地质时代相差甚远，同时获得的μ值也与正常铅的范围不符，它们皆不具有实际地质意义。在 Zartman 等（1981）的构造图上，大多数数据点位于地幔演化线与上地壳演化线范围内，集中在造山带演化线的附近，说明该区所处的为典型造山带环境，与实际地质构造背景相一致。另外，按照张理刚等（1995）对我国铅同位素省的划分，该区铅同位素组成与扬子区较为相似。

第四节　成矿时代

同位素地质年代学是研究矿床形成时代的最有效方法之一。东昆仑地区金矿床自发现以来，一些学者主要集中在工作程度较高的五龙沟金矿床成矿年代的研究上，包括不同的方法，如绢云母 K-Ar 法、全岩 Rb-Sr 法及磷灰石和锆石的裂变径迹法等。此次我们则对五龙沟、开荒北、大场及东大滩金（锑）矿床运用高精度的绢云母 ^{40}Ar-^{39}Ar 法进行了年龄测定，由于时间原因，开荒北金矿和东大滩锑金矿的测年结果尚未出来，本节主要是在前人的研究基础上，利用已有测试结果并与一些地质证据相结合来探讨矿床的形成时代及演化。

一、地质依据

由于该地区金矿床严格受构造控制，金矿化与不同时期和演化阶段的构造作用密切相关，因此，可根据控矿构造的相互关系来大概判断成矿时代。另外，利用矿床产出的围岩地层时代及不同地质体之间的穿插关系也可为我们提供较好的相对成矿时代证据。

在五龙沟矿区，容矿岩石加里东期二长花岗岩和元古代金水口群片麻岩以及其外围的小庙群变沉积岩皆被卷入到 NW 向剪切带中，而在打柴沟金矿点，NW 向剪切带又被晚华力西期花岗岩所隔，另在打柴沟中，见一碱长花岗岩脉穿切打柴沟 NW 向剪切带中的早期面理，而后该岩脉又发生了左行旋转，测得其 K-Ar 法年龄为 234.7±5.1Ma。另外，陆松年（2000）对 NW 向大型剪切带不同地段的水热蚀变矿物进行了年龄测定，其中 2 个白云母的 Ar-Ar 年龄分别为 240±4.12Ma 和 439.3±7.1Ma，2 个黑云母的 Ar-Ar 年龄分别为 216.5±4Ma 和 221.5±4.2Ma，1 个角闪石的 Ar-Ar 年龄为 399.4±7.8Ma，综合上述可见，这些大型剪切带至少经历了晚加里东期（399.4～439.3Ma）和晚华力西—印支期（216.5～240Ma）两次构造活动，野外观察发现，与之相伴在早期有较弱的金矿化，而晚华力西—印支期构造活动是主成矿构造，直接控制着矿体的产出，反映了可能存在两期矿化作用，而主成矿作用应发生在印支期。

位于昆南断裂带北侧的开荒北金矿，其成矿主岩为低绿片岩相变质的中三叠统闹仓坚沟组前陆盆地碎屑岩，而大场金锑矿和东大滩锑金矿皆产于巴颜喀拉构造带一套浅变质的下三叠统巴颜喀拉山下亚群复理石沉积岩系中。显而易见，开荒北金矿床的形成时代不应早于中三叠世，大场和东大滩矿床的成矿年龄不应早于早三叠世，从而初步限定了这些矿床的成矿时代。

二、放射性同位素测年

如前所述，黄铁绢英岩化是本地区金矿床最特征的热液蚀变，因此水热蚀变产物绢云母便是进行 ^{39}Ar-^{40}Ar 年龄测定的主要对象。样品的处理程序是：将样品粉碎至≥180 目后，首先进行重选，剔除大部分重矿物，然后称出相应重量的轻矿物样品粉末，送作 K-Ar 分析，其余的样品粉末，再进一步在水体中反复沉淀，最后将提取液烘干，并经鉴定确认后获得绢云母单矿物样品，送实验室作 Ar-Ar 法测年。样品由中国地质科学院地质研究所同位素地质年代学实验室陈文测试，测定仪器为英国生产的 VGMM-1200B 惰性气体质谱计。

对五龙沟金矿床采自Ⅲ-1 号矿体的强烈黄铁绢英岩化糜棱岩型金矿石（含 Au 8g/t）测得的 ^{39}Ar-^{40}Ar 坪年龄为 236.5±0.5Ma，$^{39}Ar/^{36}Ar$-$^{40}Ar/^{36}Ar$ 等时线年龄为 238.57±3.46Ma（表 3-15，图 3-14）；大场金矿床的测年样品为Ⅲ-7 号矿体黄铁绢英岩化蚀变碎裂岩金锑矿体，

