

# 石油钻井工程事故的原因及应对策略

王晓波 石磊

中海石油(中国)有限公司天津分公司 天津 300458

**摘要:** 石油钻井工程事故频发,主要源于地质条件复杂、设备故障、操作不当及制度管理缺失等多重因素。地质勘测不足易导致钻井坍塌,设备老化与维护不善则增加井喷、钻具异常等风险。操作人员技能不足与违规作业更是事故的直接诱因。为应对这些挑战,需强化地质勘探、优化设备维护、提升操作技能并完善管理制度,确保钻井作业安全高效进行。

**关键词:** 石油钻井; 工程事故; 原因; 应对策略

## 1 石油钻井概述

石油钻井是油气勘探开发的核心环节,旨在深入地下数千米,穿透复杂地质层,寻找并开采深藏的石油与天然气资源。这一过程涉及高精尖的技术与设备,从选址调研、地质勘探到钻井设计、井位部署,每一步都需严谨科学。钻井时,使用特制钻头与钻杆组合成的钻柱,在动力设备的驱动下旋转并深入地层,同时泥浆循环系统持续作业,既冷却钻头、清除岩屑,又保持井壁稳定。随着科技的进步,石油钻井技术日新月异,如水平井、多分支井等复杂结构井的出现,极大提高了油气采收率。智能化、自动化技术的应用,如远程监控、智能导向钻井系统等,进一步提升了钻井作业的安全性与效率。石油钻井不仅是能源开发的前沿阵地,也是技术创新与进步的重要舞台。

## 2 石油钻井工程事故的主要原因

### 2.1 井喷事故

石油钻井工程事故的主要原因复杂多样,其中井喷事故尤为严重且危险。井喷,是地层中流体(如石油、天然气)不受控制地喷出地面或流入井内其他地层的现象。这一事故的主要原因包括;地层压力掌握不准确,在钻井过程中,若对地下油气层的压力测试不准确,或者未能充分理解地层特性,就可能导致泥浆液柱压力无法平衡地层压力,从而引发井喷。泥浆性能问题,泥浆在钻井中起着平衡地层压力、冷却钻头、清除岩屑等多重作用。若泥浆的密度、粘度等性能不符合设计要求,或者泥浆中的气体滞留未及时处理,都会降低泥浆的抑制能力,增加井喷风险<sup>[1]</sup>。操作不当与疏忽管理,钻井作业对操作人员的技能和责任心要求极高。起钻速度过快、泥浆灌注不及时、防喷设施使用不当或未能按规程进行井控作业等,都可能直接导致井喷事故的发生。设备故障与维护不足,钻井设备在恶劣环境下长时间运

行,若未能按时进行维护保养,一旦出现故障,如泥浆泵失效、防喷器失灵等,将严重影响井控能力,增加井喷风险。

### 2.2 钻井坍塌

石油钻井工程事故中,钻井坍塌是一个严重且常见的问题,地质条件复杂多变,钻井作业常常面临复杂的地质环境,如断层、裂缝发育带、软弱地层等。这些地质构造的稳定性较差,易在钻井过程中失去支撑力,导致井壁坍塌。泥浆性能不适宜,泥浆在钻井中扮演着支撑井壁、平衡地层压力的重要角色。若泥浆的密度、粘度等性能未能根据地层变化及时调整,或者泥浆中固相含量过高,都可能降低其对井壁的支撑能力,从而引发坍塌。钻井参数不合理,钻井过程中,钻压、转速、排量等参数的选择应基于地层特性和钻井目标。若参数设置不当,如钻压过大导致井壁破碎,或转速过快加剧对井壁的冲刷,都可能加剧坍塌风险。技术措施不到位,在钻井作业中,应采取一系列技术措施来预防坍塌,如使用套管、注水泥浆加固井壁、调整钻井液性能等。若这些措施未能有效实施或执行不力,将增加坍塌发生的可能性。井身结构设计不合理,井身结构的设计应充分考虑地层压力、岩石力学特性等因素。若设计不合理,如套管层次不够、下入深度不足等,将无法为井壁提供足够的支撑,导致坍塌事故发生。

### 2.3 钻具异常

钻井过程中,钻具长时间在高压、高温、高摩擦的环境下工作,容易发生磨损和疲劳。若未能及时检查和维修,磨损严重的钻具可能会突然断裂或失效,导致钻井作业中断。钻具的设计不合理或制造过程中存在质量问题,如材料选择不当、加工精度不足等,都会降低钻具的强度和耐用性。这些缺陷在钻井作业中可能逐渐暴露出来,引发钻具异常。钻井作业对操作人员的技能

和经验要求较高。若操作人员对钻具性能不熟悉、操作不规范或疏忽大意,如过度施压、转速过快等,都可能对钻具造成损伤或导致其异常工作。复杂的地质条件,如硬岩层、破碎带、裂缝发育区等,对钻具的磨损和冲击更为严重。在这些地层中钻井时,钻具更容易出现异常。钻井作业常在野外进行,受到自然环境的影响较大。如极端天气、恶劣的工作环境等,都可能对钻具造成不利影响,增加其异常的风险<sup>[2]</sup>。

