

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2020.03.018

贝尔-乌尔逊凹陷砂岩型铀矿成矿地质 特征及远景预测

周文博,张荣*,刘彤,穆海旗,赵志伟,黄笑

(核工业二四三大队,内蒙古赤峰 024000)

摘要:目前,在海拉尔盆地贝尔-乌尔逊凹陷内已开展了两轮铀矿调查评价项目,并发现了多个铀矿化异常孔。笔者对已有资料进行了分析,认为该凹陷具备丰富的铀源、有利的沉积相带、良好的赋矿砂体、稳定的顶、底板泥岩隔水层,同时研究区南部发育构造斜坡带,为区内后生氧化的持续进行提供了条件。区内构造沟通深部的还原流体,对目的层伊敏组进行还原,为铀成矿提供了良好的环境。因此,贝尔-乌尔逊凹陷具备有利的铀成矿条件,铀成矿潜力较大。

关键词:贝尔-乌尔逊凹陷;砂岩型铀矿;远景预测

中图分类号:P619.14

文献标志码:A

文章编号:1009-6248(2020)03-0201-09

Metallogenic Geological Features and Prospective Study for Sandstone-Type Uranium Deposit in Bel-Ulson Depression

ZHOU Wenbo, ZHANG Rong*, LIU Tong, MU Haiqi, ZHAO Zhiwei, HUANG Xiao

(Geological Party No. 243, CNNC, Chifeng 024000, Inner Mongolia, China)

Abstract: Bel-Ulson depression is located in Hailar basin. two rounds of uranium deposit assessments here have found some abnormal drill holes of uranium mineralization. An analysis of the existing data indicates that the depression has an abundance of uranium sources, favorable sedimentary facies belts and ore-bearing sand bodies, stable mudstone aquiclude at the top and the bottom, and meanwhile the structural slopes in the south of the study area provide conditions for the epigenetic oxidation. Deep fluids through structural channels reduce the layer of the Yimin Formation, providing suitable environment for uranium mineralization. In general, Bel-Ulson depression has favorable conditions and potential for uranium mineralization.

Keywords: Bel-Ulson depression; sandstone-type uranium deposit; prospective prediction

