

基于多源数据现场作业风险动态评估技术研究

刘思姣 孙慧哲

天津科技大学, 天津市, 300222;

摘要: 石化行业生产过程具有高危性、连续性和复杂性, 现场作业活动中涉及设备运行、人员操作、物料特性及环境变化等多种风险因素, 传统安全管理方式难以全面反映作业风险的动态变化。为提升现场作业安全管理水平, 本文围绕石化行业现场作业风险管控需求, 研究基于多源信息的风险动态评估技术。通过构建涵盖“人—机—料—法—环”等要素的现场作业风险识别框架, 整合现场监测信息、作业过程信息以及环境信息, 实现对作业风险状态的综合评估与动态感知。

关键词: 多源数据; 石化行业; 现场作业; 风险动态评估; 安全管理

DOI: 10.69979/3029-2700.26.04.104

引言

石化行业生产装置规模大、工艺复杂, 现场作业活动频繁且风险因素多样, 在动火作业、受限空间作业及设备检维修等过程中容易出现安全隐患。传统安全管理方式多依赖经验判断和静态风险识别, 难以全面反映作业过程中的风险变化, 也难以及时识别潜在风险。随着信息技术的发展, 多源信息获取技术逐渐应用于工业安全管理, 为现场作业风险识别提供了新的技术支撑。因此, 研究基于多源信息的现场作业风险动态评估技术, 对提升石化行业安全管理的科学性与前瞻性具有重要意义, 也为实现现场作业风险的主动管控提供了新的研究方向。

1 石化行业现场作业风险管理现状

1.1 石化行业现场作业风险特征

石化行业生产过程具有高温高压、连续运行以及工艺复杂等特点, 现场作业活动往往伴随着多种潜在危险因素。在设备检维修、动火作业、受限空间作业以及装置开停工等环节中, 人员操作、设备状态、物料性质以及环境条件之间形成复杂的风险耦合关系, 使现场作业安全管理面临较高难度。与一般工业生产相比, 石化装置内部储存和输送的物料多为易燃易爆或具有毒性的化学物质, 一旦发生异常情况, 容易引发连锁反应并扩大事故影响范围^[1]。与此同时, 装置规模大型化和工艺系统集成化趋势不断增强, 不同设备之间的关联程度显著提高, 局部故障可能迅速影响整个生产系统运行状态。现场作业风险往往表现为动态变化的过程, 风险状态会随着作业进程、环境变化以及设备运行状况不断发生调整, 这种复杂性使得传统以静态识别为主的风险管理模

式, 难以全面反映作业实际安全状态。

1.2 传统作业风险评估方法的局限性

在石化行业安全管理实践中, 传统作业风险评估通常依赖作业许可制度、专家经验判断以及标准化风险分析方法, 这类方法在长期生产管理中发挥了重要作用, 但在面对复杂作业环境时逐渐暴露出一定局限。传统评估方式多以固定流程或预设情景为依据, 在作业开始前完成风险识别与控制措施制定, 风险评估结果往往保持相对稳定状态, 难以反映作业过程中的实时变化。当现场环境条件、设备运行状况或人员操作行为发生变化时, 既有评估结果难以及时更新, 风险信息的传递也存在明显滞后。随着石化企业生产规模不断扩大以及作业场景日益复杂, 仅依赖静态风险识别已难以满足现代安全管理对动态风险感知能力的需求。

2 多源数据在现场作业安全管理中的应用基础

2.1 多源信息在安全管理中的作用

在现代工业生产环境中, 信息技术的广泛应用为安全管理提供了新的技术支撑。通过多种信息采集手段, 可以获取人员行为状态、设备运行参数、环境监测数据以及作业过程信息等多方面内容, 从而形成较为完整的现场信息体系。多源信息能够从不同角度反映生产装置及作业活动的运行状态, 使安全管理人员能够更加全面地了解现场情况。相较于单一信息来源, 多源信息体系具有更强的完整性和可靠性, 不同信息之间的交叉验证能够提升风险识别的准确程度。随着传感技术、工业互联网以及智能监测设备的不断发展, 现场信息获取方式逐渐从传统人工记录转向自动化采集, 这种变化使现场

