

智能超声波物位计实际应用中的问题及解决

乔治

(甘肃省酒钢集团公司检修工程部 嘉峪关市,735100)

摘要: 简单介绍超声波物位计的基本测量原理及应用特点,针对在生产现场实际应用中出现的环境震动、粉尘蒸汽干扰及换能器老化及安装条件等影响超声波物位计稳定运行的原因进行了分析,提出相应的解决措施,从而降低超声波故障率。

关键词: 超声波; TOF 回波测距; 换能器; 波束角

Abstract: Simply introduced the ultrasonic thing location of thousands of basic measuring principle and application features for the practical application in production appear in the environment vibration, the dust steam interference and transducer aging and installation conditions affect the ultrasonic thing location to count the stable operation of reasons are analyzed, the corresponding measures, so as to reduce the ultrasonic failure.

Key words: Ultrasonic; TOF echo location; Transducer; Beam Angle

中图分类号: TH816+.2

文献标识码: B

文章编号: 1001-9227(2011)05-0070-04

0 引言

近年来,随着微电子技术在仪表测量领域的飞速发展,TOF(Time of flight行程时间或传播时间)测量技术成为发展最快、应用最广的一种物位测量技术超声波物位测量技术即是其中极具代表性的一类。它以其非接触测量方式以及独特的声智能技术、抗腐蚀、免维护、使用寿命长、性价比高等优势,被广泛应用于石化、冶金、水泥、医药等工业部门。酒钢从2000年起,在选矿自动化、不锈钢、碳钢冷轧、焦化干熄焦等多项技改、新上工程中大范围设计、使用。该测量技术对液体、固体物位的测量都具有良好的适用性。但在实际使用中,超声波物位计测量技术也遇到了各种问题,笔者根据设计选用和调试超声波物位计的经验,谈谈超声波物位计应用中的问题及解决方法。

1 超声波物位计的测量原理

TOF 测量技术,又称回波测距技术,其原理是:当声波从一种介质向另一种介质传播时,在密度不同、声波不同的分界面上传播方向就要发生改变,即一部分被反射(入射角=反射角),一部分折射入相邻介质内。假设两种介质对声波的密度分别为 ρ_1 、 ρ_2 , 声波在两种介质内传播的速度分别为 μ_1 、 μ_2 , 反射波的声强为 I_R , 入射波的声强为 I_B , 则存在以下关系:

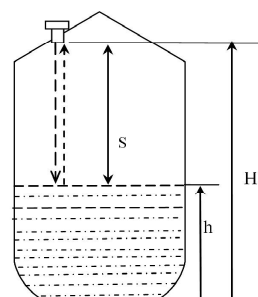
$$I_R = I_B \frac{\left[1 - \frac{\rho_1 \mu_1 \cos \beta}{\rho_2 \mu_2 \cos \alpha} \right]^2}{\left[1 + \frac{\rho_1 \mu_1 \cos \beta}{\rho_2 \mu_2 \cos \alpha} \right]^2}$$

式中, α 为入射角, β 为折射角, $\rho_1 \mu_1$ 和 $\rho_2 \mu_2$ 分别为两种介质的声阻抗。当声波垂直入射时($\alpha = \beta = 0$), 其反射率为:

$$R = \frac{I_R}{I_B} = \left[\frac{\rho_2 \mu_2 - \rho_1 \mu_1}{\rho_2 \mu_2 + \rho_1 \mu_1} \right]^2$$

利用超声波技术测量物位,是应用最为广泛的是超声脉冲回波方法,它的工作原理是:从发射探头发出超声波脉冲在媒介中传到界面,经反射后再通过媒介回到接收探头,根据测出的超声脉冲从发射到接收的时间以及媒介中的声速,即可以求得探头到物料间的距离,从而确定出物位。超声波物位计的高频脉冲声波由一个压电陶瓷换能器(探头)发出,其声源传感器由一只与一块或多块压电晶体相连的测量膜片组成。声波的发射与接收均通过这些压电晶片实现压电晶片一供电就产生微小的机械运动,而此机械运动由膜片转换为声信号。反之,接收声波时,膜片亦会产生机械运动,而此机械运动则被相连的压电晶体转换为电信号(反射信号)。图1给出了超声波物位计的测量原理。当发出的声波信号遇到被测物体(物料)表面,部分反射回波被同一换能器接收,转换成电信号。脉冲发射和接收之间的时间(声波运动时间)与换能器到物体表面的距离成正比,声波传输距离 s 与声速 c 和传输时间 t 之间的关系可用表示:

