第30卷 第2期
2015年6月:234-240

地 质 找 矿 论 丛
Contributions to Geology and Mineral Resources Research

Vol. 30 No. 2
Jun. 2015:234-240

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2015.02.011

福建戴云山中段变质岩中热液脉型金矿找矿前景分析

黄昌旗
(福建省煤田地质局,福州 350002)

摘要: 文章在综合分析福建戴云山中段的成矿地质背景、地球物理、地球化学特征、典型矿床和主要控矿因素的基础上,对该区变质岩中热液脉型金矿找矿潜力和找矿方向作了初步分析,提出了主要找矿靶区。

关键词: 金矿;热液脉型;找矿前景;戴云山中段;福建省
中图分类号: P612;P618.51 **文献标识码:** A

0 引言

戴云山中段地区(戴云山主峰以北至尤溪汤川,隶属尤溪和德化,面积约1 400 km^2)处于闽东火山活动亚带,闽东中生代火山断拗带西部,毗邻闽西南拗陷,为政和—大埔与福安—南靖深大断裂所夹持[1],是福建省金矿床(点)的主要分布地之一。截止2013年,区内矿业权近40个,矿业权面积占该区面积约29%,主要为金矿,其次为铜、银、铅锌等矿勘查。已发现有肖坂、十三金2处大中型矿床,水门、龙门场、葛坑林场3处小型金矿床及金铜铅锌矿点十余处。本文将在综合分析该地区成矿地质背景、地球物理、地球化学特征、典型矿床和主要控矿因素的基础上,对区内的找矿潜力和找矿方向作了初步探讨。

1 区域地质背景

研究区位于闽东中生代火山断拗带西部,毗邻闽西南拗陷[1],为NE向政和—大埔与福安—南靖深大断裂所夹持的寿宁—华安断隆带部分[2],断隆带北西侧为古迹口—永坑火山断陷带,南东侧为吉华—杨梅火山断陷带。断隆带内发育中-新元古界变质岩,该套岩系中的金矿床(点)占福建省金矿床(点)的28%[3],矿床成因与变质岩中的热液作用关系密切[4],矿床类型为变质岩中热液脉型金矿。

区内出露地层包括前泥盆纪基底岩系、晚古生代海相沉积、中新生代陆相碎屑及火山岩系等。其中,中-新元古界大岭岩组海相基性-酸性火山及砂泥质复理石建造是金矿的矿源层和主要赋矿地层。区内岩浆活动强烈,从志留纪至晚白垩世都有岩浆活动,主要为加里东期和燕山期侵入岩,呈现出多阶段、多期次侵入活动特点,其中加里东期片麻状石英二长闪长岩与早期金矿化关系较为密切,已知有溪坪、上村金矿化点等产于岩体内、外接触带的NW向裂隙中。区内构造发育,变质基底褶皱复杂,盖层褶皱较开阔。在肖坂见基底"天窗"——区内最为醒目的构造之一,"天窗"内发育大岭组、栖霞组等含矿岩系,控制着本区矿床的分布。

2 地理物理与地球化学特征

研究区重力异常处于建瓯—南平重力异常区的尤溪重力异常亚区,属于福建内陆重力异常带的闽

收稿日期: 2014-12-01; **改回日期:** 2015-03-09; **责任编辑:** 王传泰

作者简介: 黄昌旗(1969—),男,高级工程师,地质矿产勘查专业。通信地址:福建省福州市南门兜加洋路23号,福建省煤田地质局;邮政编码:350000;E-mail: 429442642@qq.com

中重力异常亚带[5],布格重力异常为相对重力低,变化于-30×10^{-5}～-45×10^{-5} ms^{-2}之间,地壳厚度32～33 km,反映本区处在幔凹与幔隆过渡带上。区内航磁处于福建省3个磁场带之一的古田—龙岩磁场带[6]中段,以较稳定的带状正磁异常为特征,ΔT一般为0～+100 nT。区内有4个异常区。