作业状态能够被持续记录并形成连续信息流。

2.2 石化现场作业风险要素分析

石化行业现场作业风险通常由多种要素共同作用形成,其中人员行为、设备状态、物料性质、作业管理以及环境条件构成风险产生的主要来源。人员因素主要体现在操作技能、作业经验以及安全意识等方面,作业人员在复杂环境中可能因认知偏差或操作失误引发安全隐患。设备因素则涉及设备运行稳定性、维护状态以及系统可靠性,当关键设备出现故障或性能下降时,装置安全运行会受到影响。物料因素主要来源于化学物质的易燃性、毒性或反应特性,不同物料在特定条件下可能产生危险反应^[2]。作业管理因素体现在作业流程、许可制度以及现场监督管理水平,这些管理环节直接影响风险控制措施的执行效果。环境因素包括气象条件、温度变化以及空间结构等外部条件,不同环境因素可能改变作业风险的发展趋势。

2.3 多源信息融合的技术基础

多源信息在安全管理中的价值不仅体现在信息采集阶段,还体现在信息整合与综合应用过程中。不同类型的信息在数据结构、获取方式以及更新频率方面存在差异,需要通过统一的技术体系实现整合处理。信息融合技术能够将来自不同来源的信息进行统一管理,使各类信息在同一平台上形成关联关系,从而构建完整的信息结构。合理的融合机制,可以使设备监测信息、人员行为信息以及环境监测信息在同一系统中进行关联分析,形成更加清晰的风险信息结构。信息融合过程不仅能够提升信息利用效率,还能够增强风险识别过程的整体性,使安全管理活动能够在更加完整的信息基础上开展。

3 基于多源数据的现场作业风险动态评估框架构建

3.1 风险评估总体框架设计

在石化行业现场作业环境中,风险评估体系需要能够全面反映作业活动的实际运行状态,因此风险评估框架设计需要以现场信息结构为基础。风险评估总体框架通常以多源信息采集为起点,通过对不同类型信息进行整合处理,形成统一的风险信息结构。在框架设计过程中,需要明确各类风险要素之间的关联关系,使不同信息能够在同一体系中进行协调表达。风险评估框架不仅需要反映当前风险状态,还需要能够跟踪作业过程中的变化情况,使风险识别过程具有持续性特征^[3]。通过建

立清晰的信息层级结构,可以使不同风险要素之间形成逻辑联系,使现场作业状态能够在系统中得到完整呈现,使风险识别与管理过程能够在统一体系下开展。

3.2 现场作业风险要素体系构建

现场作业风险评估体系的建立需要明确风险要素的结构关系。石化行业现场作业活动通常涉及人员操作、设备运行、物料状态、作业管理以及环境条件等多个方面,因此风险要素体系需要能够完整反映这些内容。在要素体系构建过程中,需要对不同风险要素进行分类,并明确各类要素在作业活动中的作用位置。人员要素反映作业执行过程中的行为状态,设备要素体现生产系统运行稳定性,物料要素反映化学物质潜在危险性,管理要素体现作业组织与制度执行情况,环境要素则描述作业空间和外部条件变化。建立结构清晰的风险要素体系,可以使现场作业风险形成完整表达,使风险评估过程能够在统一要素框架下开展。

3.3 风险信息采集与整合机制

在现场作业风险评估体系中,风险信息采集是实现动态风险识别的重要环节。信息采集过程需要覆盖现场作业的多个方面,包括设备运行状态、环境监测数据以及作业活动记录等内容。通过多种信息采集方式,可以形成连续的信息流,使作业状态能够被完整记录。信息整合机制则负责对不同来源的信息进行统一管理,使各类信息在同一平台上形成关联结构。信息整合过程需要解决不同数据来源之间结构差异问题,使设备信息、环境信息以及作业信息能够在同一系统中进行统一表达。构建稳定的信息采集与整合机制,可以使现场作业状态在系统中形成完整信息结构,为风险评估提供持续信息来源。

3.4 风险动态评估流程设计

风险动态评估流程需要围绕现场作业全过程展开,使风险识别活动能够贯穿作业准备、执行以及结束阶段。评估流程首先通过信息采集环节获取现场状态信息,并在系统中形成风险信息结构。在信息处理阶段,对不同风险要素进行综合识别,使潜在风险因素能够在系统中得到明确表达。随后通过风险评估环节,对各类风险要素之间的关系进行分析,使风险状态能够被完整呈现。评估流程在作业过程中持续运行,使风险信息能够随着作业状态变化而不断更新。通过构建连续运行的评估流程,可以使现场作业风险在系统中形成动态表达,使安全管理活动能够依据实时风险状态开展。

