

主 编：张凤山 冯艳成
副主编：刘乃震 卢毓周



辽河石油勘探局优秀科技成果文集

(2000 ~ 2001 年)

石油工业出版社

辽河石油勘探局优秀科技成果文集

(2000~2001 年)

主 编：张凤山 冯艳成

副主编：刘乃震 卢毓周

石油工业出版社

内 容 提 要

本书汇集了2000~2001年度获得辽河石油勘探局优秀科技成果奖的70篇论文,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、国外先进水平,具有较强的实用价值,可供从事石油勘探、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:2000~2001年/张凤山,
冯艳成主编. —北京:石油工业出版社,2006.1

ISBN 7-5021-5380-2

I. 辽…

II. ①张… ②冯…

III. 油气勘探-文集

IV. P618.130.8-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第156537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.cn

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

经 销: 全国新华书店

印 刷: 河北天普润印刷厂

2006年1月第1版 2006年1月第1次印刷

787×1092毫米 开本: 1/16 印张: 20.5

字数: 525千字

定价: 75.00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

辽河石油勘探局自分立以来,依靠自身的技术优势和先进的技术装备,积极向国内、国外市场拓展,出色地完成了各项技术攻关和现场生产任务,为此赢得了极大的信誉和广阔的市场。“以人为本”、“科学技术是第一生产力”是辽河石油勘探局的工作宗旨。局内通过各项争优创新活动,涌现出一大批基础理论扎实、思想过硬、勇于创新的技术人才,他们奋斗在生产第一线,凭借活跃的思维、超常的智慧以及不懈的努力,克服了一个又一个的技术难题,续写了一个又一个辉煌。《辽河石油勘探局优秀科技成果文集》收录了他们 2000~2001 年的部分优秀科技研究成果,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多方面的内容。

在《辽河石油勘探局优秀科技成果文集》的编写过程中,得到了作者们的大力支持。他们在日常繁忙的事务中抽出大量的时间和精力进行创作,才使该论文集得以面世。对于他们的辛勤劳动表示最衷心的感谢!在文集统一编写要求的基础上,对部分论文进行了规范、修改和浓缩。由于水平有限,时间仓促,书中难免存在不足之处,敬请广大读者理解,并批评指正。

编 者

2005 年 10 月

《辽河石油勘探局优秀科技成果文集(2000~2001 年)》

编 委 会

主 任：冯艳成

副主任：刘乃震

成 员：卢毓周 易发新 高远文 余 雷 李明辉 乔永富

朱世和 张 伦 王立波 赵 鑫 王长龙 秦 铁

王玉臣 孙成威 宋彦武 王兆江 李志伟 孟庆学

孙树山 谢旺民 吴永宁 丁元德 耿广成 汤 琦

王洁雯 杜 卉

目 录

GF133 型松散地层取心工具研究	杨立文 (1)
油水井柔性捞砂技术研究与应用	翟智勇 韩 力 张 伟 刘秀平 (7)
超高压凝析气田物流与计量研究	曹 婧 (12)
数控射孔取心仪的研制及推广应用	孙宝喜 门孟东 童士斌 陈凤波 刘 豪 (16)
欢东油田压裂工艺技术研究与应用	刘福健 黄辉远 董德中 (22)
欧北地区深层三维地震采集技术	杨文军 梁绍波 姜远升 (29)
热应力补偿器在稠油热采井中的应用	李 敏 林 蓉 (35)
防粘卡钻井工艺技术	宋元森 刘 榆 徐多胜 李云亭 (39)
抗高温降粘剂——有机硅氟共聚物的研究与应用	秦永宏 董春旭 宋雪艳 赵欣春 王秀艳 (43)
超细水泥封堵剂在油田的应用	毕玉荣 王天成 李敬东 (49)
辽河油田人工井壁防砂技术研究	张飘石 王建文 (57)
水平定向钻穿越中小型河流技术研究	陈忠明 孙树山 刘 涛 王玉红 (63)
稠油井节能电加热器研究	李忠海 亢 强 杨益民 隋永才 槐庆林 (66)
公众信息网的开发与应用	潘启明 高 颖 (71)
载热体的特性研究和在油田开发中的应用	侯连栋 刘 斌 (76)
长柱塞双通道携砂采油技术研究	马 明 刘德成 曲 哲 徐 志 (80)
高效汽油清净剂的研发与应用	周学海 邵 博 张文萍 齐玉忠 姜辉 (84)
经皮冠状动脉腔内成形术的临床应用	攸 翔 孙艳凌 刘 君 段卉娣 刘春玲 (87)
血管内栓塞治疗颅内动脉瘤	马延全 (90)
油田清洁修井技术的研究与应用	翟智勇 宋彦武 刘秀平 (93)
辽河盆地深探井井壁稳定技术研究	王立波 张家栋 张 波 王铁臣 李 伟 (100)
QDT-MWD 的改进与应用	白 锐 迟明义 律水静 (106)
柴油清净剂的开发、研制及应用	邵 博 张文萍 齐玉忠 姜 辉 任鹏举 (112)
无氟组合聚醚的研制与应用	苑学松 汪 澜 (115)
φ73.025、φ88.9mm 油管加工制作	李春光 李艳霞 张立柱 (121)
注采兼用保温管矿场应用	张显文 卢天惠 张 艳 薛海晖 潘跃庆 (124)
螺旋 CT 动态增强三维成像对肺内孤立性结节的鉴别诊断	张树生 孟建超 齐济民 杨 敏 林志荣 (127)
辽河油田天然气藏完井方法选择	胡兴富 张小波 (131)
深探井保护油层钻井液技术的研究与应用	秦永宏 董春旭 苏 江 赵欣春 刘德学 (136)
钻井过程中废弃钻井液零排放及配套技术	刘 榆 王永君 李先锋 徐多胜 宋元森 (140)

