

金属磁记忆检测在海底管道检验评价中的应用和推广

李康 陈奇 史小东 罗光明 韩曙光 赵洪波

中国石化集团胜利石油管理局海上石油工程技术检验中心 山东 东营 257000

【摘要】在海洋油气资源开发中,管道是油气运输的主要形式,是海上油气田开发的生命线,而对海洋油气管道进行有效的检验和评价是保障海上油气田生命线的必要措施。海底油气管道在运行过程中经常受到来自管内外环境应力影响,内应力主要是传输介质压力;外应力是由于外界环境变化,如海底底部海床流迹掏空、海管悬空等原因,造成海管受自身或覆盖层重力作用。有时管壁承受的应力与腐蚀联合作用,引起十分危险的应力腐蚀裂纹。因此海底管道检验评价日益重要。

【关键词】金属磁记忆检测 海底管道

1 海底管道检验评估现状

由于海底管道维护困难,对在役海底管线的可使用性检验评价尤为重要,海底管道在使用过程中会形成各种不同缺陷,如均匀腐蚀、沉积物腐蚀、晶间腐蚀、冲刷腐蚀(冲蚀)、防护层下腐蚀、腐蚀起泡、氢致裂纹等,用现有的一些检测方法可已发现这些缺陷,但有些缺陷的存在并不影响在役海管继续使用的性能,如海管的整体无应力均匀腐蚀等,盲目的对缺陷海管进行维护更换耗费巨大,并且收效甚微。

目前的海底管道无损检测方法可分为两大类:

第一类是外检测法(非介入法),也就是从管外面进行检测显然这种检测需要通过潜水员或ROV(remote operated vehicle)来进行,潜水员工作的水深范围0m~50m,ROV工作的水深范围50m~500m。

第二类是内检测法,也就是从管道内部进行检测。PIG检测技术是陆地上常用的管道内检测技术,将陆上埋地管道的超声Pig(UT Pig)技术和漏磁(MLF)Pig技术运用于海管检测管道内检测技术是将各种无损检测(NDT)设备加装在清管器(Pig)上,将原来用作清扫的非智能Pig改造成有信息采集、处理、存储等功能的智能型管道缺陷检测器(Smart Pig),通过Pig在管道内的运动,达到检测管道缺陷的目的。

2 金属磁记忆检测引入在役海底管道检测的意义

前面所述外检测技术实施起来难度很大,检测精度、检测效率等均不能很好地满足工程需要,尤其是对于深水海管和超深水海管检测难度更大,几乎没有实施的可能性。

现有的海底管道内检测(介入式超声、漏磁检测)能对海底管道整体缺陷状况进行检测,但是检测过程需要耦合或磁饱和,有一定的局限性。上述两种方法只对焊缝中的缺陷做出定性或定量的诊断,只针对已经存在的缺陷,不能发现和预测将要发生缺陷的部位,即无法发现应力集中部位,无法解决海底管道应力破坏问题,不能对海管的继续使用性能做出很好的评价。因此如果有一种好的技术能帮助检验检测人员很好的对海底管道应力集中情况进行检验,对已有缺陷的危害程度进行评价,不仅可以节省海管维护

的巨大成本,还能节省停工时间。

鉴于上述原因,对于在役海底管道维护保养,一种能进行在线检测的、设备简易可靠、可进行应力集中检测、可对现有缺陷危害程度评估、可对未来危险预报的评估技术应该是很有前景的。这种技术就是金属磁记忆检测技术。

3 金属磁记忆检测的发展

3.1 金属磁记忆检测在国外的的发展

金属磁记忆检测理论是由俄罗斯杜波夫教授在上世纪90年代初提出,杜波夫教授用特制的磁力检测计对铁磁构件的表面应力集中进行了检测,通过实验对比结果,总结出磁记忆的产生是金属磁现象物理本质和材料位错过程导致的。他在论著中对相关的磁场特征、磁方法进行了论述,并建议将磁记忆检测方法用于材料热处理、机械性能的质量监控以及管道焊缝检测等领域。经过深入的研究,人们发现,通过磁记忆检测可以发现缺陷甚至材料组织的不均匀性。然而应力集中区的应力大小并不是一成不变的,应力释放会影响磁记忆信号的判断。

