

测量原理

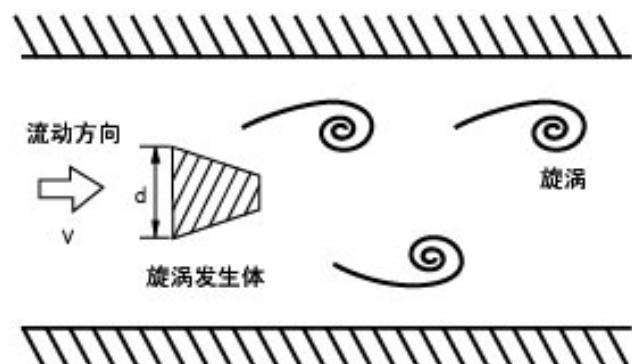
涡街流量计是利用卡门涡街原理进行流量测量的。在测量管中垂直插入一个柱状物时,流体通过柱状物两侧就自然交替地产生有规则的旋涡(如下图所示),这种旋涡列被称为卡门涡街。在 $d/D=0.281$ 时,释放的旋涡最稳定。(D 为管道直径。) 卡门涡街的释放频率与流体的流动速度及柱状物的宽度有关,可用下式表示:

$$f = St \cdot v / d$$

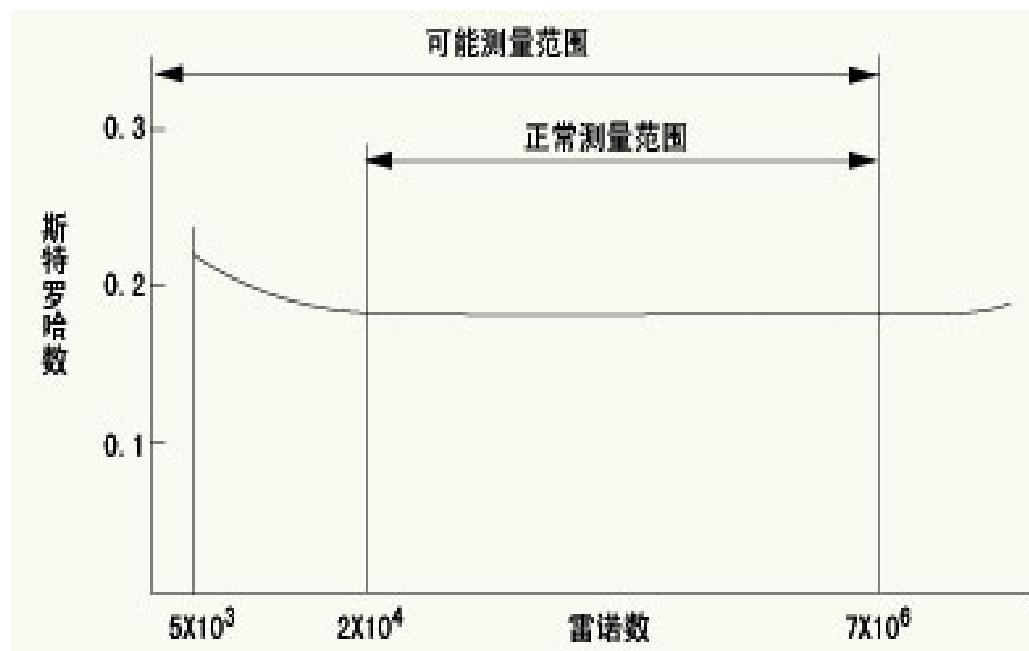
(f 为卡门涡街的释放频率;

St 为斯特罗哈数);

宽度。

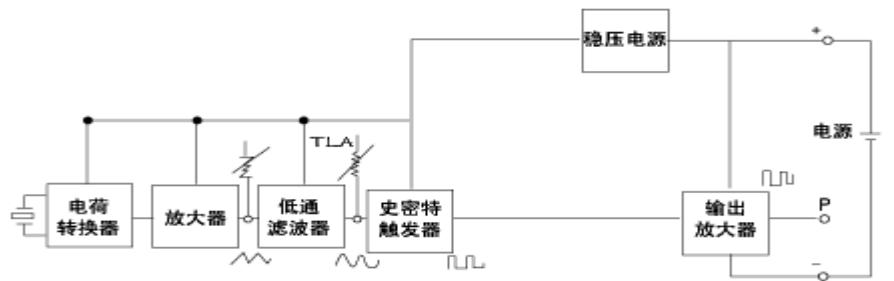


斯特罗哈数是涡街流量计的重要系数,在一定的雷诺数范围内,斯特罗哈数接近常数。如下图所示,在曲线的 $St=0.17$ 平直部分,旋涡释放频率与流速成正比,检出频率 f 就可求得流速 v ,由 v 求出体积流量。FM11 系列涡街流量计是一种应力式涡街流量计,其传感器的旋涡释放频率是通过检测传感器(探头)内部的压电元件来检出的。

