松辽盆地地浸砂岩型铀矿形成条件与分布特征*

Ore-forming Conditions and Distribution in Situ Leaching Sandstone-type Uranium Ore in Songliao Basin

罗 梅[1] 赵 杰[2]

（1 成都理工大学，四川 成都 610059；2 大庆石油管理局，黑龙江 大庆 163453）

Luo Mei[1] and Zhao Jie[2]

(1 Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2 Daqing Petroleum Ddministrative Bureau, Daqing 163453, Heilongjiang, China)

摘 要 本文阐述了松辽盆地区域地质背景、松辽盆地周边蚀源区岩性及区域铀源特征、可地浸砂岩型铀矿化产出的层位及其特点，在上述铀矿化形成条件论述的基础上，着重讨论了含铀层的沉积相特征及与铀矿化的关系、古水文地质特征及氧化-还原地球化学分带对铀矿化的控制。

关键词 地浸砂岩型铀矿 铀矿化分布 成矿作用 松辽盆地

松辽盆地有早期石油普查与勘探钻井数千口，钻井深度由数百米至 3000 多米不等。自西辽河开鲁盆地 1997 年利用石油钻井寻找与评价铀矿取得重大突破，发现钱家店凹陷、铀矿床以来，大庆油田、吉林油田迅即采用辽河油田的经验，按可地浸砂岩型铀矿开采的基本要求（铀矿层厚度大于 0.8 m，含矿含水层厚大于 4 m，泥质含量小于 20%，孔隙度大于 10%，埋藏深度小于 500 m，砂岩自然伽玛与邻近大段泥岩自然伽玛比值大于 2.5 的异常层）对本区所有钻井资料进行了复查，并已取得一些重要成果。目前已查明松辽盆地含铀层位主要为白垩系青山口组、姚家组、四方台组和明水组，从平面分布来看，铀矿床（化）主要集中分布于盆地南部的西南隆起区以及北部的西部斜坡区。

1 成矿的区域地质背景

松辽盆地是在天山－内蒙－兴安古生代地槽褶皱系基础上发育起来的一个中新生代内陆断、拗陷盆地，盆地基底主要由加里东、海西期褶皱变质岩系及同期岩浆岩组成，属内蒙－兴安华力西地槽褶皱系的一部分，局部地区出现前震旦纪古老地块。盆地周边蚀源区地层与基底地层基本相似，盆地盖层主要为中生界的中上侏罗统和白垩系及新生界的第三系和第四系。

松辽盆地基底的断裂构造，依据石油勘探和重磁场推断有 4 组不同方向的区域性大断裂，这些断裂两侧重磁存在明显差异，被解释为壳断裂（大庆油田石油地质志编写组，1993）。在侏罗系-下白垩统盖层中发育有 5 条 NNE 向区域性断裂带，中浅层构造单元依据区域地层分布、层序、厚度变化及区域地质发展史等，划分为 5 个 1 级构造单元：西部斜坡区(Ⅰ)、北部倾没区(Ⅱ)、中央拗陷区(Ⅲ)、东北隆起区(Ⅳ)与东南隆起区（Ⅴ）。

2 松辽盆地铀成矿的区域铀源条件

研究表明，松辽盆地区域铀源条件以南部和西部较好。盆地南部物源区主要为内蒙地轴（华北地台北

* 本文得到大庆石油管理局专项科技项目（No：99-33）和国家地质调查局项目（No：20002010002086）的联合资助
第一作者简介 罗 梅，男，1948 年生，副教授，主要从事矿床地球化学、地质矿产勘查及矿产资源开发的教学和科研工作。

部）分布区，岩性主要由古老的结晶岩、变质岩系及花岗岩组成。在南部地台区的古老结晶-变质岩系和岩浆岩中已发现多个变质岩、伟晶岩型铀矿床及热液铀矿床（点）等，可以认为南部物源区为盆地的宏观富铀地区。盆地西部物源区岩性以中、新生代火山岩及海西期、燕山期花岗岩为主，其中以海西期及燕山早期花岗岩的含铀丰度相对较高(表 1)。

