

多种液位仪表的应用对比

杨万国, 贾延刚

(新疆石油管理局, 新疆克拉玛依 834000)

摘要: 从现场应用出发, 探讨了差压(压力)变送器、光导液位计、静压法、电容及射频导纳液位计、磁性液位计、超声波液位计、雷达液位计等的可靠性、准确性及其适用介质和环境, 并且强调没有任何一种仪表能够适应所有介质或环境, 因此, 在选用液位仪表时, 要从介质特性、使用环境、维修条件、仪表性能、价格等方面综合考虑, 不选贵的, 只选对的。

关键词: 液位测量; 仪表性能; 仪表选型; 仪表应用

中图分类号: TE 974.7 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2206 (2004) 01-0038-06

液位(物位)的测量与控制, 是油气田油、气、水处理站(厂)及石油化工装置自动化控制系统的重要组成部分。随着自动化仪表技术的发展, 测量液位的方法及相应的仪表也在不断改进和更新, 但没有哪一种仪表能够适应所有的介质或环境。如何根据测量要求和使用环境, 在众多的仪表中选择可靠、准确、实用的液位测量仪表就显得尤为重要。本文以现场应用为出发点, 结合近20多年的仪表应用经验, 探讨该问题。

1 差压(压力)变送器测量液位

这是传统的液位测量方法, 它具有简单、可靠、价格低、检定维修方便等优点。其原理是将差压(压力)变送器测得的差压(压力)换算成液位高度。

$$P = Hrg \times 10^{-3} \quad (1)$$

式中 P —液位形成的压力/kPa;

H —液位高度/m;

r —介质密度/(kg/m³);

g —标准重力加速度/(m/s²)。

当然, 如果是精确测量则:

$$P = (r_{液} - r_{气}) Hg \times 10^{-3} \quad (2)$$

式中 $r_{液}$ —容器内液体的密度/(kg/m³);

$r_{气}$ —容器内液体上方气体的密度/(kg/m³)。

根据气体、液体固有的物理特性, 其密度 r 总是随温度、压力、组分的变化而变化, 只是变化的量值不同罢了。

如果被测液体粘度低, 密度相对恒定(如水

介质等), 或被测液位的容器是敞口(或通大气)容器, 则首先考虑选用该方案, 否则就要斟酌一番了。

例如某工程的12座液化石油气卧式储罐, 采用差压变送器测量液位, 因液化石油气的密度随介质温度、压力、组分的变化而变化, 同高度的液位所产生的差压(压力)自然也在变化, 而差压变送器的量程是相对恒定的, 这样就形成虚假液位, 变送器的精度再高也意义不大, 用户要根据季节及来气性质通过手持通讯器经常性地改变变送器的参数。所以在介质密度变化明显的环境中不应采用差压变送器。

另外, 在不同的使用环境应选用测量方式相适应的差压变送器, 否则, 使用效果也不理想, 甚至无法正常运行。

例如某高压蒸汽锅炉的给水装置, 要求在液位相对恒定的状态下, 对软化水进行连续真空脱氧, 正常工作时, 容器内接近真空。原设计采用普通差压变送器测量脱氧容器内的液位, 采用负压变送器测量真空度, 见图1。

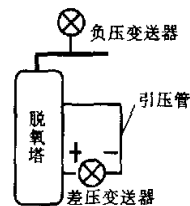


图1 脱氧塔液位及真空测量

如果对差压变送器进行负迁移,即将差压变送器的负压侧引压管内灌满水,则正常工作时,容器内液面上方的空间接近真空状态,微量泄漏常使负压侧引压管内的水被部分或全部吸走,造成虚假液位。如果不进行负迁移,则当切换流程时,脱氧容器内的液位高出负压侧取压点时,引压管内进水,同样造成虚假液位。

另外, $-100 \sim 0$ kPa (本地平均大气压为 97.06 kPa) 的负压变送器的检定也较困难,且投运初期输出约 20 mA,正常工作时输出约 4 mA,使得二次仪表显示也不符合人们的习惯。

后来将普通差压变送器替换为 1151 系列毛细管法兰液位变送器;负压变送器改用普通差压变送器,并按 $0 \sim 100$ kPa 进行标定,且负压侧接容器。通过上述改造后,系统运行正常,并将该方案应用到以后的十几座装置上,受到用户好评。

