Open Journal of Natural Science 自然科学, 2022, 10(2), 165-174
Published Online March 2022 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/ojns
https://doi.org/10.12677/ojns.2022.102021

Hans汉斯

辽西大青山南部地段铀成矿地质条件分析

姜宝勇，李　福

辽宁省核工业地质二四二大队有限责任公司，辽宁　兴城

收稿日期：2022年2月17日；录用日期：2022年3月18日；发布日期：2022年3月24日

摘　要

大青山南部地段位于辽宁省大青山铀成矿带内，其西部为著名的青龙铀矿田。区内断裂构造发育，岩浆活动强烈，围岩蚀变广泛，铀成矿地质条件良好。本文在综合分析研究该区多年铀矿找矿资料的基础上，结合区域地质背景，对区内铀成矿地质条件进行了初步分析，为区内进一步开展铀矿找矿工作提供参考依据。

关键词

大青山南部地段，铀成矿地质条件，铀矿化成因

Analysis of Uranium Metallogenic Conditions in the Southern Part of Mount Daqing Western Liaoning

Baoyong Jiang, Fu Li

Liaoning Nuclear Industry Geology 242 Limited Liability Company, Xingcheng Liaoning

Received: Feb. 17th, 2022; accepted: Mar. 18th, 2022; published: Mar. 24th, 2022

Abstract

The southern part of Daqingshan is located in the Daqingshan uranium metallogenic belt in Liaoning Province, and the western part is the famous Qinglong uranium ore field. The area has developed fault structures, strong magmatic activity, extensive wall rock alteration and good uranium metallogenic geological conditions. Based on the comprehensive analysis and study of uranium prospecting data for many years in this area, combined with the regional geological background, this paper makes a preliminary analysis on the uranium metallogenic geological conditions in the area,

文章引用: 姜宝勇, 李福. 辽西大青山南部地段铀成矿地质条件分析[J]. 自然科学, 2022, 10(2): 165-174.
DOI: 10.12677/ojns.2022.102021

so as to provide a reference basis for further uranium prospecting in the area.

Keywords

Southern Part of Mount Daqing, Uranium Metallogenic Geological Conditions, Origin of Uranium Mineralization

Copyright © 2022 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

大青山南部地段地处辽西五指山－虹螺山构造岩浆活动带和要路沟－明水塘金、铀多金属成矿带的交汇部位[1]，西北部紧邻青龙铀矿田。区内铀矿化(异常)点分布多、铀成矿信息丰富。在本区多年来的铀矿找矿工作中，于多个钻孔内见有铀矿化现象，显示出本区具有较好的铀成矿地质条件。

