

Analysis on Uranium Metallogenic Conditions in the Third Section of the Lower Cretaceous Yimin Formation in Baer Depression

Tong Liu¹, Zhenjun Sun^{2*}

¹243 Team of Nuclear Industry, Chifeng Inner Mongolia

²Institute of Disaster Prevention Science and Technology, Beijing

Email: *306292193@qq.com

Received: May 18th, 2018; published: Jun. 4th, 2018; published: Jun. 11th, 2018

Abstract

Based on the stratum conditions, tectonic conditions, lithology-facies conditions, epigenetic alteration conditions, and uranium source conditions, we analysed the ore-forming conditions and mineralization characteristics of *in-situ* leachable sandstone-type uranium in the Baer depression, Hailaer Basin, and considered that the top of the lower Cretaceous Yimin formation is a purple-red mudstone of the Upper Cretaceous Qingyuangang formation, and its baseplate is gray, gray-green mudstone in the second section of the Yimin formation, and it has a stable "mud-sand-mud" structure. It provides a good top-floor mudstone aquifuge for ore-forming; the ore-bearing sand body is dominated by the braided river channel sand body; the Baer depression has good oxidation-reduction and structure conditions, providing a good environment for the uranium mineralization; the original uranium content of volcanic rocks and granite rocks in the source area of the Hailaer Basin is relatively high, and its activation rate is high, providing a rich source of uranium for the formation of *in-situ* leaching sandstone-type uranium deposits. Therefore, the Baer depression has a better uranium mineralization prospect.

Keywords

Formation Conditions, Lithological Facies, Metallogenic Conditions, Baer Depression

贝尔凹陷下白垩统伊敏组三段铀成矿条件分析

刘 彤¹, 孙珍军^{2*}

¹核工业二四三大队, 内蒙古 赤峰

²防灾科技学院, 北京

*通讯作者。

Email: 306292193@qq.com

收稿日期: 2018年5月18日; 录用日期: 2018年6月4日; 发布日期: 2018年6月11日

摘要

本文通过对海拉尔盆地贝尔凹陷地浸砂岩型铀成矿条件及矿化特征的分析, 从地层条件、构造条件、岩性-岩相条件、后生蚀变条件及铀源条件等五个方面, 认为下白垩统伊敏组顶板为上白垩统青元岗组紫红色泥岩, 底板为伊敏组二段的灰色、灰绿色泥岩, 具备了稳定的“泥-砂-泥”结构, 为铀成矿提供了良好的顶底板泥岩隔水层, 赋矿砂体以辫状河河道砂体为主; 贝尔凹陷具有良好的氧化-还原条件, 区内构造沟通深部的还原流体, 为铀成矿提供了良好的环境; 海拉尔盆地蚀源区火山岩类和花岗岩类岩石的原始铀含量都较高, 且其活化率较高, 为区内地浸砂岩型铀矿的形成提供了丰富的铀源。因此, 贝尔凹陷具有较好的铀成矿前景。

关键词

地层条件, 岩性岩相, 成矿条件, 贝尔凹陷

Copyright © 2018 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

海拉尔盆地是我国北方重要的中生代盆地, 是松辽外围盆地中最大的一个含油气盆地, 同时也属于外乌拉尔-蒙古地浸砂岩型铀成矿域的组成部分[1]。随着油气勘探开发工作的不断深入, 海拉尔盆地目前已经积累了丰富的二维、三维地震反射资料和钻井岩心、测井资料, 在地层、构造-沉积演化等方面取得了许多重要的进展[2][3][4]。如沈华等, 2005 通过综合应用地震、钻井等资料认为伸展作用和缩短作用的交替进行贯穿了凹陷的演化过程, 而影响着烃源岩、储集层的发育与分布, 并制约着油气的运移、聚集和保存; 吴河勇等, 2006 认为海拉尔盆地由 3 个原型盆地组成, 每一期都经历了盆地改造过程, 3 期改造作用提供了油气运移的输导体系, 认为伊敏组是油气的主要成藏期; 随着勘探和研究的进行, 下白垩统沉积地层已成为乌尔逊-贝尔凹陷主要的勘探层位[5][6][7], 是测井解释的重点层位[8][9]。近几年在该凹陷带的铀矿资源引起人们的关注[10], 认为具有良好的找矿前景, 同时有学者利用 U-Pb 同位素对该地区蚀源区岩石提供铀源能力进行了分析[11]。本文通过对海拉尔盆地贝尔凹陷地浸砂岩型铀成矿条件及矿化特征的分析, 从构造条件、地层条件、岩性-岩相条件、后生蚀变条件及铀源条件等五个方面, 系统分析其成矿条件。