当然,仪表一般是在特定的条件下工作的,但有时也可以创造条件,满足仪表的使用条件,达到间接测量液位的目的。

例如油田生产过程中有许多半封闭式的污水池(顶部与自然地坪等高),需要对污水池液位进行测量和自动控制,测量液位的仪表多种多样,但存在这样那样的问题(见后面论述)。我们在污水池中垂直插入一根 $D_{\text{管}} 25$ mm 左右的不锈钢管,钢管顶部安装普通压力变送器,其量程可按公式(1)计算。变送器与钢管的连接必须密闭,钢管在水中的一端敞口且距池底有一定距离,防止沉淀物堵塞。采用这种方式完全可以测量液位,且可靠性很高,只是精度可能低一些,但经济实用。

2 光导液位计测量大型储罐液位

原油储罐是油田生产过程中的常见设备,一般要对罐内的液位进行监控,防止抽空或冒顶。因地域不同,原油粘度、密度及含水率也不同,就是同一区域的原油在储罐内长时间沉降,也会因为含水率及性质不同,形成粘度和密度各不相同的多层状态。我们曾用大膜盒的法兰液位变送器测量其液位,但结果很不理想。后来采用光导液位计测量原油储罐液位。

该液位计是通过随液面浮动的浮子与码带导管内的钢带、重锤、导轮带动罐外液位计上的码带移动(浮子的重力大于重锤的重力),不锈钢码带按等分长度刻有精确的孔洞,通过光电检测装

置读取到码带的移动长度,自然也就知道了液位的变化,见图 2。

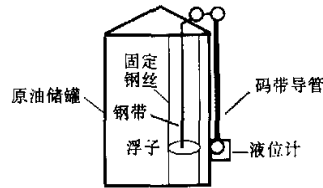


图 2 光导液位计测量大罐液位

这种液位计可通过地址编码进行组网,并与计算机直接通讯,对罐群进行监控。现场用检尺实测液位,然后对液位计进行修正,可以做到较精确的液位测量。

但是,该液位计有以下缺点:

(1) 钢带、码带方导管要从罐顶装到距罐底 1.5m 的液位计处,一台液位计的导管及其附件可以装满一辆汽车,且安装工作量较大,需要电焊、气焊配合进行高空作业。仪表本身(含配套的二次仪表)的购置费用加上安装费用,综合造价不亚于一台高质量的雷达液位计。

(2) 该液位计不适合在寒冷地区使用。原因是冬季大罐内液体的温度高于罐外环境温度,罐顶的钢带导孔因蒸汽而结冰,造成浮子不能随液面上下移动,有时浮子突然从高处落下造成钢带断裂,使得液位计失去使用价值。虽然厂家进行了改进,增加了隔离器,但不能从根本上解决问题。我们曾先后安装过几十台 UBG—II (III) 液位计,但到目前为止,几乎没一台能够正常运行。

3 静压法测量储罐液位

对于成分单一且密度相对恒定的低粘度液体,采用静压法测量比较理想。该方法不仅能测量液位,还可计算出被测液体的质量,见图 3。

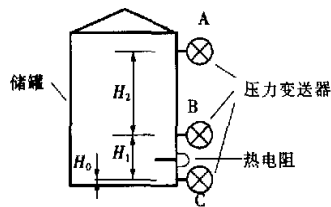


图 3 静压法测量储罐液位

$$\Delta P = P_3 - P_2 = H_1 \rho g \times 10^{-3} \quad (3)$$

$$P_3 - P_1 = (H_1 + H_2) \rho g \times 10^{-3} \quad (4)$$

$$H = H_0 + 10^3 (P_3 - P_1) / \rho g \quad (5)$$

式中 P_1 、 P_2 、 P_3 —分别为压力变送器 A、B、C 所测得的压力/kPa;

H_0 、 H_1 、 H_2 —各层的液位高度/m。

设计安装时先确定 H_1 、 H_0 的数据, 如 $H_1=2.000\text{ m}$ 、 $H_0=0.500\text{ m}$, 根据 ΔP 可求出液体的密度 r , 进而求出储罐内液体的质量 m 。

$$m=(H+H_0) Sr \quad (6)$$

式中 S —储罐内平均截面积/ m^2 。

如果是精密测量, 还可以根据工作状态下的介质温度 t 和密度 r 计算出标准 (基准) 状态下的介质密度 r_0 , 计算公式略。

需要说明的是, 对接方式制作的储罐, 上下直径相等, 其截面积 S 不变; 搭接方式制作的储罐, 其平均直径或平均截面积 S 要科学计算。现基本上是以对接罐为主。