4 现场作业风险动态评估技术实现

4.1 作业风险识别机制

作业风险识别是风险动态评估技术中的基础环节,其主要目标在于准确识别现场作业过程中可能出现的危险因素。在识别机制构建过程中,需要将人员行为状态、设备运行状况以及环境条件变化等信息纳入统一识别体系,使风险识别活动能够覆盖现场作业的各个方面。风险识别机制需要具备持续运行能力,使作业状态变化能够及时反映在风险识别结果中。对现场信息进行综合识别,可以形成较为完整的风险信息结构,使不同风险要素在系统中得到明确表达^[4]。识别机制在运行过程中能够不断接收现场信息变化,并根据最新信息更新风险识别结果,使风险识别过程具有动态特征。

4.2 风险状态动态评估方法

风险状态动态评估方法旨在通过持续的信息更新反映作业过程中的风险变化情况。在评估过程中,需要对不同风险要素之间的关系进行综合分析,使风险状态能够在系统中形成整体表达。评估方法需要能够处理来自不同来源的信息,使设备状态信息、环境监测信息以及作业活动信息能够在同一体系中进行综合表达。通过持续评估,可以形成作业风险状态变化过程,使风险信息能够随时间变化不断更新。风险动态评估方法能够反映现场作业活动的真实安全状态,使风险识别过程更加符合实际作业环境。

4.3 风险预警与分级管控机制

风险预警机制在风险动态评估体系中承担重要作用,其核心任务在于在风险状态出现变化时及时提示安全管理人员。预警机制需要结合现场风险信息结构,对风险状态变化进行持续监测,使潜在危险因素能够在早期阶段得到识别。分级管控机制则依据风险状态变化情况,对不同风险等级采取相应管理措施,使风险控制活动能够具有针对性。在分级管控过程中,需要明确不同风险等级对应的管理策略,使安全管理人员能够依据风险信息采取相应控制措施。

5 现场作业风险动态评估技术应用

5.1 技术在石化现场作业中的应用场景

在石化生产装置运行过程中,现场作业活动具有明显的多样性,不同作业类型对应不同风险特征。风险动态评估技术可以应用于动火作业、受限空间作业、设备

检维修以及装置开停工等多种作业场景。在动火作业过程中,通过持续监测作业环境状态和设备运行情况,可以及时识别潜在危险因素。在受限空间作业环境中,通过对气体环境以及人员状态进行持续监测,可以保障作业安全。在设备检维修过程中,通过设备状态信息与作业活动信息的结合,可以更加全面地识别潜在风险。

5.2 风险动态评估对安全管理的支撑作用

风险动态评估技术在石化行业安全管理体系中具有重要支撑作用。通过持续获取现场信息并对风险状态进行动态评估,可以使安全管理活动建立在更加真实的信息基础之上。风险动态评估能够为现场管理人员提供更加清晰的风险状态信息,使安全管理决策能够更加符合现场实际情况。在安全管理体系中,风险动态评估技术能够连接信息采集系统与管理决策系统,使风险信息能够在不同管理环节之间顺畅传递。安全管理人员能够依据风险状态变化及时调整管理措施,使现场作业风险始终处于可控范围。

6 结语

综上所述,随着石化行业生产规模不断扩大,现场作业活动的复杂性与风险性日益增加,传统安全管理模式已难以满足现代安全管理需求。本文围绕石化行业现场作业风险管理问题,研究基于多源信息的风险动态评估技术,通过构建现场作业风险要素体系和动态评估框架,实现对作业风险状态的综合识别与持续评估。未来,随着信息技术的不断发展,现场作业风险动态评估技术将在石化行业安全管理中发挥更加重要的作用,为企业构建智能化安全管理体系提供重要支撑。

参考文献

- [1]刘萌,陈宏亮,吕文亮.石化企业特殊作业风险动态管控体系研究[J].安全,2025,46(11):61-69.
- [2]王维斌,张强,林明春,等.基于多源数据的储罐预测性维检修策略[J].油气储运,2022,41(07):787-794.
- [3]周良峰.基于双重预防机制的大型石化建设项目现场安全管理研究[J].安全、健康和环境,2021,21(06):45-48.
- [4]谢俊成,夏立伟.多源数据融合下的石化企业火灾事故风险预警与安全应急[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(10):54-55+57.