

苏丹东北部金矿成矿特征及成矿远景浅析

胡建勇¹, 杨 伦², 李 辉¹, 刘建权¹

(1. 天津华北地质勘查总院, 天津 300170; 2. 天津华北地质勘查局, 天津 300170)

[摘 要] 文章在对苏丹东北部金矿区域构造背景、含金建造及金地球化学特征研究成果的基础上, 分析了哈塞、洁比特、瑞达和哈马迪等 4 个研究程度较高的典型金矿床的矿体赋存规律、矿床类型和金矿石的结构构造等特征, 认为该地区至少存在石英脉型、火山成因块状硫化物和韧性剪切带等 3 种以上金矿床类型。金矿床的形成与岩石建造、构造作用关系密切, 总结了苏丹东北部的金成矿规律, 提出了在苏丹东北部沙漠覆盖区采用遥感、区域化探等新技术开展金矿勘查的思路。

[关键词] 韧性剪切带 VMS 矿床 成矿远景 苏丹

[中图分类号] P618.41+P624 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2011)03-505-07

Hu Jian-yong, Yang Lun, Li Hui, Liu Jian-quan. Metallogeneis and prospect of gold deposits in Northeast Sudan. [J]. Geology and Exploration, 2011, 47(3): 505-511.

苏丹东北部包括苏丹红海州、卡萨拉州和尼罗州, 是非洲大陆一个重要的金矿聚集区, 也是人类最早进行采岩金活动的地区之一。区内洁比特金矿及周边考古发现有 3500 年前古埃及人采金遗迹。目前在区内已经发现和开发的金矿有: 哈塞(Hassai)、洁比特(Gebeit)、瑞达(Rida)和哈马迪(Hamadi), 等等。随着苏丹政局稳定、鼓励矿业开发政策的落实, 找矿工作的不断深入, 勘查成果越来越多, 引起众多国际矿业公司关注(宋国明, 2004)。

本文作者利用近年本人在苏丹东北部选区选块和在哈马迪金矿区从事找矿、科研取得成果, 参阅掌握区域资料, 从苏丹东北部金矿形成地质构造背景出发, 结合研究程度较高的矿床地质特征, 分析金矿富集规律, 对该区金成矿潜力进行了分析, 为在该地区金矿勘查提供思路。

1 区域地质背景

苏丹东北部地处阿拉伯-努比亚地盾努比亚地区, 位于红海西侧。阿拉伯-努比亚地盾形成于新元古代岛弧和弧后增生过程(Deschamps and Les-cuyer, 2002), 由众多小的古地块拼接而成, 属泛非

运动范畴。有关研究(Stern, 1994; Hargrove, 2005)确定了古地块(体)间缝合带(图 1)。

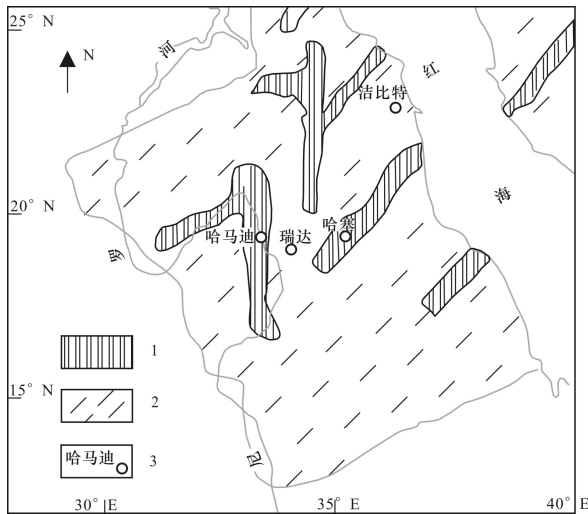


图 1 苏丹东北部古板块缝合带及金矿位置

Fig 1 Map showing ancient plate sutures and gold mines in Northeast Sudan

1-缝合带; 2-新元古界; 3-金矿区位置及名称
1-suture zone; 2-Neoproterozoic; 3-gold mine

苏丹东北部地层以中-低变质程度的变质沉积

[收稿日期] 2010-06-07; [修订日期] 2010-11-06; [责任编辑] 郝情情。

[基金项目] 天津市国土资源和房管局科研项目(编号: 2009-29)资助。

[第一作者] 胡建勇(1971 年-), 男, 2007 年毕业于太原理工大学, 获硕士学位, 工程师, 注册矿业权评估师, 现主要从事地质勘查、矿业经济评价等工作, E-mail: hujyut@126.com。

