郯庐断裂带北段形成的年代学及其意义

窦立荣 宋建国 王 瑜
（石油勘探开发科学研究院，北京） （国家地震局地球物理研究所，北京）

内容提要 对郯庐断裂带北段内的依兰-伊通断裂带测定断层岩（云母石英片岩）的黑云母单矿物$^{40}Ar/^{39}Ar$坪年龄为100±2.3—95.7±2.74Ma，同时测定了带内的辉绿岩全岩Rb-Sr等时线年龄为100±5.9Ma，而辉绿岩中辉石单矿物的$^{40}Ar/^{39}Ar$坪年龄为105Ma。结合断裂切过下白垩统泉头组，表明左行走滑断裂形成于100Ma左右，即早白垩世末期。这一时间与松辽盆地青一段大湖期一致，说明与松辽盆地有成因联系。

关键词 郯庐断裂带 左行走滑断裂 $^{40}Ar/^{39}Ar$坪年龄 Rb-Sr等时线年龄

在中国东部，郯庐断裂带NNE向延伸，纵穿不同时期、不同构造背景下形成的构造块体和构造带，其两侧和断裂带内部分布着大小不同的沉积盆地和火山岩盆地。它的形成、演化对中国东部地区中、新生代盆地的形成、演化过程起着重要的影响和制约作用。中国学者在近20年来的研究中，对其地质形成演化过程、变形特征等进行了研究[1-6]，但是对其形成演化时间、断裂的延伸（特别是北段分支的延伸）和走滑距离等还存在分歧。

本文在对郯庐断裂带北段的依兰-伊通段进行了详细的野外调查，对带内的断层岩（云母石英片岩）和辉绿岩及单矿物进行了$^{40}Ar/^{39}Ar$坪年龄及Rb-Sr等时线年龄测定。这些年龄值对于确定郯庐断裂带北段左行平移时间具有重要的意义。

1 郯庐断裂带北段地质概况及样品描述

郯庐断裂带在东北地区可以分为四平-长春、依兰-伊通及密-敦断裂带[7]。我们在野外穿越了松辽盆地东南角昌图县、伊通县东南等地依兰-伊通断裂带及其两侧的盆地和构造块体。测得断层总体走向NE30°，对可见的露头进行了测量，结果表明左行走滑断距为6km左右，两侧断开的为古生代、中生代形成的花岗岩和奥陶系—志留系、下白垩统沉积岩。在河沟中断裂带出露较好（图1）。断层带断面产状为340°—330°∠65°—75°，断层泥发育，主要为粘土矿物如高岭土等。断层切穿斑状花岗岩体、古生代地层，断层带宽约40m，断层形成过程中形成了云母石英片岩，变质达中绿片岩相。镜下观察主要矿物为石英、长石、云母等。围岩与断层岩特征明显，易于区分。而且花岗岩未经过变质作用，矿物新鲜。断层岩石英颗粒、云母矿物具定向性，但没有区域变质特征。可能受后期构造作用，片岩中黑云母单矿物有部分发生伊利石化。但大部分矿物保持新鲜状态。断层带内的显微构造、拖曳褶皱表现为左旋剪切特征。而且断层直接错开岩层的标志物反映了左行错移特征，但断距都不大。一些沉积岩层断开仅100m左右的构

注：本文为中国石油天然气总公司"八五"重大科技攻关项目资助课题（编号85—105—07）。
本文1995年12月收到，1996年3月改回，郝梓国编辑。

造特征也可说明这一点。在松辽盆地东南角的昌图县附近和伊通县东南德兴附近，断层错开了下白垩统的泉头组砂岩、粉砂岩（泉头组泥岩的视沉积年龄为 123Ma；泉头组中部泥质蒸发盐岩的视沉积年龄为 122.2Ma）[8]，并且使得地层产状近直立，表明断层的走滑作用形成于泉头组之后。

