

文章编号:1009-3850(2011)03-0028-07

川西前陆盆地下侏罗统白田坝组沉积特征

程立雪, 陈洪德, 徐胜林, 李 洁, 钟怡江, 隆 轲

(成都理工大学 沉积地质研究院, 四川 成都 610059)

摘要:依据钻井、露头及岩心资料,结合区域地质特征,详细研究了川西前陆盆地下侏罗统白田坝组沉积相和岩相古地理特征。结果表明,川西前陆盆地下侏罗统白田坝组主要发育冲积扇相、曲流河相、湖泊三角洲相和湖泊相4种沉积相类型。冲积扇相主要发育扇中和扇端两个亚相,扇根不发育;曲流河相发育河道和洪泛平原两个亚相;湖泊三角洲相发育三角洲平原、三角洲前缘两个亚相,前三角洲亚相不发育;湖泊相主要发育滨浅湖亚相和半深湖亚相,深湖亚相不发育。龙门山前缘的邛崃、安县、江油、旺苍、南江等地冲积扇广泛发育,大小、形状不同的冲积扇连接叠覆构成冲积扇群。在安县地区发育的冲积扇往东砾石由粗变细,逐渐过渡到河流的砂岩相。在金堂、三台等地河流入湖形成三角洲相沉积,并由三角洲进入湖泊沉积区,构成冲积扇—河流—三角洲—湖泊的沉积模式。

关键词:川西前陆盆地;下侏罗统;白田坝组;沉积特征

中图分类号:P512.2

文献标识码:A

前人对川西前陆盆地侏罗系进行了沉积体系及沉积环境的研究^[1~3],参考前人研究成果,结合野外剖面、测井和岩心资料,本文运用沉积学基本原理和方法^[4,5],综合考虑研究区内白田坝组的岩石类型、颜色、结构组分、沉积构造等特征,识别出冲积扇、曲流河、三角洲、湖泊等沉积环境。笔者认为,对川西前陆盆地白田坝组的沉积相进行详细研究,对该层段油气资源的勘探和开发具有重要意义。

1 地质背景

四川盆地是我国西部的大型含油气叠合盆地,也是我国重要的天然气生产基地,面积约19万km²。位于龙门山冲断带前缘的川西前陆盆地是中国典型的前陆盆地之一,也是一个重要的含油气盆地(图1)。它是指晚三叠世以来四川盆地的中西部地区,相当于四川盆地构造分区中的川西断褶带和川中地块区的西部^[6]。其形成是由于岩石圈深部调整作用引起扬子板块自南东往北西持续俯冲,龙

门山推覆构造带自北西往南东持续推覆的结果^[7]。盆地平行于龙门山造山带展布,具有邻近龙门山造山带一侧沉降幅度大而向盆地缓坡带一侧沉降幅度小的特点,显示出西陡东缓的不对称箕状形态。盆地中充填有晚三叠世至始新世地层,总厚逾万米。侏罗系是该地区重要的产油气层位之一,已发现和投入勘探开发的大、中型天然气田有十多处^[2,8]。

白田坝组主要分布于龙门山中、北段前缘的江油、广元和米仓山—大巴山前缘的南江、旺苍、万源一带,以广元白田坝组剖面最为典型。在层位上相当于自流井组的马鞍山段上部至大安寨段,普遍超覆假整合或角度不整合于须家河组之上,厚度200~600m。

