

利用环形强磁打捞器打捞节流器技术

张运科¹, 鲍作帆¹, 鹿成亮¹, 杨晓勇², 高秀丽², 刘峰²

1. 中国石油集团渤海钻探工程有限公司油气井测试分公司 河北廊坊 065007

2. 中国石油集团渤海钻探工程有限公司油气合作开发分公司 天津 300280

通讯作者: Email: 1255652566@ qq. com

项目支持: 中国石油集团渤海钻探工程有限公司油气井测试分公司科技研发项目“长庆气田疑难井节流器打捞工具研究与应用”(CS201708K)

引用: 张运科, 鲍作帆, 鹿成亮, 等. 利用环形强磁打捞器打捞节流器技术[J]. 油气井测试, 2021, 30(5): 28-31.

Cite: ZHANG Yunke, BAO Zuofan, LU Chengliang, et al. Technology of fishing choke with annular strong magnetic fishing device [J]. Well Testing, 2021, 30(5): 28-31.

摘要 打捞节流器时, 芯杆在中间脱扣后, 节流器上半部分易被捞出, 下半部分芯杆、卡瓦、胶筒及防砂短节则留在井内, 卡瓦散落于芯杆与油管内壁之间的缝隙里, 打捞效果差。环形强磁打捞器通过扶正机构与环形磁铁配合使用, 实现了井下准确定位穿越芯杆的功能, 且强磁随之下探进入芯杆与油管之间的缝隙并靠近卡瓦, 实现了强磁对卡瓦的近距离吸附。苏 25-41-9 井采用环形强磁打捞器将脱落的三块卡瓦全部捞出, 并用可退式卡瓦打捞器抓住芯杆成功打出残余节流器。环形强磁打捞器是打捞缝隙里的小型卡瓦的有效工具。

关键词 节流器; 环形强磁打捞器; 扶正器; 卡瓦; 芯杆; 打捞作业

中图分类号: TE358 **文献标识码:** B **DOI:** 10. 19680/j. cnki. 1004-4388. 2021. 05. 005

Technology of fishing choke with annular strong magnetic fishing device

ZHANG Yunke¹, BAO Zuofan², LU Chengliang¹, YANG Xiaoyong², GAO Xiuli², LIU Feng²

1. Well Testing Branch, CNPC Bohai Drilling Engineering Co., Ltd., Tianjin 300280, China

2. Oil & Gas Cooperation and Development Company, CNPC Bohai Drilling Engineering Co., Ltd., Tianjin 300280, China

Abstract: When fishing the choke, after the core rod trips in the middle, the upper half of the choke is easy to be fished out, and the core rod, slip, rubber barrel and sand control nipple in the lower half are left in the well. Slips are scattered in the gap between the core rod and the inner wall of the tubing, resulting in poor fishing effect. Through the combination of centralizing mechanism and annular magnet, the annular strong magnetic fishing device realizes the function of accurately positioning and passing through the core rod underground, and the strong magnetic then probes down into the gap between the core rod and the oil pipe and close to the slip, realizing the close adsorption of strong magnetic to the slip. In Well Su 25-41-9, the annular strong magnetic fishing device was used to fish out all three slips, and the retractable slip fishing device was used to grasp the core rod to successfully fish out the residual choke. Annular strong magnetic fishing device is effective to fish small slips in the gap.

Keywords: choke; annular strong magnetic fishing tool; centralizer; slip; core rod; fishing operation

在钻井和井下作业过程中, 打捞亲磁类金属物需要强磁打捞技术。任勇等^[1]、种法强等^[2]使用连续油管在水平井钻磨桥塞后, 采取强磁打捞的方法, 成功捞出井筒内的卡瓦块。王鑫等^[3]使用捞杯式强磁打捞器, 解决了重复下井打捞的问题。刘英杰等^[4]研制成功一种收集磨屑的强磁打捞筒, 解决了大修作业中反循环套洗时, 大块磨屑不易收集的难题。黄要选等^[5]将磁铁打捞柱应用于钻井清洗技术领域, 获得成功。高硕等^[6]研制

