

鄂北杭锦旗地区下石盒子组沉积相演化及控制因素

李 婕¹, 赵俊兴^{1,2}, 孔祥超¹, 邹 敏¹, 向春晓¹

(1. 成都理工大学 沉积地质研究院, 四川 成都 610059;

2. 成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059)

摘 要:通过对鄂尔多斯盆地杭锦旗地区钻井岩芯的岩石类型、沉积特征、剖面结构等特征的综合认识, 结合测井资料的详细研究, 对杭锦旗地区二叠系下石盒子组进行了沉积环境分析。结果表明: 杭锦旗地区下石盒子组主要发育河流相和三角洲相, 东部发育冲积扇; 在山西组沉积基础上, 受自身沉积特征控制, 伴随古地貌继承性发育、构造运动变化、物源供给减少及古气候变化等原因, 盒 1-盒 3 沉积时期辫状河水道的规模不断减小, 下石盒子组晚期, 逐渐向曲流河过渡, 主要发育河道和三角洲平原亚相; 受近物源影响, 砂体呈南北向展布, 侧向上不连续。

关键词:鄂尔多斯盆地; 杭锦旗地区; 下石盒子组; 沉积相; 控制因素

中图分类号: P631.4

文献标志码: A

文章编号: 1672-3767(2013)02-0034-09

Sedimentary Facies Evolution and Controlling Factors of Lower Shihezi Formation in Hangjinqi Area, North Ordos Basin

Li Jie¹, Zhao Junxing^{1,2}, Kong Xiangchao¹, Zou Min¹, Xiang Chunxiao¹

(1. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China;

2. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China)

Abstract: By comprehensive understanding of the rock type, sedimentary characteristics, profile structure and other features of the drilling cores in Ordos Basin Hangjinqi areas, and combining with a detailed study of the logging data, the authors analyzed the sedimentary environment of permian Lower Shihezi Formation in the Hangjinqi area. All the results suggest that Lower Shihezi Formation in the Hangjinqi area mainly developed into fluvial and delta facies, and the eastern from alluvial fan. On the basis of the Shanxi Formation deposition, and because of being controlled by its own sedimentary features, as well as the inherited development of palaeogeomorphology, changes in the tectonic movement, reduction in source supply and ancient climate change etc., the braided river course decreased from P_1x^1 to P_1x^3 in size, and gradually converted to the meandering river in the late Lower Shihezi Formation, and the region during this period mainly developed into the river course and delta plain subfacies. Affected by the source of near objects, sand bodies spread from north to south and were laterally discontinuous.

Key words: Ordos Basin; Hangjinqi area; Lower Shihezi Formation; sedimentary facies; controlling factors

杭锦旗地区横跨鄂尔多斯盆地伊盟隆起、伊陕斜坡、天环坳陷三个构造单元(图 1), 包括杭锦旗及杭锦旗西两个油气勘查区块。晚古生代的多套近物源陆相碎屑岩沉积超覆于早奥陶世及前古生代变质地层之上, 厚度巨大, 具有良好的天然气勘探前景^[1-2]。随着鄂尔多斯盆地上古生界油气资源勘探的发展^[3-4], 杭锦

收稿日期: 2012-07-20

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(40602012); 国家科技重大专项(2011ZX05002-001-001); 中国地质调查局工作项目(资[2012]02-029-003)

作者简介: 李 婕(1987—), 女, 河北衡水人, 硕士研究生, 主要从事沉积学方面的研究。E-mail: 304597532@qq.com

旗地区有利砂体储层的勘探研究成为主要目标区。前人研究表明,鄂尔多斯盆地东部下石盒子组沉积期为典型的河流三角洲沉积^[5-6],发育多套生储盖油藏组合^[7],岩石学及成岩作用特征表明储层类型具有中—低孔、低渗特点^[8-10]。然而对于北部杭锦旗地区下石盒子组时期沉积微相的演化和控制因素,尚没有取得详细研究成果。本文通过结合杭锦旗地区钻井资料的沉积特征、剖面结构和测井资料,对该区下石盒子组沉积相及控制因素进行分析。

1 地层简况

杭锦旗地区二叠系下石盒子组处于鄂尔多斯盆地北缘,受多次拉张、挤压构造运动影响,北缘地区持续隆升^[11]成为主要物源区,杭锦旗地区下石盒子组时期以河流沉积作用为主^[2,6,11],由下往上分为盒1、盒2、盒3段(表1)。

2 沉积相特征

通过对杭锦旗地区钻井岩心、录井和测井资料分析,依据岩石组合、沉积组构和剖面结构,结合区域地质背景资料和已有的研究成果,认为该区下石盒子组发育的沉积相类型有河流和三角洲,东部发育冲积扇。按照水动力条件和沉积特征,主要储集微相划分为辫状河道和三角洲平原分流河道。

