

开鲁盆地铀矿水文地球化学找矿研究

邹顺庚

(东北地质局 242 大队 辽宁兴城 121600)

本文从基础地质条件出发,界定了开鲁盆地的发展历史,全面分析了研究区的水文地质条件、水文地球化学特征及地下水的含铀性,确定了在整体坳陷期形成的姚家组和四方台组区域承压含水层的找矿意义。同时,从水文地质构造层、渗入渗出体系的划分及浅层地下水和深部地下水化学异常显示等方面入手,较详细地阐述了开鲁盆地水文地质条件和水文地球化学特征及其对层间氧化带发育条件的影响,预测了两处可地浸砂岩型铀矿的成矿远景地段,并指出道德庙是本区最具找矿前景的地区。

关键词 渗入体系 渗出体系 水文地球化学

文章编号 1000-0658(2000)04-0226-07 中图分类号 P641.3 文献标识码 A

1 地质概况

研究区气候属温带大陆性季风气候区,水系比较发育,主要河流有西拉木伦河、西辽河、乌尔吉木伦河、天山河、虎尔河等。第四系地层十分发育,除西北角有小块基岩出露外,其它地区均被第四系覆盖。第四系表层沙化严重,除河谷平原区的湖沼盐碱地外,其它主要为沙地、坳沼地、沿河沙带、沙堤等。

研究区西北角属大兴安岭东坡,其余地区均属开鲁盆地的范围。开鲁盆地在古生代时期是一片海洋,海底是大洋壳,通过北部西伯利亚地台和南部中朝准地台边缘地槽褶皱系相向增生,终于在古生代末期,沿西拉木伦河深断裂带,两个地台拼合在一起。

三叠纪至侏罗纪,开鲁盆地属隆起区,未接受沉积。在大兴安岭东坡沉积了小型侏罗系含煤盆地,如本区的温都花一带。

早白垩世,开鲁盆地进入了断陷阶段,义县组火山喷发的晚期,在各向断裂的共同作用下,盆地内凹凸相间的构造格局的雏形开始形成,如陆家堡凹陷、哲中凹陷,包括其内部次一级的

邹顺庚 男,34岁,工程师,1992年毕业于长春地质学院。

收稿日期 1999年9月12日

凹凸结构。早白垩世凹陷内主要为湖相环境,三角洲相不发育,沉积了优质生油岩。早白垩世晚期,水体变浅,出现了河、湖、沼泽并存的古地理景观,断陷阶段结束。

中白垩世,盆地进入拗陷发育阶段,泉头组和青山口组在工作区分布局限。直到姚家组沉积时期,盆地内才开始出现大面积的河流相和相继的嫩江组滨浅湖相沉积。从嫩江组晚期开始,经晚白垩世四方台组和明水组,一直到新生代第三纪,盆地处于持续缓慢上升阶段,地层间层层退覆,湖盆逐渐萎缩,直至消失,从而结束了开鲁盆地的发展历史。

新生代,开鲁盆地与松辽盆地连为一体,第三系和第四系层层超覆。本区地层、构造分布等见构造纲要图(图1)。

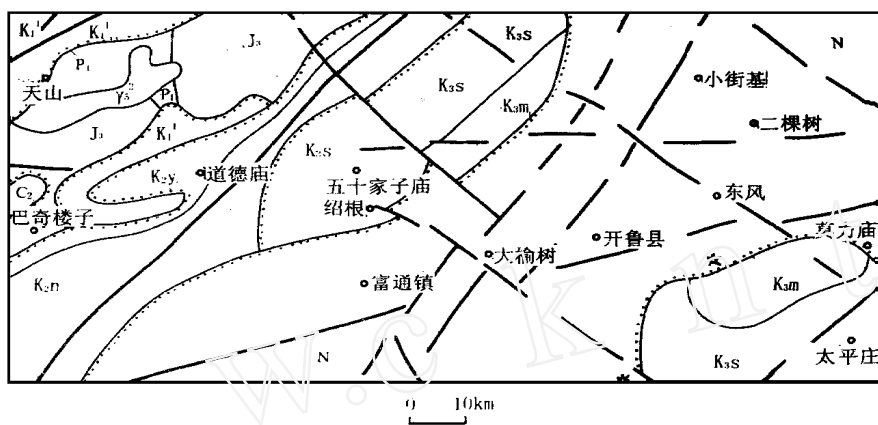


图1 工作区构造纲要示意图

Fig.1 Tectonic sketch of Kailu basin

2 区域水文地质条件

根据地下水的赋存特征、水动力特征及岩石水理性质等。本区地下水分为以下4种类型:松散岩类孔隙潜水,碎屑岩类裂隙孔隙承压水,生油岩系裂隙孔隙封存水和基岩裂隙水。

2.1 松散岩类孔隙潜水

赋存于第四系松散沉积物中,含水岩组主要为白土山组的冰水沉积、大青沟组的河湖相沉积、顾乡屯组的河流相沉积及现代的河流和风沙堆积物。它们一起组成盆地内厚大含水层的主体,水量丰富,水位埋深1-5m,涌水量1000-5000t/d。为盆地上部水文地质构造层,属渗入体系。

