

鄂尔多斯盆地塔然高勒地区砂岩型 铀矿成矿地质特征及勘探前景

张 娟^{1*}, 王 豪¹, 郭 杰¹, 彭胜龙¹, 孙义高^{1,2#}

¹内蒙古煤炭建设工程(集团)总公司, 内蒙古 呼和浩特

²成都理工大学油气藏地质与开发工程国家重点实验室, 四川 成都

收稿日期: 2025年12月2日; 录用日期: 2026年1月8日; 发布日期: 2026年1月21日

摘要

为了探讨鄂尔多斯盆地北东部塔然高勒地区砂岩型铀矿成矿地质条件, 通过分析该地区的地质构造、岩相-岩性特征、古气候、古水文及铀源等条件, 采用煤田资料筛查、地质编图等方法对其细致进行了研究。经过综合分析后认为, 塔然高勒地区中侏罗统直罗组下段放射性异常发育, 为主要找矿目的层; 直罗组下段砂体厚度适中, 砂体顶、底板隔水层发育稳定, 存在有利成矿的“泥-砂-泥”地层结构, 具备有利成矿的岩性-岩相条件, 同时铀源丰富, 具有较好的成矿前景。

关键词

鄂尔多斯盆地, 塔然高勒地区, 砂岩型铀矿, 成矿条件

Geological Characteristics and Exploration Potential of Sandstone-Type Uranium Deposits in the Taran Gaole Area, Ordos Basin

Juan Zhang^{1*}, Hao Wang¹, Jie Guo¹, Shenglong Peng¹, Yigao Sun^{1,2#}

¹Inner Mongolia Coal Construction Engineering (Group) Corporation, Huhhot Inner Mongolia

²State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan

Received: December 2, 2025; accepted: January 8, 2026; published: January 21, 2026

*第一作者。

#通讯作者。

Abstract

In order to investigate the ore-forming geological conditions of sandstone-type uranium deposits in the Taran Gaole area (the eastern part of the Ordos Basin, China), the stratigraphic structure, lithology-lithographic conditions, hydrology, paleoclimatic and uranium sources in this area were analyzed, and the methods of coalfield data screening and geological mapping were used to study the geological conditions. After comprehensive analysis, it is believed that the radioactive anomalies in the Lower Section of the Middle Jurassic Zhiluo Formation in the Tarangaole area are abnormally developed, which is the main target layer; the thickness of the sand body in the Lower Section of the Middle Jurassic Zhiluo Formation is moderate, the top and bottom layers of the sand-soil are stably exist, and the “mud-sand-mud” stratigraphic structure which is favorable for ore-forming, shows necessary lithology-lithographic conditions. In addition, uranium sources are relatively abundant. Therefore, it has a better metallogenic prospect.

Keywords

Ordos Basin, Taran Gaole Area, Sandstone-Type Uranium Deposits, Metallogenic Condition

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

鄂尔多斯盆地矿产资源丰富，是我国煤炭、石油、天然气和铀等能源矿产的重要产地之一。其中铀矿作为极稀有的战略性金属矿产，对我国的可持续性发展及国家安全具有极其重要的地位[1]-[6]。鄂尔多斯盆地的铀矿找矿工作最早始于上世纪 50 年代至 80 年代，为 90 年代末的大规模的铀矿找矿和研究工作打下了坚实的基础[3] [7]。通过二十多年来的勘探及研究成果表明，鄂尔多斯盆地作为我国铀矿找矿的重点地区，成矿地质条件优越，具有巨大的成矿潜力。我国地质工作者已先后在盆地发现了皂火壕、温家梁、柴登壕 - 罕台庙、纳岭沟、大营等一系列大 - 特大型砂岩型铀矿床或矿产地[2] [8]-[12]。并对其成矿条件、赋存方式进行了细致研究，圈定了多个远景找矿区[5] [13]。就砂岩型矿床而言，其所具有的断续分布、延伸规模小、沿氧化还原过渡带呈蛇曲状展布等特点，使对其勘探工作要求较高[3] [7]。从而使得鄂尔多斯盆地北东部铀成矿带部分地段仍值得开展更深入细致的工作[1]。本次通过对盆地北东部塔然高勒地区以往煤田钻孔资料的“二次开发”，在研究区筛选具有自然伽玛异常的钻孔，优选找矿靶区，结合以往煤田地质资料和钻孔原位验证进行再次研究。分析区铀成矿的地质条件，研究区内铀矿化规律和主要控矿要素，剖析盆地北东部塔然高勒地区铀成矿前景，为塔然高勒地区及其邻区等铀矿找矿薄弱区的进一步工作部署提供参考依据。

2. 区域地质背景

鄂尔多斯盆地位于中国中西部，横跨陕、蒙、甘、宁、晋四省区，是华北地块典型的大型克拉通盆地。盆地北侧与蒙古海槽相邻，南侧与秦岭地槽相接，是在早元古界和古生界海相沉积的基底基础上发育而成的内陆沉积盆地[5] [14]。同时随着北方阴山山脉和南方秦岭山脉逐渐隆起，使鄂尔多斯盆地在两种不同大地构造类型的夹持控制下长期表现为北高南低的古构造面貌，其中北部阴山隆起是盆地的发展

