

鄂尔多斯盆地南缘彬县地区铀成矿关键时期的古地貌特征

贺 锋^{1,2}, 张宇龙^{1,2}, 刘红旭^{1,2}, 李 平^{1,2}, 李亚锋³, 殷龙飞³

HE Feng^{1,2}, ZHANG Zilong^{1,2}, LIU Hongxu^{1,2}, LI Ping^{1,2}, LI Yafeng³, YIN Longfei³

1.核工业北京地质研究院,北京 100029; 2.中核集团铀资源勘查与评价技术重点实验室,北京 100029;
3.核工业二〇三研究所,陕西 咸阳 712000

1. Beijing Research Institute of Uranium Geology, Beijing 100029, China;

2. CNNC Key Laboratory of Uranium Resource Exploration and Evaluation Technology, Beijing 100029, China;

3. No. 203 Research Institute of Nuclear Industry, Xianyang 712000, Shaanxi, China

摘要:中侏罗世为直罗组下段沉积期,辫状河道为有利的铀储层砂体,铀矿(化)体主要赋存于辫状河砂体中,受沉积古地貌控制,主要发育在低洼区。晚侏罗世、早白垩世—古新世、始新世—中新世是砂岩型铀成矿期,古地貌控制了地下古水流的流向,控制着氧化还原带的分布和铀矿的富集;晚侏罗世铀预成矿期,古隆起区受到潜水淋滤,含铀物质向斜坡和低洼区迁移;早白垩世—古新世铀主成矿期,古地貌控制了含氧含铀水的水流方向,氧化还原带主要分布在古地貌斜坡区。

关键词:古地貌特征;沉积期;成矿期;铀成矿

中图分类号:P619.14 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2017)04-0527-07

He F, Zhang Z L, Liu H X, Li P, Li Y F, Yin L F. Palaeogeomorphic features in the critical period of uranium mineralization in Binxian area, southern Ordos Basin. *Geological Bulletin of China*, 2017, 36(4):527-533

Abstract: During Middle Jurassic period, i.e., the sedimentary period of Lower Zhiluo Formation, the braided channel was a favorable sand body of uranium reservoir that hosted uranium, and uranium was mainly controlled by palaeogeomorphology and mainly developed in low-lying areas. The Late Jurassic, Early Cretaceous-Paleocene and Eocene-Miocene were main uranium mineralization stages. Palaeogeomorphology controlled the migration of underground water, the distribution of the redox zone and the enrichment of uranium deposits. During the Late Jurassic uranium pre-mineralization period, diving leaching caused the migration of uranium-bearing materials from the uplift to the slope and low-lying areas; during the main uranium mineralization period of Early Cretaceous-Paleocene, palaeogeomorphology controlled the direction of the water flow with oxygen and uranium, and the redox zone was distributed mainly in the slope area of the ancient landform.

Key words: palaeogeomorphology; sedimentary period; mineralization period; uranium mineralization

鄂尔多斯盆地是北方重要的砂岩型铀矿基地之一,中侏罗统直罗组下段砂岩具有良好的铀成矿远景。地球地貌的变化记录着地质历史的变

迁,恢复古地貌单元有助于揭示物源与沉积体系的时空配置关系^[1-5],分析古地貌对沉积砂体的控制作用及砂体分布规律^[6-7]。古地貌特征与铀成矿

收稿日期:2016-10-14;修订日期:2017-02-04

资助项目:中核集团青年科技创新团队项目《鄂尔多斯盆地东南缘油气耗散与铀成矿的时间配置关系研究》(编号:地HQX1601)、中核集团集中研发项目《鄂尔多斯盆地南部砂岩型铀矿关键因素识别与靶区优选》(编号:2016地LTD1601-3)、中国核工业地质局项目《鄂尔多斯盆地南缘铀成矿地质特征与远景评价》(编号:201586)、国家973项目《北方典型产铀盆地成矿机理与成矿模式》(编号:2015CB453004)

作者简介:贺锋(1984-),男,博士,工程师,从事沉积地质和铀矿地质研究。E-mail: hefeng_84@sohu.com

有密切关系,揭示铀储层的时空演化,探讨古地貌与铀成矿的关系,对铀成矿规律的研究具有指导意义,为鄂尔多斯盆地南缘下一步铀矿地质勘查提供理论依据。

1 区域地质背景

彬县地区构造位置处于鄂尔多斯盆地南缘伊陕斜坡和渭北隆起的过渡部位,主要揭露第四系、新近系,下白垩统洛河组、宜君组,中下侏罗统直罗组、延安组等^[8-9](图1)。直罗组是鄂尔多斯盆地南缘主要的含铀层位^[10],在盆地南缘彬县地区普遍发育。直罗组上段主要发育棕红色泥岩、粉砂质泥岩,局部夹中厚层的中粗砂岩;直罗组下段顶部以灰绿色中、细

