

FDIm

三量程标准差压流量计

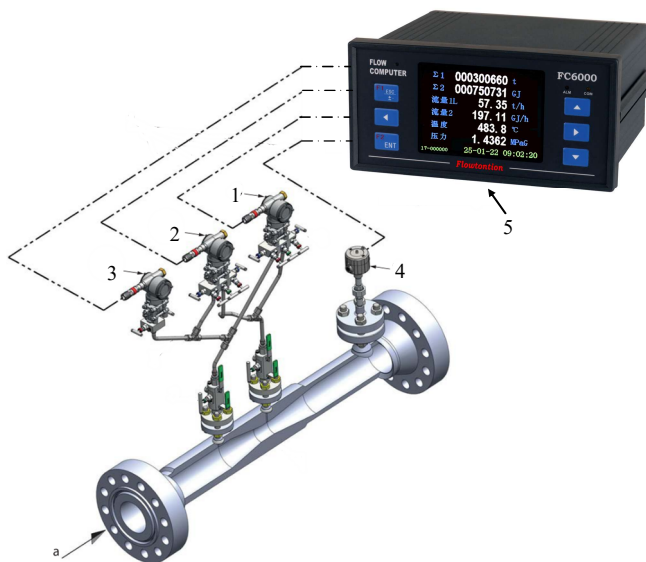
Flowtention

PDS 150

2022-10

特点

- 符合 ISO 5167.1:2022 (E) 低中高量程多台差压变送器接力测量。
- 范围度：100:1。
- 系统不确定度：1.5%（流出系数经实流标定）
- 系统不确定度：1.3%
（整套仪表经实流校验并作误差修正）
- 能满足贵重气体及结算金额巨大计量点的精密计量需要。
- 公称通径：DN50~DN1000。
- 压力等级：2.5；4.0；6.4；10；16；25MPa
- 被测流体为蒸汽和气体时，仪表自带温度传感器、压力变送器。自己完成温压补偿。
- 流量显示装置直接显示质量流量或标准状态体积流量。
- 变送器 HART 协议输出，改变量程方便。
- 流量显示装置能对流体雷诺数变化对计量精度影响和可膨胀性系数对计量精度影响进行自动校正，提高系统精确度和范围度。
- 稳定性极佳。对管道和环境的振动具有极强的耐受能力。
- 流量显示装置可带断电记录功能、贸易结算功能、无纸记录功能和标准通讯口（RS232 或 RS485）。



1—高量程差压变送器；2—低量程差压变送器；
3—压力变送器；4—温度传感器或温度变送器；
5—流量计算机

工作原理

标准差压流量计结构简单，稳定可靠，使用维修方便和极强的抗干扰抗振动能力，使其在工业生产和贸易交接计量中获得广泛应用。但是其精确度和范围度在某些特定的应用中，尚嫌不足。对于这个难点，最新版国标标准 ISO5167.1: 2022 (E) 提供了行之有效的解决方案，即低中高量程多台智能差压变送器堆叠（stack）与差压装置经实流标定得到的实际流出系数 C 配合，然后在流量计算机中计算流量和完成各项补偿及校正，能在 1.5% 流量不确定度的条件下，达到 100:1 的范围度（turndown），从而使其进入精密级行列。

如果整套流量计放在流量标准装置上实流配套校准，再将校准得到的误差在流量计算机中完成逐点修正，然后配套使用，则可将流量不确定度降到 1.3% 以下。FDIp 系列精密级差压流量计就是采用该

标准而开发的新产品。

节流式差压流量计的研究和应用虽然已有一百多年的历史，但在前期的几十年，技术水平提高得并不快，例如流量不确定度和范围度，直到二十世纪六十年代，在常用流量点只能达到 1.5% 的不确定度（当时用误差表示，与不确定度略有差异），而且工况条件要保持与设计条件一致。而范围度声称称为 3:1，其实当流量偏离常用流量后，不确定度还要大很多。

当时条件下流量不确定度降不低的主要原因是仪表技术停留在模拟技术时代，测量差压用的差压计，精确度只能达到 1.5 级，除此之外还有其他几个因素。

1. 节流式差压流量计一般关系式

$$q_m = \frac{\pi}{4} \times \frac{C}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon_1 d^2 \sqrt{2\Delta p \cdot \rho_1} \quad (1)$$

式中 q_m —— 质量流量；kg/s；
 β —— 直径比， $\beta = d/D$ ；
 D —— 工作条件下的管道内径，m；
 ε_1 —— 节流件正端取压口平面上的可膨胀性系数；
 C —— 流出系数；
 d —— 工作条件下节流件的开孔直径，m；
 Δp —— 差压，Pa；
 ρ_1 —— 节流件正端取压口平面上的流体密度，kg/m³。

