甘肃新疆交界地区四顶黑山镁铁质—超镁铁质岩的锆石U-Pb年龄及地质意义

王国强[1,2], 李向民[2], 徐学义[2], 余吉远[2], 武 鹏[2]
WANG Guo-qiang[1,2], LI Xiang-min[2], XU Xue-yi[2], YU Ji-yuan[2], WU Peng[2]

1. 长安大学地球科学与资源学院,陕西 西安 710064;
2. 中国地质调查局西安地质调查中心,陕西 西安 710054
1. *College of Earth Science and Land Recourses, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China;*
2. *Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China*

摘要:采用高精度LA-ICP-MS锆石U-Pb同位素定年,获得甘肃新疆交界地区四顶黑山镁铁质—超镁铁质岩体中辉长岩的年龄为320.9Ma±3.0Ma,代表该岩体的形成时代为早石炭世,与镁铁质-超镁铁质岩紧密伴生的碰撞型花岗岩(二长花岗岩)的形成年龄为369.2Ma±2.7Ma,属晚泥盆世。结合区域研究资料对比,认为四顶黑山地区的碰撞作用应该在早石炭世之前结束,早石炭世已进入陆内裂谷岩浆作用阶段,为进一步探讨区域构造演化提供了更为丰富的年代学依据。

关键词:镁铁质—超镁铁质岩;LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄;四顶黑山
中图分类号:P588.12+4;P597+.3 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-2552(2012)12-2046-06

Wang G Q, Li X M, Xu X Y, Yu J Y, Wu P. Zircon U-Pb ages of Sidingheishan mafic-ultramafic rocks in Xinjiang-Gansu border area and their geological significance. *Geological Bulletin of China*, 2012,31(12):2046-2051

Abstract: LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of gabbro in Sidingheishan mafic-ultramafic rocks yielded an age of 320.9Ma±3.0Ma, which indicates the emplacement age of Sidingheishan mafic-ultramafic rock. The zircon U-Pb age of the monzogranite (collisional granite) associated with the mafic-ultramafic rock is 369.2Ma±2.7Ma. Combined with previous studies of regional geology, the authors infer that the collision period was ended before the early Carboniferous and Sidingheishan area entered into the stage of continental rift in early Carboniferous. The result obtained by the authors is important for the study of the tectonic evolution in this area.
Key words: mafic-ultramafic rock; LA-ICP-MS zircon U-Pb age; Sidingheishan

新疆东天山的康古尔-黄山韧性剪切带内发育有一系列镁铁质—超镁铁质岩体,此带东西延伸270km,南北宽约20~35km,从西向东分布有香山、黄山、黄山东、葫芦、串珠、马蹄、图拉尔根和四顶黑山等十多个岩体[1]。前人对这些岩体的同位素测年显示,除四顶黑山岩体外,其余岩体的形成时代相近,年龄主要分布于270~300Ma之间[2-6],图拉尔根铜镍矿中存在一期形成于早石炭世的镁铁—超镁铁质岩体[6];四顶黑山镁铁—超镁铁质岩是康古尔-黄山韧性剪切带内规模最大的岩体,位于该带的东端,一直被作为找寻铜镍矿的有利地区,但其形成时代目前仍存在着分歧。徐兴旺等[7]通过$^{40}Ar/^{39}Ar$法在四顶黑山岩体中不仅识别出一套形成于545Ma的层状镁铁—超镁铁岩,而且还获得263.8Ma镁铁质岩的年龄,史文全等[8]通过辉长岩的全岩Sm-Nd法获得327Ma的年龄,李奇祥等[9]通过对岩体中辉长岩的锆石U-Pb

收稿日期:2012-06-04;**修订日期**:2012-10-26
资助项目:中国地质调查局地质调查项目《北山-祁连成矿带地质矿产综合研究》(编号:1212011085077)、《亚洲构造演化过程中几个关键时段火山岩研究》(编号:1212011120133)
作者简介:王国强(1984-),男,在读博士,从事矿物学、岩石学、矿床学研究。E-mail: gqwangmint@gmail.com

万方数据

定年研究,获得同位素年龄 357.7Ma±3.5Ma。那么究竟四顶黑山地区镁铁质—超镁铁质岩是形成于早石炭世、二叠纪亦或是从早石炭世至二叠纪均有出露?进入早石炭世后该区是否已经进入了陆内裂谷岩浆作用阶段?这些争议严重影响了该区构造演化的讨论及铜镍矿的找寻。笔者试图通过对镁铁质—超镁铁质岩中的辉长岩和与辉长岩紧密伴生的花岗岩的高精度锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素定年研究,为探讨该区构造演化提供更为丰富的年代学资料。

