

中国石化“十五”期间矿产资源补偿费 勘查项目和保护项目 论文集

主 编：蔡希源

副主编：戴少武

ZHONGGUO SHIHUA "SHIWU"
QIJIAN KUANGCHAN ZIYUAN
BUCHANGFEI KANCHANG
XIANGMU HE BAOHU XIANGMU
LUNWENJI

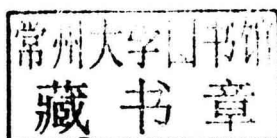


海洋出版社

中国石化“十五”期间矿产资源补偿费 勘查项目和保护项目论文集

蔡希源 主 编

戴少武 副主编



海洋出版社

2011 年 · 北京

图书在版编目(CIP)数据

中国石化“十五”期间矿产资源补偿费勘查项目和保护项目论文集/蔡希源主编.

—北京:海洋出版社,2011.9

ISBN 978-7-5027-8069-2

I. ①中… II. ①蔡… III. ①矿产资源-资源开发-补偿性财政政策-中国-文集

IV. ①F426.1-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 143922 号

责任编辑:苏 勤

责任印制:刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路8号 邮编:100081

北京画中画印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2011年9月第1版 2011年9月第1次印刷

开本:889 mm×1194 mm 1/16 印张:17.25

字数:350千字 定价:78.00元

发行部:62132549 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

中国石化“十五”期间 矿产资源补偿费勘查项目和保护项目论文集 编辑委员会

主 编 蔡希源

副主编 戴少武

编 委 郭齐军 王树华 郑 舰
石 恒 王国鹏 徐晓斌

前 言

矿产资源补偿费勘查项目是国家为了鼓励和加快国家战略性矿产资源勘查，扶持国内矿产资源风险勘查，由国土资源部设立的地质勘查项目。矿产资源保护项目是财政部为了合理利用和有效保护矿产资源，提高矿产资源开采和综合利用水平而设立的项目。目的是依靠科技进步，运用新理论、新技术、新方法促进矿产资源合理开发和保护，提高国内矿产资源对经济社会可持续发展的保障能力，努力实现经济效益、社会效益、环境效益相统一，促进人与自然和谐发展。

“十五”期间，通过科学的论证，严格的审查，依据矿产资源补偿费勘查项目和保护项目立项要求，中国石化有 10 个单位承担了此类项目。研究涉及的盆地有松辽盆地、塔里木盆地、渤海湾盆地、鄂尔多斯盆地、准噶尔盆地、四川盆地、江汉盆地、苏北盆地和南襄盆地等，涵盖了中国的所有大型盆地。

通过该类项目的实施，取得了许多油气新突破；开展了提高采收率现场试验和研究，提高了油气田的采收率，促进了矿产资源的合理开发和保护。发展和完善了相关的理论、技术和方法，取得了较好的经济效益和社会效益。

为了全面系统地总结“十五”以来中国石化承担的该类项目研究成果，推广项目研究和实施过程中取得的技术和方法，现将中国石化“十五”期间承担的矿产资源补偿费勘查项目和保护项目汇编成《中国石化“十五”期间矿产资源补偿费勘查项目和保护项目论文集》。本文集由两部分组成：第一部分为矿产资源补偿费勘查项目，第二部分为矿产资源保护项目。

此论文集凝聚了中国石化广大勘探开发工作者，尤其是承担矿产资源补偿费勘查项目和保护项目工作人员的大量心血，希望通过此论文集的出版，能够促进今后的油气勘探开发工作，尤其是对矿产资源补偿费勘查项目和保护项目工作有所裨益。

由于本论文集项目时间跨度较大，编纂内容较多，工作量大，难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2010 年 5 月

目 录

第一部分 勘查项目

长武地区延长组沉积微相特征及沉积演化	王昌石 金 鑫	3
内蒙古白音查干凹陷南部斜坡带浅层油气勘探	张放东 刘绍光 尚雅珍 张 梅 董新柱	13
新疆塔里木盆地孔雀河地区油气勘查	邵志兵 尤东华 张克银 马玉春 李慧莉	25
新疆准噶尔盆地南缘油气勘探	孙自明 武恒志 张育民 吴 疆 由伟丰 李洪全	37
邓州凹陷油气勘查项目总结	于群达 罗家群 张本书 李 锋 李 琛 吴 珊 张 武 吴跃通	51
泌阳凹陷北部斜坡浅层深化勘探研究	李连生 张永华 田小敏 朱景修	66
江汉盆地西南缘隐蔽圈闭形成特征及对油气勘探意义	刘中戎 王雪玲	77
湘中地区天然气成藏特征及地震勘探技术	盛秋红 张星航 韦锦廷 李彩文	85
四川盆地西缘龙门山冲断推覆构造带构造演化特征及有利勘探区带评价	吕志洲 杨克明 王 胜 张晓鹏 李书兵	93
松辽盆地南部长岭地区油气勘查	邓玉胜 周荔青 吴聿元 吴 群 李建青	105

