

·专题研究·

秦岭西段天水一带李子园群变质变形时代的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代学证据[?]

李锦轶 牛宝贵 刘志刚 王宗起 赵 民[?]

(地矿部地质研究所 北京 100037)

陈家义

(陕西省地矿局区调队 咸阳 712000)

提 要 位于秦岭西段北侧天水市附近的李子园群系张维吉等建立,由遭受不同程度变质作用改造的新元古代至早古生代火山沉积岩系构成。对关子镇一带李子园群研究后,发现该群至少遭受了两期强烈变形。早期为伴生低绿片岩相变质作用的近东西向右行剪切,晚期为北西—南东向的左行剪切。通过对变质矿物黑云母的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 定年研究,确定早期变质变形事件发生在石炭纪初(355 Ma)。

关键词 李子园群 变质变形事件 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄

秦岭西段北侧的李子园群(图 1)为张维吉等^[1]建立,包括程裕淇等^[2]划分的天水市以西鸳鸯镇至关子镇一带的原下元古界、天水市东南娘娘坝至岩湾一带未分的下古生界和部分泥盆系。张维吉等阐述了该群原岩特征和变质变形特点,探讨了其原岩形成时代和形成时的构造背景,但没有给出该群变质变形时代方面的确切依据。李子园群东延与丹凤群相连,向西可与兰州市附近和青海省拉脊山及柴达木盆地北缘出露的下古生界进行对比。这样就构成了中国大陆内部一条长近 2 000 km、走向呈北西—南东的早古生代造山带。该带断续出露的蛇绿残片,揭示出其前身为—古洋盆。李子园群所遭受的变质变形作用,显然是发生在该洋盆闭合以后。了解其变质变形特征并确定其确切时代,对于认识该造山带乃至中国大陆的动力学演变历史,无疑是至关重要的。

天水市以西关子镇附近的李子园群,由浅变质的火山沉积岩系构成。笔者于 1994 年对其变质变形特征沿天水市至关子镇之间的公路进行了野外考察,稍后对所采样品进行了室内研究。所获得的资料表明,关子镇一带的李子园群至少遭受了两期比较强烈的变形事件。早期为伴生低绿片岩相变质作用的右行韧性剪切变形,所形成的构造面理在公路沿线现今呈近东西走向;晚期为以脆韧性变形为主的左行剪切,集中发育在现今北西—南东走向的断裂带内。通过采用 ^{40}Ar - ^{39}Ar 方法定年研究,确定早期变形发生在石炭纪初;根据区域地质构造的综合

? 地矿部“八五”重要基础地质研究项目之造山带课题(8502206)成果。

? 参加野外工作的还有姜春发、王作勋、汤耀庆。

本文于 1995 年 10 月 28 日收到。

作者简介,李锦轶,男,1956 年生,研究员,已发表《陆间残余海盆与板块碰撞造山作用》等论文。

分析,推测晚期变形很可能发生在中生代以来,与亚洲大陆西南部的增生碰撞及青藏高原的隆升有关。本文仅侧重于论述上述研究工作中取得的早期事件的定年成果,并简要剖析该成果所提供的有关该区地质历史的信息。

1 样品特征

样品采自关子镇南东约 12 km 处天水市至关子镇的公路西侧(图 1),岩性为深灰色细晶黑云石英片岩,片理产状为 $5^{\circ}/86^{\circ}$ 。显微镜下对样品进行观察,见发育两期剪切结构。早期剪切作用与变质作用同时发生,表现为石英重结晶且明显沿片理走向拉长,同期的 S-C 组构指示右行剪切,同生的黑云母沿 S-C 组构的面理生长。晚期变形以脆性为主,表现为明显切割早期片理和变质矿物的较密集破劈理,并具左行剪切的运动学特征。对石英 C 轴组构测量,得到的低温底面组构也显示出类似特点。岩石中的黑云母虽然为晚期劈理切错,但是无明显蚀变现象,比较新鲜,适合于采用 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 定年方法确定使之产生早期变质变形的时代。

