

石油钻修井作业打捞技术应用与经济性

刘邦林（中石化西南石油工程有限公司井下作业分公司，四川 德阳 618400）

摘要：石油钻修井作业中，由于设备故障和人为操作失误，井下落物事故频繁发生。这些落物不仅威胁作业人员的安全，还可能导致严重的井控隐患。因此，提升井下落物打捞效率，制定科学、安全、经济的打捞计划尤为重要。本文从井下落物的种类、打捞工具及原理、辅助打捞工具、打捞技术措施及其发展趋势等方面进行探讨，并结合实际情况，分析这项技术应用具有的经济性。

关键词：石油钻修井；井下落物；打捞技术；安全性；经济性

0 引言

石油钻修井作业是一项复杂且高风险的工作，井下落物事故时有发生，这对于油井的安全生产构成威胁，还对操作人员的生命安全产生严重影响。井下落物种类多样，打捞难度大，如何高效、安全地打捞这些落物成为石油钻修井作业中的重要课题。通过分析井下落物的种类和打捞技术，探索有效的打捞方法，提高打捞效率，具有重要的实际意义。

1 井下落物的种类及其特点

1.1 小件落物

在石油钻修井作业中，小件的落物非常常见，比如扳手、螺帽、钻头等，经常会碰到这些小件物体，有着体积小，重量轻的特点，它们的形状和大小各不相同，这也会在实际操作中影响打捞，打捞的复杂性相对较高。由于这些东西在井下，可能是随机分布和无规则性的分布，导致它们非常容易陷入井底的缝隙或杂物堆里面，这无疑会增加打捞的难度。小件落物在井下的状态与井内的流体性质也有关系，井内的流体可能存在有水，泥浆等不同的状态，不同的流体对小件落物的沉降速度有不同的影响，对小件落物的最终位置也会造成一定的偏差。举例来讲，在高粘度的泥浆中，那么小件落物的沉降比较缓慢，容易漂浮在井液中。

1.2 杆类落物

侧斜杆，抽油杆等杆类工具在作业中使用非常频繁，且容易造成脱落，杆类落物往往长度较长，打捞时要考虑井内的位置和状态。杆类落物的长度和形状会决定它们在井内的分布和卡位的情况，这种情况需要打捞工具具有非常好的穿透力，而且要有扎实的固定能力。一般杆类落物在井下的位置，可能是直立的，也可能是倾斜的，甚至完全倒伏的。根据不同的情况，做出不同的方法选择。杆类落物由于其长度较长，

容易在井内产生弯曲，甚至断裂。特别是存在于紧闭不规则，还有井底情况较为复杂，就会导致打捞的难度大幅增加。因为需要考虑合理的打捞方式，要求打捞工具具有较强的加持力，以便在打捞时可以牢牢的抓住杆类落物，顺利拉出井底。

1.3 绳类落物

绳子落物也是频繁出现，各类的绳子在作业中有着非常广泛的应用，这不免造成由于操作失误，绳子也会落入井中，绳类落物的特点是容易发生缠绕，打捞的时候需要我们特别注意。绳类落物在井下会形成缠结、盘绕或卷曲，这种情况增加了打捞的难度。绳子本身的柔性和长度这两个关键因素会决定它们在井下容易与井壁纠缠在一起，有的也会与其他落物相互纠缠。此外，绳类落物的打捞还要考虑井内的流体情况，井内流体的性质和流速会影响绳子在井内的状态，在高粘度的泥浆中，绳子会出现悬浮状态，也许还会缓慢的下沉，但是在低粘度的油水混合液中，绳子可能会迅速下沉，而且跟井底物体纠缠在一起，这些情况都需要打捞作业人员对井内流体情况进行详细评估，制定出合适策略

1.4 管类落物

套管、油管、转换接头，这些管类物体也会经常在作业中掉落，这类落物它存在的特点是体积大，重量重，打捞难度较大。管类落物的尺寸和本身的重量决定了它在井下的位置和状态。根据这种特点，我们不难看出打捞工具要有具有足够的承载力和强度，才能保证打捞过程的顺利。管类落物在井下的状态可能存在三种：直立的、倾斜的、水平的。直立型管类落物相对容易打捞，因为位置较为固定，但倾斜或水平类管类落物，由于重心的不稳，容易在打捞过程中产生位移，甚至卡住井壁，打捞人员要根据落物具体情况，选择合适的打捞工具和打捞方法，确保打捞顺利。