第二部分 保护项目

孝泉—新场—合兴场地区须二段气藏完井及增产工艺技术研究	黄健林	127
-----------------------------	-----	-----

洛带气田新型类泡沫压裂液的应用研究	张 军 黄小军 林科君 彭商平	140
古城油田泌 125 区表面活性剂驱矿场实验研究	院文庆 关 涛 张清军	154
河南双河油田 V _上 层系高温聚合物驱提高采收率技术研究	张春雨 柏红霞	165
胡状—庆祖集严重非均质油田提高采收率试验	吕新华 周延军 邓瑞健 马改正 邓炳海 林明华 杨 慧 莫建武	174
河南油田交联聚合物驱提高采收率矿场实践	孔柏岭 孙尚如	186
江苏高含水油藏提高油田采收率研究 ——以周宋、安丰油田为例	钟思瑛 孙东升 奥立德	194
水网地区低渗裂缝油藏开发挖潜与应用研究	黄艳梅 周方喜 刘 红	203
严重非均质复杂断块油田重组细分开发先导试验	吕新华 周延军 马改正 邓炳海 林明华 杨 慧 莫建武	214
江汉油田王 76 井区提高原油采收率研究	索绪昌	231
CO ₂ 单井吞吐提高采收率技术研究与应用	刘 伟 秦学成 钱卫明	241
孤家子—后五家户—八屋气田剩余储量分布和提高采收率研究	宗 畅 徐雁军 缪学军	251

第一部分 勘查项目

长武地区延长组沉积微相特征及沉积演化

王昌石 金 鑫

(中国石化江汉油田勘探开发研究院 湖北潜江 433124)

【摘要】目的：为了更好地对鄂南地区下一步的勘探部署工作做好技术支撑，进而研究长武地区延长组沉积微相特征及沉积演化过程。**方法：**在详细研究钻井、测井、分析化验资料的基础上，进行沉积学分析及沉积相特征及沉积演化研究工作。**结果：**该区延长组长8油组以三角洲沉积为主，发育有三角洲前缘亚相的水下分流河道、河口坝、席状砂和河道间微相。长7油组发育有湖泊和三角洲相，湖泊相中又可以进一步分为半深湖-深湖亚相和滨浅湖亚相，滨浅湖中发育有滩坝、滩砂和泥滩沉积。水下分流河道、河口坝和滩坝是油气有利聚集场所。该区长6油层组油砂体累积厚度较大，粒度细，沉积相变快，储层物性纵、横向具有明显的非均质性；影响石油富集成藏的储集因素包括岩石学组分、沉积相、砂体展布、成岩作用及物性等；沉积相是最主要的因素，三角洲前缘水下分流河道砂体是主要的储集体。**结论：**长武地区延长组具有良好的烃源条件以及储盖组合，勘探潜力巨大。

【关键词】 沉积微相 沉积演化 长武地区

1 前 言

长武地区位于鄂尔多斯盆地西南部伊陕斜坡与渭北隆起的交汇处，行政区划属陕西省彬县、长武和甘肃省宁县、灵台等县管辖，该区块为中国石油化工股份有限公司江汉油田分公司登记的自营区块。2001年中国石油化工股份有限公司江汉油田分公司获得该区探矿权之后，截至目前共新钻探井14口，每口井均不同程度地见到油斑、油迹或荧光显示，并测井解释有油层、差油层和油水同层，4口井试油获得少量油流。通过与区块周边具有相似成油气地质条件的西峰、固城川和镇泾油田对比分析，认为该区具有良好的油气勘探远景。

鄂尔多斯盆地属于地台型构造盆地，前人研究成果表明：海西运动后，盆地从晚三叠世开始进入内陆拗陷盆地沉积。延长组沉积时期鄂尔多斯盆地为一南北不对称矩形盆地，由于受南北向与东西向构造控制，地层呈环状，具有明显的环形构造线，由盆缘向盆里构成由高到低，