在上面的关系式中，质量流量 q_m 是流出系数 C 、可膨胀性系数 ε_1 、管道内径 D 、节流件开孔直径 d 、差压 Δp 和流体密度 ρ_1 的函数，即

$$q_m = f(C, \varepsilon, D, d, \Delta p, \rho_1) \quad (2)$$

在上面的六个自变量中，模拟仪表时代仅将 Δp 当变量处理，其余 5 个变量均作常数处理，但实际上在全量程范围内， C 、 ε 、 ρ_1 都可能有很大变化，所以不确定度降不低，范围度也难以扩大。

2. 提高流量测量精确度的方法

在数字技术、计算机技术、通信技术进入工业仪表之后，流量测量技术发生了革命性变化，其中

a. 流出系数 C 随 Re_D 变化的问题，用 $C = f(\beta, Re_D)$ 数学模型进行在线计算。

b. 可膨胀性系数 ε_1 受多种因素的影响，用标准给出的数学模型 $\varepsilon_1 = f(\beta, \Delta p, p_1, \kappa)$ 进行在线计算。

c. 流体密度 ρ_1 是 p_1 、 T 、 Z 的函数，用 $\rho_1 = f(p_1, T, Z)$ 的数学模型进行在线补偿。

d. 对流量不确定度和范围度影响最大的是差压，因为差压测量仪表精确度等级是用引用误差表示的，而 q_m 又与 $\sqrt{\Delta p}$ 成正比，对于范围度为 5:1 的差压流量计， $q_m = q_{mmax}$ 点， Δp 不确定 $U_{\Delta p}'$ （也即 $\frac{\delta \Delta p}{\Delta p}$ ）可能已经足够小，但在 0.2 q_{mmax} 点， $U_{\Delta p}'$ 被放大了 25 倍。

几十年以来差压仪表技术水平得到大幅度提升，测量精确度提高了几十倍，但在测量精确度要求高而且范围度要求更大的测量系统中，差压测量不确定度还嫌太大。

e. 用堆叠（stacked）差压变送器的方法拓宽流量范围度。例如 ISO 5167.1: 2022 (E) 国际标准中，用低中高量程三台 0.05 级差压变送器接力测量同一个差压，能大大拓宽范围度。

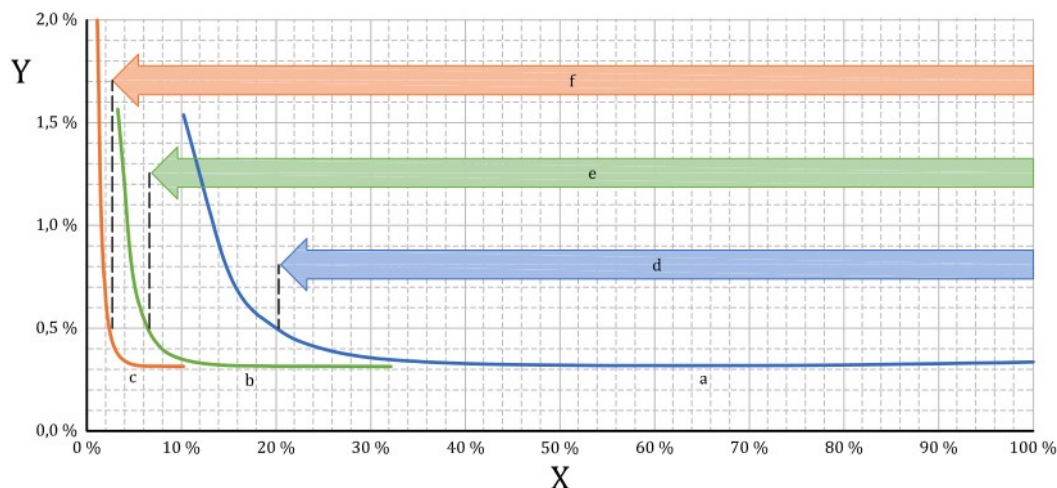
f. 用数字信号传送差压等信号，可以做到无差传送，从而消除用模拟信号传送时，因 A/D、D/A 转换损失的精度。

g. 用实流标定的方法确定流出系数 C 。

ISO 5167.1:2022 (E) 认为，经实流标定得到 C ，不确定度 U_C' 能达到 0.2%，而不经实流标定， U_C' 只能达到 1.5%。

采取上述各项措施后，在满足流量不确定度 $U=1.5\%$ 的条件下，范围度可达到 100:1。

图 1 所示为多台差压变送器接力与经过实流标定的标准孔板配合所能达到范围度和不确定度。



X—满量程流量百分数[%]; Y—质量流量扩展不确定度[%]; a—使用高量程差压变送器的质量流量不确定度;
 b—使用中量程差压变送器的质量流量不确定度; c—使用低量程差压变送器的质量流量不确定度;
 d—仅使用高量程差压变送器（在 0.5%质量流量不确定度时）5:1 范围度;
 e—仅使用高中量程差压变送器（在 0.5%质量流量不确定度时）16:1 范围度;
 f—使用全部三台差压变送器（在 0.5%质量流量不确定度时）42:1 范围度。

