南天山铜花山蛇绿混杂岩中斜长花岗岩锆石 LA-ICP-MS 微区 U-Pb 定年及其地质意义

黄 岗 张占武 董志辉 张文峰

(陕西省地质矿产开发局区域地质矿产研究院, 陕西 咸阳 712000)

提要:南天山铜花山蛇绿构造混杂岩带中发育有斜长花岗岩产于蛇绿岩的顶部,并且二者呈断层接触关系。本文采用锆石 LA-ICP-MS 微区微量元素分析和 U-Pb 定年,获得斜长花岗岩年龄为(406.5±5.0) Ma,侵位时代确定为早泥盆世,这一年龄代表了铜花山蛇绿岩形成的下限年龄。

关 键 词:南天山;铜花山蛇绿混杂岩;斜长花岗岩;锆石 LA-ICP-MS 微区 U-Pb 定年

中图分类号:P597.3 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-3657(2011)01-0094-09

古生代蛇绿岩是南天山造山带古生代地质演化历史的重要记录, 对研究南天山古生代洋陆转化具有重要作用[1-2]。这些蛇绿岩呈外来推覆小岩块产于高压变质岩层之中,或是散布于古生代地层之上,其中榆树沟、铜花山、硫磺山蛇绿岩的形成时代长期存在不同的认识,原 1:20 万《库米什幅》将该套超基性岩时代定在早古生代❶;新疆地矿局第十一地质大队将其侵位时代划归海西早期, 并在铜花山大沟凝灰岩中测定 Rb-Sr 等时线年龄为(340±4)Ma[4]❷;姜常义等[3]在榆树沟堆晶辉长岩获得锆石 U-Pb 年龄为(378.2±6.3 Ma); 榆树构蛇绿混杂岩中麻粒岩锆石的核部 SHRIMP U-Pb 年龄为 452 Ma[4]、锆石 U-Pb 年龄 440 Ma[5]等,认为代表榆树沟蛇绿岩的形成年龄。

笔者在该区开展 1:5 万地质矿产调查中, 对铜花山蛇绿混杂岩中发育的斜长花岗岩开展了年代学研究,据以推测蛇绿岩的形成时代,这将对南天山的区域构造演化研究具有重要的意义。

1 地质背景及其样品特征

铜花山蛇绿混杂岩位于中天山南缘断裂的南侧(图 1),是南天山构造混杂岩带的重要组成部分。其西段为榆树沟地区的镁铁质-超镁铁质岩, 目前已被确定为高压麻粒岩相蛇绿岩地体, 其峰期变质年龄为(390±11)Ma[4],代表洋盆俯冲并增生于下地壳经变质改造折返地表的构造岩块, 刘斌和钱一雄[6]获得南天山北缘铜花山高压变质带中蓝闪石 Ar^{40}/Ar^{39} 同位素年龄为(360.7±1.6)Ma(相当于晚泥盆世)。铜花山蛇绿混杂岩带中主要发育强蛇纹石化变质橄榄岩的超基性岩和斜长花岗岩, 未见堆晶辉长岩和枕状玄武岩单元, 除局部保留二辉橄榄岩的团块外,超基性岩绝大部分已蚀变为蛇纹岩,并发生强烈的绿帘石化、白云母化和石棉化。这些超基性岩主要出露在上泥盆统破城子组(D_3p)的下部,与地层均为断层接触,局部在其外圈形成 1~3 m 的硅化白云石大理岩,明显受构造动力挤压作用的影响,还出

收稿日期:2010-03-18;**改回日期**:2010-08-20

基金项目:新疆托克逊县库米什镇一带 1:5 万区域地质矿产调查项目(XJQDZ2007-09)资助。

作者简介:黄岗, 男, 1984 年生, 助理工程师, 主要从事区域地质研究; E-mail:62701319@163.com。

❶新疆地质局区域地质测量大队. 1:20 万库米什幅、包尔图幅(K-45-16)区域地质矿产调查,1959.

❷新疆地矿局十一地质大队. 新疆巴伦台—库米什镇一带成矿远景区划及资源总量预测,1987-1990.

