

A Research of Reservoir Sand Body Morphology in Permian System of the Yanchuannan Gas Field

Wei Luo

Petroleum Prospecting and Development Research Institute of SINOPEC East China Subsidiary Company,
Nanjing Jiangsu
Email: 173306762@qq.com

Received: Jun. 10th, 2020; accepted: Jul. 10th, 2020; published: Sep. 15th, 2020

Abstract

The research of reservoir sand is the basic for well deployment. Delta plain deposits are developed in the He 8 Member of Shanxi group of Permian in South Yanchuan Coalbed Methane Field, including distributary channels, crevasse splays and swamp. Meandering river deposits are developed above the He 7 Member, including riverbed, bank, and fluvial flood deposit. 4 reservoir sands—the branch channel, crevasse splay, riverbed and bank-overbank sand are recognized. By the research of sand physical property, the branch channel and riverbed sand are considered to be the effective reservoir in Permian System of the study area; the profile and plane distribution features have been analyzed. This research was used in well spacing and layer-adjusting, which achieved high yield on test.

Keywords

Sand, Sedimentary Facies, Yanchuannan Gas Field, Permian System

延川南气田二叠系储层砂体形态研究

罗 薇

中石化华东分公司勘探开发研究院, 江苏 南京
Email: 173306762@qq.com

收稿日期: 2020年6月10日; 录用日期: 2020年7月10日; 发布日期: 2020年9月15日

摘 要

储层砂体的研究是井位部署的基础和依据。延川南气田二叠系山西组一盒8段发育三角洲平原沉积, 主要包括分支河道、决口扇、沼泽等微相; 盒7段以上发育曲流河沉积, 主要包括河床、堤岸、河漫亚相。识别出三角洲平原分支河道砂体、决口扇砂体, 曲流河河道砂体、堤岸-河漫砂体等4种储层砂体, 通过砂体物性研究认为河道砂体、分支河道砂体是研究区二叠系的有效储层, 并分析其剖面、平面展布特征。以此为依据进行布井、调层, 在生产上取得了测试高产。

关键词

砂体, 沉积相, 延川南气田, 二叠系

Copyright © 2020 by author(s), Yangtze University 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

延川南气田是华东油气分公司的煤系气区块, 前期工作以煤层气勘探开发为主, 并取得了重大突破。2010年针对Y3井上石盒子组盒6段致密砂岩层进行压裂改造, 揭开了研究区煤系气勘探的序幕, 随后开展了多层位合压合试, 煤系气勘探获得突破。前人主要在延川南煤层气资源潜力等方面做了大量研究[1]-[6], 但对研究区煤系气, 特别是二叠系致密砂岩气储层砂体的发育特征、形态等认识不够, 砂体分布特征尚不明确, 不利于下一步致密砂岩气的勘探和开发。

本文通过对延川南气田24口取心井岩心观察, 结合薄片、粒度等试验分析, 结合982口井测井曲线, 认为研究二叠系沉积期发育三角洲平原及曲流河沉积, 并识别出分支河道砂体、决口扇砂体、河道砂体、堤岸-河漫砂体等4种储层砂体。通过研究上述4种储层砂体的剖面连通性及平面展布特征, 结合孔渗数据, 分析有利储层位置, 为油气田下一步开发提供了基础和依据。

2. 气田地质概况

延川南气田处于渭北隆起、晋西挠褶带与伊陕斜坡的交叉带, 呈西北低、东南高的整体形态[1][2]。气田煤系气主要烃源岩为山西组2段4小层的2号煤及太原组5小层的10号煤, 主要储层为二叠系山西组、石盒子组。整套地层自下而上可细划分为13个组段、42个小层(图1)。

