

doi:10.3969/j.issn.2097-0013.2024.02.010

## 江南钨矿带大雾塘特大型钨矿床的发现及找矿勘查启示

钟浩, 余牛奔\*, 卢观送, 陈德康, 但小华

ZHONG Hao, YU Niu-Ben\*, LU Guan-Song, CHEN De-Kang, DAN Xiao-Hua

江西省地质局第二地质大队, 江西九江 332000

The Second Geological Brigade of Jiangxi Provincial Geological Bureau, Jiujiang 332000, Jiangxi, China

**摘要:** 大雾塘特大型钨矿床位于赣西北九岭地区, 其发现是近年来在江南钨矿带大湖塘矿集区内取得的又一重大找矿成果, 总结该矿床找矿勘查经验对指导本地区新一轮找矿突破战略行动具有重要启示作用。找矿思路的转变——由以石英大脉型黑钨矿化为中心转变为以花岗岩浆期后热液控制的细脉浸染型白钨矿化为主要目标, 是大雾塘钨矿床找矿突破的关键。产于晋宁期岩体中的燕山期中细粒白云母花岗岩是本地区最有效的找矿线索, 隐爆角砾岩为矿化中心部位。结合赣西北地区钨、铜矿共伴生的特征, 提出在修武地区“就钨找铜”、在九瑞地区“就铜找钨”的找矿思路。

**关键词:** 江南钨矿带; 大雾塘钨矿床; 勘查启示

中图分类号: P618.67; P612

文献标识码: A

文章编号: 2097-0013(2024)02-0343-10

**Zhong H, Yu N B, Lu G S, Chen D K and Dan X H. 2024. Discovery and Exploration Enlightenment of the Dawutang Extra Large Tungsten Deposit in the Jiangnan Tungsten Mine Belt. *South China Geology*, 40(2):343-352.**

**Abstract:** The Dawutang super large tungsten deposit is located in the Jiuling area of northwest Jiangxi, whose discovery is another major exploration achievement in the Dahutang ore concentration area of the Jiangnan tungsten ore belt in recent years. Summarizing the exploration experience of this deposit is important and inspirational for guiding a new round of breakthrough exploration in this area. The transformation of exploration ideas from searching quartz vein type scheelite mineralization as the center target to focusing on fine vein disseminated scheelite mineralization controlled by hydrothermal fluids after the granite magma intrusion as the main goal is the key point in the discovery of the Dawutang tungsten deposit. The Yanshanian fine-grained muscovite granite intruding in the Jinning period magmatic rocks is the most effective prospecting clue in this area, and the hidden explosive breccia is the mineralization center. Based on the characteristics of tungsten and copper deposits coexisting in the northwest region of Jiangxi, this paper proposes a prospecting approach of "searching for copper based on tungsten" in the Xiuwu area and "searching for tungsten based on copper" in the Jiurui area.

**Key words:** Jiangnan tungsten mine belt; Dawutang tungsten mine; exploration enlightenment

收稿日期: 2024-02-05; 修回日期: 2024-04-10

基金项目: 国家重点研发计划项目(编号: 2023YFC2906803)、江西省地质局科技计划项目(编号: 2024JXDZKJRC05)、九江市“浔城英才”高层次创新团队(赣北新能源找矿突破团队)项目

第一作者: 钟浩(1983—), 男, 高级工程师, 从事地质矿产勘查与研究, E-mail: 174410006@qq.com

通讯作者: 余牛奔(1990—), 男, 工程师, 从事区域地质调查及矿产勘查, E-mail: 820707631@qq.com

江南钨矿带位于长江中下游成矿带和钦杭成矿带之间的赣北-皖南地区,累计查明钨( $\text{WO}_3$ )资源量达606万吨以上,是过去10年以来确立的一个世界级钨矿带(张达玉等,2017;毛景文等,2020;陆建军等,2022)。该成矿带与长江中下游成矿带平行分布(张达玉等,2017),自西向东可划分为大湖塘、阳储岭、朱溪、东源、青阳、逍遥、竹溪岭钨多金属矿集区(图1a)。大湖塘矿集区(图1b)位于江南钨矿带西段,按采矿权分布可进一步划分为大湖塘北区钨矿、大湖塘南区钨矿、大雾塘钨矿(图1c)、欣荣钨矿、杨师殿钨钼矿。从20世纪60年代至今,该地区陆续开展了许多地质工作,进入新世纪,找矿工作加速推进,如2012年,大湖塘矿集区在采矿权核实勘查中提交钨( $\text{WO}_3$ )资源量106万吨;在随后的整装勘查行动带动下,大湖塘矿集区累计查明钨( $\text{WO}_3$ )资源量达200万吨以上,取得了丰硕的找矿成果(韦星林,2016)。近年来,江西省地质局第二地质大队通过长期的实践在大雾塘地区实现了找矿突破,提交了一处特大型钨矿床(但小华等,2021)。前人系统研究了大湖塘矿集区成矿地质背景(左全狮等,2015;刘南庆等,2014;叶海敏等,2016)、矿床地质特征(左全狮,2006;林黎等,2006a;项新葵等,2012a;2012b)、成岩时代(黄兰椿和蒋少涌,2012,2013;项新葵等,2015a;2015b;孙克克等,2017)、成矿时代(丰成友等,2012;项新葵等,2013a;叶泽宇等,2016)、成矿物质来源(项新葵等,2013b)和岩浆流体系统(项新葵等,2015b;韩丽等,2016)。

本文系统梳理了大雾塘钨矿找矿勘查过程,总结取得本次勘探成果的关键科学问题与找矿勘查启示,以期为大湖塘矿集区及赣北地区在新一轮找矿突破战略行动中增储上产提供理论依据。

## 1 矿床地质特征

大雾塘钨矿床位于石门寺矿区南部,狮尾洞矿区北部,为石门寺矿化体向东南延伸和狮尾洞矿化体的正北延伸交汇区域(图1b)。矿区出露地层单一,仅在狮子岩矿段南部边缘有新元古界双桥山群安乐林组浅变质岩系分布,岩性为灰绿-深灰色板岩夹变质杂砂岩。

矿区地表出露大面积晋宁期中粗粒黑云母花岗闪长岩,燕山期花岗岩有零星分布(图2a),晋宁期中粗粒黑云母花岗闪长岩成岩年龄约为837~828 Ma(钟玉芳等,2005;张勇等,2017)。燕山期花岗岩大部分侵入于晋宁期岩体,后者构成九岭岩基的一部分(林黎等,2006b)。在一矿带矿段,燕山期花岗岩呈隐伏岩株状产出,其顶部在平苗矿段呈岩墙状产出于地表;燕山早期第二阶段中细粒白云母花岗呈岩株状侵入,其顶部在一矿带中部、东陡崖东南部经风化剥蚀出露地表。陡立的花岗斑岩脉群侵入于上述各岩浆单元中,是燕山早期第二阶段晚期次的侵入单元,总体为北北东走向。