1　地质特征

四顶黑山地区位于甘新交界,构造上属觉罗塔格构造带东段,是该构造带内规模最大的岩体,由南、北 2 个北东东向的豆荚状镁铁质—超镁铁质岩带组成,出露面积约 90km²(图 1-a)。该区出露的地层和岩石建造主要为前奥陶纪变质火山岩系、奥陶纪咸水湖组火山-沉积岩、泥盆纪雀儿山群火山-沉积岩、镁铁质—超镁铁质侵入体和花岗岩类(图 1-b)。四顶黑山镁铁质—超镁铁岩由橄榄岩、角闪橄榄岩、辉橄岩、辉石岩、辉长岩、角闪辉长岩、橄榄辉长岩等组成,该岩体岩性以辉长岩为主;与四顶黑山镁铁质-超镁铁质岩体相伴生的花岗岩类岩石主要为闪长岩、石英闪长岩、英云闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩和钾长花岗岩等,以英云闪长岩、花岗闪长岩和二长花岗岩为主体。在野外调研中观察到四顶黑山镁铁质-超镁铁质岩体及其北侧二长花岗岩较为破碎,两者野外侵入关系并不明显。

2　测年样品及分析方法

本次以四顶黑山镁铁质—超镁铁质岩中的中细粒块状辉长岩和其北侧的花岗岩为研究对象,采样点位置见图 1-b。所采辉长岩(11BS051)为暗灰绿色,具辉长结构、块状构造,主要由辉石和斜长石组成,含少量的角闪石、绿帘石、绢云母及绿泥石。花岗岩为浅肉红色中粗粒二长花岗岩(11BS056),半自形粒状结构,块状构造。矿物组成为钾长石、斜长石、石英及少量黑云母,钾长石中见条纹长石和微斜长石。副矿物为极少量磷灰石和不透明矿物。

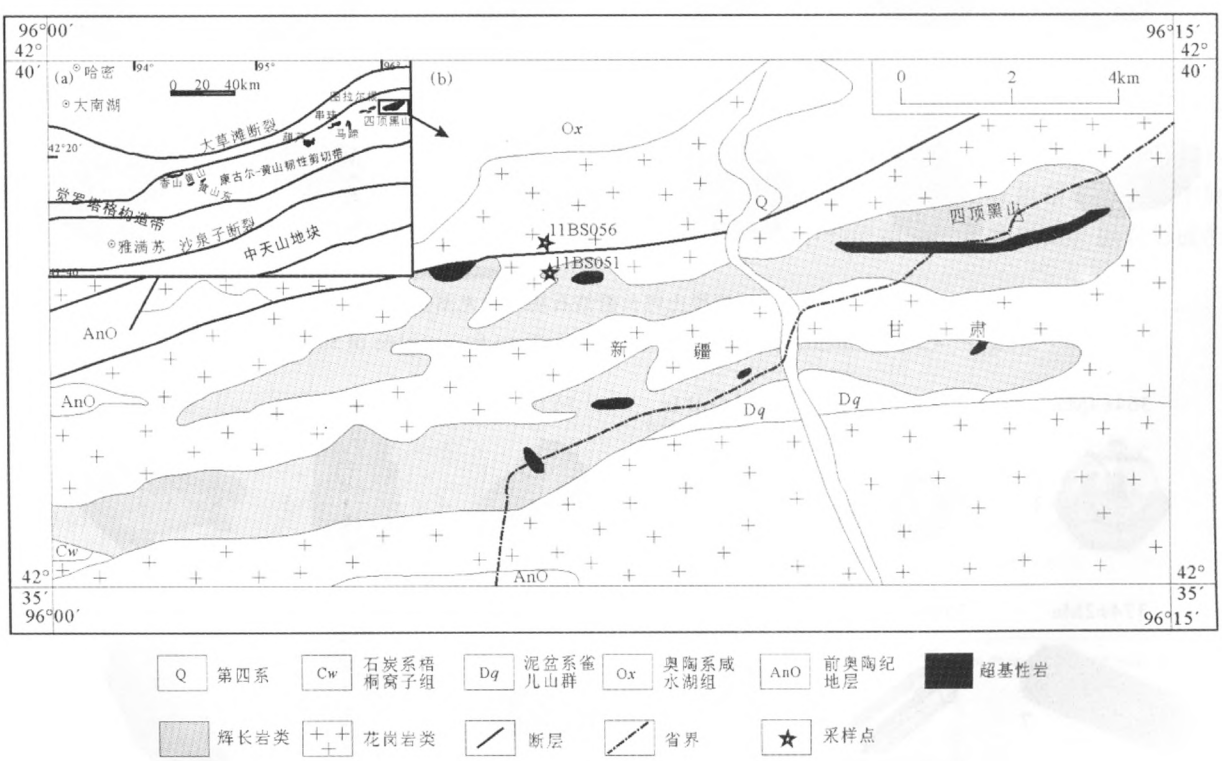


图 1　东天山东段超基性岩分布简图(a)(据参考文献[6]修改)和
四顶黑山地区地质简图(b)(据参考文献[10]修改)

Fig. 1　Geological sketch map of the eastern part of East Tianshan Mountains (a) and geological map of Sidingheishan area (b)

