



位。区内出露花岗岩侵入体,岩性为黑云母二长花岗岩等,与红山嘴组地层呈侵入接触,K-Ar 同位素年龄为 133Ma(表 1)。矿床由 3 个条带状矿化层组成,矿体受次级断层及层间断裂破碎带控制,为蚀变岩型和石英脉型矿化,矿石矿物主要为毒砂、磁黄铁矿、黄铁矿和方铅矿,脉石矿物为石英、绢云母、冰长石、蒙脱石和伊利石等。矿化分热液成矿期和表生期,其中热液成矿期由石英—氧化物阶段、石英—硫化物阶段和碳酸盐阶段组成,石英—硫化物阶段为矿床主要成矿阶段。矿床围岩蚀变强烈,主要为黄铁绢英岩化、硅化、冰长石化、碳酸盐化和青磐岩化等,蚀变具水平分带特征。

## 2 分析方法和结果

样品 HAT-20 取自阿克提什坎金矿床主成矿阶段——石英—硫化物阶段的矿石,石英经分选、提纯后,其<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar快中子活化年龄测定在中国科学院地质研究所同位素实验室 RGA-10 气体源质谱计上完成。通过样品挑选、照射、经稀盐酸、热水、蒸馏水在一定时间和温度下的

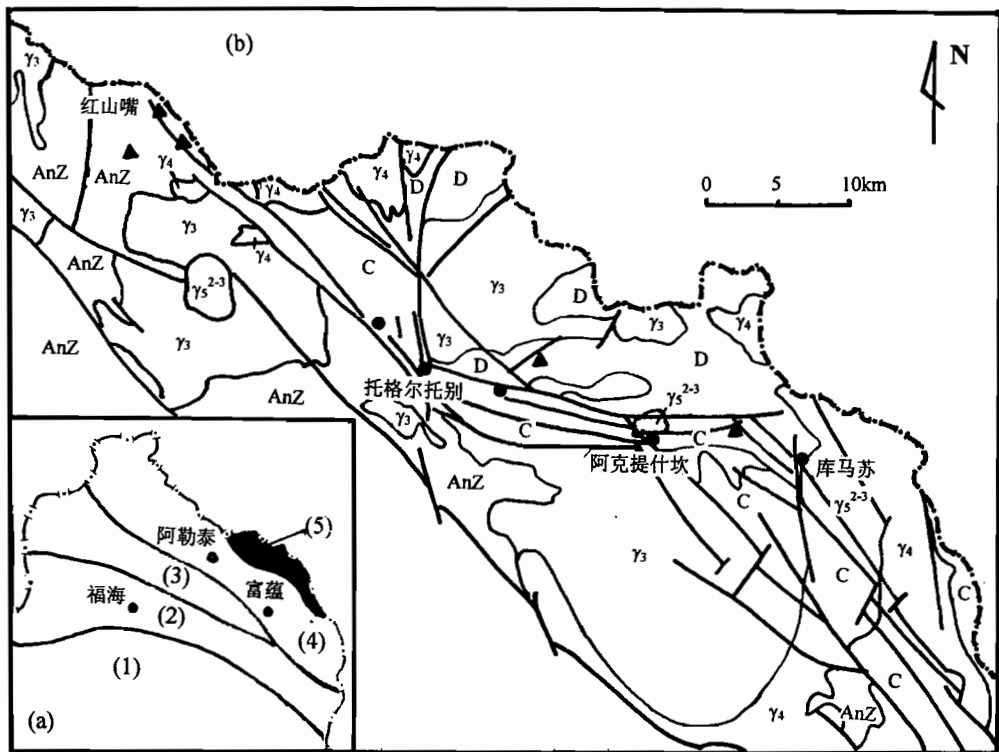


图 1 新疆诺尔特地区位置(a)和诺尔特地区地质略图及金矿床分布图(b)

Fig. 1 Map showing location of the Nurt region in Northern Xinjiang(a) and sketch geology map of the Nurt region and the locality of the Aketishikan and other gold deposit(b)

