

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

阿尔金山阿克塔什塔格早前寒武纪岩浆活动的年代学证据

陆松年 袁桂邦

天津地质矿产研究所, 300170

内容提要 在阿尔金山阿克塔什塔格曾测得 3605 ± 43 Ma 的单颗粒锆石 U-Pb 年龄数据, 获得了古老地壳存在的同位素年代学信息。近年来根据野外的实际资料, 建立了早前寒武纪岩浆活动的相对序列, 这些热事件序列可分为早期花岗岩和二长花岗岩侵入体、英云闪长岩侵入体(赋存有斜长角闪岩的包体)、奥长花岗岩、基性岩墙群和石英二长岩脉等。目前除斜长角闪岩包体和基性岩墙群尚未获得同位素年龄外, 其他各期侵入体均已获得单颗粒锆石 U-Pb 测年数据。在野外建立热事件相对序列的基础上, 通过单颗粒锆石 U-Pb 法测年和 Sm-Nd 同位素示踪研究, 初步建立了该区早前寒武纪岩浆活动的年代格架: 石英二长岩(脉): 1825 ± 23 Ma, $T_{DM} = 2920$ Ma; 奥长花岗岩(片麻)岩: 2374 ± 10 Ma, $T_{DM} = 3460$ Ma; 英云闪长(片麻)岩: 2604 ± 102 Ma, $T_{DM} = 3063$ Ma; 二长花岗岩(片麻)岩: 3096 ± 17 Ma, $T_{DM} = 2978$ Ma; 花岗(片麻)岩: 3605 ± 43 Ma, $T_{DM} = 3528$ Ma。根据上述年代学和钨同位素地球化学资料, 证明阿克塔什塔格是我国西部最古老的地壳出露区, 在太古宙 3.5~3.6 Ga 和 3.0~3.1 Ga 时期各有一次造壳活动, 而太古宙末约 2.6 Ga 则表现为地壳的活化再造。阿尔金山阿克塔什塔格不仅是我国西部最老地壳出露区, 也是早前寒武纪岩浆事件序列保存最完整的地区。该区早前寒武纪岩浆活动序列和年代格架的建立为探讨我国西部地区的地壳演化以及和华北、扬子早前寒武纪变质基底的对比奠定了科学基础。

关键词 阿尔金 早前寒武纪 岩浆活动 年代格架

作者之一在从事“九五”研究项目过程中, 曾在阿尔金山阿克塔什塔格原划为太古宙米兰群(新疆维吾尔自治区地矿局, 1993; 程裕淇, 1994)的花岗片麻岩中, 获得了 3605 ± 43 Ma 的单颗粒锆石 U-Pb 年龄, 这是迄今为止我国西部所测得的最老锆石 U-Pb 年龄数据 (Lu, 2001; 李惠民等, 2001)。实际上, 在阿克塔什塔格一带早前寒武纪岩浆活动十分强烈, 在野外就能够基本上区分出它们的先后关系, 从而建立起岩浆活动的相对序列。从“十五”开始, 笔者等对我国西部又开始进行新一轮的综合研究, 作为西部最老地壳出露区的阿尔金山阿克塔什塔格一带, 自然成为重点研究区之一。目前, 在原研究基础上, 又获得了一批新的年龄数据, 为建立该区早前寒武纪热事件年代格架奠定了基础。本文将主要介绍这批同位素年龄资料, 并在野外工作的基础上, 讨论本区早前寒武纪岩浆活动的序列和年代格架。

1 早前寒武纪岩浆活动的野外证据

阿克塔什塔格位于阿尔金山东段的阿北地块(图1), 与周围的戈壁高原相比, 相对高差虽仅百米左右, 但露头清晰, 地质现象保存良好。除在较晚时期侵入的基性岩墙群和石英二长岩脉与围岩有明显的侵入关系外, 形成时代较早的侵入体由于强烈的片理置换, 它们之间的侵入关系已基本消失, 但野外根据它们的分布状态及岩性仍可确定它们之间的先后关系。在阿克塔什塔格分布较广的花岗质片麻岩主要有两类, 一类颜色较浅, 另一类颜色较深。前者粒度较细, 以中粒结构为主, 片麻理发育且均一, 肉眼可鉴定的主要矿物有钾长石、斜长石、石英和黑云母, 野外定名为二长花岗片麻岩。颜色较深的花岗片麻岩粒度粗, 由黑云母形成的条纹不连续, 而长英质等淡色矿物颗粒结晶较粗, 使黑云母在其中成为包裹体, 显示长英质矿物重结晶的特点。由于这类岩石中的长石以白色斜长石为主, 而呈淡肉红色的钾长石含量较低, 因此原岩应属于英云闪长岩的深成

注: 本文为国家自然科学基金重点项目(编号 40032010-C)和中国地质调查综合研究项目(编号 200113900070)资助的成果。

收稿日期: 2002-05-15; 改回日期: 2002-12-21; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 陆松年, 1962年毕业于南京大学地质系, 长期从事前寒武纪地质研究, 现在天津地质矿产研究所工作, 任研究员。现任全国地层委员会前寒武纪地层分会主席、中国地质学会前寒武纪专业委员会主任、国际冈瓦纳研究会顾问。通讯地址: 300170, 天津市河东区8号路4号, 天津地质矿产研究所; Email: tjlsongnian@cgs.gov.cn。

