

基于磁场叠加理论 AT100BC 液位计显示波动分析与处理

芦继宇 谢寒 敖秦

(中国核电工程有限公司华东分公司 浙江 嘉兴 314300)

摘要: 为探究现场 AT100BC 磁致伸缩液位计显示波动问题, 本文根据维拉里效应与法拉第电磁感应定律相结合得出的感应电动势表达式, 确定影响 AT100BC 磁致伸缩液位计显示波动问题的因素为磁感应强度和磁通量。将 2 根 6mm^2 铜丝垫片分别绑定在液位计的上部 75mm、下部 25mm 处, 增加导波管与浮子的距离, 减小磁感应强度和磁通量, 使感应电动势不易检测, 减小感应电动势变化对液位的影响。结果表明, 液位显示为一条平稳的线条, 此液位显示已完全满足现场使用的要求, 可认为 AT100BC 磁致伸缩液位计显示波动问题已得到解决。

关键词: AT100BC 磁致伸缩液位计; 磁感应强度; 磁通量; 感应电动势

0 引言

磁致伸缩液位计因其精度高(可达毫米级或亚毫米级)、可靠性强、测量范围大、自动化程度高、安装方便、操作简单、便于维护、可对界位与液位同时进行测定等特点, 被广泛应用于计量过程控制中的液位检测。但是, 磁致伸缩液位计在现场应用中, 多以实验室测定参数为现场使用标定参数, 现场应用环境与实验室环境条件的差别, 对磁致伸缩液位计的实际应用可靠性产生了较大影响^[1]。某核化项目现场, AT100BC 磁致伸缩液位计在槽罐标定过程中出现信号传输波动的问题, 导致现场工作无法继续进行。为解决此类问题, 本文对现场 AT100BC 磁致伸缩液位计信号波动问题进行深入分析, 并提出相应的改进措施, 为现场后续相应问题的解决提供有效可靠的调试建议。

1 磁致伸缩液位计测量原理分析

在磁场的作用下, 某些金属合金、铁磁材料和稀土金属化合物被磁化后, 其几何尺寸会发生变化, 当磁场消失后, 其又恢复原来的状态, 这一现象被称为磁致伸缩效应。磁致伸缩材料主要有两个特性, 即维拉里效应与威德曼效应。通过计算施加激励电脉冲信号到检测到维拉里效应产生的感应电动势的时间, 以及扭转波在导波杆上的传播速度来计算浮子与换能器的距离, 进而确定液位及界位情况。此为磁致伸缩液位计测量原理^[2]。磁致伸缩液位计如

图 1 所示。

电子探测头在波导丝上施加一个激励电脉冲信号, 此信号以光速沿着波导丝向下传播并在其周围产生环形磁场。环形磁场与浮子产生的轴向磁场相遇时, 两个磁场矢量叠加形成螺旋形磁场, 在威德曼效应下产生扭转波并沿波导杆向两端传递^[3], 如图 2 所示。

由维拉里效应可知, 当磁致伸缩材料在磁场中发生几何形变时, 会在材料内部引起磁场强度的变化, 进而使超声换能器感应线圈内部的磁通量也发生改变, 最终使线圈两端产生感应电动势 ε ^[4]。由法拉第

