



2014L300-31

Q31/0117000277C002-2022

磁致伸缩液位变送器

Magnetostriuctive level transmitter

安装和操作说明书

Mounting and operating instructions

上海柯普乐自动化仪表有限公司

Shanghai KSR-KUEBLER Automation Instrument Co., Ltd.

V2.0.FLM(CN/EN)/05.2022

目 录

<u>工作原理</u>	1
<u>应用领域</u>	2
<u>技术指标</u>	2
<u>结构安装</u>	2
<u>电气连接</u>	5
<u>操作规程</u>	6
<u>模拟输出</u>	18
<u>数字通讯</u>	18
<u>失效分析及支持</u>	22
<u>维修及维护</u>	23
<u>防爆说明</u>	23
<u>储存</u>	23
<u>质量保证</u>	23
<u>产品附件</u>	23
<u>ATEX Ex d 说明</u>	25
<u>浪涌保护器说明</u>	30
<u>SIL 安全手册</u>	31

工作原理

一根磁致伸缩线穿过导管，顶部电路板周期发射的大电流脉冲沿磁致伸缩线传播，产生环形电磁场。脉冲发射的同时开始记录时间。

浮球漂浮在液面上，内置磁钢。两个磁场交叠处，在磁致伸缩线上产生扭应力波，以与材料相关的特定速度，沿着磁致伸缩线向上下两个方向传播。其中向下传播的扭力波到达传感器底部后发生反射再向上传播。两个扭应力波传到顶部后被压电晶体转换成电信号，两个传播时间也被捕捉记录。

通过计算可得出液面和界面的位置，转换后输出电信号。

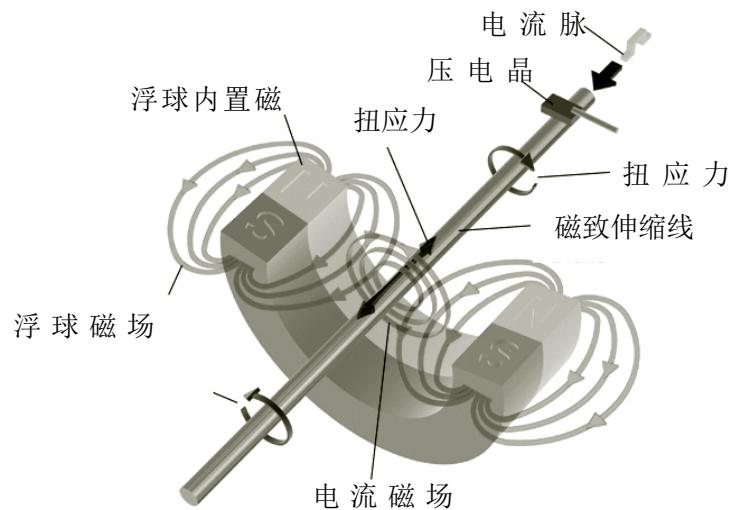


图 1. 磁致伸缩效应图

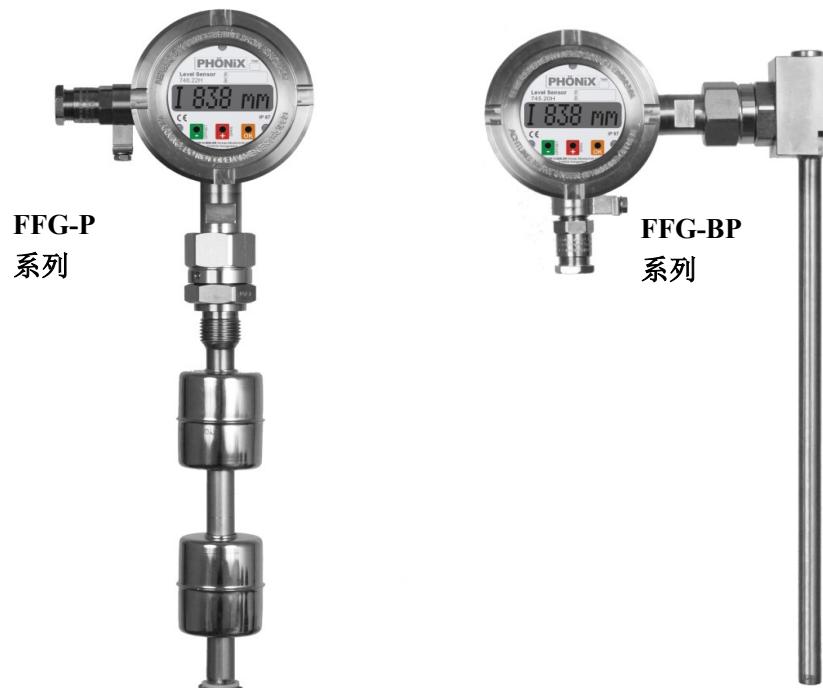


图 2. 产品示意图

应用领域

MAGNODUL® 磁致伸缩液位计精度很高，采用浮力和磁致伸缩原理来连续测量液位，FFG-P 型变送器安装于罐体的顶部或者底部，FFG-BP 型变送器配合磁性翻柱式液位计使用。

经过认证可用于存在爆炸性气体的危险环境。

特性：

- 传感器导管完全密封；
- 无磨损；
- 依靠磁性来检测液位；
- 振动和小的冲击影响不明显；
- 接线盒防护等级：IP66 / IP67；
- 高精度；
- 高分辨率；
- 液面变化响应快；
- 电压下降后测量值也可快速读取；
- 直接、线性的测量液位；
- 可根据给定罐体的形状将液位高度转换成容积；
- 内部传感器由金属外管保护，所以适合用于腐蚀和有毒的介质，也可用于食品饮料行业；
- 线性模拟液位量程，输出 4-20 mA 电流信号，可用于控制和显示设备，兼容数字 HART® 界面使得单一回路上带多个变送器成为可能（多站式）。

技术指标

测量范围：0mm~100mm 至 6000mm

示值最大允许误差：±2mm

最大允许误差：±0.20%FS

结构安装

1. 安装形式

1) FFG-BP

接线盒向下安装

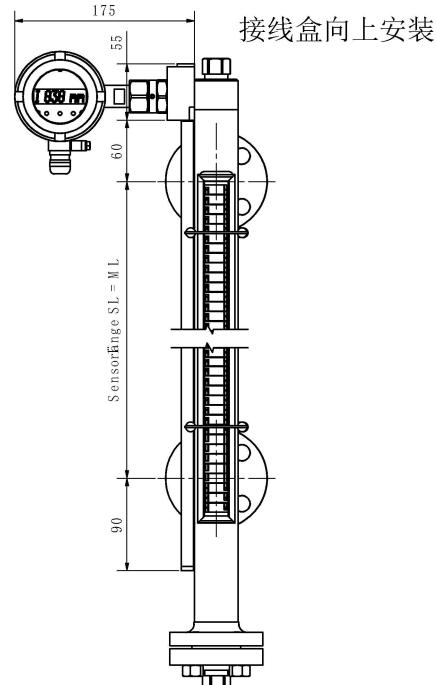
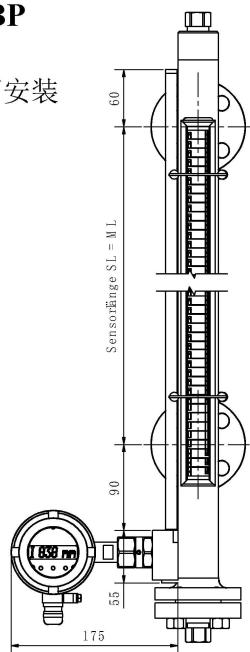
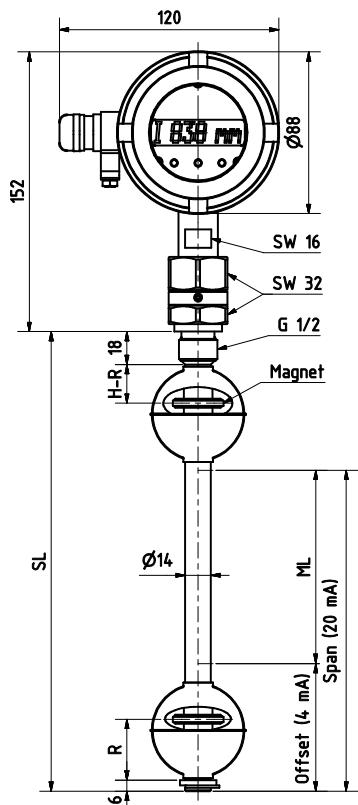


图 3. FFG-BP 安装形式图

2) FFG-P

螺纹连接方式



法兰连接方式

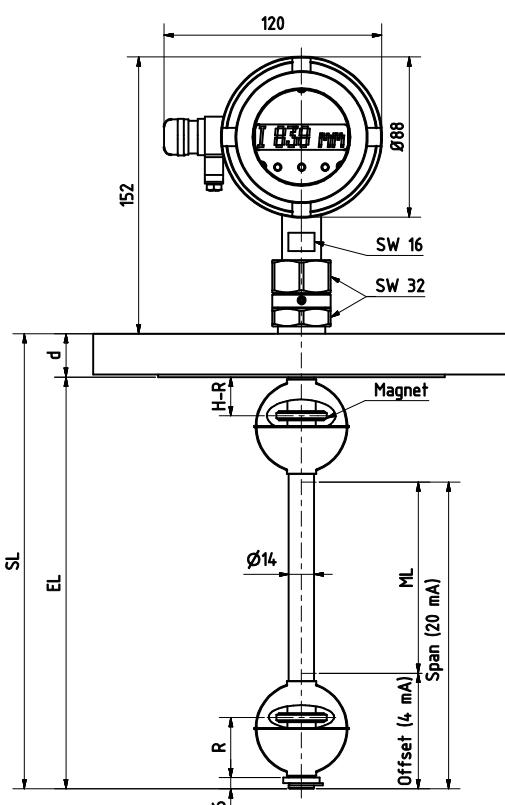


图 4. FFG-P 安装形式图

条件安全提示！

安装开始前, 请检查使用工况是否和订购条件相符, 包括: 压力、温度、介质和其他附属条件。

安装安全提示！

变送器安装过程应小心进行。客户应选择匹配的密封垫片尺寸及材质。按照管道标准采用合适的工具，变送器安装完成后应避免机械力的产生。

2. 过程连接

1) EEG-BP

过程连接用合适的连接件或抱箍直接将变送器安装在磁性翻柱式液位计翻柱显示面的一侧，变送器的零位、满位必须和翻柱显示体的零位、满位保持一致。

接线盒位置.

