

文章编号: 1000-4734(2012)01-0041-11

塔西南缘铅锌矿带典型矿床的矿石组构特征

游富华^{1,2}, 张正伟^{1*}, 沈能平¹, 张中山^{1,2}, 周灵洁^{1,2}, 朱笑青¹, 肖加飞¹

(1. 中国科学院地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室 贵州 贵阳 550002;

2. 中国科学院研究生院 北京 100049)

摘要:通过对位于西昆仑北带奥依塔格-库尔良晚古生代(弧后)裂陷盆地塔西南缘铅锌矿带典型矿床矿石结构构造特征进行研究,总结出该矿带各个矿床(点)之间具有相同或相似的矿物共生组合(黄铁矿-方铅矿-闪锌矿-黄铜矿)以及相似的组构特征。主要结构包括草莓状结构、骸晶结构、自形晶结构、固溶体分离结构、交代结构及揉皱结构等;构造包括浸染状构造、流动构造、条带状构造、脉状构造及角砾状构造等,这些组构特征的共性表明成矿作用均具有多期多阶段的特征,并指示出热水沉积成矿兼有后期热液改造的结构构造特征。结合野外地质特征,该区铅锌矿床形成经历了同生沉积与后期改造过程。

关键词:结构构造, 矿石, 铅锌矿, 塔西南缘

中图分类号:P611;P616.3 文献标识码:A

作者简介:游富华,男,1984年生,硕士研究生,矿物学、岩石学、矿床学专业。E-mail: yfh_02104526@163.com

塔里木地台西南缘是新疆铅锌矿资源的重要成矿区之一,近半个世纪以来,在这陆续发现了多个赋存在沉积岩中的铅锌矿床,以铁克里克、塔木、阿巴列克及卡兰古矿床为典型代表。该区引起众多学者的广泛关注,最早于20世纪50年代,新疆有色金属公司702队对其进行过初步勘探,认为是属岩浆期后热液型铅锌矿床;进入21世纪,大多数学者认为这类矿床属于台缘碳酸盐岩容矿的超低温热液铅锌矿床。在很多方面可以与密西西比河谷型(MVT)矿床相比^[1-10]。近几年,有的认为是海底热卤水喷流成矿^[11,12];有的认为是受地层与构造联合控制的中低温热液脉状铅锌矿床^[13]。最近,张正伟等人认为该地区铅锌矿床为沉积-改造型^[14],但目前仍然缺少系统地对该区铅锌矿石的结构构造的研究工作。不同成因类型形成的矿石,所组成的矿物共生组合、结构构造也不相同,矿石的结构构造记录了成矿物质迁移演化机制,并反映成矿温度、压力、组分等特征,具

有重要的成因指示意义,是成矿过程及矿床成因的重要依据,因此系统地研究矿石的组构特征有助于探讨矿床成因类型。本文在前人的研究基础上,系统地对该区铅锌矿带矿石的组成及组构特征进行研究,为该铅锌矿带矿床成因研究提供新的证据。

1 区域地质背景及矿床概况

在区域上,研究区的铅锌矿带是沿着克孜勒陶-库斯拉甫断裂和塔木-卡兰古断裂展布(图1)^[12],主要为泥盆系-石炭系沉积的碳酸盐岩夹碎屑岩建造^[6]。研究区主体构造为NNW向的区域性大断裂,总体走向NW335°,倾向南西,断面产状变化大,常为高角度逆冲^[3]。区内绝大多数铅锌矿床均分布在断裂的旁侧,受中亚塔拉斯-费尔干纳走滑断层的影响,该区域性大断裂不仅是制约矿带空间展布的主要因素,而且也是主要控制矿田(床)分布的重要条件^[11]。在区域上,自北向南有铁克里克、塔木-卡拉牙斯卡克、阿巴列克、卡兰古-吐洪木列克等四个铅-锌矿化集中区的等间距分布^[11,13]。

矿床产出受地层层位和岩性控制。矿床主要赋存在泥盆系-石炭系的特定层位中^[2],矿化层位较稳定,延伸大,铅锌矿体呈多样性,主要有层

收稿日期:2011-01-11

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划重点项目(编号:2006BAB07B04-04);中国科学院创新项目(编号:KZCX2-YW-107-6);国家自然科学基金(批准号:40903021);矿床地球化学国家重点实验室自主研究课题

* 通讯作者, E-mail: zhangzhengw@hotmail.com

状、似层状、透镜状及脉状,富矿体多受控于局部的断裂构造。矿体较规律地产于灰岩向砂岩过渡的层位上,尤其是具钙质白云岩或白云质灰岩的有利沉积建造中。矿体具有多元素组合特征,主

要金属元素有 Zn、Pb,伴生元素有 Cu、Co、Ag、Ni、Ge、Ga、Au、Sr、Ba 及 Cd 等元素伴生,在区域上这些元素具有明显的分带性,即东 Pb、Zn 西 Cu,上 Pb、Zn 下 Cu^[16]。成矿元素组合的空间分异特点

