

超声波液位计在猴子岩水电站机组顶盖水位测量中的应用

宋柯, 袁永生, 王加一

(国电大渡河猴子岩水电建设有限公司, 四川 康定 626005)

摘要:根据监测得到的数据,从顶盖超声波液位测量原理、控制过程、抗干扰优化及日常水位控制效果四个方面,对顶盖超声波液位测量在猴子岩水电站的实际应用进行分析研究,取得了一些有价值的成果,对顶盖水位的控制以及水淹厂房的事故预防具有重要意义。

关键词:超声波液位计;顶盖液位测;干扰因素;实际应用

中图分类号: TB51+7; TV741; P332.3

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2018)05-0078-04

0 引言

液位测量在工业生产中应用极为广泛,准确的液位测量是生产过程控制的重要手段,在水电行业的检测中更是如此。目前常用的液位测量主要采用直读法、浮力法、差压法等。水电站机组顶盖液位测量工况十分复杂,顶盖内水位波动较大,水花飞溅,对液位测量准确性产生很大的影响。一般的液位测量方法,如采用投入式的液位传感器测量顶盖内水位,存在传感器底部泥沙淤积、堵塞传感器测压孔,易使传感器损坏,产生测量误差;而采用超声波液位计测量顶盖水位,方法简单,探头不直接与介质接触,但其缺点也很明显,容易受顶盖振动、水位波动等环境干扰。本文针对以上问题,对超声波液位计测量机组顶盖水位进行研究,提出有效可行的解决方案,使测量的可靠性和精度都得到很好的兼顾,满足生产需要。

1 超声波液位计

1.1 超声波液位计测量液位原理

超声波在介质中传播时,有较好的方向性,波速与普通声波相同,具有传播过程中能量损失较少,遇到分界面时能形成反射的特性,故可采用回波测距原理来间接测量液位,其基本原理如图1所示。

E 通常被称作总高,设超声波的空气中波速为 V ,发射时刻 T_0 ,收到回波时刻为 T_1 ,则液位 H 可表示为:

$$H = E - L = E - \frac{V(T_1 - T_0)}{2}$$

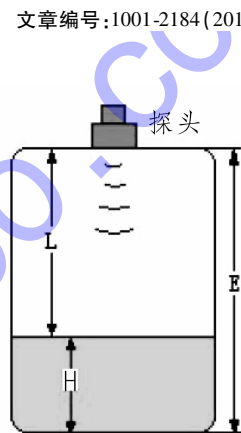


图1 超声波液位测量原理

1.2 液位计超声波在测量中的衰减

超声波在介质中传播,其能量将随着距离的增加而减小,这种现象称为超声波的衰减。超声波衰减的因素主要有两类:一类是声束本身扩散,使单位面积上的能量下降,或反射、散射的结果,使能量不能再沿着原来的方向传播,在这一类事件中,超声波的实际总能量并没有减少;另一类是,超声传播中,由于介质的吸收,将声能转换为热能,因而使声能减小。后一类的机理比较复杂,主要有粘滞吸收、弛豫吸收、相对运动吸收及空化气泡吸收等。

2 超声波液位计在顶盖液位测量中干扰因素分析及解决办法

2.1 干扰因素分析

由于超声波液位计自身结构局限性及测量空间区域环境影响,均会对液位测量造成干扰,导致测量数据跳变、不稳定,线性度变差,测量干扰主要来源于以下几个方面:

(1)波束角。由于超声波是散射波,超声波探头具有一定的波束角,那么在较低液位时,液面面积变小,露出水面障碍物如管道和斜面等对超声波具有很强的回波反射,这样对液位计输出的液位信号就产生干扰,影响测量准确性。

波束角与波束半径、距离关系为:如图 2 所示。

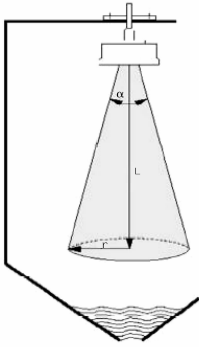


图 2 超声波液位计安装示意图

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,包括容器壁都会产生反射回波。

(2)盲区。最高液位到超声液位计探头表面的距离应大于探头的盲区。这里需要注意的是:盲区是在比较理想的状态下测得的,因此如果安装在封闭的空间,那么盲区值最好加大 20%。