辽河滩海海南二维高分辨率地震技术攻关	季东民	张作平	田清波	(143)
JX-Ⅱ中低温降失水剂的研究与应用	赵国良	冷悦天	马宝金	石利民
.....	李连江			(150)
海南及曙光低潜山带成像测井技术与推广应用	傅永强	汪浩		(153)
辽河油田滩海地区低电阻率油层测井解释方法	陈学义	李能根	陈艳	张胜文
.....	魏斌			(159)
原油荧光检测仪研制及推广应用	王东生	王悦田	王长龙	王丽伟
.....	曾永文			(163)
辽河坳陷碳酸盐岩地层及储层研究	朱逢松	蒋学君	王长龙	王丽伟
.....				(169)
辽河盆地地震地质条件综合评价与采集技术研究	王著芳	王延军	刘兵	(175)
滩海斜坡式砂石人工岛结构设计与施工技术规范	李旭志	赵欣	佟光军	(182)
海南三块海堤及平台系统工程技术研究	任润卯	康荣玉	赵欣	李旭志
.....	佟光军			(189)
有机热载体炉	李威	孙经东	霍长军	孔钧
.....	蔡文宪			(194)
采暖锅炉燃油改燃煤气系统研究	刘彬昌	陈晓勇		(196)
汽轮机低真空供热系统优化研究	李廷元	李廷新		(200)
内窥镜下利用高频电刀切除胃肠道息肉、腺瘤	张恩杰	张树郁	潘俊芳	李海英
.....	李英			(203)
支气管—肺泡灌洗检测技术及临床应用	王彦学	马丙兰	孙玉凤	刘志群
.....	刘向黎			(207)
脑脊液置换治疗出血性脑血管病的临床研究	张欣欣	李莹	路梅	唐晓何
.....	宁湘煜			(210)
AVL9130 离子分析仪试剂的研制与应用	周丽杰			(214)
机械快速抢装井口防止井喷技术及装置	刘秀平	刘春东		(216)
井下油水界面测试系统研制	王立平	郭学春		(219)
西部凹陷、大民屯凹陷地震地质条件综合分析 with 采集配套技术研究	苏辛轩	田慧	潘尚文	(222)
.....				
欢 631 多目标三维定向井施工技术	付春玉	任胜杰	刘海涛	宋文革
.....	陈守中			(228)
保护油气层的配套钻井液工艺技术研究应用	董春旭	李晓光	金荣峰	朴文江
.....	许广奎			(234)
超低密度水泥浆体系的研制与应用	王希雄	金晓红	谢祥瑞	郝国田
.....				(243)
30D、50D、70D 钻机配套与应用	胡德祥	赵京坤	张仲宜	赵娜
.....	樊岩松			(251)
利用 ASP 技术开发科技信息系统研究	张小波			(254)
深井水包油欠平衡钻井液的研究与应用	宋元森	尹志亮	卢永芹	陈淑权
.....				(260)
连续柔性抽油杆深抽采油技术	张辉	蓝宗军	燕云翔	杨国发
.....				(264)
油管扶正器的研制及应用	戴长生	尹恕	洪希志	段学强
.....	钦焕光			(271)
低压、低渗透油藏保护油层钻完井液研究	张来昌	刘绪礼	崔晓艳	(274)
野外钢质管道全位置自动焊技术应用	胡春波	刘涛	陈静宏	刘印巢
.....				(280)
污水处理用过滤器的清洗技术研究	宁甲清	林琳	朱洪生	(283)
液压油低温性能的改进研究与应用	周学海	杨海俊	刘光华	王元
.....				(292)
超高强度抽油杆	李玉凯	黄玉梅		(295)

