

黑龙江密山市杨木岗地区热液型铀矿化特征及找矿预测

张恩^{1,2}, 卢辉雄^{1,2}, 董双发¹, 汪冰¹, 曹秋义^{1,2}, 杨彦超¹, 冯博¹

(1. 核工业航测遥感中心, 石家庄 050002;

2. 东华理工大学地球科学学院, 南昌 330013)

摘要: 密山市杨木岗地区处于敦密深大断裂南侧, 华力西晚期—燕山晚期构造岩浆活动强烈, 铀矿化异常线索较为丰富, 铀成矿条件优越。铀矿化主要赋存于华力西晚期岩体及其与下寒武统金银库组的内外接触带, 受断裂构造、层间破碎带、岩体内外接触带控制, 伴生赤铁矿化、矽卡岩化、萤石化、黄铁矿化等热液蚀变。依据研究区内的地层、岩体、构造等成矿地质条件分析, 结合航放铀高场、遥感铁染及羟基蚀变异常等成矿有利信息考虑, 认为研究区内的热液型铀成矿潜力较大, 提出了预测远景区4个。

关键词: 热液型铀矿; 矿化特征; 找矿预测; 杨木岗地区; 黑龙江省

中图分类号: P619.14; P612 **文献标识码:** A

0 引言

研究区位于吉黑成矿省佳木斯—兴凯 Au、Ag、Pt、Pb、Zn、Mo 成矿带北段^[1], 北东毗邻敦密断裂带, 构造岩浆活动强烈, 热液蚀变发育, 铀成矿地质条件较为优越。上世纪 50~80 年代, 研究区通过开展少量铀矿勘查工作, 发现有 1 处小型铀(钼)矿床、1 处铀矿点、3 处铀矿化点及多处异常线索^[2-7], 显示出较好的成矿潜力。后续随着国家政策逐步向“砂岩型铀矿”倾斜及地质行业投资整体收紧, 近 30 年来, 研究区铀矿找矿工作几近停滞, 找矿进展缓慢。

本文基于黑龙江省国土资源厅“黑龙江完达山—太平岭地区 1:5 万航空物探调查”项目成果资料^①, 对密山市杨木岗地区热液型铀矿化特征进行分析, 并结合多元地学信息、铀矿化异常线索, 进行成矿潜力预测和远景区圈定。

1 地质概述

研究区位于天山—兴蒙造山系东部, 处于佳木斯地块、完达山结合带、兴凯地块三个Ⅱ级构造单元拼接复合部位, 受区域性 NE 向敦密断裂与近 EW 向密山—虎林断裂夹持(图 1a)。

区内地层出露较为简单, 分布零星, 主要为下寒武统金银库组(ϵ_{1j})、新近系中—上新统下亮子组(N_{1-2x})及第四系(Q)。金银库组(ϵ_{1j})岩性主要为千枚岩、板岩、片岩、石英岩及大理岩, 其铀含量背景值较高, 区内所见铀矿床(点)均位于其内或其附近。

区内岩浆岩分布最为广泛, 岩性以中酸性—碱性为主。岩浆活动具多期性, 华力西期及燕山期均有活动(图 1b), 可分为两期六次(表 1)。以华力西晚期最为强烈, 从早期到晚期, 岩性具中性—酸性—碱性演化趋势, 且铀含量具递增趋势; 铀矿化主要与末期钾长花岗岩、正长岩关系最为紧密。燕山晚期

收稿日期: 2017-07-06; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 中国地质调查局项目(编号:12120114085801)资助。

作者简介: 张恩(1985—), 男, 工程师, 硕士研究生, 主要从事地质矿产勘查、矿产预测等方面的工作。通信地址: 河北省石家庄市学府路 11 号, 核工业航测遥感中心; 邮政编码: 050002; E-mail: zhangen600@126.com

