

石油开采过程中安全环保风险控制措施及经济性研究

王 鹏 (塔里木油田分公司克拉采油气管理区, 新疆 库尔勒 841000)

摘要: 石油开采作为能源供应的重要组成部分, 近年来面临着越来越严峻的安全与环保挑战。在开采过程中, 设备故障、井喷、火灾等安全事故频发, 给公众生命安全和财产造成巨大损失。石油开采造成的环境污染问题也愈发严重, 土壤污染、水资源污染和空气污染已成为不容忽视的隐患。本文分析了石油开采过程中存在的主要安全与环保风险, 探讨了安全环保风险控制策略及其经济效益, 旨在为石油开采领域的风险管理提供科学的理论支持和实践指导。

关键词: 石油开采; 安全风险; 环保风险; 控制措施; 经济效益

0 引言

随着全球对能源需求的不断增长, 石油作为重要的能源资源, 其开采工作在全球范围内具有重要意义。石油开采活动对环境和人员安全带来的风险问题日益突出, 尤其是在开采技术不断发展的同时, 如何有效控制与预防安全事故和环境污染, 成为亟待解决的重要课题。

石油开采还伴随着不可避免的污染排放问题, 不仅危及开采企业的经济效益, 还可能对周围生态环境和社会公众安全造成长期不利影响。深入分析石油开采中的安全与环保风险, 研究并实施有效的控制措施, 对于提升石油开采的可持续性, 提高石油开采经济效益, 具有十分重要的现实意义和社会价值。

1 石油开采过程中的安全风险分析

1.1 开采设备及操作风险

开采设备通常在极端环境下工作, 如高温和高压条件下, 长时间的使用可能导致机械疲劳、零部件损坏及老化, 一旦设备出现故障, 可能引发井喷、爆炸等严重事故。在复杂的地质环境和多变的气候条件下, 操作人员若未严格按照规程操作, 或对设备运行状况把握不准确, 可能导致设备超负荷运行或出现压力失控等情况, 从而引发突发性故障。设备管理和维护的有效性、操作人员的训练与应急能力, 与开采安全风险的高低密切相关。

1.2 井喷与火灾风险

井喷通常发生在井口压力失控的情况下, 导致大量油气喷出, 进而可能引发火灾、爆炸等灾难性后果。井喷的主要原因包括井口压力过大、地层压力异常变化、井壁破裂等。当石油或天然气的储层压力较高时, 若防护措施失效, 井喷便可能在瞬间发生。火灾风险同样不可忽视, 尤其在高温环境下或设备故障导致易

燃气体泄漏时, 火灾极易蔓延。火灾一旦发生, 不仅可能造成人员伤亡和设备损毁, 还会造成严重的环境污染问题。

1.3 人员健康与职业安全风险

石油开采工作环境恶劣, 作业人员长期处于高温、高压以及复杂的气候条件下, 容易引发多种健康问题。作业人员在井下工作时, 可能暴露于有害气体, 如硫化氢、氮氧化物等, 这些有毒气体若在封闭环境中积聚, 可能导致中毒事故, 甚至危及生命。长期接触这些气体对呼吸系统、神经系统等产生慢性损害。井下空间狭窄、工作环境复杂, 作业人员在操作过程中容易受到机械故障、跌落事故或高压油气喷射等伤害。

2 石油开采过程中的环保风险分析

2.1 土壤污染风险

石油开采过程中, 尤其是在钻井、采油及油气运输等环节, 经常发生原油泄漏或废弃物排放的情况, 这些泄漏物一旦进入土壤, 将引发严重污染。石油及其衍生物中含有多种有毒有害物质, 这些物质进入土壤后, 可能改变土壤的物理化学性质, 影响植物生长并破坏生态系统。石油污染物在土壤中具有较长的持久性, 降解速度缓慢, 对环境的长期影响巨大。在一些石油开采区域, 由于监管不严或事故频发, 导致大范围的土壤污染问题。

2.2 水资源污染风险

在石油开采过程中, 会产生大量废水, 废水含有石油、盐分、重金属等有害物质。如果这些废水未经科学处理排放到水体中, 可能严重污染水源, 影响生态环境及当地居民的用水安全。在地下油气的抽取过程中, 可能出现油气渗漏, 进而污染地下水资源。尤其在深层开采和水力压裂等技术应用中, 水资源污染问题愈加复杂。