稠油井中频电加热采油技术	赵 河 黄 强 郝喜增 冷宝山 马 明	(298)
供水系统经济运行效益分析报告	朱颖超 赵 艳 郜振宽 宋茂盛 刘明秀	(301)
新型整体快装式热媒炉技术研究	王晓勇 周 谊	(305)
高张高渗小容量复苏液在院前抢救颅脑损伤合并低血容量休克的研究	郭万玉 吴宝珍 杨仁敏 李 锦 刘红芹	(309)
沙眼衣原体感染与异位妊娠的关系	朱晓伟 付 静 于 波 孟晓艳 何 玲	(312)
自控镇痛(PCA)在癌痛中的应用研究 ...	于尚伟 闻殿元 王 阳 刘 宁 唐金娥	(314)
TTMS 系统及家庭用心脏 BP 机	高素杰 王庆文	(317)
SH9406 菌苗治疗 HBV 慢性携带状态研究	汪 梅 秦 红 段红岩	(319)

GF133 型松散地层取心工具研究

杨立文

(辽河石油勘探局工程技术研究院, 辽宁 盘锦 124010)

摘要: 针对稠油、特稠油、超稠油油藏特松散地层取心收获率低的问题, 研制出能满足该类地层取心要求的 GF133 型松散地层取心工具。现场应用表明该工具使用可靠, 岩心收获率较高, 提高取心收获率 21% 以上, 总体性能优越。该工具还具有结构新颖、设计科学等特点, 主要性能达到国内先进水平, 具有较大的推广应用前景。

关键词: 玻璃钢; 取心工具; 稠油松散破碎地层

1 概 述

辽河油田是一个河相沉积的多断块油田。稠油埋藏浅, 油层厚薄变化大, 非均质性严重。油藏岩性大多为不胶结、松散、破碎类型, 部分油藏还存在直径在 2~30mm 之间, 甚至达到 120mm 的砾石。尤其是曙光和冷家地区的稠油(含部分稀油)油藏, 岩性胶结程度较差。

目前, 辽河油田取心工具以自锁式(川 8-3、川 6-3 取心工具等)和机械加压式(T-100 型等)为主。这些取心工具在胶结良好的地层中, 取心效率较高, 岩心收获率一般可达到 85% 以上, 但在松散型地层岩心收获率很低。

在分析现有取心工具岩心收获率低的原因和稠油油藏(也包括部分浅层稀油)岩性特点的基础上, 提出并完成了大直径玻璃怪取心工具的研制与试验。各种技术指标均达到了设计要求, 曙 3 区试验中取心收获率达到 97%, 比常规取心工具提高 21% 以上, 完全能够满足地质研究的需要, 综合技术水平国内领先。

2 常规取心工具疏松地层取心收获率低的原因分析

2.1 常规自锁式工具阻碍岩心进筒

常规自锁式取心工具岩心爪的卡板对不胶结和松散的岩心有破碎和搅散作用。由于松散岩心进筒前除受到冲刷破坏外, 还受到搅散破坏作用, 因此, 不仅岩心进筒困难, 即使进筒岩心柱成型也极易分散、重组和堵心, 致使岩心收获率低。

2.2 常规机械加压式取心工具起钻掉心

常规机械加压式取心工具取心前不能清洗内筒, 另外, 所采用的外露式轴承损坏后易造成内筒转动, 更严重的是, 常规岩心爪割心后还有 $\phi 40 \sim 60\text{mm}$ 的孔, 取心起钻时有掉落岩心的可能。若采用 T-100 型五刮刀取心钻头或无水眼取心钻头, 或无引水槽取心钻头, 岩

心进筒前就会受到严重冲蚀和破坏。域此, 现有的常规机械加压式取心工具无法满足取心质量的要求。

2.3 岩心直径较小, 岩心柱强度低

目前, 辽河油田常规自锁式和机械加压式取心工具的内筒均较小, 在中硬地层中所取岩心直径也仅有 70~105mm, 在松散地层中岩心直径将更小。由于岩心直径小, 岩心强度低, 尤其是在松散、不胶结地层中, 岩心基本上不能成型, 这是造成取心收获率极低的重要原因之一。

