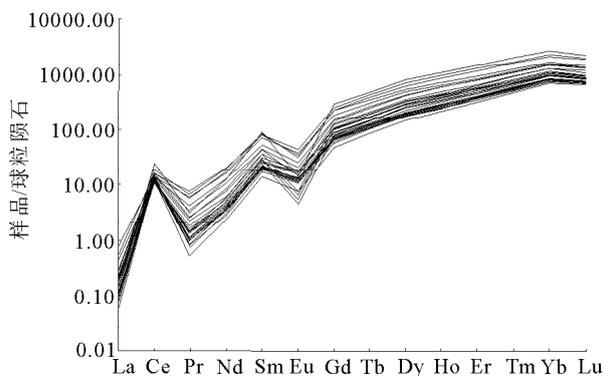


图5 样品XB001-02锆石稀土配分型式

Fig. 5 Chondrite normalized REE patterns of the zircons in sample XB001-02

的稀土分布形式,呈现HREE富集、分配曲线为左倾的REE模式和强Ce正异常,反映这些细小内核形成于与辉石正长岩同期的岩浆结晶早期,为残留或继承原岩的岩浆锆石。

### 4.3 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄

利用 LA-ICP-MS 进行锆石 U-Pb 年龄测定,采用澳大利亚 Glitter 4.4 软件计算其结果(表 2)。XB001-01 号样品所测定的 11 颗锆石核部年龄在谐和图上集中于很小的区段, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  平均年龄为  $281.2 \pm 3.7$  Ma(图 6a),应代表该样品(细粒花岗岩)的形成年龄。XB001-02 号样品在锆石 U-Pb 年龄谐和图上,所有测定集中于很小区域(图 6b), $^{206}\text{Pb}-^{238}\text{U}$  平均年龄为  $283.3 \pm 1.8$  Ma,代表了碱性杂岩体中辉石正长岩相的结晶年龄。

## 5 讨论

近年对塔里木盆地岩浆岩年龄的研究主要集中于巴楚和柯坪地区。对巴楚小海子麻扎儿塔格碱性杂岩体形成年龄的研究主要集中在中粗粒角闪正长岩岩相,其 $^{39}\text{Ar}-^{40}\text{Ar}$  定年  $277.7 \pm 1.3$  Ma(贾承造等,1997),锆石 SHRIMP U-Pb 年龄  $277 \pm 4$  Ma(杨树锋等,2006),锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄  $281 \pm 4$  Ma 和  $282 \pm 3$  Ma(李勇等,2007)及  $281.7 \pm 4.8$  Ma(李曰俊,2005)<sup>①</sup>。本次笔者实地调查发现,角闪正长岩呈涌动侵入粗粒辉石正长岩相带,后者分布于杂岩体的边部和底部(图 1),具残留体状特征;浅肉红色细粒钾长花岗岩呈脉状侵入辉石正长岩和角闪正长岩之中,显示出与之同源的特征;本次 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄测定,辉石正长岩的成岩年龄为  $283.3 \pm 1.8$  Ma,细粒钾长花岗岩为  $281.2 \pm 3.7$  Ma,两个样品中锆石具有基本一致的稀土模式图等揭示两者为同期、同源岩浆结晶分异产物。所获得年龄数据与杂岩体实际产状完全吻合,也是麻扎儿