及后期成矿的主要物源及铀源区[5] [14]-[16]，如图 1。

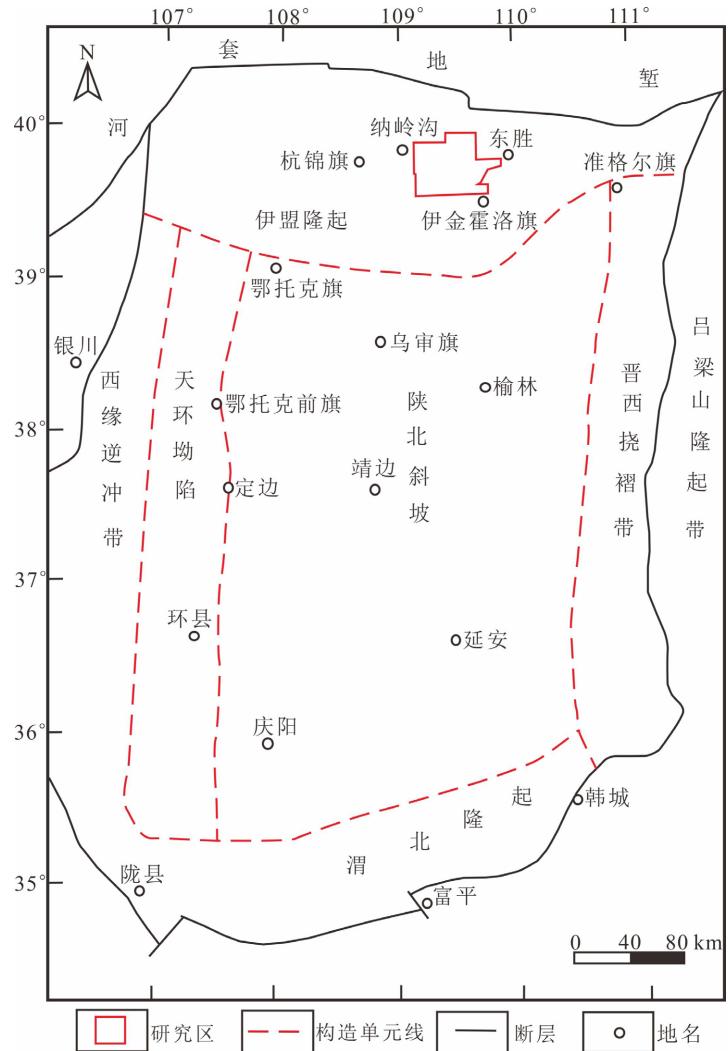


Figure 1. Tectonic zoning map of the Ordos Basin [17]

图 1. 鄂尔多斯盆地构造分区图[17]

3. 矿区地质特征

3.1. 地层特征

研究区位于东胜煤田北缘，受新生代构造与剥蚀作用影响，上覆地层遭强烈切割破坏。根据区域地质调查与钻探资料，区内地层自老至新包括：侏罗系中下统延安组(J_{1-2y})、侏罗系中统直罗组(J_{2z})、白垩系下统志丹群(K_{1zh})和第四系(Q) (图 2)。主要含矿砂体为侏罗系中统直罗组辫状河沉积构造为，根据沉积期古气候差异及岩性组合特征，可划分为上段(J_{2z^2})和下段(J_{2z^1})，其中下段为主要找矿目的层。

1) 侏罗系中下统延安组

本组地层在区内广泛发育，岩性较为复杂，主要为一套白、灰白及浅灰色的各种粒级砂岩与灰、深灰色泥质粉砂岩、砂质泥岩和泥岩互层，砂体常含炭屑，发育有多层可采煤层。岩相为辫状河体系、河流体系、浅湖及三角洲体系以及由其演化的沼泽及泥炭沼泽相[15]。顶部具有一定厚度的泥岩和粉砂质泥

岩, 与直罗组上段底部的泥岩为直罗组下段构成了“泥-砂-泥”的独特成铀构造, 为含氧含铀水运移和铀富集提供了有利场所[16]。

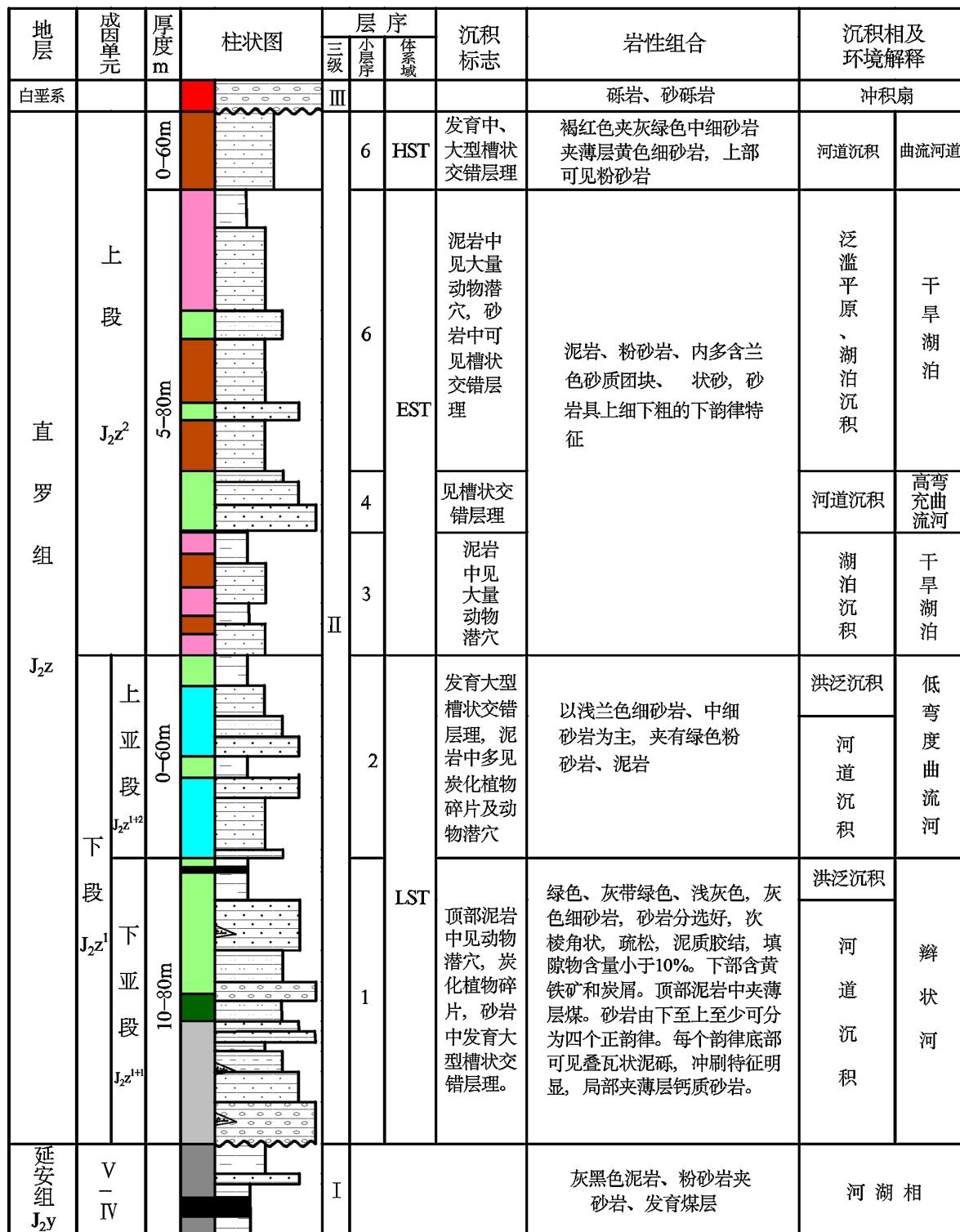


Figure 2. Composite columnar section of the Zhiluo Formation in the Taran Gaole Area of the northeastern Ordos Basin
图 2. 鄂尔多斯盆地东北部塔然高勒地区直罗组综合柱状图

