

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2024.01.04

引用格式: 娄元林, 曾昊, 章志明, 等. 雪峰弧形构造带中段天明金矿地质特征及找矿标志[J]. 中国地质调查, 2024, 11(1): 27–35. (Lou Y L, Zeng H, Zhang Z M, et al. Geological characteristics and prospecting criteria of Tianming gold deposit along the middle part of Xuefeng arc structure belt[J]. Geological Survey of China, 2024, 11(1): 27–35.

雪峰弧形构造带中段天明金矿地质特征及找矿标志

娄元林^{1,2,3}, 曾昊¹, 章志明¹, 潘思远¹, 刘贤红¹, 钱建利⁴

(1. 中国地质调查局长沙自然资源综合调查中心, 湖南长沙 410600; 2. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 3. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 4. 中国地质调查局西安矿产资源调查中心, 陕西西安 710100)

摘要: 湖南省安化县天明金矿地处江南造山带雪峰弧形构造带中段, 金矿成矿地质条件优越。在综合研究区域资料和勘查成果的基础上, 根据地球物理、地球化学、遥感等地质资料, 对比分析了天明金矿与邻区典型金矿的成矿地质环境、矿体展布、矿石特征及矿床成因特征, 探讨了天明地区的成矿地质条件和找矿标志, 并初步建立了天明地区金矿的成矿模式和综合找矿模型。天明金矿目前已揭露3条近EW向的破碎蚀变带, 其成因类型为造山与重熔岩浆热液混合型金矿, 且在垂向分带上显示出石英脉型—构造蚀变岩型的分带特征。研究成果可以为天明金矿及同类型金矿的找矿工作提供参考。

关键词: 天明金矿; 地质特征; 找矿标志; 找矿潜力; 找矿模型; 雪峰弧形构造带

中图分类号: P618.43

文献标志码: A

文章编号: 2095–8706(2024)01–0027–09

0 引言

天明金矿位于雪峰弧形构造带中段, 属江南造山带西南段^[1–2], 大地构造上处于扬子地块与华夏地块的衔接过渡带。前人在该地区曾开展过1:20万、1:5万的区域地质和矿产调查工作^[3–5], 较为系统地厘定了区内的地层、构造、岩浆岩, 并发现了较多的矿化线索, 其中多数异常为矿致异常。雪峰山弧形构造带中段金锑矿的成矿地质条件优越, 前人的勘查工作表明该区仍具有相当大的找矿潜力, 已发现有沃溪^[6]、沈家垅^[7]、冷家溪^[8]、符竹溪^[9]、陈家村^[10]等十余处金锑矿(床)点^[1–2]。

天明金矿位于湖南省益阳市安化县羊角塘镇, 该矿床是“雪峰弧金锑矿资源勘查”项目中发现的品位稳定、规模较大的矿床, 矿区断裂及褶皱等构造发育, 成矿地质条件好, 具有寻找造山型金矿和重熔岩浆热液型金矿的潜力^[11–12]。本文总结了天明金矿的地质特征, 分析了其成矿地质条

件和控矿因素, 探讨了矿床成因, 评价了资源潜力, 提出了找矿标志, 并初步建立了天明地区金矿的成矿模式和综合找矿模型^[13], 明确了下一步找矿方向, 以为天明金矿及同类型金矿的找矿工作提供参考。

