

赤城县独石口地区火山岩型铀矿化特征及找矿预测

张 恩^{1,2}, 卢辉雄^{1,2}, 李名松¹, 董双发¹,
王瑞军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: 赤城县独石口地处沽源中生代火山盆地南部塌陷内, 其火山构造活动强烈, 铀成矿地质条件优越, 铀矿化异常线索丰富。铀矿化主要产于晚侏罗世潜火山岩内部及其内外接触带, 受断裂构造及潜火山岩复合控制, 与赤铁矿化、硅化、萤石化、水云母化、绿泥石化等蚀变关系密切。通过对地层、潜火山岩体、构造、航放、遥感铁染及羟基蚀变异常等成矿条件进行分析, 认为研究区具备较好的火山岩型铀矿找矿前景, 圈定一级远景区 3 处, 二级远景区 2 处, 对该区进一步找矿具一定的指导意义。

关键词: 火山岩型铀矿; 矿化特征; 找矿预测; 独石口地区; 河北省

中图分类号: P619.14; P613 **文献标识码:** A

0 引言

独石口地区位于冀北沽源—红山子铀成矿带西南段^[1], 处于沽源 460、534 铀矿床与赤城 335 铀矿床夹持部位, 区内中生代火山构造活动频繁, 铀成矿地质条件优越。然而, 区内铀矿勘查工作多集中于上世纪 50—70 年代, 限于地理地形条件较差、揭露工作开展较少、控制程度较低等因素制约, 铀矿工作程度较低, 有关铀成矿条件及远景预测等方面的研究工作开展较少, 目前尚未取得突破性进展。

独石口地区目前已发现有 3 处火山岩型铀矿点及多处矿化异常点^[2-3], 显示出较好的找矿潜力。本文依托“河北省赤城县独石口地区铀资源调查评价”成果^[3], 总结其铀成矿特征、分析火山岩型铀成矿条件, 结合矿化异常线索开展找矿预测, 以期为该区的进一步找矿工作提供帮助。

1 区域成矿地质背景

赤城县独石口地处中朝准地台北缘与兴蒙地槽褶皱系接触部位的内蒙古地轴中段(图 1), 沽源中生代火山岩盆地南缘。盆地基底主要由新太古界红旗营子群绿片岩相—角闪岩相中浅变质岩系及二叠纪—三叠纪花岗岩组成; 盆地盖层由侏罗系陆相中酸性火山岩和白垩系—新近系中基性火山岩两大构造层组成^[1]。华北地台北缘中生代火山岩盆地发育, 属中生代时期该区发生构造体制转换、岩石圈减薄的结果。

区内晚侏罗世潜火山岩发育, 岩性主要为潜流纹岩、潜粗面岩及潜正长斑岩等, 与铀成矿关系密切。区域基底构造以 EW 向为主, 表现为大型 EW 向的倒转复式背斜、向斜及断裂带; 盖层构造以火山构造及 NE、NW、SN 向断裂为主, 控制着区内铀矿

收稿日期: 2016-06-21; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 中国核工业地质局地勘基金项目(编号:200954)资助。

作者简介: 张恩(1985—), 男, 工程师, 在读硕士研究生, 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

表 1 区域典型铀矿成矿地质特征一览表

Table 1 Schedule of Metallogenic geological characteristics of regional typical uranium deposit

典型矿床	级别	铀成矿地质特征
460 矿床	大型	矿床定位于区域性 NE 向 F ₇ 断裂与火山机构交汇部位,铀矿化主要产于晚侏罗世潜流纹岩中及内外接触带,赋存于隐爆角砾岩、构造角砾岩、碎裂岩中,伴生水云母化、赤铁矿化和硅化等蚀变
534 矿床	中型	矿床定位于 NE 向 F ₇ 断裂上盘,铀矿化主要产于晚侏罗世潜流纹岩、潜粗面岩顶部张家口组三段流纹岩中,赋存于层间微细裂隙带中,蚀变主要为赤铁矿化、水云母化及萤石化及高岭土化
335 矿床	小型	矿床定位于近 EW 向崇礼-赤城断裂上盘,赋矿地层主要为上侏罗统张家口组、白旗组中酸性火山岩,铀矿体多产于层间裂隙带中,伴生赤铁矿化、硅化、萤石化、水云母化等蚀变

