

第20篇 物 位 检 测 仪 表

主编及编写单位

上海工业自动化仪表研究所

合稿人

陈主恩

编写人

郑炜民 李竞武

特约编辑

吴钦炜

CA/4/13304

常用符号表

A ——截面积
 C ——阻尼系数
 E ——弹性系数, 统计误差
 F ——力
 J ——辐射强度
 k ——弹性系数
 K ——刚度
 M ——互感
 n ——计数率
 p ——压力

Δp ——压差
 V ——体积
 γ ——重度
 δ ——间隙
 ϵ ——介电常数
 η ——效率
 μ ——吸收系数
 ρ ——密度
 τ ——时间常数
 ω ——激磁电压频率

第1章 绪 论

1 液位、料位和相界面测量

物位是液位、料位和相界面位置的总称。

液位是指液体表面的位置，即液体在罐、塔、槽等容器中的高度。液体一般指自来水、海水、化学溶剂、油类及熔融的金属、液态气体等。

料位是固体物料在各种容器中的高度。固体包括大的块料、颗粒、粉料，例如矿石、煤、沙子、粮食及各种塑料颗粒等。

界面是指液-液、液-固、固-固等的分界面。

测量、指示和控制物位的仪表，叫做物位测量仪表。

另外也可通过测量总容积和总重量来测量物位。

物位是自动化生产过程中所需测量的重要变量之一。

2 物位仪表的分类和性能 (如表 20.1-1 所示)

表20.1-1 物位仪表的分类和主要技术性能

类 别	适用对象	测量范围 m	允许温度 ℃	允许压力 kgf/cm ²	使 用 特 征	测量方式	安装方式	
直读式	玻璃管式	液 位	<1.5	100~150	常压	直观	连 续	侧面、旁通管
	玻璃板式	液位、料位	< 3	100~150	<40	直观	连 续	侧 面
差压式	压力式	液位、料位	50	200	常压	适用大量程、开口容器	连 续	侧面、底置
	吹气式	液 位	16	200	常压	适用粘性液体	连 续	顶 置
浮力式	差压式	液位、界面	25	200	400	法兰式可用于粘性液体	连 续	侧 面
	浮子式	液位、界面	2.5	<150	16	受外界温度、湿度、强光、灰尘影响小	定点、连续	侧 面
	翻板式	液 位	<2.4	-20~120	<64	指示醒目	连 续	侧面、旁通管
	沉筒式	液位、界面	2.5	<200	320	受外界温度、湿度、强光、灰尘影响小	连 续	内沉筒、外沉筒
机械接触式	随动式	液位、界面	20	<100	常压	测量范围大，精确度较高	连 续	顶置、侧面
	重锤式	料位、界面	25	<500	常压	受外界环境条件变化影响小，但可动件易卡死而使仪表失灵	连续、断续	顶 置
	旋翼式	料 位	由安装位置定	60	常压	受外界环境条件变化影响小，但可动件易卡死而使仪表失灵	定 点	顶 置
电测式	音叉式	液位、料位	由安装位置定	120	10	适用于测量比重较小的非粘性物料料位	定 点	侧面、顶置
	电阻式	液位、料位	几十米	200	50	适用于导电介质的液位测量	定点、连续	侧面、顶置
	电感式	液 位	5	100	64	介质介电常数变化影响不大	连 续	顶 置
其他	电容式	液位、料位	几十米	-200~+200	320	使用范围广	定点、连续	侧面、顶置
	超声(声波)式	液位、料位	30	<200	常压	不接触介质	定点、连续	顶置、侧面、底置
	液质射式	液位、料位	20	1000左右	由容器定	不接触介质	定点、连续	顶置、侧面、底置
	光学式	液位、料位	—	1500左右	常压	不接触介质	定 点	顶置、侧面
	热学式	液位、料位	—	—	常压	—	定 点	侧 面

3 物位测量的特点

1) 很多对象只需测量上下限,并不要求连续测量。

2) 测量范围很宽,可以从几毫米一直到上百米,而且测量对象特别多,这就使得测量仪表的品种较多,所采用的测量原理也较多。

3) 测量对象中有许多条件特别恶劣,如高温、高压、低比重介质的物位测量,矿石料位、各种强腐蚀介质的物位测量,这都对仪表设计提出了新的要求。

4) 除特种计量外,一般在工业生产过程中对测量精确度要求不高,但必须工作可靠。

4 物位仪表的选用

物位仪表的设计都是以某种测量对象的使用要求为依据的。有时某一仪表在某一定条件的对象上使用很理想,但在另一条件另一对象上使用就有可能达不到要求,甚至不能使用。例如用电容物位计测量汽油液位非常准确可靠,但若用于测量水位就根本不行。因此选用物位仪表时,必须考虑仪表的

工作条件和经济性。

物位仪表应考虑的使用条件:

1) 被测对象的状态

液体:应考虑温度、压力、比重、粘度、粘附性、气泡、悬浮物、介电常数、电导率、液位变化速度等。

固体:应考虑温度、压力、比重、粘附性、含水量、粒度、物料变化速度等。

2) 被测物位要求连续测量,还是位式报警或控制。

3) 测量范围。

4) 测量精确度或控制精确度。

5) 容器情况:开口容器还是密闭容器,容器大小及形状等。

6) 是否要求防腐蚀或防爆,所要求的防爆等级。

7) 仪表的工作环境:湿度、温度;有否烟、盐雾、灰尘、强磁场、放射性、振动等。

8) 仪表安装位置:是否接触介质,垂直或水平安装及安装在对象容器上的位置。

第2章 直读式物位计

直读式物位计是发展最早、应用得最普遍的一种物位计。它将物位直接显示出来,供操作人员观察和读数。

直读式物位计有标度尺插入式和玻璃管式、玻璃板式等。

1 玻璃管式液位计

玻璃管式液位计是利用连通器液柱静压平衡原理工作的,如图 20.2-1 所示。

被测容器中的液体由连通管流入玻璃管液位计,其液体高度可以由标度尺读得。

若用玻璃管液位计测量高温对象的液位,往往会由于容器内液体温度和连通管内液体温度的不同而产生测量误差。假如容器内液体温度为 T , 重度为 γ , 连通管内液体温度为 T_1 , 重度为 γ_1 , 则有

$$H\gamma = h\gamma_1 \quad (20.2-1)$$

$$h = \gamma/\gamma_1 H$$

若 $T > T_1$, 则 $\gamma_1 > \gamma$, 所以 $h < H$, 即从标度尺上读得的液体高度 h 低于容器中的液位 H 。因此在测量高温对象液位时,必须在旁通管外面用保温材料复盖,以消除由于温度不同而造成的误差。这种液位计耐温、耐压都较低。