2) 侏罗系中统直罗组

直罗组下段岩性以灰绿色、浅灰色砂岩为主,局部夹薄煤层,偶见灰绿色泥岩、砂质泥岩薄层。砂岩中多见炭屑、煤屑和黄铁矿,黄铁矿大多呈团块状、细晶状,以泥质胶结为主,固结程度低。该段上部为一套辫状河沉积体系,垂向上“二元结构”明显、砂泥互层频繁。砂体在研究区内呈条带状,分布较局限,部分钻孔中见有铀矿化显示,是研究区内铀矿找矿的主要目的层。

直罗组上段为干旱古气候条件下曲流河沉积体系,岩性主要为灰绿色中、粗粒砂岩,泥质胶结,成岩度相对较低。该组以氧化环境为主,未发现铀矿化,在研究区内不作为找矿目的层。

3.2. 目的层沉积体系特征

直罗组下段主要以砂质辫状河沉积体系为主,主要由心滩和辫状河道组成,砂体发育规模较大,具有填平补齐的沉积特征,垂向上由多个自粗砂岩到粉砂岩,甚至泥岩的(半)正韵律层叠置而成。构成地下水良好的运行通道,为砂岩型铀矿提供一个巨大的储存空间。研究区中部由于距离区域辫状河道中心部位距离较近,向前发育辫状分流河道,在靠河道中心部位砂体厚度巨大(大于100 m)(图3)。整体上,区内辫状河发育方向为由北向南略偏西。辫状河道周边发育河道间,其上零星发育分流间湾,分布范围较小。

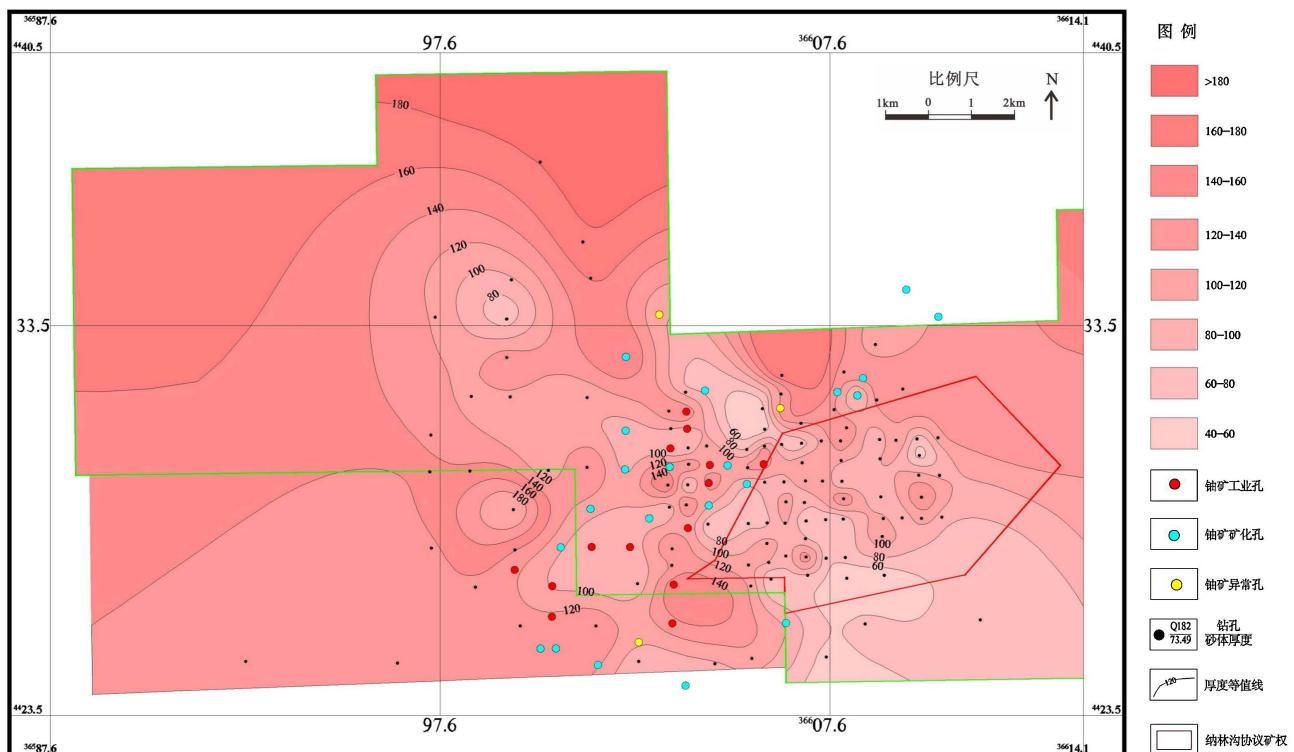


Figure 3. Contour map of sand body thickness in the lower section of the Zhiluo formation in the Taran Gaole Area of the northeastern Ordos Basin

图 3. 鄂尔多斯盆地东北部塔然高勒地区直罗组下段砂体厚度等值线图

3.3. 矿体矿石特征

根据以往煤田地质资料,研究区直罗组下段铀矿带平面上总体呈北东-南西向展布(如图4),矿体埋深446.95~679.65 m,平均埋深545.35 m,厚度为1.30~7.50 m,受地形及地层产状影响较为明显,但总体上有东向西、北向南埋深逐渐加大的规律。

