

大庆油田萨北开发区 油田开发调整实践与认识

论 文 集

(2005—2010年)

张英志◎主编

石油工业出版社

大庆油田萨北开发区 油田开发调整实践与认识 论文集（2005—2010 年）

张英志 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书精选了大庆油田萨北开发区“十一五”期间的主要科研成果和经验总结。内容包括油田地质、油田开发调整、油藏工程（水驱、聚合物驱）、现场试验、油田地质管理、计算机应用等方面的优秀论文共 134 篇，本书从油田开发理论、矿场试验和应用等方面进行了较系统的论述。

本书适合油田开发工程技术人员参阅，也可供石油院校相关专业师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

大庆油田萨北开发区油田开发调整实践与认识论文集：
2005～2010 年/张英志主编. —北京：石油工业出版社，2012. 11

ISBN 978 - 7 - 5021 - 8731 - 6

I. 大…

II. 张…

III. 油田开发 - 大庆市 - 文集 - 2005 ~ 2010

IV. TE34 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 203662 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）64523537 发行部：（010）64210392

经 销：全国新华书店

印 刷：北京中石油彩色印刷有限责任公司

2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 次印刷

787 × 1092 毫米 开本：1/16 印张：33

字数：843 千字 印数：1—1000 册

定价：92. 80 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

《大庆油田萨北开发区油田开发调整 实践与认识论文集（2005—2010 年）》

编 委 会

主 编：张英志

副主编：姜振海 林 立 金海军 王敬华

委 员：付青春 王文军 白军辉 姜 智 杨艳玲

何长虹 常淑芹 胡秀杰 高尔双 左维军

郎松梅 王文立

前 言

大庆油田萨北开发区自 1963 年投入开发, 40 多年来, 紧紧围绕延长油田稳产, 提高最终采收率这个中心, 坚持不断探索创新, 实现了萨北开发区连续 32 年生产原油 $500 \times 10^4 \text{t}$ 以上, 为国民经济建设作出了突出的贡献。

“十一五”以来, 面对特高含水期两驱并存、多套层系井网共同开发的局面, 广大科技人员拼搏、锐意探索、不断实践, 在油田地质、油田开发调整、油藏工程(水驱、聚合物驱)、现场试验、计算机应用等方面取得了丰硕的成果。为了系统总结我厂“十一五”期间成功的油田开发调整技术, 指导“十二五”油田开发技术向更深的层次推进, 特编辑出版了《大庆油田萨北开发区油田开发实践与认识采油工程技术论文集(“十一五”)》。该书集结了萨北开发区广大科技工作者的智慧和心血, 希望这本论文集能对全厂从事油田开发的专业技术人员有所帮助, 对国内外同类型油田的开发调整具有指导意义。此外, 真诚希望与兄弟油田和科研院所加强技术交流和协作, 共同为石油工业的发展贡献力量。

展望未来, 任重道远。我们要继续发扬采油三厂“老老实实, 埋头苦干”的工作作风, 为大庆油田 $4000 \times 10^4 \text{t}$ 持续稳产再作新的贡献。

由于时间有限, 不当之处在所难免, 恳请各位专家和广大读者批评指正。

编 者

2010 年 11 月

目 录

油田地质

萨北开发区 CHFR 测井技术应用分析	刘柏松 袁志刚 (3)
Petrel 软件建立构造模型的方法与应用	荆艳飞 (6)
井震结合对萨北开发区断层的再认识	褚松杰 (10)
提高合成记录精度方法的研究	陈志巍 (14)
水平井生产参数优化方法研究	陈 奋 (18)
密井网条件下曲流河点坝砂体精细解剖技术	崔 野 (22)
北二西西块二类油层剩余油分布规律研究	吕 晓 (26)
多学科油藏研究在措施调整中的应用	朱孔学 (29)
萨北开发区泡沫复合驱后剩余油分析	焦艳丽 (33)
利用声波变密度测井曲线综合评价固井质量	王 锐 (37)
聚合物驱后曲流点坝砂体剩余油分布特征研究	施尚春 (41)
萨北纯油区地应力 (XMAC) 测井资料应用的初步探讨	王敬华 (45)
总参数 R 对驱动距离影响及对储集空间内部建筑结构的再认识	贾明涛 (50)
北三西东南区块二类油层化学驱目的层精细储层再认识	韩青砚 (55)
北二西东块萨尔图油层精细储层再认识	王春蕊 (60)
曲流河砂体内部构形识别和剩余油预测技术	于 欢 (64)
特高含水期井壁取心资料的应用研究	杜福新 (68)
萨北开发区油水同层测井解释方法研究	张雁雁 (72)
密集取心井区葡一组油层精细解剖及剩余油分析	张 雨 (76)
二类油层成因单砂体的空间识别	魏华芝 (80)
密井网储层精细描述技术	刘薇微 (83)

