



编号: 0258-7106 (2010) 06-1079-09

内蒙古平庄盆地黑水地区上白垩统孙家湾组 上段沉积相及其与铀矿化关系*

席海银¹, 陈德兵¹, 饶明辉², 王黎明¹

(1 核工业 240 研究所, 辽宁 沈阳 110032; 2 东华理工大学, 江西 抚州 344000)

摘 要 内蒙古平庄盆地黑水地区上白垩统孙家湾组上段沉积相为冲积扇相, 宏观上分为近端砾质辫状平原、远端砂质辫状平原及扇前洪泛平原 3 个亚相, 进一步细分为泥石流、砾质辫状河道、砾质坝、砂质辫状河道、砂质坝、洪泛细粒、泥炭沼泽等微相。孙家湾组上段可划分为 3 个亚段, 第一亚段为干旱-潮湿过渡气候下形成的退积型序列的旱地扇沉积, 第二亚段为潮湿气候下形成的退积型序列的湿地扇沉积, 第三亚段为潮湿气候下形成的进积型序列的湿地扇沉积。黑水地区的孙家湾组上段经历了早期退积型旱地扇—中期退积型湿地扇—晚期进积型湿地扇的过程。沉积相对该区铀成矿具有控制作用, 铀矿化主要以不连续、局部富集的形式赋存于远端砂质辫状平原前缘的砂质辫状河砂体中, 泥炭沼泽和泥质含量少的泥石流沉积中有少量存在。泥炭沼泽沉积所形成的泥岩及泥质含量高的泥石流沉积充当了局部隔水层, 但由于泥炭沼泽沉积较薄, 以及泥石流沉积的不均一性, 致使铀矿(化)不连续、不稳定。

关键词 地质学 冲积扇相 砂岩型铀矿 孙家湾组上段 黑水地区 平庄盆地 内蒙古

中图分类号: P619.14

文献标志码: A

Sedimentary facies of the upper member of upper Cretaceous Sunjiawan Formation and its relation to uranium mineralization in Heishui area of Pingzhuang Basin, Inner Mongolia

XI HaiYin¹, CHEN DeBing¹, RAO MingHui² and WANG LiMing¹

(1 No. 240 Research Institute, CNNC, Shenyang 110032, Liaoning, China; 2 East China Institute of Technology, Fuzhou 344000, Jiangxi, China)

Abstract

The sediments of upper Sunjiawan Formation in Heishui area of Pingzhuang Basin are considered to be of the alluvial fan facies which can be divided roughly into three sub-facies: proximal pebbly braided plain, distal sandy braided plain and fan front flood plain; these sub-facies can be further divided into the following microfacies: debris flow, pebbly braided channel and bar, sandy braided channel and bar, flood fine-grained and peat swamp sediments. Three sub-members are recognized in upper Sunjiawan Formation, i. e., retrogradational arid fan formed in dry-humid transitional climate, retrogradational humid fan formed in dampness, and progradational humid fan formed in dampness. Upper Sunjiawan Formation in Heishui area experienced the process from early retrogradational arid fan through medium retrogradational humid fan to late progradational humid fan. The uranium mineralization in this area was governed by sedimentary facies, and was concentrated in sand bodies of

* 本文得到内蒙古平庄—辽宁黑水地区 1:25 万铀资源区评价项目 (No. 200712) 资助

第一作者简介 席海银, 男, 1983 年生, 助理工程师, 主要从事铀矿勘查、科研工作。Email: Xhyinfly@163.com

收稿日期 2010-04-13; **改回日期** 2010-06-28。许德煊编辑。

sandy braided rivers in the front of the distal sandy braided plain in the form of discontinuous and local enrichment, with less mineralization existent in peat swamp and mud-rock flow. The mudstone in peat swamp and mud-rock flow with abundant mud served as the local aquifuge, so that uranium mineralization shows discontinuous and unstable characteristics due to the thin peat swamp and inhomogeneous mud-rock flow sediments.

Key words: geology, alluvial fan facies, sandstone-type uranium deposit, upper member of Sunjiawan Formation, Heishui area, Pingzhuang basin, Inner Mongolia

砂岩型铀矿主要赋存于沉积盆地内的可渗透砂岩层中,因此,对产铀盆地进行深入的沉积学研究已成为当前砂岩型铀矿工作中的重要内容,并相继取得了一系列重要的研究成果(陈法正,2002;陈戴生等,2003;赵忠华,2003;董文明等,2005)。

平庄盆地位于内蒙古东部赤峰市境内,为一晚中生代断陷山间盆地(李丕龙,2003;张亚明等,2002)。黑水地区位于平庄盆地东北部(图1)。近年来,在平庄盆地黑水地区,针对目的层——上白垩统孙家湾组上段开展了较为详细的区域调查工作,先后实施了几万米的钻探工作量,对孙家湾组上段的

分布、沉积相特征及其与铀矿化的关系进行了研究,为后续的铀矿找矿工作奠定了基础。

1 孙家湾组上段沉积相特征

1.1 沉积相类型及特征

根据地层岩性组合、沉积相发育特征,可将黑水地区孙家湾组上段自下而上分为一、二、三亚段(图2)。其沉积相为冲积扇相,宏观上分为近端砾质辫状平原、远端砂质辫状平原、扇前洪泛平原3个亚相,进一步细分为泥石流(DF)、砾质辫状河道(GBC)、砾

