

1 前言

非常感谢您选择丹东通博电器（集团）有限公司的产品。
使用前请仔细阅读使用说明书。

2 概述

节流装置是历史最为悠久，应用最为广泛的流量测量仪表，具有结构简单、安装方便、性能稳定，精确度高优点。可用于现代工业中的液体、蒸汽和气体的流量测量。我公司采用先进的计算方法、精密的加工手段生产的 LG 系列节流装置，品种多、规格全，在石油、化工、电力、轻工、给水、输气等领域都有广泛的应用。

2.1 主要执行标准：

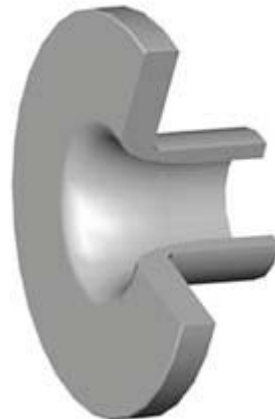
符合 GB/T2624-2006、ISO5167—2003、BS1042-1992 等标准。

2.2 主要特点：

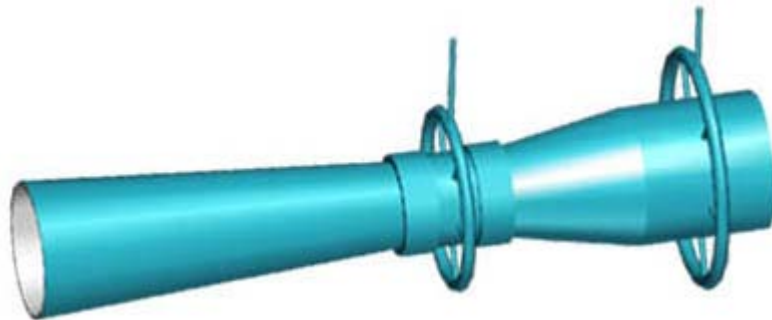
- a) 标准节流装置无需标定即可保证测量的精确度。
- b) 测量的口径范围广，小于 DN1000 都可适用。
- c) 适用的温度范围大：-196~650℃。
- d) 日常维护量少，使用操作简单。



孔板节流装置



喷嘴节流元件



文丘里管节流装置

LG 系列流量测量节流装置使用说明书

2.3 型号组成及其代表意义

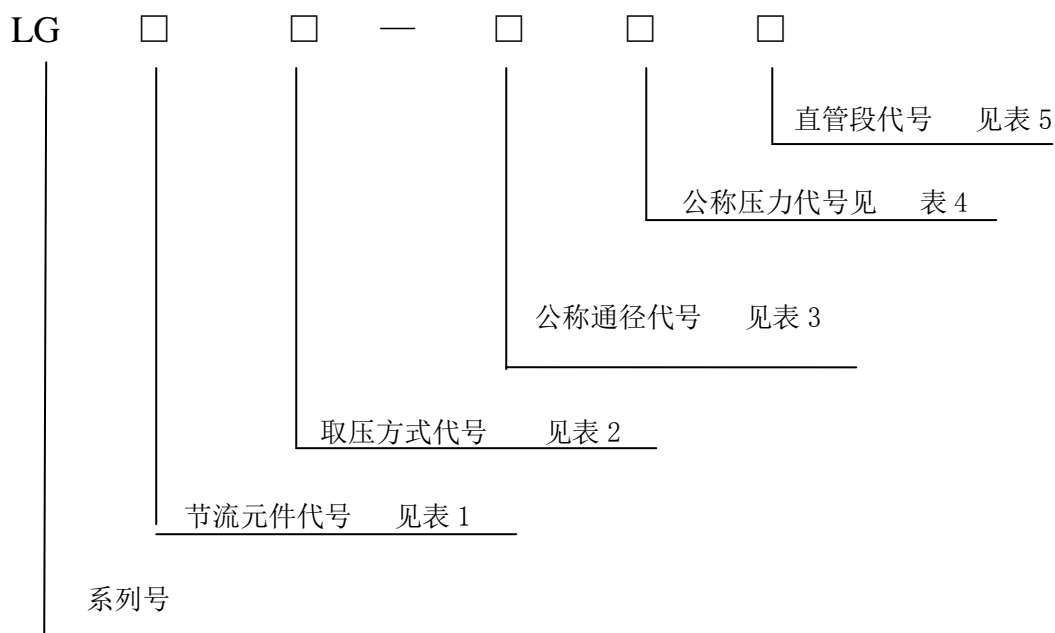


表 1 节流元件代号及意义

代号	意义	代号	意义
Y	标准孔板	I	偏心孔板
Q	1/4 圆孔板	S	圆缺孔板
X	小管径孔板	Z	粗铸收缩段经典文丘里管
T	锥形入口孔板	J	机加工收缩段经典文丘里管
M	ISA1932 喷嘴	H	粗焊铁板收缩段经典文丘里管
C	长径喷嘴	W	文丘里喷嘴

表 2 取压方式代号及意义

代号	F	H	Z	D	T
意义	法兰取压	角接环室取压	钻孔取压	径距取压	特殊取压

表 3 公称通径代号及意义

代号		01	016	02	026	03	04	05	06	08	10
DN	mm	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
	in		1/2	3/4	1	1-1/4	1-1/2	2	2-1/2	3	4
代号		12	15	20	25	30	35	40	45	50	60
DN	mm	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600
	in	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24
代号		70	80	90	91						
DN	mm	700	800	900	1000						
	in	28	32	36	40						

