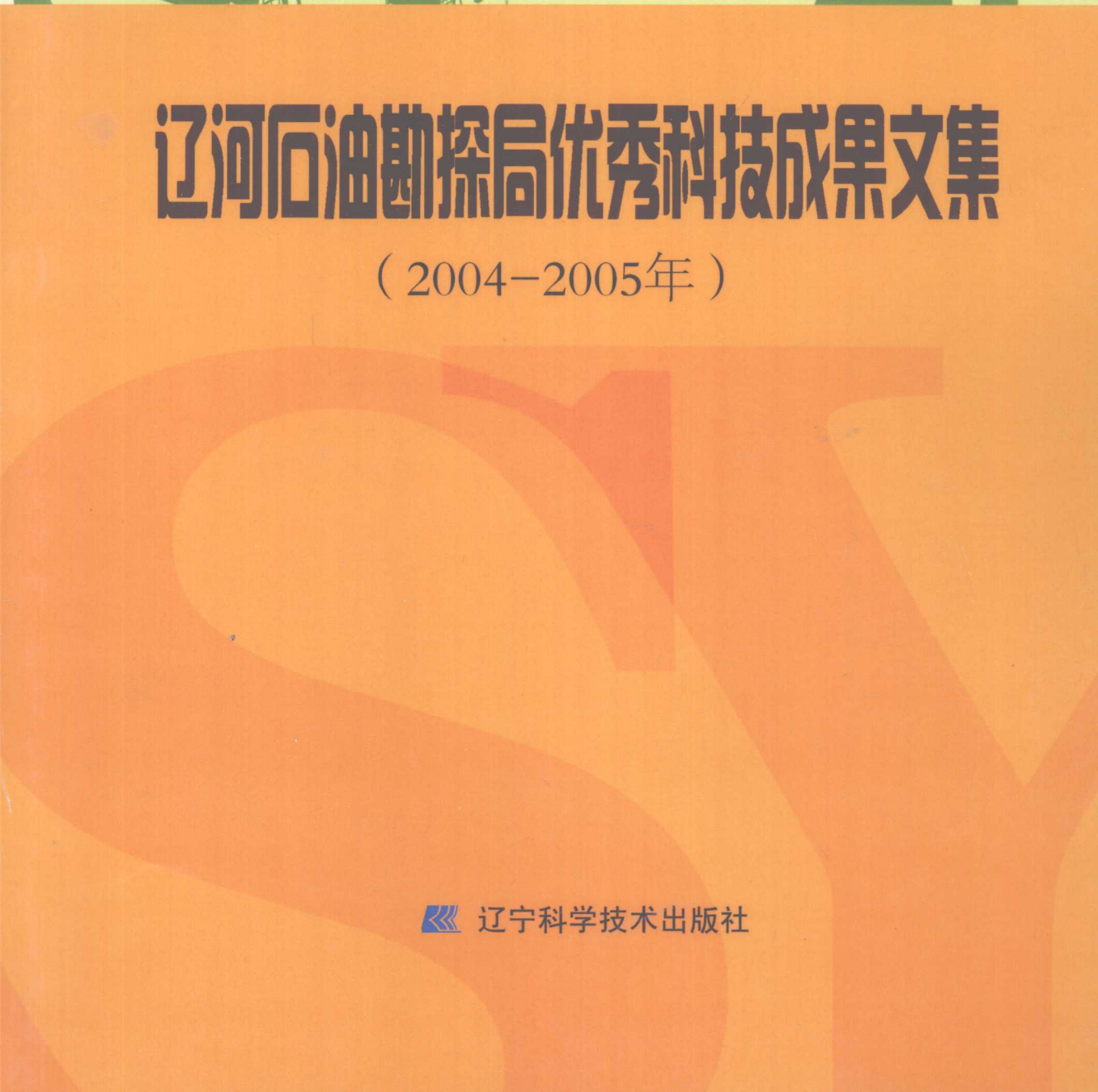


主 编 张凤山
副主编 冯艳成 刘乃震



辽河石油勘探局优秀科技成果文集

(2004—2005年)



 辽宁科学技术出版社

辽河石油勘探局优秀科技成果文集

(2004—2005 年)

主 编 张凤山

副主编 冯艳成 刘乃震

辽宁科学技术出版社

内容提要

本书汇集了获辽河石油勘探局 2004—2005 年度优秀科技成果奖的论文 87 篇。作者均为长期从事油田科研生产任务的技术骨干,具有丰富的现场实践经验。书中涉及钻井工艺、采油工艺、物探技术、录井技术、测井技术以及地面建设等多学科领域,其中,许多技术已经达到或超过了国内、外的先进水平,具有较强的实用价值,可为从事石油勘探、资料处理解释、矿场生产的科研技术人员和有关石油院校师生提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

辽河石油勘探局优秀科技成果文集(2004—2005 年)/张凤山
主编. —沈阳:辽宁科学技术出版社,2007.11

ISBN 978 - 7 - 5381 - 5264 - 7

I. 辽… II. 张… III. 油气勘探—文集 IV. P618.130.8 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 163405 号

出版发行:辽宁科学技术出版社

(地址:沈阳市和平区十一纬路 29 号 邮编:110003)