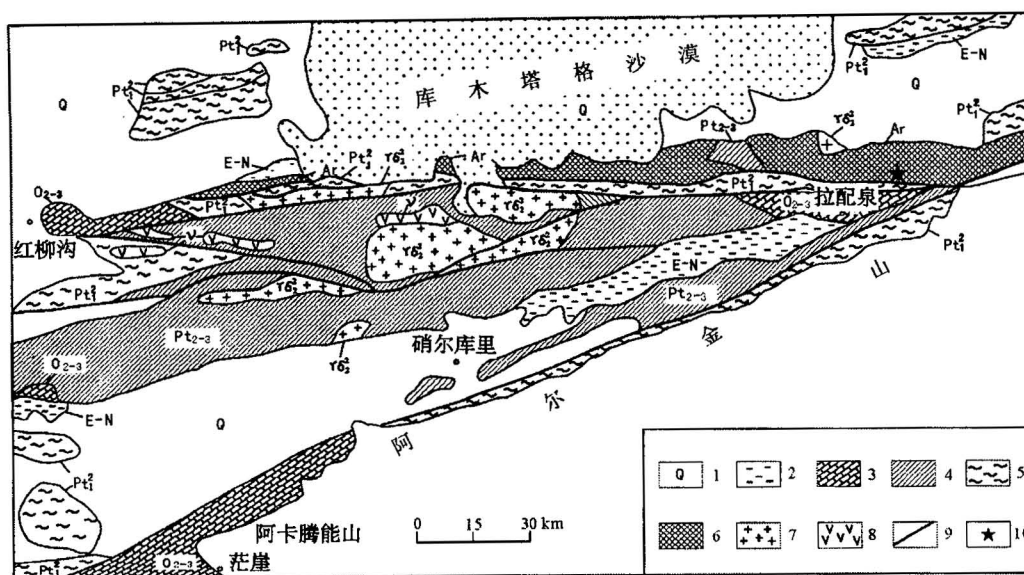


图 1 阿尔金北部地质构造单元分区略图

Fig. 1 Sketch map of geological tectonic units in the northern Altyn Tagh Mountain

1—第四系;2—新近系—古近系;3—中、上奥陶统;4—中上元古界;5—古元古代阿尔金山群;6—太古宙米兰群;
7—花岗闪长岩;8—铁镁质侵入体;9—断层;10—采样位置

1—Quaternary;2—Neogene and Paleogene;3—Mid-Upper Ordovician;4—Meso-Neoproterozoic;5—Paleoproterozoic Altyn Tagh Group;6—Archean Milan Group;7—Proterozoic granodiorite;8—mafic rocks;9—fault;10—sample location

侵入体。二长花岗片麻岩和英云闪长片麻岩呈假互层状产出,但仍可见第一类二长花岗片麻岩在英云闪长-奥长花岗片麻岩中呈包体产出的现象。在第二类花岗片麻岩中还见有斜长角闪岩、石榴斜长角闪岩、角闪石岩和其他花岗质片麻岩的包体,其中包括 3.6Ga 的花岗质片麻岩的残留体。此外,还可见淡色奥长花岗岩呈不规则脉状穿切前述两类分布范围较广的片麻岩。因此,根据野外的实际资料,热事件序列可分为早于英云闪长岩的热事件、英云闪长岩侵入体、奥长花岗岩、基性岩墙群和石英二长岩脉。目前除斜长角闪岩包体和基性岩墙群尚未获得同位素年龄外,其他各期侵入体均已获得单颗粒锆石 U-Pb 测年数据。

2 测试方法和精度

样品处理、锆石分选及其 U-Pb 同位素年龄测定均在中国地质调查局天津地质矿产研究所同位素地质年代学实验室进行。将采集的约 5kg 岩石样品,用水清洗、晾干后,粉碎至 80 目,用常规人工重砂方法经淘洗、磁选,分离出锆石。对分选所得锆石首先进行形态学分析,挑选颜色、粒度、长宽比、自形程度等形态特征不同、纯净透明、没有裂纹和包裹体、未

退晶质化的锆石晶体作测年对象。采用同位素稀释法作单颗粒锆石的 U-Pb 同位素年龄测定。

锆石的溶解和 U、Pb 的分离在超净化学实验室中进行。实验流程在 Krogh (1973) 的流程基础上作了相应的改进。采用的稀释剂为 ^{205}Pb - ^{235}U 或 ^{208}Pb - ^{235}U 混合稀释剂。样品溶液蒸干后,用硅胶-磷酸溶液与样品的 U 和 Pb 混合后加在单铈带上,在 VG354 型热离子质谱仪上用高灵敏度 Daly 检测器进行 U、Pb 同位素测定。所有 U-Pb 同位素数据均进行了质量歧视效应和系统误差校正。实验的全流程 Pb 空白为 0.030~0.050ng、U 的空白为 0.002~0.004ng。实验数据用 ISOPLOT (Ludwig, 1994) 程序计算、作图。

