阿尔金南缘构造混杂岩带中角闪辉长岩地球化学特征及同位素测年

董增产,校培喜,奚仁刚,过磊,高晓峰

西安地质调查中心(西安地质矿产研究所),西安,710054

内容提要: 阿尔金茫崖地区发育的角闪辉长岩,属钙碱性岩石系列。岩体相对富集LREE、大离子亲石元素(Rb、Ba、Sr)以及U和Pb,亏损高场强元素(Nb、Ta、Zr、Hf),类似于岛弧环境产物。推测其源区为岩石圈地幔,原生岩浆通过幔源物质部分熔融产生,在上升就位过程中遭受地壳混染。LA-ICP-MS锆石U-Pb测年获得谐和年龄444.9±1.3Ma(WSMD=0.94),为岩体的形成年龄,指示阿尔金南缘在晚奥陶世末存在洋壳俯冲作用,为进一步研究阿尔金构造带的形成及演化提供了重要证据。

关键词: 构造混杂岩带;角闪辉长岩;锆石U-Pb测年;阿尔金山;青藏高原

阿尔金断裂带是青藏高原北部边缘的一条主控边界断裂,其形成演化与青藏高原的隆升及其物质的向东逃逸有着密切的成因联系,因此它成为青藏高原隆升等问题研究的热点(Molnar and Tapponnier, 1975)。近年来,许多学者对阿尔金断裂系活动的时间、方式、速度、规模等特征以及动力学模式进行了广泛研究,取得了丰硕成果。目前,针对该断裂活动起始的时间有两种认识,一种认识是阿尔金断裂在古生代或古生代以前就存在,是一个多期活动的古断裂(车自成等,1995;周勇等,1998;于海峰等,1998;Zhou Da and Graham, 1996;Sobel and Arnaud,1999),另一种认识是阿尔金断裂起始活动时间为晚中生代—新生代(Wang E, 1997; Métivier, et al.,1998;郭召杰等,1998;虢顺民等,1998; Yue and Liou, 1999;刘永江等,2000,2007;葛肖虹等,2001;李海兵等,2006)。然而,通过对阿尔金和祁连山进行地质及地球物理研究,认为阿尔金断裂带不仅仅是一个巨型断裂系,也是一个经历过多期复杂地质演化历史,由不同层次、不同时期和形成于不同构造环境地质体所组成的造山带(许志琴等,1999)。带内岩浆岩发育,尤其是超基性—基性岩体的发现,引起众多学者关注。上世纪50年代末红柳沟超基性岩体被首次发现,时至今日,由此而引发的有关蛇绿岩及其阿尔金造山带演化问题讨论始终没有停止。研究认为该超基性—基性岩体具蛇绿岩特征(何国琦等,1994;程裕淇等,1994;吴峻等,2001);同样,在阿尔金南缘构造混杂岩带亦发现有蛇绿岩特征的基性火山岩(刘良等,1998;校培喜,2003);近来,修群业等(2007)对阿尔金山北缘恰什坎萨依出露的枕状、气孔和杏仁状玄武岩进行研究,指出其为洋岛环境产物,并与其伴生的蛇纹石化橄榄岩、辉长岩、硅质岩共同组成了较为标准的蛇绿岩;同时,在阿尔金南缘构造带西段长沙沟地区混杂岩中识别出原岩为洋中脊玄武岩(MORB)、洋岛玄武岩(OIB)、岛弧玄武岩(IAB)的绿片岩组合(覃小峰,2007)。由此看来,阿尔金构造带存在洋盆环境,蛇绿岩则为洋壳消减俯冲,最终消亡的残迹。除此之外,阿尔金造山带内还发育大量的中酸性岩体,研究表明加里东期阿尔金构造带存在板块俯冲—碰撞的构造环境(陈宣华等,2003;戚学祥等,2005a,2005b;吴才来等,2005,2007)。另外在江尕勒萨依、贝壳滩、巴什瓦克、英格利萨依、红柳泉等地发现高压—超高压变质岩(车自成等,1995;刘良等,1995,1996,2007;Liu Liang, et al., 2000;校培喜等,2001;张建新等,2002),认为与板块的深俯冲作用有关。

综上述,阿尔金构造带地质体的研究多集中于北部,南部研究程度相对偏低。而本文重点选择阿南构造混杂岩带中角闪辉长岩作为研究对象,通过对其进行岩石学、地球化学及年代学研究,填补该区基性岩侵位时代方面的空白,并结合前人工作,试图讨论该岩体的成因及构造背景,为阿尔金构造带的

注:本文为中国地质调查局国土资源大调查项目(编号 1212010911025)的成果。

收稿日期:2010-05-06;改回日期:2010-11-24;责任编辑:章雨旭。

作者简介:董增产,男,1981年生。硕士,构造地质学专业。Email: dzc1981@126.com。

形成演化提供佐证。

1 区域地质背景

阿尔金构造带横亘于我国西部甘、青、新诸省区之间，是塔里木、柴达木、中朝板块以及东西昆仑、天山、柴北缘、北祁连和北山等大地构造单元的衔接地带(图 1)。长期以来对于阿尔金构造带的归属问题存在分歧：黄汲清等(1980)认为属于东昆仑褶皱系；葛肖虹等(2000)则认为其肢解了“西域板块”，是印度板块与亚洲板块在晚白垩世—始新世相互作用的结果。伍跃中(2008)通过对阿尔金山各边界断裂性质、阿尔金南缘断裂构造活动及阿尔金山与南塔里木地块岩石建造组合等特征进行比较，认为阿尔金山原属于南塔里木地块的组成部分。依据区内岩石地层、构造及岩浆岩特征，结合岩石地球化学、同位素年代学等，将其自北而南划分为阿北地块、红柳沟—拉配泉蛇绿构造混杂岩带、阿中地块、阿尔金南缘构造混杂岩带等四个次级构造单元(校培喜等[1])。许志琴等(1999)将阿尔金构造带划分为敦煌地块、北阿尔金俯冲杂岩带、阿尔金地体、南阿尔金俯冲—碰撞杂岩带，可与阿拉善地块、北祁连俯冲杂岩带、祁连地块及柴北缘俯冲—碰撞杂岩带进行对比；另外，通过详细对比研究南阿尔金与柴北缘榴辉岩认为，两者可能构成了一条被巨型走滑断裂截切的高压—超高压变质带。然而，刘良等(2009)提出，南阿尔金、柴北缘、北秦岭 3 地高压—超高压岩石变质时代明显不同，可能不构成同一条高压—超高压变质岩带。

阿尔金南缘构造混杂岩带位于阿尔金构造带南部，是分割阿尔金造山带与祁漫塔格、柴南缘的构造边界。构造混杂岩带以发育古生代海相火山—沉积岩和中生代陆相碎屑岩为主，并有超基性—基性岩块和中酸性岩产出。其中，基性火山岩多数与超基性岩块伴生。在茫崖地区可见蛇纹石化橄榄岩、辉长岩、玄武岩、硅质岩、黑云斜长片麻岩、石英片岩、白云质大理岩等。其基性玄武岩属拉斑系列，显示 MORB 和 OIB 特征，具蛇绿岩性质，形成于奥陶纪(刘良，1998)。茫崖地区的辉长岩主要以角闪辉长