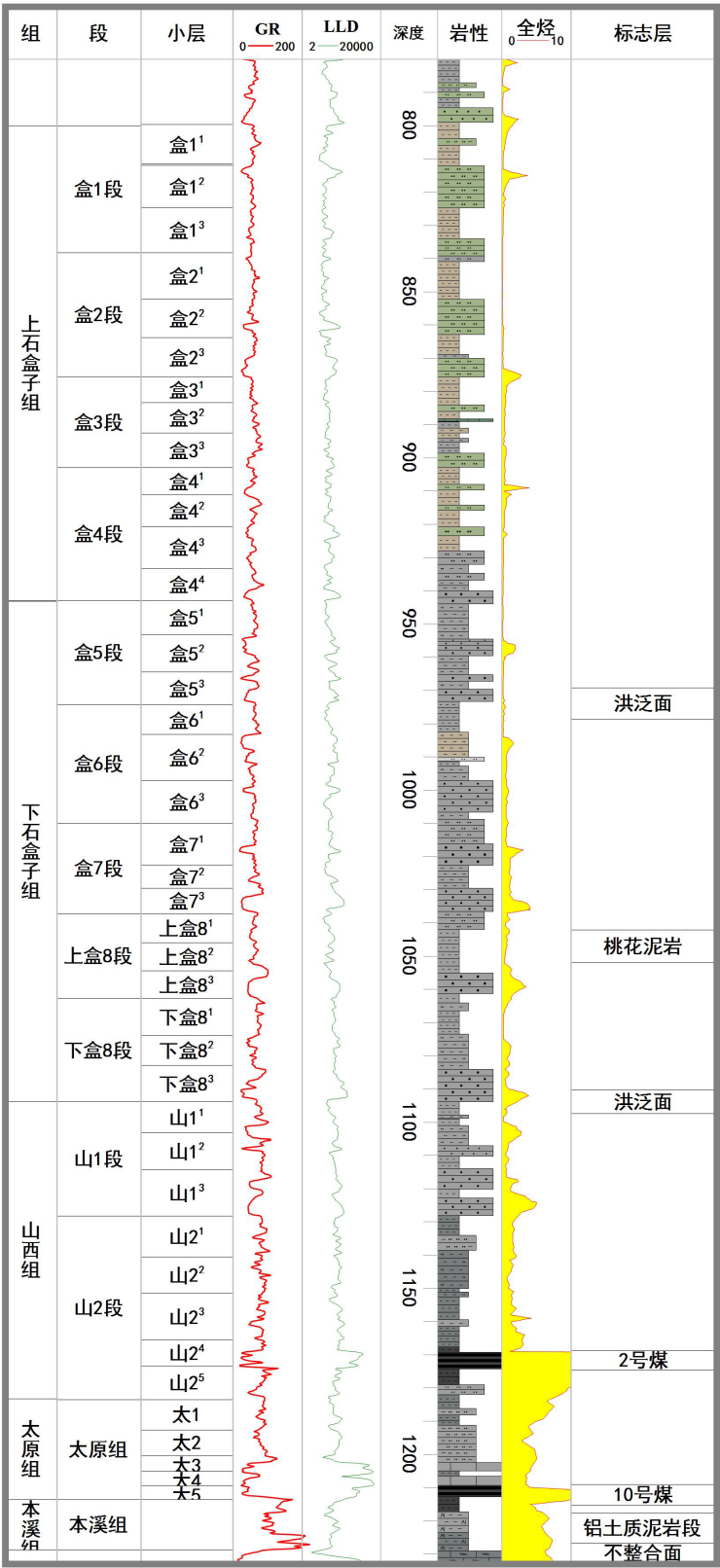


Figure 1. The comprehensive stratigraphic column of the Yanchuannan gas field
图 1. 延川南气田地层综合柱状图

3. 沉积相划分

延川南气田本溪—太原期受鄂尔多斯盆地古隆起的影响,发育滨海相含煤地层沉积[3] [4] [5] [6],为潮坪—泻湖环境;二叠系山西—盒8期,在盆地区域海退陆表海的基础上发育三角洲平原沉积;进入盒7期以后,由于盆地北部隆起的进一步抬升[3] [4] [5] [6],气田主要发育曲流河沉积体系。

3.1. 三角洲相

研究区三角洲平原沉积,包括分支河道、决口扇、沼泽等微相,主要发育于山西组一盒8段地层。

分支河道沉积与河流沉积的河床亚相特征相似,在三角洲平原沉积中粒度最粗,砂岩中沉积构造丰富,底部常见冲刷面[7] [8]。研究区分支河道沉积以灰色、浅灰色中—细砂岩为主(图2)。

决口扇沉积发育在分支河道两侧,是山洪爆发期洪水漫溢的产物[7] [8]。沉积物粒度较分支河道沉积变细,常见波状层理及小型交错层理[7] [8]。研究区陆上天然堤沉积以灰白色、浅灰色细—粉砂岩、泥质粉砂岩为主(图2)。

