

文章编号: 1006-6616 (2013) 04-0385-07

青海省都兰县五龙沟金矿主断裂带 断层泥 K-Ar 定年

陆 露¹, 张延林², 吴珍汉¹, 胡道功³

- (1. 中国地质科学院, 北京 100081;
2. 青海省第一地质矿产勘查院, 青海 810600;
3. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100037)

摘 要: 应用 K-Ar 法对青海省都兰县五龙沟金矿主断裂带内的 3 个断层泥样品进行同位素测定, 以确定该脆性断裂的活动时代, 初步探讨该段脆性断裂与成矿之间的关系。测试得到的断层泥样品中自生伊利石的年龄为 $(185.54 \pm 3.06) \sim (165.11 \pm 3.28) \text{ Ma}$, 表明该矿床内的脆性断裂活动时代为早侏罗世晚期—中侏罗世, 结合野外地质情况, 推测脆性断裂的活动对成矿起到了改造和破坏的作用。

关键词: K-Ar 年龄; 断层泥; 五龙沟金矿; 青海省

中图分类号: P597

文献标识码: A

东昆仑造山带是青藏高原北部重要的地质单元, 蕴藏着非常丰富的矿产资源, 素有“金腰带”之称^[1~3]。五龙沟金矿位于青海省柴达木盆地南缘, 东昆仑中段北缘, 是青海省地质矿产调查工作中发现的一个具有潜力的中大型矿床。研究表明, 该矿床的成矿具有长期性、多期性特点, 其主成矿期为印支期^[4]。矿区内韧性剪切带、脆性断裂十分发育, 对成矿元素的导入、富集及活化迁移提供了有利条件, 并控制了金矿化带的产出及分布^[5~6]。但是, 由于矿区内构造变形强烈, 韧、脆性构造活动频繁且相互叠加, 使得厘定构造活动期次、确定活动时代的难度加大, 导致对韧、脆性构造活动在成矿作用中所处的主、次地位的认识仍处于混乱之中。本文在野外地质调查的基础上, 选择五龙沟金矿主断裂带 (F_1) 内的断层泥样品进行 K-Ar 测年研究, 以确定该脆性断裂的活动时代, 初步探讨该段脆性断裂与成矿之间的关系。

1 区域地质概况

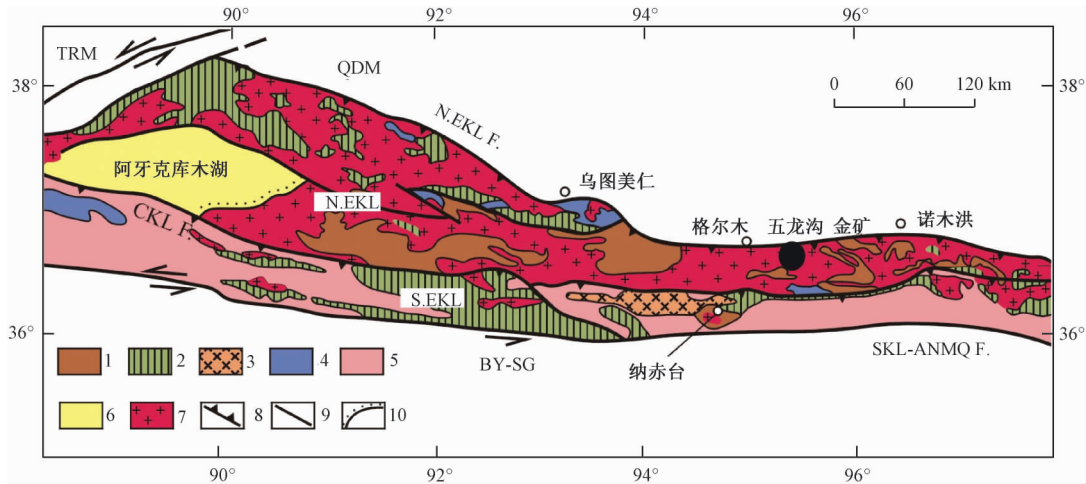
东昆仑造山带是一个经历多期构造活动的复杂造山带^[7], 它自新太古代—中元古代形成结晶基底, 古生代—早中生代碰撞造山, 进入沟—弧—盆体系演化阶段, 随后在中新生代转入陆内演化阶段^[8]。