砂岩型铀矿为中国主要的铀矿产出类型之一,其含矿层位集中于侏罗系、白垩系,并且具备储量大、埋深浅、成本低及开采简单、绿色环保等

特点(钟延秋等,2010)。因此,砂岩型铀矿找矿已成为中国乃至世界铀矿勘查的工作重点。研究区贝尔-乌尔逊凹陷位于海拉尔盆地中部,下白垩统

收稿日期:2019-11-03;修回日期:2020-05-21

基金项目:核工业地勘项目“内蒙古海拉尔盆地铀矿资源调查评价”(201911)资助

作者简介:周文博(1987-),男,硕士,高级工程师,现从事砂岩型铀矿地质勘查工作。E-mail:313363600@163.com

* 通讯作者:张荣(1984-),男,本科,工程师,主要从事砂岩型铀矿地质勘查工作。E-mail:hegongye243@163.com

伊敏组三段为区内的主攻目标层。核工业系统于区内开展了两轮铀矿调查评价项目,在目的层砂体中发现了17个矿化异常孔,显示了该区具备一定的铀成矿潜力。

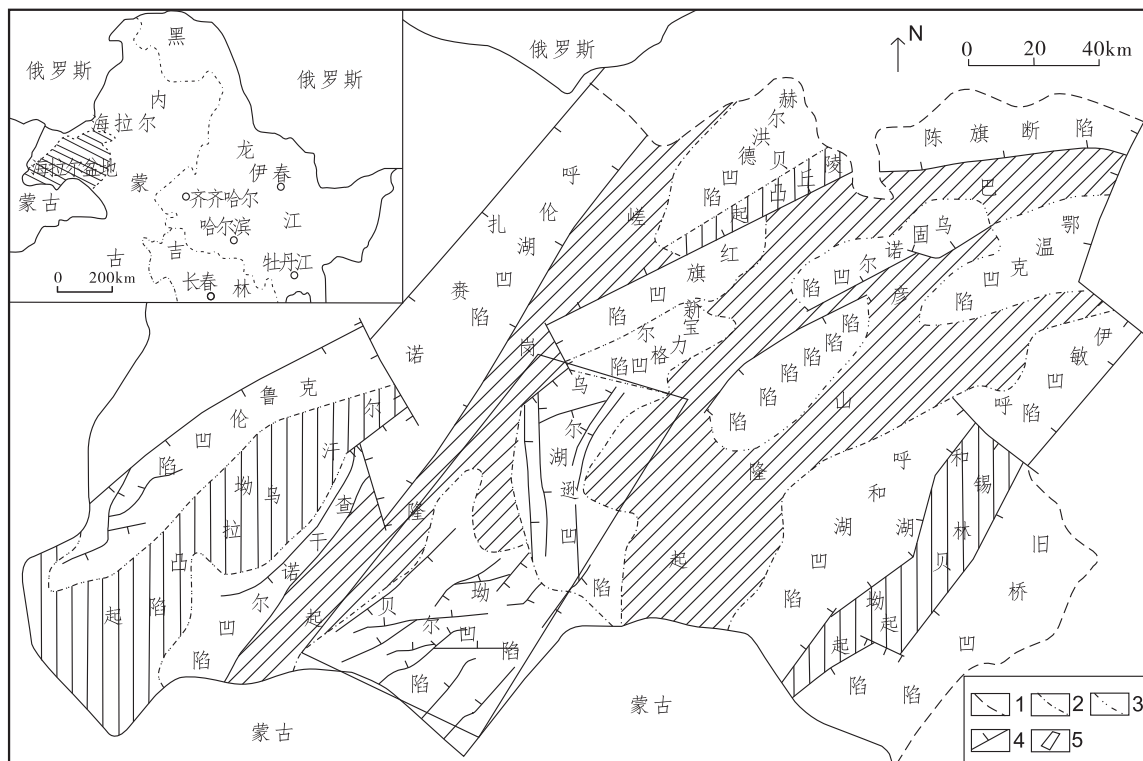
1 区域地质概况

海拉尔盆地位于中亚-蒙古古生代地槽褶皱系,其大地构造位置处于克鲁伦-额尔古纳微板块与南蒙古-兴安华力西期构造活动带的过渡部位,为一个

具多旋回、叠合式、断陷-拗陷等特征的中新生代内陆型盆地(钟延秋等,2010)。

海拉尔盆地具备“三拗两隆”的构造格局,贝尔-乌尔逊凹陷位于其中西部偏南(图1),呈北东向展布,长120 km,宽50 km,面积为5 400 km²,受西侧皇德断裂控制,具“西断东超”的特点,为单断箕状型凹陷(周文博等,2015)。

区内地层出露不连续,盖层主要由下白垩统、上白垩统、新近系及第四系组成(李占东等,2010)(表1),其中伊敏组三段为区内主攻目标层位。



1. 盆地边界;2. 二级构造单元;3. 二级构造单元;4. 断层;5. 研究区范围

图1 海拉尔盆地构造纲要图(据刘志宏等,2012)

Fig. 1 Outline map of hailaer basin structure

2 铀成矿地质条件

2.1 铀源条件

研究区周边蚀源区分布着大面积的晚侏罗世酸性火山岩、华力西期、燕山期花岗岩、古生代浅变质岩、变质混合岩,U含量均较高,最高可达 22.3×10^{-6} (表2),且普遍存在迁移,其活化率一般为

55%~80%,最高可达90%(夏毓亮等,2006),其为后期铀成矿提供了充足的铀源。

2.2 构造条件

贝尔-乌尔逊凹陷南部为蒙古国国界,其向南仍有延伸,据已有资料显示,由于构造掀斜运动,使得凹陷南缘目的层伊敏组三段出露地表(图2)(吴根耀等,2016),接受含U含氧水的注入,保证了后期层间氧化的持续进行。

表 1 贝尔-乌尔逊凹陷地层结构简表

Tab. 1 Brief description of stratigraphic structure in Bell-Wulxun depression

组	段	厚度(m)	沉积相	岩性
第四系				
松散砂砾				
新近系				
呼查山组				灰色、灰绿色泥岩
上白垩统				
青元岗组		55~350	洪泛平原相	紫红色泥岩
下白垩统				
伊敏组	三段	0~180	辫状河相	灰色砂岩夹灰绿色泥岩
	二段	50~150	扇三角洲相	灰、灰绿色泥岩、泥质细砂岩、细砂岩
	一段	90~120	滨浅湖	灰、灰绿色泥岩
大磨拐河组		200~1 000	湖相	厚层状深灰色泥岩、粉砂岩
南屯组		500~800	湖相	灰色泥岩与砂质泥岩互层
铜钵庙组		630~1 700	冲积扇相	灰白或杂色砂砾岩

表 2 研究区岩石 U 丰度值一览表(据夏毓亮等, 2004)

Tab. 2 List of rock uranium abundance values in the study area (According to XIA Yuliang, et al., 2004)

岩性	现测 U(10 ⁻⁶)	古 U(10 ⁻⁶)	活化率(%)	活化经历(Ma)
变质混合岩类	2.9~7.6	9~10	15.0~55.0	100
O—P ₁ 古生代浅变质岩类	4.95	7.0	30.0	100
华力西期花岗岩类	2.7~22.3	18.0~50.0	55.0~90.0	100
	3.2~8.8	7.0~20.0	55.0~78.0	100
燕山期花岗岩类	2.8~5.4	11.0~15.0	65.0~75.0	100
酸性火山岩类	2.1~12.3	22.0	87.0	100

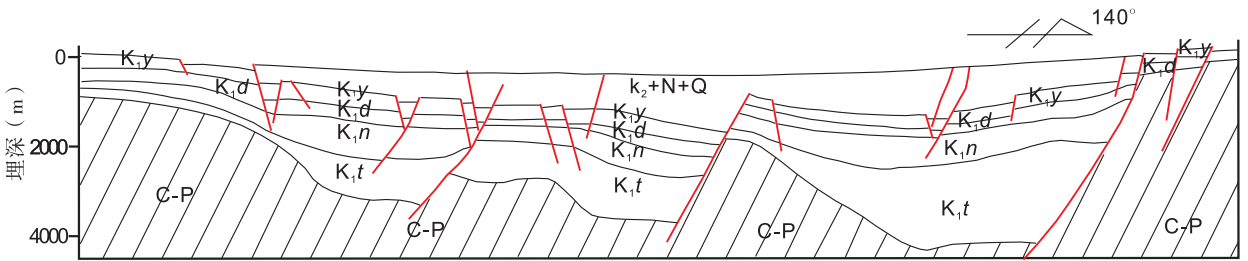


图 2 南贝尔凹陷构造剖面示意图

Fig. 2 Schematic diagram of structural section in South Beier depression

另一方面,区内构造活动较为频繁,以北东向断裂为主,为一组具有长期性、继承性等特点的切穿基底-盖层的贯通断裂。其沟通深部石油地层的还原流体,为其提供了向上运移的通道,使其在目的层伊敏组扩散,并为后期铀成矿提供了丰富的还原剂,有利于铀同沉积吸附(彭云彪等, 2019)。

