

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

云南东川播卡—拖布卡地区含金石英脉的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄及其地质意义

应汉龙¹⁾ 刘和林²⁾ 李志伟³⁾

1) 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京, 100029

2) 云南省地勘局第二地质大队, 文山, 653000; 3) 云南省储量评估中心, 昆明, 610011

内容提要 东川播卡—拖布卡地区金矿是云南中部“康滇地轴”中、新元古界昆阳群岩石中发现的第一个金矿, 位于接近三江褶皱带的扬子地块西缘。原生金矿化为含金黄铁矿石英脉、细脉、网脉和浸染状石英黄铁矿。四个不同产状的典型含金石英脉的石英的阶段加热 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄谱为马鞍形, 坪年龄值范围为 $59.93 \pm 0.21 \sim 42.38 \pm 0.32$ Ma, 最小视年龄范围 $59.30 \pm 4.30 \sim 41.90 \pm 1.8$ Ma, 与计算坪年龄加热阶段相应数据的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 等时线年龄范围 $59.34 \pm 0.17 \sim 41.25 \pm 0.10$ Ma, 三者基本一致。等时线年龄计算的相关系数大于0.998, $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 初始值范围为 $293.17 \pm 1.40 \sim 295.2 \pm 0.43$, 与尼尔值一致。石英形成后没有受到后期地质作用。石英样品的坪年龄没有受到过剩氩和氩丢失的影响, 可以作为石英和金矿的年龄。金矿形成于新生代第三纪古新世和始新世初的陆内拉张地质构造环境中。

关键词 成矿时代 石英 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄 金矿床 东川 云南

东川播卡—拖布卡地区的独立金矿是云南中部中、新元古界昆阳群岩石中发现的第一个金矿, 原生矿化主要有含金硫化物(黄铁矿)石英脉、细脉、网脉和浸染状石英硫化物(黄铁矿)。该地区属于扬子地台北缘的康滇地轴, 靠近三江褶皱带, 在其西南部三江褶皱带的哀牢山构造混杂岩带和北部的扬子地块的康定杂岩中发现许多新生代金矿床, 如云南墨江金厂(约61 Ma)(胡云中等, 1995)、镇沅老王寨(约26 Ma)(Wang Jianghai et al., 2001)和四川康定偏岩子(约9.55 Ma)(罗鸿书等, 1987)、三雕(约20.5 Ma)(陈智梁等, 1997)等(图1a), 但至今没有康滇地轴元古宙岩石中的金矿形成时代报道。此外, 一般认为康滇地轴区昆阳群地层岩石分布区的内生成矿作用在时间上局限于前寒武纪(戴恒贵, 1997)。因此确定播卡—拖布卡地区金矿化时代, 可以增加对扬子板块西缘及邻近“三江”地区新生代金矿成矿作用的范围和昆阳群地层分布区内生成矿作用时代的了解。

石英是含微量钾的矿物, 对其 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄的意义有不同的认识(邱华宁等, 1995)。桑海清等(1994, 2001)研究表明, 只要在石英样品挑选和用

量、照射时间、质谱分析及数据处理等方面严格把关, 使Cl和过剩氩的干扰尽量降低, 就能得到比较可靠的石英 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄数据。许多石英的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄测定结果与含金石英脉的地质特征表明的成矿时代一致也说明, 石英的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄能够代表石英、相应含金石英脉和金矿床的年龄(桑海清等, 1994, 2001; 王登红等, 2001)。本文报道播卡—拖布卡金矿矿化特征和石英 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年结果及其地质意义。

1 矿化特征

播卡—拖布卡地区大地构造上属于扬子地块“康滇地轴”云南段的北段, 接近扬子地块西部的三江褶皱带(图1a)。区内出露地层为中、新元古界昆阳群。矿区地层为昆阳群岔河组和清水沟组, 下部的岔河组主要由石英细砂岩、粉砂岩和板岩互层组成; 底部为细—中粒石英砂岩, 局部为石英岩或砾岩; 顶部常夹赤铁矿层或相变为铁质板岩, 厚度 $>1800\text{m}$ 。上部的清水沟组下段以厚层白云岩为主, 局部以灰岩为主; 上段以碳质板岩为主, 夹黑色硅质岩或硅质泥岩条带、(碳质)灰岩、泥灰岩和白云岩, 厚度为200~

注: 本文为国家重点基础研究项目(编号 G1999043200)的成果。

收稿日期: 2003-06-18; 改回日期: 2003-09-08; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 应汉龙, 博士。现为中国科学院地质与地球物理研究所副研究员, 主要从事金矿床研究工作。电话: 010-62007902; Email: hanlongying@sina.com.cn。

500m(图1b)。清水沟组地层与岔河组地层整合接触,是滇中铁(铜、铅、锌、锰等)矿床赋矿的重要层位(戴恒贵,1997;李志伟等,2000)。昆阳群是发育在康滇地轴康定群、普登群等晚太古—古元古代结晶基底之上的沉积岩(李希勳,1993;李志伟等,1999)。由于古元古代拉伸作用,康滇地轴结晶基底上发育近东西向边缘海火山—沉积盆地,首先形成大红山群及其相当岩系;然后,在距今18 Ga 前后的“龙川”运动开始时发育陆内或陆间裂谷盆地,在近南北向的昆阳裂谷盆地的次级近东西向东川马蹄形断陷盆地的东部沉积了昆阳群地层(李志伟等,1999)。