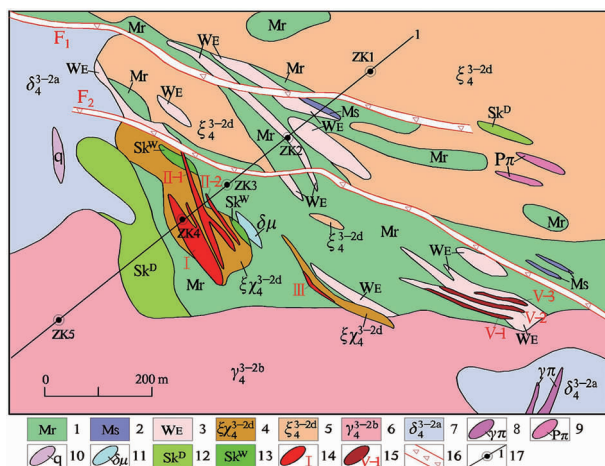


图2 密山市杨木岗地区811矿床地质简图

Fig. 2 The geological sketch of deposit 811

in Yangmugang area, Mishan County

1. 大理岩; 2. 石英岩; 3. 硅灰石岩; 4. 华力西晚期钠质正长岩;
5. 华力西晚期正长岩; 6. 华力西晚期花岗岩; 7. 华力西晚期闪长岩;
8. 花岗斑岩脉; 9. 石英斑岩脉; 10. 石英脉; 11. 闪长玢岩脉;
12. 透辉石石榴子石砂卡岩; 13. 透辉石硅灰石砂卡岩;
14. 铀钼矿体; 15. 钼矿体; 16. 构造破碎带; 17. 勘查线剖面及编号

矿体多数赋存于 F_2 断裂下盘钠质正长岩中,少数产于钠质正长岩外接触带大理岩中,受构造、钠质正长岩内外接触带控制(图3)。目前共发现铀钼矿体6条,多呈脉状、似层状,近EW向或NW向展布;平面上与 F_2 断裂斜交呈“入”字型,剖面上多与 F_2 断裂平行。矿体长度为40~190 m,宽度为1.0~14.75 m,厚度为1.23~6.34 m。

矿石组构以细脉浸染状为主。矿石矿物主要为沥青铀矿、铀黑、品质铀矿、铀铁矿、方钍矿等,脉石矿物主要为钠长石、钾长石、方解石、硅灰石、绿泥石、透辉石等。铀钼矿物赋存形式主要有两种,一是呈微粒状吸附在矿物颗粒中,多为交代成因;二是呈晶质单矿物分布于岩石节理裂隙中。

矿物共生组合呈现出“一个成矿期,两个成矿阶段”的特点:①铀铁矿、方钍石—钠长石组合,表征含矿岩体在高温钠交代阶段发生的成矿作用;②沥青铀矿—硫化物组合,表征在中低温热液酸性介质中,随着温度及碱度的递减,形成裂隙充填型矿体的成矿作用。

