

陈贤良,冯西会.相控砂体展布与富水规律研究:以文家坡井田延安组二段为例[J].湖南科技大学学报(自然科学版),  
2024,39(2):1-8.doi:10.13582/j.cnki.1672-9102.2024.02.001

CHEN X L, FENG X H. On the Distribution of Sandbody Controlled by Sedimentary Facies and Its Water Enrichment Law: A Case  
Study of the 2<sup>nd</sup> Member of Yan'an Formation in Wenjiapo Mine Field [J]. Journal of Hunan University of Science and Technology  
(Natural Science Edition), 2024, 39(2): 1-8. doi: 10.13582/j.cnki.1672-9102.2024.02.001

# 相控砂体展布与富水规律研究

——以文家坡井田延安组二段为例

陈贤良<sup>1,2\*</sup>, 冯西会<sup>3</sup>

(1. 西安科技大学 地质与环境学院, 陕西 西安 710054; 2. 西安科技大学 陕西省煤炭绿色开发地质保障重点实验室, 陕西 西安 710054;  
3. 自然资源部煤炭资源勘查与综合利用重点实验室, 陕西 西安 710021)

**摘要:** 从沉积学角度揭示沉积相与砂体展布以及富水规律的内在联系, 为矿井水害防治提供理论依据, 以文家坡井田延安组二段为研究对象, 利用录井、测井、地震和水文等地质资料开展相控砂体展布与富水规律研究。结果表明: 延安组二段主要发育湖泊和曲流河三角洲沉积, 识别出分支河道、水下分支河道、河口坝和滩坝4种主要砂体类型; 砂体的空间展布受沉积相控制明显, 研究区东北部的分支河道砂体和中南部的中南部的水下分支河道砂体的厚度大、粒度粗、孔隙度值高, 为研究区富水异常的重点区域, 在后期4号煤层开采过程中应加强矿井水害防治工作。

**关键词:** 沉积相; 砂体展布; 富水性; 延安组二段; 文家坡井田

**中图分类号:** TD745 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-9102(2024)02-0001-08

## On the Distribution of Sandbody Controlled by Sedimentary Facies and Its Water Enrichment Law:

A Case Study of the 2<sup>nd</sup> Member of Yan'an Formation in Wenjiapo Mine Field

CHEN Xianliang<sup>1,2</sup>, FENG Xihui<sup>3</sup>

(1. College of Geology and Environment, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

2. Shaanxi Provincial Key Laboratory of Geological Support for Coal Green Development, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China;

3. Key Laboratory of Coal Resources Exploration and Comprehensive Utilization, Ministry of Natural Resources, Xi'an 710021, China)

**Abstract:** In order to provide theoretical basis for mine water hazard prevention and control, the internal relationships between sedimentary facies, sandbody distribution and water enrichment law are revealed from sedimentology. Taking the 2<sup>nd</sup> member of Yan'an formation in Wenjiapo Coal Mine Field as the research object, this paper studies the sandbody distribution which is controlled by sedimentary facies and water enrichment law by using geological data such as logging, seismic and hydrology. Results show that lacustrine and meander river delta deposits are mainly developed in the 2<sup>nd</sup> member of Yan'an formation, and four main sandbodies are identified: branch channel, subaqueous branch channel, mouth bar, and beach bar. The spatial distribution of sandbodies is obviously controlled by sedimentary facies. The branch channel sandbodies in northeast and the

收稿日期: 2022-07-20

修改日期: 2024-04-02

基金项目: 自然资源部煤炭资源勘查与综合利用重点实验室项目资助(6000180299); 陕西省科技厅一般项目(青年)资助(2023-JC-QN-0315)

\* 通信作者, E-mail: 422273608@qq.com

subaqueous branch channel sandbodies in central and southern of the study area are the key areas of water enrichment nomaly with large thickness, coarse grain size and high porosity, the prevention and control of mine water hazard should be strengthened in later mining process of 4# coal seam.

**Keywords:** sedimentary facies; sandbody distribution; water-enrichment; the 2<sup>nd</sup> member of Yan'an formation; Wenjiapo Coal Mine Field

矿井水害是矿山建设与生产过程中的5大灾害之一,已成为影响煤矿安全生产的关键问题之一.我国的煤炭资源丰富,开发利用煤炭资源的历史悠久,但由于矿井水文地质条件复杂,矿井水害是世界上最严重的国家之一.矿井水害会严重影响矿井的生产效益和安全效益,影响我国煤炭工业的健康发展.

矿井水害事故发生的主要原因是对于矿井水文地质条件的认识不足<sup>[1-3]</sup>,尤其缺乏对含水层与隔水层时空展布与演替规律的研究,导致对矿井涌水量的预测不准确.现有的矿井富水性研究方法主要包括物探方法<sup>[4-8]</sup>和抽水试验<sup>[9-10]</sup>,这些方法均取得有效成果并可为矿井水害防治提供依据.物探方法的纵向分辨率差,且存在多解性,成果的解译在一定程度上依赖于解译人员的经验与技术水平,而抽水试验对含水层的富水性仅依靠少量抽水试验钻孔来评价,对含水层的空间不均质性及分布规律的认识不足,评价误差极大.许光泉等<sup>[11-14]</sup>以沉积含水层为研究对象,研究沉积相与富水性的关系;梁向阳等<sup>[15]</sup>分析矿井涌水的沉积控制;王永国等<sup>[16]</sup>研究多相变沉积条件下煤层顶板含水层的富水性特征;冯洁等<sup>[17]</sup>从沉积学角度出发,揭示沉积控水机理并划分沉积控水模式.上述研究表明:将煤矿区纳入煤田、聚煤盆地中,从沉积学角度研究煤矿区含水层和隔水层的分布特征,揭示含水层的沉积特征、空间分布与富水规律,是预测矿井充水危险程度和制定煤矿水害防治措施不可或缺的技术途径,可为矿井水害防治提供理论依据.