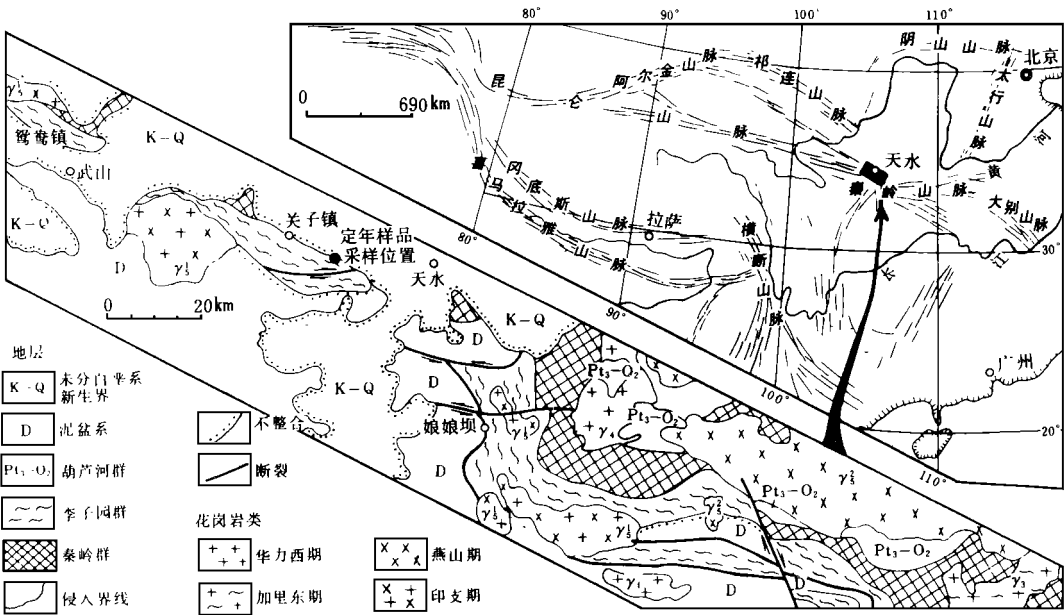


图 1 李子园群空间分部图(根据张维吉等的资料修编)

Fig.1 Spatial distribution of the Liziyuan Group

2 定年研究方法和结果

从所采样品中分选出纯度达 99% 以上的新鲜黑云母做为 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 定年研究的样品,具体分析工作由中国地质科学院地质研究所沈洁等完成。样品首先在中国原子能科学院的核反应堆内进行照射,然后在 MM-1 200 B 质谱仪上按常规流程系统^[3]进行氩同位素测定。标样为北京房山花岗岩闪长岩中的黑云母,计算视年龄采用的常数 λ_{01} 值为 5.543×10^{-10} 年。定年结

果如表 1 和图 2 所示。

表 1 李子园群变质黑云母的⁴⁰Ar-³⁹Ar 阶段升温分析结果¹⁾

Table 1 Results of ⁴⁰Ar-³⁹Ar stepwise heating of metamorphosed biotite of the Liziyuan Group

温度 (℃)	$\frac{{}^{40}\text{Ar}_m}{{}^{39}\text{Ar}_m}$	$\frac{{}^{36}\text{Ar}_m}{{}^{39}\text{Ar}_m}$	$\frac{{}^{37}\text{Ar}_m}{{}^{39}\text{Ar}_m}$	$\frac{{}^{40}\text{Ar}_\gamma}{{}^{39}\text{Ar}_\gamma}$	³⁹ Ar (10 ⁻¹⁴ mol)	³⁹ Ar 析出 累计(%)	视年龄 (Ma)
400	11.985	0.00 263	0.0 293	11.985	913.16	11.84	310.29±3.01
480	14.306	0.00 079	0.0 125	14.068	1 071.74	25.74	359.19±3.29
560	14.069	0.00 030	0.0 135	13.976	989.05	38.57	357.04±3.29
640	13.975	0.00 029	0.0 206	13.886	1 027.40	51.90	354.95±3.28
720	13.783	0.00 056	0.0 629	13.6. .17	354.60	56.50	348.71±3.36
800	13.913	0.00 110	0.0 872	13.592	319.50	60.64	348.12±3.35
880	14.256	0.00 116	0.0 577	13.912	386.57	65.65	355.57±3.33
960	13.915	0.00 053	0.0 280	13.757	1 514.70	85.30	351.96±3.24
1050	14.240	0.00 045	0.0 358	14.105	779.37	95.41	357.96±3.41
1120	14.743	0.00 086	0.1 307	14.494	347.97	99.92	369.01±3.62
1250	82.321	0.23 214	2.8 429	13.952	3.00	99.96	421.92±45.3
1400	12.764	0.00 263	0.0 293	11.985	2.80	100.00	356.49±81.1