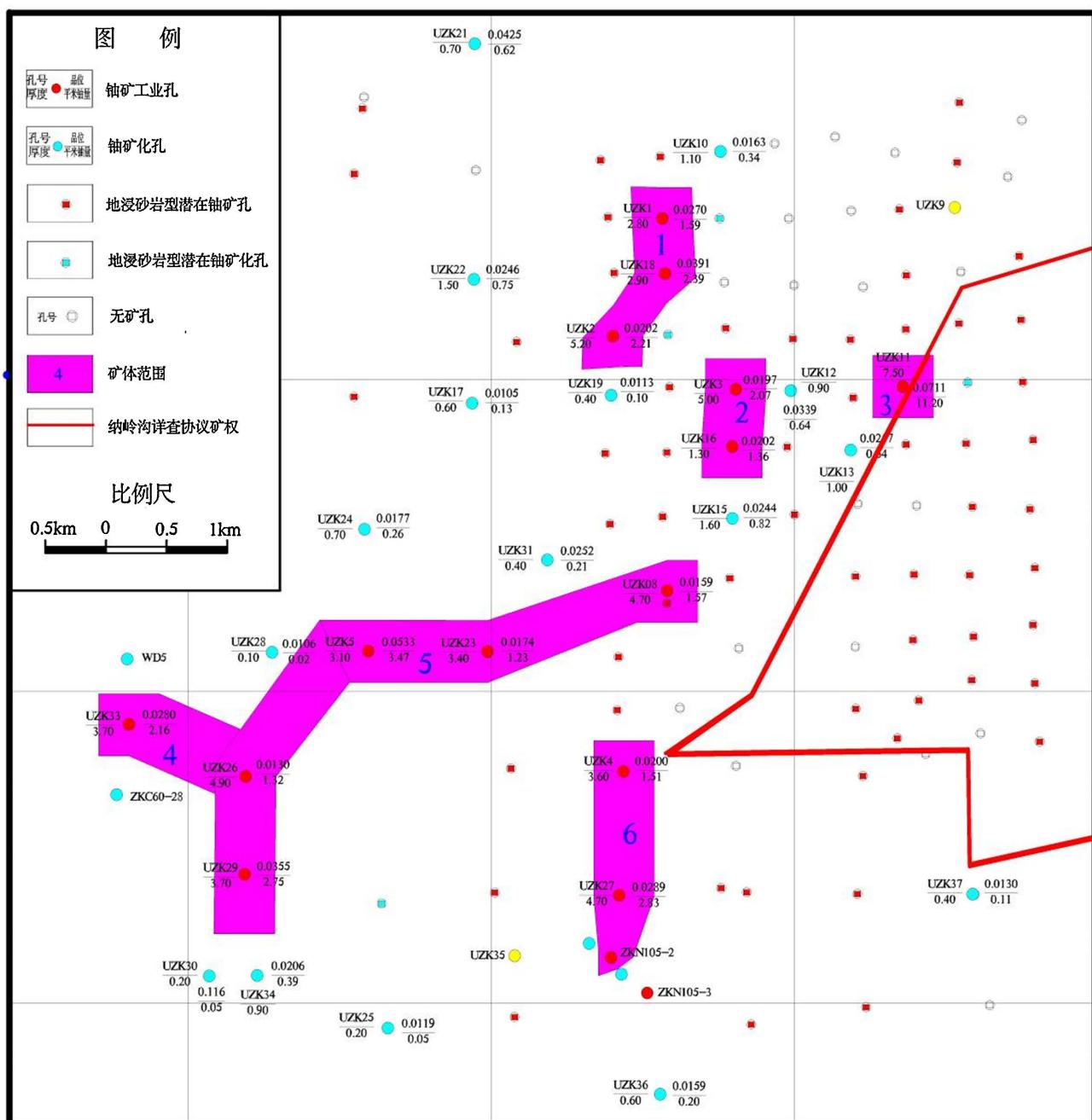


Figure 4. Projection map of ore bodies (strata) in the Taran Gaole Area of the northeastern Ordos Basin

图 4. 鄂尔多斯盆地东北部塔然高勒地区矿床矿(层)体投影图

剖面上,直罗组下段矿体发育于含矿砂体中下部,且个别钻孔发育两层矿体;受地层、河道砂体分布方向影响,矿体产状与目的层砂体的产状一致,均以平整的板状为主,矿化体主要沿工业矿体周边分布(图 5)。与纳岭沟铀矿床地质剖面的规律相似[4] [18]。

塔然高勒地区矿石以碎屑物为主,平均含量为 80.00%。碎屑物主要由石英、长石、少量云母碎片和岩屑组成(图 6)。其中石英含量占 45%~50%,主要为单晶石英,少量硅质岩屑和(变质)石英岩岩屑;长石含量占 25%~30%,主要为斜长石和钾长石,斜长石可见聚片双晶和简单双晶,钾长石课件格子双晶;

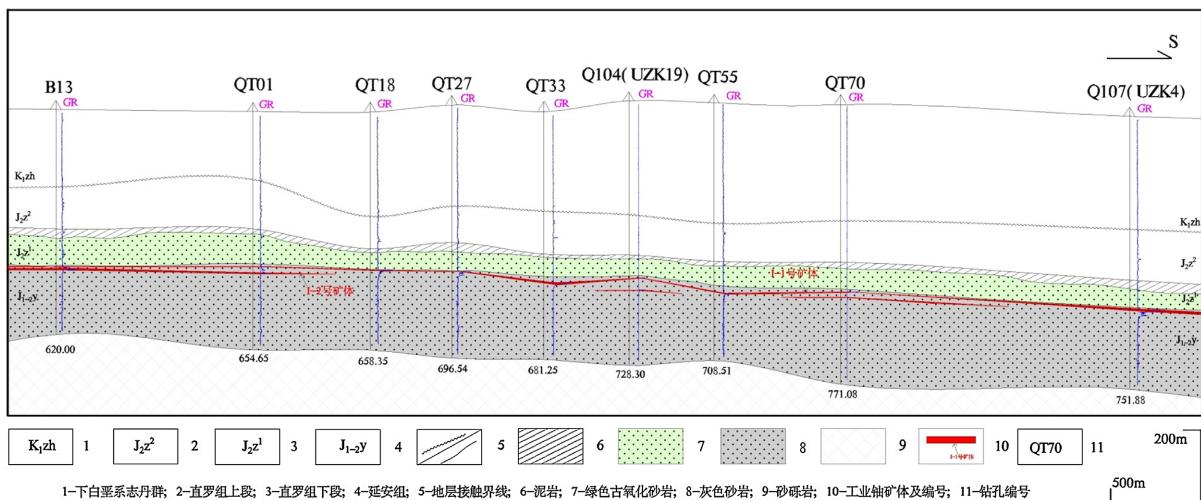


Figure 5. Cross-section of the Taran Gaole Area deposit in the northeastern part of the Ordos Basin

