

厄立特里亚安塞巴省克尔克贝特矿区 Mier 矿床地质特征及找矿标志

Geological Characteristics and Prospecting Indicators of Mier Deposit in Kerkbet Mining Area, Anseba Province, Eritrea

王 晨¹, 池祥成², 刘尚贵²

(1. 天齐锂业股份有限公司, 四川 成都 610299; 2. 蜀道投资集团有限责任公司, 四川 成都 610041)

摘要: Mier 矿床是克尔克贝特矿区重要稀贵金属产区, 该区域已开展了部分勘察工作, 为进一步支撑矿区资源开发, 通过开展地质普查及地球物理、化学分析, 明确了该区域地质特征及找矿标志。研究表明: Mier 矿床受主断裂 F12 控制, 其主要矿产赋存于 F12-1、F12-2、F12-3 的控矿构造破碎带中, 矿体总体产状 $85^{\circ} \angle 75^{\circ}$ 左右, 延深深度超过 350 m, 赋矿围岩主要为石英绢云母片岩, 与成矿相关蚀变主要包括褐铁矿化蚀变带、风(氧)化蚀变淋滤褐铁矿化红土层、磁铁矿化、黄铁矿化、黄铜矿化等。矿体矿化带具有明显激电特性, 可以利用 VTEM(航空电磁法)方法及遥感分析法可以确定赋矿范围及延深方向, 并通过化学方法确定金属元素富集程度, 明确了找矿靶区, 为下一步探找矿工作提供了具体方向及科学指导。

关键词: Mier 矿床; 矿床地质特征; 找矿标志; 地球物理特征

中图分类号: TD167 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2025)01-0077-05

Abstract: Mier deposit is an important rare and precious metal production area in the Kerkbet mining area. Partial exploration work has been carried out in this area to further support the development of mining resources. Through geological surveys and geophysical and chemical analyses, the geological characteristics and prospecting indicators of the area have been clarified. Research has shown that the Mier deposit is controlled by the main fault F12, and its main mineral deposits are located in the ore controlling structural fracture zones of F12-1, F12-2, and F12-3. The overall orientation of the ore body is around $85^{\circ} \angle 75^{\circ}$, with a depth of over 350 m. The host rock is mainly quartz sericite schist, and the mineralization related changes mainly include limonitization alteration zones, weathering alteration leaching limonitization red soil layers, magnetite mineralization, pyrite mineralization, brass mineralization, etc. The mineralized zone of the ore body has obvious induced polarization characteristics, and the VTEM (airborne electromagnetic method) and remote sensing analysis methods can be used to determine the ore bearing range and depth direction. The degree of metal element enrichment can also be determined through chemical methods, clarifying the target area for mineral exploration and providing specific directions and scientific guidance for the next exploration work.

Key words: Mier deposit; geological characteristics of mineral deposits; ore finding signs; geophysical characteristics

1 前言

Mier 矿床位于厄立特里亚安塞巴省的 Kerkebet 矿区中部, 该区域勘查范围内 35% 为平原, 由半荒漠和少量贫瘠草原组成, 海拔 450 ~ 500 m 左右; 约 15% 为丘陵, 海拔 550 ~ 650 m 左右; 其余 50% 为山地, 海拔 650 ~ 1 250 m, 相对高差 700 余米。自 1998 年以来, 随该区域地质工作的逐步开展, 形成了部分基础资料^[1-4], 获得了不少勘查成果, 但年代久远,

收集到的资料有限。1998 年至 2010 年^[5], Sanu Resources Inc. 在 Kerkebet River 区域取得探矿权多处, 并在探矿许可范围内 (491 km^2) 间断进行勘查工作, 包括运用 Land-sat 卫星遥感影像及数据对部分地区进行了遥感图像解译、蚀变信息提取及地面查证; 以及在 Aradaib 勘探区内用机械开挖了五个探槽, 揭露了含矿围岩, 控制了地表铁帽的真厚度, 为下一步工作提供了地质依据。2010 年至 2011 年, Sanu 公司在整个原 Kerkebet 的勘探许可区域内进行了高分辨率的航空电磁法测量 (VTEM), 以及进行局部地面磁测、激电扫面和放射性测量工作。通过分析, 可见勘查区的异常走向为北北东 ~ 南南西向, 呈带状分布, 异常的极大值位于勘查区南部。2010 年至 2011 年, Sanu 公司在 Koken 分区、Aradaib

[作者简介] 王 晨(1989—), 男, 甘肃省陇南市人, 硕士研究生, 工程师, 从事地质调查与矿产勘查研究。

[引用格式] 王晨, 池祥成, 刘尚贵. 厄立特里亚安塞巴省克尔克贝特矿区 Mier 矿床地质特征及找矿标志[J]. 中国矿山工程, 2025, 54(1): 77-81.