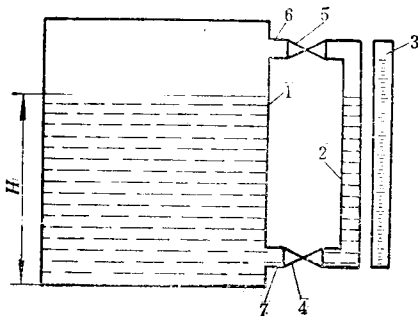


图20.2-1 玻璃管液位计示意图

1—被测容器 2—玻璃管 3—指示标度尺

4、5—阀 6、7—连通管

2 玻璃板物位计

玻璃板物位计有两种安装形式，一种通过连通管安装，另一种可直接在容器壁上开孔安装。前者只能测液位，后者可测液位也可以测料位。

玻璃板物位计能耐较高的温度和压力，能用于锅炉、贮槽、贮塔内多种介质的物位测量（如水、弱碱、氨液、各种油品等）和各种容器内表面比较平静的粉料、小颗粒的料位测量。若测量量程较大，可将几段玻璃板连接使用。

各种玻璃板物位计的名称、规格及用途见表 20.2-1。

为了防止由于玻璃管、玻璃板的破碎而使液体从容器中冲出，在物位计和连通管相连的上下阀内装有安全钢球。当玻璃破碎时，钢球在容器内的压力作用下自动密封管口，起到自动保护作用。在仪表阀端装有阻塞螺钉，供取样或排污之用。

这两种物位计的特点是结构简单，价格低廉，无需外加能源，安装维修方便，对于大多数腐蚀介质及要求防爆对象都能适用。缺点是不适用于高粘

度、易结晶结垢和有附着物的介质。也不适用于低沸点液体和沸腾状的液体。另外旁路装置很容易堵塞，玻璃容易破碎。

表 20.2-1 各种玻璃板物位计

产品名称	标度规格 (mm)	用 途 特 点
透光式玻璃板液位计	500, 800, 1100, 1400, 1700	一般使用于无色透明的液体，且光线较好的场所
带蒸汽夹套的透光式玻璃板液位计		附有蒸汽加热夹套
反射式玻璃板液位计		一般用于稍有色泽的液体，且光线较好场所
带蒸汽夹套的反射式玻璃板液位计		附有蒸汽加热夹套
防霜式玻璃板液位计		使用于低温介质，附有避免因低温介质造成外表结霜装置
照明式玻璃板液位计		在透光式上附有照明灯装置
双色牛眼液位计	定点式	适用高温、高压锅炉汽包液位指示

第3章 差压式物位计

1 概述

差压式物位计是一类应用很广的物位测量仪表，应用于开口容器和受压容器中的物位测量。它包括压力式物位计和差压式物位计。压力式物位计可看作差压式物位计的一种特例（低压为大气压）。凡可测量压力和差压的仪表，只要量程合适，都可测量液位。

差压式物位计的特点：1）测量范围大；2）检测部分除膜片外无可动部件，安装方便，工作可靠；3）可以测量粘度较高、易结晶、有悬浮物或腐蚀性介质的物位；4）所测结果受介质重度变化的影响较小。

2 压力式液位计

由于被测容器内的液面高度 H 和液柱重量所造成的静压力 P 成比例关系，因此当介质重度 γ 不变

时，由所测得的压力 P 就可得知液面的高度。如图 20.3-1 所示，其关系式如下：

$$P = \gamma H \quad (20.3-1)$$

$$H = \frac{P}{\gamma}$$

由图 20.3-1 可知，凡能测得液体静压力的方法及仪表，都能测量液面的高度。

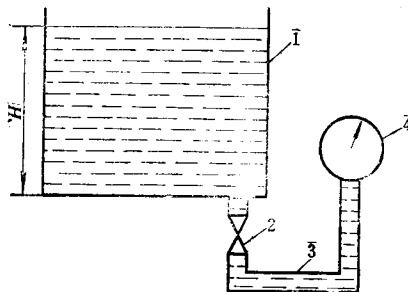


图 20.3-1 静压式液位计示意图

1—被测容器 2—阀门 3—引压管 4—指示表

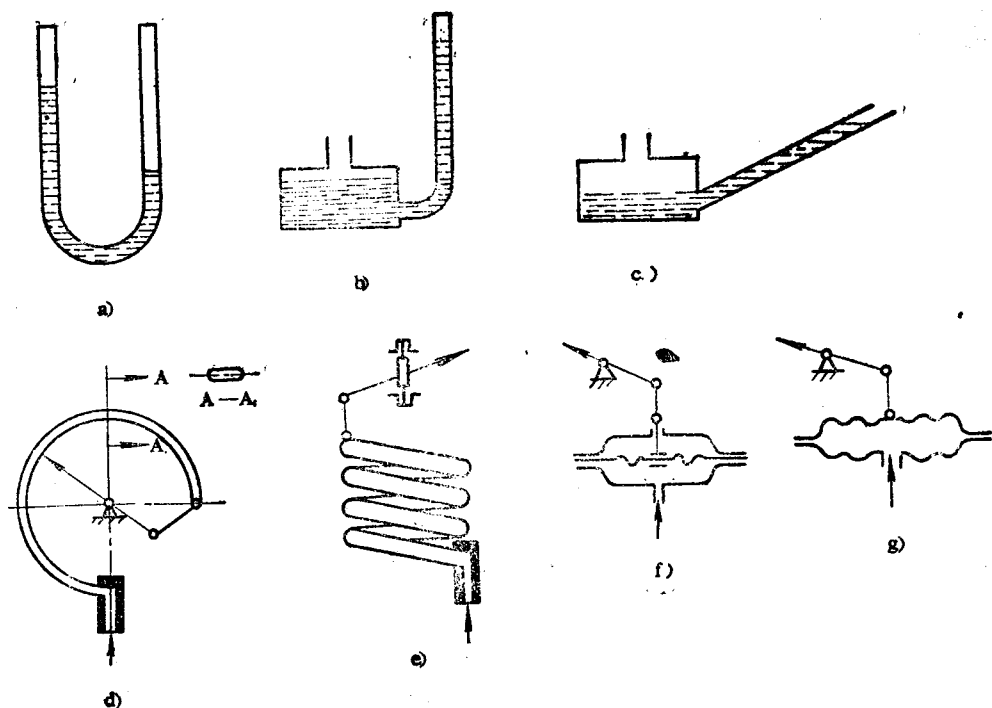


图20.3-2 各种静压式液位计示意图

a) U型管式 b) 杯式 c) 斜管式 d) 单圈弹簧管式 e) 多圈弹簧管式 f) 膜片式 g) 膜盒式

2.1 静压式液位计

静压式液位计包括液柱静压式、弹性体静压式、环秤式、钟罩式等。液柱静压式有U形管式、杯式、斜管式等；弹性体静压式有弹簧管、多圈螺旋弹簧管、膜片、膜盒、波纹管等形式，如图20.3-2所示。各种压力传感器也能测量物位，如电位器式、应变式、电感式、电容式、压阻式、压电式、振弦式等。它们既可就地指示物位，也可远传指示容器内的物位。其结构原理详见压力篇。