油田开发调整

特高含水期注采系统调整优化方法研究	曾雪梅 王 艳 (89)
北三区东部葡一组油层未布井区域聚合物驱可行性分析	张艳翠 (93)
萨北开发区可采储量测算方法研究及应用	刘亚坤 (96)
不同驱动条件下松 I 法推算地层压力分析	李红梅 (100)
萨北开发区水驱井补孔完善聚合物驱注采关系的研究	王嘉亮 (104)
北二东层系重组的可行性研究	范景明 (108)
稀油油藏蒸汽驱开发方式研究	闫丽萍 (112)
萨北开发区北二东二类油层地质特征研究	陈喜波 (116)
二类油层聚合物驱层系组合及井网部署研究	郭日鑫 (119)

北三西二类油层层系粘连层的处理方法	韩学彬 (124)
北部过渡带萨零组油层注水开发试验区优化射孔的做法和认识	杨桂霞 (127)
萨北开发区水平井优化射孔方案设计研究	张会英 (131)

油藏工程 (水驱)

北部过渡带停注层恢复研究	于 森 (137)
萨北开发区阶段存水率和水驱指数变化特征研究	谷庆杰 (141)
不稳定试井在油田开发后期的应用研究	刘金山 (146)
北二区西部特高含水期合理提液技术研究与应用	李春菊 (149)
新式模型联解法预测萨北开发区水驱开发指标	赵 卿 (153)
动态监测资料在油田生产中的应用	马丽华 (157)
萨北开发区水驱长关井治理途径探讨	黄丽君 (160)
北三东周期注采试验效果分析	郑 滨 (163)
生物酶解堵在萨北开发区的应用	金仙花 (167)
萨北开发区北二区东块周期采油效果分析	梁晓燕 (171)
限流法投产井的后期挖潜方法	朱甲子 (175)
北三西区块注采系统调整的做法与认识	何金宝 (178)
萨北过渡带分条带开发效果综合评价	徐 威 (182)
萨北开发区注水利用率现状分析	唐艳芹 (187)
特高含水期油井压裂效果影响因素及潜力分析	高淑明 (191)
水驱深度调剖效果分析	吴凯明 (195)
三次加密井开发效果评价和治理	宋晓东 (199)
改善东部过渡带注入状况方法研究	王 艳 (202)
对过渡带原油外流成因的认识	刘作仁 (205)
注采系统调整区块压力特征分析及调整方法研究	李淑萍 王跃斌 (208)
高含水后期油井措施方案优化	王海霞 (212)
水驱自然递减率影响因素分析	张 薇 (215)
水驱低压井区压力恢复的有效手段及效果	张丽丽 杜泉锋 (219)
北二西重复压裂选井选层方法及效果	张成芬 (223)
萨北开发区特高含水期细分注采技术	刘 畅 (226)
东部过渡带特高含水期水驱开发指标变化规律及挖潜方向研究	霍淑芹 (230)
特高含水期东部过渡带水驱控水挖潜实践与认识	王丽丽 (234)
表面活性剂在东部过渡带四条带应用情况分析	高艳红 (238)
深度调剖技术在东部过渡带的应用及认识	赵政涛 常文静 (242)
应用动态资料确定北部过渡带油水同层射孔界限	刘宏兵 荆 杰 (246)
萨北开发区萨零组现场试验效果分析	李晓艳 吴 笛 (249)
控制钻关恢复期含水回升速度的调整方法研究	宗 伟 (253)
北三西西部注采系统调整及实施效果研究	刘学庆 (257)
压裂在油井增产中的作用	程广艳 (260)
钻降递减率的合理控制与认识	李 良 (264)