万方数据

2.1 分析方法

对所采样品进行清洗后，粉碎至80~100目，用常规的重液分选和电磁分离方法进行分选。在双目镜下对分选出的锆石进行人工挑选，尽量挑选无包裹体、无裂纹和透明度高的晶形完好的锆石颗粒作为测定对象，将所选锆石镶嵌于环氧树脂中抛光使其内部暴露，然后对待测锆石进行透射光、反射光和阴极发光照相，以揭示其内部结构，帮助选定最佳锆石待测部位，从而进行LA-ICP-MS分析。

锆石CL(阴极发光)研究和LA-ICP-MS(激光剥蚀等离子体质谱)锆石微区U-Pb定年在西北大学大陆动力学教育部重点实验室完成。实验采用Agilent 7500型ICP-MS和德国Lambda Physik公司的ComPex 102 ArF准分子激光器(工作物质ArF，波长193nm)以及Micro Las公司的GeoLas 200M光学系统联机进行。激光束斑直径为30μm，剥蚀样品的深度为20~40μm。实验中采用He作为剥蚀物质的载气，用美国国家标准技术研究院研制的人工合成硅酸盐玻璃标准参考物质NIST SRM 610进行仪器最佳化，采样方式为单点剥蚀，数据采集选用一个质量峰一个点的跳峰方式，每完成4~5个测点的样品测定，加测标样一次。在对所测锆石分析了15~20个点前后，各测2次NIST SRM 610。锆石年龄采用标准锆石91500作为外标标准物质，并按照Andersen的3D坐标法对普通铅进行校正，元素含量采用NIST SRM 610作为外标，^{29}Si作为内标。测试结果应用GLITTER(ver 4.0)软件计算得出，年龄计算及谐和图采用Isoplot(ver 3.0)完成，详细分析步骤和数据处理方法见参考文献[11]。

2.2 锆石定年结果

根据CL图像(图2和图3)，辉长岩和二长花岗岩中的锆石在晶形、环带和内部结构上均存在明显

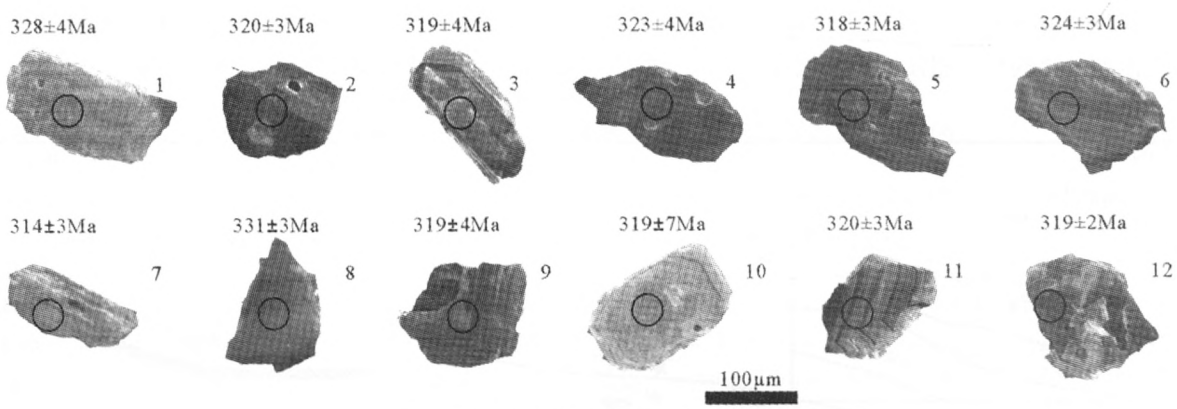


图2 四顶黑山辉长岩锆石阴极发光图像

Fig. 2 Cathodoluminescence images of analyzed zircon from gabbro of Sidingheishan

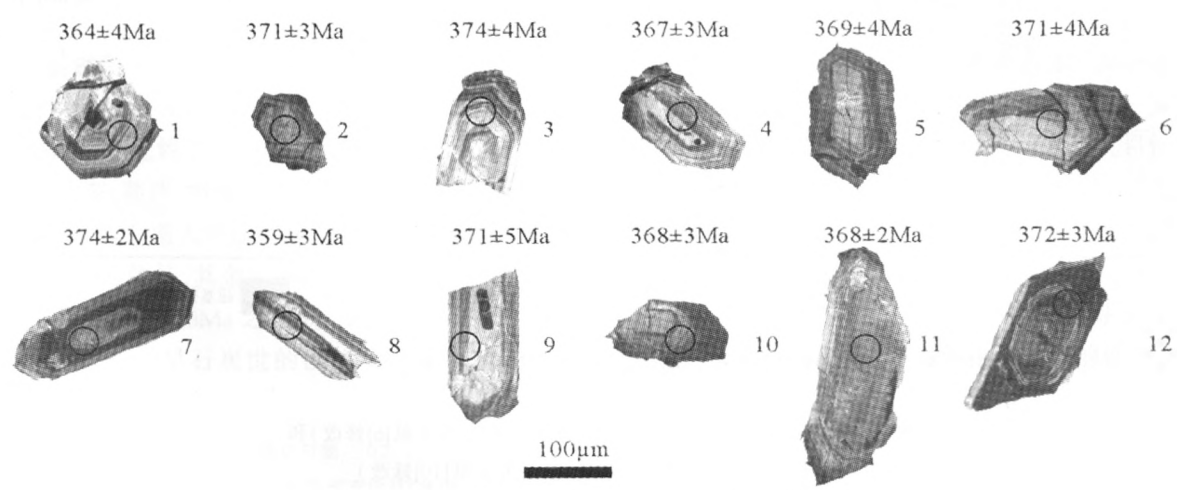


图3 四顶黑山二长花岗岩锆石阴极发光图像

Fig. 3 Cathodoluminescence images of analyzed zircon from monzogranite of Sidingheishan

