雪峰弧形构造带西南段金矿控矿构造及成矿模式新析

金小燕', 金妮', 黄始琪', 孙立吉', 刘湘勤'

(1. 湖南省自然资源事务中心,湖南 长沙 410000; 2. 中国地质科学院, 北京 100037)

摘要:这是一篇地球科学领域的论文。雪峰弧形构造带西南段是湖南最重要的金矿成矿区带。该区新元 古界青白口系冷家溪群、板溪群/高涧群和南华系是主要赋金层位。本文以研究区赋矿地层、容矿围岩、导矿构 造、容矿构造为基础,从构造控矿规律及成矿模式方面进行综合研究。结果表明,该区构造控矿在金的成矿过 程中起关键作用,沅陵—怀化—新晃、溆浦—洪江—靖州、安化—溆浦—通道、新化—武阳—城步四条推覆型 深大断裂为主要导矿构造,控制着矿集区分布;NE向次级断裂及伴生的褶皱-冲断系统、NW向断裂、区域复 背斜与轴部断层联合部位、脆-韧性剪切带和剪切裂隙及劈(片)理化带是主要容矿构造,控制着矿体最终空间 定位。通过分析构造控矿规律,包括区域构造控制矿床成带成区分布、构造运动多旋迴迭加形成"三期二向"构 造迭加部位富集成矿、脆-韧性构造系统控制矿体垂向分布以及特定构造部位富集成矿,建立了该区金矿复合成 矿模式。

关键词:地球科学; 雪峰弧形构造; 金矿; 构造控矿; 成矿规律; 复合成矿模式 doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2023.05.030

中图分类号: TD985; P612 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532(2023)05-0185-12

雪峰弧形构造带是华南最重要的金成矿区带 之一,俗称湖南"金腰带",该构造带西南段已发 现金矿床(点)94处,累计探明金资源量120余 t(据 2021 年国情调查),其中沃溪金矿达到大型 规模,铲子坪、淘金冲、漠滨等达到中型以上规 模。前人对该区金矿进行了大量的研究,包括: 对矿床地质特征进行概括和总结[1-2]; 对成矿温度 进行测试[3-6]:对成矿时代进行年代学研究[6-9]:对 矿床物质和流体来源进行示踪和分析[10-12]:对成矿 规律进行分析和总结[13-15]等。尽管目前在成矿时 代、矿床成因等方面获得了一些共性认识,但该 区构造与成矿关系还缺乏系统研究,本文在总结 前人研究成果基础上,结合最新课题资料,剖析 了雪峰弧形控矿构造及成矿规律,在此基础上提 出了综合找矿模型,为该区下一步金矿找矿勘查 指明方向。

1 区域地质背景及金矿类型

本区新老地层发育,从新元古界到第四纪地 层均有出露。其中以青白口系冷家溪群、板溪群/ 高涧群,南华系、震旦系最发育,分布最广,出 露面积占比达 82%。新元古界青白口系冷家溪群 (Pt₃*l*)为省内出露最老的地层,由沉积韵律特别 发育的一套巨厚的碎屑岩、泥质岩和凝灰质岩为 主的岩石组成,普遍浅变质。青白口系板溪群 (Pt₃*b*)/高涧群(Pt₃*g*),以芷江—溆浦—双峰一 线为界,以北为沅陵—安化地层小区,以南为黔 阳—双峰地层小区。北区板溪群称为"红板溪", 从下至上划分为:宝林冲组、横路冲组、马底驿 组、通塔湾组、五强溪组、多益塘组、百合垅组 及牛牯坪组;南区称为高涧群("黑板溪或绿板 溪"),自下而上划分为:石桥铺组、黄狮洞组、 砖墙湾组、架枧田组及岩门寨组。板溪群与高涧

收稿日期: 2023-06-14

基金项目:湖南省地质资料二次开发与靶区优选项目(20180310);中国地质科学院基本科研业务费项目(JKY21026);湖南省自然资源事务中心"湖南省地质资料二次开发与靶区优选"项目(20180310) 作者简介:金小燕(1968-),女,本科,高级工程师,主要从事地质矿产研究。 通信作者:黄始琪(1984-),男,博士,副研究员,主要从事构造研究。 群地层对比见表 1。区内南华系分布广泛,发育齐 全,主要为一套含砾砂质板岩夹泥质碳酸盐建 造,偶见基性火山岩。区域上赋矿层位具有"北老 南新"规律。从北向南矿床产出的地层呈现由老变 新规律。在北部沅陵以板溪群马底驿组为主,到 中部辰溪、溆浦以五强溪组为主,再向南部洪 江、靖州、通道以南华系长安组为多。区内喷出 岩较少见,基性—超基性侵入岩不很发育,绝大 多数呈岩脉、岩墙或岩床产出,中性—酸性侵入 岩较发育,产状以岩基和岩株为主,分布于雪峰 山东南侧广大地区内,如白马山岩体、中华山-瓦 屋塘岩体等。

表 1	研究区板溪群/高涧群地层对比
Table 1	Stratigraphic correspondence of Banxi
Gro	un/Gaoijan Groun in the study area

岩石地层 年龄位 北部地层区 南部地层区 年龄位 生牯坪组 百合垅组 岩门寨组 800 M	Group, Guojian Group in the study area											
が 北部地层区 南部地层区 牛破1 牛牯坪组 百合垅组 岩门寨组 800 M	T:											
牛牯坪组 百合垅组 岩门寨组 800 M	杀											
百合垅组 岩门寨组 800 M	青白口系											
800 M												
多益塘组												
五强溪组 实现 架枧田组												
青白口系 通塔湾组 荷墙湾组												
马底驿组 黄狮洞组												
820 M 横路冲组 无长时间												
宝林冲组												
冷家溪群												

研究区一级大地构造单元隶属于扬子板块与 南华板块过渡地带之江南造山带南西段, 位于二 大板块拼接地带,主要由北部冷家溪隆起、中部 的雪峰加里东褶皱带和南部的湘桂隆起构成。总 体构造格局表现为由一系列褶皱和近于平行的逆 冲断裂及压扭性断裂,总体构造线方向为 NE—SW向,其西南端(靖州、通道)走向 NNE(25~35°),东北端(沅陵、安化)走向 NEE(50~60°),在雪峰山脉呈"S"形隆起,俗称 "雪峰弧形构造隆起带"。地球物理资料研究表 明,江南造山带为高温高速高阻刚性地幔块体, 是长期隆升地区。当华南褶皱带向扬子陆块俯冲 时, 壳下岩石圈就会受到雪峰块体的阻挡, 低密 度的上壳薄片则沿壳内韧性滑脱面向刚性块体逆 冲,形成一系列的逆冲推覆构造[16-18],成为区内重 要的控矿构造。本区经历了武陵、雪峰、加里 东、印支、燕山、喜山等六次大的地壳运动^[12]。

