

## 新疆富蕴县蒙库铁矿地质地球化学特征\*

徐林刚<sup>1,2</sup> 杨富全<sup>3</sup> 李建国<sup>4</sup> 蔡永彪<sup>4</sup> 郑建民<sup>1</sup> 黄成林<sup>5</sup>

XU LinGang<sup>1,2</sup>, YANG FuQuan<sup>3</sup>, LI JianGuo<sup>4</sup>, CAI YongBiao<sup>4</sup>, ZHENG JianMin<sup>1</sup> and HUANG ChengLin<sup>5</sup>

1. 中国地质大学 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083

2. 克劳斯塔尔工业大学 矿物与矿产资源研究所, 德国 38678

3. 中国地质科学院 矿产资源研究所, 北京 100037

4. 新疆地质矿产局第四地质大队, 新疆阿勒泰 836500

5. 新疆富蕴县八钢蒙库铁矿采选分厂, 新疆富蕴县 836100

1. State Key Laboratory of Geo-Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

2. Institute of Mineralogy and Mineral Resources, Technical University of Clausthal, 38678 Clausthal-Zellerfeld, Germany

3. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China

4. No. 4 Geological Party, Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Altay 836500, China

5. Bagang Mengku Iron Mining and Beneficiation Branch Factory of Fuyun County, Fuyun 836100, China

2007-05-22 收稿, 2007-08-20 改回。

Xu LG, Yang FQ, Li JG, Cai YB, Zheng JM and Huang CL. 2007. Geology and geochemistry of the Mengku iron deposit, Fuyun County, Xinjiang. *Acta Petrologica Sinica*, 23 (10): 2653–2664

**Abstract** The Mengku skarn deposit is the largest magnetite deposit in Xinjiang. The orebodies are hosted by amphibole fined-grained gneiss and amphibolite (the protoliths are volcanic rocks) in the Lower Devonian Kangbutiebao Formation. This deposit has identified iron reserves of 110 million tons with a average total iron grade of 44%. Skarn is widespread and closely related to the orebodies. The skarn stage mainly witnessed the development of such minerals as andradite and diopside, and the late skarn stage was characterized by the appearance of abundant actinote, chlorite and diopside, accompanied by the appearance of magnetite. The types of primary fluid inclusions in garnet of the skarn stage are complex, with homogenization temperatures of 348 to 500°C and corresponding salinities of 9.6 to 12.85 wt. % NaCl equivalent. Homogenization temperatures of liquid-rich inclusions in diopside associated with the late skarn stage range from 241 to 490°C and their salinities vary from 10.73 to 12.96 wt. % NaCl equivalent. Homogenization temperatures for quartz inclusions containing daughter crystals range from 348 to 458°C and their corresponding salinities range from 38.2 to 57.1 wt. % NaCl equivalent. Homogenization temperatures for two-phase inclusions in quartz vary from 166 to 382°C and their salinities are 9.6 to 13.04 wt. % NaCl equivalent with an average of 11.31 wt% NaCl equivalent. Homogenization temperatures of liquid-rich inclusions in calcite vary from 145 to 265°C, with a salinity of 1.23 to 9.6 wt. % NaCl equivalent. Fluids evolved from high- and moderate-temperature and moderate-salinity fluids through moderate-temperature and moderate-salinity fluids to low-temperature and low-salinity fluids.  $\delta^{34}\text{S}$  values indicate that sulfur was mainly derived from the homogenous mantle reservoir, but some sulfur from strata was introduced at the late stage. Carbon, hydrogen and oxygen isotope components show that the fluids replacing volcanic rocks were mainly late magmatic hydrothermal solutions and that meteoric water was introduced in the hydrothermal solutions in the late stage of the evolution.

**Key words** Skarn, Iron deposit, Fluid inclusion, Stable isotope, Mengku, Xinjiang

**摘要** 蒙库是新疆境内目前发现的最大的磁铁矿床, 矿体赋存在下泥盆统康布铁堡组角闪变粒岩、斜长角闪岩(原岩为火山岩)中。探明铁储量1.1亿吨, 全铁平均品位44%。矽卡岩广泛发育并与矿体关系密切, 矽卡岩阶段主要发育钙铁榴石、透辉石等矿物, 晚期矽卡岩阶段则以大量阳起石、绿泥石、透辉石并伴随磁铁矿的出现为特征。矽卡岩阶段石榴石中原生

\* 国家自然科学基金项目(编号40672065)、国家科技计划项目(编号2006BAB07B02-01)、国土资源大调查项目(1212010561506)和国家留学基金的资助。

第一作者简介: 徐林刚, 男, 1981年生, 在读硕士, 矿物学、岩石学、矿床学专业, E-mail: xulingang@sina.com

包裹体类型复杂,均一温度为 348℃~500℃,盐度为 9.6~12.85wt%;晚期矽卡岩阶段透辉石中富液包裹体的均一温度为 241℃~490℃,盐度为 10.73~12.96wt%;含子晶的石英包裹体均一温度为 348℃~458℃,盐度为 38.2~57.1wt%,石英气液包裹体的均一温度在 166℃~382℃之间,盐度为 9.6~13.04wt%,平均 11.31wt%;方解石中富液包裹体的均一温度为 145℃~265℃,盐度 1.23%~9.6%,流体表现为矽卡岩化过程的中高温中等盐度到中温中等盐度流体再到低温低盐度的演化历程。 $\delta^{34}\text{S}$  的值显示硫的来源均一的硫的储库,有少量地层硫加入。碳、氢、氧同位素组分表明交代火山岩的流体主要为岩浆晚期的热水溶液,在演化的晚期有大气降水的加入。

**关键词** 矽卡岩;铁矿;流体包裹体;稳定同位素;蒙库;新疆

**中图法分类号** P618.31

阿尔泰成矿带是中亚地区重要的 Fe、Cu、Au、Pb、Zn、PGE 及稀有金属等多金属成矿带之一,已发现一些超大型和大型矿床,如尼古拉耶夫(Nikoraevskaya)大型铜锌矿、马列耶夫(Maleyskoye)大型铜锌矿、孜良诺夫斯克(Zyryannovskoye)超大型铅锌多金属矿床等(涂光炽,1999;戴自希等,2001,2005;杨富全等,2006)。新疆阿尔泰是哈萨克斯坦阿尔泰的东延部分,已发现阿舍勒大型铅铜矿(叶庆同等,1997;王登红等,2002)、可可塔勒大型铅锌矿(王京彬等,1998;Wang *et al.* 2003)、多拉纳萨依中型金矿(芮行健等,1993)和可可托海 3 号脉稀有金属矿床(Zhu *et al.*, 2006)等。蒙库铁矿床位于阿尔泰造山带南缘(地理坐标:东经 88°59'30",北纬 47°31'45"),目前已圈定矿体近 30 个,部分矿体伴生铜,全铁平均品位 44%,探明铁储量 1.1 亿吨,远景储量超过 2.1 亿吨<sup>①</sup>,现由八一钢铁集团和紫金矿业共同分段开发。自 1953 年发现以来,许多研究人员对该矿床的矿床地质特征、矿床成因等做了研究(张建中等,1987;李嘉兴等,2003;仇仲学,2003;Wang *et al.* 2003;胡兴平,2004),但是研究重点主要集中在对矿床地质的基本特征描述和探讨矿床成因方面,对流体包裹体和同位素特征研究相对薄弱。成矿流体的演化规律不甚清晰,本文在前人研究的基础上,通过野外调研,室内对流体包裹体进行了详细研究和稳定同位素测定,探讨了成矿流体的特征和来源,为深入认识蒙库铁矿成矿作用提供更多依据。

## 1 区域地质背景

阿尔泰造山带是加里东期-海西期的陆源增生型造山带,造山作用由北东向南西迁移,依次形成了阿尔泰山区加里东构造岩浆岩带、阿尔泰山南缘和额尔齐斯海西期构造岩浆岩带(叶庆同等,1997;肖序常等,1992)。蒙库铁矿床位于阿尔泰造山带南缘,大地构造属于西伯利亚古板块的西南缘与准噶尔板块结合部位(图 1)。区域内出露新元古代库卫群片岩、片麻岩夹碳酸盐建造、中晚志留世浅海-滨浅海碎屑岩建造、晚泥盆纪基性-酸性火山岩、砂页岩夹碳酸盐建造和中泥盆纪复理石、碳酸盐岩夹火山岩建造,下泥盆统是铁的主要赋矿层位。额尔齐斯断裂贯穿全区,为 NW 向的深壳断裂,被认为是一条晚古生代的俯冲带(于学元等,1993;秦元喜,1994)。麦兹火山岩盆地南北分别受科沙哈拉斯

裂和巴寨断裂控制,期间有阿巴宫、乌恰沟断裂贯通全区,并被次一级 NW 断裂切穿。海西期岩浆侵入和火山活动强烈,Sm-Nd 和 Rb-Sr 等时线年龄为 360~290Ma(陈毓川等,1996),少量印支-燕山期的酸性小岩株和中基性岩脉。

区域构造演化复杂,拉张和挤压作用交替出现导致地区重建,其演化经历了太古宙-元古宙古陆壳形成、早古生代陆壳增生、晚古生代造山后伸展和中新生代稳定大陆发展四个阶段(李天德等,2001;李志纯等,2002)。晚古生代的伸展作用导致岩浆活动强烈,形成大面积的基性到酸性火山岩。

## 2 矿床地质特征

### 2.1 地层

蒙库铁矿床位于阿尔泰造山带南缘,喀拉额尔齐斯褶皱带的次级巴拉额尔复背斜和克兰复向斜的接合部的南侧(李天德等 2001),即晚古生代火山弧麦兹古火山-沉积盆地的西北部麦兹复式向斜北东翼之次级褶皱-铁木下尔亥向斜中(如图 2)。矿区内出露地层主要为中上志留统松克木群、下泥盆统康布铁堡组和中泥盆统阿勒泰组。松克木群在矿区的北部和西南部出露,原岩为一套浅海-滨海相碎屑沉积建造,经历了区域变质作用,变质程度达绿片岩、角闪岩相,主要由黑云母片麻岩、石英黑云母片岩、黑云石英片岩夹斜长角闪岩组成。康布铁堡组分为上下两个亚组,是铁矿体的赋矿围岩,分布于矿区中南部,厚度大于 1200m,为一套火山-沉积变质岩系,由角闪岩、角闪斜长岩、角闪变粒岩、角闪浅粒岩、变粒岩、浅粒岩、透辉石岩、大理岩等组成,其原岩为富含铁镁质的中基性火山熔岩到酸性火山岩、火山凝灰岩和碱性岩以及富钙的海相碳酸盐岩(张建中等,1987)。康布铁堡下亚组分为三个岩性段,第一段由条带状不纯大理岩、透辉石大理岩组成,呈细小的窄带状展布在矿区东北部及西南部,延伸比较稳定。第二段以浅灰白色、灰-深灰色条带状角闪斜长变粒岩、磁铁变粒岩为主,夹斜长角闪片麻岩,黑云母片岩、大理岩及贫铁矿条带。第三段以黑云角闪斜长片麻岩、带状角闪变粒岩为主,夹角闪变粒岩、磁铁变粒岩、黑云母片岩和大理岩磁铁石榴石岩,是矿区内主要赋矿层位,各岩性之间多为渐变过渡关系。康布铁堡组上亚组主要分布于矿区的西南角,岩性为变质的凝灰质砂岩、浅粒岩、含砾砂岩、泥质砂岩、粉砂岩夹大理岩透辉体。阿勒泰组为浅海相复理