由于地下水流动缓慢，一旦污染物渗透，污染物将在地下水中长期存在，扩展范围逐渐增大，给水源的恢复和环境治理造成极大困难。

2.3 空气污染风险

石油开采过程中，尤其在开采和油气输送环节，常常会释放大量有害气体。挥发性有机化合物是石油开采中常见的空气污染物之一，会对空气质量造成严重污染，威胁人体健康。石油开采还会释放大量的二氧化碳、氮氧化物、硫化物等温室气体和酸性气体，这些污染物不仅导致空气质量下降，还可能加剧气候变化，促进酸雨的形成。

空气污染还可能对周围居民的健康产生影响，尤其是长期暴露在这种环境中的工人，容易出现呼吸道疾病、肺部功能衰退等问题。石油开采区通常位于偏远地区，污染控制和监管难度较大，空气污染往往得不到及时有效地治理。

3 石油开采过程中的安全控制措施

3.1 强化设备管理与维护

在设备选型阶段，需严格依据国际和行业标准，选择能够在高压、高温等恶劣条件下长期稳定运行的设备。在安装环节，应根据设备的技术要求及作业现场条件进行科学布局，保证设备安装稳固并适配实际工作环境。在设备日常运行中，需要建立详细的巡检机制，对设备进行定期检查和故障诊断。检查内容应包括关键部件的磨损状况、管道的密封性能以及阀门和压力表的运行参数是否在安全范围内。使用传感器技术和远程监控系统，精准监控设备实时运行状态，及时发现和处理潜在问题。

在深井和偏远地区作业时，应强化数据采集与远程监控能力，减少人为疏忽可能带来的隐患。设备维护需要采用预防性和预测性维护相结合的方法，定期清理设备、进行润滑和精准校准，避免因腐蚀、积尘或零部件老化引发的故障。对于易损零件，如密封圈、管道接头和压力调节器等，应按照既定周期进行更换。运用先进技术手段，如振动分析、红外热成像、润滑油检测等，在设备问题显现前发现潜在隐患，避免突发性设备故障引发重大事故。所有设备的维护记录应系统归档，形成追踪机制，方便后续分析与改进。

3.2 建立科学的操作规范

根据不同作业环节和工作环境，制定精细化的操作规程。在井下作业时，操作人员需严格遵守井口压力调控、井壁稳定性检查及泥浆循环系统的操作标准。

在钻井过程中，要求操作人员密切监测钻压、旋转速度和泵压等关键参数，所有指标保持在安全范围内。一旦发现异常信号，例如压力波动过大或泥浆循环异常，需立即中止作业进行全面检查，避免重大安全事故。所有从业人员需接受系统的技能培训，掌握设备操作方法、常见问题诊断与紧急情况的处理程序。

培训内容应涵盖机械操作、电气安全、高危作业规范等多方面，特别是针对高温、高压等特殊环境下的作业，需要配备具有专业资质的人员并进行定期认证考核。持续组织技能测试和复训，促使操作人员始终具备较高水平的专业能力和安全意识。在实际作业中，操作人员必须穿戴符合安全标准的个人防护装备，例如阻燃服、防爆手套、听力保护器等，保持作业场所的安全标识清晰可见，避免因操作不当或环境不适造成的风险。

3.3 健全安全管理体系

在每个作业团队中都需要设置专职的安全管理人员和安全员，每个作业环节都有专人负责安全监督。安全管理人员需定期对现场进行检查，纠正不符合操作规程的行为。在开采前，对作业区的潜在风险进行详细分析，例如设备运行风险、井喷或火灾等问题，制定相应的应急计划。预案内容需涵盖紧急事件发生时的响应步骤、责任分工以及资源调配策略，并定期对相关人员进行演练，使其能够快速高效地应对突发情况。

在安全事故发生后，需在规定时限内报告，并成立专门调查组对事故原因进行全面分析。调查结果应透明公开，每位相关人员知悉事故成因和整改措施。依据调查结果完善相关操作规程，消除潜在隐患，避免类似事故再次发生。

4 石油开采过程中的环保控制措施

4.1 应用防治土壤污染技术

石油开采过程中，应在石油开采区域部署高精度泄漏检测系统，安装灵敏度高的传感器和实时监控设备，对管道、储罐及输送设施进行全面监测。一旦检测到石油泄漏或设备异常，系统应迅速发出警报并自动关闭相关阀门，防止污染扩散。在开采区域内，应铺设防渗层，如高密度聚乙烯膜或复合材料衬垫，形成物理屏障，有效阻止石油进入土壤。针对已受到污染的土壤，应依据污染程度和污染物特性选用合适的修复技术。

在轻度污染条件下，可采用生物修复方法，施用

专门的降解菌或添加营养物质,促进石油污染物的自然分解。对于污染严重的土壤,可以结合物理和化学修复手段,应用土壤洗脱技术清除污染物,或者利用热脱附装置加速挥发性有机物的移除。在修复过程中,应定期监测污染物降解的速率和环境参数变化,提高修复工作的有效性和安全性。