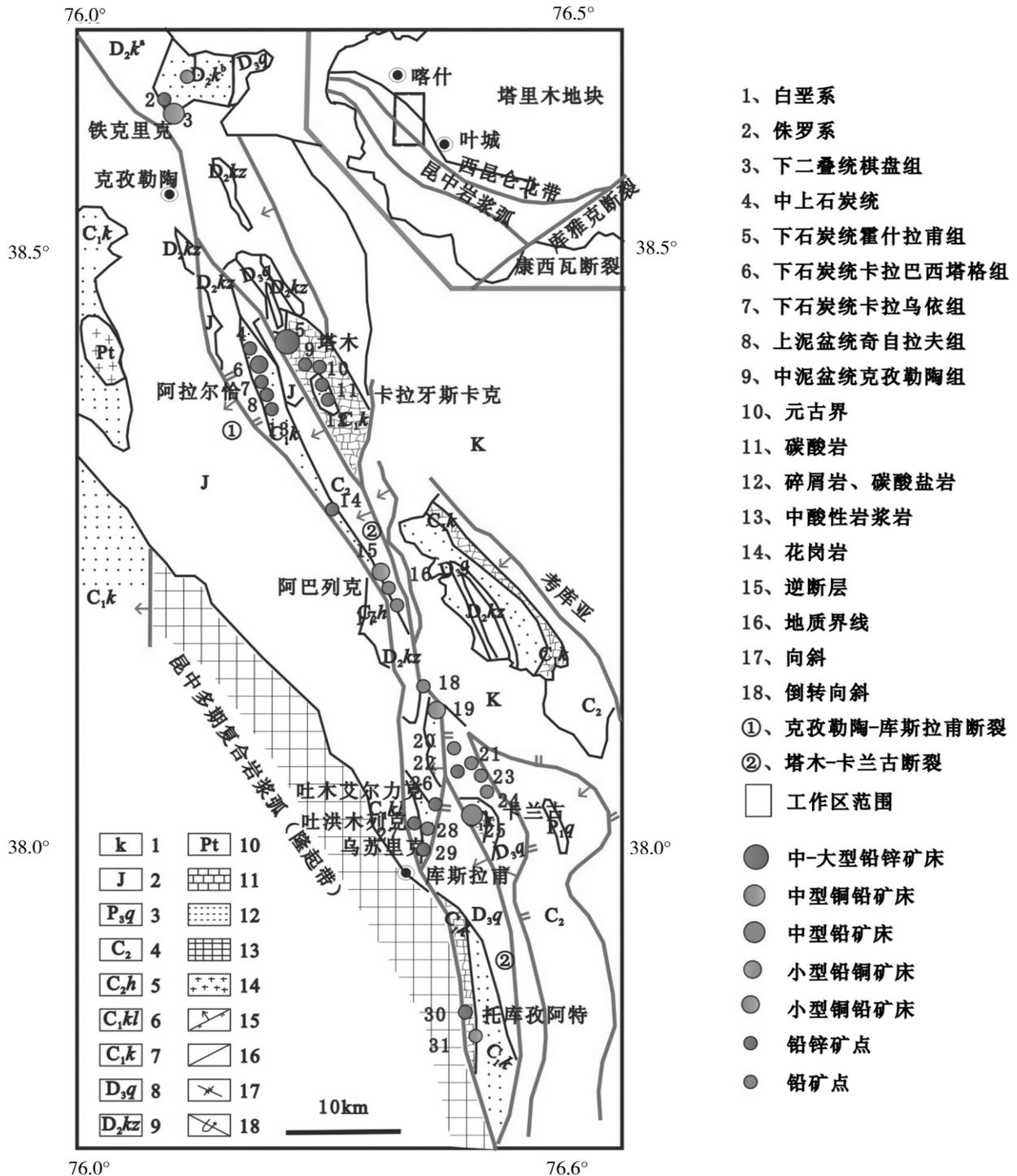


图1 塔西南缘铅锌矿带矿产地质图(据田培仁等 2010 资料修改)

Fig. 1. Map of geological and mineral resources of lead-zinc ore belt in the southwest margin of Tarim Basin.

明显,其中铁克里克中泥盆统克孜勒陶组上亚组上部泥质粉砂岩、泥质灰岩夹生物碎屑灰岩,富集铅矿化;下部粉砂岩、细砾岩为主的碎屑岩是铜-银矿化的富集层位。塔木-卡拉牙斯卡克一带的卡拉巴西塔格组上亚组由灰色白云岩、白云质灰岩、白云岩、薄层灰岩、角砾岩组成,以含锌矿为主。阿巴列克一带的霍什拉甫组下亚组为灰绿色粉砂岩、粗粒石英砂岩、钙质粉砂岩、灰岩,产铜-钴矿;上亚组为角砾状灰质白云岩、厚层灰岩、泥质粉砂岩,以铅矿为主。卡兰古-吐洪木列克一带卡拉巴西塔格组下亚组为铜-银-钴含矿层位;上亚组以含铅矿为主。托库孜阿特-坎地里克一带的卡拉巴西塔格组上亚组以含铅矿为主,少见闪锌矿^[11,13]。围岩蚀变较弱,基本上发育在矿体或角砾岩带的周围。主要包括白云石化、方解石化、硅化、绢云母化和较普遍的褐铁矿化,其中与铅矿化紧密共生的白云石发育,在塔木矿区、卡拉牙斯卡克矿区较强烈。区内除了在卡兰古及阿巴列克矿区出现小规模辉绿岩脉外,尚未发现有其它侵入岩和火山岩分布。

2 矿石产出形态及组构特征

样品来自新疆塔西南缘铅锌矿带中典型矿床的铅锌矿石,系统采集了该区层状、似层状、透镜状及脉状矿体中的矿石(包括浸染状矿石、脉状矿石、角砾状矿石、块状矿石)和围岩接触带中的矿石,并对不同类型的矿石切制了大量的光、薄片,本文主要对具有典型矿石结构构造特征的光、薄片进行了分析研究。从矿石手标本及显微镜下观察,本区出现的矿物较多,其中金属矿物以方铅矿、黄铜矿、闪锌矿为主,黄铁矿次之,少量毒砂、赤铁矿、斑铜矿、孔雀石、蓝铜矿、白铁矿、白铅矿等;非金属矿物以白云石为主,方解石、石英次之,少量沥青、石膏及重晶石等。矿物成分较简单,是层状、似层状矿体中常见矿物组合。

2.1 矿石产出形态

塔西南缘铅锌矿带大多数矿床(点)均产于碎屑岩与碳酸盐岩间的角砾岩中,铅锌(铜)具有相似的矿石类型。铅锌矿石均表现为角砾状构造^[6],硫化物赋存于胶结物中。在单个矿床中,严格区分矿石类型是困难的,只能根据矿石中硫化物矿物分布和结构发育特点以及矿物共生组合,大体可分为浸染状矿石、脉状矿石、角砾状矿

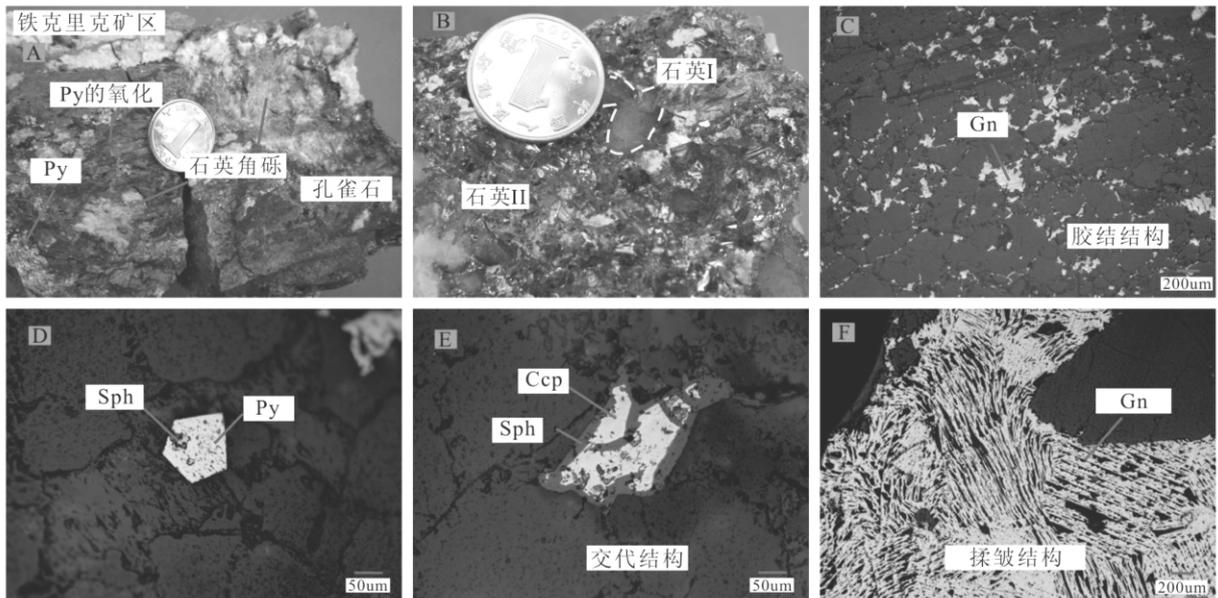
石以及块状硫化物矿石。

浸染状矿石主要是由细粒方铅矿、深色闪锌矿或粒状黄铁矿构成,多数产出层状或似层状矿体中;脉状矿石主要是由后期粗粒方铅矿充填裂隙构成,也有闪锌矿脉和黄铜矿脉,主要产出脉状、透镜状矿体中;块状矿石主要由细粒方铅矿或黄铜矿构成,主要产于层状或似层状矿体中,局部可产于脉状矿体中。