2.2 碎屑岩类裂隙孔隙承压水

赋存于第三系和中上白垩统的陆相碎屑岩中,含水岩组主要为第三系和中上白垩统的泉头组、青山口组、姚家组、嫩江组、四方台组、明水组的陆相碎屑岩,其泥-砂-泥结构明显。泉头组、姚家组、四方台组和第三系为区域含水层,而嫩江组、青山口组和明水组为区域隔水层。区域含水层内分布有局部隔水层,区域隔水层内也存在有含水透镜体。含水层埋深由百米至上千米不等,水量较丰富。浅部地下水水位埋深5-15m,涌水量500-1000t/d。它们组成盆地中部水文地质构造层,属渗入体系。

2.3 生油岩系裂隙孔隙封存水

赋存于下白垩统被泥岩圈闭的砂岩透镜体中。含水岩组为九佛堂组、沙海组和阜新组。这3组地层的砂-泥岩比分别为:砂岩层厚度在九佛堂组中占该组地层总厚度的17.5% - 40.7%;沙海组为10.8% - 16.43%;阜新组为0.6% - 29.1%。本区九佛堂组和沙海组属优质生油岩,陆家堡凹陷的东南翼,义县组火山岩较薄或缺失,油气水的聚集条件相对较好。

下白垩统含水体系组成盆地下部水文地质构造层。盆缘断裂沟通了深部油气水,也沟通了上、中、下水文地质构造层之间的水力联系。由此,盆缘断裂和下部水文地质构造层一起,形成完整的油气水的渗出体系。泥岩压榨挤出水的过程,既是渗出水侧移上升的过程,又是引伸构造不断形成和发展的过程。因为盆缘断裂两侧地层差异压实而使上覆地层受到牵引、拉伸、乃至断裂,从而形成深大断裂引伸构造带。

2.4 基岩裂隙水

赋存于研究区西北部基岩分布区及盆地基底的花岗岩、火山岩和石炭-二迭纪的浅变质岩中,以裂隙水为主。在基岩分布区,富水性较弱,涌水量一般小于10 t/d,断裂构造发育地段可达800 - 1000 t/d。

开鲁盆地水文地质结构及4类地下水的相互关系见图2。

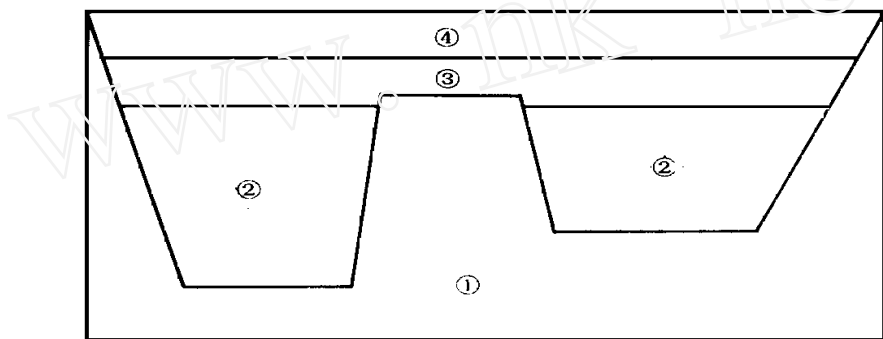


图2 盆地水文地质结构示意图

Fig. 2 Schematic map showing the hydrogeological structure of the basin

1——基岩裂隙水;2——生油岩系裂隙孔隙封存水;3——碎屑岩类裂隙孔隙承压水;4——松散岩类孔隙潜水。

3 开鲁盆地地下水水文地质条件

开鲁盆地在中上白垩世及第三纪时期处于整体拗陷期,由此形成了开鲁盆地的区域承压含水体系。本区的碎屑岩裂隙孔隙承压水主要分布于盆地内的中上白垩统及第三系地层中。其中主要的承压含水层为姚家组承压含水层,四方台组承压含水层和第三系承压含水层。