### 3 石油钻井事故的应对原则

#### 3.1 科学性

科学性原则强调在应对钻井事故时,必须基于科学的方法和理论进行决策和行动。(1)准确分析事故原因。利用专业知识和技术手段,对事故现场进行全面、细致的调查,准确判断事故发生的根本原因。(2)科学制定应对方案。基于事故分析结果,结合现场实际情况,科学合理地制定应对措施和方案,确保方案的有效性和可行性。(3)实施专业救援操作。在救援过程中,遵循专业操作规程,采用科学的救援技术和方法,确保救援工作的安全、有序进行。

#### 3.2 安全性

安全性原则是石油钻井事故应对中的首要原则,要求在任何情况下都要将人员安全放在首位。第一、确保人员安全撤离,在事故发生时,首要任务是确保现场人员的安全撤离,避免人员伤亡。第二、加强安全防护措施,在救援过程中,必须为救援人员提供充分的个人防护装备,确保他们在安全的环境下进行工作。第三、预防次生灾害发生,在应对事故的同时,要密切关注事故现场及周边环境的变化,采取有效措施预防次生灾害的发生,确保事故不会进一步扩大。

#### 3.3 快捷性

快捷性原则要求在应对石油钻井事故时,必须迅速、高效地采取行动,以最大限度地减少事故造成的损失。其一、迅速启动应急预案,一旦事故发生,应立即启动应急预案,迅速调集救援力量和物资,为救援工作赢得宝贵时间。其二、快速响应与决策,在事故初期,要迅速对事故进行评估和判断,并立即做出决策,启动相应的救援程序。其三、高效协同作战,在救援过程中,各救援力量之间要加强沟通协调,形成合力,确保救援工作的高效进行。要加强与当地政府、公安机关等相关部门的协作配合,共同应对事故挑战。

### 4 针对石油钻井安全隐患的应对策略

#### 4.1 井喷预防策略

井喷作为石油钻井过程中最为严重的安全隐患之

一,其预防工作至关重要。为了有效预防井喷事故的发生,在钻井作业前,必须进行深入的地质勘探工作,准确掌握地下油气层的分布、压力、温度等关键参数。通过先进的地球物理勘探技术和测井资料分析,建立精确的地质模型,为钻井设计和井控策略提供科学依据。加强对地层压力的实时监测和预测,确保泥浆液柱压力始终能够平衡或超过地层压力,防止井喷的发生。泥浆在钻井过程中起着至关重要的作用,其性能直接影响井壁的稳定性和井控效果。应根据地层特性及时调整泥浆的密度、粘度、失水率等性能指标,确保泥浆具有良好的携岩、护壁、防漏和抑制地层流体侵入的能力。还需制定完善的井控设计方案,包括防喷器组的安装、试压、应急演练等,确保在井喷发生时能够迅速、有效地进行处置<sup>[3]</sup>。钻井过程中应实施严格的监控措施,利用现代化的钻井监控系统 and 数据分析技术,实时监测钻井参数、地层压力变化、泥浆性能等关键指标。一旦发现异常情况,应立即采取相应措施进行调整和纠正。建立健全的风险管理机制,对钻井作业中可能存在的风险进行识别和评估,制定针对性的风险防控措施和应急预案,确保在风险发生时能够迅速响应、有效控制。钻井作业人员的技能水平和应急能力直接关系到井喷预防的效果。应加强对钻井作业人员的培训和教育,提高他们的专业技能和井控意识。定期组织井控知识培训和应急演练活动,使作业人员熟悉井控设备的操作方法和应急预案的执行流程,建立健全的应急响应机制,确保在井喷事故发生时能够迅速启动应急预案、调动救援力量、开展有效的救援工作。

#### 4.2 坍塌预防策略

钻井坍塌是石油钻井中常见的安全隐患之一,其预防工作需要从多个方面入手:井身结构的设计应充分考虑地层特性、岩石力学性质等因素,通过合理的套管层次和下入深度设计,为井壁提供足够的支撑和保护。在易坍塌地层中,可采用特殊材料或加固措施增强井壁稳定性。泥浆在钻井过程中不仅起到冷却钻头、清除岩屑的作用,还承担着支撑井壁、平衡地层压力的重要职责,应根据地层特性调整泥浆的密度、粘度等性能指标,确保泥浆能够形成有效的泥饼并紧密贴合井壁。还应控制泥浆中的固相含量和含砂量等指标,防止泥浆性能恶化导致井壁失稳。钻井过程中应实施严格的监控和管理措施,确保钻井参数合理、操作规范,通过实时监测钻井参数如钻压、转速、排量等以及泥浆性能指标如密度、粘度等的变化情况,及时发现并纠正异常情况,加强对钻井作业人员的培训和教育提高他们的操作技能

