

DOI:10.19948/j.12-1471/P.2024.03.05

王建青,刘洋,闫国强,于达,刘钧沅,徐如磊,蔡童,张晓鹏.2024.内蒙古多伦县义盛店火山岩型铀多金属矿综合信息找矿模型[J].华北地质,47(3):46-53+73.

Wang Jianqing, Liu Yang, Yan Guoqiang, Yu Da, Liu Junyuan, Xu Rulei, Cai Tong, Zhang Xiao-peng. 2024. Comprehensive information prospecting model for Yishengdian volcanic rock type uranium polymetallic deposit in Duolun County, Inner Mongolia[J]. North China Geology, 47(3):46-53+73.

内蒙古多伦县义盛店火山岩型铀多金属矿 综合信息找矿模型

王建青¹,刘洋²,闫国强³,于达¹,刘钧沅¹,徐如磊¹,蔡童¹,张晓鹏¹

(1.天津华北地质勘查总院,天津 300170; 2.天津华北地质勘查局核工业247大队,天津 301800;
3.中国地质调查局天津地质调查中心(华北地质科技创新中心),天津 300170)

摘要:【研究目的】义盛店铀多金属矿(化)体赋存于西干沟破火山机构附近的晚侏罗世满克头鄂博期次火山岩体中,主要受NW-NNW向断裂构造与次流纹岩体内隐爆角砾岩带的结合部位控制,研究并建立该矿床综合信息找矿模型对指导成矿带找矿意义重大。【研究方法】本文在研究该地区铀成矿地质条件,成矿地质体、成矿构造与成矿结构面、成矿作用特征标志的基础上,结合矿区土壤地球化学特征和激发、伽马能谱、活性炭及静电 α 异常特征信息开展了系统综合研究工作。【研究结果】通过研究建立了矿区地质找矿模式,归纳并总结了矿区成矿主要受火山构造控制和土壤地球化学异常区与低电阻率高极化体异常及具有深穿透放射性形成的几何形态异常等物化探找矿标志,构建了该区地质-地球化学-地球物理“三位一体”的综合信息找矿模型。【结论】研究认为在义盛店矿区断裂破碎带、次火山岩接触带与隐爆角砾岩构造的叠加部位,地球化学异常与地球物理异常区相吻合地段,存在形成中-大型铀多金属矿床的潜力,并应用模型指导找矿取得了新突破。

关键词:义盛店;铀多金属矿;隐爆角砾岩;找矿模型

创新点:首次运用深穿透性勘查技术,如静电 α 粒子积分测量等找矿方法,建立了调查区次火山岩型铀多金属矿床地质-地球化学-地球物理综合找矿模型,实现找矿突破。

中图分类号: P619.14

文献标志码: A

文章编号: 2097-0188(2024)03-0046-09

Comprehensive information prospecting model for Yishengdian volcanic rock type uranium polymetallic deposit in Duolun County, Inner Mongolia

WANG Jianqing¹, LIU Yang², YAN Guoqiang³, YU Da¹, LIU Junyuan¹,
XU Rulei¹, CAI Tong¹, ZHANG Xiaopeng¹

(1.Tianjin North China Geological Exploration General Institute, Tianjin 300170, China; 2.Tianjin North China Geological Exploration Bureau Nuclear Industry 247 Brigade, Tianjin 301800, China; 3.Tianjin Center, China Geological Survey(North China Center of Geoscience Innovation), Tianjin 300170, China)

收稿日期: 2024-01-02

基金项目: 中国地质调查局项目“河北省小河子矿集区深部找矿预测(DD2019057014)”、“内蒙古正蓝旗地区铀矿地质调查(DD20160129-06)”、“河北沽源黄营子地区铀矿地质调查(DD20160129-07)”

作者简介: 王建青(1988-),男,本科,工程师,主要从事铀及多金属矿产地地质勘查工作, E-mail: 937780783@qq.com。

<http://hbdz.org.cn> 华北地质, 2024, 47(3)

Abstract: This paper is the result of geological prospecting model and its application.

[Objective] The Yishengdian uranium polymetallic deposit (mineralization) is located in the Late Jurassic Manketou Obo subvolcanic rock mass near the Xigangou volcanic mechanism, mainly controlled by the combination of NW-NNW trending fault structures and the hidden explosive breccia belt within the subhyolite rock mass. The study and establishment of a comprehensive information exploration model for this deposit is of great significance in guiding the exploration of mineralization zones. **[Methods]** On the basis of studying the geological conditions, ore-forming bodies, ore-forming structures and structural planes, and ore-forming process characteristics of uranium mineralization in the region, this article conducted a systematic and comprehensive research work by combining the soil geochemical characteristics of the mining area with information on induced polarization, gamma energy spectrum, activated carbon, and electrostatic alpha anomalies. **[Results]** A geological exploration model for the mining area was established through research, and the main physical and chemical exploration indicators for mineralization in the mining area were summarized and summarized, including volcanic structure control, soil geochemical anomaly areas, low resistivity high polarization body anomalies, and geometric shape anomalies formed by deep penetrating radioactivity. A comprehensive information exploration model of geology geochemistry geophysics "trinity" was constructed for the mining area. **[Conclusions]** The study suggests that there is potential for the formation of medium to large uranium polymetallic deposits in the overlapping areas of fault fracture zones, subvolcanic rock contact zones, and cryptoexplosive breccia structures in the Yishengdian mining area, where geochemical and geophysical anomalies coincide. New breakthroughs have been made in using models to guide mineral exploration.

Key words: Yishengdian; Uranium polymetallic; cryptoexplosive breccia; prospecting model

Highlights: For the first time, deep penetration exploration techniques such as electrostatic alpha particle integration measurement were used to establish a comprehensive geological geochemical geophysical prospecting model for sub volcanic uranium polymetallic deposits in the survey area, achieving a breakthrough in prospecting.