岩和变质火山岩嵌套组成,相当于绿片岩到绿帘角闪岩相。岩性以云母片岩、角闪片岩、绿泥片岩和钙硅质岩为主,角闪片岩、云母片岩和剪切花岗质岩脉是金矿赋存层位。一些地区杂岩体中可见到成组的弧形或放射状的花岗质和基性岩脉,也有石英脉赋存其中。

区内岩浆作用以变质期前和构造变质作用过程中为主,锆石 U-Pb 年龄研究结果显示主要有 4 个岩浆作用期(M1~M4):M1(825~800 Ma)和 M2(785~745 Ma)岩浆岩主要在消减作用和地壳新生时侵入,是构造作用前期或同期的产物,与缝合带碰撞作用引发的应变有关。其同位素特征是高 ε_{Nd} 初始值(+5.8~+8.5),与火成岩的 Nd 模式年龄接近。M3(700~633 Ma)和 M4(600~565 Ma)为构造期后侵入的岩浆岩,可能与由于在东非造山期沿着缝合带的碰撞形成的深成岩有关。M3~M4 单元具低 ε_{Nd} 初始值(+7~+4)特征,不同于火成岩的 Nd 模式年龄,可能为下地壳就地重融的产物。另外,区内可见受变质基性岩脉和新生代喷发形成的玄武岩(Stern,1994)。

区内构造以褶皱为主,可划分为 3 期,第一期是同斜平卧褶皱,第二期为轴向 NE-SW 的紧密褶皱,第 3 期为近 N-S 向宽缓褶皱,并伴随有左旋走滑断裂,形成较具规模的剪切带。

2 主要岩相特征及金地球化学特征

2.1 主要岩相特征

通过笔者地质路线调查和矿区找矿地质工作认为:苏丹东北部变质岩以各类片岩为主,局部可见片麻岩、变粒岩、斜长角闪岩和大理岩。片岩按特征矿物和主要矿物含量可分为石英片岩、云母片岩和角闪片岩等。各岩类岩石标本鉴定报告综合如下:

1) 石英片岩类

灰-浅灰色,鳞片粒状变晶结构、斑状变晶结构,变斑晶多为石榴石和角闪石,少量黑云母和绢云母。基质具鳞片变晶结构,主要由石英和钠长石、方解石、黑云母、白云母及微量金属矿物和副矿物磷灰石等组成。片理构造十分发育,普遍可见二期面理。组成矿物有石英(40%~60%)、角闪石(2%~20%)、黑云母(0~30%)、白云母(0~30%)、钠长石(3%~20%)、石榴石(0~15%),方解石(0~20%),部分岩石中含少量绢云母、蓝晶石和矽线石。

2) 云母片岩类

该岩类以灰色调为主,颜色深浅有较大变化,是黑云母含量变化的反映。具粒状鳞片或鳞片状变晶结构,部分岩石为斑状变晶结构,变斑晶常为石榴石和黑云母。岩石主要由云母($\geq 35\%$)、钠长石(0~25%)、石英(10%~45%)、石榴石(2%~18%)、方解石(0~25%)、绿泥石(0~8%)、菱铁矿(0~5%)等组成。微量黝帘石、硅灰石和其它金属矿物。片理构造十分发育,普遍可见二期面理。

3) 角闪片岩类

该岩类多呈灰黑-绿黑色,纤-粒状不等粒变晶结构,片状构造。岩石主要由角闪石($\geq 50\%$)、石英(15%~30%)、钠长石(5%~15%)、黑云母(2%~10%)等组成。微量磷灰石、菱铁矿和其它金属矿物。该岩类和斜长角闪岩的区别主要是角闪石含量和片理的发育程度。

4) 片麻岩类

该岩类多呈灰色,片麻理明显,鳞片粒状变晶结构。按矿物含量可分为斜长角闪片麻岩、石榴子石角闪片麻岩、云母斜长片麻岩。矿物成分主要由黑云母(4%~12%)、斜长石(20%~50%)、石榴子石(5%~20%)、钾长石(10%~25%)、石英(7%~38%)等组成。黑云母多为棕褐色,斜长石以钠长石为主,钾长石以微斜长石为主。部分片麻岩中含自形锆石、磷灰石等副矿物,个别见矽线石。

5) 变粒岩

该岩类呈灰-深灰色,块状构造,粒状或鳞片粒状变晶结构。主要矿物有:石英(35%~60%),钾长石(0~30%),斜长石(0~25%),黑云母(0~12%),白云母($< 5\%$),石榴石多为铁铝榴石,部分变粒岩中含绿色普通角闪石。