区内见1∶20万自然重砂黄金异常,矿物组合为黄金-铬铁矿-铬尖晶石;1∶20万区域地球化学异常面积达800 km^2,有尤溪龙门场、吉安、美洋际、湖美溪、德化安村、永泰湖头等6处异常[7];综合异常以金为主,少数为铜多金属异常。德化安村异常,以Au为主,伴有Ag,Cu,Pb,Sb异常,面积达118 km^2,浓度梯度变化明显,w(Au)极大值为190×10^{-9},平均35.7×10^{-9},浓集中心与金矿分布区基本一致。尤溪湖美溪异常以Cu为主,伴Mo,Bi,Pb,Zn,Ag异常,面积近62 km^2,平均$w(Cu)=51.8\times10^{-6}$,极大值172×10^{-6}。尤溪龙门场异常以Au,Ag,Cu为主,伴Pb,Zn,Bi,As,Sb,面积近72 km^2;其中,Au异常一般$w(Au)=21.6\times10^{-9}$,极大值49.4×10^{-9};Cu平均$w(Cu)=63.2\times10^{-6}$,极大值122.8×10^{-6};Ag平均$w(Ag)=0.61\times10^{-6}$,极大值1.65×10^{-6};此外还有较强的Pb,Zn异常分布。

3　典型矿床特征

区内的金矿床以德化双旗山金矿床为代表,其特征如下所述。

3.1　矿区地质

矿区出露的基底变质岩地层为中-新元古界大岭组,以变粒岩为主。晚古生界有童子岩组等含煤碎屑岩建造等。中生代火山沉积岩系主要分布于矿区西部外围,以南园组中-酸性火山岩为特征。构造主要为韧性剪切带及NNE向脆性断裂;其中韧脆性剪切带为容矿构造,金矿均与之有关;剪切带已被后期改造,多发生褶皱作用。岩浆岩有加里东期岩株状、岩瘤状片麻状石英二长闪长岩、片麻状石英二长闪长玢岩、片麻状花岗闪长岩,以及燕山晚期花岗斑岩为主的岩脉。

3.2　矿体特征

(1)矿体形态。矿区目前圈定金矿体22个,矿体赋存于大岭岩组变质岩中,呈脉状、似层状、透镜状,其产状与变质岩产状大体一致;矿体长度80～560 m,厚度0.81～2.94 m。在肖坂金矿段中,6Au,7Au,13Au为主矿体(图1)。其中,6Au长560 m,平均厚度1.07 m,斜深210 m,品位$w(Au)=4.34\times10^{-6}$;7Au长140 m,平均厚度1.03 m,斜深133 m,品位$w(Au)=1.41\times10^{-6}$;13Au长720 m,平均厚度1.66 m,斜深340 m,品位$w(Au)=3.68\times10^{-6}$。

(2)矿石特征。矿石矿物主要有黄铁矿、褐铁矿、黄铜矿、闪锌矿、赤铁矿、自然金等;脉石矿物有石英、绢云母、长石、绿泥石等。金矿的赋存状态主要为自然金,次为银金矿[8]。矿石为自形-半自形粒状结、他形粒状结构、碎裂结构、交代残余结构等;矿石构造为浸染状、细脉浸染状、细脉状、斑杂状、块状构造。矿石类型地表为氧化矿石、原生矿为硫化矿;工业类型以石英-硫化物金矿石为主,其次为褐铁矿型(铁帽型)金矿石。

(3)围岩蚀变。主要以硅化、绢云母化、绿泥岩化、黄铁矿化为主,方解石化局部可见。其中,绢云母化分布广泛;金矿化与黄铁矿化、硅化关系密切。

3.3　土壤异常特征

矿区1∶1万土壤地球化学测量金异常,其异常下限为$w(Au)=20\times10^{-9}$,异常平均强度137.25×10^{-9},最高302×10^{-9},衬度17.16,异常具浓度分带特征,浓集中心明显。异常与地表矿体露头基本相对应。