沼泽沉积广泛分布于三角洲平原之中,主要发育在分支河道之间[7] [8]。沉积物主要为细粒粘土岩,包括泥岩、炭质泥岩,夹煤层,常见植物碎片化石[4]。研究区沼泽沉积为灰黑色泥岩、炭质泥岩,夹薄煤层(图2)。

3.2. 曲流河相

研究区曲流河沉积,包括河床、堤岸、河漫等亚相,主要发育于盒7段以上地层。

河床亚相是河流沉积单元的根基,沉积物粒度最大,层理发育丰富[7] [8]。研究区主要发育河道沉积微相,以浅灰色、灰中—粗砂岩为主(图2)。

堤岸亚相垂向上位于河床沉积上部,沉积微粒度较河床亚相较小,层理规模也较小[7] [8]。研究区主要发育天然堤沉积微相,岩性以灰绿色、浅灰色粉砂岩、泥岩薄互层为主(图2)。

河漫亚相在河流沉积广泛分布,垂向上位于层序最顶部,平面上位于堤岸沉积外侧[7] [8]。研究区主要发育河漫滩微相,泥岩自下而上呈现出灰色—绿色—杂色—紫红色的变化趋势,并夹少量粉砂岩(图2)。

4. 储层砂体特征

4.1. 分支河道砂体

分支河道砂体是研究区二叠系山西组一盒8段地层的主要储层砂体。研究区分支河道砂体以灰色细—中砂岩为主,上部发育少量粉砂岩,底部见含砾砂岩,沉积物粒度整体较河道沉积细。砂岩垂向上单层厚度小,但多层叠加,总体呈向上变细的趋势。测井曲线上,自然伽马一般呈中—高幅齿状钟型,其次为箱型。沉积构造常见板状交错层理。沉积物分选中等,碎屑组分中石英含量较高。砂岩物性较好,一般孔隙度2%~11%,渗透率大于 $0.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,虽属低孔低渗储层,却为本区二叠系山西组一盒8段地层最好的储层。

4.2. 决口扇砂体

决口扇砂体是洪水期快速沉积的产物。研究区决口扇砂体以灰白色细—粉砂岩为主,夹泥质粉砂岩,沉积物粒度较分支河道细,与河流相堤岸沉积类似。砂体垂向上呈想上变粗的反韵律,测井曲线呈小型漏斗形或指形。沉积构造可见小型交错层理、波状层理等。砂体物性差,孔隙度小于3%,渗透率小于 $0.05 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,不能作为有效储层。

