

## 苏丹哈佳吉金矿区地质特征及控矿因素浅析

鲍中义, 杨立新, 谭建刚, 李山, 李瑞翔

(山东省第六地质矿产勘查院, 山东 招远 265400)

**摘要:**哈佳吉金矿区位于尼罗河大型韧性剪切带次级构造带上,属岩浆热液破碎带蚀变岩型金矿床。该文通过论述矿区地质特征,总结控矿因素,证实该区矿体严格受构造蚀变带控制,近 EW 向韧性剪切构造,尤其是构造转弯部位、构造膨大部位、不同级别构造复合部位,以及多期成矿作用叠加部位是矿床形成的有利空间。并与岩性和蚀变矿化关系密切,赋存于黄铁矿化碎裂岩、黄铁矿化硅化变粒岩质碎裂岩带中,产状与蚀变矿化带一致。

**关键词:**金矿床;地质特征;控矿因素;苏丹哈佳吉

**中图分类号:**P618.51

**文献标识码:**A

哈佳吉位于苏丹拜尤达地区,距尼罗河 40 km,交通较方便。邻区在尼罗河大型韧性剪切带内赋存有超百吨的大型金矿床。金矿具有区域成矿性,以热液脉、带型为主,该文结合区域构造及成矿特征,在大致查明矿区地质及矿床特征的基础上,对矿区控矿因素做初步探讨。矿区大地构造位置处在阿拉伯地盾,东非大裂谷西缘。区内广泛分布前寒武纪基底岩层 Kurmut 统、Abu harik 统(也称为新元古代 NAFIRDEIB 岩群),岩石类型主要有黑云斜长变粒岩、黑云斜长片麻岩、绢云母绿泥石片岩、板岩、变辉长岩等,局部夹少量石英岩薄层或透镜体。岩浆岩为新元古代花岗岩体,新生代玄武岩以及偶见的中基性、中酸性脉岩。韧性剪切带、断裂构造发育,由蚀变构造岩控制的矿化蚀变岩带控制了金矿化发育空间(图 1)。

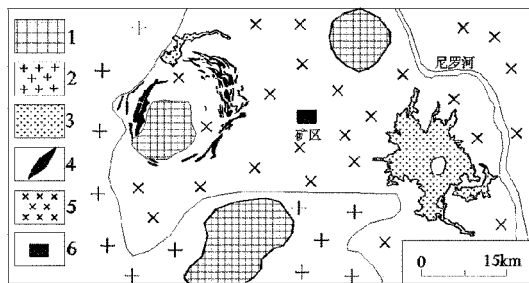


图 1 拜尤达区域地质图

1—花岗岩;2—花岗岩麻岩;3—玄武岩;4—酸性喷出岩(流纹岩);5—黑云斜长角闪片麻岩;6—矿区位置

EW 向大型左旋韧性剪切带为成矿期构造,与区域总体构造形态一致,控制了区内大部分含矿蚀变带。NW 向断裂为成矿后期构造,规模较大,纵贯全区,该断裂无明显位移,对含矿蚀变带破坏较小。

### 1.2.1 近 EW 向韧性剪切带

矿区内发现 2 条近 EW 向较大的韧性剪切带:

**I 号蚀变矿化带:**位于矿区的中西部,5 线与 14 线之间,中间宽,两头窄,长约 1 000 m,宽度约 70~100 m,总体走向 110°,倾向 SW,倾角 55°~67°,8 线为转折端,5~8 线之间走向为 90°,倾角略缓,倾角小于 60°,8~14 线之间走向为 120°,倾角较陡,倾角大于 60°。控制了 I 号蚀变带的展布。蚀变带分带明显,中心为黄铁矿化硅化变粒岩质碎裂岩,向两侧蚀变和破碎程度逐渐变弱,渐变为硅化变粒岩、变粒岩或绢云片岩。矿体主要赋存于黄铁矿化硅化变粒

## 1 矿区地质特征

### 1.1 地层

矿区内地层主要为前寒武纪基底岩层 Kurmut 统和第四系。Kurmut 统遍布全区,岩性主要为含石榴石角闪斜长变粒岩、黑云斜长片麻岩、绢云片岩、硅质岩、板岩、大理岩、石英岩。