角砾状矿石,作为主要的矿石类型,其形成的原因对矿床成因类型的分析有重要的指示作用。汪东波等把该铅锌矿带中出现的角砾岩分为3种,一种为构造角砾岩,沿断裂分布;另一种为沉积砾岩,角砾以石英为主,浑圆状,磨圆度高,具有一定的分选性;还有一种为硫化物角砾岩。除了沉积砾岩本身无矿化,另两种都有矿化显示^[15]。本文所选取的角砾岩为矿化角砾岩,根据角砾岩的形成成因特征,可分为同生角砾岩、坍塌角砾岩、成岩角砾岩和构造角砾岩。本区主要出现有同生角砾岩、坍塌角砾岩、岩溶角砾、断层角砾及后生角砾岩,胶结物都是金属硫化物,而角砾通常为碳酸盐岩,偶见角砾为石英,一般受后期构造影响形成的,多数产出构造断裂带或褶皱带以及破碎带中。

2.2 矿石组构特征

(1) 铁克里克矿床赋存于中泥盆统克孜勒组(D₂k)碎屑岩中,赋矿层位为:下段黄褐色薄层状粉砂岩,中段灰白色石英砂岩夹钙质砂岩、灰岩,上段含褐铁矿化石英砂岩,在黄褐色千枚岩(厚约200 m)的层面上和裂隙中有石英脉充填,含有少量方铅矿、黄铁矿、镜铁矿;灰白色含铁的石英岩、砾岩状石英岩。矿区中金属矿物主要有方铅矿、黄铁矿、黄铜矿、辉铜矿、蓝铜矿、孔雀石、白铅矿等;非金属矿物有石英、方解石、白云石。矿石的结构构造主要有胶结结构、自形晶结构、交代结构、包含结构、揉皱结构及角砾状构造。在角砾岩中,石英为角砾较多。同生角砾岩(图2A),为石英在准同生期破碎呈砾岩堆积而成,角砾为石英,均为椭圆形,粒径为0.3~0.8 cm,可见黄铁矿的氧化物及孔雀石化。后生角砾(图2B)是一种后生作用阶段形成的角砾岩,出现2期不同石英,分别为石英I期和石英II期,石英I期主要表现为较光滑,呈椭圆球形,这是由于在后期含方铅矿流体在运移过程中捕获了围岩中的石英,石英受到



A-同生角砾,角砾为石英,均为椭圆形,粒径为0.3~0.8 cm,还可见黄铁矿的氧化现象及孔雀石化;B-后生角砾,粗粒且晶形较好的方铅矿中含有不同时期的石英;C-砂岩中呈胶结结构的方铅矿,10×10,反射光;D-黄铁矿呈五角晶形,后期闪锌矿交代黄铁矿,10×40,反射光;E-闪锌矿沿着黄铜矿的边部进行交代,10×40,反射光;F-方铅矿出现揉皱结构,10×10,反射光

图2 铁克里克矿区矿石结构构造

Fig. 2. Ore structures and textures of Tiekelike lead and zinc ore deposit.

热蚀变和被磨圆。石英Ⅱ期主要表现为乳白色,断口明显,与图2A中的石英相同。胶结结构(图2C),主要为细粒方铅矿胶结紫红色砂岩。自形晶结构(图2D),砂岩中呈五角晶形的黄铁矿包含深色闪锌矿。交代结构(图2E),主要为闪锌矿沿着黄铜矿的边部进行交代,使得黄铜矿呈交代残余结构。方铅矿的揉皱结构(图2F),后期粗粒方铅矿脉状充填,受构造应力的影响,其方铅矿中的黑色三角孔发生褶曲现象。

(2) 塔木矿区中铅锌矿体主要赋存在泥盆系碎屑岩与石炭系碳酸盐岩的界面之中,并靠近碳酸盐岩一侧,相对远离碎屑岩,矿石以锌为主。含矿层位为石炭系克里塔格组底部的中厚层状的深灰色-灰黑色白云岩。该区金属矿物主要为闪锌矿、方铅矿、黄铁矿和微量黄铜矿;非金属矿物主要为白云石和微量的钡-钾长石、粘土矿物、石英、方解石及少量固态沥青^[19]。矿石的结构构造主要有球形草莓状结构、固溶体分离结构、交代残余结构、条带状构造、流动构造、角砾状构造及脉状构造(图3)。黄铁矿形成于早期(图3A),呈球形草莓状分布在碳酸盐岩的裂隙中,部分细粒自形黄铁矿呈星散状分布碳酸盐岩中。交代残余结构(图3B),含早期草莓状黄铁矿的碳酸盐岩被方

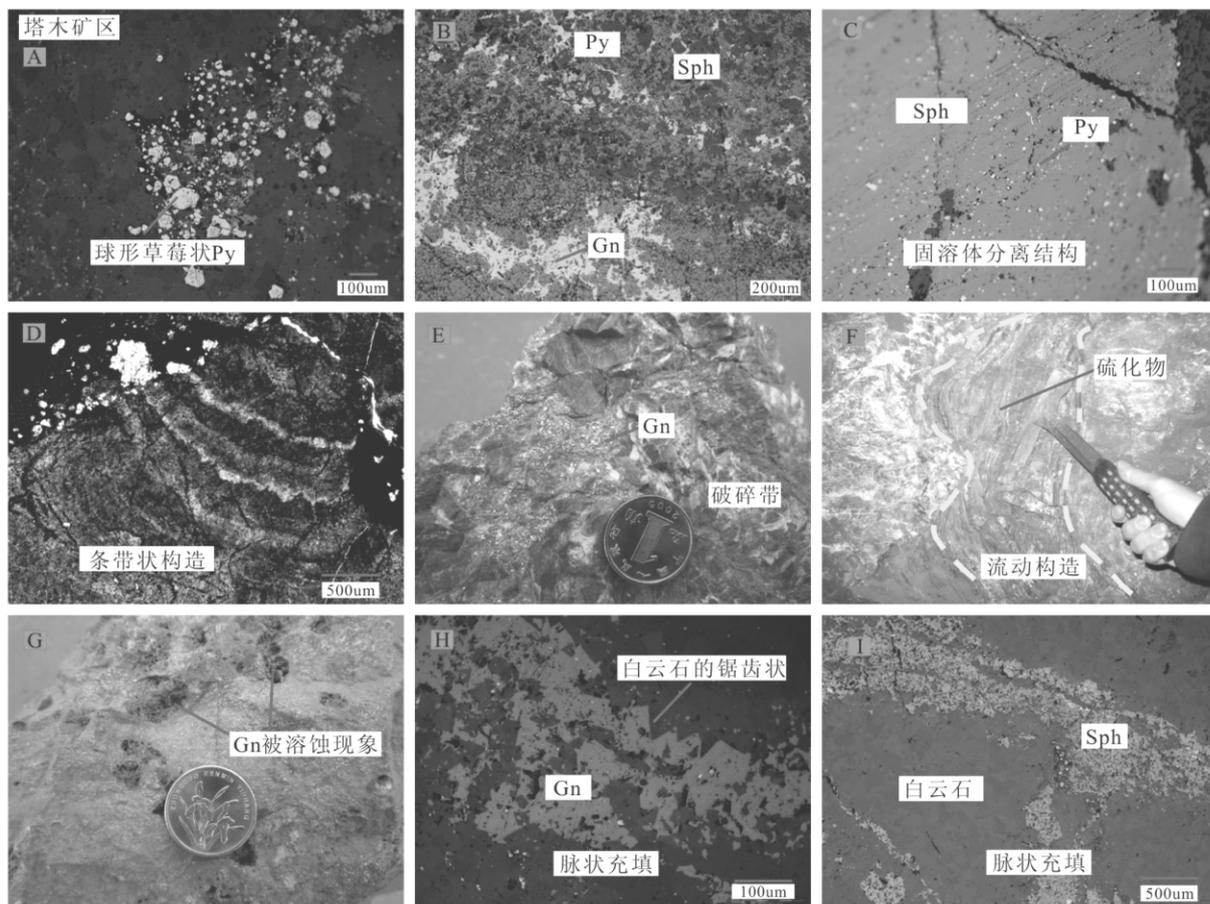
铅矿脉充填,而后后期浅色闪锌矿交代,方铅矿呈一些不规则的残余体,往往早期形成的矿石被后期热液进行叠加改造。细粒自形及叶片状黄铁矿出溶闪锌矿中(图3C),属于固溶体分离结构,在较高温度下不同硫化物呈固溶体,随着温度、压力的下降变得不稳定,当温度逐渐降低时,均一的固溶体中的不同溶质组分就会发生出溶,黄铁矿沿着主矿物闪锌矿的解理、裂理等方向分离出叶片状定向排列^[20]。矿石中白云石或方解石与浅色闪锌矿构成条带状构造(图3D),纹层呈同心褶曲,充填物主要为黄铁矿等金属硫化物,应为金属硫化物和白云石或方解石沉淀产物。铅锌硫化物以脉状充填于白云岩化灰岩的破碎带中,构成角砾岩,角砾为白云岩化灰岩或白云岩,胶结物为铅锌硫化物,根据角砾岩的成因类型,此角砾岩构造为后生角砾岩(图3E、I),角砾为次棱角状白云岩化灰岩或白云岩,不规则接触,白云石颗粒边缘多见溶蚀港湾,暗示存在溶蚀过程。矿区另一种角砾岩的形成过程是含白云岩化的围岩受到构造的张应力形成锯齿状或棱角状的白云岩边缘,后经铅锌硫化物充填白云岩的裂隙中构成角砾岩,主要以白云岩为角砾,铅锌硫化物为胶结物,此角砾岩为坍塌角砾(图3H)。金属硫化物受到构造或