矿区断裂构造、节理裂隙发育。断裂构造以NNE及NEE向为主,另有NW、NE和SN向断裂。裂隙构造体现为大断裂构造派生的小型裂隙构造,以及受下部燕山期岩体侵入挤压在上部脆性黑云母花岗闪长岩中发育的网脉状张性裂隙,后被石英细脉所充填。

钨矿体呈层状、似层状、蟹状、树枝状、透镜状及不规则状分布于燕山早期第二阶段花岗质岩体顶部及外接触带300~900 m范围内。矿化类型以细脉浸染型为主(>70%),蚀变花岗岩型次之,兼有石英大脉型和云英岩型矿体(图2b)。根据矿体的形态、产状、矿物组合、矿石组构、矿化分带以及围岩蚀变等差异,将其划分为四类:(1)细脉浸染型,分布于晋宁期岩体和燕山期岩体接触带部位,以外接触带的白钨矿(图2c)为主,矿体呈似层状;(2)蚀变花岗岩型:赋存于燕山期岩体的内接触带,主要分布于燕山期岩体的前锋或凸起部位,或赋存于燕山期花岗岩脉中,矿体形态、产状受岩脉控制,呈条带状、脉状;(3)石英大脉型,赋存于晋宁期岩体中,总体走向近东西,倾角 $70^\circ\sim 80^\circ$ ,矿化以黑钨矿(图2d)为主;(4)云英岩型,赋存于燕山期细粒白云母花岗岩内接触带内,产状随白云母花岗岩与晋宁期岩体的接触面变化而变化,总体走向NE-NEE,倾向以NW-NNW为主,矿体呈透镜状、楔状、似层状,产于东陡崖矿段。

矿石中主要金属矿物有黑钨矿、白钨矿、黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿等。矿石结构主要有自形、半自形粒状结构、不等粒结构、微细粒、细粒结构、固溶

体分离结构、交代结构。矿石构造主要有浸染状构造、脉状构造、角砾状构造。矿区围岩蚀变发育,主要有云英岩化、黑鳞云母化、钠长石化、白云母化、硅化及绢云母化,绿泥石化比较微弱但发育广泛,偶见有电气石化等(江青霞,2016)。

本次勘查根据矿物共生组合、相互关系、矿石结构构造组合及围岩蚀变特征将矿床主成矿期(约140 Ma)矿化过程划分为岩浆期(成岩阶段、自变质

阶段)、岩浆期后热液期(硅酸盐阶段、氧化物阶段、硫化物阶段、碳酸盐阶段)及表生期(氧化物阶段)三个期次七个阶段,其中岩浆期后热液期的氧化物阶段和硫化物阶段是矿区的主要成矿阶段,主要形成细脉浸染型与蚀变花岗岩型矿体;石英大脉型矿体主要形成于岩浆期后热液期的硅酸盐阶段、氧化物阶段、硫化物阶段;云英岩型矿体主要形成于岩浆期后热液期的氧化物阶段。

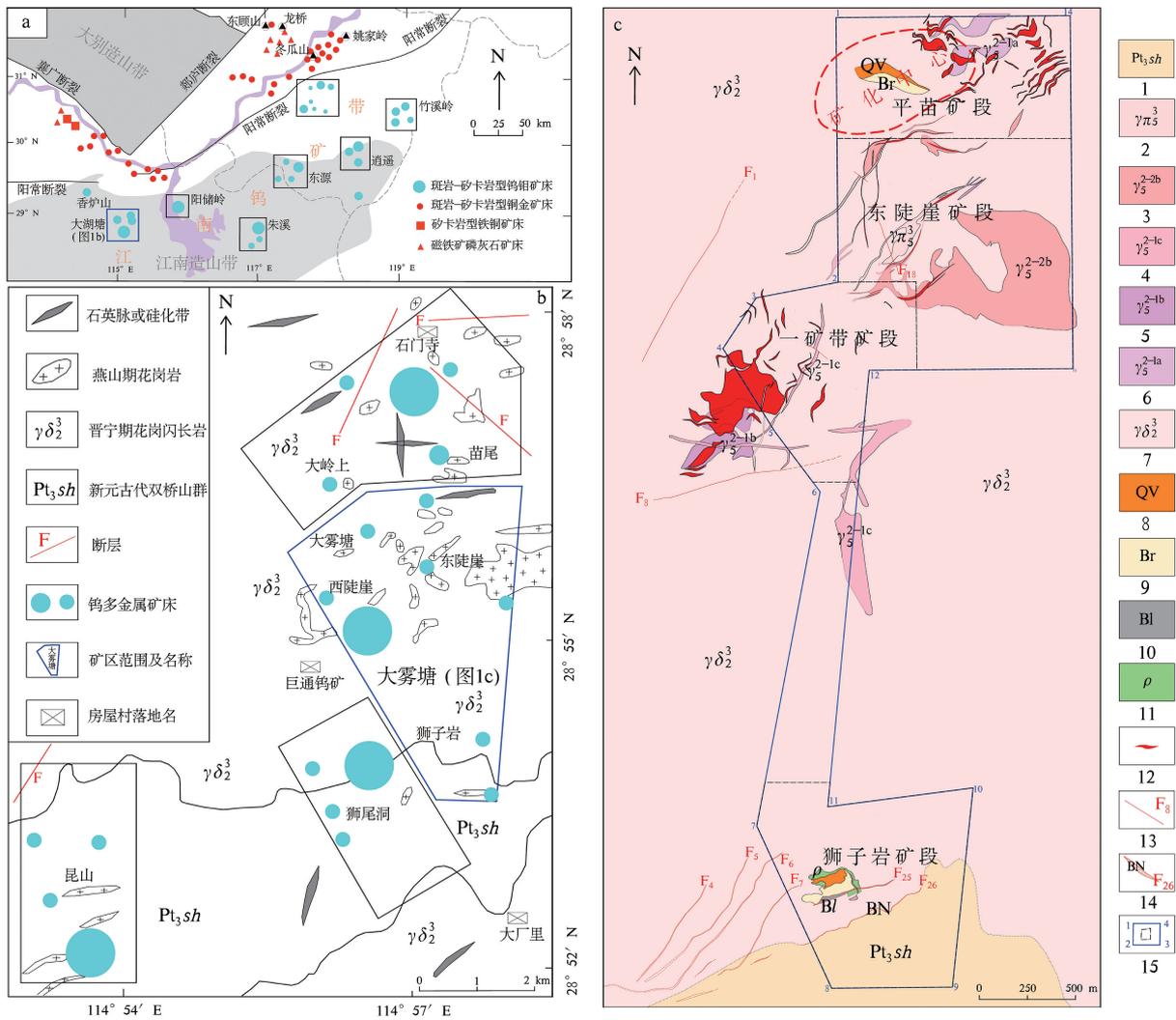


图1 江南钨矿带地质略图(a)、大湖塘矿田地质矿产简图(b)和大雾塘钨矿区地质简图(c)