印刷者:辽宁省印刷技术研究所

经销者:各地新华书店

幅面尺寸:184mm × 260mm

印 张:27.5

字 数:680 千字

印 数:1 ~ 1000

出版时间:2007 年 11 月第 1 版

印刷时间:2007 年 11 月第 1 次印刷

责任编辑:韩延本

封面设计:张士勋

版式设计:于 浪

责任校对:良 仁

书 号:ISBN 978 - 7 - 5381 - 5264 - 7

定 价:98.00 元

编委会

主 任	刘 乃 震								
副 主 任	卢 毓 周								
成 员	高 远 文	易 发 新	汤 琦	张 宏	余 雷				
	李 明 辉	乔 永 富	朱 世 和	魏 慧 明	王 立 波				
	赵 鑫	王 长 龙	刘 宝	廉 希 金	孙 成 威				
	宋 彦 武	高 歌 军	张 青 海	孟 庆 学	李 江 林				
	董 茂 森	孙 树 山	牟 宗 元	吴 永 宁	赵 欣				
	朱 颖 超	刘 申 明	姜 百 军	张 亚 东	宋 启 辉				
	邹 本 璟	王 旻 宏	于 少 俊	耿 广 成	王 洁 雯				
	黄 菊 珍	钟 宏							

前 言

《辽河石油勘探局优秀科技成果文集》系列丛书自出版以来,得到广大石油科技工作者们的关注和认同。为了更好地体现辽河石油勘探局科技成果的延续性,更好地发挥科技成果在油田生产中的推动作用,应广大作者、读者的热切要求,经过各相关单位的不懈努力,《辽河石油勘探局优秀科技成果文集(2004—2005 年)》正式得以面世。

本文集收录了辽河石油勘探局 2004—2005 年间的部分优秀科技成果,内容包括钻井工艺、采油工艺、物探技术、录井技术、测井技术以及地面建设等诸多方面,基本代表和反映了当代的科技进步水平。文章的作者均来自科研生产第一线,每篇文章都凝聚着石油科技工作者们的辛勤汗水,是他们刻苦钻研、无私奉献的真实写照,更是辽河石油勘探局“以人为本,科技兴企”战略方针丰硕成果的体现。

《辽河石油勘探局优秀科技成果文集(2004—2005 年)》的编写,得到了辽河石油勘探局科技处同志们的大力支持,他们百忙之中抽出时间,各方协调,在此向他们表示衷心的感谢!同时,也十分感谢广大作者在出版过程中对编者工作的大力支持!

本文集在统一编写要求的基础上,编者对论文进行了加工、整理和规范。因时间仓促,水平有限,书中难免存在不足之处,望广大读者理解,并不吝批评指正。

编 者

2007 年 6 月

目 录

提高侧钻小井眼段固井质量技术研究	丁文正,李 壮,张世军,曹 生,荣 振(1)
高分辨率阵列感应解释处理软件的开发与应用	伍 东,汪 浩,原福堂,金英花(8)
高压油气水井带压作业工艺技术	崔 斌,秦 铎,刘 玲,侯存义,刘 宝(19)
多级注入硝酸粉末酸化酸压工艺技术研究及应用	王维明(26)
欠平衡钻井技术	李春吉,欧绍祥,郭庆明,陈思路,王 超(35)
利用复杂结构井开采难采难动用储量技术研究	祝金利,李 爽,朱新佳,徐全昌,李玉城(39)
深层与高分辨率地震勘探技术推广应用	杨文军,梁绍波(45)
裂缝型储层流体类型识别技术研究	魏 斌,卢毓周,王晓锋,杨贵凯,张成军(50)
地质资料处理系统研制开发及推广应用	郝玉春,白玉英,赵树志,李晓东,吴锦云(57)
套管打通道工艺技术研究与应用	李玉军,于荣环,李庆军(62)
油井多功能打捞工具的研制及应用	韩 力,刘秀平(69)
修井作业配套井控装置的研制与应用	翟智勇,刘秀平(72)
可调径下偏复合平衡抽油机	李晓慧,吕宏伟,石江明,马 玲,郭全恒(76)
稠油采出水回用热采锅炉给水技术应用	孙绳昆,徐 峰(80)
稠油火灾危险性研究成果及应用	卜祥军,裴 红(87)
SMA 路面施工技术研究与应用	唐兴金,王振侯,王金玲,陈发彬,王 东(90)
超稠油采油污水处理技术开发与应用	白玉兴,全 坤(98)
盘曙电电网电能远程集中抄表系统的开发应用	高宪军,吴 汉,俞红东(104)
辽河油田智能网系统的应用与开发	郝桂芝,贾海宁(109)
下呼吸道感染病原菌分布及耐药趋势临床研究	马丙兰,李 倩,路亚娟,刘素云,刘志群(118)
高血压患者血压昼夜节律与左心室肥厚的关系探讨	潘金波,王奇志,李国强(122)
孕期诊断母儿血型不合及早期干预治疗	赵 艳,王宇珍,陈慧君,侯 杰,袁秀霞(125)
SAGD 大修及水平侧钻技术	刘兴成,杨兴龙(128)
聚合酸钻井液的研究与应用	张家栋,王秀艳,姚 烈,宋永龙,王 萍(134)
提高辽河地震资料品质采集方法研究	王长江,周川江(141)
DPP 解释处理系统的二次开发与应用	伍 东,范 英(146)
HQ-2000 型压裂技术装备引进投产使用	刘贵宾,于乐春,张文武,戴凤春,孙 群(152)
清洁捞油工艺及配套设施研究	徐宪胜,宋学成(155)
防砂堵水一体化技术研究与推广	廉希金,刘 杰,谭建力,杨国发(159)
井下作业数据库及信息网络系统的建立与应用	赵家深(165)
可用于砂卡井的通用泄油器的研制及现场应用	翟智勇,刘秀平(171)
变径井捞油技术研究	胡延民,徐宏权(174)
传输灰塞井下工具研制	高歌军,李树国,李春福,张 勇(177)
高凝油捞油及地面降粘技术研究	孟庆学,蔡文双,王永茂,尹 恕,廉清勤(180)
高压凝析气分离器技术研究	伊 军,徐 峰(184)
大口径长输管道沼泽地施工技术研究	张 强,王品毅,牟宗元,于 颖(191)
N25-3.43-1 型汽轮机非调抽汽改造研究与应用	李廷元(195)

