

The Relationship between Tectono Magmatic Activity and Uranium Mineralization in Jinshan Volcano Basin Inner Mongolia

Zhiliang Yang, Changhua Li, Hongtao Zhu, Ziliang Niu, Jimu Li, Zhengyong Yang

Geologic Party No.243 CNNC, Chifeng Inner Mongolia
Email: chifeng243@163.com

Received: Sep. 20th, 2017; accepted: Oct. 6th, 2017; published: Oct. 12th, 2017

Abstract

Jinshan volcano basin is located in the east of Guyuan-Hongshanzi uranium metallogenic belt in the northern margin of the North China, The metallogenic belt has been found in 460,534 and 470 uranium deposit in recent years, with the deepening of the work of uranium prospecting, has made new breakthroughs in Hetaoba and Hongshanzi. Study area and the uranium volcano basin have similar geological conditions and metallogenic geological background. On both sides of the basin is control by NE trending deep faults, present the nature of the fault depression, the basement is mainly composed of uranium rich granites. The cover layer is composed of the volcano rock formation of multiple cycle and period of intense tectonic and magmatic activities, uranium activation, migration, enrichment and mineralization superposition is very prominent, In this basin have found many volcano hydrothermal type uranium mineralization. It is concentrated in the structural intersection, composite site or local uplift, showing that the uranium mineralization is closely related to the structural magmatic activity and the study area has better metallogenic potential and prospecting prospect.

Keywords

Northern Margin of North China Landmass, Jinshan Volcano Basin, Tectono Magmatic Activity, Uranium Mineralization

内蒙古锦山火山盆地构造岩浆活动与铀成矿的关系

杨志亮, 李长华, 祝洪涛, 牛子良, 李继木, 阳正勇

核工业二四三大队, 内蒙古 赤峰
Email: chifeng243@163.com

收稿日期: 2017年9月20日; 录用日期: 2017年10月6日; 发布日期: 2017年10月12日

摘要

锦山火山盆地位于华北陆块北缘沽源 - 红山子铀成矿带东部。该成矿带先后发现了张麻井(460)、大官厂(534)、红山子(470)等铀矿床, 近年来随着铀矿找矿工作的不断深入, 在核桃坝、红山子等地区不断取得新的突破, 研究区与这些产铀火山盆地有着相似的地质背景和成矿地质条件。盆地两侧受北东向深大断裂控制, 呈现断陷性质, 基底主要由富铀花岗岩体组成, 盖层火山岩具有多旋回、多期的特点, 发育齐全, 构造岩浆活动强烈, 铀的活化、迁移、叠加富集等成矿作用十分突出, 盆地内已发现较多火山热液型铀矿化异常点(带), 集中分布于构造交汇复合部位或局部基底隆起部位, 显示出铀成矿作用与构造岩浆活动关系密切, 具有较好的成矿潜力和找矿前景。

关键词

华北陆块北缘, 锦山火山盆地, 构造岩浆活动, 铀成矿作用

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

锦山火山盆地位于“中国有色金属之乡”赤峰市西南部, 华北陆块北缘沽源 - 红山子铀成矿带东部 [1], 呈北东向带状分布, 面积约 3000 km²。该地区金及多金属矿产分布较密集, 国内外学者进行了大量的成矿理论研究工作, 对该地区地层、岩体、构造、岩浆活动、金及多金属的成矿作用等进行了较为系统的分析研究, 初步建立了本区金及多金属成矿模式, 为本区多金属找矿工作指明了方向。铀矿找矿工作相对滞后, 前人于上世纪 60~70 年代在该地区开展了地面伽玛总量、水化学测量, 发现了一批有意义的铀异常点、矿化点, 并对一些较好的矿(化)点进行了少量的工程揭露, 并且在深部见到了工业铀矿体。此后, 该地区铀矿找矿工作处于停滞状态, 近年来通过开展资料综合整理、矿化异常点检查和研究分析等工作, 重新对研究区铀矿化特征、控矿因素及成矿规律进行了总结, 初步认为研究区构造岩浆活动与铀成矿的关系密切。

2. 地质概况

锦山火山盆地位于华北陆块与兴蒙海西褶皱系两个不同构造单元的邻接部位(图 1) [2], 受北东向四合永 - 猴头沟(F₃)、美林 - 锦山断裂(F₄)控制(图 2)。由于研究区长期处在古老的、长期活动的天山 - 阴山 - 燕山 EW 向复杂构造带与中生代以来发育起来的大兴安岭 NE 向构造岩浆带的交切复合部位, 是一个地质构造复杂、岩浆活动强烈、多种成矿作用集中的地区 [3]。

2.1. 火山岩

区内火山岩地层主要为上侏罗统满克头鄂博组(J₃mk)、玛尼吐组(J₃mn)白音高老组(K₁b)及早白垩系义

县组(K₁y)等。岩石类型主要为火山熔岩、火山碎屑岩, 岩性主要为流纹岩、凝灰岩、粗面岩、英安岩、安山岩等, 为一套中酸性岩组合, SiO₂ 含量 57.76%~78.86%, Al₂O₃ 含量 11.47%~16.89%, TFe 含量 0.84%~7.70%, Na₂O + K₂O 含量 7.14~9.15, 里特曼指数 δ = 2.65~3.86 (表 1、表 2)。总体上具有富硅、碱, 尤其富钾, 而贫镁、锰、钙的特点。大多数为属钙碱性正常系列岩石, 少数为铝饱和类型(图 3、图 4)。