显微构造测得石英颗粒应变量为 $X:Z=5:3$。从断裂带两侧地质特点分析，没有大型左行平移剪切作用的迹象。

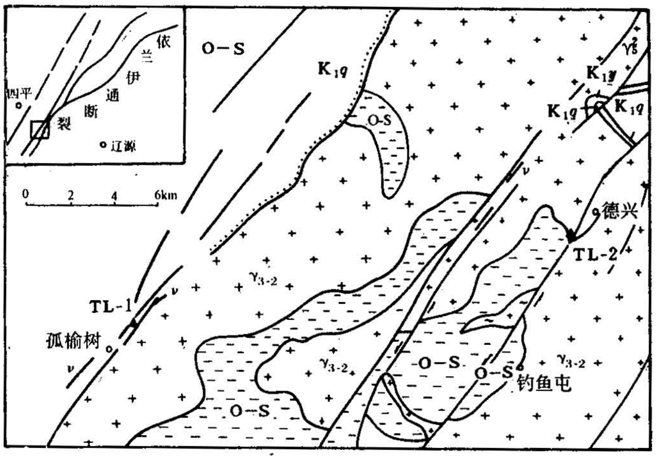

图 1　东北地区依兰-伊通断裂带地质简图

Fig. 1　Geological sketch map of the Yilan-Yitong fault zone in the Northeast China

K_1q 下白垩统泉头组；K_1y 下白垩统营城组；O-S 奥陶-志留系；γ_{3-2} 古生代花岗岩；γ_5^3 中生代晚期花岗岩；υ 辉绿岩；▲ 采样位置

K_1q Quantou F. of the Lower Cretaceous; K_1y Yingcheng F. of the Lower Cretaceous; O-S Ordovician—Silurian; γ_{3-2} Paleozoic granite; γ_5^3 Late Mesozoic granite; υ Diabase; ▲ sample location

辉绿岩形成于断层带内及断裂带边缘。采自断裂带内的辉绿岩脉岩石样品新鲜，蚀变不强，长石斑晶明显，切穿印支期的花岗岩，并且岩脉及岩体均明显表现为同左行走滑形成或部分受到了后期左行走滑错断，表现为“S”状左旋特征。最大错距 500m。切穿花岗岩体的岩脉保存完好，变形构造特征清晰。岩脉总体走向与断层带一致。辉绿岩镜下观察，辉石主要为普通辉石，矿物新鲜，未发生明显蚀变。所采 Rb-Sr 全岩测定样品是在相距 10m 的岩脉，岩墙边缘、内部采集的，以便保证等时线的质量。辉绿岩中，Sr 的初始比值 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 为 0.704，显示其来自地幔的特征（地幔特征的 Sr 的初始比值为 0.609－0.704），这说明郯庐断裂北段的形成不单是浅层次的变形产物，而是与地幔物质的形成、地幔热结构、构造变形直接相关的。

2　郯庐断裂带北段形成时间

目前，对于不同时间形成的构造－热事件的年龄研究，$^{40}Ar/^{39}Ar$ 法有着其较为可靠的反映不同期次构造事件叠加的作用。其不象 K-Ar 年龄反映的是后期事件的表面年龄，一旦经历多期构造事件，则年龄所反映的构造作用可能是最后一次变形或热事件导致的 K-Ar 封闭体系的破坏作用。而 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 法则可提供构造变形不同温度状态下的不同的年代特征。通过不同区段的升温，分出不同时间的 ^{39}Ar 等的释放及封闭特征，提供变形矿物的时间。特别是对于新鲜矿物更是如此。对于单矿物来说，理想样品的年龄谱应有一个较平直的坪。当 K-Ar 同位素体系受到热扰动时，K 或 Ar 将发生迁移，年龄谱形态将发生重复变化，各阶段年龄有不同程度的离散。本次测定中所取样品单矿物（辉石和黑云母）一起在反映堆中照射时间为 77 小时 22 分，累积快中子通量为 $1.92\times10^{15}n/cm^2$，快中子瞬时通量为 $6.89\times10^{12}n/cm^2\cdot s$。

