

内蒙古鄂伦春旗库伦迪铅锌矿床矿石特征研究^{*}

刘清¹, 张君², 郭厚福², 黄森林²

(1 江西省勘察设计研究院, 南昌 330095) (2 江西省地质矿产勘查开发局赣东北大队, 上饶 334008)

摘要:大兴安岭成矿带是我国重要的有色金属成矿带之一,库伦迪铅锌矿床是近年来在该带北段中发现的中型矿床之一。本文在系统的野外地质调查的基础上,对该矿床的矿石开展详细的矿石特征研究。结果表明:库伦迪矿床矿石可划分为锌铅矿石、锌铅铜矿石、铜锌矿石和铅矿石等 4 种类型;各矿石类型矿物共生组合分析表明,按成因该矿床矿石结构可分为结晶结构、交代结构、固溶体分离结构和压碎结构;矿石构造以细脉状构造、浸染状构造、块状构造和团块状构造为主,条带状构造次之。综合矿物学特征,将成矿期次划分为两期:第一成矿期为闪锌矿—黄铜矿成矿期,并划分为辉钼矿—磁铁矿成矿阶段、黄铁矿—闪锌矿成矿阶段、闪锌矿—黄铜矿成矿阶段;第二成矿期为方铅矿成矿期,主要有方铅矿、黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿等。

关键词:库伦迪铅锌矿床;大兴安岭成矿带;矿石特征;矿物共生组合

中图分类号:P575;P583

文献标识码:A

文章编号:2096-1871(2016)02-120-11

库伦迪铅锌矿床位于大兴安岭成矿带北段,内蒙古鄂伦春旗境内。吴德成等(2014)^[1]对库伦迪矿床邻近的那吉河矿床地质特征、控矿规律、矿床成因进行了研究;梁玉伟等(2014)^[2]探讨了那吉河矿床成因与找矿标志。赵丕忠等(2014)^[3]通过研究库伦迪矿床流体包裹体和金属矿物 S、Pb 同位素特征,认为成矿流体主要来自火山期后热液,后期有地表水的加入,成矿物质主要为深部来源(幔源),部分为中性酸性岩浆期后流体萃取老地层中的成矿物质,有 175Ma 和 138Ma 两期成矿,认为矿床成因类型为火山热液型。

前人虽然对库伦迪矿床及其邻区成矿地质特征进行了一定程度的研究,但对该矿床的矿石特征尚未作系统研究。本文在系统野外地质调查的基础上,选择矿床矿石特征,包括矿石类型、矿物组成、主要矿物特征、矿石结构构造以及成矿期、成矿阶段和矿物生成顺序进行研究,为区域地质矿产勘查提供参考。

1 区域地质背景

研究区位于古亚洲构造成矿域与太平洋构造成

矿域叠加、复合部位,成矿地质背景复杂,成矿地质条件优越(图 1)^[3-8]。

早古生代至早中生代,受西伯利亚古板块和中朝古板块 SN 向挤压,沿两个古陆前缘形成一系列主要为 EW 向、其次为 NE 向的褶皱带和深大断裂,于晚泥盆世—早石炭世沿二连浩特—贺根山一线拼接、碰撞。这些褶皱带和断裂不仅控制岩浆构造活动,同时控制了与之有关的矿产。中生代以来,滨西太平洋板块向古亚洲板块自 SE 向 NW 俯冲、消减,形成一系列 NE-NNE、NWW 和 NNW 向断裂并构成格子状断裂系统。这些相间排列的断隆带、断陷带和格子状断裂系统是大兴安岭的主要构造形式。晚侏罗世—早白垩世,这些断裂活动达到顶峰,伴随强烈中—酸性岩浆侵入和喷发,形成一系列火山喷发岩带,许多铜、钼、铅、锌、金、银、锡等矿床、矿(化)点均受 NE-NNE、NWW 向断裂控制,不仅控矿容矿,也是重要的导矿构造^[5]。

矿区主要出露古元古界兴华渡口群斜长角闪片麻岩、变粒岩和大理岩,分布于库伦迪矿区中部。矿区内广泛分布侏罗系上统玛尼吐组安山岩、安山质

^{*} 收稿日期:2015-09-24 改回日期:2015-11-26 责任编辑:谭桂丽
基金项目:内蒙古鄂伦春旗库伦迪铅锌矿普查项目。
第一作者简介:刘清,1980 年生,男,工程师,长期从事地质矿产勘查工作。

矿区主要蚀变有硅化、钾化、黄铁矿化、绿泥石化、绿帘石化、绢云母化、碳酸盐化,其次为高岭土化,少量萤石化、云英岩化。其中硅化、钾化与北矿段矿化密切,绿泥石化、绿帘石化与南矿段矿化密切。

库伦迪矿区分为北矿段和南矿段(图 1)。北矿段矿体主要赋存于火山碎屑岩及流纹岩中,少数赋存于花岗斑岩以及二长花岗岩中,多产于断裂破碎带及裂隙带中,主要为 I、II、III 号三个矿体,矿体总体产状走向 NWW,倾向 SSE,倾角 40°~80°。其中 I 号矿体金属矿物主要为闪锌矿、次为方铅矿、黄铁矿,偶见黄铜矿。地表矿体 Pb 品位 0.71%~0.79%,Zn 品位 0.79%~0.93%,Ag 品位 8~14g/t。南矿段矿体主要赋存于安山岩中,呈缓倾斜脉状产于破碎带或裂隙带中,共有铅锌矿(化)体 11 个,编号为 M1—M4、M11—M14、M21—M23,其中 M1 号矿体为主矿体,矿体倾向 NNE,倾角 48°~80°,矿体金属矿物主要为闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、磁黄铁矿,偶见黄铜矿,平均品位 Cu 0.05%、Pb 1.19%、Zn 2.71%、Ag 22g/t。