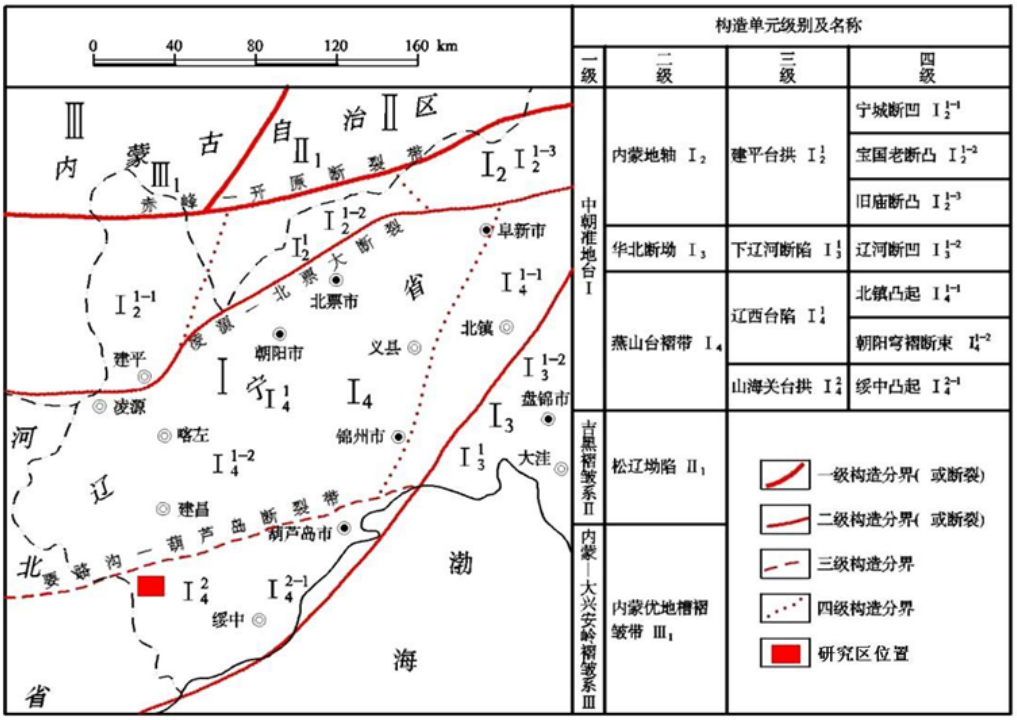


Figure 1. Geotectonic map of the study area
图 1. 研究区大地构造位置图

2. 区域地质背景

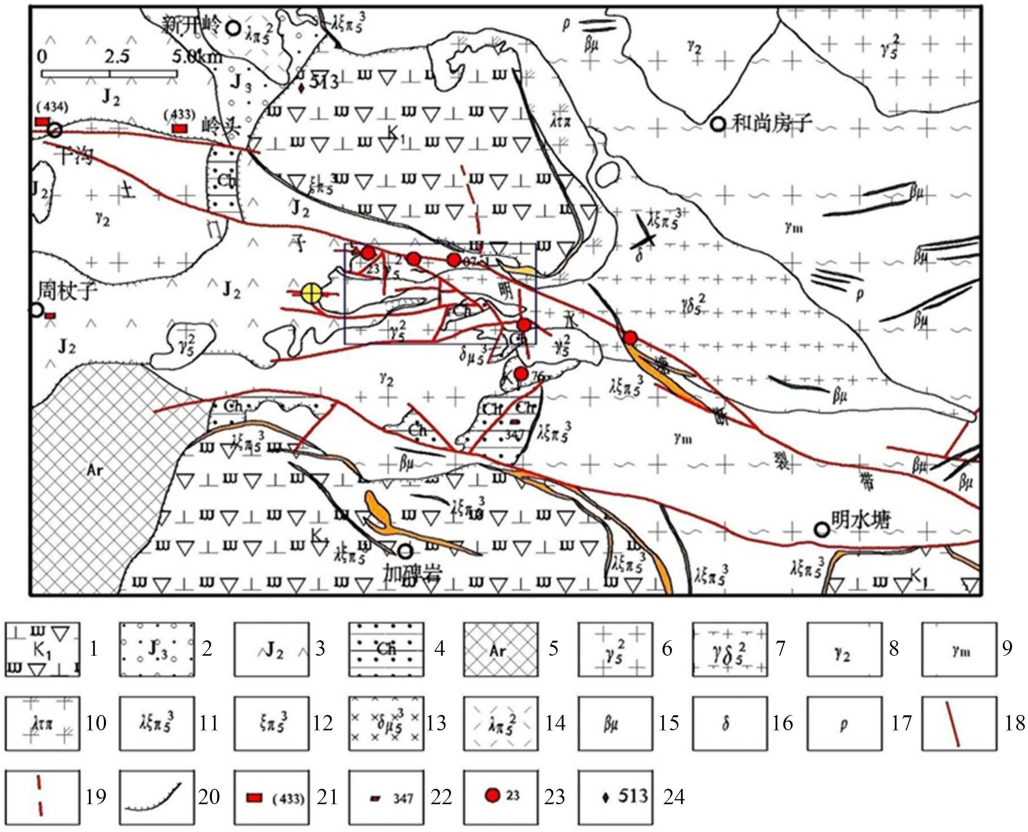
2.1. 大地构造位置

本区大地构造位置位于中朝准地台(I)东北部燕山台褶带(I_4)的山海关古拱(I_4^2)与辽西台陷(I_4^1)的接壤部位[2]。区域上处于青龙－葫芦岛深大断裂带南侧，土门子－明水塘区域性断裂带从本区通过。同时本