2.2. 侵入岩

具有分布范围广、侵入时代跨度大的特点, 从太古代至早白垩世均有出露。

前中生代以花岗质混合岩类、辉橄岩类、辉长闪长岩类、糜棱岩化花岗岩类为主, 均发生了不同程度的区域动力变质作用, 多呈捕虏体或岩体边部弧形分布, 岩浆来源主要来源于地幔, 后期则存在少量的地壳物质混入, 且显示出下地壳重熔产物的特征[4]。

中生代早期(三叠世 - 中侏罗世)主要以黑云母二长花岗岩类、角闪二长岩、石英闪长岩、石英二长岩等, 其为各岩体的主要组成部分, 其岩浆来源主要来源于上地幔或下地壳, 以后者为主, 具有地壳重熔型 S 型花岗岩的特征[5]。

中生代晚期(晚侏罗世 - 早白垩世)以花岗岩、花岗斑岩、二长花岗岩为主, 具有 I 型花岗岩、改造型或 S 型花岗岩的特征, 与本地区火山岩具有同源性。

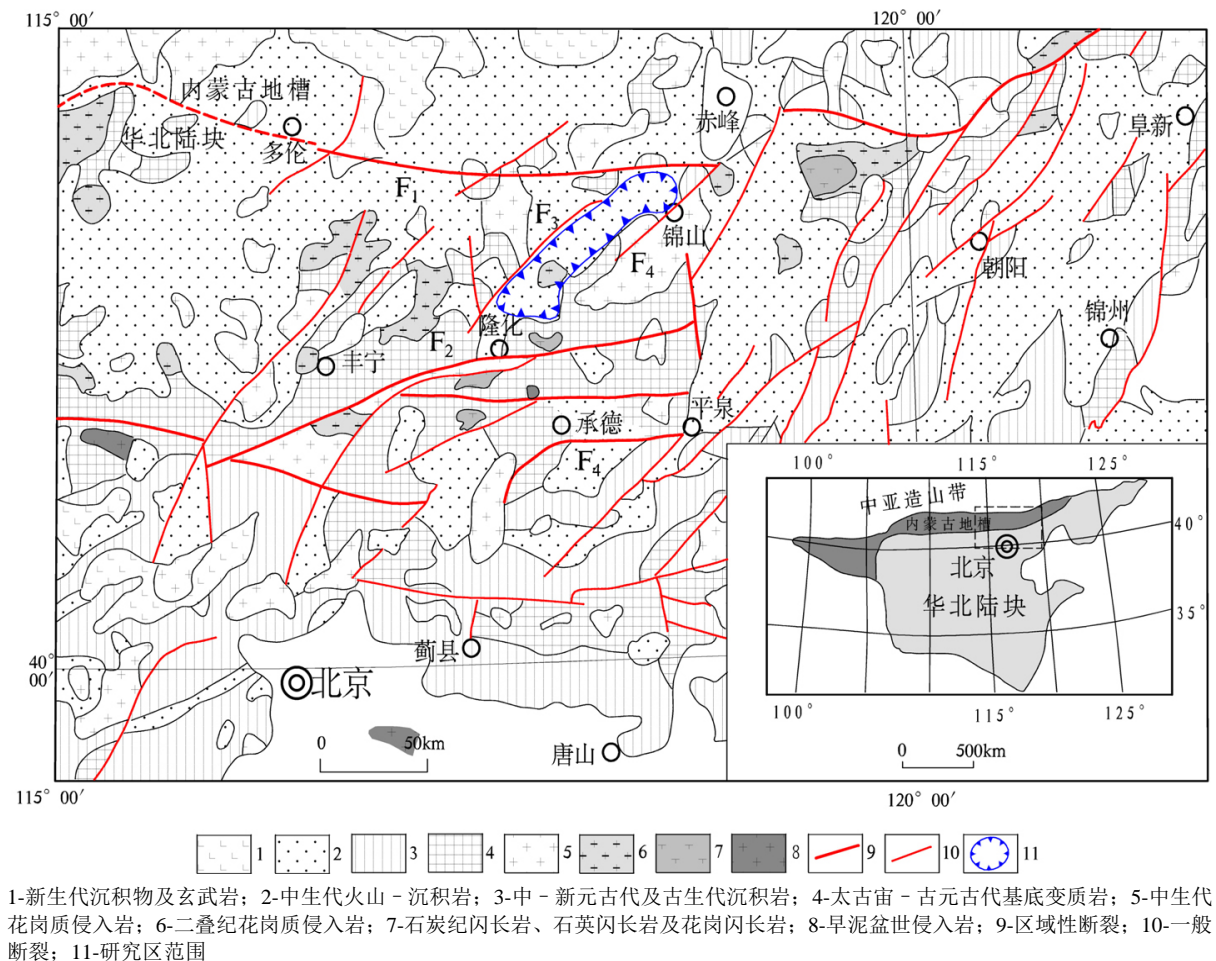
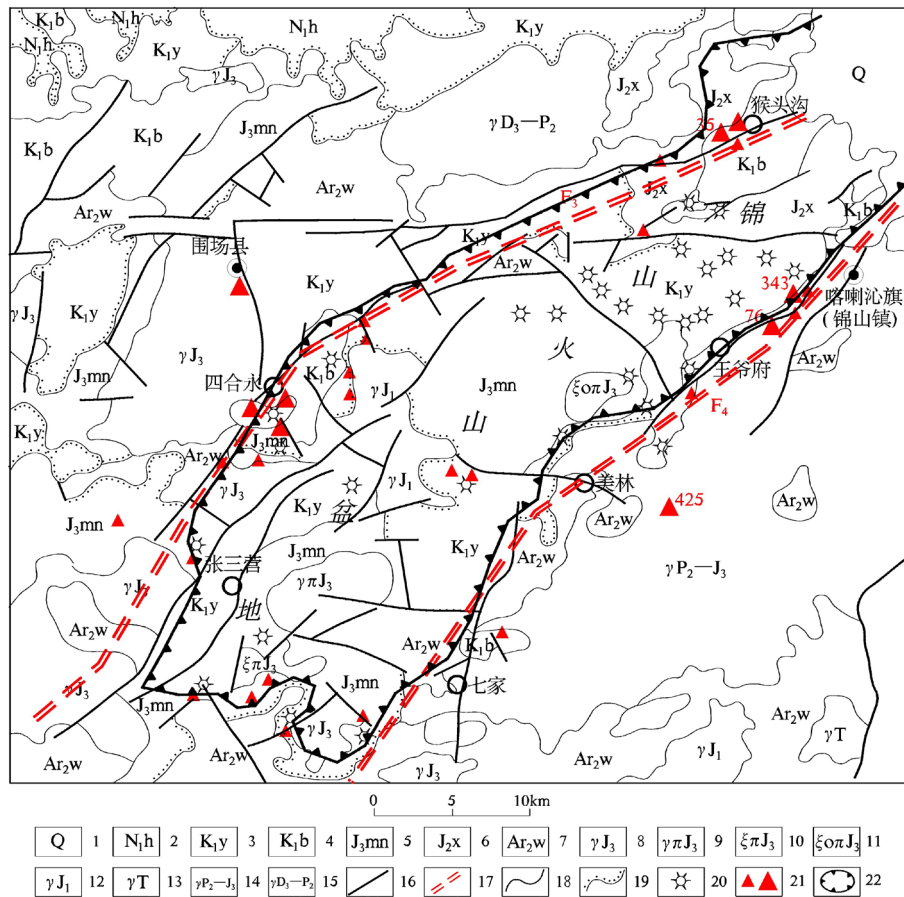