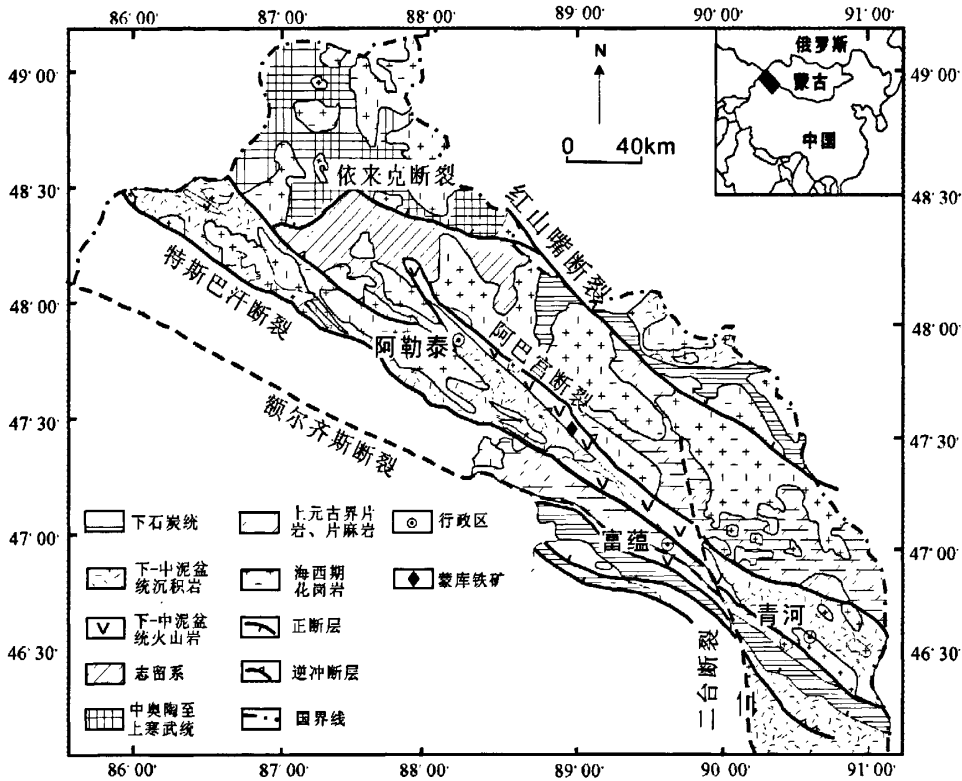


图1 阿尔泰山南缘区域地质图(据万博等,2006)  
Fig.1 Regional geological map of Southern Altay (after Wan et al., 2006)

石建造,岩性为变质含砾砂岩、钙质泥砂岩和变凝灰质砂岩互层,底部含大理岩夹层,分布于矿区的西南边缘。

2.2 构造

矿区构造复杂,褶皱和断裂发育,由北西-南东展布的复式背斜和断裂组成,与区域构造线一致。

褶皱构造为紧闭线型复式褶皱,形态复杂且多被岩体和断层破坏。铁木下尔滚向斜及蒙库背斜组成褶皱构造的主体,两者均为蒙库复向斜北东倒转翼的次级褶皱。铁木下尔滚向斜呈北西-南东走向,自蒙克木沟经巴拉额尔齐斯河至巴得巴库布拉克,轴迹长40余千米,向斜轴面近于直立。核部地层为康布铁堡组下亚组第三岩性段,翼部地层为康布铁堡组下亚组第一、二岩性段,矿体均产在该向斜核部及附近两侧,转折处可能增厚加大。蒙库背斜位于铁木下尔滚向斜的南西侧,背斜核部由中上志留统松克木群组成,两翼地层为下泥盆统康布铁堡组下亚组地层。

矿区内发育北西、北北西和北东向三组断裂,主构造线为北西向,北东、北北西向断裂横切北西向断裂。北西向断裂在矿区北西段趋于收敛,向东南散开,其中F<sub>1</sub>断裂规模较

大,是区域上巴寨断裂的一部分,表现为强烈的挤压性质,形成宽度10~50m的挤压破碎带,其它断裂为F<sub>1</sub>断裂经多次形成的一系列分支和低序次断裂组合。海西晚期黑云母花岗岩沿断裂带侵入,局部形成混合岩化带和绿泥石化带。

2.3 岩浆岩

岩浆活动比较强烈,主要分布于矿区的西北部 and 南部地区,以海西早中期酸性岩浆侵入为主,构成了区内侵入活动的主体,次为少量中基性岩脉。海西早期有片麻状黑云母花岗岩、片麻状黑云母斜长花岗岩、黑云母花岗岩、中粗粒片麻状黑云母花岗岩,中期有中细粒似斑状黑云母花岗岩和细粒浅色花岗岩。获得的矿区北部两个黑云母花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄分别为(401±8)Ma 和(378±7)Ma(徐林刚,未发表资料)。

2.4 矽卡岩

徐林刚等(2007)根据岩相学特征将蒙库铁矿床演化过程划分为三个阶段:矽卡岩阶段、晚期矽卡岩阶段、石英硫化物阶段。矽卡岩阶段主要形成透辉石、石榴石、方柱石等

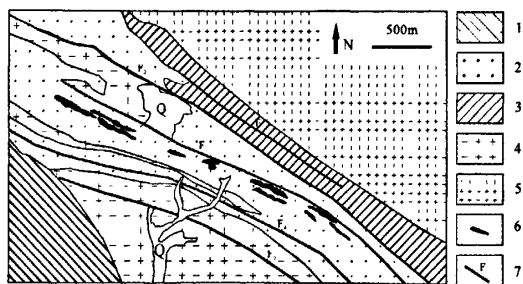


图2 蒙库铁矿床矿区地质图(据新疆地质矿产局第四地质大队,2003)①

1-下泥盆统康布铁堡上亚组凝灰质砂岩、浅粒岩; 2-下泥盆统康布铁堡下亚组角闪变粒岩、片麻岩; 3-上志留统松克木群片岩、片麻岩; 4-海西期晚期花岗岩; 5-海西期早期花岗岩; 6-矿体; 7-断层

Fig. 2 Geological sketch map of Mengku iron deposit (modified from No. 4 Geological Party, BGMRED of Xinjiang, 2003)

1-Lower Devonian upper Kangbutiebao formation (tuffaceous sandstone, leucogranulite); 2-Lower Devonian lower Kangbutiebao formation (amphibole metadolomite, gneiss); 3-Upper Silurian Songkemu formation (schist, gneiss); 4-Late Hercynian granite; 5-Early hercynian granite; 6-Ore body; 7-Fault

矿物;晚期矽卡岩阶段主要形成绿泥石、绿帘石、角闪石和磁铁矿等,该阶段是磁铁矿形成的主要阶段;石英硫化物阶段主要生成黄铁矿、赤铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、石英、方解石等。矽卡岩矿体多呈层状、似层状和透镜状产出,空间上与矿体密切共生,1号矿体发现石榴石和绿帘石矽卡岩的残留体,9号及其以东矿体矽卡岩化十分强烈。矽卡岩交代角闪变粒岩具有一定的分带性(如图3A),依次为角闪变粒岩带、角闪透辉石矽卡岩带、绿帘石透辉石矽卡岩带、透辉石石榴石矽卡岩带和石榴石矽卡岩带。矿体产于矽卡岩中,整体上与地层产状一致,局部穿层明显。

在矽卡岩型矿床的研究中,对矽卡岩矿物的研究十分重要(Einaudi *et al.* 1981,1982),大量研究(Einaudi *et al.* 1981; Meinert 1989, 1992)认为与矽卡岩型矿床有关的辉石主要为透辉石-钙铁辉石系列,通常钙铁辉石占辉石总量的80%以上。蒙库铁矿床中矽卡岩阶段辉石多呈半自形-它形短柱状,粒度均匀,一般在0.1~0.15mm之间。电子探针分析(徐林刚等,2007)结果显示,透辉石占80%以上,另外含少量普通辉石,其化学成分特征与国内一般矽卡岩型铁矿一致。矽卡岩阶段石榴石呈肉红色,粒度较细,一般在0.2mm左右,晚期的石榴石脉则呈明显的暗红色,粒度粗大,粒径可达2cm,多被细粒石榴石包裹,环带结构发育,两期石榴石在化学成分上区别不甚明显,85%以上为钙铁石榴石,另外含少量的锰铝石榴石和铁镁石榴石,化学成分与我国长江中下游矽卡岩型铁矿的石榴石化学成分基本一致(谢家亨等,1986;赵永鑫,1992; Xu *et al.*, 2000; 束学福,2004)。晚期矽卡岩阶

段生成大量角闪石,角闪石结晶程度高,多为长柱状晶体,这一阶段有大量磁铁矿生成,可见角闪石和磁铁矿相互交替的现象。电子探针分析显示角闪石多为阳起石。蒙库铁矿床中的矽卡岩虽然在成因上与一般的矽卡岩不同(花岗岩类交代碳酸盐岩),是流体沿裂隙交代中基性火山岩形成的,但在矽卡岩化学成分上并没有明显的区别。

## 2.5 矿体及矿石特征

蒙库铁矿床共发现了矿体近30个,各矿体规模相差悬殊。1号矿体规模最大,6-1、7、9、10、18、22号矿体次之,其它矿体规模均较小。矿体在平面上呈薄板状、扁豆状、透镜状及不规则形态,在深部可见镰刀状不规则矿体(图4)。单个矿体一般数十米宽,最大可达50m,延长10~800m,延深可达240~400m,矿体整体走向290°~300°,呈舒缓波状延伸。矿体多与矽卡岩共生,整体与围岩顺层接触,局部常见穿层现象。根据矿物组合可划分为7种矿化类型:透辉石磁铁矿型、石榴石磁铁矿型、角闪石磁铁矿型、石英钠长石磁赤铁矿型、透辉石角闪石磁铁矿型、石英黄铁矿磁铁矿型和磷灰石磁铁矿型。单一类型矿石品位均比较低,富矿石多为多种类型矿石的叠加体。主要的矿石矿物为磁铁矿、磁赤铁矿、磁黄铁矿、褐铁矿、赤铁矿、黄铜矿等。脉石矿物为辉石、角闪石、长石、石榴石、绿泥石、绿帘石、黑云母为主。矿石结构主要有粒状变晶结构、交代残余结构、变余结构和碎裂结构等。构造有块状构造、条带状构造、浸染状构造、角砾状构造、斑杂状构造等。

