

长输管道天然气泄漏预警与应急处置的安全管理研究

王 敏（安徽祥源科技股份有限公司，安徽 合肥 230000）

摘 要：长输管道天然气泄漏事故频发，严重威胁人民生命财产安全和国家能源安全。本研究旨在探索长输管道天然气泄漏预警与应急处置的有效方法，提升安全管理水平。通过对泄漏危害、影响因素、预警方法和应急处置措施的深入分析，明确了泄漏对环境和经济的巨大影响，以及管道腐蚀、施工缺陷、自然灾害等因素对泄漏的作用。在预警方面，对比了传统巡检方法和新型预警技术的优缺点，如负压波检测法和红外线成像技术。在应急处置方面，强调了企业和政府部门的响应措施及协同作战能力。

关键词：长输管道；天然气泄漏；预警；应急处置；安全管理

随着我国经济的快速发展，对天然气的需求日益增长，长输管道作为天然气运输的主要方式，其安全运行直接关系到国家能源安全和社会稳定。近年来，长输管道天然气泄漏事故时有发生，给人民生命财产安全带来了严重威胁。我们必须高度重视，采取有效措施，加强长输管道安全管理，保障人民生命财产安全。因此，加强长输管道天然气泄漏预警与应急处置的安全管理研究具有重要的现实意义。

1 天然气泄漏的危害及影响因素

1.1 泄漏对环境的污染

天然气泄漏对环境的污染不可忽视。例如，“北溪”天然气管道疑似遭人为破坏后，大量天然气泄漏，对海洋环境产生一定影响。虽然部分研究称，短期来看甲烷泄漏对海洋环境未造成直接后果，但甲烷作为一种比二氧化碳更能破坏气候的气体，大量泄漏会加剧全球变暖。在陆地上，天然气泄漏也会对土壤造成污染，破坏土壤结构，影响植被生长。同时，泄漏的天然气进入空气，会降低空气质量，对人体健康产生潜在危害。此外，若泄漏发生在靠近水体的地方，还可能污染水体，影响水生生物的生存环境。

1.2 泄漏对经济的损失

天然气泄漏会带来巨大的经济损失。首先，管道修复成本高昂。以长输管道为例，一旦发生泄漏，需要投入大量的人力、物力和财力进行修复。如“北溪”管道的修复工期可能至少要半年到一年，这期间的维修费用将是一笔巨大的开支。其次，资源浪费严重。泄漏的天然气无法得到有效利用，造成了资源的极大浪费。据估算，“北溪”管道内泄漏的天然气可能超过7亿立方米，这是一笔巨大的经济损失。此外，泄漏事故还可能导致相关企业连续多天无法正常运行，造成间接经济损失。

1.3 影响泄漏的因素

影响天然气泄漏的因素众多。管道腐蚀是一个重要因素，包括土壤酸碱性对管线外壁的腐蚀、含有腐蚀性介质或酸性介质的天然气对管线内壁的腐蚀等。例如，长输燃气管道在长期使用过程中，由于埋地管道受到外部环境的影响，可能出现腐蚀现象，导致泄漏。施工缺陷也是导致泄漏的常见原因，如焊接质量不过关、螺栓松紧不一、管道工艺设计不合理等。法兰泄漏问题在站场内部较为常见，可能是施工阶段安装质量不过关、管道工艺设计不合理或管道受到外力作用影响所致。此外，自然灾害如地震、滑坡、泥石流等也可能对天然气长输管道造成破坏，引发泄漏。如在一些特殊地区，如断崖、黄土塬、沙漠、水塘以及沼泽地等，长输天然气管道容易受到自然灾害的影响，导致管道壁变薄甚至变形，最终出现泄漏。

2 预警与应急处置的坚实理论支撑

2.1 风险评估方法

故障树分析作为一种有效的风险评估方法，在长输管道中有着广泛应用。例如，通过建立长输管道泄漏故障树，可以分析管道泄漏主要是由第三方事件、腐蚀泄漏和缺陷引起的。在具体应用中，确定危险的类型，如火灾、爆炸或有毒物质的释放，并确定系统中危险的来源，如压力管道、电力系统等。然后分析了事故发生后环境、人和其他生态系统暴露于危险区域的程度，以及暴露目标的破坏和损失。通过对事故链各环节的具体分析和评价，为制定预防措施和安全管理决策提供科学依据。

事件树分析同样在长输管道风险评估中发挥重要作用。它从初始事件出发，分析事件可能的发展路径和后果，从而确定风险的大小。例如，对于长输管道泄漏事件，可以分析泄漏后可能引发的火灾、爆炸等