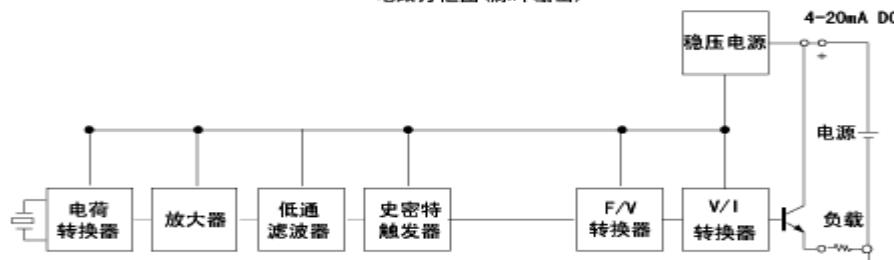


转换器电路构成

转换器是将检测元件检测的微弱电信号(杂乱的正弦波)进行放大、滤波、整形等处理,输出与流量成比例的脉冲信号或者转换成标准 $4\sim20mA$ 信号。FM11 系列涡街流量计的转换器电路示意图如下图所示:



电路方框图(脉冲输出)



电路方框图(模拟输出)

- 电荷转换器：将压电元件输出的交变电荷经电荷转换器转换成与电荷量成比例的电压。
- 交流放大器、低通滤波器：进行信号放大及噪声消除。
- 从电荷转换器输出的波形：在低流速时，是管道振动等高频噪声形成的迭加波形；在高流速时，是由于差拍信号形成的包含低频摆动的波形。低流速时（输出电压小）的高频噪声由于低通特性而被消除，在高流速的噪声（输出电压大）随着低通特性解除后具有的限幅特性而被抑制。
- 史密特整形器：把旋涡频率的检测电压转换成一定幅度的脉冲信号。另外，史密特整形器电路对输入，输出信号具有滞后作用，能够抑制由噪声产生的振荡。
- F/V 转换器：把史密特整形器输出的脉冲信号转换成和频率成比例的模拟电压。
- V/I 转换器：把 V/I 转换器的模拟输出电压转换成 4~20mA 的电流信号。
- 脉冲输出放大器：把史密特整形电路输出的脉冲频率放大。

涡街流量计的结构组成

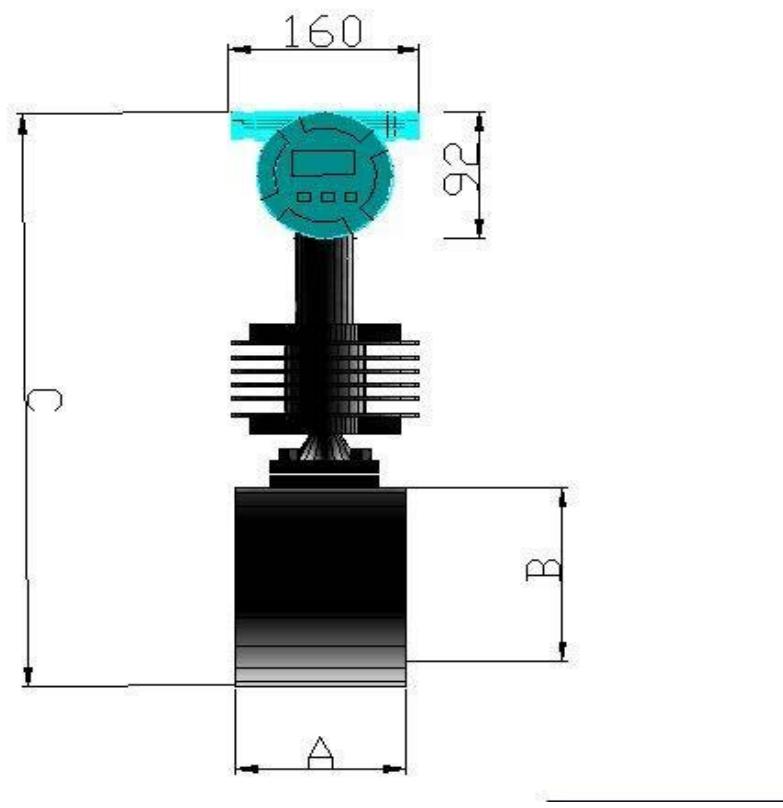
主要由转换器（内有放大板）、支架、旋涡发生器组件（内有三角柱、探头）和表体组成，如下图所示：



