第 48 卷 第 3 期
2015 年(总 197 期)

西 北 地 质
NORTHWESTERN GEOLOGY

Vol. 48 No. 3
2015(Sum197)

阿尔泰造山带南缘库尔提地区寒武纪变质侵入体的发现及地质意义

张亚峰,蔺新望,王煜,陈宁,王星,郭岐明,赵端昌,吕军利

(陕西省地质调查中心,陕西 西安 710068)

摘 要:在新疆富蕴县库尔提地区下元古界克木齐岩群中发现了一套变质侵入体,并对其进行了LA-ICP-MS 锆石 UVPb 同位素定年。根据锆石的阴极发光图像和 Th、U 含量等特征,锆石可分为岩浆锆石、变质锆石和捕获锆石 3 类。测得片麻岩的原岩岩浆$^{206}Pb/^{238}U$ 加权平均年龄为(496.3±6.4) Ma(MSWD = 0.74),变质年龄介于 444～452Ma 之间。结合区域地质资料,前者可能代表了古亚洲洋向北起始俯冲的时限,后者代表同造山期变质事件时代。同时,研究中发现的捕获继承性岩浆锆石年龄为 783～901Ma,暗示阿尔泰造山带存在前寒武纪基底。

关键词:片麻岩;变质侵入体;LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年;库尔提;阿尔泰

中图分类号:P534.1 **文献标志码**:A **文章编号**:1009-6248(2015)03-0271-09

Discovery and Geological Significance of Cambrian Metamorphic Intrusions of Kuerti Region in Southern Altay Orogenic Belt

ZHANG Yafeng, LIN Xinwang, WANG Yu, CHEN Ning, WANG Xing, GUO Qiming, ZHAO Duanchang, LÜ Junli

(Shaanxi Center of Geological Survey, Xi' an 710068, Shaanxi, China)

Abstract: Metamorphic intrusions into lower Proterozoic Kemuqi group were found in Kuerti region of Fuyun County, Xinjiang, and were determined for LA-ICP-MS zircon U-Pb ages. According to zircon cathodoluminescence images and Th, U characteristics, the zircons can be classified into magmatic zircons, metamorphic zircons and captured ones. The result shows that the original rock crystallization age is (496.3±6.4) Ma (MSWD = 0.74), and the age of its metamorphism is between 444 Ma and 452 Ma, indicating the rocks were produced in late Cambrian period. Combined with the data of southern margin of Altay, the authors hold that the Paleo-Asia Ocean may start to subduct from late Cambrian. In addition, from the captured inherited magma zircon, the authors obtained the inherited ages from 783 to 901 Ma, implying the existence of Precambrian basement in Altay orogenic belt.

Key words: gneiss; metamorphic intrusions; LA-ICP-MS zircon U-Pb dating; Kuerti; Altay

收稿日期: 2015-04-15;**修回日期**: 2015-05-20

基金项目:中国地质调查局区域地质调查"新疆 1∶25 万可可托海、江德勒克幅区调修测"(1212011120503)、"新疆青河县 1∶5万阿克布拉克、阿尔沙特、昆格依特、喀拉布腊乌幅区调"(1212011120509)共同资助

作者简介:张亚峰(1984-),男,硕士,构造地质学专业,主要从事区域地质调查工作。E-mail:aimom84@163.com

阿尔泰造山带位于中亚造山带的西南部(图1),是由一系列块体、岛弧和增生杂岩构成的增生型造山带,呈北西—南东向横贯于中国、俄罗斯、哈萨克斯坦、蒙古四国,是中亚造山带的重要组成部分(Sengor Ör 1993;Xiao et al., 2004)。中国阿尔泰造山带处于整个阿尔泰造山带的南缘,在地质历史中受过多次的构造变动,是个构造复杂、岩浆活动频繁、矿产丰富的构造带,前人对其做了大量研究工作,但对一些基础性问题仍存在不同的认识。如目前对阿尔泰造山带南缘大量发育的中深变质岩系的时代问题尚存在分歧,并由此引发阿尔泰造山带是否存在前寒武纪基底的争议。庄育勋(1994)认为该套变质岩系是古生代变质地层,是区域热动力变质作用产物;中国—哈萨克斯坦联合地质科学考察队将其绝大部分划为古—中元古界克木齐群和新元古界富蕴群变质岩系,并将其作为阿尔泰造山带的前寒武纪结晶基底(李天德等,1996,2001)。前人对这些变质岩系形成时代的确定多依据古植物化石、地层岩石特征对比和 Pb、Nd 模式年龄数据等(胡霭琴等,2002),而可靠的同位素年龄数据非常少。近年来,胡霭琴等(2006)、刘国仁等(2008)和雷永孝等(2010)分别通过对青河一带、额尔齐斯构造带内及苏普特一带片麻岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 同位素研究未发现前寒武纪古老锆石和相关的年龄信息而否定了该区变质岩为"前寒武纪地层"或者该套片麻岩应该解体区别对待。然而,也有一些学者(Wang et al., 2006;宋国学等,2010;张亚峰等,2014a)通过对该区岩浆岩的研究发现了一些元古代锆石年龄信息,并肯定了阿尔泰地区前寒武纪地层存在的可能。此外,诸如古亚洲洋(额尔齐斯洋)起始俯冲的时限研究不够深入等问题,这都在很大程度上限制了对阿尔泰造山带地壳演化研究和大地构造格架的建立。