2 岩石学特征

白田坝组由3套岩性组成,底部为冲积扇相的紫红色、杂色粗—巨砾岩,夹砂岩透镜体,砾石圆度

收稿日期:2010-09-10; 改回日期:2010-09-13

作者简介:程立雪(1986—)男,硕士研究生,沉积学专业。E-mail: hyperfisker@163.com

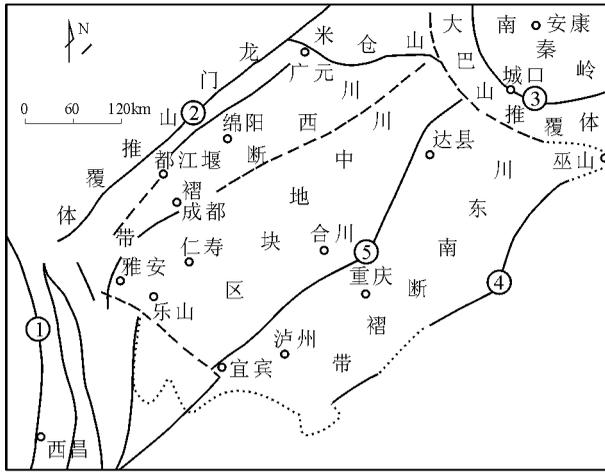


图1 川西前陆盆地构造分区简图

① 安宁河断裂; ② 龙门山断裂; ③ 城口断裂; ④ 七跃山断裂; ⑤ 华莹山断裂

Fig. 1 Tectonic division in western Sichuan foreland basin

① = Anninghe fault; ② = Longmenshan fault; ③ = Chengkou fault; ④ = Qiyueshan fault; ⑤ = Huayingshan fault

好、分选差,砾石成分以石英岩和石英砂岩为主,含少量灰岩和浅变质岩。砾岩层横向变化剧烈且常有分叉、尖灭或为石英砂岩替代。砾岩层之上为厚数十米至100余米的含煤泥页岩夹砂岩或砾岩层。煤层变化大,最多有6层,单层厚度一般小于40cm,厚者可达40~60cm;或相变为碳质页岩;普遍含结核状、透镜状菱铁矿。中、上部为黄绿色、紫红色砂泥岩层,中间夹1~8层厚度不等的砾岩透镜体,局部夹介壳薄层^[10]。

3 沉积相

通过野外剖面 and 钻井岩心研究,结合地震资料,研究区内下侏罗统白田坝组主要发育冲积扇相、河流相、湖相三角洲相和湖泊相,并可划分为若干亚相(表1)。

表1 川西前陆盆地下侏罗统白田坝组沉积相划分
Table 1 Sedimentary facies division in the Lower Jurassic Baitianba Formation, western Sichuan foreland basin

沉积相	亚相	分布地区
冲积扇	扇中、扇端	盆地西缘
冲积平原	河道洪泛平原	盆地西缘
湖泊	滨湖、浅湖、半深湖	盆地中东部、西部
三角洲	三角洲平原、三角洲前缘	湖盆边缘

3.1 冲积扇相

冲积扇是由山前带或陡崖朝着邻近低地延伸的扇形沉积体,它常常是由携带大量沉积物的河流从狭窄山谷流出并注入宽阔的山前冲积平原上而形成。研究区内白田坝组可识别出扇中和扇端亚相,扇根亚相不发育(图2)。