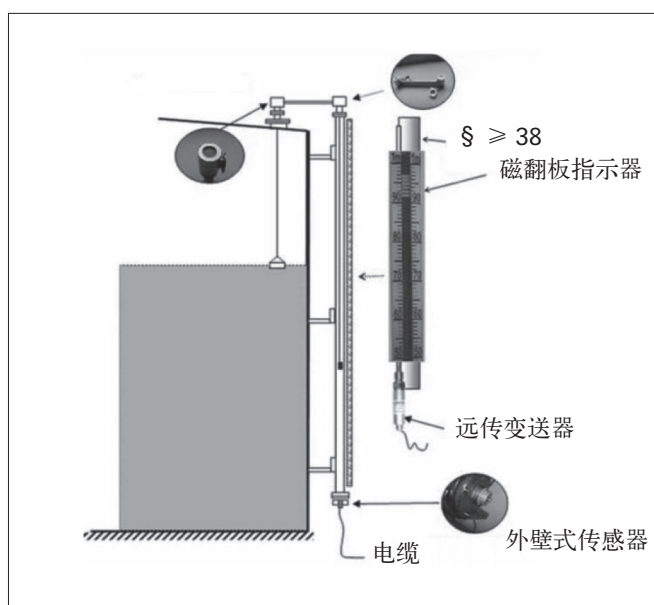


图 1 磁致伸缩液位计示意图

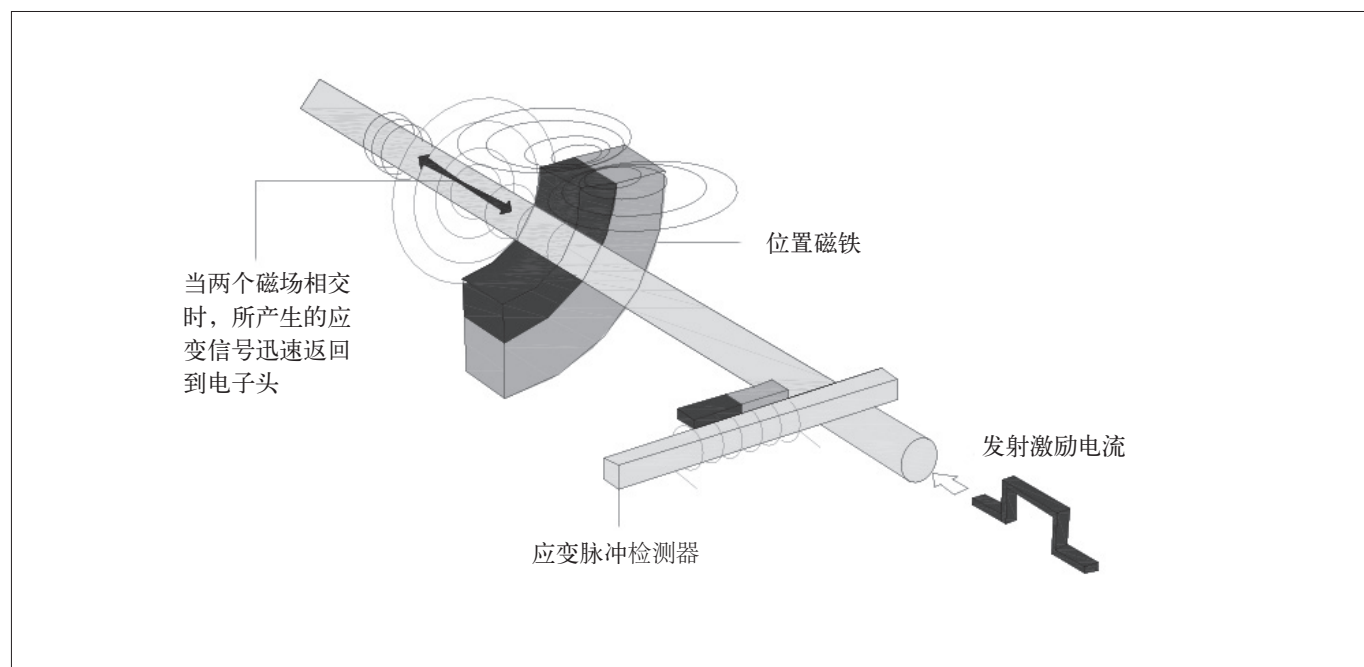


图2 磁致伸缩液位计测量原理图

电磁感应定律可得：

$$\varepsilon = n \frac{d\varphi}{dt} = n \frac{dB S}{dt} = n S \frac{dB}{dt} \quad (1)$$