2. 区域地质概况

海拉尔盆地位于内蒙古自治区呼伦贝尔盟西南部, 其南段深入到蒙古人民共和国境内, 盆地总面积约 70,480 平方公里, 在我国境内面具约 40,550 平方公里, 海拉尔盆地属于中亚-蒙古古生代地槽褶皱系的一部分(I 级构造单元), 其大地构造位置处于兴蒙华力西地槽褶皱系(II 级构造单元)与额尔古纳-乔巴山前寒武纪地块(II 级构造单元)的接壤部位(图 1), 是在燕山运动形成引张裂隙、得尔布干断裂走向滑动

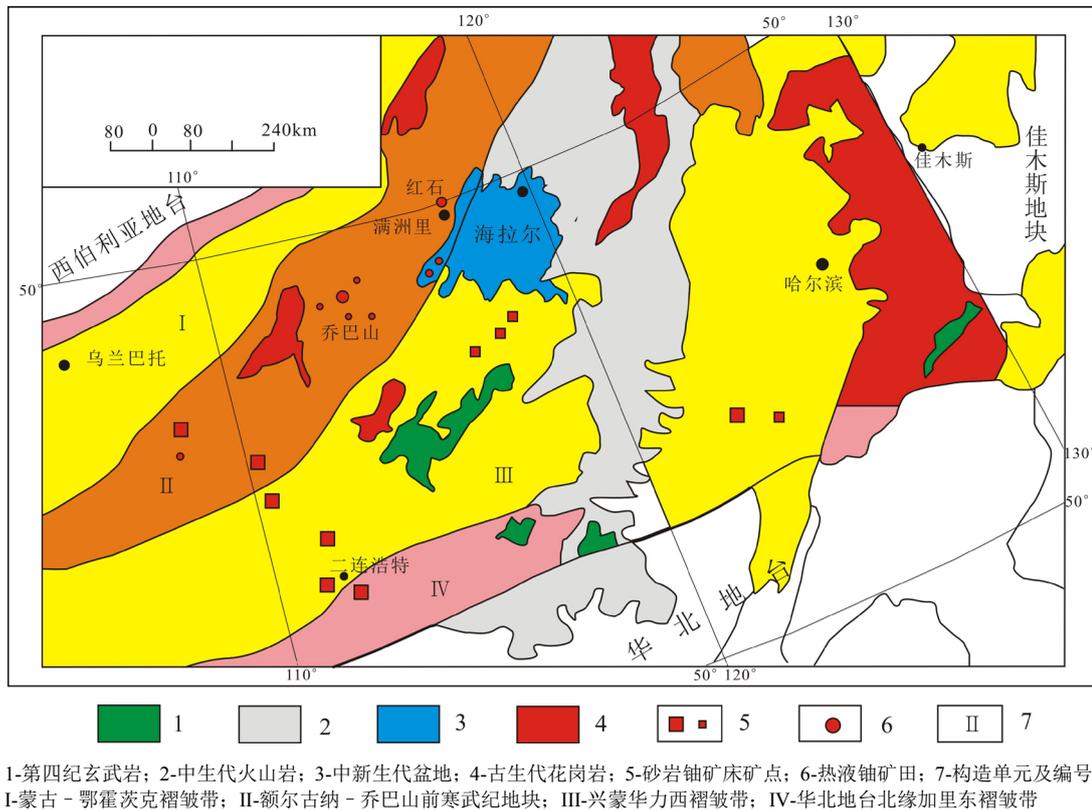


Figure 1. Geotectonic location map of Hailar Basin
图 1. 海拉尔盆地大地构造位置图

基础上形成的多旋回、叠合式、断陷-坳陷的中新生代内陆型盆地(III级构造单元) [12] [13] [14]。

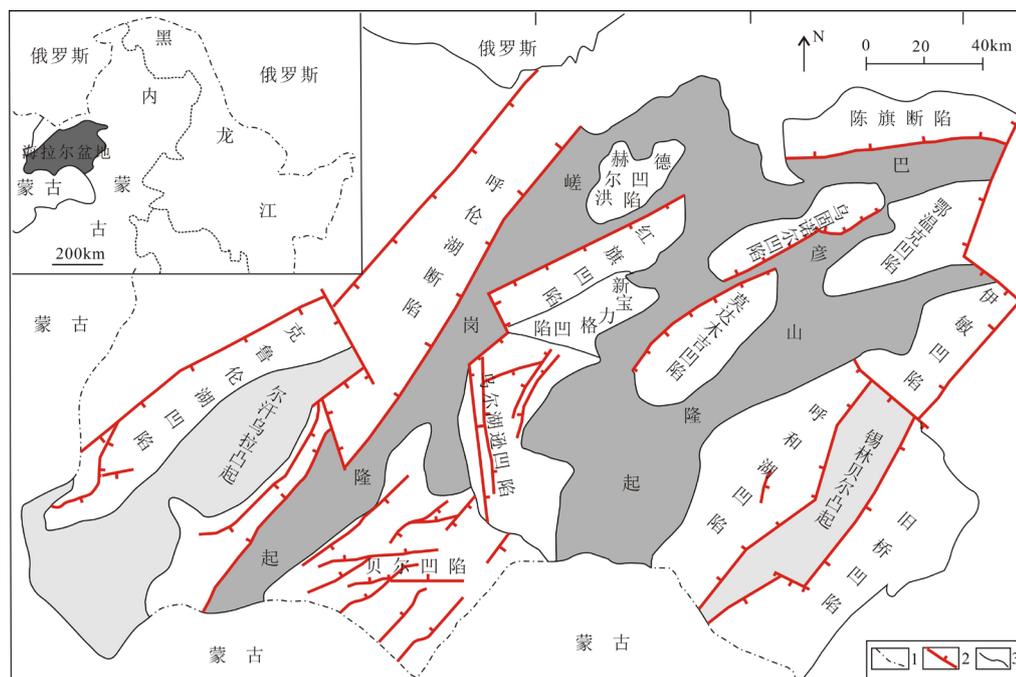