文家坡井田是彬长矿区2018年投产的新煤矿.4号煤层开采时延安组的含水层随顶板垮落直接进入井下,成为4号煤层开采的直接充水水源,然而,研究尚未涉及延安组沉积相及砂体展布规律,制约了井田的富水性评价.因此,本文基于录井、测井、地震与水文资料,结合彬长矿区和邻近矿井的地质特征,开展文家坡井田延安组二段相控砂体展布与富水规律研究,以期对矿井水害防治提供一定的理论依据.

### 1 井田地质概况

文家坡井田位于黄陇侏罗纪煤田彬长矿区的东部,行政区划隶属于陕西省咸阳市彬县,跨北极镇、西坡乡、小章镇和新民镇4个乡镇,地理坐标为东经108°02'09"~108°08'40",北纬35°06'42"~35°13'00".井田南与官牌井田,西与胡家河、小庄井田毗邻,东西宽约9.86 km,南北长约11.69 km,面积约79.690 3 km<sup>2</sup>.

文家坡井田位于南玉子向斜东端,总体构造简单,地层平缓,构造线呈NEE向,向斜两翼宽缓,倾角1°~6°.南玉子向斜在西部表现较为明显,向东逐渐消失.井田无明显断裂构造,断层稀少,未见岩浆岩发育.

中侏罗统延安组为含煤地层,根据岩性、岩相及沉积旋回结构等特征,自下而上划分为3段:延一段由铝质泥岩、褐灰色泥岩、砂质泥岩及4号主采煤层组成,地层厚度26~66 m;延二段由中粗粒砂岩、粉砂岩和薄层泥岩组成,局部含1~3层薄煤层(图1),地层厚度28~66 m,呈现出从西南至东北方向变薄的趋势(图2);延三段由砂泥岩互层组成,含1号、2号、3号煤层,地层厚度6.5~52.0 m.

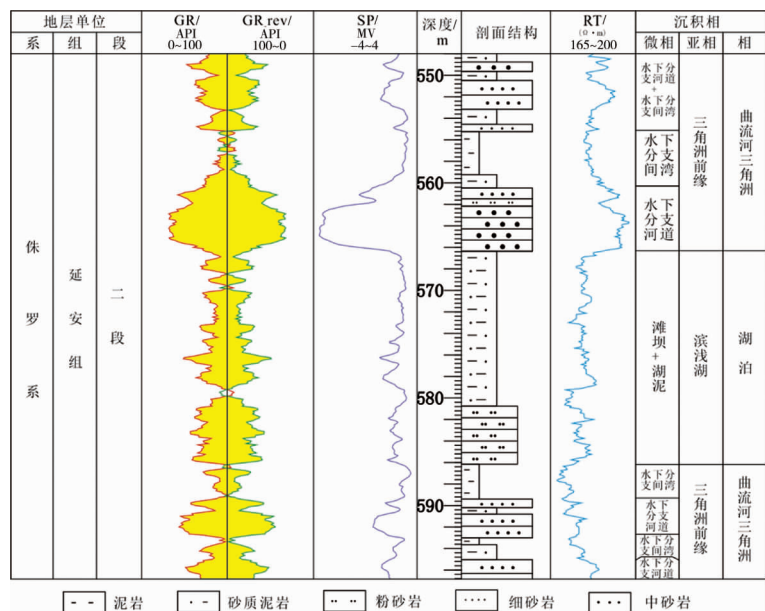


图1 文家坡井田延安组二段综合柱状图(8-7 钻孔)

