

液压复合解卡工艺技术

平恩顺¹, 赵庆杰¹, 马克然², 赵磊¹, 黄其¹, 李龙¹

1. 中国石油集团渤海钻探工程有限公司井下技术服务分公司 天津 300283

2. 中国石油大港油田分公司第三采油厂 河北沧县 061000

通讯作者: Email: pingenshun@163.com。

项目支持: 中国石油集团渤海钻探工程有限公司指导性研究项目“大修井新型打捞工具及工艺技术研究”(2021D50F)。

引用: 平恩顺, 赵庆杰, 马克然, 等. 液压复合解卡工艺技术[J]. 油气井测试, 2024, 33(1): 32-36.

Cite: PING Enshun, ZHAO Qingjie, MA Keran, et al. Research on hydraulic composite stick-freeing technology[J]. Well Testing, 2024, 33(1): 32-36.

摘要 为解决复杂井修井作业过程中常规单一解卡打捞工艺成功率低, 施工周期长的问题, 研制了一种液压增力打捞器, 详述了液压增力打捞器的主要结构、工作原理和主要技术性能参数, 并配套了震击器、加速器等辅助工具, 形成了液压复合解卡工艺技术, 并在大港油田板X井进行了现场应用。应用结果表明, 该工艺不仅具备了液压增力解卡和液压增力震击解卡两种功能, 而且可快速提供上提拉力和上提速度, 直接将解卡上提力作用于井内卡点位置, 避免了井身结构和人为因素的影响, 提高了解卡打捞成功率, 缩短了施工周期, 具有较广泛的应用前景。

关键词 复杂井; 修井; 液压增力; 震击器; 加速器; 复合解卡; 打捞; 现场应用

中图分类号: TE358 **文献标识码**: B **DOI**: 10.19680/j.cnki.1004-4388.2024.01.006

Research on hydraulic composite stick-freeing technology

PING Enshun¹, ZHAO Qingjie¹, MA Keran², ZHAO Lei¹, HUANG Qi¹, LI Long¹

1. Downhole Technology Service Company, CNPC Bohai Drilling Engineering Company Limited, Tianjin 300283, China

2. NO. 3 Production Plant of Dagang Oilfield Company, CNPC, Cangxian Hebei 061000, China

Abstract: In order to solve the problems of low success rate and long construction period of conventional single stick-freeing and fishing technology during the process of complicated wells repair well operation, the new type of hydraulic reinforced force salvage tool was developed. The main structure, working principle, as well as main technical performance parameters of the hydraulic reinforced force salvage tool was recounted, equipped with auxiliary tools such as drilling jars, accelerators, etc. The hydraulic composite stick-freeing technology of complicated wells was formed, and was carried out field application in Dadang Oilfield ban X well. The field application results show that the the hydraulic reinforced force composite stick-freeing technology not only has two functions: hydraulic reinforced force stick-freeing and hydraulic reinforced force jarring stick-freeing, but also quickly provides the lifting force and lifting speed, directly acts on the position of the stuck point in the wellbore with stick-freeing lifting force, avoiding the influence of the well deep structure and human factors. It improves the success rate of the stick-freeing and fishing and shortens the construction period, with more extensive application prospects.

Keywords: complicated wells; repair well; hydraulic reinforced force; drilling jar; accelerator; composite stick-freeing; salvage field application

在井下作业施工过程中, 受井身结构、井内管柱等实际因素影响, 复杂井修井打捞解卡作业一直是困扰施工作业进度的一大难题^[1-2], 不仅需要合适的修井工具, 更急需的是一种成功率较高的复合工艺技术^[3-5]。目前, 常规单一解卡工艺主要有活动解卡, 震击解卡, 只能进行逐步的套铣打捞倒扣。活动解卡主要依靠地面设备的提拉载荷提供解卡上提力, 在大斜度井、水平井中并不能直接

有效传递到井内卡点位置, 成功率较低^[6-8]。震击解卡受上提载荷和上提速度的人为因素影响, 实际提供的震击上提力又十分有限。套铣打捞倒扣作业又存在着施工周期长, 作业成本高的问题。

