第80卷 第1期 地 质 学 报 ACTA GEOLOGICA SINICA Vol. 80 No. 1
2006年1月 Jan. 2006

http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

塔里木盆地北缘新太古代辛格尔灰色片麻岩形成时代问题

胡霭琴,韦刚健

中国科学院广州地球化学研究所同位素年代学和地球化学重点实验室,510640

内容提要:获得塔里木盆地北缘辛格尔灰色片麻岩的可靠形成年龄对研究塔里木克拉通地壳构造演化是十分重要的。本研究应用SIMS锆石U-Pb定年,获得了塔里木北缘辛格尔南托格拉克布拉克杂岩中占主要成分的灰色片麻岩的形成年龄为2565±18 (2σ) Ma,这一研究结果说明了辛格尔地区的灰色片麻岩和库鲁克塔格中部的蓝石英花岗岩等均为新太古代晚期形成的TTG组份的岩浆岩。综合已有的研究结果,如灰色片麻岩中以残留包体形式存在的斜长角闪岩的Sm-Nd等时线年龄=3263±126 Ma(2σ),$\varepsilon_{Nd}(t)$ = +3.2±0.7(Hu et al., 1992),以及塔里木北缘范围内各种片麻岩、片岩和各种花岗岩的Nd模式年龄(T_{DM})分布在3200~2600 Ma范围内(冯新昌等,1998;董富荣等,1999;Hu et al., 2000),完全可以确认塔里木盆地北缘普遍存在中—新太古代基底。但是,它们遭受了古元古代构造、变质和岩浆活动的强烈改造。辛格尔灰色片麻岩中~2300 Ma、~2000 Ma和片麻状花岗岩的~2000 Ma锆石U-Pb年龄(高振家等,1993;郭召杰等,2003),以及铁门关斜长角闪岩中的锆石U-Pb年龄~1800 Ma(郭召杰等,2003)等,就是两次重要构造热事件的记录。K-Ar年龄同样揭示塔里木盆地北缘新元古代至早古生代时期的地质热事件,$^{40}Ar/^{39}Ar$坪年龄或激光微区$^{40}Ar/^{39}Ar$等时线年龄等对该区变质岩中角闪石、黑云母及白云母的研究结果表明,塔里木北缘在大约850~500 Ma期间,表现为各地段不均一整体性构造隆升(胡霭琴等,出版中)。

关键词:塔里木北缘;辛格尔灰色片麻岩;新太古代U-Pb年龄

1 研究历史的回顾

一般认为阿尔金断裂以北的米兰群变质岩,代表塔里木盆地边缘出露的太古宙基底,并且得到同位素年龄数据的证实(王云山等,1987;李惠民等,2001)。然而,对于塔里木盆地北缘(一般指库鲁克塔格地区)是否尚保存有太古宙地质体的问题,却有着不同的意见。

众所周知,瑞典地质学家E. 诺林早在上个世纪30年代就已经指出,塔里木北缘的太古宙片麻岩出露在辛格尔以南地区(Norin, 1937)。在20世纪50年代中期,地质部十三大队朱诚顺等将辛格尔以南的混合片麻岩命名为"托格拉克布拉克岩系"。1965年出版的1:20万地质图,将太古宇划分为下太古界和上太古界。下太古界包括辛格尔幅,以及东邻的奥图拉托格拉克布拉克图幅中的托格拉克布拉克群,而将上述两幅图以及博斯腾湖幅和库尔勒县幅中的兴地塔格群归入上太古界。1982年出版的1:20万阔克苏幅地质图中,把兴地断裂以北,阿四干布拉克至滩中山一带和兴地断裂以南,以及南北雅尔当山出露的深变质岩划为上太古界,也称之为托格拉克布拉克群。由于在上个世纪80年代前受到国内年龄测试方法的限制,一直未得到相关的太古宙年龄数据的证实,因此对塔里木北缘的托格拉克布拉克群是否为太古宙地质体产生了疑问,甚至后来将其划为古元古代地层。比如:陈哲夫等(1985)在"新疆天山地质构造几个问题的探讨"一文中,在谈到天山构造发展(含塔里木北缘)时指出"在前寒武纪主要有两个发展阶段,即早元古代和中—晚元古代";张良臣等(1985)在"天山地质构造与演化"一文中指出"太古代时期,亚洲北部存在着劳亚及中朝两大陆核,构成了大陆区的骨架。经过早元古代,在陆核外侧形成了新的中间地块,如塔里木、哈萨克斯坦的科克契塔夫、北巴尔喀什、吉尔吉斯地块。";张道乐等在"新疆区域地层基本特征"一文中认为"太古界仅见于阿尔金山北坡,以出现麻粒岩

注:本文为国家重点基础研究发展规划项目"中亚造山与成矿研究"(编号2001CB409805)和中国科学院广州地球化学研究所创新项目(编号A15-041107)共同资助的成果。

收稿日期:2005-03-31;改回日期:2005-10-31;责任编辑:刘淑春。

作者简介:胡霭琴,女,1940年生。研究员,从事同位素年代学和地球化学的研究。Email: huaq@gig.ac.cn。

变质相为特征。"(新疆区调,1986,6～27)。这些观点均在 1:200 万新疆地质图(1985 年)和"新疆维吾尔自治区区域地质志"中被正式的确定下来,将塔里木北缘的这套变质岩系(托格拉克布拉克群)置于古元古代,并称为达格拉克布拉克群(新疆维吾尔自治区地质矿产局,1993,第 12 页)。