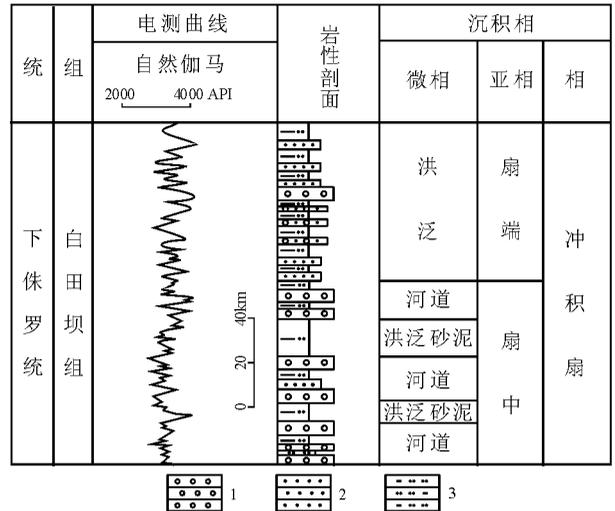


图2 邛崃火井白田坝组冲积扇相

1. 砾岩; 2. 粗砂岩; 3. 泥质粉砂岩

Fig. 2 Alluvial fan facies in the Baitianba Formation, Huojing, Qionglai

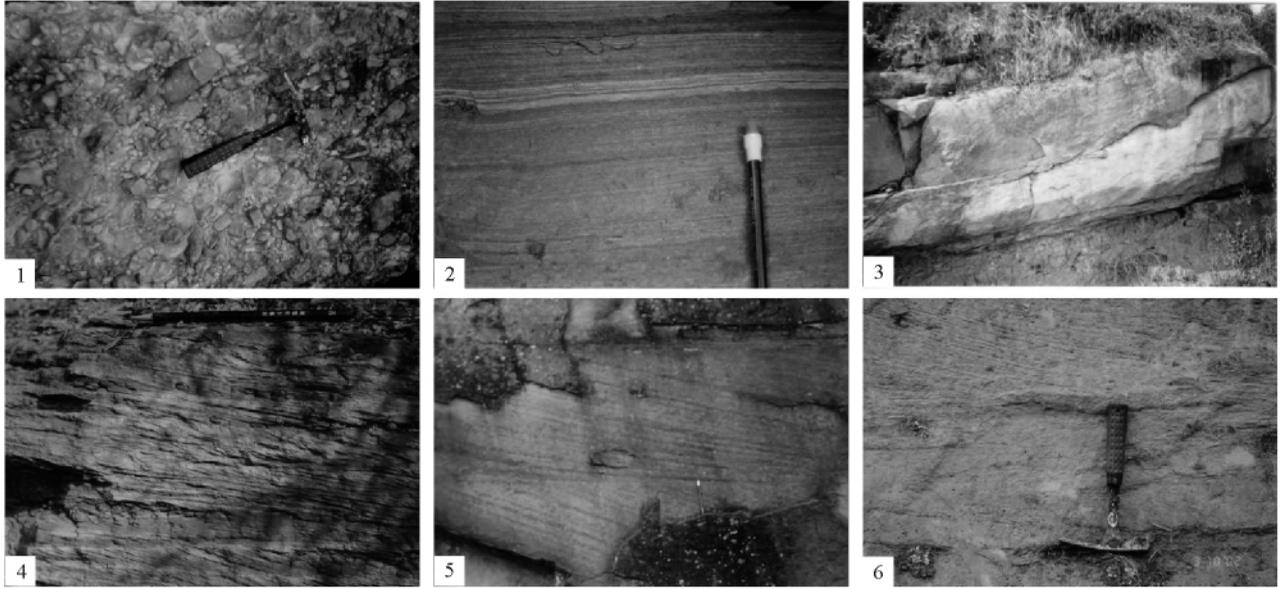
1 = conglomerate; 2 = coarse-grained sandstone; 3 = muddy siltstone

1. 扇中亚相

由粗砾岩及少量中-粗砾岩组成,呈扁平大型透镜体状产出。砾石含量在85%以上,呈砾石支撑,分选性和磨圆度中等到较好。砾石定向性排列明显,其最大扁平面多平行层面排列,部分呈叠瓦状构造。局部可见砾石坝迁移过程中形成的大型前积交错层理。单个砾石大型透镜状砾岩体多具下粗上细的粒序,下部为巨砾-粗砾岩(图版1),上部粗-中砾岩中可夹有砂岩小透镜体或砂岩条带,可见平行层理(图版2)。部分透镜体砾岩体顶部薄层砂岩的层面上具有舌形波痕。测井曲线表现为中高幅的指形,局部为齿化或指化箱形特征。

2. 扇端亚相

主要由洪泛沉积构成,岩性特征为暗红色、砖红色粉砂岩、泥质粉砂岩与粉砂质泥岩、砂质泥岩和泥岩互层,夹少量砾岩和砂岩。粉砂岩和泥岩中可见水平层理、钙质结核和虫管;砂岩中可见平行层理和板状交错层理。测井曲线常表现为低幅齿形或齿形夹指形特征。



图版

1. 石英质砾岩; 2. 平行层理; 3. 大型板斜层理; 4. 沙纹层理; 5. 大型斜层理; 6. 大型槽状交错层理

3.2 曲流河

曲流河沉积主要分布于白田坝组下部,下部为河道沉积,上部为洪泛沉积。纵向上由数个以冲刷面(图版3)分隔的砂泥岩正韵律组成(图3),可划分为河道亚相和洪泛平原亚相。

1. 河道亚相

在研究区内河道亚相可识别出河床滞留沉积和边滩两个微相。河道沉积主要由紫灰色、灰白色细-中砂岩以及粉砂岩组成,局部含砾。砂岩主要为长石石英砂岩,砂岩中偶见钙质团块,具正粒序,砂体多呈透镜状产出。下部发育平行层理、槽状交错层理和板状交错层理,上部发育沙纹层理(图版4),局部可见虫管。

