

石油钻井工程存在的风险因素与防控策略分析

刘洪辉

胜利石油工程公司钻井工艺研究院 山东东营 257000

摘要: 本文深入剖析了石油钻井工程中存在的地质风险、设备故障风险、安全风险以及环境风险等主要风险因素,并针对各类风险提出了相应的防控策略。通过科学的风险评估与有效的防控措施,旨在降低石油钻井工程的风险水平,保障工程顺利进行,实现安全、高效、环保的钻井作业目标。

关键词: 石油钻井工程; 风险因素; 防控策略

引言

石油钻井工程是石油勘探和开发过程中至关重要的一环,其特点是高投入,高风险和高技术含量。钻井时面临许多复杂多样的风险因素,不仅会造成工程进度拖延,成本提高,而且会造成严重安全事故及环境污染。所以,对石油钻井工程风险因素进行深入地研究,制定出可行的防控策略对确保石油钻井工程安全高效地进行有着十分重要的作用。

一、石油钻井工程风险因素分析

(一) 地质风险

地质风险对石油钻井工程的影响是显著的,而且是复杂多变的。石油钻井区域的地质构造差异较大,断层,褶皱等结构十分发育,在钻井过程中钻具容易受复杂结构的影响而偏离预定的轨道,造成卡钻等意外情况的发生,从而造成钻井进度的阻碍和成本的提高。地层岩性多变,不同岩层的硬度和脆性也不相同,坚硬岩层会导致钻头磨损增大和钻进效率下降,而松软岩层容易出现井壁坍塌等问题,危及井筒的安全。地层压力系统比较复杂,不正常的高压或者低压地层都会对钻井液密度的调节造成一定的难度,如果钻井液密度过大,就有可能对地层进行压裂;密度过低则不能均衡地层压力而造成井喷和其他严重的事故。另外地下还有许多不为人知的地质情况,比如隐伏溶洞和暗河,这些地质情况一旦被钻遇就会在一瞬间引起钻井液的大量泄漏和井壁的不稳定,甚至使井眼废弃。因此,进行深入的地质研究并准确获取地质数据,成为了预防地质风险的核心策略。

(二) 设备故障风险

石油钻井工程中,设备故障风险犹如隐藏在暗处的

“杀手”,时刻威胁着钻井作业的顺利进行。钻井设备长期处于高强度、恶劣环境下运行,像钻机的动力系统,持续承受巨大负荷,电机易出现过热、绝缘损坏等问题,导致动力输出不稳定,影响钻进速度与效率。泥浆泵作为泥浆循环的核心设备,其活塞、阀座等部件在泥浆的高速冲刷下,磨损速度加快,一旦出现密封不严,泥浆泄漏会破坏井内压力平衡,引发井壁坍塌等事故。绞车的刹车系统若因长期使用而磨损老化,刹车性能下降,在起下钻过程中可能出现溜钻、顿钻等危险状况。此外,设备的维护保养不到位,如未及时更换润滑油、清理设备积尘等,会加速零部件的老化与损坏。因此,加强设备日常巡检、制定科学维护计划、及时更新老化部件,是降低设备故障风险的重要举措。

(三) 安全风险

钻井现场高处作业频繁,井架、二层台等位置作业人员稍有不慎就可能因防护措施不到位或操作失误发生高处坠落,造成严重人身伤害。动火作业时,井场存在易燃易爆的油气,焊接、切割产生的火花若接触到油气,极易引发火灾甚至爆炸,瞬间吞噬生命与财产。有限空间作业中,如泥浆罐、防喷器控制装置内部等,通风不畅,可能积聚有毒有害气体,人员进入后若未进行气体检测和有效通风,会因缺氧或中毒而晕倒,危及生命。此外,人员安全意识淡薄,违规操作设备、不佩戴个人防护用品等现象时有发生,增加了事故发生的概率。同时,安全管理制度若执行不力,对安全隐患排查整改不及时,也会让安全风险不断累积。因此,强化安全教育培训、严格落实安全制度、加强现场安全监管是降低安全风险的关键。

(四) 环境风险

石油钻井工程的环境风险贯穿于钻井作业全程,影

响不容小觑。钻井时，大量废渣产生，其成分复杂，含重金属、化学添加剂等有害物质，若随意堆放或处理不当，有害物质会随雨水冲刷渗入土壤，破坏土壤结构，影响土壤肥力，阻碍农作物生长，威胁周边农业生态。钻井废水含有悬浮物、油类、化学需氧量等污染物，未经有效处理直接排放，会使地表水体富营养化，水质恶化，影响水生生物生存，破坏水生态系统平衡，还可能污染地下水，危及居民饮用水安全。钻井作业中，柴油机等设备运转产生废气，含一氧化碳、氮氧化物、颗粒物等污染物，排放到空气中会加剧空气污染，影响周边居民身体健康。此外，钻井活动可能破坏周边植被，干扰野生动物栖息地，导致生物多样性减少。因此，必须高度重视环境风险防控，采取有效措施减少钻井工程对环境的负面影响。

二、风险防控策略

（一）地质风险防控

强化前期地质调研是基础且关键的一步，需综合运用多种先进勘探技术，如高精度三维地震勘探技术，它能更精准地描绘地下地质构造的形态与分布，清晰呈现断层、褶皱等构造细节，为钻井设计提供详细“地质地图”；同时结合测井技术，深入分析地层岩性、孔隙度、渗透率等参数，准确判断地层特性。基于调研成果，科学规划钻井路径，避开复杂地质构造密集区域，若无法避开则提前制定应对策略。在钻井过程中，实时监测地质参数变化至关重要，利用随钻测井、随钻地震等技术，如同给钻头装上“眼睛”，及时获取井下地质信息，一旦发现地层压力异常、岩性突变等迹象，迅速调整钻井液性能，合理提高钻井液密度以平衡地层压力，防止井喷；或优化钻进参数，如降低钻压、调整转速，避免因地质条件突变引发井塌、卡钻等事故。此外，建立地质风险预警机制，整合各类地质数据，运用大数据分析与人智能算法，对潜在地质风险进行预测评估，提前发出预警信号，使钻井团队有充足时间制定应对措施，将地质风险带来的损失降到最低。