了一种用于打捞生产井套管内的金属落物和铁屑的新型强磁打捞器, 凭借轴向螺旋均匀分布的高强高温磁铁端面磁力的共同作用, 将落入井底的小件落物磁化吸起, 解决了水平井产液剖面测试中, 水平段残留的大量铁屑等杂质极易进入涡轮流量计, 而影响测试效果, 导致测试失败的问题。马宏伟等^[7]采用中心管外套嵌多组磁铁单元结构的强磁打捞器, 一次作业中能吸附较多金属杂物。李刚等^[8]采用侧开式强磁打捞器, 能够一次捞出

多个牙轮。户贵华等^[9]研制了带有屏蔽套的强磁打捞器,解决了下井过程中永磁体被铁屑包裹降低磁力的问题。李红卫等^[10]研发的新型强磁打捞器能防止打捞过程中油水混合物进入打捞筒对磁铁的腐蚀。庞全书等^[11]在中空筒体内壁上设置凹槽,凹槽内设置强磁块组的强磁打捞器,增强了打捞器的打捞强度。以上这些打捞器主要呈平面圆形,圆弧形,侧开形,筒内嵌条块形,筒外嵌圆环形,解决了各自背景下遇到的落物、液中悬浮物、管壁附着物,以及物块大、碎块多等打捞难题。但从工具结构和打捞方式而言,这些普通强磁打捞器不能进入井下的缝隙,而且经常吸附在井口台阶处不易入井,无法满足钢丝作业打捞环形缝隙里的卡瓦的需求。针对钢丝作业工艺特点,开发了环形强磁打捞器,凭借环形强磁和扶正定位机构,可实现井下缝隙里落物的打捞。

1 环形强磁打捞器

在苏里格气田开发中,通过井下节流形成了不加热、中低压集气等一系列集输工艺技术^[12-14]。广泛应用的节流器是卡瓦式井下节流器,它的投放、坐封和打捞通过钢丝作业完成。许多节流器在井下安置几年甚至十几年,依据井下节流器打捞时机预测,对不能满足正常生产的节流器,采用钢丝作业打捞取出^[15]。在打捞过程中,有少数节流器的芯杆在中间连接处脱扣,导致节流器上半部分(捞帽、卡瓦支架)与下半部分(芯杆、卡瓦、胶筒部分、防砂短节)分离,致使上半部分被捞出,而下半部分留在井内,卡瓦支架上的卡瓦因失去固定而脱落。脱落后的卡瓦不规则的掉落在节流器芯杆与油管内壁之间的缝隙中(图 1)。

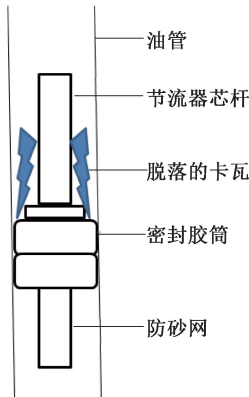


图 1 井内残余节流器及缝隙内卡瓦状态示意图
Fig. 1 Schematic diagram of residual choke in well and slip status in gap

基于不同的节流器类型,卡瓦或高于芯杆端面或低于芯杆端面。高于芯杆端面的卡瓦可以用平面强磁打捞器打捞;低于芯杆端面(缝隙内)的卡瓦不能用平面强磁打捞器打捞。

从图 1 可以看出,用平面强磁打捞图内所示位置的卡瓦时,芯杆会吸附并阻挡强磁下行。某些节流器的芯杆高 20 cm 左右,此时,磁铁因距离太远不能吸附卡瓦。因为没有洗井等辅助手段,钢丝作业打捞缝隙里的卡瓦只能在打捞器轴向末端安置磁铁,并且保证磁铁能够深入到环形缝隙里靠近卡瓦^[16]。

环形强磁打捞器是针对如图 1 所示的井内残余节流器及缝隙内卡瓦研制的强磁打捞工具(图 2)。该工具主要由上固定接头、扶正器、环形磁铁、下固定接头组成,组件为不锈钢材质,环形强磁中间的圆孔能满足芯杆的插入;扶正定位机构(扶正器、扶正块、弹簧、凹槽)使强磁中心圆孔在油管内居中,便于芯杆在油管内准确插进磁铁圆孔,扶正定位机构能克服井口内部台阶对磁铁的吸附,保证工具起下顺利。