Fig. 1 Geological sketch map of Jiangnan tungsten ore belt (a), Geological and mineral sketch map of Dahutang ore field(b) and geological sketch map of Dawutang tungsten mining area (c)

图a据张达玉等(2017)修改;图b据张勇等(2017)修改;图c据但小华等(2021)修改

- 1.新元古代双桥山群安乐山组浅变质岩;2.燕山晚期花岗岩斑岩;3.燕山早期第二阶段中细粒白云母花岗岩;4.燕山早期第一阶段黑云母花岗岩斑岩;5.燕山早期第一阶段中细粒黑云母花岗岩;6.燕山早期第一阶段斑状黑云母花岗岩;7.晋宁期黑云母花岗岩闪长岩;8.石英脉;
- 9.隐爆角砾岩;10.构造角砾岩;11.伟晶岩;12.钨矿体;13.断层及编号;14.断层破碎带;15.预划定矿区范围

大雾塘矿床的四类矿体围绕燕山期岩体产出,具有多期次成矿特征,具体表现为:(1)多类型矿体共生,如:一矿带矿段细脉浸染型、蚀变花岗岩型、石英大脉型矿体共生;东陡崖矿段蚀变花岗岩型、云英岩型矿体共生;平苗矿段细脉浸染

型、蚀变花岗岩型矿体共生;狮子岩矿段主要发育细脉浸染型矿体;(2)多矿种共生,总体以钨为主,共生少量锡,伴生铜、钼、锡、银等。综合上述特征,大雾塘钨矿床的成因类型属岩浆期后高中温热液矿床。

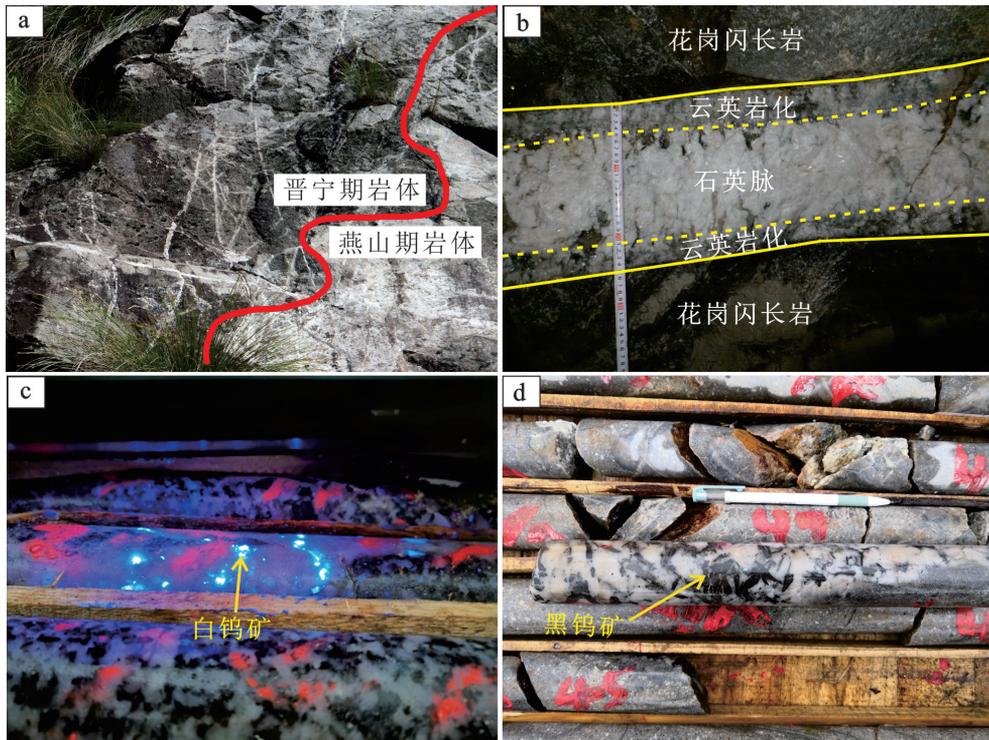


图2 大雾塘矿床野外露头(a)及钻孔岩心照片(b,c,d)

Fig. 2 Field occurrence and borehole core photos of Dawutang deposit

## 2 矿床发现、勘查过程

大雾塘钨矿床从发现到成为特大型钨矿床经历了一个漫长的过程,特别是一矿带矿段大型钨矿床的发现是几代地质人通过找矿勘查、理论再认识、勘查实践而实现找矿突破的一处典型矿床。

### 2.1 矿床的发现

1957年初,江西省地质局区域地质测量大队依据重砂测量和水系沉积物异常在大雾塘地区发现石英大脉型黑钨矿体露头,随后通过少量地质工作,粗略圈出两个细脉带和大脉带。1962年九江专区地质勘探大队在本区完成钻探1541 m(三个钻孔),槽探4684 m<sup>3</sup>,各类样品测试2042件,获得D级储量WO<sub>3</sub> 6419吨。除大雾塘地区外,相邻的石门

寺、狮尾洞、罗丝塘、新安里、昆山等找矿情况显示异常区内水系沉积物W异常与已知矿床(点)相吻合。大湖塘地区就异常找矿的实践证明,依据区域化探异常找矿,是“面中求点”,缩小找矿靶区的有效方法,是在空白区发现新矿产地的有效途径(项新葵等,2012a)。

### 2.2 黑钨矿勘查阶段

一矿带矿段最初的找矿目标是石英大脉型黑钨矿,按第Ⅱ勘查类型进行深部评价,设计的主要勘查手段是钻探及槽探,但很快发现石英大脉型黑钨矿体沿走向品位变化大,较多地段有石英脉而无矿,找矿效果差。1979年,曹钟清等首次将找矿重点由石英大脉型黑钨矿转向细脉浸染型黑钨矿转变,并认为细脉浸染型矿体的产出受石英大脉控制。在该找矿思路的指导下,对大雾塘一矿带细脉

浸染型黑钨矿开展了详查及外围普查,共计施工钻孔4272 m,槽探9055 m<sup>3</sup>,估算WO<sub>3</sub>资源量达4万余吨。

1984年提交的《江西省武宁县大湖塘钨矿一矿带详细普查地质报告》(曹钟清和杨少君,1984)首次指出矿石类型虽以石英细脉浸染状黑钨矿为主,但在岩浆期后热液期氧化物阶段及硫化物阶段有白钨矿的形成,这一发现为后续的找矿突破奠定了基础。

