

大港油田断块油藏 开发技术研究论文集(二)

赵平起 蔡明俊 主编



石油工业出版社

大港油田断块油藏 开发技术研究论文集 (二)

赵平起 蔡明俊 主编



石油工业出版社

内 容 提 要

本书选录了“十一五”期间大港油田开发地质研究方面的优秀论文 82 篇,包括地震资料采集处理及解释、油气成藏规律分析、储层的追踪与预测、相控储层三维地质建模、低渗透油藏高效开发、老油田综合调整及数字油藏建设等方面的研究成果,对油田开发技术研究与油藏管理具有较高的参考价值。

本书可供油田开发地质人员及石油院校相关专业学生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

大港油田断块油藏开发技术研究论文集. 2/赵平起,蔡明俊主编.
北京:石油工业出版社,2011. 10
ISBN 978 - 7 - 5021 - 8749 - 1

I. 大…

II. ①赵…②蔡…

III. 断层油气藏 - 油田开发 - 天津市 - 文集

IV. TE347 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 212280 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523544

发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 保定彩虹印刷有限公司

2011 年 10 月第 1 版 2011 年 10 月第 1 次印刷

889 × 1194 毫米 开本: 1/16 印张: 31

字数: 950 千字

定价: 130.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《大港油田断块油藏开发技术研究论文集（二）》

编 委 会

主 编：赵平起 蔡明俊

副主编：程 华 赵郁文

编 委：陈智宇 王 娟 任宝生 石占中 王大星 萧希航

李晓良 程远忠 白武厚 王连敏 董树政 倪天禄

孙 琦 李国鹏 陶自强 窦松江 赵 明 芦凤鸣

刘永河 姚 刚 陈瑞华

前 言

大港油田东临渤海，西接冀中平原，东南与山东毗邻，北至津唐交界处，气候适宜、地势平坦、交通发达、物产丰富。地质构造属于黄骅坳陷，经历多期构造运动，构造复杂、断块破碎、储层变化大。自 1964 年大港油田发现以来，历经近半个世纪的开发，油田已经处于高含水、高采出程度开发阶段。

为努力实现大港油田产量稳定，进一步提高采收率，大港油田公司开发地质系统广泛开展了复杂地表三维地震采集与大面积连片处理解释、复杂断块油田精细油藏描述配套研究、储层追踪及单砂体构型研究、剩余油潜力定量评价等工作，为老油田精细注水开发、精细井网调整、精细开发试验发挥了积极的作用，并取得了较好效果。

本书选录了“十一五”期间大港油田开发地质研究方面的优秀论文 82 篇，主要包括地震资料采集处理及解释、油气成藏规律分析、储层的追踪与预测、相控储层三维地质建模、低渗透油藏高效开发、老油田综合调整及数字油藏建设等方面的研究成果。论文作者都是长期工作在油田科研及生产一线的技术人员，理论与实践结合紧密，对油田开发技术与油藏管理具有较强的参考作用，可供相关专业人员交流与学习。

鉴于编者水平有限，书中不足之处，敬请读者批评指正。

目 录

孔南地区孔店组层序地层格架建立	刘永河 王 娟 徐春梅 朱桂娟 孙 鹏 (1)
王官屯老区精细立体评价与滚动增储研究	徐春梅 李东平 王 娟 郭春东 陶庆学 (11)
港中沙河街组地层岩性油气藏识别技术研究与实践	王 娟 刘永河 朱桂娟 刘进平 侯秀川 (15)
最佳时窗法河道砂体评价技术在油藏评价中的应用	陶庆学 赵郁文 (20)
大港埕海油田高效开发方案研究技术	何书梅 窦松江 董树政 李 静 李良峰 (27)
高含水复杂断块油田精细挖潜技术	向 赞 陶自强 左 毅 董传杰 杨文慧 (33)
南大港地区立体滚动评价	宗 杰 李云鹏 王文荣 姚桂玲 (40)
乌马营油田高效增储建产技术对策研究与实践	王东林 王怀忠 陈智宇 王雅杰 贾国龙 (45)
港西油田二次开发深化研究与实践	陶自强 王丽荣 张 津 彭光艳 曲 宁 (50)
复杂断块油藏精细描述技术	芦凤明 陈子香 王晶晶 董淑清 余 芳 (54)
地震技术创新应用与实践	王东林 刘永河 刘进平 曹国明 衡 亮 (64)
“十一五”测试技术研究成果及应用	刘立志 尤立忠 张进平 张宗亮 陈瑞华 (70)
埕海油田储层多信息综合评价	刘竹杰 林学春 迟秀荣 王春仲 姚玉华 (79)
底水稠油油藏水平井开发方式优化探讨	黄国梁 余茂生 赵连水 薛秀凤 朱昭宇 (86)
埕海一区油藏评价及稳产对策研究	汪 芸 赵连水 余茂生 杨 莉 王志愿 (96)
黄骅坳陷枣园地区火成岩油藏分析与研究	孟庆龙 芦凤明 章晓庆 滕 菲 董淑清 (101)
复杂断块油藏相控储层三维地质建模技术研究	江艳平 芦凤明 张 尧 倪天禄 (109)
段六拔低渗透低流量砂岩油藏合理井距研究及综合调整实践	卢宝荣 王雅杰 陈淑芹 冯国杰 李忠芳 (115)
大港油田“十一五”期间水平井技术的创新与配套	朱文春 刘广华 李胜杰 任建强 李国鹏 (121)
油藏描述研究新技术在裂缝型灰岩油藏中的应用	刘利勤 黄晓娣 熊 波 贾春光 王建巍 (125)
差异聚集原理在滚动评价工作中的应用	王建柱 王晓东 吴 勇 秦建勋 李爱军 (130)
层序地层学在舍女寺油田女 32 断块的应用	赵玉琳 王庆魁 李晓良 季 岭 (134)
单砂层交叉判别技术在老油田综合调整中的应用	季 岭 王庆魁 陶泳行 宋亚辉 孟小芳 (139)
复杂断块油藏精细滚动评价的主要做法	夏国朝 陈智宇 李晓良 邢立平 张 鹏 (148)
复杂断块油藏潜力研究及实践	宋亚辉 吴金凤 周 杰 季 岭 陶泳行 (152)
官 28 断块低渗低压油藏高效开发研究	张家良 马 瑞 李春雷 董立印 杨尚武 (157)
官 185 地区火山事件沉积碎屑岩岩性油藏滚动增储研究	王庆魁 季 岭 陈智宇 李晓良 郭树文 (163)
黄骅坳陷孔南地区中深层油藏滚动勘探研究与实践	刘红俊 姚习志 朱从军 王海霞 许 静 (168)