到上世纪 90 年代初,应用 Sm-Nd 同位素年代学研究,在辛格尔南的托格拉克布拉克杂岩中,获得了以包体形式存在的 10 个斜长角闪岩的 Sm-Nd 等时线年龄为 3263±129(2σ) Ma,首次用同位素年代学的研究成果提出塔里木盆地北缘有太古宙岩石存在(Hu et al., 1992)。这套形成时代在 3.2～2.9 Ga 之间的斜长角闪岩主要出露在塔里木北缘辛格尔东南地区,以及库尔勒—塔什店一带,是存在于具有 TTG 组份灰色片麻岩中的太古宙变质玄武岩的残留块体。此外,应用 Nd 同位素示踪方法,研究了塔里木北缘近百个各类大陆地壳岩石的 Nd 模式年龄的统计规律,T_{DM}值在 2.6 Ga 和 3.0～3.2 Ga 年龄范围内出现明显的峰值。T_{DM}在 3.0～3.2 Ga 之间的样品主要是托格拉克布拉克杂岩中的灰色斜长片麻岩、片岩、以包体形式存在的斜长角闪岩,以及粗粒肉红色二云母片麻状花岗岩等(Hu et al., 2000)。深沟片麻杂岩和巴什托格拉克片麻杂岩中的多数岩石的 Nd 模式年龄也落在这个年龄段(冯新昌等,1998;董富荣等,1999)。虽然 Nd 模式年龄不具有真实的地质年龄意义,但是该区有 90% 以上的大陆地壳岩石具有大于 2.5 Ga 的 Nd 模式年龄(T_{DM})(胡霭琴等,1997;冯新昌等,1998;张志诚等,1998;董富荣等,1999;Hu et al., 2000;郭召杰等,2003),可以揭示塔里木北缘具有太古宙基底的可能性(江博明,1989)。但是,多数情况下对太古宙地质体而言,Nd 模式年龄只反映出其母岩物质由地幔分异的时间或称其为"地壳存留"的年龄。因此,应该进一步用锆石 U-Pb 定年来确定太古宙灰色片麻岩的形成时代,继而确认塔里木北缘太古宙地体的存在。

高振家等(1993)应用 ID-TIMS 方法(同位素稀释热电离质谱),获得了出露在塔里木北缘库鲁克塔格中部具有 TTG 组份"蓝石英花岗岩"中的三个单颗粒锆石的 U-Pb 上交点年龄 2582±11 Ma,确定了塔里木北缘新太古代花岗岩类岩石的存在。研究中在该花岗岩中有一粒紫红色锆石,得到了更老的,且近谐和的表面年龄($t_{6/8}$=2736 Ma,$t_{7/5}$=2779 Ma,$t_{7/6}$=2810 Ma),由此推断可能还有更老的硅铝壳存在(高振家等,1993)。然而,近来郭召杰等(2003)在对塔里木北缘辛格尔地区前寒武纪变质岩的研究中,根据几组单颗粒锆石的 U-Pb 年龄(ID-TIMS 方法),提出"塔里木东北缘库鲁克塔格地区以托格灰色片麻岩为主体的早前寒武纪块体可能形成于(新太古代)—古元古代"的观点。这就使得辛格尔以南地区出露的托格拉克布拉克杂岩中占主要组成部分的 TTG 灰色片麻岩是否形成于太古宙? 塔里木北缘是否具有太古宙的基底又成了有争议的问题。

经验告诉我们,应用锆石 U-Pb 定年能否获得地质体的可靠年龄数据,影响因素比较多。首先,岩石中锆石的种类较多,如何保证挑选出用于定年的锆石能代表该岩石的形成时代;其二,单颗粒锆石的年龄结果也受到使用的分析方法所限制。比如,应用 ID-TIMS 方法(Allègre et al., 1974; Krogh, 1982),对于经历过复杂地质演化的前寒武纪地质体中的锆石,因不易消除受到后期岩浆作用影响的锆石表层部份,有时不容易获得岩石形成的真实年龄,而 SHRIMP(Sensitive High Resolution Ion Microprobe)或 SIMS(Second Ion Mass Spectrometer)的锆石原位微区 U-Pb 年龄测定(Compston et al.,1984;宋彪等,2000),不但克服了这一难点,而且可以通过测量较大数量的锆石晶体来获得精度高的加权平均年龄结果;第三,对于 U-Pb 谐和图(Wetherill,1956;Faure, 1986)中的上、下交点年龄地质意义的解释上仍存在一些问题,有时给出一些不大合理的结论,影响了年龄数据赋予岩石的真实的地质意义。本文报道笔者应用 SIMS 方法获得了辛格尔南灰色片麻岩中锆石的太古宙的 U-Pb 年龄,进一步提出了塔里木北缘具有太古宙基底的新证据。

2　研究区域地质简况

塔里木北缘的托格拉克布拉克杂岩出露在辛格尔村南约 9 km 处,托格拉克布拉克、卡拉克苏水泉一带。出露的岩石主要有暗灰色的斜长角闪岩、角闪片岩、灰色片麻岩、石榴黑云片岩、阳起石云母石英片岩、黑云石英片岩、混合岩等,并夹少量不稳定的大理岩透镜体夹层。片岩、大理岩等沿走向多相变为片麻岩。这套岩石又被肉红色片麻状二云母花岗岩侵入。在辛格尔村南,沿冲沟可以观察到比较完整的岩性剖面,出露达 800～1000 m,未见底。分布范围相当于 1:20 万辛格尔幅和奥图拉托格拉克布拉克幅地质图中原划为早太古界的出露范围,其上被古元古界兴地塔格群不整合覆盖(1:20 万辛格

尔幅中将其划为上太古界),中元古界爱尔基干群不整合覆盖于兴地塔格群之上。区内震旦系分布范围很广泛,也有寒武系和奥陶系出露。岩浆岩主要为前寒武纪的基性至酸性岩浆岩,晚古生代岩浆活动主要发育在辛格尔断裂以北地区。测定年龄的样品为托格拉克布拉克杂岩中的灰色片麻岩,采样位置在辛格尔村南的冲沟中(图 1)。

3 托格拉克布拉克杂岩中灰色片麻岩的 SIMS 锆石 U-Pb 年龄和地质意义

托格拉克布拉克杂岩中占主体的岩石类型是灰色片麻岩或阳起石云母石英片岩,均具有特征的 TTG(英云闪长岩—奥长花岗岩—花岗闪长岩)组份。它们包裹暗灰色的斜长角闪岩或角闪片岩,并被肉红色片麻状花岗岩侵入(胡霭琴等,1997)。用于定年的灰色片麻岩具有花岗闪长岩质化学组成。分选出的锆石主要为自形、透明的短柱状、针状晶体,出现的晶面为(100)+(111)、(110)+(111)或(100)+(110)+(111),晶体的长短轴之比最大为 3:1~4:1,小者为 1:1~1.5:1,一般为 2:1,锆石长轴方向一般长度从 0.1 mm 到 0.3 mm,多数为 0.2 mm。有的锆石表面粗糙,还有的晶棱为浑圆状,甚至一些锆石无晶形,呈椭球状并带有内核。研究中对各种特征的晶体中心和边缘部位均作了年龄测定。表1中NT17-01、-02锆石为透明、晶棱比较清