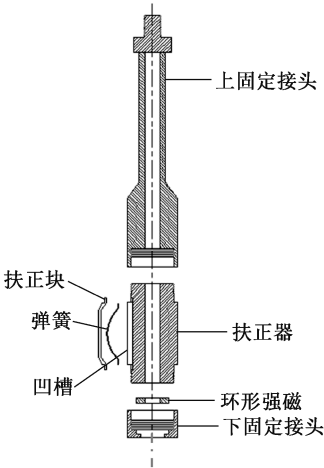


图 2 环形强磁打捞器结构示意图
Fig. 2 Structural diagram of annular strong magnetic fishing device

为了满足井下高温环境作业需求,所选用强磁应具有较好的耐高温性能,能够产生尽可能大的磁能量,且磁能稳定。

常用永磁材料主要包括钕铁硼磁铁、铁氧体磁铁、铝镍钴磁铁等^[17]。综合分析各种铁磁性材料,选用钕铁硼磁铁作为环形强磁打捞器的磁铁材料。钕铁硼磁性材料型号众多,选取几种钕铁硼磁铁进行比较^[18-20](表 1)。综合考虑磁性、工作温度、制作成本等因素,选用 N45H。

表 1 几种钕铁硼磁材料对比表

Table 1 Performance comparison of several Nd-Fe-B magnetic materials

| 材料牌号 | 最大磁能积/ (kJ·m ⁻³) | 最大磁能积/ MGOe | 工作温度/ ℃ |
|-------|---------------------------------|----------------|------------|
| N45 | 342~366 | 43~46 | 80 |
| N42H | 318~342 | 40~43 | 120 |
| N45H | 342~358 | 43~45 | 120 |
| N45SH | 342~358 | 43~45 | 140 |

2 现场应用

苏 25-41-9 井位于内蒙古乌审旗嘎鲁图苏木呼和陶勒盖嘎查,是苏里格气田 25 区块的一口生产井,针对苏 25-41-9 井打捞工艺难点,制定了环形强磁打捞器打捞缝隙里卡瓦的打捞方案,经过精细施工,工艺成功。

2.1 打捞工艺难点

苏 25-41-9 井井身结构、施工井筒及残余节流器位置如图 3 所示。该井节流器于 2008 年投放,原投放深度 2 220 m,2018 年第一次打捞,节流器被打捞至距离井口 462 m 时芯杆连接处脱扣,节流器的上半部分,包括打捞颈和卡瓦支架被捞出;节流器的下半部分,包括三块卡瓦、芯杆、胶筒部分、防砂短节等留在了井内,其中,三块卡瓦掉落在芯杆与油管之间的缝隙里。

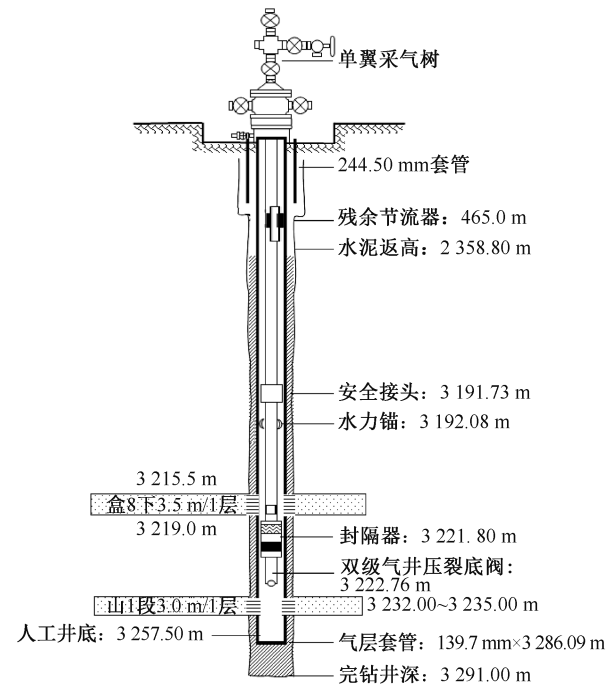


图 3 苏 25-41-9 井井身结构示意图

Fig. 3 Well bore structure schematic diagram of Well Su 25-41-9

该井打捞存在以下难点:(1)油管内径 62 mm,芯杆外径 22 mm,环形缝隙宽度 20 mm;(2)芯杆凸起高度 200 mm,卡瓦长 65 mm、宽 21 mm、厚度 13 mm,卡瓦与芯杆顶端相距约 70~135 mm;(3)卡瓦为楔形倒齿形状,对节流器上行具有卡阻力,用其它工具打捞,节流器不上行;(4)三块卡瓦所处状态不确定,可能卡在缝隙里,也有互相挤卡的可能;(5)缝隙里存在泥沙杂物,影响强磁吸附。