分区及 Guyay 分区分别开展了 16.9 km^2 、 2 km^2 及 170 km^2 的 1:50 000 重力测量工作。其后该区域进行了局部普查圈定的化探异常查证工作^[6],发现并完成 AradaibEIV 和 GuyayW I 两条矿体,对两个靶区的矿体、围岩、蚀变和矿体规模进行了初步摸查,开展了相关的地质和矿石样品分析测试工作。最终确定了矿权区内四个主要矿点: Mier 区、Aradaib 区、Shukula 区和 Koken 区。其中 Mier 区以造山带型金矿为主攻矿种,重点工作区为 CIV 矿化蚀变带。本文结合上述研究基础,对 Mier 矿床的地质特征进行归纳总结,分析了地球物理及化学找矿标志,以期为进一步的地质勘察工作提供详尽的科学依据。

2 地质概况

2.1 区域地质

厄立特里亚国地质情况划分为四个构造单元,其边界由数条逆冲兼走滑断层构成,走向大致为 NNE 向。地块内硫化物(VMS)矿床发育^[7-8],造山型金矿、斑岩铜矿有关的金矿化大多及与韧性剪切带密写联系。

1) 地层

厄立特里亚出露前寒武系至第四系地层,以前寒武系、古生界、中生界和新生界地层最为发育。厄立特里亚由前寒武纪基底组成,基底被中生代沉积岩、火山岩及沉积岩覆盖,为不整合接触。沿着红海岸线一带出露着中生代到全新世海洋沉积物。

2) 构造

厄立特里亚由阿拉伯—努比亚地盾和莫桑比克带构成^[9],主要特征为大量的断裂缝合带及区域变形带出现。区域主体构造方向为一系列北北东向、北西西向断裂带和北北东向的紧闭褶皱。

3) 岩浆岩

厄立特里亚岩浆活动分为以下几个主要的阶段:前寒武纪—早古生代和新生代。前寒武纪—早古生代的岩浆活动,主要形成于罗迪尼亚超大陆的裂解,到俯冲、增生、碰撞以及冈瓦纳大陆碰撞后的造山过程中,现在普遍以“块体”的形式产于前寒武纪基底岩石组成的构造混杂岩中。主要的岩性为洋壳的超镁铁质岩—镁铁质岩组合,以玄武岩、英安岩等为主,兼有花岗岩、闪长岩等。

2.2 Mier 区域地质特征

1) 地层特征

Mier 矿床出露地层为新元古界夏甲群。由于区域工作程度低,无法按照地层时代划分填图单元,因

此在实测地质剖面划分岩性单元基础上,以岩性单元作为填图单元,岩性以绿泥石片岩、绢云母片岩为主,呈互层状,其次为(含)角闪石片岩,总体产状:F12-4 以西地表倾向向西,倾角 $20^\circ \sim 85^\circ$,F12-4 以东地表倾向向东,倾角 $20^\circ \sim 80^\circ$,地质图如图 1 所示。

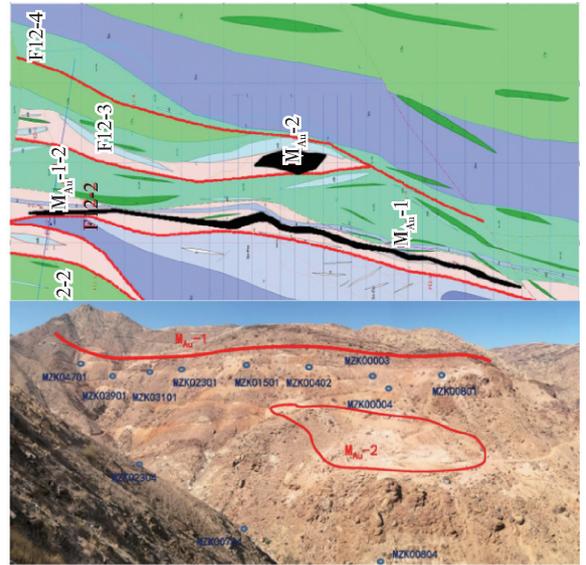


图 1 Mier 矿床地形地质图

2) 构造特征

区域构造线为近南北向,由发育的一系列的褶皱和断层组成,向南延至碧沙以南,向北延伸至扎拉以北,其间发育一系列近东西向次生断层,其次为南北向断层。

Mier 矿床中部有一条区域性的大断层(F12),为该区主要断裂,南北向延伸,断层面总体为向东陡倾,区域内由于构造发育,局部呈现西倾。主构造断裂附近发育有多条东西向次生断层,断层带附近可见小型背斜和向斜。与 MAu-1、MAu-2 关系密切的是 F12-1、F12-2、F12-3 断层。