(3)水面波动。当机组旋转时,由于顶盖内壁四周有水泵及管路,水流旋转冲击在顶盖内产生纵向和横向水流,导致水面波动较大,对超声波传感器测量造成干扰。

(4)水流飞溅。随水轮机旋转,机组密封漏水受离心力作用向四周飞溅,对超声波液位计测量造成干扰。

(5)探头振荡。机组运转时,顶盖振动不可避免,探头安装太紧或探头侧面接触其它东西,探头产生余振,谐振特性会改变导致测量不准。

(6)“虚假”液位。顶盖液体表面漂浮有许多杂质和一些泡沫,当水气聚集在超声波传感器下方时,超声波液位计的输出经常会有“虚高”现象发生。

(7)信号传输干扰。为便于水位采集,超声波探头安装于顶盖上,而猴子岩电站设计时将超声波采集装置集成在顶盖排水控制屏柜内,采集装置与探头间存在一定的距离,在信号传输的过

程中,难免会与其他信号存在相互干扰。

2.2 解决方案

经对液位计测量原理、安装环境及材料选型反复研究,采取如下解决方法:

(1)选用导波筒。运用导波筒的目的是使得超声波只能在管内传播和反射,大大降低了无用回波的干扰,同时也可防止水流飞溅、水面波动等影响。导波筒是一刚性的、壁厚为 5 mm、内壁十分光滑的不锈钢圆筒,根据测量液位高度确定导波筒内径及长度,其内径需大于超声波传感器测量高度波束直径。由于导波管相对封闭,在上端部开有 8 个呼气导压微孔,保证筒内与筒外大气连通,不会造成筒内液面“虚高”现场。加装导波管的顶盖如图 3 所示:

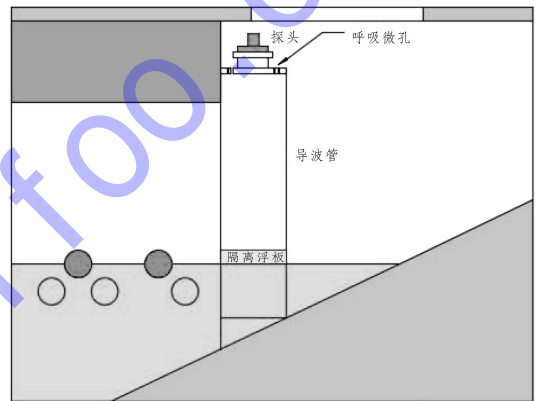


图 3 加装导波筒的顶盖示意图

(2)导波筒固定。为减小水流冲击及机组振动引起超声波传感器在连接钢制套筒内产生共振,影响采集精度,将导波管的上端装在与顶盖相配的法兰上,下端安置在顶盖底部斜面支撑架上,用螺栓连接,便于拆卸,保证导波筒竖直、牢固,同时在导波筒与支架、超声波探头与导波筒间均加装防振垫。

(3)在导波筒内加装浮板。为消除筒内液面波动及液面泡沫对测量精度的影响,减小超声波回波衰减,在导波筒内加装反射超声波的聚丙烯(PP)材料浮板,采用圆形设计,厚度适中,直径略小于导波管内径。聚丙烯为无毒、无臭、无味的乳白色高结晶的聚合物,密度只有 $0.90 - 0.91 \text{ g/cm}^3$,是目前所有塑料中最轻的品种之一,能浮于顶盖水面,能有效增强回波反射、吸收液面泡沫的干扰。导波管底部安装隔离浮板支架,防止在低

水位时隔离浮板发卡或脱落。

(4)增加信号屏蔽线。为保证超声波测量信号从探头到装置稳定可靠,探头引出线采用带有屏蔽外壳的电缆,有效避免了与其余信号线及动力缆线之间相互干扰。

3 超声波检测顶盖液位测量系统实际应用

3.1 测量系统配置

猴子岩水电站顶盖水位控制系统装设有一套超声波液位计和一套投入式液位传感器,根据不同的液位,自动启停排水泵并根据预定逻辑报警,其中停泵水位 380 mm、启工作泵水位 750 mm、启 1#备用泵水位 850 mm、启 2#备用泵水位 950 mm、过高报警水位 1 050 mm。