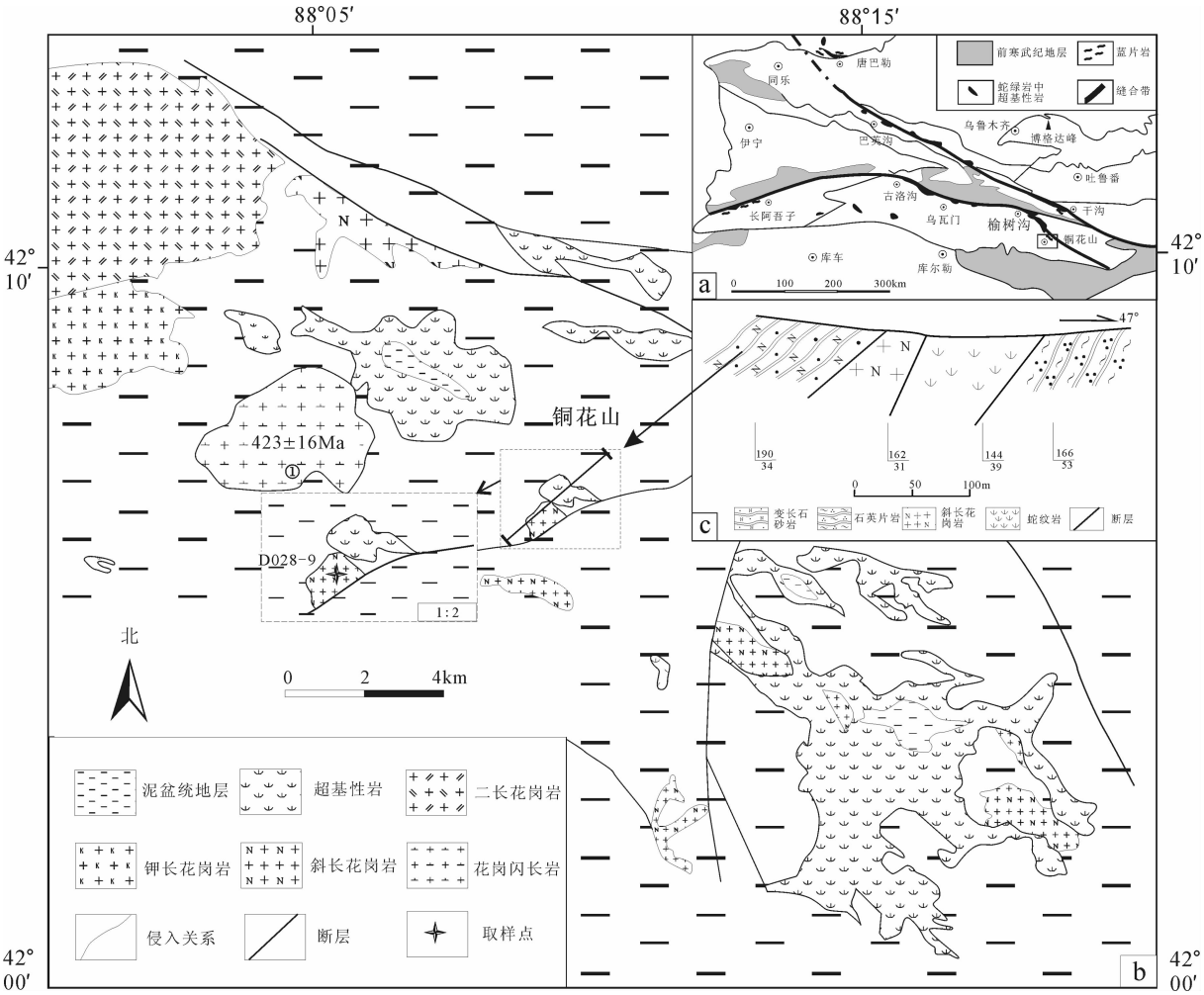


图 1　天山地质略图(a),库米什地区铜花山蛇绿构造混杂岩地质略图(b)和采样剖面图(c)
(据新疆地矿局 1:20 万①和 1:5 万②地质图修改,①数据来源张成立等[7])

Fig.1　Geological and structural map of Tianshan region (a), geological sketch map of Tonghuashan ophiolitic tectonic belt (b), and sampling section (c) (modified after unpublished 1:200 000 and 1: 50 000 geological maps by Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resource; ① after Zhang Cheng Li et al.[7])

现一些杂乱褶曲和碎裂构造, 沿裂隙充填多硅白云母和次生石英。

野外露头上斜长花岗岩岩体呈不规则或椭圆状展布,规模不大,出露面积 0.05~3.6 km^2,位于超基性岩的顶部,二者呈断层关系,并多数盖在超基性岩之上(图 1-b,c),与泥盆纪地层也呈断层接触关系。此外, 斜长花岗岩与研究区大面积分布的泥盆纪和石炭纪花岗岩明显不同。后者以灰白色、致密块状、与地层的侵入接触关系清楚为特征,其矿物(自形的碱性黑云母、角闪石等)颗粒在手标本上清晰可辨。而斜长花岗岩呈灰色、岩石破碎和构造变形明显,矿物呈致密状。斜长花岗岩岩石主要矿物有斜长石(约 64%)和石英(约 24%),次要矿物有黑云母(约 8%),次生矿物主要为绿泥石(约 5%)、绿帘石(约 2%)等。其中斜长石大多数呈半自形粒状,基本为更长石(约为 An26), 颗粒大小为 0.2 mm×0.3 mm~0.5mm×1 mm,拉长粒状互嵌,双晶部分消失,内局部较多高岭土、绢云母、尘状黝帘石;石英他形填隙粒状,洁净,岩石遭受构造动力挤压和剪切应力作用,颗粒大小 0.1 mm × 0.2 mm~0.2 mm×0.4 mm, 拉长粒状,由单一石英组成的条带或长透镜体中, 粒度为 0.5 mm×0.8 mm~1.5 mm×4 mm,普遍波形消光;黑云

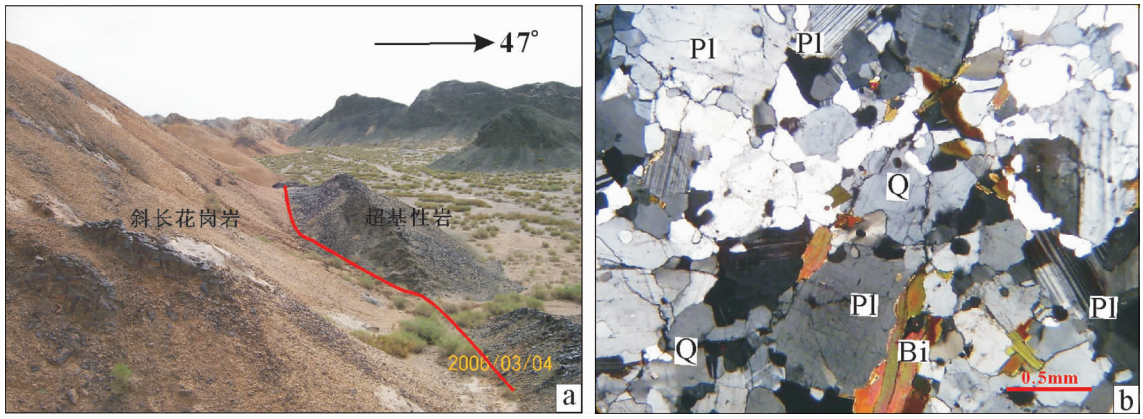


图 2 铜花山蛇绿构造混杂岩中斜长花岗岩的野外照片(a)和显微照片(b)(Pl-斜长石;Q-石英;Bi-黑云母)