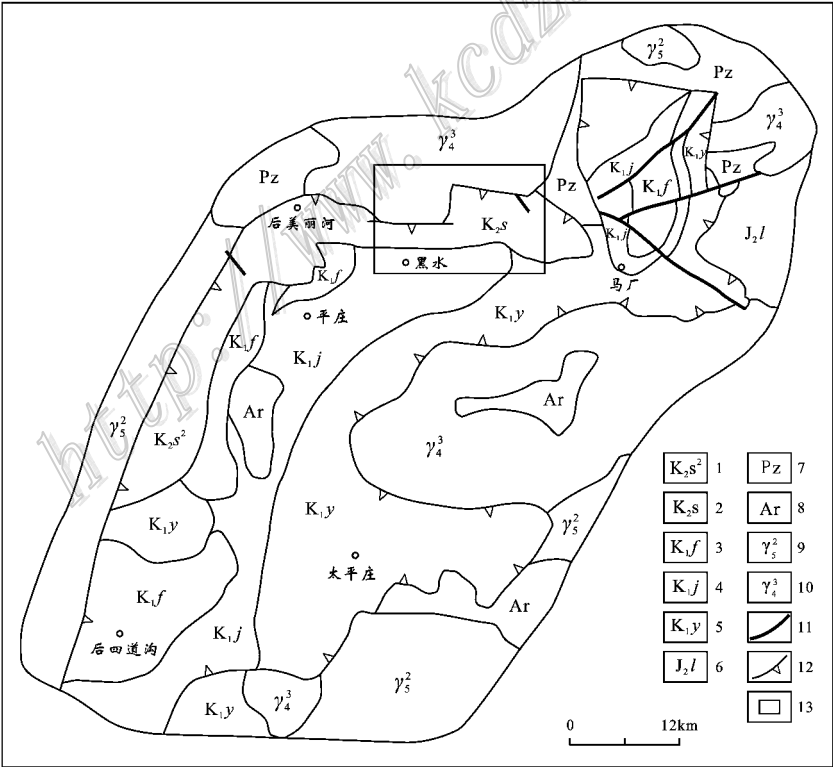


图 1 平庄盆地地质简图

1—上白垩统孙家湾组上段;2—上白垩统孙家湾组;3—下白垩统阜新组;4—下白垩统九佛堂组;5—下白垩统义县组;
6—中侏罗统蓝旗组;7—古生界;8—太古界;9—燕山期花岗岩;10—海西期花岗岩;11—断层;12—盆地边界;13—研究区

Fig. 1 Geological sketch map of Pingzhuang basin

1—Upper member of Upper Cretaceous Sunjiawan Formation; 2—Upper Cretaceous Sunjiawan Formation; 3—Lower Cretaceous Fuxin Formation; 4—Lower Cretaceous Jiufotang Formation; 5—Lower Cretaceous Yixian Formation; 6—Middle Jurassic Lanqi Formation; 7—Paleozoic; 8—Archean; 9—Yanshanian granite; 10—Hercynian granite; 11—Fault; 12—Basin boundary; 13—Research area

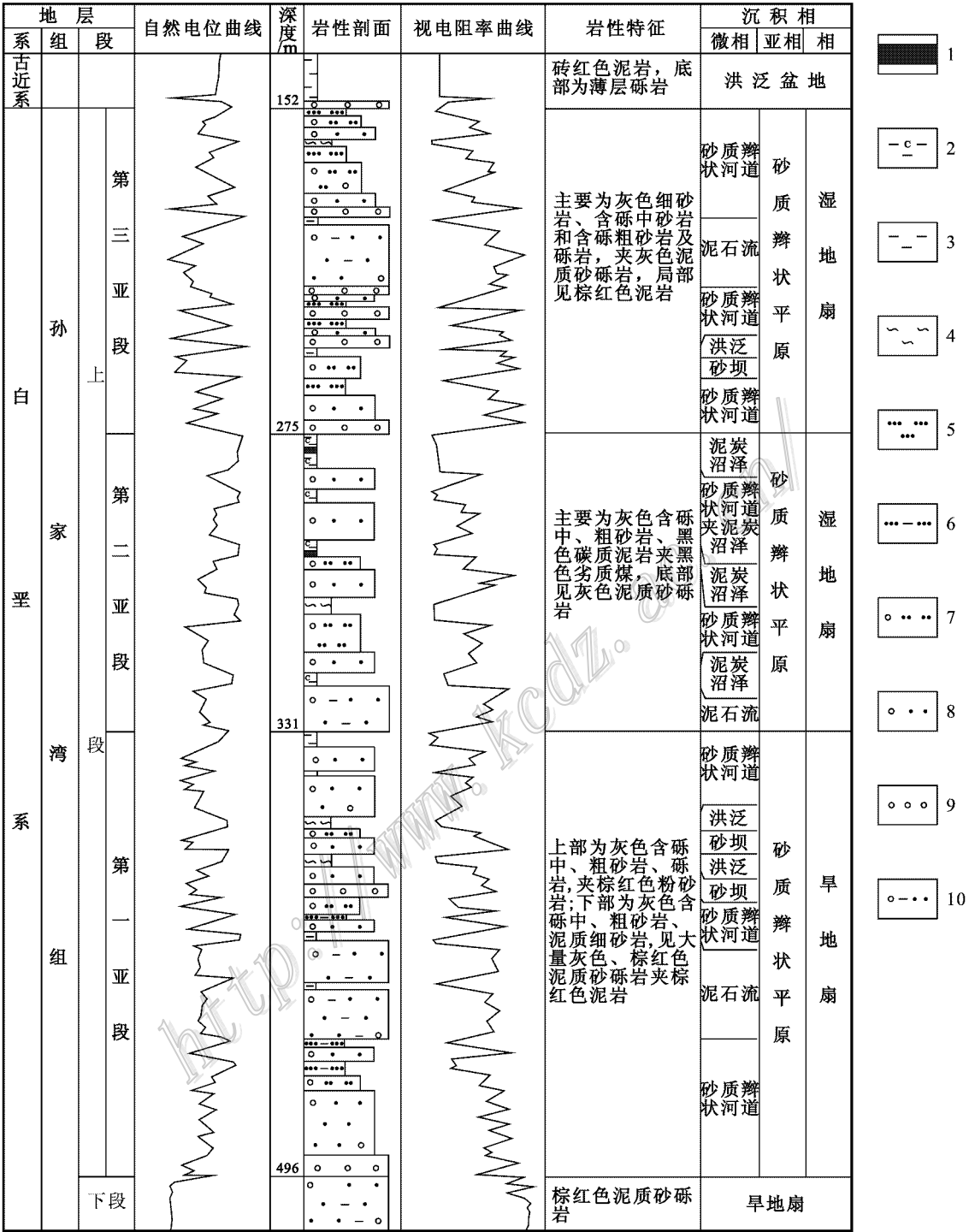


图 2 黑水地区 A 钻孔孙家湾组上段综合柱状图

1—劣质煤；2—碳质泥岩；3—泥岩；4—粉砂岩；5—细砂岩；6—泥质细砂岩；7—含砾中砂岩；8—含砾粗砂岩；9—砾岩；10—泥质砂砾岩

Fig. 2 Comprehensive column of upper member of Sunjiawan Formation from drill hole A in Heishui area