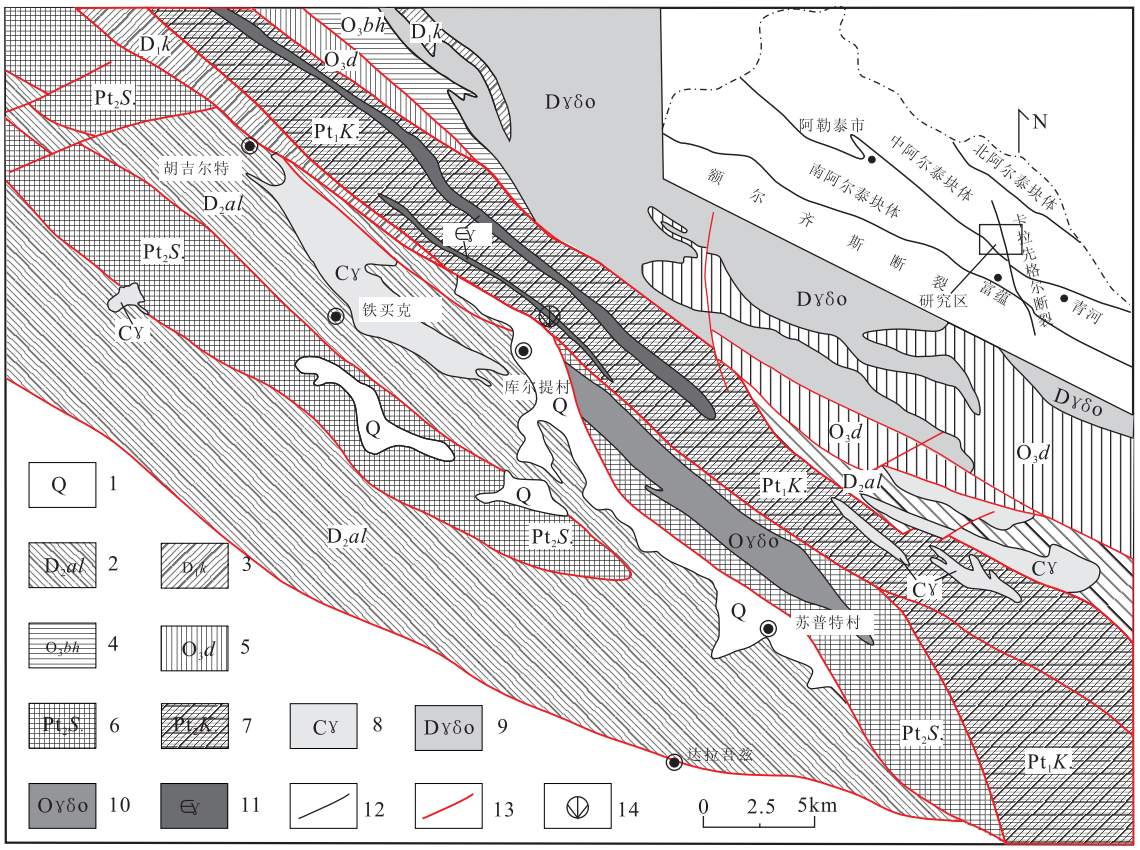
阿尔泰造山带南缘富蕴县库尔提地区片麻岩出露广泛,前人 1∶20 万资料[①]将其划归泥盆纪康布铁堡组,但笔者在最近开展的 1∶25 万可可托海幅、江德勒克幅区域地质调查过程中发现,该套片麻岩变形强烈,野外露头尺度上可识别出至少 3～4 期变形构造,为一套中深变质程度的变质岩系,与蒙库铁矿及胡吉尔特等地的康布铁堡组的浅变质流纹岩、片岩夹大理岩组合明显不同。此外,野外填图过程中在该套片麻岩中识别出一套变质侵入体,侵入体片麻理发育,但变形程度明显较周围片麻岩低,野外露头隐约可见侵入接触界线。因此,有必要对该套片麻岩的时代进行研究。在野外地质和岩相观察的基础上,笔者对分布于新疆富蕴县库尔提地区的该套新识别出的黑云斜长片麻岩变质侵入体开展了锆石 U-Pb 年代学研究,以期揭示其原岩性质、形成时代及变质作用时代,从而限定阿尔泰造山带广泛发育的片麻岩的时代,并结合区域地质资料探讨阿尔泰造山带是否存在前寒武纪基底和古亚洲洋(额尔齐斯洋)起始俯冲的时限等问题,据此为阿尔泰造山带构造演化提供基础资料。

1 地质特征及岩石学特征

研究区位于阿尔泰造山带南缘额尔齐斯构造带北侧富蕴县库尔提一带,区内出露一套各类片麻岩、片岩、混合岩、变粒岩等组合的中深变质岩系,广泛发育无根褶皱、紧闭同斜褶皱、多级不对称褶皱、揉流褶皱、肠状褶皱等,变形极其强烈,野外露头可识别出 3～4 期变形构造。前人 1∶20 万资料将其划分为泥盆纪康布铁堡组,但报告中明确提出不否定其为前寒武纪地层的可能性。本次工作经过区域地层对比,认识到其与真正意义上的康布铁堡组碎屑岩、变质火山岩夹碳酸盐岩的岩性组合存在明显差异。综合片麻岩变质程度、构造变形期次和岩石组合特征,将其重新厘定解体为下元古界克木齐岩群和中元古界苏普特岩群。

野外地质填图过程中,在库尔提一带下元古界克木齐岩群中发现一套变质侵入体。侵入体分布在库尔提村北约 2km 处,呈两条北西—南东向大致平行的狭长带状延伸,出露面积约 20km^2(图 1),地貌上较突出,具有中酸性侵入岩特有的球状风化地貌。岩性主要为灰色黑云斜长片麻岩,总体呈北西向带状岩株状展布,与区域构造线方向一致。岩体受后期多期次强烈的变质变形作用改造,与围岩侵入接触特征不甚明显,并不同程度地改变了侵入岩的原始组构和面貌,致使侵入体片麻理发育,但变形程度明显较周围克木齐岩群变形弱,局部地段变形强烈,推测可能是克木齐岩群的地层捕掳体。

①新疆地质局区域地质调查大队.1∶200000 富蕴幅区域地质调查报告,1978.