About the first author: Wang Jianqing (1988 -), male, undergraduate, engineer, mainly engaged in geological exploration of uranium and polymetallic minerals, E-mail: 937780783@qq.com.

Fund support: China Geological Survey Project "Deep Mineral Exploration Prediction in Xiaohezi Mining Area, Hebei Province (DD2019057014)"; Geological Survey of Uranium Mines in Zhenglan Banner, Inner Mongolia (DD20160129-06); Geological Survey of Uranium Mines in Jihuanyingzi Area, Guyuan, Hebei Province (DD20160129-07)

内蒙古多伦县义盛店铀多金属矿床矿体属于封闭体系下的碱交代作用成矿,以至铀多金属矿体的原生晕扩散受限,加之矿区勘查程度的日趋增高,浅地表可发现的铀多金属矿(化)体逐年减少,找矿难度不断增大,采用常规诸如地质填图、土壤地球化学测量、激电中梯测量等单一方法对寻找隐伏矿(化)体效果较差(薛兰花等,2016;刘文杰等,2015;王自力等,2018)。本次研究以现代成矿、找矿预测理论为指导,综合整理了义盛店矿区地质、物化探测量资料,系统分析研究了矿区物化探异常特征与铀多金属矿(化)体的对应关系,并开展具有深穿透技术的新方法(静电 α 粒子测量)试验,通过进行钻探验证实现找矿新发现,明确了探测目标及其形成的各类标志,建立了寻找隐伏铀多金属矿(化)体的地物化综合找矿信息模型,为该区铀多金属矿找矿提供依据,进一步指导沽源-多伦铀多金

属成矿带上取得找矿突破。

1 区域地质背景

义盛店矿区地处华北陆块北缘,位于沽源-多伦铀多金属成矿带东北段,是沽源-红山子铀成矿带的一部分(图1)。该成矿带上产出有张麻井大型铀钼矿床、红山子大型铀矿、大官厂中型铀钼矿床、义盛店铀多金属矿床和双脑包、秦家营和德合园等众多铀多金属矿点,找矿前景广阔(薛伟,2019;罗毅等,1997;黄小军,2016)。

区域地层具典型的“二元”结构。下部基底主要出露一套前寒武纪变质岩系,原岩以基性火山岩、中性火山碎屑岩、泥质砂岩、砂质泥岩、砂岩及碳酸盐岩等不等厚互层为特征,属火山-沉积建造类型,局部基底夹有二叠纪浅变质岩;上部盖层由中新界火山岩组成,盖层下部为中酸性火山岩建

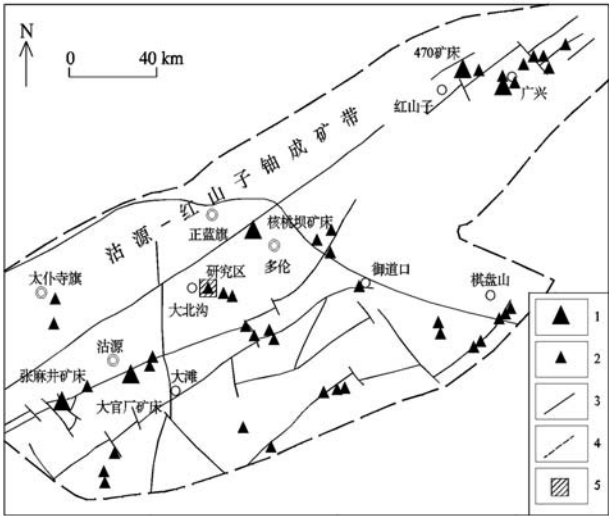


图1 沽源-红山子铀成矿带铀矿分布图
(据薛伟等,2019修改)
Fig.1 Uranium ore distribution map of the Guyuan-Hongshanzi uranium metallogenic belt
1. 铀矿床;2. 铀矿(化)点;3. 断裂构造;
4. 成矿带范围;5. 研究区位置

造,上部为中基性火山岩建造夹陆源碎屑沉积建造,分布规律受区域火山机构控制(冯晓曦等,2021;郭鸿军等,2009)。区域构造格架主要表现为前中生代西伯利亚板块与华北板块碰撞造山作用所形成的断裂、褶皱以及火山构造。断裂主要有NNE向、NE向、NW向及近SN向4组,其中NE向断裂具有多期活动的特点,控制着区域火山活动和成矿带的展布,其与NW向断裂的交汇部位,控制着次火山岩型铀多金属矿床的定位(杜俐等,2019;杨建平,2011;杨桐旭等,2023);区域岩浆岩以次流纹岩、花岗斑岩、二长斑岩及正长斑岩为主,岩相类型上相当于次火山岩相,属火山-侵入岩系的组成部分,形成于燕山晚期,与铀多金属成矿关系密切(肖志斌等,2020;程银行等,2024)。

2 成矿地质条件

2.1 火山岩特征

义盛店矿区地处西干沟大型破火山机构中央侵入穹隆的北侧。出露的火山岩主要为晚侏罗世满克头鄂博期火山喷发旋回的薄板状钾长流纹岩、厚层状钾长流纹岩和球粒流纹岩等,属西干沟破火山机构中心周边近源溢流相;以及满克头鄂博期的次流纹岩,属西干沟破火山机构中央侵入穹隆体北侧的下部火山喷发韵律(王自力等,2018;黄小军,2016)(图2)。

