

文章编号: 0258-7106(2013)01-0169-08

青海它温查汉铁多金属矿床 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代学 研究及意义*

田承盛^{1,2}, 丰成友³, 李军红², 曹德智⁴

(1 中国地质大学, 北京 100083; 2 青海省地质调查局, 青海 西宁 810001; 3 中国地质科学院
矿产资源研究所, 北京 100037; 4 青海省第四地质矿产勘查院, 青海 西宁 810008)

摘要 它温查汉铁多金属矿床是新近发现于柴达木盆地和祁漫塔格山结合部位靠近盆地覆盖区一侧、风成沙覆盖严重、成矿元素组合复杂的砂卡岩型多金属矿床。文章主要探讨了其地质特征和成矿年代学, 利用云母 Ar-Ar 法同位素定年技术, 获得该矿床钻孔岩芯砂卡岩磁铁矿矿石中白云母 ^{40}Ar - ^{39}Ar 坪年龄和等时线年龄分别为 (230.7 ± 2.0) Ma 和 (229.9 ± 3.5) Ma (MSWD=1.8), 等时线年龄与坪年龄在误差范围内完全一致, 厘定了该矿床成矿年龄为中三叠世晚期。结合区域多金属矿床最新成岩成矿年代学数据, 认为该矿床形成于碰撞向后碰撞转换的地质构造环境, 构成本区十分重要的与印支期碰撞造山有关的铁铜铅锌金多金属矿床成矿系列。

关键词 地球化学, 砂卡岩型矿床, ^{40}Ar - ^{39}Ar 同位素年龄, 印支期, 它温查汉, 青海, 祁漫塔格, 东昆仑
中图分类号: P618.31 文献标志码: A

^{40}Ar - ^{39}Ar geochronology of Tawenchahan Fe-polymetallic deposit in Qimantag Mountain of Qinghai Province and its geological implications

TIAN ChengSheng^{1,2}, FENG ChengYou³, LI JunHong² and CAO DeZhi⁴

(1 China University of Geoscience, Beijing 100083, China; 2 Qinghai Geological Survey, Xining 810001, Qinghai, China; 3 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 4 Fourth Institute of Qinghai Geological Mineral Prospecting, Xining 810029, Qinghai, China)

Abstract

Located in the basin overburden area between the Qaidam Basin and the Qimantag Mountain, the Tawenchahan deposit is a typical skarn Fe-polymetallic deposit characterized by heavy sand overburden and various mineralization elements. The detailed geological features and the ore-forming age of the Tawenchahan deposit were studied in this paper. In order to obtain the ore-forming age, the authors measured the muscovite separated from skarn magnetite ore in the Tawenchahan Fe-polymetallic deposit by the ^{40}Ar - ^{39}Ar incremental heating method, and the results yield a ^{40}Ar - ^{39}Ar plateau age of (230.7 ± 2.0) Ma and an isochron age of (229.9 ± 3.5) Ma with MSWD being 1.8. It is shown that the Tawenchahan Fe-polymetallic deposit was formed during Indosinian period. These new age data, combined with the available petrogenetic and metallogenetic chronological data obtained by SHRIMP zircon U-Pb, zircon LA-ICP-MS U-Pb, molybdenite Re-Os isochron and Ar-Ar methods in Qiman-

* 本文得到中国地质调查局地质调查项目(1212011085528, 1212011120135) 中国地质调查局青年地质英才计划(201112) 和国家自然科学基金项目(批准号: 41172076) 的联合资助

第一作者简介 田承盛, 男, 1965年生, 高级工程师, 在读博士研究生, 长期从事地质矿产综合研究及地勘项目管理和矿床学研究工作。
Email: tcs2006qh@126.com

收稿日期 2012-06-01; 改回日期 2012-12-21。秦思婷编辑。

tag area of Qinghai Province, indicate that this deposit was formed from the collisional to post-collisional environment, and belonged to the metallogenic series of Fe-Cu-Pb-Zn-Au polymetallic deposits related to Indosinian collision orogeny in eastern Kunlun.

Key words: geochemistry, skarn deposit, ^{40}Ar - ^{39}Ar age, Indosinian, Tawenchahan, Qinghai Province, Qimantag area, East Kunlun

近年来,在青海祁漫塔格地区的找矿工作取得了显著成效,该区不仅是中国重要的成矿区带,而且也成为当地重要的金属矿产基地。除了在基岩出露区陆续发现一大批与花岗质岩浆侵入活动有关的矽卡岩型和斑岩型铁铜钼铅锌多金属矿床(如卡而却卡、虎头崖、四角羊、群力、乌兰乌珠尔、鸭子沟等)外(吴健辉等,2010;张爱奎等,2010;李洪普等,2010;李大新等,2011;舒晓峰等,2012),在柴达木盆地和祁漫塔格山结合部位靠近盆地覆盖区一侧相继新发现了多个多金属矿床(如它温查汉、长山、沙丘等)并且以往发现的小型矿床(矿点)扩储为大中型矿床(如尔林格、野马泉等)寇玉才等(2010),祁俊霞等(2010),位于青海格尔木市乌图美仁乡的它温查汉铁多金属矿床即是其中的典型代表。该矿床地处那陵格勒河下游盆地风成沙深覆盖区,系青海省地勘局开展磁法物探异常查证时发现,王军等(2011)和曹德智等(2012)对其基本地质特征、主要控矿因素、找矿前景及找矿方向等进行了研究与分析,并根据以往区域侵入岩年代学研究结果推断该矿床形成于海西期,但与最新提出的该区印支期大规模岩浆活动和多金属成矿的认识(丰成友等,2010,2012)相矛盾。那么,它温查汉多金属矿床到底形成于哪个时期,形成的构造环境又如何呢?笔者从钻孔岩芯中挑选出与成矿关系密切的矽卡岩磁铁铁矿石中的白云母进行高精度的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 测年,对深入认识该矿床成因、总结区域矿床成矿规律、指导覆盖区同类型矿产找矿勘查工作均具有十分重要的意义。