式中： n —线圈匝数；

B —磁感应强度；

φ —磁通量；

S —线圈面积。

超声换能器接收到导波杆上的感应电动势 ε ，并将感应电动势 ε 信号传递给中央处理器。

激励脉冲由发出到传播到浮子的时间为 T_1 ，扭转波传回换能器的时间为 T_2 ，则激励脉冲发出到处理器检测到感应电动势的总时间为：

$$T = T_1 + T_2 \quad (2)$$

由于扭转波在导波杆上传播的速度为一个定值，则换能器与浮子之间的距离为：

$$L = v \times T \quad (3)$$

式中： L —换能器与浮子之间的距离；

v —扭转波在导波杆上的传播速度；

T —激励脉冲发出到处理器检测到感应电动势的总时间。

最后根据换能器与罐底的相对位置即可得出槽罐内液位的相应高度。

由式(3)可知，浮子位置即液位界、位情况主要与 v （扭转波在导波杆上的传播速度）、 T （激励脉冲发出到处理器检测到感应电动势的总时间）相

关，由于扭转波在导波杆上传播的速度为一个定值，因此影响浮子位置的参数为 T （激励脉冲发出到处理器检测到感应电动势的总时间）。因此处理器能否正常检测到感应电动势是磁致伸缩液位计是否显示正常的关键。进一步分析，由式(1)可知感应电动势受线圈匝数、磁感应强度、磁通量、线圈面积等影响。由于线圈匝数、线圈面积这2个参数由浮子、导波杆和换能器的特性决定，而 AT100BC 磁致伸缩液位计中浮子、导波杆和换能器的特性已经固定不变，因此线圈匝数、线圈面积这2个参数不会对现场 AT100BC 磁致伸缩液位计的使用情况产生影响。综上所述可知影响 AT100BC 磁致伸缩液位计显示波动问题的因素为磁感应强度和磁通量，磁感应强度和磁通量的共同作用影响处理器检测到感应电动势的时间，进而对现场槽罐液位的表征产生影响。

2 现场 AT100BC 磁致伸缩液位计显示波动问题分析

2.1 液位计显示波动问题原因分析

在某核化项目现场槽罐标定过程中，工艺系统人员在准备标定前期相关准备工作完成后，在主控室监视现场槽罐液位的状况。此时现场槽罐并未进水，但主控室显示液位出现极大的波动，现场槽罐使用的液位计即 AT100BC 磁致伸缩液位计。主控室显示波动异常状况如图3所示。



图 3 液位波动异常状况图

由上述分析可知线圈匝数和线圈面积不会对现场 AT100BC 磁致伸缩液位计的使用情况产生影响,影响液位波动的因素主要为磁感应强度和磁通量。现场 AT100BC 磁致伸缩液位计如图 4 所示。

图 4 中, AT100BC 磁致伸缩液位计与现场常见磁致伸缩液位计存在差异。常见磁致伸缩液位计的浮子在内部并且浮子套装在导波管上,在导波管底端安装固定卡箍固定浮子的位置,浮子产生的磁场直接作用于导波管上,由浮子的位置确定现场槽罐的液位。为适应现场实际使用状况的要求,



图 4 AT100BC 磁致伸缩液位计图

AT100BC 磁致伸缩液位计的导波管安装在浮子管外边并通过特定的卡箍固定在浮子管旁边。导波管可根据现场实际测量要求进行调节,具有易安装、适应现场各种复杂环境的优点。但同时导波管的可移动性对浮子与导波杆之间的磁感应强度和磁通量产生了一定影响,进而对液位计的准确性产生影响。

磁感应强度和磁通量的大小主要与两个磁性物质的距离有关,对 AT100BC 磁致伸缩液位计而言,影响磁感应强度的主要因素为导波管与浮子的距离。导波管与浮子距离越近,则磁感应强度越大,磁通量越大,越易于检测感应电动势,则感应电

动势稍有变化就会对液位显示产生较大影响;导波管与浮子距离越远,则磁感应强度越小,磁通量越小,不易检测到感应电动势,则感应电动势的变化对液位显示产生的影响较小,但距离太远也会导致两个磁性物质的磁场相遇时感应极小,没有电动势的产生,无法确定浮子位置,不能对现场槽罐的液位进行有效的表征。综上所述,AT100BC 磁致伸缩液位计显示波动的原因因为导波管与浮子之间的距离过小,易于检测感应电动势,感应电动势稍有变化就会对液位显示产生较大影响,致使主控室显示液位出现极大的波动。

2.2 液位计显示波动问题试验解决方案及效果

为解决导波管与浮子之间的距离过小这一问题,现需要对 AT100BC 磁致伸缩液位计进行改进,增大导波管与浮子之间的距离。上述分析已知,导波管与浮子的距离不宜过大,导波管与浮子距离过大会导致两个磁性物质的磁场相遇时感应较小,致使浮子位置读取不准。为满足上述各方面需求,现场确定选用 6mm^2 钢丝作为垫片绑到浮子管外围,以增加导波管与浮子的距离,从而解决液位显示波动的问题,绑定位置为液位计的中部 50mm 处,如图 5 所示。