砂岩为主,下部为中厚层灰白色、灰绿色粗砂岩、砂砾岩,与下伏延安组呈下切接触关系^[11]。

中侏罗世为直罗组下段沉积期,是有利砂体的发育期,为后期铀成矿提供容矿空间,是铀成矿之前最为关键的地质历史时期。晚侏罗世、早白垩世—古新世、始新世—中新世是盆地抬升剥蚀和沉积间断期,是盆地潜水和层间氧化作用的主要发育期,是砂岩型铀成矿作用的重要时期。前人利用U-Pb同位素测年测得鄂尔多斯盆地铀成矿年龄为 $149 \pm 16\text{Ma}$ 、 $110 \sim 98\text{Ma}$ 、 $41.8 \pm 9.3\text{Ma}$ 和 $51.0 \pm 5.8\text{Ma}$,其中晚侏罗世为铀预富集阶段,早白垩世—古新世为主要成矿阶段,始新世—中新世为铀叠加富集阶段^[12-15]。

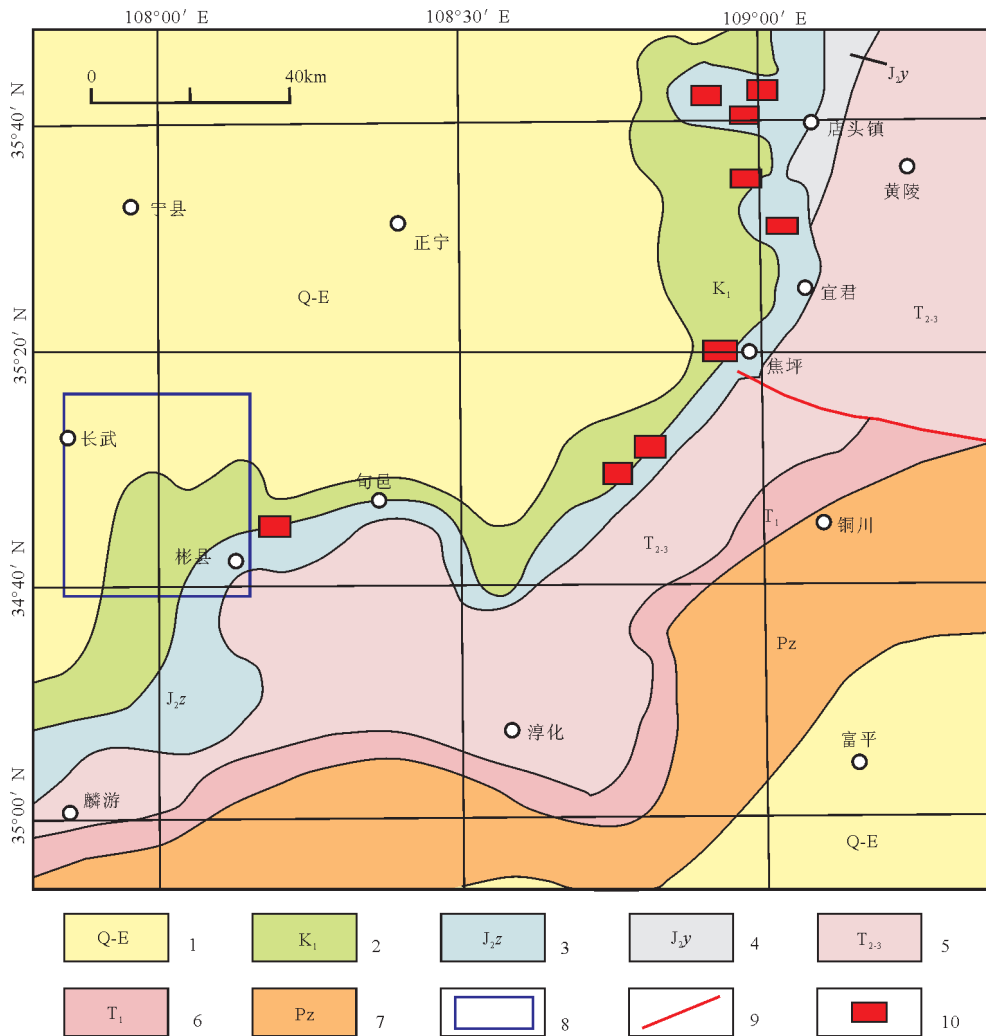


图1 鄂尔多斯盆地南缘彬县地区构造位置

Fig. 1 Regional geological sketch map of Binxian area, southeastern Ordos Basin
 1—第四系—古近系;2—下白垩统;3—中侏罗统直罗组;4—中侏罗统延安组;5—中上三叠统;
 6—下三叠统;7—古生界;8—研究区;9—断层;10—砂岩型铀矿(化)点

