

超声波物位计实际应用中的问题与对策

华莹珂

摘要 简介超声波物位计的测量原理、使用现状以及在实际应用遇到的问题,通过运用回波处理技术和改善物位计的工作环境克服各种外在干扰,使超声波物位计能够实现工艺生产过程中的准确测量和控制。

关键词 超声波物位计 换能器 回波信号处理技术 TVT 曲线

1 引言

物位测量是超声学较为成功的应用领域之一,国内外已广泛将超声波物位计应用于料仓或容器内料位的测量。江铜集团贵溪冶炼厂将超声波物位计广泛运用于各个生产工序的物位测量和控制,超声波物位计能否在各种复杂工况及诸多干扰下准确测量真实物位尤为重要。

2 超声波物位计原理简介

超声波物位计也称超声波料位计、超声波液位计或超声波水位计,是一种优良的非接触式的界面测量仪表,其减少了仪表与介质之间的相互影响,无任何污染,也提高了安全性和可靠性。广泛运用于石油、化工、钢铁、煤炭、有色、电力、污水处理、水利水电及食品加工等行业。其结构简单、操作简便、适用范围广、价格低廉,是一种物美价廉的料位、液位测量仪表。

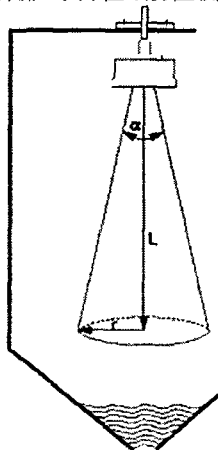


图1 超声波物位计测量示意图

2.1 声波测距原理

声波是一种机械波,20kHz 以上的机械波称为超声波。声波可以在气体、液体、固体中传播,并且有一定的传播速度。声波在穿过介质时会产生衰减,气体吸收最强衰减最大,液体次之,固体吸收最弱衰减最小。声波在穿过不同介质的分界面时会产生反射,反射波的强弱决定于分界面两边介质声阻抗,其传播速度(v)与介质密度(ρ)的积(ρv)称之为该介质的声阻抗。由此可见,两介质的密度差 $\Delta\rho$ 越大(即声阻抗差越大),则反射波越强。

声波传播的方向性随声波的频率升高而变强,超声波可近似为直线传播,具有很好的方向性。超声波物位计是利用超声波在物位处反射原理进行物位高度测量的,即应用回声测量距离原理工作的,当超声波换能器向液面发射短促的超声波脉冲时,经过时间 t 后,换能器接收到从液面反射回来的回声脉冲,然后根据声速和时间计算出物位高度。

2.2 换能器工作原理

超声波物位计通常由换能器(也称探头)和变送器组成。

换能器是利用压电晶体的压电效应和逆压电效应的原理来实现电能和超声能相互转换的。换能器是超声波物位计的核心器件,其特性参数决定了整套仪表的性能。

逆压电效应:当在压电晶体的两个相对表面上施加交变电压时,晶片将按其厚度方向做伸长和压缩交替变化,即产生了振动,其振动频率与所施加的交变电压的频率相同,这样就能在其伸长——压缩方向上产生相同频率的声波。

压电效应:当振动的外力作用在压电晶片的两面上而使其产生形变,其内部会产生极化现象,同时在这两个相对表面上出现正负相反的电荷,就会有相应频率的电压输出。

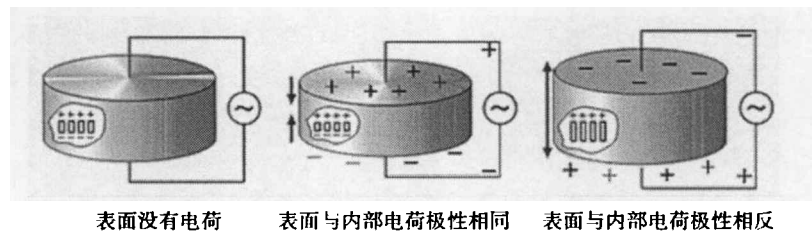


图2 压电晶体的工作原理图

3 超声波物位计的使用现状

超声波物位计是一款利用超声原理,多用途的测量仪表。由于采用了先进的超声波测量技术,所以在产品的使用过程中就应尽量满足超声波仪表

工作的基本条件。但在实际使用过程中,由于工艺条件、容器的设计与安装限制,生产工艺设计人员缺乏对超声波物位测量原理的了解等原因,造成超声波物位计不能达到理想的测量效果。