2.2 打捞方案实施

根据苏 25-41-9 井井身结构特点及施工难点,现场选配适当的加重杆、震击器,然后分步骤实施打捞:(1)使用盲锤探鱼顶,鱼顶深度 462 m,然后用盲锤下砸芯杆,节流器下行至 670 m,以迫使卡瓦松动;(2)选用孔径为 30 mm 的环形强磁打捞器,入井至 670 m,在加重杆重力作用下,节流器被推动下行至 723 m;(3)起出工具串检查,发现捞出一块卡瓦;(4)再次下入环形强磁打捞器至 723 m,推动节流器下行至 743 m;(5)起出工具串检查,吸出两块卡瓦。至此,井内三块卡瓦全部捞出;(6)用可退式卡瓦打捞器抓住芯杆打捞,残余节流器被捞出井口。

该井成功捞出三块卡瓦实例说明,芯杆能顺利插进环形强磁的中心圆孔,环形强磁也下行进入了环形缝隙,证明扶正定位机构的居中定位功能是有有效的。

2.3 打捞注意事项

结合实例井经验及钢丝作业特点,采用环形强磁打捞器打捞施工时应注意:(1)打捞前,用盲锤类工具探鱼顶,用通径规可能砸碰卡瓦,使卡瓦在缝隙里卡的更紧,不利于磁铁吸附。(2)卡瓦要处于松动状态,先用盲锤下砸节流器芯杆,通过节流器下移使卡瓦松动,下移一段距离后更换环形强磁打捞器打捞。(3)钕铁硼磁铁质脆,不能用强磁打捞器下砸,否则会损坏磁铁。(4)如果井内有泥砂,先进行清砂作业。(5)环形强磁打捞器遇阻或推动节流器下行一段距离,即可起出工具查看,反复试探,直到吸出卡瓦。(6)情况不明时,不要盲目下砸或开井上吹,需要采用铅印模具或井下视频仪,准确了解井下情况后针对性采取措施。(7)绞车操作慢慢起,平稳匀速。