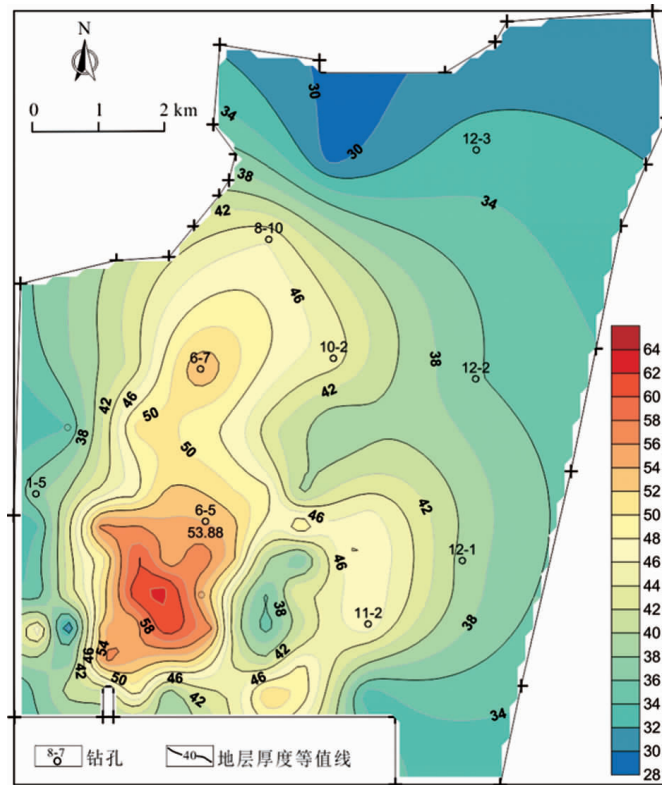


图2 文家坡井田延安组二段地层厚度等值线

## 2 沉积相类型识别

依据研究区79口井钻孔(钻孔分布规律见图2)的测井、录井资料,参考彬长矿区及邻近矿井的地质资料 and 研究成果<sup>[18-20]</sup>,结合沉积相识别标志<sup>[21-22]</sup>,得到文家坡井田延安组二段主要发育湖泊和曲流河三角洲沉积,具体的亚相、微相分类如表1所示。

表1 文家坡井田延安组二段沉积相分类

相	亚相	微相
曲流河三角洲	三角洲平原	分支河道、分支间湾、沼泽
	三角洲前缘	水下分支河道、河口坝、水下分支间湾
湖泊	滨浅湖	滩坝、湖泥

### 2.1 曲流河三角洲相

文家坡井田延安组二段沉积相类型及岩电特征如图3所示。曲流河三角洲相沉积是研究区延二段占主导地位的相类型,主要发育三角洲平原和三角洲前缘亚相沉积。

三角洲平原主要发育分支河道、分支间湾和沼泽微相(图3a)。分支河道岩性多为中、粗砂岩,测井曲线表现为高幅度钟形、箱形,正粒序结构;分支间湾岩性一般为泥岩、砂质泥岩和细砂岩,测井曲线呈低幅度的平直形或锯齿形;沼泽沉积岩性主要为泥岩和煤,测井曲线主要表现为锯齿形。

三角洲前缘是三角洲水下的沉积部分,主要由水下分支河道、河口坝和水下分支间湾沉积组成(图3b)。水下分支河道岩性主要为中、细砂岩,测井曲线呈中、高幅度的钟形、箱形,具有向上变细的粒序特点;河口坝岩性多为细砂岩,含少量中砂岩,测井曲线多呈漏斗状,反粒序结构;水下分支间湾的岩性主要为泥岩、砂质泥岩和粉砂岩,测井曲线幅度较小,多呈锯齿状。

### 2.2 湖泊相

延二段沉积时期,研究区的沉积物供给充足,湖泊水体较浅,以滨湖和浅湖亚相沉积为主,由于二者难以区分,因此统称为滨浅湖亚相,发育湖泥和滩坝微相。岩性组合以砂质泥岩夹薄层中、细砂岩为特征,局

部夹薄煤层,测井曲线为中低幅度齿形或指形(图3c)。

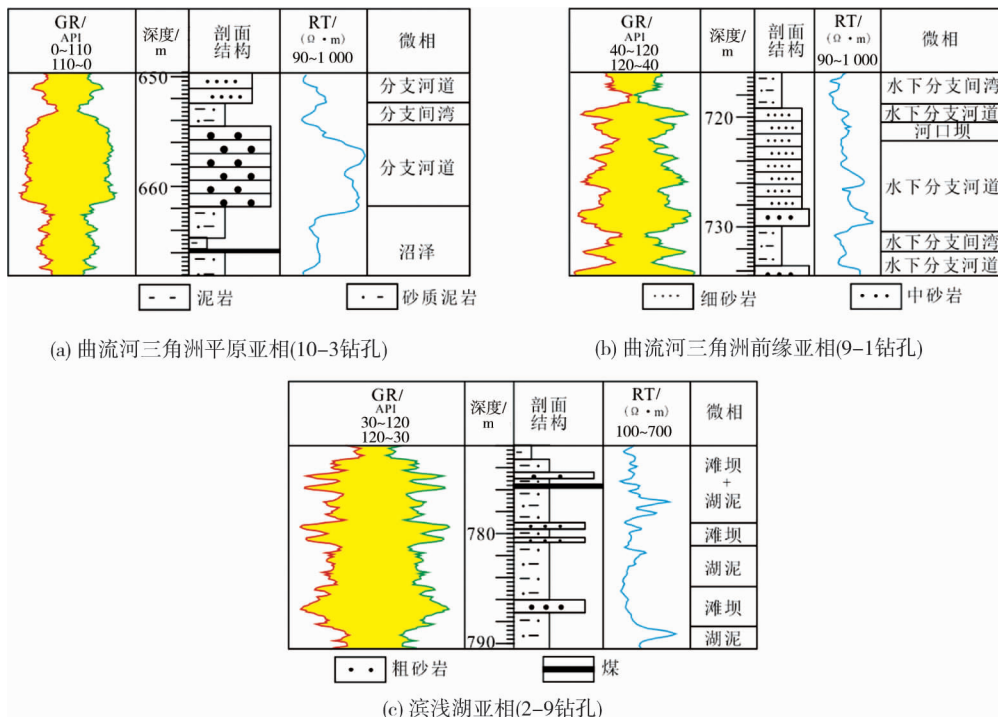


图3 文家坡井田延安组二段沉积相类型及岩电特征

### 3 沉积相空间展布

#### 3.1 单井沉积相

在沉积相类型识别的基础上,综合考虑研究区的地质背景<sup>[17-19]</sup>,选取代表性单井进行单井沉积相分析,明确其沉积相的纵向演化序列,以8-7钻孔为例(图1)。