LG 系列流量测量节流装置使用说明书

表 4 公称压力代号及意义

代号		01	02	03	04	05	06	10	11	15	16
PN	MPa	1.6	2.0	2.5	4.0	5.0	6.3	10.0	11.0	15.0	16.0
	Class		150			300			600	900	
代号		25	26	42							
PN	MPa	25.0	26.0	42.0							
	Class		1500	2500							

表 5 直管段代号及意义

代号	无	A	B	C	D	E	F
意义	节流元件	节流元件 安装法兰	节流元件 安装法兰 上下游直管段	节流元件 安装法兰 上下游直管段 上下游连接法兰	节流元件 安装法兰 上下游直管段 上游连接法兰	节流元件 安装法兰 上下游直管段 下游连接法兰	焊接结构

3 工作原理

在充满单相连续流体的管道中，安装一个节流元件（如孔板、喷嘴等），当流体通过节流元件的节流孔时，流束形成局部收缩，流速加快，动能增加，静压降低，在节流元件的前后产生一个压力差，即 $\Delta P = P_1 - P_2$ ，若节流孔面积为 F ，流体的质量流量为 q_m ，体积流量为 q_v ，密度为 ρ ，则根据流动连续性原理和伯努利方程可推导出压力差与流体流量之间的关系式：

$$q_m = \alpha F \sqrt{\Delta P \rho} \quad \text{或} \quad q_v = \alpha F \sqrt{\Delta P / \rho}$$

式中 α 是流量系数。由上述关系可知，如果节流孔面积和流体密度一定，则流量与压力差的平方根成正比，即只要测出压力差值，即可算出流量值，节流装置就是根据这个原理测量流体流量的。

4 安装、调试

用节流装置测量流体流量的一个基本原理是几何相似原理，其含义是节流元件的结构、取压方式及结构、节流装置上下游测量管路、以及直管段长度等的制造及安装应符合有关标准的规定。有关节流装置的安装要求如下：

4.1 对测量管道的要求

- a) 安装节流装置的管道必须是直的，其截面必须是圆的。管道直线度可用目测，管道圆度可按有关标准检验。对于节流元件上下游两侧 2D 长度范围内的管道内径必须实测，并与计算节流装置时采用的管道内径一致。
- b) 管道内壁应该是洁净的，各种节流装置要求的管道内壁粗糙度值如下：

1) 孔板上游直管段（10D 范围内）的相对粗糙度上限值 $10^4 R_a/D$ ：

β	$R_{eD} \leq 10^4$	3×10^4	10^5	3×10^5	10^6	3×10^6	10^7	3×10^7	10^8
≤ 0.20	15	15	15	15	15	15	15	15	15
0.30	15	15	30	24	19	17	15	14	13
0.40	21	15	10	7.2	5.2	4.1	3.5	3.1	2.7
0.50	11	7.7	4.9	3.3	2.2	1.6	1.3	1.1	0.92
0.60	5.6	4.0	2.5	1.6	1.0	0.73	0.57	0.46	0.36
0.65	4.2	3.0	1.9	1.2	0.78	0.56	0.43	0.34	0.26

当 $D \geq 150\text{mm}$ 时，管道内壁粗糙度值采用下列规定：

$$\beta \leq 0.60, \quad R_{eD} \leq 5 \times 10^7 \text{ 时: } 1 \mu\text{m} \leq R_a \leq 6 \mu\text{m}$$

LG 系列流量测量节流装置使用说明书

$\beta > 0.60$, $R_{eD} \leq 1.5 \times 10^7$ 时: $1.5 \mu\text{m} \leq R_a \leq 6 \mu\text{m}$

2) ISA1932 喷嘴上游直管段 (10D 长度范围内) 的相对粗糙度上限值:

β	≤ 0.35	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46
$10^4 R_a/D$	8.0	5.9	4.3	3.4	2.8	2.4	2.1
β	0.48	0.50	0.60	0.70	0.77	0.80	
$10^4 R_a/D$	1.9	1.8	1.4	1.3	1.2	1.2	

3) 长径喷嘴要求的管道内壁粗糙度为 $R_a/D \leq 3.2 \times 10^{-4}$

4) 文丘里喷嘴上游直管段 (10D 长度范围内) 的相对粗糙度上限值:

β	≤ 0.35	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46
$10^4 R_a/D$	8.0	5.9	4.3	3.4	2.8	2.4	2.1
β	0.48	0.50	0.60	0.70	0.775		
$10^4 R_a/D$	1.9	1.8	1.4	1.3	1.2		

5) 经典文丘里管上游直管段 (2.5D 长度范围内) 管道内壁相对粗糙度 $R_a/D \leq 3.2 \times 10^{-4}$

c) 直管段长度要求

各种节流装置所需要的上下游直管段长度见附录。

4.2 节流元件的安装要求

a) 孔板、喷嘴及文丘里喷嘴的安装

1) 垂直度要求

节流元件前端面应垂直于管道轴线, 其允许偏差为 $\pm 1^\circ$ 。该要求包括两部分内容: 第一, 节流元件前端面与取压装置轴线之间的垂直度, 这一部分由制造厂保证, 出厂前已调试完毕; 第二, 节流装置与工艺管道的位置关系, 该部分由用户安装节流装置时保证。

