



## ELL 系列外测液位仪及其应用

张琳

(中国石化工程建设公司, 北京 100101)

**摘要:** 简单介绍了外测液位仪的原理及其特点——可用于最苛刻环境、安全、环保、方便、经济、耐用、可靠、精确。并和其他类型的液位计进行了性能对比。该液位仪有效地解决了长期困扰石油、石化、化工行业对储罐内装有易燃易爆、腐蚀性强、剧毒、高纯度等介质液位高度测量的难题。

**关键词:** 外测液位仪; 原理; 应用

**中图分类号:** TH816 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7324(2006)05-0072-04

西安定华电子有限公司研制开发的 ELL 系列外测液位仪, 利用振动分析原理, 从容器外部测量液位, 不接触介质, 真正实现隔离式测量, 彻底解决了石油化工等领域的液位测量难题, 使之更安全、更方便、更环保。ELL 系列外测液位仪 1997 年开始试生产, 在实验中不断改进完善, 于 2000 年正式推向市场。该产品一经上市, 立即引起石油、石化、化工企业的极大兴趣, 认为是“液位测量的一场技术革命”, 并认为“必将开创仪表发展的新思路”。短短几年内, 已在哈萨克斯坦等国内外石油、化工、制药、电力等领域上百家大中型企业使用, 得到一致好评, 并被许多单位指定为压力容器液位测量专用仪表。2003 年 12 月, 该技术通过了由中国石油和化学工业协会、中国石油和化工自动化应用协会联合主持的技术成果鉴定, 鉴定专家一致认为其测量方法属世界首创, 技术居国际领先水平。

### 1 测量原理

该外测液位仪与目前国内外使用的在容器或其连通器内部探测液位的仪表原理均不相同, 它是利用无害的微振动原理, 从容器壁外侧液面以下位置连续测出的微小振动, 计算出液面的精确高度。因该仪表完全不接触容器内的液体和气体, 可广泛用于各种容器内液面和界面高度的连续精确测量。

由于从容器壁外侧检测的微小机械振动波形特性是由液体振动特性和容器振动特性决定的, 此振动波形经专用算法处理后可得到液位特征量  $y$ 。液面的测量高度  $h_m$ 、 $y$  与液体温度  $t$  之间用数学模型表述为

$$h_m = h[f(a, t)y] \quad (1)$$

式中  $a$ ——液体特性系数。

利用此原理通过测量头敏感器件检测容器壁上微小振动, 变为信号传入仪表主机。在主机内

将信号变为数字后送入 CPU, 并经过专用算法计算出液面高度。

由于采用了该公司的多项专有技术, 所以液罐上的电机振动、碰撞敲击、进液冲击等各种振动干扰均不会影响测量。该仪表抗电气干扰能力极强, 可在很宽的液体温度范围内和恶劣的环境条件下长期、可靠、精确、稳定地工作。

式(1)随进液温度、进出液数量、环境气温变化而变化,  $a$  随液体成分的变化而变化, 这些变化会引起测量误差。外测液位仪用自动校准技术消除这些误差。自动校准技术是用校准测量头测量设在罐内校准管内的固定液柱长度的液位特征量  $y_0$ 。因为校准管侧壁开孔与罐内液体连通, 校准管内充满液体, 校准管上端用端盖封口, 因此, 其内的液柱高度等于校准管长度  $h_0$ 。校准管内液体的成分、温度与罐内液体一样, 它的特征系数  $a_0$  和温度  $t_0$  数值分别与  $a, t$  相等。于是由式(1)可以导出

$$h_m = h[g(h_0, y_0)y] \quad (2)$$

式中,  $h_0$  已知, 只要测量出液罐和校准管内液位的特征量  $y$  和  $y_0$  值, 就可以计算出不受液体温度和成分变化影响, 不随时间变化的液面的精确高度  $h_m$ 。测量精度可以好于 0.2%FS。

### 2 六大优点

ELL 外测液位仪为智能化的现场变送器式的仪表, 由于仪表隔爆主机安装在被测容器附近, 仪表测量头紧贴在容器外壁上, 靠检测容器壁上的微

收稿日期: 2006-06-10; 修改稿收到日期: 2006-07-11

作者简介: 张琳(1936—), 男, 河北石家庄人, 1961年毕业于北京石油学院自动化系仪表专业, 工作于中国石化工程建设公司, 仪表自控专业高级工程师, 任中国石油和石化工程研究会研究员, 兼任中国仪器仪表学会科技评估部顾问。

小机械振动,变为电信号传入仪表隔爆主机,再对此信号进行处理,处理后变为数字信号送入 CPU,采用人工智能算法对其进行分析,从而计算出液面高度。因此,该液位仪是从罐外连续精确地测量罐内的液位高度,完全不接触罐内的液体和气体,实现了真正的隔离测量。

