

青海东昆仑哈日扎多金属矿区构造活动的 锆石裂变径迹定年分析

田承盛¹, 张爱奎^{2,3}, 袁万明², 冯云磊², 曹建辉², 张丽婷², 程学芹², 陈小宁²,
段宏伟², 王威², 郝娜娜², 马忠元³

(1. 青海省地质调查局, 青海西宁 810012; 2. 中国地质大学, 北京 100083;

3. 青海省第三地质矿产勘查院, 青海西宁 810029)

[摘要] 青海省哈日扎多金属矿区位于东昆仑东段, 属东昆中多旋回岩浆弧带, 是新的矿产勘查基地, 成矿作用主要受 NE 和 NW 向两组构造蚀变带控制。本文通过不同类型样品的锆石裂变径迹定年分析, 探讨区内的构造活动。所获得的 10 个样品年龄为 116~204 Ma, 并由 3 个组年龄构成, 即 204~181 Ma, 142~168 Ma 和 116~120 Ma。第 1 组年龄 204~181 Ma 反映印支晚期三叠纪末羌塘地块与昆仑地块碰撞的地质事件及其时限; 后两组年龄主要是晚侏罗世~早白垩世冈底斯地体向北与羌塘地体碰撞汇聚的响应, 活动时限为 168~116 Ma。第 2 和 3 组年龄同时表明本区燕山期构造活动存在强度差异, 即有两个强作用期。同时, 3 组年龄也揭示本区具有多期次成矿活动。

[关键词] 构造活动 裂变径迹 锆石年龄 东昆仑 青海

[中图分类号] P597 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2014)05-0833-07

Tian Cheng-sheng, Zhang Ai-kui, Yuan Wan-ming, Feng Yun-lei, Cao Jian-hui, Zhang Li-ting, Cheng Xue-qin, Chen Xiao-ning, Duan Hong-wei, Wang Wei, Hao Na-na, Ma Zhong-yuan. Zircon fission track dating evidence for tectonic events in the Hariza polymetallic ore district, Eastern Kunlun Mountains, Qinghai-Tibet Plateau[J]. *Geology and Exploration*, 2014, 50(5): 0833-0839.

青海省哈日扎多金属矿区位于东昆仑东段, 是近年来的新型矿产勘查区。以往主要是青海省第三地质勘查院作了大量的基础地质与找矿勘探工作, 也有几篇论文报道了斑岩型矿床的特征, 并获得花岗闪长斑岩锆石 U-Pb 年龄为 234.5 ± 4.8 Ma, 认为花岗闪长斑岩为其成矿母岩(韩英善等, 2012; 罗照华等, 2002; 马忠元等, 2013; 宋忠宝等, 2013)。总体上该矿床的地质研究程度较低, 特别是对区内与成矿作用相关的构造热事件探讨较少。本文将通过来自矿区不同部位、不同岩性样品的锆石裂变径迹定年研究, 获得一些构造活动的具体认识。

1 地质背景

大地构造位置属东昆中多旋回岩浆弧带, 北接祁漫塔格-都兰新元古代-中古生代缝合带, 南邻

东昆中新元古代-早古生代缝合带。在成矿区带的划分上处于秦-祁-昆成矿域东昆仑成矿省伯喀里克-香日德印支期金、铅、锌、铜、稀有、稀土成矿带的东段。区内古老变质岩系发育, 华里西期、印支期构造岩浆活动频繁、强度大, 构造作用较复杂, 成矿作用类型多样, 化探、物探异常广布, 为青海省重要的成矿区带和战略矿产资源勘查基地。区内已发现多处矿体, 矿产种类主要为多金属矿产铜铅锌等。

区域上有 NW 向、NE 向、近 EW 向、近 SN 向共 4 组断裂, NW 向、NE 向断裂具有多期活动的特征, 是区内主要的导运岩(矿)构造, 并具储矿构造(图 1)。区内出露的主要地层有古元古代金水口岩群片麻岩、片岩及大理岩, 石炭纪大理岩夹炭质页岩、粉砂岩、纸片状页岩及砾岩等, 晚三叠纪鄂拉山组灰绿色安山岩、安山质凝灰熔岩、英安质角砾凝灰岩、流

[收稿日期] 2014-05-20 **[修改日期]** 2014-08-16; **[责任编辑]** 郝情情。

[基金项目] 中国地质调查局地质调查工作项目(基 2011-03-04-06), 青海省地质调查局项目(青地调勘 2013-103)和国家自然科学基金项目(41172088, 40872141)联合资助。