3) 矿体特征

Mier 矿床共圈出金矿体 2 个,编号分别为 MAu-1、MAu-2。

MAu-1 矿体总体特征:呈大透镜状产于 F12-2 构造破碎带中,主体沿山脊呈南北向延伸,地表产状较缓,深部呈近直立状,矿体中石英脉发育,沿绢云母片岩的片理、裂隙面发育,出露厚度不一;剖面位置可见多条石英脉分布,宽约 $0.5 \sim 4 \text{ m}$ 。地表由于受重力及其他构造作用,总体倾角较缓,总体产状 $275^\circ \angle 30^\circ$ 左右,矿体深部总体产状 $85^\circ \angle 75^\circ$ 左右,通过钻探工程验证,深部延深大于 350 m 。

含矿岩石主要为绢云母片岩,石英脉、金属硫化

物矿脉等。受不同程度的构造影响,构造褶皱、构造角砾发育,矿石中硅化、绢云母化、金属硫化物等蚀变强烈。矿体厚 1.18 ~ 14.61 m,平均 7.46 m。根据现有化验分析结果显示,金品位 0.8 ~ 89.98 g/t,平均品位 3.54 g/t,品位变化系数 171%,为不均匀型,厚度变化系数 61%,厚度稳定。

MAu-2 矿体位于 MAu-1 东侧平台处。矿体呈囊状,岩石破碎严重,主要岩性为蚀变绢云母片岩,片理化发育,南北均未控边。

2.3 赋矿层位及矿化特征

通过野外槽探工作和钻探工程等工作,发现矿体主要富存于蚀变的石英绢云母片岩内,主要赋存于 F12-2 构造破碎带中,在 Mier 勘查区发现的矿化蚀变主要为:褐铁矿化蚀变带、风(氧)化蚀变淋滤褐铁矿化红土层、磁铁矿化、黄铁矿化、黄铜矿化等。

其中褐铁矿化蚀变带位于 Mier 勘查区北东侧,南北向出露长约 340 m,宽约 20 m,产于绿泥石片岩中,矿化带呈薄层条带断续出现,地表主要为紫红-砖红色蚀变带,偶见有蜂窝状褐铁矿化。蚀变淋滤褐铁矿化红土层,石英脉极其发育,围岩一般为绢云母片岩和绿泥石片岩,位于 Mier 勘查区北西侧,走向基本为南北向,受风化、氧化、淋滤作用极为明显。磁铁矿化位于 Mier 勘查区北西侧的大理岩两侧及南西侧,北西侧大理岩两侧的磁铁矿化体呈薄层状产于大理岩两侧,产出方位近于南北向,断续产出,厚约 1 ~ 10 m。南西侧的磁铁矿化体大致呈北西~南东向产出,产于石英岩之中,出露长度约 200 m,宽约 40 m。黄铁矿化、黄铜矿化为主要赋矿岩层,

富矿岩层具弱-中等黄铁矿化、少量黄铜矿化、绢云母化、中等-强硅化、弱-中等绿泥石化、石英呈烟灰色的角砾状。矿体顶板为绿泥绢云母片岩,近矿体部位具中等硅化。矿体底板为褐铁矿化绢云母片岩,褐铁矿呈粒状和细脉状产出。

