

# 衡阳盆地西缘卧龙岗铀矿床成矿地质特征

王卡<sup>1,2</sup>, 姜必广<sup>1,2</sup>, 陈旭<sup>1,2</sup>, 周锡平<sup>1,2</sup>, 何友宇<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>湖南省地质地理信息所, 湖南 长沙

<sup>2</sup>铀矿勘查技术湖南省工程研究中心, 湖南 衡阳

收稿日期: 2023年7月28日; 录用日期: 2023年9月13日; 发布日期: 2023年9月20日

## 摘要

卧龙岗铀矿床位于衡阳盆地西缘关帝庙岩体南侧外接触带, 是衡阳地区少有的花岗岩外接触带亚类型铀矿床。放射性物探测量显示, 区内寒武系香楠组是主要富铀和含铀层。该矿床为中低温热液成因, 发育硅化破碎带型和脉体充填型两种铀矿化。矿床赋矿围岩为香楠组地层, 矿体多呈脉状、网脉状、透镜状。云煌岩脉为铀成矿提供一定热源、还原性挥发分, 是重要控矿岩脉。以往勘查成果显示, 矿区成矿地质条件良好且铀矿勘查前景巨大。

## 关键词

花岗岩外带型, 铀矿床, 矿体, 关帝庙岩体, 衡阳盆地

# Metallogenic Geological Characteristics of the Wolonggang Uranium Deposit in the Western Margin of the Hengyang Basin

Ka Wang<sup>1,2</sup>, Biguang Jiang<sup>1,2</sup>, Xu Chen<sup>1,2</sup>, Xiping Zhou<sup>1,2</sup>, Youyu He<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Geological and Geographic Information of Hunan Institute, Changsha Hunan

<sup>2</sup>Hunan Engineering Research Center of Uranium Exploration Technology, Hengyang Hunan

Received: Jul. 28<sup>th</sup>, 2023; accepted: Sep. 13<sup>th</sup>, 2023; published: Sep. 20<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

The Wolonggang uranium deposit is located in the Southern contact zone of the Guandimiao pluton in the western margin of the Hengyang basin. It is a rare perigranitic subtype uranium deposit in the Hengyang area. The radiogeophysical survey shows that the Cambrian Xiangnan formation

in the area is the main uranium-rich and uranium-bearing stratum. The deposit is of medium-low temperature hydrothermal origin and is characterized by two subtypes of uranium mineralization: silicified fracture type and vein type. The host-rock of the deposit is the Xiangnan formation, and the ore bodies are mostly vein shaped and lenticular. The host-rock is Xiangnan formation, and the ore bodies mostly occur as veins, network veins, and lenticulars. The minette vein is an important ore-controlling vein, which provides certain heat-source and reduces volatiles for uranium mineralization. Previous exploration results show that the mine area has good geological conditions for mineralization and great prospects for uranium exploration.

## Keywords

Granite Contact Zone Subtype, Uranium Deposits, Ore Body, Guandimiao Pluton, Hengyang Basin