2) 同轴度要求

节流元件轴线与管道轴线应同轴, 其同轴度偏差不大于 $\frac{0.005D}{0.1 + 2.3\beta^4}$, 当同轴度误差超过以上值时, 则

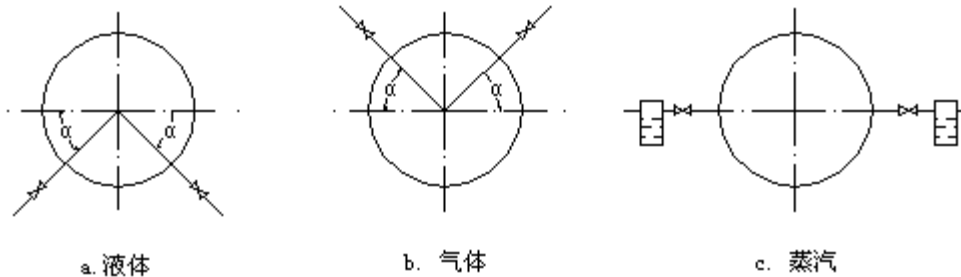
认为该节流装置不符合 GB/T2624-2006 的要求。

b) 差压信号管路的安装要求

差压信号管路一般由截止阀、导压管、附件(冷凝器、集气器、沉降器、隔离器和喷吹系统等)和差压计组成。导压管内壁要求光滑、无锈蚀、无异物, 其长度一般情况下不超过 16 米, 内径不小于 6 毫米; 当长度超过 16 米或被测介质为粘稠性流体、脏污流体等时, 应考虑加大导压管内径, 一般为 13~25 毫米。附件的选择根据不同的安装方式确定。

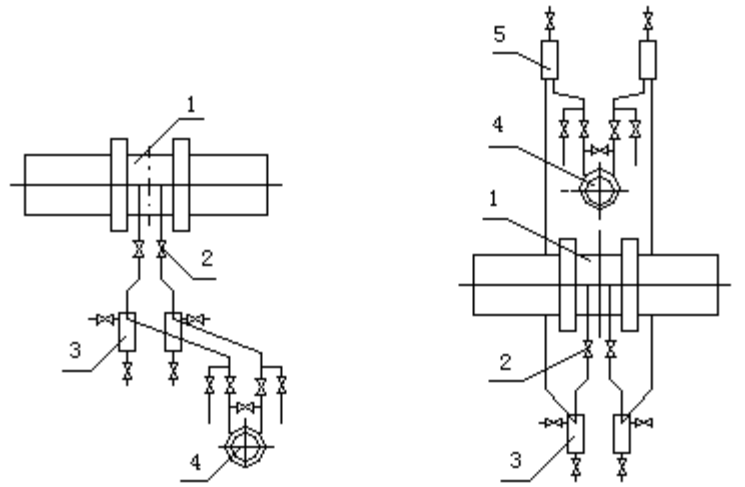
1) 取压口位置:

取压口位置一般设置在取压法兰、环室、夹持环或管路上, 当被测介质为液体时, 应防止气体进入导压管; 当被测介质为气体时, 应防止液体或脏物进入导压管。节流装置水平安装时, 取压口位置选择如下图所示, 其中 $\alpha \leq 45^\circ$; 节流装置垂直安装时, 取压口可位于任意方向。



LG 系列流量测量节流装置使用说明书

2) 无腐蚀性液体流量测量信号管路安装示意图如下:

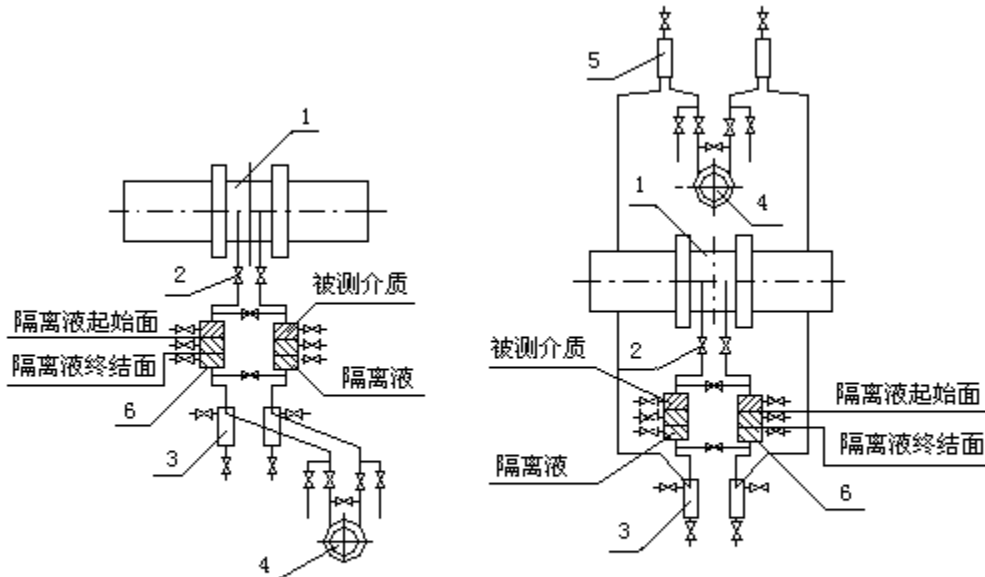


差压计安装在节流装置下方

差压计安装在节流装置上方

1. 节流装置 2. 阀门 3. 沉降器 4. 差压计 5. 集气器

3) 腐蚀性液体流量测量信号管路安装示意图如下 (隔离液密度大于被测介质密度):