3.4　物质来源与成矿时代

据张家元[9]资料,容矿围岩斜长变粒岩的平均含金量$w(Au)=9.5\times10^{-9}$,是重要矿源层;从稀土元素总量、稀土元素配分模式、轻重稀土比值等参数均反映出金矿石中的物质来源与变质岩有较密切的关系[10]。值得注意的是,据1∶5万区调资料,矿区内除前寒武系变质岩金丰度较高($w(Au)=5.8\times10^{-9}$～11.9×10^{-9})外,加里东期石英二长闪长岩($w(Au)=15.35\times10^{-9}$)、花岗闪长岩($w(Au)=21.9\times10^{-9}$)和燕山早期二长花岗岩($w(Au)=21.9\times10^{-9}$)金丰度也普遍较高,具备较强的提供金质的能力。另据陈伯林等[10]研究,矿区硫同位素组成$\delta(^{34}S)=-2.7\times10^{-3}$～$-5.1\times10^{-3}$,变化范围小,硫源与变质岩有关,并明显受到重熔型花岗质岩浆岩源硫($\delta(^{34}S)=+4\times10^{-3}$～$+10\times10^{-3}$)的影响和混入;蚀变矿物的锶同位素$(^{87}Sr/^{86}Sr)_i=0.7146$～0.7151,说明与蚀变相关的热液来源是以重熔型岩浆岩来源为主。结合近年来国内对变质岩中金矿床的物质来源研究,一种观点认为是来自于围岩矿源层的萃取;另一种观点认为来源于地幔深源,是地

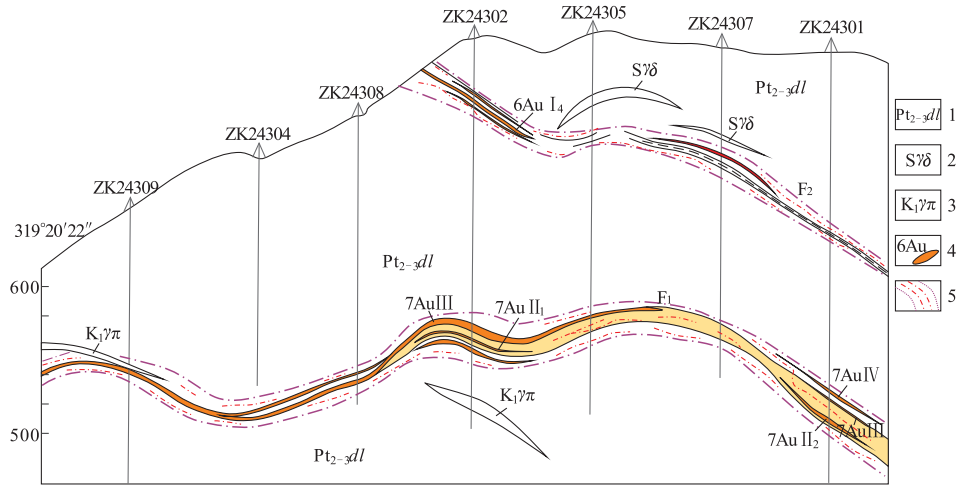

图 1 尤溪双旗山金矿肖坂矿段 243 线剖面图

Fig. 1 Section of line 243 of xiaoban domain in shuangqishan gold deposit, youxi area

1. 中-新元古界大岭组;2. 加里东期片麻状花岗岩;3. 燕山晚期花岗斑岩;4. 金矿体及编号;5. 韧性断层

幔柱多级演化(幔枝构造)向上迁移的结果[11-15]。矿区的铅同位素$^{207}Pb/^{204}Pb$—$^{206}Pb/^{204}Pb$投影点图解反映,其物质来源具造山带特点(燕山期重熔型花岗岩),也有明显地幔来源(海底中基性火山变质岩)[16]。

成矿时代上,据矿区 Rb-Sr 同位素年龄为 170~140 Ma[10],结合矿区内燕山晚期花岗斑岩、石英斑岩与矿体、含矿构造的穿切关系[17],区域岩浆活动与金矿化关系和成矿流体以岩浆来源为主的特点,矿床形成于燕山早期。

