

文章编号:1671-4814(2010)04-257-07

# 新疆西天山乌孙山地区石英正长斑岩 形成时代及其地质意义\*

程春华<sup>1,2</sup>, 张芳荣<sup>2</sup>, 余泉<sup>2</sup>

(1 中国地质大学, 武汉 430074)

(2 江西省地质调查研究院, 南昌 330030)

**摘要:**新疆西天山乌孙山地区科库萨依系列石英正长斑岩呈岩瘤状、岩脉状产出, 侵入于早石炭世大哈拉军山组地层中。其 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为  $314.4 \pm 3.7$  Ma (MSWD = 0.51), 属石炭世晚期, 为本区岩浆活动及构造环境探讨提供年代学依据。

**关键词:**形成时代; 石英正长斑岩; 乌孙山地区; 新疆

**中图分类号:** 588.13

**文献标识码:** A

新疆伊犁乌孙山地区侵入岩发育, 以中酸性侵入岩为主, 辉长岩少量。中酸性侵入岩主要为石英闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、正长花岗岩及少量的石英正长斑岩、二长正长斑岩、花岗斑岩等。区域矿产调查资料表明, 区内已发现钼矿(化)与中细粒花岗闪长岩有关, 铜、锌与二长花岗岩有关, 而金矿化与石英正长斑岩关系密切。在乌孙山北侧察布查尔一带, 对中细粒斑状黑云二长花岗岩(317 Ma, K-Ar 法)、石英二长斑岩(292 Ma, 锆石 U-Pb 法)年龄进行了测定<sup>①</sup>, 但未对石英正长斑岩测年。

2006~2008年, 笔者等在新疆伊犁乌孙山一带进行了1:5万恰吉山隘幅区域地质矿产调查, 对区内石英正长斑岩进行了 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年。本文报道了该定年结果, 期望为探讨区内岩浆活动、构造环境及成矿规律提供年代学依据。

## 1 地质背景

研究区位于塔里木板块、伊犁微板块的巩乃斯晚古生代裂谷带中, 北面为博罗科努早古生代岛弧带, 南面为那拉提早古生代叠加岛弧(图1角图)。区内侵入岩不发育, 仅有石英二长斑岩、石英正长斑岩出露, 石英正长斑岩以科库萨依岩体为代表。岩体呈岩瘤状、岩脉状产

\* 收稿日期: 2010-01-14

基金项目: 新疆伊犁地区乌孙山一带战略性矿产远景调查(项目编号: ZYXK2006-07)资助。

第一作者简介: 程春华(1970~), 男, 工程师, 在读工程硕士, 长期从事区域地质矿产调查研究工作。

① 《七三四厂幅、察布查尔幅、乌宗布拉克幅、齐旅再克幅 1:5万区域地质调查报告》, 新疆地矿局第十一地质大队, 2005。

出,平面上呈不规则长条状、次圆或次椭圆形态(图1)。岩体侵入于大哈拉军山组地层中,与围岩呈侵入接触关系,接触面外倾,产状较陡,倾角一般大于45°,接触面总体较为平直。岩体中含有较多的火山岩围岩捕虏体,呈次棱角状,大小2~5 cm。接触变质作用弱,热蚀变不明显,靠近岩体边部可见矿物重结晶现象。

石英正长斑岩呈肉红色,具斑状结构,块状构造。斑晶主要由斜长石(8%~11%)、钾长石(35%~45%)组成。斜长石自形板状,长径1~4 mm,中度绢云母化。钾长石半自形板状,长径1~3.5 mm,具弱绢云母化,见卡氏双晶,有的具环带构造,属正长石。大多数岩石中含有少量黑云母、辉石、角闪石暗色矿物斑晶,有的出现石英斑晶。黑云母斑晶片状,片径0.7 mm,已蚀变成绿泥石。角闪石柱状,横切面菱形,长径0.5~0.7 mm,多色性褐色-黄褐色,属普通角闪石。辉石自形柱状,长径0.5~0.7 mm,属普通辉石。石英呈熔蚀浑圆状,粒径0.2 mm。基质占41%~65%,由斜长石(5%~15%)、钾长石(33%~45%)、石英(7%~10%)、黑云母(2%~3%)及少量辉石、角闪石组成,具细粒花岗结构或半自形粒状结构,粒径0.1~0.3 mm。副矿物种类相对简单,除榍石含量较低外,其余副矿物含量均较高。锆石为149 g/t、磷灰石为373 g/t、角闪石为480 g/t。副矿物晶形多呈棱角状、粒状,延长系数小。

