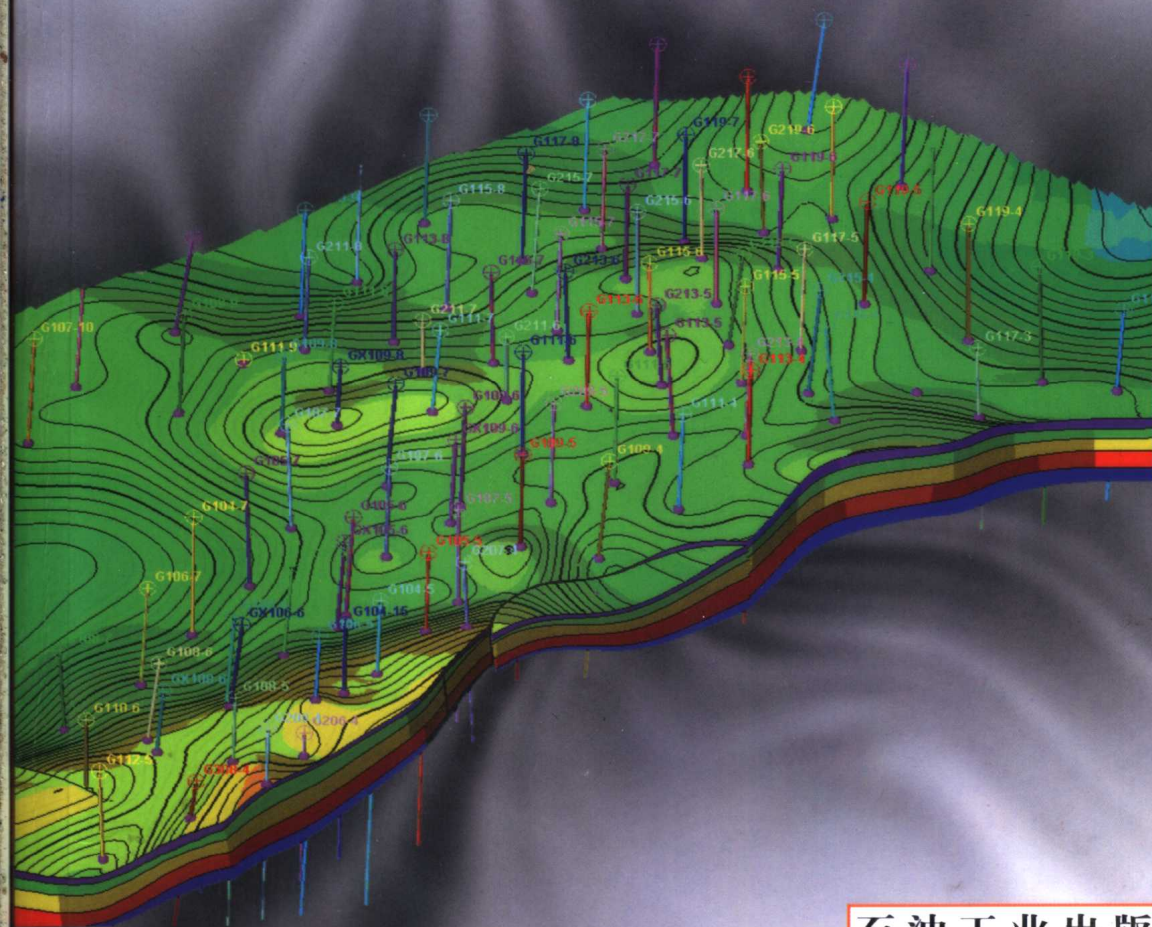


周海民 常学军 廖保方 郝建明 郑家朋 董月霞 编著

复杂断块油田精细开发

渤海湾盆地南堡凹陷 精细开发实践与认识



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

复杂断块油田精细开发

——渤海湾盆地南堡凹陷精细开发实践与认识

周海民 常学军 廖保方 郝建明 郑家朋 董月霞 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书通过总结冀东油田几年来在复杂断块油田精细开发过程中,立足于勘探开发一体化,重点探索了浅层常规稠油油藏、浅层小断块油藏、深层复杂断块油藏和构造岩性油藏开发的一系列做法和配套技术,取得了良好的效果。本书以实例的形式,论述了几个典型复杂断块油田精细开发的地质特点、实践过程、配套技术和工作要点。

本书适合从事油田开发的管理人员、工程技术人员及高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

复杂断块油田精细开发:渤海湾盆地南堡凹陷精细开发实践
与认识/周海民等编著. —北京:石油工业出版社, 2004. 6

ISBN 7-5021-4684-9

I. 复…

II. 周…

III. 渤海-复杂地层-断层油气藏-油田开发-研究

IV. TE347

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 051264 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

总 机: (010) 64262233 发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 13. 5

字数: 320 千字 印数: 1—600 册

书号: ISBN 7-5021-4684-9/TE·3266

定价: 118.00 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



前言

南堡凹陷位于华北地台东北部,燕山台褶带南缘,为渤海湾盆地黄骅坳陷北部一个断陷盆地(图1)。南堡凹陷面积 2000km^2 ,陆地面积占三分之一,滩海面积占三分之二。南堡凹陷 20 世纪 60 年代开始勘探工作,经过近 30 年的勘探,直到 20 世纪 80 年代末陆地部分一些油藏才投入开发,发现了高尚堡、柳赞、老爷庙、北堡四个油田(图2)。但油田的规模较小,地质认识尚不十分清楚,勘探开发进入了十分艰难的时期。1988 年 4 月 15 日冀东石油勘探开发公司成立,油田的勘探开发工作进入了一个崭新的阶段。