北三区西部利用多学科研究成果综合治理做法及效果	李忆园 (267)
北部过渡带控水挖潜方法及认识	米 雪 (271)
关于地层压力的几点认识	宋成影 (275)

油藏工程 (聚合物驱)

萨北开发区一类油层聚合物驱油技术的实践与认识	付青春 (281)
北二西西块二类油层聚合物驱见效特征分析	高 睿 (286)
北二西聚合物驱后氮气泡沫调剖试验实例分析	李俊涛 徐 慧 (290)
北三东西块聚合物驱剩余油潜力及挖潜措施研究	邢 会 (294)
北三西西块二类油层聚合物驱动态变化规律认识	张 欣 梁国良 (298)
复合离子调剖技术在北三西二类油层应用效果分析	刘冬梅 (302)
北二西东块二类油层细分注采试验效果分析	徐黎明 (306)
北二东西块葡一组油层聚合物驱后井网重构高浓度注聚合物可行性论证	刘心宇 (309)
改善中小河系储层聚合物驱开发效果的途径及效果	哈俊达 (313)
聚合物驱采聚合物浓度变化特征分析	李 凯 (317)
北二西西块二类油层聚合物驱见效差异及原因分析	徐文波 (321)
东部过渡带葡一组注聚合物效果影响因素分析	苏学军 (325)
表面活性剂解堵改善二类油层聚合物驱开发效果分析	袁 媛 (328)
后续水驱挖潜技术研究	李红显 (331)
聚合物驱后细分注采技术的实践与认识	米冬玲 (334)
聚合物驱后微生物调驱试验阶段认识	王宏志 吴 敏 (338)
聚合物驱后颗粒调剖技术应用效果分析	姜 智 (342)
采出井动态特征分类和调整技术分析	姚 庆 (345)
北二东西块注聚合物末期调整方法	张开香 (349)
萨北开发区北三区东部东块聚合物驱见效初期动态特征分析	荣 静 (353)
利用水驱井网完善葡一组油层注采关系的可行性探讨	何 利 (356)
北二区东部葡一组聚合物驱加密井优化射孔方案编制的做法及认识	于 欣 (360)
北二西西块二类油层综合措施调整效果分析	王远馨 徐 慧 (363)
聚合物驱过程中提液方式的选择	李春红 (367)
聚合物驱后含水变化规律及调整方法的认识	贾珍珠 (370)
东部过渡带聚合物驱葡一组油层缩小井距开发调整实践与认识	刘 琴 (373)
北三西西块二类油层聚合物驱均衡见效的几点做法	王宏宇 (377)
二类油层注聚合物前吸水特征研究	刘宏莉 (381)
改善二类油层聚合物驱开发效果的方法	王巧云 (386)
一类油层聚合物驱后期高浓度注聚合物动态特征分析	路英秋 (390)

现场试验

三元复合驱调剖技术研究及认识	寇永双 (397)
开采过程中压敏储层物性变化的影响因素分析	黄志双 (401)

蒸汽吞吐试验效果影响因素探讨	舒志华 (404)
三元复合驱验窜测试技术应用及封窜方式优选	孟祥明 (408)
水井注氮气泡沫调剖技术与效果	时广霞 (411)
注水井表面活性剂增注技术在萨北开发区的应用	王 鑫 (414)
过渡带主力油层聚合物驱油技术研究	王 敏 (417)
北二区西部聚合物驱后蒸汽驱操作条件优选	苑丹丹 于晨晖 (420)
聚合物驱后泡沫复合驱可行性研究	郭素格 (423)
低分子量聚合物黏度影响因素研究	赵春艳 (427)
弱碱三元复合驱注入效果影响因素分析	张 辉 (431)
碱环境两性离子聚合物深度调剖技术的应用	周秀飞 (434)

