

矿区断裂构造特征对矿体分布的影响分析

寇柏艳 赵永亮

内蒙古地质矿产集团四七二地质勘查有限公司 内蒙古 通辽 028000

摘要: 本文以某多金属矿区为研究对象,系统剖析区域地质、矿床地质背景,开展矿区断裂构造分级、类型及演化特征研究,探究不同期次、级别断裂对矿体分布、形态及富集的控制机制。结果表明,矿区NE向断裂系统分级控矿特征显著,成矿期张扭性断裂及构造转折、交汇部位为矿化富集核心区,断裂多期脉动活动主导矿化分带格局。研究总结构造控矿规律,明确深部及外围找矿靶区,为矿区后续勘查开发提供地质依据。

关键词: 矿区断裂构造;特征;矿体分布;影响

引言: 断裂构造是内生金属矿床成矿的核心控制因素,其发育特征、活动期次与空间组合直接决定矿体的就位、富集与分布规律。研究区矿化受断裂-褶皱构造系统联合控制,矿化分带明显,但断裂控矿机制尚未系统厘清。为精准指导矿区找矿勘查,本文依托矿区地质勘查资料,解析断裂构造发育与演化规律,揭示断裂对矿体分布、矿化强度的控制作用,总结核心成矿规律,为矿区隐伏矿体勘查与资源扩容提供理论支撑。

1 矿区区域地质与矿床地质背景

1.1 区域地质概况

(1) 区域地层: 区内出露地层主要有太古界变质岩系、元古界碎屑岩—碳酸盐岩建造及中生界火山—沉积岩系,其中以元古界地层赋矿最为显著,岩性为绢云母石英片岩、大理岩与变粒岩互层,局部夹多层含矿硅质岩,沉积演化显示由陆源碎屑向浅海碳酸盐台地过渡的特征。(2) 区域构造: 区域整体呈北东向构造格局,主控断裂为F1、F2两条压扭性断裂,总体走向40°~60°,倾向南东,倾角50°~70°,伴生系列次一级断层及紧闭褶皱,构造演化经历了印支期挤压、燕山期走滑伸展两个主要阶段。(3) 区域岩浆岩: 岩浆活动以燕山期中酸性侵入岩为主,主要有花岗闪长岩、二长花岗岩,呈岩株、岩脉产出,沿北东向断裂带分布,岩浆活动为区域成矿提供热源和部分成矿物质,与多金属矿化关系密切。

1.2 矿区地质特征

(1) 矿区地层: 矿区出露地层自老至新为元古界片岩—大理岩组合、上覆中生界凝灰质砂岩及第四系松散堆积,含矿层位主要位于片岩与大理岩过渡层间破碎带内,厚度20~50m,与上下地层呈整合接触^[1]。(2) 矿区褶皱构造: 发育一复式背斜,轴向北东,轴面倾向南东,两翼不对称,北西翼较缓,南东翼较陡,核部地层为片岩,翼部为大理岩,断裂多沿轴部及转折端发育,

构成褶皱—断裂配套构造系统。(3) 矿区岩浆岩: 主要为花岗斑岩和闪长玢岩岩脉,呈北东向顺层或切层侵入,侵入时代为燕山晚期,岩浆热液促使围岩发生硅化、绢云母化,蚀变带内矿化明显增强。

1.3 矿床基本特征

(1) 矿体特征: 矿区共圈定5条工业矿体,空间上受层间破碎带控制,呈似层状、透镜状产出,走向延伸200~600m,倾向延深150~400m,矿体厚度1.5~8.6m,倾向南东,倾角55°~65°,埋深50~350m。(2) 矿石特征: 矿石以粒状变晶结构、交代结构为主,构造有浸染状、脉状、角砾状构造,金属矿物主要有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿,脉石矿物以石英、绢云母、方解石为主,有用组分Pb+Zn平均品位4.5%~8.2%,围岩蚀变包括硅化、黄铁矿化、碳酸盐化。(3) 矿化分带特征: 平面上由北东向南西表现为Cu→Pb+Zn→Ag矿化分带,垂向上浅部富集Pb、Zn,深部Cu含量增高,断裂构造及层间破碎带控制了矿化的空间展布与分带格局。

