

乌干达Busia金矿地质特征及找矿标志

何 飞*, 黄 静#

云南黄金矿业集团股份有限公司, 云南 昆明

收稿日期: 2025年12月10日; 录用日期: 2026年1月8日; 发布日期: 2026年1月16日

摘 要

乌干达Busia金矿主要呈层状、似层状, 赋存于BTF (硅铁建造)带中, 具有明显的层控特征。沿BTF带的硅化、黄铁矿化是重要的找矿标志。该金矿为BIF层控的沉积变质-热液改造型金矿床, 具有良好的找矿潜力。

关键词

金矿, BIF, 热液改造型金矿床, 乌干达Busia

Geological Characteristics and Prospecting Indicators of the Busia Gold Deposit in Uganda

Fei He*, Jing Huang#

Yunnan Gold Mining Group Co., Ltd., Kunming Yunnan

Received: December 10, 2025; accepted: January 8, 2026; published: January 16, 2026

Abstract

The Busia gold deposit in Uganda primarily occurs as stratiform and sub-stratiform deposits within the BTF (ferrosilicon formation) belt, exhibiting distinct stratigraphic control. Silicification and pyrite mineralization along the BTF belt serve as key prospecting indicators. This gold deposit represents a BIF-controlled sedimentary-metamorphic-hydrothermal alteration type deposit with significant exploration potential.

*第一作者。

#通讯作者。

Keywords

Gold Deposit, BIF, Hydrothermally Altered Gold Deposit, Busia Uganda

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

乌干达 Busia 金矿区位于乌干达东南部 Busia 镇, 东邻肯尼亚[1]。大地构造地处太古代 Busia-Kakamega 绿岩带上, 矿床形成于晚太古代, 受花岗绿岩地体边缘绿岩带中的硅铁建造(BIF)控制, 成矿地质背景良好。

区内出露的地层为新太古界的 *Bulamba* 群, 由变玄武岩组成; 新太古界的 *Sitambogo* 群, 由燧石石英岩、BIF 和页岩组成; 二叠系 *Karoo* 超群, 主要由泥岩和砂岩组成; 第四系主要由红土、沼泽等松散堆积组成。区域上构造位于坦桑尼亚克拉通内, 广泛发育的 *Nyanzian* 超群受太古代区域构造变形和绿片岩相变质作用, 形成复杂的构造样式[1]。Busia 金矿区域构造总体呈北西-南东向, 发育有北西向和北东向两组主干断裂。特别是在矿区附近, 两条北西向主断裂更为明显, 局部被多组北北西向或北东向小断裂所错断, 另外, 利用遥感影像图解译出多个环线构造, 结合区域地质图, 发现区域中南部大的环线构造控制了区内主要含金岩系(BIF 带)分布, 而矿区地处大环线构造与小的环线构造交叉部位, 为成矿提供了良好的构造条件。区域上岩浆活动期次多、延续时间长、侵入岩体类型多等特点。从区域上看, 乌干达东部 *Busia-Kakamega* 绿岩带从 Busia 金矿区向东延伸穿过国界到肯尼亚, 在肯尼亚境内称为 *Kavirondo* 金矿区。Busia 金矿区属 *Nyanzian* 绿岩带的北东分支, 是世界著名的环维多利亚湖金成矿带的组成部分(图 1)。

2. 矿区地质特征

2.1. 矿区地层

矿区内出露的地层主要为: 基性变质火山岩、硅铁建造(BIF)、页岩和千枚岩、杂砂岩、第四系。

基性变质火山岩: 火山岩的原岩主要为浅绿-暗绿色隐晶质-细粒的块状玄武岩、枕状玄武岩, 以及少量的凝灰岩[2]。

硅铁建造(BIF): 矿区硅铁建造分为南、北两条带, 将 BIF 北带称为北矿带, BIF 南带称为南矿带。北矿带与南矿带岩性主要为喷流成因的含铁硅质岩, 硅铁建造是矿区内出露的最主要岩性之一。北带延伸超过 3 km, 宽 10~50 m, 层位稳定, 产状与区域地层基本一致, 倾向北北东, 倾角 39°~85°, 平均倾角为 68°; 南带与北带相距约 800 m, 宽约 2~20 m, 南带与北带基本平行展布, 延伸较稳定, 倾向向北, 倾角约 60°。矿区的两条 BIF 带是构成 Busia 金矿主要的成矿母岩和赋矿围岩。

