

# 石油开采过程中的安全管理策略研究

张国杰

中石化铜川油气开发有限公司 陕西 铜川 727000

**摘要：**石油作为全球最重要的能源资源之一，其开采作业涉及复杂的工艺流程、高温高压环境以及各类危险化学品，安全风险极高。本文深入剖析石油开采过程中的主要安全风险，涵盖地质灾害、井喷失控、火灾爆炸、硫化氢中毒以及机械故障等方面，详细阐述了相应的安全管理策略，包括强化风险预评估、完善安全管理制度、提升人员安全素质、加强设备维护与更新以及优化应急救援体系等，旨在为石油开采企业筑牢安全防线，实现安全生产与可持续发展。

**关键词：**石油开采；安全管理；风险评估；应急救援

引言：石油开采行业处于能源产业链的上游，为全球经济发展提供了强大动力。然而，从陆地到海洋，从浅层到深层，石油开采面临着诸多复杂且极具挑战性的安全问题。一旦发生安全事故，不仅会对作业人员的生命健康造成巨大威胁，还可能引发严重的环境污染，给企业带来巨额经济损失，甚至影响国家的能源供应稳定。因此，深入研究石油开采过程中的安全管理策略，对保障行业稳健发展、维护社会和谐稳定具有十分重要的意义。

## 1 石油开采过程中的主要安全风险

### 1.1 地质灾害风险

1.1.1 地震与地层塌陷。石油开采区域，尤其是在地质构造活跃地带，地震活动可能导致油井套管变形、断裂，引发油气泄漏。同时，长期的石油开采会使地下岩石结构发生改变，造成地层塌陷，掩埋开采设备，威胁现场人员安全。例如，某油田位于板块交界附近，一次中等强度地震致使多口油井停产，部分井架倾斜，维修恢复工作耗时数月，经济损失惨重。

1.1.2 山体滑坡与泥石流。在山区或丘陵地带的油区，暴雨、地震等因素极易诱发山体滑坡和泥石流。若油库、输油管道等设施位于灾害影响范围内，油品泄漏风险骤增，后续的清理与修复工作难度极大。如某山区石油开采基地，在雨季遭遇连续强降雨，引发大规模泥石流，冲毁了部分输油管道，大量原油泄漏，污染周边土壤与水体，生态环境遭到严重破坏<sup>[1]</sup>。

### 1.2 井喷失控风险

1.2.1 地层压力异常。在钻井过程中，若对地层压力预估不准确，钻井液密度不当，无法平衡地层压力，高压油气就会突破钻井液的封堵，从井口喷涌而出，形成井喷。井喷不仅会造成油气资源的大量浪费，还可能携

带出硫化氢等有毒有害气体，扩散至周边区域，危及人员生命。

### 1.2.2 井控设备故障

井控系统作为防止井喷的关键防线，其任何部件如防喷器、节流管汇、压井管汇等出现故障，都可能导致井控失效。例如，防喷器密封胶芯老化、磨损，在关键时刻无法有效封闭井口，就会引发井喷失控事故。历史上多起重大井喷事故都与井控设备的失效密切相关，教训极为惨痛。

### 1.3 火灾爆炸风险

1.3.1 油气泄漏。石油开采、运输、储存环节都存在油气泄漏的隐患。油气具有易燃、易爆特性，一旦泄漏，遇到明火、静电火花或高温热源，瞬间就会引发剧烈的燃烧爆炸反应。如在采油井口，由于密封不严导致油气泄漏，工人在附近违规动火作业，引发爆炸，造成人员伤亡和设备损毁。

1.3.2 电气设备火花。油区大量使用电气设备，若设备选型不当、防爆性能不佳，或者在运行过程中出现短路、过载等故障，产生的电火花足以引燃泄漏的油气。特别是在油气聚集的泵房、罐区等区域，电气安全至关重要，稍有疏忽就可能引发灾难性后果<sup>[2]</sup>。

### 1.4 硫化氢中毒风险

1.4.1 地层天然产出。部分油气藏中含有高浓度的硫化氢气体，在钻井、采油、修井等作业过程中，硫化氢会随着油气一同逸出。硫化氢毒性极强，低浓度即可刺激呼吸道，高浓度能迅速麻痹人的神经系统，导致呼吸骤停。作业人员若未配备有效的防护装备，或在硫化氢泄漏时应急处置不当，极易发生中毒事故。

1.4.2 水化学作用产生。在一些注水开采的油田，注入水与地层岩石发生化学反应，可能生成硫化氢。若注

水水质控制不当,这种潜在风险会显著增加。如某注水采油区,由于注入水硫酸盐含量过高,与地层中的铁矿物反应生成大量硫化氢,造成多起中毒事件,引起广泛关注。

### 1.5 机械故障风险

1.5.1 开采设备老化。石油开采设备长期在恶劣环境下运行,承受高温、高压、高负荷以及腐蚀性介质的作用,设备部件容易磨损、老化。例如,抽油机的抽油杆、泵筒经过长时间往复运动,疲劳裂纹逐渐扩展,若未及时发现更换,可能导致抽油机故障停机,影响原油产量,甚至引发安全事故<sup>[3]</sup>。

