

UBG 型光导电子液位仪的精度分析

冯国楠*

(北京工业大学)

冯国楠:UBG 型光导电子液位仪的精度分析,油气储运,1997(10)16,43~45。

摘 要 UBG 型光导电子液位仪是 80 年代末研制的一种新型的高精度液位测量仪。介绍了该液位仪的工作原理,分析了液位仪在多种因素的影响下造成的系统误差,并给出了计算公式。经分析验证,该液位仪与同类产品相比,具有性能优良、防爆等级高、信号稳定可靠、抗干扰能力强、测量精度高等优点。

主题词 光导 液位仪 精度分析

UBG 型系列光导电子液位仪是北京航天智控工程公司将老式的浮子钢带液位测量原理同现代光导采样技术、格雷码信息钢带、微电子技术及微型计算机技术相结合,于 80 年代末开始相继设计成功的新一代高精度液位测量仪系列产品。10 年来,该产品已在各类液料储罐上安装了 4 000 余套,在国内同类产品中市场最广,深受广大用户欢迎。同传统的液位仪相比,该产品的主要特点是:防爆等级高,信号稳定可靠,抗干扰能力强,尤其是通过结构上的巧妙设计、软件补偿方法和严格的加工工艺要求,保证了测量的高精度。本文将对 UBG 型液位仪的精度作较详细的分析。

一、工作原理

UBG 型光导电子液位仪由一个金属浮子、一个重锤、一条信息码带、两条连接钢带、四个导向滑轮、取样器、信号放大器、计算机及显示仪组成,测量原理如图 1 所示。

金属浮子是液位检测元件。当液料罐内被测介质的液位上升或下降时,由于连接钢带和信息码带吊着的浮子将被浮起或下落,在重锤和浮子重力作用下以滑轮作传动机构带着码带随液位同步运动。到达新的平衡位置后,码带停留在一个确定位置上,它给出的液位刻度与罐内液料的实际液位一一对