Figure 1. The study area of structural location

图 1. 研究区大地构造示意图



1-第四系；2-新近系汉诺坝组；3-白垩系义县组；4-上侏罗统白音高老组；5-上侏罗统玛尼吐组；6-中侏罗统新民组；7-元古代乌拉山岩群；8-晚侏罗纪花岗岩；9-晚侏罗纪花岗岩斑岩；10-晚侏罗纪正长斑岩；11-晚侏罗纪石英正长斑岩；12-早侏罗纪花岗岩；13-二叠纪花岗岩；14-中三叠纪-晚侏罗纪花岗岩；15-晚泥盆纪-中三叠纪花岗岩；16-一般断裂；17-深大断裂；18-地质界线；19-不整合地质界线；20-火山口或喷发中心；21-轴矿化异常点；22-盆地边界

Figure 2. The study area geological sketch

图 2. 研究区地质构造略图

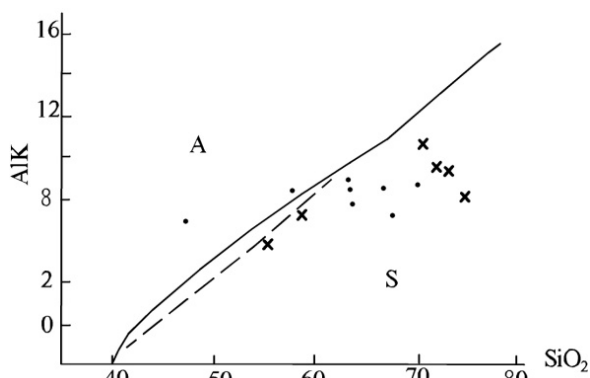
Table 1. Statistical analysis of rock chemical composition of volcanic rocks