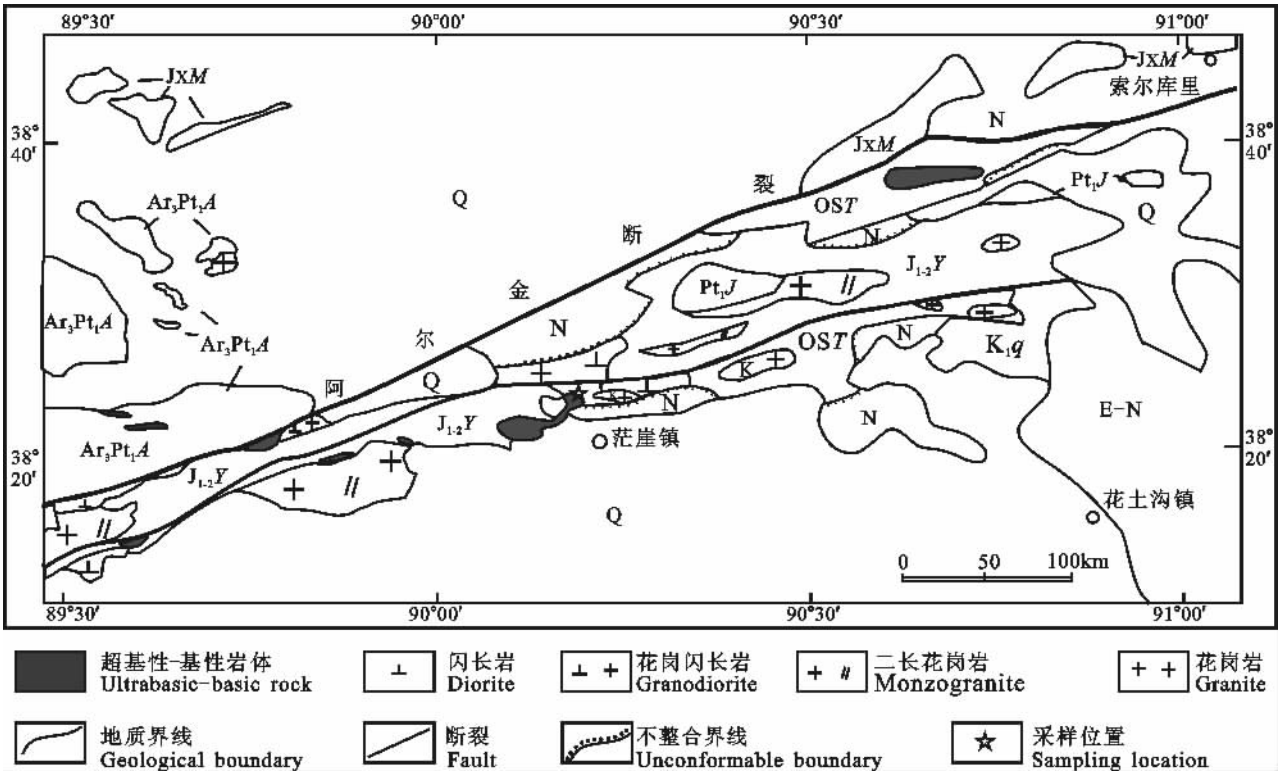


图 1 阿尔金东部地区地质简图

Fig. 1 Sketch geological map of the eastern Altun Mountains

Q—第四系；N—新近系；E—古近系；K_1q—下白垩统犬牙沟组；$J_{1-2}Y$—中—下侏罗统叶尔羌群；OS *T*—奥陶系—志留系滩间山群；Jx*M*—蓟县系米兰岩群；Pt_1J—古元古界金水口岩群；Ar_3Pt_1A—新太古界—古元古界阿尔金岩群

Q— Quaternary; N— Neogene; E—Eogene; K_1q—Lower Cretaceous Quanyagou Formation; $J_{1-2}Y$—Lower—Middle Jurassic Yarkand Group; OS *T*— Ordovician— Silurian Tanjianshan Group; Jx *M*—Jixianian (Mesoproteozoic) Milan Group; Pt_1J—Paleoproterozoic Jinshuikou Group; Ar_3Pt_1A—Neoarchaean—Paleoproterozoic Altun Group

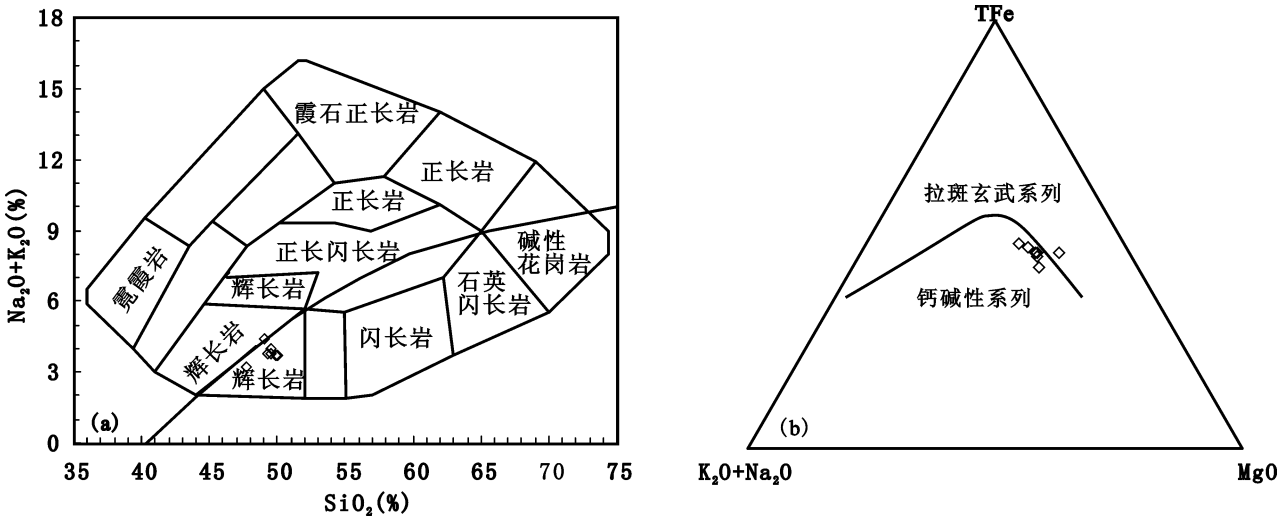


图 2 茫崖地区角闪辉长岩硅碱图(a)及 FMA 图解(b)

Fig. 2 TAS pattern(a) and FMA diagram(b) for the bojites in the Mangya area

岩为主,出露面积大于 1.5 km^2,围岩主要为花岗质片麻岩。由于构造运动破坏和第四纪沉积物覆盖,没有发现两者直接接触关系。距角闪辉长岩体北约 300 m 发育黑云二长花岗岩体,应为晚期产物。西约 50 m 处发育侏罗纪地层。由于后期构造事件改造,岩体呈断块或透镜状产出,顺延节理面有后期二长花岗岩脉灌入,局部具轻微混合岩化特征。

2　样品特征

样品采自阿南构造混杂岩带角闪辉长岩体中,位于青海省茫崖地区,地理坐标 N38°25′15″,E90°07′54″(图 1)。岩体露头较好,表面新鲜,呈深灰色,选取新鲜无风化、纯净无脉的岩石样品进行相关分析测试和研究。镜下观测角闪辉长岩具变余辉长结构、似斑状结构,矿物颗粒较粗,一般为 2～3mm,大部分辉石被角闪石替代,并可见斜长石被微斜长石交代,局部绿泥石化。矿物成分为斜长石(43%)、角闪石(36%)、辉石(15%),少量黑云母(5%)及榍石、锆石等副矿物(1%)。

3　岩石地球化学特征

对采集的 7 件角闪辉长岩地化样品利用 XRF、ICP-MS 法进行主量、微量及稀土元素测试分析,该项实验在西安地质矿产研究所实验室完成。结果显示(表 1)角闪辉长岩 SiO_2 含量为 47.74%～50.04%,Ti_2O=1.11%～1.38%,Al_2O_3=11.58%

