# 内蒙古东乌珠穆沁旗地区水文地质特征与铀成矿关系的研究

李月湘[1]，秦明宽[1]，孙占学[2]

（1. 核工业北京地质研究院，北京 100029；2. 东华理工学院，江西 抚州 344000）

[摘要] 阐述了内蒙古东乌珠穆沁旗地区水文地质、水文地球化学特征，以及地下水补-径-排和水动力系统；探讨了古水文地质特征与铀成矿的关系；计算了地下水中铀的存在形式和部分铀矿石的饱和指数，并推算出铀矿物达到饱和值的氧化-还原电位。从水文地质角度分析了本区砂岩铀矿的成矿条件，推断出东乌珠穆沁旗地区是有利的砂岩铀成矿远景区域。

[关键词] 东乌珠穆沁旗地区；水文地质；水文地球化学；铀成矿

[中图分类号] P641.3；P619.14 [文章标识码] A [文章编号] 1672-0636(2005)02-0073-09

## 1 引 言

东乌珠穆沁旗地区地处内蒙古高原东部水文地质区与大兴安岭西缘山地水文地质区的过渡部位。区内为高原低山丘陵区，属半干旱-半温湿气候区，年蒸发量大大高于降水量(2 209 mm；235.5 mm)；总体上，该区属地下水相对贫乏的地区。

## 2 自流水盆地类型与水文地质单元划分

本区各沉积盆地含水岩组的地下水主要靠大气降水、基岩裂隙水等形式补给，并多通过断裂等途径排出地表，因此，区内中小型盆地均属渗入型山间自流水盆地。

本区的盆地是发育在海西褶皱带上的中新生代盆地，地质发育史、盆地结构、地下水赋存条件、含水介质及水动力学特征基本相似，以地表分水岭为界，每个盆地均有各自完整的补给、径流和排泄系统(图1)，具有相对独立的水文地质和水化学特点，因此，每个山间自流水盆地基本上是一个相对独立的水文地质单元，区内可划分为乌里雅斯太盆地水文地质单元区、沙麦盆地水文地质单元区和阿尔塔拉盆地水文地质单元区。

## 3 自流水盆地主要含水岩组、岩组结构、组成和分布特征

该区自流水盆地沉积盖层包括第四系含水岩组(Q)、上第三系含水岩组(N)和下白垩统含水岩组($K_1$)。

### 3.1 第四系含水岩组(Q)

第四系为全新统和上更新统冲洪积层，岩性为砂砾岩、中粗砂及粉细砂，分布比较连续，砾石滚圆度中等、分选性较好，透水性强，一般水量丰富；无上部隔水层，下部隔水层主要为上第三系的泥岩。该岩组主要赋含孔隙潜水，水质类型主要为$HCO_3$型淡水，多分布于河谷平原和枝状沟谷中。

### 3.2 上第三系含水岩组(N)

上第三系主要是泥岩，是区域上的隔水层，在各个盆地均有分布，下部可见厚数米至十余米的透水性岩石的夹层，含水岩性主要为褐黄、灰绿色的砂砾岩和粗砂岩，微胶结，富水性中等到差，具潜水-承压水过渡性质。

[收稿日期] 2005-03-22； [修回日期] 2005-03-27

[作者简介] 李月湘(1955—)，男，湖南衡东人，高级工程师，主要从事铀矿地质研究。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

