

关于油气运输管道断裂安全研究

李 刚 (中国石化塔河炼化有限责任公司, 新疆 库车 842000)

摘 要:我国经济社会不断发展下,对油气资源需求量也逐渐提升,油气管道是油气资源输送的一个关键途径,能够满足各行业的油气需求。当前,如何保证油气管道安全,避免断裂安全问题的出现,已经成为社会各界重点关注的一个问题。基于此,本文从油气管道断裂安全分析的价值入手,分析了油气管道断裂常见类型,对油气管道断裂安全性因素进行阐述,提出预防油气管道断裂安全问题出现的主要策略,以期为相关人员提供参考借鉴,保证油气储运安全,助力我国经济良好发展。

关键词:油气管道;运行;断裂安全

0 引言

油气田生产环节,会从油气井中采出油气资源,利用输送管道系统实施收集、分离净化处理,最后向用户进行输送,满足用户实际需要。油气长距离输送环节,会存在安全风险,同时油气管道也会受到多种因素影响,使管道面临一定的安全隐患,油气运输时需要重点做好输送管道安全防护工作,获得更高的运输效率,避免出现断裂问题导致油气泄漏。

1 油气管道断裂安全分析的价值

首先,确保油气运输安全。油气资源通常具备易挥发、易爆、易燃特性,管道运输环节对密封性具备较高的要求,重点进行断裂安全分析工作,能够避免油气管道出现泄漏问题,从而保证油气运输安全;油气资源具备一定的污染性,当管道出现裂缝时,会导致油气泄漏与外界环境接触,从而污染外界环境,为生态系统带来较大威胁。所以,保证油气管道安全性意义重大,提升油气储运安全性的同时,避免对生态环境产生不良影响。第二,获得较高的经济效益。通过油气管道能够实现24h不间断的石油资源运输工作,可以实现边开采、边运输,满足各行业实际需求,不过油气管道环境往往相对复杂,一旦油气管道断裂问题,会涉及到较大的工作量,花费较多的费用进行维修处理,因此,若想获得更高的经济效益,需要做好油气管道断裂安全分析工作,防止油气管道断裂问题的发生,减少成本支出。

2 油气管道断裂常见类型

2.1 脆性断裂

脆性断裂指的是,除延性断裂外的全部断裂,混合型断口也包含其中。油气管道运行环节,脆性断流属于较为常见的一种断裂事故,随着技术手段的不断创新、进步,油气管道脆性断裂事故已得到大幅度减

少^[1],不过为提升油气管道安全性,还应对油气管道脆性断流知识进行全面掌握,避免出现脆性断裂问题。脆性断裂主要具备以下特征:第一,脆性断裂是平断口,在断裂面上一种为解理断面,另一种为混合断面,基本上均为波形裂纹。第二,这种断裂形式通常会存在较快的开裂速度,同时,还存在较宽的变化范围;第三,塑性区尺寸较小,无法凭肉眼进行观察;第四,通常情况下,裂纹开裂后,受到内压作用影响,管材面会从裂纹处向外翻出,进而增大了裂尖处的膨胀应力,脆性断裂的裂纹尖端并不会出现明显的鼓胀情况,主要是因为脆性断裂存在较快的扩展速度,裂尖处未发生扩展前,鼓胀裂纹就已经不断向前扩展。

2.2 弹塑性断裂

现阶段,油气管道中应用到的钢材通常均具备良好的韧性,一般在管道裂纹尖端或缺陷区域,会存在较大的塑性变形,某位置处还会存在全面屈服情况。因此需要对管道实施弹塑性断裂力学分析。COD理论属于应用较为广泛的一种弹塑性断裂力学分析方法,简称为,裂纹面上一点处的位移公式为:

$$v = \frac{K_I}{E} \sqrt{\frac{2r}{\pi}} \sin \frac{\theta}{2} [2 - (1 + \nu) \cos^2 \frac{\theta}{2}]$$

裂尖从一点向另一点进行扩展时:

$$r = r_y = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{K_I}{\sigma_y} \right)^2$$

这种情况下,沿着y方向的张开位移为:

$$\delta = 2v \Big|_{r=r_y}^{\theta=\pi} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{K_I}{\sigma_y} \right)^2 = \frac{4}{\pi} * \frac{K_I^2}{E \sigma_y} = \frac{4}{\pi} * \frac{G_I}{\sigma_y}$$

该公式为Irwin提出的小范围屈服条件下COD计算公式,其中 K_I 表示的是I型裂纹应力强度因子, G_I

表示的是裂纹扩展能量释放率, σ_y 表示的是材料屈服极限。

3 油气管道断裂安全性因素分析

3.1 设备因素

通常情况下,油气管道均为长距离输送,一些长输管道甚至达到了成百上千公里,其中需要布置较多的沿线设备,主要的作用是对油气管道实施增压或加热,确保油气管道处于高效率运行状态,不过因为这些设备所处环境不佳,虽然安排了专人进行管理,不过长期运行中,不可避免的会出现运行问题,进而对油气管道运行效率产生较大影响,若设备运行问题过为严重,会导致油气管道断裂,使油气资源输送面临较大风险。