盆地可划分五个IV级构造单元,即扎赉诺尔坳陷、嵯岗隆起、贝尔湖坳陷、巴彦山隆起及呼和湖坳陷等两个隆起、三个坳陷,包括18个断(凹)陷、7个凸起(图2)。其中,贝尔凹陷属于贝尔湖坳陷内的二级构造单元。贝尔凹陷受北东向和北东东向断层控制而呈北东向展布。

2. 铀成矿条件分析

2.1. 地层条件

贝尔凹陷内地层出露不连续,前人钻探揭露地层主要有第四系(Q)、新近系呼查山组(N₂h)、上白垩统青元岗组(K₂q)、下白垩统伊敏组三段(K₁y³)、下白垩统伊敏组二段(K₁y²)、下白垩统伊敏组一段(K₁y¹)及印支期花岗岩(γ^{s1})。其中,上白垩统青元岗组发育洪泛平原相的红色、紫红色泥岩;下白垩统伊敏组三段发育辫状河相-湖相的灰色、灰绿色细砂岩、中砂岩、砂质砾岩夹灰绿色泥岩;下白垩统伊敏组二段发育扇三角洲-湖相的灰色、灰绿色泥岩、泥质细砂岩、细砂岩;下白垩统伊敏组一段发育滨浅湖相的灰色、灰绿色泥岩(图3)。