南部低渗透油藏油井压裂地质选井优化与应用 …	马 瑞	张家良	李晓良	郭小龙	王学立 (173)
深层特低渗透油藏经济有效开发技术研究与应用					
……………	孟小芳	王庆魁	王海波	季 岭	李秀兰 (179)
沈家铺油田持续稳产开发典型做法 ……………	覃红燕	张家良	刘建青	王 新	范卫红 (186)
小集油田复杂断块油藏特“双高”阶段提高水驱采收率的做法					
……………	陈智宇	郭小龙	刘建青	李建兵	运国建 (189)
小集油田滚动勘探开发一体化方法与实践 ………	郑泰山	邵徽发	陈学立	张朋娜	刘 阳 (195)
板桥废弃凝析油气藏转变开发方式研究与应用					
……………	姚瑞香	程远忠	韩世庆	车正家	路 娜 (202)
港西一区二断块改善开发效果实践与认识 ………	宋学志	赵洪侠	王喜梅	千红霞	刘兴宇 (209)
西 58-8 断块高效开发实例分析……………	王 敏	陈玉林	赵锡桥	吴朝玲	邓庆艳 (214)
港西三区污水聚合物技术研究与实践 ……………	赵 英	白武厚	王 强	王喜梅	魏玉红 (218)
稠油底水油藏水平井开发技术研究与实践 ……………	薛建军	武 玺	王宏伟	孙 琦	(224)
数字化油藏建设技术研究与实践……………	闫煜彪	武 玺	王宏伟	王森香	李淑静 (229)
埕海二区测井精细评价研究 ……………	冯金义	窦松江	黎运秀	白雪峰	田晓东 (234)
提高埕海油田地震储层综合预测精度研究 ……………	唐和军	张卫江	蒋成成	贾国龙	(240)
孔店特高含水中高渗油藏精细注水效果分析 ………	张凤婷	羊朝霞	贺爱华	仲建宁	张琨楼 (247)
羊三断块稳产技术对策研究与实践 ……………	薛建军	李海甫	王宏伟	周福双	马丽杰 (253)
沈家铺构造油藏潜力研究 ……………	李正财	郑振英	曹国明	贺海波	冯国杰 (259)
舍女寺油田沙河街组油藏精细评价 ……………	于 新	季 静	郑振英	王亚静	(265)
港东开发区浅层气气藏特征分析与识别 ……………	黄金富	周宗良	张凤红	李 辉	燕 云 (268)
埕 32×1 井区油藏评价及开发方案部署……………	孟瑞刚	王文荣	邢晓霞	李付国	李云鹏 (273)
滚动评价技术在小集官 9-6 断块的应用 ……………	孟庆龙	芦凤明	黄 芳	何婉茹	田 昀 (276)
砂体精细雕刻技术在埕海一区的应用 ……………	王少波	窦松江	刘天鹤	陈 松	唐月红 (280)
埕海油田地质建模的难点及对策研究 ……………	徐 芳	窦松江	贾玉梅	王少波	冯金义 (287)
合理储采比研究 ……………	罗 波	宋 辉	翟广红	蒲 建	单 娜 (293)
港西油田二次开发先导试验油藏工程方案研究 ……	谭 幸	钱迎春	向 赞	高振平	贺晓津 (300)
港西三区污水聚合物驱试验方案研究与应用 ………	万永刚	张 津	王照华	丁亚军	赵腊腊 (304)
扣村油田沙一下亚段储层研究与认识 ……………	刘显贺	王子良	闫煜彪	彭飞飞	付晓丽 (307)
庄海 8Ng 底水油藏开发调整技术对策研究 ………	李 涛	窦松江	李 静	程 立	张艳君 (315)
远景地区河道砂体刻画及含油气性预测 ……………	乔东生	陈玉林	吴朝玲	朱桂娟	邓庆艳 (322)
张 27×1 断块低渗储层高效开发对策研究……………	田晓冬	何书梅	李 静	程 立	张 尧 (328)
小集地区精细评价的做法与成果 ……………	徐春梅	王 娟	李东平	陈智宇	白玉花 (338)
友谊地区重构地下地质认识 ……………	张玉梅	王 娟	刘永河	陈 蓉	王海军 (346)
港东二区七断块注 CDG 前后应用整体测试技术深化油藏认识					
……………	中海华	黄芳蓉	王 婷	韩 艳	(353)
复杂断块油藏高含水开发后期挖潜方案研究 ………	周练武	吴 辉	温海燕	王 晴	季李岚 (360)
水平井技术在不同油藏类型中的应用与实践 ………	李树庆	陈金凤	魏艳丽	白 雪	陶 平 (366)
Opentect 储层描述技术在油田开发中的应用 ………	牛玉涛	任瑞川	闫辛酉	孙 珺	王秀玲 (374)
南大港构造带油气成藏规律研究 ……………	王建柱	吴 勇	秦建勋	李艳新	李爱军 (379)

友谊油田改善“双低”油藏开发效果研究与实践

.....	李晶晶	别必文	郝勇刚	罗云	刘香荣 (384)
小断块稳产模式研究与应用	阚青勇	马水平	黄晓娣	刘利勤	于永清 (390)
羊二庄油田单砂体刻画技术研究及应用	毕桂荣	萧希航	许微	郭永在	周丽 (397)
特高含水油藏周期注水试验研究	刘建青	李春雷	段冠青	张小丽	贺绍娟 (403)
投球调剖在稠油油藏特殊井况下层间矛盾的治理应用	王学立	路永萍	范卫红	姜溢华	(407)
多层非均质砂岩油藏单砂体可调整潜力模型研究	王庆魁	孟小芳	季岭	陶泳行	(412)
乌马营底水油藏开发实践与认识	苑吉波	冯国杰	邢卫东	王其昌	邹拓 (421)
枣南孔一段小井距注水开发探索	覃红燕	沈勇生	杜春辉	孙俊英	(425)
自来屯油田套损规律研究与认识	李建兵	聂绍静	贾伟利	陈学立	赵冰 (431)
具有充足底水能量的水平厚油层开发动态模拟 ...	吕中锋	王庆魁	王学立	段冠青	顾杰 (435)
舍女寺孔二段欠注机理研究	王贺强	张翊铭	张丽辉	伍辉	郭小龙 (445)
废弃油藏港 365 断块开发模式研究.....	韩世庆	姚瑞香	车正家	路娜	徐甜 (450)
油藏评价技术在板桥油田板中东高点的应用	张绍岭	褚淑敏	安振月	王顺利	王芳 (455)
板南白 21-3 断块滨 IV 油组新认识.....		陈振银	李绘春	徐穆英	(462)
周清庄油田特殊岩性油藏注采调整评价	李彬	刘存林	冯国君	张永新	袁津华 (469)
港西北坡港 191-5 井区沙河街组滚动开发潜力研究					
.....	员景慧	赵锡桥	邓庆艳	张秀敏	吴朝玲 (475)
港西二区二次开发实施效果跟踪评价	王云	陈金锁	马力	王利民	蒋立友 (479)
特高含水油田精细开发提高采收率配套技术研究与实践					
.....	王连敏	武玺	张凤婷	薛建军	王宏伟 (484)