贵溪冶炼厂各生产工艺用于物位测量和控制的超声波物位计,在使用过程中经常遇到测量不准确的问题,对工艺生产造成了一定影响。

3.1 设计与安装问题

贵溪冶炼厂生产过程中很多容器都使用了搅拌器、盘管等辅助装置,但在容器设计时没有兼顾考虑超声波物位计的安装要求,由于超声波传感器有一定的波束角而造成声波打在搅拌桨、盘管或容器内的其他工艺部件上,使得物位在低于搅拌桨或盘管甚至空罐时测量不到真实值。

3.2 工艺条件的限制

由于生产工艺的要求,一些容器内存在粉尘、蒸汽、泡沫、液体飞溅或负压,根据声波的性质可知这会使声波在传播过程中衰减、散射,造成回波低弱,物位计无法处理而出现回波丢失、测量失真等现象。

4 超声波物位计回波处理技术的应用

现代超声波物位测量仪表,大都采用了先进的回波信号处理技术,使物位计能在复杂的工况下保证测量精度和可靠性。在贵溪冶炼厂贵金属制取工艺和三氧化二砷制取工艺过程中,容器的物位测量使用了近百套西门子 Multiranger100 超声波物位计,其中部分在使用过程中遇到上述问题,造成物位计达不到理想的使用效果,但根据多年来对使用情况的总结和对超声测距技术的研究,问题已基本得到解决。这些问题的解决办法对于其他厂商的智能超声波物位测量仪表也具有一定的参考价值。

4.1 回波信号处理技术

超声波物位计的基本原理是要测量声波发射和经过界面反射后的运行时间,因此声波的发射及接收应该处于最佳匹配状态,以保证信号的有效反射。此外,从复杂的回波信号中识别真正来自界面反射的信号对于物位测量起决定性的作用。

早期的模拟信号处理是根据观察给定阈值来确定回波的,它把第一个过阈值的回波作为来自被测介质界面的回波信号。显然这种做法过于理想化,容易造成测量误差,因为第一个过阈值的回波可能是注入料流或其他各种干扰引起的。现在超声波物位计都普遍采用数字信号处理技术,实现回波增强、真实回波选择及校验等功能。应用数字处理技术式仪表能对容器中的物位状态进行快速扫描,并在寄存器中建立回波曲线,一旦寄存器中得到一个回波曲线,仪表就能对它进行数据处理,给出可靠的物位测量值。对于干扰信号的处

理,普遍采用数字滤波技术,最大限度地排除各种干扰的影响,提高测量精度和可靠性。

4.2 回波信号处理技术的实际应用

Multiranger100 声智能软件包括各种复杂的回波信号过滤器、TVT 曲线、回波算法选择、回波窗口锁定功能、超声波发射频率调节等功能,能够帮助使用者应对各种复杂工况。

置信阈值是回波信号处理技术中一个非常重要的参数,只有回波的置信度超过置信阈值时,回波才会被声智能考虑评估。在实际使用中,一般会出现干扰回波置信度波高于置信阈值、真实回波置信度低于置信阈值、干扰回波与真实回波相似等多种引起变送器无法识别真实回波的情况,进而造成物位计对物位的错误判定。

