

# 超声波物位仪在煤仓料位检测应用中的研究

王 杰<sup>1 2</sup>

(1. 北方工业大学 信息工程学院 北京 100041;

2. 北京工业职业技术学院 建筑工程系 北京 100042)

**摘 要:** 分析了煤炭工业各种复杂工况,介绍了智能超声波物位仪的工作原理,阐述了煤仓料位检测的特殊工况对超声波的影响,提出了合理的设计方法以及特殊的安装要求。实践证明,在安装得当,调试正确的条件下,采用合理设计的智能超声波物位仪能够很好地适应煤炭工业的多种料位检测。

**关键词:** 超声波; 煤仓; 物位仪

中图分类号: T - TN015

文献标识码: A

文章编号: 1671 - 6558(2013)03 - 42 - 03

## Research of Ultrasonic Level Meter Application in Coal Industry

Wang Jie<sup>1 2</sup>

(1. College of Information Engineering, North China University of Technology, Beijing 100041, China;

2. Architectural Engineering Department, Beijing Polytechnic College, Beijing 100042, China)

**Abstract:** This paper analyzes the various complicated working conditions of the coal industry, introduces the working principle of intelligent ultrasonic level meter, expounds the coal bunker level detection of special conditions for the influence of ultrasonic, and proposes the reasonable design method and special installation requirements. It is proved that if the installation is appropriate and debug is correct, using the reasonable design, intelligent ultrasonic level meter can be very well adapted to a variety of material level detection in the coal industry.

**Key words:** ultrasound; coal bunker; level meter

### 0 引言

在煤仓料位检测中,料位测量介质主要分为以下几种:煤块、煤粒、煤浆、煤粉。超声波物位计适合绝大多数的测量,但是,如果煤粉比例超过70%,采用超声波物位仪就很难测量,这时最好采用射频导纳或雷达物位仪。除了成品煤粉与煤浆仓外,其他煤仓内多为煤块和煤粉的混合物,进料时都会扬起大量灰尘。在煤块大于10mm、粉末小于30%的情况下可以正常测量,粉末在30%~50%之间时,仪表会出现不稳定,粉末大于50%的情况下,仪表无法使用。这就需要

设计人员全面的分析现场工况,根据介质特性、使用环境、是否存在灰尘和料位波动等实际情况,选择适合的物位检测仪表和正确的安装方式。鉴于此,有必要对煤仓料位检测中的影响因素进行详细的研究,以找出提高测量性能的方法。

#### 1 超声波物位仪工作原理

超声波是一种机械波,需要借助介质进行传播,在不同介质中速度传播不同,在气体中以纵波形式传播。它的基本特征是频率高(频率大于20kHz),而波长短,绕射现象小。其最明显的一个特征是方

收稿日期: 2013 - 05 - 21

作者简介: 王杰(1983 -),男,山西平遥人,主要从事电子与通信工程领域研究及学生教育管理工作。

向性好,能够在一定程度上呈直线传播,遇到杂质或分界面就会有显著的反射。

超声波物位仪工作原理是依据回波测距原理,根据传播时间来测量从超声波换能器(探头)表面到被测物体表面距离。超声波从换能器表面向被测物表面发射,遇到物体反射回波,回波传播到换能器,被换能器转换成电信号。超声波脉冲从换能器发出到回波返回,一个来回的总时间与换能器到物体表面的距离成正比关系。这个关系可表示为:

$$S = v \times t/2 \quad (1)$$

$$L = H - S \quad (2)$$

其中:  $L$  为料位高度,  $H$  为罐高,  $S$  为测空距离,  $v$  为传播速度,  $t$  为传播时间<sup>[1]</sup>。

这就涉及到超声波的传播和反射性能,只有这2个方面都表现优良时,才能实现良好的测量效果。超声波的传播性能主要由声压和声强决定。介质中有声场时的压强与没有声场时的压强之差即为声压。它是随时间变化的,在实际检测中,通常用它的有效值来表示超声波的强弱程度。声波平均能流密度的大小叫声强。声强的大小与声速、声波的频率的平方、振幅的平方成正比。超声波的声强大是因为其频率很高,炸弹爆炸的声强大是因为振幅大。超声波的反射性能主要由2种介质的声阻抗之比决定。声阻抗是声波传导时介质位移需要克服的阻力,一般用介质密度和声速的乘积表示,即  $\rho v$ 。在空气中的声阻抗  $\rho v = 428.5 \text{ kg/ms}$ 。声阻抗越大则推动介质所需要的声压就越大,声阻抗越小则所需声压就越小。当超声波从空气中垂直射向某液体界面或是固体界面时,因为液体或固体的密度远远大于空气的密度,所以超声波几乎是全反射回来<sup>[2]9</sup>。

