

that both ϵ_{Ce} and ϵ_{Nd} values from all the 12 samples measured are negative, and the ϵ_{Nd} values are higher than those from other oceans (Piepgras et al., 1979; Amakawa et al., 1991), ranging from -0.8 to -1.9 and -1.4 to -4.6 respectively. They all are located in the III quadrant on the $\epsilon_{\text{Ce}}-\epsilon_{\text{Nd}}$ coordinates diagram. According to these characteristics, combined with the ocean-floor geological environment, it might be suggested that the ore-forming materials derived directly or indirectly from the oceanic depleted mantle are dominant in the ferromanganese nodules of the Pacific Ocean. The obvious variations in the Ce and Nd compositions and the intensity of Ce anomalies (δ_{Ce} values) among the various lamella within the nodules (for example Dy85-3A and 3B) might indicate that a greater change had taken place for the sources of the ore-forming material during the whole formation process of the nodules, and strong activity of mantle-derived components had occurred in the formation of the nodules.

Key words: ferromanganese; Ce, Nd isotopes; REE; Pacific Ocean; C-C zone

阿尔金断裂带的形成时代

——来自于同构造生长锆石 U-Pb SHRIMP 定年证据

李海兵¹⁾ 杨经绥¹⁾ 许志琴¹⁾ 吴才来¹⁾ 张建新¹⁾ 万渝生¹⁾ 史仁灯¹⁾

John G. LIU²⁾ Trevor R. IRELAND²⁾

1) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037

2) Department of Geological & Environmental Sciences, Stanford University, Stanford, CA USA

阿尔金断裂带位于青藏高原北部边缘,它是一条亚洲大陆内部巨型的 ENE 向断裂体系,以具有巨大左行走滑位移和非常醒目的线性特征而引起中外地质学家的关注。尤其它与青藏高原是否存在成生联系,是国内外地质学界关注的焦点,而其中阿尔金断裂带形成的时代则又是焦点中的焦点。因此,对阿尔金断裂带的形成时代存在较大的分歧和看法是不言而喻的。目前至少存在7种不同的观点:① 中—新元古代(周勇等, 1999);② 早古生代(张治洮等, 1985);③ 华力西期(崔军文等, 1999);④ 华力西—印支期(黄汉纯等, 1987);⑤ 侏罗纪(Arnaud et al., 1999);⑥ 晚白垩世(刘永江等, 2000);⑦ 由印度板块与欧亚板块碰撞而派生的,仅控制新生代地层的展布,形成于喜马拉雅期(Tapponnier et al., 1986; Gaudemer et al., 1989; Wang, 1997; 葛肖虹等, 1998; Ritts et al., 2000)。

1999年,笔者等在阿尔金断裂带中段索尔库里地区发现了阿尔金断裂带走滑变形过程中形成的糜棱岩,通过该糜棱岩的岩石学和微构造地质学研究,发现了走滑剪切过程中形成的定向排列的深熔型锆石,配合单颗粒锆石 U-Pb SHRIMP 精确定年,确定该糜棱岩形成于印支期,从而认为其可以代表阿尔金走滑断裂带的形成时代。

1 糜棱岩的基本地质特征

发现的糜棱岩及糜棱岩化岩石主要分布在被称之为中元古界塔什达坂群之中,宽约100~500m,呈带状分布,完全受阿尔金断裂带控制,总体面理走向 NE70°陡倾(近直立),与阿尔金断裂带走向一致,拉伸线理近水平,主要由角闪质糜棱岩及糜棱岩化岩石和花岗质糜棱岩及糜棱岩化岩石组成,剪切应变较为发育,均为左行剪切。研究表明这些角闪质糜棱岩和花岗质糜棱岩是左行走滑剪切过程中深熔作用的产物。同构