地层由老到新，由断褶带—挠褶带—平缓西倾单斜依次分布的区域构造面貌。盆地西南缘位于西秦岭北缘东西向断裂构造活动带与鄂尔多斯稳定地块的过渡带，受印支早期构造活动的影响，晚三叠世延长组沉积时该区同生构造活动非常频繁，由于盆地西南部强烈下陷，导致这一地区的湖盆边界斜坡变陡，水体明显变深。受湖盆底型坡降大小不同以及湖平面周期震荡的影响，使得研究区形成了多种沉积体系（见表1）。

表1 延长组沉积相划分表

相	亚相	微相	分布层位
河流相	河漫	河漫沼泽	侏罗系延安组
	河床	河床滞留	
		心滩	
湖泊相	滨湖		三叠系延长组
	浅湖		
	半深湖—深湖		
三角洲相	前三三角洲		
	三角洲前缘	水下分流河道（单期、多期叠加）	
		水下分流河道间（席状砂）	
	三角洲平原	分流河道	
		沼泽	

目前，区内油气显示主要集中在“张家滩页岩”上下的长7、长8油组地层中，通过几年来多次沉积相研究，对长7、长8油组沉积相类型已经有了比较正确的认识。长8油组以三角洲沉积为主，发育有三角洲前缘亚相的水下分流河道、河口坝、席状砂和河道间微相。长7油组发育有湖泊和三角洲相，湖泊相中又可以进一步分为半深湖-深湖亚相和滨浅湖亚相，滨浅湖中发育有滩坝、滩砂和泥滩沉积。水下分流河道、河口坝和滩坝是油气的有利聚集场所。

2 沉积微相特征

2.1 湖泊相

2.1.1 滨浅湖亚相

滨浅湖亚相位于湖岸至波基面以上的地带，沉积物受波浪和潮流双重控制。主要是灰色薄层含泥质极细粒—细粒次长石岩屑砂岩、含云质极细粒—细粒岩屑长石砂岩和暗色泥岩不等厚互层，砂岩分选中等，磨圆度为次圆，反粒序，自然伽玛、4 m电阻为漏斗形，泥岩以中—高自然伽玛为特征，4 m电阻中等幅度，常呈波状起伏。砂泥岩中水平层理均发育，偶见小型交错层理，常常可以见到碳屑和植物碎片化石。由于未见到出露地表遭受氧化的红色标志，因此推测区内滨湖亚相不发育，主要以浅湖亚相沉积为主。此相带在长9、长7及长4+5油组普遍存在。

2.1.2 半深湖－深湖亚相

半深湖－深湖亚相位于波基面以下水体较深部位，地处厌氧的弱还原－还原安静环境。岩性以暗色泥岩、灰黑色油页岩、油浸泥岩、砂质泥岩为特征，有时夹有薄层凝灰岩或凝灰质砂岩，常见有搅混构造，水平层理，植物化石碎片。该相带主要发育在长7底部、长8顶部、长6和长4+5油组底部。

2.2 三角洲相

2.2.1 三角洲平原亚相

三角洲平原亚相在区块内主要发育在长10油组，以辫状河道和沼泽沉积为主，发育有大套的砂岩，砂岩与砂岩之间夹有砂质泥岩、泥岩。

2.2.1.1 分支河道微相

分支河道微相在三角洲平原亚相中非常发育，表现为大套砂岩，厚达50 m，砂体岩性为细粒长石砂岩，粒度较粗，明显比长7、长8砂岩粗，含泥质条带也相对少，底部具有平缓的冲刷面。常见有大、中型板状—槽状交错层理、斜层理、平行层理、波状层理，自然伽玛为箱形或齿化箱形、钟形与箱形复合体，4 m电阻平直（见图1），分选中—好，磨圆度以次棱为主，其次为次棱—次圆，呈正粒序旋回。