### 2.3 白钨矿勘查阶段

如前所述,曹钟清和杨少君(1984)将找矿工作的重心放在石英大脉型黑钨矿,基于矿区断裂构造以及石英大脉的产状,在一矿带圈定了18个走向298°~335°,倾向南西,倾角60°~65°的石英脉型矿体。近年来,随着一矿带及周边矿区勘查工作的深入,发现区内普遍发育白钨矿化,显示区内白钨矿具有巨大的找矿潜力,项目组一致认为应把细脉浸染型白钨矿作为本矿区矿产评价的主要目标。项新葵等(2017)认为石英大脉作为成矿物质载体,从石英大脉内向外侧围岩在等压条件下依靠浓度和温压差扩散的距离极其有限,但由于浓度及温压差的渗透作用,从成矿母岩向有利围岩可以形成近千米的矿化带。含钨石英大脉可以单独圈连,也可

以与周边细脉浸染状钨矿体一起圈连,但两条相距较远的含石英大脉不可能形成较为连续的细脉浸染状钨矿体,且整体上细脉浸染状钨矿体的产状也不应按含钨石英大脉的产状连成中-高倾角矿体,而应大致平行于主要成矿母岩与有利成矿围岩之间的侵入接触界面。在侵入接触界面处,燕山期岩株侵入冷凝过程形成了大规模的冷缩缝,为成矿流体向岩株顶部上升、汇聚,再向晋宁期黑云母花岗岩闪长岩中渗透的良好通道,这是厚大的似层状钨矿体赋存于外接触带晋宁期花岗闪长岩中的机理,也决定了细脉浸染状钨矿体整体产状平缓。因此,提出细脉浸染型矿体产状不应顺着含石英大脉连成中等倾角甚至高倾角(图3a),认为细脉浸染型钨矿体产状总体平缓,大致平行主要成矿母岩与有利成矿围岩之间的侵入界面(图3b)。

随着找矿思路的转变,对成矿规律的深入探索,尤其对上述控矿因素的认识逐渐深化,打破了普查报告(曹钟清和杨少君,1984)中认为“陡倾矿体有向深部呈尖灭之势,勘查深度不宜超过1100 m标高”的限制,科学及时地调整勘查工程部署,并在勘探实践中得到了验证,实现了找矿突破。2021年,赣西北大队在大雾塘矿区钨矿核实勘探中重新

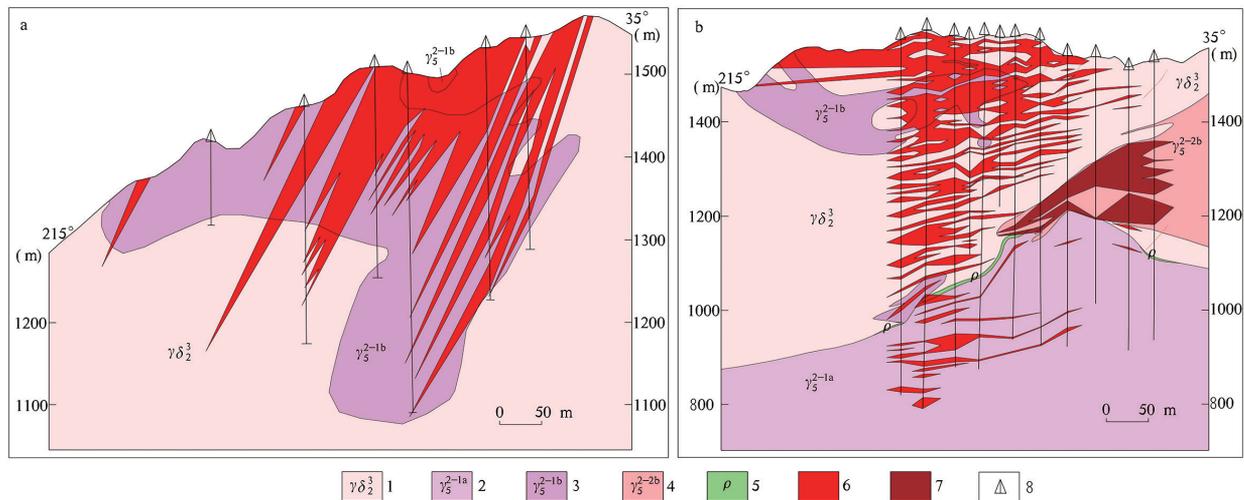


图3 不同勘查阶段矿体圈连示意图

Fig. 3 Schematic diagram of ore body circle connection at different exploration stages

a. 一矿带矿段5线地质剖面图,黑钨矿勘查阶段陡倾圈矿;b.一矿带矿段6线地质剖面图,白钨矿勘查阶段缓倾圈矿

1. 晋宁期黑云母花岗岩闪长岩;2. 燕山早期第一阶段斑状黑云母花岗岩;3. 燕山早期第一阶段中细粒黑云母花岗岩;4. 燕山早期第二阶段中细粒白云母花岗岩;5. 似伟晶岩;6. 细脉浸染型钨矿体;7. 蚀变花岗岩型钨矿体;8. 钻孔位置

确定了一矿带矿段细脉浸染型矿体总体走向为 $310^{\circ}\sim 325^{\circ}$ ,倾向南西为主,少数次要矿体倾向北东,倾角相对较缓,以 $5^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 为主(图3b)。本次勘探工作根据新的认识加大了钻孔深度,最终取得了较好的找矿效果,仅一矿带1400 m标高以下细脉浸染型矿体钨( $WO_3$ )资源量达5.7万吨,规模达到大型;并在一矿带1400 m标高以下新发现了产于燕山期白云母花岗岩内接触带的厚大蚀变花岗岩型钨矿体(图3b),圈定的3个蚀变花岗岩型矿体钨( $WO_3$ )资源量达4.6万吨。本次勘探充分贯彻“就矿找矿”的思想,在平苗-东陡崖矿段采用钻探、探槽等手段,在晋宁期岩基内圈出了厚度巨大的表露钨矿体。