和安全意识减少因人为因素导致的坍塌事故。在易坍塌地层中钻井时可采取工程技术措施加固井壁如使用水泥浆进行固井作业、采用化学堵漏剂封堵裂缝等。这些措施可以有效提高井壁的强度和稳定性降低坍塌风险。

#### 4.3 钻具异常预防策略

钻具在制造和使用过程中应严格遵循相关标准和规范进行质量控制和检验。确保钻具材料的选择合理、加工精度符合要求、热处理工艺得当等。在使用前应对钻具进行全面检查确保其无裂纹、磨损等缺陷存在。钻井作业中应合理使用钻具避免过度施压、转速过快等不当操作导致钻具损坏或失效,定期对钻具进行维护保养如清洗润滑、更换磨损部件等确保其处于良好的工作状态。还应建立完善的钻具使用记录和管理制度以便追踪钻具的使用情况和维护历史。通过安装传感器和监测设备实时监测钻具的工作状态和性能参数如振动、温度、扭矩等。一旦发现异常情况如振动加剧、温度升高等应立即采取措施进行处理防止钻具进一步损坏或引发事故。建立钻具异常预警系统对潜在的风险进行预测和评估提前采取措施进行防范。

#### 4.4 完善与规范石油钻井的制度管理

在石油钻井作业中,完善与规范制度管理是确保安全生产、预防安全隐患的重要基石。首先,应建立健全的钻井作业管理制度体系,明确各级管理人员和操作人员的职责与权限,确保各项工作有章可循、有据可查。其次,制定详细的操作规程和安全标准,涵盖钻井作业的全过程,包括钻井前准备、钻井过程控制、事故应急处理等各个环节,确保作业过程的安全性和规范性。加强制度执行的监督与考核,建立奖惩机制,对违反制度规定的行为进行严肃处理,激励员工自觉遵守规章制度,形成良好的安全生产氛围。还应定期组织制度培训和宣贯活动,提高员工对制度的理解和执行力,确保制度管理的有效性和持续性。

#### 4.5 做好钻井设备的维护和检修工作

钻井设备是石油钻井作业的核心工具,其性能状态直接关系到作业的安全和效率。应建立完善的设备维护管理制度,明确设备的维护周期、维护内容和维护标准,确保设备得到及时、有效的维护。加强设备的日常巡检和定期检查工作,及时发现并处理设备存在的隐患和问题,防止设备故障引发安全事故,注重设备的润滑

和保养工作,确保设备各部件运转灵活、磨损减少<sup>[4]</sup>。还应建立设备故障应急处理机制,制定详细的故障处理流程和应急预案,确保在设备发生故障时能够迅速响应、有效处置。加强设备维护人员的培训和管理,提高他们的专业技能和责任心,确保设备维护工作的高质量完成。

#### 4.6 建立石油钻井工程事故的安全处理中心

为了有效应对石油钻井工程事故,降低事故损失和影响,建立石油钻井工程事故的安全处理中心显得尤为重要。建立事故预警系统,通过实时监测钻井作业过程中的各项参数和指标,及时发现并预警潜在的安全隐患和风险,制定详细的应急预案和应急响应流程,明确各级应急响应人员的职责和任务,确保在事故发生时能够迅速启动应急预案、调动应急资源、开展有效的救援工作。加强应急演练和培训活动,提高应急响应人员的应急能力和协同作战能力。在事故发生后,安全处理中心应迅速组织事故调查工作,查明事故原因和责任,提出改进措施和建议,防止类似事故再次发生。还应建立事故总结与改进机制,对事故处理过程进行回顾和总结,提炼经验教训和成功做法,不断完善和优化安全管理制度和应急响应机制。通过建立石油钻井工程事故的安全处理中心,可以显著提高石油钻井作业的安全性和可靠性,为石油工业的可持续发展提供有力保障。

#### 结束语

石油钻井工程事故的预防与处理是保障能源安全与促进产业发展的重要环节。通过深入分析事故原因,认识到加强地质勘探、设备维护、人员培训及制度管理的重要性。未来,应持续引入新技术、新方法,提升钻井作业的智能化、自动化水平,同时建立健全的事故应急处理机制,确保钻井工程在复杂多变的环境中安全、稳定地运行,为石油工业的可持续发展贡献力量。

#### 参考文献

- [1]杨岳鹏.探讨石油钻井工程事故的原因及应对策略[J].中国石油和化工标准与质量,2020,040(001):80-81.
- [2]吴波.探讨石油钻井工程事故的原因及应对策略[J].中国石油和化工标准与质量,2019,v.39;No.489(07):96-97.
- [3]傅为勇.石油钻井工程事故的原因及应对策略[J].工程技术研究,2020,5(17):197-198.
- [4]于大维.石油钻井工程事故的原因及应对策略[J].化工管理,2019(30):65-66.