2.2.1.2 沼泽微相

沼泽微相在洪水期，水体漫过河道，两侧形成积水洼地，其内部接受细粒的沉积，岩性为暗色泥岩、砂质泥岩、薄砂岩。有时可形成煤层。

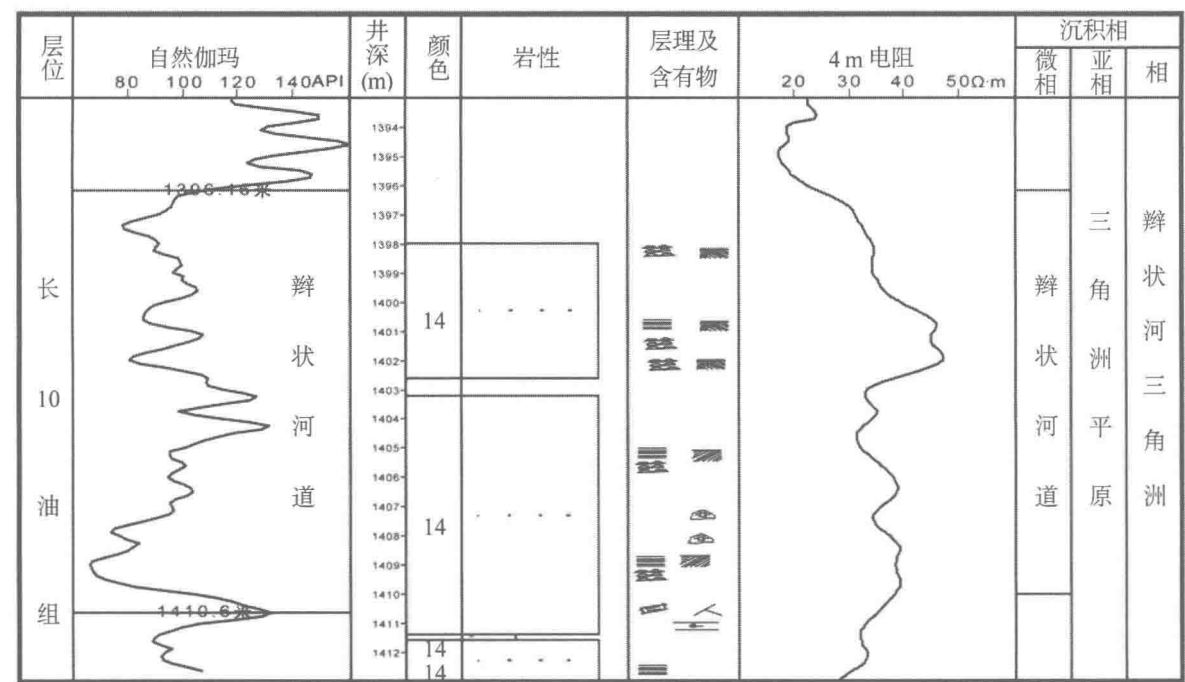


图1 W1－1井延长组取心井段沉积微相图

2.2.2 三角洲前缘亚相

三角洲前缘亚相在长3、长4+5、长6、长7、长8均有发育，在区内可见4种微相：水下分流河道、河口坝、席状砂、水下分流河道间（简称为河道间），以水下分流河道、河道间为主，河口坝不发育，且顶部常被辫状河道冲刷，叠置水下分流河道砂体。

2.2.2.1 水下分流河道微相

水下分流河道微相是辫状河三角洲前缘亚相中普遍发育的一种微相，是平原分支河道入湖后在水下的延续部分，为一套正粒序沉积，区内岩心中单期河道、多期河道、河道与河口坝叠合以及废弃河道均能见到。

(1) 单期水下分流河道

单期水下分流河道的沉积岩并不多见，厚度一般在3~4 m，长7油组和长8油组均有分布，以W1-2井长7油组1305.2~1309.5 m井段最为典型，该段岩性为深灰色细粒长石砂岩或岩屑砂岩，分选性中等，磨圆度为次棱一次圆状，泥质胶结，可见块状层理及不太明显的正韵律，自然伽玛曲线呈钟形（见图2），粒度概率曲线为两段式，悬浮总量的量一般为2%~30%，缺乏牵引总体。悬浮总体与跳跃总体之间的截点 ϕ 值一般为3.5~4.5，截点 ϕ 值明显比正常河流相截点 ϕ 值2.75~3.5大，其原因可能与水下分流河道水动力条件比正常河流相弱有关。