1号矿体是蒙库铁矿床最主要的工业矿体,331+332级别储量3500万吨,全铁平均品位41%。1号矿体地表厚度平均40m,总体走向295°左右,倾向68~89°,矿体最大延深达500m。沿倾向形态较复杂,膨缩、分枝、复合常见,具厚度大、中东部延深大、西端翘起、品位变化稳定等特点。矿体围岩主要为角闪变粒岩、条带状角闪变粒岩、黑云斜长角闪片麻岩。

## 2.6 矿化阶段

蒙库铁矿床演化经历了矽卡岩阶段、晚期矽卡岩阶段和石英硫化物阶段。在矽卡岩阶段,蚀变作用形成的透辉石及石榴石是在相当长的时间范围内晶出的,方柱石也是在该阶段形成的,钠长石化普遍发育。同一薄片可见透辉石、石榴石、方柱石相互交叉和过渡关系,反应了近同时生成;在晚期矽卡岩阶段主要生成角闪石、绿帘石和绿泥石等,镜下普遍可以见到该阶段的矿物交代矽卡岩阶段形成的透辉石、石榴石等。如角闪石、绿帘石和绿泥石交代或切穿透辉石、石榴石和钠长石等现象,被交代的矿物呈交代残留体或假象产出。晚期矽卡岩的晚阶段形成大量的磁铁矿,这是磁铁

① 新疆地质矿产局第四地质大队,2003,新疆富蕴县蒙库铁矿床深部详查总体设计。

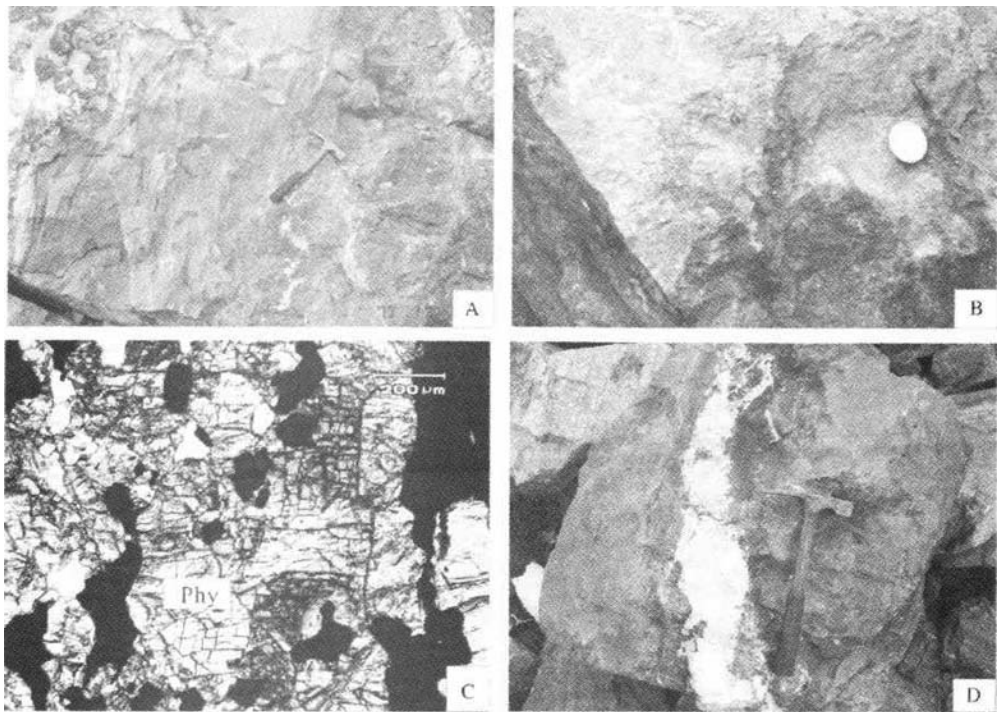


图3 蒙库铁矿床中典型矿物  
A-角闪变粒岩与石榴石岩接触带；B-磁铁矿及绿泥石交代石榴石；C-透辉石与磁铁矿共生；D-方解石脉穿插石榴石、绿泥石和绿帘石  
Fig.3 Typical minerals in Mengku iron deposit

A-contact zone of amphibole leptynite and garnet; B-magnetite and chlorite replace with garnet; C-diopside intergrowth with magnetite; D-calcite cuts garnet, chlorite and epidote

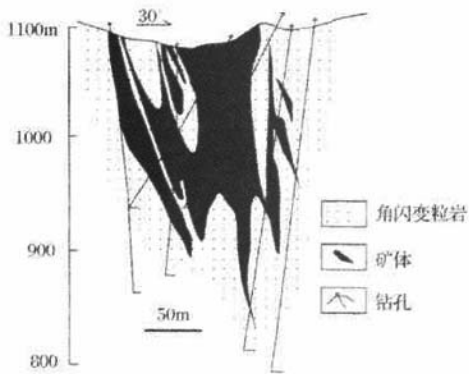


图4 蒙库铁矿床110号勘探线简图(据新疆地矿局第四地质大队,2003)  
Fig.4 Cross-section of iron orebody along the No. 110 exploration line (modified form the 4<sup>th</sup> geological team of Xinjiang)

矿形成的主要时期。在同一矿石中,可以看到粗粒角闪石穿插交代磁铁矿及其聚合体现象以及角闪石遭受磁铁矿交代的交代结构。磁铁矿交代透辉石现象多见,但也可以见到磁铁矿和透辉石共生,反映了部分磁铁矿与透辉石为近同时生成。绿帘石交代、包裹透辉石及磁铁矿的现象普遍出现,反映了透辉石、石榴石、磁铁矿、绿帘石的生成顺序。石英硫化物阶段主要形成黄铁矿、磁黄铁矿、石英和方解石等,为成矿期后的产物。该阶段生成的矿物明显晚于矽卡岩阶段和晚期矽卡岩阶段的矿物,常表现为穿插关系(图3B,3C,3D)。矿物生成顺序见表1。

3 矿床地球化学

3.1 流体包裹体

3.1.1 研究方法

包裹体片两面抛光,厚度约200μm。利用OLMPUS光学显微镜研究流体包裹体的岩相学特征,划分出流体包裹体的

表1 蒙库铁矿床矿物生成顺序  
Table 1 Generated sequence of minerals from Mengku iron deposit

矿物名称	砂卡岩期		石英-硫化物阶段
	砂卡岩阶段	晚期砂卡岩阶段	
磁铁矿			
赤铁矿			
黄铁矿			
黄铜矿			
磁黄铁矿			
磷灰石			
石英			
钠长石			
石榴石			
透辉石			
角闪石			
方柱石			
绿泥石			
绿帘石			
方解石			

类型及其共生组合,流体包裹体显微测温工作在中国地质大学(北京)地球化学实验室完成。测温仪器为国产的LINKAM THMSG-600 冷热台,对冷热台进行了标准物质的测定。其可测温度范围为-196℃~600℃,相变温度附近升温速率为0.5℃/分,均一温度重现误差小于2℃,冰点温度重现误差小于0.2℃,测试精度为±0.1℃。

3.1.2 流体包裹体类型及组合

蒙库铁矿床中流体包裹体发育,寄主矿物主要有石榴石、透辉石、绿帘石、石英、方解石等透明半透明矿物。并按成岩成矿期次对石榴石、透辉石、石英、方解石中的包裹体进行研究。

石榴石是砂卡岩阶段的典型矿物,通过包裹体物理状态和化学成分判定认为是NaCl-H<sub>2</sub>O型,进一步可以划分为四种类型:富液包裹体、富气体包裹体、纯气体包裹体和熔-流包裹体。富液包裹体(图5A)由气相和液相组成,气相百分数为10%~40%,多数为20%左右,长轴一般10~15μm,少数达20~25μm。包裹体呈负晶形、柱状、不规则状。富气包裹体较富液包裹体少,气相百分数达70%(图5B)。纯气包裹体为纯气相,由单一气体组成包裹体形态为不规则状、长柱状、近圆状。长轴一般为10~20μm,多数集中在15μm左右。熔-流包裹体较多,一般在5~25μm之间,其中10~15μm的包裹体居多,多数呈不规则状。

透辉石在砂卡岩阶段和晚期砂卡岩阶段均有产出,与石榴石相比,晚期砂卡岩阶段的透辉石中原生包裹体主要为富液相包裹体,呈长柱状、负晶形、不规则状(图4C),气体百分数在10%~60%之间,以10%~30%居多。长轴一般5~25μm,大多数长轴在10~20μm之间。

石英矿物中原生包裹体含量较多,原生包裹体类型主要为气液两相包裹体和含子晶的三相包裹体,也含有纯气体包

裹体。含子晶的包裹体中除了气体、液体两相外,尚含固相子晶(图D)。气体一般占包裹体体积的5%~20%,多数包裹体中子晶与气泡的体积相近或略小于气泡体积,子晶为NaCl,晶形完好,多数呈立方体状,也有长方形、圆粒等晶形,子晶与包裹体壁一般充填液体。两相包裹体气液比在5%~80%都可见,但多数在10%左右,长轴一般5~15μm之间,20~30μm的包裹体也常见,包裹体多呈长柱状、椭圆状、三角状、不规则状(图5E),同一包裹体片中可见纯气、气液和含子晶的包裹体同时存在。

方解石为石英硫化物阶段的产物,原生包裹体类型单一,为富液包裹体(图5F),气体一般占包裹体总体积的5%~20%之间,多数在10%左右,包裹体呈四方形、长条形、椭圆形、不规则状。包裹体相对较小,长轴一般小于10μm,但也有达15~20μm者。

3.1.3 包裹体均一温度和盐度

石榴石包裹体均一温度变化范围为348℃~500℃,平均403.7℃。仅个别包裹体均一温度超过500℃,对应的盐度变化范围为9.6~12.85wt%,平均11.16wt%。透辉石均一温度范围较宽,为241℃~490℃,平均360.1℃,对应盐度变化范围在10.73%~12.96wt%之间,平均11.81wt%。石英气液包裹体的均一温度在166℃~382℃之间,均值223℃,对应盐度为9.6%~13.04wt%,平均11.31wt%,含子晶的石英包裹体以子晶消失为特征,在348℃~458℃之间,平均450.8℃,包裹体盐度在38.2%~57.1%之间,平均50.5%。方解石的富液包裹体均一温度变化范围在145℃~265℃之间,平均214.6℃。对应盐度较低,范围为1.23%~9.6wt%之间,平均5.99wt%。砂卡岩化阶段矿物均一温度与盐度的图解如图6。