Copyright © 2023 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/>



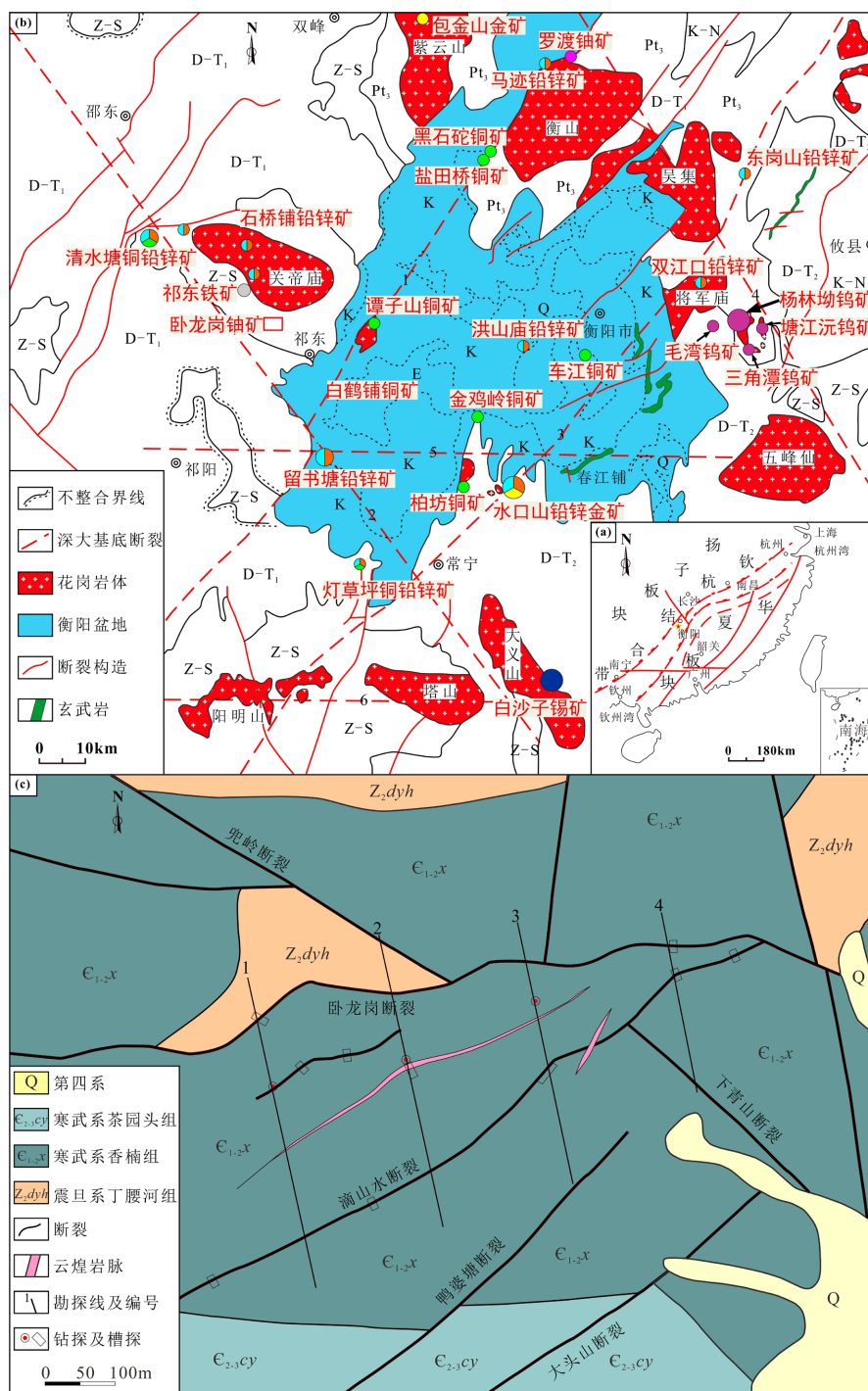
Open Access

## 1. 引言

衡阳盆地属于华南典型中生代陆源碎屑沉积红盆，大地构造位置位于钦杭成矿带中部与南岭东西向构造-岩浆带中段交汇区，是湘中知名的铀多金属矿、非金属矿集区[1]。该红盆矿产资源丰富，已发现矿产 68 种，已探明储量的有 51 种，探明矿产地 131 处，累计探明各种矿产资源总量约  $130 \times 10^8$  t [2]。衡阳盆地及周边盛产各类铀矿床，知名矿床有汪家冲砂岩型铀矿床、毛荷殿花岗岩型铀矿床、罗渡碱交代岩型铀矿床、柏坊砂岩型铜铀矿床等，世界著名的水口山铅锌矿床也伴生有丰富的铀矿资源(图 1(a)，图 1(b)) [1] [3] [4]。这些矿床不仅为我国工业尤其是核工业事业的发展提供了宝贵矿产资源，还表明衡阳盆地具有很好的铀成矿地质背景。前人在卧龙岗矿区开展了大量普查工作，基本查明卧龙岗矿床的铀矿化特征及空间产出规律，提交了一中型铀矿床，然而矿床成因、矿床模式尚不清楚，制约了矿区后期勘查工作。本文在前人工作基础上，简要介绍衡阳盆地西缘卧龙岗铀矿床成矿地质特征，探讨了矿床成因和成矿模式，以期为区域铀矿勘查提供参考。

