塔里木南缘铁克里克构造带东段前寒武纪地层时代的新限定和新元古代地壳再造：锆石定年和Hf同位素的约束

王超[1,2)]，刘良[1)]，车自成[1)]，何世平[2)]，李荣社[2)]，杨文强[1)]，曹玉亭[1)]，朱小辉[1)]

1）大陆动力学国家重点实验室，西北大学地质学系，西安，710069；

2）中国地质调查局西安地质调查中心，西安，710054

内容提要：铁克里克山位于塔里木地块西南缘，被认为是塔里木板块的褶皱基底。其前寒武纪地层主要由前人认为的“古元古代埃连卡特岩群”和“长城纪塞拉加兹塔格岩群”组成，保存有塔里木盆地前寒武纪地壳形成和演化的重要信息。LA-ICP-MS锆石微区原位定年结果显示，埃连卡特岩群绿泥方解石石英片岩中锆石的$^{206}Pb/^{238}U$年龄值主体集中于736～810 Ma，780 Ma年龄数据构成峰值；塞拉加兹塔格岩群变凝灰岩中锆石的$^{206}Pb/^{238}U$年龄值介于779～792 Ma之间，其加权平均年龄为787±1 Ma。这些测点相对应的锆石CL图像、U、Th含量和Th/U比值具有岩浆锆石特征，同时，这些峰值年龄具有较好的谐和性，可以作为相应地层的最大沉积时代，指示其形成于新元古代南华纪。通过对铁克里克山地区的埃连卡特岩群和塞拉加兹塔格岩群的物质组成、地球化学特征和新的精确年代学数据对比分析，可以推测二者地层可能为同一地层，其形成时代下限应为新元古代早期，为塔里木板块南缘前寒武纪基底存在Rodinia超大陆裂解事件的物质记录。塞拉加兹塔格岩群中锆石Hf同位素分析表明，787 Ma左右的锆石颗粒具有负的$\varepsilon Hf(t)$值和约1900 Ma的两阶段Hf模式年龄，说明塞拉加兹塔格岩群主体是由古元古代的地壳物质重熔后再沉积形成的，为古老地壳的再造。约1986 Ma的捕获锆石$\varepsilon Hf(t)$值变化于－2.3～5.0之间，两阶段模式年龄介于2241～2813 Ma，具有正和负的$\varepsilon Hf(t)$值，指示这些锆石的母岩中存在古元古代的新生地壳和太古宙地壳再造。

关键词：锆石定年与Hf同位素；埃连卡特岩群；塞拉加兹塔格岩群；铁克里克；塔里木南缘

铁克里克构造带位于塔里木地块西南缘，为西昆仑造山带和塔里木地块结合部位（图1a），姜春发等（2000）将其划为中央造山带重要组成之一的西昆仑北带。其主体由一套片麻岩和混合岩为主的前寒武系变质岩石组成，前人称之为铁克里克断隆（丁道桂等，1996），是研究西昆仑与塔里木盆地前寒武纪地壳形成和演化的关键地段。

铁克里克构造带在平面上呈东宽西窄的带状分布（图1b），在东部的铁克里克山地区主要由埃连卡特岩群和塞拉加兹塔格岩群组成。前人依据塞拉加兹塔格岩群中获得的1764 Ma Rb-Sr年龄将这些地层划为古、中元古界（新疆维吾尔自治区地质矿产局，1993）。张传林等（2007）利用碎屑锆石LA-ICP-MS定年获得卡拉喀什群主要集中于2.3～2.4、0.9～1.0和0.8Ga左右三个年龄峰值，并认为后两个年龄值代表了变质年龄。而目前在塔里木盆地周缘发现的大量0.82～0.74 Ga的年龄信息主要代表了新元古代裂解事件（Xu et al.，2005；Zhang et al.，2007，2009；Chen et al.，2004）。因此，深入认识塔里木盆地前寒武纪地壳生长和演化，需要更加精确的年代学数据对上述地层时代进行约束。本文选择铁克里克构造带东段玉龙喀什河剖面的前寒武地层为研究对象，在锆石阴极发光图像分析的基础上，利用高精度的LA-ICP-MS微区原位分析技术进行同位素年代学研究，并对塞拉加兹塔格岩群中的锆石进行了Hf同位素组成分析，以期准确限定区内各地层的沉积时代和物质来源，为深入探讨西昆仑与塔里木基底形成时代及其早期地壳演化历史提供进一步的约束资料。

注：本文为国家青年自然基金（编号40902022）、国家重点实验室科技部专项、国家973项目（2009CB825003）和中国地质调查局“青藏高原前寒武纪地质和古生代构造—古地理综合研究”（编号121201061012）项目资助成果。

