

文章编号: 1000-4734(2023)01-0093-04

# 滇西北羊拉大型铜矿床深部发现钨矿体

杨夏冰<sup>1</sup>, 王新富<sup>1</sup>, 李波<sup>1\*</sup>, 刘月东<sup>2</sup>, 刘长城<sup>3</sup>,  
刘凤泽<sup>2</sup>, 黄智龙<sup>4</sup>, 胡登攀<sup>3</sup>

(1. 昆明理工大学 国土资源工程学院, 云南 昆明 650093; 2. 云南迪庆矿业开发有限责任公司, 云南 香格里拉 674507;  
3. 云南铜业矿产资源勘查开发有限公司, 云南 昆明 650000;  
4. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550081)

**摘要:** 我国西南“三江”地区的金沙江成矿带, 以富产铜铅锌资源著称, 迄今尚未有钨矿体的发现。近期, 该成矿带内的羊拉大型铜矿床深部新发现了钨矿体, 为金沙江铜多金属成矿带内的首次报道。新发现的钨矿体宽 2~10m, 呈不规则脉状及团块状产于泥盆系里农组二段大理岩内, 其中钨矿石已达到工业品位, 可作为伴生资源开采利用。初步研究表明, 白钨矿原位 U-Pb 年龄为(30.6±1.7) Ma、(30.3±2.4) Ma, 反映其形成于渐新世, 明显晚于铜矿体的成矿年龄, 花岗闪长岩可能为钨矿提供了成矿物质。钨矿体的发现, 表明羊拉矿床可能经历了多期成矿作用的叠加复合。

**关键词:** 钨矿体; 多期复合成矿; 羊拉铜矿床; 滇西北

**中图分类号:** P612

**文献标识码:** A

**doi:** 10.16461/j.cnki.1000-4734.2022.42.098

**第一作者:** 杨夏冰, 女, 1995 年生, 硕士研究生, 矿物学、岩石学、矿床学专业。E-mail: 18317377165@163.com

## Discovery of tungsten orebody in the depth of the Yangla large Cu deposit, northwest Yunnan

YANG Xia-bing<sup>1</sup>, WANG Xin-fu<sup>1</sup>, LI Bo<sup>1\*</sup>, LIU Yue-dong<sup>2</sup>, Liu Chang-cheng<sup>3</sup>, LIU Feng-ze<sup>2</sup>, HUANG Zhi-long<sup>4</sup>, HU Deng-pan<sup>3</sup>

(1. Faculty of Land and Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, Yunnan, China;  
2. Yunnan Diqing Mining Industry Group, Shangri-La 674507, Yunnan, China; 3. Yunnan Copper Industry Mineral Resources Exploration Development Co. Ltd, Kunming 650000, Yunnan, China; 4. State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550081, Guizhou, China)

**Abstract:** The Jinshajiang metallogenic belt, located in the Sanjiang region of southwest China, is famous for its rich copper-lead-zinc mineral resources, with no tungsten mineralization has been discovered. Recently, tungsten ore body was discovered in the deep of Yangla large copper deposits, which is the first report in the Jinshajiang copper polymetallic metallogenic belt. The newly discovered tungsten ore body was 2–10 m wide, with irregular veins and clumps occurring in the marble of Linong formation. Tungsten ore has reached industrial grade and can be used as associated resources. The preliminary study of this paper shows that the in-situ U-Pb ages of scheelite were 30.6±1.7 Ma and 30.3±2.4 Ma, indicating that the scheelite was formed in the Oligocene, which was obviously later than the ore-forming age of copper body. The granodiorite may provide ore-forming materials for the scheelite. The discovery of tungsten orebodies indicates that the Yangla deposit has experienced the superposition and recombination of multi-stage mineralization.