3.5 矿床成因及成矿模式

矿体呈脉状、似层状或透镜状赋存于大岭岩组变质岩中,与变质岩产状大体一致,以发育硅化、绢云母化、绿泥岩化、黄铁矿化为主等蚀变。总体上看此矿床有 3 个特点,一是赋矿围岩具强烈的区域变质、混合岩化作用,二是构造变形从韧性剪切-韧脆性-脆性均有发育,三是燕山早期热液活动强烈。因此,成矿作用大致为:火山-沉积作用、前加里东期区域变质、混合岩化作用,为矿源层形成和金质初步富集阶段[18];之后,大岭组中的金元素被活化、迁移,变质岩中的金含量逐渐降低[8];后期发生了韧性动力退变质作用,岩石破碎糜棱岩化,成矿元素再次被活化、迁移,并在韧性剪切带内或其顶、底板中富集;再后,加里东-海西(印支)期的褶皱变形和隆起,构造变形由韧性转化为韧脆性,为含矿热液的良好通道;燕山期的火山岩浆活动及热动力活动达到了高峰。由于热液在向上迁移过程中不断与矿源层交换、萃取,形成含金热液,同时部分地下水不断加入、这些含矿热液进入沿韧脆性剪切带形成的碎裂岩带中,热液交代构造岩及两侧的碎裂状变粒岩,形成千糜岩型金矿石或蚀变岩型金矿体,当局部交代强烈时,形成石英脉型金矿体[19]。

4 成矿条件(要素)

区内金矿床在变质岩基底形成时期,为金矿质的主要形成期,在区域变质、混合岩化作用中使大量的金矿质向构造有利部位运动,岩石中的金矿质形成初步富集,在燕山期的构造-岩浆的作用过程中,金矿质进一步富集并形成较富的矿体。

4.1 地层条件

区内大岭组为一套以变粒岩为主的中浅变质岩,其原岩为钙硅泥质建造,属陆内裂谷环境的海相火山-碎屑沉积建造。大岭组是金的矿源层,也是矿区金矿的赋矿层位。

区内大岭组岩石中 Au 丰度是地壳克拉克值的 1~5 倍,区域上产于该层位(或相当层位)的金矿众多,虽矿床成因不尽相同,但多个矿床实例已证实,在福建省境内的该套岩系是构造蚀变岩型、热液脉型、韧性剪切带型金矿的矿源层,如建阳大金山、泰宁何宝山、长兴金矿等[20]。

4.2 构造条件

(1)“天窗”。区内的肖坂基底“天窗”是研究区最为醒目的构造之一,“天窗”内发育大岭组、栖霞组等含矿岩系控制着本区矿床的分布。

(2)褶皱构造。发育于大岭组地层中,构成了本区构造的主格架,表现为以不同期次褶皱叠加干扰为特征,主要为 NE 向、NW 向褶皱的叠加,且以 NE 向褶皱表现较清晰。褶皱构造背斜的核部为成矿提供有利容矿空间。如肖坂金矿,背斜的核部矿体厚度加大,品位变富,常形成"富矿包";在褶皱翼部,矿体变薄,甚至尖灭,矿石品位也较低。

(3)断裂构造。脆韧性断层是该地区金矿的主要控矿构造之一,如沿变质基性火山岩顺层发育的面型脆韧性剪切带;脆性断裂与脉型金矿以及铜、铅锌多金属矿的关系较密切。

(4)韧脆性剪切带(以双旗山矿区为例)。韧性剪切带呈面状展布,已控制面积达 4 km^2,其产状与变质岩产状一致,韧性剪切带由千糜岩、糜棱岩组成,构造带上、下分别为碎裂浅粒岩、变粒岩类组成,并与地层褶皱态具有高度的一致性,表明韧性剪切带具有顺层剪切的特征[21]。金矿化以受韧脆性剪切带控制的蚀变糜棱岩为主,叠加交代硅质(顺层石英)脉。在韧性变形基础上叠加脆性断裂构造是成矿物质聚集的重要场所,是重要的含矿(储矿)构造,韧性变形起到了构造动力分异和成矿物质活化作用;而脆性构造对韧性剪切带内成矿物质的进一步活化、迁移、富集成矿起到了关键性的作用,若无后期脆性作用叠加,成矿的可能性较小。矿体的分布严格受韧脆性剪切带的控制,金矿体产于剪切带内或上、下盘碎裂岩带中,二者形影相随,表明它们具有密切空间和成因联系。

