

天然气长输管道钢管焊口裂纹原因及防范研究

王 履 (四川石达能源发展有限公司, 四川 成都 610000)

刘 学 杨 琴 (四川岚强石油天然气工程勘察设计有限责任公司, 四川 成都 610000)

摘 要: 天然气钢管进行组对焊接时, 因接头应力过大、强度达不到要求等会引发焊口裂纹, 进而影响天然气管道的安全运行。对天然气长输管道裂纹原因进行分析, 并根据焊接作业的不同阶段提出防治措施, 供相关人员参考。

关键词: 天然气管道; 裂纹缺陷; 防范措施

0 引言

长输管道具有输送成本低、输送量大等优点, 随着经济持续增长对油气资源的需求量不断增大, 新建天然气长输管道数量逐渐递增, 目前我国天然气长输管道总里程已经超过数万公里, 已经初步具备跨区域输送油气资源的能力。但由于天然气具有易燃、易爆等特点, 如果天然气管道出现缺陷而引发泄露, 会导致火灾、爆炸、中毒等安全事故, 给企业带来较大的经济损失, 严重情况下还会造成人员伤亡。

1 背景介绍

天然气长输管道开裂失效事故中, 焊缝裂纹缺陷约为开裂失效的 70%, 特别在弯头附近, 由于管道施工条件要比平直区段更为苛刻, 并且还可能承受外界的应力, 为天然气管道开裂高发部位。本文以发生焊口裂纹的某天然气长输管道工程为例。其管材采用 X60 直缝高频电阻焊钢管。投入使用一年后发现某区段存在渗漏点, 开挖验证后发现焊口部位存在裂纹, 位于焊接位置 4-5 点钟方向, 沿着管径环向伸展, 长度为 17mm。

2 天然气长输管道裂纹原因分析

2.1 母材

X60 为低合金高强度钢材, 冷、热裂纹倾向都较小, 当采用含氢量比较高的纤维素焊条进行焊接且冷却速度却比较快时, 就会提升冷裂纹的敏感性。若母材壁厚为 10.3mm, 如果钢材 C_{eq} 超过 0.15%, 存在氢致延迟裂纹可能性, 氢致延迟裂纹可能性会随着 C_{eq} 变大而升高。母材、焊材中的 Mn、Si 都有着较高的含量, 这样就增加了焊口的强度和硬度, 具备的延伸率及断面收缩率就会随之变小, 材料抗裂性能就会降低。

2.2 焊接工艺

开挖验证后发现的渗漏焊口为直管段与热煨弯道焊缝, 坡口设置为 V 型, 1 层打底根焊, 3 层填充焊和 1 层盖面焊。根部打底焊应用手工焊接向下焊接方式, 选用直径为 3.2mm 纤维素焊条。填充、盖面选用直径为 4.0mm 低氢焊条, 以手工焊接方式向上焊接。1 层根焊填充材料为 E6010, 焊接极性为 CD-, 电流控制在 60-90A, 焊速为 11-15mm/min, 2 层填充焊选择的填充材料为 E8018-G, 焊接电流极性为 DC+, 电充为 120-130A, 焊接速度为 16-22mm/min, 3、4 层填充焊选用的材料为 E8018-G, 焊接电流极性为 DC+, 电流控制在 120-130A, 施焊速度为 15-20mm/min, 5 层盖面焊填充材料为 E8018-G, 焊接电流极性为 DC+, 电流区间为 120-130A, 焊接速度为 15-20mm/min。应用 X60 钢试

件进行焊接工艺评定, 拉伸试验确定试件宽为 25mm, 厚度在 10mm, 抗拉强度均值为 550N/mm², 弯曲试验所需试件厚度在 10mm, 弯轴直径为 40mm, 弯曲角度值在 180°, 试验检测结果都达到合格要求。在 -15℃ 条件下进行冲击功试验, 试件尺寸为 10mm × 10mm × 55mm, 管子焊接缝区冲击功均值为 51 焦, 热影响区冲击功为 70 焦, 焊缝冲击功值并不高, 这表明焊缝具备的强韧性不超过热影响区所达到的强韧性, 当焊接接头存在裂纹源, 会在焊缝区段中产生扩展, 裂纹的存在也进一步表明判断的正确性。

