

宁东石槽村地区直罗组砂岩型铀矿“三位一体”找矿预测研究

卢 钧¹ 周小平¹ 马海涛^{1,2} 栗雪彬³ 李 科⁴

1. 宁夏回族自治区核地质调查院 宁夏 银川 750021

2. 宁夏大学地理科学与规划学院 宁夏 银川 750021

3. 东奥达科技有限公司 北京 100000

4. 宁夏回族自治区矿产地质调查院 宁夏 银川 750021

摘 要: 宁东地区作为我国重要的战略能源储备基地, 具有优越的铀成矿地质条件和广阔的资源开发利用前景, 本文基于宁东北部(石槽村)地区的铀矿地质勘查资料构建三维地质模型并结合“三位一体”找矿预测理论, 总结梳理了该区的铀成矿地质体、构造特征和成矿作用标识, 研究结果表明, 该区具有丰富的铀物质来源且位于适宜的构造斜坡带并拥有通畅的“补—径—排”地下水渗流系统和频繁的古气候交替变化环境, 以及规模厚度较大的砂体容矿空间, 值得开展进一步专项研究工作。

关键词: 三维建模; 三位一体; 砂岩型铀成矿预测

0 引言

天然铀是目前世界上最清洁高效的“双碳”新型能源, 深刻影响着当今政治、军事、能源、环境等重要领域, 一直是世界各国密切关注的焦点, 更是我国核工业发展不可或缺的原材料^[1]。本文基于宁东石槽村地区的地质、物探和化探等数据资料, 以“三位一体”找矿预测理论为指导, 构建研究区二三维一体化GIS地质找矿预测模型^[2], 开展铀成矿地质体、铀成矿构造与结构面和铀成矿作用特征标识综合分析研究, 为下一步铀矿资源勘探开发提供科学高效的技术支持和决策依据。

1 研究区“三位一体”铀找矿预测研究

宁东北部石槽村地区位于鄂尔多斯盆地西缘宁东铀成矿带北部鸳鸯湖区域性背斜东翼, 地层由老到新依次发育有三叠系上统上田组(T_3s)、中侏罗系延安组(J_2y)和直罗组(J_2z)、上侏罗系安定组(J_3a)、古近系渐新统清水营组(E_q)和第四系(Q), 两翼发育大致平行背斜轴的次级褶皱(李家圈向斜和李家圈背斜), 西北部地层剥蚀较强烈。其中, 上田组为一套河湖相杂色碎屑岩建造, 构成区内煤铀沉积基底, 出露于石沟驿~古窑子一带, 并在地表发育了大量放射性异常, 平均铀含量可达 $5.518 \times 10^{-6} \text{g/g}$ 以上^[3], 远超全球地壳平均铀丰度值 $2.7 \times 10^{-6} \text{g/g}$, 表明该地层具备一定的铀源物质条件。(图1)

早中侏罗系期间, 研究区受潮湿~半潮湿古气候环

境交替影响, 形成了一套以细砂岩、粉砂岩和泥岩为主的河流~湖泊相沉积体系, 洪泛平原沉积和曲流河沉积的“二元结构”特征明显^[4], 这些特征再一次为延安组和直罗组灰色河流相含煤碎屑岩的沉积以及铀的富集奠定了丰富的物质基础。晚侏罗系燕山运动过程, 导致该区地层发生褶皱、断裂和隆升, 形成了近南北向的锥形断褶带, 构建了宽缓褶曲状分布的有利构造格局, 此后, 研究区长期处于构造相对稳定期, 含氧含铀的地下水向宽缓背斜和向斜两翼渗入, 进行淋滤和改造, 持续性为铀的矿化富集创造有利条件。(图1)

1.1 铀成矿地质体

研究区主要赋矿层位为中侏罗统直罗组下段, 按照不同沉积阶段和不同岩性结构特征可细分上亚段(J_{2z1-2})和下亚段(J_{2z1-1}), 共同构成一套潮湿~半潮湿古气候环境下形成的辫状河~曲流河沉积体系。由下至上, 沉积物粒度逐渐变细, 总体岩层胶结松散, 透水性好, 泥~沙~泥互层频繁, 氧化~还原分带明显且具有完整的顶底板隔水层, 适宜砂岩型铀矿的形成与富集。