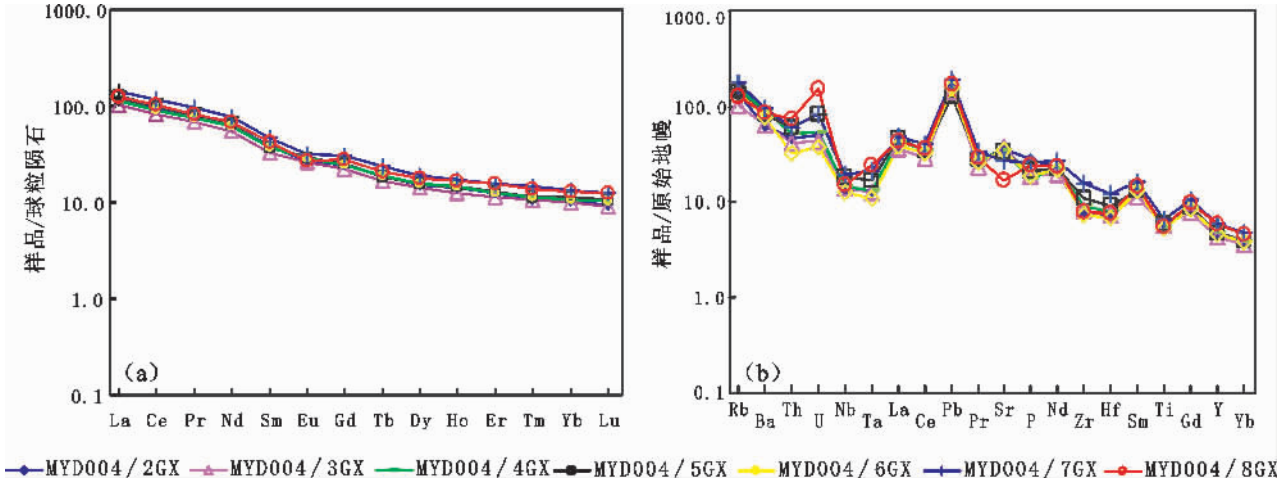


图 3 茫崖地区角闪辉长岩稀土元素配分图及微量元素蛛网图

Fig. 3 Chondrite-normalized REE pattern and spider diagram for primitive mantle-normalized trace elements of bojites in the Mangya area

～16.26%、CaO含量变化于8.13%～11.06%，ΣFe_2O_3 变化于 8.11%～10.55%，MgO 含量为 6.56%～9.3%，$Mg^{\#}$(60～67)较高。ALK(K_2O+Na_2O)=3.26%～4.26%，在 SiO_2—全碱图上样品全部落入亚碱性系列的辉长岩区(图 2a)，在 AFM 图解上样品显示钙碱性岩石系列特征(σ=1.0～1.4)(图 2b)。

表 1 茫崖地区角闪辉长岩主量(%)、微量($\times10^{-6}$)和稀土元素($\times10^{-6}$)含量表

Table 1 The contents of major(%), trace elements($\times10^{-6}$) and REE($\times10^{-6}$) for bojites in the Mangya area

送样号	MY04-2	MY04-3	MY04-4	MY04-5	MY04-6	MY04-7	MY04-8
SiO_2	49.58	49.97	49.34	49.57	50.04	49.10	47.74
Al_2O_3	15.86	16.26	15.76	15.91	15.57	15.59	11.58
Fe_2O_3	3.06	2.05	2.08	1.66	2.28	2.24	2.38
FeO	6.20	6.83	7.15	7.27	7.02	7.80	8.07
CaO	9.00	9.13	9.23	9.04	8.98	8.13	11.06
MgO	7.27	7.16	7.19	6.70	7.18	6.56	9.30
K_2O	1.34	1.20	1.53	1.57	1.34	2.01	1.70
Na_2O	2.48	2.55	2.34	2.49	2.42	2.45	1.56
TiO_2	1.24	1.21	1.19	1.25	1.11	1.38	1.16
P_2O_5	0.60	0.40	0.38	0.45	0.40	0.55	0.52
MnO	0.15	0.15	0.15	0.15	0.16	0.18	0.22
灼失	2.04	2.03	2.49	2.86	2.33	2.84	4.10
H_2O^+	1.35	1.00	1.67	1.66	1.72	2.01	1.24
La	26.70	24.70	28.90	31.10	26.60	33.20	29.60
Ce	57.10	51.30	60.30	61.40	56.30	71.60	62.20
Pr	7.30	6.45	7.62	7.55	7.10	9.08	7.87
Nd	29.60	25.60	29.70	29.90	28.50	36.20	31.50
Sm	5.81	4.99	5.76	5.64	5.70	7.02	6.42
Eu	1.57	1.49	1.72	1.65	1.64	1.84	1.58
Gd	5.06	4.56	5.07	5.14	5.02	6.20	5.73
Tb	0.70	0.63	0.72	0.69	0.70	0.88	0.79
Dy	3.89	3.56	3.92	4.01	4.02	4.78	4.54
Ho	0.81	0.71	0.81	0.84	0.83	0.99	0.94
Er	2.10	1.91	2.12	2.15	2.08	2.57	2.56
Tm	0.27	0.27	0.29	0.29	0.29	0.37	0.35
Yb	1.78	1.70	1.83	1.94	1.84	2.28	2.23
Lu	0.24	0.23	0.26	0.27	0.26	0.32	0.32
Y	20.90	19.10	20.90	21.50	20.80	26.00	26.10
Pb	13.60	10.00	10.70	8.87	11.20	13.20	11.90
Cr	180.00	181.00	182.00	168.00	187.00	161.00	337.00
Ni	44.00	45.30	44.80	39.30	45.20	33.80	59.80
Co	34.60	34.50	35.50	32.20	33.60	30.90	39.90
Rb	86.40	64.20	96.80	89.00	88.80	111.00	79.40
Sr	748.00	786.00	731.00	710.00	713.00	564.00	347.00
Ba	425.00	445.00	640.00	581.00	536.00	657.00	587.00
Nb	9.65	9.89	10.10	12.90	8.96	13.70	10.80
Ta	0.52	0.51	0.52	0.68	0.44	0.86	0.97
Zr	82.60	91.50	98.80	119.00	80.00	170.00	87.50
Hf	2.06	2.27	2.42	2.79	2.04	3.69	2.34
U	1.05	0.90	1.11	1.74	0.78	1.73	3.20
Th	3.91	3.55	4.38	4.98	2.76	4.97	6.20
ΣFeO	7.29	8.04	8.41	8.55	8.26	9.18	9.49
ΣFe_2O_3	8.11	8.93	9.35	9.50	9.18	10.20	10.55
$Mg^{\#}$	67.64	65.14	64.19	62.16	64.58	59.99	67.26
σ	1.16	1.08	1.22	1.24	1.07	1.46	1.38
ΣREE	163.83	147.20	169.92	174.07	161.68	203.33	182.73
LREE/HREE	3.58	3.51	3.73	3.73	3.51	3.58	3.19
ΔEu	0.89	0.95	0.97	0.94	0.94	0.85	0.80
$(La/Yb)_N$	10.76	10.42	11.33	11.50	10.37	10.44	9.52
$(Gd/Yb)_N$	2.35	2.22	2.29	2.19	2.26	2.25	2.13

岩体 $\Sigma REE=147.20\times10^{-6}\sim203.33\times10^{-6}$，$(La/Yb)_N=9.52\sim11.50$、$(La/Sm)_N=2.97\sim3.5$、$(Gd/Yb)_N=2.13\sim2.35$、$\Sigma LREE/\Sigma HREE=3.19\sim3.73$，在球粒陨石标准化稀土配分图上呈轻稀土富集的右倾型曲线特征(图 3a)，铕几乎无异常，指示不存在斜长石的分离结晶作用。