1 区域地质概况

它温查汉铁多金属矿床所在的青海祁漫塔格地区位于青海省西部、柴达木盆地西南缘,构造位置处于古亚洲与特提斯构造域结合部位的东昆仑多岛弧盆造山系的西段。区内出露地层主要有古元古界金水口群、长城系小庙群和蓟县系狼牙山组,岩性为片麻岩、云母石英片岩、石英岩、角闪岩、大理岩、白云质灰岩等;奥陶系—志留系(?)滩间山群含碳酸盐岩

火山-沉积岩系;泥盆系牦牛山组海陆交互相碎屑岩、碳酸盐岩及中酸性火山岩;石炭系大干沟组生物碎屑灰岩、复成分砾岩夹硅质岩,绾敖苏组近源滨海相碎屑岩-碳酸盐岩;上三叠统鄂拉山组陆相火山碎屑岩夹火山熔岩及不稳定碎屑岩。其中,金水口群、蓟县系狼牙山群、奥陶系—志留系(?)滩间山群、石炭系大干沟组、绾敖苏组为本区多金属矿床的重要赋矿围岩。

区内构造活动强烈,褶皱以轴向NW向的复式背向斜构造为主,NW向、NW向和近EW向断裂组成了主体构造骨架,不同级别和序次的断裂构造的交汇聚合部位,往往是成岩成矿的有利部位。岩体侵入接触面及外接触带围岩的岩性界面、破碎带为构造薄弱带,当岩体冷却时,常构成低压带,为矿液的运移、贯入、交代和沉淀提供了良好的场所。NE向和近SN向断裂多为成矿后构造。

岩浆侵入活动广泛而强烈,时代包括加里东期、华力西期、印支期和燕山期,以华力西期和印支期为主,构成醒目的NW向侵入岩浆构造带。已有的研究表明,印支期小岩株、岩脉、岩枝及不规则状产出的中酸性侵入体与区内铁、铜、钼、铅、锌等多金属成矿作用关系最密切,侵入岩岩性主要包括花岗闪长岩、二长花岗岩、闪长岩、钾长花岗岩及其斑岩等,其中多具斑状或似斑状结构,属于浅成的中酸性侵入岩类(丰成友等,2012)。

2 矿床地质特征

2.1 地层

由于第四系现代沙丘和砂砾石严重覆盖,矿区内零星出露奥陶系—志留系(?)滩间山群和上泥盆统牦牛山组。前者出露于矿区北东部,由深灰色结晶灰岩、浅灰色大理岩和白色中细粒大理岩组成,总体呈NW向展布,南、北两侧均被花岗岩所侵蚀,其与花岗岩的接触带部位往往发育强烈矽卡岩化,并形成铁多金属矿;后者分布在矿区北侧,系一套酸性火山碎屑岩,岩性为流纹岩、安山岩、火山角

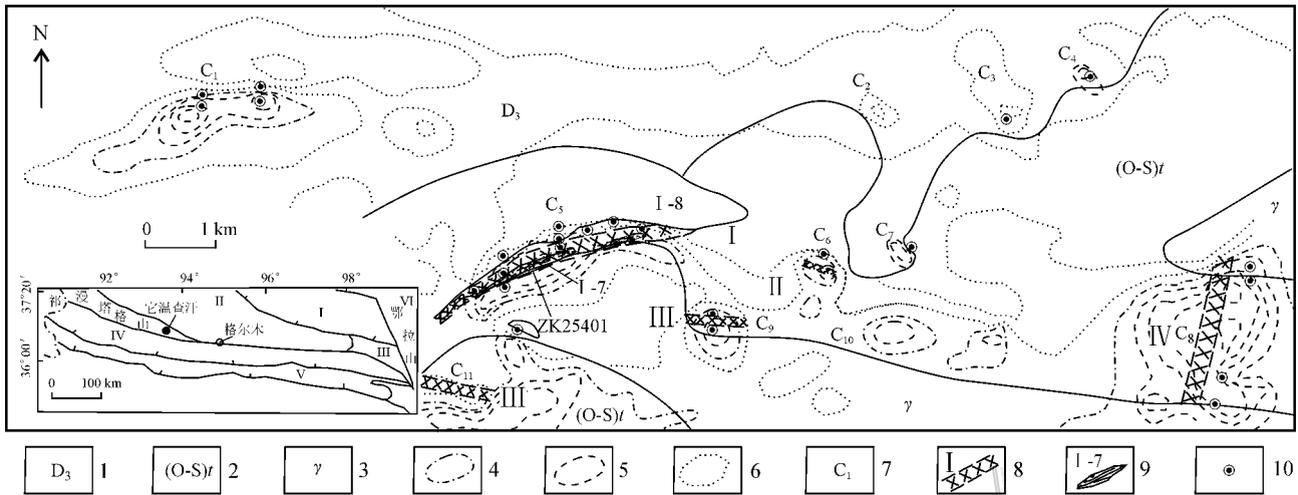


图 1 它温查汉铁多金属矿区地质略图(据曹德智等,2012 略修改)

1—上泥盆统牦牛山组：碎屑岩、中酸性火山岩；2—奥陶系—志留系滩间山群：大理岩、碳质板岩、灰岩夹玄武岩；3—浅肉红色二长花岗岩、正长花岗岩；4—1:1 万高磁零异常；5—1:1 万高磁正异常；6—1:1 万高磁负异常；7—1:1 万地磁异常及编号；8—矿带及其编号；9—铁多金属矿体；10—钻孔