不同后果的概率，为应急处置提供参考。

2.2 应急预案的制定原则

应急预案的针对性是制定原则之一。长输管道天然气泄漏事故具有特殊性，不同地区、不同管道的情况各异。因此，应急预案应针对具体的管道特点、周边环境 and 可能的泄漏原因进行制定。例如，在人口密集区的管道应急预案应重点考虑人员疏散和安全防护；在地质灾害多发区的管道应急预案应注重应对自然灾害对管道的破坏。

可操作性是应急预案的关键原则。应急预案应明确各部门的职责和任务，制定具体的操作流程和措施。例如，在应急处置过程中，应明确消防、医疗、环保等部门的具体行动方案，确保在事故发生时能够迅速、有效地开展救援工作。同时，应急预案应定期进行演练和修订，以确保其始终具有可操作性。

科学性原则也是应急预案制定的重要依据。应急预案应基于科学的风险评估和事故分析，采用先进的技术和方法。例如，利用先进的检测技术和通信手段，提高预警的准确性和及时性；运用科学的灭火方法和泄漏控制技术，降低事故的危害程度。

3 长输管道天然气泄漏预警方法

3.1 传统预警方法

3.1.1 延时性问题

传统巡检方法主要依靠巡线工人的亲力亲为，以直接判断管道是否泄漏。然而，这种方法存在较大的延时性。由于长输管道通常跨度较长，巡线工人难以在第一时间发现泄漏情况。往往在泄漏已经发展到较大范围时，巡线工人才能察觉。例如，据相关统计，在一些长输管道泄漏事故中，从泄漏发生到巡线工人发现，平均时间可能达到数小时甚至更长。这期间，泄漏的天然气可能已经对环境造成了严重污染，也增加了事故的危害程度和经济损失。

3.1.2 协调优势

尽管传统巡检方法存在延时性问题，但巡线工人在线路问题协调方面具有一定的优势。巡线工人对所负责的管道线路非常熟悉，能够及时发现并协调处理一些与管道相关的外部问题。例如，当发现第三方施工可能影响管道安全时，巡线工人可以及时与施工方进行沟通协调，避免施工对管道造成破坏。在一些地区，巡线工人还可以与当地居民建立良好的关系，通过居民的反馈及时了解管道周边的异常情况。此外，巡线工人在发现泄漏后，能够迅速通知相关部门，并协助开展应急处置工作，为减少事故损失发挥积极作用。

3.2 新型预警技术

3.2.1 负压波检测法

负压波探测是一种常用的新型预警技术。检测原理是当管道发生突然泄漏时，泄漏部位会产生一种减压波传播上游或下游，称为负压波。如果在管道两端安装压力传感器检测负压波，可以通过计算管道两端压力传感器接收到的负压波的时间差来判断泄漏点的位置。负压波检测法的适用范围较广，尤其适用于管道突然发生大泄漏的情况。例如，在一些大型长输管道泄漏事故中，负压波检测法能够迅速检测出泄漏，为应急处置争取宝贵时间。据相关数据显示，负压波检测法对泄漏量较大的情况检测效果显著，能够在短时间内准确判断泄漏位置，其检测速度快、安装简单且成本较低。然而，负压波检测法也存在一定的局限性，对小泄漏量的检测没有效果，且无法应用在天然气管道上，因为天然气管道上如果发生泄漏，泄漏处的压缩气体迅速扩张，不产生可以检测到的负压波。

3.2.2 红外线成像技术

红外成像技术是一种基于地热辐射原理的探测方法。当天然气管道发生泄漏时，泄漏点周围土地的温度会有显著的差异。红外遥感成像设备可以采集地热辐射信息，通过光谱分析准确定位泄漏点位置。该技术具有定位精准的优势，灵敏度高。例如，在一些实际应用中，红外线成像技术能够准确地检测出泄漏点的位置，误差范围较小。但是，红外线成像技术不适应深埋的地下管道，这在一定程度上限制了其应用范围。如果管道埋深较大，红外线成像设备可能无法准确检测到泄漏点周围的地热辐射变化，从而影响检测效果。

4 长输管道天然气泄漏应急处置措施

4.1 企业应急响应

4.1.1 启动应急预案

当长输管道天然气泄漏事故发生后，管道企业应立即启动应急预案。首先，企业的应急指挥中心迅速进入工作状态，由企业主要负责人担任抢险救援指挥的第一责任人，统筹协调各项应急工作。应急指挥中心会迅速通知各相关部门和人员，包括安全管理部门、技术部门、维修部门、物资保障部门等，确保所有人员明确自己的职责和任务。

应急预案启动后，企业会迅速进行信息收集和评估。通过管道监测系统、现场巡查人员等渠道，了解泄漏的位置、程度、影响范围等情况，以便制定针对性的应急措施。同时，企业会及时向相关政府部门、