### 1.2 构造

区内构造主要为 NW 向和近 EW 向 2 种,近

\* 收稿日期:2011-04-22;修订日期:2011-09-20;编辑:曹丽丽

作者简介:鲍中义(1979—),男,河北石家庄人,助理工程师,主要从事地质勘查工作;E-mail:gybzy2005@126.com。

岩质碎裂岩中,矿体产状、形态严格受控矿构造蚀变带控制。蚀变带岩石受到强烈的韧性变形,是蚀变与矿化的基础条件<sup>[1]</sup>。

II号蚀变矿化带:位于矿区的中西部, I号蚀变矿化带南侧, 1 线与 30 线之间, 两头宽, 中间窄, 呈舒缓波状产出, 膨胀夹缩现象明显, 长约 1 500 m, 宽度约 10~120 m, 总体走向 90°, 倾向 SW, 倾角 52°~65°, 控制了 II 号蚀变带的展布。蚀变带分带明显, 中心为黄铁矿化硅化碎裂岩或黄铁矿化硅化变粒岩质碎裂岩, 向两侧蚀变和破碎程度逐渐变弱, 渐变为硅化变粒岩、变粒岩或绢云片岩。8~12 线之间蚀变、破碎程度低, 局部蚀变带内岩性为片理化变粒岩。矿体主要赋存于黄铁矿化硅化变粒岩质碎裂岩中, 矿体产状、形态严格受控矿构造蚀变带控制。

### 1.2.2 NW 向断裂

NW 向断裂为成矿后期断裂, 区内共有 3 条, 规模较大, 纵贯全区。断裂无明显位移, 对含矿蚀变带破坏较小, 地表表现形式主要为干枯的河道。

### 1.3 热液蚀变与矿化

区内沿断裂构造带围岩蚀变作用发育, 主要有绢云母化、碳酸盐化、绿泥石化、硅化等, 局部可见高岭土化, 蚀变的强度和规模取决于断裂、裂隙的性质和矿液动力的强度。其特点是: 蚀变作用延续时间长, 各蚀变作用相互叠加, 蚀变分带较明显, 各带之间为渐变关系。

矿化与蚀变作用有关, 但主要取决于构造活动。热液蚀变作用过程中形成金属硫化物和金矿物。金属硫化物主要为黄铁矿、毒砂、磁黄铁矿, 其次为方铅矿、闪锌矿、黄铜矿。金矿物为充填于金属硫化物裂隙、晶隙中或被包于金属硫化物中的银金矿、自然金等。金属硫化物多呈浸染状、细脉状、细脉浸染状、网脉状、星点状、团块状分布。

据观察统计, 矿化裂隙中充填物以黄铁矿、石英脉为主, 少量不纯质黄铁矿化石英细脉。金矿物形态以角粒状为主, 麦粒状、枝杈状、长角粒状次之; 粒度以中粗粒金为主, 细粒、微粒金次之; 赋存状态以晶隙金和裂隙金为主, 包体金次之。

## 2 矿床地质特征

### 2.1 矿体特征

构造蚀变带受韧性剪切带控制, 其形态规模产

状与剪切带产状一致, 与区内总体地层走向一致, 但倾角较陡, 蚀变带均位于变粒岩中。

蚀变带内岩性主要为碎裂岩和变粒岩质碎裂岩或片麻岩质碎裂岩, 蚀变带与围岩界线不明显, 属渐变关系。蚀变带内地层产状较为零乱, 地层总体走向 150°~170°, 倾向 SW, 倾角 20°~40°, 带内见一组张性裂隙, 总体走向 200°~220°, 倾向 NW, 局部南西与地层略有交角, 倾角 20°~40°。张性裂隙中常充填有石英脉, 石英脉受裂隙控制, 中间厚大, 最宽处可达几米, 多数小于 1 m, 石英脉两侧围岩蚀变矿化较强, 多为红褐色碎裂岩, 品位较高, 少数金品位高达几十克/吨。裂隙严格受 EW 向构造蚀变带控制, 位于蚀变带内, 其走向长小于构造带宽度, 与构造带呈 75°~90°交角。