近矿围岩蚀变主要为矽卡岩化、钠长石化、硅化、萤石化、赤铁矿化、黄铁矿化等。

矿化成因类型,早期为高温热液型铀钼矿,以钼矿为主;晚期为中低温热液型铀及多金属矿,以铀矿为主。

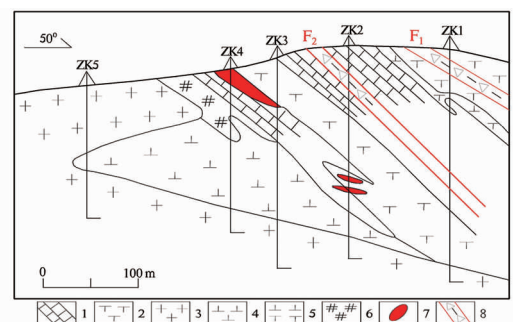


图3 密山市杨木岗地区811矿床1号勘查线剖面图

Fig. 3 The profile of line 1 of uranium deposit 811

in Yangmugang area, Mishan County

1. 大理岩; 2. 钠质正长岩; 3. 花岗岩; 4. 闪长岩; 5. 闪长玢岩;
6. 矽卡岩; 7. 铀钼矿体; 8. 构造破碎带

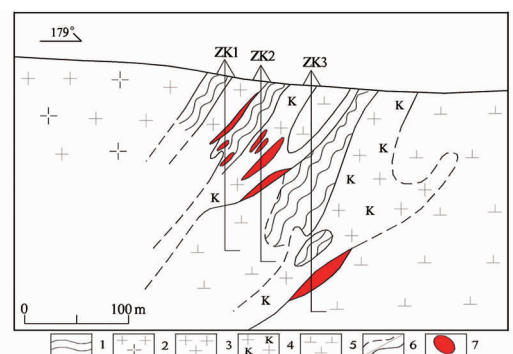


图4 密山市杨木岗地区591铀矿点0号勘查线剖面图

Fig. 4 The profile of line 0 of uranium occurrence 591

in Yangmugang area, Mishan County

1. 片岩; 2. 白岗花岗岩; 3. 花岗岩; 4. 钾长花岗岩;
5. 闪长岩; 6. 推断地质界线、地质界线; 7. 铀矿体

(2) 591 铀矿点

591 铀矿点位于研究区的东中部位,处于近EW向与NW向断裂交汇处,产于钾长花岗岩($\kappa\gamma_4^{3-2c}$)与下寒武统金银库组(ϵ_{1j})片岩接触部位(见图1b)。

铀矿体主要产于蚀变钾长花岗岩及与金银库组黑云母片岩接触带,少数赋存于钾长花岗岩外接触带蚀变闪长岩中(图4),受构造、钾长花岗岩体内外接触带控制。目前共发现铀矿体15条(个),成群、断续呈东西向展布;单个矿体多呈扁豆状,长度一般小于50 m,宽度一般为30~50 m,厚度为1~8 m。铀矿物主要为沥青铀矿、钙铀云母、铜铀云母。近矿围岩蚀变主要有赤铁矿化、硅化、绿泥石化、萤石化、黄铁矿化。矿化成因类型属中低温热液(充填)型铀矿床。

2.2 铀成矿特征

通过对研究区产出的铀(钍)矿床及铀矿化(点)成矿地质特征综合分析,其铀成矿具有以下特征:

1) 铀矿化主要产于华力西晚期旋回末期侵入岩(正长岩、钾长花岗岩)及其与下寒武统金银库组残留体接触部位或层间破碎带中,少数赋存于花岗岩脉、正长岩脉与金银库组接触部位;受末期侵入岩、岩体内外接触带、层间破碎带复合控制,属热液型铀矿化。

2) 近EW向断裂控制着华力西晚期旋回末期侵入岩及矿化异常点带的展布,赋矿岩体多沿近EW向断裂及其次级断裂侵位,铀矿化多赋存于近EW向、NW向断裂及其他方向断裂交汇部位,受断裂、次级裂隙带及层间构造控制。

3) 近矿围岩蚀变具多期性。矿前期主要为高温热液蚀变,主要为矽卡岩化、钠长石化、绿泥石化;成矿期为中低温热源蚀变,主要有矽卡岩化、硅化、绿泥石化、赤铁矿化、萤石化、黄铁矿化、高岭土化等;矿后期主要为碳酸盐化。成矿期热液蚀变多叠加在矿前期蚀变带上,多种蚀变叠加时常形成富矿。钍矿化多与矿前期蚀变关系密切,多属高温热液型;铀矿化多与赤铁矿化、矽卡岩化、萤石化、黄铁矿化等成矿期蚀变关系密切,多属中低温热液型。

4) 铀矿体形态多呈脉状、似层状、群状,矿体倾角变化较大,一般为 $40^{\circ}\sim 75^{\circ}$,规模较小,长度一般为 $10\sim 160\text{m}$,最长可达 190m ,宽度一般为 $1\sim 30\text{m}$,厚度一般为 $1\sim 6\text{m}$,深部普遍存在隐伏矿化体。