2.3 地层条件

目的层下白垩统伊敏组三段岩性主要为灰色、灰绿色细砂岩、中砂岩、砂质砾岩夹灰绿色泥岩,其

顶板埋深一般为 180~310 m,底板埋深一般为 310~490 m,厚 40~190 m,厚度变化较大,显示了早期断陷对后期凹陷地层具有一定的控制作用。同时受物源供给的影响,倾角较小,一般为 5°~10°,利于地浸砂岩型铀矿的浸出(马汉峰等, 2006)。另一方面,下白垩统伊敏组三段顶板为上白垩统青元岗组发育的紫红色泥岩,底板为伊敏组二段的灰色、灰绿色泥岩(图 3),具备了稳定的“泥-砂-泥”结构,为后期铀成矿提供了有利的“盖-储-保”地层结构组

合,保证了铀矿的稳定发育。

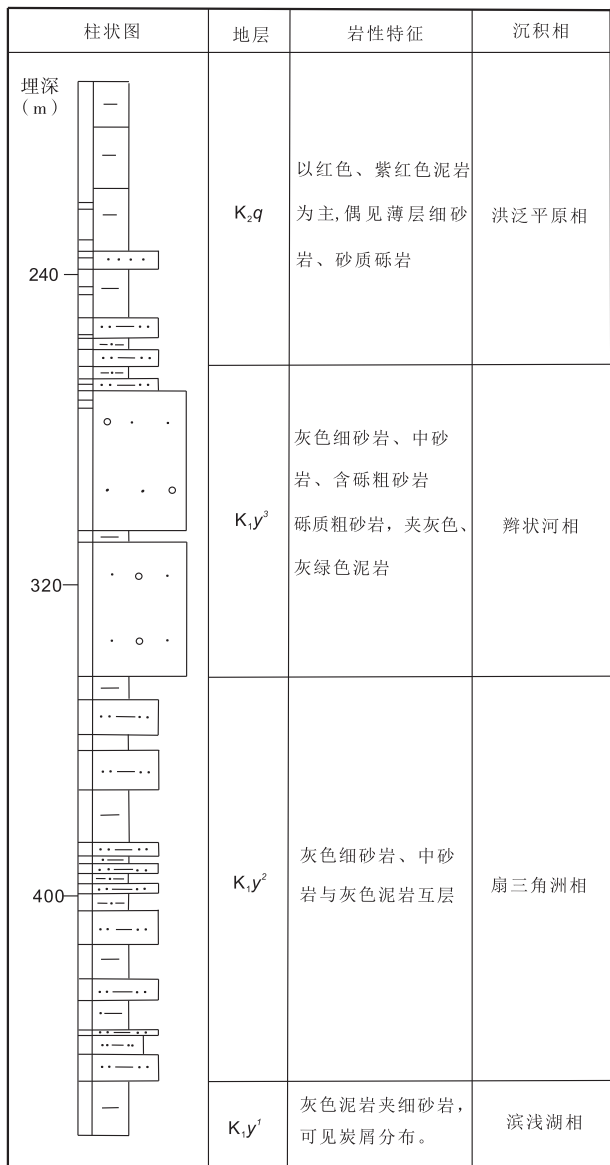
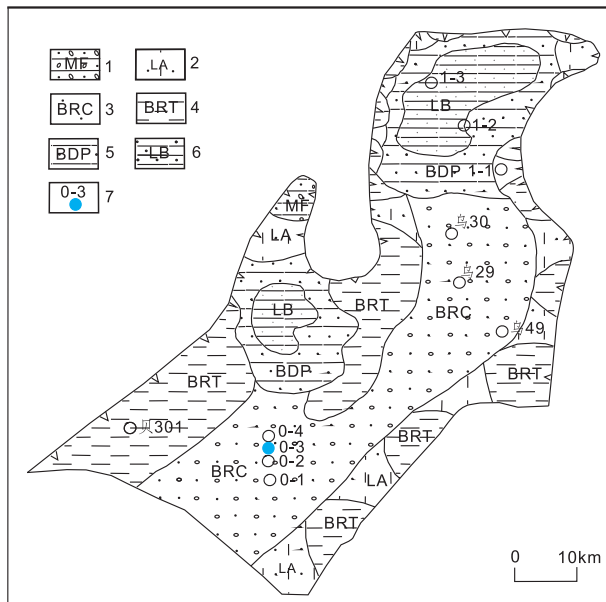


图3 研究区地层结构简图

Fig. 3 Stratigraphic structure map of the study area

2.4 沉积相及砂体条件

目的层伊敏三段组沉积时期,海拉尔盆地处于“断-拗”转换阶段,地形渐趋平坦,湖盆萎缩,因此沿凹陷长轴方向接受了一套冲积扇-辫状河-三角洲-湖相的沉积体系(周文博等,2019)(图4、图5),并以辫状河相为主,占研究区总面积的60%以上。河道长80 km,宽20 km,砂体厚40~100 m,含砂率为60%~90%,渗透性、连通性好。沉积物主要为中-粗砂岩、砂质砾岩,见高岭土发育。