根据现场环境条件,导波筒设计长度 1 330 mm,内径 300 mm,浮板直径 280 mm,厚度 10 mm。

超声波传感器选用西门子 Echomax XPS - 10 型高频率超声波探头,可用于各种固体和液体测量,量程:最小 0.30 m,最大 10 m;频率 44 kHz;波束角 6°;A = 88 mm,B = 122 mm,如图 4 所示。

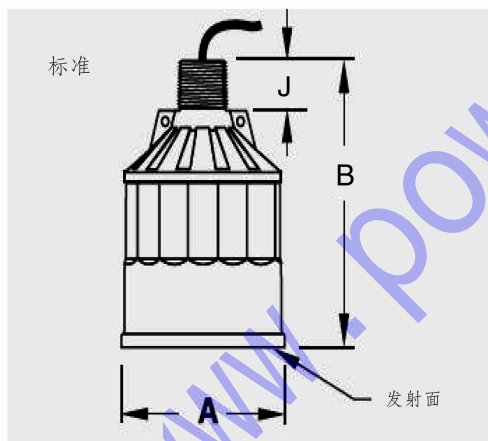


图 4 超声波液位计探头示意图

3.2 超声波液位计信号上送

超声波采集装置采用电容式接收回路,通过内部整流输出 4 - 20 mA 模拟量。在猴子岩的顶盖水位中,通过将超声波的 4 - 20 mA 模拟量,上送至监控系统现地控制单元 LCU 及顶盖水位控制 PLC,进行水位控制并按预定逻辑报警。其具体接线如图 5 所示。

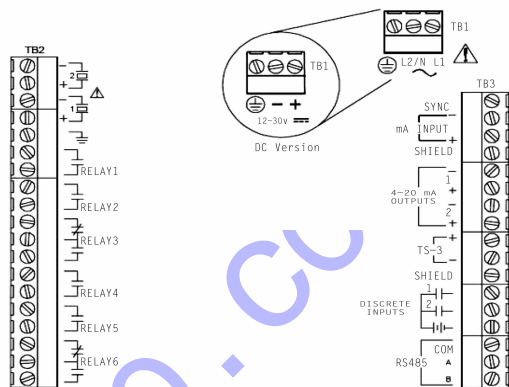


图 5 超声波采集装置端子板示意图

猴子岩顶盖水位控制系统属于机组辅助设备控制系统,设计单独的 PLC(可编程控制器),为保证水位测量信号上送安全可靠,采用两种方式上送监控系统现地控制单元,一种方式是通过网络通信上送;另一种方式采用超声波 4 - 20mA 模拟量信号上送,为防止回路中“浪涌电流”对其他设备的损坏,信号经过 1A 的保险,并安装了施耐德信号防雷器。由于超声波水位测控装置只有一路 4 - 20mA 模拟量信号输出,现场采用 Weidmuller ACT20P 型号的信号隔离器,将 4 - 20mA 信号输出一分为二,一路信号送顶盖水位控制系统 PLC 进行水位控制,另一路则直接通过硬接线(直采量)上送监控系统现地控制单元 LCU 进行水位监视,如图 6 所示。

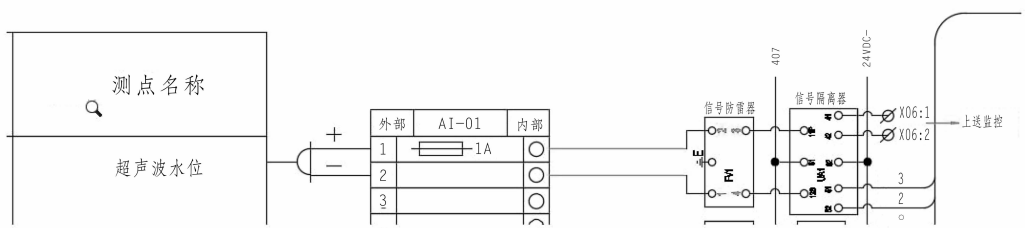


图 6 超声波信号上送设计图

3.3 测量系统应用

在静水调整时,将超声波液位计和投入式液

位计显示值调整一致。

3.3.1 顶盖排水泵控制

通过顶盖超声波液位测量系统,将顶盖液位转换成4-20 mA模拟量,再将4-20 mA模拟量送至顶盖水位控制系统PLC之后,按照人为设定的程序逻辑对顶盖排水泵进行控制,从而达到顶盖液位有效控制的目的。