区还处于燕辽成矿带东部的大青山铀成矿带上，见图 1。

2.2. 地层

区域上地层发育较齐全，三元结构明显，由区域变质作用和混合岩化作用形成的变质岩和均质混合岩、混合花岗岩等构成地台结晶基底[3]；由中元古界长城系的海相碎屑岩构成区域上的地台盖层；中生界的侏罗系、白垩系火山岩与陆源碎屑岩构成区域上的地台活化构造层。见图 2。



1-白垩系下统；2-侏罗系上统；3-侏罗系中统；4-长城系；5-太古界；6-中粒花岗岩；7-花岗闪长岩；8-似斑状花岗岩；9-混合花岗岩；10-石英粗面斑岩；11-石英正长斑岩；12-正长斑岩；13-闪长玢岩；14-流纹斑岩；15-辉绿岩脉；16-闪长岩脉；17-菲细岩脉；18-断裂构造；19-推测断裂；20-不整合界线；21-铀矿床；22-碳硅泥岩型铀矿点；23-热液型铀矿化点；24-火山岩型铀矿化点

Figure 2. Regional geological map in the southern part of Mount Daqing
图 2. 大青山南部地段区域地质图

地台结晶基底主要由混合岩化作用形成的均质混合岩、混合花岗岩等构成。根据同位素年龄测定，本区经历了三次重要的区域变质和混合岩化作用，即 2800 Ma~3000 Ma、2300 Ma~2500 Ma 和 1800 Ma~2000 Ma。经能谱测量和化学分析结果显示，随着混合岩化程度的加剧，岩石中钾元素含量随之增高，这种区域前景值的变化对区域上的铀成矿作用有着重要的影响。

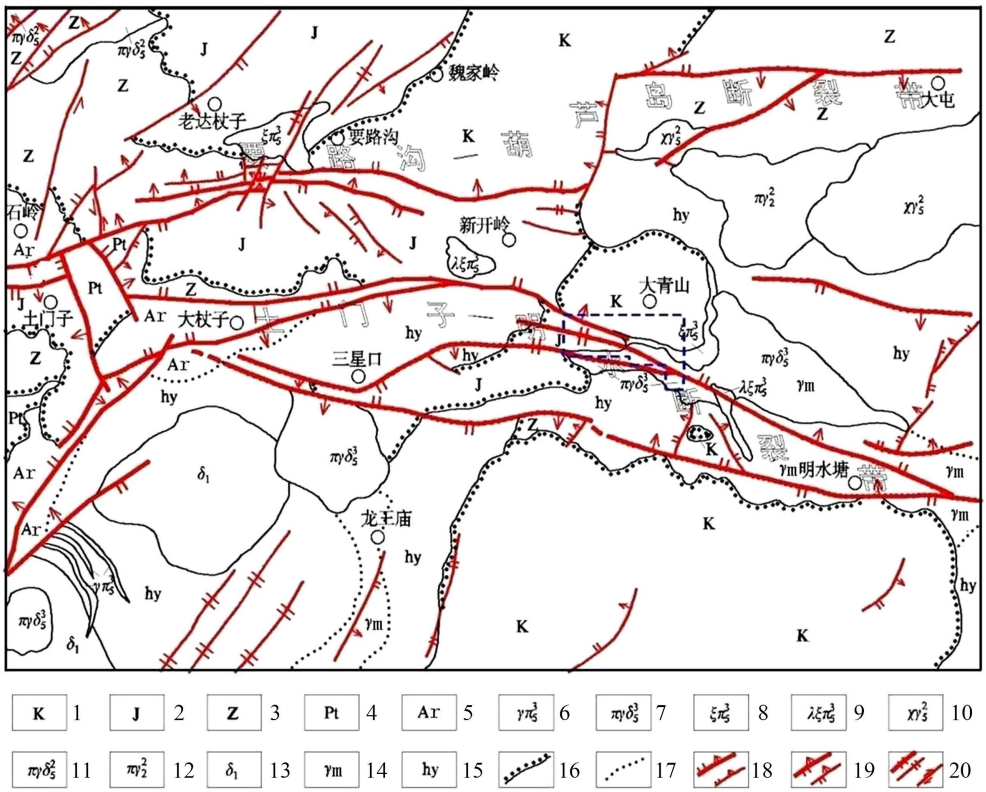
地台盖层主要由中元古界长城系的海相碎屑岩构成。该套地层受近东西向断裂控制，呈近东西轴向紧密褶皱。其中长城系底部常州沟组的石英砂岩和炭质板岩中铀含量高达 50 ppm，并在其中发现多处铀矿化异常点，是本区最早的产铀层位。