表 1. 研究区火山岩岩石化学成分统计表

地层代号	岩石名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	nnn
K _{1y}	黑曜岩	63.84	0.60	15.00	2.68	1.60	0.06	1.67	2.80	5.12	2.60	0.29	3.57
	英安岩	67.34	0.43	15.11	3.23	0.81	0.07	0.69	1.96	4.06	4.60	0.28	1.46
	安山质英安岩	63.84	0.66	15.19	5.12	0.15	0.07	1.08	3.5	4.12	4.07	0.54	1.38
	安山岩	63.24	0.71	15.32	3.33	1.68	0.60	1.93	3.08	4.44	4.40	0.42	0.97
	安山玄武岩	59.02	1.26	15.85	7.05	0.51	0.10	1.04	4.39	4.26	3.92	0.89	1.63
	碱性橄榄玄武岩	47.55	1.39	13.31	6.05	5.00	0.14	5.98	8.31	3.88	3.5	1.44	2.78
	流纹质凝灰熔岩	78.86	0.114	11.47	0.38	0.46	0.022	0.07	0.26	5.64	1.28	0.016	0.13
K _{1b}	流纹岩	74.54	0.25	15.52	1.07	0.61	0.005	0.09	0.47	1.59	7.56	0.04	0.95
		76.24	0.23	12.27	1.22	0.20	0	0	0.58	2.73	5.54	0.01	0.96
J _{3mn}	安山岩	58.44	1.17	16.35	7.29	1.1	0.07	1.78	4.75	3.88	3.26	0.24	2.185
		57.76	1.071	16.89	5.86	1.84	0.078	2.67	5.59	3.64	2.65	0.439	2.18
J _{3mk}	玄武安山岩	55.04	1.01	16.85	7.09	0.33	0.07	2.37	7.00	4.00	2.11	0.51	3.53
	球粒流纹岩	72.58	0.24	13.43	2.07	0.27	0.11	0.15	0.89	4.92	4.37	0.05	0.81
	流纹质熔结凝灰岩	74.21	0.23	12.75	2.11	0.27	0.03	0.22	0.54	4.12	4.97	0.04	0.34

Table 2. Statistics of rock chemical parameters of volcanic rocks
表 2. 研究区火山岩石化学参数统计表

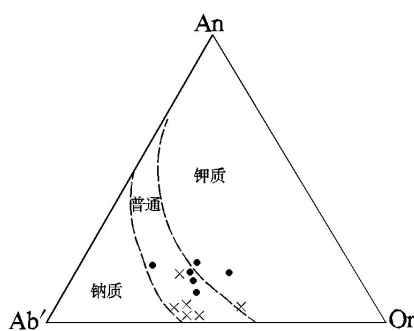
地层代号	岩石名称	δ	τ	ALK	Na ₂ O/K ₂ O	OX	SI	DI	Al/CNK	AR
K _{1y}	黑曜岩	2.86	16.5	7.72	1.97	0.37	12.21	74.97	0.91	2.5
	英安岩	3.08	35.7	8.66	0.9	0.2	5.15	82.8	0.98	2.56
	安山质英安岩	3.2	16.77	8.19	1.01	0.03	7.4	75.65	0.87	2.56
	安山岩	3.86	15.32	8.84	1.01	0.34	12.23	76.2	0.87	2.85
	安山玄武岩	4.2	9.2	8.18	1.1	0.07	6.2	69.9	0.82	2.36
	碱性橄榄玄武岩	11.95	6.8	7.4	1.11	0.45	24.48	48.15	0.82	2.03
K _{1b}	流纹质凝灰熔岩	1.34	53	6.92	4.4	0.55	0.89	95.7	1.04	3.88
	流纹岩	2.69	43.55	9.15	0.2	0.34	0.75	93.25	1.08	4.975
		2.1	41.48	8.27	0.49	0.14	0.1	93.7	1.07	2.48
J _{3mn}	安山岩	2.7	12.38	6.29	1.3	0.23	16.03	57.4	0.89	1.78
		3.33	6.83	7.14	1.18	0.135	10.63	67.7	0.885	2.07
	玄武安山岩	3.1	12.72	6.11	1.89	0.043	14.72	53.5	0.78	1.69
J _{3mk}	球粒流纹岩	2.92	35.46	9.29	1.1	0.12	1.27	93.1	0.91	4.69
	流纹质熔结凝灰岩	2.65	37.65	9.09	0.83	0.11	1.88	94.1	1.03	4.24



A-碱性系列; S-亚碱性系列; ×-晚侏罗世火山岩; •-早白垩世火山岩

Figure 3. Silicon base diagram

图 3. 硅碱图



×-晚侏罗世火山岩; •-早白垩世火山岩

Figure 4. Ab'-An-Or diagram

图 4. Ab'-An-Or 图

3. 构造岩浆活动特征

3.1. 构造环境

研究区构造岩浆活动主要分为太古代 - 古生代和中生代 - 新生代两个发展阶段。太古代 - 古生代发展阶段构成了最古老的東西向带状格局；中生代 - 新生代发展阶段，随着地壳抬升及地表剥蚀，北东向构造格架上叠于东西向构造格局之上，最终形成了本区整体呈近东西向，局部北东向的构造格局[6]。