8-7钻孔位于研究区中部,岩性以粉砂岩、细砂岩、中砂岩与泥岩、砂质泥岩不等厚互层组成,厚度约50 m,测井曲线形态呈中高幅度钟形、中低幅度指形和低幅度齿形。其中,中高幅度钟形为水下分支河道微相,以中、细砂岩沉积为主,低幅度齿形为水下分支间湾微相,以粉砂岩、泥岩、砂质泥岩沉积为主,中低幅度指形为滨浅湖亚相,以细砂岩、砂质泥岩沉积为主。综合分析认为,8-7钻孔由早期到晚期经历三角洲前缘—滨浅湖—三角洲前缘的沉积过程,反映沉积物供给由缓慢减少到逐渐增多、湖平面缓慢上升到逐渐下降的地质过程。晚期三角洲前缘沉积物的供给速率明显大于早期,导致测井曲线的幅度明显变大,沉积物粒度明显变粗。

#### 3.2 联井沉积相

在单井沉积相分析的基础上,选取东西向和南北向2条沉积剖面,由点到线开展剖面沉积相空间展布规律研究(图4和图5),以明确沉积相的纵向演化规律和横向展布特征。

从东西向联井(2-5钻孔,4-5钻孔,6-4钻孔,8-5钻孔,11-3钻孔,12-1钻孔)沉积相剖面可以看出:文家坡井田延安组二段沉积早期,从东向西测井曲线的幅度低,砂岩含量变少,水体变深,在西部发育泥炭沼泽、含煤层,由东到西依次为三角洲平原—三角洲前缘—滨浅湖亚相沉积;中期整体测井曲线的幅度高,砂岩含量高且粒度粗,多为三角洲前缘亚相沉积,水下分支河道砂体发育,反映沉积物供给增多,三角洲不断向湖推进的过程;晚期测井曲线的幅度有所降低,岩性粒度变细,多为细砂岩、泥岩,砂体发育迟缓,多发育三角洲前缘和滨浅湖亚相沉积,反映沉积物供给变少,三角洲不断萎缩的过程。总体来看,研究区东西向沉积剖面上多为滨浅湖和三角洲前缘亚相沉积(图4)。

从南北向联井(8-10钻孔,6-6钻孔,7-5钻孔,6-2钻孔,7-1钻孔)沉积相剖面可以看出:6-6钻孔



测井曲线的幅度低,砂岩含量少,向南北两侧测井曲线的幅度变大,砂岩含量变高且粒度变粗,反映南北两侧的沉积物不断向 6-6 钻孔附近推进.早期沉积相由 6-6 钻孔, 7-5 钻孔附近的滨浅湖亚相向南北两侧的三角洲前缘-三角洲平原亚相过渡;中期沉积物供给增多,三角洲向湖推进,岩性多为细砂岩、中砂岩和粗砂岩,水下分支河道砂体发育,三角洲前缘亚相大面积分布;晚期沉积物供给减少,三角洲萎缩,6-6 钻孔, 7-5 钻孔再次以滨浅湖亚相沉积为主.总体来看,研究区南北向沉积剖面靠近物源区,以三角洲前缘相沉积为主,湖泊相仅在 6-6 钻孔, 7-5 钻孔附近可见(图 5).