病人自控镇痛技术配方筛选和副作用防治 赵占志,周 江,杜艳坤,崔 凯(199)

骶夹板治疗颞下颌关节紊乱综合征的研究 蒋卫东,王 霞,姜 虹,张艳霞,王 丹(203)

辽油中心医院门诊系统统计查询软件开发及利用 刘 波,宁湘玉,孙 杰,兰祯伟,孙 彤(207)

^{99m}Tc - MIBI 心肌断层显像在冠心病领域的应用 才荣莹,唐金娥,韩桂英(211)

四级多分支井钻完井技术研究 喻 晨,王春杰,朱太辉,李敬东(215)

水平井、侧钻水平井技术在辽河稠油特稠油油藏中规模化应用
..... 祝金利,李 爽,范志军,任起锋,赵国英(223)

深井钻井液技术研究 柳 颖,张来昌,赵 辉(228)

录井信息综合应用系统建设及配套技术研究 王悦田,田文武,郝玉春,白玉英,陈玉成(237)

辽河断陷老井复查方法与应用 吕文起,郑玉龙,孔秀旭(243)

超稠油长输管道工艺技术研究 张维志,冯雨新,蒋德林,马祥礼,周发为(248)

ZJ40JD/2250JD 钻机的研制与应用 胡得祥,赵京坤,徐广利(253)

火山岩发育区深层地震采集方法研究 杨文军(257)

固井质量测井技术研究及解释评价软件系统建立 朱世和,张胜文,李 哲(264)

大砂量压裂工艺技术研究 李玉凯,李玉军(269)

套管变形井捞油技术研究与应用 胡延民,管恩东(274)

提拉式细分层找堵水技术在抽油机井中的研究与应用 孟庆学,尹 恕,段学强,钦焕光,吴秀军(277)

试油排液与测产连续监测新技术 陈世胜(282)

大型储罐设计技术研究 王晓勇,周 谊,徐 峰,白冬青,何其东(286)

高效蒸发及洗涤新技术的研究应用 宋 楠,张德涛(290)

浅海管线电缆水力喷射开沟技术 孙 杰,王永刚,武凤凯,方海松,温慧艳(294)

LH - BP37 系列高压变频调速器的研制及应用 刘秀平(298)

新型螺杆钻具研制及推广应用 彭国英,潘耀庆,李建友,朱进礼,魏永捷(306)

境外钻机模块化配套综合研究 张柏松,王绍斌,王乃鹏,柳现民,刘 永(313)

会计集中核算及资金总分账户管理模式研究 于晓杰(318)

后腹腔镜在肾囊肿手术中的应用 邹本琛,李雨成,李 滢,王丙东,张 平(321)

腹腔镜微创治疗妇科急腹症 40 例临床分析 侯 杰,李涛洵,李成顺,管丽岩,张 青(323)

提高辽河外围盆地地震资料品质采集方法研究与应用 季东民(326)

SK2004 型装枪作业流水线的研制 张怀银,朱存成,姜大为,戈宝田(330)

超低渗透防漏堵漏钻井液技术 刘 榆,李先锋,宋元森,李忠华(336)

短候凝深井水泥浆体系研究与应用 王希雄,金晓红(340)

马圈子古潜山深井钻完井技术 王立波,张 波,张国强,姜文波(348)

冷东地区防漏堵漏技术研究与应用 蒋茂盛,江文波,王 奇,董 伟(355)

辽河油田砂、蜡、稠区块关停井复产技术研究 李昌绵,钟富林,陈庆丰,孙红玉,田大亮(361)

稠油古潜山高温化学堵水技术 杨国发,谭建力(365)

稠油漏失井配套作业技术 刘雪峰(370)

低压连续冲砂工艺技术研究与应用 戴长生(374)

多介质储运及清管技术在油库设计中的应用 吴 军,孔冬梅,徐 峰(377)

高速公路软土路基处治技术 郭起有,唐兴金,王振侯,陈发彬,李铁民(381)

卸煤沟地下工程基坑支护与降水研究 刘 抒,张 达(388)

综合浮选—生化技术在锦采采油污水处理中的应用 侯连栋(391)

S11 型配电变压器的开发与应用	赵鹏飞(397)
抽油机减速器的箱体及齿轮焊接修复工艺技术	管恩东,李志学,田红山(404)
通信公司 CDMA 话费减免系统	周 洋(407)
开放式套筛管边冲砂边下套技术在出砂严重井中的应用	张志伟,邓春来,刘志刚(412)
心包内处理血管治疗中心型肺癌	赵 斌,周春华,李少军,李 放,张 英(417)
婴幼儿腹泻与乳糖不耐受关系的研究	张 玲,王 晖,贾亚清,赵 莉(419)
支撑喉镜下喉部微创手术的临床应用	高翠英,李凤琴,张艳萍,王志彬,牛瑞雪(423)
外照射加介入疗法治疗晚期盆腔恶性肿瘤 12 例疗效分析	孙红戈,王 旸,陈 强,乌左翔,王 辉(425)
恶性肿瘤病人心理治疗的临床疗效观察	李世利,陈 强,王洪贤,赵德伟,徐玉红(427)
改良外斜视手术的临床研究	万胜新,王鹏辉,潘金波,韩桂英,孙红鑫(430)

提高侧钻小井眼段固井质量技术研究

丁文正,李 壮,张世军,曹 生,荣 振

(中油辽河石油勘探局工程技术研究院,辽宁 盘锦 124010)

摘要: 在调查分析辽河油田侧钻井固井质量差、寿命短原因的基础上,具体对侧钻小井眼合理环空间隙研究、微台阶扩孔技术、小井眼固井技术以及固井配套工具等多方面进行了论述。通过多年的攻关研究和现场实践,形成了适合辽河油田特点的侧钻井固井配套工艺技术。