3.2. 构造特征

断裂构造主要发育有近 EW-NEE、NE、NW 和 NNE-SN 向等四组，不同方向断裂构造之间具复杂的交错、复合，同方向构造常平行、等距成带状。

火山构造也较发育，火山口或火山喷发中心具有等间距沿深大断裂线性排列的特点。在火山构造与断裂构造复合部位，多发育有较强烈的热液蚀变，且伴有铀矿化异常现象。

3.3. 构造岩浆演化

在华北古老陆块的基础上，研究区经历了五台、吕梁、加里东、华力西及燕山等 5 期构造岩浆活动。五台期由幔源中基性岩浆形成了经过强烈变质、塑性形变、结晶分异作用的片麻岩；吕梁期斜长花岗岩和花岗闪长岩侵位，岩石又经历了低绿片岩相变质和韧性变形作用；加里东时期经历了褶皱变形和低绿片岩相变质作用；华力西时期发生了黑云母花岗闪长岩 - 黑云母二长花岗岩侵位，发育一期低绿片岩相变质和弱韧性变形作用，岩石普遍发生钾长石化，铀含量普遍升高，对后期铀含量富集成矿奠定了基础；燕山期在拉张的构造环境下，基底构造复活，地下岩浆上涌，形成本区北东向带状分布的火山岩[7]。

3.4. 中生代火山岩岩浆来源

根据晚侏罗世火山岩具有向右倾斜的轻稀土富集型稀土元素配分曲线(图 5)，且酸性火山岩钨明显亏损，加之稀土元素丰度、微量元素丰度与地壳基底层比较接近，而与幔岩层差别较大，因此推断本区酸性火山岩岩浆来源主要为地壳，根据 Rb-Sr 图解推断岩浆来源深度大于 30 km (图 6)。

4. 铀矿化特征及控矿因素

4.1. 铀矿化特征

区内铀矿化异常具有十分明显的分布规律——即沿盆地两侧控盆断裂呈北东向带状分布。通过对研究区铀矿化特征的归纳总结及区域成规律、控矿因素的分析研究，认为工作区内铀矿化类型以火山热液型为主，按照其矿化特点进一步划分为接触带型、层间破碎带型[8]。

接触带型：产于富铀基底地层或花岗岩体与火山岩内外接触带附近，以研究区东部 343 铀矿化点为例(图 7)，其产于基底钾长石化黑云母二长花岗岩与火山岩接触带附近，异常走向与接触带走向基本一致，出露长度 100 m，宽度 1~15 m，品位一般在 0.010%~0.156%，矿化体产于不整合面的上部火山岩中地层中(图 8)，伴有硅化、绢云母化、碳酸盐化、高岭土化等。铀矿化异常受陡倾断裂构造控制，与火山喷发后期构造岩浆热液关系密切。

层间破碎带型：产于深大断裂附近酸性火山岩中，由于深大断裂影响而使其两侧形成较多的次级断裂或层间破碎带，含矿热液沿层间构造富集所致。以猴头沟地段铀矿化为例(图 9)，其由多个铀矿化异常点组成，呈带状沿深大断裂展布，产于硅化、褐铁矿化、赤铁矿化蚀变带中，围岩为白音高老组流纹岩，蚀变带宽度一般在 2~30 m，连续长度 3~4 km，蚀变带走向与断裂一致，倾向与流纹岩地层一致。矿化异常断续状分布，铀含量一般 0.013%~0.089%。铀矿化异常受缓倾断裂构造控制，也与火山喷发后期构造

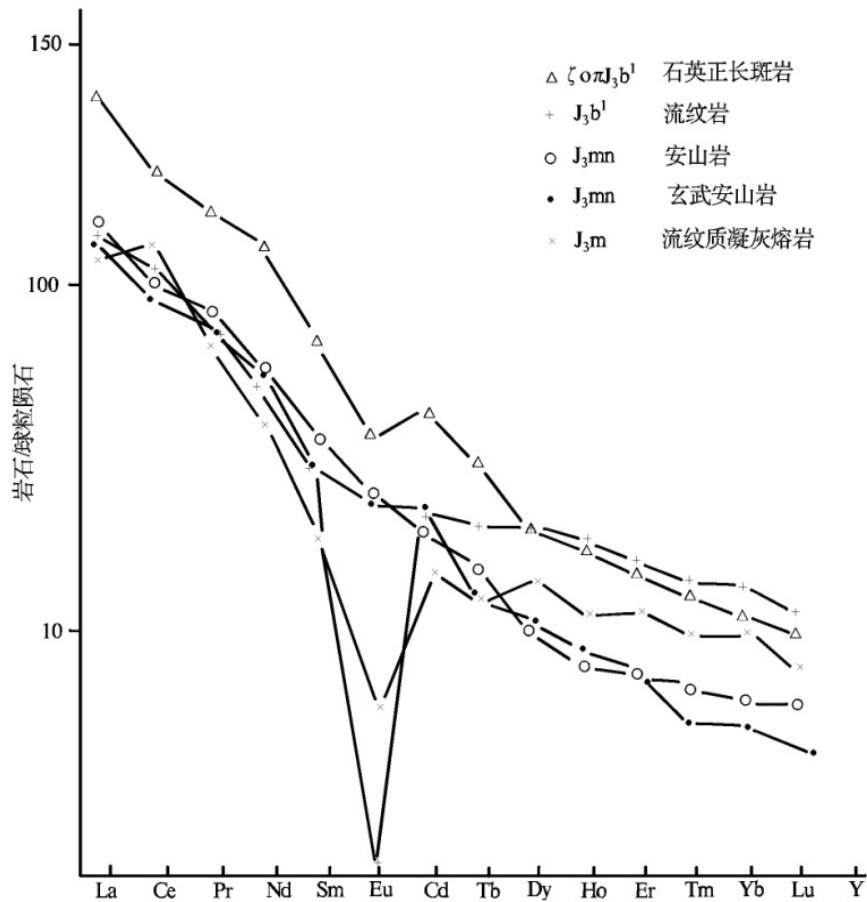
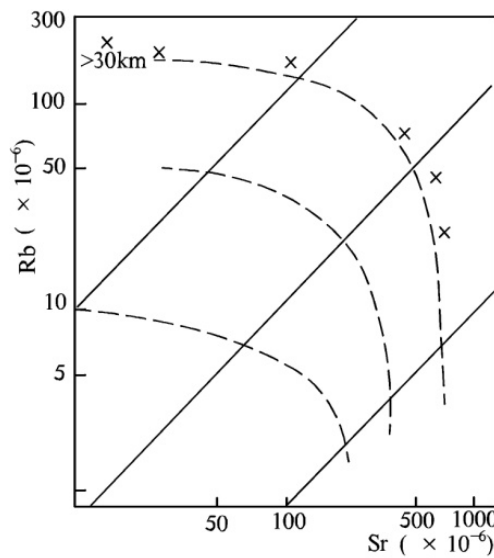