1—Faulty coal；2—Carbon mudstone；3—Mudstone；4—Siltstone；5—Fine sandstone；6—Argillaceous fine sandstone；7—Pebbly medium sandstone；8—Pebbly gritstone；9—Conglomerate；10—Argillaceous conglomerate

质坝(GB)、砂质辫状河道(SBC)、砂质坝(SB)、洪泛细粒(OB)、泥炭沼泽(SW)等微相(冯增昭, 1993 郭建华等, 2003 李思田等, 2004)。孙家湾组上段第一亚段以泥石流、辫状河沉积为主体, 是一种在基准面

上升过程中形成的退积型序列的旱地扇沉积;其第二亚段以辫状河、泥炭沼泽沉积为主体,粒度相对变细,是一种在基准面上升至接近顶点时形成的退积型序列的湿地扇沉积;其第三亚段以辫状河沉积为主体,有少量泥石流、洪泛细粒沉积,但粒度较第二亚段粗,是一种在基准面下降过程中形成的进积型序列的湿地扇沉积。

泥石流沉积 岩性主要为灰色泥质砾岩、含砾泥质粗砂岩、含砾泥质中砂岩及含砾泥质细砂岩。岩石中泥砂砾混杂,毫无分选,砾石“漂浮”于细小颗粒和基质中,粒间充填物富含泥质,无层理,具不均一性,其视电阻率曲线表现为强振幅、弱齿化的箱形或钟形(谢凤猛等,2007)。

砾质辫状河道沉积 岩性主要为灰色砾岩、含砾含泥粗砂岩、含泥砾质粗砂岩、含砾含泥中砂岩、含泥砾质中砂岩。这些岩石呈不规则的透镜体分布于砾质辫状平原中,其内的砾石具明显的叠瓦状排列,发育槽状交错层理。

砾质坝沉积 岩性主要为灰色砾岩、灰色含砾含泥粗砂岩、含泥砾质粗砂岩。此类沉积以顶部发育薄层棕红色泥质细砂岩、中砂岩为特征,呈板状分布,砾石分选较好。

砂质辫状河道沉积 岩性主要为灰色砾岩、含砾含泥粗砂岩、含砾粗砂岩、含砾含泥中砂岩及细砂岩,夹薄层灰色泥岩。该类沉积在纵向上相互叠置,形成厚大砂体,其底部具冲刷面,发育槽状交错层理、板状交错层理、斜层理、粒序层理,其视电阻率曲线表现为强齿化的锯齿形。

砂质坝沉积 岩性主要为灰色砾岩、含砾含泥粗砂岩、含砾粗砂岩、含砾含泥中砂岩、含砾中砂岩及细砂岩,顶部为“落淤”层沉积,“落淤”层岩性为棕红色泥质细砂岩、粉砂质泥岩、泥岩。该类沉积呈板状体或扁豆体延伸,以纵向坝多见,有少量横向坝及侧向坝。

洪泛细粒沉积 岩性主要为棕红色泥质细砂岩、粉砂质泥岩、泥岩。因长期处于暴露环境,故岩石的颜色为棕红色。该类沉积呈不连续,以“落淤”层形式发育于砂质坝或泥石流沉积的顶部。

泥炭沼泽沉积 岩性主要为深灰色、黑色碳质泥岩、粉砂岩、劣质煤,主要分布在扇前、扇间低洼处。

1.2 沉积相展布及演化

根据野外地质露头及大量连井沉积相剖面图,

结合孙家湾组上段的物源、古气候和沉积特征,研究区内孙家湾组上段各时期沉积相的平面展布和演化大致如下。

孙家湾组上段第一亚段沉积时期 为干旱-潮湿过渡气候,研究区内存在3个次级洼陷,当时盆地高差不断增大,基准面不断上升,大量粗碎屑物质随间歇性河流以退积形式带入盆地,形成冲积扇群,充填在3个洼陷的中心部位(图3)。其中,北部、西部2个洼陷的沉积物源主要来自北部岩体,东部洼陷的沉积物源主要来自北东隆起,形成了近端砾质辫状平原沉积,以及远端砂质辫状平原沉积。前者以泥石流沉积为主体,局部为砾质辫状河道及砾质坝沉积;后者以砂质辫状河道、砂质坝、泥石流沉积为主体,边缘有少量洪泛细粒沉积。

孙家湾组上段第二亚段沉积时期 已为潮湿气候,此时基准面继续上升,但已接近顶点,沉积环境趋于稳定,3个洼陷已接近淤平。碎屑物质自物源区随河流以退积形式带入盆地,但沉积物的粒度相对较细,所形成的近端砾质辫状平原、远端砂质辫状平原,分布有大面积的扇前洪泛平原,局部分布泥炭沼泽沉积(图4)。此时的砾质辫状平原仍以泥石流沉积为主体,局部为砾质辫状河道及砾质坝沉积;砂质辫状平原以砂质辫状河道、砂质坝沉积为主体,泥石流沉积相对变少,局部为泥炭沼泽沉积;扇前洪泛平原主要为洪泛细粒沉积,低洼处发育泥炭沼泽沉积。