含 Au 13g/t，所测的 ^{39}Ar-^{40}Ar 坪年龄为 218.6±3.2Ma，$^{39}Ar/^{36}Ar$-$^{40}Ar/^{36}Ar$ 等时线年龄为 220.32±3.19Ma（表 3-15，图 3-15）。可以看出，两矿床的等时线年龄与坪年龄非常接近，相差不超过 5Ma，说明此坪年龄是准确可靠的，代表了矿床形成的主成矿时代。

另外，前人在五龙沟金矿获得了一些测年数据。钱壮志等（1999）测得III矿带中矿石的 K-Ar 等时线年龄和方铅矿的铅同位素模式年龄分别为 197Ma 和 210Ma，测得矿化闪长玢岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 209.09Ma；莫宣学等（1998）测得III-2 号矿体中绢云母的 K-Ar 年龄为 252.9Ma；袁万明等（2000）利用裂变径迹法测得III-1 号矿体的锆石裂变径迹年龄为 216.0±11.7Ma，III-2 号矿体的锆石和磷灰石裂变径迹年龄分别为 235.0±8.9Ma 和 200.5±7.1Ma，测得 X 矿带红旗沟岩体的锆石裂变径迹年龄为 223.3±12.7Ma。

表 3-15　青海东昆仑地区金矿床地质年代一览表

矿床	样号	地质产状	方法	年龄（Ma）	备注
五龙沟	III-1	III-1 矿体黄铁绢英岩化糜棱岩矿石	绢云母 Ar-Ar 法	236.5	
		III矿带绢英岩矿石	全岩 K-Ar 法	197	钱壮志等（1999）
		石灰沟矿区闪长玢岩	全岩 Rb-Sr 法	209	
		III-2 矿体	绢云母 K-Ar 法	252.9	莫宣学等（1998）
	W60	III-1 矿体	锆石裂变径迹	216	袁万明等（2000）
	W66-3	III-2 矿体	锆石裂变径迹	235	
	W66-3	III-2 矿体	磷灰石裂变径迹	200.5	
	W3	X 矿带红旗沟岩体	锆石裂变径迹	223.3	
开荒北		围岩地层		中三叠统	
大场		围岩地层		下三叠统	
	TWDc	III-7 矿体黄铁绢英岩化碎裂岩矿石	绢云母 Ar-Ar 法	220.32	
东大滩		围岩地层		下三叠统	

三、结果讨论

从上述不同方法测得的结果来看，除 1 件样品测得的全岩 K-Ar 年龄为 197Ma 外，其余年龄值介于 200～252Ma 之间（表 3-15），从而揭示了矿床中金矿体的最终定位发生在印支期，对应于区域晚华力西－印支期造山过程的晚期，1 件 K-Ar 年龄值偏低可能是由于成矿后构造－水热事件的影响使部分氩丢失而造成的。另一方面也反映了多期次叠加成矿的特征，对于五龙沟金矿床，其不同期次成矿的特征更加明显，所测石灰沟III矿带 2 号矿体的绢云母 K-Ar 年龄为 252.9Ma，对应于晚华力西期，由于 K-Ar 年龄值偏低以及不同时期蚀变矿物的混合，该年龄值很可能暗示着晚加里东期的矿化作用。而我们测得主成矿期矿石绢云母 ^{39}Ar-^{40}Ar 年龄为 236.5Ma，属印支期，显示出该矿床成矿作用过程的多期多阶段性。另外，结合野外地质证据可以清楚地看到，该金矿床是晚加里东和晚华力西－印支两期造山作用叠加的产物，晚加里东期洋陆碰撞造山形成了富含 Au 的大型剪切带和局部金矿化，区内 3 条 NW 向大型剪切带控制了所有 Au 异常的展布便是证据；晚华力西－印支期陆内俯冲作用则导致了该金矿床的最终形成和定位。

此外，近些年来在东昆仑地区的大型剪切带内还获得了一些 Ar-Ar 年龄数据。在昆中断裂北侧的 NW 向大型剪切带中测得 2 件白云母的 Ar-Ar 年龄分别为 439.3±7.1Ma 和 240±4.12Ma，2 件黑云母的 Ar-Ar 年龄分别为 216.5±4Ma 和 221.5±4.2Ma。在昆南断裂带北侧大型剪切带中测得 1 件白云母的 Ar-Ar 年龄为 418.6±9.8Ma，1 件黑云母的 Ar-Ar 年龄为 234.9±4.2Ma。可见，也有两期年龄，一期为 439.3～418.6Ma，另一期为 240～216.5Ma，