

石油井下作业打捞技术要点分析

孙 亮

中原工程公司井下特种作业公司 河南 濮阳 457000

摘 要: 在石油开采进程中, 井下作业面临诸多复杂状况, 井下落物问题频发, 严重阻碍石油生产的顺利推进。井下落物成因繁杂, 涵盖设备故障、操作失误等多种因素, 其不仅会导致井眼堵塞、生产中断, 甚至可能致使油井报废, 造成巨大经济损失。故而, 石油井下作业打捞技术成为保障石油开采稳定、高效运行的核心环节, 对该技术的深入探究与精准运用, 对石油行业的稳健发展意义非凡。

关键词: 石油; 井下作业; 打捞技术要点; 案例分析

引言

本文聚焦石油井下打捞技术, 详述其原理、工具分类及特点, 并针对管类、杆类、小件落物打捞要点进行阐述。同时, 分析深井、斜井、水平井等特殊井况下的技术难点与应对策略。通过大庆、胜利、渤海油田等实际案例, 展示打捞技术在深井管类、斜井杆类、水平井小件落物中的应用。旨在为从业者提供全面参考, 提升打捞效率与安全性, 推动石油行业发展。

1 石油井下作业打捞技术基础

1.1 打捞技术原理

石油井下作业打捞技术的核心, 是借助专门设计的打捞工具, 通过特定操作与井下落物实现有效连接或抓持, 再依靠提升设备将落物从井下提至地面。不同打捞工具基于不同机械原理, 像卡瓦的抱紧力、钩子的勾挂力等, 以此适配各种形状、材质与状态的落物。打捞作业前, 需精准剖析落物性质、位置及井下复杂状况, 据此选定最合适的打捞工具与技术方案, 确保打捞作业安全、高效进行。

1.2 打捞工具分类与特点

管类打捞工具, 如公锥、母锥和打捞筒, 专为打捞油管、钻杆等管状落物设计。它们结构相对简单, 操作便捷, 能适应多种规格的管类落物。然而, 这些工具对落物的完整性和变形程度有一定要求。

针对杆类落物, 如抽油杆、加重杆等, 常用抽油杆打捞筒和活页打捞器。这些工具适应性较好, 能有效应对杆类落物在井下的复杂情况。但在打捞时, 需严格控制提升速度, 以防落物脱落。

对于井下的小件落物, 磁力打捞器和一把抓等工具则大显身手。磁力打捞器利用磁力高效吸附铁磁性小件, 而一把抓则通过抓齿的张开与合拢来抓取落物。这些工具体积小, 便于在狭窄井眼空间操作, 但磁力打捞

器对非铁磁性落物则无能为力。

2 常见落物打捞技术要点

2.1 管类落物打捞要点

在打捞井下管类落物前, 必须详尽评估落物的具体情况, 如材质、尺寸、深度及变形程度, 以此为依据选择适当的打捞工具和方法。对于轻微变形的管类落物, 常规打捞筒或公锥、母锥是首选; 而严重变形的则需考虑整形或使用特殊打捞工具。落物可能因砂埋、结垢等原因卡滞, 需采用震击解卡或倒扣解卡等方法进行预处理。操作时, 必须精确控制力度, 以免损坏管柱。打捞过程中, 安全是首要考虑。连接打捞工具与钻具时, 需严格遵守规程, 确保稳固连接^[1]。同时, 要全面检查提升设备, 确保其性能可靠。此外, 井下作业需持续监测井内环境参数, 防止突发情况。鉴于打捞作业耗时较长, 应合理安排人员值班, 确保作业连续且安全进行。

2.2 杆类落物打捞要点

准确判断杆类落物在井下的位置和姿态, 对于成功打捞至关重要。利用测井仪器精确定位, 结合井下电视观察, 可以全面了解落物情况。针对弯曲或折断的杆类落物, 需细致分析弯曲程度和方向, 选用合适的打捞工具和方案。对于完整的杆类落物, 如抽油杆, 打捞筒是常用工具, 需确保内径与落物外径匹配, 以提高打捞成功率。若落物表面存在结垢、腐蚀等问题, 则需选择特殊结构的打捞工具, 如带刮削功能的打捞筒, 以清除杂质, 确保打捞顺利。在打捞过程中, 需缓慢下放工具, 轻提轻放试探寻找落物, 确保准确接触并连接。连接成功后, 应缓慢提升, 避免过快导致脱落。同时, 密切观察悬重变化, 及时应对异常情况, 如卡滞等, 确保打捞作业安全进行。