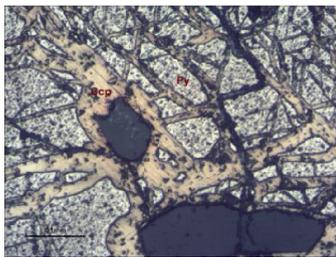
2.4 矿石的矿物成分及矿石特征

1) 矿石的矿物成分

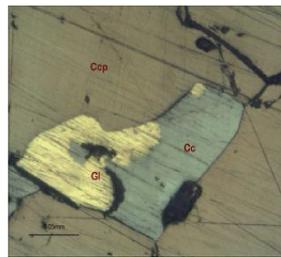
根据矿石的氧化程度及选冶性能的差异,按自然类型将矿石分为氧化金矿石和原生金矿石两大类。其中自然金属原生矿石,呈亮黄色,形不规则粒状或微细脉状,粒径为 0.05 ~ 0.1 mm 或 $\leq 0.005 \times 0.1$ mm 左右,浅表发现的明金颗粒大小 0.1 ~ 15 mm,均质,呈不规则粒状、脉状被黄铜矿、辉铜矿包裹或产于黄铁矿、石英的裂隙或晶隙中。黄铁矿呈自形-半自形粒状,部分呈它形粒状。均质,部分被压碎形成次棱角状、次棱角状集合体,常与黄铜矿混杂分布,彼此连生,镶嵌或包裹,同时也见与磁黄铁矿连生或包裹。黄铜矿呈粒状,粒径为 0.02 ~ 2.8 mm,弱非均性,充填状分布于黄铁矿及脉石矿物间,局部可见其沿黄铁矿裂隙呈网脉状充填,少量与呈微细脉状或次圆状分布于斑铜矿颗粒中与斑铜矿共生,少量颗粒中包含自然金。辉铜矿呈粒状,粒径为 0.1 ~ 0.5 mm,具弱非均性,星散状分布于脉石矿物间,边缘被铜蓝交代,偶见其颗粒中包含微细脉状、次圆状自然金。

2) 主要矿石特征

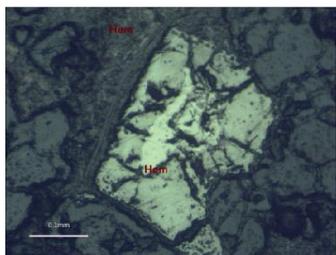
(1) 半自形-它形粒状结构:为矿石中矿石矿物和其他金属硫化矿物的主要结构。其中部分黄铁矿半自形粒状-它形;黄铜矿及其他金属硫化物、部分黄



(a) 辉铜矿



(b) 自然金被黄铜矿包裹



(c) 赤铁矿



(d) 黄铜矿

图2 矿石结构

铜矿、辉铜矿、蓝辉铜矿、斑铜矿等金属硫化物呈它形粒状;稀疏-稠密浸染状不均匀分布,或呈脉状分布。

(2)压碎结构:是矿石主体结构,粗大黄铁矿在受外力强挤压致破碎形成,粒状不规则,裂纹十分发育。

(3)填隙结构:含黄铁矿及石英的矿石内裂隙以及晶隙内填充晚期银金矿等矿物,是不同期矿物的交代现象。

(4)交代残余(假象)结构:辉铜矿交代黄铜矿,黄铁矿被黄铜矿强烈交代形成交代残余结构。

3) 矿石构造

(1)斑杂状构造:矿石中黄铁矿、黄铜矿等金属硫化物呈细粒浸染状、团粒状分布,团粒大小0.5~1.5 cm,粒度相差悬殊,呈斑杂状散布,形成斑点状构造。

(2)细脉状构造:受岩石中构造破裂裂隙的控制,沿裂隙或片理黄铁矿、黄铜矿、铅锌等金属硫化物细脉充填分布。脉宽一般2~15 cm的细脉状。

(3)浸染状构造:黄铁矿、黄铜矿呈浸染状不均匀分布于脉石中。

(4)脉状构造:黄铁矿、黄铜矿呈细脉状分布在脉石中。

2.5 围岩蚀变特征

Mier 区内主要为前寒武纪地层,普遍经受了多期次、多类型的变质作用,形成了绢云母片岩、角闪石片岩、绢云母绿泥石片岩、绿泥石片岩等一套绿片岩相的低级变质产物,辉长岩、长英质岩类也发生片理化。

围岩蚀变可作为该矿区的重要找矿标志,Mier 区主要蚀变类型为:绢云母化、硅化、绿泥石化等蚀变,总体呈中-低温蚀变特征。

围岩的蚀变程度较强,种类有褐铁矿化、绢云母化、绿泥石化、绿帘石化、高岭土化、硅化、褪色蚀变、磁铁矿化等。目前认为与矿化有关的蚀变为褐铁矿化、硅化、绢云母化、黄铁矿化、高岭土化,局部偶发现孔雀石化。一般在褐铁矿化带(铁帽)附近均有该类蚀变现象。