**Keywords:** Tungsten orebody; Multiphase composite mineralization; Yangla Cu deposit; Northwest Yunnan

**收稿日期:** 2022-09-24

**基金项目:** 国家自然科学基金项目 (编号: 41862007); 云南省万人计划青年拔尖人才项目 (编号: YNWR-QNBJ-2018-093); 昆明理工大学重点学科建设项目 (编号: 14078384)

\* 通讯作者, E-mail: libo8105@qq.com

钨是一种战略性稀有金属,广泛应用于电子、航天科技、军事工业等高科技领域和新兴产业,在国民经济和国防军工中发挥着极为重要的作用<sup>[1]</sup>。全球钨资源分布不均,中国是世界上钨矿产资源最丰富的国家,储量和产量均居全球首位<sup>[2]</sup>。我国钨矿床主要分布在华南地区,与大规模酸性岩浆岩关系密切<sup>[1]</sup>。我国西南“三江”地区亦是重要的钨资源基地,分布有休瓦促、沙都格勒和麻花坪等钨矿床<sup>[3]</sup>,金沙江铜多金属成矿带则以富产铜铅锌资源著称,迄今尚未发现具经济价值的钨矿床<sup>[4]</sup>。近期,笔者在执行国家自然科学基金项目“滇西北羊拉铜矿床深部铋矿体的成矿时代及成因研究”(No.41862007)的过程中,于羊拉矿床深部新发现了钨矿体,这为矿区深部和外围的钨矿勘查提供了重要线索。

羊拉铜多金属矿集区位于金沙江成矿带中段,分布铜铅锌矿床(点)多达 38 处(图 1),是地学研究热点地区之一,在铜矿体的成矿年代<sup>[4-5]</sup>、岩浆岩成岩成矿作用<sup>[6-8]</sup>、矿田构造<sup>[9-10]</sup>及找矿预测<sup>[11-12]</sup>等方面取得了诸多成果,但迄今未有钨矿体的发现。本研究新发现的钨矿体位于里农矿段 3250 m、3225 m、3150 m 中段,与铋矿体(将另文介绍)伴生产出,其赋矿围岩为泥盆系里农组二段(D<sub>2+3</sub><sup>l2</sup>)大理岩(图 2)。钨矿体宽 2~10 m,长度及垂向延深目前均未控制,矿体呈不规则脉状及团块状产出,总体走向 NE30°~50°,倾向 NW、倾角 38°~55°,其形态严格受 NE 向断裂 Fj17 及次级节理裂隙控制。少量钻孔控制的钨矿石品位 w(WO<sub>3</sub>)在 0.20%~1.66%之间,平均 0.63%(N=6),已达到了钨的工业品位,可作为伴生的稀有金属资源开采利用。