5) 矿石多呈细脉状、浸染状,矿石矿物主要为晶质铀矿、沥青铀矿、铀黑、方钍石、铀铁矿、钍石等,脉石矿物主要为钠长石、钾长石、方解石、硅灰石、绿泥石、透辉石、石英等。

6) 矿岩时差较大,正长岩成岩年龄平均为 $250.29\text{Ma}^{[6]}$,而成矿作用分为两个阶段:一是 $210.60\sim 209.06\text{Ma}^{[6]}$,相当于印支运动晚期;二是 $136.38\sim 125.00\text{Ma}^{[6]}$,与燕山晚期花岗斑岩($\gamma\pi_5^{3b}$)年龄相近,且铀矿化程度相对较好,表明燕山运动晚期岩浆热液活动对铀成矿起到了一定的富集作用。

3 热液型铀成矿条件分析

3.1 地层条件

研究区下寒武统金银库组(ϵ_1j)为一套浅海相陆源碎屑为主的沉积建造,主要为片岩、千枚岩、板

岩、碳质大理岩及大理岩,局部层位炭质碎屑丰富,铀含量背景值较高, $w(\text{U})=15.3\times 10^{-6}\sim 20.6\times 10^{-6}$,最高可达 $74\times 10^{-6}^{[4]}$,能为铀成矿提供丰富的铀源。碳酸盐岩及碳质碎屑岩均为有利的赋矿岩性^[8-10]。碳酸盐岩化学活泼性高,富含Ca、Mg,含矿流体中 U^{6+} 多以 $\text{UO}_2(\text{CO}_3)_n^{-2n+2}$ 和 $\text{UO}_2\text{F}_n^{-n+2}$ 铀酰络离子的形式迁移,易与围岩中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 反应,生成 CaF_2 、 CaCO_3 和 MgCO_3 ,使 CO_3^{2-} 和 F^- 离子的浓度降低,促使铀酰络离子解体,铀被还原或水解而沉淀^[8];碳质碎屑岩,一方面是有有机质对铀吸附作用强,另一方面是有机质分解造成还原环境,还原容量增大,易于使 U^{6+} 转化为 U^{4+} 沉淀,有利于成矿物质的赋存。

3.2 岩浆岩条件

研究区岩浆活动频繁,具多期性,岩性具“中性 $\rightarrow$ 酸性 $\rightarrow$ 碱性”演化的特征,岩浆分异较为完善,从早期至晚期,铀含量呈递增的趋势(见表1):由早期的 $w(\text{U})=12.2\times 10^{-6}$ (闪长岩)增长至晚期的 $w(\text{U})=33.6\times 10^{-6}$ (正长岩),铀源条件极为有利。区内多数矿化异常点均位于华力西晚期旋回末期岩体及其附近。复式岩体的多期次侵入部位,表征多期次热液活动成矿作用的叠加,是成矿的有利部位。国内外多数热液型铀矿床均产于岩浆分异演化完善的多期次复式岩体中^[8]。

3.3 构造条件

研究区受区域性NE向敦密断裂及近EW向密山—虎林断裂影响,导致区内形成以近EW向、NE及NW向断裂为基本框架的构造格局。近EW向、NW向断裂主要控制着岩体、地层及铀矿化异常的展布,例如杨木岗南侧的近EW向断裂控制着591铀矿点及601铀矿化点的展布(见图1b),沿线断续分布有多处航放铀高场及遥感蚀变异常;小兴隆NW向断裂控制着811铀矿、812铀矿化点的产出,沿线航放铀高场分布范围较广,遥感铁染蚀变异常强烈发育。区域性敦密断裂及密山—虎林断裂贯通深部,为深部含矿流体源上升提供了通道,近EW向及NW向次级断裂、层间破碎带、岩体接触带在致密的岩石中创造了众多扩容空间,为成矿物质的沉淀赋存提供了有利场所。