播卡—拖布卡地区发育近南北走向的麻塘—汤

丹区域逆冲推覆断裂,被后期近东西和北东走向的断裂错断。含金石英脉分布在麻塘—汤丹推覆断裂的次级北东、北西和南北走向的断裂和裂隙中(图1b)。晋宁期蚀变或变质的辉绿岩床和时代不明的闪长岩岩体侵入于昆阳群岩石中,二者内部都有含金石英脉或细脉发育(图1b 未表示)。

原生金矿化或矿体按矿石构造可以分为含金黄铁矿石英脉型、含金黄铁石英网脉型、含金黄铁石英浸染型等类型,矿化主要于昆阳群清水沟组和岔河组岩石中。新山和马家沟的石英脉赋存在清水沟组上段碳(硅)质板岩夹砂质白云岩层间破碎带,单个含金石英脉长可达30~50 m,厚度为0.4~0.5

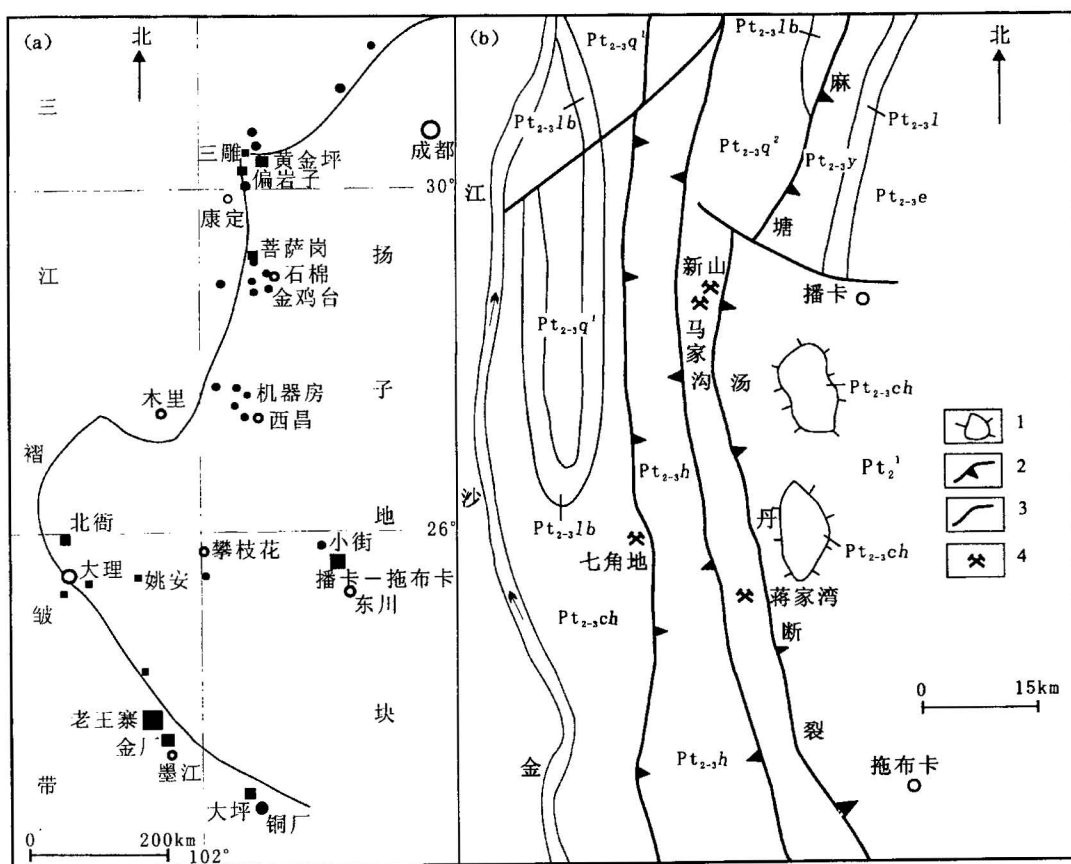


图1 扬子地块西缘及邻区金矿分布和东川播卡—拖布卡地区地质略图

Fig. 1 Sketches of gold deposit distribution in west margin of Yangtze block and its neighboring area and of geology of the Boka—Tuobuka Region, Dongchuan

(a)—扬子地块西缘及邻区金矿分布略图: ■—同位素年龄为新生代的金矿床, ●—无同位素年龄资料的金矿床; (b)—东川播卡—拖布卡地区地质略图: 中元古界—新元古界: Pt_{2-3}lb —禄表组, $\text{Pt}_{2-3}\text{q}^2$ —清水沟组上段, $\text{Pt}_{2-3}\text{q}^1$ —清水沟组下段, Pt_{2-3}ch —岔河组, Pt_{2-3}h —黄草岭组, Pt_{2-3}e —鹅头厂组, Pt_{2-3}l —落雪组, Pt_{2-3}y —因民组, $\text{Pt}_{2\text{l}}$ —昆阳群下亚群未分; 1—构造窗; 2—逆冲推覆断裂; 3—断裂; 4—金矿