## 2. 区域地质背景

卧龙岗铀矿床由原省核工业局三〇六大队(现湖南省地质地理信息所)经长期勘查发现，矿区行政区划属于祁东县洪桥镇，位于印支-燕山期关帝庙花岗岩复式岩体南侧外接触带(图 1(b)，图 1(c))。矿区及周边地层总体走向呈北西向，矿区内出露地层主要有第四系(Q)，寒武系中统茶园头组( $C_{2-3cy}$ )及下统香楠组( $C_{1-2x}$ )，震旦系下统丁腰河组( $Z_2dyh$ )等。震旦-寒武系主要为浅海相、滨海相碳泥质、钙硅质及碳酸盐沉积建造；第四系主要为分布于低洼地形的松散冲积物、堆积物。矿区区域上经历了加里东运动、印支运动和燕山运动，区内构造经多期活动交叉复合，形迹繁杂，主要发育多走向断裂，以近 EW 向和 NE 向为主，NW 向次之(图 1(c))，大型褶皱不发育，仅在断裂附近发育小型褶皱或褶曲。矿区主含矿构造为近 EW 向的卧龙岗断裂，呈蛇曲状展布，在矿区东段大致呈北西走向，在西段大致呈近东西。构造带延伸长 3700 m，倾向南，倾角  $31^\circ \sim 80^\circ$ ，宽 0.5 m~10 m 不等。构造岩为硅质岩、脉石英、碳质泥岩等碎岩，局部为铁质、硅质胶结，胶结致密。次级断裂也较发育，呈雁行状排列，并充填有云斜煌斑岩(以下简称云煌岩)脉(图 1(c))。前人根据卧龙岗断裂与其他断裂交错关系、走向与关帝庙复背斜轴向平行，认为该断裂属印支期构造活动产物[5]。印支晚期(239~223 Ma)幔源岩浆底侵混合部分熔融地壳形成的岩浆侵入



**Figure 1.** Geotectonic location map of the Hengyang basin (a), Schematic map of the Hengyang basin (b) [1] and the main mineralized section in the Wolonggang mining area (c)  
**图 1.** 衡阳盆地大地构造位置图(a)、衡阳盆地(b) [1]及卧龙岗矿区主要矿段(c)地质简图

关帝庙复背斜核部，形成关帝庙花岗岩岩基[6] [7]。岩体内还发育有晚期花岗斑岩、细粒花岗岩和辉绿岩脉等[8]。矿区热液活动较频繁，矿前期脉体活动最发育，成矿期、矿后期脉体都不太发育。矿前期、矿后期以灰白色、浅色中细微晶石英脉为主，成矿期以暗红色、杂色微晶石英脉和紫黑色萤石细脉和/或团