2.4 钢质内岩心筒进心阻力大

普通取心工具均采用普通无缝钢管作内筒。根据轧制工艺, 这类钢管内壁不平度一般为 0.19mm, 旧钢管为 0.5~1mm。管壁粗糙将使岩心进筒阻力大, 造成岩心柱破裂或堵心, 进而造成松散地层的岩心收获率低。

2.5 操作因素

在不胶结和松散破碎地层中取心时, 操作措施对取心收获率也有影响。其主要特征有过大排量的冲蚀; 钻压跟不上时岩心不能及时得到保护; 高转速时使工具在较大离心力作用下发生弯曲, 使钻头工作不平稳而破坏岩心, 使岩心柱不易形成和难以进筒。

3 GF133 型特松散地层取心工具结构与规格

3.1 GF133 型特松散地层取心工具的结构

根据辽河油田稠油 (也包括部分浅层稀油) 油藏的地质特征和常规取心工具的不适应性, 以及油藏取心收获率低的问题, 在 T-100 型工具的基础上改进销子悬挂, 采用全包岩心爪和阻力小的塑料衬管以及液压割心等技术研制出大直径玻璃钢取心工具。

该工具主要由加压部分、悬挂部分、分流部分、内外筒、岩心爪和取心钻头等组成。

加压部分主要由上下接头、缸体、带循环通道的加压活塞、加压杆和加压球等组成。悬挂部分主要由定位接头、悬挂接头、悬挂销子、轴承套和悬挂轴承等组成。分流部分有分流接头、单流座和循环球组成。外筒为常规厚壁管, 内筒为玻璃钢管。岩心爪为一把爪式, 用螺纹与内筒连接。取心钻头均采用具有引水槽和水眼、底部低出刃的结构, 有刮刀式和金刚石取心钻头两种形式。

3.2 GF133 型特松散地层取心工具的规格

该工具取心钻头外径为 240mm, 岩心直径为 133mm, 玻璃钢外筒直径为 163mm, 玻璃钢内筒直径为 139mm, 循环球 1 只, 直径 25mm, 加压球 1 只, 直径为 50.8mm, 悬挂销子 3 只, 直径为 11.5mm, 采用 45[#] 钢材, 剪销活塞直径为 170mm, 工具总长 8.5m, 可取岩心长度为 7.25m。

玻璃钢内筒丝扣抗拉强度为 250kN, 耐温 120℃, 纱束强度为 1380MPa, 缠绕后强度为 200~300MPa, 玻璃纤维丝直径为 22μm, 线密度为 2g/m, 玻璃钢管密度为 1.8~2.1g/cm³。

4 工具特点

GF133 特松散地层取心工具与常规取心工具相比具有以下特点:

(1) 岩心直径大。岩心直径可达到 133mm, 大大增加了岩心柱的强度。

(2) 内筒内壁光滑, 摩阻力仅为钢管的 25% 左右, 岩心进筒容易, 不易堵心。

(3) 采用液压剪销结构, 可靠性强。与常规机械加压式工具相比, 投球次数少, 加压装置短、剪销力大, 且适用于钻具重量不足的极浅地层 (300m 以内) 取心。

(4) 玻璃钢密度小, 内筒轻, 下钻速度变化产生的惯性力小, 仅为钢质内筒的 1/4, 因此, 不会因惯性力过大而提前剪断悬挂销子, 使用可靠。

(5) 取心钻头具有保护岩心的作用。取心钻头内开有引水 “U” 型槽, 循环钻井液经 “U” 型槽由水眼流出, 并且引锥较长, 底出刃较短, 钻井液不能冲蚀岩心, 因此, 该工具的取心钻头具有保护岩心的作用。

(6) 该工具除用于稠油松散地层取心之外, 还可用于中深井和极浅井, 使用范围广。

(7) 采用全封岩心爪, 减少了起钻掉心的可能。

(8) 岩心出筒方便。在钻台上将内筒提出, 以悬吊方式很容易将岩心取出。另外, 还可将内岩心筒冷冻、割断送化验室取出岩心, 并进行化验, 可减少地层流体的散失。

5 可靠性分析

这里主要计算正常钻进时工具内的流动阻力、作用在销子上的负荷和割心时销子的剪力及悬挂销子强度校核等。

5.1 正常钻进时工具流动阻力的计算

该工具未投加压力球时, 液流通过直径 45mm 的中心孔进行循环, 液流将在 170mm × 45mm 环形收缩断面上产生压降 Δp_2 , 液流流经中心孔长度段时将产生压降 Δp_1 。因此工具总压降为:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 \quad (1)$$

$$\Delta p_1 = H_1 \rho g \quad (2)$$

$$\Delta p_2 = H_2 \rho g \quad (3)$$

$$\text{其中:} \quad H_1 = \lambda \frac{Lv^2}{2dg} \quad H_2 = \frac{(1 + \zeta) v^2 + v_0^2}{2g}$$