油田地质管理

萨北油田注水系统压力损耗及节能潜力分析	于永红 (443)
电磁流量计与示踪相关流量计组合测井在萨北油田的应用	吴铨志 (447)
压力流量一体式验封技术的研究与实践	刘国华 (451)
影响萨北开发区纯油区东部注入井方案符合率因素探讨	张丽莹 (455)
提高注水井洗井质量的方法研究	赵凤花 (458)
非集流超声波流量计结构的改进	谷元伟 (461)
北部过渡带三次测调技术应用	闫文霄 (464)
加深洗井技术在聚合物注入中的应用	孙伟东 (468)

计算机应用

井组油层对比系统设计及系统研究	陈晓彬 (473)
PCEDM 模型解析	何 雷 沈 赫 (477)
VPCC 体系在油田信息系统中的应用研究	韩雪松 刘薇微 (480)
Oracle 数据库的数据安全性能分析	张国娟 (483)
分层架构在企业级软件开发中的应用	董桂苓 苗坤彦 (486)
采油厂配电网运行信息管理分析优化研究与实现	周 庆 (489)
基于 XML 的 Web Service 分布式系统架构的研究与实现	姜 影 郭 莉 (493)
机采井低压测试资料管理系统的设计与技术研究	方向明 殷美艳 (497)
档案系统计算机网络建设与资源共享	罗轶文 (501)
采油工程综合信息管理系统的深化研究	殷 亮 李泽龙 (504)
经验技术交流平台的设计和架设	杜 彬 史云先 (508)
矿级生产管理综合应用平台的开发研究	刘英君 殷美艳 (512)
建设油藏工程业务平台技术方案探讨	邓晓光 (516)

油田地质

萨北开发区 CHFR 测井技术应用分析

刘柏松 袁志刚

(大庆油田有限责任公司第三采油厂地质大队)

摘 要: 过套管电阻率测井 (CHFR) 是套后电测油层电阻率对比裸眼井电阻率曲线, 可以利用衰竭指数定性评价油层水淹程度。通过该项技术与多学科油藏研究的结合, 参考部分井的碳氧比测井资料, 寻找多学科油藏研究区块油层的剩余油富集部位。8 口井的措施挖潜效果表明, 该项技术在萨北开发区具有一定的适用性。

关键词: 过套管电阻率测井 剩余油 水淹层评价 多学科油藏研究 综合挖潜

萨北油田北三区东部为多学科油藏研究与现场试验项目的应用区块, 通过开展以过套管电阻率测井为主的配套测试技术应用试验, 以及多学科油藏研究, 并与目前世界最先进的套管井剩余油测试手段的结合, 为进一步措施挖潜层位的确定提供了有力证据。通过实施相应的治理措施, 以及半年多的效果跟踪, 优化调整了数值模拟模型的动静态参数场, 目前部分井措施后的生产效果表明, 过套管电阻率测井 (CHFR) 测试资料的应用分析, 大大提高了该区块的剩余油预测精度, 真正实现了多学科的协同攻关。

1 CHFR 测井技术应用思路及原理

多学科油藏研究主要针对特高含水采油阶段的开发区块, 油层的水淹状况评价主要依赖裸眼井测井资料, 由于剩余油高度零散, 必将由单井水淹层评价发展到多井分析。过套管电阻率测井优点在于能够大范围应用于多井评价, 其更深的探测深度 (2 ~ 11m) 和更宽的动态范围 (低孔、低矿化度), 解决了多学科油藏研究区块剩余油监测方法单一的问题, 起到有效的补充作用。CHFR 测井一方面可直接用于寻找剩余油, 另一方面, 可对沉积成因和数值模拟预测的剩余油类型进行验证, 以进一步采取挖潜措施。

仪器由一个电流发射电极、四组测量电极和一个电流回路电极组成。由于套管对较高频率的电磁波屏蔽作用强, 因此发射的电流选择 1Hz 低频交流电。CHFR 同侧向测井仪器一样需要由测量地层电流来获得地层电阻率。当有完整的裸眼井测井资料时 (包括三孔隙度测井资料), 应用 ElanPlus 测井解释程序计算地层含水饱和度的变化情况, 由于没有三孔隙度测井, 定量计算地层含水饱和度是困难的。将解释重点放在寻找有产油潜力的储层方面。对比 CHFR 电阻率与裸眼井测井电阻率, 利用衰竭指数 η 定性评价油层水淹程度。