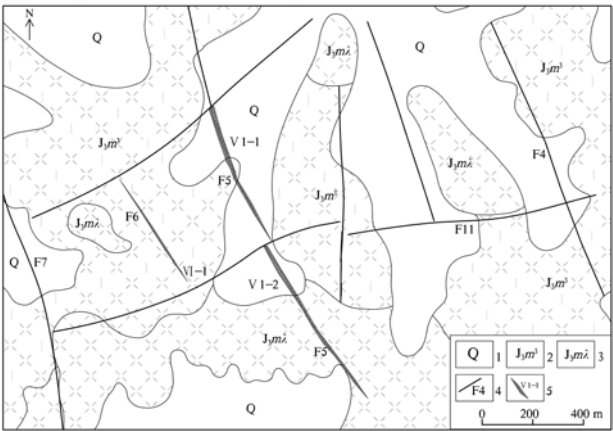


图2 义盛店矿区地质简图
Fig.2 Geological sketch of YiShengdian mining area
1. 第四系;2. 钾质流纹岩;3. 次流纹岩;
4. 断层及编号;5. 矿体位置及编号

岩石地球化学剖面测量结果显示,满克头鄂博火山喷发旋回的流纹岩中Ag、Pb、Zn、As、Sb、W、Sn、Mo等元素含量较华北地台上陆壳略偏高,Au元素含量相当,无Ag元素富集趋势(表1);伽玛能谱面积测量数据显示流纹岩出露地段U、Th、K含量基本为正常值,其U/Th、Th/K比值无异常。说明流纹岩不是本区矿源层(王思力等,2018;沈光银等,

表1 义盛店矿区各地质体元素分布特征
Table 1 Distribution characteristics of plastidElements in Yishengdian mining area

地质体岩性	样品数/件	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	W	Sn	Mo	Mn
钾长流纹岩	150	0.34	0.23	13.1	41	106	4.67	1.23	5.19	3.24	2.33	276
浓集系数(K)		0.5	0.4	0.7	2.4	1.8	2.5	6.8	5.8	2.2	3.9	0.5
硅化角砾岩体	12	0.63	1.23	12.3	34.7	64.6	20.7	2.84	3.98	2.89	3.57	149
浓集系数(K)		0.9	2.2	0.7	2.1	1.1	10.9	15.8	4.4	1.9	6	0.3
银矿化体	21	0.54	51.2	61.5	2141	1105	31.8	11.2	0.29	4.91	8.48	5267
浓集系数(K)		0.7	90	3	126	19	17	62	0.3	3.2	14	9
华北上陆壳丰度(迟清华等,2007)		0.74	0.57	18	17	60	1.9	0.18	0.9	1.5	0.6	575

注:数据来源为天津华北地质勘查局核工业247大队,Au元素含量为10⁻⁹,其它元素含量均为10⁻⁶

2011;文思博等,2023)。

满克头鄂博次流纹岩,岩石化学成分中SiO₂含量高达76.3%、Na₂O含量为3.17%、K₂O含量为5.85%,相对正常火山岩明显较高;微量元素分析,Ag、Pb、Zn丰度值较正常火山岩超出3倍以上,特别是Sb、Bi、Te元素的浓集系数较之高达50多倍;稀土元素配分曲线为δE负异常的右倾曲线,表明原始岩浆来源于地壳部分重熔或壳幔混染(申宗义等,2018;王正邦等,1993);伽玛能谱面积测量成果显示次流纹岩体中存在U、K偏高晕(高金铖等,2013);在次流纹岩体与围岩接触带上发育硅化、钾长石化、绿泥石化等多种中低温热液蚀变现象,并伴有铀、

银多金属矿化。另外,根据耿文辉(耿文辉,2005)研究,认为银多金属成矿物质来源于富含Sb、Bi、Te化物的酸性次火山岩。对比分析同一成矿带上产出的张麻井大型铀钼矿床成矿地质条件(金若时等,2014;沈光银,2007;冯晓曦等,2017)(表2),认为本区出露的满克头鄂博旋回火山活动特征类似于张家口旋回下部,岩浆房产出部位较高,高SiO₂和Na、K表明岩浆分异程度较高,最终产生大体积残余岩浆侵位形成巨型中央穹隆体,其中央穹隆侵入体一次流纹岩的大量裸露,表明后期地壳差异性抬升运动的剥蚀程度较深。因此,本区次流纹岩的地质找矿意义重大。

表2 义盛店矿区与张麻井矿区火山岩特征对比表
Table 2 Comparison table of volcanic rock characteristics between Yishengdian mining area and Zhangmajing mining area

义盛店铀银矿区					张麻井铀钼矿区				
旋回	韵律	岩性组合特征	方式	年龄	旋回	韵律	岩性组合特征	方式	年龄
满克头 鄂博旋 回	第二 韵律	粗面岩、粗面质英安岩	溢流	138.3 Ma		第三 韵律	上部为薄层状、块状流纹岩及球粒流纹岩;下部为角砾熔结凝灰岩及角砾熔岩夹凝灰质砂岩	溢流- 喷发	132.6 Ma
	第一 韵律	上部为薄板状流纹质、厚层状钾长流纹岩等;中部为流纹质熔结凝灰岩,夹角砾凝灰岩;下部为石英粗面岩,夹凝灰岩。	溢流- 喷发- 溢流	142.0 Ma	张家口 旋回	第二 韵律	上部为细纹状、薄层状碎斑流纹岩;下部为流纹质角砾凝灰岩及角砾熔结凝灰岩	溢流- 喷发	134.3 Ma
					146.2 Ma		第一 韵律	上部为厚层钾长流纹岩夹球粒流纹岩;下部为流纹质晶屑凝灰岩及晶屑熔结凝灰岩	溢流- 喷发

2.2 控矿构造特征

义盛店矿床的成矿作用受火山活动控制,具典型的次火山岩型矿床的成矿构造环境(罗毅等,1997)。矿区NE向断裂为区域破火山机构环形断裂的一部分,控制着成矿带的展布。区内NW-NNW向断裂与隐爆角砾岩带叠加复合部位是铀多金属矿的成矿有利位置,并且次火山岩与围岩的接触角砾岩带往往是铀多金属矿化的有利地段(王建青等,2022)。断裂破碎带、次火山岩接触带与隐爆角砾岩叠加复合型构造特征与耿文辉(罗毅等,2006)等提出的次火山岩型银多金属矿床控矿构造类型相似,结合矿区钻探验证结果,认为该套复合型构造,是义盛店铀多金属矿床控矿构造。