关键词: 侧钻井; 小井眼; 环空间隙; 固井质量; 扩孔技术

前 言

辽河油田自 1992 年开始实施侧钻技术,至今已完成各类侧钻井 2000 多口,侧钻井在提高老油田采收率和降低成本方面取得了丰硕的成果。但是,随着时间的推移,侧钻井自身存在的问题逐渐暴露出来,最明显的特征是固井质量差,寿命短,其寿命远低于普通生产井寿命,严重制约了侧钻井技术的应用和发展。针对存在的问题,辽河石油勘探局通过多年的理论研究和现场实践,探索出一套适合本地区特点的侧钻井固井配套工艺技术,为侧钻井技术的进一步发展提供了强有力的支持。

1 侧钻井小井眼段固井质量影响因素分析

为了确定侧钻井固井质量差、寿命偏短的原因,选择侧钻井问题比较严重的辽河油田西部凹陷锦 45 块进行研究,并对造成该块侧钻井停产的原因进行了调查。

1992 年至今,该块已累计完成侧钻井 320 口,目前 188 口关井,占侧钻井总数的 58.8%,关停井中,96 口井因高含水关井,占停产井总数的 51.1%;套管损坏停产井 42 口,占停产井总数的 22.3%;落物停产井 24 口,占停产井总数的 12.8%;因地层原因造成的停产井 26 口,占停产井总数的 13.8%。侧钻井平均寿命仅为 2a 左右。

统计结果表明,高含水和油井套管损坏是造成其停产的主要原因。而侧钻井高含水和油井套管损坏主要是由于水泥封固质量不好,引起层间互窜和套管错位扭曲损坏,最终导致油井停产。通过进一步的分析,可以总结出影响侧钻井固井质量的 4 个主要因素。

1.1 环空间隙小

目前辽河油田侧钻井主要有 $\phi 177.8\text{mm}$ 套管侧钻井和 $\phi 137.9\text{mm}$ 套管 2 类侧钻井。其中, $\phi 177.8\text{mm}$ 套管侧钻井使用 $\phi 152.4\text{mm}$ 钻头钻裸眼,其后下 $\phi 127\text{mm}$ 套管,其环空间隙仅为 5~12mm; $\phi 137.9\text{mm}$ 套管侧钻井使用 $\phi 118\text{mm}$ 钻头钻裸眼,其后下 $\phi 102\text{mm}$ 套管,其环空间隙仅为 4~8mm。由于泥饼的存在和井眼缩径等原因,实际的环空间隙更小,这就导致了固井形成的水泥环较薄,很容易在采油和作业过程中损坏,导致侧钻井过早出水或套管损坏。

此外,侧钻井环空间隙小,固井施工困难,水泥浆憋漏地层进入地层以及两相液体上返速

本项目荣获辽河石油勘探局 2004 年度优秀科技成果一等奖,获奖编号为 2004101。

度过高,均容易引起水泥浆返高不够及水泥浆窜槽,从而造成固井质量差。

1.2 套管位置未居中

侧钻井都有一定的斜度,而且侧钻井环空间隙小,无法下入扶正器,套管很容易偏心,这就造成固井形成的水泥环分布不均匀或窜槽,水泥环的物理机械性能不能满足各种工况下长期封隔的要求,导致侧钻井过早出水。

1.3 地层压力低

由于侧钻井均选择在老区块实施,油层压力一般低于水泥浆静液柱压力,固井过程中的水泥浆密度往往大于 1.80g/cm^3 ,加之环空阻力大,因此,大部分水泥浆注入了油层,造成水泥返高不够,水层又未封堵。

1.4 水泥浆顶替效率不高

侧钻井尾管偏心使窄边间隙变得更小,所形成的钻井液滞留区不易被水泥浆顶替干净。水泥浆流动阻力大,排量小(比普通井井眼小 $2/3$),不易实现水泥浆的紊流或塞流顶替,直接影响水泥石的密封质量,导致侧钻井过早出水。

2 理论研究和技術措施

2.1 侧钻井眼合理环空间隙优选

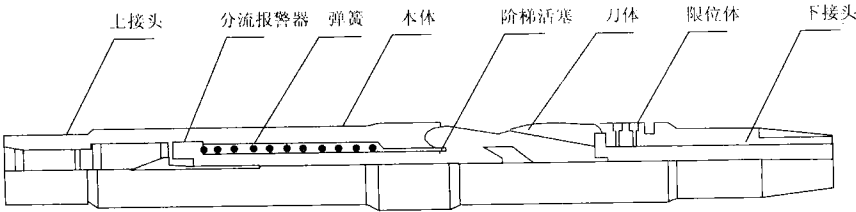
选择合理的环空间隙,可以增加水泥环的厚度和韧性,提高水泥环的承载能力,从而达到提高水泥环封固质量和油井寿命的目的。合理环空间隙的优选应从两个方面考虑:一是在充分利用泵功率的前提下提高两相液体顶替效率,保证两相液体的稳定界面和液体流动时压降最小及雷诺数最大的环形空间;二是考虑水泥石抗压强度、剪切胶结强度、界面渗透率与其直径的关系,并对水泥石在不同环空厚度的受力状况进行分析和计算,确定出既有较高强度,又有良好密封性能和受力状态下的水泥环厚度。

根据辽河石油勘探局与西南石油学院联合研究结果表明,综合考虑水泥石的抗压强度、密封性能及两相液体的顶替效果,辽河油田现有的小井眼与套管组合间隙值在 $20 \sim 26\text{mm}$ 范围内较为合理。