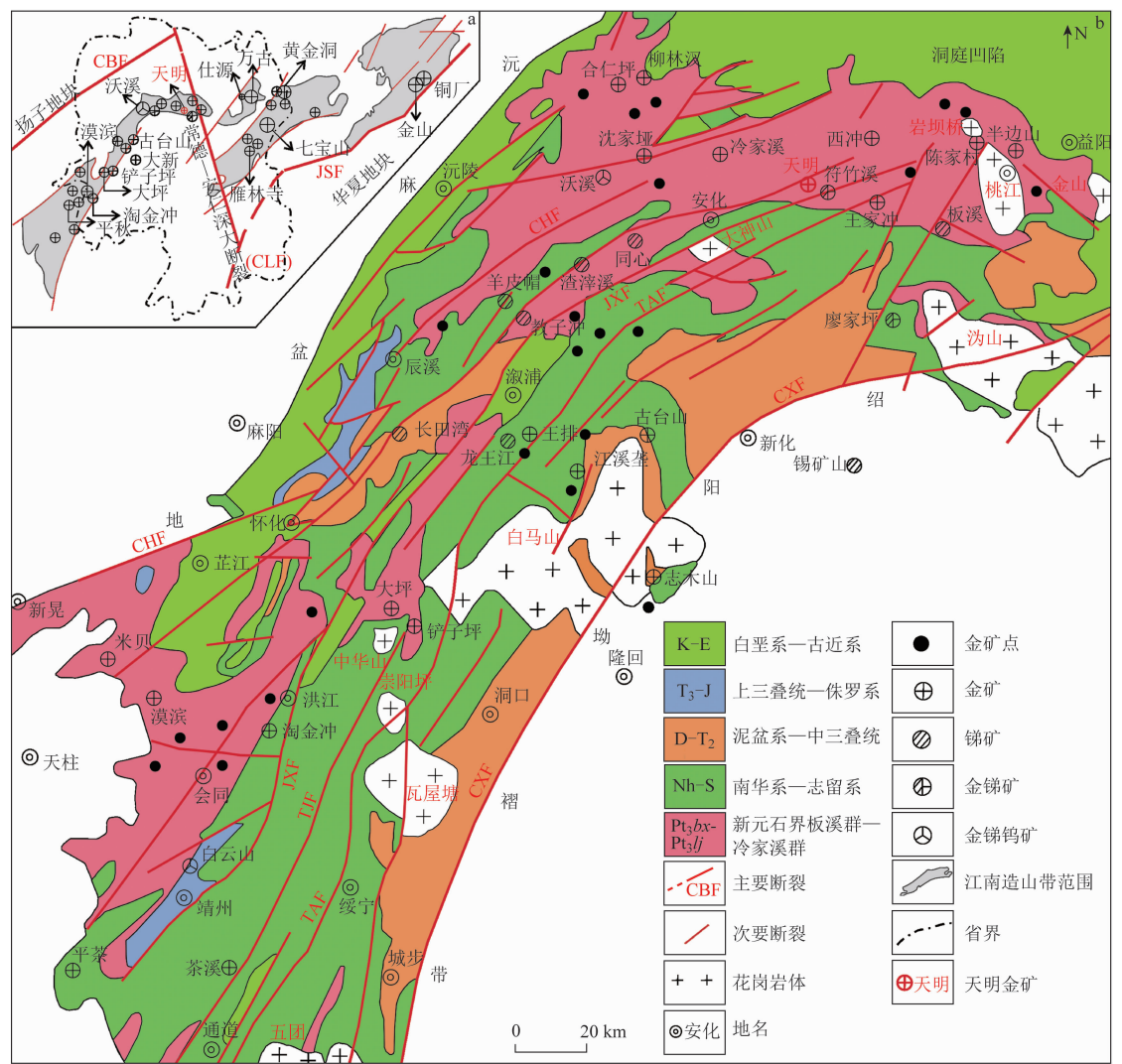
1 地质背景

天明金矿处于常德—安仁NW向深大断裂与雪峰弧形构造带NE端构造—岩浆带的交接地带(图1(a)), 自西向东构造线由NE向转换为近EW向, 构成一个弧形构造带^[14]。区域出露地层主要以新元古界冷家溪群(Pt₃lj)、板溪群(Pt₃bx)以及早古生界(Pz₁)的碎屑岩为主(图1(b)), 夹有少量火山岩或碳酸盐岩等, 其中与金的成矿作用有关的地层是冷家溪群(Pt₃lj)和板溪群(Pt₃bx), 表现为巨厚的陆源碎屑—火山岩沉积建造^[8], 属前寒武系变质基底, 锑矿多赋存于震旦系、泥盆系, 铅锌矿多赋存于泥盆系, 表现出一定的成矿专属性。

收稿日期: 2023–06–01; 修订日期: 2023–11–14。

基金项目: 中国地质调查局“湖南怀化—邵阳金矿重点调查区调查评价(编号: DD20230386)”和“雪峰弧金锑矿资源勘查(编号: DD20208007, ZD20220317)”项目联合资助。

第一作者简介: 娄元林(1988—), 男, 工程师, 主要从事矿产地质调查及矿产勘查工作。Email: 420418599@qq.com



CBF. 慈利—保靖断裂; JSF. 江山—绍兴断裂; CLF. 郴州—临武断裂; CHF. 辰溪—怀化断裂; JXF. 靖州—溆浦断裂; TJF. 通道—江口断裂; TAF. 通道—安化断裂; CXF. 城步—新化断裂

图 1 江南造山带构造简图 (a) 和雪峰弧形构造带中段地质简图 (b)^[1]

Fig.1 Tectonic sketch of Jiangnan orogenic belt (a) and geological sketch of the middle part of Xuefeng arc structure belt (b)^[1]

雪峰弧形构造带经历了东安运动(武陵运动)等多期次强烈的构造事件,褶皱和断裂构造发育,构造形迹复杂,总体构造线走向为 NE 向和近 EW 向。EW 向构造由仙池界背斜等复式褶皱组成,NE 向构造主要为符竹溪—筑金坝大断裂,其中规模较大的有沧浪坪平移断裂,位于区域东南部。

雪峰弧形构造带中段总体岩浆岩出露较少,与矿区临近的主要有分布于东北部的岩坝桥岩体和桃江岩体、中南部的大神山岩体以及中东部的沅山岩体(图 1(b)),主要为印支期—燕山期复式岩基,岩性主要为角闪石黑云母花岗闪长岩、黑云母二长

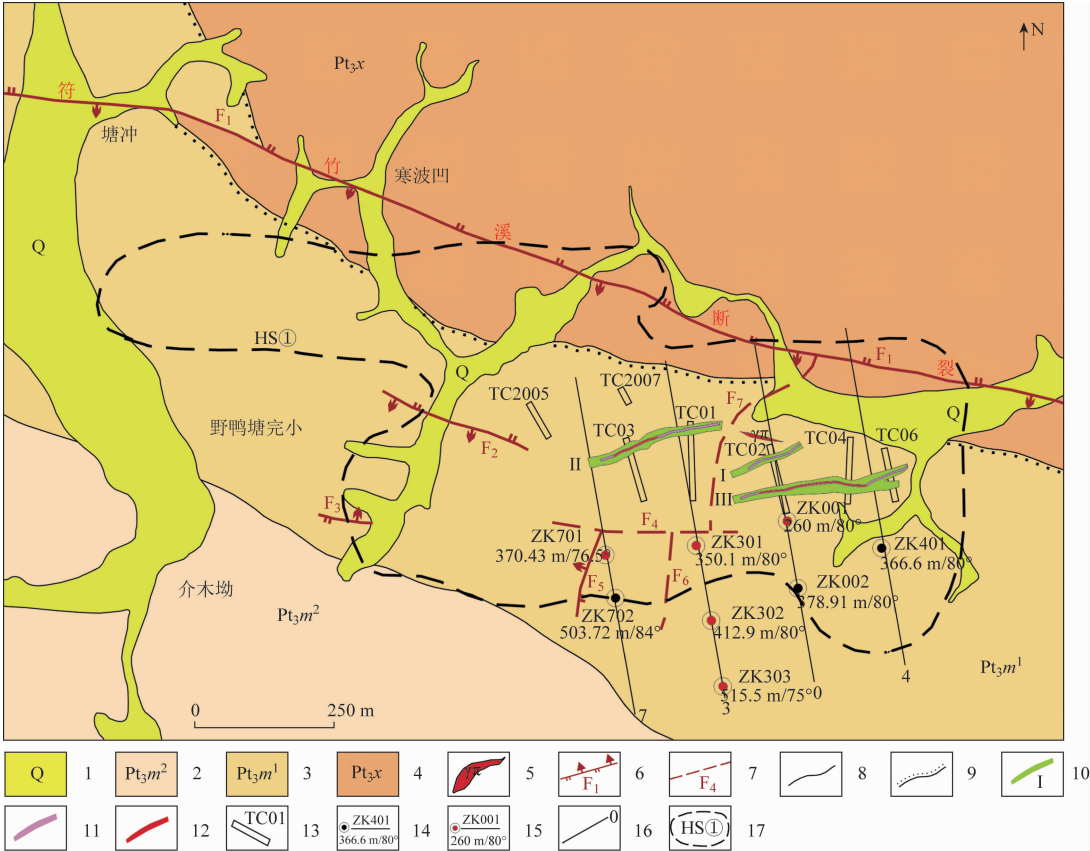
花岗岩和石英闪长岩,沿各岩体周边已经发现了陈家村、半边山等多处较好的矿(床)点。