### 3 找矿勘查启示

#### 3.1 控矿岩体——燕山早期第二阶段白云母花岗岩岩体( $\gamma_5^{2-2b}$ )

大湖塘矿集区内钨矿为燕山期成矿、晋宁期岩体赋矿已成为本区勘查工作者的普遍共识(蒋少涌等,2015;项新葵等,2015b,2017;张勇等,2017)。燕山期花岗岩呈多期次侵入晋宁期黑云母花岗闪长岩基中,可分为:燕山早期、燕山晚期两个期次,燕山早期可划分为两个阶段:(1)燕山早期第一阶段(150~147 Ma, Mao Z H et al., 2015)按侵入的先后,岩性依次为中细粒斑状二(黑)云母花岗岩( $\gamma_5^{2-1a}$ ) (150.4 Ma, 刘南庆和项新葵, 2016)、中细粒黑云母花岗岩( $\gamma_5^{2-1b}$ ) (146.1 $\pm$ 0.6 Ma, 刘南庆和项新葵, 2016)、黑云母花岗斑岩( $\gamma_5^{2-1c}$ );(2)燕山早期第二阶段(146~144 Ma, Mao Z H et al., 2015)按岩体侵入的先后,划分为中粗粒白云母花岗岩( $\gamma_5^{2-2a}$ ) (142.2 $\pm$ 1.0 Ma, 刘南庆和项新葵, 2016)、中细粒白云母花岗岩( $\gamma_5^{2-2b}$ );燕山晚期仅划分一个阶段,岩性为花岗斑岩( $\gamma_{\pi_5^3}$ ) (134.6 $\pm$ 1.2 Ma, 黄兰椿和蒋少涌, 2013);130~135 Ma, 蒋少涌等, 2015)。近年来大雾塘矿区燕山期多期次花岗岩的大量岩石地球化学研究(蒋少涌等,2015;项新葵等,2015;叶海敏等,2016)表明,燕山期似斑状黑云母花岗岩与细粒黑云母花岗岩都是高硅、高碱、铝过饱和的高分异S型花岗岩,并具有同源演化特征(项新葵等,2017)。但究竟是哪一期岩体是控矿的主要岩体,与成矿关

系最为密切?还有待深入研究。

蒋少涌等(2015)总结了大湖塘矿集区的两阶段成岩模式:(1)第一阶段(150~144 Ma),斑状黑云母花岗岩、似斑状白云母花岗岩呈岩瘤、岩株或岩枝(脉)侵入于黑云母花岗闪长岩岩基中;(2)第二阶段(135~130 Ma),中-细粒花岗岩和花岗斑岩呈岩株、岩墙或岩盖等侵入于第一阶段花岗岩和黑云母花岗闪长岩中。张勇等(2017)对大湖塘矿集区已有的Re-Os年龄数据重新整理发现,大湖塘矿区北区辉钼矿成矿年龄有139.8 $\pm$ 2.1 Ma、143.7 $\pm$ 2.5 Ma和149.6 $\pm$ 2.4 Ma;大雾塘矿区辉钼矿成矿年龄为137.9 $\pm$ 2.0 Ma;大湖塘矿区南区辉钼矿成矿年龄为140.2 $\pm$ 3.2 Ma;昆山钼铜矿辉钼矿成矿年龄为151.0 $\pm$ 1.3 Ma。通过成矿年龄数据的统计整理发现,大湖塘矿集区矿化时空分布规律表现为早期集中在石门寺(北区)和昆山矿区,以钼铜矿化为主,成矿作用范围和规模小,成矿时间在150 Ma左右;晚期则分布于大湖塘整个矿集区内,以钨矿化为主,成矿规模与强度大,成矿时间在140 $\pm$ 2 Ma左右。

通过总结大湖塘矿集区的成岩、成矿年龄可知,成岩作用与成矿作用发生于150~130 Ma时间范围内,表明大湖塘矿集区经历了约20 Ma的连续成岩和成矿作用。通过详细的野外观察和勘查资料可知大雾塘矿区的成岩成矿年龄主要集中于第一阶段,约150~140 Ma(蒋少涌等,2015),为大雾塘矿区主要成岩期。成矿规模和强度显示140 Ma左右是大雾塘矿区主成矿期,稍晚于燕山早期第二阶段(142.2 $\pm$ 1.0 Ma)。大雾塘的勘查实践表明,燕山早期第二阶段中粗粒白云母花岗岩( $\gamma_5^{2-2a}$ )与中细粒白云母花岗岩( $\gamma_5^{2-2b}$ )属于中心相与边缘相关系,中细粒白云母花岗岩岩体应是矿区内主要的控矿岩体,燕山早期第二阶段是主要的成矿期,主要勘查事实依据如下:

(1)燕山期早期第一阶段岩体赋矿特征与晋宁期岩体赋矿特征表现一致,均具有“赋矿”、“围岩”双重属性,同时矿体以细脉浸染状为主,而蚀变花岗岩型矿体仅出现在燕山早期第二阶段中细粒白云母花岗岩( $\gamma_5^{2-2b}$ )内接触带中,其他矿体均表现为外接触带控矿特征(图3b)。

(2)外接触带矿体产状受燕山早期第二阶段中

细粒白云母花岗岩( $\gamma_5^{2-2b}$ )侵入界面控制明显,在一定范围内是主要的控矿因素,早期第一阶段(约150 Ma)的成矿效应受第二阶段的叠加成矿影响明显(图3b)。

(3)燕山早期第二阶段中细粒白云母花岗岩( $\gamma_5^{2-2b}$ )界面顶部与晋宁期岩体的接触面发育一层厚约1 m左右的似伟晶岩壳,长石和石英呈条带状垂直接触界面生长,局部发育长石伟晶岩脉(图3b),为气-液交代演化的结果。该阶段的岩体具有高分异特征,发育更为强烈的交代蚀变作用。

大雾塘矿区的矿体呈脉状、似层状分布于燕山早期第二阶段中细粒白云母花岗岩( $\gamma_5^{2-2b}$ )岩株顶部外接触带晋宁期黑云母花岗闪长岩600 m范围内(图3b),特大型钨矿床的形成与燕山早期第二阶段中细粒白云母花岗岩关系密切,矿床成因类型为岩浆期后热液矿床。矿石类型具有石英脉型、细脉浸染型、蚀变花岗岩型(含云英岩型)、隐爆角砾岩型“一区四型”特征。在晋宁期九岭岩基中探测燕山期、深度适中、高分异的中细粒白云母花岗岩,即“体中寻体”,是大雾塘钨矿床及周边同类矿床找矿