6) 斜长角闪岩

该岩类呈深灰绿色-灰色、灰绿色,块状构造,粒纤状或纤粒状变晶结构。主要矿物:斜长石(10%~58%),平均 48.8%,角闪石(10%~72%),平均 41.99%,其次是黑云母(0~10%)、石英(0.5%~15%),部分岩石含少量绿帘石。副矿物中磷灰石、榍石、磁铁矿较多,含量高时可达 3%,斜长石以钠长石为主。

7) 大理岩类

该岩类呈灰白色-白色,粒状变晶结构、块状构造,或因变形而常具强烈流变组构。主要矿物有方解石($> 50\%$)、石英、金云母、透闪石、透辉石和钾长石等。区内更多情况出现的是碳酸盐岩脉中菱铁矿

含量达 30% ,与白云石条带相间分布。

区内变质岩经过多期变形、变质改造,内部整个区域经历构造作用相同,但由于处于沙漠覆盖区域,区域基础地质工作程度较低,变质岩石原始沉积序列仍未厘清,变质岩体厚度巨大,不同的工作区有着不同的认识,对应性也较差。区域范畴的岩组划分工作较难统一。

2.2 金地球化学特征

从区内各岩类化探原始数据中的计算结果看(表 1),本区金背景值较高,区内各岩类金质量分数平均为 29.99×10^{-9} ,各岩类均高于地壳克拉克值(3.5×10^{-9}),而角闪片岩平均值最高(126.43×10^{-9}),也反映角闪片岩构成了初步富集“矿源层”的主体,金矿体也与角闪片岩(原岩为基性岩浆岩或火山沉积物)在空间上有着密切关联(Joannès *et al.*, 2002)。冲积物中金含量高于基岩,说明风化作用使金元素一定程度富集,并且在局部形成可以开发利用的砂金矿。

表 1 区内各岩类金($\times 10^{-9}$)地球化学特征

Table 1 Statistics of gold-bearing ratios of rocks

(unit: $\times 10^{-9}$)

岩石类别	统计样品数	最大值	平均值
石英片岩	11	105	13.27
云母片岩	439	567	23.33
角闪片岩	97	9963	126.43
含碳酸盐条带角闪岩	271	467	22.90
安山岩	13	286	29.08
黑云片麻岩	51	138	8.92
含铁白云岩	839	1764	24.51
辉长岩	52	225	12.96
花岗闪长岩	166	493	9.57
基性岩	73	293	25.67
大理岩	3	20	8.33
各岩类总体	2015	9963	29.99
冲积物	1190	8829	35.07

注:数据来源于 Joannès C., Vadala P. (2002),由本文作者整理。

3 区内典型金矿床

3.1 哈塞(Hassai)金矿

哈塞金矿地处红海州,是目前苏丹国最大规模的生产矿山,包括哈塞南等 14 个矿段,已生产黄金 60 余吨,近地表的矿床氧化富集带大多将要采尽。

哈塞金矿区的矿床工业类型有次生氧化富集矿

床、石英脉型和火山成因块状硫化物矿床(VMS)3 种类型。赋存于元古代形成的 Ariab 绿岩带内。围岩包括双峰式火山岩、火山和碎屑沉积地层和晚期侵入的花岗岩。大多数矿体与 Ariab 岩系关系密切。

Ariab 岩系大致可分为 5 个岩石单元(图 2):A,玄武岩,被闪长岩和辉长岩切割;B,由厚层安山质和英安质熔岩夹火山碎屑岩组成;C,由酸性的富 Na 流纹质和流纹英安质熔岩、凝灰岩和岩丘组成,又可分为 2 个细分岩组:C1(主要是熔岩)分布范围十分有限,呈层状处在 B 单元中;C2(凝灰岩为主)在矿区内分布广泛,覆盖于 B 单元顶部;D 单元是块状硫化物和金矿床赋存的主要层位,厚度不大(10 ~ 100m)且不连续,岩性主要包括中性-基性熔岩,覆盖于 C2 酸性火山岩之上。一般情况下,D 单元下部有块状硫化物;E,与火山岩整合,原岩为厚大的沉积岩。