- A. 接线盒向上安装; B. 接线盒向下安装。

2) FFG-P

过程连接用合适型号的扳手加固六角螺母 SW32，切勿靠转动变送器接线盒来旋紧过程连接！

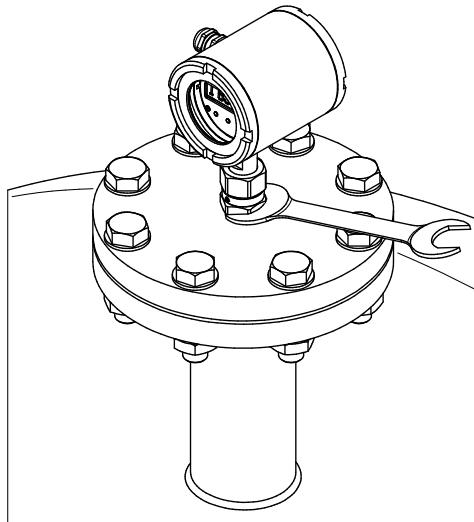


图 5. FFG-P 过程连接图

变送器需要采取竖直的工作方式，该要求应该考虑容器内是否有搅拌片等侵入且应该避开介质直接冲流到变送器导管上，因为这些因素有可能会引起变送器导管的弯曲或者损坏。基于此考虑，当变送器长度大于 2.5 米时，建议底部加装固定装置。

无论变送器是从顶部还是从底部安装，浮球上的“TOP”标识始终应位于上方。



注意！ MAGNODUL[®] 变送器安装过程中，必须确保没有大的电磁场存在于安装面积内以及传感器本身的周边。
安装过程必须由具备专业资质的人员来完成，保证所涉及规则的实施和有效。

3. 浮球安装

FFG-P 型变送器自带 G1/2" 连接螺纹，根据订货详情，也可选择法兰或者适配器等安装方式。如果浮球无法通过过程连接口放入罐体，应将浮球、锁箍及减震环先拆除，然后将变送器导管插入罐体，安装完成后，再从罐体内按正确的顺序装回以上零部件。



注意！ FFG-P 型 MAGNODUL[®] 变送器的浮球磁钢是有安装方向的！如果浮球上的“TOP”标识不可见，可将带磁性的螺丝刀插入浮球中心孔来感知磁场位置。

变送器的浮球必须配锁箍和减震环一起使用。当界面测量有两个浮球时，两球之间也必须加装减震环。

危险区域 0 区，禁止使用钛浮球。

电气接线 MAGNODUL[®] 变送器采用两线制供源。

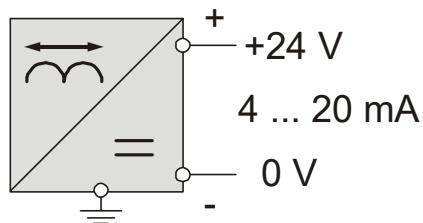


图 6. 电气接线图

对于电缆接线，可选用两芯 $0.5\cdots1.5\text{ mm}^2$ 电缆。为确保电缆入口的防护等级 (IP66 / IP67)，电缆护套的外径应在 $7\cdots10\text{ mm}$ 。

旋下接线盒后盖，将“+”、“-”及和“ \equiv ”依次接线完毕。变送器有内外两个接地端子。

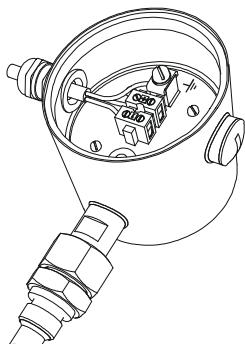


图 7-a.接线端子图

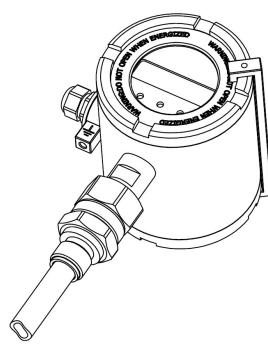


图 7-b.接线盒带锁定钳



电气接线安全提示！

电气接线应由有专业资质的人员完成。

在电气接线的过程中，操作人员应确保所有涉及规则的实施和有效。



注意！在潜在爆炸性气体环境下使用的本安或无火花型磁致伸缩液位变送器必须与经过防爆认证的本质安全型供源连接，以保证整个本安电路的有效性。

为了确保达到样本上承诺的防护等级，电缆锁扣必须适当旋紧。

完成接线后，接线盒后盖也必须适当旋紧。同时应确保密封面的整洁和密封圈本身的有效。接线盒内不允许有水或其他液体进入。



注意！磁致伸缩液位变送器接线盒上装有一个锁定钳（见图 7-b），防止接线盒被意外打开，接线前需用内六角扳手将该锁定钳拆除。隔爆产品上该锁定钳必须有效安装，非隔爆型产品也建议保持其有效安装。

操作规程

1. 无显示型

1) 界面

界面单元由一个三色的 LED 指示灯和两个按键组成。使用时，先旋开接线盒前盖。在液位变送器正常工作时，LED 以绿色常亮状态表征；出错时，以红灯闪烁或常亮表征。



图 8. 无显示型界面图

2) 菜单

4-20 mA 的设定可以通过基础菜单的设定完成。在菜单中，零位（4 mA）及满位（20 mA）是可选的。按键如果超出 30 秒没有任何输入，传感器自动回到上层菜单。

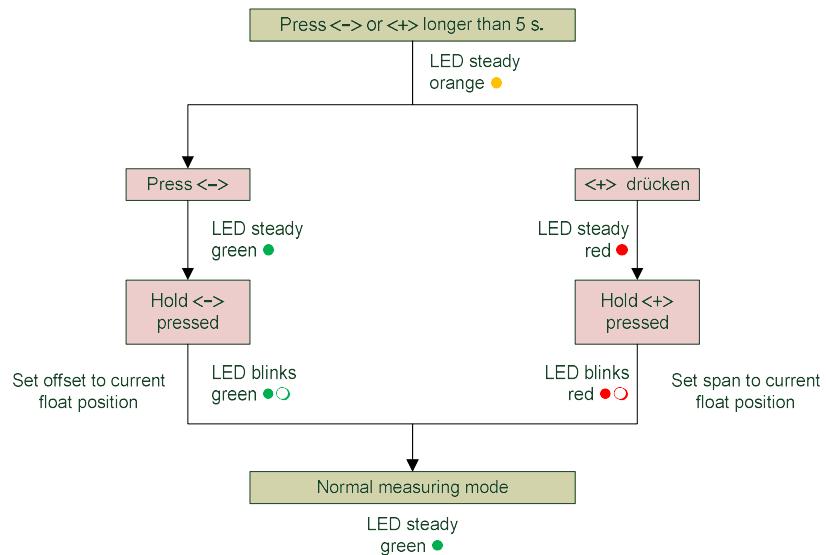


图 9. 菜单结构图（无显示型）



注意！因为回路电流迅速改变，在 4-20 mA 设定过程中应关闭该控制回路所在系统的开关和控制功能。

2. 带显示型

1) 界面

界面单元由一个 8 位点阵液晶显示屏和三个按键组成。使用时，先旋开接线盒前盖。正常工作状态时，屏幕显示当前测量值。

显示屏由 8 个字母字符组成，每个数字的高度为 12mm，保证远距离观测有效。

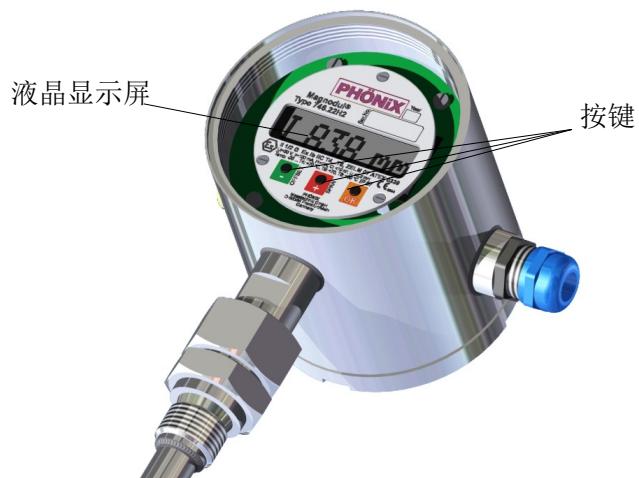


图 10.带显示型界面图

2) 按键功能

按键	功能
- / +	移动菜单，数值更改
OK	数值确认，进入子菜单

表 1.按键功能表

3) 菜单

参数可以通过 HART® 手操器或者现场控制系统来读取及设定。此外，所有的参数设定也可通过 LCD 界面及按钮完成。按键如果超出 30 秒没有任何输入，传感器自动回到上层菜单。