流体的应力作用下充填于裂隙并呈褶皱构成流动构造(图 3F),能观察填隙物中细脉方铅矿及泥质灰岩的交替出现,形成条带状。

闪锌矿按其颜色划分可分为 2 种,一种为浅色闪锌矿,主要包括米黄色、黄色闪锌矿,半透明,自形至它形粒状,粒径较均一,多呈脉状产出,分布于白云岩与围岩的接触面上;另一种为深色闪锌矿,主要包括为棕黄色、棕褐色及黑色闪锌矿,片状结构居多,呈脉状充填裂隙。闪锌矿的粒度随着含矿岩石的形成深度有关,形成越深其形成的闪锌矿粒度就越细。多数闪锌矿以环状形式分布在白云石与灰岩的接触面上,杨向荣等认为这是管脉状充填的结果,即白云石以管脉状充填,形成管脉状构造,后期含金属离子的流体进入管脉

中进行胶结、溶解,在白云石与灰岩的接触边上结晶形成的矿化^[18,19]。该矿区出现细粒及粗粒的方铅矿,细粒方铅矿常与细粒晶形较好的黄铁矿共生,主要呈浸染状构造分布于白云岩化灰岩中,粗粒四方晶形的方铅矿呈脉状充填于破碎带中,从而构成角砾。从角砾形成特征划分,应为崩坍角砾。角砾一般为白云石化的灰岩,而金属硫化物多半为胶结物。矿石出现溶蚀现象(图 3G),细粒方铅矿溶蚀白云质灰岩,形成孔洞。

白云石是塔木铅锌矿床的主要脉石矿物,按照白云石的结构及特征,分为 2 种类型:一为与成矿关系密切的白云岩,主要为雾心亮边结构,表现为白云石的结晶较差,晶体较小,雾心见少量灰质残余,亮边则少见或无,白云石与灰岩之间的边缘



A-球形草萁状黄铁矿,为早期形成,10×20,反射光;B-闪锌矿交代早期形成的黄铁矿及方铅矿,10×10,反射光;C-闪锌矿与黄铁矿呈固溶体分离结构,黄铁矿出溶形成自形晶和叶片状,10×20,反射光;D-矿石中白云石或方解石与浅色闪锌矿构成条带状构造,10×4单偏光;E-矿石受到构造挤压应力形成破碎带,含方铅矿流体充填于破碎带的裂隙;F-流动构造,金属硫化物受到构造或流体的应力作用下充填于裂隙并呈褶皱;G-方铅矿矿石出现溶蚀现象;H-方铅矿脉充填于白云石,使得白云石呈锯齿状或棱角状,10×20,反射光;I-闪锌矿脉充填于白云石,被错开的白云石的边缘能缝合,10×4,反射光

图 3 塔木矿区矿石结构构造

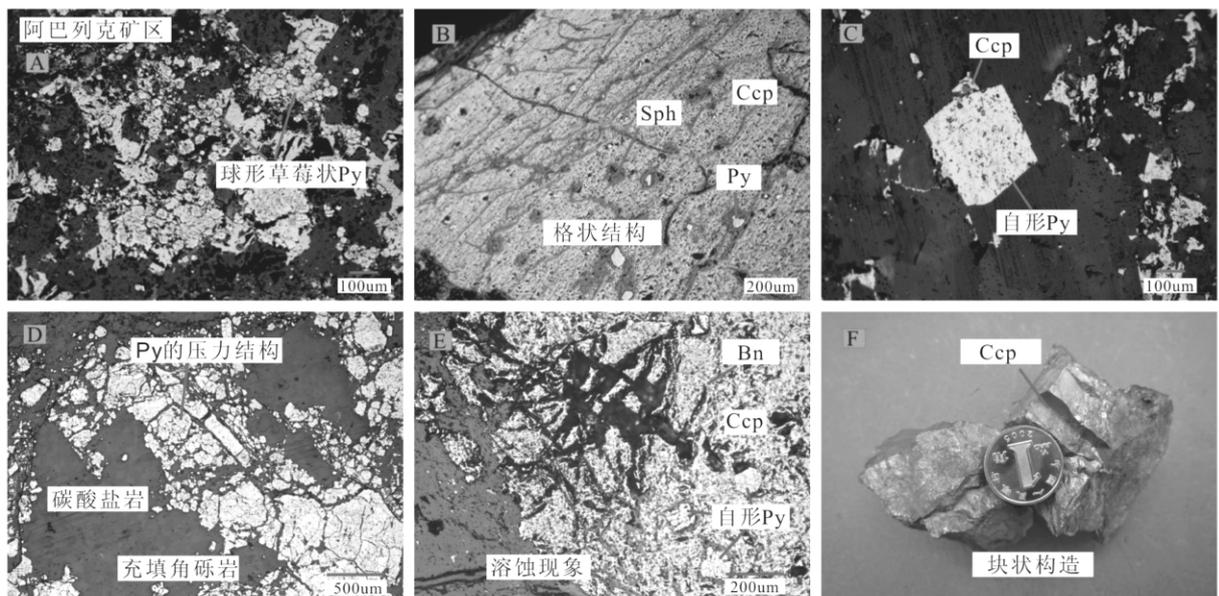
Fig. 3. Structures and textures of ores from Tamu lead and zinc ore deposit.