Figure 5. REE distribution curve model of volcanic rocks in study area
 图 5. 研究区火山岩稀土分配曲线模式图



×-晚侏罗世火山岩

Figure 6. Relation between Rb-Sr abundance and continental crust thickness
 图 6. Rb-Sr 丰度与大陆壳厚度关系图

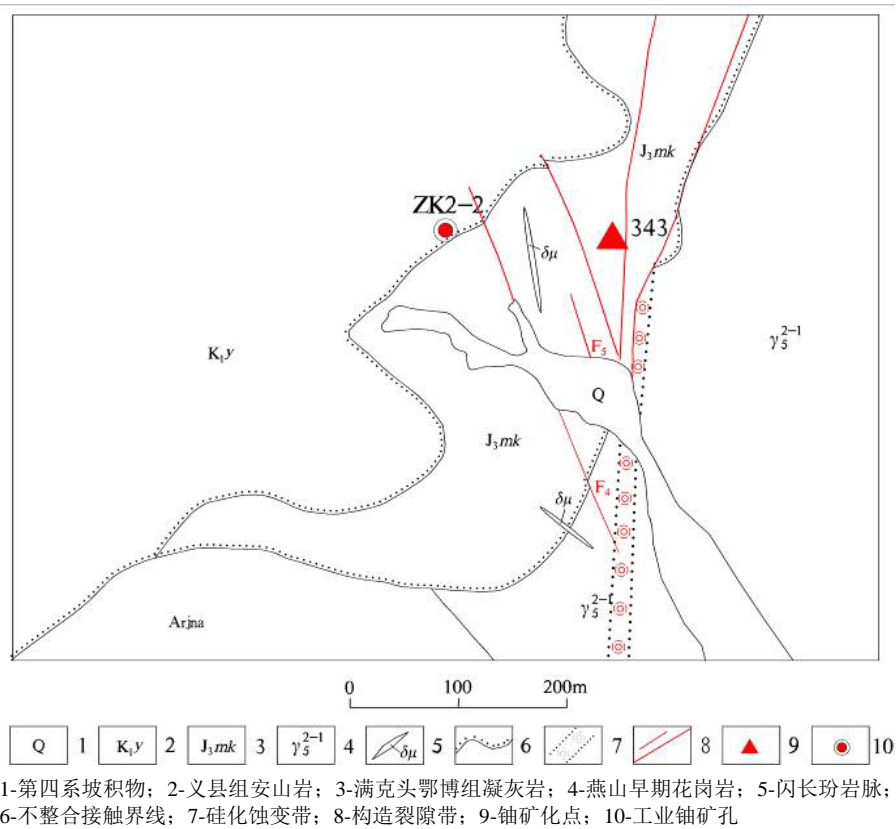
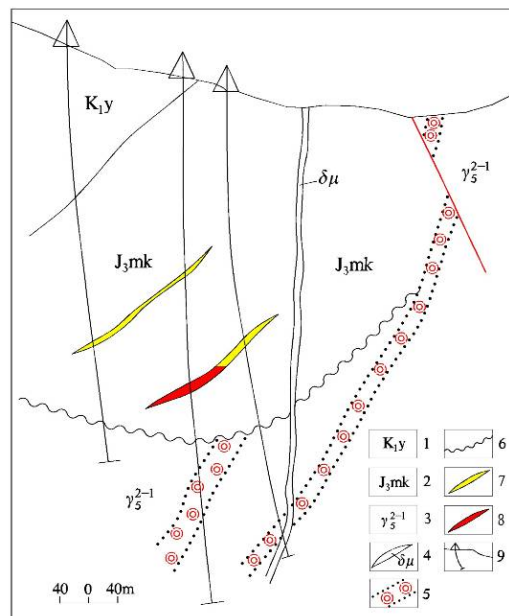