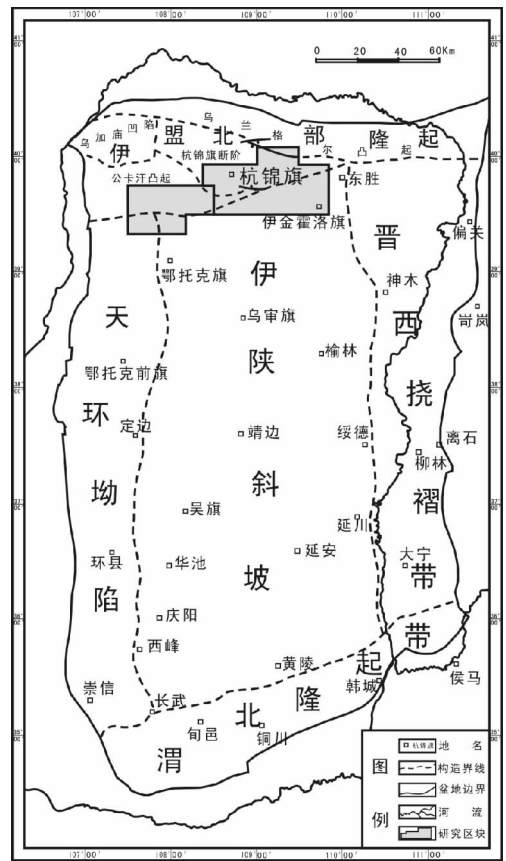


图1 研究区位置图

Fig. 1 Location of the study area

表1 杭锦旗地区下石盒子组地层划分简表(据华北局资料)

Tab. 1 Strata division of the Lower Shihezi Formation in Hangjinqi area(from Huabei Bureau)

地层					地层代号	厚度/m	岩性简述
界	系	统	组	段			
古生界	二叠系	下石盒子组	下石盒子	盒3	P_1x^3	0~45	浅灰色含砾砂岩,砂砾岩夹棕灰色泥岩
			下石盒子	盒2	P_1x^2	0~49	上部灰、棕灰色泥岩;下部浅灰色含砾砂岩,砂砾岩夹棕灰色泥岩
			下石盒子	盒1	P_1x^1	0~68	浅灰色含砾砂岩、砂砾岩夹浅灰色中砂岩、粗砂岩

2.1 冲积扇相

研究区钻井资料显示,锦评1井、锦2井、锦4井、锦7井、锦12井等井岩芯均存在大小不一的砾石,分选性、磨圆度均较差,反映快速堆积、近物源沉积的冲积扇沉积环境,该沉积相类型可进一步识别出扇根、扇中、扇端三种沉积亚相(图2),其中研究区以扇中亚相为主,主要分布在杭锦旗地区东部什股壕—十里加汗—阿镇一带的盒1段,其他层位也有少量分布(图2)。

扇根沉积物以浅灰色砂质砾岩(图3(f),(h))为主,主要为河床充填和泥石流沉积。扇中以辫状水道及水道间沉积为主,沉积物为厚层状浅灰色砂砾岩夹薄层深灰色泥岩。水道沉积物具大型板状交错层理、块状层理及正反粒序层理,底部常发育冲刷面。水道间微相主要发育于水道之间,垂向上层理不发育且无明显的粒序结构。扇端亚相可识别出辫状水道、漫流、水道间等沉积微相类型。沉积物粒度较扇中变小,其中漫流微相和水道间微相均以泥岩、粉砂质泥岩等细粒沉积物为主。漫流为洪泛沉积,发育水平纹层;水道间沉积与辫状河泛滥平原相沉积类似。

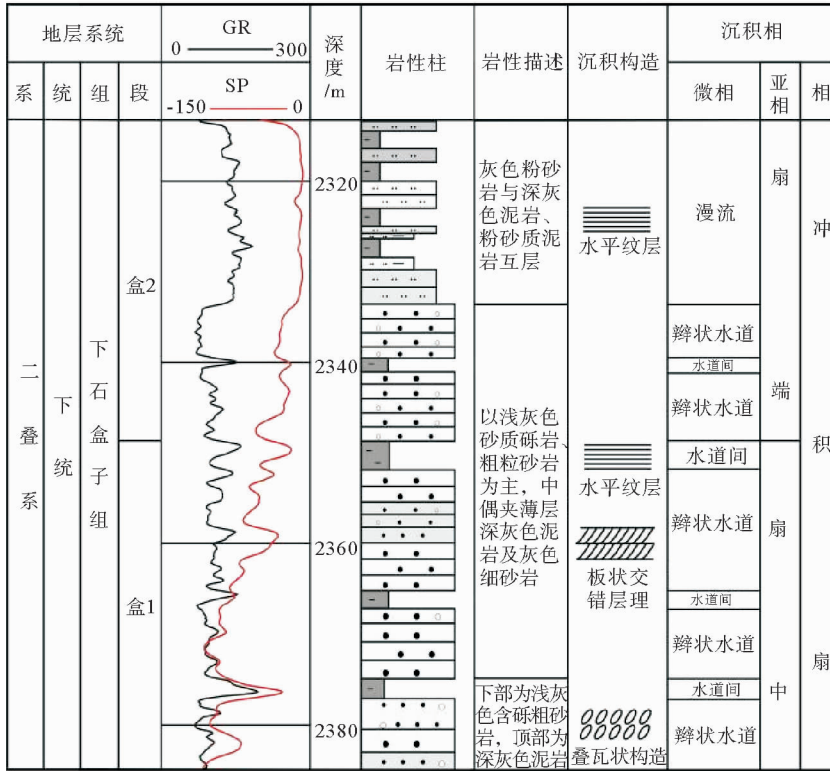
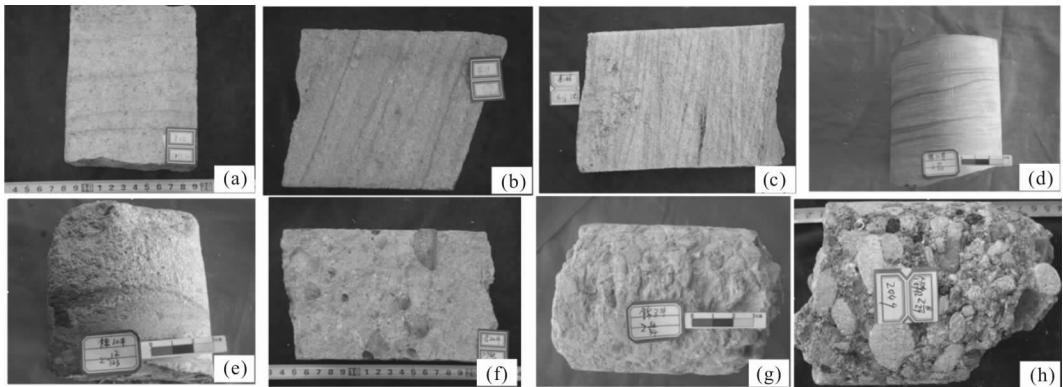