2.2 微台阶扩孔技术

2.2.1 微台阶扩孔工具研制

为了保证环空间隙达到合理间隙,辽河油田研制出三翼张开式微台阶扩孔工具。 $\phi 177.8\text{mm}$ 套管侧钻井扩孔工具本体外径为 146mm , $\phi 137.9\text{mm}$ 套管侧钻井扩孔工具本体外径为 114mm 。该工具主要由上接头、本体、活塞、弹簧、分流报警器、刀片总成等部件组成(图 1)。工具工作时,液体作用在活塞上产生推力,推动活塞下行,带动刀片伸出工具本体,此时启动转盘实施造台阶作业。造台阶完成后,刀片完全张开,由于分流报警装置的作用,泵压下降 $5 \sim 8\text{MPa}$ 。此时加压,利用刀片上的切削刃破碎岩层进行扩孔施工。



微台阶扩孔工具集扩孔和修孔于一体。工作时,下部分进行扩孔,上部分对已扩井眼进行修整,以确保所扩井径平滑连续;扩孔部分采用了滚动切削机构,修孔部分采用高强度滑动切削机构,具有较长的工作寿命;工具在扩孔过程中引入了分流报警装置,不受钻井液排量波动的限制,工作稳定可靠;工具内采用了安全销、预紧弹簧等安全机构,确保工具在井下始终处于安全工作状态;采用孕镶 PDC 扩孔刀片,目前已研制出 4 种适应不同地层岩性的扩孔刀片,可以根据不同的地质状况,选择合适的刀体组合。

2.2.2 微台阶扩孔施工技术

(1)扩孔施工设计。施工前先检查开窗点上部套管完好情况、裸眼段是否有坍塌缩径现象,并对工具试压。扩孔钻头下至预定井深,单凡尔开泵正常后方可进入下一步操作。开泵定点旋转 10min 后,向下扩孔 0.5m。停转盘检查扩孔情况,如果加压遇阻,表明扩孔成功,恢复正常排量继续扩孔;如果找不到台阶,上提至原井深继续造台阶直至成功; $\phi 118\text{mm}$ 井眼扩孔钻压为 10~20kN,转速为 50~60r/min,排量为 11~12L/s; $\phi 152.4\text{mm}$ 井眼扩孔钻压为 20~30kN,转速为 50~60r/min,排量为 18~20L/s。每扩完一个单根后划眼一次,扩至设计井深后充分循环,直至井底干净。

(2)扩孔钻具组合设计。 $\phi 177.8\text{mm}$ 套管侧钻井: $\phi 152.4\text{mm}$ 钻头 + ($\phi 141 \sim \phi 180\text{mm}$) 扩孔器 + $\phi 120.6\text{mm}$ 钻铤 2 根 + $\phi 88.9\text{mm}$ 加重钻杆 10 根 + $\phi 88.9\text{mm}$ 钻杆; $\phi 137.9\text{mm}$ 套管侧钻井: $\phi 118\text{mm}$ 钻头 + ($\phi 114 \sim \phi 150\text{mm}$) 扩孔器 + $\phi 88.9\text{mm}$ 钻铤 2 根 + $\phi 73\text{mm}$ 加重钻杆 10 根 + $\phi 73\text{mm}$ 钻杆。

2.3 尾管居中技术

统计表明,当套管偏心度大于 60% 时,水泥浆必然出现窜槽现象。就 $\phi 177.8\text{mm}$ 套管侧钻井段下入 $\phi 127\text{mm}$ 套管而言,只要套管偏心距大于 3mm,偏心度就大于 60%。辽河油田侧钻井都有一定的斜度,套管在小井眼段偏心度难以保证,造成固井质量不合格。采用扶正器并合理设计扶正器间距,能有效实现套管居中。

现场应用上普遍使用弹性扶正器,根据杆管相似原理,套管扶正器间距简化计算公式为:

$$L' = \sqrt[4]{\frac{384 f_{\max} EI}{5 q_m \sin \alpha}}$$

式中: L' 为套管扶正器间距,mm; $f_{\max}$ 为最大横向变形,mm; E 为钢材弹性模量, kg/cm^2 ; I 为管柱轴惯性矩, cm^4 ; q_m 为管柱在泥浆中单位长度重量, kg/m ; α 为平均井斜角, $^\circ$ 。

根据计算和实际经验,在直井段每 30m 下一个扶正器,造斜段每 10m 下一个扶正器,水平井段每 5m 下一个扶正器。侧钻井必须保证在裸眼段每根套管加一个扶正器,重合段加扶正器视井斜角加入相应扶正器。对于大井眼段,使用螺旋扶正器可有效改变环空流态,提高大小井眼的顶替效率。此外,对于斜度较大的井段可采用液压式扶正器来提高尾管居中度。

2.4 双胶塞复合碰压固井技术

侧钻井完井难度大,固井合格率低,主要原因有:尾管固井不碰压,且顶替量难以控制,易发生返高不够、留水泥塞或替空现象;环空间隙小,循环阻力大,若水泥量多,环空水泥浆液柱高,易漏低返。

针对上述问题,辽河油田研究应用了双胶塞复合碰压固井技术,通过改进复合胶塞和空

心胶塞,保证了二者正确复合;浮箍浮鞋采用了耐冲击磨损的新型回压凡尔,密封更加可靠;使用了便携式尾管计量装置,实现对尾管固井替泥浆过程的准确计量;研制出了定位自动脱挂尾管悬挂器,适合深井、大斜度井的完井施工,实现了在侧钻井固井时尾管内不留水泥塞,极大地提高了水泥浆顶替效率。

为了保证小井眼段水泥浆顶替效果,以下情况时必须使用重泥浆:①127mm 尾管,井深大于 2500m,且尾管长度大于 300m;②101.6mm 尾管;③若钻杆较短,经计算在顶替过程中钻杆上浮,必须使用重泥浆。