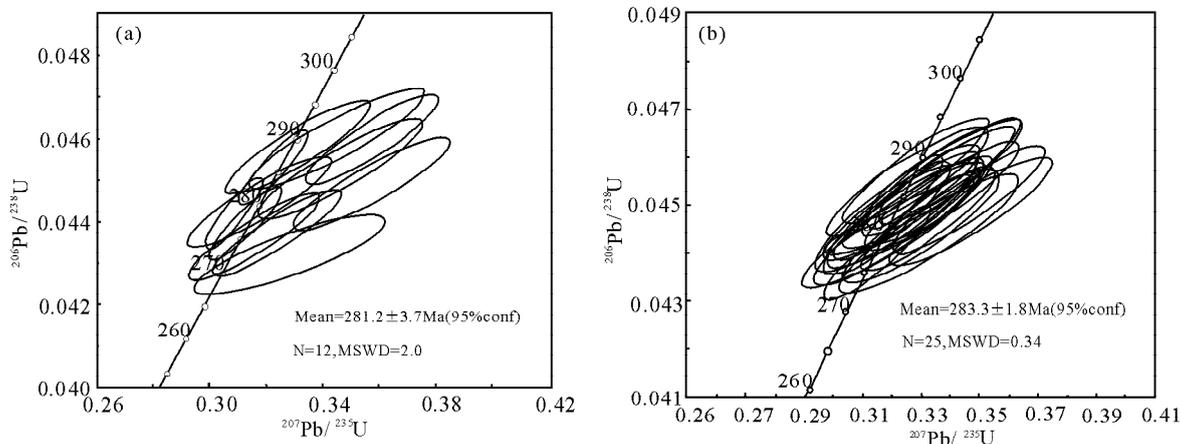


图6 小海子碱性杂岩体锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄谐和图

Fig. 6 The LA-ICP-MS zircon U-Pb concordance diagrams of the alkalic magmatic complex rocks in Xiaohaizi region

(a)—XB001-1; (b)—XB001-2

塔格杂岩体不同岩相带成岩年龄的全面补充。

塔里木柯坪地区广泛发育二叠纪玄武岩,其原始地幔标准化 Th/Nb 值略大于 1, Nb/Zr > 0.16,  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  为 -0.98 ~ -2.97, 属低 Ti/YII(LTII) 类型熔岩, 显示出地幔部分熔融程度较低的地幔柱源或软流圈源熔浆与岩石圈地幔间相互作用产物的特征(夏林圻等, 2006)。麻扎尔塔格碱性杂岩的地球化学结果(Nb/Zr 为 0.849 ~ 0.991) 表明, 属 LTII 类型。本次研究揭示其成岩年龄  $281 \pm 1.8 \sim 283 \pm 3.7$  Ma; 研究区南东瓦

基里塔格地区发育的似金伯利岩(角砾云母橄榄岩) 中锆石的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 一致年龄  $285 \pm 15$  Ma(李曰俊, 2005)<sup>①</sup>, 两者的侵位年龄基本一致。众所周知, 金伯利岩体和碱性杂岩体均属地幔柱高温岩浆作用的产物, 与柯坪二叠纪玄武岩共同指示了塔里木盆地北缘二叠纪存在地幔柱源熔浆的大规模上侵作用, 即金伯利岩体、碱性杂岩体以及二叠纪 LTII 类型基性熔岩的发育, 构成了塔里木盆地北缘二叠纪地幔柱岩浆活动“一期三位”的格局。

表 1 小海子碱性杂岩体锆石稀土元素含量 ( $\times 10^{-6}$ )

Table 1 REE contents ( $\times 10^{-6}$ ) of the zircons from the alkalic magmatic complex rocks in Xiaohaizi region