(a)—Sketch of gold deposit distribution in western margin of Yangtze block and its neighboring area: ■—gold deposits with isotopic dating of Cenozoic; ●—gold deposits without isotopic dating data; (b)—geological sketch of the Boka—Tuobuka area: Mesoproterozoic—Neoproterozoic: Pt_{2-3}lb —Lubiao Formation, $\text{Pt}_{2-3}\text{q}^2$ —Upper Qingshuigou Formation, $\text{Pt}_{2-3}\text{q}^1$ —Lower Qingshuigou Formation, Pt_{2-3}ch —Chahe Formation, Pt_{2-3}h —Huangcaoling Formation, Pt_{2-3}e —Etoucang Formation, Pt_{2-3}l —Luxue Formation, Pt_{2-3}y —Yinmin Formation; $\text{Pt}_{2\text{l}}$ —Undivided Lower Kunyang Subgroup; 1—structural windows; 2—reverse thrust fault; 3—fault; 4—gold deposit (occurrence)

m, 与构造面理呈平行、斜交或垂直产出, 周围分布含金黄铁石英细脉、网脉和浸染状含金黄铁石英集合体, 一起组成金矿体。矿体走向为北东—南西或近南北方向, 倾向东。蒋家湾的含金石英脉主要分布于闪长岩体外接触带昆阳群清水沟组上段浅黄色板岩和硅质板岩中, 少数分布在闪长岩体内, 含金石英脉的走向为北西、北东和南北。与周围的含金石英网脉和细脉组成总体为北西走向、倾向北东、倾角 $45^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 的金矿体。规模最大的 KT1 号矿体呈脉状产出, 长度大于 100 m, 平均厚度 3.18 m, 平均品位 5.05×10^{-6} 。除在上述含金石英脉周围发育网脉状、细脉浸染状金矿化外, 在七角地的岔河组石英砂岩层间破碎带中发育以细脉浸染状含金黄铁石英为主的金矿化带(图 1b), 长度超过 100 m, 宽度 5~30 m, 金含量在 $0.2 \times 10^{-6} \sim 2.4 \times 10^{-6}$ 。金矿化的围岩蚀变为硅化、黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化、粘土化、绿泥石化和褐铁矿化。矿石的组成矿物为黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、辉银矿、自然金、菱铁矿、方解石、石英、绢云母和褐铁矿等。

2 样品采集和制备分析

用于定年的石英样品采自新山和蒋家湾矿段的含金石英脉(图 1b)。D01、D02 和 D05 石英样品采自新山矿段石英脉。D01 石英脉的围岩为碳质板岩, 含较多黄铁矿, 石英脉与构造面理斜交。D02 含金石英脉呈团块状分布于砂质白云岩中, 含少量黄铁矿。D05 石英脉分布于白云质砂岩中, 含黄铁矿和黄铜矿等, 是矿区富金石英脉, 脉宽 13 cm 左右, 倾向 NW 320° , 倾角 20° 。J4 石英样品采自蒋家湾矿段闪长岩体中的石英脉, 其中的黄铁矿等硫化物含量变化较大, 部分氧化为褐铁矿。这些石英脉是该地区已发现的典型含金石英脉。

石英样品的挑选和加工过程参照桑海清等(1994, 2001)。

样品在中国原子能科学研究院 49-2 反应堆 H8 孔道中心位置照射, 照射时间为 55 h 28 min, 瞬间中子通量为 $6.63 \times 10^{12} \text{ n}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$, 积分中子通量为 $1.32 \times 10^{18} \text{ n}/\text{cm}^2$ 。样品的前处理、阶段加热和质谱分析在中国科学院地质与地球物理研究所 Ar-Ar 定年实验室进行, 测定仪器为 RGA-10 气体源质谱计, 其流程以及数据处理见桑海清(1994, 2001); 采用的国际标样为 GA1550 黑云母, $t = 97.9 \pm 0.7 \text{ Ma}$; 中国标样 ZGC 粗面岩, $t = 53.0 \pm 0.4 \text{ Ma}$ (桑海清等, 1994)。

3 分析结果

石英是含微量钾的矿物, 钾在石英中可以以三种形式存在: ①当 Al^{3+} 置换 Si^{4+} , K^{+} 以电荷补偿形式进入石英结构空隙和空缺中; ②以 K^{+} 存在于石英包裹体流体或结构水中; ③作为石英中的固体杂质成分(如微细矿物绢云母的钾等)存在于石英中(陈光远等, 1989)。在前两种情况下, 钾是与石英同时形成的; 在后一种情况下, 钾是否与石英同时形成, 取决于含钾矿物是否与石英同时形成。双目镜下观察表明, 本次测试的样品不含固体杂质矿物。钙主要存在于流体包裹体和固体杂质矿物中。在石英中氯一般存在于流体包裹体中。由于样品中的 K、Ca、Cl 在样品照射过程中会产生 Ar 同位素(桑海清等, 1994), 在阶段加热过程中, 测定的:

$$^{40}\text{Ar} = (^{40}\text{Ar})_{\text{b}} + (^{40}\text{Ar})_{\text{a}} + (^{40}\text{Ar})_{\text{K}} + ^{40}\text{Ar}^*$$

$$^{39}\text{Ar} = (^{39}\text{Ar})_{\text{b}} + (^{39}\text{Ar})_{\text{K}} + (^{39}\text{Ar})_{\text{Ca}}$$

$$^{38}\text{Ar} = (^{38}\text{Ar})_{\text{b}} + (^{38}\text{Ar})_{\text{a}} + (^{38}\text{Ar})_{\text{Ca}} + (^{38}\text{Ar})_{\text{Cl}} + (^{38}\text{Ar})_{\text{K}}$$

$$^{37}\text{Ar} = (^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}}$$

$$^{36}\text{Ar} = (^{36}\text{Ar})_{\text{b}} + (^{36}\text{Ar})_{\text{a}} + (^{36}\text{Ar})_{\text{Ca}} + (^{36}\text{Ar})_{\text{Cl}}$$

