

doi: 10.12029/gc20160624

蒋斌斌, 祝新友, 程细音, 等. 广东玉水铜多金属矿床流体包裹体特征及地质意义[J]. 中国地质, 2016, 43(6): 2163-2172.

Jiang Binbin, Zhu Xinyou, Cheng Xiyin, et al. Characteristics and geological significance of fluid inclusions in the Yushui copper polymetallic deposit, Guangdong Province[J]. Geology in China, 2016, 43(6): 2163-2172(in Chinese with English abstract).

广东玉水铜多金属矿床流体包裹体特征及地质意义

蒋斌斌 祝新友 程细音 王 海

(北京矿产地质研究院, 北京 100012)

摘要:广东玉水铜多金属矿床位于华南 MVT(密西西比河谷型)铅锌矿床成矿带东段,铜铅锌矿体主要呈不规则囊状产于下石炭统忠信组滨海相石英砂(砾)岩和上石炭统壶天群白云岩之间,少量呈不规则脉状分布于白云岩中。其主矿体中铜的品位极高,2013 年入选品位为 15.5%;矿石主要呈块状,少量浸染状。矿石矿物主要包括黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、方铅矿、浅色闪锌矿、黄铁矿、赤铁矿、磁铁矿等,主要脉石矿物为白云石、方解石,局部偶见石英。发育赤铁矿-磁铁矿和硫化物两个成矿阶段。选取主成矿阶段——硫化物阶段硫化物矿石中的闪锌矿和石英进行流体包裹体研究,结果表明:玉水流体包裹体主要以气液两相包裹体为主,气液比 5%~20%,均一温度范围为 90~289℃,其中闪锌矿中流体包裹体均一温度 90~289℃,石英中流体包裹体均一温度 110~287℃,方解石中流体包裹体均一温度 125~210℃,包裹体盐度范围集中在 8%~15%。激光拉曼探针测试表明流体包裹体气体成分主要是 H₂O,个别气相成分 CO₂。流体包裹体研究,结合矿床地质地球化学研究成果表明玉水铜多金属矿床是一个层控的低温热液型矿床。

关键词:玉水;流体包裹体;低温热液矿床;层控矿床

中图分类号:P618.41

文献标志码:A

文章编号:1000-3657(2016)06-2163-10

Characteristics and geological significance of fluid inclusions in the Yushui copper polymetallic deposit, Guangdong Province

JIANG Bin-bin¹, ZHU Xin-you¹, CHENG Xi-yin¹, WANG Hai¹

(Beijing Institute of Geology and Mineral Resources, Beijing 100012, China)

Abstract: The Yushui copper polymetallic deposit is located in the east zone of the South China MVT (Mississippi valley type zinc-lead deposits) metallogenic belt. The orebody mainly occurs between the littoral quartz sandstone of lower Carboniferous Zhongxin Group and littoral dolomite of upper Carboniferous Hutian Group, with a small number of mineral veins hosted in dolomite. The ore grade is so high that the processing grade was 15.5% in 2013. The ore is mainly in massive form while a small amount of ore being disseminated. The ore minerals include chalcopyrite, bornite, chalcocite, galena, sphalerite, pyrite, hematite and magnetite, and the

收稿日期:2016-04-15;改回日期:2016-10-26

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“广东省梅州市玉水铜矿接替资源勘查项目”(2013-01-036-051)、国土资源部计划项目“老矿山典型矿床成矿规律总结研究”(2014)03-001-082)联合资助。

作者简介:蒋斌斌,男,1991年生,硕士生,主要从事矿床学和成矿预测研究;E-mail:jbb_geo@163.com。

通讯作者:祝新友,男,1965年生,教授级高级工程师,主要从事矿产勘查与研究;E-mail:zhuxinyou@outlook.com。

main gangue minerals consist of dolomite, calcite and a small amount of quartz. The mineralization can be divided into hematite-magnetite stage characterized by existence of gel texture gangue and sulfide stage. By analyzing the temperature and salinity of fluid inclusions in sphalerite and quartz from the main metallogenic stage (sulfide stage) the authors found that the fluid inclusions from the Yushui copper polymetallic deposit mainly consist of gas-liquid two phase inclusions, with the gas-liquid ratio ranging from 5% to 20%, and the homogenization temperature ranging from 90°C to 289°C. In addition, the homogenization temperature of fluid inclusions in sphalerite ranges from 90°C to 289°C; the homogenization temperature of fluid inclusions in quartz ranges from 110°C to 287°C; the homogenization temperature of fluid inclusions in calcite ranges from 125°C to 210°C, the inclusion salinity range is concentrated on 8wt%-15wt%. The laser Raman microprobe test shows that the gas composition of the fluid inclusion is H₂O with minor CO₂. Fluid inclusion study combined with geological and geochemical studies of the deposit suggests that the Yushui copper polymetallic deposit is a stratabound and epithermal deposit.

key words: Yushui, fluid inclusion; epithermal deposit; stratabound deposit

About the first author: JIANG Bin-bin, male, born in 1991, master candidate, mainly engages in the study of deposit and metallogenic prognosis; E-mail: jbb_geo@163.com.

About the corresponding author: ZHU Xin-you, male, born in 1965, senior engineer, engages in the study and survey of mineral deposit; E-mail: zhuxinyou@outlook.com.

Fund support: Supported by China Geological Survey's project for Replacement Resources Exploration of Yushui Copper Deposit in Meizhou, Guangdong (No. 2013-01-036-051) and Ministry of Land and Resources' Planning Project for Research on Metallogenic Regularity of Typical Ore Deposits in Old Mines ([2014] 03-001-082).

广东玉水铜多金属矿床位于广东省梅州市NE方向25 km处,中心处地理坐标:116°09'07"~116°12'05"E,24°24'04"~24°25'41"N。该矿于20世纪60年代被发现。自1980年代以来,一些地质工作者对其矿床地质特征、矿床地球化学、流体特征、成矿时代等方面开展过很多研究^[1-8]。前人对玉水铜多金属矿床的矿床成因提出过几种不同的观点,包括火山喷气型^[1]、喷流沉积-后期改造型^[6]、岩浆热液型^[2]。刘家齐^[7]开展了矿床的流体包裹体研究,研究寄主矿物为石英,获得均一温度250~310°C、盐度8%~13%,结合一些地球化学数据得出该矿床为岩浆热液型矿床的结论。但玉水铜多金属矿床的容矿地层为滨浅海相,矿体形态复杂,受断裂构造控制,地质地球化学特征明显不同于海相喷流沉积矿床。矿物组合显示低温成矿,这与前人的流体包裹体研究成果也明显不一致^[6,7]。因矿石中含大量石英砂屑导致前人所做流体包裹体工作数据存在偏差,本文在全面野外地质调查、岩矿鉴定工作的基础上,重点通过流体包裹体研究,探讨矿床成因类型。