形成了各种规模的断裂、褶皱、韧性剪切带和深 部构造等,其中主干断裂显著控制着本区的成岩 及成矿作用。区内发育多条深大断裂,其中沅 陵—怀化—新晃、溆浦—洪江—靖州、安化—溆 浦—通道、新化—武阳—城步四条深大断裂,均 显示出逆冲推覆断层的特征,并且对金矿具有明 显的控矿作用。

据 Groves 等^[19] 首先提出的"造山型" 金矿床 概念,是指以变质岩为围岩的矿床,在时间和空 间上与增生构造有关,形成于地体与地体或地体 与大陆之间垂直碰撞或转换挤压碰撞的会聚边 缘:陈衍景等[16]认为"在时间和空间上与增生造山 作用有关的,于变质地体中受构造控制的脉状后 生金矿床,均可归为造山型金矿,包括常见的石 英脉型、韧性剪切带型、构造蚀变岩型以及一些 网脉状金矿床",并认为造山型金矿在地壳中存在 连续成矿模式。近年来,诸多学者们都认为造山 型金矿是指产于挤压环境中的不同时代的脉型金 矿床系列,包括脉型金矿、中温或中深金矿、前 寒武纪金矿、浊积岩中的脉型金矿、板岩带中的 脉型金矿、绿岩带中的金矿和剪切带中的金矿 等,都被归属于"造山型"金矿。基于上述相关理 论和认识,对比本区金矿几方面主要特征:包括 所处扬子板块与南华板块拼接地带(地体挤压碰 撞带)大地构造位置,赋存于前寒武纪地层及以 板岩、凝灰质砂质板岩为主的围岩中、以石英脉 型和破碎带蚀变岩为主的成矿类型等特征,与前 述造山型金矿有极大的相似性,因而本文将本区 金矿首次全部划为"雪峰造山型"金矿这一大类, 依据导矿和容矿构造性质、矿体组构特征和矿石 类型的显著差异,又划分出石英脉型和蚀变岩型 二个亚类,再根据其容矿构造性质及其与围岩的 产状关系、赋矿层位不同和主体矿石自然类型的 不同,进一步划分出几个小类(表 2)。经统计, 全区94个矿床(点)中属石英脉型金矿床有 78个, 蚀变岩型 16个。

2 控矿构造

研究认为,区域构造控矿总体特点是雪峰弧 形构造带控制本区金成矿带的展布,NE向区域切 层深大断裂(逆冲断层)和区域复式背斜联合控 制着矿集区(金矿田)的分布;NNE向次级断 裂、韧脆性剪切带、层间滑动破碎带或NW向次 第5期 2023年10月

Table 2 Classification of gold deposits in the southwest section of Xuefeng arcuate structural belt							
-	类型			计工作环间本	72-17-1		
类		亚类		王安控集因系	旬 19月		
			地层层位:	青白口系板溪群或高涧群	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
			容矿围岩:	板岩、砂质板岩、凝灰质板岩	沃溪、柳林汊、		
		顺层脉	容矿构造:	NE向断层裂隙或层间破碎带	官庄、龙王江、漠滨、		
			矿体构造:	主要由石英单脉组成	阳湾团、米贝等		
			矿石类型:	含金石英脉型			
		切层脉	地层层位:	青白口糸局涧群			
	石英脉型		谷仙 围岩:	条带状凝火质极岩、砂质极岩	淘金泙、喇叭室、		
			容矿构造:	NW同剪切裂隙带	青山坨、洞塘、		
			矿体构造:	主要由有英细脉、脉带组成	深溪		
		剪切裂隙脉	∅ 石奀型:	含金有英型 吉化系化它如 (宮浔如)			
			地层层型:	ドレンジョン・ション・ション・ション・ション・ション・ション・ション・ション・ション・シ	西河 由山		
			谷伊 田石: 密矿均迭	厥伙原长有有央砂石、 ′的砂石	· 門 浜、 甲 山、 白 些 二		
			台》 钓垣:	NW问则浓陈 十两山乙苦细脉 脉带组成	ロ石ム、 亚太 太河		
			# 件的坦: 矿工米刑	土安田	丁尔、尔茯、		
雪峰造山型		破碎带蚀变岩型	14 石矢室:	古玉石天空 南化玄长安组			
			容矿围岩.	含砾砂质板岩、砂质板岩			
	蚀变岩型		容矿构诰.	NW向张扭前切带	辌子评, 青山洞		
			矿休构造,	主要由福硅化仲变岩、绢革岩、角砾状仲变岩组成			
			矿石类型.	含金石革岩、黄铁省革岩型、蚀变板岩			
			地层层位:	青白口系高涧群和南华系长安组			
		韧性剪切带蚀变 岩型	容矿围岩:	砂质板岩、长石石英砂岩、板岩			
			容矿构造:	NE向韧脆性剪切带	大坪、桐溪、洪江垄		
			矿体构造:	由片理化石英团块和网脉蚀变板岩组成			
			矿石类型:	含金弱硅化蚀变板岩			
		蚀变基性岩型	地层层位:	青白口系高涧群			
			容矿岩性:	闪长岩辉、绿岩岩墙			
			容矿构造:	NE向断层破碎带	字溪、大洪山、于家湾		
			矿体构造:	由石英细脉和网脉蚀变岩组成			
			矿石类型,	含金蚀变闪长岩、辉绿岩型			

表 2 雪峰弧形构造带西南段金矿床分类

级断层控制金矿床的产出。统计显示,区内已有 的94处金矿床(点),全部分布于雪峰弧形隆起 构造带中,而隆起带以外区域尚未发现原生金矿 点,证明雪峰弧形构造带主体控制本区金矿成矿 带的展布。

2.1 导矿构造

(1) 沅陵—怀化--新晃逆冲推覆深大断裂

该断裂带规模大、活动时间长,是区内的主 干断裂,具逆冲兼左行走滑性质,属雪峰山推覆 体前峰断裂,见冷家溪群逆冲于板溪群上,及板 溪群逆冲于白垩系红层之上。部分地段切割地壳 基底,芷江艾头坪、大洪山沿断裂带附近有成群 的辉绿岩脉及煌斑岩脉产出。该断裂破碎带宽几 十至上百米,部分地段发育韧性剪切带,糜棱岩 化带自数米至十余米。强烈的糜棱岩化带内,岩 石被研磨成灰黑色粉末状,片理化现象很普遍。 常有形态不规则的石英脉沿破裂面充填。该断裂 两侧分布有冷家溪、沃溪、官庄、柳林汊、大洪 山、米贝等 20 余个金矿,形成了沅陵官庄—柳林 汊矿集区(图 1)。该断裂 NE 段处于沃溪—官庄



