

天然气管道安全防护措施探析

樊彩荣（中石化天然气分公司，广东 广州 510000）

摘要：近年随着工业技术的发展，经济的增长，推动了各地城镇日益发展，道路建设房屋建设不断扩大，沙石开采、农村房屋建设不断扩大，导致天然气地下管道安全隐患日益凸显，城镇建设与天然气管道保护双方矛盾日益彰显。如果管道中发生泄漏，则易引起中毒、爆炸、甚至大面积规模性破坏等情况。因此，做好管道自身的防护方案降低风险是生产经营单位所面临的重要工作。

关键词：天然气；管道；安全保护距离；保护

1 引言

1.1 天然气管道

我国自 20 世纪 60 年代建设第一条输气管道以来，历经 50 余年发展，天然气基础设施网络有了重大的发展。截止 2019 年底，我国已建成输气管线 8.1 万 km，基本形成四条主基干管网、三个区域管网以及四条进口通道的格局。其中，四个国家基干天然气管网系统：西气东输管道系统、陕京天然气管道系统、川气东送天然气管道系统、联络天然气管道；三个区域性天然气管网网络：京津冀区天然气管网、长三角区域天然气管网及珠三角区天然气管网；四条天然气进口通道：中亚天然气管道 ABC 线与中缅天然气管道。

随着天然气工业不断改革，能源结构的进一步优化。特别是在 2020 年底，国家提出碳达峰、碳中和后，在能源结构“去煤化”方向的驱动下，天然气管网建设和互联互通的步伐将继续加快。在如今高楼林立的城市中，布局建设长输燃气管道，难免会遇到公路、铁路、线缆、工业园、住宅区等与管道交叉施工或占压管道的问题。因此，加强长输燃气管道的安全保护是当前燃气企业在工程建设期和运营期面临的难点问题，也是保证生产平稳运行的重要工作。

1.2 天然气管道安全保护必要性

天然气是一种清洁、环保且能量高的优质燃料，同时具有易燃、易爆的属性，和空气混合后，温度达到 550℃ 就会燃烧，当浓度达到 5-15% 时会发生爆炸。天然气主要以长输管道输送至城市管网供给工业或民用的用户，管道沿线长且环境一般比较复杂，地下管道经过长时间运行后且容易发生腐蚀，容易造成穿孔泄漏事故。管道本体也易受到外部影响，从而引起火灾、爆炸，影响社会公众安全。

2006 年 1 月，西南油气田分公司输气管理处仁寿运销部富加输气站发生天然气爆炸着火事故，造成 10 人死亡、3 人重伤、47 人轻伤。后调查是由于城乡经济建设发展，管道两侧 5m 范围内形成了大量的违章建筑物的安全隐患。

2008 年 12 月，在宁波洪塘工业新区发生一起天然气爆炸事故，事故造成市区部分工矿企业生产受影响，未造成人员伤亡。后调查发现为施工时将管道表面挖破，

致使天然气发生泄漏，遭遇明火发生爆炸。

2009 年 12 月，在沧州市职业技术学院教学楼附近发生一起管道泄漏事件。后经调查是因为沧州市政公司一项目部在附近施工时挖断天然气管道，事故发生后，因当地政府和沧州燃气总公司及时启动应急处置方案，未造成人员伤亡。

2015 年 7 月，在天津市西青区某处发生一起天然气闪爆事故，事故造成 2 人死亡，3 所房屋烧毁，屋内设备设施全部损坏。后调查发现是原油管线遭到腐蚀穿孔，天然气通过水泥路面，挥发至值班室，聚集到一定浓度后，值班人员操作电气设备产生火花，造成闪爆。

根据上述事故实例，集中表现设计、施工缺陷，第三方施工及非法占压，和管道外壁锈蚀穿孔等^[2]，对天然气长输管道造成破坏。所以，要想不断优化管道安全水平，须对管道设计参数加以改进，加强日常巡线管理，强化风险评价，进而降低风险系数。

2 加强安全管理的措施与建议

2.1 优化设计方案

在长输管道工程设计阶段，摸清掌握管道路由附近建筑物、公路、铁路、高压电网等基础设施的距离和布局，严格按照国家标准规范设置建设安全距离将起到一定保护作用^[1]。就公路、铁路而言，当天然气管道和公路或者铁路平行建设时，防火距离应分别不能小于 25m 和 50m，且要和铁路的地界之间的间距不能小于 3m^[3]。相对其他管道，根据我国《输气管道工程设计规范》规定，不受地形、地质以及相关土地规划之间的限制，彼此间的净距离不能小于 6m。对于电缆来说，同样《输气管道工程设计规范》中明确输气管道和电力电缆之间出现交叉时，垂直净距离不能小于 0.5m，交叉点需延伸管线，避免长输管道防腐层不受影响。所以，在设计阶段保持其他建设物和天然气管道之间一定的安全距离，再进行施工，避免留下安全隐患。

2.2 提高施工质量

加强长输管道防腐，是保障天然气安全平稳运行的重要基础。

2.2.1 提升管道防腐涂层

目前国内外用于长输管道外防腐涂层主要有：聚乙烯二层及三层结构涂层（3PE）、聚乙烯胶带和单层环

氧粉末。从下表可知,三层 PE 的综合性能与双层环氧粉末相似,尤其他的耐划伤、抗磕碰等抗冲击性能远优于环氧粉末涂层,但三层 PE 的使用环境更宽,因此推荐使用 3 层 PE 防腐。