图 5. 鄂尔多斯盆地东北部塔然高勒地区矿床剖面图

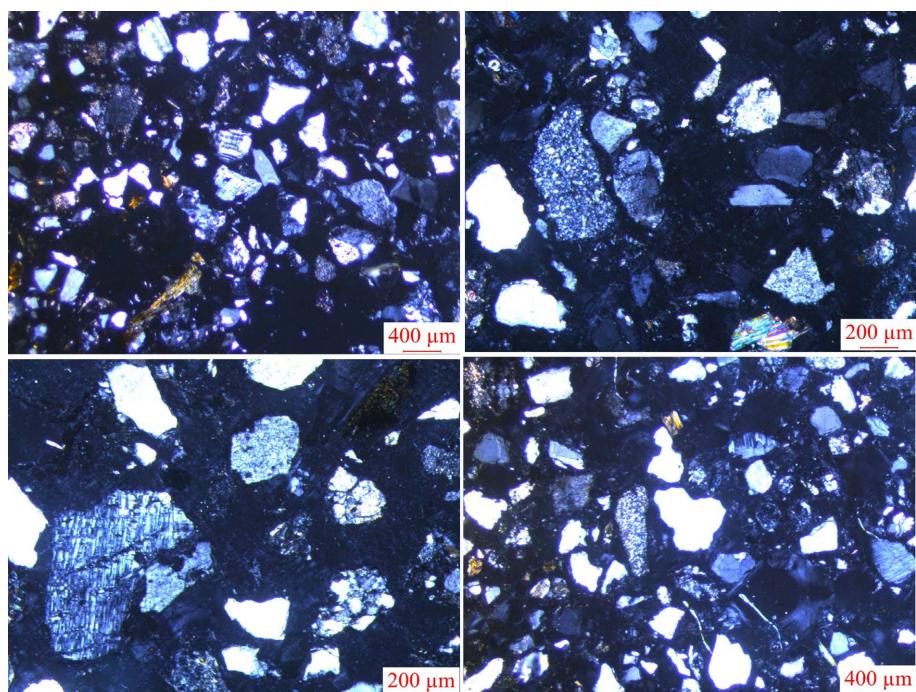


Figure 6. Microphotographs showing the Middle Jurassic Zhiluo formation sandstones in the Taran Gaole Area

图 6. 塔然高勒直罗组砂岩下照片

岩屑含量占 3%~5%，主要为泥质岩屑，部分含蚀变岩岩屑；云母碎片含量 1% 左右，主要为黑云母和少量白云母。

矿石化学成分以 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 为主，占总量的 72.50%~88.59% (表 1)， SiO_2 平均含量为 66.10%， Al_2O_3 平均含量为 12.18%， TiFe_2O_3 平均含量为 4.43%，有害组分 P_2O_5 平均含量较低，为 0.08%， CaO 平均含量为 2.61%。矿石、围岩、钙质矿石化学成分基本相同，略有变化的是钙质矿石中 CaO 含量增高， SiO_2 含量相应减小。矿石平均烧失量为 6.12%，说明矿石中有机质含量较高，自身吸附能力及还原能力较强。

Table 1. Chemical composition of uranium ore in the Taran Gaole area
表 1. 塔然高勒地区铀矿石化学成分统计表

孔号	样品个数	化学成分(%)										
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	TFe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃
UB2919	2	59.98	10.58	1.94	10.28	0.88	0.13	0.43	0.06	2.27	1.37	1.47
UZK01	2	73.10	13.01	2.06	1.23	1.13	0.04	0.34	0.06	3.24	1.95	0.01
UZK07	4	73.14	13.29	2.17	1.36	0.89	0.04	0.37	0.07	2.97	2.15	0.72
UZK27	8	63.79	12.25	5.89	1.60	1.29	0.08	0.58	0.08	2.91	1.88	3.51
UZK18	7	67.90	13.75	4.94	1.39	1.46	0.06	0.50	0.12	3.09	1.78	-
UZK26	9	65.24	12.40	5.18	2.38	1.16	0.06	0.37	0.10	3.09	1.72	-
UZK02	12	66.25	12.54	6.73	1.36	1.03	0.06	0.59	0.10	2.90	1.92	-
UZK08	14	66.03	12.58	3.93	1.55	1.41	0.07	0.51	0.08	3.23	1.78	2.34
UZK10	5	60.47	12.04	9.04	2.21	1.72	0.10	0.61	0.10	2.85	1.34	2.35
UZK17	3	65.63	11.61	5.92	0.69	1.41	0.05	0.35	0.06	3.18	1.55	1.68
UZK21	2	62.79	11.15	3.55	7.04	1.42	0.12	0.32	0.07	3.14	1.55	0.13
UZK22	2	63.41	10.52	4.75	1.66	1.25	0.06	0.41	0.07	2.59	1.21	8.51
UZK23	12	66.17	12.32	3.19	2.74	1.50	0.08	0.48	0.08	3.14	1.55	1.76
UZK29	10	71.48	12.49	2.78	1.00	1.48	0.04	0.44	0.07	3.32	1.85	0.43
平均		66.10	12.18	4.43	2.61	1.29	0.07	0.45	0.08	2.99	1.68	2.08

矿石主要为疏松、较疏松的浅灰色、灰色长石砂岩和长石石英砂岩, 中粒、粗粒砂状结构, 分选性中等为主, 磨圆多为次棱角状。矿石大多为中细粒砂状结构(图 6), 部分呈砂泥质结构, 块状构造。矿石中碎屑粒间以接触式胶结为主, 少数为孔隙式胶结。矿石中粗砂、中砂和细砂的含量占比达 98.62%, 可渗透矿石占绝对优势。

3.4. 放射性异常特征

通过对以往 320 口煤孔测井自然伽玛曲线进行重新解释, 发现区域钻孔均存在不同程度的放射性异常, 而且层位主要位于侏罗系中统直罗组(J_{2z})较连续的河流相砂体地层, 岩性以粗、中、细粒砂岩为主。这些钻孔的自然 γ 强度异常明显, 自然伽玛值多在 700 API 以上。其中大于 2000 API 的范围位于研究区西部及东南地区, 面积约为 105 km^2 ; 大于 3000 API 的范围约为 35 km^2 , 具有很好的找矿前景(图 7)。

4. 成矿条件分析

4.1. 构造条件

根据以往地质资料, 华北大陆地壳演化过程中, 以燕山运动和印支运动两次重要的构造运动面为界, 划分出构造格局和构造体制均有较大不同的结晶基底、稳定型地台沉积盖层和活动型盆地沉积盖层。结晶基底为太古界-下元古界, 不仅为地台沉积盖层的形成提供物源, 而且由于其隆起时间较早, 在一定程度上为盆地中新生代盖层沉积和铀的富集提供物源和铀源[14]。