岩体微量元素 Rb 含量为 $64.20\times10^{-6}\sim111.00\times10^{-6}$，Ba= $425\times10^{-6}\sim657\times10^{-6}$、U 含量变化于 $0.90\times10^{-6}\sim3.20\times10^{-6}$ 之间，Pb 含量为 $88.70\times10^{-6}\sim13.60\times10^{-6}$，Sr 含量介于 $564\times10^{-6}\sim786\times10^{-6}$之间。微量元素蛛网图表明(图 3b)，与相邻元素相比，岩体富集大离子亲石元素 Rb、Ba、和 U、Pb、La，相对亏损高场强元素 Nb、Ta、Zr、Hf、Ti。另外，各样品原始地幔标准化蛛网曲线特征相似，显示微量元素共同的地球化学行为，具有共同的源区性质。

4 同位素测年

4.1 分析方法

选择新鲜无脉的岩石样品粉碎至 80 目，经常规浮选和磁选得到 200 多粒锆石。在双目镜下随机选择 100 多粒制靶，将样品锆石置于环氧树脂中，待固结后抛磨至锆石粒径的大约二分之一，使锆石内部充分暴露，继而进行锆石的反射光、

透射光及阴极发光成像。锆石 LA-ICP-MS 原位 U-Pb 定年在西北大学大陆动力学国家重点实验室完成,在测年的过程中随机选取锆石进行测年,以反映年龄的真实性和完整性。详细步骤及数据处理方法参见有关文献(袁洪林等,2003)。

4.2 分析结果

测年锆石形态为长柱状或短柱状,粒径介于 60～120μm,自形程度高(图 4),长短轴之比为 1:2～1:4,锆石的长轴为 100～150μm。CL 图像显示锆石呈灰色,部分深灰色,可能与锆石的 REE 或 Th、U 含量较多有关,Th/U 比值介于 0.89～1.60。内部结构具有较宽的结晶环带,推测其锆石晶体生长时温度较高,微量元素扩散快所致,应为岩浆成因锆石。

岩体测年总获 26 个测点,分析结果显示(表 2)一致的 $n(206Pb)/n(238U)$ = 0.0707～0.0723,$n(206Pb)/n(238U)$年龄集中变化于 441±3～450±3Ma 之间。各测点在一致曲线上形成一个年龄聚集区(图 5),其加权平均年龄为 444.9±1.3Ma(MSWD=0.94),代表岩体的侵位时代,为晚奥陶世末岩浆活动产物。

5 讨论

5.1 岩体成因

岩体 SiO_2(47.74%～50.04%)含量低,$Mg^{\#}$ 较高(60～67),接近幔源玄武质原生岩浆镁质范围,可能是部分熔融成因(董国臣等,2008)。在 Rb/Nb—Rb/Zr 图解中(图 6a),角闪辉长岩岩体表现为直线型正斜率平行部分熔融演化趋势,Cr—Rb 图解中(图 6b),样品表现为近似平行部分熔融演化趋势,均说明角闪辉长岩是幔源物质部分熔融的产物(张贵山等,2009)。Haker 图解显示(图 7),样品 SiO_2

表 2　茫崖地区角闪辉长岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年数据

Table 2　The LA-ICP-MS U-Pb dating data of the zircons from bojites in the Mangya area

编号	$\frac{n(^{207}Pb)}{n(^{206}Pb)}$		$\frac{n(^{207}Pb)}{n(^{235}U)}$		$\frac{n(^{206}Pb)}{n(^{238}U)}$		$\frac{n(^{207}Pb)}{n(^{206}Pb)}$年龄(Ma)		$\frac{n(^{207}Pb)}{n(^{235}U)}$年龄(Ma)		$\frac{n(^{206}Pb)}{n(^{238}U)}$年龄(Ma)		谐和度	$\frac{Th}{U}$
	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ		
MY04-2	0.0555	0.0018	0.5423	0.0164	0.0709	0.0006	431	69	440	11	442	4	0.98	0.89
MY04-3	0.0548	0.0007	0.5401	0.0051	0.0715	0.0004	402	28	439	3	445	3	1.00	1.60
MY04-4	0.0550	0.0014	0.5399	0.0126	0.0712	0.0006	411	54	438	8	444	3	1.02	1.21
MY04-5	0.0552	0.0016	0.5470	0.0146	0.0719	0.0006	419	61	443	10	448	3	1.00	1.25
MY04-6	0.0542	0.0013	0.5266	0.0121	0.0705	0.0005	378	54	430	8	439	3	1.04	1.12
MY04-7	0.0556	0.0015	0.5443	0.0140	0.0710	0.0006	435	59	441	9	442	3	1.02	0.97
MY04-8	0.0555	0.0018	0.5460	0.0173	0.0713	0.0006	432	72	442	11	444	4	1.06	0.96
MY04-9	0.0639	0.0015	0.6263	0.0138	0.0710	0.0006	740	50	494	9	442	3	0.95	1.39
MY04-10	0.0539	0.0018	0.5287	0.0170	0.0711	0.0006	368	74	431	11	443	4	1.00	0.91
MY04-11	0.0541	0.0013	0.5275	0.0122	0.0708	0.0005	373	55	430	8	441	3	1.00	0.92
MY04-12	0.0543	0.0019	0.5384	0.0176	0.0719	0.0007	383	75	437	12	448	4	0.98	0.94
MY04-14	0.0575	0.0014	0.5647	0.0125	0.0712	0.0005	510	52	455	8	444	3	1.02	1.34
MY04-15	0.0571	0.0016	0.5591	0.0151	0.0710	0.0006	494	62	451	10	442	3	0.97	0.96
MY04-16	0.0553	0.0013	0.5428	0.0116	0.0712	0.0005	423	50	440	8	443	3	0.99	0.92
MY04-17	0.0557	0.0017	0.5429	0.0161	0.0707	0.0006	439	68	440	11	441	4	0.94	0.81
MY04-18	0.0541	0.0013	0.5334	0.0123	0.0715	0.0006	375	55	434	8	445	3	0.94	0.93
MY04-20	0.0560	0.0014	0.5554	0.0133	0.0719	0.0006	453	56	449	9	447	3	0.98	1.17
MY04-22	0.0583	0.0014	0.5808	0.0125	0.0722	0.0006	541	51	465	8	450	3	1.10	0.93
MY04-23	0.0581	0.0013	0.5754	0.0119	0.0719	0.0005	532	49	462	8	447	3	1.01	1.22
MY04-24	0.0562	0.0019	0.5555	0.0183	0.0717	0.0006	460	75	449	12	446	4	0.98	0.97
MY04-25	0.0550	0.0015	0.5369	0.0133	0.0708	0.0006	412	57	436	9	441	3	1.01	1.15
MY04-26	0.0566	0.0008	0.5638	0.0064	0.0723	0.0005	474	31	454	4	450	3	1.04	1.42
MY04-27	0.0537	0.0013	0.5307	0.0119	0.0717	0.0005	359	54	432	8	446	3	1.08	1.35
MY04-28	0.0557	0.0010	0.5539	0.0092	0.0722	0.0005	438	41	448	6	449	3	1.06	1.53
MY04-29	0.0564	0.0019	0.5553	0.0181	0.0715	0.0006	466	74	449	12	445	4	1.09	0.95
MY04-30	0.0563	0.0014	0.5583	0.0129	0.0720	0.0006	461	55	450	8	448	3	1.08	1.32