该液位仪具有其他液位计不可比拟的六大优点。

1)可用于最苛刻的环境。可测量任何压力的液体,毒性最剧烈的液体,腐蚀性最强的液体,绝对无菌或极高纯度的液体。

2)使用安全。在测量有毒害、有腐蚀、有压力、易燃易爆、易挥发、易泄漏的液体时,由于测量头和仪表都在容器外,所以在进行安装、维修、维护操作时,操作人员不接触罐内的液体和气体,非常安全。即使在仪表损坏或维修状态下,也绝对不会发生泄漏现象。

3)环保。既不泄漏液体,也不泄漏气体,不污染环境,属绿色环保仪表。

4)安装和维护最方便、最经济。该液位仪安装时不需在容器上开孔,不用法兰盘,不用连通管,因此,安装和维护十分方便。尤其 AE 型、SE 型在安装和使用时,不需要人工校准,非常方便。

5)可靠性高、使用寿命长。由于该液位计测量头和仪表内无机械运动部件,并经严格密封,与外界隔离,因此,不会产生磨损或腐蚀,十分耐用可靠,维护工作量极少。

6)测量精确。AE 型外测液位仪可不断地自动校准,永远保证最高的测量精度。

### 3 应用范围

该液位仪对液体黏度的要求:动力黏度小于

10 mPa·s。当 10 mPa·s < 动力黏度 < 30 mPa·s 时会使仪表量程减小;当动力黏度大于 30 mPa·s 时,仪表不能测量。对液体纯净度的要求:不能测量悬浮液、乳浊液,并且液体中不能充满密集气泡,不能悬浮大量固体(如结晶物),不能沉积大量泥沙。目前该公司发明并生产的 ELL-FI 外测液位仪已用于多种液体的测量。如液化石油气、轻烃、汽油、煤油、柴油、石油(30℃以上)、乙烯、丙烯、氯乙烯、丁二烯、全氟丙烯、四氟乙烯、液氨、甲胺、硫化氢、甲醇、液氯、盐酸、环氧乙烷、盐水、水、乙醇、乙醚、丙酮等。

ELL-FI 外测液位仪仪表隔爆主机允许的工作环境温度范围: -25~+55℃。因此,在北方寒冷地区,建议使用仪表保护箱,冬天加伴热,防止仪表温度过低。在阳光直射强烈的地区,建议将仪表安装在阴凉处,或使用遮阳板(不是仪表保护箱)遮阳,这样可以避免曝晒造成仪表内温度过高,又可以很好地通风散热。仪表测量头允许的温度范围: -50~+250℃。由于仪表测量头紧贴在容器壁上,所以仪表测量头温度近似等于容器壁温度。

ELL-FI 外测液位仪测量头安装处,要求容器壁采用能够良好传递振动的硬质材料制成。如碳钢、16MnR, 不锈钢、各种硬金属、玻璃钢、环氧树脂、硬制塑料、陶瓷、玻璃、硬橡胶等材料或其他复合材料。安装测量头处的容器壁若为多层材料,则层间应紧密接触,无气泡或气体夹层。该容器壁的内外表面应平整。如:采用硫化硬橡胶衬层、环氧树脂衬层、不锈钢衬层、钛衬层。

ELL-FI 外测液位仪为隔爆型仪表,适用的爆炸气体如表 1 所列。

### 4 注意事项

表 1 不同的场合在 T<sub>1</sub>~T<sub>6</sub> 各组别下适用的爆炸气体

级别	T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	甲烷					
II A	乙烷、丙烷、丙酮、甲苯、苯胺、甲醇、苯乙烯、苯、氯乙烷、氨、一氧化碳、乙酸乙酯	丁烷、甲醇、乙醇、丙醇、丁醇、丙烯、乙酸丁酯、乙酸戊酯、乙酸酐、氯乙烯、氯乙醇	戊烷、辛烷、汽油、柴油、石油、环乙烷	乙醚、乙醛		亚硝酸乙酯
II B	民用煤气、丙烯腈、环丙烷	环氧乙烷、环氧丙烷、丁二烯、乙烯	二甲醚、硫化氢、乙戊二烯			
II C	水煤气、氢、焦炉煤气	乙炔			二硫化碳	硝酸乙酯