研究区内目的层为下白垩统伊敏组三段。其顶板埋深一般180~360 m,底板埋深一般310~490 m,且具有由北向南逐渐变深的趋势。地层厚20~190 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。另一方面,下白垩统伊敏组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(表1),具备了稳定的“泥-砂-泥”结构,为铀成矿提供了良好的顶底板泥岩隔水层。



1-国界; 2-盆地边界; 3-断层及其倾向

Figure 2. Schematic map of structural division of Hailar Basin

图 2. 海拉尔盆地构造单元划分示意图

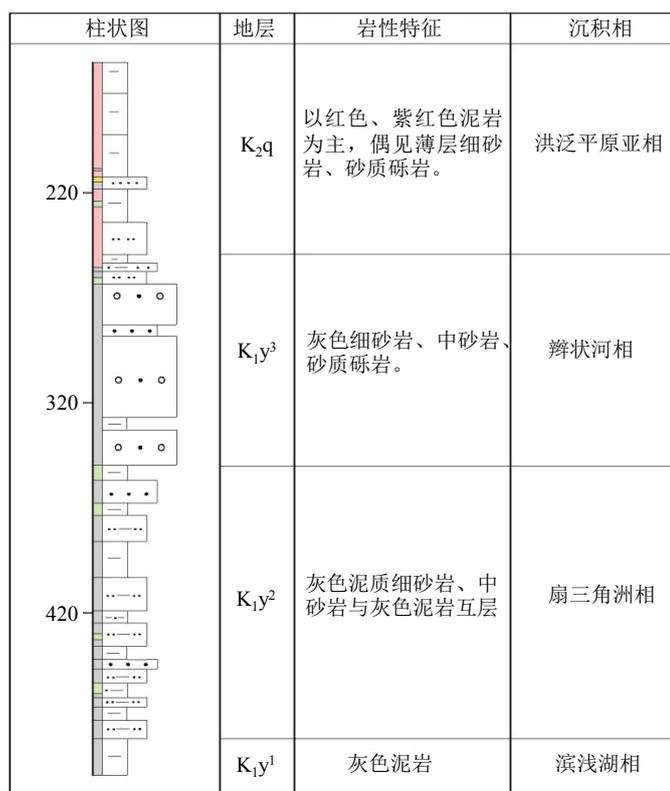


Figure 3. Structural features of Baer depression

图 3. 贝尔凹陷地层结构特征

Table 1. Formation structure table of Baer lake depression**表 1.** 贝尔湖坳陷地层结构表

统	组	段	厚度(m)	沉积相	岩性
第四系					松散砂砾
新近系上新统	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	紫红色泥岩
		三段	0~180	辫状河	灰色砂岩夹灰绿色泥岩
下白垩统	伊敏组	二段	55~160	扇三角洲相	灰、灰绿色泥岩、泥质细砂岩、细砂岩
		一段	80~110	滨浅湖	灰、灰绿色泥岩

2.2. 构造条件

早白垩世时期, 贝尔湖坳陷在构造作用下, 其内部发育多个次级凸起及凹陷, 其次级凹陷均为单断箕状型, 由南向北依次为贝尔凹陷、乌尔逊凹陷、新宝力格凹陷、红旗凹陷和赫尔洪德凹陷, 其中乌尔逊-贝尔凹陷是最有潜力的 2 个凹陷[2]。

(一) 贝尔凹陷

贝尔凹陷位于贝尔湖坳陷南部, 东部为磋岗隆起, 西部为巴彦山隆起, 北与乌尔逊凹陷相邻, 向南延伸至蒙古国境内。长 56 km, 宽 53 km, 面积约 3010 km², 是海拉尔盆地内最大的一个凹陷。受西侧皇德断裂控制, 该凹陷为单断箕状型(图 4), 具有“西断东超”的特点。其基底埋深一般为 4600 m。