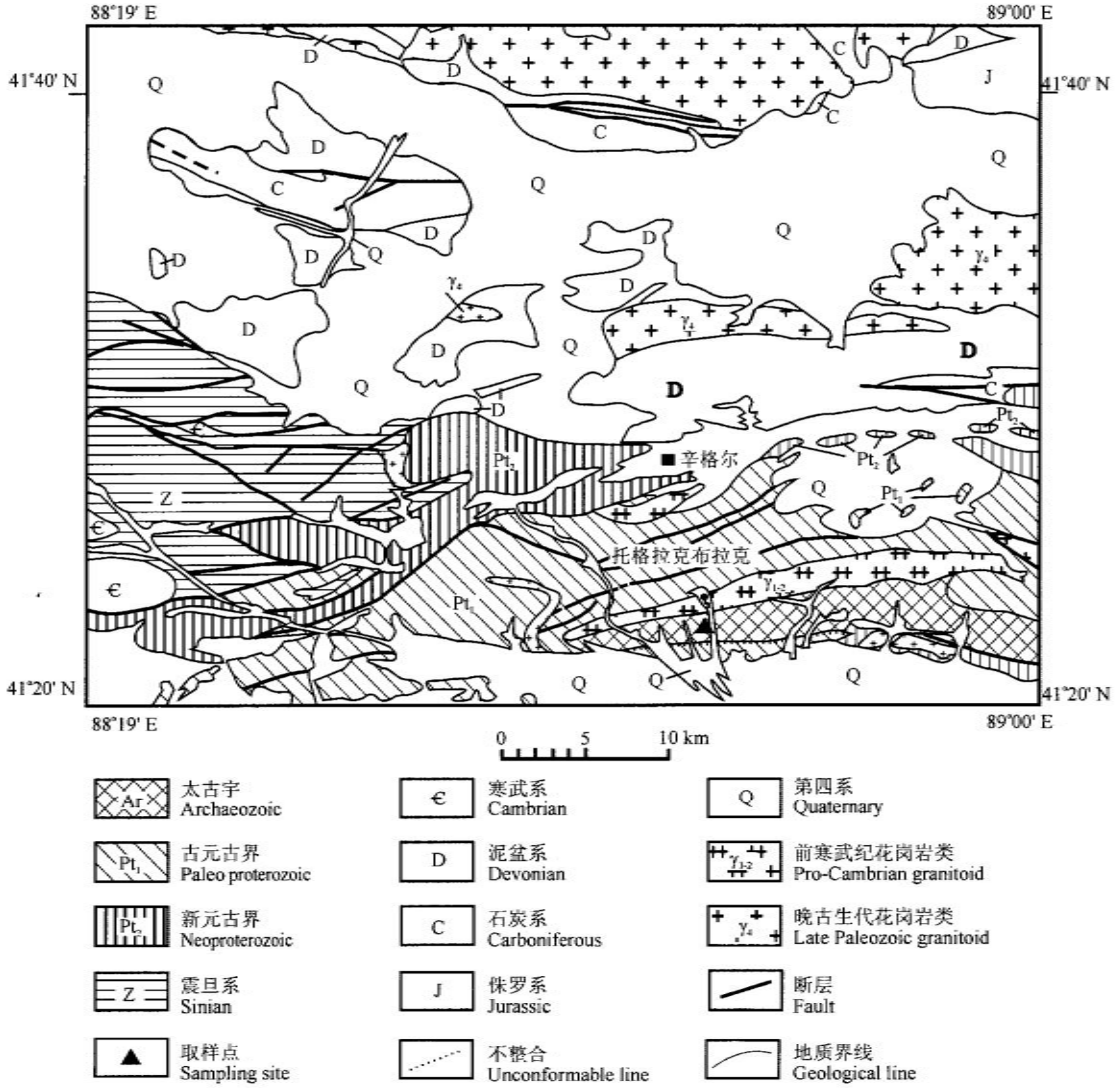

图 1 塔里木北缘辛格尔地区地质简图(据 1:20 万辛格幅地质图改编)

Fig. 1 Simplified geological map of the Qingir in the northern Tarim (modified after 1:200000 geological map of the Qingir)

表 1　辛格尔托格拉克布拉克杂岩中片麻岩的 SIMS 锆石 U-Pb 分析结果

Table 1　SIMS U-Pb data for zircons of gneiss of Tuokelakebulake complex from Qingir in the North Tarim

样品点号	元素含量校正过的比值										各同位素比值年龄(Ma)						
	U ($\times10^{-6}$)	Pb ($\times10^{-6}$)	Th ($\times10^{-6}$)	$^{207}Pb/^{206}Pb$	±σ%	$^{206}Pb/^{238}U$	±σ%	$^{207}Pb/^{235}U$	±σ%	ρ*	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{206}Pb$	±σ	$^{206}Pb/^{238}U$	±σ	$^{207}Pb/^{235}U$	±σ
NT17-01a	23	20	42	0.1713	1.48	0.515	7.98	12.16	8.10	0.98	12210	2570	25	2677	175	2617	76
NT171-01b	98	61	117	0.1646	0.65	0.427	4.04	9.70	4.08	0.99	5550	2504	11	2293	78	2406	38
NT17-02a	78	48	50	0.1651	0.88	0.455	6.72	10.36	6.78	0.99	13350	2508	15	2419	136	2468	63
NT171-02b	127	78	107	0.1675	0.54	0.441	4.76	10.19	4.79	0.99	24380	2533	9	2357	94	2453	44
NT171-03a	163	105	174	0.1600	1.04	0.438	7.12	9.66	7.17	0.99	7070	2456	18	2341	140	2403	66
NT17-03b	80	49	44	0.1702	1.57	0.459	8.30	10.78	8.45	0.98	39810	2559	26	2436	168	2504	79
NT17-05a	75	28	16	0.1270	1.10	0.314	6.12	5.50	6.20	0.99	10770	2056	19	1760	94	1900	53
NT17-04a	41	27	45	0.1484	1.22	0.437	7.62	8.93	7.69	0.99	4380	2327	21	2336	149	2331	70