2 打捞工具及其原理

2.1 锥类打捞工具

锥类打捞工具主要包括公锥和母锥。这些工具通过螺纹挤压落物腔壁内进行啮合,增加钻压和保持转速以实现打捞。公锥通常用于较小的落物,而母锥适用于相对较大的落物。操作时,工具旋转进入落物内部,螺纹与落物表面摩擦,逐渐深入并固定。锥类打捞工具结构简单、操作便捷,但需要在使用过程中保持适当的旋转速度和钻压,以确保螺纹能有效咬合。对于小件落物和部分杆类落物,锥类工具是理想选择,既能高效打捞,又能减少对落物的损伤。在实际操作中,选择合适的锥类打捞工具需考虑落物的材质、形状和大小。例如,对硬质金属落物,选用螺纹较深的锥体增加摩擦力;对表面不规则的落物,则选用螺纹较浅的锥体避免损坏表面。此外,需控制钻压和转速,以防螺纹滑脱或损坏。锥类工具适用于小件落物,也能用于部分杆类落物的打捞。

2.2 矛类打捞工具

矛类打捞工具分为滑块式、接箍捞矛和可退式打捞矛,主要通过机械原理实现井下落物的抓取和固定。滑块式打捞矛用于有通孔的油管和井下工具,利用摩擦力和斜向上的力进行打捞。打捞工具插入油管或工具的通孔时,滑块在自重和摩擦力作用下进入落物内壁,通过钻柱提升力使滑块咬入内壁,实现固定和提拉。

接箍捞矛适用于管类和杆类落物打捞,操作原理是通过卡瓦的自重和摩擦力实现咬合。工具插入带接箍的管类或杆类落物时,卡瓦向下移动,通过摩擦力固定并提拉。可退式打捞矛在管状井下落物打捞中应用广泛,通过卡瓦外膨胀力抓取落物。工具插入管状落物时,卡瓦外膨胀紧抓内壁,通过提升力提取落物。矛类工具的优势在于操作简便、打捞力强,但需控制膨胀力和提升力,防止卡瓦滑脱或损坏。

2.3 辅助打捞工具

打捞过程中,辅助工具如印模、磨铣工具、震击器、安全接头和切割工具等,为打捞提供有力支持。在不同井下条件下,辅助工具协助主打捞工具完成任务。印模通过可塑性将落物形状印在模具上,帮助确定具体形状和位置,为打捞提供准确信息。印模技术虽然实用,但依赖操作人员经验判断,可能导致误差。

磨铣工具用于对落物切割或磨削,改变形状或位置,便于打捞。震击器通过高频振动松动落物,使其移位便于打捞。安全接头连接固定打捞工具,确保稳

定性和安全性。切割工具对较大或较硬落物切割分解,便于后续打捞。合理使用辅助工具能提高打捞效率,降低成本,确保打捞安全顺利进行。

3 打捞技术措施及应用

3.1 井下成像技术的应用

井下成像技术能够提供井下落物的形状,位置以及周围环境的准确信息,为打捞作业提供精确的依据。常用的成像技术有声波成像和井下纤维成像。声波成像主要是通过声波反射原理来获取井下环境的图像信息,它的特点是有较高的分辨率,适用于复杂井下环境的勘测。声波成像技术的优点在于能够穿透井下的流体和固体物质,提高高清晰度的图像信息,通过声波成像操作人员可以非常准确的去判断落物的位置、形状、大小,了解落物周围的井壁情况,很好的避免打捞过程中损坏设备,破坏触碰井壁。井下纤维成像技术则能够提供实时的图像信息,可以让打捞人员不断的对打捞方案进行实时调整,提高打捞的成功率。实际应用中,通过声波成像技术检测墙壁的裂缝和损坏情况,有助于进行及时的修复,确保井下工作的安全。

3.2 计算机技术的应用

计算机技术在当今时代发展愈加迅猛,通过模拟仿真可以提前判断落物的形状和位置,制定打捞方案,并对方案进行相关的可行性分析。计算机模拟仿真技术可以根据井下成像来进行环境的三维模拟,通过模拟打捞过程,预测打捞的难点,甚至判断人员打捞的情况是否存在风险,优化打捞方案。

在打捞方案的制定过程中,计算机技术可以提供多种方案进行比较与分析,帮助打捞人员进行最优的选择。通过模拟不同的打捞工具和打捞方式来确定打捞所需要的最合适的方法,计算机技术根据井下情况的变化,我们可以不断进行打捞的实时调整,确保打捞顺利进行。计算机技术的优点非常明显,它有助于降低打捞的成本,而且可以提升打捞的效率,在打捞时可以减少大量不必要的实验,节约时间。计算机还能够分析打捞过程的数据,为之后的打捞作业提供指导。

3.3 磁力打捞工具的应用

针对小型的落物落入井内的情况,磁力打捞工具是一种不错的选择。磁力打捞工具可以通过磁力吸附铁质来进行落物的取出。这种工具的优点是结构简单,操作便捷,不需要复杂的机械装置,就能适用于井下环境,来进行小型落物的打捞。