2 中侏罗世古地貌特征

中侏罗世为直罗组下段沉积期,研究区北部、西北部和南部为古隆起区,形成“北西高、中部及南东低”的古地貌特征,划分出古隆起、斜坡、低凸起、低洼区 4 种主要的古地貌单元(图 2-a)。古隆起为研究区地形最高的地貌单元,该区的直罗组上段部

分缺失沉积,且直罗组下段沉积厚度较薄,砂体不太发育。低洼区为地形最低的古地貌单元,发育下切谷,呈长条状,宽 2~4km,下切深度 50~80m,主要发育粗砂岩和含砾粗砂岩,底部发育底砾岩,且夹大量植物碎屑,砂体厚度 25~40m。斜坡为古隆起和低洼区的过渡地带,直罗组下段沉积厚度为 30~50m,其中砂岩厚度为 10~20m。低凸起为低洼区较

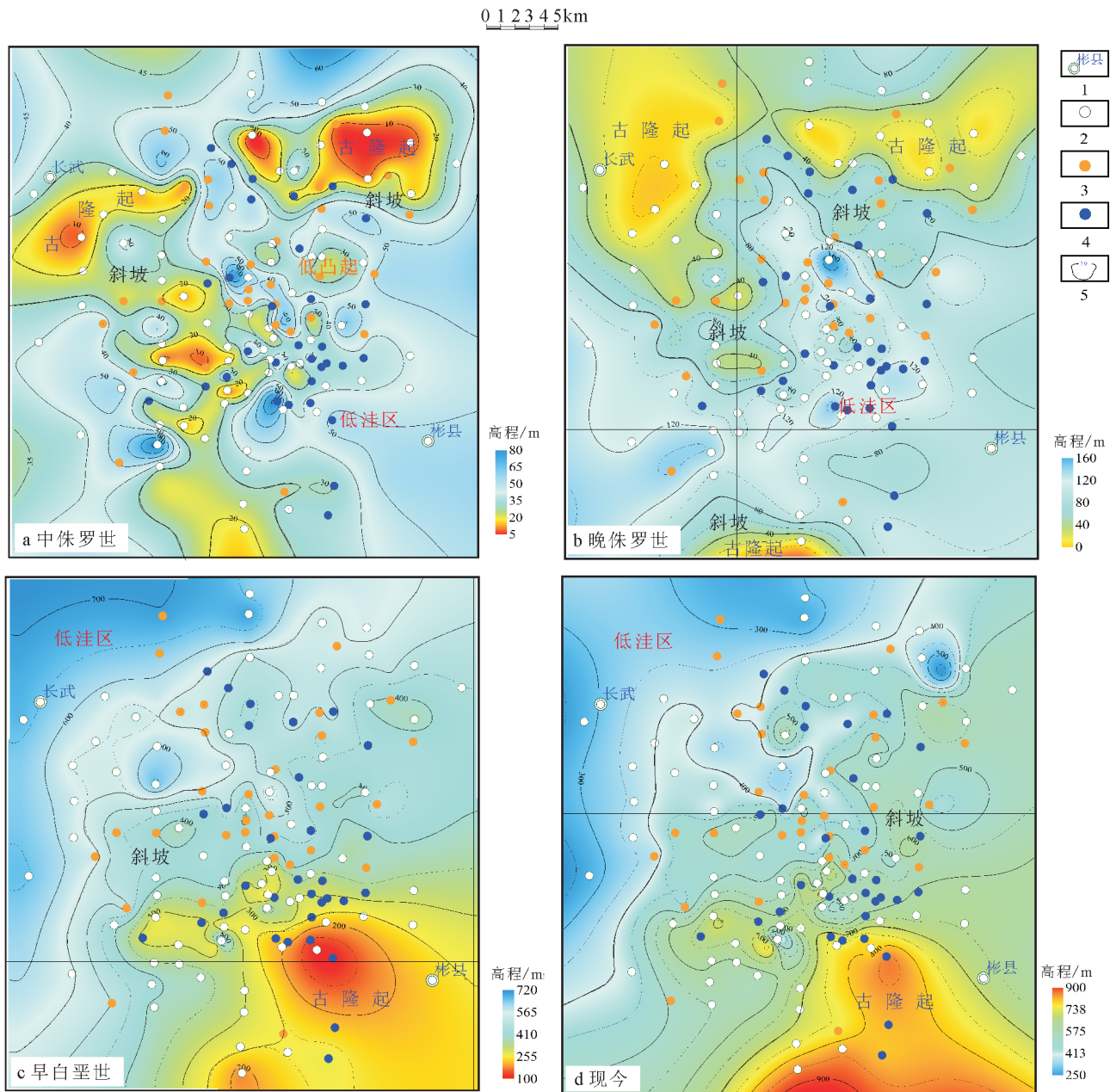