(二) 乌尔逊凹陷

乌尔逊凹陷位于贝尔湖坳陷的中部, 东接磋岗隆起, 西接巴彦山隆起, 北与新宝力格凹陷相邻, 南与贝尔凹陷接壤, 整体呈南北向展布, 长 71.7 km, 宽 32.6 km, 面积约 2240 km²。受西侧皇德断裂控制, 该凹陷为单断箕凹陷, 具有“西断东超”的特点。其基底埋深一般为 4000~5000 m, 最深可达 7000 m, 盖层包括下白垩统铜钵庙组、南屯组、大磨拐河组、伊敏组、上白垩统青元岗组、新近系及第四系。

贝尔湖坳陷的 5 个次级凹陷盖层均为白垩统铜钵庙组、南屯组、大磨拐河组、伊敏组、上白垩统青元岗组、新近系及第四系。

从各次级凹陷的性质及盆地的构造演化来看[2] [15], 早白垩世铜钵庙组(K_{1t})沉积时, 坳陷北部下降幅度大, 北部以湖相黑色泥岩为主, 中部以杂色砂砾岩为主, 坳陷南部基本没有沉积; 南屯组沉积时, 沉积中心移至赫尔洪德凹陷以南; 大磨拐河组(K_{1d})沉积时, 全区进入平稳沉降期。此时, 湖盆面积扩大, 坳陷中部和南部为欠补偿沉积, 半深湖-深湖相发育, 沉积中心在坳陷中部, 坳陷北部为补偿性沉积, 以湖沼相的泥岩、煤层为主; 至坳陷发育后期伊敏组沉积时, 坳陷北部仅有薄层沉积, 坳陷中南部、南部沉积地层厚度大, 沉积中心可能延伸到蒙古境内。晚白垩世开始, 青元岗组沉积时, 在区域隆起的背景下, 不但使找研究区目的层(伊敏组)发生掀斜和开启(盆缘), 在次级凹陷的东、西和北面三侧形成缓倾的构造斜坡带, 而且坳陷内部几乎未有地层沉积或沉积很薄, 为含氧含铀水向盆内渗入、径流创造了有利条件。新近纪、第四纪构造运动主要表差异性升降, 局部地段接受了河流相沉积。

由此可以看出, 早白垩统大磨拐河组及伊敏组形成以后, 在早白垩世至晚白垩世之间存在较长时间的沉积间断, 长达 30 Ma, 在干旱的气候条件下, 有利于含氧含铀水长时间的向盆内注入。

此外, 坳陷两侧的磋岗隆起和巴彦山隆起分布着石炭-二叠系浅变质岩、上侏罗统酸性火山岩、华力西期和燕山期花岗岩, 局部地段直接出露地表, 形成较大面积的构造天窗, 有利于潜水、基岩裂隙水直接向目的层进行补给。