最关键的技术路线。

### 3.2 矿化热液聚集中心——隐爆角砾岩(Br)

大雾塘矿区隐爆角砾岩分布于平苗矿段西端(图1c),燕山期黑云母花岗岩岩株西侧,主体位于晋宁期黑云母花岗闪长岩岩基中。大雾塘矿区隐爆角砾岩具典型的角砾状结构,块状构造。角砾大小不一,主要呈锯齿状、撕裂状,角砾可拼合;部分呈尖棱状、次尖棱状,角砾岩性随围岩一致变化,主要为晋宁期黑云母花岗闪长岩、燕山早期第一阶段黑云母花岗岩和第二阶段中细粒白云母花岗岩,胶结物以石英为主,具热液隐爆角砾岩特征。热液隐爆角砾岩矿物组合较复杂,主要金属矿物有白钨矿、黑钨矿、黄铜矿、辉钼矿、斑铜矿、闪锌矿、黄铁矿、磁黄铁矿等,非金属矿物有石英、长石、白云母、萤石等。蚀变主要见钾长石化、云英岩化、萤石化、电气石化等。其中钾长石化、云英岩化与矿化关系最为密切。余振东等(2021)认为热液隐爆角砾岩为构造作用导致的高温流体挥发分瞬间汽化作用形成的(图4)。

大湖塘矿田内石门寺、大雾塘和狮尾洞矿区在矿床地质特征方面具有极高的相似性,都是由深到

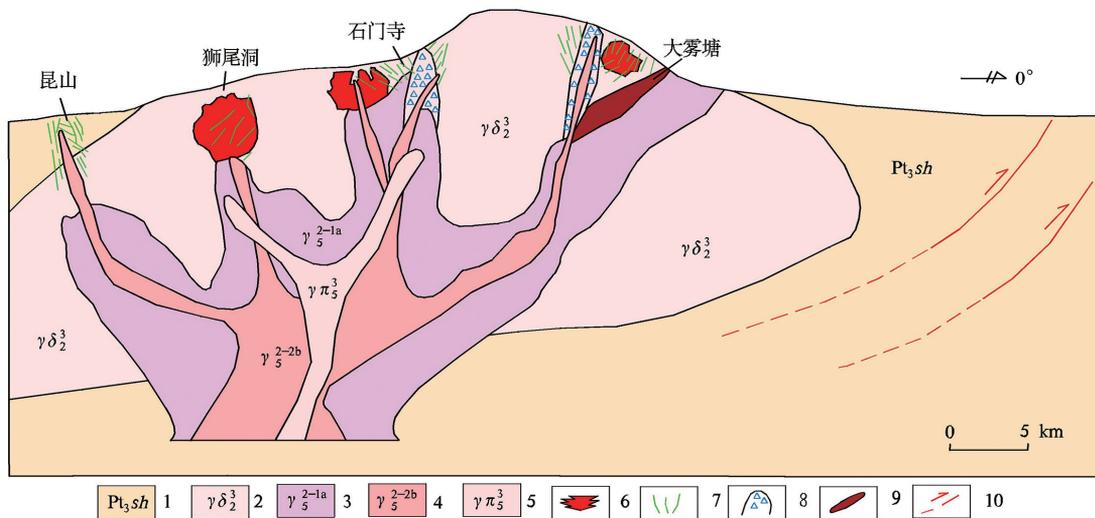


图4 大雾塘矿区及邻区隐爆角砾岩发育程度与成矿类型示意图

Fig. 4 Diagram of the development of hidden explosive breccia and the type of mineralization in Dawutang mining area and adjacent areas

据巩小栋(2015)修改

- 1.新元古代双桥山群浅变质岩;2.晋宁期黑云母花岗闪长岩;3.燕山早期第一阶段斑状黑云母花岗岩;4.燕山早期第二阶段中细粒白云母花岗岩;5.燕山晚期花岗岩;6.细脉浸染状矿体;7.石英脉型矿体;8.隐爆角砾岩型矿体;9.蚀变花岗岩型矿体;10.断裂构造

浅依次为燕山期白云母花岗岩、斑状黑云母花岗岩、晋宁期黑云母花岗闪长岩、新元古界双桥山群浅变质岩时空组合特征(图4),这种组合是形成大型、超大型钨多金属矿的关键。只是由于隆起和剥蚀的差异,这种组合埋藏深度有所不同,主要的区别在于三个矿区的地质剥蚀深度和气液中心隐爆角砾岩的发育情况,最终体现在资源储量上的差异,狮尾洞矿区因隐爆角砾岩发育较弱而具有资源量相对较小的特点。

三个矿区的蚀变分带特征随隐爆角砾岩的发育程度及剥蚀深度略有差异,大雾塘矿区的水平分带有以下特征:线型蚀变以石英大脉两侧硅化为主,面型蚀变则以黑云母化、钾长石化、绢云母化和云英岩化等为主;矿体集中区普遍存在线型蚀变与面型蚀变相互叠加的现象;总体的蚀变类型和分带特征与石门寺、狮尾洞矿区相似,但由于燕山期白云母花岗岩与斑状黑云母花岗岩隐伏在接近地表的浅部,水平蚀变并没有像石门寺那样集中地围绕隐爆角砾岩向外表现出明显的水平分带特征。大雾塘矿区交代蚀变类型与石门寺矿区相似,石门寺矿区热液聚集中心——隐爆角砾岩出露地表且被剥蚀(图4),地表最高处海拔约1272 m;大雾塘隐爆角砾岩顶部海拔标高为1340 m,考虑到剥蚀部分,两地热液聚集中心顶部标高应该相近。但大雾塘外带的厚度相对石门寺较厚,表现为蚀变的垂直空间位置相对石门寺矿区低的特征。因此,大雾塘矿化集中区域相对石门寺埋藏较深,并在蚀变黑云母花岗闪长岩中保留了较大的热液交代蚀变晕。在平苗矿段顶部石英脉发育,相比于一矿带矿段的含钨石英大脉,平苗矿段石英大脉钨矿化较弱,表现为成矿流体演化至晚期阶段,由于温度下降及成矿物质消耗,流体活动性减弱,并在构造作用下,流体聚集中心垂直方向上压力下降,而出现上覆岩石被动沉降,形成大量的近水平的张裂隙,后被晚期贫矿热液充填形成石英大脉。

本次综合研究发现,空间上矿体总体产状明显具有围绕热液聚集中心——隐爆角砾岩变化的趋势(图1c),主要表现为类似火山机构环形(椭圆形)构造控矿,沿(构造)裂隙热液充填。隐爆角砾岩可能是大湖塘矿田的重要控矿因素,定位大湖塘矿田

隐爆角砾岩空间位置,查明其形态,对实现找矿突破具有重要意义。

### 3.3 钨、铜共伴生机制——“就钨找铜”、“就铜找钨”

钨矿的形成主要与S型花岗岩密切相关(黄兰椿和蒋少涌,2012),而铜矿的形成则与I型花岗岩有关(毕献武等,1999)。大湖塘矿集区具有产出超大型钨资源量的同时共伴生一个相当于大型矿床以上的铜资源量的显著特征,钨和铜是两种亲缘性质差别很大的元素,那么它们是如何在短时间内通过何种地质作用大量迁移、沉淀到共伴生成矿的?