$$s = c \times t / 2$$



需要注意的是,测得的距离 s 值,表示的是探头到介质表面的距离,通过这个物体(物料)上空距离值就可以得到

收稿日期:2011-06-20

作者简介:乔治(1974-),男,甘肃临夏人,工程师,主要从事钢铁冶金各类自动化仪表维护、检修工作。

容器内的物料高度 $h=H-S$ 。式中: H 为料仓高度,探头到料仓内零料位的距离; S 为超声波物位计实测到的物料上空距离; h 为物料的实际高度。超声波物位计的主要技术性能见表1。

表1 超声波物位计的主要技术性能

技术性能	气介式	液介式	固介式
测量范围	0.8~30m	0.2~10m	0.5~5m
声波频率	3kHz	1MHz	1MHz
误差	±5mm	±3mm	±0.2mm
环境温度	-40℃~50℃	-40℃~50℃	-40℃~50℃

2 超声波物位计的主要特点及应用范围

2.1 主要特点

(1) 超声波物位计无可动部件,结构简单,使用寿命相对较长;

(2) 仪表不受湿度及介质黏度的影响,与介质的介电系数、电导率、热导率无关;

(3) 应用的范围广,各种液体、浆体及各种粉末、颗粒、块状固体物位都可以测量;

(4) 由于其测量方式为非接触式测量,它非常适合对有腐蚀性、高黏度、低温、有毒等物位及界面的测量;

(5) 由于其检测探头采用的压电陶瓷晶片,而声波传导又受到介质温度、压力的影响,部分介质对声波还有很强的吸收作用,因此其在应用上仍有一定的局限性;

(6) 量程范围宽,最高可达70M;

(7) 调试简单,超声波物位计普遍采用智能化设计,通过调试软件通讯可以方便的实现在线维护、参数修改等工作。

2.2 超声波物位计在酒钢的主要应用范围

由于其良好的适用性、可靠性和制造成本逐步下降,超声波物位计已遍及酒钢各个工序:

- (1) 选矿竖炉料仓;
- (2) 选矿磁选及浮选系统矿浆、工业井液位;
- (3) 烧结球团及石灰料仓;
- (4) 储运综合料场原料仓;
- (5) 炼铁喷煤原煤仓;
- (6) 不锈钢厂冷轧系统;
- (7) 动力厂各水泵站的吸水井液位;
- (8) 在酒钢各新上工程如:2800M3高炉及烧结机项目、碳钢冷轧项目、污水处理厂项目、不锈钢二期等都大量设计、使用了智能超声波物位计。

3 实际应用中遇到的问题及解决办法

3.1 环境震动噪音影响

选矿竖炉矿仓料位在线检测和控制中,主要是检测出矿仓料位的高度,并通过连锁布料小车将料位控制在一定的范围内,保证竖炉焙烧系统的正常运行。酒钢于2006年采用6套分体式西门子LU02超声波物位计,分别用于3个竖炉料仓料位测量。但实际运行中稳定性极差,其中以物位计经常出现虚假料位问题尤为严重。由于物位计虚假料位的出现,给竖炉生产的连续自动布料运行造成极大的威胁。对这3套物位计2006年6-12月发生的故障进行统计,见表2。

表2 2006.6-2006.12选矿超声波物位计故障统计表

故障现象	故障次数	故障后果
超声波物位计示值远低于实际值	26	自动布料停止,改为人工手动上料
测量料位示值波动	12	自动布料停止,改为人工手动上料

原因分析:经现场勘查发现,原设计使用一个钢制固定圆柱套筒将超声波物位计换能器安装于布料车端头支架上(见图2)。在布料车自动行进布料时,车上皮带电机运行剧烈震动,其振动与超声波换能器共振产生噪音干扰。使用Dolphin Plus软件连接物位计查看波形图,发现噪音基线较高(见图3)。将换能器后拆下手持对物料进行测试发现,噪音明显减少,测量效果良好(见图4)。可以判定正是由于现场安装未考虑环境震动影响,造成物位计测量故障。必须改变安装结构或位置有效防止共振噪音才能解决这一问题。