构造岩浆带：I—柴北缘(ϵ_3 -S)；II—柴达木地块(Pt_1 Y盆地(J-N)；III—祁漫塔格-都兰(ϵ_3 -T)；IV—东昆仑北坡(O-T)；V—东昆仑南坡(O-T)；VI—宗务隆山-鄂拉山(C-T₃)

Fig. 1 Schematic geological map of the Tawenchahan Fe-polymetallic deposit (modified after Cao et al., 2012)

1—Upper Devonian Maoniushan Formation; 2—Ordovician-Silurian Tanjianshan Group; 3—Pinkish red monzonitic granite and syenogranite; 4—1:10 000 high-precision geomagnetic zero anomaly; 5—1:10 000 high-precision geomagnetic positive anomaly; 6—1:10 000 high-precision geomagnetic negative anomaly; 7—1:10 000 geomagnetic anomaly and its serial number; 8—Ore belt and its serial number; 9—Fe-polymetallic ore body; 10—Drill hole

Tectono-magmatic belts: I—North margin of Qaidam Basin (ϵ_3 -S); II—Qaidam block (Pt_1 Y basin (J-N)); III—Qimantag-Dular (ϵ_3 -T); IV—Northern slope of East Kunlun (O-T); V—Southern slope of East Kunlun (O-T); VI—Zongwulongshan-Elashan (C-T₃)

砾岩、凝灰岩、砂岩、复成分砾岩等，其与下伏的滩间山群地层呈断层接触。区域上构造活动强烈，NWW 向和 NW 向压性、压扭性断裂构成主体构造格架，但矿区构造轮廓不清。

2.2 侵入岩

矿区岩浆活动强烈，时代以华力西期和印支期为主。华力西期侵入岩有花岗闪长岩、钾长花岗岩，受断裂控制明显，沿断裂带断续分布；印支期侵入岩主要有花岗闪长岩、二长花岗岩和钾长花岗岩，由于第四系风成沙强烈覆盖，它们的分布、产状、规模等不清，但从钻孔资料可见，其与围岩接触处普遍发育砂卡岩化和多金属矿化。

2.3 地球物理特征

矿区 1:1 万高精度地磁测量共圈定异常 11 处(图 1)除 C2、C3、C4、C7 异常规模较小外，其他异常规模较大，面积 2~10 km²。尤其是 C1、C5、C6、C8 等异常大致呈 EW 向展布，南正北负，形成长度大于 18 km 的异常带。在异常出现部位布置勘探线钻孔

进行深部验证，可见有磁铁矿化，显示这些异常的形成与区内的较大磁性体关系密切，对于指导该区寻找铁多金属矿有一定的指示意义。

2.4 矿带、矿体和矿石

2.4.1 含矿带地质特征

它温查汉铁多金属矿体赋存于奥陶系—志留系(?)滩间山群砂卡岩化大理岩中，以及花岗岩和大理岩接触带部位，矿化产出部位与地磁异常相吻合，根据矿体集中分布特征，可分为 I、II、III、IV 共 4 个含矿带(图 1)。

I 矿带 位于 C5 异常区，走向与异常长轴方向一致，长约 3 km，呈长条带状，走向 70~85°，倾向 NNW，倾角 45~50°。目前已圈定铁多金属矿体 5 条、铜矿体 2 条、金矿体 1 条，靠近覆盖层可见弱孔雀石化。

II 矿带 位于 C6 异常区内，总体走向近 EW 向，长度不明，产于滩间山群碳酸盐岩地层内，由于对该异常实施 2 个钻孔未见到岩体，故矿体在接触

带上赋存的空间位置不明。圈定铁铜金矿体 1 条、铜矿体 3 条、金矿体 3 条。

Ⅲ矿带 位于 C11-C9 异常区内,长度和走向均不明,含矿矽卡岩层视厚度约 10 m,圈定的 1 个磁铁矿体厚度为 3.56 m,平均品位 40.6%,最高 55.5%;铜矿体厚度 2.74 m,平均品位 1.05%,最高 1.53%。矿体顶板为大理岩,底板为二长花岗岩,矿体赋存于二者接触带的矽卡岩带内。

Ⅳ矿带 位于 C8 异常中部,长度和走向暂不明。仅有 1 个样品的磁铁矿含量达到工业品位,厚度约 1 m。含矿体赋存于灰岩和岩体外接触带内的矽卡岩带内,矽卡岩视厚度约 30 m,底板为石英闪长岩。主要矿化类型为磁铁矿化和黄铜矿化。

2.4.2 铁多金属矿体特征

它温查汉铁多金属矿体主要位于 C5、C6、C8 和 C11 地磁异常中。以接触交代型的铁多金属矿化为

主,矿体埋深未见规律,最浅者为 C5 异常内的铁多金属矿体,约 271~300 m,最深者为 C6 异常内的铁多金属矿体,深度达到 520 m。磁异常、地层展布方向、接触带、矽卡岩带、矿带与矿体走向基本一致。从 262 勘探线地质特征(图 2a)来看,金矿体产于地层与其上部侵入岩的接触带,Fe、Cu 等矿物成分以硫化物为主,铁铜锌矿体产于大理岩层底部,矿体的下盘为二长花岗岩。C6 异常多个铁铜矿体与脉岩有关,侵位于灰岩或大理岩内,其本身构成矿体,在围岩(结晶灰岩)内也赋存细脉状、团块状黄铜矿脉。

2.4.3 矿石特征

矿石自然类型主要为磁铁矿矿石,次为黄铜矿矿石和闪锌矿矿石等。矿区中铁矿石的氧化程度低,形成于石英硫化物期中低温阶段的铜矿石在表生氧化期有不同程度的褐铁矿化、孔雀石化。矿