孔南地区孔店组层序地层格架建立

刘永河 王 娟 徐春梅 朱桂娟 孙 鹏

(大港油田公司油气藏评价事业部)

摘要: 孔南地区位于黄骅坳陷的南部,发育有巨厚的孔店组,而地层划分和对比一直是影响该区勘探开发的难题。通过运用层序地层学原理和方法,利用高分辨率地震、测井、岩相等资料对孔店组湖泊相和辫状河三角洲相地层进行层序地层研究,建立了层序地层格架、层序发育模式和控制层序发育的主要因素。研究表明,孔南地区孔店组发育三个二级层序、四个三级层序(SQ1-4)。层序界面特征明显,层序内部沉积体系类型丰富。依据层序特征,绘制了不同环境下的层序发育模式,而控制层序发育的主要因素为构造沉降和沉积物供给。

关键词: 孔南地区 层序地层 层序模式 控制因素

勘探开发 40 多年来,孔南地区主要以寻找构造油气藏为主,而今后的增储上产将以寻找地层岩性油藏和构造—岩性油藏为主。寻找地层岩性油藏和构造—岩性油藏,必须利用层序地层学的理论和方法对该区的地层和沉积进行重新认识。前人的研究主要限于局部有利区带或粗放型模式性研究,缺乏针对整个地区的系统配套性研究。本文通过利用层序地层学理论和研究方法,建立孔店组的层序地层格架,研究该区层序发育的主要控制因素和层序类型,探索该区层序地层单元的划分和对比方法。

1 孔南地区地质概况

孔南地区位于黄骅坳陷的南部,是渤海湾盆地古近纪最早发育沉积层的区域之一,发育有巨厚的孔店组(约 2000m),孔店组在岩性表现为“红—黑—红”三大岩性段,本身组成一个完整旋回的沉积层序,底与中生界、顶与渐新统沙河街组为不整合接触。其中,孔三段主要为紫红色泥岩夹灰色砂岩、粉砂岩;孔二段主要为深灰色、灰色泥岩、油页岩和钙质页岩,是良好生油层;孔一段发育多套砂层组,并且顶部发育较厚的膏盐和泥岩,具有较好的储盖组合,是该区油气勘探的主要层序。

2 层序地层格架的建立

2.1 层序界面划分与识别的原则

(1) 等时性原则。所划分和对比的各级层序为同期沉积,为同一期幕式构造旋回形成的地质单元。为了确保等时性,层序划分和对比按由大到小的顺序逐级进行,充分考虑各级层序展布规律。

(2) 最大间断原则。应首先选择规模最大、间断持续时间最长的层序界面进行追踪对比。通常选择不整合面以及与之相对应的整合面。

(3) 统一性原则。对已确定的层序级别和类型进行横向追踪时,应考虑界面展布的统一性,超层序可在全盆地范围内统一,层序应在一个凹陷内统一,准层序组单元应在统一的构造带内统一,准层序及其以下的层序单元可能仅在同一沉积体系内统一。

(4) 沉积旋回规模一致性原则。在同一体系域内,沉积旋回类型及分布是基本一致的。通过不同尺度的沉积旋回体划分和对比,建立目的层的高分辨率层序格架。

2.2 层序界面的识别标志

层序边界上下沉积岩层在地震反射特征、岩性、沉积相组合、电测曲线上等都会产生一些特殊的响应,这些响应可以独立或多个一起作为识别层序边界的良好标志。

(1) 地震识别标志。用地震资料进行层序地层学的分析是利用地震反射终止来识别层序、体系域等地层单元,地震反射终止现象可划分为削蚀、顶超、上超和下超等,层序界面在地震剖面上的标识是界面之上的上超和下超、界面之下的削蚀和顶超等。孔南地区孔店组层序界面特征如下。

SB1 是孔三段与下伏古生界之间的分界,为一区域不整合面,在地震剖面上对应着 T_r 反射,在该区官 195 井区附近可识别,振幅中等、连续性较好。界面之下反射杂乱。

SB2 是孔二段与孔三段之间的分界,该反射层在该区易于追踪和对比,振幅中等—强、连续性较好,界面之下反射明显减弱。

SB3 是孔一段与孔二段之间的分界,在地震剖面上对应着 T_8 反射,孔二段的反射层表现为 2 个到 3 个强相位反射,连续性中等到好,振幅中等偏强,界面之上反射明显减弱,易于追踪对比。

SB4 是一个三级层序边界,对应着枣Ⅲ油组和枣Ⅳ油组的分界,在该区地震剖面上一般不易区分,但是在官 155 井区附近可识别该界面,为一振幅中等,连续性较好的同相轴。

SB 是孔一段与上覆沙河街组的分界面,为一区域不整合面,在地震剖面上对应着 T_6 反射。该反射层易于对比和追踪,孔一段顶部的石膏层一般为中—强振幅,连续性好,界面之上可见沙三段的上超,界面之下局部可见削蚀现象。

(2) 岩性岩相标志。沉积物颜色、岩性的差异变化反映了相类型及水体深度的变化,在层序界面处,沉积物颜色、岩性及岩性组合往往发生突变。

SB1 界面之上为孔三段紫红色泥岩夹灰色砂岩、粉砂岩,界面之下为古生界的大段灰色砂岩。

SB2 界面之上为孔二段暗色泥岩和油页岩,为典型的湖泊相沉积,界面之下为孔三段的扇三角洲粉细砂岩、泥质砂岩,浅灰色、灰绿色泥岩和紫红色泥岩沉积。

SB3 界面之上为孔一段枣Ⅴ油组的砂岩、粉砂岩,灰绿色和紫红色泥岩沉积。界面之下为孔二段暗色泥岩、油页岩沉积。

SB 界面之下为枣零油组的石膏沉积,界面之上为沙河街组的正常湖泊沉积。

岩石矿物含量的变化反映层序边界的形成,与构造活动有密切关系,不同层序发育时期,物源的性质和距离往往也有差异,因此,不同层序的岩石矿物含量也往往发生变化,岩石矿物含量的变化反映层序边界。