3.4 矿化异常线索

通过对航放铀高场及遥感铁染、羟基蚀变进行提取及分析,区内多数矿化点位于航放铀高场及遥感铁染、羟基蚀变异常内(图5),表明其均为研究区探寻铀矿的有利线索。

(1) 航放铀高场

航放铀高场为探寻铀矿的直接有利信息^①[8]。

研究区内航放铀高场($w(U) > 2.6 \times 10^{-6}$)主要分布于杨木岗南西、小兴隆、五队南部、八家子南部等地段,明显受近 EW 向、NW 向断裂控制,多数处于正长岩或钾长花岗岩与金银库组内外接触带、多期次岩体集中出露部位、构造密集发育地带及构造交汇部位(图 5)。

(2) 遥感蚀变异常

研究区内与热液型铀矿化有关的近矿围岩蚀变:赤铁矿化、褐铁矿化、高岭土化、绿泥石化等。多年来,众多国内外专家学者采用遥感铁染蚀变提取赤铁矿化、褐铁矿化,采用羟基蚀变提取识别高岭土化、绿泥石化,均取得了较好的效果^①[8]。本次研究采用 ETM+ 遥感数据(时相 2003 年 4 月 8 日)对铁染蚀变、羟基蚀变等遥感蚀变信息进行了提取。

区内的铁染蚀变主要分布于小兴隆、杨木岗西部及南部、五队西部;羟基蚀变主要分布于八家子南部、五队南部及南东部,杨木岗南部及小兴隆一带小面积分布。遥感蚀变异常总体呈 NW 向、近 EW 向展布;蚀变异常主要分布于岩体与金银库组接触部位、近 EW 向构造发育部位及多期次岩体集中发育

部位,受断裂、岩体接触带控制(图 5)。

4 铀成矿预测

根据研究区铀成矿条件及成矿有利线索综合分析,认为研究区内热液型铀成矿远景区有 4 个地段,如图 5 所示。

1) 小兴隆远景区(I)

位于胜利东—小兴隆一带,总体呈 NWW 向展布。该区北临密山—虎林近 EW 向区域性断裂,近 EW 向、NWW 向及近 SN 向断裂较为发育,主要发育金银库组大理岩、片岩、硅灰石岩,华力西晚期多期次岩体发育,旋回末期正长岩出露较广。航放铀高场规模较大,呈 NWW 向展布,长约 2.9 km,宽约 320~980 m,覆盖了该区全部铀矿化点,铁染、羟基蚀变强度较高,分布较广,航放高场及铁染、羟基蚀变异常多沿正长岩与金银库组其内外接触带展布。区内已发现 1 处铀矿床(811)、1 处铀矿化点(812)及 1 处铜银矿点,矿化主要位于正长岩及其内外接触带中。后续工作,应加强对中部小兴隆周边铀成矿潜力进行探查。

