

Optimization of the Prospecting Target Area of the Uranium Deposit in the North Central Part of Zhuguangshan Rock Mass

Chunhua Li, Zhongding Yang, Zhenhua Xiao, Yuanbeng Wei

No. 302 Brigade, Hunan Nuclear Industry Geology Bureau, Chenzhou Hunan
Email: 598267591@qq.com

Received: Jun. 8th, 2020; accepted: Jun. 22nd, 2020; published: Jun. 29th, 2020

Abstract

The article compares the metallogenic geological background, main deposit types, typical deposit geological characteristics and ore body positioning mechanism of the Lujing uranium ore field, Sanjiu area, and Zhuguang north main uranium deposit in the central and northern Zhuguangshan rock mass. The uranium metallogenic ore-controlling factors and prediction factors in the area were analyzed, and the Yangjiaona prospecting target area, Xiaokeng prospecting target area, Wuliao prospecting target area and Qiaotou prospecting target area were optimized through research. Guide the research area in the next step of prospecting for minerals and expand the amount of uranium resources in the area.

Keywords

North Central Zhuguangshan Pluton, U Mine, Prospecting Target Area

诸广山岩体中北部铀矿找矿靶区优选

李春华, 杨忠鼎, 肖振华, 魏元泵

湖南省核工业地质局二零二大队, 湖南 郴州
Email: 598267591@qq.com

收稿日期: 2020年6月8日; 录用日期: 2020年6月22日; 发布日期: 2020年6月29日

摘要

文章通过对诸广山岩体中北部鹿井铀矿田、三九地区、诸广北主要铀矿床成矿地质背景、主要矿床类型、

典型矿床地质特征和矿体定位机制等研究对比, 分析区内铀成矿控矿因素和预测要素, 通过研究优选出羊角脑找矿靶区、小坑找矿靶区、五里凹找矿靶区、桥头找矿靶区。指导研究下一步找矿, 扩大区内铀资源量。

关键词

诸广山岩体中北部, 铀矿, 找矿靶区

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 区域地质背景

诸广岩体中北部包括鹿井铀矿田、三九地区、诸广北, 区内铀矿床均属花岗岩中低温热液型铀矿床, 已发现大小铀矿床共 17 个[1], 矿点 20 多个, 近年新发现及查证有前景的矿点 8 个(表 1)。中部的鹿井矿田内分布铀矿床 12 个, 主要围绕丰洲盆地分布, 大型铀矿床 1 个, 中型铀矿床 5 个, 小型铀矿床 6 个, 新发现铀矿点 4 个。南部的三九地区分布 3 个中型铀矿床(中山、三江口、九曲岭), 1 个小型铀矿床(秀才洞), 及牛头尾、木洞、石壁窝等老铀矿点。经过近几年工作, 三九地区铀资源量得到大大增加, 已初具矿田规模。北部的诸广北分布 1 个小型铀矿床(金鸡垅矿床), 新发现 4 个铀矿点。根据矿床与花岗岩体的空间分布关系, 本区铀矿床分为岩体内带型、岩体外带型、岩体内外接触带型铀矿床, 其中岩体内带型铀矿床根据赋矿岩石物质成分、岩性及结构构造特点, 可进一步分为硅质脉型、碎裂蚀变岩型两个亚类。区内主要铀资源量为岩体内带型及岩体内外接触带型铀矿。

Table 1. Statistical table of pomelo deposits and deposit types in the middle of Zhuguangshan rock mass

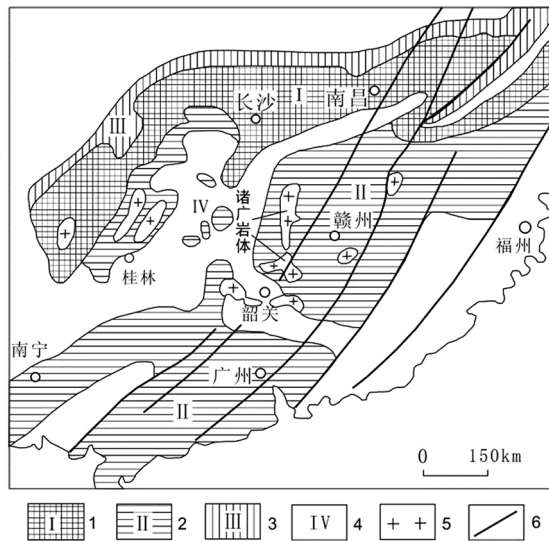
表 1. 诸广山岩体中部铀矿床及矿床类型统计表

大类	类	亚类	矿床式	矿床实例	新发现矿点	
热液型	花岗岩型	岩体内带亚类	硅质脉亚类	羊角脑式	羊角脑、三江口、金鸡垅	黄勒、东水、大夏、桥头
		岩体内带亚类	碎裂蚀变岩亚类	黄峰岭式	牛尾岭、枫树下、洞房子、金鸡岭、高昔、黄峰岭、下洞子、庙背垅	蕉叶垄
		岩体外带亚类		沙坝子式	梨花开、沙坝子	苦竹垄
		岩体内外接触带亚类		鹿井式	鹿井、秀才洞、中山、九曲岭	老米坳、小坑

