

输油管道高后果区的识别与分级管理

● 翁建伟



[摘要] 本文围绕输油管道高后果区(High Consequence Area, HCA)的识别问题和相应的分级管理方案进行探讨,旨在提高输油管道的安全管理效率,确保人们的生命财产安全和环境保护。通过分析当前输油管道HCA的识别标准与方法,笔者提出了基于GIS技术的HCA识别新模型,并结合风险评估结果,提出针对不同后果级别的管道管理策略,以期达到精准预防和减缓事故后果的目的。相关研究结果表明,通过科学识别与针对性分级管理,可以有效提高管理效率和预防事故发生的能力。

[关键词] 输油管道;高后果区;分级管理;风险评估;GIS技术

输油管道是石油长距离输送的主要途径。由于输油管道穿行范围广、经过复杂多变的地貌地区,一旦发生石油泄漏或爆炸事故,就会对环境和社会造成较大影响。识别高后果区并实施分级管理,对提高管道的安全性和可靠性具有重要意义。然而,现有的HCA识别工作往往通过人工方式进行识别,不够高效,且准确性有待提升。本文提出了一种结合地理信息系统(GIS)技术与风险评估方法的新策略,旨在实现更精确、高效的HCA识别与管理。

Q 高后果区的定义与影响因素

所谓高后果区,是指若发生油气输送管道系统泄漏或其他事故可能会引发重大人员伤亡,造成环境和财产损失的地段或区域。高后果区具体定义通常由管道运营商按照我国法规标准和行业规范来界定。高后果区通常基于人口密度、环境敏感区域、经济开发区以及其他关键设施或资源的分布来确定。影响高后果区识别的因素有很多,包括管道周围的土地使用类型(住宅区、商业区、工业区)、邻近群体的大小以及其与管道的接近度、重要水体和生态系统的接近性、天然保护区的周边环境和历史遗迹的存在等。此外,相对于管道网络的一般区域,高后果区往往需要更高标准的安全措施和更为严格的监管政策。因此,对高后果区的科学识别和合理划分对提高管道安全管理水平、制定有效的应急响应策略、减少潜在事故的后果发挥着至关重要的作用。

Q 高后果区识别方法

(一)传统的HCA识别方法

传统的高后果区(HCA)识别方法依赖于简单直观的判

定标准和人工分析,常见的做法包括使用地图和人口统计数据来确定人口密集区以及识别敏感区域。比如,某西方国家根据管道安全改进法案(PSIA)的要求,经常采用制定缓冲的方式(例如46米、220米)来围绕管道确定HCA区域。这个方法决定了沿线一定距离内的特定人口集中地和易受影响的设施(如学校、医疗机构、商业区等)作为高后果区。除此之外,传统方法还包括现场勘测和对具体状况的实地调研,评估可能的建筑物、交通网络及环境资源等。这些方法虽然能提供确切的现场信息,但往往耗时耗力,且识别效率较低,并且难以适应管道运行和周边环境的快速变化。

(二)基于GIS的HCA识别新模型研究

随着地理信息系统(GIS)技术的发展,基于GIS的HCA识别新模型得到了越来越多的应用和研究。GIS可以处理大量空间数据,并具备强大的空间分析功能,使之成为高后果区识别的理想工具。通过GIS技术,可以对包括土地利用、人口密度、环境敏感区、基础设施布局等多源数据进行集成分析,以识别和定量评估HCA。GIS模型可以使用多参数和多标准的评分系统来界定HCA。例如,可以通过空间叠加分析、缓冲区分析和网络分析等GIS内置功能,来确定那些与输油管道相近的密集居民地、特殊使用地区或者其他受保护的区域。GIS还可以与风险评估模型相结合,对概率和后果进行建模,进而综合确定HCA区域。此外,利用GIS模型可以实现动态的更新和管理,使输油管道HCA的识别与管道运行和环境的变化保持同步。

Q 风险评估与分级管理框架构建

(一)分级管理的原则与方法

分级管理是在识别出输油管道的高后果区之后,根据不同区域所带来的潜在风险大小来制定不同级别的安全管理措施的过程。在这一过程中,一个基本的原则是“风险与措施相匹配”,即管理措施的严格程度应与区域风险的大小成正比。为执行这一原则,首先须确立一个风险等级划分系统,常见的如将风险分为高、中、低三个级别。然后,根据每个区域风险评估的结果来分配其所对应的风险等级。每个风险等级将对应一系列预定的管理措施,包括但不限于以下措施:加强巡检频率、提高监测系统的敏感度、制定应急预案以及增强公众意识等。管理方法涉及诸多技术和措施的应用,比如,地理信息系统(GIS)在风险识别的作用、定期安全检查、监测技术的运用、教育培训计划、社区参与和信息公开等。所有这些措施和方法的组合可以构建一个综合的管理框架,以确保输油管道操作的安全性可控制、风险可管理。