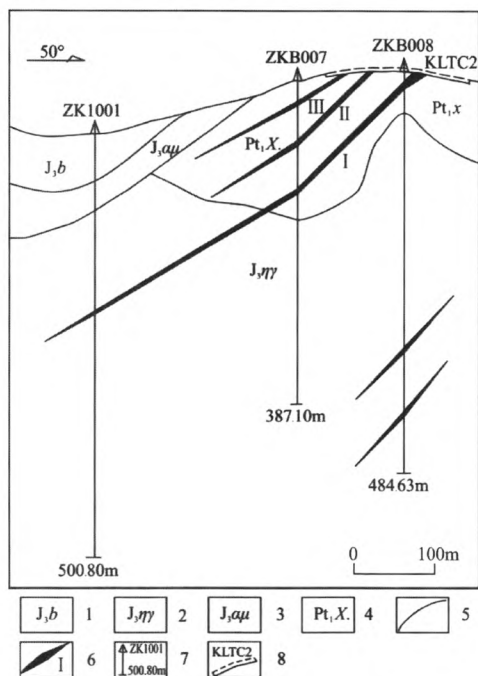


图 2 库伦迪矿区 8 号勘探线地质剖面图

Fig. 2 Geologic section of exploration line 8 in the Kulundi deposit

1-上侏罗统白音高老组流纹岩和流纹质凝灰岩;2-晚侏罗世二长花岗岩;3-晚侏罗世闪长玢岩;4-古元古界兴华渡口群砂卡岩和大理岩;5-地质界线;6-铅锌矿体及编号;7-钻孔工程及编号;8-探槽工程及编号

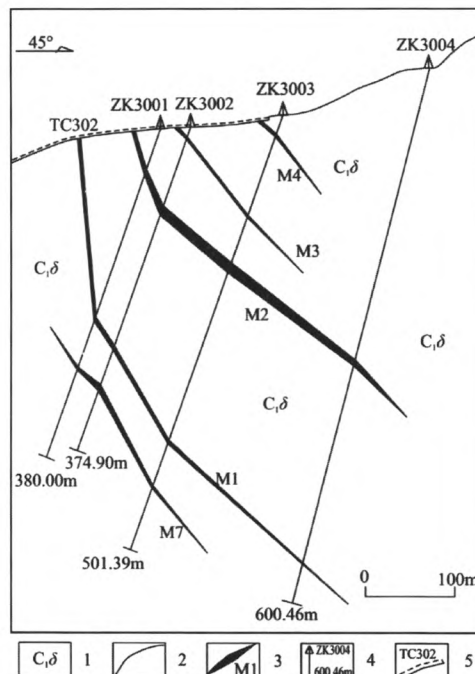


图 3 库伦迪矿区 30 号勘探线地质剖面图

Fig. 3 Geologic section of exploration line 30 in the Kulundi deposit

1-早石炭世闪长岩;2-地质界线;3-铅锌矿体及编号;4-钻孔工程及编号;5-探槽工程及编号

3 矿石特征

3.1 矿石类型和矿物组合

库伦迪矿床现已查明矿物近 20 多种,其中金属矿物近 10 种,非金属矿物 10 余种。根据有用元素及其矿物组合,将库伦迪矿床矿石类型划分为四类,即锌铅矿石(图 4A)、锌铅铜矿石(图 4B)、铜锌矿石(图 4C)和铅矿石(图 4D)。这 4 种矿石类型的矿物组合和产出部位既有差异性又有相似性。由于矿石类型仅根据有用矿物组合划分,往往会有 2 种或 3 种矿石类型同产一处,有些矿石类型是过渡的。各矿石类型的矿物共生组合见表 1。

3.2 主要矿物特征

(1)闪锌矿:多为普通闪锌矿,部分为含铁闪锌矿,手标本呈棕色、棕褐色、部分含铁闪锌矿为暗褐色、黑褐色。半自形晶或他形粒状晶为主,反光镜下为灰色,反射率低,突起较高,常呈半自形粒状或不规则粒状集合体和细脉沿火山岩中的硅酸盐矿物(长石、石英)晶隙间充填分布,并与方铅矿、黄铜矿、斑铜矿、黄铁矿共生(图 4A、图 4B、图 4C,图 5A、图 5B、图 5C、图 5D),常有黄铜矿、方铅矿固熔体分离形式析出小颗粒(图 4C,图 5B、图 5C)。闪锌矿矿物

表 1 主要矿石类型矿物共生组合
Table 1 Mineral association of the primary ore types

类型	锌铅矿石	锌铅铜矿石	铜锌矿石	铅矿石
金属矿物	主要 闪锌矿、方铅矿	闪锌矿、方铅矿、黄铜矿	黄铜矿、闪锌矿、斑铜矿	方铅矿
	次要 黄铜矿、黄铁矿、白铅矿、褐铁矿	黄铁矿、斑铜矿、磁铁矿、白铁矿、褐铁矿、铜兰	方铅矿、黄铁矿、磁铁矿、白铁矿、褐铁矿、铜兰	闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、褐铁矿
非金属矿物	主要 石英、长石	石英、长石	石英、长石	石英、长石
	次要 黑云母、绢云母、绿泥石、白云母、萤石、方解石	黑云母、绢云母、绿泥石、长石、绿帘石、白云母、萤石、方解石	黑云母、绢云母、绿泥石、白云母、萤石、方解石	黑云母、绢云母、绿泥石、白云母、萤石、方解石