2 矿区断裂构造发育特征解析

2.1 断裂构造分级与类型划分

(1) 断裂构造分级: 依据断裂延伸长度、破碎带宽度、切割地层深度及对矿体空间展布的控制程度,将矿区断裂划分为三级。一级为区域主干断裂(F1、F2),延伸大于5km,破碎带宽10~30m,切割基底地层,控制矿区整体构造格架;二级为矿区控矿主干断裂(F3、F4),延伸1~3km,破碎带宽3~8m,直接控制矿带空间分布;三级为次级容矿断裂,为F3、F4的派生分支,延伸200~500m,破碎带宽0.5~2m,为矿体就位提供具体空间。(2) 断裂力学性质分类: 结合断裂产状、构造岩特征及运动学标志,将矿区断裂划分为四种力学类型。压性断裂以F1为代表,断面波状起伏,发育挤压透镜体及密集劈理化带;张性断裂规模较小,断面粗糙,发育棱

角状角砾岩；扭性断裂以F2为代表，断面平直光滑，发育近水平擦痕及糜棱岩；压扭性断裂最为发育，以F3、F4为代表，断面见斜向擦痕及阶步，构造岩以片理化碎裂岩为主，该类断裂与矿化关系最为密切^[2]。（3）断裂空间组合类型：矿区断裂空间组合呈现四种典型样式。平行式组合为主，F1~F4总体平行展布，控制矿带基本格局；分支复合式发育于F3断裂上盘，主干断裂派生多条分支，向下收敛向上撒开；雁列式发育于F4断裂东段，次级断裂呈右行斜列展布，重叠区常为厚大矿体发育部位；交错式见于矿区北部，NE向与近EW向断裂相互切割，形成网状构造系统。

2.2 典型断裂构造几何与运动学特征

（1）几何形态特征：F1走向45°~55°，倾向SE，倾角65°~75°，延伸5.8km，破碎带宽15~25m，断面呈舒缓波状；F2走向50°~60°，倾向SE，倾角55°~65°，延伸3.2km，破碎带宽5~12m，断面平直光滑；F3走向40°~50°，倾向SE，倾角58°~68°，延伸2.1km，破碎带宽3~6m；F4走向60°~70°，倾向NW，倾角70°~80°，延伸1.5km，破碎带宽2~4m。各断裂在走向转弯及倾角变缓处破碎带宽度明显增大^[3]。（2）构造岩与变形特征：F1以糜棱岩和初糜棱岩为主，发育石英动态重结晶，属中高温韧性—脆韧性变形；F2以断层泥和碎裂岩为主，见多期摩擦镜面，属中低温脆性变形；F3、F4以碎裂岩、角砾岩为主，围岩发育密集节理及劈理带，属脆韧性过渡型变形，该类型构造岩孔隙度和渗透率较高，利于矿液运移和沉淀。（3）运动学特征：F1早期为逆冲兼左行走滑，擦痕侧伏角45°~60°；F2为正断兼右行走滑，擦痕侧伏角20°~30°；F3以左行走滑为主兼逆冲分量；F4以右行走滑为主兼正断分量。运动强度以主滑动面为中心向两侧递减，显微构造指示多期脉动式活动特征。