图 2 杭锦旗地区锦 2 井下石盒子组冲积扇沉积相柱状图

Fig. 2 Column of alluvial fan sedimentary facies Lower Shihezi Formation of Jin2 well in Hangjinqi area



(a) 平行层理; (b) 板状交错层理; (c) 楔状交错层理; (d) 波状沙纹层理;
(e) 底冲刷面; (f) 砂质砾岩; (g) 辫状河河床滞留砾石; (h) 冲积扇砾石

图 3 研究区主要构造类型及岩石类型

Fig. 3 The main structure features and rock types in the study area

2.2 河流相

该相主要分布于西部的盒 1 段和全区的盒 2、盒 3 段, 通过对研究区的新召、什股壕、十里加汗地区的锦 25 井、锦 1 锦、锦 2 井、锦 5 井、锦 6 井、锦 7 井等钻井取芯分析, 杭锦旗地区河流演化经历了辫状河(辫状河-曲流河)到过流河类型的转变过程(图 4)。

辫状河道以河床滞留沉积为主,河道沉积底部,具明显的底冲刷面(图 3(e)),沉积物以灰色透镜状砾岩(图 3(g))、浅灰色粗砂岩为主,成叠瓦状排列;向上发育心滩沉积,岩性以粗细粒砂岩为主,发育槽状、板状交错和平行层理等(图 3(a),(b))。

辫状-曲流过渡河流沉积体系兼具了辫状河与曲流河两种河流沉积物的特征。河道沉积以粗粒沉积为主,包括河床滞留沉积和边滩沉积微相。沉积物以砂为主,间夹砾、粉砂和粘土,成分成熟度和结构成熟度均较低,发育槽状或板状交错层理。河漫滩为细粒沉积,岩性以细砂岩、粉砂岩和泥质为主,常见水平层理和沙纹层理(图 3(d))。

2.3 三角洲相

研究区二叠纪下石盒子组主要为三角洲平原亚相,该亚相主要分布于研究区的南部边界。

三角洲平原亚相是三角洲的陆上沉积部分。研究区主要发育分流河道、天然堤、泛滥平原、分流间洼地等沉积微相类型(图 5)。

分流河道微相由浅灰色含砾粗砂岩、砂质砾岩、细砂岩等组成,发育槽状、楔状交错层理(图 3(b),(c)),有明显的底冲刷构造。自然伽马曲线表现为钟形。

分流间洼地以深灰色泥岩为主。测井曲线呈微齿化曲线。此外,天然堤、决口扇和泛滥平原微相基本特征与河流沉积体系中的相似。

3 沉积相平面展布特征

本次研究工作在地质精细对比的基础上,结合该时期的地质背景、研究区物源方向、古气候变化等因素,以下石盒子组的盒 1、盒 2、盒 3 段为单元编制了沉积相平面展布图。

3.1 盒 1 期沉积相展布

受构造抬升作用及古地貌的影响,研究区北部地形坡度较大,总体呈北高南低、西北高东南低的走势。东部为冲

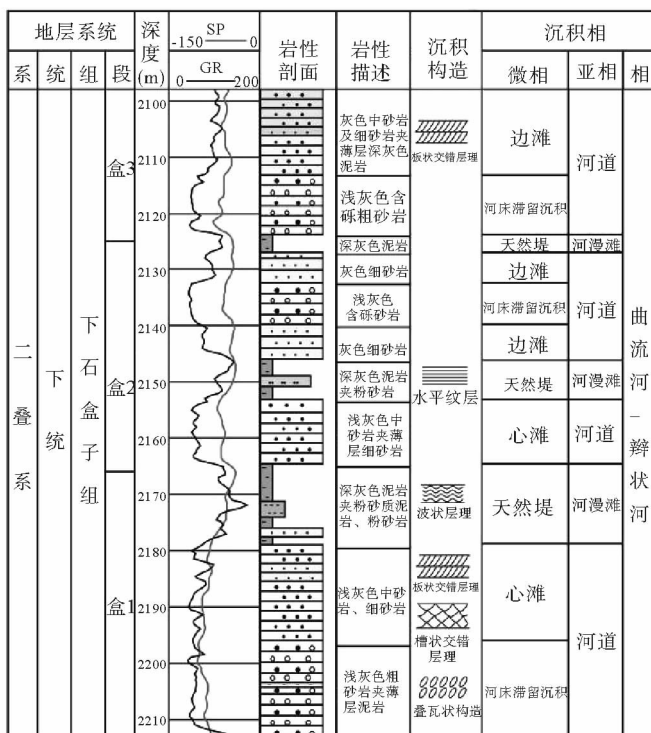


图 4 杭锦旗地区锦 23 井下石盒子组河流沉积相柱状图

Fig. 4 Column of fluvial facies Lower Shihezi Formation of Jin23well in Hangjinqi area