2 过套管电阻率测井资料分析

2.1 对比裸眼井电阻率曲线

为验证仪器本身精度, 选取新老水井各 1 口, 未投水井的 CHFR 测量结果, 曲线吻合得

很好,老水井射孔井段电阻率也出现了负异常,表明水井周围储层驱替效果较好,CHFR 测井曲线幅值能够反映水淹程度增高后,储层电阻率的降低,两口水井 CHFR 测井资料可信度相对较高。

以刚完钻的取心井北 2-丁 6-检 P71 井与过套管测量结果进行对比分析,由于斯伦贝谢不能对测量井饱和度进行定量计算,所以首先对 CHFR 测井曲线和裸眼井电阻率曲线的变化程度进行定性对比分析,由于测量时该井未射孔,井周围地下情况基本不变或变化不大,因此两次曲线测量值应具有很好的的一致性和可比性,从北 2-丁 6-检 P71 井的 CHFR 测量结果对比看,CHFR 曲线与裸眼井电阻率曲线在形态及幅值上吻合得很好。对比表内厚层薄层,以正负 $5\Omega \cdot m$ 为测量差值范围,套前曲线与过套管曲线读值对比结果:表内大于 1.2m 厚度符合程度为 55.6%;表内小于 1.2m 厚度符合程度为 50.0%,结果表明 CHFR 曲线在套管井环境下,能够真实地反映地层电阻率,但厚度小于 1.2m 的薄层一致性相对较低。

2.2 对比碳氧比测井曲线

对比过套管电阻率测井与核测井的测试结果,同步测量的 5 口碳氧比测井资料,19 个 CHFR 定性解释层位,2 个层位不符合,整体上与碳氧比资料的符合程度在 89.5%。北 2-丁 6-检 P71 井 CHFR 结果给出的定量解释数据、碳氧比结果,分别与岩心解释结果进行对比,对比分析 11 个层位,以误差小于等于 10% 为依据,符合情况分别为:碳氧比解释 6 个层位符合,符合率 54.55%,1m 以上的层位 8 个,6 个符合,符合率 75%,1m 以下薄层 3 个,全部不符合;CHFR 解释 7 个层位符合,符合率 63.6%,1m 以上层位 8 个,符合 5 个,符合率 62.5%,1m 以下薄层 3 个,符合 2 个,符合率 66.7%,可以看出,碳氧比在 1m 以上的厚层解释中较可靠,而在小于 1m 的薄层解释上过套管电阻率测井较核测井具有一定优势。

3 过套管电阻率测井应用效果

对比 CHFR 测井资料与地质综合分析结果,通过选取具代表性的 4 口井、45 个层位的逐一砂体以及注采关系分析,9 个层位不符合分析结果,符合程度为 80%,依据 CHFR 结果与地质综合分析的结合,对部分具有一定调整潜力井进行了后续措施,将水井、取心井直接下泵投产,4 口井原开采层系不具挖潜层位,对 8 口井进行了措施治理及效果跟踪。其中检泵井 B2-D3-61、B3-2-57 在扣除检泵效果后,也分别取得单井日增油 5t 和 4t 的措施效果。

3.1 CHFR 资料与数值模拟剩余油结果具有较好的一致性

将 CHFR 测井资料与多学科油藏研究剩余油结果相结合,对措施井层进行了优选,8 口后续措施井效果与数模计算结果基本吻合,由于该区块首次采用相约束地质建模,措施选井选层利用砂体分析结合数模的剩余油预测结果,因此该区块模型的措施效果模拟与实际具有非常好的一致性。

北 2-丁 3-61 井葡 II 6 层,数值模拟剩余油饱和度具有一定剩余油,CHFR 测量结果也非常吻合,该井补开葡 II 6—9 上部后一直保持日产油 4.5t 的生产能力,充分地显示了 CHFR 测井后的治理成效。下一步将继续对措施井进行措施效果跟踪模拟,总结模拟过程中对于储层孔渗饱参数调整与选取的经验值,结合取心井的岩心分析资料,进一步提高该地区

