查干诺尔盆地砂岩型铀矿成矿远景预测*

Metallogenetic Prospect Prognosis of Sandstone Type Uranium Deposit in the Chagannuoer Basin

郭 华 刘红旭 卫三元 王润红

（核工业北京地质研究院，北京 100029）

Guo Hua, Liu Hongxu, Wei Sanyuan and Wang Runhong

（Beijing Research Institute of Uranium Geology, Beijing 100029, China）

摘 要 本文系统阐述了查干诺尔盆地区域铀成矿地质条件、航空放射性测量铀元素含量特征、地下水水中铀含量分布规律的特征。在此基础上，论述和预测了查干诺尔盆地砂岩型铀矿成矿远景，并厘定了 5 片成矿远景区：古宁浑迪、冲果勒浑迪、哈沙廷呼都格、安达特浑迪和那尔图远景区。其中，古宁浑迪和冲果勒浑迪远景区控矿岩相为冲积扇体中辫状河河道亚相，属潜水氧化带成因类型，前者属于底部式古河道型，后者属于建造间古河道型；哈沙廷呼都格远景区岩相为扇三角洲辫状河平原相，矿化类型属于层间氧化带类型；安达特浑迪和那尔图远景区为扇三角洲辫状河平原相，成因类型可能为局部性层间氧化带型。

关键词 查干诺尔盆地 成矿地质条件 铀元素含量 远景区预测

随着铀资源地下浸出技术的开发成功和不断完善，使沉积盆地中砂岩型铀矿成为得到充分利用的经济可采的铀资源，而且地浸方法本身具有目前最先进的、高经济效益的、生态环境‘ 干净 ’的采矿方法（Лаверов и др.，1998；Абдульмонов и др.，1992）。上世纪 70—80 年代，许多国家和地区的铀矿地质工作主要集中在寻找和勘查沉积盆地中的地浸砂岩型铀资源，并发现了大批相关的潜水氧化带（古河道）型和层间氧化带型铀矿床（Петров и др.，1995；Каримов и др.，1996；Wanty et al.，1987）。我国核工业地质勘探工作现已转变到主攻外生后成砂岩型铀矿床方向上来，本项研究工作就是在该背景下开展的。研究区位于内蒙古自治区呼伦贝尔盟新巴尔虎右旗赛汗塔拉苏木，西部和南部均与蒙古人民共和国毗邻。作者通过地质、水文和物化探测量及少量钻探工作，对本区进行了铀成矿远景预测，显然这对于评价本区铀成矿远景和找矿勘探以及相关成矿论研究均具有重要意义和实际价值。

1 区域铀成矿地质条件

查干诺尔盆地位于海拉尔盆地群西部，在我国境内长约 100 km，宽约 20 km，总面积约 2000 km^2。盆地位于额尔古纳前寒武纪中间地块之上，呈北东向展布，西侧为汗乌拉隆起，东侧为嵯岗隆起。盆地的基底主要是由震旦纪—早寒武纪佳疙瘩群花岗片麻岩系、中侏罗统塔木兰沟组和上侏罗统伊列克得组中基性火山岩系、上侏罗统上库力组中酸性火山岩系，以及海西期和燕山期花岗岩类侵入体所组成；盖层则主要由下白垩统大磨拐河组和伊敏组河湖相陆源碎屑岩组成，局部低洼地带还发育有上第三系中-上新统呼查山组湖沼相沉积物、上新统五叉沟组玄武岩系和第四系松散堆积物。