(3) 测井识别标志。层序边界表现为测井曲线的形态的突变,除自然电位曲线和视电阻率曲线的绝对值有差异外,其测井曲线的形态特征也有明显的变化。如第Ⅲ层序底界面(枣Ⅴ)之下自然电位曲线和视电阻率曲线均为低中值,界面之上自然电位曲线和视电阻率曲线均为中高值;界面之下一般呈漏斗形组合,而界面之上则以钟形组合为特征,其曲线幅度多呈突变关系,视电阻率曲线变化尤其明显。

2.3 体系域的划分

孔南地区发育有湖相层序和河流相层序,因此,在体系域的划分过程中采用了不同的划分方案。

(1) 湖相层序体系域。根据不同的层序类型及每个层序中湖平面变化的位置,可划分出不同的体系域。在三分层序中划分为:低位体系域、湖侵体系域和高位体系域;在 T—R 层序中划分为湖侵体系域和高位体系域。

低位体系域。低位体系域形成于层序发育早期,底界与层序底界一致,顶界为初始湖泛面。低位体系域湖水范围较小,多分布于坡折带之下。由于湖盆和周围物源区的高差大,洪水期洪水携带大量物质迅速入湖,在盆地边缘形成冲积扇或扇三角洲沉积体系。此外,前期沉积不久未固结的沉积物可沿斜坡滑塌,形成水下扇。单井剖面上一般表现为加积式准层序组。

湖侵体系域。湖侵体系域底界面为初始湖泛面，顶界面为最大湖泛面，地震剖面上其顶界表现为下超面或连续的同相轴，为连续的较深水的泥页岩沉积。如层序Ⅱ的最大湖泛面大致位于孔二段上部，在地震剖面上为由1~2条强振幅、高连续的一组相位。在岩性剖面上，密集段为一套暗色的油页岩、深湖相泥岩、夹薄层细砂岩。自然电位曲线上对应于低幅指状特征，电阻率曲线上对应为高电阻率响应。湖侵体系域在单井剖面上表现为退积式准层序组，岩性表现为底部粗，以粗砂岩、含砾砂岩为主；向上过渡为大套泥岩、泥灰岩、夹薄层细砂岩、油页岩；SP曲线下部为钟形，上部近于平直，具微波峰。

高位体系域。其位于层序的最上部，底界面为最大湖泛面，顶界面为层序边界。湖泊层序中，高位体系域主要为三角洲沉积，剖面上表现为进积式准层序组。

(2) 河流相层序体系域。河流相层序体系域分为基准面下降体系域和基准面下降体系域(图1)。可容纳空间与沉积物供给量比值(A/S)在层序形成初期由动态平衡开始快速增大，后期增大速度减缓并再次大致保持动态平衡，这一时期形成的地层单位可称作基准面下降体系域，此后，A/S开始逐渐减小直至下一次动态平衡形成的地层单位则是基准面下降体系域。

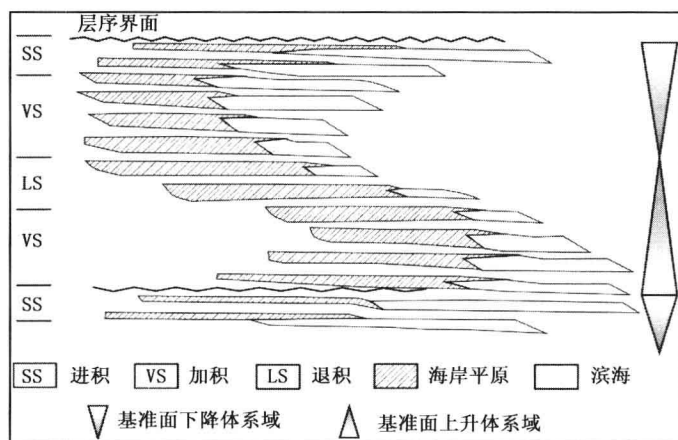


图1 体积划分原理(据 cross, 1994)

基准面上升体系域。其地层主要为辫状河沉积，砂岩含量高，剖面上为向内陆后退的退积式准层序组，在该区各井中的反应为各叠加的准层序中砂体粒度向上变细，砂体厚度变小，自然电位曲线底部为箱形曲线，上部为钟形，反映砂砾岩较发育；平面上砂体呈带状分布，横向剖面上砂体呈孤立透镜状。如层序Ⅲ的最大水进面在地震剖面上表现为弱连弱振幅向中低连续中低振幅的分界，表现为2~3个中等连续中等振幅的地震同相轴，界面之上为弱进积型组合，界面之下为退积型组合。

基准面下降体系域。其地层也为辫状河沉积，砂岩含量降低，洪水河漫相较发育，剖面上表现为向湖盆推进的进积式准层序组，在工区的各井中的反应为各叠加的准层序中砂体粒度向上变粗，砂体厚度变大，自然电位曲线底部为齿状，反映泛滥平原相泥岩夹透镜状河道砂砾岩沉积；平面上河道频繁改道，河道相互切割侵蚀，砂体呈片状分布。

根据上述划分原则，可将每个三级层序进一步划分出体系域。其中层序Ⅲ为河流层序，划分为基准面上升体系域和基准面下降体系域。层序Ⅱ、层序Ⅳ则均为三分层序，划分为三个体系域，即低位、湖侵和高位体系域。

2.4 准层序与准层序组

在孔南地区主要有三种类型的准层序组，其特征如下。

(1) 进积式准层序组。在进积式准层序组中，向着湖盆中心沉积一系列连续新的准层序，这是由于沉积速率大于新增空间速率造成的，形成向上砂岩厚度增大、泥岩厚度减薄、砂泥比值加大、水体变浅的准层序堆砌样式。图2为小3井层序Ⅳ基准面下降体系域，在盆地边缘形成了如图九个准层序

叠加构成的进积式准层序组。

(2) 退积式准层序组。在退积式准层序组中，以后退的方式向陆地的方向沉积一系列连续的新的准层序。它是在沉积速率小于可容空间增长速率的情况下形成的，显示出向上水体变深、单层砂岩减薄、泥岩加厚、砂泥比值减低的特征。图3是取自小3井层序Ⅳ的录井资料。