2.3 铀多金属矿体特征

义盛店矿区铀多金属矿体的赋矿围岩为满克

头鄂博期紫灰-紫色次流纹岩,近矿围岩蚀变主要为绿泥石化、萤石矿化、硅化和赤铁矿化等。经多条剖面证明,矿体主要受NNW向F5断裂构造破碎带与产出于次流纹岩体中的隐爆角砾岩带共同控制,赋存于断裂两侧的隐爆角砾岩中,多呈似层状、层状产出(图3)。矿体产出空间存在一定局限性,其形态、产状、规模等与隐爆角砾岩带的规模形态密切相关(薛兰花等,2016)。

矿区共圈定出10条铀矿(化)体(表3),均为隐伏矿体。矿体围岩普遍蚀变,以热液蚀变为主,主要沿断裂带呈线性分布,在矿(化)体、断裂两侧蚀变现象明显。蚀变矿化类型以硅化、萤石化、水云母化、高岭土化、蒙脱石化、伊利石化以及铁锰矿化为主,次为褐铁矿化、赤铁矿化、碳酸盐化。矿石类型为铀银矿石,呈细脉状产出,主要受构造与隐爆

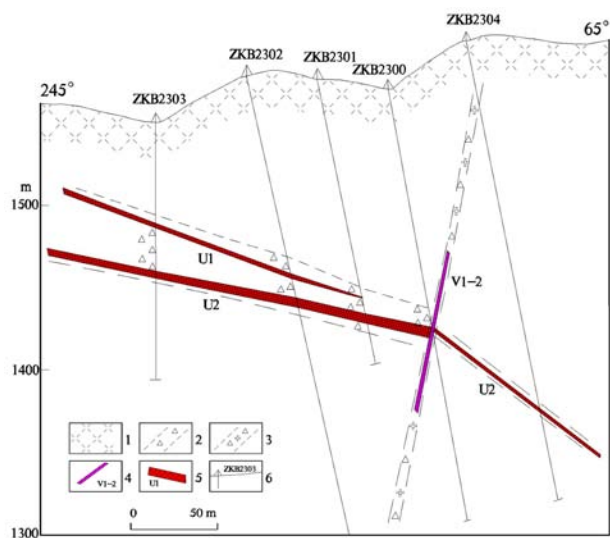


图3 义盛店矿区23号勘探线剖面图
Fig.3 Section map of no.23 exploration line in Yishengdian Mining area
1.次流纹岩;2.角砾岩;3.构造硅化角砾岩带;4.银矿体及编号;5.铀矿体及编号;6.钻孔位置及编号

表3 义盛店矿区铀矿(化)体特征表

Table 3 Characteristic tables of uranium ore bodies in Yishengdian mining area

矿体 编号	厚度 (m)	长度 (m)	产状	铀平均 品位(10^{-6})	赋矿围岩	控矿构造
U0	0.24 ~ 1.21	400	陡倾斜	684	蚀变流纹岩	层间破碎带
U1	0.73 ~ 2.85	295	平缓似层状,倾向135°, 倾角10°-20°	507	次流纹岩	西干沟破火山中央侵入穹隆体一次 流纹岩中隐爆角砾岩带与F5构造角 砾岩带的复合部位
U2	0.41 ~ 1.90	200		508		
U3	4.75	100		138		
U4	8.25	200	平缓似层状,倾向255°, 倾角20°-35°	212	次流纹岩	F4构造角砾岩带与次流纹岩体顶部 接触角砾岩带及隐爆角砾岩带的复 合部位
U5	0.52 ~ 5.16	500		337		
U6	0.83	100	缓倾斜似层状,255°∠26° 缓倾斜似层状,135°∠40° 缓倾斜似层状,255°∠30°	361	次流纹岩	层间断裂
U7	2.06	100		788		
U8	1.54	100		576		
U9	4.12	100		300		

10^6 , Sb 为 $3.2 \sim 7.1 \times 10^6$, Mn 为 $1\,120 \sim 1\,755 \times 10^6$ 。异常强度较高,形态规则,浓度分带明显,主要元素的相关关系密切,空间呈套合关系。经钻孔验证异常区深部发现矿区规模最大的U2铀银矿体。

4 地球物理找矿信息

4.1 激电异常特征

1/2000大功率激电中梯面积测量使用重庆地质仪器厂生产的大功率激电系统,供电极距AB=1 600 m,测量极距MN=40 m,测量点距20 m。通过数据处理岩石的极化率平均值为1.5%,均方差为0.4%,

角砾岩带的复合部位控制。原生铀银矿石的金属矿物生成顺序:黄铁矿→闪锌矿、黄铜矿I→斑铜矿→方铅矿→黄铜矿II→辉铜矿→自然金银矿→沥青铀矿(薛兰花等,2016;刘文杰等,2015)。

3 地球化学找矿信息

1/1万土壤地球化学面积测量采用不规则测网,采集B或B+C层土壤,-20~+100目混合粒级,采样密度40点/ km^2 ,分析元素19种。矿区共圈定1个地球化学异常带,编号为HC4(图4a)。异常位于矿区南侧,与1:20万区域分散流Ag、Cu、Pb、Zn异常一致,处于地面伽玛能谱异常的范围,且与IP1视极化率视电阻率异常区位置吻合。异常呈面状分布,面积较大约0.5 km^2 ,长轴近东西向。异常组合主要为Ag、Cu、Pb、Zn、Mo、Sb、Mn,异常强度Ag为 $0.2 \sim 0.47 \times 10^6$, Cu 为 $17 \sim 30.34 \times 10^6$, Pb 为 $35 \sim 123 \times 10^6$, Zn 为 $50 \sim 200.9 \times 10^6$, Mo 为 $1.3 \sim 4.04 \times$