我们在成品油储罐上采用该方案, 并用计算机完成上述计算。

如果是顶部通大气的储罐 (大部分储罐属于这类), 则可省去 A 变送器, 并用费希尔-罗斯蒙特 (FISHER-ROSEMOUNT) 公司生产的 3095MV 多参数变送器代替 B、C 变送器, 该方法则更理想, 因为该变送器可同时完成差压、压力、温度的测量, 并具备 HART 通讯协议, 组态调试很方便。

4 电容及射频导纳液位计测量液位

电容式液 (物) 位计, 是利用自身电极 (棒式电极、缆式电极、板式电极等) 与容器壁 (非金属容器应设置参考电极) 构成的电容, 电容随被测介质物位的变化而变化, 用交流电桥原理将电容的变化 (实际上是电容与电阻形成的复合阻抗的变化) 转化成电信号的变化, 配合专用二次仪表输出与物位变化成线性关系的标准电流信号和触点信号。一体化限位 (位式) 电极, 可直接输出干接点 (触点) 信号, 见图 4。

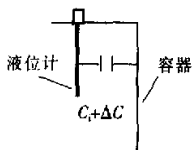


图 4 电容及射频导纳液位计测量示意图

该液 (物) 位计可以测量导电和非导电的液体以及粉末、颗粒状的固体等, 但要求介质的介电常数 $\epsilon \geq 1.5$ 。

其优点是在选型合理、安装正确的情况下可靠性较高。缺点是选型复杂, 需要考虑的因素较多, 而且在现场投产时, 要以实际介质进行标定 (校准)。因为电极、介质与容器所形成的电容主要受三种因素影响: 电极与容器壁之间的距离; 电极面积的大小; 介质的介电常数。推导后的计算公式如下 (相关书刊的推导方式及计算公式略有不同):

$$C_i=24\epsilon_r L/\log (D/d) \quad (7)$$

$$\Delta C=24 (\epsilon_r-1) L/\log (D/d) \quad (8)$$

式中 C_i —空罐时的初始电容;

ΔC —液位 (物料) 变化引起的电容变化量;

ϵ_r —介质的介电常数, 如果是空罐且介质为空气, 则 $\epsilon_r=1$;

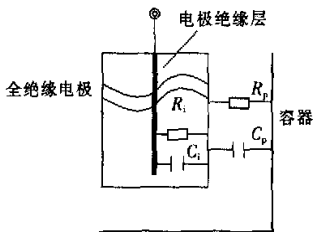
L —电极长度;

D/d —容器 (罐) 直径与电极直径的比值。

该仪表有几十种甚至上百种以上的形式。按电极形状分有: 棒式、缆式、重锤式、特殊式。按电极的绝缘分有: 全绝缘式, 半绝缘式, 部分绝缘式等。选型时要根据介质的特性及使用环境选择其附件或设计相关附件, 如凝露、挂料、高导电性介质、不规则容器、长电极受力等。

挂料是电容式液 (物) 位计的重要问题, 物料附着在电极和容器顶部, 使得传感器对有无液 (物) 位的敏感性降低。

测量导电性较强的物料时, 物料使得电极与容器壁之间形成的电阻很小, 导电性极强的物料还可以使电极对容器壁短路 (部分绝缘的电极), 变送器检测不到电容随物料的线形变化量, 只能检测到有无物料的变化, 见图 5。



C_i 、 R_i —绝缘电极固有的电容和电阻, R_i 可以看作 ∞ ;
 C_p 、 R_p —物料形成的电容和电阻

图 5 电容及射频导纳液位计等效电路

虽然传感器内交流电桥的振荡频率 (33 kHz、1 MHz), 可根据物料的导电性有所选择, 但对于高导电性 (电导率大于 10^{-4} S/cm) 物料连续物位

测量(4~20 mA),应慎重选用。对于导电性一般的物料连续物位测量,双限位探测及粘附性强的高导电性物料的单限位探测,应选用全绝缘电极。一般物料的限位探测,通常采用部分绝缘电极即可。