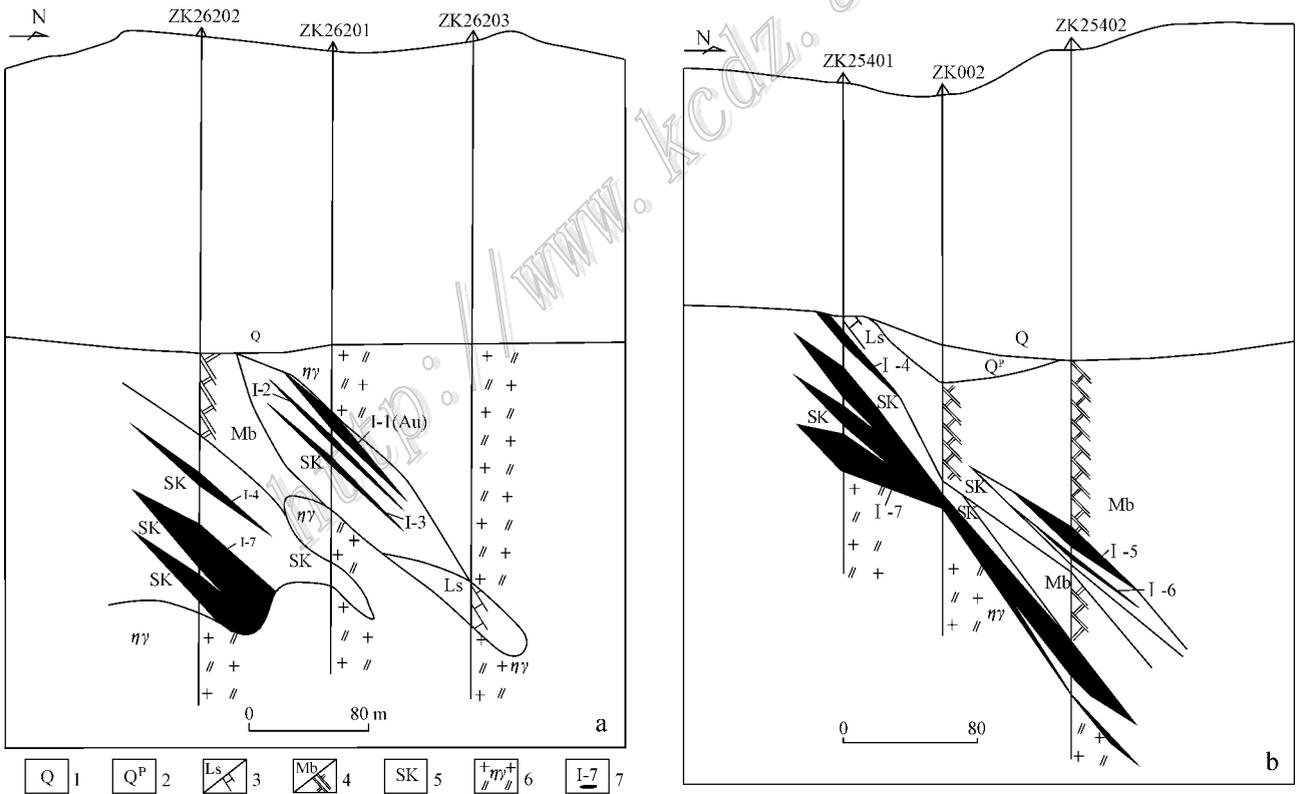


图 2 它温查汉铁多金属矿区 262 勘探线剖面图(a)和 254 勘探线剖面图(b)

- 1—第四系风积砂层;2—第四系残积砂砾石层;3—奥陶系—志留系滩间山群结晶灰岩;4—奥陶系—志留系滩间山群灰白色大理岩;
- 5—透辉石矽卡岩;6—中-粗粒二长花岗岩;7—铁多金属矿体及其编号

Fig. 2 Geological sections along No. 262(a) and No. 254(b) exploration lines in the Tawenchahan Fe-polymetallic deposit
1—Quaternary colian sand bed; 2—Quaternary residual sand gravel; 3—Tanjianshan Group limestone; 4—Tanjianshan Group marble; 5—Diopside skarn; 6—Medium to coarse grained monzonitic granite; 7—Fe-polymetallic ore body and its serial number

石矿物主要为磁铁矿,其次为闪锌矿、黄铜矿,局部伴生黄铁矿、磁黄铁矿、褐铁矿等;脉石矿物主要为透辉石、石榴子石、绿帘石、透闪石、白云母、斜长石、石英、磷灰石、辉石、角闪石、蛇纹石、绿泥石、方解石等。矿石结构因矿石类型不同而各有不同,以 I-7 矿体为例,矽卡岩磁铁矿、黄铜矿、闪锌矿矿石以不等粒粒状变晶结构和角砾状结构、致密块状构造为主,其次为似斑状结构,石英脉黄铜矿矿石以粒状结构、块状、浸染状构造为主;C5 异常 I-1 矿体是一独立的金矿体,矿石呈碎裂结构、碎块状构造。

2.5 围岩蚀变

矿区内围岩蚀变强烈,主要蚀变类型有矽卡岩化、硅化、白云母化、黄铜矿化、磁铁矿化、黄铁矿化。其中,黄铁矿化比较普遍,与铜矿化关系较为密切。另外,绿泥石化、绢云母化等往往呈共生组合在同一地段产出,其蚀变的强度与岩性本身的矿物结构密切相关。局部有明显的角岩化现象,也与黄铜矿化和闪锌矿化关系较密切。

