高精度液位测量---微差压压力传感器 AMS 4711 的应用

液位测量对于现代过程自动化的意义要远大于仅仅检测油箱是否装满一半或者四分之一的这一项工作。采用合适的传感器可以对液体位置以及液体的流进和流出数量进行精确测量并且可以获得有价值的动态过程的信息。如何采用压力传感器（变送器 ）**AMS 4711 [1]** 对一个开放的罐体中（从 **50cm** 高开始）的液位高度进行简单而准确的测量，**AMG** 公司**[2]**在下面的这篇文章中将进行详细介绍。

- 测量压力的硅压阻芯体
- 硅压阻芯体的相对压力的测量
- **AMS 4711** 的介质兼容性
- 液位测量
- **AMS 4711** 介绍
- 总结

测量压力的硅压阻芯体

图 1: 微差压压力传感器 AMS 4711 系列

在液位测量中，人们可以通过比较加在硅压阻传感器测量芯体的膜片上下二侧的压力 P_1 和 P_2 的差值来计算液位的高度的（图 2）。通常二侧压力的大小是 $P_1 \leq P_2$ 或者相反 $P_1 \geq P_2$。大多数压力传感器一般只是对一种差分压力进行采集和测量，要么 $P_1 \leq P_2$ 或者相反 $P_1 \geq P_2$。相对于大气压的差分压力传感器称之为表压压力传感器，是差分压力测量时的一种特例。通过测量开放的罐体内的液体产生的静压与外界大气压力之间的差值来进行液位高度的测量，是表压压力传感器的一个重要应用。

图 2 描述了在各种压力作用下，压力传感器芯体上的应变薄膜的弯曲形变的情况。传感器输出信号的正负反映了芯体上的应变薄膜的弯曲方向。

上海芸圣微电子有限公司
上海市金都路 3000 号 1422 室
邮编：201108
电话：021-33586462
传真：021-33586462
邮箱： zzhiyun@126.com
Internet:：www.sym-china.cn

高精度液位测量---微差压压力传感器 AMS 4711 的应用

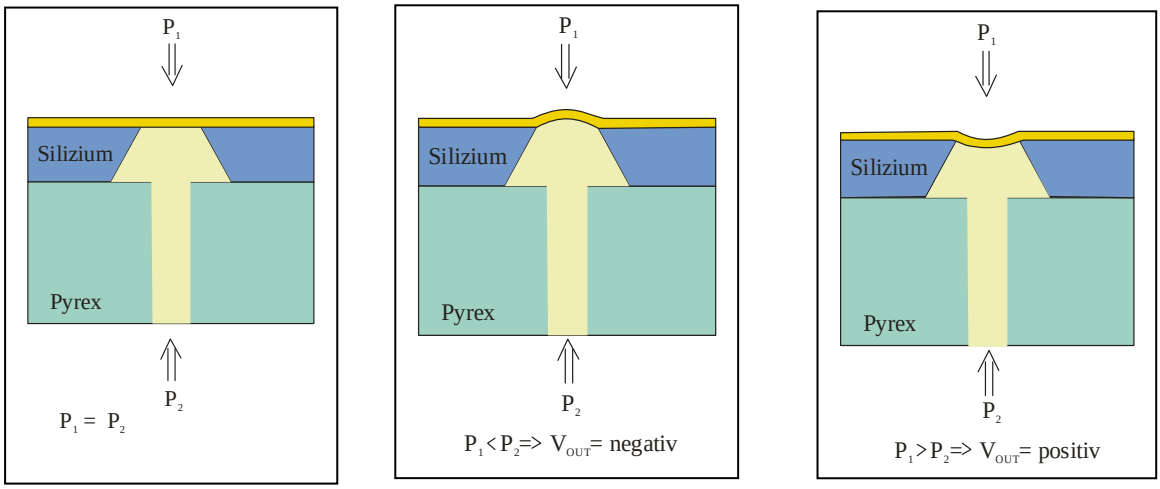

图 2：硅压阻压力传感器测量差分或相对压力的 原理
（negativ-负）
（positive-正）

硅压阻芯体的相对压力测量

如果有二个压力中的一个 P_1 或者 P_2 是传感器外面的环境压力比如大气压力 P_{atmos}，那么这种传感器也可以称为表压压力传感器。在这种 P_1 或者 $P_2 = P_{atmos}$ 是大气压力的限定下，表压传感器，也就是差分压力传感器，它测量的是一个容器里的压力相对于环境大气压力的差值。这里要注意的是传感器的压力两端的接法，有的是 $P_1 \geq P_2$，有的是 $P_1 \leq P_2$。