注:ρ* :Erro correlation for $^{206}Pb/^{238}U$ and $^{207}Pb/^{235}U$ rations。

晰的柱状晶体,NT17-03 为晶棱清晰、长柱状或针状晶体,NT17-04a 为浑圆状颗粒,NT17-05a 为近于卵状的颗粒锆石。

年龄测定工作是由江博明教授(时为法国雷恩大学教授)在瑞典斯德哥尔摩(Nordic Consotium, Swedish Museum of Natural History, Stockholm)应用 SIMS 方法(CAMECA IMS-1270)完成的。表 1 中列出该片麻岩(样品号为 NT17)中 5 个颗粒锆石的 8 个单次测量数据点的误差均为 1σ。采用 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 年龄,其加权平均值(Wtd Mean)具 95%的置信度。表 1 中加有编号 a 的样品,代表锆石晶体中心部位的测定点,而 b 代表边部测定点。

由表 1 看到,所有锆石测点的 U 含量均较低,其中二个测点 U 含量低至(23～41)×10^{-6},U 含量最高的二个测点为(127～163)×10^{-6},其他均在(75～98)×10^{-6}之间,与库鲁克塔格中部蓝石英花岗岩锆石的 U 含量(56×10^{-6}～168×10^{-6},高振家等,1993)类似。Th/U 比值在 0.22～1.84 之间,一般晶体的中心部位(a 编号)U 含量略小于晶体边部(b 编号),而且同一个锆石晶体边部和中心部位的 U、Th 含量不同,但其 Th/U 比值变化范围不大,只有 NT17-03a, b 两测点的情况相反。辛格尔片麻岩中锆石的 U 含量或是 Th/U 比值与年龄之间没有关系,各对比值的测定误差与其 U 含量也没有关系。表 1 中的多数测定点均显示了 Pb 丢失,在 U-Pb 谐和图中(图 2),除 NT17-04a 锆石测点落在谐和线上外,其他的 7 个数据点大体呈线性排列,由于多数测点分布在近上交点附近,给出误差较大的上交点年龄为 2621 ± 100 (2σ) Ma (MSWD=0.45)。又因$^{206}Pb/^{238}U$ 和$^{207}Pb/^{235}U$ 比值测定误差均较大,所以本文采用$^{207}Pb/^{206}Pb$比值年龄。8个测点中有

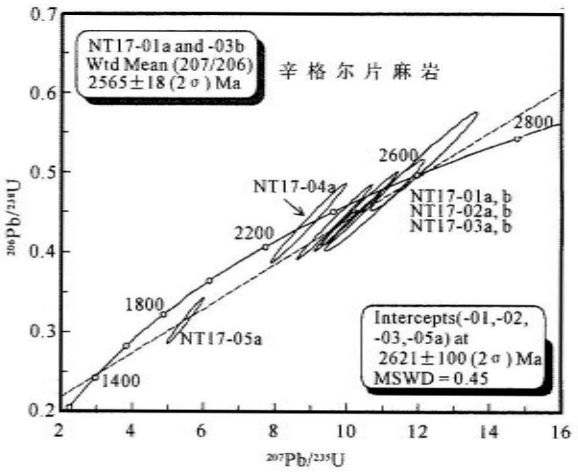

图 2　辛格尔托格拉克布拉克杂岩中片麻岩的锆石 U-Pb 谐和曲线

Fig. 2　U-Pb concordia diagram for zircons of gneiss of Tuokelakebulake complex from the Qingir in the North Tarim

3 个测点选在锆石晶体的边部(表 1 中的 NT17-01b,-02b,-03b),但是锆石中各测点的$^{207}Pb/^{206}Pb$年龄与其所处位置并没有关系。8 个年龄数据可分为三个年龄段,即 2.5 Ga 左右(NT17-01a,b,-02a,b 和-03a,b)、2.3 Ga 左右(NT17-04a)和 2.0 Ga 左右(NT17-05a)。分布在谐和曲线附近的 6 个测定点均为结晶完好、晶棱清晰的柱状或长柱—针状的锆石晶体,其$^{207}Pb/^{206}Pb$年龄在 2.5～2.6 Ga 范围内,可以确定该片麻岩具有新太古代的年龄,它们给出的加权平均年龄为 2517 ± 32(2σ) Ma(MSWD=19.3),显然误差较大。进一步对数据分析可以看到,在这 6 个年龄数据中,又可以得到三组加权平均年龄,它们分别是:t = 2505 ± 9 (2σ) Ma(NT17-01b 和 NT17-02a),t = 2533 ± 18 (2σ) Ma(NT17-02b),

以及 $t = 2565 \pm 18(2\sigma)$ Ma(NT17-01a 和 NT17-03b)。考虑到后期地质作用过程中 Pb 丢失对年龄的影响,我们将 $2565 \pm 18(2\sigma)$ Ma 作为该片麻岩的形成年龄。另外,两个浑圆状或卵状的颗粒锆石给出的 2.3 Ga 左右(NT17-04a)和 2.0 Ga 左右(NT17-05a)的年龄应该代表片麻岩在元古宙时期经历的二次构造、变质和岩浆活动的时间。

由上述锆石的 U-Pb 定年结果可以确定该片麻岩的形成年龄大约为 2.6 Ga。因此,出露在辛格尔以南地区的托格拉克布拉克杂岩中具有 TTG 成分的灰色片麻岩、片岩为新太古代地质体,该太古宙地体中是否有更古老的岩石或锆石存在,还有待于进一步的研究。高振家等(1993)曾在库鲁克塔格中部,得到蓝石英片麻状花岗岩中三个单颗粒锆石 U-Pb(ID-TIMS)上交点年龄 2582 ± 11 Ma(图 3a)(应用 ISOPLOT 程序重新计算为 $2580 \pm 57(2\sigma)$ Ma;其中,近上交点的 2 个锆石的平均$^{207}Pb/^{206}Pb$ 年龄为 2576 Ma)。这些年龄结果的一致性均说明在塔里木北缘不同的地区都出露有大约 2.6 Ga 的新太古代 TTG 成分的岩浆岩存在。该地区所有的中酸性变质岩浆岩均具有十分一致的 Nd 模式年龄,其 T_{DM}值均大约为 3.0 Ga,代表其母岩的地壳存留年龄或是壳幔分异年龄,暗示了塔里木北缘其他一些地区还可能有新太古代岩浆岩体存在。