如果洗井时间大于 8h,阻流环失效,钻杆能上浮,泥浆注在套管内;最高替压若小于 18MPa,则注在钻杆内。

2.5 水层预封堵技术

水窜和因失去水泥石支撑的套管过早断裂是造成侧钻井固井质量不合格的重要原因。水层预封堵技术就是对预封层段先行处理,为提高固井质量创造条件,将固井施工中可能发生的问题解决在下套管之前。水层预封堵技术的实施方案取决于预封地层的特性、井筒状况和钻井施工情况。基本过程是:

(1)钻穿预封段,泵注封堵剂。封堵剂是水泥浆与各种添加剂的混合物。预封段钻穿以后,选配水泥及添加剂,用清水混配成浆,将泵注管柱下入预封段底,按预注量注入封堵剂,然后加压顶替,将封堵剂挤入预封层。

(2)在封堵段重钻井眼。挤注封堵剂之后,老井眼与四周地层固结一起,再按原轨迹重钻井眼。此时新井眼井壁不只隔挡了水层,而且可为后续固井施工创造相应条件。

(3)固井施工。完钻以后,根据完井方式选配下井管柱,组织固井施工,此过程与常规固井施工相同。

2.6 泥环第一、第二界面预处理技术

传统的固井质量的检测是水泥环与套管胶结的状况,即第一界面,而现代采用高科技的全波检测,不但要检测第一界面的胶结状态,而且还要检测水泥环与井壁的胶结状况,即第二界面。通常主要是通过套管表面实施粘砂技术来提高水泥环第一界面胶结质量。而提高第二界面胶结质量的方法主要有以下几种方法。

(1)使用暂堵剂改变地层渗透性。

(2)减少和消除构造应力的影响,使用优质防塌钻井液体系,改善泥饼质量,保持井眼稳定,防止井壁坍塌,使井眼有较好的形状,以利于提高第二界面的封固质量。

(3)实施平衡压力固井,防止地层水侵入水泥环,提高水泥环胶结质量。

2.7 新型水泥浆体系

固井作业中,具有良好力学性能的水泥环不仅能够提高固井的封隔质量,而且还能有效地延长油井的使用寿命。为了提高侧钻井尾管外水泥环在高温、冲击环境下的抗破坏能力,研制出热采侧钻井用塑性水泥浆体系和微膨胀水泥体系。该体系的研制成功,有效地减小了水泥环的损坏程度,延长了侧钻井的使用寿命。

2.8 新型固井配套工具的研制

2.8.1 封隔式液压尾管悬挂器

为了解决侧钻井尾管固井后水泥下沉的问题,研制成功封隔式液压尾管悬挂器。封隔式液压尾管悬挂器主要由液压尾管悬挂机构和送入工具总成组成,包括液动机构、卡瓦锚定

机构、液压丢手等机构(图2)。

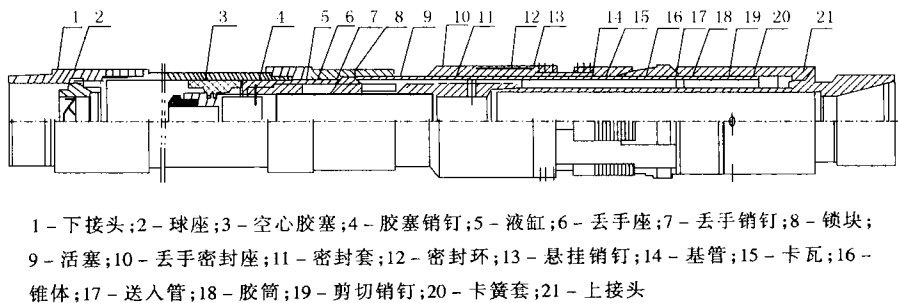


图2 封隔式液压尾管悬挂器

该工具结构合理,安全可靠,具有密封性能好、流道面积大、耐高温高压的特点,能有效实现封隔器的悬挂锚定、解封丢手,不但满足普通侧钻井的需要,尤其适应稠油热采井的特殊要求。现场应用表明,该悬挂器在防止水泥浆下沉、提高尾管封固质量方面起到了重要作用。

封隔式液压尾管悬挂器主要技术参数如下:①最大外径为 152mm;②悬挂座封压力为 10MPa;③丢手压力为 15MPa;④球座打通压力为 20MPa;⑤空心胶塞剪切压力为 15MPa。

2.8.2 耐高温粘砂套管

在普通套管外表面,经除漆(锈)等处理后,利用化学粘结剂均匀地粘上一层粒径为 2~3mm 的砂子,称为粘砂套管。排列密度为 6~9 粒/cm²,粘砂后套管的抗剪切强度不变。套管粘砂后,由于表面凹凸不平,固井时水泥浆通过其表面容易形成紊流,有利于提高顶替效率;凝固后第一界面的砂子与水泥之间结合也更好、更牢固,胶结指数大幅度提高,因而提高了固井质量和承压能力,减少许多因固井质量差而造成的管外窜槽带来的验串和封窜工作量。

通过关键技术的研究,确定出了适合辽河油田热采井特点高温粘砂套管技术指标:粘结剪切强度≥8MPa;适用温度满足 350℃ 以下工作环境;pH=11 环境下浸泡 24h 强度无明显变化,耐碱性能较好;pH=1 环境下浸泡 24h 强度无明显变化,耐酸性能较好;在纯水中浸泡 80d 强度无明显变化,耐水性能较好;砂子粒径为 2~4mm;排列密度为 6~9 粒/cm²;胶体无毒,无污染,无腐蚀。