万方数据

不同。花岗岩的锆石颗粒与辉长岩中的相比,自形程度较高、韵律环带清晰但环带较窄,并出现明显的核幔结构。笔者选取晶形相对完整、颗粒较大且具有相对明显的震荡环带的锆石进行剥蚀测试;在进行普通铅校正后,剔除铅丢失严重的点,最终选择辉长岩的 12 颗锆石的 12 个剥蚀点参与年龄计算,选择二长花岗岩的 12 颗锆石的 12 个剥蚀点参与年龄计算,计算结果见表 1。

辉长岩中的锆石 Th/U 值介于 0.32~1.14 之间(表 1),二长花岗岩中锆石的 Th/U 值在 0.30~1.68 之间,2 类岩石的 Th/U 比值多数大于 0.5,并表现出岩浆成因锆石特征。此外,辉长岩与二长花岗岩 2 类岩石中的 Th、U 之间的正相关性较好,属于典型的岩浆锆石特征[12-13]。

在辉长岩 12 颗锆石的测年结果中,大部分数据点在谐和线上或附近分布,获得年龄加权平均值为 320.9Ma±3.0Ma(MSWD=2.2)(图 4),代表辉长岩的结晶年龄。二长花岗岩测试结果表明 12 个分析点分布较为集中,主要作用于谐和线上及其附近,年龄加权平均值为 369.2Ma±2.7Ma (MSWD=2.1)(图 5),可代表该岩体的结晶年龄。

3　讨论与结论

在空间位置上与四顶黑山相邻的北山西端红石山蛇绿岩的形成时代为早石炭世(346.6Ma±2.8Ma,另文发表),形成环境为裂谷拉张环境;东天山一带火山岩为石炭纪大陆裂谷型火山岩[14-16];位于四顶黑山岩体北侧且在空间上与其呈密切共生关系的哈尔欣花岗岩岩体中的钾长花岗岩年龄为 357.7Ma±3.5Ma,具有 A 型花岗岩特征,与该区镁铁质-超镁铁质岩在形成时代上相当,构成具有双峰式特征的伸展背景下的岩浆岩组合[9]。基于以上的论述,加之笔者所获四顶黑山镁铁质—超镁铁质岩体中辉长岩的年龄为 320.9Ma±3.0Ma,代表了该岩体形成时代。因此,笔者认为该区镁铁质—超镁铁质岩的形成环境应为裂谷拉张的伸展环境,与红石山蛇绿岩的形成环境相同,均为石炭纪陆内拉张裂解背景下的产物,只是拉张裂解程度有所差异,后者拉张较强出现了代表洋壳的蛇绿岩。

东天山地区的黄山、黄山东、香山及葫芦等镁铁质—超镁铁质岩体是早二叠世于碰撞后伸展背景下幔源岩浆活动的产物[4, 17-21]。最新研究表明,四顶黑山岩体在岩石学、地球化学特征等方面与同属觉罗塔格构造带上的黄山东、图拉尔根等岩体存在明显的差别[9],与四顶黑山镁铁质—超镁铁质岩体相邻的图拉尔根Ⅱ号岩体,形成年龄为 357.5Ma±2.5Ma,岩体时代属早石炭世[6],这表明图拉尔根Ⅱ号岩体与四顶黑山镁铁质—超镁铁质岩体并非为早二叠世伸展背景下的产物,而是同属早石炭世伸展环境下岩浆活动的产物。与早二叠世岩浆活动有关的黄山、黄山东与香山、葫芦岩体及图拉尔根Ⅰ号岩体中分别赋存大型和中型的铜镍硫化物矿床,但对形成于

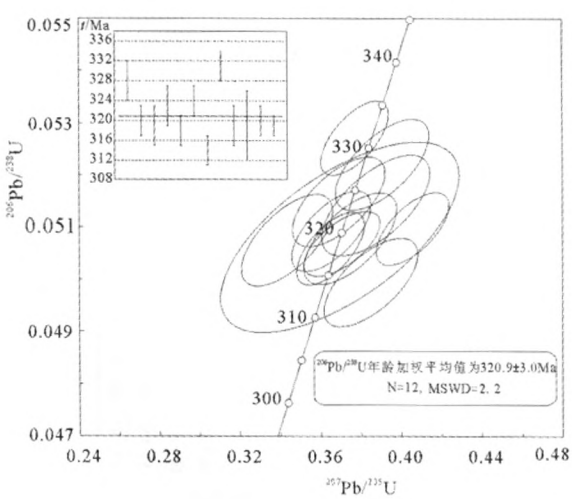


图 4　四顶黑山辉长岩(11BS051)中锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 4　U-Pb concordia diagram for zircons from gabbros in Sidingheishan