应。信息码是用格雷码表示的。取样器利用红外光将码带上的液位信息采集出来,并转换成电码信号,经过放大送至控制室内,后经处理单元处理,再由显示器以数字形式显示出来。

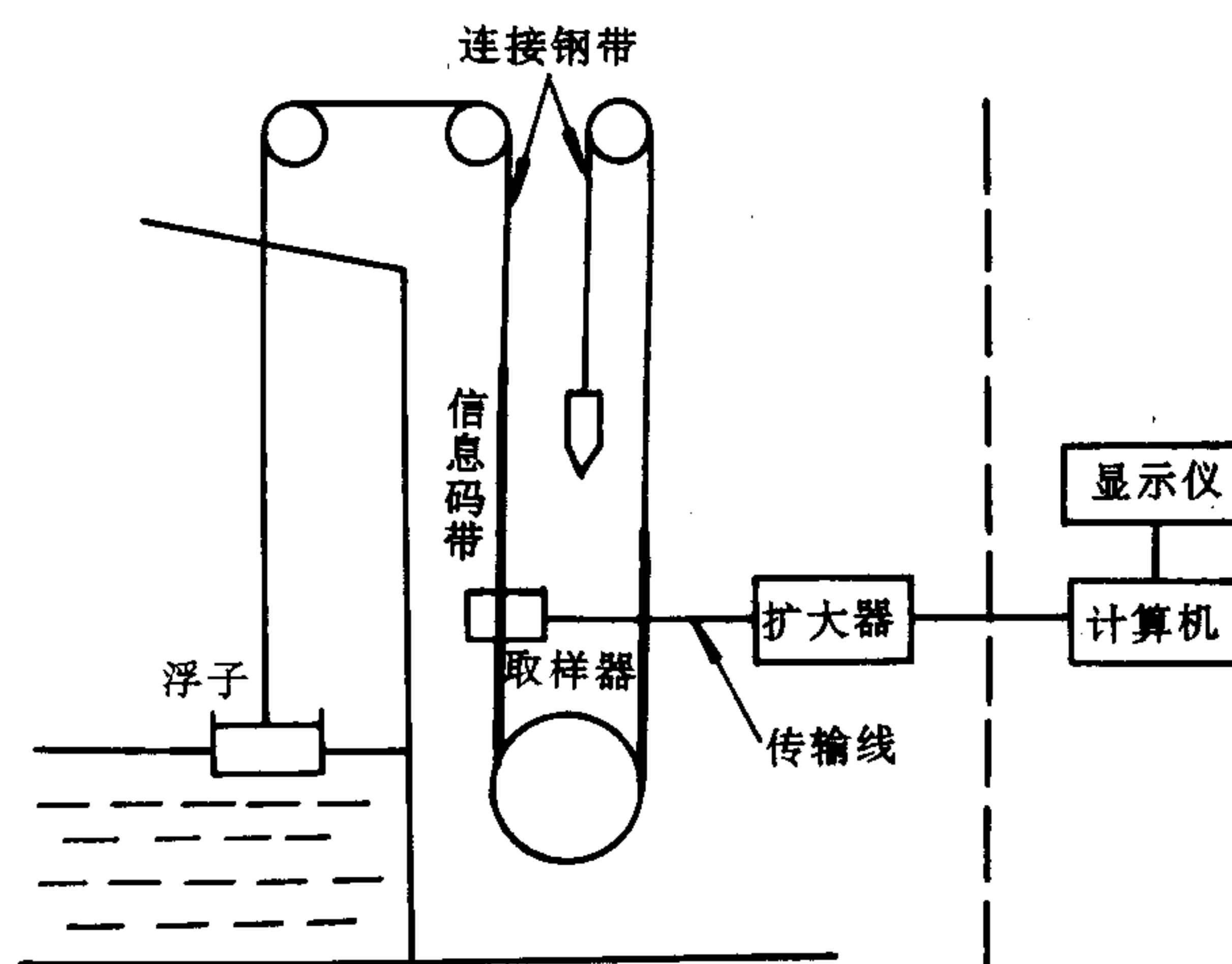


图 1 液位仪测量原理示意图

二、误差分析

下面分析 UBG 型液位仪的分辨力以及导向轮的摩擦力、信息码带刻度、环境温度变化、钢带自重和码带重力拉伸等诸多因素所造成的系统误差。

1、分辨力

分辨力表征测量装置在规定测量范围内所能检测出被测信号最小变化的能力。一般模拟式仪表的

* 100022,北京市朝阳区平乐园 100 号;电话:(010)67392025。

分辨力规定为最小刻度分格值的一半,数字式仪表的分辨力是指数字显示器的最后一位的一个字所代表的被测量值^{[1]、[2]}。UBG 型液位仪数字显示器的一个字代表 1.0 mm,这就是该液位仪的分辨力。

2、 导向轮摩擦力造成的误差

由图 1 可知,连接钢带和信息码带被 4 个滑轮支承着,随着液位的升降而上下运动。滑轮的摩擦力将影响码带上下运动的位移量,这是产生系统误差的一个重要原因。由于存在摩擦力,浮子沉入被测介质中的深度将发生变化,其变化量就是滑轮摩擦力造成的系统死区误差,设为 Δh_1 。

在平衡状态下,浮子相应于深度 Δh_1 排出的被测介质的重量应等于摩擦力,即

$$\gamma \cdot S \cdot \Delta h_1 = F \quad (1)$$

式中 γ —— 被测介质的重度;

S —— 浮子截面积;

F —— 作用在钢带和码带上的总摩擦力。

已知浮子直径 $d=40$ cm,若被测介质为柴油,则 $\gamma=0.8$ g/cm³,于是得

$$\Delta h_1 = \frac{F}{S\gamma} = \frac{F}{400\pi \cdot \gamma}$$

UBG 型系列产品的质量规定滑轮组总摩擦力不大于 0.5 N,因此 $\Delta h_1 < 0.5$ mm,即滑轮摩擦力造成的系统死区误差小于 0.5 mm。