一带,其中次级 NEE 走向的沃溪逆冲断裂控制着

图 1 雪峰弧形构造带西南段深大断裂展布与金矿分布 空间关系

Fig.1 Figure of deep and large faults distribution in the southwest section of Xuefeng arcuate structural belt and spatial distribution relationship of gold deposits

沃溪金锑钨矿产出(图 2),该矿床7条顺层矿脉 (V1--V7)赋存于沃溪逆冲大断裂的下盘的更次 级 NE 向破碎带中,显现了从主干断裂到其派生的 次级断层,形成逐级逐次地控制矿区、矿床、矿 体定位的格局(图 3)。孙玉珍等^[20]研究认为, 沃溪大断层的形成与成矿期处在同一时间阶段, 并参与了容矿裂隙的形成以及对矿体的改造。探 矿实践证明轴部矿体的富集、节理矿体的产生, 特别是北部厚大网脉状矿体的存在、深部 V7、 V8 盲矿体的发现,说明沃溪大断层参与了容矿裂 隙的形成以及对矿体后期的改造。深部探边扫盲 探矿工程揭示,矿体分布严格受区域构造的控 制,矿床成因与区域构造密切相关。

(2) 溆浦—洪江—靖州逆冲推覆深大断裂



白垩系中统; 2. 震旦系; 3. 五强溪组; 4. 马底驿组上段; 5. 马底驿组中段; 6. 马底驿组下段; 7. 冷家溪群; 8. 花岗斑岩; 9. 矿脉及编号;
10. 背斜; 11. 向斜; 12. 逆冲断层; 13. 平移断层; 14. 不整合接触; 15. 产状; 16. 矿点

 Middle Cretaceous; 2. Sinian system; 3. Wuqiangxi Formation; 4. Upper section of Madiyi Formation; 5. Middle section of Madiyi Formation; 6. Lower section of Madiyi Formation; 7. Lengjiaxi Group; 8. Granite porphyry; 9. Veins and number; 10. Upper bend; 11. Syncline; 12. Thrust fault;

Translational fault; 14. Unconformity contact; 15. Occurrence; 16. Mineral occurrences
图 2 沃溪金锑钨矿床地质简图(据顾雪祥等^[21]修改)

Fig.2 Geological diagram of the Woxi Au-Sb-W deposit (modified from Gu et al., 2005)



1. K-白垩系; 2. Pt₃bnw-板溪群五强溪组; 3. Pt₃bnm-板溪群马底驿组; 4. 矿脉及编号; 5. 断层; 6. 钻孔

1. K-Cretaceous system; 2. Pt₃bnw-Banxi Group wuqiangxi formation; 3. Pt₃bnm-Banxi Group madiyi formation; 4. Veins and number; 5. Fault; 6. Drill

图 3 沃溪金锑钨矿 4 勘探线剖面(据刘升友等^[2]修改)

Fig.3 Profile of exploration line 4 of the Woxi Au-Sb-W deposit (modified from Liu et al., 2013)

该断裂长达 340 km,宽 5~10 km,由多条平 行逆冲断层组成,单条宽 10~50 m,为一切穿地 壳并深达上地幔的大断裂,莫霍面落差 1 km^[22]。 普遍发育角砾岩、糜棱岩、构造透镜体及挤压片 理化带。加里东运动时期发生向西的韧性逆冲, 形成向北西逆冲的断裂一褶皱构造组合,西侧的 韧性逆冲方向与中生代逆冲推覆方向一致,形成 一系列多级叠瓦式逆冲断层组合型式。在洪江等地,见板溪群和震旦系逆冲于石炭系或白垩系之上(图4)。深部地球物理资料表明其为岩石圈断裂,产于该断裂带两侧一定范围内的金矿有溆浦青山沱,辰溪黄溪口、清水塘,洪江深溪,会同淘金冲、大叶塘等30余处,形成了溆浦龙王 江—辰溪黄溪口、会同淘金冲—漠滨二个矿集区。



上三统-侏罗系; 2. 石炭系-下三叠统; 3. 石炭系; 4. 泥盆系; 5. 泥盆系-二叠系; 6. 寒武系-志留系; 7. 寒武系-奥陶系; 8. 南华系-奥陶系;
9. 新元古代板溪群; 10. 新元古代冷家溪群; 11. 印支期花岗岩; 12. 溆浦-靖州断裂; 13. 通道-安化断裂

1. Upper Triassic-Middle Jurassic; 2. Carboniferous-Lower Triassic; 3. Carboniferous; 4. Devonian; 5. Devonian-Permian; 6. Cambrian-Silurian;

7. Cambrian-Ordovician; 8. Nanhuan-Ordovician; 9. Neoproterozoic Banxi Group; 10. Neoproterozoic Lengjiaxi Group; 11. Indosinian granite;

12. Xupu-Jingzhou fault; 13. Tongdao-Anhua fault

图 4 雪峰造山带中段怀化-洋溪构造剖面(据柏道远等^[17] 修改)

Fig.4 Huaihua-Yangxi tectonic section in the middle segment of Xuefeng orogen (modified from Bai et al., 2014)

(3) 安化—溆浦—通道逆冲推覆深大断裂

该断裂为数条平行呈多级叠瓦式逆冲断层组 合而成的断裂带,宽度达数百米。总体走向 NE 20~60°,切割地壳基底。在通道陇城一带有大量 基性、超基性岩脉、岩墙产出。断裂多具韧性— 脆韧性变形特征,断裂带内岩石强烈片理化和糜 棱岩化或发育典型的糜棱岩及 S-C 组构及微型拉 伸线理,石英、长石等矿物出现波状消光、变形 纹、压力影等典型韧性变形特征。该断裂逆冲活 动主要发生于加里东期和印支期^[17],为长期活动 深断裂。产于该断裂带两侧的金矿有溆浦中都、 淘金坪、南江坪、江溪垅、龙王江,洪江铲子 坪、大坪、青山洞,通道茶溪、金坑、黄垢、盗 坪等金矿 30 余处,受该断裂控制,形成了溆浦龙 王江—辰溪黄溪口、洪江雪峰山两个矿集区。

(4)新化—武阳—城步逆冲推覆深大断裂 区内长 450 km。为高角度冲断层。该断裂带 表现为岩石圈低阻低速带的壳幔韧性剪切带。沿断裂走向岩石圈底界西高东低,落差达97~140 km^[23]。该剪切带在地幔层次向NWW 陡倾,向上与壳幔边界滑脱层及中地壳韧性滑脱层相连,从而控制地壳层次的滑脱-冲断及相关的褶皱变形。因此,该断裂的汇聚俯冲很可能为雪峰构造带变形的动力来源。沿该断裂自北向南有白马山、黄茅园、中华山、瓦屋塘、崇阳坪等5个岩体分布。武陵运动后进入区域裂谷发展阶段,断裂西侧为扬子陆缘造山带—江南造山带,东侧为华南残留洋盆^[17]。沿该断裂中段分布有隆回杏枫山、新化月光、溆浦中都、王排,洪江响溪、中山、断坑等金矿10余处,该断裂与安化—溆浦—通道逆冲推覆大断裂共同夹持控制着溆浦龙王红—辰溪黄溪口、洪江雪峰山两矿集区。