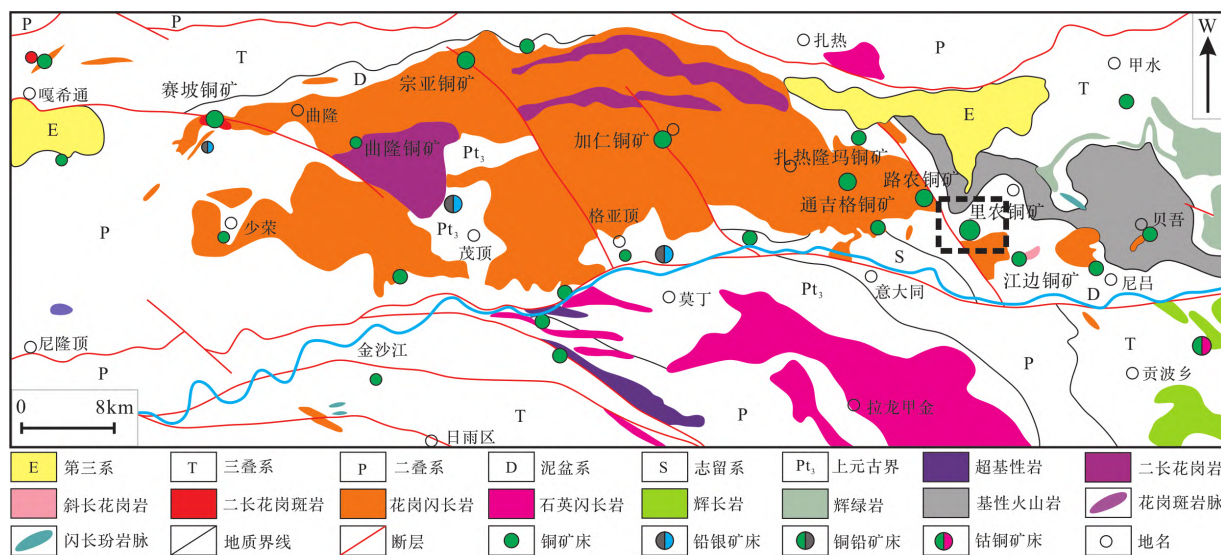
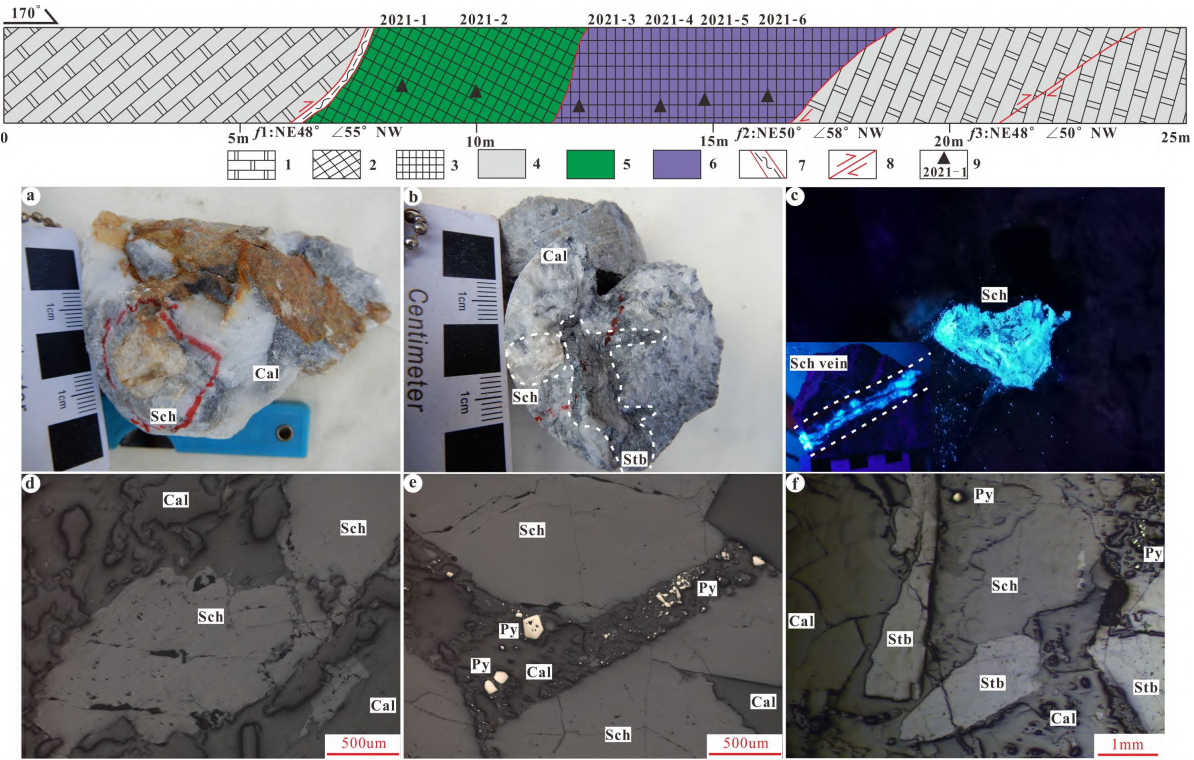


图 1 羊拉铜多金属矿集区主要矿床分布图<sup>[4]</sup>

Fig. 1. Distribution of major deposits in Yangla copper polymetallic metallogenic region<sup>[4]</sup>.