1.1 地质构造条件

*本研究受国防科工委地质专项项目（编号：H676）资助

第一作者简介 郭 华，男，1965 年生，博士，高级工程师，主要从事构造地质学、铀矿地质及勘查，以及沉积盆地分析等领域的科研工作。

在构造演化过程中，海西晚期构造岩浆活动使同褶皱期大型花岗岩在侵位过程中吞噬了前寒武纪的沉积构造，并使之残缺不全，呈孤立零星的残留体出露；海西运动末期，在北西-南东方向的区域挤压应力作用下，大兴安岭海槽全面抬升，并与相邻的额尔古纳中间地块拼接，而且频繁活动的德尔布干大断裂带构成了大兴安岭海槽和额尔古纳地块的分界线。在燕山早期，中基性和中酸性火山岩浆大规模喷发，其分布几乎遍及全区；晚侏罗世，以北东向断裂为主干的基底断裂系统再度活动，且断裂性质由先前的挤压性质转化为拉张体制，形成火山穹隆及张裂断陷盆地，从而导致区域构造格局发生了实质性的变化：即自晚侏罗世起，以早期火山-穹隆和晚期拉张-断陷为特征的大陆裂谷作用开始发育，进而形成了一系列走向北东—南西、规模较大的纵张断裂和相间出现的地堑式断陷盆地、地垒式穹隆以及北西向横断裂（走滑断裂），海拉尔盆地群包括其中的查干诺尔盆地就形成于该时期。查干诺盆地是一个发育在额尔古纳前寒武纪中间地块之上的陆相盆地，盆地东缘为该地块东侧的边界断裂——德尔布干大断裂的南延部分，控制了盆地的发育和形成，同时也造就了盆地西部属单斜构造区，这就为后生含铀氧化水的渗入提供了良好的构造条件（图 1）。

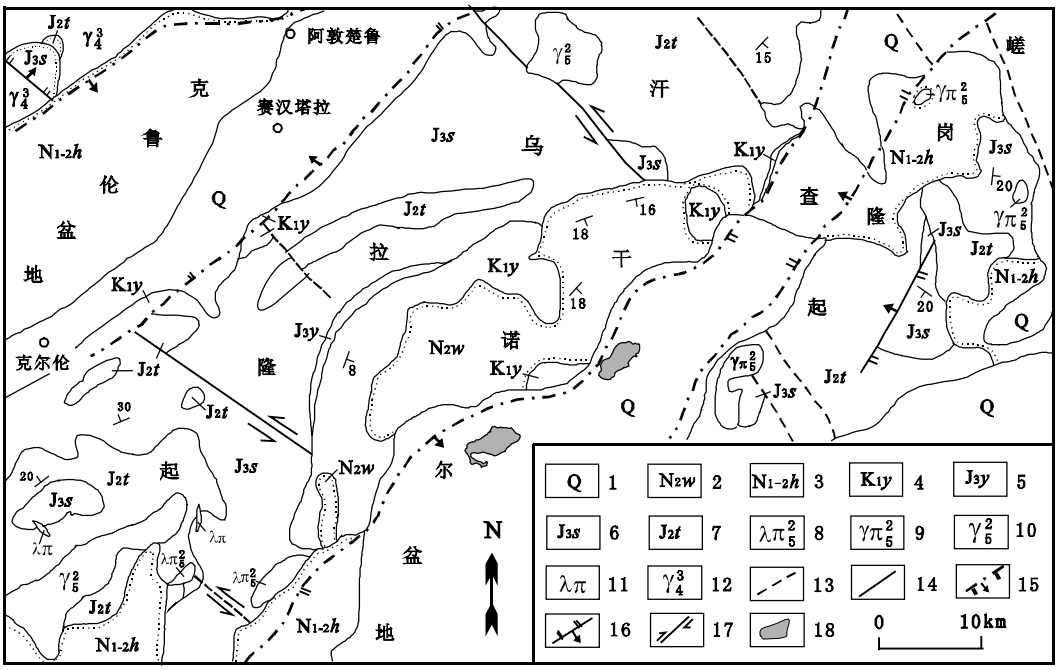


图 1 查干诺尔盆地区域构造地质图

1—第四系；2—五叉沟组；3—呼查山组；4—伊敏组；5—伊列克得组；6—上库力组；7—塔木兰沟组；8—燕山期流纹斑岩；9—燕山期花岗斑岩；10—燕山期闪长玢岩；11—燕山期花岗岩；12—花岗斑岩脉；13—流纹斑岩；14—海西期花岗岩；15—推测断层；16—实测断层；17—正断层；18—逆断层；19—平移断层；20—湖泊