AMS 4711 的介质兼容性

在测量一个盛有液体的容器中液位高度时，如果液体中没有泡沫，那么传感器的应变薄膜是直接和液体接触的。与通常认为硅压阻传感器不能直接用来测量液体（接触液体）的偏见相反，通过采用硅压阻芯体倒装片的技术比如 AMS 4711[3]，就可以用来直接测量液体的压力。此时所测量的液体介质只是同构成倒装片的这些耐腐蚀性的材料直接接触，而不是同刻蚀有桥路电阻的硅表面接触。在 AMS 4711 的传感器压力芯体的反面正是这样一些耐腐蚀材料，它们是陶瓷，氧化硅，玻璃等等。液体介质进入的连接管道和传感器的封装材料都是由耐腐蚀的材料 PA6.6[1)] 组成。然而传感器中的粘结材料（压力芯体与陶瓷基板之间以及传感器封装材料之间）对不同的液体介质是有可能会产生问题的。此时对粘结材料的选择就显得特别重要。AMG 公司选择的专用粘结材料不仅可以对测量的液体介质耐腐蚀，也完全满足压力芯体倒装时的粘结强度的要求（注意是在过载压力和高低温的情况下的粘结强度）。

[1)] PA6.6 材料对以下这些材料是非常稳定的，比如脂族和芳香烃类，碱，制动液体，脂，脂肪，酮类，燃料和冷却剂，溶剂，清洁剂和去污剂，油，醇类，水，和许多其他物质。

液位测量

测量开放容器中的液体高度就是通过测量相对压力差值（见图 2）得到的，即环境大气压力 P_1 和由液体产生的压力（流体压力）加上环境大气压力的 P_2 的差值，就是液体产生的静态流体压力。

根据物理学中的帕斯卡定理，通过压力的测量可以推导出液体的液位高度。 充满液体的开放容器中的某个位置的流体压力可以用下面的公式来表示（见图 3）：

高精度液位测量---微差压压力传感器 AMS 4711 的应用

$P_{hydrost}(h) = \rho \cdot g \cdot h$ (Pa)

$\rho =$ 液体密度 $= f(T)$ (kg/m^3)

其中：g = 重力加速度 = 9,832 m/s²，h = 液位高度 (m)，T=温度

当液体的密度 ρ = f(T)为常数时（温度变化可以近似认为不变），在测量的位置处的压力是与液位的液面高度 *h* 成正比的。当然在液面处还有一个附加的环境大气压力 P_{atmos}。

$P = P_{atmos} + P_{hydrost}$

如果在容器的最底部（见图 3）装上一个相对压力传感器（表压传感器），它的测量压力的一端与容器最底部相连，测量的是总压力 *P*；测量压力的另一端与环境大气压力相连，测量的是环境大气压力 P_{atmos}。因为在压力传感器芯体上的应变薄膜上下两侧都有环境大气压力的存在，它们正好相互抵消。所以相对压力传感器（表压）测量的两端压力的差值，就是总压力 P = P_{atmos} + $P_{hydrost}(h)$ 和环境大气压力 P_{atmos} 的差值，也就是开放容器中的液体产生的压力 $P_{hydrost}(h)$，与环境大气压力 P_{atmos} 无关。

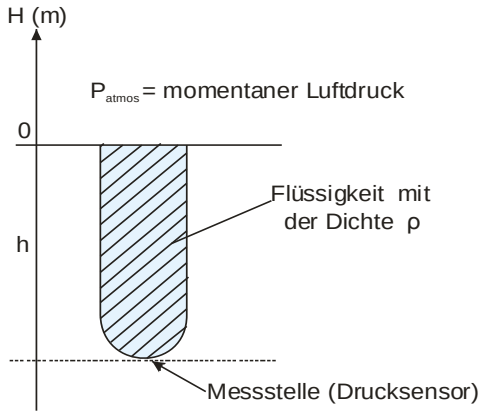

图 3： 液体的静态压力测量
Momentaner Luftdruck=实时大气压力
Fluessigkeit mit der Dichte=液体密度
Messstelle (Drucksensor)=压力测量位置

