

界面测量方法改进方案

施小勇

中国石油化工股份有限公司北京燕山分公司有机化工厂, 北京 102500

[摘要] 通过分析我厂醋酸乙烯装置一塔馏出槽界面正常生产过程中测量出现的问题, 对仪表的测量方式提出了改进方案, 由差压液位计改换成导波雷达液位计。实践证明改造是成功的。笔者根据改造安装调试过程中遇到的问题, 总结了几点应用体会。

[关键词] 界面测量; 差压法测量; 导波雷达物位计

DOI: 10.33142/ec.v5i10.6980

中图分类号: F42

文献标识码: A

Improvement Scheme of Interface Measurement Methods

SHI Xiaoyong

Organic Chemical Plant of Sinopec Beijing Yanshan Branch, Beijing, 102500, China

Abstract: By analyzing the problems in the measurement of the interface of the first tower distillation tank in the vinyl acetate unit of our plant during the normal production process, an improved scheme for the measurement method of the instrument is proposed, which is to replace the differential pressure liquid level gauge with the guided wave radar liquid level gauge. Practice has proved that the transformation is successful. According to the problems encountered in the process of transformation, installation and commissioning, the author summarizes several application experiences.

Keywords: interface measurement; differential pressure measurement; guided wave radar level meter

1 工艺简介

我厂醋酸乙烯装置是上世纪 90 年代从国外引进的全国首套醋酸乙烯装置, 装置建设时自控系统采用先进的 DCS 控制系统, 现场仪表全部采用智能变送器, 连锁系统采用 PLC, 整套仪表控制系统技术上比较先进。

醋酸乙烯是乙烯与醋酸在钨金催化剂作用下, 气相氧化合成制成。产品为无色透明液体, 有芳香脂味。密度 0.9317g/cm^3 (20°C), 微溶于水, 溶于大多数有机溶剂。醋酸乙烯易燃, 遇氯、溴、臭氧则迅速起加成反应。在热、光、微量过氧化物和催化剂作用下, 发生自由基聚合。

2 原控制方案介绍

装置一塔馏出槽主要是利用醋酸乙烯和水因密度不同且醋酸乙烯微溶于水的特性, 当醋酸乙烯和水共存时, 两种介质会出现分层现象, 醋酸乙烯密度小, 会浮在水上边。一塔馏出槽完成醋酸乙烯和水的粗分离。醋酸乙烯在上层, 介质高度高于槽挡板上沿的醋酸乙烯会越过挡板从上方流出, 而水位则位于下层, 控制水的液面高度不会高于挡板。从而水从槽的下方流出。控制水与醋酸乙烯的界面既水的液面不高于挡板上沿, 就可以持续完成醋酸乙烯和水的分离, 保证产品的质量。

测量水和醋酸乙烯的界面采用传统的差压方法, 现场仪表采用差压智能变送器, 将界面信号转变成 $4\text{--}20\text{mA}$ 送到 DCS 进行显示和控制。但该测量方案在实际使用中效果不是很理想, 主要原因是测量的界面高度由于受到溢流层高度变化、液体温度、醋酸乙烯和水分离效果、变送器的安装高度等因素的影响, 测量值与实际的界面存在较大的

差距。特别是在环境温度变化大、装置刚开车或者因为工艺波动造成介质分离效果不太好时, 外操人员需要频繁的通过视镜观察实际界面, 再通知控制室手动调整调节阀的开度, 保证界面不会高于挡板。同时仪表维修人员也要根据实际界面来频繁调整差压变送器的量程, 因此界面值基本失去参考作用, 严重影响了工艺的正常生产和产品质量, 工艺人员反应比较强烈, 因此该测量方案需要进一步的改进, 保证仪表测量的正常使用。

3 改造前测量方案分析

3.1 原差压法测量界面的原理

醋酸乙烯装置一塔馏出槽的界面测量采用的传统差压法测量界面的测量方案, 其测量原理如图 1 所示: 由于水和醋酸乙烯的比重不同, 水的比重为 1g/cm^3 , 醋酸乙烯的比重为 0.9317g/cm^3 (20°C)。因此两者相同液位所产生的压力有所差异, 通过测量这种压力差异便可以通过计算得出界面的高度, 其测量计算公式为:

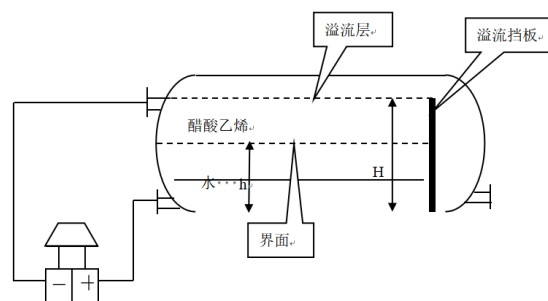


图 1 测量计算图

$$h = \left(\frac{\Delta P}{(\rho_1 - \rho_2)gH} \right) \times 100\%$$

其中：h——界面高度的百分数；ΔP——变送器测量值；H——界面测量量程；ρ₁——水的密度；ρ₂——醋酸乙烯的密度

由式中可看，假设ρ₁和ρ₂固定不变，g和H为固定常数，则h与ΔP成线性关系。通过差压变送器测量出ΔP的值即可得出界面的高度h。

3.2 误差产生的原因分析

在实际应用中，主要有两方面的原因使得差压法测量界面产生较大的误差。

(1) 由于生产负荷的不同，分层器溢流挡板的上部会出现高度不等的溢出层，负荷高时溢流层会偏高，负荷小时溢流层会偏小，也就是界面测量量程在生产过程中是会发生微小变化，而测量的差压变送器的固定量程只有554Pa，差压变送器的量程是固定不变的。这种高度不等的溢流层所产生的大小不等的附加压力对微差压测量带来了较大的误差，而且这种误差不能通过表的安装位置的调整或DCS系统中的控制组态所消除。

(2) 上下两层介质的比重ρ₁和ρ₂因为热胀冷缩原理，会受到温度变化，而比重ρ₁和ρ₂的变化的差值不能保证是线性的。从而造成测量更大的偏差。

(3) 分离效果好坏也会造成偏离设计的计算值，从而造成测量更大的偏差。

这种非直接测量界面的方法会受其他变量的影响，造成很大的测量误差，不能满足工艺生产的需要。

4 改造方案的确立

为了解决测量不稳定的问题，急需找到一种更好的测量方法，改造方案的主要思路就是测量方法要选取测量过程、原理与介质的密度、液位高度、环境温度无关或关系不大的测量仪表，最好采用直接测量界面高度的方式。在查阅了大量相关资料，通过对各种液位测量仪表的原理进行分析研究后，最终确定选择KROHNE公司的导波雷达物位计来进行界面的测量。从以下的测量原理分析可以知道，导波雷达物位计的特点是不受蒸汽、温度、压力、密度的限制，而且直接测量距离，与液位无关。

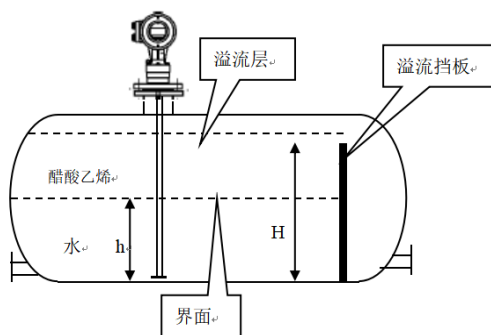


图2 测量图

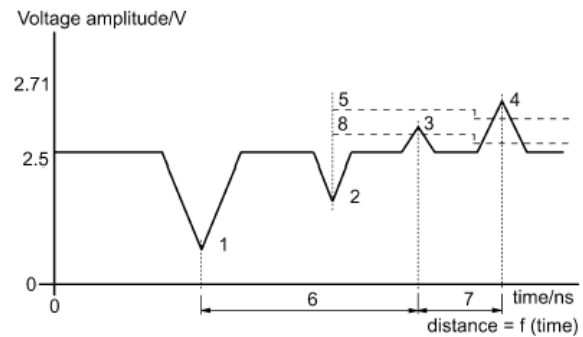


图3 数据图

其中：1 初始脉冲；2 法兰反射；3 第一个大反射（液位）；4 第二个大反射（界面）；5 液位门槛值；6 不依靠介电常数大小的测量值；7 取决于介电常数的测量值；8 界面门槛值

