

# 石油钻井现场作业安全风险评估与防控措施研究

赵帮民

中石化华北石油工程有限公司五普钻井分公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i2.7742

**[摘要]** 本文旨在探索石油钻井现场直接作业安全风险评估与防控措施,通过分析石油钻井现场直接作业安全风险,本文发现设备故障风险、操作失误风险、环境因素风险、人员疲劳风险是当前石油钻井现场直接作业主要的的风险类型,针对这些安全风险,本文提出了加强设备维护与管理、强化操作人员培训与监督、优化环境监测与预警、完善人员轮班与疲劳管理等一系列石油钻井现场直接作业安全风险防控措施。

**[关键词]** 石油钻井现场直接作业; 安全风险评估; 防控措施

## Study on safety risk assessment and prevention and control measures for direct operation on oil drilling site

Zhao Bangmin

Sinopec Wupu Drilling Branch, Huabei Petroleum Engineering Co., LTD

**[Abstract]** This paper aims to explore the safety risk assessment and prevention and control measures of oil drilling site. By analyzing the safety risk assessment of oil drilling site, equipment failure risk, operation error risk, environmental factor risk and personnel fatigue risk are the main types of safety risks of current oil drilling site. According to these safety risks, this paper proposes a series of safety risk prevention and control measures for strengthening equipment maintenance and management, strengthening operator training and supervision, optimizing environmental monitoring and early warning, and improvement of oil drilling site personnel shift and fatigue management.

**[Key words]** direct operation on oil drilling site; safety risk assessment; prevention and control measures

### 引言

石油钻井作为油气资源开发的核心环节,不仅涉及复杂的技术操作和多样化的工艺流程,还常常在极端自然环境下进行。因此,其作业现场存在着多种潜在的安全隐患,这些隐患一旦失控,可能引发严重的事故,导致人员伤亡、设备损毁,甚至造成环境灾难<sup>[1]</sup>。随着全球能源需求的不断增长,石油钻井作业的规模和频率也随之增加,如何有效地管理和控制这些作业风险已成为行业内的重要课题。传统的安全管理方法虽然在一定程度上减少了事故发生的概率,但随着钻井作业复杂性的提升,以及现场作业环境的不确定性,单纯依赖经验和常规的的安全管理手段已难以满足现代石油钻井作业的安全要求<sup>[2]</sup>。在此背景下,开展系统化的安全风险评估成为保障石油钻井作业安全的重要手段。安全风险评估不仅要求对作业过程中的各类风险因素进行定性和定量分析,还需结合具体的作业环境和设备状态,识别出可能的高风险点,从而制定针对性的防控措施。此外,随着信息技术和大数据分析技术的发展,风险评估方法也逐渐从传统的经验判断向智能化、数据驱动的方向转

变,为钻井作业安全提供了更为精确的预警和决策支持。因此,针对石油钻井现场直接作业安全风险评估与防控措施的研究,成为当前石油钻井相关作业研究的重要课题之一。

## 1 石油钻井现场直接作业安全风险评估

### 1.1 设备故障风险

在石油钻井过程中,钻井设备的正常运行是确保作业顺利进行的关键。然而,设备故障一直是影响钻井作业安全的重要因素之一。由于设备的复杂性和使用环境的恶劣,设备在长时间高负荷运行下,容易出现机械磨损、液压系统失灵、电气故障等问题,这些故障可能导致钻井作业中断,甚至引发重大安全事故。例如在某海上钻井平台上,因长时间连续钻探,钻井平台的顶驱系统突然失灵,导致钻杆无法正常旋转,作业被迫紧急中断。经过调查发现,顶驱系统的液压泵因长期在高压状态下运转,液压油温度过高导致油液老化失效,最终导致液压系统失灵。这类故障不仅会影响到作业进度,还可能引发一系列连锁反应,如钻杆卡钻、井喷等严重事故。因此,设备故障风险评估的关键在于识别设备的潜在薄弱环节,尤其是在高负

