

液化天然气槽车装卸站管道检验技术分析

王 凤 赵彤阳 黄安东 (新地能源工程技术有限公司, 河北 廊坊 065001)

摘 要: LNG 是液化天然气的简称, 属于一种清洁高效能源, 目前已经被广泛用在工业生产领域, 对提高生产效率有着重要意义。由于 LNG 低温, 管道运输方式多采用保冷结构, 降低外界传热效果, 所以常规压力管道的检验方法不适合用于液化天然气管道。RBI 技术能够识别 LNG 槽车装卸站管道的失效情况, 同时制定了不停输检验策略。通过多项检测技术的应用提高检验效率, 保证 LNG 管道运输质量。

关键词: 液化天然气; 槽车; 装卸站; 管道检验

0 引言

作为一种清洁高效能源, LNG 主要经过气态天然气压缩且冷却至临界温度形成, 使气体转为液体。相同质量下, LNG 是气态天然体体积的 1/625, 存储效率更加理想。LNG 成分主要为甲烷, 一旦泄露将迅速气化, 且遇火源立即爆炸, 液化天然气在管道中的温度可以达到 -162°C , 管道外部包裹着 200mm 的绝热层, 要求对管道定期进行无损检测, 确保 LNG 的安全传输。

1 液化天然气槽车装卸站管道情况分析

液化天然气接收站中的槽车装卸站管道大致有 LNG 装卸车线、BOG 排气线与燃气线管道几种。LNG 装卸车线管道能够向槽罐车装车, 或通过槽罐车卸车将液化天然气低温存储在罐中。BOG 排气线管具有气相平衡的效果, 装卸车期间 BOG 气体由外界传热产生, 经过压力释放线完成后端处理, 而燃气线管道能够在装卸期间起到调节作用。凭借着液化天然气的低温特性, 除了燃气线管道, 其他的 LNG 和 BOG 管道都需要使用不锈钢 316L 材料制造。不仅如此, 低温管道外部需要覆盖绝热层和铝合金薄板, 其中铝合金薄板覆盖在绝热层之外, 厚度在 0.6mm 左右。液化天然气槽车装卸站中, NG-502 燃气线管道设计压力为 1.0MPa, 温度 65°C ; LNG-501 BOG 排气线和释放压力线使用不锈钢 316L 材料制造, 设计压力 1.46MPa, 设计温度 -170°C , 管线可以绝热。BOG-501 LNG 装车线与 BOG-502 LNG 卸车线使用不锈钢 316L 材料, 设计压力 0.35MPa, 设计温度 -170°C , 管线可以绝热^[1]。

2 液化天然气槽车装卸站管道不停输检验策略

拆除管道绝热层进行检测会导致管道内部 LNG 温度提高, 其介质发生气化, 从而管道压力上升, 对 LNG 管道运行产生安全隐患。绝热层被拆除后, LNG 管道外部会立即凝结成冰, 后期修复时影响绝热层使用效果, 且产生的 BOG 需要经过压缩机再加压处理, 无形中扩大了能耗。由此人们提出了不停输检验策略。由于液化天然气槽车装卸站工作的特殊性质, 检验时需要在不停输的前提下, 采用在线检验方式进行 LNG 管道检验分析, 避免管道出现失效的情况。以 RBI 风险检验技术为基础, 识别管道失效模式, 找出其中潜在风险, 经

过风险评估确定风险程度, 从而制定针对性管道检验策略。由此可见, RBI 技术能够降低检验成本, 规避随机抽查引发的漏检问题。RBI 工作中包含腐蚀分析相关内容, LNG 介质没有腐蚀性, 所有管道基本不会产生腐蚀失效问题。但是在液化天然气接收站中, 槽车装卸站可能会临近沿海区域, 海洋大气中的氯离子加大空气湿度, 管道保温层以下的部分会出现腐蚀 CUI 与大气腐蚀现象。CUI 属于一种严重的外腐蚀损伤现象, 低温管道的绝热层如果发生破坏, 其下部的氯离子就会出现腐蚀问题, 这种腐蚀主要在绝热层内部出现, 虽然不容易被发现, 但是危害性很大, 要求人们加强对绝热层破损管道的重视, 或者关注出现较大位移量的管段^[2]。