国外贝克休斯^[9]研制了MASTODON新型液压打捞工具综合技术性能较优, 具备35 MPa条件下, 解卡上提力1 067.57 kN, 工作行程609.6 mm。杜丙国^[10-11]对液压增力解卡上提力进行了理论计算

分析。平恩顺等^[12]研制的液压增力解卡打捞装置存在一次解卡成功率较低的问题, 同时也不具备液压增力解卡和液压增力震击解卡的复合功能。伊伟锴等^[13]设计了一种液压脉冲式震荡解卡工艺技术, 虽然具备了液压增力解卡和液压增力震击解卡的复合功能, 但是存在工作行程较短、液压解卡力和震击力较低的问题。

基于以上研究成果, 现研制了一种液压增力打捞器, 将液压力转化为向上的多级增力拉力直接作用于底端可退式捞矛/捞筒上, 提拉落鱼; 并配套了震击器、加速器等辅助工具, 形成了液压复合解卡工艺技术, 反复循环使用, 可提高解卡打捞的一次成功率, 同时缩短了施工周期, 降低了作业成本, 具

有良好的推广应用前景。

1 液压增力打捞器

针对复杂结构井打捞解卡存在提升负荷不能有效传递, 解卡困难等难题, 研制了液压增力打捞器工具。采用井下液压的方式, 通过串联的多级增力结构产生拉力叠加, 将液压力转化为向上的多级增力拉力提拉落鱼, 直接将解卡上提力作用在井筒内卡点位置, 不受井身结构的限制。