点号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
01-1-01	0.97	24.46	1.98	4.90	22.88	9.43	75.33	137.70	240.91	353.18	498.91	687.84	950.65	879.92
01-1-02	80.55	96.21	66.84	65.31	94.44	19.67	201.31	319.25	546.54	785.34	1105.14	1598.43	2292.53	2019.29
01-1-05	7.00	20.26	6.77	11.16	40.72	18.33	122.24	203.21	335.39	460.78	613.05	803.14	1063.94	951.57
01-1-06	0.14	36.73	4.68	16.30	85.75	24.53	293.82	508.82	903.50	1304.77	1822.48	2567.45	3553.06	3097.64
01-1-08	0.29	30.10	7.08	22.96	117.45	31.40	398.00	662.57	1106.14	1522.08	2023.38	2670.59	3533.53	3029.53
01-1-11	<0.0170	13.81	0.75	3.94	26.01	13.21	95.38	168.72	289.92	406.36	547.49	753.33	1006.41	879.92
01-1-17	40.25	51.81	35.68	48.05	117.71	43.45	278.49	409.63	627.56	807.42	1031.18	1340.39	1763.59	1507.48
01-1-19	0.27	20.36	7.47	22.29	104.18	41.55	294.55	460.70	731.06	973.67	1235.41	1560.39	2018.65	1696.06
01-1-20	2.27	14.53	3.96	8.69	40.20	23.57	123.55	199.47	324.41	440.99	603.44	818.82	1139.47	1017.32
01-1-21	0.54	17.40	1.18	4.28	23.59	10.88	78.59	133.96	226.50	320.32	441.21	600.39	823.12	709.06
01-1-31	<0.0102	10.92	0.45	1.62	11.44	5.43	47.25	85.83	157.56	234.28	326.22	454.90	624.00	559.45
01-2-01	<0.0110	10.74	0.82	3.43	20.13	11.28	67.10	119.79	208.27	299.65	416.19	608.63	884.41	807.87
01-2-02	<0.0121	25.38	2.98	13.21	89.02	13.45	288.76	474.87	796.02	1080.04	1425.98	1940.39	2655.94	2159.06
01-2-03	<0.0089	12.32	1.16	3.64	21.11	12.26	69.44	117.11	198.62	280.92	390.51	546.27	793.29	708.27
01-2-04	<0.0123	11.39	1.08	4.00	21.63	12.74	70.32	118.18	201.89	282.86	405.62	585.88	821.00	767.32
01-2-05	0.15	16.85	5.77	18.07	81.90	35.86	223.75	344.65	553.07	720.85	929.43	1249.41	1662.18	1426.77
01-2-06	0.06	11.19	0.89	3.68	20.78	12.10	74.31	124.87	213.39	296.64	412.99	585.49	836.41	751.18
01-2-07	<0.0140	12.60	0.53	2.29	14.31	7.69	47.15	87.97	153.54	225.62	327.13	474.12	686.24	645.67
01-2-08	<0.0129	11.36	0.98	3.64	19.61	13.43	67.06	112.03	188.74	266.78	369.37	523.53	748.47	681.10
01-2-09	0.19	16.76	2.53	7.77	38.10	16.98	111.14	190.91	324.80	454.77	621.69	900.78	1273.59	1129.53
01-2-10	<0.0092	12.42	0.98	3.45	20.98	12.52	66.52	109.89	195.98	276.15	384.47	543.14	804.35	705.12
01-2-11	0.21	19.43	6.66	19.87	87.65	31.21	241.70	385.29	633.66	866.78	1168.28	1589.80	2160.71	1877.17
01-2-12	0.42	10.57	1.55	4.67	25.75	17.43	88.37	149.47	248.15	338.52	463.20	650.59	915.65	799.61
01-2-13	<0.0109	10.70	1.37	4.30	23.86	12.76	79.71	128.07	217.52	299.65	420.18	592.55	854.24	768.90
01-2-14	<0.0115	12.21	1.43	5.85	37.45	7.34	122.24	202.41	333.15	451.94	600.97	792.94	1094.53	940.55
01-2-15	<0.0120	14.97	1.45	5.14	30.07	6.52	99.61	168.72	288.35	405.48	547.13	743.92	1035.94	893.70
01-2-16	0.19	14.08	4.11	13.08	56.41	25.00	160.83	268.45	432.40	590.81	798.25	1069.80	1506.24	1293.70
01-2-17	0.08	14.66	2.63	8.37	44.58	14.90	130.02	212.57	356.89	478.98	652.57	914.12	1270.53	1070.87
01-2-18	0.29	14.53	5.98	16.83	71.57	38.10	189.54	300.80	479.41	642.05	836.86	1116.47	1548.12	1312.20
01-2-19	<0.0088	12.48	0.72	2.91	21.18	4.16	78.78	137.43	243.94	341.34	465.38	636.86	875.82	766.14
01-2-20	0.09	10.83	1.85	5.57	28.10	17.66	89.25	146.52	249.72	343.99	471.12	673.33	957.29	837.80
01-2-21	<0.0119	11.23	1.32	4.00	25.23	15.00	78.78	129.68	219.21	315.19	441.87	640.39	937.82	859.45
01-2-22	0.11	13.64	1.33	5.10	29.15	5.59	103.26	169.52	292.52	414.49	564.53	772.94	1047.35	957.09
01-2-23	0.18	11.54	0.84	2.76	18.17	10.64	58.49	105.08	182.95	261.31	376.19	543.14	795.00	711.02
01-2-24	0.27	14.36	3.64	10.96	45.95	21.14	147.49	247.86	422.76	581.27	788.22	1090.20	1506.76	1316.54
01-2-25	<0.0103	10.28	1.07	3.51	20.39	13.38	65.60	107.75	186.89	261.13	366.83	512.94	731.41	669.69
01-2-26	0.55	17.06	7.58	20.13	83.40	42.76	251.73	418.72	695.39	947.88	1263.56	1690.20	2306.29	1967.32
01-2-27	0.79	13.64	2.16	6.23	33.53	18.10	101.56	172.73	286.77	394.52	535.95	750.98	1076.47	921.65
01-2-28	0.09	10.67	1.05	3.51	20.33	12.41	63.41	107.75	188.98	268.37	382.96	538.82	787.41	728.35

