

石油施工过程中的安全风险评估及控制措施

张文栋

天津市大港油田采油二厂

DOI:10.32629/etd.v6i5.16847

[摘要] 石油施工过程具有高风险和高复杂性的特点,施工中一旦发生安全事故,不仅会对作业人员生命安全造成严重威胁,还可能导致环境污染和经济损失。因此,开展施工过程中的安全风险评估与控制研究具有重要意义。本文通过分析石油施工过程中常见的风险特征,系统归纳了地质环境、设备工艺、人员操作和管理制度等方面的主要风险因素,探讨了风险识别、定性定量评估、模糊综合评价和大数据智能化技术等方法在风险评估中的应用,并提出了基于工程技术、人员培训、安全文化建设和应急管理的多层次控制措施。

[关键词] 石油施工; 安全风险; 风险评估; 控制措施; 应急管理

中图分类号: TV **文献标识码:** A

Safety risk assessment and control measures during petroleum construction process

Wendong Zhang

Tianjin Dagang Oilfield Oil Production Plant 2

[Abstract] The petroleum construction process has the characteristics of high risk and high complexity. Once a safety accident occurs during construction, it not only poses a serious threat to the safety of workers, but may also lead to environmental pollution and economic losses. Therefore, conducting research on safety risk assessment and control during the construction process is of great significance. This article systematically summarizes the main risk factors in geological environment, equipment technology, personnel operation, and management system by analyzing the common risk characteristics in the petroleum construction process. It explores the application of risk identification, qualitative and quantitative evaluation, fuzzy comprehensive evaluation, and big data intelligent technology in risk assessment, and proposes multi-level control measures based on engineering technology, personnel training, safety culture construction, and emergency management.

[Key words] petroleum construction; Security risks; Risk assessment; Control measures; emergency management

引言

随着能源需求的不断增长,石油施工项目在全球范围内持续推进。然而,石油施工具有高强度、高技术和高风险的显著特征,施工环境往往涉及高温、高压、易燃易爆以及复杂的地质条件,极易引发各类安全事故。近年来,尽管石油行业不断加强安全管理,但由于施工环节复杂、风险因素多样,事故仍时有发生,给人员安全、经济效益 and 环境保护带来严峻挑战。因此,如何在石油施工过程中系统识别潜在风险,科学评估风险等级,并采取有效的控制措施,是保障施工安全与可持续发展的关键问题。本文将围绕石油施工过程中的风险特征、主要风险因素、风险评估方法及风险控制措施展开探讨,旨在为石油施工企业建立完善的安全管理体系和优化风险防控机制提供借鉴与参考。

1 石油施工过程中的安全风险特征

1.1 石油施工作业复杂性与高危性

石油施工通常涉及钻井、完井、集输和地面工程等多个环节,这些环节不仅技术要求高,而且在环境条件复杂的情况下进行,施工过程中需要处理高温高压流体、易燃易爆物质以及腐蚀性化学品,因此其复杂性和高危性尤为突出。施工一旦出现管理不善或操作失误,极易引发井喷、爆炸、中毒等严重事故,不仅对施工现场的作业人员构成直接威胁,也可能对周边环境造成长远损害。因此,石油施工必须以安全风险防控为核心,全面识别潜在风险并采取针对性措施,才能确保作业的顺利进行。

1.2 常见施工安全风险类型分析

在石油施工过程中,常见的安全风险主要包括机械伤害、火灾爆炸、化学品泄漏、高处坠落和环境灾害等。机械伤害多发生在钻机、起重设备等大型机械运转环节,稍有不慎就会导致人员伤亡;火灾爆炸则往往由可燃气体泄漏、静电积聚或操作不当引发,其后果极其严重;化学品泄漏不仅会危害作业人员健康,

还可能造成土壤和水源污染;高处坠落事故主要出现在钻井平台或管线架设作业中;此外,自然条件如暴雨、沙尘暴等也会加剧施工风险。这些风险类型的存在决定了石油施工必须采取系统的风险预防与管控策略^[1]。

1.3 施工风险发生的关键环节

石油施工中风险高发的关键环节主要集中在钻井作业、油气集输及设备维护检修过程中。钻井作业中,若井控措施不到位,极易发生井喷和爆炸事故;油气集输环节涉及管道高压输送和阀门控制,一旦管道破裂或阀门失灵,可能引发大规模泄漏事故;设备维护检修往往在生产装置仍存在残余压力或可燃气体的情况下进行,稍有疏忽便可能导致火灾或爆炸。此外,施工现场的运输环节同样存在较大风险,车辆超载、驾驶员疲劳驾驶等也会引发事故。这些关键环节需要重点关注和管理,才能有效降低整体风险水平。

