

脉冲电磁检测技术对腐蚀性介质带夹套反应釜的应用*

王 灿

金华市特种设备检验检测院 浙江金华 321015

摘 要: 针对制冷剂生产氟化工生产装置中反应釜存在的冲刷、腐蚀泄漏,存在的主要腐蚀情况和金属流失情况,通过基于脉冲电磁技术的应用,解决带保温夹套反应釜的内壁腐蚀情况和金属流失情况检测难、发现难、监管难的问题。

关键词: 脉冲电磁检测; 夹套反应釜

反应釜是较大型压力容器,容积往往有几十个立方,广泛应用于各化工生产企业的各类生产装置。反应釜往往介质多种多样、反应千差万别,往往盛装有酸、碱性腐蚀介质,是很容易发生事故的压力容器。虽然反应釜大多数属于中、低压压力容器,但是由于反应釜体积大,介质复杂、运行时蕴藏巨大能量(PV大)、介质危害程度高,往往是高度危害介质和极度危害介质,所以一旦发生爆炸事故,必将造成严重后果。

本地区属于南方喀斯特地貌,地区内石灰岩、萤石矿产资源丰富,因此成了制冷剂生产氟化工产业的集中地,市内有多家制冷剂生产氟化工生产厂家,因此反应釜是该类生产企业的生产装置里的核心设备,氟化工反应釜往往里面介质含有HF、HCl等腐蚀性介质。

通过对本地区相关制冷剂生产氟化工生产企业的多年现场检验和事故检验经验,目前像F22、F32生产装置中反应釜,由于外表面有保温、夹套,而腐蚀情况往往发生在内筒内壁,往往在内壁腐蚀穿孔后与夹套内蒸汽混合迅速腐蚀夹套后发生泄漏,酿成事故才有所察觉。这种特殊特定结构的化工反应容器,由于目前尚未出现成熟的检测技术和设备,对内壁的腐蚀或金属流失情况有很好的检验、检测和监测手段。目前企业也只能将其定期更换,这往往造成两个极端,腐蚀情况良好的进行更换就造成浪费,腐蚀情况严重的将造成生产非计划停车,甚至酿成泄漏、爆炸等事故。

脉冲电磁检测技术的应用,基于脉冲电磁(TEM)检测技术,包括数据采集器、控制单元、传感器三个主

要部分,利用脉冲电磁(TEM)手段检测设备本体的剩余壁厚,具有不破坏防腐保温层、不与壳体直接接触、不影响设备正常运行的特点。

1 脉冲电磁检测技术的原理

在传感器发射回线中加载稳定激励电流,建立起一次磁场,瞬间断开激励电流便形成了一次磁场“关断”脉冲。此一随时间陡变的磁场在管体中激励起随时间变化的“衰变涡流”,从而在周围空间产生与一次磁场方向相同的二次“衰变磁场”,二次磁场穿过传感器接收回线中的磁通量随时间变化,在接收回线中激励起感生电动势,利用数据采集器观测到用激励电流归一化的二次磁场衰变曲线——瞬变响应。^[1]

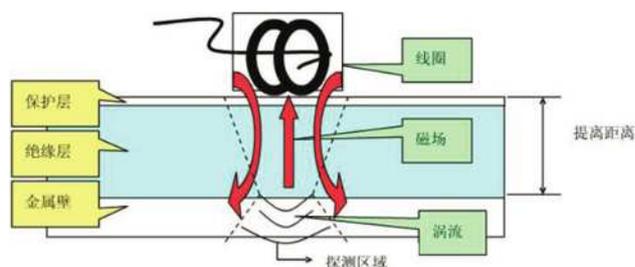


图1 检测原理示意图

归一化的脉冲瞬变响应特征主要取决于被测金属体的直径、壁厚、电导率、磁导率以及管内输送物质的电导率、磁导率、介电常数。无论是电化学腐蚀、杂散电流腐蚀还是厌氧菌腐蚀,其结果都是金属蚀失、腐蚀产物堆积,造成金属管道的电导率和磁导率变异。显然,只要检测出因腐蚀所致的此种物理性质的变异部位和变异程度,经过与已知情况对比,就可以指出腐蚀地段并对腐蚀导致的管壁减薄程度做出评价。金属壳体与保温层的电磁特性差异显著,在归一化的脉冲瞬变响应曲线上具有明显的时间可分性。在信噪比足够高的情况下,可以划分出被测壳体所对应的响应时窗。在所划分出的

作者简介: 王灿, 1984, 汉, 男, 浙江省金华市, 金华市特种设备检验检测院, 高级工程师, 辽宁石油化学大学化工过程机械专业硕士研究生, 研究方向: 化工过程机械。