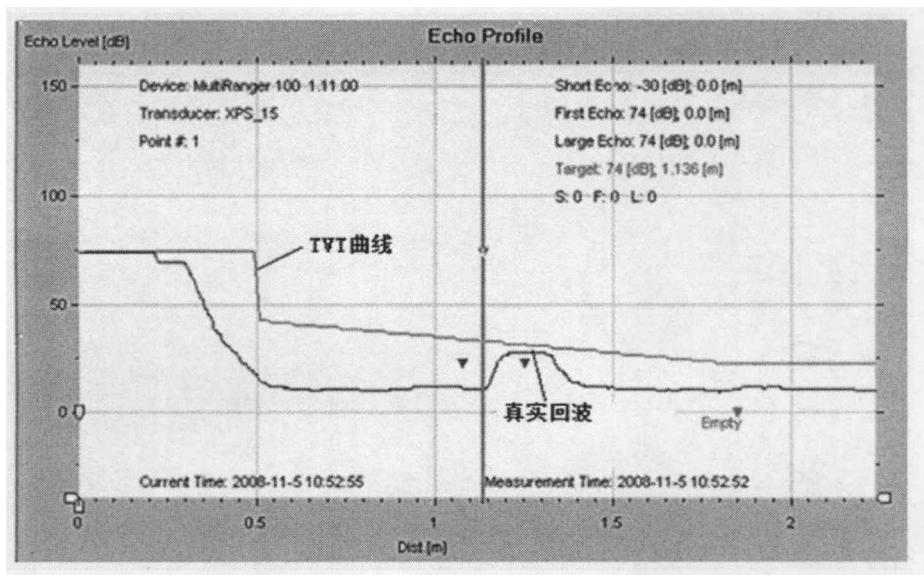


图 3 真实回波置信度低于置信阈值时的回波曲线

如图 3 所示,物位计安装于一个生产工艺的反应槽,该槽内的介质在反应过程中会在表面形成大量泡沫,超声波在介质表面大量衰减,造成真实回波置信度低于 TVT 曲线(虚假回波抑制曲线),声智能软件将其定义为干扰回波,引起回波丢失。

物位计中的 TVT 曲线,可根据容器内的具体情况以及实际的回波曲线,通过声智能软件进行修改,达到准确测量的目的。如图 4 所示,当出现上述高位失波的情况时,可适当改小 TVT 曲线的起始点,以降低整条 TVT 曲线的