石英正长斑岩SiO<sub>2</sub>含量为63.1%~64.47%,属中性岩类。TiO<sub>2</sub>含量为0.68%~0.78%,含量较低。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量为15.31%~15.54%,(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)含量为9.36%~10.04%,K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O为0.91~1.34,平均为1.13,总体富钾。CaO含量为1.14%~2.67%,(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+FeO)含量4.37%~4.86%,MgO含量为1.26%~2.67%。岩浆具有高的Al、富碱,低Ca、Fe、Mg、Ti,富钾的特征。在花岗岩的TAS图解中样品落入石英二长岩区靠近正长岩的一侧,且属碱性系列侵入岩。A.R为3.17~3.89,在莱特碱度率图解中落入A区,也属碱性序列。CIPW标准矿物中普遍含有Hy、Q。ASI为0.89~0.94,<1.0,属“1”型花岗岩类<sup>[1]</sup>。

$\sum$ REE为235.17~239.2,LREE/HREE为5.72~7.58,(La/Yb)<sub>N</sub>为5.91~7.38,富集轻稀土,轻重稀土分馏较明显; $\delta$ Eu<sub>N</sub>( $\delta$ Eu<sub>N</sub>= $\frac{Eu_N}{\sqrt{Sm_N \times Gd_N}}$ ,式中Eu<sub>N</sub>、Sm<sub>N</sub>、Gd<sub>N</sub>是该元素实测值的球粒陨石标准化值<sup>[2]</sup>),为0.42~0.56,稀土配分曲线略向右倾斜,铕亏损明显,显示初始岩浆形成时存在较强的斜长石分离结晶作用或源区有斜长石的残留<sup>[3,4]</sup>。

在石英正长斑岩不相容元素对原始地幔<sup>[5]</sup>蛛网图上,与相邻元素相比,总体表现为富集大离子亲石元素Rb、Th及高场强元素Ta、Ti;亏损Ba、Nb、P及重稀土元素Y、Yb,暗示初始岩浆形成时发生了斜长石、磷灰石结晶分离及钛铁矿的富集作用。元素对Th-U、Nb-Ta发生了明显的分馏,而元素对Zr-Hf分馏不明显。强烈亏损Nb,暗示岩浆形成过程中受到地壳物质的混染。

## 2 样品与分析方法

采样位置见图1。锆石由河北廊坊市诚信地质服务公司挑选,将采集到的新鲜露头上的岩石样品粉碎至0.27~0.06 mm粒级,经淘洗分选、磁选和重液分离出锆石。然后,在双目镜下尽量挑选各种呈短柱状或长柱状的自形程度好的锆石颗粒。锆石样品靶的制作与SHRIMP定年的锆石样品制备方法基本相同<sup>[6]</sup>。在开始分析之前,进行透射光和反射光照