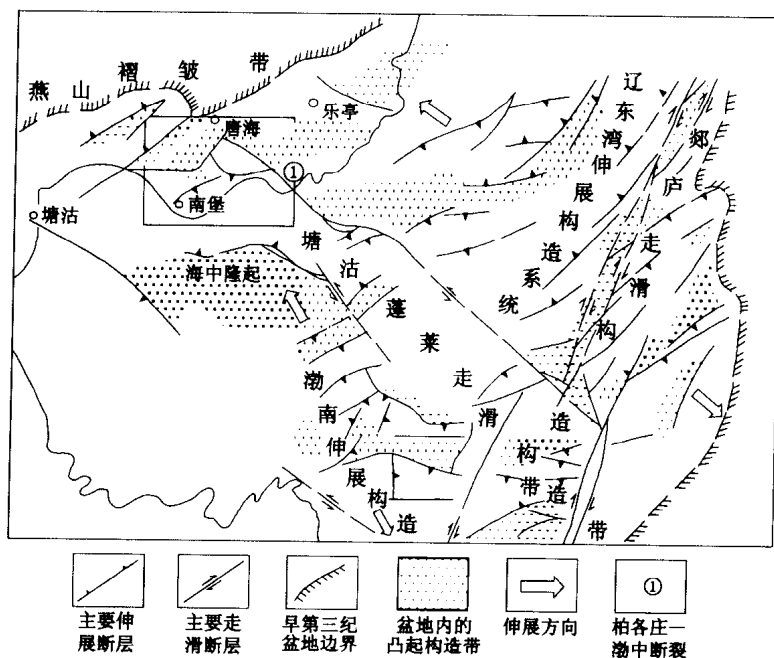


图1 南堡凹陷区域构造位置图

冀东油田成立之初的几年间发现了柳北、柳南、高 104-5 等几个主力开发区块,并相继投入开发,产量和储量有了新的增长。1992 年以后,由于受南堡凹陷复杂地质条件的影响,勘探工作几年未取得实质性进展;开发工作虽然产量有所上升,但资源基础不牢,稳产形势严峻。“九五”之初,冀东油田在分析总结多年来勘探开发实践的基础上认为:油田勘探开发工作面临的困难局面主要是地震资料品质差,制约着地质认识的深化;测井油水层识别困难,制约着油藏认识的深化;勘探开发工作全面展开时间短、任务重、目标要求高;勘探开发工作没有遵循复杂探区、复杂油气田勘探开发程序。

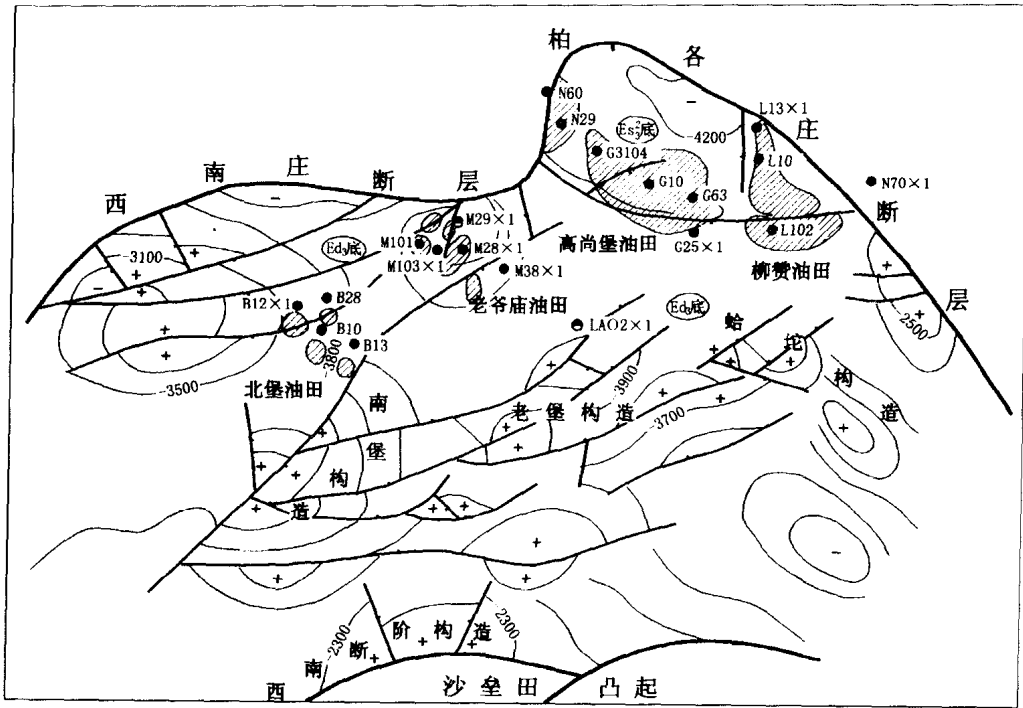


图2 南堡凹陷主要油田分布图

在分析上述问题的基础上, 1998年以后, 借鉴老爷庙二次三维地震的经验重点开展了四个方面的工作: 一是在高柳成熟地区已开发油田中整体实施二次三维地震勘探; 二是开展测井解释技术, 特别是复杂、隐蔽油气层的解释技术攻关, 突出表现在低阻油层的识别; 三是利用三年时间开展已开发油田或开发区块油藏地质再认识; 四是实施勘探开发一体化管理。通过三年的努力, 在精细勘探思路的指导下实现了储量大幅度增长, 至2003年底三级储量近 $3 \times 10^8 \text{ t}$ 。开发上实施精细开发, 老区地质再认识、精细油藏描述、产能建设和开发调整等各项工作都取得了重要进展, 其主要标志是: 所有已开发区块地质认识、油藏认识都发生了重要变化, 实践证明符合地下实际情况, 满足了精细开发的需要; 水平井技术在复杂断块油田各种油藏中得到全面推广应用, 效果显著; 高精度三维地震技术广泛应用于开发生产, 在满足开发需要的同时促进了开发地震技术的进步; 除高尚堡深层待开发调整以外, 其他已开发区块的采收率由“九五”初的17%提高到目前的26%, 达到渤海湾地区平均水平, 近期有望提高到30%。

勘探开发一体化、二次三维地震、精细油藏描述、低阻油层识别是冀东油田几年来勘探开发工作中的特点, 也是亮点。为了总结1998年以来冀东油田精细开发工作中取得的重要成果, 编著了《复杂断块油田精细开发》一书。

在此前, 已出版了其姊妹篇《断陷盆地精细勘探》, 在勘探这本书中重点



总结了几年来冀东油田在实施勘探开发一体化过程中精细勘探的做法和取得的效果,帮助大家认识富油气凹陷、复杂探区、成熟探区巨大的勘探潜力,树立勘探工作者的信心,是勘探开发一体化实践的重要组成部分。

这本《复杂断块油田精细开发》则重点总结了典型性油藏的开发历程、成功经验和开发工作中的不足,进一步指导冀东油田今后的开发工作,也希望对类似油田的开发工作有所借鉴;通过总结浅层常规稠油油藏、浅层小断块油藏、深层复杂断块油藏和构造岩性油藏的开发配套技术,希望对类似油田的开发能有所帮助;通过对水平井技术应用实例的分析和高精度三维地震技术与精细开发工作的总结,促进复杂断块油田的高效开发和开发地震技术的进步。

本书共分七章,前四章是典型油藏精细开发工作过程的总结,后三章着重介绍了复杂断块油田精细开发实践中的三项关键技术。每一章都各自独立,编著者力求通过系统全面地分析开发历程,总结开发规律,探讨关键技术的应用,以及分析不同阶段的开发效果,来全面体现复杂断块油田实践—认识—再实践—再认识的重要思想和不断深化油藏认识的重要性。

《复杂断块油田精细开发》一书是近年来冀东油田开发工作的总结,凝聚着几代冀东开发工作者的心血和成果。冀东油田按照中国石油天然气集团公司和中国石油天然气股份有限公司领导的要求,确定了“1811”工作目标,在即将实现年产原油 $100 \times 10^4 \text{t}$ 以上之际,编著本书具有重要意义。