单井数值模拟的拟合精度。

3.2 CHFR 资料为厚油层内部挖潜提供有力依据

见效 8 口井措施层位主要在原层系调整,以仪器的纵向分辨率 1.2m 为标准划分厚层与薄层,补开厚层 13 个,薄层 8 个。北 2-丁 3-61 井葡 II 6—9 上部位于河道边部,多学科油藏模拟结果显示为砂体变差滞留区型剩余油,补开砂岩厚度 2.7m,有效厚度 1.7m,初期收到单井日增油 7t,含水由 98% 下降到 91% 的好效果,目前该井仍保持日产油 8t、含水 93% 的好效果。因此,结合厚层与碳氧比测井资料及措施效果验证情况看,CHFR 测井能够指示厚层内部剩余油存在部位。

3.3 CHFR 资料对于薄层挖潜具有一定参考意义

北 2-丁 1-更 57 井补开两个薄层,均未收到效果。北 3-丁 4-56 井补开高 I 2+3b、高 I 4+5、高 8 三个薄层后,结合其他薄差层进行了配套的压裂改造,初期收到单井日增油 24t、日增油 9t、含水 25.5% 的好效果,目前该井仍保持日产液 31t、日产油 7t、含水 78.8% 的好效果,显示薄差油层所具有的一定潜能。

分析薄层的挖潜效果认为,CHFR 测井值是储层砂岩与围岩的综合值,薄层上下在没有高阻钙层影响下,围岩为泥岩时,使 CHFR 测量阻值偏小,因此,在不受高阻值钙层的影响下,CHFR 也可以反映一些薄差储层的含油性,但薄差层的挖潜仍是大庆油田面临的一个难题,北 2-丁 5-P17 井的能量枯竭也从一定侧面反映了另外两个薄差层的挖潜难度。

4 结论

(1) CHFR 方法在技术原理上相对核测井具有一定优势,结合沉积砂体分析,能够寻找出厚层中剩余油存在的潜力部位,而薄层的剩余油解释虽然具有一定的参考价值,但薄差层的动用程度低,仍然是后期的措施治理面临的主要困难。

(2) CHFR 与多学科油藏研究相结合,一方面可以指示剩余油存在部位,另一方面对于沉积成因分析、数值模拟预测等剩余油分析方法的准确性,起到很好验证作用,进而在高含水后期的综合挖潜中发挥重要作用。

(3) CHFR 在潜力层的确定中具有一定参考意义,但由于测井曲线受测试环境、固井质量、套变等不可预见性因素的影响很大,部分泥岩段和油层出现异常高阻显示,目前尚无手段确定是仪器本身的噪声影响还是资料对井筒周围真实性的反映,同时配套的作业费用以及国外公司对该项技术的垄断性测井费用,都是目前制约该项套管井剩余油测量技术普及的重要因素。

作者简介:

刘柏松,男,1972 年 6 月 6 日生,1995 年毕业于西北大学,大庆油田第三采油厂地质大队,攻关队主任,高级工程师,从事多学科油藏研究工作,电话:5857602,邮编:163113。

Petrel 软件建立构造模型的方法与应用

荆艳飞

(大庆油田有限责任公司第三采油厂地质大队)

摘 要:以萨北开发区研究区构造建模为例,针对较为复杂的构造特征,利用 Petrel 软件的可视化功能,对断层发育进行重新认识,并总结出三维构造模型建立的技术要点和地质图幅批量成图方法,解决了工作中遇到的技术问题,规范了构造建模工作流程。

关键词:Petrel 软件 构造模型 地质图幅

1 精确三维构造模型建立方法

构造模型的建立主要由断层模拟、三维网格化、建立地层格架三部分组成,它是三维地质建模的基础,其精度直接影响到最终的模拟结果。在建模流程中, Petrel 软件定义断层的方法很多,根据断层 polygon、地层解释层面、输入的构造图、fault stick、断点都能生成断层。萨北开发区断层主要由测井解释对比得到的断点信息确定,因此采用断点信息来构建断层。利用断点信息,通过 make surface 形成断层面,断面转换成模拟断面形状的线,线转换成模型中定义断层形状的 key - pillar。