2. 洪泛平原亚相

研究区曲流河洪泛平原沉积主要为漫流沉积,岩性为灰色、紫灰色粉砂质泥岩或泥质粉砂岩,夹少量泥岩及粉砂岩,一般呈薄到中层状产出。部分粉砂质泥岩中发育水平层理,粉砂岩中具沙纹层理,粉砂质泥岩顶面可见干裂构造,泥质粉砂岩中钙质结核较为常见,且虫管和生物扰动构造均较发育。此亚相中有时夹有细砂岩,呈底平上凸的透镜体,下部具微弱的冲刷面,内部一般不显层理或显由粗到细的正向粒序。

3.3 湖相三角洲相

根据岩性、剖面结构等特征,可将三角洲相分为

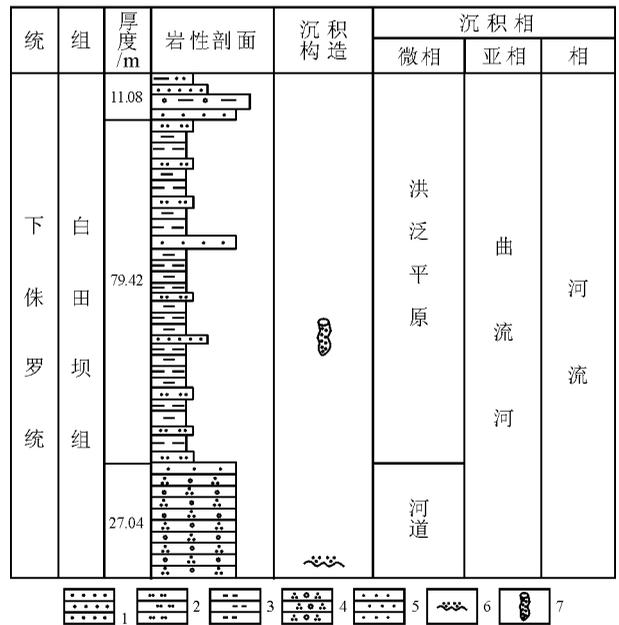


图3 芦山两河口白田坝组曲流河相

1. 粗砂岩; 2. 粉砂岩; 3. 泥岩; 4. 含石英砾岩; 5. 细砂岩; 6. 冲刷面; 7. 虫管

Fig. 3 Meandering river facies in the Baitianba Formation, Lianghekou, Lushan

1 = coarse-grained sandstone; 2 = siltstone; 3 = mudstone; 4 = quartz-bearing conglomerate; 5 = fine-grained sandstone; 6 = scour surface; 7 = burrow

三角洲平原和三角洲前缘两个亚相(区内前三角洲亚相不发育)。

1. 三角洲平原亚相

三角洲平原亚相是三角洲沉积的水上部分,位于三角洲沉积层序的最上部,由分流河道、天然堤、决口扇、分流间湾或洪泛湖泊等微相组成^[11~13]。除分流河道外,其余几个微相可统称之为河道间沉积(图4)。

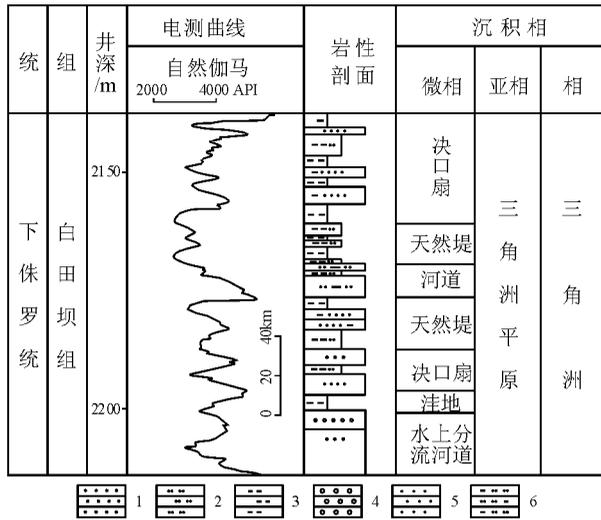


图4 川鸭91井白田坝组三角洲平原亚相

- 1. 粗砂岩; 2. 粉砂岩; 3. 泥岩; 4. 砾岩; 5. 细砂岩; 6. 泥质粉砂岩
- Fig. 4 Delta plain subfacies in the Baitianba Formation through Chuanya-91 well
- 1 = coarse-grained sandstone; 2 = siltstone; 3 = mudstone; 4 = conglomerate; 5 = fine-grained sandstone; 6 = muddy siltstone