据核工业航测遥感中心在该区进行的航空放射性测量成果，本区有 3 片航放高场区：扎鲁特旗北 50 km 处，航放高场位于保康－通榆水系的源头（霍林河），铀丰度值为 10.8×10^{-6} ～12.6×10^{-6}，由海西期及燕山期花岗岩引起；白城水系之雅鲁河、兆儿河源头的航放高场区，铀丰度值达 12.6×10^{-6}～14.4×10^{-6}，主要由海西期花岗岩和燕山期花岗岩引起，其次由中上侏罗世火山岩及火山碎屑岩引起；齐齐哈尔水系之阿伦河源头的航放高场由海西期花岗岩和燕山期花岗岩引起，铀丰度值为 10.8×10^{-6}～12.6×10^{-6}。

松辽盆地北部和东部物源区铀源条件相对较差（表 1）。

松辽盆地内含矿层地表露头岩石的铀丰度，除嫩江组泥(页)岩铀含量相对较高外，其他各组岩石的铀含量都不太高，铀含量平均 2.07×10^{-6} ～ 3.14×10^{-6}；盆地盖层各组地层钻孔岩石的铀丰度值也都不太高，铀含量为 2.03×10^{-6}～3.92×10^{-6}。

表 **1**　松辽盆地周边蚀源区主要花岗岩体铀丰度值一览表

序号	岩石类型	样品数	铀钍钾含量			Th/U	备注
			$w_U/10^{-6}$	$w_{Th}/10^{-6}$	w_K/ %		
西部蚀源区	黑云母花岗岩	14	9．03	30．78	5．35	3．41	雅鲁岩体等
	浅色花岗岩	3	7．27	23．93	5．27	3．32	巴林岩体等
	钠闪花岗岩	1	16．5	90．0	4．5	5．45	巴尔哲岩体
	花岗闪长岩	2	6．35	26．55	4．65	4．18	新立屯岩体
	花岗斑岩	1	5．2	19．7	4．5	3．79	姜家街岩体
平均值		共 21 件	7．41	38．19	4．85	4．02	
北部	海西晚期花岗岩	2	6．32	27．69	—	4．38	黑云母花岗岩
	海西早期花岗岩	1	3．9	—	—	—	斜长花岗岩
东部	燕山期花岗岩	4	7．05	25．09	5．13	3．56	张广才岭杂岩体
	海西期花岗岩	7	6．98	22．05	4．95	3．16	

注：表中数据根据核工业东北地质局 244 大队资料综合。

3　松辽盆地含铀层位及铀矿分布特征

松辽盆地主要含铀层位有下白垩统的姚家组、青山口组和上白垩统的明水组、四方台组，其次有下白垩统的泉头组，只有个别井钻遇的铀矿化(异常)分布于第三系大安组及下白垩统的嫩江组（赵杰等，2002）。

垂向上，依据松辽盆地沉积层发育、演化特点，以青山口组第一段和嫩江组第二段两大套区域性稳定的厚层深湖相泥岩层为分界(相当两个区域性隔水层)，本区铀矿化层分为下含矿层(主要包括下白垩统泉头组)、中含矿层(包括下白垩统姚家组和青山口组)、上含矿层(包括上白垩统明水组、四方台组及少量第三系大安组)3 个含铀岩系。由于下含矿层铀矿化较少，同时产出太深(多数深达 600～1000 m 以下)，因此不予考虑。

平面上，松辽盆地的地浸砂岩型铀矿床主要集中分布于盆地南部的西南隆起区（通辽市北东及西部），其次在盆地北部的西部斜坡区（齐齐哈尔市以西及以南）分布有多片低品位的铀矿化(异常)。其他地区，如中央拗陷区、东北隆起区、北部倾没区等有极少量零星的铀矿化(异常)，但这些井中的铀矿化(异常)深度很大(一般 600 m 以下)，异常层薄且伽玛强度低，因而对其研究无实际意义。

4　含矿层沉积相特征及与铀矿分布的关系

松辽盆地含矿层主要由陆相砂岩、含砾砂岩、粉砂岩及粉砂质泥岩组成。其沉积环境按地貌单元可分为洪积相、河流泛滥平原相、三角洲相和湖相四个大相，每一大相又可按次一级地貌单元分为若干亚相❶。本区铀矿床主要产于河流泛滥平原相与河湖三角洲相中(见图1)，其次有少量铀矿化(异常)产于滨(浅)湖相中。