地台活化构造层主要为中生界侏罗系和白垩系的中酸性－中基性火山岩、火山碎屑岩及陆源碎屑岩，

呈角度不整合覆盖于前中生界地层之上。

2.3. 构造

研究区处于青龙－葫芦岛深大断裂带南侧，区内断裂构造、火山构造(隐爆角砾岩筒)发育，控矿界面较多。区域上断裂构造按其展布方向可分为近东西向、北东向、北东东向和北西向四组。见图 3。



1-白垩系；2-侏罗系；3-震旦系；4-下元古界；5-太古界；6-花岗斑岩；7-斑状花岗闪长岩；8-正长斑岩；9-石英正长斑岩；10-碱性花岗岩；11-斑状花岗闪长岩；12-上元古代斑状花岗岩；13-太古代变闪长岩；14-混合花岗岩；15-混合岩；16-不整合界线；17-混合岩界线；18-I、II级正断层；19-I、II级逆断层；20-I、II级破碎带及平移断层

Figure 3. The outline of regional tectonic outline in the southern part of Mount Daqing
图 3. 大青山南部地段区域构造纲要图

东西向构造是区域上的主干构造，它不仅控制着本区太古界、元古界岩石的分布，而且控制着中生代盆地的形成和演化。其中土门子－明水塘断裂带是区域性青龙－葫芦岛断裂的一部分，对要路沟－大青山－明水塘铀、金及多金属成矿带起着控制作用[4]。该带为辽西地区重要的成矿带之一，其中青龙矿田的 433、434 铀矿[5]，温杖子金矿等均产在该成矿带内。

北西向构造发育较晚，主要以密集的脉岩束形式产出，在平面和剖面上都有收缩膨胀变化，显张扭性特征，区域上与铀矿化关系较密切。

北东向和北东东向构造规模较小，与铀矿化关系不明显。

火山构造：本区处于辽西火山活动带(I)阜新－锦州－永安火山喷发带(II)内，受近东西向断裂控制，干沟－西平一带形成东西走向火山喷发亚带，该带内发育有破火山口构造(大青山)及隐爆角砾岩筒(双窑沟顶 75 号点)。

2.4. 岩浆活动

2.4.1. 概述

研究区岩浆活动强烈，主要表现为火山喷发为主，岩浆侵入为辅的特征。侵入岩由花岗闪长岩、花岗岩、流纹岩和石英正长斑岩等构成，反映了岩浆从早到晚由中性到酸性的演化序列。本区岩浆活动可分为吕梁、燕山两期，吕梁期岩浆活动较弱、燕山期岩浆活动强烈。

2.4.2. 吕梁期侵入体

吕梁期岩浆活动主要见于大青山火山机构西部、南部及北部的和尚房子以北。岩性为似斑状黑云母花岗岩，岩石为灰、肉红色，似斑状结构、块状构造。斑晶为粗大的正长石，基质为石英 25%，微斜长石、条纹长石、正长石 30%，奥长石 35%，黑云母、角闪石 5%~8%；副矿物为锆石、榍石、磷灰石、石榴子石；金属矿物有磁铁矿、黄铁矿及褐铁矿。岩石中 $CaO + Na_2O + K_2O > Al_2O_3 > Na_2O$，属正常岩浆系列。岩石平均铀含量 5 ppm~6 ppm，且发现较多的铀异常(矿化)点。

2.4.3. 燕山期侵入体

燕山期岩浆活动强烈，具有多期多阶段侵入特点，以酸性为主，酸碱性次之；早期以岩株状为主，晚期以脉岩为主，一般规模较小。

燕山早期第一次侵入体花岗闪长岩($\gamma\delta_5^{2-2}$)：出露于大青山火山机构东南部外围的青顶子－三道盘一带，平面上呈不规则的长椭圆状岩株产出。岩石呈浅灰白色，中－粗粒斑状结构，块状构造，主要斑晶成分为斜长石、钾长石、角闪石和石英。岩石中 $CaO + Na_2O + K_2O > Al_2O_3 > Na_2O$，属正常岩浆系列。岩石平均铀含量 4.5 ppm，在岩体内接触带发育铀矿化点。