图 2 不同时期直罗组底部古地貌特征

Fig. 2 The paleo-geomorphological features of the bottom of Zhiluo Formation in different periods
1—地名; 2—无矿孔; 3—异常孔; 4—矿化孔; 5—等值线(m)

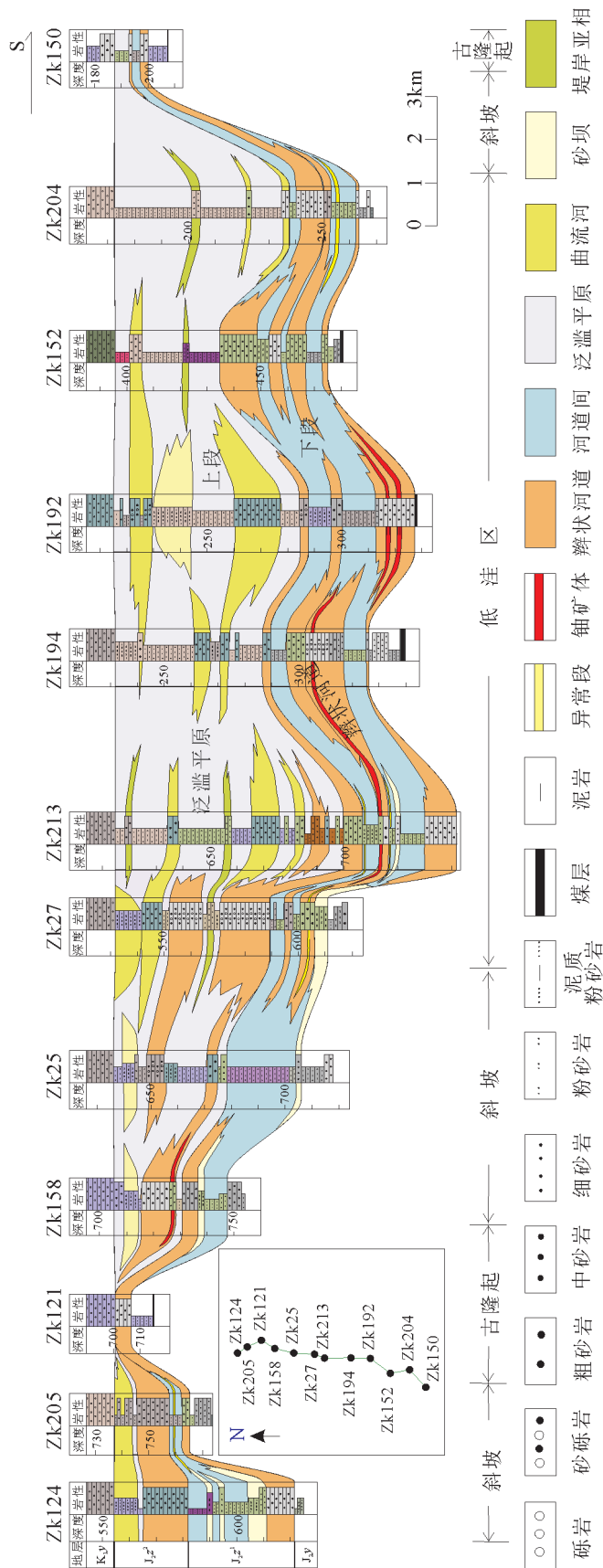


图3 鄂尔多斯盆地南缘彬县地区直罗组沉积相剖面(深度单位:m)

Fig. 3 Sedimentary facies profile of Zhiluo Formation in Binxian area, southern Ordos Basin