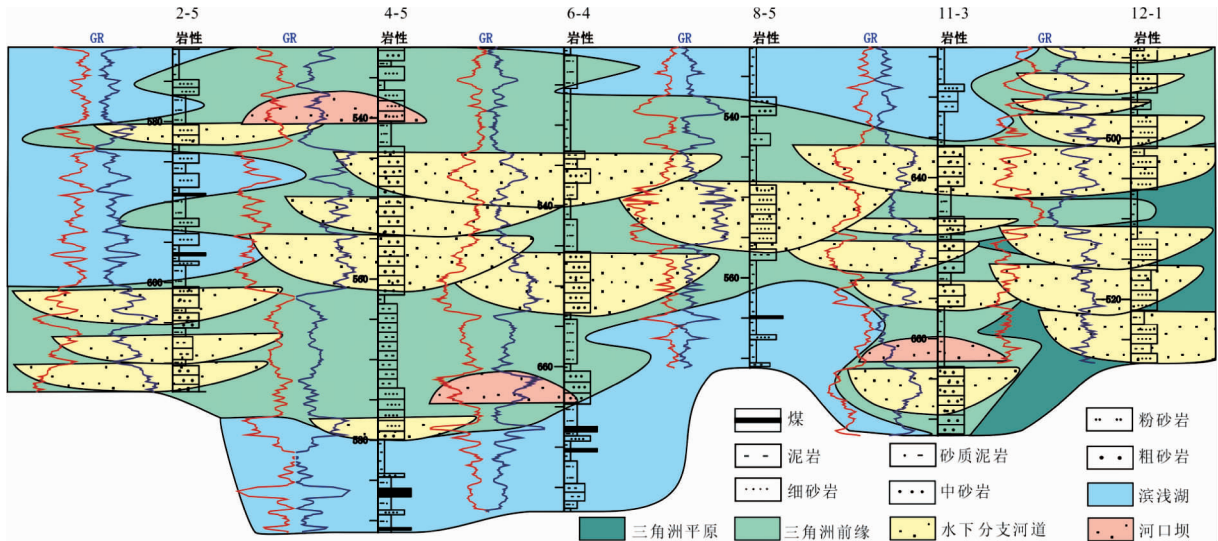


图 4 文家坡井田延安组二段东西向联井沉积相

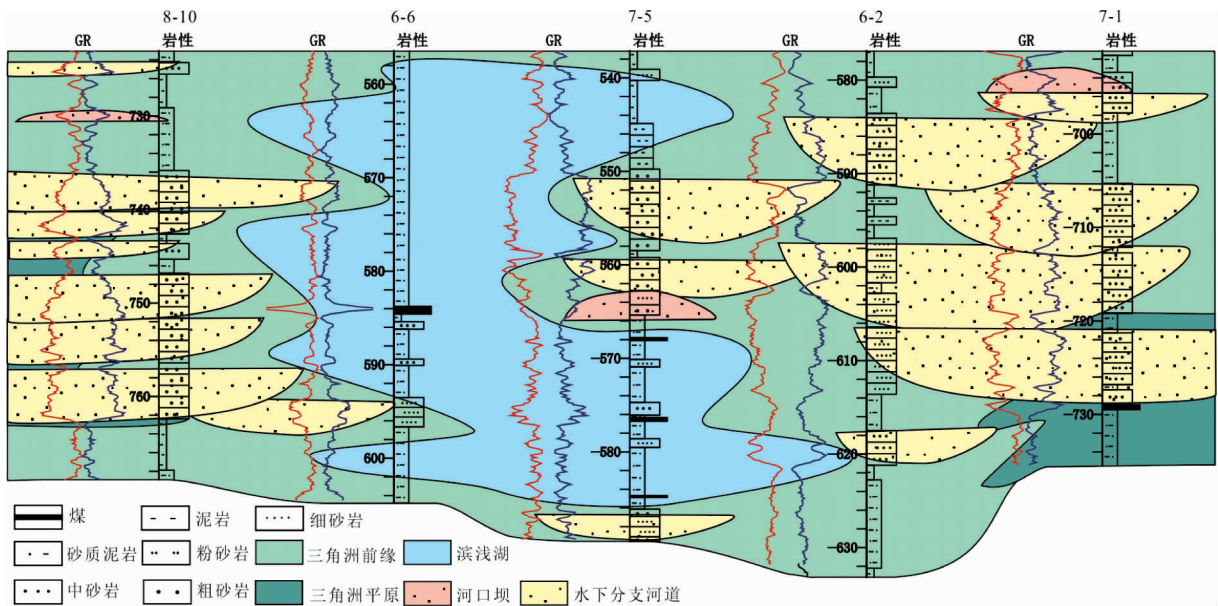


图 5 文家坡井田延安组二段南北向联井沉积相

### 3.3 平面沉积相

综合区域地质背景,在上述单井、联井相分析的基础上,基于砂岩百分含量等值线(图 6)划分平面沉积相(图 7).由图 6 可知:砂岩百分含量东北向最高,多大于 60%,南及东南向次之,多在 30%~60%,中西部最低,多小于 30%,总体从东至西向降低,反映研究区物源主要来自东部.以砂岩百分含量 60%和 30%为基准,60%以上代表三角洲平原亚相,30%~60%代表三角洲前缘亚相,30%以下代表滨浅湖亚相.由图 7 可知:研究区东北部、东部以及南部部分地区砂体发育,且连续性较好,为三角洲平原亚相,主要发育水下分支河道沉积;南部和中部部分地区砂体较发育,为三角洲前缘亚相,主要发育水下分支河道沉积;西部以及中部部分地区水体较深,砂体不发育,为滨浅湖亚相,主要发育湖泥沉积.