钨矿石呈灰色-深灰色,团斑状、斑杂状、脉状-网脉状和块状构造(图 2a、b)。其中矿石矿物主要为白钨矿(图 2c、d),次为黄铁矿(图 2e);脉石矿物主要为方解石(图 2a、b),含少量石英。白钨矿主要呈不规则团斑状、溶蚀-港湾状、细脉状-网脉状、星点状及碎裂状包裹于辉铋矿内或方解石内(图 2a~f),表明白钨矿的形成早于辉铋矿和方解石。矿石中黄铁矿呈半自形-它形细粒状、稀疏浸染状或斑点状(图 2d、f),方解石主要呈乳白色不规则团斑状和细脉-网脉状(图 2a、b)。



1-大理岩, 2-白钨矿-辉锑矿体, 3-白钨矿体, 4-弱黄铁矿化-中等方解石化带, 5-强方解石化-白钨矿化-辉锑矿化带, 6-强黄铁矿化-强方解石化-白钨矿化带, 7-断裂破碎带, 8-取样位置及样品编号

Cal-方解石, Sch-白钨矿, Stb-辉锑矿, Py-黄铁矿

a. 白钨矿矿石; b. 白钨矿-辉锑矿矿石; c. 钨光照射下, 白钨矿呈不规则团斑状、星散浸染状、脉状分布; d. 不规则状、溶蚀港湾状白钨矿, 脉石矿物为方解石; e. 不规则状白钨矿颗粒间充填方解石脉, 方解石脉中发育黄铁矿; f. 不规则状、港湾状白钨矿与不规则状辉锑矿, 少量黄铁矿发育于脉石矿物方解石中

图 2 羊拉矿床钨矿体素描及镜下微观特征

Fig. 2. Sketch map and microscopic characteristics of tungsten orebody in the Yangla Cu deposit.

笔者初步研究表明, 白钨矿  $\Sigma REE$  为  $15 \times 10^{-6} \sim 199 \times 10^{-6}$ , 相对富集轻稀土和亏损重稀土元素, 具明显负 Ce 异常 ( $\delta Ce = 0.4 \sim 0.6$ ) 和正 Eu 异常 ( $\delta Eu = 1.50 \sim 3.40$ )。其稀土元素组成与铜矿石和铅锌矿石中的稀土元素组成存在差异<sup>[13]</sup>, 亦明显有别于锑矿石的稀土元素组成 (笔者团队未发表资料)。该矿床白钨矿成矿温度约为 230 °C ( $N=10$ ), 低于铜矿体早成矿阶段的成矿温度 (约 350 °C), 但明显高于铜矿体晚成矿阶段 (约 150 °C)<sup>[14]</sup> 和锑矿体的成矿温度 (约 175 °C) (笔者团队未发表资料)。羊拉矿床白钨矿原位 Sr 同位素  $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.71931 \sim 0.72117$ , 平均 0.72056 ( $N=15$ ), 高于羊拉矿区玄武岩-安山岩 ( $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.70562 \sim 0.70995$ , 平均 0.70709;  $N=8$ ) 和花岗闪长岩 ( $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.71149 \sim 0.71990$ , 平均 0.71496;  $N=13$ )<sup>[15]</sup>, 其 Sr 同位素组成与花岗闪长岩较为接近, 而与玄武岩-安山岩存在明显差异, 暗示羊拉矿床暗示羊拉矿床花岗闪长岩 ((231.0±1.6)~(233.9±1.4) Ma)<sup>[6]</sup> 可能为钨矿提供了成矿物质。白钨矿原位 U-Pb 年龄为 (30.6±1.7) Ma、(30.3±2.4) Ma (笔者团队未发表数据), 反映其形成于渐新世, 明显晚于铜矿体的成矿年龄 ((232.0±1.5) Ma、(232.6±2.9) Ma)<sup>[6,8]</sup>。

铜、铅锌、锑、钨等成矿元素均在同一矿床内富集成矿, 表明羊拉矿床可能存在多期成矿作用的叠加复合, 不是简单的“印支/燕山期岩浆热液型 Cu-Pb-Zn 矿体叠加在海西期 VMS 型 Cu-Fe 矿体之上<sup>[16]</sup>”, 而是有着更为复杂的成矿作用过程。综合前人对羊拉矿床的铜矿体<sup>[6,8,17]</sup>、铅锌矿体<sup>[13]</sup>及锑