据此在义盛店矿区内的东、西两个矿段均圈出一个极化异常体,编号为IP1、IP2(图4b)。IP1激电异常位于矿区西南部与HC4号化探异常区位置吻合。激电异常形态呈规则条带状,长轴NW向约500 m长、宽约180 m,最大极化率值为5.91%,视电阻率约2 000 $\Omega \cdot \text{m}$,总体具有高极化率、中低电阻率的特点。IP2激电异常位于矿区东部、HC4号化探异常浓集中心东侧。激电异常形态呈不规则面状分布,长轴NW向约300 m长、宽约100 m,最大极化率值为4.34%,视电阻率3 000~4 000 $\Omega \cdot \text{m}$,总体具有高极化率、中高电阻率的特点。视电阻率等值线平面

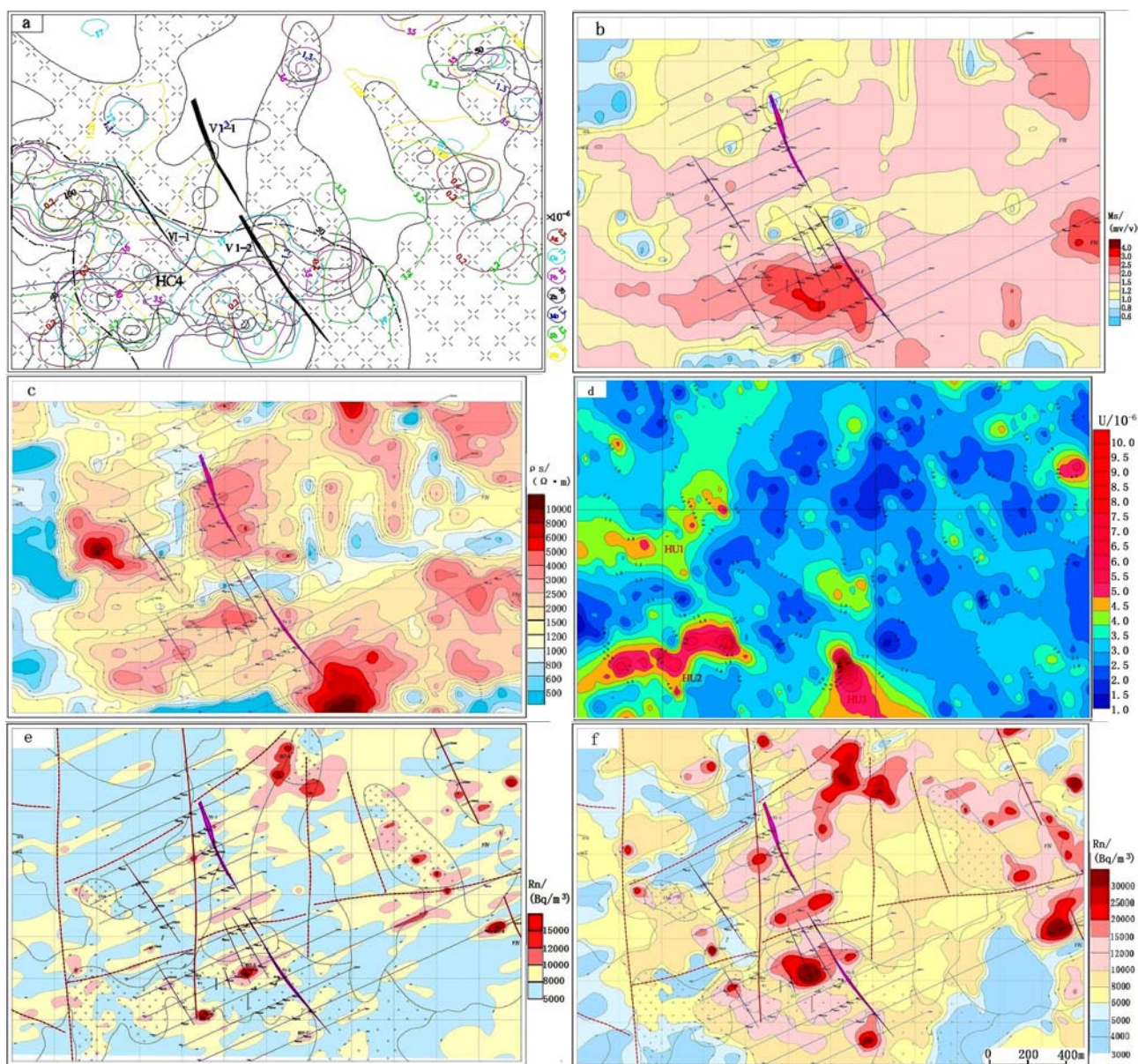


图4 义盛店矿区地球化学、地球物理异常信息图

Fig.4 Information map of geochemical and geophysical anomalies in Yishengdian mining area

a. 土壤地球化学异常图; b. 极化率等值线平面图; c. 视电阻率等值线平面图; d. 地面伽玛能谱铀含量等值线平面图;

e. 活性炭吸附氮浓度异常图; f. 静电 α 测量成果图

图显示(图 4c), 矿区存在一个“卅”字形构造格局, 即由三条近 NW 向线性低阻带和一条近 EW 向面状低阻带的组合而成。其中 F4 断裂与“卅”字形构造东部吻合; F5 断裂对应“卅”字形构造中部; 而 F6、F7 断裂与“卅”字形构造西部相对应; 近 EW 向面状低阻带对应为西干沟破火山机构中央穹隆体侧伏部位。通过钻探验证认为, 铀多金属矿体主要产在“卅”字形构造格局的结点位置。