孙家湾组上段第三亚段沉积时期 为潮湿气候,此时基准面开始下降,基准面完成从上升到下降的一个旋回。碎屑物质以进积形式自物源区随河流带入盆地,北部和西部洼陷接受沉积,东部洼陷则缺失沉积,沉积物的粒度相对变粗,形成了近端砾质辫状平原沉积及远端砂质辫状平原沉积(图5)。前者以泥石流沉积为主体,局部为砾质辫状河道、砾质坝沉积;后者以砂质辫状河道、砂质坝沉积为主体,零星分布有泥石流沉积,边缘有少量洪泛细粒沉积(张金亮等,2004)。

2 沉积相对铀矿化的控制

根据对孙家湾组上段沉积相特征及研究区铀矿化特点的研究,笔者认为,孙家湾组上段各沉积微相对黑水地区铀成矿具有一定的控制作用。

辫状河道沉积微相 黑水地区辫状河沉积粒度总体较粗,岩石中泥质含量少,具有较好的渗透性。

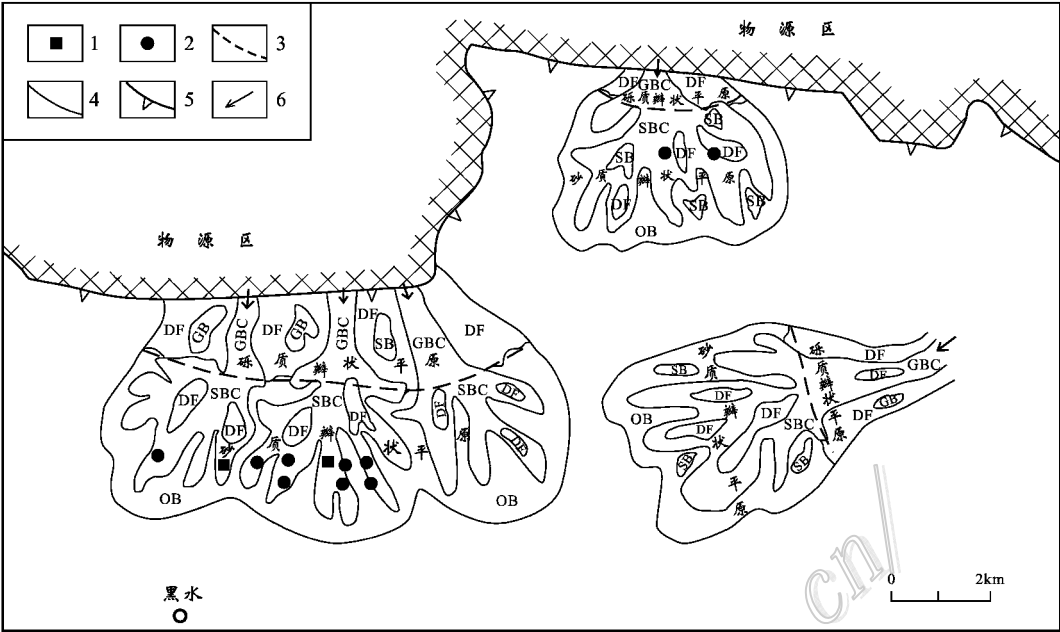


图 3 黑水地区孙家湾组上段第一亚段沉积相展布图

GBC—砾质辫状河道；SBC—砂质辫状河道；DF—泥石流；GB—砾质坝；SB—砂质坝；OB—洪泛细粒；1—铀工业孔；2—铀矿化孔；3—亚相界线；4—微相界线；5—盆地边界；6—物源方向

Fig. 3 Sedimentary facies distribution of 1st sub-member of upper Sunjiawan Formation in Heishui area
GBC—Pebbly braided channel；SBC—Sandy braided channel；DF—Debris flow；GB—Pebbly bar；SB—Sandy bar；OB—Flood fine-grained material；
1—Borehole with industrial grade；2—Uranium mineralized borehole；3—Sub-facies boundary；4—Micro-facies boundary；5—Basin boundary；
6—Source direction

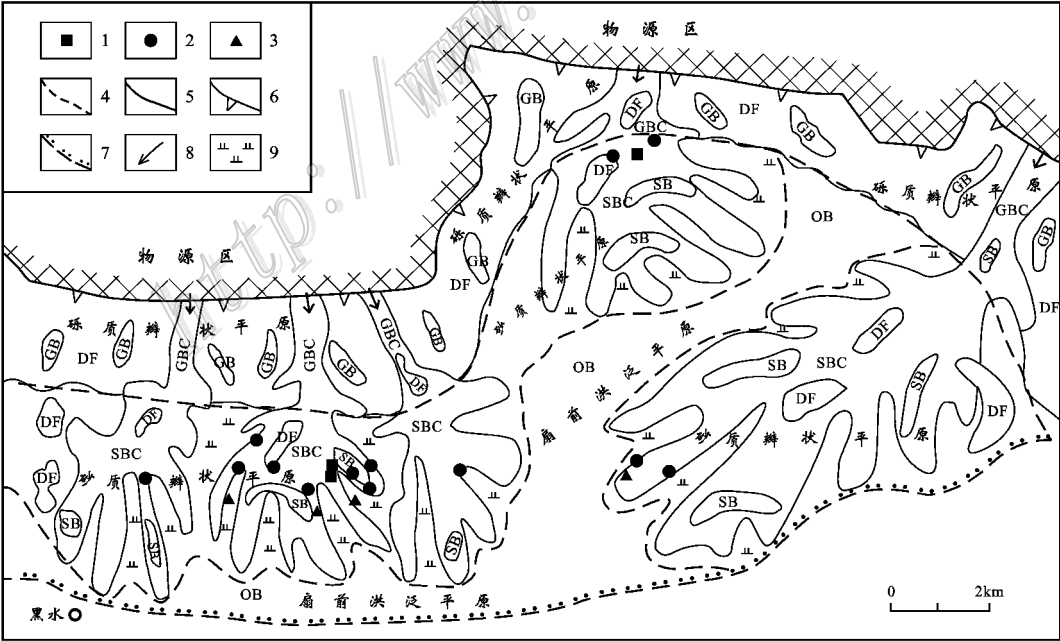


图 4 黑水地区孙家湾组上段第二亚段沉积相展布图

GBC—砾质辫状河道；SBC—砂质辫状河道；DF—泥石流；GB—砾质坝；SB—砂质坝；OB—洪泛细粒；1—铀工业孔；2—铀矿化孔；3—铀异常孔；4—亚相界线；5—微相界线；6—盆地边界；7—剥蚀边界；8—物源方向；9—沼泽