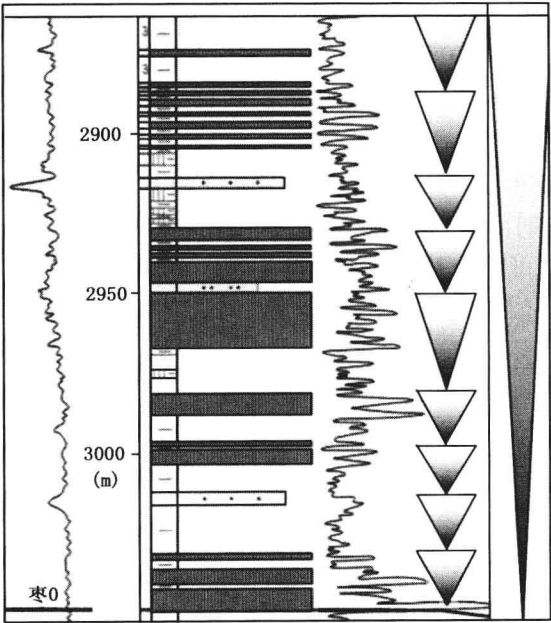


图2 小3井层序Ⅳ基准面下降
体系域进积式准层序组

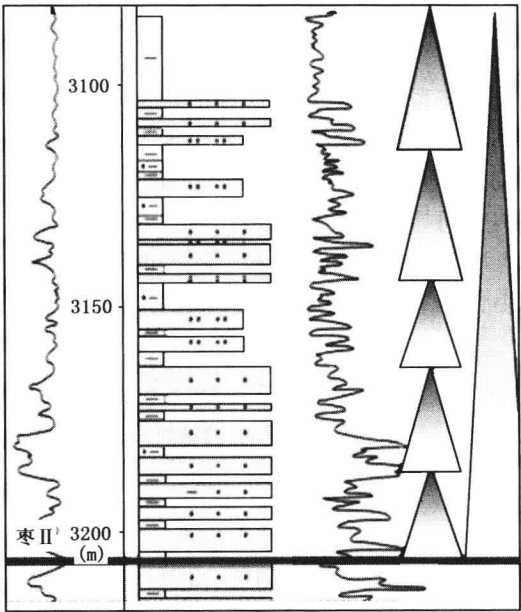


图3 小3井层序Ⅳ基准面上升
体系域退积式准层序组

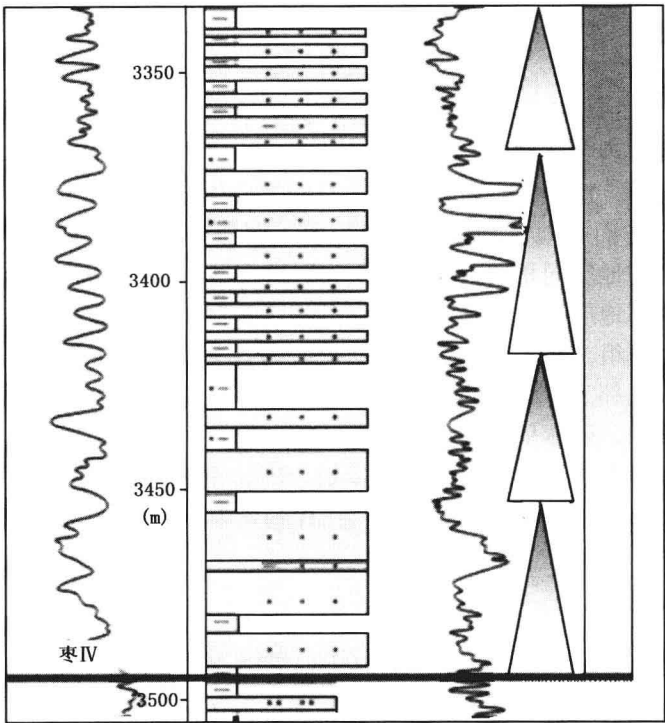


图4 小2井层序Ⅲ基准面上升体系域加积式准层序组

(3) 加积式准层序组。在加积式准层序组中，一系列新的准层序组一个个叠加，相邻的准层序之间未发生明显的侧向移动，自下而上，水体深度、砂泥岩厚度和砂泥比值基本保持不变，新增空间的速率大约等于沉积速率，单层厚度基本一致。图 4 显示的准层序组是由小 2 井层序Ⅲ（孔一段枣Ⅰ油组沉积时期）的基准面上升期体系域时期形成的准层序叠加而成的。

在湖泊相层序中，辫状河三角洲摆动会引起湖泛面变化，在平行于物源的方向上，同一时期内可以形成相同类型的准层序组；在垂直于物源的方向上，同一时期内则可以形成不同类型的准层序组。

2.5 最大洪泛面的确定

最大湖泛面是层序识别和体系域划分的另一个重要标志，它代表着一个层序发育过程中的最大水进期的位置，是主要的泥岩发育层段，也是生油层和区域性盖层的主要发育层段。

该区在孔二段 K_2^2 时期最大洪泛面出现了大段暗色、黑色油页岩和泥岩；在孔一段湖侵体系域时期，为洪水漫湖环境下的辫状河—辫状河三角洲沉积，枣零油组出现了大套膏盐沉积，也可清楚地界定最大湖泛面。

在最大洪泛面上、下，地层叠加方式发生改变，最大洪泛面之下表现为退积地层组合形式，最大洪泛面之上表现为进积组合或加积组合关系。

在测井曲线上，最大洪泛面表现为以下主要特征。

(1) 有机质丰度高，自然电位曲线呈平直，泥岩基线、视电阻率曲线呈低幅尖刀状、锯齿状，代表湖相泥岩沉积物。

(2) 处于向上变细的测井响应到向上变粗的测井响应的转折点上，反映相对水平面上升到最大水进期而后转为下降的趋势。

2.6 层序单元划分方案

综上所述，本区共划分出 3 个二级层序和 4 个三级层序（表 1）。

表 1 孔南地区孔店组地层层序划分表

组	段	油组	地震反射	二级层序	三级层序	体系域	准层序组
孔店组	孔一段	Z0	T	层序Ⅲ	SQ4	HST	PSS10
		Z1				TST	PSS9
		Z2					PSS8
		Z3			SQ3	HST	PSS7
		Z4				TST	PSS6
		Z5					PSS5
	孔二段	K_2^1		层序Ⅱ	SQ2	HST	PSS4
		K_2^2				TST	PSS3
		K_2^3					PSS2
		K_2^4	T			LST	PSS1
	孔三段		T _g	层序Ⅰ	SQ1	HST	
						TST	
						LST	

对小 7 井、官 991 井等 7 口井进行了单井相分析。在划分 4 个三级层序的基础上，第 2~4 层序又划分了 9 个体系域。第 2 个层序都划分为低位体系域、湖进体系域和高位体系域。第 3 和第 4 层序划分出了低位域、基准面上升体系域和基准面下降体系域。