Rb-Sr 全岩等时线年龄是在中国科学院地质研究所 Rb-Sr 同位素实验室测定。$^{40}Ar/^{39}Ar$ 坪年龄测定是在中国地质科学院地质研究所 K-Ar 实验室完成的。

利用 Rb-Sr 等时线方法测得断裂带内辉绿岩形成时间为 100±5.9Ma(图 2),其相关系数为 0.9612,相关性较好,可见年龄值是可靠的。标志着郯庐断裂北段地幔物质参与并造成了断裂处幔源物质的上涌,从而导致地壳上部的拉裂。沿断裂带采取的左行走滑作用过程中形成的黑云母石英片岩样(原岩为花岗岩)用黑云母单矿物测定变形的$^{40}Ar/^{39}Ar$ 坪年龄(图 3),其年龄值为 105.5±2.58－95.7±2.74Ma(^{39}Ar 析出量分别为 36.2%和 23.5%)(表 1)。该年龄谱在低温下年龄高,高温下年龄值低,并在 900℃升温阶段^{40}Ar 已释放完,具有粘土矿物的一些特征[9],可见云母单矿物有一定的蚀变。表明郯庐断裂北段左行走滑作用形成后还发生过构造－热事件作用,这与野外事实一致。可见郯庐走滑断裂形成的时间为早白垩世末、晚白垩世早期,主要是晚白垩世期间形成的。另外,同一样品所给出的 670－910℃升温阶段年龄值为 63±2.01－40.5±9.57Ma,可能反映了第三纪时断裂右行走滑作用的时间。

表 1 TL-1 样品阶段升温数据

Talbe 1 Data of episodic heating of TL-1 sample

温度(℃)	$(^{40}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{36}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{37}Ar/^{39}Ar)_m$	$^{39}Ar(mol)\times10^{-4}$	视年龄(Ma)	^{39}Ar 累计百分数(%)
460	4.4077	0.0049	0.4250	36.21	105.50±1.20	36.6
570	4.0973	0.0047	0.0854	23.46	95.70±1.80	60.3
670	3.5420	0.0063	1.0995	19.21	63.00±1.20	79.7
750	2.8019	0.0057	1.4022	19.99	40.50±0.90	100.0

为了更准确地标定郯庐断裂北段的形成年龄,同时又测定了辉绿岩中普通辉石单矿物的$^{40}Ar/^{39}Ar$ 坪年龄(表 2,图 4)。其谱图也一定程度上反映了 K-Ar 封闭体系受到了后期构造的破坏。但 650－1150℃段具有一个坪,年龄值为 100±2.5Ma,阶段^{39}Ar 析出量大于 70%。年龄的可靠性较好。表明辉绿岩形成于 110－100Ma 时期,侵位时间与断裂带左行走滑作用一致。

表 2 TL-2 样品阶段升温数据

Table 2 Data of episodic heating of TL-2 sample

温度(℃)	$(^{40}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{36}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{37}Ar/^{39}Ar)_m$	$^{39}Ar(mol)\times10^{-4}$	视年龄(Ma)	^{39}Ar 累计百分数(%)
560	2.4819	0.0057	2.3169	19.57	26.06±1.39	12.0
750	8.3193	0.0189	4.7120	13.41	82.33±4.12	20.3
990	3.4819	0.0036	1.5355	20.46	67.79±2.80	32.9
1075	4.1579	0.0016	0.7208	31.57	100.02±1.55	52.4
1400	4.8284	0.0025	0.5238	77.17	110.19±1.42	100.0

3 郯庐断裂带北段年代学意义的讨论

上述变形年龄及地层的变形改造时间表明郯庐断裂带北段左行走滑形成于早白垩世末期－晚白垩世早期。上地幔来源的辉绿岩的浅成岩体是与左行走滑同时形成的。显微构造特征反映了这一点。最近的郯庐断裂带南段糜棱岩 K-Ar 年龄的测定[4]也证明郯庐断裂带形成的