[第一作者] 田承盛(1965 年), 男, 高级工程师, 长期从事矿床学和地质矿产综合研究。E-mail: tcs2006qh@126.com。

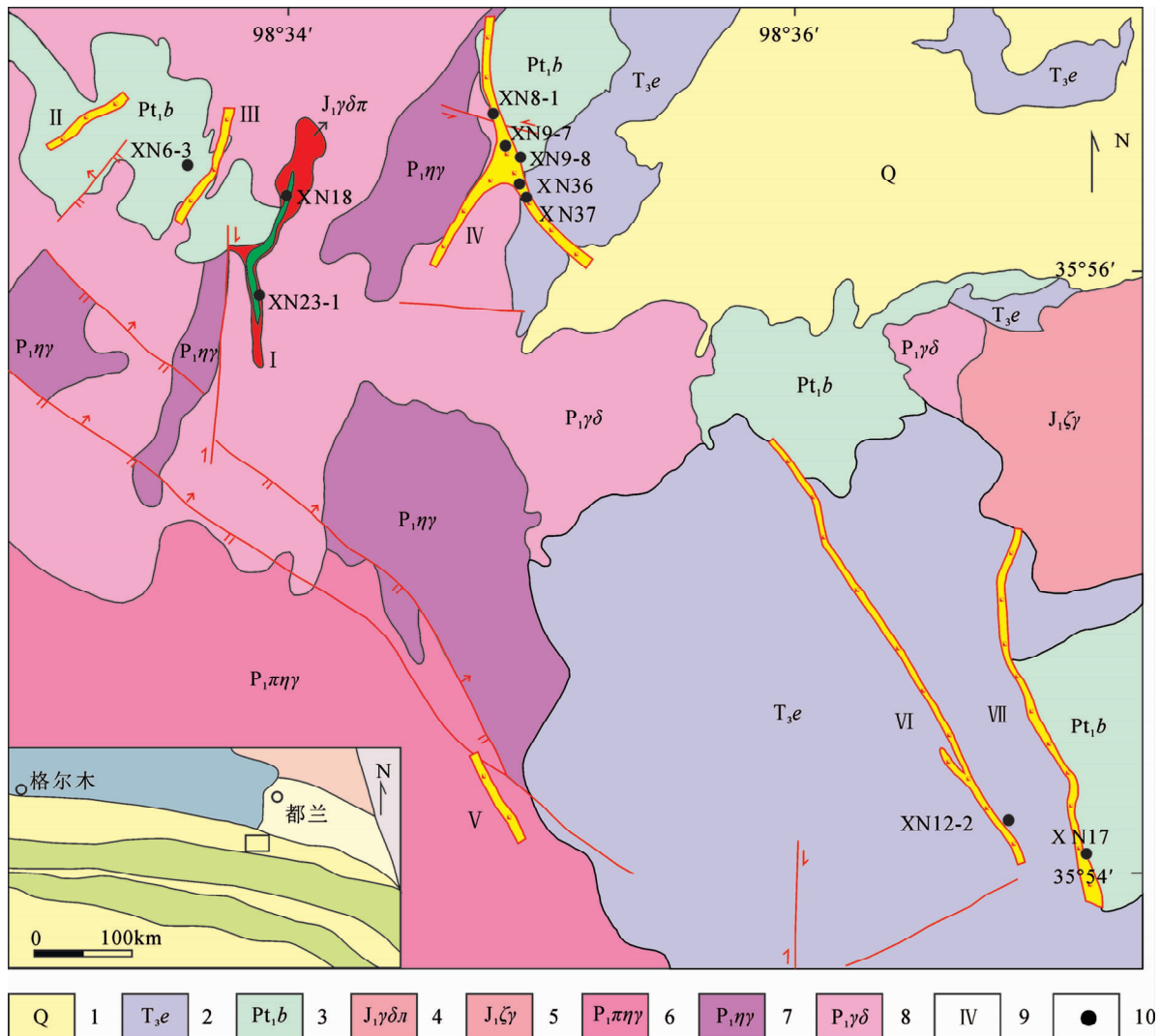


图1 东昆仑哈日扎多金属矿区地质图与样品位置

Fig.1 Geological map and sample locations in the Hariza polymetallic ore district, Eastern Kunlun Mountains

1 - 新生界; 2 - 晚三叠世鄂拉山组晶屑凝灰岩和英安岩; 3 - 古元古代白沙河片麻岩、片岩、砂岩和大理岩; 4 - 早侏罗世花岗闪长岩; 5 - 早侏罗世钾长花岗岩; 6 - 早二叠世花岗闪长岩; 7 - 早二叠世二长花岗岩; 8 - 早二叠世花岗闪长岩; 9 - 表示蚀变矿化带编号; 10 - 样点

1 - Cenozoic; 2 - Late Triassic volcanic rocks in Elashan Group; 3 - Paleoproterozoic metamorphic rocks in Baisahe Group; 4 - Early Jurassic granodiorite; 5 - Early Jurassic moyite; 6 - Early Permian granodiorite; 7 - Permian adamellite; 8 - Early Permian granodiorite; 9 - Numbers of the altered mineralizing zones; 10 - sample location