收稿日期: 2013-06-23

基金项目: 中国地质调查局国土资源大调查项目 (1212010711510, 1212011120182, 1212011221111); 科技部国际科技合作重点项目 (2006DFB211330)

作者简介: 陆露 (1985-), 女, 博士研究生, 构造地质学专业。E-mail: yangchunyoulu@163.com

东昆仑造山带自北向南可划分为东昆仑北地体、东昆仑南地体、巴颜喀拉—松潘甘孜地体^[9]（见图1）。东昆仑北地体主要由高角闪岩相—麻粒岩相变质的新太古界—古元古界金水口群片麻岩、变粒岩、角闪岩、大理岩和中元古界万保沟群大理岩和玄武岩等构成，古生界—中生界主要是一套碳酸盐岩、碎屑岩及与岛弧有关的火山岩组合，早古生界及三叠系花岗岩侵入其中。东昆仑南地体下部由中—新元古界万保沟群和奥陶—志留系纳赤台群浅变质碎屑岩、火山岩和碳酸盐岩组成，牦牛山组磨拉石建造和下三叠统洪水川组碎屑岩不整合在前泥盆系之上。巴颜喀拉地体主要由三叠系巴颜喀拉山群和少量新生代地层所组成。



1—古—中元古代变质基底；2—震旦—寒武纪浅变质岩；3—早古生代浅变质岩；4—泥盆纪陆相磨拉石及火山岩；
5—晚古生代—三叠纪海相沉积；6—中—新生代沉积；7—花岗岩；8—逆冲断裂；9—断裂；10—不整合；
QDM—柴达木盆地；TRM—塔里木盆地；N. EKL—东昆仑北地体；S. EKL—东昆仑南地体；
BY-SG—巴颜喀拉—松潘甘孜地体；N. EKL F.—东昆仑北缘逆冲断裂；
CKL F.—昆中断裂；SKL-ANMQ F.—昆南—阿尼玛卿断裂

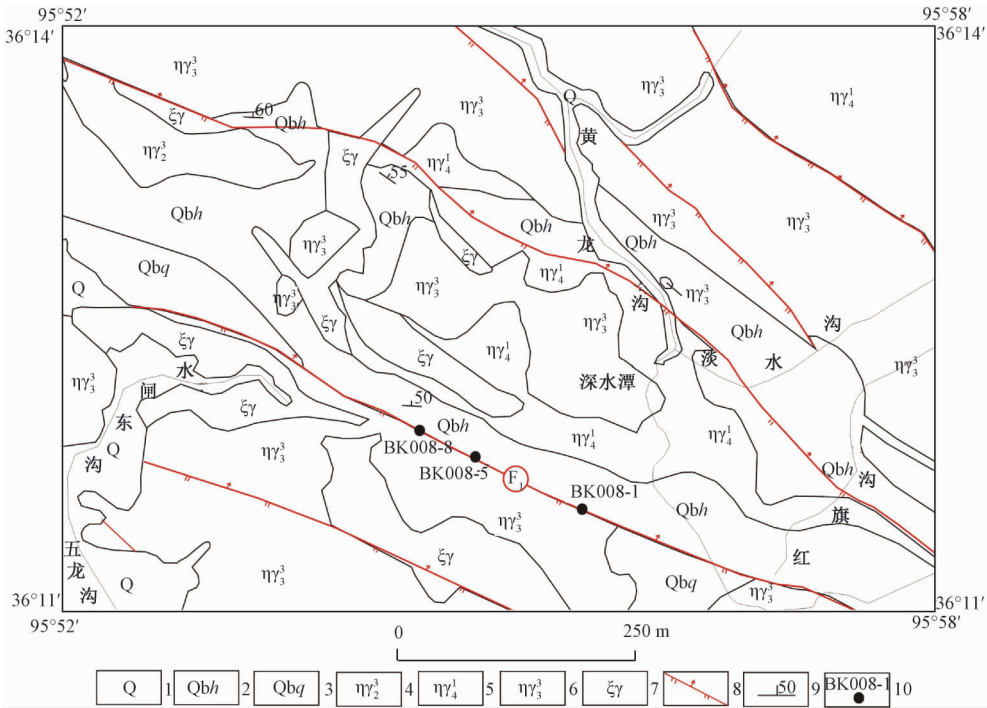
图1 东昆仑构造图（据许志琴等，2007 修改）
Fig.1 Structure map of East Kunlun Mountain