(5)侵入接触构造。岩浆侵入使围岩热变质,并伴随机械作用,使围岩地层破碎,有利于矿液运移、富集、沉淀成矿。最有利的成矿部位是侵入接触面的凸起或凹入部位。

(6)次级构造。低序次的褶皱、断裂破碎带、层间错动带、构造裂隙带、岩脉接触带、不整合构造等,往往成为矿体的直接储矿空间。

4.3　岩浆岩条件

区内侵入活动强烈,为金矿的形成提供了重要的流体和热源。以加里东期、燕山晚期侵入岩与成矿的关系较密切。加里东期片麻状石英二长闪长岩分布于肖坂"天窗"内,呈岩株、岩瘤产出,岩石以发育片麻状构造为特征。目前在该类岩体中或接触带附近已发现有上村、溪坪、寺坑金矿点或小型金矿床。燕山晚期侵入岩有二长花岗斑岩、花岗闪长斑岩、花岗斑岩、闪长玢岩、闪长岩等。二长花岗斑岩、花岗斑岩等均呈岩脉产出。

4.4　成矿要素综合分析

综上所述,对研究区变质岩中热液脉型金矿的成矿要素初步分析总结如表 1 所述,并据要素的重要或贡献程度分为必要的、重要、次要三类。

5　找矿前景与找矿靶区

从 80 年代开始,我国地学工作者开始了模型找矿研究工作,现逐步发展为综合多元信息找矿模型研究和成矿找矿预测:地质-地球物理-地球化学-遥感及其他方面的综合多元信息综合找矿预测[22-28]。随着成矿预测研究发展,多学科信息的综合已成为矿产资源预测的最有效途径与方法。

本文据前述成矿要素的综合分析,采用综合信息找矿和地质异常圈定原理,结合研究区已知矿床的分布、勘查开采情况,对找矿前景进行了疏理,提出了下一步工作的找矿靶区 4 处。

表 1　变质岩中热液脉型金矿成矿要素

Table 1　Schedule of ore-control factors of the mesothermal-vein type gold deposit in the study area

成矿要素	描述内容	作用
大地构造背景	华南加里东褶皱系东部,常为不同次级构造区块所夹持的断隆带"天窗"内,主要集中于政和-大埔深大断裂附近	必要
大地构造演化阶段	四堡-晋宁期海相火山-沉积作用,扬子-加里东期变质作用,燕山期的火山-侵入活动	必要
变质建造/变质变形	中-新元古界大岭组等变质碎屑岩建造。后经加里东期变质、韧性剪切带变形,褶皱,印支期、燕山期的构造、岩浆作用改造了韧性剪切带	必要
岩浆岩建造	印支期、燕山期岩浆活动	重要
成矿构造	四堡-晋宁期的火山沉积形成的赋金岩石在加里东期变质,在韧性剪切带中相对富集,印支-燕山期岩浆构造作用时活化,形成主要容矿构造	必要
成矿时代	燕山期	必要
矿体形态	主要分布于变质岩的韧脆性构造带中,脉状为主,常成群分布;次为脉状分布于变质岩中	重要
航磁异常	1 : 5 万航磁 ΔT 总体反映为低正异常,强度为 0～40 nT,走向 NE 向	次要
重力异常	为重力异常低值区,总体走向为近 EW 向,异常强度为 $-54\sim-42\times10^{-5}$ m/s^2	次要
地球化学	水系沉积物异常为具一定规模的条带状,土壤异常具浓度分带特征,浓集中心明显	必要