纹-英安质含角砾凝灰熔岩等。华力西期主要出露有早二叠世英云闪长岩、似斑状花岗闪长岩、似斑状含斑二长花岗岩、花岗闪长岩等,形成于陆内俯冲构造环境,是构成区内华力西期成矿的重要岩浆热源。印支期是区内岩浆岩的大规模活动期,主要发育有晚三叠世黑云母花岗闪长岩、似斑状二长花岗岩等,岩石化学特征反映本期花岗岩形成于板内叠覆造山环境,与区域成矿作用关系密切。燕山期主要出露岩性为侏罗世花岗斑岩,属高钾钙碱性-碱性系列岩石,形成于造山期后环境,与矿化存在密切关系。

哈日扎矿区系由斑岩矿区、南矿区和北矿区组成,矿体实际上均被不同的构造蚀变破碎带控制,具体包括7个破碎带,分别编号为I、II、III、IV、V、VI和VII,其中前4个矿带位于北矿区,后3个矿带位于南矿区。各个矿带宽度不等,变化于10~200 m之间,多为20~100 m;长度延伸较大,目前识别程度为1~2 km。几乎全部褐铁矿化,硅化、绢英岩化、黄铁矿矿化强烈,局部可见孔雀石化和方铅矿化。矿带I, II, III和IV走向NE, IV, V, VI和VII矿带走向NW(图1)。IV矿带产状特殊,同时包括有NW向和

NE 向两条蚀变矿化带。斑岩型矿床产出 I 矿带,其他矿带主要是构造蚀变岩型矿床。各个矿带最为显著的特征是地表为褐红色破碎带,较为醒目。NW 向和 NE 向断裂带是本区主要的控矿构造,另外 EW 向次级断裂具有容矿特性。矿区出露地层有古元古代白沙河组片岩、片麻岩、砂岩和大理岩与晚三叠统鄂拉山组晶屑凝灰岩和英安岩。侵入岩主要有早二叠世花岗闪长岩和二长花岗岩,晚三叠世花岗闪长岩以及早侏罗世花岗斑岩等。燕山期主要出露岩性为侏罗世花岗斑岩,属高钾钙碱性-碱性系列岩石,形成于造山期后环境,与矿化存在密切的关系。

2 样品与实验

样品主要采集于哈日扎多金属矿区不同蚀变矿化带矿石、蚀变岩、与成矿有关的花岗斑岩和石英闪长岩。

样品经过粉碎后,首先利用传统方法粗选和自然晾干,然后通过电磁选、重液选、介电选等手段,对矿物颗粒进行单矿物提纯,最终分离出所需的锆石单矿物颗粒。将锆石矿粒置于聚四氟乙丙烯塑料片上,制作成光薄片,研磨抛光揭示矿物颗粒内表面。样片在 210℃ 下,使用 KOH + NaOH 高温熔融物蚀刻 20~35 h 揭示自发径迹 (Yuan *et al.*, 2007)。将低铀白云母片作为外探测器盖在光薄片上,紧密接触矿粒内表面,与 CN2 标准铀玻璃 (Bellemans *et al.*, 1995) 一并接受辐照。然后在 25℃ 条件下的 40% HF 中,蚀刻白云母外探测器 20 min 揭示诱发

径迹。这样便可在高精度光学显微镜 100 倍干物镜下观测统计裂变径迹。应用 IUGS 推荐的 Zeta 常数标定法计算出裂变径迹年龄。实验中根据标准矿物的测定,加权平均得出 Zeta 常数值 (Hurford and Green, 1983; Hurford, 1990)。本次试验获得的锆石样 Zeta 常数为 $90.9 \pm 3.5 \text{ a/cm}^2$ 。

3 实验结果

表 1 给出了所获 10 个锆石样裂变径迹定年结果,其中 8 个样的 χ^2 检验值大于 5%,另 2 个样 χ^2 检验值小于 5%。参数 χ^2 值是用来评价所测样品单颗粒年龄是否分散或者说是否属于同一组年龄的概率 (Hurford, 1990)。5% 是 χ^2 检验的临界值,当大于 5% 时,说明样品的各个单颗粒年龄分布集中,应属于同组年龄;否则,当小于 5% 时,则样品单颗粒年龄分散,是属于混合年龄,这时基于泊松变异的常规分析 (Green *et al.*, 1986) 无效。裂变径迹年龄实质上是权重平均年龄,应根据具体情况讨论其地质意义。对于 χ^2 检验值小于 5% 的 2 个样品,应用 Binomfit 软件 (Brandon, 1992; Mark, 1996) 对裂变径迹年龄进行分解,其中样品 XN6-3 分解为 $147 \pm 14 \text{ Ma}$ 和 $116 \pm 15 \text{ Ma}$ 两组年龄,样品 XN37 分解为 $120 \pm 6 \text{ Ma}$ 和 $166 \pm 13 \text{ Ma}$ 两组年龄。