注意！因为回路电流迅速改变，在 4-20 mA 设定过程中应关闭该控制回路所在系统的开关和控制功能。

对于带显示的设备，有以下菜单可用。

① 和无 LCD 显示的设备一样，4-20 mA 的设定可以通过简单菜单来完成。零位 (4 mA) 和满位 (20 mA) 是可调的。

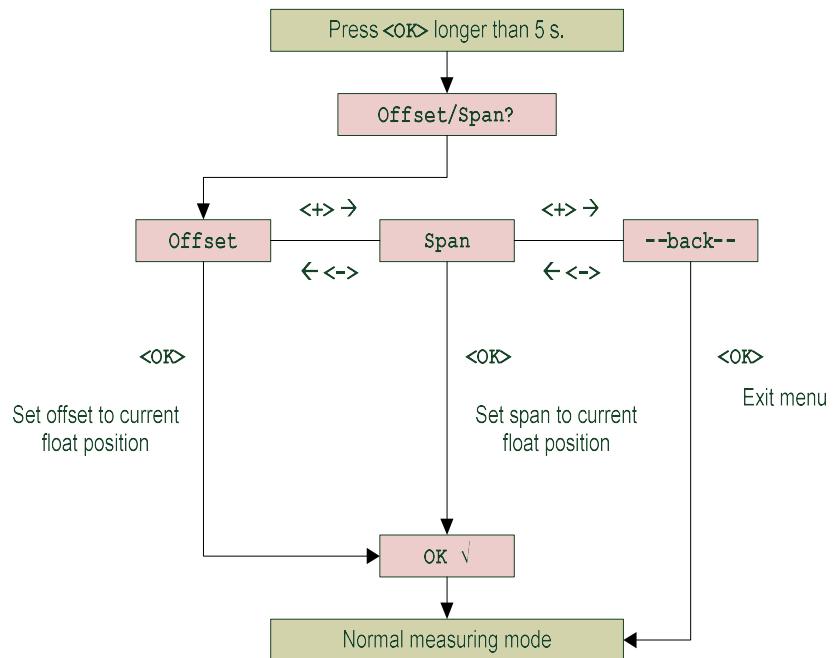


图 11.简单菜单图 (带显示型)

② 扩展菜单 (见附表)。

4) 零位设定

零位 (4 mA 位置) 是可调的。当改变零位时，量程保持不变 (见图 12)。零位的默认值为传感器底部向上 40 mm。

可用功能及其使用：

功能	描述
设定零位当主变量 (PV) 的当前值。	路径: Setup ->4-20 mA ->Offset->PV actual 参见: HART-命令 37.
将主变量 (PV) 的零位设定到任意数值。	路径: Setup ->4-20 mA ->Offset ->PV value 参见: HART-命令 35.

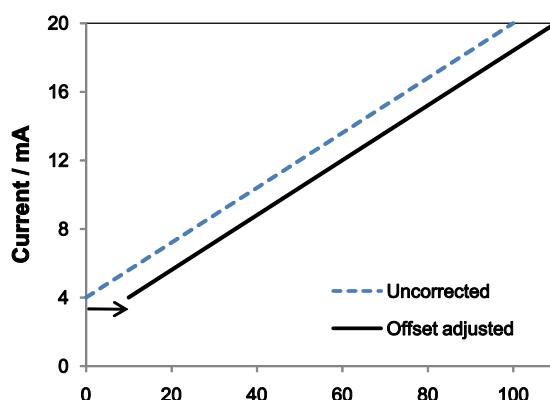
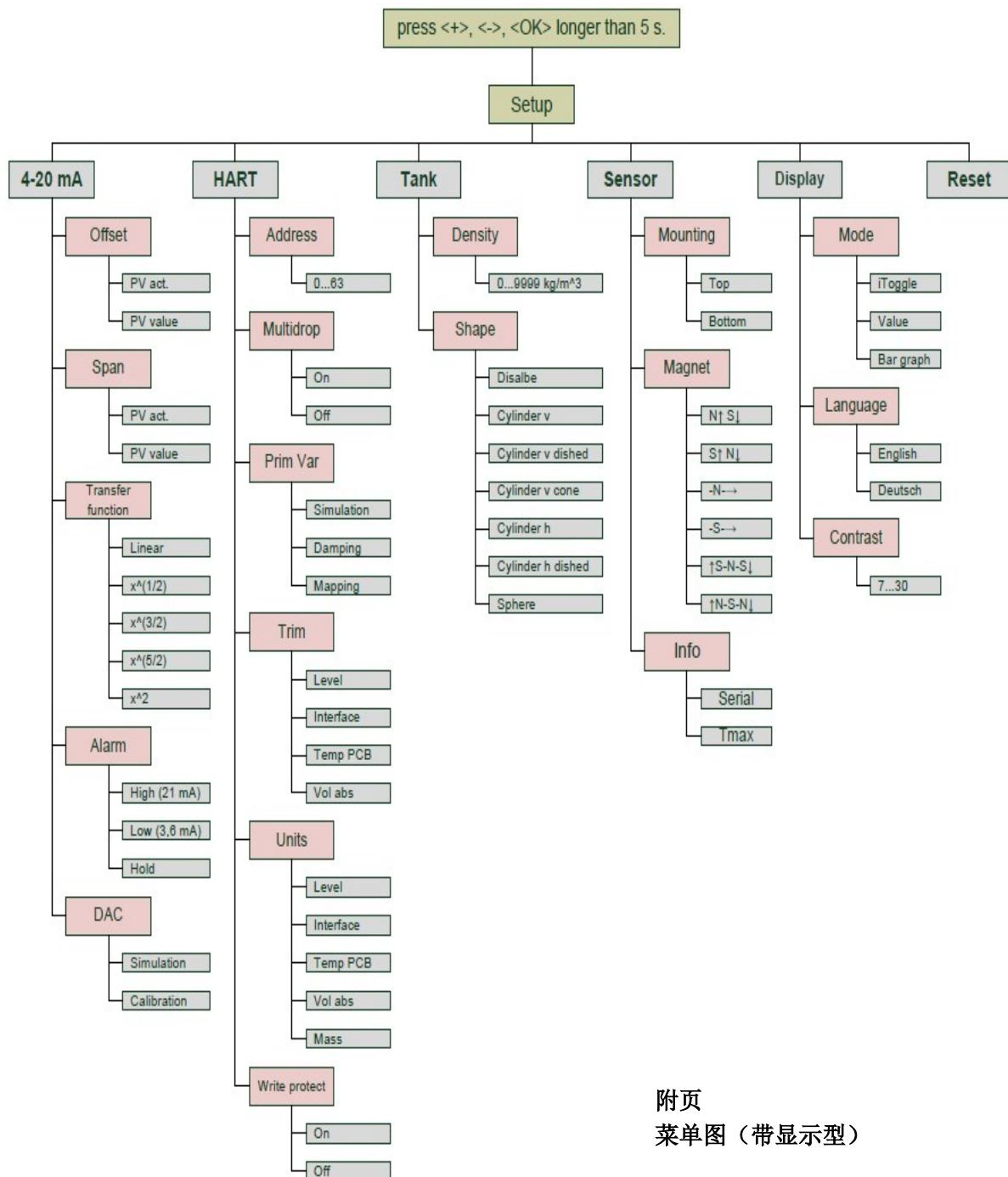


图 12



附页
菜单图 (带显示型)

5) 满位设定

满位 (20 mA 位置) 是可调的 (见图 13)。

满位的默认值为传感器连接螺纹向下 40 mm。

可用功能及其使用:

功能	描述
设定满位当主变量 (PV) 的当前值。	路径: Setup -> 4-20 mA -> Span -> PV actual 参见: HART-命令 36.
将主变量 (PV) 的满位设定到任意数值。	路径: Setup -> 4-20 mA -> Span -> PV value 参见: HART-命令 35.

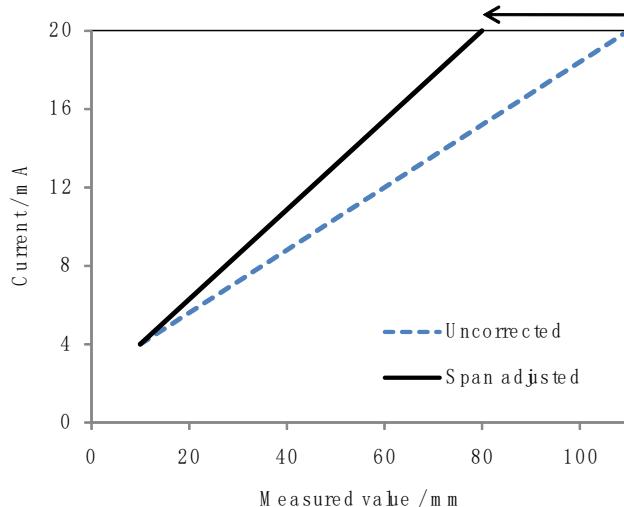


图 13.

6) 调整传递函数

电流输出曲线是可调的。主变量 PV (x) 范围和 4-20 mA 电流值 (a) 之间的转换关系通过传递函数计算关联。通过数字式 HART 协议，可以经传递函数设置成非线性的输出。

路径: Setup -> 4-20 mA -> Transfer function

可用设置如下:

设定	描述
线性的	$a = x$ (*) 标准设定
$x^{(1/2)}$	$a = \sqrt{x}$
$x^{(3/2)}$	$a = \sqrt{x^3}$
$x^{(5/2)}$	$a = \sqrt{x^5}$
x^2	$a = x^2$

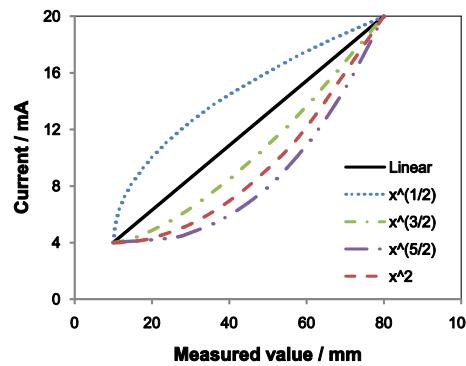


图 14.