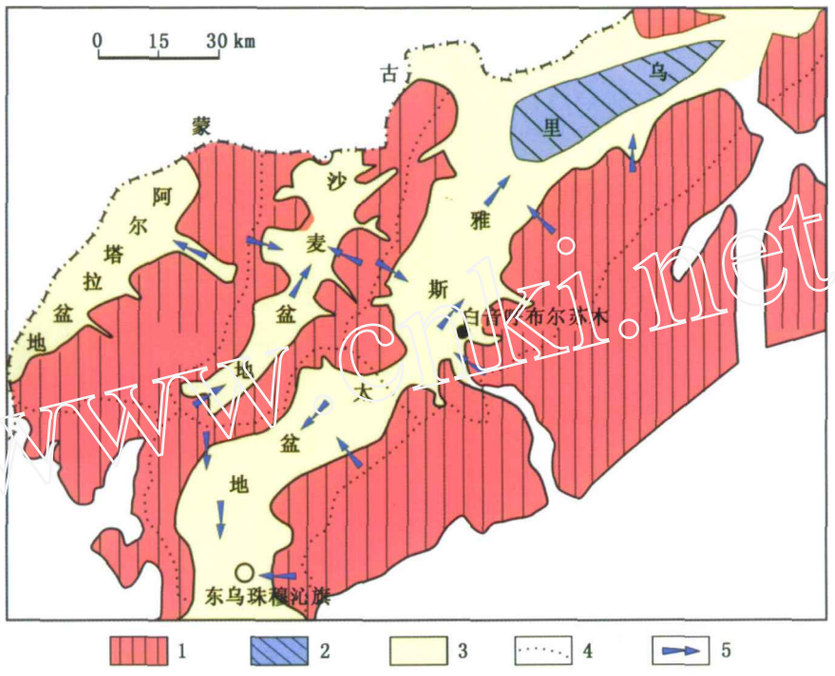



**图 1 东乌珠穆沁旗地区水文地质简图**

**Fig. 1 Sketch map of hydrogeology in Dongwuzhumuqinqi area**

1——补给区；2——局部排泄区；3——自流水盆地；4——分水岭；5——地下水流向

### 3.3 下白垩统含水岩组($K_1$)

下白垩统含水岩组进一步可划分为阿尔善、腾格尔和赛汉3个亚组，目前钻探揭露到的基本上为下白垩统赛汉($K_1bs$)含水岩组，其他2个亚组埋藏深度大，目前不作为主要找铀目的层，在此，只对赛汉含水岩组进行讨论。赛汉($K_1bs$)含水岩组在该区所有盆地均有分布，其最大厚度超过500 m，具有多个含水层位，含水层一般埋深在80～130 m以下，含水层岩性为砂岩、砂砾岩，渗透性好；含水层总厚度大于100 m，单个含水层厚度近50 m，含水层顶、底板有隔水良好的粉砂质泥岩或泥质粉砂岩，地层具有泥-砂-泥结构，从而构成良好的承压水含水层，是对铀成矿有利的含水岩组。

## 4 地下水的补给、径流、排泄和水动力条件

由于本区的地形地貌、地层岩性及构造、水文及地下水水动力条件的不同，各个盆地的自然条件存在明显的差异，地下水的补给、径流、排泄状况亦有所不同。

补给条件：地下水在循环过程中，经历了从补给到排泄的完整循环过程。本区地下水主要接受两侧基岩裂隙水的侧向补给和大气降水的垂直渗入补给。盆地两侧的蚀源区是盆内地下水补给区，由于补给区地形较高，沟谷发育，植被稀少，降雨易流失，而不易渗入，这对地下水的补给不利。但岩石裸露，褶皱断裂繁多，裂隙发育，又为降雨渗入提供了良好的条件。

为了较为可靠地了解本区地下水的起源、补给区及补给高程，对某些代表性水点采集了氢氧稳定同位素和放射性同位素样品，测试结果列于表1。由于本区无降水 $\delta D$、$\delta^{18}O$ 的长期观测资料，因此参照距本区分别约600、700 km的包头地区和齐齐哈尔地区的同位素观测资料。将本区地下水点的 $\delta D$、$\delta^{18}O$ 值投在包头和齐齐哈尔地区的降水线上(图2、3)，吻合性良好，反映出了东乌珠穆沁旗地区大气降水的同位素特点。

为了初步查明各同位素采样点地下水补给区高程，将包头和齐齐哈尔地区降水氧同位素的平均值(-9.22 ‰)作为东乌珠穆沁旗地区

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　东乌珠穆沁旗地区地下水氢氧同位素分析结果表

Table 1　Analytic results of hydrogen and oxygen isotopes in the groundwater of Dongwuzhumuqinqi area

| 点号 | 同位素样号 | 水类型 | 位置 | | 水温 | δD | $\delta^{18}O$ | $^3H$ | 采样点高程 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 纬　度 | 经　度 | (℃) | (‰) | (‰) | (TU) | (m) |
| 27 | I-07 | 潜水 | 45°58.620′ | 117°22.170′ | 7.9 | -87 | -12.6 | 44.79±2.53 | 1 012 |
| 94 | I-19 | 潜水 | 46°46.892′ | E127°41.661′ | 11.0 | -88 | -12.9 | 40.53±2.5 | 825 |
| 6 | I-02 | 混合水 | 45°39.783′ | 116°45.167′ | 7.5 | -80 | -12.0 | 28.57±2.39 | 999 |
| 7 | I-03 | 混合水 | 45°40.983′ | 116°46.767′ | 7.2 | -135 | -19.1 | 31.75±2.42 | 945 |
| 42 | I-08 | 混合水 | 45°59.379′ | 117°47.179′ | 1.7 | -86 | -12.8 | 22.39±2.34 | 1 014 |
| 49 | I-10 | 混合水 | 46°15.745′ | 117°22.645′ | 5.3 | -91 | -13.6 | 25.24±2.36 | 945 |
| 90 | I-18 | 混合水 | 46°48.194′ | E127°42.274′ | 8.0 | -88 | -12.7 | 23.73±2.35 | 836 |
| 1 | I-01 | 层间水 | 45°32.250′ | 116°57.233′ | 7.4 | -86 | -13.5 | 1.42±2.14 | 810 |
| 9 | I-04 | 层间水 | 45°33.483′ | 116°57.567′ | 7.9 | -98 | -13.9 | 3.51±2.16 | 848 |
| 14 | I-05 | 层间水 | 46°28.464′ | 116°53.217′ | 7.7 | -107 | -15.8 | 8.36±2.21 | 977 |
| 16 | I-06 | 层间水 | 45°38.620′ | 117°02.080′ | 7.7 | -94 | -13.2 | 15.04±2.27 | 895 |
| 46 | I-09 | 层间水 | 46°13.150′ | 117°26.991′ | 8.8 | -88 | -12.6 | 18.97±2.31 | 947 |
| 54 | I-11 | 层间水 | 46°45.890′ | E127°40.597′ | 10.1 | -89 | -13.9 | 15.21±2.27 | 1 018 |
| 57 | I-12 | 层间水 | 46°44.185′ | E127°41.194′ | 5.3 | -96 | -14.3 | 6.18±2.19 | 994 |
| 62 | I-13 | 层间水 | 46°43.344′ | E127°41.592′ | 6.3 | -83 | -12.8 | 13.12±2.26 | 900 |
| 64 | I-14 | 层间水 | 46°43.199′ | E127°41.679′ | 7.9 | -98 | -14.5 | 5.01±2.18 | 875 |
| 73 | I-15 | 层间水 | 46°43.244′ | E127°41.665′ | 7.8 | -88 | -12.5 | 19.72±2.32 | 834 |
| 88 | I-16 | 层间水 | 46°46.601′ | E127°43.794′ | 7.9 | -87 | -12.5 | 9.61±2.22 | 941 |
| 89 | I-17 | 层间水 | 46°47.633′ | E127°42.365′ | 4.8 | -84 | -12.8 | 2.76±2.16 | 965 |
| 102 | I-20 | 层间水 | 46°46.81′ | E127°41.80′ | 7.6 | -91 | -13.7 | 4.68±2.18 | 910 |