图2 选矿竖炉矿仓虚假回波

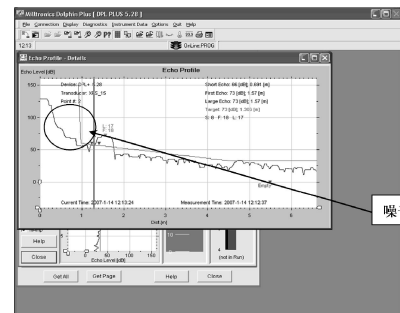


图3 选矿竖炉矿仓噪音干扰波形

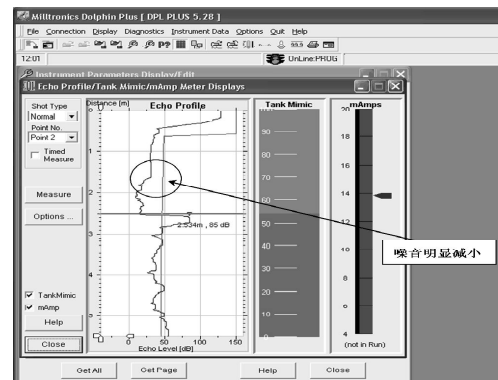


图4 手持换能器测量波形图

解决措施:由于该换能器必须安装于布料小车上,为防止超声波换能器在连接钢制套筒内产生共振,将原安装结构件拆除,改用螺纹套连接方式将整个换能器垂直悬空,同时螺纹连接不能过紧(见图5)。改造后因环境震动引起的测量失准故障明显减少。

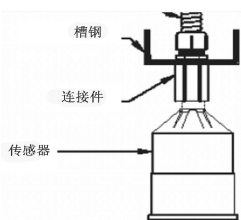


图5 改造后换能器连接图

3.2 粉尘、蒸汽对测量的影响

炼铁喷煤原煤仓原煤料位测量采用超声波物位计，实际使用中出現失波现象导致物位计显示为零或料位显示低于实际值，尤其在冬季运行时更为明显，操作人员为此经常爬上十几米高的仓顶，人工监控上料情况。

原因分析：在原煤仓进料、出料过程中会产生部分煤粉尘，同时冬季运行时为防止原煤被冻结，操作人员使用蒸汽在料场进行加温，导致进仓后的物料仍有部分蒸汽冒出。粉尘、蒸汽会吸收超声波信号，超声波大部分能量都散射吸收了，返回的只是一小部分能量，经常会因此导致失波的现象。另外，在固体料位测量中，不可避免会产生一些粉尘，而粉尘也会吸收超声波的能量，使回波能量被衰减。当粉尘粘附在换能器表面后，使换能器发射的能量大大降低，造成测量偏差。

解决措施：在炼铁喷煤原煤仓的测量中除了冬季蒸汽的影响外还有料仓上方皮带下料时大量的粉尘对超声波的吸收影响，因此我们在超声波探头的外缘加装了一套压缩空气吹扫风幕，既能很好的阻断蒸汽、粉尘附着于超声波探头上又将超声波的传输通路用压缩空气吹开，保证测量准确性，实际应用效果十分良好，近年来几乎没有维护量。该方案对此类环境中使用超声波物位计有良好的借鉴意义。

3.3 物料散射及超声波换能器老化的影响

2001年起选矿系统共安装66套西门子The Probe超声波物位计(仓高5m,物位计量程10m),连续使用8年后出现回波信号明显减弱、测量失准的问题。2010年7月,我们对66套料位计的探头使用调试软件在3~4m距离内对平面物体测量性能进行普查发现,近2/3的探头出现回波信号明显减弱的问题,在测量直径较大的块矿时则效果更差。