3.2 硫同位素

收集了蒙库铁矿床硫同位素值69个,测试对象均为黄铁矿,测试样品包括矿石和围岩(表2)。统计结果表明,δ<sup>34</sup>S值的变化范围在+1.9‰~+13.98‰之间,但是δ<sup>34</sup>S值大于+10‰的样品仅有两个,绝大多数样品的δ<sup>34</sup>S值在+4‰~+8‰之间,并显示了较明显的正态分布特征(图7),硫的分馏程度比较低。

3.3 氢氧同位素

本次工作对采自蒙库铁矿床中的石英和方解石样品进行了氢氧同位素分析测试,测试在中国地质科学院矿产资源研究所同位素实验室进行,氧同位素测试采用BrF<sub>3</sub>法对样品进行处理,然后在MAT 251 EM质谱仪上对获得的CO<sub>2</sub>进行氧同位素比值测定,并以SMOW为标准,分析精度为±0.2‰。氢同位素的样品制备过程中要尽量消除H<sub>2</sub>O的影响,否则H<sub>2</sub>O和H<sub>2</sub>之间的同位素交换会影响质谱分析的结果,其制备方法为:样品经清洗,去吸附水和次生包裹体后,再采用加热爆破法从样品中提取原生流体包裹体的H<sub>2</sub>O、H<sub>2</sub>O与

表2 蒙库铁矿床硫同位素组成

Table 2 Composition of sulfur isotope in the Mengku iron deposit

序号	岩、矿石	测试对象	$\delta^{34}\text{S}$ (10 <sup>-3</sup> )	资料来源	序号	岩、矿石	测试对象	$\delta^{34}\text{S}$ (10 <sup>-3</sup> )	资料来源
1	片岩	黄铁矿	+4.0	(1)	36	矿石	黄铁矿	+3.83	(3)
2	片岩	黄铁矿	+9.5		37	矿石	黄铁矿	+7.73	
3	片岩	黄铁矿	+9.9		38	矿石	黄铁矿	+4.95	
4	片岩	黄铁矿	+6.2		39	浅粒岩	黄铁矿	+6.34	
5	片岩	黄铁矿	+10.4		40		黄铁矿	+2.4	
6	矿石	黄铁矿	+9.0		41		黄铁矿	+4.6	(4)
7	矿石	黄铁矿	+9.0		42		黄铁矿	+6.5	
8	矿石	黄铁矿	+8.2		43		黄铁矿	+2.4	
9	矿石	黄铁矿	+8.1		44		黄铁矿	+8.0	
10	矿石	黄铁矿	+9.0		45		黄铁矿	+3.4	
11	变粒岩	黄铁矿	+6.4		46		黄铁矿	+3.1	
12	矿石	黄铁矿	+7.0		47		黄铁矿	+6.7	
13	矿石	黄铁矿	+7.6		48		黄铁矿	+3.6	
14	矿岩互层	黄铁矿	+7.9		49		黄铁矿	+6.0	
15	矿岩互层	黄铁矿	+8.7		50		黄铁矿	+6.3	
16	矿岩互层	黄铁矿	+8.8		51		黄铁矿	+6.2	
17	围岩	黄铁矿	+6.1		52		黄铁矿	+7.4	
18	围岩	黄铁矿	+4.6		53		黄铁矿	+5.6	
19	变粒岩	黄铁矿	+4.8		54		黄铁矿	+4.3	
20	富矿石	黄铁矿	+2.8	(2)	55		黄铁矿	+8.3	
21	条带状矿石	黄铁矿	+5.9		56		黄铁矿	+5.1	
22	矿石	黄铁矿	+4.8		57		黄铁矿	+4.6	
23	蚀变岩	黄铁矿	+9.3		58		黄铁矿	+5.8	
24	片麻岩	黄铁矿	+1.9		59		黄铁矿	+4.0	
25	矿石	黄铁矿	+7.0		60	矿石	黄铁矿	+4.298	(5)
26	条带状矿石	黄铁矿	+3.9		61	矿化次透辉石岩	黄铁矿	+8.974	
27	矿石	黄铁矿	+3.8		62	黄铁磁铁矿矿石	黄铁矿	+7.913	
28	蚀变岩	黄铁矿	+5.5		63	矿石	黄铁矿	+9.208	
29	矿石	黄铁矿	+6.55	(3)	64	矿石	黄铁矿	+13.973	
30	矿石	黄铁矿	+8.5		65	矿石	黄铁矿	+8.050	
31	矿石	黄铁矿	+7.85		66	矿化石英角斑岩	黄铁矿	+2.624	
32	矿石	黄铁矿	+3.79		67	矿石	黄铁矿	+7.624	
33	矿石	黄铁矿	+3.30		68	矿石	黄铁矿	+5.833	
34	矿石	黄铁矿	+4.70		69	矿石	黄铁矿	+7.115	
35	矿石	黄铁矿	+4.18						

资料来源：(1)姜福芝等,桂林冶金地质研究所；(2)赵斌等,贵阳地球化学研究所；(3)董永泉等,新疆冶金地质研究所；  
(4)新疆冶金七〇六地质队；(5)张建中等,1987,西安地质矿产研究所

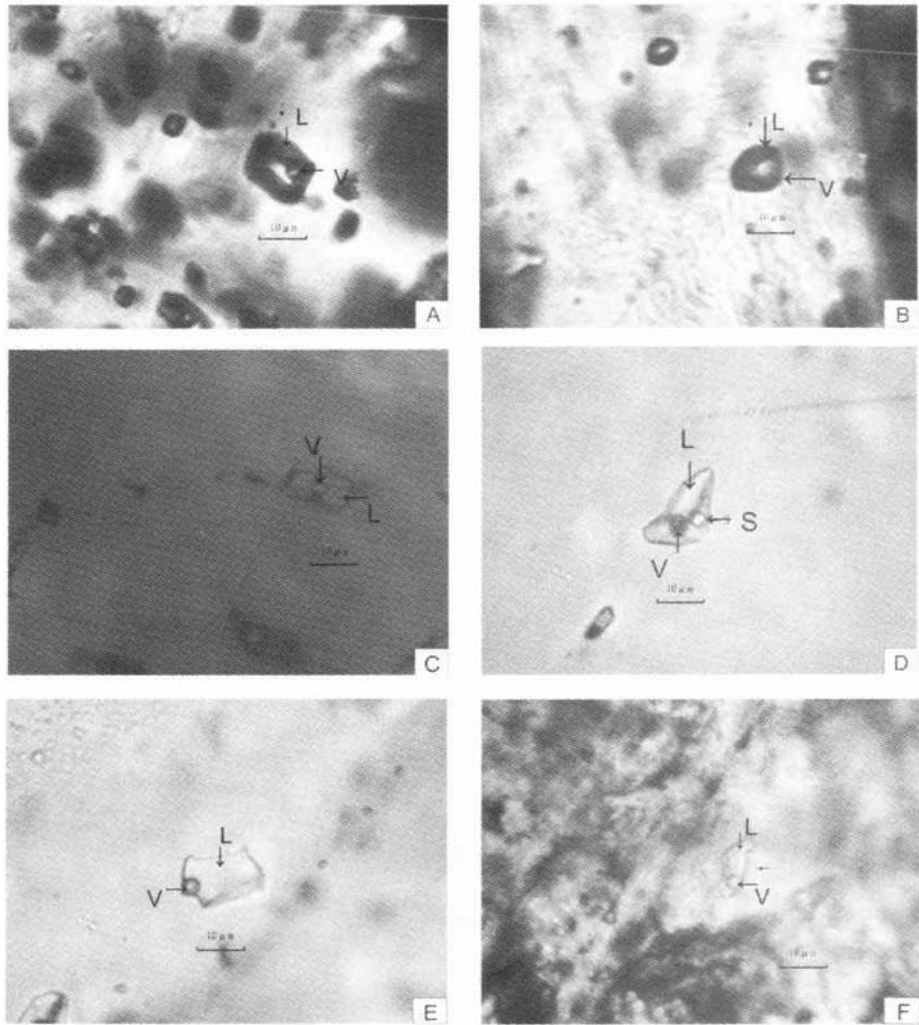


图5 蒙库铁矿床流体包裹体显微照片  
A-石榴石中富液包裹体; B-石榴石中气体包裹体; C-透辉石中富液包裹体; D-石英中三相包裹体; E-石英中富液包裹体; F-方解石中富液包裹体图  
Fig. 5 Microgram of fluid inclusions from Mengku iron deposit  
A-Fluid rich fluid inclusions in garnet; B-Vapor fluid inclusions in garnet; C-Fluid rich fluid inclusions in diopside; D-Three phase fluid inclusions in quartz; E-Fluid rich fluid inclusions in quartz; F-Fluid rich fluid inclusions in calcite

Zn 在 400℃ 条件下反应 30 分钟制取 H<sub>2</sub>, 然后再送质谱仪中进行氢同位素测定, 仪器型号同上, 以 SMOW 为标准, 测试精度为 ±2‰。

分析结果见表 3, 3 件晚期矽卡岩阶段石英 δD‰ 同位素变化范围在 -84‰ ~ -98‰ 之间, 氧同位素 δ<sup>18</sup>O‰ 的范围是 6.6‰ ~ 7.0‰。4 件石英硫化物阶段的方解石 δD‰ 同位素变化范围在 -93‰ ~ -110‰ 之间, 对应的氧同位素 δ<sup>18</sup>O‰ 的范围是 5.5‰ ~ 6.6‰。根据 Clayton 等 (1971) 的石英同位素分馏公式和 O'Neil 等 (1969) 方解石的同位素分馏公式

(石英:  $10^3 \ln a = 3.38 \cdot 10^6 / T^2 - 2.9$ ; 方解石:  $10^3 \ln a = 2.78 \cdot 10^6 / T^2 - 2.89$ ) 计算得出石英-水的氧同位素分馏平衡时水的 δO<sub>H<sub>2</sub>O</sub>‰ 的变化范围是 -4.3‰ ~ -3.9‰, 平均 -4.1‰, 方解石-水的氧同位素分馏平衡时水的 δO<sub>H<sub>2</sub>O</sub>‰ 的变化范围是 -3.28‰ ~ -2.18‰, 平均 -2.9‰。其中石英-水的氧同位素分馏方程中的 T 取 495K (因为本次测定样品中矽卡岩阶段石英富液包裹体的均一温度为 223℃), 方解石-水的氧同位素分馏方程中的 T 取 488K (均一温度为 214.5℃)。



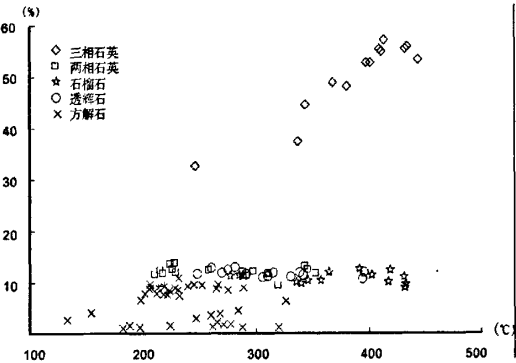


图6 流体包裹体均一温度与盐度图解  
Fig. 6 Plot of homogenization temperature vs. salinity from Mengku iron deposit fluid inclusions