1.1 液压增力打捞器的主要结构

液压增力打捞器自上至下主要由锚定悬挂器+液压增力器+可退式捞矛/可退式捞筒组合而成。工具上端连接钻杆或油管, 下端连接打捞工具(见图 1)。

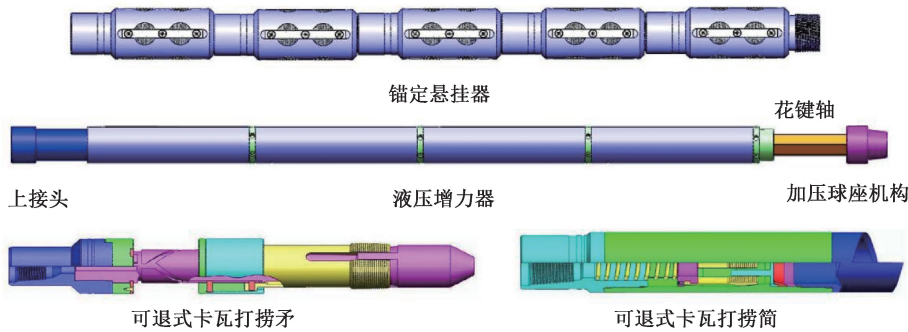


图 1 液压增力打捞器结构示意图

Fig. 1 Structural schematic of hydraulic reinforced force salvage tool

其中液压增力器为该工具的主要结构, 主要由上接头、多级增力机构、花键套、花键轴和加压球座机构组成。

1.2 液压增力打捞器的工作原理

(1) 锚定悬挂功能: 以一定负荷捞住落鱼后, 管柱内加压, 锚爪张开锚定套管内壁。

(2) 液压增力解卡功能: 继续加压, 多级增力机构产生的叠加增力直接作用于底端可退捞矛上, 提供解卡上提力。泵车压力突降, 表明落鱼已经移动, 解卡成功。

(3) 打捞落鱼功能: 停泵泄压, 待锚定悬挂机构自动收回后, 上提打捞管柱。

1.3 液压增力打捞器的主要技术参数

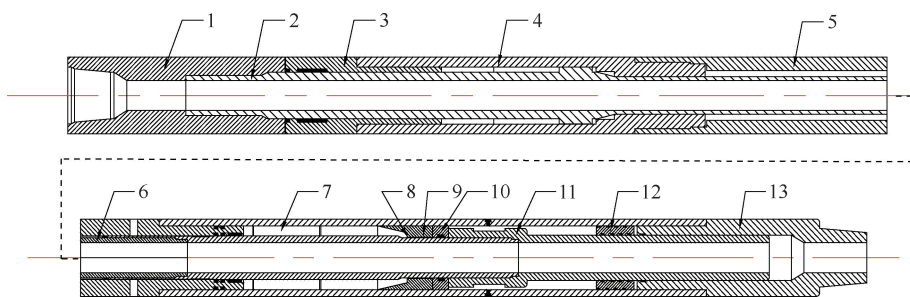
液压增力打捞器的主要技术参数: 最大外径 114 mm; 最小内径 30 mm; 总长度 6 618 mm; 工作行程 600 mm; 工作压力 ≤ 35 MPa; 最高工作压差 50 MPa; 最高工作温度 150 $^{\circ}\text{C}$; 最大解卡上提力 1 020. 775 kN; 适用套管内径 121 ~ 124 mm。液压增力打捞器泵压与解卡上提力对应值如表 1 所示。

表 1 液压增力打捞器泵压与解卡上提力对应值
Table 1 Corresponding values of pump pressure and stick-freeing lifting force for hydraulic reinforced force salvage tool

机构名称	泵压/MPa	解卡上提力/kN
多级液压增力机构	10	291. 65
	15	437. 47
	20	580. 33
	25	729. 12
	30	874. 95
	35	1 020. 78

2 震击器

震击器主要由上接头、芯轴体、芯轴、花键体、连接体、延长芯轴、压力腔、锥形活塞、旁通体、密封体、冲管、浮子体、下接头及密封件组成(见图 2)。震击器是应用液压原理, 通过锥形活塞在活塞缸内的运动和钻具被提拉贮能来实现上击动作。当提拉钻具时, 震击器压力腔内由于锥形活塞与密封体之间的阻尼作用, 为钻具贮能提供了时间。当锥体活塞运动到释放腔时, 高压液压油瞬时卸荷, 钻具将突然收缩, 产生了向上的动载荷, 带动芯轴上冲管撞击到与落鱼相连的芯轴体的下端, 为被卡落鱼提供巨大的打击力^[14]。



1-上接头;2-芯轴体;3-芯轴;4-花键体;5-连接体;6-延长芯轴;7-压力腔;8-锥形活塞;9-旁通体;10-密封体;11-冲管;12-浮子体;13-下接头

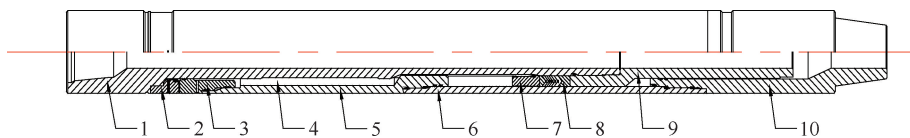
图2 震击器结构示意图

Fig. 2 Structural schematic of jar

3 加速器

加速器主要由芯轴、上接头、甲基硅油、缸套、震击垫、密封总成、冲管和下接头组成(见图3)。芯轴与缸套之间充满了具有高压缩指数的甲基硅油,密封总成包括盘根和盘根压圈,安装与震击垫与冲管之间,形成一个滑动密封副,工作时可使缸内产生高压。当钻具上提时,钻具伸长,加速器芯轴带

动密封总成向上移动压缩缸套内硅油,随即缸套内硅油贮存了能量。继续上提钻具,震击器中的锥形活塞运动到释放腔时,伸长的钻具恢复弹性变形使震击器向上运动,同时加速器缸套内的硅油贮存的能量也被突然释放,给向上运动着的震击器以更大的加速度。于是一个巨大的震击力通过打捞工具传递到落鱼上,此时加速器处于关闭状态,一次加速器配合震击器的震击作业完成。