(二)高后果区的风险评估体系

风险评估体系在高后果区的分级管理中占据核心地位,其目的是对可能的风险进行量化分析,为制定相应的管理策略提供科学依据。风险评估体系通常包括风险识别、风险分析和风险评价三个阶段。在风险识别阶段,要系统化地收集和整理相关数据,包括输油管道的具体位置、周边环境特征、历史事故数据、管道物理特性等,识别可能导致事故的各种因素;风险分析阶段主要涉及对事故发生的可能性及其可能导致的后果进行预测和模拟。这通常要依赖于统计数据、事故数据库、模型推算等方法,以确定事故发生的概率和后果严重性;最后的风险评价阶段,则是对前两阶段收集与分析的信息进行评估,通过综合考量事故发生的可能性与后果严重性,将风险划分为不同的等级,从而指导高后果区的管理措施。此环节常使用定量的风险评估模型,如故障树分析(FTA)、事件树分析(ETA)或是定性的风险矩阵方法。通过应用这些方法,管理者能够识别出关键风险点,并集中资源和努力来降低这些风险点的潜在后果。

(三)风险评估结果与分级管理策略的结合

构建风险评估与分级管理框架的关键步骤之一是将风险评估结果与分级管理策略相结合。这一过程涉及将通过风险评估得出的定量或定性风险等级与相应的管理措施紧密对应起来。这个结合过程通常要求风险评估团队与安全管理团队之间的密切合作,以便确保评估的准确性和管理措施的有效性。这包括分析识别各种潜在风险,计算风险发生的可能性及其对人员、环境和财产的潜在后果。一旦评估完成,就可以划分风险等级(如低、中、高),然后为每个等级制定针对性的防控措施。高风险等级可能需要额外的安全缓冲措施,增加监测和检测频率,或者加强应急准备和响应能力。相对地,中等或低风险区域可能适用标准的或减少

强度的管理措施。这种根据风险级别来分配资源和制订标准的管理方法旨在合理配置安全资源,确保重点关注那些风险最高的区域,从而增强整体系统的安全性和可靠性。通过不断地监测、评估和调整管理策略,确保风险评估与分级管理策略持续同步,相互支撑,保障系统安全运行。

Q 分级管理策略的实施与优化

(一)不同级别 HCA 的管理策略

对于输油管道系统而言,实施分级管理策略首先就要对高后果区域进行评估和分类。根据评估过程产生的风险概率及后果严重性,将 HCA 区分为不同的管理级别,通常是高、中、低等级。在高风险区域,实施的管理策略要求最严格,这包括但不限于更频繁的巡检、使用更先进的监测技术、对关键组件进行定期的完整性测试以及制订具有高响应等级的应急预案。其中,预防性措施包括高性能的防腐蚀处理和加强型的管道壁设计。应急准备措施可能会涉及与当地的应急服务部门进行特定的合作与协调,以确保在紧急情况发生时能够迅速做出反应。在中等风险的 HCA 区域,管理措施相对于高风险区域而言有所降级,但依旧需要保证足够的安全性和监控。例如,可能会采用适中频率的巡检,定期监测和进行一定程度的自动化系统评估来确保正常运行。对于划分为低风险的区域,管理措施则更为简化。在这些区域,监控活动和巡检的频率可能会降低,但必须依然满足基本的安全监管要求,要保持对整体安全性的信心,而不是无差别地给予过多资源。