图 1 多台差压变送器接力的系统的不确定度图解

主要技术数据

差压装置公称口径

DN50、DN80、DN100、DN125、DN150、
 DN200、DN250、DN300、DN400、DN500、
 DN600、DN800、DN1000 等。

压力等级

PN2.5、PN4.0、PN6.4、PN10、PN16、PN25。

范围度：100：1。

系统不确定度：1.5%;

（流出系数经实流标定）

系统不确定度：1.3%

（整套仪表经实流校准并作误差修正）

温度范围

- 流体温度：-40~+560℃
- 环境温度

变送部分：-30~+85℃
 （防爆型：-20~+60℃）
 流量显示装置：0~50℃

- 贮藏温度：-40~+125℃

湿度

- 变送部分：0~100%RH
- 流量显示装置：0~85%RH

电源

- 220V $\begin{smallmatrix} +22V \\ -33V \end{smallmatrix}$, (50±2) Hz（或 24V DC）
- 功耗：15W

流量再发送模拟输出信号（与主机隔离）

- 4~20mA DC
- 负载电阻：0~600Ω（4~20mA DC 输出）
- 数据更新周期：≤0.5s

通讯

- 通讯接口：EIA RS-485 或 RS-232 串行接口（光电隔离），单口或双口。

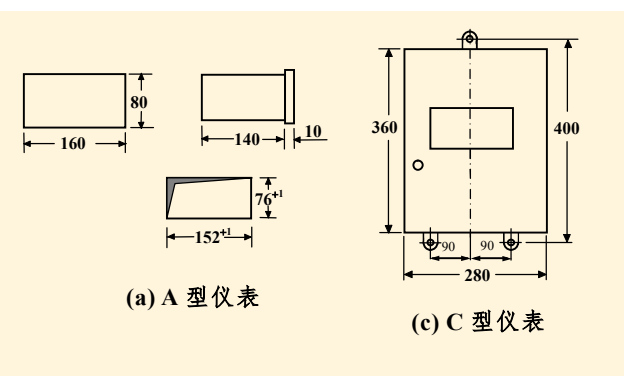
断电数据保持时间

10 年

流量显示装置显示方式

9 位 LCD 真彩高清。

流量显示装置外形尺寸及开孔尺寸（mm）



补偿流量运算式				
测定流量	第 1 补偿流量		第 2 补偿流量	
Qf	瞬时值 Flow1	积算值 Sum1	瞬时值 Flow2	积算值 Sum2
$FS \cdot \sqrt{AI1(\%)}$	$k_{\alpha} \cdot k_{\alpha} \cdot k \cdot Qf$	$\frac{1}{KT1} \int_0^t Flow1 \cdot \frac{\Delta t}{RI}$	$k' \cdot Flow1$	$\frac{1}{KT2} \int_0^t Flow2 \cdot \frac{\Delta t}{RI}$

流体名称	第 1 补偿流量	第 2 补偿流量
蒸汽	质量流量	热量流量
一般气体	标准状态体积流量	质量流量
天然气	标准状态体积流量	质量流量

表中：

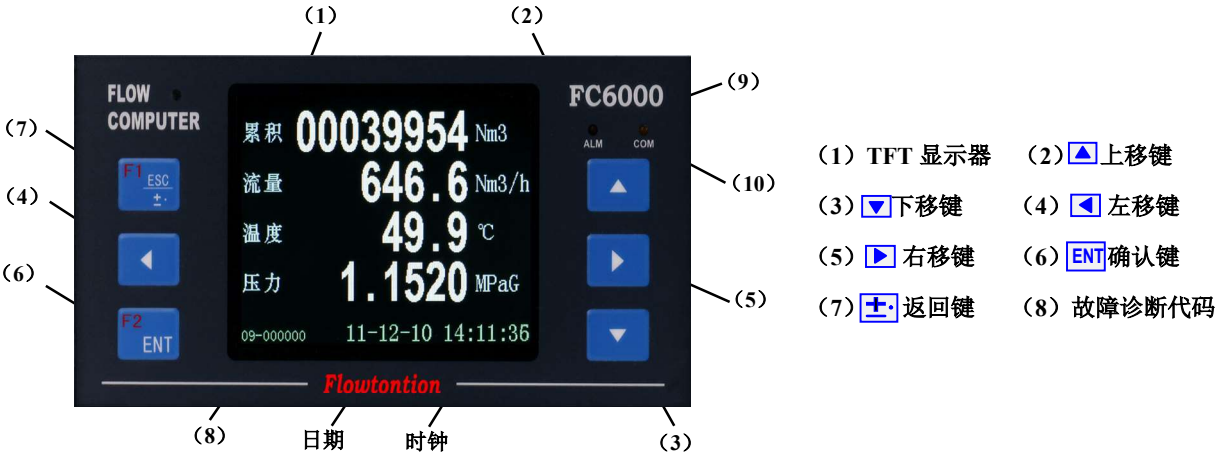
- FS: 测定流量量程
- AI1(%): 测定流量模拟输入信号(0~100%)
- k: 补偿系数(见下表)
- k': 补偿系数(见下表)
- Δt: 采样时间
- kα: 流量系数非线性补偿系数
- kε: 可膨胀性系数补偿系数
- KT1: 第 1 积算值 Sum1 倍率
- KT2: 第 2 积算值 Sum2 倍率
- RI: 瞬时流量单位时间校正系数