3.2 外界环境因素

油气管道运行中,因为油气管道环境复杂性,会面临相应的腐蚀风险,油气管道钢制材料长时间与外界环境接触时,会导致油气管道出现大规模腐蚀。当油气管道出现这一问题后,会对油气管道产生严重影响^[2],增加管道断裂风险,引起油气不定向泄漏,又因为油气属于化学物品,很容易在化学反应促使下,使管道腐蚀问题严重化,部分处于土壤中的油气管道,不仅会发生化学腐蚀问题,还会出现电化学反应,使油气管道面临较大的安全风险。

3.3 焊接因素

实际上,由于焊接引发的安全问题,属于潜在风险的一种,油气管道中基本上均会应用到焊接工艺,通过焊接的手段实现管道连接,焊接工作开展过程中,若存在安全隐患,会严重影响到油气运输安全,出现风险问题,最终会严重影响到焊接性能。并且,一些焊接管道在运输时,也会受到长期的冲击与波动影响,导致管道焊接位置面临长期的外力干扰,进而出现油气管道裂缝及断裂问题,对油气输送安全产生了较大影响。

3.4 人为因素

人为因素也是油气管道断裂安全的主要影响因素,油气管道施工环节,管道填埋时通常会在异物影响下,对管道防腐及保温造成破坏,使油气管道存在较大的安全隐患,减少使用年限的同时,在长时间运行下,会使其出现断裂风险。此外在我国经济建设不断推进下,一些建设往往会处于油气管道工程区域内,若没有制定出有效的油气管道保护措施,会使管道发生措施,影响到油气管道的安全性。

4 油气管道断裂安全问题的预防策略

4.1 定期检修

我国为保证油气长输管道的安全性,制定了相关规范与要求,管道首次运行三年后,应全面检测管道情况,结合上次检测结果,科学确定油气管道全面检测周期,油气管道运营单位应严格根据这一要求,科学开展油气管道检测,对管道内外破损及裂缝问题及时进行了解,同时选择有效的方案,修复破损点。现阶段,我国油气管道均实施了相应防腐措施,不过在油气管道长时间使用下,会存在防腐措施失效情况,如阴极保护电流失效等。所以,需要将防腐措施检测作为一项重要工作^[3],并且,为有效控制不法分子偷盗行为,还应重点做好油气管道巡检工作。为获得较好的管理效果,油气管道运营公司应制定出全面且完善的巡检制度,对油气管道巡检要求加以明确,更加规范的开展巡检工作。公司还应做好巡检人员培训工作,使其能够在实际工作中,结合地表变化情况,对管道是否存在运行问题进行判断。此外,管道管理公司应制定完善的奖惩制度,在这种方式下,使巡检人员具备较强的工作积极性与责任心。为避免设备问题导致油气管道出现断裂情况,还应进一步提升油气管道建设水平,保证油气管道运行安全。现阶段,我国管道建设水平得到不断提升,不过仍需要重点做好以下工作:第一,使油气管道材料具备较强的抗腐蚀性,若条件允许,油气管道金属材料,应首选高强度的金属;第二,管道使用环节,应全面清扫管沟,并且回填土中不可存在大体积石块,以免对油气管道造成破坏;第三,管道建设环节,科学选择防腐措施,从而使油气管道存在较好的防腐性能,获得更高的防腐水平。

4.2 科学改善防腐蚀方法

为避免受到腐蚀问题影响使油气管道出现断裂问题,需要科学改善防腐蚀方法,主要做好以下几方面工作:第一,缓蚀剂防腐。油气管道防腐中,缓蚀剂属于较为常见的一种防腐措施,其属于极性吸附,能够高效率吸附于管道表层,实现管道与腐蚀源的良好隔离。管道防腐中,缓蚀剂应用不仅能够达到隔离的作用,还能有效改善电荷,通过改变管道性质,避免出现严重的腐蚀问题。缓蚀剂中存在基团,可进行保护膜转化,在缓蚀剂的疏水特性下,对腐蚀起到良好的制约作用^[4]。第二,涂层防腐。对于涂层防腐而言,其主要原理是将腐蚀传播途径切断,最大程度上避免