收稿日期：2009-05-12；改回日期：2009-09-17；责任编辑：郝梓国。

作者简介：王超，男，1979年生，博士生。岩石大地构造学专业。Email：wangc-mail@163.com。

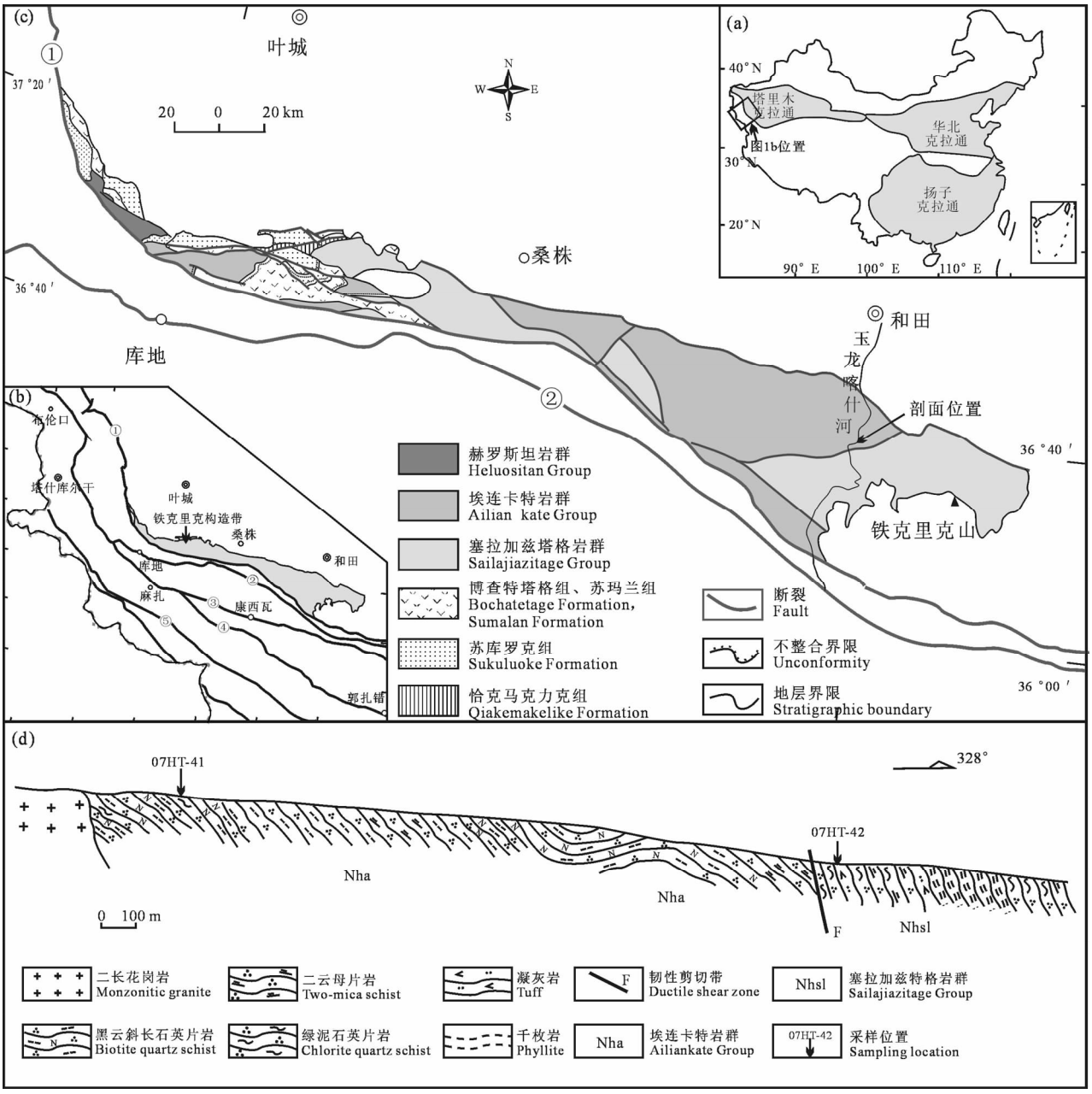

图 1 (a)—中国克拉通分布图;(b)—西昆仑构造轮廓图;(c)—铁克里克构造带前寒武纪地质略图;(d)—玉龙喀什河前寒武纪地层剖面;①—奥依塔格—柯岗断裂;②—库地—其曼于特断裂;③—康西瓦断裂;④—郭扎错断裂;⑤—龙木错—双湖断裂

Fig. 1 (a)—Simplified tectonic map of China; (b)—sketch geological map of West Kunlun; (c)—distribution of Precambrian rocks of the Tiekelike belt from Tarim; (d)—Section of Precambrian rocks from Yulongkashi River showing the locations of samples; ①—Aoyitage-Kegang fault; ②—Kudi-Qimanyute fault; ③—Kangxiwa fault; ④—Guozacuo fault; ⑤—Longmucuo-Shuanghu fault

1 前寒武纪地质背景与样品特征

铁克里克构造带北以铁克里克北缘断裂为界,南以柯岗断裂为界,长期以来被认为是塔里木板块的褶皱基底(丁道桂等,1996),为出露于西昆仑北带复式背斜核部的一个穹隆状结晶推覆岩片(崔军文等,2006),在平面上呈东宽西窄的条形分布,西段由长条状断片组成,东段铁克里克山呈东西向拉长的菱形块体,东、西两段呈完全不同的动力学特征(崔军文等,2006)。另外,在前寒武纪地层组成上,

两段也有差异，西段的叶城南部主要由赫罗斯坦岩群、塞拉加兹塔格岩群、蓟县系博查特塔格组、蓟县系苏玛兰组和青白口系苏库罗克组组成(图 1c)。东段铁克里克山一带则主体由埃连卡特岩群和塞拉加兹塔格岩群组成，在新疆和田县玉龙喀什河剖面上露头连续，地层出露相对齐全(图 1d)。

1.1 埃连卡特岩群

《新疆区域地质志》(1993)将分布于铁克里克山至叶尔羌河山前地带一套绿片岩相变质地层划为埃连卡特群，主要岩性为各种片岩，夹绢云母石英大理岩、千枚岩。新疆地矿局第十地质大队 1∶50 万和田编图组将铁克里克山的该套地层命名为卡拉喀什群。张传林等(2007) 对卡拉喀什群绢云绿泥长石石英片岩中的锆石进行 LA-ICP-MS 定年获得其沉积时间为中元古代中晚期。经新疆第一区测大队追索，认为二者实为一套地层。在铁克里克山一带，埃连卡特岩群呈北东—南西向带状展布，与塞拉加兹塔格岩群为断层接触。埃连卡特岩群的典型剖面位于铁克里克构造带的东段——新疆和田县境内玉龙喀什河一带，主要由浅变质的中-酸性火山岩和正常沉积的碎屑岩组成。本文采集了该群中的绿泥方解石石英片岩(样品号 07HT-41，采样位置：N 36°29′25.0″，E 79°54′40.2″)(图 1 d)。

