

基于仿真分析的管道环焊缝缺陷判定

贾春龙¹ 贾盼龙² 任德胜³

1. 陕西省天然气股份有限公司 陕西西安 710000

2. 中国石油集团石油管工程技术研究院 陕西西安 710000

3. 中国石油化工股份有限公司江汉油田分公司 湖北武汉 433124

摘要: 随着贯穿全国、连通海内外的油气长输管道建成,其创造了巨大的经济效益,但在缺少牵引试验及开挖验证等辅助数据的前提下,应用漏磁检测技术开展的管道环焊缝检测精准识别难度较大。本文通过结合漏磁检测和射线底片数据建立环焊缝缺陷的分级分类规则,实验与仿真结合,获取油气管道典型环焊缝缺陷信号图谱及其特征,结合工况构建基于统计分析方法的环焊缝缺陷识别模型,可为环焊缝缺陷形状、位置及类型判断奠定坚实的基础。

关键词: 漏磁内检测; 环焊缝缺陷; 类型判断

引言:

长输管道焊接影响因素多、管控难度大,使环焊缝管控成为薄弱环节。而近几年,国内已发生几多起典型的长输管道环焊缝开裂事故,给周边人民群众生命、财产安全以及环境构成了威胁。目前国内在油气管道的焊缝检测方面主要以超声、射线及渗透等无损检测方法为主,无法实现在线非开挖检测。

当前用现有的漏磁检测技术对环焊缝缺陷评价仍存在一定的技术难题,在无开挖检测数据的情况下,对环焊缝的缺陷评价精准度不高。因此,管道环焊缝缺陷检测与判定技术探讨与研究成为了一个迫在眉睫的研究方向。本方法基于内检测信号和射线底片建立环焊缝缺陷的分级分类规则,实验与仿真结合,获取油气管道典型环焊缝缺陷信号图谱及其特征,结合检测工况,构建基于统计分析方法的环焊缝缺陷识别模型。

1 漏磁检测环焊缝信号特征

管道漏磁检测是三维矢量场,三轴漏磁检器在轴向、周向和径向三个方向上分别使用霍尔传感器记录漏磁内检测所得到的信号,通过详细分析三轴漏磁内检测信号所得到的特征,通过测量轴向(Axial)、周向(Circumferential)、径向(Radial)磁通量数据,将所检测数据以图谱的形式表现出来,从而清楚的判断环焊缝是否存在异常。

1.1 正常环焊缝检测所得到的信号

长输管道材质属于铁磁性材料,在外加磁化场的作用下被磁化至饱和,若管道中无缺陷,大部分磁力线会通过管道铁磁性材料内部,通过磁敏元件对磁场进行检测,获得相应的电信号,对所有检测到的信号进行处理,可以获得环焊缝的特征,依据管道正常环焊缝检测

所得到的三轴漏磁信号可了解到轴向和径向检测所得到的信号特征与管道金属增加的信号特征一致,轴向检测得到的信号特征为一个负峰,径向检测信号特征为一正一负两个峰,由于环焊缝是沿着整个管道圆周所对称分布的,所以周向检测所得到的信号特征不是很明显。

1.2 环焊缝缺陷检测所得到的信号

若管道存在缺陷,由于缺陷部位的磁导率远比铁磁性材料本身小,从而导致管道缺陷位置的磁阻增大,致使通过此区域的所有磁场发生畸变,磁力线弯曲,部分磁力线泄漏出材料的表面,在缺陷所在的位置形成泄漏磁场。三轴漏磁内检测霍尔传感器能够检测并检测出未焊满、未熔合、错边等焊接不良所导致的常见环焊缝缺陷,将其识别为环焊缝异常。依据环焊缝缺陷检测所得到的三轴漏磁信号(图1)可了解到,长输管道轴向和径向检测所得到的环焊缝缺陷信号特征与缺陷的极性特征一致,轴向特征为一个正峰,径向特征为一负一正两个峰,周向特征在缺陷两端分别存在一正一负、一负一正共4个峰,此处明显可以看出存在缺陷,如果缺陷两端焊缝的深度变化不是特别明显时,周向信号就不会很明显的显现缺陷特征,这时主要通过轴向检测信号与径向检测信号来判断环焊缝是否存在缺陷。