部中常见浅色闪锌矿。有学者在研究白云石的雾心亮边结构形成过程,认为雾心亮边具不同的矿物学及地球化学特征,且并非由同种成岩流体所形成,雾心的形成要早于亮边,呈星散状分布于亮晶灰岩中,交代不彻底,亮边少见或无,是Fe含量较高引起的^[17];另一为与成矿无关的白云石,微晶结构,结晶较好,主要以脉状的形式穿插、切割含矿岩石,形成羽状构造。

(3) 阿巴列克铅铜矿床位于克孜勒陶-库斯拉甫断裂的东侧,其矿体均产于霍什拉甫组(C_1h)的下部碎屑岩与上部碳酸盐岩接触部位附近。矿层下部为片理化砂岩,局部夹石英砾岩透镜体;矿层上部为片理化砂岩和页岩不均匀互层及厚层状白云岩化灰岩、白云岩。铜矿化主要出现于碎屑岩与白云质灰岩交界上,而铅主要出现于较上部的白云质灰岩中。该区金属矿物主要为黄铜矿、方铅矿、黄铁矿、白铁矿、斑铜矿和少量闪锌矿;非金属矿物主要为白云石、石英、方解石及少量重晶石。矿石结构构造有主要有球形草莓状结构、格状结构、自形晶结构、压力结构、溶蚀交代结构及块状构造。黄铁矿形成于早期(图4A),呈球形草莓状分布在碳酸盐岩的裂隙中交代细粒

方铅矿。黄铜矿与闪锌矿构成的格状结构(图4B),属固溶体分离结构,固溶体随温度缓慢下降过程中,乳浊物则沿主矿物(黄铜矿)较薄弱的部位聚集成定向的排列,使乳浊体联结成格状,自形-半自形黄铁矿出溶在闪锌矿中。交代残余结构(图4C),早形成的黄铜矿被自形黄铁矿交代,形成黄铜矿的残余体。压力结构及角砾状构造(图4D),黄铁矿,呈它形晶,受构造应力的作用下,产生破碎、断裂,破碎的晶屑位移小,可拼复原有的半自形晶;黄铁矿以脉状充填白云岩中,从而形成角砾构造,角砾为白云岩,磨圆差,接触边缘清晰,为后生角砾岩。交代结构(图4E),斑铜矿被黄铜矿交代,出现溶蚀现象。块状构造(图4F),黄铜矿脉状充填白云质灰岩中,形成致密块状。

(4) 卡兰古铅锌矿床位于克孜勒陶-库斯拉甫断裂以东,受卡兰古向斜控制。矿床分南北两个矿带,分别位于卡兰古向斜的两翼,北矿段规模较大,南矿段则规模较小,两矿段相距约1.3~1.5 km。区内断裂构造发育,岩层中多小褶曲。常见矿体呈层状、似层状及透镜状,并发生褶曲现象。矿化主要产于下石炭统卡拉巴西塔格组的白



A-黄铁矿呈草莓状结构,分布在碳酸盐岩中,10×20,反射光;B-闪锌矿与黄铜矿构成格状结构,黄铁矿生长在闪锌矿与黄铜矿的内部,且黄铁矿的晶形多为半自形-它形粒状结构,10×10,反射光;C-黄铁矿呈四方晶形,交代黄铜矿,黄铜矿充填裂隙,呈胶状结构,10×20,反射光;D-黄铁矿以脉状充填白云石,构成角砾岩,黄铁矿受到应力作用为压力结构,10×4,反射光;E-黄铜矿溶蚀交代斑铜矿,斑铜矿被溶蚀交代后呈交代残留结构,10×10,反射光;F-黄铜矿矿石呈块状构造

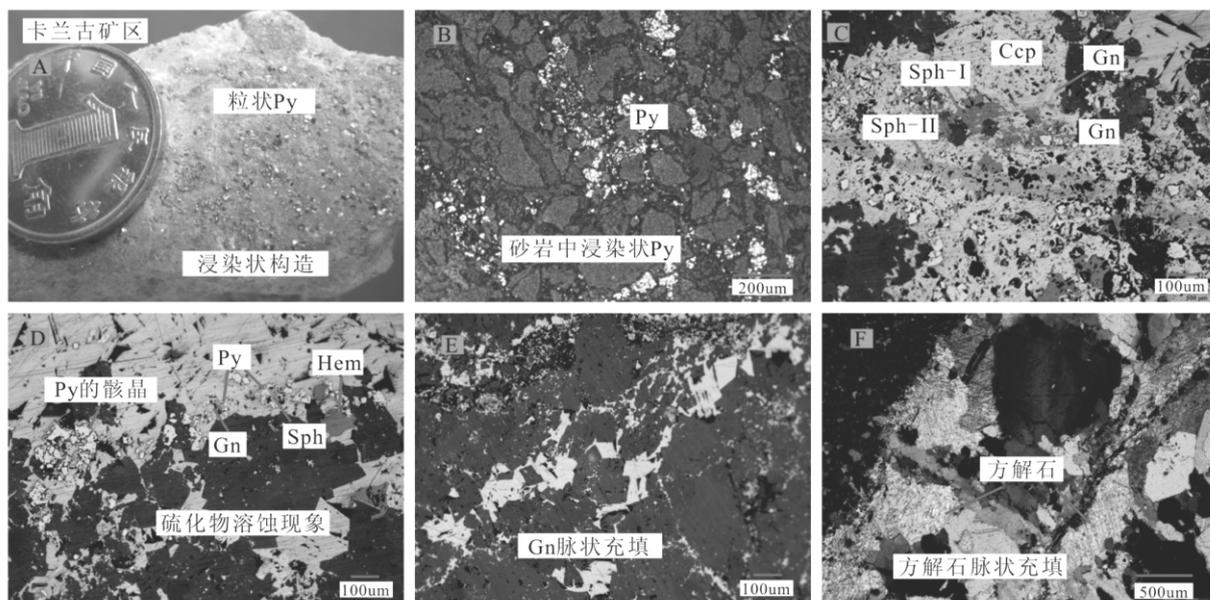
图4 阿巴列克矿区矿石结构构造

Fig. 4. Structures and textures of ore from Abaliek lead and zinc ore deposit.