2.2 吹气式液位计

其工作原理如图20.3-3所示。洁净的压缩空气经过限流装置（如过滤稳定阀2、恒节流孔3）后，微量均匀地送入吹气管1。当吹气管内压力高于从吹气管下端到液面的液柱静压时，便由吹气管下端鼓泡而出。管内经限流装置补充的气量很小。这样在指示表4上指示出来的吹气管内的压力基本等于液柱的静压力，该静压力 P 和液位 H 有如下关系：

$$H = \frac{P}{\gamma}$$

吹气管应插入距容器底部100~200mm左右处。若太靠近容器底部，则吹气孔容易被沉淀物堵塞，使出口处阻力增加，工作不稳定。恒节流孔或限流孔直径取0.5~1mm。这样可把吹气量限制在较小的数值上（0.2m³/h左右）。

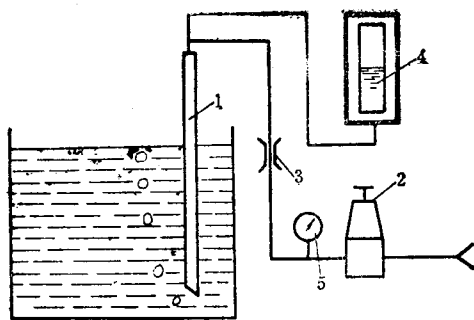


图20.3-3 吹气式液位计工作原理图

1—吹气管 2—过滤稳定阀 3—恒节流孔
4—指示表 5—压力表

为了保持流量恒定，必须使节流孔两端差压恒定。比较有效的办法是提高恒节流孔前的压力（3~5倍液体静压力），恒节流孔径应做得小些，这样恒节流孔前到大气的压力差主要降在恒节流孔上，而液体静压力变化对吹气流量的影响便相对小得多。

吹气式液位计适用于测量腐蚀性很强或粘性介质的液位。

主要技术指标：

测量范围 0~10m, 0~16m

测量误差 ±10mm

气源压力 1.4kgf/cm²

环境温度 -20~+50℃

2.3 压力式水深仪

水深仪的工作原理如图 20.3-4 所示。

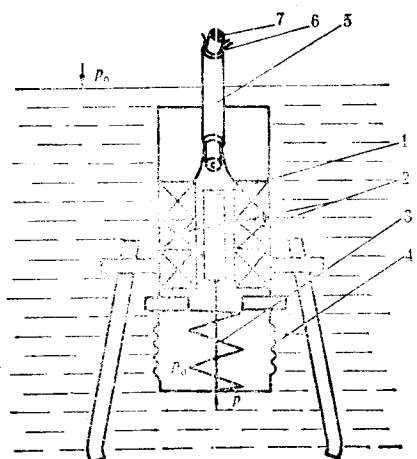


图20.3-4 压力式水深仪工作原理图

1—铁芯 2—差动变压器 3—调零弹簧 4—波纹管
5—空心电缆 6—鞋套 7—空心导管

放在水底或其他基准水位的压力式水深仪，由测量波纹管、差动变压器和测量电路组成。测量波纹管受到介质静压力 $P = H \cdot \gamma$ 的压缩向上移动，带动铁芯在差动变压器中移动。当与弹簧和波纹管的合成反作用力相等时，处于平衡状态，输出一个电

压信号，经测量线路输出标准电流信号。其输出信号与水位成正比，从而指示出水位的高度变化。

$$\text{水压的压力 } P = P_0 + \gamma H$$

式中 P_0 ——大气压

γ ——介质重度

H ——介质液面高度

由于水深仪中用空心导管和大气相通，在波纹管内部同样有一个大气压力 P_0 ，因此波纹管所受的压力

$$P = \gamma H = Kh$$

式中 K ——弹簧和波纹管的弹性系数

h ——波纹管的高度变化

压力式水深仪的特点：

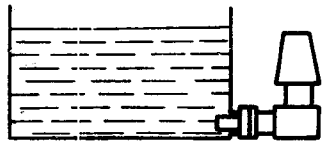
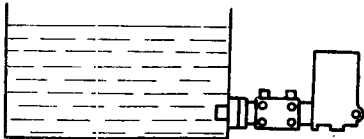
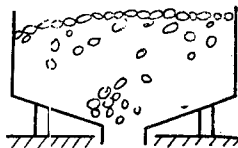
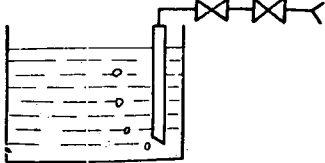
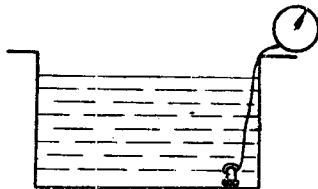
- 1) 水深仪由金属链条连接，放入需要测量水位的对象中，无需专门安装，使用方便；
- 2) 保养、维修简单，只需将水深仪在介质中拉起来就可修理；
- 3) 能稳定地测量对象的平均液位，不受波浪的影响；
- 4) 完全不受水面的冻结、悬浮物、杂质及容器形状的影响；
- 5) 可连续指示介质液位变化，并可进行记录、报警；
- 6) 特别适用于水道、贮水池、深井、江河、水库、排水道、下水道的液位测量；
- 7) 可选用不同刚度的波纹管及弹簧测量不同量程的介质液面高度。

2.4 利用测压法测量物位的特点比较(如表 20.3-1所示)

表20.3-1 用各种测压法测量物位的特点比较

名 称	示 意 图	特 点
普通压力表测液位		适用于洁净、低粘度介质，若测量腐蚀介质液位时，可在引压管内充注与被测介质不相溶的隔离介质

(续)

名 称	示 意 图	特 点
法兰式压力液位 变送器		能转换成标准电信号或气信号, 与电动或气动单元组合仪表配套使用。适用于粘性、有沉淀、易结晶介质液位测量
差动电容、应变电阻、振弦式压力 变送器测液位		能转换成标准电信号输出, 其精确度高达0.25%适用于粘性、有沉淀、易结晶介质液位测量, 振弦式压力变送器输出为频率信号
压电式、磁弹性 式、应变式称重物 位计		适用于料位与液位测量, 测出物料及容器的总重量, 然后可用调整线路减去容器重量
吹气式液位计		适用于高粘度、有悬浮物介质的液位测量
压力式水深仪		适用于贮水池、深井、水库、江河、排水道下水道水位测量。不受冻结、波浪的影响