高的区域,地层厚度25~40m,砂岩相对发育,其厚度5~15m,向地势较高处减薄(图3)。

直罗组下段主要发育辫状河沉积体系,岩性以粗砂岩、砂砾岩和砾岩为主,中高孔中低渗,砂层厚度较厚,横向分布广。另外,辫状河道底部含有大量有机质,增强了砂体的吸附铀能力,因此辫状河道砂体是该区最好的铀储层。直罗组沉积期的低洼区控制了有利铀储层砂体的分布,低洼区的含砂率一般大于50%,砂岩厚度为25~40m,有利铀储层位于受低洼区控制的南北向展布的主辫状河道上(图3)。铀矿(化)体主要赋存于低洼区辫状河主河道砂体中,低洼区通过控制辫状河相带的分布控制铀矿(化)体的分布。

3 成矿关键期古地貌特征

晚侏罗世为铀预富集成矿期,彬县地区北部为古隆起区,而南东部地势较低。古隆起区直罗组上段顶部遭受剥蚀或沉积间断,地层较薄;大气降水沿古隆起直接渗入,直罗组下段含矿层受潜水淋滤氧化改造(同生氧化作用),古水流受北部古隆起控制,由北向南运移,形成铀矿的预富集成矿作用。古隆起较高,容易被淋滤氧化,含铀物质向斜坡和低洼区迁移。该时期古隆起铀含量较低,古隆起上的钻孔一般为无矿孔(图2-b)。彬县地区北部和北西部古隆起受预富集阶段的氧化淋滤,后期改造不明显,存在明显的氧化带;在古斜坡和低洼区淋滤氧化作用较弱,处于还原或氧化-还原环境(图4)。