安装配套件有：凹*法兰、长螺栓、螺母等，如下图所示：



漩涡流量计的外形尺寸



DN	A	B	C
25	65	42	368
32	65	48	374
40	70	56	382
50	80	68	388
65	90	83	402
80	100	100	408
100	120	120	435
125	133	147	463
150	160	174	489
200	185	228	543
250	210	282	596
300	240	334	648

涡街流量计的主要技术参数

测量流体: 饱和蒸汽、过热蒸汽、一般气体、液体（避免多相流）

测量精度: 液体: 1.0 级; 气体 1.5 级

重 复 性: 液体: 0.33%; 气体 0.5%

测量范围: 气体: 7m/s~40m/s ; 液体: 0.7m/s~7m/s

工作压力: 标准为 1.6MPa,2.5~4.0MPa 需要定制

流体温度: -40°C~250°C (普通型) ; 100°C~350°C (高温型)

表体材质: 304 不锈钢

输出信号: 脉冲信号 (三线制, 低电平≤1V, 高电平≥4V) ; 4~20mA; RS485 接口

工作电源: 24VDC(或 12VDC), 锂电池

环境温度: -35°C~60°C (无 LCD) ; -5°C~60°C (带 LCD)

相对湿度: 5~95%

防护等级: IP65

电气接口: M20*1.5(带电缆夹紧螺母组件)

防爆型式: 非防爆, 隔爆(可选)

流量计的流量范围和传感器口径

测量饱和蒸汽的质量流量

流量测量范围 (t/h)

通径	0.1MPa		0.2MPa		0.3MPa		0.4MPa		0.5MPa		0.6MPa	
25	9.3~88.1kg/h		11.2~128.8kg/h		12.93~168.8kg		14.3~208kg/h		15.6~247.3kg/h		16.8~286.1kg/h	
32	15.2~144.4kg/h		18.4~211.1kg/h		21.1~276.6kg/h		23.4~341.2kg/h		25.5~405.1kg/h		27.5~468.8kg/h	
40	23.8~225.7kg/h		28.8~329.8kg/h		32.9~432.2kg/h		36.6~533.1kg/h		39.9~633.0kg/h		42.9~732.5kg/h	
50	0.04	0.35	0.04	0.52	0.05	0.68	0.06	0.83	0.06	0.99	0.07	1.14
65	0.06	0.6	0.08	0.87	0.09	1.14	0.10	1.41	0.11	1.67	0.11	1.93
80	0.1	0.9	0.12	1.32	0.13	1.73	0.15	2.13	0.16	2.53	0.17	2.93
100	0.15	1.41	0.18	2.06	0.21	2.70	0.23	3.33	0.25	3.96	0.27	4.58
125	0.23	2.2	0.28	3.22	0.32	4.22	0.36	5.21	0.39	6.18	0.42	7.15
150	0.33	3.17	0.4	4.64	0.46	6.08	0.51	7.50	0.56	8.90	0.60	10.30
200	0.6	5.64	0.72	8.25	0.82	10.80	0.91	13.33	1.00	15.83	1.07	18.31
250	0.93	8.81	1.12	12.88	1.29	16.88	1.43	20.82	1.56	24.73	1.68	28.61
300	1.34	12.69	1.62	18.55	1.85	24.31	2.06	29.99	2.24	35.61	2.41	41.20

流量测量范围 (t/h)

通径	0.7MPa		0.8MPa		0.9MPa		1.0MPa		1.1MPa	
25	17.8~322.5kg/h		18.9~363.1kg/h		19.8~401.5kg/h		20.83~439.6kg/h		21.7~477.9kg/h	
32	29.1~528.4kg/h		30.9~594.9kg/h		32.5~657.8kg/h		34.0~720.3kg/h		35.5~783.0kg/h	
40	0.05	0.83	0.05	0.93	0.05	1.03	0.05	1.13	0.06	1.22
50	0.07	1.29	0.08	1.45	0.08	1.61	0.08	1.76	0.09	1.91
65	0.12	2.18	0.13	2.45	0.13	2.71	0.14	2.97	0.15	3.23
80	0.18	3.30	0.19	3.72	0.2	4.11	0.21	4.5	0.22	4.89
100	0.28	5.16	0.30	5.81	0.32	6.42	0.33	7.0	0.35	7.65
125	0.44	8.06	0.47	9.08	0.5	10.04	0.52	11	0.54	11.95
150	0.64	11.61	0.68	13.07	0.71	14.45	0.75	15.83	0.78	17.21
200	1.14	20.64	1.21	23.24	1.27	25.69	1.33	28.14	1.39	30.6
250	1.78	32.25	1.89	36.31	1.98	40.15	2.1	44	2.2	47.8
300	2.56	46.45	2.72	52.28	2.86	57.81	3.0	63.3	3.12	68.8