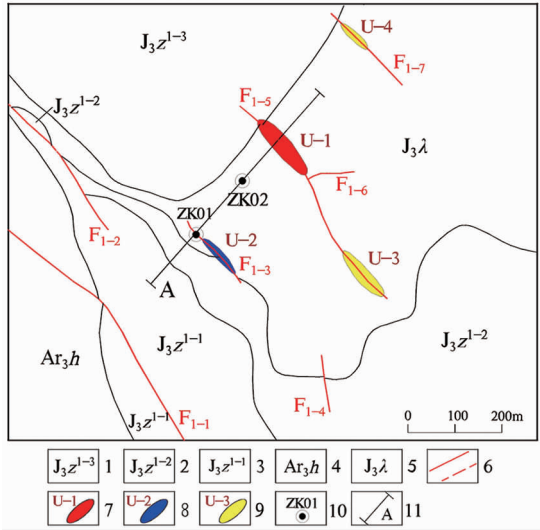


图 2 赤城县独石口地区 586 铀矿点地质简图

Fig. 2 The geological sketch of uranium occurrence

586 in Dushikou area, Chicheng County

1. 张家口组一段三层凝灰岩;2. 张家口组一段二层流纹岩;
3. 张家口组一段一层凝灰岩;4. 红旗营子群变质岩;
5. 晚侏罗世潜流纹岩;6. 实测断裂、推断断裂;
7. 铀矿体;8. 铀矿化体;9. 铀异常体;
10. 钻孔及编号;11. 勘探线剖面及编号

0.151%,发育赤铁矿化、褐铁矿化、高岭土化、绿泥石化、水云母化等热液蚀变。据电法测量资料推断^[3],该矿点深部及其以北一带存在隐伏潜火山岩体,铀矿化与晚侏罗世潜火山活动有关,深部铀成矿潜力较大。

3.2 铀成矿特征

通过对独石口地区产出的 3 处铀矿点及 16 处矿化异常点成矿特征进行总结,铀矿化主要特征如下:

(1)铀矿化主要产于晚侏罗世潜火山岩体内部(586 矿点)及内外接触带(586 矿点、574 矿点、573 矿点),赋存于潜火山岩体及张家口组火山岩等岩性层(体)中,特别是与火山岩浆活动晚期潜流纹岩、潜正长斑岩及花岗斑岩等岩体在时间及空间上与铀成

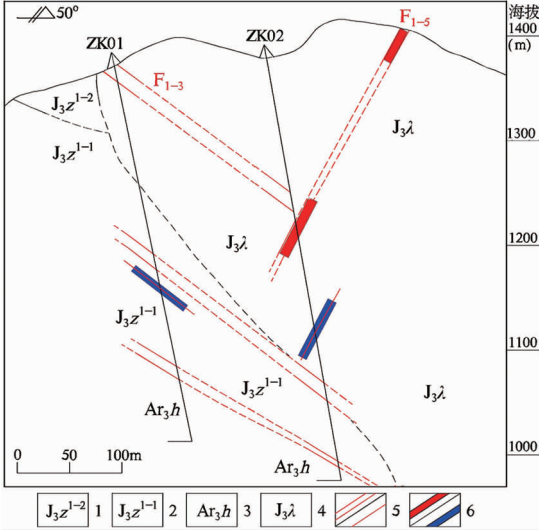


图 3 赤城县独石口地区 586 铀矿点 A 勘探线剖面图

Fig. 3 The profile of line A along uranium occurrence

586 in Dushikou area, Chicheng County

1. 张家口组一段二层流纹岩;2. 张家口组一段一层凝灰岩;
3. 红旗营子群变质岩;4. 晚侏罗世潜流纹岩;
5. 断裂破碎带、次级断裂破碎带;6. 铀矿体、铀矿化体