表1 糜棱岩化花岗质、角闪质岩石单颗粒锆石 U-Pb 同位素离子探针测年结果

样品号	岩石类型	锆石特征	年 龄(Ma)				
			366±5.8	239±10.1	240.0±4.2	244.7±6.8	530.1±6.8
S99-6	花岗质糜棱岩	无色、浅紫色长柱状、弱浑圆柱状晶体	长柱状,具残核,残核与边缘过渡带年龄	长柱状	长柱状	长柱状	弱浑圆柱状
S99-9	角闪质糜棱岩	浅紫色透明弱浑圆柱状晶体	492.1±6.2弱浑圆柱状	272.2±3.3长柱状,具内核,内核外部年龄	489.9±44.8弱浑圆柱状	502.6±7.1弱浑圆柱状	487.9±5.5弱浑圆柱状
S99-25	角闪质糜棱岩	无色或浅紫色透明弱浑圆柱状晶体	548.0±12.5内核核部年龄	461.0±5.3边部年龄	513.7±44.2弱浑圆柱状	470.8±10.9弱浑圆柱状	512.7±25.2弱浑圆柱状

注:样品由美国斯坦福大学离子探针实验室测试。

造深熔作用的证据主要表现为:①混合岩化作用强烈,且空间分布上受剪切带控制,岩石具有 ENE 向透入性叶理,与阿尔金走滑断裂带方向一致;②重结晶的角闪石集合体呈条带状分布,具有明显的星云状分布结构,反映出深熔作用的特点,且角闪石均定向排列,构成近水平的拉伸线理,角闪石中具有榴石包裹体,深熔型的长柱状锆石定向排列,表明深熔作用受剪切作用的影响;③长英质条带发育,斜长石具有高温塑性变形特征,并且具有左旋剪切应变;④在糜棱岩中,石英 C 轴组均显示左行剪切特征,总体以中低温底面组构为主,但也出现有高温柱面组构特征,反映出走滑早期深熔作用开始时具有高温剪切作用特点;⑤在糜棱岩及糜棱岩化岩石的 XZ 面上,均具一致的左行剪切应变,反映出为同一走滑剪切作用下的产物。

2 锆石的离子探针(SHRIMP)年代学

选择一些同剪切深熔作用形成的花岗质、角闪质糜棱岩进行锆石分选。锆石经重液分选后,经双目镜下仔细识别,分出长柱状晶形较好和弱浑圆柱状的2种形态的锆石。两种锆石均透明度好,无色或浅紫红色。其中,第一类透明的长柱状晶形较好的锆石,其粒度相对较大,在岩石中排布有方向性,其晶体长轴生长方向与拉伸线理方向基本一至,且主要发育在花岗质岩石中。这种锆石的阴极发光图像上不见环带,只见顺柱面方向的条纹。较为均一,并具有较高的 Th/U 值。第二类弱浑圆柱状透明的锆石粒度相对较小,具有较多的小晶面,无定向性,且在花岗质、角闪质岩石中均有分布。我们对3个样品中的14颗锆石做了单颗粒锆石 U-Pb 离子探针(SHRIMP)定年,测试在美国斯坦福大学离子探针实验室完成。从测得的15个数据(表1)来看,可分为两组:第一组主要为早古生代466~548 Ma;第二组为印支期238~243 Ma。第一组年龄为弱浑圆柱状锆石的年龄;第二组年龄为长柱状晶形较好锆石的年龄。

3 讨论与结论

结合镜下观察,早古生代年龄的锆石晶体主要为弱浑圆柱状,显示出变质成因锆石的特征,可能为早期变质作用的产物在同构造深熔物质中的残留,故在花岗质和角闪质岩石中均有分布;具印支期年龄的锆石,长柱状,晶形较好,具深熔(岩浆)型锆石的特征,可能代表走滑剪切过程中伴随的深熔作用的产物,那么这种锆石的年龄就可代表走滑剪切的形成时代,但是具有残核的长柱状锆石是继承了早期变质锆石而生长的。因此,两组年龄数据正好与相应的构造事件相吻合:461~548 Ma 代表早古生代变形变质年龄,与最近研究(杨经绥等1998;张建新等1999;Xu et al., 1999)的阿尔金和祁连山构造带中存在早古生代造山作用的结果基本一致,它们可能代表早古生代碰撞作用过程;239~244 Ma 则可能代表阿尔金走滑的起始年龄,这与东昆仑南缘大型左行走滑断裂带的形成时代200~240 Ma(Li et al., 1996a)基本一致。也就是说在印支期巴颜喀拉块体与东昆仑块体发生斜向碰撞走滑的同时,其西部塔里木块体与东侧块体也可能发生较为强烈的左行走滑,阿尔金断裂带有可能在那时开始形成。Arnaud 等(1999)对阿尔金构造带内出露的糜棱岩化花岗岩以及含长英