页岩和千枚岩: 出露于矿区的中部和南部, 岩性主要为黑色页岩和千枚岩, 其中千枚岩蚀变矿物包括石英、绿泥石和阳起石。

杂砂岩: 出露于矿区北部, 杂砂岩中包括千枚岩夹层、凝灰质层、硅质火山熔岩。综合分析认为杂砂岩是火山沉积岩快速剥蚀沉积形成的产物。

第四系: 区内地表所有的变质火山岩、沉积岩、矿体和侵入岩均被风化, 形成 20~40 m 后的风化层, 风化层和新鲜岩石之间存在几米厚的过渡带, 矿区东部的 *Alupe* 河和西部的 *Nanguki-Osapiri* 溪以及低洼

地带, 有现代河湖沼泽淤泥沉积。

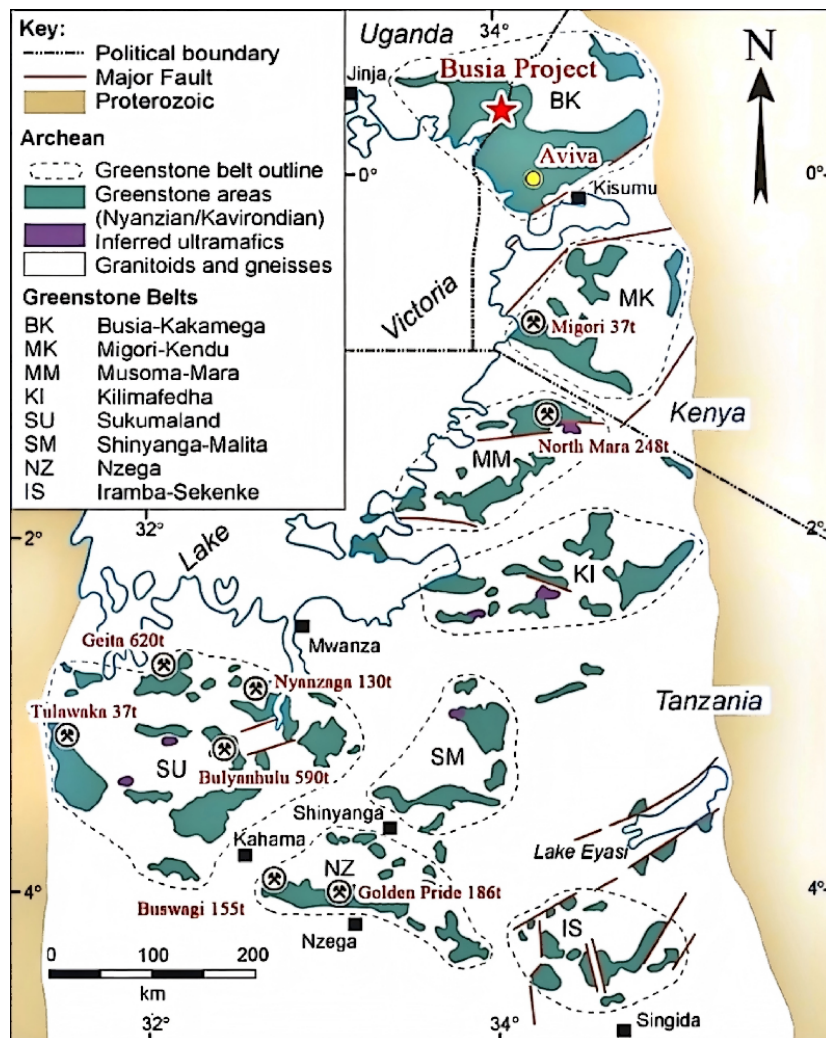


Figure 1. Distribution map of greenstone-type gold deposits around Lake Victoria
图 1. 环维多利亚湖绿岩型金矿分布图

2.2. 矿区地质构造

矿区地质构造以断裂为主。通过高精度航磁解释和遥感解译, 结合区内主要地质体的分布, 推断矿区断裂走向较复杂, 分别为北东、北北东、北西、北北西向, 主要呈东西向和北东向。但经地表观察、岩心地质编录、地质剖面连接等综合分析认为, 矿区内实际构造活动并不复杂, 所观察到的构造主要以节理、裂隙、劈理为主, 对主要的含矿地质体和矿化带没有造成较大的切断和错位。区内据统计结果显示在 BIF 带内有两组主断裂可能控制矿化作用, 为近水平和近平行 BIF 条带的断裂构造, 尤其是层间或顺层构造是该金矿的主要控矿因素。