2.3 断裂构造活动期次与演化规律

（1）断裂活动期次划分：依据断裂切割关系、构造岩胶结程度及矿脉穿插，将断裂活动划分为三期。成矿前断裂活动期对应印支期挤压造山，形成F1、F2主干断裂；成矿期断裂活动期对应燕山期伸展走滑，F3、F4及次级断裂强烈活动，为岩浆热液上侵和矿质沉淀提供通道；成矿后断裂活动期对应喜山期隆升，切割矿体，造成矿块位移错动。（2）各期断裂活动特征：成矿前以挤压逆冲为主，形成区域骨架，为后期活化奠定基础；成矿期以走滑剪切为主，断裂带张剪性开放，碎裂岩化强烈，配合岩浆热液促使含矿流体在扩容带内沉淀成矿，为最重要成矿构造阶段；成矿后以脆性张裂及平移错动为主，切割错移矿体，对矿石连续性造成破坏。（3）断

裂构造演化序列：印支期受NW—SE向挤压，形成NE向压扭性主干断裂，为韧性—脆韧性变形；燕山早期应力场转为走滑伸展，主干断裂再活化，派生F3、F4及次级断裂，碎裂岩化广泛发育；燕山晚期—喜山期以脆性隆升破裂为主，断裂系统最终定型。总体演化呈现由深层次韧性向浅层次脆性转变、由挤压向伸展转换的规律，不同期次断裂的叠合复合控制着矿床的空间定位与矿化强度。

3 矿区断裂构造对矿体分布的控制机制及成矿规律

3.1 不同级别断裂对矿体的分级控制作用

（1）区域主干断裂：F1、F2断裂作为一级构造单元，控制矿区所在成矿带总体展布方向（NE向），划定区域成矿格局边界，其深部延伸特征决定了成矿流体的来源深度与运移尺度，为含矿热液自深部向浅部运移提供主干通道，宏观上限定矿化范围，构成矿区成矿系统的一级输导网络。（2）矿区主干断裂：F3、F4断裂直接控制矿区主要矿段的空间分布，决定矿体群的总体走向（40°~70°）和延伸规模（1~3km），其破碎带宽度及产状变化主导矿带厚度和品位变化趋势，矿区已圈定的5条工业矿体均分布于F3、F4断裂上下盘影响带内，说明矿区主干断裂对矿体群定位起决定性控制作用^[4]。（3）次级断裂：作为直接容矿构造，控制单个矿体的形态、产状与富集中心，矿体多赋存于次级断裂的扩容段、分支点及末端收敛部位，其走向、倾向变化直接决定矿体侧伏方向和延伸规律，次级断裂的密集程度与矿体数量呈正相关，单矿体的厚度变化与断裂破碎带的宽度变化基本同步。

3.2 断裂构造特征对矿体富集的微观控制

（1）断裂力学性质控矿：张扭性断裂（成矿期F3、F4）扩容空间发育，裂隙开放程度高，围岩压力骤降，促使含矿流体发生沸腾和相分离，导致金属硫化物快速沉淀富集；压扭性断裂（F1、F2）力学封闭性强，在走滑运动过程中形成局部引张区，既可遮挡矿液向外散失，又能汇聚含矿流体形成厚大矿体，在压扭与张扭转部位矿化尤为强烈。（2）断裂空间形态控矿：断裂走向转折处、平面与剖面交汇部位、分支复合点、产状由陡变缓的突变段是矿体优先富集的有利场所。F3断裂中段的走向转弯处圈定了2号、3号主矿体，累计厚度达8m以上；F4断裂与次级断裂的交汇部位控制富矿段的产出，品位较正常地段高出2~3倍。（3）断裂破碎带强度控矿：破碎带宽度与矿化强度呈正相关，F3断裂破碎带宽度>5m段，Pb+Zn平均品位达6.8%，而宽度<2m段品位降至2.1%。但变形过强（糜棱岩化强烈）使岩石致密