2.2 容矿构造

区内容矿构造复杂多样,包括 NE 向小规模断

层(层间)破碎带,NW向张裂构造、区域复背斜 与轴部断层迭加构造、脆-韧性剪切带等。

(1) NE 向次级断裂及伴生褶皱-断裂系统

研究区内区域性断裂的派生断裂发育,这些 派生的断裂控制着矿床或矿体的产出,成为重要 的容矿构造之一。

经统计分析,全区已知 94 处金矿中有 75 处 赋存于新元古界板溪群(高涧群)地层中,而这 其中以 NE 走向破碎带为容矿构造的有 62 处 (表 3),占新元古界地层中矿床点总数的 82.6%, 说明 NE 走向断裂是本区,特别是板溪群(高涧 群)地层中的金矿极为重要的容矿构造。区域主 干大断裂附近的 NE 走向(含 NEE 向)次级断层 破碎带在本区的容矿现象很普遍,常见矿脉、矿 体产出于此类次级同向的断层破碎带、小背斜核 部断层、尤其是层间破碎带及伴生的节理中。

表 3 雪峰弧形构造带西南段金矿床(点)产出层位与 容矿构造关系统计

Table 3Statistical of the relationship between the occurrencehorizon of gold deposits (points) and the ore-hosting structurein the southwest section of Xuefeng arcuate structural belt

赋矿	层位	 矿床 (占) 数 	北东 走向	北西 走向	近东西 走向
青白口系板溪群	马底驿组(24)	24	20		4
(75)	五强溪组(51)	51	42	9	
古化乏工体	长安组(21)	14	3	11	
	湘锰组(1)	1	1		
	洪江组(3)	3	3		
白垩系(1)	白垩系(1)	1	1		
合计		94	70	20	4

次级 NE 向-NNE 褶皱及其层间剪切滑动断裂 系统则控制着顺层石英脉型金矿体的产出。沅陵 一带矿区勘查发现,冷家溪群与板溪群两大构造 层不整合界面附近的层滑剪切带,是十分重要的 容矿构造,是矿体有利的赋存场所。在成层岩石 褶皱变形过程中派生的层间滑动及再次应力场作 用下产生的层间剥离带、层间破碎带、层间断 层、层内裂隙系统, 走向、倾向挠曲、横跨褶 皱、同轴褶皱、各种节理和劈理、裂隙等,都是 控制矿床、矿体的重要构造。如沃溪钨锑金矿的 板柱状矿体受横跨褶皱、层间剥离带控制。网脉 状、带状、树根状、楔状等矿体受层间破碎带、 层内张性、剪性、张扭性等节理控制。漠滨金矿 的层间脉,似层状、透镜状矿体受层间剥离带、 同轴褶皱、走向倾向挠曲控制,南倾脉带等矿体 受层内裂隙系统控制。角砾状矿体受层间破碎带 或层间断层控制。

(2) NW 向断裂

统计结果显示,本区金矿以 NW 走向断裂为 容矿构造的有 20 处,南华系长安组(原江口组) 地层中有 11 处(占总数的 55%),青白口系高涧 群中有 9 处,这些矿床中的矿脉、矿体都是充填 于 NW 走向的断层破碎带或韧-脆性剪切带中,表 明 NW 走向构造既是南华系长安组(含原江口 组)金矿的重要容矿构造,同时也是少数青白口 系高涧群中金矿容矿构造。

NW(含NWW向)断裂,因分布不很广泛, 早期未引起人们的注意,但近十几年来的地质找 矿工作中发现不少矿床、矿体呈北西向分布,断 裂与找矿关系密切,本文对此进行了一定的研 究,其容矿特征在不同层位具不同特点。

南华系中 NW 向容矿张性断裂:研究表明, 在构造体系的各种结构面中,以张性、张扭性结构面张开程度最大,最有利于热液充填型矿床形成。产于南华系长安组中金矿主要是 NW 或 NWW 走向张性断裂或破碎带容矿。典型矿床如:洪江 铲子坪金矿,矿区容矿构造主要为三条 NW 向张 扭性断裂带,矿脉带都是经蚀变而愈合的构造破 碎带,每条矿脉带由一系列大小规模不等或平行 排列或首尾相接的 30 余个矿化透镜体组成。靖州 平茶金矿和通道茶溪金矿均属产于南华系长安组 北西西走向张性断裂构造中典型性矿床。

高涧群中 NW 向容矿剪切带:会同朗江断层 发育一系列走向 NW 290~300°的压扭性断裂,这 一 NWW 向断裂群形迹鲜明,断面倾向北东,倾 角 25~40°,断裂两侧岩层强烈挤压,见几米至三 十米的硅化破碎带或糜棱岩带,并见有北西 330°和北东 60°两组扭裂。淘金冲石英脉带型金 矿,就容矿于 NWW 朗江断层矿带附近的 NW 向 横断裂及次一级张性断裂,含金石英脉沿 NW 向 构造裂隙充填形成矿脉带。这些裂隙充填的矿脉 有单脉、复脉、网状脉等多种,形成具有工业意 义的矿床。

(3) 区域复背斜与轴部断层联合部位

在本区各种向上隆起的大中型构造,如古隆 起、地背斜、复背斜等,都是向上发展的空间构 造,其中低压扩容空间比较发育且圈闭条件较 好,是成矿热液充填、交代的有利场所。沅陵、 溆浦一带脉型金矿多产于与主构造平行的低序次 的断裂中或背斜核部,如沅陵柳林汊合仁坪金 矿;其他矿区也常见复式背斜的两翼次级褶皱核 部、大型 NE--NEE-近 EW 逆冲断裂旁侧次级或更 低级别断裂,背斜轴部尤其是倾伏端多富集较好 的金矿体。张俊岭总结其容矿构造为"背斜加一 刀",即合仁坪复背加轴部纵向断层部位容矿 构造^[24]。

(4) 脆-韧性剪切带

已有研究表明^[11, 25], 韧性剪切带形成于一定 深度(10 km 以下)和较高温压条件下,在此环境 下地质体发生韧性变形,但相关成矿温度测试结 果表明,本区大多数金矿床成矿深度属于近地表 范围,基本不超过4 km 深度。因此,后期构造活 动将早期形成的韧性剪切带抬升,并叠加脆性变 形,才可能产生浅成中低温矿床的有利成矿构造 环境。如铲子坪金矿区位于 NE 向脆-韧性剪切带 附近,但矿脉主要产于与剪切带近于正交的 NW 向断裂中,这些含矿断裂长达数公里,切割深 度较大,有规律地斜列,具有与脆-韧性剪切带明 显不同的力学性质,为晚于剪切带的后期构造活 动的产物^[5]。