在美国旧金山第50届国际焊接学术会议上,磁记忆检测首次得到国际社会的承认,在许多国家和地区迅速推广和应用,成为世界各国检测检验界的研究热点。我国也在1999年底开始学习推广此项技术,并且得到了国内检测界同行的高度重视。

3.2 金属磁记忆检测在国内的发展

南昌航空大学无损检测教授任吉林及其团队从晶体结构出发,在理论和实验的基础上分析了金属磁记忆检测的机理,对裂纹类缺陷的理论模型进行了计算,并总结出漏磁场的变化与裂纹深度、分布区域大小、开口大小的关系。南昌航空大学高春法高春法教授通过对应力集中和磁场分布的研究,得到了在应力集中区漏磁场垂直分量的最大值随应力集中区载荷的增大而减小,且在材料发生塑性变形后减小趋缓,垂直分量和应力变化为近似线性关系。清华大学金属磁记忆研究人员发现,地磁场的分布对金属磁记忆诊断的数据有很大影响,但对金属磁记忆场的分布特征没有直接的影响。

3.3 金属磁记忆检测的应用领域

技术应用上金属磁记忆相对于其他常规的无损检测方法,具有效率高、成本低、

操作简单等诸多优点,在工业上应用前景广泛。目前在俄罗斯、印度等国,此检测诊断方法已经在石油管道、热电厂涡轮机、锅炉、航空航天及船舶制造等方面得到实际应用。经过多年实践,金属磁记忆方法对管件、罐件(比如锅炉)的检测应用已十分成熟。

4 金属磁记忆检测在海底管道检测评价中的技术关键

4.1 金属磁记忆检测设备应用选型

海管内检测和外检测使用不同的金属磁记忆设备,内检测使用传统清管器或介入式管道机器人(如PIG检测机器人)装备管内金属磁记忆检测设备进行管内检测;外检测采用非接触式远距离金属磁记忆设备在浅海区海管外部进行检测。

金属磁记忆设备的具体熟练应用,需要各种相关金属磁记忆理论知识的深入了解,只有掌握了有关的理论,才能从采集并处理后的漏磁场信号中,准确的判断海底管道应力集中情况,因此,这部分的研究对整个金属磁记忆系统能否可靠、稳定的应用于海底管道检验极其重要,同时也是困难所在,因为需要掌握交叉学科的多种理论。

4.2 金属磁记忆检测工程试验数据获取

在掌握金属磁记忆理论及具体检测设备的基础上,需要进行大量的金属磁记忆检测工程试验,需要相关单位的配合,需要深入现场获取有关的设备运行参数,从试验数据中分析设备的运行状况,积累大量的实际应用经验,为金属磁记忆检测技术推广提供可靠的支持。

4.3 金属磁记忆检测技术应于在役海底管道检验评价的辅助机械装备

内检测设备管道机器人在管内运行时极有可能被缺陷阻碍以及弯头、三通等特殊管段所阻碍,因此需要一种能够满足中小口径、运行平稳、具有一定越障能力的驱动系统,为搭载的磁记忆检测仪器提供足够的牵引力和越障能力。外检测设备的固定装置及定位装置。

4.4 在役海底管道金属磁记忆检测的系统运行稳定性

管道机器人搭载磁记忆检测仪在海底

(下转第41页)

冲刷的性能。

因此现在通常换热管采用钛管(符合GB/T3625),管板采用钛-钢复合板(符合GB/T8547),从表1无缝换热管用钛管(GB/T3625)的许用应力表中可以看出,换热管的设计温度小于120℃时可采用TA2,大于120℃是应采用TA10,相应的管板的复层材料与换热管一致。通常I效蒸发器的物料温度较高,换热管采用TA10,管板为TA10与碳钢复合板,II、III、IV蒸发器的设计温度低于120℃,因而换热管采用TA2,管板为TA2与碳钢复合板。