化、渗透率下降反而不利于矿化,适度碎裂岩化(碎斑粒径2~10mm)孔隙度最佳,最利于含矿热液的渗透交代和矿质沉淀。

3.3 断裂活动期次对成矿的时序控制

(1)成矿前断裂:印支期F1、F2断裂形成矿区基本构造格架,发育的糜棱岩和片理化带虽渗透性较差,但作为力学薄弱带,在后期构造应力场转变时优先发生再活化,为成矿期断裂活动提供了基础构造界面和先期通道。(2)成矿期断裂:燕山期F3、F4断裂在走滑剪切作用下持续活动,早期挤压转为张剪性开放,断裂带渗透率提高2~3个数量级,富含Pb、Zn、Ag的岩浆热液沿断裂网络持续上侵,在扩容带内反复充填-交代,同时断裂的多次脉动活动促使矿质多阶段叠加富集,主导了矿体的最终就位与品位分布格局。(3)成矿后断裂:喜山期脆性断裂以垂直位移和小规模平移为主,对矿体产生明显破坏,致使部分矿块被抬升剥蚀或下推掩埋,矿体连续性降低,局部出现无矿天窗,但位移量总体不大(平移<20m,垂直<30m),未从根本上改变矿床整体布局^[5]。

3.4 矿区构造控矿规律与找矿启示

(1)构造控矿核心规律:矿区矿体受断裂构造系统立体控制,垂向上矿化受断裂倾向延深制约,水平上矿体群沿断裂走向分段集中;矿化富集受"断裂性质(张扭性)+断裂形态(转折、交汇)+碎裂强度(适度碎裂)"三元耦合控制;矿化分带受断裂活动期次叠加影响,浅部Pb+Zn、深部Cu的垂向分带反映成矿期断裂具多阶段脉动抬升特征。(2)有利找矿构造部位:F3断裂中段走向由45°转为55°的弧形转弯处,F4断裂东段雁列式次级断裂叠合区,F3上盘次级分支断裂与层间破碎带交汇部位,成矿期断裂由陡变缓的倾角转折段(倾角由68°减至55°区域),上述区带碎裂岩化中等、裂隙发育、蚀变

强烈,是寻找富厚矿体的首选靶区。(3)矿区深部及外围找矿方向:深部F3、F4断裂倾向延深方向(SE向,延深至400~600m标高)仍有较大找矿潜力,断裂向深部倾角变缓处可能发育隐伏厚矿体;外围NE向F3断裂南西延伸段及F2断裂东段覆盖区,断裂走向转折和分支复合特征明显,且地表矿化蚀变连续,建议优先部署物探(CSAMT)和钻探验证工作;矿区北部近EW向与NE向断裂交汇部位,构造组合样式复杂,是寻找新类型矿化的有利区段,值得进一步勘查评价。

结束语

本次研究系统阐明了矿区断裂构造的分级控矿、微观控矿及时序控矿机制,明确矿体富集受断裂性质、形态、破碎强度三元耦合控制,厘清了三期断裂活动对成矿的利弊作用。结合构造控矿规律,划定多处优质找矿靶区与勘查方向。研究完善了矿区构造控矿理论,可为矿区后续钻探验证、资源勘探与矿山开发规划提供科学参考,也可为同类矿区研究提供借鉴。

参考文献

- [1]王浩,李金龙,张宇.玲珑金矿田“入”字型构造控矿研究及找矿意义分析[J].黄金,2025,46(9):124-129.
- [2]刘阳,陈军,赵磊.内蒙古陶勒盖金矿床北西西向断裂控矿特征及深部找矿预测[J].矿产勘查,2026,17(2):289-296.
- [3]周鑫,孙远强,杨峰.胶西北蚀变岩型金矿床成矿过程三维数值模拟研究与找矿勘查启示[J].成都理工大学学报(自然科学版),2024,51(6):712-720.
- [4]张博文,李平,王瑞.新疆乌恰县喀尔勇库勒铅锌矿田构造解析与控矿构造厘定[J].地质科学,2026,61(2):456-468.
- [5]宋明春,崔书学,杨立强.胶东焦家断裂带金成矿系统[J].岩石学报,2026,42(2):589-606.