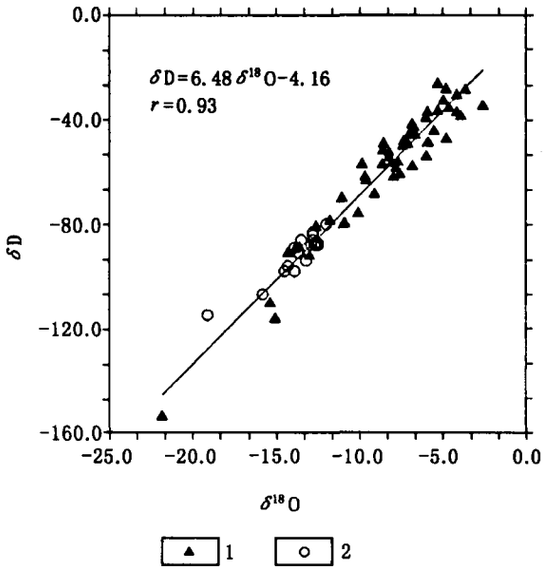



图 2　包头地区大气降水 δD 与 $\delta^{18}O$ 关系图

Fig. 2　Diagram showing δD-$\delta^{18}O$ correlation of meteoric water in Baotou area

1——包头地区大气降水点；2——东乌珠穆沁旗地区地下水点

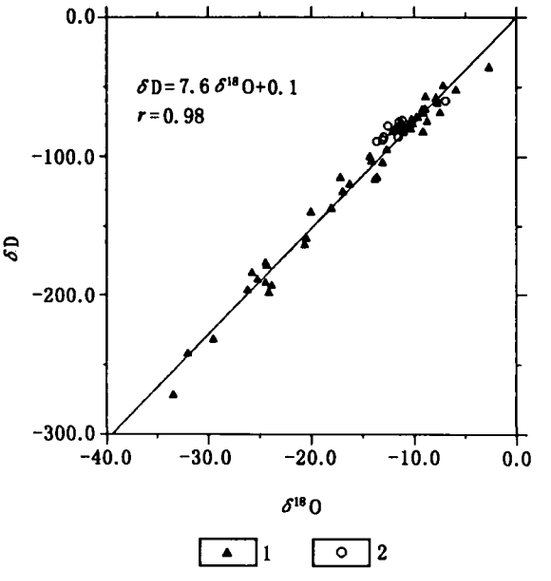



图 3　齐齐哈尔地区大气降水 δD 与 $\delta^{18}O$ 关系图

Fig. 3　Diagram showing δD-$\delta^{18}O$ correlation of meteoric water in Qiqihaer area

1——齐齐哈尔地区大气降水点；2——东乌珠穆沁旗地区地下水点

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的大气降水氧同位素的平均值；同时，取于津生(1980)得到的西藏东部降水氧同位素组成随高程变化的梯度(－0.31 ‰／100 m)作为本区同位素高度梯度，通过计算可得到本区地下水点的补给区高程(表2)。从表中可知地下水主要补给高程为880～1 100 m，而且每个水样点的补给高程都大于各自取样点的高程，表明地下水的补给来源于大气降水或地表水，从而为水异常的解释提供了同位素水文地球化学依据。