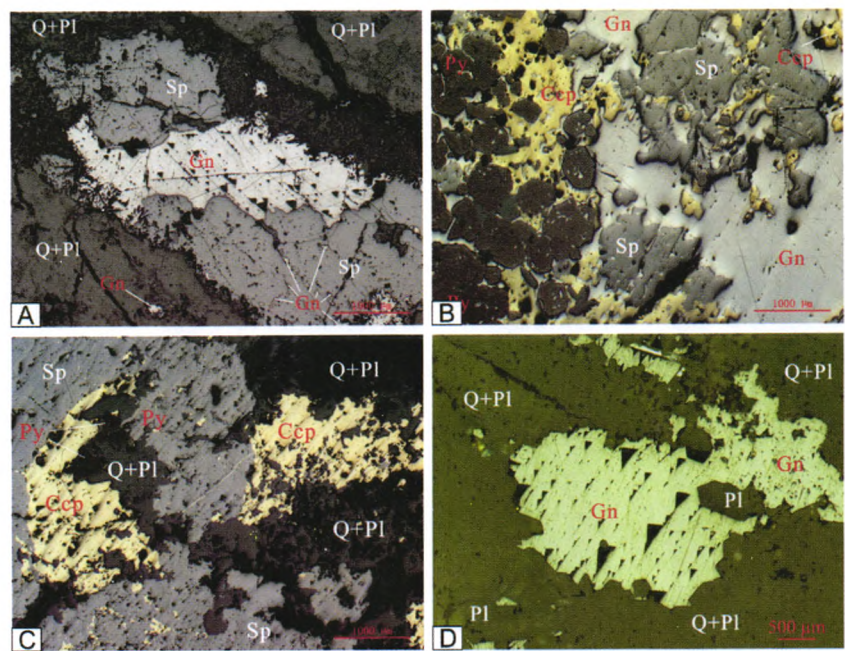


图 4 主要矿石类型及金属矿物
Fig. 4 Primary ore types and metallic minerals

反光(A)铅锌矿石,金属矿物主要为闪锌矿(Sp)和方铅矿(Gn),非金属矿物主要为石英(Q)。闪锌矿呈半自形粒状赋存于石英(Q)间,方铅矿呈他形粒状赋存于石英和闪锌矿等矿物粒间。反光(B)铅锌铜矿石,金属矿物主要为闪锌矿(Sp)、方铅矿(Gn)、黄铜矿(Ccp)和黄铁矿(Py),非金属矿物仅少量石英(Q)。闪锌矿呈团块状,包裹黄铁矿颗粒。方铅矿和黄铜矿赋存于闪锌矿晶间。反光(C)铜锌矿石,金属矿物主要为闪锌矿(Sp)和黄铜矿(Ccp),少量黄铁矿(Py),非金属矿物主要为石英(Q)。闪锌矿呈较大半自形晶体赋存于石英等非金属矿物晶间;黄铜矿呈中小颗粒赋存于闪锌矿或石英晶间;黄铁矿呈半自形赋存于石英晶间。反光(D)方铅矿矿石,金属矿物主要为方铅矿(Gn),方铅矿呈半自形—他形粒状发育于石英(Q)、斜长石(Pl)等非金属矿物颗粒间,集合体呈不规则团块状,细小方铅矿呈浸染状发育于脉石矿物中。

粒径一般 0.2~2 mm,最小粒径<0.01 mm,部分闪锌矿颗粒达 2~3 mm,甚至>5 mm(图 4A、图 4C;图 5B)。黄铁矿矿物常被闪锌矿熔蚀,边界呈港湾状(图 5C、图 5F)。部分闪锌矿被方铅矿交代熔蚀,构成交代残留结构或筛状结构(图 4B)。

(2)方铅矿:铅灰色,金属光泽,以半自形晶和他形粒状晶为主;粒度总体较细,多数为 0.2~1 mm,少数达 1~3 mm 以上,最小粒径 0.01 mm。反光镜下为亮白色,反射率较高,突起中等偏高(图 4D,图 6A、图 6B、图 6C、图 6D)。从方铅矿与其他矿物

关系或方铅矿赋存状态看,主要有三种。第一种为方铅矿呈独立颗粒赋存于石英、长石、绢云母等非金属矿物颗粒之间(图 4D,图 6A、图 6D),该产出状态的方铅矿颗粒一般相对较大。第二种为与闪锌矿共生(图 4A、图 4B,图 5B)或交代闪锌矿(图 5B);第三种方铅矿常呈乳滴状、雏晶状嵌布于闪锌矿中(图 5C)。从方铅矿在矿石中的分布看,一是呈浸染状、团块状分布于其它矿物间(图 4A、图 4D,图 5A),二是呈条带状、细脉状分布于脉石矿物间(图 6E),三是与黄铁矿一起充填于火山岩气孔中(图 6F)。

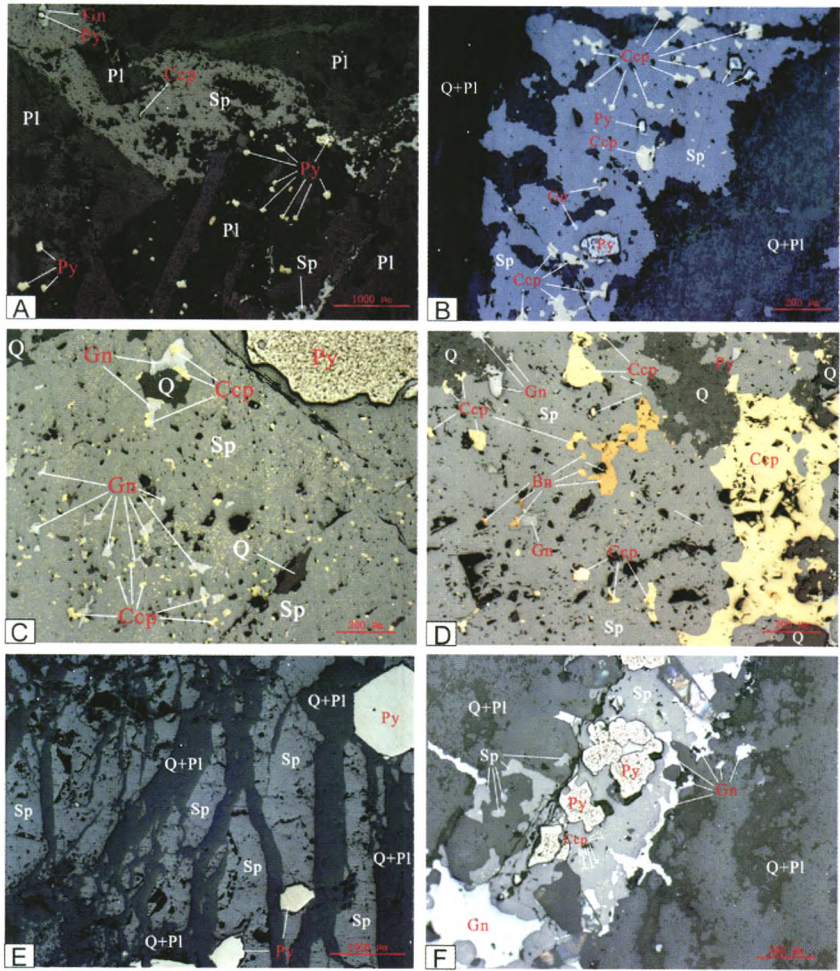


图 5 闪锌矿主要矿物特征

Fig. 5 Primary mineralogical characteristics of sphalerite

反光(A)闪锌矿(Sp)呈半自形粒状赋存于长石(Pl)等非金属矿物颗粒间,多数颗粒较大,部分颗粒较小,少量黄铁矿呈自形细粒状赋存于长石(Pl)等非金属矿物颗粒内,个别黄铜矿(Ccp)呈细小颗粒发育于闪锌矿颗粒内。反光(B)闪锌矿(Sp)呈半自形粒状赋存于石英(Q)长石(Pl)等非金属矿物颗粒之间,颗粒较大;黄铜矿(Ccp)和少量方铅矿(Gn)呈半自形—他形细粒状或乳滴状发育于闪锌矿内,少量黄铁矿呈半自形或被熔蚀残留于闪锌矿颗粒内。反光(C)闪锌矿(Sp)中发育细小颗粒或乳滴状的方铅矿(Gn)和黄铜矿(Cp),早期黄铁矿(Py)晶体边部被熔蚀,呈不规则港湾状,反光(D)闪锌矿(Sp)呈半自形粒状赋存于石英(Q)、长石等非金属矿物颗粒之间,颗粒较大;共生矿物有黄铜矿(Cp)、斑铜矿(Bn)、方铅矿(Gn)等。反光(E)闪锌矿(Sp)呈较大晶体(>5 mm),并发生破裂、破碎,裂隙具有一定方向性,沿裂隙有长英质矿物贯入,形成似条带状构造;发育后期自形黄铁矿(Py)。反光(F)闪锌矿(Sp)呈细与脉状充填于火山岩中,与方铅矿(Gn)和黄铁矿(Py)共生,方铅矿晚于黄铁矿并包含熔蚀黄铁矿,黄铁矿边界呈浑圆状或港湾状形成包含结构和交代结构。