诸广山岩体中北部位于华南褶皱系的华夏地块西侧, 华夏加里东褶皱带南缘, 区域上处于闽赣后加里东隆起西缘, 靠近湘桂粤北海西 - 印支拗陷(图 1)。

主要出露的地层为岩体外带的震旦 - 寒武系地层。震旦系为浅变质岩系, 原岩为海相类复理石碎屑岩建造及含砾泥砂质碎屑岩建造, 其上统顶部多以硅质岩与寒武系呈整合沉积接触。寒武系为广泛出露的浅变质岩, 原岩为浅海、次深海相泥砂质类复理石、复理石碎屑岩建造夹炭质板岩、页岩, 北部夹有含炭的硅质板岩、粉砂质板岩、薄层泥质灰岩等。其中下寒武统香楠组及中寒武统茶园头组为主要的含铀层位。

区内岩浆活动频繁, 从加里东期至燕山晚期均有岩浆侵位, 且岩性复杂, 既有酸性岩类、中酸性岩类, 又有中性、基性岩类。根据岩体与围岩接触关系、岩体之间接触关系及同位素年龄资料, 诸广山岩体中北段岩浆活动期次可分为加里东期、印支期、燕山早期及燕山晚期(表 2、图 2)。

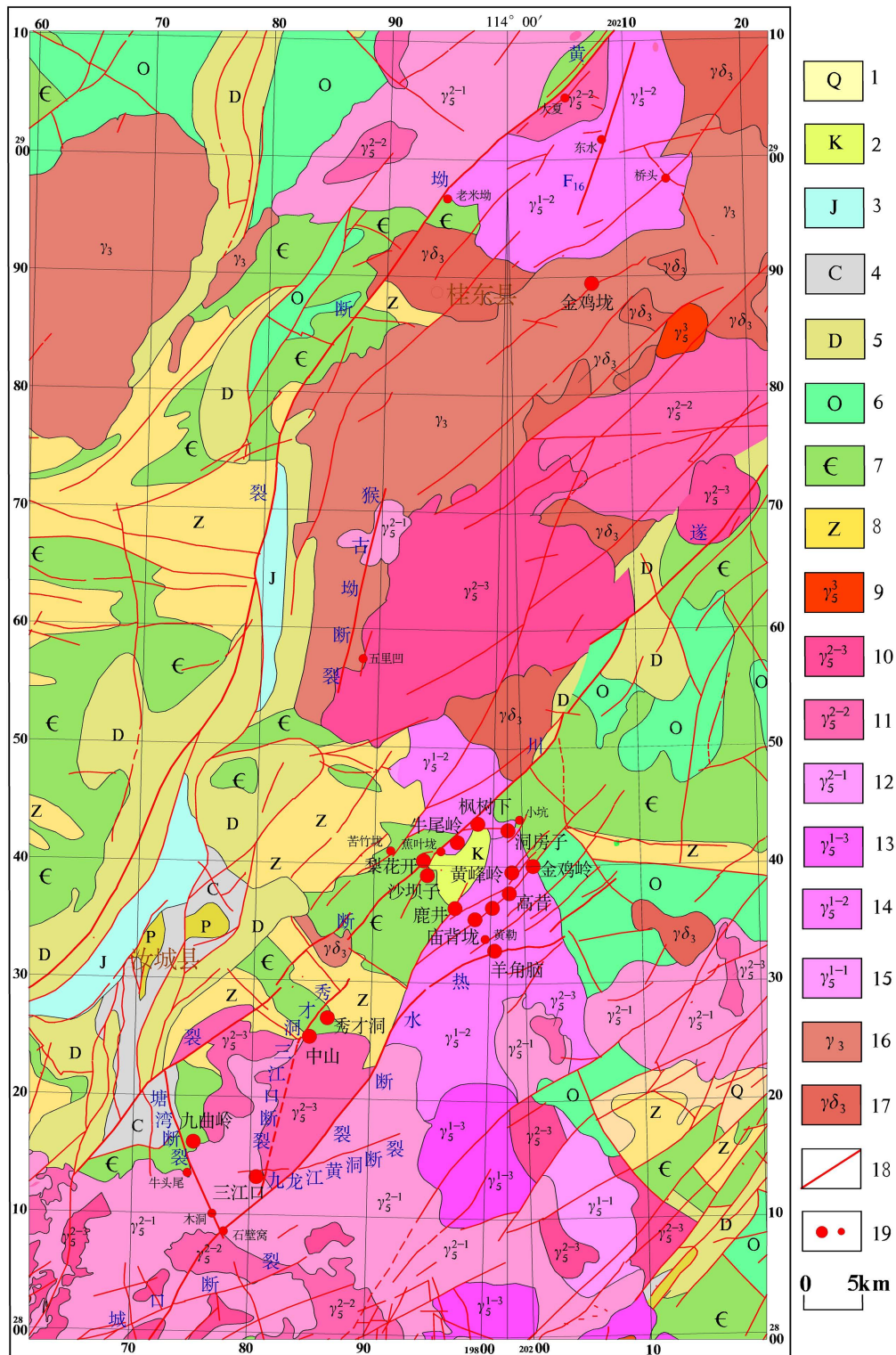


1-江南地背斜; 2-闽赣粤加里东隆起; 3-后加里东隆起边缘; 4-湘桂粤北海西-印支拗陷; 5-产铀花岗岩; 6-断裂

Figure 1. Schematic diagram of the location of the earth structure in the study area
图 1. 研究区大地构造位置示意图

Table 2. Classification of intrusion periods of the middle and northern sections of the Zhuguangshan rock mass
表 2. 诸广山岩体中北段岩体侵入期次划分表

期	阶段	代号	主要岩性	代表性岩体
燕山晚期		β_5^3 、 χ_5^3	辉绿岩、煌斑岩	
		τ_5^3 、 ρ_5^3	细晶岩、伟晶岩	
		$\gamma\pi_5^3$ 、 $\lambda\pi_5^3$	花岗斑岩、石英斑岩	
燕山早期		γ_5^3	细粒白(二)云母花岗岩	算坪山
	第三阶段	γ_5^{2-3}	细粒黑(二)云母二长花岗岩	中棚
