

油气管道安全运行中的人为因素分析及管控措施研究

郭文强 (国家管网集团北方管道有限责任公司郑州维抢修分公司, 河南 郑州 451192)

刘 凯 (国家石油天然气管网集团有限公司西北分公司生产技術服务中心, 陕西 西安 710000)

摘 要: 油气管道作为能源输送的重要基础设施, 其安全运行至关重要。人为因素在油气管道安全事故中占据显著比例。本文深入剖析了油气管道安全运行中人为因素的具体表现形式, 结合国家管网的实际运营情况, 探讨了人为因素引发安全问题的内在机制, 并针对性地提出了一系列全面且有效的管控措施, 旨在降低人为因素对油气管道安全运行的负面影响, 保障国家能源输送的稳定与安全。

关键词: 油气管道; 安全运行; 人为因素; 国家管网; 管控措施

中图分类号: TE88 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 012-0127-03

Analysis of Human Factors and Research on Control Measures for Safe Operation of Oil and Gas Pipelines

Guo Wenqiang (Zhengzhou Maintenance and Repair Branch of National Pipeline Network Group North Pipeline Co., Ltd., Zhengzhou Henan 451192, China)

Liu Kai (Production Technology Service Center of Northwest Branch of National Petroleum and Natural Gas Pipeline Network Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi 710000, China)

Abstract: As an important infrastructure for energy transmission, the safe operation of oil and gas pipelines is crucial. Human factors account for a significant proportion of oil and gas pipeline safety accidents. This article deeply analyzes the specific manifestations of human factors in the safe operation of oil and gas pipelines, and combines with the actual operation of the national pipeline network to explore the internal mechanism of safety issues caused by human factors. A series of comprehensive and effective control measures are proposed to reduce the negative impact of human factors on the safe operation of oil and gas pipelines and ensure the stability and safety of national energy transmission.

Keywords: oil and gas pipelines; Safe operation; Human factors; National pipeline network; Control measures

油气资源作为现代社会经济发展的重要能源支撑, 其高效、安全的输送至关重要。油气管道以其运输量大、成本低、连续性强等优势, 成为油气资源输送的主要方式。国家管网在我国油气输送体系中扮演着核心角色, 承担着连接油气生产地、储存地与消费地的重任。然而, 油气管道长期面临着各种安全风险, 其中人为因素是导致管道安全事故的重要原因之一。据相关统计, 大量的油气管道安全事故都与人为操作不当、管理不善等人为因素密切相关。深入研究人为因素对油气管道安全运行的影响, 并制定切实可行的管控措施, 对于保障国家管网的安全、稳定运行, 维护国家能源安全具有重要意义。

1 油气管道安全运行中的人为因素分析

1.1 操作人员因素

①操作技能不足。在国家管网的油气管道运营中, 部分操作人员缺乏系统、专业的操作技能培训。油气管道涉及复杂的工艺流程, 如管道的启停、压力调节、流量控制等操作环节, 需要操作人员具备精准的操作能力。然而, 一些新入职的员工或者培训不到位的人

员, 可能对操作流程不熟悉, 在操作阀门、泵等设备时, 无法准确把握操作的力度和时机, 容易引发压力异常波动、管道泄漏等安全事故。例如, 在管道升压过程中, 如果操作人员未能按照规定的速率进行升压, 升压过快可能导致管道局部应力过大, 损坏管道及附属设备^[1]。②违规操作。部分操作人员安全意识淡薄, 存在违规操作的行为。在日常巡检过程中, 未按照规定的路线和时间进行巡检, 对管道的一些初期隐患未能及时发现。有些操作人员进行动火作业、高处作业等特殊作业时, 不严格执行相关安全操作规程, 未办理作业许可手续, 在未对作业环境进行充分风险评估的情况下贸然作业。比如, 在对油气管道进行维修焊接时, 未对管道内的油气进行有效置换和检测, 就进行动火焊接, 极易引发爆炸事故。③疲劳作业。油气管道的运行维护工作具有连续性, 部分岗位操作人员需要长时间值班。长期的高强度工作容易导致操作人员疲劳, 在疲劳状态下, 操作人员的反应能力、注意力都会下降。例如, 在夜间值班时, 疲劳的操作人员可能无法及时察觉管道监控系统发出的异常警报,

从而延误对安全隐患的处理时机,增加安全事故发生的可能性。

1.2 管理人员因素

①安全管理体系不完善。国家管网虽然构建了一套安全管理体系,但在部分环节仍存在不完善之处。一些基层管理单位在安全制度的执行上存在打折扣的现象,对于上级制定的安全规范未能严格落实。例如,在安全检查制度方面,检查标准不够细化,检查内容不全面,导致一些安全隐患未能在检查中被发现。同时,安全管理责任划分不够清晰,出现问题时容易出现推诿扯皮的现象,影响安全管理工作的有效开展。