块为主。矿区及周边矿产资源较为丰富，矿种主要有铀、铁、煤、铅、锌、银、重晶石、锑、金等，其中较著名的有祁东铁矿和清水塘铅锌矿。

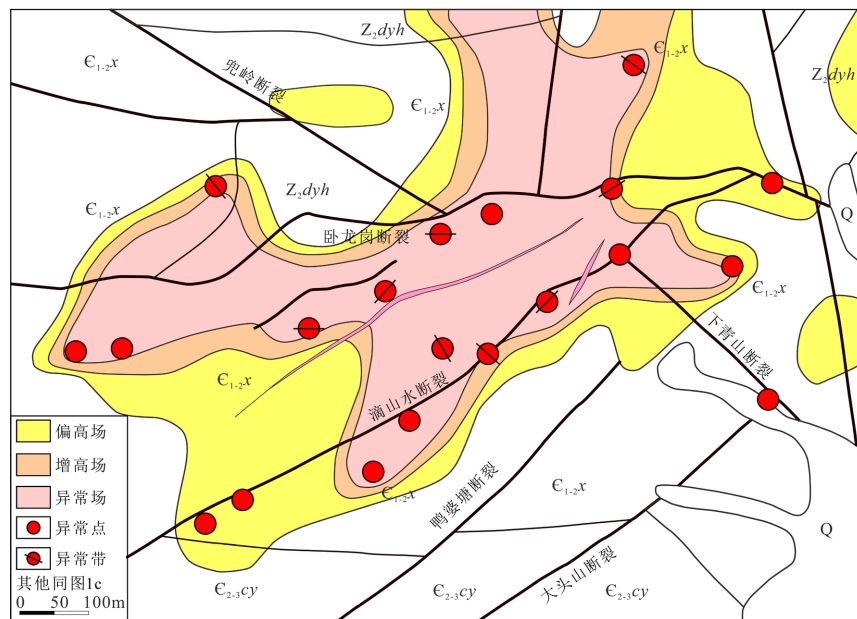
### 3. 放射性地球物理特征

#### 3.1. 伽玛场分布特征及响应分析

根据矿区伽玛总量测量实际材料图，对各地层伽玛总量背景值进行了统计和计算(表 1)。表 1 数据显示，寒武系香楠组( $C_{1-2x}$ )地层伽玛特征数明显高于其它地层，表明该地层含铀丰度高但分布极不均匀，是本区的主要含铀层。根据表 1 各地层的伽玛底数加 1~3 倍标准差  $\delta$  圈出矿区相对伽玛总量相对等值图，结果显示伽玛场均受断裂控制，沿香楠组地层中断裂分布。矿区规模最大的伽玛场沿卧龙岗断裂分布，形态复杂的三级场相伴出现，是矿区异常点带最为集中(点 14 个，带 8 条，累积长度 1193 m)的矿化地段。此外，在滴山水断裂和卧龙岗断裂夹持部位的云煌岩脉中也形成突出的异常场(图 2)。

**Table 1.** Statistical calculation results of total gamma isoline in the Wolonggang mining area  
**表 1.** 卧龙岗矿区地层伽玛总量统计计算结果

地层	平均值 (X)	标准差 ( $\delta$ )	变异系数 (%)	偏高场 (X + $\delta$ )	增高场 (X + 2 $\delta$ )	异常场 (X + 3 $\delta$ )
$C_{1-2x}$	26.0	7.7	29.62	34	41	49
$C_{2-3cy}$	23.5	5.1	21.70	29	34	39
Z	15.9	2.9	18.24	19	22	25



**Figure 2.** Schematic map of relative equivalence of total gamma in the main mineralized section of the Wolonggang mining area

**图 2.** 卧龙岗矿区主要矿段伽玛总量相对等值示意图

#### 3.2. 异常点带分布特征

以往铀矿勘查将低于  $300 \times 10^{-6}$ 、 $300 \times 10^{-6} \sim 1000 \times 10^{-6}$ 、大于  $1000 \times 10^{-6}$  的铀异常分别称为低值异

常、中值异常和高值异常。在卧龙岗矿区发现的 34 个异常中, 低值异常 22 个, 占 64.71%, 中值异常 12 个, 占 39.29% (表 2)。通过 1:5000 伽玛总量测量, 共发现异常带 13 条, 累计长 1834 m, 均产于  $C_{1-2x}$  地层中, 其中有 6 条为中值异常带, 7 条为高值异常带。异常带主要受近 EW 向卧龙岗断裂、NE 向滴水山断裂、 $C_{1-2x}$  地层中层间破碎带和云煌岩脉控制。区内绝大多数异常点和主要异常带集中在  $C_{1-2x}$  地层中, 再次表明该地层是区内有利铀成矿层。

**Table 2.** Distribution characteristics of abnormal points in the Wolonggang mining area

**表 2.** 卧龙岗矿区地层伽玛总量统计计算结果

地层	低值异常		中值异常		合计	
	数量(个)	占比(%)	数量(个)	占比(%)	数量(个)	总占比(%)
$C_{1-2x}$	21	61.76	11	32.35	32	94.12
$C_{2-3cy}$	1	2.94	1	2.94	2	5.88
小计	22	64.71	12	39.29	34	100.00

## 4. 矿床地质特征

### 4.1. 铀矿化

卧龙岗铀矿床属于花岗岩外带型, 根据矿体产出特征、岩矿组合、矿石结构构造及成矿作用等特征, 区内铀矿化又可划分为硅化破碎带型和脉体充填型两类。硅化破碎带型为矿床内的主要矿化类型, 以外接触带变质岩中的矿化为主。沥青铀矿、水铝英石、黄铁矿呈脉状充填于断裂破碎带内, 以硅化角砾岩中最常见, 沥青铀矿呈细脉状、网脉状、串珠状、团块状产在蓝色的水铝英石脉中或烟灰色胶状黄铁矿中, 铀矿脉一般长 1 m~2 m, 宽 2 m~3 cm。铀矿化与蓝色的水铝英石, 烟灰色粉末状、浸染状黄铁矿关系密切。脉体充填型以接触带内带为主, 在构造带内充填多期脉体, 沥青铀矿呈细脉状, 充填在中温白色块状石英脉边缘及杂色微晶石英脉之间。铀矿脉一般长 0.2 m~0.5 m, 宽 1 m~3 cm, 不连续, 断续出现。铀矿化与赤铁矿化、萤石化关系密切。