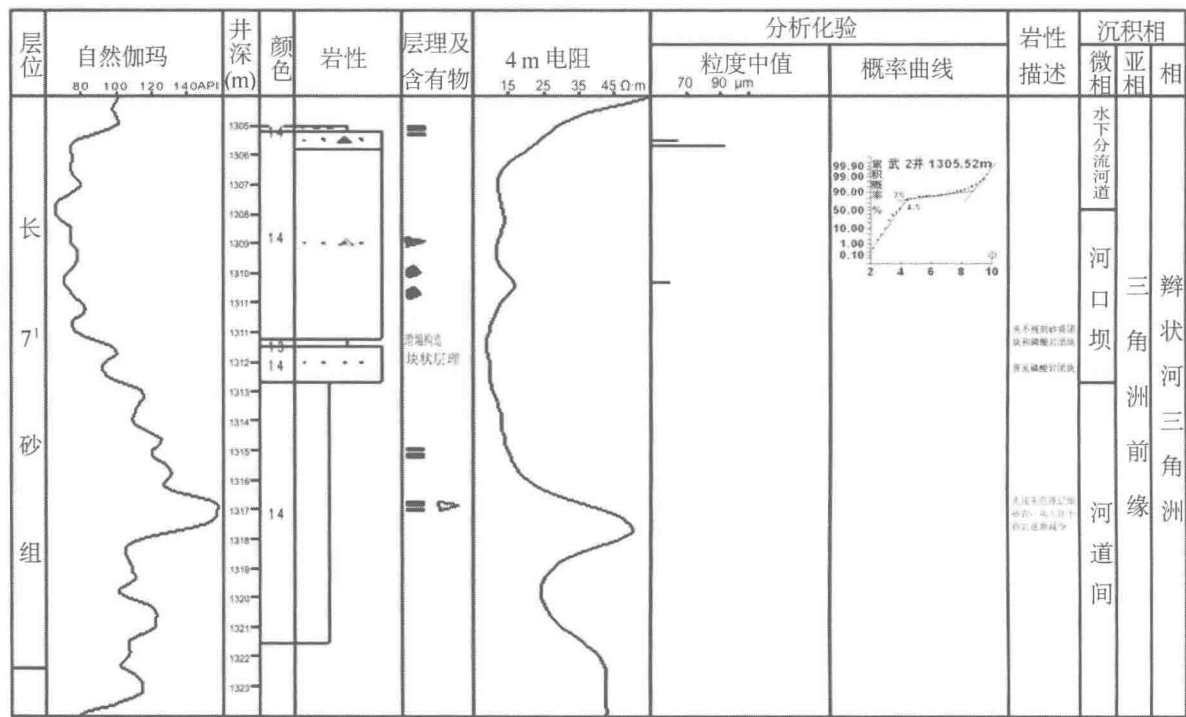


图2 W1-2井延长组单期水下分流河道沉积

(2) 多期叠加水下分流河道

多期叠加水下分流河道是长武地区各油组中发育比较广泛的一种沉积微相类型，以W1-2井为代表，岩性以灰褐色细—极细粒长石砂岩为主，砂岩分选性中等，呈次棱—次圆状，砂岩连

续厚度超过 10 m，自然伽玛曲线显示为齿状特点，反映出砂岩中夹多层泥质条带或薄层砂质泥岩，但大致上可以看出由 3 个正韵律组成，粒度中值资料也显示砂层由 3 个次一级正韵律组成（见图 3）。砂岩以水平、块状层理为主。泥岩中可见水平和波状层理，常含有植物碎片化石，有时泥岩可见搅动现象和滑塌构造，这可能与成岩过程中受重力作用，沉积物产生滑动有关。此类水下分流河道叠合砂体一般是由多个单期河道砂体在空间上叠合而成的，砂岩厚度一般为 3～4m，河道与河道之间往往由泥质夹层相隔。从砂体叠加方式上分析，一种可能是目前探井均未钻探到水下分流河道砂体叠加的最佳部位上；二种可能反映出长 7 油组河流优势作用短暂，在空间上由于河湖的交替变化因此形成有泥质夹层的河道叠加。