Fig. 4 Sedimentary facies distribution of 2nd sub-member of upper Sunjiawan Formation in Heishui area
GBC—Pebbly braided channel；SBC—Sandy braided channel；DF—Debris flow；GB—Pebbly bar；SB—Sandy bar；OB—Flood fine-grained material；
1—Borehole with industrial grade；2—Uranium mineralized borehole；3—Uranium abnormality borehole；4—Sub-facies boundary；5—Micro-facies
boundary；6—Basin boundary；7—Denudation boundary；8—Source direction；9—Swamp

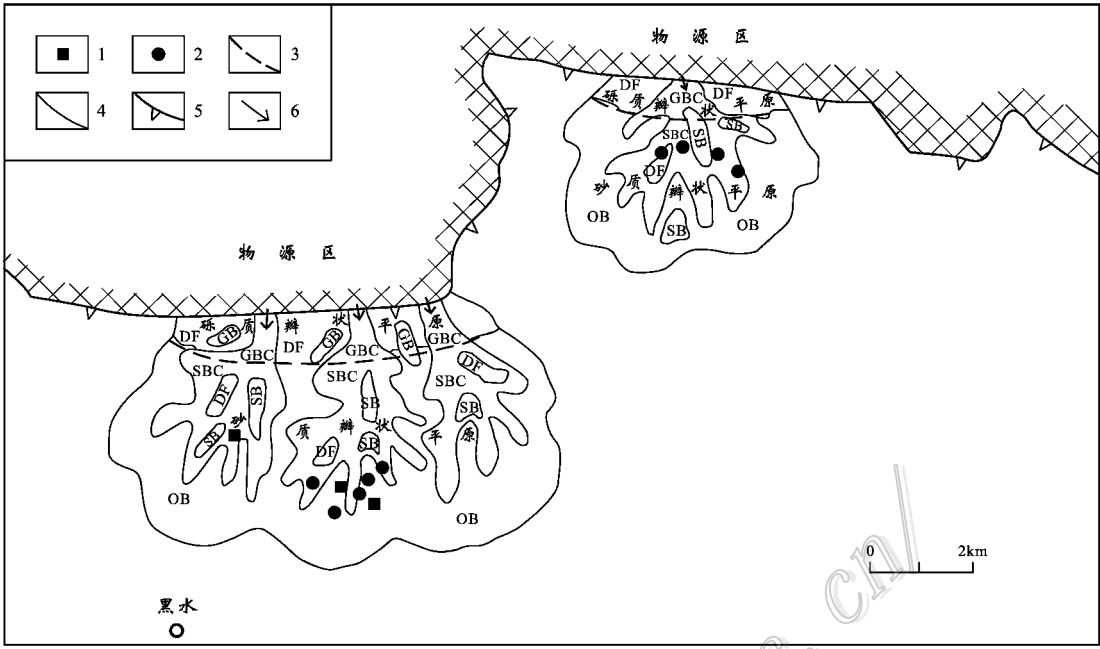


图 5 黑水地区孙家湾组上段第三亚段沉积相展布图

GBC—砾质辫状河道；SBC—砂质辫状河道；DF—泥石流；GB—砾质坝；SB—砂质坝；OB—洪泛细粒；1—铀工业孔；2—铀矿化孔；3—亚相界线；4—微相界线；5—盆地边界；6—物源方向

Fig. 5 Sedimentary facies distribution of 3rd sub-member of upper Sunjiawan Formation in Heishui area

GBC—Pebbly braided channel；SBC—Sandy braided channel；DF—Debris flow；GB—Pebbly bar；SB—Sandy bar；OB—Flood fine-grained material；1—Borehole with industrial grade；2—Uranium mineralized borehole；3—Sub-facies boundary；4—Micro-facies boundary；5—Basin boundary；6—Source direction

辫状河道沉积所形成的砂体在垂向上相互叠置,宏观上形成“泛连通层状砂体”,具有较好的泛连通性、成层性,有利于铀成矿,是铀矿(化)体的有利载体(吴仁贵等,2005)。

泥石流沉积微相 对该区铀成矿具有两方面作用：① 此类沉积对铀成矿起到隔水层的作用,泥石流局部泥质含量高,渗透性较差,可充当隔水层,有利于铀成矿；② 此类沉积对铀成矿有破坏作用,泥石流在孙家湾组上段各亚段内均有分布,无规律地充填于辫状河砂体中,由于其局部泥质含量高,具有隔水效果,当含铀地下水运移遇到泥质含量高的泥石流时,含铀地下水运移变缓或停滞,因此,泥质含量高的泥石流不利于含铀地下水运移,不利于铀成矿(龚斌利,2006 焦养泉等,2005)。

洪泛细粒沉积微相 一般较薄,不连续,偶尔起到隔水效果,但总体来说,对铀成矿影响较弱。

泥炭沼泽沉积微相 对该区铀成矿具有两方面作用：① 大部分泥炭沼泽沉积较薄,个别层位较厚,具有隔水效果,但由于后期泥石流的破坏作用,使其

欠连续、欠稳定,致使其仅局部可充当隔水层,而在区域上则难以充当矿(化)体的顶、底板,不利于铀成矿；② 泥炭沼泽沉积富含有机质,还原容量大,为铀成矿作用提供了还原物质,有利于铀成矿(李有柱,2005 尹金双等,2005 孙庆津等,2007)。