2 矿区地质特征

天明金矿出露地层主要为新元古界冷家溪群小木坪组(Pt₃x)、板溪群马底驿组(Pt₃m)及第四系(Q)(图 2)。小木坪组(Pt₃x)主要分布在矿区北部及东北角,由浅灰—灰绿色厚层状的变质砂岩、板岩、砂质板岩组成。马底驿组(Pt₃m)为一套浅海相复理石建造的浅变质岩,可细分为两个岩性段:马底驿组一段(Pt₃m¹)为紫红色褐铁矿绢

云母板岩,分布在矿区的中部和西北角,矿(化)脉主要赋存于该岩性段内;马底驿组二段(Pt_3m^2)为黄绿色、灰绿色砂质板岩夹薄层状紫红

色板岩,主要分布在矿区西南角。第四系(Q)裸露于矿区西部和中部,沿河谷分布,以冲积、洪积、残积、坡积物等为主。



1. 第四系; 2. 板溪群马底驿组二段; 3. 板溪群马底驿组一段; 4. 冷家溪群小木坪组; 5. 花岗斑岩脉; 6. 逆断裂; 7. 推测断裂; 8. 地质界线; 9. 不整合界线; 10. 蚀变带; 11. 矿(化)带; 12. 矿体; 13. 探槽及编号; 14. 施工钻孔及孔深、倾角; 15. 见矿钻孔及孔深、倾角; 16. 勘探线及编号; 17. 化探组合异常及编号

图 2 天明金矿地质简图

Fig. 2 Geological sketch of Tianming gold deposit

区内构造以断层为主,符竹溪 EW 向逆冲断裂(F_1)纵贯全区,褶皱不发育,区内整体为竹叶山复式向斜的北翼。符竹溪断裂(F_1)长约 6 km,断裂两侧可见有不规则石英脉充填,可见强劈理化带,宽约 20 ~ 200 m,次级断裂亦较发育,常成为矿液充填的空间。矿区内断裂根据构造的产状及与矿化的关系可分为 NW 向、NNW 向、近 SN 向、近 EW(NE 向)4 组,其中 NW 向断裂与符竹溪断裂呈“入”字型相交,NNW 向断裂是矿区的主要储矿构造,近 EW 向或 NE 向断裂为成矿后断裂。区内仅有少量花岗斑岩脉出露,长约 100 m,受 NW 向断裂控制。

区内开展了 1:1 万土壤地球化学剖面测量异常查证工作,选择 Au、Ag、Cu、Zn、W、Sb 作为金矿及多金属的找矿指示元素,共圈定综合异常 2

处。其中 HS①号化探组合异常整体呈不规则状(图 2),规模较大,具有一定的浓集中心和浓度分带,目前通过探矿工程揭露,已经发现了 3 条含金破碎蚀变带,最高品位为 13.85×10^{-6} 。

3 矿体地质特征

3.1 矿体特征

天明金矿目前共发现 3 条金矿化带(体)(图 2),主要为破碎蚀变带型金矿。由南至北分别为Ⅲ号、I 号和Ⅱ号矿脉(表 1),矿脉之间的地表水平距离相距 50 ~ 100 m,含金破碎蚀变带整体走向为近 EW 向,延伸较为稳定,在Ⅱ号和Ⅲ号矿脉中各圈定一个矿体,金金属量总计 973 kg(图 3)。

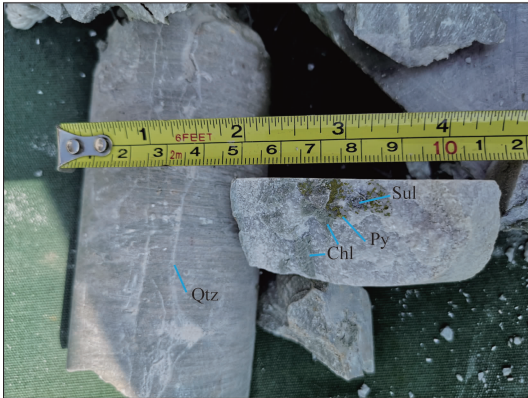
表 1 湖南省安化县天明金矿矿(脉)体特征

Tab.1 Orebodies(veins) characteristics of Tianming gold deposit in Anhua County of Hunan Province

