

雷达液位计 EOP 测量技术的应用

某公司烯烃项目加氢液化气球形储罐的 4 台雷达液位计故障原因分析及解决办法——阐述雷达液位计 EOP 测量方法的应用领域，通过深入剖析故障原因提出解决方案并说明实施方法。引入 EOP 杆底回波的测量技术，巧妙地解决低介电常数时雷达液位计的测量问题。

文 / 包振凯

某公司烯烃项目全厂罐区拥有各类型储罐 60 余座，其主要介质包括：石脑油、丙烯、乙烯、油洗液化气、加氢液化气、液氨、丁二烯、丁烯 -1 以及燃料油等。其中加氢液化气设立 4 座球形储罐，每台储罐罐顶同时安装 1 台导波雷达液位计及 1 台伺服式液位计用于工艺人员实时监测液位变化及事故状态下联锁触发的条件。

自开车运行以来，全厂罐区 4 座加氢液化气罐顶导波雷达液位计均出现无规律的测量不准现象，在与伺服液位计的趋势比较过程中发现：虽然雷达液位计故障发生的时间不同，但四者的历史趋势均显示在某一时刻某一液位（尤其是低液位）时，仪表输出突然保持不变，随实际液位的变化雷达液位计的输出偏离正常值愈来愈大，又在一段时间以后，仪表指示突变至正常值。

通过梳理确认 4 台雷达液位

本文作者供职于青岛石化检修安装工程有限责任公司。

计的工艺环境、安装方式、设备规格以及仪表型号完全相同，故笔者将此种现象合并为同一个问题进行研究并提出可靠的解决方案，最终得以实施。

故障原因分析

工艺环境分析

加氢液化气储罐为标准的球形储存罐设备，无任何工艺反应产生，罐内无搅拌器，罐体附近无压缩机、泵组等大中型用电设备，4 座储罐的大小、规格及标高均一致，4 台雷达液位计均选用某公司生产的同一型号导波缆绳式

雷达液位计。

工作原理

此型号雷达液位计出厂时采用物位回波的测量方式，以时域反射原理（TDR）为基础，雷达液位计的电磁脉冲在空气中以光速（ V_0 ）沿钢缆传播，当脉冲信号遇到被测介质表面时，雷达液位计的部分脉冲被反射形成回波并沿相同路径返回到脉冲发射装置，发射装置与被测介质表面的距离同脉冲在其间的传播时间（ t ）成正比，经计算得出发射装置至液面的距离（ D ）。

如图 1 所示，可以得出液位

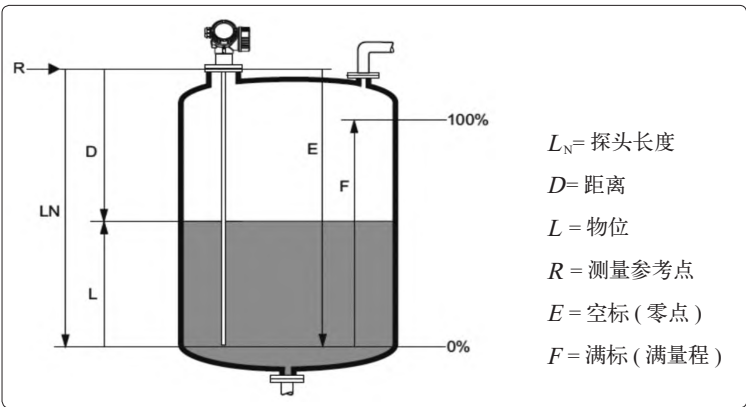


图 1 加氢液化气储罐液位高度

PROCESS-Tip

* 更多信息请扫描二维码：



chem.vogel.com.cn

* 反馈编码：A220847

高度 (L) 的计算公式:

$$L = \text{空标 (E)} - V_0 t / 2 \quad (1)$$

即: 液位百分比 (1) = $(L \div F) \times 100\%$

分析原因

显然雷达液位计的测量不受介质变化、温度变化、惰性气体及蒸汽、粉尘、泡沫等的影响。影响导波雷达液位计测量的因素除了安装方式和外界信号干扰以外还有一个重要因素——介电常数 (就是我们常说的 DC 值), 介电常数愈大, 介质物位反射回来的雷达回波信号就愈强。当被测介质的介电常数 < 2.0 时, 雷达液位计的回波信号就会很弱。液化气的介电常数为 $1.6 \sim 1.9$, 液化程度受温度、压力变化影响较大, 加之加氢液化气的不稳定性, 导致介质介电常数变化较频繁、变化范围较大。介电常数过低会导致雷达波到达介质表面时, 被介质反射回脉冲发射装置的雷达波减少, 从而使得回波信号变弱, 雷达液位计信号处理单元会发出故障信号, 变送器输出则会按照预先设置的故障输出模式 (最后一个有效值) 进行输出, 即产生了雷达液位计输出值保持不变的情况。