区内主要找矿目的层为中侏罗统直罗组下段(J_{2z^1}), 直罗组下段以河流相沉积为主, 可划分为下段下亚段的辫状河沉积(J_{2z^1-1}), 下段上亚段的辫状河-曲流河沉积(J_{2z^1-2}), 下段上、下亚段辫状河砂体具有

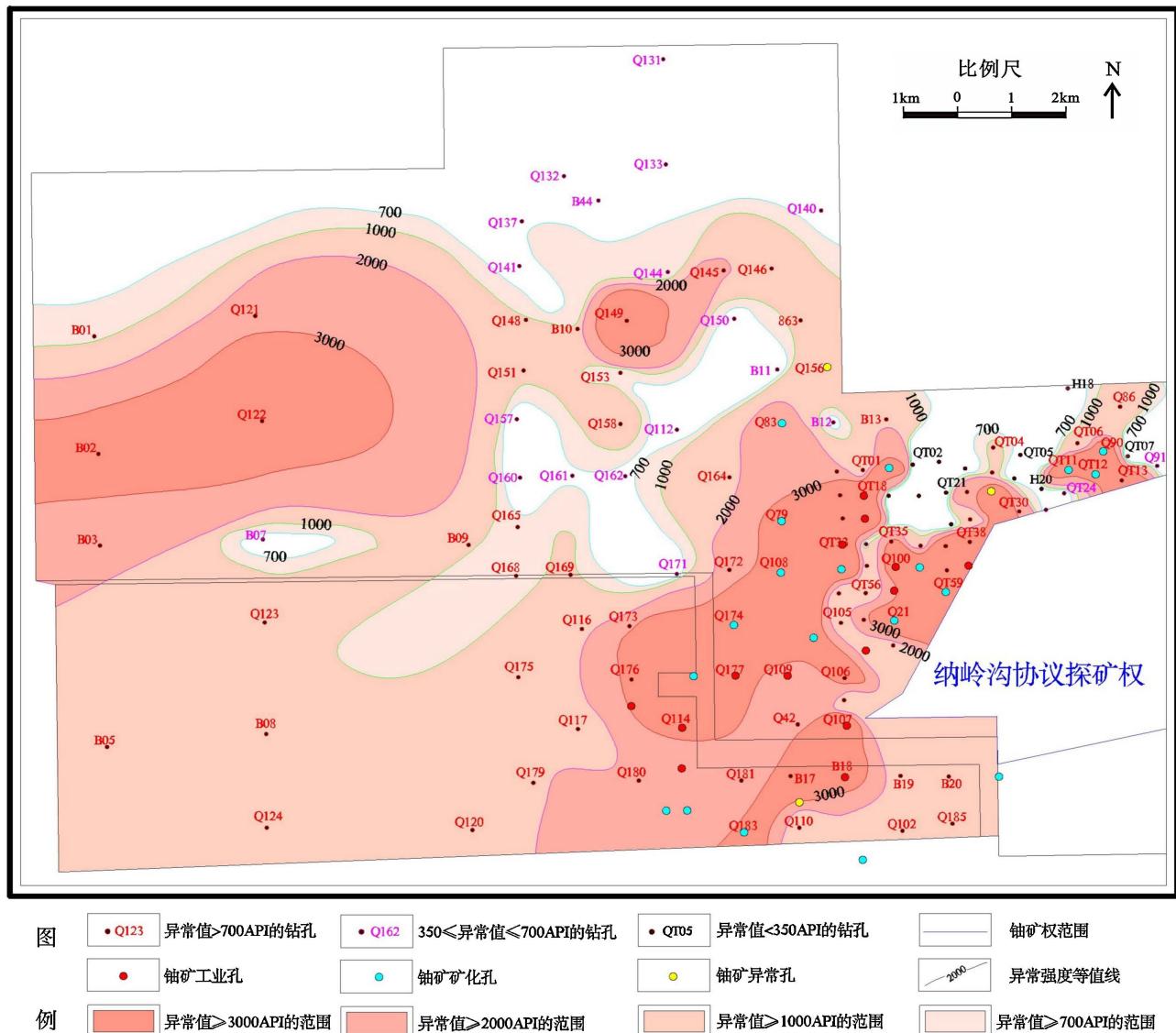


Figure 7. Radioactive anomaly intensity (API) contour map of boreholes in Taran Gaole area, northeastern Ordos Basin

图 7. 鄂尔多斯盆地东北部塔然高勒地区钻孔放射性异常强度(API)等值线图

发育稳定、成岩固结程度低、孔隙性较好等特征，构成工作区主要的储矿空间。而且各岩段均有较稳定的泥岩盖层与延安组上部泥岩层构成多层相对稳定的“泥-砂-泥”结构层，构成该区有利成矿的地层结构。

4.2. 岩相 - 岩性条件

研究区赋矿砂体主要为直罗组下段下亚段及上亚段河道砂体，砂体总体面呈现由唐公梁-纳岭沟-大成梁-新街一带沿两边演化为变薄的格局。但无论是在直罗组下段下亚段还是上亚段都发育规模大、泛连通的河流相砂体，各河道砂体在平面上纵横交错，为后期含氧化水的运移提供了良好的成矿空间，而且工作区位于直罗组下段下亚段及上亚段河道砂体边部，属地下水动力条件发生变异部位，砂体厚度适中，泥-砂-泥地层结构良好，有利于砂岩型铀矿的形成。

同时主要含矿层以直罗组下段岩性以灰色、灰绿色砂岩夹泥岩为主，砂岩粒度分布较广，但以粗粒砂岩及中粗粒砂岩为主，并在垂向上组成多个极不完整的正韵律；且灰色砂体中存在丰富的炭屑、黄铁

矿等还原介质，原生还原能力较强；砂岩分选中等，颗粒形状呈次棱角状，固结程度低，具备后生成矿的岩性条件[19]。

4.3. 古气候条件

侏罗系主要包括富县组、延安组、直罗组和安定组。其中富县组以灰色建造为主，延安组为灰色含煤建造，为温暖湿润气候沉积；直罗组以杂色为主，气候已由潮湿向半干旱过渡；安定组岩石呈紫红、褐红色，古气候完全变为半干旱、干旱气候。在这个潮湿-半干旱-干旱的旋回过程中，前期沉积了大量富含有机质及黄铁矿等还原砂层；后期形成了红色建造岩系并使含矿原岩剥蚀氧化，使铀转入水体中，且含氧含铀水体在沿砂岩层运移至地下深处时发生氧化还原反应，使铀得以富集[20]。