1. 第四系;2. 中泥盆系阿勒泰组;3. 下泥盆系康布铁堡组;4. 上奥陶系白哈巴组;5. 上奥陶系东锡勒克组;6. 中元古界苏普特岩群;7. 下元古界克木齐岩群;8. 石炭纪花岗岩;9. 泥盆纪英云闪长岩;10. 奥陶纪英云闪岩;11. 寒武纪变质侵入体;12. 地质界线;13. 断层;14. 采样点

图 1　阿尔泰造山带南缘富蕴县库尔提一带地质简图

Fig. 1　Geological sketch mapin Kuerti area of Fuyun country, Altry orogenic belt

本次工作所采集的测年样品为黑云斜长片麻岩,岩石呈灰-灰黑色,鳞片粒状变晶结构,片麻状构造(图 2)。主要由斜长石(40%±),黑云母(36%～38%),石英(20%±)和微量磷灰石副矿物等组成,粒径大小 0.6～1mm,少数 1.5～2mm。受区域变质作用影响,岩石中的长石、石英等发生变质重结晶,形成变晶粒状结构,原粒间成分变质形成红褐色黑云母鳞片等,并使云母平行断续定向排列。根据变质后矿物组合特征及含量等,分析原岩为花岗岩类。

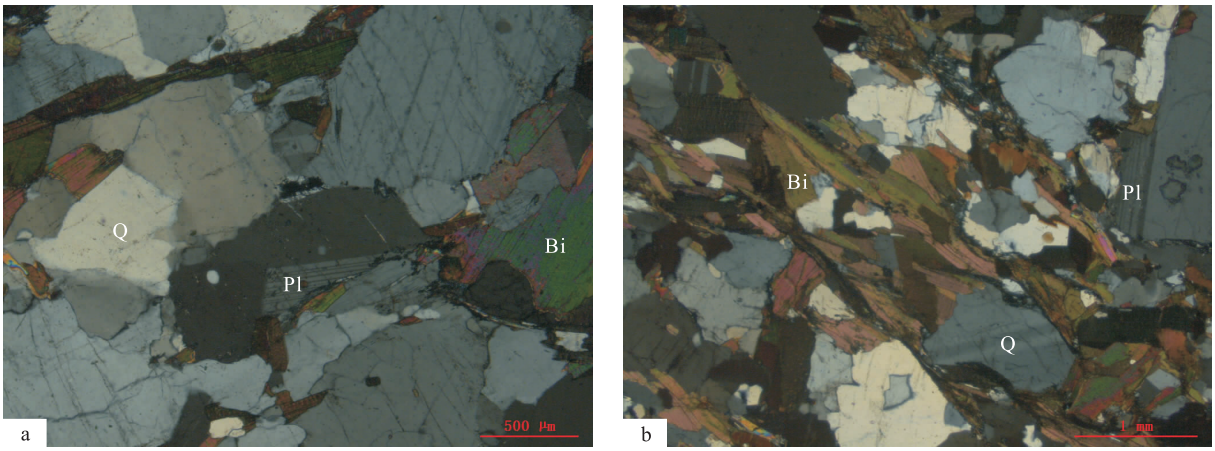
2　锆石 U-Th-Pb 同位素测定

用于锆石 U-Th-Pb 同位素测定的灰色黑云斜长片麻岩采自阿勒泰富蕴县库尔提北约 2km 处(图 1),地理坐标为北纬 47°13′03″、东经 89°19′10″。

2.1　分析方法

采集约 15kg 岩石样品,按常规方法粉碎,用磁选、电磁选方法分选得到重砂矿物,再淘洗获得锆石精矿,最后在双目镜下挑选出晶形和透明度较好的锆石晶体作为锆石 U-Th-Pb 同位素测定对象。首先将锆石颗粒黏在双面胶上,然后用无色透明的环氧树脂固定,待环氧树脂充分固化后,对其表面进行抛光至锆石内部暴露。锆石的阴极发光照相在西北大学大陆动力学国家重点实验室扫描电镜加载阴极发光仪上完成。锆石微区原位 U-Th-Pb 同位素年龄分析在西北大学大陆动力学国家重点实验室的

LA-ICP-MS 仪器上用标准测定程序进行。分析仪器为 Agilent7500a 型四极杆质谱仪和 Geolas200M 型激光剥蚀系统,激光器为 193nm ArF 准分子激光器。激光剥蚀斑束直径为 20μm,激光剥蚀样品的深度为 20～40μm。锆石年龄计算采用标准锆石 91500 作为外标,元素含量采用美国国家标准物质局人工合成硅酸盐玻璃 NIST RM610 作为外标,^{29}Si作为内标元素进行校正。详细的实验原理和流程及仪器参见 Yuan et al(2004)。样品的同位素比值和元素含量数据处理采用 GLITTER 程序,并采用 Andersen 软件(Anderson T,2002)对测试数据进行普通铅校正,年龄计算及谐和图绘制采用 ISOPLOT(2.49 版)软件完成(Ludwig K R,2003)。



a. 原岩残留结构(花岗结构); b. 片麻状构造

图 2 阿尔泰南缘库尔提地区变质侵入体岩石显微照片

Fig. 2 Microphotographs of the metamorphic intrusions in Kuerti region, southern margin of the Altay

2.2 锆石特征

样品中选出的锆石以黄色为主,少量浅玫瑰色,金刚光泽,透明－半透明,棱角状－次棱角状,锆石{110}面发育,以长柱状晶体为主,自形程度较好,长宽比多为 2～3,粒径多为 100～220μm。锆石晶面有较细熔(溶)蚀,可见小锆石、磷灰石和不明性质黑色包裹体。CL 图像(图 3)显示,片麻岩中大部分锆石发育较对称的生长震荡环带结构,显示岩浆锆石的特点,仅少部分锆石生长环带不明显(如 11、13 号测点),部分锆石发育增生边,显示这些锆石经历过变质作用(Vavra G et al., 1996)。