东昆仑地区构造活动强烈，其中以断裂构造为主，区域内发育3条近东西向的断裂带，自北向南依次为昆北断裂带、昆中断裂带、昆南断裂带。其中，昆北断裂是一隐伏断裂，由一组近东西向—北西西向断裂组成，昆南断裂与昆中断裂是两条深大断裂，均经历了多期构造活动^[2,10]。

2 矿床地质概况及其主断裂带特征

五龙沟金矿内出露地层主要有古元古界金水口群（ Pt_1J ）、中元古界长城系小庙组（ Chx ）、新元古界青白口系丘吉东沟组（ Qbq ）和变质火山岩组（ Qbh ）、下古生界奥陶系祁曼塔格群变火山岩组（ OQ^b ）和第四系（ Q ）（见图2）。金水口群（ Pt_1J ）为一套变质程度高的变质岩系，具有由高绿片岩相向麻粒岩相递变增变质的特点，主要由混合岩化黑云斜长片麻岩、角闪黑云斜长片麻岩及镁质大理岩等组成，岩石均遭受了不同程度的混合岩化。小庙组（ Chx ）主要由斜长片麻岩、黑云母斜长片麻岩夹大理岩透镜体、斜长角闪片岩组成。青

白口系下部的丘吉东沟组 (Qbq) 为一套浅变质的滨海—半深海环境沉积的碎屑岩夹碳酸盐岩, 岩石组合主要为片理化变砾岩、砂砾岩、千枚岩夹大理岩及结晶灰岩等; 上部的变质火山岩组 (Qbh) 的岩性为片理化安山岩、角闪安山岩、中基性火山岩、安山质火山角砾岩、晶屑凝灰岩及凝灰质板岩、硅质板岩。祁曼塔格群变火山岩组 (OQ^b) 主要由灰绿色变安山质火山角砾岩、片理化安山岩、凝灰质板岩、硅质板岩等组成。矿区内岩浆活动强烈, 岩浆岩广布, 以晚元古代、古生代的中酸性侵入岩为主。区内构造变形强烈, 构造线总体走向为北西—南东向, 地层走向、侵入岩带及主要构造带均沿此方向展布。区内发育韧性剪切带, 剪切带普遍具有韧性与脆性相互叠加、强弱变形域交替发育的特点, 且控制了金矿的形成。除剪切带外, 断裂构造十分发育, 具有规模大、数量多等特点, 断裂走向各异, 其中北西西、北西向的断裂是五龙沟金矿床的主要构造。



1—第四系; 2—新元古界青白口系变火山岩组; 3—新元古界青白口系丘吉东沟组; 4—晚元古代侵入岩 - 肉红色中细粒花岗岩; 5—早泥盆纪侵入岩 - 灰黑色中粗粒二长花岗岩; 6—晚志留纪侵入岩 - 灰黑色中粗粒二长花岗岩; 7—钾长花岗岩; 8—断层; 9—地层产状; 10—采样点

图 2 五龙沟矿区地质简图 (据文献 [11] 修改)
Fig. 2 The geologic map of Wulonggou gold deposit

五龙沟矿区内的主断裂带 (F_1) 沿中生代花岗岩体与青白口系丘吉东沟组、奥陶系祁曼塔格群变火山岩组的接触带分布, 局部穿切地层或岩体, 总长度约 20 km, 横贯整个矿区。主断裂带 (F_1) 总体走向为北西—南东向, 产状为 $15^{\circ}\text{—}35^{\circ}\angle 65^{\circ}\text{—}75^{\circ}$, 局部近于直立 (见图 3a)。断裂带宽 30 ~ 80 m, 在地表整体表现为破碎蚀变带, 主要由构造角砾岩 (见图 3b)、构造挤压透镜体、断层泥、碎裂岩组成; 通过对其进行平硐开挖, 在深部表现为断层泥化带、碎裂岩化带和糜棱岩带, 并且均发育次级断裂、节理和裂隙。主断层断面光滑、陡直, 发育擦痕 (见图 3c), 具有左行走滑的运动学特征。主断裂带内断层泥主要有 2



a—主断面野外特征；b—构造角砾岩；c—断面上的擦痕；d—黑色含矿断层泥；
e—断层泥化带；f—灰白色无矿断层泥；g—断层带内的黄铁矿化；h—断层带内发育的孔雀石化