	第二阶段	γ_5^{2-2}	中粒二云母花岗岩	鹅形、谭官坝、下洞
印支期	第一阶段	γ_5^{2-1}	中粗粒斑状黑云母二长花岗岩	九峰
	第三阶段	γ_5^{1-3}	中粒白(二)云母二长花岗岩 中细粒二云母二长花岗岩	乐洞、小坑
	第二阶段	γ_5^{1-2}	中粗粒黑云母二长花岗岩	热水-文英、淋洋、大窝子
加里东期	第一阶段	γ_5^{1-1}	中细粒白(二)云母花岗岩	
		$\gamma\delta_3$	黑云母花岗岩闪长岩	汤湖、寨前、桂东、上堡
		$\delta\delta_3$	石英闪长岩	益将、流溪



1-第四系; 2-白垩系; 3-侏罗系; 4-石炭系; 5-泥盆系; 6-奥陶系; 7-寒武系; 8-震旦系; 9-燕山晚期花岗岩; 10-燕山早期第三阶段花岗岩; 11-燕山早期第二阶段花岗岩; 12-燕山早期第一阶段花岗岩; 13-印支期第三阶段花岗岩; 14-印支期第二阶段花岗岩; 15-印支期第一阶段花岗岩; 16-加里东期花岗岩; 17-加里东期花岗岩闪长岩; 18-断裂构造; 19-铀矿床(点)

Figure 2. The geological sketch of the north-central part of Zhuguang rock mass
图 2. 诸广岩体中北部地质简图

研究区中部和南部主要为印支 - 燕山期岩体, 北部广泛出露加里东期花岗岩。其中印支 - 燕山期岩体与铀成矿关系密切, 铀含量高达 $(16\sim 19.8) \times 10^{-6}$, 为一般花岗岩类岩石平均铀含量的 4~5 倍。印支期岩体以黑云母二长花岗岩和二云母二长花岗岩为主, 燕山期岩性变化范围大、演化充分, 晚期有很多花岗岩株、岩脉侵入早期岩体中。受加里东、印支、燕山、喜马拉雅运动影响, 褶皱、断裂发育, 铀矿化主要受断裂控制。

研究区内褶皱主要由新元古界及下古生界组成(加里东期褶皱), 褶皱轴展布方向主要为北西向($300^{\circ}\sim 310^{\circ}$)为主, 大多数褶皱被北东、北北东向断裂切割破坏, 分割成数段, 形态多不完整。被卷入褶皱的岩层普遍发生深埋低级变质, 层内小褶皱和顺层板劈理发育。