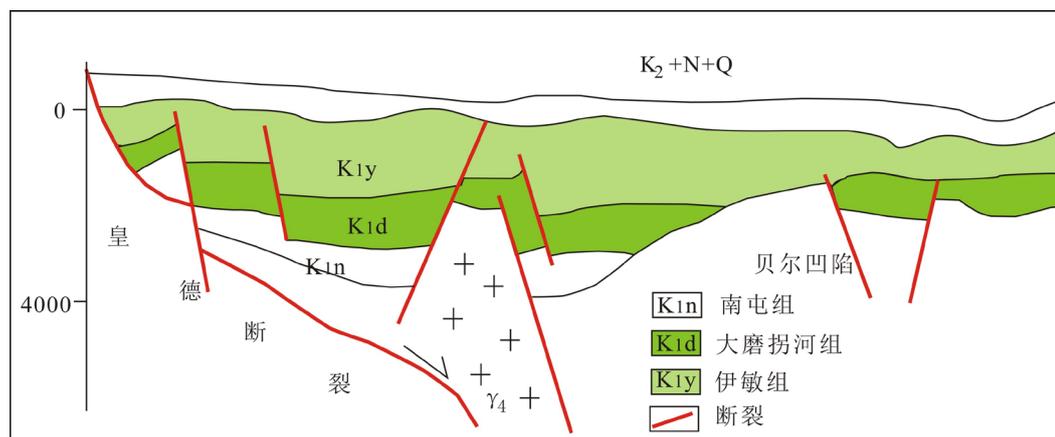


Figure 4. Structure section of Baer depression
图 4. 贝尔凹陷构造剖面示意图

2.3. 岩性 - 岩相及砂体条件

贝尔湖拗陷在目的层伊敏组三段沉积时期处于“断 - 坳”转换阶段，湖盆萎缩，湖水后退。因此，沿各次级凹陷的长轴方向发育冲积扇 - 辫状河相沉积(图 5)，并逐渐过渡为辫状河三角洲 - 滨浅湖相沉积。贝尔凹陷以辫状河相沉积为主，发育于凹陷中心，而冲积扇相则沿凹陷两侧的蚀源区发育，规模较小，且多被剥蚀殆尽。

其赋矿砂体以辫状河河道砂体为主。砂体规模较大，厚约 20~100 m，且具有凹陷中心较厚，向两侧逐渐递减的趋势(图 5、图 6)。岩性为细砂岩、中砂岩、砂质砾岩，砾石主要为石英砾、长石砾、火山岩砾，砾径较小，一般 2~5 mm，分选及磨圆中等 - 差，岩石疏松，强透水。

2.4. 后生蚀变

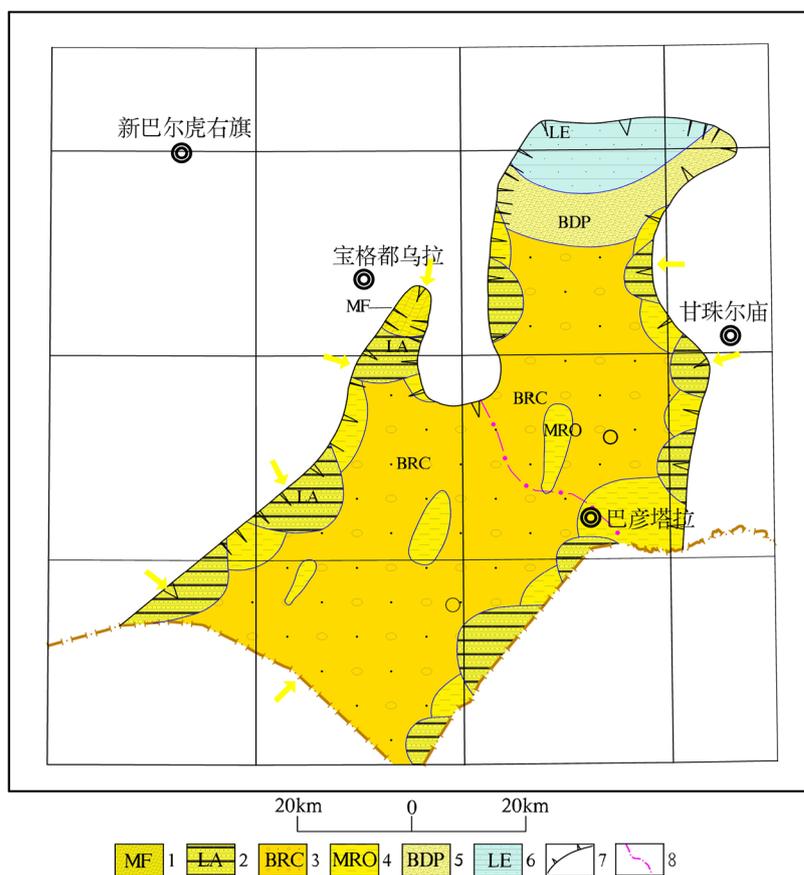
贝尔凹陷具有良好的氧化 - 还原条件。区内早白垩世为温暖、潮湿气候，目的层伊敏组为一套暗色沉积建造，所形成的灰色河道砂体富含有机质；晚白垩世干旱气候，新近纪至第四纪仍以干旱 - 半干旱的气候为主，中间也有潮湿的古气候。因此，在目的层沉积之后随即就进入了长期的干旱炎热的气候环境，长达 90 Ma，不但保证了下渗水含有丰富的溶解氧，还为含氧含铀水的下渗提供了充足的时间。此外，新生代以来盆周由于受次造山运动的影响，使得目的层有了轻微的裸露、掀斜和开启，并在拗陷边缘隆起形成构造天窗，利于含铀含氧水向拗陷中心渗入，同时拗陷可使含氧水稳定、持续的下渗，使潜水氧化逐渐转变为区域层间氧化作用，形成层间氧化带。