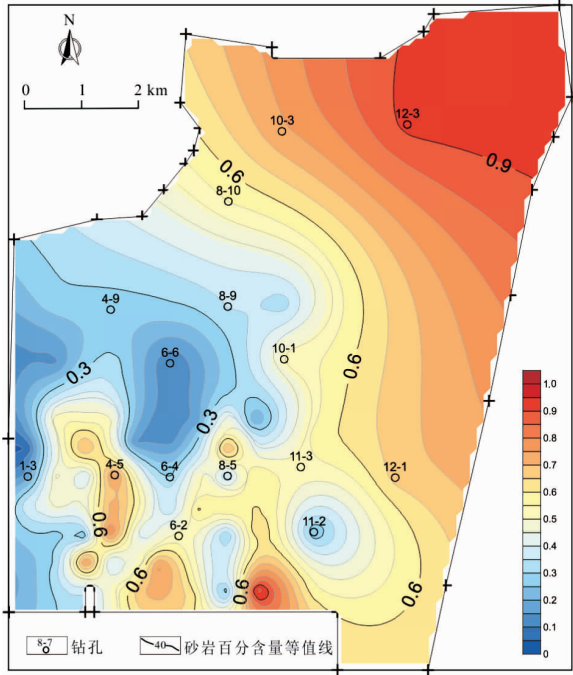


图6 文家坡井田延安组二段砂岩百分含量等值线

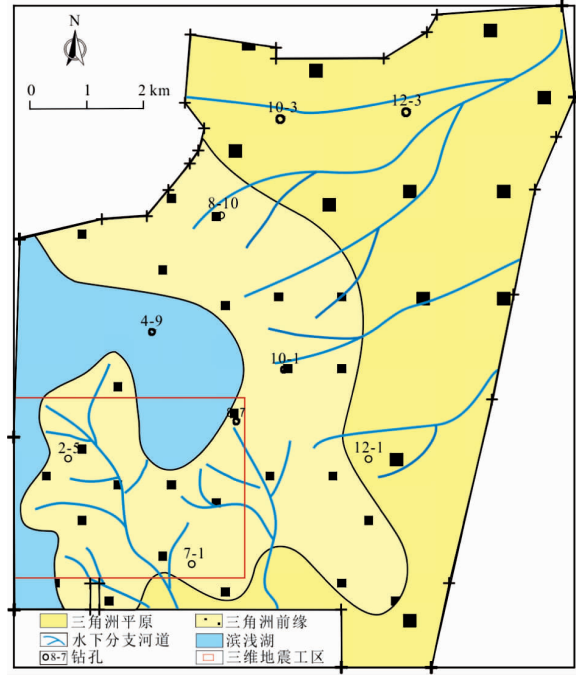


图7 文家坡井田延安组二段平面沉积相

### 4 相控砂体展布与富水规律

#### 4.1 相控砂体展布

文家坡井田延二段相控砂岩厚度等值线如图8所示。由图7和图8可知：砂体分布特征明显受沉积相带控制。研究区东北部砂体发育，以粗砂岩和中砂岩为主，砂岩累计厚度较大，为24~38 m，多为分支河道砂体；南部及中部偏东地区局部存在砂体厚度高值区，以中砂岩和细砂岩为主，砂岩累计厚度高达38~50 m，多为水下分支河道砂体；西部以及中部部分地区单砂体的厚度较小，以粉砂岩和细砂岩为主，砂体累计厚度小于10 m，多为滨浅湖滩坝砂体。

#### 4.2 富水规律

沉积相控制砂岩的成因类型、结构、形态和时空展布规律等，是含水层形成的物质基础，对地下水分布和储集具有重要的控制作用。因此，为了提高矿井的生产效益和安全效益，可在相控砂体分析的基础上，结合构造、古地貌以及地下水补给、径流等条件进行富水规律研究。

延安组地层在彬长矿区内未见出露，基本不直接接受大气降水的补给，与其他含水层不具有明显的水力联系，补给主要来源为相邻的延安组含水层的侧向径流补给，地下水由西北方向流向东南方向。同时，研究区的构造简单，地层平缓。因此，砂岩富水性主要受控于岩性。

研究表明<sup>[13-14,17]</sup>：砂岩粒度越粗，厚度越大，含水层的孔隙度、渗透率越高，富水性越强。延安组砂岩以残余粒间孔隙为主，孔隙度为6.5%~23.4%，平均孔隙度为14.58%，渗透率为 $(0.35 \sim 152.03) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，

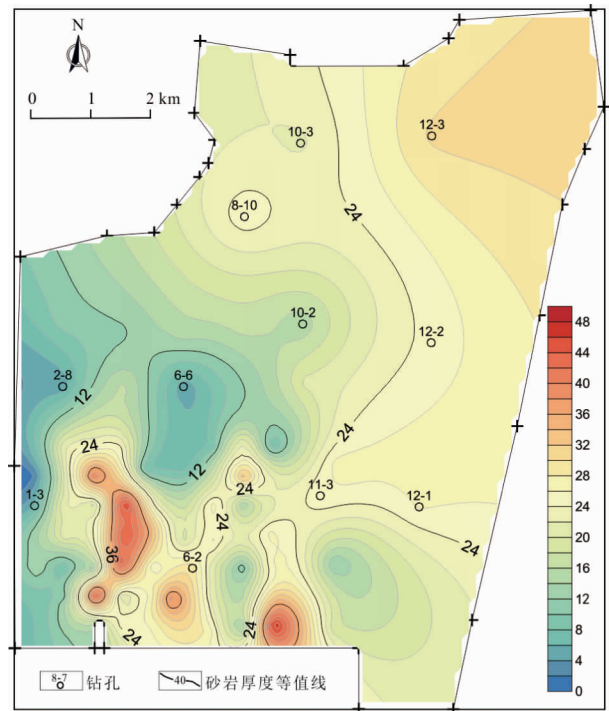


图8 文家坡井田延二段相控砂岩厚度等值线



平均渗透率为  $33.6 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ . 因此,可以利用相控砂体展布叠合孔隙度进行富水性预测.