燕山早期第二次侵入体中粒黑云母花岗岩(γ_5^{2-3})：出露于中部大青山火山机构南，呈岩株－岩滴状产出。岩石呈浅肉红－浅灰白色，中粒斑状结构，块状构造，主要成分为斜长石、石英、钾长石、黑云母及少量角闪石。岩石中 $CaO + Na_2O + K_2O > Al_2O_3 > Na_2O$，属正常岩浆系列。岩石中平均铀含量 5.5 ppm，在岩体边缘与近东西向断裂复合部位有放射性高场存在[6]。

燕山晚期侵入体细粒花岗岩(γ_5^3)：分布于大青山火山机构南，呈岩滴状产出。岩石呈肉红色，细粒结构、块状构造，主要成份为斜长石、石英、钾长石、和黑云母。岩石化学特征：岩石中 $Na_2O + K_2O > Al_2O_3$，属碱过饱合系列。岩石中平均铀含量 5 ppm~7 ppm，在岩体内构造蚀变带中有铀矿化体赋存。

2.4.4. 火山期后侵入体

火山期后侵入体以次火山岩体及岩脉为主。次火山岩体主要为流纹斑岩、石英粗面斑岩，脉岩主要有石英正长斑岩($\lambda\xi\pi_5^3$)和花岗正长斑岩($\xi\pi_5^3$)。分布于大青山火山机构的外环、大面山等地，呈环状岩墙状产出，其次呈密集岩脉束产出。总体展布呈北西向，长度一般数百米至几千米，宽 3 m~10 m，最宽达 200 m，有分枝复合、尖灭再现及追踪现象。次火山岩体及岩脉中铀含量普遍较高(5 ppm~7 ppm)，据干沟铀矿床内石英正长斑岩及花岗正长斑岩的岩石同位素年龄测定结果，其形成年龄为 114.45 Ma ± 11.79 Ma，与区域上铀成矿年龄 121 Ma 大致相近。这就间接说明了区域火山期后的岩浆热液活动与铀成矿有着密切关系。

2.5. 区域地球物理场特征

研究区处于阜新－绥中重力异常梯度带上，航磁场处于磁场变异部位，磁场的变异标志着区域性深大断裂的存在。本区还存在有 4.6 ppmeU 以上航空能谱偏高－高铀晕，并见有航空伽玛高场区[7]。断裂构造伴随着岩浆侵入和火山活动是本区的主要地质构造特征。由于区内多期次的构造运动和岩浆活动，地壳成熟度高，是寻找与火山作用有关的铀矿床的理想区域。

3. 铀成矿地质条件分析

3.1. 铀源丰富

研究区陆壳成熟早，古老结晶基底混合花岗岩和斑状黑云母花岗岩中铀含量普遍较高，长城系石英砂岩和炭质板岩中有放射性高场分布，此外在花岗岩、花岗闪长岩及酸性脉岩中铀含量也较高，见表 1。

Table 1. The uranium content table of various types of rock in the southern part of Mount Daqing
表 1. 大青山南部地段各类岩石铀含量表

岩石名称	所属层位	铀含量(1×10^{-6})
粗面岩	K_1y	6.1
安山岩	J_2t	3.3
安山集块岩	J_2t	4.0
砂板岩夹页岩	Ch*ch*	7.0
石英砂岩	Ch*c*	3.4
石英正长斑岩	λξπ	5.0
正长斑岩	ξπ	7.1
花岗闪长岩	$\gamma\delta_5^{2(2)}$	4.5
细粒花岗岩	γ_5^3	5.5
似斑状黑云母花岗岩	γ_2^1	6.6
混合花岗岩	γ*m*	5.8
钾质混合岩	γ*m*	10.4
伟晶岩	γ*m*	10.6