瞬变响应时窗范围内, 通过反演模拟的手段, 确定瞬变时间常数, 继而得出被测管段的管壁厚度。

瞬变响应与被测设备壁厚有一定的函数关系

$$\tau = c \cdot \mu \cdot \sigma \cdot d^2$$

其中, τ 是衰减时间; μ 为磁导率; σ 为电导率; d 为壁厚。

只要有参考点已知壁厚为基准, 可以很容易地通过瞬变响应的变化得知检测点的平均壁厚。即脉冲电磁方法是根据不同规格、材质的壳体在瞬变衰减特征上的区别来评估金属损失的一种检测手段。用发射回线向金属体发送一次脉冲磁场, 用接收回线测量二次涡流磁场, 根据不同规格、材质的管道在瞬变衰减特征上的区别来评估设备金属损失。建立脉冲电磁技术标定、修正体系, 创建反应釜内壁腐蚀、金属流失测试和诊断技术平台, 实现带保温夹套反应釜的腐蚀状况和安全状况的监测。

2 制冷剂生产装置反应器的泄漏事故

2.1 本人在事故检验过程, 发现现场泄漏设备为 F22 车间底部南侧一台 F22 反应器, 为 III 类压力容器, 是制冷剂生产的核心设备。工作介质为壳体内介质为 HF、CHCl₃、F22、HCl 及催化剂, 夹套介质为饱和蒸汽和水, 该设备内径为 $\Phi 2000/2200$, 内筒/夹套设计压力为 2.0MPa/1.2MPa, 内筒/夹套工作压力为 ≤ 1.6 MPa/1.2MPa。筒体厚度为 28mm, 封头厚度为 24/28mm, 夹套厚度为 14mm。筒体封头及夹套材质均为 16MnR。容积为 22.65M³, 高度为 8034.5mm。制造日期为 2005 年 10 月, 投用日期为 2006 年 4 月。

经现场勘验发现, 泄漏设备位于 F22 车间底层, 内筒名义厚度测试结果为 28mm, 实测完好部位为 27.2mm, 外观为圆柱形, 上、下封头为椭圆形封头, 筒体材料为 16MnR。内筒布置了 8 层 100 × 100 × 10L 形加强圈, 穿孔部位为由上往下数加强圈 2 层部位, 破口形状为椭圆形, 破口长、短轴为长度 15、10mm, 其余部位也有不同程度局部金属损失, 金属损失部位在加强圈间隙部位沿物料上升方向分布, 形貌为坑状、沟状。分布情况见示意图 (图 2) 和设备现场穿孔部位拍摄图片 (图 3)。汽液界面存在麻坑状腐蚀带, 腐蚀深度约 2~3mm, 筒身无变形。

是一起由于物料沿内筒壁构件通过加强圈间隙处后冲刷使内筒壁减薄穿孔泄漏, 内筒泄漏喷出介质含无水氟化氢与蒸汽混合产生腐蚀介质, 对夹套进行冲刷腐蚀, 致内筒和夹套相继穿孔后泄漏, 导致事故产生。

2.2 制冷剂生产装置反应器检测技术特点

反应釜在实际使用过程受保温材料类型、保温材料

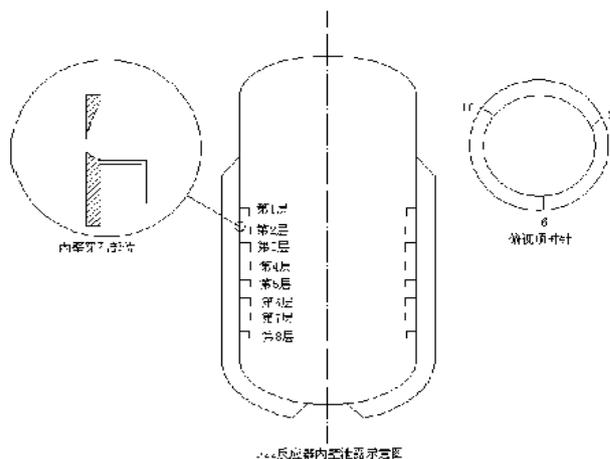


图 2

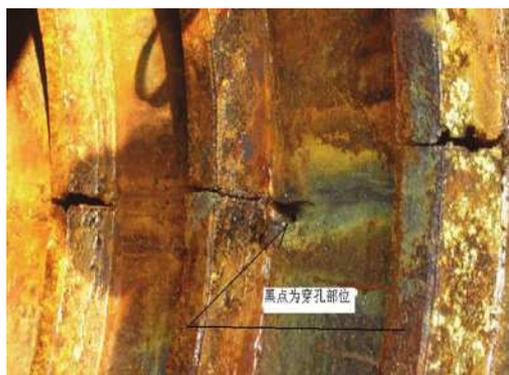


图 3

厚度、夹套内介质、被检设备的材质、曲率半径、温度变化、公称壁厚等因素影响。使用脉冲电磁技术如何标定、修正后, 对更换下来的反应釜进行现场实测, 可以得到准确的检测结果。^[2]