(3)黄铜矿:铜黄色,表面常有蓝、紫褐色斑状锍色,条痕绿黑色,金属光泽,不透明,硬度低且性脆。反光镜下为微带绿色的黄色,矿物结晶程度较低,以他形晶为主。本区矿石中黄铜矿含量较低,但分布较广,赋存状态多样。在锌铅铜矿石和铜锌矿石中,黄铜矿结晶颗粒较大,可达 0.2~0.5 mm,最大可达 1 mm(图 4B、图 4C,图 5D,图 7A、图 7B);在其它类型矿石中多为他形粒状晶体,集合体呈斑点状、小团块状及细脉状产出或呈乳滴状分布于闪锌矿中,粒径一般 0.025~0.005 mm,最小为 0.001 mm(图 5C、图 5D,图 7D);黄铜矿也呈中等颗粒状发育于黄

铁矿晶体间,粒径 0.2~0.5 mm(图 7C),或不规则条带状产于绢云母、石英晶隙间(图 7A)。

(4)黄铁矿:黄白色,表面常有蓝、紫褐色的斑状锍色,条痕黑色,金属光泽,不透明,硬度高且性脆。反光镜下为明亮的黄白色,反射率高。矿物结晶程度高,多数自形粒状晶体,呈不同程度浸染状产于长石、石英、绢云母晶隙间(图 8A)。库伦迪矿床矿石和围岩中黄铁矿含量均较高,分布广,颗粒较粗。粒径一般 0.5~2 mm,最大可达 3~5 mm。多数颗粒较大的黄铁矿往往发育裂隙,且裂隙中有黄铜矿或方铅矿充填(图 7C,图 8B)。由于早世代结晶的黄

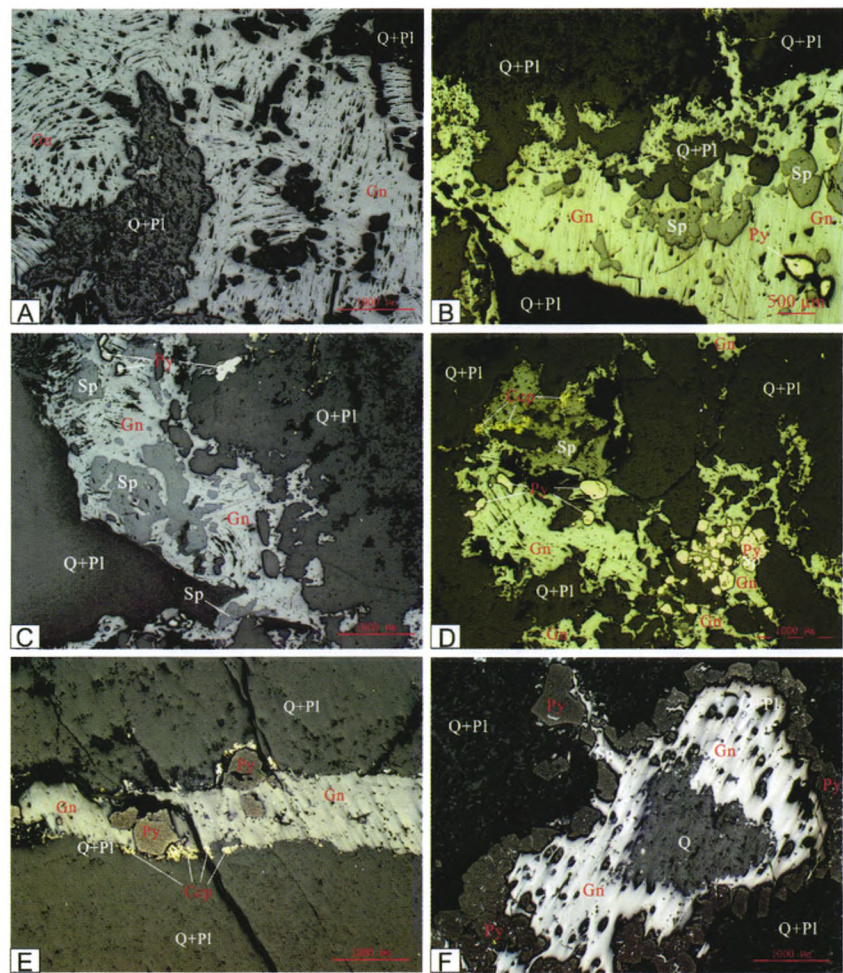


图 6 方铅矿主要矿物特征

Fig. 6 Primary mineralogical characteristics of galena

反光(A)方铅矿(Gn)呈他形粒状较大颗粒(大于 5 mm)发育于石英(Q)、长石(Pl)、绢云母等非金属矿物颗粒间;可能受后期变形,解理面发生弯曲。反光(B)方铅矿(Gn)呈半自形-他形粒状较大颗粒发育于石英(Q)、长石(Pl)、绢云母等非金属矿物颗粒间,包含或交代熔蚀闪锌矿(Sp)和黄铁矿(Py),形成包含结构和交代残留结构。反光(C)方铅矿(Gn)呈半自形-他形粒状较大颗粒发育于石英(Q)、长石(Pl)、绢云母等非金属矿物颗粒之间,交代熔蚀闪锌矿(Sp)和黄铁矿(Py),形成交代残留结构。反光(D)方铅矿(Gn)呈不规则—他形粒状较大颗粒发育于长英质矿物组成的火山岩中或长英质矿物颗粒之间,与闪锌矿(Sp)、黄铜矿(Ccp)和黄铁矿(Py)共生,交代熔蚀黄铁矿(Py)。反光(E)方铅矿(Gn)呈细脉状发育于火山岩的裂隙中,与黄铁矿(Py)和黄铜矿(Ccp)共生,黄铜矿晚于黄铁矿(Py),形成充填结构和条带状构造。反光(F)方铅矿(Gn)呈他形晶发育于火山岩气孔中,由气孔壁向中心生长,晚于黄铁矿(Py)、早于石英(Q),形成充填结构和杏仁状构造。