角标 a、b 表示源于大气及仪器本底 Ar 同位素, K、Ca、Cl 分别表示钾、钙、氯受照射产生的 Ar 同位素。扣除 $^{40}\text{Ar}_{\text{a}}$ 和 $^{40}\text{Ar}_{\text{b}}$ 后, 测定的 ^{40}Ar 为 $^{40}\text{Ar}_{\text{K}}$ 和放射成因 $^{40}\text{Ar}^*$ 之和。若样品形成后保持封闭系统, 释放的放射成因 $^{40}\text{Ar}^*$ 和 ^{39}Ar 来自同一位置的钾离子, 在加热时将以同等比例释放出来。

阶段加热分析数据见表 1。($^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$)_m 值表明, 石英中钙的含量大于钾, Ca/K 值比较稳定。因为 ^{39}Ar 主要由 ^{39}K 受照射产生, 而由 ^{40}Ca 受产生 ^{39}Ar 相对非常少, 所以钾和钙可能主要以一定比例存在于石英包裹体流体中。 ^{38}Ar 主要由 Cl 受照射产生, ($^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$)_m 也比较稳定, 说明钾与氯同样主要存在于流体包裹体中。由 4 个石英样品的年龄谱显示第一加热阶段(400℃)和高温($\geq 900^{\circ}\text{C}$ 或 1050°C)阶段析出的气体的视年龄大, 480~770℃、800℃、900℃阶段视年龄小的特征, 年龄谱为“马鞍形”(图 2)。这种谱线特征表明, 石英样品中存在过剩氩。石英结晶时俘获的过剩 Ar 主要赋存在石英的流体包裹体、阳离子和阴离子空缺中。这次测定样品的“马鞍形”年龄谱形成的原因主要是, 石英中流体包裹体接近 400℃ 开始爆裂, 第一加热阶段析出的主要是流体包裹体中的氩, 流体包裹体中的过剩氩大量释放; 在低

(中)温($\geq 900^\circ\text{C}$)阶段,测到 Ar 主要来自流体包裹体(桑海清等,1994),但过剩氩经 400°C 阶段大量释放后明显减少;在高温阶段,随着温度升高,石英阳离子和阴离子空缺中过剩 Ar 将愈来愈多释放(邱

华宁等,1995;胡振铎,1996)。因此 400°C 和高温阶段析出的气体给出的视年龄没有地质年代学意义,而马鞍形年龄谱底部的几组年龄组成的坪年龄接近矿物的结晶年龄(图2)(Lanphere et al., 1976; Lippolt

表 1 云南东川播卡—拖布卡地区含金石英脉的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年数据Table 1 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating data of auriferous quartz veins of Boka—Toubuka area, Dongchuan, Yunnan