式中: Δp_1 为中心管内压降, Pa; Δp_2 为收缩断面处压降, Pa; H_1 为中心管内水头损耗, m; H_2 为收缩断面处水头损耗, m; ρ 为液体密度, kg/m³; g 为重力加速度, 9.80665m/s²; L 为中心管长度, m; v 为中心管内液体流速, m/s; v_0 为进入中心管前液体流速, m/s; ζ 为局部水头损失系数, 无因次量。

当液流经中心管孔为湍流, 活塞直径为 17cm, 中心管内径为 4.5cm, 中心管长度为 0.5m, 流体运动粘度为 8.083×10^{-6} m²/s, 收缩断面处局部水头损失系数 ζ 为 0.5, 重力加速度为 9.80665m/s², 液体密度为 1.2g/cm³ 时, 流动阻力随排量的变化如表 1 所示。

表 1 正常钻进时工具流动阻力

循环排量 / (L/s)	10	15	18	22	30	39.3
流动阻力 / MPa	0.04	0.10	0.14	0.20	0.36	0.61

采用 18~22L/s 的循环排量时, 流动阻力一般小于 1MPa。

5.2 销子负荷计算

5.1.1 正常钻进时销子负荷的计算

循环时, 作用于加压接头上的总压力将对悬挂销子产生剪切负荷。由公式 (4) 计算:

$$F_1 = \Delta p (D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4} \quad (4)$$

式中: F_1 为销子受剪切力, N; D 为活塞直径, m; d 为中心孔直径, m。

当活塞直径为 17cm, 中心孔直径为 4.5cm 时, 在不同循环排量与压力下, 销子剪切变化如表 2 所示。

表 2 循环时悬挂销子的剪切负荷

循环排量 / (L/s)	10	15	18	22	30	39.3
流动阻力 / MPa	0.04	0.10	0.13	0.20	0.36	0.61
剪切力 / kN	0.89	2.08	2.87	4.14	7.61	12.88

从表 2 中看出, 当正常循环排量在 18~22L/s 之间时, 作用于销子上的剪切力仅是 3 只直径 11.5mm 销子 (45# 钢) 剪切力的 5%, 因此正常循环时销子强度足够, 工具使用可靠。

5.2.2 销子选择与剪断销子负荷的计算

根据实验与经验, 选择 45# 钢悬挂销子。经调质后, 45# 钢的极限抗拉强度为 380MPa。销子在纯剪切状态下断裂的剪应力由下式计算:

$$F_j = \delta_j A \quad (5)$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (6)$$

式中: F_j 为销子最大剪应力, N; A 为销子截面积, m^2 ; δ_j 为钢材剪切强度, Pa; D 为销子直径, m。

当采用 45# 钢制作销子时, 直径为 11.5mm 单只销子剪切负荷为 31kN, 3 只销子总应力为 93kN。采用压力机对销子进行静负荷剪切试验时, 3 只直径 11.5mm 销子总剪切力为 112.9kN, 强度为 108.5MPa。

5.2.3 投球后憋压时工具的剪销负荷

取心钻进结束后, 投入 1 只直径 50.8mm 钢球堵住直径为 45mm 循环孔, 开泵憋压剪销。剪销负荷由下式计算:

$$F_{jc} = \frac{\pi}{4} \Delta p D^2 \quad (7)$$

式中: F_{jc} 为剪断负荷, N; Δp 为井口泵压变化值, Pa; D 为活塞直径, m。

从式 (7) 可以看出, 当工具一定时, D 为常数, 此时剪销负荷与 Δp 成正比。当给定一 Δp 时, 就有与之对应的剪销力。剪销力计算值如表 3 所示。

从表 3 中看出, 投球后, 当井口憋压达到 6MPa 时, 3 只销子均可剪断, 因此, 憋泵剪销工况是可靠的。

表3 憋泵剪销时泵压与剪切力

销子抗剪力/kN	110					
泵压/MPa	2	4	6	8	10	12
剪切力/kN	45.37	90.78	137.2	181.49	226.865	272.2

5.2.4 下钻时销子可靠性校核

取心下钻时,由于下钻速度控制不好,井下突然遇阻,井口顿钻,悬挂销子上都将作用较大的惯性力。该力等于或大于销子剪切强度时,销子将被提前剪断。

根据质点的动量守恒定律,销子惯性剪断力由下式计算:

$$F_{jk} = \frac{m(V_2 - V_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (8)$$