3、 信息码带刻度误差

UBG 型液位仪的取样器从信息码带上 1:1 地读取液位信息,码带刻度误差将直接影响测量精度。

UBG 型液位仪的技术要求包括码带刻度误差不大于 0.3 mm。中国计量科学研究院标定和计量结果证明,该码带刻度误差在技术条件要求范围内。

4、 环境温度变化引起的误差

钢带和码带会随环境温度的升降而伸缩,其变化量为

$$\Delta L = L_1 \alpha (T_1 - T_0) + L_2 \alpha (T_2 - T_0) \quad (2)$$

式中 L_1 —— 液料储罐内部带长;

L_2 —— 罐外从罐顶至取样器间带长;

T_1 —— 罐内温度;

T_2 —— 罐外温度;

T_0 —— 信息码带和连接钢带刻度和安装时的温度,规定为 20 ℃;

α —— 钢带热膨胀系数。

ΔL 就是环境温度变化造成钢带和码带长度变

化而产生的误差。

液料储罐使用现场温度,高温可达 60 ℃ 低温可达 -30 ℃,因此,最大温差可达 50 ℃。由式(2)确定的误差比较大。例如,对于 $\alpha=11 \times 10^{-6}/\text{℃}$, $L=16$ m 的一段钢带,当温差为 50 ℃ 时, $\Delta L=8.8$ mm

但是,当钢带随环境温度变化而伸缩时,支承滑轮组和钢带的钢架要产生类似的变化,被测介质的重度也要发生变化。这些变化的综合结果将使码带产生的相对于取样器的位移量比按式(2)计算的 ΔL 小得多,即后两种变化将对钢带和码带长度随温度变化产生的误差起自动补偿作用。

另一方面, T_1 、 T_2 均可测量, L_1 、 L_2 可通过液位仪精确确定, α 是已知常数,因此,本项误差可以利用二次仪表内的微处理器或与之联网的计算机通过软件方法修正或补偿。如果补偿精度达 1%,则 ΔL 小于 0.1 mm。

软件补偿方法不仅适用于补偿温度变化引起的钢带长度变化,而且可补偿钢带支承体、罐体、被测介质重度等随温度变化对计量精度的影响,因为这些影响的数学关系确定且已知,由它们造成的计量误差容易计算,不难在计算内利用软件方法修正。

5、 钢带和码带自重造成的误差

钢带和码带本身重量是造成系统误差的另一个原因。同常规的单臂垂吊结构不同,UBG 型液位仪采用复臂垂吊结构^[3](见图 2)。这种结构不但没有齿轮传动带来的间隙误差,而且经过科学的设计可以大大减小直至完全补偿钢带和码带自重造成的误差。