区内断裂发育, 主要可分北东向、北北东向、北东东向、北西向、近南北向及近东西向断裂。北东向断裂规模较大的有黄坳断裂、遂川断裂、热水断裂, 为区域性控矿断裂带。北北东向断裂主要有三九地区的秀才洞 - 三江口断裂, 五里凹地区的猴古坳断裂, 东水地区的 F_{16} 号带。规模较大的北东东向断裂有城口断裂、九龙江 - 黄洞断裂等。北西向断裂主要有九曲岭地区的塘湾断裂、发育于岩体西外带的层间破碎带(沙坝子矿床 F_{23} 号带组)、硅质胶结角砾岩带等, 外带层间破碎带多沿褶皱轴平行产出, 为层间硅化带或硅化角砾破碎带, 断裂由硅质角砾岩、碎裂岩、脉石英及网状石英脉组成, 断裂类型为逆冲断层。

2. 铀成矿地质条件

2.1. 大地构造位置有利

研究区位于南华活动带武功 - 诸广断隆区, 在壳幔结构上, 处在桂东、九龙脑、九峰幔凹与周田幔隆的过渡部位。这一特殊的大地构造位置, 既是地壳结构的“变异区(带)”, 又是铀及其他元素活化迁移的地球化学“变异区(带)”, 为岩体的形成演化、构造的发生与发展、铀多金属元素的活化迁移与成矿作用创造了非常有利的条件, 从而形成了诸广山中北部铀多金属矿聚集区[2]。

2.2. 有利的地层岩性

研究区内大面积出露的震旦 - 寒武系地层, 是一套巨厚的复理石含炭、硅、泥岩建造, 其厚度为 7~13 km, 铀含量一般为 $(4\sim 6) \times 10^{-6}$, 局部达到 $(20\sim 30) \times 10^{-6}$, 是本区的富铀层, 是产铀岩体的富铀基底。

2.3. 有利的构造体系

构造 - 岩浆活动频繁, 持续、频繁的构造岩浆活动不仅为热液改造作用和成矿热液的形成提供了必要的热源, 也造成岩体内部物理化学性质及结构的复杂化, 为尔后的构造继承发展、矿液积聚和铀的沉淀提供必要的条件。

2.4. 有利的热液活动

多期的热液活动造成强烈的围岩蚀变和铀的活化, 主要蚀变有碱交代、白云母化、绿泥石化和水云母化(绢云母化)等。多期次蚀变作用形成了多个铀的活化区。沿断裂有多次构造热液活化, 使铀由面状向带状转移, 形成分布广泛的铀活化区。这种强烈而广泛的铀活化为铀成矿提供了丰富的矿质来源。多期次蚀变叠加, 激活了岩石及早期铀矿中铀的活化迁移, 使区内活性铀增多, 为铀的再成矿创造了条件。

2.5. 有利的矿床系列

研究区内产出多个铀矿床及多金属矿床, 形成大型铀、钨、钼、锡等的矿化集中区。鹿井铀矿田是华南地区重要的花岗岩型铀矿田, 铀资源量大, 且成矿潜力巨大。三九地区和诸广山岩体北部铀矿床勘查也取得了较大突破和进展。

2.6. 研究区近几年勘查成果突出

2.6.1. 三九地区矿田级规模已初具雏形

汝城县中山一秀才洞矿区铀矿普查估算 333 + 334 铀资源量已超大型规模, 有望发展为大型铀矿床; 湖南省汝城县三江口 - 九曲岭地区的九曲岭、三江口矿区各提交了 1 个中型铀矿床, 两矿区周边的牛头尾、木洞、石壁窝等矿点找矿潜力好[3]。

2.6.2. 鹿井矿田西南部地区项目找矿前景很好

汝城县刘家坑 - 百担丘矿区已提交一个中型铀矿床[4]; 庙背垅矿区已提交一个小型铀矿床, 且区内发现了构造蚀变岩型、煌斑岩脉型、交点型三种矿化类型的工业铀矿[5]。新发现的蕉叶垄、黄勒、小坑、苦竹垄等铀矿点找矿潜力好。

2.6.3. 研究区工作程度不均衡, 需要加强岩体北部的研究工作

以往对鹿井矿田开展了铀资源潜力评价研究, 圈定了找矿靶区, 并估算了资源量, 但评价范围仅限于鹿井铀矿田, 北部至桂东地区未开展评价工作。近几年在桂东地区新发现了金鸡垌铀矿产地, 桥头、东水、大夏、老米坳等铀矿点[6]。诸广山岩体北部急需开展靶区评价工作, 为下一步找矿勘查提供依据和找矿方向。