1.2 塞拉加兹塔格岩群

张良臣(1958)首先将出露于叶城县塞拉加兹塔格典型的细碧角斑岩系称为塞拉加兹塔格岩群，将其划为寒武系—震旦系。汪玉珍(1983)在阿其克河中游采钾质角斑岩样品，进行同位素年龄(Rb-Sr 法)测定，获得年龄值 1764Ma，该群角度不整合于埃连卡特岩群之上，蓟县系博查特塔格组平行不整合于该群之上，因此前人将其时代厘定为长城纪。但该套岩性、时代和地层接触关系仅分布于铁克里克构造带西段。在东段的玉龙喀什河口一带，塞拉加兹塔格岩群以含绿泥石的各种片岩为主，与埃连卡特岩群为韧性断层接触，岩片长轴方向与韧性断层方向一致，为 NEE—SWW 向展布。本文样品为该群中的变凝灰岩(样品号 07HT-42)，岩石变形揉皱，其片理方向与区域产状一致。采样位置：N 36°40′13.3″，E 79°51′56.6″。

2 分析方法

本文测试的锆石样品分别从埃连卡特岩群中的绿泥方解石石英片岩(样品 07HT-41)和塞拉加兹塔格岩群中的变凝灰岩(样品 07HT-42)中分选出来的。对分选出来的锆石在双目镜下挑出无色透明、无裂痕、无包体的颗粒，用环氧树脂固定、抛光至锆石颗粒一半出露，然后进行阴极发光(CL)内部结构及 LA-ICP-MS 原位微量元素和同位素分析测试。锆石的 CL 照相和 U-Pb 定年及微量元素测试在西北大学大陆动力学国家重点实验室完成。由于埃连卡特岩群中的绿泥方解石石英片岩锆石较小，只进行了 U-Pb 定年，激光束斑直径为 32μm；对于粒径较大的塞拉加兹塔格岩群中的凝灰岩的锆石进行了原位 Lu-Hf 同位素分析和锆石 U-Pb 定年，斑束直径为 44 μm。

阴极发光(CL)照相在英国 Gatan 公司生产的 Mono CL3＋阴极发光装置系统上进行。锆石定年工作所用的 ICP-MS 为 Agilient 公司最新一代带有 Shield Torch 的 Agilient 7500a。锆石原位 Lu-Hf 同位素测定采用 Nu Plasma HR(Wrexham，UK)多接收电感耦合等离子体质谱仪完成(MC-ICP-MS)。采用的激光剥蚀系统为德国 MicroLas 公司生产的 GeoLas200M，该系统由德国 Lambda Physik 公司的 ComPex102 Excimer 激光器(工作物质 ArF，波长 193 nm) 与 MicroLas 公司的光学系统组成。锆石原位 Lu-Hf 同位素分析与锆石 U-Pb 定年及微量元素分析的 ICP-MS 使用同一台激光剥蚀系统，对样品进行一次性剥蚀完成，分别由 ICP-MS 与 MC-ICP-MS 两台仪器同时采集各自的信号。

LA-ICP-MS 激光剥蚀采样方式为单点剥蚀。数据分析前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 NIST610 进行仪器的最佳化。数据处理采用 GLITTER (ver 4.0)程序，年龄计算以标准锆石 91500 为外标进行同位素比值分馏校正；元素浓度计算采用 NIST610 作外标，^{29}Si 作内标。锆石谐和图用 Isoplot 程序(ver 3.0) 获得(Ludwig K R，2003)。普通铅根据 Andersen Tom (2002)的 3D 坐标法进行校正，详见参考文献(Yuan et al.，2008)。

锆石原位 Lu-Hf 同位素测定用^{176}Lu/^{175}Lu ＝ 0.02669(Bievre et al.，1993)和^{176}Yb/^{172}Yb ＝ 0.5886(Chu et al.，2002)进行同量异位干扰校正计算测定样品的^{176}Lu/^{177}Hf 和^{176}Hf/^{177}Hf 比值。在样品测定期间，对标准参考物质 91500 和 GJ-1 进行分析，一方面进行仪器状态监控，另一方面以此来对样品进行校正。εHf 的计算采用^{176}Lu 衰变常数为 1.865×10^{-11} a(Scherer et al.，2001)，球粒陨石现今的^{176}Hf/^{177}Hf＝0.282772，^{176}Lu/^{177}Hf＝

表 1

续表 1

0.0332 (Blichert-Toft and Albarede F, 1997);Hf 亏损地幔模式年龄(T_{DM1})的计算采用现今的亏损地幔$^{176}Hf/^{177}Hf = 0.28325$ 和$^{176}Lu/^{177}Hf = 0.0384$ (Vervoort J D et al., 1999)。Hf 同位素单阶段模式年龄 T_{DM1} 以亏损地幔为参考计算,两阶段模式年龄 T_{DM2} 依据大陆地壳平均组成计算。

3 分析结果

古老锆石(>1000 Ma)多存在着一定程度的铅丢失,并且^{207}Pb 和^{206}Pb 在相同的初始条件和共同的地质构造环境中具有同步变化的特征,两者保持相对稳定的比值(Blank et al., 2003)。因此,本文采用$^{207}Pb/^{206}Pb$ 年龄值来代表>1000 Ma 的古老岩石的成岩年龄。同时,结合$^{206}Pb/^{238}U$ 来计算锆石的谐和性,本文在年龄谐和图成图过程中剔除了$^{206}Pb/^{238}U$ 相对于$^{207}Pb/^{206}Pb$ 或$^{207}Pb/^{235}U$ 偏差大于 10%的锆石颗粒。