3 差压式物位计

3.1 利用差压法测量液位

差压计可以测量开口容器内介质液位, 也能测量受压容器内介质液位。

如图 20.3-5 所示, 设受压容器内工作压力为 p_0 , 液体静压力为 p_1 , 在容器底部的压力应为 $p_2 = p_0 + p_1$ 。将差压计的正压室接于被测介质容器的底部, 负压室与工作压力 p_0 相通 (即气相)。这样, 在敏感元件上所受总压力

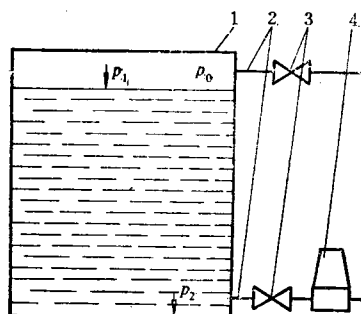


图20.3-5 差压式液位计示意图

1—容器 2—引压管 3—阀门 4—差压变送器

$$\begin{aligned}\Delta P &= p_2 - p \\ &= p_0 + p_1 - p_0 \\ &= p_1\end{aligned}$$

即为介质高度静压力。当介质重度 γ 不变时,

$$\begin{aligned}p_1 &= \gamma H \\ H &= \frac{p_1}{\gamma}\end{aligned}$$

据此就能正确测出液面高度。

3.2 法兰式差压液位计

法兰式差压液位计按法兰的形式分成单法兰差压液位计和单凸法兰差压液位计, 它们的工作原理相同。

法兰式差压计是按力平衡原理工作的, 其工作原理如图 20.3-6 所示。

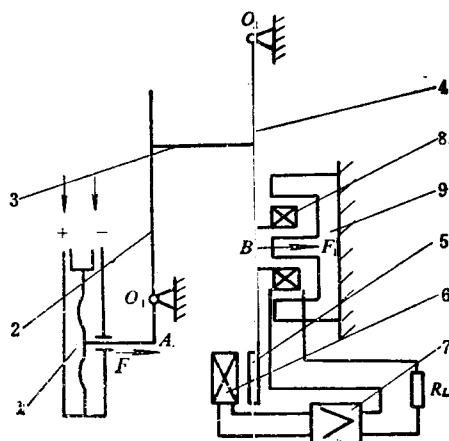


图20.3-6 法兰式差压液位计

- 1—测量元件 2—主杠杆 3—传力弹簧 4—副杠杆
5—检测铝片 6—平面线圈 7—位移检测放大器
8—反馈动圈 9—永久磁钢

由测量元件膜盒测得的差压 ΔP 转换成相应的力 F , 作用在主杠杆 2 的 A 点上, 使它绕支点 O_1 旋转; 主杠杆又通过传力弹簧 3 带动副杠杆 4 绕 O_2 支点偏转, 使检测铝片 5 和平面线圈 6 之间距离改变。从而经位移检测放大器 7 转换成随之变化的直流电流输出。该电流通过电阻 R_L 和反馈动圈 8, 在永久磁钢 9 的作用下产生一个电磁反馈力 F_1 。当测量力 F 与反馈力 F_1 对杠杆系统所形成的力矩达到平衡时, 杠杆系统停止偏转。由位移检测放大器输出一个稳定的电流值, 反映出相应的液面高度。

DDZ-Ⅲ型差压变送器是以矢量机构力平衡式差压、压力变送器来测量压力、差压、物位和流量的, 并把这些测量信号转换成直流 $4\sim 20\text{mA}$ 输出信号供指示、记录、调节。其工作原理如图 20.3-7 所示。

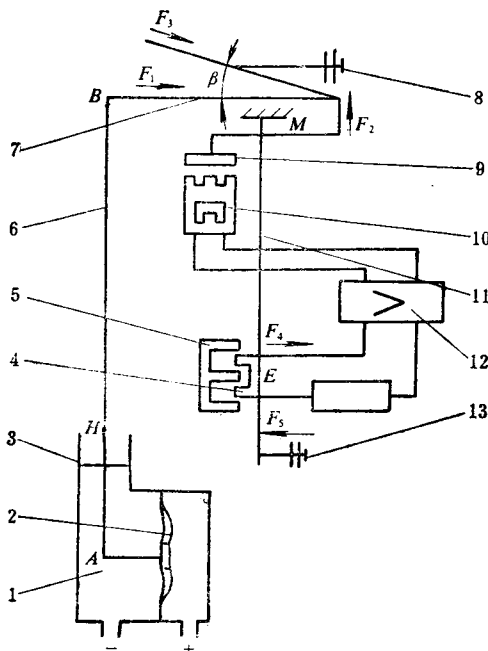


图20.3-7 法兰式矢量机构差压液位计

- 1—测量室 2—膜盒 3—轴封膜片 4—反馈动圈 5—永久磁钢 6—主杠杆 7—矢量机构 8—量程螺钉 9—检测片 10—差动变压器 11—副杠杆 12—放大器 13—调零螺钉

被测差压通过测量室 1 中的膜盒 2 变成作用力。此力通过 A 点传到以 H 为支点的主杠杆 6 和矢量机构 7, 由矢量机构将此力 F_1 分为 F_2 和 F_3 , 其中 F_2 又通过具有十字支承 M 的副杠杆 11, 传到反馈动圈 4 变成 F_4 。同时 F_2 又使检测片 9 的位置改变, 引起差动变压器 10 输出变化, 再经晶体管放大器 12 放大为标准信号 $4\sim 20\text{mA}$ 输出。该信号又流过被串联的反馈动圈, 并与磁钢 5 作用产生电磁力 F_5 。当 F_5 趋于 F_4 时, 变送器便达到新的稳定状态。产生反馈力 F_5 的电流即为输出信号, 它与被测介质的差压信号成比例。

杠杆力平衡与矢量机构力平衡结构特点与性能比较见表 20.3-2。

表20.3-2 杠杆力平衡与矢量机构力平衡差压变送器结构特点及性能比较

原理	结构特点					信号及连接方式			主要性能	
	矢量机构	杠杆比	膜盒单向保护	量程调整	防爆形式	供电电压	输出信号	连接方式	性能	使用温度范围 °C
杠杆力平衡	无	1:6	可靠性较差	麻烦	防爆型	220VAC	0~10 mA·DC	四线制	差	-10~+55
矢量机构力平衡	有	1:10	可靠性好	方便	隔爆型 安全火花型	24VDC	4~20 mA·DC	二线制	好	-40~+82