3 结论

(1)通过扶正机构与环形强磁配合使用,环形强磁打捞器实现了井下定位穿越芯杆的功能。同

时,强磁随之下探进入芯杆与油管之间的缝隙并靠近卡瓦,实现强磁对卡瓦的近距离吸附,解决了缝隙里卡瓦的打捞难题。

(2)在不同尺寸的油管内作业,选用相应规格的环形强磁打捞器,为疑难井节流器打捞提供了新技术。

致谢:感谢渤钻油气合作开发分公司在现场试验中的大力支持和提供的数据;感谢“长庆气田疑难井节流器打捞工具研究与应用”项目组提供的详实数据。

参考文献

- [1] 任勇,郭彪,石孝志,等. 页岩气套变水平井连续油管钻磨复合桥塞技术[J]. 油气井测试,2018,27(4):61-66.
REN Yong, GUO Biao, SHI Xiaozhi, et al. Technology of coiled-tubing drilling composite bridge plug in the shale gas horizontal well with casing deformation [J]. Well Testing, 2018,27(4):61-66.
- [2] 种法强,王璐,陈伟,等. 几种强磁打捞器打捞作用的对比分析[J]. 中国科技纵横,2012(7):87.
ZHONG Faqiang, WANG Lu, CHEN Wei, et al. Comparative analysis of the salvage effects of several strong magnetic fishing gears [J]. China Science & Technology Overview, 2012(7):87.
- [3] 王鑫,郝荣明,苏山林,等. 捞杯式强磁打捞器:CN 204163670U [P]. 2015.02.18.
- [4] 刘英杰,刘立冬,黄凯,等. 一种强磁打捞筒:CN 209067144U [P]. 2019.07.05.
- [5] 黄要选,王占珂,王建毅,等. 磁铁打捞柱及强磁打捞器:CN 206625809U [P]. 2017.11.10.
- [6] 高硕,刘萍,于波涛,等. 新型强磁打捞器设计及应用[J]. 油气井测试,2016,25(3):62-63.
GAO Shuo, LIU Ping, YU Botao, et al. Design and application of the new type of strong magnetic extractor [J]. Well Testing, 2016,25(3):62-63.
- [7] 马宏伟,杨康敏,王志国,等. 强磁打捞器:CN 203441413U [P]. 2014.02.19.
- [8] 李刚,路震,刘曜,等. 一种侧开式强磁打捞器:CN 210134837U [P]. 2020.03.10.
- [9] 户贵华,彭永红,贾云超,等. 一种强磁打捞器:CN 205078212U [P]. 2016.03.09.
- [10] 李红卫,李海伟,王鹏,等. 新型强磁打捞器:CN 210178317U [P]. 2020.03.24.
- [11] 庞全书,贾财华,孙强,等. 强磁打捞器及其强磁块布置方法:CN 107448161A [P]. 2017.12.08.
- [12] 周舰. 产液水平气井井下节流工艺参数优化及应用[J]. 石油机械,2018,46(4):69-75.
ZHOU Jian. Optimization of downhole throttling parameters of liquid-producing horizontal gas well [J]. China Petroleum Machinery, 2018,46(4):69-75.
- [13] 李常友. 预节流测调一体化配水技术研究与应用[J].

石油机械,2017,45(1):90-94.

- LI Changyou. Research and application of pre-throttling integrated testing and adjusting water distribution technology [J]. China Petroleum Machinery, 2017,45(1):90-94.
- [14] 王建良,邢艳娟,刘家恩. RD 井下节流阀(井下油嘴)的研究与应用[J]. 油气井测试,2016,25(2):51-53.
WANG Jianliang, XING Yanjuan, LIU Jia'en. Research and application of RD down-hole throttle (down-hole choke) [J]. Well Testing, 2016,25(2):51-53.
- [15] 陈俊杰,孙刚伟,柳明,等. 丛式井井下节流器打捞时机预测研究与应用[J]. 天然气技术与经济,2015,9(1):45-47.
CHEN Junjie, SUN Gangwei, LIU Ming, et al. Predict fishing time of downhole throttler for cluster wells [J]. Natural Gas Technology and Economy, 2015,9(1):45-47.
- [16] 徐宏权,初得庆,秦刚,等. 套管内新型磁力打捞筒的研制与应用[J]. 石油矿场机械,2012,41(8):79-81.
XU Hongquan, CHU Deqing, QIN Gang, et al. Development and application of new magnetic basket in casing [J]. Oil Field Equipment, 2012,41(8):79-81.
- [17] 刘国征,夏宁,赵明静,等. 永磁材料长期稳定性研究进展[J]. 稀土,2010,31(2):40-44.
LIU Guozheng, XIE Ning, ZHAO Mingjing, et al. Development of the long-term stability of permanent magnetic materials [J]. Chinese Rare Earths, 2010,31(2):40-44.
- [18] 祝景汉. 快淬钕铁硼永磁合金及粘结磁体[J]. 粉末冶金工业,2000,10(1):40-45.
ZHU Jinghan. Rapidly quenching NdFeB permanent magnet alloys and bonded magnets [J]. Powder Metallurgy Industry, 2000,10(1):40-45.
- [19] 郭毛毛. 烧结钕铁硼强磁特性研究[J]. 科技资讯,2013(24):77-78.
GUO Maomao. Study on the strong magnetic properties of sintered NdFeB [J]. Science & Technology Information, 2013(24):77-78.
- [20] 刘颖,涂铭旌. 磁性高分子粘结钕铁硼的性能[J]. 复合材料学报,1999,16(2):11-14.
LIU Ying, TU Mingjing. Properties of bonded NdFeB permanent magnet by magnetic polymer [J]. Acta Materiae Compositae Sinica, 1999,16(2):11-14.

编辑 刘振庆

第一作者简介:张运科,男,1964年12月出生,工程师,1987年毕业于华北石油学校钻井专业,主要从事试井钢丝作业。电话:0477-2281773,13931607285;Email:1255652566@qq.com。通信地址:河北省廊坊市广阳区万庄石油矿区渤海钻探工程有限公司油气井测试分公司,邮政编码:065007。