1.2 含矿主岩条件

含矿岩系为下白垩统伊敏组二段—三段，工作区古宁浑迪和冲果勒浑迪地段主要为冲积扇沉积，哈沙廷呼都格、安达特浑迪和那尔图地段为扇三角洲沉积。岩性多为中-粗粒碎屑岩，碎屑直径多为 0.5～2 mm；局部层位含砾，砾径多为 3 mm。碎屑成分主要为石英、长石和少量岩屑，碎屑颗粒之间充填有粘土和粉砂质，呈基底式胶结。由此表明，伊敏组二段—三段为良好的含矿目的层，且地层产状较为平缓（倾角 5～9°），有利于含铀氧化水的渗入和成矿。

1.3 铀源条件

铀源条件方面，盆地西部蚀源区——汗乌拉隆起区，无论是海西晚期和燕山期花岗岩类岩体，还是中

-晚侏罗世中酸性火山岩系均为富铀地质体。其中，花岗岩类岩石平均铀含量为 3.01×10^{-6}，流纹岩平均铀含量为 3.82×10^{-6}，晶屑凝灰岩平均铀含量为 5.94×10^{-6}，这些岩石中的活化铀为盆地中砂岩型铀矿的形成提供了丰富的铀源。

1.4　水文地质条件

查干诺尔地区发育完善的补给-径流-排泄水动力系统，为外生后成砂岩型铀成矿作用提供了有利的水文地质条件。蚀源区汗乌拉隆起为补给区，水质类型为 HCO_3^-型；盆地西部的单斜构造区为径流区，水质类型属于 HCO_3^-－SO_4^{2-}－HCO_3^-－SO_4^{2-}－Cl^-型；盆地中东部的断裂发育区为排泄区，表现为一系列沿断裂分布的 NE 向大小不等的湖泊，水质类型属于 SO_4^{2-}－Cl^-型。

1.5　古气候条件

另外，上白垩统—下第三系的缺失显示该时期盆地已抬升并遭受剥蚀，气候转为干旱或半干旱气候，为含铀氧化水的形成创造了良好的古气候条件。另外，本区成矿目的层伊敏组二段—三段的半潮湿半干旱气候环境又为铀成矿提供了丰富的还原物质，为铀的聚集沉淀提供了有利的地球化学障。所以，本区已具备铀矿形成的两大重要环境——后生氧化环境和原生还原环境。可以推断，本区的铀矿化形成时代可能为晚白垩世—早第三纪期间。

2　航空放射性铀元素含量

航放铀元素含量统计结果表明，盆地内铀元素含量大于全区的平均值（2.26×10^{-6}），尤其是下白垩统伊敏组铀含量均在 2.32×10^{-6} 以上；蚀源区中侏罗统塔木兰沟组和上侏罗统上库力组铀含量较高，平均铀含量分别为 2.28×10^{-6} 和 2.35×10^{-6}；燕山期花岗岩类岩石平均为 2.37×10^{-6}。另外，前中生代基底岩石铀元素含量较低（小于 1.85×10^{-6}）。由此可知，盆地盖层的铀元素含量高于基底岩石，表明沉积地层在形成时就富铀；另外，铀元素的变异系数（36.2）也较大，说明经历了后期的再改造而重新分配。因此，沉积盆地盖层地层是形成铀矿化的最有利层位，尤其是区内下白垩统伊敏组应为寻找砂岩型铀矿的主攻目的层。