这样,所有样品年龄变化于 116 Ma ~ 204 Ma,变化范围较大,但显然是由 3 组年龄构成,即 204 Ma ~ 181 Ma, 142 Ma ~ 168 Ma 和 116 Ma ~ 120 Ma (图 2)。

表 1 哈日扎 IV 矿带锆石裂变径迹年龄 (Ma)

Table 1 Zircon fission track ages (Ma) for the IV ore zone in Hariza polymetallic District

原样号 Sample	岩性 Rock	颗粒数 Grain (n)	$\rho_s (10^5/\text{cm}^2)$ (N_s)	$\rho_i (10^5/\text{cm}^2)$ (N_i)	$\rho_d (10^5/\text{cm}^2)$ (N_d)	$P(\chi^2)$ (%)	中心年龄 Central age (Ma $\pm 1\sigma$)
XN6-3	矿石	28	119.973 (7135)	72.556 (4315)	17.604 (10030)	0	131 $\pm$ 6
XN8-1	矿化硅质岩	28	139.888 (3534)	75.248 (1901)	18.291 (10030)	43.3	153 $\pm$ 8
XN9-7	钾化蚀变岩	23	142.235 (3062)	77.667 (1672)	18.749 (10030)	39.2	154 $\pm$ 8
XN9-8	石英闪长岩	24	113.937 (5712)	57.926 (2904)	19.093 (10030)	7.7	168 $\pm$ 8
XN36	蚀变晶屑凝灰岩	29	188.583 (5654)	91.723 (2750)	22.187 (10030)	12.4	204 $\pm$ 10
XN37	矿石	24	103.758 (3682)	71.549 (2539)	22.646 (10030)	0	146 $\pm$ 8
XN12-2	绢英岩	15	100.866 (2102)	53.130 (1107)	19.437 (10030)	84.8	166 $\pm$ 9
XN17	褐色矿化蚀变岩	15	101.321 (2480)	51.069 (1250)	20.354 (10030)	12.6	181 $\pm$ 10
XN18	钾化花岗斑岩	28	123.329 (5213)	70.690 (2988)	20.812 (10030)	88.0	163 $\pm$ 8
XN23-1	花岗斑岩矿石	27	112.321 (3754)	75.908 (2537)	21.385 (10030)	83.9	142 $\pm$ 7

注: N_s , N_i 和 N_d 分别为自发径迹数、诱发径迹数和标准径迹数; ρ_s , ρ_i 和 ρ_d 分别为自发径迹密度、诱发径迹密度和标准径迹密度; $P(\chi^2)$ 为 χ^2 检验值。

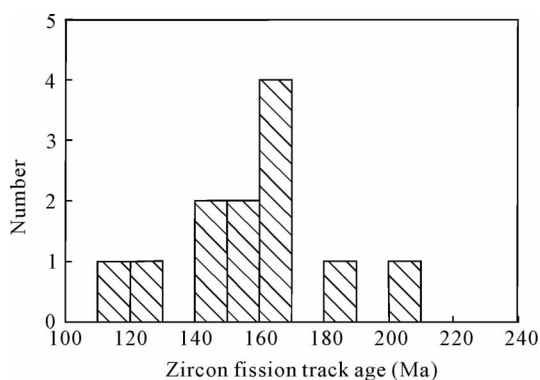


图2 哈日扎多金属矿区锆石裂变径迹年龄直方图

Fig. 2 Histogram of the zircon fission track ages in Hariza polymetallic ore district

呈现 204 ~ 181 Ma, 142 ~ 168 Ma 和 116 ~ 120 Ma 3 个年龄组

The three age groups of 204 ~ 181 Ma, 142 ~ 168 Ma and 116 ~ 120 Ma are shown

4 构造意义

所获 3 个年龄组 204 ~ 181 Ma、142 ~ 168 Ma 和 116 ~ 120 Ma 是区内经历构造演化的体现,表明本区主要构造活动发生于三叠纪末—早侏罗纪和早白垩纪,其中早白垩纪又有两期较强的活动。这与区域上侏罗纪—白垩纪的地壳隆升剥露以及区内缺失侏罗系—白垩系沉积相一致,应是区域性的构造热事件。五龙沟地区印支—燕山期的脆性断裂活动及深源岩浆侵位被认为是金成矿作用的必要条件(李厚民等,2001;许长坤,2011)。同时,在东昆仑西段的祁漫塔格地区,亦存在 109 ~ 139 Ma, 163 ~ 164 Ma 和 185 ~ 201 Ma 类似的 3 个锆石裂变径迹年龄组(陈小宁等,2014),显示这 3 次构造热事件在整个东昆仑地区具有普遍性。