图3 五龙沟金矿主断裂带野外照片

Fig. 3 The photos of the main fault in Wulonggou gold deposit

类：一类断层泥颜色呈黑色（见图 3d），断层泥化带宽 1~5 m 不等，主要由含碳的泥质和少量岩石、矿物碎粒构成（见图 3e）；另一类断层泥多呈灰白色（见图 3f），断层泥化带宽 0.2~0.5 m，主要由泥质和少量岩石、矿物碎粒构成。泥化带两侧岩石多具破碎、蚀变现象，蚀变类型主要为硅化、碳酸盐化、绢云母化、黄铁矿化（见图 3g）、褐铁矿化，局部见有孔雀石化（见图 3h）。主断裂带对区内地层的展布及金矿体的形成具有明显的控制作用，是区内最重要的一条控矿断裂构造，深水潭金矿区就位于该带内。在矿区主断裂带（F₁）内共采得 3 个断层泥样品（BK008-1，BK008-5，BK008-8），具体的采样位置见图 2，样品 BK008-5 为黑色含矿断层泥，样品 BK008-1 和 BK008-8 均为灰白色无矿断层泥，3 个断层泥样品均呈泥状、粉末状，其组成物质除了黏土矿物之外，还可见围岩的碎裂岩。

3 断层泥 K-Ar 年龄测定及结果

本次研究中 3 个断层泥样品的 K-Ar 同位素年代学分析在中国石油天然气股份有限公司石油勘探开发研究院实验中心测试完成，使用的仪器是 MM5400 静态真空质谱仪。具体的步骤是：首先样品在 1500 ℃ 左右熔化的同时，加入准确定量的³⁸Ar 稀释剂，然后测定混合稀释剂后的同位素比值（⁴⁰Ar/³⁸Ar）_m和（³⁸Ar/³⁶Ar）_m，最后求出样品的放射性成因⁴⁰Ar，再根据样品的钾含量计算年龄。年龄误差为 1σ，测试结果见表 1 和表 2。

表 1 五龙沟金矿主断裂带断层泥 K-Ar 测年数据

Table 1 The K-Ar dating result of fault gouges from the main fault in Wulonggou gold deposit										
样号	粒级/μm	称重/g	K/%	(⁴⁰ Ar/ ³⁸ Ar) _m	(³⁸ Ar/ ³⁶ Ar) _m	⁴⁰ Ar _放 / (mol·g ⁻¹)	⁴⁰ K/ (mol·g ⁻¹)	⁴⁰ Ar/ ⁴⁰ Ar _总 / (%)	⁴⁰ Ar _放 / ⁴⁰ K	年龄/Ma
BK008-1	0.30~0.15	0.00758	5.59	434.49876	4.96633	1.870×10 ⁻⁹	1.668×10 ⁻⁷	88.42	0.0112096	183.29±3.82
	<0.15	0.00832	5.74	466.47907	4.38140	1.819×10 ⁻⁹	1.713×10 ⁻⁷	88.10	0.0106175	174.06±3.71
BK008-5	0.30~0.15	0.00746	3.34	295.58015	4.01414	1.132×10 ⁻⁹	9.969×10 ⁻⁸	77.66	0.0113547	185.54±3.06
	<0.15	0.00763	2.74	234.29656	4.28773	8.216×10 ⁻¹⁰	8.178×10 ⁻⁷	72.76	0.0100463	165.11±3.28
BK008-8	0.30~0.15	0.00802	5.32	387.49086	9.40079	1.641×10 ⁻⁹	1.588×10 ⁻⁷	92.44	0.0103322	169.59±3.01
	<0.15	0.00785	5.46	420.91185	3.71467	1.659×10 ⁻⁹	1.630×10 ⁻⁷	84.20	0.0101816	167.23±3.34

注：计算所需常数 λe=0.581×10⁻¹⁰/a；λβ=4.962×10⁻¹⁰/a；⁴⁰K/K=1.167×10⁻⁴

表 2 五龙沟金矿主断裂带断层泥组成

Table 2 The composition of fault gouges from the main fault in Wulonggou gold deposit							
样号	样品粒级/μm	蒙托石/%	伊蒙间层/%	高岭石/%	绿泥石/%	L/S 间层比/%	钾长石（XRD）
BK008-1	0.30~0.15	0	88	12	0	5	未检出
	<0.15	0	92	8	0	5	未检出
BK008-5	0.30~0.15	36	56	4	4	5	未检出
	<0.15	50	46	2	2	5	未检出
BK008-8	0.30~0.15	0	87	13	0	5	未检出
	<0.15	0	94	6	0	5	未检出

