

漏磁检测技术在大型原油储罐底板上的应用

马传瑾, 关卫和, 郭鹏举, 程华云, 程绍平

(合肥通用机械研究院, 合肥 230031)

摘要: 讨论了漏磁检测技术在大型原油储罐底板检测中的应用, 分析了影响漏磁检测信号的主要因素。利用 FloormapVS2i 漏磁检测仪对某 10 万 m^3 原油储罐进行检测, 给出了储罐底板的整体状况图。对整体状况图进行分析与缺陷识别, 并通过超声波测厚仪对检测结果进行复验, 证实了漏磁检测方法的可靠性。以漏磁检测方法为主, 配合其他检测方式, 可准确有效地评定储罐底板安全状况, 为储罐的安全运行提供保障。

关键词: 大型储罐; 腐蚀; 漏磁检测; 影响因素

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2012)07-0017-04

Application of Magnetic Flux Leakage Technique on Atmospheric Tank

MA Chuan-Jin, GUAN Wei-He, GUO Peng-Ju, CHENG Hua-Yun, CHENG Shao-Ping

(Hefei General Machinery Research Institute, Hefei 230031, China)

Abstract: The application of magnetic flux leakage (MFL) technique on atmospheric tank was introduced, and its main influencing factors were analysed. A storage tank which is about 0.1 million m^3 in volume was inspected by FloormapVS2i, after which the overall diagram of the tank bottom by MFL was obtained and presented, then the defects were analyzed and rechecked by ultrasonic thickness gauge. It suggests the magnetic flux leakage technique together with other nondestructive technique, such as ultrasonic testing, penetrate testing, can evaluate the condition of tank bottom accurately and efficiently, which ensures its safe operation.

Keywords: Large storage tank; Corrosion; Magnetic flux leakage inspection; Affecting factors

近年来,随着世界石油工业的迅速增长和能源需求的不断增加,原油和成品油的储备受到各国普遍关注。我国亦于 2003 年 11 月 17 日成立了国家石油储备办公室,并先后在镇海、舟山、大连、黄岛等沿海地区先期建设一批 10 万 m^3 的大型油库,随之出现了大量的大型原油储罐^[1-2]。储罐在使用过程中,由于脆性断裂以及腐蚀等原因引起的储罐泄漏事故时有发生,甚至引起严重的灾害和环境污染,给国家财产造成巨大的损失^[3],如上海南翔工业园区二甲苯的储罐爆炸事故,中石油兰州石化公司 303 厂 316 罐区爆炸事故等^[4]。基于此,对大型原油储罐的使用安全已引起业界重视,对其进行必要的检

测已成为当务之急^[5]。

针对该问题,美国石油学会于 1991 年制定了 API653《储罐的检测、修理、改造及重新建造》标准^[6]。该标准虽为储罐提供了预防性维修和检测要求,但是对于储罐底板并没有专门说明具体的检测程序,没有指出有效的检测方法。目前国际上常用的储罐底板检测方法为漏磁、声发射及各种常规的无损检测和超声波测厚等^[7-9]。我国虽已针对储罐检测出台了 SY/T 0087—1995《钢质管道及储罐腐蚀与防护调查方法》标准^[10],对储罐的腐蚀检测推荐了超声波测厚和超声波探伤两种方法。但将这些方法运用在罐底板检测时,不仅劳动强度大,而且漏检率相当高。美国和欧洲各国开展漏磁检测储罐已有 20 余年时间。20 世纪 80 年代末,美国与欧洲相继将漏磁技术应用于原油储罐罐底板检测,并推出了储罐罐底板检测样机以及相应的检测系统^[11]。

收稿日期: 2012-02-13

作者简介: 马传瑾(1982—),男,工程师,从事石化装置承压设备检验检测及安全研究工作。

20 世纪 90 年代中期,随着无损检测理论、计算机软硬件技术和传感器水平的快速提高,欧美各国推出了检测精度更高、体积更小巧、功能更强大的新一代储罐漏磁检测装置^[12]。目前在欧美,漏磁检测技术已经广泛地应用于储罐底板的腐蚀检测。

国内开展储罐漏磁检测的时间较晚,检测技术和设备相对落后,但也取得了一些可喜的成果,如出台了漏磁检测的行业标准^[13];廊坊管道局、大庆石油学院、沈阳工业大学、华中科技大学等单位先后尝试运用漏磁检测技术对大型原油储罐底板进行检测,为国内储罐检测提供了有益的经验^[3,14-15];合肥通用机械研究院亦对漏磁检测技术进行了研究,并已在生产现场进行了应用^[16]。