3.1 埃连卡特岩群中的绿泥方解石石英片岩锆石 U-Pb 年龄(07HT-41)

在样品 07HT-41 中,共获得了 27 个测点数据,分析结果见表 1。从所有碎屑锆石的测定年龄频率分布图(图 2b)可以看出,主要有 3 个年龄峰值,其中 736~810 Ma 的数据构成主体,大多数测点位于$^{207}Pb/^{235}U$-$^{206}Pb/^{238}U$ 谐和图的谐和线上或在其附近分布,少数点沿不一致线分布(图 2a),780 Ma 年龄构成峰值。这些锆石的 CL 图像大都显示岩浆结构,具有明显密集的岩浆振荡环带(图 2a),Th 和 U 含量分别为 72~1746,92~1464 μg/g,Th/U 比值变化范围为 0.26~1.52,上述特征表明,这些锆石主要来自岩浆岩物源区。而个别古老的碎屑锆石

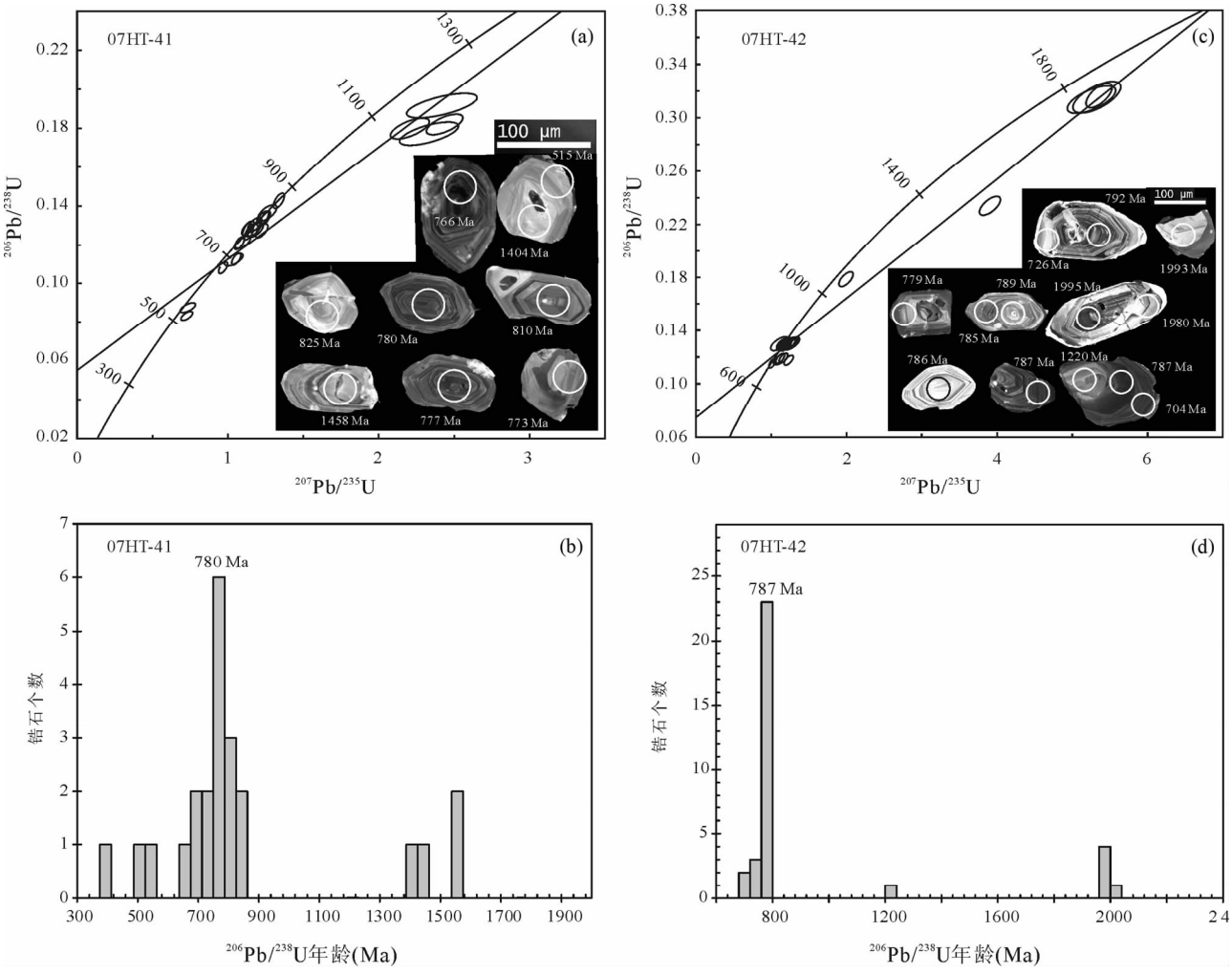

图 2 锆石的 U-Pb 谐和图及 CL 图像和锆石年龄频率分布直方图

Fig. 2 Concordia diagrams of U-Pb analytical results for zircon from Tiekelikeshan of southwestern Tarim Craton: a, b chlorite quartz schist sample 07HT-41; c, d tuff sample 07HT-42. Inserts show CL images of zircons from the respective samples

的$^{207}Pb/^{206}Pb$年龄集中于1.45 Ga左右，内部具有无明显环带结构的内核。另外，还有2个测点的$^{206}Pb/^{238}U$年龄值介于515～540 Ma（如表1中的07HT-41-9与07HT-41-19测点），这些测点均位于锆石颗粒的边部，并具有较低的Th、U含量和相对低的Th/U值（0.07～0.34），可能反映了后期变质或热扰动事件。