大雾塘矿区燕山期花岗岩为S型花岗岩,源区有双桥山群变沉积岩的贡献已是一个不争的事实(樊献科等,2020;李宏伟等,2021)。刘冰琪等(2023)通过定量模拟认为,双桥山群沉积岩很难直接熔融出大湖塘花岗岩的原始岩浆,当初始源岩设定为双桥山群变沉积岩和变玄武岩以8:2的比例部分熔融时与大湖塘燕山期花岗岩的成分吻合,解释了成矿元素铜可能的物质来源。铜为亲地幔元素,钨为亲地壳元素,从钨铜同时巨量沉淀的角度而言,仅考虑地壳熔融模式能否形成巨量铜矿床值得商榷。Zhou Q et al.(2012)通过对长江中下游斑岩和矽卡岩型铜多金属矿成矿带的研究,提出成矿岩浆有来自富集地幔的基性岩浆的贡献,为加厚下地壳部分熔融的长英质岩浆与幔源岩浆混合的产物,而幔源岩浆提供了成矿所必须的水、硫,以及铜、金等金属元素。同时期的南岭地区在地壳减薄作用下发育A型花岗岩以及有关的岩浆-热液系统,提供了成矿所必须的钨、锡等金属元素。

修武—九瑞地区的大湖塘钨矿田与城门山、武山铜矿田处于江南钨成矿带与长江中下游铜多金属成矿带结合部位的地壳加厚与减薄之间的过渡区,本文提出大湖塘矿田成矿岩体可能是富集地幔的基性岩浆与地壳加厚、减薄过渡区(地壳减薄作用大于加厚作用)地壳部分熔融所形成的长英质岩浆混合的产物(图5);在修武地区(地壳减薄作用大于加厚作用)进一步开展“就钨找铜”的找矿勘查工作,在九瑞地区(地壳加厚作用大于减薄作用)进一步开展“就铜找钨”的找矿勘查工作,灵活运用“就矿找矿”哲学(朱训,2015;彭三国,2024)。

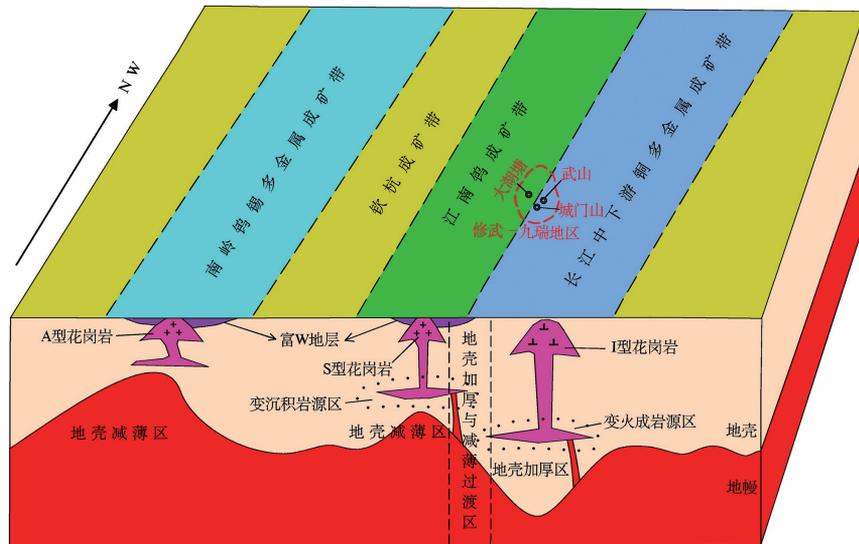


图5 大雾塘矿集区钨铜共生机制模式示意图

Fig. 5 Schematic diagram of tungsten-copper symbiosis mechanism model in Dahutang Mine Agglomeration

据巩小栋(2015)修编

## 4 结束语

大雾塘钨矿早期的发现得益于水系沉积物、重砂测量等化探工作。对矿区控矿因素认识的深化,以及对主攻矿种、矿体产状认识的变化,是大雾塘钨矿逐步走向世界级钨矿的关键。燕山早期第二阶段是主要的成矿期,中细粒白云母花岗岩是最有效的找矿线索;热液聚集中心——隐爆角砾岩控制了大雾塘矿体的分布。定位隐爆角砾岩的空间分布及形态特征,对大雾塘矿集区及赣北地区的矿产勘查工作具有指导意义。目前,矿区勘查工作以燕山早期第二阶段岩体上接触带为主,而岩体下接触带具有较好的找矿潜力,后续的工作中需要重视;同时应加强矿区内隐爆角砾岩的勘查工作。结合赣西北地区钨、铜矿共伴生的特征,提出在修武地区“就钨找铜”、在九瑞地区“就铜找钨”的找矿思路。

致谢:研究过程中与占岗乐、詹国年教授级高工进行了深入的讨论,编辑部老师们给予了耐心的指导与帮助,在此一并致以诚挚的感谢!

### 参考文献:

毕献武,胡瑞忠,叶造军,邵树勋.1999.A型花岗岩类与铜成矿

关系研究——以马厂箐铜矿为例[J].中国科学(D辑:地球科学),29(6):489-495.

曹钟清,杨少君.1984.江西省武宁县大湖塘钨矿一矿带详细普查地质报告[R].江西省地质矿产勘查开发局赣西北大队.

但小华,钟浩,陈德康.2021.江西省靖安县大雾塘矿区钨矿(整合)资源储量核实报告[R].江西省地质矿产勘查开发局赣西北大队.

丰成友,张德全,项新葵,李大新,瞿泓滢,刘建楠,肖晔.2012.赣西北大湖塘钨矿床辉钨矿 Re-Os 同位素定年及其意义[J].岩石学报,28(12):3858-3868.

樊献科,张智宇,侯增谦,潘小菲,张翔,盛俞策,戴佳良,吴显愿.2020.江西大湖塘钨矿田平苗矿区含矿花岗岩矿物学特征及对成矿的指示意义[J].岩石学报,36(12):3757-3782.

巩小栋.2015.江西大湖塘钨多金属矿田成矿流体演化及成因机制研究[D].中国地质大学(北京)博士学位论文.

韩丽,黄小龙,李洁,贺鹏丽,姚军明.2016.江西大湖塘钨矿花岗岩的磷灰石特征及其氧逸度变化指示[J].岩石学报,32(3):746-758.

黄兰椿,蒋少涌.2012.江西大湖塘钨矿床似斑状白云母花岗岩锆石 U-Pb 年代学、地球化学及成因研究[J].岩石学报,28(12):3887-3900.

黄兰椿,蒋少涌.2013.江西大湖塘富钨花岗斑岩年代学、地球化学特征及成因研究[J].岩石学报,29(12):4323-4335.