查干诺尔盆地西部构造单斜区盖层航空放射性测量的铀元素含量均在 2.80×10^{-6} 以上，局部地区高达 3.40×10^{-6} 或更高，并且铀含量等值线范围呈北东向带状展布；其中，在上覆有上新统五叉沟组玄武岩系的地段，因受其屏蔽的影响地层铀元素含量明显偏低，除局部地段大于 3.00×10^{-6} 外，铀含量均介于 2.80×10^{-6}～3.00×10^{-6} 之间（图 2）。盆地中东部串珠状湖泊分布地带以及北侧为铀元素含量低值区，均小于 2.80×10^{-6}，这实质上是地下水区域性排泄源。上述特征表明，串珠状湖泊分布地带以北的盆地西部构造单斜区应为有利的砂岩型铀矿成矿远景区（带），而区域性排泄源及其南东一带则无成矿前景。

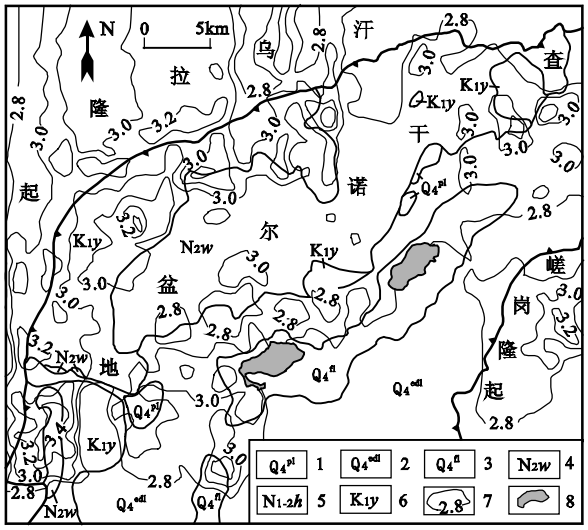


图 2　查干诺尔盆地航放铀元素含量($\times10^{-6}$)等值线图

1—第四系洪积物；2—第四系残坡积物；3—第四系湖泊-沼泽沉积物；4—五叉沟组；5—呼查山组；6—伊敏组；7—铀含量等值线；8—湖泊

3　地下水铀含量特征

由于后期构造活动的影响，查干诺尔盆地多处发育地下水上升泉，尤其在串珠状湖泊分布地带的北侧，上升泉沿断裂带呈北东向断续分布，这为揭示深部铀矿化信息提供了直接的放射性水文地球化学标志。经取样分析测试，盆地西部构造单斜区地下水铀

含量均在 20.00 μg/L 以上，铀含量等值线呈北东向分布趋势；而发育串珠状湖泊的断裂带及其南东侧一带地下水铀含量均小于 20.00 μg/L（图 3）。

在构造单斜区中部，地下水铀含量大于 50.00μg/L，局部地段大于 100.00 μg/L，个别水样点铀含量高达 229.00 μg/L；在西南部，地下水铀含量亦大于 50.00 μg/L，局部地段大于 100.00 μg/L，个别水样点铀含量高达 137.00 μg/L；在东北部，多数水样点铀含量大于 34.20 μg/L。我国伊犁盆地 511 铀矿床地下水（潜水）铀含量为 4.20 μg/L（左家和等，2002），可见本区铀含量远高于已知的砂岩型铀矿床。因此，查干诺尔盆地西部构造单斜区为具有一定成矿潜力的铀成矿远景地带，尤其是西南部、中部和东北部应为最有利的铀成矿远景区。