全书由周海民统编,包括详细编写提纲、各章节编写过程中的要点。第一、第二章由廖保方执笔,第三章由常学军、郑家朋执笔,第四章由郝建民执笔,第五章由董月霞执笔,第六章由常学军、廖保方执笔,第七章由郑家朋执笔,最后统稿由周海民、董月霞完成。在此书的后期制作过程中还得到了冀东油田勘探开发研究院麻翠杰、张梅、杨志鹏、苗晶等同志的帮助,在此一并表示诚挚的谢意。

由于作者水平和经验有限,对复杂断块油藏开发工作的理解和规律的总结难免有不妥之处,敬请批评指正。

编著者

2004. 5. 5



目 录

第一章 柳赞油田柳北沙三³构造岩性油藏精细开发	(1)
第一节 柳北沙三 ³ 油藏勘探开发历程及问题与对策	(2)
第二节 柳北沙三 ³ 油藏地质特征与精细开发	(8)
第三节 柳北沙三 ³ 油藏精细开发实践的关键点	(24)
第二章 柳赞油田柳 102 区块浅层断块油藏高速高效开发	(30)
第一节 柳 102 区块勘探开发历程及问题与对策	(31)
第二节 柳 102 区块油藏地质特征与细分层系开发	(34)
第三节 柳 102 区块高速高效开发的关键点	(45)
第三章 高尚堡油田高 104-5 区块常规稠油油藏精细开发	(54)
第一节 高 104-5 区块油藏地质特征和开发现状	(54)
第二节 高 104-5 区块开发历程及问题与对策	(56)
第三节 高 104-5 区块精细开发配套技术	(59)
第四章 高尚堡深层沙三²⁺³复杂断块油藏开发回顾与思考	(78)
第一节 高尚堡深层沙三 ²⁺³ 复杂断块油藏地质特征	(79)
第二节 不同开发阶段的开发效果及问题与对策	(98)
第三节 高尚堡深层开发中存在的问题、下步开发潜力、工作思路与主体措施	(109)
第五章 高精度三维地震技术与油田精细开发	(116)
第一节 高精度三维地震技术与油藏勘探开发一体化认识	(116)
第二节 高精度三维地震技术与油藏开发思路的调整	(117)
第三节 高精度三维地震基础上的层序地层学研究 with 油田开发	(119)
第四节 高精度三维地震技术与精细油藏描述	(120)
第五节 高精度三维地震技术与复杂断块油田水平井开发	(124)
第六节 认识与体会	(125)
第六章 复杂断块油藏水平井开发技术	(131)
第一节 国内外水平井技术应用状况	(131)
第二节 冀东油田复杂断块油藏水平井技术应用及效果	(132)
第三节 冀东油田不同类型油藏水平井应用情况	(134)
第四节 冀东油田水平井技术及其应用特点	(163)
第五节 复杂断块油藏水平井技术应用的关键点	(166)
第六节 水平井开发技术应用前景	(169)
第七章 高尚堡油田高 104-5 区块边水调剖技术	(171)
第一节 高 104-5 区块边水调剖相关技术研究	(171)
第二节 高 104-5 区块第一轮边水调剖现场试验	(180)

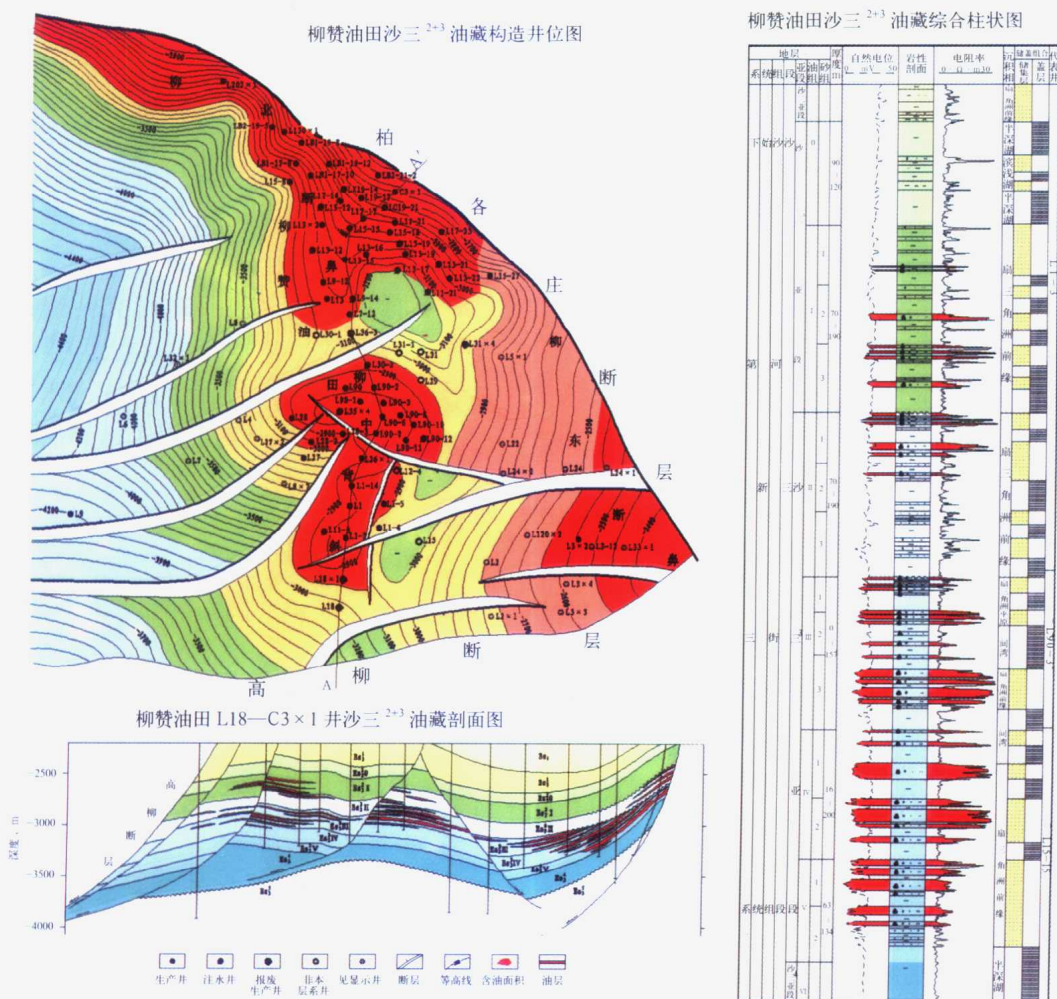


第三节 高 104-5 区块边水调剖技术改进及第二轮现场试验	(187)
第四节 高 104-5 区块整体边水调剖方案设计及现场施工	(197)
第五节 边水调剖技术应用设想	(203)
参考文献	(205)