## 2 影响超声波物位仪测量性能的主要因素

### 2.1 介质属性

超声波是在介质中传播的。在本文中超声波主要是在空气中传播,如果空气中含有杂质,比如水汽、粉尘等,会影响超声波的传播速度,当介质在传播方向不均匀时还会影响回波的误反射和衰减,这些都会对物位计测量产生影响,严重时可能导致其无法正常工作。

### 2.2 温度

在介质、压强不变的理想条件下,存在很宽的一个频率带,超声波的传播速度不受频率和波长的影响,却和温度存在如下关系<sup>[3]</sup>

$$v = \sqrt{\frac{RT\gamma}{M}} = 331.45 \sqrt{\frac{T}{273.16}} \quad (3)$$

式(3)中:  $R$  为普适常量  $8.134 \text{ kg/mol}$ ;  $T$  为气体温度(绝对温度);  $\gamma$  为定压热容与定容热容的比值,空气为 1.40;  $M$  为气体分子量;空气为  $28.8 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$ 。

代入摄氏温度  $t$ :

$$v = 331.45 \sqrt{1 + \frac{t}{273.16}} \approx (331.45 + 0.61t) \text{ m/s} \quad (4)$$

由式(4)可知,温度对超声波的传播速度的影响是很明显的。比如,在1个标准大气压下,温度为  $0^\circ\text{C}$  时,超声波在空气中传播速度是  $331.45 \text{ m/s}$ ;而当温度为  $25^\circ\text{C}$  时,超声波在空气中传播速度是  $346.7 \text{ m/s}$ 。所以,在实时测量时,必须考虑温度因素对超声波传播速度的影响,加以补偿。

### 2.3 超声波的衰减

由于现实中的测量环境不可能是理想状态,超声波的传播往往存在衰减现象,即在介质中传播的过程中,声压或声能以及反射回波逐渐减小的现象。造成这种现象的原因主要有以下几个方面<sup>[2]8</sup>:(1) 声波扩散衰减。因为随着传播距离的增大,波阵面也随之增大,这样其单位面积的声能或声压就会随之减小,产生的回波也相应较弱,回波传到探头时强度更弱。这种形式的衰减只与传播距离和波阵面形状有关,与传播介质的物理特性无关。(2) 声波散射衰减。这是由于声波在传播过程中,传播介质的密度不够均匀,或存在杂质,以至于各点声阻抗不同,发生无规律的反射和折射,从而使测量方向的声压或声能减弱。(3) 声波被介质吸收。这是由于传播介质的粘滞性、热传导性和分子弛豫过程,使有规的声运动能量不可逆的转变成为无规的热运动能量<sup>[4]</sup>。

超声波在大气中传播时的衰减,主要由于空气中的振动质点不断相互摩擦碰撞和热交换,导致声能量损失引起的。超声波在空气中的衰减系数可用下面的方程表示

$$\beta \approx \frac{8\pi^2 f^2 \eta}{3\rho v^3} \quad (5)$$

式(5)中  $\beta$  是超声波在空气中的衰减系数,  $v$  是超声波速度,  $\rho$  是传播介质密度,  $f$  是超声波频率,  $\eta$  是动力粘滞系数。将式(3)代入式(5)可得

$$\frac{\beta}{f^2} = \frac{8\pi^2 \eta M^{\frac{3}{2}}}{3\rho(\gamma \times R \times T)^{\frac{3}{2}}} \quad (6)$$

由式(6)可知,当在某恒定温度  $T$  下,  $\gamma$ 、 $\eta$ 、 $M$ 、 $R$  都是常量,因此衰减系数与超声波频率的平方成正比关系,即在空气介质中,发射的超声波频率越高,