荷和恶劣环境下易出现的问题。

### 1.2 操作失误风险

石油钻井现场直接作业的操作复杂且精细，操作人员的技能水平和操作规范性直接影响作业的安全性。操作失误可能包括对设备参数的误调、关键操作步骤的遗漏、紧急情况处理不当等，这些失误不仅会影响作业的效率，还可能导致设备损坏、井下复杂情况、井喷等严重安全事故<sup>[3]</sup>。例如，在某次钻井作业中，因操作人员误将钻压设置为超过井眼允许范围的高值，导致钻头过度受力，最终导致钻头损坏并卡在井下。这一操作失误不仅导致钻具损坏，还需进行复杂的井下救援作业，耗费大量时间和资源。类似的操作失误还可能发生在井控操作中，若在井喷即将发生时，操作人员未能及时关闭防喷器，将导致井喷失控，造成严重的经济损失和环境污染。

### 1.3 环境因素风险

石油钻井作业通常在复杂的地理和气候条件下进行，现场环境因素对安全作业的影响不可忽视。恶劣的天气条件如暴风雨、沙尘暴、高温或严寒等，可能导致设备故障、操作困难，甚至对人员的健康和生命安全构成威胁。例如，在一次海上钻井作业中，由于突然的强风暴，钻井平台发生剧烈摇摆，导致部分设备固定不牢，甚至发生了物体坠落事件，险些造成人员伤亡。由于当时未能及时预测到风暴的来临，钻井作业未能按计划停止，导致了险情发生。此外，井下地质条件的不确定性也是一个重要的风险因素，例如在钻探过程中遇到高压气体层，若未能及时识别并采取有效的压力控制措施，可能导致井喷事故的发生。

### 1.4 人员疲劳风险

石油钻井作业通常需要长时间的连续工作，操作人员因高强度的工作负荷和长时间的精神集中，容易产生疲劳。疲劳不仅会导致操作失误的概率增加，还可能降低人员对突发事件的反应能力，增加安全事故发生的风险。例如，在某次长时间的深井钻探作业中，因操作人员连续工作超过12小时，导致注意力不集中，在调整钻压时误操作，造成钻头严重磨损，钻探工作不得不中断进行设备更换。疲劳还可能导致对紧急情况反应迟钝，如在井喷初期，疲劳的操作人员未能及时启动防喷器，导致井喷失控，险些酿成严重事故。疲劳风险的评估需要综合考虑作业时间、工作强度、人员轮班制度、休息安排等因素，并结合心理与生理指标，对作业人员的疲劳程度进行科学评估，确保操作人员在最佳状态下进行操作，减少因疲劳导致的操作失误和安全事故。

## 2 石油钻井现场直接作业安全风险防控措施

### 2.1 加强设备维护与管理

为防范设备故障风险，石油钻井现场需制定并严格执行设备的预防性维护计划。工程师要定期检查、检修和更换关键部件，确保设备在良好状态下运行。同时，引入先进的监测技术，如振动监测、温度监测和液压系统在线监测等，及时发现设备运行中的异常情况，提前进行故障处理。此外，设备管理应建

立完善的档案系统，记录设备的使用情况、故障历史和维护记录，为设备的安全管理提供数据支持。在石油钻井现场，每台设备都应指定专人负责日常检查和维护工作，确保对设备状态的持续关注和跟踪。例如，对于井控设备，应每隔一定时间进行全面检查，检测其密封性能和各部件的磨损情况，尤其是防喷器和节流装置等关键部件的功能状态必须确保万无一失。在此基础上，应结合大数据分析，对设备的故障历史进行详细分析，识别出设备最容易出现故障的部位和频率，从而制定有针对性的维护计划。在设备的维护过程中，不能仅依赖人工检查，还应结合智能化监测系统，实时采集设备运行状态数据，通过远程监控系统，将数据传输至控制中心，进行全天候监测。一旦设备出现异常，系统将自动报警，技术人员可以根据监测数据，迅速判断故障位置和原因，并制定快速修复方案，确保设备在最短时间内恢复正常运行，从而大大降低设备故障导致的作业中断风险。