置信阈值,使真实回波置信度高于 TVT 曲线。

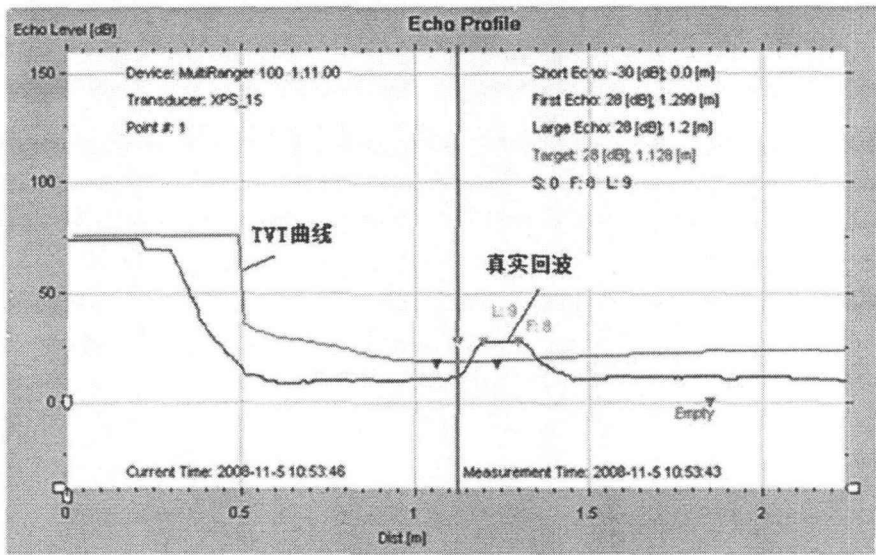


图 4 真实回波置信度高于置信阈值时的回波曲线

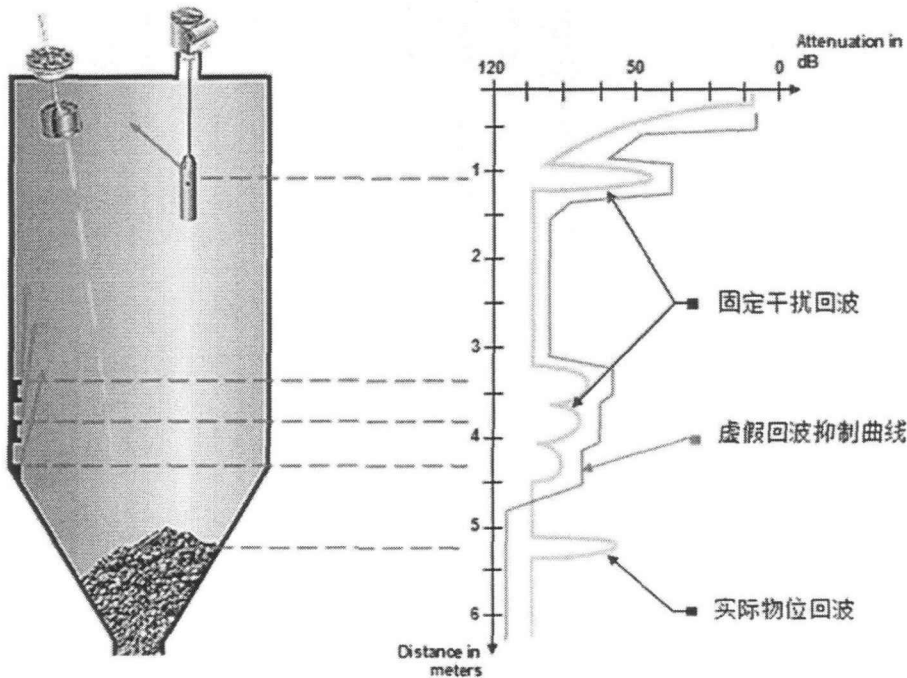


图 5 自动回波抑制后的回波曲线和 TVT 曲线

当容器为空或近空且探头到物料表面距离大于 2 米时,可使用自动虚假回波抑制功能,如果容器带有搅拌器,搅拌器应该是处于运转状态。使用该功能后,物位计将在干扰较大的位置提高置信阈值,自动覆盖住虚假回波,以达到屏蔽固定干扰回波的效果。如图 5 所示,换能器附近的一台仪表和容器内的三个凸起部分产生了四个较大的干扰回波。在修改 TVT 曲线前,物位计会把它当成料位输出一个固定的高料位。为了避免由于容器内其他仪表或工艺部件造成的回波被变送器判断为真实回波,可在容器空罐或近空时运用声智能软件中的自动回波抑制功能,确定所有不必要采纳的虚假回波。采取自动回波抑制后,物位计自动提高了四个干扰回波处的置信阈值,抑制了干扰回波的影响。

回波面积、回波强度和回波次序是决定回波置信度的三个指标,物位计提供回波面积、回波强度、回波次序的单个指标算法,也有三个指标的各种组合平均值算法,声智能回波处理选择以此为基础,使用者可以选择一种在所有物位都能给出最高置信度的算法,以从回波信号中得到真实物位。

如图 6 所示,物位计安装于一个带有加温盘管的容器上,由于发射波打在盘管上而产生的固定干扰回波的强度和置信度都比较高,如果改变 TVT 曲线,可能会影响到物位计在该区域的正常测量。经过分析,虽然该干扰回波的强度和置信度都比较高,但发射波打在盘管上的面积较小,物位计中的回波算法选择功能能够解决,可将原缺省值 BLF 算法(强度最大和回波次序的平均值)更改为 AL 算法(回波面积和强度最大的平均值)准确判断真实回波。