第一章 柳赞油田柳北沙三³构造 岩性油藏精细开发

柳赞油田地处河北省唐山市滦南县境内,构造上位于渤海湾盆地黄骅坳陷南堡凹陷东北部高柳构造带的东端,西以鞍部与高尚堡构造和拾场次凹连接,东北和东界以柏各庄断层与马头营凸起相连,沙河街期构造南界为高柳断层,构造面积约 40km²。主要是在中生代隆起基础上经过下第三系沉积逐渐发育起来的同沉积背斜构造,向盆地边缘逐渐过渡为沿柏各庄断层下降盘发育的断鼻构造群,可细分为柳中断背斜和柳北断鼻、柳东断鼻三个局部构造(图 1-1)。





柳北沙三³油藏位于柳赞油田北部——柳北断鼻，是发育在柏各庄断层下降盘的多期扇三角洲砂体叠置差异压实的断鼻构造（图 1-1）。该油藏发现于 1991 年钻探的预探井 L13-1 井，从 1992 年开始按断块油藏模式进行滚动开发，至 1996 年底探明并动用含油面积 2.1 km²，石油地质储量 300 多万吨，建成产能几万吨；2002 年以来利用二次三维地震资料开展油藏特征再认识研究，认为柳北沙三³油藏是一个构造背景基础上若干扇三角洲砂体叠置、油层分布受其控制的整装构造岩性油藏，现探明石油地质储量达到两千多万吨规模，展示了巨大的开发潜力和良好的开发前景。2003 年开始细分三套层系开发，2004 年将新建原油生产能力 $\times \times \times 10^4$ t，2005 年还将新建产能，原油产量将上升到原来的 3.5 倍，实现了精细、高效开发。

通过本章的论述，主要是总结构造岩性油藏开发中的经验、教训，以及地下认识的复杂过程，体现实践—认识—再实践—再认识的思想，希望对东部复杂油田的认识与开发有所借鉴。

第一节 柳北沙三³油藏勘探开发历程及问题与对策

一、勘探开发历程

柳北沙三³油藏的滚动勘探开发和地质认识经历了由简单到复杂、再由复杂重归简单的十分曲折的过程。有成功的经验也有认识失误的教训，大体可分为五个阶段。

1. 发现阶段（1987—1991 年 10 月）

1991 年柏各庄三维地震发现柳北断鼻构造，圈闭面积 2.5 km²。1988 年完钻位于断鼻构造最低部位的 L13 井，测井重新认识肯定了原解释油层的结论，经试油在沙三³获高产油流，7mm 油嘴，日产油 62.1t。柳北断鼻发现后，在断鼻高部位钻探的预探井 L13-1 井共钻遇沙三³油层 59m/12 层，10mm 油嘴试油，日产油 114t，从而发现了柳北油气富集高产区块（图 1-2a）。

2. 早期开发阶段（1991 年 11 月—1992 年 12 月）

自 1991 年 9 月发现该油气富集高产区块之后，同年 11 月进行整体部署研究，按两套井网（Ⅲ—Ⅳ为上套，Ⅴ—Ⅵ为下套）、350m 井距、反七点面积井网布井 14 口（每套 7 口）。

1992 年 3—5 月优选第一批关键井 L11-14，L13-13，L15-15 进行钻探，均获高产油流；之后，全面实施了滚动部署。到 1992 年底共完钻开发井 15 口，主体断块开采井网基本完善，建成原油生产能力 $\times \times 10^4$ t/a，初步形成了断块构造油藏的地质认识（图 1-2b）。

3. 滚动开发阶段（1993—1997 年）

随后按复杂断块油藏滚动勘探开发程序进行滚动开发，分析研究其石油地质规律，结合周围区块地质特征，进行滚动扩边，相继实施了 L7-12，L15-21 和 L15-19 等滚动扩边井 8 口。在完善井网的同时，又进一步扩大了含油面积，发现了新的含油断块，如 L17-23，L13-23 和 C3×1（沙三⁵）等。由于地震资料品质较差，地层厚度变化大，随着钻井的实施，逐渐形成了柳北断鼻是一个极复杂断块构造的认识（图 1-2c）。

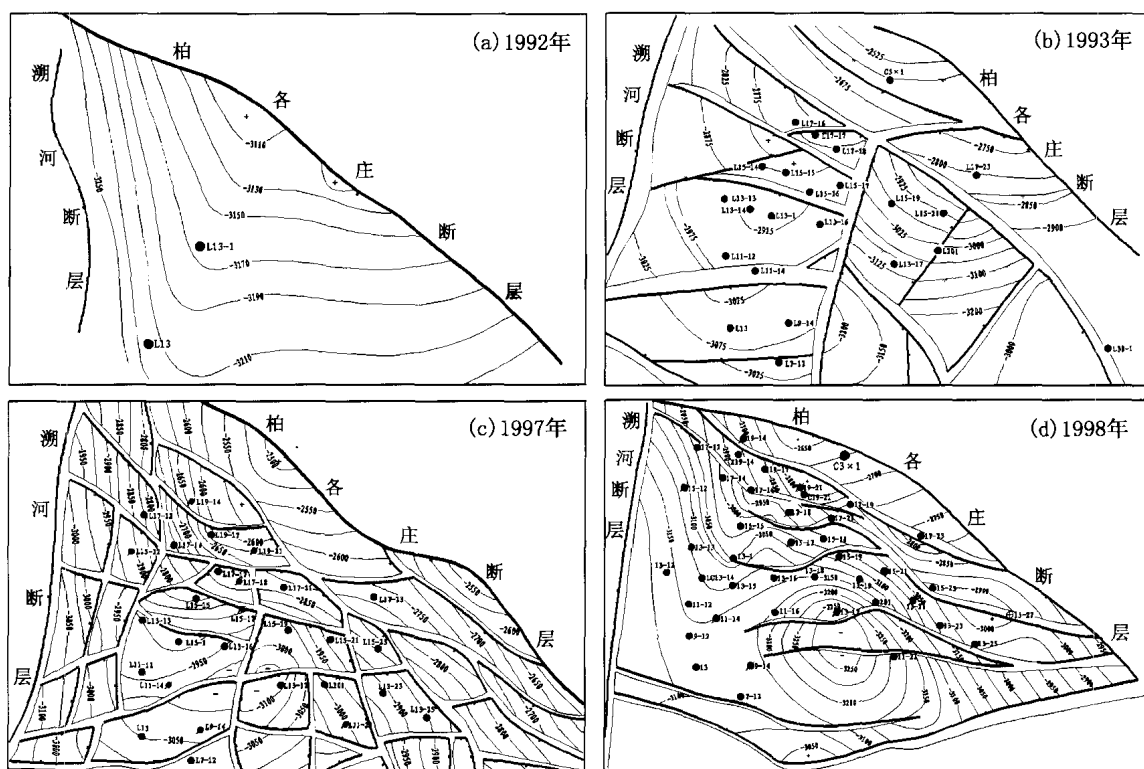


图 1-2 柳北沙三³ 油藏勘探开发历程图

4. 油藏重新认识与调整完善阶段 (1998 年 6 月—2001 年)