磁力打捞工具的应用主要包括两种方式:一是通

过固定磁铁,将磁铁放置在井下落物附近,将其吸附在磁铁上,通过提升装置,将磁铁和落物一起提起。二是通过电磁铁,通过电流控制磁铁的磁力,使其在需要时产生磁力,吸附落物,然后通过控制电流断开磁力,将落物提起。这两种方式各有优缺点,固定磁铁适用于落物位置明确的情况,而电磁铁适用于落物位置不确定或需要精确控制的情况。

一把抓是另一种常用的打捞工具,通过机械爪的方式抓取小件落物。它的优点在于能够抓取各种形状和材质的落物,适用范围广,但需要较高的操作精度和经验。操作人员需要通过井下成像技术和其他检测手段,准确判断落物的位置和形状,然后通过控制机械爪的运动和抓取力,将落物抓住并提起。这种综合使用的方法能够充分发挥各种打捞工具的优势,提高打捞效率和成功率。

4 经济性分析

4.1 打捞技术的成本效益分析

在实施打捞技术时,进行详尽的成本效益评估是至关重要的,以确保方案的经济性和可行性。一个精心设计的打捞策略不仅能控制成本,还能提升整体收益。首要步骤是选取适宜的打捞装备与方法,这能显著缩短作业周期,增强作业效能。利用先进的地下成像技术与计算模拟手段,可事先洞察井内遗落物体的详情,从而制定出最优化的打捞计划,防止非目标性行动和反复施工,节约大量人力与物资。

同时,成本效益考量还须涵盖打捞器械的耐用性和保养开支。虽然高质量的打捞工具可能面临较高的初次投资,但其在服务期间内能大幅削减维修频率,长远来看,这将显著缩减总体开销。打捞团队的专业技能同样对作业成效起着决定性作用。定期的技能培训和实战经验分享能增强工作人员的应对能力,进而提高打捞任务的完成度,减少不必要的支出。

4.2 安全性与经济性的平衡

打捞作业的安全性直接关系到作业人员的生命安全和设备的完好性。因此,在打捞过程中,必须将安全性在打捞作业领域,确保安全与追求经济利益之间的和谐共存是一项核心挑战。人员安全与设备完整无损是打捞活动不可动摇的基石,因此,任何打捞计划都必须将安全性置于最高优先级,与此同时,努力实现成本的有效控制,以达到两者的最优平衡。

为达成这一目标,打捞方案的设计阶段需全面审视作业区域特性、井内遗留物属性及潜在隐患,旨在

甄选那些既安全又具成本效益的打捞技术与工具。预先开展细致的风险分析,构建周密的安全应对机制,并强化现场人员对标准操作程序的遵循,都是实现安全与经济并重的关键步骤。

确保安全与经济性的均衡,还要求作业前进行彻底的风险识别与评估,建立详尽的安全应急计划,且所有参与者都必须恪守安全准则。在打捞作业的每一个环节,都应部署充分的安全防护措施,包括但不限于对打捞装置的常规检测,确保其时刻保持最佳运行状态。此外,营造一种开放沟通的文化,鼓励员工主动上报作业中遇到的任何不寻常状况,对于预防由忽视细节引发的安全事件至关重要。

4.3 新技术应用的经济性

创新技术的应用,诸如无线井下成像系统与计算机辅助模拟仿真,对提升打捞作业的效率与经济效益展现出显著潜力。无线井下成像技术凭借其即时传输高清视图的能力,为操作者提供了井筒内部环境的清晰视角,使得定位与评估落井物品的位置与状况变得更为精准,从而避免了无目的的尝试与不必要的重复劳动,显著降低了作业成本。

计算机模拟仿真技术通过构建精细的三维模型来复现井下环境与遗落物体,允许工程师在虚拟环境中预演打捞流程,这不仅有助于提前识别潜在的障碍,还能精炼打捞策略,减少实际操作中的试验与修正所需的时间与资源,进一步压缩了成本。这种技术的应用极大地提升了决策的准确性与效率,为打捞工程带来了显著的经济优势。

5 结论

石油钻修井作业中的井下落物打捞是一项复杂而具有挑战性的任务。通过科学合理的打捞技术和工具,能够有效提升打捞效率,保障作业安全。同时,随着技术的发展,新技术的应用在打捞中展现出巨大的潜力,为石油钻修井作业的经济性和安全性提供了有力保障。未来,随着技术的不断进步和应用的深入,井下落物打捞技术将会迎来更广阔的发展空间。

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] 张译,王方超.石油钻修井作业打捞技术应用探析[J].中国石油和化工标准与质量,2020(13):217-218.
- [3] 苟学永,姜涛,张峰.探讨小套管井修井作业技术与应用[J].中国科技博览,2013(20):29.