举例说明：如果环境大气压力是 P_{atmos} = 1000 mbar，液位测量最大高度 50 cm，采用差分压力传感器 AMS 4711-0050-D （0-50 mbar）。如果此时水的高度 10 cm，温度 4 °C （水密度为 1 kg/m^3），压力传感器 AMS 4711 测出压力为 10 mbar，输出相对应电压信号 1.000V（满量程 5.000V）。

压力传感器的测量范围的选择当然非常重要，这个要同测量液位最大高度相对应。如果传感器的压力范围选择太大，那么输出的信号就会变得较小，分辨率也就小。压力传感器的最大测量范围和最大液位时的压力的比值应该不影响传感器输出信号的读取，以达到最大分辨率；同时也要考虑过载的情况。

在实际应用中，测量液位压力的压力传感器的安装位置往往是根据用户自己设定的测量点安装，通常与图 3 所示的最简单的方法相差甚远。在图 4 的例子中，压力传感器没有安装在容器的最底部，而是借助于一个辅助容器，在辅助容器的顶端安装了压力传感器。

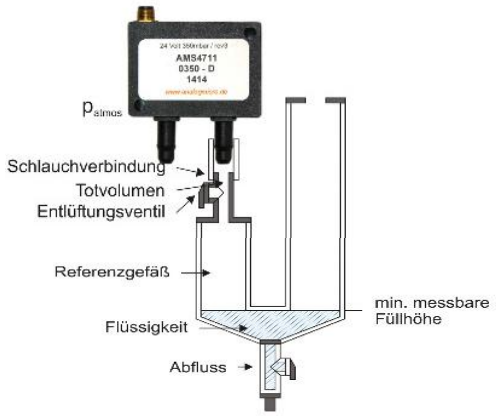

图 4a: 有辅助容器液位端的液位测量（零位状态）
Schlauchverbindung=软管连接，
Totvolumen=死区，Entleuftungsventil=放气阀，
Referenzgafaess=辅助容器

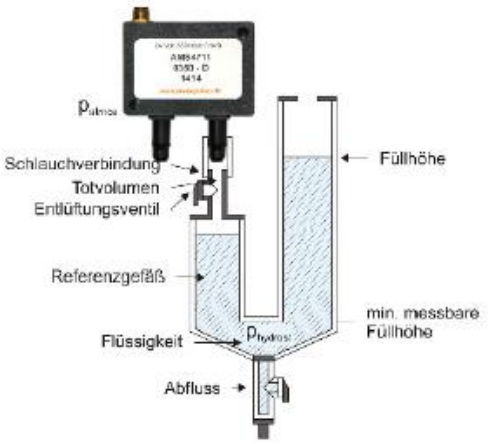

图 4b: 有辅助容器液位端的液位测量（测量状态）
Abfluss=放液阀，Fluessigkeit=液体，
Mim.messbare Fuellhoehe=零位
Fuellhoehe=测量液位

高精度液位测量---微差压压力传感器 AMS 4711 的应用

在这种测量方法中，要注意辅助容器中有一小段空间（死区），使得可测量的液位高度（有效高度）变成容器的液面高度和辅助容器的液面高度之差。在确定真实的液位高度时，必须加上从辅助容器的液面到容器的最底端的距离。

要准确测量液位，必须注意到在辅助容器的液面到传感器测量膜片之间的空间（死区），它通常是充满空气的。这个空间（死区）可以作为液体和传感器之间的隔离缓冲区，但是它会受到温度变化的影响。就是说，在死区里的气体压力在温度变化的时候会按照理想气体方程(PV = RT)发生变化，这个死区的空间体积也会发生变化并且会影响到所测量的液位高度。通常在温度升高的时候死区空间的压力变大，使得测量的压力升高，得到液位高度也会变大。 为了降低这个死区空间所引起的误差，就要将死区的空间尽可能的变小，如图 4 中所示，可以通过一个放气阀来减小死区的体积。