3 样品及测试方法

对本次野外工作在它温查汉铁多金属矿床 ZK25401 钻孔 221 m 处采集到的磁铁矿矽卡岩矿石样品(TWZK25401-12),进行了⁴⁰Ar-³⁹Ar 同位素年龄测试,采样位置见图 1、图 2b。样品采于 C5 异常区 I 号矿带的 I-7 Fe-Cu-Zn 多金属矿体。该矿体为它温查汉矿区规模最大的矿体,顶、底板分别为大理岩和二长花岗岩,呈长条带状,长约 1730 m,平均厚度 15 m, $w(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ 平均 36.2%, $w(\text{Cu})$ 平均 0.72%, $w(\text{Zn})$ 平均 3.76%,Au 平均 8.61 g/t。矿石为典型的矽卡岩型多金属矿石,中细粒变晶结构,块状构造,主要矿物为磁铁矿、黄铜矿、闪锌矿、透辉石、石榴子石、透闪石、白云母、方解石、绿帘石、绿泥石、石英等。在手标本和镜下,白云母均未见明显的蚀变,适于⁴⁰Ar-³⁹Ar 法进行同位素年代测定。

首先,将选纯的白云母矿物(纯度大于 99%)进行超声波清洗。清洗后的样品被封进石英瓶中送核反应堆中接受中子照射,照射工作是在中国原子能科学研究所的“游泳池堆”中进行的,使用 H4 孔道,中子流密度约为 $(2.60 \times 10^{13}) \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,照射总时间为 1440 min,积分中子通量为 $(2.25 \times 10^{18}) \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2}$,同期接受中子照射的还有用做监控样的标

准样:ZBH-25 黑云母标样,其标准年龄为 $(132.7 \pm 1.2) \text{ Ma}$, $w(\text{K})$ 为 7.6%。

样品测试由中国地质科学院地质研究所国土资源部同位素地质重点实验室完成。样品的阶段升温加热使用石墨炉,每一个阶段加热 30 min,净化 30 min。质谱分析是在多接收稀有气体质谱仪 Helix MC 上进行的,每个峰值均采集 20 组数据。所有的数据在回归到时间零点值后,再进行质量歧视校正、大气氩校正、空白校正和干扰元素同位素校正。中子照射过程中所产生的干扰同位素校正系数,通过分析照射过的 K_2SO_4 和 CaF_2 来获得,其值为: $(^{36}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}} = 0.000\ 238\ 9$ ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{K}} = 0.004\ 782$, $(^{39}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}} = 0.000\ 806$ 。³⁷Ar 经过放射性衰变校正;⁴⁰K 衰变常数 $\lambda = 5.543 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$ (Steiger et al., 1977);用 ISOPLOT 程序计算坪年龄及正、反等时线(Ludwig, 2001)。坪年龄误差以 2σ 给出。详细实验流程见有关文章(陈文等, 2006;张彦等, 2006)。

4 测试结果

对采自它温查汉铁多金属矿床矽卡岩矿石中的白云母样品进行 12 个阶段的加热分析,加热温度区间为 700~1400℃(表 1),所获数据构成一条未受明显热事件扰动的⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄谱线(图 3a)。尽管受核反冲和测量误差的影响,在年龄谱线左侧和右侧终止处出现了 6 个不一致的视年龄值,即 $(57.4 \pm 8.1) \text{ Ma}$ 、 $(132.8 \pm 1.6) \text{ Ma}$ 、 $(249.7 \pm 2.4) \text{ Ma}$ 、 $(255.2 \pm 2.4) \text{ Ma}$ 、 $(238.3 \pm 2.2) \text{ Ma}$ 和 $(303.2 \pm 8.5) \text{ Ma}$ (图 3a),但其所占的比例较小,谱线其余部分累计释放的³⁹Ar 达 60.8%,它们的加权平均年龄(t_p)= $(230.7 \pm 2.0) \text{ Ma}$ 。参与加权平均年龄计算的 6 个点在⁴⁰Ar/³⁶Ar-³⁹Ar/³⁶Ar 图解(图 3b)上构成了一条很好的等时线,求得等时线年龄为 $(229.9 \pm 3.5) \text{ Ma}$,初始⁴⁰Ar/³⁶Ar 比值为 306,非常接近尼尔值(理想大气值 295.5),说明样品中不含过剩的氩。该样品的加权平均年龄与等时线年龄在误差范围内完全一致,故使用加权平均年龄。等时线年龄与坪年龄在误差范围内完全一致,说明该白云母样品的⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄测定结果是可信的且具地质意义,能代表矽卡岩铁多金属矿的形成年龄。

表 1 它温查汉铁多金属矿床磁铁矿矽卡岩矿石中白云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 阶段升温加热分析数据
Table 1 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ incremental heating analytical data of muscovite separated from skarn magnetite ore in the Tawenchahan Fe-polymetallic deposit

$\theta/^\circ\text{C}$	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$^{40}\text{Ar}/\%$	$^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}$	$^{39}\text{Ar}/10^{-14}$ mol	^{39}Ar 积累/ $\%$	t/Ma
700	230.9942	0.7607	0.3051	0.1699	2.69	6.2120	0.11	0.40	57.4 ± 8.1
800	49.4200	0.1176	0.0246	0.0374	29.70	14.6793	0.67	2.87	132.8 ± 1.6
880	33.8497	0.0180	0.0560	0.0180	84.27	28.5269	1.06	6.82	249.7 ± 2.4
930	30.5946	0.0047	0.0224	0.0150	95.45	29.2020	2.94	17.74	255.2 ± 2.4
970	27.4466	0.0010	0.0034	0.0138	98.88	27.1390	5.69	38.87	238.3 ± 2.2
1000	26.5980	0.0007	0.0000	0.0137	99.22	26.3912	4.39	55.17	232.1 ± 2.2
1040	26.5627	0.0009	0.0000	0.0137	99.00	26.2973	3.82	69.35	231.3 ± 2.2
1100	26.4585	0.0013	0.0050	0.0139	98.59	26.0846	3.57	82.62	229.6 ± 2.2
1160	26.1747	0.0009	0.0235	0.0139	99.01	25.9150	3.90	97.11	228.2 ± 2.1
1220	26.9039	0.0014	0.0173	0.0138	98.46	26.4910	0.60	99.33	232.9 ± 2.6
1300	30.6665	0.0146	0.0000	0.0192	85.89	26.3382	0.10	99.71	231.7 ± 4.6
1400	42.0624	0.0233	0.0000	0.0130	83.62	35.1714	0.08	100.00	303.2 ± 8.5