C—石炭系; D—泥盆系; AnZ—前震旦系;  $\gamma_3$ —加里东期花岗岩;  $\gamma_4$ —海西期花岗岩;  $\gamma_2^{2-3}$ —燕山期花岗岩; ●—金矿床; ▲—矿化点; (1)—乌伦古河海沟; (2)—喀拉通克岛弧; (3)—克兰弧后盆地; (4)—可可托海大陆边缘; (5)—诺尔特板内断陷盆地

C—Carboniferous; D—Devonian; AnZ—Pre-Sinian;  $\gamma_3$ —Caledonian granite;  $\gamma_4$ —Hercynian granite;  $\gamma_2^{2-3}$ —Yanshanian granite; ●—gold deposit; ▲—mineralization spot; (1)—Ulungurhe trench; (2)—Kalatongke island arc; (3)—Kelan back arc; (4)—Koktokay continental margin; (5)—Nuoerte intraplate fault-depression basin

浸泡和清洗及高温烘干(100℃, 4 h)等处理及数据处理等环节,消除样品中可能存在的杂质气体,如Cl在中子照射时产生<sup>38</sup>Ar、<sup>36</sup>Ar及可能存在的微量硫化物杂质等对<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar定年的影响,有关测试方法参见桑海清等(1994)。测试结果如表2和图2所示。

阿克提什坎金矿床石英样品给出的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar年龄谱属于“马鞍型”年龄谱(图2a),表明过剩的<sup>40</sup>Ar主要有两个相:一为低温相,主要含在流体包裹体之中(因流体包裹体含K、Cl),通常在400~700℃之间析出,所占比例一般较小;二是高温相,主要赋存于石英晶体之中,通常在1000℃以后析出,这部分过剩<sup>40</sup>Ar所占比例较大。所以低温和高温部分气体给出的视年龄,一般不具地质年代学意义,而年龄谱中坪年龄或最小视年龄一般代表了石英的形成时代(桑海清等,1994;Zeitler et al., 1986)。阿克提什坎金矿床石英—硫化物成矿阶段中石英样品的坪年龄为138.5±2.1Ma,最小视年龄为133.2±3.5Ma,其中坪年龄部分包括780~1140℃5个中温阶段,<sup>39</sup>Ar析出量占总量的77.25%。

表2 阿克提什坎金矿床石英的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar快中子活化法定年数据

Table 2 <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar fast-neutron activation analysis data of quartz from the Aketishikan gold deposit

加热阶段	加热温度(℃)	<sup>40</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar	<sup>36</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar	<sup>37</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar	<sup>38</sup> Ar/ <sup>39</sup> Ar	<sup>39</sup> Ar (×10 <sup>-12</sup> mol)	<sup>40</sup> Ar* / <sup>39</sup> Ar <sub>K</sub> (±1σ)	<sup>39</sup> Ar <sub>K</sub> (%)	视年龄 (±1σ)(Ma)
1	460	62.222	0.1358	0.5106	0.1111	0.17	22.29±0.19	2.89	375.4±18.6
2	640	32.489	0.0549	0.1965	0.0464	0.51	16.34±0.11	8.65	282.6±11.4
3	780	13.223	0.0179	0.1712	0.0386	0.78	7.94±0.06	13.2	142.9±4.3
4	860	12.115	0.0160	0.1551	0.0362	1.01	7.38±0.04	17.1	133.2±3.5
5	950	9.9057	0.0079	0.1468	0.0346	1.37	7.57±0.03	23.3	136.5±3.2
6	1020	11.538	0.0128	0.2265	0.0641	0.84	7.75±0.04	14.3	139.6±3.6
7	1140	14.069	0.0205	0.5224	0.0930	0.55	8.04±0.05	9.35	144.6±4.4
8	1300	22.605	0.0366	0.7423	0.1267	0.32	11.87±0.07	5.43	209.5±7.5
9	1450	55.361	0.1237	0.8702	0.1443	0.21	19.01±0.17	3.56	324.9±13.1
10	1600	76.623	0.1688	1.2346	0.1558	0.13	27.04±0.24	2.21	446.3±26.7