4.4. 水文地质条件

在中侏罗世及早白垩世沉积期，在盆地内形成了延安组、直罗组及志丹群等多层河流-三角洲相砂体，砂体具有相对稳定的隔水-含水-隔水的水文地质结构，平面展布规模大，连通性好，具备有利于层间氧化带发育的水文地质体。晚侏罗世摄入期及白垩纪水文地质期，古气候转为半干旱、干旱，氧化作用发育，来自北部及西部古隆起上的含氧含铀水直接渗入补给，这对铀的稳定迁移、层间氧化带的稳定发育及铀在氧化带前锋线一带富集成矿是非常有利的[21]。因此，盆地古水文地质条件有利于铀成矿。

4.5. 铀源条件

1) 来自蚀源区的铀源

盆地中生代沉积的物源主要来自于盆地的北部、北西部及西部，而盆地西部、北部大面积分布的太古代、早元古代结晶岩系和不同时代的花岗岩类岩体铀含量一般较高，不仅为盆地沉积提供了物源和铀初始富集的铀源，同时也是后生成矿的主要铀源[4] [15]。

2) 来自目的层本身的铀源

根据航放资料，鄂尔多斯盆地东部及西北部边缘为放射性高场区，向西部变小，这些铀高场区分布与前中生界、三叠系、侏罗系出露区相吻合，其中乌力桂庙-呼斯梁地区为铀高场区，表明前中生界、三叠系、侏罗系在沉积时期为富铀层，可提供铀源。而铀的迁移方向总体从盆地边缘向盆内迁移，而盆地周边存在大面积的铀迁出区，说明蚀源区及盆地边缘目的层出露区的铀在遭受风化淋滤后向地层中富集并成矿。

因此区内延安组、直罗组及志丹群沉积时就进行了铀的预富集，地层本身具有较高的铀含量，由于当时气候温暖潮湿，沉积物中富含大量的腐殖质、炭质或煤屑可吸附铀，可作为后生成矿的重要铀源。

5. 勘探前景预测

5.1. 古河道展布

调查区位于大营铀矿床以东，纳岭沟铀矿床的以西，且与二者具有相同的区域铀成矿条件及类似的铀成矿规律[10] [11] [18]，同时也形成于相同的铀源条件、岩性-岩相条件、古气候条件、古水文地质条件及岩石地球化学环境下，具有较好的成矿前景。

辫状河流沉积体系向辫状河三角洲沉积体系过渡的辫状分流河道一侧，河道砂体的频繁分岔处往往是铀的最佳成矿区[1] [4] [15]。因此确定古河道展布是铀矿找矿工作的一个重要环节。而现代河流与古河道通常存在一定的继承性。故研究中以目的层砂体厚度等值线及底板等高线为依据，参考现代河流走势，

初步推测了研究区古河道的展布情况(图 8), 推测古河道整体由北东向南西展布, 北高南低, 河道宽度 270~1940 m。

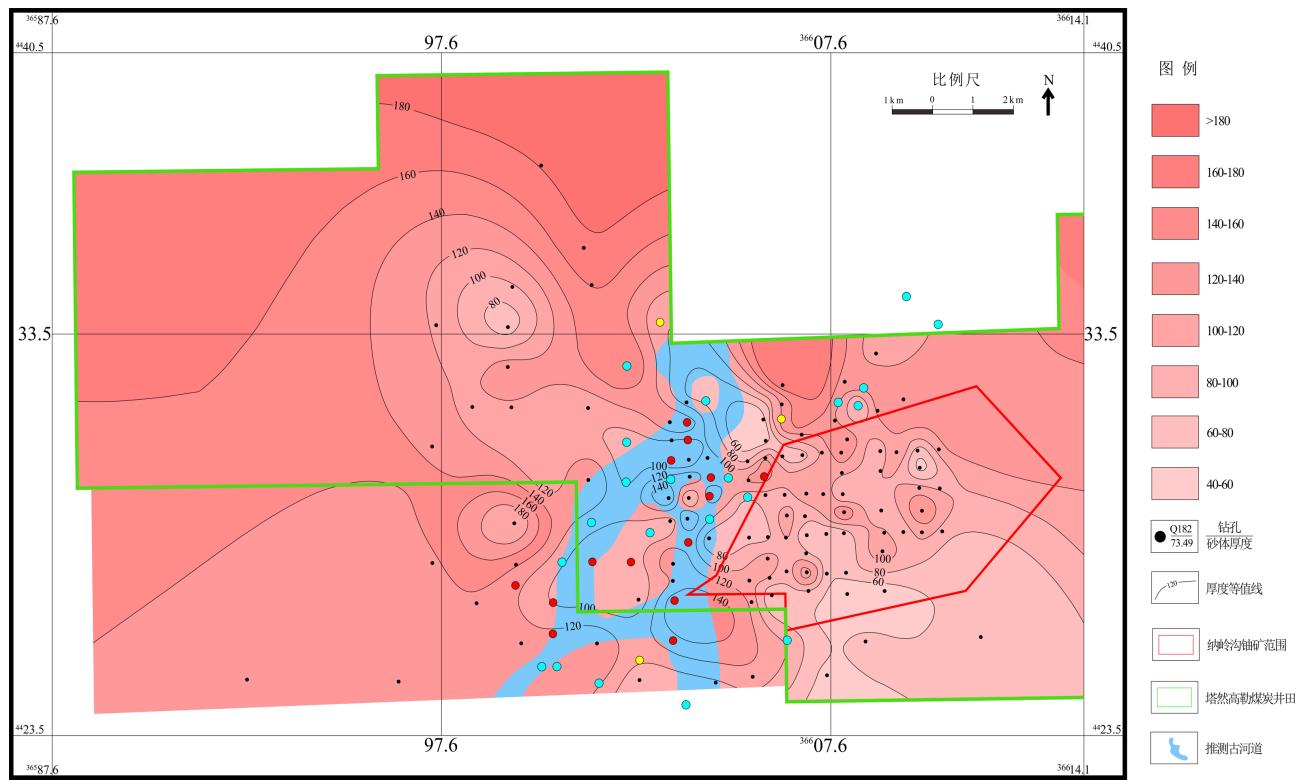


Figure 8. Linear contour of sand body thickness in the lower section of the Zhiluo Formation in the study area and fitting diagram of the inferred paleochannel in the study area