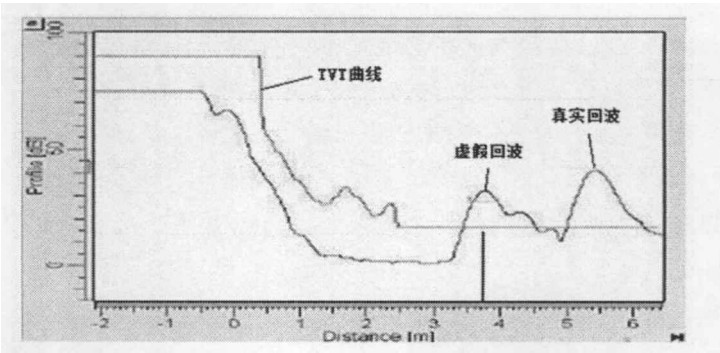


图 6 干扰回波强度较大时的回波曲线

5 现场安装时的注意事项

5.1 垂直

换能器安装的时候,要保证换能器的发射面与被测介质表面平行,声波就

可以垂直发射到被测介质的表面,这样就可以保证声波最大的能量反射回来。

如果测量环境内有蒸汽存在,容易形成冷凝水附在换能器表面,造成声波的严重衰减,当冷凝水大量聚集时,很可能会引起回波丢失,回波处理技术也无法处理此类故障。现在物位计制造厂商针对上述问题,对换能器都加入了自清理功能,使换能器在工作状态下,发射面产生弹跳,自动清理表面附着的冷凝水。当自清理功能效果不显著时,可将换能器的安装角度略微倾斜 3 度左右,以避免冷凝水聚集在发射面,对测量造成的影响。

5.2 罐壁和障碍物

如果罐壁是光滑的,并且在物位降低的时候,不会出现挂料的情况,可以根据换能器的波束角和发射面到罐底的距离,来计算换能器距离罐壁的安装位置。如果罐壁是粗糙的,必须根据实际情况加大换能器与罐壁的安装距离,并在空罐或低物位时查看回波曲线,必要时对 TVT 曲线进行相应修改。

对于换能器波束角辐射面内的障碍物而言,如果是圆形横杆,只要距离超过 1m,直径小于 50 mm,则对测量不会造成影响。如果是辐射面内有平面的障碍物或罐壁凸起的直角,经发现应及时查看回波曲线,若固定的干扰回波大时,应当更换换能器的安装位置。

5.3 盲区

超声波在发射的时候,是一个高压脉冲,并且脉冲结束后,换能器会有一个比较长时间的余震,这些信号根据不同的换能器时间会有不同,从几百微秒到几毫秒都有可能,因此在这个时间段内,声波的回波信号是没有办法跟发射信号区分的。因此,被测物体在这个范围内,回波和发射波区分不开,就没有办法测距,也就形成了一个所谓的盲区。

通常超声波物位计出厂给出的盲区值是在比较理想的状态下测得的。因此,如果我们将物位计安装在密闭容器上,就应该适当加大盲区值。如果容器内有搅拌器引起介质飞溅,使用了较长的导管安装换能器,由于换能器的发射波有可能打在导管上而产生干扰回波,所以也应该增大盲区值,以避免物位计出现测量错误的现象。

6 结束语

超声波物位测量同任何超声测量一样,也是对传播时间和波幅的分析来进行的,声脉冲回波幅度、形态依赖于环境和被测对象。若回波信号不良,再强大的处理能力也无济于事,如高低温液体、由于搅拌而带有倾斜或弯曲表面物质的状况、具有粘附现象和凝聚作用的物质,超声波物位测量仍难以实现。

要让超声波物位计在使用过程中发挥到极致,还必须了解其工作条件和自身特点。

参考文献:

[1]工业自动化仪表与系统手册编委会. 工业自动化仪表与系统手册[M]. 北京:中国电力出版社,2008.

[2]朱炳兴,王森. 仪表工试题集:现场仪表分册[M]. 北京:化学工业出版社,2002:5.

[3]姚若河,张朝基. 超声波反射式液位计[J]. 广西物理,2000,24(4).

作者简介:华莹珂,助理工程师,主要从事工业自动化仪表的应用、维护和管理,贵溪冶炼厂 DCS 系统的应用和维护。