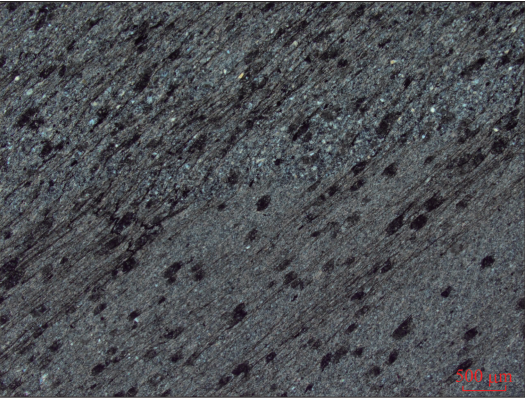
矿脉号	控制工程	见矿深度/m	厚度/m	金品位/(10 ⁻⁶)
I	TC02	24.30 ~ 25.20	1.00	0.83
	ZK001	122.70 ~ 124.00	0.83	0.13
	ZK302	381.80 ~ 384.80	2.04	0.17 ~ 0.52
II	TC01	122.50 ~ 123.40	0.99	0.58
	TC03	81.30 ~ 84.80	2.63	0.36 ~ 3.20
	ZK701	257.60 ~ 258.80	0.85	0.90
	LD01	7.20 ~ 7.70	0.18	2.33
III	LD02	23.30 ~ 25.70	1.54	0.26 ~ 1.22
	TC02	82.70 ~ 86.60	3.42	0.26 ~ 13.85
	TC04	81.40 ~ 87.00	4.77	0.10 ~ 1.47
	TC06	45.70 ~ 51.60	3.34	0.13 ~ 0.73
	ZK301	99.50 ~ 105.75	3.83	0.23 ~ 9.90
	ZK302	361.00 ~ 369.10	3.48	0.25 ~ 1.66
	ZK303	402.20 ~ 403.00	0.69	0.78

I 号脉长约 350 m,倾向 152° ~ 190°,倾角 61° ~ 81°,厚 0.83 ~ 2.04 m,金品位(0.13 ~ 0.83) × 10⁻⁶。脉体由破碎蚀变砂质板岩夹石英脉(图 4(a))组成,围岩为砂质板岩,具较弱的黄铁矿化、黄铜矿化、硅化、绿泥石化(图 4(b),4(c))。

II 号脉长约 200 m,倾向 140° ~ 175°,倾角 35° ~ 62°,厚 0.85 ~ 2.63 m,金品位(0.58 ~ 3.20) × 10⁻⁶。脉体由破碎蚀变砂质板岩夹石英脉组成,围岩为砂质板岩,具较弱的黄铁矿化、硅化、绿泥石化。II 号脉中圈定一个矿体 II - 1,矿体走向为近



(a) 砂质板岩中的蚀变矿化



(b) 碳酸盐化的绢云绿泥含粉砂板岩

Sul. 硫化物; Py. 黄铁矿; Chl. 绿泥石; Qtz. 石英

图 4-1 天明金矿矿石镜下照片和岩心照片

Fig. 4-1 Microscopic and core photos of Tianming gold deposit ore

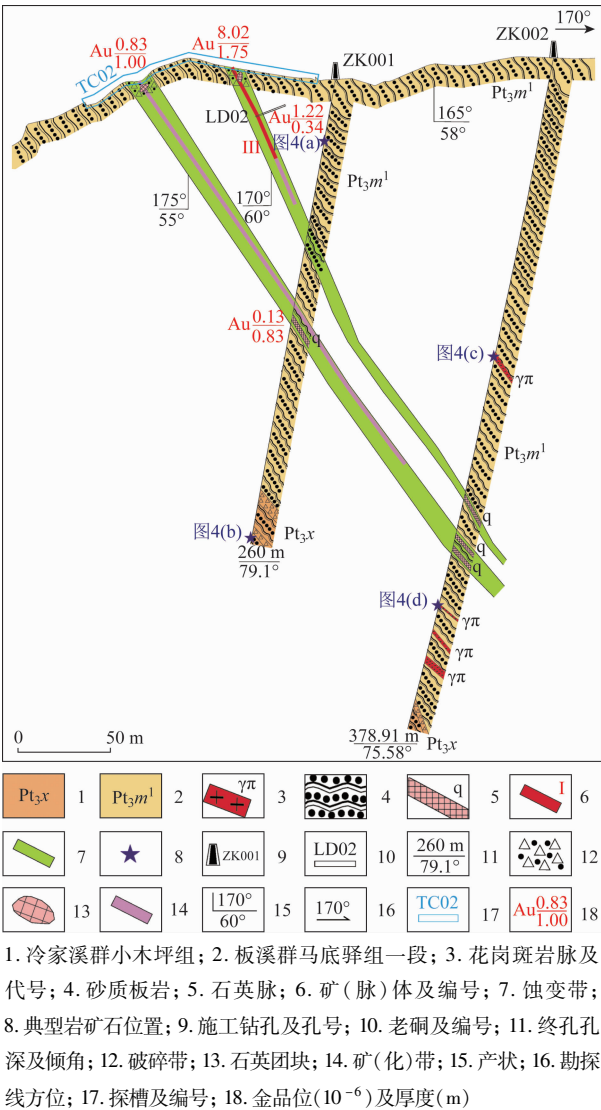
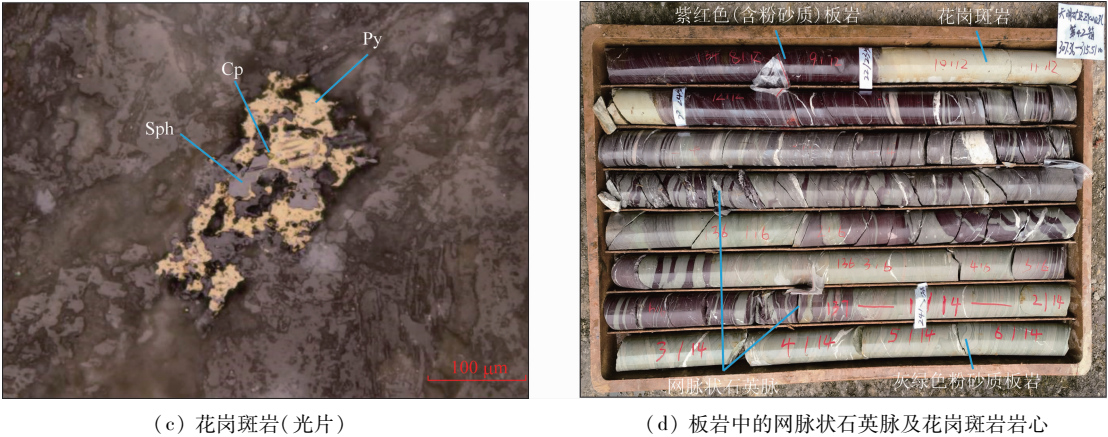