### 2.2 矿体地质特征

普查区内共圈出 10 个矿体, 均进行了资源量估算。其中有 4 个矿体规模较大, 占总资源量的 91%, 其余 6 个小矿体占总资源量的 9%。矿体产状与蚀变带一致或大致平行, 矿体的规模、产状、形态及品位受控于构造带(图 2)。

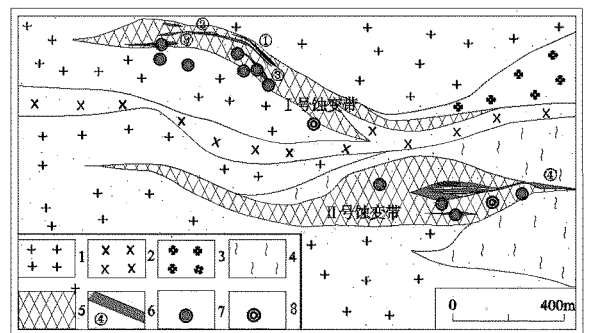


图 2 哈哈吉矿区基岩地质图

1—粗粒含石榴石变粒岩; 2—细粒变粒岩; 3—硅质岩; 4—片岩; 5—变粒岩质碎裂岩; 6—矿体及编号; 7—见矿钻孔; 8—未见矿钻孔

矿体赋存于蚀变矿化带内的黄铁矿化硅化变粒岩质碎裂岩或黄铁矿化碎裂岩内, 以团块状、星点状矿化为主, 脉状矿化次之。

#### 2.2.1 ①号矿体

由 4 个钻孔和 3 个探槽控制, 共分为 2 段, 分布于 0 线左右和 6~8 线之间, 206~401 m 标高内。其资源储量占矿区总量的 11%。严格受控矿构造带控制, 呈脉状、似层状产出; 矿体赋存于黄铁矿化碎裂岩和黄铁矿化硅化变粒岩质碎裂岩内。西段走向 90°, 东段走向 120°, 倾向 S, SW, 倾角 56°~62°。

西段倾向长 36~115 m, 平均 65 m, 东段走向长 50~140 m, 平均 95 m, 沿勘查线(0 线)最大斜深 220 m。

矿体单工程厚 0.69~5.40 m, 平均 3.36 m, 厚度变化系数 108%, 属厚度较稳定型矿体; 单工程品位  $1.08 \times 10^{-6} \sim 8.77 \times 10^{-6}$ , 平均  $3.88 \times 10^{-6}$ , 品位变化系数为 154%, 属有用组分较均匀型矿体。

#### 2.2.2 ②号矿体

由 4 个钻孔和 5 个探槽控制, 分布于 0~8 线之间, 249~402 m 标高内。其资源储量占矿区总量的 40%。严格受控矿构造带控制, 呈脉状、似层状产出; 矿体赋存于黄铁矿化碎裂岩和黄铁矿化硅化变粒岩质碎裂岩内。走向  $105^\circ$ , 倾向 SW, 倾角  $48^\circ \sim 65^\circ$ , 倾向长 70~370 m, 平均 270 m, 沿勘查线斜深 65~190 m, 平均 108 m。

矿体单工程厚 0.64~7.15 m, 平均 3.80 m, 厚度变化系数 97%, 属厚度较稳定型矿体; 单工程品位  $1.31 \times 10^{-6} \sim 11.16 \times 10^{-6}$ , 平均  $4.67 \times 10^{-6}$ , 品位变化系数为 124%, 属有用组分较均匀型矿体。

#### 2.2.3 ③号矿体

由 6 个钻孔和 4 个探槽控制, 共分为 2 段, 分布于 1~0 线之间和 6~8 线之间, 329~399 m 标高内。其资源储量占矿区总量的 11%。严格受控矿构造带控制, 呈脉状、似层状产出; 矿体赋存于黄铁矿化碎裂岩和黄铁矿化硅化变粒岩质碎裂岩内。西段走向  $88^\circ$ , 东段走向  $130^\circ$ , 倾向 SE, SW, 倾角  $43^\circ \sim 61^\circ$ , 西段倾向长 50~83 m, 平均 66 m, 东段走向长 60~180 m, 平均 127 m, 沿勘查线(6 线)最大斜深 110 m。