笔者在对漏磁检测技术充分研究的基础上,采用 FloormapVS2i 漏磁检测仪,对某 10 万 m³ 原油储罐进行了现场检测。并通过超声波测厚仪进行了复查,证实了漏磁检测技术的可靠性,同时给出了漏磁检测技术的主要影响因素。

1 漏磁检测原理

漏磁检测原理如图 1 所示。当铁磁性板材被外加磁化装置磁化后,在板材内可产生磁场,若板材上存在腐蚀或机械损伤等体积型缺陷,则由于缺陷处磁导率下降,使磁力线泄漏到板材外部,在表面形成漏磁场。在磁化装置中部放置一个磁场探头(通常采用霍尔元件或线圈等磁场传感器),则可探测到该漏磁场。由于漏磁场强度与缺陷深度和大小有关,因此可以通过分析漏磁场信号来获得板材上体积型缺陷的情况。漏磁检测受磁力线影响比较大,从而形成漏磁场的面积型缺陷也有较高的检出率。

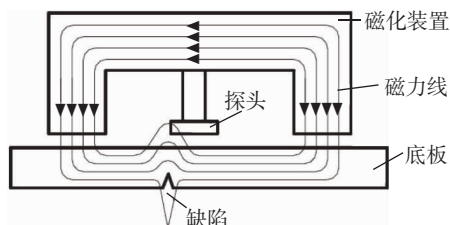


图 1 漏磁检测原理

2 试验准备

2.1 检测对象

某石化企业 10 万 m³ 原油储罐为双浮顶结构,罐底板直径 80 m。罐底边缘板材料为 12MnNiVR,厚 20 mm,中幅板材料为 Q235-B,厚 12 mm。储罐

底板上表面采用绝缘防腐涂料加牺牲阳极联合保护的防腐保护模式,阳极块采用铝-锌-钢阳极保护材料;下表面采用外加电流强制阴极保护。漏磁检测开始前,先清理罐底板,使其表面干净、无油污、无氧化皮等。

2.2 检测仪器

检测采用 FloormapVS2i 漏磁检测仪,仪器共有 36 个霍尔传感器,扫描宽度为 250 mm,扫描速度 0.5 m·s⁻¹,最大扫描长度 15 m,最大扫描厚度 20 mm,最大穿透防腐层厚度 6 mm,检测灵敏度为腐蚀深度当量 10% (防腐层厚度不大于 6 mm)。该仪器具有操作简单、检测速度快、检测结果形象直观、可对罐底板未覆盖部位实现 100% 检测等优点。

3 检测流程

3.1 仪器标定

3.1.1 校准试板

依据 JB/T 10765—2007《无损检测 常压金属储罐漏磁检测方法》推荐的校准试板进行仪器的标定。校准试板采用与被检测底板相同或铁磁性能相近的材料制作,本次检测所用试板的规格为 1 000 mm×600 mm×12 mm(长×宽×厚),加工四个间隔为 100 mm 的 ϕ 10 mm 球窝状缺陷,深度分别为其板厚的 20%,40%,60%,80%(图 2)。



图 2 校准试板

3.1.2 校准曲线

校准时,应尽量保证校准板和检测板具有相同的外界条件,如温度、厚度、磁化状况等。标定时,按要求调节探头与试件表面的距离,当检测仪器通过校准试板后检测到的缺陷当量值与预制缺陷大小、程度和位置基本吻合时,则可认为标定完成。

3.2 扫查检测

选取储罐基准点,首先应对边缘板和中幅板进行编号。扫描之前,应根据每块板的形状及其相对于储罐基准点的位置选取参考点,以便数据处理时生成完整的底板图形。对于矩形板,一般沿长轴方向扫查,长轴两端部再补充横向扫查。扫查时,特别

是在障碍物和立柱部位,必须控制好仪器的前进方向和扫查部位,并确保相邻扫查带的有效重叠,避免漏检。

4 检测结果及分析

图3是该10万 m^3 原油储罐采用绘图模式生成的漏磁检测结果图。系统生成的反映储罐底板缺陷(当量缺陷)分布的状况图不仅直观地给出了储罐底板中幅板的排布和缺陷状况,还明确地显示出了缺陷的分布和当量大小。对不同大小的缺陷,采用不同颜色表示,缺陷当量大小区间与不同颜色的对应关系如图3左下角所示。