江青霞.2016.江西大雾塘钨多金属矿床围岩蚀变特征研究[D].东华理工大学博士学位论文.

蒋少涌,彭宁俊,黄兰椿,徐耀明,占岗乐,但小华.2015.赣北大湖塘矿集区超大型钨矿地质特征及成因探讨[J].岩石

- 学报,31(3):639-655.
- 李宏伟,赵正,陈振宇,郭娜欣,甘加伟,李小伟,尹政.2021.江西大湖塘矿田两期岩浆作用与钨成矿的关系:来自锆石矿物地球化学的证据[J].岩石学报,37(5):1508-1530.
- 林黎,余忠珍,罗小洪,丁少辉.2006a.江西大湖塘钨矿田成矿预测[J].东华理工学院学报,(S1):139-142.
- 林黎,占岗乐,喻晓平.2006b.江西大湖塘钨(锡)矿田地质特征及远景分析[J].资源调查与环境,27(1):25-32.
- 刘冰琪,于津海,蒋威,蔡元峰.2023.赣北双桥山群变沉积岩的地球化学特征及与钨多金属成矿的关系[J].地质学报,97(2):433-447.
- 刘南庆,黄剑凤,秦润君,张炳远,余振东.2014.江西大湖塘地区燕山期构造-岩浆热液成矿系统及其成矿机理[J].地质找矿论丛,29(3):311-320.
- 刘南庆,项新葵.2016.江西大湖塘整装勘查区专项填图与技术应用示范报告[R].九江:江西省地矿局九一六大队.
- 陆建军,章荣清,黄旭栋,张强,李晓宇,周维法,黄迪,黄玉,马东升,姜耀辉.2022.江南造山带钨锡稀有金属矿床成矿作用特征[J].华南地质,38(3):359-381.
- 毛景文,吴胜华,宋世伟,戴盼,谢桂青,苏蔷薇,刘鹏,王先广,余忠珍,陈祥云,唐维新.2020.江南世界级钨矿带:地质特征、成矿规律和矿床模型[J].科学通报,65(33):3746-3762.
- 彭三国.2024.“就矿找矿”在武当一桐柏一大别成矿带找矿实践中的启示与作用[J].资源环境与工程,38(1):16-25.
- 孙克克,陈斌,陈军胜,项新葵.2017.江西大湖塘矿区九岭花岗岩闪长岩的成因及其构造意义[J].岩石学报,33(3):907-924.
- 韦星林.2016.我国近年钨矿勘查新发现及其启示[J].中国钨业,31(3):1-7.
- 项新葵,陈茂松,詹国年,钱振义,李辉,许建华.2012a.赣北石门寺矿区钨多金属矿床成矿地质条件[J].地质找矿论丛,27(2):143-155.
- 项新葵,刘显沐,詹国年.2012b.江西省大湖塘石门寺矿区超大型钨矿的发现及找矿意义[J].资源调查与环境,33(3):141-151.
- 项新葵,王朋,孙德明,钟波.2013a.赣北石门寺钨多金属矿床辉钨矿 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J].地质通报,32(11):1824-1831.
- 项新葵,王朋,孙德明,钟波.2013b.赣北石门寺钨多金属矿床同位素地球化学研究[J].地球学报,34(3):263-271.
- 项新葵,尹青青,丰成友,王辉,刘南庆,余振东.2015a.赣北石门寺钨多金属矿床花岗岩闪长岩蚀变带元素、流体迁移规律及其对成矿作用的制约[J].地质学报,89(7):1273-1287.
- 项新葵,尹青青,孙克克,陈斌.2015b.江南造山带中段大湖塘同构造花岗斑岩的成因——锆石 U-Pb 年代学、地球化学和 Nd-Hf 同位素制约[J].岩石矿物学杂志,34(5):581-600.
- 项新葵,詹国年,谭荣,钟波.2017.哲学思维在江西大湖塘北区钨矿找矿突破中的实践[A]//2017年江西省地质学会论文集汇编 I:73-85.
- 叶海敏,张翔,朱云鹤.2016.江西石门寺钨多金属矿床花岗岩独居石 U-Pb 精确定年及地质意义[J].大地构造与成矿学,40(1):58-70.
- 叶泽宇,张智宇,潘小菲,彭花明.2016.江西大湖塘北段石门寺钨铜钼矿化关系研究[J].岩石矿物学杂志,35(3):457-468.
- 余振东,谭荣,项新葵,徐先宇,王天晨.2021.赣北石门寺“多位一体”钨铜矿床铅同位素特征[J].中国钨业,36(6):9-21.
- 张达玉,位鸥祥,陈雪锋,叶龙翔,丁宁,吕启良.2017.江南古陆北缘青阳钨钼矿集区成岩成矿作用研究[J].岩石学报,33(11):3659-3674.
- 张勇,刘南庆,潘家永,尹浩.2019.赣西北石门寺超大型钨矿床多期成矿作用——累积概率格纸在钨矿成因及找矿中的应用[J].东华理工大学学报(自然科学版),42(4):334-341+367.
- 张勇,潘家永,马东升,但小华,张雷雷,徐国辉,杨春鹏,江青霞,江超强.2017.赣西北大雾塘钨矿区地质特征及 Re-Os 同位素年代学研究[J].矿床地质,36(3):749-769.
- 钟玉芳,马昌前,余振兵,林广春,续海金,王人镜,杨坤光,刘强.2005.江西九岭花岗岩类复式岩基锆石 SHRIMP U-Pb 年代学[J].地球科学,30(6):685-691.
- 朱训.2015.关于就矿找矿论的几个问题[J].中国工程科学,17(2):35-39.
- 左全狮.2006.江西九岭山西段大湖塘—李扬斗成矿区成矿地质条件分析及进一步找矿前景评价[J].资源环境与工程,20(4):348-353.
- 左全狮,张中山,周欣.2015.江西大湖塘矿田地质特征、控矿因素及找矿前景分析[J].矿产勘查,6(1):25-32.
- Mao Z H, Liu J J, Mao J W, Deng J, Zhang F, Meng X Y, Xiong B K, Xiang X K, Luo X H. 2015. Geochronology and geochemistry of granitoids related to the giant Dahutang tungsten deposit, middle Yangtze River region, China: Implications for petrogenesis, geodynamic setting, and mineralization[J]. Gondwana Research, 28(2): 816-836.
- Zhou Q, Jiang Y H, Zhao P, Liao S Y, Jin G D. 2012. Origin of the Dexing ore-bearing porphyries, South China: elemental and Sr-Nd-Pb-Hf isotopic constrains[J]. International Geology Review, 54: 572-592.