

石油钻井工程事故的原因及应对措施

杨志宽

中国石油天然气集团有限公司西部钻探工程有限公司员工实训中心, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要] 石油钻井工程中, 常见的工程事故包括井喷失控、卡钻、断钻具等类型。这些事故的诱发原因多和工程地质、钻井技术、现场施工管理等相关。本文通过分析事故诱发原因, 针对地质因素、操作失误、设备故障、技术因素、环境影响、施工管理等方面进行深入分析, 提出井喷失控、卡钻、断钻具的现场处理方案, 以期望提升钻井工程安全及施工效率。

[关键词] 石油钻井; 工程事故; 原因; 应对措施

DOI: 10.33142/ect.v2i8.13031

中图分类号: TE28

文献标识码: A

Causes and Countermeasures of Oil Drilling Engineering Accidents

YANG Zhikuan

Employee Training Center of CNPC Xibu Drilling Engineering Company Limited, Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: In petroleum drilling engineering, common engineering accidents include uncontrolled blowout, stuck drilling, and broken drilling tools. The causes of these accidents are often related to engineering geology, drilling technology, and on-site construction management. This article analyzes the causes of accidents, and conducts in-depth analysis on geological factors, operational errors, equipment failures, technical factors, environmental impact, and construction management. It proposes on-site treatment plans for uncontrolled blowout, stuck drilling, and broken drilling tools, in order to improve the safety and construction efficiency of drilling engineering.

Keywords: oil drilling; engineering accidents; causes; countermeasures

引言

随着石油资源的深层开采和复杂地层的钻井作业, 钻井工程事故的发生频率和影响逐渐引起人们的关注。石油钻井工程事故主要包括井喷失控、卡钻、断钻具等类型。本文通过系统分析事故发生的原因, 提出科学合理的应对措施, 保障钻井作业的顺利进行。

1 石油钻井工程的事故类型

1.1 井喷失控

地层压力高于井底压力时, 地层流体无控制地进入井筒, 并喷出井口 2 米以上的现象。井喷失控可分为地面失控和地下失控两种类型, 其中地面失控又分为环空失控和管柱内失控两种。不论何种类型, 井喷失控都会导致施工中断、环境污染以及人员伤亡等严重后果, 对钻井工程造成巨大损失。

1.2 卡钻事故

卡钻事故是指在钻井作业中, 钻具被卡死的现象。常见的卡钻事故类型有沉砂卡钻、粘吸卡钻、键槽卡钻等。

(1) 沉砂卡钻, 亦称为砂桥卡钻。这种情况发生在井筒的直径出现不规则变化时, 特别是在井筒扩径区域。当钻井液通过这些扩径区域时, 由于流速的降低, 钻井液携带的钻屑会因重力作用而下沉。这些下沉的钻屑在井筒的缩径处积累, 形成一种类似桥梁的结构, 即所谓的“砂桥”。这种砂桥的形成会阻塞钻井液的流动, 导致钻具无法自由移动, 从而引发卡钻现象^[1]。

(2) 粘吸卡钻也叫压差卡钻, 是指钻具被井壁上的滤饼粘吸住而造成的卡钻。通常出现在含有黏土的地层中, 钻具会因受到吸附力的影响而被卡住。

(3) 键槽卡钻是指在钻井施工中形成键槽, 键槽的直径稍大于钻杆接头, 但小于钻铤和钻头直径, 起钻时钻铤或钻头插入键槽的底部而被卡住的现象。卡钻前, 下钻畅通无阻; 起钻进遇卡位置比较固定, 钻具常有偏磨现象; 上提遇卡时钻具能下放、能转动、但起不出来。

1.3 断钻具事故

在钻井作业过程中, 钻具发生断裂的情况, 主要包括钻铤断裂、钻杆断裂、接头断裂等。钻铤断裂通常由于钻铤受到交变应力的影响而导致, 可能由于钢材疲劳、材质缺陷或操作不当等原因引发; 钻杆断裂是指钻杆在钻井过程中因受到过大拉力或扭矩而断裂, 主要是由于钻杆质量不合格、钻杆磨损老化或操作失误等因素引起; 接头断裂是指配合接头在工作过程中发生的疲劳或过载而断裂的现象。