文家坡井田延安组二段富水异常分布预测如图 9 所示. 本文主要利用 61 口井钻孔的声波和密度测井分别求取孔隙度再进行平均处理,最终得到各钻孔的孔隙度曲线,然后通过三维地震(图 7)进行全区反演计算延安组二段含水层的孔隙度,并在此基础上叠加相控砂体展布进行富水性预测(图 9a),结果表明:水下分支河道(砂地比>30%)区域砂体沉积时的水动力强,河道多期叠置,砂体厚度大、粒度粗、分布范围较广、孔隙度高,为地下水的储集提供了良好的空间,是主要含水层,为富水异常的重点区域.

在此基础上,利用 4101 工作面出水点台账(表 2)和顶板上 20 m 高分辨电测深(图 9b)与富水性预测结果进行验证. 结果表明:4101 工作面的低阻异常区主要有 5 处(A, B, C, D 和 E),为重点富水异常区,对应延安组二段的水下分支河道砂体发育地区(图 9),富水异常区与出水记录位置的吻合度较高,验证情况良好.

因此,从上述相控砂体展布、地震反演孔隙度和井下水文数据综合分析验证可知:延安组二段水下分支河道砂体发育的地区是富水异常区域(图 7,图 8,图 9a). 在后期延安组一段 4 号主采煤层的开采过程中,针对延安组二段富水异常区域,应结合微构造、水文地质条件和采动的影响等,加强矿井水害防治工作.

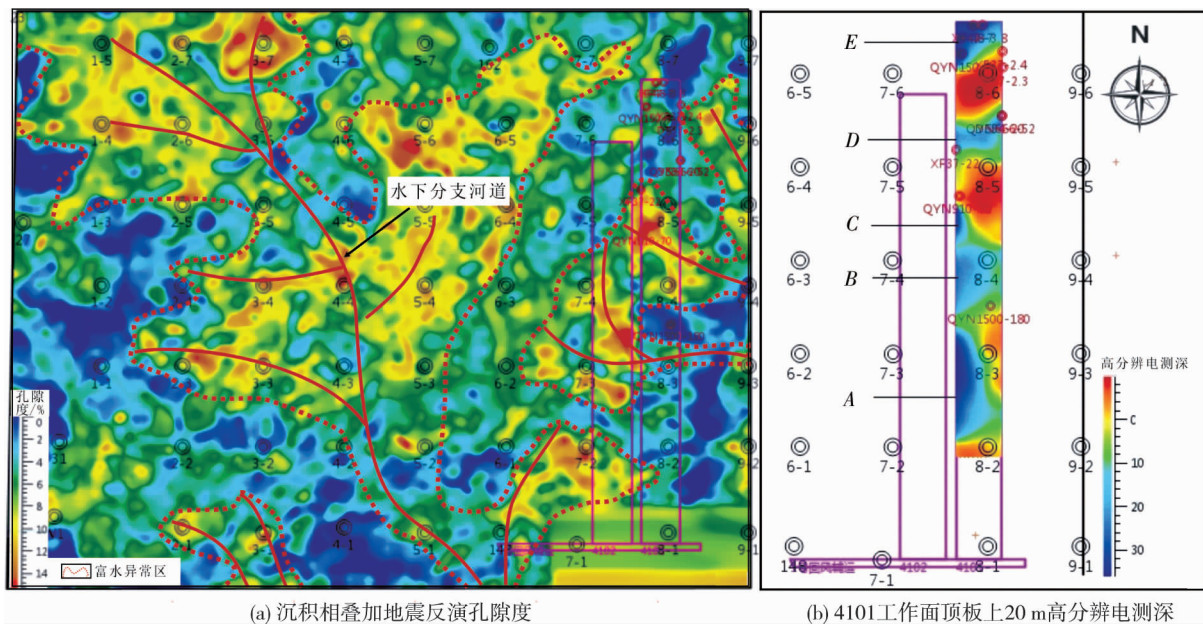


图 9 文家坡井田延安组二段富水异常分布预测

表 2 4101 工作面 2015 年—2017 年矿井突水点台账(部分)

地点	位置	初始突水日期	持续时间/d	突水水源	突水量/(m <sup>3</sup> /h)			突水描述与原因分析
					最小	最大	稳定	
4101 工作面	切眼南 148.3 m	2016-9-14		J <sub>2</sub> Y	3.0	7.0	4.0	顶板砂岩裂隙出水
4101 工作面	切眼南 666 m	2015-8-20		J <sub>2</sub> Y	15.0	52.0	20.0	顶板砂岩裂隙出水
4101 工作面	切眼南 910 m	2017-1-30		J <sub>2</sub> Y	70.0	70.0	70.0	顶板砂岩裂隙出水
4101 工作面	切眼南 1 500 m	2017-4-30		J <sub>2</sub> Y	80.0	180.0	180.0	顶板砂岩裂隙出水
4101 回顺	XF37 前 38 m	2015-6-14	10	J <sub>2</sub> Y	0.7	2.4	2.4	顶板裂隙导通砂岩含水层
4101 运顺	DS34 向北 15 m	2015-8-20	2	J <sub>2</sub> Y	0.5	20.0	1.3	顶板含水层通过裂隙通道出水
4101 切眼	XF48 向西 40 m	2016-8-5	6	J <sub>2</sub> Y	1.9	3.8	2.1	顶板含水层通过裂隙通道出水
4101 切眼	XF47 向东 5 m	2016-9-5	5	J <sub>2</sub> Y	0.8	7.0	5.0	顶板含水层通过裂隙通道出水