1.5.2 设备维护不当。缺乏完善的设备维护计划与专业的维护人员,是导致设备故障频发的重要原因。一些油企对设备的日常巡检走马观花,未严格按照维护规程进行保养,如不及时更换润滑油、滤芯等易损件,忽视设备的小故障隐患,最终小问题积累成大灾难。

## 2 石油开采过程中的安全管理策略

### 2.1 强化风险预评估

2.1.1 地质勘察精细化。在石油开采前期准备阶段,地质勘察工作起着基石般的关键作用。如今,随着科技的飞速发展,一系列先进的地质勘探技术得以广泛应用。像三维地震勘探技术,通过向地下发射人工地震波,再利用专业仪器接收反射回来的信号,经过复杂的数据处理,便能高精度地勾勒出开采区域的地质构造,清晰展现出地层的褶皱、断层分布,为后续开采避开地质敏感区提供精确指引。高精度重力勘探则依据地下物质密度差异引发的重力变化,精准测定地层压力,这对于预防钻井过程中的井喷等高压风险意义重大。同时,深入研究岩石特性不容忽视,不同岩石的硬度、孔隙度、渗透率等属性,直接关乎钻井的难易程度与油藏稳定性。而且,必须对潜在地质灾害风险进行地毯式排查,无论是地震频发地段、易滑坡山体区域,还是可能出现岩溶塌陷之处,都要一一查明。基于这些详实的数据,构建精细的地质模型,如同为后续钻井、开采方案设计打造了精准的“导航地图”,依此提前制定周全的应对地质灾害防范措施,防患于未然<sup>[4]</sup>。

2.1.2 风险识别与量化。石油开采流程涵盖钻井、采油、集输等多个复杂环节,涉及大量设备设施,作业环境又变幻莫测,历史上也曾出现诸多惨痛事故。鉴于此,组织一支跨领域专业团队迫在眉睫。这支团队由地质专家、石油工程师、安全分析师等精英组成,依据开采全流程,全面剖析设备设施运行机制、作业环境特殊因素以及参考历史事故资料。运用故障树分析(FTA),

从可能引发重大事故的顶事件出发,层层拆解找出潜在的基本事件,如以井喷事故为顶事件,追溯到可能是泥浆比重失控、井口防喷器失效等基本事件,梳理出清晰的因果逻辑链。失效模式与影响分析(FMEA)则聚焦于单个设备或零部件,以采油井口装置为例,其阀门、法兰、密封件等都存在多种失效模式,通过严谨计算每种失效模式的风险优先数(RPN),RPN值越高说明风险越大,像阀门密封失效若频繁发生且后果严重,其RPN值必然高,那就优先对这类高风险失效模式采取更换优质部件、加强巡检频次等改进措施,确保开采安全。

### 2.1.3 风险分级管控

坚持“把风险挺在隐患前面,把隐患挺在事故前面”的原则,规范风险识别管控机制,通过持续开展风险识别、风险评估、风险控制和风险监控,确保石油开采全过程风险受控可控,切断风险演变成隐患、隐患演变成事故的链条。

## 2.2 完善安全管理制度

2.2.1 建立健全法规标准体系。石油企业应深入研究国家关于石油开采的法律法规,确保所有活动都在法律框架内进行。同时,结合企业自身的实际情况,如地质条件、开采技术、设备设施等,制定出一套既符合国家要求又贴合企业实际的安全规章制度与操作规程。这些制度应明确细化到石油开采的每一个环节,确保每一个部门、每一个岗位都能清晰地知道自己的安全职责与工作标准。

2.2.2 强化安全监督与考核。为了确保安全管理制度的有效执行,企业应设立独立的安全管理监督部门,并为其配备专业的安全监督管理人员。这些人员应具备丰富的石油开采安全知识和实践经验,能够对开采作业进行全方位、全过程的监督检查。同时,企业还应建立严格的安全考核机制,将安全指标纳入员工的薪酬和晋升体系中,以此激励员工更加重视安全工作。对于违反安全规定的行为,企业应给予严肃惩处,以儆效尤;而对于安全工作表现突出的团队和个人,则应给予表彰奖励,以此营造良好的安全文化氛围,激发全体员工参与安全管理的积极性。

### 2.3 提升人员安全素质

2.3.1 专业培训与技能提升。针对不同岗位的需求,企业应制定个性化的培训方案。这些方案应涵盖石油地质知识、开采工艺、设备操作与维护、安全法规以及应急处置技能等多个方面。通过理论授课、现场实操、模拟演练等多种培训方式,使员工能够熟练掌握专业技能和安全知识。此外,企业还应定期组织员工参加技能