Fig.2 Field occurrences (a) and microphotographs (b) of the plagiogranite in the Tonghuashan ophiolitic tectonic belt

母呈碎片状,沿片理平行分布,部分发生绿泥石化。

2 分析方法

样品的主量元素及微量元素的测定在西北大学大陆动力学国家重点实验室完成。主量元素由 RIX-2100 型 X 荧光光谱仪测定,分析误差<5%;微量元素由 ELAN6100DRC 型 ICP-MS 测定,熔样在200°C 下用高纯硝酸和高纯氢氟酸在 Teflon 熔样器中进行。样品分析经 BHVO-2, AGV-1, BCR-2 和 G-2 国际标样监控,Rb,Y,Zr,Nb 和轻稀土等元素分析相对误差<5%,其他元素相对误差为 5%~15%,详细的分析流程见 Han YG 等[8]的介绍。

用于定年的新鲜斜长花岗岩样品,经破碎到一定粒度,用水淘洗后,除去绝大部分比重小的矿物,再采用重液和电磁选方法,分选出以锆石颗粒为主的重砂部分,最后在双目镜下挑取出纯锆石颗粒。锆石颗粒呈浅玫瑰色,金刚光泽,85%的半透明,10%透明,无裂纹和连生晶,粒径为 0.48 mm × 0.16 mm~0.04 mm × 0.02 mm,晶体长宽比多数为 2:1~3:1,另外 5%的锆石由于发育裂缝本次未做测试分析。

锆石微区 U-Pb 年龄测定在西北大学大陆动力学教育部重点实验室的激光剥蚀电感耦合等离子体质谱(LA-ICP-MS)仪上完成。其激光剥蚀系统为德国 MicroLas 公司生产的 GeoLas200M,测试时激光束斑直径为 30ěm,剥蚀深 20~40 ěm,激光脉冲 10 Hz,能量 34~40 mJ;电感耦合等离子体质谱(ICP-MS) 系统为 Agilent7500a。锆石的同位素组成以锆石 91500 为外标进行校正[9],微量元素组成以玻璃标样 NIST610 做外标,SiO_2 含量为内标进行校正[10-11]。锆石微量和同位素数据采用 GLITTER 程序,普通铅校正采用 Anderson et al 的方法[12],年龄计算使用 Isoplot(ver2.49) 完成[13]。

3 结果分析

3.1 岩石地球化学及其锆石稀土元素特征

斜长花岗岩的岩石化学数据和锆石的稀土元素分析结果见表 1。岩石 SiO_2 含量为 71.49%,Na_2O 含量为 3.80%,K_2O 为 0.68%,Na_2O/K_2O 为 5.85,显示富钠贫钾的特征。稀土总量 ΣREE 为 97.47×10^{-6},轻重稀土比值(LREE/HREE)为 8.33,$(La/Yb)_N$ 比值 9.27,反映轻重稀土分馏相对较低;δEu=1.02,为 Eu 正异常型。在稀土元素球粒陨石标准化配分曲线上(图 3),表现右缓倾较平坦型,与幔源成因的基性岩类分配形式相似,而与岛弧花岗岩有较明显的不同[14]。

斜长花岗岩中锆石的稀土总量(TREE)较低,为 483.93×10^{-6}~1021.98×10^{-6},平均为 706.99×10^{-6}。Belousova 等[15]研究结果表明,锆石中的稀土元素丰度对源岩的类型和结晶条件很敏感,从超基性岩—基性岩—花岗岩,锆石中的稀土元素丰度总体升高。锆石的 TREE 在金伯利岩中一般低于 50×10^{-6},在碳酸盐岩和煌斑岩中可达 600×10^{-6}~700×10^{-6},在基性岩中可达 2000×10^{-6},本次研究的斜长花岗岩中锆石稀土总量(TREE)介于超基性岩与基性岩之间。在球粒陨石标准化配分曲线(图 3)可以看出,相对亏损 Pr 和 Eu,明显富集 Ce、Sm 和重稀土元素(HREE),并且呈现轻、重稀土元素分异明显,与镁

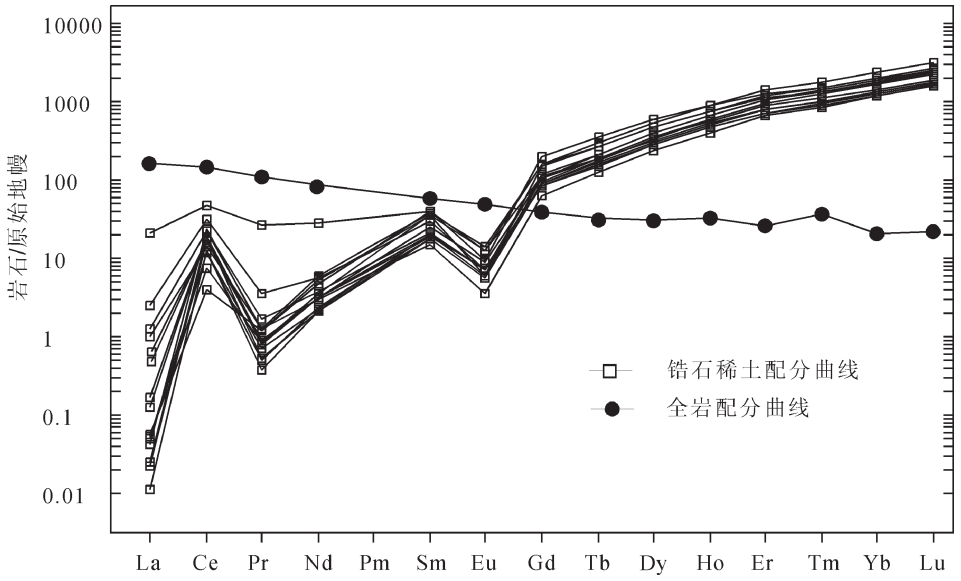


图 3　斜长花岗岩中(D028-9)锆石稀土元素配分曲线图(球粒陨石值据 Sun and McDonough[16])