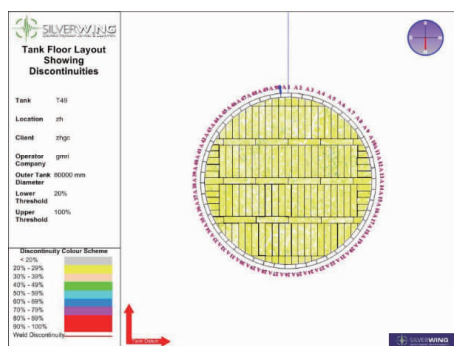


图3 储罐底板整体状况图

根据图3所示的储罐底板整体状况图,可对储罐底板的整体状况做出初步评价。系统生成的底板状况图中不同颜色对应了不同的腐蚀深度当量,对状况图中的不同位置进行具体选择,即可读出此位置的坐标值和腐蚀深度当量值。就图3而言,若仅以图中反映的信息对底板状况做出评价,则图中存在的很多斑点状的黄色区域为缺陷当量20%~29%的缺陷区域。但是,因为漏磁检测的影响因素较多,易生成伪缺陷,漏磁检测之后,一定要对图中显示的缺陷部位进行复验,以准确反映储罐底板的真实状况。用超声波测厚方法对漏磁检测发现的缺陷部位复验表明,部分区域确实存在相当量的厚度减薄,验证了漏磁检测在大型原油储罐底板检测中的可行性。

但也有部分区域是伪缺陷。板材表面各类突起的存在是引起伪缺陷的典型因素之一。打开每一块中幅板的扫描图,便可详细了解每块中幅板的腐蚀状况。图4是编号为4-30的中幅板的扫描图。在扫描图上不同颜色的区域代表不同的腐蚀状况。值得指出的是,缺陷当量与颜色区域并没有绝对的对对应关系,彩色区域对应何种缺陷以及缺陷的大小须



图4 4-30中幅板扫描图

作进一步的验证。如图4中方框内斑点处对应的坐标为(4 406,1 788),其中幅板对应的区域不是当量损失为70%~79%的缺陷,而是高度约为1.5 mm,直径约为2.5 mm的圆形凸起,如图5所示,其是由于防腐层涂抹不均匀所致。

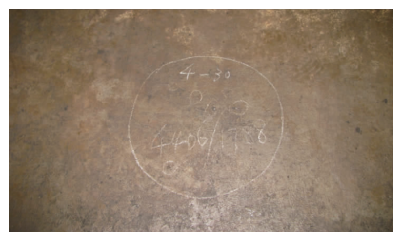


图5 4-30中幅板局部图

究其原因,在实际检测中,由于现场环境的苛刻性,仪器在前进过程中的微小震动可能改变检测探头与底板检测面之间的距离,造成提离值的波动;加上磁力线本身具有很强的空间敏感性和不确定性,磁场的分布状况便会受到影响。当按照已经校准好了的探头高度检测时,磁场分布状况的改变就会触发探头接收信号的变化,进而造成伪缺陷。另外,不同待检区域的磁特性差异也会产生伪缺陷。检测过程中,要尽量减少外来干扰因素对磁力线的影响,如震动、碰撞、铁磁性杂物等,以减少伪缺陷的产生。为尽量避免漏检,可以增加不同的扫查方向,当无法判断缺陷是否为伪缺陷或者对扫查过的无缺陷区域仍有怀疑时,可以采用其他检测方法进行复验。

5 漏磁检测技术主要影响因素分析

漏磁检测采用绘图模式,系统会生成反映底板状况的底板状况图,图中包含了大量的信息,因此信息处理本身是一个关键的问题,如何让生成的底板状况图最接近储罐底板真实状况,是对储罐底板的安全状况做出合理评价,保证其安全的关键。除缺陷本身的特性(缺陷的大小、形状、深度)能直接影响漏磁检测的结果外,影响漏磁检测技术准确性的因素主要有以下几点:

(1) 灵敏度 灵敏度的选择至关重要,灵敏度过高,会产生过多的伪缺陷信号,给缺陷诊断带来困难;灵敏度太低,则会漏检,存在安全隐患。这就需根据储罐的运行环境及其易产生的缺陷类型,选择最佳的灵敏度。灵敏度的选择在校准试板上进行,选定的灵敏度即是检测时的最高灵敏度。