4.1 测量原理

雷达波是一种特殊形式的电磁波，导波雷达料位计利用了电磁波的特殊性能来进行料位检测。电磁波的物理特性与可见光相似，传播速度相当于光速。其频率为300MHz-3000GHz。电磁波可以穿透空间蒸汽、粉尘等干扰源，遇到障碍物易于被反射，被测介质导电性越好或介电常数越大，回波信号的反射效果越好。导波雷达物位计是以时域反射原理(Time Domain Reflectometry TDR)为基础进行测量的，发射—反射—接收是导波雷达料位计工作的基本原理。雷达传感器的天线以波束的形式发射最小5.8GHz的雷达信号。反射回来的信号仍由天线接收，雷达脉冲信号从发射到接收的运行时间与传感器到介质表面的距离以及物位成比例。

$$\text{即：} h = H - vt/2$$

式中h为料位；H为槽高；v为雷达波速度；t为雷达波发射到接收的间隔时间；

测量原理如上页图2和图3所示：导波雷达物位计每隔一段很短的时间（一般为1ns）就发射一束低功率雷达脉冲（图3中的1），并通过导波杆的导向向下以光速传播。雷达波先遇到法兰，产生反射（图3中的2），接着与泡沫层接触，但几乎没有雷达波被反射。雷达波继续向下传播至醋酸乙烯层也就是真实的液面，由于醋酸乙烯介电常数较低（ε_r = 4~5），除一小部分雷达波被反射（图3中的3）外，其余波继续沿着导波杆向下传播，直至到醋酸乙烯和水分离界面，而水的介电常数比醋酸乙烯大得多（ε_r = 70~80），能反射高达80%的脉冲能量（图3中的4）。介质的介电常数越高雷达反射效果越显著，所以信号4比3要强很多。通过信号的过滤处理，计算信号1和4的间隔时间即可得出界面的高度。界面h=H-雷达波速×t(1到4时间)/2，h即为所需要测量的液面，经变送器变成4-20mA后送到DCS进行显示控制。

4.2 仪表选型

表1 规格书内容

位号:	LT-5001	用途:	水油相界面检测
上部介质 密度:	VAC 933.8kg/m ³	下部介质 密度:	水 998kg/m ³
操作压力最大:	0.11MPaA	操作温度最大:	20℃
测量范围:	0~1000 mm	精度:	±0.5%满量程
法兰连接型式:	PN16 RF	法兰连接尺寸:	DN50
本体材质:	304SS	导波杆材质:	316SS
其他接液部分材质:	304SS		
输出信号:	智能 HART 4~ 20mA DC, 两线制	电源 最大负 载:	24VDC 250Ω
电气接头:	1/2"NPT (F)	防护等级:	IP65
防爆等级:	ExdIIBT4		

确定了仪表类型, 下一步就是编制规格书, 让仪表厂家根据规格书选择合适的仪表配置参数, 对于规格书的内容需要注意以下几点:

材质的确定。首先厂家要确定介质是什么和介质的特性, 对于水、空气等无腐蚀性且干净的介质, 可以选择碳钢等材质, 以降低采购成本, 不会对表的工作造成影响。在预算允许的情况下, 与介质接触部分的材质尽量选择 304SS 或 316SS 或 316L。有腐蚀性介质就要认真和厂家核实, 包括密封圈, 密封垫等的材质要一一核实, 以免在使用中造成生产波动或事故。本方案因醋酸乙烯腐蚀较小, 材质选择 304SS 和 316SS。但要注意醋酸乙烯是很好的溶剂, 可以溶解氟橡胶等常见橡胶材质, 对于密封环等密封件必须用三元乙丙橡胶或 PTFE (聚四氟乙烯) 等材质。

仪表的连接形式和尺寸。对于安装形式, 仪表可以根据具体工艺位置调整, 方便安装和使用。尽量采用法兰连接方式, 法兰连接安装简单, 不容易出现泄露, 维护量相对要少。法兰连接主要确定管径和压力等级。压力等级至少是量程的 1.5 到 2 倍。本表采用 DN50 PN16 RF 法兰连接。