矿体单工程厚 0.85~9.37 m, 平均 3.67 m, 厚度变化系数 75%, 属厚度稳定型矿体; 单工程品位  $1.24 \times 10^{-6} \sim 20.66 \times 10^{-6}$ , 平均  $4.24 \times 10^{-6}$ , 品位变化系数为 137%, 属有用组分较均匀型矿体。

#### 2.2.4 ④号矿体

由 3 个钻孔和 6 个探槽控制, 共分为 2 段, 分布于 16 线附近和 22~30 线之间, 247~397 m 标高内。其资源储量占矿区总量的 28%。严格受控矿构造带控制, 呈脉状、似层状产出; 矿体赋存于黄铁矿化碎裂岩和黄铁矿化硅化变粒岩质碎裂岩内。西段走向  $80^\circ$ , 东段走向  $86^\circ$ , 倾向 SE, 倾角  $52^\circ \sim 61^\circ$ , 西段倾向长 47 m, 东段走向长 50~345 m, 平均 205 m, 沿勘查线斜深 25~180 m, 平均 101 m。

矿体单工程厚 0.70~25.41 m, 平均 8.53 m, 厚度变化系数 110%, 属厚度较稳定型矿体; 单工程品位  $1.40 \times 10^{-6} \sim 6.92 \times 10^{-6}$ , 平均  $2.24 \times 10^{-6}$ , 品位变化系数为 129%, 属有用组分较均匀型矿体。

## 2.3 矿石特征

### 2.3.1 矿石矿物成分

根据宏观、微观观测, 区内金矿石矿物成分由金属矿物、非金属矿物和表生矿物组成, 其中主要矿石矿物为黄铁矿、银金矿, 脉石矿物主要有石英、绢云母、长石等; 表生矿物主要有褐铁矿等。

### 2.3.2 矿石结构及构造

(1) 矿石结构。矿石结构以晶粒状结构为主, 其次有碎裂结构、填隙结构、包含结构、交代残余结构、交代假象结构、文象结构、乳滴状结构和糜棱结构。

自形一半自形—他形晶粒体状结构: 金属矿物黄铁矿、毒砂、方铅矿、黄铜矿、自然金、银金矿等呈自形一半自形—他形晶粒状分布于矿石中, 或充填于矿石裂隙中。碎裂结构: 矿化早期形成的黄铁矿、毒砂经受构造应力破坏, 呈碎块、碎屑、粉末状, 被后期石英、硫化物等胶结充填。

(2) 矿石构造。矿石以团块状、雪花状、眼球状、脉状、网脉状以及斑杂状构造为主, 其次为角砾状及交错脉状构造。细脉浸染状构造: 金属矿物集合体或金矿物呈浸染状、细脉浸染状较均匀分布于矿石中, 以蚀变碎裂岩型矿石较多见。脉状构造: 金属硫化物集合体或金矿物集合体呈脉状充填于岩石或矿物裂隙中呈脉状分布, 各种矿石类型均有。块状构造: 金属硫化物集合体呈块状均匀分布于矿石中, 石英脉矿石较多见。

## 3 控矿因素

### 3.1 构造控制(构造及其与金矿成矿关系)

韧性剪切带和继承韧性剪切带发育的断裂构造是该区域金矿的定位因素。多次活动的韧性、脆性构造导致宽大的蚀变矿化破碎带的形成, 为成矿提供了热液活动场所和沉淀空间, 形成工业矿体<sup>[2]</sup>。

区内控制 I, II 号蚀变带断裂构造, 为  $110^\circ$  或近 EW 向构造, 该断裂为左旋韧性剪切带, 倾向 S, 倾角较陡, 平移错动位置小, 表现为岩石变形强烈、眼球状构造的糜棱岩、断层泥、擦痕等断裂错动标志。断裂带既是导矿构造, 又是容矿构造<sup>[3]</sup>。

韧性剪切带左旋,产生了近 SN 的次级裂隙,严格受 EW 向构造控制,其延伸短,成生晚,为矿区的容矿构造,SN 向断裂造成了矿化的二次富集,沿该裂隙,矿化强,蚀变破碎强烈。