褐铁矿化:岩浆热液充填体过程中发生铁、硅质充填片、节理,后发生表质氧化形成褐铁矿。呈细脉-团状,同时伴生石英等矿物。

绢云母化:Mier 勘查区广泛存在的中-低温热液蚀变,为鳞片状,具有丝绸光泽,呈深褐红色、浅红色等。根据其蚀变强度分为强绢云母化、中绢云母化、弱绢云母化三个等级。偶伴随有石英和黄铁矿的产生。

绿泥石化:属中、低温热液蚀变作用,主要由铁镁硅酸盐矿物(辉石、角闪石等)直接分解而成。

硅化:在热液上涌侵蚀阶段,围岩中硅质增加,岩石整体硬度变大,蚀变生成石英脉、硅质及含铁硅质脉岩。

3 区域地质物理、化学特征

3.1 Kerkebet 勘查区航空电磁特征

Kerkebet 勘查区航空电磁法成果如图3所示,区内矿体富集程度较高,赋矿层位及矿石特征典型,矿体带有明显激电特性。

该异常带位于矿区北西区域,呈长带状,走向北西-南东向,异常面积较大,约11.5 km²;K1异常位于该异常以东,异常带内岩性为长英质火山岩,该岩性与安塞巴省内含有VMS型矿化的区域类似。

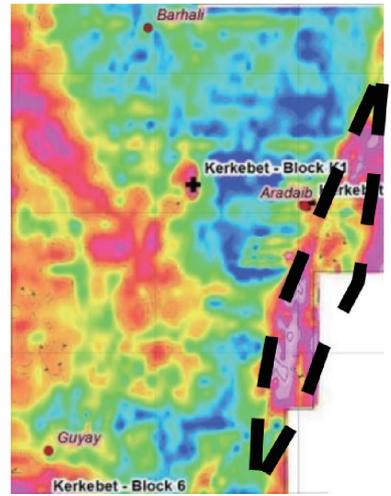


图3 Kerkebet 勘查区 VTEM 综合成果图

3.2 Kerkebet 勘查区遥感特征

Kerkebet 勘查区遥感影像如图4所示。通过分析发现矿区内岩层走向以NE-SW向。进一步地从Kerkebet 勘查区遥感得到的铁染羟基分析图像,具体如图5所示,在羟基异常区域主要为碳酸盐化和绢云母化蚀变带,Mier 矿区位于图中蓝色圈中区域,该区域羟基异常,其主要异常物源为褐铁矿铁染,该异常主要由矿化蚀变带(铁帽)引起。

3.2 Kerkebet 勘查区元素化学特征

化探工作共对 Au、Zn、Cu、Pb 四种元素进行了分析,并且分别标注了 Au > 1 000ppb, Zn > 1 000ppm, Cu > 1 000ppm, pb > 250ppm 的异常点。1:50 000 岩石化探工作成果如图6所示。金、铜异常主要出现在 Kerkebet 勘查区的东部 Aradaib 区域,且大致呈北东向呈带状分布,表明该位置矿体类型主要为铜金矿型,且富集情况较好,具有较大的开发前景。与 VTEM 异常的套合情况也较好,分析认为具有较好的找矿前景。