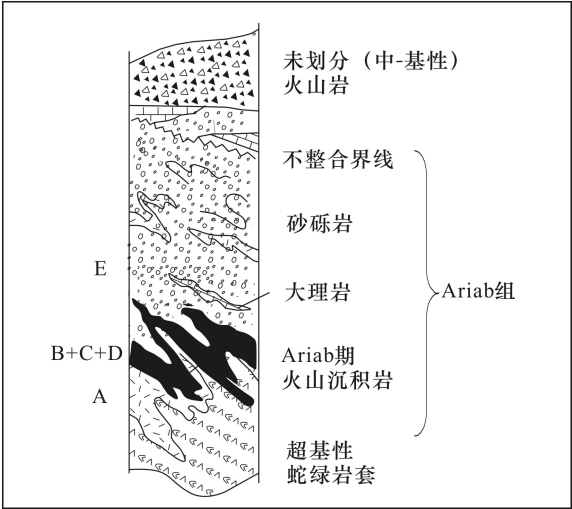


图 2 Ariab 组地层示意图

Fig. 2 Sketch showing strata of the Ariab Formation

区内整个历史时期有几个期次的深成岩,有些与火山沉积作用同期,但大多数形成于构造作用期后。稀土元素和微量元素地球化学研究表明,区内岩浆作用从拉斑玄武质岛弧火山作用向钙碱性熔岩作用演化,前者是岩组的基础,后者与矿化作用有关。

火山岩分布于 NEE-SWW 向展布的复式背斜的核部,倾向 NW,伏于沉积岩下方。区内发生 2 期褶皱作用,1 期平行于片理面,2 期应力方向垂直于 1 期,造成了岩层产状的变化。

3 组断裂(走向 NEE、NW、NNE)切穿所有地层。

在哈塞矿区 Ariab 岩组内出现的 3 种金矿化类型分别叙述如下:

1) 氧化带和石英-高岭土-重晶石 (SBR) 型金矿床

此类型矿床是区内重要的金矿化类型,以金在铁帽和石英-高岭土-重晶石 (SBR) 中富集为重要特征。铁帽和石英-高岭土-重晶石 (SBR) 均是下伏的火山成因块状硫化物多金属矿床 (VMS) 在地表风化的产物。

该区内前期的采矿活动也主要是在氧化带进行。

2) 含矿石英脉型金矿

含矿石英脉型金矿,矿化发生在石英细脉、网脉及石英脉两侧。金矿化作用时间仍未厘清。对石英脉铅同位素测年显示石英脉是早期形成,侵位于相邻的矿化或无矿化花岗岩。金元素的重新活化或独立的金矿化作用导致了石英脉的变形。矿化发生在绿岩带内变质岩中的石英脉中度变形部位,显示了中温金矿床的特点,同时引起石英脉围岩也矿化蚀变。

3) 火山成因 Cu-Au-Zn 块状硫化物矿床

块状硫化物矿床与火山作用有关,也是 Ariab 元古界绿岩带的一部分。大多数矿床赋存在 D 单元地层中,处于 Ariab 岩系分异火山岩系列的上部。火山岩成分显示双峰特征。

多数 VMS 矿体呈板状,厚 0.3 ~ 25m,最长可达 2500m。硫化物呈块状,细粒结构,层状构造,局部为角砾状构造。富含黄铁矿、闪锌矿和黄铜矿,少量磁黄铁矿、方铅矿、黝铜矿和毒砂。热液蚀变由内向外分别为硅化、绿泥石化和绢云母化,有时可见碳酸盐化。

通过铅同位素测年确定 VMS 矿床形成于 702 ± 15 Ma (Barrie, 2008), 对应于 M3 岩浆作用阶段。

目前深部勘查发现, VMS 型金矿体下部富含铜、锌等有色金属,构成了“上金下铜(锌)”的成矿系列。

3.2 洁比特 (Gebeit) 金矿

洁比特金矿地处红海州,是世界上最古老的金矿山之一。截至目前生产黄金超过 5000kg。目前勘查工作在原有采区外围和深部实施。

洁比特金矿赋存于一组安山质火山岩和火山沉积岩中。岩性为互层状凝灰岩组、斑状安山岩、安山质碎屑岩和细粒凝灰岩等(任小安等,1998)。

洁比特金矿位于走向近南北并向南倾伏的区域

性弧形背斜轴部范围内,由一系列含金构造剪切带组成。剪切带规模及含金性等特征变化较大。含金剪切带一般由块状深灰色石英脉-含石英脉的剪切凝灰岩-主剪切带组成,且多被小剪切带或岩墙切割破坏,矿带两端也多终止于不含矿或具微弱金矿化的剪切带或岩墙。

洁比特矿区的金矿化作用及相应的热液蚀变平行于区域构造,呈 NE 向延伸,金矿化作用受地层控制明显,多局限于凝灰岩和安山岩接触带内。

矿区内共有 9 条主要含矿脉带。脉带主要受构造控制,矿体呈脉状或透镜状,品位变化较大,连续性较差。品位在 $1.0 \sim 38.4 \times 10^{-6}$ 之间。