表2 小海子碱性杂岩体锆石 LA-ICP-MS U-Pb-Th 分析结果

Table 2 LA-ICP-MS U-Pb-Th data for zircons from the alkalic magmatic complex rocks in Xiaohaizi region

点号	Th ( $\times 10^{-6}$ )	U ( $\times 10^{-6}$ )	Pb ( $\times 10^{-6}$ )	$^{238}\text{U}$ / $^{232}\text{Th}$	同位素比值			$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (Ma)( $1\sigma$ )	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ (Ma)( $1\sigma$ )	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (Ma)( $1\sigma$ )
					$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$			
01-1-01	53.40	76.85	4.09	1.44	0.0525 $\pm$ 0.0026	0.3160 $\pm$ 0.0153	0.0436 $\pm$ 0.0007	308 $\pm$ 82	279 $\pm$ 12	275 $\pm$ 4
01-1-02	143.54	308.21	15.53	2.15	0.0516 $\pm$ 0.0014	0.3127 $\pm$ 0.0085	0.0440 $\pm$ 0.0006	267 $\pm$ 39	276 $\pm$ 7	277 $\pm$ 4
01-1-05	41.29	74.05	3.98	1.79	0.0525 $\pm$ 0.0027	0.3312 $\pm$ 0.0169	0.0458 $\pm$ 0.0007	306 $\pm$ 86	291 $\pm$ 13	289 $\pm$ 5
01-1-06	357.64	535.11	28.46	1.50	0.0506 $\pm$ 0.0011	0.3088 $\pm$ 0.0067	0.0442 $\pm$ 0.0006	224 $\pm$ 28	273 $\pm$ 5	279 $\pm$ 3
01-1-08	211.41	291.34	16.03	1.38	0.0517 $\pm$ 0.0013	0.3229 $\pm$ 0.0080	0.0453 $\pm$ 0.0006	271 $\pm$ 33	284 $\pm$ 6	286 $\pm$ 4
01-1-11	31.85	64.23	3.23	2.02	0.0518 $\pm$ 0.0028	0.3177 $\pm$ 0.0168	0.0445 $\pm$ 0.0007	276 $\pm$ 92	280 $\pm$ 13	281 $\pm$ 4
01-1-17	77.95	84.30	4.79	1.08	0.0537 $\pm$ 0.0025	0.3240 $\pm$ 0.0149	0.0437 $\pm$ 0.0007	359 $\pm$ 76	285 $\pm$ 11	276 $\pm$ 4
01-1-19	71.44	96.77	5.40	1.35	0.0564 $\pm$ 0.0025	0.3577 $\pm$ 0.0156	0.0460 $\pm$ 0.0007	468 $\pm$ 69	310 $\pm$ 12	290 $\pm$ 4
01-1-20	56.01	68.53	3.86	1.22	0.0577 $\pm$ 0.0030	0.3575 $\pm$ 0.0183	0.0449 $\pm$ 0.0007	519 $\pm$ 84	310 $\pm$ 14	283 $\pm$ 5
01-1-21	48.80	68.02	3.74	1.39	0.0555 $\pm$ 0.0031	0.3464 $\pm$ 0.0193	0.0453 $\pm$ 0.0008	432 $\pm$ 93	302 $\pm$ 15	285 $\pm$ 5
01-1-31	17.91	45.37	2.34	2.53	0.0544 $\pm$ 0.0033	0.3453 $\pm$ 0.0206	0.0460 $\pm$ 0.0008	389 $\pm$ 103	301 $\pm$ 16	290 $\pm$ 5
01-2-01	37.12	59.26	3.12	1.60	0.0538 $\pm$ 0.0029	0.3300 $\pm$ 0.0175	0.0445 $\pm$ 0.0007	361 $\pm$ 90	290 $\pm$ 13	281 $\pm$ 5
01-2-03	41.49	58.43	3.19	1.41	0.0526 $\pm$ 0.0030	0.3241 $\pm$ 0.0182	0.0447 $\pm$ 0.0008	309 $\pm$ 97	285 $\pm$ 14	282 $\pm$ 5
01-2-05	92.63	94.78	5.46	1.02	0.0514 $\pm$ 0.0023	0.3185 $\pm$ 0.0139	0.0449 $\pm$ 0.0007	261 $\pm$ 72	281 $\pm$ 11	283 $\pm$ 4
01-2-06	37.02	51.62	2.83	1.39	0.0518 $\pm$ 0.0029	0.3251 $\pm$ 0.0182	0.0455 $\pm$ 0.0008	278 $\pm$ 98	286 $\pm$ 14	287 $\pm$ 5
01-2-07	44.33	65.44	3.61	1.48	0.0521 $\pm$ 0.0027	0.3283 $\pm$ 0.0166	0.0457 $\pm$ 0.0007	288 $\pm$ 86	288 $\pm$ 13	288 $\pm$ 5