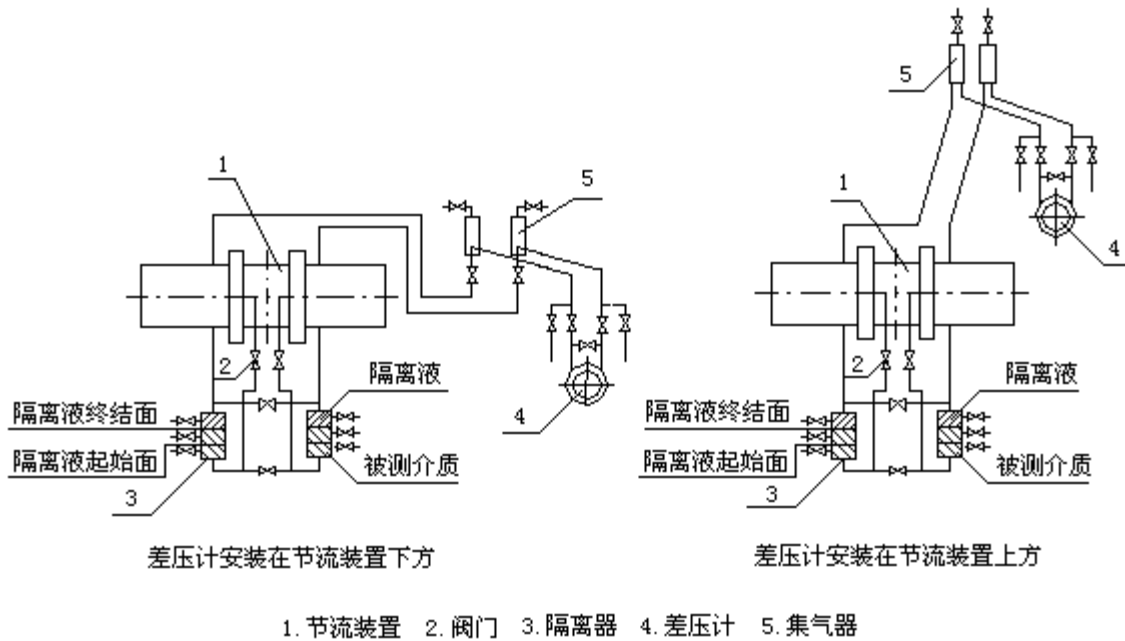
差压计安装在节流装置下方

差压计安装在节流装置上方

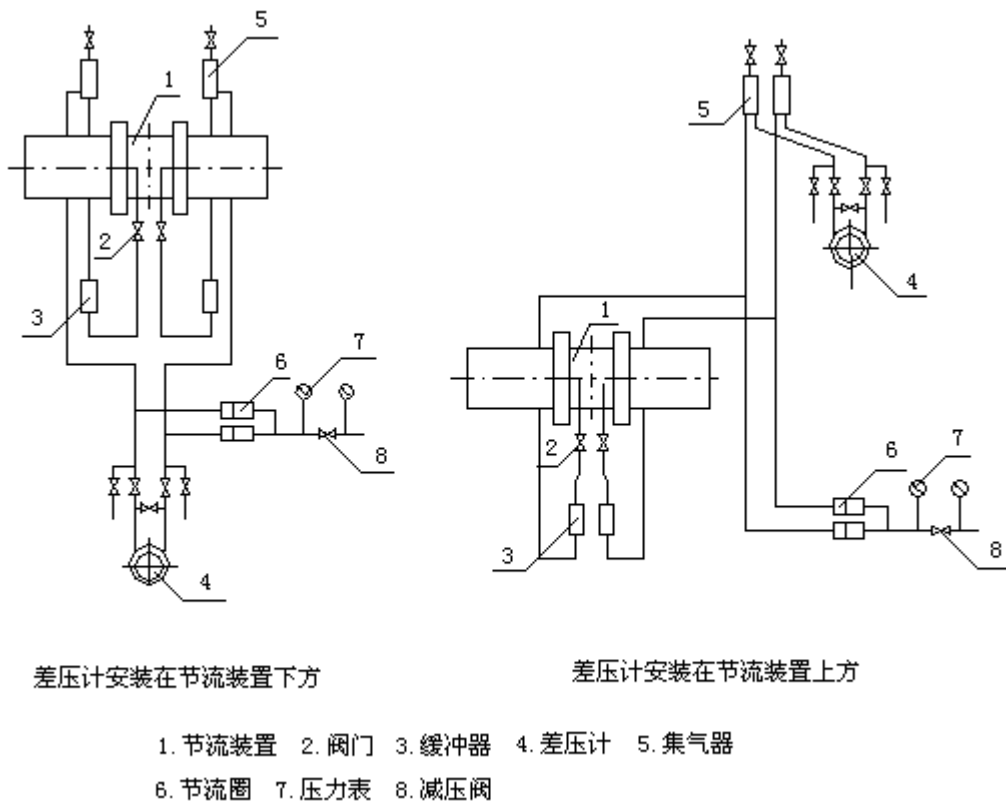
1. 节流装置 2. 阀门 3. 沉降器 4. 差压计 5. 集气器 6. 隔离器