(5) 剪切裂隙、劈(片)理化带

典型矿床铲子坪、柳林汊、大坪等金矿地质 特征显示,矿化蚀变岩均分布在 NE 向片理化带中。

洪江大坪矿区,劈理化带发育,整个矿区在 1600 m 宽度范围内发育 15 条 NW 向构造劈理 (片理)化带,单条带宽 10~20 m。由含矿热液 充填交代形成 15 条 NW 向矿化蚀变带。岩石构造 变形极其强烈、面目全非,原始层理已被劈理置 换,岩石中矿物定向、拉长,石英波状消光、扭 折,局部出现亚颗粒结构,具糜棱岩化特征。黄 铁矿压力影构造发育,具较强的绢云母化、硅 化,硫化物呈稀疏浸染状分布,片理化蚀变带中 金矿化普遍可达 1×10⁶,后期被脆性断裂变形叠 加,岩石中沿裂隙充填大量石英脉。单脉体长 250~850 m,厚 0.5~4 m。

沅陵柳林汊金矿区,桃垭坡─桐树面压扭性 断裂 F₈,位于柳林汊复式背斜北西缘,呈70°方向 展布,断裂挤压破碎带具有两端宽、中间窄、膨 大缩小的特点,一般为5~80 m,最宽可达 300余m。带内碎裂岩、片理、节理、劈理密集带 及角砾岩十分发育,此外,见有构造透镜体、小 揉皱、含矿石英脉、断层泥,局部还见有初糜棱 岩,劈理密集带控制着含硅质团块的蚀变岩金矿 体,从微细石英脉充填和围岩蚀变特征看,劈理 带可能形成于成矿期前,在成矿期也有改造,它 为金成矿提供了良好通道和矿体定位场所。

3 构造控矿规律及成矿模式

3.1 构造控矿规律

(1) 区域构造控制矿床成带成区分布

受特定的地层、构造等因素控制,本区金矿 床在时间空间呈现一定的分布规律。现已发现的 金矿床(点)都是分布在雪峰弧形隆起构造带 内,形成省内一级金矿成矿带。经统计全区94处 金矿床点,有73%分布在以下四个矿集区,其 中:沅陵官庄—柳林汊金矿矿集区(18处),溆 浦龙王江—辰溪黄溪口金矿矿集区(18处),洪 江雪峰山金矿矿集区(17处)和会同淘金冲—漠 滨金矿矿集区(16处)。

(2)构造运动多旋迴迭加形成"三期二向"构 造迭加部位富集成矿

本区经历了六次大的构造运动,其中,加里 东、印支、燕山三次大的构造运动对金矿的形成 都产生了显著迭加富集效应。本区金矿基本都产 于前寒武纪老地层中,且都是造山作用产物,大 地构造多旋回递进发展,形成了多旋回造山,风 化、剥蚀、搬运、沉积、成岩、区域变质、岩浆 活动及表生再造,使成矿物质在这些循环往复的 地质作用中,先是形成原始矿源层或沉积矿床, 在后期构造活动过程,Au多次活化、迁移、富集 成矿和叠加与再造成矿,形成复成金矿床。三期 构造旋回(加里东期、印支期及燕山期)和壳-幔 相互作用引发的巨量金元素活化、迁移和富集, 构建了研究区金矿的成矿动力学背景。

"三期二向"构造迭加部位富集:本区大量典型矿床成矿年龄如沃溪(423~144 Ma;孙玉珍等^[20])、柳林汊

(412 Ma; 张俊岭等^[24])、漠滨(404 Ma; 顾雪祥等^[21])、淘金冲(400 Ma; 彭建堂 等^[26])、铲子坪(244~205 Ma; 李华芹等^[27])、 大坪(205 Ma; 李华芹等^[27])等均以加里东和印 支期---燕山为主成矿期。从成矿年龄数据看,本区 金矿主成矿期有三期,即加里东、印支-燕山期。 加里东期 NEE 向与印支期 NW 向两组断裂构造交 汇部位,为矿化富集十分有利部位,富矿体及厚 大矿体往往产于这两组断裂的交汇处。雪峰金矿 田的 NE 向构造和 NW 向构造交汇部位,往往形 成规模较大的金矿床(图 5),如:铲子坪金矿就 是产于一组 NE 向(F₂、F₃、F₉)与 NW 向破碎 带交汇部位,大坪金矿也是如此。



图 5 洪江铲子坪金矿矿田构造 Fig.5 Structural of the Chaziping gold mine field in Hongjiang

(3) 脆-韧性构造系统控制矿体垂向分布

受脆韧性剪切变形控制,一方面矿化表现为 垂向分段富集,地表贫化、浅中部富集。作者在 上世纪90年代对区内近100个金矿民采点走访调 查发现,一般在地表0~30m,是金矿贫化带, 30~150m为矿化富集带。大部分矿区在200m以 下出现第二贫化带,相隔一定深度又会出现第二 富集带。如大坪、桐溪、漠滨、肖家、大叶塘、 炮团,官庄、杜家坪、金家村,黄溪口、清水 塘、江溪垅、王排等矿区。另一方面,在纵剖面 上,矿化类型在垂直深度上呈现接替变化,两种 类型金矿互为伴生或呈过渡关系,上部以石英脉 型为主,下部逐渐过渡到蚀变岩型。沃溪、柳林 汊、大坪、淘金冲等矿区都呈现了这一规律,两 种具有衔接连续成矿的规律,印证了脆-韧性构造 系统连续成矿模式。

(4) 特定构造部位富集成矿

初性脆性过渡地带富集。强矿化常发生在韧 性变形向脆性变形过渡的断裂带中,如铲子坪、 大坪、桐溪等金矿。

容矿断裂产状剧变部位富集。容矿断层或裂隙产状由陡变缓处及破碎带膨大部位,是金矿化 富集地段。背斜核部虚脱空间("背斜加一刀") 富集。背斜或复背斜轴部岩层被断层所切割,为 矿体产出部位。局部岩层被牵引而出现虚脱空 间,层间裂隙或次级裂隙大量发育,为矿液充填 和沉淀成矿提供了最有利场所,是金矿富集有利 部位,如柳林汊、小桃源金矿等。 主脉旁侧垂向细脉更富集。构造旁侧的次级 垂直节理密集带常充填富矿体。如漠滨金矿南倾节 理脉(俗称"吊线脉"),矿化极富,常见明金。