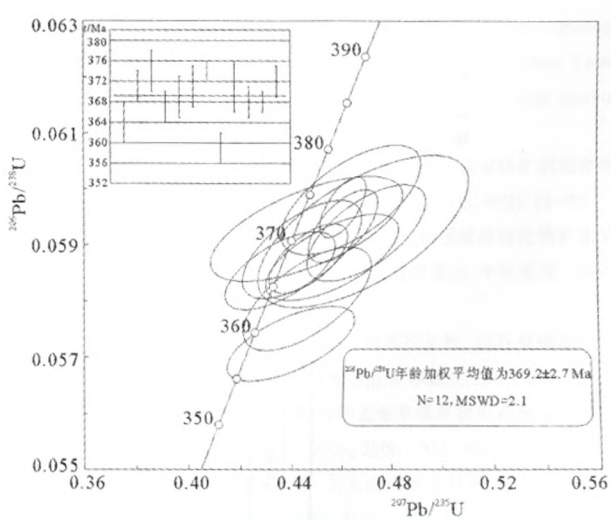


图 5　.四顶黑山二长花岗岩(11BS056)中锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 5　U-Pb concordia diagram for zircons from monzogranite in Sidingheishan

万方数据

万方数据

表 1 辉长岩和二长花岗岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Th-Pb 同位素测试结果

Table 1 LA-ICP-MS U-Pb analytical results of zircons from gabbro and monzogranite in Sidingheishan

岩性	样号/点号	含量 /10^{-6}			比值								年龄 /Ma							
		^{206}Pb	^{232}Th	^{238}U	Th/U	$^{207}Pb/^{206}Pb$	1σ	$^{207}Pb/^{235}U$	1σ	$^{206}Pb/^{238}U$	1σ	$^{208}Pb/^{232}Th$	1σ	$^{207}Pb/^{206}Pb$	1σ	$^{207}Pb/^{235}U$	1σ	$^{206}Pb/^{238}U$	1σ	$^{208}Pb/^{232}Th$	1σ
辉长岩	11BS051-01	40.05	91.94	183.11	0.50	0.05427	0.00222	0.39064	0.01534	0.0522	0.00058	0.01746	0.0004	382	68	335	11	328	4	350	8
	11BS051-02	33.98	161.94	159.34	1.02	0.05771	0.0018	0.40562	0.01194	0.05097	0.00046	0.01611	0.00021	519	49	346	9	320	3	323	4
	11BS051-03	41.38	222.1	194.96	1.14	0.05352	0.00227	0.37471	0.01524	0.05078	0.00058	0.01661	0.00027	351	71	323	11	319	4	333	5
	11BS051-04	23.6	47.63	109.9	0.43	0.05464	0.0026	0.38743	0.01775	0.05142	0.00064	0.01602	0.00048	398	80	332	13	323	4	321	10
	11BS051-05	60.35	143.65	285.83	0.50	0.05232	0.00168	0.36493	0.0111	0.05059	0.00046	0.01608	0.00029	299	53	316	8	318	3	322	6
	11BS051-06	21.63	101.17	100.83	1.00	0.05198	0.00222	0.36903	0.01518	0.05149	0.00057	0.01646	0.00028	285	74	319	11	324	3	330	6
	11BS051-07	52.91	150.39	254.39	0.59	0.05589	0.00233	0.38483	0.01538	0.04994	0.00056	0.01561	0.00035	448	69	331	11	314	3	313	7
	11BS051-08	92.81	136.06	423.05	0.32	0.05187	0.00162	0.377	0.01111	0.05271	0.00047	0.01719	0.00037	280	51	325	8	331	3	344	7
	11BS051-09	56.03	90.91	265.88	0.34	0.04907	0.00222	0.34334	0.01495	0.05075	0.00058	0.01508	0.00047	151	80	300	11	319	4	303	9
	11BS051-10	5.79	17.29	27.51	0.63	0.05275	0.00571	0.36953	0.03916	0.05081	0.00121	0.01609	0.00084	318	196	319	29	319	7	323	17
	11BS051-11	38.81	90.78	184.11	0.49	0.05203	0.00194	0.3653	0.013	0.05092	0.00051	0.01573	0.00034	287	63	316	10	320	3	315	7
	11BS051-12	70.19	236.58	333.33	0.71	0.05678	0.00135	0.39859	0.00872	0.05092	0.00039	0.01659	0.00019	330	80	320	9	319	2	318	2
花岗岩	11BS056-01	37.34	131.03	151.95	0.86	0.05567	0.00212	0.44568	0.01622	0.05804	0.00061	0.01894	0.00032	439	62	374	11	364	4	379	6
	11BS056-02	38.25	228.52	152.62	1.50	0.05735	0.00195	0.46843	0.01512	0.05922	0.00057	0.01828	0.00022	505	54	390	10	371	3	366	4
	11BS056-03	34.05	185.61	134.58	1.38	0.05607	0.00224	0.46258	0.01771	0.05981	0.00065	0.01893	0.00027	455	66	386	12	374	4	379	5
	11BS056-04	159.27	336.27	638.96	0.53	0.05393	0.00178	0.4353	0.01394	0.05854	0.00046	0.01831	0.00011	368	76	367	10	367	3	367	2
	11BS056-05	50.79	178.94	204.56	0.87	0.05461	0.00195	0.4437	0.01512	0.05892	0.00058	0.01831	0.00029	396	59	373	11	369	4	367	6
	11BS056-06	54.3	134.64	209.98	0.64	0.05449	0.00303	0.4455	0.02433	0.05929	0.00062	0.01852	0.00014	391	128	374	17	371	4	371	3
	11BS056-07	291.01	726.61	1159.45	0.63	0.05583	0.00086	0.45943	0.00584	0.05968	0.00036	0.01879	0.00015	446	18	384	4	374	2	376	3
	11BS056-08	215.3	1176.29	883.78	1.33	0.05567	0.0021	0.43936	0.0162	0.05724	0.00044	0.01783	0.00009	439	86	370	11	359	3	357	2
	11BS056-09	21.62	147.16	87.45	1.68	0.05725	0.00341	0.46756	0.02696	0.05925	0.0009	0.01877	0.00036	501	100	390	19	371	5	376	7
	11BS056-10	101.8	241.78	412.38	0.59	0.05618	0.00214	0.45527	0.01686	0.05878	0.00051	0.01829	0.00012	459	86	381	12	368	3	366	2
	11BS056-11	187.45	227.95	766.23	0.30	0.05506	0.00129	0.44609	0.00997	0.05876	0.00041	0.01833	0.00011	415	54	375	7	368	2	367	2
	11BS056-12	127.98	356.26	567.10	0.63	0.05619	0.00119	0.45947	0.00882	0.05934	0.00043	0.01988	0.00021	460	30	384	6	372	3	398	4