注:表中下标 m 者代表样品中测定的同位素比值;样品质量 26.83 mg, $J=0.005203$, $^{40}\text{Ar}^*$ 代表放射性成因 ^{40}Ar ;年龄误差为 2σ 。测试单位:中国地质科学院地质研究所国土资源部同位素实验室。

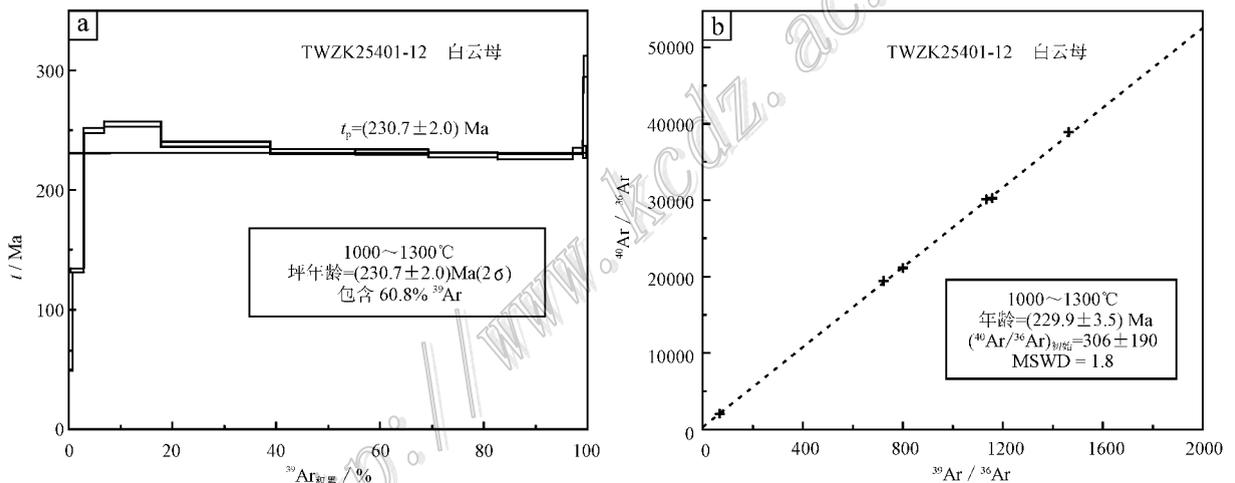


图 3 它温查汉铁多金属矿床磁铁矿矽卡岩矿石中白云母的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 阶段升温年龄谱图(a)与 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 等时线图(b)

Fig. 3 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ stepwise heating age spectra (a) and $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ versus $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ isochron (b) of muscovite separated from skarn magnetite ore in the Tawenchahan Fe-polymetallic deposit

5 讨论

5.1 矿床成矿时代

本次研究对青海祁漫塔格地区它温查汉铁多金属矿床进行了高精度成矿年代学测试,获得矽卡岩磁铁矿矿石中白云母的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 坪年龄和等时线年龄分别为 (230.7 ± 2.0) Ma 和 (229.9 ± 3.5) Ma,与该地区同处于盆地覆盖区、具有相同矿床成因的杂林格大型矽卡岩型铁多金属矿(石英二长闪长岩、石

英二长岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 (228.3 ± 0.5) Ma 和 (234.4 ± 0.6) Ma;高永宝等(2012)和长山矿床(花岗岩锆石 SHRIMP-U-Pb 年龄为 (219.9 ± 1.3) Ma,辉钼矿 Re-Os 模式年龄为 218 Ma 和 228 Ma;丰成友等(2010, 2012)的成岩成矿时代相一致。它温查汉矿床矿体的围岩是奥陶系—志留系滩间山群(图 2),其年龄远大于铁矿石中白云母样品的加权平均年龄 (230.7 ± 2.0) Ma,与矿体的后生特征相吻合,因此,将 (230.7 ± 2.0) Ma 作为该矿床的成矿年龄是适宜的,其形成于中三叠世晚期。