3 新的同位素年龄测定结果

3.1 二长花岗片麻岩(采样号:Y025, 采样位置:N 39°10.854', E 92°17.739')

二长花岗片麻岩属于前述第一类型的正片麻岩,样品采自英云闪长片麻岩中的包体。该类片麻岩在矿物成分上以出现较多的钾长石和斜长石为特点,而主元素则表现出高硅($\text{SiO}_2 = 72.67\%$)、中等钾、钠含量($\text{K}_2\text{O} = 3.65\%$, $\text{Na}_2\text{O} = 3.67\%$)以及钾、

钠含量相近的特点($K_2O/Na_2O=0.995$)。所测定的锆石均为浅棕色至紫褐色半自形长柱状晶体,U 和 Pb 同位素测定结果见表1和图2。从表1和图2中明显可以看出,被测定锆石的放射性铅丢失是很明显的,由于受到后期地质事件的强烈影响,所测定的样品

点均靠近不谐和线的下方,虽然根据1~6号样品点获得上交点为 $3096\pm 37\text{Ma}$ 和下交点 $1670\pm 37\text{Ma}$ 的年龄值,但它们只是近似地反映了二长花岗片麻岩原岩的侵入年龄和后期遭受热-构造事件叠加的时代。

表 1 二长花岗片麻岩(Y025)锆石 U-Pb 同位素分析结果
Table 1 Zircon U-Pb isotopic data for monzogranite gneiss(Y025)

点号	样品情况 锆石特征	重量 (μg)	浓 度		普通铅 含量 (ng)	同位素原子比率 ^①					表面年龄(Ma)		
			U ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
1	紫褐色透明半自形柱状晶体	16	186	84	0.018	3746	0.05576	0.4205 (15)	10.38 (4)	0.1791 (1)	2263	2470	2644
2	浅棕色透明半自形细长柱状晶体	16	84	36	0.006	3283	0.04918	0.4003 (23)	9.248 (153)	0.1675 (25)	2171	2363	2533
3	浅棕色透明半自形中长柱状晶体	17	93	37	0.003	6596	0.03499	0.3863 (20)	8.609 (129)	0.1616 (22)	2106	2298	2473
4	浅棕色透明半自形中长柱状晶体	18	58	22	0.009	1591	0.03760	0.3660 (29)	7.608 (186)	0.1508 (34)	2010	2186	2355
5	浅棕色透明半自形细长柱状晶体	10	58	22	0.003	2562	0.06624	0.3588 (41)	7.351 (237)	0.1486 (43)	1977	2155	2330
6	浅棕色透明半自形细长柱状晶体	10	70	27	0.015	546	0.01806	0.3470 (27)	6.807 (136)	0.1423 (25)	1920	2087	2255
7	紫褐色透明半自形长柱状晶体	13	104	45	0.023	1336	0.05196	0.4014 (33)	8.687 (76)	0.1570 (3)	2176	2306	2423

1~6号点上交点年龄值 $3096\pm 37\text{Ma}$,下交点年龄值 $1670\pm 36\text{Ma}$;7号点 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄值 $2423\pm 4\text{Ma}$

注:① $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 已对实验空白($\text{Pb}=0.050\text{ng}$, $\text{U}=0.002\text{ng}$)及稀释剂作了校正。其他比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素。括号内的数字为 2σ 绝对误差,例如:0.4205(15)表示 $0.4205\pm 0.0015(2\sigma)$ 。

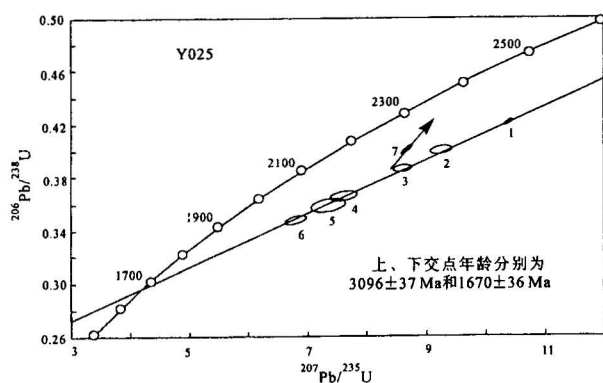


图 2 二长花岗片麻岩(Y025)锆石 U-Pb
同位素年龄谱和图

Fig. 2 Concordia diagram for monzogranite gneiss(Y025)

图3展示了 Y025号样品中所测锆石电镜拍摄的照片,锆石具有自形至半自形的结晶轮廓,不具备变质锆石常有的浑圆状或不规则外形,应是岩浆结晶过程中的产物,其 U-Pb 不一致线上交点年龄近

似岩浆结晶时代。

3.2 英云闪长片麻岩(采样号:Y026, 采样位置:N $39^{\circ}09.688'$, E $92^{\circ}18.386'$)