质布丁的片岩进行 Rb-Sr 和 ^{40}Ar - ^{39}Ar 测年,得到 $140 \pm 2 \text{ Ma}$ ~ $162.9 \pm 3.7 \text{ Ma}$ 一组年龄数据,笔者认为,该组年龄可能代表了阿尔金断裂带再活动的时代。值得注意的是在东昆仑南缘走滑断裂带中,同样也存在一期140~150 Ma 的强烈左行走滑再活动(Li et al., 1996b)。

总之,阿尔金断裂带自印支期形成以来再活动以及断裂的形成演化过程的研究尚有大量工作待做,但随着近几年在该地区工作的开展,相信在这方面的研究将会有更大的突破。

参考文献

- 崔军文,唐哲明,邓晋福,等. 1999. 阿尔金断裂系. 北京:地质出版社.
- 葛肖虹,张梅生,刘永江,等. 1998. 阿尔金断裂研究的科学问题与研究思路. 现代地质, 12(3):295~301.
- 黄汉纯,王长利. 1987. 阿尔金构造带特征及其对塔里木和柴达木盆地的影响. 见:中国地质科学院院报(17). 北京:地质出版社.
- 刘永江,叶慧文,葛肖虹,等. 2000. 阿尔金断裂带岩体激光微区 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄. 科学通报, 45(19):2101~2104.
- 杨经绥,许志琴,李海兵,等. 1998. 柴北缘大柴旦榴辉岩的发现及区域构造意义. 科学通报, 43(14):1544~1549.
- 张建新,张泽明,许志琴,等. 1999. 阿尔金构造带西段榴辉岩的 Sm-Nd 及 U-Pb 年龄. 科学通报, 44(10):1109~1112.
- 张治洪. 1985. 阿尔金断裂的地质特征. 见:中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊(9). 北京:地质出版社. 20~32.
- 周勇,潘裕生. 1999. 阿尔金断裂早期走滑运动方向及其活动时间探讨. 地质论评, 45(1):1~9.
- Arnaud N, Delville N, Montel J M, et al. 1999. Paleozoic to Cenozoic deformation along the Altyn Tagh fault in the Altun Shan massif area, Eastern Qilian Shan, NE Tibet, China: American Geophysical Union Annual Meeting Abstracts. F1018.
- Gaudemer Y, Tapponnier P, Turcotte D L. 1989. River offsets across active strike-slip fault, Ann. Tectonics, 1: 55~76.
- Li H B, Xu Z Q, Chen W. 1996a. Deformational features and tectonic evolution of the south Kunlun strike-slip shear zone, East Kunlun mountains. Acta Geoscientia Sinica, Special Issue. 16~21.
- Li H B, Xu Z Q, Chen W. 1996b. Southern margin strike-slip fault zone of East Kunlun mountains: an important consequence of intra-continental deformation. Continental Dynamics, 1996, 1(2):146~155.
- Ritts B D, Biffi U. 2000. Magnitude of post-Middle Jurassic (Bajocian) displacement on the central Altyn Tagh fault system, northwest China. Geological Society of American Bulletin, 2000, 112(1):61~74.
- Tapponnier P, Peltzer G, Armijo R. 1986. On the mechanics of the collision between India and Asia. In: Coward M P, Ries A C. Eds. Collision Tectonics, Geological Society of London Special Publish. 115~157.
- Wang E. 1997. Displacement and timing along the northern strand of the Altyn Tagh fault zone, Northern Tibet. Earth and Planetary Science Letters, 150:55~64.
- Xu Z Q, Yang J S, Zhang J X, et al. 1999. Tectonic significance of early Paleozoic high-pressure rocks in the Qilian-Qaidam-Altun Mountains, NW China: American Geophysical Union Annual Meeting Abstracts. F1018.

(章雨旭 编辑)