矿体（笔者团队未发表资料）研究成果，本文初步推测羊拉矿集区可能经历了海西期火山喷流沉积作用（Fe-Cu）、印支期岩浆热液矽卡岩-斑岩型（Cu-Pb-Zn-Au）、燕山期热液脉型（Sb）、喜马拉雅期热液脉型（W-Sb-Pb-Zn-Ag）等 4 期成矿作用，可能存在 4 套成矿系统的复合叠加，是研究西南“三江”地区特提斯复合成矿系统的理想对象。

## 参 考 文 献:

- [1] 祝红丽, 张丽鹏, 杜龙, 等. 钨的地球化学性质与华南地区钨矿成因[J]. 岩石学报, 2020, 36(01):13-22.
- [2] United States Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries 2022 [R]. U.S. Geological Survey, 2022:1-202.
- [3] 董涛, 杜斌, 段召艳, 等. 滇西北香格里拉地区钨矿成矿规律及找矿方向[J]. 沉积与特提斯地质, 2022, 42(01):62-74.
- [4] 尹光候, 朱俊, 尹静, 等. 三江造山带羊拉大型铜多金属矿成矿勘查技术及找矿潜力[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2017: 1-222.
- [5] 曾普胜, 尹光候, 李文昌, 等. 金沙江造山带德钦-羊拉矿集区构造-岩浆-成矿系统[M]. 北京: 地质出版社, 2015:1-229.
- [6] 黄智龙, 李波, 邹国富, 等. 滇西羊拉大型铜矿床成矿与预测[M]. 北京: 科学出版社, 2022:1-439.
- [7] 边晓龙, 张静, 王满逸, 等. 滇西北羊拉铜矿区路农岩体矿物学、地球化学特征及其地质意义[J]. 岩石学报, 2020, 36(05):1354-1368.
- [8] Zhu J J, Hu R Z, Richards J P, et al. Genesis and Magmatic-Hydrothermal Evolution of the Yangla Skarn Cu Deposit, Southwest China[J]. *Economic Geology*, 2015, 110(3): 631-652.
- [9] 李波, 王新富, 岳言, 等. 滇西北羊拉铜矿床构造体系及其控岩控矿作用[J]. 中国有色金属学报, 2021, 31(09):2596-2611.
- [10] 杨喜安, 刘家军, 韩思宇, 等. 滇西羊拉铜矿床、鲁春铜铅锌矿床构造控矿特征[J]. 大地构造与成矿学, 2012, 36(02):248-258.
- [11] Li B, Wang X F, Tang G, et al. S-Pb isotopes and tectono-geochemistry of the Lunong ore block, Yangla large Cu deposit, SW China: Implications for mineral exploration[J]. *Ore Geology Reviews*, 2021, 136:1-24.
- [12] 杜丽娟, 黄智龙, 李波, 等. 滇西北羊拉铜矿床里农一路农接合段构造地球化学与找矿预测[J]. 矿物学报, 2017, 37(04):434-442.
- [13] 李波, 向佐朋, 王新富, 等. 滇西北羊拉铜多金属矿床铅锌成矿作用初步研究[J]. 中国有色金属学报, 2021, 31(08):2279-2312.
- [14] 杜丽娟. 滇西北羊拉铜矿床热液体系演化与成矿机制研究[D]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所, 2017: 1-165.
- [15] 朱经经. 滇西北羊拉铜矿床成矿地质背景及成因机制[D]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所, 2012:1-179.
- [16] 邓军, 王长明, 李龚健, 等. 复合成矿系统理论:揭开西南特提斯成矿之谜的关键[J]. 岩石学报, 2019, 35(05):1303-1323.
- [17] Wang X F, Li B, Xiang Z P, et al. Chemical compositions of sulfides in the porphyry Cu ores, Yangla Cu deposit, Yunnan, China: implication for ore genesis[J]. *Acta Geochimica*, 2020, 39(6): 947-972.