英云闪长片麻岩属于前述第二类岩石,在阿克塔什塔格出露范围较广。与二长花岗片麻岩中的矿物成分相比,钾长石和石英含量明显降低,化学成分上呈现中等硅含量($\text{SiO}_2=66.00\%$)、高铝($\text{Al}_2\text{O}_3=17.84\%$)和高钠、低钾的特点($\text{Na}_2\text{O}=5.64\%$, $\text{K}_2\text{O}=1.18\%$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=0.209$)。共测定了10粒锆石,其中除第9号点为浑圆状锆石外,余均为半自形柱状晶体。从测试结果(表2、图4)分析,该样品中包含了多期生长的锆石,由1~5号样品点获得了 $2604\pm 102\text{Ma}$ 的上交点和 $1580\pm 35\text{Ma}$ 的下交点年龄,而6~8号点则分别给出了 $2072\pm 8\text{Ma}$ 和 $58\pm 45\text{Ma}$ 的上、下交点年龄(其下交点误差过大,没有地质意义)。其中由1~5号样品点构成的第一条不谐和线,类似 Y025 的情况,样品点偏于不谐和线的下方,因此仅能逼近该样品原岩时代(上交点年龄)

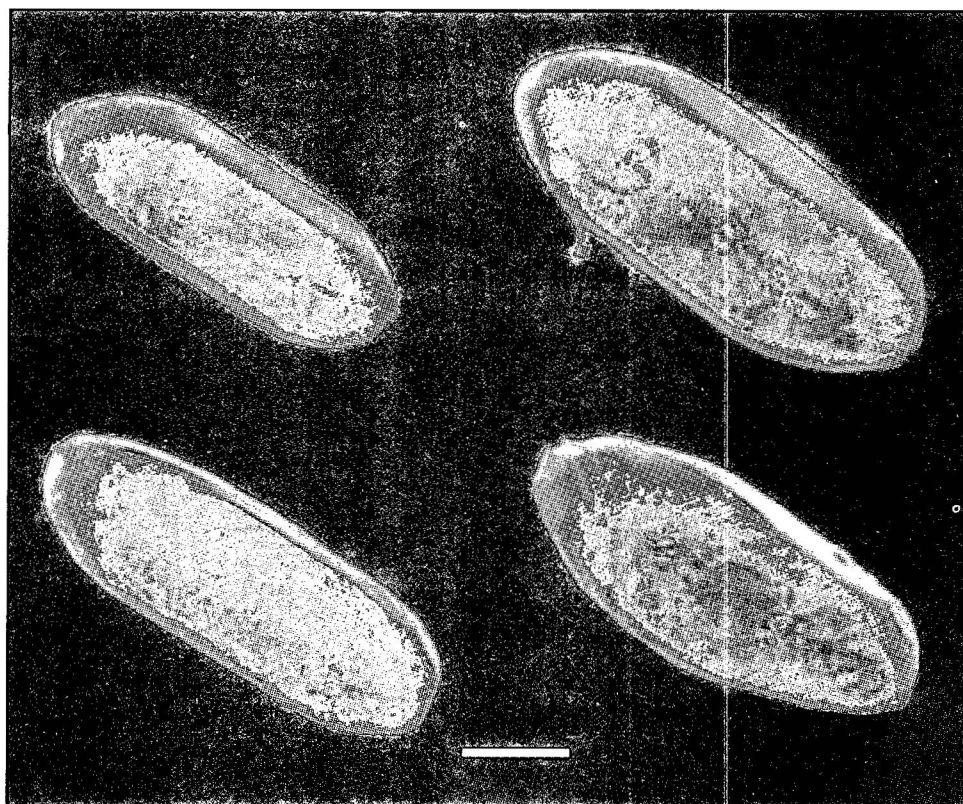


图 3 Y025(上)和 Y026(下)样品中锆石形态的电镜照片(比例尺:50 μ m)

Fig. 3 SEM photos of zircon shape in Y025(upper) and Y026(lower)(scale: 50 μ m)

和受后期热-构造事件的年代(下交点年龄),而不能精确代表它们的时代。由6~8号样品点构成的第二条不谐和线,所测样品落在不谐和线的上方,反映锆石 U-Pb 体系保存相对较好,因此上交点年龄误差小(2072 ± 8 Ma),代表了一次地质事件的年龄。值得指出的是,第9号样品点虽然只测定了一个点,但 U-Pb 体系的三组同位素年龄值接近一致(1933Ma、1956Ma 和 1981Ma,参见表2),说明放射铅丢失量很低,应是一次地质事件过程中新结晶的锆石,且后期封闭性好,该数值与3.6Ga 花岗片麻岩中的 1958 ± 180 Ma 的变质年龄十分接近,反映这一期地质事件确实影响了阿格塔什塔克地区。

图3(下)展示了 Y026样品中复杂的锆石形态,一为自形至半自形晶体,应为岩浆结晶过程中的产物,而另一粒则为不规则浑圆形,推测为变质过程形成的锆石。Y026样品中锆石形态的复杂性,说明了其成因的复杂性,从 U-Pb 同位素测定结果也证明了这一推测。

3.3 奥长花岗片麻岩(采样号:Y023,采样位置:N $39^{\circ}12.776'$, E $92^{\circ}16.039'$)

