

超声波与选矿测试

赵志洲 李富权 赵玉华 李晓萍

(黑龙江矿业学院 鸡西 158105)

声波是一种机械纵波。其频率超过人类听觉上限的声波称为超声波。通常指高于20 000Hz的声波。由于它的频率高,波长短,从而衍射弱,方向性好,容易获得较高的声压和声强,在固体和液体中有较大的穿透能力。所以,在科学技术上广泛应用。例如:超声波探伤、B超诊断、航海定位、超声切割、焊接、缝纫、搅拌、清洗和乳化等等。本文仅对在选矿测试中的几种新兴的、有前景的超声波应用做一论述。

一、超声波测矿浆浓度

应用超声波测矿浆浓度,它的优点是可以在管路上进行连续在线测量,其检测元件不与被测液直接接触,安全可靠,是一种很有前途的方法(例如,该方法可在环境监测中用于测量城市污水浓度)。基本原理如下:

超声波在介质中传播,其强度(声强)逐渐衰减。其衰减的程度与许多因素有关。超声波在不同介质中传播时,在距离相同的情况下,其衰减程度不同。

当超声波在固体颗粒悬浮液中传播时,假定是悬浮液中的固体颗粒是刚性小球,其半径远小于声波的波长。根据声学理论,声波在这样的悬浮液中传播时,其振幅是按指数规律衰减的:

$$A = A_0 e^{-kLr^3q}$$

式中, L 是声波在悬浮液中的传播距离, r 是悬浮液中固体颗粒的半径, q 是悬浮液的浓度, f 是声波频率, k 是衰减系数, A_0 是当浓度为零($q = 0$)时,传播 L 距离后的声波振幅, A 是在被测浓度下,传播 L 距离后的声波振幅。

在上式中,如果超声波声源不变,也就是频率是固定的;测试条件不变,也就是传播距离 L 不变;另外,被测矿浆组成不变,则 A_0 、 k 、 L 、 f 、 r 均为常数。这时,只要测出 L 处声波振幅 A ,便

可求出浓度 q 。

二、超声波测物位

利用超声波测量各种仓的物位,如:原煤仓。它的优点是测量范围大(可达30米),准确可靠。

超声波测物位是根据声波在介质中的传播及在两相界面上的反射原理进行测量。一般有两种基本类型,一种是只测量仓中物料的高位或低位;另一种是连续测量指示仓中的物位。其工作原理也不相同。

定点式测量某一煤位的原理如图1所示。在仓壁预定的高度 H 位置上安装超声波发射探头 PXE_1 ,并在同一水平的相对仓壁上安装超声波接收探头 PXE_2 。当物位低于 H 时它们之间没有阻挡,发射出的超声波能被 PXE_2 接收,二次仪表不发出报警指示信号。当物位高于 H 时,超声波被阻断,由于声波遇到气-固界面时多数被反射,而穿透是很小的,这时接收探头接收不到超声波信号,二次仪表就发出报警指示信号。表明物位已到预定高度。

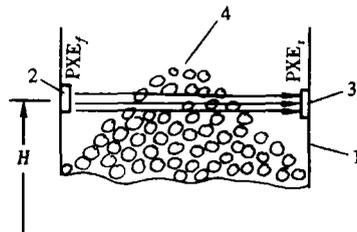


图1 定点式物位测量原理

1. 仓壁; 2. 超声波发射探头; 3. 超声波接收探头; 4. 物料

图2是利用超声波连续测量指示仓中的物位的原理图。在仓的顶部安装超声波发射探头,不断向下发出固定频率的超声波,经被测物料表面反射,被顶部探头接收,根据超声波发出到接收的间隔时间可以计算出仓中的物位。

如果仓中物料的表面是平面,物位可按下式计算:

$$H = L - CT / 2$$

式中, H 是仓中物料高度, L 是仓的有效深度, C 是空气中的声速, T 是声波往返所用时间。

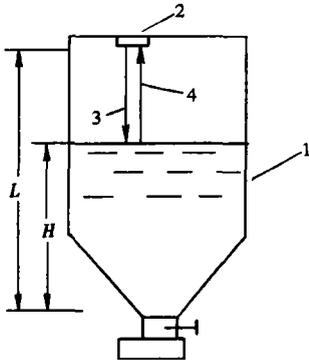


图2 连续测量超声波物位原理

1. 仓壁; 2. 超声波发射与接收探头; 3. 发射超声波;
4. 反射超声波

三、超声波测流量

超声波在流动的流体中传播时,就载上流体流速的信息。通过接收到超声波就可以检测出流速或流量。常用的方法有传播速度差法、多普勒法等。传播速度差法又包括直接时差法,相位差法和频差法。其原理都是测量超声波脉冲顺流和逆流时速度之差来反映流体的流速,从而测得流量。

多普勒法的原理是基于声波的多普勒效应。声的多普勒效应是当声源与接收器发生相对运动时,接收器接收到的声波频率会有变化,称为多普勒频移。

如图3所示,当随流体的速度 v 运动的颗粒流向声波发射器时,此时颗粒就是声波的接收器,它接收到的声波频率 f_1 为:

$$f_1 = f_0(c + v \cos \theta) / c,$$

式中, c 是声波在介质中传播速度, v 为声源和

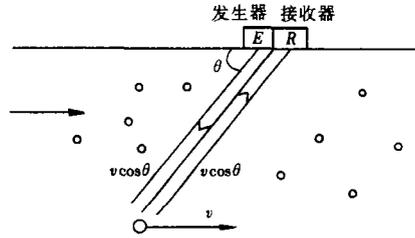


图3 多普勒超声波测流量原理

接收器的相对运动速度, θ 为声波方向与流速 v 间夹角, f_0 是声源的声波频率。

当颗粒将接收到的 f_1 频率的声波传给接收器时,接收器接收到的声波频率将为 f_2 , 即:

$$f_2 = f_1 c / (c - v \cos \theta)$$

因此, 声波接收器和发射器间的多普勒频移 Δf 为

$$\Delta f = f_2 - f_0 = 2 f_0 v \cos \theta / (c - v \cos \theta)$$

当声波速度在约为 1500m/s, 而矿浆流速最大仅为 10m/s 时, $v \cos \theta$ 可忽略不计, 于是得:

$$\Delta f = 2 f_0 \cos \theta (v / c)$$

因此: 测得 Δf 即可测知矿浆流速, 而测得流量。

此外, 在选矿测试中, 还经常用超声波测矿浆的粒度和粘度。超声波测矿浆线粒度已广泛应用于生产实践中, 目前已出现换代产品, 即美国的 Autometrics 公司生产的 PSM-400 线粒度分析仪。利用超声波测矿浆的粘度, 是利用流体对振动元件的阻尼衰减作用来检测其粘度。

• 语丝 •

怎样做好一个科学家

要做好一个科学家, 一定要有追根究底的精神。因此, 在现实社会里很容易妥协的人一定不会成为一个好的科学家。生活上容易妥协的人绝对不会成为很好的科学家, 即便他读了

不少书, 花了许多时间在实验室, 也没有多大用处。另外, 一个人在成长的过程中必须养成尊重别人的习惯, 这一点不做好的话, 也很难成为一个杰出的科学家。所以我觉得民主的观念对科学家的培养非常重要。

摘自李远哲在获得 1986 年度诺贝尔化学奖时的演讲