除了受到温度影响的死区体积外还必须注意液体的密度也同样会受到温度的影响。根据测量精度的要求，有时会需要一个温度传感器来测量液体的温度，在最后标定液位高度时，把液体的密度和温度的关系计算进去，那样就可以使得液位的测量达到一个较高的精度。

AMS 4711 的介绍

小型化的压力传感器 AMS 4711 是一体化的高精度压力传感器，输出 0-5V 电压信号。每个传感器都是经过校准，线性化，在工业级应用温度范围-25…85 °C 内进行温度补偿。工作电源可以从 7—36V 之间选用。AMS 4711 中的差压传感器有二个可以连接硅胶管的连接端口（Ø=4,8 mm）。电气连接的方式是通过一个专用的传感器接插头 M5。整个传感器符合国际防护标准 IP67 ，可以在室外直接使用，不需要进行维护。

在传感器相对的角上有二个安装孔，安装时，用二个螺丝（M3）直接固定就可以了（图 5）。

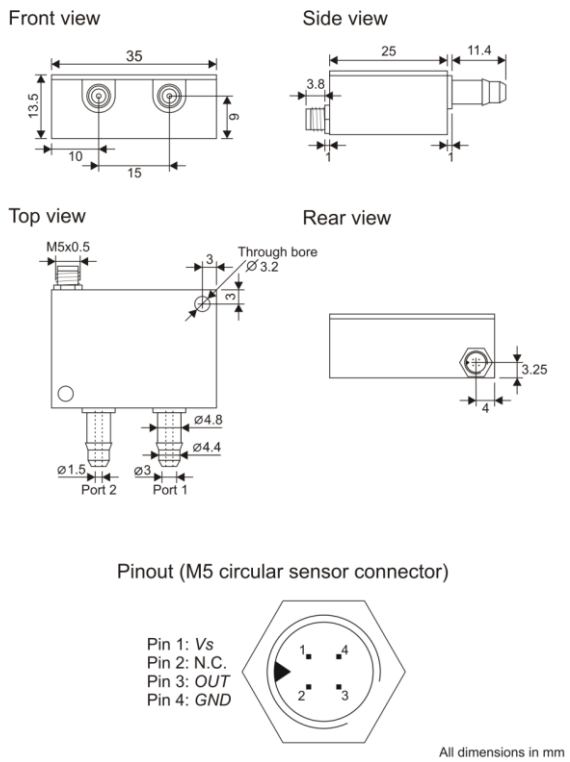

图5： AMS 4711尺寸示意图（mm）
电压信号输出接口（M5圆形传感器接头）

高精度液位测量---微差压压力传感器 AMS 4711 的应用

AMS 4711 压力传感器系列有多种量程可选，差分信号从 0--5，0-10，0-20，0-50，0-100，0-200，0-350，0-1000，0-2000 mabr 可选。绝对压力 0-1000 mbar 和 0-2000mbar, 大气压力 700-1200 mbar。除此以外，还有特有的双向压力传感器系列 ±5, ±10, ±20, ±50 und ±100 mbar 可供选择。

AMS 4711 在差分压力传感器中采用的是倒装片的方案[3]，在压力测量时，其中一个压力端口可以耐受很多不同种类的液体和一些腐蚀性气体。

AMS 4711 有一个 11 bit 的分辨率。考虑到最低有效位数，对于 AMS4711-0050-D（50mbar≈50cm）来说有一个分辨率为 0,05 mbar(0.05cm=0.5mm)。

总结

AMS 4711 是可以测量所有压力种类和较宽的压力范围的压力变送器系列之一。特别是覆盖了微压和低压范围 5 mbar, 10mbar 和 20 mbar 。

AMS 4711-0050-D 就如同其它的压力变送器一样是经过校准和补偿的高精度压力变送器，特别针对液位测量开发，适合对有精度要求的液位测量。采用 AMS 4711 可以测量非常小的液位高度(50cm)，分辨率可以达到 0.5mm。测量已知几何尺寸的容器中的液位高度，可以准确确定流入或者流出的液体数量。

参考文献

[1] Datasheet AMS 4711: http://www.amsys.de/products/ams4711htm
[2] Homepage AMSYS: www.amsys.de
[3] Rückseitenbeaufschlagung: http://www.amsys.de/sheets/amsys.de.aan515.pdf