1998 年 6 月以来,在三维地震资料重新处理的基础上,初步尝试应用层序地层学理论,以地层对比为突破口,开展了柳北沙三³油藏特征再认识研究,油藏地质认识有了明显变化,构造格局、断层组合发生了很大变化(图 1-2d)。在此基础上进行完善调整,先后实施调整井 11 口均获成功,保证了区块稳产。与滚动开发阶段的认识相比,构造相对简单、油藏相对整装,但断块油藏的本质特征没有发生变化,局部地区动静矛盾仍然存在。

5. 二次三维地震和油藏类型的重新认识,储量大幅度增长,产量大幅度提高的精细勘探与开发阶段 (2002 年至今)

2002 年,在柳赞地区高精度二次三维地震资料采集、处理的基础上,以层序地层学理论为指导,地质、地震、测井、油藏等多专业协作,开展综合地质研究,对油藏的认识发生了根本性变化(图 1-3)。柳北沙三³油藏是一个构造背景基础上若干扇三角洲沉积砂体叠置、油层分布受其控制的构造岩性油藏,高部位 C3×1 井试油和向西滚动的预探井 L202×1、评价井 L130×1 相继获得成功,增加了沙三³油藏的厚度和含油面积,使之成为储量规模 $2000 \times 10^4 \text{t}$ 以上的整装油藏。立足于油藏精细描述,分三套层系,水平井与定向井结合进行整体开发部署,新建产能 $\times \times \times 10^4 \text{t}$,产量将达到原来的 3.5 倍,实现了柳北沙三³油藏的精细开发。与此前的认识相比,构造简单完整、油藏整装,油藏类型的认识发生了本质变化。

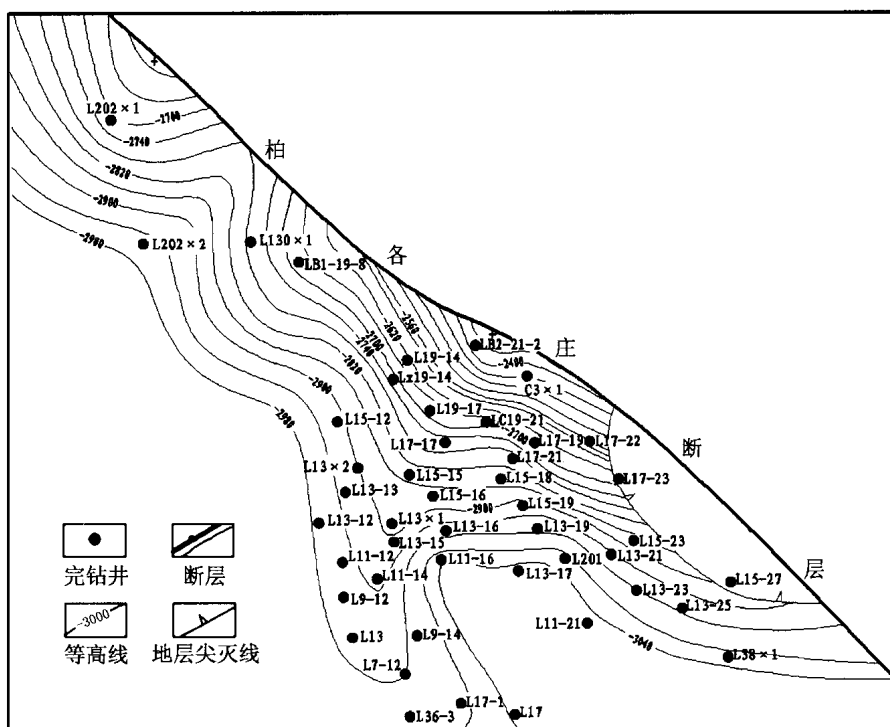


图 1-3 柳北沙三³油藏构造图 (2003 年)

二、不同开发阶段中的问题与采取的对策

1. 柳北沙三³油藏开发中存在的主要问题

柳北沙三³油藏地质条件、原油性质好,注水开发效果也比较好。但由于地质认识的原因,并没有达到理想的开发效果。纵观十几年的开发历程,柳北沙三³油藏开发中存在以下主要问题。

1) 由于受地震资料品质的限制以及传统开发工作思路的影响,油藏类型的认识出现重大偏差,造成开发的多次调整、多次完善

本区早期地震资料由于受当时的装备条件、技术条件以及管理因素和地面条件的限制,资料品质较差,加之渤海湾复杂断块油藏模式的影响,将储层的变化认识为断层的作用,将构造岩性油藏认识为复杂断块油藏,并严格按复杂断块油田滚动勘探开发程序进行开发,不但延缓了开发进程,还造成多次调整、多次完善以及多次工作的重复(图 1-2、图 1-3)。

2) 开发早期没有充分重视地震在开发中的作用

在滚动开发过程中对地震的作用重视程度不够,主要依据钻井资料编制构造图,随着钻井的增多,断层也越多,构造格局也越来越复杂,2.1km²的含油面积,逐渐划出了 34 条断层、37 个断块,构造十分破碎(图 1-2c),由此造成地质认识的偏差。

3) 地层对比的工作思路没有进行及时调整,开发中暴露出来的动静态矛盾也没有及时引起足够的重视

柳北位于陆相湖盆陡岸边缘,岩相变化快,地层厚度变化较大,地层对比过程中没能及时调整“等厚对比、井间变短就开断点”的工作思路。同时对开发过程中暴露出来的隔



断层注水受效等动静矛盾没有及时引起足够的重视,反以断层开启不封闭加以解释,没能及早改变断块构造格局的认识。从1998年开始尝试应用层序地层学理论的研究思路,改变了地层划分对比工作思路,在沙三²⁺³亚段内发现局部沉积间断和地层合并变薄的特征。柳赞地区沙三²⁺³地层是陆相断陷湖盆陡岸边缘以进积式准层序组合沉积序列为主的扇三角洲沉积,由湖盆边缘向湖中心方向地层厚度迅速变厚。原单井地层厚度的变化,不是断层断失地层造成的,减少了大批断点(图1-4),由此才逐渐形成了正确的地质认识。