矿关系密切,属火山岩型铀矿化。

(2)区域性近 SN 向 F₆ 断裂及 NW 向 F₅ 断裂控制着区内铀矿点及矿化异常点带的展布,断裂、次级裂隙带及层间构造控制着单个铀矿(化)点的产出,特别是 NW 向及近 SN 向断裂对成矿最为有利。

(3)近矿围岩蚀变具多期发育特点,矿前期主要为中高温热液蚀变,主要有硅化和水云母化;成矿期蚀变为中低温热液蚀变,主要有赤铁矿化、硅化、萤石化、绿泥石化等。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。586 矿点、574 矿点矿化异常区,矿前期和成矿期蚀变特征均较突出,铀矿化与硅化、赤铁矿化、萤石化、水云母化等热液蚀变关系密切。

(4)铀矿体形态多呈透镜状、团块状,铀矿体倾角普遍较陡,一般为 60°~75°,规模较小,长度一般为 10~30 m,最长可达 120 m,宽度一般为 1~5 m,

深部普遍存在隐伏铀矿化体。

(5) 铀矿石多呈细脉状、浸染状、网脉状或角砾状, 金属矿物主要为辉钼矿、胶硫钼矿、赤铁矿和沥青铀矿等, 脉石矿物主要有萤石、水云母、迪开石、沸石、绿泥石和高岭土。

4 成矿条件分析

4.1 基底及盖层条件

(1) 基底条件

独石口地区基底为红旗营子群贫铀变质岩系(铀含量 $w(U) = 1 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-6}$), 但经阜平运动、吕梁运动致使该套岩性层发生强烈的钾质混合岩化作用, 钾质混合花岗岩中铀达到初步富集(铀含量 $w(U) = 4 \times 10^{-6} \sim 7 \times 10^{-6}$)。印支期强烈的壳源重熔岩浆作用, 致使三叠纪花岗岩铀含量高达 $w(U) = 6 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ 。三叠纪花岗岩及新太古代钾质混合花岗岩原始铀含量较高, 且供铀能力较强(可达 30%~95%), 形成了上部盖层铀成矿的深部“铀库”^[3]。

(2) 盖层条件

中生代, 由于库拉板块和太平洋板块向欧亚板块强烈俯冲, 导致晚侏罗世发生强烈的中酸性岩浆活动。研究区巨厚的张家口组中酸性火山岩是基底岩石重熔的岩浆产物, 重熔作用导致研究区第三次铀增量预富集, 致使张家口组酸性火山岩中铀含量最高达 $w(U) = 7 \times 10^{-6} \sim 15 \times 10^{-6}$, 成为铀成矿的直接铀源层(供铀能力达 85%)。

张家口组酸性火山岩系岩性组合复杂、岩石具有多韵律多旋回的火山喷发特性, 特别是在火山活动中心部位形成了多期多阶段的火山—浅成的多位多相叠加体, 既有渗透性好的角砾凝灰岩、凝灰质砂岩, 又有渗透性差的厚层状流纹岩, 总体为一套渗透率和机械物理性质差别悬殊的地层, 存在多个构造界面和岩相组合界面, 多为机械物理性质、地球化学性质变异的部位, 有利于铀成矿热液的流动和沉淀富集。区域内的 534 矿床及区内 573 矿点铀矿体即赋存于张家口组层间界面中^[3]。同时, 张家口组火山岩以富 Si、K, 贫 Ca、Mg 为特征, K_2O 、 Na_2O 的平均含量(质量分数)分别为 5.32%、2.18%, 且 $K_2O > Na_2O$, $Al_2O_3 > K_2O + Na_2O + CaO$, 属铝过饱和类型^[10], 其岩石化学特征与 460、534 铀矿床及我国已知火山岩型铀矿火山岩的岩石化学特征相似^[11]。