加热阶段	加热温度 ($^\circ\text{C}$)	$\left(\frac{^{40}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}\right)_m$	$\left(\frac{^{36}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}\right)_m$	$\left(\frac{^{37}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}\right)_m$	$\left(\frac{^{38}\text{Ar}}{^{39}\text{Ar}}\right)_m$	$^{39}\text{Ar}_K$ ($\times 10^{-12}\text{mol}$)	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}_K$ ($\pm 1\sigma$)	$^{39}\text{Ar}_K$ (%)	视年龄 $t \pm 1\sigma$ (Ma)
D01样品质量 $m=0.2611\text{ g}$, 照射参数 $J=0.008276$									
1	400	35.081	0.10000	3.4371	0.53513	0.8563	5.966 ± 0.054	10.60	86.95 ± 4.71
2	480	21.590	0.06060	3.6988	0.44696	1.5270	4.073 ± 0.045	18.90	59.81 ± 2.74
3	560	36.305	0.11111	5.2673	0.75833	0.8321	4.087 ± 0.077	10.30	60.02 ± 4.61
4	650	32.325	0.09740	4.4851	0.71499	0.9251	4.044 ± 0.072	11.40	59.39 ± 4.30
5	770	43.576	0.13541	4.4157	0.70486	0.6661	4.133 ± 0.071	8.28	60.69 ± 4.34
6	900	36.189	0.10810	4.4191	0.71891	0.8557	4.784 ± 0.073	10.60	70.06 ± 5.09
7	1050	43.275	0.13103	5.1683	0.87241	0.6704	5.204 ± 0.088	8.33	76.08 ± 6.69
8	1200	48.037	0.14339	4.5418	0.84528	0.6128	6.279 ± 0.0861	7.61	91.40 ± 7.75
9	1350	57.454	0.17272	4.9031	0.80454	0.5086	7.094 ± 0.0819	6.32	102.94 ± 8.29
10	1500	54.470	0.15686	3.6958	0.64705	0.5900	8.666 ± 0.065	7.33	124.96 ± 8.06
D02样品质量 $m=0.2494\text{ g}$, 照射参数 $J=0.008278$									
1	400	50.491	0.14736	4.3505	1.09820	0.6592	7.578 ± 0.1122	8.79	109.77 ± 12.02
2	480	16.831	0.04810	2.1812	0.41686	1.9220	2.838 ± 0.041	25.60	41.90 ± 1.81
3	560	44.039	0.14117	4.3888	1.03130	0.5898	2.930 ± 0.1053	7.86	43.24 ± 4.53
4	650	32.769	0.10256	3.7980	0.75641	0.9024	2.944 ± 0.076	12.00	43.45 ± 3.34
5	770	41.754	0.13333	3.7343	0.86666	0.6595	2.883 ± 0.088	8.79	42.56 ± 3.75
6	900	41.838	0.12903	3.9641	0.82580	0.7172	4.250 ± 0.084	9.56	62.39 ± 5.21
7	1050	48.043	0.14492	4.6512	0.97101	0.6382	5.854 ± 0.099	8.51	85.38 ± 8.32
8	1200	64.449	0.20000	5.2117	0.92500	0.4623	6.101 ± 0.094	6.16	88.89 ± 8.25
9	1350	51.173	0.15217	4.0549	0.76086	0.5321	6.785 ± 0.774	7.09	98.59 ± 7.52
10	1500	61.966	0.18539	4.0066	0.80337	0.4118	7.808 ± 0.081	5.59	112.99 ± 9.06
D05样品质量 $m=0.2434\text{ g}$, 照射参数 $J=0.008276$									
1	400	37.594	0.10810	5.0491	0.84594	0.8554	6.259 ± 0.086	10.80	91.12 ± 7.73
2	480	31.390	0.09750	3.9837	0.71951	0.9485	3.048 ± 0.073	12.00	44.95 ± 3.29
3	560	21.428	0.06340	3.0162	0.52857	1.4580	3.013 ± 0.053	18.40	44.43 ± 2.40
4	650	39.068	0.12413	6.0002	0.93793	0.6700	3.092 ± 0.095	8.49	45.59 ± 4.43
5	760	34.956	0.11014	5.1674	0.76811	0.7975	3.012 ± 0.078	10.10	44.42 ± 3.47
6	800	45.163	0.14545	5.2406	0.92000	0.6357	2.852 ± 0.093	8.05	42.09 ± 3.94
7	1000	49.762	0.15810	5.7807	0.84980	0.5846	3.769 ± 0.086	7.41	55.42 ± 4.77
8	1150	41.428	0.12698	4.9818	0.85079	0.7282	4.529 ± 0.086	9.23	66.38 ± 5.71
9	1300	59.136	0.18181	6.3566	1.05900	0.5081	6.244 ± 0.1082	6.44	90.91 ± 9.66
10	1500	44.455	0.12541	4.4040	0.65016	0.7008	7.961 ± 0.066	8.88	115.11 ± 7.48
J4样品质量 $m=0.2515\text{ g}$, 照射参数 $J=0.008278$									
1	400	35.411	0.09410	3.9851	0.82941	0.7866	8.108 ± 0.092	10.60	117.20 ± 10.58
2	480	20.144	0.05790	2.4000	0.42898	1.5980	3.294 ± 0.044	21.50	48.54 ± 2.22
3	560	22.452	0.06600	2.7079	0.43962	1.2270	3.255 ± 0.046	16.50	47.97 ± 2.29
4	650	31.159	0.09560	3.5782	0.60000	0.7984	3.335 ± 0.067	10.70	49.14 ± 3.32
5	770	38.076	0.11923	3.5900	0.67307	0.6017	3.324 ± 0.081	8.10	48.98 ± 3.96
6	900	43.636	0.13863	3.9690	0.79545	0.5090	3.217 ± 0.099	6.86	47.42 ± 4.67
7	1050	54.799	0.17142	3.8425	0.93142	0.4049	4.741 ± 0.1310	5.45	69.46 ± 8.96
8	1200	45.911	0.13777	2.9440	0.72444	0.5209	5.660 ± 0.0970	7.02	82.61 ± 7.90
9	1350	56.578	0.16842	2.9581	0.91578	0.4399	7.337 ± 0.1340	5.92	106.38 ± 3.90
10	1500	49.043	0.13913	2.0509	0.72173	0.5328	8.325 ± 0.1029	7.18	120.24 ± 12.05

注: 样品由中国科学院地质与地球物理研究所 Ar-Ar 法定年实验室桑海清、王英兰测定。 $\lambda=5.543 \times 10^{-10}/\text{a}$ 。下角标 m 表示由质谱计测定, 下角标 K 表示由钾衰变而成。

et al., 1986; Zeitler et al., 1986; 桑海清等, 1994, 2001)。D01、D02、D05 和 J4 石英低、中温阶段的坪年龄分别是 59.93 ± 0.21 Ma (2~5 阶段, 480~

770℃)、 42.38 ± 0.32 Ma (2~5 阶段, 480~770℃)、 44.34 ± 0.23 Ma (2~6 阶段, 480~800℃) 和 48.41 ± 0.23 Ma (2~6 阶段, 480~900℃) (图 2), 相应的

