

长输天然气管道高后果区识别方法与管控措施研究

苏卓然 (山东省天然气管道有限责任公司, 山东 济南 250000)

摘要: 天然气作为一种清洁、高效的能源, 在现代社会中的地位日益凸显。然而, 其运输过程中的安全问题也备受关注。长输天然气管道作为主要的运输方式, 其安全性和可靠性直接关系到能源供应的稳定性和社会的可持续发展。因此, 识别长输天然气管道的高后果区并采取相应的管控措施, 对于保障管道运输安全、防止事故发生具有重要意义。

关键词: 长输天然气管道; 高后果区; 识别方法; 管控措施

长输天然气管道的安全管理是确保天然气供应稳定性的重要组成部分。对于高后果区的识别和管控, 是减少事故风险、保护公众安全以及环境的关键环节。高后果区通常指的是那些一旦发生天然气泄漏或其他故障可能对人类生命、财产或者环境造成较大影响的地区。高后果区的识别方法通常依赖于多种风险评估模型, 这些模型综合了管道的物理特性、运营状况、周围环境及土地使用情况等因素。

1 长输天然气管道高后果区概述

1.1 高后果区定义

长输天然气管道高后果区是指那些如果发生管道泄漏或破裂事故可能会导致严重人员伤亡、财产损失或环境破坏的特定地区。这种区域并不是基于地理位置的物理特性来界定, 而是根据管道周围的建筑物、人口、环境敏感点以及经济重要设施聚集的情况确定的。高后果区的识别非常重要, 因为它可以帮助天然气管道运营公司采取更精确的安全措施和风险管理, 减少潜在的风险和影响。在美国, 根据《天然气管道安全改进法案》, 管道运营商被要求识别 HCAs, 并据此实施完善的完整性管理计划。

1.2 高后果区特点

高后果区的特点是多方面的, 首先它们通常处于人口较为密集的地区或邻近重要的社区设施, 如学校、医院、商业区等, 如果管道发生事故, 潜在的危害极大增加。其次, 高后果区可能涉及到特殊的地理环境, 如过河、穿越山区等敏感地带, 这里地形的复杂性增加了管道发生事故的风险。同时, 一些高后果区所在位置可能靠近环境保护区或者珍稀物种栖息地, 这些地区的生态环境非常脆弱, 对于外部干扰的容忍度较低。另外, 经济重要设施, 例如电力站、水处理厂或是重要工业区, 也是高后果区的一部分。这些区域中的设施通常对日常生活和国民经济具有中至重要作

用, 一旦受损, 构成的直接或间接损失都将极为巨大。

2 输气管道高后果区识别及分级标准

2.1 高后果区的识别

根据我国国家标准 GB32167-2015, 高后果区的识别是基于对输气管道周围地区潜在影响因素的综合考量。这包括人员密集区域、生态环境敏感区、饮用水保护区等因素的综合判断。识别过程中, 需要评估可能受到天然气泄漏或燃烧影响的建筑物、场所和人群, 通常包括识别沿管道边界一定距离内的居民点、商业区、学校、医院、养老院、公共区域等。此外, 还需评估年平均居住人口数量、人口活动特征等信息。工具和方法方面, 常用的有地理信息系统 (GIS) 和风险评估模型等。综合应用不同的技术和方法对潜在的高后果区进行定性和定量的评估。

2.2 高后果区的分级

高后果区识别按照分类、分级原则, 按照管道途经区域周边环境情况将高后果区分为人口密集型、重要设施型、环境敏感型三类; 按照管道发生事故后果的严重程度将高后果区分为 III、II、I 三个级别, III 级代表最大严重程度、I 级代表最小严重程度。高后果区可以是单一类型, 也可以是多种类型并存, 级别为其中某一类型的最高级别。依据 GB32167-2015, III 级高后果区通常是指管道中心线两侧各 200 m 范围内, 任意划分成长度 2 km 并能包括最大聚居户数的若干段, 四层及四层以上楼房 (不计地下室层数) 普遍集中、交通频繁、地下设施多的区段; II 级高后果区指管道中心线各两侧 200 m 范围内, 任意划分 2 km 长度并能包括最大聚居户数的若干地段, 户数在 100 户以上的区段, 包括市郊居住区、商业区、工业区、发展区以及不够四级地区条件的人口稠密区, 同时管径大于 762 mm, 并且最大允许操作压力大于 6.9 MPa, 其天然气管道潜在影响区域内有特定场所的区域, 以