青藏高原的形成包括两大阶段,即晚白垩世新特提斯洋盆闭合前青藏古陆形成阶段和晚白垩世后青藏高原隆升形成阶段。羌塘地体、冈底斯地体和喜马拉雅地体先后于中—晚三叠世、晚侏罗世—早白垩世和晚白垩世时期分别向北俯冲,南北两地体相互碰撞、汇聚,逐次拼合(Mo *et al.*, 1998; 崔军文等,2006; 莫宣学等,2003; 莫宣学和潘桂堂,2006)。中生代东昆仑造山带挤压事件主要两个时期,即中—晚三叠世和晚侏罗世—白垩世(Jolivet *et al.*, 2001; 王国灿等,2007; 袁万明等,2004)。第 1 组锆石裂变径迹年龄 204 ~ 181 Ma,是印支晚期三叠纪末发生的地质事件,应与羌塘地块与昆仑地块碰撞有关,此时中央造山带主造山期结束转入区域

岩石圈伸展阶段。王国灿等(2007)记录到此次快速冷却事件,认为是启动于 200 Ma,而本文的工作可以说明其结束于 181 Ma,活动时间属于晚三叠世晚期—早侏罗世。本次事件也使巴颜喀拉山扩张拗陷海槽封闭褶皱。北侧向昆仑山、阿尼玛卿山运动,西段下插于柴达木地块之下,东段与早印支带对接,形成阿尼玛卿山构造推覆带,滑脱面在 2 km ~ 10 km 之间,石炭二叠系逆冲于三叠系之上,年龄为 700 Ma 的斜长角闪岩结晶变质岩系以及众多的超基性岩和基性岩被挤压或侵位至地表(王云山,1991)。

第 2 组年龄 142 Ma ~ 166 Ma,主要是晚侏罗世—早白垩世冈底斯地体向北与羌塘地体碰撞汇聚的响应,代表研究区及其柴达木盆地周缘山地在燕山期经历过抬升/冷却事件(Arnaud *et al.*, 2003; 高军平等,2011),亦记录了早白垩世青藏高原北部的快速抬升和阿尔金断裂的走滑隆升(Liu *et al.*, 2007)。第 3 组年龄 116 Ma ~ 120 Ma 年龄亦属于早白垩世,同样应与晚侏罗世—早白垩世冈底斯地体向北与羌塘地体碰撞汇聚有关。若同时考虑王国灿等(2007)报道的 130 ~ 150 Ma,则可能这一事件的时限应为 116 Ma ~ 168 Ma,这与区域上此时发育的韧性变形和绿片岩变质作用相一致(Arnaud *et al.*, 2003; Liu *et al.*, 2005; Matte *et al.*, 1996; Mock *et al.*, 1999)。之所以在晚侏罗世—早白垩世冈底斯地体向北碰撞汇聚构造背景下能有两组不同的年龄,可能反映其构造活动的强度差异,即有两个强作用期:142 ~ 166 Ma 和 116 ~ 120 Ma。此时东昆仑造山带不仅发生挤压隆升,而且伴随昆北断裂带左行走滑作用,而柴西南盆地南缘基本缺失上侏罗统和白垩系沉积,盆地内沉积较薄,显示了其与东昆仑造山带一起整体抬升的特点(Jolivet *et al.*, 2001; 倪金龙等,2007; 袁万明等,2004)。

燕山期东昆仑造山带强烈的构造挤压、陆内俯冲使陆壳叠覆、垂向增生加厚。强烈的挤压造成上地壳缩短,下地壳的塑性流动,沿昆北、昆中两条深断裂深部广泛的底侵拆沉作用,形成近东西向展布的逆冲—走滑断裂系,垂直碰撞带形成一系列近南北向、北东向的断裂系统。在此构造背景下发生强烈而多样化的岩浆活动,并定位于不同岩石圈层次的断裂系统,形成了钙碱性—高钾钙碱性—钾玄岩系列的岩石,形成了该阶段丰富的矿产(邓晋福等,2004; 奎明娟等,2010)。

此外,本区的多金属成矿作用与构造活动关系

密切,本文获得的3组锆石裂变径迹年龄,实际上也是成矿时代的体现,反映本区具有多期次成矿活动,这亦符合矿区地质特征。东昆仑成矿带斑岩型矿床是青海多年来一直找寻的重要矿床类型。该带已知矿床的斑岩年龄主要为200Ma左右,如埃坑斑岩型铜钼矿,与鄂拉山群、八宝山群年龄相当,是青海东昆仑主要的斑岩成岩成矿年龄。本文锆石裂变径迹年龄第1组年龄值与其相当,应该是斑岩型矿体的主成矿年龄。后2组值可能是叠加成矿年龄。对此将另文具体讨论。

5 结论

(1) 矿区不同类型样品的锆石裂变径迹年龄变化于116 Ma~204 Ma,系由3个组年龄组204~181 Ma、142 Ma~168 Ma和116 Ma~120 Ma构成。

(2) 所获得的3个年龄组揭示区内的3个构造活动期,第1组锆石裂变径迹年龄204~181 Ma反映印支晚期三叠纪末发生的地质事件及其时限,应与羌塘地块与昆仑地块碰撞有关。