表2 东乌珠穆沁旗地区同位素采样点地下水补给区高程计算结果

Table 2 Calculated elevation for the groundwater recharge in a sampling spot in Dongwuzhumuqinqi area

| 水点号 | $\delta^{18}O$ (‰) | 补给高程 (m) | 采样点高程 (m) |
|---|---|---|---|
| 1 | －13.5 | 883 | 810 |
| 6 | －12.0 | 1 067 | 999 |
| 7 | －19.1 | 1 036 | 945 |
| 9 | －13.9 | 923 | 848 |
| 14 | －15.8 | 1 058 | 977 |
| 16 | －13.2 | 967 | 895 |
| 27 | －12.6 | 1 082 | 1 012 |
| 42 | －12.8 | 1 085 | 1 014 |
| 46 | －12.6 | 1 017 | 947 |
| 49 | －13.6 | 1 019 | 945 |
| 54 | －13.9 | 1 093 | 1 018 |
| 57 | －14.3 | 1 070 | 994 |
| 62 | －12.8 | 971 | 900 |
| 64 | －14.5 | 952 | 875 |
| 73 | －12.5 | 904 | 834 |
| 88 | －12.5 | 1 011 | 941 |
| 89 | －12.8 | 1 036 | 965 |
| 90 | －12.7 | 907 | 836 |
| 94 | －12.9 | 896 | 925 |
| 102 | －13.7 | 984 | 910 |

径流条件：地下水基本上是由基岩裂隙水通过松散堆积物和基岩裂隙向盆地内部流动。决定着地下水径流速度的是地下水的富集情况、岩层裂隙的发育条件和水文地质结构的不同，从而形成了不同的地下水水动力条件。在各个盆地中沉积了大量的砂岩及砂砾岩，但由于泥质含量的不均匀，使地下水的径流受到了严重的阻碍。各盆地中以阿尔塔拉盆地地下水径流方向较单一，其径流方向与盆地走向近于垂直，径流区宽度一般大于10 km。

在乌里雅斯太盆地白音呼布尔凹陷中部季仁布拉格一带，由于张性断裂后期活动切穿了下白垩统赛汉组、第三系上新统，使赛汉组地下水沿断裂带上溢形成上升泉群，并伴随着断裂带形成沼泽、湿地、湖泊。下白垩统以冲积－湖相沉积为主，这就基本上决定了下白垩统含水层的运移方向，由沉积相变引起含水层厚度和岩性变化，从而使地下水径流条件变差，流速减慢，这种作用的结果导致地下水的水量和水质发生变化。

排泄条件：本区目的层内含水层地下水的排泄主要通过蒸发作用方式、沿断裂带呈上升泉群方式和地下径流方式排泄。排泄区出现沼泽、湿地和湖泊。

总之，本区有良好的地下水补给、径流、排泄条件，地下水径流区横向宽度较大，补给区有一定的面积，铀源丰富，可以形成大量的含铀含氧地下水，对地浸砂岩铀矿的形成非常有利。

## 5 地下水地球化学特征及其含铀性

### 5.1 地下水水化学类型

为了解地下水的水化学特征，对地下水做了水质简项分析，并对Eh、pH、$Fe^{2+}$、$Fe^{3+}$、$H_2S$、溶解氧等易变组分进行了现场分析测试。水质分析结果投影到图4，该图反映出本区地下水的水化学类型和水化学特征。本区地下水中阳离子以$Na^+$离子为主，其次为$Ca^{2+}$、$Mg^{2+}$离子，阴离子主要为$HCO_3^-$离子，其次为$Cl^-$、$SO_4^{2-}$离子，少量为$Cl^-$离子。水化学类型主要为$HCO_3$－Na、$HCO_3$－Na·Ca、$HCO_3$－Na·Ca·Mg，部分为$SO_4$·$HCO_3$·Cl－Na·Ca·Mg、$SO_4$·Cl·$HCO_3$－Na·Ca·Mg等类型，少量为Cl－Na、Cl·$SO_4$－Na·Mg等类型。

### 5.2 地下水水化学分带性

该区盆地目的层层间水水化学类型具一定分带性，蚀源区到盆缘以重碳酸型水为主，盆地内大部分地区为$HCO_3$·$SO_4$、$HCO_3$·$SO_4$·Cl型等过渡型水，盆地纵方向的中心部位则出现氯化物型水(图5)。

### 5.3 地下水性质

根据同位素氚的数值，可以区分地下水的性质，本区第四系潜水氚值一般大于40 TU，

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

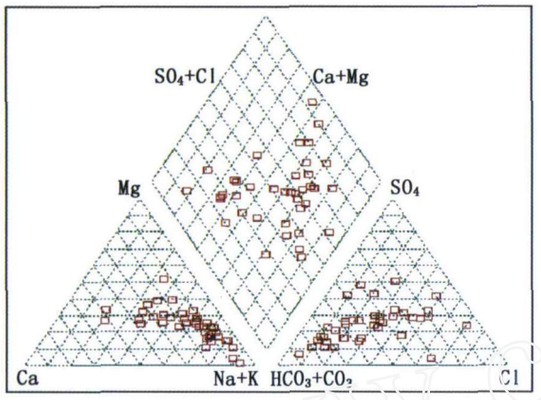



**图 4　东乌珠穆沁旗地区水化学成分三角图**

**Fig. 4　Trigraph of hydrochemical component in Dongwuzhumuqinqi area**

20 世纪 60 年代降水氚值高峰期补给的地下水的氚含量也可能大于 40 TU，此前或非热核试验高峰期补给的白垩系层间水一般小于 20 TU，氚值介于 20 ～ 40 TU，一般为第四系潜水和白垩系层间水的混合水。由表 1 可知，水源点 1、9、14、16、46、54、57、62、64、73、88、89、102 等水样的氚数值小于 20 TU，表明这些水经历了较长时间的径流过程，年龄较老，根据东乌珠穆沁旗地区含水层特点，属于白垩系层间水，即代表目的层赛汉组含水层中的水。水源点 94、27 号水样的同位素氚数值均大于 40 TU，年龄较轻，表明为第四系潜水。水源点 6、7、42、49、90 等水样的同位素氚数值介于 20 ～ 40 TU，说明可能为第四系潜水和白垩系层间水的混合水。