3. 找矿靶区优选

综观找矿历史, 总结国内外找矿靶区优选的方法, 主要有经验类比法、综合信息法和数学模型等。在具体工作中, 这三种方法通常结合在一起使用。经验类比法, 主要是把被选靶区与已知的矿床之间的相似类比以及被选靶区相互之间的优劣对比排序, 以已有的找矿经验为基础的, 利用经验类比对找矿靶区进行筛选和优劣排序具有一定的可靠性及可行性。经验类比法可分为地质类比法和人工智能法两种。国外已建立用于靶区评价和优选的专家系统如美国的斯坦福大学的 Prospector、美国地质调查所的 mu.PROSPECTOR 系统等, 国内有段中会研制的阿舍勒型多金属矿床预测评价专家系统、王世称的综合信息金矿预测专家系统、赵鹏大的大中比例尺矿床统计预测专家系统等。综合信息法, 是将地质、遥感、地球物理、地球化学等不同方面获取的多源地学信息经进一步的优化、加工处理后, 转化为相互关联的间接信息, 进而对靶区的优劣性做出评判的方法。数学模型法, 是指在地质特征及成矿规律研究的基础上, 通过对有关的地质变量, 矿化信息特征与矿床成矿可能性大小及成矿规模在量值上的内在关系的分析, 构置或选择一定的数学模型, 进而利用数学模型对靶区(单元内)内可能形成的矿床数量及成矿的规模大小进行定量的估计, 从而达到靶区优选的目的的方法。

国内铀矿找矿靶区优选及资源潜力评价工作, 主要有北京核工业地质研究院完成的“全国铀矿资源潜力评价工作进展与主要成果”[7]。全过程使用 GIS 技术, 全国范围内圈定铀矿预测大区, 预测铀资源量; 在铀矿床类型、成矿区带划分、地物化遥综合信息及铀成矿规律研究等方面取得了创新性成果, 首次实现了铀矿资源潜力的数字化和信息化评价。

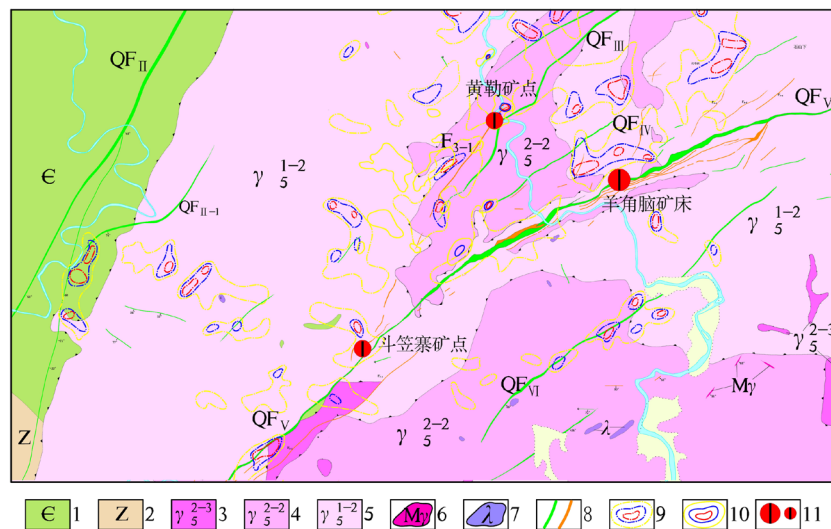
随着现代科学技术的快速发展, 地质、地球物理、地球化学与遥感技术相结合的多元信息综合找矿应用取得了较好效果[8]。本文主要是依托中国地质调查局发展研究中心“整装勘查区找矿预测与技术应用示范”基金项目[9], 按照“全国矿产潜力评价”的方法, 并结合专家法略作调整, 采用综合信息地质单元法, 并利用预测要素叠加, 对“湖南省诸广山岩体中部铀矿整装勘查区”进行铀矿找矿靶区优选及资源潜力评价。通过矿床预测类型划分→矿产预测类型区域预测要素的确定→建模与信息提取→预测要素变量的构置与选择→预测区圈定→预测区优选[10]。在圈定预测区时, 根据要素的实际情况, 根据它们

之间的相互关系进行组合,从而圈定出找矿靶区。通过研究优选找矿有利靶区主要有:羊角脑找矿靶区(边深部)、小坑找矿靶区、五里凹找矿靶区、桥头找矿靶区。

3.1. 羊角脑靶区

羊角脑靶区(图3)位于鹿井矿田 NNE 向的 QF_V 硅化断裂带与 NE 向的 QF_{III}、QF_{IV} 硅化断裂带组成的斜“Y”字形构造复合部位。出露地层为震旦-寒武系。为印支-燕山期复式花岗岩分布区。