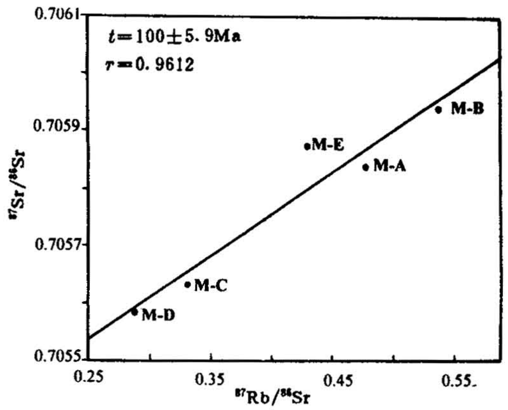

图 2　辉绿岩全岩 Rb-Sr 等时线图

Fig. 2　Rb-Sr whole-rock isochron map of the diabase

年龄。另外,已有大量的白垩系沉积岩层与断层的切穿关系也证明了这一点。左行走滑作用与依佐奈木(Izanagi)板块俯冲作用造成的北东方向的构造分量有关[10],从而造成了整个东亚地区广泛分布的走滑断层存在。而后一次的右行走滑规模很小,伴随着伸展作用及断块的掀斜造成相对右旋,并且比较分散,且在部分地段表现为挤压特征而造成的逆冲断层作用。

郯庐断裂的形成和演化过程对周边盆地的形成和演化,特别是对中国东部地区油气盆地的油气聚集、迁移有着直接的影响。该断裂带除了控制其展布区盆地的形成之外,还对那些在左行走滑之前形成的盆地起着破坏和改造作用。从而直接造成了一些盆地的反转构造的形成,如松辽盆地泉头组沉积之后的反转构造与此有关。

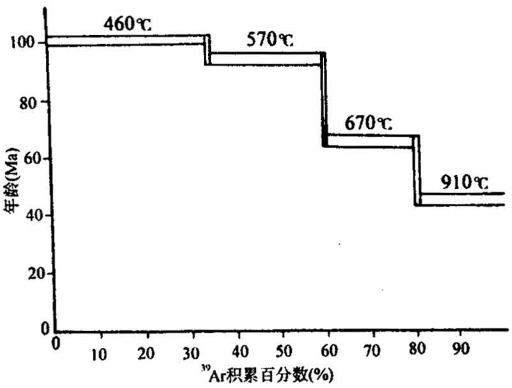

图 3　黑云母石英片岩中黑云母单矿物^{40}Ar/^{39}Ar 坪年龄谱图

Fig. 3　^{40}Ar/^{39}Ar plateau age of biotite individual mineral in micaceous quartz schist

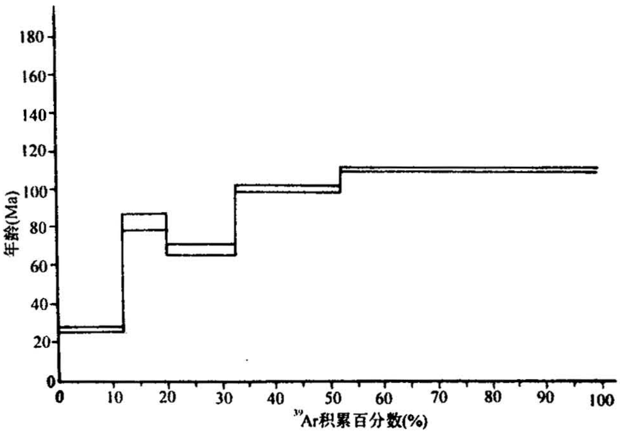

图 4　辉石单矿物^{40}Ar/^{39}Ar 坪年龄谱图

Fig. 4　^{40}Ar/^{39}Ar plateau age of pyroxene individual mineral in diabase

综上所述,郯庐断裂带北段在早白垩世末期—晚白垩世早期(100—95Ma)形成,断裂带内存在辉绿岩脉标志该断裂带的形成是深层次热—构造作用的结果,因而断裂带形成具有岩石圈规模的构造变形演化过程。走滑断距约为 6km,未发现大规模左行平移的迹象。郯庐断裂带的形成虽与地幔热结构和构造变形相关,但变形程度较小。该断裂带的左行走滑时间与松辽盆地青一段大湖期一致,说明与松辽盆地形成有直接联系。此外,该断裂带的活动和演化使中国东部晚侏罗世—早白垩世盆地内形成一系列正反转构造和花状构造,同时使早期形成的油气