铁矿被晚世代结晶的矿物交代,黄铁矿本身被熔蚀,形成港湾状边界(图 5B、图 5C、图 5F,图 6B、图 6D,图 7C、图 7D),部分黄铁矿被交代较为彻底,形成黄铁矿假象,残留部分较少,形成交代穿孔或交代残留结构(图 8C、图 8D)。

(5)斑铜矿:铜红色、暗铜红色,表面常呈暗紫或蓝色斑状锈色,条痕灰黑色,金属光泽,不透明,硬度低且性脆。反光镜下为淡玫瑰棕色,部分为颜色较深的红棕色,反射率中等。矿物结晶程度低,常以他形粒状为主。本区矿石中斑铜矿含量较低,仅少数光片中见及。其赋存状态主要有 2 种,一是与黄铜

矿、方铅矿一起呈他形较小颗粒(0.05 mm±)发育于较大颗粒(>1 mm)的闪锌矿中(图 5D,图 9A);二是与黄铜矿、方铅矿一起呈他形较小颗粒(0.05~0.1 mm)发育于火山岩长英质矿物的晶间或粒间(图 9B)。斑铜矿总体颗粒较小,一般 0.02~0.05 mm,最大可达 0.1 mm,部分呈细小颗粒(<0.01mm)(图 9)。

(6)其他矿物:手标本还可见其他矿物,如金属矿物辉钼矿、磁铁矿、赤铁矿、孔雀石、铜蓝、褐铁矿、萤石和造岩矿物长石、石英、黑云母以及蚀变矿物绢云母、绿泥石等。

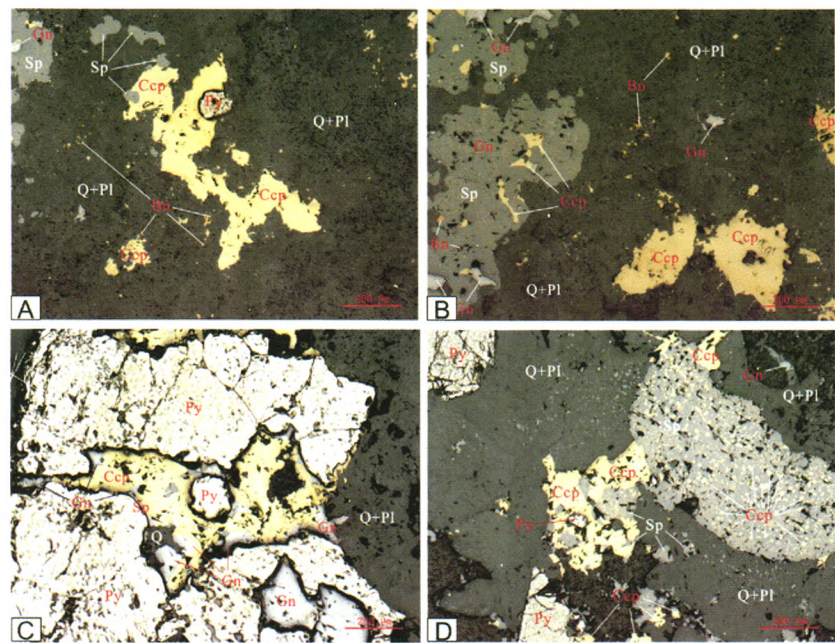


图 7 黄铜矿主要矿物特征

Fig. 7 Primary mineralogical characteristics of chalcopyrite

反光(A)较大颗粒黄铜矿(Ccp)呈不规则状发育于火山岩中,共生矿物有闪锌矿(Sp)、方铅矿(Gn)、黄铁矿(Py)和细小颗粒斑铜矿(Bn)。反光(B)较大颗粒黄铜矿(Cp)呈不规则状发育于火山岩中,共生矿物有闪锌矿(Sp)、方铅矿(Gn)和细小颗粒斑铜矿(Bn)。反光(C)黄铜矿(Ccp)呈他形中等粒状发育于自形一半自形黄铁矿(Py)粒间、裂隙内或发育于黄铁矿与脉石矿物石英、长石(Q+Pl)等晶粒间,见少量方铅矿(Gn)和闪锌矿(Sp)。反光(D)细小颗粒黄铜矿(Ccp)发育于长英质矿物颗粒间,与少量黄铁矿(Py)和方铅矿(Gn)共生,乳滴状黄铜矿(Cp)发育于大颗粒闪锌矿(Sp)颗粒内或裂隙中。

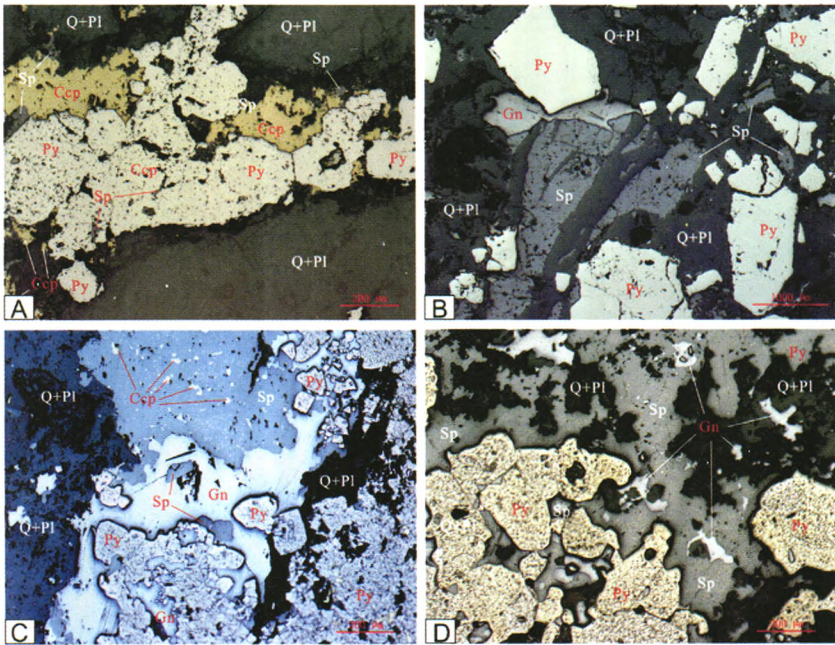


图 8 黄铁矿主要矿物特征

Fig. 8 Primary mineralogical characteristics of pyrite

反光(A)半自形黄铁矿(Py)发育于火山岩长英质矿物颗粒间,与黄铜矿(Cp)伴生,黄铁矿内有少量小颗粒闪锌矿(Sp)。反光(B)自形黄铁矿(Py)呈较大颗粒发育于火山岩长英质矿物颗粒间,与闪锌矿(Sp)、方铅矿(Gn)共生。反光(C)黄铁矿(Py)与方铅矿(Gn)和闪锌矿(Sp)共生,黄铁矿被方铅矿包裹或交代熔蚀,形成包含结构、交代穿孔结构或筛状结构;闪锌矿中发育乳滴状黄铜矿(Ccp)和方铅矿。反光(D)黄铁矿(Py)与闪锌矿(Sp)和少量方铅矿(Gn)共生,黄铁矿被闪锌矿包裹或交代熔蚀,形成包含结构,边界呈浑圆和港湾状;闪锌矿中发育细小方铅矿和乳滴状黄铜矿(Cp)。