Fig.3　Chondrite- normalized REE patterns of zircon from plagiogranite sample D028-9 (after Sun and McDonough[16])

铁质火山岩中锆石的配分曲线相似[15-18]。上述分析表明，铜花山蛇绿混杂岩中的斜长花岗岩显示幔源岩浆成因的显著特征。

3.2　锆石阴极发光图像特征及定年结果

锆石阴极发光图像显示(图 4),斜长花岗岩中锆石色调明亮且部分核部锆石振荡环带清楚，而幔部色调较暗,振荡环带发育,显示典型岩浆锆石的特征。本次测试所用样品(D028-9)中锆石颗粒为 15 颗,共获得年龄数据 15 个(表 2)。由表可见,斜长花岗岩中锆石 U 含量变化于 123×10^{-6}~207×10^{-6},平均为 231×10^{-6};Th 含量变化于 70×10^{-6}~255×10^{-6},平均为 231×10^{-6};Th/ U 比值约为 0.42~0.99，平均为 0.60。一般情况下,岩浆锆石的 Th、U 含量较高,Th/ U 比值较大(一般> 0.4),而变质锆石的 Th、U 含量低,Th/ U 比值小(通常小于 0.07) [19-20]。因此本次分析测试的锆石均为岩浆成因的锆石。在锆石的 $^{206}Pb/^{238}U$-$^{207}Pb/^{235}U$ 谐和图(图 5-a)上,铜华山斜长花岗岩中的锆石 15 个数据分析点均位于谐和线上或其附近，其 $^{206}Pb/^{238}U$ 加权平均年龄为 (406.5±5.0) Ma (MSWD=0.13)(图 5-b),代表斜长花岗岩的结晶年龄。

4　讨论及结论

铜花山地区构造岩块中的火山岩具有活动大陆边缘火山岩组合的细碧岩、安山岩及少量酸性火山岩组合，以及基性火山岩所显示的消减板块之上地慢楔形区岩浆活动的岛弧火山岩特征[21]与其同属一带的西部榆树构蛇绿岩块中的基性火山岩以富集 Nb、Ta 和适度富集 LILE 及 LREE 为特征，它们的 $\varepsilon_{Nd}(t)$=+2.1~+8.1,证明它们是由源自于类似 OIB 岩浆源的岩浆后来在软流圈地慢区发生亏损后的岩浆上侵而形成[22],代表了南天山洋洋壳的早期产物。库米什榆树沟蛇绿岩中锆石 U-Pb 不一致线与谐合线的上交点年龄为(440±18)Ma,与西段长阿吾子蛇绿岩中辉石 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 坪年龄 439 Ma[23]相一致,代表了中天山南缘蛇绿岩的形成时代，表明古南天山洋至少在早志留世时就已经打开和存在。关于该洋盆的俯冲-消减时代，目前国内外众多学者针对中天山南缘蛇绿混杂岩带内的高压变质岩石和硅质岩的形成时代进行了研究。其中榆树沟地区的镁铁质—超镁铁质岩被确定为高压麻粒岩相蛇绿岩地体，其峰期变质年龄为(390 士 11)Ma,代表洋盆俯冲并增生于下地壳经变质改造折返地表的构造岩块[4-5];铜花山地区硅质岩以及与其相伴的火山岩表现为大陆边缘成因特征，硅质岩中的放射虫化石时代为晚志留早—泥盆世 [24]，这些硅质岩岩块是该区早古生代晚期至晚古生代早期板块发生俯冲消减作用而使洋盆萎缩，有较多来自不同岛弧区物质的输入，而具有明显受活动陆源物质影响的硅质岩[25];库米什以北陆弧型花岗岩(396±4)Ma[26]代表了代表了洋盆俯冲