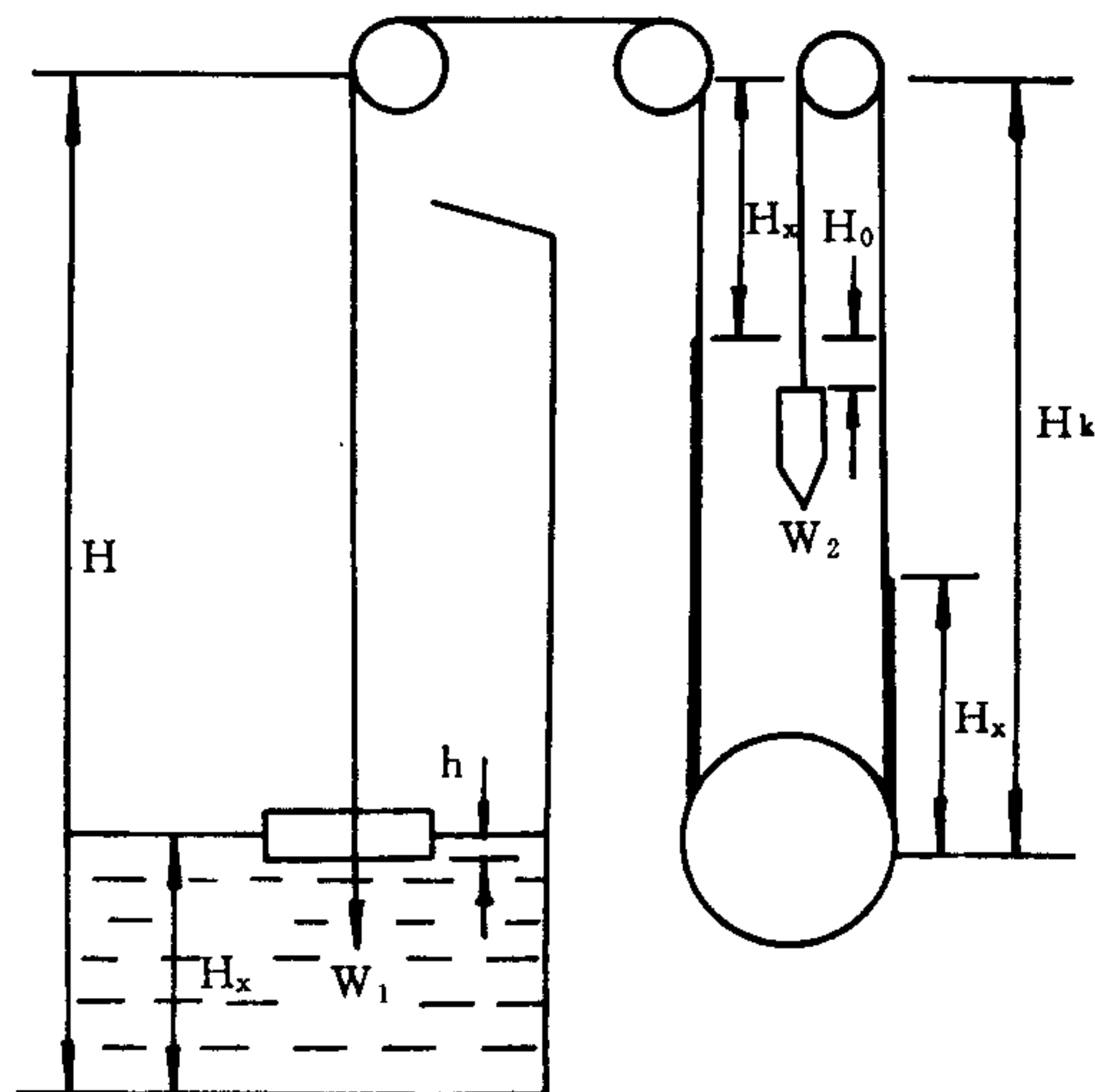


图 2 误差分析图

设 W_1 是浮子重量, W_2 是重锤重量, S 是浮子

截面积, γ 为被测介质重度, P 为码带单位长度重量, Q 为钢带单位长度重量, H 是滑轮安装高度, H_x 是被测液位高度, h 是浮子沉入被测介质中的深度, H_0 是 $H_x=0$ 时重锤至上滑轮轴心间的距离, H_k 是上下滑轮轴心间的距离。设滑轮组摩擦力为零, 则当系统平衡时, 有

$$W_1 - Sh\gamma + (H - H_x)Q - [H_x Q + (H_k - H_x)P] + [H_x P + (H_k - H_x)Q - (H_x + H_0)Q] - W_2 = 0 \quad (3)$$