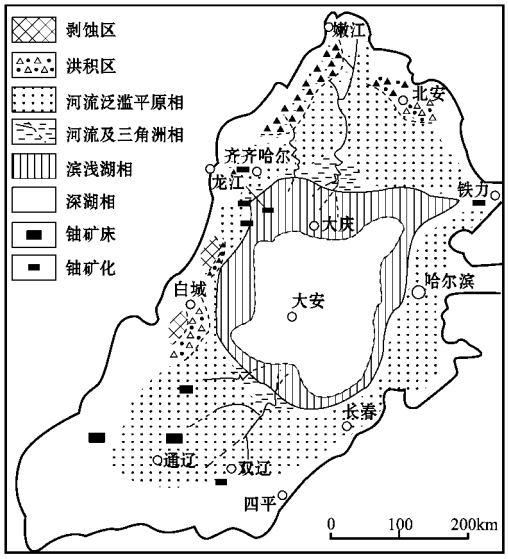


图1 松辽盆地含矿层（青山口-姚家组沉积时期）沉积体系与铀矿分布示意图

分布于盆地南部西南隆起区的地浸砂岩型铀矿床，铀矿化主要产于姚家组地层中。在姚家组沉积时期，该区主要发育河流泛滥平原相，铀矿化即主要产于河流泛滥平原相中的曲流河或辫状河成因的中粒、中细粒钙泥质胶结的长石石英砂岩中或含泥砾砂岩中。含矿层在剖面上具明显的半韵律旋回性，每一旋回之底多有冲刷面，旋回下部主要为砂质沉积，粒度分布曲线表现为滚动总体不发育，跳跃总体为主成分，具高的斜率；悬移总体斜率低，分选差，两者的接合点（截点 S）是急剧的，大约在 3 ϕ 左右。旋回上部主要为粉砂及泥质沉积，上下两者之比约为 1∶1。而辫状河沉积在剖面上亦具半韵律旋回性，但上部旋回的细碎屑（粉砂与泥）所占比例很小，上下两者之比约为 10∶1。在剖面上亦出现厚层泥岩，可能为支间湖沉积，对地浸砂岩型铀矿床来讲可构成良好的隔水底板（图 2）。

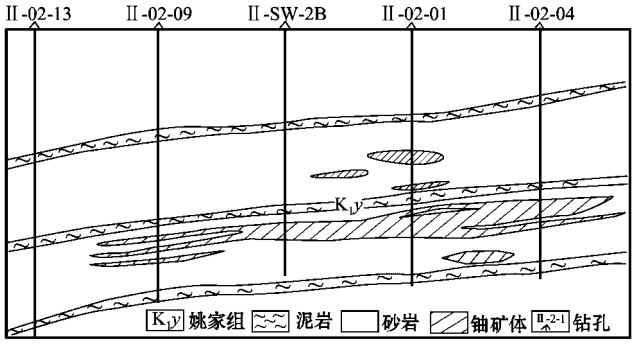


图2 通辽铀矿床 01 勘探线地质剖面示意图

分布于盆地北部西部斜坡区的砂岩型铀矿化（异常）主要产于姚家组和青山口组及明水组和四方台组地层中。该区含矿层在沉积时期主要发育河湖三角洲相，由于河流带来丰富的有机质在三角洲地区迅速沉积和埋藏，进而形成富有机质的地带，在成岩作用过程中可形成各种还原性气体，造成有利还原环境，控制了含矿层氧化-还原地球化学分带的分布，同时也控制了铀矿化的分布。三角洲相中良好的砂岩、泥岩互层结构及其中的砂岩透镜体，有利于地下水的汇集和铀矿化的形成，因此三角洲的岩性特征及其组合是有利铀成矿的。但在三角洲相的三个亚相(三角洲平原、三角洲前缘和前三角洲)中，对铀成矿最有利的是三角洲平原亚相。