2.8.3 热采侧钻井热应力补偿器

为了解决在油气侧钻井热采作业过程中热应力对套管造成的损害,开展了热采侧钻井热应力补偿技术的研究,研制出小尺寸热应力补偿器(图3)。

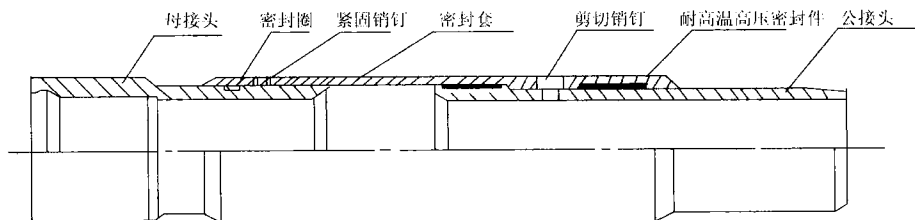


图3 小尺寸热应力补偿器示意图

该工具由基管、耐高温密封部件、接头等组成,在外力作用下可产生一定量的轴向运动。其上端母扣与下端公扣和套管连接在一起,固井时同时被水泥封固。在蒸汽吞吐过程中,因温度变化引起套管轴向应力变化时,热应力补偿器通过伸长或缩短,对套管的热应力形变进

行补偿,以达到保护套管的目的。

热应力补偿器主要技术指标为:最大外径为 143mm;内通径为 112mm;伸缩量为 100mm;工作压力 $\leq 20\text{MPa}$;工作温度 $\leq 350^\circ\text{C}$;抗拉强度为 1000kN;抗挤强度为 18MPa。

3 现场应用效果

2001 年至今,辽河油田锦州、曙光、欢喜岭等采油厂先后完成了 200 多口试验井,全面实施了微台阶扩孔、套管居中、水层预封堵等技术,扩孔成功率为 100%,碰压固井成功率为 100%,固井质量合格率为 96%。早期实施的试验井(如锦 2-21-16c、锦 2-14-111c 等井)迄今为止安全生产 4a 多,比统计的套管侧钻井平均寿命提高了 2 倍多。部分投产试验井简况见表 1。

表 1 部分投产试验井简况

序号	井号	扩孔井段 /m	侧钻井井径 /mm	扩孔井径 /mm	固井质量	侧钻后最 高日产油量 /(t/d)	侧钻后平 均日产量 /(t/d)	生产时间 /d	累计产油量 /t
1	锦 7-47-36c	900~1029	152.0	170	优	50.0	5.6	980	5571.1
2	海 15-25c	1449~1830	152.4	170	优	8.2	2.6	952	2467.0
3	锦 2-21-16c	1300~1530	118.0	145	优	51.0	6.2	920	6371.1
4	锦 2-14-210c	1163~1385	118.0	145	优	22.0	9.3	825	7630.4
5	曙 3-9-09c	1287~1409	118.0	145	优	4.8	2.3	825	1890.2
6	锦 2-11-005c	1410~1597	118.0	140	优	41.0	3.4	798	2684.5
7	海 14-50c	1898~2024	152.4	175	优	8.1	6.1	744	3798.0
8	曙 4-8-03c	990~1148	118.0	150	优	10.5	3.1	728	2225.2
9	曙 1-23-364c	966~1100	152.4	178	优	21.8	5.0	725	3647.5
10	欢 616-50-52c	842~951	152.4	180	优	13.0	3.9	628	2467.0
11	曙 1-06-9c	1150~1275	152.4	180	合格	18.4	10.9	618	6729.4
12	锦 2-14-111c	1177~1362	118.0	145	优	11.7	9.7	556	5381.3
13	锦 45-28-345c	1030~1130	152.4	180	优	16.0	7.9	546	4286.9
14	齐 40-26-38c	660~870	152.4	180	优	21.3	5.7	526	3007.8
15	千 12-71-471c	1023~1168	152.4	170	优	15.0	4.5	451	2033.4
16	齐 40-27-39c	663~912	152.4	180	优	15.9	6.6	151	1001.3

4 结论与认识

(1)研究确定了有利于提高 $\phi 177.8\text{mm}$ 和 $\phi 137.9\text{mm}$ 套管侧钻井固井质量的合理环空间隙,实现了侧钻井微台阶扩孔值的确定由经验到理论的飞跃。

(2)微台阶扩孔、套管居中、水层预封堵等技术满足了辽河油田提高侧钻井固井质量实际需要。

(3)研究开发的封隔式液压尾管悬挂器、粘砂套管等固井完井配套工具,在提高侧钻井固井质量方面发挥了重要作用。

(4)通过对提高侧钻井小井眼固井质量技术的攻关,极大地完善了辽河油田侧钻井完井

固井技术,具有十分广阔的发展前景。

(5)侧钻井自身的寿命还不够长,要针对侧钻井存在的问题进一步开展延长侧钻井寿命技术的研究。

参考文献

- [1]高光照,刘崇建,等.注水泥顶替效率的研究[J].西南石油学院学报,1985,(4).
- [2]胡博仲,等.小井眼钻采技术[M].北京:石油工业出版社,1993.
- [3]邓建明,刘崇建.套管扶正器安放间距计算推荐方法[M].北京:石油工业出版社,1996.

高分辨率阵列感应 解释处理软件的开发与应用

伍 东,汪 浩,原福堂,金英花

(中油辽河石油勘探局测井公司,辽宁 盘锦 124010)

摘要: 阵列感应测井技术的研究和应用较好地解决了常规感应测井仪器中存在的纵向分辨率差、径向探测深度不固定、不能解决复杂侵入剖面等问题。以 Atlas 公司的阵列感应测井仪器 HDIL 和 HalliBurton 公司的阵列感应测井仪器 HRAI 为例,采用动态跟踪调试技术提取出详细的阵列感应测井仪器参数,通过理论研究和数值模拟,研究出相应的解释处理方法,同时提出了一种基于多种语言混合编程的模块化编程方法,从而实现了与多个测井资料解释处理系统挂结的目的,并由此开发出一套新的阵列感应解释处理软件。