(二)管理措施的优化与调整

管理策略的优化和调整是确保分级管理有效性的关键环节,其优化过程应基于定期的风险评估、技术进步和运营经验来实施。随着环境和运营条件的变化,原有风险评估的结果可能不再准确。因此,需要定期重新评估风险,以确保管理措施与实际风险水平相匹配。评估可以基于新的数据,如事故率变化、新开发区域的接入等。监测技术和防护措施的进步为优化现有管理方案提供了手段。例如,采用新型传感器技术可以更早地检测到潜在缺陷。而更先进的数据分析工具可以从大量监测数据中识别出风险模式,使相关人员可以有效进行应急部署。实施分级管理策略后,搜集运营和维护团队的反馈对于优化管理策略至关重要。这些反馈可以是员工的建议、事故报告或是常规检查的发现。反馈应被用于调整策略和流程,以不断提升管理效率和效果。为了确保策略的适时调整,还应该建立一系列指标来监控管理措施的绩效。当指标显示管理效果不达预期时,应分析原因并调整管理方案。同时,重视事故教训的学习和行业最佳实践的借鉴也是不可或缺的一部分。通过这样一个循环反馈的过程,输油管道的分级管理策略能够持

续优化，从而适应不断变化的环境和挑战。

（三）分级管理实施的难点与对策

输油管道分级管理策略的实施过程中常常会遇到多种难点，并且这些挑战往往需要采取针对性的对策来克服。首先，数据收集和处理的难点是显而易见的。准确的风险评估需要依赖大量准确的数据，而现实中的数据往往存在缺失、延误或不准确的问题。解决这一难点的对策包括建立健全的数据收集体系，使用先进的传感器和监测技术，以及采用大数据分析方法来提高数据的准确性和实用性；其次，制定符合实际情况的分级标准也是输油管道分级管理实施的难点之一。由于输油管道的运营环境复杂多变，需要一个灵活而精确的标准来适应不同的环境和条件。解决这一难点的对策包括根据国际标准合理设定本地标准，同时结合历史经验、地理信息和环境特征对标准做出动态调整；再次，公众和相关方的接受程度与合作。公众可能对输油管道的风险以及管理措施的实施有顾虑，相关方的合作也是成功实施策略的关键因素。对此，相关单位需要积极进行沟通和宣传，透明地展示风险分析和管理措施，增进公众和相关利益方的理解和信任。同时，相关单位要与相关管理部门及其他监管机构建立紧密的协作关系，争取他们的支持和认可。最后，技术和资源的限制也是一个难点。高效的风险管理和监测系统可能需要较大的投资，并且对专业知识和技术能力有较高要求。解决这一难点的对策包括逐步投资先进技术、为员工提供培训和发展机会，并通过外包或与专业机构合作来获取所需的专业能力。

Q HCA 识别的科学性与准确性分析

输油管道高后果区识别的科学性与准确性对管道安全管理至关重要。科学性表现在 HCA 识别过程要基于严谨的科学原理和方法，这包括但不限于应用风险评估模型、地理信息系统(GIS)、环境影响分析以及人口密度和土地利用数据分析等。这些方法和技术可以协助管理者准确地识别哪

些区域在管道发生泄漏或爆炸时可能导致严重后果，例如对人员健康、环境安全、财产损失或其他重要设施的影响。准确性的保证则需要依靠定期更新的数据、高质量的风险评价工具和持续的技术支持。此外，识别过程还需遵循相应的法律和行业规范，并结合实地调查和专家的经验判断。HCA 识别的准确性能够指导管理者采取合适的防护和应急措施，最大限度地减少事故的潜在后果。因此，不断地审查和优化 HCA 识别的方法和实践是输油管道风险管理中的一项重要任务。

Q 结束语

综上所述，输油管道高后果区的科学识别与有效分级管理对安全生产具有不可估量的作用。本文提出的基于 GIS 技术的 HCA 识别方法，为精确识别输油管道的高风险区域提供了新的解决方案，并通过与风险评估相结合，制订了合理的分级管理策略。通过本研究提出的方案，可以优化资源配置，实现更为精细化的安全管理，并最大限度地减少事故发生风险。笔者认为，未来研究可着重于分级管理策略的进一步细化与实际操作中的可行性分析，以及新技术在 HCA 识别与管理中的应用探讨，从而为输油管道安全管理提供更多切实可行的科学依据。

Q 参考文献

- [1] 兰现明, 陈思彬. 输油管道高后果区识别与分级管理[J]. 化工管理, 2022(06): 214-215.
- [2] 王晓霖, 帅健, 宋红波, 等. 输油管道高后果区识别与分级管理[J]. 中国安全科学学报, 2023, 25(06): 149-154.
- [3] 王天书. 高后果区识别方法在输油管道管理中的应用[J]. 区域治理, 2018(30): 297.

作者简介:

翁建伟(1972—), 男, 汉族, 浙江温州人, 本科, 工程师, 国家管网集团东部原油储运有限公司武汉输油处, 研究方向: 输油管道保护。