3.2. 火山活动强烈

区内火山岩主要为燕山旋回产物，主要见两个层位：中侏罗统髫髻山组和下白垩统义县组。其中侏罗纪以裂隙式喷发为主，白垩纪以中心式喷发为主。

火山岩中的∑REE 含量为 178.48×10^{-6}~337.49×10^{-6}，高于地壳含量平均值 165.35×10^{-6}，均属∑LREE 富集型，无明显的 Eu 异常[8]。依据 La、Ce、Yb 标准数值和 La/Yb、Ce/Yb 比值与低铝安山岩、高钾安山岩大陆裂谷喷发作用的特征值对比，本区火山喷发作用接近于大陆裂谷型。

3.3. 断裂构造发育

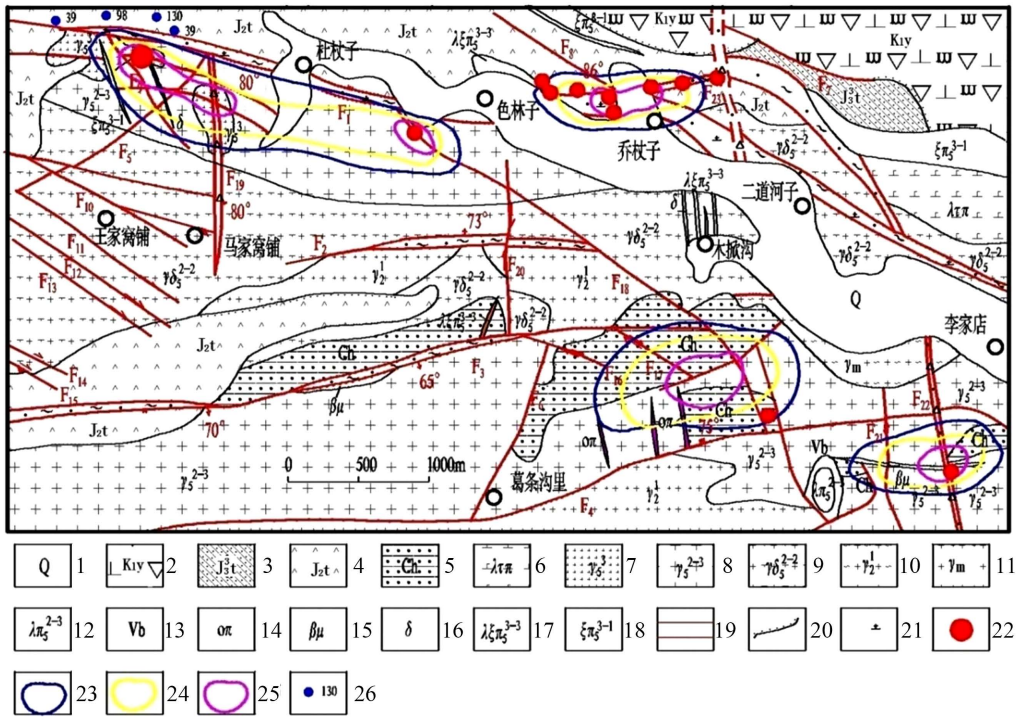
区内断裂构造发育，按断裂展布方向可分为近东西向、北东向、北西向、近南北向四组。

近东西向构造是本区的主干构造，具有形成时间早，活动时间长、规模大的特点，它不仅控制着大青山火山机构的形成与发展，还控制着区内侵入岩主要按近东西向展布，属于切壳深大断裂。多期次而又强烈的构造岩浆活动，为铀及多金属成矿作用提供了充足的热源和物源。区内主要铀矿化点及金铜矿化均受本组断裂控制。

北东向断裂不发育，断裂规模较小，走向变化较大，断裂性质主要为扭性，局部见压性。

北西向断裂发育，但规模均较小，断裂性质以扭性为主，个别为压性。断裂倾向多为南西，个别为南东。

近南北向断裂以张性为主，局部为扭性。断裂结构面较粗糙，普遍见硅化，构造内张性角砾岩发育。



1-第四系；2-白垩系义县组；3-侏罗系土城子组；4-侏罗系髫髻山组；5-长城系；6-石英粗面斑岩；7-红色细粒花岗岩；8-中粗粒花岗岩；9-灰白色中粗粒花岗闪长岩；10-肉红色粗粒似斑状黑云母花岗岩；11-混合花岗岩；12-流纹斑岩；13-隐爆角砾岩；14-石英斑岩；15-辉绿岩；16-闪长岩；17-石英正长斑岩；18-正长斑岩；19-构造蚀变带；20-不整合地质界线；21-硅化、粘土矿化蚀变；22-铀矿化异常点；23-X+δ；24-X+2δ；25-X+3δ；26-水化异常点(水中铀含量 $\times 10^{-6}$g/L)