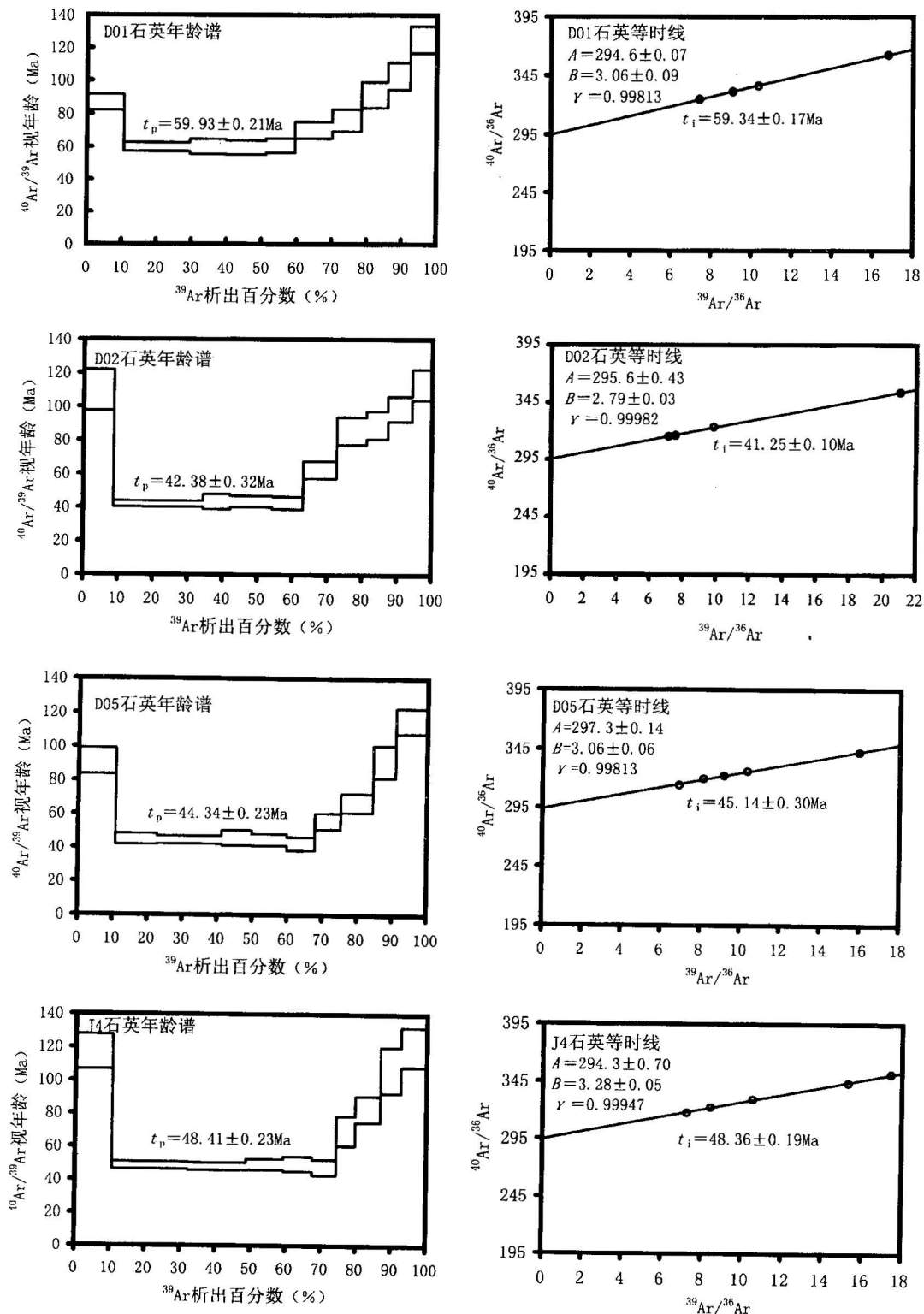


图 2 石英 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄谱和等时线

Fig. 2 Diagram of $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age spectra and isochron age of the quartz

累计 $^{39}\text{Ar}_K$ 析出量分别为48.88%、54.25%、57.04%和63.66%(表1);最小视年龄分别为 59.39 ± 4.30 Ma、 41.90 ± 1.81 Ma、 42.09 ± 3.94 Ma 和 47.42 ± 4.67 Ma(表1)。对低、中温阶段构成坪年龄的相应加热阶段的数据进行 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 等时线年龄计算(York, 1969),结果分别是 59.34 ± 0.17 Ma(2~5阶段)、 41.25 ± 0.10 Ma(2~5阶段)、 45.14 ± 0.30 Ma(2~6阶段)和 48.36 ± 0.19 Ma(2~6阶段),相关系数均在0.998以上, $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 的系统误差为1%~1.5%, $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 的系统误差为1.5%~2%; $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 初始值为 $293.17 \pm 1.04 \sim 295.2 \pm 0.43$,与尼尔值(295.5 ± 5)一致(图2),说明低、中温阶段坪年龄几乎没有受过剩氩影响,坪年龄值准确可靠。各个样品的最小视年龄、坪年龄和等时线年龄非常接近。镜下观察表明石英无波状消光等变形作用产生的现象,石英脉形成后没有受到后期地质作用影响,可以排除氩丢失的可能性,因此播卡—拖布卡地区含金石英的坪年龄可以代表石英的结晶年龄,为 59.93 ± 0.21 Ma~ 44.34 ± 0.44 Ma。

