

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

大渡河金矿田喜马拉雅期成矿的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄依据及其意义

闫升好 杨建民 王登红 陈毓川 徐 珏

中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037

内容提要 大渡河金矿田是扬子地台西南缘一个重要的金成矿集中区。对其中白金台子和三雕两个金矿床含金石英脉的石英进行了 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化法同位素年龄测试, 获得坪年龄分别为 $25.4 \pm 0.2 \text{ Ma}$ 和 $24.7 \pm 0.3 \text{ Ma}$, 相应的等时线年龄分别为 $24.1 \pm 0.1 \text{ Ma}$ 和 $22.9 \pm 0.1 \text{ Ma}$, 反等时线年龄分别为 $23.8 \pm 0.1 \text{ Ma}$ 和 $23.0 \pm 0.1 \text{ Ma}$ 。这些年龄数据不仅有力地证明了大渡河金矿形成于喜马拉雅构造期, 也为更好地认识扬子地台西南缘金矿形成的地质构造背景、矿床成因及成矿规律, 进而指导区域找矿提供了依据。

关键词 大渡河金矿田 喜马拉雅期 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄 白金台子 三雕

大渡河金矿田是20世纪80年代以来发现的一个重要金成矿集中区(陈智梁等, 1997)。由于金矿产于古老的前震旦纪康定群变质核—岩浆杂岩内, 加之缺乏较可靠的同位素年龄数据, 致使对矿床成因的认识分歧较大, 并直接影响了该地区矿产资源的勘查工作。本文旨在通过对含金石英脉中石英 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化同位素年代学研究, 讨论该类金矿形成的时代、地质构造背景和矿床成因等问题, 为指导区域找矿提供理论依据。

1 大渡河金矿地质概况

大渡河金矿田位于扬子地台西南缘, 在漫长的地质演化过程中, 经历了前震旦纪基底形成阶段、震旦纪—中三叠世的被动大陆边缘阶段、晚三叠世—白垩纪碰撞造山阶段和新生代陆内造山阶段(骆耀南等, 1998)。区内已发现岩金矿床(点)60余处, 可分为石英脉型和石英脉—蚀变岩型两种类型, 容矿主岩是前震旦纪康定群变质核—岩浆杂岩, 容矿构造为杂岩体内的网格状脆—韧性剪切带。规模较大的矿床有黄金坪(石英脉—蚀变岩型)、白金台子(石英脉—蚀变岩型)和三雕(石英脉型)等。白金台子金矿产于花岗闪长质混合岩中, 受NE—SW向脆—韧性剪切带控制, 矿体由石英脉和蚀变糜棱岩组成, 矿石矿物主要为石英和黄铁矿。三雕金矿产于元古宙花岗

岩外接触带的混合岩化斜长角闪岩中, 矿带受NNE向韧—脆性剪切带控制, 矿体主要由含金石英脉和少量蚀变糜棱岩组成, 主要矿石矿物有石英、黄铁矿、黄铜矿和方铅矿等。

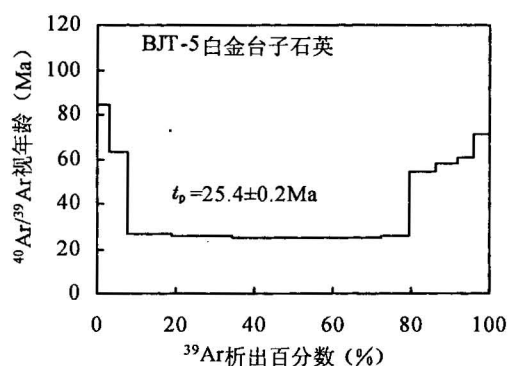


图1 白金台子金矿床含金石英 Ar-Ar 年龄图谱
Fig. 1 Ar-Ar age spectrum of the auriferous quartz from Baijintaizi gold deposit

2 成矿年代学研究

2.1 采样及测年方法

为准确厘定大渡河金矿的成矿时代, 笔者等对白金台子和三雕金矿床的2件含金石英脉样品进行了氩同位素定年测试。样品BJT-13采自白金台子

注: 本文为国家重点基础研究项目(编号 G1999043203)和地质大调查项目(编号 K1.4-3-4)资助成果。

收稿日期: 2001-08-09; 改回日期: 2002-01-04; 责任编辑: 刘淑春。

作者简介: 闫升好, 男, 1966年生, 1998年于中国地质科学院获博士学位。现为中国地质科学院矿产资源研究所副研究员, 主要从事矿床学研究。通讯地址: 100037, 北京市百万庄路26号; 电话: 010-68997363。