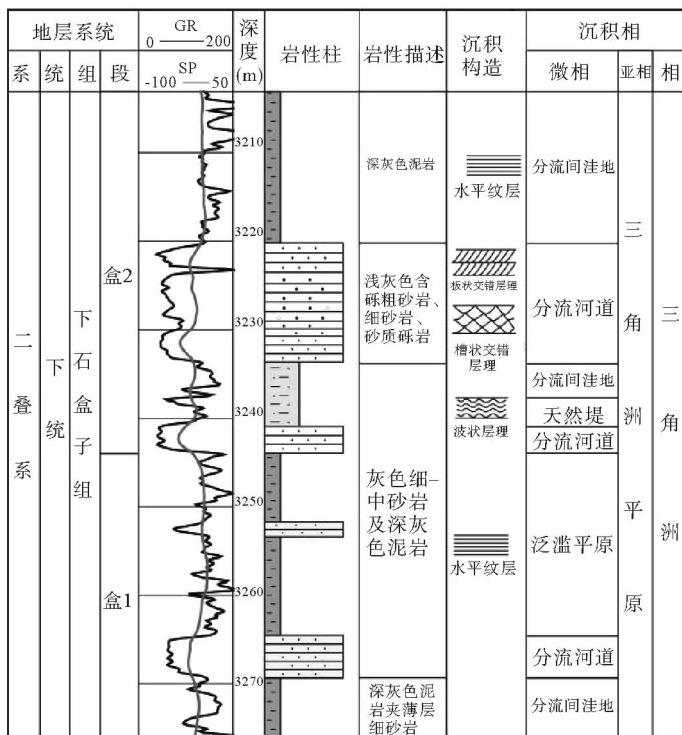


图 5 杭锦旗地区锦 8 井下石盒子组三角洲沉积相柱状图

Fig. 5 Column of delta plain sedimentary facies Lower Shihezi Formation of Jin8well in Hangjinqi area

积扇沉积,伊 20 井、伊 21 井、锦 9 井、锦 7 井附近地层厚度大,普遍在 45 m 左右;西部地区地层厚度减少,基本在 25 m 左右,砂地比值也相对减小,剖面上表现为砂、泥岩互层,间夹少量砾径较小的砾石,为冲积平原的辫状河沉积;南部发育辫状河三角洲平原。研究区内的多条主水系辫状水道大体呈南北向延伸,受地形限制,砂体在横向上厚度变化较大,约 20~35 m,个别地区可达 55 m 以上,岩石类型为含砾粗砂岩、砾岩及中-粗粒砂岩(图 6)。

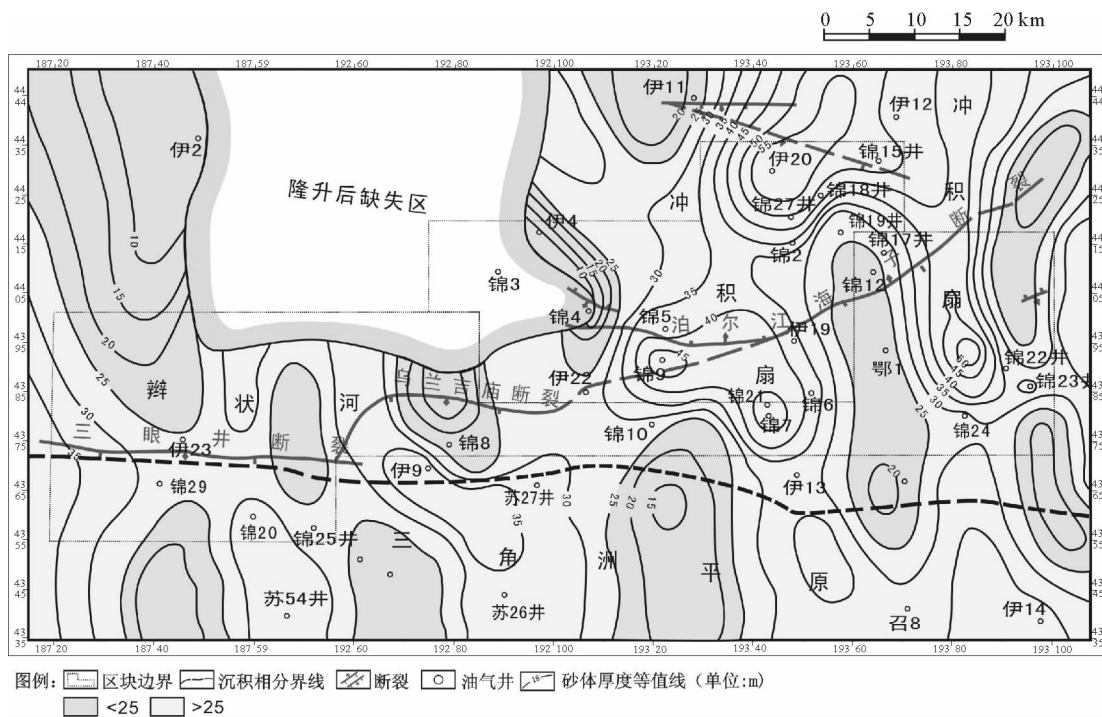


图 6 杭锦旗地区下石盒子组盒 1 期沉积相展布图

Fig. 6 Distribution in sedimentary facies of Lower Shihezi Formation P₁x¹ in Hangjinqi