QF_V 号构造蚀变带发现有羊角脑矿床, QF_{III} 号构造蚀变带新发现有黄勒矿点, QF_{III} 与 QF_V 交汇部位新发现斗笠寨矿点[10]。羊角脑矿床西南外围与黄勒矿点、斗笠寨矿点组成多组向构造交汇区、多期次岩体发育区,区内水化学异常发育,地表伽玛异常发育,铀成矿地质条件优越。该区找矿前景较好,深部值得钻探验证,寻求新的资源量。



1-寒武系; 2-震旦系; 3-燕山早期第三阶段细粒少斑黑云母二长花岗岩; 4-燕山早期第二阶段中细粒(斑状)二云母二长花岗岩; 5-印支期第二阶段中粗粒似斑状黑云母二长花岗岩; 6-细粒、细晶花岗岩脉; 7-碱交代岩; 8-石英硅化断裂带、硅化角砾岩带; 9-铀水偏高晕(黄)、高场晕(蓝)、异常晕(红); 10-铀伽玛偏高晕(黄)、高场晕(蓝)、异常晕(红); 11-铀矿床(点)

Figure 3. Geological sketch map of Yangjiaonao area

图3. 羊角脑地区地质简图

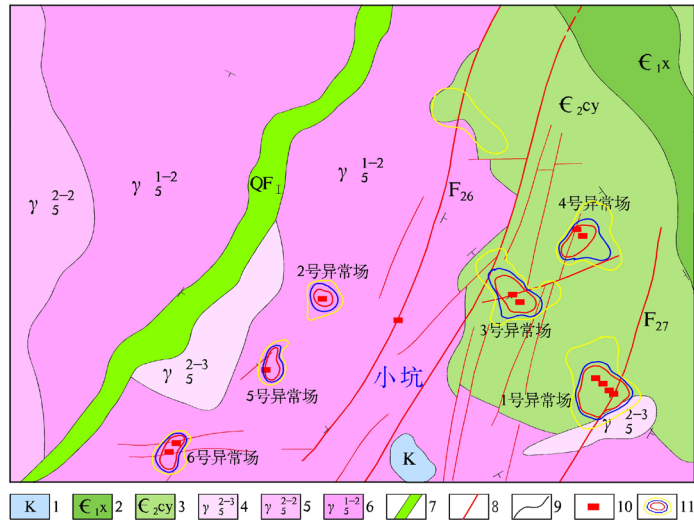
3.2. 小坑靶区

小坑靶区(图4)伽玛异常发育,构造发育,围岩蚀变强,控矿构造主要为 QF_I 号带及其上盘的次级构造。F₂₇ 号带经地表工程揭露,证实有较好工业矿体赋存,控制铀矿化带长约 1 km; 上下盘碎裂蚀变范围也比较宽,围岩蚀变主要有硅化、黄铁矿化、褐铁矿化、草绿色水云母化、赤铁矿化、绿泥石化等,并见有黄绿色钙铀云母、翠绿色铜铀云母等次生铀矿化明显特征。F₂₆ 号带等北北东向、北东向及北东东向次级构造带有一定规模,地表出露也比较好。该区成矿地质条件与 QF_I 号带控制的牛尾岭、枫树下铀矿床相似,铀成矿条件有利。QF_I 号带及其上盘的次级构造夹持部位具有找矿潜力,建议对 F₂₇ 号带沿深部、走向进行钻探验证[10]。

3.3. 五里凹靶区

靶区位于诸广山岩体中部,北北东向猴古坳断裂带及上、下盘部位(图5)。区内主要出露燕山早期花岗岩,均为诸广山地区铀成矿有利岩体。区内断裂构造发育,规模大小不等,展布方向不同,物质成份

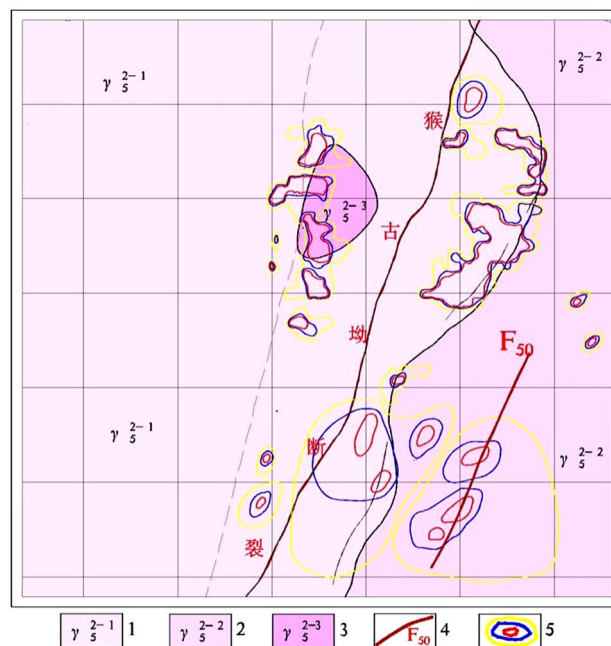
复杂。而规模较大控矿性较为明显的为北北东向猴古坳硅化角砾岩带，在其上、下盘附近发育有北北东向、北东向次级构造。多组、多向的断裂构造复合交切，形成了一系列的菱形、三角形等不同组合形态的断块、圈围区，为铀成矿提供了良好的构造条件。F₅₀ 硅化角砾岩带主要由中晶、细晶石英组成，两侧见有硅化角砾岩，角砾成分为花岗岩和块状石英，上下盘为碎裂蚀变花岗岩。