2.3 锆石 U-Pb 年龄

样品共分析了 25 个测点,分析测试值见表 1。其中 4 号测点可能因位于锆石裂隙处而在谐和年龄图中明显偏离谐和线,故^{206}Pb/^{238}U 年龄加权平均值计算时予以剔除。其余 24 个测点的^{206}Pb/^{238}U 和^{207}Pb/^{235}U 投点均落在谐和线上或其附近(图 4),谐和性较好,^{206}Pb/^{238}U 表面年龄介于(444～901)Ma 之间,可分为三组。第一组有 3 个测点,^{206}Pb/^{238}U 表面年龄分别为 783Ma、851Ma 和 901Ma;第二组有 2 个测点,^{206}Pb/^{238}U 表面年龄分别为 444Ma 和 452Ma;第三组有 19 个测点,^{206}Pb/^{238}U 表面年龄介于(481～525)Ma 之间,^{206}Pb/^{238}U 年龄的加权平均值为(496.3±6.4)Ma(MSWD＝0.74),时代为晚寒武世,代表岩浆原岩结晶年龄,而第一组年龄可能代表捕获锆石的年龄,第二组年龄可能代表变质年龄。对照锆石 Th、U 含量值可以发现,其中第一组和第二组年龄的 Th/U 值明显小于第三组,表明锆石结构特征与其 Th、U 含量具有一定的成因联系。

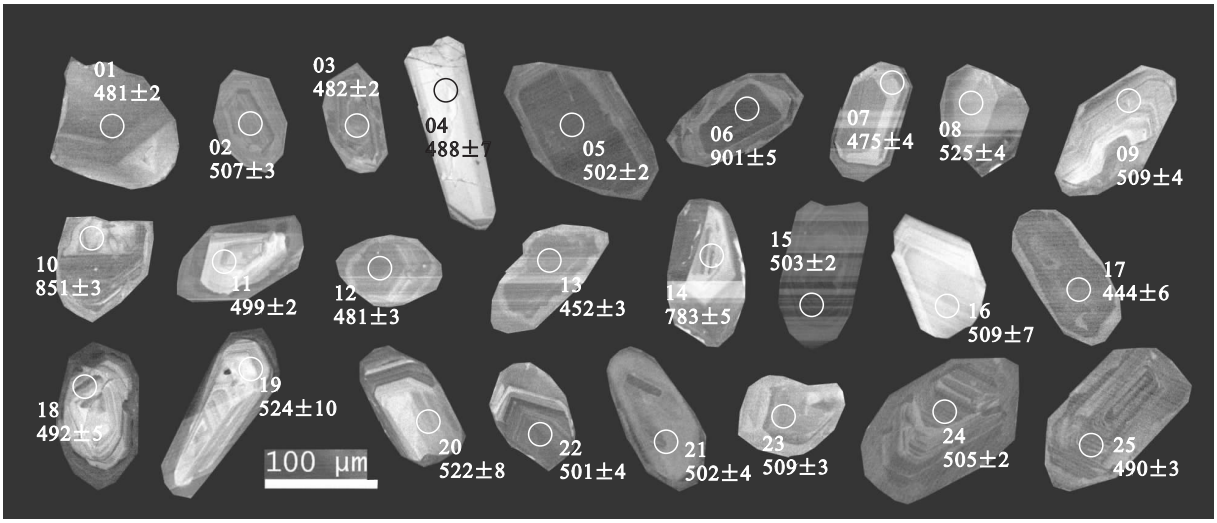


图 3　阿尔泰南缘库尔提地区变质侵入体中锆石阴极发光图像及$^{206}Pb/^{238}U$年龄(Ma)

Fig. 3　Zircon CL images and $^{206}Pb/^{238}U$ ages (Ma) of the metamorphic intrusions in Kuerti region, southern margin of the Altay