2.3 小件落物打捞要点

小件落物体积小、形状不规则、材质多样, 在井下

分布分散,易陷入井壁周围泥砂等介质,增加打捞难度。打捞作业前,需详细了解小件落物材质,判断是否有磁性,以选择合适打捞工具。同时分析井内地质情况,了解泥砂等介质性质和分布,预测小件落物可能的埋藏深度和位置。铁磁性小件落物首选磁力打捞器,使用时确保磁力强度足够吸附落物。根据井眼大小和落物深度选择合适规格的磁力打捞器,安装在钻具底部缓慢下放至井底。接近井底时适当旋转钻具,扩大磁力打捞器作用范围,提高打捞成功率。非铁磁性小件落物可采用一把抓等工具,使用时确保抓齿张开和合拢功能正常,下放过程控制速度,避免抓齿损坏。下放至井底后,通过上下活动钻具使抓齿充分抓取落物,然后缓慢提升。由于小件落物分散,一次打捞难以全部捞出,通常需多次打捞。每次打捞后,仔细检查打捞工具和钻具,清理附着的落物和杂质,确保下次打捞作业顺利进行。多次打捞过程中,根据每次打捞结果分析落物剩余分布情况,及时调整打捞方案,提高打捞效率。

3 特殊工况下的打捞技术要点

3.1 深井打捞技术要点

深井打捞作业因其极端的井下条件而极具挑战性。随着井深的增加,管柱悬重、井下温度和压力均显著上升,这对打捞设备、工具的选择以及作业过程的管理提出了更高要求。首先,提升设备必须具备足够的强度和稳定性,以应对深井中管柱和落物的巨大重量。打捞工具则需采用高强度合金钢制造,确保在高温高压环境下仍能保持良好的机械性能和密封性。此外,考虑到深井打捞作业时间长,工具的耐用性和可靠性同样至关重要。在深井打捞中,管柱悬重与应力控制是关键。精确的悬重计算和应力管理措施,如加入加重杆调整重量分布、严格控制提升速度和加速度等,能够有效防止管柱拉伸、弯曲甚至断裂。同时,利用井下压力监测设备实时监测管柱所受压力,及时调整作业参数,确保作业安全。井眼清洗与携屑能力对深井打捞同样至关重要。选择合适的钻井液体系,并根据井下情况实时调整其性能,以保证井眼清洁和携屑效率。采用高粘度、高切力的钻井液,结合合理的循环速度,可以有效携带井底碎屑和落物至地面。此外,安装专门的井眼清洗工具,如刮泥器,可进一步提高清洗效果。

3.2 斜井打捞技术要点

斜井打捞作业面临的主要挑战在于井眼轨迹的倾斜,这对打捞工具的适应性和操作精度提出了更高要求^[2]。打捞工具需要具备在倾斜井眼中顺利下入和操作的能力,可能需要对常规工具进行结构改进,增加导向装置,以

确保其与落物的有效连接。专为斜井设计的打捞工具,如可调节角度卡瓦的打捞筒,能够根据井眼倾斜角度自动调整卡瓦抱紧方向,提高打捞成功率。在斜井中,提升和下放操作需谨慎进行。由于井眼倾斜导致的摩擦力变化,操作时应精确控制提升和下放速度,避免过快或过慢导致的管柱损坏或作业效率降低。通过悬重变化判断摩擦力情况,及时调整操作参数,并在提升过程中适当施加旋转力,帮助管柱顺利通过井眼中的弯曲段。准确的井眼轨迹监测与调整对斜井打捞至关重要。利用先进的井眼轨迹监测技术,如随钻测量和有线随钻测量设备,实时监测管柱和打捞工具的位置和姿态,根据监测结果及时调整下入方向和角度,确保打捞工具准确到达落物位置。

3.3 水平井打捞技术要点

水平井打捞技术面临诸多挑战,关键在于工具与管柱设计、重力与摩擦力应对及精确位置控制与操作。在工具设计上,需选用具有良好水平导向性能的打捞工具,并配以滚轮或滑板减少摩擦,同时管柱需具备高强度和柔韧性,以适应水平井的复杂环境。针对重力和摩擦力的影响,可借助辅助提拉装置抬起落物,合理选择润滑剂降低摩擦系数,并严格控制提升速度和拉力。在精确位置控制与操作方面,由于水平井井眼长且难以直观判断,需依赖高精度测量仪器实时监测打捞工具位置,根据测量结果精细调整操作参数。采用缓慢、轻微的操作方式,确保打捞工具准确对接落物,避免损坏。

4 打捞技术应用案例分析

4.1 大庆油田深井管类落物打捞

在大庆油田的开采作业中,位于松辽盆地的D-12号深井出现了管类落物问题。该井深度达到6000m,所使用的油管为直径73mm的标准油管。落物发生在一次常规修井作业时,由于提升设备的连接部件突发故障,导致一根长约30m的油管柱掉入井内。

打捞作业开始前,技术人员运用高精度的井径仪对井筒进行全面测量。测量结果显示,井筒在落物位置附近存在局部轻微变形,变形程度约为5%,但整体仍具备打捞作业的基本条件。针对该深井特点及管类落物情况,打捞团队选用可退式捞矛作为主要打捞工具。这种捞矛在遇到卡阻时,能方便快捷地退出落物,避免更严重的卡钻事故。在将可退式捞矛下入井内前,技术人员对其进行细致检查和调试,确保性能指标处于最佳状态。