参见: HART 命令 47

7) 报警电流设定

传感器失效时的报警电流是可调的。用于在浮球失效、遗失或者电路故障时的报警。

路径: Setup -> 4-20 mA -> Alarm

可用设置如下:

设定	描述
High (21 mA)	将报错电流设定为 >21 mA. (*) 标准设定
Low (3.6 mA)	将报错电流设定为<3.6 mA **)
Hold	保持最后正常工作电流值。

**) 可用性: 从 8.32 版本开始可用

参见: HART-命令 131. (自 8.32 版本起)

8) 电流仿真模式

变送器可以输出客户设定的电流值, 以方便相关控制回路及线缆连接的测试。

如果测量值和设定值存在小的差异, 可以通过下面的电流校准 (DAC) 功能来校准。

路径: Setup -> 4-20 mA -> DAC -> Simulation

可用值: 3.8 … 20.5 mA

参见: HART 命令 40

可用性: 从 8.3 版本开始可用

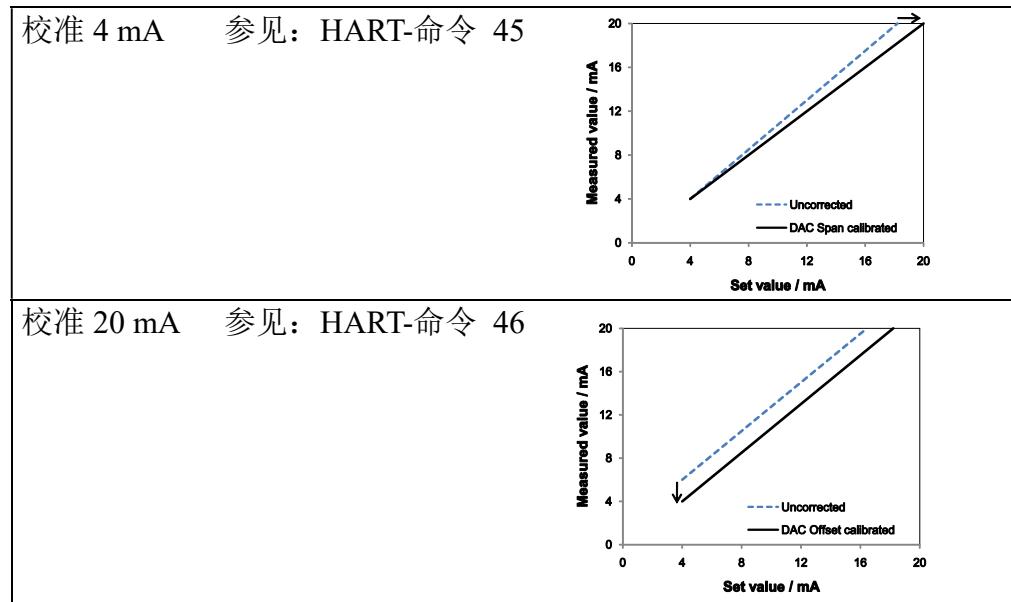
9) 电流校准 (DAC)

变送器的电流输出是通过内部数模转换器 (DAC) 控制的, 该转换器已经过出厂前校准。但如果存在可见测量误差, 仍然可以校准。

将电流表串联接入变送器回路中。根据路径进入对应菜单, 当前电流输出应为 4 mA, 将当前测量值输入传感器, 即可完成校准。20 mA 的校准采取同样的流程。

路径: Setup -> 4-20 mA -> DAC -> Calibration

注意: DAC 电流校准不受恢复到工厂设置的影响。



10) 设定查询地址

HART® 查询地址是可选的。同一回路上可以接多个 HART® 设备，每台设备通过各自独有的地址实现查询和通讯。

路径: Setup -> HART -> Address

可用值: 0…63 (标准值: 0)

参见: HART 命令 6 和 7

注意: HART5 及以下版本接受的地址范围为 0…15。

11) 多站工作模式

多站模式可通过各自地址独立设置，当激活该模式，变送器回路电流固定输出 4 mA。

路径: Setup -> HART -> Multidrop

可用值: On, Off (标准值为: off)

参见: HART 命令 6 及 7

12) 阻尼调整

传感器测量值可以以指数方式衰减。因此，衰减的时间常数 τ 是可设定的。

路径: Setup -> HART -> Prim Var -> Damping

可用值: 0 … 999.9 s (标准值为 0.0 秒)

举例: 如果罐体内有需要抑制的波动,通过数据分析,计算得出衰减常数为 5 秒。

设定通过 Setup -> HART -> Damping -> Level -> $\tau = 5$ s. 结果为: 传感器延迟 5 秒, 显示实际测量值的 64 %。

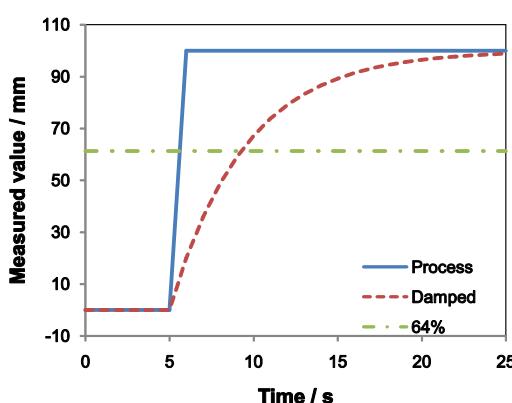


图 15. 阻尼调整图

参见: HART 命令 34

可用性: 从 8.3 版本可用

13) 主变量仿真模式

基于过程控制系统自诊断的目的，可以在不移动浮球的情况下，让变送器输出任意固定的测量值；用于外部开关功能和电缆连接的测试。

路径: Setup -> 4-20 mA -> Prim Var -> Simulation

可用值: -100 … (SL+100) mm

有效性: 自 8.32 版本

14) 映射任意测量通道到输出电流

通过该命令将任意测量通道设定成为主变量 (PV); 则输出电流模拟的为该测量通道的当前值。同时, 通过 HART®协议, 其他通道的当前值可任意读取。

路径: Setup -> 4-20mA -> Prim Var -> Mapping

可用设定:

代码	通道	变量	单位 (缩写)
PV	0	液面	m(*), mm, cm, ft, in
SV	1	界面	m(*), mm, cm, ft, in
TV	2	电气温度	° C(*), ° F, r, K
QV	3	信噪比	dB
	4	主变量百分比 **)	%
	5	电流 **)	mA
	6	容积	m3(*), gl, l, ig, br, bs, y3, f3, i3, lb
	7	容积百分比	%
	8	质量	kg(*), g, t, p, st, lt, ou
	244	主变量百分比 **)	%
	245	电流 **)	mA
	246	PV **)	
	247	SV **)	
	248	QV **)	
	249	TV **)	

(*): 标准设置

**): 不能作为主变量

参见: HART 命令 50 和 51

15) 单位设置

测量值的单位是可选的。该设定可用于显示和经 HART®通讯传输的数字信号。

路径: Setup -> HART -> Units

可选单位 (根据所选的通道):

单位	简略格式	代码
Degrees Celsius	°C	32
Degrees Fahrenheit	°F	33
Degrees Rankine	°r	34
Kelvin	K	35
Gallon	gl	40
Litres	l	41
Imperial gallons	ig	42
Cubic meter	m3	43
Feet	ft	44
Meter	m	45
Barrels	br	46
Inch	in	47
Centimetre	cm	48
Millimeter	mm	49

单位	简略格	代码
Percent	%	57
Gramm	g	60
Kilogram	kg	61
Ton	t	62
Pound	ls	63
Short tons	st	64
Long tons	lt	65
Bushels	bs	110
Cubic yard	y3	111
Cubic feet	f3	112
Cubic inch	i3	113
U.S. liquid Barrels	lb	124
Ounce	ou	125
Decibel	dB	249

参见: HART 命令 44 及 53

可用性: 自 8.3 版本

16) 测量值修剪

如果测量值偏离系统值或者需要更新设定，可通过此命令完成。首先要明确工况条件，然后进入“trim”菜单。

路径： Setup -> HART -> Trim

举例：如果当前变送器显示液位值为 120 mm。由于油位活塞，实际液位为 125 mm。

那么可以通过如下来修正： Setup -> HART -> Trim -> Level -> 125 mm. 完成后，液位计的显示值即为 125 mm。

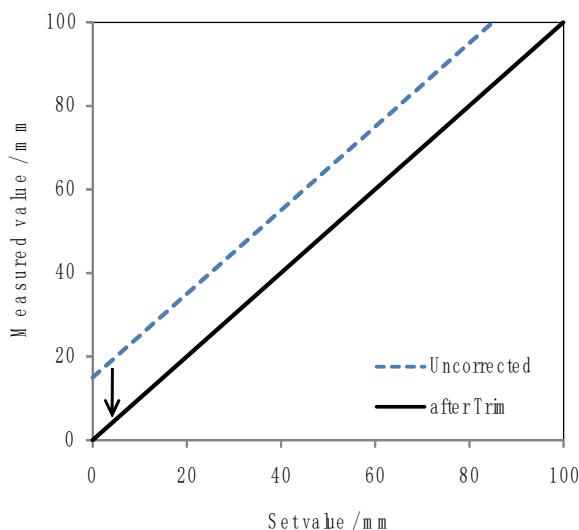


图 16. 测量值修剪图

参见：HART 命令 80, 81, 82 及 83

可用性：自 8.3 版本

注意！该修剪命令可用于液位、界面、电气元件温度及绝对容积。



17) 启用、关闭保护

为了保护变送器的参数设定，设定写保护的功能。该功能开启式后，HART® 命令无效，需要输入密码才能设定菜单。

密码为“746”，如果在写保护的状态下，需要通过<->，<+>及<OK>确认输入该密码，进入设定菜单。

路径： Setup -> HART -> Write protect

可用值： On, Off (标准值： Off)



注意！如果开启了写保护，使用 HART® 命令时，会回复报错代码“Device write protected”。

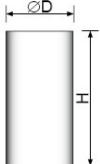
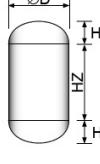
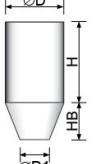
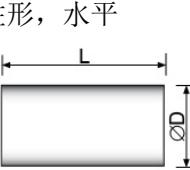
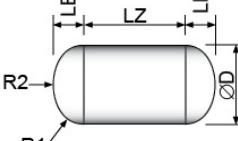
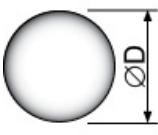
当调试完成后，须启用写保护，防止未经授权人员通过远程访问 Hart 通讯器意外改变参数。

18) 设定罐体形状及特征曲线

变送器允许依据 VDI/VDE 3519 第 1 页 (DIN 28 011/28 013) 选择罐体形状。继而，可以通过液位（界面不可）的测量而转换成测量容积，并显示出来。

路径: Setup -> Tank

可用值:

设置	形式	显示	含义	单位
Cylinder v	圆柱形, 竖直 	D H	mm m	直径 高度
Cylinder v-dished	圆柱形带蝶形顶底, 竖直 	D HZ HB HD	mm m mm mm	直径 圆柱高 底高 定高
Cylinder v-cone	圆柱形带圆锥底, 竖直 	D D1 HB H	mm mm mm m	直径 锥底小直径 锥底高 圆柱高
Cylinder h	圆柱形, 水平 	D L	mm m	直径 长
Cylinderh-dished	圆柱形带碟形顶底, 水平 	D LZ LB R1 R2	mm m mm mm mm	直径 中间段长度 蝶顶底的高度 外半径 内半径
Sphere	球罐 	D	mm	直径

如果要计算罐体内介质的质量，必须输入介质密度。

路径: Setup -> Tank -> Density

可用值: 0…9999 kg/m³.