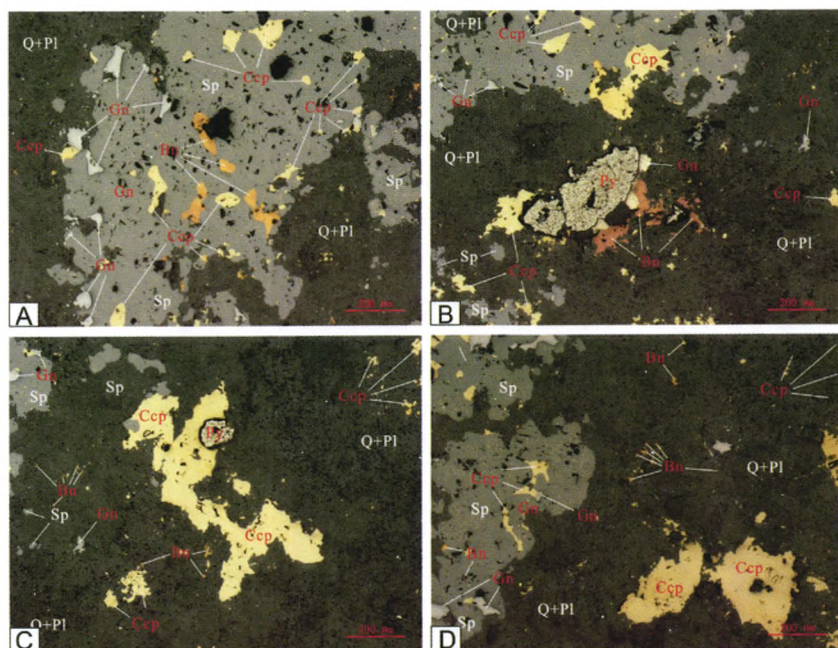


图 9 斑铜矿主要矿物特征

Fig. 9 Primary mineralogical characteristics of bornite

反光(A)斑铜矿(Bn)呈较小颗粒发育于闪锌矿(Sp)中,呈较小颗粒或乳滴状发育于闪锌矿(Sp)中的还有方铅矿(Gn)和黄铜矿(Ccp)。反光(B)斑铜矿(Bn)呈较小颗粒发育于长英质矿物(Q+Pl)中,共生矿物有黄铁矿(Py)、闪锌矿(Sp)、方铅矿(Gn)和黄铜矿(Ccp)。反光(C)斑铜矿(Bn)呈细小颗粒(约 0.01 mm)发育于长英质矿物粒间,有较大颗粒黄铜矿(Ccp)、黄铁矿(Py),闪锌矿(Sp)和少量方铅矿(Gn)共生。反光(D)斑铜矿(Bn)呈细小颗粒(约 0.01 mm 以下)发育于长英质矿物粒间,有较大颗粒黄铜矿(Ccp)、闪锌矿(Sp)和少量方铅矿(Gn)共生。

3.3 矿石结构构造

3.3.1 矿石结构

区内矿石结构按成因可分为结晶结构、交代结构、固溶体分离结构和压碎结构四种类型。其中结晶结构为矿区矿石的基本结构。

(1) 结晶结构

自形晶结构:黄铁矿常呈立方体自形晶产出(图 4B,图 5E,图 8B)。

半自形晶结构:部分黄铁矿呈半自形晶产出(图 7C,图 8A);闪锌矿也多为半自形晶产出(图 4A、图 4B,图 5C、图 5D);部分方铅矿呈半自形晶产出(图 4A、图 4D,图 6A)。

他形晶结构:黄铜矿、斑铜矿和部分闪锌矿、方铅矿呈他形粒状产出(图 4 B、图 4C,图 5D、图 5F,图 6B、图 6C、图 6D,图 7A~图 7D,图 8A、图 8C、图 8D,图 9A~图 9D)。

填隙结构:方铅矿、黄铜矿呈微细脉状充填于黄铁矿裂隙中(图 4 A,图 5F,图 6E,图 7C),或充填于火山岩气孔中(图 6F),或发育于闪锌矿、黄铁矿及脉石矿物晶隙间(图 4C、图 4D,图 5A、图 5D,图 6B、图 6C,图 7A、图 7B、图 7D,图 8A、图 8C、图 8D,图 9A~图 9D,图 10A)。