云质灰岩中。矿区出现一层含炭质较高的页岩,起着还原作用以及对流体的屏蔽作用。矿区出现金属矿物主要有方铅矿、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿及少量赤铁矿;非金属矿物主要有石英、白云石、方解石及少量重晶石。矿石结构构造主要有粒状结构、粗粒结构、骸晶结构、交代结构、浸染状构造及脉状构造。粒状黄铁矿呈浸染状分布于砂岩中(图5A、B)。闪锌矿与黄铜矿的穿插关系(图5C),闪锌矿出现两期,表示为闪锌矿I期(图中为Sph-I)反光镜下为灰褐色,比闪锌矿II期(图中为Sph-II)的颜色深而且形成早,但晚于黄铁矿,闪锌矿I期及黄铁矿被后期黄铜矿溶蚀交代,形成交代残余体,闪锌矿II期以脉状穿插黄铜矿,为最后形成的产物。骸晶结构(图5D),早期自形半自形黄铁矿被后期闪锌矿和方铅矿从晶体内部向边部进行溶蚀交代,并仍保存有原有的外形,赤铁矿被后期方铅矿交代。充填结构(图5E),方铅矿充填白云质灰岩,白云质灰岩被方铅矿脉错开,出现棱角状或次棱角状,形成的碎屑发生小位移,可拼合起来,以及灰岩的边部被溶蚀交

代。形成脉状构造(图5E、F),充填物为方解石及碎屑岩,脉状形式充填白云质灰岩中,方解石可见菱形解理。

(5) 卡拉萨斯卡克铅铜矿床产于上泥盆统奇自拉夫组(D₃q)片理化砂岩、薄层细砂粉砂岩及下石炭统卡拉巴西塔克组(C₁kI)深灰色厚层白云质灰岩夹钙质砂岩。上泥盆统细砂、粉砂岩分布在矿床最西部矿体下盘,可见大量绢云母化和泥化,由于构造作用,地层产状变化大,甚至有弯曲现象。下石炭统的地层,分布于矿床东部和北部,其中深灰色破碎白云质灰岩,即为容矿层。矿体附近有方解石化、白云石化,一般为团块状及脉状,蚀变体内有少量的方铅矿、闪锌矿产出。矿区中金属矿物主要有方铅矿、黄铜矿和少量闪锌矿、黄铁矿、毒砂;非金属矿物主要有石英、白云石、方解石。矿石的结构构造主要有浸染状胶结结构、放射状结构及角砾状构造。胶状方铅矿呈浸染状胶结白云质灰岩(图6A)。角砾状构造(图6B),角砾为石英,粒径均一,大约为0.3~0.5cm,呈椭圆型,分布在浸染状方铅矿矿石中。放射状结



A-粒状黄铁矿呈浸染状分布,呈浸染状构造;B-砂岩中浸染状分布的黄铁矿,10×20,反射光;C-黄铁矿呈它形晶为早期形成的矿物,被晚期硫化物交代,部分被溶蚀;闪锌矿I期((Sph-I)镜下为灰褐色,比Sph-II的颜色深)也为较早期,但晚于黄铁矿;黄铜矿呈胶状,交代早期的黄铁矿与闪锌矿I期;方铅矿充填裂隙,交代黄铁矿,穿插闪锌矿I期与黄铜矿;闪锌矿II期以脉状穿插黄铜矿,为最后形成的矿物,10×20,反射光;D-黄铁矿呈骸晶结构,被方铅矿溶蚀交代形成的,黄铜矿被闪锌矿、黄铁矿、方铅矿溶蚀交代,还出现赤铁矿,10×20,反射光;E-方铅矿脉充填于白云石,使得白云石呈锯齿状或棱角状,10×20,反射光;F-砂岩中的方解石脉,10×4,正交偏光

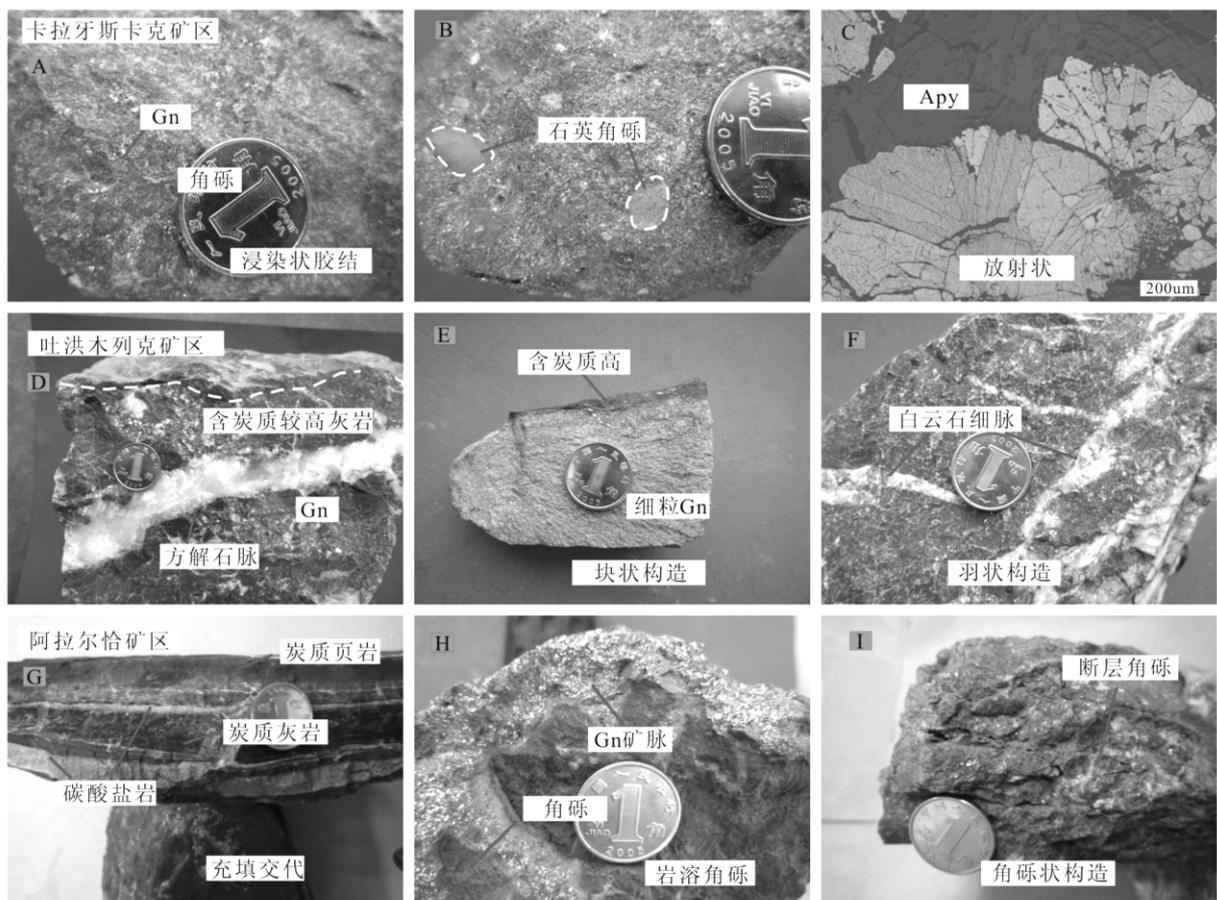
图5 卡拉古矿区矿石结构构造

Fig. 5. Structures and textures of ore from Kalangu lead and zinc ore deposit.