表3 蒙库铁矿床氢氧同位素组成  
Table 3 Hydrogen and oxygen isotope composition of Mengku iron deposit

样品编号	样品名称	$\delta D_{V-SMOW}‰$	$\delta^{18}O_{V-SMOW}‰$	$\delta^{18}O_{H_2O}‰$
6	石英	-98	—	-3.9
12	方解石	-102	6.6	-3.28
52	方解石	-93	5.5	-2.18
89	石英	-92	6.7	-4.2
100	石英	-84	6.6	-4.3
100	方解石	-110	5.7	-3.08
107	方解石	-90	5.7	-3.08

表4 蒙库铁矿床中方解石碳氧同位素组成  
Table 4 Carbon and oxygen isotope composition in Mengku iron deposit

原样号	样品名称	$\delta^{18}O_{V-PDB}‰$	$\delta^{13}C_{V-PDB}‰$	$\delta^{18}O_{V-SMOW}‰$
12	方解石	-23.6	-4.5	6.6
52	方解石	-24.6	-5.5	5.5
100	方解石	-24.5	-6.1	5.7
107	方解石	-24.4	-3.8	5.7

3.4 碳氧同位素

挑选的石英硫化物阶段的方解石样品单矿物纯度达99%以上,方解石中碳和氧同位素分析步骤如下:首先在25℃条件下,使方解石与磷酸发生反应释放CO<sub>2</sub> (McCrea, 1950),用我国的国家一级碳酸盐碳、氧同位素参考物质GBW04416工作标准(Mao *et al.* 2002), $\delta^{13}C_{PDB}$ 和 $\delta^{18}O_{PDB}$ 值分别为1.16‰和-11.59‰,方解石样品的 $\delta^{18}O_{PDB}$ 直接从CO<sub>2</sub>测定。

碳氧同位素的测试结果列于表4。 $\delta^{13}C_{PDB}$ 的值变化范围

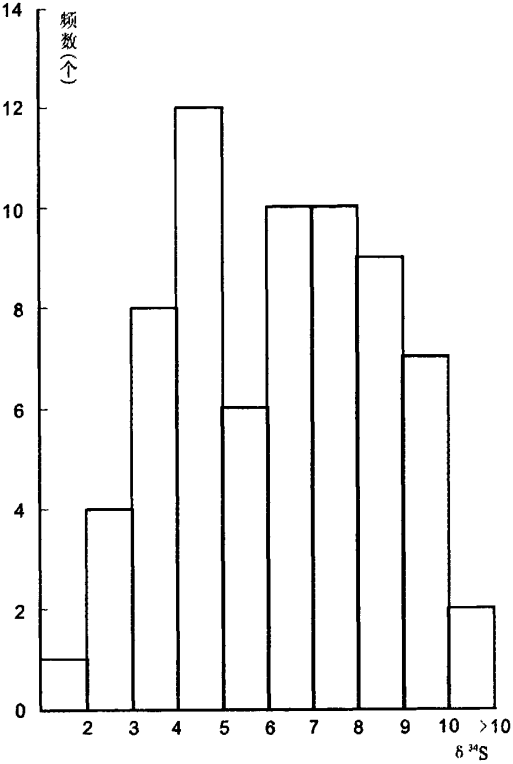


图7 蒙库铁矿硫化物 $\delta^{34}S$ 值直方图  
Fig. 7 Sulfide  $\delta^{34}S$  statistical diagram of Mengku iron deposit

在-3.8‰~-6.1‰之间,使用Friedman等(1977)的 $\delta^{18}O_{PDB}$ 和 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 转换公式( $\delta^{18}O_{SMOW} = 1.03086\delta^{18}O_{PDB} + 30.86$ ),通过计算得出 $\delta^{18}O_{SMOW}$ 的对应变化范围为5.5‰~6.6‰。

4 讨论及结论

蒙库铁矿床是新疆境内最大的磁铁矿型铁矿床,矿体呈层状或透镜状与下泥盆统康布铁堡组顺层接触,随着矿山的开发大面积的矽卡岩被广泛揭露,但矿区内未见到与侵入岩体有明显的联系,其矿床成因机制一直存在很大争论,在蒙库铁矿发现之初被认为是矽卡岩成因,后来又出现了矿浆喷溢成因、火山喷流成因和火山沉积变质成因等多种解释(张建中等,1987;仇仲学,2003;Wang *et al.*, 2003;胡兴平,2004)。作者通过野外观察和室内研究认为蒙库铁矿是一个特殊的矽卡岩型磁铁矿矿床,这种矽卡岩不是由花岗岩体与碳酸盐岩接触交代出现在花岗岩的接触带,而是中基性火山岩被后期热液交代形成的。Einaudi *et al.* (1981)认为这种以火山岩为围岩的矽卡岩属于交代型矽卡岩,是大范围的岩浆热液流体渗透与火山岩反应的结果,并受到热液流体性质控制。赵一鸣等(1990)将这类矿床称为与火山气液作用有关

的夕卡岩矿床,是在含矿火山气液的作用下主要以接触交代方式形成。

#### 4.1 矽卡岩的形成

传统的矽卡岩形成模式为花岗质或闪长质岩体侵入碳酸盐岩地层,两种不同的地质体之间发生交代作用,这种矽卡岩一般与侵入岩体有明显的时空联系 (Einaudi *et al.* 1981; Einaudi and Burt, 1982; Bowman *et al.* 1985; Brown *et al.* 1985; Kwak, 1987; Meinert, 1992), 火山气液交代火山岩形成的矽卡岩最大特点是多呈层状产出,这种矽卡岩在全球范围内并不多见,这类矿床也常成为矽卡岩成因和海底喷流成因争论的焦点 (韩发等, 1983; 赵一鸣等, 1983)。蒙库铁矿床中矽卡岩在9号及以东矿体广泛发育,1号矿体中也见有石榴石等矽卡岩矿物的残留体,呈层状、透镜状产于变粒岩和斜长角闪岩 (原岩为火山岩) 中。流体包裹体测温显示,矽卡岩阶段形成的石榴石均一温度平均 403.7℃,少部分包裹体均一温度超过 500℃,盐度平均 11.16wt%,为中-高温中等盐度流体体系。透辉石均一温度平均 360.1℃,包裹体平均盐度 11.81%。到晚期矽卡岩阶段,流体的温度有所降低,石英中气液包裹体的均一温度为 223℃,对应盐度平均 11.31%,含子晶的包裹体均一温度平均 450.8℃,包裹体盐度平均 50.5%,含子晶包裹体、气液包裹体和纯气体包裹体同时出现说明局部减压沸腾作用的存在 (Zhu *et al.*, 2001)。石英硫化物阶段的方解石均一温度平均为 214.6℃。平均盐度为 5.99wt%。流体的演化从矽卡岩阶段到晚期矽卡岩阶段再到石英硫化物阶段表现为高温中等盐度流体-中温中等盐度流体-低温低盐度流体的演化历程,但是盐度在整个矽卡岩化的过程中没有明显的变化。

#### 4.2 流体的来源及演化

蒙库铁矿床黄铁矿  $\delta^{34}\text{S}$  值的变化范围在 +1.9‰ ~ +13.98‰ 之间,但是绝大多数样品的  $\delta^{34}\text{S}$  值在 +4‰ ~ +8‰ 之间,并显示了较明显的正态分布特征 (图 7),硫的分馏程度比较低。这一特点与新疆磁海矽卡岩型磁铁矿矿床和福建马坑磁铁矿矿床中黄铁矿硫同位素值比较接近 (谢家亨等, 1986; 薛春纪等, 2000)。硫同位素值靠近陨硫石的成分,反映了硫的主要来源为一均一的储库,尽管有可能有少量的地层硫的加入,仍主要显示为来自花岗岩的特征。

将  $\delta\text{D}$  的测试值和  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  计算值投点于  $\delta\text{D}(\text{‰})$ - $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}(\text{‰})$  图解中 (图 8), 投影点均落在岩浆水左下侧和大气降水之间的范围,这可能是由于流体与大气水的混合造成了氢、氧同位素组成向大气降水线的漂移。在  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$  对  $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$  的图解中 (图 9), 有一个样品落在原始碳酸盐区,其余样品显示了大气降水和海水渗透作用的影响,这说明在石英硫化物阶段有广泛的大气降水的参与。考虑到测定是石英和方解石为石英硫化物阶段的产物,可以推断成矿期后地质流体有较多的大气降水的加入。

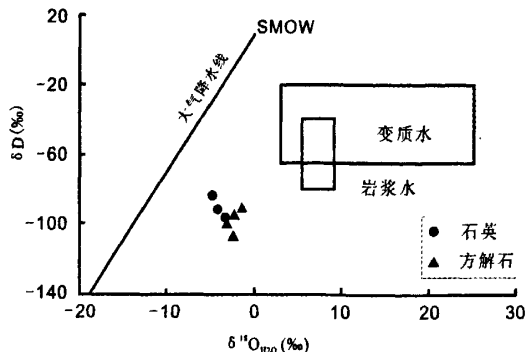


图 8 蒙库铁矿床中  $\delta\text{D}(\text{‰})$ - $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}(\text{‰})$  图解

Fig. 8  $\delta\text{D}(\text{‰})$ - $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}(\text{‰})$  plot of Mengku iron deposit

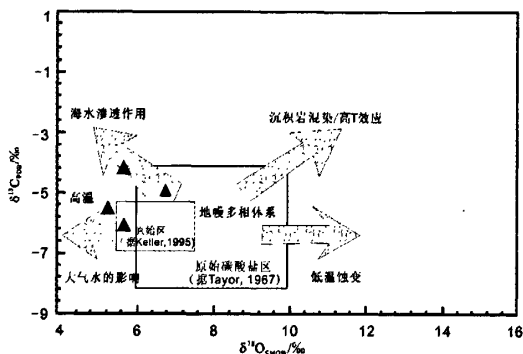


图 9 方解石中  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$  对  $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$  图解 (底图据 Deines, 1989; 孙景贵等, 2001)

Fig. 9  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$  vs.  $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$  diagram (Modified from Sun *et al.* 2001)

#### 4.3 可能的成矿模型

晚古生代早期,哈萨克斯坦板块向北俯冲于西伯利亚板块之下,由于俯冲板块的消减作用,导致的弧间盆地处于拉张环境 (张建中等, 1987)。晚古生代的岩浆沿断裂构造喷溢或侵入,这些岩浆以中基性为主,含大量的 Fe、Mg、Si、Ca 等元素。