3.1 早白垩世—古新世古地貌特征

早白垩世—古新世气候干旱炎热,鄂尔多斯盆地处于抬升剥蚀期,盆地南部造山带与直罗组下段含矿目的层直接相连,是层间氧化作用发

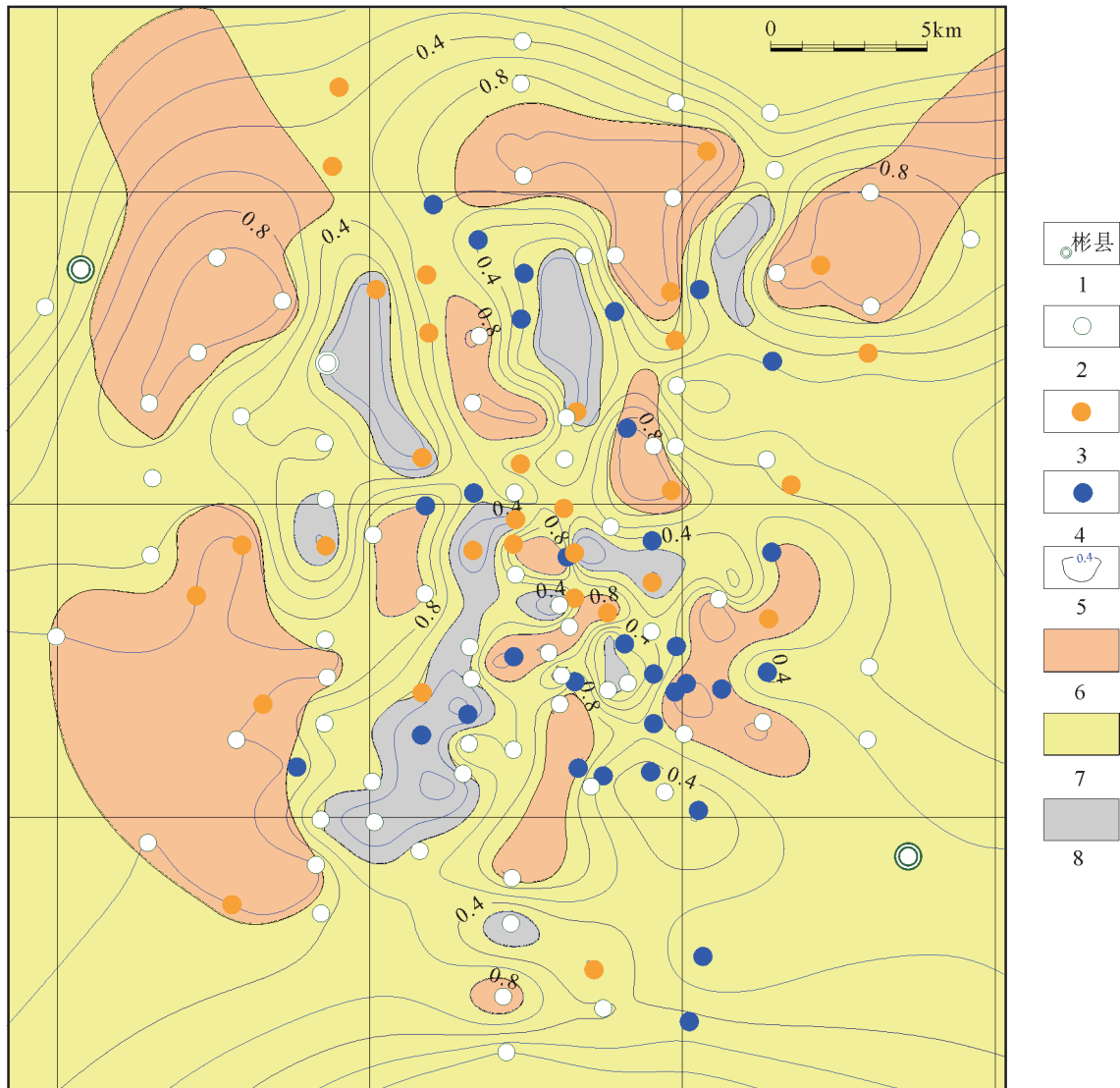


图 4 鄂尔多斯盆地南缘彬县地区直罗组下段氧化-还原带分布

Fig. 4 Distribution of oxidation-reduction zone of Lower Zhiluo

Formation in Binxian area, southern Ordos Basin

1—地名;2—无矿孔;3—异常孔;4—矿化孔;5—氧化砂岩百分含量等值线;
6—氧化带;7—氧化还原带;8—灰色残留砂体

育及铀成矿的主要阶段。直罗组底部古地貌变为南东高、北西低的特征,埋深100~700m,最大高差为600m(图2-c)。在重力驱使下,含氧含铀水从古隆起区向斜坡区,沿着直罗组下段辫状河道砂体,在盆缘隆起区由东南古隆起向北西方向渗滤,在彬县地区形成南西—北东向的层间氧化带。古地貌控制了地下古水流的流向,从而控制层间氧化带的分布。古隆起区落差大,坡度较陡,含氧含铀水供给充足,以氧化带为主;斜坡区落差较

小,坡角较缓,含氧含铀水流动速度降低、供给不足,主要发育氧化还原过渡带,利于铀矿体的氧化还原;洼陷区,坡角小于1°,含氧含铀流体供给匮乏,主要发育还原带。

3.2 始新世—中新世古地貌特征

始新世—中新世为铀矿叠加改造阶段,盆地南缘渭河断陷已经开始形成,盆地南缘断褶带局部抬升剥蚀,使早期形成的铀矿化受到一定的叠加和改造,变得更加复杂多样化。直罗组底部的

古地貌特征从早白垩世至今变化不大,依旧为南东高、北西低。渭河断陷的形成使盆地南缘造山带与直罗组下段含矿目的层的地下水运移受到限制,主体矿化段未受到太大影响,只是受到断褶带的分割,以及部分区域的改造,使含矿砂体分散不连续。

4 古地貌对铀成矿的作用

中侏罗世、晚侏罗世、早白垩世—古新世、始新世—中新世是铀成矿的4个关键时期。中侏罗世为直罗组下段沉积期,低洼区控制了辫状河主河的发

育位置,而铀矿(化)体主要赋存于辫状河主河道砂体中,因此直罗组下段的沉积古地貌控制了铀储层分布特征和位置;晚侏罗世为铀预富集成矿期,直罗组底部呈现北西高、南西及南东低的古地貌特征,古隆起受潜水淋滤氧化改造,不利于前期铀矿的预富集;早白垩世—古新世为铀主成矿阶段,直罗组底部古地貌变为南东高、北西低,地下水由原先的自北西向南东径流改变为自东南向北西方向径流,成矿流体呈扇形沿着直罗组铀储层渗流,古地貌控制着层间氧化带的分布特征;始新世—中新世为铀矿叠加改造阶段,古地貌特征整体不变,南