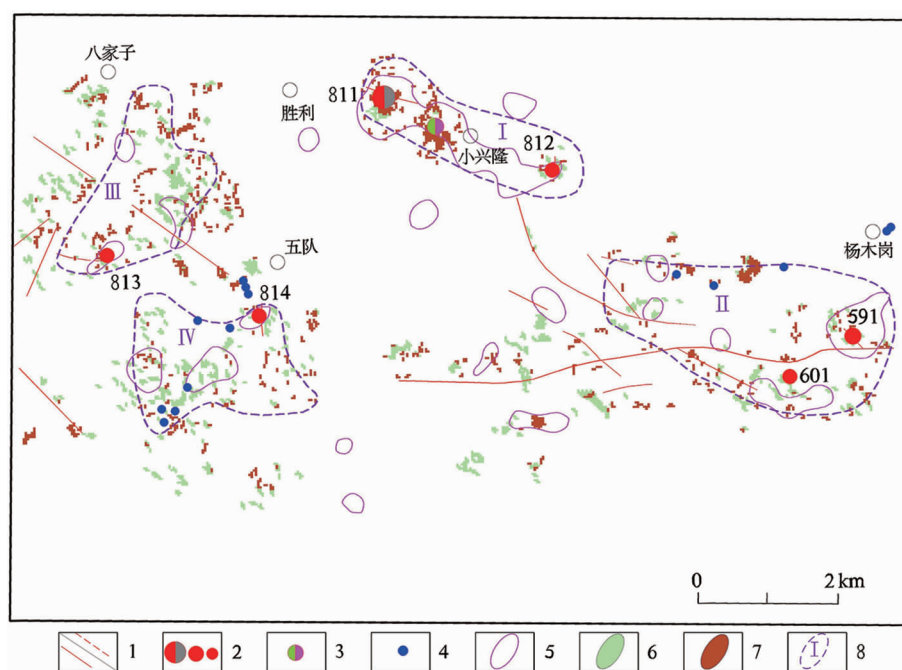


图 5 密山市杨木岗地区铀成矿预测图

Fig. 5 Metallogenetic prognosis map of uranium deposit in Yangmugang area, Mishan County

1. 推断及实测断裂; 2. 铀矿床、铀矿点、铀矿化点; 3. 铜银矿点; 4. 热水化学异常点;
5. 航放铀高场; 6. 遥感羟基蚀变; 7. 遥感铁染蚀变; 8. 铀成矿远景区及编号

2) 杨木岗南西部远景区(Ⅱ)

位于杨木岗南西部,总体呈近EW向展布。区内近EW向及NW向断裂较发育,岩浆岩分布较广,华力西晚期花岗岩、白岗花岗岩、钾长花岗岩、正长岩、闪长玢岩脉、煌斑岩脉均有出露,金银库组片岩、大理岩分布在东西两侧。航放高场、铁染及羟基异常多沿构造展布,岩体与金银库组接触带部位强度增高。该区存在591铀矿点、601铀矿化点及3处氡水异常点,铀矿化多赋存于钾长花岗岩与金银库组内外接触带、正长岩裂隙带中。后续工作,应加强对601矿化点及其西部铀成矿环境的探查。

3) 八家子东南部远景区(Ⅲ)

位于八家子南部,金银库组片岩、大理岩分布于中部及南部,华力西晚期及燕山晚期岩体均有出露,近EW向、NW向、NE向断裂较为发育。航放高场多分布于华力西晚期钾长花岗岩、燕山晚期花岗斑岩与金银库组接触部位,铁染及羟基异常分布较为密集,明显受断裂及岩体接触带控制。该区存在813铀矿化点,受近EW向断裂、花岗斑岩及与金银库组接触带控制。后续工作,应加强对西部华力西晚期钾长花岗岩与金银库组接触带部位成矿潜力的追索,同时对中部航放、遥感蚀变异常区及金银库组复合部位铀成矿环境进行探查。

4) 五队南西部远景区(Ⅳ)

位于五队南部,总体呈近EW向展布。该区处于591铀矿点近EW向控矿断裂西延部位(尚未见规模较大断裂),其部位近EW向、NE向、近SN向次级裂隙带较为发育。虽见金银库组分布面积较小,但岩体较为发育且华力西晚期及燕山晚期岩体均有出露。航放高场及铁染、羟基异常主要沿多期次岩体密集发育部位、华力西晚期钾长花岗岩与金银库组接触部位发育。区内现见1处铀矿化点及6处氡水化学异常点,铀矿化受钾长花岗岩与金银库组接触带控制。后续工作,应着重对航放高场、遥感异常及氡水化学异常复合部位成矿潜力进行探查。

密山市杨木岗地区铀矿化主要赋存于华力西晚期正长岩、钾长花岗岩及其与下寒武统金银库组接触部位,主要受近EW向断裂、NW向断裂、层间破碎带及岩体内外接触带控制,与钠长石化、赤铁矿化、矽卡岩化、萤石化、黄铁矿化等热液蚀变关系密切,属中低温热液型铀矿化。

通过对成矿地质条件进行分析,结合矿化有利线索,认为研究区具备较好的热液型铀矿找矿前景,圈定4处铀矿远景区,提出了找矿方向和进一步工作重点。

注释:

- ① 沈正新,倪卫冲,李素岐,等.黑龙江完达山—太平岭地区1:5万航空物探调查成果报告[R].石家庄:核工业航测遥感中心,2016:147-250.