(3) 第2和第3组年龄主要是晚侏罗世—早白垩世冈底斯地体向北与羌塘地体碰撞汇聚的响应,代表研究区及其柴达木盆地周缘山地在燕山期经历的抬升冷却事件,与区域上此时发育的韧性变形和绿片岩变质作用一致。

(4) 第2和第3组年龄体现燕山期冈底斯地体向北碰撞汇聚构造背景下构造活动的强度差异,具有两个强作用期,致使东昆仑造山带发生挤压隆升和昆北断裂带左行走滑作用。

(5) 3组年龄的识别,亦可能代表本区的成矿时代,表明具有多期次成矿活动。

[References]

- Arnaud N, Tapponnier P, Roger F, Brunel M, Scharer U, Wen C. 2003. Evidence for Mesozoic shear along the western Kunlun and Altyn-Tagh Fault, northern Tibet (China) [J]. *Journal of Geophysical Research*, 108 (2053): 12-1-12-27
- Bellemans F. 1995. Composition of SRM and CN U-doped glasses: significance for their use as thermal neutron fluence monitors in fission track dating [J]. *Radiation Measurements*, 24(2): 153-160
- Brandon, M T. 1992. Decomposition of fission-track grain-age distribution [J]. *American Journal of Science*, 292(8): 535-564
- Chen Xiao-ning, Yuan Wan-ming, Zhang Ai-kui, Duan Hong-wei, Hao Na-na. 2014. Fission track thermochronology: New Evidence on tectonic activities in Bayinguole area, eastern Kunlun Mountains [J]. *Atomic Energy Science and Technology*, 47(2): 379-386 (in Chinese with English abstract)
- Cui Jun-wen, Zhang Xiao-wei, Tang Zhe-ming. 2006. Tectonic Divisions of the Qinghai-tibet Plateau and Structural Characteristics of Deformation on their Boundaries [J]. *Geology in China*, 33(2): 256-267
- Deng Jin-fu, Luo Zhao-hua, Su Shang-guo, Mo Xuan-xue, Yu Bing-song, Lai Xing-yun, Zhan Hong-wei. 2004. Petrogenesis, tectonic setting and mineralization [M]. Beijing: Geol. Pub. House: 215-232 (in Chinese)
- Gao Jun-ping, Fang Xiao-min, Song Xiao-hui, Li Xi-sheng, Xue Jian-ping. 2011. Tectonic-thermo events of northern Tibetan Plateau: Evidence from detrital apatite fission track data in Western Qaidam Basin [J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 41(5): 1466-1475 (in Chinese with English abstract)
- Green P F, Duddy I R, Gleadow A J W, Tingate P T, Laslett G M. 1986. Thermal annealing of fission tracks in apatite: 1. A qualitative description [J]. *Chemical Geology: Isotope Geoscience section*, 59: 237-253
- Han Ying-shan, Guo Gui-lan, Zhang Da-ming, Jing Xiang-yang, Kui Ming-jue. 2012. Characteristics of ore-bearing porphyry and prospecting potential analysis of Harizha in East Kunlun area [J]. *Northwestern Geology*, 45(1): 33-39 (in Chinese with English abstract)
- Hurford A J, Green P F. 1983. The zeta age calibration of fission-track dating [J]. *Chemical Geology*, 41: 285-317
- Hurford A J. 1990. Standardization of fission track dating calibration: Recommendation by the fission track working group of the IUGS sub-commission on geochronology [J]. *Chemical Geology: Isotope Geoscience Section*, 80(2): 171-178
- Jolivet M, Brunel M, Seward L J. 2001. Mesozoic and Cenozoic tectonics of the northern edge of the Tibetan Plateau: Fission-track constraints [J]. *Tectonophysics*, 343: 111-134
- Kui Ming-juan, Bai Hong-xi, Gu Feng-bao, Miao Guo-wen. 2010. Division of East Kunlun tectonic magmatic belt and the rock tectonic combination in the late Variscan-Yanshanian period [J]. *Journal of Qinghai University (Nature Science)*, 28(5): 49-56 (In Chinese with English abstract)
- Li Hou-min, Shen Yuan-chao, Hu Zhi-guo, Qian Zhuang-zhi. 2001. Mineralogenetic and condition of Wulonggou gold deposit in east Kunlun Mountains, Qinghai Province [J]. *Geology and Prospecting*, 37(1): 65-69 (in Chinese with English abstract)
- Liu Y-J, Genser J, Neubauer F, Ji W, Ge X, Handler R, Takasu A. 2005. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ mineral ages from basement rocks in the Eastern Kunlun Mountains, NW China, and their tectonic implications [J]. *Tectonophysics*, 398: 199-224
- Liu Yong-jiang, Neubauer Franz, Genser Johann, Ge Xiao-hong, Takasu Akira, Yuan Si-hua, Chang Li-hua, Li Wei-min. 2007. Geochronology of the initiation and displacement of the Altyn strike-slip fault, Western China [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 29(2-3): 243-252
- Luo Zhao-hua, Ke Shan, Cao Yong-qing, Deng Jin-fu, Zhan Hong-wei. 2002. Late Indosinian Mantle-derived Magmatism in the East Kunlun [J]. *Geological Bulletin of China*, 21(6): 292-296 (in Chinese with English abstract)