3.2.1 结构特点

力平衡机构的弹性测量元件位移极小,因而由于弹性元件的非线性、变差等的影响就很小。采用了矢量力平衡机构后的差压变送器的特点是:(1)缩小了结构尺寸,提高了仪表精确度;(2)过载保护装置简单可靠,提高了仪表可靠性;(3)用力的矢量分解法改变量程,不仅调整方便,而且扩大了使用范围;(4)由于膜盒内油路阻尼系统和动圈本身的阻尼作用,无需附加阻尼装置,提高了仪表的稳定性,消除了系统振荡。

向迁移后,它的静态特性曲线就向左或向右平移了,但斜率的绝对值并没有改变。

差压变送器“零点迁移”后所测数据的最大值不应超过仪表所允许的测量上限。仪表的测量范围必须大于或等于量程范围和迁移量之和。下面以测量范围均为0~100mmH₂O的液位测量为例,来说明测量范围、量程和迁移量的关系。

1) 不带迁移 迁移量=0,如图20.3-9所示。当 $\Delta p=0$ 时,输出 $I_0=0$ (mA); $\Delta p=100$ mmH₂O时, $I_0=10$ (mA)。因此,测量范围为0~100mmH₂O。

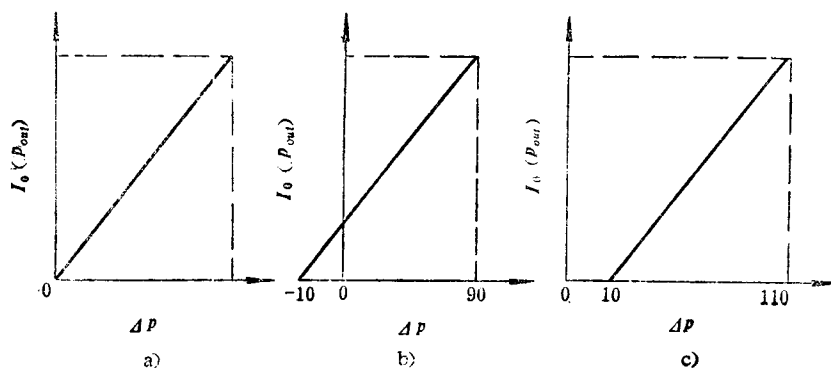


图20.3-8 差压变送器零点迁移前后的静态特性
a) 零迁移 b) 正迁移前 c) 负迁移前

3.2.2 差压变送器测量液位时的零点迁移问题

在用力平衡式差压变送器测量液位时,常常碰到其输出电流为零、但所对应的被测液位却不为零的问题。为了使液位的升降和显示仪表的示值增减一致,就必须使“零点迁移”。所谓“零点迁移”,就是把变送器零点迁移到对应于被测液位的某一不为零的数值,作为零点输出。若迁移到正值,叫“正迁移”。反之,就叫“负迁移”。

图20.3-8为差压变送器零点迁移前后的静态特性。从图中看出,差压变送器的零点经负向或正

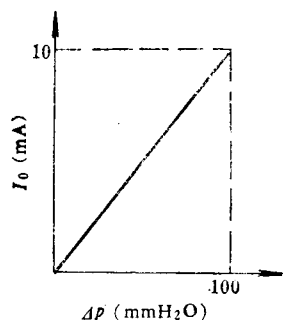


图20.3-9 零迁移

2) 正迁移 迁移量 = $100\text{mmH}_2\text{O}$, 如图20.3-10所示。当 $\Delta p = 100\text{mmH}_2\text{O}$ 时, $I_0 = 0(\text{mA})$; $\Delta p = 200\text{mmH}_2\text{O}$ 时, $I_0 = 10(\text{mA})$ 。因此测量范围为 $0 \sim 200\text{mmH}_2\text{O}$

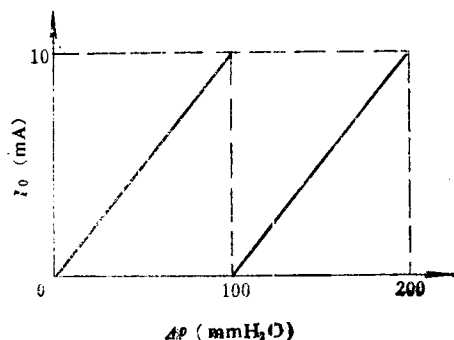


图20.3-10 正迁移

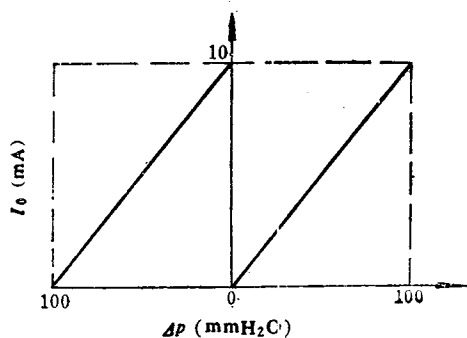


图20.3-11 负迁移

3) 负迁移 迁移量 = $-100\text{mmH}_2\text{O}$, 如图20.3-11所示。当 $\Delta p = -100\text{mmH}_2\text{O}$ 时, $I_0 = 0(\text{mA})$; $\Delta p = 0$ 时, $I_0 = 10(\text{mA})$ 。因此, 测量范围为 $-100 \sim +100\text{mmH}_2\text{O}$ 。

力平衡差压变送器实现零点迁移的原理如图20.3-12所示。在主杠杆上附加一个迁移弹簧, 它对主杠杆施加一个迁移力 F_g 。此时, 仪表的输出就不再简单地与测量力矩成正比, 而是与测量力矩及迁移力矩的代数和成正比。由图看出, 当迁移弹簧对主杠杆施加的力矩为顺时针方向时, 此力矩和测量力矩方向相反, 显然仪表的输出正比于测量力矩与迁移力矩之差。所以, 只

有当测量力矩平衡了迁移力矩之后, 仪表才开始输出, 这就是仪表正迁移的原理。相反, 当迁移弹簧对主杠杆施加的力矩和测量力矩方向一致时, 则可实现零点负迁移。迁移量的多少, 取决于迁移力的大小。

应用零点迁移方法, 可提高仪表测量灵敏度。

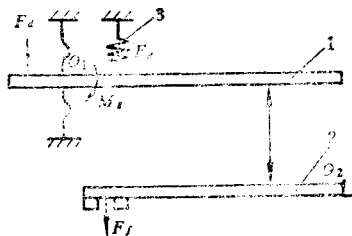


图20.3-12 零点迁移原理图

1—主杠杆 2—副杠杆 3—迁移弹簧

3.3 称重式油罐计量仪

称重式油罐计量仪可用以计量各种液体或石油产品在大型罐槽中的重量, 知道了油罐的截面积, 也就测得了液位。由于测量原理是称重, 介质温度及重度变化对测量结果的影响很小。