竞赛和安全生产知识竞赛等活动,以此激发员工的学习积极性,提升他们的整体业务水平<sup>[5]</sup>。

**2.3.2 安全意识教育常态化。**安全意识是员工在工作中自觉遵守安全规定、主动排查安全隐患的前提。因此,企业应将安全意识教育贯穿于员工的日常工作与生活中。通过定期开展安全讲座、观看安全教育影片、发放安全宣传资料以及设置安全警示标识等方式,不断强化员工的安全意识。同时,企业还应鼓励员工在日常工作中积极发现并报告安全隐患,以此培养他们的安全责任感和使命感。通过这些措施的实施,使员工时刻绷紧安全弦,为企业的安全生产贡献自己的力量。

## 2.4 加强设备维护与更新

**2.4.1 制定科学的设备维护计划。**为了确保设备的长期稳定运行,企业应根据设备的具体类型、运行时间、工作环境等多种因素,精心制定一套详细的设备维护保养计划。该计划应明确每一台设备的维护周期、维护内容、维护标准以及具体责任人,确保每一项维护工作都能得到及时、有效的执行。在维护策略上,企业应采用预防性维护为主、故障维修为辅的方式,充分利用先进的设备监测技术,实时采集并分析设备运行参数,以便提前发现设备可能存在的潜在故障隐患,从而及时安排维护保养工作,避免设备故障对生产安全和企业效益造成不利影响。

**2.4.2 推动设备升级换代。**随着科技的不断发展,石油开采设备领域也涌现出了许多新技术、新成果。企业应密切关注这些新技术、新成果的发展动态,并结合自身的经济实力和实际需求,逐步淘汰那些老旧、落后、高风险的设备,积极引进具有更高安全性、可靠性、智能化水平的新型设备。例如,企业可以考虑采用自动化钻井设备,通过减少人工操作环节来降低人为失误引发的安全风险;同时,还可以安装先进的油气泄漏监测报警装置,实现对泄漏隐患的实时精准监测,从而进一步提升企业的安全生产水平。

## 2.5 优化应急救援体系

**2.5.1 应急预案制定与完善。**企业应依据石油开采过程中可能发生的各类安全事故类型,如井喷失控、火灾爆炸、硫化氢中毒等,制定详细、科学、实用的应急预案。预案内容应包括事故应急处置流程、组织机构及职责、应急救援资源配置、人员疏散路线等关键信息。为

了确保预案的有效性与可操作性,企业还应定期组织专家对预案进行评审修订,及时根据法律法规、技术标准以及实际情况的变化对预案进行调整和完善。

**2.5.2 应急救援队伍建设与演练。**为了提升应急救援能力,企业应组建一支专业的应急救援队伍,并为队伍配备齐全的应急救援装备,如消防车、救护车、抢险救援车、硫化氢检测仪、正压式呼吸器等。同时,企业还应定期对救援人员进行专业技能培训,使其熟练掌握各类救援设备的使用方法以及事故应急处置技能。为了检验应急预案的可行性并锻炼救援队伍的协同作战能力,企业还应常态化开展应急演练活动。通过模拟不同场景的安全事故,企业可以全面检验应急预案的执行情况,及时发现并纠正存在的问题;同时,救援队伍也可以在演练中积累经验、提升技能,从而进一步提高全员的应急响应速度与应急处置能力。

**结论:**石油开采过程中的安全管理是一项系统而艰巨的任务,面对地质灾害、井喷失控、火灾爆炸、硫化氢中毒、机械故障等诸多高风险因素,必须采取全方位、多层次的安全管理策略。通过强化风险预评估,提前洞悉潜在危险;完善安全管理制度,规范作业行为;提升人员安全素质,筑牢安全根基;加强设备维护与更新,保障生产硬件;优化应急救援体系,提高事故应对能力,方能有效降低安全事故发生率,实现石油开采行业的安全、高效、可持续发展,为全球能源供应稳定保驾护航。在未来的发展中,随着技术的不断进步与管理理念的持续创新,石油开采安全管理水平必将迈向新的高度。

## 参考文献

- [1]李明辉,张勇.石油开采过程中基于风险预评估的安全管理策略优化[J].石油安全与环保,2024(03):42-45.
- [2]刘悦,陈杰.数字化技术赋能石油开采设备维护与安全管理提升[J].石油机械,2024(02):55-58.
- [3]王强,赵刚.石油开采企业安全管理制度执行的有效性分析与改进[J].石油工业技术监督,2024(01):30-33.
- [4]孙晓琳.人员安全素质提升对石油开采安全管理的影响及实践路径[J].中国安全生产科学技术,2024(04):68-71.
- [5]周浩,吴迪.应急救援体系在石油开采事故应对中的关键作用与优化策略[J].油气田地地面工程,2024(05):45-48.