对 AT100BC 磁致伸缩液位计进行改进之后,在

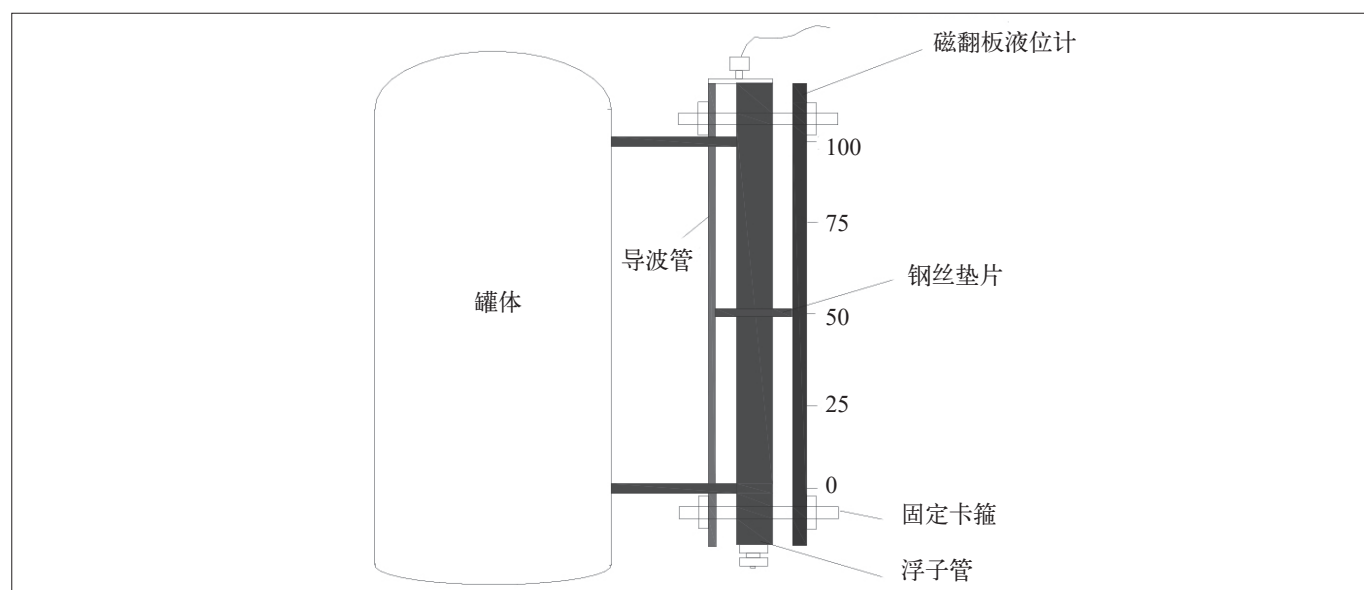


图 5 钢丝垫片绑定位置为液位计中部 50mm 处图

主控室观察液位显示情况。主控室显示情况如图 6 所示。

从图 6 可以看出,改进之后 AT100BC 磁致伸缩液位计显示值仍然存在较大的波动,但对比改进之前的波动情况,有了明显的改善,整体液位波动较为缓和,前、后部分波动仍然较大,中部出现一段平稳线。由于现场槽罐没有进行进水等其他操作,所以槽罐内液位不会发生变化,则浮子也固定在同一位置处,图 6 中显示的平稳线与现场实际情况极为吻合。因此可以认为 6mm^2 钢丝作为垫片绑到浮子管外围以增加导波管与浮子的距离这一改进措施,明显改善了 AT100BC 磁致伸缩液位计显示液位波动这一问题,同时也可验证 AT100BC 磁致伸缩液位计显示波动的原因因为导波管与浮子之间的距离过小,易于检测感应电动势,感应电动势稍有变化就会对液位显示产生较大影响,致使主控室显示液位出现极大的波动。但如图 6 所示,改进之后的液位计仍然存在液位波动的问题,并未达到可以现场使用的要求。分析其原因因为钢丝垫片绑到浮子管外围的中部 50mm 处,中部导波管与浮子的距离增大,但导波管上部、下部由于有固定卡箍固定导波管的位置,卡箍固定过程中将导波管上部、下部又紧贴于浮子管,致使导波管上部、下部与浮子的距离又恢复到没有增加钢丝垫片的状态,因此液位显示仍然存在波动。