3.3.1 工作原理及主要技术指标

仪表是根据天平称重原理工作的, 如图20.3-13所示。

安装在罐底的钟罩12通过取压管13与仪表的测量波纹管10连接。气相由取压管14与仪表补偿

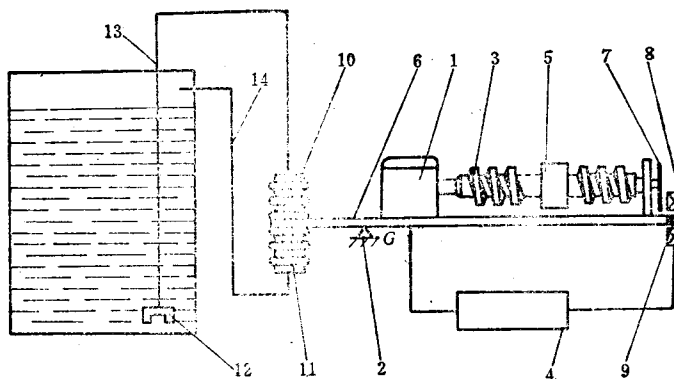


图20.3-13 油罐计量仪工作原理示意图

1—平衡电机 2—支点 2—丝杆 4—放大器 5—砝码
6—杠杆 7—码盘 8—差动发信器 9—衔铁 10—主波纹管
11—补偿波纹管 12—钟罩 13、14—取压管

波纹管 11 连接。波纹管 10 和 11 有效面积相等, 并以相反方向作用于杠杆系统上同一力点, 故能补偿罐内气相压力变化。

当容器内液位上升时, 在杠杆的作用点上得到一个差压 Δp 。若 Δp 对力臂 l_1 (波纹管中心至支点 G 的距离) 的力矩与砝码 5 对力臂 l_2 (砝码重心至支点 G 的距离) 的力矩相等, 则杠杆以支点 G 为中心处于平衡状态, 输出一信号; 当两个力矩失去平衡时, 移动平衡砝码的位置, 改变 l_2 直到系统重新平衡。由此能精确地测出介质在不同高度时的重量。

设波纹管有效面积为 A , 平衡砝码重量为 m , 被测油品重度为 γ , 油面高度为 H , 油品在钟罩缺口处产生的压力为 p_1 , 储油罐上部空气柱压力为 p_2 。则作用于波纹管有效面积上的压差

$$\Delta p = (p_1 + p_2) - p_2 = p_1 = \gamma H \quad (20.3-2)$$

此压差对支点所产生的力矩为

$$\Delta p A l_1 = A l_1 \gamma H \quad (20.3-3)$$

而平衡砝码对支点所产生的反力矩为 $m l_2$ 。当两力矩平衡时有

$$A l_1 \gamma H = m l_2$$

$$\text{即} \quad l_2 = \frac{A l_1}{m} \gamma H = K \gamma H \quad (20.3-4)$$

$$\text{式中} \quad K = \frac{A l_1}{m}$$

如果油品的储量为 W , 油罐平均截面积为 S , 则

$$\begin{aligned} W &= \gamma H S \\ H &= \frac{W}{S \gamma} \end{aligned} \quad (20.3-5)$$

将式 (20.3-5) 代入式 (20.3-4), 得

$$l_2 = K \gamma \frac{W}{S \gamma} = K \frac{W}{S} \quad (20.3-6)$$

因为 l_1 、 m 、 A 均为常数, 故 K 亦为常数。从式 (20.3-6) 可知 l_2 正比于单位面积的储量。在仪表中 l_2 即为平衡砝码移动距离, 它由丝杆带动, 因而 l_2 也正比于丝杆转角的大小。此转角通过齿轮传动至码盘, 再转换成电编码信号输出至显示仪表。

信号按个位、十位、百位、千位由两个码盘编码。编码信号用电缆传送, 每位数字由 4 个码元组成, 连同公共线一起, 共 17 根线。各码元信号输出端均用晶体二极管隔离, 因此可以几台变送器共用 16 根码元线, 公共线作切换线用, 这就大大减少

了电缆线的数目。

由于仪表精确度高, 在使用前应仔细调校 (包括灵敏度、基本误差、线性度、变差及重复性)。

主要技术指标如表 20.3-3 所示。

表 20.3-3 油罐计量仪主要技术指标

项 目		主 要 技 术 指 标
检测及变送部分	量程	0~20000 kgf/cm ²
	基本误差	±0.1%
	变差	小于基本误差绝对值
	灵敏限	不劣于 0.05%
	环境温度	+5~+55℃
	工作条件	无机械振动
显示部分	输入信号	接触式编码信号
	显示方式	四位数字显示
	抗干扰能力	在 220 V 电源线和信号码线用同一电缆传送 1000 m 时, 无干扰现象, 数字显示清晰
	供电电源	220 V ± 10% 110 V ± 10%

3.3.2 结构特点

1) 采用称重原理, 仪表本身精确度高, 优于 0.1%。

2) 测量简单, 换算方便。仪表读数是单位面积的重量 (kgf/cm²), 乘以容器的截面积就能得到容器内储液的总重量。因此无需再进行密度、液体温度的测量及修正。

3) 安装简便, 使用安全。在罐内只需安装一个固定的钟罩, 并通过导管 (尼龙管) 远传到变送器的测量波纹管。变送器可安装在远离危险区的操作室内, 实现了电源不进罐区的安全要求。

4) 可集中检测, 多点测量。一台变送器可切换测量几个罐, 变送器的输出信号用编码方式传送到显示仪表。

3.4 差动电容法测液位

该方法利用液位的变化, 使作用在感压膜片上的压力随之变化, 感压膜片因此而产生微位移, 造成了与两个固定电极之间相对电容量的变化。通过测量其电容变化值而达到液位测量的目的。差动电容法是比较理想的物位测量方法之一。其结构有两种, 但工作原理相同, 如图 20.3-14 所示。