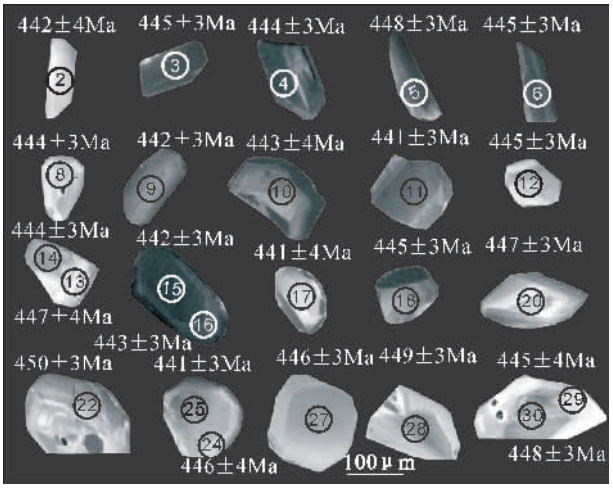


图 4 茫崖地区角闪辉长岩锆石年龄测点及 CL 图像特征

Fig. 4 The CL images and dating points of the zircons for LA-ICP-MS U-Pb dating from bojites in the Mangya area

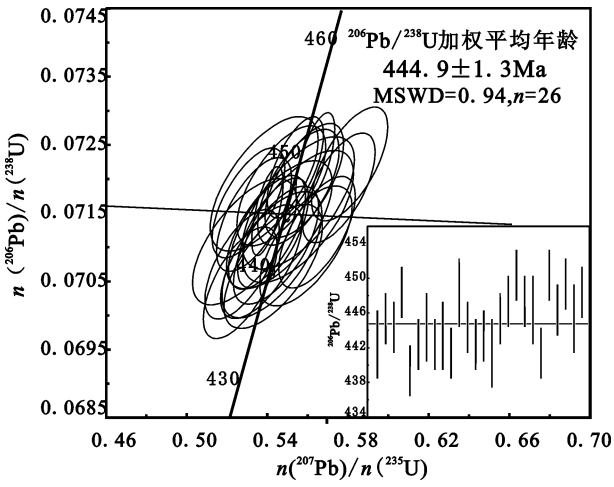


图 5 茫崖地区角闪辉长岩锆石 U-Pb 年龄

Fig. 5 The U-Pb ages of Zircons from bojites in the Mangya area

仅与 Al_2O_3 呈较好的正相关关系(图 7d),与其他元素线性关系不明显,指示几乎不存在岩浆的分异作用。

岩体富集大离子亲石元素,亏损高场强元素,指示岩浆或源区具有与地壳物质混染的印记(孟繁聪等,2005;),其中 Nb、Zr、Hf 等的亏损亦反映受到过地壳物质的混染(周长勇等,2005)。另外,明显的 Ti、Nb、Ta 负异常和 Pb 正异常,反映出消减带岩浆岩特征(蔡克大等,2007)

5.2 构造环境

茫崖地区角闪辉长岩 7 件样品在 Nb * 2—Zr/4—Y(图 8a)和 Hf/3—Th—Nb/16 图解(图 8b)中分别投在富集型洋中脊玄武岩区和钙碱性玄武岩区,结合前述岩石主量、微量、稀土元素等地球化学特征,综合考虑,茫崖地区角闪辉长岩可能形成于与俯冲—消减作用有关的活动大陆边缘环境,类似于岛弧环境产物。同位素测年结果表明,茫崖地区角闪辉长岩形成于 444.9±1.3Ma,晚于刘良等(1998)对茫崖地区基性火山岩给出的时代(481±53,Sm-Nd 等时线年龄)。并且在区域上与阿尔金山北部出露的俯冲—碰撞型中酸性岩体时代在误差范围内一致,如阔什布拉克俯冲型花岗岩体(陈宣华

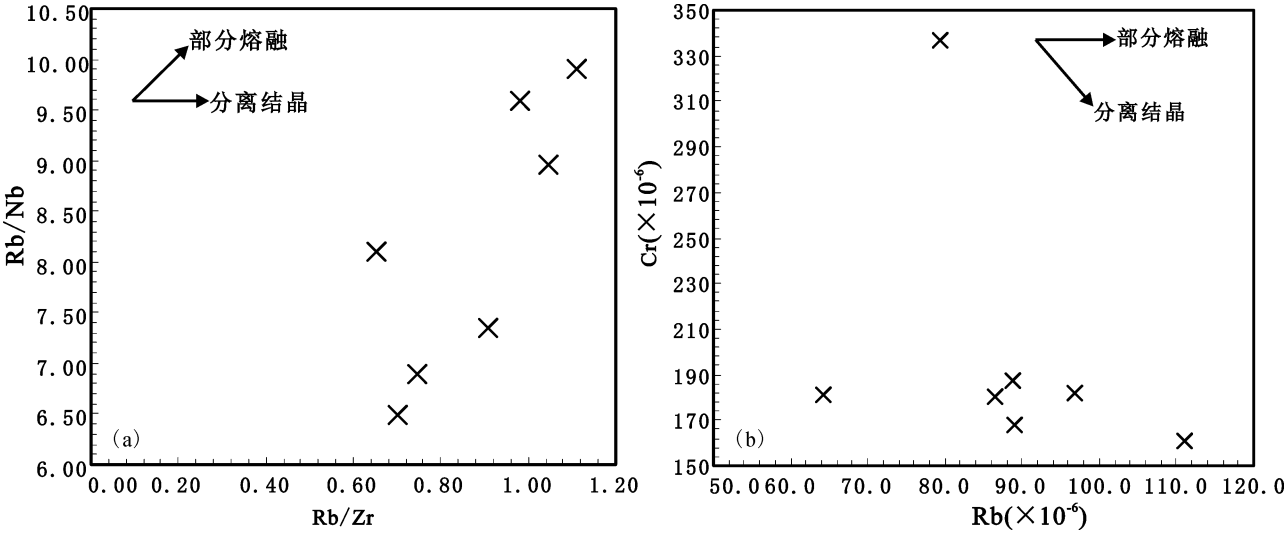


图 6 茫崖地区角闪辉长岩相容元素部分熔融判别图(底图据张贵山等,2009,略修改)

Fig. 6 Discrimination diagram of partial melting for compatible elements of the Mangya bojites (after Zhang Guishan et al., 2009)