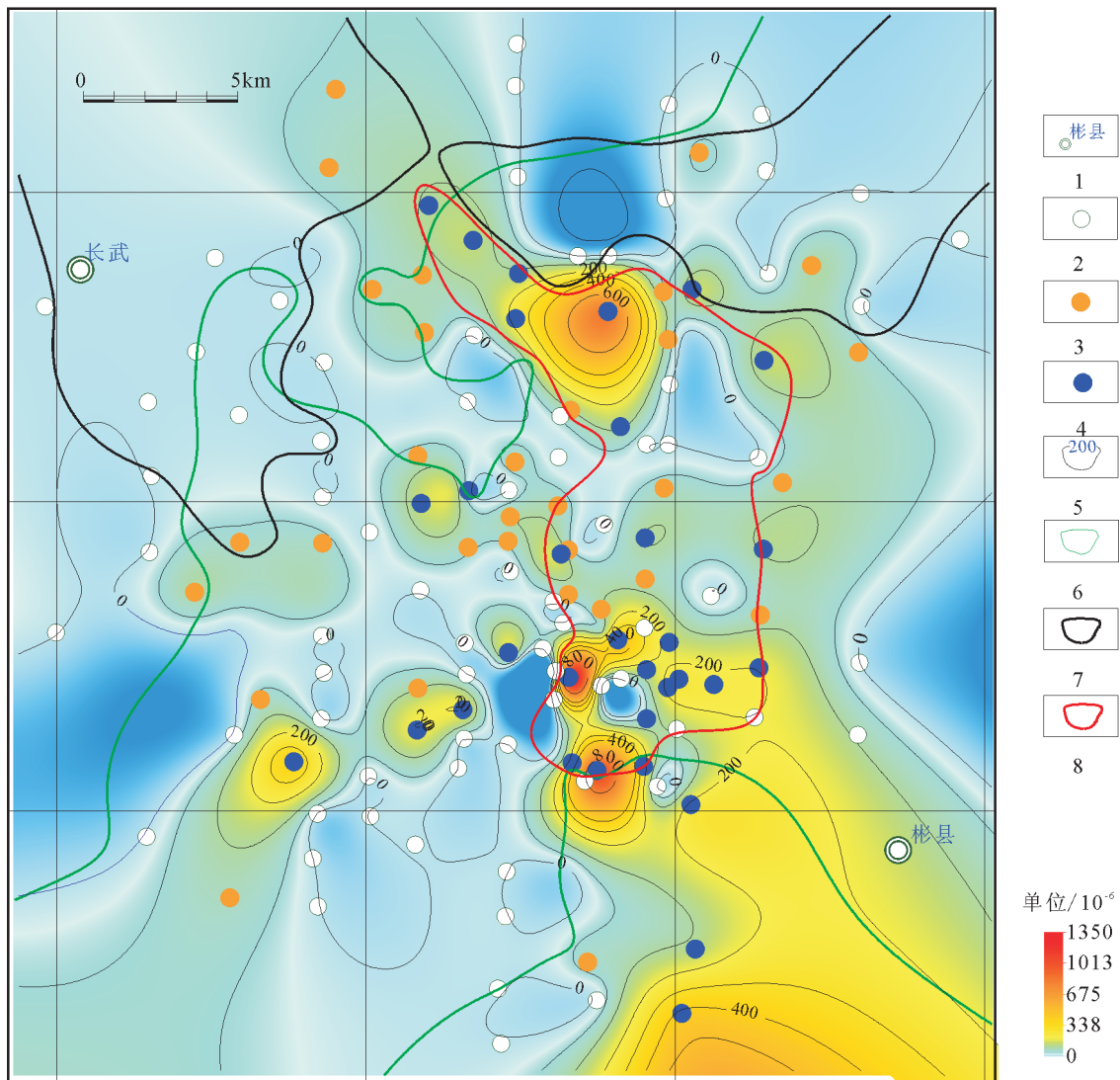


图5 鄂尔多斯盆地南缘彬县地区直罗组下段伽马等值线图
 Fig. 5 Gamma contour map of Lower Zhiluo Formation in Binxian area, southern Ordos Basin
 1—地名;2—无矿孔;3—异常孔;4—矿化孔;5—伽马等值线(10^{-6});6—主成矿期
 斜坡区;7—预成矿期古隆起区;8—铀成矿有利区域

东部稍有抬升,部分铀矿体受到盆地南缘褶皱带分割和改造。

彬县地区沉积期古水流方向与主成矿期含矿流体运移方向不同导致的成矿差异,使得该区成矿效率降低,含矿区域较分散。古地貌对铀成矿的作用体现为:中侏罗世直罗组沉积期,古地貌低洼区控制了有利铀储层的分布特征;晚侏罗世铀预成矿期,古隆起区受潜水淋滤,含铀物质向斜坡和低洼区迁移;早白垩世—古新世铀主成矿期,古地貌控制了含氧含铀水的水流方向,氧化还原带主要分布在古地貌斜坡区。晚侏罗世铀预富集期的低洼区和斜坡古地貌,与早白垩世—古新世铀主成矿期的斜坡古地貌叠合区,是铀成矿的最有利区域。晚侏罗世铀预成矿期,含铀物质向斜坡和低洼区迁移,导致该时期古隆起区的铀含量低,伽马值低于 10×10^{-6} ;早白垩世—古新世铀主成矿期,斜坡区控制了氧化还原带的分布,该区伽马值均大于 100×10^{-6} ,局部伽马异常值可达 1000×10^{-6} (图5)。