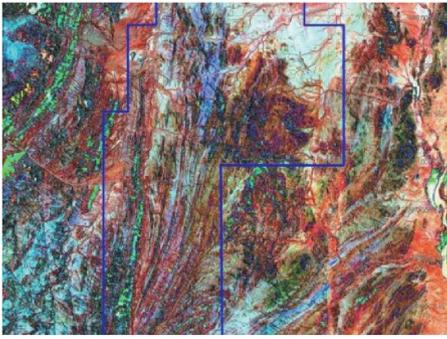


图4 Kerkebet 勘查区遥感影像图

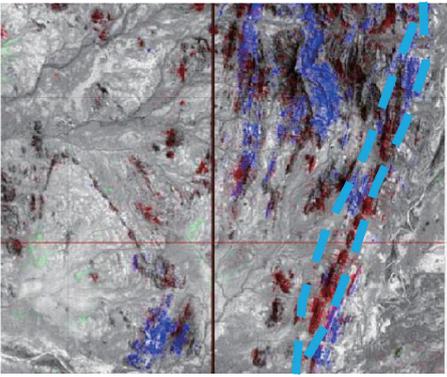


图5 Kerkebet 勘查区羟基铁染遥感异常图

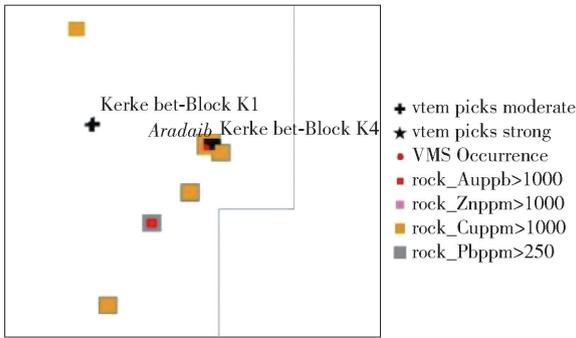


图6 Kerkebet 勘查区化探异常图

4 找矿标志

研究区内矿体富集程度较高,矿物成分较复杂,但主要矿体类型明确,赋矿层位及矿石特征典型,主要金属物均赋存在构造破碎带中,断裂控矿特征明显,富集成矿区域符合典型经验。得到如下找矿标志:

(1) 构造找矿标志。矿体与断裂 F12-1、F12-2、F12-3 密切,走向符合 NNE-SSW, F12-1、F12-2 是于矿产相关的主要构造。矿体赋存受主控断裂控制,在构造找矿标志上应着重勘察 NNE-SSW 向构造。

(2) 蚀变找矿标志。研究区内地质体经受了多期次、多类型的变质作用,总体呈中—低温蚀变特征,蚀变化明显,一般在褐铁矿化带(铁帽)附近均有该类蚀变现象,褐铁矿化、绢云母化、绿泥石化、绿

帘石化、高岭土化、硅化、褪色蚀变、磁铁矿化等是重要的蚀变标志。

(3) 区域地球物理找矿标志。结合蚀变找矿特征,矿体矿化带具有明显激电特性,利用 VTEM(航空电磁法)方法可以确定矿体异常区域,并寻找控矿构造延深特性。进一步地采用遥感分析铁染羟基异常位置,判定褐铁矿铁染的异常区域,该异常主要由矿化蚀变带(铁帽)引起,是非常重要的找矿标志。

(4) 区域化学找矿标志。采用槽探、钻探、手样采集等结合元素富集法开展元素化学特征分析,确定铜、金元素富集程度,对矿体出露、产状及富集程度得到很好的确定,是重要的找矿特征。

5 结论

(1) Mier 矿床受控于大断层 F12,南北向延伸,其主要矿体 MAu-1、MAu-2 主要赋存于断裂 F12-1、F12-2、F12-3 的构造破碎带中,赋矿围岩主要为石英绢云母片岩,与成矿相关蚀变主要包括褐铁矿化蚀变带、风(氧)化蚀变淋滤褐铁矿化红土层、磁铁矿化、黄铁矿化、黄铜矿化等。

(2) Mier 矿床断裂控矿特征明显,富集成矿区域典型,矿体矿化带具有明显激电特性,利用 VTEM(航空电磁法)方法及遥感分析法可以确定矿体电异常区域、延深方向及蚀变围岩的异常区域范围,并利用元素富集法开展元素化学特征分析,进一步精确金属元素富集程度,确定找矿靶区,为下一步开展找矿工作提供科学指导。

[参考文献]

- [1] 郭龙,石楠,何建娟.厄立特里亚安塞巴省克尔克贝特多金属矿 Aradaib 分区矿床特征及成因[J].四川有色金属,2022,(02):41-44.
- [2] 秦秀峰,朱思才,景亮兵,等.厄立特里亚碧沙 VMS 铜锌金矿床勘查与发现[J].矿产勘查,2012,3(02):266-269.
- [3] 王利宏,何也,姚松均.厄立特里亚国阿古米矿区矿体分布及矿石特征[J].煤炭科技,2012,(02):19-20.
- [4] 向鹏,王建雄,姚华舟,等.厄立特里亚比萨(Bisha) VMS 型多金属矿床的研究进展及认识[J].地质科技情报,2013,32(05):118-125.
- [5] 杨小峰,刘长垠,张泰然,等.地球化学找矿方法[M].北京:地质出版社,2007,1-172.
- [6] 高长亮,党万民,田绍喜,等.埃塞俄比亚地质特征与矿产概况[J].山东国土资源,2010,26(11):19-23+27.
- [7] 赵忠孝,段焕春,王凤仙.厄立特里亚地质矿产概况及勘查新进展[J].矿产勘查,2012,3(05):707-714.
- [8] 刘尚贵.厄立特里亚安塞巴省土壤地球化学特征及找矿远景分析[D].成都理工大学,2015.