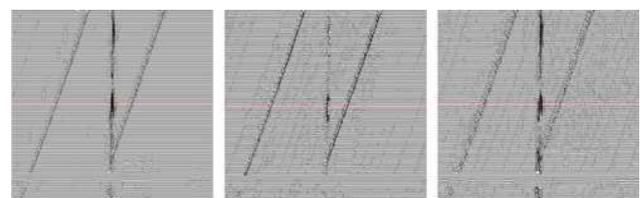


图1 管道环焊缝缺陷三轴漏磁内检测信号

2 基于管道环焊缝缺陷识别模型的可行性分析及技术路线

目前,国内、外比较认可的提高长输油气管道安全生产运行水平最有效、最可靠的方法就是基于漏磁检测的长输管道的完整性评价,但针对环焊缝异常还是具有较大的局限性。为此可通过仿真来计算基于漏磁检测的环焊缝缺陷信号反演特征提取及识别,建立不同类环焊缝缺陷的漏磁信号特征库,并结合漏磁牵拉试验,获取管道环焊缝内表面缺陷和埋藏缺陷的漏磁检测试验信号特征值,最后将反演信号与试验信号匹配并修正,最终建立一套准确的环焊缝缺陷反演信号模型库。在此基础上,建立在役管道环焊缝的识别、分级与表征方法,通过射线底片等验证手段,建立环焊缝综合检测与评估技术,在量化识别环焊缝缺陷的基础上,结合检测工况,构建基于统计分析方法的环焊缝缺陷识别模型。通过此种方法,图1环焊缝缺陷信号可分析出为典型的未焊满环焊缝缺陷。

3 环焊缝缺陷漏磁内检测牵引试验及信号仿真分析

3.1 环焊缝缺陷牵引试验

在管道正式开展漏磁检测前,同样管径、壁厚、材质的管道上人工在不同的位置设计加工各类环焊缝缺陷,这样可以分析判断此类管道环焊缝缺陷与检测器信号特征之间的关系,从而验证了漏磁检测有限元仿真分析结果,为漏磁检测焊缝异常信号图谱库识别模型及异常等级模型库建立奠定坚实的基础。

3.2 环焊缝缺陷漏磁内检测信号仿真分析

在使用管道漏磁检测时,为了更加准确清晰的识别出管道的环焊缝和存在一定缺陷的管道环焊缝所形成的信号特征,依据漏磁检测原理以及电磁场的理论作为基础,利用ANSYS的有限元仿真软件,对带有各类缺陷的环焊缝开展管道环焊缝缺陷漏磁内检测信号的有限元仿真,建立三维有限元仿真模型,得到了正常环焊缝与不同缺陷尺寸的环焊缝漏磁特征曲线。通过对管道检测特征曲线的综合对比分析,可得到环焊缝缺陷漏磁内检测信号特征的关系。

4 环焊缝缺陷验证及射线检测

长输管道三轴漏磁内检测器可以探测并识别出具有一定尺寸开口宽度的未熔合、未焊透等环焊缝的缺陷。环焊缝缺陷的本质是由于焊接技术水平限制和现场施工质量控制不严格,导致焊接不良,从而造成焊缝金属的

填充不满足要求。通过对环焊缝缺陷开挖验证及射线检测,就可以看到环焊缝未焊满造成漏磁曲线畸变,用开挖验证现场实际测量缺陷位置、环焊缝方位与漏磁内检测结果进行对比是否吻合。将漏磁内检测焊缝缺陷信号图谱及牵引试验结果、开挖检测与射线检测记过作为环焊缝缺陷图谱库识别模型及缺陷等级模型库的内容,从而逐步建立基于漏磁内检测环焊缝缺陷信号图谱库识别模型及缺陷等级模型库。

5 结论

环焊缝是长输油气管道的薄弱环节,采用漏磁内检测的技术对环焊缝开展的缺陷检测精度具有一定的局限性,通过开展环焊缝缺陷库的漏磁仿真计算信号反演特征提取及识别,环焊缝缺陷库的漏磁牵拉试验信号特征提取,环焊缝缺陷漏磁牵拉试验信号图谱与仿真反演信号的特征匹配性研究及基于内检测与现场工况射线底片的环焊缝缺陷表征和评估技术等研究,采用基于漏磁内检测技术的仿真反演信号和漏磁牵拉试验的信号,再结合长输油气管道的环焊缝的实际射线底片,建立环焊缝缺陷的分级分类规则,从而构建基于统计分析方法的环焊缝缺陷识别模型,对充分利用现有漏磁内检测方式对环焊缝缺陷进行检测表征具有重要意义,为管道环焊缝缺陷识别模型的建立以及环焊缝缺陷的判定奠定了坚实的基础。

参考文献:

- [1]杨理践,耿浩,高松巍.长输油气管道漏磁内检测技术[J].仪器仪表学报,2016,37(8):1736-1746.
- [2]金兰,雷俊杰,王高峰,等.油气输送管道对接环焊缝缺陷检测分析[J].焊管,2013,36(11):43-47.
- [3]刘绍亮.油气管道缺陷无损检测与在线检测诊断技术[J].天然气与石油,2007,25(2):10-14.
- [4]刘海峰,胡剑,杨俊,等.国内油气长输管道检测技术的现状与发展趋势[J].天然气工业,2004,24(11):147-150.
- [5]燕冰川,冯庆善,贾光明,等.基于三轴高清漏磁内检测的完整性评价技术[J].理化检验-物理分册,2013,49:21-24.
- [6]邵卫林,陈金忠,马义来,等.基于多传感器数据融合技术的漏磁内检测数据分析[J].传感技术学报,2019,32(10):1541-1548.
- [7]黄松岭.油气管道缺陷漏磁内检测理论与应用[M].北京:机械工业出版社,2013:77-96.