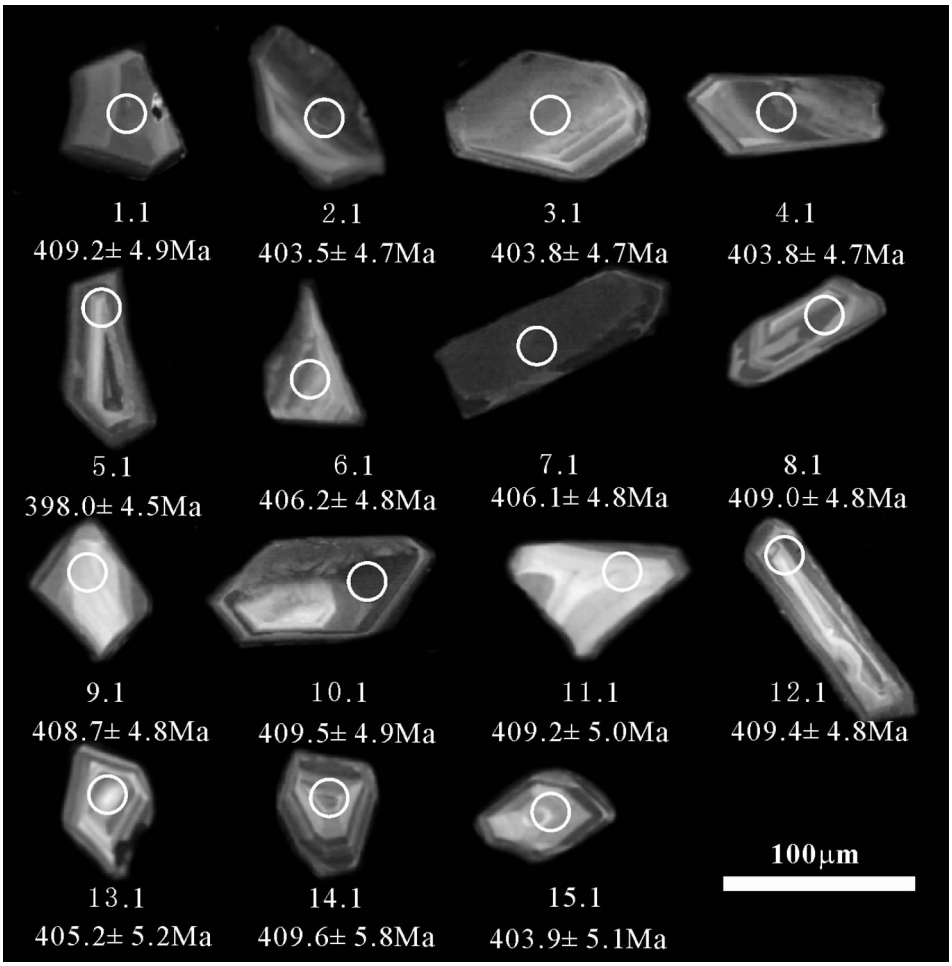


图 4 斜长花岗岩中(D028-9)锆石阴极发光图像及其测试结果

Fig.4 Cathodoluminescence images and dating results of zircons from plagiogranite sample D028-9

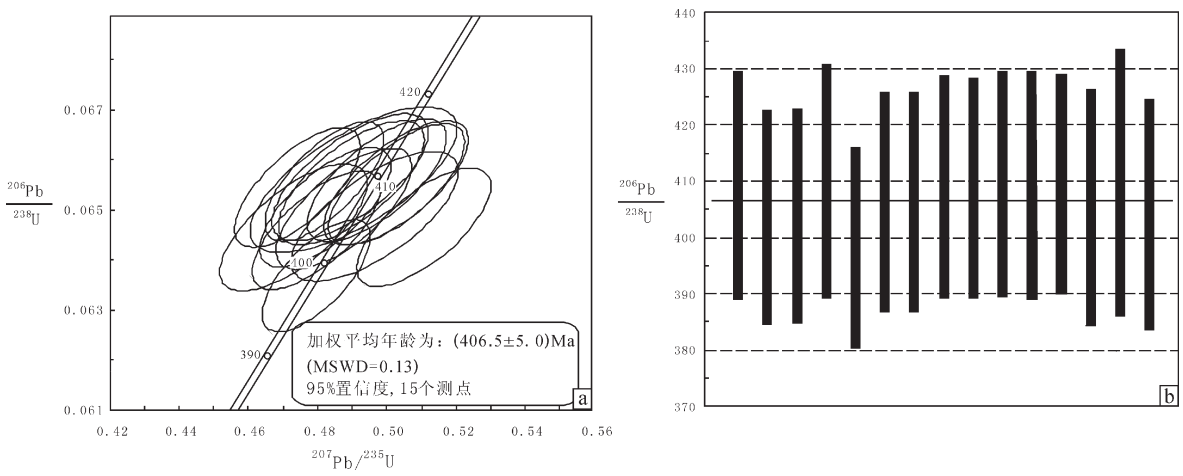


图 5 斜长花岗岩(D028-9)锆石 U-Pb 谐和图和 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄分布图

Fig.5 Concordia diagram showing zircon LA-ICPMS U-Pb dating results and $^{206}Pb/^{238}U$ weighted mean age of plagiogranite sample D028-9

表 1　斜长花岗岩中(D028-9)锆石稀土元素和全岩岩石地球化学分析结果

Table 1　REE analyses of zircon and chemical compositions of plagiogranite sample D028-9

锆石稀土元素含量 /10^{-6}																全岩地球化学 /10^{-2}					
点号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	TREE	项目	结果	项目	结果	项目	结果
1.1	0.0123	4.64	0.079	1.65	5.33	0.338	30.86	10.19	120.16	43.17	191.17	37.98	333.79	67.25	846.6	SiO_2	71.49	Cu	29.10	Eu	1.12
2.1	0.0054	10.55	0.08	1.46	3.12	0.402	17.74	5.54	69.89	26.14	119.68	24.34	214.44	42.58	536	TiO_2	0.60	Sr	170.00	Gd	3.10
3.1	0.604	18.91	0.344	2.58	4.53	0.402	23.93	8.10	102.47	37.91	171.9	34.33	303.16	60.11	769.3	Al_2O_3	14.86	Ba	594.00	Tb	0.45
4.1	0.0026	7.88	0.0355	0.963	2.77	0.32	18.33	6.68	84.64	32.76	156.59	32.55	297.89	62.27	703.7	Fe_2O_3	2.21	Rb	87.90	Dy	2.90
5.1	0.0099	14.67	0.111	2.48	5.38	0.714	31.67	11.03	136.63	50.76	234.37	46.35	406.08	81.73	1022	FeO	1.84	Th	11.10	Ho	0.70
6.1	0.0116	7.16	0.068	1.07	3.12	0.354	22.39	7.80	99.03	38.68	179.2	35.74	328.22	65.46	788.3	MnO	0.08	Zr	141.00	Er	1.55
7.1	0.295	13.95	0.163	1.75	3.16	0.418	17.12	5.89	72.09	26.69	119.93	23.17	201.93	40.81	527.4	MgO	2.29	Nb	9.93	Tm	0.36
8.1	0.0303	11.73	0.084	1.44	2.84	0.438	18.56	6.12	75.73	27.81	127.83	25.49	227.25	45.86	571.2	CaO	1.37	Hf	3.48	Yb	1.20
9.1	0.0132	2.45	0.114	2.15	6.17	0.544	40.37	13.42	155.66	51.1	211.87	39.21	330.34	61.31	914.7	Na_2O	3.80	Ta	0.86	Lu	0.19
10.1	5.06	28.78	2.54	13.48	6.01	0.743	23.56	7.04	82.45	29.27	130.16	25.01	213.94	41.44	609.5	K_2O	0.65	Y	15.40	ΣREE	97.47
11.1	0.006	11.49	0.0762	1.5	3.75	0.529	21.9	7.17	88.88	32.25	145.91	28.01	242.4	47.86	631.7	P_2O_5	0.24	La	18.60	LREE	87.02
12.1	0.0405	11.32	0.0513	0.994	2.76	0.326	18.44	6.76	87.56	33.31	157.84	31.73	284.95	57.5	693.6	LOI	1.26	Ce	43.00	HREE	10.45
13.1	0.232	8.85	0.121	1.38	2.34	0.204	12.69	4.8	60.46	22.95	107.85	22.04	199.54	40.47	483.9	Tatol	100.69	Pr	4.70	LREE/HREE	8.33
14.1	<0.00	13.47	0.118	2.74	5.61	0.816	32.93	10.18	122.59	43.27	188.05	34.86	298.97	58.38	812	Zn	61.60	Nd	16.10	$(La/Yb)_N$	11.12
15.1	<0.0073	7.22	0.0472	1.11	2.76	0.328	19.52	7.02	89.99	33.62	158.81	31.32	285.41	57.85	695	Pb	29.10	Sm	3.50	δEu	1.02