姚家组承压含水层的隔水顶板为嫩江组泥岩,隔水底板为阜新组和青山口组的泥岩。顶板埋深100 - 600 m不等,潜水水位埋深10 - 15 m,涌水量500 - 600 t/d。阿旗幅的道德庙以西,姚家组含水层直接接受第四系含氧水的补给,为姚家组含水层重要补给区。姚家组含水层中的地下水自西向东迳流,嫩江断裂对该含水层起着十分重要的排泄作用,同时该断裂又沟通了深部油气水,这种条件和环境对铀的成矿十分有利。进入陆家堡凹陷区,因姚家组地层直接

覆盖于阜新组之上,嫩江组为其隔水顶板,还原物质含量(来源)充足,氧化作用极其微弱,保持着一种强还原的环境。开鲁-洮安断裂和西拉木伦河断裂为区内主要的排泄带。

四方台组承压含水层的隔水顶板为明水组、第三系、第四系的泥岩或泥质沉积物,隔水底板为嫩江组泥岩。含水层顶板埋深 150 - 300 m,潜水位埋深 5 - 10 m,涌水量 500 - 800 t/d。陆家堡凹陷边缘为其补给区,补给区的地下水为第四系潜水含水层,该处第四系表层沙化严重,有利于含氧水的渗入。开鲁-洮安断裂对该含水层起着十分重要的排泄作用,四方台组地下水与深部渗出水一起,沿断裂迁移渗入第三系及第四系含水层中。

第三系承压含水层在研究区内承压性质微弱,与第四系含水层间无稳定的隔水层,而承压水区主要分布在研究区外的东北部,即开鲁盆地与松辽盆地的接壤部位及其下游方向。

此外,泉头组、明水组、青山口组及嫩江组等地层内,也有较小的含水体分布,但涌水量较小,补给迳流排泄体系不完整,研究意义不大。

4 水文地球化学特征

开鲁盆地 3 个水文地质构造层中各构造层的地球化学特征和水化学环境状况等存在着明显的差异(表 1)。

表 1 盆地水文地球化学结构特征

Table 1 Characteristics of the hydrogeochemical structure of the basin

| 结构 | 含水层 | 水质特征 | 环境状况 |
|-----------|--------------------|--|-------------|
| 上部水文地质构造层 | 第四系 | $\text{HCO}_3^- \text{Ca} \cdot \text{Na}$, $\text{HCO}_3^- \text{Ca}$ $M < 0.5 \text{ g/L}$ | 氧化环境为主 |
| 中部水文地质构造层 | 第三系 四方台组 姚家组 | $\text{HCO}_3^- \text{Cl}$, $\text{HCO}_3^- \text{SO}_4$ $M < 1 \text{ g/L}$ | 氧化环境与还原环境并存 |
| 下部水文地质构造层 | 封存水 | $\text{Cl} \cdot \text{Na}$, $\text{Cl} \cdot \text{SO}_4$, $\text{Cl} \cdot \text{HCO}_3$ M 为 3 - 15 g/L,个别高达 50 g/L | 强还原环境 |

4.1 下部水文地质构造层

主要为封存的 $\text{Cl} \cdot \text{Na}$ 或 $\text{Cl} \cdot \text{SO}_4$, $\text{Cl} \cdot \text{HCO}_3$ 型水,矿化度(M)为 3 - 15 g/L,个别高达 50 g/L,属强还原环境。

4.2 中部水文地质构造层

其主要含水层为姚家组含水层、四方台组含水层及第三系含水层,以 $\text{HCO}_3^- \text{Cl}$ 或 $\text{HCO}_3^- \cdot \text{SO}_4$ 型水为主,矿化度小于 1 g/L,氧化环境与还原环境并存。

4.3 上部水文地质构造层

即第四系含水层以 $\text{HCO}_3^- \text{Ca} \cdot \text{Na}$ 和 $\text{HCO}_3^- \text{Ca}$ 型水为主,矿化度小于 0.5 g/L,主要为氧化环境。通过对第四系含水层的系统取样,除确定这一基本的水文地球化学特征之外,还发现如下 4 条高矿化度、成分复杂的水质分布条带(表 2):