表1 白金台子金矿床石英(BJT-13) ^{40}Ar - ^{39}Ar 快中子活化法测定结果Table 1 Analytic $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ data for quartz (BJT-13) from Baijintaizi gold deposit

加热阶段	加热温度(℃)	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$^{39}\text{Ar}_K$ ($\times 10^{-12}\text{mol}$)	$(^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_K)$ ($\pm 1\sigma$)	$^{39}\text{Ar}_K$ (%)	视年龄 (Ma, $\pm 1\sigma$)
1	450	24.424	0.0668	0.7528	0.2857	0.503	4.816 ± 0.04	3.06	84.6 ± 3.5
2	560	16.617	0.0445	0.5288	0.2403	0.781	3.551 ± 0.02	4.75	62.7 ± 1.6
3	670	7.2839	0.0197	0.2383	0.1395	1.879	1.470 ± 0.01	11.4	26.2 ± 0.4
4	780	5.9259	0.0153	0.2062	0.1213	2.505	1.425 ± 0.01	15.2	25.4 ± 0.4
5	870	4.5087	0.0107	0.6601	0.0942	4.012	1.390 ± 0.01	24.4	24.8 ± 0.3
6	960	6.6316	0.0179	0.5002	0.1442	2.203	1.386 ± 0.01	13.4	24.7 ± 0.4
7	1050	10.381	0.0305	0.7637	0.2114	1.217	1.459 ± 0.02	7.31	26.1 ± 0.5
8	1150	12.473	0.0322	0.9900	0.2193	1.078	3.047 ± 0.02	6.55	54.0 ± 1.2
9	1250	15.178	0.0408	1.0228	0.2781	0.909	3.241 ± 0.02	5.52	57.4 ± 1.5
10	1350	17.891	0.0495	1.1861	0.3131	0.725	3.409 ± 0.03	4.41	60.3 ± 1.9
11	1500	22.563	0.0632	1.1258	0.3141	0.642	4.059 ± 0.04	3.90	71.5 ± 2.8

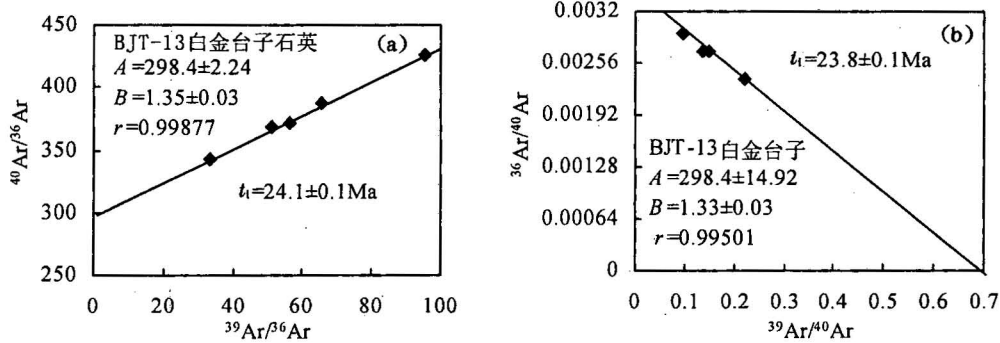


图2 白金台子金矿床含金石英 Ar-Ar 法等时线(a)和反等时线(b)年龄图

Fig. 2 Isochronal (a) and reverse isochron (b) Ar-Ar age of the auriferous quartz from Baijintaizi gold deposit

表2 白金台子金矿床石英(BJT-13) ^{40}Ar - ^{39}Ar 快中子活化法等时线年龄数据Table 2 Isochron $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ data for quartz (BJT-13) from the Baijintaizi gold deposit

序号 (同表1)	等时线		反等时线	
	$^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	$^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$	$^{36}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$
3	50.86234	368.9831	0.137288	0.002711
4	65.79997	387.9754	0.168750	0.002582
5	95.21452	426.5837	0.221794	0.002371
6	56.38560	372.3355	0.150793	0.002698
7	33.06903	342.4603	0.096330	0.002935
年龄 (Ma)	$t_1 = 24.1 \pm 0.1$ ($r = 0.99877$)		$t_1 = 23.8 \pm 0.1$ ($r = 0.99501$)	
截距	$A = 298.4$ ± 2.24	$B = 1.35$ ± 0.03	$A = 298.4$ ± 14.92	$B = 1.33$ ± 0.03