1-芯轴;2-螺母垫;3-上接头;4-甲基硅油;5-上缸套;6-中缸套;7-震击垫;8-盘根组;9-冲管;10-下接头

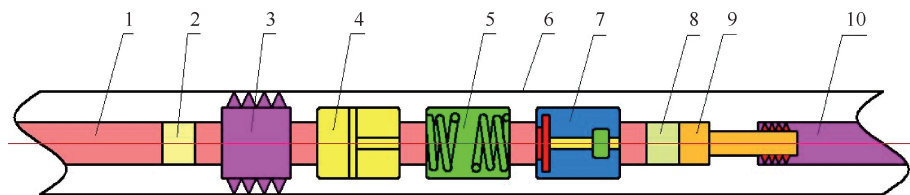
图3 加速器结构示意图

Fig. 3 Structural schematic of accelerator

4 液压复合解卡工艺

应用液压增力打捞器并配套震击器,加速器等工具,形成液压复合解卡工艺管柱由上至

下为^[15]:油管+循环阀+油管+锚定悬挂器+油管+液压增力器+油管+加速器+油管+震击器+油管+安全接头+可退式捞矛/可退式捞筒(见图4)。



1-油管;2-循环阀;3-锚定悬挂器;4-液压增力器;5-加速器;6-套管;7-震击器;8-安全接头;9-可退式捞矛;10-落鱼

图4 液压复合解卡工艺管柱图

Fig. 4 Process column of hydraulic composite stick-freeing

液压复合解卡工艺流程如图5所示,该工艺的主要施工步骤如下:

(1)进行常规上提震击解卡。缓慢上提负荷10kN,打开震击器,然后过提负荷60kN,如未解卡,将管柱下压原悬重,使震击器关闭,反复进行常规上提震击解卡。

该工艺存在以下缺陷:①受井身结构影响,管柱与井壁间的摩阻较大,造成实际过提负荷较小;②震击器实际效果与上提拉力和上提速度有关,受人为影响因素较大;③采用油管施工不能过提较大负荷。

(2)进行液压增力解卡。震击器打开状态下

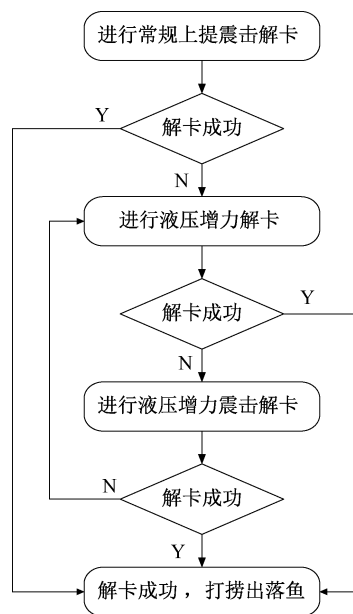


图5 液压复合解卡工艺流程图

Fig. 5 Process flow diagram of hydraulic composite stick-freeing

(但不再起作用),通过油管正打压 5 MPa,锚定悬挂器锚定套管内壁;然后阶段顺序最高打压至 25 MPa,液压增力器多级增力机构上行通过可退式捞矛提拉落鱼,如遇压力突降,表明落鱼已经移动,则可判断解卡成功。

该工艺存在缺陷:一次或几次单纯应用液压增力解卡瞬间产生较大的上提力不能完全保证井内管柱顺利解卡。

(3)进行液压增力震击解卡。将管柱下压原悬重,使震击器关闭(复位),以最大排量快速打压至 25 MPa,使液压增力器快速带动加速器,打开震击器。

该工艺具有以下技术特点:

①避免了井深结构对震击器上提负荷摩阻的影响,增加了实际震击效果,再配合液压增力解卡,提高了解卡成功率

②锚定悬挂器+液压增力器替代了上提负荷,可快速提供上提拉力和上提速度,避免了人为因素影响,同时降低了地面负荷要求,小吨位设备也具备大力震击解卡的能力。

(4)反复循环多次使用两种功能的复合解卡工艺,直至解卡成功,打捞出落鱼。

5 现场应用

液压复合解卡工艺先后在大港油田进行了 10 口井的现场应用,施工成功率 100%。

下面以板 X 井为例进行详述。板 X 井是一口

注水井,完钻井深 2 652.5 m,最大井斜 37.93°。施工目的:打捞解卡。该井采用四封封隔器注水完井管柱。2022 年 1 月 15 日小修在提原井管柱过程中,最大上提负荷 600 kN 活动解卡,未开,上提至 220 kN,正转管柱退开顶部油管分离器,怀疑垢卡严重,暂撤。