表 2 水化学分带特征一览表

Table 2 Characteristics of hydrochemical zonation

| 地点 | 水质特征 | 最低 Eh (mV) | Fe ²⁺ , H ₂ S | 有关构造 |
|-----|---|----------------|-------------------------------------|-----------------------|
| 道德庙 | HCO ₃ ⁻ ·Cl ⁻ ·Na ⁺ ·Mg ²⁺ , Cl ⁻ ·HCO ₃ ⁻ ·Mg ²⁺ ·Na ⁺ , M 为 1 - 3 g/L, pH 为 7.8 - 8.3 | 30 - 40 | 有显示 | 嫩江断裂 |
| 黑龙坝 | SO ₄ ²⁻ ·HCO ₃ ⁻ ·Na ⁺ , M 为 1.2 - 1.6 g/L, pH 为 7.7 - 7.9 | | | 西拉木伦河断裂 |
| 建华南 | HCO ₃ ⁻ ·Cl ⁻ , HCO ₃ ⁻ ·SO ₄ ²⁻ , M 为 0.9 - 1.3 g/L, pH 为 7.5 - 8.7 | - 156 - 139 | 有显示 | 开鲁-洮安断裂 彰武-五十家子庙断裂 |
| 民主屯 | HCO ₃ ⁻ ·SO ₄ ²⁻ ·Na ⁺ ·Ca ²⁺ , M 为 0.7 - 1.4 g/L, pH 为 8.0 - 8.4 | | | 通辽-安广断裂 |

(1) 分布于道德庙一带,其地下水水质类型为 HCO₃⁻·Cl⁻·Na⁺·Mg²⁺ 和 Cl⁻·HCO₃⁻·Mg²⁺·Na⁺ 型,矿化度为 1 - 3 g/L, pH 值为 7.8 - 8.3, Eh 值最低为 30 - 40 mV, 有 Fe²⁺ 和 H₂S 显示。

(2) 分布于黑龙坝一带,其地下水水质类型为 SO₄²⁻·HCO₃⁻·Na⁺ 型,矿化度为 1.2 - 1.6 g/L, pH 值为 7.7 - 7.9。

(3) 分布于建华南一带,地下水水质类型以 HCO₃⁻·Cl⁻ 和 HCO₃⁻·SO₄²⁻ 型水为主,矿化度为 0.9 - 1.3 g/L, pH 值为 7.5 - 8.7, Eh 值最低达 - 156 mV, - 139 mV, 显示有 Fe²⁺ 和 H₂S 存在。

(4) 分布于民主屯一带。地下水水质类型以 HCO₃⁻·SO₄²⁻·Na⁺·Ca²⁺ 型水为主,矿化度为 0.7 - 1.4 g/L, pH 值为 8.0 - 8.4。

通过对盆地结构和区域地质条件的综合分析认为:这些水质带的成因主要是下部和中部水文地质构造层中的地下水沿断裂构造及其引伸构造渗出和排泄的结果。

由下部水文地质构造层及盆缘断裂组成的渗出体系是还原物质的主要来源。沿构造上升的油气水直接控制和影响着层间氧化带的发育及水文地球化学分带。还原剂供给充足的部位对铀等元素能起到地球化学筛(或障)的作用。

5 地下水的含铀性

在工作区共采集铀氢样各 1500 多个。经统计,水中铀的自然底数为 4 μg/L,异常下限为 45 μg/L,最高异常铀含量达 453 μg/L;水中氢的自然底数为 23 Bq/L,异常下限为 110 Bq/L。

经水文地球化学勘查共发现水中铀异常 100 个,铀氢异常 6 个。这些异常主要分布在开鲁盆地的西部边缘向大兴安岭东坡的过渡部位,尤其是道德庙以西一带,其中见有延伸长达 34 km,面积 142 km² 的水中铀异常片,规模之大,含量之高,反映了该区具有利的铀成矿水文地球化学条件。

其次,在盆地内水中铀异常还沿着开鲁-洮安断裂及西拉木伦河断裂断续分布,一般为 45 μg/L,个别高达 100 μg/L。这些异常的成因主要是:脉状氧化带向深部发展,地下水中铀在“筛”前或“筛”上聚集,从而形成铀异常。

在铀水文地球化学勘查中共发现氢异常点 45 个,其成因以粘土、亚粘土吸附次生镭而形成的风化壳氢水异常为主。异常强度不高,同一点的水中铀含量一般为底数值,无找矿意义。其中,规模最大的一片氢异常分布在通辽以西 15 km 处的半截店一带,异常水出自 180 - 200 m 的第四系白土山组含水层,但与第三系含水层联系密切,说明该处第三系地层处于强烈氧化

状态。

6 铀成矿远景预测

如前所述,在前新生代,开鲁盆地独立于松辽盆地之外有其特有的发展历史。尤其是中上白垩世开鲁盆地处于整体坳陷期,盆地的沉积中心一直在开鲁-莫力庙一带。由此可见本区存在着一条极为重要的东西向的物(铀)源补给主线,即天山口-道德庙-绍根-开鲁的物(铀)源补给主线。这条主线可叙述如下:古老的天山河流向南东,切割了不同时代的岩层,由天山口进入近东西走向的道德庙这一盆缘小凹陷,并于道德庙附近入盆,途经陆西凹陷,最终沉积到开鲁-莫力庙地段。