物有黄铁矿和黄铜矿。两矿床中含金石英脉均是主要矿石类型,占80%以上。

样品测试在中国科学院地质研究所同位素实验

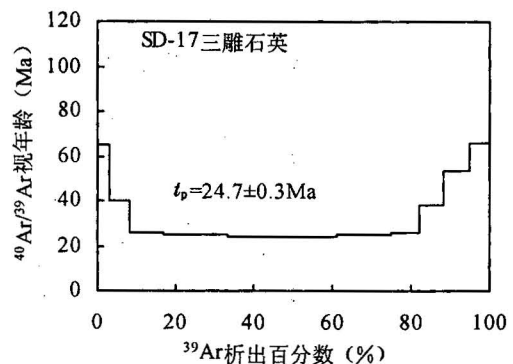


图3 三雕金矿床含金石英 Ar-Ar 年龄图谱

Fig. 3 Ar-Ar age spectrum of the auriferous quartz from Sandiao gold deposit

1号矿体的含金石英脉,含少量黄铁矿。样品 SD-17 来自三雕金矿1号金矿带的含金硫化物石英脉,硫化

室完成。先将样品在中国原子能科学研究院49-2反应堆进行快中子照射,时间为52 h,照射参数 $J=0.009965$ 。被照射过的样品经过冷却,置于超高真空 (1.33×10^{-6} Pa) 析氦系统中进行阶段加热和纯化。加热温度区间为450~1500℃,加热温度间隔为100~150℃。纯化后的氦直接进入RGA10气体质谱计(英国VSS公司)进行氦同位素测定。年龄计算中, ^{37}Ar 半衰期为35.1 d, ^{40}K 的衰变常数采用 $5.543 \times 10^{-10}/\text{a}$,年龄误差为 1σ 。

2.2 测年结果

白金台子含金石英样品的阶段加热氦同位素测试结果见表1和表2。从表1和图1可以看出,白金台子

BJT-13样品在670~1050℃五个加热阶段析出的 ^{39}Ar 总量为71.71%,得到一个稳定的坪年龄为 25.4 ± 0.2 Ma;相应地,由3~7阶段数据所得到的等时线年龄为 24.1 ± 0.1 Ma,反等时线年龄为 23.8 ± 0.1 Ma(表2、图2)。坪年龄、等时线年龄和反等时线年龄基本一致, $(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_i$ 为 298.4 ± 2.2 。

由表3和图3可知,三雕金矿床SD-17样品含金石英五个加热阶段(680~1050℃)析出 ^{39}Ar 总量为83.91%,得到的坪年龄为 24.7 ± 0.3 Ma,对应的等时线年龄和反等时线年龄分别为 22.9 ± 0.1 Ma 和 23.0 ± 0.1 Ma(表4、图4),三个年龄数据非常接近, $(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_i$ 为 299.4 ± 1.5 。

表 3 三雕金矿床石英(SD-17) ^{40}Ar - ^{39}Ar 快中子活化法测定结果

Table 3 Analytic $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ data for quartz (SD-17) from Sandiao gold deposit

加热阶段	加热温度(℃)	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$^{39}\text{Ar}_K$ ($\times 10^{-12}\text{mol}$)	$(^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_K)$ ($\pm 1\sigma$)	$^{39}\text{Ar}_K$ (%)	视年龄 (Ma, $\pm 1\sigma$)
1	450	25.397	0.0741	1.0186	0.3545	0.438	3.681 ± 0.05	3.23	65.0 ± 3.1
2	570	17.235	0.0512	0.8087	0.2457	0.679	2.225 ± 0.02	5.01	39.6 ± 1.1
3	680	9.9038	0.0288	0.6550	0.1596	1.206	1.449 ± 0.01	8.89	25.9 ± 0.4
4	780	6.0638	0.0159	0.5514	0.1032	2.171	1.389 ± 0.01	16.1	24.8 ± 0.3
5	870	4.7826	0.0118	0.5427	0.0863	3.734	1.328 ± 0.00	27.5	23.7 ± 0.3
6	950	7.3006	0.0202	0.7450	0.1435	1.881	1.382 ± 0.01	13.9	24.7 ± 0.4
7	1050	12.727	0.0386	1.1780	0.2204	1.011	1.438 ± 0.02	7.52	25.7 ± 0.6
8	1150	15.266	0.0448	0.8711	0.2605	0.828	2.138 ± 0.02	6.10	38.0 ± 1.0
9	1300	14.811	0.0403	0.8207	0.2695	0.920	3.008 ± 0.02	6.79	53.3 ± 1.4
10	1500	21.603	0.0601	0.9804	0.3101	0.665	3.734 ± 0.03	4.91	65.9 ± 2.4