注:以上物质(除表 1 最后一行中的物质外)Exd II BT6 级防爆仪表(ELL-FI 外测液位仪)均可适用。

对于已经盛有液体不便清空的使用中的旧液罐,不能在罐内安装校准管。可以用液罐的直径代

替校准管长度,把校准测量头沿水平方向安装在罐外。对于球罐、卧罐,在液体低于水平最大直径期

间用安装在罐壁外的温度测量头测量罐温,进行温度补偿以减小误差。若仅用温度补偿精度可以达到 1%FS;当罐壁外有保温层时液体温度恒定不

变,不用自动校准和温度补偿装置,其测量精度也很高。

### 5 与其他液位计的比较(见表 2)

表 2 液位仪分类与性能

名称	原理	特点	缺点	安全性	价格
伺服式液位计	通过伺服电动机带动浮子向下移动,通过力传感器感受浮子的浮力发生的变化,用此时的电机转动角度计算液位	可测量液面和界面,精度较高	1)黏度较大的液体液面波动较大时,常发生牵引细丝被拉断、浮球丢失情况;2)测量部件浸在被测液体或其饱和气体中工作,不适用于自聚、有腐蚀、有毒、易燃易爆、高纯度、无菌、高黏度液体的测量;3)动火开孔安装	测量有腐蚀、有毒、易燃易爆的液体不安全	高
雷达液位计	雷达电磁波测距原理	可测高黏度液体和泥浆	1)天线浸在被测液体和其饱和气体中工作,不适用于有压力、自聚、有腐蚀、有毒、易燃易爆、高纯度、无菌、高黏度液体的测量;2)天线式雷达液位计测量压力容器液位时因饱和气体吸收电磁波常有“是波”测量不到位的情况,不稳定;3)动火开孔安装	测量有压力、腐蚀、有毒、易燃易爆、液体不安全	中
磁致伸缩式液位计	电磁波沿导波管从罐顶向下传播到磁性浮环反射回来,根据回波时间算出液位	精度较高	1)不能测量高黏度液体和混浆;2)天线浸在被测液体或其饱和气体中工作,不适用于有压力、自聚、有腐蚀、有毒、易燃易爆、高纯度、无菌、高黏度液体的测量;3)动火开孔安装	测量有压力、腐蚀、有毒、易燃易爆液体时不安全	高
电容液位计、射频导纳液位计	从罐顶开孔处将探测杆插入液体中,测量由液体高度变化引起的探测杆电容或导纳的变化,从而计算出液位	测到的电容量或导纳受液体介电系数、导电系数、沾附残余液体等影响,产生误差	1)须现场进液标定满量程,非线性误差较明显;2)须浸入液体测量,不适用于有压力、自聚、有腐蚀、有毒、易燃易爆、高纯度、无菌、高黏度液体的测量	测量有压力、腐蚀、有毒、易燃易爆液体时不安全	中低
超声波液位计	从罐顶开孔处用超声波测量距液面距离,计算出液位	不接触液体,可测高黏度液体和泥浆	1)不能测量压力容器;2)液面上方的气体和粉尘吸收超声波,可能测不到回波;3)天线浸在被测液体的气体中工作,不适用于自聚、有腐蚀、有毒、易燃易爆、高纯度、无菌、高黏度液体的测量	测量有压力、腐蚀、有毒、易燃易爆、液体时不安全	中低
智能电浮筒液位计	浮力原理	可测量界面和液面,智能化	不适合压力容器和强腐蚀性液体的测量	测量有压力、腐蚀、有毒、易燃易爆液体时不安全	高

续表 2

名称	原理	特点	缺点	安全性	价格
钢带液位计	浮力原理。浮盘随液位上下移动,用钢带连动罐外的长短指针在刻度盘上转动指示液位	可测压力容器液位,校准确	钢带材质和安装要求很高;在液面频繁波动情况下,因浮盘耳孔被导向钢绳磨断,钢带大约每年扭断一次	测量有压力、腐蚀、有毒、易燃易爆液体时不安全	高
差压式液位计	测量液体底部与上方气体压力之差,该压力差等于液柱质量,据此计算液位	普及程度高	1)气相毛细管易堵塞;2)须实时测出液体的密度精确值,液位计量精度较低;3)在压力容器上差压与基础压力的比值很小,压力变化时误差很大	测量有压力、腐蚀、有毒、易燃易爆液体时不安全	低(在压力容器上损坏率高、维修费高)
磁翻板式液位计	罐外连通管内浮筒的磁钢吸引连通管外的彩色小铁片串翻转显示液位	直观	使用一段时间后,彩色指示小铁片串会出现乱翻现象;浮筒会出现卡死现象	测量有压力、腐蚀、有毒、易燃易爆液体时不安全	中/高(仪表、连通管阀、维修总成本)
玻璃板式液位计	采用连通器原理,就地直接观测液位	最原始的液位计	1)人工频繁攀缘高梯记录,劳动强度大;2)无远传,不能与自控系统连接;3)使用一段时间后,玻璃板变脏无法观测;4)玻璃板可能破裂造成重大事故	测量有压力、腐蚀、有毒、易燃易爆液体时非常危险	高(仪表、连通管阀、扶梯维修、人工、事故总成本)
ELL-FI 外测液位计	利用微振动分析原理	不开孔,罐外连续精确测量,属完全非接触测量,容器内压力无限制,可测易燃易爆、强腐蚀性、剧毒和高清洁度、自聚等介质。安装简便、无须动火,无须停产	1)被测液体的黏度须小于 30 mPa·s;2)被测液体不能是悬浊液、乳浊液;3)被测液体不能充满密集气泡,不能悬浮大量固体,如结晶物,不能沉积大量泥沙	最安全	中

## 6 结束语

专家预言,该仪表将在全球掀起仪表外测技术的一场革命。该仪表于 2003 年通过国家技术鉴定,居国际领先水平,被列入国家科技部火炬计划项目,获得国家科技部创新基金资助,获中国石油

和化工自动化应用协会科技进步一等奖。目前,ELL-FI 外测液位仪已在国内外石油、石化、化工、制药、电力等领域数百家企业应用,为用户带来显著的经济和社会效益。