早石炭世的图拉尔根Ⅱ号岩体和相邻的四顶黑山镁铁质-超镁铁质岩体的找矿工作却一直未有明显突破,这是否意味着该区这期早石炭世的岩浆活动与铜镍矿的形成无关?这尚需更进一步的深入研究。

李亚萍等[22]在四顶黑山超单元(吐哈盆地东缘)中获取黑云母花岗岩岩体侵位年龄为 386Ma±5Ma,属中泥盆世岩浆活动的产物;唐俊华等[23]获得咸水泉花岗闪长岩的年龄为 369.5Ma±5.6Ma;宋彪等[24]获得四顶黑山西邻大南湖岩基的二长花岗岩的侵位年龄为 383Ma±9Ma,这均表明四顶黑山及西侧大南湖一带均存在泥盆纪的岩浆活动历史,此外,李奇祥等[9]研究表明四顶黑山地区与镁铁质-超镁铁质岩体相邻且形成于晚泥盆世的二长花岗岩具碰撞型花岗岩特征。本次研究所获得的二长花岗岩的形成时代为 369.2Ma±2.7Ma,代表了二长花岗岩的侵位时间相当于晚泥盆世,应属碰撞环境的产物。结合对于辉长岩年代学研究取得的认识,认为晚泥盆纪(碰撞)之后该区已进入一个新的演化阶段即伸展作用阶段。

本文所获四顶黑山镁铁质-超镁铁质岩体中的辉长岩的形成时代为 320.9Ma±3.0Ma,属早石炭世,形成环境为伸展环境,伸展作用的时代可为碰撞结束的时限提供最晚的年龄约束,即四顶黑山地区碰撞作用最晚应该在早石炭世之前结束,在早石炭世已进入陆内环境下的裂谷岩浆作用阶段。

致谢:锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年得到西北大学大陆动力学实验室柳小明老师的大力支持,在此致以衷心的感谢。

参考文献

[1]秦克章, 方同辉. 东天山板块构造分区、演化与成矿地质背景研究[J]. 新疆地质, 2002, 20(4): 302-308.

[2]毛景文, 杨建民, 屈文俊, 等. 新疆黄山东铜镍硫化物矿床 Re-Os 同位素测定及其地球动力学意义[J]. 矿床地质, 2002, 21(4): 323-330.

[3]Han B, Ji J, Song B, et al. SHRIMP zircon U-Pb ages of Kalatongke No. 1 and Huangshandong Cu-Ni-bearing mafic-ultramafic complexes, North Xinjiang, and geological implications[J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49(22): 2424-2429.

[4]Zhou M F, Michael Lesher C, Yang Z, et al. Geochemistry and petrogenesis of 270Ma Ni-Cu-(PGE) sulfide-bearing mafic intrusions in the Huangshan district, Eastern Xinjiang, Northwest China: implications for the tectonic evolution of the Central Asian orogenic belt [J]. Chemical Geology, 2004, 209(3-4): 233-257.

[5]陈世平, 王登红, 屈文俊, 等. 新疆葫芦铜镍硫化物矿床的地质特征与成矿时代[J]. 新疆地质, 2006, 23(3): 230-233.