近年来,在青海祁漫塔格地区获得了一大批与花岗岩岩浆侵入活动密切相关的矽卡岩型、斑岩型多金属矿床的高精度成岩成矿年龄。如赵财胜等(2006)获得肯德可克矿区斜长石⁴⁰Ar-³⁹Ar 坪年龄为(207.8±1.9)Ma,等时线年龄为(211.1±4.5)Ma,二长花岗岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为(230.5±4.2)Ma(奚仁刚等,2010);刘云华等(2006)获得虎头崖矿区西段景忍中细粒正长花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为(204.1±2.6)Ma;余宏全等(2007)获得乌兰乌珠尔斑岩铜矿含矿花岗斑岩锆石 SHRIMP 年龄为(215.1±4.5)Ma;李世金等(2008)获得鸭子沟斑岩型铜钼矿辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为(224.7±3.4)Ma,矿化钾长花岗斑岩锆石 SHRIMP 年龄为(224±1.6)Ma;丰成友等(2009)获得卡而却卡矽卡岩型铜多金属矿辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为(239±11)Ma,与之相关的花岗闪长岩锆石 SHRIMP 年龄为(237±2)Ma(王松等,2009);丰成友等(2011)获得虎头崖多金属矿区与成矿密切相关的花岗闪长岩和二长花岗岩锆石 U-Pb 年龄分别为(235.4±1.8)Ma 和(219.2±1.4)Ma,矽卡岩型铜钼多金属矿石和钼矿石的辉钼矿 Re-Os 等时线年龄分别为(225.0±4.0)Ma 和(230.1±4.7)Ma。以上年龄表明,青海祁漫塔格地区的矽卡岩型、斑岩型矿床的成岩和成矿年龄一致,形成于中三叠世—晚三叠世,丰成友等(2010)认为两者系同一构造岩浆活动在不同阶段、不同深度和不同部位发生成矿作用的产物。这也进一步印证了印支期是柴达木盆地南缘地区岩浆活动和成矿作用的主要时期之一的认识(莫宣学等,2007;张德全等,2001)。

5.2 地质意义

已有研究表明,区域上包括青海祁漫塔格在内的东昆仑地区是一个具有复杂演化历史的多旋回复合造山带(潘裕生等,1996;殷鸿福等,1997;姜春发等,2000)。早-中前寒武纪是造山带基底即变质结晶基底形成的时期,此后,本区一直处于大陆背景下。从晚前寒武纪开始造山并隆升成陆地,直至奥陶纪期间无任何沉积记录。晚奥陶世本区开始了第一次也是最强烈的一次拉张裂陷,形成初始小洋盆和裂隙槽。志留纪至泥盆纪本区转为活动大陆边缘,发生了自南向北有限的陆陆俯冲,晚泥盆纪的磨拉石建造和强烈陆相火山喷发及花岗岩侵入代表这一时期的结束。晚泥盆世末第 2 造山旋回拉开序幕,石炭纪至二叠纪期间,本区下沉成为陆表海,沉

积了一套以碳酸盐岩为主体的浅-滨海相沉积物,代表了相对稳定环境。三叠纪期间由于早石炭世出现的古特提斯洋向北俯冲,中-晚三叠世陆壳碰撞并发生叠复或陆内造山,本区再次强烈活动,造成了中-晚三叠世陆相火山喷发和中酸性岩浆侵入活动,最后完成了陆内造山过程并逐渐稳定下来。

根据本次研究及区域已有的年代学数据和区域地质构造演化特征,认为祁漫塔格地区中三叠世至晚三叠世发生大规模岩浆侵入活动和相关的斑岩型-矽卡岩型多金属成矿作用时期,处于由碰撞向后碰撞转换的地质构造背景之下,相当于部分学者所称的“晚碰撞”环境(侯增谦等,2006)。这一环境下的地质事件包括陆内斜向碰撞所导致的地壳缩短、加厚,大规模的逆冲、走滑和剪切,以及相应的岩浆侵入活动和金属成矿作用。该时期形成的矽卡岩型铁多金属矿床与斑岩型矿床、热液脉状多金属矿床及造山型金矿床(张德全等,2005),共同构成本区一个十分重要的与印支期碰撞造山有关的铁铜铅锌金多金属矿床成矿系列,其分布广、强度大,具有优越的成矿地质条件和巨大的找矿前景。

6 结 论

(1) 它温查汉铁多金属矿床是东昆仑祁漫塔格地区产于盆山结合带靠近盆地一侧、风成沙覆盖严重、成矿元素组合复杂的多金属矿床典型代表,与毗邻的同处盆地覆盖区的尕林格大型铁多金属矿具有相同的地质特征和矿床成因,为矽卡岩型铁多金属矿床。

(2) 利用云母 Ar-Ar 法定年技术,获得它温查汉铁多金属矿床矽卡岩磁铁矿矿石中白云母⁴⁰Ar-³⁹Ar 坪年龄和等时线年龄分别为(230.7±2.0)Ma 和(229.9±3.5)Ma,厘定该矿床成矿年龄为中三叠世晚期。结合区域最新年代学资料,认为该矿床形成于碰撞向后碰撞转换的地质构造背景,构成东昆仑地区十分重要的与印支期碰撞造山有关的铁铜铅锌金多金属矿床成矿系列。

参考文献/References

- 曹德智,王 军,杨伟毅,彭中发,李延庆,汪成萍,赵胜楠. 2012. 东昆仑它温查汉铁多金属矿床控矿因素、找矿前景及方向分析[J]. 西北地质, 45(1): 56-62.
- 陈 文,张 彦,金贵善,张岳桥. 2006. 青藏高原东南缘晚新生代幕