矿区内金矿物主要以自然金形式赋存在 3 种类型的矿物中,即脉石矿物:包括石英、绿泥石、绢云母粘土矿物等;矿石矿物:包括毒砂、黄铁矿、白铁矿、黄铜矿、闪锌矿等;表生矿物:包括褐铁矿、蓝铜矿、臭葱石等。金颗粒大小多在 0.01 ~ 0.05mm,最大可达 1 mm 以上,主要呈片状、小颗粒状,包裹状或亚微粒状赋存于石英脉及其它矿物中,其中尤以石英、毒砂、黄铁矿中金含量较高。

矿区内近矿围岩蚀变主要有硅化、毒砂化、黄铁矿化、绿泥石化、片理岩化以及绢云母化、碳酸盐化等,其中硅化、毒砂化、片理岩化等与金矿化关系密切。

3.3 哈马迪 (Hamadi) 金矿

哈马迪金矿地处尼罗州尼罗河西侧,目前一座年产 10 万吨的露采-堆浸矿山在生产,已生产黄金 200 多公斤。在区内 7 个矿段共圈定 23 条石英脉+蚀变岩型金矿体,矿体平均品位 $1.01 \sim 16.9 \times 10^{-6}$ 。

区内出露的地层为一套新元古界中深变质岩组合,岩性岩性主要为片麻岩和片岩,呈互层状。大量分布的石英呈透镜状或脉状产于片岩、片麻岩的面理或各种张性裂隙中(胡建勇等,2008;张道忠等,2009;赵鹏等,2009)。

矿区岩层由于受构造影响,在西部和北部的片(麻)岩的片(麻)理总体呈 NEE-NE 向展布,倾向 NW,倾角 $20^\circ \sim 50^\circ$ 。在东部片(麻)理方向近 SN、倾向 SWW-NWW,倾角 $40^\circ \sim 70^\circ$ (图 3)。

金矿体受褶皱构造、片理化带及张性断裂、岩性等控制,主要产在哈马迪背形的核部和两翼。矿体赋存在蓝灰色石英脉及两侧围岩蚀变带内。矿体呈脉状、透镜状。产状大多与围岩一致,极少数矿体产于穿层裂隙内。

矿石中金以自然金形式存在。金属矿物有黄铁

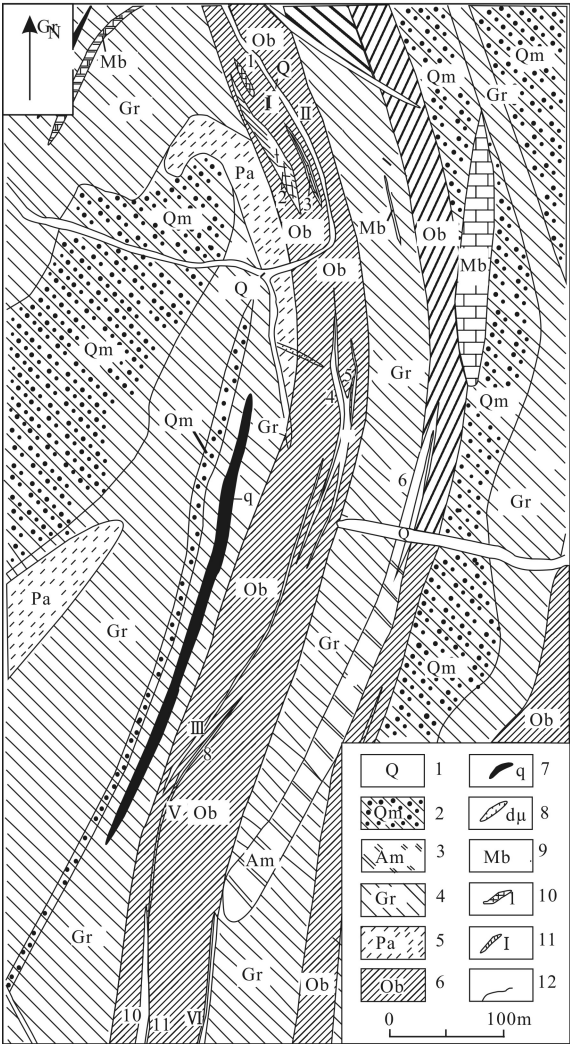


图3 哈马迪金矿地质图

Fig. 3 Geologic map of the Hamadi gold deposit

1-第四系坡积物、冲积物及风成沙;2-石英云母片岩;3-绿片岩;4-角闪片岩;5-斜长角闪片麻岩;6-含矿片理化蚀变带;7-石英脉;8-闪长玢岩脉;9-大理岩;10-金矿体及编号;11-及矿化蚀变体及其编号;12-地质界线
1-Quaternary;2-quartzite schist;3-green schist;4-amphibole schist;5-plagioclase amphibole gneiss; 6-ore-bearing alteration belt;7-quartz vein;8-diorite porphyrite;9-marble;10-ore-body;11-mineralization belt;12-geological boundary