### 2.2 强化操作人员培训与监督

针对操作失误风险，必须加强操作人员的培训，确保其掌握必要的操作技能和应急处理能力。培训内容应涵盖设备操作规程、安全操作规范、应急预案等方面，同时结合实际操作案例，进行模拟演练。特别是在设备操作方面，应详细讲解每个设备的操作步骤和注意事项，例如在操作钻机时，应明确规定钻压、转速和钻井液流量的调节范围，确保操作人员在任何情况下都能够准确操作设备。此外，还应设置专项培训课程，针对新设备或新技术的使用，进行专项培训，确保操作人员及时掌握新知识和新技能。为了有效监督操作人员的执行情况，可以引入远程监控系统，对现场操作进行实时监督，并记录每一项关键操作的执行情况，定期对操作记录进行审查，发现操作不规范或错误操作时，及时进行纠正和培训。同时，还应设立操作考试制度，定期对操作人员的技能水平进行考核，特别是在操作关键设备或进行高风险操作时，必须通过严格的考试，确保操作人员具有足够的技能和心理素质。此外，还应设置绩效考核机制，将操作人员的操作规范性和安全记录纳入绩效评价，激励操作人员在日常工作中严格遵守操作规程，最大限度减少因操作失误导致的安全事故。

### 2.3 优化环境监测与预警

为应对环境因素的风险，应建立全面的环境监测与预警系统。通过安装气象监测设备、地质监测仪器，实时获取作业现场的气象和地质数据，及时识别可能影响安全的环境变化。同时，制定环境应急预案，对可能的自然灾害进行模拟演练，提高应对突发事件的能力。例如，在海上钻井作业中，应安装多种气象监测设备，如风速仪、气压计和波浪高度传感器等，实时监测天气变化和海况，并将监测数据传输至控制中心，技术人员可以根据实时数据，判断作业是否能够继续进行。如果发现风暴即将来临，应及时发出预警信号，指挥作业人员停止高风险操作，将设备进行固定，并撤离至安全区域。此外，地质监测仪器需要实时监测井下地层压力、温度和岩层结构的变

化,特别是在钻探过程中,如发现地层压力异常升高,应立即暂停钻井作业,并采取减压措施,防止井喷等事故的发生。环境应急预案不仅应包括标准的应对措施,还应结合具体作业环境进行个性化设计,例如在地震多发区的钻井作业中,应准备专门的应急预案,定期组织地震应急演练,提高作业人员的应急响应能力。同时,环境监测数据应实时与作业计划相结合,管理人员根据环境变化动态调整作业计划,避免在恶劣气候条件或高风险地质条件下进行高危操作,从而有效降低因环境因素引发的安全事故风险。

#### 2.4 完善人员轮班与疲劳管理

为了防范人员疲劳引发的安全风险,应科学制定作业人员的轮班制度,确保人员在工作期间有足够的休息时间。引入生物节律管理,通过合理安排工作和休息时间,避免因长时间连续作业导致的疲劳。在制定轮班制度时,应充分考虑作业的持续时间和强度,合理安排工作时长与休息时间,确保操作人员在生理和心理上都能得到充分的恢复。例如,可以采用三班倒的工作制,每班工作不超过8小时,并设置适当的交接班时间,确保信息的充分传递和作业的平稳过渡。此外,还应针对操作人员的生物节律进行分析,尽量安排作业人员在个人生物节律的高峰期进行工作,减少疲劳积累。为了进一步保障操作人员的健康,应定期开展健康检查和心理评估,及时发现疲劳或健康问题。特别是在长时间作业或高风险作业后,应安排强制休息,