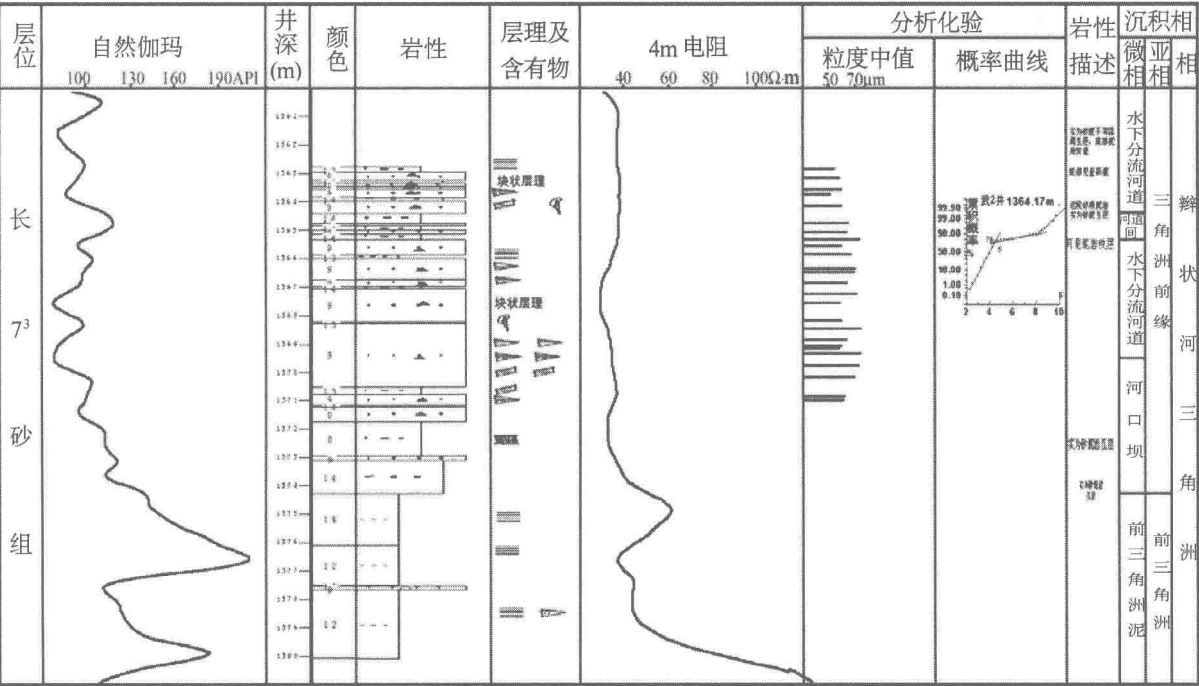


图3 W1－2井长7油组多期叠加河道沉积微相

2.2.2.2 河口坝

由于河口地区是水动力条件和水体的浓度以及温度最为复杂的地区，因此沉积物的特征受到湖水和河水以及其他各种地质因素的影响，主要表现在沉积物的粒度、沉积构造组合、生物组合以及早期的胶结物类型。区内 W1－3 井取心井段 984.8～988.5m 属于比较典型的河口坝沉积，岩性以灰褐色、深灰色细粒长石砂岩为主，分选性为中—好，磨圆度为次棱—次圆，水平层理和波状交错层理发育，岩心中可以观察到明显的反粒序，上部砂岩与泥岩突变接触，下部逐渐向泥质砂岩、砂质泥岩、泥岩过渡，自然伽玛曲线呈漏斗形，反韵律明显，粒度中值表现出同样反粒序特征（见图 4）。