式中: F_{jk} 为惯性剪断力, N; M 为内筒质量, kg; V_1 , V_2 为速度变化, m/s; t_1 、 t_2 为时间, s; g 为重力加速度, m/s^2 。

当玻璃钢内筒质量为 50kg, $V_1 = 6m/s$, $V_2 = 0.5m/s$, $t_2 - t_1 = 0.01s$, $g = 9.80665m/s^2$ 时, $F_{jk} = 27.519kN$ 。当 $F_{jk} \leq F_{jc}$ 时则下钻安全。经计算 $F_{jk} < F_{jc}$, 所以该工具下钻时不会剪断悬挂销子, 下钻安全可靠。

6 现场试验

采用 GF133 型特松散地层取心工具, 在曙光地区曙 3 区的曙 3-06-新 006 井、曙 3-04-004 井和曙一区的曙 1-026-368 井进行了现场试验。试验数据见表 4 和表 5。

表4 曙3区试验井取心情况

井 别	工具 类型	井数 /口	筒数 /台	总进尺 /m	单筒进尺 /m	总心长 /m	平均收获率 /%	收获率提高 /%
试验井	GF133	2	12	45.23	3.77	44.05	97.39	21.91
对比井	老川式	4	136	355.43	2.61	283.97	79.89	/

曙三区属稀油砂岩油层, 油层深度 1150~1450m, 岩性胶结相对较好, 含砾石少, 因而取心收获率相对较高, 但 GF133 特松散地层取心工具仍然具有明显优势。

由于曙一区为稠油油藏, 油层埋藏浅, 岩性胶结差且含有大量粒径不等的砾石, 致使取心收获率不高。总体来讲, 常规取心工具的取心收获率均低于 40%。从表 5 看出, 在曙 1-026-368 井中, GF133 型工具比川 8-3 型工具的收获率要高得多。

表5 曙1-026-368井取心情况

工具 类型	井段 /m	进尺 /m	心长 /m	平均收获率 /%	取心 筒数	单筒进尺 /m	收获率提高 /%
川 8-3	866.9~876.9	10.00	2.78	27.8	3	3.33	42.88
GF133	876.9~1016.99	26.06	18.42	70.68	12	2.17	

GF133 型取心工具现场试验成功后陆续进行了推广应用。其中曙 1-30-143 井取心 154.04m, 心长 114.33m, 平均收获率 74.22%; 杜 821 井取心 101.55m, 心长 92.69m, 平均收获率 91.28%。这两口井是稠油勘探的重要资料井, 大段取心的成功为稠油勘探开发提供了宝贵的资料。截至 2001 年 4 月应用 GF133 特松散地层取心技术共取心 49 口井, 累计取心 1327.20m, 心长 1086.79m, 平均收获率 81.88%, 创产值 1375.25×10^4 元, 实现利税 611×10^4 元, 获得极大成功。

实践证明, GF133 特松散地层取心技术科学合理, 既具备以往常规取心技术的优点, 又弥补了它们的不足, 是稠油特松散地层取心领域的重大突破。其总体技术水平国内领先, 并达到国际水平。

7 结 论

(1) 提出了 GF133 型特松散地层取心工具液压装置的流动阻力、循环压降产生的销子负荷、投球憋压剪销力的计算方法。

(2) 提出了取心工具下钻时内筒惯性力的影响与计算方法。对正常钻进和下钻时悬挂销子受力进行了校核, 证明该工具是安全可靠的。

(3) 现场试验在曙 1 区和曙 3 区分别获得了较高的岩心收获率, 使用效果良好。

综上所述, GF133 型特松散地层取心工具具有结构先进, 使用可靠, 适应性强, 收获率较高的特点, 总体技术水平国内先进, 具有广阔的应用前景。

参 考 文 献

- [1] 宋广尧. 水力学基础知识 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1983
- [2] [俄] B. N. 费尔多谢夫著. 材料力学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1988
- [3] [俄] 格斯皮子连科等著. 材料力学手册 [M]. 石家庄: 河北科学技术出版社, 1984

油水井柔性捞砂技术研究与应用

翟智勇 韩 力 张 伟 刘秀平

(辽河石油勘探局锦州工程技术处, 辽宁 凌海 121209)