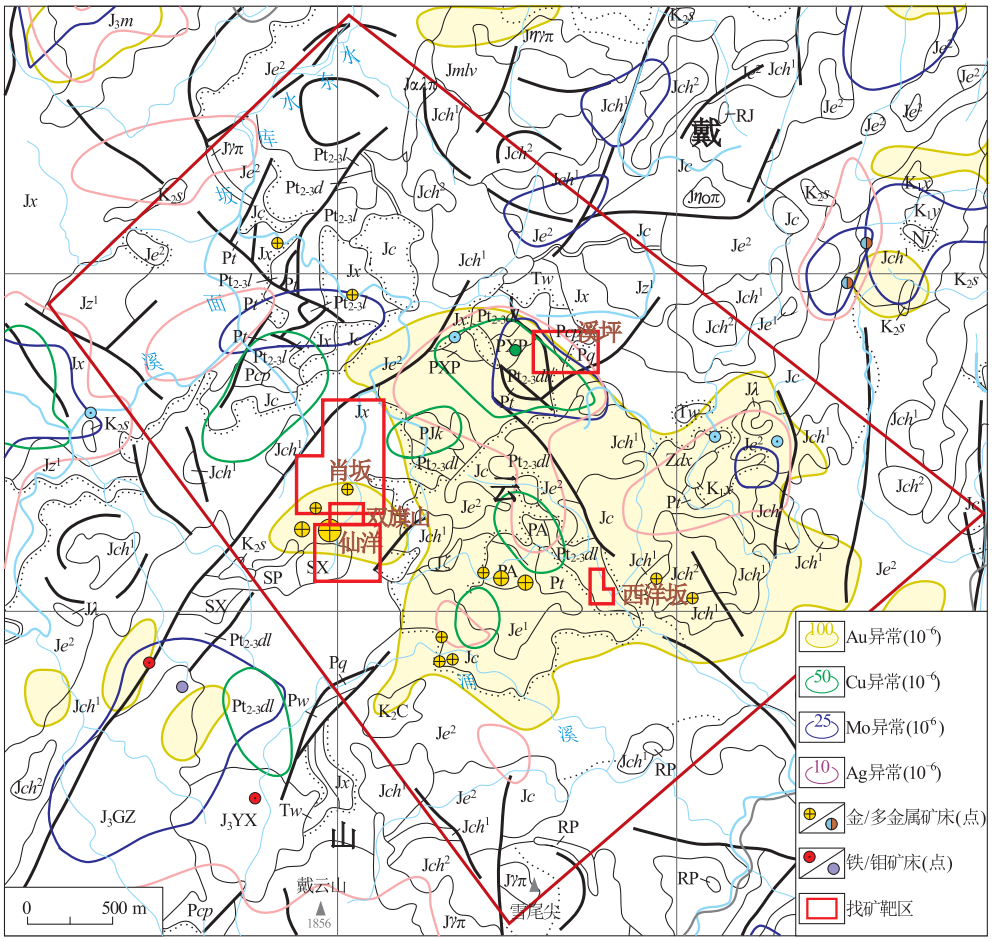

图 2 福建戴云山脉中段变质中热液脉型金矿找矿靶区分布图

Fig. 2 Map showing target distribution of the mesothermal-vein type gold deposit in the middle Daiyunshan mountain

1. 双旗山矿区深部;2. 西洋坂地区;3. 双旗山金矿外围地区;4. 溪坪地区

5.1 找矿前景分析

5.1.1 研究区具有优越的成矿地质条件

研究地区位于闽东中生代火山断拗带(Ⅱ级)西部、NE 向政和—大埔与福安—南靖深大断裂所夹持的寿宁—华安断隆带(Ⅲ级)与 NW 向建宁—湄州湾深大断裂交汇部位,从前述的主要成矿与控矿因素分析,具备有利的成矿条件,对韧性剪切带型、热液脉型金矿,斑岩型铜等类型矿床成矿尤其明显,是福建省重要的铜、金富集区,矿产资源找矿潜力较大。

5.1.2 部分地球化学异常有待检查评价和进一步检查

区内地表地球化学异常明显,目前虽然发现了具有一定规模矿床(点),如肖板金矿、双旗山金矿及水门金矿等,但大部分的矿床(点)仅为小型或矿点,查明资源储量的矿点和矿化点仅占其中的少部分,有待进一步检查评价。

5.1.3 已知矿床外围存在新的找矿空间

区内肖坂、双旗山金矿床已控制金矿资源量 20 t 以上,矿体的边界及远景尚未控制。肖坂矿区韧性剪切带及 7Au,6Au 矿带实际控制面积约 2 km^2,该含矿构造在北、东(南)、西三面继续往外延伸。其西侧丁昌民硐见韧性剪切带型、热液脉型金矿;在东南部金钟形、凤卦等多处见韧性剪切带及水系沉积物、土壤 Au 异常,表明 7Au,6Au 含金构造往南东有较大延伸,矿区东南部仍有较大找矿空间。

5.1.4 已知矿床深部有很大的找矿潜力

该区目前探矿工程仅控制在最低侵蚀基准面以上(标高 420 m),侵蚀基准面以下尚有较大的找矿空间,在已知矿床深部开展的找矿工作也较少。借鉴国外及省外的深部勘查经验,在具有找矿远景的地表蚀变矿化带的深部,420 m 下的可采深度内,