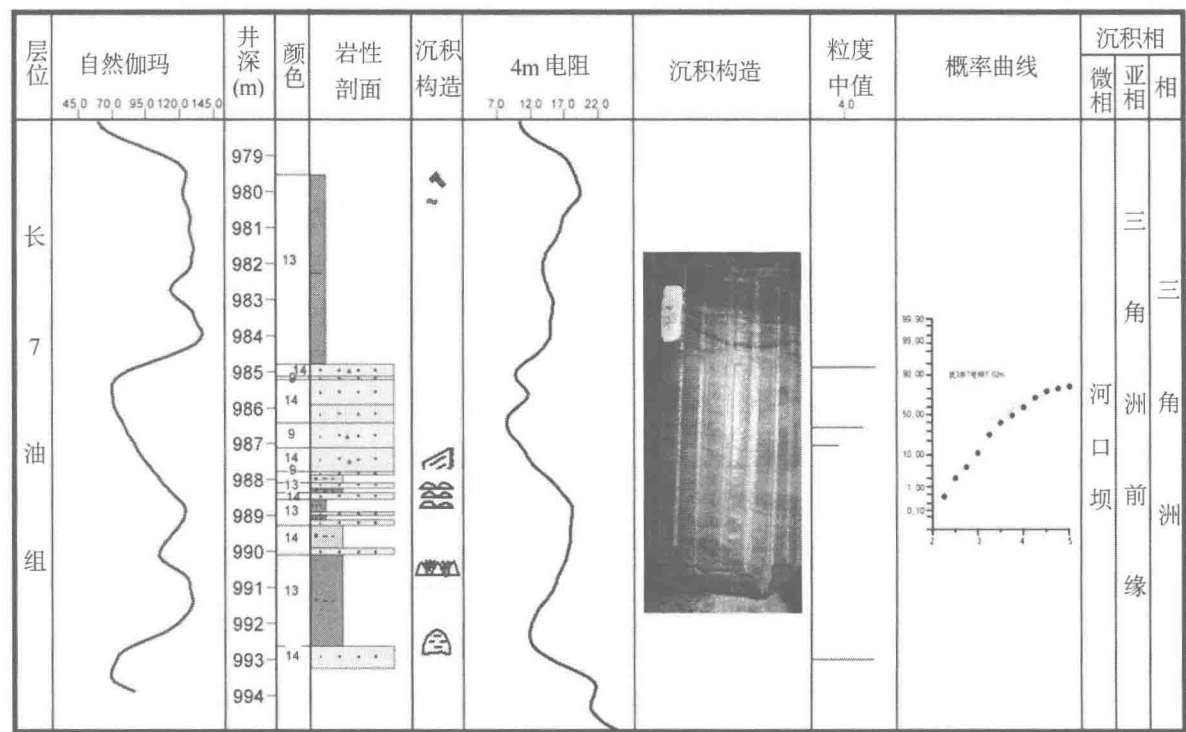


图4 W1-3井长7油组河口砂坝沉积微相

3 沉积演化特征

众所周知，构造活动、古地形、古气候、入湖水系及其能量的强弱是影响沉积作用的主要因素，不仅控制了纵向上旋回的交替及岩性岩相的变化，而且也决定了平面上沉积相的展布和古地理景观。延长组沉积时期，长武地区位于湖盆西南部湖盆边缘河流入湖口处，整个延长组总体上是以三角洲—湖相沉积为主，随着入湖水量变化，湖盆不断下降等因素影响，湖水经历了一个扩张——平衡——最大湖泛——平衡——萎缩的过程，工区内三角洲发育总体上也经历了一个由湖心向湖岸线逐渐萎缩的过程，形成了从长10到长3油组沉积相向三角洲平原——滨浅湖——三角洲前缘——半深湖——深湖——滨浅湖——三角洲前缘——浅湖——三角洲前缘亚相的逐渐演化过程。

长10油组沉积时期处于湖盆扩张的初始阶段，就本区而言，沉积基底较陡，河流作用强，物源供给充足，供给速率大于湖盆扩张速率，发育早期三角洲前缘进积过程，沿湖心方向堆积水下分支河道、河口坝和滑塌体砂岩，其中水下分支河道呈条带状分布，厚度10~55 m。平均砂岩百分比含量为10%~50%。对该套砂体的成因，一般被认为属三角洲前缘水下分支河道成因。研究表明，区内沉积砂体是在湖泊扩张期，三角洲前缘水下分支河道退积过程中的产物，从工区的西南至东北方向，砂体明显地可区分出三段微相组合区：分支河道组合区、水下分支河道与远砂坝组合区、前三三角洲泥与滑塌体组合区。长8油组沉积时期随着湖盆的继续扩张，湖水水体加深，物源供给速率小于湖盆的扩张速率，区内沉积砂体是在

湖泊相对平衡期,三角洲前缘水下分支河道退积过程中的产物。长7油组下部油页岩沉积时期湖盆达到最大深度,湖泊发展到此达到鼎盛阶段,深湖相沉积遍布全区,局部见浊积流砂体沉积。长7油组中上部到长6油组沉积时期湖盆进入第二个相对平衡期,并开始萎缩,湖水水体变浅,物源供给速率小于湖盆的扩张速率,区内沉积砂体是在湖泊相对平衡期,三角洲前缘水下分支河道进积过程中的产物。从长4+5油组沉积开始湖盆进入全面萎缩期,拗陷作用停止,湖水水体变浅,物源供给速率大于湖盆的扩张速率,区内沉积砂体是三角洲前缘水下分支河道进积过程中的产物。

在不同的沉积阶段,不同成因砂体连续或不连续堆积,形成了特征各异的厚层砂体。在不同时间和空间,由于河流能量,搬运能力受湖水阻力影响程度及砂体被湖水后期改造的差异,即使相同成因砂体在岩性、结构构造、骨架颗粒、储层物性等各方面都有较大的差异。例如,在水下分流河道区厚层砂体下部,大部分砂体粒度较粗、长石含量高,砂岩结构和构造,反映出进积过程中离岸线较近的高能水下分流河道成因特征,相反,其上部砂体特征,则是在退积背景下深水环境中低能水下分流河道成因,在GR曲线自下而上表现为箱形—箱形、箱形—钟形、钟形—钟形叠加。就水下分流河道与河口坝混合区而言,受河口坝大小,水下分流河道侵蚀能力强弱等因素的影响,河口坝受到不同程度的侵蚀,形成不同主导因素的“坝上河”组合,如连续式“坝上河”和叠加式“坝上河”等。