3 液化天然气槽车装卸站管道检验技术应用

3.1 X 射线数字成像检测技术

DR 检测技术和以往的射线检测方式有所差别, 但二者在射线透照的原理相一致, 射线机发出的射线再经过被检验工件后, 因密度与厚度方面存在的差别, 射线强度也会产生衰减、吸收等改变, 或者散射的射线光子被成像系统有效吸收。DR 检测与射线检测区别在于成像系统上, RT 检测是让射线光子在胶片内出现潜影, 再利用暗室进行胶片处理, 通过观片灯找出缺陷问题。DR 检测技术中, 经过衰减的射线光子能够被平板探测器接收, 并转为数字信号, 信号被放大的同时还会经过数模转换器完成转换, 最后通过计算机的处理, 使其在显示器中完成缺陷的科学评定, 整个过程就是射线光子从数字信号到图像的全部转化过程^[3]。DR 检测系统内包含射线机、探测器、计算机系统以及通信线缆几部分, 这是近年来新兴的无损管道检测技术, 依据相应标准完成现场检测。DR 检测技术不需要将外部冷却材料拆除, 也不需要清除 LNG 管道中的介质, 检测现场不需要使用胶片, 检测结果在第一时间就可以上传到电脑系统中并形成电子图像, 检测人员在现场作业期间就能找出缺陷问题, 且测量结果精确。不仅如此, DR 检测技术可以检测发现管道是否存在腐蚀性问题, 适用于 LNG 低温管道的不停输检验分析。

液化天然气管道现场 DR 检测需要使用 Gemx-200X 射线机和 DeReO UP2530 非晶硅 DR 平板, 在计算机系

统应用下,软件能够同时控制射线与探测控制器。成像后的图像需要满足灰度、灵敏度、信噪比以及图像分辨率这四个技术指标,只有这样才能满足图像成像质量需求。指标中,灵敏度主要通过线型像质计完成测定,过去传统检测方法需要将管道内介质排空,而DR检测方式不同,对射线透照厚度的研究需要将管道壁厚、介质和保温层厚度综合考虑,以此识别图像灵敏度。DR检测技术的应用主要基于盲探方式,先确定焊缝位置,随后调整曝光参数,再布置透照部位,同时做好标记,以此得到合格图像。由于待检的LNG管道多为小径管,可使用双壁双影的透照方式,最终成像为椭圆形,建议在相隔90°的位置进行2次透照。检测后发现,LNG-501管道在弯头焊缝的位置有0.85mm的圆形缺陷问题,由于软件测量精确度较高,可直接评定出该位置的焊缝质量等级是I级、DR检测技术适用于管道气孔和夹渣体积型缺陷的检测,对裂纹这类面积型缺陷检验不够敏感,需根据管道实际情况选择检测方式。

3.2 脉冲涡流检测技术

脉冲涡流检测技术简称PEC技术,即以发射回线向管道发送脉冲磁场,再以接收回线对二次涡流磁场加以检测分析,经研究发现,涡流衰减和管道磁导率、电导率密切相关。使用PEC检测技术多会用到超声波测厚仪,利用该设备测量管道壁厚,以此作为该区域管道的壁厚值,再将管道不同区域的信号和参考信号相互对比,评估金属损失情况。要求参考区域和被检测管道的介质、壁厚、覆盖层参数相同,周围不能有电磁干扰影响。由于LNG管道外部绝热层不能直接拆除,可以以工程设计中的壁厚数据为参考依据,按照PEC检测原理完成管道的检测分析。系统内主要包含控制单元、传感器以及数据采集器几部分,先对发射频率和管道参数科学设置,启动发射机后得出磁场衰变曲线,经过检测没有发现管道有任何减薄现象。PEC检测技术能够在不停输和不拆保温层的情况下金鼎LNG管道大面积腐蚀检测,但不适合用于局部裂纹或点蚀缺陷检验,该技术无法区分腐蚀相对位置,只能科学计算出某处区域内金属的平均损失情况。