3.2 塞拉加兹塔格岩群中的变凝灰岩锆石U-Pb年龄和Hf同位素组成(07HT-42)

在样品07HT-42中，共进行了39个测点分析，分析数据见表1。大多数锆石的CL图像（图2c）具有明显的密集岩浆振荡生长环带，并且这些年龄数据构成了一个很好的集中区（图2c），其$^{206}Pb/^{238}U$年龄介于704～792 Ma之间（图2d），大多数测点位于$^{207}Pb/^{235}U$-$^{206}Pb/^{238}U$谐和图的谐和线上或在其附近分布，对应测点的Th/U比值变化范围为0.21～1.03，其峰值年龄为787 Ma（n=23）。少量锆石具有无环带结构的内核，来自这些锆石核部的测点年龄值偏老，而且相对集中，其$^{207}Pb/^{206}Pb$平均年龄值为1986 Ma，对应测点的Th/U为0.39～0.82。

表2 塞拉加兹塔格岩群变凝灰岩中锆石Hf同位素组成

Table 2 Hf isotopic compositions of zircons from Sailajiazitage Group in southwest of Tarim

测点	Age/Ma	$^{176}Yb/^{177}Hf$	$^{176}Lu/^{177}Hf$	$^{176}Hf/^{177}Hf$	2σ	εHf(0)	2σ	εHf(t)	2σ	T_{DM1}	T_{DM2}	$f_{Lu/Hf}$
07HT-42-01	789	0.015402	0.000642	0.281951	0.000104	−29	3.8	−11.6	3.8	1782	2098	−1
07HT-42-02	342	0.067821	0.002643	0.282233	0.000126	−19.1	4.6	−11.6	4.6	1400	1737	−1
07HT-42-03	788	0.020423	0.000770	0.282035	0.000092	−26.1	3.4	−8.7	3.4	1669	1949	−1
07HT-42-04	788	0.019579	0.000776	0.282081	0.000168	−24.4	6	−7.1	6	1606	1867	−1
07HT-42-05	787	0.015456	0.000659	0.282198	0.000176	−20.3	6.3	−2.9	6.3	1448	1658	−1
07HT-42-06	792	0.028065	0.001238	0.281807	0.000120	−34.1	4.4	−16.7	4.4	1976	2353	−1
07HT-42-07	726	0.014152	0.000625	0.281929	0.000130	−29.8	4.7	−13.8	4.7	1812	2157	−1
07HT-42-08	1995	0.059158	0.002244	0.281654	0.000114	−39.5	4.2	5	4.2	2181	2241	−1
07HT-42-09	1980	0.016205	0.000660	0.281481	0.000108	−45.7	4	−1.5	4.2	2413	2550	−1
07HT-42-10	785	0.025770	0.001001	0.282073	0.000134	−24.7	4.8	−7.4	4.9	1617	1882	−1
07HT-42-11	722	0.027423	0.001256	0.281863	0.000124	−32.2	4.5	−16.2	4.5	1901	2276	−1
07HT-42-12	786	0.025490	0.001110	0.282055	0.000166	−25.4	6	−8	6	1642	1914	−1
07HT-42-13	487	0.040515	0.001457	0.2821	0.000142	−23.8	5.1	−13.1	5.1	1581	1929	−1
07HT-42-14	484	0.043870	0.001545	0.281981	0.000100	−28	3.7	−17.3	3.7	1742	2142	−1
07HT-42-15	1993	0.010508	0.000410	0.281329	0.000118	−51	4.3	−6.6	4.4	2615	2813	−1
07HT-42-16	788	0.011049	0.000479	0.282001	0.000100	−27.3	3.7	−9.9	3.7	1715	2009	−1
07HT-42-17	786	0.029102	0.001183	0.282073	0.000164	−24.7	5.9	−7.4	5.9	1617	1882	−1
07HT-42-18	787	0.025282	0.001039	0.282203	0.000134	−20.1	4.8	−2.8	4.9	1441	1649	−1
07HT-42-19	725	0.017163	0.000732	0.281999	0.000132	−27.3	4.8	−11.4	4.8	1717	2033	−1
07HT-42-20	779	0.015164	0.000569	0.282071	0.000106	−24.8	3.9	−7.6	3.9	1620	1888	−1
07HT-42-21	787	0.017198	0.000684	0.281992	0.000084	−27.6	3.1	−10.2	3.2	1727	2026	−1
07HT-42-22	790	0.009196	0.000355	0.282096	0.000114	−23.9	4.2	−6.5	4.2	1586	1839	−1
07HT-42-23	790	0.021931	0.000840	0.282005	0.000154	−27.1	5.5	−9.7	5.6	1709	2002	−1
07HT-42-24	785	0.025216	0.000964	0.2822	0.000186	−20.2	6.7	−2.9	6.7	1445	1655	−1
07HT-42-25	598	0.037968	0.001387	0.281977	0.000088	−28.1	3.3	−15	3.3	1747	2113	−1
07HT-42-26	783	0.019374	0.000739	0.282196	0.000076	−20.4	2.9	−3.1	2.9	1451	1663	−1
07HT-42-27	789	0.024914	0.001061	0.282073	0.000100	−24.7	3.7	−7.3	3.7	1617	1881	−1
07HT-42-28	785	0.017522	0.000751	0.282075	0.000102	−24.7	3.7	−7.3	3.8	1615	1878	−1
07HT-42-29	786	0.025672	0.000993	0.282324	0.000122	−15.8	4.4	1.5	4.4	1276	1433	−1
07HT-42-30	787	0.016751	0.000670	0.282259	0.000142	−18.1	5.1	−0.8	5.1	1365	1549	−1
07HT-42-31	788	0.015799	0.000634	0.282081	0.000100	−24.4	3.7	−7.1	3.7	1606	1867	−1
07HT-42-32	1220	0.017778	0.000684	0.282026	0.000112	−26.4	4.1	0.7	4.1	1681	1827	−1
07HT-42-33	787	0.013804	0.000544	0.282107	0.000086	−23.5	3.2	−6.2	3.2	1571	1821	−1
07HT-42-34	704	0.017339	0.000674	0.281879	0.000220	−31.6	7.8	−16.1	7.9	1879	2253	−1
07HT-42-35	407	0.067379	0.002666	0.282277	0.000130	−17.5	4.7	−8.6	4.7	1340	1637	−1
07HT-42-36	717	0.016716	0.000599	0.282069	0.000116	−24.9	4.2	−9.1	4.2	1623	1911	−1
07HT-42-37	1972	0.032995	0.001392	0.281463	0.000220	−46.3	7.8	−2.3	7.9	2436	2584	−1
07HT-42-38	584	0.033850	0.001420	0.282041	0.000240	−25.9	8.5	−13	8.6	1661	2003	−1
07HT-42-39	783	0.019717	0.000907	0.282051	0.000260	−25.5	9.3	−8.2	9.3	1647	1922	−1