2.3. 岩浆岩

矿区出露的岩浆岩主要为新太古界 Masala 侵入岩系(A_3VM_{gr})粉红色、浅粉红色黑云母花岗岩, 成分主要为石英、黑云母、角闪石。岩体中见少量的石英脉、细晶岩脉和辉绿岩脉。在 BIF 带和玄武岩接触

的部位常发育有辉长岩和辉绿岩岩墙或岩脉, 根据岩石分析结果显示, 大多数岩墙和岩脉为钙碱性岩石, 少量岩墙和岩脉为二长岩类, 呈碱性特点。根据岩脉和金矿体均顺层产出于 BIF 带附近的特征, 初步认为该期脉岩活动应该与区域金成矿作用有关。

2.4. 围岩蚀变与矿化作用

矿区近矿围岩蚀变发育, 黄铁矿化、磁黄铁矿化、硅化、碳酸盐化和绿泥石化等, 其中细粒浸染状黄铁矿化、网脉状硅化与成矿关系密切。BIF 带中磁性较高的硅质岩金矿化较弱, 综合分析认为金成矿主要阶段晚于磁黄铁矿化阶段, 与细粒 - 细脉浸染状黄铁矿化同期形成。通过观察对比, 金矿化品位高的特征是硅化十分强烈, 并发育大量的黄铁矿, 特别是细粒浸染状、脉状 - 网脉状黄铁矿。

3. 矿床地质特征

3.1. 矿体特征

①号和②号矿体为矿区主矿体, 具有形态稳定、分布连续、规模大等特点。①号矿体位于 BIF 带中下部, ②号矿体位于 BIF 带中上部。③号和④号矿体其规模小 - 中等, 层位相对稳定, 但连续性较差, 断续分布[3] (表 1、图 2)。矿体特征分述如下:

(1) ①号矿体: 矿体呈层状、似层状产于 BIF 带中, 矿体与 BIF 走向基本一致, 其形态完全受 BIF 带控制。矿体走向长 2700 m, 控制斜深 20~400 m, 平均 100 m, 矿体产状稳定, 走向 105°~115°, 总体走向约 110°, 倾向北北东, 倾角 32°~88°, 平均倾角 63°。矿体厚 1~20 m, 平均厚 3 m, 厚度变化系数 112%, 厚度较稳定。Au 品位 $1.00\sim40.00 \times 10^{-6}$, 平均 2.50×10^{-6} , 品位变化系数 98%, 有用组分分布较均匀。

(2) ②号矿体: 矿体呈层状、似层状产于 BIF 带中, 矿体与 BIF 走向基本一致, 其形态完全受 BIF 带控制。矿体走向长 2000, 控制斜深 10~500 m, 平均 130 m, 矿体产状稳定, 走向 100°~115°, 总体走向约 107°, 倾向北北东, 倾角 28°~88°, 平均倾角 65°。矿体厚 1~15 m, 平均厚 2.50 m, 厚度变化系数 118%, 厚度较稳定。Au 品位 $1.00\sim79.00 \times 10^{-6}$, 平均 3.09×10^{-6} , 品位变化系数 164%, 有用组分分布均匀。

(3) ③号矿体: 矿体呈似层状、板状产于①号矿体下盘变玄武岩中。矿体走向长约 900 m, 矿体倾角 38°~82°, 平均倾角 67°。矿体厚 0.44~4.86 m, 平均厚 1.23 m, 厚度变化系数 62%。单样金最高品位 34.90×10^{-6} , 矿体平均品位 2.76×10^{-6} 。

(4) ④号矿体: 矿体呈似层状、板状产于②号矿体上盘。矿体走向长约 725 m, 矿体倾角 42°~84°, 平均倾角 65°。矿体厚 0.42~5.53 m, 平均厚 1.58 m, 厚度较稳定。Au 品位 $1.00\sim10.40 \times 10^{-6}$, 平均 1.84×10^{-6} , 有用组分分布较均匀。

Table 1. Main parameters of the ore body in the Busia gold mine, Uganda
表 1. 乌干达 Busia 金矿矿体主要参数表

矿体编号	规模(m)		矿体形态	厚度变化系数(%)	构造、沿脉影响程度	品位变化系数(%)
	走向(m)	控制斜深(m)				
①	2750	20~400	层状、似层状, 基本连续, 产状简单	112	矿体基本无断层错动或脉岩穿插, 构造对矿体影响小或无。	98
②	2000	10~500	层状、似层状, 基本连续, 产状简单	118		164