矿、毒砂和少量的白铁矿,次生氧化铁矿物为褐铁矿,偶见孔雀石;脉石矿物有石英、石榴石、钠长石、绢云母、角闪石,次为斜长石、铁白云石、绿泥石等。矿石的结构主要是:它形-半自形粒状结构、假象结构、交代镶边结构、交代残留结构、交代蚕蚀结构、环状结构。矿石构造为:浸染状构造、细脉状构造、块状构造等。区内出露的地层为一套新元古界中深变质岩组合,岩性岩性主要为片麻岩和片岩,呈互层状。大量分布的石英呈透镜状或脉状产于片岩、片

麻岩的面理或各种张性裂隙中(胡建勇等,2008)。

矿区岩层由于受构造影响,在西部和北部的片(麻)岩的片(麻)理总体呈 NEE-NE 向展布,倾向 NW,倾角 20°~50°。在东部片(麻)理方向近 SN、倾向 SWW-NWW,倾角 40°~70°。

金矿体受褶皱构造、片理化带及张性断裂、岩性等控制,主要产在哈马迪背形的核部和两翼。矿体赋存在蓝灰色石英脉及两侧围岩蚀变带内。矿体呈脉状、透镜状。产状大多与围岩一致,极少数矿体产于穿层裂隙内。

矿石中金自然金形式存在。金属矿物有黄铁矿、毒砂和少量的白铁矿,次生氧化铁矿物为褐铁矿,偶见孔雀石;脉石矿物有石英、石榴石、钠长石、绢云母、角闪石,次为斜长石、铁白云石、绿泥石等。矿石的结构主要是:它形-半自形粒状结构、假象结构、交代镶边结构、交代残留结构、交代蚕蚀结构、环状结构。矿石构造为:浸染状构造、细脉状构造、块状构造等。

3.4 瑞达(Rida)金矿

瑞达金矿地处尼罗州尼罗河东侧,年产 100 万吨矿石的矿山于 2009 年底建成,目前处试生产阶段,已生产黄金近 100kg。

瑞达金矿区的变质岩岩性与哈马迪相同。矿体赋存在走向为 NNE 向的剪切带内。目前开采对象是一条 200m 宽矿体,控制长度 600 余米。矿体平均品位 2.43×10^{-6} 。走向 NNE,倾角 70°。糜棱岩化、砂糖状石英是矿体的主要特点,蚀变强度和糜棱岩化对应。由内向外形成一定的蚀变分带主要围岩蚀变是:硅化、绢云母化、黄铁矿化、绿泥石化、方解石化。

金矿体明显受韧性剪切带控制。矿体呈带状展布,矿体规模较大。矿化剪切带包括剪切带内的石英细脉和碳酸盐岩,大部分细脉几乎平行方向产出,金和硫化物就产在石英细脉中,矿化类型是充填裂隙石英脉。

矿石中金以自然金形式存在。金属矿物有黄铁矿、毒砂。脉石矿物有石英、绢云母、绿泥石、碳酸盐、钠长石、角闪石等。地表高岭土化强烈。矿石的结构主要是:它形-半自形粒状结构、假象结构、交代结构、压碎结构。矿石构造为:糜棱片理化构造、块状构造等。

4 苏丹东北部金矿床成因类型及控矿因素

苏丹东北部是阿拉伯-努比亚地盾的组成部

分,是非洲大陆重要的金矿聚集区。区内“矿源层”广泛分布,全区均经历相似的构造变质作用,具备金成矿作用所需热源、物质来源的成矿前提。苏丹东北部金矿的基本特征是:

1) 苏丹东北部金矿床产出于古老块体边缘。至少有 3 种类型金矿床,即前寒武纪形成的火山成因块状硫化物矿床、与区域构造变质作用有关的石英脉及其蚀变岩型金矿床和与韧性剪切带有关的金矿床。

2) 地层岩石对成矿的专属性。绿岩带及其中的火山变质岩对金的成矿具有明显的控制作用。大多数脉状金矿床产出在以原岩为镁铁质火山岩的变质岩系中。成熟的绿岩带和岛弧环境的海底火山作用是金成矿的有利条件。

3) 构造对金矿床形成甚为关键。火山变质作用不同尺度的构造控制着矿床(矿脉)密集程度和矿床类型。脆-韧性剪切转换域是形成韧性剪切带型金矿的构造条件,也控制着变质作用,次一级的断裂构造、层间滑脱构造和片理化构造,对矿床矿体产出具明显的控制作用(沈柳生等,2008)。古老火山机构(隐爆角砾岩筒)构造是 VMS 矿床的导矿和容矿构造(徐克勤等,1996)。