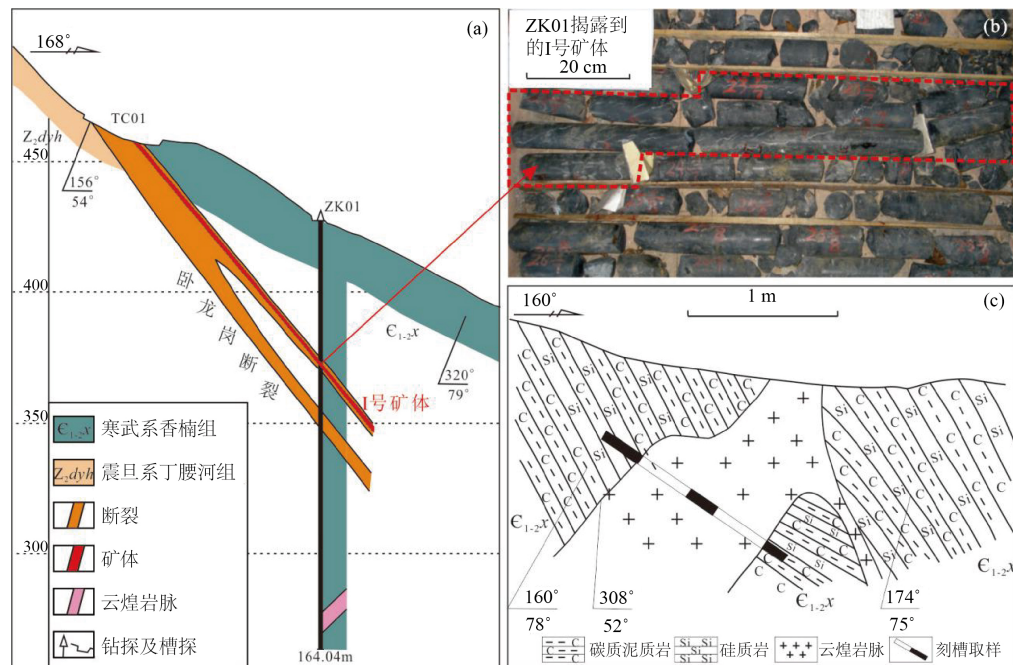
### 4.2. 铀矿体

卧龙岗矿区通过普查已控制异常带 13 条, 异常带总长 1874 m, 圈定矿体 4 个, 集中分布在矿区卧龙岗至滴水山一带。铀矿化类型按产出特征可分为碎裂蚀变岩型和脉体充填型, 以产于外接触带的断裂破碎带中为主。铀矿体严格受构造控制, 产状与构造基本一致, 多呈脉状、透镜状和网脉状产出。I 号矿体: 受卧龙岗断裂控制, 矿脉长大于 1000 m, 宽 0.65 m~1.62 m, 经地表及浅部揭露, 已圈定矿体长 450 m, 见矿标高 505 m~151 m, 矿体主要呈脉状(图 3(a), 图 3(b))。II 号矿体: 受滴水山断裂控制, 矿脉长 400 m, 宽 0.5 m~3.1 m, 走向 NE30°, 倾向 NW, 倾角 60°~75°。地表异常断续长 300 m, 圈定矿体长 150 m, 矿体主要呈脉状。III 号矿体: 受卧龙岗断裂次级构造控制, 矿脉长 100 m, 宽 1.3 m~5.5 m, 倾向 NW, 倾角 65°~75°。地表异常断续长 200 m, 圈定矿体长 100 m, 矿体呈脉状。IV 号矿体: 受云煌岩脉控制(图 3(c)), 矿脉长 430 m, 宽 2.1 m~4.4 m。经地表及浅部揭露, 已圈定矿体长 260 m, 矿体主要呈脉状。

### 4.3. 铀矿石

矿石结构主要为细粒、胶状、隐晶质结构, 含次生矿物较多矿石一般为片状、鳞片状及粉末状。尽管矿石围岩差异明显、矿体形态各异, 但矿石内部构造基本相似, 主要有块状、脉状、网脉状及角砾状。





**Figure 3.** Sketch section of No. 1 exploration line (a), photo of orebody-I (b), uranium mineralized sample, and minette vein of prospecting trench (c) in the Wolonggang mining area

