

# 雷达和超声波物位计选型对比分析

马海珊 程江华

(中国联合工程公司 浙江 杭州 310052)

**摘要** 简述雷达、超声波两种物位计的原理及基本特性,通过分析各种因素对物位计测量产生的影响,结合热电厂中各物料的自身特性,确定更为合理的物位计选型。

**关键词** 雷达 超声波 物位检测

## 1 概述

物位是工业过程监控的重要目标参数,在热电厂内各种罐体、料仓、水池的连续物位测量中,雷达和超声波两种原理的物位计应用广泛。在工程项目设计阶段,设计师们对雷达和超声波物位计的选型依据业主的要求以及自身的经验,故两者在应用场合没有较明确的界限划分。针对这两种物位计的选择应用,作者谈谈自己的看法。

## 2 原理简述

### 2.1 雷达物位计

雷达物位计按其工作方式,主要分为脉冲式和连续调频式。

脉冲式雷达物位计采用微波“发射→反射→接收”的原理:从天线发射出的电磁波信号,在被测物料表面产生反射,反射的回波信号被雷达系统接收,通过电子单元计算出发射至接收的行程时间( $t$ )。因电磁波的物理特性与可见光相似,取光速( $c$ )作为传播速度,进而可换算得出物位值(如图1所示): $L = E - D = E - c \cdot t / 2$ 。

连续调频式(FMCW)雷达物位计的测量原理有别于脉冲式,电磁波信号被液面反射后,回波被天线接收,接收到的回波频率与此时发射信号波的频率相比,两者存在差异,此频率差的大小与到液面的距离成正比。如图2所示:

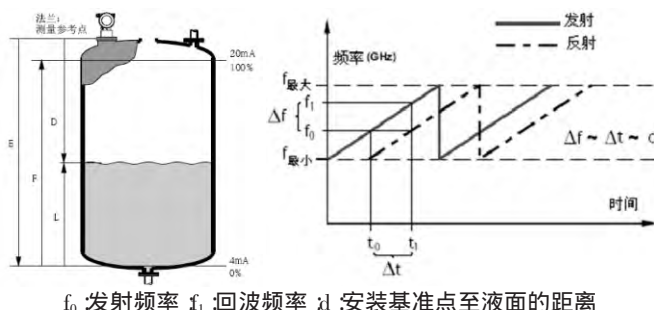


图1  $f_0$  发射频率  $f_1$  回波频率  $L$  安装基准点至液面的距离

图2

### 2.2 超声波物位计

与脉冲式雷达物位计相似,超声波物位计也是利用波的反射原理,通过时差法进行物位测量。两者之间的差别仅为雷达采用的为电磁波,其传播无需介质,而超声波物位计采用的为机械波。由于机械波的物理特性决定其传播必须借助一定介质,所以当介质的压力、温度、密度、湿度等条件恒定时,超声波在该介质中的传播速度是一个常数。因此,当超声波发射遇到物面后,传播路径上的介质密度发生变化,超声波被反射,测量超声波从发射到接收所需要的时间,即可换算出超声波通过的路程,从而得到了物位的数据。

### 3 特性及选型注意事项

#### 3.1 雷达物位计

雷达物位计选型,需综合考虑介质的介电常数、料仓高度、物料形态及稳定性等方面的因素,从而选择确定物位计工作方式、微波频率、波束角以及天线型式。

##### 3.1.1 介电常数

由于电磁波的衰减系数与介质的介电常数的平方根成反比,因

表1

介质	介电常数	实例
A	1.4 ~ 1.9	非导电性液体,例如:液化气 <sup>(1)</sup>
B	1.9 ~ 4	非导电性液体,例如:苯、油、甲苯
C	4 ~ 10	例如:浓酸、有机溶剂、酯、苯胺、酒精
D	>10	导电性液体,例如:水溶液、稀酸和稀碱