4.2 放射性异常特征

4.2.1 1/1万地面伽玛能谱测量

1/1万地面伽玛能谱面积测量采用北京核地科技发展中心生产的HD-2002地面伽玛能谱仪,测量网度为100×40 m,通过数据处理与计算,得出矿区伽玛能谱铀含量背景值为 2.82×10^{-6} ,钍含量背景值为 12.98×10^{-6} ,钾含量背景值为3.92%, Σ 含量背景值为 27.05×10^{-6} 。按照放射性物探异常划分标准,在

矿区内圈出HU₁、HU₂、HU₃三个放射性异常区(图4d),铀最大值为30.44×10⁻⁶,钾最大值为14.57%,显示出较好的铀找矿前景。经钻孔验证局部异常晕深部存在隐伏工业铀银矿体,说明地表采用该方法对寻找铀矿体具有一定指示作用(孔繁辉等,2010)。

4.2.2 活性炭及瞬时氡异常特征

氡气测量使用北京核地科技发展中心研制的FD216测氡仪,经数理统计结果确定氡浓度背景值为5 356 Bq/m³,偏高晕为9425 ~ 13 494 Bq/m³,高晕为13 494 ~ 17 563 Bq/m³,异常晕为17 563 ~ 26 778 Bq/m³。活性炭吸附氡浓度面积测量结果显示,氡浓度背景值普遍较高、异常范围大、浓集中心明显、异常强度大。矿区由HXT-4-5-6-7-8氡浓度异常构成串珠状环带分布(图4e),其中HXT-5号氡异常范围与铀银矿体北半部形态一致,HXT-6异常强度最高达47 708 Bq/m³,主要受次火山岩体产出形态控制。钻探验证结果,在HXT-4号异常中心深部见1.54 m厚的工业铀矿体,呈缓倾斜状;在HXT-5号氡浓集中心深部见2.78 m厚呈缓倾斜饼状产出的铀银矿体;在HXT-6号异常浅部位见铀矿化,在HXT-7-8号异常附近深部见工业铀矿体,呈缓倾斜状。以上表明,活性炭吸附氡浓度异常区与隐伏铀银矿体对应关系明显。另外,在HXT-4号异常区开展的1/2000的瞬时氡剖面测量显示,5条剖面高值区在图上呈一条带状,氡浓度最高值为38 186 Bq/m³,进一步证明了氡气异常和深部铀矿化体有密切的关系。因此,活性炭及瞬时氡测量是该地区有效实用的铀多金属找矿方法(赵丹等,2018)。

4.2.3 静电α粒子积分测量

静电α粒子积分测量方法实质是测量²¹⁰Po的α

强度的方法,在土壤中直接吸附²¹⁰Po核素的多少,取决于地下铀矿(化)体供给Rn的浓度和多少,通过辐射仪测量取样片上的α强度,了解到地下Rn的分布状态,进而寻找隐伏铀矿体。本次在义盛店铀矿区1/1万静电α粒子积分测量网度为100×20 m。按数理统计方法编制的α强度等值线平面图显示出理想的找矿效果(图4f),其Rn浓度在矿区内形成面积约1.45 km²的弧形环状异常带,即异常带中心区为背景值,而异常带外侧为低值区,可形象比喻为“金盆状铀多金属成矿区”。金盆区与地质图中由斜“品”字形次火山岩体所围的岩凹区域相吻合,中心区地层为上侏罗统满克头鄂博组三段(J₃m³)钾长流纹岩,边缘区由NW及NE向断裂相互切割呈多角形椭圆状矿区。钻孔控制的铀多金属矿体与金盆区边缘成矿带相吻合。其中金盆区西部,与NW-NNW向构造角砾岩带和隐爆角砾岩带的叠加复合地段对应,是次火山岩型铀多金属矿床最有利的赋矿部位。金盆区北部及东部均见到较好的工业铀矿体。总体,静电α粒子异常区与隐伏铀多金属矿体对应关系明显,因此,静电α粒子积分测量方法在该区寻找铀多金属矿效果显著。

5 综合找矿模型研究

通过对义盛店矿区火山岩特征、控矿构造及地球化学、地球物理特征综合分析,总结了矿区找矿标志,认为矿区成矿具有构造环境(断裂、次火山岩体和隐爆角砾岩)-地球化学异常-地球物理异常(尤其指放射性深穿透勘查技术)的组合特征,进而建立了本区次火山岩型铀多金属矿床地质-地球化学-地球物理综合信息找矿模型(杜玉林等,2009;沈光银等,2012)(表4)。

表4 义盛店矿区综合找矿信息表
Table 4 Comprehensive prospecting information table for Yishengdian mining area

找矿信息		特征描述
地质特征	成矿地质体	次流纹岩(或隐爆角砾岩)
	成矿构造与成矿结构面	断裂破碎带、次火山岩接触带与隐爆角砾岩叠加复合型构造 西干沟破火山机构的NE向环状断裂和NW向弧形断裂交汇部位 NW-NNW向断裂与隐爆角砾岩带叠加复合位置,F4、F5等多组断裂切割地段
	成矿作用特征标志	灰黑色硅化、淡红-粉红色菱锰矿化、深褐-红褐色褐铁矿化和紫黑色萤石矿化
地球化学特征	元素组合	Ag、Cu、Pb、Zn、Mo、Sb、Mn等异常强度高异常强度高、形态规则、浓集中心及分带明显的低、中、高温成矿元素组合
地球物理特征	大功率激电测量	高极化率(极化率>2.4%)、低电阻率地段
	地面伽玛能谱测量	铀、钾高值场(铀>9.24×10 ⁻⁶ 、钾>8.25%)地段
	活性炭测量	氡浓度异常范围大、浓集中心明显、异常强度大(异常值17 563 ~ 47 708 Bq/m ³)地段
	瞬时氡测量	氡浓度高值异常(异常值5353 ~ 38 186 Bq/m ³)地段
	静电α粒子积分测量	Rn浓度异常带“金盆状边缘”成矿带地段