1-白垩系；2-寒武系香楠组；3-寒武系茶园头组；4-燕山早期第三阶段花岗岩；5-燕山早期第二阶段花岗岩；6-印支期第二阶段花岗岩；7-硅化断裂带；8-硅化构造角砾岩带及编号；9-地质界线；10-伽玛异常点；11-轴偏高场(黄)高场(蓝)异常场(红)

Figure 4. Comprehensive geophysical prospecting map of Xiaokeng area

图 4. 小坑地区地质物探综合图



1-燕山早期第一阶段花岗岩；2-燕山早期第二阶段花岗岩；3-燕山早期第三阶段花岗岩；4-硅化构造角砾岩带及编号；5-轴偏高场(黄)高场(蓝)异常场(红)

Figure 5. Geological and geophysical prospecting map of Wuliao area

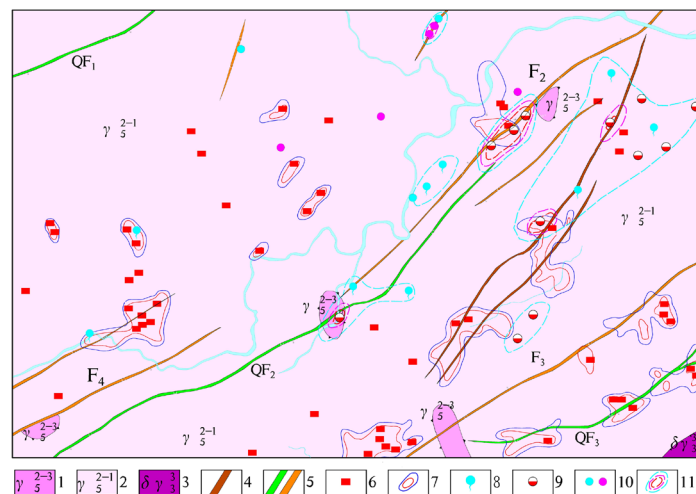
图 5. 五里凹地区地质物探综合图

五里凹靶区伽玛异常场主要沿 F_{50} 构造角砾岩带及其上盘次级构造展布, 异常场长为 600 m, 宽度为 50~60 m, 异常场严格受构造控制, 异常点密集分布形成异常带, 长度超过 20 m, 测量最大值为 3300×10^{-6} 。本异常场表现为呈矿伽玛场, 在异常点带附近发现大量次生铀矿物。该靶区铀矿化主要受 F_{50} 带控制。以往经槽探揭露见厚 1.10 m, 品位 0.063% 铀矿, 矿体赋存在构造带下盘的碎裂蚀变花岗岩内, 水云母化、赤铁矿化、绿泥石化发育, 见有鳞片状的铜铀云母。具有很好的成矿远景[6]。

3.4. 桥头靶区

靶区位处黄坳断裂与汤湖断裂的夹持区内, 属航放预测 I 级铀成矿远景区。区内主要出露燕山早期第一、第三阶段花岗岩, 均为诸广山地区铀成矿有利岩体, 另有两条 NNE 向近平行展布的煌斑岩脉。区内的断裂构造多呈北东、北东东向展布, 以硅化带、硅化角砾岩带为主, 并控制小岩体、岩脉的展布, 断裂两侧围岩有不同程度的破碎蚀变现象, 且节理裂隙发育, 主要有 F_2 、 F_3 、 F_4 号硅化角砾岩带及 QF_2 、 QF_3 石英硅化带(图 6)。