参见: HART-指令 128, 129 (自 8.32 版本)

19) 选择安装方向

变送器可以从罐体的顶部和底部两个方向安装。该命令用于确定液位和界面测量时，数字信号的基准零位（底部）。

浮球的“TOP”标识始终向上安装。

路径: Setup -> Sensor -> Mounting

可用值:

可选	描述	零位位置
Top	变送器头部向上	在变送器导管末端
Bottom	变送器头部向下	在螺纹密封面处

参见: HART 命令 132, 133

可用性: 自 8.32 版本

20) 选择磁场类型

变送器可配合多种磁钢类型工作。为了确保可靠工作，应选择匹配的磁场类型。

鉴于错误的磁场类型会严重的影响测量效果，客户应谨慎的使用该功能。且该设置不受恢复出厂设置的影响。

路径: Setup -> Sensor -> Magnet

可用设定:

设定	磁钢类型	磁场分布	传感器位置
↑N S↓	环形 *)	轴向分布, N 极向上	位于磁环中间
↑S N↓	环形	轴向分布, S 极向上	位于磁环中间
-N-->	条状 三极 (带扩散环片)	放射状, N 极向外	与磁柱同方向, 离开 N 极最大 25mm
-S-->	条状 三极 (带扩散环片)	放射状, S 极向外	与磁柱同方向, 离开 S 极最大 25mm
↑S-N-S↓	三极 (带扩散环片)**)	轴向分布, 中间 N 极	与磁柱同方向, 离开 N 极最大 25mm
↑N-S-N↓	三极 (带扩散环片)**)	轴向分布, 中间 S 极	与磁柱同方向, 离开 S 极最大 25mm

*) 标准设定

**) 适用于较弱的磁场。传感器将工作在无温度补偿的模式下。

参见: HART 命令 132, 133

可用性: 自 8.32 版本

21) 显示序列号

如果无法从外部读取产品序列号时，可通过以下命令内部读取。

路径: Setup -> Sensor -> Info -> Serial

22) 显示最高温度

为便于信息查询，该命令用于读取记录中电路板的最高温度。

路径: Setup -> Sensor -> Info -> TM ____° C

23) 显示模式的设定

正常运行中，可更改显示值的设定。

路径: Setup -> Display -> Mode

可用设定:

工作模式	描述
iToggle *)	该模式下，每 3 秒钟显示值在液位、界面、印制板温度、SNR 、主变量百分比、电流、绝对容积、容积百分比及质量之间循环显示。如果哪个变量发生改变，则自动显示该变量。 路径: Display -> Mode -> iToggle 注意: 如果液位或者界面变化超过一位数，将自动显示该变量到其稳定，然后再恢复到循环显示。
Value	显示选择的测量值。 路径: Display -> Mode -> Value 可选择的通道列在下表中。测量值的显示单位及显示位数为单位选择菜单的选定项。
Bar Graph	以柱状图显示主变量 (PV) 的测量值。 路径: Display -> Mode -> Bar graph

*) 标准值

变量	显示	描述
Level	L ____ mm	以 mm 显示液位, 5 位
Interface	I ____ mm	以 mm 显示界面, 5 位
Temp PCB	Tc± ____ °C	以°C 显示电气元件的温度, 4 位
SNR	SN ____ . dB	以 dB 显示信号噪声比, 小数点后一位 $SNR_{dB} = 20 \cdot \ln\left(\frac{U(Signal)}{U(Noise)}\right)$ 如果该值接近 0, 测量将无法继续。如果出现该情况, 请联系制造商。
PV %	PV ____ . %	主变量百分比
Current	____ . ____ mA	以 mA, 显示当前测量对应的电流值, 小数点后三位
Vol abs	V ____ . ____ m3	以 m ³ 显示容积的绝对值, 小数点后两位 (*)
Vol %	V ____ . ____ %	以% 显示容积的相对值, 小数点后两位 (*)
Mass	m ____ . ____ kg	以 kg 显示质量, 5 位 (*)

(*) 只有当罐体形状信息完备后方可使用。

24) 选择显示语言

显示语言有德语和英语可选。

路径: Setup -> Display -> Language

可选项: Deutsch, English

25) 设定显示对比度

显示板在整个变送器工作的温度范围内有温度补偿而可靠工作，为了提高显示板的可读性，可适当调整对比度。

路径: Setup -> Display -> Contrast

可用值: 7…30

默认值: 24

26) 恢复出厂设置

所有的客户更改设定可以通过此命令恢复到出厂设定。

有效范围: 4-20 mA, HART, display, tank

路径: Setup -> Factory defaults -> (安全征询和确认)

模拟输出

变送器输出 4-20 mA 电流。将主变量的测量范围转换成 4-20 mA。零位对应 4 mA, 满位对应 20 mA。

变送器的电流范围依据 NAMUR NE 43 规定, 即: 最小电流为 3.8 mA 最大电流为 20.5 mA。

报错状态下 (如: 线路板损坏), 将输出以>21 mA 或 <3.6 mA 的报错电流, 可选。如果启用了 4-20 mA 菜单中的“保持最后测量值”, 那么最后的有效电流值将被保持。



注意! 在多站工作模式 (HART 菜单) 下, 变送器固定输出 4 mA。测量值的变送仅能通过 HART® 协议读取。

输出电流的设定可选项。

此外, 变送后的电流输出可以设置成非线性的, 这可用于电流直接驱动阀门的情况。

数字通讯

(HART®)

变送器兼容 HART® 数字协议。该技术通过频移调制 FSK (frequency shift keying) 在 4-20 mA 电流信号上叠加数字信号。用到的频率为 1200 和 2200 Hz, 振幅±0.5 mA。因为时间平均值为 0, 所以不会影响到模拟回路。



注意! 使用 HART® 协议功能时, 应使用 HART® 隔离电源。

变送器支持多站模式, 即: 多个变送器可以并联在一个回路中。这种模式下, 回路中的每个设备有独立的 HART® 地址并均切换到多站工作模式。这样减少了每台变送器的电流损耗至 4 mA, 并通常不再采用电流控制的模式。

变送器支持多站工作模式及同时的回路控制。

1. 通用命令

变送器支持所有通用命令及大部分 HART® 7 的版本的常用命令。

详见下表:

命令	描述	命令	描述
0	读取唯一标识符	12	读取客户信息
1	读取主变量	13	读取位号、设备描述及日期
2	读取电流值及百分比	14	读取主变量传感器信息
3	读取电流值及四个值	15	读取设备输出信息
6	写入轮询地址	16	读取装配编号
7	读取轮询地址	17	写入客户信息
8	读取动态变量的分类	18	写入位号、设备描述及日期
9	读取设备变量状态信息	19	写入装配编号
11	读取唯一标识符	20	读取长位号

命令	描述	命令	描述
21	读取带长位号的唯一标识符	50	读取映射的设备变量
22	写入长位号	51	写入映射的设备变量
33	读取测量值	53	写入设备变量的单位代码
34	写入主变量抑制	54	读取单位变量的信息
35	写入测量范围	59	写入前言
36	写入上限	80	读取设备修正点变量
37	写入下限	81	读取修正点导则
38	删除参数变化标记	82	写入设备修正点变量
40	电流模拟控制	83	重设修正点变量
41	自检测	128	读取罐体形状
42	高级重设控制	129	写入罐体形状
44	写入主变量单位	130	读取回波
45	设定 DAC 零位	131	写入报警电流
46	设定 DAC 满位	132	读取磁钢类型和安装方向
47	写入转换功能	133	写入磁钢类型和安装方向
48	读取附加状态		

2. 设备专属命令

1) 命令 128: 读取罐体形状

读取当前罐体形状的设置

请求字节: 无

应答字节:

字节	格式	描述
0	枚举	罐体选择代码 (见表)
1-4	浮球	介质密度, 单位: kg/m ³ (选择代码 > 0)
5-8	浮球	直径, 单位: m (选择代码 > 0)
9-12	浮球	罐体参数 #1
13-16	浮球	罐体参数 #2
17-20	浮球	罐体参数 #3
21-24	浮球	罐体参数 #4

罐体选择代码:

代码	描述	参数
0	无罐体形状设置	
1	圆柱形, 竖直 (直立)	字节 9-12: 高度, 单位: m
2	圆柱形, 竖直, 带蝶形顶底	字节 9-12: 圆柱高, 单位: m 字节 13-16: 顶高, 单位: m 字节 17-20: 底高, 单位: m
3	圆柱形, 竖直, 带圆锥底	字节 9-12: 圆柱高, 单位: m 字节 13-16: 锥底小直径, 单位: m 字节 17-20: 底高, 单位: m
4	圆柱形, 水平	字节 9-12: 圆柱高, 单位: m
5	圆柱形, 水平带蝶形端头	字节 9-12: 中间段长度, 单位: m 字节 13-16: 蝶形端头高度, 单位: m 字节 17-20: 外半径, 单位: m 字节 21-24: R2 内半径, 单位: m
6	球形	

可用性: 自 8.32 版本

2) 命令 129: 写入罐体形状

写入罐体形状的设定。

请求字节:

代码	格式	描述
0	枚举	罐体选择代码 (见表)
1-4	浮球	介质密度, 单位: kg/m ³ (选择代码 > 0)
5-8	浮球	直径, 单位: m (选择代码 > 0)
9-12	浮球	罐体参数 #1
13-16	浮球	罐体参数 #2
17-20	浮球	罐体参数 #3
21-24	浮球	罐体参数 #4

应答字节:

代码	格式	描述
0	枚举	罐体选择代码 (见表)
1-4	浮球	介质密度, 单位: kg/m ³ (选择代码 > 0)
5-8	浮球	直径, 单位: m (选择代码 > 0)
9-12	浮球	罐体参数 #1
13-16	浮球	罐体参数 #2
17-20	浮球	罐体参数 #3
21-24	浮球	罐体参数 #4

专用命令状态代码:

代码	分类	描述
0	成功	无专用命令错误发生
1		未定义
2	出错	无效选择
3-4		未定义
5	出错	字节不足
6		未定义
7	出错	进入写保护模式

可用性: 自 8.32 版本可用

3) 命令 130: 读取回波信号

读取传感器原始波形绘制磁致伸缩回波曲线。一个时间间隔约 125 纳秒。

 注意! 通过该命令, 正常的测量模式暂时被打断, 电流输出快速变化。如需避免这种情况, 应通过命令 40 将变送器切换到电流模拟模式。过程控制系统中的相关设定也应关闭。

请求字节:

代码	格式	描述
0	字节	触发电平 1 (0-204)
1	举例	电流方向 (0=常规, 1=相反)

应答字节:

代码	格式	描述
0	Byte	触发电平 1 (0-204)
1	枚举	电流方向 (0=常规, 1=相反)
2-3	Int	1. 左边缘计数
4	Byte	1. 脉冲宽度计数
5-6	Int	2. 左边缘计数
7	Byte	2. 脉冲宽度计数
8-9	Int	3. 左边缘计数
10	Byte	3. 脉冲宽度计数
11-12	Int	4. 左边缘计数
13	Byte	4. 脉冲宽度计数
14-15	Int	5. 左边缘计数
16	Byte	5. 脉冲宽度计数
17-18	Int	6. 左边缘计数
19	Byte	6. 脉冲宽度计数

专有命令状态码:

代码	分级	描述
0	成功	无专属命令错误
1-2		未定义
3	出错	参数太大
4		未定义
5	出错	接受字节不足

可用性: 自 8.32 版本

4) 命令 131: 写入报警电流

设置报警电流, 用于传感器内部出错或者浮球失效的报警。

请求字节:

代码	格式	描述
0	举例	报警电流选择代码 (见命令列表描述 R20.0, 表 6)

应答字节:

代码	格式	描述
0	举例	报警电流选择代码 (见命令列表描述 R20.0, 表 6)

专有命令状态码:

代码	分级	描述
0	成功	无专属命令错误
1		未定义
2	出错	无效选择
3-6		未定义
7	出错	写保护模式

可用性: 自 8.32 版本

5) 命令 132: 读取磁钢类型和安装方向

读取设定的磁钢类型和安装方向。

请求字节: 无

应答字节:

代码	格式	描述
0	枚举	磁钢类型代码 (见表)

磁钢类型代码:

代码	磁钢	磁场分布	安装方向
0	顶部 N, 底部 S	轴向分布	顶装
1	顶部 S, 底部 N	轴向分布	顶装
2	N 向外	放射状	顶装
3	S 向外	放射状	顶装
4-5	未定义		
6	顶底部 S, 中间 N	轴向分布	顶装
7	顶底部 N, 中间 S	轴向分布	顶装
8	顶部 N, 底部 S	轴向分布	底部安装
9	顶部 S, 底部 N	轴向分布	底部安装
10	N 极向外	放射状	底部安装
11	S 极向外	放射状	底部安装
12-13	未定义		
14	顶底部 S, 中间 N	轴向分布	底部安装
15	顶底部 N, 中间 S	轴向分布	底部安装

可用性: 自 8.32 版本

6) 命令 133: 写入磁钢类型和安装方向

设定传感器磁钢类型和安装方向。

请求字节:

代码	格式	描述
0	示例	磁钢类型选择代码 (见表)

应答字节:

代码	格式	描述
0	示例	磁钢类型选择代码 (见表)

专有命令状态码:

代码	分级	描述
0	成功	无命令错误发生
1		未定义
2	出错	无效选择
3-6		未定义
7	出错	写保护模式

可用性: 自 8.32 版本

失效分析 及支持

失效状态	可能原因	纠正措施
无动作	电源没接好 接线端子松动	检查供电 紧固接线端子
输出达不到 4 mA 0 及 20 mA	零位和/或满位设定不正确 供电电压不够	重新设定零位和满位 检查供电
输出不根据液位变化响应	浮球不在测量范围内工作 介质密度过低 存在干扰磁场 启动了电流模拟或者多点式工作模式 选择了错误的磁钢系统 选择了错误的安装方向 传感器损坏	复核浮球在哪里工作 复核浮球的工作密度 移除铁磁性材料 停用电流模拟或者多站式工作模式 输入正确的磁钢系统 输入正确的安装方向 联系客服
输出< 4 mA 或> 20 mA	浮球超出测量范围	检查浮球, 设置测量范围
输出 < 3.8 mA 或> 20.5 mA	浮球损坏 磁钢类型错误 安装方向错误 电路板变送损坏	检查浮球 输入正确的磁钢类型 输入正确的安装方向 联系客服
显示 „Release buttons!“	按钮被按下或者卡住了 按钮损坏	释放按钮, 移除卡锁物 联系客服
显示 „RAM failure!“	易失性存储器损坏	联系客服
显示 „HART-Modem failure!“	HART®-调制解调器损坏	联系客服
显示 „DAC failure!“	回路控制数模转换器损坏	联系客服
显示 „Sensor not calibrated!“	非易失性存储器损坏	联系客服
LED 红色常亮 •	电路板损坏	联系客服
LED 橘色常亮 •	按钮被按下或者卡住了 按钮损坏	释放按钮, 移除卡锁物 联系客服

维修及 维护

正常工作条件下，传感器工作无需维护。如果使用环境中有污染因素，则应定期维护。
如果液位计损坏，请返厂维修。



注意！请原包装返厂。

请填写返厂表格，连同产品一起返厂，以便于正常维修。

防爆说明

隔爆产品经国家安全生产上海防爆电气检测检验中心（NEPSI）检验，符合 GB/T 3836.1-2021、GB/T 3836.2-2021 的有关要求，其防爆标志为：Ex d IIC T1 - T6 Gb，其对应的温度等级如下：

温度组别		T1	T2	T3	T4	T5	T6
最高介质温度 (℃)	FFG-BP	440	290	190	130	95	80
	FFG-P	-	-	190	130	95	80

安全使用的特殊条件：

- 隔爆产品认可的型号规格见型号代码。
- FFG-BP 用于 T1、T2 或 T3 (190°C < 介质温度 ≤ 440°C) 时必须使用隔热措施安装。
- 变送器现场使用和维护时必须遵守“严禁带电开盖”的原则。
- 变送器的电缆引入口应配用经 NEPSI 检验认可的、符合国家标准 GB/T 3836.1-2021 和 GB/T 3836.2-2021 的规定、具有防爆等级 Ex d IIC 的螺纹规格为 M20×1.5 的电缆引入装置，啮合螺纹至少 5 扣。
- 用户不得自行随意更换该产品的电气零部件，应会同产品制造商共同解决运行中出现的故障，以免影响防爆性能和损坏现象的发生。
- 产品的安装、使用和维护应同时遵守产品说明书、GB/T 3836.13-2021 “爆炸性环境第 13 部分：设备的修理、检修、修复和改造”、GB/T 3836.15-2017 “爆炸性气体环境用电器设备第 15 部分：危险场所电气安装（煤矿除外）”、GB/T 3836.16-2017 “爆炸性气体环境用电器设备第 16 部分：电气装置的检查和维护（煤矿除外）”及 GB 50257-2014 “电气设备安装工程爆炸和火灾危险环境电气装置施工及验收规范”的有关规定。

2. 本安产品的使用应严格遵循下列内容：
本安产品经国家级仪器仪表防爆安全监督检验站（NEPSI）检验，符合标准 GB3836.1-2010、GB/T 3836.4-2021 和 GB/T 3836.2-2021 的有关要求，其防爆标志为 Ex ia II C T1~T6 Ga。

产品使用应遵循下列事项：

- 本安产品认可的型号规格见型号代码。
- FFG-BP 用于 T1、T2 或 T3 (185°C < 介质温度 ≤ 420°C) 时必须使用隔

- 磁致伸缩的本安参数为：

Ui=30V Ii=100mA Pi=1.0W Ci≈10uF Li=2.0uH

- 安装现场不存在对产品外壳有腐蚀性作用的气体；
- 产品有接地装置，必须可靠接地；
- 用户不得自行更换该产品的零部件，应会同产品制造商共同解决运行中出现的故障，以杜绝损坏现象的发生；
- 产品的安装、使用和维护应同时遵守产品说明书、GB/T 3836.13-2021“爆炸性环境第 13 部分：设备的维修、检修、修复和改造”、GB/T 3836.15-2017“爆炸性气体环境用电气设备 第 15 部分：危险场所电气安装（煤矿除外）”、GB/T 3836.16-2017“爆炸性气体环境用电气设备 第 16 部分：电气装置的检查和维护（煤矿除外）”GB3836.18-2010“爆炸性环境 第 18 部分：本质安全系统”和 GB50257-2014“电气装置安装工程爆炸和火灾危险环境 电气装置施工及验收规范”的有关规定。