摘要: 为了有效清除低压油水井中的积砂, 研究开发了油水井柔性捞砂技术。它利用捞砂车、作业机、井架和井口滑轮组, 将与钢丝绳连接的捞砂工具下入井底, 采用传感技术检测工具的下入深度、顿击技术冲击砂面、机械方式抽汲井底含砂液体, 在顿击、抽汲和井内液柱压力的共同作用下, 使井底被冲松的砂粒随井液进入储砂筒, 砂粒被砂锚挡在储砂筒中, 液体经砂锚过滤后, 经由捞砂泵重新排到井筒中。当储砂筒捞满后, 提出井外, 将其中的砂清理出去。如果井内的积砂较多, 可以重复捞多次, 直到捞干净为止。该技术工艺简单, 施工方便, 效率高, 经济效益好, 效果好, 安全可靠, 不污染地面, 不伤害油层, 可以延长油井的生产周期, 提高油田开发的综合经济效益, 适用于低压油水井清砂。

关键词: 低压油水井; 清砂; 柔性捞砂; 捞砂车; 井下工具

前 言

油水井柔性捞砂技术是辽河石油勘探局锦州工程技术处研究开发的一种适用于低压油水井的清砂工艺技术。

油田开发生产到中后期时, 对于砂岩油层来说, 由于其本身的地质条件、不适当的开发速度和开采技术、油气层压力随开采时间的延长而自然下降、频繁的措施作业等诸多因素的影响, 使得砂岩储层的应力平衡遭到破坏, 造成地层出砂, 严重制约油田的正常生产。

油水井出砂后, 油田普遍采用水力冲砂的方法清除井内的积砂。这种方法在地层压力较高时效果较好, 但对于处于采油中后期的低压井, 特别是经过多轮次蒸汽吞吐的稠油井, 清砂比较困难。因为这类油井采用水力冲砂时, 冲砂液大量向地层漏失, 悬浮起的砂子也随冲砂液重新漏失到地层中, 而被冲砂液携带返出地面的砂子很少, 对于个别地层亏空严重的油井, 甚至根本没有冲砂液返出。为减少水力冲砂时冲砂液向地层的漏失, 曾采用过在冲砂液中添加泡沫剂或暂堵剂等方法进行冲砂, 但效果不十分理想。水力冲砂不仅造成油层污染, 而且大部分积砂随冲砂液漏入地层。投产不久, 砂子随产液又重新回到井筒, 造成反复冲砂, 这样不仅增加作业费用, 而且影响原油生产, 还会造成严重的储层污染。针对这一问题, 研究开发了低压油水井柔性捞砂技术。

该技术已获得国家专利, 专利号为 99223123.X。

1 方 法

利用捞砂车自带的绞车、通井机、井架及提升系统、井口专用滑轮组, 把与钢丝绳连接

本项目荣获辽河石油勘探局 2000 年度优秀科技成果一等奖, 获奖编号为 2000102。

的捞砂工具下入井内。接触砂面后，用捞砂笔尖顿击井内的砂子，用绞车通过钢丝绳带动捞砂泵柱塞上下抽汲，在顿击力和捞砂泵抽汲力的联合作用下，井底的砂、水进入储砂筒，砂子在储砂筒中沉淀，水经过砂锚过滤后进入捞砂泵，并从泵筒上端重新排入井筒。通过多次顿击和抽汲的联合作用，直到储砂筒中装满砂为止，然后将整套工具提出井口，将砂从储砂筒中清理出来。如果井筒中砂较多，可根据需要进行连续捞砂，直到捞净为止。

2 设 备

捞砂设备主要由捞砂车、井口滑轮组、通井机、井架、提升系统和井下工具组成，其中通井机、井架和提升系统为修井作业通用设备。

2.1 捞砂车

捞砂车由胶轮通井机或其他车辆改装而成。主要功能是通过车上的捞砂滚筒转动来提放钢丝绳，带动井下捞砂泵上下抽汲来实现捞砂作业。除了车辆自身的行走系统外，还包括分动机构、变速机构、捞砂滚筒、井深传感器、支腿操作等部分。车辆行走与捞砂绞车共用 1 台发动机。

2.1.1 液压系统

液压系统主要包括液压油油箱、液位计、滤油器、双联齿轮泵、液压管线、各种阀件、压力表、液压马达、油缸等。它从发动机曲轴切换动力给双联齿轮泵，驱动、控制捞砂车支腿、捞砂滚筒、捞砂工具清洗泵的动作。

2.1.2 分动、变速、控制机构

捞砂车在现场就位后，从发动机切换动力给双联齿轮泵，双联齿轮泵输出的高压液体，通过变速、控制机构后，可以完成如下功能：（1）驱动大液压马达，带动捞砂滚筒旋转提、放钢丝绳完成捞砂作业；（2）驱动小液压马达，带动捞砂工具清洗泵，清洗干净储砂管中的砂子；（3）控制油缸的进、出油，使捞砂车的支腿伸出或者缩回。