3 沉积相与铀矿化关系

3.1 沉积相的纵向变化与铀矿化

在黑水地区,铀矿化在孙家湾组上段 3 个亚段中均有分布,自上而下具如下特征(图 6)。

孙家湾组上段第三亚段 该亚段中存在古潜水氧化及层间氧化 2 种氧化类型。如 A 孔①号矿化段,辫状河砂体中见有铀矿化,为古潜水氧化结果。当含氧潜水到达一定深度时,转为顺层移动,发生层间氧化作用,如 C 孔④号矿化段,赋矿岩性为辫状河沉积砂岩,其底部发育第二亚段泥炭沼泽沉积所形成的黑色泥岩,充当隔水底板。

孙家湾组上段第二亚段 由于该亚段内存在多

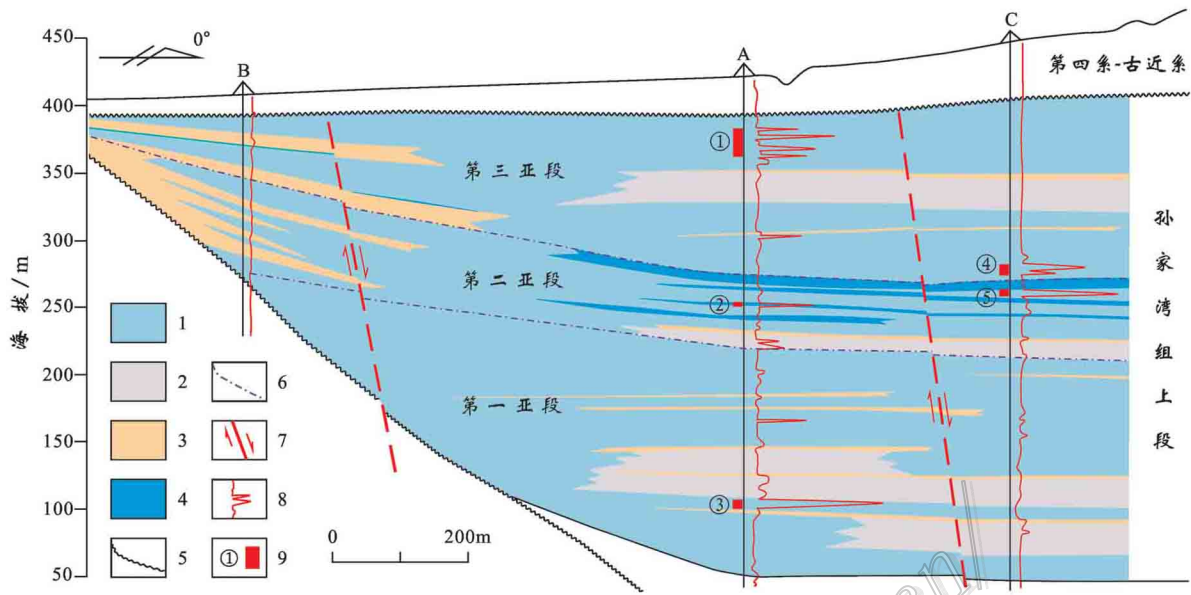


图 6 黑水地区 B-C 勘探线沉积相剖面图

1—砂质辫状河；2—泥石流；3—洪泛细粒；4—泥炭沼泽；5—不整合界线；6—亚段界线；7—断层；8—定量伽玛曲线；9—矿化段及编号

Fig. 6 Sedimentary facies section of line B-C in the Heishui area

1—Sandy braided; 2—Debris flow; 3—Flood fine-grained material; 4—Peat swamp; 5—Unconformity; 6—Sub-members boundary; 7—Fault; 8—Gamma curves; 9—Uranium mineralized member and its serial number

层泥炭沼泽沉积所形成的泥岩充当隔水层，故该亚段存在层间氧化。如 C 孔⑤号矿化段，赋矿岩性为辫状河沉积砂岩，其顶、底部均为泥炭沼泽沉积所形成的泥岩充当隔水顶、底板。同时，泥炭沼泽沉积富含有机质，还原容量大，铀易富集于泥炭沼泽沉积中，所以，泥炭沼泽沉积中亦见有铀矿化，如 A 孔②号矿化段，赋矿岩性为泥炭沼泽沉积所形成的碳质泥岩，但由于泥岩致密，不利于地浸开采，因此不具工业意义。

孙家湾组上段第一亚段 该亚段所见铀矿化相对于前 2 个亚段要少。该亚段内存在大量泥石流沉积，其底部为孙家湾组下段旱地扇泥石流沉积，分别充当隔水顶、底板，发生层间氧化作用而形成铀矿化。如 A 孔③号铀矿化段，其顶部为一厚层泥石流沉积，其底部为孙家湾组下段泥石流沉积，分别充当隔水顶、底板。此外，泥质含量较少的泥石流沉积内偶见铀矿化。

综上所述，在纵向上，孙家湾组上段的铀矿化主要存在于辫状河沉积中，泥炭沼泽沉积中有少量分布，在泥质含量少的泥石流沉积中有零星分布。泥炭沼泽沉积及泥质含量较多的泥石流沉积可充当局部隔水层，若发生层间氧化，就形成铀矿化，但由于

泥炭沼泽沉积较薄以及泥石流沉积的不均一性，致使铀矿化不连续、不稳定。

3.2 沉积相的横向变化与铀矿化

孙家湾组上段第三亚段 东部洼陷缺失孙家湾组上段第三亚段地层，西部洼陷及北部洼陷均发育铀矿化，但较第二亚段的铀矿化弱(图 5)。西部洼陷的铀矿化较强，3 个钻孔内发育有铀矿段，5 个钻孔内发育有铀矿化段；北部洼陷的铀矿化较弱，4 个钻孔内发育有铀矿化段。铀矿化主要以不连续、局部富集的形式发育在砂质辫状平原前缘的砂质辫状河砂体中。