5 结论

(1)中侏罗世为直罗组下段沉积期,是有利砂体的发育期,为后期铀成矿提供容矿空间;晚侏罗世、早白垩世—古新世、始新世—中新世是盆地抬升剥蚀和沉积间断期,是盆地潜水和层间氧化作用的主要发育期,是砂岩型铀成矿作用的重要时期。

(2)中侏罗世为直罗组下段沉积期,沉积古地貌控制了含矿目的层有利沉积相带的分布,辫状河道是有利的铀储层砂体,受沉积古地貌控制,主要发育在古地貌低洼区;铀矿(化)体主要赋存于辫状河砂体中。

(3)晚侏罗世铀预成矿期,古隆起区受潜水淋滤,含铀物质向斜坡和低洼区迁移;早白垩世—古新世铀主成矿期,古地貌控制了含氧含铀水的水流方向,氧化还原带主要分布在古地貌斜坡区。古地

貌控制了地下古水流的流向,控制着氧化还原带的分布和铀矿的富集。始新世—中新世的构造运动使早期形成的铀矿化受到一定的叠加和改造,使含矿砂体分散不连续。

致谢:野外工作得到核工业二〇三所鄂南项目组的大力支持,审稿专家提出了建设性意见,在此一并表示诚挚的谢意。

参考文献

- [1] Allen P A. From landscapes into geological history[J]. Nature, 2008, 451(17): 274-276.
- [2] Meade R H. Sources, sinks, and storage of river sediment in the Atlantic drainage of the United States[J]. The Journal of Geology, 1982, 90(3): 235-252.
- [3] 林畅松, 夏庆龙, 施和生, 等. 地貌演化、源-汇过程与盆地分析[J]. 地质前缘, 2015, 22(1): 9-20.
- [4] 鲜本忠, 朱筱敏, 岳大力, 等. 沉积学研究热点与进展: 第19届国际沉积学大会综述[J]. 古地理学报, 2014, 6: 816-826.
- [5] 张尚锋, 张昌民, 尹太举, 等. 中国沉积学研究进展——第五届全国沉积学大会综述[J]. 石油天然气学报, 2013, 12: 4, 18-24.
- [6] 孙龙德, 方朝亮, 李峰, 等. 中国沉积盆地油气勘探开发实践与沉积学研究进展[J]. 石油勘探与开发, 2010, 4: 385-396.
- [7] 郭正权, 潘令红, 刘显阳, 等. 鄂尔多斯盆地侏罗系古地貌油田形成条件与分布规律[J]. 中国石油勘探, 2001, 4: 20-27.
- [8] 任中贤, 申平喜, 陈粉玲. 鄂尔多斯盆地南缘砂岩型铀矿地质特征及成矿条件分析[J]. 世界核地质科学, 2014, 3: 514-518.
- [9] 李晓翠, 刘武生, 贾立城, 等. 鄂尔多斯盆地南部砂岩型铀矿成矿预测[J]. 铀矿地质, 2014, 6: 321-327.
- [10] 张金带. 我国铀资源潜力概略分析与铀矿地质勘查战略[J]. 铀矿地质, 2004, 5: 260-265.
- [11] 田成, 贾立城, 李松, 等. 鄂尔多斯盆地南部含铀砂岩岩石学特征研究[J]. 铀矿地质, 2007, 2: 71-76.
- [12] 陈宏斌, 徐高中, 王金平, 等. 鄂尔多斯盆地南缘店头铀矿床矿化特征及其与东胜铀矿床对比[J]. 地质学报, 2006, 5: 724-732, 786.
- [13] 李卫红, 徐高中. 鄂尔多斯盆地后期改造与砂岩型铀成矿关系[J]. 地球科学与环境学报, 2006, 3: 19-23.
- [14] 邢秀娟, 柳益群, 樊爱萍. 鄂尔多斯盆地店头地区砂岩型铀矿成因初步探讨[J]. 中国地质, 2006, 3: 591-597.
- [15] 邢秀娟, 柳益群, 李卫宏, 等. 鄂尔多斯盆地南部店头地区直罗组岩演化与铀成矿[J]. 地球学报, 2008, 2: 179-188.