贝尔凹陷沿中心发育了一条辫状河河道，且在已施工钻孔 B2、B3 孔中见大量团块状、浸染状褐铁矿化等明显后生氧化现象，说明在贝尔凹陷内沿南东向北西发育一条氧化带，整体呈 NE 向展布。

2.5. 铀源条件

海拉尔盆地蚀源区火山岩类和花岗岩类岩石的原始铀含量都较高，活铀性也高，火山岩类平均 U_0 为 10.061×10^{-6} ，平均 ΔU 为 -49.57%；花岗岩类平均 U_0 为 18.381×10^{-6} ，平均 ΔU 为 -80%。显示了蚀源区岩石能为沉积盆地的铀成矿作用提供很好的物质基础：沉积时形成富铀砂体，成矿时提供铀源[11]。

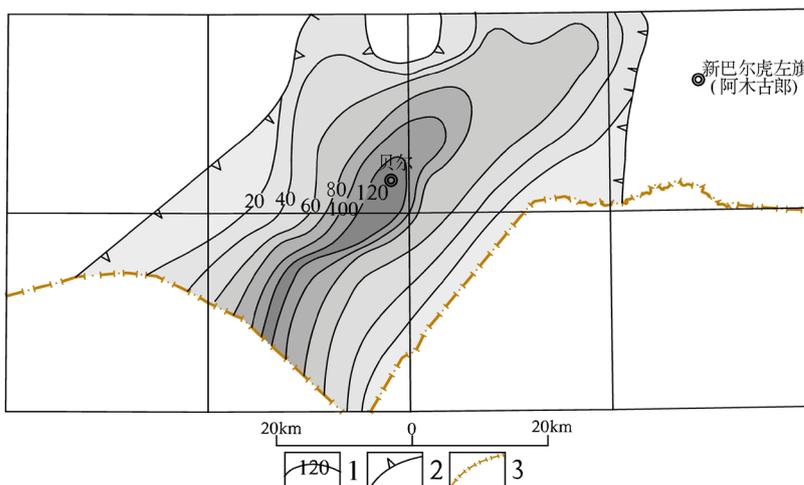
拗陷两侧的嵯岗隆起和巴彦山隆起广泛分布着酸性火山岩、华力西期花岗岩、燕山期花岗岩、古生代浅变质岩、变质混合岩，铀丰度普遍较高(表 2)，最高高达 22.3×10^{-6} ，且其活化率较高，为区内地浸砂岩型铀矿的形成提供了丰富的铀源[10]。



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-伊敏组剥蚀界线; 8-次级构造单元界线

Figure 5. Lithologic lithology and lithofacies map of late Yimin early Cretaceous in the southern Baer depression

图 5. 贝尔湖坳陷南部早白垩世伊敏晚期岩性 - 岩相图



1-砂体厚度等值线及数值; 2-伊敏组底层剥蚀界线; 3-国界

Figure 6. Sandbody thickness contour map of the three section of Yimin formation in Baer depression