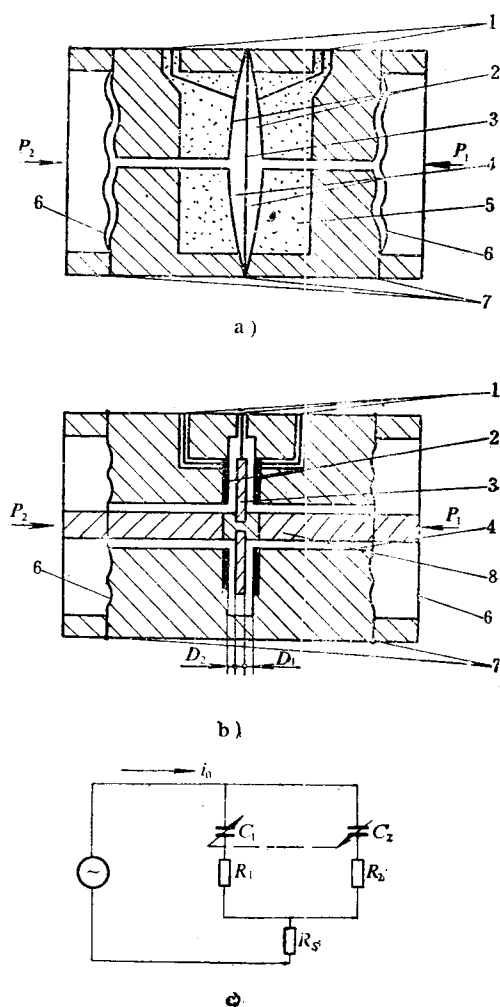


图20.3-14 差动电容结构原理图

a) 结构之一 b) 结构之二 c) 测量线路

 1—金属导线 2—电容极板 3—感压膜片 4—硅油
 5—玻璃陶瓷 6—隔离膜片 7—焊封点 8—连接轴

在图 20.3-14 a) 所示结构中, 被测差压(即液位变化)通过左右隔离膜片 6 和硅油 4 传递到中央感压膜片 8。感压膜片受压后产生微位移, 改变了中央电极(即感压膜片)与两个固定电容极板 2 的相对位置, 使电容量变化, 此电容量的变化与差压成比例。通过导线 1 将信号引出处理。

同样, 在图 20.3-14 b) 所示结构中, 感压膜片随贯通于本体之连接轴移动, 感压膜片两侧有两个固定电极。差压为零时, 电极间空隙距离两面都相等为 D_0 , 无信号输出。当有差压 ($p_1 - p_2$) 时, 连接轴移动 ΔD , 则

$$D_1 = D_0 + \Delta D$$

$$D_2 = D_0 - \Delta D$$

$$\Delta D = K_1 (p_1 - p_2)$$

式中 D_1 为右侧电极间空隙距离

D_2 为左侧电极间空隙距离

K_1 为可动常数

若 C_1 为右侧电极电容量; C_2 为左侧电极电容量, 则

$$C_1 = \frac{K_2}{D_1} = \frac{K_2}{D_0 + \Delta D},$$

$$C_2 = \frac{K_2}{D_2} = \frac{K_2}{D_0 - \Delta D}$$

K_2 为介电常数

此空隙距离变化对应测定电容量的线路如图 20.3-14 c) 所示。

设 e_1 、 e_2 、 e_s 分别表示 R_1 、 R_2 、 R_s 两端电压, 并使 $R_1 = R_2$, 则可得

$$e_2 - e_1 = \frac{e_s K_1}{D_0} (p_1 - p_2) \quad (20.3-7)$$

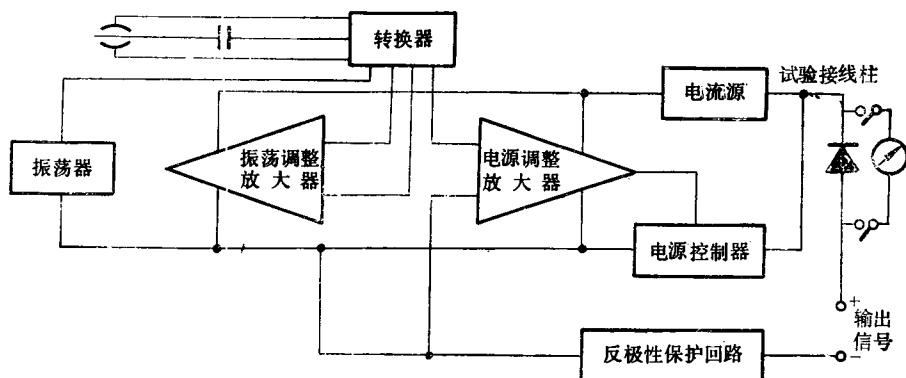


图20.3-15 差动电容电气线路方框图

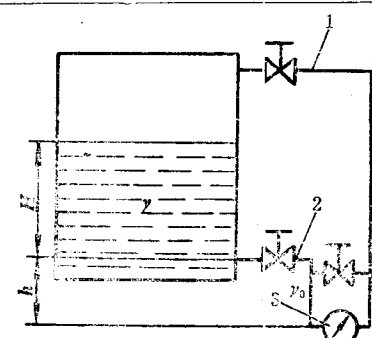
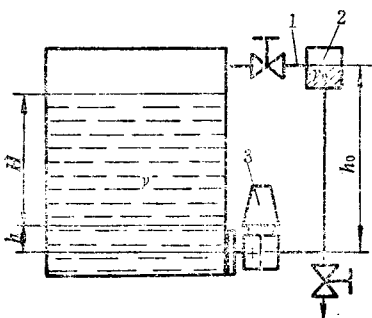
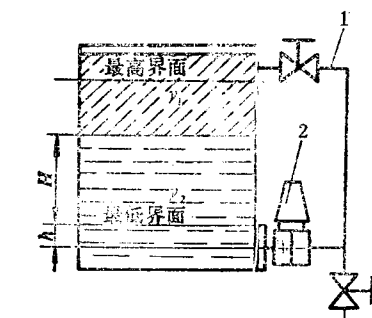
图20.3-15为电气线路方框图,用以将由检测部分输入的电容变化转变成4~20mA标准信号输出。

利用差动电容法测量差压和液位的精确度高,可以达 $\pm 0.2\% \sim \pm 0.25\%$ 。采用微位移的结构,消

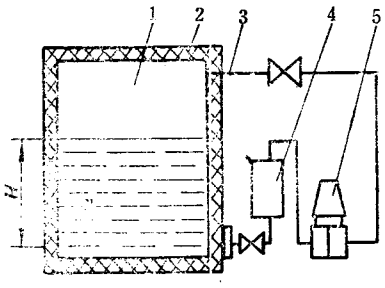
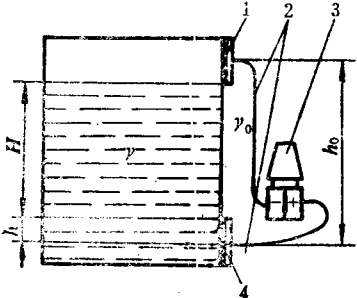
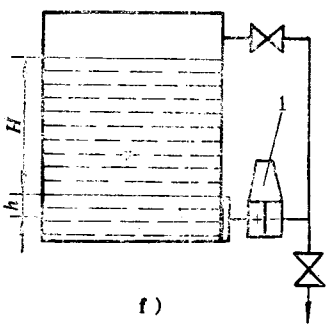
除了冲击、振动等对仪表的影响。