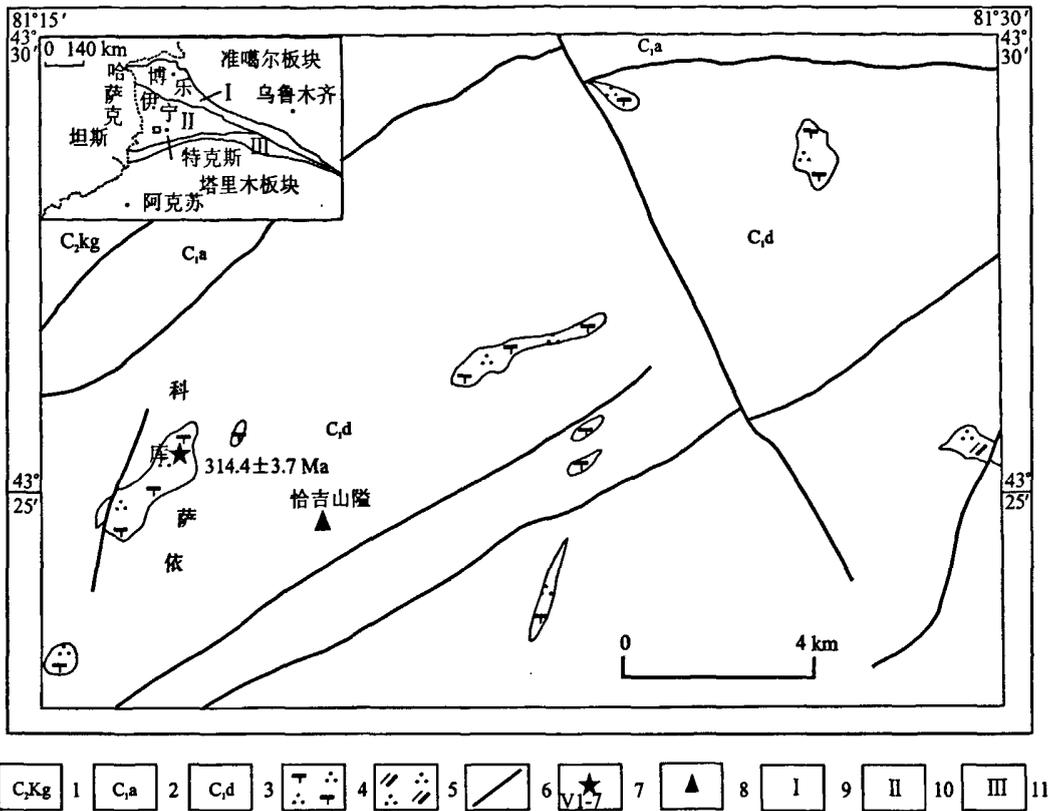


图 1 新疆西天山乌孙山地区侵入岩分布图

Fig. 1 Distribution map of intrusive rocks in Wusun mountain region, West Tianshan, Xinjiang

- 1-科古琴山组; 2-阿克沙克组; 3-大哈拉军山组; 4-石英正长斑岩; 5-石英二长斑岩;
- 6-断层; 7-采样位置及编号; 8-山峰; 9-博罗科努早古生代岛弧带; 10-伊犁微板块;
- 11-那拉提早古生代叠加岛弧

相, 然后进行阴极发光 (CL) 图像分析, 以确定锆石颗粒的内部结构, 确定年龄分析点的位置。阴极发光照相工作在西北大学大陆动力学国家重点实验室用安装有 Mono CL3+ (Gatan, U. S. A.) 的扫描电镜 (Quanta 400 FEG) 完成。LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年工作在北京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室进行, 使用与 Agilent 7500a ICP-MS 连接起来的 New Wave 213 nm 激光取样系统完成。工作参数为: 激光脉冲频率 5 Hz, 脉冲能量为 0.08 ~ 0.10 mJ, 熔蚀孔径为 40~50 μm。U-Pb 分馏根据澳大利亚锆石标样 GEMOC GJ-1 (<sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb 年龄为 608.5 ± 1.5 Ma)<sup>[7]</sup> 来校正, 锆石标样 Mud Tank (732 ± 5 Ma)<sup>[8]</sup> 作为内标, 控制分析精度。每个测试流程的开头和结尾分别测 2 个 GJ 标样, 另外测试 1 个 MT 标样和 10 个待测样品点。U-Pb 年龄和 U、Th、Pb 的计数采用 GLITTER 软件。详细的分析方法和流程类似于 Jackson<sup>[7]</sup> 和 Griffin<sup>[9]</sup> 提出的方法。由于 <sup>204</sup>Pb 的信号极低以及载气中 <sup>204</sup>Hg 的干扰, 该方法不能直接精确测定其含量, 因此, 使用嵌入 EXCEL 的 ComPbCorr # 3-15G 程序<sup>[10]</sup> 来进行普通铅校正。

### 3 分析结果及讨论

#### 3.1 锆石晶形特征

锆石无色,玻璃光泽,晶面光滑,部分晶面有熔蚀现象,个别晶体内有微晶包体,有的发育环带构造,显示岩浆成因锆石的特征。晶体大小为0.05~0.3 mm,延长系数为1.2~1.5为主,个别3~4。主要由(111)、(110)、(100)组成的次棱角状一次浑圆状柱状晶体。

#### 3.2 测试结果

代表性锆石CL图像见图2,测试结果见表1。从图2中可以看出,锆石均具有非常清晰的韵律环带,代表岩浆结晶锆石。部分锆石中间具有核,轮廓略显浑圆,透明度差,亮度较暗,指示这类核为捕获核或残留核<sup>[11]</sup>。