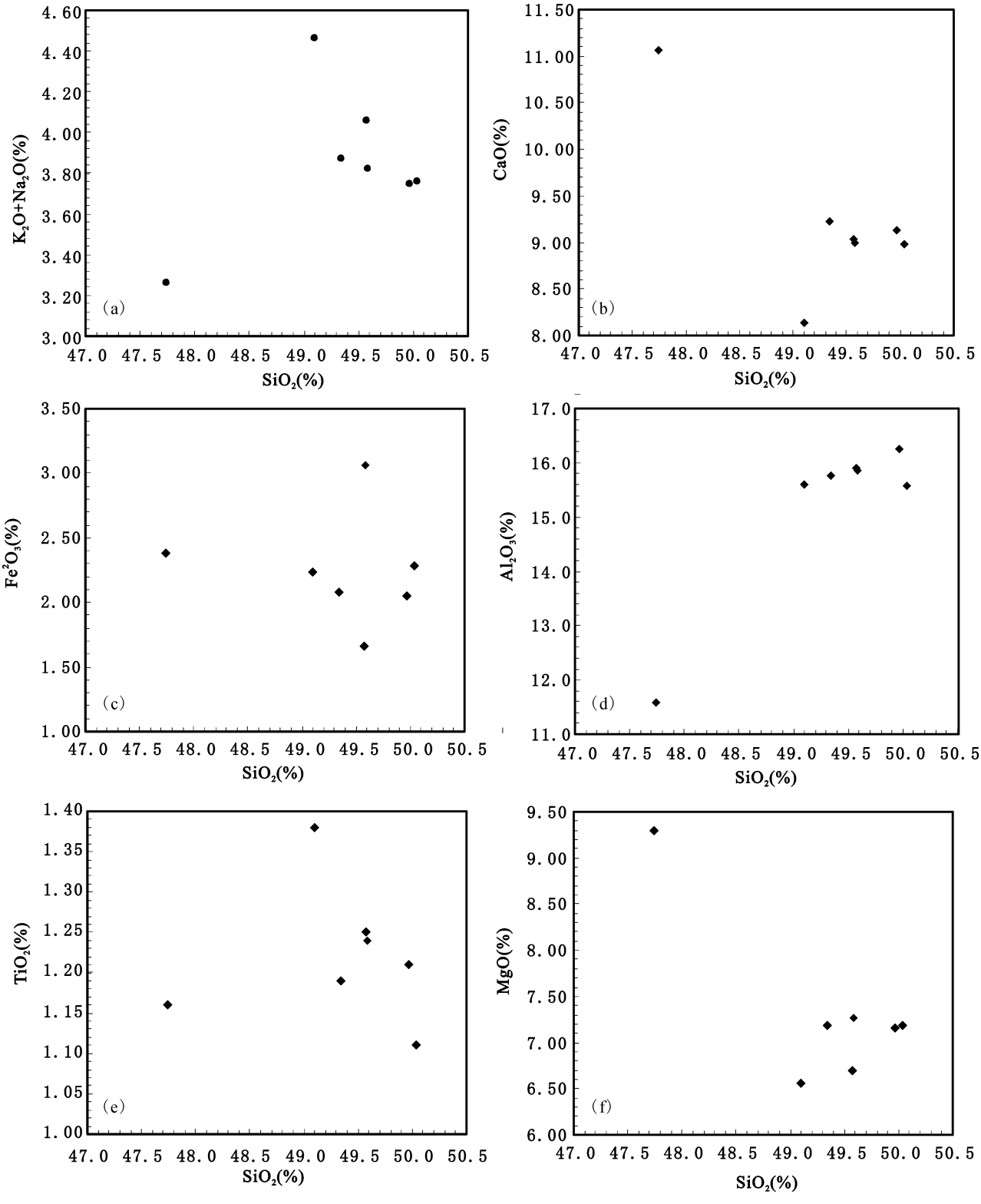


图 7 茫崖角闪辉长岩 Harke 图解

Fig. 7 Harke diagram of bojites in the Mangya area

等,2003,443 土 5Ma)、巴什考供盆地南缘同碰撞—碰撞后型花岗杂岩体(吴才来,2005,474.3 土 6.8Ma、446.6 土 5.2Ma、434.5 土 3.8Ma、431.1 土 3.8Ma)和巴什考供盆地北缘碰撞型花岗岩体(吴才来,2007,443±11Ma),表明阿尔金构造带在奥陶纪存在板块的消减俯冲—碰撞作用。研究表明阿尔金

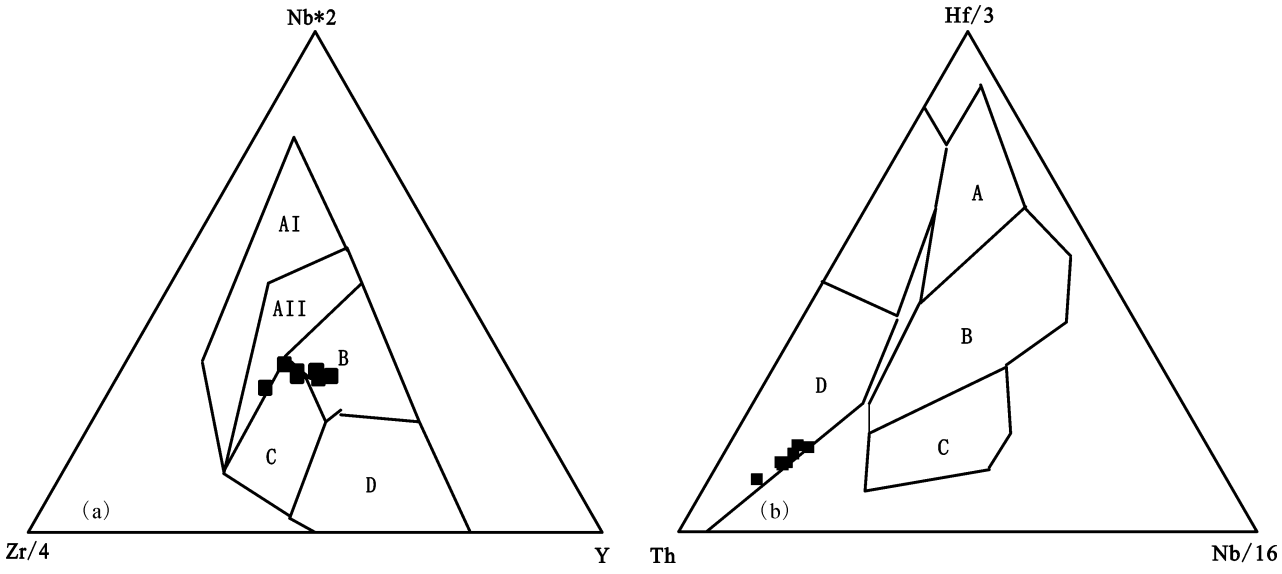


图 8 茫崖地区角闪辉长岩 Nb＊2—Zr/4—Y 图解(a)和 Hf/3—Th—Nb/16 图解(b)

Fig. 8 The Nb＊2—Zr/4—Y and Hf / 3—Th—Nb/16 diagrams of bojites in the Mangya area

(a) Nb＊2—Zr/4—Y 图解：AⅠ＋AⅡ—板内玄武岩，B—富集型洋中脊玄武岩，AⅡ＋C—板内拉斑玄武岩，D—正常洋中脊玄武岩；(b) Hf/3—Th—Nb/16 图解：A—洋中脊玄武岩，B—富集型洋中脊玄武岩，C—板内玄武岩，D—钙碱性玄武岩

(a) Nb＊2—Zr/4—Y diagram: AⅠ＋AⅡ—intraplate basalt, B—enriched mid-ocean ridge basalt, AⅡ＋C—intraplate tholeiite basalt, D—normal mid-ocean ridge basalt; (b) Nb＊2—Zr/4—Y diagram: A— normal mid-ocean ridge basalt; B—enriched mid-ocean ridge basalt, C— intraplate basalt, D—calc alkali basalt

南缘长沙沟镁铁—超镁铁质岩块形成于 462～472Ma，为早奥陶纪裂谷环境产物(马中平等，2009)，茫崖角闪辉长岩与其处于同一构造位置，且形成较晚，指示阿尔金南缘构造带在奥陶纪从伸展背景逐渐转向挤压背景。

6 结论

(1)茫崖地区角闪辉长岩属于钙碱性岩石系列，是由于俯冲板片的消减作用，在其上部引发地幔物质部分熔融产生，岩浆在上升的过程中与上地壳物质发生混合所致。

(2)岩体侵位年龄为 444.9±1.3Ma，是晚奥陶世末期岩浆活动产物，揭示阿尔金构造带在南部在奥陶纪末处于挤压的构造背景。

(3)茫崖地区角闪辉长岩产于与俯冲作用有关的活动大陆边缘环境，类似于岛弧环境产物。

注 释 / Note

❶ 1∶50 万阿尔金—东昆仑西段成矿带基础地质综合研究报告.