提出解决方案

目前电子技术的突飞猛进, 仪表行业受益匪浅。例如 E+H 公司生产的 FMR51 型雷达液位计可以实现远程组态、仪表自整定及报警信息储存的众多实用功能, 并且可以通过 FieldCare SFE500 计算机软件对在线仪表参数进行编程和读取仪表回波曲线。

方案

根据仪表出现的共性问题分析判断, 初步得到 2 种方案。一是通过工艺技术手段改变介质的

理化特性, 例如提高介质的压力或温度使其介电常数增大, 达到雷达液位计许可范围。此方案需要对工艺生产流程和设备做出改变, 且需要投入高额的人力和财力成本, 实现难度大、周期长, 甚至可能会影响前后工艺装置的工艺指标, 使工厂的运行增加难度, 显然这是不可行的; 二是改变仪表测量方式为 EOP 测量, 目的是实现类似伺服液位计的优点——仪表的测量可以不受介质介电常数、介质特性的影响, 使测量准确可靠。对于导波雷达液位计来说, 当被测介质液位很低, 尤其是介电常数很低的介质, 回波信号很弱, 很难被雷达液位计探测到, 这时采用 EOP 算法, 仪表仍然可以准确地计算出液位。因脉冲信号需要通过整根导波缆绳 (杆), 信号传输时间较长, 导致仪表灵敏度变低, 但仍在工艺允许范围。

EOP 算法的工作原理

信号发送端发送出的脉冲信号, 经过导波缆绳传输至缆绳末端, 信号接收端检测到导波缆绳末端返回的 EOP 信号, 根据 TOF 原理计算出 (信号发送至接受过程中物位的变化忽略不计):

缆长 $L = V_0 \times$ 信号发射至接收的时间差值 $t/2$

因仪表投入使用后 EOP 信号是经过空气 - 被测介质 - 空气后由信号接收天线接收, 而脉冲信号在被测介质中的传播速度远远小于在空气中的传播速度, 显然在被测介质中信号传输的时间会更长, 所以, 当容器中存在被测介质的情况下, 通过式 (1) 所计算出的缆长 L 明显大于在空气中的缆长 (即空罐状态下的缆长 L_0), 由此得出雷达液位计 EOP 回波偏

移率:

$$\text{EOP 回波偏移率 } L_s = L / L_0 \quad (2)$$

被测介质介电的常数为 $C_v = (L_s + 1)^2 = (L / L_0 + 1)^2 \quad (3)$

如果同时检测到脉冲信号与 EOP 信号, 雷达液位计会根据检测到的缆长 L 与实际缆长 L_0 计算得出 L_s , 而且该过程是自动重复进行的。如果出现失波, 仪表将会根据实时检测到的 L 和上次计算出的 L_s 有效值计算出实际物位。

方案实施

理论状态下, 上述 EOP 测量方式完全可以满足目前的工艺状况技术指标。

在方案审批完成后, 由工艺技术人员负责完成设备交出和安全交底, 仪表专业确认交出状态, 严格执行作业票证审签手续, 在工艺监护人员到场后, 才能实施具体的操作。

1. 组态备份: 通过 HART 通信或现场手动记录的方式, 对仪表原有的组态进行备份, 目的是防止在组态修改后, 如出现不可预见的不良结果, 可以更加准确地恢复到原有参数。

2. 仪表组态修改: 通过 HART 通信手段, 逐步进入仪表 “Sensor (传感器)” — “EOP evaluation (EOP 计算)” 菜单, 逐步实施以下操作。