孙家湾组上段第二亚段 该亚段的铀矿化在 3 个洼陷内均有分布(图 4)。西部洼陷的铀矿化最强，2 个钻孔内发育有铀矿段，9 个钻孔内发育有铀矿化段，3 个钻孔内发育有铀异常段；北部洼陷的铀矿化次之，1 个钻孔内发育有铀矿段，2 个钻孔内发育有铀矿化段；东部洼陷的铀矿化较弱，2 个钻孔内发育有铀矿化段，1 个钻孔内发育有铀异常段。铀矿化主要以不连续、局部富集的形式发育在砂质辫状河砂体中，有少量赋存于泥炭沼泽沉积中。

孙家湾组上段第一亚段 东部洼陷内未见铀矿化，北部洼陷及西部洼陷内均见铀矿化(图 3)。西部

洼陷的铀矿化较强,2 个钻孔内发育有铀矿段,8 个钻孔内发育有铀矿化段。北部洼陷的铀矿化较弱,仅在 2 个钻孔内见有铀矿化段。铀矿化主要以不连续、局部富集的形式发育在砂质辫状平原前缘的砂质辫状河砂体中,仅有极少量赋存于泥石流沉积中。

综上所述,在横向上,铀矿化主要赋存于砂质辫状平原前缘的砂质辫状河砂体中,泥炭沼泽及泥石流沉积中有少量存在。3 个洼陷中,西部洼陷的铀矿化最强,3 个亚段地层中均发育有较强的铀矿化;北部洼陷次之,3 个亚段内均存在铀矿化,但第二亚段的铀矿化较强于其他 2 个亚段;东部洼陷的铀矿化较弱,仅在第二亚段地层中发育有铀矿化。

3.3 讨论

在全世界已探明的铀矿资源储量中,砂岩型铀矿约占 40%,其中的山间盆地型铀矿仅占 2%,所占比例颇小。山间盆地型铀矿多赋存于冲积扇相砂体中,以美国怀俄明铀矿最为典型。美国怀俄明地区发育一系列小型山间盆地,已探明的铀矿资源储量超过 25 万吨(Franz,1998)。该地区铀矿的赋矿岩性为陆相沉积砂岩,以冲积扇、辫状河沉积为特征,具有顶部发育曲流河相泥岩充当隔水底板、底部湖相泥岩充当隔水底板的地层结构,这与本研究区内孙家湾组上段顶部发育第三系洪泛泥岩充当隔水底板、底部泥质含量高的泥石流充当隔水底板的地层结构相类似。怀俄明铀矿的赋矿砂岩含有丰富的碳质物,与本研究区内孙家湾组上段第二亚段含有大量泥炭沼泽沉积相类似,为铀成矿提供了重要的还原物质。同时,怀俄明铀矿存在古潜水氧化和层间氧化 2 种作用,与本研究区内孙家湾组上段第一亚段发育古潜水氧化,第二、三亚段发育层间氧化相类似。从沉积相的角度来看,本研究区的铀矿与怀俄明铀矿具有较多的相似之处,其区别主要在于本研究区内发育大量泥石流沉积,由于此类沉积的不均一性,致使该区的铀矿(化)不连续、不稳定。在本研究区周边的内蒙东部、辽宁西部发育有大量类似该区的山间盆地,与该区具有相似的铀成矿环境,因此,加强对本研究区及其周边地区山间盆地的研究,对今后铀矿找矿工作具有重要意义。

4 结论

(1) 在黑水地区,孙家湾组上段的沉积相为冲积扇相,宏观上分为近端砾质辫状平原、远端砂质辫

状平原及扇前洪泛平原 3 个亚相,进一步细分为泥石流、砾质辫状河道、砾质坝、砂质辫状河道、砂质坝、洪泛细粒、泥炭沼泽等微相。

(2) 孙家湾组上段分为 3 个亚段:第一亚段为干旱-潮湿过渡气候下形成的退积型序列的旱地扇沉积;第二亚段为潮湿气候下形成的退积型序列的湿地扇沉积;第三亚段为潮湿气候下形成的进积型序列的湿地扇沉积。

(3) 在黑水地区,铀矿化在 3 个洼陷中均存在,西部洼陷的铀矿化最强,北部洼陷次之,东部洼陷的铀矿化最弱。沉积相对于该区的铀成矿具有控制作用,铀矿化主要以不连续、局部富集的形式赋存于远端砂质辫状平原前缘的砂质辫状河砂体中,泥炭沼泽及泥质含量少的泥石流沉积中有少量存在。泥炭沼泽沉积所形成的泥岩与泥质含量高的泥石流沉积充当局部隔水层,但由于泥炭沼泽沉积较薄以及泥石流沉积的不均一性,致使铀矿(化)不连续、不稳定。

(4) 由于黑水地区具有类似美国怀俄明盆地的沉积相环境,因而,加强对该区及其周围地区山间盆地的研究,对今后铀矿找矿工作具有重要意义。

References

- Chen D S, Li S X and Cai Y Q. 2003. A discussion on research situation and development direction of sandstone-type uranium deposits in the Meso-Cenozoic basin of China[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 21 (1): 113-117 (in Chinese with English abstract).
- Chen F Z. 2002. Metallogenic geologic prerequisites of sandstone-type uranium deposits and target area selection-Taking Erlian and Ordos basins as examples[J]. *Uranium Geology*, 18 (3): 138-143 (in Chinese with English abstract).
- Dong W M, Li Z Y and Guo Q Y. 2005. Sedimentary facies and sandstone-type uranium mineralization of the Damoguaihe Formation of Lower Cretaceous in Xihulitu Basin, Inner Mongolia[J]. *Journal of Palaeogeography*, 7 (4): 509-517 (in Chinese with English abstract).
- Feng Z Z. 1993. *Sedimentary petrology* [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 10-77 (in Chinese).
- Franz J D. 1998. *Uranium ore deposits* [M]. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. 290-298.
- Gong B L. 2006. Elementary analysis on the main factors affecting the permeability of sandstones[J]. *World Nuclear Geoscienc*, 23 (3): 145-150 (in Chinese).
- Guo J H, Zhu M H, Yang S G and Liu C S. 2003. Wet alluvial fan sedimentary in the Guantao Formation of Shuyi Area[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 21 (3): 367-372 (in Chinese with English ab-

stract).