1. 冲积扇扇中亚相;2. 冲积扇扇端亚相;3. 辫状河河道亚相;4. 辫状河河间冲积岛亚相;5. 辫状河三角洲平原亚相;6. 浅湖亚相;7. 矿化孔位置及编号

图4 研究区沉积相图

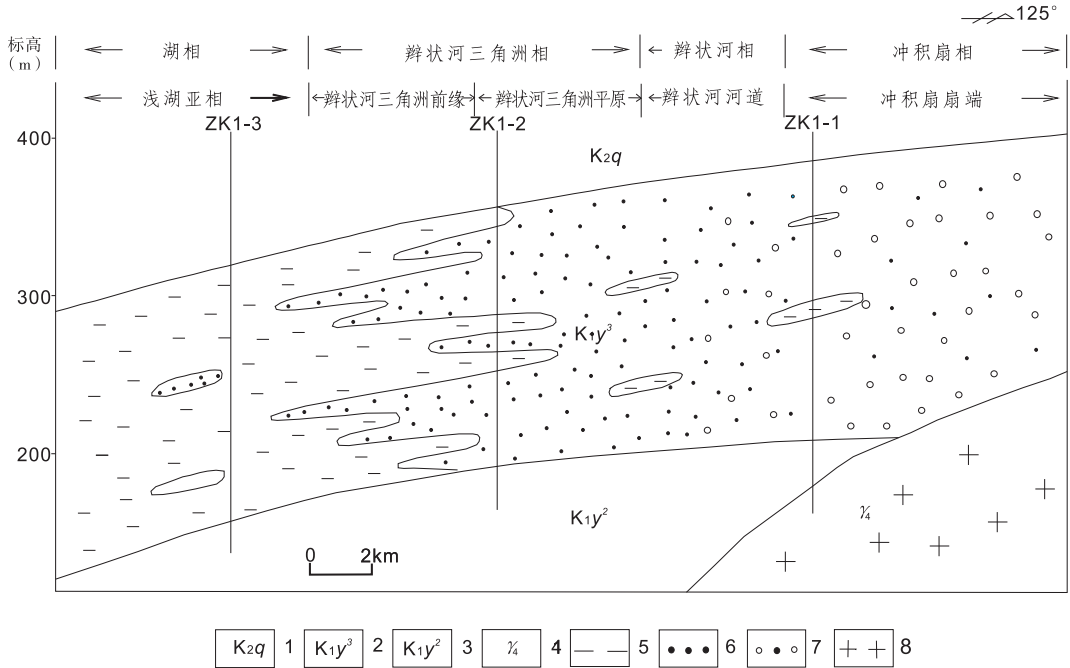
Fig. 4 Sedimentary facies map of the study area

通过取样分析,目的层辫状河河道相概率累积曲线呈二段式,由滚动总体及跳跃总体组成(图6)。以滚动总体为主体,岩性为粗砂岩、砂质砾岩,占60%~85%;跳跃总体占10%~40%,岩性为细砂岩、粉砂岩;多数标准偏差 $\sigma > 1.0$;多数偏度 $SKI < 0.25$;多数峰度 $KG > 1.0$ 。说明沉积物分选一般,这与区内短物源,粗碎屑的特点关系较为密切(周文博等,2019)。在测井曲线上,电阻率曲线表现为中、厚高阻层、梳尖峰与平直线形低阻相间,总体为中幅震荡的锯齿状(图7),为典型的辫状河河道沉积曲线形态(王卫国等,2006)。

2.5 氧化-还原条件

2.5.1 还原条件

伊敏组三段为一套在潮湿温热环境下沉积的灰色陆源碎屑岩建造,原生地球化学环境为还原环境,表现为灰色-灰白色细砂岩、中-粗砂岩、砂质砾岩。在成分上,Fe总量为1.23%~2.15%,平均为1.60%(表3),Fe³⁺含量为0.17%~0.57%,平均为0.36%,Fe²⁺含量为0.95%~1.58%,平均为1.25%,Fe³⁺/Fe²⁺值一般为0.16~0.36,平均为0.29。说明原生地层中Fe以Fe²⁺为主,还原作用为主要作用形式。



1. 上白垩统青元岗组; 2. 下白垩统伊敏组三段; 3. 下白垩统伊敏组二段; 4. 华力西期花岗岩; 5. 泥岩; 6. 砂岩; 7. 砂质砾岩; 8. 花岗岩