注:坪年龄  $t_p = 138.5 \pm 2.1\text{Ma}$ ,  $t_1 = 135.4 \pm 4.2\text{Ma}$ (与  $t_p$  对应的等时年龄为3~7阶段数据); <sup>40</sup>Ar\* 为放射性成因 Ar, <sup>39</sup>Ar<sub>K</sub> 为样品中<sup>39</sup>K经照射后获得的<sup>39</sup>Ar。

### 3 讨论与结论

由图2a可见,阿克提什坎金矿床石英的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar坪年龄由3个以上加热阶段的数据点构成,参加坪年龄计算的数据点满足等时线对样品同时、同源和化学封闭的条件(桑海清等,1994;李正华等,1995;Zeitler et al., 1986;Folland, 1983),可以进行等时线年龄计算。其结果如图2b所示,计算得阿克提什坎矿床石英样品等时线年龄为135.4±4.2Ma, (<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar)<sub>i</sub> = 301.5±7.5。可见,坪年龄(138.5±2.1Ma)、最小视年龄(133.2±3.5Ma)、等时年龄(135.4±4.2Ma)这3个年龄值十分接近,反映了石英样品年龄真实可靠,坪年龄应代表石英的形成时代。

石英样品<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar定年表明,阿克提什坎金矿床成矿年龄为138.5±2.1Ma(表1),相当于侏罗纪与白垩纪的界线年龄,属于燕山期的成矿作用。同时,本次研究对诺尔特地区与阿克提什坎金矿床处于同一构造带且矿化特征相似的库马苏矿化区及托格尔托别矿化区进行了K-Ar稀释法年龄测试,得到库马苏矿化区金矿石中绿泥石的K-Ar年龄为166±4Ma,托格尔托别含金石英脉中绿泥石K-Ar年龄为158±10Ma,金矿石中绢云母K-Ar年龄为144±3Ma,

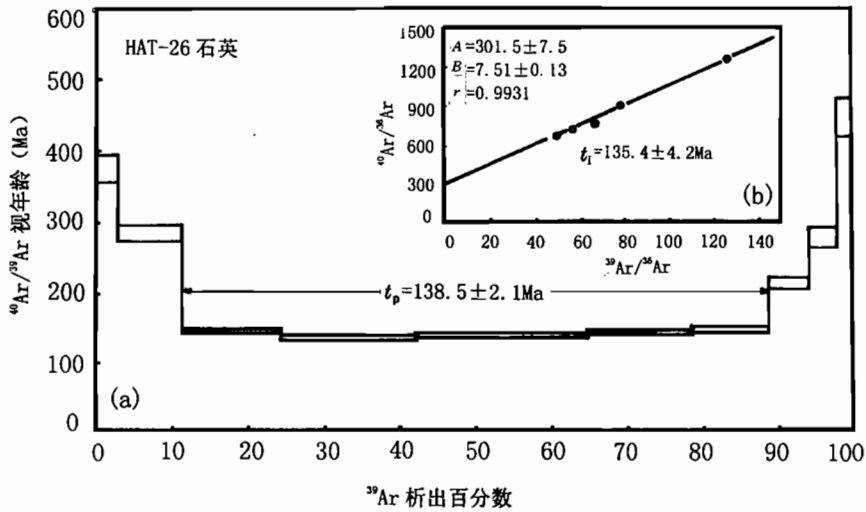


图 2 阿克提什坎金矿床石英的<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar年龄谱(a)及等时线(b)  
 Fig. 2 Age spectra(a) and isochron line(b) for <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar of quartz  
 from the Aketishikan gold deposit in Nurt