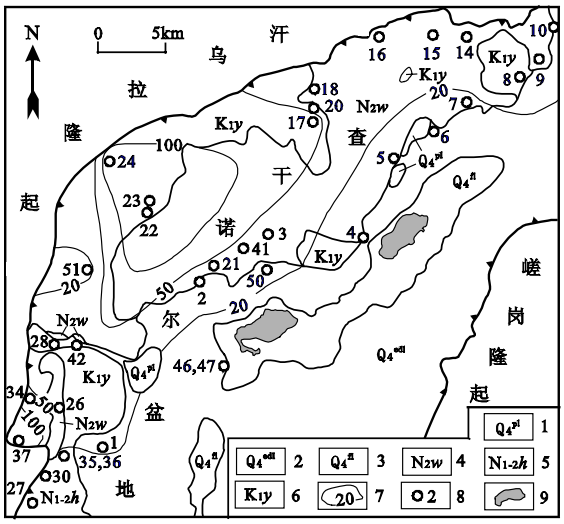


图 3 查干诺尔盆地地下水水中铀含量($\times10^{-6}$)等值线图

第四系洪积物；2—第四系残坡积物；3—第四系湖泊-沼泽沉积物；4—五叉沟组；5—呼查山组；6—伊敏组；7—铀含量等值线；8—水样点位置及编号；9—湖泊；

4 地面伽玛能谱铀含量特征

在整个查干诺尔盆地中，经地面伽玛能谱测量发现，盆地中东部铀含量低于全区本底值，而在盆地西部构造单斜区铀含量则明显偏高，共圈定出 5 片放射性高场异常区，在平面上具有北东向带状分布的趋势。这 5 片高场区与航空放射性测量和地下水分析的铀含量高值分布区相吻合。单斜区西南部，伽玛能谱铀含量高场异常区有 2 处，面积分别约为 9 km^2 和 13km^2，平均铀含量大于 2.00×10^{-6}，最高可达 4.00×10^{-6}；中部地区，伽玛能谱铀含量高场异常区有 2 处，面积分别约为 10 km^2 和 6 km^2，平均铀含量大于 2.00×10^{-6}，最高可达 3.00×10^{-6}；东北部地区，伽玛能谱铀含量高场异常区有 1 处，面积约为 8 km^2，平均铀含量大于 2.00×10^{-6}，最高可达 4.00×10^{-6}。上述测量结果表明，查干诺尔盆地西部构造单斜区为有利于铀成矿的远景地区，尤其是上述的 5 片高场区更为有利。

5 铀成矿远景区预测

从上述区域成矿地质背景、航空放射性测量、地下水铀含量分析结果可以看出，查干诺尔盆地西部构造单斜区具有一定的成矿潜力，具体可以划分出 5 处成矿远景区：古宁浑迪、冲果勒浑迪、哈沙廷呼都格、安达特浑迪和那尔图远景区（图 4）。

钻探工程所揭露的地质情况和矿化信息也支持了上述远景区划分和预测结论。古宁浑迪地段 4 个钻孔中的 ZK441-23 孔为矿化孔；ZK417-23 孔、ZK401-23 孔和 ZK385-23 孔为异常孔；该区控矿岩相为冲积扇体中辫状河河道亚相，矿化赋存在基底之上，埋深在 60～1000 m 左右，矿化成因类型属于潜水氧化带型的底部式古河道型。冲果勒浑迪地段 ZK263-79 孔为增高场孔；控矿岩相为冲积扇中辫状河亚相，河道之下为含炭化植物碎片的黑色泥岩，成因类型为潜水氧化带型的建造间古河道型。哈沙廷呼都格地段 2 个钻孔中的 ZK8-228 孔为异常孔；ZK8-252 孔为增高场孔；矿化层上、下均有隔水层，并在埋深 150～220 m 范围内仍见星点状或团块状等不规则状黄色氧化现象，矿化分布于 160～210 m 深度范围内，表明该区矿化类型属于局部性的层间氧化带类型，含矿岩性主要为含砾 粗砂岩和含砾中砂岩，岩相为扇三角洲辫状河平原相，矿化赋存在辫状河河道亚相中。