图 5 1 号勘探线剖面图

Fig. 5 No. 1 exploration section profile

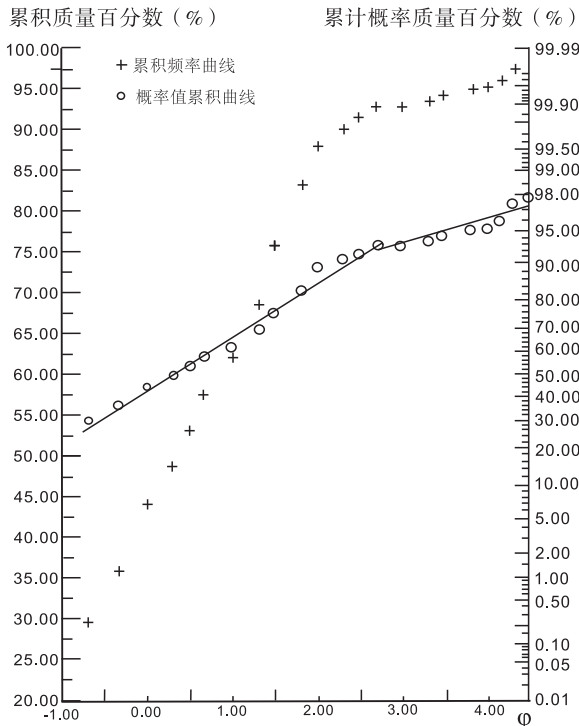


图 6 辫状河河道亚相砂质砾岩粒度累计概率曲线图

Fig. 6 Cumulative probability curve of grain size of braided river sub-facies sandy

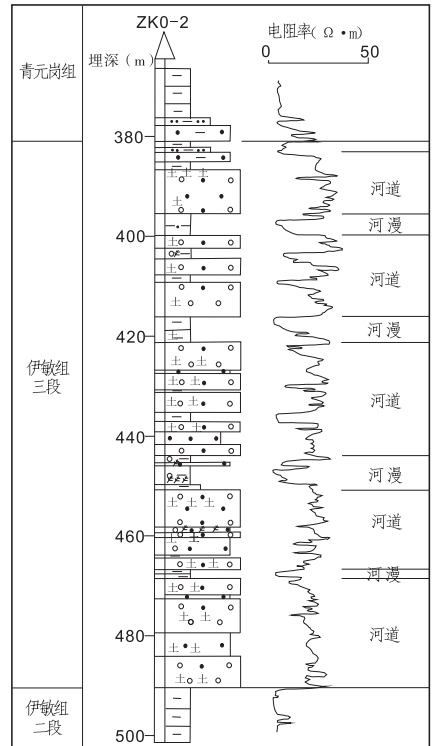


图 7 ZK0-2 孔测井相分析图

Fig. 7 ZK0-2 hole analysis of log facies

表3 贝尔-乌拉逊凹陷不同地球化学类型砂岩 U、Th、Fe、S、有机碳含量分析结果表

Tab. 3 Analysis results of U, Th, Fe, S and organic carbon content of sandstones of different geochemical types in Beier-Ulxun Sag

岩性	样品数	ΣFe (%)	Fe_2O_3 (%)	FeO (%)	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$	S (%)	有机碳 (%)	U (10^{-6})	Th (10^{-6})
灰、灰白色砂岩	13	1.60	0.36	1.25	0.29	0.11	0.46	2.45	5.87
褐黄色砂岩	11	2.81	2.38	0.43	5.53	0.01	0.08	1.49	5.77
灰色矿化砂岩	8	1.73	0.44	1.53	0.29	0.15	0.43	130.30	8.62

注:样品由核工业二四三大队化验室分析。

2.5.2 氧化条件

伊敏组沉积期后,盆地边缘的含U含氧流体经凹陷中心的渗透砂体径流至工作区,对区内地层进行了后生改造,发育层间氧化作用。

经钻探揭露,区内褐铁矿化呈连续的浸染状、断续的团块状产出,岩性为中、粗砂岩、砂质砾岩,厚度一般10~50 m,最厚可达85 m。经取样分析可知(表3),氧化环境中 Fe^{3+} 含量为0.99%~6.82%,平均为2.38%, Fe^{2+} 含量为0.36%~0.61%,平均为0.43%, $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 值一般为3.12~11.25,平均为4.97。地层中以 Fe^{3+} 为主,说明目的层本身接受了后期氧化作用。

另一方面,由表2可以看出,U的含量由黄色氧化砂体到灰色还原砂体呈现出由少到多的趋势,这说明在氧化作用下,其发生了迁移,并最终在矿化砂岩中富集(蔡建芳等,2018)。

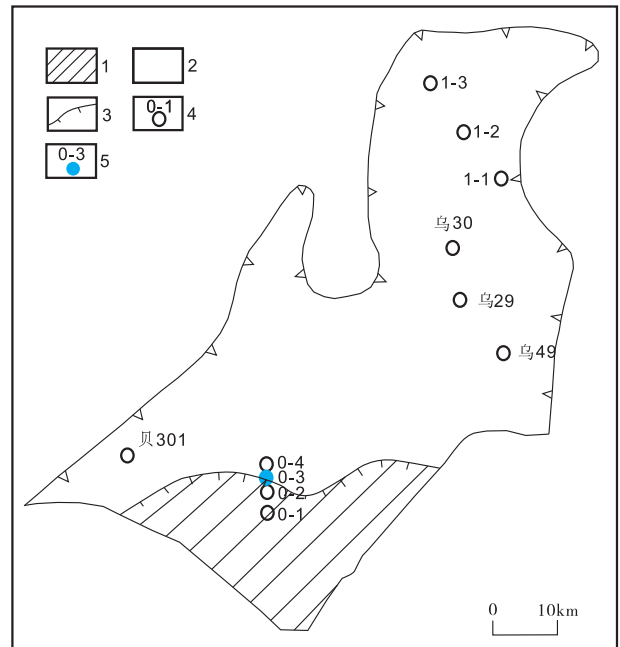
2.5.3 氧化-还原过渡带展布特征

研究区内伊敏组三段后生氧化作用以层间氧化为主,控制着区内主要的铀矿化异常分布。凹陷南部蚀源区的含U含氧水直接注入目的层,并沿着疏松砂体向东北方向径流,于研究区南部在还原剂的作用下逐渐消耗殆尽,并发育了一条长40 km的氧化带前锋线(图8、图9)。