图 6. 贝尔凹陷伊敏组三段砂体厚度等值线图

Table 2. List of rock uranium abundances in erosion area of Baer depression**表 2.** 贝尔湖拗陷蚀源区岩石铀丰度值一览表

岩性	现测铀(10^{-6})	古铀(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

3. 结论

1) 下白垩统伊敏组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, 具备了稳定的“泥-砂-泥”结构, 为铀成矿提供了良好的顶底板泥岩隔水层, 赋矿砂体以辫状河河道砂体为主。

2) 贝尔凹陷具有良好的氧化-还原条件, 区内构造沟通深部的还原流体, 为铀成矿提供了良好的环境。

3) 海拉尔盆地蚀源区火山岩类和花岗岩类岩石的原始铀含量都较高, 且其活化率较高, 为区内地浸砂岩型铀矿的形成提供了丰富的铀源。因此, 贝尔凹陷具有较好的铀成矿前景。

参考文献

- [1] 马汉峰, 罗毅, 李子颖, 等. 砂体特征对地浸砂岩型铀矿成矿的制约——以扎赉诺尔拗陷带为例[J]. 铀矿地质, 2011, 27(1): 30-35.
- [2] 吴河勇, 黄清华, 党毅敏, 等. 内蒙古海拉尔盆地白垩纪生物地层研究进展[J]. 古生物学报, 2006, 45(2): 283-291.
- [3] 于振锋, 程日辉, 赵小青, 等. 海拉尔盆地乌尔逊-贝尔凹陷下白垩统火山碎屑岩成岩作用类型及序列[J]. 地球科学, 2012, 37(4): 851-859.
- [4] 蒙启安, 万传彪, 朱德丰, 等. 海拉尔盆地“布达特群”的时代归属及其地质意义[J]. 中国科学(D辑), 2013, 43(5): 779-788.
- [5] 侯启军, 冯子辉, 霍秋立. 海拉尔盆地乌尔逊凹陷石油运移模式与成藏期[J]. 地球科学, 2004(4): 397-403.
- [6] 刘新颖, 邓宏文, 邸永香, 高晓鹏, 等. 海拉尔盆地乌尔逊凹陷南屯组优质烃源岩发育特征[J]. 石油实验地质, 2009, 31(1): 68-73.
- [7] 张晓峰, 潘保芝, 范晓敏, 等. 海拉尔盆地南屯组凝灰质砂岩储层含水饱和度计算方法[J]. 测井技术, 2009, 33(04): 345-349.
- [8] 王建功, 段书府, 王天琦, 等. 贝尔凹陷潜山储层的地球物理响应特征及勘探方向[J]. 石油地球物理勘探, 2010, 45(5): 731-736, 792, 621-622.
- [9] 唐海燕, 莫修文, 唐馨, 等. 乌尔逊地区凝灰质砂岩储集层孔隙度计算方法研究[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2008, 38(S1): 121-123, 127.
- [10] 周文博, 阳正勇, 刘庆, 等. 内蒙古贝尔凹陷地浸砂岩型铀矿成矿条件分析[J]. 地质论评, 2015, 61(s1): 452-453.
- [11] 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(02): 99-103.
- [12] 宋建国. 井间地震资料数字处理方法流程研究[J]. 石油物探, 1997(S1): 116-120.
- [13] 冯志强, 孙国昕, 蒙启安, 等. 海拉尔盆地贝中次凹-残留型叠合小断陷盆地油气勘探的成功案例[J]. 石油学报, 2011, 32(4): 551-563.
- [14] 冯志强, 任延广, 张晓东, 等. 海拉尔盆地油气分布规律及下步勘探方向[J]. 中国石油勘探, 2004(4): 19-22, 1.
- [15] 于文斌. 松辽盆地南部白垩系砂岩型铀矿成矿条件研究[D]: [博士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2009.

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