(1) 分流河道微相

主要由细-中粒长石砂岩、岩屑砂岩及长石石英砂岩或岩屑石英砂岩组成,其次为中粗粒砂岩,少量含砾粗砂岩。砂岩的成分成熟度及结构成熟度均较低,砂岩中发育中至大型板状斜层理(图版5),槽状交错层理(图版6)楔状交错层理及平行层理。砂体底部一般都具有明显的冲刷面构造,冲刷面上广泛见有泥砾、钙质砾,砂体底面的起伏可达0.2~0.5m。砂体具有明显的正粒序,测井曲线上表现为钟形或齿化钟形特征。

(2) 河道间微相

天然堤由紫灰色、棕红色细砂岩、粉砂岩、泥岩组成,发育水平层理和沙纹层理。决口扇由夹于暗紫红色、灰紫色泥岩中的粉砂岩和细砂岩组成。洪泛湖则以泥岩沉积为主,夹少量粉砂质泥岩或泥质粉砂岩,发育水平层理及生物扰动构造,虫管及钙质结核。测井曲线上表现为低幅的平直直线或微齿化,局部微指形或齿化特征。

2. 三角洲前缘亚相

三角洲前缘亚相是三角洲沉积的主体部分,由水下分流河道、河口坝、远砂坝、席状砂、水下分流间湾等微相组成(图5)。

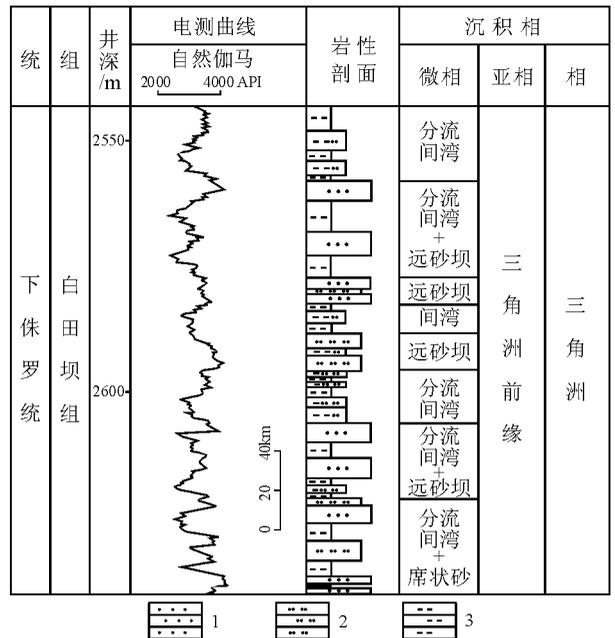


图5 川孝94井白田坝组三角洲前缘亚相

- 1. 细砂岩; 2. 粉砂岩; 3. 泥岩
- Fig. 5 Delta front subfacies in the Baitianba Formation through Chuanxiao-94 well
- 1 = fine-grained sandstone; 2 = siltstone; 3 = mudstone

(1) 水下分流河道微相

底部多为深灰色砾岩,向上逐渐过渡为浅灰色、灰黄色细粒长石砂岩、长石石英砂岩。砾石成分简单,绝大多数为黑色泥质粉砂岩和粉砂质泥岩;砾径介于1~5cm,砾石形态多为扁平状,排列具定向性,磨圆性差-中等。砂体多呈透镜状叠置,发育大型板状交错层理和平行层理。底部具有冲刷面。测井曲线上表现为钟形或齿化箱形特征。

(2) 水下分流间湾微相

水下分流河道之间与湖水相通的低洼地区即为水下分流间湾。岩性主要为一套细粒悬浮成因的紫红色、暗紫红色及棕红色的泥岩和粉砂质泥岩,少量粉砂岩或泥质粉砂岩,发育小型板状交错层理、浪成沙纹层理和水平层理,可见浪成波痕、钙质结核及虫管。测井曲线表现为低幅锯齿形特征。

(3) 河口坝微相

河口坝是三角洲前缘亚相中最为典型的微相,是河流注入水体时,由于河口地形条件及湖水对入

河流的遏制作用,河流流速大减,从而河流携带的大量载荷快速堆积下来而形成。岩性为紫灰色和棕红色中至厚层状细粒岩屑长石砂岩、岩屑石英砂岩及长石石英砂岩,少量泥质粉砂岩。沉积构造主要为各类交错层理、逆粒序层理及滑塌变形和包卷层理等。测井曲线表现为齿化箱形、漏斗形特征。