(1)地质标志:由NE向区域性深大断裂带与NW向断裂带的交汇部位发育的火山机构(如火山穹隆、破火山口、火山口等)中,产出次火山岩体(或隐爆角砾岩)部位及铀多金属矿化体,构成次火山岩型铀多金属矿床独特的地质成矿条件,即“三位一体”的地质成矿模式(姜必广等,2017;王建青等,2023)(图5)。与铀多金属矿化关系密切的灰黑色硅质脉、淡红-粉红色菱锰矿化、深褐-红褐色褐铁矿化和紫黑色萤石化等近矿围岩蚀变为矿区地质找矿的直接标志(韩军等,2015)。

(2)地球化学标志:以1/1万土壤地球化学测量

的综合异常密集区,异常组合元素为:Ag、Cu、Pb、Zn、Mo、Sb、Mn等为主;以1/20万区域化探综合异常密集区,异常元素组合为Ag、Cu、Pb、Zn等。异常强度高、形态规则、浓集中心及分带明显,各异常元素分布呈套合关系,显示出低、中、高温成矿元素组合特征,为矿区地球化学测量找矿标志。

(3)地球物理标志:次火山岩型铀多金属矿床范围内的低电阻率高极化体异常特点,以及具有深穿透放射性勘查技术(如活性炭吸附氡测量、静电 α 粒子测量等)发现的几何形态异常等,为矿区地球物理测量找矿标志。

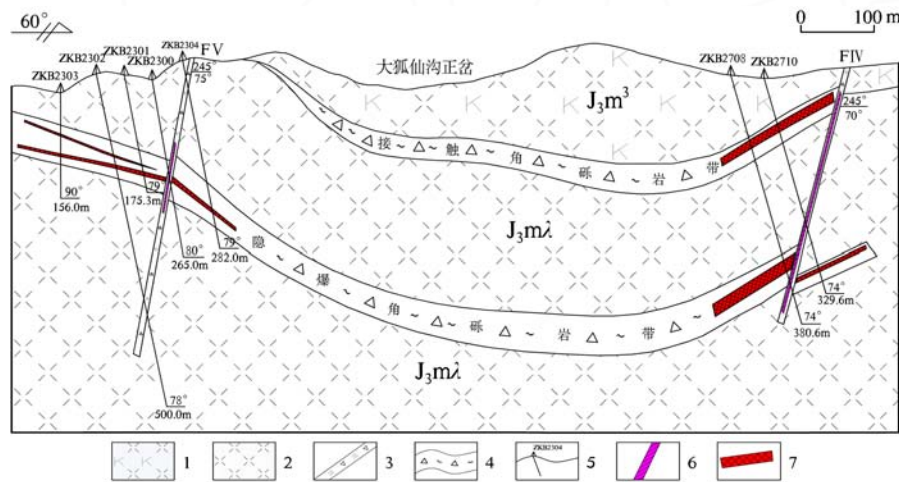


图5 义盛店矿区地质找矿模式图

Fig.5 Geological prospecting model map of Yishengdian mining area

1. 钾质流纹岩;2. 次流纹岩;3. 构造硅化角砾岩带;4. 接触(隐爆)角砾岩带;
5. 钻孔位置及编号;6. 银矿体及编号;7. 铀矿体及编号

总之,对于寻找和发现矿体来说,当以上三类标志同时出现并在平面图位置上基本吻合时,可以对隐伏铀矿体进行预测和大致定位,经验证其深部找矿效果显著,大大提高了找矿成功率。

6 结论

(1)基于静电 α 粒子深穿透技术在本矿区找矿研究中的成功运用,建立了矿区火山岩型铀多金属矿床地质-地球化学-地球物理综合找矿模型。

(2)基于本次研究认为在义盛店矿区断裂破碎带、次火山岩接触带与隐爆角砾岩构造的叠加部位,地球化学异常与地球物理异常区相吻合地段,存在形成中-大型铀多金属矿床的潜力。

(3)本次模型的建立与应用将在沽源-多伦中

生代陆相火山岩地区寻找隐伏铀多金属矿体产生重大找矿突破,具有十分重要的意义。

中文参考文献

- 迟清华, 鄢明才. 2007. 应用地球化学元素丰度数据手册[M]. 北京: 地质出版社, 103-105.
- 程银行, 金若时, Michel CUNEY, 等. 中国北方盆地大规模铀成矿作用: 地层篇[J]. 地质学报, 2024, 98(07): 1953-1976.
- 杜俐, 沈光银, 林银山. 2012. 华北地台北缘火山岩型铀钼矿床找矿模型研究[J]. 地质找矿论丛, 27(4): 458-462.
- 杜玉林, 荆勇河, 张永清, 等. 2009. 内蒙古拜仁达坝银铅锌多金属矿找矿模型[J]. 地质调查与研究, 32(2): 131-137.
- 冯晓曦, 金若时, 司马献章, 等. 2017. 鄂尔多斯盆地东胜铀矿田铀源示踪及其地质意义[J]. 中国地质, 44(5): 993-1005.
- 冯晓曦, 滕雪明, 王心华. 2021. 豫西卢氏-内乡地区铜铀等战略性矿产成矿条件初探[J]. 华北地质, 44(04): 5-14. (下转至本期第73页)