4) 有用成矿元素较单一。除已发现的哈塞矿区 VMS 矿床中出现“上金下铜”,并伴有 Zn 元素富集之外,其余矿床成矿元素仅有 Au(Cottard *et al.*, 1986; Abu Fatima, 2006)。区域地球化学调查显示,与金元素亲缘性较好的 Ag、As 等元素也未显示明显的异常,达不到综合回收利用的要求。

5 成矿远景分析

苏丹东北部是金矿的集中区,至少存在 3 种重要的矿床工业类型金矿,尤其是 VMS 型矿床品位高、规模大。该区仍有广阔的地质找矿工作空白或工作程度较低的区域。

1) 该区处于阿拉伯-努比亚地盾西南部,出露地层为元古界原岩为火山和碎屑沉积岩的变质岩提供了金矿物的物质来源;经历了漫长的变质-变形-构造运动-为金成矿提供了动力场。

2) 金矿床不同的类型对应于不同的地质环境(周云满等,2009)。VMS 型金矿与火山喷发(或浅成侵入)岩筒有关,其深部有着发现铜锌等金属矿藏的前景;已经发现的韧性剪切带型金矿赋存在区内大型韧性剪切带内;石英脉型金矿的分布与古地块缝合带和含金岩相构造有关。

3) 由于本区处于风成沙(砾)覆盖地区,矿体氧化深度浅,工作程度较低。针对各种金矿类型赋存特征和成矿机制,在工作空白区查找有利成矿地质体,有望取得找矿突破。

4) 工作手段可以借助精细遥感、深穿透物探技术和土壤地球化学调查等划分岩相,了解其展布特征,圈定异常,指出成矿地质条件相似的远景地区,重点是查寻未发现的古老火山机构。从而对远景区开展地表工作恢复原岩建造,查明火山机构,做出靶区预测。

该区成矿地质条件优越,工作空白区广阔,具有较大找矿前景。

[References]

- Abu Fatima, M. 2006. Metallogenic genesis and geotectonic evolution of the polymetallic massive sulphides and the associated gold deposits at Ariab - Arbaat Belt, Red Sea Hills, Sudan; unpublished Ph. D. thesis, Universite Henri Poincare, Nancy, France, 1-340
- Barrie, C. T. 2008. Lead isotope analysis of the Ariab and Nuba Mountain areas, Sudan; Updated interpretation; unpublished internal report for La Mancha Resources, 1-5
- Cottard F, Braux C, Cortial P, Deschamps Y, El Samani Y, Hotitn, AM, and Omar Younis M. 1986. Les amas sulfurés polymétalliques et les minéralisations aurifères du district d' Ariab (Red Sea Hills, Soudan). Historique de la découverte, cadre géologique et principaux caractères des gisements. Chron. Rech. Min. no. 483, 19-40
- Cottard, F., Deschamps, Y., Braux, C., Elsamani, Y.. 1986. Gold deposits in the Ariab area: BRGM report 86SDN 110
- Deschamps Y., Lescuyer J. L., 2002. Sélection de zones à potentiel aurifère dans les Red Sea Hills, NE Sudan, BRGM/RC-51810-FR, 1-45
- Hargrove, Ulysses S., Stern, Robert J., Griffin, William R., Manton, William I., and Johnson, Peter R.. 2005. The arabian-nubian shield from island arc to craton: timescales of juvenile crust formation and the extent of pre-neoproterozoic crust [A]. Salt Lake City Annual Meeting [M]. 494
- Hu Jian-yong, Hu Jin-cai, Liu Jian-quan. 2008. Geological exploration report of gold mine, Block 20, the republic of the Sudan [R]. Reference Room of Tianjin North China Geological Exploration Bureau: 1-80
- Joannès C., Vadala P. 2002. Northeastern Bayuda gold project (Sudan). Third campaign (2001-2002). BRGM/RC-51653-FR, 1-39
- La Mancha Resources Inc. 2009. Hassai south Cu-Au VMS deposit, Sudan resource estimates [R]. Information Centre of GRAS, 1-177
- Mo Jiang-ping, Huang Jie, Feng Guo-yu. 2009. Mineralization mechanism research of shear zone gold deposits in northern guangxi province [J]. Geology and exploration. 45 (6): 655-660 (in Chinese with English abstract)
- Ren Xiao-an, Shen Rui-jin, Chen Xian-liang. 1998. A superficial discussion on geological characteristics of Gebeit gold ore, Sudan [J].