东乌珠穆沁旗地区水样易变组分（Eh、$H_2S$、溶解氧）现场测试结果，进一步反映了地下水的性质。图 6 是东乌珠穆沁旗地区部分水点的溶解氧－硫化氢关系图，表明第四系水有较高溶解氧和较低的硫化氢，盆地边缘的过渡型地下水有更低的溶解氧和较低的硫化氢，盆地中心深部地下水与盆地边缘地下水和第四系水相比，则有更低的溶解氧和较高的硫化氢。图中得出的盆地中心部位的地下水与实际一致。

图 7 是东乌珠穆沁旗地区氧化-还原电位与氚关系图，反映盆地边缘地下水 Eh 较高，氚值接近大气降水值；盆地相对较中心部位的地下水氚值较低，Eh 值也较低。从氧化-还原电位看，属沙麦盆地的 57、62、64 水样和属乌里雅斯太盆地的 73、102 号水样的数值较低，为盆地中心较深部下白垩赛汉组地层中

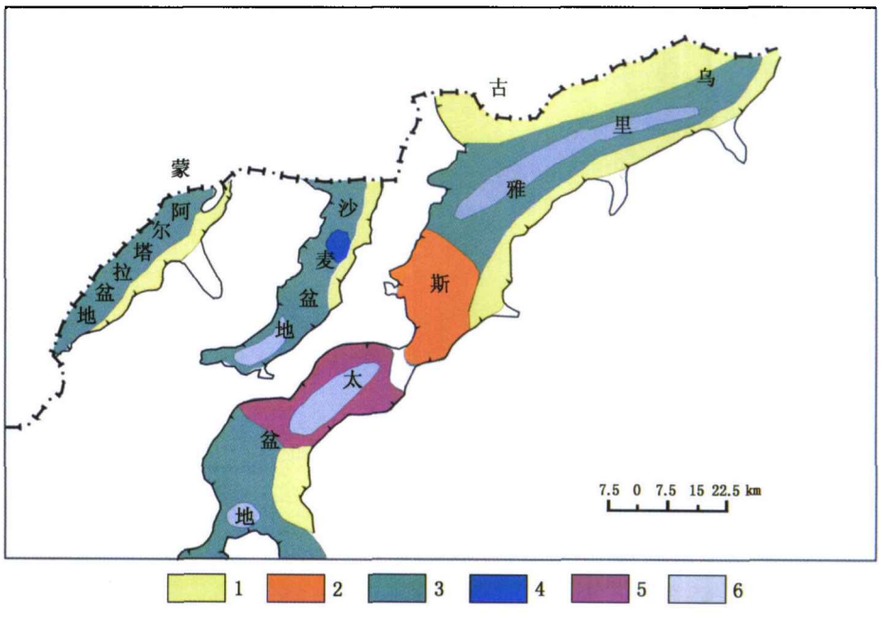



**图 5　东乌珠穆沁旗地区沉积盆地赛汉组层间水水化学分区简图**

**Fig. 5　Schematic map showing the hydrochemical component zone of inter-layer groundwater in Saihan formation of sedimentary basins in Dongwuzhumuqinqi area**

1——重碳酸型水；2——重碳酸-硫酸型水；3——重碳酸-硫酸-氯化物型水；4——氯-硫酸型水；5——氯-重碳酸型水；6——氯化物型水

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

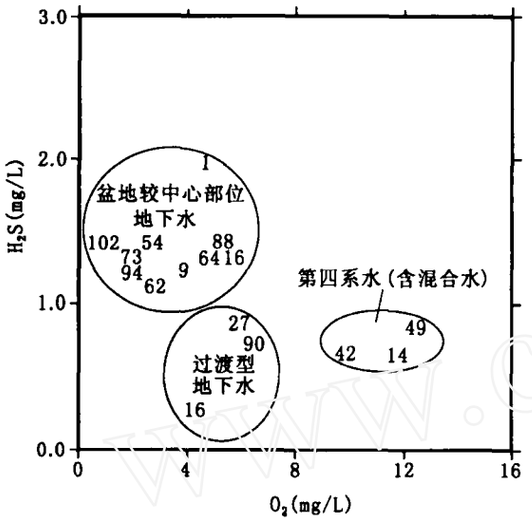



图6 东乌珠穆沁旗地区地下水 $O_2-H_2S$ 关系图

Fig. 6 Diagram showing the correlation of $O_2-H_2S$ in groundwater of Dongwuzhumuqinqi area