然而, 上亚段虽然存在少量铀矿化显示, 但由于沉积旋回多、岩相变化大、泥质含量高、分布不连续、容矿砂体厚度较薄(约15.6m), 可以作为一般的铀找矿目的层。下亚段下部发育一套中厚层中粗粒长石石英砂岩, 从北向南埋深逐渐变浅, 背斜翼部向轴部厚度变薄, 其中南部大于北部, 东部大于西部, 西南部厚度最大, 平均厚度大于60m, 中心位置可达100~150m。含铀砂体多出现在深部切谷位置, 具有明显的构造斜坡带和

基金项目: 宁夏自然科学基金项目(项目编号: 2023A0055)资助

填平补齐沉积特征，因此厚度由厚变薄的部位正是地下水动力条件变异之处。泥~沙~泥互层结构良好，单个组合厚度约20~40m，空间分布稳定，砂泥比例>1，顶底板隔水层完整，岩层中富含丰富的有机质、碳屑和黄铁矿等还原介质，更有利于铀的还原富集，具有较大的铀找矿远景。

1.2 铀成矿结构面

研究区内的直罗组下段层间氧化带发育宽度约5Km左右，总体呈由西南向东北发育，按照钻孔岩芯的岩石颜色、矿物组合、蚀变特征和 Fe^{2+} 与 Fe^{3+} 离子比值

(0.25~1.25) 指标^[5]，可将直罗组下段下亚段划分出氧化带、过渡带和还原带，上下亚段具有相似特征，其中氧化带前锋呈蛇曲状展布，长约8.5Km，宽约1.5Km，总体呈由西南向东北发育，铀矿化体呈板状，主要产于氧化还原过渡带偏氧化带附近，岩石颜色主要呈浅灰、灰白色、灰绿色和黄绿色，黏土矿物比例中等(10~20%)，局部见少量碳质有机质细脉，垂向上具有“上白下灰”或“白灰互层”特点，呈卷状产出，剖面上圈定则以水平方向上的灰白色砂岩尖灭界面为准。(图2)