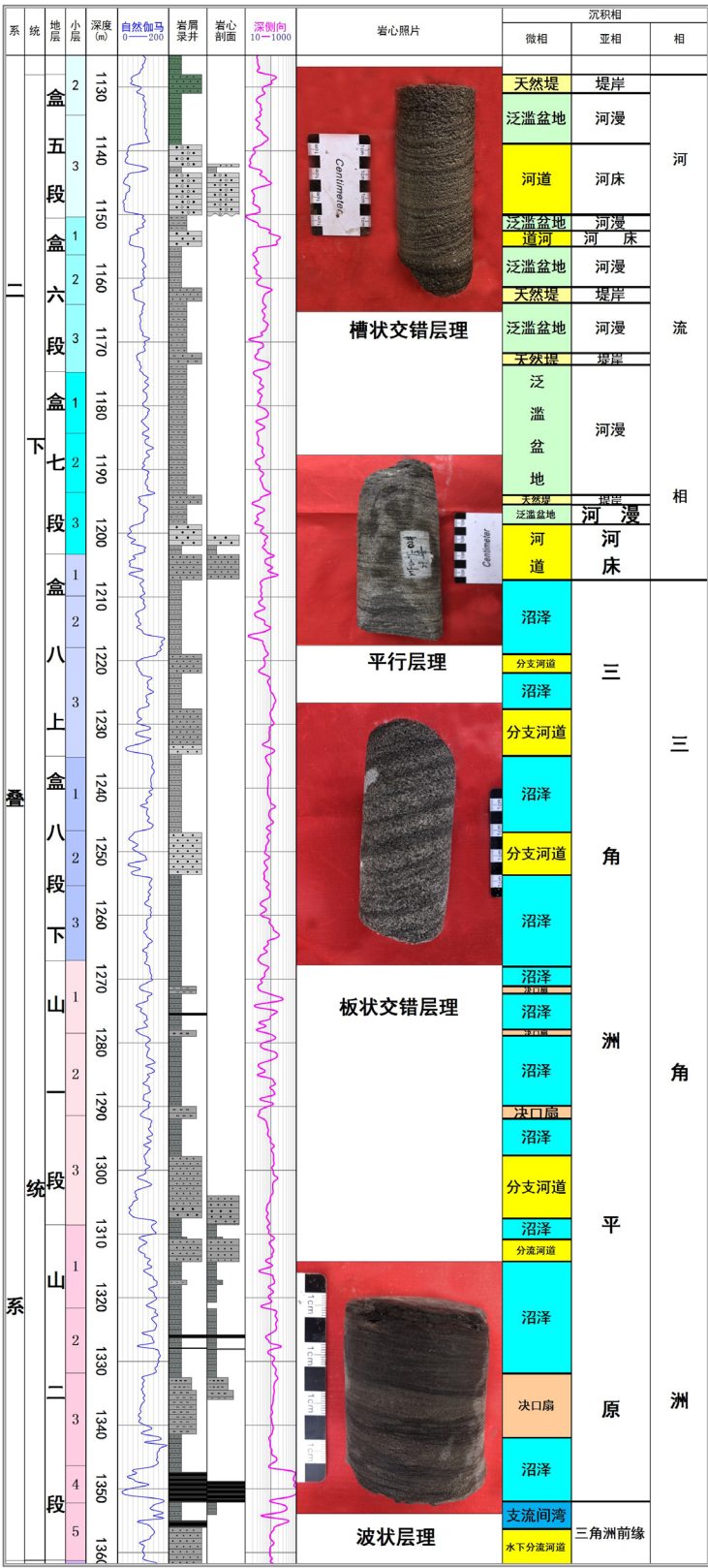


Figure 2. The single well facies of Y21
图 2. Y21 井单井相图

4.3. 河道砂体

河道砂体是研究区盒7段以上地层的主要储层砂体。研究区河道砂体以浅灰色中—粗砂岩为主,底部见河床滞留沉积,粒度曲线呈两段式,以跳跃组分为主,沉积物粒度较粗。砂岩连续沉积厚度较小,河道砂体垂向上未见明显粗细变化,但常与堤岸砂体组成向上变细的“二元结构”。测井曲线上,自然伽马呈高幅齿状箱型、钟型。沉积构造可见平行层理及槽状、板状交错层理。沉积物分选中等—较差,磨圆次圆—次棱角状。砂岩物性较好,一般孔隙度3%~13%,渗透率 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,为本区二叠系盒7段以上地层最好的储层。

4.4. 堤岸、河漫砂体

堤岸、河漫砂体平面上分布于河道砂体两侧[7][8]。研究区堤岸砂体以灰绿色、浅灰色粉砂岩为主,沉积物粒度细。砂岩厚度薄,一般1~2 m。测井曲线上,自然伽马呈低幅微齿状钟型。沉积物分选差,物性差,不能作为有效储层。河漫砂体本身极少极薄,较堤岸砂体分选、物性更差,亦无法成为有效储层。

5. 储层砂体平面展布特征

鉴于以上研究,三角洲平原分支河道砂体、曲流河河道砂体为研究区二叠系有效储层砂体。

以研究区三角洲平原分支河道砂体在联井剖面上北西—南东向(图3(a))、北东—南西向砂体连通性均较好,砂体厚度一般8~16 m(图3(b));平面上,以下盒8³小层砂体平面山体展布特征为例,砂体厚度一般4~10 m,多处厚度大于14 m,总体呈南东—北西西向展布,主要发育9~10条分流河道,局部受河道频繁迁移,呈现出连片的特征,河道宽约0.5 km。有利储层分布于河道主体部位,厚度一般6~10 m,面积48.2 km²(图4)。