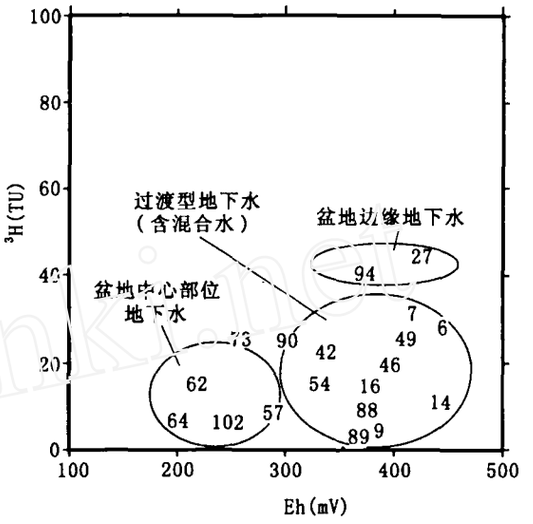



图7 东乌珠穆沁旗地区地下水 $^3H-Eh$ 关系图

Fig. 7 Diagram showing the correlation of $^3H-Eh$ in groundwater of Dongwuzhumuqinqi area

水。94、27号水点的氧化-还原电位值和同位素氚数值都比较大，表明它们的年龄较轻，又具有氧化性，属盆地边缘的第四系水。其他水样大致分为两类，一类是具有较低的氚同位素数值，但氧化-还原电位值较高；另一类是氚同位素数值和氧化-还原电位值都比较高。这两类水都可能为介于盆地边缘和中心部位的过渡型水或第四系水和白垩系层间水的混合水。

### 5.4 放射性水文地球化学特征

#### 5.4.1 地下水中的铀含量及分布特征

该区地下水铀含量普遍较高，根据本区放射性水化学分析结果统计，基岩裂隙水铀平均含量达68.65 μg/L，最高达141 μg/L，反映了具有良好的铀源条件；潜水平均铀含量为77.45 μg/L；$K_1$ 和 $N_2$ 层间水铀平均含量高达33.94 μg/L，该数值已超过国内外部分矿床铀矿带地下水中的铀含量(表3)，表明其是有利的铀成矿区域。

根据东乌珠穆沁旗地区地下水中铀、氡含量异常分布图(图8)。各个盆地都有一些地下水中铀异常、氡异常和铀、氡复合异常区，主要分布在各盆地的东部，西部较少，这些高出平均值的增高区可作为寻找铀矿化的有利地段。

#### 5.4.2 地下水中铀的存在形式

本区地下水中铀的存在形式采用最新版本的地球化学模式程序 PHREEQE(Pakhurst，2000)进行了计算，铀主要以 $UO_2(CO_3)_2^{2-}$ 的形式存在，其次是 $UO_2(CO_3)_3^{4-}$ 和 $UO_2CO_3$，还有少量以 $UO_2OH^+$ 的形式存在。

为了研究铀在本区地下水中与相关铀矿物的平衡情况，计算了各地下水点与沥青铀矿及某些过渡态铀氧化物的饱和指数(SI)。计算结果得出，所有铀矿物的饱和指数(SI)均小于0，即这些铀矿物在本区所取地下水样中均处于不饱和状态，铀处于溶解淋滤过程之中。这

表3 国内、外部分已知铀矿床(区)地下水铀含量(μg/L)简表

Table 3 Uranium concentration of groundwater from some known uranium deposits at home and abroad

| 矿床(区) | 补给区-氧化带 | 铀矿带 | 还原带 |
|---|---|---|---|
| 布金纳依 | 1～30 | 60～80 | 0.1～1.0 |
| 萨贝尔萨依 | | 10～30 | |
| 乌奇库杜克矿区 | 10～30(裂隙水) | <10(K～E层间水) | 10～100($N_2$～Q潜水) |
| 伊犁512矿床 | | 2～20 | |

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

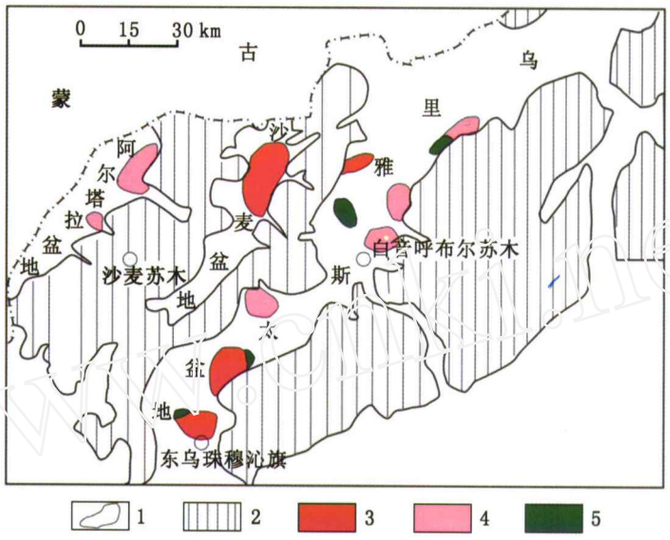



**图 8　东乌珠穆沁旗地区盆地地下水铀、氡异常图**

**Fig. 8　Distribution map of uranium and radon anomalies in groundwater of the basin in Dongwuzhumuqingqi area**

1——盆地；2——蚀源区；3——铀、氡复合异常区；4——铀异常区；5——氡异常区

可能是部分水点为氧化性的潜水，铀含量低，或部分水点为距蚀源区较近，处于氧化带中的层间水。某些跟铀矿化有关的水点虽然实际的 SI 值应大于或接近于 0，但因和浅层氧化性地下水发生了一定程度的混合作用，而导致 SI 值小于 0。