Figure 7. 343 uranium mineralization geological sketch

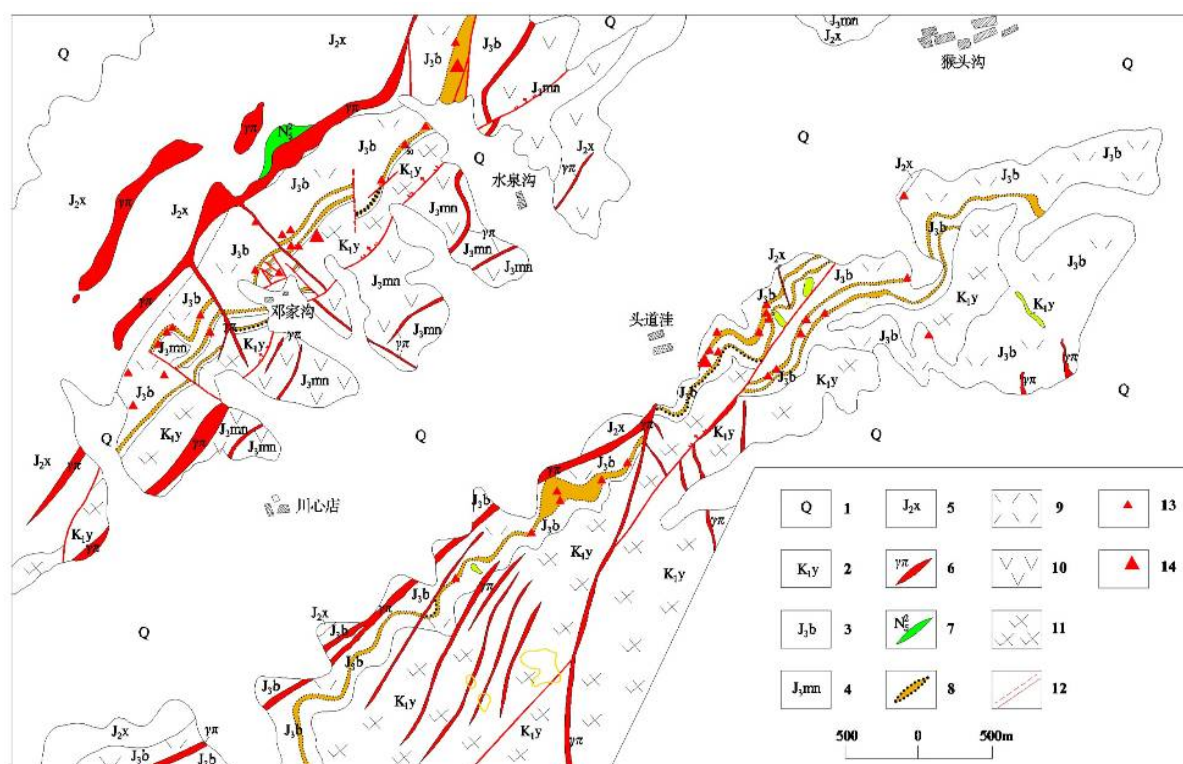
图 7. 343 铀矿化点地质略图



1-义县组安山岩; 2-满克头鄂博组凝灰岩; 3-燕山早期花岗岩; 4-闪长玢岩脉; 5-硅化带; 6-不整合面; 7-铀异常; 8-工业铀矿体; 9-钻孔

Figure 8. 343 Uranium mineralized point exploration line profile

图 8. 343 铀矿化点勘探线剖面图



1-第四系；2-义县组；3-白音高老组；4-玛尼吐组；5-新民组；6-花岗斑岩脉；7-基性脉岩；8-黄褐色蚀变流纹岩；9-流纹岩；10-安山岩；11-英安岩；12-推测及实测断裂；13-轴异常点；14-轴矿化点

Figure 9. Hou Tougou Section Geological sketch

图 9. 猴头沟地段地质略图

岩浆热液关系密切。

4.2. 控矿因素

从研究区铀矿化分布规律、矿化类型及特征来看，构造对铀矿化起十分明显控制作用。盆地两侧贯通性深大断裂是沟通深部含矿热液上升运移的主要通道，这也是铀矿化异常均分布于深大断裂附近 3~5 km 范围内的主要原因；次级断裂、火山机构及构造交汇复合部位为含矿热液进一步运移沉淀提供通道或富集空间，直接控制铀矿化的空间定位。

5. 构造岩浆活动与铀的关系

研究区内矿化与围岩并没有选择性，但成矿物质来源十分相似 - 热液成因，区域超岩石圈断裂控制了矿床的分布特征，而次级断裂带控制了矿体的分布[9]，反映出了构造岩浆活动对成矿作用的控制。

通过对研究区基底地层、岩体及火山岩盖层铀、钍、钾等含量统计(表 3)，五台 - 吕梁期的钾质花岗岩、花岗岩，华力西晚期花岗岩，燕山期的钾长花岗岩、花岗岩、二长花岗岩、流纹斑岩等岩体铀、钍、钾含量都较高，地层中铀、钍、钾含量以中 - 新元古界和侏罗系最高[10]。结合本区构造岩浆活动特征，认为本区在元古代 - 早白垩世漫长的演化分异过程中存在这多次的铀迁移富集作用，同时存在着早期到晚铀、钍、钾均向富集方向演化的特点。尤其是吕梁期 - 华力西期钾长花岗岩浆的侵入，为锦山火山盆地奠定了富铀基底，燕山期酸性岩浆的浸位，为进一步促使铀的活化、迁移、富集提供的有利条件。