1 矿床地质特征

玉水铜多金属矿床位于华南MVT铅锌成矿带的东部,寨岗上中生代陆相火山沉积盆地的西南缘。区内主要出露有震旦系水口群浅变质细碎屑

岩;泥盆系中上统砂岩;下石炭统忠信组(C_{1z})紫红色中粒石英砂岩夹砾岩;上石炭统壶天群(C_{2s})白云岩夹硅质岩、砂岩、泥岩;侏罗系上统高基坪群中基性-中性、酸性火山熔岩、碎屑岩以及白垩系下统官草湖群(K_{1g})紫红色陆相泥砂岩等。其中,矿体下盘紧靠矿体的C_{1z}石英砂岩呈灰白色,远离矿体时呈紫红色石英砂岩,褪色蚀变明显。NE向张扭性断裂控制上白垩统红层盆地,在矿区控制矿体分布,局部含铅锌铜矿体。燕山期侵入活动和火山活动强烈,主要是陆相火山岩和花岗斑岩,形成一些火山热液型银铋矿床,以嵩溪银矿为代表。辉绿岩主要呈岩脉、岩枝侵入,在玉水矿区分布广泛(图1)。

玉水铜多金属矿床矿体分为2类(图2),主矿体大体沿C_{2s}白云岩和C_{1z}石英砂岩的界面分布,大体顺层产出,形态复杂多样。主矿体延长大于200 m,宽度超过150 m,矿体厚0~4 m。矿石中黄铜矿、斑铜矿和辉铜矿的含量占到总量的80%以上,可见其品位极富,在2013年矿石入选品位为15.5%。另一类是分布于碳酸盐岩中的矿体,距离硅钙面一般不超过100 m,矿体形态不规则,矿石主要呈浸染状,局部富集成块状。矿石组分的垂向分带表现为上部矿体的矿石以铜为主,-208 m中段以下以铅锌为主。

矿石构造主要是块状,少量浸染状。矿石结构

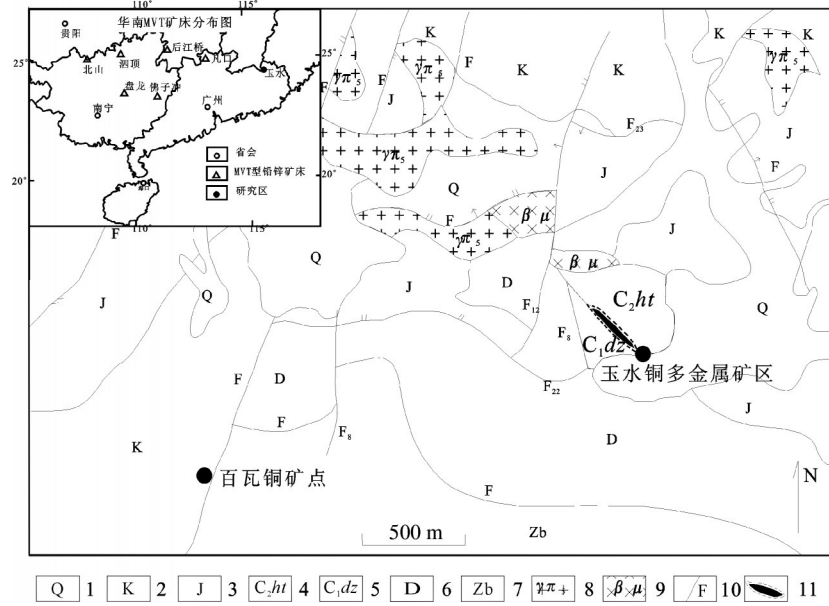


图1 玉水铜多金属矿床地质图

- 1—第四系;2—白垩系官草湖群、陆相紫色碎屑沉积岩;3—侏罗系上统高基坪群、陆相火山岩;4—石炭系上统壶天群白云质灰岩;
5—石炭系下统忠信组石英砂岩;6—中上泥盆统变质石英砂岩;7—震旦系上段变质砂岩;8—燕山晚期花岗斑岩;
9—辉绿岩;10—断层及编号;11—隐伏矿体

Fig. 1 Geological map of the Yushui copper polymetallic deposit

- 1-Quaternary; 2-Cretaceous Guancaohu Group, pyroclastic sedimentary rock; 3-Upper Jurassic Gaojiping Group: continental volcanic rocks;
4-Upper carboniferous Hutian Group: dolomitic limestone; 5-Lower Carboniferous Zhongxin Formation: quartz sandstone;
6-Devonian metamorphic quartz sandstone; 7- Sinian metamorphic sandstone; 8-Late Yashanian granite-porphry;
9-Diabase; 10-Fault and its serial number; 11-Concealed orebody

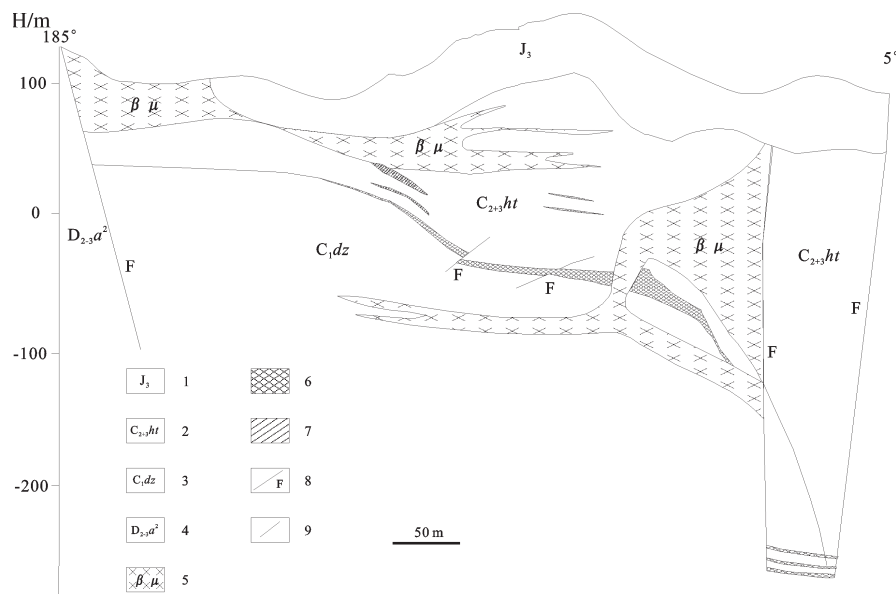


图2 玉水铜多金属矿床0#勘探线剖面图

- 1—侏罗系上统高基坪群、陆相火山岩;2—石炭系上统壶天群白云质灰岩;3—石炭系下统忠信组石英砂岩;4—中上泥盆统变质石英砂岩;
5—辉绿岩;6—主矿体;7—白云岩中脉状矿体;8—断层;9—地质界线