Hunan Geology, 17(1):34-36(in Chinese with English abstract)

Shen Liu-sheng, Gao Zhou, Wang Ling. 2008. Research on control factor and prospecting direction of gold deposit in chifeng-chaoyang area [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 23(2):135-139(in Chinese with English abstract)

Song Guo-ming. 2004. The guide for mine industrial capital investment in Africa[M]. Beijing: Geological publishing house:1-346(in Chinese)

Song Ming-chun, Cui Shu-xue, Yang Zhi-li, Jiang Hong-li, Yang Cheng-hai, Jiao Xiu-mei. 2008. Great progress and far-reaching significance of deep exploration in the jiaojia metallogenic belt, Shandong province[J]. Geology and Exploration, 44(1):1-8(in Chinese with English abstract)

Stern, R. J. 1994. Arc assembly and continental collision in the Neoproterozoic east African orogen: implications for the consolidation of gondwanaland. - Annu[A]. Rev. Earth Planet. Scien[C]. 22, 319-351

Xu Ke-qin, Wang He-nian, Zhou Jian-ping, Zhu Jin-chu. 1996. A discussion on the exhalative sedimentary massive sulfide deposits of south China[J]. Geological journal of China universities. Vol 2(3), 241-256(in Chinese with English abstract)

Zhang Dao-zhong, Yang Chang-zheng, Lv Qiu-xia. 2009. Analysis on mineralization geological background and conditions of Hamadi gold mine in Sudan[A]. Africa economic geology[M]. 27-32(in Chinese with English abstract)

Zhao Peng, Li Zhen-shan, Liang Hui. 2009. Analysis of mineralizing rules and action of Hamadi gold mine[A]. Africa economic geology

[M]. 33-37(in Chinese with English abstract)

Zhou Yun-man, Mao Jing-wen, Zhang Chang-qing. 2009. The ore-controlling structures and the regularities of the mineralization enrichment of the xiaoshuijing gold deposit in middle Yunnan[J]. Geology and Exploration, 45(5):587-593(in Chinese with English abstract)

[参考文献]

胡建勇, 胡金才, 刘建权. 2008. 苏丹 Block20 地区金矿地质勘查报告[R]. 天津华北地质勘查局资料室:1-80

莫江平, 黄摇杰, 冯国玉. 2009. 桂北地区剪切带型金矿成矿机理研究[J]. 地质与勘探, 45(6):655-660

任小安, 沈瑞锦, 陈贤良. 1998. 苏丹洁比特金矿地质特征浅析[J]. 湖南地质, 17(1):34-36

沈柳生, 高洲, 王玲. 2008. 赤峰-朝阳地区金矿控矿因素及找矿方向探讨[J]. 地质找矿论丛 23(2):135-139

宋国明. 2004. 非洲矿业投资指南[M]. 北京:地质出版社:1-346

宋明春, 崔书学, 杨之利, 姜洪利, 杨承海, 焦秀美. 山东焦家金矿带深部找矿的重大突破及其意义[J]. 地质与勘探, 44(1):1-8

徐克勤, 王鹤年, 周建平, 朱金初. 1996. 论华南喷流-沉积块状硫化物矿床[J]. 高校地质学报, 2(3):241-256

张道忠, 杨昌正, 吕秋霞. 2009. 苏丹哈马迪金矿区成矿地质背景及成矿条件分析[A]. 非洲地质经济[M]. 27-32

赵鹏, 李振山, 梁晖. 2009. 哈马迪金矿成矿规律及成矿作用浅析[A]. 非洲地质经济[M]. 33-37

周云满, 毛景文, 张长青. 2009. 滇中小水井金矿床控矿构造与矿化富集规律[J]. 地质与勘探, 45(5):587-593

Metallogeneis and Prospect of Gold Deposits in Northeast Sudan

HU Jian-yong¹, YANG Lun², LI Hui¹, LIU Jian-quan¹

- (1. Tianjin North China Geological Exploration General Institute, Tianjin 300170;
- 2. Tianjin North China Geological Exploration Bureau, Tianjin 300170)

Abstract: Based on the regional tectonic setting, gold-bearing formation and geochemical characters of gold mines in Northeast Sudan, we have analyzed ore-body occurrence regulations, deposit types and their structural characteristics of four representative gold deposits that are well studied, i. e. the Hassai, Gebeit, Rida and Hamadi gold mines. It is suggested that at least there are three types of gold deposits in this region, which are quartz vein, ductile shear zone and volcanic massive sulfide (VMS) types. The gold mineralization is in close connection with host rock formations and tectonics. We propose a new approach for surveys of gold deposits in deserts of Northeast Sudan by using remote sensing and geochemical exploration.

Key words: ductile shear zone, VMS deposit, metallogenic prospect, Sudan