01-2-08	35.27	49.53	2.70	1.40	0.0520 $\pm$ 0.0032	0.3187 $\pm$ 0.0195	0.0445 $\pm$ 0.0008	285 $\pm$ 108	281 $\pm$ 15	280 $\pm$ 5
01-2-09	160.41	163.45	9.56	1.02	0.0516 $\pm$ 0.0018	0.3205 $\pm$ 0.0111	0.0451 $\pm$ 0.0006	266 $\pm$ 53	282 $\pm$ 9	284 $\pm$ 4
01-2-11	152.38	169.30	9.66	1.11	0.0518 $\pm$ 0.0022	0.3205 $\pm$ 0.0132	0.0449 $\pm$ 0.0007	276 $\pm$ 67	282 $\pm$ 10	283 $\pm$ 4
01-2-12	40.97	52.18	2.87	1.27	0.0523 $\pm$ 0.0030	0.3208 $\pm$ 0.0182	0.0445 $\pm$ 0.0008	297 $\pm$ 99	283 $\pm$ 14	281 $\pm$ 5
01-2-13	47.87	66.20	3.67	1.38	0.0525 $\pm$ 0.0029	0.3244 $\pm$ 0.0178	0.0449 $\pm$ 0.0008	306 $\pm$ 95	285 $\pm$ 14	283 $\pm$ 5
01-2-14	33.88	53.12	2.85	1.57	0.0520 $\pm$ 0.0029	0.3237 $\pm$ 0.0178	0.0451 $\pm$ 0.0008	287 $\pm$ 95	285 $\pm$ 14	284 $\pm$ 5
01-2-15	60.34	93.94	5.05	1.56	0.0530 $\pm$ 0.0023	0.3278 $\pm$ 0.0138	0.0449 $\pm$ 0.0007	328 $\pm$ 68	288 $\pm$ 11	283 $\pm$ 4
01-2-16	83.58	95.15	5.49	1.14	0.0539 $\pm$ 0.0026	0.3396 $\pm$ 0.0160	0.0457 $\pm$ 0.0007	365 $\pm$ 78	297 $\pm$ 12	288 $\pm$ 4
01-2-17	70.29	89.24	4.94	1.27	0.0540 $\pm$ 0.0025	0.3326 $\pm$ 0.0151	0.0447 $\pm$ 0.0007	369 $\pm$ 74	292 $\pm$ 12	282 $\pm$ 4
01-2-18	74.41	79.09	4.55	1.06	0.0542 $\pm$ 0.0025	0.3335 $\pm$ 0.0150	0.0446 $\pm$ 0.0007	380 $\pm$ 73	292 $\pm$ 11	281 $\pm$ 4
01-2-19	26.85	55.13	2.87	2.05	0.0561 $\pm$ 0.0030	0.3470 $\pm$ 0.0185	0.0449 $\pm$ 0.0008	455 $\pm$ 89	302 $\pm$ 14	283 $\pm$ 5
01-2-20	38.94	54.53	2.97	1.40	0.0528 $\pm$ 0.0030	0.3264 $\pm$ 0.0186	0.0449 $\pm$ 0.0008	318 $\pm$ 98	287 $\pm$ 14	283 $\pm$ 5
01-2-21	38.09	57.58	3.14	1.51	0.0541 $\pm$ 0.0028	0.3370 $\pm$ 0.0173	0.0452 $\pm$ 0.0007	374 $\pm$ 86	295 $\pm$ 13	285 $\pm$ 5
01-2-22	43.75	73.79	3.95	1.69	0.0536 $\pm$ 0.0028	0.3363 $\pm$ 0.0174	0.0455 $\pm$ 0.0008	353 $\pm$ 86	294 $\pm$ 13	287 $\pm$ 5
01-2-23	42.66	59.41	3.27	1.39	0.0521 $\pm$ 0.0029	0.3234 $\pm$ 0.0178	0.0450 $\pm$ 0.0008	291 $\pm$ 95	285 $\pm$ 14	284 $\pm$ 5
01-2-24	88.88	105.59	5.92	1.19	0.0513 $\pm$ 0.0025	0.3167 $\pm$ 0.0150	0.0447 $\pm$ 0.0007	256 $\pm$ 80	279 $\pm$ 12	282 $\pm$ 4
01-2-25	33.49	49.44	2.67	1.48	0.0543 $\pm$ 0.0034	0.3328 $\pm$ 0.0204	0.0444 $\pm$ 0.0008	384 $\pm$ 105	292 $\pm$ 16	280 $\pm$ 5
01-2-26	155.27	149.71	8.72	0.96	0.0519 $\pm$ 0.0020	0.3150 $\pm$ 0.0120	0.0440 $\pm$ 0.0006	281 $\pm$ 60	278 $\pm$ 9	278 $\pm$ 4
01-2-27	61.80	73.36	4.18	1.19	0.0556 $\pm$ 0.0028	0.3461 $\pm$ 0.0174	0.0451 $\pm$ 0.0008	436 $\pm$ 82	302 $\pm$ 13	285 $\pm$ 5
01-2-28	43.93	60.41	3.41	1.38	0.0536 $\pm$ 0.0029	0.3375 $\pm$ 0.0180	0.0457 $\pm$ 0.0008	354 $\pm$ 90	295 $\pm$ 14	288 $\pm$ 5