3.3.2 机组停机时情况

在机组停机时,顶盖水位缓慢上涨,超声波液位计显示值跳变值未超过1 mm,而投入式液位计显示值跳变超过5 mm;在顶盖泵启动后水位下降,超声波液位计显示值下降线性度很好,未见跳变现象。

3.3.3 机组运行时情况

在机组运行带30万负荷时,现地顶盖PLC

控制屏显示,顶盖泵停止运行后,水位缓慢上升,超声波液位计显示值逐渐上升,波动未超过3 mm,而投入式液位计显示值呈跳跃式上升,波动最大超过20 mm。在顶盖泵启动运行时,水位缓慢下降,超声波液位计显示值逐渐平稳下降,未见跳变现象。

图7为2号机上位机顶盖液位测量趋势图。上位机记录的顶盖超声波液位计和投入式液位计液位变化趋势,图中红色和蓝色表示超声波液位计液位变化,绿色表示投入式液位计液位变化。图示两路超声波液位计液位基本重合,液位波动范围较小,而投入式液位计测量液位波动范围相对较大。

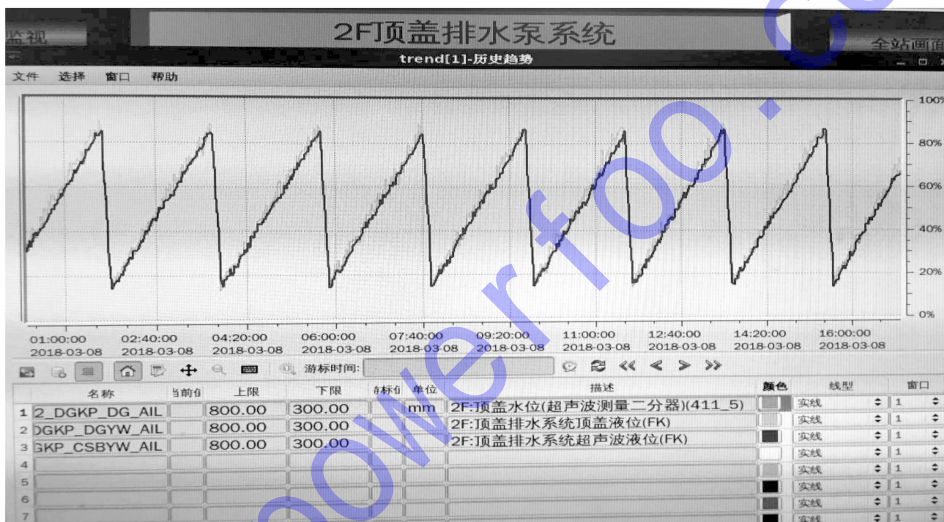


图7 2号机超声波与投入式液位对比图

4 结语

经过对超声波水位计原理及安装环境分析,精心设计安装方式和实际跟踪调试,通过改进影响测量精度的薄弱环节,顶盖内复杂工况下的大部分干扰被成功抑制,液位数据采集准确、稳定,现场运行平稳。并且,从顶盖超声波液位测量原理、控制过程、抗干扰优化及日常水位控制效果四个方面,对顶盖超声波液位测量在猴子岩水电站的实际应用进行分析研究,取得了一些有价值的成果,对顶盖水位的控制以及水淹厂房的事故预防具有重要意义。

参考文献:

[1] 卢文科,朱长纯,刘君华. 超声波式数字测距仪的研究[J]. 仪器仪表学报,2003,(2):219-220.

- [2] 张小飞,徐大专,齐泽锋. 基于小波变换奇异信号检测的研究[J]. 机械工程学报,2002,(12):9-14.
- [3] 陆金正. 超声波测距仪的设计[J]. 传感器技术,2002,(8):29-31.
- [4] 胡萍. 超声波测距仪的研制[J]. 计算机与现代化,2003,(10):54-56.

作者简介:

宋柯(1969-),男,四川乐山人,高级工程师,本科,主要从事水电站技术与管理工作;

袁永生(1964-),男,四川内江人,高级工程师,从事水电站生产运维技术与管理工作;

王加一(1994-),男,四川眉山人,助理工程师,工学学士,从事水电机组运行维护工作。

(责任编辑:卓政昌)