表 1 管道常用外防腐层性能综合比较

结构	聚乙烯胶粘带	单层环氧粉末	二层 PE	三层 PE
涂层厚度	0.7~1.4mm	3.0~5.0mm	1.7~3.7mm	1.8~3.7mm
耐阴极剥离	较差	好	较好	好
抗机械损伤	一般	一般	优异	优异
耐土壤应力	较差	优异	优良	优异
吸水性	良好	渗透率高	优异	优异
使用环境	一般环境	多数环境、粘质土壤、穿越	多数环境石方区	多数环境、石方区、盐碱地、穿越
防腐层性能	耐植物根茎穿透,抗拉强度高,涂层薄,抗冲击性差,易侧向进水	粘结力强,耐磨,耐温度变化,电绝缘性好,抗土壤应力好,涂层薄,抗冲击性差,抗渗性差	机械强度高,耐磨耐冲击,耐化学介质腐蚀,抗植物根茎穿透,抗渗透性好,冷弯性好,使用寿命长,耐老化性差	

2.2.2 增强焊接补口防腐处理

焊接补口处的防腐也是长输管道防腐工作的重要部分,补口可采用“无溶剂液体环氧涂料+聚乙烯热收缩带”的形式,防腐层补伤采用聚乙烯热收缩补伤片。对管道热煨弯管的防腐层,也采用无溶剂液体环氧涂料,干膜厚度 $\geq 1\text{mm}$ 。

2.3 强化监测管理

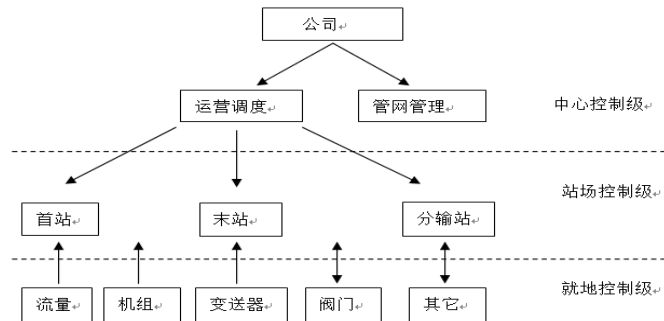


图 1 监测管理体系

天然气输送过程中,埋地管道出现问题极难被及时发现和处理,因此,需联合自动化控制系统和日常巡线保护两种手段,来提高管道输送天然气的安全性,延长管道使用寿命。一是借助 SCADA 系统维护整个长输管道的安全,建议采用三级控制方式,第一级为调控中心,

第二级为设在输气站场的站场控制级,第三级为就地控制。通过 SCADA 系统对全线管道输送工艺过程的数据采集、监控、操作预测、优化运行及调度管理,各站紧急停车系统(ESD)、可燃气体检测及火灾报警系统信号进入 SCADA 系统进行报警显示。二是通过巡线员例行检查,来监测管道运行情况,但传统的人工巡线方式存在弊端,每日有限的巡线次数存在不可避免的巡线盲点,且无法 24h 巡查天然气管道,发现管道周边的第三方施工行为。据了解,目前有的单位通过运用光纤振动预警系统,通过监测管道伴行光缆内部光信号的波形来判断管道周边第三方施工行为,该技术取得了突破。

2.4 完善应急预案

为提高管道安全生产系数,保证可能的重大事故或灾害迅速、有序、有效地开展应急救援行动,尽可能地降低事故导致的人员伤亡、财产损失和环境破坏,在事故后果和应急能力分析的基础上,预先制定完善的应急预案。应急预案由内外两部分进行构成,两者相互独立又互相配合。针对重大事故,应参考政府部门条例制定外部预案,建设单位制定内部应急预案。内部应急预案涉及内容应包含方案编制目的、方案依据、应对范围、保障方案、应急响应、组织结构及职责、应急预案的管理等。

针对长输天然气管道不同的事故类型,建议细化完善应急预案体系,如天然气埋地管道泄漏事故应急预案;输气站场泄漏事故应急预案;天然气管道地震应急预案;天然气管道开孔盗气应急预案;天然气管道施工穿孔应急预案;天然气地下管道穿越公路、铁路事故应急预案;阀室泄漏事故应急预案;天然气管道干线第三方破坏事故应急预案等八个专项,有效预防和应对事故,最大限度地降低事故危害程度,保障国家能源安全 and 人民群众生命财产安全,保障管道设施安全运行。

3 总结

综上所述,上文对天然气管道气发展现状,以及国家能源转型天然气发展前景,从中归结出加强石油天然气管道安全防护的必要性,以某案例为例,阐明了有效安全防护的重要性,从长输管道前期设计、安全保护和制度建设等方面提出建议措施,为石油天然气管道气的正常运行提供参考依据。

参考文献:

- [1] 杨宏伟. 关于管道保护措施的探讨[J]. 石化技术,2020(07).
- [2] 陈雁. 影响天然气管道安全的因素及保护措施[J]. 化工设计通讯,2020(04).
- [3] 温濠玮,李轩,陈强. 石油天然气管道外部安全防护距离研究[J]. 华北科技学院学报,2017(03).

作者简介:

樊彩荣(1984-),女,汉族,河北衡水人,本科学历,工程师,研究方向:天然气生产与销售。