Figure 4. Ground gamma field distribution map in the southern part of Mount Daqing
图 4. 大青山南部地段地面伽玛场分布图

3.4. 热液活动及围岩蚀变作用较强烈

研究区处于长期活动的深大断裂构造带上，岩浆喷发、火山喷气、火山热液等为区域上热液活动提供了充足的热液来源。火山热液在上升过程中与围岩发生交代作用，使围岩发生硅化、钾化等高温热液蚀变，其次可见绿泥石化、绢云母化、萤石化、黄铁矿化等。其中与铀矿化关系密切的有硅化、赤铁矿化、萤石化、黄铁矿化。

3.5. 铀异常矿化信息丰富

区内伽玛异常场主要受 F_1 断裂带控制，见图 4。总体走向近东西，异常高场主要受近东西向断裂与北西向断裂的交汇部位——“构造结”控制。其中以杜杖子－乔杖子地段伽玛异常场分布范围大、强度高，区内铀异常矿化点多产于该高场区内。

4. 铀成矿条件类比分析

4.1. 大地构造位置

本区与青龙矿田同处于华北地台北部山海关台拱与辽西台陷的接壤部位。处于大青山－明水塘铀、金及多金属成矿带上，西与青龙矿田相毗邻，两区具有相似的铀成矿地质条件。

4.2. 基底

本区基底主要为混合花岗岩和似斑状黑云母花岗岩；青龙矿田基底主要为似斑状黑云母花岗岩。

4.3. 断裂构造对铀矿化的控制作用

青龙矿田主要受区域性土门子－明水塘断裂带所组成的地堑式断陷控制，矿田内北东向断裂发育，铀矿化常富集于距北东向构造的 30 m~80 m 范围内；本区断裂构造发育，区域性土门子－明水塘断裂由研究区内通过，区内铀异常矿化的分布受近东西向断裂(F_1)控制，该断裂为土门子－明水塘断裂带的一部分，铀矿化均富集于其次级构造－北西西向断裂蚀变带内。

4.4. 围岩蚀变特征

青龙矿田的近矿围岩蚀变主要有水云母化、碳酸盐化、绢云母化、绿泥石化、褐铁矿化、硅化、赤铁矿化；本区内与铀矿化有关的围岩蚀变主要有硅化、钾化、绿泥石化、绢云母化、萤石化、赤铁矿化、黄铁矿化等。

4.5. 火山期后热液活动特征

青龙矿田火山期后热液活动发育，中酸性岩脉(花岗斑岩、石英正长斑岩)总体上呈北西向展布，同位素年龄测定其形成年龄为 114.45 Ma ± 11.79 Ma，与区内铀成矿年龄 121 Ma 大致相近[9]，表明火山期后的岩浆热液活动与铀成矿有着密切的关系；本区中酸性岩脉(正长斑岩、石英正长斑岩)发育，总体上呈北西向展布。

5. 铀矿化体特征

本区铀矿化体主要产于断裂构造变异部位(膨胀收缩、分枝复合)，矿化体围岩为花岗岩及安山岩。主要铀矿化体有两条[10]，I 号铀化体位于 XX 地段，地表出露宽约 0.8 m，长约 30 m，呈近东西向展布，并有向西侧伏趋势，铀最高品位达 0.13%。深部矿体厚度 1.4 m，平均品位达 0.153%，矿体围岩为安山岩；II 号铀矿化体位于 YY (23 号点)，地表出露长近 50 m，最宽处约 2 m，铀最高品位达 0.157%，一般 0.03%~0.05%。

Figure 5. Calcium uranium mica in uranium ore body
图 5. 地表铀矿体内钙铀云母

铀成矿作用主要有两期，早期为铀－赤铁矿期，晚期为铀－萤石－黄铁矿期。

地表铀矿物主要为钙铀云母，矿石呈细脉状、网脉状结构，块状构造，见图 5。深部铀矿物主要为沥青铀矿，矿石呈细脉状、网脉状，角砾状构造，见图 6。

Figure 6. The fine vein bituminous uranium deposit in the borehole
图 6. 钻孔内细脉状沥青铀矿