2 石油施工过程中的主要安全风险因素

2.1 地质与环境条件对施工风险的影响

石油施工所处的地质与环境条件复杂多变,是影响施工风险的重要因素。例如,在高压、高温或存在硫化氢等有害气体的地层施工时,若防护措施不到位,极易导致井喷、中毒或设备损坏;在海上石油平台施工时,恶劣的气象海况如台风、大浪也会加剧作业风险,甚至威胁平台整体安全。此外,地质构造不稳定区域容易发生井壁坍塌或地面沉降,对施工安全造成潜在威胁^[2]。因此,施工前必须对地质环境进行充分调查与评估,以便制定科学的施工方案。

2.2 施工设备与工艺环节的安全隐患

石油施工过程中大量依赖钻机、起重设备、输送管线等关键设施,这些设备一旦出现设计缺陷、老化损坏或维护不及时,极易导致事故。同时,施工工艺本身也可能存在风险隐患,如钻井液循环不畅、压力控制失效、焊接不合格等问题都会引发危险。此外,随着施工技术不断复杂化和自动化,设备操作失误或系统故障带来的风险也在增加。因此,必须对施工设备和工艺环节进行全方位的隐患排查与预防性维护。

2.3 人员操作与安全意识不足带来的风险

人员因素在石油施工风险中占据突出地位,主要体现在操作不规范、违章作业和安全意识淡薄等方面。部分施工人员安全培训不足,缺乏应对突发情况的经验,在紧急情况下容易出现错误操作,进而放大风险。此外,部分人员出于赶工期或经济利益考虑,可能忽视安全规范,甚至冒险作业,极大地增加了事故发生概率^[3]。由此可见,提高人员的安全技能和安全教育水平是降低风险的重要途径。

2.4 管理制度与应急预案缺陷引发的风险

石油施工的安全管理制度若不健全或执行不力,将直接导致风险控制失效。例如,施工单位若缺乏完善的隐患排查机制和安全生产责任落实制度,容易出现责任模糊、措施缺位的问题;应急预案若不科学或缺乏演练,在事故发生时难以及时应对,可能导致事故进一步扩大。此外,部分施工现场安全投入不足、监管流

于形式,也是事故频发的重要原因。因此,加强管理制度建设和完善应急预案,是降低施工风险的关键。

3 石油施工过程中的风险评估方法

3.1 风险识别与分类技术

风险评估的前提是对施工过程中的风险进行全面识别和合理分类。通过事故树分析、危险源辨识、专家访谈等方法,可以系统发现施工环节中可能存在的风险点,并根据其性质分为自然环境风险、设备技术风险、人员操作风险和管理制度风险等类别。这种分类有助于明确风险防控重点,为后续的风险评估与控制提供依据。在实际应用中,还可采用工作危害分析(JHA)、失效模式与影响分析(FMEA)等先进方法,结合现场勘察和历史数据分析,建立完善的风险识别清单。同时,应定期更新风险分类体系,确保其与施工技术发展和安全管理要求保持同步,提高风险识别的准确性和全面性。

3.2 风险定性与定量评估方法

在识别风险的基础上,需结合定性与定量方法进行综合评估。定性方法主要依靠专家经验和历史案例,直观地判断风险的可能性和严重性;定量方法则通过概率统计、数理模型和计算机模拟等方式,对风险发生的概率和损失程度进行精确计算。两者相结合,既能保证评估的全面性,又能提升结果的科学性与可靠性。

3.3 模糊综合评价与层次分析法应用

针对石油施工中风险因素复杂、评价指标多样的特点,模糊综合评价法和层次分析法被广泛应用。模糊综合评价法能够处理不确定性和模糊性问题,将专家判断与实际数据结合,得出较为合理的风险等级;层次分析法则通过建立风险指标体系和权重矩阵,将多因素问题转化为可计算的结构化模型,适合处理施工风险中的多维度影响因素。这两种方法的结合能够提高风险评估的科学性和实用性。

3.4 大数据与智能化技术在风险评估中的应用

随着信息技术的发展,大数据与智能化技术逐渐应用于石油施工风险管理。通过对传感器采集的实时数据进行分析,可以动态监控施工设备运行状态和环境变化,及时预警潜在风险;人工智能技术能够对历史事故数据进行模式识别和预测分析,从而为风险防控提供决策支持。大数据与智能化的引入,使得风险评估不仅停留在静态分析层面,更具备实时性与前瞻性^[4]。

