

裂变径迹法在洪水河金矿化时代研究中的应用

袁万明,王世成,王兰芬

(中国科学院高能物理研究所,北京 100080)

摘要:应用裂变径迹法研究成矿时代是一新的尝试。东昆仑地区洪水河金矿岩浆隐爆角砾岩矿化体锆石和磷灰石的裂变径迹年龄分别为 193.7 Ma 和 150.9 Ma,磷灰石的裂变径迹平均长度为 $(9.6 \pm 3.2) \mu\text{m}$ 。结合地质特征,认为其代表了成矿热事件的活动时代和特征。磷灰石裂变径迹对热历史的模拟演化表明:该矿区至少经历三期热液蚀变作用,整体矿化时间较长,其中,早期温度较高、冷却速率较大。

关键词:裂变径迹定年;裂变径迹;金矿床;成矿时代;热历史;东昆仑

中图分类号: P597 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6931(2000)S0-0057-04

成矿时代的研究一直是相关学科的前沿课题^[1]。东昆仑已发现多个规模不等的金矿床和矿化异常,因其成矿时代不明确,制约了矿床成因、成矿规律、找矿预测等重要问题^[2]的研究。本工作不仅将裂变径迹技术应用于该领域,而且为东昆仑矿床地质研究提供新证据,亦是对研究成矿时代新方法的有益尝试。

1 成矿背景与样品分析

洪水河矿区属于昆仑山北带,其南北两侧分别为向北倾斜的昆中深大断裂带和昆北深大断裂带。矿区位于五龙沟矿田东、诺木洪河流域北侧,面积约为 2.0 km^2 ,呈 NW 向带状展布。区内出露地层有下元古界金水口群、上元古界冰沟群、下古生界和侏罗系等。侵入岩主要属于海西期,岩性为粒度不同的闪长岩类。区内构造形迹以断裂为主,各种断裂发育,并且多期次活动。最为重要的断裂为 $240^\circ \sim 255^\circ$ 、 $40^\circ \sim 65^\circ$ 。成矿类型为岩浆角砾岩型和构造蚀变岩型。岩浆隐爆角砾岩矿化体出露于矿区 SE 部的石羊沟内及其附近,主要见于较深切的沟谷中,剥蚀程度低。角砾大小混杂,角砾成分以各种片麻岩、斜长角闪岩、闪长岩为主,另有各种脉岩角砾,在石羊沟 NE 侧小支沟内的较高部位有较多的闪长玢岩角砾。胶结物含量很少,蚀变较强,为青灰色微晶闪长质成分。矿化与蚀变类型有:硅化、绢云母化、泥化、磁黄铁矿化、黄铁矿化、方铅矿化、电气石化、毒砂化以及碳酸盐化。蚀变矿化主要发生于胶结物部分。电气

收稿日期:2000-01-10;修回日期:2000-03-28

基金项目:中国科学院核分析技术开放研究实验室和国家博士后基金资助项目

作者简介:袁万明(1956—),男,河北康宝人,副教授,博士,固体径迹与应用及岩石学专业

石的存在与角砾岩形成时的高气压有关。角砾岩可划分出三期。含金破碎蚀变带产于闪长岩体与大理岩接触带或大理岩内。

样品采自洪水河矿区隐爆角砾岩型矿化体(H11)。选出锆石和磷灰石两种矿物进行裂变径迹分析。采用常规实验方法和常数法^[3]定年。分析结果列于表1。

表1 东昆仑地区洪水河金矿区锆石和磷灰石裂变径迹分析结果
Table 1 Apatite and zircon fission track data measured for samples from Hongshuihe gold region, eastern Kunlun Mountains

样号	矿物	粒数	$10^{-5} \rho_s / \text{cm}^{-2}$	$10^{-5} \rho_i / \text{cm}^{-2}$	$10^{-5} \rho_d / \text{cm}^{-2}$	r	$P(\chi^2) / \%$	$t \pm t / \text{Ma}$	$L / \mu\text{m}$	(U)
H11	锆石	10	207.4 (4 583)	20.0 (442)	1.09	0.948	>10	193.7 ±9.5		255
H11	磷灰石	13	4.8 (631)	8.5 (1 106)	16.1	0.924	>10	150.9 ±5.8	9.6 ±3.2	7