郭召杰等(2003)获得了铁门关地区的角闪斜长片麻岩(hornblende gneiss)中锆石 U-Pb 上交点年龄为 2492 ± 19 Ma(图 3c 中 1,2,3,4 点组成的实线)。但是,研究中获得的6个数据点的不同组合,可以得

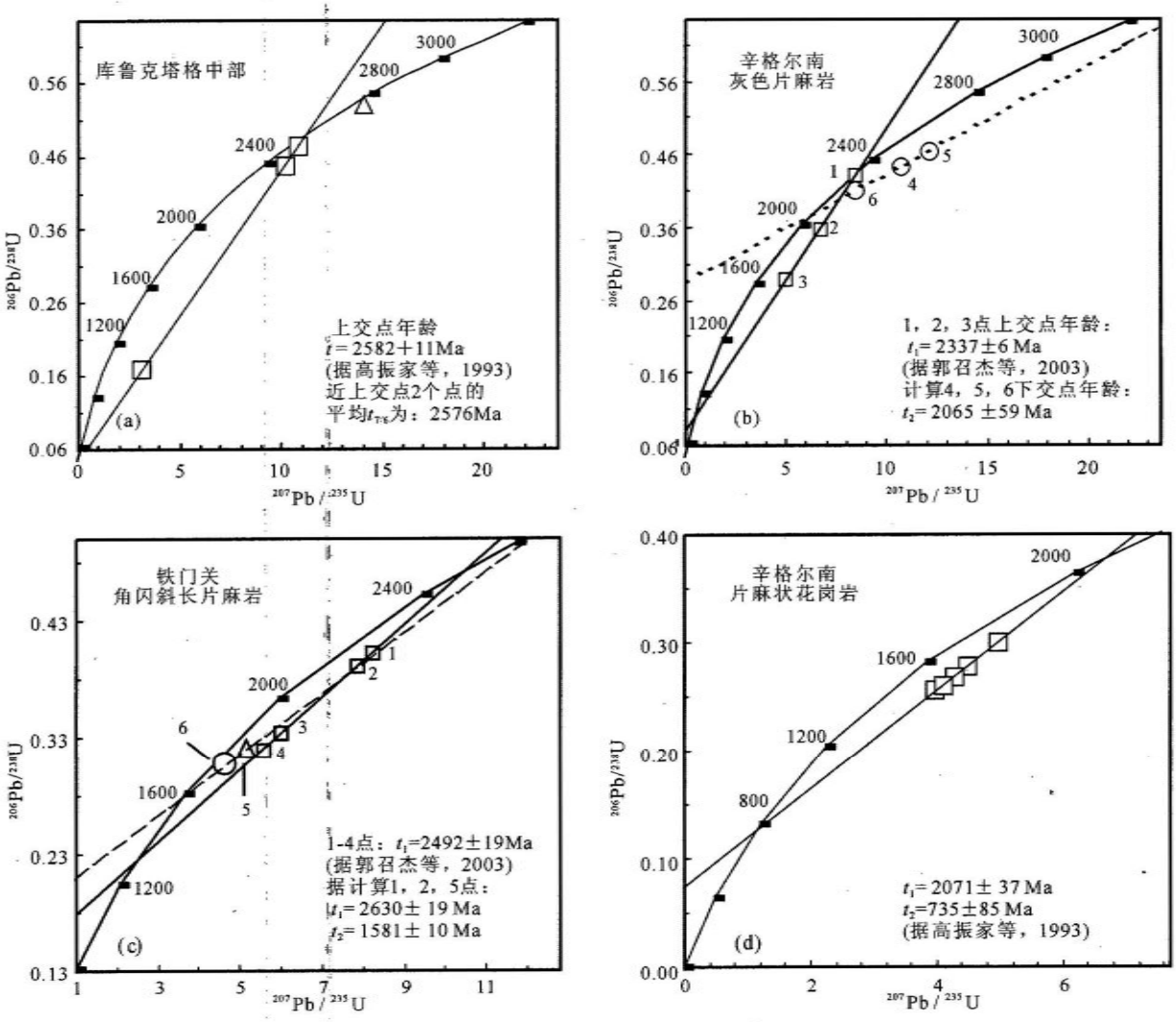

图 3 塔里木北缘地区其他一些片麻岩和斜长角闪岩中锆石 U-Pb 谐和曲线(据文献:(a),(d)—高振家等,1993;(b),(c)—郭召杰等,2003)

Fig. 3 U-Pb concordia diagrams for zircons of gneisses and amphibolites from the North Tarim after references (after (a),(d)—Gao et al., 1993; (b),(c)—Guo et al., 2003)

到不同的上、下交点年龄,也就是说其上下交点年龄存在多解性。假若用 1,2,5,6 号锆石数据计算时,同样也可以得到一个误差较小的上、下交点年龄:2631±19 Ma 和 1582±10 Ma(用虚线表示其不一致线)。不足之处是,其锆石数据点分布在不一致线的中部和较接近下交点的位置,其上交点年龄也反映了塔里木北缘新太古代晚期(~2.6 Ga)岩浆活动存在的可能性,但是不能作为地质体的形成年龄。

由上述研究说明,塔里木北缘自西至东在广泛的范围内发育有新太古代晚期大致 2.6 Ga 的地质体。这与我国北方中一朝克拉通的地质演化有可比性(沈其韩等,1996;伍家善等,1998)。比如,五台地区花岗绿岩(白瑾等,1991)、阜平地区 TTG 片麻岩(Wang et al., 1996)、泰山杂岩(Jahn et al., 1988),以及鞍山群片麻岩等(伍家善等,1998)的形成时间均在同一时间范围内。本研究中的 SIMS 锆石 U-Pb 年代学研究结果,不但对研究塔里木克拉通的太古宙时期的地质演化提供了可靠的依据,也为进一步研究古中华陆块群(任纪舜,1995)的演化提供了新证据。