2.1.3 捞砂滚筒

除了强度要求外，设计有足够的容量排放钢丝绳，并设有自动排绳机构和刹车机构。

2.1.4 钢丝绳

钢丝绳连接在井下工具和捞砂绞车之间，传递动力，带动捞砂泵工作，要求有足够的强度和良好的防扭性能。

2.1.5 捞砂工具下放深度测量装置

采用智能测长仪，主要由传感器、判相器、计数器、数据处理器、键盘、报警器和显示器构成。同时显示钢丝绳下井往返次数和捞砂工具的下井深度，当捞砂工具到达预定深度时，报警器报警提示。

2.1.6 支腿

车辆在作业现场就位后，液压系统给支腿的油缸供油，支腿伸出将捞砂车支牢，提高整车工作时的稳定性；同时也减轻对车辆后轮的压力。

2.1.7 托架

在捞砂车的底盘下面自行设计并焊接了托架，用于装载捞砂泵、捞砂管柱和其他捞砂工具，节约运输车辆。

2.1.8 操作室

操作室中集中了仪表盘、液压控制柜、刹车系统等核心部件。操作员可通过操作室观察井口操作情况,控制钢丝绳的起下速度。室内仪表可以显示井下捞砂工具的下井深度及钢丝绳的悬重变化等情况。

2.2 井口滑轮组

井口滑轮组包括捞砂井口、上轮和地轮,捞砂井口安装在套管头上,上轮吊在井架大钩上,地轮用螺栓紧固在捞砂井口上。捞砂井口的主要作用是预防捞砂过程中发生井喷事故,同时为地轮提供安装位置。滑轮组的作用是悬挂、导引钢丝绳,其轮槽的形状和尺寸均经过精心设计,以提高钢丝绳的使用寿命;同时要求地轮轴向位置能够自动微调,以防止当捞砂车与井口不对中时,偏磨钢丝绳或损坏地轮。

2.3 井下捞砂工具

井下捞砂工具主要包括钢丝绳防扭接头、震击器、加重杆、捞砂泵、储砂筒和捞砂笔尖等,其中捞砂泵是核心部件。

2.3.1 捞砂泵

捞砂泵是特殊加工制作的,其泵筒、固定阀、游动阀及活塞均经过精心设计,活塞上部为出水阀,它带动活塞做往复运动,又与泵筒上的承托接头配合,承载下部储砂筒的载荷。活塞使用特制的密封圈,不但密封效果好,而且能自动补偿磨损量,泵效高、使用寿命长、捞砂效果好。在捞砂泵的固定阀进口处连接滤砂管(砂锚),以防砂子进入泵筒内磨损活塞影响泵效;同时确保活塞不发生砂卡。

2.3.2 钢丝绳防扭接头

钢丝绳防扭接头由下接头、轴承、芯轴、上接头、绳卡头组成。下接头与加重杆丝扣连接并空套在芯轴上,钢丝绳用特殊金属浇铸在绳头上保证承载能力,芯轴与上接头、上接头与绳头之间均为丝扣连接。这样,以轴承为分界点,整个捞砂工具的上、下两部分之间可以发生相对转动,防止钢丝绳打扭,造成强降低度、折断或发生卡井事故。

2.3.3 震击器

选用解卡能力强的液压式上击器。根据需要,将震击器安装在加重杆上的适当位置。

2.3.4 加重杆

加重杆是经过特殊加工的井下配重工具,其作用是增加井下捞砂管柱的重力:(1)便于捞砂工具在重力作用下顺利下放;(2)能够增大井下工具对井底积砂的冲击力,保证捞砂笔尖能够冲松井底的积砂,形成砂、水、油混合液,便于进入储砂筒内部,以取得良好的捞砂效果。

2.3.5 储砂筒

储砂筒根据井内砂段的多少由多根大直径薄壁管组成,底部装有挡砂阀,以防止进入储砂筒内的砂子及井液在重力作用下回落到井筒。

2.3.6 捞砂笔尖

捞砂笔尖的作用是依靠顿击力,将井底的积砂捣松变成砂、水、油混合液,使其在捞砂泵的抽汲下能够进入储砂筒。它要求有一定的强度,并在侧面上钻有通孔引导砂水进入,又在下端面切出尖齿,以提高冲击效果。

2.3.7 侧钻井捞砂扶正器

在侧钻井中捞砂,采用的方法是用抽油杆连接捞砂工具,直到侧钻点以上的适当位置时