表1 石英正长斑岩LA-ICP-MS定年结果

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of quartz syenite porphyry

测点	同位素比值						年龄(Ma)					
	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	
	±%		±%		±%		(Ma; ±)		(Ma; ±)		(Ma; ±)	
1	0.06747	1.879	0.47909	13.049	0.05151	0.32	852	585	397	90	324	20
2	0.07023	1.389	0.49517	9.564	0.05114	0.238	935	439	408	65	322	15
3	0.05705	1.478	0.38754	9.784	0.04929	0.309	493	503	333	72	310	19
4	0.06331	0.629	0.44862	4.292	0.05149	0.164	719	220	376	30	324	10
5	0.09341	0.451	0.64025	2.975	0.0497	0.106	1496	94	502	18	313	7
6	0.05559	0.194	0.39037	1.35	0.05092	0.086	436	80	335	10	320	5
7	0.05414	0.814	0.36173	5.317	0.04849	0.18	377	330	314	40	305	11
8	0.05503	0.382	0.37474	2.533	0.04939	0.114	413	160	323	19	311	7
9	0.06184	0.433	0.4285	2.894	0.05029	0.131	669	154	362	21	316	8
10	0.05667	0.313	0.39835	2.134	0.05098	0.106	479	125	340	15	321	7
11	0.05732	0.31	0.38214	2.043	0.04835	0.089	504	122	329	15	304	5
12	0.0905	0.77	0.62893	5.126	0.05041	0.151	1436	168	495	32	317	9
13	0.07443	0.314	0.51162	2.099	0.04986	0.095	1053	87	420	14	314	6
14	0.09009	1.157	0.61498	7.602	0.04951	0.197	1427	258	487	48	312	12
15	0.05454	1.821	0.3801	12.462	0.05054	0.335	393	611	327	92	318	21
16	0.07352	0.676	0.50698	4.507	0.05002	0.146	1028	193	416	30	315	9
17	0.07504	0.805	0.52866	5.519	0.0511	0.156	1070	225	431	37	321	10
18	0.07081	1.445	0.49071	9.84	0.05027	0.214	952	454	405	67	316	13
19	0.071	1.29	0.48434	8.544	0.04961	0.239	957	404	401	58	312	15
20	0.07727	0.546	0.53245	3.664	0.04998	0.116	1128	145	433	24	314	7

在锆石U-Pb定年中,可获得三组表面年龄: $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 和 $^{207}/^{206}\text{Pb}$ 。由于 $^{238}\text{U}$ 和 $^{235}\text{U}$ 在丰度和半衰期方面存在明显差异,锆石中积累的放射性成因 $^{207}\text{Pb}$ 的丰度比 $^{206}\text{Pb}$ 的丰度约低20倍,使前者的测量精度较差,导致 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 年龄往往不能反映岩体的真实年龄。对于放射性成因组份积累较少的年轻锆石来说, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄更能代表锆石的结晶年龄<sup>[9,12]</sup>。所以我们以 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄来确定岩体形成时代。

对科库萨依岩体VI-7样品20次分析,均在具明显韵律环带的锆石上进行。锆石的定年

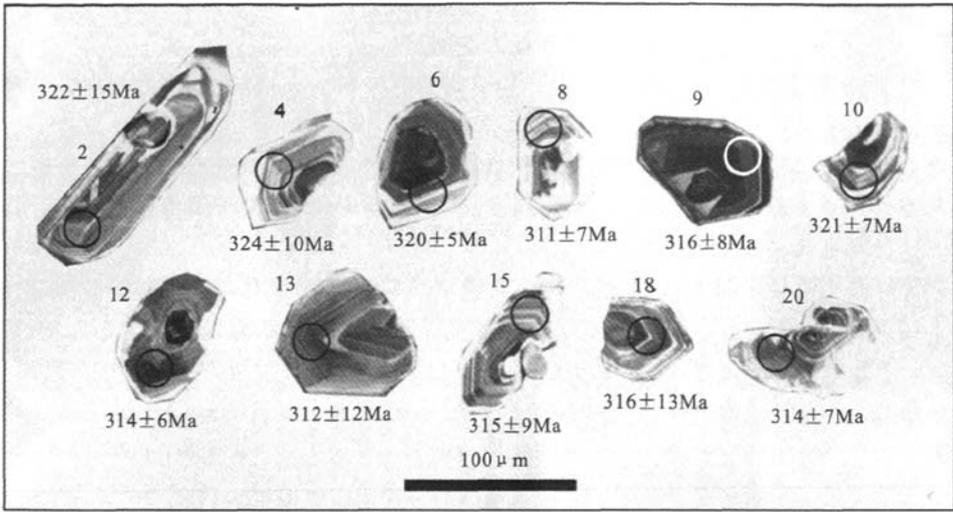


图 2 科库萨伊岩体石英正长斑岩中代表性锆石 CL 图像(图中编号为表 1 中的测点号)