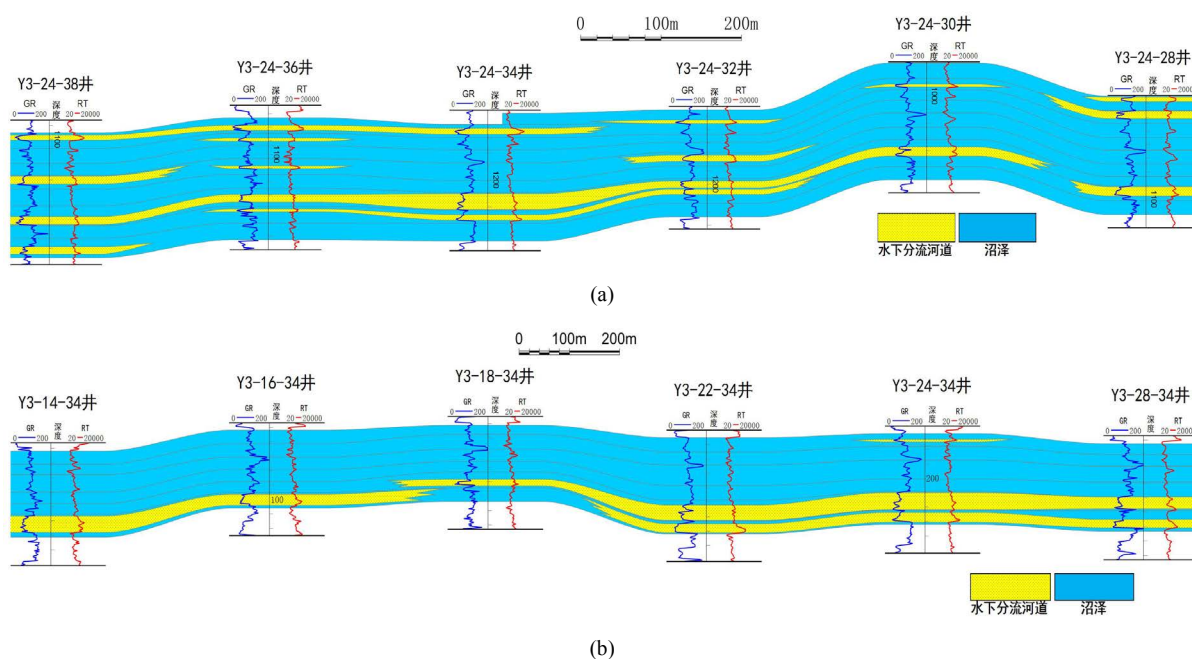


Figure 3. (a) The NW-SE trending multi-well section of P1x-h8-d; (b) The NE-SW trending multi-well section of P1x-h8-d