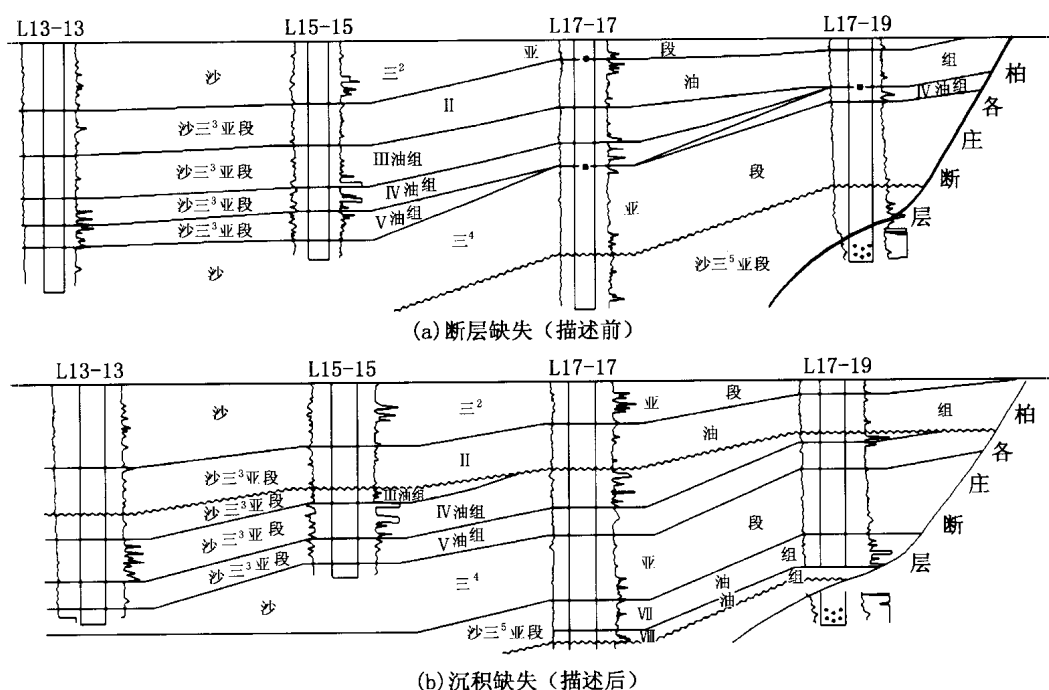


图1-4 柳北沙三段地层对比方法变化示意图

正是上述三方面的问题共同作用,导致了柳北沙三³油藏十分复杂的构造格局和曲折的认识历程,也导致了油藏认识没有新进展,储量长期没有新增长,产量也没有相应的提高。

2. 精细开发柳北沙三³油藏的对策

1) 开展高精度二次三维地震采集与处理,解决地震资料品质问题

针对本区早期地震资料品质严重制约了地质认识深化、不能满足勘探开发需要的实际,通过大量的研究与论证,在主力油田实施了高精度二次三维地震资料采集与处理。通过改进观测系统、加大覆盖次数、优化检波器组合、缩小CMP面元等采集技术和实施地表一致性反褶积、精细速度分析偏移归位(DMO+三维偏移)等精细处理,资料品质与原三维地震资料相比较有了质的改善,最终剖面不仅拥有较高的信噪比,同时具有较高的分辨率。浅层资料能够进行精细的构造解释和高分辨率的储层反演工作,中深层资料能够准确落实构造、进行层序地层学的研究(图1-5)。使断层的解释更加合理,地层层序解释的可信度增高,为精细地质研究、重新认识油藏特征提供了基础。

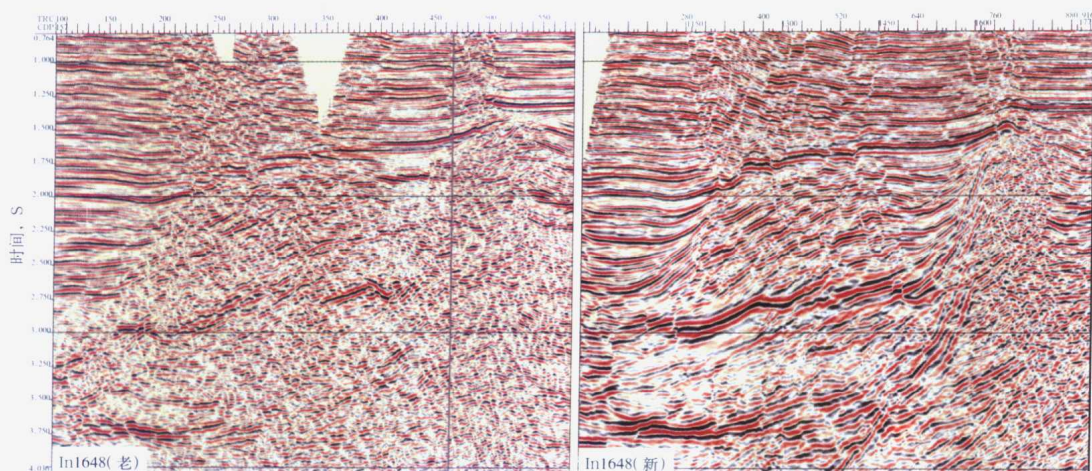


图 1-5 柳赞地区新、老三维地震资料对比

2) 开展油藏特征研究, 解决油藏类型的认识问题

针对油藏地质认识发生偏差制约油藏开发效果提高的实际, 充分利用二次三维地震资料, 多学科联合攻关, 研究地层层序格架及其空间展布规律, 搞清了储层变化规律和油藏构造特征, 实现了油藏地质认识的深化。建立了断鼻构造完整、油藏整装的结构岩性油藏地质模型 (见图 1-3 和图 1-6), 解决了油藏类型的认识问题, 为科学合理的制定油藏开发战略和技术措施提供了可靠的地质基础。

3) 测井、地质密切协作, 开展老井综合复查, 成功地进行了低阻油层的判别

在构造、储层特征重新认识的基础上, 从油藏聚集规律分析认为, 构造高部位 C3×1 井 (见图 1-2 和图 1-3) 的有油气显示砂岩应该是油层。2003 年 1 月 19 日射开沙三³亚段 2888~2910m 井段 22m/1 层, 抽汲 5d, 获日产油 23.4t 的工业油流; 2003 年 1 月 31 日射开沙三³亚段 2742~2770m 井段 16m/3 段, 获日产油 16t 的工业油流。从而发现电阻率低于 $10\Omega \cdot m$ 的低阻油层 (图 1-7), 并修改了本区油层电性标准。以此为基点, 开展以地质综合认识为基础的多井综合复查, 新增油层 1263.2m, 其中 II 和 III 油组 609.4m, IV 和 V 油组 653.8m, 平均单井增加油层 26.8m。

4) 实施勘探开发一体化, 增储上产一体化

以对地下油藏的一体化评价为宗旨, 实施勘探开发研究一体化, 勘探开发技术人员密切协作, 共同进行滚动勘探开发潜力研究, 共同确定部署意见, 统一部署实施预探井和评价井 (图 1-3)。预探井 L202×1 井沙三³亚段钻遇油层 90m/9 层、L202×2 井沙三³亚段钻遇油层 75m/7 层、评价井 L130×1 井沙三³亚段钻遇油层 89.8m/9 层, 使柳北油藏含油面积扩大了两倍, 探明石油地质储量增加了 4.7 倍, 成为 $2000 \times 10^4 t$ 以上储量规模的整装油藏, 细分开发, 新建产能 $\times \times \times 10^4 t$, 及时扩大了滚动及调整成果。做到了工作一体化、认识一体化、部署一体化、增储上产一体化, 解决了工作重复与衔接问题, 加快了勘探开发节奏, 降低了发现成本, 提高了油田整体效益。