LG 系列流量测量节流装置使用说明书

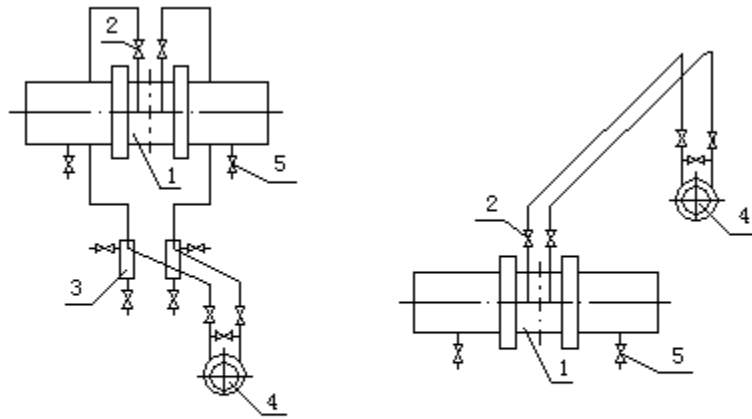
4) 腐蚀性液体流量测量信号管路安装示意图如下 (隔离液密度小于被测介质密度):



5) 腐蚀性液体流量测量信号管路安装示意图如下 (利用喷吹管, 隔离液密度大于被测介质密度):



6) 无腐蚀性气体流量测量信号管路安装示意图如下:

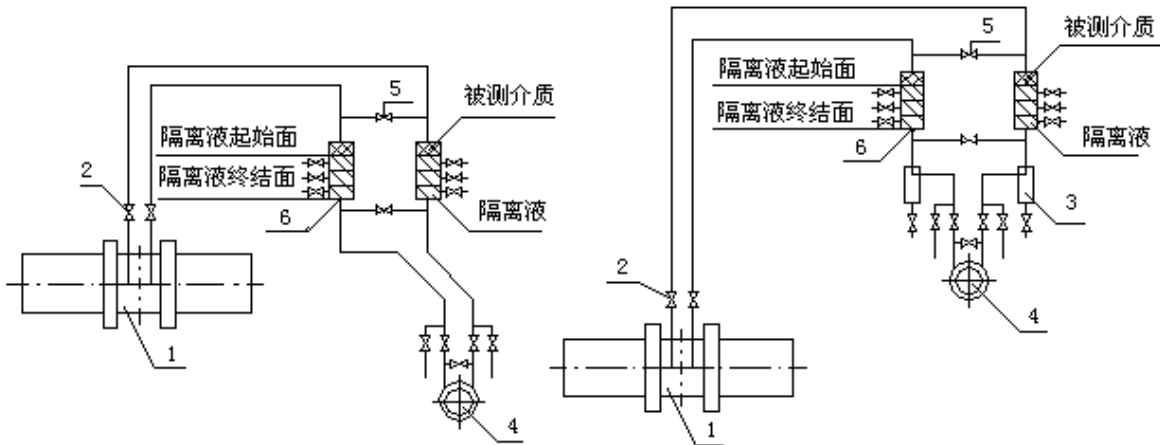


差压计安装在节流装置下方

差压计安装在节流装置上方

1. 节流装置 2. 阀门 3. 沉降器 4. 差压计 5. 吹扫阀

7) 腐蚀性气体流量测量信号管路安装示意图如下 (隔离液):