(1)将氨水  $\text{NH}_3$  视为 A 组介质,即需在导波管中测量。

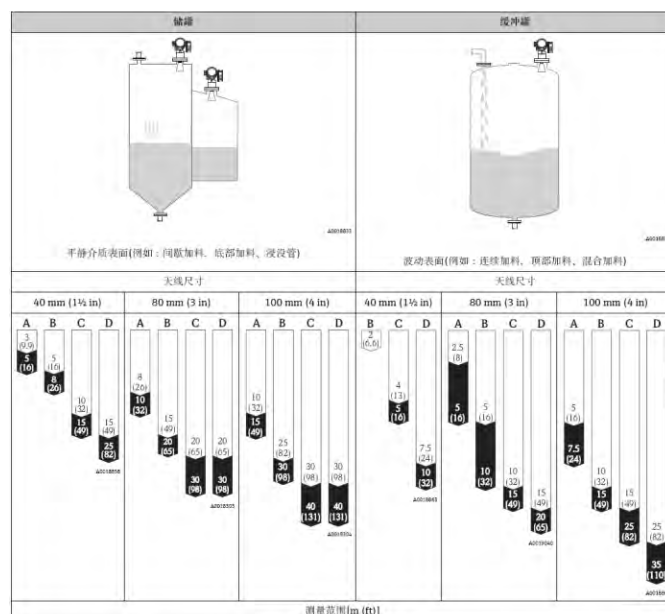


图3

(1)量程中,白色部分为标准型仪表的测量范围。

(2)量程中,黑色部分为带“高级动态响应”应用软件包的仪表的测量范围。

此,被测介质的介电常数越大,电磁波的衰减越少,物位计接受到的反射信号也就越强,即测量可以得到更好的保证。以 E+H MicropilotM FMR50 系列雷达物位计为例,表1和图3显示,同型号雷达,对于低介电常数介质,其测量的量程范围明显缩小。特别针对 A 类介质,普通的安装方式甚至不能满足测量要求。

表2

比较项目	低频雷达	高频雷达
价格	成本低	价格较高
量程	可达 20m	可达 70m
精度	±10mm	±3mm
适用场合	较稳定的液面监测	快速的物位变化,可应对粉尘、泡沫
罐体尺寸	直径>1m、罐高>1.5m	直径>0.2m、罐高>0.3m

#### 3.1.2 物料形态及稳定性

当物料为固体或粉末状态时,由于折射、漫散射等影响,使有效的回波减少,杂波增加。同样,当测量波动表面时,也存在有效回波检测困难的情况。

#### 3.1.3 措施

不论是介电常数还是物料形态稳定性的问题,通过雷达的检测原理即可确定,要保证测量的可靠性,必需减少信号衰减,增加有效回波数量。

根据电磁波的特性,当波束角确定时,电磁波的频率越高,在单位面积上积聚的能量越大,电磁波的衰减越小,从而雷达物位计的测量精度也就越高。在实际运用中,脉冲式雷达物位计采用的电磁波段主要为 C 段(低频)和 K 段(高频)两种,两者主要性能对比如表2。

通常,波束角的大小与天线的尺寸成反比,天线越大,波束角越小,相同频率的波在单位面积上聚集的能量也就越大。针对固体、粉

表 2

液面表面	衰减 (dB)
平稳	0
波纹	5 ~ 10
扰动动	10 ~ 20
泡沫	需联系制造商
固体物料表面	衰减 (dB)
坚固粗糙 (如橡胶)	40
柔软 (如煤泥、附着渣块)	40 ~ 60
粉尘	衰减 (dB)
无	0
少量	5
大量	5 ~ 20
测量范围中加料量	衰减 (dB)
无	0
少量	5 ~ 10
大量	10 ~ 40
探头与介质表面温差	衰减 (dB)
≤20℃	0
≤40℃	5 ~ 10
≤80℃	10 ~ 20

注：不同厂家产品，数据存在差异。

末类介质，且储罐条件比较复杂的情况，在选择高频雷达的同时，应采用大尺寸天线（例如抛物面天线）以提高测量精度。

由于外界杂波的干扰对普通非接触式雷达的信号判断及处理能力提出很高的要求，采用导波雷达或者增加导波管（液体测量）的方式较好地解决了微波传输稳定性的问题。除此之外，因电磁波的回波时间不因介电常数的变化而变化，仅为信号强度有差，所以导波式测量是低介电常数介质物位测量的优选方式。

连续调频式雷达物位计，因其独特的信号分析处理技术，具有高灵敏度、良好的稳定性和信号自动校准等优点，被视为是复杂条件物位测量的优选方案，特别适用于极度粉尘并伴有高温场合以及超低介电常数介质的物位测量。精度可达±0.5mm，测量范围可达100m。由于采用调频连续波技术，物位计功耗较大（5~10W），为常规脉冲式雷达物位计的10倍左右，常规采用220VAC四线制接线方式。但随着技术的发展，现已有应用良好的24VDC两线制产品，例如西门子SITRANS LR560等。

3.2 超声波物位计

超声波液位计，因声波的传播速度与传播介质的温度、压力以及被测介质的特性等均有关，受外界因素的制约较大，常被用于简单工况稳定物位的测量。

3.2.1 常见影响因素

所有外界因素，对超声波信号而言，其最终的体现均为信号的衰减。常见的影响因素及其程度如表3。

3.2.2 测量范围计算

超声波物位计，与雷达物位计相比，因其声波自身的物理特性决定，其测量范围（一般不超15m）要小于雷达。在工程实际应用中，通过分析外界因素对信号的衰减影响，比较物位计理论测量值，得出可实际应用的测量范围。以E+H Prosonic M FMU4x系列为例：