②应急管理能力不足。油气管道一旦发生安全事故,需要迅速、有效地进行应急处置,以降低事故损失。然而,部分管理人员对应急预案的熟悉程度不够,在事故发生时,无法迅速组织有效的应急救援行动。应急物资储备管理也存在问题,如应急物资储备不足、物资过期未及时更换等,导致在应急处置过程中,因缺乏必要的物资支持而延误救援时机。例如,在管道发生泄漏事故时,如果没有足够的堵漏设备和消防器材,将难以控制事故的发展^[2]。

③人员培训管理不到位。管理人员在员工培训方面存在不足,培训计划缺乏系统性和针对性。对于不同岗位的员工,未能根据其工作特点制定个性化的培训方案。培训内容过于理论化,与实际工作结合不紧密,导致员工在培训后无法将所学知识有效地应用到工作中。而且,培训效果评估机制不完善,无法准确了解员工对培训内容的掌握程度,难以对培训工作进行持续改进。

1.3 第三方施工因素

①施工单位安全意识淡薄。在国家管网油气管道周边进行的第三方施工活动日益增多,部分施工单位对油气管道的安全重要性认识不足,安全意识淡薄。在施工前,未对施工现场地下是否存在油气管道进行详细勘察,盲目施工。例如,一些市政工程施工中,施工单位在未查明地下管线分布的情况下,使用大型机械进行挖掘作业,极有可能挖断油气管道,引发严重的安全事故^[3]。

②沟通协调不畅。第三方施工单位与国家管网相关管理部门之间沟通协调机制不健全。施工单位在施工前未及时向管道管理部门报备施工计划,管道管理部门也无法及时掌握管道周边施工动态。在施工过程中,一旦出现可能影响管道安全的情况,双方无法迅速进行沟通协调,采取有效的防护措施。例如,当第三方施工距离油气管道较近,可能对管道造成挤压变形时,由于沟通不畅,未能及时调整施工方案,从而

危及管道安全。

2 基于人为因素的油气管道安全事故案例分析

2.1 案例一:操作人员违规操作导致的管道泄漏事故

在20XX年X月X日凌晨3时许,国家管网位于华北地区的某大型输油管道站场正按计划进行输油泵切换作业。该站场承担着向周边多个炼油厂输送原油的重要任务,管道直径达1.2m,设计输油量为每日5万吨。按照标准操作规程,在切换输油泵前,操作人员必须先对备用泵及相关管道进行放空和排气操作,以确保管道内无气体残留,避免因气液混合引发设备故障。

然而,当晚值班的操作人员张某和李某,因急于完成操作流程后休息,在未认真查看操作手册的情况下,擅自省略了放空和排气步骤。在启动备用泵后,管道内大量气体与原油混合,瞬间破坏了泵体的正常运行状态,泵体开始出现剧烈振动,振动幅度远超正常范围,达到了每分钟振幅15mm(正常范围应在3mm以内)。仅仅几分钟后,连接管道的法兰密封垫因承受不住异常的应力冲击,发生撕裂损坏,高压原油如喷泉般从破损处喷射而出。

事故发生后,现场瞬间被原油淹没,周边土壤和植被受到严重污染。站场应急响应系统即刻启动,工作人员迅速展开紧急抢险,但由于泄漏原油量巨大,短时间内难以完全控制。此次事故最终造成了约500吨原油泄漏,直接经济损失高达800余万元,同时对周边数平方公里的生态环境造成了长期且难以估量的破坏。经事故调查小组深入分析,确定事故的主要原因是操作人员张某和李某违规操作,对操作规程执行极度不严格,且在操作前未依照要求对设备状态进行仔细检查,完全忽视了操作流程中的关键安全步骤。

2.2 案例二:第三方施工破坏管道引发的爆炸事故

在20XX年X月,某南方城市开展大规模道路拓宽施工项目,施工地点位于国家管网一条重要天然气输送干线附近。该天然气管道负责为城市主城区供应燃气,管径0.8m,设计压力为4MPa。施工单位为一家小型市政工程公司,在施工前,既未主动联系国家管网相关管理部门获取地下管线分布信息,也未对施工区域进行详细的地下管线勘察。

在施工过程中,一台大型挖掘机在进行土方挖掘作业时,司机因未意识到地下存在天然气管道,在毫无预警的情况下,挖斗直接将地下约1.5m深处的天然气管道挖断。瞬间,高压天然气从断裂处喷射而出,发出尖锐的呼啸声。由于施工区域处于城市老旧街区,周边建筑物密集,通风条件极差,泄漏的天然气迅速在狭窄的街道和周边建筑物内积聚。仅仅10min后,