图 8. 研究区直罗组下段砂体厚度等直线与研究区推测古河道拟合图

5.2. 重点找矿区域

根据古河道展布, 研究区内存在一条主河道和多条分支河道, 受其影响, 层间氧化带前锋线呈“舌状”延伸, 分布河道分叉部位。而主河道砂体发育于河道间沉积与心滩沉积, 有利于成矿, 多为铀矿富集部位。同时在使用原始钻孔测井曲线分析验证后发现, 在河道分叉部位铀矿最为富集, 且分布范围较大, 具有较大的找矿潜力, 可作为今后找矿的重点区域。

6. 结论

- 1) 塔然高勒地区中侏罗统直罗组下段放射性异常发育, 为主要找矿目的层; 直罗组下段砂体厚度适中, 砂体顶、底板隔水层发育稳定, 存在有利成矿的“泥-砂-泥”地层结构, 具备有利成矿的岩性-岩相条件, 同时铀源丰富, 具有较好的成矿前景。
- 2) 根据目的砂层的构造、以往煤孔的放射性异常及古河流的展布, 主河道砂体发育于河道间沉积与心滩沉积, 有利于成矿, 为铀矿富集部位。同时在河道分叉部位铀矿最为富集, 且分布范围较大, 具有较大的找矿潜力, 可作为今后找矿的重点区域。

基金项目

中国地质调查局项目(煤田勘查区砂岩型铀矿调查与勘查示范, 项目编号: DD20160127)。

参考文献

- [1] Jin, R.S., Yu, R.A. and Miao, P.S. (2023) Geological Background of Sandstone-Type Uranium Deposits in Ordos Basin, Northwest China. Springer.
- [2] Ren, Y., Yang, X., Miao, P., Hu, X., Chen, Y., Chen, L., *et al.* (2022) Mineralogical and Geochemical Research on Pengyang Deposit: A Peculiar Eolian Sandstone-Hosted Uranium Deposit in the Southwest of Ordos Basin. *Ore Geology Reviews*, **141**, Article ID: 104571. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2021.104571>
- [3] Luo, X., Peng, S., Li, Z., He, F., Li, X. and Zhang, Z. (2025) Petrography and Geochemistry of Sandstones from the Middle Jurassic Zhiluo Formation in the Northern Margin, Ordos Basin: Implications for Provenance, Tectonic Setting, Paleoweathering, Paleoclimate, and Sandstone-Type Uranium Mineralization. *Frontiers in Earth Science*, **13**, Article 1573609. <https://doi.org/10.3389/feart.2025.1573609>
- [4] 冯晓曦, 滕雪明, 陈路路, 等. 鄂尔多斯盆地北部纳岭沟铀矿直罗组含铀岩系蚀源区识别[J]. 中国地质, 2023, 50(6): 1764-1787.
- [5] 李金宝, 车明, 李鑫, 等. 鄂尔多斯盆地东胜铀矿成矿作用研究[J]. 地球科学与环境学报, 2006, 28(2): 37-40.
- [6] 谈顺佳, 于常青, 聂逢君, 等. 应用地震资料探讨鄂尔多斯盆地彭阳地区浅层砂岩型铀矿与深层油气关系[J]. 地球物理学进展, 2025, 40(2): 524-540.
- [7] Jin, R., Teng, X., Li, X., Si, Q. and Wang, W. (2020) Genesis of Sandstone-Type Uranium Deposits along the Northern Margin of the Ordos Basin, China. *Geoscience Frontiers*, **11**, 215-227. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2019.07.005>
- [8] Lin, Y., Fan, M., Ni, P., Pan, J., Jin, R., Cheng, Y., *et al.* (2025) New Insights into Uranium Source and Mineralization Process of the World-Class Jingchuan Sandstone-Hosted Uranium Deposit, Ordos Basin, China: Evidence from Geology, Carbonate Textures and Geochemistry. *Ore Geology Reviews*, **185**, Article ID: 106795. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2025.106795>
- [9] 刘威宏. 鄂尔多斯盆地北部巴音青格利铀矿床流体作用研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 核工业北京地质研究院, 2024.
- [10] 罗晶晶, 李艳青, 庞康, 等. 鄂尔多斯盆地大营砂岩型铀矿古层间氧化带地球化学特征[J]. 铀矿地质, 2018, 34(5): 280-287.
- [11] 刘正义, 李西得, 赵兴齐, 等. 鄂尔多斯盆地皂火壕-纳岭沟地区铀矿含矿砂体矿物特征与成矿机理探讨[J]. 西北地质, 2017, 50(2): 191-206.
- [12] 高嘉阳, 刘汉彬, 韩娟, 等. 鄂尔多斯盆地皂火壕砂岩型铀矿土壤元素地球化学勘查方法试验研究[J]. 世界核地质科学, 2024, 41(2): 351-363.
- [13] Zhang, B., Cheng, Y., Xiao, K., Yu, R., Chen, Y., Zhu, Q., *et al.* (2025) Prediction of Sandstone-Type Uranium Deposits Based on Data from Oilfield Drilling and Its Mineralization Regularity: A Case Study of Jingchuan Uranium Deposit, SW Ordos Basin. *Applied Sciences*, **15**, Article 11268. <https://doi.org/10.3390/app152011268>
- [14] 王双明. 鄂尔多斯盆地聚煤规律及煤炭资源评价[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1996: 547.
- [15] 陈泽升. 鄂尔多斯盆地东北部延安组第二岩段顶部煤层煤相特征分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2011, 31(8): 178.
- [16] 潘爱芳. 鄂尔多斯盆地与能源矿产有关的一些地球化学研究[D]: [博士学位论文]. 西安: 西北大学, 2005.
- [17] 田家鹏, 彭胜龙, 郝静, 等. 鄂尔多斯盆地北缘砂岩型铀矿成矿条件及其找矿意义[J]. 能源研究与管理, 2023, 15(2): 60-65.
- [18] 郭虎科, 焦养泉, 苗爱生, 等. 鄂尔多斯盆地北东部纳岭沟铀矿床成矿作用特征及成矿模式[J]. 铀矿地质, 2015(z1): 283-292.
- [19] 刘晓雪, 俞初安, 曹惠锋, 等. 鄂尔多斯盆地东南缘含煤区砂岩型铀矿成矿条件[J]. 煤田地质与勘探, 2018, 46(6): 26-32.
- [20] 孙立新, 张云, 张天福, 等. 鄂尔多斯北部侏罗纪延安组、直罗组孢粉化石及其古气候意义[J]. 地学前缘, 2017, 24(1): 32-51.
- [21] 易超, 陈心路, 李西得, 等. 鄂尔多斯盆地北东部古层间氧化带砂岩型铀矿成矿特征[J]. 铀矿地质, 2015(z1): 247-257.