3.2 蒸发室、循环管的选材

对蒸发室和循环管的选材,从耐腐蚀性来说,最好是钛材,即钛板或钛-钢复合板,但在实际应用过程中存在造价过高和制造难度大的问题。钛是耐蚀性能优异的金属,但也是一种娇气的金属。据有关资料介绍,钛面的清洁程度甚至手印也能影响焊接质量。铁污染,不当的焊接工艺及焊接规范,无高纯度氮气的可靠保护等都能使钛的耐蚀性能大大降低。

从最早采用碳钢蒸发器的使用情况来看,蒸发室和循环管的腐蚀没有加热室严重,但蒸发室的液面波动部位的罐壁易结盐垢,造成加热室加热管堵塞,制盐装置刷罐周期仅有3~5天,后采用316L+碳钢复合钢板后,较好的解决了罐壁结盐的问题,蒸发罐刷罐周期可以延长到1个月,最长可以3个月刷一次罐。但奥氏体不锈钢在氯化物溶液中,容易发生应力腐蚀断裂。这是由于溶液中的氯离子使不锈钢表面的钝化膜受到破坏,在拉伸应力的作用下,钝化膜被破坏的区域就会产生裂纹,成为腐蚀电池的阳极区,连续不断的电化学腐蚀最终可能导致金属的断裂。某盐矿使用的设备,选用奥氏体不锈钢316L的复合板,在使用过程中复层发生了断裂,从断口分析是由于应力腐蚀导致的穿晶断裂。

近年来,随着双相不锈钢材料在国内的推广和普及,其优良的耐腐蚀性能和加工性能为制盐行业接受。双相不锈钢兼有铁素体不锈钢和奥氏体不锈钢的优点,它将奥氏体不锈钢所具有的优良韧性和焊接性与铁素体不锈钢所具有的较高强度和耐氯化物应力腐蚀性能结合在一起。双相不锈钢还具有良好的耐腐蚀疲劳和磨损腐蚀性能,在中性氯化物溶液中有较好的耐孔蚀和缝隙腐蚀的能力,含钼双相不锈钢(如022Cr23Ni5Mo3N即2205)在低应力下有良好的耐氯化物应力腐蚀性能。与奥氏体不锈钢相比,双相不锈钢的导热系数大,线膨胀系数小,更适合用作设备的衬里和生产复合板。

因此,采用2205+碳钢复合钢板作蒸发室和循环管,不仅解决了罐壁结盐的问题,还具有较好的耐应力腐蚀和磨蚀的能力,在生产中也已取得了良好的使用效果。

4 结论

从分析和使用效果来看,制盐蒸发器换热管采用钛管,管板采用钛-钢复合板,蒸发

室和循环管采用钛-钢复合板可以从根本上解决制盐蒸发器的腐蚀问题,但造价太高,且加工制造难度大;而换热管采用钛管,管板采用钛-钢复合板,蒸发室和循环管采用2205-钢复合板,虽然蒸发室和循环管有一定的腐蚀,但腐蚀较轻微,不会影响生产,这两种材质的选择均可解决蒸发室罐壁结盐问题。因此综合经济性、加工性能和使用效果,后者的材料选择更为合理。

参考资料

[1] 左景伊.《腐蚀数据手册》北京 化学工业出版社,1991
 [2] 杨启明.《工业设备腐蚀与防护》北京 石油工业出版社,2001
 [3] JB/T4745-2002《钛制焊接容器》

(上接第18页)

长输管道内进行管道检测时,检测的速度、方向、角度、提离、环境磁场强度以及管道检测机器人本体结构对检测结果都会产生影响,如何最大程度地排除干扰因素,设计更为稳定有效的检测单元需要更进一步的研究。