3.2 盒 2 期沉积相展布

在盒 1 期沉积基础上,三角洲平原逐渐北移,盒 2 期杭锦旗地区仍然以辫状河沉积占主导。主河道的位置基本不变,分布范围更为广泛,辫状河道在大部分地区呈交叉连片沉积。研究区主要有三条呈南北向展布的主水系,河道砂体厚度为 5~11 m,但受地形影响,锦 20 井和锦 23 井附近地层厚度最厚达 17 m 以上,岩石类型以中-粗粒砂岩为主(图 7)。

3.3 盒 3 期沉积相展布

盒 3 期北部依然为辫状河沉积,南部发育三角洲平原。但随着构造活动的减弱及古气候的变化,物源供给不断减少,与盒 2 期比较辫状河河道的宽度及规模由北向南逐渐变小,河道内砂体厚度不断减薄,河流性质开始向曲流河过渡,该期发育的几条主要分流河道呈近南北向展布,河道砂体厚度约 2~11 m,岩石类型为中-粗粒砂岩、中砂岩、细砂岩等(图 8)。

综观研究区内下石盒子组盒 1-盒 3 期的沉积演化,可以发现冲积扇主要发育于盒 1 期东部,盒 2、盒 3 期不明显;辫状河水道的规模依次减小,下石盒子组晚期开始向曲流河转变;受近物源的影响,河道砂体呈南北向展布,侧向上存在明显的不连续性^[12]。下石盒子组早期,研究区继承北隆南倾的构造格局,沉积相组合由北向南主要为冲积扇-辫状河-三角洲平原;进入下石盒子组晚期,南北沉积格局的差异逐步缩小,研究区有逐渐被夷平的趋势^[13],辫状河向曲流河过渡,沉积相组合由北向南主要为辫状河-曲流河-三角洲平原。