由于洋壳的持续消减作用,导致了岩浆期后热液大规模侵入,这种岩浆期后热液为中等盐度流体,在适当的温度、压力、pH 值和 Eh 值条件下热液交代中基性火山岩,形成了矽卡岩。在矽卡岩阶段蒙库铁矿床的流体包裹体和稳定同位素特征显示成矿流体以深部来源为主,氢氧和碳氧同位素特征显示到了演化的晚期有大量的大气降水的加入,这种流体在适当的温压和 pH 值、Eh 值条件下对含有大量 Mg、Fe、Si、Ca 等元素的中基性火山岩进行交代形成矽卡岩,在晚期矽卡岩阶段形成了磁铁矿。流体的性质也经历了从矽卡岩阶段的高温中等盐度流体到晚期矽卡岩阶段的中低温中等盐

度流体再到石英硫化物阶段的低温低盐度流体的演化过程,大量磁铁矿就是在中低温中等盐度流体的环境下沉淀的。

致谢 野外工作期间得到了新疆地质矿产局第四地质大队的大力支持和帮助,在此谨表谢意。

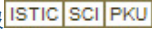
## References

- Borwn PE, Bowman JR and Kelly WC. 1985. Petrologic and stable isotope constraints on source and evolution of skarn forming fluids at Pine Creek, California. *Economic Geology*, 80:72-95
- Bowman JR, Covert JJ, Clark AH and Mathieson GA. 1985. The Gantung E zone scheelite skarn orebody, tungsten, North-west Territories: oxygen, hydrogen and carbon isotope studies. *Economic Geology*, 80:1872-1895
- Chen YC, Ye QT, Feng J, Mou CL, Zhou LR, Wang QM, Huang GZ, Zhuang DZ and Ren BC. 1996. Ore-forming conditions and metallogenic prognosis of the Ashele Cu-Zn metallogenic belt, Xinjiang, China. Beijing: Geological Publishing House, 1-300. (in Chinese)
- Chou ZX. 2003. Analysis on genesis and geological characteristics of Mengku iron deposit in Fuyun county, Xinjiang Autonomous Region. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*. 18. (Supplement). (in Chinese with English abstract)
- Clayton RN, O'Neil JR and Mayeda TK. 1971. Oxygen isotope exchange between quartz and water. *Journal of Geophysics Research*, (77): 3057-3067
- Dai ZX, Bai Y, Wu CG, Gu F, Zhu MY and Shang XZ. 2001. Cu-Au prospecting potential comparing research of western China and adjacent countries. Beijing: Seismic Publishing House, 1-201. (in Chinese with English abstract)
- Dai ZX, Sheng JF and Bai Y. 2005. Distribution and potentiality of Lead-Zinc resources in the world. Beijing: Seismic Publishing House, 104-107. (in Chinese with English abstract)
- Deines P. 1989. Stable isotope variations in carbonatites. In: Bell K ed. *Carbonatites: Genesis and evolution*. Umwin Hyman London Boston Sydney Wellington :301-359
- Einaudi MT and Burt DM. 1982. Introduction-terminology, classification and composition of skarn deposit. *Economic Geology*, (77)745-754
- Einaudi MT, Meinert LD and Newberry RJ. 1981. Skarn deposits. *Economic Geology* 75th. Anniv, 317-391
- Friedman I and O'Neil JR. 1977. Complication of stable isotope fractionation factors of geochemical interest in data of geochemistry. 6<sup>th</sup> edition. Edited by Fleischer M. Geological professional paper
- Han F and Ge ZH. 1983. Makeng iron deposit-a marine volcanic hydrothermal sediment deposit. *China sciences (D)*, 5: 438-446
- Hu XP. 2004. Geological characteristic and genesis of Mengku iron deposit in Fuyun country, Xinjiang. *Xinjiang Non-ferrous Metals*, (1): 2-8. (in Chinese with English abstract)
- Kwak TAP. 1987. W-Sn skarn deposits and related metamorphic skarns and granitoids. *Development in Economic Geology*. Elsevier, Amsterdam, (24):451
- Li JX, Jiang J, Hu XP, Kang JC and Yin YQ. 2003. Geological features and genesis of the Mengku iron deposit in the Fuyun, Xinjiang. *Xinjiang Geology*, 21(3): 307-311. (in Chinese with English abstract)
- Li TD and Poliyangsjji BH. 2001. Tectonics and crustal evolution of Altai in China and Kazakhstan. *Xinjiang Geology*, 19(1): 27-32. (in Chinese with English abstract)
- Li ZC and Zhao ZZ. 2002. Creation of the Altai orogenic and the Altai MTS, tectono-metallogenic province. *Chinese Journal of Geology*, 37(4): 483-490. (in Chinese with English abstract)
- Mao JW, He Y and Ding TP. 2002. Mantle fluids involved in metallogenesis of Jiaodong (East Shandong) gold district: evidence of C, O and H isotopes. *Mineral deposits*, 21(2): 121-128. (in Chinese with English abstract)
- McCrea M. 1950. The isotopic chemistry of carbonates and a paleotemperature scale. *Journal of Chemistry Physics*, 18:849-857
- Meinert LD. 1989. Gold skarn deposits-geology and exploration criteria. In Keays R, Ramsay R, Groves D. (Eds.) *the Geology of Gold Deposits*. Econ. Geol. Monogr, 6:537-552
- Meinert LD. 1992. Skarns and skarn deposits. *Geosci. Can.*, 19:145-162
- O'Neil JR, Clayton RN and Mayada TK. 1969. Oxygen isotope fractionation in divalent metal carbonates. *Chemistry Geophysics*, 51:5547-5558
- Qing YX and Dong ZY. 1994. On the structural and minerals of the Southern margin of Altai Mt. *Xinjiang Geology*, 12: 164-169. (in Chinese with English abstract)
- Rui XJ. 1993. Gold deposits in Altay, Xinjiang. Beijing: Geology Publishing House, 1-274. (in Chinese with English abstract)
- Shu XF. 2004. Geology and Geochemistry Characteristics of Anqing Skarn type Fe-Cu Deposit and its Origin of Iron Materials. *Bulletin of Mineralogy Petrology and Geochemistry*, 23(3): 219-224. (in Chinese with English abstract)
- Sun JG, Hu SX, Shen K and Yao FL. 2001. Research on C and O isotopic geochemistry of intermediate-basic and intermediate-acid dykes in goldfields of Jiaodong peninsula. *ACTA PETROLOGICA ET MINERALOGICA*, 20: 47-56. (in Chinese with English abstract)
- Tu GC. 1999. On the central Asia metallogenic province. *SCIENTIA GEOLOGICA SINICA*, 34(4): 398-399. (in Chinese with English abstract)
- Wan B and Zhang LC. 2006. Sr-Nd-Pb isotope geochemistry and tectonic setting of Devonian polymetallic metallogenic belt on the Southern margin of Altai, Xinjiang. *Acta Petrologica Sinica*, 22(1): 145-152
- Wang DH, Chen YC, Xu ZG, Li TD and Fu XJ. 2001. Metallogenic series and rules of Altay metallogenic province. Beijing: Nuclear Publishing House, 1-492 (in Chinese)
- Wang JB, Qin KZ, Wu ZL, Hu JH and Deng JN. 1998. Volcanic-Exhalative-Sedimentary lead-zinc deposits in South Altai, Xinjiang. Beijing: Geological Publishing House, 1-210 (in Chinese)
- Wang JB, Wang YW, Wang SL and Ding RF. 2003. The Koktal Pb-Zn massive sulfide deposit. In Mao JW, Goldfarb RJ, Seltmann R, Wang DH, Xiao WJ, Hart C (eds), *Tectonic evolution and metallogeny of the Chinese Altay and Tianshan*. London: 169-180
- Wang YW, Wang JB, Wang SL, Ru FD and Li JW. 2003. Geology of the Mengku iron deposit, Xinjiang, China-A metamorphosed VMS? Tectonic Evolution and Metallogeny of the Chinese Altay and Tianshan. In Mao JW, Goldfarb RJ, Seltmann R, Wang DH, Xiao WJ, Hart C (eds), *Tectonic evolution and metallogeny of the Chinese Altay and Tianshan*. London: 181-200
- Xiao XC, Tang YQ and Gao J. 1992. Tectonic evolution of northern Xinjiang and adjacent regions. Beijing: Geology Publishing House, 25-180. (in Chinese with English abstract)
- Xie JH, Xu CN, Zheng YY and Wang WZ. 1986. Geological characteristic and ore-forming conditions of Makeng type iron deposits in Longyan city, Fujian Province. Minxi Geological team of Fujian Geology and Mineral Resources Bureau
- Xu LG, Mao JW, Yang FQ, Ye HS, Zheng JM, Li JG, Cai YB, Zha XL and Gao JJ. 2007. Skarn Characteristics of Mengku Iron Deposits in Xinjiang Province and its geological significance. *Mineral Deposit*, 26(4): 455-463
- Xu G and Lin X. 2000. Geology and geochemistry of the Changlongshan skarn iron deposit, Anhui Province, China. *Ore Geology Reviews*, 16:91-106
- Xue CJ, Ji JS and Yang QJ. 2000. Subvolcanic hydrothermal metallogeny of the Cihai iron (cobalt) deposit, Xinjiang. *Mineral deposits*, 19(2): 156-164. (in Chinese with English abstract)
- Yang FQ, Mao JW, Zheng JM, Xu LG, Liu DQ, Zhao CS and Ye HS. 2006. Geology and metallogenic model of the Altay large