断层模型建好后,利用已建立的断层和设置的边界建立骨架模型。垂向上则利用地层对比结果,建立地层格架。

为使断层模拟与实际发育状况较为符合,结合构造模型建立过程,总结出以下技术要点。

1.1 校正斜井轨迹与斜井断点数据

由于斜井只有地面坐标和地下坐标,断点深度是测量深度,在二维上进行断点组合难度大且准确率低,所以在建立构造模型时,应用 Petrel 软件内置的斜井轨迹校正程序,输入斜井的井斜角、方位角数据,建立斜井轨迹模型。对斜井的层面海拔深度进行校正,将测井解释层面深度回送到斜井轨迹上,输出斜井轨迹数据,将对应层面点坐标及垂深进行校正。校正后,构造模型层面的模拟精度提高。利用斜井的地面坐标、井斜角、方位角、测点深度、补心海拔对斜井断点进行校正,使断点与斜井轨迹吻合,能准确反映出断点空间的真实位置,降低组合难度。

1.2 确保断层面穿过油层部位断点

结合断点平面上分布形态、断距变化的规律、断层面倾向和性质以及断层面两侧地层层位落差等,从上到下逐层将油层部分断点与相邻的 key - pillar 进行锁定,确保断层平面在油

层部位穿过断点。

1.3 充分利用断点信息，完整展现断层形态

在处理研究区断点数据的过程中，为保持断层的完整以及断层倾向、走向的准确，加载了这个区块的 39 条断层 1163 个断点，断层名称为 Q01、79、725、Q03、Q04、723、722、72、724、Q05、Q06、75、74、55、78、Q11、73、Q16、GL16、GL10、71、GL08、76、731、Q08、GL05、721、GL01、GL17、GL18、GL19、70、732、GL06、Q10、726、LS、G08、727。首先利用这些断层全部断点，建立了完整的断层面；然后，利用研究层位顶底层面以及研究区的边界对断层面进行裁截，保留研究区内研究目的层的断层面，再利用 Petrel 软件用断层面生成断层线，最终完成断层模型的建立（图 1）。

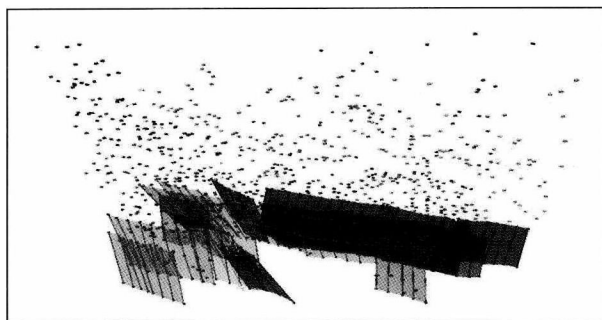


图 1 北二西研究区构造模型

1.4 合理确定断层面的延伸层位

研究区的开发井共钻遇断点 1163 个，但是 79% 的断点集中在上部地层。根据断点生成的断层面，断面大部分没有穿过油层，因此，需要判断断层是否向下延伸。根据这种情况，在 Petrel 软件中利用 make surface 流程，采用 closet points 算法，根据分层数据生成各单元的层面图，采用这种算法生成的层面能够清晰地显示井间的构造关系，可以通过井间落差判断断层是否延伸到该层面。利用这种方法，我们判断有 14 条断层（79、78、76、75、74、73、72、71、55、723、724、725、721、722）延伸到油层，4 条断层（726、727、Q08、Q11）只断到地层部分，没有延伸到油层。

1.5 同一口井钻遇同一条断层多个断点处理方法

在利用断点生成断层面的过程中，有同一口井钻遇同一断层的多个断点的情况，这样对生成断层面会失真，对于这种破碎带情况的断点，认为可以选择一个与主断层面最接近的一个断点作为该井钻遇该断层的断点，其他断点在生成断层面时舍去。