原因分析：超声波换能器能将(交流)电信号转换成机械振动而向介质中辐射(发射)超声波,或将超声场中的机械振动转换成相应的电信号的装置称为超声波换能器(或称为探测器、传感器、探头)。超声波传感器一般都是可逆的,既能发射也能接收发射超声波。最常用的是压电式探头。压电式直探头主要由压电晶片、吸收块(阻尼块)、保护膜组等成,其结构如图6所示。压电晶片多为圆板形,其厚度与超声波频率成反比。

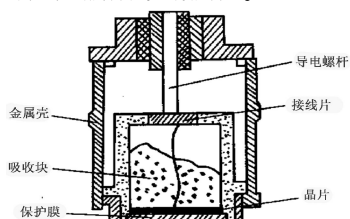


图6 压电式超声波探头结构

超声波物位计的核心部件就是其探头高频脉冲声波源-压电陶瓷换能器。超声波料位计在测量固体颗粒状物料时,超声波的反射状况与声波波长、固体颗粒物的粒径有关。当固体颗粒物的粒径接近或大于声波波长时,声波会在固体物料表面产生漫反射。由于漫反射作用,超声波大部分能量都散射了,返回的只是一小部分能量,经常会因此导致失波的现象。选矿竖炉料仓超声波物位计其声源部件压电陶瓷换能器在连续使用7~8年后出现了能量减弱,从而导致测量失准。因此,考虑到声波在实际安装环境中的传输易被被测介质吸收、散射,为提高其测量准确性,尤其在测量固体颗粒物的粒径较大的物料时往往需要选择比实际料仓高度大2~3倍量程的超声波物位计。如某料仓仓高10m,选择的料位计量程上限就要20~30m,这样实际提高了探头高频脉冲声波能量,保证物料回波信号的真实和足够的能量。在测量易吸收、散射声波的固体物料时,必须考虑选择较大量程保证其发射声波有足够能量,同时还要其长期使用寿命问题。

解决措施：由于压电陶瓷换能器的老化,我们更换了部分换能器,同时在换能器(探头)的表面加泡沫贴面以提高发生强度和接收灵敏度,并增强泡沫面的震动,增强自清洁能力。物位计量程选用比实际量程大一个等级,以提高超声强度。取得良好的使用效果。

3.4 波束角的影响

2007年选矿矿池液位选用The Probe量程0~6m的超声波液位计测量,但安装后在1.5m以下无法测量,超声波物位计测量不准,经常失波,显示LOE,导致磁选连续自动液位控制无法投入。

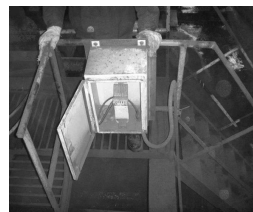


图7 改造前选矿矿池液位安装图

原因分析：经实际勘查发现,超声波液位计安装位置与池壁水平距离仅150mm,超声波液位计The Probe发射角 $\alpha=10^\circ$,液位计与墙壁距离和测量量程要求为1:10(图8),波束角与波束半径、距离关系为:

$$r/L = 1/10 \quad (r = L \times \text{tg}5\alpha)$$

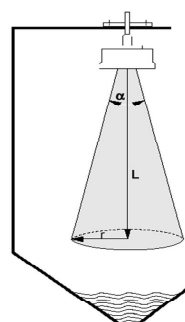


图8 超声波液位计安装示意图

根据公式选矿矿池液位测量范围为6m,根据公式可知,超声波换能器的安装位置至少距离池壁600mm以上,

防止在超声波波束范围内出现阻挡物,从而影响测量准确性。各种类型的超声波探头都有它的声波指向角。随着发射波距离加大,声波传送的波束范围也加大。在波束范围内的任何物件,包括容器、储罐的壁都会产生反射回波。所以,探头安装位置不宜距离器壁太近。

解决措施:分析处以上原因后,我们将超声波液位计移至矿池中间位置,距离池壁800mm,同时清除探头阻碍声波范围的异物,测量准确。随着测量技术的发展,目前国内外生产的超声波液位计大多采用了智能回波处理技术,使用智能软件对超声波测量范围内的固定物或旋转叶轮等回波信号进行智能抑制处理,均能取得良好的测量效果。

4 结论

超声波物位计由于其测量准确、维护量小、运行可靠性高等特点在酒钢各生产工序使用范围越来越广,而且随着技术发展,其价格也却来越低。通过近年来的实际应用,我们认为超声波物位计选型及安装必须考虑结合其