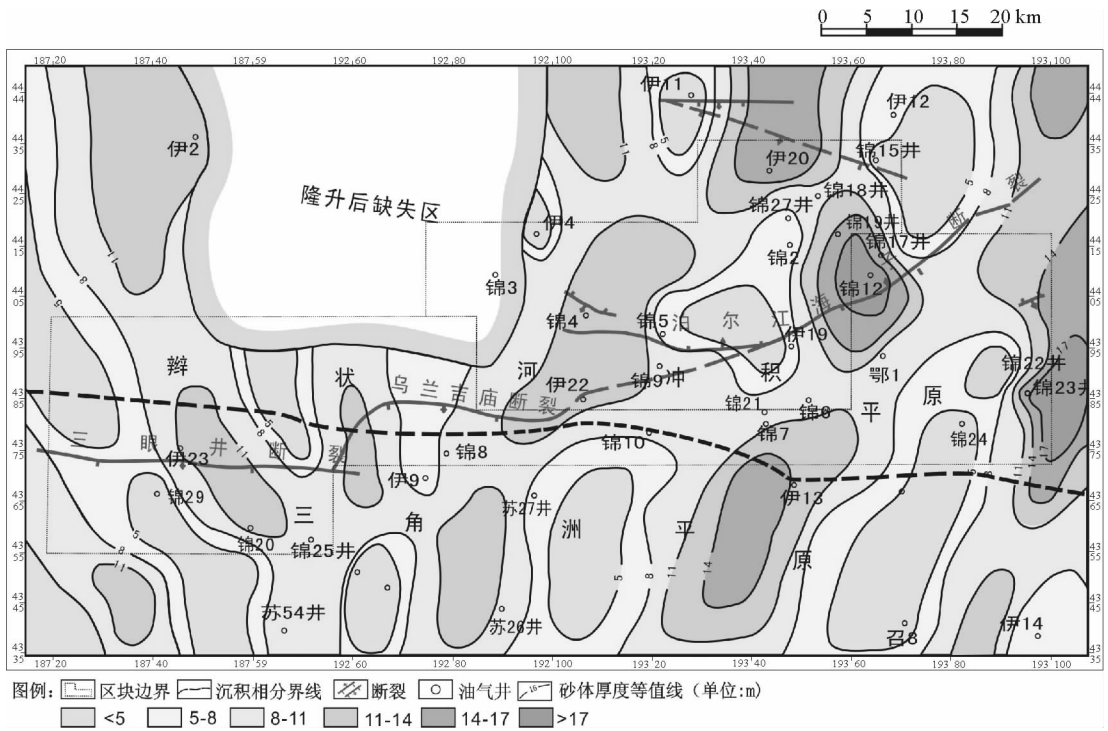


图 7 杭锦旗地区下石盒子组盒 2 期沉积相展布图

Fig. 7 Distribution in facies of Lower Shihezi Formation P₁ x² in Hangjinqi area

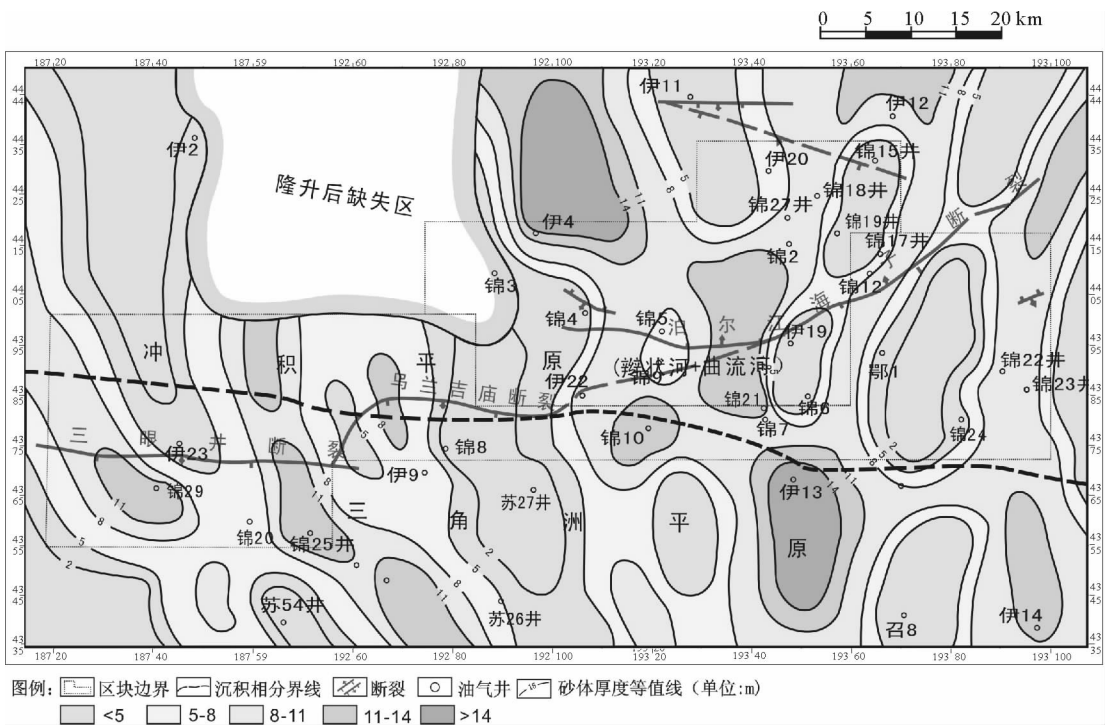


图 8 杭锦旗地区下石盒子组盒 3 期沉积相展布图

Fig. 8 Distribution in sedimentary facies of Lower Shihezi Formation P₁ x³ in Hangjinqi

4 沉积相演化控制因素

鄂尔多斯盆地杭锦旗地区下石盒子组沉积是在山西组沉积基础上进行的, 该期沉积相演化主要受古地貌的继承性发育、构造运动的控制、物源供给的减少及古气候的变化等因素的影响。

4.1 古地貌形态决定了沉积相的发育位置

王震亮等^[14]于 2007 年利用残留厚度和补偿厚度印模法, 结合沉积学分析, 对杭锦旗地区进行了古地貌恢复(图 9)。

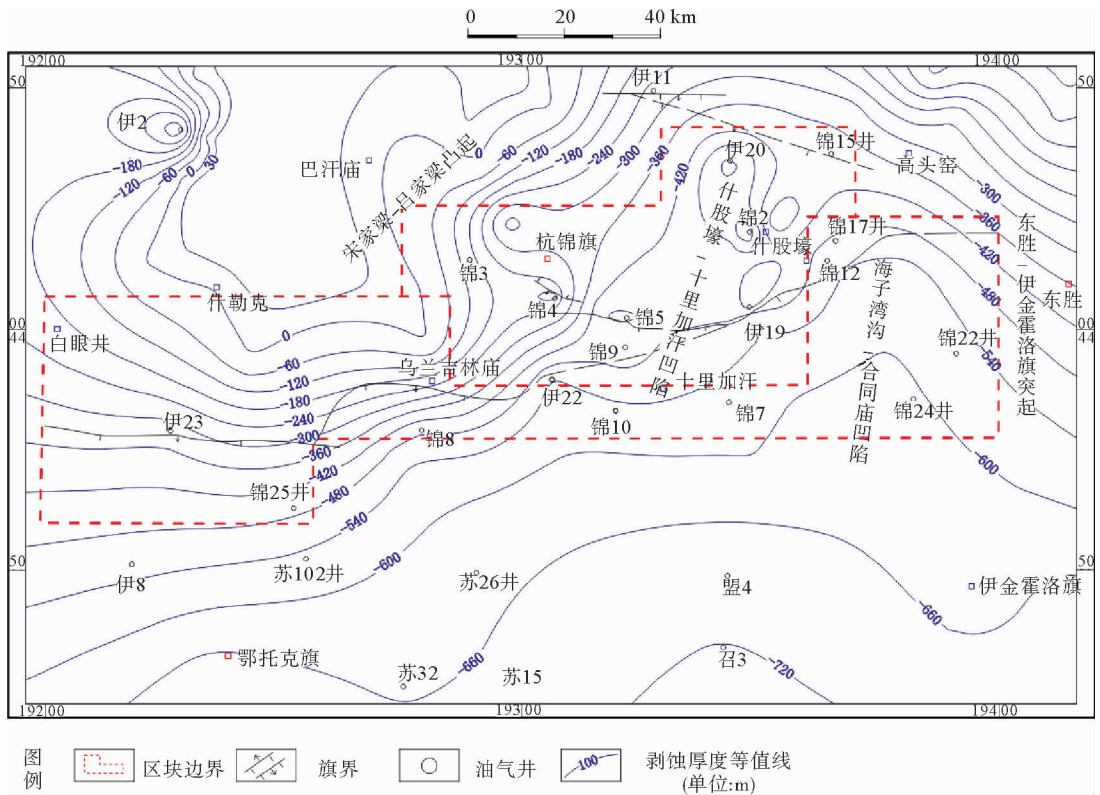


图 9 杭锦旗地区上古生界沉积前古地貌图^[14]