- Jiao Y Q, Chen A P, Yang Q, Peng Y B, Wu L Q, Miao A S, Wang M F and Xu Z C. 2005. Sandbody heterogeneity: One of the key factors of uranium metallogenesis in Ordos basin [J]. *Uranium Geology*, 21 (1): 8-15 (in Chinese with English abstract).
- Li P L. 2003. Petroleum geology and exploration of Continental fault basin [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 42p (in Chinese).
- Li S T, Jie X N, Wang H, Jiao Y Q, Ren J Y, Zhuang X G and Lu Y C. 2004. Sedimentary basin analysis: Principle and application [M]. Beijing: High. Edu. Press. 410p (in Chinese).
- Li Y Z. 2005. Relationship between carbonaceous rocks and uranium mineralization [J]. *World Nuclear Geoscienc*, 22 (3): 153-157 (in Chinese).
- Sun Q J, Zhang W H, Zhang W P, Zhao J S, Miao J Y, Sun W and Liu C Y. 2007. Experimental simulation study of the role of organic matter in the formation of uranium deposits [J]. *Geology in China*, 34 (3): 463-468 (in Chinese with English abstract).
- Wu R G and Yu D G. 2005. Discussion on relationship between sand body of braided stream channel and sandstone-type uranium deposit [J]. *Uranium Geology*, 21 (2): 92-96 (in Chinese with English abstract).
- Xie F M and Li Y Q. 2007. Research on characteristics of fan bodies and oil-gas concentration of Es in Zhengjia-Wangzhuang area, Dongying depression, Shandong Pprovince [J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 27 (2): 94-100 (in Chinese with English abstract).
- Yin J S, Xiang W D, Ou G X, Wang Z M and Wang X Q. 2005. Sandstone-type uranium mineralization with respect to organic matter, microbe, and oil and gas [J]. *Uranium Geology*, 21 (5): 287-295 (in Chinese with English abstract).
- Zhang J L, Yang Z C and Si X Q. 2004. Sedimentary facies and evolution of the third member of Shahejie Formation in West Depression of Liaohe basin [J]. *Northwestern Geology*, 37 (4): 7-14 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Y M, Wang L H and Gao C Q. 2002. Characters of geological structure and structural evolution of Pingzhuang basin [J]. *Journal of China Coal Society*, 21 (4): 483-485 (in Chinese).
- Zhao Z H. 2003. Metallogenic conditions and prospecting direction for in-situ leachable sandstone-type uranium deposits in the Mesozoic basins of northeast China [J]. *Geology and Resources*, 12 (1): 36-41 (in Chinese).

附中文参考文献

- 陈戴生,李胜详,蔡煜琦. 2003. 我国中生代盆地砂岩型铀矿研究现状及发展方向的探讨 [J]. *沉积学报*, 21 (1): 113-117.
- 陈法正. 2002. 砂岩型铀矿的成矿地质条件和战略选取——以二连盆地和鄂尔多斯盆地为例 [J]. *铀矿地质*, 18 (3): 138-143.
- 董文明,李子颖,郭庆银. 2005. 内蒙古西胡里吐盆地下白垩统大磨拐河组沉积相及砂岩型铀矿成矿作用 [J]. *古地理学报*, 7 (4): 509-517.
- 冯增昭. 1993. 沉积岩石学 [M]. 北京: 石油出版社. 10-77.
- 龚斌利. 2006. 浅析影响砂岩渗透性的主要因素 [J]. *世界核地质科学*, 23 (3): 145-150.
- 郭建华,朱美衡,杨申谷,刘辰生. 2003. 辽河盆地曙一区馆陶组湿地冲积扇沉积 [J]. *沉积学报*, 21 (3): 367-372.
- 焦养泉,陈安平,杨 琴,彭云彪,吴立群,吴爱生,王敏芳,徐志诚. 2005. 砂体非均质性是铀成矿的关键因素之一——鄂尔多斯盆地东北部铀成矿规律探讨 [J]. *铀矿地质*, 21 (1): 8-15.
- 李丕龙. 2003. 陆相断陷盆地油气地质与勘探 [M]. 北京: 石油出版社. 42.
- 李思田,解习农,王 华,焦养泉,任建业,庄新国,陆永潮. 2004. 沉积盆地分析基础与应用 [M]. 北京: 高等教育出版社. 410 页.
- 李有柱. 2005. 碳质岩石与铀矿化的关系 [J]. *世界核地质科学*, 22 (3): 153-157.
- 孙庆津,张维海,张维萍,赵建社,苗建宇,孙 卫,刘池洋. 2007. 有机质在铀成矿过程中作用的实验模拟研究 [J]. *中国地质*, 34 (3): 463-468.
- 吴仁贵,余达淦. 2005. 辫状沉积砂体与砂岩型铀矿的关系剖析 [J]. *铀矿地质*, 21 (2): 92-96.
- 谢凤猛,李彦强. 2007. 郑家庄庄地区下第三系沙河街组砂岩砂体特征研究 [J]. *矿物岩石*, 27 (2): 94-100.
- 尹金双,向伟东,欧光习,王志明,王秀琴. 2005. 微生物、有机质、油气与砂岩型铀矿 [J]. *铀矿地质*, 21 (5): 287-295.
- 张金亮,杨子成,司学强. 2004. 辽河油田西部凹陷沙三段沉积相及演化 [J]. *西北地质*, 37 (4): 7-14.
- 张亚明,王丽华,高常青. 2002. 平庄盆地构造特征及演化 [J]. *辽宁工程技术大学学报*, 21 (4): 483-485.
- 赵忠华. 2003. 中国北东部中生代盆地地浸砂岩型铀矿成矿地质条件及找矿方向 [J]. *地质与资源*, 12 (1): 36-41.