Fig. 2 Geological section along No. 0# exploration line of the Yushui copper polymetallic deposit

- 1-Upper Jurassic Gaojiping Group: continental volcanic rocks; 2-Upper Carboniferous Hutian Group: dolomitic limestone; 3-Lower Carboniferous Zhongxin Formation: quartz sandstone; 4-Devonian metamorphic quartz sandstone; 5- Diabase; 6-Main orebody; 7-Vein mineralization in dolomite; 8-Fault; 9-Geological boundary

主要为交代结构、胶状结构等。成矿作用分为2个阶段(图3-A),在井下能清楚地看到早期的镜铁矿-磁铁矿被晚期的硫化物切穿的现象。成矿早阶段的主要矿物是镜铁矿、磁铁矿,脉石矿物为少量的方解石、白云石,镜铁矿呈胶状结构(图3-B)。晚期的硫化物阶段矿石矿物主要是黄铁矿、辉铜矿、斑铜矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿。在块状铜矿石中首次发现富镉兴安石、铁钒矿等微量矿物(另文讨论)。矿石中闪锌矿在显微镜下多呈无色透明-半透明状,见少量浅紫色闪锌矿(图3-C)。脉石矿物为少量石英、方解石(图3-D),石英多数为地层中的砂岩中的石英,磨圆度较好,成矿期生成的石英一般具较好的晶型。

2 流体包裹体特征

2.1 样品的选取及测试方法

由于第一阶段磁铁矿-赤铁矿矿石主要呈胶

状,其中的脉石矿物为方解石,亦呈胶状,未获得可开展流体包裹体研究测试的样品,因此,流体包裹体研究集中于第二阶段。

用于流体包裹体分析的样品产自-160 m、-190 m和-240 m中段的块状矿石。流体包裹体观察和测试工作在北京矿产地质研究院包裹体实验室完成,采用LinkamTHMSG600型冷热台,测温范围为-196~600℃,分析精度为:±0.2℃, < 30℃; ±1℃, < 300℃; ±2℃, < 600℃。仪器的标定和样品测试均在7 mm样品台和恒温室中进行。对于H₂O-NaCl体系包裹体,测定均一温度和冰点温度,对于H₂O-NaCl-CO₂体系包裹体,测定固体CO₂完全融化温度、冰点温度、CO₂笼形物融化温度、CO₂部分均一温度和完全均一温度。单个流体包裹体的激光拉曼光谱分析在中科院地质与地球物理研究所流体包裹体实验室完成,设备型号为LabRAM HR800研究级显微激光拉曼光谱仪,激发波长633

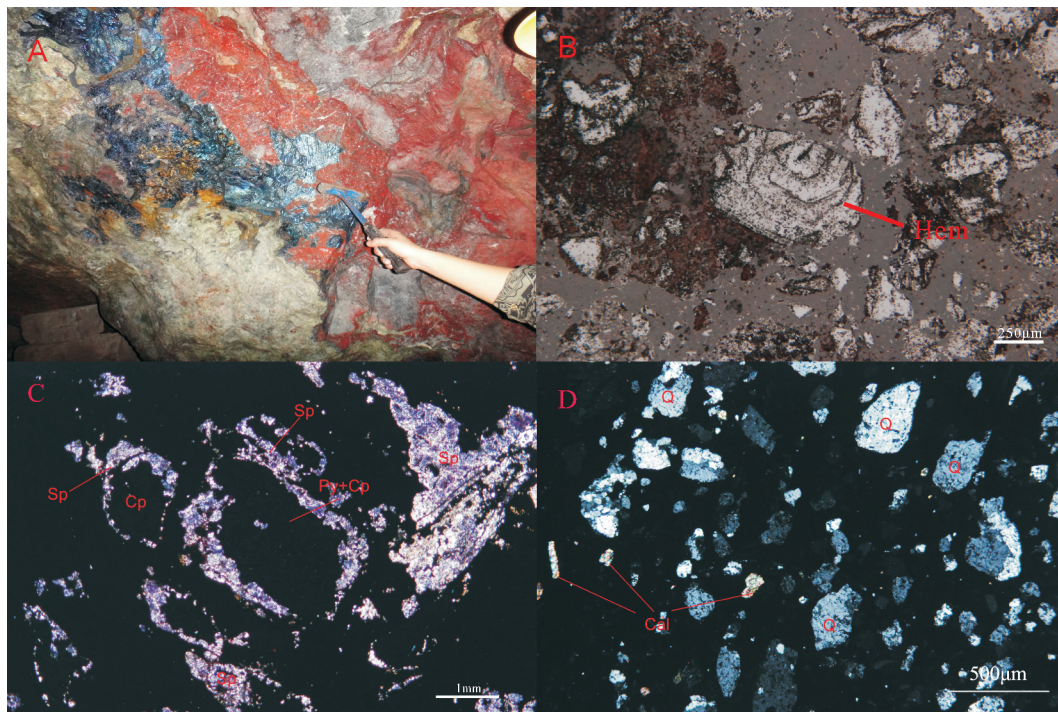


图3 矿物野外及镜下特征

A—早期的赤铁矿阶段,赤铁矿被斑铜矿黄铜矿交代穿插;B—环带状、胶状赤铁矿;C—闪锌矿在透射光下呈浅紫色;
D—脉石矿物白云石和石英;Hem—赤铁矿;Py—黄铁矿;Cp—黄铜矿;Sp—闪锌矿;Q—石英

Fig. 3 Field and microscopic characteristics of minerals from the Yushui copper polymetallic deposit
A—Hematite stage: early hematite penetrated and replaced by late chalcopyrite; B— Hematite with girdle texture and colloidal texture;
C—Heliotrope sphalerite under transmission light; I—Dolomite and quartz Hem—hematite; Py—pyrite; Cp—chalcopyrite;
Gn—galene; Sp—sphalerite; Q—quartz; Dol—dolomite

nm,扫描范围100~4000 cm^{-1} 。

2.2 流体包裹体岩相学特征

该矿床矿物流体包裹体的类型可分为3种:(1)气-液包裹体;(2)纯液相包裹体;(3)含 CO_2 三相包裹体。观察及测试对象主要是块状富矿中浅色闪锌矿、石英和方解石中的流体包裹体。闪锌矿中的包裹体形态比较复杂,呈长条形,椭圆形及不规则形状,以原生包裹体为主。主要是气液两相的包裹体,约占95%。大小在5~15 μm ,气液比一般<20%。纯液相包裹体数量占5%左右,大小为4~15 μm ,见到个别的 CO_2 三相包裹体;石英中的包裹体类型与闪锌矿中比较相似,形态大都四方形、椭圆形、多边形或其他不规则状,绝大部分都是简单的气液两相包裹体,大小在5~15 μm ,气液比5%~20%,纯液相包裹体占到约10%,大小4~20 μm 。见个别 CO_2 三相的包裹体,这类包裹体颗粒比较大,多在10~20 μm ;方解石中的包裹体颗粒比较小,多沿解理分布,形状多为四边形,一般<10 μm ,多在5 μm 左右,为气液两相包裹体,气液比通常<10%,少量纯液相包裹体,未见 CO_2 三相包裹体。