考虑到上述因素,恩德斯豪斯(ENDRESS+HAUSER,简称E+H)公司对部分液(物)位计能提供改善型的产品,如屏蔽管式、主动性保护管式等,以改善和消除挂料带来的影响。

射频导纳液位计的应用原理与电容式液(物)位计原理基本相同。只是根据不同物料的特性,采用了消除挂料的补偿电路和屏蔽管式的全绝缘棒式或缆式电极。选型时一定要根据物料特性,测量液(料)位、界面的不同要求,选择适合的规格型号。

另外,射频导纳液位计还可以测量界面,测量界面时,界面上下两种介质的介电常数应明显不同。问题是有些测量环境的界面很难区分,往往是一个层而不是面。如含水原油,水与油以乳化形式存在,只有在沉降罐长时间沉降才能形成较明显的层状结构。油田上一般采用化学、加热、电脱水等工艺进行油水分离。

我们先后在中外多处含油污水池的液位自动控制中,选用过VEGA系列电容式全绝缘棒式电极液位计及其配套的二次仪表407AF、444B,运行效果良好,后来被超声波液位计和UDE系列射频导纳液位计代替;采用进口的C₁射频导纳液位计,测量密闭容器内凝析油的连续液位,效果良好;也采用过国产的UDE系列射频导纳液位计测量原油沉降罐及含油污水罐的油水界面、天然气处理过程中的凝析油(密度约700 kg/m³)与水或乙二醇水溶液(密度约1000 kg/m³)的界面。但调试很麻烦,须先将油充满油罐,调液位计的零点,使输出为4 mA;然后再将水充满油罐,调液位计的量程,使输出为20 mA。如果油罐容量较大,零点与量程须反复调试,这是一项耗费大量人力、物力、财力的工作。但该类仪表有一个突出优点:额定压力可达6.4 MPa,甚至更高,容器内没有可动部件(但缆式电极的重锤配置与固定,应引起足够重视),日后维护工作量小。

另外,该类仪表的价格不菲,不同的量程,一般在2~4万元不等。如瑞安联大石化仪表厂、

天津特耐测控就生产该类液(物)位仪表。

5 磁性液位计测量液位

(1)磁翻板(翻珠、翻柱)液位计。该液位计采用不锈钢浮筒(一般为 D_080),上下两端用法兰与容器相连,浮筒内装有磁浮子,浮筒外以卡子固定方式安装磁敏式翻板刻度板、远传变送器、上下液位开关。我们先后应用过几十套国产的UHZ磁浮子液位计,现场刻度板的分辨率为1cm。液位计的现场磁翻板指示部分工作情况良好,有时局部指示片未翻转,待下一次液位升或降时会自动纠正。但是远传变送器工作情况不好,因为变送器的传感器部分是一条封在不锈钢管(D_020)内,与被测液位等长的胶木条,上面按1cm或更小的间隔焊有众多的干簧管。当干簧管与磁性浮子在同一高度时则闭合,否则开路,见图6。这样,靠干簧管所连接的电阻的多少,使得变送器产生4~20 mA的电流信号。经常发生个别干簧管该断开时未断开的故障,一个干簧管不能正常工作,就会影响整个传感器,造成虚假液位,需要用工具敲一下传感器的管子方可恢复。但这种液位计的价格较便宜,一般在万元以内。据介绍,现有一种进口干簧管液位变送器,可靠性较高,但未考证过。

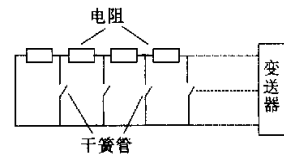


图6 磁致干簧管液位计等效电路

(2)磁致伸缩式液位计。该液位计也是利用磁性浮子随液位浮动进行工作,但传感器的工作原理与UHZ液位计完全不同。它利用传感器导管不断发出的磁脉冲,当遇到磁性浮子时形成脉冲变量来检测液位。

目前,该类液位计大部分属进口或外(合)资企业产品,国内部分仪表厂家也开始生产不同形式的磁致伸缩式液位仪表,如Gems系列、UPM100系列等,其外形结构与UHZ相似。我们在油田上先后使用过近百套,安装在三相分离器上,用于分离器液位指示和油井产液量的计量。