流量测量范围 (t/h)

通径	1.2MPa		1.3MPa		1.4MPa		1.5MPa		1.6MPa	
25	22.5~516.1kg/h		23.3~554.3kg/h		24.1~592.3kg/h		24.9~630.3kg/h		25.6~668.4kg/h	
32	0.04	0.85	0.04	0.91	0.04	0.97	0.04	1.03	0.04	1.10
40	0.06	1.32	0.06	1.42	0.06	1.52	0.06	1.61	0.07	1.71
50	0.09	2.06	0.09	2.22	0.10	2.37	0.10	2.52	0.10	2.67
65	0.15	3.49	0.16	3.75	0.16	4.00	0.17	4.26	0.17	4.52
80	0.23	5.28	0.24	5.68	0.25	6.07	0.25	6.45	0.26	6.84
100	0.36	8.26	0.37	8.87	0.39	9.48	0.40	10.08	0.41	10.69
125	0.56	12.90	0.58	13.86	0.60	14.81	0.62	15.76	0.64	16.71
150	0.81	18.58	0.84	19.95	0.87	21.32	0.90	22.69	0.92	24.06
200	1.44	33.03	1.49	35.48	1.54	37.91	1.59	40.34	1.64	42.78
250	2.25	51.61	2.33	55.43	2.41	59.23	2.49	63.03	2.56	66.84
300	3.24	74.31	3.36	79.82	3.47	85.29	3.58	90.76	3.69	96.25

注：以上表格中的压力为表压

测量过热蒸汽的质量流量

流量测量范围 (t/h)

通径 (mm)	最小流量 (t/h)	最大流量 (t/h)
25	8.82 $\sqrt{\rho}$ kg/h	79.48 ρkg/h
32	14.4 $\sqrt{\rho}$ kg/h	130.22 ρkg/h
40	22.62 $\sqrt{\rho}$ kg/h	203.47 ρkg/h
50	35.34 $\sqrt{\rho}$ kg/h	317.93 ρkg/h
65	59.7 $\sqrt{\rho}$ kg/h	537.29 ρkg/h
80	90.6 $\sqrt{\rho}$ kg/h	813.89 ρkg/h
100	0.14 $\sqrt{\rho}$	1.27 ρ
125	0.22 $\sqrt{\rho}$	2.0 ρ
150	0.31 $\sqrt{\rho}$	2.86 ρ
200	0.56 $\sqrt{\rho}$	5.07 ρ
250	0.88 $\sqrt{\rho}$	7.95 ρ
300	1.27 $\sqrt{\rho}$	11.45 ρ

测量气体（工作状态）体积流量

流量测量范围 (t/h)

通径 (mm)	最小流量 (m^3/min)	最大流量 (m^3/min)
25	$0.147/\sqrt{\rho}$	1.32
32	$0.241/\sqrt{\rho}$	2.17
40	$0.377/\sqrt{\rho}$	3.4
50	$0.589/\sqrt{\rho}$	5.3
65	$0.995/\sqrt{\rho}$	8.95
80	$1.51/\sqrt{\rho}$	13.56
100	$2.36/\sqrt{\rho}$	21.2
125	$3.68/\sqrt{\rho}$	33.12
150	$5.27/\sqrt{\rho}$	47.7
200	$9.42/\sqrt{\rho}$	84.8
250	$14.73/\sqrt{\rho}$	132.5
300	$21.2/\sqrt{\rho}$	190.8

注：1. ρ ---工作状态下的气体密度, kg/m^3

2. 计算公式 : $\rho = \frac{(P+0.101325) \times 10.1972 \times 10^4}{R \times (t+273.15)}$

式中 : P=表压Mpa, t=温度℃ R=气体常数, 参见附录1 (气体性质与常用数据)

3. DN25~DN300为夹持型涡街流量计

测量气体 (标准状态) 体积流量

流量测量范围 (t/h)