储存

如果传感器到货后不立即安装，应该存贮在无不良影响的场所。我们推荐 0 ° C 以上的干燥场所，不应有设备或者物品积压在传感器上。

质量保证

在用户按文件规定使用的前提下！

从发货日起 12 个月的保证期内，产品因质量问题而不能正常工作或不符合文件的技术条件时将给予无偿修理或更换。

产品附件

装箱单；产品说明书；产品合格证；用户附加定购的配件或附件。

ATEX Ex

d

防爆说明



重要信息！

注意：FFG-P.22H2, FFG-P.22HD 和 FFG-P.22HN 型号的变送器必须包含在罐体或管道中做重复压力测试。



每一台变送器都根据订单详情做了气密测试，从螺纹到变送器的底部，测试压力为 1.5 倍的操作压力，且最小为 60bar (PN40)。

变送器导管应竖直安装，并保证导管不会由于罐体结构或液体的流动导致其产生弹跳、弯曲或断裂，对于导管长度超过 3 米的变送器来说，这点非常重要。在罐体底部使用固定装置来固定变送器导管，如不锈钢安装板，安装板可以用焊接或捆扎的方式固定在罐体上。如果装有泵或压缩机，可能会引起振动，须确保有足够的减震措施。须保证导管不能有摇摆及负荷，微小振幅的摇摆有可能使材料变弱。

FFG-P.2 型的浮球内部结构不对称，因此在正确安装下，浮球会有倾斜，与导管之间始终有接触。无论变送器是从顶部或底部装入罐体，应保证浮球上的 TOP 标记始终朝上。



安装磁致伸缩液位变送器时，应保证在磁致伸缩本身和安装区域内没有 强的场。

安装连接必须由具备资格的人员进行，操作人员必须验证设备已按照规定正确安装。



具有压力的可燃介质的操作



必须绝对保证当压力上升时，没有气体或空气混合物存在。另一方面，防爆措施仅仅在大气条件下，另一方面，当压力上升时，温度也会上升（绝热压缩），并且着火点会大幅下降。因此缓慢的压力上升可能引发非常危险的点燃发生。进一步说，必须注意给出的温度等级仅仅是在预期的环境温度下有效。



注意：FFG-BP/P.2XH1 型磁致伸缩液位变送器不允许使用在危险区域！只有 FFG-BP/P.2XH2, FFG-BP/P.2XHD 和 FFG-BP/P.2XHN 是经过认证的，可以使用在危险区域。



只允许在对环境条件具有耐腐蚀性的情况下运行设备。

17.3 安装浮球和固定环 (FFG-P.2 型)

磁致伸缩液位变送器使用 G 1/2" 螺纹安装，也可以根据订单详情，使用 1 片法兰安装。如果浮球的直径大，无法通过罐体开口，就必须将浮球、开口挡圈和缓冲垫拆下，将变送器插入罐体后从罐体内部安装。

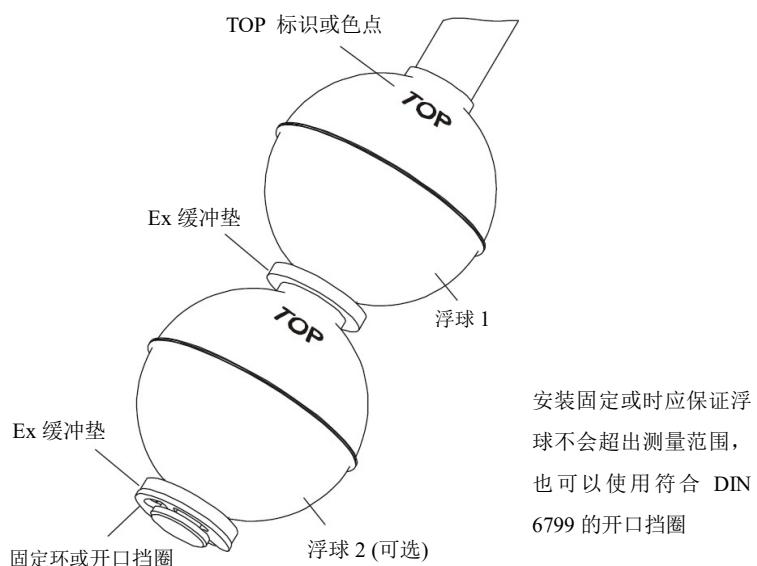


注意：在任何情况下，磁致伸缩液位变送器的浮球的磁极方向不会改变，如果浮球上的“TOP”标识无法辨识，可以将 1 个带有磁性的螺钉伸到浮球管的孔内，来辨别磁极的位置。



浮球和开口挡圈之间没有安装缓冲垫的情况是绝对不允许的，如果有 2 个浮球，那么两个浮球之间也必须安装缓冲垫。

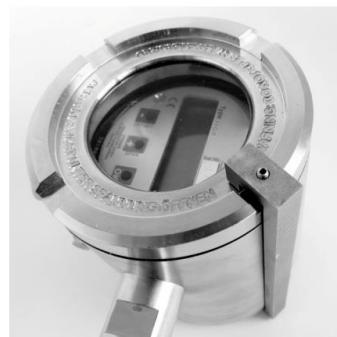
禁止在 0 区中使用钛浮球。



Ex d 防爆接线盒锁定钳的安装与拆卸



旋转上、下接线盒盖，使盒盖上的凹槽对齐，稍稍拧松紧固螺钉后将接线盒锁定钳从凹槽处滑进去



将接线盒锁定钳推到盒盖的平面凹台内，这样可以左右移动锁定钳



将接线盒锁定钳移动到两个凹槽之间



将两个螺钉拧紧，使上、下盒盖锁住

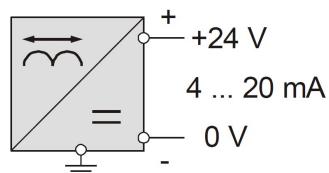
按照相反的顺序拆下接线盒锁定钳

FFG-BP/2 的电气连接



电气连接安全指示

在电气连接时，操作人员必须验证设备已按照规定正确安装。

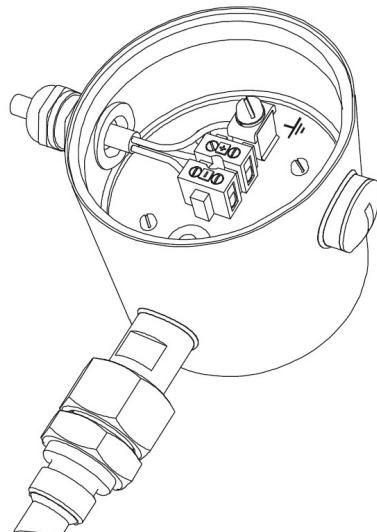


磁致伸缩液位变送器应使用 2 线制电源，供电电源的参数，请看数据手册



注意：用于危险区域时，FFG-BP/P.2XH2 和 FFG-BP/P.2XHN 型磁致伸缩液位变送器必须使用符合防爆证书规定的电源供电，应保证数据符合本质安全电路的要求。





应使用 2 线制电缆进行电气连接，芯线的截面积应在 $0.5 \dots 1.5\text{mm}^2$ 之间。为保证防护等级为 IP66 / IP67，电缆的外径必须在 $7 \dots 10\text{mm}$ 之间。

拆开接线盒后盖，将供电线缆连接到 “+”、“-” 和 GND 端子上，变送器上有一个内接地和外接地端子。

 = GND



注意：根据当地法规，FFG-BP/P.2XH2，FFG-BP/P.2XHD 和 FFG-BP/P.2XHN 必须连接过压保护器和电位均衡器！



注意：Ex d 执行器必须使用 $\leq 200\text{mA}$ 、快速保险丝做为短路保护器。保险丝可以与电源隔离放置。保险丝的设计电压必须不小于 Ex d 传感器的额定电压，保险丝的截断能力必须为 1500A。



为保证接线盒的防护等级达到数据手册中的规定，必须正确的拧紧电缆锁口和接线盒的后盖。务必保证密封部位和密封圈本身清洁，没有水或任何液体污染物进入接线盒内。



Declaration of Conformity

According to ATEX Directive 2014/34/EU

Manufacturer Name : Shanghai KSR-KUEBLER Automation Instrument Co., Ltd.

Manufacturer Address: No.2, Lane 699 Yuyang Road, Songjiang District, Shanghai 201600, China

Product Name : Float level transmitter gauge MAGNODUL

Model/Type Designation : FFG-P.22H3Ox-xxxxx-xxxx, FFG-BP.20H3Ox-xxxxx-xxxx

Applicable Directive :ATEX 2014/34/EU

ATEX Mark : Product model: FFG-P.22H3Ox-xxxxx-xxxx

II 1/2G Ex d IIB T3...T6 Ga/Gb

Product model: FFG-BP.20H3Ox-xxxxx-xxxx

II 2G Ex d IIB T3...T6 Gb

The Notified body carried out EC Type Examination and assessment of Product quality assurance:

TÜV Rheinland Industrie Service GmbH

Notify body number:0035

Address: Am Grauen Stein, 51101 Köln

ATEX certificate number: TUV 18 ATEX xxxx

The Applicable standards and Technical specification

EN60079-0:2012/A11:2013 EN60079-1:2014 EN60079-26:2015

Authorized Person for the manufacturer:

Name: 刘林

Position: General Manager

Signature :

Date : 2018.05.23



We herewith declare that this equipment has been found to comply with the essential health and safety requirements relating to the design and construction of equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres, given in Annex II to the directive.