(1) 第一层序为孔三段，因钻遇地层不全，暂不做详细描述。

(2) 第二层序为孔二段，划分为三个体系域，即低位域、湖侵域和高位体系域。

低位体系域由1个准层序组(PSS1)组成,相当于原孔二4油组,为扇三角洲前缘和浅湖相进积式准层序组。厚度50~110m,为砂泥岩互层沉积,储层发育在顶部或底部。自然电位曲线有异常,电阻率曲线为尖刀状。

湖侵体系域由2个准层序组(PSS2、PSS3)组成,相当于原孔二3油组和孔二2油组,由扇三角洲前缘和前扇三角洲和半深湖相组成,都为进积式准层序组。PSS2准层序组(孔二3油组)由半深湖和深湖相的大套油页岩沉积组成,厚约在100~150m,自然电位幅度较小,电阻率曲线呈尖刀状;PSS3准层序组(孔二2油组)厚度为60~200m,为黑灰色泥岩与灰色砂泥岩互层沉积,为前扇三角洲和半深湖相,自然电位曲线有异常,电阻率曲线为尖刀状。

高位体系域也由1个准层序组(PSS4)组成,相当于原孔二1油组,为进积式准层序组,为半深湖相和深湖相沉积。PSS4准层序组(孔二1油组)中上部为泥岩,底部发育50m左右的油页岩,为半深湖相和深湖相、前扇三角洲相沉积。自然电位曲线较平直,电阻率曲线顶部泥岩段较平直,底部油页岩为尖刀状。

(3)第三层序相当于孔一段枣Ⅲ—枣Ⅴ油组,该层序可划分为三个体系域,即低位域、基准面上升体系域和基准面下降体系域。

低位体系域由一个进积式准层序组(PSS5)组成,为辫状河和辫状河三角洲平原相沉积,该准层序组最显著的特点是具有多旋回性,可进一步划分为4个准层序。电阻曲线呈高尖状,自然电位曲线上显示出明显的正韵律组合。顶部泥岩段表现为“泥脖子”特征,代表一次大的洪泛面,是层序边界,也是准层序组边界的标志。

基准面上升体系域由1个准层序组(PSS6)组成,相当于原枣Ⅳ油组,为辫状河和辫状河三角洲平原相沉积,属进积式准层序组,厚300~350m,按其内部岩—电特征可将其分3~5个准层序,自然电位曲线为典型的锯齿状曲线段,并且异常幅度较大。

基准面下降体系域由1个准层序组(PSS7)组成,相当于原枣Ⅲ油组,为辫状河和辫状河三角洲平原相沉积,属进积式准层序组,厚度150~200m,为典型的块状砂岩夹红色泥岩沉积。顶部存在20m左右厚的泥岩段,与PSS8准层序组相隔。该段泥岩电阻率值较低,为 $2\Omega\cdot m$,自然电位也为泥岩基值段,声波时差曲线为明显的低值。该准层序组的中、下部自然电位曲线为箱状的集合体,砂岩、砂砾岩巨厚,由于含油的缘故,电阻曲线起伏明显。

(4)第四层序相当于孔一段枣Ⅱ—枣零油组,该层序可划分为三个体系域,即低位域、基准面上升体系域和基准面下降体系域。

低位体系域由1个准层序组(PSS8)组成,相当于原枣Ⅱ油组,为辫状河和辫状河三角洲平原相沉积,属加积式准层序组,厚度100~130m,中、上部以泥岩为主,下部以砂岩与泥岩互层为特征,砂、泥岩互层段的厚度变化范围15~80m,在自然电位曲线上明显表现为正韵律的钟形特征,在电阻率曲线上,顶部泥岩基值段电阻率值为 $2\Omega\cdot m$,向下电阻值有增大的趋势。

基准面上升体系域由1个准层序组(PSS9)组成,相当于原枣Ⅰ油组,为辫状河和辫状河三角洲平原相沉积,属退积式准层序组,厚度100~150m,为一个正旋回沉积,中上部为泥岩段,下部砂岩发育,表现为向下电阻率值逐渐增大的正旋回型锯齿状曲线段,自然电位曲线只在下部出现较明显的负异常段。

基准面下降体系域由1个准层序组(PSS10)组成,相当于枣零油组为盐湖相沉积,属于加积式准层序组。准层序组岩性以膏岩、膏泥岩夹暗色泥岩为主。顶部以20~40m左右的低阻泥岩段与沙三段相隔,该低阻泥岩段可作为本区地层对比的标志层,中部、下部为石膏段,其间夹有绿灰—深灰色泥岩,自然电位曲线较平直,无异常,电阻特征明显,具有高阻刺刀状,可作为该段电性标志层。

经过地震层序识别和单井层序地层单元分析,在单井体系域、准层序组、准层序划分的基础上,在井间建立了层序地层格架。(图5)。这条剖面显示出南边低,北边高。南边第一层序高位体系域厚,北边第一层序高位体系域薄。在其他区域第二层序和第三层序的各个体系域和准层序组均有分布。