均一温度测试结果(表1)显示,玉水铜多金属矿床的流体包裹体均一温度在90~289 $^{\circ}\text{C}$ 。盐度范围在4%~18.22%。其中闪锌矿中包裹体的均一温度范围在90~289 $^{\circ}\text{C}$,峰值在110~210 $^{\circ}\text{C}$,冰点温度介于-14.5~-2.5 $^{\circ}\text{C}$,对应盐度在4.18%~18.22%,峰值在6%~16%。石英中的包裹体均一温度范围在115~287 $^{\circ}\text{C}$,峰值在160~180 $^{\circ}\text{C}$,冰点温度-13~-3.4 $^{\circ}\text{C}$,对应盐度5.56%~16.89%,峰值在6%~12%。方解石中的包裹体均一温度125~210 $^{\circ}\text{C}$,冰点温度-7.5 $^{\circ}\text{C}$,对应盐度11.1%。

2.3 流体包裹体密度估算

根据Bodnar^[10,12]的NaCl-H₂O体系的 T - W - ρ 相

图将流体包裹体的均一温度和盐度投到图上得出闪锌矿包裹体的密度为0.9~1.0,石英包裹体密度在0.85~1.0,方解石中包裹体密度0.98。利用冷冻法测的气液H₂O包裹体的冰晶融化温度。根据Hall^[11,12]的盐度计算公式:盐度(wt% NaCl eq) = $0.00 + 1.78T - 0.0442T^2 + 0.000557T^3$,得出玉水矿床的流体盐度范围在4.18%~18.22%。集中在8%~15%,平均10%。

2.4 流体成分

分别对闪锌矿中的流体包裹体和石英中的流体包裹体进行激光拉曼探针分析,闪锌矿中气液两相包裹体气相部分成分主要是H₂O(图6-A),液相部分成分也以H₂O为主,石英中的气液两相包裹体成分大体与闪锌矿中的气液两相包裹体类似, CO_2 三相包裹体的气相成分主要为 CO_2 (图6-B), CO_2 的笼形物气相和液相成分也以 CO_2 为主,包裹体液相成分主要是H₂O。

3 讨论

3.1 成矿温度与盐度

本次测得的流体包裹体均一温度为90~289 $^{\circ}\text{C}$,集中分布在110~220 $^{\circ}\text{C}$ 区间,盐度集中在8%~15%。其中闪锌矿中流体包裹体均一温度为90~289 $^{\circ}\text{C}$ 。石英中包裹体均一温度110~289 $^{\circ}\text{C}$,方解石中包裹体均一温度125~210 $^{\circ}\text{C}$ 。显示玉水铜多金属矿床的成矿流体具有低温中盐度的特征。刘家齐^[7]测得铜铅锌成矿阶段的包裹体以气液包裹体为主,均一温度250~310 $^{\circ}\text{C}$,盐度8%~13%。汪礼明^[6]测得结果认为成矿温度为200~343 $^{\circ}\text{C}$,都与本次的结果存在差异,究其原因,应是前人包裹体测试对象主要是石英,然而很多石英是砂岩中的石英,测得的结果不具有代表性。系统的岩矿鉴定工作表明,矿石中含

表1 玉水铜多金属矿床流体包裹体性质

Table 2 Characteristics of fluid inclusions from the Yushui copper polymetallic deposit

矿化阶段	寄主矿物	包裹体类型	数量	$T_{m,\text{CO}_2}/^{\circ}\text{C}$	$T_m/^{\circ}\text{C}$	$T_{m,\text{clath}}/^{\circ}\text{C}$	$T_{h,\text{CO}_2}/^{\circ}\text{C}$	$T_h/^{\circ}\text{C}$	盐度/%	均一方式
硫化物阶段	闪锌矿	V-L	82	-	-14.5~-2.5	-	-	90~289	4.2~15.5	液相
	石英	V-L	35	-	-13.0~-3.4	-	-	115~261	5.6~16.9	液相
		CO_2 三相	1	-58.0	-6.1	5.8	27.0	287	7.7	液相
	方解石	V-L	17	-	-7.5	-	-	125~210	11.1	液相

注: T_{m,CO_2} —固体 CO_2 完全融化温度; T_m —冰点温度; $T_{m,\text{clath}}$ — CO_2 笼形物融化温度; T_{h,CO_2} — CO_2 部分均一温度; T_h —完全均一温度。