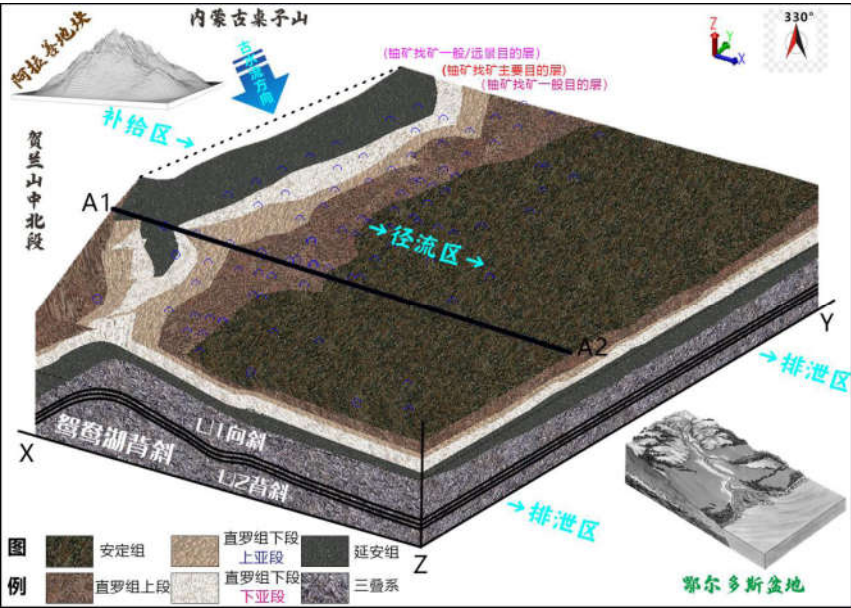


图1 研究区“三位一体”铀找矿预测模型1

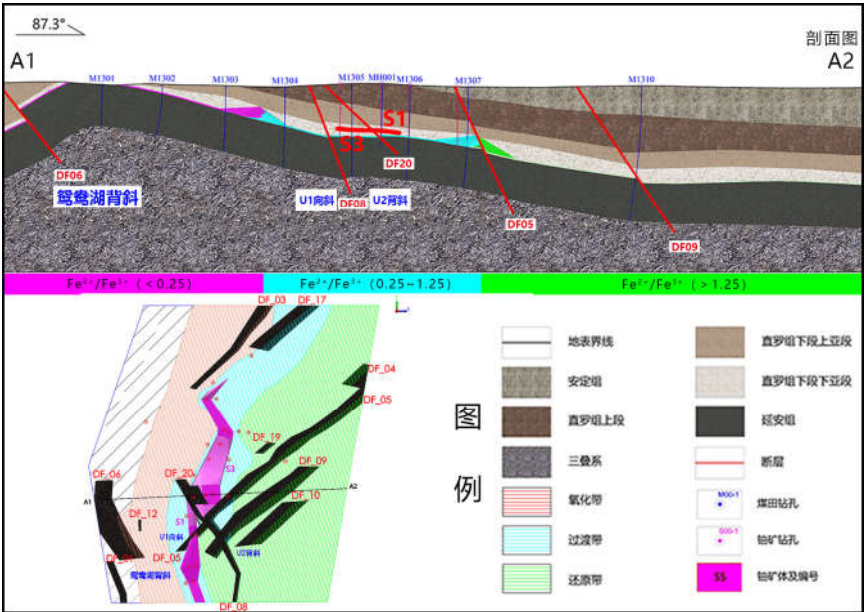


图2 研究区“三位一体”铀找矿预测模型2

1.3 铀成矿作用特征标识

电子探针结果表明,直罗组下段下亚段的铀矿石中Fe-Ti氧化物多见疏密不一的 α 径迹,可见少量的细小沥青铀石矿物,表明Fe-Ti氧化物碎屑是主要富铀介质,通过黄铁矿交代及少量云母和黏土质吸附,呈胶状、肾状和葡萄状集合体状态产出,铀矿石主要为粒状结构,层状构造,矿物成分以石英、长石、花岗岩岩屑与变质岩岩屑1%~5%组成,局部见白云母、黑云母、绿泥石和少量碳质碎屑、黏土及铁金属矿物不规则颗粒,碎屑颗粒排列紧密,云母挤压变形明显。矿石化学成分属于硅铝酸岩型,占比可达85%左右且变化较大,其它元素变化不大,常见的伴生元素如铜(Cu)、钼(Mo)、镍(Ni)、钒(V)、硒(Se)等,均未达到伴生元素品位含量要求。

2 结论

研究区周围具有丰富铀源物质条件,稳定的早期大地构造隆起坡度条件,显著的古气候交替变化环境,通畅的“补—径—排”地下水渗流系统,频繁泥~沙~泥互层结构特征,平衡的放射性衰变环境,以及具有一定厚度和规模的砂体容矿空间等,对于富铀基底的活化运移、淋滤改造和矿化富集,以及铀的二次迁移沉淀、成矿叠加和层间氧化作用发生等均具有一定积极意义,综合预测一般铀找矿目的层2层,分别是直罗组下段上亚段

下部和延安组上部,重点铀找矿目的层1层,直罗组下段上亚段底部,铀矿化体因呈薄板状蛇曲状发育。

同时,基于研究区平衡的铀镭系数、复杂的酸碱交代矿化蚀变特征、高变化系数较低的钍/铀比值,以及伴生元素均未达到品位含量要求,推测该区铀矿床的形成过程因受多来源和多样性复杂地质作用交互影响,可能存在铀的再次富集而不会快速迁移流失等现象,甚至可能会存在新的目标层位或不同的铀矿床类型,值得进一步开展专项工作深入研究。

参考文献

- [1]陈戴生,李胜祥,蔡煜琦.我国中新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,2003.DOI:CNKI:SUN:CJXB.0.2003-01-016.
- [2]卢钧,马海涛,周小平,李科.二三维一体化空间数据资料模型应用方法研究[J].矿产与地质,2022,36(06):1262-1270+1277.DOI:10.19856/j.cnki.issn.1001-5663.2022.06.022.
- [3]金若时等.鄂尔多斯盆地砂岩型铀成矿地质背景[M].北京:科学出版社,2019.9,ISBN:978-7-03-062247-1.
- [4]郭庆银.鄂尔多斯盆地西缘构造演化与砂岩型铀矿成矿作用[D].中国地质大学(北京),2010.
- [5]戴明建,彭云彪,苗爱生,等.鄂尔多斯盆地北东部铀成矿带三位一体找矿预测模型[J].矿物学报,2015,35(S1):111. DOI:10.16461/j.cnki.1000-4734.2015.s1.082.