测量热电厂渣仓料位，固体物料表面因素衰减约40dB，粉尘影响约10dB，假设无其余因素影响，查图4，FMU43的可用测量约4.8m。若此量程能满足工艺检测要求，则可采用超声波，否则需另选物位计。

3.3 特性比较

超声波测量鉴于被测介质的密度，其受温度和压力的影响较大，不同密度下超声波传播速度不同，信号修正困难。另外，超声波的发生是通过压电晶体的机械振动，当外界压力太大会影响超声波的产生，所以不可用于压力较高或负压的场合，通常只用在常压容器。一般情况下，超声波液位计使用温度不可超过80℃，压力需在0.3MPa以内。而雷达受此影响不大，可用在高温、高压工况下。

由于机械波易受传播介质的影响，能量衰减也相对较大，在气态或者不均匀介质中表现更明显。在相同能量下，电磁波的传播性比超声波要好很多，因此雷达物位计的可使用量程范围也比超声波要大，特别现在采用高频和连续调频技术，使得其量程范围进一步扩大。

因雷达物位计对环境及介质本身产生的扰动分辨能力更强，也就可以更好地消除干扰，使得其能更好地保证测量精度。相比而言，超声波物位计因易受外界干扰影响，实际的测量精度较差。

3.4 选型应用

在热电厂中，物位的测量主要为煤、石灰石、渣、灰等固体或粉末类介质，以及部分水、油、酸碱液态介质，对于上述介质的物位测量，分析雷达和超声波物位计的原理和特点，选型如下：

(1)因雷达采用电磁波，不需要传播媒介，可以应用于真空工况。例如导波雷达，现被用于凝汽器热井水位的测量，而超声波则不适用。

(2)煤粉仓、灰渣库等低介电常数并伴有粉尘的固态或粉末状物料，因声波会有很大的衰减，所以一般不应选用超声波物位计。选用雷达时，应选择高频雷达，并选用例如抛物面天线等此类的大尺寸小波束角天线。当安装条件允许时，也可采用缆式（小量程采用杆式）天线来降低介质特性本身以及外界干扰对测量带来的影响，但应做好天线端部固定工作。

(3)对于液氨、浓盐酸等易挥发或扩散形成雾气的储罐液位测量，或者是液面可能产生泡沫（例如循环水池）时，导波雷达将是很好的选择，但需要注意储罐的尺寸，若为小型储罐，则建议采用高频非接触雷达+导波管的测量型式。

(4)针对高压加热器水位、汽包水位等高温高压且存在汽水共腾工况的液位测量，可选用高温高压型同轴导波雷达。同轴探头，加上气相补偿、等时采样等技术的应用，使得在沸腾的腔体内，雷达也能有稳定的读数。西门子LG200、E+H FMP54等产品均已在电厂此类场合的液位测量中得到很好的应用。

(5)由于雷达物位计产生高频电磁波，的电子电路相对复杂，使得产品价格较高。因此，在精度要求不是特别高或测量理想液面（例如平静光滑的脱盐水储罐、点火油罐等液位）时，超声波物位计就体现了很好的性价比。另外，若为统一选型，减少物位计的种类考虑，经济型低频雷达也是较好的选择方案。

4 结束语

雷达和超声波两种类型的物位计均是工业物位测量的良好解决方案，其选型应用需根据过程工况、介质特性决定，并结合安装条件、使用环境等外界因素。经济适用、更好的性价比是设计人员选型的重要依据，也是现代工厂精细化管理追求良好效益的基础条件。

参考文献

[1]朱辉，郭志强.物位仪表发展趋势——雷达超声[J].中国仪器仪表，2009(S1)：202-204.  
[2]王小林.西门子煤仓料位计探讨[J].科技创业月刊，2010(10)：191-192.  
[3]Endress+Hauser.TI 软件中文版[Z].2015.  
[4]西门子(中国)有限公司过程工业与驱动集团.过程仪表、过程分析、称重技术[Z].2015.

作者简介：马海珊(1985-)，女，工程师，现就职于中国联合工程公司，从事热电厂仪控设计工作。

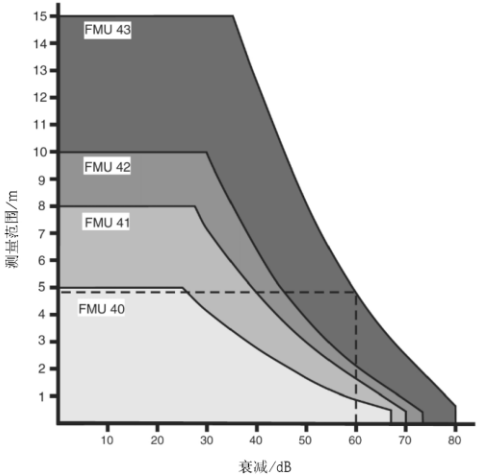


图 4