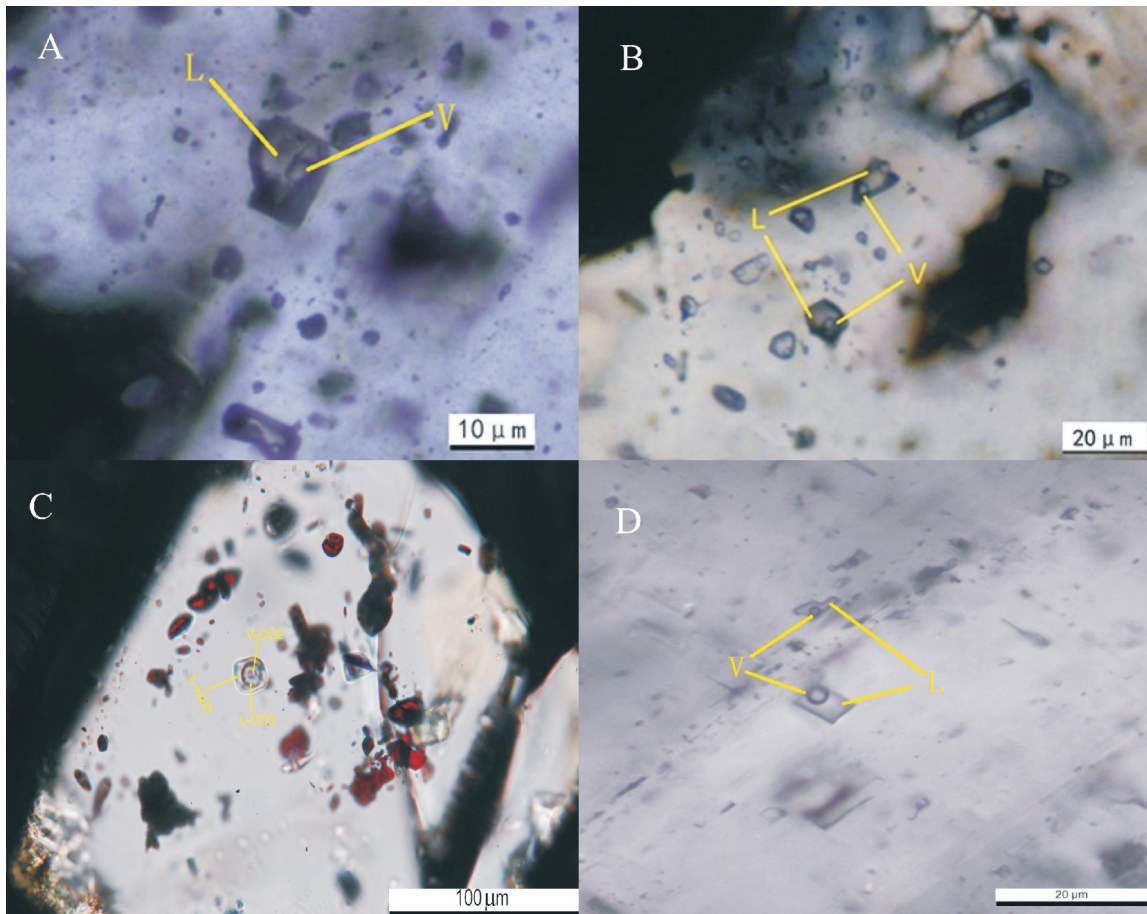


图4 玉水铜多金属矿床典型流体包裹体显微特征

A—闪锌矿中的两相流体包裹体;B—石英中的两相流体包裹体;C—石英中的CO₂三相包裹体;D—方解石中两相流体包裹体

Fig. 4 Microscope characteristics of typical fluid inclusions from the Yushui copper polymetallic deposit

A—fluid inclusion which is two phases in sphalerite; B—fluid inclusion which is two phases in quartz; C—CO₂ three-phase fluid inclusion in quartz;

D— fluid inclusion which is two phases in calcite

大量的石英砂粒,特点与下伏砂岩的砂粒完全一致。成矿期的石英非常少,矿石中含量<2%,这些石英多具有完好的晶型。

本区矿石中闪锌矿几乎呈透明状,甚至出现浅紫色的闪锌矿,根据前人研究成果,闪锌矿颜色与其形成时的温度有关,颜色越浅说明成矿温度越低^[13],所以浅紫色闪锌矿的出现也从显示出该区的成矿流体是一种低温的流体。且矿石矿物组合为辉铜矿—斑铜矿—黄铜矿—黄铁矿,这也是一个低温热液矿床的特征。

磁铁矿—赤铁矿阶段以胶状结构为主,方解石、白云石也呈胶状,且含量少,未发现可用于测定的流体包裹体。由于某些原因无法测定其成矿温度,但其出现胶状结构也是低成矿温度的一个佐证。从矿物

组合和矿石结构分析,成矿温度低于硫化物阶段。

3.2 与主要类型矿床的对比

3.2.1 与 SEDEX 型矿床进行对比

前人对玉水铜多金属矿床开展过较多的地质地球化学研究,这些研究主要集中于20世纪90年代,由于矿床未开发,矿体由钴探控制,矿体形态被圈定为层状,因此矿床类型多被强调为喷流沉积或喷流沉积—改造型^[1,6]。一般而言,SEDEX 铅锌铜矿床形成于深海环境,容矿地层往往为细碎屑岩,尤其是浊积岩^[14,15,16],矿石发育条纹条带状结构构造,矿物组合主要是黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿等,其中闪锌矿颜色较深。同时发育热水沉积岩。流体包裹体主要表现为气液两相包裹体,成矿温度较高,锡铁山矿床层状矿体和非层状矿体成矿温度

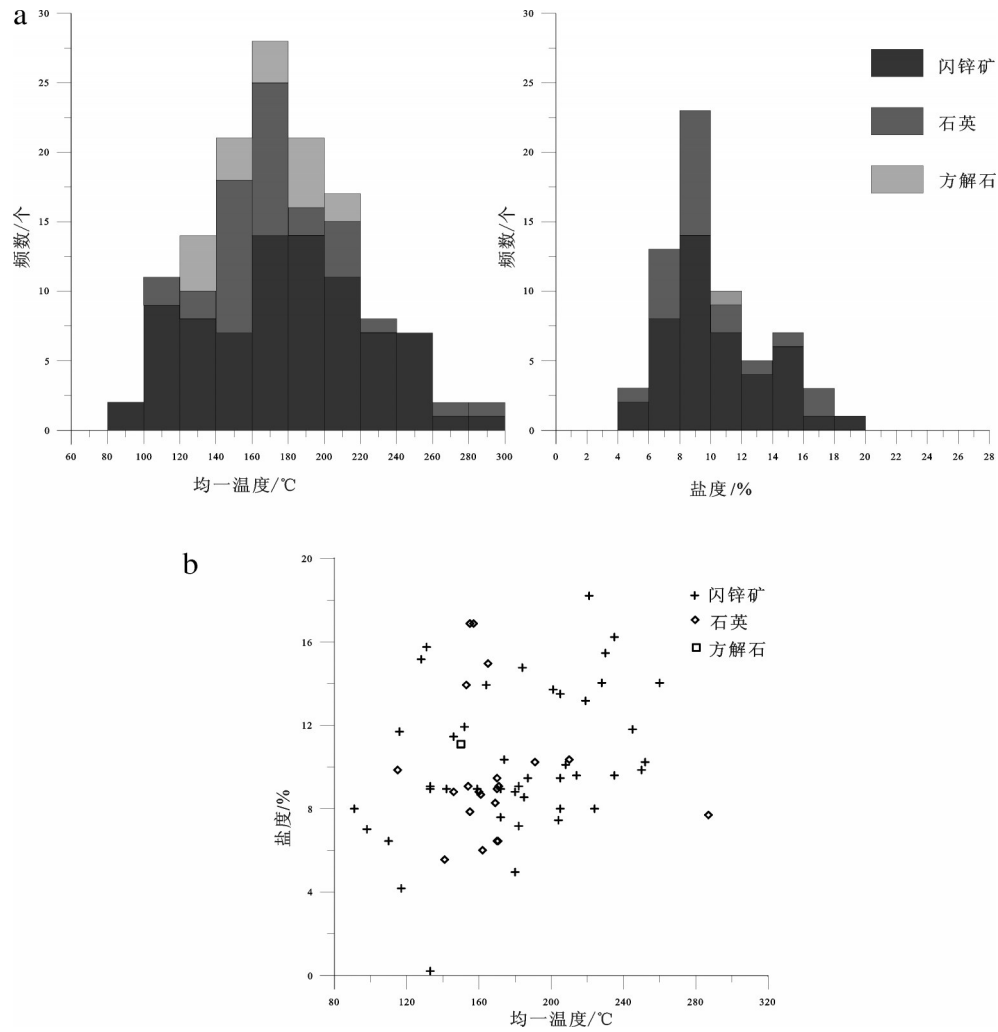


图5 广东玉水铜多金属矿床成矿流体均一温度直方图、温度-盐度散点图

a-各类包裹体均一温度、盐度直方图; b-均一温度-盐度散点图

Fig. 5 Homogenization temperature histograms and temperature-salinity scatter diagram of ore-forming fluid
a-Homogenization temperature and salinity histogram of fluid inclusion; b-Homogenization temperature-salinity scatter diagram