2022 年 4 月 24 日上大修下入打捞管柱自上而下为:Φ73 mm 加厚油管+Φ73 mm 平式油管+变扣+循环阀+加厚油管 1 根+悬挂锚定器+变扣+Φ114 液压增力器+加厚油管 1 根+Φ108 加速器+加厚油管 1 根+Φ108 震击器+加厚油管 1 根+安全接头+Φ62 mm 可退捞矛,遇封隔器深度 2 056 m。进行常规上提震击解卡:缓慢上提负荷 10 kN,打开震击器,然后上提负荷 650 kN 未开(原负荷 120 kN)。常规震击解卡未开后,通过液压增力打捞器解卡:可退捞矛上提负荷 220 kN(原负荷 120 kN)捞住原井管柱后,通过地面泵打压 25 MPa,稳压 10 min,压力不降,泄压,之后反复尝试液压增力解卡未开。

进行液压增力震击解卡:将打捞管柱下压原悬重,使震击器关闭,以最大排量快速打压 20 MPa,使液压增力器快速带动加速器和震击器,然后上提负荷 650 kN 未开(原负荷 120 kN)。

最后再次尝试液压增力打捞器解卡:可退捞矛上提负荷 220 kN(原负荷 120 kN)捞住原井管柱后,通过地面泵打压 25 MPa,稳压 10 min,压力突降,泄压,上提负荷最大 220 kN,成功解卡。之后起出打捞管柱,液压增力打捞器、震击器、加速器完好,捞获封隔器×2 056.56 m+配水器×2 069.16 m+封隔器×2 091.12 m+配水器×2 533.77 m+封隔器×2 555.77 m+配水器×2 568.44 m+封隔器×2 580.93 m+反洗井阀+丝堵。

6 结论

(1)研制的液压增力打捞器采用多级增力活塞串联的结构,单级增力机构可产生 200 kN 的上推力,具备 35 MPa 工作压力条件下,最大解卡上提力 1 020 kN,最大工作行程 600 mm。

(2)形成的复杂井液压增力震击复合解卡工艺,具备液压增力解卡和液压增力震击解卡两种功能,采用锚定悬挂器和液压增力器替代了上提负荷,可快速提供上提拉力和上提速度,直接作用于井内卡点位置,增加了实际解卡效果,避免了井深结构和人为因素的影响,提高了解卡成功率。

(3)随着油气田中后期的勘探开发,水平井、大斜度井的修井数量、修井难度也逐年增加,应紧追世界前沿技术,研制更先进的修井工具,形成具备多种复合功能的,成功率较高的修井工艺。