**图 3.** 卧龙岗矿区 1 号勘探线剖面示意图(a), 1 号矿体矿心照片(b), 探槽中云煌岩脉、铀矿化样(c)

块状构造：主要分布于矿体的富矿包(囊)内。脉状、网脉状构造：主要是沥青铀矿与少量金属硫化物等成线-细脉状分布于矿脉带内的劈理、裂隙(面)中。角砾状构造：分布于脉型富矿体的中，由玉髓、沥青铀矿、铀黑组成，硅质铁质胶结。

矿石矿物组成比较简单，铀是唯一可利用元素。原生铀矿物仅见沥青铀矿，次生铀矿物有：硅钙铀矿、脂铅铀矿、钙铀云母、铁铀云母、铜铀云母、铀黑等；伴生金属矿物有：黄铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、赤铁矿等；脉石矿物主要为微晶石英、方解石、萤石、水云母和绿泥石。

#### 4.4. 云煌岩脉

云煌岩脉是区内重要的控矿岩脉，主要发育于滴水地段，沿卧龙岗断裂次级张性裂隙侵入，大都呈 NE 方向展布，与围岩呈侵入接触关系。这些基性岩脉的露头蚀变通常较强烈，大部分仅见其矿物假象，风化色为灰白色、黄褐色，原生色为深灰色、灰绿色，多变余斑状结、煌斑结构，斑晶(15%~20%)由半自形黑云母、角闪石等暗色矿物组成，粒径 0.3~2 mm，基质粒径 0.02~0.3 mm，主要矿物组成为黑云母(5%~33%)、斜长石(50%~75%)、石英(2%~8%)、角闪石(20%~30%) [8]。关帝庙地区基性岩脉为中侏罗世(罗成至祁东一线的煌斑岩形成年龄为 172 Ma) [9]大陆拉张构造环境下，含壳源沉积物的软流圈流体交代上地幔部分熔融的产物，其微量元素组成特征表明其富含挥发分，成岩后经历了强烈分异[8] [9] [10]。基性浆岩产生了大量的热源，为区内铀成矿提供了较丰富的热源和还原挥发分，或直接成为铀矿脉。

## 5. 讨论

### 5.1. 成矿地质条件和找矿标志

卧龙岗矿区具有优越的铀成矿地质条件，主要体现在：1) 区内富铀地层尤其是寒武系香楠组黑色岩系含铀丰度高，在本区分布面积大，可提供充足的铀源；2) 区域性大断裂(卧龙岗断裂)是本区热液体活

动的通道, 晚期基性岩脉侵入活动, 为区内铀成矿提供了热液; 大断裂及伴生的次级断裂为含铀热液提供了沉积空间; 3) 铀源、热源和控矿空间等地质条件叠加, 使区内铀元素重新分配集中, 在浅地表形成大规模的放射性异常场, 在深部形成脉状为主的铀矿体。本区铀矿化主要赋存于寒武系下统香楠组地层中。区内铀矿化严格受层位、岩性控制, 亦与构造、岩脉密切相关, 构造是铀元素迁移、富集成矿的良好场所。

综合上述认识和主要找矿成果, 认为矿区主要找矿标志(部位)为: 1) 香楠组层位, 尤其是其下段碳质含量较高的黑色岩层; 2) 强风化岩脉与香楠组、构造的复合部位; 3) 香楠组与丁腰河组的接触部位; 4) 铀异常值高且密集分布地段、钍铀比值低的地段; 5) 控矿构造带中褐铁矿化、水铝英石化强烈的地段。