构(图6C)毒砂受构造应力的作用下,产生破碎,破碎的晶屑出现较小的位移,可拼复原有的晶形。

吐洪木列克矿区铅锌矿主要产于奇自拉夫组紫红色碎屑岩与下石炭统克里塔格组碳酸盐岩的接触面上,靠近碳酸盐岩一侧。矿化以铜为主,共生有铅锌。矿区出现一层含炭质较高的页岩。矿区中出现的金属矿物主要有方铅矿、黄铜矿、闪锌矿和少量黄铁矿;非金属矿物主要有白云石、方解石和少量石英。矿石结构构造有脉状构造、块状构造及羽状构造。脉状构造(图6D),方铅矿浸染状矿石被方解石脉穿插,接触边缘较清晰,方解石中未发现有矿化,方解石脉未穿出上层的炭质页岩。块状构造(图6E),为细粒方铅矿。羽状构造(图6F),为白云石脉在压扭性应力下穿插白云质灰岩形成的。

阿拉尔恰铅锌矿矿化产在下石炭统的克里塔格组的碳酸盐岩中。矿区中出现的金属矿物主要有方铅矿、闪锌矿和少量黄铁矿、黄铜矿;非金属矿物主要有白云石、方解石及微量石英。矿石出现的结构构造有交代结构及角砾状构造。充填交代(图6G)发生于近矿围岩,表现为形成较早为炭质页岩,受后期碳酸盐岩充填交代,形成交代残余结构,碳酸盐岩发生重结晶作用。岩溶角砾(图6H),是溶洞崩塌堆积而成的角砾岩,角砾为含泥质灰岩,在接触边缘上为泥岩,充填物主要为粗粒方铅矿,白云质灰岩与热液流体发生溶蚀交代,在溶蚀强烈的部位形成溶蚀空洞富含金属硫化物发生充填。断层角砾(图6I),脆性破裂形成的、角砾状的初碎裂岩,角砾形状不规则,胶结物为磨碎的岩屑和岩粉沿着裂开处伸展,发生铅锌矿化是



A-方铅矿呈细脉浸染状胶结碳酸盐岩,形成以碳酸盐岩为角砾的角砾岩;B-方铅矿矿石中的石英角砾,石英呈椭圆球形;C-毒砂呈放射状,10×10,反射光;D-碳酸盐岩边部有一层含炭质高页岩,方铅矿脉被后期方解石脉穿插;E-块状构造,矿石边部含一层炭质页岩;F-白云石呈羽状构造;G-近矿围岩,早期炭质页岩被后期碳酸盐岩交代,形成交代残余结构;H-方铅矿脉状充填破碎带;I-断层角砾,角砾形状不规则,胶结物为磨碎的岩屑和岩粉沿着裂开处伸展

图6 卡拉牙斯卡克、吐洪木列克、阿拉尔恰矿区矿石结构构造

Fig. 6. Structures and textures of ore from Kalayasikake, Tuhongmulieke and Alaerqia lead and zinc ore deposit.

由于受构造挤压作用下断层被挤压错断,其中早期形成的内碎屑角砾、断层角砾及其填隙物被再次挤压破碎并胶结而产生的。

3 分析讨论

3.1 矿石组构总体特征

综上所述可见,本区各矿床中的矿石具有相似的矿物组合以及结构构造特征。矿石结构构造的总体特征表现在2个方面:一方面出现中细粒自形-半自形结构、球形草莓状结构、胶结结构、放射状结构、纹层状结构、固溶体分离结构、浸染状构造以及条带状结构,这些结构构造显示出矿石中金属硫化物主要经历过沉积时期的成岩作用、压实作用及部分交代作用;另一方面出现有骸晶结构、压力结构、交代残余结构、揉皱结构、流动构造、羽状构造、角砾状构造、块状构造以及脉状构造,这些结构构造指示了后生矿物伴随着构造应力作用下对早期形成的矿物进行了改造的结果。

3.2 成矿期次划分

根据本区含矿岩石的金属矿物组合、脉石矿物类型和自形程度以及金属矿物之间、金属矿物和脉石矿物之间的穿插、嵌布和包裹关系等地质特征,将该铅锌矿带矿石的矿物形成大致分为3期:沉积成矿期,改造成矿期,表生期。

沉积成矿期伴随有溶解作用、胶结作用、压实作用及交代作用。压实作用导致颗粒之间出现面接触,颗粒内部出现裂纹或裂隙,这些颗粒内部孔隙为亮晶充填,塑性-半塑性颗粒呈长条状定向排列,甚至被挤压进入相对刚性的颗粒间孔。交代作用多为白云岩化、硅化作用、硫酸盐化、去硫酸盐化作用等^[18]。成岩后伴随着黄铁矿化、方铅矿化。黄铁矿呈自形晶及粒状结构分布碳酸盐岩中,构成浸染状构造;还形成有草莓状结构的黄铁矿,表明生物成因能在温度较低的热液过程中形成^[20]。早期细粒方铅矿呈浸染状胶结碳酸盐岩及紫红色砂岩。金属硫化物呈条带状构造,这些结构构造显示沉积矿石的特征。在沉积成矿期主要形成早期黄铁矿及细粒方铅矿而构成矿岩层。

改造成矿期,可分为2个阶段,充填阶段和溶蚀交代阶段。改造成矿方式主要有2种,其中是改造期热液对热水沉积形成矿石的溶解,导致部分后期矿物从层状矿体中溶出并在层状矿体附近

断裂裂隙中充填成矿,从而形成脉状矿体。另一种方式是热液对热水沉积矿石的交代作用,这种作用在层状矿体内就地发生,由于新物质的加入,矿石矿物成分有所变化,但层状矿体形态大致保留,形成溶蚀交代,形成交代残余结构^[21]。在溶蚀阶段常见自形-半自形黄铁矿被溶蚀的现象,呈骸晶结构,黄铜矿常呈方铅矿、黄铁矿及闪锌矿的溶蚀交代现象,黄铜矿呈交代残余结构。充填阶段还常见矿石矿物之间的穿插关系。矿石矿物与脉石矿物之间的关系,则出现各种角砾状构造,脉状构造,羽状构造。此阶段的构造运动较强烈。构造演化控制着成矿作用发生和发展的全过程,并控制着矿产的宏观分布规律^[21],一方面流体提供了通道,另一方面流体与围岩之间可进行物质交换。由于在构造应力作用下,碳酸盐岩发生褶皱及断裂,此时热液流体随着裂隙运移,并对周边的碳酸盐岩进行溶蚀,形成一些小孔洞,当溶蚀继续发展,这些孔洞为大规模含矿流体的运移开辟了通道,随后的交代作用导致孔洞的扩大及相互间的连通^[18],此时含矿流体进入裂隙,在随着温度降低矿物的生成过程中沿着早期生成的矿物黄铁矿之边缘以及内部等部位进行交代,晶边出现凹陷,并保存原有晶形的轮廓,即出现溶蚀结构,骸晶结构^[20]。当碳酸盐岩受到构造的张力作用下,形成裂隙,出现棱角状或锯齿状构造,为脆性变形(图3H,4D,5E),此时流体的充填进入,金属硫化物主要为方铅矿、闪锌矿,对碳酸盐岩,尤其是白云岩进行溶蚀交代,并在白云岩的边部形成。当碳酸盐岩受到构造的作用力不足以产生裂隙时,若流体的流速快速时,则碳酸盐岩脆弱部位受到流体本身的冲击力,形成裂隙,此时碳酸盐岩,尤其是白云岩,边部较平滑,金属硫化物进行交代并在其边部形成。当碳酸盐岩为灰岩时,流体的充填,金属硫化物的切割与穿插,往往会形成可拼凑角砾岩,而此时的金属硫化物构成胶结物,应为后生角砾。当流体大量充填时,若此时的温度急剧下降时或物理化学改变时导致快速结晶,往往会形成块状构造。充填阶段的方铅矿晶形好,有三组解理,解理发育,其三角孔出现揉皱结构(图2F),说明在流体充填过程中受到构造应力的作用,为塑性变形,还包括白云石的羽状构造(图6F)。在此时期,构造为成矿过程提供了重要的条件。