针对此问题,对 AT100BC 磁致伸缩液位计进行二次改进,选用 2 根 6mm^2 钢丝作为垫片绑到浮子管

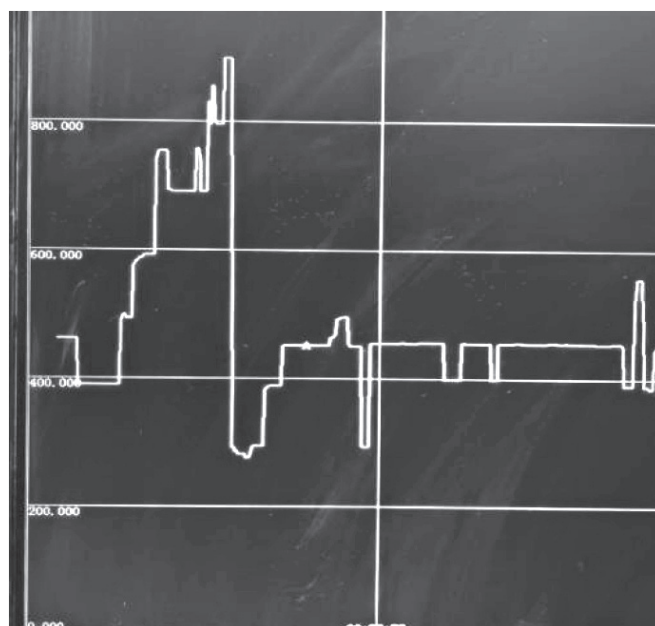


图 6 钢丝垫片绑定位置 50mm 处主控室液位显示图

外围以增加导波管与浮子的距离,绑定位置为液位计的上部 75mm、下部 25mm 处,如图 7 所示。钢丝垫片绑定位置在上、下固定卡箍的附近,则可消除卡箍固定过程中对导波管上、下部与浮子管之间的距离影响。