对实际脉冲电磁技术能得到准确的检测结果后, 使用脉冲电磁检测技术在不停产、不拆保温层、不开挖地面的情况下对反应釜、其他压力容器、压力管道进行测厚, 判定腐蚀情况和金属流失情况, 节约了检验、检测准备工作和大量的人力物力。

设备内壁腐蚀达到一定规模时, 可以利用脉冲电磁方法检测壁厚变薄部位、评价设备腐蚀程度、金属流失程度、查找设备存在风险点, 并评估设备使用期限。对在用的制冷剂生产氟化工生产装置中反应釜, 来监测反应釜内壁腐蚀情况和金属流失情况。制冷剂生产装置反应器检测通过不同相应时间来检测如 (图 4) 所示。

3 脉冲电磁检测技术应用特点

具有结构简单、成本低等优点, 可在不停产、不拆保温层、不开挖地面的情况下对压力管道、压力容器进行腐蚀测厚, 可以应用到其它检测方法难以进行检测的特殊场合 (如高温、夹套等), 节约了生产时间和大量的

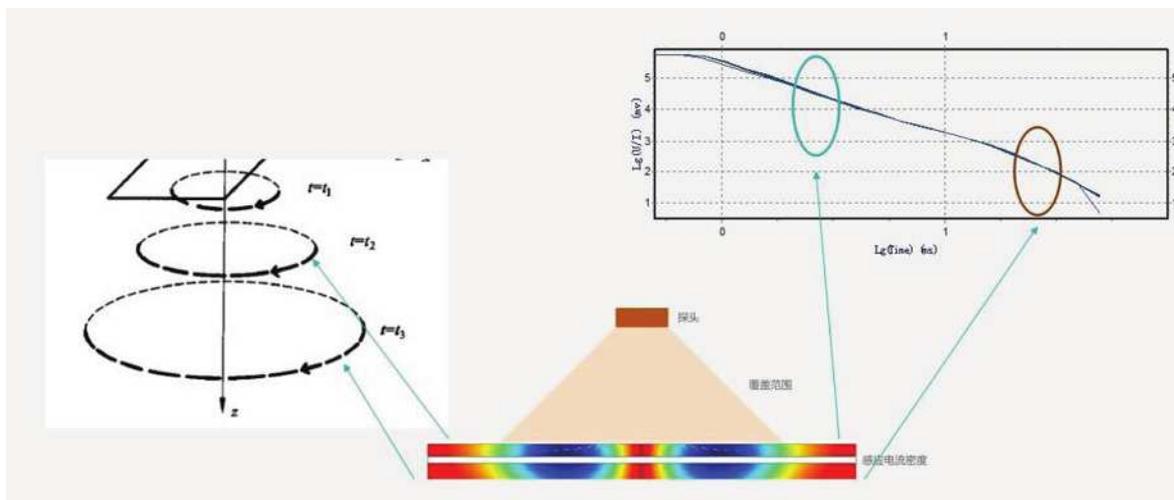


图4

人力物力。总体来说具有以下技术优势：(1) 隶属于电磁检测范围，具有无需直接接触、无需清理打磨检测表面、无需添加任何介质、无需放射源等优点。(2) 脉冲激励瞬态感应信号信息量丰富，对其进行时域的瞬态分析，了解缺陷信号的时变特征进而得到检测结果。(3) 富含丰富的频谱信息，一次扫描过程中即可实现对被测金属表面、近表面、亚表面等多个深度的测量。(4) 对多层的大面积金属检测时，无需更换探头及改变设置参数，就可以分辨出结构的改变对于信号产生的影响。(5) 检测速率和效率较高。(6) 检测结果不会因为内部输送介质的改变而发生明显改变。^[3]

4 结束语

通过脉冲电磁检测技术的应用，利用脉冲电磁(TEM)手段检测设备本体的剩余壁厚，具有不破坏防腐保温层、不与壳体直接接触、不影响设备正常运行的

特点。通过对带保温夹套反应釜的内壁腐蚀情况和金属流失情况的有效监测，能有效的帮助企业降低设备更换成本，有效的帮助企业了解设备使用安全状况，避免造成非计划停车和事故的发生。及时发现设备腐蚀隐患，及时采取措施，减少设备因腐蚀、金属流失而引起的泄漏、爆炸等特种设备安全事故发生，增效节能、保护环境。

参考文献：

- [1]张咏刚.浅谈化工工程设计中存在的安全问题与解决措施[J].化工管理, 2020(17): 208-209.
- [2]余成.石油化工装置设计与安全研究[J].石化技术, 2020, 27(11): 20-21.
- [3]张有政.化工工程设计中影响安全问题的因素分析及解决对策[J].化工设计通讯, 2020, 46(03): 213-214.