断层在活动过程中其地表附近常常会产生松散的断层泥，这些断层泥形成后如果未经历埋藏压实，可以长期保持松散、未固结状态^[12~14]。断层泥是断裂运动的产物，是其重要的信息载体，它蕴含着断裂活动时代、方式和物理环境等大量信息^[15]。断层泥的主要成分为黏土矿物，其中包含了大量的自生伊利石，作为断层活动的直接产物，这些断层泥中自生伊利石的形成时间可以代表断层的活动时间^[12~14]。断层泥中新生的伊利石理论上粒级小于

2 μm , 而断层活动中磨碎的母岩中碎屑伊利石(白云母)理论上粒度不会过小, 一般粒度应大于 2 μm , 这样通过从断层泥中分选出小于 2 μm 粒度就可以排除碎屑伊利石^[16]。所谓的自生伊利石 K-Ar 同位素测年实际上是自生 I/S (伊利石/蒙皂石) 间层矿物的 K-Ar 同位素测年, 更为确切地说, 应是自生 I/S 有序间层矿物(间层比 <40%) 的 K-Ar 同位素测年。初步研究结果表明, 间层比愈小愈好, 间层比小于 25% 的 I/S 有序间层的 K-Ar 同位素测年结果大多基本合理^[17]。

从五龙沟金矿主断裂带 (F_1) 内 3 个断层泥样品的测试结果(见表 2) 中可以看出, 样品 BK008-1、BK008-5、BK008-8 主要成分均由伊利石/蒙皂石间层矿物和高岭石组成, 基本不含绿泥石, 不会对自生伊利石的 K-Ar 测年结果产生影响。同时, 本文选取的断层泥样品粒度为 0.30 ~ 0.15 μm 、<0.15 μm , 均可以排除碎屑伊利石的干扰, 且 I/S 间层比均为 5% (符合 I/S 间层比 <25% 的条件)。因此, 可以判断断层泥样品的 K-Ar 定年结果合理, 具有确定的地质意义, 可以代表断层的活动时代。

4 讨论与结论

断层泥样品的 K-Ar 测年结果为 (185.54 ± 3.06) ~ (165.11 ± 3.28) Ma, 代表五龙沟金矿主断裂带 (F_1) 的活动时代为早侏罗世晚期—中侏罗世。

五龙沟金矿地质构造复杂, 对于其成矿时代前人已做了大量的研究。袁万明等^[3]选取五龙沟金矿的 3 个金矿体(区) 的锆石和磷灰石进行裂变径迹热年代学分析, 实测锆石裂变径迹年龄为 197.4 ~ 235.0 Ma, 实测磷灰石年龄为 200.5 Ma, 磷灰石校正年龄为 244.0 Ma。胡正国等^[18]对石灰沟矿化闪长玢岩和东支沟多金属矿石分别进行了全岩 Rb-Sr 测年和方铅矿 Pb-Pb 测年, 得到的年龄分别为 209.09 ± 22.73 Ma 和 210 Ma。张德全^[2]测得石灰沟金矿石的绢云母 Ar-Ar 年龄为 236.5 ± 0.5 Ma。综上所述, 五龙沟金矿的成矿作用主要发生在三叠纪—早侏罗世早期。

关于研究区内与脆性断裂相互叠加的韧性剪切带的形成时代, 前人的研究结果显示, 韧性剪切带的年龄为 207.1 ~ 399.4 Ma^[2], 韧性剪切带的形成时代与金矿床的成矿时代基本相吻合。本文通过 K-Ar 测年得到该段脆性断裂的活动时间为早侏罗世晚期—中侏罗世, 结合野外地质调查发现, 断层泥中并不是都含有成矿元素, 由此可以推断, 在早侏罗世晚期—中侏罗世, 活动的脆性断裂对成矿元素的富集没有起到有利的作用, 相反可能改造或破坏了早期形成的矿体。