为了较好地了解本区放射性水化学异常与铀矿化的关系，将一些代表层间水和自流井水点进行了反推性计算，即在计算的现有铀含量条件下，沥青铀矿与水达到饱和时的 Eh 值，模拟结果显示出，在各水源点现有的铀浓度和温度等条件下，各水源点的沥青铀矿达到饱和的电子活度值范围为 -3.5 ~ 1.24，氧化-还原电位值范围为 -208 ~ 73.3 mV，表明现有的水源点只要氧化-还原电位值进一步降低，则会发生沥青铀矿的沉淀，即导致铀矿化的产生。而这种水化环境在沿地下水流动方向上，含还原剂多的岩层中是有可能存在的。因此，从水文地质的角度也证明了东乌珠穆沁旗地区存在有利的铀成矿远景区段。

## 6　成矿古水文地质条件的初步探讨

### 6.1　古水文地质分期

沉积盆地古水文地质演化是一个十分复杂的过程。受地层埋藏深度、构造条件等因素影响，同一地质历史时期既可能存在渗出作用，也可能存在渗入作用或沉积作用，或者三者共存，原因是不同含水层因埋藏深度的不同其水动力机制会存在明显差别。

根据本地区地质构造演化特征、沉积作用发育史以及盆地盖层主体下白垩统的沉积作用和后生改造史，将盆地中新生代水文地质演化过程划分为两大古水文地质期：侏罗纪—早白垩世（$J \sim K_1$）水文地质期和晚白垩世—第四纪（$K_2 \sim Q$）水文地质期。两大水文地质期在不同的时段均同时存在 3 种不同类型的水文地质作用，即沉积作用、渗入作用和渗出作用（图 9），但对特定的地层单元而言，在某一地质时期一般是以一种水文地质作用占主导地位，局部时段存在渗入和渗出作用同时存在的现象。

从图 9 可看出，东乌珠穆沁旗地区中下侏罗统经历的渗出作用期最长，而下白垩统赛汉组在晚白垩世—第四纪水文地质期基本上一直处于渗入作用发育期，仅在上新世存在渗入与渗出作用同时存在的现象，因此 $K_2 \sim Q$ 水文地质期是下白垩统的上部层位赛汉组（$K_1bs$）铀后生富集成矿的有利时期。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

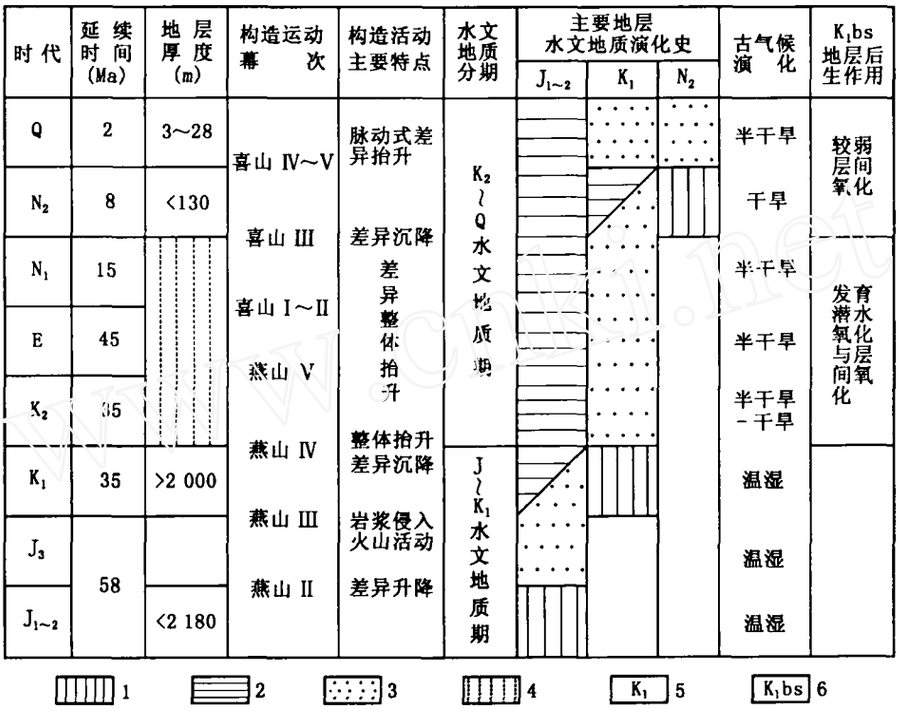



**图9 东乌珠穆沁旗地区中新生代盆地古水文地质分期图**

**Fig. 9 Diagram showing period division of paleo-hydrogeology in Mesozoic-Cenozoic basin in Dongwuzhumuqinqi area**

1——沉积作用；2——渗出作用；3——渗入作用；4——地层缺失；5——下白垩统；6——下白垩统赛汉组(目的层)