4.2 潜火山岩体条件

独石口地区晚侏罗世潜火山岩体较为发育, 主要有潜流纹岩、潜正长斑岩, 规模不大, 受断裂及火山机构控制, 多呈岩枝、岩墙状展布, 为火山旋回末期产物, 其中潜流纹岩与铀成矿关系最为密切。区域上 460、534 铀矿床及区内 586、573 铀矿点铀矿化均与晚侏罗世潜火山岩在时间及空间上存在密切关系^[4-9]。潜火山岩与成矿关系主要体现为三点: 一是其本身具有较高的铀含量, $w(U)$ 高达 $10 \times 10^{-6} \sim 15 \times 10^{-6}$, 能为成矿提供铀源; 二是其沿断裂及火山机构侵位过程中, 易造成围岩松动, 产生裂隙带, 为成矿有利的赋存空间; 三是对已固结的火山岩进行改造和铀的活化迁移, 形成蚀变矿化晕。

总体而言, 潜火山岩对铀成矿控制作用可归纳为, 深部隐伏岩基为矿质、热能和热水主要供给源; 中部构造—岩浆柱为岩浆和热流体上升的通道; 上部为含矿柱或蚀变矿化晕。

4.3 构造条件

研究区处于中生代独石口火山塌陷中, 受区域性近 SN 向 F_6 断裂及 NW 向 F_5 断裂影响, 近 SN、NW 向及近火山口环形断裂组成了研究区的基本构造格架, 控制着岩体及地层的整体展布。 F_6 及 F_5 断裂, 均为贯通基底断裂, 具多期多阶段活动特征, 为区内重要的控盆、控矿构造, 控制了多期次火山喷发活动, 断裂带两侧断续分布有众多铀矿化异常点(见图 1)。区域性断裂的多期次活动为含矿流体的上升、运移提供了通道, 潜火山岩体接触带、次级断裂及与其他方向断裂的交汇部位则构成了铀沉积、富集的场所。

4.4 航放特征

独石口地区处于航放铀含量高背景值区, 航放铀高场($w(U) > 3.5 \times 10^{-6}$) 主要集中分布于独石口、独石口西部、三山一头堡子一带, 受构造控制作用明显, 多夹持于 F_5 、 F_6 断裂锐角夹持部位和火山机构中心部位, 总体呈 NW 向、NE 向及近 SN 向展布(图 4)。航放高场多数处于潜流纹岩、花岗斑岩内外接触带部位或张家口组火山岩断裂密集分布区。航放高场覆盖了区内多数铀矿(化)点, 为有利的找矿标志。

4.5 遥感蚀变特征

独石口地区铀矿化均伴有不同程度的赤铁矿化、褐铁矿化、水云母化及绿泥石化, 为遥感铁染蚀变(赤铁矿化、褐铁矿化)及羟基蚀变(水云母化、绿泥石化)识别铀矿化提供了间接依据。通过 ETM

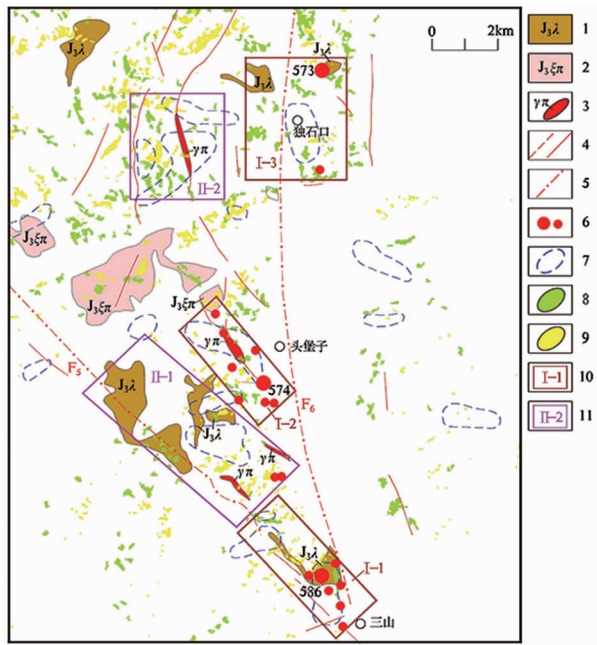


图4 赤城县独石口地区铀成矿预测图

Fig. 4 Metallogenetic prognosis map of uranium deposit in Dushikou area, Chicheng County