(4) 远砂坝微相

远砂坝是由河流所携带的细粒沉积物在三角洲前缘河口坝与浅湖过渡地带所形成的坝状沉积体,位于三角洲前缘亚相最前端。主要由紫红色、棕灰色、褐灰色和紫灰色薄至中层状粉砂岩组成,见小型板状交错层理、沙纹层理、水平层理、钙质结核和虫管。测井曲线表现为齿化漏斗形或低幅指形特征。

(5) 席状砂微相

席状砂特点是分布面积广泛,厚度较薄,常与泥质粉砂岩和粉砂质泥岩互层。由于湖浪改造作用较弱,因此区内席状砂坝沉积相对不发育,多由细粉砂组成,其间为薄层泥所隔开。测井曲线上表现为低幅度的微齿化特征。

3.4 湖泊相

根据岩性组合和沉积构造可划分出滨浅湖、半深湖两个亚相^[14,15]。湖泊沉积相在纵向上常表现出向上由粗变细的正粒序,横向上常与湖泊三角洲沉积体系或扇三角洲沉积体系或冲积扇沉积体系呈指状交错过渡(图6)。

1. 滨浅湖亚相

滨浅湖亚相主要由成分成熟度和结构成熟度均较高的暗褐色、浅褐色细砂岩和粉砂岩以及灰色、灰黑色、紫灰色和灰绿色薄层泥岩组成。细砂岩中平行层理及冲流层理发育,粉砂岩中发育爬升沙纹层理,泥岩中发育水平层理和生物扰动构造。浅湖亚相测井曲线为低幅弱齿形或柱形特征。

2. 半深湖亚相

以灰色/深灰色泥岩为主,夹褐灰色灰岩。具细薄的水平层理及季节性纹理。泥岩和灰岩中见保存完好的叶肢介等浮游生物化石。测井曲线表现为低幅指形或柱形特征。

4 沉积相平面展布特征及沉积模式

川西前陆盆地下侏罗统白田坝组属陆相沉积,沉积相类型丰富,主要受龙门山推覆构造带的影响,沉积相带大体呈北东-南西向展布。由西向东,即由盆地边缘向盆地中心,沉积物由粗变细,各