[6]三金柱, 秦克章, 汤中立, 等. 东天山图拉尔根大型铜镍矿区两个镁铁-超镁铁岩体的锆石 U-Pb 定年及其地质意义[J]. 岩石学报, 2010, 26(10): 3027-3035.

[7]徐兴旺, 秦克章, 三金柱, 等. 东天山四顶黑山地区 545Ma 层状镁铁质-超镁铁质岩体的发现及其大地构造学和成矿学意义[J]. 岩石学报, 2006, 22(11): 2665-2676.

[8]史文全, 代文军. 四顶黑山镁铁质—超镁铁质岩 Sm-Nd 等时线年龄及其意义[J]. 甘肃地质, 2008, 17(1): 13-22.

[9]李奇祥, 廖群安, 三金柱, 等. 新疆哈密四顶黑山地区镁铁质—超镁铁岩特征及其构造意义[J]. 地质科技情报, 2010, 29(4): 14-20.

[10]代文军. 甘肃北山四顶黑山镁铁、超镁铁质岩地球化学特征及其地质意义[J]. 甘肃地质, 2010, 19(2): 8-17.

[11]柳小明, 高山, 袁洪林, 等. 193nm LA-ICP-MS 对国际地质标准参考物质中 42 种主元素和微量元素的分析 [J]. 岩石学报, 2002, 18(3): 408-418.

[12]Belousova E, Griffin W, O'reilly SY, et al. Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type[J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 2002, 143(5): 602-622.

[13]Claesson S, Vetrin V, Bayanova T, et al. U-Pb zircon ages from a Devonian carbonatite dyke, Kola peninsula, Russia: a record of geological evolution from the Archaean to the Palaeozoic[J]. Lithos, 2000, 51(1-2): 95-108.

[14]顾连兴, 胡受奚, 于春水, 等. 东天山博格达造山带石炭纪火山岩及其形成地质环境[J]. 岩石学报, 2000, 16(3): 305-316.

[15]Xia LQ, Xu XY, Xia ZC, et al. Petrogenesis of Carboniferous rift-related volcanic rocks in the Tianshan, northwestern China[J]. Geological Society of America Bulletin, 2004, 116(3-4): 419-433.

[16]夏林圻, 夏祖春, 徐学义, 等. 天山岩浆作用[M]. 北京: 中国大地出版社, 2007.

[17]韩宝福, 季建清, 宋彪, 等. 新疆喀拉通克和黄山东含铜镍矿镁铁—超镁铁杂岩体的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 科学通报, 2004, 49(22): 2324-2328.

[18]Zhou MF, Zhao JH, Jiang CY, et al. OIB-like, heterogeneous mantle sources of Permian basaltic magmatism in the western Tarim Basin, NW China: implications for a possible Permian large igneous province[J]. Lithos, 2009, 113(3-4): 583-594.

[19]王玉往, 王京彬, 王莉娟, 等. 岩浆铜镍矿与钒钛磁铁矿的过渡类型——新疆哈密香山西矿床[J]. 地质学报, 2006, 80(1): 61-73.

[20]孙赫, 秦克章, 李金祥, 等. 东天山图拉尔根铜镍钴硫化物矿床岩相, 岩石地球化学特征及其形成的构造背景[J]. 中国地质, 2006, 33(3): 606-617.

[21]秦克章, 丁奎首, 许英霞, 等. 东天山图拉尔根, 白石泉铜镍钴矿床钴, 镍赋存状态及原岩含矿性研究[J]. 矿床地质, 2007, 26(1): 1-14.

[22]李亚萍, 孙桂华, 李锦轶, 等. 吐哈盆地东缘泥盆纪花岗岩的确定及其地质意义[J]. 地质通报, 2006, 25(8) : 932-936.

[23]唐俊华, 顾连兴, 张遵忠, 等. 东天山咸水泉片麻状花岗岩特征, 年龄及成因[J]. 岩石学报, 2007, 23(8): 1803-1820.

[24]宋彪, 李文铅. 吐哈盆地南缘克孜尔卡拉萨依和大南湖花岗质岩基锆石 SHRIMP 定年及其地质意义[J]. 新疆地质, 2002, 20(4): 342-345.

万方数据

甘肃新疆交界地区四顶黑山镁铁质-超镁铁质岩的锆石U-Pb年龄及地质意义

万方数据 WANFANG DATA 文献链接

作者： 王国强， 李向民， 徐学义， 余吉远， 武鹏， WANG Guo-qiang， LI Xiang-min， XU Xue-yi， YU Ji-yuan， WU Peng

作者单位： 王国强,WANG Guo-qiang(长安大学地球科学与资源学院,陕西西安710064;中国地质调查局西安地质调查中心,陕西西安710054)， 李向民,徐学义,余吉远,武鹏,LI Xiang-min,XU Xue-yi,YU Ji-yuan,WU Peng(中国地质调查局西安地质调查中心,陕西西安,710054)