腐蚀源与物体接触。向油气管道外壁均匀涂抹防腐物质,起到较好的隔绝作用,避免外界物质对管道产生不良影响,并且,还能防止土壤对油气管道的腐蚀,应用较为广泛的物质包括:环氧粉、PP 以及 3PE,这种防腐物质存在明显的粘性特征,能够使油气管道与防腐物质具备较强的粘合性,获得更高的抗腐蚀能力,避免高强度腐蚀环境对油气管道的破坏。第三,阴极防腐。油气管道阴极防腐是对涂层防腐加以完善,一些油气管道在运输或使用环节,会出现防腐涂层破损问题,对抗腐蚀能力产生较大影响,所以可将阴极防腐,作为有效的补救手段。阴极保护方式不会涉及到较大的工程量,并且,防腐处理过程中,可将防腐途径切断,防止土壤对油气管道产生腐蚀。对于这种方式而言,常用于补救类保护中,不会影响到油气管道与周围设备,使油气管道保护能力进一步提升。

4.3 降低焊接应力

油气管道高强钢焊接环节,钢种淬硬倾向及氢的有害作用与延迟裂纹的产生息息相关,并且焊接接头应力状态,会进一步促进焊接氢致延迟裂纹的产生。所以生产环节应予以充分重视,最大程度上降低焊接应力,重点应做好以下工作:第一,减少内应力。对焊接接头进行合理设计,选择合理的焊接顺序。焊缝凝固后形成的收缩应力属于内应力的主要来源,为降低焊缝收缩应力,应减少焊接约束,保证焊缝自由收缩。油气管道安装施工时,应对焊接顺序的合理性进行严格控制,防止出现密集焊缝,降低焊缝刚度。不可存在过高的焊缝余高,焊接界面应圆滑过渡,避免应力高度集中出现裂缝问题。第二,减少外界应力。油气管道安装作业环节,因为钢管自重影响,钢管吊装组队环节,会形成外界应力。为防止引入较大的外界应力,可选择以下方案:精确应用弯头弯管,防止因为角度不合理导致的弹性敷设。第三,降低应力集中。油气管道中焊缝塑性韧性较差,会由于应力集中出现界面突变问题。长输油气管道敷设环节,应力集中时会导致焊口断裂或弯头断裂。应力集中系数直接决定着应力集中程度,因此,需要保证焊缝与母材平滑过渡,尽可能降低焊缝余高,焊缝宽度需保持一致。

4.4 合理选用油气管道材料

为使油气管道使用更加安全,有效防止断裂问题的出现,应科学选用施工材料,相关人员实际工作中,需要做好材料选取工作,对材料运行安全性等情况进行综合考量,确保管道使用安全,进一步提升油气管

道工程的社会及经济效益。选择管道材料时,需要对市场情况进行全面调研,充分了解市场中的材料,在不同材料的对比分析下,首选质量好、造价低的材料。相关采购人员应严格根据规定要求开展采购工作,保证油气管道材料符合规定标准。材料采购过程中,工作人员应需要向厂家获取相应文件,对管道材料信息进行全面了解,同时,还应归档搜集来的材料,便于后期材料复查,为油气管道设计提供重要参考。因为油气管道材料种类较多,在使用性能上往往存在较大差异,采购人员应根据清单要求实施采购,进行管道材料的归类处理,便于施工人员更好的开展管道安装工作,将油气管道材料的使用性能充分发挥出来,使油气管道更加安全、可靠,减少油气管道断裂问题的发生。此外,油气管道施工环节,需要重点关注管道填埋工作,保证填埋土中没有大石块等可能会对管道造成破坏的杂物,以免管道防腐层被破坏。并且,在存在油气管道的区域开展建设施工时,需要事先了解油气管道所处位置,以免施工环节,破坏原有管道,影响到油气管道的运行安全。

5 结束语

综上所述,石油天然气属于我国主要的能源,在我国社会经济水平提升上发挥着重要作用,为保证油气运输质量及安全,应重点做好管道安全管理工作,避免出现油气管道断裂问题,将油气管道运输安全风险降至最低,通过多样化的方式与手段,保证油气运输效率的同时,提升油气管道安全水平,维护油气输送的安全状态,为社会经济发展提供助力。

参考文献:

- [1] 宋明,王汉奎,刘昕宇,李翼,徐彤,王海涛,吉建立,何仁洋,李仕力.高钢级油气管道环焊缝断裂问题研究[J].化工机械,2022,49(02):350-355.
- [2] 宋明,王汉奎,徐彤,王海涛,何仁洋.高钢级油气管道环焊缝断裂问题研究[J].中国特种设备安全,2021,37(05):93-97+101.
- [3] 王晓香.管道安全对焊管制造技术的新挑战[J].焊管,2020,43(09):1-5.
- [4] 梁雅娣.基于故障树分析的输油管道断裂研究[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(05):10-11+13.

作者简介:

李刚(1979-),男,汉族,河南人,中级工程师,本科,研究方向:化学工程工艺及安全。