2.3 焊材

采用 E6010 焊条进行打底焊, 再应用 E8018-G 焊条进行填充及盖面。在 20℃ 环境下, E6010 焊条可以达到 390N/mm², 抗拉强度为 550N/mm², 而焊接母材屈服强度为 485N/mm², 抗拉强度为 596N/mm², 根焊为低强线配方式。填充焊、盖面焊选用稍低于母材强度的等强组配方式。以强韧性匹配角度来看, 根焊道所应用低强组配有助于焊道金属应变来缓解焊缝裂纹倾向, 可根焊只设置一层, 实际焊接过程中的焊道厚度也并不大, 焊缝具备的韧性并不足, 为对避免出现裂纹和裂纹扩展并没有起到作用。焊接预热及层间温度没有达到要求, 如果存在气孔, 并在母材上进行打弧, 熄弧过程中并没有填满弧坑, 焊完会存在氢致延迟裂纹的可能。

2.4 坡口形式及焊接措施

变壁厚焊接需外表面保持齐平, 对热煨弯管情进行削薄处理后制作成 70° 过渡区段, 采取 60° V 型坡口。先进行根焊接, 根焊完成 50% 后将对口器撤出, 在管道底收弧部位采取下向焊方式, 先焊接完成的焊工经过中线 30-50mm, 安排后焊接焊工完成接头, 并要求经过中线 30-50mm。对根焊道进行清理, 然后再采取填充焊方式完成焊接作业, 间隔不可以大于 5min, 运条角度和根焊所采用的运条角度一致, 厚度需要结合盖面焊, 并在两侧立焊部位进行合理调整, 高度控制在低于母材表面 0.5-0.8mm, 为盖面焊成型创造条件。进行盖面焊作业时, 运条角度保持与填充焊一致, 焊缝余高需要保持在 0.5-1.6mm, 其余位置不可以大于 3mm, 长度值不超过 50mm, 焊缝宽度在坡口宽度部位每侧增加 1.0-2.0mm。当焊接作业完成以后, 对天然气长输管道开展无损检测、超声探伤检测, 严格按照相关标准进行检测作业。弯头附近焊口焊接产生应力与本体受力情况都比较复杂, 会存在组对应力, 在焊接熔池冷却焊缝受到应力时会存在开裂可能。热煨弯管被加工一定角度的过渡区段, 会由于过渡不均而使应力集中, 这也

是焊缝出现裂纹的主要原因。

3 防治措施

3.1 焊接前防治措施

选用级配相当管子进行组对,对管段部 150mm 区间进行外观检查和品径测量,相邻管口周长相差不超过 5mm。在进行组对焊接前,可采用钢丝刷等将坡口两侧 20mm 区间内的锈蚀、残渣等进行清理,清理完成后的 2h 内组织焊接作业。焊缝错开间距不低于 100mm 弧长,错边量不超过 1.6mm。直管与热煨弯管表面保持齐平,过渡段保持平滑,将热煨弯管内表面与直管削薄并制作平滑过渡状态,保持相同的内径可以减小管道应力。焊接作业现场风力、湿度和温度达不到要求,需要设置防风棚、防雨棚,采取加热手段将焊口部位水汽进行烘干,正式焊接前进行预热处理。

3.2 焊接过程中防治措施

为避免引弧时出现电火花击伤母材,可以采用专用地线保持与管道保持紧密接触,也可以采用接地卡具来保证接地可靠性。根焊采用的纤维素焊条需要保存在密闭储筒内,防止阳光照射和温度较大幅度改变,包装筒打开后应该及时用完,如果受潮应该进行烘干,控制好烘干温度和时间。根焊道是避免出现焊接裂缝的关键,预热温度需要控制在 100~150℃ 区间,加热范围应该均匀,层间温度控制在 70℃。焊接时应该控制好质量,避免使焊道中存在夹渣。盖面焊会对焊缝产生很大的影响,需要避免出现咬边、

余高超差。

3.3 焊接保温

焊接后采取保温缓冷措施,可以在焊缝部位包裹棉被,包裹前采用喷灯进行烘烤,以焊缝降到常温时为止。这样可以使焊缝中扩散氢逸出,将焊接应力完全释放出来,可减小焊缝冷裂倾向。将焊缝完全冷却以后,需要对外观质量进行检查,并清理好焊渣。