还有很大的找矿空间和资源潜力。

5.2　找矿靶区

综上认为,以下 4 处区域为主要找矿靶区(图 2),其寻找变质岩中热液脉型金矿潜力大,加大探索有望实现区域性找矿突破。

5.2.1　尤溪县(德化县)双旗山矿区深部

该区紧邻肖板金矿,外围已发现有后坑、吉山等金矿床(点)。其中,金钟形矿段已完成详查,东头洋、仙洋矿段(铜)已完成普查。金钟形矿段北西侧的 6Au,21Au,22Au 矿体已大致查明,有一定规模,延伸较大,而且往下矿体厚度、品位有增大的趋势,目前探矿工程仅控制在最低侵蚀基准面以上,侵蚀基准面以下尚有较大的找矿空间,具有一定的找矿前景。韧性剪切带型 6Au 矿体,有一定规模,厚度、品位中等,证实了与肖坂、十三金相似的韧性剪切带型金矿体的存在。同时在 F_5 断裂的南东侧目前已发现土壤金异常,异常附近见到一些民采硐,探槽中见有碎裂褐铁矿化斜长浅粒岩,显示出良好的找矿前景。目前控矿工程主要集中在矿段北西侧,南东侧控矿构造仍有外延的趋势。因此,深部还应具有较大的找矿空间。

5.2.2　德化县西洋坂地区

该区西侧已发现有大湖、杨梅、十字格、占久、石头板、涌溪、溪坪、下坂、东洋等金(铜)矿床(点)。该区地层主要为中-新元古界大岭组,周边被侏罗统南园群火山岩包围接触,火山岩浆活动强烈,以燕山早期石英闪长岩为主,岩脉发育。因此,该区无论从已知矿床(点)的的外围,还是对深部找矿(有些已知矿床点的异常未得到合理解释),均有较大潜力。

5.2.3　尤溪双旗山金矿外围地区

肖坂、双旗山金矿床已控制金矿资源量近 20 t,矿体的边界及远景尚未控制。肖坂矿区韧性剪切带及 7Au,6Au 矿带实际控制面积约 2 km^2,该含矿构造在北、东(南)、西三面继续往外延伸。西侧丁昌民硐见韧性剪切带型金矿;东南部金钟形、凤卦多处见韧性剪切带及水系沉积物、土壤 Au 异常,表明 7Au,6Au 含金构造往南东有较大延伸,矿区东南部仍有较大找矿空间。建议以金钟形—凤卦和丁昌一带为重点,继续开展普查工作。该区各类 Au 异常重合性强、浓度较高、分带较明显,而工作程度较低,通过进一步工作有望扩大金矿资源量。

5.2.4　尤溪溪坪地区

该区地层主要为中-新元古界大岭组,水系沉积物金异常面积大,浓度高,具有明显的浓集中心和梯度变化;区内已知矿点有寺坑金矿以及龙门场金多金属矿等。水系沉积物伴生铜异常,燕山晚期花岗闪长斑岩发育,是寻找铜矿的有利地区。

此外,德化仙洋地区位于双旗山金矿南部,分布有基底地层、火山岩和侵入岩多种地质体,除 1 ∶ 20万水系沉积物金异常外,大比例尺物探激电和化探均有相关异常。该区大比例尺化探 Cu 异常面积大、浓度高,具有明显的浓集中心和梯度变化,分布与花岗闪长斑岩体比较吻合,地表已在斑岩体的内外接触带部位发现铜钼矿(化)体,值得进一步工作。

参考文献:

[1] 福建省地质矿产局. 福建省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1985:521-530.

[2] 石礼炎,高天均,等. 福建省大型隐伏铜矿床预测[M]. 福州:福建地图出版社,1998:44-47.

[3] 张克尧. 福建省主要金矿床类型的找矿标志[J]. 福建地质,2005,24(1):60-68.

[4] 岳来群,黄春鹏,张克尧. 福建省金矿床成矿时代特点[J]. 地质与勘探,2002,38(4):17-21.

[5] 福建省地质矿产局. 福建省 1 ∶ 20 万区域重力调查总结报告[R]. 福州:福建省地矿局,2004.