3.3 红外热成像检测技术

应用红外线热成像技术完成LNG管道检验,由于LNG的温度比环境温度低很多,如果LNG管道的绝热层失效,此时外界环境会与LNG管道产生换热,空气内水蒸气在绝热层的外部位置冷凝,给LNG管道运行带来了风险问题。采用宏观检验方式时,应加强对绝热层失效管道的检测分析,当LNG管道处于较高位置时,发现此时存在检验盲区,应用红外热成像检验方式能够避免出现盲区。管道属于一种热能辐射源,而红外线是世界中广泛存在的电磁波,绝热层失效处的管道温度较低,可根据失效管道与正常管道向周围散发的不同红外

热辐射来判断损伤问题。由于红外热成像无法用肉眼看到,这种红外辐射需要通过光学镜片,在探测器内经过信号的处理,将信号转化为电子图像,最后电子图像会在屏幕中显示,以便人们得知红外热成像结果。红外热成像仪器的灵敏度很高,最高检测精度在0.1K左右,使用非接触测量方式避免架空管道宏观检测时存在的问题。检测期间产生的红外图像经过研究,可在现场直接记录绝热层的具体破坏位置。由于LNG管道外部有局滤镜保护层薄板,受材料反射影响,使用红外线热成像检测技术之前应提前标定辐射率。

3.4 水样分析

以实际情况为案例具体分析,某个液化天然气接收站周围沿海,LNG槽车装卸站的外部环境湿度很大,空气中带有较高的盐分,氯离子已经成为不锈钢材料腐蚀的重要原因之一。当LNG管道的绝热层出现破损现象时,空气内的含盐水分会在管道外部冷凝,同时会产生以Cr为主要成分的钝化薄膜,这会对奥氏体不锈钢产生破坏,导致保温层出现氯离子腐蚀问题。根据相关工业生产规范与管道质量检测标准分析得知,对不锈钢材质的LNG管道进行洁净水液压试验时,要求水分中的氯离子含量必须控制在25mg/L以内。对现场中LNG管道绝热层外部结冰和结霜的位置取样分析,发现水中氯离子含量为5mg/L,未达到上限。如果绝热层外部有破损的位置,应及时对该处修复,如果无法及时修复,应定期测定水样中的氯离子含量,由于大气环境的变化会导致管道绝热层破损位置氯离子含量增加,所以应加强对氯离子的监控,及时取样检测分析。

4 总结

总而言之,随着液化天然气应用程度的加深,为了实现LNG管道的不停输检验,无损检测技术应运而生。为完成对LNG管道的独立检验,可使用DR检测技术、PEC检测技术、红外热成像检测技术,结合LNG低温管道的大致故障与腐蚀情况科学选择检验方式,从而提高管道检测效率,并及时做好水样检测分析,判断水分中的氯离子含量,保护LNG管道的安全运输。

参考文献:

- [1] 郭永超,李婵.天然气长输管道建设项目管理研究[J].化工管理,2020(15):25-26.
- [2] 浦哲,任彬.宁夏特种设备检验检测院全力做好天然气管道安装监督检验工作[J].西部特种设备,2020,3(02):20-21.
- [3] 石生芳,左延田,顾福明.天然气门站管道检验技术应用实践[J].西部特种设备,2020,3(02):41-46+56.

作者简介:

王凤(1994-),女,汉族,河北廊坊人,学士,主要从事:天然气工艺配管,机电方面。