5 古氧化-还原分带及对铀成矿的控制

按照现代成矿理论，地浸砂岩型铀矿床是在后生地下水作用下形成的，若要达到一定的工业品位和规模，要求含氧含铀地下水有长期稳定的淋积成矿作用，且这种成矿作用都是在一定的氧化-还原带中进行的。如果仅仅是经历沉积-成岩作用，只可能形成贫铀矿化（由铀的初始交替而形成），即形成一定面积的铀异常矿化层(含 U 10×10^{-6}～50×10^{-6})，后期的淋积作用即可形成含 U 0.005%～0.01%的贫铀矿化体，甚至在这些贫铀矿化体中形成含 U＞0.01%的工业铀矿体，本区铀矿化的形成即具有这种特点。

❶ 罗梅，赵杰，刘峰，等．2001．松辽盆地北部地浸砂岩型铀矿成矿条件与远景评价研究．成都理工大学档案馆．

由区域地壳演化可知，本区在中含矿层地层形成之后有地壳抬升(姚家组晚期)，使青山口组和姚家组地层隆起，在成岩过程铀初步交替弱矿化富集的基础上，由当时含氧古地下水的不断渗入与淋滤-淋积作用，形成当时条件下的古氧化-还原地球化学分带，并由它控制了当时铀矿化的分布。随后地壳下降，形成了较厚的嫩江组沉积地层（其中嫩二段为区域稳定的厚层深湖相泥岩层）及上含矿层地层（明水组和四方台组）。随着地壳的再次抬升，使上含矿层地层隆起，在成岩作用铀初步交替弱矿化富集的基础上，由当时含氧含铀地下水的不断渗入与淋滤-淋积作用，形成了上含矿层的古氧化-还原地球化学分带，并由它控制了当时铀矿化的分布(氧化-还原过渡带控矿，见图 3)。

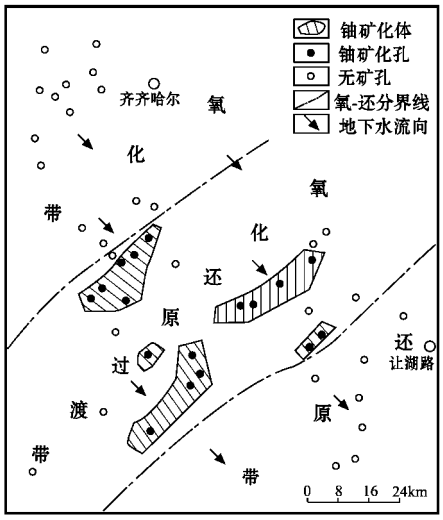


图 3　氧化-还原分带平面示意图

6　结　论

松辽盆地是在天山－内蒙－兴安古生代地槽褶皱系基础上发育起来的一个中新生代内陆断、拗陷盆地，盆地区域铀源条件以南部和西部较好。物源区岩性以古老变质岩系及中、新生代火山岩和海西燕山期花岗岩为主，其中以古老变质岩系及海西期与燕山早期花岗岩的含铀丰度相对较高，航空放射性测量成果也表明西部物源区具有航放高场，铀丰度值可达 10.8×10^{-6}～14.4×10^{-6}。松辽盆地各组地层岩石的铀含量都不太高（含 U 3.92×10^{-6}）。松辽盆地主要含铀层位为下白垩统的姚家组、青山口组和上白垩统的明水组、四方台组，平面上铀矿化主要集中分布于南部西南隆起区和北部的西部斜坡区，铀矿化主要产于河流泛滥平原相与河湖三角洲相中，仅有少量铀矿化(异常)产于滨(浅)湖相中。本区铀矿化是在沉积-成岩作用形成的贫铀矿化基础上，经后期含氧古地下水的不断渗入与淋滤-淋积作用形成的，且铀矿化受古氧化-还原地球化学分带控制。

致　谢　参加本项研究工作的还有成都理工大学刘峰同志，大庆石油管理局董丽华、杨雪冰等同志及原核工业东北地勘局杨雪虹同志。辽河油田通辽铀矿郑纪伟同志给予本项研究工作许多支持和帮助，在此表示感谢。

参　考　文　献

大庆油田石油地质志编写组．1993．大庆油田．中国石油地质志．卷二．北京：石油工业出版社．

赵杰，罗梅．2002．松辽盆地北部可地浸砂岩型铀矿形成条件与分布特征．成都理工学院学报，29(2)：137～143．