通径 (mm)	最小流量 (m^3/min)	最大流量 (m^3/min)
25	$0.147k/\sqrt{\rho}$	1.32k
32	$0.241k/\sqrt{\rho}$	2.17k
40	$0.377k/\sqrt{\rho}$	3.4k
50	$0.589k/\sqrt{\rho}$	5.3k
65	$0.995k/\sqrt{\rho}$	8.95k
80	$1.51k/\sqrt{\rho}$	13.56k
100	$2.36k/\sqrt{\rho}$	21.2k
125	$3.68k/\sqrt{\rho}$	33.12k
150	$5.27k/\sqrt{\rho}$	47.7k
200	$9.42k/\sqrt{\rho}$	84.8k
250	$14.73k/\sqrt{\rho}$	132.5k
300	$21.2k/\sqrt{\rho}$	190.8k

注：1. ρ ---工作状态下的气体密度, kg/m^3 . (计算公式参见P7)

2. $k = \frac{P+0.101325}{0.101325} \times \frac{293.15}{t+273.15} X$ 式中: P---工作压力
t---介质温度

3. 标准状态或叫标况, 是指20℃, 0.1Mpa(绝压), 或20℃一个标准大气压下。

4. DN25~DN300为夹持型涡街流量计

测量液体体积流量

流量测量范围(m³/h)

通径 (mm)	最小流量 (m ³ /min)	最大流量 (m ³ /min)
25	$33.2/\sqrt{\rho}$	8.83
32	$106.6/\sqrt{\rho}$	14.47
40	$133.7/\sqrt{\rho}$	22.61
50	$167/\sqrt{\rho}$	35.33
65	$226.4/\sqrt{\rho}$	59.7
80	$343.1/\sqrt{\rho}$	90.43
100	$536/\sqrt{\rho}$	141.3
125	$837.7/\sqrt{\rho}$	220.8
150	$1206.4/\sqrt{\rho}$	317.9
200	$2144.8/\sqrt{\rho}$	565.2
250	$3351.3/\sqrt{\rho}$	883.1
300	$4825.9/\sqrt{\rho}$	1271.7

注：1. ρ ----工作状态下的液体密度，kg/m³。常温常压下水的密度

2. DN25~DN300 为夹持型涡街流量计

涡街流量计的正确安装

涡街流量计有许多种结构形式，安装、维修人员需要了解所装仪表的具体结构、特点以及流量信号的转换，了解信号传输过程中的各个环节，按产品说明书进行安装，以确保流量计的精确测量。

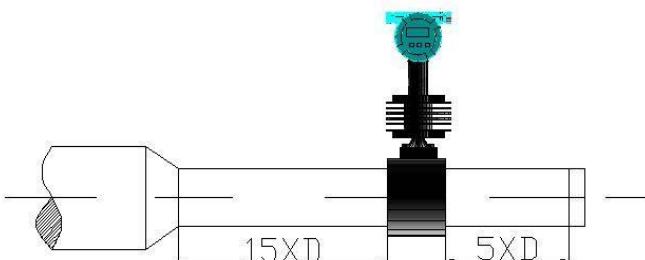
1、合理选择安装场所和环境

避开强电力设备，高频设备，强电源开关设备；避开高温热源和辐射源的影响，避开强烈震动场所和强腐蚀环境等，同时要考虑安装维修方便。

2、上下游必须有足够的直管段

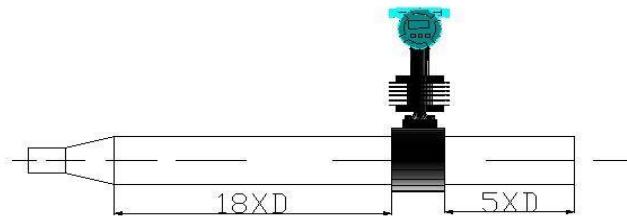
若传感器安装点的上游有大于 $>15D$ 。

渐缩管，则：上游直管段 $\geq 15D$ ，下游直管段 $\geq 5D$

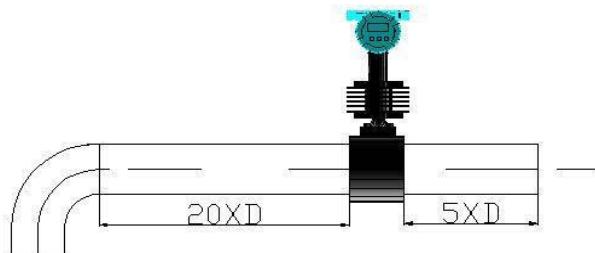


若传感器安装点的上游有大于 $>15^{\circ}$ 。

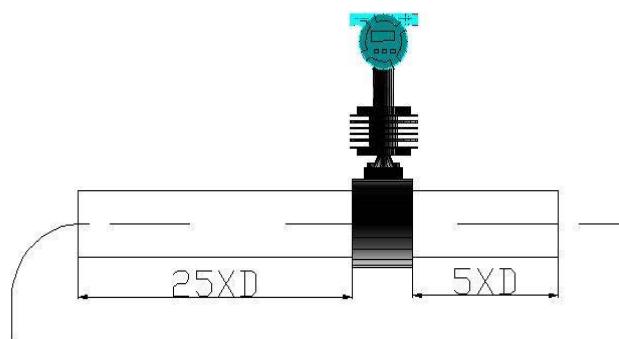
渐扩管，则：上游直管段 $\geq 18D$ ，下
游直管段 $\geq 5D$