锆石 Hf 同位素分析结果见表 2。显示所有锆石的$^{176}Lu/^{177}Hf$ 比值均小于 0.002,表明锆石在形成后具有极低量的放射成因 Hf 积累。对应于上述两组锆石 U-Pb 年龄,锆石的$^{176}Hf/^{177}Hf$ 比值明显分为两组,对于~787 Ma 的锆石,其$^{176}Hf/^{177}Hf$ 值较高,变化范围为 0.281807~0.282324,其对应的 $\varepsilon Hf(t)$值除一个点为正值外,其余均为负值,最低的可达−16.7±4.4(图 3a),对应的两阶段模式年龄 T_{DM2}值变化范围为 1433~2353 Ma,主体为~1900 Ma 左右,均大于相对应的锆石形成年龄。~1986 Ma 锆石核部的$^{176}Hf/^{177}Hf$ 值较低(0.281329~0.281654),其 $\varepsilon Hf(t)$值变化较大(−2.3~5.0),相应的两阶段模式年龄介于 2241~2813 Ma,略大于对应的锆石 U-Pb 年龄值。

4 讨论和结论

4.1 铁克里克山前寒武纪地层的形成时代及其地质意义

本次通过新的锆石 U-Pb 年代学研究,获得埃连卡特岩群碎屑锆石存在约 780 Ma 的物质构成,相应的锆石 CL 图像、U、Th 含量和 Th/U 比值具有岩浆锆石特征,这些峰值年龄具有较好的谐和性,可以作为相应地层沉积时代的下限。张传林等(2007)利用碎屑锆石 LA-ICP-MS 定年结果认为卡拉喀什群的沉积时间在中元古代中晚期,在 0.8、0.9~1.0 Ga 发生了两期重要的变质作用。然而,本文分析其数据和锆石 CL 图像(详见张传林等,2007,图 7),明显可见其测试的年龄值主要集中于 2.3 ~ 2.4、0.9~1.0 和 0.8Ga 左右三个峰值,而 0.8Ga 和 0.9~1.0 左右的年龄值可能不是变质年龄,三个峰值年龄区间应为埃连卡特岩群的三个主要物源区年龄,与本文结果一致,指示埃连卡特岩群的形成早于新元古代早期。

塞拉加兹塔格岩群中凝灰岩的锆石结晶年龄为~787 Ma。塞拉加兹塔格岩群变火山岩的地球化学特征具有大陆溢流玄武岩的特征,代表了大陆板内裂谷环境(未发表数据)。已有研究表明,埃连卡特岩群的变质火山岩也记录了古塔里木板块裂解的构造背景(张传林等,2003)。上述资料表明西昆仑与塔里木板块南缘前寒武纪基底存在新元古代 Rodinia 超大陆裂解事件,埃连卡特岩群和塞拉加兹塔格岩群为 Rodinia 超大陆裂解的物质记录。

在铁克里克山地区的埃连卡特岩群和塞拉加兹塔格岩群之间未发现角度不整合关系,并且二者的物质组成、地球化学特征和新的精确年代学数据相近,由此可以推测上述前人划归的"古元古代埃连卡特岩群"和"中元古代塞拉加兹塔格岩群" 在该地区可能均为新元古代同一地层。汪玉珍(1983)在塞拉加兹塔格岩群中获得的 1764 Ma 同位素年龄值(Rb-Sr 法)和该群与埃连卡特岩群、博查特塔格组的不整合接触关系均位于铁克里克构造带西段。另外,西段的蓟县系博查特塔格组、蓟县系苏玛兰组、青白口系苏库罗克组和南华纪恰克马克力克组目前尚无同位素年代学数据支持,因此铁克里克构造带东、西两段的埃连卡特岩群和塞拉加兹塔格岩群可能需要进一步的解体或者相应的上覆地层时代需要