采样位置位于 Y026点的西北方向,奥长花岗片麻岩组成一个独立的山包,其中发育多条沿片麻理贯入的红色伟晶花岗岩脉群和基性岩墙群,奥长花岗片麻岩片麻理产状为 $62^{\circ}/42^{\circ}$ 。该样品以高硅($\text{SiO}_2 = 71.30\%$)和高碱、富钠($\text{K}_2\text{O} = 3.36\%$, $\text{Na}_2\text{O} = 6.35\%$, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 9.71$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} = 0.529$)为特征。锆石 U-Pb 同位素测定结果见表3和图5,测定结果表明,由1~4号样品点组成的不一致线给出上交点年龄为 2374 ± 10 Ma、下交点为 315 ± 92 Ma。由于锆石中的放射铅丢失量少,所测样品点落在谐和线上方,其精度较高,应代表该样品原岩的形成年龄。此外,第5号点和6号点三组 U-Pb 同位素年龄十分接近,均落在谐和线上,虽然测点少,但反映 2102 ± 49 Ma 和 1979 ± 13 Ma 地质事件对该样品的影响。

3.4 石英二长岩(采样号:Y027,采样位置:与 Y026接近)

石英二长岩脉呈宽约40cm 的脉体侵入英云闪长片麻岩,该处保留了原始侵入关系,石英二长岩脉体产状为 $320^{\circ}/70^{\circ}$,而英云闪长片麻岩片麻

表 2 英云闪长片麻岩(Y026)锆石 U-Pb 同位素分析结果
Table 2 Zircon U-Pb isotopic data for tonalite gneiss(Y026)

点号	样品情况 锆石特征	重量 (μg)	浓 度		普通铅 含量 (ng)	同 位 素 原 子 比 率 ^①					表 面 年 龄(Ma)		
			U ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
1	紫褐色透明半自形细长柱状晶体	7	152	69	0.042	345	0.1378	0.3573 (24)	6.702 (121)	0.1361 (22)	1969	2073	2178
2	浅棕色透明半自形细长柱状晶体	6	76	28	0.002	3318	0.09775	0.3463 (50)	6.372 (238)	0.1334 (44)	1917	2029	2144
3	浅棕色透明半自形中长柱状晶体	14	98	34	0.005	3213	0.1407	0.3152 (15)	5.160 (64)	0.1188 (13)	1766	1846	1938
4	浅紫色透明半自形中长柱状晶体	15	69	25	0.009	1246	0.1953	0.3104 (18)	4.987 (134)	0.1165 (29)	1743	1817	1903
5	浅棕色透明半自形中长柱状晶体	14	217	67	0.007	5336	0.05270	0.3061 (8)	4.786 (68)	0.1134 (15)	1721	1783	1855
6	紫褐色半透明半自形柱状晶体	16	189	72	0.026	1402	0.1589	0.3312 (8)	5.863 (62)	0.1284 (13)	1844	1956	2076
7	紫褐色半透明半自形柱状晶体	15	266	80	0.029	2282	0.06114	0.2889 (11)	5.078 (22)	0.1275 (2)	1636	1833	2064
8	浅棕色透明半自形中长柱状晶体	15	202	42	0.008	2585	0.1007	0.1949 (5)	3.395 (30)	0.1263 (10)	1148	1503	2048
9	浅棕色透明浑圆状晶体	16	77	32	0.008	1987	0.2296	0.3497 (18)	5.866 (45)	0.1217 (7)	1933	1956	1981
10	浅棕色透明半自形细长柱状晶体	8	170	57	0.001	11487	0.1530	0.2980 (14)	5.767 (52)	0.1403 (10)	1682	1941	2231

1~5号点:上交点年龄值 2604 ± 102 Ma,下交点年龄值 1580 ± 35 Ma;6~8号点:上交点年龄值 2072 ± 8 Ma,下交点年龄值 58 ± 45 Ma;
9号点: $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄值 1981 ± 10 Ma;10号点: $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄值 2231 ± 13 Ma

注:① $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 已对实验空白($\text{Pb}=0.050$ ng, $\text{U}=0.002$ ng)及稀释剂作了校正。其他比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素。括号内的数字为 2σ 绝对误差,例如: $0.3573(24)$ 表示 $0.3573 \pm 0.0024(2\sigma)$ 。

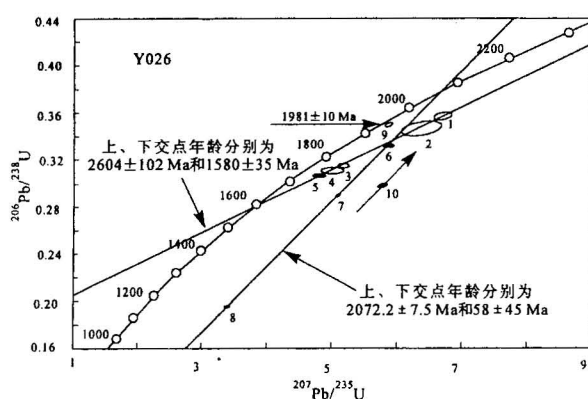


图 4 英云闪长片麻岩(Y026) 锆石 U-Pb 同位素
年龄谱和图

Fig. 4 Concordia diagram for tonalite gneiss(Y026)