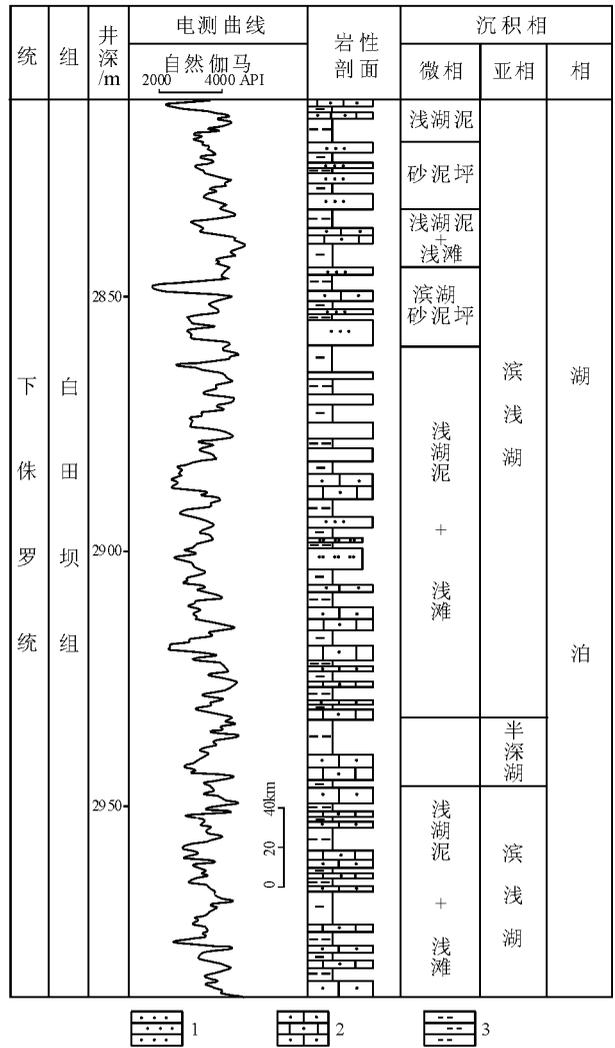


图6 龙651井白田坝组湖泊相

1. 细砂岩; 2. 砂屑灰岩; 3. 泥岩

Fig. 6 Lacustrine facies in the Baitianba Formation through Long-651 well

1 = fine-grained sandstone; 2 = calcarenite; 3 = mudstone

种沉积相类型的变化及平面配置关系也呈现有规律的变化(图7)。冲积扇沿龙门山前缘皆有发育,主要分布在邛崃、安县、江油、旺苍及南江等地。特别是在安县地区发育的冲积扇往南东向延伸,扇体变薄直至尖灭,砾石由粗变细,在德阳-绵阳一线地区逐渐形成曲流河冲积平原的砂岩相,并在金堂和三台等地的入湖处形成三角洲相沉积,再由三角洲进入湖泊沉积区,形成冲积扇-河流-三角洲-湖泊的沉积模式(图8)。在间歇发生的洪泛高潮期,河流的流速和流量极大,可携带大量的碎屑物质沿着地貌上的狭谷或低凹处以重力流的方式直达半深湖,形成透镜状的湖底扇沉积。而在盆地西南部的洪雅-新都一线大部分地区和北部的梓潼、剑阁区域发

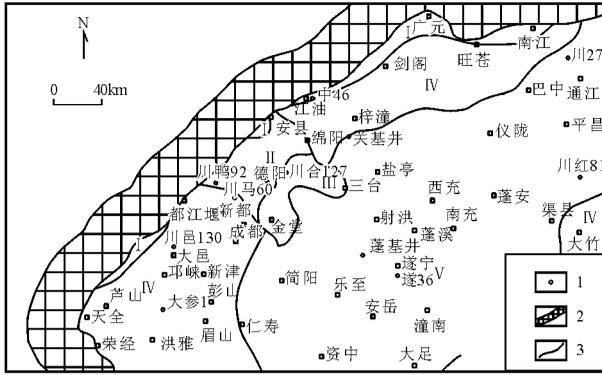


图7 川西前陆盆地下侏罗统白田坝组沉积相平面展布图

1. 钻井; 2. 古陆剥蚀区; 3. 相带分界线. I. 冲积扇; II. 曲流河; III. 三角洲; IV. 滨浅湖; V. 半深湖

Fig. 7 Planar distribution of the sedimentary facies in the Lower Jurassic Baitianba Formation, western Sichuan foreland basin

1 = borehole; 2 = denuded area; 3 = facies boundary. I = alluvial fan; II = meandering river; III = delta; IV = littoral-shallow lake; V = bathyal lake

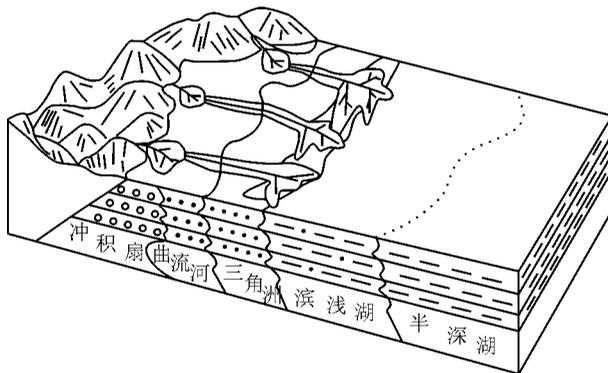


图8 冲积扇-河流-三角洲-湖泊沉积模式

Fig. 8 Sedimentary model for the alluvial fan-fluvial-delta-lacustrine deposits

育广大的滨浅湖沉积,向东则逐渐过渡为半深湖沉积。

5 结论

(1) 川西前陆盆地下侏罗统白田坝组主要发育3种主要岩相类型: ①紫红色、杂色粗-巨砾岩; ②黄绿色泥页岩夹砂岩; ③黄绿、紫红砂泥岩夹砾岩。

(2) 下侏罗统白田坝组可划分为冲积扇相、曲流河相、湖泊三角洲相和湖泊相,其中冲积扇相又可划分为扇中亚相和扇端亚相,曲流河相可划分为河道亚相和洪泛平原亚相,湖泊三角洲可划分为三角洲平原亚相和三角洲前缘亚相,而湖泊相划分为滨浅湖亚相和半深湖亚相。