## 5 结论

1) 文家坡井田延安组二段主要发育曲流河三角洲和湖泊沉积,其中曲流河三角洲主要包括三角洲平

原和三角洲前缘亚相,湖泊沉积主要发育滨浅湖亚相。

2)纵向上,延安组二段沉积早期和晚期以三角洲前缘亚相和滨浅湖亚相沉积为主,中期以三角洲前缘亚相沉积为主;平面上,由东至西依次发育曲流河三角洲平原—三角洲前缘—滨浅湖亚相。

3)砂体厚度从东向西逐渐降低,东北方向主要为分支河道砂体,南部及中部偏东地区主要为水下分支河道砂体,西部以及中部部分地区主要为滩坝砂体,砂体空间展布受沉积相的控制明显。

4)水下分支河道和分支河道砂体的厚度大、粒度粗、孔隙度高、平面展布较广,为地下水的储集提供了良好的空间,是研究区富水异常的重点区域,在后期4号煤层的开采过程中应加强矿井水害防治工作。

#### 参考文献:

- [1] 董书宁,姬亚东,王皓,等.鄂尔多斯盆地侏罗纪煤田典型顶板水害防控技术与应用[J].煤炭学报,2020,45(7):2367-2375.
- [2] QIN Y, LU J. Prediction of coal mine water hazards: a case study from the Huainan Coalfield[J]. Arabian Journal of Geosciences, 2019, 12(3): 83.
- [3] 张耀辉,熊祖强,李西凡,等.复杂水文地质条件下矿井水害综合防治技术研究[J].煤炭科学技术,2021,49(3):167-174.
- [4] JIANG Z H, YUE J H, LIU S C. Prediction technology of buried water-bearing structures in coal mines using transient electromagnetic method[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2007, 17(2): 164-167.
- [5] FAN Y N, LU K L, LI X, et al. Mapping coal water-filled zones using multi-radiation source transient electromagnetic pseudo-seismic Born approximation imaging and apparent resistivity imaging in Gansu, China[J]. Journal of Applied Geophysics, 2022, 203:104717.
- [6] 韩风军,吴正飞,代凤强.多相变沉积条件下煤层顶板含水层富水性探测关键技术研究[J].煤炭技术,2020,39(6):43-45.
- [7] 王晓蕾,王晶,姬治岗,等.中国煤矿资源勘察及开采过程中的物探技术现状及发展趋势[J].科学技术与工程,2021,21(4):1237-1248.
- [8] 高俊良,段建华,郭粤莲.综合物探技术在探测煤矿采空区及其富水性中的应用[J].中国煤田地质,2007,19(增刊2):111-113.
- [9] 赵宝峰,吕玉广.煤层底板厚层砂岩含水层可疏性综合评价[J].煤矿安全,2021,52(9):196-203.
- [10] ZHANG Z X, WANG H T, WANG L, et al. Experimental study on mechanics and permeability properties of water-bearing raw coal samples under in-situ stress[J]. Applied Sciences, 2019, 9(12): 2549.
- [11] 许光泉,沈慧珍,魏振岱,等.宿南矿区“四含”沉积相与富水性关系研究[J].安徽理工大学学报(自然科学版),2005,25(4):4-8.
- [12] 刘基,杨建,王强民.基于沉积规律的煤层顶板含水层富水性研究[J].煤矿安全,2018,49(1):69-72.
- [13] 张康,魏久传,李立尧,等.营盘壕井田侏罗系直罗组相控砂体展布与富水规律研究[J].煤矿安全,2019,50(9):61-65.
- [14] 王朝引.基于陆相沉积控制的主充水含水层富水性三维展布特征[J].煤炭科学技术,2020,48(12):198-204.
- [15] 梁向阳,杨建,曹志国.呼吉尔特矿区矿井涌水特征及其沉积控制[J].煤田地质与勘探,2020,48(1):138-144.
- [16] 王永国,王明,刘增平,等.巴彦高勒煤矿多相变沉积条件下煤层顶板含水层富水性特征[J].煤田地质与勘探,2019,47(增刊1):56-61.
- [17] 冯洁,侯恩科,王苏健,等.陕北侏罗系沉积控水规律与沉积控水模式[J].煤炭学报,2021,46(5):1614-1629.
- [18] 张倩,李文厚,刘文汇,等.鄂尔多斯盆地侏罗纪沉积体系及古地理演化[J].地质科学,2021,56(4):1106-1119.
- [19] JOHNSON E A, LIU S, ZHANG Y L. Depositional environments and tectonic controls on the coal-bearing Lower to Middle Jurassic Yan'an Formation, southern Ordos Basin, China[J]. Geology, 1989, 17(12): 1123.
- [20] 刘鹏飞,范静涛,郭晓丹.小庄井田煤层地质特征及影响因素研究[J].非常规油气,2018,5(2):31-40.
- [21] 李守军,刘宝梅,张祥玉,等.鄂尔多斯盆地临兴地区山西组沉积相及其对砂体的控制作用[J].中国科技论文,2019,14(1):66-76.
- [22] 姜在兴.沉积学[M].2版.北京:石油工业出版社,2010:442-467.