图 3. (a) 下盒八段北西—南东向联井剖面; (b) 下盒八段北东—南西向联井剖面

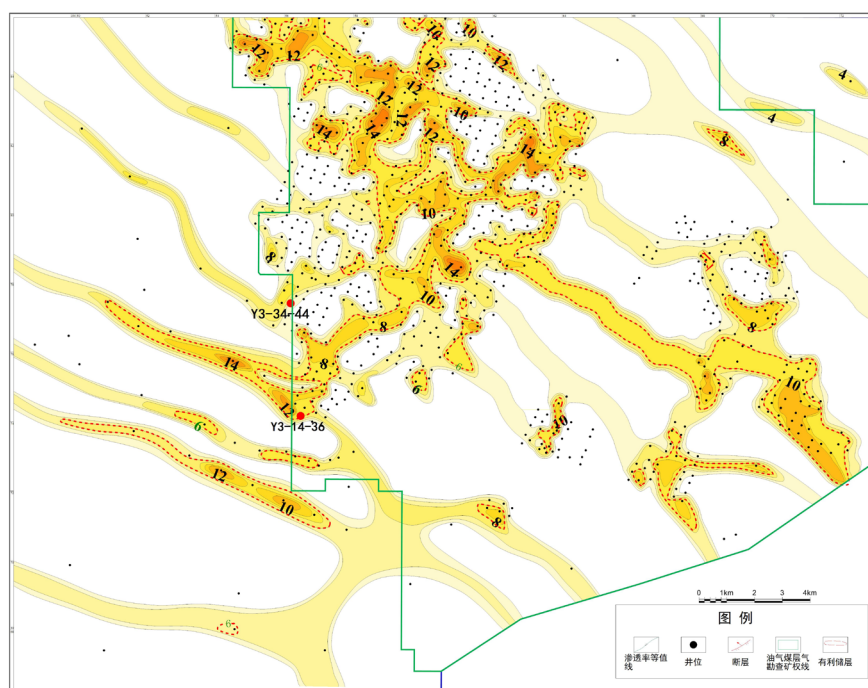


Figure 4. The sandstone thickness planar distribution of P1x-h8-d-3

图 4. 下盒 83 小层砂体厚度平面图

研究区曲流河河道砂体在联井剖面上北西—南东向砂体连通性一般，砂体厚度 2~5 m (图 5(a))；北东—南西向河道砂体连通性较好，且厚度大，一般 2~12 m (图 5(b))；平面上，以盒 7³ 小层砂体平面砂体展布特征为例，砂体厚度一般 6~10 m，最大厚度 14 m，砂体平面上呈南东—北西向展布，主要发育 7~8 条河道，宽约 0.4~0.7 km。有利储层分布于河道主体部位，厚度一般 6~10 m，面积 46.6 km² (图 6)。

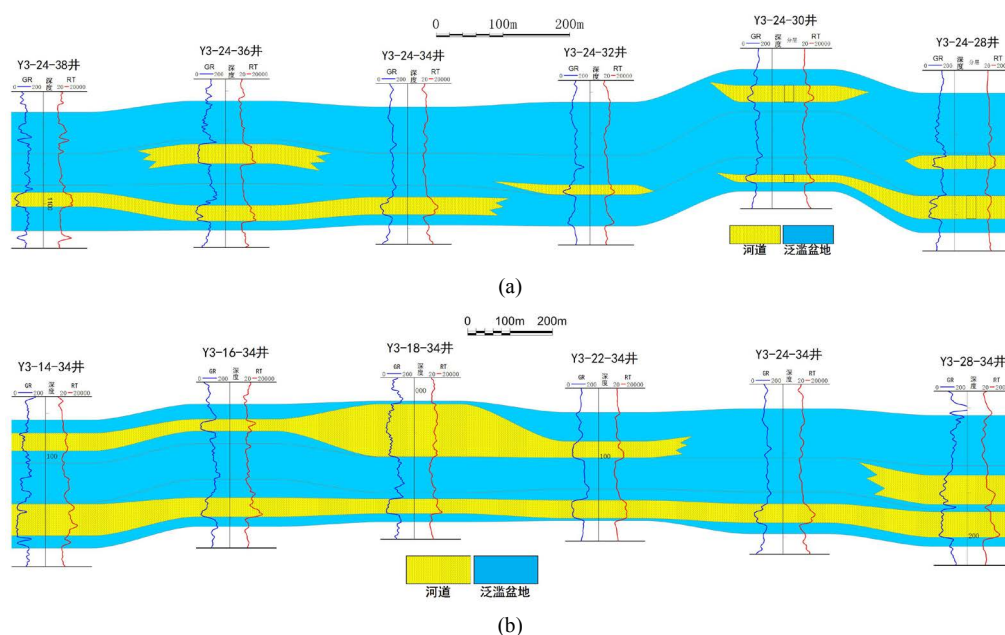


Figure 5. (a) The NW-SE trending multi-well section of P1x-h7; (b) The NE-SW trending multi-well section of P1x-h7

图 5. (a) 盒 7 段北西—南东向联井剖面；(b) 盒 7 段北东—南西向联井剖面

6. 生产上的应用

在认清储层砂体特征、摸清砂体展布形态的基础上,于研究区河道中心部位新部署水平井 Y3G4 井(图 6),目的层为下石盒子组盒 7³ 小层,获 $5.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的测试高产;对河道中心部位的老煤层气直井 Y3-32-30 (图 6)、Y3-14-36、Y3-34-44 (图 4)等井进行了老井调层,目的层下石盒子组盒 7³、下盒 8³ 等小层,获得 $1.2 \times 10^4 \sim 1.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的测试高产。进一步验证了三角洲平原分支河道砂体、曲流河河道砂体的主体部位为研究区二叠系的优质储层,并为下一步富集主控因素的研究及井位部署提供了基础依据。