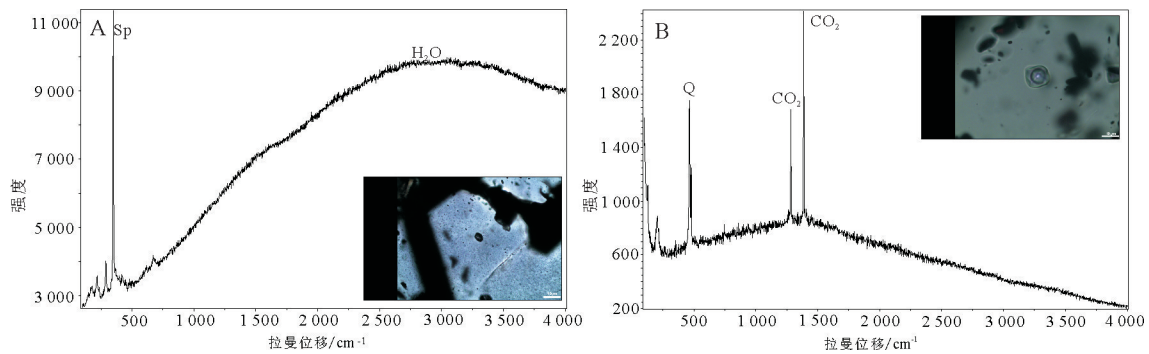


图6 玉水铜多金属矿床流体包裹体激光拉曼位移图

A-闪锌矿中水气液包裹体气相激光拉曼位移图; B-二氧化碳包裹体气相激光拉曼位移图; Sp-闪锌矿; Q-石英; CO₂-二氧化碳

Fig. 6 Laser Raman displacement graph of fluid inclusions from the Yushui copper polymetallic deposit
A-Laser Raman displacement graph of H₂O fluid inclusion which exists in sphalerite; B-Laser Raman displacement graph of CO₂ fluid inclusion in quartz (Sp-Sphalerite; Q-quartz; CO₂-Carbon dioxide)

为245~415℃^[17]。

玉水铜铅锌矿床则是产于陆相红层盆地边缘,矿体主要赋存于滨浅海相白云岩、砂砾岩的接触面上并具有明显后生矿床的特点。玉水矿床的容矿地层为碳酸盐岩和碎屑岩的接触面上,看似层状的矿体,实际上形态很不规则,且在碳酸盐岩中见有少数脉状矿化,砂岩中并无矿化。矿石局部位置出现条带状构造,但总体上是块状构造、矿物组合为镜铁矿、辉铜矿、斑铜矿、黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿和方铅矿,且镜铁矿呈胶状结构,这些特征都明显不同于SEDEX矿床^[14,15]。

玉水铜多金属矿床流体包裹体均一温度集中在110~220℃,盐度集中在8%~15%,说明流体具有低温中盐度的特征,这与前面提到的能反映低温条件的透明淡紫色闪锌矿的出现也相互验证。根据以上对比可发现玉水铜多金属矿床成因并非前人提出的喷流沉积成因。

3.2.2 与岩浆热液型矿床对比

前人做过包括流体包裹体岩相学研究、均一温度测试、盐度及压力的估算、流体包裹体成分分析以及稳定同位素的研究。得到的测温结果是主矿化阶段流体包裹体均一温度为250~310℃,盐度8%~13%,同时结合年龄数据得到的结论是玉水铜多金属矿床的成因为岩浆热液型^[7]。

对于前人曾经提出玉水铜多金属矿床为岩浆热液型成因^[2,7],首先,矿区内出现的岩浆岩主要是辉绿岩,辉绿岩穿切矿体,形成于成矿之后。但辉绿岩与围岩接触带并无矿化,且成因与辉绿岩有关的铜铅锌矿床在国内外都是罕见的。其次,岩浆热液型的铜铅锌矿床成矿流体一般都是中高温的流体,根据包裹体测温得到的玉水的包裹体数据与其对比有明显的不同,表明其并非是岩浆成因的,因此岩浆热液型矿床这个结论也是值得怀疑的。

3.2.3 与MVT型矿床对比

通过野外观察发现在离矿体远的石英砂岩呈紫红色,而在矿体附近的石英砂岩则是灰白色。说明石英砂岩发生了褪色。而玉水铜多金属矿床的位置正好在侏罗纪红层盆地的西南边缘部位。这种现象的出现往往与区域盆地卤水活动有关^[18]。通过对矿床地质特征(矿体形态、产出位置、矿物组合、矿物特征、矿化阶段、围岩蚀变特征),地球化学以及流体包裹体

的研究我们发现玉水铜多金属矿床更能与MVT型矿床进行类比。例如在含矿建造上,MVT型矿床的地层层序是下部为砂岩、上部为碳酸盐岩,例如新疆的塔木—卡兰古一带铅锌矿的赋矿地层也是矿体上盘为碳酸盐岩,下盘为碎屑岩^[19~26]。与玉水的情况一致。而玉水流体包裹体通过测温得到的均一温度集中在110~220℃,盐度在8%~15%。对比国内外一些著名的MVT型矿床,例如美国中部的很多典型的MVT型矿床成矿温度在80~170℃^[27];凡口铅锌矿,成矿流体温度为120~170℃,盐度<4%^[28]。湘西花垣铅锌矿流体包裹体均一温度为125~150℃,盐度为19%^[29],新疆的塔木卡古兰地区多个矿床流体包裹体均一温度范围为104~196℃,盐度为11.1%~18.2%^[30],说明玉水铜铅锌矿床跟大部分MVT型矿床一样具有低温的特征。

综合前人有关该矿床的同位素资料以及本人所测数据得到玉水铜多金属矿床的 $\delta^{34}\text{S}$ 的值为-34.28‰~3.3‰,峰值在-4‰~0‰(另文讨论),显示出较宽的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围,反应总体富轻硫的特点。宽的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围可以解释为流体在盆地内活动期间与不同地层单元发生相互作用,从而继承了不同物质单元的S同位素特点,反映硫来自沉积盆地。矿石矿物的 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为38.28~39.036, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为15.591~15.815, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为18.001~18.303,显示大多数矿石矿物铅同位素组成在上地壳铅组成范围内,说明金属矿物来源主要是上地壳中的岩石,这一点与MVT型矿床类似。