此外,有学者还曾获得过阿克提什坎金矿床蚀变矿物冰长石 178Ma 的 K-Ar 年龄数据(芮行健等,1993)(表 1)。由于测试方法本身的差异及冰长石样品年龄由不同实验室给出,上述 K-Ar 年龄与<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar快中子活化年龄不能严格对应,但可以说明上述矿床可能皆属于燕山期矿化作用的产物。

尽管过去报道的新疆阿尔泰地区金属成矿作用的年代多数集中于华力西期,如萨尔布拉克金矿床的 Pb-Pb 年龄为 304Ma,多拉纳萨依金矿床含金石英脉包裹体 Rb-Sr 年龄为 269±16Ma,塞都金矿床石英包裹体 Rb-Sr 年龄为 272~305 Ma,含金蚀变岩 K-Ar 年龄为 294~316Ma(芮行健,1993)等,胡霭琴等(1997)并将新疆北部金矿同位素年龄分为 360~350Ma,280~300Ma 和 250~240Ma 三个区间。但包括山区阿尔泰、矿区阿尔泰及蒙古阿尔泰在内的整个阿尔泰褶皱系中燕山期成矿作用国外时有报道,如蒙古阿尔泰中生代黑钨矿石英脉型矿床的报道(Ковагъ,1983)<sup>①</sup>等。同时,包括诺尔特地区在内的北阿尔泰地区除主体的加里东—海西期花岗岩外,燕山期岩浆活动等热事件的同位素年龄数据计有百余个(胡霭琴等,1997;张湘炳等,1996),如富蕴县阿拉尔斑状黑云母花岗岩<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar坪年龄为 131.39±4.5Ma,那森恰花岗岩 K-Ar 同位素年龄为 127~183Ma,达尔哈特地区花岗岩 K-Ar 年龄在 158~170Ma 之间,将军山花岗岩为 158Ma;本次研究委托南京地质矿产研究所测得诺尔特地区阔科雅克达拉斯岩体 K-Ar 全岩年龄为 117Ma,加勒格孜阿嘎希岩体黑云母花岗岩 K-Ar 稀释年龄为 103±10Ma(新疆地质矿产局测得其 K-Ar 年龄为 138Ma 和 180Ma),阿克提什坎黑云母二长花岗岩 K-Ar 稀释年龄为 133±1.0Ma(表 1),与其他单位测年结果比较(表 1),这些 K-Ar 年龄数据可能偏小而低于岩体的形成年龄,但具有参考意义;此外,与尚克兰云英岩型黑钨矿矿床有关的尚克兰岩体 Rb-Sr 等时线年龄为 176.1±12.9Ma,Кожлов 等(1991)报道了前苏联山

① 新疆地质矿产局. 1985. 新疆周边国家地质矿产专辑(二). 新疆地质科技. 70~81.

区阿尔泰与矿区阿尔泰 12 个 200~180Ma 的花岗岩锆石的 U-Pb 年龄(见胡霭琴,1997),表明阿尔泰地区存在燕山期的岩浆活动;在邻区,塔里木北缘和西南缘的产于古生代碳酸盐岩中的铅锌矿床可能是中生代形成的,也有相当多的资料证实中、南天山在中生代形成了一定的矿石组合,西尼村(1958)早在 50 年代也报道过喀喇昆仑燕山期的成矿作用(见胡霭琴,1997)。同时,中生代是我国很重要的金成矿期,如胶东(张贻侠等,1996)和长江中下游地区(Zhou Taofa et al.,1998)金矿床的成矿时代主要为燕山期。此外,已有研究(张湘炳等,1996;王登红等,1998)表明,北阿尔泰地区的岩浆热事件可能延续到了喜山期。综上所述,新疆北阿尔泰地区进入燕山期后,由于南北挤压,地幔上隆,导致局部活化,部分地区产生构造变动、变质作用和岩浆活动以及与之有关的金(多金属)成矿作用。因此,新疆北阿尔泰地区可能存在燕山期金的成矿作用,且燕山期可能是诺尔特地区金成矿的主要时期。当然,这一初步结论尚需今后进一步研究工作的验证。

本文工作得到新疆地质矿产局第四地质大队的大力支持,特此致谢!