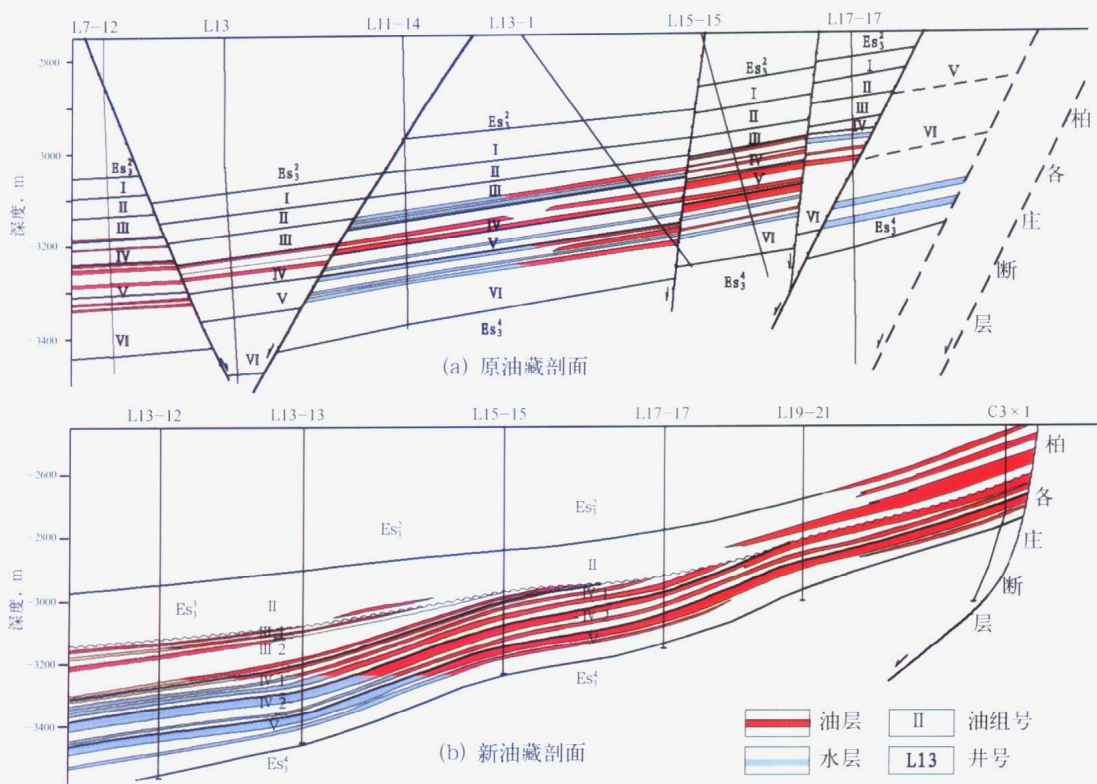


图 1-6 柳北沙三³ 油藏剖面特征认识变化对比

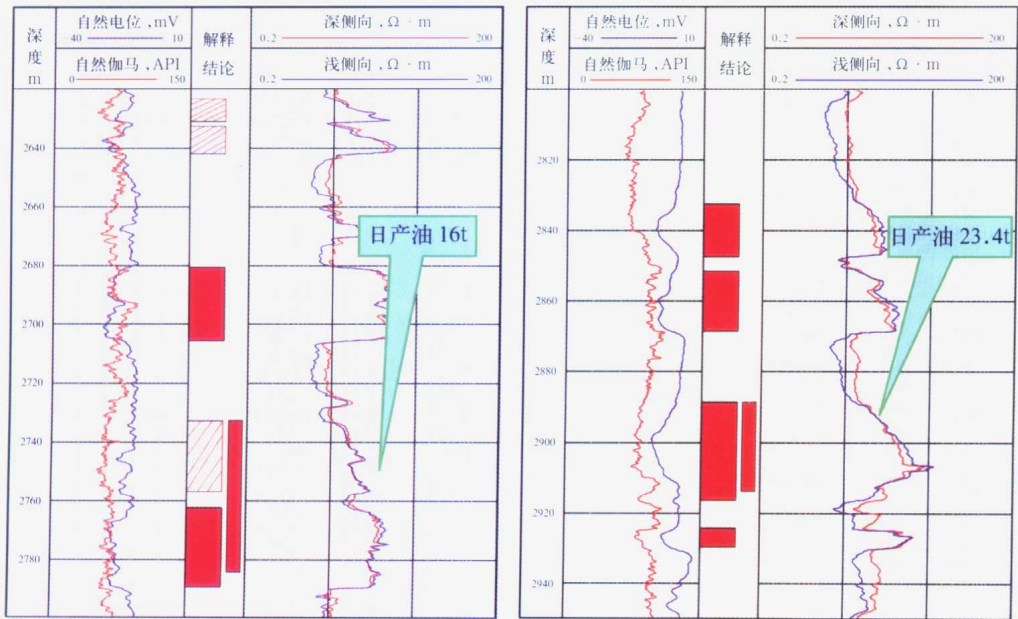


图 1-7 C3×1 井测井曲线图

第二节 柳北沙三³油藏地质特征与精细开发

一、柳北沙三³油藏地质特征

1. 地层特征与层组划分

柳北沙三³亚段主要为一套扇三角洲相沉积,岩性主要为浅灰、灰白色砂岩、含砾不等粒砂岩和砂砾岩以及灰色、褐灰色、棕红色泥岩,具有明显的细—粗—细的旋回性变化特征。地层视厚度 100~650m,向盆地边缘逐渐变薄,呈楔型分布。

沙三²⁺³亚段从上到下划分为 0—V 六个油组。0, I 油组属于沙三²亚段;II, III, IV 和 V 油组属于沙三³亚段,II 油组 1 个砂层组,III 油组 2 个砂层组,IV 油组 2 个砂层组,V 油组 1 个砂层组。油层主要集中在沙三³ II—V 油组,是本区的主要含油目的层段。

由于地处盆地边缘,沉积作用导致部分井区缺失 II, III₁, III₂ 和 IV₁ 地层,地层格架为扇三角洲沉积进积式准层序组合模式(图 1-8)。

2. 油藏构造特征

柳北沙三³油藏构造为沿柏各庄断层下降盘分布的断鼻构造,构造完整,圈闭面积近 10km²,闭合度 800m 左右,自下而上继承性较好。构造轴向为北东—南西向,具有纵向分布短、横向分布较宽的特点,轴部位于 L19-17—L15-15—L13 井一线,向北东方向抬升,构造高点在 C3×1 井附近。全区只发育有一条断层——柏各庄断层。