注: ρ_s 、 ρ_i 和 ρ_d 分别为自发、诱发径迹密度和标准铀玻璃的外探测器白云母记录的径迹密度, 括号内的数值分别为与 ρ_s 、 ρ_i 对应的径迹数; r 为相关系数; $P(\chi^2)$ 为 χ^2 检验几率; t 为裂变径迹年龄; L 为修正偏斜后的径迹长度; w (U) 为铀含量

2 成矿时代与热史模拟

裂变径迹的退火发生在矿物晶格内部,除温度外,其它因素几乎不影响裂变径迹的稳定性。再现热活动历史,反映热事件的发生与发展,亦是裂变径迹研究的长处,它是一种反映温度与时间连续变化关系的地质温度计,可对成矿热事件和容矿岩石作出 T (温度)- t (时间) 限制,这些特点是十分独特的。裂变径迹年龄反映的是热事件时代,即当热事件温度超过矿物裂变径迹的封闭温度,矿物内原有裂变径迹将被退火;当温度降至矿物裂变径迹封闭温度以下时,矿物的裂变径迹时钟开始启动。不同的矿物具有不同的裂变径迹封闭温度,磷灰石和锆石封闭温度分别约为 110^[4] 和 250^[5]。裂变径迹年龄通常是指温度降至矿物退火带中部时的年龄。不同来源、不同成因的同种矿物经同一热液作用全退火后具有相同的裂变径迹年龄。与之相比,放射性同位素年龄则是矿物或岩石的形成时代,不同来源、不同成因的同种矿物具有不同的时代。与基础矿床地质研究相结合,裂变径迹年龄可以反映热液的成矿时代。热液成矿作用即是热事件,理当可以借助裂变径迹法予以研究。洪水河岩浆隐爆角砾岩未遭后期构造破坏或错动,故裂变径迹年龄可以代表成矿热事件时代。

洪水河金矿区隐爆角砾岩锆石和磷灰石的裂变径迹年龄分别为 193.7 Ma 和 150.9 Ma。磷灰石径迹平均长度为 $(9.6 \pm 3.2) \mu\text{m}$ 。如此短的径迹长度表明曾遭受较强的退火缩短作用。依照 Gleadow 等^[6]建议的方法进行校正,校正后的年龄为 $(229 \pm 25) \text{Ma}$,相当于快速冷却年龄,显然与 $(193.7 \pm 9.5) \text{Ma}$ 的锆石实测裂变径迹年龄相似。

图 1(a) 示出洪水河矿区磷灰石裂变径迹的实测长度分布,图 1(b) 和 (c) 是同一磷灰石样品裂变径迹法对热演化历史的模拟,其平均长度 $10.2 \mu\text{m}$,长度标准差 $3.3 \mu\text{m}$,年龄 150 Ma。模拟结果与实验值颇为接近,长度分布直方图特征亦相似,所以,可认为模拟结果可信。

热史模拟表明:大约 230 Ma 前,热液的温度较高,并快速冷却至 230 Ma 时的 70^{°C},冷却速率为 $11.5 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Ma}$,冷却速率较快,与隐爆角砾岩在近地表快速降温的环境有关;此后,一直到 145 Ma,温度时升时降,但变化幅度不大(升降 20~30^{°C});从 145 Ma 至今为等速冷却,平均冷却速率为 $0.6 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{Ma}$;在相当长的时期内,热液温度变化未超出磷灰石裂变径迹退火带的

温度范围,从而造成裂变径迹长度变短、年龄相对较大的状况。鉴于锆石的裂变径迹实测年龄及其约 190 ~ 390 的退火带温度^[5],可判定后来热液温度亦未曾超过 250 ~ 300 。

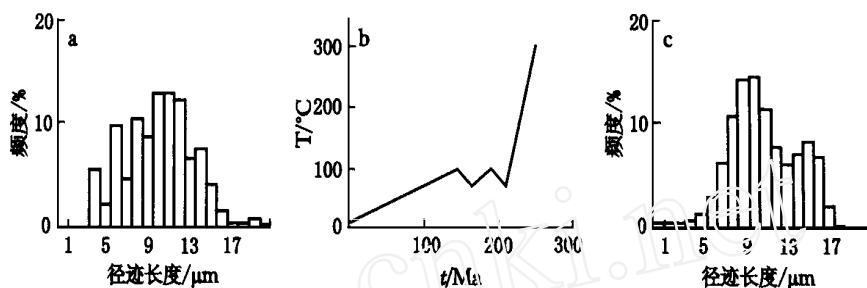


图1 洪水河金矿磷灰石裂变径迹实测长度分布(a)、模拟热史(b)和模拟的径迹长度分布(c)