分离器容积不大,投产前可根据液位计上下限位距离,用水进行单位量值的标定。知道了单

次计量的容量及累计次数、液位从低到高的时间及累计时间,就很容易求出24小时的产液量,见图7。该液位计使用多年无用户投诉,但价格很高,近3万元一套。

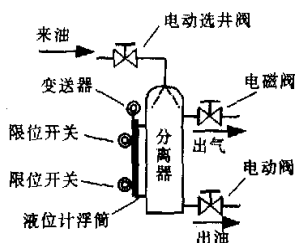


图7 分离器液位测量示意图

我们还先后安装使用过几十台MTS系列磁致伸缩式液位变送器,用于天然气生产过程中的凝析油或液化石油气罐的液位测量。该类液位变送器的传感器有硬管、软管两种形式,硬管式的测量范围可达7m,软管式的可达11m,见图8。但仪表的传感器导管及磁浮子均在容器内垂直安装,需要事先将浮子、相关附件及连接法兰装好后一同装入容器内(除法兰外),且传感器导管太长,容易发生折坏事故,除非有专门的吊具或吊车,日后的维护也不方便,特别是承压容器,如球罐,需要停产泄压后方可进行。

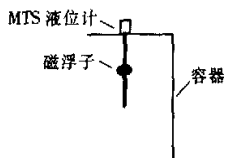


图8 MTS液位计示意图

MTS液位计的价格也不低,一般在2~3万元不等。

当然,也可以将MTS与国产的UHZ配套使用,克服前面讲的UHZ系列产品的缺点。

这里需要特别强调的是,磁性液位计的磁浮子是空心结构,如果额定压力参数选择不合理或质量不过硬,会出现浮子被压扁(变形)的问题。有时虽然满足正常工作压力,但容器或工艺装置投运前的试压压力高于额定压力,如果此时仪表已经安装完毕,很容易造成浮子损坏的事故。我们多次遇到这样的麻烦,特别是国产仪表。另外,浮子的质量一定,液体的密度不同,其浮子在液体中的高度也不同。从理论上讲,该类仪表应以

实际介质进行标定,但可能存在这样那样的困难。现场简易标定的方法多种多样,如UHZ或Gems液位仪表,可用水进行标定,以现场磁翻板(珠、柱)刻度板的零点为准,调整变送器的上下位置,使得变送器输出4mA;加水至现场刻度板指示满量程时,使得变送器输出20mA。MTS液位仪表可水平放置在平台或地面上,根据量程沿传感器导管移动浮子完成标定。如果是精确测量,可将浮子放入水中,根据水面在浮子上做标记,然后再根据实际介质的密度与水的密度计算出差值并在浮子上做标记,再按上述标定方式进行标定即可。

6 超声波液位计测量液位

超声波液位计的原理是利用压电陶瓷组成的超声波探头发出的超声波脉冲,遇到介质表面后反射并被探头接收,根据发射和接收的时间差计算出液位(物位)。超声波液位计是一种非接触式测量仪表,可测液体、颗粒状固体等。

因反射超声波是变化的波束,仪表要对其进行存储、曲线分析、定格等,需要一定时间。所以,在液位变化剧烈的环境(1cm/s及以上)应慎重采用。

另外,超声波对负压(真空)、蒸汽、雾状空间、狭小空间、粉尘环境也很敏感,应尽量避免采用。超声波的传播速度对温度也比较敏感,其变化率(量)约为0.17%/℃,虽然仪表采用了温度补偿,但传感器与被测介面之间的温度常常是梯度变化的,而补偿只是针对传感器处的固定点进行的,这一点必须引起重视。虽然超声波对压力(大气压以上)不敏感,但压电陶瓷片的谐振对压力敏感。所以,超声波液位计较适合低压或敞口容器。

超声波液位计的安装要求高,特别是超声波液位计与容器的连接部件(喉管),内部应有足够的空间,要求光滑无障碍,且喉管不能过长,探头与被测介质的最高界面要有0.8~1m的空间(盲区)。一体化超声波液位计的发射功率有限,测量范围一般应在10m以内,特别是介电常数小的介质,需要较大的发射功率。

总之,超声波液位计的应用,受多种因素限制,不能完全按广告行事。但该液位计的价格适中,一般在1万元左右。

我们在多处清水池、污水池、水箱等敞口容

器的液位测量中,使用过E+H公司的FMU系列超声波液位计,效果良好。

7 雷达液位计测量液位

雷达液位(物位)计原理是利用喇叭状波导管发射的低功率(几十微瓦)微波,遇到被测介面后部分反射回来,被发射/接收组合传感器系统接收,通过测量发射、接收的时间差(反射时间)来间接测量液位(物位)。

$$H=CT/2 \quad (9)$$

$$L=E-H \quad (10)$$

式中 H —传感器到被测介面的距离;