表 2 斜长花岗岩(D028-9)锆石的 U-Th-Pb 同位素 LA-ICP MS 分析结果

Table 2 Zircon LA-ICP MS U-Th-Pb dating results of plagiogranite sample D028-9

分析点号	$U/10^{-6}$	$Th/10^{-6}$	Th/U	同位素比值								表面年龄 / Ma							
				$^{207}Pb/^{235}U$	1σ	$^{206}Pb/^{238}U$	1σ	$^{207}Pb/^{206}Pb$	1σ	$^{208}Pb/^{232}Th$	1σ	$^{206}Pb/^{238}U$	1σ	$^{207}Pb/^{235}U$	1σ	$^{207}Pb/^{206}Pb$	1σ	$^{208}Pb/^{232}Th$	1σ
1.1	171	78	0.46	0.48978	0.01392	0.06554	0.00082	0.05419	0.00157	0.02106	0.00043	409.20	4.9	404.8	9.5	378.7	63.6	421.3	8.4
2.1	215	102	0.47	0.47968	0.0122	0.06459	0.00078	0.05385	0.00139	0.01867	0.00035	403.50	4.7	397.9	8.4	364.6	57.2	373.9	7.0
3.1	271	191	0.7	0.51069	0.01275	0.06465	0.00078	0.05728	0.00145	0.01971	0.00034	403.80	4.7	418.9	8.6	502.0	55.4	394.5	6.7
4.1	183	84	0.46	0.48947	0.01492	0.06565	0.00084	0.05406	0.00168	0.01995	0.00043	409.90	5.1	404.6	10.2	373.6	68.3	399.2	8.6
5.1	367	255	0.69	0.47966	0.01034	0.06368	0.00074	0.05463	0.00119	0.01876	0.00031	398.00	4.5	397.8	7.1	397.0	47.9	375.6	6.2
6.1	196	103	0.53	0.48228	0.01248	0.06505	0.00079	0.05377	0.00142	0.01913	0.00036	406.20	4.8	399.6	8.6	361.3	58.3	383.1	7.2
7.1	155	105	0.68	0.48756	0.01292	0.06502	0.00080	0.05438	0.00147	0.01935	0.00036	406.10	4.8	403.2	8.8	386.8	59.2	387.4	7.1
8.1	146	98	0.67	0.50284	0.01296	0.06551	0.00080	0.05567	0.00146	0.01961	0.00037	409.00	4.8	413.6	8.8	438.9	57.2	392.6	7.3
9.1	295	84	0.28	0.47418	0.01196	0.06545	0.00079	0.05254	0.00135	0.01881	0.00041	408.70	4.8	394.1	8.2	309.2	57.3	376.7	8.1
10.1	122	104	0.86	0.49708	0.0133	0.06559	0.00081	0.05496	0.00150	0.01967	0.00037	409.50	4.9	409.7	9.0	410.6	59.2	393.6	7.3
11.1	137	104	0.76	0.50272	0.01373	0.06554	0.00082	0.05563	0.00155	0.01960	0.00038	409.20	5.0	413.5	9.3	437.4	60.7	392.3	7.6
12.1	307	140	0.45	0.48192	0.01131	0.06557	0.00079	0.0533	0.00128	0.01832	0.00037	409.40	4.8	399.4	7.8	341.5	53.4	367.0	7.3
13.1	165	70	0.42	0.49653	0.01594	0.06487	0.00086	0.05551	0.00182	0.02188	0.00053	405.20	5.2	409.3	10.8	432.5	71.4	437.5	10.5
14.1	178	177	0.99	0.49040	0.01976	0.0656	0.00096	0.05421	0.00224	0.01819	0.00045	409.60	5.8	405.2	13.5	379.8	89.8	364.4	9.0
15.1	167	91	0.55	0.47303	0.01402	0.06465	0.00084	0.05306	0.00161	0.01804	0.00046	403.90	5.1	393.3	9.7	331.2	67.5	361.3	9.2