及除三、四级地区外，管道两侧各 200 m 内有加油站、油库等易燃易爆场所均为 II 级高后果区；I 级高后果区如管径小于 273 mm，并且最大允许操作压力小于 1.6 MPa，其天然气管道潜在影响区域内有特定场所的区域，其他管道两侧各 200 m 内有特定场所的区域均为 I 级高后果区。

2.3 高后果区的安全管理要求

输气管道在高后果区内的安全管理是至关重要的，其目的是为了尽最大可能减小事故发生的概率和影响。GB32167-2015 中提出了一系列的安全管理要求，包括但不限于管道的定期检验与维护、周边地区的监测、风险评估、应急预案的制定与实施等。例如，对于位于高后果区的管段，应增加巡护力量和频次，充分应用视频监控、无人机巡线、光纤预警等技术手段，确保巡护全路径、全角度、全时段覆盖，保障管道安全平稳运行。此外，针对不同级别的高后果区，安全管理措施也需要相应的分级实施，确保重点区域得到足够的关注和资源配置。对员工进行专门培训，确保他们能够理解高后果区的概念，掌握必要的安全操作流程和应急响应程序，也是管道安全管理的重要组成部分。

3 长输天然气管道高后果区管控措施

3.1 与政府建立良好的合作机制

长输天然气管道穿越多个行政区域，其安全运行直接关联地方的公共安全，因此与各级政府建立良好的合作机制至关重要。管道运营企业应积极同地方政府沟通协调，共同制定和完善应急预案，实现信息共享与互通有无。同时，企业还需参与地方政府的城市规划，确保在新的城市规划中，考虑天然气管道的安全运行和未来可能的扩容改造。配合地方政府做好周边区域的风险评估，明确高风险区域和高后果区的范围，并依据这些数据制定相应的防护措施和应急响应策略。

3.2 建立完善数据库，进行全线数据对齐

对于长输天然气管道而言，实时、准确的数据是确保管道高后果区得到有效管理的前提。企业需要建立一个全面的数据库，收集包括管道材质、壁厚、管径、覆土深度、年代等基础信息，以及管道沿线的人口密度、重要设施分布、自然环境特征等重要数据。利用地理信息系统（GIS）等技术手段对这些数据进行全线对齐和整合，确保信息准确无误并方便查询。这样的数据库能够为管道的定期检查、维护决策和风险评估

提供数据支持，同时也是快速响应事故和紧急情况的基础。

3.3 建立高后果区档案

创建高后果区档案是对该区域内的所有相关信息进行详尽记录与管理，这一举措有助于准确把握高后果区的具体情况，并为日常检查、监测提供参照。在档案中需记录高后果区的位置、范围、影响因素、历史事件、管道参数、维保记录、环境特征等方面的详细信息。同时，针对每个高后果区，根据其具体特点设计专属的管控方案和应急预案，包括可能发生的危险情况以及处理这些情况的步骤和措施。这样的档案应定期更新，以确保信息的最新性和准确性。

3.4 加强管道巡检管理

巡检是确保管道安全运行的重要环节，对于高后果区的管道巡检尤为重要。除了日常的定期巡检之外，在高后果区，还需要增加巡检的频率和强度。巡检人员需要进行专业培训，提高对异常情况的识别与处置能力。巡检过程中，不仅要注重管道本身的状况，还应关注管道周围环境变化，比如地面塌陷、水侵蚀和建筑施工等情况，这些都可能对管道的正常运行造成威胁。引入无人机、智能巡检机器人等高科技手段进行辅助巡检，可以提高巡检效率和准确性。同时，及时修订和完善巡检流程和标准，确保巡检质量的持续提升。

3.5 做好高后果区宣传

针对高后果区的安全宣传是一项至关重要的工作。它可以提高公众对天然气管道潜在危险性的认识和理解，增强居民和沿线单位的安全防范意识。宣传主要包括教育广告、户外标牌、社区会议、学校讲座等方式。教育广告可以通过电视、网络、广播等媒体向公众普及管道安全知识；户外标牌应在显著位置设置，上面应有管道相关信息及紧急联络方式；社区会议可以邀请居民参加，对高后果区内的风险因素进行说明，并指导如何在管道事故发生时采取正确的应对措施；学校讲座则针对青少年进行，培养他们的安全意识。另外，各类演练活动也是宣传的一种有效手段，它不仅可以让公众更直观地了解天然气安全知识，还可以检验应急预案的实用性和人员的应急反应能力。

3.6 设置管道标识

管道标识是用于帮助确认管道位置及携带介质类型的警示标志。在高后果区内，需要增设额外的管道标识，确保即使在极端条件下也能够被明显注意到。

这些标识不仅要有坚固的材料制成，还应该符合相应的国家或行业标准。标识中应包含紧急联系人及电话，提示可能存在的危险，并给出在发现管线问题或事故时应当采取的行动。此外，对于那些可能进行土地开发或其他可能干扰管道正常运作的活动的第三方，管道标识起到了特别重要的提示和警告作用。