当其前缘由进积沉积转为退积过程后,岸线后退,河口坝叠加在水下分流河道上部,堆积形成大量的下部水下分流河道,上部河口坝复合砂体(河上坝)。由于物源距离、河道能量、湖水作用强弱的不同,其砂体中各自所占比例也不同。一般向物源方向,水下分流河道比重增加,河口坝则相反,如以河为主的“河上坝”和以坝为主的“河上坝”等。对于坝上河这种非正常反向组合,出现的几率较小,可能是进积过程中两种微相干扰的结果,另一种情形可能是不同沉积体系在特定部位上的交汇或者重合。

在河口坝组合区,由于水下分流河道能量和携带沉积物的多少,湖水作用强弱,直接影响着河口坝的成因、形状和大小。而湖水的深浅即湖水阻力大小对沉积分异有重要影响。如果多期河口坝连续沉积则形成连续式河口坝;如果由于河流迁移、改道或携带沉积物的量发生变化,而不连续堆积,则形成叠加式河口坝等。一般河口坝与湖相泥岩呈指状接触,具有完整的自生自储组合,为良好的储集层。三角洲前缘水下分流河道区钟形叠加式水下分流河道由两个或多个向上逐渐变细的正旋回沉积层序组成,主要为灰色和深灰色细砂岩、粉砂岩组成,夹薄层的泥质粉砂岩、泥岩,层理发育。测井曲线(SP和GR)为多个钟形叠加,底部具有冲刷面。钟形—箱形叠加式水下分流河道砂体厚度大,达10 m,GR曲线呈钟形与下部箱形突变接触发育平行层理、大型交错层理和块状层理等箱形—箱形叠加式水下分流河道大型槽状层理和块状层理,由两期河道砂体叠加形成,具冲刷面和底部滞留沉积,CR曲线箱形叠加水下分流河道与河口坝混合区以坝为主的“河上坝”主要为灰绿色细砂岩、粉细砂岩,发育交错层理、沙纹层理和平行层理,GR曲线为下部钟形上部漏斗形以河为主的“河上坝”,GR曲线下部钟形,上部漏斗形,以中细砂岩、粉细砂岩和粉砂岩为主,具泥砾和撕裂屑槽状层理、交错层理和平行层理。连续式“坝上河”细粒长石石英砂岩,石英含量高,中间夹薄层细粒沉积,CR

曲线下部漏斗形上部箱形，发育板状层理，槽状层理，交错层理和沙纹层理。叠加式“坝上河”一般砂体较薄，上部为正常正粒序河道沉积，下部为反粒序河口坝沉积，中间夹有薄层泥岩河口坝区迁移，河口坝主要为粉砂岩、细砂岩，岩性为石英砂岩和岩屑砂岩，分选性和磨圆度较好，发育沙纹层理、小型交错层理和水平层理，GR 曲线为齿化箱形。叠加河口坝与迁移河口坝相似，中间夹有泥岩沉积，反映了不连续沉积的河口坝环境。

4 油气富集与沉积微相关系分析

以长 7 油组灵台辫状河三角洲为例，三角洲在长武地区属于前缘亚相，由于靠近物源，砂岩粒度比属同一支三角洲的固城川地区为三角洲前缘前端浊积砂体要粗，前者以细砂岩为主，后者以粉砂岩为主。虽然长武地区岩屑含量为 18% ±，要高于固城川地区的 15%，但杂基含量前者平均只有 7% ±，而后者超过 10%。砂岩粒度和杂基含量的差异，在油层宏观物性上有所表现，长武地区长 7 油组砂岩物性分析样品孔隙度值为 0.57%~34.8%，单砂层平均为 10.9%~11.3%，分析样品渗透率为 $(0.007\sim34.1)\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ ，单砂层平均为 $(1.43\sim2.5)\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ ，而固城川地区相同层位孔隙度平均为 11.98%，渗透率平均只有 $0.11\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。

相同沉积亚相内不同沉积微相对储层物性也有明显的影响（见表 2），其中河道、水下分流河道砂体储集物性最好，其次为河口坝砂体，席状砂储层物性较差。

工区内首次突破工业油流井 W5-10 井长 72 砂组即为三角洲前缘水下分流河道沉积，由此进一步证实水下分流河道是长武地区最有利的沉积相带。

表 2 延长组沉积微相物性数据

沉积微相	孔隙度 /%	渗透率 / $\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$	样品数 / 块
河 道	5.2~16.2/13.0	0.64~6.3/2.05	22
水下分流河道	6.1~14.5/11.4	0.57~18.9/2.24	51
河口坝	6.5~13.9/12.3	0.598~2.94/1.5	29
席状砂	3.1~11.0/8.68	0.094~1.06/0.45	18

注：区间值 / 平均值