2.6 古气候条件

海拉尔盆地的古气候条件和演化特征对于本区U元素富集成矿较为有利,主要体现在以下2个方面。

(1)早白垩世盆地形成时期,盆地处于东北暖湿带潮湿气候区的古气候背景之下,沉积了富含有机质的陆源碎屑建造(董文明等,2002)。因此盆地沉积物中富含碳屑等有机质为盆地内铀矿化的沉积奠定了基础,有利于铀矿化的发生。此外,植物体在埋



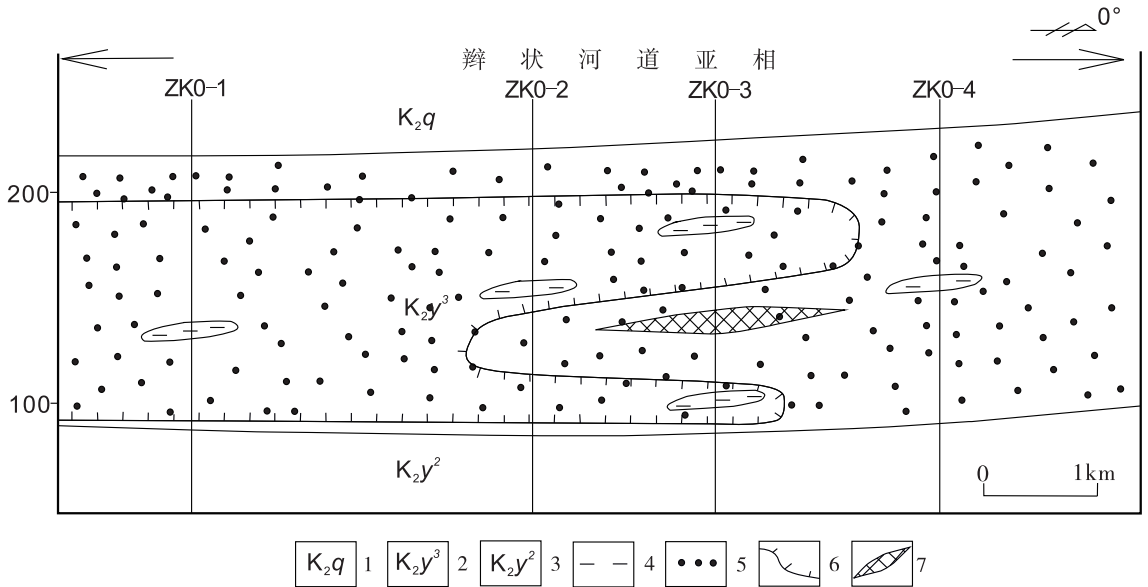
1. 氧化带;2. 还原带;3. 氧化带前锋线;4. 钻孔位置及编号;
5. 矿化孔位置及编号

图8 研究区地化环境图

Fig. 8 Geochemical environment map of the study area

藏成煤过程中产生的烃、硫化氢等气体也具有较强的还原能力,对于U元素的沉淀富集较为有利。

(2)盆地沉积之后,晚白垩世时期,盆地及邻区转变为一种干旱-半干旱的古气候。在这种干旱的古气候环境之下,土壤中因缺乏有机质和有机酸而呈碱性,有利于U的活化与迁移。同时,干旱气候条件下蒸发作用使U在地下水中的浓度升高,更有利于U元素的沉淀富集成矿。特别是近代局部地段出现的半荒漠化现象,表明干旱气候还在进一步发展,这为含U氧化水的形成和渗入创造了良好的古气候条件(郭庆银等,2005)。



1. 上白垩统青元岗组; 2. 下白垩统伊敏组三段; 3. 下白垩统伊敏组二段; 4. 泥岩; 5. 砂岩; 6. 氧化带前锋线; 7. 铀矿化体

图 9 0 号勘探线剖面图

Fig. 9 0 exploration section profile

3 目的层铀矿化特征

研究区内铀矿化异常产于目的层伊敏组三段辫状河相河道砂体中, 受层间氧化带控制明显。平面上位于氧化带前锋线附近, 垂向上位于氧化带下部 (图 6)。埋深在 460.05~509.10 m, 平均厚 0.50 m, 平均品位为 0.015 5%, 平米 U 量为 0.03~0.38 kg/m²。赋矿岩性为灰色含砾粗砂岩、砂质砾岩。