3.7 开展管道外检测

管道外部检测是为了评估管道外部状况和附近环境对管道可能构成的威胁。这包括但不限于外观检查、覆土深度测量、失效或腐蚀的评估等。目视检查是最直接的方法，而更先进的技术包括使用无损检测 (NDT) 技术，例如超声波测试或射线探伤等。通过定期进行外部检测，可以提前确定和修复潜在的外部缺陷，并预防由此引起的管道事故。针对检测到的问题，要根据其严重程度和风险大小制定合理的维修或更换计划。

3.8 开展管道内检测和管道本体缺陷整治

管道内检测主要是通过使用管道智能顶渣器 (PIG)，对管道内部进行检查，监测内部磨损、腐蚀或其他形式的损伤。智能顶渣器可以在不影响管道正常输送作业的情况下进行检测工作，有效地识别内部问题并提供详尽的数据分析。管道本体缺陷的整治则要基于检测结果制定详细的修复计划。对于检测发现的缺陷，需要尽快进行修复以避免事故的发生，同时，在修复过程中要采取适当的安全措施，确保作业人员和公众的安全。

3.9 加强管道高后果区应急管理

应急管理是高后果区一个非常关键的环节，包括建立完善的应急预案、进行定期的应急演练以及建立高效的信息通报系统。应急预案需要明确各类突发事件的应对流程和责任分工，确保在任何紧急情况下都能快速、有效地响应。定期演习能够提高应急人员的反应能力和协同配合性。模拟实际事故过程，可以发现预案中可能存在的漏洞和不足，以便及时修正和完善。同时，高效的信息通报系统能够确保紧急信息迅速传达给所有相关方，从而最大化地降低事故可能造成的损失。

4 长输天然气管道事故应急响应

4.1 事故发生后的处置措施

当长输天然气管道发生事故后，首要任务是立即启动应急响应程序，采取有效措施控制事态发展。此外，还需组织专业人员对事故现场进行勘查，评估事

故影响范围，制定详细的处置方案。在处置过程中，应确保人员安全，避免发生次生事故。同时，加强与相关部门的沟通协调，确保信息畅通，资源共享，形成合力应对事故。

4.2 疏散和救援工作

在天然气管道事故发生后，疏散和救援工作的重要性不言而喻。事故一旦发生，迅速而准确地评估事故影响范围，划定疏散区域，是确保人民群众生命安全的首要任务。疏散区域的划定应基于事故现场的实际情况，考虑风向、泄漏量等因素，确保疏散范围的科学合理。同时，及时通知周边居民和单位进行疏散是至关重要的。通过广播、短信、社交媒体等多种渠道，迅速传达疏散指令，确保信息传达的及时性和准确性。在疏散过程中，要引导群众有序撤离，避免发生踩踏、拥堵等混乱情况。另一方面，专业救援队伍的快速响应也是救援工作的关键。救援队伍应具备丰富的应急处理经验和专业技能，能够迅速有效地开展救援工作。在救援过程中，救援人员必须佩戴专业的防护装备，确保自身安全，避免因二次事故造成更大的伤害。

4.3 事故原因调查与责任追究

事故发生后，必须进行深入的事故原因调查，以查明事故发生的具体原因，为今后的预防工作提供借鉴。调查应全面、客观、公正，涵盖事故发生的各个环节。同时，对于事故责任人的追究也是必不可少的。应根据调查结果，依法依规对责任人进行严肃处理，以儆效尤。此外，还应加强事故信息的公开透明，接受社会监督，确保事故处理工作的公正性和公信力。通过事故原因调查与责任追究，可以推动长输天然气管道安全管理工作的不断完善和提升。

5 结束语

长输天然气管道的风险管理与高后果区的有效识别与管控是保障管道运营安全和预防可能事故的关键。需要定期评估和更新高后果区的划分及其相应的管控措施，结合技术进步和经验教训，持续优化风险管理策略。只有通过综合各方面的努力，才能确保天然气供应的安全可靠和环境的保护。

参考文献：

- [1] 郭依宝. 长输天然气管道高后果区识别与风险评价问题探究 [J]. 能源与环境, 2023, (03): 116-118.
- [2] 钟林雄, 周炎裕, 孔淑颖, 等. 长输高压天然气管道高后果区的识别及风险管理策略分析 [J]. 当代化工研究, 2022, (21): 11-13.