### 3.2 地层岩性控制

变质基底不同岩性接触带是活动性元素的富集区间,甚至可能有不同单元的岩浆岩体界面。这些界面既能富集成矿元素,也是构造薄弱面,容易形成控矿构造,赋存金矿体。

矿区内地层主要为前寒武纪基底岩层 Kurmut 统,岩性为含石榴石角闪斜长变粒岩和绢云片岩,断裂构造主要位于 2 种岩性的接触部位。

含矿岩性为含石榴石角闪斜长变粒岩,其他岩性中未见工业意义的金矿体<sup>[4,5]</sup>。

### 3.3 蚀变控制

中低温热液蚀变作用是金矿床的形成因素,也是显著的找矿标志。硅化、碳酸盐化、绿泥石化、绢云母化及多金属矿化导致和包含了金矿化形成。

矿区内硅化、黄铁矿化、白黄铁矿化及多金属矿化与金矿化呈正相关关系。其余蚀变较弱,磁黄铁矿与金矿化关系不强。

## 4 结语

该矿床为岩浆热液破碎带蚀变岩型金矿床,近 EW 向韧性剪切构造尤其是构造转弯部位、构造膨大部、不同级别构造复合部位以及多期成矿作用叠加部位是矿床形成的有利空间。

## Primary Analysis on Geological Characteristics and Ore Controlling Factors of Ha Kakichi Gold Deposit in Sudan

BAO Zhongyi, YANG Lixin, TAN Jiangang, LI Shan, LI Ruixiang

(No. 6 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Zhaoyuan 265400, China)

**Abstract:** Ha Kakichi gold deposit area located in sub-structure belt of large ductile shear belt of Nile river. It belongs to magmatic hydrothermal altered rock type gold deposit. In this paper, through discussing geological characteristics and summarizing ore controlling factors, it is confirmed that this area was controlled by structural alteration strictly. Ductile shear belts with the trend of EW, especially the turning areas, swollen parts of the structures, composite parts in different levels of structures, and multi-stage mineralization superimposed parts are beneficial for the formation of deposits. It has close relationship with the lithology, alteration and mineralization, and occurred in pyritized cataclasite, pyritized and silicified cataclastic granulite belt. Its occurrence is consistent with the alteration and mineralization zone.

**Key words:** Gold deposit; geological characteristics; ore-controlling factors; Ha Kakichi in Sudan

区内矿体受蚀变矿化带控制,赋存于黄铁矿化碎裂岩、黄铁矿化硅化变粒岩质碎裂岩带中,产状与蚀变矿化带一致。根据目前对矿体的控制情况及钻孔见矿规律分析,由于矿体受左行韧性剪切带控制,矿体有向南东方向侧伏的可能。

在矿区外围数千米范围内,已经发现了 Me-gadroub, Goiff, New Alhamra, Alhamra 等金矿点。具有与哈佳吉相同或相似的构造成矿特征,在研究对比成矿地质条件、分析矿化规律、查明矿体产状的基础上,能够通过预测和追索发现新的金矿化区域,进而勘查新的金矿体。

### 参考文献:

- [1] Almond, D. C., and Ahmed, F., (1987). Ductile shear zone in the northern Red Sea Hills, Sudan and their implication for crustal collision. *Geol. Jour.*, v22:175-184.
- [2] 李海森,张有志,王玉杰. 河南浙川—西峡金矿的主要类型、控矿因素及找矿方向[J]. *矿产勘查*, 2010, (3):44-48.
- [3] Elsayied, R. S., (2005). Geochemical studies and tectonic control of gold mineralization in the baeyuda desert. Northern Sudan with especial emphasis of Hagaggia area, Unpublished M. Sc. thesis Alnelain Univ. Khartoum. 133pp.
- [4] Vail, J. R., (1975). Geological investigation in the Bayuda Desert, Northern Province, Sudan, *Res. Rec. Univ. Khartoum*. No. 1:4-6.
- [5] Vail, J. R., (1979). Outline of geology and mineralization of the Nubian Shield east of the Nile valley, Sudan In: Tahon, S >A>, (ed.). *Evolution and mineralization of the Arabian Nubian Shield*, 1, 97-107. Pergamon press.