### 参 考 文 献

- 胡霭琴. 1997. 新疆地区构造演化的同位素地球化学. 见: 于津生等主编. 中国同位素地球化学研究. 北京: 科学出版社.
- 胡霭琴, 王中刚, 涂光炽等. 1997. 新疆北部地质演化及成岩成矿规律. 北京: 科学出版社.
- 李正华, 戴潼漠, 邱华宁. 1995.  $^{40}\text{Ar}/(^{40}\text{Ar}^* + ^{40}\text{Ar}_E)$ 、 $^{39}\text{Ar}$ 释气特征与过剩氩的甄别及年代学意义. 地质科学, 30(1): 40~45.
- 芮行健. 1993. 新疆阿尔泰岩金矿床. 北京: 地质出版社.
- 芮行健, 朱韶华, 刘抗娟. 1993. 新疆阿尔泰原生金矿基本特征及区域成矿模式. 地质论评, 39(2): 138~148.
- 桑海清, 王松山, 胡世玲. 1994. 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, (2): 17~27.
- 王登红, 陈毓川, 徐钰. 1998. 中国喜山期成矿作用的特点及地质背景. 矿床地质, 17(增刊): 23~24.
- 肖序常, 汤耀庆, 冯益民等. 1992. 新疆北部及其邻区大地构造. 北京: 地质出版社.
- 张湘炳, 隋静霞, 李志纯等. 1996. 额尔齐斯构造带构造演化与成矿系列. 北京: 科学出版社.
- 张贻侠, 寸圭, 刘连登. 1996. 中国金矿床, 进展与思考. 北京: 地质出版社.
- Folland K A. 1983.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  incremental heating plateaus for biotite with excess argon. Isot. Geosci. 1, 3~21.
- Zeitler P K, Gerald D F. 1986. Saddle-shaped  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age spectra from young, micro-structurally complex potassium feldspars. Geochim. Cosmochim. Acta. 50: 1185~1199.
- Zhou Taofa, Yue Shucang. 1998. Geochronology and isotope geochemistry of the Cu-Au mineralization belt in the middle and lower reaches of the Yangtze River area, China. Chinese Science Bulletin, 43(sup.): 164.

## The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Fast-Neutron Activation Age of Quartz from the Aketishikan Gold Deposit in Northern Altay of Xinjiang and Its Geological Significance

Zhou Taofa<sup>1)</sup> Yuan Feng<sup>1)</sup> Yue Shucang<sup>1)</sup> Yuan Xuyin<sup>2)</sup>

1) Department of Resources and Environmental Science, Hefei University of Technology, Hefei, 230009

2) Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Bureau of Geological Survey of China, Nanjing, 210026

### Abstract

Quartz from the major ore-forming stage of the Aketishikan gold deposit in the Nurt region of Northern Altay, Xinjiang, was analyzed by the  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  fast-neutron activation dating technique, which gave a well-defined plateau age of  $138.5 \pm 2.1$  Ma and an isochron age of  $135.4 \pm 4.2$  Ma. Combined with other geochronological data and the geological features, it is concluded

that there existed an Yanshanian gold metallogenetic epoch in the Northern Altay of Xinjiang, and the Yanshanian may be the principal mineralization period for gold deposits in the Nurt region.

**Key words:**  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  fast-neutron activation dating; mineralization in the Yanshanian; gold deposit; Altay, Xinjiang

### 作者简介

周涛发,男,1964年生。1986年于长春地质学院地质矿产普查专业获学士学位,1989年和1993年于合肥工业大学矿床学专业分别获硕士和博士学位。现为合肥工业大学资源与环境科学系教授,博士生导师,主要从事矿床学、岩石学和地球化学方面的教学和科研工作。通讯地址:230009,合肥市合肥工业大学资源与环境科学系;电话:0551-2901525。

---