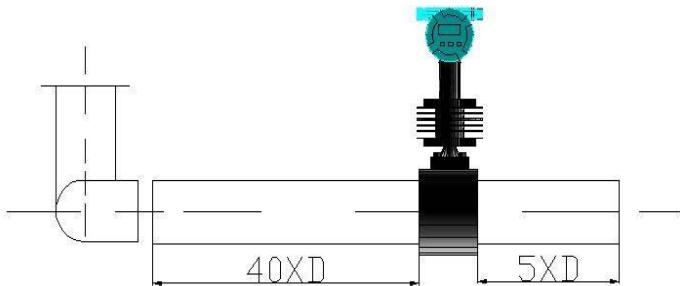
若传感器安装点的上游有 90° 弯头
或T形接头，则：上游直管段 $\geq 20D$ ，
下游直管段 $\geq 5D$



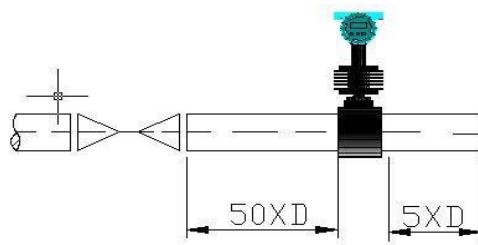
若传感器安装点的上游在同一平面
上有二个 90° 弯头，则：上游直管
段 $\geq 25D$ ，下游直管段 $\geq 5D$