**致谢:**野外工作得到中国石化西北油田分公司研究院、新疆地质八队,以及阿克苏中天矿业有限公司李建兵总经理等的鼎力相助。样品测试分析工作得到中国地质大学地学实验中心元素地球化学研究室、北京大学物理学院电镜室和北京离子探针中心的大力支持。中国地质大学地学实验中心元素地球化学研究室苏犁教授在样品测试、结果解译等工作中提供了大量帮助和宝贵的意见。借此机会,谨向上述单位和个人致以诚挚的谢意。

### 注释

① 李日俊. 2005. 塔中—巴楚地区断裂系统、火成岩及其对油气的控

制作用. 中国石化西部新区勘探指挥部科技成果报告.

### 参考文献

- 陈莉,徐军,苏犁. 2005. 场发射环境扫描电子显微镜上阴极荧光谱仪特点及其在锆石研究中的应用. 自然科学进展, 15(11):1403~1408.
- 姜常义,贾承造,李良辰,张蓬勃,卢登蓉,白开寅. 2004a. 新疆麻扎尔塔格地区铁富集型高镁岩浆的源区. 地质学报, 78(6):770~780.
- 姜常义,张蓬勃,卢登蓉,等. 2004b. 柯坪玄武岩的岩石学、地球化学、Nd、Sr、Pb 同位素组成与岩石成因. 地质论评, 50(5):492~500.
- 贾承造,魏国齐,王良书,等. 1997. 中国塔里木盆地构造特征与油气. 北京:石油工业出版社.