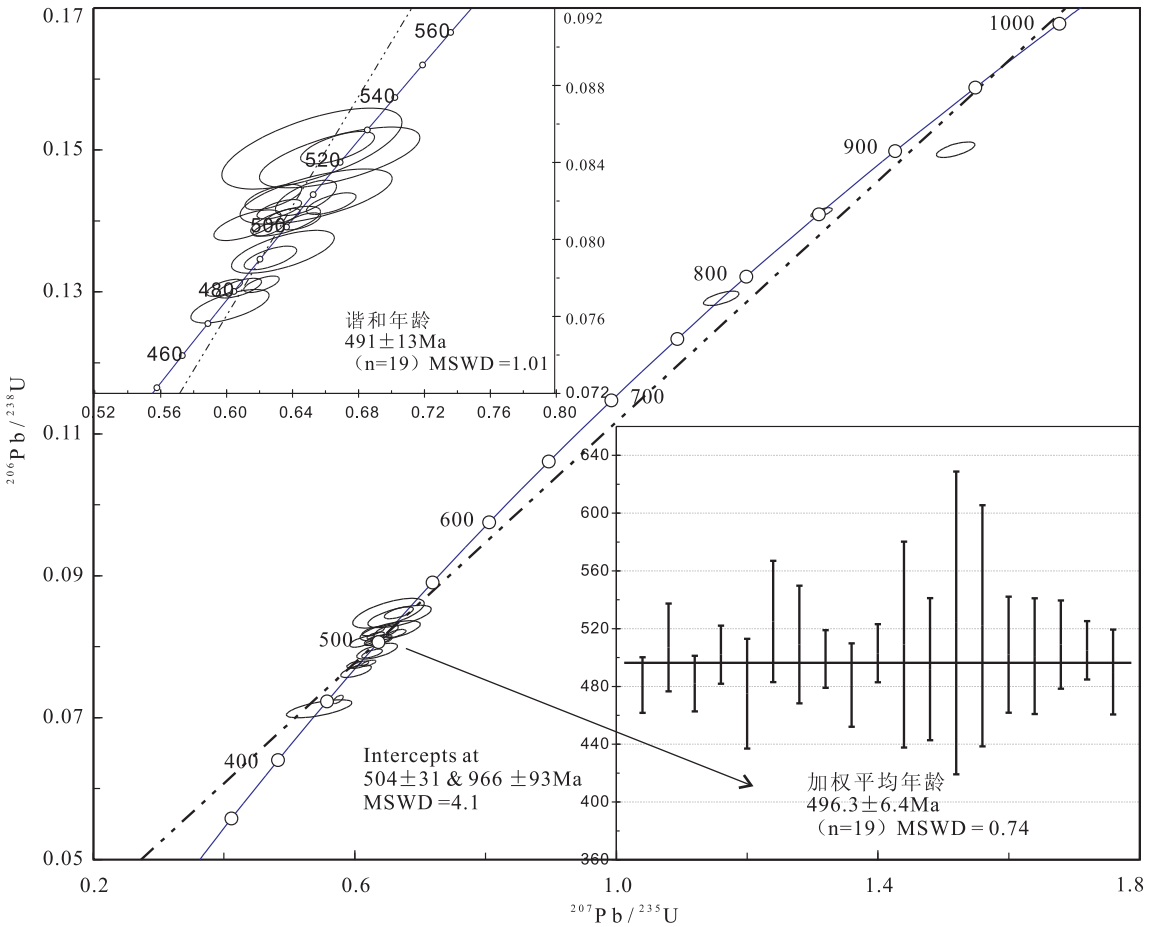


图 4　阿尔泰南缘库尔提地区变质侵入体中锆石 U-Pb 谐和图和$^{206}Pb/^{238}U$年龄图

Fig. 4　LA-ICP-MS zircon U-Pb concordia diagram and weighted average of the metamorphic intrusions in Kuerti region,, southern margin of the Altay

表1 阿尔泰南缘库尔提地区变质侵入体中锆石的LA-ICP-MS U-Th-Pb同位素分析结果

Tab.1 The isotopic analysis result of dating of LA-ICP-MS zircon U-Th-Pb of the metamorphic intrusions in Kuerti region, southern margin of the Altay

点号	含量			Th/U	同位素比值								年龄(Ma)							
	Pb*	Th	U		$^{207}Pb/^{206}Pb$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{206}Pb/^{238}U$		$^{208}Pb/^{232}Th$		$^{207}Pb/^{206}Pb$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{206}Pb/^{238}U$		$^{208}Pb/^{232}Th$	
	(10^{-6})				比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ
1	53.5	348.3	540.3	0.64	0.055 99	0.001	0.598 75	0.008 95	0.077 49	0.000 36	0.023 94	0.000 25	452	25	476	6	481	2	478	5
2	63.4	470.9	591.9	0.80	0.058 75	0.001 23	0.663 45	0.012 32	0.081 86	0.000 46	0.023 25	0.000 35	558	31	517	8	507	3	465	7
3	90.7	447.3	948.3	0.47	0.057 98	0.000 99	0.621 16	0.008 82	0.077 67	0.000 35	0.024 06	0.000 28	529	23	491	6	482	2	481	6
4	5.1	30.8	47.6	0.65	0.078 18	0.003 73	0.848 44	0.038 97	0.078 69	0.001 17	0.032 24	0.000 94	1 151	67	624	21	488	7	641	18
5	101.3	550.3	995.5	0.55	0.057 87	0.000 99	0.645 85	0.009 14	0.080 94	0.000 36	0.025	0.000 28	525	23	506	6	502	2	499	6
6	188.1	67.3	1 077.9	0.06	0.073 44	0.001 34	1.518 92	0.024	0.150 03	0.0009	0.142 27	0.003 96	1 026	22	938	10	901	5	2 689	70
7	20.7	141.0	207.6	0.68	0.057 09	0.001 93	0.602 04	0.019 4	0.076 53	0.000 71	0.024 13	0.000 48	495	55	479	12	475	4	482	9
8	23.9	146.9	218.5	0.67	0.057 13	0.001 67	0.667 32	0.018 32	0.084 77	0.000 69	0.026 09	0.000 47	497	46	519	11	525	4	521	9
9	53.1	229.7	551.2	0.42	0.057 27	0.002 13	0.648 1	0.015 15	0.082 16	0.000 75	0.025 93	0.000 52	502	35	507	9	509	4	517	10
10	146.3	139.6	905.6	0.15	0.067 53	0.000 91	1.313 69	0.013 38	0.141 2	0.000 54	0.045 61	0.000 7	854	15	852	6	851	3	901	14
11	26.2	203.9	278.1	0.73	0.056 34	0.000 84	0.625 14	0.007 55	0.080 54	0.000 31	0.024 42	0.000 33	466	20	493	5	499	2	488	7
12	90.8	418.3	960.1	0.44	0.056 92	0.001 17	0.607 52	0.011 19	0.077 47	0.000 42	0.025 09	0.000 39	488	31	482	7	481	3	501	8
13	245.4	1 401.72	691.3	0.52	0.057 5	0.001 76	0.574 42	0.006 52	0.072 57	0.000 48	0.023 19	0.000 37	511	14	461	4	452	3	463	7
14	46.1	68.7	309.2	0.22	0.065 26	0.001 37	1.160 45	0.022 34	0.129 08	0.000 82	0.046 33	0.001 03	783	30	782	10	783	5	915	20
15	133.9	459.2	1452.3	0.32	0.056 7	0.000 88	0.634 34	0.008 37	0.081 2	0.000 33	0.01914	0.000 3	480	22	499	5	503	2	383	6
16	27.5	137.1	272.1	0.50	0.057 76	0.003 39	0.654 32	0.037 71	0.082 23	0.001 17	0.028 41	0.001 06	521	102	511	23	509	7	566	21
17	116.1	336.7	1 239.6	0.27	0.055 55	0.004 24	0.545 68	0.040 85	0.071 25	0.001 04	0.022 2	0.000 22	434	175	442	27	444	6	444	4
18	17.3	124.2	169.6	0.73	0.057 99	0.002 4	0.634 18	0.025 51	0.079 36	0.000 91	0.026 47	0.000 65	529	68	499	16	492	5	528	13
19	14.1	76.8	140.5	0.55	0.055 81	0.003 89	0.651 76	0.044 66	0.084 72	0.001 72	0.025 45	0.001 29	445	116	510	27	524	10	508	25
20	7.1	24.0	75.4	0.32	0.057 55	0.003 48	0.668 58	0.039 81	0.084 26	0.001 29	0.024 59	0.001 55	513	104	520	24	522	8	491	31
21	52.4	316.0	541.8	0.58	0.056 96	0.001 62	0.635 78	0.017 3	0.080 95	0.000 63	0.026 17	0.000 55	490	46	500	11	502	4	522	11
22	41.2	302.5	420.8	0.72	0.055 02	0.001 56	0.612 6	0.016 65	0.080 74	0.000 65	0.024 67	0.000 5	413	46	485	10	501	4	493	10
23	97.2	317.4	1 098.6	0.29	0.055 43	0.001 31	0.628 35	0.014 09	0.082 2	0.000 54	0.024 24	0.000 58	430	38	495	9	509	3	484	11
24	74.5	324.7	832.7	0.39	0.056 16	0.001 06	0.631 95	0.011 08	0.081 57	0.000 41	0.024 61	0.000 46	459	30	497	7	505	2	491	9
25	177.9	695.3	1 860.8	0.37	0.057 53	0.001 32	0.626 54	0.013 05	0.079 04	0.000 5	0.025 35	0.000 45	512	35	494	8	490	3	506	9