6. 铀矿化成因分析

通过对大青山地区多年找矿成果综合分析，认为该区矿化成因与火山期后岩浆热液活动有关，其依据如下：

矿床内沥青铀矿年龄(富矿石)为 76 Ma~121 Ma，而含矿层年龄为 160 Ma，矿、岩时差达 39 Ma~84 Ma，这表明含矿地层形成早、铀矿化形成晚；铀矿化至少是两期形成的[11]。

铀矿体有明显的跨层现象，矿石放射性照相表明 α 径迹明显的切穿砾石。

近矿围岩蚀变有硅化、赤铁矿化、水云母化，包体测温为 250℃~300℃。

富矿体的空间分布为北东东向，受构造控制明显。

在矿床勘探过程中于基底花岗岩的构造蚀变带和碱交代(钾交代为主)体中发现有铀矿化。

大青山南部地段铀异常矿化成因均为热液作用成矿，其主要依据如下：

铀矿化控制因素：区内铀矿化异常主要受北西西向断裂控制。

近矿围岩蚀变：区内近矿围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、绿泥石化、赤铁矿化、萤石化、黄铁矿化等，其中硅化、黄铁矿化、萤石、赤铁矿化与铀矿化关系密切。

成矿作用具有阶段性：早期为铀－赤铁矿期，晚期为铀－萤石－黄铁矿期。

7. 结论

大青山南部地段与青龙矿田的成矿物源、热源均与大青山火山活动有关，铀成矿地质条件具有可比性。区内存在有大片的航空能谱铀异常，地面伽玛异常场沿近东西向断裂分布，且异常场内已发现了多处铀异常矿化点分布。同时区内还存在两片由近东西向断裂与北西向断裂构造共同组成的构造夹持区，显示出本区具有很好的找矿前景。本区内断裂构造蚀变带发育，同时断裂中还发育钾化、硅化等蚀变，并有铀矿化体赋存。多个钻孔揭露深部有铀矿化体存在，且品位较富，直接证明了本区具好较好的铀成矿地质条件。

基金项目

辽宁省国土资源厅地质勘查基金项目(辽国土资项发[2011]88 号)。

参考文献

[1] 周福庆. 辽宁大青山地区铀成矿地质条件及找矿方向[J]. 地质与资源, 2008(3): 190-193.

[2] 中国地质矿产局. 中国区域地质志——辽宁志[M]. 北京: 科学出版社, 2018.

[3] 马志抒, 白晓丽. 辽宁建昌大青山地区铀成矿地质条件及找矿前景[J]. 中国科技纵横, 2014(11): 213.

[4] 刘雷, 胡瑞忠, 商朋强, 杨社锋, 张国全. 火山岩型铀矿床成矿构造控制特征——以俄罗斯 Streltsovka 火山岩型铀矿床与中国相山火山岩型铀矿床为例[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2005(4): 363-370.

[5] 苗群峰. 河北省青龙县干沟一带铀矿找矿靶区初选[J]. 中国锰业, 2020(3): 59-62.

[6] 李国臣, 罗毅, 孙祥, 谷勇. 河北省青龙铀矿田花岗岩中锆石特征及其年代学意义[J]. 地质论评, 2015(61): 331-332.

[7] 中国和核工业总公司地质局兴城中日地质勘查合作队. 青龙矿田外围探矿及北票盆地普查综合评价报告[R]. 1992.

[8] 黄世杰. 略谈深源铀成矿与深部找矿问题[J]. 铀矿地质, 2006(2): 70-75.

[9] 于宝山, 赵忠华, 田万文. 东北地区铀矿床类型空间变化的地质内涵及对铀矿找矿问题的思考[J]. 世界核地质科学, 2007(4): 187-193.

[10] 商亚军, 彭仕冕, 杨冰. 青龙铀矿田成矿地质特征及找矿方向初探[J]. 四川地质学报, 2010(4): 399-403.

[11] 孙祥, 罗毅, 李国臣. 河北省青龙铀矿田控矿因素与成矿模式研究[J]. 地质论评, 2013(59): 839-840.