4 地质意义

石英是播卡—拖布卡地区含金石英脉的主要组成矿物,与自然金和含金硫化物等同时形成,石英的年龄可以代表石英脉的年龄。东川播卡—拖布卡地区的金矿化形成于新生代第三纪古新世至始新世早期,与其西南侧三江哀牢山褶皱带墨江金厂和元阳大坪金矿床的形成时间基本一致(胡云中等,1995),早于哀牢山褶皱带老王寨金矿(Wang Jianghai et al., 2001)和四川偏岩子金矿(罗鸿书等,1987)形成,属于新生代喜马拉雅早期金矿化(王登红等, 2001)。滇中地区昆阳群分布区发生了新生代成矿作用,内生成矿作用并不局限于前寒武纪。

四川和云南扬子地块边缘和邻近三江造山带在中、晚三叠世哀牢山和金沙江洋盆和甘孜—盐源边缘海闭合和扬子地块和三江造山带陆陆碰撞后,先经历了侏罗纪和白垩纪的陆内俯冲和推覆构造作用;在第三纪初,受印度陆块与欧亚陆块碰撞作用影响,扬子地块边缘主要断裂带如红河断裂带等发生以左行走滑为主的构造活动,区域处于拉张环境,走滑构造作用形成拉张盆地,同时有大量的源于地幔的岩石如偏碱性石英正长岩、煌斑岩和钾玄岩系岩浆岩侵入(Zhang et al., 2001)。播卡—拖布卡地区金矿与扬子地块西缘及邻近三江褶皱带的金矿床一样,形成于新生代早期陆内拉张地质构造作用环境

中。

参考文献

- 陈光远,邵伟,孙岱生. 1989. 胶东金矿成因矿物学与找矿. 重庆出版社, 1~425.
- 陈智梁,刘宇平,魏少青,李建忠,唐文清. 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, 1~84.
- 戴恒贵. 1997. 康滇地区昆阳群和会理群地层、构造及找矿靶区研究. 云南地质, 16(1): 1~38.
- 胡云中,唐尚鹤,王海平,等. 1995. 哀牢山金矿地质. 北京:地质出版社, 1~278.
- 胡振铎. 1996. 金石英英脉 K-Ar 年龄测定. 地球学报, 18(增刊): 266~268.
- 李希勤. 1993. 建立康滇地轴区中—晚元古代层型剖面的建议. 云南地质, 12(1): 101~108.
- 李志伟,戴恒贵,李光勋,陈良忠,张子雄. 1999. 从华南新元古界青白口系含金性论康滇地区找金问题. 云南地质, 18(1): 1~21.
- 李志伟,钱祥贵,田敏. 2000. 东川拖布卡—布卡地区金矿地质特征及找矿意义. 大地构造与成矿学, 24(增刊): 37~43.
- 罗鸿书,毛玉元,陆彦,石安浦,樊仕儒,蔡建明,于述荣. 1987. 康定氟镁石金矿. 成都:四川科学技术出版社, 1~174.
- 邱华宁,戴恒贵,蒲志平. 1995. 云南泸水钨锡矿床微量钾矿物 ^{40}Ar - ^{39}Ar 马鞍形年龄谱的含义. 矿床地质, 14(3): 273~280.
- 桑海清,王松山,胡世玲,裘冀. 1994. 2001. 石英的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年方法及 Ar 同位素质谱分析. 质谱学报, 15(2): 17~27.
- 桑海清,裘冀,王英兰. 石英 ^{40}Ar - ^{39}Ar 阶段加热定年的实验技术改进及意义. 矿物岩石地球化学通报, 20(4): 444~447.
- 王登红,杨建民,薛春纪,同升好,陈毓川,徐珏. 2001. 西南三江一大渡河地区喜马拉雅期金成矿作用同位素年代学依据. 见:陈毓川等,主编. 喜马拉雅期内生成矿作用研究. 北京:地震出版社, 1~138.

References

- Chen Guangyuan, Shao Wei, Sun Daisheng. 1989. Genetic mineralogy of gold deposits in Jiaodong region with emphasis on gold prospecting. Chongqing: Chongqing Publishing House: 1~452(in Chinese).
- Chen Zhiliang, Liu Yuping, Wei Shaoqing, Li Jianzhong, Tang Wenqing. 1997. Study on ore-field structures of main gold mining areas along Daduhe River, Sichuan, China. Beijing: Geological Publishing House, 1~84 (in Chinese with English abstract).
- Dai Henggui. 1997. On the strata, structure and prospecting target area of Kunyang Group and Huili Group in Kang-dian Region. Yunnan Geology, 16 (1): 1~39 (in Chinese with English abstract).
- Hu Yunzhong, Tang Shangchun, Wang Haiping, et al. 1995. Geology of Gold Deposits in Ailaoshan. Beijing: Geological Publishing House, 1~278(in Chinese with English abstract).
- Hu Zhenduo. 1996. K-Ar dating of quartz-vein in gold deposit. Acta Geoscientia Sinica, 18(supp.): 266~268(in Chinese with English abstract).
- Lanphere M, Dalrymple G B. 1976. Identification of excess ^{40}Ar by the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age spectrum technique. Earth Planet. Sci. Lett., 32: 141~148.
- Lippolt H J, Fuhrmann U, Hradetzky H. 1986. $^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$ age determination of sanidines of the Eifel volcanic field (Federal