参 考 文 献 / References

蔡克大，袁超，孙敏，肖文交. 2007. 阿尔泰塔尔浪地区斜长角闪岩和辉长岩的形成时什地球化学特征和构造意义. 岩石学报，23(5)：877～88.

车自成，刘良，刘洪福. 1995. 阿尔金山地区高压泥质岩石的发现及产出环境. 科学通报，40：1298～1300.

车自成，刘良，孙勇. 1995. 阿尔金铅、钕、锶、氩、氧同位素研究及其早期演化. 地球学报，3：334～337.

陈宣华，Gehrels G，王小凤，杨风，陈正乐. 2003. 阿尔金山北缘花岗岩的形成时代及其构造环境探讨矿物岩石地球化学通报，22(4)：294～298.

董国臣，莫宣学，赵志丹，朱弟成，宋云涛，王磊. 2008. 西藏冈底斯南带辉长岩及其所反映的壳幔作用信息. 岩石学报，24(2)：203～210.

葛肖虹，刘俊来. 2000. 被肢解的“西域克拉通”. 岩石学报，16(1)：59～66.

葛肖虹，刘永江，任收麦，叶慧文，刘俊来，潘宏勋. 2001. 对阿尔金断裂科学问题的再认识. 地质科学，36(3)：319～325.

虢顺民，向宏发. 1998. 阿尔金构造系渐新世—中新世以来断裂左旋位错时空分布规律研究. 地震地质，20(1)：9～18.

郭召杰，张志诚，王建君. 1998. 阿尔金北缘蛇绿岩带的 Sm-Nd 等时线年龄及其大地构造意义. 科学通报. ，43(18)：1981～1984.

黄汲清，任继舜. 1980. 中国大地构造及其演化. 北京：科学出版社，107～110.

李海兵，杨经绥，许志琴，孙知明，Tapponnier P. 2006. 阿尔金断裂带对青藏高原北部生长、隆升的制约. 地学前缘，13(4)：57～78.

刘良. 车自成，王焰. 1999. 阿尔金高压变质岩带的特征及其构造意义. 岩石学报，I5：57～64

刘良，车自成，罗金海，王焰，高章鉴. 1996. 阿尔金山西段榴辉岩的确定及地质意义. 科学通报，41(14)：1485～1488.

刘良，车自成，王焰，罗金海，王建其，高章鉴. 1998. 阿尔金茫崖地区早古生代蛇绿岩的 Sm-Nd 等时线年龄证据，科学通报，48(8)：880～883.

刘良，张安达，陈丹玲，杨家喜，罗金海，王超. 2007. 阿尔金江尕勒萨

依榴辉岩和围岩锆石 LA-ICP-MS 微区原位定年及其地质意义.地学前缘,14:98～107.

刘良,陈丹玲,王超,张成立.2009.阿尔金、柴北缘与北秦岭高压—超高压岩石年代学研究进展及其构造地质意义.西北大学学报,39(3):472～479.

刘永江,叶慧文,葛肖虹,陈文,刘俊来,任收麦,潘宏勋.2000.阿尔金断裂带变形岩激光微区^{39}Ar-^{40}Ar法年龄.科学通报,45(19):2101～2104.

刘永江,Neubauer F,葛肖虹,Genser J,袁四化,李伟民,巩庆林,陈元忠.2007.阿尔金断裂带年代学和阿尔金山隆升.地质科学,42(7):134～146.

马中平,李向民,孙吉明,徐学义,雷永孝,王立社,段星星.2009.阿尔金山南缘长沙沟镁铁—超镁铁质层状杂岩体的发现与地质意义——岩石学和地球化学初步研究.岩石学报,25(4):793～804.

孟繁聪,薛怀民,李天福,杨怀仁,刘福来.2005.苏鲁造山带晚中生代地慢的富集特征来自辉长岩的地球化学证据.岩石学报,21(6):1583～1592.

戚学祥,李海兵,吴才来.2005a.北阿尔金恰什坎萨依花岗闪长岩的锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义.科学通报,50(6):571～576.

戚学祥,吴才来,李海兵.2005b.北阿尔金喀孜萨依花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其构造意义.岩石学报,21(3):859～866.

覃小峰,夏斌,李江,陆济璞,许华,周府生,胡贵昂,李乾.2007.阿尔金南缘构造带西段早古生代绿片岩的地球化学特征及构造环境.中国地质,34(5):799～805.

万景林,王瑜,李齐,王非,王二七.2001.阿尔金山北段晚新生代山体抬升的裂变径迹证据.矿物岩石地球化学通报,20(2):222～224.

吴才来,杨经绥,姚尚志,曾令森,陈松永,李海兵,戚学祥,Wooden J L,Mazdab F K.2005.北阿尔金巴什考供盆地南缘花岗杂岩体特征及锆石 SHRIMP 定年.岩石学报,21(3):846～858.

吴才来,姚尚志,曾令森,杨经绥,Wooden J L,陈松永,Mazdab F K.2007.北阿尔金巴什考供—斯米尔布拉克花岗杂岩特征及锆石 SHRIMP U-Pb 定年.中国科学(D辑),37(1):10～26.

吴峻,兰朝利,李继亮.2002.阿尔金红柳沟蛇绿混杂岩中 MORB 与 OIB 组合的地球化学证据.岩石矿物学杂志,21(1):24～30.

伍跃中.2008.阿尔金山的构造归属及其构造运动特征.地球科学与环境学报,30(2):111～117.

校培喜,王永和,张汉文,潘长利,孙南一.2001.阿尔金山中段高压—超高压带(含菱镁矿)石榴子石二辉橄榄岩的发现及其地质意义.西北地质,34(4):67～74.

校培喜.2003.阿尔金山中段清水泉－茫崖蛇绿构造混杂岩带地质特征.西北地质,36(2):20～29.

修群业,于海峰,刘永江,陆松年,毛德宝,李惠民,李锉.2007.阿尔金北缘枕状玄武岩的地质特征及其锆石 U-Pb 年龄.地质学报,81(6):787～794.

许志琴,杨经绥,张建新,姜枚,李海兵,崔军文.1999.阿尔金断裂两侧构造单元的对比及岩石圈剪切机制.地质学报,73(3):193～205.

于海峰,陆松年,赵风清,李怀坤,郑健康.1998.古阿尔金断裂的岩石构造依据及意义.前寒武纪研究进展,21(4):10～15.

袁洪林,吴福元,高山,柳小明,徐平,孙德有.2003.东北地区新生代侵入体的锆石激光探针 U-Pb 年龄测定与稀土元素成分分析.科学通报,48(14):1511～1520.

张贵山,温汉捷,李石磊,胡瑞忠,裘愉卓.2009.闽北角闪辉长岩的地球化学特征及其地球动力学意义.矿物学报,29(2):244～252.

张建新,杨经绥,许志琴,孟繁聪,宋述光,李海兵,史仁灯.2002.阿尔金榴辉岩中超高压变质作证据.科学通报,47(3):231～234.

周长勇,吴福元,葛文春.2005.大兴安岭北部塔河堆晶辉长岩体的形成时代、地球化学特征及其成因.岩石学报:21(3):763～775.

周勇,潘裕生.1998.茫崖—肃北段阿尔金断裂右旋走滑运动的确定.地质科学,33(1):9～16.

Zhou Da and Granham S. 1996. Extrusion of the Altyn Tagh wedge: A kinematic model for the Altyn Tagh fault and palinspastic reconstruction of northern China. Geology, 24 (5): 427～430.