3.5 利用测差压方法测量物位的原理简图、计算公式及适用场合 (见表 20.3-4)

表20.3-4 差压法测物位的原理简图、计算公式及适用场合

原 理 简 图	计 算 公 式	适 用 场 合
 a) 双引压管取压 1—气相引压管 2—液相引压管 3—差压计	$H = \frac{\Delta P}{\gamma} - \frac{h\gamma_0}{\gamma}$ $= \frac{\Delta P}{\gamma} - K$ γ—被测介质重度 γ_0—液相管中介质重度 $K = \frac{h\gamma_0}{\gamma}$	凡能测量差压的仪表,只要量程合适,均能用于液位测量
 b) 单法兰差压变送器带隔离液 1—气相引压管 2—冷凝器 3—变送器	$\Delta P = \gamma(H + h) - \gamma_0 h_0$ $= \gamma H - K$ h—最低液位 γ—被测介质重度 γ_0—隔离液重度 $K = \gamma_0 h_0 - \gamma h$ (迁移量)	适用于高粘度、易结晶、有悬浮物介质液位测量
 c) 单法兰差压变送器测界面 1—上部液体液相取压管 2—变送器	$\Delta P = (\gamma_2 - \gamma_1)H + K$ γ_1、γ_2—两种不同介质的重度 $K = (\gamma_2 - \gamma_1)h$ (迁移量)	适用于测量两种液体介质的界面

(续)

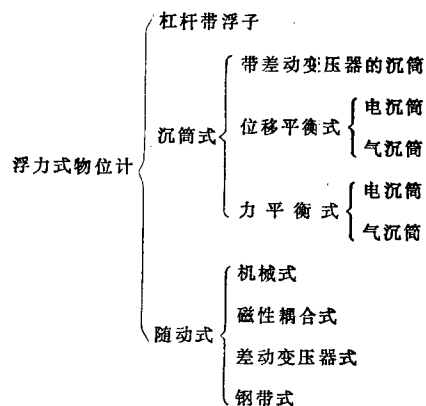
原 理 简 图	计 算 公 式	适 用 场 合
 d) 单法兰差压变送器测低沸点液体液位 1—被测容器 2—绝热层 3—气相引压管 4—中间容器 5—变送器	$\Delta p = \gamma H$ γ—低沸点液体重度 H—被测液位高度	适用于测量低沸点液体液位。加中间容器防止变送器正压室充液结霜
 e) 双法兰差压变送器测液位 1—上法兰 2—毛细管 3—变送器 4—下法兰	$\Delta p = \gamma H + \gamma h - \gamma_0 h_0$ $= \gamma H - K$ γ_0—毛细管中所充硅油重度 K—迁移量 h_0—上下法兰安装孔孔距	适用于液相、气相都有结晶情况的液位测量
 f) 差动电容、应变电阻、振弦式差压变送器测液位 1—变送器	同一般差压变送器	适用于对测量精确度要求较高的场合，测量精确度可达0.2%

第4章 浮力式物位仪表

1 概述

浮力式物位计应用得非常普遍。它是基于液体的浮力使浮子随着液位的变化而上升或下降,从而实现液位测量的。凡浮子随液位变化是一比一变化的,总称为浮子(包括做成各种形状的浮筒、浮球、浮标等),凡浮子和液位变化不是一比一的称为沉筒。

浮力式物位计种类较多,现已发展成系列产品。



浮力式物位计结构简单,工作可靠,不易受外界温度、湿度、电磁场、强光、气流等影响。缺点是有可动部件,容易受摩擦、腐蚀及脏物卡住而影响它的灵敏度和变差,甚至不能工作。

2 杠杆带浮子式液位仪表

这类仪表受机械杠杆长度限制,量程较小,多数用于容器内液位或界面控制。当液位到达高低极限时,信号输出部分可作报警用。

2.1 电动、气动式液位信号器

表 20.4-1 所示为各种电动、气动液位信号器的结构原理。

上述各种浮子式信号器,结构简单,零部件少。用永久磁铁传动,其测量部分和输出部分是隔离的,因而避免了被测介质渗漏腐蚀对仪表精确度的影响。

浮子端面可装有平衡块,当介质重度不同时,可改变平衡块以调整浮子重量,实现正确测量。

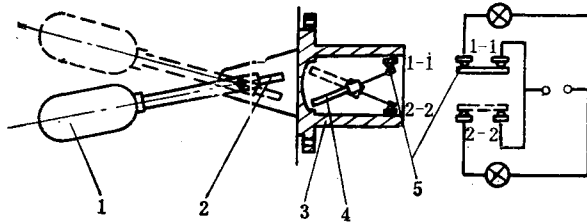
表20.4-1 电动、气动液位信号器的结构原理

结 构 原 理 简 图	简 单 动 作 原 理
a) 1—浮子 2—浮杆 3—弹性管 4—舌板 5—调节螺钉 6—微动开关	由舌板推动微动开关,使电路接通或断开

(续)

结 构 原 理 简 图

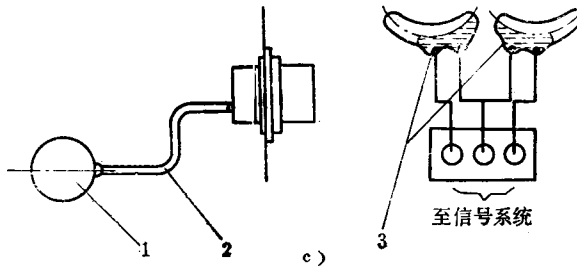
简 单 动 作 原 理



b)

浮子带动永久磁铁并作用于另一相互密封的(同极性)永久磁铁, 接通或切断相应的电接点

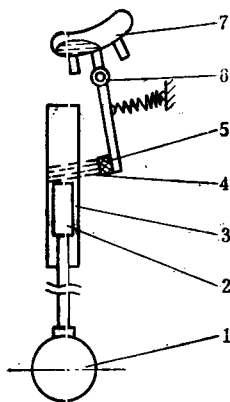
1—浮子 2、4—相同极性永久磁铁 3—外壳 5—动触头



c)

浮子带动杠杆, 使相应的水银开关接通或断开

1—浮子 2—杠杆 3—水银开关



d)

浮子带动磁活塞, 改变水银开关的位置, 使水银开关的其中两个接点接通, 另两个接点断开

1—浮子 2—磁活塞 3—非导磁密封管 4—磁场
5—永久磁铁 6—支点 7—水银开关