由于玉水铜矿的矿化以铜为主,其次是铅锌,已探明资源储量铜约9.5万t、铅18万t。这种矿化组合与一般意义的MVT矿床以铅锌为主的矿化组合明显不同。

同类型矿床如新疆塔木—卡兰古铅锌矿带的阿巴列克铜铅矿^[18],也是赋存于砂岩/碳酸盐岩界面处的低温热液型矿床,另外,与湖南柏坊铜矿也存在较多的相似性,矿床产于红层盆地边部^[31]。

综合这些特点,广东玉水铜多金属矿床具有一些MVT矿床的特点,如含矿层序、蚀变特点,成矿流体温度与盐度,但与典型MVT矿床的差异也较明显;部分具有砂岩型铜矿的特点,如辉铜矿—斑铜矿—黄铜矿—黄铁矿这样的矿物组合。玉水铜矿成矿作用与盆地卤水作用有关,层控特征明显,成矿

作用是后生的,成矿温度较低,暂定为与盆地卤水作用有关的层控低温热液矿床,成矿特征可大体与MVT矿床相类比。

4 结 论

(1)玉水铜铅锌矿床的矿化阶段分为早期的赤铁矿阶段和晚期的硫化物阶段,根据室温(25℃)下的成分-相态特征,基本为气液包裹体,其中硫化物阶段的流体属于主成矿的流体,流体包裹体均一温度为90~289℃,集中分布在110~220℃。其中闪锌矿中流体包裹体均一温度为90~289℃。石英中包裹体均一温度110~287℃,方解石中包裹体均一温度125~210℃,盐度集中在8%~15%,因此玉水铜多金属矿床的成矿流体具有低温中盐度的特征。通过激光拉曼分析表明流体包裹体气相成分主要是H₂O,少量为CO₂。

(2)玉水铜铅锌矿床的矿床地质特征和成矿流体特征与MVT型Pb-Zn矿有很大的相似性,因此将玉水铜铅锌矿床成因定为层控低温热液型矿床,属于一种非典型的MVT型矿床。

参考文献(References):

- [1] 何耀基. 广东梅县玉水热液沉积多金属矿床的成矿地质特征[J]. 广东地质, 1990, 5(1): 1-13.
He Yaoji. Metallogenic-geological characteristics of Yushui hydrothermal sedimentary polymetallic deposit in Meixian County, Guangdong Province[J]. Guangdong Geology, 1990, 5(1): 1-13 (in Chinese with English abstract).
- [2] 陈炳辉, 陈敬德, 郭锐, 等. 广东梅县玉水铜多金属矿床成因[J]. 广东地质, 1992, 5(1): 59-69.
Chen Binghui, Chen Jingde, Guo Rui, et al. Genesis of Cu-polymetallic Deposit of Yushui field, Guangdong[J]. Guangdong Geology, 1992, 5(1): 59-69 (in Chinese with English abstract).
- [3] 李昌年. 火成岩微量元素岩石学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992: 74-126.
Li Changnian. Trace elements in igneous petrology[M]. Wuhan: China University of Geosciences press, 1992: 74-126(in Chinese).
- [4] 何耀基. 梅县玉水铜铅锌矿床中的银[J]. 广东地质, 1997, 12(4): 41-48.
He Yaoji. Silver in Yushui copper-lead-zinc deposit, Meixian[J]. Guangdong Geology, 1997, 12(4): 41-48 (in Chinese with English abstract).
- [5] 何耀基. 梅县玉水铜铅锌(银)矿床成矿机制及找矿标志[J]. 广东地质, 1997, 13(2): 65-71.
He Yaoji. Ore-forming mechanism and ore guide of the Yushui copper-lead-zinc(silver) deposit in Meixian[J]. Guangdong Geology, 1997, 13(2): 65-71 (in Chinese with English abstract).
- [6] 汪礼明. 广东梅县玉水多金属矿床成因探讨[J]. 大地构造与成矿学, 1999, 23 (4): 345-352.
Wang Liming. On the genesis of the Yushui polymetallic deposit in Meixian County, Guangdong Province[J]. Geotectonica et Metallogenia, 23 (4): 345-352 (in Chinese with English abstract).
- [7] 刘家齐. 广东梅县玉水富铜多金属矿床温压地球化学特征、成矿时代及成因研究[J]. 华南地质与矿产, 1997, (1): 37-50.
Liu Jiaqi. Thermobarogeochemistry, ore-forming age and genesis study for the Yushui copper-rich multimetal deposit in Meixian county, Guangdong Province[J]. Geology and Mineral Resource of South China, 1997, (1): 37-50 (in Chinese with English abstract).
- [8] 陈文强. 玉水铜多金属矿床的成矿地质条件及其成因分析[J]. 有色金属, 2007, 59(1): 18-21.
Cheng Wenqiang. The ore-forming geology condition and origin of Yushui copper-polymetallic deposit[J]. Minerals Metals, 2007, 59(1): 18-21 (in Chinese with English abstract).
- [9] 张长青, 吴越, 王登红, 等. 中国铅锌矿床成矿规律概要[J]. 地质学报, 2014, 88(12): 2252-2268.
Zhang Changqing, Wu Yue, Wang Denghong, et al. Brief introduction on metallogeny of Pb-Zn deposits in China[J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88(12): 2252-2268 (in Chinese with English abstract).
- [10] Bodnar R J. A method of calculating fluid inclusion volumes based on vapor bubble diameters and P-V-T-X properties of inclusion fluids[J]. Economic Geology, 1983, 78(3): 535-542.
- [11] Hall D L, Sterner SM, Bodnar R J. Freezing point depression of NaCl-KCl-H₂O solutions[J]. Economic Geology, 1988, 83: 197-202.
- [12] 卢焕章, 范宏瑞, 倪培, 等. 流体包裹体[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 1-486.
Lu Huanzhang, Fan Hongrui, Ni Pei, et al. Fluid Inclusion[M]. Beijing: Science Press, 2004: 1-486 (in Chinese).
- [13] 刘铁庚, 叶霖, 周家喜, 等. 闪锌矿的Fe-Cd关系随其颜色变化而变化[J]. 中国地质, 2010, 37(5): 1457-1468.
Liu Tiegeng, Ye Lin, Zhou Jiayi, et al. The variation of Fe and Cd correlativity in sphalerite with the variation of the mineral color[J]. Geology in China, 2010, 37(5): 1457-1468 (in Chinese with English abstract).
- [14] 韩发, 孙海田. SEDEX型矿床成矿系统[J]. 地学前缘, 1999, 6 (1): 140-163.
Han Fa, Sun Haitian. Metallogenic system of SEDEX type deposit[J]. Earth Science Frontiers, 1999, 6(1): 140-163 (in Chinese with English abstract).
- [15] 王玉奇. SEDEX型矿床与VMS型矿床对比研究[J]. 资源环境与工程, 2009, 23(3): 259-262.
Wang Yuqi. Comparative study on Sedex deposits and VMS deposit[J]. Resource Environmenting & Engineering, 2009, 23(3):