若传感器安装点的上游在不同平面
上有二个 90° 弯头，则：上游直管
段 $\geq 40D$ ，下游直管段 $\geq 5D$



调节阀应安装在传感器的下游 5D 以外处，若必须安装在传感器的上游，传感器上游直管段应不小于 50D，下游应有不小于 5D。



涡街流量计的正确安装

3、安装点上下游的配管应与传感器同心，同轴偏差应不小于 0.5DN

传感器安装点的上下游配管的内径应与传感器通径相同，其应满足下式的要求：

$$0.98DN \leq D \leq 1.05DN$$

式中： DN----传感器通径；

D----配管内径。

传感器与法兰间的密封垫不能凸入管道内，其内径可比传感器通径略大。



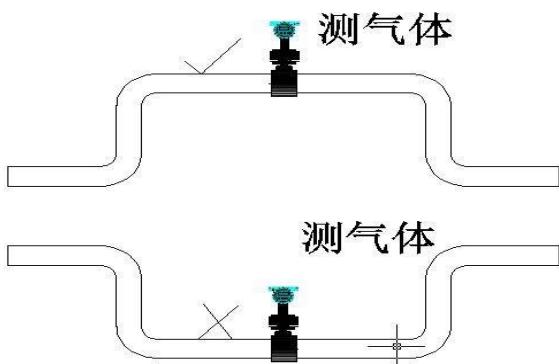
4、管道采取减振动措施

传感器尽量避免安装在振动较强的管道上，特别是横向振动。若不得已要安装时，必须采取减振措施，在传感器的上下游 2D 处分别设置管道紧固装置，并加防振垫。



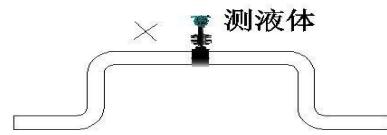
5. 在水平管道上安装是流量传感器最常用的安装方式。

测量气体流量时，若被测气体中含有少量的液体，传感器应安装在管线的较高处。





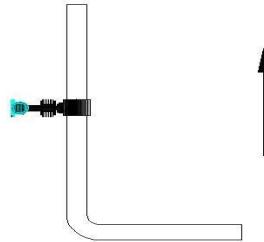
测量液体流量时,若被测液体中含有少量的气体,传感器应安装在管线的较低处。



6. 传感器在垂直管道的安装

测量气体流量时,传感器可以安装在垂直管道上,流向不限。若被测气体中含有少量的液体,气体流向应由下向上。

测量液体流量时,液体流向应由下向上:这样不会将液体重量额外附加在探头上。



7、传感器在水平管道的侧装

无论测量何种流体,传感器可以在水平管道上侧装,特别是测量过热蒸汽,饱和蒸汽和低温液体,若条件允许最好采用侧装,这样流体的温度对放大器的影响较小。



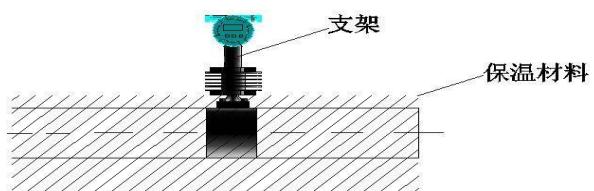
8. 传感器在水平管道的倒装

一般情况下不推荐用此安装方法。此安装方法不适用于测量一般气体、过热蒸汽。可用于测量饱和蒸汽,适用于测量高温液体或需经常清洗管道的情况。



9. 传感器在有保温层管道上的安装

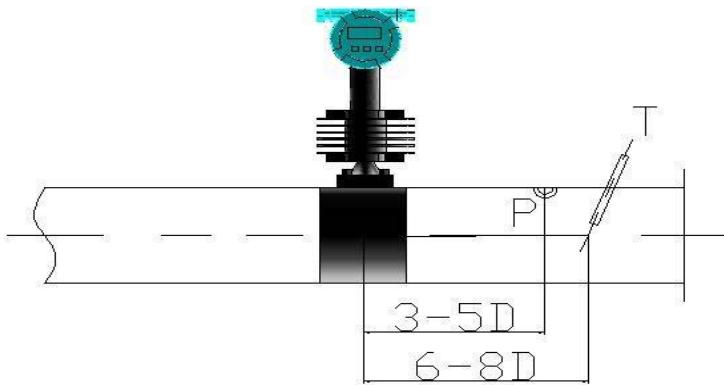
测量高温蒸汽时,保温层最多不能超过支架高度的三分之一。



10. 测压点和测温点的选择

根据测量的需要,需在传感器附近测量压力和温度时,测压点应在传感器下游的3-5D处,测温点应在传感器下游

的 6-8D 处。

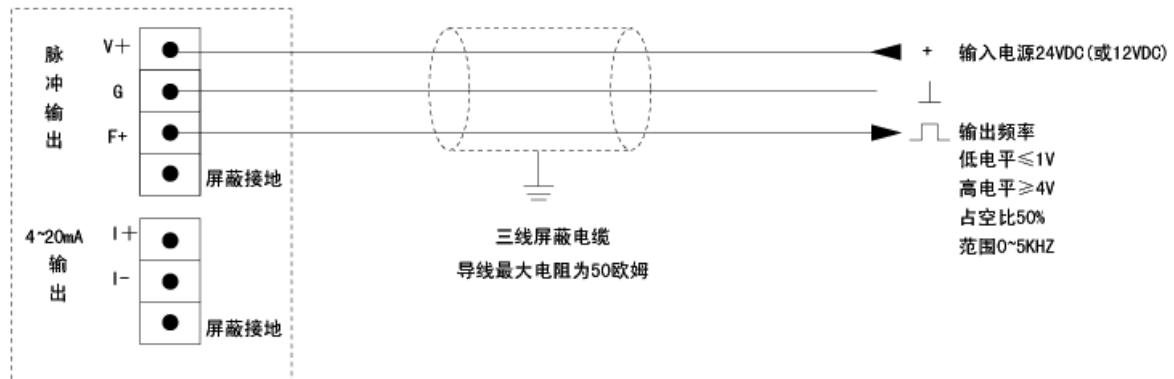


涡街流量计的接线

一般原则：在易受电噪声干扰的场所，使用屏蔽电缆。屏蔽层应可靠的接在放大器的接地螺丝上或在控制室接工作接地。在高温或低温环境中或者是现场空气中含有油、溶剂或其他腐蚀性气体时，要采用适合于这种特殊场合的的屏蔽电缆。