由此可得,

$$h = \frac{W_1 - W_2 + (H - H_0)Q + 2H_x(P - 2Q) + H_k(Q - P)}{S\gamma}$$

$$h_0 = \frac{W_1 - W_2 + (H - H_0)Q + H_k(Q - P)}{S\gamma}$$

和 $\Delta h_2 = h - h_0$

$$= \frac{2H_x(P - 2Q)}{S\gamma}$$

式中 h_0 —— H_x 为零时的 h 值;

Δh_2 —— H_x 从零开始增大后浮子沉入液料中的深度变化, 即随着 H_x 变化两带自重造成的误差。

设两带宽均为 47 mm, 厚 0.2 mm, 密度为 7.8 g/cm³, 则 $P=Q=0.73$ g/cm, 若被测介质为柴油, 则知 $S\gamma=1005.3$ g/cm。当 $H_x=16$ m 时, 可算出 $\Delta h_2=23.2$ mm, 此项误差比较大。

但是, 要满足条件 $P=2Q$, 则 $\Delta h_2=0$ 。这就是说, 如果将码带单位长度重量设计成钢带单位长度重量的两倍, 就可完全补偿此项误差。这是 UBG 型液位仪的一个突出优点。

UBG 型液位仪信息码带厚 0.2 mm, 宽 47 mm, 连接钢带厚 0.2 mm, 宽 23.5 mm, 满足补偿条件, 因此, 消除了两带自重造成的误差。容易验证, 如果两种钢带的材料和厚度与上述的相同, 只要宽度差 $|b_1 - 2b_2| < 0.2$ mm (此条件容易满足), 其中 b_1 、 b_2 分别为信息码带和连接钢带的宽度, 则 $\Delta h_2 < 0.1$ mm。

6、信息码带重力拉伸造成的误差

信息码带安装成系统后在重锤作用下承受 25 N 的拉力, 根据虎克定律将产生与拉力成正比的伸长形变。但是, UBG 型液位仪信息码带的拉伸形变较小, 而且它的刻度是在外加相应的拉力作用下制作的, 因此, 因重力拉伸引起刻度间隔长度变化造成的误差可以忽略不计。

三、结 论

以上分析结果表明: 滑轮摩擦力引起的系统死区误差小于 0.5 mm, 码带刻度误差不大于 0.3 mm。通过软件补偿和结构上的巧妙设计使环境温度变化和两带自重造成的误差得到较理想的修正和补偿, 可把这两项误差都限制在 0.1 mm 以内, 码带拉伸误差可以忽略不计。

将以上各项误差按几何法综合, 则

$$\Delta h < \pm \sqrt{0.5^2 + 0.3^2 + 0.1^2 + 0.1^2 + 0} = \pm 0.6 \text{ mm}$$

若按代数法综合, 则

$$\Delta h < \pm (0.5 + 0.3 + 0.1 + 0.1 + 0) = \pm 1.0 \text{ mm}$$

又知液位仪数字显示器的一个字代表 1.0 mm, 因此, 该液位仪的误差为

$$l = \Delta h \pm 1.0 \text{ mm} < \pm 2.0 \text{ mm}$$

通过以上分析可以得出结论: UBG 型光导电子液位仪是一种新型高精度液位测量仪, 其精度优于 2.0 mm。

参 考 文 献

1. 陈守仁: 自动检测技术及仪表, 机械工业出版社(北京), 1989。
2. 李 军等: 检测技术及仪表, 轻工业出版社(北京), 1989。
3. 王兴亮: 几种新型高精度液位测量仪, 化工自动化及仪表, 1992(6)。

(收稿日期: 1997-02-16)

编辑: 张淑英

更 正

(1) 本刊第 16 卷第 8 期第 53 页, 第 6、8、13 行“校验位”应改为“校验和”, 第 12 行“位”应改为“字节”。

(2) 第 16 卷第 9 期第 12 页, 公式(7)由于印刷出现错误, 公式(7)应改为:

$$I = (\pi/64) \times (D^4 - d^4)$$

特此更正!

《油气储运》杂志社

1997年9月26日