C —光的传播速度;

T —反射时间;

L —液位(物位)的高度;

E —传感器到容器底部的距离。

该液位计最大的特点是受环境影响小、精度高。在超声波液位计应用效果不理想的环境中,如高温、高压、负压(真空)、蒸汽、雾状空间、粉尘环境等,较适合雷达液位计。其最大量程可达35m(与介质介电常数、发射功率有关),介质温度可达250℃(带散热装置的仪表),额定压力达6.4MPa。有一种脉冲雷达液位(物位)计,其测量精度可达毫米级。

雷达液位(物位)计对被测介质的介电常数也有要求,一般 $\epsilon \geq 2$,有些产品要求 $\epsilon \geq 1.5$ 。

雷达液位(物位)计的安装也有许多注意事项:发射天线与被测物料的表面应垂直;天线应伸入容器内部,见图9;避免安装在容器中心和投料口,且测量通道在一定范围内应无障碍;天线与被测介质的最高界面要有一定空间(盲区)等。

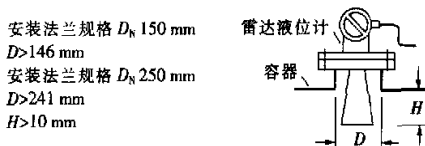


图9 雷达液位计安装示意图

近年来,我们在几千~五万立方的各类原油储罐上安装使用过不同型号雷达液位(物位)计(如FMR系列)近20台,使用效果良好,但发生过个别液位计在高温(环境温度40℃以上、金属

表面温度60℃以上)、低温(环境温度-30℃以下)环境下失效的故障。

雷达液位(物位)计的价格一般在2万元以上,带HART协议及现场显示模块的仪表,其价格更高,达3.5万元以上。

8 其它液位仪表

随着自动化仪表技术的发展,测量液位(物位)的方法及相应的仪表也在不断改进和更新。如装在罐外壁,靠微小的振动来检测液位的振动液位仪表、放射性液位(物位)仪表、光纤液位仪表、智能浮筒液位(界面)计等,这些都有待于进一步实践。

通过上面的论述可以看出,液位(物位)测量是仅次于流量测量的难题,没有哪种仪表能够适应所有的介质或环境。只有在充分熟悉各类液位(物位)仪表的工作机理、被测介质的特性、使用环境、可能出现的问题及日后维护标定等因素的基础上,结合用户使用情况及仪表的性能价格比综合考虑,方能选择可靠、实用并满足精度要求的仪表。正如一句广告词说的,“不选贵的,只选对的”。如我们在一些油罐、水罐的高低液位自动控制装置上大量采用价格低廉的国产UQK系列浮球液位开关,使用效果良好。所以,应尽量用相对简单的办法解决复杂的问题,方显水平。

当然,仪表安装也非常重要,有时需要多专业配合设计和安装,以免装置投产后发现问题,那时整改已很困难,特别是易燃易爆环境、焊接后需要重新认证的压力容器等。

参考文献:

- [1] 蒋思敬,姚士春.压力计量[M].北京:中国计量出版社,1991.
- [2] Wim van de kamp.物位测量理论与应用[M].蒋明生译. Enderess+Hauser,1996.
- [3] 王森.仪表常用数据手册[M].北京:化学工业出版社,1998.

作者简介:杨万国,男,工程师,从事电气、自动化仪表工程施工及管理20多年,发表过多篇电气、自动化仪表方面的论文。通讯地址:新疆克拉玛依市塔河路15号,电话:0990-6848278, E-mail: anganuo@sina.com.cn.