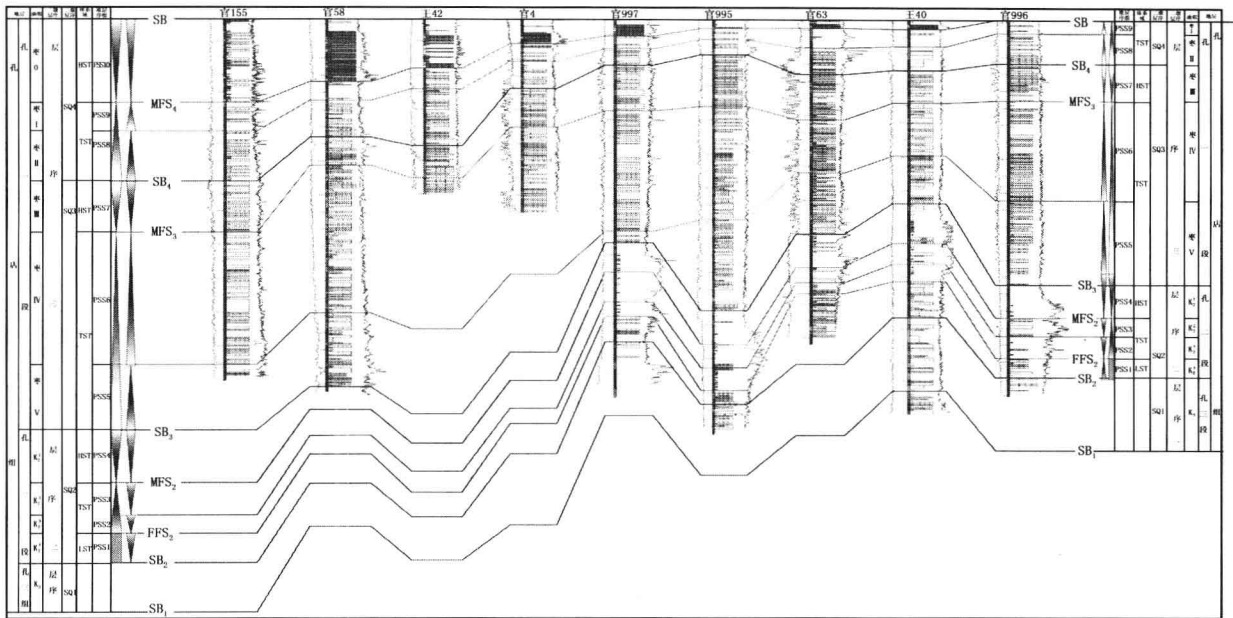


图5 官155—官996 井联井层序格架剖面

3 层序发育模式与控制因素

该区孔店组孔三段—孔二段沉积时期，地形比较简单，为单断凹陷，气候由干旱变为潮湿。后期（孔一段沉积时期）孔东断层开始活动，孔垒逐渐形成，气候又由潮湿变为干旱，末期沉降中心和沉积中心又发生迁移。因此该区孔店组的层序发育模式类型是复杂多样的。

3.1 层序类型

根据划分出的4个三级层序的特征，总结归纳出该区孔店组的层序发育有5类（图6）。

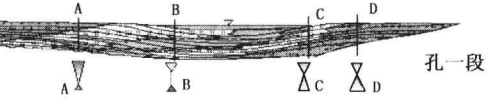
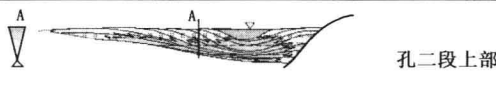
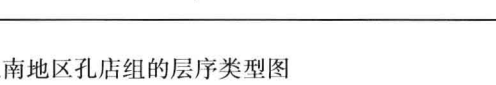
(4) 洪水漫湖河流层序		孔一段
(3) 洪水漫湖环境层序的结构		孔一段
(2) 裂谷高峰期湖泊层序结构(孔二段)	晚期 	孔二段上部
	早期 	孔二段下部
(1) 初始裂谷期湖泊层序结构(孔三段)		孔三段

图6 孔南地区孔店组的层序类型图

(1) 初始裂谷期干旱气候层序。凹陷发育早期为简单单断式盆地，层序类型为同生断拗层序，发育低位体系域，湖侵体系域和高位体系域。由于此时气候干旱，低位体系域以河流—冲积扇相的红层

为主，湖侵体系域开始发育湖泊相，并形成退积式准层序组，高位体系域发育辫状河三角洲及盐湖相沉积，并形成进积式准层序组（图6）。

(2) 裂谷高峰潮湿气候层序。裂谷高峰早期（孔二段沉积期），盆地基底线性沉降，可容空间逐渐加大，湖水水体深。低位域以辫状河三角洲相沉积为主，多发育加积式准层序组，厚度相对较大；第一次湖泛水体较浅，灰色泥岩发育，湖侵体系域相对较厚，由一个或两个退积式准层序组组成，最大湖泛面位于层序的上部，油页岩发育，代表了孔南地区孔店组的最大的湖泛期；高位体系域发育前三角洲和三角洲前缘，形成进积式准层序组（图6、图7），由于侵蚀作用，其厚度很小。

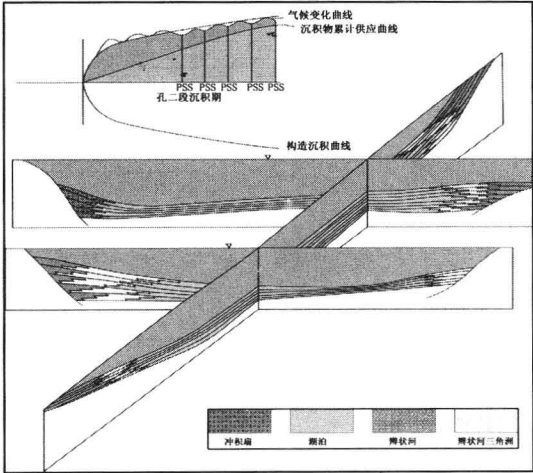


图7 孔店组层序二（孔二段）沉积时期，裂谷高峰潮湿气候层序的层序结构和湖盆的基底构造沉降引起的可容空间变化曲线图

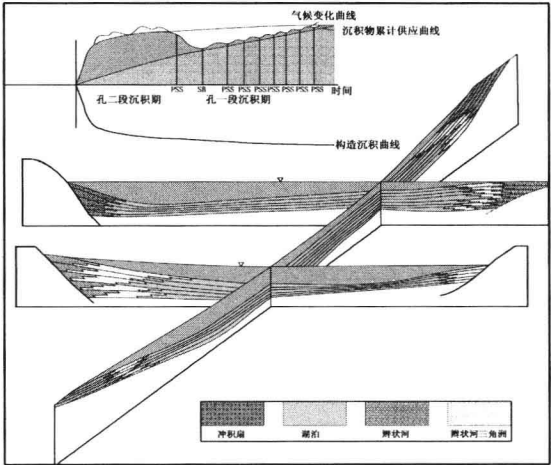


图8 孔店组层序二（孔二段）沉积晚期，裂谷高峰干旱气候层序的层序结构和湖盆的基底构造沉降引起的可容空间变化曲线图

(3) 裂谷高峰晚期干旱气候层序。裂谷高峰晚期（孔二段沉积晚期），盆地基底快速沉降，形成大的可容空间，之后沉降速度减慢或逐渐停止，此时气候开始干旱，湖泊水体浅。低位域沉积了早期的河流或辫状河三角洲相的红色砂砾岩，厚度相对较薄；湖侵体系域相对较薄，为盐湖相的膏岩盐沉积和暗色泥岩互层；高位体系域发育辫状河三角洲沉积，厚度大，形成多个进积式准层序组（图6，图8）。

(4) 洪水—漫湖环境层序。孔一段沉积期，盆地基底沉降速度减慢或逐渐停止，沉积物供应相对较快，加之此时气候干旱，湖泊水体浅，且是游荡的，三个体系域的沉积环境均为河流或辫状河三角洲相的红色砂砾岩、洪水漫湖的泥岩互层，厚度大，形成多个进积式准层序组，不同体系域或准层序组或准层序的沉积中心在不断的迁移（图6、图9、图10）。