4 远景预测

4.1 远景区预测原则

(1) 蚀源区由富 U 花岗岩、酸性火山岩等富 U 地质体组成, 且 U 迁出率较高。

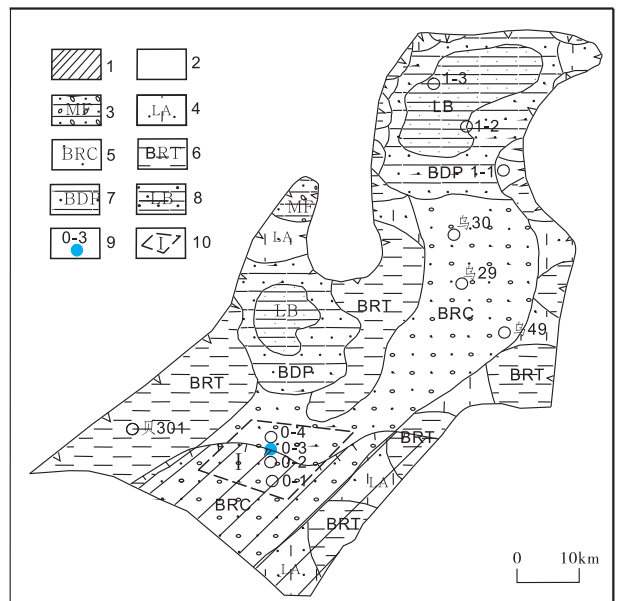
(2) 目的层发育一定规模的砂体, 且“泥-砂-泥”结构稳定, 具备较好的“盖-储-保”地层组合。

(3) 具备有利的古气候条件, 且发育较强的层间氧化作用。

(4) 已于目的层砂体中见到铀矿化异常段。

4.2 远景区地质特征

综合上述预测原则, 结合区内铀成矿条件, 优选了 I 级铀成矿远景区 1 片 (贝尔铀成矿远景区) (图 10)。该远景区位于贝尔-乌尔逊凹陷东南部, 面积



1. 氧化带; 2. 还原带; 3. 冲积扇中相; 4. 冲积扇端相; 5. 辫状河道亚相; 6. 辫状河间冲积岛亚相; 7. 辫状河三角洲平原亚相; 8. 浅潮亚相; 9. 矿化孔位置及编号; 10. 贝尔远景区范围

图 10 研究区远景预测图

Fig. 10 Prospect forecast map of the study area

为 190 km²。其含矿目的层伊敏组三段顶板埋深一般为 340~420 m, 由凹陷中心向两侧逐渐变深, 形成了有利的缓倾角地层。区内辫状河砂体发育, 厚

60~140 m,岩性以灰色砂质砾岩为主,夹中-细砂岩,渗透性、成层性及连通性好。区内氧化带主要沿河道发育,并形成了一条长40 km的氧化带前锋线,在前锋线附近的目的是砂体中发现了5个铀矿化孔,3个U异常孔。

5 结论

综上所述,笔者认为贝尔-乌尔逊凹陷具备有利的构造条件、充足的铀源、稳定的地层结构、良好的岩性-岩相条件及程度较高的后生氧化作用,并且在成矿期及成矿期后均处于有利的古气候条件下。因此,该区具备砂岩型铀矿成矿的基本条件。在此基础上,笔者根据远景区预测准则,优选了Ⅲ级铀成矿远景区1片。下一步工作应围绕贝尔远景区开展相关工作,争取实现找矿突破。

参考文献(References):

钟延秋,李佳,姜丽娜,等. 松辽盆地北部斜坡地浸砂岩型铀矿成矿条件分析[J]. 吉林地质,2010,29(3):29-35.

ZHONG Yanqiu, LI Jia, JIANG Lina, et al. Analysis on metallogenetic condition of leaching sandstone uranium deposit in west slope of the north of Songliao Basin[J]. Jilin Geology, 2010, 29(3): 29-35.

钟延秋,徐庆霞,谷社峰. 航空放射性测量资料在成矿远景预测中的应用—以海拉尔盆地砂岩型铀矿为例[J]. 地质与资源,2010,19(4):319-324.

ZHONG Yanqiu, XU Qingxia, GU Shefeng. Application of radioactivity survey data in metallogenetic prospect of sandstone-type of uranium [J]. Geology and Resources, 2010, 19(4): 319-324.

周文博,阳正勇,刘庆,等. 贝尔凹陷地浸砂岩型铀矿成矿条件分析[J]. 地质论评,2015,61(增刊):452-454.

ZHOU Wenbo, YANG Zhengyong, LIU Qing, et al. Analysis on metallogenetic conditions of in-situ leachable sandstone-type uranium deposits in Beier Depression [J]. Geology and Resources Review, 2015, 61(S): 452-454.

李占东,张明学,胡玉双,等. 海拉尔盆地贝尔凹陷构造演化及其对油气的控制[J]. 科学技术与工程,2010,10(9):2066-2074.

LI Zhandong, ZHANG Mingxue, HU Yushuang, et al.

Structural evolution and control of oil and gas in Beier Sag, Hailar Basin [J]. Science Technology and Engineering, 2010, 10 (9): 2066-2074.

夏毓亮,刘汉彬. 海拉尔盆地西部蚀源区岩石提供铀源能力的研究[J]. 铀矿地质,2006,22(2):99-103.

XIA Yuliang, LIU Hanbin. Research on supplying potential of uranium source from rocks in western provenance area of Hailar basin [J]. Uranium Geology, 2006, 22(2): 99-103.

彭云彪,鲁超. 二连盆地乌兰察布坳陷西部赛汉塔拉组下段砂岩型铀矿成矿模式[J]. 西北地质,2019,52(3):48-57.

PENG Yunbiao, LU Chao. metallogenetic model of sandstone-type Uranium deposits in the lower section of saihantala formation, western Uianchabu depression, erlian basin [J]. Northwestern Geology, 2019, 52(3): 48-57.

吴根耀,孙效东,朱德丰,等. 塔木察格盆地南贝尔凹陷西部次凹下白垩统沉积和石油地质特征[J]. 地球科学前沿,2016,6(5):371-386.