刊名： 地质通报 ISTIC PKU

英文刊名： Geological Bulletin of China

年，卷(期)： 2012,31(12)

参考文献(24条)

1. 秦克章;方同辉 东天山板块构造分区、演化与成矿地质背景研究[期刊论文]-新疆地质 2002(04)

2. 毛景文;杨建民;屈文俊 新疆黄山东铜镍硫化物矿床Re-Os同位素测定及其地球动力学意义[期刊论文]-矿床地质 2002(04)

3. Han B;Ji J;Song B SHRIMP zircon U-Pb ages of Kalatongke No.1 and Huangshandong Cu-Ni-bearing mafic-ultramafic complexes,North Xinjiang,and geological implications[外文期刊] 2004(22)

4. Zhou M F;Michael Lesher C;Yang Z Geochemistry and petrogenesis of 270Ma Ni-Cu-(PGE) sulfide-bearing mafic intrusions in the Huangshan district,Eastern Xinjiang,Northwest China:implications for the tectonic evolution of the Central Asian orogenic belt[外文期刊] 2004(3-4)

5. 陈世平;王登红;屈文俊 新疆葫芦铜镍硫化物矿床的地质特征与成矿时代 2006(03)

6. 三金柱;秦克章;汤中立 东天山图拉尔根大型铜镍矿区两个镁铁-超镁铁岩体的锆石U-Pb定年及其地质意义[期刊论文]-岩石学报 2010(10)

7. 徐兴旺;秦克章;三金柱 东天山四顶黑山地区545Ma层状镁铁质-超镁铁质岩体的发现及其大地构造学和成矿学意义[期刊论文]-岩石学报 2006(11)

8. 史文全;代文军 四顶黑山镁铁质-超镁铁质岩Sm-Nd等时线年龄及其意义[期刊论文]-甘肃地质 2008(01)

9. 李奇祥;廖群安;三金柱 新疆哈密四顶黑山地区镁铁质-超镁铁岩特征及其构造意义[期刊论文]-地质科技情报 2010(04)

10. 代文军 甘肃北山四顶黑山镁铁、超镁铁质岩地球化学特征及其地质意义[期刊论文]-甘肃地质 2010(02)

11. 柳小明;高山;袁洪林 190nm LA-ICP-MS对国际地质标准参考物质中42种主元素和微量元素的分析[期刊论文]-岩石学报 2002(03)

12. Belousova E;Griffin W;O'reilly SY Igneous zircon:trace element composition as an indicator of source rock type 2002(05)

13. Claesson S;Vetrin V;Bayanova T U-Pb zircon ages from a Devonian carbonatite dyke,Kola peninsula,Russia:a record of geological evolution from the Archaean to the Palaeozoic 2000(1-2)

14. 顾连兴;胡受奚;于春水 东天山博格达造山带石炭纪火山岩及其形成地质环境[期刊论文]-岩石学报 2000(03)

15. Xia LQ;Xu XY;Xia ZC Petrogenesis of Carboniferous riftrelated volcanic rocks in the Tianshan,northwestern China 2004(3-4)

16. 夏林圻;夏祖春;徐学义 天山岩浆作用 2007

17. 韩宝福;季建清;宋彪 新疆喀拉通克和黄山东含铜镍矿镁铁-超镁铁杂岩体的SHRIMP锆石U-Pb年龄及其地质意义[期刊论文]-科学通报 2004(22)

18. Zhou MF;Zhao JH;Jiang CY OIB-like,heterogeneous mantle sources of Permian basaltic magmatism in the western Tarim Basin,NW China:implications for a possible Permian large igneous province 2009(3-4)

19. 王玉往;王京彬;王莉娟 岩浆铜镍矿与钒钛磁铁矿的过渡类型--新疆哈密香山西矿床[期刊论文]-地质学报 2006(01)

20. 孙赫;秦克章;李金祥 东天山图拉尔根铜镍钴硫化物矿床岩相,岩石地球化学特征及其形成的构造背景[期刊论文]-中国地质 2006(03)

21. 秦克章;丁奎首;许英霞 东天山图拉尔根,白石泉铜镍钴矿床钴,镍赋存状态及原岩含矿性研究[期刊论文]-矿床地质 2007(01)

22.李亚萍;孙桂华;李锦轶 吐哈盆地东缘泥盆纪花岗岩的确定及其地质意义[期刊论文]-地质通报 2006(08)

23.唐俊华;顾连兴;张遵忠 东天山咸水泉片麻状花岗岩特征,年龄及成因[期刊论文]-岩石学报 2007(08)

24.宋彪;李文铅 吐哈盆地南缘克孜尔卡拉萨依和大南湖花岗质岩基锆石SHRIMP定年及其地质意义[期刊论文]-新疆地质 2002(04)

引用本文格式：王国强.李向民.徐学义.余吉远.武鹏.WANG Guo-qiang.LI Xiang-min.XU Xue-yi.YU Ji-yuan.WU Peng 甘肃新疆交界地区四顶黑山镁铁质-超镁铁质岩的锆石U-Pb年龄及地质意义[期刊论文]-地质通报 2012(12)