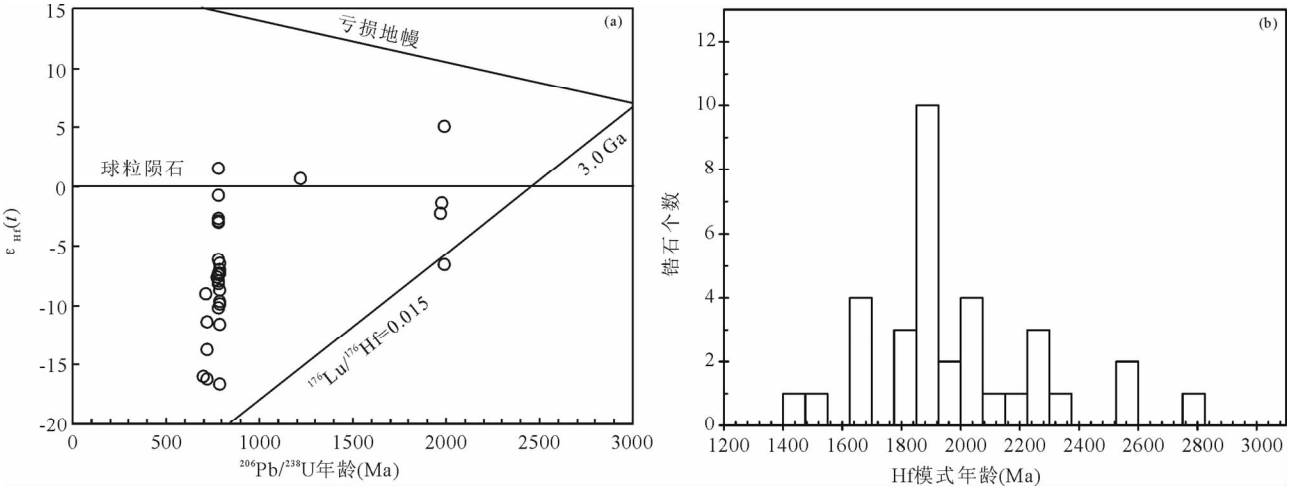

图 3 锆石 Hf 同位素特征(b)和 Hf 模式年龄(a)频率分布直方图

Fig. 3 (a) Temporal variations of $\varepsilon Hf(t)$ values of the studied detrital zircons and (b) Hf model age histogram of zircons from Sailajiazitage Group of Tiekelikeshan of southwestern Tarim Craton

进一步界定。

4.2 锆石的物质来源和塔里木西南缘新元古代地壳生长

锆石 U-Pb 定年和 Hf 同位素分析已经成为研究大陆地壳生长和再造事件的重要手段(吴福元等，2007 及其参考文献；郑永飞等，2007 及其参考文献)。锆石 U-Pb 年龄代表锆石结晶或者变质作用的时间，而锆石的生长通常与壳内分异或再造过程相关。锆石 Hf 模式年龄则代表了结晶锆石的岩浆源区从亏损地幔提取出来的时间，也就是地壳生长的时间。

锆石 LA-ICP-MS 分析表明，塞拉加兹塔格岩群中变凝灰岩岩浆成因锆石的年龄主要形成于 787 Ma 左右，部分捕获锆石的年龄为 1986 Ma 左右。Hf 同位素分析表明 787 Ma 左右的锆石颗粒具有负的 $\varepsilon Hf(t)$ 值和约 1900 Ma 的两阶段 Hf 模式年龄，说明塞拉加兹塔格岩群主体是由古元古代的地壳物质裂谷作用后岩浆重熔再沉积形成的，表现为古老地壳的再造。～1986 Ma 的古元古代年龄锆石源区可能是新元古代裂谷活动时的裂谷肩部的基底地层，在裂谷盆地沉积时风化成为碎屑沉积到塞拉加兹塔格岩群之中。相应的古元古代碎屑锆石年龄在埃连卡特岩群(张传林等，2007)和铁克里克构造带西段的赫勒斯坦岩群均有发现(未发表数据)。这些古元古代年龄锆石的 $\varepsilon Hf(t)$ 值变化于 -2.3～5.0之间，两阶段模式年龄介于 2241～2813 Ma，具有正和负的 $\varepsilon Hf(t)$ 值，说明这类锆石的母岩中既有新生的地壳物质，又有再造的古老地壳，可能分别对应古元古代的新生地壳和太古宙地壳再造。

谨以此文祝贺姜春发先生八十寿辰，庆贺先生在造山带地质研究中的卓越贡献！

参 考 文 献

崔军文，郭宪璞，丁孝忠，李朋武，张晓卫. 2006. 西昆仑—塔里木盆地盆-山结合带的中、新生代变形构造及其动力学. 地学前缘，13(4)：103～118.

丁道桂，王道轩，刘伟新. 1996. 西昆仑造山带与盆地. 北京：地质出版社：1～249.

姜春发，王宗起，李锦轶. 2000. 中央造山带开合构造. 北京：地质出版社：1～154.

汪玉珍. 1983. 西昆仑山依沙克群的时代及其构造意义. 新疆地质. 1(1)：1～8.

吴福元，李献华，郑永飞，高山. 2007. Lu-Hf 同位素体系及其岩石学应用. 岩石学报，23(2)：185～220.

新疆维吾尔自治区地质矿产局. 1993. 新疆维吾尔自治区区域地质志. 北京：地质出版社：1～841.

张传林，赵宇，郭坤一，董永观，王爱国. 2003. 塔里木南缘元古代变质基性火山岩地球化学特征——古塔里木板块中元古代裂解的证据. 地球科学—中国地质大学学报，28(1)：47～53.

张传林，陆松年，于海锋，叶海敏. 2007. 青藏高原北缘西昆仑造山带构造演化：来自锆石 SHRIMP 及 LA-ICP-MS 测年的证据. 中国科学，37(2)：145～154.

郑永飞，张少兵. 2007. 华南前寒武纪大陆地壳的形成和演化. 科学通报，52(1)：1～10.

Andersent T. 2002. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report 204Pb. Chem Geol，192：59～79.

Bievre D P，Taylor P D. Table of the isotopic compositions of the elements. Int J Mass Spectrom Ion Process，1993，123(2)：149～166.

Blank L P，Kamo S L，Williams I S et al. 2003. The application of SHRIMP to Phanerozoic geochronology：A critical appraisal of four zircon standards. Chem Geol，200：171～188.

Blichert-Toft J，Albarede F. 1997. The Lu-Hf isotope geochemistry of chondrites and the evolution of the mantle-crust system. Earth Planet Sci Lett，148：243～258.

Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang Uygur Autonomous Region. 1993. Regional geology of Xinjiang Uygur Autonomous Region. Beijing：Geological Publishing House：1～841 (in Chinese).

Chen Y，Xu B，Zhan S，Li Y. 2004. First mid-Neoproterozoic paleomagnetic results from the Tarim Basin (NW China) and their geodynamic implications. Precambrian Research 133，271～281.

Chu N C，Taylor R N，Chavagnac V et al. 2002. Hf isotope ratio analysis using multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry：An evaluation of isobaric interference corrections. J Anal At Spectrom，17：1567～1574.

Cui J W，Guo X P，Ding X Z，Zhang X W. 2006. Mesozoic-Cenozoic deformation structures and their dynamics in the basin range junction belt of the west Kunlun Tarim basin. Earth Science Frontiers，13(4)：103～118(in Chinese with English abstract).

Ding D G，Wang D X，Liu W X et al. 1996. West Kunlun oroginic belt and basin. Beijing：Geological Publishing House：1～249 (in Chinese with English abstract).

Jiang C F，Wang Z Q，Li J Y. 2000. Opening-Closing Tectonics of Central Orogenic Belt. Beijing：Geological Publishing House：55～72(in Chinese with English abstract).

Ludwig K R. 2003. Isoplot 3. 0-A geochronological toolkit for Micro-soft Excel. Berkeley Geochronology Center，Spec Pub，4：1～70.

Scherer E，Muenker C et al. 2001. Calibration of the lutetium-hafnium clock. Washington D C：American Association for the Advancement of Science，293：683～687.

Vervoort J D，Blichert-Toft J. 1999. Evolution of the depleted mantle：Hf isotope evidence from juvenile rocks through time. Geochim Cosmochin Acta，63：533～556.

Xu B，Jiang P，Zheng H F，Zou H B，Zhang L F，Liu D Y. 2005.

U Pb zircon geochronology of Neoproterozoic volcanic rocks in the Tarim Block of northwest China: implications for the breakup of Rodinia supercontinent and Neoproterozoic glaciations. Precambrian Research 136, 107 123.

Wang Y Z. 1983. The age and tectonic significance of the Yishake Group in West Kunlun. Xinjiang geology, 1 (1): 1～8 (in Chinese with English abstract).

Wu F Y, Li X H, Zheng Y F, Gao S. 2007. Lu-Hf isotopic systimatics and their applications in petrology. Acta Petrologica Sinica, 23(2): 185～220(in Chinese with English abstract).

Yuan H L, Gao S, Dai M N et al. 2008. Simultaneous determinations of U-Pb age, Hf isotopes and trace element compositions of zircon by excimer laser ablation quadrupole and multiple collector ICP-MS. Chem Geol, 247: 100～117.

Zhang C L, Zhao Y, Guo K Y, Dong Y G, Wang A G. 2003. Geochemistry Characteristics of the Proterozoic Meta-Basalt in Southern Tarim Plate: Evidence for the Meso-Proterozoic Breakup of Paleo-Tarim Plate. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 28 (1): 47～53 (in Chinese with English abstract).

Zhang C L, Lu S N, Yu H F, Ye H M. 2007. Tectonic evolution of Western Orogenic belt: evidences from zircon SHRIMP and LA-ICP-MS U-Pb ages. Science in China (series D). 37(2): 145～154.

Zhang, C L, Li Z X, Li X H, Ye H M. 2009. Neoproterozoic mafic dyke swarms at the northern margin of the Tarim Block, NW China: Age, geochemistry, petrogenesis and tectonic implications. Journal of Asian Earth Sciences, doi:10.1016/j.jseaes.2009.02.003.

Zheng Y F, Zhang S B. 2007. Formation and evolution of Precambrian continental crust in South China. Chinese science bulletin, 52(1): 1～10.

Zircon U-Pb and Hf Isotopic from the East Segment of Tiekelike Tectonic Belt: Constrains on the Timing of Precambrian Basement at the Southwestern Margin of Tarim, China

WANG Chao[1,2], LIU Liang[1], CHE Zicheng[1], HE Shiping[2], LI Rongshe[2], YANG Wenqiang[1], CAO Yuting[1], ZHU Xiaohui[1]

1) *State Key Laboratory of Continental Dynamics, Department of Geology, Northwest University, Xi'an*, 710069;

2) *Xi'an Institute of Geology and Mineral Resource, Xi'an*, 710054

Abstract

Tiekelike Mountain is located at the sourthwestern margin of the Tarim block and has been regarded as a folded basement. Precrambrain sequence consisting of Ailiankate Group and Sailajiazitage Group contains important signatures of the Precrambrain and evolution of Tarim basin, but were previously considered to be Paleoproterozoic-Mesoproterozoic. Zircon U Pb LA-ICP-MS dating of chlorite quartz schist and tuff from the Ailiankate Group and Sailajiazitage Group have yielded crystallisation age peaks at 780 and 787 Ma, respectively. These data indicate the Ailiankate and Sailajiazitage groups are Neoproterozoic succession deposited at ca. 780～800 Ma. Those strata are all temporally equivalent and are likely parts of a single widespread succession and reflect a rifting process related to break-up of Rodinia supercontinent. In situ zircon Hf isotopic data from the Sailajiazitage Group show that some zircons have Hf model ages up to 2241～2813 Ma, suggesting an ancient crustal growth and reworking. The Hf isotopic data also indicate that the ～787 Ma zircons have ～1900 Ma Hf model ages, suggesting derivations from recycled Paleoproterozoic material.

Key words: Zircon U-Pb dating; Hf isotopic; Ailiankate Group; Sailajiazitage Group; Tiekelike; Tarim