上下游企业以及可能受到影响的单位和个人通报事故情况，避免事故影响进一步扩大。

4.1.2 抢险救援行动

企业在启动应急预案后，会立即组织应急救援力量。企业内部的专业抢险队伍迅速赶赴现场，携带专业的抢险设备和工具，如堵漏器材、防爆工具、检测仪器等。这些抢险人员经过专业培训，具备丰富的抢险救援经验，能够迅速有效地开展抢险工作。另外，企业会根据事故的严重程度，请求外部专业救援力量的支援，如消防部门、医疗急救部门等。

在抢险救援过程中，企业会采取一系列措施切断和控制油气管道。首先，通过远程控制系统关闭管道的阀门，停止油气输送，防止泄漏进一步扩大。同时，采用封堵、围挡等措施，防止泄漏的油气蔓延扩散。对于泄漏的油气，企业会采取回收、清理等措施，减少对环境的污染。例如，在一些事故中，企业会使用吸油毡、防爆泵等设备，对泄漏的油气进行回收和清理。此外，企业还会对管道进行喷淋降温，防止因泄漏引发火灾或爆炸事故。在抢险救援过程中，企业会始终保持与政府部门的密切沟通和协调，共同做好事故的应急处置工作。

4.2 政府部门应急响应

长输管道天然气泄漏事故发生后，政府部门的应急响应至关重要。政府部门在事故发生后迅速行动，采取一系列有效措施，以最大程度地减少事故损失，保障人民生命财产安全。

4.2.1 调动应急队伍

政府部门在得知事故发生后，会立即启动应急响应机制，迅速调动应急队伍。通过应急指挥中心向各相关部门发出指令，如消防部门、医疗急救部门、环保部门、公安部门等。这些部门接到指令后，会迅速集结队伍，携带专业设备赶赴事故现场。另外，政府部门会协调社会救援力量，如志愿者组织、专业救援公司等，共同参与应急救援工作。

政府部门调动应急队伍的作用十分显著。首先，消防部门能够迅速开展灭火工作，防止泄漏的天然气引发火灾或爆炸事故。例如，在2019年长输油气管道应急救援演练中，长沙县消防大队迅速行动，开展消防灭火工作，有效控制了火势。其次，医疗急救部门能够及时对受伤人员进行救治，最大限度地减少人员伤亡。环保部门则负责对事故现场及周边环境进行监测，防止泄漏的天然气对环境造成污染。公安部门负责维护事故现场的秩序，进行道路警戒封锁，确保

应急救援工作的顺利进行。

4.2.2 现场事故救援

政府部门在现场事故救援中发挥着重要的协调和指挥作用。政府部门会成立现场指挥部，统一指挥各部门的应急救援工作。现场指挥部会根据事故的实际情况，制定科学合理的救援方案，明确各部门的职责和任务，确保应急救援工作高效有序进行。

在现场事故救援中，政府部门会协调各部门之间的行动，形成合力。例如，消防部门、医疗急救部门、环保部门、公安部门等会在现场指挥部的统一指挥下，密切配合，协同作战。消防部门负责灭火和抢险救援工作，医疗急救部门负责救治受伤人员，环保部门负责环境监测和污染治理工作，公安部门负责维护现场秩序和交通管制工作。同时，政府部门还会协调企业和社会救援力量，共同参与应急救援工作。

此外，政府部门还会及时向社会发布事故信息，回应公众关切，正确引导社会舆论。通过新闻发布会、官方网站、微博微信等渠道，向公众通报事故的最新情况、救援进展以及防范措施等，增强公众的安全感和信心。

5 结束语

本研究对长输管道天然气泄漏预警与应急处置进行深入探讨，取得以下研究成果。首先，明确了长输管道天然气泄漏的危害。其次，在预警方面，分析了传统预警方法和新型预警技术。最后，在应急处置措施方面，企业应立即启动应急预案，组织抢险救援行动，包括关闭阀门、封堵围挡、回收清理泄漏油气、喷淋降温等，并与政府部门保持密切沟通协调。政府部门应调动应急队伍，发挥协调和指挥作用，各部门协同作战，及时向社会发布事故信息。综上所述，本研究为长输管道天然气泄漏预警与应急处置提供了理论支持和实践指导，有助于提升安全管理水平，切实保障人民生命财产安全和国家能源安全。

参考文献：

- [1] 王俊翔. 浅谈天然气长输管道应急管理 [J]. 中国化工贸易, 2020, 12(12): 18-19.
- [2] 赵俊杰. 长输天然气管道泄漏检测技术探讨 [J]. 新型工业化, 2022, 12(11): 23-26.
- [3] 冯星星, 李建芳, 原鹏. 天然气长输管道泄漏原因及预防措施 [J]. 石化技术, 2020, 27(6): 344-345.

作者简介：

王敏（1984—），男，汉族，安徽省枞阳县人，本科，研究方向：安全生产及应急管理。