注:1)样重 121.3mg,J=0.01 566。2)m 表示 mol 数。3)γ 表示为放射性成因

由表 1 看出,绝大部分³⁹Ar 在 400℃至 1 120℃间各温度段析出,除由 400℃温度段数据计算的视年龄略低外,其余各温度段得到的年龄值比较接近,为(348.12±3.35) Ma 至(369.01±3.62) Ma。1 250℃和 1 400℃两个温度段的³⁹Ar 析出很少,受热本底干扰大,所得的视年龄无地质意义。结合图 2 单一坪谱和等时线特征,以及(356.1±1.3) Ma 坪年龄与(355.09±4.44) Ma 的等时线年龄的一致性,确定所测样品的氩同位素封闭年龄为 355 Ma,基本是可信的。

3 地质解释和问题讨论

由于所测样品遭受的变质作用属低绿片岩相,其温度范围^[4]与黑云母的封闭温度^[5,6]比较接近,所以获得的 355 Ma 黑云母封闭年龄,即形成黑云母的环境冷却到黑云母封闭温度时的年龄,大致接近于使黑云母形成的变质作用峰期时代。亦即李子园群遭受的早期变质变形事件的峰期时代。鉴于迄今没有发现李子园群遭受其它更强烈构造热事件的任何迹象,所以可以认为至少是关子镇一带的李子园群的主变质作用发生在石炭纪初期。

现有地质资料表明,上述事件不是孤立的。陕甘两省地质学家们在秦岭西段北侧多处发现的石炭系内部和上石炭统与泥盆系之间的角度不整合界面,以及在天水市以东地区确定的

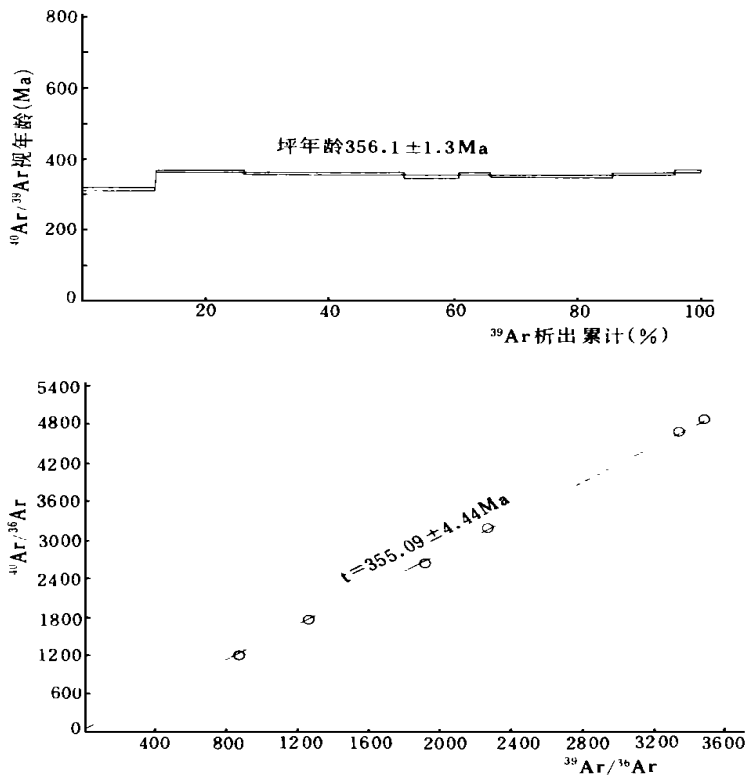


图 2 关子镇南东李子园群变质成因的黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪谱(上)和等时线(下)年龄