3.2 成矿机理与成矿模式

根据典型金矿床 (沃溪、漠滨、铲子坪、大 坪、淘金冲、枊林汊、沈家垭等) 主要控矿要素 (包括控矿构造、产出层位、成矿物质来源、成 矿温度及成矿年代等)研究成果[3-11],基于前文对 区内成矿地质背景、构造控矿作用和成矿规律的 分析总结,本区金矿的控矿地质条件可概括为 "3+1"模式,即地层、构造、区域变质加岩浆岩, 这四大因素中构造起到关键作用;据彭勃^[28]等对 大量前寒武系脉型金矿床的 S、Pb 同位素地球化 学研究结果,表明前寒武系脉型金矿床成矿物质 来源主要由其赋矿围岩提供。笔者认为,金矿空 间定位本质上决定于构造定位,本区域性逆冲推 覆深大断裂,是本区最主要的导矿构造。它的形 成过程不仅能产生巨大构造动力热源,还能派生 出成矿所需一系列通道和容矿定位空间。尤其是 逆冲推覆构造的特殊作用,因为巨大地质体逆冲 上推过程,产生的热能相比正断层或平移走滑断 层要大得多,加至深度大,规模大,变形产生的 应变能迭加地下深部(包括成矿期岩浆活动等) 带出的热源,均为成矿作用增加了新的热动力来 源,更有利于老地层中的成矿物质活化、迁移。 当矿液运移到层间剪切带、韧脆性剪切带、背斜 轴部虚脱部位等低压扩容空间,容易导致含矿热 液的物化条件平衡遭到破坏,促使其中的成矿元 第5期 2023年10月

素析出、沉淀和富集。从雪峰造山带代表性地质 剖面看,板溪群逆冲在南华-震旦系之上,南华系 逆冲在奥陶系-石炭系之上,说明本区在加里东 期、印支期形成的断裂以逆冲性质为主。这也进 一步证明成矿期构造性质是逆冲断裂为主的构 造,表明二者关系密切。多旋迴造山运动伴随的 区域变质作用,为成矿提供了"内在驱动力",当 有岩浆岩活动迭加时成矿条件更为有利,以铲子 坪金矿和为例,岩浆活动可提供热源和矿源作 用,其他矿床,主要是之前海底火山喷发,丰富 了青白口系板溪群/高涧群、南华系地层中的金等 成矿物质含量,起到间接提供矿源作用^[29]。据 此,笔者建立了本区"造山型"金矿成矿模式如下 (图 6)。



图 6 雪峰弧形构造带 "造山型" 金矿成矿模式 Fig.6 Metallogenic model of "orogenic type" gold deposit in Xuefeng arcuate structural belt

该模式反映的成矿机理为:新元古宇冷家溪 群、青白口系(板溪群/高涧群)巨厚的海相含火 山碎屑岩的复理石、类复理石建造(金元素及其 他成矿物质丰富),在武陵、雪峰等构造运动 中,受同时来自 NW 和 SE 挤压力作用,大规模造 山而形成一系列背向斜褶皱^[30-32]。在不同地块结合 部位等特定地带产生深大断裂或逆冲推覆体,并 伴随岩浆活动,局部发生海底火山喷发,携带大 量金属元素和气成热液与凝灰质火山物质分散在 断裂附近地层中,在后期加里东、印支、燕山等 造山运动中,发生区域变质,在大型区域逆冲推 覆构造带影响范围内,产生大量低温热液,受物 理化学场温压差或构造应力驱使,热液沿着区域 大断裂和次级断层经一定距离运移, 萃取大面积 围岩中硅质和金及其他成矿元素,在局部形成富 含成矿物质的热液。当成矿热液迁移至低压扩容

且屏蔽性良好、围岩物质成分有利的空间时,如 板岩与砂质板岩为主的背斜核部虚脱空间或中深 部脆-韧性剪切带、浅部逆冲断层下盘内低序级张 扭性构造破碎带和层间破碎带等,成矿热液的温 压平衡遭到破坏,热液与围岩中部分矿物发生交 代反应,促使其中的成矿元素析出、沉淀、富 集。在冷家溪群、青白口系(板溪群/高涧群) 中,则形成上部石英细脉型和下部韧脆性蚀变岩 型复合型金矿。在浅部存在南华系厚层状含砾砂 质板岩条件下,当加里东期NE向导矿构造与印支 期NW 容矿构造同时发育时,则会形成上部破碎 带蚀变岩型与下部韧脆性蚀变岩型复合型金矿。

3.3 找矿标志

3.3.1 地层岩性标志

1、层位标志:新元古界青白口系板溪群、高 涧群和南华系是找金的主体层位,深部冷家溪群 也应重视。

2、岩性标志:

(1)板溪群马底驿组紫红色板岩、粉砂质板 岩、凝灰质砂质条带状板岩、钙质板岩、绢云母 板岩组合;

(2)板溪群五强溪组(多益塘、百合垄组) 条带状粉砂质板岩-变质砂岩、凝灰质砂质板岩、 马尾丝状层理变余沉凝灰岩等岩石组合;

(3)高涧群(砖墙湾组、架枧田组)灰色粉砂质板岩、灰黑色条带状含炭质绢云母板岩,凝灰质条带状粉砂质板岩、粉砂岩、细砂岩、长石石英砂岩组合;

(4) 南华系长安组(江口组)厚层状含砾砂 质板岩,含砾砂岩、粉砂质板岩,长石石英砂 岩、杂砂岩组合。

3.3.2 构造标志

1、导矿构造:区域大型逆掩推覆深大断裂
带;北东向区域大断裂;近东西向区域断裂;区
域韧性剪切带。

2、容矿构造:加里东期次级北东向层间破碎 带;印支燕山期北西向张性断层;区域复背斜与 轴部断层迭加构造;背斜核部虚脱空间,脆、韧 性剪切带过渡部位,劈理、片理化带。

3.3.3 岩浆岩标志

1、印支—燕山期中酸性侵入岩(体)外围范 围及其他隐伏岩体上部;

2、基性、超基性岩脉、煌斑岩脉两侧一定距 离范围。

3.3.4 物化探异常标志

1、地球化学异常: Au、As、Sb及Bi、Hg等 元素组合异常规模大,强度高,各元素异常重叠 性好,并依附于控矿、控岩构造作有规律地套合 分布时,是金矿存在或找金的重要标志。

2、重砂异常: Cu-Pb-Zn-Hg-As-Sb 重砂异常 范围,与金矿关系较密切。

3、重力异常:重力异常值在 5 ~ 20 mGal 和 30 ~ 55 mGal 对本区金矿找矿具有一定的指导 意义。

4、航磁异常:区域 1:40 万航磁 ΔT 等值线 在-60.0 ~ 0.0 nT 之间的范围与区域断裂重合度较 好时,指示成矿条件良好。

3.3.5 矿物及围岩蚀变标志

1、金属矿物和矿物组合标志:细粒黄铁矿集

合体、细粒黝铜矿、车轮矿、星点状细粒毒砂、 闪锌矿、方铅矿等及其组合与金矿化关系密切, 金属硫化物粒度愈细,种类愈多指示愈强,矿脉 中硫化物细脉或呈浸染状集合体大量出现时指示 金富矿存在;