图 3 天明金矿 0 号勘探线地质剖面

Fig.3 Geological section of No. 0 exploration line of Tianming gold deposit



Py. 黄铁矿; Cp. 黄铜矿; Sph. 闪锌矿
图 4-2 天明金矿矿石镜下和岩心照片

Fig. 4-2 Microscopic and core photos of Tianming gold deposit ore

EW 向,倾向南,倾角 60°,控制长度 50 m,控制斜深为 290 m,平均厚度 1.47 m,平均品位 1.88×10^{-6} ,初步估算矿体Ⅲ推断金资源量为 41 kg。

Ⅲ号脉长约 300 m,走向近 EW 向,倾角 50°~70°,厚 0.18~4.77 m,金品位 $(0.10 \sim 13.85) \times 10^{-6}$ 。脉体由破碎蚀变板岩夹石英脉组成,围岩为砂质板岩(图 4(d)),具较弱的黄铁矿化、硅化、绿泥石化。Ⅲ号脉圈定一个矿体Ⅲ-1,矿体走向近 EW 向,倾向南南东,倾角 70°,控制长度 160 m,控制斜深 330 m,平均厚度 1.46 m,平均金品位 7.10×10^{-6} ,矿脉沿走向、倾向延伸较稳定,厚度变化较小,矿化连续性好,Ⅰ、Ⅲ号脉深部有收敛合并的趋势。初步估算矿体Ⅲ-1 推断金资源量为 932 kg。

3.2 矿石特征

天明金矿金矿石的矿化类型主要为含金蚀变岩型和含金石英脉型,其中构造蚀变岩型矿石产出受次级脆-韧性剪切带影响较大,延伸较好,矿化分布较均匀,由于构造破碎带的多阶段、多期次活动,围岩破碎强烈,为成矿物质的多期次富集提供了条件。石英脉型矿石产于区域性断裂旁侧的次级脆性断裂破碎带中,形态较简单,且以单脉居多,由石英脉组成,向深部逐渐变厚,同时破碎程度逐渐加强,矿石品位变化较大,局部可见富矿包。矿化类型在空间上显示出垂向分带的特征,由浅部向深部矿石从石英脉型转变为构造蚀变岩型,矿石类型的变化也代表着从脆性到韧性的环境变化,反映了成矿深度和温度的增加,地表及浅部以氧化矿石为主,向下逐步过渡为硫化原生矿石。石英脉型金矿的金属沉淀受到地震泵模式和流体不混溶作用控制,矿

液类型以后生及变质水形成的矿液为主;浅成蚀变岩型金矿主要受到水岩反应的控制,以岩浆热液为主,变质热液次之。矿石结构主要为它形一半自形结构、它形粒状结构、半自型结构、交代残余结构、鳞片状变晶结构(图 4(b)),矿石构造主要以细脉浸染状构造为主,其次为星散状构造、板状构造、细脉(网脉)状构造,局部见条带状(变余层状)构造。

矿石矿物主要有黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿(图 4(c))、方铅矿、自然银,以及少量赤铁矿、毒砂,偶见自然金、银金矿。脉石矿物主要有石英、方解石、铁白云石、绢云母、绿泥石、碳酸盐类及黏土类矿物。自然金呈金黄色,以不规则粒状、片状产出,绝大部分自然金呈微粒状分布在黄铁矿、辉锑矿或石英裂隙中,粒度为 0.005~0.030 mm。黄铁矿是矿点内最主要的载金矿物。

3.3 蚀变矿化特征

天明金矿围岩的整体岩性为绢云绿泥粉砂-细砂质板岩,含金破碎蚀变带主要由破碎蚀变板岩和石英脉组成,矿化蚀变主要包括褪色化、硅化、黄铁矿化、绢云母化等,均属中-低温热液蚀变,其中与金锑矿化关系密切的主要是褪色化、黄铁矿化和硅化。

矿床内最常见的为褪色化,显著特征为岩层发生褪色化后整体呈浅紫红色调。褪色化的宽度和强度与矿化强度及围岩裂隙的发育程度相关,即靠近含金破碎蚀变带的岩石为灰白色、黄白色,向外逐渐转变为淡红色、紫灰色,最后过渡为原岩的紫红色,通常灰绿色板岩的褪色化比紫红色板岩弱。

在矿区含金破碎蚀变带周边普遍发育强烈的硅化,发生硅化的岩石颜色变浅,结构致密,硬度变大,往

断裂外缘延伸,可见较密集、延伸较短的石英细脉。

黄铁矿化主要出现在含金破碎蚀变带中,与金的矿化关系最为密切。多数呈立方体状,粒径一般小于 5 mm,少量以细小颗粒集合呈条带状、浸染状产出,以浅铜黄色为主。黄铁矿化与硅化有时同时出现,主要出现在含矿破碎带和近矿围岩中,与褪色化、黄铁矿化紧密伴生,硅化越强金的矿化越好。

4 成矿地质条件

雪峰弧形构造带中段分布的金矿类型主要为

造山型(如沃溪大型金锑钨矿、古台山大型金矿)、其次为重熔岩浆热液型(如廖家坪中型金锑矿、陈家村中型金矿)。按照岩金矿床工业类型,可分为蚀变岩型(蚀变板岩、蚀变花岗岩)和石英脉型。其中廖家坪金矿以蚀变板岩型、石英脉型为主,陈家村、西冲、符竹溪、半边山及筑金坝金矿以破碎蚀变岩型为主(表 2)。岩石和土壤的地球化学特征表明雪峰弧形构造带中段的金成矿物质和含矿流体来源主要为壳源,成矿温度以中低温为主,冷家溪群和板溪群是最初的成矿物源,热液作用和动力变质作用是区内金成矿的重要控制因素^[1,15]。