(1) 介电常数: 将原有的 Automatic DC (自动介电常数) 改为 Fix DC (固定介电常数)。

(2) 打开搜索 EOP 功能: 将 Negative EOP (拒绝 EOP) 改为 Positive EOP (EOP 优先)。

(3) 修改优先权: 将 Level preferred (液位优先) 改为 EOP preferred (EOP 优先)。

(4) 输入介电常数数值: EOP

(转 P51)

校准数据与可溯源校准记录，并在 CMMS 系统中构建工厂组织架构与仪表信息。校准作业完成后，校准软件会将工单确认信息自动发送至 CMMS 系统，其中无需任何手动录入数据，因此也完全杜绝了录入错误。

这种标准化且可配置的软件解决方案，能让 CMMS 随时保持同步状态，及时获取工作单已完成的信息，同时软件又能提供数据库，用于存储重要的仪表信息，为品控与审计工作提供便利。该校准软件支持当前多个主流维护管理系统，比如 IBM Maximo、SAP 或 Infor EAM。采用可视化数据显示屏，创建报告与分析趋势十分方便。

4. 自动化多功能校验仪：贝美克斯多功能校验仪是先进的高精度现场校验仪与通信器，具备压力、温度和各种电信号校准能力，带有支持 HART、FOUNDATION Fieldbus 和 Profibus PA 仪表的现场总线通信器。

贝美克斯多功能校验仪也是文档化校验仪，结合贝美克斯校准软件使用时，能实现完全无纸化校准流程，无需手动向软件录入校准结果，有效规避人为出错风险。

在传统的手动流程中，确定校准通过或失败时要计算测量误差，其中涉及到测量结果计算以及实际测量结果与容差的比对工作。有了贝美克斯多功能校验仪，这些都能实现系统自动计算，既节省时间，又减少人为错误。

5. 移动应用程序：贝美克斯移动应用程序，有助于实现无纸化校准操作与记录、以及工作现场的相关检查工作，可与贝美克斯校准管理软件匹配使用。贝美克斯移动应用程序支持离线作业，是在线贝美克斯校准管理软件的进一步补充。因为在过程工厂，无法保证用户时刻都有稳定的网路环境。

6. 服务：为确保校验仪保持在标定的容差范围内，贝美克斯提供以下设备维保服务。

(1) 再校准与维修：定期进行再校准，确保校验仪维持最佳状态，是保持高质量参数标准的关键。此外，对于按照质量控制体系规范运作的工厂而言，还要拥有可溯源的公认的校准证书。

(2) 设备维保计划：所有校验仪应定期进行维护，确保其准确性与可追溯性，有故障需要维修时，既价格昂贵又耗费时间。贝美克斯维保计划，旨在为贝美克

斯测量设备全生命周期的精确性与可靠性提供维护服务。维保计划内容包括自动提醒、运输、优先服务、在尽量不购买新资源的前提下提供意外损坏维修服务。

(3) 执行、迁移与支持服务：落实全新的校准系统，并非购买安装新软件和新工具这么简单。为确保新系统的顺利运行，贝美克斯提供过程咨询、软件说明与配置、迁移与系统集成、验证、新人培训支持等一系列的服务。

(4) 培训：贝美克斯提供大量培训课程，确保用户和经理人掌握必要的技能，能正确操作和管理校准系统，充分发挥校准系统的作用。

总结

集成自动校准过程，为精细化工业的安全性和合规性提供保障。这种解决方案去掉了校准过程中的手动和容易出错的环节，确保所有校验仪维持在容差范围内。此外，流程中的数字化数据有助于提高效率，并在必要时提供清晰的审计跟踪。贝美克斯提供集专业知识、硬件、软件与服务为一体的全套自动校准解决方案。

(接 P48)

采用固定介电常数进行计算，因此在 Calc.DC value (介电常数数值) 一栏中输入介质的介电常数的准确值或中间值。

3. 探头长度的修改：以上参数修改完成可通过 EOP shift 值的变化来验证组态的准确性，如果此

值稳定即可进入最后的探头长度调整，进入 Pres.length 菜单，输入正确的探头长度。

4. 持续观察仪表输出状态。

总结

尽管雷达液位计具有较强的信号处理和分辨能力，能从大量

的杂散回波中分辨出真实的液位信号，但当介质介电常数足够低时，不能盲目地否定仪表测量的准确性，应通过技术方法努力挖掘出仪表更全面的功能，让其在工业生产中极尽发挥。