（二）设备安全保障

在石油钻井工程里，设备安全保障是确保作业高效稳定推进的核心支撑。设备选型环节需慎之又慎，要依据钻井地质条件、井深、井型等复杂因素，精准匹配性能卓越、质量可靠的设备。例如，在深井钻探中，需选用具备高扭矩、大功率的钻机，以应对坚硬地层和复杂井况的挑战，确保钻进过程顺畅无阻。

设备日常维护是保障其安全运行的基石。制定严谨

细致的维护计划，定期对设备进行全面检查，从关键部件的磨损情况到电气系统的绝缘性能，不放过任何一个细节。运用先进的检测技术，如红外热成像检测电气元件温度、振动分析监测设备运行状态，及时发现潜在故障隐患。对于磨损严重的部件，及时更换，避免因小失大，引发严重设备事故。

同时，加强设备操作人员培训至关重要。操作人员不仅要熟悉设备的操作流程，更要掌握设备的原理和性能特点，具备应对突发故障的能力。通过定期组织技能培训和应急演练，提升操作人员的专业素养和应急处置水平，使其在面对设备异常时能够迅速做出正确反应。此外，建立完善的设备档案，记录设备的运行数据、维护历史和故障情况，为设备的优化管理和安全保障提供有力的数据支持。

（三）安全风险防控

石油钻井工程中的安全风险防控，是守护人员生命与工程安稳的坚固防线，安全意识培育需贯穿始终，通过定期开展安全讲座、事故案例剖析会等活动，让安全理念如春风化雨般浸润每位员工内心，使其深刻认识到安全风险并非遥不可及，而是隐藏于日常操作的细微之处，从而自觉摒弃侥幸心理，时刻紧绷安全弦。

安全制度执行是安全风险防控的有力抓手。建立一套全面、细致且可操作性强的安全管理制度，涵盖设备操作、人员作业、应急响应等各个环节，并确保制度落地有声。加强对作业现场的监督检查，对违规行为零容忍，无论是未佩戴安全防护用品，还是违反操作规程，都要严肃问责，以儆效尤，让制度成为不可触碰的高压线。

安全技术保障为安全风险防控筑牢根基。引入先进的安全监测设备，如气体检测仪实时监测井下有害气体浓度，智能监控系统全方位监控作业现场动态，一旦发现异常立即预警。同时，不断优化钻井工艺，采用自动化、智能化设备，减少人员在高风险环境中的暴露时间，降低人为因素导致的安全事故概率。此外，定期组织应急演练，模拟各类突发安全事件，提升员工的应急处置能力和协同配合水平，确保在事故发生时能够迅速、有序地开展救援，将损失降到最低。

（四）环境风险防控

石油钻井工程的环境风险防控，关乎生态平衡与可持续发展，是工程推进中不可忽视的重要使命。从源头规划着手，需将环保理念深度融入钻井工程前期设计。依据钻井区域生态环境特征，科学评估可能产生的环境

影响，合理规划钻井布局与施工时间，避开生态敏感期与脆弱区，如鸟类迁徙通道、鱼类产卵场等，最大程度降低对生物栖息地的干扰。

钻井过程中，废弃物管理是环境风险防控的关键环节。针对钻井废水，构建多级处理体系，运用物理沉淀、化学氧化、生物降解等工艺，去除其中的悬浮物、油类、重金属等污染物，确保处理后的水质达标后回用或排放，避免对地表水与地下水造成污染。废渣处理则需分类施策，岩屑等固体废弃物经无害化处理后，可用于道路铺设、土地复垦等，实现资源化利用；危险废渣则交由专业机构安全处置，防止二次污染。

同时，加强大气污染防治，采用低排放设备与清洁能源，减少柴油机尾气排放；对钻井现场进行洒水降尘、密闭运输等措施，抑制扬尘污染。此外，建立环境监测网络，实时监测钻井作业对周边空气、水体、土壤等环境要素的影响，一旦发现异常及时采取应对措施。通过全方位、多层次的环境风险防控举措，实现石油钻井工程与生态环境的和谐共生，为子孙后代留下绿水青山。

结论

石油钻井工程存在的风险因素复杂多样，包括地质

风险、设备故障风险、安全风险和环境风险等。这些风险因素不仅影响钻井工程的顺利进行，还可能对人员生命安全、财产安全和生态环境造成严重威胁。通过加强地质勘探、优化钻井设计、加强设备维护保养、完善安全管理制度以及强化环境保护等防控策略的实施，可以有效降低石油钻井工程的风险，保障工程的安全、高效开展。在实际工作中，应不断总结经验，持续改进风险防控措施，提高石油钻井工程的风险管理水平。

参考文献

- [1] 任建春. 石油钻井工程存在的风险因素与防控策略分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024(22).
- [2] 王志学. 浅谈石油钻井工程存在的风险及防范措施[J]. 葡萄酒, 2024(24): 0157-0159.
- [3] 解健程. 浅谈石油钻井工程存在的风险及防范措施[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(7): 67-69.
- [4] 高全峰, 刘生伟. 钻井工程中的风险管理方法与策略[J]. 石油石化物资采购, 2024(4): 35-37.
- [5] 向伟, 张禹, 王敏, 等. 浅谈石油钻井工程事故的原因及应对策略[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2023.