- Ma Zhong-yuan, Li Liang-jun, Zhou Qing-lü, Ma Cheng-xing, Zhao Jian-peng. 2013. The characteristics of the porphyry copper deposit and its Formation in the East Kunlun Harizha Area[J]. Journal of Qinghai University(Natural Science Edition), 31(3): 69-75 (in Chinese with English abstract)
- Mark T B. 1996. Probability density plot for fission-track grain-age samples[J]. Radiation Measurement, 26(5): 663-676
- Matte P, Tapponnier P, Arnaud N, Bourjot L, Avouac J P, Vidal P, Liu Q, Pan Y, Wang Y. 1996. Tectonics of Western Tibet, between the Tarim and Indus [J]. Earth and Planetary Science Letters, 14: 311-330
- Mo X, Guo T, Zhang S. 1998. Magmatism and thermal history of Tibetan Plateau. Special Issue for the 13th Himalaya-Karakoram-Tibet Workshop [J]. Geological Bulletin of University of Peshawar, (31): 133-135
- Mo Xuan-xue, Zhao Zhi-dan, Deng Jin-fu, Dong Guo-chen, Zhou Su, Guo Tie-ying, Zhang Shuang-quan, Wang Liang-liang. 2003. Response of volcanic to the Indian-Asia collision[J]. Earth Science Frontiers, 10(3): 135-147 (In Chinese with English abstract)
- Mo Xuan-xue, Pan Gui-tang. 2006. From the Tethys to the formation of the Qinghai-Tibet Plateau: Constrained by tectono-magmatic events [J]. Earth Science Frontiers, 13(6): 43-51
- Mock C, Arnaud N O, Cantagrel J M. 1999. An early unroofing in northeastern Tibet? Constraints from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ thermochronology on granitoids from the eastern Kunlun range (Qinghai, NW China) [J]. Earth and Planetary Science Letters, 171: 107-122
- Ni Jing-long, Wang Jin-cai, Zhou Li, Zhao Xiao-hua, Liu Dong, Song Zhao-jun. 2007. Study on the tectonic events of east-Kunlun orogenic belt and prototype about west-south Qadam basin during Mesozoic and Cenozoic[J]. Geoscience, 21(3): 505-517 (in Chinese with English abstract)
- Song Zhong-bao, Zhang Yu-lian, Chen Xiang-yang, Jiang Lei, Li Dong-sheng, Su Xiao-feng, Li Ya-zhi, Li Jin-cai, Kong Hui-lei. 2013. Geochemical characteristics of Harizha granite diorite-porphyry in East Kunlun and their geological implications[J]. Mineral Deposits. 32(1): 157-168 (In Chinese with English abstract)
- Wang Guo-can, Xiang Shu-yuan, Wang An, Garver J I, Wintsch R P, Zhang Ke-xin. 2007. Thermochronological constraint to the processes of the East Kunlun and adjacent areas in Mesozoic-early Cenozoic [J]. Earth Science Journal of China University of Geosciences, 32(5): 605-615 (in Chinese with English abstract)
- Wang Yun-shan. 1991. Main stages of structural evolution of Northern Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau[J]. Qinghai Geology, 2, 14-24 (in Chinese with English abstract)
- Xu Chang-kun. 2011. Discussion on the specificity of metallogenic geological features and prospecting layout in Qinghai Province[J]. Geology and Exploration, 47(5): 782-793 (in Chinese with English abstract)
- Yuan Wan-ming, Zhang Xue-ting, Dong Jin-quan, Wang Shi-cheng. 2003. A new vision of the intracontinental evolution of the eastern Kunlun Mountains, Northern Qinghai-Tibet plateau, China [J]. Radiation Measurements, 36: 357-362 (in Chinese with English abstract)
- Yuan Wan-ming, Zhang Xue-ting, Dong Jin-quan, Wang Shi-cheng. 2004. Apatite fission track evidence on the uplifting of Eastern Kunlun Mountains [J]. Atomic Energy Science and Technology, 38(2): 165-168 (in Chinese with English abstract)
- [附中文参考文献]
- 陈小宁,袁万明,张爱奎,段宏伟,郝娜娜,李希. 2014. 东昆仑巴音郭勒地区锆石裂变径迹年代学:构造活动新证据[J]. 原子能科学技术, 48(2): 378-384
- 崔军文,张晓卫,唐哲民,青藏高原的构造分区及其边界的变形构造特征[J]. 中国地质, 2006, 33(2): 556-567
- 邓晋福,罗照华,苏尚国,莫宣学,于炳松,赖兴运,谯宏伟. 2004. 岩石成因、构造环境与成矿作用[M]. 北京:地质出版社:215-232
- 高军平,方小敏,宋春晖,李喜生,薛建平. 2011. 青藏高原北部中-新生代构造-热事件:来自柴西碎屑磷灰石裂变径迹的制约[J]. 地球科学:吉林大学学报, 41(5): 1466-1475
- 韩英善,郭桂兰,张大明,景向阳,奎明娟. 2012. 东昆仑东段哈日扎地区含矿斑岩特征及找矿潜力分析[J]. 西北地质, 45(1): 33-39
- 奎明娟,柏红喜,古凤宝,苗国文. 2010. 东昆仑构造岩浆带的划分及晚华力西期-燕山期岩石构造组合[J]. 青海大学学报(自然科学版), 28(5): 49-56
- 李厚民,沈远超,胡正国,钱状志. 2001. 青海东昆仑五龙沟金矿床成矿条件及成矿机理[J]. 地质与勘探, 37(1): 65-69
- 罗照华,柯珊,曹永清,邓晋福,谯宏伟. 2002. 东昆仑印支晚期幔源岩浆活动[J]. 地质通报, 21(6): 292-296
- 马忠元,李良俊,周青禄,马成兴,赵建鹏. 2013. 东昆仑哈日扎斑岩型铜矿床特征及成因探讨[J]. 青海大学学报(自然科学版), 31(3): 69-75
- 莫宣学,赵志丹,邓晋福,董国臣,周肃,郭铁鹰,张双全,王亮亮. 2003. 印度-亚洲大陆主碰撞过程的火山作用响应[J]. 地学前缘, 10(3): 135-148
- 莫宣学,潘桂堂. 2006. 从特提斯到青藏高原形成:构造-岩浆事件的约束[J]. 地学前缘, 13(6): 43-51
- 倪金龙,汪劲草,周莉,赵小花,刘东,宋召军. 2007. 中-新生代东昆仑造山带构造事件及柴西南盆地原型研究[J]. 现代地质, 21(3): 505-517
- 宋忠宝,张雨莲,陈向阳,江磊,李东生,舒晓峰,栗亚芝,李金超,孔会磊. 2013. 东昆仑哈日扎含矿花岗岩闪长斑岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及地质意义[J]. 矿床地质, 32(1): 157-168
- 王国灿,向树元,王岸,Garver J I, Wintsch R P, 张克信. 2007. 东昆仑及相邻地区中生代-新生代早期构造过程的热年代学记录[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 32(5): 605-680
- 王云山. 1991. 青藏高原北部构造发展的主要阶段[J]. 青海地质, 2: 14-24
- 许长坤. 2011. 青海成矿地质特征的特殊性及找矿布局探讨[J]. 地质与勘探, 47(5): 782-793
- 袁万明,张雪亭,董金泉,王世成. 2004. 东昆仑隆升作用的裂变径迹研究[J]. 原子能科学技术, 38(2): 165-168