- Republic of Germany); constraints on age duration of a Middle Pleistocene cold period. *Chem. Geol. (Isot. Geosci. Sect.)*, 59:187~204.
- Li Xiji. 1993. Primary discussion on establishment of middle and late Proterozoic stratotype section in the Xikang—Yunnan Axis region. *Yunnan Geology*, 12(1): 101~108 (in Chinese with English abstract).
- Li Zhiwei, Dai Henggui, Li Guangxun, et al. 1999. On the problems of Au-prospecting in Kang-dian Region basing upon the Au-bearing nature of upper Proterozoic Qingbaikou System in south China. *Yunnan Geology*, 18(1): 1~21 (in Chinese with English abstract).
- Li Zhi-wei, Qian Xiang-lin, Tian Min. 2000. Geological features of gold ore deposits in the Tubuka—Buka area, Dongchuan and their ore-prospecting significance. *Geotectonica et Metallogenia*, 24 (Supp.): 37~43 (in Chinese with English abstract).
- Luo Hongshu, Mao Yuyuan, Lu Yan, Shi Anpu, Fan Shiru, Cai Jianmin, Yu Shurong. 1987. The geology of Pianyanzi sellate type gold ore deposit, Kangding county, Sichuan province. Chengdu: Sichuan Publishing House of Science and Technology, 1~174 (in Chinese with English abstract).
- Sang Haiqing, Wang Songshan, Hu Shiling, et al. 1994. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating method and Ar isotope mass spectrometry analysis of quartz. *Journal of Chinese Mass Spectrometry Society*, 15(2): 17~27 (in Chinese with English abstract).
- Sang Haiqing, Qiu Ji, Wang Yinglan. 2001. Some improvements on ^{40}Ar - ^{39}Ar step-heating dating technique of quartz and its significance. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 20(4): 444~447 (in Chinese).
- Wang Denghong, Yang Jianming, Xue Chunji, Yan Shenghao, Chen Yuchuan, Xu Jue. 2001. Isotopic geochronology constraint on the gold mineralization of Himalayan in the Sanjiang (Lancangjiang—Nujiang—Jinshajiang)—Dadu river region, southwestern China. In: Cheng Yuchuan et al., eds. *Study on Himalayan Endogenic Mineralization*. Beijing: Seismic Publishing House, 1~138 (in Chinese with English abstract).
- Wang Jianghai, Qi Liang, Yin An, Xie Guanghong. 2001. Emplacement age and PGE geochemistry of lamprophyres in the Laowangzhai gold deposit, Yunnan, SW China. *Sciences in China (Series D)*, 40(Supp.): 146~154.
- York D. 1969. Least-squares fitting of straight line with correlated errors. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 25: 320~324.
- Zhang Yuquan, Xie Yingwen, Li Xianhua, et al. 2001. Isotopic characteristics of shoshonitic rocks in eastern Qinghai—Tibet Plateau: Petrogenesis and its tectonic implication. *Sciences in China (Series D)*, 44(1): 1~7.
- Zeitler P K, Gerald J D F. 1986. Saddle-shaped $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age spectra from young, microstructurally complex potassium feldspars. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 50: 1185~119.

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Dating of Quartz from Auriferous Quartz Veins of Boka—Toubuka Area, Dongchuan, Yunnan and Its Geological Implication

YING Hanlong¹⁾, LIU Helin²⁾, LI Zhiwei³⁾

1) Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029

2) No. 2 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration of Yunnan Province, Wenshan, Yunnan, 653000

3) Reserve Assessment Center of Yunnan Province, Kunming, Yunnan, 650011

Abstract

Gold ores in the Boka—Tuobuka area, Dongchuan, Yunnan are the first gold discovery in Mesoproterozoic—Neoproterozoic Kunyang Group in “Kang-dian” axis in the central Yunnan, tectonically in western margin of Yangtze block close to Sanjiang (means three rivers: Jinsha River, Nujiang River and Lancang River) folded belts. Range of stage-heating $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plateau ages of four quartz samples from typical gold-bearing quartz veins is 59.93 ± 0.21 Ma to 42.38 ± 0.32 Ma, that of the lowest $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ apparent ages is $59.30 \pm 4.30 \sim 41.90 \pm 1.8$ Ma and that of ^{40}Ar - ^{39}Ar isochron ages of corresponding heating stages for the plateau ages is $59.34 \pm 0.17 \sim 41.25 \pm 0.10$ Ma. These values are almost identical. Correlation coefficients for isochron ages are >0.998 and range of initial $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ values is $293.17 \pm 1.40 \sim 295.2 \pm 0.43$, which is very close to 295.5. The quartz has not been affected by post-mineralization geological motion. Neither surplus argon nor argon loss influence the plateau ages of the quartz and therefore the plateau ages can represent ages of the quartz and gold mineralization. The gold mineralization in the Boka—Tuobuka area took place in Paleocene and early Eocene, intra-continental extensional geotectonic environment.

Key words: mineralization age; $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of quartz; gold deposit; Dongchuan, Yunnan