2、硅化、绢云母化、绿泥石化、退色化蚀变 带即是热液活动改造带,当迭加金属硫化物时, 预示金矿化带的存在。围岩中密布有头发丝状细 小石英脉并伴有金属硫化物矿化蚀变时,则围岩 很可能是金矿体。

4 结 论

(1) 雪峰弧形构造带西南段金的成矿过程中 构造起着关键性控矿作用, 沅陵—怀化—新晃、 溆浦—洪江—靖州、安化—溆浦—通道、新化-武 阳-城步四条推覆型深大断裂为主要导矿构造, 控 制着矿集区分布。NE 向次级断裂及伴生的褶皱-冲 断系统、NW 向断裂、区域复背斜与轴部断层联合 部位、脆-韧性剪切带和剪切裂隙及劈(片) 理化 带是主要容矿构造, 控制着矿体最终空间定位。

(2)研究区构造控矿规律明显,包括区域构 造控制矿床成带成区分布、构造运动多旋迴迭加 形成"三期二向"构造迭加部位富集成矿、脆-韧性 构造系统控制矿体垂向分布以及特定构造部位富 集成矿。在此基础上建立了复合型金矿成矿 模式。

参考文献:

[1] 罗献林. 湖南金矿床的成矿特征与成因类型[J]. 桂林冶 金地质学院学报, 1991(1):23-33.

LUO X L. Main characteristics and genetic types of gold ore deposits in Hunan[J]. Journal of Gulin College of Geology, 1991(1):23-33.

[2] 刘升友, 鲍振襄, 鲍珏敏. 湖南前寒武系金矿特征及成矿 规律[J]. 华南地质与矿产, 2013, 29(1):37-45.

LIU S Y, BAO Z X, BAO Y M. Gold deposit features and metallogenic regularity of Precambrian in Hunan Province[J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2013, 29(1):37-45.

[3] 李伟,谢桂青,张志远,等.流体包裹体和 C-H-O 同位素 对湘中古台山金矿床成因制约 [J]. 岩石学报, 2016, 32(11):3489-3506.

LI W, XIE G Q, ZHANG Z Y, et al. Constraint on the genesis of Gutaishan gold deposit in central Hunan Province: evidence from fluid inclusion and C–H–O isotopes[J]. Acta Petrologica

Sinica, 2016, 32(11):3489-3506.

[4] 江福兵, 毛寅, 孙立吉, 等. 湖南洪江市石榴寨金矿流体包 裹体特征及地质意义 [J]. 矿产与地质. 2021, 35(3): 467-472. JIANG F B, MAO Y, SUN L J, et al. Characteristics of fluid inclusions and geological implication of Shiliuzhai gold deposit in Hongjiang City, Hunan[J]. Mineral Resources And Geology. 2021, 35(3): 467-472.

[5] 曹亮, 段其发, 彭三国, 等. 雪峰山铲子坪金矿床流体包裹 体特征及地质意义[J]. 地质与勘探, 2015, 51(2):212-224.

CAO L, DUAN Q F, PENG S G, et al. Characteristics of fluid inclusions in the Chanziping gold deposit in western Hunan Province and their geological implications[J]. Geology and Exploration, 2015, 51(2):212-224.

[6] ZHU Y N, PENG J T. Infrared microthermometric and noble gas isotope study of fluid inclusions in ore minerals at the Woxi orogenic Au –Sb –W deposit, western Hunan, South China[J]. Ore Geology Reviews, 2015, 65:55-69.

[7] WANG C, SHAO Y J, EVANS N J, et al. Genesis of Zixi gold deposit in Xuefengshan, Jiangnan Orogen (South China): Age, geology and isotopic constraints[J]. Ore Geology Reviews, 2020, 117:103301.

[8] LI W, XIE G Q, MAO J W, et al. Precise age constraints for the Woxi Au –Sb –W deposit, south China[J]. Economic Geology, 2023, 118(2):509-518.

[9] 杨光治, 顾尚义. 江南造山带金矿成矿年龄的讨论[J]. 贵州科学, 2013, 31(3):73-79.

YANG G Z, GU S Y. Discussion on mineralization age of gold deposits in Jiangnan orogen[J]. Guizhou Science, 2013, 31(3):73-79.

[10] 崔长征, 熊英, 雷引玲. 湖南某锑矿石工艺矿物学研究 [J]. 矿产综合利用, 2017(3):76-78+82.

CUI C Z, XIONG Y, LEI Y L. Research on process mineralogy of antimony ore in Hunan[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2017(3):76-78+82.

[11] 蔡光耀, 安芳. 造山型金矿床地质背景、地球化学特征和成矿模型研究综述 [J]. 地质科技情报, 2018, 37(6):163-172.

CAI G Y, AN F. Review of geological background, geochemical characteristics and ore-forming model of orogenic gold deposits[J]. Bulletin of Geological Science and Technology, 2018, 37(6):163-172.

[12] CHEN S M, ZHOU Y X, LI B, et al. Genesis of Chaxi gold deposit in Southwestern Hunan Province, Jiangnan Orogen (South China): Constraints from fluid inclusions, H –O –S –Pb isotopes, and pyrite trace element Concentrations[J]. Minerals, 2022, 12(7):867.

[13] 金妮, 金小燕, 刘湘勤, 等. 雪峰弧形成矿带西南段金矿 成矿规律及成矿模式研究[J]. 矿产与地质, 2022, 36(3):547-556.

JIN N, JIN X Y, LIU X Q, et al. Metallogenic regularity and metallogenic model of gold deposits n the southwest of Xuefeng arc metallogenic belt[J]. Mineral Resources And Geology, 2022, 36(3):547-556.

[14] 邱曼, 黄学雄, 毛益林, 等. 我国金矿资源概况及选冶技 术研究进展[J]. 矿产综合利用, 2023(2):106-115.

QIU M, HUANG X X, MAO Y L, et al. General situation of gold resources and research progress of mineral processing and hydrometallurgy technology in China[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2023(2):106-115.

[15] 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]. Earth Sciences, 2020, 41(2):230-252.

[16] 陈衍景. 造山型矿床、成矿模式及找矿潜力[J]. 中国地质, 2006, 33(6):1181-1196.

CHEN Y J. Orogenic-type deposits and their metallogenic model and exploration potential[J]. Geology in China, 2006, 33(6):1181-1196.

[17] 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.