4 石油施工过程中的安全风险控制措施

4.1 工程技术与设备管理的控制策略

针对施工设备与工艺环节的安全风险,必须采取多层次、系统化的工程技术和设备管理措施以实现风险最小化。在施工前,应对钻机、起重设备、井控装置及相关管线设施进行全面检测和维护,确保设备性能稳定、关键部件可靠,同时建立设备生命周期管理制度,对老化或潜在故障设备进行及时更换或升级。施工过程中,应引入先进的自动化控制系统和传感监测技术,对井下压力、流体成分、温度及设备运行状态实现实时监控,并通过预警系统在异常出现初期进行干预,从而避免事故扩大。此外,

应重点关注高风险工艺环节的技术改进,如优化钻井液配方以提高井壁稳定性、改进井控装置的响应速度与可靠性,并通过模拟仿真技术对复杂施工条件下的工艺方案进行验证和优化,以降低潜在风险发生的概率。综合以上措施,可以从源头、过程和技术手段三个维度全面控制施工风险,提升整体作业安全水平。

4.2 人员培训与安全文化建设措施

施工人员是安全管理的关键环节,其操作水平与安全意识直接决定施工安全效果。因此,应建立系统化的培训体系和完善的安全文化建设机制,确保人员具备应对复杂施工环境和突发事件的能力。施工单位应定期组织专业技能培训、安全操作规范教育及应急演练,强化员工对危险源识别和应急处置的理解;同时,应通过安全宣贯、现场安全例会及行为观察等方式,将“安全第一、预防为主”的理念深入到每个作业环节,实现安全文化的持续渗透。建立科学的奖惩机制也非常重要,对严格遵守安全规范、积极参与安全管理的人员予以表彰和奖励,对违章操作或忽视安全要求的行为进行及时纠正和问责,以形成全员参与、人人负责的安全生产氛围。通过人员能力提升与文化建设相结合,不仅可以降低人为操作失误引发的风险,还能在团队层面形成长效的安全保障体系^[5]。

4.3 应急响应与持续改进机制

完善的应急响应机制是施工安全管理的关键支撑,其目标是最大限度减少事故造成的人员伤亡和经济损失。施工单位应结合工程特点,制定科学、可操作的应急预案,明确各级人员职责、资源调配流程以及信息报告机制,并通过定期组织桌面演练和现场演练提升团队协同能力与应急处置速度。在事故发生后,应及时进行现场分析和经验总结,查明事故原因,完善制度与管理流程,形成闭环的持续改进机制。同时,应充分利用信息化平台和智能化系统,实现风险数据的实时采集、分析和共享,保障各类信息在事故发生前、中、后能够高效流转,为管理决策提供可靠依据。通过将预防、应急和改进机制有机结合,可以建立动

态化、系统化的安全风险管控体系,使石油施工的安全管理从事后补救转向全程主动防控,实现事故风险的最小化。

5 结论

石油施工作为高风险的工程活动,其安全管理水平直接关系到施工人员生命安全、企业经济效益以及生态环境保护。通过对施工过程中的风险特征、主要风险因素、风险评估方法及控制措施的系统分析可以看出,石油施工的安全风险来源于地质环境复杂、设备工艺隐患、人员操作不当及管理制度缺陷等多方面因素,而科学的风险评估与有效的控制措施是降低事故发生概率、保障施工安全的关键。为此,施工企业不仅要依靠先进的工程技术与设备管理来降低技术层面的风险,还应注重提升人员安全素质和安全文化水平,同时建立健全的应急响应和持续改进机制,实现安全管理的动态化与系统化。未来,随着大数据、人工智能等新兴技术在风险监测和预测中的深入应用,石油施工的风险管理将更加智能化和精细化,为行业的可持续发展提供更加坚实的安全保障。

[参考文献]

- [1]尹超,陈永福,穆文波.石油化工中的安全与风险评估研究[J].智能城市应用,2024,7(4):107-109.
- [2]任硕,胡海涛.基于风险评估和分析方法的固井安全管理措施研究[J].现代职业安全,2023(9):68-70.
- [3]宋荣全.石油化工设施安全评估与风险控制技术研究[J].石油石化物资采购,2024(14):178-180.
- [4]毛喜鹏,戴文通.石油勘探开发区的风险评估及对策[J].化工设计通讯,2023,49(8):6-8.
- [5]陈桂喜,程红伟.施工过程中的风险管理与安全控制研究[J].石油化工建设,2024,46(10):8-9.

作者简介:

张文栋(1984--),男,汉族,天津蓟县人,本科,工程师,大港油田采油二厂生产保障中心副主任,研究方向:油田施工管理。