理的产状则为 $210^\circ \angle 80^\circ$,二者走向呈高角度相交。该脉体由于含较多的钾长石而使岩石整体呈淡肉红色,同时以弱片麻理的发育而区别与前述所有的片麻岩。主元素含量以高硅($\text{SiO}_2=72.55\%$)、富碱和

高钾($\text{K}_2\text{O}=6.34\%$, $\text{Na}_2\text{O}=2.76\%$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=2.297$)为特点,从成分上判别似为一期造山后岩浆活动的产物。在所测7粒锆石中(表4、图6),由1~4及7号样组成的不谐和线形成上交点年龄为 1855 ± 23 Ma,下交点为 354 ± 64 Ma。与Y023样品相似,由于锆石中U-Pb体系封闭较好,放射铅丢失量少,样品点落在不谐和线上方,接近上交点年龄,因此 1855 ± 23 Ma可代表石英二长岩(脉)的形成时代。此外,第5号样品U-Pb同位素体系的三组年龄完全一致(1608 Ma),应是一次地质事件过程中形成的锆石,且形成后完全处在封闭状态中。

4 讨论

在野外建立岩浆活动相对序列的基础上,分别对有代表性的样品用TIMS法对单颗粒锆石进行U-Pb同位素定年工作,连同笔者已报道的I9809号样品,共测定了5个样品,获得同位素年龄值参见表5。根据野外观察和室内测年资料,对阿尔金山阿克塔什塔格早前寒武纪的岩浆活动做如下初步讨论。

表 3 奥长花岗片麻岩(Y023)锆石 U-Pb 同位素分析结果

Table 3 Zircon U-Pb isotopic data for trondhjemite gneiss(Y023)

点号	样品情况 锆石特征	重量 (μg)	浓度		普通铅 含量 (ng)	同位素原子比率 ^①					表面年龄(Ma)		
			U ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
1	紫红色透明 长柱状自形	15	90	46	0.028	731	0.1380	0.4268 (23)	8.888 (160)	0.1510 (25)	2292	2327	2358
2	浅紫色透明粗 长柱状半自形	28	128	59	0.013	4218	0.1322	0.4157 (9)	8.687 (39)	0.1516 (6)	2241	2306	1364
3	紫红色透明 短柱状自形	23	397	157	0.022	5285	0.1078	0.3628 (4)	7.486 (20)	0.1497 (4)	1995	2171	2342
4	浅紫红色透明 细长柱状自形	15	73	28	0.002	7596	0.1177	0.3431 (25)	6.931 (132)	0.1465 (25)	1901	2103	2306
5	近无色透明 短柱状半自形	18	26	13	0.003	2123	0.3419	0.3852 (48)	6.919 (219)	0.1303 (36)	2100	2101	2102
6	紫红色透明 长柱状自形	18	175	67	0.019	2121	0.1155	0.3517 (14)	5.892 (50)	0.1215 (9)	1943	1960	1979

1~4号点上交点年龄值 2374 ± 10 Ma, 下交点年龄值 315 ± 92 Ma;
5号点 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄值 2102 ± 49 Ma; 6号点 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄值 1979 ± 13 Ma

注: ① $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 已对实验空白($\text{Pb}=0.050$ ng, $\text{U}=0.002$ ng)及稀释剂作了校正。其他比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素。括号内的数字为 2σ 绝对误差, 例如: $0.4268(23)$ 表示 $0.4268 \pm 0.0023(2\sigma)$ 。

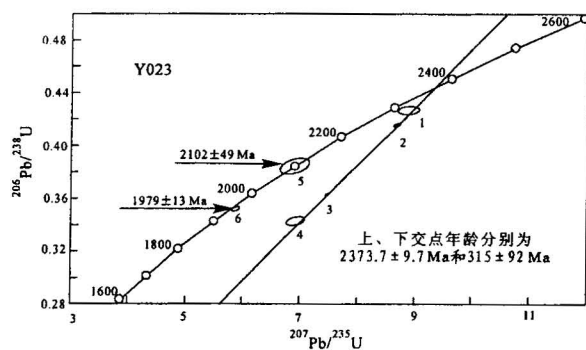


图 5 奥长花岗片麻岩(Y023) 锆石 U-Pb 同位素
年龄谱和图

Fig. 5 Concordia diagram for trondhjemite gneiss(Y023)

(1) 该区早前寒武纪岩浆活动十分频繁, 期次较多, 但以太古宙末期英云闪长岩侵入体为界, 可分别划分出早于和晚于英云闪长岩侵入体的岩浆活动事件。根据目前资料, 早于英云闪长岩的至少有两期侵入体, 晚于英云闪长岩的除基性岩墙群外, 也至少可划分出两期酸性侵入活动。

(2) 早于太古宙晚期英云闪长岩的早期侵入体有 3605 ± 43 Ma 的花岗岩和晚期 3096 ± 17 Ma 的二长花岗岩, 它们均已变质成为片麻岩。根据它们的钨模式年龄(分别为 3528 Ma 和 2978 Ma)与 U-Pb 年龄的比较, 反映这两类花岗岩的地壳滞留年龄很短, 在 $3.5 \sim 3.6$ Ga 和 $3.0 \sim 3.1$ Ga 时分别有一次造壳事