### 6.2 古水文地质基本特征

#### 6.2.1 侏罗纪—早白垩世水文地质期

早中侏罗世和早白垩世时期，本区地壳曾两次差异沉降，接受了巨厚的中下侏罗统马尼特庙群($J_{1\sim2}$ mn)和下白垩统赛汉组($K_1$bs)陆相含煤碎屑岩建造，两套沉积建造的厚度均大于2 000 m，当时气候湿润，植物茂盛，沉积物中有机质含量丰富，为有利的沉积建造。对中下侏罗统地层而言，尽管在此期内存在较长的渗入作用发育阶段，但因受构造运动影响，地层产状变陡，因此找矿潜力不大，加之在早白垩世时期随着赛汉组沉积层的形成，该套含煤地层埋藏深度普遍大于1 000 m，其地下水作用逐渐转为渗出作用，因此，不具找矿意义。

#### 6.2.2 晚白垩世—第四纪水文地质期

此期的基本特点是下白垩统赛汉组地层基本上处于渗入作用发育期，而中下侏罗统地层则一直处于渗出作用发育期。

在晚白垩世—中新世，地壳整体差异抬升，发生长时间的沉积间断，且古气候由早期的温暖潮湿变为干旱、半干旱，赛汉组暴露地表，充分接受含氧大气降水淋滤、盆缘隆起区基岩裂隙水侧向渗入补给，由盆缘向盆内径流，径流方向继承了沉积期的物源方向，最后汇入古湖区，这时期地下水类型表现为潜水和层间水并存，因而在该组地层中形成广泛的潜水氧化带及层间氧化带，这种水文地质环境存在于各自流水盆地中。

新第三纪上新世时期，以沉积作用为主，沉积了上新统($N_2$)红(杂)色泥岩和砂砾岩、砂岩夹层，且覆盖绝大多数盆地。对找矿目的层而言，由于此阶段上覆地层厚度不大，地静压力较小，因此，仍然存在含氧地下水沿基岩裂隙或在局部未覆盖地段的渗入作用，只是其渗入强度较前期大为减弱。

第四纪时期，构造运动以差异升降为主，并伴有断裂活化，含氧大气降水、基岩裂隙水渗入第三系上新统含水层，赛汉组含水层因上新统泥岩的阻挡覆盖构成其稳定良好的隔水顶

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

板，这时的赛汉组的地下水主要表现为层间水，含铀含氧基岩裂隙水多沿侧面、局部地层掀斜区及破碎带渗入，层间氧化作用较弱，但仍可对此前形成的层间氧化带进行叠加改造，从而有利于铀的再次富集。

综上所述，随着地质构造演化，赛汉组地下水由潜水、层间水并存演化为层间水，后生改造成矿作用也相应地由潜水氧化和层间氧化并存演化为较弱的层间氧化。

## 7　结束语

东乌珠穆沁旗地区具备比较有利于地浸砂岩铀矿形成的水文地质条件，自早白垩世以来，地壳下沉，沉积了巨厚下白垩统赛汉组含水岩组，具备良好的泥-砂-泥地层结构和补-径-排水动力系统，且经历了长期的水文地质淋滤作用，含铀含氧水源源不断地渗入，有利于形成层间氧化带型砂岩铀矿，因此，该地区是有利的铀成矿远景区域。

[参考文献]

[1] 中国人民解放军 00911 部队．1:20 万区域水文地质普查报告(呼力其格、东乌珠穆沁旗幅)[R]．呼和浩特：中国人民解放军 00911 部队，1978.

[2] 中国人民解放军 00919 部队．1:20 万区域水文地质普查报告(巴音布尔地、塔尔根敖包、额仁戈壁公社幅)[R]．呼和浩特：中国人民解放军00919 部队，1980.

[3] 李学礼．水文地球化学[M]．北京：原子能出版社．1988.

[4] 史维浚．铀水文地球化学[M]．北京：原子能出版社．1990.

# Research on the relationship between the formation of uranium ore and hydrogeologic characteristics in Dongwuzhumuqinqi area, Inner Mongolia

LI Yue-xiang[1], QIN Ming-kuan[1], SUN Zhan-xue[2]

(1. Beijing Research Institute of Uranium Geology, Beijing 100029, China;
2. East China Institute of Technology, Fuzhou, Jiangxi 344000, China)

**Abstract**: The hydrogeologic, hydrogeochemical characteristics, the recharge-runoff-discharge groundwater system and the hydrodynamic system are expounded; the relationship between palaeo-hydrogeological characteristics and uranium ore formation is approached; the occurring state of uranium in the groundwater and the saturation index of some uranium ore-rocks have been calculated, the oxidation-reduction potentials for the saturation of uranium minerals have been estimated, the ore-formation condition of the sandstone uranium deposits in this area has been analyzed from the point of hydrogeologic view, and it is suggested that the Dongwuzhumuqinqi area is a favorable prospective area for sandstone-type uranium ores to form.

**Key words**: Dongwuzhumuqinqi area; hydrogeology; hydrogeochemistry; uranium ore-formation

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net