3.2. 矿石特征

矿石矿物有用组分为金, 金属矿物为自然金、黄铁矿、磁黄铁矿、磁铁矿、毒砂、黄铜矿、闪锌矿、

褐铁矿及赤铁矿[4]。

脉石矿物为石英、绢云母、铁白云石、绿泥石、透闪石、长石、角闪石和绿帘石。

矿石结构、构造分为原生矿石、氧化矿石结构构造, 其中原生矿石结构主要为自形晶-半自形晶粒状结构、它形晶状结构、固溶体分离结构、包含结构、交错结构等, 矿石构造主要为浸染状构造、脉状构造等; 氧化矿石结构主要为交代残余结构, 构造主要为蜂窝状和块状构造。

矿石自然类型分为: 氧化型金矿石和原生型金矿石; 工业类型为含铁硫化物金矿石。

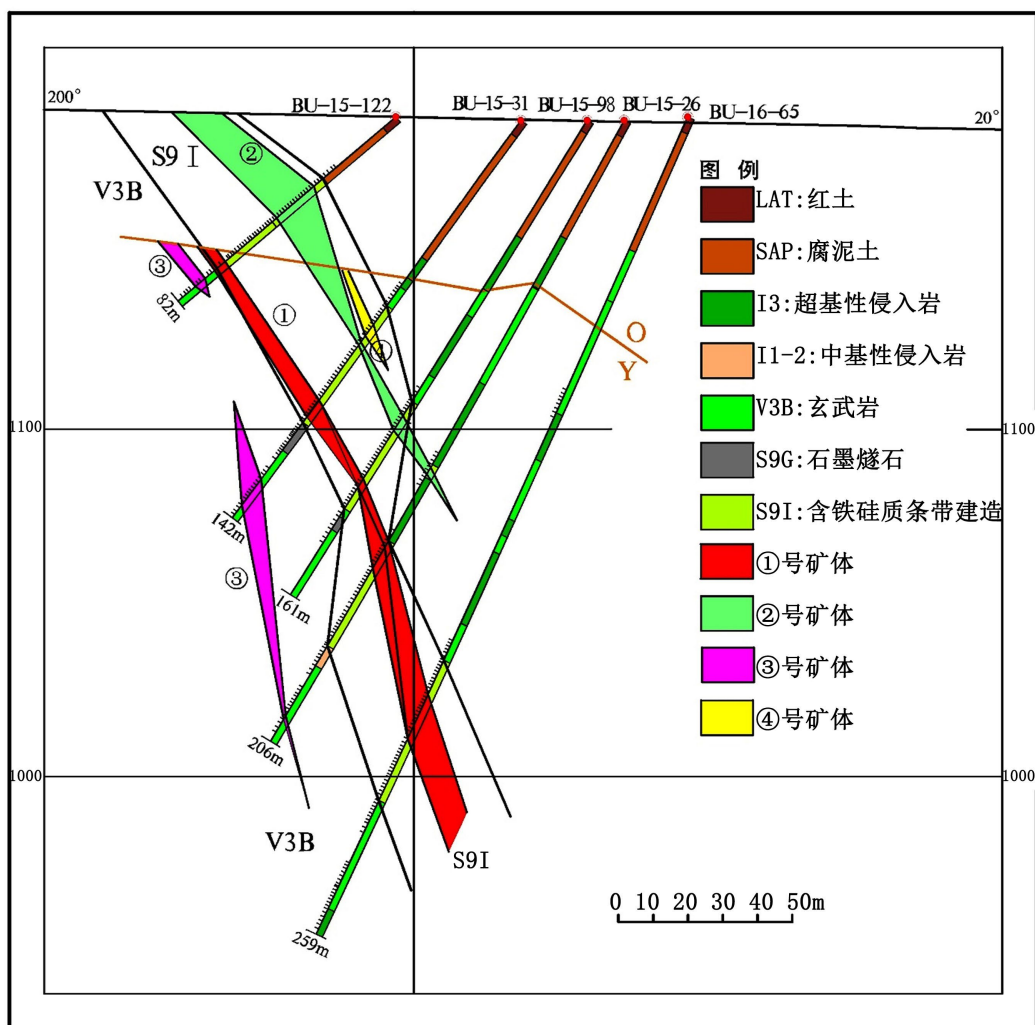


Figure 2. Cross-sectional distribution of ore bodies ①, ②, ③ and ④ along the L7_50 mE Line
图 2. L7_50 mE 线①、②、③和④号矿体剖面分布图