必要时可以调换岗位,确保人员在最佳状态下进行操作。同时,应建立疲劳管理的长效机制,通过疲劳监测设备对操作人员的生理指标进行实时监测,如心率、血压等,一旦发现疲劳迹象,应及时采取措施,调整作业强度或安排短暂休息。此外,可以通过心理疏导和健康管理等手段,帮助操作人员有效缓解压力和疲劳,确保在工作期间保持清醒和专注,从而减少因疲劳导致的操作失误和安全事故。

### 3 结语

石油钻井现场直接作业的安全管理是保障钻井作业顺利进行的关键,深入开展安全风险评估并采取相应的防控措施,对于降低事故发生率、保障人员安全和设备正常运行具有重要意义。通过设备维护与管理、操作人员培训与监督、环境监测与预警、人员轮班与疲劳管理等多方面的措施,可以有效防范石油钻井现场直接作业中的各类安全风险,从而提高钻井作业的安全管理水平与高效作业质量。

#### [参考文献]

- [1]张文谱,张宏,钟高鹏.石油钻井作业中安全评价方法的应用[J].山东化工,2024,53(08):240-243.
- [2]吕冯君,贾素芳,兰进.油气钻井施工作业安全策略研究[J].中国管理信息化,2023,26(06):121-123.
- [3]陈国强.石油钻井中的安全影响因素及管理对策研究[J].企业改革与管理,2020,(10):221-222.

#### 上接第226页

进不仅提升了工具在高流速条件下的操作能力,也减少了能量损耗,确保了复杂工况下的作业稳定性。

#### 2.3 智能化与数字化技术的应用

随着科技的不断进步,智能化和数字化技术在井下工具中的应用逐渐得到推广,极大地提升了作业的精确性、安全性和效率。这些技术的引入不仅优化了传统作业流程,还为油田作业提供了全新的解决方案。

(1) 自动化控制:自动化控制技术利用传感器和自动控制系统,能够实时监测井下工具的运行状态,并及时反馈相关数据。这种技术的应用确保了工具始终处于最佳工作状态,有效避免了工具故障和作业中的潜在问题。通过减少人工操作的干预,自动化控制技术大大降低了人为失误的风险,提高了作业的可靠性和精确性,从而使作业过程更加安全、高效。

(2) 数字孪生技术:数字孪生技术通过构建井下工具的数字化模型,使得研究人员能够进行虚拟作业模拟与优化。这种技术能够为实际作业提供多种模拟方案,帮助研究人员预测作业过程中可能遇到的风险和问题,从而提前做好优化调整。通过数字孪生技术,井下作业流程可以在虚拟环境中得到全面验证,不仅降低了实际作业的风险,还显著提高了作业效率和精准度。

(3) 机器人作业工具:智能机器人作业工具的研发为井

下作业提供了更加安全和高效的替代方案。这些机器人能够在复杂的井下环境中代替人工完成高难度的作业任务,如精密操作和危险环境下的工作。机器人作业工具有效减少了人为因素对作业质量的影响,降低了人员受伤的风险。同时,智能机器人具有高度的精准性和灵活性,能够在各种复杂井况下实现高效作业,进一步提高了作业的精准度和整体效率。

通过这些技术创新,井下工具的性能得到了显著提升,不仅在应对复杂井况方面表现更加出色,同时也大大提升了作业的安全性和经济性。

### 3 结语

随着油田开发向智能化、绿色化方向发展,井下工具的技术创新仍将以智能化、模块化和高性能材料为核心。研究多功能集成工具、智能操作系统及新型耐极端环境材料将成为关键方向。通过推动技术创新,油田大修井下作业的效率 and 安全性将持续提高,为我国能源开发提供强有力的技术支持。

#### [参考文献]

- [1]李辉,尚鑫,祝普庆,柳明义.油田井下钻具测试系统建造方案[J].设备管理与维修,2023,(14):47-49.
- [2]路明,吴双亮,张凯轩,陈雷.电气自动化在井下工具实验室的应用策略[J].化工管理,2023,(14):31-34.
- [3]王淳.油田井下打捞作业及其工具改进研究[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(03):28-30.