Fig. 2 Zircon CL images of quartz syenite porphyry from the Kekusayi pluton. (Serial numbers in the figure are measured spot numbers in Table 1.)

结果表明,绝大多数 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄均位于谐和线上(图 3),表明这些锆石自形成以来,U-Pb 同位素体系是封闭的,没有 U 或 Pb 同位素的加入或丢失。20 个测点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 304~324 Ma,加权平均年龄为  $314.4 \pm 3.7$  Ma (MSWD=0.51),属石炭世晚期。

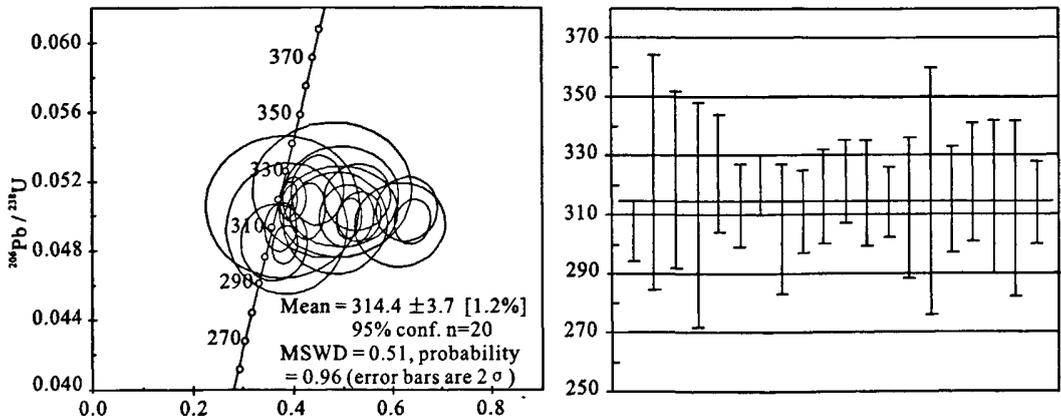


图 3 科库萨伊岩体石英正长斑岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年谐和图

Fig. 3 SHRIMP zircon U-Pb concordia diagrams of quartz syenite porphyry from the Kekusayi pluton

### 3.3 讨论

科库萨依岩体表现为拉张环境下的岩墙扩张侵位方式,与同造山挤压背景环境下的侵入岩明显有别。主量元素特征表明,侵入岩属碱性系列,而不是同造山环境下的钙碱性系列。在侵入岩的多阳离子图解中,投影点落入造山晚期花岗岩类区;在 Rb/30-Hf-Ta $\times$ 3 图解

(图略)中科库萨依岩体中石英正长斑岩落入板内花岗岩区;在Rb-(Yb+Ta)构造判别图解(图略)中,石英正长斑岩样品投影点落入板内花岗岩区。

前人研究表明,晚古生代时期,沿伊什基里克山有一条近东西向的裂谷或裂隙槽,因此,科库萨依侵入岩可能属裂谷有关的板内环境<sup>①</sup>。

科库萨依岩体侵入于早石炭世大哈拉军山组地层中,其时代显然不早于早石炭纪,定年结果与野外地质资料一致。区域上石英正长斑岩属晚期岩浆,岩浆作用不强烈,暗示乌孙山地区岩浆活动在石炭晚期已进入尾声。

致谢:本文资料来源于1:5万恰吉山隘幅地质矿产调查及周边矿产调查资料,是集体劳动的结晶,参加野外工作的人员还有凌联海、魏源、杨永革及新疆地调院朱志新等。LA-ICP-MS 锆石U-Pb 定年过程中得到了南京大学王孝磊副教授,谢磊、王丽娟博士、武兵老师的热情帮助,楼法生教授高级工程师在成文过程中提出了宝贵的修改意见,在此深表谢忱。