Fig. 9 The paleo-geomorphological map in Hangjinqi area on the Upper Palaeozoic

从上古生界沉积前古地貌图可以看出, 地形总体表现为北高南低, 西北高东南低的走势; 研究区西北部地形起伏变化大, 向南地形逐渐趋于平缓, 西南部表现为低缓的隆起。受基底古地貌的影响, 研究区早期沟谷状的地貌形态二叠系仍继承性的保留, 成为下石盒子期冲积扇水道的延伸通道, 河道位置基本未发生变化, 但规模和分布范围不断扩大。局部古高地对水系的限制和阻隔控制了水系的发育及迁移, 特别是锦 12 井-伊 19 井古斜坡带背景上的横向凸起, 明显地阻挡了水流向东延伸, 使其沿着什股壕-十里加汗凹陷区不断向南部延展, 形成区内广泛发育的冲积扇沉积。在此基础上, 下石盒子组的冲积扇-河流-三角洲相沉积环境发育。

4.2 构造运动变化控制沉积演化

鄂尔多斯盆地的构造背景影响了杭锦旗地区局部的沉积环境。二叠世山西期, 华北地台整体抬升, 海水开始从盆地东西两侧逐渐退出, 盆地性质由海盆演变为湖盆, 沉积环境也相应的由海相转变为陆相, 东西差异逐渐消失, 该期盆地由北向南依次发育冲积扇、三角洲及湖沼沉积。下石盒子期, 海水从盆地本部完全退出, 进入陆相沉积的全新演化阶段; 中央古隆起彻底消亡, 盆地东西差异完全消失, 南北差异不断增强, 早期以发育辫状河三角洲为特征, 后期形成曲流河三角洲^[15]。

4.3 物源供给控制沉积演化

物源供给减少使得盒1-盒3期辫状河水道的规模逐渐减小,向曲流河转变。杭锦旗地区位于鄂尔多斯盆地北部,物源区为盆地北缘的阴山古陆^[16],二叠世山西期北部古陆上升迅速,强烈剥蚀,物源充足,季节性河流异常活跃,从而在杭锦旗地区形成多条呈南北向展布的辫状河伸入湖区;下石盒子组早期,河流沉积达到高峰,下石盒子组晚期,由于物源区构造活动的减弱和沉积坡降的减小,河流沉积作用逐渐减弱,辫状河向曲流河过渡。

4.4 古气候影响沉积环境

此外,古气候的变化也是反映该区下石盒子组沉积环境的一个重要因素。早二叠世晚期(下石盒子组)气候由温湿向干热转化,植物减少^[5];通过对杭锦旗地区古盐度测定表明山西组为微咸水环境,盒1段下部主要为微咸-淡水过渡环境,盒1段上部为淡水环境,从早期到晚期盐度逐渐减小(据华北局资料)。从侧面反映了杭锦旗地区下石盒子组沉积环境由海相向陆相逐渐转变的一个过程。

5 结论

通过对鄂尔多斯盆地杭锦旗地区下石盒子组沉积特征研究表明:

1)杭锦旗地区盒1-盒3沉积时期,主要发育河流相和三角洲相,东部发育冲积扇相。在山西组沉积基础上,下石盒子组沉积时期,辫状河水道的规模由盒1-盒3不断减小,晚期逐渐向曲流河过渡,该期杭锦旗地区主要发育河道亚相和三角洲平原亚相。

2)杭锦旗地区受近物源沉积的影响,河道呈南北向展布,侧向上与分流间湾或沼泽泥交叉相连,侧向上砂体明显不连续。

3)杭锦旗地区下石盒子组的沉积相发育特征主要受其自身沉积的控制,同时伴随基底古地貌继承性发育,区域构造活动的逐渐减弱,北部物源区陆源碎屑沉积物供应不足,古气候由潮湿向干旱转变。

参考文献:

- [1]袁志祥.鄂北塔巴庙杭锦旗地区古生界天然气勘探前景分析[J].天然气工业,2001,21(S):5-6.
Yuan Zhixiang. An analysis of the natural gas exploration potential of Paleozoic at Tabamiao and Hangjin banner regions in north E'Erduosi Basin[J]. Natural Gas Industry, 2001, 21(S): 5-6.
- [2]郑喜强,严钢.鄂尔多斯盆地北部杭锦旗地区油气圈闭类型研究[J].勘探地球进展,2006,29(4):279-284.
Zhen Xiqiang, Yan Gang. Types of hydrocarbon traps in Hangjinqi area of northern Ordos Basin[J]. Progress in Exploration Geophysics, 2006, 29(4): 279-284.
- [3]李景明,李东旭,杨冬,等.中国岩性地层气藏的勘探前景[J].岩性油气藏,2007(12):1-8.
Li Jingming, Li Dongxu, Yang Dong, et al. Exploration prospect of lithostratigraphic gas reservoirs in China[J]. Lithologic Reservoirs, 2007(12): 1-8.
- [4]郭秋麟,周长迁,陈宁生,等.非常规油气资源评价方法研究[J].岩性油气藏,2011(8):12-15.
Guo Qiulin, Zhou Changqian, Chen Ningsheng, et al. Evaluation methods for unconventional hydrocarbon resources[J]. Lithologic Reservoirs, 2011(8): 12-15.
- [5]长庆油田石油地质志编写组.中国石油地质志(长庆篇,卷十二)[M].北京:石油工业出版社,1992:15-28.
- [6]李洁,陈洪德,侯中健,等.鄂尔多斯盆地东北部下石盒子组盒8段辫状河三角洲沉积特征[J].沉积与特提斯地质,2008,28(1):27-32.
Li Jie, Chen Hongde, Hou Zhongjian, et al. Sedimentary characteristics of the braided deltas in the eighth member of the Lower Shihezi Formation in the northeastern part of the Ordos Basin[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2008, 28(1): 27-32.
- [7]惠宽洋,张峭楠,李德敏,等.鄂尔多斯盆地东北部下石盒子组-山西组储层岩石学和成岩作用[J].成都理工大学学报,2002,29(3):271-277.
Hui Kuanyang, Zhang Shaonan, Li Demin, et al. Reservoir petrology and diagenesis of lower Shihezi Formation and Shanxi Formation in northern Ordos Basin[J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2002, 29(3): 271-277.
- [8]彭胜琴,白卫卫.鄂尔多斯杭锦旗地区上古生界生储盖组合研究[J].内蒙古石油化工,2008(16):87-89.

Peng Shengqin, Bai Weiwei. The study on the assemblage of Generating-Reservoir-Cover in Neopaleozoic of Hangjinqi Area in the north of Ordos Basin[J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2008(16): 87-89.

- [9]王道富,付金华,雷启鸿,等.鄂尔多斯盆地低渗透油气田勘探开发与展望[J].岩性油气藏,2007(9):126-130.
Wang Daofu, Fu Jinhua, Lei Qihong, et al. Exploration technology and prospect of low permeability oil-gas field in Ordos Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2007(9): 126-130.
- [10]邓昆,张哨楠,周立发,等.鄂尔多斯盆地古生代中央古隆起形成演化与油气勘探[J].大地构造与成矿学,2011,35(2): 194.
Deng Kun, Zhang Shaonan, Zhou Lifa, et al. Formation and tectonic evolution of the Paleozoic Central Paleoplift of Ordos Basin and its implications for oil-Gas exploration[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2011, 35(2): 194.
- [11]窦伟坦,侯明才,董桂玉.鄂尔多斯盆地北部山西组—下石盒子组物源分析[J].天然气工业,2009,29(3):25-28.
Dou Weitan, Hou Mingcai, Dong Guiyu. Provenance analysis of the upper Paleozoic Shanxi to Lower Shihezi Formations in north Ordos Basin[J]. Natural Gas Industry, 2009, 29(3): 25-28.
- [12]李景明,李东旭,杨冬,等.中国岩性地层气藏的勘探前景[J].岩性油气藏,2007(12):6-7.
Li Jingming, Li Dongxu, Yang Dong, et al. Exploration prospect of lithostratigraphic gas reservoirs in China[J]. Lithologic Reservoirs, 2007(12): 6-7.
- [13]严卫宏.鄂尔多斯盆地西北部上古生界沉积体系与层序地层学研究[D].西安:西北大学,2002:40-47.
- [14]王震亮.鄂尔多斯盆地北部杭锦旗地区上古生界油气成藏规律研究[R].西安:西北大学,2007:15-18.
- [15]陈洪德,李洁,张成弓,等.鄂尔多斯盆地山西组沉积环境讨论及其地质启示[J].岩石学报,2011,27(8):2224-2226.
Chen Hongde, Li Jie, Zhang Chenggong, et al. Discussion of sedimentary environment and its geological enlightenment of Shanxi Formation in Ordos Basin[J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(8): 2224-2226.
- [16]窦伟坦,侯明才,董桂玉.鄂尔多斯盆地北部山西组—下石盒子组物源分析[J].天然气工业,2009,29(3):25-28.
Dou Weitan, Hou Mingcai, Dong Guiyu. Provenance analysis of the Upper Paleozoic Shanxi to Lower Shihezi Formations in north Ordos Basin[J]. Natural Gas Industry, 2009, 29(3): 25-28.

(责任编辑:高丽华)

“沉积·资源·环境”研究专栏征稿

征稿范围:

- ◇地质基本科学问题、应用及发展
- ◇全球环境变化与沉积作用
- ◇盆地分析与板块运动
- ◇盆地运动学的新理论
- ◇能源的勘探与开发
- ◇大地构造沉积学
- ◇层控矿床
- ◇岩相古地理
- ◇生物成矿作用
- ◇流域开发与环境保护
- ◇层序地层与事件地质
- ◇油气储集层的成岩作用

欢迎相关领域专家、学者和工程技术人员踊跃投稿,来稿请注明“沉积·资源·环境”专栏。稿件经专家评审通过后优先发表,优稿优酬。

投稿平台: http://xuebao.sdust.edu.cn/index_z.asp

电子邮箱: zkglhxx@163.com; zkzxxg@sdust.edu.cn

联系电话: 0532-86057859