注:数据来源:西北大学大陆动力学国家重点实验室测试,Pb* 表示放射性成因Pb含量。

5　讨论

研究表明,新元古代末,随着 Rodina 超大陆的裂解,西伯利亚板块与哈萨克斯坦—准噶尔板块分裂,其间形成以阿尔曼太、扎河坝和额尔齐斯等蛇绿混杂岩为代表的古亚洲洋,古大洋在早古生代广泛分布于中亚造山带和中国新疆北部地区(肖序常等,1992)。此时在阿尔泰被动大陆边缘沉积了巨厚层的类复理石建造的晚震旦世—早寒武世喀纳斯群。大致从晚寒武世开始,古亚洲洋开始向北俯冲于西伯利亚板块之下,阿尔泰南缘也由被动大陆边缘转为活动大陆边缘(Windley et al., 2002; Li et al., 2003; Xiao et al., 2004; Wang et al., 2006)。然而,遗憾的是,截至目前中国阿尔泰造山带内尚未有关于寒武纪花岗岩体的报道,仅在阿尔泰造山带东端的蒙古境内有一个花岗岩体,研究也并不深入,这可能跟洋壳早期俯冲作用并不强烈,形成弧岩浆岩规模较小有关,加之后期俯冲消减影响,致使该时期与俯冲作用相关的弧花岗岩体保留较少。笔者通过对在阿尔泰造山带南缘富蕴县库尔提地区新识别出的变质侵入体进行 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年,获得其岩浆结晶年龄为(496.3±6.4)Ma,且岩石属钙碱性系列,具有高场强元素亏损、大离子亲石元素富集等的与岛弧岩浆岩相似的特征(另文发表)。因此,笔者大胆推测该变质侵入体原岩结晶年龄可能代表了古亚洲洋起始俯冲的年龄。随着古亚洲洋持续的向北俯冲造山,形成了大规模的奥陶纪—泥盆纪的弧岩浆岩(单强等,2005;牛贺才等,2006;刘锋等,2009;王涛等,2010),并在 400Ma± 达到顶峰(Wang et al., 2006;曾乔松等,2007;张亚峰等,2014b)。伴随着俯冲增生作用的持续进行,发生变质事件,使得奥陶纪—泥盆纪的花岗岩体均不同程度发育片麻理构造,笔者获得的 444Ma 和 452Ma 的变质年龄正是该期同造山变质事件的直接证据。

值得注意的是,笔者研究的变质侵入体锆石 U-Pb 年龄中,有三颗锆石 $^{206}Pb/^{238}U$ 和 $^{207}Pb/^{235}U$ 年龄谐和性较好,$^{206}Pb/^{238}U$ 年龄介于 783～901Ma 之间,这与胡霭琴等(1995)对富蕴县附近片麻岩 Sm-Nd 全岩等时线年龄为 707～899Ma 的研究结果一致,暗示阿尔泰造山带存在前寒武纪岩石。前人通过对阿尔泰造山带南缘岩浆岩的年代学研究,也获得了前寒武纪捕获锆石的年龄信息(Wang et al., 2006;张进红等,2000;宋国学等,2010;张亚峰等,2014a),同时花岗岩以及变质沉积岩的 Nd 同位素研究从侧面证实阿尔泰造山带存在古老的陆壳基底(陈斌等,2001;王涛等,2010)。另外,变质侵入体岩浆结晶年龄为(496.3±6.4)Ma,为晚寒武世,表明被其侵入的片麻岩时代至少要早于晚寒武世。更为重要的是,本次工作搜集了研究区内出露的该变质侵入体的围岩即下元古界克木齐岩群片麻岩的野外构造变形行迹资料,进行了构造期次划分对比,初步建立了前晋宁期区域片麻岩构造、晋宁期塑性流变剪切褶皱构造、加力东期推覆剪切构造、晚华力西期开阔褶皱构造和印支期走滑构造等五期构造变形序列(蔺新望等,待刊)。据此,结合区域地层对比、岩石组合特征等将库尔提地区 1∶20 万资料所划下泥盆统康布铁堡组地层重新厘定解体为下元古界克木齐岩群和中元古界苏普特岩群,这与前人对阿尔泰造山带南缘变质地层同位素年代学和微古植物化石等的研究结论一致(胡霭琴等,1995;李天德等,1996;闫永奎等,1989),表明阿尔泰造山带存在前寒武纪基底。