表 2 天明金矿与邻区典型金矿地质特征对比

Tab. 2 Geological characteristics comparison of Tianming gold deposit and its adjacent typical gold deposits									
金矿名称	含矿地层	岩浆岩	矿体特征	矿石类型	矿化蚀变	成矿流体	矿种	矿床规模	成矿类型
天明	新元古界板溪群马底驿组	岩坝桥、桃江等岩体边部	3 条破碎蚀变带,2 个工业矿体	含金蚀变岩型、含金石英脉型	褪色化、硅化、黄铁矿化、绢云母化等	—	Au	小型	造山与重熔岩浆热液混合型
沃溪 ^[6]	新元古界板溪群马底驿组	外围见少量辉绿岩脉	红岩溪等 5 个矿段	白钨矿含金石英脉、辉锑矿含金石英脉	褪色化、硅化、黄铁矿化等	均一温度 120 ~ 180 ℃, 盐度 2.90% ~ 8.90%	Au - Sb - W	大型	造山型
符竹溪 ^[9]	新元古界板溪群马底驿组	桃江岩体边部	10 条金矿脉,10 个金矿体	石英细脉带型、石英破碎带型	褪色化、硅化、黄铁矿化、绢云母化	均一温度 100 ~ 200 ℃、盐度 0.40% ~ 12%	Au - Sb	中小型	中低温热液脉状充填型
廖家坪 ^[16]	中寒武统探溪组和奥陶系白水溪组	洸山、芙蓉岩体边部	51 条金矿脉,6 条 Sb 矿脉	蚀变板岩型、石英脉型	硅化、黄铁矿化、毒砂化、辉锑矿化、绢云母化	成矿温度介于 120 ~ 140 ℃	Au - Sb	中型	重熔岩浆热液型

注:“—”为无数据。

根据区域成矿规律和成矿地质特征,结合天明金矿的勘查成果,雪峰弧形构造带中段金矿的形成演化过程为:①在新元古代早期,受扬子板块和华夏板块碰撞增生、俯冲作用的影响,大量成矿流体自地幔深处上涌,形成了冷家溪群、板溪群等前寒武系富金地层,为金矿的初始富集奠定了基础;②伴随加里东期之后多次构造运动的叠加和印支期—燕山期的岩体侵位,岩浆侵入带来的热量和岩浆冷凝后的汽水热液及变质水混合热液,形成了具有强化学活动性的成矿流体,沿着区域 NE 向韧性剪切断层上升,使富含 Au 元素、CaO、MgO 及火山灰的新元古代浊积岩等地层中的 Au 元素被活化萃取;③随着温度、压力、pH 值及化学组成的改变,各种成矿热液运移至与区域构造相匹配的次级扩容构造(劈理化带或层间破碎带)中充填、交代,Au、Sb、W 等

成矿元素在其次级脆性断裂破碎带中沉淀而富集成金矿。已形成的金矿亦可能受后期地壳运动的影响发生多次再破碎,并在多次同构造期成矿热液的叠加改造作用下,矿(脉)体发生次生富集^[17]。

在分析天明金矿成因的基础上,通过综合考察区域地质背景、成矿控制因素、典型矿床地质特征,本文总结了雪峰构造带中段的主要找矿标志。

4.1 地层岩性标志

雪峰弧形构造带中段的矿床具有较明显的岩性选择性,当矿脉出现在含泥质、钙质、铁质、凝灰质的绢云母紫红色板岩中时,蚀变及断裂破碎带较宽,矿化较好。当围岩为灰绿色板岩或黄绿色砂质板岩时,破碎带规模较小,矿化及蚀变明显减弱。新元古界冷家溪群、板溪群为含 Au、Sb、W 的原始沉积建造,其浅变质的砂岩或砂质板岩、粉砂岩、粉

砂质板岩是有利成矿(控矿)围岩或为金及多金属的富集提供了初始矿源层。

4.2 构造标志

雪峰弧形构造带中段构造控矿作用明显,不同方向的矿脉均受构造控制。NE 向和 EW 向的构造带规模较大,是主要导矿、控矿、容矿和储矿构造,NW 向的构造规模较小,对矿脉有一定的破坏作用,当 NE 向构造活动时,促使形成较早的 EW 向构造再次活动,使之形成有利的成矿空间。天明地区的金矿集中分布在 NE 向和 EW 向构造两侧。

4.3 近矿围岩蚀变标志

雪峰弧形构造带中段金矿的近矿围岩蚀变主要包括褪色化、硅化、绿泥石化、黄铁矿化、绢云母化、毒砂化等,其中,破碎带蚀变岩型金矿的近矿围岩蚀变最为强烈,蚀变带内部结构越复杂,蚀变越强烈的地段矿化越好。天明地区金矿最普遍的标志是硅化,而与金矿化关系密切的是黄铁矿化、辉锑矿化、毒砂化。当褪色化、硅化、黄铁矿化三者同时出现时,预示着矿体矿化强烈,标志着有金矿体出现。因此围岩蚀变是较好的找矿标志,是

找矿过程中的重要因素。

4.4 地球化学标志

对于区域地球化学特征来说,Au、As、Sb、Hg、Ba 化探组合异常是良好的找矿靶区,其指示意义依次为 Au→As→Sb→Hg→Ba,雪峰弧形构造带中段主要金属矿种和矿点的发育与相应异常对应性好,异常套合好、规模大,浓集中心显著的化探组合异常可作为找矿标志。

4.5 重砂异常标志

天明地区的区域重砂异常成果分析表明,黄金重砂展布范围和方向与金矿成矿带基本吻合,金矿物异常分布位置与原生矿物的分布位置基本一致,说明金矿物的来源与原生矿或已知金矿产地有关。大部分已知矿脉中都有金矿物重砂异常的出现,说明金矿物重砂异常是良好的找矿标志。

根据上述研究,并结合现有的地质、物探、化探、矿体等资料^[1-2,13],以及近年来在天明地区的找矿实践,结合邻区典型矿床成矿特征,对天明地区金矿初步建立了综合找矿模型,并以此模型可对该成矿(区)带进行找矿预测(表 3)。

表 3 天明地区金矿综合找矿模型
Tab.3 Gold deposit comprehensive prospecting pattern in Tianming area