件。阿尔金山阿克塔什塔格 3.6 Ga 的深成侵入体是我国保存始太古代地壳的第三个地点(Liu et al., 1992), 也是全球为数不多的古老地壳出露区(Black et al., 1986; Bowring et al., 1989)

(3) 太古宙晚期英云闪长岩-奥长花岗岩不仅是阿尔金山最广泛的一期早前寒武纪岩浆活动, 而且在敦煌一带也有大面积的展布。梅华林等(1998)在石包城英云闪长片麻岩中所测定的 2670 ± 12 Ma 的数据与本文报道的 2604 ± 102 Ma 在误差范围内一致, 只是由于后一样品铅丢失明显, 致使误差偏大。

(4) 晚于太古宙晚期大规模英云闪长岩的侵入体有 2374 ± 10 Ma 的奥长花岗岩和 1855 ± 23 Ma 的石英二长岩, 后者主要以脉体形式出现, 而前者在区内和肉红色伟晶花岗岩密切共生, 易与其他时代的侵入体相区别。

(5) 除前述 3.6 Ga、 3.0 Ga、 2.6 Ga、 2.4 Ga 和 1.85 Ga 左右的5期岩浆事件外, 在所测样品中还保存着约 2.0 Ga、 1.6 Ga、 1.1 Ga 及 0.35 Ga 的同位素年代学信息, 它们是否为独立地质事件的年代学记录还需进一步论证, 但其中接近 2.0 Ga 的年代学信息在多组样品中出现, 根据19809样品中锆石形态的判别, 1958 ± 180 Ma 的锆石与变质锆石形态相似(李惠民等, 2001), 因此这组年龄是否代表早期变质事件的时代, 应予以足够的重视。

表 4 石英二长岩(Y027)锆石 U-Pb 同位素分析结果

Table 4 Zircon U-Pb isotopic data for quartz monzonite(Y027)

点号	样品情况 锆石特征	重量 (μg)	浓度		普通铅 含量 (ng)	同位素原子比率 ^①					表面年龄(Ma)		
			U ($\mu\text{g/g}$)	Pb ($\mu\text{g/g}$)		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
1	浅紫红色透明自形长柱状晶体	14	126	49	0.026	738	0.2158	0.3188 (11)	4.991 (104)	0.1136 (22)	1784	1818	1857
2	浅紫红色透明自形长柱状晶体	14	94	28	0.016	1219	0.1746	0.2586 (44)	3.914 (75)	0.1098 (8)	1483	1617	1795
3	浅紫红色透明自形短柱状晶体	13	263	77	0.016	1843	0.2280	0.2478 (5)	3.726 (41)	0.1091 (11)	1427	1577	1784
4	紫褐色透明半自形细长柱状晶体	15	198	49	0.017	2200	0.1827	0.2180 (15)	3.216 (25)	0.1070 (3)	1272	1461	1749
5	浅棕色透明半自形细长柱状晶体	8	113	36	0.006	1647	0.1829	0.2832 (20)	3.871 (148)	0.09914 (352)	1608	1608	1608
6	浅棕色透明自形细长柱状晶体	7	118	35	0.012	585	0.1592	0.2509 (16)	3.505 (90)	0.1013 (24)	1443	1528	1649
7	浅棕色透明半自形细长柱状晶体	5	129	56	0.037	204	0.1999	0.3011 (35)	4.716 (343)	0.1136 (77)	1697	1770	1858

1~4、7号点:上交点年龄值 1855 ± 23 Ma,下交点年龄值 354 ± 64 Ma;1~4号点:上交点年龄值 1855 ± 24 Ma,下交点年龄值 353 ± 64 Ma;5号点 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄值 1608 ± 66 Ma;6号点 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄值 1649 ± 44 Ma

注:① $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 已对实验空白($\text{Pb}=0.050$ ng, $\text{U}=0.002$ ng)及稀释剂作了校正。其他比率中的铅同位素均为放射成因铅同位素。括号内的数字为 2σ 绝对误差,例如:0.3188(11)表示 $0.3188 \pm 0.0011(2\sigma)$ 。

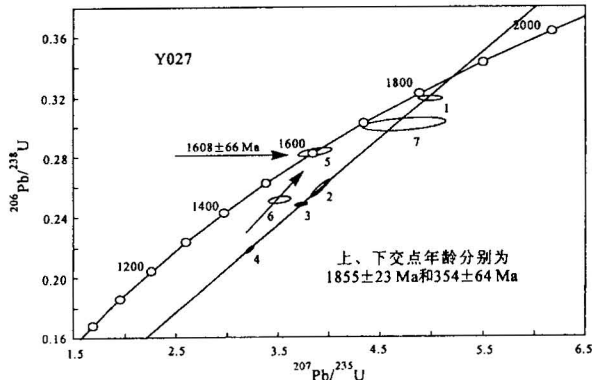


图 6 石英二长岩(Y027)锆石 U-Pb 同位素年龄谱和图
Fig. 6 Concordia diagram for quartz monzonite(Y027)