1. 晚侏罗世潜流纹岩; 2. 晚侏罗纪正长斑岩; 3. 花岗斑岩脉;
4. 推断及实测断裂; 5. 航磁解译断裂; 6. 铀矿点、铀矿化异常点;
7. 航放铀高场; 8. 遥感羟基蚀变; 9. 遥感铁染蚀变;
10. 一级成矿远景区; 11. 二级成矿远景区

遥感数据对铁染及羟基蚀变进行提取,区内铁染蚀变主要分布于 F_5 、 F_6 断裂锐角夹持部位,受断裂及潜火山岩体控制作用明显;区内羟基蚀变主要分布于独石口、独石口西部、头堡子西、三山北西等地带,受火山机构、断裂及潜火山岩体控制。区内多数铀矿(化)点位于遥感蚀变异常中,表明其对找矿具有一定的指示意义。

5 铀成矿预测

依据研究区铀成矿地质条件及铀矿化信息特征,并与区域已知铀矿床进行对比分析,区内火山岩型铀矿成矿地质条件较为优越,找矿前景较好。通过综合分析,初步提出预测一级成矿远景区3处,二级成矿远景区2处(见图4)。

5.1 一级成矿远景区

(1) I-1区

位于三山村北西侧,总体呈NW向展布。该区处于区域性 F_5 、 F_6 断裂交汇部位,NW向、近SN向断裂密集展布,主要发育张家口组一段酸性火山岩、

红旗营子群变质岩,晚侏罗世潜流纹岩出露较广。航放高场及铁染、羟基蚀变异常多沿潜流纹岩及其内外接触带断续展布。区内已发现1处铀矿点(586矿点)及6处铀矿化异常点,矿化主要位于潜火山岩体内及其接触带中。在后续的进一步工作中,一方面应加强对已知矿化异常深部进行揭露,另一方面应加强对潜流纹岩北西延伸方向铀成矿潜力的探查。

(2) I-2区

位于头堡子西部,总体呈NW向展布,东邻区域性 F_6 断裂,NW向断裂发育,大面积出露张家口组一段酸性火山岩,中部出露花岗斑岩,北部出露潜正长斑岩。航放高场呈条带状沿花岗斑岩展布,铁染及羟基异常呈NW向展布,受构造控制作用明显。该区已发现1处铀矿点(574矿点)及7处矿化异常点,铀矿化多赋存于潜火山岩及花岗斑岩外接触带内。在后续的工作中,应加强对潜火山岩及花岗斑岩内部成矿潜力的探索。

(3) I-3区

位于独石口周边,总体呈近SN向展布。区域性 F_6 断裂贯穿该区,处于独石口火山机构中心部位,近SN向、NW向断裂及环形裂隙带较发育。张家口组四段流纹质角砾凝灰岩及侵入相流纹岩多呈环状展布,北部出露潜流纹岩。航放高场呈近SN向条带状展布,铁染及羟基异常分布密集,受断裂、火山机构及潜火山岩控制。该区已发现1处铀矿点(573矿点)及1处矿化异常点,铀矿化多赋存于潜火山岩外接触带中,受断裂及层间裂隙带控制。在后续进一步工作中,应加强对潜火山岩内部及接触带成矿潜力的追索,同时对航放、遥感蚀变异常区复合部位铀成矿环境进行探查。

5.2 二级成矿远景区

(1) II-1区

位于I-1区北西地带,总体呈NW向展布。区域性NW向 F_6 断裂贯穿该区,区内主要发育张家口组一段火山岩及红旗营子群变质岩,潜火山岩分布较广,花岗斑岩脉零星分布,NW向断裂较为发育。潜流纹岩、花岗斑岩内外接触带及与断裂复合部位存在航放高场及铁染、羟基异常,范围较大且强度较高,区内已发现2处铀矿化异常点,与I-1区成矿地质环境相似。后续应着重对潜流纹岩体与花岗斑岩脉及其内外接触带铀成矿潜力进行探查。