仪表量程。仪表量程的选择一般选在使仪表正常测量值在量程的 1/3-2/3, 这样可以保证仪表工作的稳定和精确度。本表选择最大量程为 1.5 米。

仪表信号的选择。对于智能仪表大部分是 24V 两线制, 4-20mA 电流信号, 尽量不选 4 线制的仪表。这样电缆的两根线既作为信号传递途径, 也是仪表的供电回路。这就要求仪表功耗很低, 电源为 24VDC 时, 4mA 或更低的电流都可以满足仪表正常工作。对于 HART 协议的选择现在一般进口仪表都会带此项, HART 协议对于后期仪表人员的维护有很大的方便性, 以及工厂设备管理系统对于仪表工作状态的诊断都有很大的作用, 尽量选择。

4.3 主要优点

与其它的液位和界面测量手段相比, 导波式雷达液位计有着其它形式仪表所不具有的特点和优点, 适合于许多传统仪表难以胜任的精确测量, 其主要优点如下:

(1) 雷达信号沿传导杆传导, 发射方向性强, 定向性好发射和反射的能量集中, 几乎无衰减, 使得反射信号强, 测量不受泡沫、烟尘、蒸汽等外界因素的影响, 也不受温度、压力和介质的介质物性变化的影响, 从而保证了测量的精确性, 几乎可以测量所有介质。

(2) 抗油污黏附, 测量可靠。可以做到精度很高。

(3) 安装简单, 低维护量, 智能式调校功能。

整个现场仪表没有运动或形变的不见, 寿命长, 可靠性高。

直接测量液面, 不需要转换, 精度高。

4.4 应用体会

传导式雷达液位计对安装要求较低, 在实际使用中基本不会出现问题。针对安装调试时遇到的问题, 总结了几点实际应用中应注意的事项, 供同行参考。

(1) 表的安装要垂直于液面, 导波杆的轴线和介质表面保持垂直。

(2) 工艺操作时需确定不让下层介质(本文中为水)液面低于 100mm (4 英寸), 不然界面测量会不准确。

(3) 雷达液位计用于测界面时, 一定要事先与厂家说明清楚, 厂家组态时选择界面测量, 或者自己看相关说明书设法修改组态。

(4) 雷达液位计厂家一般已根据用户的要求设定好组态参数(如导向杆长、罐高、量程、死区, 显示表头设置等等), 但不能跟校验差压变送器似的, 在检定室校验完成直接安装就万事大吉, 一般需要根据实际介质现场调整。

(5) 要避免安装在进料口等有很强涡流的地方。如: 由于搅拌或很强的化学反应等。

(6) 保证导波杆清洁, 如有聚合物等异物要及时清理。

(7) 如果实际找到界面困难, 可以用“冻结窗”功能 119 (Window Frozen set to “Yes”)。通过工艺确定实际界面, 把界面测量搜索界定在一个很小的范围内, 从而雷达液位计可以忽略法兰反射和液位反射等, 按之前设定的阈值准确找到界面反射, 若还没找到, 则雷达液位计会自动改变增益继续寻找, 直至找到后存储新的增益值。记住结束时要把 Window Frozen set to “No”)

(8) 如果实际找到界面困难, 还可以直接用修改界面阈值和增益的方法 (Window Frozen set to “No”的情况下), 但这种方法可能需要多次试凑。

5 结束语

醋酸乙烯装置一塔馏出槽的界面测量改成导波式雷达物位计, 从安装调试完成至今, 一直能精确测量出实际界面, 得到了工艺的好评。从这次界面仪表的改进, 我进

一步认识到,物位测量仪表类型众多,我们一定要认真分析实际检测对象,分析影响测量的因素,在此基础上选择合适的仪表测量方案,最后再确定厂家。

[参考文献]

- [1]李新友,陈五一.基于奇异值分解的刚体位姿误差检测方法[J].计算机集成制造系统,2011(9):76.
- [2]肖鹏东,张荣瑞.机器人手端位姿误差模型及重复定位精度优化综合[J].重庆建筑工程学院学报,1991(3):65.
- [3]葛胜兰.并联机器人位姿误差与结构误差的关系分析[J].机械工程师,2008(7):76.
- [4]蔡广宇,杜跃鹏,吴昌林.石油钻机井架弧焊机器人位姿误差分析[J].机械设计,2008(9):76.
- [5]马斌良,黄玉美,朱从民,杨幸芳.叉车式机器人的转向位姿误差[J].应用科学学报,2009(2):76.

作者简介:施小勇(1969-)男,籍贯(北京市),学历:大专,职称(工程师),研究方向(自动化、仪表)。