区内伽玛异常发育, 异常点、异常场多沿断裂构造分布。放射性水化学异常面积大、强度高。 F_2 号硅化角砾岩带为区内主要的控矿、含矿构造。该带地表出露长约 5.4 km, 宽 0.6~4 m, 局部宽达 7 m, 走向北东, 倾向北西, 倾角 $57^\circ \sim 70^\circ$ 。带内主要成分为花岗质角砾岩, 充填有白色、烟灰色石英细脉, 热液蚀变后形成硅化角砾岩。绿泥石化、水云母化、硅化较强, 局部见有杂色玉髓脉、紫色萤石和团块状的黄铁矿化, 还见有钙铀云母等次生铀矿。沿构造带及上、下盘有大面积的伽玛异常及水化异常分布。建议对该区查明放射性水化异常源头, 开展伽玛能谱、伽玛总量等物探综合剖面测量开展深部钻探验证, 了解中深部矿化前景, 评价该区铀资源潜力[6]。



1-燕山早期第三阶段细粒少斑黑云母花岗岩; 2-燕山早期第一阶段中粗粒黑云母花岗岩; 3-加里东期第三阶段中粒少斑黑云母花岗岩; 4-煌斑岩脉; 5-石英硅化带; 6-硅化角砾岩带; 7-伽玛异常点; 8-伽玛偏异常场; 9-下降泉异常点; 10-水化异常点; 11-II - III 级铀水异常点; 12-水化异常晕

Figure 6. Comprehensive results of geophysical and geochemical exploration in Qiaotou target area

图 6. 桥头靶区地质物化探综合成果图

4. 结论

诸广山岩体中北部具有优越的成矿地质背景, 该区处于区域断裂构造旁侧或夹持交汇区, 富铀岩体和富铀地层发育; 处于不同期次花岗岩或变质岩与花岗岩的接触带附近; 处于不同方向断裂构造的复合地段, 控矿断裂或次级断裂发育, 对矿床、矿点及矿体控制明显; 多期次多阶段的热液蚀变种类多、分

布范围广、叠加复合,近矿围岩蚀变强度高;铀矿化线索清晰,地面、浅部及深部矿化空间延伸稳定。下一步工作关键需要加强已发现规模较大矿化体定位机制的研究,提出重点找矿位置和找矿方向[11];所优选的4个靶区具有有利的铀成矿地质条件,值得进一步开展地质找矿工作。

致 谢

文中引用的一些数据、成果,主要来自近年湖南省核工业地质局二零二大队(东华理工大学、核工业北京地质研究院)承担的有关科研、地质调查及矿产勘查项目。文章为湖南省核工业地质局“诸广山岩体中部铀矿找矿远景区及靶区评价”科技项目部分成果,是课题承研单位湖南省核工业地质局二零二大队项目组集体智慧的结晶。成文过程中得到了课题组长的悉心指导,其他专家给予了宝贵的意见,在此一并表示诚挚的感谢。

基金项目

中国地质调查局发展研究中心整装勘查区关键基础地质研究、整装勘查区专项填图与技术应用示范项目(编码:12120114052301)。

参考文献

- [1] 张金带,戴民主,刘翔,等.中南铀矿地质志[M].北京:中国核工业地质局,2005.
- [2] 蔡煜琦,张金带,李子颖,等.中国铀矿资源特征及成矿规律概要[J].地质学报,2015,89(6):1051-1069.
- [3] 姜必广,何友宇,陈雄,等.“三九”地区三江口铀矿床成矿作用及成矿模式[J].铀矿地质,2017,33(5):266-272.
- [4] 肖振华,肖健健,罗晨,等.湖南省汝城县刘家坑-百担丘地区铀多金属矿普查报告[R].湖南省核工业地质局二零二大队,2016.
- [5] 肖健健,肖振华,张新明,等.湖南省汝城县庙背垅地区铀矿普查报告[R].湖南省核工业地质局二零二大队,2019.
- [6] 肖振华,王自平,李春华,等.湖南省桂东县五里凹-桥头地区铀矿地质调查成果报告[R].湖南省核工业地质局二零二大队,2019.
- [7] 张金带,李子颖,蔡煜琦,等.全国铀矿资源潜力评价工作进展与主要成果[J].铀矿地质,2012,28(6):321-326.
- [8] 卢宇,李师兰,余成就,熊晓明.地质异常理论在找矿靶区优选与评价中的应用——以新疆“305”项目《阿其克布拉克-梧桐沟-带金铜成矿靶区优选与评价》为例[J].地质与勘探,1996(1):7-12.
- [9] 吴治南,肖振华,刘翔,等.湖南省诸广山岩体中部铀多金属矿整装勘查区专项填图与技术应用示范报告[R].湖南省核工业地质局二零二大队,2016.
- [10] 肖振华,刘学文,肖健健,等.湖南省诸广山岩体中部铀矿整装勘查区矿产调查与找矿预测子项目成果报告[R].湖南省核工业地质局二零二大队,2019.
- [11] 孙培周,刘建权,王纪昆,等.智利第三大区黑港一带铁铜矿成矿机理与靶区优选[J].新疆有色金属,2017,40(5):15-17.