然而,本次工作在额尔齐斯构造带中获得片麻岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为(311±8)Ma(未发表数据),没有发现任何前寒武纪年龄信息,这与刘国仁等(2008)和胡霭琴等(2006)对额尔齐斯构造带片麻岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄研究结果相一致,表明阿尔泰造山带中深变质岩可能为不同时代的产物,特别是处于额尔齐斯构造带中的片麻岩,由于其除了受区域变质作用的影响外,还经历多期次的推覆、剪切等构造活动的影响,其原岩可能具有复杂的组成,不能笼统的归为前寒武纪(刘国仁等,2008)。

6　结论

在新疆富蕴县库尔提地区识别出一套寒武纪变质侵入体,岩性为黑云斜长片麻岩,应用 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年,获得其原岩岩浆结晶年龄为(496.3±6.4)Ma,可能代表了古亚洲洋向北起始俯冲的时限。在此后的古亚洲洋持续俯冲过程中,发生 444～452Ma 的同造山变质事件。同时获得了片麻岩中 783～901Ma 的前寒武纪捕获岩浆锆石的年

龄信息,进一步佐证了阿尔泰造山带存在前寒武纪基底。

致谢:LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄测试得到了西北大学大陆动力学国家重点实验室柳小明博士的大力支持和热心帮助;匿名评审人提出了诸多宝贵而中肯的意见,在此一并表示衷心的感谢!

参考文献(References):

陈斌,Bor-ming Jahn,王式洸. 新疆阿尔泰古生代变质沉积岩的 Nd 同位素特征及其对地壳演化的制约[J]. 中国科学(D 辑),2001,31 (3) : 226-232.

胡霭琴,韦刚健,邓文峰,等. 阿尔泰地区青河县西南片麻岩中锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义[J]. 岩石学报,2006,22(1):1-10.

HU Aiqin, WEI Gangjian, DENG Wenfeng, et al. SHRIMP zircon U-Pb dating and its significance for gneisses from the southwest area to Qinghe County in the Altai, China[J]. Acta Petrologica Sinica,2006,22(1):1-10.

胡霭琴,张国新,李启新, 等. 新疆北部主要地质事件同位素年表[J]. 地球化学,1995,24(1) : 20-31.

HU Aiqin, ZHANG Guoxin, LI Qixin, et al. The isotopic chronological acale of major geological events in Northern Xinjiang, China[J]. Geochimica, 1995, 24(1) : 20-31.

胡霭琴,张国新,张前锋,等. 阿尔泰造山带变质岩系时代问题的讨论[J]. 地质科学,2002,37(2): 129-142.

HU Aiqin, ZHANG Guoxin, ZHANG Qianfeng, et al. A review on ages of Precambrian metamorphic rocks from Altai orogen in Xinjiang, NW China[J]. Journal of Geology, 2002,37(2): 129-142.

雷永孝,周刚,秦纪华,等. 新疆富蕴县苏普特一带片麻岩地球化学特征及锆石 U-Pb SHRIMP 定年[J]. 西北地质,2010,43(1):44-53.

LEI Yongxiao, ZHOU Gang, QIN Jihua, et al. Geochemistry and Zircon SHRIMP U-Pb Dating for Gneiss in Fuyun-Supute belt of Xinjiang [J]. Northwestern Geology, 2010, 43(1): 44-53.

李天德,祁志明,吴柏青,等. 中国和哈萨克斯坦阿尔泰地质及成矿研究的新进展[C]//中国地质学会编. 献给三十届国际地质大会"八五"地质科技重要成果学术交流会议论文选集. 北京:冶金工业出版社,1996:256-259.

LI Tiande, QI Zhiming, WU Baiqing, et al. New implovement of comparative study of geology and mineralization of Altai between China and Kazakhstan[C]// Chinese Geological Society(ed). Thesis Volume of the Symposium of the 8th Five-Year Plan of Geoscience for Contribution to 30th IGC. Beijing: Metallurgical Industrial Press, 1996:256-259.

李天德,B H 波里扬斯基. 中国和哈萨克斯坦阿尔泰大地构造及地壳演化[J]. 新疆地质,2001,19(1):27-32.

LI Tiande, Poliyangsiji B H. Tectonics and crustal evolution of Altai in China and Kazakhstan[J]. Xinjiang Geology, 2001, 19(1): 27-32.

刘锋,杨富全,毛景文,等. 阿尔泰造山带阿巴宫花岗岩体年代学及地球化学研究[J]. 岩石学报,2009,25(6): 1416-1425.

LIU Feng, YANG Fuquan, MAO Jingwen, et al. Study on chronology and geochemistry for Abagong granite in Altay orogen[J]. Acta Petrologica Sinica, 2009, 25(6): 1416-1425.

刘国仁,秦纪华,赵忠合,等. 新疆阿尔泰额尔齐斯构造带片麻岩的锆石 U-Pb SHRIMP 定年及其地质意义[J]. 现代地质,2008,22(2):190-196.

LIU Guoren, QIN Jihua, ZHAO Zhonghe, et al. SHRIMP U-Pb ages of zircon in the gneiss of Erqisi tectonic belt in Altay, Xinjiang, and their geological significances[J]. Geoscience, 2008, 22(2): 190-196.

牛贺才,于学元,许继峰,等. 中国新疆阿尔泰晚古生代火山作用及成矿[M]. 北京:地质出版社,2006:8-11.

NIU Hecai, YU Xueyuan, XU Jifeng, et al. Late paleozoic volcanism and associated metallogenesis in the Altay area, Xinjiang, China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006: 8-11.

单强,牛贺才,于学元,等. 新疆北部哈纳斯盆地火山岩地球化学特征、锆石 U-Pb 年龄及其构造意义[J]. 地球化学,2005,34(34): 315-327.

SHAN Qiang, NIU Hecai, YU Xueyuan, et al. Geochemistry and zircon U-Pb age of volcanic rocks from the Hanasi basin in the northern Xinjiang and their tectonic significance[J]. Geochimica, 2005, 34(34): 315-327.