Liu Liang, Che Zicheng, Luo Jinhai, Wang Yan, Chen Danling. 2000. A discussion on the structure tectonic evolution of the Altyn Tagh orogenic Zone. Earth Sci. Fron., 7 (Suppl): 206.

Méticver F, Gaudemer Y, Tapponnier P, Meyer B. 1998. Northeastward growth of the Tibet plateau deduced from balanced reconstruction of two depositional areas: The Qaidam and Hexi Corridor basins, China. Tectonics, 17 (6): 823～842.

Molnar P, Tpponnier P. 1975. Genozoic tectonics of Asia: Effect of a continental collision. Science,189: 419～426.

Sobel E R and Amaud N. 1999. A possible meddle Paleozoic suture in the Altun Tagh. NW China Tectonic, 18 (1): 64～74.

Wang Erchie. 1997. Displacement and timing along the northern atrand of the Altyn fault zone, Northern Tibet. Earth Planet. Sci. Lett., 150 (1～2): 55～64.

Yue Yongjun and Liou J G. 1999. Two-stage evolution model for the Altun fault, China. Geology, 27(3): 227～230.

Geochemical Characteristics and Isotopic Dating of Bojites in the Tectonic Melange Belt on South Margin of Altun

DONG Zengchan, XIAO Peixi, XI Rengang, GUO Lei, GAO Xiaofeng

Xi'an Center of Geological Survey (Xi'an Institute of Geology and Mineral Resource), Xi'an, 710054

Abstract: The bojite occurs in the Mangya area, south margin of the Altun Mountains, shows typical calc-alkalic series trend. The intrusion is enriched in LREE,LILE (Rb, Ba, Sr), U, Pb, and depleted in HFSE (Nb, Ta, Zr, Hf), which is similar to the products of island-arc structure setting. Writers considered that the bojite magma originated from lithospheric mantle, the primary magma resulted from partial melting of mantle materials, and mixed with crust materials while the melt uprising. LA-ICP-MS zircon dating shows that the formation age of the bojites is 444.9±1.3 Ma (WSMD=0.94), which

suggests that subduction of oceanic crust occurred in southern margin of Altun Mountains in Late Ordovician. So, this paper provides some important evidences for studying further formation and evolution of the Altun Tagh tectonic belt.

Key words: tectonic melange belt; bojite; zircon U-Pb dating; Altun Mountains; Qinghai—Xizang (Tibet) Plateau

关于 Shoshonite 中译名的商榷和建议

章邦桐，吴俊奇，凌洪飞，陈培荣
内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室(南京大学)，南京大学地球科学与工程学院，南京，210093

1 Shoshonite 系列火山岩中译名回顾

Shoshonite 系列火山岩是由 Iddings(1895)在研究美国黄石公园 Shoshone 河地区中基性火山岩时发现并确认命名的，主要包括① Absarokite (SiO_2 = 45% ~ 52%)；② Shoshonite(SiO_2=52%~57%)；③ Banakite(SiO_2=57%~63%)。中基性火山岩一般按碱性程度划分为碱性系列、钙碱性系列和拉班玄武岩系列。国际地科联又按 K_2O 含量将钙碱性系列进一步划分为高钾、正常和低钾三个亚系列，所以长期以来，一直将 shoshonite 归属于高钾钙碱性系列火山岩。美国地质辞典(Bates et al., 1980)中将 Shoshonite 定义为 trachyandesite (粗面安山岩)。直到 20 世纪 70 年代、80 年代 Jakes 等(1972)；Morrison(1980)等才按岩相学、岩石化学成分和微量元素特征进一步将中性火山岩划分为碱质、钙碱质(低钾、正常和高钾)和 Shoshonite 三种系列。经过近 30 年来的研究，Shoshonite 系列火山岩现已被国际岩石学界确认为一套与钙碱性系列并列的、独立的火山岩组合。为了表明 Shoshonite 独特的岩石化学特征，现将美国黄石公园 Shoshonite 及世界平均安山岩的岩石化学成分及有关参数列于表 1。从表 1 可知，按 SiO_2 含量 Shoshonite 与安山岩同属中性火山岩类，但 Shoshonite 以高碱、富钾、低钛、贫铁为特征。此外，Shoshonite 在岩相学方面的典型特征是斜长石斑晶及基质中的斜长石常具钾长石环边(Morrison, 1980; Bates et al., 1980)。

需要指出的是，近年来国内外不少学者将在岩石化学成分上与 Shoshonite 系列火山岩相当的侵入相火成岩，如石英二长岩、石英正长岩、正长岩、辉石正长岩、角闪正长岩等归入 Shoshonitic 岩浆岩系列。这样，Shoshonite 系列将扩大为一个既包括火山岩，也包含相应侵入岩的独立完整的岩浆岩系列。

随着板块构造和成矿作用研究的深入，Shoshonite 火山岩组合引起国内外岩石、矿床学家们广泛关注并成为研究热点之一。近二十多年来，我国学者先后在皖北庐枞盆地(于学元等，1981；谢智等，2007)、苏南溧水盆地(周金城等，1994；李超文等，2004)、山东地区(邱俭生等，1996)、北京地区(廖群安等，1993)、青藏地区(邓万明，1991；张玉泉等，1998；谢应雯等，2002)、赣南地区(章邦桐等，2001，2008；祝禧艳等，2007) 及内蒙古(李毅等，2006)均确定有 Shoshonite 岩石组合的存在。可是 Shoshonite 的中译名甚多，如橄榄玄粗岩(英汉地质词典编辑组. 1983；吴树仁，1990)、橄榄安粗岩(王德滋等，1991)、钾玄岩(邱家骧等，1991)等，很不统一(表 2)，如不注以英文名称则容易使人们误认为属于不同的岩石类型。为此，徐志刚等(1999) 曾建议中国地质学会岩石学专业委员会广泛征求专家意见后，推荐一译名供大家统一使用。

2 现有译名的不足之处

2.1 “钾玄岩”译名的不足之处

(1)”钾玄岩” 是目前有关文献中较多使用的 Shoshonite 译名，但”钾玄岩”—词很容易与”钾质玄武岩”，“富钾玄武

表 1 Shoshonite(美国黄石公园)及平均安山岩的岩化学成分(%)及岩石化学参数

岩性	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	烧失	总量
黄石公园 Shoshonite 平均值	54.62	0.82	18.11	3.92	3.22	0.11	3.74	5.68	3.48	3.75	0.47	2.07	99.09
安山岩平均值	54.20	1.31	17.17	3.48	5.49	0.15	4.36	7.92	3.67	1.11	0.28	0.86	100.0

岩性	Q	Or	Ab	An	Di	Hy	Ol	ALK	K/N	σ	A. R.	资料来源
黄石公园 Shoshonite 平均值	2.23	22.2	29.4	22.7	1.92	11.6	0	7.23	1.08	4.67	1.83	Morrison,1980
安山岩平均值	5.74	6.56	31.1	27.1	7.05	12.1	0	4.78	0.30	2.04	1.47	Nockld s,1954

注：$\sigma=\frac{(K_2O+Na_2O)^2}{SiO_2-43}$；$A.R.=\frac{Al_2O_3+CaO+K_2O+Na_2O}{Al_2O_3+CaO-K_2O-Na_2O}$；$ALK=K_2O+Na_2O$；$K/N=K_2O/Na_2O$。

注：本文为内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室研究项目(编号 2008-I-04)；教育部科学研究重大项目(编号 306007)的成果。
收稿日期：2010-12-29；改回日期：2011-01-30；责任编辑：章雨旭。
作者简介：章邦桐，男，1934 年生。教授、博士生导师。主要从事地球化学及核能地质研究。通讯地址：210093，南京大学地球科学系；Email：zhangbt@ nju. edu. cn。