(2) 伪缺陷影响因素的控制 表面状况的优劣,诸如不均匀涂层、氧化皮、待检表面凸起、板材的局部变形等均会引起伪缺陷。检测时仪器需平稳运行,这是因为仪器开机状态下前进的速度是固定的,震动、物理性冲击均可能改变探头与待检表面之间的距离,造成提离值的改变,导致伪缺陷的产生;特别是在检测障碍物及立柱周边区域时,应控制好仪器前进的距离,防止机器与障碍物及立柱等碰撞。实际检测时,磁铁上不可避免地会吸附铁屑,因此有必要及时清理磁铁上吸附的铁屑,以减少伪信号的出现。

(3) 复验 根据底板状况图对底板状况做出初步评价后,必须对缺陷部位做进一步的验证。需要注意的是,漏磁检测的缺陷定位不是非常准确,特别是在一块中幅板中与扫查前进方向垂直的方向上,坐标位置可能会存在较大偏差。此时,可以选择手动模式,对缺陷区域进行重新扫查,但是需从不同的方向扫查,以便消除剩磁的影响。复验应结合其他检测方式,如超声波测厚、涡流测厚等,以求客观反映缺陷的状况。

6 结论

储罐底板腐蚀泄漏是常压储罐的主要失效形式,其底板状态关系储罐安全。漏磁检测技术检测速度快,能够对大型储罐底板进行快速扫查,可对储罐底板全厚度范围内的缺陷进行检测,尤其是储罐底板下表面的腐蚀缺陷,并可生成一个完整的储罐底板状况图,实现了对底板缺陷的图像记录,为底板缺陷的对比与评定提供了依据。用漏磁技术对常压储罐底板进行检测,并辅以超声波、真空箱检漏等方式,可准确有效地评定储罐底板安全状况,为储罐的安全运行提供重要保障。

参考文献:

- [1] 潘家华. 中国能源问题和国家石油战略储备[C]. 北京:石油储备库建设技术研讨会论文集,2004.
- [2] 顾继志. 我国近期油气储运工程建设发展动态[C]. 北京:石油储备库建设技术研讨会论文集,2004.
- [3] 杨志军. 储罐底板磁检测技术研究[D]. 大庆:大庆石油学院,2003:1—2.
- [4] 赵福臣. 储罐底板直流漏磁检测方法 with 实验研究[D]. 大庆:东北石油大学,2011:1—2.
- [5] 张青斌. 钻杆直流励磁漏磁检测技术的研究[D]. 沈阳:沈阳工业大学,2007:20—22.
- [6] API Standard 653—2001 Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction[S].
- [7] 欧阳东娜,许敬. 地上常压储罐的腐蚀防护与检测[J]. 油气地面工程,2003,9(22):76.
- [8] Amos, David M. Magnetic flux leakage as applied to aboveground storage tank flat bottom tank floor inspections[J]. Materials Evaluation, 1996, (54): 26—28.
- [9] O'Connell, Michael. Inspection and evaluation of lined aboveground storage tank bottoms in the petroleum industry[J]. Journal of Protective Coating & Lining, 1997, 14(3): 56—63.
- [10] SY/T 0087—1995 钢质管道及储罐腐蚀与防护调查方法标准[S].
- [11] Zhongqing You, David Bauer. 储箱箱底涡流/漏磁通检测法[J]. 无损探伤, 1997, 15(3): 34—37.
- [12] Antonelli G, Ruzzier M, Cernushi F. A calibration free electromagnetic technique for NDT of metallic coating[C]. 7th European Conference on Non-Destructive Testing, Copenhagen: 1998.
- [13] JB/T 10765—2007 无损检测 常压金属储罐漏磁检测方法[S].
- [14] 周小兵. 交直流漏磁检原理及应用研究[D]. 武汉:华中科技大学,2007:35—37.
- [15] 刘佳. 常压储罐漏磁检测技术[J]. 广州化工, 2011, 39(11): 130—132.
- [16] Guan Weihe, Tao Yuanhong, Cheng Huayun, et al. Present status of inspection technology and standards for large-sized in-service vertical storage tanks (A) [C]. 2011 ASME Pressure Vessels and Piping Conference(C), 2011.

欢迎网上投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告