- 259–262 (in Chinese with English abstract).
- [16] 徐克勤, 王鹤年, 周建平, 等. 论华南喷流沉积块状硫化物矿床[J]. 高校地质学报, 1996, 2(3): 2–17.
Xu Keqin, Wang Henian, Zhou Jianping, et al. A discussion on the exhalative sedimentary massive sulfide deposits of south China[J]. Geological Journal of China Universities, 1996,2(3): 2–17(in Chinese with English abstract).
- [17] 王莉娟, 彭志刚, 祝新友, 等. 青海省锡铁山 Sedex 型铅锌矿床成矿流体来源及演化: 流体包裹体及同位素地球化学证据[J]. 岩石学报, 2009, 25(11): 3007–3015.
Wang Lijuan, Peng Zhigang, Zhu Xinyou, et al. Source and evolution of the Xitieshan sedimentary– exhalative lead– zinc system, Qinghai Province; Evidence from fluid inclusion and isotope geochemistry[J]. Acta Petrologica Sinica, 2009, 25(11): 3007–3015(in Chinese with English abstract).
- [18] 祝新友, 王京彬. 新疆塔西南地区与盆地卤水作用有关的金属矿床成矿系统[J]. 矿产勘查, 2014, 5(2): 136–148.
Zhu Xin you, Wang Jingbin. Study on metallogenic system of Pb– Zn, Cu and U deposits associated with basin brines in the southwestern Tarim basin, Xinjiang[J]. Mineral Exploration, 2014, 5(2): 136–148 (in Chinese with English abstract).
- [19] 甄世民, 祝新友, 李永胜, 等. 关于密西西比河谷型 MVT 铅锌矿床的一些探讨[J]. 矿床地质, 2013, 32(2): 367–379.
Zhen Shiming, Zhu Xinyou, Li Yongsheng, et al. A tentative discussion on Mississippi Valley– type deposits[J]. Mineral Deposits, 2013, 32(2): 367– 379 (in Chinese with English abstract).
- [20] 张长青, 余金杰, 毛景文, 等. 密西西比型 MVT 铅锌矿床研究进展[J]. 矿床地质, 2009, 28(2): 195–210.
Zhang Changqing, Yu Jinjie, Mao Jingwen, et al. Advances in the study of Mississippi Valley– type deposits[J]. Mineral Deposits, 2009, 28(2): 195–210(in Chinese with English abstract).
- [21] 刘英超, 侯增谦, 杨竹森, 等. 密西西比河谷型 MVT 铅锌矿床认识与进展[J]. 矿床地质, 2008, 27(2): 253–264.
Liu Yingchao, Hou Zengqian, Yang Zhusen, et al. Some insights and advances in study of Mississippi Valley– type(MVT) lead– zinc deposits[J]. Mineral Deposits, 2008, 27(2): 253– 264 (in Chinese with English abstract).
- [22] 周朝宪, 魏春生, 叶造军. 密西西比河谷型铅锌矿床[J]. 地质地球化学, 1997, 1(1): 65–75.
Zhou Chaoxian, Wei Chunsheng, Ye Zaojun. The Mississippi Valley Type lead–zinc deposit[J]. Geology Geochemistry, 1997, 1(1): 65–75(in Chinese with English abstract).
- [23] Leach D L, Sangster D F. Mississippi Valley– type lead– zinc deposits[J]. Geological Association of Canada Special Paper, 1993, 40: 289–314.
- [24] Leach D L, Bradley D C, Lewchuk M T, et al. Mississippi Valley– Type lead– zinc deposits through geological time: Implications from recent age– dating research[J]. Mineralium Deposita, 2001, 36(8): 711–740.
- [25] Leach D L, Bechstaedt T, Boni M. Triassic–hosted MVT Zn–Pb ores of Poland, Austria, Slovenia and Italy[J]. Europe’s major base metal deposits: Dublin, Irish Association for Economic Geology, 2003: 169–213.
- [26] Leach D L, Sangster D F, Kelley K D, et al. Sediment– hosted lead– zinc deposits: A global perspective[J]. Economic Geology 100th Anniversary Volume, 2005, 561–607.
- [27] McLimans R K. Geological, Fluid Inclusion, and Stable Isotope Studies of the Upper Mississippi Valley Zinc– lead District, Southwest Wisconsin: A Thesis in Geochemistry[M]. Pennsylvania State University, 1977.
- [28] 韩英, 王京彬, 祝新友, 等. 广东凡口铅锌矿床流体包裹体特征及地质意义[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2013, 32(1): 81–86.
Han Ying, Wang Jingbin, Zhu Xinyou, et al. The characteristics and its geological significance of the fluid inclusion in the Fankou lead– zinc deposit, Guangdong[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2013, 32(1): 81– 86 (in Chinese with English abstract).
- [29] 刘文均, 郑荣才. 花垣铅锌矿床成矿流体特征及动态[J]. 矿床地质, 2000, 19(2): 173–181.
Liu Wenjun, Zheng Rongcai. Characteristics and movement of ore–forming fluids in the huayuan lead–zinc deposit [J]. Mineral Deposits, 2000, 19(2): 173– 181(in Chinese with English abstract).
- [30] 王书来, 汪东波, 祝新友. 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.
Wang Shulai, Wang Dongpo, Zhu Xinyou. The fluid inclusion in MVT lead–zinc deposit in southwest margin of Tarim [J]. Mineral Resources and Geology, 2001, 15(4): 238–242 (in Chinese with English abstract).
- [31] 公凡影, 李永胜, 甄世民, 等. 湖南柏坊铜矿床地质特征及矿床成因初探[J]. 矿物学报, 2013, (S2): 152–153.
Gong Fanying, Li Yongsheng, Zhen Shiming, et al. Geological characteristics and genesis of the Baifang copper deposit in Hunan[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2013, (S2): 152– 153.(in Chinese)
- [32] 王晓虎, 薛春纪, 李智明, 等. 扬子陆块北缘马元铅锌矿床地质和地球化学特征[J]. 矿床地质, 2008, 27(1): 37–48.
Wang Xiaohu, Xue Chunji, Li Zhiming, et al. Geological and geochemical characteristics of Mayuan Pb– Zn ore deposit on northern margin of Yangtze landmass[J]. Mineral Deposits, 2008, 27(1): 37–48 (in Chinese with English abstract).
- [33] 冯光英, 刘燊, 彭建堂, 等. 新疆塔木卡兰古铅锌矿带流体包裹体特征[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2009, 39(3): 406–414.
Feng Guangying, Liu Shen, Peng Jiantang, et al. Characteristics of fluid inclusions from Tamu– Kalangu lead– zinc metallogenic belt, Xinjiang[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2009, 39(3): 406–414(in Chinese with English abstract).