Zircon Fission Track Dating Evidence for Tectonic Events in the Hariza Polymetallic Ore District, Eastern Kunlun Mountains, Qinghai-Tibet Plateau

TIAN Cheng-sheng¹, ZHANG Ai-kui^{2,3}, YUAN Wan-ming², FENG Yun-lei², CAO Jian-hui², ZHANG Li-ting²,
CHENG Xue-qin², CHEN Xiao-ning², DUAN Hong-wei², WANG Wei², HAO Na-na², MA Zhong-yuan³

(1. Geological Survey of Qinghai Province, Xining, Qinghai 810012;

2. The China University of Geosciences, Beijing 100083;

3. No. 3 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province, Xining, Qinghai 810029)

Abstract: The Hariza polymetallic ore district, located in eastern section of East Kunlun Mountains, is a new base of mineral resource exploration, where mineralization is controlled by both NE and NW trending fault zones. This paper reveals the tectonic events based on zircon fission track dating for various samples in the ore district. A total of 10 zircon fission track dating results are achieved. They range from 204 Ma to 116 Ma and are composed of three age groups of 204 ~ 181 Ma, 142 ~ 168 Ma and 116 ~ 120 Ma. The first age group of 204 ~ 181 Ma reflects collision between Qiangtang Block and Kunlun Block in late Triassic and its time limit. The later two age groups respond to impact between Gangdese Block and Qiangtang Block in late Jurassic-early Cretaceous with time limit of 168 ~ 116 Ma. Meanwhile, the second and third age groups indicate two periods of tectonic events in Jurassic-early Cretaceous. The 3 age groups also coincide with multi-periods of metallogenesis.

Key words: Tectonic event, fission track, zircon dating, eastern Kunlun Mountains, Qinghai-Tibet Plateau