- 金之钧,朱东亚,胡文瑄,等. 2006. 塔里木盆地热液活动地质地球化学特征及其对储层影响. 地质学报, 80(2):246~253.
- 金之钧,张刘平,杨雷,等. 2002. 沉积盆地深部流体的地球化学特征及油气成藏效应初探. 地球科学—中国地质大学学报, 27(6):659~665.
- 李勇,苏文,孔屏,等. 2007. 塔里木盆地塔中—巴楚地区早二叠世岩浆岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄. 岩石学报, 23(5):1097~1107.
- 李昌年,路凤香,陈美华. 2008. 巴楚瓦吉里塔格火成杂岩体岩石学研究. 新疆地质, 19(1):38~42.
- 聂保锋,于炳松,朱金富. 2008. 巴楚地区碳酸盐岩中深成侵入岩特征及其对储层发育的影响. 地学前缘, 15(2):90~99.
- 孙林华,王岳军,范蔚茗,瞿建威. 2008. 再论巴楚麻扎山正长岩体岩石成因和构造意义. 吉林大学学报(地球科学版), 38(1):8~20.
- 孙龙德,周新源,王国林. 2005. 塔里木盆地石油地质研究新进展和油气勘探主攻方向. 地质科学, 40(2):167~178.
- 肖安成,杨树锋,李曰俊,等. 2005. 塔里木盆地巴楚隆起断裂系统主要形成时代的新认识. 地质科学, 40(2):291~302.
- 夏林圻,夏祖春,徐学义,等. 2004. 天山石炭纪大火成岩省与地幔柱. 地质通报, 23(9~10):903~910.
- 夏林圻,李向民,夏祖春,等. 2006. 天山石炭—二叠纪大火成岩省裂谷火山作用与地幔柱. 西北地质, 39(1):1~49.
- 杨树峰,陈汉林,董传万. 1996. 塔里木盆地二叠纪正长岩的发现及其地球动力学意义. 地球化学, 25(2):121~128.
- 杨树峰,历子龙,陈汉林,等. 2006. 塔里木盆地二叠纪石英正长斑岩岩墙的发现及其构造意义. 岩石学报, 22(5):1405~1412.
- Langhorne S B, Graham R D. 2006. Structurally controlled hydrothermal alteration of carbonate reservoirs: introduction. AAPG Bulletin, 90(11):1635~1640.
- Michael Wiedenbeck, John M Hanchard, William H Peck, et al. 2006. Further characterisation of the 91500 zircon crystal. Geostandards and Geoanalytical Research, 28(1):9~39.
- Sun S S, McDonough W F. 1989. Chemical and isotopic systematics of ocean basalt: Implications for mantle composition and processes. Geological Society Special Publication, 42: 323~345.

## The Zircon U-Pb Age of Mazha'er Tage Alkalic Complex in the Tarim Basin and Its Geologic Significance

SUN Yan<sup>1)</sup>, XIAO Yuanfu<sup>1)</sup>, ZHAO Xikui<sup>1)</sup>, QIAN Yixiong<sup>2)</sup>, XIAO Guangwu<sup>1)</sup>, LIU Hongqiang<sup>1)</sup>

1) Chengdu University of Technology, Chengdou, 610059;

2) Northwest Oilfield Branch Company of China Petrochemical General Company, Urumchi, 830011

### Abstract

By using the Cathode fluorescence image analysis and LA-ICP-MS U-Pb age dating method of zircons, the inner structure, trace element compositions and U-Pb age of the zircons of pyroxene syenite and fine potash-feldspar-granite in the form of vein in the complex body of Mazha'er Tage located in the northwest of central uplift in the Tarim basin are analyzed and determined. The results of zircon analysis show that the diagenesis ages of two types of rock are  $283.3 \pm 1.8$  Ma and  $281.2 \pm 3.7$  Ma separately, these dates open out that there is the activity of alkaline magma during early Permian period in the north of Tarim basin, and provide the important evidence of mantle plume magmatism and direction of research related to mineral exploration about diamond, oil and gas from the Carboniferous to Permian period.

**Key words:** Tarim basin; Mazha'er Tage; alkalic complex; LA-ICP-MS; zircon U-Pb age; mantle plume magmatism