标志类型		特征	要素分类
地质背景	大地构造位置	雪峰弧形构造带北东端与桃江—安仁 NW 向构造—岩浆带的交汇部位	必要
	地层	以板溪群的浅变质碎屑岩为主,次为冷家溪群和南华系浅变质岩	必要
	构造	NE 向、EW 向构造及其次级脆性断裂,或不同方位构造的交切叠加部位	必要
	岩浆岩	岩坝桥、桃江等岩体边部,闪长玢岩、花岗岩脉	次要
地球化学	矿区 1:5 万水系沉积物	具有浓度分带的以 Au—As—Sb—Hg—Ba 为主的化探组合异常的	重要
	矿床 1:1 万土壤地球化学剖面	以 Au—As—Sb—Hg 为主的化探组合异常且套合好、规模大、浓集中心显著的异常带	重要
地球物理	电法	低电阻率、高极化率	次要
	重砂异常	自然金、金矿物异常分布广泛且与原生矿物的分布基本一致	次要
成矿作用		晚元古代沉积—成岩原始富集阶段(1 000~800 Ma);雪峰构造运动期成矿预富集阶段(800~700 Ma);印支期—燕山期金锑工业富集阶段(210~140 Ma);燕山晚期锑金矿化叠加富集阶段(140~65 Ma)	必要
矿床地质	矿物组合	矿石矿物主要有黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、自然银,少量赤铁矿、毒砂,偶见自然金、银金矿;脉石矿物主要有石英、方解石、铁白云石、绢云母、绿泥石、碳酸盐类及黏土类矿物	必要
	矿化蚀变	褪色化、硅化、黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、褐铁矿化、黄铜矿化,其中褪色化、强硅化和细脉状黄铁矿化是重要的找矿标志,叠加毒砂矿化或辉锑矿化时往往形成富矿体	必要
	矿石组构	它形—半自形晶结构、它形粒状结构、交代残余结构、鳞片状变晶结构。矿石构造主要以细脉浸染状构造为主,其次为板状构造、细(网)脉状构造	次要
	氧化作用	黄铁矿被氧化成褐铁矿而形成褐铁矿破碎带	次要

5 结论

- (1)天明金矿的整个矿区被近 EW 向符竹溪断
- 裂横穿,出露地层主要为新元古界冷家溪群小木坪组和板溪群马底驿组, NW 向、NNW 向、近 SN 向、近 EW 向(NE 向)的次级断裂与成矿关系密切。
- (2)天明金矿的矿床和矿体多产于板溪群马底

驿组的粉砂质(绢云母)板岩中,矿石类型以破碎蚀变岩夹石英脉型为主,矿石块状构造、浸染状构造发育,发现3条含金破碎蚀变带,共圈定2个金矿体,平均厚度1.46 m,金品位平均 5.17×10^{-6} ,金金属量总计973 kg。

(3)天明金矿具备独特的地层岩性、构造、近矿围岩蚀变、地球化学、重砂异常等找矿标志,其特征均显示该区具备优越的成矿条件,具有进一步的工作价值。

(4)综合分析天明金矿为具多期次、多阶段成矿特征的复合成因矿床,为造山与重熔岩浆热液混合型,通过总结其成矿模式,建立了以地质、地球化学、地球物理、矿体等特征为基础的综合找矿模型。

致谢:野外工作期间,得到了湖南省自然资源事务中心周厚祥正高级工程师的指导和项目组的大力支持,中国地质调查局长沙自然资源综合调查中心徐德明研究员在野外工作和成文过程中给予了悉心指导,审稿专家对文章提出了宝贵的修改意见,在此一并表示感谢。

参考文献(References):

- [1] 黄建中,孙骥,周超,等.江南造山带(湖南段)金矿成矿规律与资源潜力[J].地球学报,2020,41(2):230-252.
Huang J Z, Sun J, Zhou C, et al. Metallogenic regularity and resource potential of gold deposits of Hunan Area in the Jiangnan Orogenic Belt, South China[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2020, 41(2):230-252.
- [2] 柏道远,李彬,周超,等.江南造山带湖南段金矿成矿事件及其构造背景[J].岩石矿物学杂志,2021,40(5):897-922.
Bai D Y, Li B, Zhou C, et al. Gold mineralization events of the Jiangnan Orogen in Hunan and their tectonic settings[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2021, 40(5):897-922.
- [3] 湖南省地质局区测队.安化幅H-49-34 1/20万区域地质报告[R].安化:湖南省地质局区测队,1972:1-79.
Regional Survey Team of Hunan Geological Bureau. Anhua Map Sheet H-49-34 1/200 000 Regional Mineral Investigation Report[R]. Anhua; Regional Survey Team of Hunan Geological Bureau, 1972: 1-79.
- [4] 刘国忠,孙桂生,曹承清,等.安化县幅H-49-127-C柘溪水电站幅H-49-139-A 1/5万区域矿产调查报告[R].安化:湖南地矿局403地质队,1993:1-134.
Liu G Z, Sun G S, Cao C Q, et al. Anhua County Map Sheet H-49-127-C and Zhexi Hydropower Station Map Sheet H-49-139-A 1/50 000 Regional Mineral Investigation Report[R]. Anhua; No. 403 Geological Team of Bureau of Geology and Mineral Exploration of Hunan Province, 1993:1-134.
- [5] 武警黄金十一支队.湖南省安化县天明矿区金矿预查总结[R].长沙:武警黄金十一支队,2016:1-22.
The 11th Gold Detachment of Chinese Armed Police Force. Pre-Survey Summary of Gold Deposits in Tianming Mining Area, Anhua County, Hunan Province[R]. Changsha: N The 11th Gold Detachment of Chinese Armed Police Force, 2016:1-22.
- [6] 张沛,唐攀科,陈爱清.湖南沃溪金锑钨矿床中成矿物质来源的硫同位素地球化学证据[J].矿产勘查,2019,10(3):530-536.
Zhang P, Tang P K, Chen A Q. The evidences of sulfur isotope geochemistry for the source of metallogenic substance in the Woxi Au-Sb-W deposit[J]. Mineral Exploration, 2019, 10(3):530-536.
- [7] 谢新鸿,杨志刚.沈家垭金矿地质特征及找矿方向浅析[J].国土资源导刊,2017,14(3):21-26.
Xie X H, Yang Z G. Approach to geological characteristics and metallogenic rules of Shenjiaya gold deposit[J]. Land & Resources Herald, 2017, 14(3):21-26.
- [8] 谢逢军.雪峰弧形构造带中段金矿成矿规律和找矿方向探讨——以冷家溪矿区为例[J].世界有色金属,2020(13):70-71.
Xie F J. Discussion on metallogenic regularity and prospecting direction of gold deposits in the middle part of Xuefeng arc structural belt; Take LENGJIAXI mining area as an example[J]. World Nonferrous Metals, 2020(13):70-71.
- [9] 潘灿军,鲍振襄,包觉敏.湘西符竹溪金矿地质特征及成矿作用[J].地质找矿论丛,2015,30(1):53-59.
Pan C J, Bao Z X, Bao J M. Geological characteristics and metallogenesis of Fuzhuxi gold deposit in the west Hunan Province[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2015, 30(1):53-59.
- [10] 何恒程.桃江县陈家村金矿矿床成因及成矿模式探析[J].资源信息与工程,2018,33(5):32-33.
He H C. The genesis and metallogenic model of Chenjiacun gold deposit in Taojiang County[J]. Resource Information and Engineering, 2018, 33(5):32-33.
- [11] 王存智,张翔,黄志忠,等.安徽省贵池地区中生代闪长玢岩脉捕获锆石年龄对江南过渡带基底性质的制约[J].中国地质调查,2023,10(5):71-81.
Wang C Z, Zhang X, Huang Z Z, et al. The constraints of captured zircon ages from Mesozoic diorite porphyrite vein in Guichi area of Anhui Province on the basement nature of Jiangnan transitional zone[J]. Geological Survey of China, 2023, 10(5):71-81.
- [12] 杜玉雕,郑光文,魏国辉.安徽障公山地区大丘田金矿地质特征及成矿作用分析[J].中国地质调查,2021,8(1):43-50.
Du Y D, Zheng G W, Wei G H. Geological characteristics and mineralization analysis of Daqutian gold deposit in Zhanggongshan area of Anhui Province[J]. Geological Survey of China, 2021, 8(1):43-50.
- [13] 娄元林,陈武,杨桃.西藏隆子县邦卓玛金矿床成矿模式与找