现场浓度就达到了爆炸极限范围。此时,附近一位居民在不知情的情况下点燃香烟,明火瞬间引发了剧烈爆炸。

爆炸产生的强大冲击波将周边多栋建筑物的门窗震碎,部分墙体倒塌,造成了10人受伤、3人死亡的严重后果。周边数十辆汽车也受到不同程度的损毁,直接经济损失超过1200万元。事故发生后,国家管网迅速启动应急预案,与当地政府、消防、医疗等部门协同开展救援工作。经调查,事故原因清晰地指向第三方施工单位安全意识淡薄,完全未对施工区域地下管线进行详细排查,且未与管道管理部门建立有效的沟通机制,对施工区域存在的重大安全风险一无所知,最终酿成了这场惨痛的悲剧。

3 油气管道安全运行中人为因素的管控措施

3.1 加强操作人员管理

①完善培训体系。国家管网应建立全面、系统的操作人员培训体系。针对新入职员工,开展入职安全教育培训,使其全面了解油气管道行业的安全要求和 workflows。对于在职员工,定期组织技能提升培训,邀请行业专家进行授课,内容涵盖最新的操作技术、设备维护知识等。采用理论与实践相结合的培训方式,通过模拟操作、现场实操等环节,提高员工的实际操作能力。例如,利用虚拟现实(VR)技术,搭建管道操作模拟场景,让员工在虚拟环境中进行各种操作练习,提升操作技能的同时增强安全意识。

②强化安全意识教育。定期开展安全意识教育活动,通过安全事故案例分析、安全知识讲座等形式,让操作人员深刻认识到违规操作的严重后果。在站场等工作区域设置安全文化宣传栏,张贴安全标语、事故警示图片等,营造浓厚的安全文化氛围。建立安全奖励机制,对遵守安全规定、发现并及时处理安全隐患的操作人员给予表彰和奖励,激励员工自觉遵守安全规章制度^[4]。

③合理安排工作时间。优化操作人员的排班制度,避免长时间连续工作。根据工作任务量和员工身体状况,合理安排工作时间和休息时间。引入智能化排班系统,综合考虑员工的技能水平、工作经验、身体状况等因素,科学制定排班计划,确保操作人员在工作时保持良好的精神状态。

3.2 优化管理人员工作

3.2.1 健全安全管理体系

国家管网进一步完善安全管理体系,细化安全管理制度和操作规程。明确各级管理人员和员工的安全职责,建立安全责任追究制度,对安全管理工作不到位的人员进行严肃问责。加强安全检查工作,制定详

细的检查清单,采用定期检查与不定期抽查相结合的方式,确保安全检查无死角。利用信息化技术,建立安全管理信息平台,实现安全数据的实时采集、分析和处理,提高安全管理的效率和精准度。

3.2.2 提升应急管理能力

加强应急预案的编制和修订工作,根据不同类型的安全事故,制定针对性强的应急预案。定期组织应急演练,演练内容涵盖事故报警、应急响应、现场处置、人员疏散等环节,通过演练检验应急预案的可行性和有效性,提高管理人员和员工的应急处置能力。加强应急物资管理,建立应急物资储备库,定期对应急物资进行检查和维护,确保物资处于良好状态。明确应急物资的调配流程,确保在事故发生时能够迅速调配物资,满足应急救援需求。

3.3 强化第三方施工管控

国家管网建立健全第三方施工报备制度,要求施工单位在施工前必须向管道管理部门提交施工申请,详细说明施工范围、施工时间、施工方式等信息。管道管理部门组织专业人员对施工方案进行审核,评估施工对管道安全的影响。对于可能影响管道安全的施工项目,要求施工单位制定详细的管道保护方案,并在施工前对施工人员进行管道保护知识培训。

4 结论

人为因素在油气管道安全运行中起着关键作用,操作人员、管理人员以及第三方施工单位的不当行为都可能给国家管网的油气管道带来严重的安全隐患。通过对人为因素的深入分析,并结合实际案例,我们认识到加强人为因素管控对于保障油气管道安全运行的重要性。在今后的工作中,国家管网应从加强操作人员管理、优化管理人员工作以及强化第三方施工管控等方面入手,采取一系列切实可行的措施,降低人为因素对油气管道安全运行的影响,确保国家能源输送的安全、稳定,为国家经济社会的发展提供坚实的能源保障。同时,随着科技的不断进步和行业的发展,还需持续关注人为因素的新变化、新特点,不断完善管控措施,提升油气管道安全运行管理水平。

参考文献:

- [1] 黄旭东. 油气长输管道运行中的安全管理措施探析[J]. 石化技术, 2024, 31(10): 269-271.
- [2] 张玲. 燃气行业相关在编国家标准动态[J]. 城市燃气, 2024(10): 49-51.
- [3] 樊晓丽. 执着奋进, 守护“中国气脉”安全运行[N]. 中国应急管理报, 2024-10-10(001).
- [4] 吴有更. 油气管道外腐蚀风险管理探索[J]. 石油工业技术监督, 2024, 40(03): 44-48.