参 考 文 献

- [1] 党兴彦, 范桂忠, 李智明, 等. 东昆仑成矿带典型矿床分析 [J]. 西北地质, 2006, 39 (12): 143 ~ 155.
DANG Xing-yan, FAN Gui-zhong, LI Zhi-ming, et al. Typic deposit analysis in the eastern Kunlun area, NW China [J]. Northwestern Geology, 2006, 39 (12): 143 ~ 155.
- [2] 张德全, 徐文艺, 贾群子. 东昆仑地区综合找矿预测与突破 [R]. 北京: 中国地质科学院, 2002.
ZHANG De-quan, XU Wen-yi, JIA Qun-zi. Prediction and breakthrough of prospecting ore in East Kunlun area [R]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 2002.
- [3] 张凯, 苟荣涛, 刘树林, 等. 东昆仑大干沟一带铜金锑矿特征及找矿意义 [J]. 地质力学学报, 2012, 18 (4): 401 ~ 409.
ZHANG Kai, GOU Rong-tao, LIU Shu-lin, et al. Characteristics and significance of the copper-gold-antimony deposits in

- Dagangou area, East Kunlun [J]. *Journal of Geomechanics*, 2012, 18 (4): 401 ~ 409.
- [4] 袁万明, 王世成, 王兰芬. 东昆仑五龙沟金矿床成矿热液历史的裂变径迹热年代学证据 [J]. *地球学报*, 2000, 21 (4): 389 ~ 395.
- YUAN Wan-ming, WANG Shi-cheng, WANG Lan-fen. Metallogenic thermal history of the Wulonggou gold deposits in East Kunlun Mountains in the light of Fission Track Thermochronology [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2000, 21 (4): 389 ~ 395.
- [5] 钱壮志, 李厚民, 胡正国. 青海省五龙沟金矿控矿构造研究 [J]. *西安地质学院学报*, 1997, 19 (增刊): 27 ~ 32.
- QIAN Zhuang-zhi, LI Hou-min, HU Zheng-guo. Study of structures controlling gold deposits in Wulonggou areas, Qinghai Province [J]. *Journal of Xi'an college of Geology*, 1997, 19 (Supp.): 27 ~ 32.
- [6] 周轶群, 胡道功. 青海五龙沟金矿区蚀变矿物光谱特征与找矿应用 [J]. *地质力学学报*, 2012, 18 (3): 331 ~ 338.
- ZHOU Yi-qun, HU Dao-gong. Spectral characteristics of alteration minerals and its application in gold deposit prospecting in Wulonggou, Qinghai Province [J]. *Journal of Geomechanics*, 2012, 18 (3): 331 ~ 338.
- [7] 古风宝. 东昆仑地质特征及晚古生代—中生代构造演化 [J]. *青海地质*, 1994, (1): 4 ~ 14.
- GU Feng-bao. Geological characteristics of East Kunlun and tectonic evolution in late Palaeozoic-Mesozoic era [J]. *Qinghai Geology*, 1994, (1): 4 ~ 14.
- [8] 范丽琨, 蔡岩萍, 梁海川, 等. 东昆仑地质构造及地球动力学演化特征 [J]. *地质调查与研究*, 2009, 33 (3): 181 ~ 186.
- FAN Li-kun, CAI Yan-ping, LIANG Hai-chuan, et al. Characters and evolution of the geodynamics in the Eastern Kunlun [J]. *Geological Survey and Research*, 2009, 33 (3): 181 ~ 186.
- [9] 许志琴, 杨经绥, 李海兵, 等. 造山的高原——青藏高原地体的拼合、碰撞造山及隆升机制 [M]. 北京: 地质出版社, 2007: 1 ~ 458.
- XU Zhi-qin, YANG Jing-sui, LI Hai-bing, et al. Orogenic plateau: Terrane amalgamation, collision and uplift in the Qinghai-Tibet Plateau [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2007: 1 ~ 458.
- [10] 孙王勇, 孟军海, 王成栋, 等. 东昆仑东段深大断裂的认识 [J]. *物探与化探*, 2007, 31 (5): 408 ~ 413.
- SUN Wang-yong, MENG Jun-hai, WANG Cheng-dong, et al. New understanding of deep faults in the eastern part of East Kunlun Mountains [J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 2007, 31 (5): 408 ~ 413.
- [11] 张延林, 马永久, 陈建林, 等. 青海省都兰县五龙沟矿区报告 [R]. 西宁: 青海省第一矿产勘查院, 2008.
- ZHANG Yan-lin, MA Yong-jiu, CHEN Jian-lin, et al. Report of Wulonggou gold deposit in Dulan, Qinghai [R]. Xining: No. 1 Mineral Survey Institute of Qinghai Province, 2008.
- [12] Hower J, Hurley P M, Pinson W H, et al. The dependence of K-Ar age on the mineralogy of various particle size ranges in a shale [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1963, 27 (5): 405 ~ 410.
- [13] Kralik M, Klima K, Riedmuller G. Dating fault gouges [J]. *Nature*, 1987, 327: 315 ~ 317.
- [14] Vrolijk P, van der Pluijm B A. Clay gouge [J]. *Journal of Structural Geology*, 1999, 21: 1039 ~ 1048.
- [15] 林传勇, 史兰斌, 刘行松, 等. 断层泥在基岩区断层新活动研究中的意义 [J]. *中国地震*, 1995, 11 (2): 26 ~ 32.
- LIN Chuan-yong, SHI Lan-bin, LIU Xing-song, et al. Significance of fault gouge in the study of recent activity of fault in bedrock area [J]. *Earthquake Research in China*, 1995, 11 (2): 26 ~ 32.
- [16] 王勇生, 朱光, 胡召齐, 等. 祁连山断裂带深部伸展活动断层泥 K-Ar 同位素定年 [J]. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2009, 39 (5): 580 ~ 593.
- WANG Yong-sheng, ZHU Guang, HU Zhao-qi, et al. K-Ar isotopic dating of extensional fault gouge from the Yi-Shu segment of the Tan-Lu fault zone [J]. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 2009, 39 (5): 580 ~ 593.
- [17] 张有瑜, 罗修泉, 宋健. 油气储层中自生伊利石 K-Ar 同位素年代学研究若干问题的初步探讨 [J]. *现代地质*, 2002, 16 (4): 403 ~ 407.
- ZHANG You-yu, LUO Xiu-quan, SONG Jian. Discussions on K-Ar isotopic geochronological studies of authigenic illites in hydrocarbon reservoirs [J]. *Geoscience*, 2002, 16 (4): 403 ~ 407.
- [18] 胡正国, 刘继庆, 钱壮志, 等. 东昆仑区域成矿规律初步研究 [J]. *黄金科学技术*, 1998, 6 (5/6): 6 ~ 13.
- HU Zheng-guo, LIU Ji-qing, QIAN Zhuang-zhi, et al. A study of the regional metallogenetic regularity in east Kunlun Mountain [J]. *Gold Science and Technology*, 1998, 6 (5/6): 6 ~ 13.