消减过程中所引发的岩浆作用。上述分析表明至少在晚志留世—中泥盆世期间南天山洋盆已开始进入了俯冲消减演化阶段。

目前关于库米什地区铜花山蛇绿岩的形成时代未有精确的同位素年龄报道，蛇绿岩中出现的幔源斜长花岗岩是基性岩浆最终分异的产物，它的形成年龄与蛇绿岩中的辉长岩、辉绿岩、基性熔岩形成年龄基本相当或者偏晚，可代表蛇绿岩形成年龄的下限[27-28]。因此,蛇绿岩中出现的斜长花岗岩是测试蛇绿岩形成年龄的理想对象。本次获得了铜花山蛇绿混杂岩中的斜长花岗岩锆石 U-Pb 年龄为（406.6±2.5)Ma，表明斜长花岗岩的侵位时代为晚志留世。从岩石地球化学及其锆石稀土元素等特征显示为幔源岩浆成因，这一年龄数据代表了铜花山蛇绿岩形成年龄的下限，与古南天山洋盆的俯冲—消减时代相一致,与王润三等[5]报道的榆树沟蛇绿岩的形成年龄(440Ma±18 Ma)相差了 30 Ma 左右,而与马中平等[29]报道的东侧库勒湖蛇绿岩形成的时代(418.2 Ma±2.6 Ma)较为接近,可能指示了南天山洋盆演化的不同时代。

参考文献(References):

[1] 董云鹏, 周鼎武, 张国伟, 等. 中天山乌瓦门蛇绿岩形成构造环境[J]. 岩石学报, 2005, 21 (1):37-44.
Dong Yunpeng, Zhou Dinwu, Zhang Guowei, et al. Tectonic setting of the Wuwamen ophiolite at the southern margin of the Middle Tianshan belt [J]. Acta Petrological Sinica, 2005, 21 (1):37-44 (in Chinese with English abstract).

[2] 龙灵利, 高俊, 熊贤明, 等. 南天山库勒湖蛇绿岩地球化学特征及其年龄[J]. 岩石学报, 2006, 22 (1):65-73.
Long Lingli, Gao Jun, Xiong Xianming, et al. The geochemical characteristics and the age of the Kule Lake ophiolite in the southern Tianshan [J]. Acta Petrological Sinica, 2006, 22 (1):65 -73 (in Chinese with English abstract).

[3] 姜常义, 吴文奎, 李良辰. 南天山东段显生宙构造演化[M]. 北京：地质出版社, 2001:1-160.
Jiang Changyi, Wu Wenkui, Li Liangchen. Tectonic Evolution in Phanerozoic in Southern Tianshan [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2001:1-160(in Chinese with English abstract).

[4] 周鼎武, 苏梨, 简平, 等. 南天山榆树沟蛇绿岩地体中高压麻粒岩锆石 U-Pb 年龄及构造意义[J]. 科学通报, 2004, 49 (14):1411-1415.
Zhou Dingwu, Su Li, Jian Ping, et al. Zircon U-Pb SHRIMP ages of high pressure granulite in Yushugou ophiolitic terrane in sourthern Tianshan and their tectonic implications [J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49 (14):1411-1415(in Chinese with English abstract).

[5] 王润三, 王焰, 李惠民. 南天山榆树构高压麻粒岩地体锆石 U-Pb 定年及其地质意义[J]. 地球化学, 1998, 27 (6):522-527.
Wang Runsan, Wang Yan, Li Huimin, et al. Zircon U-Pb dating of Yushugou Terrain of high-pressure granulite facies in Southern Tianshan Mountain and its geological significance [J]. Chinese Journal of Geochemistry, 1998, 27 (6):522-527 (in Chinese with English abstract).

[6] 刘斌, 钱一雄. 东天山三条高压变质带地质特征和流体作用[J]. 岩石学报, 2003, 19:283-296.
Liu Bin, Qian Yixiong. The geologic characteristics and fluid evolution in the three high-pressure metamorphic belts of eastern Tianshan [J]. Acta Petrological Sinica, 2003, 19:283 -296 (in Chinese with English abstract).

[7] 张成立, 周鼎武, 王居里, 等. 南天山库米什南黄尖石山岩体的年代学、地球化学和 Sr-Nd 同位素组成及其成因意义[J]. 岩石学报, 2007, 23(08):1821-1829
Zhang Chenli, Zhou Dingwu, Wang Juli, et al. Geochronology, geochemistry and Sr-Nd isotopic composition and genesis implications of Huangjianshan granite intrusion in Kumishi area of southern Tianshan [J]. Acta Petrological Sinica, 2007, 23(08):1821-1829.

[8] Han Y G, Zhang S H, Franco Pirojon, et al. Evolution of the Mesozoic granites in the Xiong'ershan -Waifangshan region, western Henan Province, China, and its tectonic implications [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(2):253-265.

[9] Wiedenbeck M, Alle P, Corfu F. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analyses [J]. Geostand Newsl, 1995, 19:1-23.

[10] Gao S, Liu X M, Yuan H L, et al. Analysis of forty-two major and trace elements of USGS and NIST SRM glasses by LA-ICP-MS [J]. Geostand. Newsl., 2002, 26:181-195.

[11] Yuan H L, Gao S, Liu X M, et al. Accurate U-Pb age and trace element determinations of zircon by laser ablation -inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. Geoanalytical and Geostandard Newsletters, 2004, 28 (3):353-370.

[12] Andersen T. Correction of common Pb in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb [J]. Chem. Geol., 2002, 192:59-79.

[13] Ludwig K R. User's Manual for isoplot 3.00 [J]. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 2003, 4:46.

[14] Sun S S, McDonoung W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts:Implications for mantle composition and processes [C]//Saunders A D, Norry M J (eds.).Magamtism in ocean basins. Geol. Soc. London. Spec. Pub., 1989, 42:315-345.

[15] Belousova E A, Griffin W L, O'Reilly SY, et al. Igneous zircon: Trace element composition as an Indicator of source rock type [J]. Contrib. Mineral. Petrol., 2002, 143:602-622.

[16] Murali A V, Parthasarathy R, MahadevanT M, et al. Trace element characteristics, REE patterns and partition coefficients of zircons from different geological environments——a case study on Indian zircons[J].Geochim. Cosmochim. Acta, 1983, 47:2047-2052.