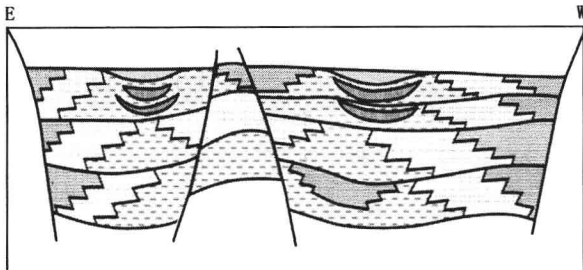


图9 孔南地区孔店组孔一段干旱气候条件下的洪水—漫湖相层序剖面图

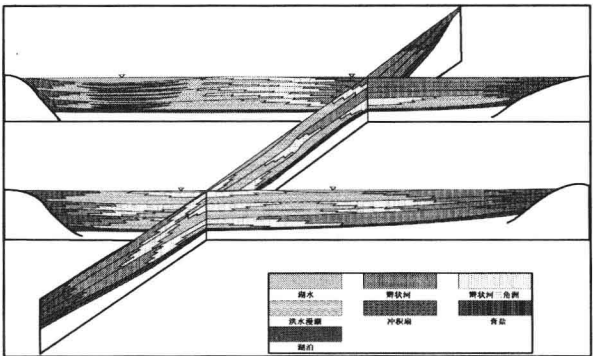


图10 孔一段的洪水—漫湖层序的结构图

(5) 洪水—漫湖河流层序。它主要指 ZV、ZIV、ZIII 油组, 这种层序可以划分为基准面上升体系域和基准面下降体系域。基准面上升体系域位于层序下部, 以辫状河沉积为主, 砂岩发育, 连通性好。基准面下降体系域位于层序上部, 也以辫状河沉积为主, 剖面上砂岩呈透镜状分布, 砂岩含量低, 连通性差。其中, 基准面下降体系域的辫状河沉积砂岩减少, 泥岩含量增加。

3.2 层序发育控制因素

孔南地区属于陆相断陷湖盆, 其层序发育控制因素为构造沉降、沉积物供给和气候因素。

(1) 构造沉降。构造沉降是导致湖盆内相对湖平面上升的因素, 构造沉降的速率决定着湖平面的上升速率。孔南地区孔店组经历了两个构造活动幕, 每个构造活动幕都经历了由弱到强再到弱的过程, 属于陆相断陷湖盆, 沉积受构造作用的制约和控制。早期凹陷处于简单断陷期时, 湖盆为箕状, 其沉积特征表现为陡侧沉积厚度大 (沧东断层下降盘), 水体深, 为湖盆的沉积沉降中心; 缓侧沉积厚度薄, 水体浅, 地层整体为向缓坡逐层减薄的楔状体 (向东)。在孔一段沉积时期, 孔东断层开始活动, 孔垒开始逐渐形成, 使沉积沉降中心发生迁移。构造沉降引起的相对湖平面上升造成了可容空间的增大, 需要沉积物填平以达到一个动态平衡。

(2) 沉积物供给。沉积物的供给直接控制了凹陷内的沉积体系、空间配置和不同级别的层序界面。孔南地区四周被凸起或隆起围绕, 北为孔店凸起, 西为沧县隆起, 东为埕宁隆起。孔店时期, 区域构造隆升, 湖盆水域缩小, 沧东凹陷为沉积中心, 发育的该段地层分布范围较小。通过对孔南地区孔店组第三准层序组的反复的地层划分和对比、地震标定, 认为在同一时间形成的准层序不仅有向上变粗 (向上变浅的 CU) 型的, 也有向上变细型的 (向上变深的 FU), 这种现象是由辫状河三角洲朵叶砂体的左右摆动造成的, 如图 12 枣 IV 油组 (第 6 准层序组) 的第 1、2 准层序, 辫状三角洲朵叶砂体从右向左摆动导致官 78 井处为 FU 准层序, 官 120 井处为 CU 准层序。所建立的对比模式见图 11、图 12。

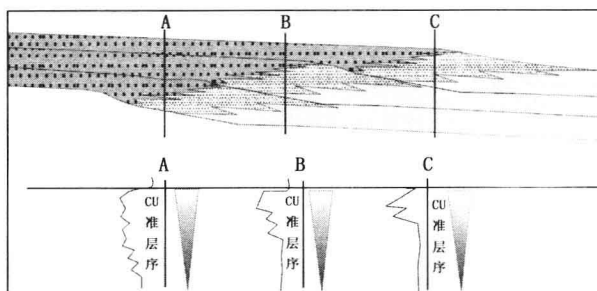


图 11 在辫状三角洲环境下, 平行物源方向的准层序对比模式 (均为 CU 准层序)

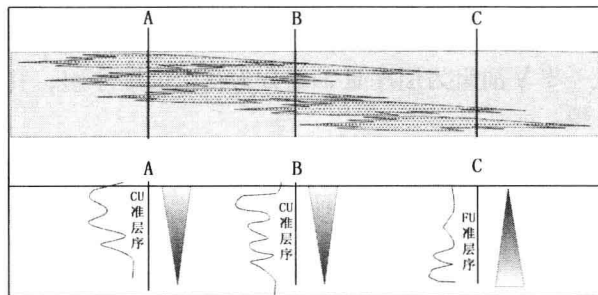


图 12 在辫状三角洲环境下, 垂合物源方向的准层序对比模式 (为 CU 和 FU 准层序)

(3) 气候因素。气候条件主要影响沉积物的类型。在正常情况下, 凹陷内水体彼此连通, 属于敞流湖盆, 气候因素的影响不大。但在干旱的气候条件下, 湖盆的淡水补给少, 可使敞流湖盆变为闭流湖盆, 并造成沉积物的供应不足, 此时, 往往形成气候层序。孔二段时期气候潮湿, 属于敞流湖盆, 气候对层序结构的影响不大。孔一段沉积时期气候干热, 构造运动的不均衡, 造成了大大小小的洼陷, 洼陷之间分割孤立, 官 57 井盐湖亚相沉积了以干盐湖、盐湖、膏盐湖亚相为标志的典型气候层序 (图 13)。

上面分别讨论了层序发育的控制因素, 实际上, 在层序发育过程中, 三种因素往往在同时起作用, 构造沉降、气候变化引起湖平面升降, 形成的相对湖平面变化曲线决定了可容空间的变化, 在洼槽区、陡坡带和缓坡带, 相对湖平面变化曲线是有差异的, 因此, 即使在同一时期, 层序结构也存在差异。