包含结构:黄铁矿被闪锌矿包裹(图 4B,图 5F,图 6B、图 6D,图 8C、图 8D)或闪锌矿被方铅矿包裹(图 6B)。

(2) 交代结构

交代结构:晚形成的矿物沿早形成的矿物晶隙间进行交代。如闪锌矿、方铅矿交代黄铁矿(图 4B,图 5F,图 6B、图 6D,图 7C)。

交代残余及筛状结构:方铅矿、闪锌矿强烈交代黄铁矿,呈不规则残余体或呈孤岛状分布于方铅矿和闪锌矿中(图 5F,图 6C,图 8C、图 8D)。

溶蚀结构:方铅矿向黄铁矿及闪锌矿中心渗透溶蚀交代,呈团块状分布于黄铁矿或黄铁矿颗粒之间(图 4B,图 6B、图 6C、图 6D,图 8C、图 8D)。

(3) 固溶体分离结构

黄铜矿呈乳滴状分布于闪锌矿中,方铅矿常呈乳滴状、雏晶状嵌布于闪锌矿中(图 4 C,图 5C,图 7D,图 8C、图 8D,图 9A)。

(4) 压裂、压碎结构

黄铁矿等性脆矿物或其集合体,受应力作用常被压裂或压碎,后被其他矿物或集合体充填、胶结,形成压裂、压碎结构(图 7C,图 10B)。

3.3.2 矿石构造

矿石构造主要有细脉状构造、浸染状构造、块状

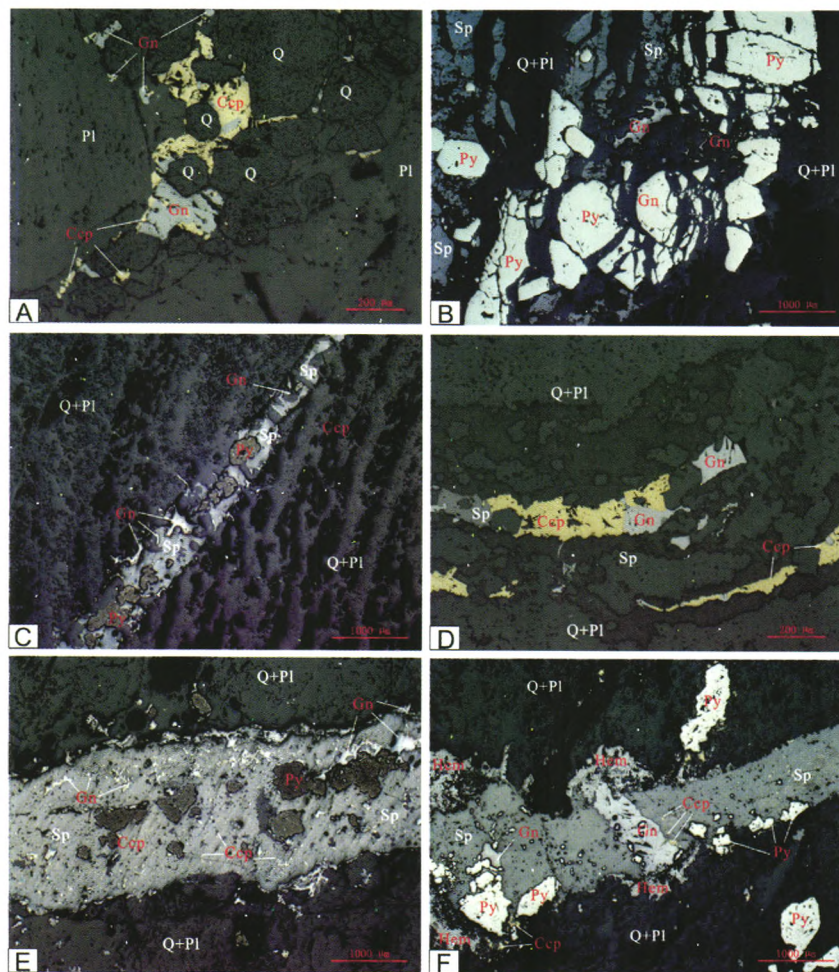


图 10 矿石结构构造特征

Fig. 10 Characteristics of texture and structure of ores

反光(A)黄铜矿(Cp)与方铅矿(Gn)构成细脉充填于花岗岩岩石的石英(Q)矿物颗粒之间构成填隙结构和细脉状构造。反光(B)黄铁矿(Py)与闪锌矿(Sp)及少量方铅矿(Gn)构成条带状构造,被挤压、破碎,具明显的压碎结构。反光(C)闪锌矿(Sp)与黄铁矿(Py)和方铅矿(Gn)构成细脉,充填于火山岩裂隙中,形成细脉状构造,可见黄铁矿最早,被熔蚀;方铅矿最晚,穿插在闪锌矿中。反光(D)黄铜矿(Cp)与闪锌矿(Sp)方铅矿(Gn)构成细脉,充填于火山岩流纹构造之间,形成细脉状、条带状构造,可见方铅矿最晚,穿插黄铜矿(Cp)和脉石矿物裂隙中。反光(E)闪锌矿(Sp)与黄铁矿(Py)和方铅矿(Gn)构成细脉,充填于火山岩裂隙中,形成细脉状构造,并可见黄铁矿最早,被熔蚀;方铅矿最晚,穿插在闪锌矿中;闪锌矿中还可可见乳滴状黄铜矿(Ccp)。反光(F)闪锌矿(Sp)呈细脉状(约 1 mm)发育于火山岩中,伴生黄铁矿(Py)、方铅矿(Gn)、赤铁矿(Hem)和黄铜矿(Ccp),其中黄铁矿形成较早,闪锌矿其次,方铅矿其三,切穿闪锌矿脉、赤铁矿最晚。

构造和团块状构造,条带状构造次之。

块状构造:方铅矿、闪锌矿、黄铁矿等呈不规则紧密堆积,构成致密块状铅锌铜矿石(图 4B,图 5 C、D,图 7C,图 8C、D)。

细脉状构造:方铅矿、含铁闪锌矿、黄铜矿等呈细脉状分布于蚀变火山岩中,形成细脉状构造矿石(图 5A、图 5B、图 5F,图 6E,图 10C~图 10F)。

浸染状构造:黄铜矿、方铅矿等呈分散状分布于岩石中。根据矿石矿物出现疏密程度不同分为稠密浸染状构造、稀疏浸染状构造和星散浸染状构造(图 4C、图 4D,图 6C、图 6D,图 7A、图 7B、图 7D,图 8B,图 9B、图 9C、图 9D)。

团块状构造:方铅矿、铁闪锌矿、黄铁矿等呈团块状不连续分布于蚀变岩石中(图 4A、图 4D,图 6A、图 6B,图 7D,图 8A)。

条带状构造:方铅矿、黄铜矿等在矿体中呈紧密的细脉与脉石矿物相间出现或不同矿物组合分带、连续产出,形成条带状构造(图 5E,图 10D)。

4 讨论

赵丕忠等(2014)^[3]对库伦迪矿床进行铅同位素研究,认为矿床经历了两期成矿,第一期约为 175Ma,第二期约为 138Ma;矿床流体包裹体特征显示,辉钼矿形成温度高于铅锌矿,认为矿床成因类型

为火山热液型,并具有了两期成矿特征。

本文通过详细研究矿床矿石特征,也认为该矿床属岩浆热液成因,并表现出两期成矿特征。图 5E 显示早期形成的闪锌矿被后期构造挤压破碎,被长英质胶结后,晚期热液活动形成未被挤压破碎的晶形完好的方铅矿、黄铁矿分布其中;图 8B、图 10B 显示早期形成的闪锌矿、黄铁矿被挤压破碎,晚期形成晶体完好的黄铁矿和方铅矿充填或穿插。其它矿物的先后关系与成矿阶段的划分,可通过矿物共生组合与穿插切割关系来确定,如先期形成的黄铁矿常被闪锌矿熔蚀,使边界呈港湾状(图 5C、图 5F)、部分闪锌矿被方铅矿交代熔蚀,构成交代残留结构或