4 结论

综上所述,天然气长输管道出现渗漏会引发安全事故,需要对焊口裂纹缺陷进行深入分析,对不同焊接作业阶段进行质量控制,并采取切实有效的防治措施,从而保证天然气管道的安全运行。

参考文献:

- [1] 高孟林. 天然气长输管道大型穿越工程实施阶段风险管理研究 [D]. 济南: 山东大学, 2020.
- [2] 刘亮. 天然气长输管道焊接质量的控制 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019, 39(23): 33-34.
- [3] 周亚平. 天然气长输管道焊接质量的控制 [J]. 化工管理, 2019(06): 124-125.
- [4] 张勇. 天然气长输管道带磁原因及施工时的消磁方法 [J]. 中国高新技术企业, 2016(22): 27-29.
- [5] 张建民, 孙鹏, 翟保东, 唐蒙生. 天然气长输管道 X65 钢管焊口裂纹原因及防范对策 [J]. 科技信息, 2013(18): 502.

(上接第 154 页) 物、功能性纤维吸附剂, 壳聚糖、茶铁、稀土元素吸附剂等, 大多通过钛、锑、钙、褐铁矿等稀土吸附。研究了交联明胶的接触时间、pH 值和用量对水溶液中氟化物吸附的影响。结果表明, 在氟含量为 5~7、40min 时, 凝胶的去除率达到 98.8%。吸附法对含氟废水进行深度处理是有效的。然而, 由于失床、吸附容量低、再生床和再处理等问题, 其实用性受到限制。今后吸附脱附的主要研究方向是开发高效的新型吸附剂, 以克服传统吸附材料饱和和吸收能力的不足。此外, 还需要加强吸附剂的选择性、吸附树脂再生和吸附机理的研究。

3.3 其他方法

除上述两种主要方法外, 在反渗透、电凝法、离子交换树脂法和电渗析等领域也进行了大量的研究工作。

3.3.1 反渗透

反渗透技术广泛应用于海水淡化、超纯水制备等领域。究其原因, 反渗透技术是一种需要防止悬浮物质污染再灌注膜的分子级处理工艺, 工业污水杂质含量较多。因此, 治疗前需要进行复杂的预处理。此外, 反渗透设备价格昂贵, 消耗更多的电力。结果表明, 用醋酸纤维膜和低压复合膜处理浓度低于 200mg/l 的废纤维素。

3.3.2 电凝聚法

电凝法是利用铝离子在直流电场作用下在溶液中形成的不同形式的氢氧化物的中间产物在水中吸附氟化物和氟络合物的方法。低浓度氟: 通过电凝, 可将含氟废水的浓度降低到 2mg/l 以下。电凝聚法由于设备简单、操作方便而难以推广, 但其生产用水成本较高, 对含氟废水的处理

效果不理想。

3.3.3 离子交换树脂法

离子交换树脂是一种通过树脂与溶液之间的离子交换去除氟的方法, 用改性 001×7 阳离子交换树脂作为 H、La、Al 树脂吸附水中的氟离子。结果表明, 改性酚醛树脂与未改性树脂相比, 能明显提高氟离子的去除率。离子交换树脂法的交换能力和脱氟率较低, 再生成本昂贵。因此, 没有工业方面的例子。

3.3.4 电渗析法

电渗析是膜分离技术的原理之一, 它利用离子交换膜的选择性渗透性在直接电场作用下在水体中转移阳离子。离子交换膜是由离子交换树脂形成的, 因此电渗析实际上又是另一种应用形式。电渗仪结构复杂, 能耗大, 维护强度高, 对操作人员有严格的技术要求, 如果水中有较高的金属离子, 很容易对电极造成膜中毒损伤。

4 总结

含氟化物的废水有多种回收方法, 如处理简单方便, 但由于化学吸附剂量大, 会直接造成二次污染。该吸附方法对含氟沉淀物废水的再利用具有一定的效果, 在提高废水吸附性能和有效解决废水可再生资源利用方面具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 张强国, 谢果. 氟危害及重庆氟污染的对策 [J]. 重庆科技学院学报, 2005(4): 17-49.
- [2] 卢宁, 高乃云, 徐斌. 饮用水除氟技术研究的新进展 [J]. 四川环境, 2007, 26(4): 119-26.