- 式抬升作用的 Ar-Ar 热年代学证据[J]. 岩石学报, 22(4): 867-872.
- 丰成友, 李东生, 屈文俊, 杜安道, 王松, 苏生顺, 江军华. 2009. 青海祁漫塔格索拉吉尔砂卡岩型铜铅矿床 Re-Os 同位素定年及其意义[J]. 岩矿测试, 28(3): 223-237.
- 丰成友, 李东生, 吴正寿, 李军红, 张占玉, 张爱奎, 舒晓峰, 苏生顺. 2010. 东昆仑祁漫塔格成矿带矿床类型、时空分布及多金属成矿作用[J]. 西北地质, 43(4): 10-17.
- 丰成友, 王雪萍, 舒晓峰, 张爱奎, 肖晔, 刘建楠, 马圣钊, 李国臣, 李大新. 2011. 青海祁漫塔格虎头崖铅锌多金属矿区年代学研究及地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 41(6): 1806-1816.
- 丰成友, 王松, 李国臣, 马圣钊, 李东生. 2012. 青海祁漫塔格中晚三叠世花岗岩年代学、地球化学及成矿意义[J]. 岩石学报, 28(2): 665-678.
- 高永宝, 李文渊, 马晓光, 张照伟, 汤庆艳. 2012. 东昆仑杂林格铁矿床成因年代学及 Hf 同位素制约[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 48(2): 36-47.
- 侯增谦, 潘桂棠, 王安建, 莫宣学, 田世洪, 孙晓明, 丁林, 王二七, 高永丰, 谢玉玲, 曾普胜, 秦克章, 许继峰, 曲晓明, 杨志明, 杨竹森, 费红彩, 孟祥金, 李振清. 2006. 青藏高原碰撞造山带: II. 晚碰撞转换成矿作用[J]. 矿床地质, 25(5): 521-543.
- 姜春发, 王宗起, 李锦铁. 2000. 中央造山带开合构造[M]. 北京: 地质出版社, 1-154.
- 寇玉才, 李战业, 王英孝, 孟军海. 2010. 杂林格砂卡岩型铁多金属矿床地质—地球物理模型[J]. 西北地质, 43(2): 20-31.
- 李大新, 丰成友, 赵一鸣, 李泽峰, 刘建楠, 肖晔. 2011. 青海卡而却卡铜多金属矿床蚀变矿化类型及夕卡岩矿物学特征[J]. 吉林大学学报, 41(6): 1818-1831.
- 李洪普, 宋忠宝, 田向东. 2010. 东昆仑四角羊铅锌多金属矿床成矿地质特征及找矿意义[J]. 西北地质, 43(4): 179-187.
- 李世金, 孙丰月, 丰成友, 刘振宏, 赵俊伟, 李玉春, 王松. 2008. 青海东昆仑鸭子沟多金属的成矿年代学研究[J]. 地质学报, 20(7): 949-955.
- 刘云华, 莫宣学, 喻学惠, 张雪亭, 许国武. 2006. 东昆仑野马地区景忍花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其地质意义[J]. 岩石学报, 22(10): 2457-2463.
- 莫宣学, 罗照华, 邓晋福, 喻学惠, 刘成东, 谌宏伟, 袁万明, 刘云华. 2007. 东昆仑造山带花岗岩及地壳生长[J]. 高校地质学报, 13(3): 403-414.
- 潘裕生, 周伟明, 许荣华. 1996. 昆仑山早古生代地质特征与演化[J]. 中国科学(D辑), 26(4): 302-307.
- 祁俊霞, 叶积龙, 保守礼. 2010. 杂林格铁多金属矿床地质特征及成因分析[J]. 青海大学学报(自然科学版), 28(3): 42-46.
- 余宏全, 张德全, 景向阳, 关军, 朱华平, 丰成友, 李大新. 2007. 青海省乌兰乌拉珠尔斑岩铜矿床地质特征与成因[J]. 中国地质, 34(2): 306-314.
- 舒晓峰, 王雪萍, 张雨莲, 祝伟. 2012. 青海虎头崖地区多金属矿床成因类型的厘定及找矿方向[J]. 西北地质, 45(1): 165-173.
- 王军, 曹德智, 皮英楠, 杨伟毅, 贾小龙, 彭中发. 2011. 它温查汉西铁多金属矿床地质特征及成矿条件初步分析[J]. 青海科技, (4): 20-25.
- 王松, 丰成友, 李世金, 江军华, 李东生, 苏生顺. 2009. 青海祁漫塔格卡尔却卡铜多金属矿区花岗岩闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年及其地质意义[J]. 中国地质, 36(1): 74-84.
- 吴健辉, 丰成友, 张德全, 李进文, 余宏全. 2010. 柴达木盆地南缘祁漫塔格-鄂拉山地区斑岩-砂卡岩矿床地质[J]. 矿床地质, 29(5): 760-774.
- 奚仁刚, 校培喜, 伍跃中, 董增产, 过磊, 高晓峰. 2010. 东昆仑肯德可克铁矿区二长花岗岩组成、年龄及地质意义[J]. 西北地质, 43(4): 195-202.
- 殷鸿福, 张克信. 1997. 东昆仑造山带的一些特点[J]. 地球科学, 22(4): 339-342.
- 张彦, 陈文, 陈克龙, 刘新宇. 2006. 成岩混层(1/S)Ar-Ar 年龄谱型及³⁹Ar 核反冲丢失机理研究——以浙江长兴地区 P-T 界线粘土岩为例[J]. 地质论评, 52(4): 556-561.
- 张爱奎, 莫宣学, 李云平, 吕军, 曹永亮, 舒晓峰, 李华. 2010. 青海西部祁漫塔格成矿带找矿新进展及其意义[J]. 地质通报, 29(7): 1062-1074.
- 张德全, 丰成友, 李大新, 徐文艺, 阎升好, 余宏全, 董英君, 崔艳合. 2001. 柴北缘-东昆仑地区的造山型金矿床[J]. 矿床地质, 20(2): 137-146.
- 张德全, 党兴彦, 余宏全, 李大新, 丰成友, 李进文. 2005. 柴北缘-东昆仑地区造山型金矿床的 Ar-Ar 测年及其地质意义[J]. 矿床地质, 24(2): 87-98.
- 赵财胜, 杨富全, 代军治. 2006. 青海东昆仑肯德可克钴钼金矿床成矿年龄及意义[J]. 矿床地质, 25(增): 427-430.
- Ludwig K R. 2001. ISOPLOT 3.00. A geochronological toolkit for microsoft excel[J]. Berkeley: Berkeley Geochronology Center, California Maniar PD and Piccoli PM. 1989.
- Steiger R H and Jager E. 1977. Subcommittee on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology[J]. Earth Planet. Sci. Lett., 36: 359-362.