RESEARCH ON THE APPLICATION OF TURNAROUND FRACTURING TECHNOLOGY IN INJECTION-PRODUCTION CORRESPONDING WELLS

LI Min

(Fracturing & Acidizing Technology Research Institute of Fracturing Company, GWDC, Panjin 124107, Liaoning, China)

Abstract: In order to solve the difficulty of the low permeability reservoir's low production of old wells and poor flood effectiveness in Shuguang mine area of Liaohe Oilfield, an injection-production corresponding wells of turnaround fracturing technology research is carried out. Through turnaround Mechanism, fracturing project of injection-production corresponding wells research, diverting agent selection and field conduct, it gets good effect on increasing production and injection. During this application research, turnaround fracturing technology is used for injection and production wells and widening the range of the turnaround fracturing, makes further proving turnaround fracturing has important significance to tap production and energization, and to improve the recovery of the low permeability reservoir.

Key words: turnaround fracturing; injection-production corresponding; fracturing project; diverting agent

(上接 391 页)

K-Ar DATING OF FAULT GOUGE FROM THE MAIN FAULT OF WULONGGOU GOLD DEPOSIT IN DULAN, QINGHAI PROVINCE

LU Lu¹, ZHANG Yan-lin², WU Zhen-han¹, HU Dao-gong³

(1. Chinese Academy of Geological Science, Beijing 100081, China;

2. Qinghai No. 1 Academy of Celogy and Mineral Exploration, Xining 810600, China;

3. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Science, Beijing 100081, China)

Abstract: In this paper, K-Ar dating of three fault gouge samples from the main fault belt in Wulonggou gold ore in Dulan, Qinghai Province were made to determine the activity time of the brittle fault. Then the relationship between the main fault and mineralization was discussed. The age of self-generated illite within the fault gouge samples is 185.54 ± 3.06 to 165.11 ± 3.28 Ma, which represents the formation epoch of the main fault being the late of Early Jurassic to Middle Jurassic. Combining with the field geological condition, it is suggested that main fault damaged and modified mineralization in the late of Early Jurassic to Middle Jurassic.

Key words: K-Ar dating; fault gouge; Wulonggou gold deposit; Qinghai Province