Fig. 2 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plateau spectrum age (above) and isochron age (below) of biotite of metamorphic origin from the Liziyuan Group

华力西期花岗岩及 320~350 Ma 构造热事件的年龄值,都是同一地质事件的不同表现形式。由此推论,早石炭世初期的地质构造事件不仅强烈改造了李子园群,而且影响到秦岭北侧所有地区。地质作用除了褶皱运动和中酸性岩浆侵入活动外,还有强烈的以右行韧性剪切运动为主的低绿片岩相变质变形作用。

由变形特征和 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 定年研究成果确定的秦岭北侧石炭纪初的右行剪切变质变形作用所揭示的动力学体制,与受亚洲古板块中生代以来向南增生乃至与印度板块碰撞所产生的影响该区的动力学体制,存在着明显的差别。经研究,天水市以西地区主要表现为左行走滑剪切作用,并有近南北方向的地壳总体缩短效应。该区地质历史上石炭纪以来的上述动力学演变,揭示出秦岭北侧比较复杂的地质历史。对这一演变过程和机制的进一步研究,无疑有可能获得大陆动力学方面的重要信息。

参 考 文 献

1 张维吉等:祁连山—北秦岭造山带接合部位构造特征与造山过程,西安:西北大学出版社,1994.

- 2 程裕淇等. 中国地质图(1:500 万). 北京:地质出版社, 1990.
- 3 富云莲等. ^{40}Ar - ^{39}Ar 定年法的实验技术与一些地质样品年龄的测定. 中国地质科学院地质研究所所刊, 1987(17): 85~107.
- 4 贺同兴等. 变质岩岩石学. 北京:地质出版社, 1988.
- 5 Harrison T M, Duncan I and McDougall I. Diffusion of ^{40}Ar in biotite; temperature, pressure and compositional effects. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1985, (49): 2461~2468.
- 6 Monié P, Torres-Roldán R L and García-Casco A. Cooling and exhumation of the Western Betic Cordilleras, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ thermochronological constraints on a collapsed terrane. *Tectonophysics*, 1994, (238): 353~379.

^{40}Ar - ^{39}Ar THERMOCHRONOLOGICAL EVIDENCE FOR THE AGE OF METAMORPHISM AND DEFORMATION OF THE LIZIYUAN GROUP ON THE NORTHERN SIDE OF THE WESTERN SECTOR OF THE QINLING MOUNTAINS

Li Jinyi, Niu Baogui, Liu Zhigang, Wang Zongqi and Zhao Min

(*Institute of Geology, MGMR, Beijing*)

Chen Jiayi

(*Regional Geological Survey Party, Shanxi Bureau of Geology and Mineral Resources, Xi'an Shanxi*)

Abstract The Liziyuan Group exposed on the northern side of the western sector of the Qinling Mountains near Tianshui City was estimated by Zhang Weiji et al. It consists of Neoproterozoic to Early Paleozoic volcano-sedimentary sequences that have undergone different degrees of metamorphism. Study of the Liziyuan Group in the vicinity of Guanzizhen has revealed that the group underwent at least two stages of strong structural deformation. The early-stage deformation was marked by nearly E-W-directed dextral shear accompanied by low greenschist-facies metamorphism, while the late-stage one by SE-directed sinistral shear. ^{40}Ar - ^{39}Ar dating of the metamorphic mineral biotite implies that the early event took place at the beginning of the Carboniferous (355 Ma B.P.).

Key words: Liziyuan Group, event of metamorphism and deformation, ^{40}Ar - ^{39}Ar dating