4　关于塔里木北缘辛格尔灰色片麻岩形成年龄问题的讨论

郭召杰等(2003)也报道了辛格尔南的灰色片麻岩中 6 个单颗粒锆石 U-Pb(ID-TIMS)年龄,根据其中 3 粒锆石数据点的上交点年龄为 2337±6 Ma(见图 3b 实线上的 1,2,3 点),指出这一年龄"可能代表岩石生成(侵位)年龄",并认为"偏离谐和线的 4,5 号点的 $t_{7/6}$表面年龄(2660 Ma 和 2782 Ma)可能是其捕获晶年龄",提出该灰色片麻岩形成于(新太古代)—古元古代的观点。这一观点的提出,表明对库鲁克塔格地区辛格尔南的 TTG 组份的灰色片麻岩是否为太古宙形成的岩浆岩,再一次的提出了不肯定的"结论"。为了进一步讨论这些 U-Pb 同位素数据所涵盖的地质年龄意义,下面就图 3(b)的数据点再作进一步的分析,并对这一问题提出不同的认识以供商榷。

首先,1 号锆石三组 U-Pb 表面年龄 $t_{6/8}$、$t_{7/5}$、$t_{7/6}$分别 2308 Ma、2321 Ma 和 2333 Ma(原文中样品号为 TG34-1-1,图中的其他样品号以此类推,见郭召杰等,2003),基本为谐和年龄,在图 3(b)中落在谐和线上。这个年龄结果不但与由 1,2,3 号锆石数据点形成的不一致线上交点年龄一致(2337±6 Ma),也与本文中的 NT17-04a 锆石(浑圆状锆石颗粒)核心部位 SIMS 方法的$^{207}Pb/^{206}Pb$ 年龄(2327±42 Ma)相一致(表 1)。不难看出,这是由于太古宙岩石中的锆石经受了重熔作用,建立新的 U-Pb 同位素封闭体系后重新记时的结果,它们均反映了古元古代大约 2.3 Ga 时期的变质和岩浆作用的时间。

已有研究说明,在塔里木北缘古元古代(2300~2200 Ma)的地质构造、岩浆活动和变质作用都很发育,以下列举一些有关该期地质事件的同位素年龄记录的实例。比如,不整合于托格拉克布拉克杂岩之上的元古宇兴地塔格群的云母石英片岩 Pb-Pb 全岩等时线年龄为 2399±63 Ma(胡霭琴等,1997),代表 Pb 同位素均一化的时间,大体确定了塔里木北缘地区元古宙早期的一次火山喷发—沉积—变质作用的时间;出露在兴地断裂南阔克苏地区的黑云斜长角闪片麻岩的全岩—角闪石、黑云母的 Sm-Nd 等时线年龄为 2239±106(2σ) Ma,$\varepsilon_{Nd}(t)=+4.3$,限定了古元古代地壳增生事件的时间(胡霭琴等,1997);库鲁克塔格的西段中途站,尉犁蛭石矿区域内混合岩化斜长角闪岩中的深色和浅色锆石的 $t_{6/8}$在 2230~2026 Ma,$t_{7/5}$在 2305~2150 Ma,$t_{7/6}$在 2380~2276 Ma 之间(冯本智等,1995)。这些均说明塔里木北缘普遍存在有大约 2.3 Ga 构造—岩浆活动。必须指出,郭召杰等(2003)和本文中给出的年龄结果是更为精确的年龄数据,为该期地质事件提供了可靠的年龄依据。

第二,从图 3(b)中我们还可以看到,辛格尔南灰色片麻岩中 6 个颗粒锆石的 U-Pb 年龄数据中(郭召杰等,2003),除了 1,2,3 号锆石数据点可以构成不一致线外,4,5,6 号锆石数据点也构成了相关性较好的另一条不一致线(图 3b 中的虚线),由于这三颗锆石的 U-Pb 数据点均分布在接近于下交点的位置,其上交点年龄不具明确的地质意义,下交点年龄为 2065±59 Ma 应该代表另一次地质热事件的时间,即太古宙岩石中锆石形成了新的 U-Pb 同位素封闭体系后至今的时间(Wetherill, 1956; Faure, 1986)。这个结果与本文用 SIMS 方法得到的卵状颗粒锆石$^{207}Pb/^{206}Pb$ 年龄 2056±38(2σ) Ma 相一致(表 1 中 NT17-05a)。辛格尔灰色片麻岩中 2.0 Ga 锆石年龄正好与侵入其中的粗粒二云母片麻状花岗岩中锆石的 U-Pb 年龄一致(2071±37 Ma,见图 3d,据高振家等,1993)。郭召杰等(2003)对该花岗片麻岩的测定,获得了更精确的单颗粒锆石 ID-TIMS 方法的 U-Pb 上交点年龄为 1943±6 Ma,进一步给出

了更可靠的片麻状花岗岩侵位年龄。此外,铁门关斜长角闪岩中浅黄色透明短柱状锆石的谐和年龄($t_{7/6}$=1842 Ma,$t_{7/5}$=1850 Ma,$t_{6/8}$=1856 Ma),和4颗锆石的U-Pb上交点年龄1836±25 Ma(郭召杰等,2003)等,均限定了塔里木北缘大约2000~1800 Ma的岩浆活动事件的时限。

第三,关于辛格尔灰色片麻岩中是否有更古老的"捕获晶锆石或残留的继承性锆石"的问题。高振家等(1993)研究的库鲁克塔格中段的蓝石英花岗岩的锆石U-Pb年龄(ID-TIMS)时发现,其中一粒紫红色锆石具有近于谐和的年龄($t_{6/8}$=2736 Ma,$t_{7/5}$=2779 Ma,$t_{7/6}$=2810 Ma),并指出可能蓝石英花岗岩中残留有更古老的锆石。但是,郭召杰等(2003)获得的辛格尔灰色片麻岩中4,5号锆石$^{207}Pb/^{206}Pb$年龄为2660和2782 Ma,由于锆石的三对比值的表面年龄有较大的不谐和性,这种情况下,只能说明锆石中含有更老的Pb的信息,或可能曾是太古宙时形成的的锆石。因此,该锆石的U-Pb同位素数据还不能有力的说明它们是更古老的捕获晶锆石或残留的继承性锆石。另一种可能性是,ID-TIMS测定中造成数据的不确定性,应该用原位微区U-Pb定年(SHRIMP或SIMS)方法进一步复查。