对 AT100BC 磁致伸缩液位计进行二次改进之后,在主控室观察液位显示情况。主控室显示情况如图 8 所示。

如图 8 所示,液位显示为一条平稳的线条,在部分地方有微弱的起伏,此液位显示已完全满足现场

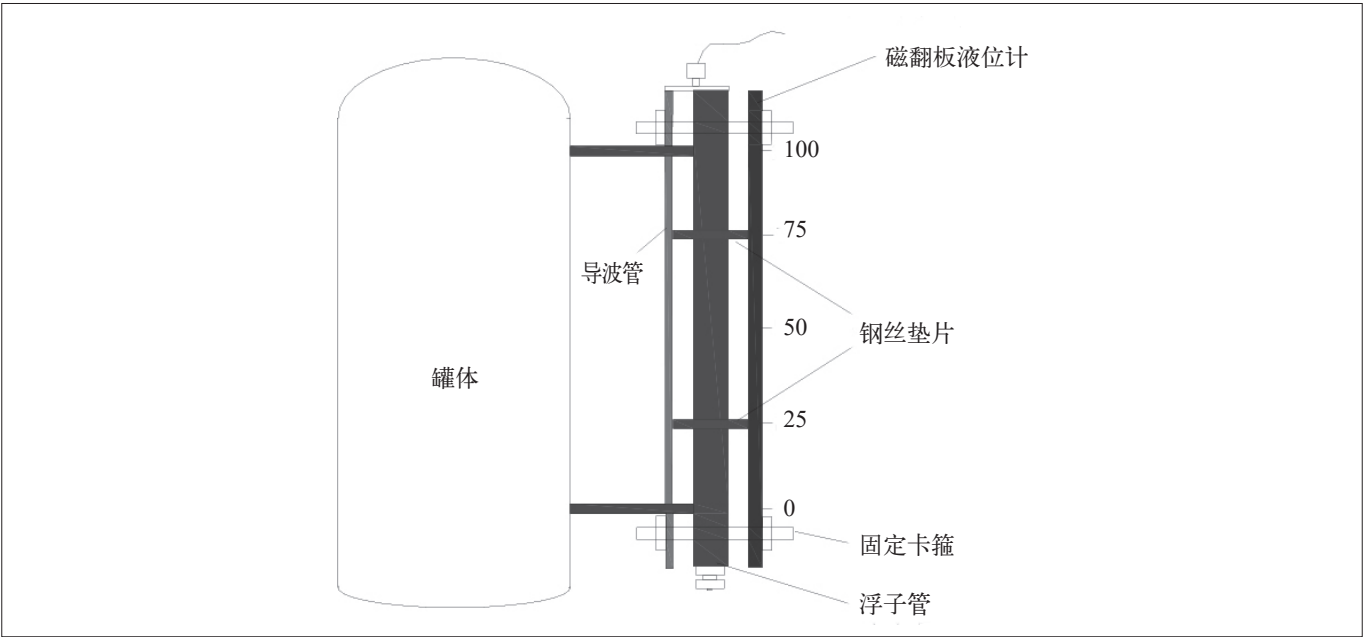


图 7 钢丝垫片绑定位置为液位计上部 75mm、下部 25mm 处图

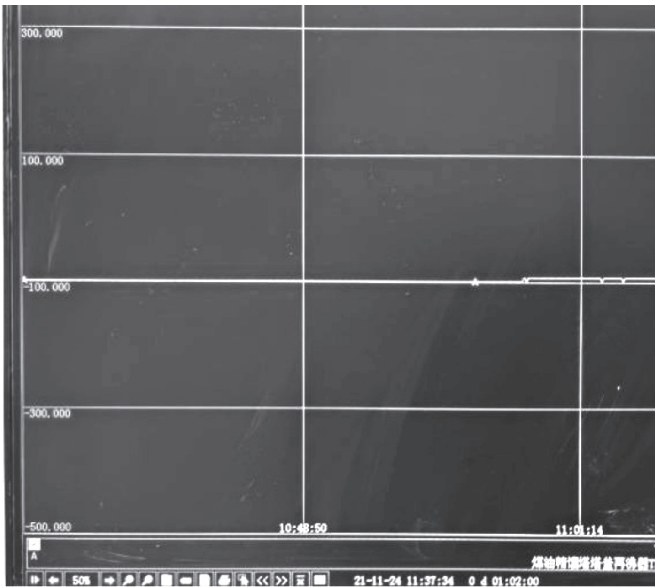


图 8 钢丝垫片绑定位置上部 75mm、下部 25mm 处主控液位显示图

使用的要求，可认为 AT100BC 磁致伸缩液位显示波动问题已得到解决。现对槽罐重新进行标定，液位显示即标定结果如图 9 所示。

图 9 中，液位标定过程中，进水与排水过程的液位显示均正常，液位显示线条平滑且无波动现象，已完全达到现场槽罐液位表征的精度要求。

3 结语

本文根据 AT100BC 磁致伸缩液位计实际应用过

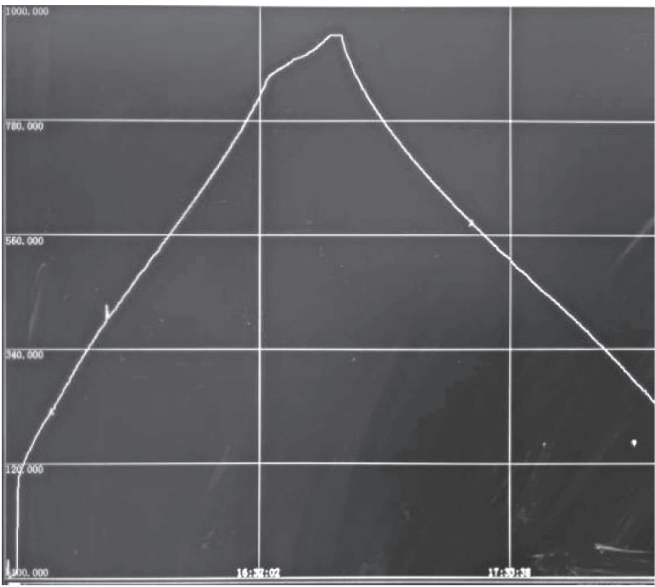


图 9 液位标定过程中主控液位显示图

程中出现的显示液位波动问题，采用理论分析确定显示液位波动的原因，并对 AT100BC 磁致伸缩液位计进行改进。得出结论如下：

(1) 磁致伸缩液位计表征槽罐液位的结构原理为维拉里效应与威德曼效应，通过计算施加激励电脉冲信号到检测到维拉里效应产生的感应电动势的时间，以及扭转波在导波杆上的传播速度来计算浮子与换能器的距离，进而确定液位及界位情况。