柳北断鼻有三个构造高点,细分为三个小断鼻,实质上是三个扇三角洲主砂体发育带。东部的 L13-1 断鼻规模较大,是构造主体,高点在 C3×1 井一带,断鼻轴向为近北东向,沿 L13—L15-15—L17-17—C3×1 井一线分布;地层产状较陡,在柏各庄断层附近约 35°,向南西方向逐渐变缓、倾没,地层倾角为 20°~30°。西北部的 L202×1 和 L130×1 断鼻构造规模较小,高点在 L202×1 和 L130×1 井附近,向西南倾没。各油组构造的高点、轴向基本一致(III 油组因地层分布局限,高点在 L15-15 井附近),不同的是 III, IV, V 油组的产状较 II 油组产状略陡。同时各油组地层缺失范围亦有差别,III 油组地层缺失范围最大,详见图 1-3、图 1-6、图 1-8 和图 1-9 所示。

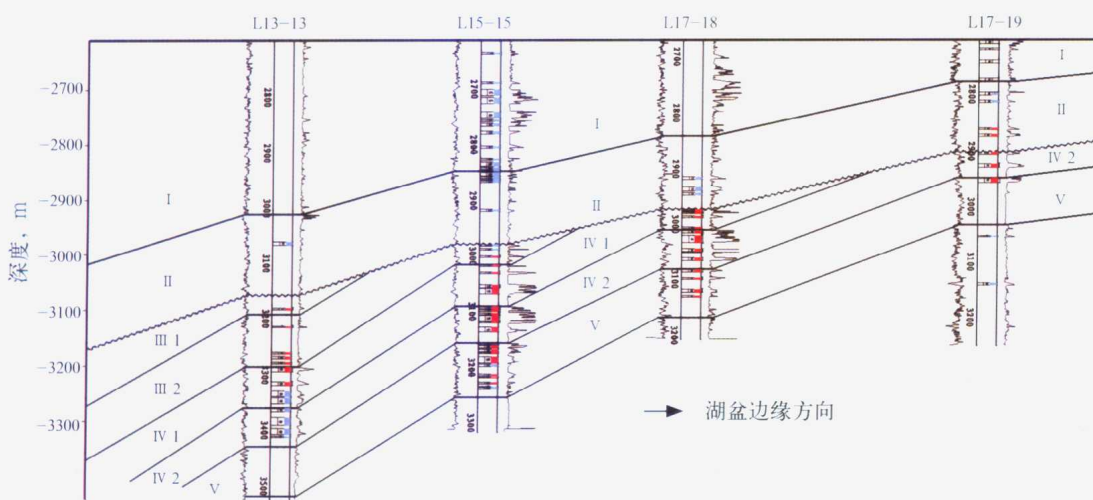
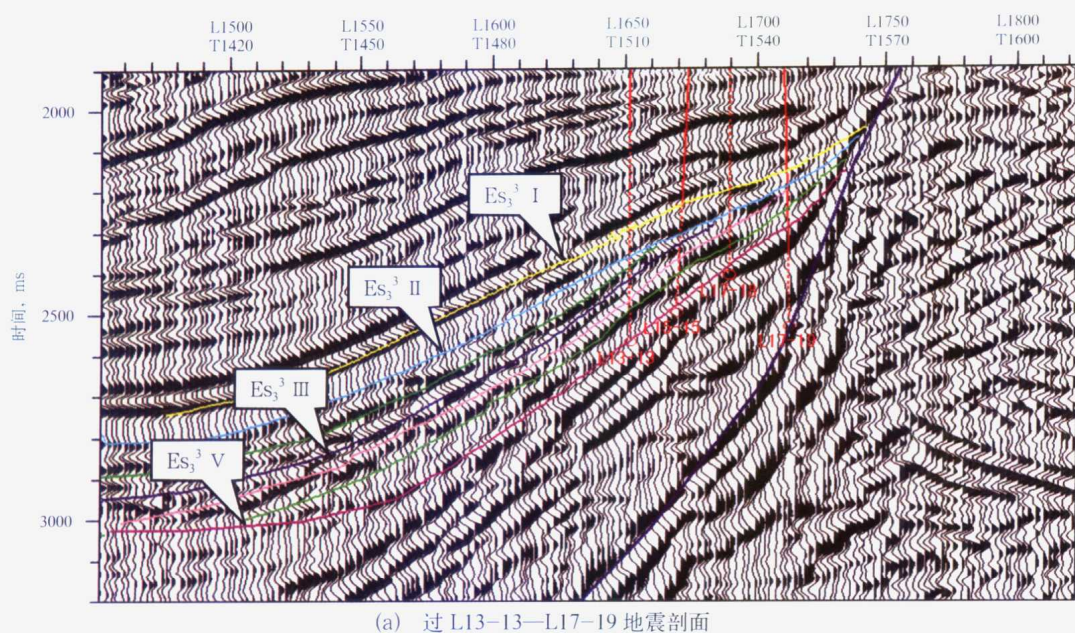
3. 储层特征

1) 储层沉积相

沙三³亚段属冲积扇—扇三角洲沉积体系。由于地处盆地边缘陡坡带上,离物源近,受北高南低、东高西低古地形格局的影响,形成陡坡型扇三角洲沉积,沉积相带平面展布窄,具有短距离搬运、快速沉积、沉积物颗粒相对较粗、分选差的特点。

柳北沙三³扇三角洲为分布于盆地边界柏各庄断层根部的扇三角洲复合体,大致呈北西—南东向展布,为一系列扇体交错叠置的沉积体。可以分为三个扇三角洲沉积体,扇三角洲前缘亚相是柳北扇三角洲的主体(图 1-10、图 1-11)。西部扇三角洲沉积体钻井资料较少,据地震资料推测其规模较大;中部、东部扇三角洲沉积体钻井较多、规模较大,是目前开发主体。

储集层主要是扇三角洲平原—扇三角洲前缘上的分流河道砂及部分席状砂,以水下分流河道砂体为主。水下分流河道砂体厚度约占砂体总厚度的 78%,其次为河口砂坝、席状砂,偶见分流间及前扇三角洲湖泊砂体。每个砂层的砂体平面展布总体具有一定的连续

图 1-8 柳北沙三亚²⁺³亚段地层结构模型

性，部分砂体横向变化较大，单砂体厚度一般为 3.0~10.0m，砂层最大厚度 25.0m。

2) 储层岩石学特征

储集层岩性较粗，以含砾砂岩和中细砂岩为主，岩石类型多为岩屑质长石砂岩和长石质岩屑砂岩。碎屑颗粒中，石英含量 10%~46.5%，平均 25.6%；长石含量 3%~61%，平均 32.1%；岩屑含量 21.2%~74%，平均 42.3%。颗粒分选中等，多呈次圆一次棱角状。颗粒间以点—线接触和点接触为主，胶结类型多为孔隙式胶结，其次为接触—孔隙式胶结。填隙物含量 2%~30%，平均 10%，成分多为泥质和碳酸盐矿物，其中泥质含量 8.5%，碳酸盐矿物含量 1.5%。