随着打捞作业推进,当可退式捞矛下至距离落物顶端约5m处时,技术人员通过地面仪器设备密切监测井下情况,采用缓慢下放的操作方式,使捞矛准确对准落

物。经过多次微调,捞矛成功抓住落物。随后,技术人员缓慢上提打捞管柱,通过安装在管柱上的传感器实时监测上提力变化。当管柱上提力逐渐增加至约80kN时,落物开始有明显上移迹象。经过持续努力,最终成功将30m长的油管柱打捞至地面。此次打捞作业从开始到结束,总共耗时约10小时,不仅解决了管类落物问题,还未对井筒造成额外损伤,保障了该深井后续开采作业的顺利进行。

4.2 胜利油区斜井杆类落物打捞

在胜利油区的X-35号斜井中,该斜井井斜角为35°,垂深为3500m,出现了杆类落物情况。落物为抽油杆,直径25mm,落物长度约为50m,落物原因是抽油杆在长期的往复运动中发生疲劳断裂。

在开展打捞作业前,技术人员运用陀螺测斜仪对斜井的轨迹进行精确测量,绘制出详细的井眼轨迹图,为后续打捞工具的选择和下入提供重要依据。考虑到斜井的特殊井身结构以及杆类落物的特点,打捞团队决定采用偏心式捞筒作为打捞工具。偏心式捞筒能在斜井中更好地适应井眼轨迹,提高对落物的捕捉成功率。

在打捞作业过程中,技术人员首先将偏心式捞筒与带有扶正器的打捞管柱连接。扶正器确保打捞管柱在斜井中顺利下放,避免因井斜导致管柱与井壁发生过度摩擦或碰撞。当打捞管柱下至距离落物顶端约10m处时,技术人员通过调整绞车的下放速度和角度,使偏心式捞筒逐渐靠近落物。经过多次尝试,偏心式捞筒成功将落物套入。随后,技术人员缓慢上提打捞管柱。由于斜井的井斜影响,管柱上提力的变化较为复杂,技术人员通过地面监测设备,密切关注上提力和管柱的运动状态^[3]。当管柱上提力增加至约60kN时,落物开始被逐渐提起。在整个上提过程中,技术人员不断调整上提速度和力度,防止落物在井内再次掉落或卡阻。经过约12小时的紧张作业,成功将50m长的抽油杆落物打捞至地面,有效地恢复了该斜井的正常生产,为油区的原油开采提供了有力保障。

4.3 渤海海上油田水平井小件落物打捞

在渤海海上油田的H-20号水平井中,水平段长度为1500m,垂深为2800m。在一次完井作业过程中,不慎掉落了一个直径50mm、长度100mm的小型工具,属于小件

落物。由于海上作业环境复杂,成本高昂,对打捞作业的精准性和高效性提出了极高要求。

打捞作业前,技术人员利用先进的三维地震成像技术对水平井的内部结构以及落物位置进行精确定位。通过该技术,清晰确定落物位于水平段距离井口约1000m的位置。针对水平井的特点和小件落物的尺寸,打捞团队选用磁性打捞器作为主要打捞工具。磁性打捞器能利用强大的磁力吸附住金属材质的小件落物,具有较高的打捞成功率。

在将磁性打捞器下入井内时,技术人员采用专门的水平井输送工具,确保打捞器能顺利通过弯曲的水平段。当磁性打捞器下至距离落物位置约2m时,技术人员通过地面控制系统微调打捞器的位置和角度,使其磁场能最大限度地覆盖落物。经过一段时间的吸附作业,技术人员开始缓慢上提打捞管柱。通过安装在管柱上的压力传感器实时监测打捞器与落物之间的吸附力。当管柱上提力增加至约30kN时,表明落物已被成功吸附。随后,技术人员以平稳的速度将打捞管柱及吸附在其上的落物一同打捞至地面。此次打捞作业仅耗时约8小时,不仅高效解决了小件落物问题,还极大地降低了海上作业的成本和风险,为渤海海上油田的安全稳定生产提供了重要支持。

结束语

石油井下打捞技术复杂且关键,涉及基础原理、工具选择及精准打捞策略。各环节紧密相连,影响作业成败。实际案例表明,深入理解技术要点、灵活应用是高效解决井下落物问题的关键。随着石油开采难度增加,打捞技术需不断创新完善,以应对挑战,为石油行业持续发展奠定基础。只有不断提升打捞技术水平,才能确保石油开采的顺利进行,推动行业稳步前行。

参考文献

- [1]赵庆磊.石油钻修井作业打捞技术应用探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(15):221-222.
- [2]刘向鹏.石油井下作业管理及修井技术优化分析[J].化工管理,2020(06):208-209.
- [3]蒋转业.石油系统井下作业打捞技术应用解析[J].石化技术,2019,26(12):62-63.