衰减系数越大,传播相同的距离损失的能量也就越多,反之传播相同的距离损失的能量就少<sup>[2]8</sup>。一般在实际超声波测距应用中,短距测量时可用50KHz,中距测量是可选用40KHz,长距离测量时可选用30KHz。

### 3 超声波物位仪设计特点

#### 3.1 适当提高换能器功率

换能器是超声波物位计的核心器件,现在用的超声波换能器除了磁致伸缩结构以外就是常用的用前后盖板夹紧压电陶瓷的“朗之万”换能器。超声波就是通过换能器将高频电能转换为机械振动。换能器的特性取决于选材和制作工艺,同样尺寸外形的换能器的性能和使用寿命是千差万别的。对于存在水汽和少量粉尘的介质,要选择功率较大或者量程比实际量程大2倍以上的仪表,增大声压和声能,以减少超声波的衰减,提高回波强度。

#### 3.2 增加温度传感器

煤炭工业环境温度环境复杂,变化较大,比如昼夜温差、季节温差,以及工况作业时的温度变化,这

些很容易影响测量精度,所以要加入温度检测环节<sup>[5]</sup>,实时反馈温度数值,然后由公式(4)确定声速,代入式(1),计算测量距离。温度测量环节可以集成在表头内部,也可以采用分离的方式,预留出接线端子,通过专门的温度测量仪表测量介质温度,然后将数据送到超声波物位计。

#### 3.3 适当选择发射频率

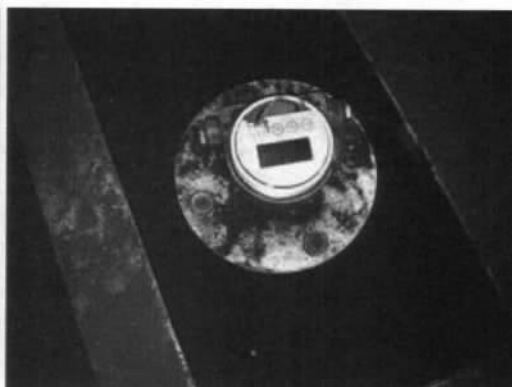
在煤炭工业,考虑到传播介质中粉尘较多,容易对超声波造成衰减,对回波产生干扰,所以要选择较小的发射频率。要通过实验确定最佳频率值,不同的介质,不同的环境应该采用与之匹配的频率,这样才能有效的提高测量性能。

### 4 超声波物位仪合理的安装方式

煤炭行业,工况比较恶劣,安装不当,容易造成超声波物位仪表探头被煤浆或者煤灰堵塞,如图1所示,造成仪表失灵或者损坏。为此,一方面在设计安装结构时,要综合考虑超声波物位仪表本身固有的盲区,留出足够的距离;另一方面要考虑到日常维护和清理灰尘方便。



a 错误的安装方式1



b 错误的安装方式2

图1 错误安装方式

可以根据实际工况,将超声波物位计架高,并留出一扇门,这样的结构,既能保证盲区的要求,又能方便日常的维护与检修。特别是对物位波动较大,比如需要搅拌的煤浆,容易扬起粉尘的煤仓等,均应采取这种安装方式。

### 5 结论

本文根据煤炭工业实际工况,讨论了影响超声波工作的因素,并且针对各种影响提出了设计特点,对安装方式也进行了讨论,设计了合理的安装结构。产品在陕煤集团神木张家峁矿业有限公司水煤浆厂的应用中取得了显著成效。

### 参考文献

- [1] 岳志华. 声波物位仪应用于煤仓煤位监控的研究[J]. 科技资讯, 2007(4): 6-7.
- [2] 李云龙. 超声波物位传感器设计与测距算法研究[D]. 南京理工大学, 2012.
- [3] 马大猷. 现代声学理论基础. 科学出版社[M]. 2004.
- [4] 乔治. 智能超声波物位计实际应用中的问题及解决[J]. 自动化与仪器仪表, 2011(5): 70-73.
- [5] 李茂山. 超声波测距原理及实践技术[J]. 实用测试技术, 1994(1): 10-12.

(责任编辑: 刘莉宏)