- metalogenic belt in Kazakhstan. ACTA GEOLOGICA SINICA, 80 (7): 963–981. (in Chinese with English abstract)
- Ye QT, Fu XJ and Wang BL. 1998. Metallogeny of Polymetallic Metallogenic Belts on the Southern Margin of the Altay Mountains, Xinjiang, China. ACTA GEOLOGICA SINICA, 72(6): 349–357. (in Chinese with English abstract)
- Ye QT, Fu XJ and Zhang XH. 1997. Geological characteristics and genesis of the Ashale copper-zinc massive sulfide deposit, Xinjiang. Mineral deposits, 16(2): 97–106. (in Chinese with English abstract)
- Yu XY, Mei HJ and Yang XC. 1993. The volcanic and tectonic evolution of Erqis. In: Tu GC (eds). The earth sciences of the Northern Xinjiang. Beijing: Geology Publishing House, 1–194. (in Chinese with English abstract)
- Zhang JZ, Feng BH, Jin HJ, Liu B, Luo YP, Jin ZM, Zhu MZ and Chen SZ. 1987. The genetic relationship between marine volcanic rocks and iron deposit at Abagong-mengku area, Altay district, Xinjiang and ore-forming geological features. Bulletin of Xi'an Institute Geology Mineral Resources, CAGS, 20: 89–180. (in Chinese with English abstract)
- Zhao YM, Lin WW, Bi CS, Li DX and Jiang CJ. 1990. Skarn deposit in China. Beijing: Geology Publishing House: 1–351 (in Chinese)
- Zhao YM, Tan HJ and Xu ZN. 1983. Makeng type calcic skarn iron deposit in Southwest of Fujian province. Bulletin of institute of mineral resources, CAGS. Beijing: Geology Publishing House, 1–141
- Zhao YX. 1992. Mechanism study of contacting iron deposit in middle-lower Yangtze river regions. Wuhan: China University of Geosciences Publishing House, 1–120. (in Chinese with English abstract)
- Zhu YF, Zeng YS and Gu LB. 2006. Geochemistry of the rare metal-bearing pegmatite no. 3 vein and related granites in the Keketuohai region, Altay mountains, northwest China. Journal of Asian Earth Sciences, 27: 61–77
- Zhu YF, Zeng YS and Jiang N. 2001. Geochemistry of the Ore-Forming Fluids in Gold Deposits from the Taihang Mountains, Northern China. International Geology Review, 43: 457–473
- ### 附中文参考文献
- 陈毓川, 叶庆同, 冯京, 牟传龙, 周良仁, 王全明, 黄光昭, 庄道泽, 任秉琛. 1996. 阿舍勒铜锌成矿带成矿环境与成矿预测. 地质出版社: 1–330
- 仇仲学. 2003. 新疆富蕴县蒙库铁矿床地质特征与成因分析. 地质找矿论丛: 18(增刊)
- 戴自希, 白治, 吴初国, 古方, 朱明玉, 尚修治. 2001. 中国西部和毗邻国家铜金找矿潜力的对比研究. 北京: 地震出版社: 1–201
- 戴自希, 盛纪福, 白治. 2005. 世界铅锌资源的分布与潜力. 北京: 地震出版社: 104–107
- 韩发, 葛朝华. 1983. 马坑铁矿—一个海相火山热液沉积型矿床. 中国科学(D辑). 5: 438–446
- 胡兴平. 2004. 新疆富蕴县蒙库铁矿床地质特征及成因浅析. 新疆有色金属. 1: 2–8
- 李嘉兴, 姜俊, 胡兴平, 康吉昌, 尹意求. 2003. 新疆富蕴县蒙库铁矿床地质特征及成因分析. 新疆地质. 21(3): 307–311
- 李天德, B. H 波里扬斯基. 2001. 中国和哈萨克斯坦阿尔泰山大地构造及地壳演化. 新疆地质. 19(1): 27–32
- 李志纯, 赵治忠. 2002. 阿尔泰山造山带和阿尔泰山构造形成域的形
- 成. 地质科学. 37(4): 483–490
- 毛景文, 赫英, 丁梯平. 2002. 胶东金矿形成期间地幔流体参与成矿过程的碳氧同位素证据. 矿床地质. 21(2): 121–128
- 秦元喜, 董志远. 1994. 新疆阿尔泰山南缘的构造与矿产问题. 新疆地质. 12: 164–169
- 芮行健. 1993. 新疆阿尔泰山金矿床. 北京: 地质出版社. 1–274
- 束学福. 2004. 安庆砂卡岩型铁铜矿床地质地球化学特征及其铁质来源研究. 矿物岩石地球化学通报. 23(3): 219–224
- 孙景贵, 胡受奚, 沈昆, 姚凤良. 2001. 胶东金矿区矿田体系中基性-中基性岩脉的碳、氧同位素地球化学研究. 岩石矿物学杂志. 20: 47–56
- 涂光炽. 1999. 初议中亚成矿域. 地质科学. 34(4): 398–399
- 万博, 张连昌. 2006. 新疆阿尔泰山南缘泥盆纪多金属成矿带 Sr-Nd-Pb 同位素地球化学与构造背景探讨. 岩石学报. 22(1): 145–152
- 王登红, 陈毓川, 徐志刚, 李天德, 傅旭杰. 2001. 阿尔泰山成矿省的成矿系列及成矿规律. 北京: 原子能出版社. 279–303
- 王京彬, 秦克章, 吴志亮, 胡剑辉, 邓吉牛. 1998. 阿尔泰山南缘火山喷流沉积型铅锌矿床. 北京: 地质出版社. 1–210
- 肖序常, 汤耀农, 高俊. 1992. 新疆北部及其邻区大地构造. 北京: 地质出版社. 25–180
- 谢家亨, 许超南, 郑颖煜, 王文柱. 1986. 福建龙岩市马坑式铁矿地质特征及成矿地质条件. 福建省地质矿产局闽西地质大队.
- 徐林刚, 毛景文, 杨富全, 叶会寿, 郑建民, 李建国, 蔡永彪, 查小玲, 高建京. 2007. 新疆蒙库铁砂卡岩矿床地质特征及其意义. 矿床地质. 26(4): 455–463
- 薛春纪, 姬金生, 杨前进. 2000. 新疆磁海铁(钴)矿床次火山热液成矿学. 矿床地质. 19(2): 156–164
- 杨富全, 毛景文, 郑建民, 徐林刚, 刘德权, 赵财胜, 叶会寿. 2006. 哈萨克斯坦阿尔泰山巨型成矿带的地质特征和成矿模型. 地质学报. 80(7): 963–981
- 叶庆同, 傅旭杰, 王保良. 1998. 新疆阿尔泰山南缘多金属成矿带的成矿规律. 地质学报. 72(4): 349–357
- 叶庆同, 傅旭杰, 张晓华. 1997. 阿舍勒铜锌块状硫化物矿床地质特征和成因. 矿床地质. 16(2): 97–106
- 于学元, 梅厚均, 杨学昌. 1993. 额尔齐斯火山岩及构造演化. 新疆北部固体地球科学进展. 北京: 地质出版社: 1–194
- 张建中, 冯秉寰, 金浩甲, 刘斌, 罗玉鹏, 金志明, 朱美珠, 陈书章. 1987. 新疆阿勒泰阿巴官-蒙库海相火山岩与铁矿的成生关系及成矿地质特征. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊. 20: 89–180
- 赵一鸣, 林文蔚, 毕承思, 李大新, 蒋崇俊. 1990. 中国砂卡岩矿床. 北京: 地质出版社. 1–351
- 赵一鸣, 谭惠静, 许振南. 1983. 闽西南地区马坑式钙闪卡岩型铁矿床. 中国地质科学院矿床地质研究所所刊(专辑1). 北京: 地质出版社. 1–141
- 赵永鑫. 1992. 长江中下游地区接触带铁矿床形成机理. 武汉: 中国地质大学出版社. 1–120

作者: [徐林刚](#), [杨富全](#), [李建国](#), [蔡永彪](#), [郑建民](#), [黄成林](#), [XU LinGang](#), [YANG FuQuan](#), [LI JianGuo](#), [CAI YongBiao](#), [ZHENG JianMin](#), [HUANG ChengLin](#)

作者单位: [徐林刚, XU LinGang\(中国地质大学, 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京, 100083; 克劳斯塔尔工业大学, 矿物与矿产资源研究所, 德国, 38678\)](#), [杨富全, YANG FuQuan\(中国地质科学院, 矿产资源研究所, 北京, 100037\)](#), [李建国, 蔡永彪, LI JianGuo, CAI YongBiao\(新疆地质矿产局第四地质大队, 新疆阿勒泰, 836500\)](#), [郑建民, ZHENG JianMin\(中国地质大学, 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京, 100083\)](#), [黄成林, HUANG ChengLin\(新疆富蕴县八钢蒙库铁矿采选分厂, 新疆富蕴县, 836100\)](#)

刊名: [岩石学报](#) 

英文刊名: [ACTA PETROLOGICA SINICA](#)

年, 卷(期): 2007, 23(10)

被引用次数: 5次

## 参考文献(78条)

- [Dai ZX;Sheng JF;Bai Y Distribution and potentiality of lead-Zinc resources in the world 2005](#)
- [Dai ZX;Bai Y;Wu CG;Gu F,Zhu MY Shang XZ Cu-Au prospecting potential comparing research of western China and adjacent countries 2001](#)
- [新疆地质矿产局第四地质大队 新疆富蕴县蒙库铁矿床深部详查总体设计 2003](#)
- [赵永鑫 长江中下游地区接触带铁矿床形成机理 1992](#)
- [毛景文;赫英;丁悌平 胶东金矿形成期间地幔流体参与成矿过程的碳氧氢同位素证据\[期刊论文\]-矿床地质 2002\(02\)](#)
- [Zhang JZ;Feng BH;Jin HJ;Liu B,Luo YP,Jin ZM,Zhu MZ Chen SZ The genetic relationship between marine volcanic rocks and iron deposit at Abagong-mengku area,Ahay district,Xinjiang and ore-forming geological features 1987](#)
- [Yu XY;Mei HJ;Yang XC The volcanic and tectonic evolution of Erqis 1993](#)
- [Ye QT;Fu XJ;Zhang XH Geological characteristics and genesis of the Ashale copper-zinc massive sulfide deposit,Xinjiang\[期刊论文\]-Mineralium Deposita 1997\(02\)](#)
- [Tu GC On the central Asia metallogenic province 1999\(04\)](#)
- [Sun JG;Hu SX;Shen K;Yao FL Research on C and O isotopic geochemistry of intermediate-basic and intermediate-acid dykes in goldfields of Jiaodong peninsula\[期刊论文\]-Acta Petrologica et Mineralogica 2001\(1\)](#)
- [Chen YC;Ye QT;Feng J;Mou CL,Zhou LR,Wang QM,Huang GZ,Zhuang DZ Ren BC Ore-forming conditions and metallogenic prognosis of the Ashele Cu-Zn metallogenic belt,Xinjiang,China 1996](#)
- [Hu XP Geological characteristic and genesis of Mengku iron deposit in Fuyun country,Xinjiang 2004\(01\)](#)
- [Han F;Ge ZH Makeng iron desepit-a marine volcanic hydrothermal sediment deposit 1983\(05\)](#)
- [Einaudi MT;Burt DM Introduction-terminology,classification and composition of skarn deposit 1982\(77\)](#)
- [Deines P Stable isotope variations in carbonatites 1989](#)
- [Friedman I;O'Neil JR Complication d stable isotope fractionation factors of geochemical interest in data of geochemistry 1977](#)