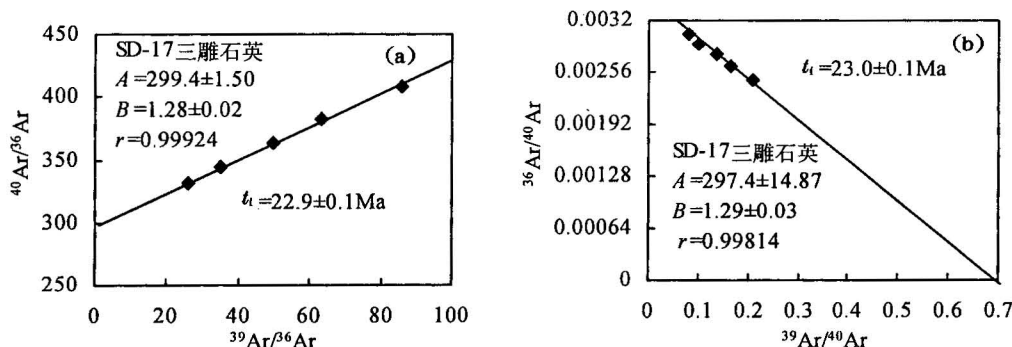


图 4 三雕金矿床石英 Ar-Ar 法等时线(a)和反等时线(b)年龄图

Fig. 4 Isochronal (a) and reverse isochronal (b) Ar-Ar age of the auriferous quartz from Sandiao gold deposit

3 讨论与结论

3.1 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄数据的可信度

石英等微量含 K 矿物常因为含过剩 Ar, 其阶段加热获得的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄谱多呈马鞍形, 导致坪

年龄有时接近成矿年龄、有时远大于成矿年龄(邱华宁等, 1995, 胡振铎, 1997), 因此, 在采用石英氦同位素定年时需结合具体情况加以甄别。大渡河金矿田2件含金石英样品氦同位素测试结果表明, 不仅它们各自的坪年龄和等时年龄基本一致, 而且两件样品

的年龄值(无论坪年龄还是等时年龄)也非常接近,为22.9~25.4 Ma。两件样品坪年龄对应的氩析出量高达71.71%和83.91%, ($^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$)_i 分别为298.4和299.4,与现今大气氩(295.5)基本相当(魏菊英等,1988)。上述氩同位素年龄还与陈智梁等(1997)测得的三雕金矿热液绢云母 K-Ar 年龄(20.8~21.2 Ma)较为接近。因此,本文获得的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄数据是准确可靠的。

表4 三雕金矿床石英(SD-17) ^{40}Ar - ^{39}Ar 快中子活化法等时线年龄数据

Table 4 Isochron $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ data for quartz (SD-17) from the Sandiao gold deposit

序号 (同表3)	等时线		反等时线	
	$^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	$^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$	$^{36}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$
3	34.90590	344.7943	0.100970	0.002912
4	63.31382	382.1399	0.164912	0.002631
5	85.88845	408.3061	0.209090	0.002467
6	49.93689	363.2345	0.136974	0.002773
7	26.10743	331.7497	0.078571	0.003035
年龄 (Ma)	$t_1 = 22.86 \pm 0.1$ ($r = 0.99924$)		$t_1 = 23.02 \pm 0.1$ ($r = 0.99814$)	
截距	$A = 299.4$ ± 1.50	$B = 1.28$ ± 0.02	$A = 297.4$ ± 14.87	$B = 1.29$ ± 0.03

3.2 地质意义

白金台子金矿床和三雕金矿床是大渡河金矿田两个极具代表性的矿床,上述 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄表明,大渡河金矿是喜马拉雅构造期形成的,金矿成矿时代与容矿主岩(前震旦系)存在较大的矿/岩时差,从而为准确框定金矿形成时的地质构造背景、正确认识矿床成因和成矿规律提供了重要依据。关于大渡河金矿的成矿构造背景及矿床成因,存在两种截然不同的认识:一种观点认为金矿的形成与晋宁—澄江期的褶皱回返及岩浆侵入作用有关,矿床是在古元古代含金混合岩化变质岩系的基础上发生再活化而形成的,其后的构造运动均属成矿后活动,与成矿无关;另一种观点则认为成矿与中生代造山过程有关(陈智梁等,1997)。本文获得的成矿年龄表明大渡河金矿的形成应该与新生代陆内造山过程有关,矿区内广泛发育的喜马拉雅期基性岩脉群、成矿流体和成矿物质的深源岩浆特点、控矿构造为多期次的脆-韧性剪切带(15.4~21.2 Ma)等显示,喜马拉雅