1.6 断层附近构造异常处理方法

建立模型层面时，为了能够清晰显示断层，一般设置断层控制的距离为 100m（100m 距离内的网格不参加计算，按照外部网格的趋势进行延伸，得到该网格深度值）。但是，在井点距离断层较远、网格步长较小的情况下，按照外部网格趋势延伸而得到的断层附近网格的深度值差异很大，造成断层附近处构造异常。首先利用断层和层位产生 horizon lines，激活其控制点，调整层位在上下盘的位置直到合理，完成之后再做一次 make horizon，使断层和层位接触关系按编辑结果重新计算，建立合理的断层边部构造。

2 结合 Petrel 软件的三维显示功能, 对断层数据重新进行认识

2.1 断点重组

断点数据在 Petrel 软件中的三维可视化, 使过去抽象地按数据分析进行的断点组合直观化, 从而降低了断点组合难度, 并提高了准确度。从理论上讲, 相同编号的断点应分布在同一平滑的曲面上, 通过对研究区 14 条断层的 244 个断点的反复分析判断后, 发现绝大多数断点都在主断层面上, 但有少数断点偏离主断层面, 分析其原因有以下几种情况。

2.1.1 去除组合不当断点

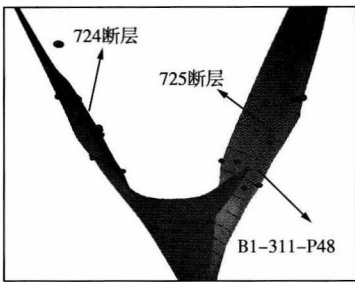


图2 错误断点归属图

例如 B2-4-P29 井井深 820m 处断点原来解释为 71 断层的断点, 经三维模型分析后, 把这—个断点确定为孤立断点。

2.1.2 修改断点归属

例如 B1-311-P48 井井深 1107m 处断点, 原归属 724 断层, 但三维显示该断点落在 725 断层的断面上。经对比落实后, 改为 725 断层 (图 2)。

2.2 修正断层错误认识

根据原解释结果, 721 断层在萨 II 顶投影在 B2-D6-29 井与 B2-D6-P27 井之间, 延伸长度为 330m 左右, 但 B2-362-P36 井与 B2-6-31 井钻遇 721 断层 (图 3), 分别断失在萨 I—萨 II 夹层中部和萨 I 中部, 根据断层倾向和井间落差, 721 断层在萨 II 顶的投影应该从 B2-D6-P27 井延伸到 B1-310-P38 井, 通过与地震解释萨 II 顶断层投影 (图 4) 对比, Petrel 软件所建立的 721 断层走向与其是基本吻合的。

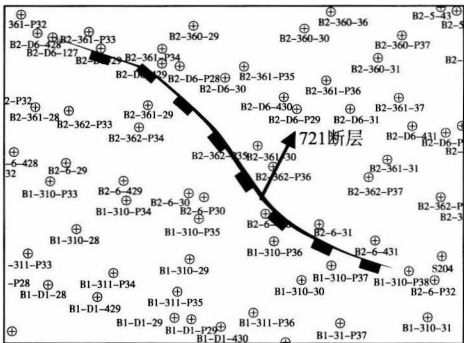


图3 721 断层模型平面图

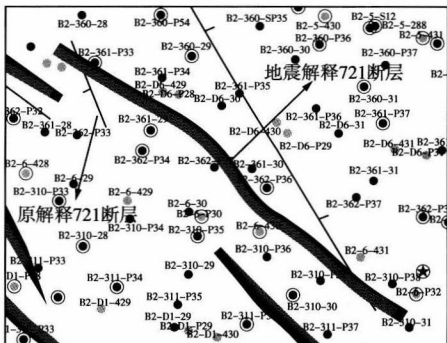


图4 地震解释与原解释 721 断层平面图

3 利用模型生成各种地质图幅

根据建立的三维地质模型, 生成了研究区的平面图, 在平面图窗口 (map windows) 中, 选中数据窗口中的井位 (wells)、构造模型 horizon 中的某一层面以及所有断层模型 (faults) 和相应的层位, 完成井位图、构造平面图等平面图的绘制, 并可以在右键的 setting 中对显示效果进行调整, 任意选择构造线的间隔深度, 能够标示每条构造线的深度。