参考文献:

- [1] 谭成印.黑龙江省主要金属矿产构造—成矿系统基本特征[D].北京:中国地质大学,2009.
- [2] 于保贵,赵连祥,谢开生,等.黑龙江省密山县591地区铀矿普查地质报告[R].牡丹江:黑龙江省地矿局地质第一大队,1984:108-116.
- [3] 王凤春,张寿宝.黑龙江省密山县591矿区铀矿研究报告[R].哈尔滨:黑龙江省地质局地质研究所,1962:36-38.
- [4] 于保贵,赵连祥,谢开生,等.黑龙江省密山县811铀矿矿区普查地质报告[R].牡丹江:黑龙江省地矿局地质第一大队,1984:26-38.
- [5] 赵我为,叶承君,牛春荣,等.黑龙江省虎林县、密山县杨岗—兴凯地区1:5万水系沉积物及水化学测量报告[R].牡丹江:黑龙江省地矿局地质第一大队,1986:10-56.
- [6] 赵我为,叶承君,牛春荣,等.黑龙江省铀矿化地质特征及其找矿方向初步研究报告[R].牡丹江:黑龙江省地矿局地质第一大队,1986:80-108.
- [7] 崔永生,于喜洵,霍海志.黑龙江省八一—铀矿成矿地质条件研究[J].黑龙江国土资源,2007(9):36-37.
- [8] 余达淦,吴仁贵,陈培荣,等.铀资源地质学[M].哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2005:92-109.
- [9] 冯明月,何德宝.华南富铀花岗岩和产铀花岗岩特征[J].铀矿地质,2012,28(4):199-207.
- [10] 张恩,卢辉雄,董双发,等.黑龙江伊春地区花岗岩型铀矿化特征及找矿预测[J].矿产勘查,2017,8(1):28-36.

5 结语

Characteristics of hydrothermal-type uranium mineralization and Prediction in Yangmugang area, Mishan County, Heilongjiang province

ZHANG En^{1,2}, LU Huixiong^{1,2}, DONG Shuangfa¹, WANG Bing¹,

CAO Qiuyi^{1,2}, YANG Yanchao¹, FENG Bo¹

(1. *Airborne Survey and RemoteSensing Center of Nuclear Industry, Shijiazhuang 050002, China;*

2. *Faculty of Earth Sciences, East China Institute of Technology, Nanchang 330013, China*)

Abstract: The Yangmugang area of Mishan County in Heilongjiang province is located in the south side of Dunmi deep fault. The late Variscan-late Yanshaniantectonic magmatic activity is strong, the uranium (niobium) mineralization anomalies clues relatively abundant, the uranium metallogenic conditions of Yangmugang area superior. The mineralization is mainly distributed at inner and outer contact zones of the late Variscian magmatite rock and the lower Cambrian Jinyinku formation and is controlled evidently by faults, interlayer crushing zone, inner and outer contact zones of intrusive bodies and is often accompanied with hematitization, Skarn, fluoritization, pyritization and other hydrothermal alteration. According to the analysis of metallogenic condition such as strata, magmatic rock, structure, airborne radiometric high field of uranium, remote sensing iron stain and hydroxyl alteration information it is potential for prospecting hydrothermal uranium deposit in the area and 4 targets are put forward.

Key Words: Hydrothermal-type uranium deposit; mineralization characteristics; prospecting prediction; Yangmugang area; Heilongjiang province