WU Gnyao, SUN Xiaodong, ZHU Defeng, et al. Sedimentary and Petroleum Geological Features of the Lower Cretaceous in the Western Sub-depression of the South Bell Sag in the Tamuzag Basin [J]. Earth Science Frontiers, 2016, 6(5): 371-386.

马汉峰,罗毅,王明太,等. 内蒙古克鲁伦断陷盆地可地浸砂岩型铀矿成矿条件分析[J]. 铀矿地质,2006,22(2):83-89.

MA Hanfeng, LUO Yi, WANG Mingtai, et al. Analysis on metallogenetic conditions of ISL-amenable sandstone-type uranium deposits in Kelulun down-faulted basin, Inner Mongolia [J]. Uranium Geology, 2006, 22(2): 83-89.

周文博,黄笑,李杨,等. 砂岩型铀矿沉积体系分析及其与铀矿化的关系—以贝尔—乌尔逊凹陷为例[J]. 东华理工大学学报(自然科学版),2019,42(1):16-21.

ZHOU Wenbo, HUANG Xiao, LI Yang, et al. Sedimentary System of Sandstone-Type Uranium Deposits and Its Relationship with Uranium Mineralization [J]. Journal of East China University of Technology Uranium Geology, 2019, 42(1): 16-21.

王卫国,姜山. 松辽盆地南部测井相的建立与测井相分析[J]. 铀矿地质,2006,6(22):356-360.

WAN Weiguo, JIANG Shan. Analysis and establishment of electrofacies and faciological in South of Songliao Basin [J]. Uranium Geology, 2006, 6(22): 356-360.

蔡建芳,严兆彬,张亮亮,等. 内蒙古通辽地区上白垩统姚家组灰色砂体成因及其与铀成矿关系[J]. 东华理工大学学报(自然科学版),2018,41(4):328-335.

CAI Jianfang, YAN Zhaobin, ZHANG Liangliang, et al. Relationship Between Grey Sandstone and Uranium Mineralization in Yaojia Formation of Upper Cretaceous in Tongliao, Inner Mongolia[J]. Journal of East China University of Technology Uranium Geology, 2018, 41(4): 328-335.

董文明,李子颖,郭庆银,等. 内蒙古新巴尔虎右旗西胡里吐

盆地地浸砂岩型铀资源评价[R]. 北京:核工业北京地质研究院,2002.

郭庆银,李子颖,王文广. 内蒙古西胡里吐盆地有机质特征及其与铀矿化的关系[J]. 铀矿地质,2005,21(1): 16-22.

GUO Qingyin, LI Ziyang, WANG Wenguang. Features of organic substances and their relationship to uranium mineralization in Xihulitu basin, Inner Mongolia[J]. Uranium Geology, 2005, 21(1): 16-22.

青海上庄岩浆型磷矿

成矿区带:南祁连成矿带(Ⅲ-23)。

建造构造:位处拉脊山一带,含矿岩体为上庄偏碱性基性超基性岩体群。岩相带划分以东岩体研究较细:北部为黑云透辉岩相带,局部含有透辉橄榄岩异离体(橄榄石具体种属为贵橄榄石);南部为黑云次透辉岩相带,由磷灰黑云次透辉石岩、磷灰磁铁黑云次透辉石岩组成。岩石化学成分以高铁低镁稍偏碱为特征, $m/f < 4.5$ 。

成矿时代:晚寒武世晚期。

成矿组分:磷,(Fe,RE)。

矿床实例:(青)平安县上庄磷灰石矿床。

简要特征:矿体严格受岩体控制,磷灰石呈浸染状分散在黑云母次透辉石相和黑云母次透辉石-低铁次透辉石岩相。矿石的有用矿物为磷灰石(3%~15%)、磁铁矿(5%~15%,包括少量钛铁矿)及黑云母,其他矿物有次透辉石(常具含霓次透辉石反应边,指示岩浆晚期碱质格外富集)、角闪石、榍石、黄铁矿(含少量黄铜矿)、长石、绿帘石及方解石等。稀土元素主要赋存于磷灰石中,为伴生有益组分,以轻稀土元素(La、Ce、Nd、Sm)为主,均呈类质同象赋存于磷灰石及其他矿物中;单矿物中稀土元素(RE_2O_3)的平均含量为:磷灰石0.693%,榍石1.25%,次透辉石0.032%,蛭石化黑云母0.014%,磁铁矿0.017%,硫化物0.007%,方解石0.133%(青海省区调综合地质大队,1990,青海省区域矿产总结)。

矿石类型划分铁磷矿石($P_2O_5 \geq 2\%$,可溶铁 $SFe \geq 8\%$)和磷矿石($P_2O_5 \geq 2\%$,可溶铁 $SFe < 8\%$)。其中,铁磷矿石有益组分含量(%): P_2O_5 3.39, SFe 10.74, RE_2O_3 0.106。磷矿石有益组分含量(%): P_2O_5 3.54, SFe 5.60, RE_2O_3 0.083。上庄磷矿床 P_2O_5 平均品位为3.46%(东段)、3.03%(西段),磷矿为大型规模(据青海省磷矿资源潜力评价成果报告,2011)。

成因认识:晚寒武世晚期,幔源偏碱性基性超基性岩浆上侵地壳,分异形成磷灰石矿体。

(中国地质调查局西安地质调查中心 杨合群)