(3) 川西前陆盆地侏罗系白田坝组沉积相主要受龙门山推覆构造带的影响,沉积相带大体呈北东-南西向展布,由盆地边缘向盆地中心沉积物由粗变细,沉积相类型的变化及平面配置关系也呈现有规律的变化。

参考文献:

[1] 胡晓强,陈洪德,纪相田,等.川西前陆盆地侏罗系三角洲沉积体系与沉积模式[J].石油试验地质,2005,27(3):226-231.

[2] 王亮国,曹烈,邓康龄,等.川西凹陷侏罗系沉积相与生烃关系研究[J].沉积与特提斯地质,2001,21(1):38-43.

[3] 王亮国,余福林,邓康龄,等.川西拗陷侏罗系沉积环境[J].油气地质与采收率,2001,8(6):13-16.

[4] 姜在兴.沉积学[M].北京:石油工业出版社,2003.

[5] 曾允孚,夏文杰.沉积岩石学[M].北京:地质出版社,1986.

[6] 郭正吾,邓康龄,韩永辉,等.四川盆地形成与演化[M].北京:地质出版社,1996.72-88.

[7] 刘树根,童崇光,罗志立,等.川西晚三叠世前陆盆地的形成与演化[J].天然气工业,1995,15(2):11-15.

[8] 廖曦,沈浩.川西白马庙地区侏罗系蓬菜镇组气藏描述[J].天然气勘探与开发,2001,24(3):12-17.

[9] 童崇光,胡受权.龙门山山前带北段油气远景评价[J].成都理工大学学报,1997,24(2):1-8.

[10] 四川省地质矿产局.四川省区域地质志[M].北京:地质出版社,1991.

[11] 王建功,王天琦,卫平生,等.大型拗陷湖盆浅水三角洲沉积模式-以松辽盆地北部葡萄花油层为例[J].岩性油气藏,2007,19(2):28-34.

[12] 王华,郑荣才,周祺,等.鄂尔多斯盆地长北气田山2段三角洲沉积体系和砂体展布特征[J].岩性油气藏,2008,20(2):22-28.

[13] 武春英,韩会平,蒋继辉,等.鄂尔多斯盆地大路沟地区长6油层组沉积相特征研究[J].岩性油气藏,2009,21(3):35-39.

[14] 刘娟,田景春,张翔,等.川南麻柳场-大塔场地区上三叠统须家河组沉积相研究[J].岩性油气藏,2009,21(3):70-75.

[15] 王昌勇,郑荣才,王建国,等.准噶尔盆地西北缘八区下侏罗统八道湾组沉积特征及演化[J].岩性油气藏,2008,20(2):37-42.

Sedimentary characteristics of the Lower Jurassic Baitianba Formation in western Sichuan foreland

CHENG Li-xue , CHEN Hong-de , XU Sheng-lin , LI Jie , ZHONG Yi-jiang , LONG Ke
(*Institute of Sedimentary Geology , Chengdu University of Technology , Chengdu 610059 , Sichuan , China*)

Abstract: The sedimentary facies and palaeogeography of the Lower Jurassic Baitianba Formation in western Sichuan foreland basin is explored on the basis of well logs , outcrops and cores in integration with regional geological data. The Lower Jurassic Baitianba Formation consists of four sedimentary facies , including the alluvial fan , meandering river , lacustrine delta and lacustrine facies. The alluvial fan facies may be subdivided into two subfacies: mid-fan and fan fringe subfacies. The meandering river facies may also be subdivided into two subfacies: channel and floodplain subfacies. The lacustrine delta facies include the delta plain and delta front subfacies. The lacustrine facies include the littoral-shallow lake and bathyal lake subfacies. The alluvial fans are widely developed in Qionglai , Anxian , Jiangyou , Wangcang and Nanjiang. The alluvial fans in Anxian extends eastwards , and graded into fluvial sandstone facies and delta facies in Jintang and Santai , and finally developed into lake facies , displaying the alluvial fan-river-delta-lake sedimentary model.

Key words: western Sichuan foreland basin; Lower Jurassic; Baitianba Formation; sedimentary characteristics