## 参考文献

- [1] Chappell, B. W. White, A. J. R. Source rocks of I and S-type granites in Lochlan Fold Belt, south-eastern Australia[J]. Philosophical Transactions Royal Society London, 1974; 693-707.
- [2] Boynton W V. Geochemistry of the rare earth elements; Meteorite studies [A]. Henderson P (ed). Rare Earth Elements Geochemistry[C]. Elsevier, 1984; 63-114.
- [3] Ewart, A., Chappell, B. W., Le Maitre, R. W. Aspects of the mineralogy and chemistry of the intermediate-silicic Cenozoic volcanic rocks of eastern Australia. Part 1: introduction and geochemistry [J]. Australia Journal Earth Science 1985, 32(4); 359-383.
- [4] London, D. Internal differentiation of rare elements; effects of boron, phosphorus and fluorine[J]. Geochemical Cosmochimica Acta, 1987, 51; 403-420.
- [5] Sun S-S and McDonough W F. 1989. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalt; implications for mantle composition and processes [A]. in: Saunders A D and Norry M J. eds. Magmatism in the Ocean Basins[C]. Geol. Soc. Spec. Pub., 42; 528-548.
- [6] 宋彪, 张玉海, 万渝生, 等. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论[J]. 地质论评, 2002. 5(增刊): 26-30.
- [7] Jackson S E, Pearson N J, Griffin W L, et al. The application of laser ablation microprobe-inductively coupled plasma-mass spectrometry (LAM-ICP-MS) to in situ U—Pb zircon geochronology [J]. Chem. Geol., 2004, 211: 47-69.
- [8] Black L P and Gulson B L. The age of the Mud Tank carbonatite, Strangways Range, Northern Territory[J]. BMR J. Aust. Geol. Geophysics 1978, 3; 227-232.
- [9] Griffin W L, Belousova E A, Shee S R, et al. Crustal evolution in the northern Yilarn Craton; U-Pb and Hf-isotope evidence from detrital zircons [J]. Precam. Res. 2004, 131; 231-282.
- [10] Andersen T. Correction of common Pb in U-Pb analyses that do not report <sup>204</sup>Pb[J]. Chem. Geol. 2002, 192; 59-79.
- [11] Vavra G, Schmid R, Gebauer D. Internal morphology, habit and U-Th-Pb microanalysis of amphi-

①《新疆伊犁地区乌孙山一带战略性矿产远景调查区域地质调查报告》,江西省地质调查研究院,2009

lite-to-granulite facies zircon; Geochronology of the Ivrea Zone (Southern Alps.) [J]. *Contrib to Mineral Petrol*, 1996, 134:380-404.

[12] Compton W, Williams I S, Kirschvink J L, et al. Zircon U—Pb ages for the Early Cambrian time-scale [J]. *Journal of the Geological Society*, 1992, 149(2):171-184.

## Formation age of quartz syenite porphyry from Wusun mountain region, West Tianshan, Xinjiang, and its geological significance

CHENG Chun-hua<sup>1,2)</sup>, ZHANG Fang-rong<sup>2)</sup>, YU Quan<sup>2)</sup>

(1. *The Geological University of China, Wuhan 430074 China*)

(2. *Jiangxi Institute of Geological Survey, Nanchang 330030, China*)

### Abstract

Kekusayi series of quartz syenite porphyries in Wusun mountain region, West Tianshan, Xinjiang, which produced as warty and dike type, is mainly intruded into the strata of early Carboniferous, Dahalajunshan formation. U-Pb isotope dating zircons from Kekusayi quartz syenite porphyry are determined by LA-ICP-MS and yield a zircon U-Pb age of  $314.4 \pm 3.7\text{Ma}$  (MSWD=0.51), which indicates that the formation age should be late Carboniferous. This paper provides a geochronology evidence for discussing the magmatism and tectonic-environment of this region.

**Key words:** formation age; quartz syenite porphyry; Wusun Mountain region; Xinjiang

### 《资源调查与环境》电子邮箱变更通知

由于中国地质调查局局域网进行升级调整,因而我所学术期刊《资源调查与环境》原有的投稿邮箱已停用,以后也不再使用。新的投稿邮箱变更为:bjibu@cgs.cn 或 njqyongquan@163.com。由此给作者带来的不便,深表歉意! 欢迎投稿!

《资源调查与环境》编辑部