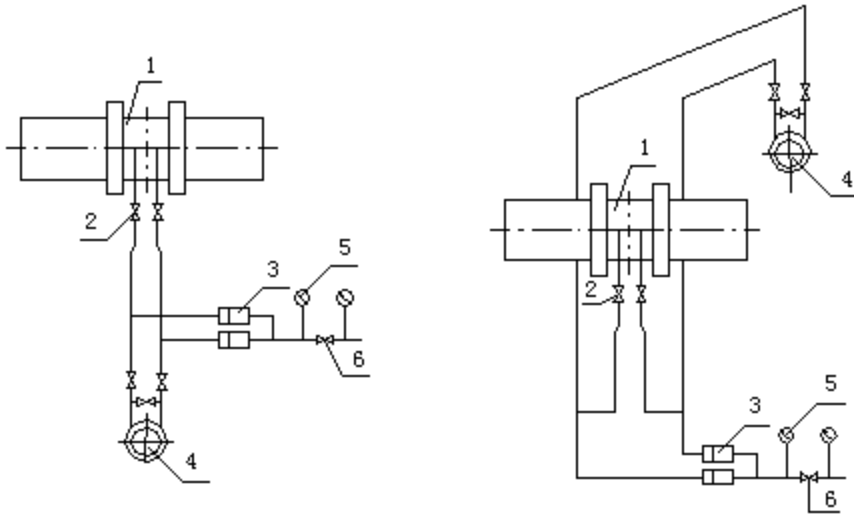
差压计安装在节流装置下方

差压计安装在节流装置上方

1. 节流装置 2. 阀门 3. 沉降器 4. 差压计 5. 平衡阀 6. 隔离器

LG 系列流量测量节流装置使用说明书

8) 腐蚀性气体流量测量信号管路安装示意图如下（利用喷吹管，隔离气体密度大于被测气体密度）：

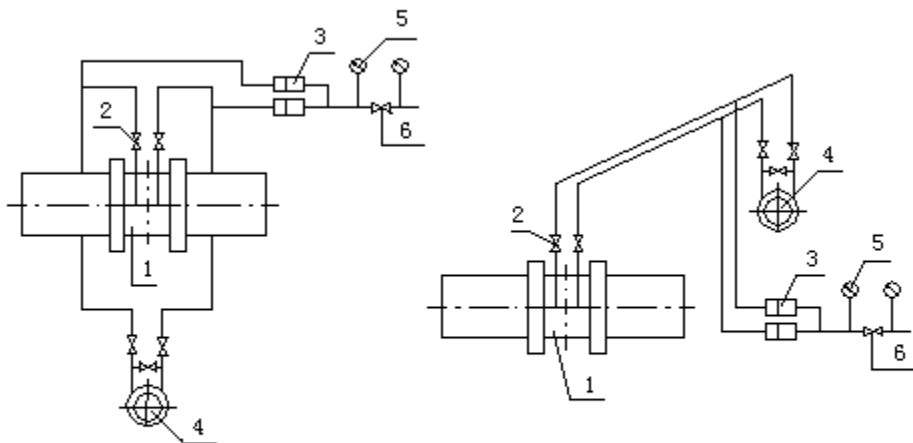


差压计安装在节流装置下方

差压计安装在节流装置上方

1. 节流装置 2. 阀门 3. 转子流量计 4. 差压计 5. 压力表 6. 减压阀

9) 腐蚀性气体流量测量信号管路安装示意图如下（利用喷吹管，隔离气体密度小于被测气体密度）：

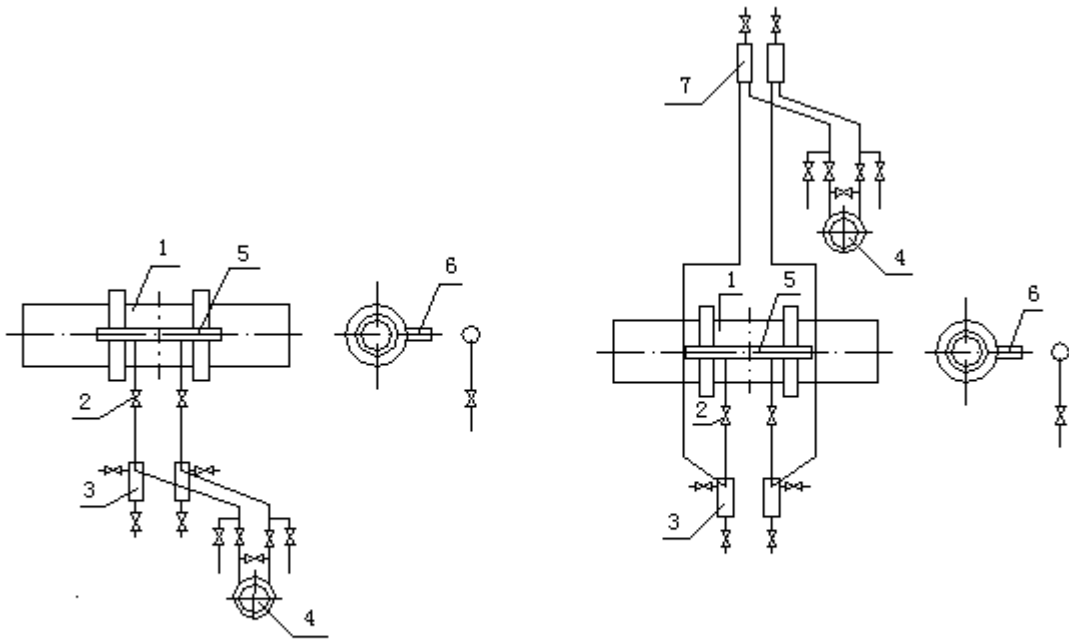


差压计安装在节流装置下方

差压计安装在节流装置上方

1. 节流装置 2. 阀门 3. 转子流量计 4. 差压计 5. 压力表 6. 减压阀

10) 蒸汽流量测量信号管路安装示意图如下:



差压计安装在节流装置下方

差压计安装在节流装置上方

1. 节流装置 2. 阀门 3. 沉降器 4. 差压计 5. 平衡器 6. 保温层 7. 集气器

4.3 其他安装要求

- 安装节流装置时, 注意进出口方向与铭牌上的标识方向一致, 切勿装反;
- 密封垫片在夹紧后不得突入管道内侧;
- 用于调节流量的法门, 最好安装在节流元件下游最短直管段以外;
- 节流装置的各管段和管件的连接处不得有任何管径突变;
- 新装管路系统, 必须在管路冲洗和扫线后再进行节流元件的安装;
- 在测量准确度要求较高的场合, 最好将节流元件、取压装置和上下游直管段先行组装, 检验合格后再接入工艺管道;
- 取压信号管路的各个高点须安装排气阀, 各个低点须安装排污阀;

5 使用、操作

节流装置使用要求及注意事项:

- 流体必须充满圆管和节流装置, 并连续地流过管道;
- 流体必须是牛顿流体, 在物理学和热力学上是均匀的、单相的, 或可认为是单相的; 包括气体、液体和蒸汽等;
- 流体流经节流元件时不发生相变;
- 流体流量不随时间变化, 或变化较缓慢;
- 流体在流经节流元件前, 其流束必须与管道轴线平行, 不得有旋转流。
- 标准节流装置不适用于脉动流和临界流的流量测量。
- 测量液体介质: 接入差压计前, 建议先打开节流装置处的两截止阀和导压管上两冲洗阀, 用管道内的流体冲洗导压管, 以免管锈和污物进入差压计内, 此时, 差压计上的两导压阀应是关闭的, 冲洗完毕后, 将截止阀和冲洗阀关闭。使用时先将节流装置处的两截止阀缓慢打开, 使管道内的液体进入导压管内, 待导压管内充满液体后, 打开差压计上的平衡阀, 并微微打开正导压阀, 被测液体从导压管、导压阀进入差压计测量室内, 同时将空气排出, 直到不再有气泡排出时, 关闭排气阀, 关闭平衡阀, 打开差压计上的负导压阀, 仪表开始工作。

LG 系列流量测量节流装置使用说明书

- h) 测量气体流量：接入差压计前，建议先打开节流装置处的两截止阀和导压管上两吹洗阀，用管道内的气体吹洗导压管，以免管锈和污物进入差压计内，此时，差压计上的两导压阀应是关闭的，吹洗完毕后，将截止阀和冲吹阀关闭。使用时先将节流装置处的两截止阀缓慢打开，使管道内的气体进入导压管内，待导压管内充满气体后，打开差压计上的平衡阀，并微微打开正导压阀，被测气体从导压管、导压阀进入差压计测量室内，同时将液体排出，直到不再有液体排出时，关闭排液阀，关闭平衡阀，缓缓打开差压计上的负导压阀，仪表开始工作。
- i) 测量蒸气流量：接入差压计前，建议先打开节流装置处的两截止阀，用管道内的冷蒸气吹洗导压管，以免管锈和污物进入差压计内，此时，差压计上的两导压阀应是关闭的。蒸气进入导压管后，在导压管和冷凝器内冷凝，打开冲洗阀，直到阀内放出洁净冷凝水时，再将冲洗阀关闭。使用时先将节流装置处的两截止阀缓慢打开，将冷凝器和导压管内的冷凝水从冲洗阀放掉，然后将排气阀和差压计上的三阀组均打开，往一只冷凝器内注入冷凝液，直到在另一只冷凝器上有冷凝液流出为止，当排气阀孔不再有气泡排出时，将排气阀关闭。为了避免仪表零点的变动，必须注意：冷凝器与差压计之间的导压管以及差压计的测量室都应充满冷凝液，两个冷凝器内冷凝液的液面必须等高。接着，先将节流装置处的两截止阀缓慢打开，再关闭平衡阀，仪表开始工作。
- j) 对于装有隔离液的仪表，在注入隔离液时，必须严加注意：先将节流处的两截止阀关闭，打开差压计上的三阀和排气阀，然后同时打开两个隔离器的中间螺塞从一个隔离器慢慢地注入隔离液，直到另一个隔离器有隔离液溢出为止，（当排气阀不再有气泡排出时应关闭排气阀），并把卸下的螺塞装好，在打开隔离器上端的导压管前，应先打开隔离器上的平衡阀，接着关闭差压计的平衡阀，然后打开隔离器上端的正导压阀，待测量介质充满导压管和隔离器，关闭隔离器上端的平衡阀，再骤然打开隔离器上端的负导压阀，仪表开始工作。
- k) 测量腐蚀性液体时，操作应特别小心，在未关闭差压计上的导压阀之前，决不能先打开差压计上的平衡阀，也决不能在平衡阀打开时，将两导压阀打开。如果由于某种原因，腐蚀性介质进入差压计的测量室内，必须及时将差压计拆下，进行清洗，重新充灌，而且整个取压管路及隔离器必须同时清洗，重新充灌。

6 故障分析与排除

故障现象	原因	排除方法
差压计指示无变化	1.截止阀没打开	将截止阀打开
	2. 差压管路堵塞	疏通差压管路
	3.差压计故障	检查差压计
差压计示值明显偏离检尺示值	1.节流元件安装方向有误	重新安装节流元件
	2.差压计故障	检查差压计
	3.被测介质工况参数与设计节流装置时采用的参数不一致	用附录二公式修正
	4.节流装置前后直管段长度不够	调整直管段长度
	5.直管段内径超差	实测直管段内径，重新计算最大流量
	6.节流孔径超差	实测节流孔径，重新计算最大流量
	7.节流元件变形	更换节流元件
	8.节流元件上有附着物	清洗更换节流元件
	9.取压信号管路安装不当	按正确方式重新取压信号管路
	10.冷凝器内冷凝液液面高度不一致	调整冷凝液液面，使其高度一致
差压计无示值	1.电源未接通	接通电源
	2.截止阀没打开	将截止阀打开
	3.差压计故障	检查差压计
节流元件处介质渗漏	1.连接件夹紧力不足	重新紧固连接件
	2.密封垫片失效	更换密封垫片
	3.材料受腐蚀	更换受腐蚀零件