4.2 完善水资源保护管理

在石油开采领域,应针对采出水中含有的石油、悬浮物和盐类等污染物质,设计高效的分离与净化流程。处理过程可采用多级净化工艺,包括机械分离、化学沉淀和生物过滤。初步阶段通过油水分离装置分离原油与水,利用混凝沉淀技术去除重金属和颗粒物,最终通过生物滤池进一步降解有机污染物,保证处理后的废水能够达到排放标准或实现再利用。在钻井和压裂作业中,应采用封闭式循环系统,避免含油泥浆和压裂液渗透至地下水层。井壁及管道应选用耐腐蚀、高强度材料,并定期进行密封性测试。

钻井作业完成后,应对废弃井进行专业封堵,并在开采区域周边设置地下水监测井,实时检测地下水质量变化,及时发现和应对潜在污染问题。应建立严格的用水管理机制,详细记录作业中的用水量 and 废水排放量,并定期审查。采取水资源回收利用措施,将采出水回注至地层或用于二次采油,减少外部水源的依赖,降低废水排放量。

4.3 加强空气污染防控

在石油开采过程中,应在采油设备中安装封闭式油气回收装置,减少挥发性有机化合物(VOCs)的无组织排放。在油气分离环节,需配备先进的尾气处理系统,利用冷凝、吸附及催化氧化等技术回收油气,并分离有害成分,降低污染物的释放。选用低排放燃料,在燃烧装置中配备脱硫脱硝设备。湿法脱硫、干法脱硫技术可有效去除硫化物,而选择性催化还原技术(SCR)可显著降低氮氧化物的排放浓度。在设备运行中,应优化燃烧温度和氧气供应量,提升燃烧效率,减少颗粒物和烟气排放。

针对火炬气的处理,利用火炬气回收系统将多余的天然气进行回收再利用,代替直接燃烧的方式。回收的天然气可以作为工业能源或化工原料,从而减少空气污染物的排放,实现资源的循环利用目标。在开采区域周边,种植耐污染植物或建设防护林带,减少污染物扩散并缓解其对环境的影响。在开采区域及其周边,应布设空气质量监测点,实时监测颗粒物、硫

化物、氮氧化物及挥发性有机化合物的浓度。一旦监测数据超出标准范围,应立即启动应急预案,包括限制污染源的排放强度、暂停相关作业活动等,保证空气质量不会进一步恶化,高效管理石油开采区域的空气污染问题。

5 石油开采过程中安全环保风险控制经济性分析

有效的安全和环保管理模式不仅能够减少事故发生的频率和规模,还能显著降低由于事故带来的经济损失。避免井喷、火灾、泄漏等突发事件,大幅度减少设备损坏、环境污染及人员伤亡的风险,从而降低修复成本和赔偿费用。安全管理的优化有助于提升生产效率,减少因设备故障和人员受伤造成的停工时间,增强开采过程的稳定性与持续性,提高整体资源利用率。防止土壤、水源及空气污染,不仅能够避免因环境问题带来的法律诉讼和处罚,还能避免对周围生态系统的长期破坏。实施有效的环保措施,可以保持企业的良好社会形象,提升公众和市场的信任度,进一步提高企业的竞争力,提高企业经济效益。

6 结语

随着技术的不断进步,石油行业应以更加科学、环保的方式推动开采活动,尽可能减少对环境的负面影响,提高资源的利用效率,保障从业人员的安全与健康。行业从业人员和管理者应当增强安全意识和环保责任感,积极推动技术创新和管理模式优化,严格遵守安全操作规范和环保标准,强化设备的维护与管理,保证开采各环节均符合安全与环保要求,降低环境治理和事故修复的高昂成本,提升行业整体的经济效益。展望未来,随着绿色开采技术的持续突破和普及,引导石油行业向低碳、可持续发展的方向发展,实现环境、经济和社会效益的多赢局面。

参考文献:

- [1] 别念兵,潘军.石油开采区农田土壤重金属生态风险评估研究[J].江汉石油职工大学学报,2024,37(04):51-53.
- [2] 贺飞,祁瑞宁,喻华.采油过程安全风险及应对措施研究[J].现代职业安全,2023,(12):80-82.
- [3] 程功.油气田开采施工环境风险及环保管理方法探讨[J].江汉石油职工大学学报,2023,36(04):97-99.
- [4] 解健程.石油钻井作业现场的安全监督及治理措施[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(11):82-84.
- [5] 苟治铭,赵明,胡星.海洋石油生产设施安全风险的评估方法[J].化工管理,2023,(14):56-58.