表 5 阿克塔什塔格早前寒武纪酸性岩浆活动的序列及年代格架

Table 5 Sequence and geochronological framework of Early Precambrian acid magma activities in Aketashitage, Altyn Tagh Mountain

岩石名称	$t(\text{Ma})$	$T_{\text{DM}}(\text{Ma})$
石英二长岩(脉)	1825 ± 23	2920
奥长花岗(片麻)岩	2374 ± 10	3460
英云闪长(片麻)岩	2604 ± 102	3063
二长花岗(片麻)岩	3096 ± 17	2978
花岗(片麻)岩	3605 ± 43	3528

阿尔金山阿克塔什塔格一带属于无人区,自然条件恶劣,地质研究程度甚低,但区内露头清晰、岩浆活动频繁、地质现象丰富,既是西部最古老地壳的出露区,也是研究西部早前寒武纪地质演化的重要窗口。笔者等报道的阿克塔什塔格早前寒武纪岩浆活动序列和年代格架仅仅是初步的研究成果,文中疏漏之处,期望同行不吝指正。

致谢:本文受到国家自然科学基金委员会重点项目(编号:40032010-C)和中国地质调查综合研究项目(编号:200113900070)的资助,笔者表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- 程裕淇. 1994. 中国区域地质. 北京:地质出版社,1~517.
- 李惠民,陆松年,郑健康,等. 2001. 阿尔金山东端花岗片麻岩中 3.6Ga 锆石的地质意义. 矿物岩石地球化学通报,20(4):259~262.
- 梅华林,于海峰,陆松年,李惠民,李铨,等. 1998. 甘肃敦煌太古宙英云闪长岩:单颗粒锆石 U-Pb 年龄和 Nd 同位素. 前寒武纪研究进展,21(2):41~45.
- 新疆维吾尔自治区地矿局. 1993. 新疆维吾尔自治区地质志,地质专报(一),区域地质. 北京:地质出版社,1~841.

References

- Black L P, Williams I S, Compston W. 1986. Four zircon ages from one rock: The history of a 3930 Ma-old granulite from Mount

- Sones, Enderby Land. Antarctica; Contributions to Mineralogy and Petrology, 94: 427~437.
- Bowing S A, Williams I S, Compston W. 1989. 3.96Ga gneisses from the Slave province, Northwest Territories. Canada Geology, 17: 760~764.
- Krogh T E. 1973. A Low-contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determination. Geochimica et Cosmochimica Acta, 37:485~494.
- Liu D Y, Nutman A P, Compston W, Wu J S, Shen J H. 1992. Remnants of 3800Ma crust in the Chinese part of the Sino-Korean Craton. Geology, 20, 339~342.
- Ludwig K R. 1994. ISOPLOT A Plotting and Regression Program for Radio-genic-Isotope Data, U S. Geological Survey, Open-File Report, 91~445, 1~45.
- Lu Songnian. 2001. Major Precambrian events in northwestern China. Gondwana Research, 4(4):692.

Geochronology of Early Precambrian Magmatic Activities in Aketashitage, East Altyn Tagh

LU Songnian, YUAN Guibang

Tianjin Institute of geology and Mineral Resources, Tianjin, 300170, China

Abstract

A single zircon U-Pb age of 3605 ± 43 Ma from the oldest granite-gneiss was reported in Aketashitage, eastern Altyn Tagh, which is located on the southeastern margin of the Tarim Platform. The U-Pb age provides geochronologic information of the oldest crust in the Tarim Platform. Recently, the Early Precambrian magmatic activity sequence has been set up based on field investigations. The magmatic sequence includes, from older to younger, early-stage granite (gneiss) and monzonite (gneiss), tonalite (with preserved amphibolite enclaves), trondhjemite (gneiss), basic dyke swarm and quartz monzonite sills. Apart from the amphibolite enclaves and dyke swarms, the isotopic ages of the magmatic intrusions have been measured. The magmatic sequence and geochronologic framework are as follows: Quartz monzonite, 1825 ± 23 Ma, $T_{DM} = 2920$ Ma; Thronhjemite (gneiss), 2374 ± 10 Ma, $T_{DM} = 3460$ Ma; Tonalite (gneiss), 2604 ± 102 Ma, $T_{DM} = 3063$ Ma; Monzonite (gneiss), 3096 ± 17 Ma, $T_{DM} = 2978$ Ma; Granite (gneiss), 3605 ± 43 Ma, $T_{DM} = 3528$ Ma. According to the above isotopic data, two crust-forming events, about 3.6~3.5 Ga and 3.1~3.0 Ga respectively, are identified. However, the magmatic event of the terminal Archean is a crust-reworking activity. Altyn Tagh is not only the oldest exposed area, but also an area preserving the most complete Early Precambrian magmatism in western China. The magmatic sequence and isotopic framework provide a scientific base for studying the geological evolution of western China and relationship between the metamorphosed basements of the West, North and South China blocks.

Key words: Altyn Tagh; early Precambrian; magmatism; geochronologic framework