2 石油钻井工程事故的原因

2.1 地质因素

地质因素在石油钻井工程事故中起着至关重要的作用, 其复杂性和多样性使其成为事故发生的重要原因。

(1) 地层压力异常。导致异常高压的成因是多方面的, 主要有以下 7 种: 压实作用、构造运动、黏土成岩作用、密度差的作用、流体运移作用、水热增压作用、盐丘与盐层。

(2)地质构造复杂。地质构造的复杂性包括断裂带、褶皱、断层等,这些地质构造会导致钻井过程中地层稳定性差、岩层断裂、井眼垮塌等问题,增加事故发生的风险。

(3)地层岩性变化。在钻井过程中,遇到地层岩性变化,会导致钻头失效、钻井液循环受阻、井壁垮塌等问题,进而引发事故。

(4)地下水突出,会导致钻井液性能变差、井眼垮塌、溢流等问题,增加钻井操作的难度。

2.2 操作失误

工作人员因为疲劳、注意力不集中、违章操作等原因,都会导致在操作过程中出现错误,进而造成事故发生。

2.3 设备故障

石油钻井工程中的设备故障是指钻井设备在运行过程中出现的任何功能失效或损坏,这可能包括机械故障、电气故障、控制系统故障等。设备故障是由于设备老化、制造缺陷、操作不当等原因引起。当操作人员未能及时发现设备故障或者未能正确应对设备故障时,就可能导致事故的发生,设备故障可能导致钻头失效、钻具断裂等问题,从而引发事故。

2.4 技术因素

技术因素包括工艺流程、监控系统等方面的问题,对石油钻井工程的安全性和稳定性有着直接影响。如果钻井工艺流程设计不当,将会增加事故的发生概率。如果监控系统失效或者监控数据不准,将会导致事故发生时无法及时发现和处理。

2.5 管理因素

如果缺乏有效的施工安全管理制度和操作规程,对钻井作业过程的监督和检查不到位,未能及时发现和消除安全隐患,就会导致事故的发生。

3 石油钻井工程事故应对措施

3.1 井喷失控事故应对措施

(1)严防着火,迅速停止所有机械和电气设备的运行,启用专用的防爆探照灯以确保现场的照明安全。同时,必须立即熄灭所有可能引发火灾的火源,并设立警戒区域,以防止无关人员进入危险区域。对于现场的易燃易爆物品,如氧气瓶和油罐,必须迅速将其转移至安全区域,远离可能的火源。为了进一步降低火灾风险,应立即启动储水和供水系统,确保有足够的水源用于灭火。在条件允许的情况下,应通过注水管线向井口注水,以降低油气喷流的温度,或使用消防水枪对油气喷流及井口周围的设备进行喷水降温^[2]。

(2)立即向上一级主管部门及建设单位汇报,由油田公司启动所属油田公司的井控应急预案,负责及时向当地政府和安全生产监管部门报告。协助当地政府做好井口500m范围内居民的疏散工作;设置观察点,定时取样,测定井场各处天然气、硫化氢和二氧化碳含量,划分安全范围。在警戒线以内,严禁一切火源;并有消防车、救护

车、医护人员和技术安全人员在井场值班。

(3)成立由油田公司、钻探公司主管领导、井控专家及钻井公司主要领导参加的现场抢险指挥部,根据失控状况制定抢险方案,统一指挥、组织和协调抢险工作。根据监测情况决定是否扩大撤离范围。

(4)发生井喷事件,尤其井喷失控事件处理中的抢险方案制订及实施,要把环境保护同时考虑,同时实施,防止出现次生环境事故。

(5)抢险中每个步骤实施前,均应按SY/T 6203《油气井井喷着火抢险作法》中的要求进行技术交底、模拟演习和人身安全防护。

(6)井口装置和井控管汇完好条件下井喷失控的处理如下:

首先,对防喷器及其井控管汇进行全面检查,确保其密封性能和固定状态符合要求。接着,检查方钻杆的上下旋塞阀,确保其密封性能良好,以防止任何泄漏的发生。如果井内存在钻具,必须采取有效措施防止钻具因压力变化而上顶,确保作业安全。在处理过程中,必须严格遵守相关规定和指令,使用机动设备、发电机以及电焊、气焊等设备。同时,对油罐、氧气瓶、乙炔瓶等易燃易爆物品实施严格的安全保护措施,以防发生意外。迅速组织资源,准备足够的压井液,其量应为井筒容积的2至3倍,以确保能够有效地进行压井作业。一旦具备压井条件,应立即采用特殊的压井方法进行作业。对于那些具备投产条件的井,经相关部门批准后,可以采用原钻具进行钻杆挂接,以完成钻井作业^[3]。

(7)含硫化氢井喷失控后的处理:

①当含硫化氢天然气井发生井喷失控,满足以下任一条件时,必须在15分钟内执行井口点火操作:井喷失控发生在气井中,且在距离井口500m范围内有未撤离的公众存在;距离井口500m范围内的居民点,硫化氢的3分钟平均浓度达到100ppm,并且该区域内存在未采取防护措施的公众;井场周围1公里范围内缺乏有效的硫化氢监测设备;如果井场1.5公里范围内没有常住居民,可以根据实际情况适当延长点火时间。

②油气井点火决策人、点火人以及点火操作程序和方式等相关内容应在基层现场应急预案中明确。点火决策人为甲方的现场代表或甲方的委托人,达到点火条件后,由决策人向现场驻井监督下达点火指令,驻井监督向井队现场值班干部传达指令。点火操作程序:点火由井队现场值班干部负责实施,点火方式由各工程技术服务企业按照相关规定和点火装置配备情况自行制定,并在基层队应急处置预案中明确。

3.2 卡钻事故应对措施

首先对卡钻情况进行初步评估,确定卡钻的原因和程度。分析钻井数据、钻井液性能、地层信息等。如果卡钻是由于井眼垮塌或地层不稳定引起的,需要调整钻井液性

能,如增加密度、改善泥饼质量等,以稳定井眼^[4]。

根据卡钻的具体原因,调整钻井液性质和密度等,以尽快解卡。根据卡钻的位置和原因,选择合适的措施进行作业,如注入解卡液等。保持或恢复钻井液循环,以帮助清除井眼中的障碍物。

具体可采取如下措施:(1)向井眼中注入解卡剂。如化学溶剂、润滑剂等,以降低钻具与井壁之间的摩擦力,帮助解卡。(2)尝试旋转钻具。在允许范围内旋转钻具,通过改变钻具与井壁的接触状态,帮助解卡。(3)倒扣套铣。先将卡点以上钻具倒开提出,再下套铣筒套铣,最后下入反扣工具和反扣钻具进行打捞。(4)侧钻。绕过卡钻井段,重新钻出新井眼。

3.3 断钻具事故应对措施

一旦发生断钻具事故,应立即启动预先制定的事故应急预案,并迅速组织应急救援队伍前往事故现场,在最短的时间内控制事故,减少可能的损害。同时,为防止油气泄漏,减少环境污染和安全风险,必须加强溢流监测,做到“发现溢流立即正确关井,疑似溢流立即关井检查”^[5]。

根据断钻具的位置和情况,选择相应的打捞措施,如使用公锥、母锥或者卡瓦打捞筒进行钻具打捞。如果断钻具事故可能导致井壁不稳定,存在井壁垮塌的风险,必须及时采取灌浆措施,保持井筒具有足够的液柱高度,避免次生安全事故的发生。

下面重点介绍一下断钻具事故处理中常用的LT可退式卡瓦打捞筒。

LT可退式卡瓦打捞筒特点:

- (1)卡瓦与落鱼接触面积大,不易损坏落鱼;
- (2)鱼头有毛刺可用铣鞋进行修理;
- (3)进出鱼头操作简单;
- (4)抓住落鱼后可循环;
- (5)卡瓦打捞筒的抗拉强度大。

LT可退式卡瓦打捞筒的工作原理:

(1)在打捞筒的设计中,关键的抓捞部件包括螺旋卡瓦和篮状卡瓦。这些卡瓦的外部装饰有宽锯齿螺纹,而内部则配备有抓捞牙,两者均为左旋螺纹设计。这种设计使得卡瓦与筒体之间的配合间隙较大,从而允许卡瓦在筒体内有一定的移动范围,实现膨胀和收缩的功能。

(2)一旦落鱼被引导进入捞筒,卡瓦会在筒体内向上移动。在此过程中,轴向压力的作用下,落鱼被推进卡瓦内部。随着卡瓦的继续上行和膨胀,其坚硬且锋利的卡瓦牙利用弹性力将落鱼牢牢咬合并固定。

(3)在上提钻柱的过程中,卡瓦在筒体内相对向下移动。由于宽锯齿螺纹的纵断面设计为锥形斜面,卡瓦会自然地带动沉重的落鱼向锥体的小锥端方向移动。这一过程中,落鱼的全部重量通过卡瓦传递至筒体,确保了打捞过程的稳定性和有效性。

LT可退式卡瓦打捞筒的操作要点:

在进行下钻操作之前,必须精确计算鱼顶方入、铣鞋方入以及打捞方入,确保所有数据准确无误。在下钻过程中,应严格按照钻具规定的紧扣扭矩来上紧每一道钻具螺纹,特别是对于411扣型的钻具,应使用液压大钳,设定上扣扭矩为40KN·m(对应6MPa压力)。在连接捞筒至捞柱时,确保大钳不夹卡在筒体上,以防止对筒体造成损伤,同时确保紧扣扭矩与捞柱相匹配。

将可退式打捞筒定位至距鱼顶0.3~0.5m的位置后,启动泵进行循环,以清洗鱼顶周围的沉积物。随后停止泵操作,顺时针间断转动并缓慢下放钻具,以试探鱼顶的确切位置。一旦根据打捞方入和打捞钻具悬重的变化判断出落鱼已进入卡瓦打捞筒,应立即停止下放钻柱,并停止转动。此时,施加30至50KN的钻压,促使落鱼完全进入卡瓦。

缓慢上提钻具,并根据悬重的变化情况来判断是否成功捞获。若未成功,可重复上述试探和施压步骤。若确认捞获,应停泵并将落鱼提高井底0.5至0.8m,进行2至3次猛刹操作。若新增悬重无变化,则可以进行起钻操作。

在捞获后,若落鱼已卡,需要在井下退出打捞筒时,首先使用50至200KN的钻柱重力或下击器进行下击,以松开卡瓦与落鱼外壁之间的咬合。接着上提钻柱,使其悬重小于打捞悬重5KN,然后顺时针转动钻柱3至5圈,重复此操作直至成功退出打捞筒。若无法退出,建议使用地面震击器,施加5至10吨的震击力进行多次震击。

如果在鱼顶方入找不到鱼头,且已确认打捞钻具长度校核无误,可在打捞筒上安装加大引鞋或壁钩,以提高打捞效率。鱼顶轴向不规则时,使用加长节打捞。

4 结束语

石油钻井工程事故的原因及应对措施,对石油钻井工程意义重大。希望通过本文的分析,能够为石油钻井工程事故的预防与处理提供帮助。

[参考文献]

- [1]张志伍,贺世莉.石油钻井工程事故的原因及应对策略[J].化学工程与装备,2023(12):235-236.
- [2]鲍锦祥.石油钻井工程事故的原因及应对策略[J].化工设计通讯,2023,49(2):21-23.
- [3]刘强,罗茂.谈石油钻井工程事故的原因及应对策略[J].清洗世界,2022,38(9):178-180.
- [4]陈建林.试论石油钻井工程事故的预警技术[J].石化技术,2022,29(4):103-104.
- [5]任敏.石油钻井工程事故预警技术研究[J].西部探矿工程,2021,33(6):49-50.

作者简介:杨志宽(1968.11—),毕业院校:西南石油大学,所学专业:石油工程,当前就职单位名称:中国石油天然气集团有限公司西部钻探工程有限公司员工实训中心,就职单位职务:培训教师,职称级别:中级。