期强烈的构造—岩浆活动不仅为成矿提供了充足的热动力源、矿化沉淀场所,使古老含金变质岩系的金活化富集成矿,还可能从深部带来部分矿源。因此,大渡河金矿实际上属于西南三江新生代铜、金、铅、锌成矿体系的一个重要组成部分(Wang et al., 2000; Chen et al., 2000)。

野外工作得到四川地质矿产勘查局骆耀南、傅德明、卢治安、楚萤石等同志的大力协助,特此致谢。

参考文献

- 陈智梁,刘宇平,魏少青,等. 1997. 康定大渡河两岸主要金矿区矿田构造研究. 北京:地质出版社.
- 胡振铎. 1997. 金矿石英脉 K-Ar 年龄测定. 地球学报, 18(增刊): 266~268.
- 骆耀南,俞如龙,侯立玮,等. 1998. 龙门山—锦屏山陆内造山带. 成都:四川科学技术出版社.
- 邱华宁,戴植漠,蒲志平. 1995. 云南泸水钨锡矿床微量 K 矿物 ^{40}Ar - ^{39}Ar 马鞍型年龄谱的含义. 矿床地质, 14(3): 273~280.
- 魏菊英,王关玉. 1988. 同位素地球化学. 北京:地质出版社, 42~58.
- Chen Yuchuan, Xu Jue, Wang Denghong, Yang Jiangmin, Xue Chunji, Yan Shenghao. 2000. Meso-Cenozoic mineralization pattern in the continent of China. Acta Geologica Sinica (English Edition), 74(3): 439~446.
- Chen Zhiliang, Liu Yuping, Wei Shaoqing, et al. 1997. Study on Orefield Structure of Main Gold Mining Areas Along Daduhe River, Kangding, Sichuan, China. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Hu Zhenduo. 1997. K-Ar dating of quartz-vein in gold deposit. Acta Geoscientia Sinica, 18(Supp.): 266~268 (in Chinese with English abstract).
- Luo Yaonan, Yu Rulong, Hou Liwei, et al. 1998. Longmenshan—Jinpingshan Intracontinental Orogenic Belt. Chengdu: Sichuan Science and Technology Publishing House (in Chinese).
- Qiu Huaning, Dai Tongmo, Pu Zhiping. 1995. The implication of ^{40}Ar - ^{39}Ar saddle-shaped age spectra of trace K minerals from the Lushui tungsten-tin deposit, Yunnan Province. Mineral Deposits, 14(3): 273~280 (in Chinese with English Abstract).
- Wang Denghong, Chen Yuchuan, Xu Jue, Yang Jiangmin, Xue Chunji, Yan Shenghao. 2000. Cenozoic mineralization in China, as a key to past mineralization and a clue to future prospecting. Acta Geologica Sinica (English edition), 74(3): 478~484.
- Wei Juying, Wang Guanyu. 1988. Isotope Geochemistry. Beijing: Geological Publishing House, 42~58 (in Chinese).

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Dating of the Daduhe Gold Orefield in Kangding, Sichuan —New Evidence of the Himalayan Mineralization and Its Implications

YAN Shenghao, YANG Jianmin, WANG Denghong, CHEN Yuchuan, XU Jue

Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037

Abstract

The Daduhe gold orefield are one of the most important gold metallogenic areas on the southwestern margin of the Yangtze platform, but there are disputes in the genesis of the orefield, particularly due to lack of data on its accurate ore-forming age. Through field investigations and isotope chronological studies, the authors have obtained a group of Ar/Ar chronological data of the auriferous quartz, i. e. , a plateau age of 25.4 ± 0.2 Ma, and isochronal and reverse isochronal ages of 24.1 ± 0.1 Ma and 23.8 ± 0.1 Ma respectively are obtained for the auriferous quartz from the Baijintaizi deposit; and a plateau age of 24.7 ± 0.3 Ma, and isochronal and reverse isochronal ages of 22.9 ± 0.1 Ma and 23.0 ± 0.1 Ma respectively obtained for the quartz from the Sandiao deposit. These isotope data suggest that the Daduhe gold orefield were formed during the Himalayan and provide important evidence for the view that the mineralization was closely related to the Himalayan magmatism and brittle-ductile shearing, and therefore the Daduhe gold mineralization belt is surely an organic part of the Cenozoic Cu-Pb-Zn-Au metallogenic system in the Sanjiang (means three rivers, i. e. : Jinsha River, Nujiang River and Lancang River) area, southwestern China.

Key words: Himalayan; Daduhe gold orefield; $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age; Bajintaizi; Sandiao