## 5.2. 矿床成矿模式

卧龙岗铀矿床在成因上属于岩浆期中低温热液成矿, 大致经历了以下四个演化成矿阶段: 1) 区内震旦-寒武系含铀层, 特别是下寒武统富铀层是本区铀矿成矿的基础。自印支期以后, 持续发生了构造-岩浆演化活动, 促使铀在关帝庙岩体中得到预富集。后期构造活动进一步促进了岩体内导矿断裂的发育, 为铀成矿提供重要的铀源和热源。2) 在构造-岩浆热液活动所形成的热液场的驱动下, 大规模促使封存于岩石矿物间隙的粒间溶液和岩浆房汇聚的大量岩浆期后热液(富含 U、Li、Rb、W、Sn、Pb、Zn 等成矿元素和  $O_2$ 、 $CO_2$ 、 $F_2$ 、 $Cl_2$  等气体挥发分), 从花岗岩体、地层中析出而运移汇集到导矿断裂体系中, 沿断裂迁移过程中与大气降水、含盐度较高(盆地)地表水下渗汇合, 形成混合成矿流体。3) 成矿流体向上运移过程中, 不断萃取富铀层中成矿元素, 逐渐形成富铀成矿流体。富铀成矿流体上升至控矿构造中上部减压带, 逸出大量气体和挥发份, 促使成矿元素的大量快速沉淀, 形成早期较高温的热液脉型铀矿化。4) 随着热液-构造活动的进一步发展, 成矿流体发生脉动性活动, 热液流体在岩体外接触带的张扭性构造中进入低温阶段。这种低温成矿流体在相对稳定的环流过程中, 遇到富含有机质、硫等还原剂, 随着地球物理化学条件的改变, 形成往往叠加在早期液型铀矿化之上的脉状富矿体。

## 6. 结论

1) 矿区勘查成果表明, 区内寒武系香楠组是主要的铀源层和富铀层, 地层中 EW 向和 NE 向断裂夹持区异常点带发育, 放射性伽玛场受香楠组地层断裂控制。本文研究认为, 铀矿化受富铀层位、控矿断裂、放射性异常晕、中侏罗世云煌岩脉、特定围岩蚀变关系密切, 是重要控矿找矿标志。

2) 在前人工作基础上, 总结了卧龙岗铀矿床的成因及成矿模式, 认为该矿床属于中低温热液成因的花岗岩外带型矿床, 经历了多个演化成矿阶段。

## 致 谢

审稿人和编辑给本文提供了很好的修改意见, 在此表示衷心感谢。

## 基金项目

本文为湖南省地质院青年科技项目(2021YSP-07), 湖南省地质院科研项目(HNGSTP202318)联合资助成果。

## 参考文献

- [1] 秦锦华, 王登红, 陈毓川, 赵如意, 王成辉, 江彪. 试论湖南衡阳盆地与地幔柱的关系及其对关键矿产深部探测的意义[J]. 地质学报, 2019, 93(6): 1501-1513.
- [2] 李新年, 等. 湖南省衡阳盆地砂岩型铀矿产调查与评价[R]. 衡阳: 湖南省核工业地质局 303 大队, 2014.

- 
- [3] 姜必广, 沈赵明, 祝兵, 孙龙强, 黄绍琼. 衡阳盆地砂岩型铀矿地质特征与成矿模式——以汪家冲铀矿床为例[J]. 铀矿地质, 2017, 33(2): 82-88.
- [4] 刘翔, 陈小东, 邓志强, 黄小强, 包云河, 覃金宁, 肖振华, 汪力群, 应西荣. 湖南省铀矿床类型、成矿系列成矿谱系与找矿新进展[J]. 地质学报, 2020, 94(1): 127-148.
- [5] 姜必广, 周锡平, 陈旭, 等. 湖南省祁东县卧龙岗矿区铀矿普查报告[R]. 衡阳: 湖南省核工业地质局 306 大队, 2009.
- [6] 王岳军, 范蔚茗, 梁新权, 彭头平, 石玉若. 湖南印支期花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其成因启示[J]. 科学通报, 2005(12): 1259-1266.
- [7] 赵增霞, 徐兆文, 缪柏虎, 左昌虎, 陆建军, 路睿, 陈进全. 湖南衡阳关帝庙花岗岩岩基形成时代及物质来源探讨[J]. 地质学报, 2015, 89(7): 1219-1230.
- [8] 戴方元, 陈必河, 刘富国. 湖南关帝庙地区脉岩特征及其地质意义[J]. 国土资源导刊, 2008(1): 33-36.
- [9] 杨金豹, 赵志丹, 时毓, 盛丹, 方贵聪, 吴祥珂. 湖南江永回龙圩煌斑岩特征——兼论华夏地块西部煌斑岩类岩石成因和构造意义[J]. 桂林理工大学学报, 2019, 39(1): 1-12.
- [10] 梁恩云, 陈迪, 邹光均, 熊苗. 湖南江永回龙圩煌斑岩地球化学特征及其构造意义[J]. 桂林理工大学学报, 2018, 38(4): 640-646.