综上所述，不同时代的侵入岩和地层为成矿提供了热源和物质储备，不同规模的断裂构造为岩浆活

Table 3. The contents of U, Th and K in stratum and rock mass of study area
表 3. 研究区地层及岩体 U、Th、K 含量统计表

时代	岩性	U($\times 10^{-6}$)	Th($\times 10^{-6}$)	K(%)
燕山晚期	流纹斑岩、正长斑岩	3.72(6.99)	15.31(23.93)	3.45
	二长花岗岩	7.08	12.47	3.96
	花岗闪长岩	4.58(11.13)	16.18(35.87)	4.27(11.37)
燕山早期	花岗斑岩	2.93(7.12)	15.18(59.83)	2.91(5.11)
	花岗岩	3.54(12.94)	15.81(33.39)	3.20(5.34)
华力西期	二长花岗岩	2.56(12.47)	12.37	2.66
	花岗岩	3.45(8.01)	14.30(28.94)	3.87
五台 - 吕梁期	钾长花岗岩	3.38(14.76)	12.84(22.17)	2.64
	闪长岩	3.36	11.93	2.93
	白垩系	3.09	11.95	2.86
	上侏罗系	3.31	13.36	2.98
	中 - 下侏罗系	3.32	12.95	3.62
	古生界	2.34	12.08	2.68
	中 - 新元古界	3.31	12.91	2.96
	古元古界	2.91	11.75	2.28
	太古界	2.87	11.80	2.67

注：括号中数值为含量最高值。

动提供了良好的通道，同时也为含矿热液创造了运移和富集的良好条件[11]。构造岩浆活动不但在铀富集成矿作用过程中起着推动、促进作用，同时也对铀成矿作用起着控制的作用。

6. 结论

- 1) 研究区是华北陆块北缘的一个具有断陷性质火山盆地，两侧受两条北东向深大断裂带控制。
- 2) 研究区构造岩浆活动经历了古元古代 - 早白垩世漫长的演化历程，存在着多期次的铀含量富集作用。
- 3) 四合永 - 猴头沟、美林 - 锦山两条深大断裂带是本区主要控岩控矿断裂，具有多期活动性和连通性，是深部热液上升的主要通道，是本区成矿的一级控矿构造。其所派生出的次级断裂(主要指北西向)及火山机构二级控矿构造；构造交汇复合部位及层间破碎带、密集裂隙带直接控制了矿化异常的定位。
- 4) 该盆地铀成矿条件十分有利，具有一定的铀矿找矿前景。今后铀矿找矿的方向应该从两条深大控岩控矿断裂入手，选择构造较发育且具有明显矿化异常等地段进行探索，如猴头沟、四合永等地段。

基金项目

中国核工业地质局地勘费项目“河北省围场县 - 内蒙古喀喇沁旗铀矿资源调查评价”编号：201614-2。

参考文献 (References)

- [1] 张金带, 李子颖, 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.

- [2] 张栓宏, 赵越, 等. 华北陆块北缘晚古生代—中生代花岗岩体侵位深度及其构造意义[J]. 岩石学报, 2007, 27(3): 625-638.
- [3] 杜培杰, 高东升, 等. 赤峰地区金矿分布规律、成矿地质条件及找矿远景分析[J]. 城市建设理论研究, 2013(16).
- [4] 石玉若, 刘翠, 等. 内蒙古中部花岗质岩类年代学构架及该区构造岩浆演化探讨[J]. 岩石学报, 2014(11): 3155-3171.
- [5] 中华人民共和国 1:50000 区域地质调查报告(龙头山幅, 围场县幅, 皮匠营子幅, 四合永幅). 河北省地质矿产开发局, 1996.
- [6] 刘建民, 赵越, 陈柏林, 等. 多伦 - 赤峰地区主要金属矿床的成矿构造环境、成矿规律及找矿方向[C]//中国地质学会. 第七届全国地质力学学术研讨会论文集, 北京, 2006.
- [7] 林少泽, 朱光, 等. 燕山构造带北部喀喇沁旗地区晚古生代 - 中生代多期岩浆活动的构造背景分析[J]. 地质科学, 2015, 50(1): 30-49.
- [8] 黄世杰. 铀金地质论文集[M]. 北京: 地质出版社, 2012.
- [9] 孙珍军. 华北克拉通北缘赤峰 - 朝阳地区金成矿作用研究[D]: [博士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2013.
- [10] 牛子良, 等. 河北省沽源 - 围场地区火山岩型铀资源评价成果报告[R]. 核工业二四三大队, 2013.
- [11] 王景雄, 赵晨, 等. 内蒙古自治区赤峰市喀喇沁旗地区二叠纪侵入岩特征浅析[J]. 世界有色金属, 2017(4): 62-63.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ag@hanspub.org