自身特点、安装环境因素、被测介质属性,在常规水位测量及环境较好的固体物料测量系统中推荐使用。同时,近年来随着工业测控技术的发展,雷达(微波)物位测量技术已十分成熟,且生产成本也逐渐接近超声波物位计,因此在测量环境中温度较高、蒸汽较大等测量环境复杂、测量精度要求高等超声波物位计难以胜任的物位测点,可以合理选用雷达物位计进行测量。

参考文献

- [1] 仪表工手册[M]. 化学工业出版社, 2003.
- [2] 张华, 赵文柱. 热工测量仪表(第3版)[M]. 冶金工业出版社, 2006.
- [3] 李竞武. 物位测量新技术及我国的物位仪表行业概况[J]. 中国仪器仪表, 2007年, 9期.
- [4] 张德华, 吕敏. 超声波式物位测量[J]. 计量与测试技术, 2006年, 33卷.

(上接第69页)

产生较大的干扰,引起系统复位或死机。如图3,本设计采用光电耦合器TLP521进行了驱动隔离,VDD和VCC1的地线相互独立,二极管D1起到快速释放感应电压的作用,有效抑制继电器对系统的干扰。

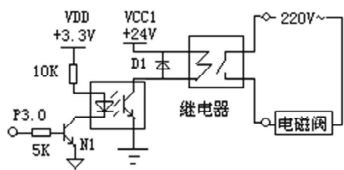


图3 阀门控制电路

2.5 液晶及键盘

采用北京青云公司带中文字库的LCM12864ZK液晶显示信息。菜单操作通过矩阵式键盘实现,有左右移、上下翻、确认、取消等按键。

3 软件设计

3.1 总体流程

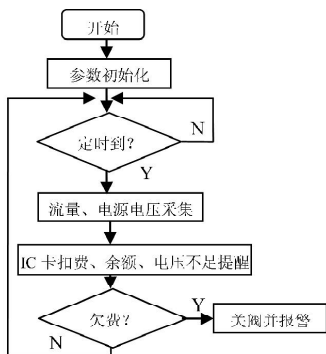


图4 主程序流程

如图4,系统上电后首先对单片机时钟、定时器、AD和UART模块,以及液晶显示器等外设进行初始化,再启动5秒定时器,当定时中断产生时读取超声波流量计数据。计算IC卡余额时,采用两次读取累积量差值作为该时间段

内的累积用量,这样可以保证即使系统掉电也不影响计量的精度。若余额达到设定报警值,则由蜂鸣器发出报警,若已欠费则关闭,直到再次充值为止。

3.2 电源电压监控功能实现

单片机自带的12位AD模块使用非常灵活,可以选择多个电压参考源,且具有多种转换模式。本设计选用内部2.5V电压作为基准源,采用单次序列转换模式,在定时到达后启动AD读取电池电压(经过电阻降压),通过中断读取ADC12MEMx内的转换结果,和预先设定的阈值对比,若欠压则给出声光提示。

3.3 流量计通讯程序设计

单片机定时采集流量计数据,首先应将RS485总线转变为发送状态,发送命令后立刻转换成接收模式,监控返回数据,并启动TIMERB设定100ms定时,若在规定时间内没有数据返回,则要求流量计重发,否则分析得出流量/热量数据。

3.4 IC卡操作程序实现

采用单片机I/O端口模拟I2C总线对IC卡进行操作。首先进行PSC认证,再将加密后的流量/热量数据写入存储区。就数据加密算法而言,有DES、RSA和MD5等加密算法,本设计采用DES加密和自编加密算法相结合的方法,大大提高了数据的安全性。

4 结论

本文在不破坏原有MLF-100流量计量系统的基础上开发了配套的IC卡控制仪,设计中充分利用了单片机的集成模块,和原系统兼容性好,值得推广。

参考文献

- [1] 潘浩, 马秋芳. 高性能无纸记录仪的研制[J]. 微计算机信息, 2007, 12(35): 105 - 107
- [2] 胡大可. MSP430系列FLASH型超低功耗16位单片机[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001