Fig. 1 Measured length distribution histogram (a), modeled time-temperature history (b) and modeled length distribution histogram (c) of apatite fission track from Hongshuihe gold deposits

热历史中的温度起伏变化是热液多期次成矿活动的体现,热液成矿作用势必伴随着温度的升高。由模拟结果可知:至少有3次较为明显的成矿活动,以致使矿区温度不同程度地升高。较早的成矿作用发生在海西末期(晚三叠世),最后一次发生在燕山早期的晚侏罗世,这期间的燕山早期早侏罗世是另一成矿作用的发生时间。可见,仅中低温矿化时间便长达100 Ma左右,反映了成矿作用的长期性。

3 金矿成矿作用与区域构造演化的关系

综上所述:洪水河金矿区成矿时代为印支期末至燕山期初,与同构造带的五龙沟地区金成矿时代基本一致^[7]。不同矿区金成矿时代相近,表明它们是系相同成矿作用所形成。由于洪水河矿区与五龙沟各矿区相距较远(约90公里),所以,东昆仑热液金的成矿作用受控于区域构造-岩浆活动,只有这样,才能在同期异地出现相类似的成矿活动。考虑到它们位于北昆仑构造带,故应与昆中超壳深大断裂构造作用及其相关岩浆活动直接有关。不同金矿区的成矿构造和主要赋矿构造均为走向北西的断裂构造亦说明了这一点。

晚三叠世昆中板片和昆南板片分别沿昆中断裂带和昆南断裂带经历一次完整的陆内俯冲过程^[8],出现大量火山喷发和花岗岩侵入作用,同时伴有较强的热液成矿作用。本区热历史从230 Ma时的70 逐渐升至190 Ma时的100 左右,这期间基本上是昆中地块和昆南地块分别发生陆内俯冲的时期。所以,区内的这次热液成矿作用根本原因在于区域板块晚三叠世所发生的陆内俯冲作用。

参考文献:

- [1] 陆松年,李怀坤,李惠民. 成矿地质事件的同位素年代学研究[J]. 地学前缘,1999,(2):335~342.
- [2] 袁万明,莫宣学,喻学惠,等. 东昆仑热液金成矿带及其找矿方向[J]. 地质与勘探,2000(待发表).
- [3] 王世成,康铁筌. 裂变径迹定年标准化研究[J]. 地质科学,1994,29(1):78~84.
- [4] Kemp PJJ. Fission Track Analysis Reveals Character of Collisional Tectonics [J]. Tectonics, 1989,8(2):169

~ 195.

- [5] Yamada R, Tagami T, Nishimura S. Anealing Kinetics of Fission Tracks in Zircon: An Experimental Study [J]. *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)*, 1995, 122:249~258.
- [6] Gleadow AJW, Duddy IR, Green PF. Confined Fission Track Lengths in Apatite: A Diagnostic Tool for Thermal History Analysis [J]. *Contrib Mineral Petrol*, 1986, 94:405~415.
- [7] Yuan Wanming, Wang Shicheng, Mo Xuanxue, et al. Mineralization Ages of Gold-hydrothermal Deposits in Northern Zone of Eastern Kunlun Mountains Based on Fission Track Analysis [J]. *Earth Science Frontiers*, 2000, 7(Suppl):329~330.
- [8] 袁万明,莫宣学,喻学惠,等. 东昆仑印支期区域构造背景的花岗岩记录[J]. *地质论评*, 2000(待发表).

Application of Fission Track Thermochronology to Hongshuihe Gold Mineralization Ages

YUAN Wan-ming, WANG Shi-cheng, WANG Lar-fen

(*Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China*)

Abstract: It is a new attempt to study mineralization age using fission track method. The fission track ages of zircon and apatite from mineralizing magmatic cryptoexplosion breccia in Hongshuihe gold ore district, eastern Kunlun Mountains, are 193.7 Ma and 150.9 Ma, respectively. The mean fission track length in apatite is $(9.6 \pm 3.2) \mu\text{m}$. They reflect the ages and characteristics of mineralizing thermal events in accordance with geological setting. Forward model based on apatite fission track analysis indicates this ore district went through 3 hydrothermal alterations at least and about 100 Ma mineralization duration, in which there was higher temperature in the early than in the late.

Key words: fission track chronometry; fission track; gold deposit; mineralization age; thermal history; Eastern Kunlun Mountains