[6] 福建省地质矿产局. 福建省 1 ∶ 5 万区域航磁调查总结报告[R]. 福州:福建省地矿局,2004.

[7] 福建省地质矿产局. 1 ∶ 20 万德化幅水系沉积物测量报告[R]. 福州:福建省地矿局,2004.

[8] 张顺强,熊欣,刘文元,等. 福建省尤溪肖坂金矿的金矿物特征研究[J]. 福建地质,2012,31(1):21-26.

[9] 张家元. 福建省双旗山金矿床地质特征及成因研究[J]. 福建地质,1992,11(1):17-32.

[10] 陈柏林,赵荣文,吴淦国,等. 肖板金矿床成矿物源特点及找矿意义[J]. 福建地质,2000,19(1):1-9.

[11] Fukao Y, Maruyama S, Inoue H. Geological implication of the whole mantle P wave tomography[J]. J Geol Soc Japan, 1994, 100(1): 4-23.

[12] Maruyama S. Plume tectonics[J]. Jour. Geol. SOC. Japan, 1994, 100(1): 24-49.

[13] 牛树银,罗殿文,叶东虎,等. 幔枝构造及成矿规律[M]. 北京:地质出版社,1996:1-124.

[14] 牛树银,李红阳,孙爱群,等. 幔枝构造理论与找矿实践[M]. 北京:地震出版社,2002:1-243.

[15] 牛树银,孙爱群,王宝德. 地幔热柱与资源环境[M]. 北京:地质出版社,2007:1-183.

[16] 张理刚,等. 稳定同位素在地质科学中的应用[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1985.

[17] 陈代文. 福建省双旗山金矿床地质特征及矿区外围找矿潜力分析[J]. 福建地质,2012,31(1):1-11.

[18] 王秀蟑，程景平，梁华英，等. 变质细碎屑岩型金矿床的三阶段成矿模式[J]. 矿床地质，1995，14(4)：322－327.
[19] 陈柏林，吴淦国，黄仁生，等. 肖板金矿床构造控矿特征与成因探讨[J]. 贵金属地质，2000，9(1)：17－32.
[20] 张松林. 福建泰宁长兴金矿床地质特征及成因探讨[J]. 福建地质，2010，29(4)：289－295.
[21] 李南生. 福建肖板金矿体贮存规律及深边部找矿前景分析[J]. 福建地质，2010，29(2)：89－95.
[22] Cheng Qiuming，Agterberg F P，Ballantyne S B. The separation of geochemical anomalies from background by fractal methods[J]. Journal of Geochemical Exploration，1994，51(2)：109－130.
[23] Cheng Qiuming. Multifractal imaging filtering and decomposition methods in space，Fourier frequency，and eigen domains[J]. Nonlinear Processes in Geophysics，2007，14(3)：293－303.
[24] 侯翠霞，刘向冲，张文斌. 成矿预测理论与方法新进展[J]. 地质通报，2010，29(6)：953－960.
[25] 肖克炎，丁建华，娄德波. 试论成矿系列与矿产资源评价[J]. 矿床地质，2009，28(3)：357－365.
[26] 於崇文. 地质作用的自组织临界过程动力学——地质系统在混沌边缘分形生长[J]. 地学前缘，2000，7(01)：13－42.
[27] 赵鹏大，陈建平，张寿庭. “三联式”成矿预测新进展[J]. 地学前缘，2003，10(2)：455－463.
[28] 王世称，陈永良. 中国大型金矿床空间分布规律及找矿方向[J]. 地球科学，1999，24(05)：455－458.

Analysis on prospecting potential for meso-thermal type gold deposits in the middle Daiyun mountain area，Fujian province

HUANG Changqi

(*Coal Geological Bureau of Fujian Province，Fuzhou* 350000，*China*)

Abstract： Based on analysis of geological and metallogenic background and geophysical and geochemical characteristics and typical ore deposits and their ore-control factors initial analysis for prospecting potential and directions of such type gold deposits is made in the paper. Targets are put forward in the area.

Key Words： gold deposit；hydrothermal-vein type gold deposit；prospecting potential；in the middle range of Daiyun mountain；Fujian province