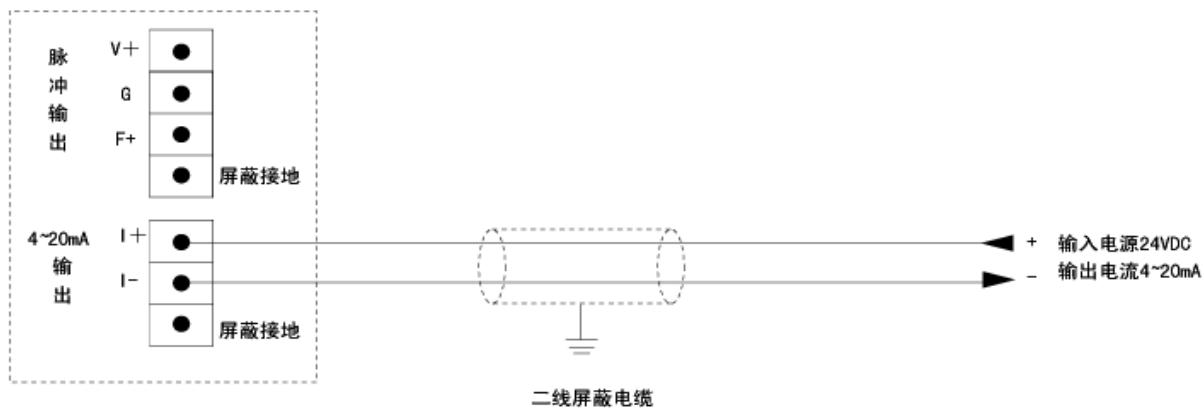
频率信号输出的接线

输出频率信号的流量计与其它设备之间采用三线制传输，供电电源为 $24VDC \pm 10\%$ （或 $12VDC$ ），输出回路的最小负载电阻为 $10K\Omega$ ，最大电容为 $0.2UF$ 。



4-20mA 信号输出的接线

输出 $4-20mA$ 信号的涡街流量计与其它设备之间采用二线制传输，供电电源为 $24VDC \pm 10\%$ ，输出回路的最大负载电阻为 600Ω 。（包括电缆线的电阻）



涡街流量计运行前的准备和调试

- 1) 检查：现场安装完毕，在通电和通流前应检查主管和旁通管上的各法兰、阀门、测压孔、测温孔及接头应无渗漏现象；管道的振动情况是否符合使用说明书的规定；传感器安装是否正确；各部分电气是否连接良好。
- 2) 接通电源静态调试：在通电不通流时，转换器应无输出，瞬时流量应该为零，累计流量无变化。否则首先检查是否因信号线屏蔽或接地不良或管道振动强烈而引入干扰信号。如果确认不是上述原因，可调整转换器内电位器，降低放大器增益或提高整形电路触发电平，直至输出为零。
- 3) 通流动态调试：打开上游阀，流动稳定后转换器输出连续的脉宽均匀的脉冲，流量指示稳定无跳变。调节阀门开度，输出随之改变。否则应检查并调整电位器直至仪表输出既无触发又无漏脉冲为止。

涡街流量计选型表

- 1、涡街流量计是一种速度式的流量计，旋涡分离的稳定性受流速分布的影响，所以，在安装涡街流量计时必须在上下游配置足够的直管段对流态进行整形；
- 2、涡街流量计不适用于雷诺数太低的流量测量。一般要求雷诺数 $\geq 2 \times 10^5$
- 3、由于旋涡发生时，管内局部压力会明显下降，在测量液体时，当局部压力降到液体温度所对应的饱和蒸汽压时，将发生气蚀现象，损坏检测压电元件或者使仪表无法正常工作，这点需要在安装或使用时注意。
- 4、正确选择涡街流量计的型号，必须详细了解以下工艺参数：
 - 流体名称、组分、腐蚀性、磨损性等；
 - 工作状态的最小、常用、最大流量；
 - 最小、常用、最大工作压力；
 - 最小、常用、最大工作温度；
 - 工作状态下的粘度；
 - 对于气体，还需要了解气体的相对湿度；
 - 流体在管道内流动的流动特性：是稳定流量、变动流量、脉动流量、气液两相流、气固两相流、液液两相流等
 - 流体状态：是清洁还是易结晶、脏污或者含易附粘物等
 - 现场环境及安装条件等
 - 对仪表的防爆要求

涡街流量计选型表

FM11-												
安装形式	A	夹持型										
	B	法兰连接型										
测量介质	A	液体										
	B	气体										
	C	蒸汽										
公称直径		***	例如: 80 表示 DN80									
供电电源			A	双电源供电 (24VDC/12VDC,3.6V 锂电池)								
			B	3.6V 锂电池								
			C	24VDC/12VDC								
表头			A	带数字显示表头								
			B	不带								
输出信号			A	无输出								
			B	脉冲输出								
			C	4-20mA								
			D	RS485								
传感器标题材质			A	304								
			B	316L								
			C	其他材料								
流体温度			A	$\leq 280^{\circ}\text{C}$								
			B	$\leq 350^{\circ}\text{C}$								
额定压力等级			A	4.0 MPa								
			B	2.5 MPa								
			C	1.6 MPa								
防护等级			A	IP65								
防爆等级			A	不防爆								