(2) II-2区

位于独石口西部,总体呈近SN向展布。该区主要分布有张家口组三段流纹岩、沉凝灰岩,花岗斑

岩沿断裂展布,近 SN 向断裂发育。区内存在大面积航放高场、铁染及羟基蚀变异常,受构造及花岗斑岩控制。后续工作应着重对花岗斑岩脉及其内外接触带铀成矿潜力进行探查,特别是对张家口组三段岩性界面部位铀成矿环境进行探索。

6 结论

(1)独石口地区铀成矿受“晚侏罗世潜火山岩、NW 向及近 SN 向断裂、火山机构、张家口组酸性火山岩”复合控制,属火山岩型铀矿化,伴生赤铁矿化、硅化、萤石化、水云母化、绿泥石化等蚀变。

(2)通过对地层、潜火山岩、构造、遥感蚀变、航放等成矿条件进行分析,研究区具备火山岩型铀成矿潜力,找矿前景较好。

(3)依据铀成矿条件,并结合矿化异常线索,预测了 3 处一级成矿远景区及 2 处二级成矿远景区,对该区进一步找矿具有一定的指导意义。

参考文献:

[1] 罗毅,刘权,汪远志,等. 沽源—红山子预测工作区火山岩型

铀矿资源潜力评价成果报告[R]. 北京:中国核工业地质局, 2009: 71-86.

[2] 张健南,廉继民,韩治清,等. 赤城地区铀矿区调报告[R]. 天津:天津华勘核工业资源勘探开发有限公司, 1982: 56-66.

[3] 汪冰,张恩,王瑞军,等. 河北省沽源县小河子和赤城县独石口地区铀及多金属资源调查评价[R]. 石家庄:核工业航测遥感中心, 2009: 41-65.

[4] 桑吉盛,王振斌,于年福. 534 铀矿床地质特征及成矿条件探讨[J]. 铀矿地质, 1992, 8(5): 271-276.

[5] 张恩,汪冰,王瑞军,等. 基于 MORPAS 的证据权重法在沽源盆地铀成矿预测中的应用[J]. 地质找矿论丛, 2013, 28(4): 540-545.

[6] 沈光银,薛清波. 沽源火山盆地燕山期次流纹斑岩地质地球化学特征[J]. 矿产与地质, 2011, 25(5): 412-416.

[7] 沈光银,薛清波,高金铨. 大官厂铀钼多金属矿床控矿因素及找矿方向[J]. 有色金属(矿山部分), 2009, 61(2): 32-35.

[8] 沈光银. 335 铀钼矿床地质特征及找矿方向[J]. 有色金属(矿山部分), 2011, 63(2): 23-27.

[9] 沈光银. 460 铀钼矿床控矿因素及矿床成因探讨[J]. 矿产与地质, 2007, 21(5): 509-514.

[10] 吴永祥. 独石口幅(K50E017007)1:5 万区域地质调查地质图说明书[R]. 石家庄:河北省地质矿产勘查开发局, 2000: 18-34.

[11] 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: 171-198.

Characteristics of volcanic-type uranium mineralization and the ore prediction in Dushikou area, Chicheng county

ZHANG En^{1,2}, LU Huixiong^{1,2}, LI Mingsong¹, DONG Shuangfa¹, WANG Ruijun¹,
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 Dushikou area of Chicheng County is located in the Dushikou volcanic collapse basin in the southern of Guyuan Mesozoic basin with strong volcanic activity. Here is superior in uranium metallogenic condition and many U anomalies occur. The mineralization is mainly distributed at inner and outer contact zones of the Late Jurassic subvolcanics and is controlled by both of fault and subvolcanic rock and often closely associated with hematitization, silicification, fluoritization, hydromicazation, and chloritization. According to the analysis of metallogenic condition such as strata, subvolcanic rock, structure, airborne radiometric anomaly, iron stain and hydroxyl alteration information the area is potential for volcanic-type uranium deposit and 3 target I and 2 target II are delineated for further prospecting.

Key Words: volcanic-type uranium deposit; mineralization characteristics; ore prediction; Dushikou area; Hebei province