4.5 在役海底管道金属磁记忆检测的系统通信控制

海底管道通常线路长、海底环境恶劣,又因为铁磁性管道结构的封闭性和材料的屏蔽性,对海底管道检测时,管道检测机器人与外界的联系手段受到严重制约,传统的通信方式无法实施,而检测过程中所获得的大量信号数据需要处理和储存,因此需要对检测单元和信号处理单元进行设计以满足管内检测和管外检测的要求。

5 达到的预期效果

- (1) 非接触测量,探头与被测表面距离>10—20mm,探测缺陷深度>20mm;
- (2) 敏感元件响应频率: 0—1MHz,满足快速检测需要;
- (3) 对典型损伤缺陷的检出率>95%;
- (4) 工作激励方式: 管道自身剩磁场;
- (5) 结构简单、紧凑,方便在管道检测装置中封装。
- (6) 多通道检测,满足主干线管道内壁缺陷分辨的需要;
- (7) 对典型损伤缺陷的检出率>95%;
- (8) 检测结果自动存储;
- (9) 结构简单、紧凑,方便回收;
- (10) 对缺陷位置的定位精度: 0.5%—1.0%(百公里定位区域500—1000m)

6 结论

金属磁记忆检测经历了20多年的快速发

展,在高压管道、高压容器、钢结构、受力焊接件等工程构件的检测检验评价上已取得较大成果,技术也相当成熟,该检验技术的优点明显:可检测宏观缺陷和微观缺陷,并能进行未来危险的预报;无需专门的磁化装置,即可对铁磁性构件进行可靠检测;无需对被检测工件表面进行清理、打磨或其它预处理;设备轻便、操作简单、灵敏度高、重复性与可靠性好。将其应用在海底管道检验评价中的前景将不可估量。

(上接第46页)

满足要求。

1.4 样品测量

试样准备:含有FAME的中间馏分油试样经环己烷适当稀释后再分析。如试样溶液的吸光度没有落在校准曲线范围内,重新对试样进行更合适的稀释。

由于样品池的清洗非常重要,建议在每个试样之间测定环己烷,通过环己烷的IR谱图检验样品池是否清洗干净。

由于国家标准规定柴油中FAME不能超过0.5%(v/v),因此,为检验分析方法及仪器综合性能,我们采取国标柴油添加FAME的做法来测定。

调取已编辑好的分析方法,对样品进行测定,具体数据见表5。从表5可以看出,数据重复性完全符合要求。

柴油机燃料中FAME的典型红外光谱图见图4。

2 结果与讨论

标准中规定了该测试的精密度的:由同一操作者、采用同一仪器、对同一试样进行重复测定所得到的两个试验结果之差的绝对值不超过0.013%。

按此规定判断试验结果(参见表4、表5)的可靠性(95%置信水平)完全符合标准精密度的要求。

3 结论

采用红外光谱法测定柴油机燃料中脂肪酸甲酯(FAME)体积分数,根据所使用红外光谱仪的特点,通过实验确定了使用安捷伦A2傅立叶变换红外光谱仪测定柴油中脂肪酸甲酯(FAME)含量的最佳实验条件,达到先准确定性再精确定量的效果,较好地用于柴油中脂肪酸甲酯体积分数的分析,解决了一般实验室分析精度不高的问题,在实际应用上达到迅速而准确地进行定量分析的效果。

参考文献

[1] GB/T 23801-2009《中间馏分油中脂肪酸甲酯含量的测定》。

金属磁记忆检测在海底管道检验评价中的应用和推广

作者: [李康](#), [陈奇](#), [史小东](#), [罗光明](#), [韩曙光](#), [赵洪波](#)
作者单位: [中国石化集团胜利石油管理局海上石油工程技术检验中心](#) 山东 东营 257000
刊名: [中国石油和化工标准与质量](#)
英文刊名: [China Petroleum and Chemical Standard and Quality](#)
年, 卷(期): 2013(1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hgbzjzl201301018.aspx