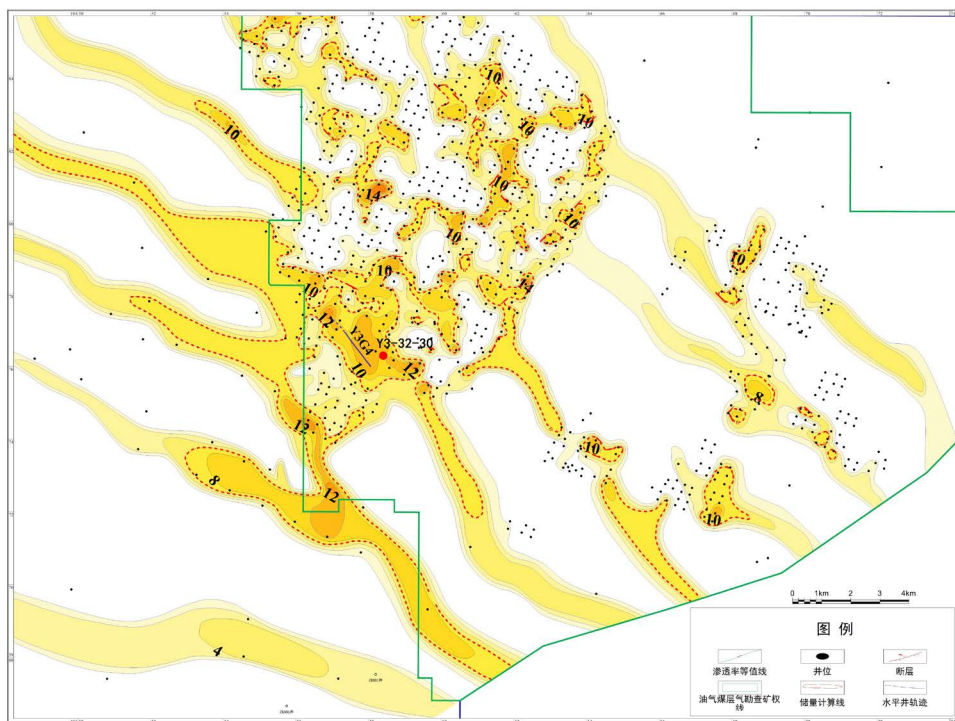


Figure 6. The sandstone thickness planar distribution of P1x-h7-3
图 6. 盒 7³ 小层砂体厚度平面图

7. 结论

- 1) 延川南气田二叠系山西组一盒 8 段发育三角洲平原相,包括分支河道、决口扇、沼泽微相;盒 7 段以上地层发育曲流河相,包括河床、堤岸、河漫亚相。
- 2) 三角洲平原分支河道砂体孔隙度 2%~11%,渗透率大于 $0.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,曲流河河道砂体孔隙度 3%~13%,渗透率 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,为延川南气田二叠系有效优质储层砂体。
- 3) 两种有效储层砂体在剖面上北西—南东向砂体连通性好,砂体厚度 2~16 m,砂体平面上呈南东—北西向展布,砂体厚度一般 4~10 m,发育 7~10 条河道,有利储层分布于河道主体部位。

参考文献

- [1] 路艳霞, 张飞燕, 吴英, 等. 延川南地区煤层气资源潜力分析[J]. 中国煤层气, 2011, 8(4): 13-17.
- [2] 罗薇, 马波, 赵景辉, 等. 延川南区块山一段沉积相研究[J]. 油气藏评价与开发, 2015, 5(3): 71-74.
- [3] 禹圣标, 陈磊, 范小俊, 等. 延川南地区煤层气储层地质特征研究[J]. 吉林地质, 2013, 32(2): 70-73.
- [4] 张可铭, 蔡益栋, 何志勇, 等. 延川南煤层气控气地质分析[J]. 煤炭技术, 2011, 30(4): 129-131.

- [5] 王松. 鄂尔多斯盆地延川南地区上古生界沉积相与古地理演化研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2018.
- [6] 张可铭, 蔡益栋, 何志勇, 等. 延川南煤层气控气地质特征分析[J]. 煤炭技术, 2011, 30(4): 129-132.
- [7] 何幼斌, 王文广, 主编. 沉积岩与沉积相[M]. 北京: 石油工业出版社, 2006: 33-42.
- [8] 《沉积构造与环境解释》编译组. 沉积构造与环境解释[M]. 北京: 科学出版社, 1984: 3-39.