另外，根据地表露头和室内粒度分析结果，安达特浑迪和那尔图地段岩相为扇三角洲辫状河平原相，

上覆有上新统五叉沟组玄武岩系隔水层，底部据电法测量成果推断为泥岩隔水层，因此其矿化成因类型可能为局部性层间氧化带类型。

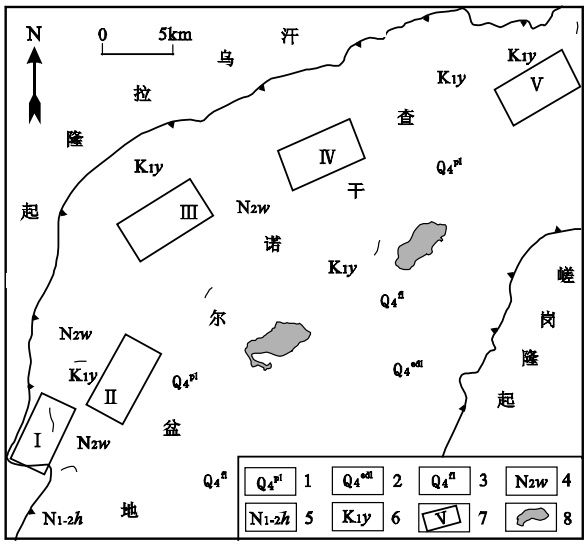


图 4 查干诺尔盆地铀成矿远景预测图

1—第四系洪积物；2—第四系残坡积物；3—第四系湖泊-沼泽沉积物；4—五叉沟组；5—呼查山组；6—伊敏组；7—铀成矿远景区：Ⅰ—古宁浑迪，Ⅱ—冲果勒浑迪，Ⅲ—哈沙廷呼都格，Ⅳ—安达特浑迪，Ⅴ—那尔图；8—湖泊

6 结论与讨论

查干诺尔盆地西部属构造单斜区，地层产状稳定、倾角较缓，有利于后生含铀氧化水的渗入成矿。下白垩统伊敏组二～三段在盆地西部为半潮湿气候条件下的冲积扇和扇三角洲沉积环境，并发育辫状河河道亚相，这不仅为铀成矿奠定了良好的沉积环境和岩性，同时也提供了丰富的铀沉淀-富集的还原物质。

晚白垩纪—早第三纪的干旱气候有利于形成含铀氧化水，为后生铀成矿作用提供了有利的气候环境。全区发育完善的补给—径流—排泄地下水水动力系统，为后生铀成矿的形成提供了必需的水文地质条件。

查干诺尔盆地航空放射性测量、地下水铀含量分析、地面伽玛能谱测量结果证实了盆地西部构造单斜区为有利于铀成矿的远景地带，并可划分出 5 个成矿远景区：古宁浑迪、冲果勒浑迪、哈沙廷呼都格、安达特浑迪和那尔图远景区。

从成因类型上看，古宁浑迪和冲果勒浑迪远景区为潜水氧化带型，前者属于底部式古河道型，后者属于建造间古河道型；哈沙廷呼都格远景区为局部性层间氧化带型，安达特浑迪和那尔图远景区可能为局部性层间氧化带型。

参 考 文 献

左家和，王志明，李　森．2002．511 铀矿床区域水文地质综合评价中的同位素技术研究．铀矿地质，18（2）：104～109

Wanty R B, Chatman J R, Langmuir D．1987．The solubilities of some major and minor element minerals in ground waters associated with a sandstone-hosted uranium deposit．Bull．Miner．No.110, 209～226

Лаверов Н П, Абдульмонов И Г, Бровин К Г, и др. 1998. Подземное вышелачивание полиэлементные руд．М： Издательство академии горых наук, 115～174

Абдульмонов И Г, Фазлулин М И, Мосев А Ф, и др. 1992. Комплексы подземного вышелачивания. М：Недра , 183～260

Петров Н Н, Язиков В Г, Аубакиров Х Б . 1995. Урановые месторождения Казахстана.Алматы：Гылым , 139～234

Каримов Х К, Бобоноров Н С, Бровин К Г, и др. 1996. Учкудукский тип урановых месторождений Республики Узбекстан . Ташкент ：ФАН, 12～58