[17] Heaman L M, Bowins R, Crocket J. The chemical composition of igneous zircon suites:implication for geochemical traces studies [J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 1990, 54:1597-1607.

[18] Hinton R W, Upton B G J. The chemistry of zircon: variation within and between large crystals from syenite and alkali basalt xenoliths [J].

Geochim. Cosmochim. Acta, 1991, 55:3287-3302.

[19] Ubatto D. Zircon trace element geochemistry: Partitioning with garnet and the link between U-Pb ages and metamorphism [J]. Chemical Geology, 2002, 184:123-13.

[20] Hirose K. Melting experiments on iherzolite KLB-1 under hydrous conditions and generation of high-magnesian andesitic melt [J]. Geology, 1997, 25(1):42-44.

[21] 吴文奎, 姜常义, 杨复. 库米什地区古生代地壳演化及成矿规律[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1992:69-83.
Wu Wenqui, Jiang Changyi, Yang Fu. Paleozoic Era Crustal Evolution and Mineralization Law [M]. Xi'an:Shaanxi Science and Technology Publishing House, 1992:69-83 (in Chinese with English abstract).

[22] 董云鹏, 王润三, 周鼎武, 等. 南天山北缘榆树沟变质基性—超基性岩的地球化学及其成因机制 [J]. 地球化学, 2001, 30(6): 559-568.
Dong Yongpeng, Wang Runsan, Zhou Dinwu, et al. Geochemistry and genesis of meta-mafic-ultramafic rocks from Yushugou region, north margin of the South Tian tectonic belt, west China [J]. Geochimica, 2001, 30(6):559-568.

[23] 郝杰, 刘小汉. 南天山蛇绿混杂岩形成时代及其大地构造意义[J]. 地质科学, 1993, 28 (1):93-95.
Hao Jie, Liu Xiaohan. Ophiolite melange time and tectonic evolution model in South Tianshan area [J]. Scientia Geologica, 1993, 28(1):93-95 (in Chinese with English abstract).

[24] 张成立, 周鼎武, 陆关祥, 等. 南天山库米什蛇绿混杂岩带中硅质岩的元素地球化学特征及其形成环境[J]. 岩石学报, 2006, 22 (1):57-64.
Zhang Chenli, Zhou Dinwu, Lu Guanxiang, et al. Geochemical characteristics and sedimentary environments of cherts from Kumishi ophiolitic mélange in southern Tianshan [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(1):57-64(in Chinese with English abstract).

[25] 王作勋, 邬继易, 吕喜朝, 等. 天山多旋回构造演化及成矿[M]. 北京:科学出版社, 1990:1-60.
Wang Zunxun, Wu Jiyi, Lv Xichao, et al. Polycyclic Tectonic Evolution and Metallogeny of the Tianshan Mountains [M]. Beijing: Science Press, 1990:1-60(in Chinese with English abstract).

[26] 杨天南, 王小平. 新疆库米什早泥盆世侵入岩时代、地球化学及大地构造意义[J]. 岩石矿物学杂志, 2006, 25 (5):401-411.
Yang Tiannan, Wang Xiaoping. Geochronology, petrochemistry and tectonic implications of Early Devonian plutons in Kumux area, Xinjiang [J]. Acta Petrokogica Et Mineralogica, 2006, 25 (5): 40-411 (in Chinese with English abstract).

[27] 简平, 刘敦一, 张旗, 等. 蛇绿岩及蛇绿岩中浅色岩的 SHRIMP U-Pb 测年[J]. 地学前缘, 2003, 10 (4):439-456.
Jian Ping, Liu Dunyi, Zhang Qi, et al. SHRIMP dating of ophilite and leucocratic rocks within ophiolite [J]. Earth Science Frontiers, 2003, 10 (4):439-456(in Chinese with English abstract).

[28] Samson S D, Inglis J D, D'Lemos R S, et al. Geochronological, geochemical and Nd-Hf isotopic constraints on the origin of Neoproterozoic plagiogranites in the Tasriwine ophiolite, Anti-Atlas orogen, Morocco [J]. Precam. Res., 2004. 135:133-147.

[29] 马中平, 夏林圻, 徐学义, 等. 南天山库勒湖蛇绿岩锆石年龄及其地质意义[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2007, 37(3):107-110.
Ma Zhongping, Xia Linqi, Xu Xueyi, et al. Dating for zircons of gabbro from Kulehu ophiolite, southern Tianshan, and its geological implication [J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2007, 37(3):107-110(in Chinese with English abstract).

Zircon LA-ICP-MS U-Pb age of plagiogranite from Tonghuashan ophiolite in Southern Tianshan Mountains and its geological implications

HUANG Gang, ZHANG Zhan-wu, DONG Zhi-hui, ZHANG Wen-feng

(*Institute of Regional Geology and Mineral Resources, Shaanxi Bureau of Geological Exploration, Xianyang* 712000, *Shaanxi*, *China*)

Abstract: In Southern Tianshan Mountains of the Tonghuashan ophiolitic tectonic belt, the plagiogranite is exposed at the top of ultrabasic rocks, showing fault contact relationship. The concordant age of (406.5±5.0)Ma was obtained for the plagiogranite by the zircon micro-domain LA-ICP-MS rare earth elements analysis and U-Pb age dating, indicating that the intrusive epoch of plagiogranite was Early Devonian, and that this age represents the lower limit age of the Tonghuashan ophiolitic formation.

Key words: Southern Tianshan Mountains; Tonghuashan ophiolite fragment; plagiogranite; zircon LA-ICP-MS U-Pb age

---

About the first author: HUANG Gang, male, born in 1984, assistant engineer, engages in regional geological analysis; E-mail: 62701319@163.com.