BO D Y, XIONG X, YANG J, et al. Geological structure characteristics of the middle segment of the Xuefeng Orogen[J]. Chinese Geological, 2014, 41(2):399-418.

[18] WANG Q F, YANG L, ZHAO H S, et al. Towards a universal model for orogenic gold systems: a perspective based on Chinese examples with geodynamic, temporal, and deposit-scale structural and geochemical diversity[J]. Earth-Science Reviews, 2021, 103861.

[19] Groves D I, Goldfarb R J, Gebre-Mariam M, et al. Orogenic glod deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other Au deposit types[J]. Ore Geology Reviews, 1998, 13:7-27.

[20] 孙玉珍. 湘西沃溪金锑钨矿床成因与沃溪断层的控矿作用分析[J]. 湖南有色金属, 2013, 29(6):1-3+43.

SUN Y Z. Discussion on ore genesis of the Woxi Au–Sb–W deposit and ore-controlling role of the Woxi fault[J]. Hunan Nonferrous Metals, 2013, 29(6):1-3+43.

[21] 顾雪祥, 刘建明, Oskar S, 等. 湖南沃溪金-锑-钨矿床成 因的稀土元素地球化学证据[J]. 地球化学, 2005(5):428-442. GU X X, LIU J M, OSKAR S, et al. REE Geochemical evidence for the genesis of Woxi Au-Sb-W deposit, Hunan Province[J]. Geochimica, 2005(5):428-442.

[22] 饶家荣, 王纪恒, 曹一中. 湖南深部构造[J]. 湖南地质, 1993(S1):1-101.

RAO J R, WANG J H, CAO Y Z. Hunan deep tectonic[J]. Hunan Geology, 1993(S1):1-101.

[23] 王先辉,何江南,杨俊.区域地质调查报告(怀化市幅 1/25万)[R].内部资料,2014.

WANG X H, HE J N, YANG J. Regional geological survey report (Huaihua City Area 1: 250000) [R]. Internal Information, 2014.

[24] 张俊岭. 湖南省沅陵县柳林汉金矿区矿床地质特征及找

ZHANG J L. Geological characteristics and prospecting criteria of Liulincha gold deposit in Yuanling county, Hunan province[J]. World Nonferrous Metals, 2019(21):60-61.

[25] GROVES D I, SANTOSH M, DENG J, et al. A holistic model for the origin of orogenic gold deposits and its implications for exploration[J]. Mineralium Deposita, 2020, 55(2):275-92.

[26] 彭建堂. 湖南雪峰地区金成矿演化机理探讨 [J]. 大地构造与成矿学. 1999(2): 45-52.

PENG J T. Gold mineralization and its evolution in the Xuefeng district, Hunan[J]. Geotectonica et Metallogenia, 1999(2): 45-52.

[27] 李华芹, 王登红, 陈富文, 等. 湖南雪峰山地区铲子坪和 大坪金矿成矿作用年代学研究[J]. 地质学报, 2008, 82(7):900-905.

LI H Q, WANG D H, CHEN F W, et al. Study on chronlogy of the Chanziping and Daping gold deposit in XueFeng mountains in Hunan Province[J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(7):900-905.

[28] 彭渤, 黄瑞华. 湖南前寒武系脉型金矿床构造成矿机理 [J]. 大地构造与成矿学, 1996(3):201-211.

PENG B, HUANG R H. Tectonic metallogenic mechanism of the pre-Cambrian vein type gold deposit in Hunan[J]. Geotectonica et Metallogenia, 1996(3):201-211.

[29] 吕书君, 刘树生, 李永德, 等. 湖南铲子坪金矿床地质特征及成因[J]. 华南地质与矿产, 2019, 35(3):325-336.

LV S J, LIU S S, LI Y D, et al. Geological characteristics and genesis of Chanziping gold deposit in Xuefengshan Area, Hunan Province.[J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2019, 35(3):325-336.

[30] CHU Y, LIN W, FAURE M, et al. Phanerozoic tectonothermal events of the Xuefengshan Belt, central South China: Implications from U–Pb age and Lu–Hf determinations of granites[J]. Lithos, 2012, 150:243-55.

[31] 王自强, 高林志, 丁孝忠, 等."江南造山带"变质基底形成的构造环境及演化特征 [J]. 地质论评. 2012. 58(3): 401-413.

WANG Z Q, GAO L Z, DING X Z, et al. Tectonic environment of the metamorphosed basement in the Jiangnan Orogen and its evolutional features[J]. Geological Review . 2012. 58(3): 401-413.

[32] 邱正杰, 范宏瑞, 丛培章, 等. 造山型金矿床成矿过程研究进展[J]. 矿床地质, 2015, 34(1):21-28.

QIU Z J, FAN H R, CHONG P Z, et al. Recent progress in the study of ore-forming processes of orogenic gold deposits[J]. Mineral Deposits, 2015, 34(1):21-28.

New Analysis of the Ore-controlling Structure and Gold Mineralization Model in the Southwest Section of the Xuefeng Arcuate Structural Belt

Jin Xiaoyan¹, Jin Ni¹, Huang Shiqi², Sun Liji¹, Liu Xiangqin¹

(1. Hunan Natural Resources Affairs Center, Changsha, Hunan, China; 2. Chinese Academy of Geological

Sciences, Beijing, China)

Abstract: This is an essay in the field of earth science. The southwest section of the Xuefeng arc structure is the most important gold ore mineralization zone in Hunan. The Lower Paleozoic Qingbaikou Formation, including the Coldjiaxi Group, Banxi Group, Gaojian Group, and Nanhua Formation, are the main goldbearing strata in this area. Based on the study of ore-forming strata, ore-bearing surrounding rock, orebearing structure, and orebody structure, the paper forms a comprehensive analysis of tectonic orecontrolling rules and ore-forming models. The results suggest that structural control plays a crucial role in the process of gold mineralization. Guanzhuang-Huaihua-Xinhuang, Xupu-Hongjiang-Jingzhou, Anhua-Xupu-Tongdao, and Xupu-Wuyang-Chengbu are the four main ore-controlling thrust faults controlling the distribution of mineralized areas. The NE-trending secondary faults and associated fold-thrust systems, NWtrending faults, regional anticlines and synclines, brittle-ductile shear zones, and shear fractures and cleavage planes are the main ore-hosting structures that control the final spatial location of the ore bodies. By analyzing the rules of structural control on mineralization, including regional structural control on the distribution of ore deposits, the enrichment of mineralization in the overlapping parts of "three stages and two directions" structural superposition, the control of brittle-ductile structural systems on the vertical distribution of ore bodies, and the enrichment of mineralization in specific structural locations, a composite gold mineralization model has been established for this area.

Keywords: Earth science; Xuefeng arcuate structural; Gold deposits; Structural ore-control; Metallogenic regularity; Multi-type succession metallogenic model