筛状结构(图 4B、图 6B)。

结合区域地质背景与矿床地质特征,参考前人^[9-10]对热液矿床成矿期次的划分,将矿床成矿期次划分为两期:第一成矿期主要是黄铁矿—闪锌矿—黄铜矿成矿期,大致可分三个成矿阶段:第 I 阶段为中高温热液成矿阶段,以辉钼矿—磁铁矿为主;第 II 阶段以黄铁矿—闪锌矿为主,还发育方铅矿、黄铜矿、斑铜矿、辉银矿、碲银矿等,伴有较明显的硅化、绿泥化,网脉状构造,交代结构普遍;第 III 阶段以闪锌矿—黄铜矿为主,伴有黄铁矿、方铅矿、斑铜矿、赤铁矿。第二成矿期主要发育方铅矿、黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿。表生作用期主要形成褐铁矿、铜蓝、孔雀石等表生矿物(表 2)。

表 2 库伦迪矿床主要矿物生成顺序
Table 2 Generating sequence of the primary minerals in the Kulundi deposit

成矿期	第一成矿期			第二成矿期	表生作用期
成矿阶段	辉钼矿— 磁铁矿阶段	黄铁矿—闪 锌矿阶段	闪锌矿— 黄铜矿阶段	方铅矿—黄 铁矿阶段	
辉钼矿	_____				
磁铁矿	_____				
黄铁矿	_____	_____	_____	_____	
闪锌矿		_____	_____	_____	
石英		_____	_____	_____	
长石		_____	_____	_____	
白云母		_____	_____	_____	
绢云母		_____	_____	_____	
方铅矿		_____	_____	_____	
绿泥石		_____	_____	_____	
绿帘石		_____	_____	_____	
黏土矿物		_____	_____	_____	
黄铜矿		_____	_____	_____	
斑铜矿		_____	_____	_____	
赤铁矿		_____	_____	_____	
方解石				_____	
萤石				_____	
白铁矿				_____	
褐铁矿					_____
铜蓝					_____
孔雀石					_____

5 结论

(1)库伦迪矿床矿石类型分为锌铅矿石、锌铅铜矿石、铜锌矿石和铅矿石四类,且这四种矿石类型的矿物组合和产出部位既有差异性又有相似性。

(2)矿床矿石结构按成因分为结晶结构、交代结构、固溶体分离结构和压碎结构四种类型;矿石构造以细脉状构造、浸染状构造、块状构造和团块状构造最为普遍,条带状构造次之。

(3)根据矿物的共生组合和矿物之间的穿插关系,将成矿期次大致分两期:第一成矿期主要是黄铁矿—闪锌矿—黄铜矿成矿期,并可分为辉钼矿—磁铁矿成矿阶段、黄铁矿—闪锌矿成矿阶段、闪锌矿—黄铜矿成矿阶段三个成矿阶段;第二成矿期为方铅矿成矿期,发育方铅矿、黄铁矿、闪锌矿和黄铜矿。

参考文献

- [1] 吴德成,刘消清. 内蒙古鄂伦春旗那吉河铅锌银矿床地质特征及成因[J]. 地质与勘探,2014,50(5): 855-863.
- [2] 梁玉伟,韩洪年,赵景山. 内蒙古那吉河矿区铅锌银多金属矿床地质特征及找矿方向[J]. 西部资源,2014,(3): 87-90.
- [3] 赵丕忠,王永,韩凤彬,等. 大兴安岭北段库伦迪—那吉河铅锌银矿成矿流体特征与矿床成因[J]. 地质通报,2014,33(5): 751-761.
- [4] 赵一鸣,张德全,徐志刚. 大兴安岭及其邻区铜多金属矿床成矿规律与远景评价[M]. 北京:地震出版社,1997.
- [5] 吕志成,段国正,刘丛强,等. 大兴安岭地区银矿床类型—成矿系列及成矿地球化学特征[J]. 矿物岩石地球化学通报,2000,19(4): 305-309.
- [6] 刘建明,张锐,张庆洲. 大兴安岭地区的区域成矿特征[J]. 地学前缘,2004,11(1): 269-277.
- [7] 祝洪臣,张炯飞,权恒. 大兴安岭中生代两期成岩成矿作用的元素、同位素特征及其形成环境[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2005,35(4): 436-442.
- [6] 贾盼盼,魏俊浩,巩庆伟,等. 大兴安岭地区铜铅矿床成矿区带背景及找矿前景分析[J]. 地质与勘探,2011,47(2): 151-162.
- [8] 邵济安,牟保磊,朱慧忠,等. 大兴安岭中南段中生代成矿物质的深部来源与背景[J]. 岩石学报,2010,26(3): 649-656.
- [9] 周济元,黄继钧,余祖成. 浙江建德铜矿控矿特征、矿液运移及找矿远景的研究[J]. 矿物岩石,1983,8(3): 1-30.
- [10] 周济元. 中国新疆库鲁克塔格——星星峡地区金、银和铜矿地质及预测[M]. 北京:地质出版社,2008:280-286.

Characteristics of ore minerals in the Kulundi lead-zinc deposit, Elunchun County, Inner Mongolia

LIU Xiao-qing¹, ZHANG Jun², GUO Hou-fu², HUANG Sen-lin²

(1 Institute of Survey and Design of Jiangxi Province, Nanchang 330095, China)

(2 Northeastern Geological Party, Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development; Shangrao 334008, China)

Abstract: The Da Hinggan Mountains is one of the most important polymetallic metallogenic belts in China, where the Kulundi lead-zinc deposit was discovered in recent years. This paper, in combination with field investigations, carried out a detailed study on the characteristics of ore minerals in the Kulundi deposit. The result shows that the ores in the Kulundi deposit can be divided into four types, zinc-lead ore, zinc-lead-copper ore, lead-copper ore and lead ore, respectively. The ore textures can be classified as crystalline texture, metasomatic texture, solid solution separation texture and crush texture. The primary ore structures are veinlet, dissemination, block and mass, with banded structure as secondary. Comprehensive mineralogical characteristics indicate there are two mineralization stages. The first is sphalerite-chalcopryrite stage, which can be further divided into three sub-stages of molybdenite-magnetite, pyrite-sphalerite and sphalerite-chalcopryrite, respectively, and the second is galena stage, which is comprised of galena, sphalerite, pyrite and chalcopryrite, etc.

Key words: Kulundi lead-zinc deposit; Da Hinggan Mountain metallogenic belt; ore mineral characteristics; mineral association