17. [赵一鸣; 谭惠静; 许振南](#) [闽西南地区马坑式钙夕卡岩型铁矿床](#) 1983
18. [赵一鸣; 林文蔚; 毕承思; 李大新; 蒋崇俊](#) [中国矽卡岩矿床](#) 1990
19. [张建中; 冯秉寰; 金浩甲; 刘斌; 罗玉鹏; 金志明; 朱美珠; 陈书章](#) [新疆阿勒泰阿巴宫-蒙库海相火山岩与铁矿的生成关系及成矿地质特征](#) 1987
20. [于学元; 梅厚均; 杨学昌](#) [额尔齐斯火山岩及构造演化](#) 1993
21. [叶庆同; 傅旭杰; 张晓华](#) [阿舍勒铜锌块状硫化物矿床地质特征和成因](#) [期刊论文] - [矿床地质](#) 1997 (02)
22. [叶庆同; 傅旭杰; 王保良](#) [新疆阿尔泰山南缘多金属成矿带的成矿规律](#) 1998 (04)
23. [杨富全; 毛景文; 郑建民; 徐林刚; 刘德权; 赵财胜; 叶会寿](#) [哈萨克斯坦阿尔泰巨型成矿带的地质特征和成矿模型](#) [期刊论文] - [地质学报](#) 2006 (07)
24. [薛春纪; 姬金生; 杨前进](#) [新疆磁海铁\(钴\)矿床次火山热液成矿学](#) [期刊论文] - [矿床地质](#) 2000 (02)
25. [徐林刚; 毛景文; 杨富全; 叶会寿; 郑建民; 李建国; 蔡永彪; 查小玲; 高建京](#) [新疆蒙库铁矿矽卡岩矿物学特征及其意义](#) [期刊论文] - [矿床地质](#) 2007 (04)
26. [谢家亨; 许超南; 郑颖煜; 王文柱](#) [福建龙岩市马坑式铁矿地质特征及成矿地质条件](#) 1986
27. [肖序常; 汤耀庆; 高俊](#) [新疆北部及其邻区大地构造](#) 1992
28. [王京彬; 秦克章; 吴志亮; 胡剑辉; 邓吉牛](#) [阿尔泰山南缘火山喷流沉积型铅锌矿床](#) 1998
29. [王登红; 陈毓川; 徐志刚; 李天德; 傅旭杰](#) [阿尔泰成矿省的成矿系列及成矿规律](#) 2001
30. [万博; 张连昌](#) [新疆阿尔泰山南缘泥盆纪多金属成矿带Sr-Nd-Pb同位素地球化学与构造背景探讨](#) [期刊论文] - [岩石学报](#) 2006 (01)
31. [涂光炽](#) [初议中亚成矿域](#) 1999 (04)
32. [孙景贵; 胡受奚; 沈昆; 姚凤良](#) [胶东金矿区矿田体系中基性-中基性岩脉的碳、氧同位素地球化学研究](#) [期刊论文] - [岩石矿物学杂志](#) 2001 (1)
33. [束学福](#) [安庆矽卡岩型铁铜矿床地质地球化学特征及其铁质来源研究](#) [期刊论文] - [矿物岩石地球化学通报](#) 2004 (03)
34. [芮行健](#) [新疆阿尔泰岩金矿床](#) 1993
35. [秦元喜; 董志远](#) [新疆阿尔泰山南缘的构造与矿产问题](#) 1994 (12)
36. [Clayton RN; O'Neil JR; Mayeda TK](#) [Oxygen isotope exchange between quartz and water](#) 1971 (77)
37. [Chou ZX](#) [Analysis on genesis and geological characteristics of Mengku iron deposit in Fuyun county, Xinjiang Autonomous Region](#) 2003 (zk)
38. [李志纯; 赵治忠](#) [阿尔泰造山带和阿尔泰山构造成矿域的形成](#) [期刊论文] - [地质科学](#) 2002 (04)
39. [李天德; B. H波里扬斯基](#) [中国和哈萨克斯坦阿尔泰大地构造及地壳演化](#) [期刊论文] - [新疆地质](#) 2001 (01)
40. [李嘉兴; 姜俊; 胡兴平; 康吉昌; 尹意求](#) [新疆富蕴县蒙库铁矿床地质特征及成因分析](#) [期刊论文] - [新疆地质](#) 2003 (03)
41. [胡兴平](#) [新疆富蕴县蒙库铁矿区地质特征及成因浅析](#) 2004 (01)
42. [韩发; 葛朝华](#) [马坑铁矿一个海相火山热液沉积型矿床](#) 1983 (05)
43. [戴自希; 盛纪福; 白冶](#) [世界铅锌资源的分布与潜力](#) 2005
44. [戴自希; 白冶; 吴初国; 古方; 朱明玉; 尚修治](#) [中国西部和毗邻国家铜金找矿潜力的对比研究](#) 2001
45. [仇仲学](#) [新疆富蕴县蒙库铁矿床地质特征与成因分析](#) [期刊论文] - [地质找矿论丛](#) 2003 (zk)
46. [陈毓川; 叶庆同; 冯京; 牟传龙; 周良仁; 王全明; 黄光昭; 庄道泽; 任秉琛](#) [阿舍勒铜锌成矿带成矿环境与成矿预测](#)

47. [Zhu YF;Zeng YS;Jiang N Geochemistry of the Ore-Forming Fluids in Gold Deposits from the Taihang Mountains, Northern China](#) 2001
48. [Zhu YF;Zeng YS;Gu LB Geochemistry of the rare metal-bearing pegmatite no.3 vein and related granites in the Keketuohai region, Altay mountains, northwest China](#) 2006
49. [Zhao YX Mechanism study of contacting iron deposit in middle-lower Yangtze river regions](#) 1992
50. [Zhao YM;Tan HJ;Xu ZN Makeng type calcic skarn iron deposit in Southwest of Fujian province](#) 1983
51. [Zhao YM;Lin WW;Bi CS;Li DX Jiang CJ Skarn deposit in China](#) 1990
52. [Ye QT;Fu XJ;Wang BL Metallogeny of Polymetallic Metallogenic Belts on the Southern Margin of the Altay Mountains, Xinjiang, China](#) 1998(06)
53. [Yang FQ;Mao J-W;Zheng JM;Xu LG, Liu DQ, Zhao CS Ye HS Geology and metallogenic model of the Altay large metallogenic belt in Kazakhstan](#) 2006(07)
54. [Xue CJ;Ji JS;Yang QJ Subvolcanic hydrothermal metallogeny of the Cihai iron \(cobalt\) deposit, Xinjiang\[期刊论文\]-Mineralium Deposita](#) 2000(02)
55. [Xu G;Lin X Geology and geochemistry of the Changlongshan skarn iron deposit, Anhui Province, China](#) 2000
56. [Xu LG;Mao JW;Yang FQ;Ye HS Zheng JM Li JG Cai YB Zha XL Gan JJ Skarn Characteristics of Mengku Iron Deposits in Xinjiang Province and its geological significance\[期刊论文\]-Mineralium Deposita](#) 2007(04)
57. [Xie JH;Xu CN;Zheng YY;Wang WZ Geological characteristic and ore-forming conditions of Makeng type iron deposits in Longyan city, Fujian Province](#) 1986
58. [Xiao XC;Tang YQ;Gao J Tectonic evolution of northern Xinjiang and adjacent regions](#) 1992
59. [Wang YW;Wang JB;Wang SL;Ru FD Li JW Geology of the Mengku iron deposit, Xinjiang, China-A metamorphosed VMS? Tectonic Evolution and Metallogeny of the Chinese Altay and Tianshan](#) 2003
60. [Wang JB;Wang YW;Wang SL;Ding RF The Koktal Pb-Zn massive sulfide deposit](#) 2003
61. [Wang JB;Qin KZ;Wu ZL;Hu JH Deng JN Volcanic-Exhalative-Sedimentary lead-zinc deposits in South Altai, Xinjiang](#) 1998
62. [Wang DH;Chen YC;Xu ZG;Li TD Fu XJ Metallogenic series and rules of Alay metallogenic province](#) 2001
63. [Wan B;Zhang LC Sr-Nd-Pb isotope geochemistry and tectonic setting of Devonian polymetallic metallogenic belt on the Southern margin of Altai, Xinjiang\[期刊论文\]-Acta Petrologica Sinica](#) 2006(01)
64. [Bowen JR;Covert JJ;Clark AH;Mathiesen GA The Gantong E zone scheelite skarn orebody, tungsten, North-west Territories: oxygen, hydrogen and carbon isotope studies](#) 1985
65. [Shu XF Geology and Geochemistry Characteristics of Anqing Skarn type Fe-Cu Deposit and its Origin of Iron Materials\[期刊论文\]-Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry](#) 2004(03)
66. [Rui XJ Gold deposits in Altay, Xinjiang](#) 1993
67. [Qing YX;Dong ZY On the structural and minerals of the Southern margin of Alai Mt](#) 1994(12)
68. [O'Neil JR;Clayton RN;Mayada TK Oxygen isotope fractionation in divalent metal carbonates](#) 1969

69. [Meinert LD Skarns and skarn deposits](#) 1992
70. [Meinert LD Gold skarn deposits-geology and exploration criteria](#) 1989
71. [McCrea M The isotopic chemistry of carbonates and a paleotemperature scale](#)[外文期刊] 1950
72. [Man JW;He Y;Ding TP Mantle fluids involved in metallogenesis of Jiaodong\(East Shandong\) gold district:evidence of C,O and H isotopes](#)[期刊论文]-[Mineralium Deposita](#) 2002(02)
73. [Li ZC;Zhao ZZ Creation of the Altai orogenic and the Altai MTS,tectono-metallogenic province](#)[期刊论文]-[Chinese Journal of Geology](#) 2002(04)
74. [Li TD;Poliyangsiji BH Tectonics and crustal evolution of Ahal in China and Kazakhstan](#) 2001(1)
75. [Li JX;Jiang J;Hu XP;Kang JC Yin YQ Geological features and genesis of the Mengku iron deposit in the Fuyun,Xinjiang](#)[期刊论文]-[Xinjiang Geology](#) 2003(03)
76. [Kwak TAP W-SU skarn deposits and related metamorphic skarns and granitoids](#) 1987
77. [Einsudi Mr;Meinert LD;Newberry RJ Skarn deposits](#) 1981
78. [Borwn PE;Bowman JR;Kelly WC Petrologic and stable isotope constraints on source and evolution of skarn forming fluids at Pine Creek,California](#) 1985

#### 引证文献(5条)

1. 张志欣, 杨富全, 罗五仓, 刘锋, 柴凤梅, 吕书君, 欧阳刘进, 姜丽萍 [新疆阿尔泰乌吐布拉克铁矿床矽卡岩矿物特征及其地质意义](#)[期刊论文]-[岩石矿物学杂志](#) 2011(2)
2. 杨富全, 毛景文, 柴凤梅, 刘锋, 周刚, 耿新霞, 刘国仁, 徐林刚 [新疆阿尔泰蒙库铁矿床的成矿流体及成矿作用](#)[期刊论文]-[矿床地质](#) 2008(6)
3. 杨富全, 毛景文, 柴凤梅, 刘锋, 周刚, 耿新霞, 刘国仁, 徐林刚 [新疆阿尔泰蒙库铁矿床的成矿流体及成矿作用](#)[期刊论文]-[矿床地质](#) 2008(6)
4. 杨富全, 毛景文, 徐林刚, 张岩, 刘锋, 黄成林, 周刚, 刘国仁, 代军治 [新疆蒙库铁矿床稀土元素地球化学及对铁成矿作用的指示](#)[期刊论文]-[岩石学报](#) 2007(10)
5. 杨富全, 毛景文, 徐林刚, 张岩, 刘锋, 黄成林, 周刚, 刘国仁, 代军治 [新疆蒙库铁矿床稀土元素地球化学及对铁成矿作用的指示](#)[期刊论文]-[岩石学报](#) 2007(10)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_ysxb98200710031.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_ysxb98200710031.aspx)