表生期主要是改造成矿期后形成一些金属硫

化物的氧化,主要有褐铁矿、孔雀石。

3.3 矿床成因

通过对矿物共生组合特点、矿石类型及组构特征、矿物之间的相互穿插关系和矿物生成顺序研究,并结合前人关于矿床成因的论述我们认为本区矿床形成经历了同生沉积与后期改造的过程。

4 结 论

通过对本区铅锌矿带矿石产出形态及矿石组构特征,可以总结如下:

(1) 矿床的成矿作用过程主要分为3期:沉积成矿期形成有早期黄铁矿自形粒状结构,草莓状结构,胶结结构,纹层状结构以及浸染状构造,显示沉积矿石的特征。改造成矿期主要是热液溶蚀交代和充填构成的溶蚀交代结构,骸晶结构,角

砾状构造,脉状构造,块状构造,显示改造矿石的特征。表生期主要是一些金属硫化物的氧化。

(2) 改造成矿期,矿石的结构构造明显地表现出脆性变形和塑性变形的特征,说明构造活动对改造起着重要的作用。

(3) 各个铅锌矿床中,矿石的结构构造特征基本相同,反映出这些矿床的成因基本一致,即它们都经历了同生沉积与后期改造的过程。

致谢:野外工作期间得到新疆克州亚星矿产资源集团有限公司门广谦总工程师、铁克里克铅铜矿床张辉工程师、阿克陶县桂新矿业开发有限公司塔木铅锌矿床刘杰总经理、张正顺工程师、阿巴列克铜铅矿床选厂李福良厂长以及新疆大学杨向荣副教授等同志的支持和帮助;在岩矿制片过程中得到耿跃成师傅的帮助以及岩矿鉴定过程中罗丹老师提供了方便;特别是审稿人为本文提出了宝贵的修改建议,使本文得以完善,在此一并致以诚挚的谢意!

参 考 文 献:

- [1] 祝新友,汪东波,王书来,等. 新疆塔木-卡兰古 MVT 铅锌矿带地质特征[J]. 有色金属矿产与勘查,1997,6(4): 202-207.
- [2] 祝新友,汪东波,王书来,等. 新疆阿克陶塔木-卡兰古铅-锌带矿床地质和硫同位素特征[J]. 矿床地质,1998,17(3): 205-213.
- [3] 王书来,祝新友,汪东波,等. 塔里木西南缘 MVT 型铅锌矿床流体包裹体研究[J]. 矿产与地质,2001,15(4): 238-242.
- [4] 匡文龙,古德生,刘继顺,刘文伟,等. 西昆仑地区密西西比河谷型矿床的流体包裹体特征研究[J]. 有色矿冶,2005,21(2): 1-5.
- [5] 匡文龙,刘继顺,朱自强,刘石华,等. 西昆仑地区卡兰古 MVT 型铅锌矿床成矿作用和成矿物质来源探讨[J]. 大地构造与成矿学,2002,26(4): 423-428.
- [6] 祝新友,汪东波,王书来,等. 新疆塔里木盆地西南缘铅锌矿找矿潜力分析[J]. 有色金属矿产与勘查,1999,8(6): 413-416.
- [7] 祝新友,汪东波,王书来,等. 新疆阿克陶县塔木-卡兰古铅锌矿带矿体地质特征[J]. 地质与勘探,2000,36(6): 32-35.
- [8] 常雪生. 新疆西昆仑地区铅锌矿成矿特征与找矿前景[J]. 新疆有色金属,2003,1(1): 2-8.
- [9] 印建平,田培仁,戚学祥,陈克强,等. 西昆仑塔木-卡兰古铅锌铜矿带含矿岩系的地质地球化学特征[J]. 现代地质,2003b,17(2): 143-150.
- [10] 董连慧,庄道泽,冯京,张良臣,等. 新疆层控型铅锌矿[J]. 新疆地质,2007,25(4): 339-344.
- [11] 胡庆雯,朱红英,周圣华,等. 新疆塔木-卡兰古铅-锌(铜)矿带区域控矿条件[J]. 矿产与地质,2007,21(5): 551-554.
- [12] 田培仁,胡庆雯. 西塔里木晚古生代弧形海相热水-火山热水沉积型铅(铜)矿区域成矿特征[J]. 矿产勘查,2010,1(2): 131-139.
- [13] 袁波. 新疆西昆仑卡兰古-塔木铅锌矿地质特征和矿化富集规律研究[D]. 长春:吉林大学硕士学位论文,2007:1-84.
- [14] 张正伟,彭建堂,肖加飞,朱笑青,沈能平,张中山,游富华,等. 塔西南缘沉积岩层控型铅-锌矿带区域构造控矿作用[J]. 矿物岩石地球化学通报,2009,28(4): 318-329.
- [15] 汪东波,祝新友,王书来,等. 塔木-卡兰古铅锌矿带成矿条件及评价研究[M]. 北京:北京矿产地质研究所,2000:1-83.
- [16] 匡文龙. 西昆仑地区成矿地质条件与密西西比河谷型铅锌矿床成矿模式研究[D]. 长沙:中南大学博士学位论文,2003,1-156.
- [17] 吴仕强,朱井泉,王国学,胡文璋,张军涛,王小林,等. 塔里木盆地寒武-奥陶系白云岩结构构造类型及其形成机理[J]. 岩石学报,2008,024(06): 1390-1400.
- [18] 杨向荣,彭建堂,胡瑞忠,戚华文,刘燊,等. 新疆塔里木盆地西南缘塔木铅锌矿床矿石管状构造特征与成因[J]. 岩石学报,2009,25(04): 977-983.
- [19] 杨向荣. 塔里木西南缘塔木铅锌矿床特征与成因[D]. 北京:中国科学院研究生院博士学位论文,2009:1-128.
- [20] 卢静文,彭晓蕾. 金属矿物显微镜鉴定手册[M]. 北京:地质出版社,2010:1-219.
- [21] 杨斌. 广西佛子冲铅锌多金属矿田热水沉积-叠生改造成矿与找矿模式[D]. 成都:成都理工大学博士学位论文,2001:1-123.

Texture and Structure Characteristics of Ore from Typical Deposits of Lead-Zinc Ore Belt in the Southwestern Margin of Tarim

YOU Fu-hua^{1,2}, ZHANG Zheng-wei¹, SHEN Neng-ping¹
ZHANG Zhong-shan^{1,2}, ZHOU Ling-jie^{1,2}, ZHU Xiao-qing¹, XIAO Jia-fei¹

(1. State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: This paper reported texture and structure characteristics of typical deposits from the southwest margin of Tarim platform of lead-zinc ore belt which located at late-Paleozoic Oytage-kurliang fissure basin in the northern part of Western Kunlun Orogenic Belt. It was showed that research deposits have not only the same or similar mineral association(eg: Pyrite-Galena-Sphalerite-Chalcopyrite) , but also the similar characteristics of ore structures and textures. Texture of ore includes framboidal texture , myrmekitic texture , idiomorphic granular texture , ex-solution texture , metasomatic relict texture , crumpled texture , disseminated structure , flow structure , banded structure , vein structure , brecciated structure etc. Generality of these structure features indicates that mineralization has the characteristics of multistage , and demonstrates both syngenetic sedimentation structure characteristics and late-hydrothermal transformation structure characteristics. Combined with the field geological characteristics , it is proved that the lead and zinc ore deposits experienced syngenetic sedimentation and transformation process.

Key words: structure; texture; ore; lead; zinc; ore deposit; Tarim