浪涌保护器说明

磁致伸缩液位变送器可以选配浪涌保护器，浪涌保护器的型号按如下规定配置：

电压保护水平

序号	磁致伸缩防爆等级	浪涌保护器型号	电压保护水平 U_p
1	无	RP-24Y	线对线 60V, 线对地 500V
2	 Ex ia IIC T6 Ga	CZLBX-48	线对线 60V, 线对地 500V
3	 Ex d IIC T1 ... T6 Gb	内置滤波模块	线对线 500V, 线对地 500V

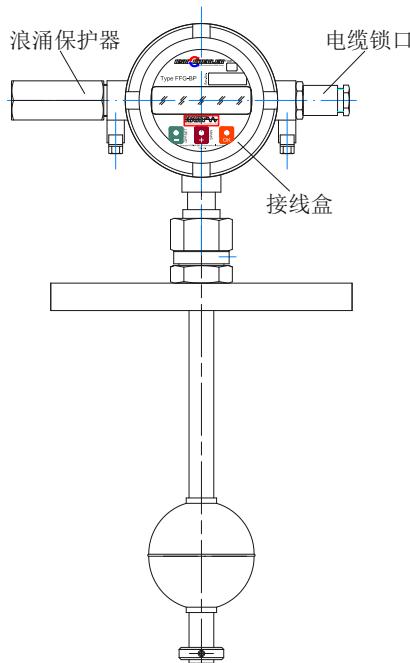
安装与维护

1. 浪涌保护器在出厂时已经安装好，无需另外接线或固定。
2. 定期检查浪涌保护器应无过热老化，若有应更换。接线应良好，接地线不应松动，如有应加以紧固。

防爆要求

-  1. 当防爆要求为本安时，选用安全栅及连接线缆时应考虑液位变送器、浪涌保护器的参数，并符合 GB/T 3836.18 《本质安全系统》的规定：
安全栅的 U_o 不大于仪表、浪涌保护器的 U_i 之和；
安全栅的 I_o 不大于仪表、浪涌保护器的 I_i 之和；
安全栅的 P_o 不大于仪表、浪涌保护器的 P_i 之和；
2. 磁致伸缩液位变送器和 CZLBX-48 型浪涌保护器的的本安参数如下：

设备	磁致伸缩液位变送器	CZLBX-48 型浪涌保护器
U_i	30V	50V
I_i	100mA	32mA
P_i	1.0W	0.4W
C_i	10 μ F	0 μ F
L_i	2.0 μ H	0mH



浪涌保护器安装示意图



磁致伸缩液位变送器: FFG-BP / FFG-P

安全手册



总则

1.1 范围

本安全手册适用于包含：FFG-P 或 FFG-BP 型磁致伸缩液位变送器的测量系统。

硬件版本：2.00 或更高

软件版本：8.30.02 或更高

1.2 应用场所

本测量系统应用于有安全功能需求的液位检测和信号变送。应用于 (1OO1D) 架构时，安全等级最高为 SIL2，在带冗余的多通道中，最高为 SIL3。

1.3 SIL 符合性

附录文档中包含了 SIL 符合性的证明性文档。

1.4 术语及缩写

SIL 安全完整性等级

HFT 硬件容错率

SFF 安全失效分数

PFD_{avg} 平均危险失效率

PFH 每小时危险失效率

FMEDA 失效模式、后果及诊断分析

λ_{SD} 可检测的安全失效率

λ_{SU} 未检测的安全失效率

λ_S 安全失效率

λ_{DD} 可检测的危险失效率

λ_{DU} 未检测的危险失效率

DC_D 危险失效诊断覆盖率； $DCD = \lambda_{dd} / (\lambda_{dd} + \lambda_{du})$

FIT 一定时间内的失效数 (1 FIT = 1×10^{-9} 失效)

MTBF 平均失效间隔

更多术语和缩写参见 IEC 61508-4

1.5 相关标准及文献

IEC 61508

- 电子/电气/可编程电子安全相关系统的功能安全

1.6 安全需求

与功能安全相关的失效限制取决于 SIL 等级 (IEC 61508-1, 7.6.2)。

安全完整性等级	低要求操作模式	高要求操作模式
SIL	PFD _{avg}	PFH
4	$\leq 10^{-5} \dots < 10^{-4}$	$\leq 10^{-9} \dots < 10^{-8}$
3	$\leq 10^{-4} \dots < 10^{-3}$	$\leq 10^{-8} \dots < 10^{-7}$
2	$\leq 10^{-3} \dots < 10^{-2}$	$\leq 10^{-7} \dots < 10^{-6}$
1	$\leq 10^{-2} \dots < 10^{-1}$	$\leq 10^{-6} \dots < 10^{-5}$

与安全相关的 B 类子系统的硬件安全完整性 (IEC 61508-2, 7.4.3)

安全失效分数	硬件容错率		
SFF	HFT=0	HFT=1	HFT=2
<60%	不允许	SIL1	SIL2
60% ... <90%	SIL1	SIL2	SIL3
60% ... <90%	SIL2	SIL3	(SIL4)
≥99%	SIL3	(SIL4)	(SIL4)

- 项目计划**
- 2.1 安全功能
本测量系统提供输出一个与液位成正比的电流信号，电流大小在 3.8mA 至 20.5mA 之间。
 - 2.2 安全状态
当输出电流 $\geq 3.8mA$ 且 $\leq 20.5mA$ 之间时系统处于安全状态。
 - 2.3 失效状态
当输出电流 $< 3.6mA$ (低位失效) 或 $> 21mA$ (高位失效) 时系统处于失效状态。
 - 2.4 失效描述
当发生某种失效时，测量系统将操作模式切换至预定义的安全状态或失效状态，且不会影响工艺，这种失效称之为安全失效。
当内部诊断系统检测到故障时，测量系统将进入失效状态。
当发生某种失效时，测量系统不会根据工艺要求将操作模式切换至预定义的安全状态或失效状态，这种失效称之为不可检测的危险失效。
 - 2.5 配置控制单元
当测量系统输出一个“低位失效”或“高位失效”的电流时，应当认为发生了失效。
此时控制单元应当判定测量系统产生了失效并且生成一条正确的失效信息。
如以上两点不能被全部满足，则相应的故障率分数必须与危险的未检测故障相关，在“安全相关参数值”一章中给出的数值应当降级使用。
控制单元的安全等级应当与整个测量链一致。
 - 2.6 低要求操作模式
当需求率小于每年 1 次时，本测量系统可做为安全相关子系统用于“低要求模式”下 (IEC 61508-4, 3.5.12)。
其依据的参数是 PFD_{avg} (平均危险失效率) 的值，该值取决于安全功能保护的测试间隔 T_{proof} 。
“安全相关参数值”一章中给出了量化的数值。
 - 2.7 高要求操作模式
不适用
 - 2.8 假定条件
在进行 FMEDA 计算时，先假定以下条件成立：
 - 失效率是常量；不考虑机械部分
 - 不考虑同时发生多个故障的情况
 - HART 协议仅用于安装、校验和诊断，正常运行时不会使用
 - 不考虑参数化过程中发生的故障
 - FMEDA 的 DC 已经考虑了实际可能的全部故障
 - 在发货前做了充分的测试，包括产品故障、功能故障和设计故障
 - 安全失效后的 MTTR 是 24 小时
 - 所有的模块在低要求模式下运行
 - 外部供源失效率不予考虑
 - 当可检测的危险故障发生后，安全控制单元在 MTTR 时间内将过程导向安全状态
 - 只有 4 ... 20mA 输出可以用于安全功能
 - 只有一路输入和一路输出用于安全功能
 - 低位失效和高位失效必须被安全控制单元当做可检测的危险失效处理
 - 接液材质的设计都能符合工况条件
 - 设计时考虑了工况条件的边界（包括压力和温度）

- 按照说明书要求规范操作
- 控制单元可以执行监控、断线。

校验须知 由于设备环境对测量系统的功能安全有影响,因此传感器必须根据实际应用的情况由控制设备进行调整。

投入运行 安装时应遵循 manual 的规定, 推荐在安装时首先检查安全功能。

操作和故障行为 如果要在运行中更改传感器参数, 必须遵从安全功能。

操作手册中给出了失效的信息。

当检测到错误时, 整个测量系统必须停止运行且须将过程保持在安全状态。

重复验证测试 重复验证测试用来检查安全功能, 并且发现可能的、不可检测的危险失效, 因此, 必须在正确的间隔时间内检查安全功能是否足够。用户负责选择验证测试的形式, 测试间隔按照“安全相关参数值”一章中给出的表格里 PFD_{avg} 的值选取。

6.1 检查步骤

应当选择验证测试的步骤, 使测量链中所有的零件都能被测试, 用以验证安全功能是否正确。

可以通过在罐内注液的方式来进行测试。如果这种方式不适合, 可能采用其他适合的方式来模拟液位高度。

应采用文档记录所使用的测试方法及其步骤。

如果验证测试没有通过, 整个测量系统应停止服务并将过程保持在安全状态。

7.1 基本原理

安全相关参数值 电子及机械零件的失效率应当根据 IEC 61508, 并通过 FMEDA 得出。计算及元件失效率的基础是根据 exida 电子和 exida 机械元件可靠性手册的 profile2。所有的数值都是参考平均环境温度 25°C (77°F) 时的值。

7.2 生命周期

大约 10 年后, 电子元件的失效率会上升, 因此 PFD 和 PFH 的值将会变差 (IEC 61508-2, 7.4.7.4, note3)。

7.3 失效率

型号		FFG-P	FFG-BP
SIL	安全完整性等级	SIL2	SIL2
HFT	硬件容错率	0	0
SFF	安全失效分数	92.8%	94.0%
PFD_{avg} (低要求模式下)	平均危险失效率	$1.84 \cdot 10^{-4}$ ($T_{proof} = 1$ 年)	$1.59 \cdot 10^{-4}$ ($T_{proof} = 1$ 年)
		$3.01 \cdot 10^{-4}$ ($T_{proof} = 2$ 年)	$2.64 \cdot 10^{-4}$ ($T_{proof} = 2$ 年)
		$6.50 \cdot 10^{-4}$ ($T_{proof} = 5$ 年)	$5.58 \cdot 10^{-4}$ ($T_{proof} = 5$ 年)
λ_S	可/不可检测安全失效	85 FIT	105 FIT
λ_{DD}	可检测危险失效	274 FIT	264 FIT
λ_{DU}	不可检测危险失效	28 FIT	24 FIT
DC_D	危险失效诊断覆盖率	91%	92%
MTBF	平均失效间隔	232 年	229 年

B 类子系统, 根据 IEC 61508。

7.4 根据时间评估 PFD_{avg}

PFD_{avg} 的值大约与运行持续时间成正比, 上表中所列的值仅在 T_{proof} 间隔内有效, 在此之后应重复验证性测试。

7.5 多通道架构

如果将本测量系统用于多通道架构中, 并根据测量链的应用结构计算安全相关参数时, 应考虑适当的共因因子。