藏调整或破坏，如二连盆地吉尔嘎朗图吉4井即属此种类型[11]。

参 考 文 献

1 徐嘉炜，马国锋．郯庐断裂带研究的十年回顾．地质论评，1992，38(4)：316－324．

2 高维明，李家灵，孙竹友．沂沭大陆裂谷的生长与演化．地震地质，1980，2(3)：11－18．

3 徐嘉炜．郯庐断裂平移系统．构造地质论丛，1984，1：18－33．

4 朱 光，徐嘉炜，孙世群．郯庐断裂带平移时代的同位素年龄证据．地质论评，1995，41(5)：452－456．

5 山东省地质矿产局．山东省地质矿产志．北京：地质出版社，1990．

6 Xu J W, Zhu G, Tong W X, Cui K R, Liu Q. Formation and evolution of the Tancheng－Lujiang wrench fault system: a major shear system to the northwest of the Pacific Ocean. Tectonophysics, 1987, 134: 273－310.

7 吉林省地质矿产局．吉林省地质矿产志．北京：地质出版社，1991．

8 王璞珺，杜小弟，王 俊，王东坡．松辽盆地白垩纪年代地层研究及地层时代划分．地质学报，1995，69(4)：372－380．

9 Chen Wanji, Li Qi, Li Daming and Wang Xi. Geochronological implications of K/Ar isotops system of fault gouge—a preliminary study. Phys. Chem. Earth, 1989, 17, 17－23.

10 Maruyama S, Seno T. Orogeny and relative plate motions: example of the Japanese islands. Tectonophysics, 1986, 127: 305-329.

11 窦立荣，杨 涛．二连盆地吉尔嘎朗图凹陷稠油成因．石油与天然气地质，1995，16(4)：324－330．

CHRONOLOGY OF THE FORMATION OF THE NORTHERN TAN-LU FAULT ZONE AND ITS IMPLICATIONS

Dou Lirong, Song Jianguo

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing)

and Wang Yu

(Geophysical Research Institute, State Seismological Bureau, Beijing)

Abstract

The $^{39}Ar/^{40}Ar$ plateau age of biotite separates in faulted rocks micaceous quartz schist in the Yilan-Yitong fault zone in the northern part of the Tan-Lu fault zone is $100\pm2.3-95.7\pm2.74$ Ma. The Rb-Sr whole-rock isochron age of diabase in the zone is 100 ± 5.9 Ma, and the $^{40}Ar/^{39}Ar$ plateau age of pyroxene separates is 105 Ma. The fault zone cuts the Quantou Formation. All these suggest that the sinistral strike-slip movement of the fault zone took place 100 Ma ago, presumably in the termmal Early Cretaceous. This age is roughly synchronous with that of the formation of the large lake (Qingshankou Formation) of the Songliao basin, suggesting that there are some genetic relationships between them.

Key words: Tan-Lu fault zone, sinistral strike-slip, $^{40}Ar/^{39}Ar$ plateau age, Rb-Sr isochron age

作 者 简 介

窦立荣，1965年生。1987年毕业于江汉石油学院地质系，1990年毕业于北京石油勘探开发科学研究院培训处，获硕士学位，专长石油地质、油气藏和含油气系统。现任北京石油勘探开发科学研究院地质研究所综合室主任，高级工程师。通讯处：：北京市学院路20号910信箱地质研究所，邮政编码：100083。