关键词: 阵列感应; 仪器参数; 解释处理; 混合编程; 软件开发

前 言

随着测井技术的飞速发展,国内许多测井技术服务公司均购买了 Atlas 公司和 HalliBurton 公司的高分辨率阵列感应测井仪器 HDIL 和 HRAI,并在推广过程中取得了较好的实际应用效果。通过现场使用和分析,发现 HalliBurton 公司的高分辨率阵列感应测井仪器(HRAI)具有受井眼影响小的特点,但其只在车载系统上(IBM 工作站)有现场快速解释处理程序,而没有供解释处理人员使用的精细解释处理程序。而且其车载解释处理系统中只有一个简单的三参数侵入反演程序,无法满足现场生产的需求。而 Atlas 公司的高分辨率阵列感应测井仪器(HDIL)在解释处理软件上比较完善,但在恶劣井眼条件下的解释处理技术还需完善。

由于各种阵列感应测井仪器设计的特殊性,因此其具体的解释处理方法和软件又各不相同。本文将详细阐述这 2 种阵列感应测井仪器的结构参数和设计目的,同时将在吸收、消化国外阵列感应解释处理技术的基础上,结合实际应用的需要,深入研究阵列感应的解释处理方法,开发出相应的阵列感应解释处理软件。

1 阵列感应测井原理简介

常规感应测井是利用电磁感应原理来测量地层电导率的。测量时,通过对发射线圈提供一个交变电流,使其在发射线圈周围地层中产生交变磁场。该交变磁场在通过地层时感生出电流,将这个围绕井轴流动的电流称为涡流。涡流在地层中流动时又将产生另外一个交变磁场,这个由地层中感生电流产生的磁场称为二次磁场(图 1)。二次磁场在穿过接收线圈时产生感生电动势,并被记录仪记录下来。接收线圈测量到的感生电动势是地层电导率的函数。阵列感应测井仪器也使用了这种测量原理,但在测井仪器的设计上放弃了将数对线圈联系在一起实现硬聚焦的方法,而是采用多个接收线圈共用一个发射线圈,同时工作在多个频率下,采用数学方法对测量信号进行软件聚焦合成处理的方法。

本项目荣获辽河石油勘探局 2004 年度优秀科技成果一等奖,获奖编号为 2004102。

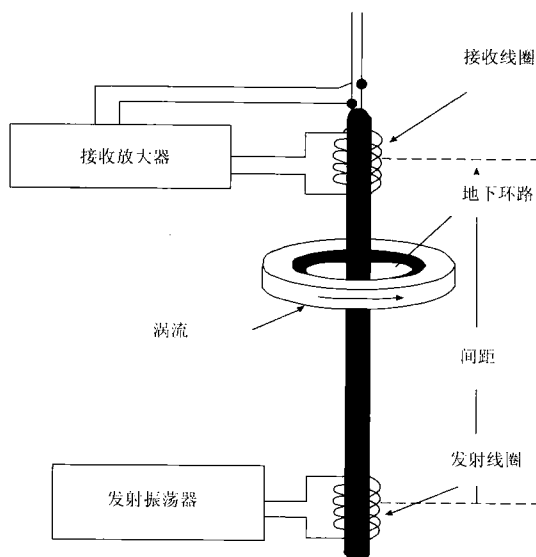


图1 感应测井原理图

2 阵列感应测井仪器参数分析

进行阵列感应测井解释处理方法研究的一个重要的前提是必须知道各种阵列感应测井仪器的结构和详细参数(包括收线圈和屏蔽线圈的匝数、间距等),但由于国外测井技术服务公司的技术垄断和封锁,往往无法准确获得这些公司生产的阵列感应测井仪器的具体参数,严重地阻碍了阵列感应解释处理方法的深入研究。为此,采用动态调试跟踪技术,从国外阵列感应测井解释处理系统中提取仪器参数,并用线圈系互平衡方程进行验证,确保了提取参数的准确性和可靠性。

Altas 公司的高分辨率阵列感应测井仪器 HDIL 的线圈系结构如图 2 所示。由 7 个单侧布置的三线圈系子阵列组成,主接收线圈间距为 6~94in,按对数等间隔布置;所有子阵列同时接收包含 8 个频率(10kHz、30kHz、50kHz、70kHz、90kHz、110kHz、130 kHz 和 150kHz)的时间序列波形,波形数字化后送到地面,地面用快速傅立叶变换将波形分解为实部和虚部信号,总共得到 112 个信号;现场提供 6 种探测深度(10in、20in、30in、60in、90in 和 120in)曲线、3 组分辨率(1ft、2ft 和 4ft)曲线和传统双感应测井的合成曲线。

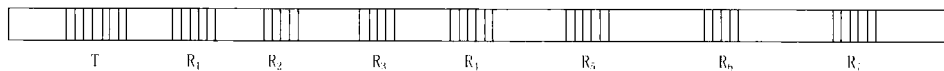


图2 HDIL 的线圈系结构

Halliburton 公司的高分辨率阵列感应测井仪器 HRAI 的线圈系结构如图 3 所示,它由上下布置的 10 个子阵列组成,4 个长的子阵列对称布置;2 个浅子阵列不对称,其中下侧子阵列最短。上下 2 个最长子阵列分别由 3 线圈子阵列构成,1 个发射,2 个接收,中间 1 个接收为屏蔽线圈,它与 Schlumberger 公司的 ATT 和 Atlas 公司的 HDIL 的基本子阵列相同。其余 8 个子阵列为 4 线圈子阵列,1 个发射线圈,3 个接收线圈,其中中间接收线圈为主接收线圈,两侧接收线圈为屏蔽线圈,在屏蔽直耦信号的同时提供高分辨率信息,如图 4 所示,这种结构的设计思想与 Schlumberger 公司的 ATT 和 Atlas 公司的 HDIL 完全不同。其 10 个子阵列均接收 2 个频率(8kHz 和 32kHz)的实部和