宋国学,秦克章,刘铁兵,等. 阿尔泰南缘阿舍勒盆地泥盆纪火山岩中古老锆石的 U-Pb 年龄、Hf 同位素和稀土元素特征及其地质意义[J]. 岩石学报,2010,26(10): 2946-2958.

SONG Guoxue, QIN Kezhang, LIU Tiebing, et al. The U-Pb ages, Hf isotope and REE patterns of older zircons from Devonian volcanic rocks in Ashele basin on the southern margin of Altai orogen and its geological significance[J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26(10): 2946-2958.

王涛,童英,李舢,等. 阿尔泰造山带花岗岩时空演变、构造环境及地壳生长意义-以中国阿尔泰为例[J]. 岩石矿物学杂志,2010,29(6):595-618.

WANG Tao, TONG Ying, LI Shan, et al. Spatial and temporal variations of granitoids in the Altay orogen and their implications for tectonic setting and crustal growth: perspectives from Chinese Altay[J]. Acta Pet-

rologica et Mineralogica, 2010, 29(6):595-618.

肖序常,汤耀庆,冯益民,等. 新疆北部及邻区大地构造[M]. 北京:地质出版社,1992:1-171.

XIAO Xuchang, TANG Yaoqin, FENG Yimin, et al. Tectonic Evolution of the Northern Xinjiang and Its Adjacent Region, Xinjiang[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992:1-171.

闫永奎,张全忠,秦元喜,等. 新疆阿勒泰地区变质岩中微古植物群的发现及其地质意义[J]. 新疆地质,1989,7(2):49-54.

YAN Yongkui, ZHANG Quanzhong, QIN Yuanxi, et al. Discover and geological significance of micropaleoflora from the metamorphic rocks in Altay region of Xinjiang [J]. Xinjiang Geology,1989,7(2):49-54.

曾乔松,陈广浩,王核,等. 阿尔泰冲乎尔盆地花岗质岩体的锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其构造意[J]. 岩石学报,2007,23(8): 1921-1932.

ZENG Qiaosong, CHEN Guanghao, WANG He, et al. Geochemical characteristic, SHRIMP zirconU-Pb dating and tectonic implication for granitoids in Chonghuer basin, Altai, Xinjiang[J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(8): 1921-1932.

张进红,王京彬,丁汝福. 阿尔泰造山带康布铁堡组变质火山岩锆石特征和铀-铅年龄[J]. 中国区域地质,2000,19(3): 281-287.

ZHANG Jinhong, WANG Jinbin, DING Rufu. Characteristics and U-Pb ages of zircon in metavolcanics from the Kangbutiebao Formation in the Altay orogen, Xinjiang [J]. Regional Geology of China, 2000, 19(3): 281-287.

张亚峰,蔺新望,郭岐明,等. 阿尔泰南缘可可托海地区二厂房岩体锆石 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年代学、岩石成因及其地质意义[J]. 岩石矿物学杂志,2014b,33(1): 13-28.

ZHANG Yafeng, LIN Xinwang, GUO Qiming, et al. LA-ICP-MS U-Pb geochronology and petrogenesis of Erchangfang plutons in Koktokay area of soutnern Altay and their geological implications[J]. Acta petrologica et Mineralogica, 2014b, 33(1): 13-28.

张亚峰,蔺新望,王星,等. 阿尔泰造山带南缘昆格依特岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年代学、岩石成因及其地质意义[J]. 现代地质,2014a,28(1):16-28.

ZHANG Yafeng, LIN Xinwang, WANG Xing, et al. LA-ICP-MS U-Pb Geochronology, Petrogenesis and Its Geological Implications of Kungeyite plutons in southern Altay orogenic belt[J]. Geoscience,2014a,28(1):16-28.

庄育勋. 中国阿尔泰造山带热动力时空演化和造山过程[M]. 吉林:吉林科学出版社,1994:10-36.

ZHUANG Yuxun. Tectonothermal evolution in Space and Time and orogenic process of Altaides, China[M]. Changchun: Jinlin Science and Techonlogy Publishing House, 1994: 10-36.

ANDERSON T. Correction of common Pb in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb[J]. Chemical Geology,2002,192(1-2):59-79.

LI Jinyi, XIAO Wenjiao, WANG Kezhuo, et al. Neoproterozoic Paleozoic tectonostratigraphic framework of Eastern Xinjiang, N W China[M] //Mao J W, Goldfarb S, Seltmann et al. Tectonic Evolution and Metallogeny of the Chinese Altay and Tianshan. London: IACOD, CERAMS, Natural History Museum,2003:31-74.

LUDWING K R. Isoplot/Ex version 2.49. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel[J]. Berkeley: Berkeley Geochronology Center Special Publication No. 1a,2003: 1-56.

VAVEA G, GEBAUER D, SCHMID R, et al. Multiple zircon growth and recrystallization during polyphase Late Carboniferous to Triassic metamorphism in granulites of the Ivrea Zone (Southern Alps): an ion microprobe (SHRIMP) study[J]. Contributions to Mineralogy and Petrology,1996,122(4):337-358.

WINDLEY B F, KRÖNER A, GUO J H, et al. Neoproterozoic to palaeozoic geology of the Altai orogen, NW China: new zircon age data and tectonic evolution[J]. Journal of Geology, 2002,110:719-737.

WANG Tao, HONG Dawei, JAHN B, et al. Timing, Petrogenesis, and Setting of Paleozoic Synorogenic intrusions from the Altai Mountains, Northwest China: implications for the tectonic evolution of an accretionary Orogen[J]. Journal of Geology,2006,114:735-751.

XIAO Wenjiao, WINDLEY B F, BADARCH G, et al. Palaeozoic accretionary and convergent tectonics of the southern Altaids: implications for the growth of Central Asia[J]. Journal of the Geological Society, 2004,161:339-342.

YUAN Honglin, GAO Shan, LIU Xiaoming, et al. Accurate U-Pb age and trace element determinations of zircon by laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry[J]. Geostandards and Geoanalytical Research, 2004, 28(3):353-370.