- Evaluation of Pingtan Island Based on Scenario Analysis and Landscape Ecological Quality Evaluation[J]. Sustainability, 9(7): 1292-1292.
- Lu Z, Wu L, Zhuang X, et al. 2016. Quantitative assessment of engineering geological suitability for multilayer Urban Underground Space[J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 59:65-76.
- Pourebahram S, Hadipour M, Mokhtar M B. 2011. Integration of spatial suitability analysis for land use planning in coastal areas: case of Kuala Langat District, Selangor, Malaysia[J]. Landscape and Urban Planning, 101(1): 84-97.
- Shearera K S, Xiang W N. 2009. Representing multiple voices in landscape planning: a land suitability assessment study for a park land-banking program in Concord, North Carolina, USA[J]. Landscape and Urban Planning, 93(2): 111-122.
- Uy P D, Nakagoshi N. 2008. Application of land suitability analysis and landscape ecology to urban green space planning in Hanoi, Vietnam[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 7(1): 25-40.
- Xia Y B, Li H T, Wang B, et al. 2022. Characterization of Shallow Groundwater Circulation Based on Chemical Kinetics: A Case Study of Xiong'an New Area, China[R]. Water, 14, 1880.
- Xu K, Kong C F, Li J F, et al. 2011. Suitability evaluation of urban construction land based on geo-environmental factors of Hangzhou, China[J]. Computers & Geosciences, 37(8): 992-1002.
- Yu Z, Xudong C. 2016. A Study on the Choices of Construction Land Suitability Evaluation of Ecological Index[J]. Procedia Computer Science, 91:180-183.
- Zhang X R, Fang C L, Wang Z B, et al. 2013. Urban construction land suitability evaluation based on improved multicriteria evaluation based on GIS (MCE-GIS): case of new Hefei City, China[J]. Chinese Geographical Science, 23(6): 740-753.

(上接本期第53页)

- 郭鸿军, 马申坤. 2009. 河北省涿源县张麻井铀钼矿控矿因素分析及外围找矿前景探讨[J]. 地质调查与研究, 32(3):210-215.
- 高金铨, 沈光银, 李先瑞, 等. 2013. 综合物化探方法在460铀钼矿床勘查中的应用[J]. 铀矿地质, 29(1):52-59.
- 耿文辉. 2005. 中国东部中生代次火山岩型铜银多金属矿床地质特征及找矿评价标志[D]. 成都:成都理工大学.
- 耿文辉, 姚金炎, 马文荣, 等. 2006. 中国东部中生代次火山岩型铜银多金属矿床[M]. 冶金工业出版社, 53-67.
- 韩军, 薛伟, 宋庆年. 2015. 内蒙古多伦县核桃坝地区火山岩型铀成矿特征及找矿标志[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 45(3):772-790.
- 黄小军. 2016. 内蒙古义盛店银多金属矿床地质特征及找矿标志[J]. 西部资源, 6:17-18.
- 姜必广, 沈赵明, 祝兵, 等. 2017. 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, 33(2):82-88.
- 孔繁辉, 王天意, 宋晓东, 等. 2010. 综合方法找矿在内蒙古吉乐包多金属矿勘查中的应用[J]. 地质调查与研究, 33(2):108-114.
- 金若时, 苗培森, 司马献章, 等. 2014. 铀矿床分类初步探讨[J]. 地质调查与研究, 37(1):1-5.
- 刘文杰, 党伟民, 刘文强, 等. 2015. 内蒙古义盛店铀银多金属矿床地质特征及成因探讨[J]. 矿产勘查, 4(6):379-384.
- 罗毅, 周德安, 夏毓亮, 等. 1997. 燕辽地区火山热液型铀金多金属矿床成矿特征及分布规律[M]. 北京:原子能出版社.
- 沈光银. 2007. 460铀钼矿床控矿因素及矿床成因探讨[J]. 矿产与地质, (5):509-514.
- 沈光银, 薛清波. 2011. 涿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, 25(5):412-417.
- 沈光银, 杜俐, 林银山. 2012. 综合物化探方法在寻找隐伏铀钼矿床中的应用[J]. 物探与化探, 36(5):732-736.
- 申宗义, 张立国, 程洲, 等. 2018. 河北省涿源一带铀钼多金属地球化学综合异常特征[J]. 地质调查与研究, 41(01):67-74.
- 文思博, 朱强, 程银行. 2023. 鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿成矿时代及铀富集时空规律[J]. 华北地质, 46(03):1-11+34.
- 王思力, 聂逢君, 严兆彬, 等. 2018. 鄂尔多斯盆地纳岭沟铀矿床目的层岩石学及铀存在形式[J]. 中国地质, 45(3):573-590.
- 王建青, 刘高杰, 于达, 等. 2022. 河北张麻井铀钼矿床成矿流体特征—来自流体包裹体及氢氧同位素的证据[J]. 铀矿地质, 38(01):38-45.
- 王建青, 刘高杰, 董帅, 等. 2023. 河北省涿源县张麻井铀钼矿“三位一体”找矿预测地质模型[J]. 地质通报, 42(06):931-940.
- 王正邦, 赵世勤, 罗毅, 等. 1993. 燕辽成矿带西段火山盆地铀成矿条件及远景评价[J]. 北京:地质出版社, 1-10.
- 王自力, 李英杰, 胡建勇, 等. 2018. 内蒙古多伦县义盛店银多金属矿控矿构造分析及深部找矿预测[J]. 地质与勘探, 2(54):252-263.
- 薛兰花, 史老虎. 2016. 内蒙古多伦义盛店铀银多金属矿地质特征及控矿因素分析[J]. 黄金科学技术, 24(3):21-28.
- 薛伟. 2019. 涿源—红山子铀成矿带中段铀矿地质特征与成矿规律研究[D]. 中国地质大学.
- 肖志斌, 张然, 叶丽娟, 等. 2020. 沥青铀矿(GBW04420)的微区原位U-Pb定年分析[J]. 地质调查与研究, 43(01):1-4.
- 杨建平. 2011. 激电测深正反演在内蒙古自治区义盛店银多金属矿区的找矿应用[J]. 地质调查与研究, 34(1):71-75.
- 杨桐旭, 俞初安, 荣辉, 等. 2023. 鄂尔多斯盆地东北部中侏罗统直罗组地球化学特征及对铀成矿的指示[J]. 华北地质, 46(04):35-46.
- 赵丹, 王南萍, 周冕, 等. 2018. 活性炭测氮及分量化探在河北省涿源县大官厂研究区铀矿勘查中的应用研究[J]. 铀矿地质, 34(1):39-45.