(2) 处理器能否正常检测到感应电动势是磁致伸
(下转第 99 页)

5 结语

综上所述, 自动化控制系统应用于医疗器械铸造设备气路控制, 有利于铸造设备运行效率的提升, 其操作便捷、运行可靠, 具有较高的精度, 在 PLC 控制系统支持下, 气路控制自动化水平得以提升, 具有一定的推广价值与应用前景。

参考文献:

- [1] 宋国成. 电气自动化控制中应用人工智能技术的思路探究[J]. 中小企业管理与科技, 2021(15):189-190.
- [2] 潘世丽, 张晓萍. 电气自动化控制系统路径优化方法设计[J]. 制造业自动化, 2022, 44(10):179-182.
- [3] 陈广利. 探讨 PLC 技术在医疗电气设备自动化控制中的应用[J]. 中国新通信, 2022, 24(13):71-73.

[4] 王众. 基于大数据的医疗设备温度自动控制系统研制与应用分析[J]. 电声技术, 2020, 44(01):85-86.

[5] Slazhniev M, Kizilova A, Bogdan K, et al. New concept of a modern magnetodynamic installation based on the principle of superposition of pulsating electromagnetic forces[C]//8th International Conference on Electromagnetic Processing of Materials. Cannes, France, 2015.

[6] 夏振邦. PLC 技术在电气设备自动化控制中的应用初探[J]. 租售情报, 2021(15):122-123.

[7] 尹俊伟. 从医疗电气设备的维修论整流电路的电源电压[J]. 中国高新科技, 2022(01):68-69.

[8] 邓其源, 吴少海. 基于时基集成电路的医用电气设备剩余电压试验工装电路的设计与实现[J]. 中国医疗器械信息, 2017, 23(13):17-19.

(上接第 94 页)

缩液位计是否显示正常的关键, 由维拉里效应与法拉第电磁感应定律, 可知影响感应电动势的 4 个参数为线圈匝数、磁感应强度、磁通量和线圈面积。由于线圈匝数和线圈面积由浮子、导波杆和换能器的特性决定, 而 AT100BC 磁致伸缩液位计在使用时, 浮子、导波杆和换能器特性已经固定不变, 因此线圈匝数和线圈面积不会对现场 AT100BC 磁致伸缩液位计的使用产生影响。最终可确定影响 AT100BC 磁致伸缩液位计显示波动的因素为磁感应强度和磁通量。

(3) 磁感应强度和磁通量的大小主要与两个磁性物质的距离有关, 对 AT100BC 磁致伸缩液位计而言, 影响磁感应强度的因素为浮子与导波管的距离。为此将 6mm^2 钢丝垫片绑定到液位计的中部 50mm 处, 增加导波管与浮子的距离, 解决感应电动势产生频率较高的问题, 从而解决液位显示波动的问题。结果表明此措施明显改善了 AT100BC 磁致伸缩液位计显示波动这一问题, 但是试验结果仍未达到现场实际使用的要求。

(4) 对 AT100BC 磁致伸缩液位计进行二次改进, 选用 2 根 6mm^2 钢丝垫片, 绑定位置为液位计的上部 75mm、下部 25mm 处, 增加导波管与浮子距离的同时, 消除卡箍固定过程中对导波管上、下部与浮子管之间距离的影响。结果表明, 液位显示为一条平稳的线条, 此液位显示已完全满足现场使用的要求, 可认为 AT100BC 磁致伸缩液位显示波动问题已得到解决。

参考文献:

- [1] 赵华宁. 铁基材料的磁致伸缩液位传感器磁场分析与实验[D]. 天津: 河北工业大学, 2014.
- [2] 汪丽群. 基于 CPLD 与单片机的磁致伸缩位移传感器系统设计与实现[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2014.
- [3] 王海港. 新型磁致伸缩液位传感器的设计及实验研究[D]. 天津: 河北工业大学, 2013.
- [4] 王雷. 磁致伸缩位移传感器的优化设计和实现[D]. 天津: 天津大学, 2012.