新生代开始,研究区西南部相对隆起。受这一掀斜作用的影响,沉积中心明显向北东方向移动,甚至与松辽盆地连为一体。此时的物(铀)源补给主线是西拉木伦河,即富通镇-大榆树-开鲁-东风一线。受地层展布、古地形和现代地形地貌的控制,原主线成为副线依然起作用,并受西拉木伦河这一主线的牵引而略向北偏移,使这一副线更接近于东西向。

笔者认为,在这个地区找矿必须顺着这两条主线展开,尤其是天山口-道德庙-绍根-开鲁这一物(铀)源补给主线,持续时间长,稳定性好,与区域地层走向及构造线方向近似垂直,尤其是道德庙和开鲁两地段,具有许多十分有利的水成铀矿的成矿条件。

道德庙地段为一盆缘小凹陷,小凹陷明显受东西向断裂控制,呈东西走向,其直接基底为义县组火山岩,在火山岩之上沉积了姚家组的砂砾岩,第四系松散沉积物直接覆盖在姚家组砂砾岩之上。区域上的嫩江壳断裂从小凹陷的东部通过。由前所述的水文地质条件及水文地球化学特征的分析中可知,道德庙地段具有层间氧化带型铀矿化的成矿条件。同时,这一盆缘小凹陷本身为一姚家组的古河道。因此,道德庙地段可地浸砂岩型铀矿的成矿条件十分有利,为本区铀矿找矿标志性最强、依据最充分、最具找矿前景的地段。

开鲁地段的找矿目的层主要是上白垩统四方台组,四方台组含水层在陆家堡凹陷区(缺失明水组)有一广阔的第四系含氧含铀地下水的补给区。这一带的地表沙化最为严重,有利于含氧含铀地下水的强烈渗入。同时,在这个补给区发现了许多深部岩石铀异常矿化。笔者认为:从形态上分析矿化主要由面状氧化作用形成,因为矿化不是成互层状(一般原生泥岩矿化的总体特征),而是基本可以连成一个薄而广的面。开鲁地段,四方台组之上覆盖有较薄的明水组和第三纪地层,两层总厚度为百米左右,开鲁-洮安断裂从开鲁附近通过。根据水文地质及水化学特征的分析,开鲁及其以西地段具有四方台组层间氧化带型铀矿的成矿条件。开鲁地段是本区又一重要的可地浸砂岩型铀矿的成矿远景地段。

此外,关于西拉木伦河主线及新生代地层的找矿应从整个松辽盆地的范围来研究,因为这时开鲁盆地已不具独立性。

RESEARCH ON HYDROGEOCHEMICAL PROSPECTING FOR URANIUM IN KAILU BASIN

Zhou Shungeng

(*Geologic Party No. 242, Northeast Bureau of Geology, Xingcheng, Liaoning Province, 121600*)

Abstract

Based on the basic geology this paper determines the development history of Kailu basin, and comprehensively analyses hydrogeologic conditions and hydrogeochemical characteristics, as well as the uranium concentration in groundwater, determines the prospecting significance of regional confined aquifers in Yaojia and Sifangtai Formations formed during the subsidence stage of the basin. Moreover, by dividing the hydrogeological structural layer, and infiltration and seepage systems, distinguishing hydrochemical anomalies of shallow groundwater and deep groundwater this paper expounds hydrogeological conditions and hydrogeochemical features of the Kailu basin and their effect to the development of the interlayer oxidation zone, predicts two prospective areas for in-situ leachable sandstone-type uranium deposits, and finally proposes the Daodemiao area as the most favourable metallogenic target for uranium ore-formation.

Key words Infiltration system, Extrafiltration, Hydrogeochemistry, Interlayer oxidation zone

(上接第 203 页, Continued from page 203)

Abstract

By discriminating the characteristics of two different geomorphological elements - stream channel and stream valley, this paper tries to clear up the concept of paleochannel sandstone-type uranium deposit and paleovalley sandstone-type uranium deposit in the field of uranium geology. Moreover, the author also discusses the response of the stream channel and stream valley to the variation of erosional basis and characteristics of depositional sequence. The above-mentioned provides help for the determination of the distribution of paleochannels on the plan.

Key words Stream channel, Stream valley, Uranium deposit, Depositional characteristics, Erosional basis