综上所述,塔里木北缘辛格尔以南地区出露的托格拉格布拉克杂岩中占主要成分的TTG灰色片麻岩形成于新太古代晚期大约2.6 Ga,再次确证了托格拉格布拉克杂岩是塔里木北缘出露的太古宙基底岩石,即以"双峰式"为特征的太古宙杂岩体。在古元古代大约2.3 Ga和2.0~1.8 Ga时期,经受了构造变动、变质作用和岩浆活动等地质热事件的改造。另外,K-Ar同位素体系揭示了塔里木盆地北缘新元古代—早古生代时期的地质热事件,$^{40}Ar/^{39}Ar$坪年龄和激光微区$^{40}Ar/^{39}Ar$等时线年龄等对该区变质岩中角闪石、黑云母及白云母的研究结果表明(胡霭琴等,1997;胡霭琴等,出版中),在新元古代的晚期(850~700 Ma),或最晚至早古生代大约500 Ma时,塔里木盆地北缘地区总体上发生了构造隆升运动,但是各区段并不均衡,时间上也有一定的差异。

5 结论

塔里木北缘辛格尔南托格拉克布拉克太古宙杂岩中TTG组份的灰色片麻岩占据主要成分,研究中测定了花岗闪长质成分的灰色片麻岩中SIMS锆石U-Pb年龄。6个结晶完好的柱状和长柱状锆石晶体的中心和边缘部位的测点均得到了2.5~2.6 Ga范围内的$^{207}Pb/^{206}Pb$年龄,由其中2个测定点得到的加权平均年龄为2565±18(2σ) Ma,作为片麻岩的形成年龄。这一研究结果确定了辛格尔托格拉克布拉克太古宙杂岩中TTG组份的岩浆岩形成于新太古代。结合其中的10个斜长角闪岩Sm-Nd等时线年龄(3263±129(2σ) Ma(Hu et al., 1992),再次确证了托格拉克布拉克杂岩是塔里木北缘出露的太古宙基底岩石,即以"双峰式"为特征的太古宙杂岩体。此外,片麻岩中浑圆状锆石和卵状锆石给出的$^{207}Pb/^{206}Pb$年龄为2327±42(2σ) Ma和2056±38(2σ) Ma(表1),代表太古宙岩石经历了古元古代早期的二次构造、变质作用、岩浆活动等地质热事件的时间,并不是托格拉克布拉克杂岩中灰色片麻岩的形成年龄。

综合已有的同位素年代学研究结果,塔里木北缘出露的一套双峰式太古宙的基底岩石形成于新太古代,在元古宙早期大约2.3 Ga和2.0~1.8 Ga时期它们遭受强烈的构造、变质和岩浆活动的改造。新元古代的晚期(大约850~700 Ma)至早古生代大约500 Ma前的地质历史时期,塔里木北缘各地段先后发生了构造隆升。目前,塔里木盆地的太古宙杂岩均以残留块体形式分散存在于塔里木盆地周边地区。其中,塔里木北缘辛格尔地区保存了较好的太古宙"双峰式"杂岩体。本研究中获得了辛格尔TTG组份片麻岩较为可靠的锆石U-Pb年龄,对进一步认识塔里木基底形成时代和特征有重要意义。

致谢:首先感谢江博明教授百忙中完成的锆石U-Pb年龄测定,以及对该文修改中所提出的宝贵建议;感谢英国原苏格兰大学研究与反应堆中心Greame Rogers博士在研究锆石晶形特征等方面提供的帮助;张国新、李启新、张前峰、吴国良、胡树荣、范嗣昆、赵子允、朱炳泉等共同参加了1987年该区的地质考察工作;张国新、李启新等参加了部份室内研究和成果总结,在此一并致谢。

参 考 文 献

白瑾,李惠民,王汝锋. 1991. 五台花岗绿岩单颗粒锆石U-Pb法同位素年龄及其可能的地质意义. 中国地质科学院天津地质矿产研究所所刊,第25号:1~13.

陈哲夫,梁云海. 1985. 新疆天山地质构造几个问题的探讨. 新疆地质,3(2):1~13.

董富荣,李嵩龄,冯新昌. 1999. 库鲁克塔格地区新太古代深沟片麻杂岩特征. 新疆地质, 17(1): 82~87.

冯本智,周裕文,迟仕福,杨天奇,钟崇学,叶松青,彭齐鸣,刘正宏,姜

琦刚,邢立新. 1995. 新疆库鲁克塔格地区前震旦纪地质与贵重、有色金属矿床. 北京: 地质出版社,107～214.

冯新昌,董富荣,李嵩龄. 1998. 新疆南天山奥图拉托格拉克一带前震旦系基底地质特征. 新疆地质,16(2):108～117.

高振家,陈晋镳,陆松年,彭昌文,秦正永. 1993. 新疆北部前寒武系. 见:地质矿产部《前寒武纪地质》编辑委员会编.前寒武纪地质. 北京:地质出版社,1～83.

郭召杰,张志诚,刘树文,李惠民. 2003. 塔里木克拉通早前寒武纪基底层序与组合:颗粒锆石 U-Pb 年龄新证据. 岩石学报,19(3):537～542.

胡霭琴, 王中刚, 涂光炽,等. 1997. 新疆北部地质演化及其成岩成矿规律. 北京:科学出版社,9～105.

胡霭琴,张国新,等. 新疆地壳演化主要地质事件年代学和地球化学. 北京:地质出版社(出版中).

江博明. 1989. 太古代岩石的定年-方法学和局限性的讨论. 地球化学,(2):103～120.

姜常义,姜寒冰,叶书锋,夏明哲,逯东霞.2005.新疆库鲁克塔格地区二叠纪脉岩群岩石地球化学特征,Nd、Sr、Pb 同位素组成与岩石成因.地质学报,79(6):823～832.

李惠民. 1991. 单颗粒锆石 U-Pb 同位素定年方法的两种技术方法在前寒武纪地质年代学中的结合应用. 中国北方前寒武纪同位素地质年代学讨论会论文摘要,33.