收稿日期:2003-09-12

博采有物之言 广结有识之士

多种液位仪表的应用对比

作者: [杨万国](#), [贾延刚](#)
作者单位: [新疆石油管理局, 新疆克拉玛依, 834000](#)
刊名: [石油工程建设](#)
英文刊名: [PETROLEUM ENGINEERING CONSTRUCTION](#)
年, 卷(期): 2004, 30(1)
被引用次数: 16次

参考文献(3条)

1. [蒋思敬;姚士春](#) [压力计量](#) 1991
2. [Wim van de Kamp;蒋明生](#) [物位测量理论与应用](#) 1996
3. [王森](#) [仪表常用数据手册](#) 1998

本文读者也读过(8条)

1. [许庆军](#) [电容式液位计在尿素生产中的应用简介](#)[会议论文]-2003
2. [周峰](#) [电容式液位计在我公司的应用与改进](#)[期刊论文]-[化肥工业](#)2001, 28(6)
3. [夏菊红](#) [油压装置液位计改造](#)[期刊论文]-[水电自动化与大坝监测](#)2005, 29(1)
4. [孟浩龙](#). [吕宏庆](#). [苏毅](#). [李著信](#). [朱瑞国](#) [一种用于油罐液位测量的位移式方法](#)[期刊论文]-[油气储运](#)2002, 21(2)
5. [高维信](#). [董强](#). [荆予华](#). [尤红军](#). [滕会英](#) [锅炉汽包水位监视基准表和保护仪表选型](#)[期刊论文]-[中国电力](#) 2003, 36(7)
6. [王钟晖](#). [WANG Zhong-hui](#) [现场仪表选型和安装环境之浅议](#)[期刊论文]-[安徽化工](#)2007, 33(3)
7. [陈兆宇](#). [陈辉](#) [超声波液位计在制盐行业液位测量中的应用](#)[期刊论文]-[苏盐科技](#)2008(1)
8. [卜锦海](#). [BU Jin-hai](#) [高压加氢装置仪表选型安装设计中的若干问题](#)[期刊论文]-[石油化工自动化](#)2001(1)

引证文献(15条)

1. [崔岩](#) [KYZ浮选柱液位测量装置的应用研究](#)[期刊论文]-[有色金属\(选矿部分\)](#) 2012(1)
2. [淮文博](#) [基于串行扩展技术的霍尔液位传感器](#)[期刊论文]-[宝鸡文理学院学报\(自然科学版\)](#) 2010(1)
3. [淮文博](#) [低精度液位测量电路设计](#)[期刊论文]-[计量技术](#) 2010(9)
4. [杨朝虹](#). [李焕](#) [新型液位检测技术的现状与发展趋势](#)[期刊论文]-[工矿自动化](#) 2009(6)
5. [廖圣勇](#) [核电站中液位仪表的选型](#)[期刊论文]-[仪器仪表用户](#) 2009(3)
6. [杨朝虹](#). [杨竞](#). [李焕](#). [付春林](#) [磁致伸缩液位传感器的应用与发展](#)[期刊论文]-[矿冶](#) 2004(4)
7. [淮文博](#). [高宗海](#). [李大成](#) [霍尔式液位传感器的设计与实现](#)[期刊论文]-[机械制造与自动化](#) 2010(3)
8. [荆向峰](#). [杨成忠](#) [霍尔式窰井水位检测装置的设计与实现](#)[期刊论文]-[杭州电子科技大学学报](#) 2011(4)
9. [吴宁明](#). [殷卫宁](#) [真空保冷在CSY磁浮色标液位计上的应用](#)[期刊论文]-[乙烯工业](#) 2010(2)
10. [黄伟锋](#). [李震](#) [智能化楼宇自动蓄水控制系统](#)[期刊论文]-[机电工程技术](#) 2007(10)
11. [李林](#). [税爱社](#). [李生林](#). [夏绍模](#). [林龙](#) [储油罐实时监测与计量管理系统设计](#)[期刊论文]-[自动化与仪器仪表](#) 2006(5)
12. [张小勤](#) [压缩机气体分液罐的故障分析及解决方法](#)[期刊论文]-[机电产品开发与创新](#) 2013(1)
13. [李震](#). [洪添胜](#). [黄伟锋](#). [孙道宗](#). [朱余清](#) [谐振式液位传感器在喷雾机药液箱液位检测中的应用](#)[期刊论文]-[西北农林科技大学学报\(自然科学版\)](#) 2007(7)
14. [鲁远浩](#) [高精度数字液位测量系统设计研究](#)[学位论文]硕士 2005
15. [史小春](#). [钱华](#). [戴海夏](#). [李英杰](#). [黄海英](#). [景盛翱](#). [李智玮](#). [程养学](#) [我国油站量油技术与油气排放浅析](#)[期刊论文]-[环](#)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sygcjs200401011.aspx