4. 矿床成因及找矿标志

4.1. 控矿条件

矿床控矿条件主要为地层、岩浆热液活动及断裂构造等[5]。

(1) 地层条件: Nyanzian 群下部 Bulamba 群的 BIF 建造是 Busia 金矿必要的控矿条件。BIF 为条带状含磁石英岩, 原岩为薄层状含磁铁硅质岩, 为内源碎屑-化学沉积岩石经区域变质作用形成。该 BIF

在区域上分布十分广泛, 具有确切的金矿矿源层意义。

(2) 岩浆热液活动条件: 区内岩浆活动频繁且强烈, 具多期次。沿 BIF 两侧及其旁侧广泛发育细晶辉长岩、辉绿岩、细晶闪长岩等岩脉, 其中有的脉岩直接构成矿体的围岩, 且与矿体和蚀变带平行展布, 这种现象揭示出岩浆活动为本区的金矿提供了热液及成矿物质来源, 岩浆-热液活动是导致金元素从矿源层迁移到金矿体的关键地质作用过程。

(3) 断裂构造条件: 在 BIF 带内有两组主断裂控制矿体, 为近水平和近平行 BIF 条带的断裂构造, 已发现的矿体均受构造控制和改造的现象, 矿石中发现的角砾化以及后期蚀变矿化的强度均与构造活动的规模与强度有关。

4.2. 矿床成因

矿床在空间上受花岗绿岩地体边缘绿岩带中的硅铁建造(BIF)控制。成矿期与成矿作用大致分为三期: 原始沉积(矿源层) → 岩浆热液叠加(成矿作用) → 区域变质改造。划分依据是矿化作用无论发育在 BIF 岩系还是在变玄武岩中, 都与强硅化密切相关, 但现存硅质成分绝大多数以致密块状的石英细晶、微晶存在, 热液期与之配套的绢云母等蚀变矿物均不存在, 在矿体与近矿围岩范围热液交代现象消失殆尽, 而被后期发生的低级区域变质作用(绿片岩相)所退化和屏蔽。

综上所述, 矿床成因类型为沉积变质-热液改造型金矿床。

4.3. 找矿标志

(1) 构造标志: 断裂破碎带、韧性剪切带是本区找矿最直接的标志。目前发现的矿体均与断裂带有关, 矿体严格受断裂构造带的控制, 断裂构造和脉岩产状多变及复合部位, 往往是形成金矿最有利的地段。

(2) 地层标志: BIF 带是找矿的直接标志, 金矿床赋存于新元古界 Nyanzian 绿岩带中, 其中的 BIF 带是成矿最有利地段。

(3) 矿化蚀变标志: 硅化、钾化、黄铁绢英岩化蚀变叠加的蚀变岩带是找矿的直接标志[6]。蚀变带中常含黄铁矿, 在表生作用下, 黄铁矿氧化成褐铁矿, 经淋滤形成醒目的蜂窝状构造, 硅化、绢云母化、黄铁矿化等蚀变组合是重要的找矿标志。

(4) 地球物理标志: 利用磁法、激电和重力等物探手段, 圈定的低磁场异常带、低阻高极化异常是寻找构造蚀变带、隐伏侵入体或含金地质体的间接标志。

参考文献

- [1] 李福林, 陈开旭, 李闫华, 王建雄, 程湘. 乌干达优势矿产成矿地质特征及远景区划分[J]. 华南地质与矿产, 2019, 35(1): 107-116.
- [2] 中地海外集团. 乌干达 Busia 金矿勘探报告[R]. 2017.
- [3] 云南黄金矿业集团股份有限公司. 乌干达 Busia 金矿资源储量核实说明书[R]. 2019.
- [4] 代正和, 李书会, 韩冰, 谢恩宽, 李超. 乌干达某金矿选矿试验研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2022(6): 115-124.
- [5] 李家昆. 老挝班康姆铜金矿地质特征及找矿标志[J]. 云南地质, 2019, 38(3): 292-296.
- [6] 祝德成, 张文, 王英鹏, 田京祥, 刘汉栋, 侯建华, 高华丽. 山东省莱州市招贤金矿区矿体特征与找矿前景[J]. 山东国土资源, 2018, 34(9): 14-19.