李惠民,陆松年,郑健康,于海峰,赵凤清,李怀坤,左义成. 2001. 阿尔金东端花岗片麻岩中 3.6 Ga 锆石的地质意义. 矿物岩石地球化学通报,20(4):259～262.

沈其韩,耿元生,刘国惠,高吉凤(《中国地层典》编委会). 1996. 中国地层典—太古宇. 北京:地质出版社,1～75.

宋彪. 1995. 质谱计蒸发—沉积测定单颗粒锆石年龄原理及讨论. 地质论评,41(3):245～251.

宋彪,张玉海,万渝生,简平. 2002. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论. 地质论评, 48(增刊):26～30.

孙桂华,李锦铁,高立明,杨天南.2005.新疆东部哈尔里克山闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义.地质论评,51(4):463～469.

王云山,陈基娘. 1987. 青海省及毗邻地区变质地带与变质作用. 北京:地质出版社,4 ～ 14.

伍家善,耿元生,沈其韩,万渝生,刘敦一,宋彪. 1998. 中朝古大陆太古宙地质特征及构造演化. 北京:地质出版社.

吴华,李华芹,莫新华,陈富文,路远发,梅玉萍,邓岗.2005.新疆哈密白石泉铜镍矿区基性-超基性岩的形成时代及其地质意义.地质学报,79(4):498～502.

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,659～667.

张良臣,吴乃元. 1985. 天山地质构造演化史. 新疆地质,3(3):1～14.

张志诚,郭召杰,刘树文,郑海飞. 1998. 新疆库鲁克塔格阔克苏地区斜长角闪岩 Nd 同位素特征及其地质意义. 科学通报,43(19):2092～2095.

Allègre C J, Albarende F, Grünenfelder M, Koppel V. 1974. $^{238}U/^{206}Pb$-$^{235}U/^{207}Pb$-$^{232}Th/^{208}Pb$ zircon geochronology in alpine and non-alpine environment. Cont. Mineral. Petrol., 43: 163～194.

Compston W, Williams I S. 1984. U-Pb geochronology of zircons from lunar breccia 73217 using a sensitive high mass-resolution ion microprobe. J. Geophys. Res., 89 (supplement): B525～534.

Faure G. 1986. Principles of Isotope Geology. Second edition, John Wiley & Sons. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.

Hu Aiqin, Rogers G. 1992. Discovery of 3.3 Ga Archaen rocks innorth Tarim Block of Xinjiang, western China. Chinese Science Bulletin, 37(18): 1546～1549.

Hu Aiqin, Jahn Bor-ming, Zhang Guoxin, Chen Yibing, Zhang Qianfeng. 2000. Crustal Evolution and Phanerozoic Crustal Growth in Northern Xinjiang: Nd Isotopic Evidence. Part I: Isotopic Characterization of Basement Rocks. Tectonophysics, 15～51.

Jahn B M, Auvray B, Shen Q H, Liu D Y, Zhang Z Q, Dong Y J, Ye X J, Zhang Q Z, Cornichet J, Mace J. 1988. Archean crustal evolution in China: the Taishan compex, and evidence for juvenile crustal addition from long-term depleted mantle. Precambrian Research, 38: 381～403.

Krogh T E. 1982. Improved accuracy of U-Pb zircon ages by creation of more concordant systems using an air abrasion technique. Geochem. Cosmochem. Acta, 46: 637～649.

Norin E. 1937. Geology of western Qurug-tagh, eastern Tian-shan. Pub. Sci. exp. N. W. Prov. of China, Sven Hedin, 2.

Wang Kaiyi, Li Jiliang, Hao Jie, Li Jianghai, Zhou Shaoping. 1996. The Wutaishan orogenic belt within the Shanxi Province, northern China: a record of late Archaean collision tectonics. Precambrian Research, 78:95～103.

Wetherill G W. 1956. Discordent uranium-lead ages. Trans. Amer. Geophys. Union, 37: 320～326.

On the Age of the Neo-Archean Qingir Gray Gneisses from the Northern Tarim Basin, Xinjiang, China

HU Aiqin, WEI Gangjian

Key Laboratory of Isotope Geochronology and Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510640

Abstract

Precise age determination of the Qingir gray gneisses from the northern margin of the Tarim Basin is important for our understanding of crustal evolution of the Tarim Craton. The present SIMS zircon U-Pb dating yielded an age of 2565 ± 18(2σ) Ma for the Qingir gray gneiss, which is the dominant constituent of the Tuokelake-bulake complex in this region. The new result is comparable with zircon U-Pb age of blue-quartz-bearing granite from the central section of region of Kuluketage. It indicates that they are all Neo-Archean magmatites with TTG component. Together with the literature data, including a Sm-Nd isochron age of 3263 ± 126 Ma (2σ), with $\varepsilon_{Nd}(t) = +3.2 \pm 0.7$, for amphibolite enclaves in the gray gneisses from the Qingir (Hu and Rogers, 1992), and several Nd model ages (T_{DM}) of 3200 to 2600 Ma for gneisses, granites, and schists from the area (Hu et al., 2000; Dong et al., 1999; Feng et al., 1998), it strongly suggests that the basement rocks in the northern margin of the Tarim Basin were formed in the Meso- to Neo-Archean times. However, all these Archean rocks have undergone post-Archean tectonic activities and metamorphism, which are witnesses by zircon U-Pb ages of ~2300 Ma and ~2000 Ma for the Qingir gray gneiss, ~2000 Ma for granitic gneiss intruded into the Qingir gray gneisses (Gao et al., 1993; Guo et al., 2003), and ~1800 Ma for an amphibolite from Tiemenguan (Guo et al., 2003). K-Ar age study also reveals Neo-Proterozoic thermal events in the northern margin of the Tarim Basin. $^{40}Ar/^{39}Ar$ plateau ages and laser $^{40}Ar/^{39}Ar$ isochron ages for hornblendes, biotites and muscovites from various metamorphic rocks in different parts of the northern Tarim range from 850 Ma to 500 Ma. These ages indicate that the northern Tarim probably underwent diachronous uplift in different regions during the late Neoproterozoic to early Paleozoic (Hu et al., in press).

Key words: Tarim Basin; gray gneisses from Qingir; Neo-Archean U-Pb age