致谢:感谢渤海钻探井下技术服务分公司同意本文公开发表。

参考文献

- [1] 王玲玲,姜增所,张建忠,等.水平井解卡打捞工艺技术研究[J].石油矿场机械,2012,41(9):64-68.
WANG Lingling,JIANG Zengsuo,ZHANG Jianzhong,et al. Study unfreezing and fishing technology for horizonontal wells[J]. Oil Field Equipment,2012,41(9):64-68.
- [2] 何牛仔,崔德秀,王维东,等.水动力修井技术在斜井和水平井施工中的应用[J].石油机械,2007,35(8):48-50.
HE Niuzai,CUI Dexiu,WANG Weidong,et al. Application of hydrodynamic workover technology in inclined and horizontal well construction [J]. China Petroleum Machinery 2007,35(8):48-50.
- [3] 张全胜,董社霞,田玉刚,等.DP35-1水平井留井管柱打捞工艺[J].石油机械,2010,38(5):79-81.
ZHANG Quansheng,DONG Shexia,TIAN Yugang,et al. Fishing technology of DP35-1 horizontal well retention string [J]. China Petroleum Machinery, 2010, 38 (5): 79-81.
- [4] 郭建国,乔晶.深井特殊结构井打捞解卡作业技术研究[J].钻采工艺,2004,27(5):84-87.
GUO Jianguo,QIAO Jing. The research and application of releasing-stuck technique in deep and complicated trajectory wells[J]. Drilling & Production Technology,2004,27(5):84-87.
- [5] 郭建国,张慧琴.特殊结构井用HFT型液压增力打捞解卡工具[J].石油机械,2004,32(8):37-39.
GUO Jianguo,ZHANG Huiqin. A new hydraulic down-hole fishing tool with augmenter for special wells [J]. China Petroleum Machinery,2004,32(8):37-39.
- [6] 朱泽军.井下步进液压增力解卡装置的研制[J].石油矿场机械,2005,34(1):103-104.
ZHU Zejun. Development of downhole stepping hydraulic force increasing force-relieving device [J]. Oil Field Equipment,2005,34(1):103-104.
- [7] 韩学良,赵成,曹德忠,等.水平井井下液压增力打捞工艺研究与应用[J].石油机械,2008,36(8):84-86.
HAN Xueliang,ZHAO Cheng,CAO Dezhong,et al. Research and application of hydraulic enhanced salvage technology in horizontal well[J].China Petroleum Machinery, 2008,36(8):84-86.
- [8] 章桂庭,龙江桥,谭章龙.井下液压增力打捞工具的应用及改进[J].石油矿场机械,2009,38(2):85-88.
ZHANG Guiting, LONG Jiangqiao, TAN Zhanglong. Application and improvement of a hydraulic downhole pulling tool[J]. Oil Field Equipment,2009,38(2):85-88.
- [9] 周诗雨.贝克休斯液压打捞工具,打捞和保护套管两不误[EB/OL]. <http://www.oilsns.com/article/263927>. 2017-09-07/2023-04-28.
ZHOU Shiyu. Baker Hughes's hydraulic salvage tools, salvage and protective sleeves is at the same time [EB/OL]. <http://www.oilsns.com/article/263927>. 2017-09-07/2023-04-28.
- [10] 杜丙国.修井卡钻液压解除理论分析与工艺技术研究[D].青岛:中国石油大学(华东),2013.
DU Bingguo. Study on theoretical analysis and technology of workover sticking hydraulic lift [D]. Qingdao: China University of Petroleum East China,2013.
- [11] 李加院,李明忠,杜丙国,等.液压增力解卡的管柱受力分析与强度校核方法[J].石油钻采工艺,2011,33(6):49-52.
LI Jiayuan,LI Mingzhong,DU Bingguo,et al. Stress analysis and strength check for hydraulic force increasing stuck-releasing strings [J]. Oil Drilling & Production Technology,2011,33(6):49-52.
- [12] 平恩顺,王瑞泓,樊震刚,等.液压增力解卡打捞装置的研制及应用[J].钻采工艺,2022,45(3):99-103.
PING Enshun,WANG Ruihong,FAN Zhengang,et al. Development and application of the hydraulic reinforced stick-freeing and fishing device [J]. Drilling & Production Technology,2022,45(3):99-103.
- [13] 伊伟锴,吕芳蕾,田启忠,等.液压脉冲式震荡解卡技术研究与应[J].钻采工艺,2018,41(3):112-119.
YI Weikai,LYU Fanglei,TIAN Qizhong,et al. Study on sticking removal technology by pulsed hydraulic oscillation and its application[J]. Drilling & Production Technology, 2018,41(3):112-119.
- [14] 孙仁甫,金道水.CSJ型超级震击器[J].石油机械,1990,24(7):54-59.
SUN Renfu,JIN Daoshui. New super fishing jar[J]. China Petroleum Machinery,1990,24(7):54-59.
- [15] 田启忠.液压机械一体式震击解卡技术在水平井中的应用[J].石油钻采工艺,2016,38(2):201-205.
TIAN Qizhong. Application of integral hydraulic-mechanical jarring technique in horizontal wells [J]. Oil Drilling & Production Technology,2016,38(2):201-205.

编辑 穆立婷

第一作者简介:平恩顺,男,1986年出生,高级工程师,2015年毕业于河北工业大学机械制造及其自动化专业,现主要从事油气田开发方面的研究工作。电话:022-25935632,Email: pingenshun@163.com,通信地址:天津市滨海新区大港油田港西大道640号渤海钻探井下技术服务分公司,邮政编码:300283。