- 矿模型[J]. 地质通报,2019,38(2/3):449–461.
- Lou Y L,Chen W,Yang T. Metallogenic model and prospecting pattern of the Bangzhuoma gold deposit in Longzi County, Tibet[J]. Geological Bulletin of China,2019,38(2/3):449–461.
- [14] 柏道远,熊雄,杨俊,等. 雪峰造山带中段地质构造特征[J]. 中国地质,2014,41(2):399–418.
- Bai D Y,Xiong X,Yang J,et al. Geological structure characteristics of the middle segment of the Xuefeng orogen[J]. Geology in China,2014,41(2):399–418.
- [15] 付胜云,曾勇,陈迪,等. 湖南省金矿成矿规律[J]. 有色金属(矿山部分),2017,69(5):39–43,53.
- Fu S Y,Zeng Y,Chen D,et al. Metallogenic regularity of gold deposits in Hunan Province[J]. Nonferrous Metals (Mining Section),2017,69(5):39–43,53.
- [16] 吴迎春,胡绪云,李松. 湖南廖家坪金锑矿床脆–韧性剪切带控矿特征及找矿前景分析[J]. 矿产与地质,2017,31(2):248–252.
- Wu Y C,Hu X Y,Li S. Ore – controlling characteristics of the brittle – ductile shear zone and prospecting potential analysis in Liaojiaping gold – antimony Orefield of Hunan[J]. Mineral resources and Geology,2017,31(2):248–252.
- [17] 周超,孙骥,郭爱民,等. 雪峰弧形构造带中段典型金锑矿床成矿流体对比研究[J]. 中国地质,2020,47(4):1241–1259.
- Zhou C,Sun J,Guo A M,et al. A comparative study of the ore – forming fluids of the typical gold – antimony deposits along Middle Xuefeng arc structure belt[J]. Geology in China,2020,47(4):1241–1259.

Geological characteristics and prospecting criteria of Tianming gold deposit along the middle part of Xuefeng arc structure belt

LOU Yuanlin^{1,2,3}, ZENG Hao¹, ZHANG Zhiming¹, PAN Siyuan¹, LIU Xianhong¹, QIAN Jianli⁴
(1. Changsha General Survey of Natural Resources Center, China Geological Survey, Hunan Changsha 410600, China; 2. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 3. China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China; 4. Xi'an Mineral Resources Survey Center, China Geological Survey, Shanxi Xi'an 710100, China)

Abstract: Tianming gold deposit in Anhua County of Hunan Province is located in the middle part of Xuefeng arc structure belt of Jiangnan orogenic belt, and the metallogenic geological conditions of the gold deposit are superior. On the basis of the comprehensive study of regional data and exploration results and combined with the geological data such as geophysics, geochemistry, and remote sensing, the authors compared and analyzed the metallogenic geological environment, orebody distribution, ore characteristics and genesis characteristics of Tianming gold deposit its adjacent typical gold deposits. The metallogenic geological conditions and prospecting criteria in Tianming area were discussed to preliminarily establish the metallogenic model and comprehensive prospecting model of the deposit. Three nearly EW – trending broken alteration zones in Tianming gold deposit were exposed. The genetic types of this deposit are orogenic – remelting magmatic hydrothermal type, showing the zoning characteristics of quartz vein type and structural altered rock type in the vertical zoning. The research results could provide reference for the exploration of Tianming gold deposit and similar types of gold deposits.

Keywords: Tianming gold deposit; geological characteristics; prospecting criteria; prospecting potential; prospecting model; Xuefeng arc structure belt

(责任编辑: 魏昊明)