7 维护

节流装置投入使用后，为确保其测量准确可靠，必须加以维护。

- 定期对取压信号管路和差压计进行清洗，清除一切杂物，同时检查和调整差压计零点；
- 若发现差压计的示值与被测值有明显差异时，应进行全面检查和调整，必要时重新进行计量检定；
- 应按计量检定周期，对差压计进行周期计量检定。

8 运输、贮存

- 节流装置的运输及安装时应避免剧烈震动、磕碰和损伤。
- 贮存：节流装置应贮存在温度为 $-10\sim+40^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不超过 85%的通风及无腐蚀性气体的室内。

9 开箱及检验

打开节流装置包装箱时应小心，仔细检查各零部件有无损伤或变形，并核对装箱单所列内容与包装物品是否相符，注意保存出厂合格证、使用说明书、计算单等文件。

10 其他

10.1 孔板、喷嘴节流装置所需的直管段长度

直径比 β	一次装置上游侧							下游侧
	单个 90° 弯头或三通（流体仅来自一个支管）	在同一平面内有两个或两个以上 90° 弯头	在不同平面内有两个以上 90° 弯头	浓缩管在 $1.5D-3D$ 的长度上从 $0.5D$ 渐扩至 D	渐扩管在 $1D-2D$ 的长度上从 $0.5D$ 渐扩至 D	全开球阀	全开闸阀	本表中所包括的全部阻流件
0.2	10(6)	14(7)	34(17)	5	16(8)	18(9)	12(6)	4(2)
0.25	10(6)	14(7)	34(17)	5	16(8)	18(9)	12(6)	4(2)
0.30	10(6)	16(8)	34(17)	5	16(8)	18(9)	12(6)	5(2.5)
0.35	12(6)	16(8)	36(18)	5	16(8)	18(9)	12(6)	5(2.5)
0.40	14(7)	18(9)	36(18)	5	16(8)	20(10)	12(6)	6(3)
0.45	14(7)	18(9)	38(19)	5	17(9)	20(10)	12(6)	6(3)
0.50	14(7)	20(10)	40(20)	6(5)	18(9)	22(11)	12(6)	6(3)
0.55	16(8)	22(11)	44(22)	8(5)	20(10)	24(12)	14(7)	6(3)
0.60	18(9)	26(13)	48(24)	9(5)	22(11)	26(13)	14(7)	7(3.5)
0.65	22(11)	32(16)	54(27)	11(6)	25(13)	28(14)	16(8)	7(3.5)
0.70	28(14)	36(18)	62(31)	14(7)	30(15)	32(16)	20(10)	7(3.5)
0.75	36(18)	42(21)	70(35)	22(11)	38(19)	36(18)	24(12)	8(4)
0.80	46(23)	50(25)	80(40)	30(15)	54(27)	44(22)	30(15)	8(4)

注：1. 所有的直管段长度都以 D 的倍数表示，应从一次装置的上游面算起。

2. 符合括号外的值，流出系数的附加不确定度为零，直管段小于括号外的值，但大于括号内的值时，应在流出系数的不确定度上算术相加 $\pm 0.5\%$ 的附加不确定度。

3. 直管段长是指一次装置上游或下游的各种阻流和一次装置本身之间所需的最短直管长度

10.2 文丘里管所要求的最短上游直管段长度

直径比	单个 90° 短半径弯头	在同一平面上的两个或多个 90° 弯头	在不同平面上的两个或多个 90° 弯头	在 $3.5D$ 长度范围内由 $3D$ 变为 D 的渐扩管	在 D 长度范围内由 $0.75D$ 变为 D 的渐扩管	全开球阀或闸阀
0.30	0.5	1.5(0.5)	(0.5)	0.5	1.5(0.5)	1.5(0.5)
0.35	0.5	1.5(0.5)	(0.5)	1.5(0.5)	1.5(0.5)	2.5(1.5)
0.40	0.5	1.5(0.5)	(0.5)	2.5(0.5)	1.5(0.5)	2.5(1.5)

LG 系列流量测量节流装置使用说明书

0.45	1.0(0.5)	1.5(0.5)	(0.5)	4.5(0.5)	2.5(1.0)	3.5(1.5)
0.50	1.5(0.5)	2.5(1.5)	(8.5)	5.5(0.5)	2.5(1.5)	3.5(1.5)
0.55	2.5(0.5)	2.5(1.5)	(12.5)	6.5(0.5)	3.5(1.5)	4.5(2.5)
0.60	3.0(1.0)	3.5(2.5)	(17.5)	8.5(0.5)	3.5(1.5)	4.5(2.5)
0.65	4.0(1.5)	4.5(2.5)	(23.5)	9.5(1.5)	4.5(2.5)	4.5(2.5)
0.70	4.0(2.0)	4.5(2.5)	(27.5)	10.5(2.5)	5.5(3.5)	5.5(3.5)
0.75	4.5(3.0)	4.5(3.5)	(29.5)	11.5(3.5)	6.5(4.5)	5.5(3.5)

- 注：1. 表列数值为经典文丘里管上游的各种阻流件与经典文丘里管之间所要求的最短直管段长度。
2. 不带括号的值为“零附加不确定度”的值。
3. 带括号的值为“0.5%附加不确定度”的值
4. 直管段均以直径 D 的被数表示。