补偿系数 k 和 k' 运算式

流体类别 \ 流量输入信号	第一补偿系数 k 运算式	第二补偿系数 k' 运算式
蒸汽	$k = \sqrt{\frac{\rho f}{\rho d}}$	$k' = hf$
一般气体（压缩系数 Z 计算法） （压缩系数 Z 设定法）	$k = \sqrt{\frac{Pf \cdot Td \cdot Zd}{Pd \cdot Tf \cdot Zf}}$	$k' = \rho n$
天然气	$k = \frac{(Pf - \phi f \cdot Pfsmax) \cdot Td \cdot Zd}{(Pd - \phi d \cdot Pdsmax) \cdot Tf \cdot Zf} \cdot \sqrt{\frac{\rho d}{\rho f}}$	$k' = \rho n$

- Pf: 使用状态压力
- Pd: 设计状态压力
- Tf: 使用状态温度
- Td: 设计状态温度
- Zf: 使用状态气体压缩系数
- Zd: 设计状态气体压缩系数
- Fzf: 使用状态天然气超压缩因子
- Fzd: 设计状态天然气超压缩因子
- ρf: 使用状态密度
- ρd: 设计状态密度
- ρn: 标准状态密度
- hf: 使用状态蒸汽比焓

显示装置面板各部分的名称和功能



线路连接

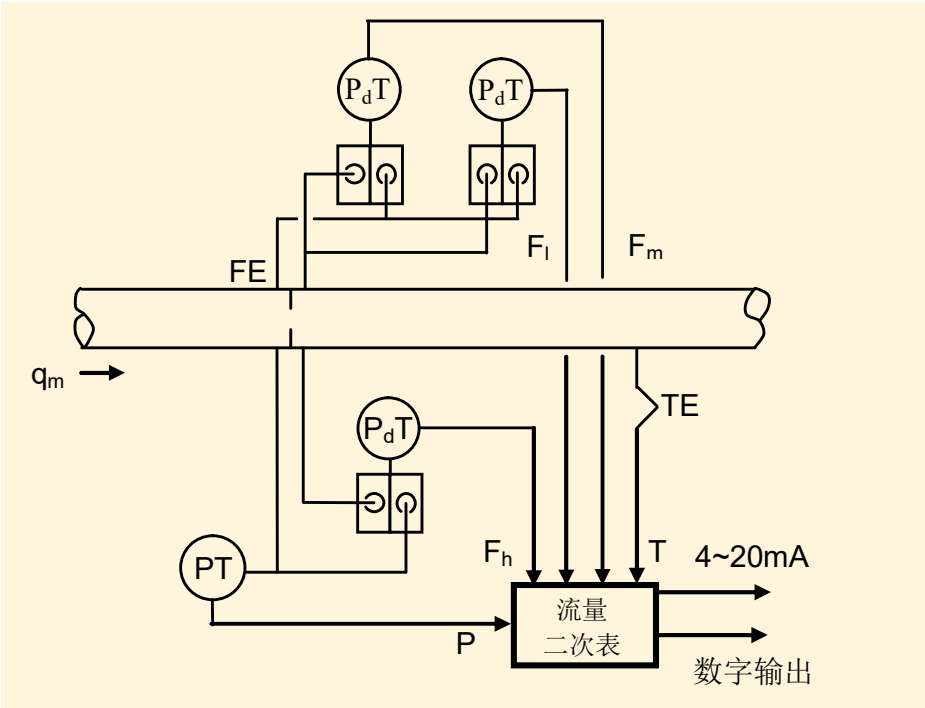


图 2 蒸汽（气体）流量测量原理

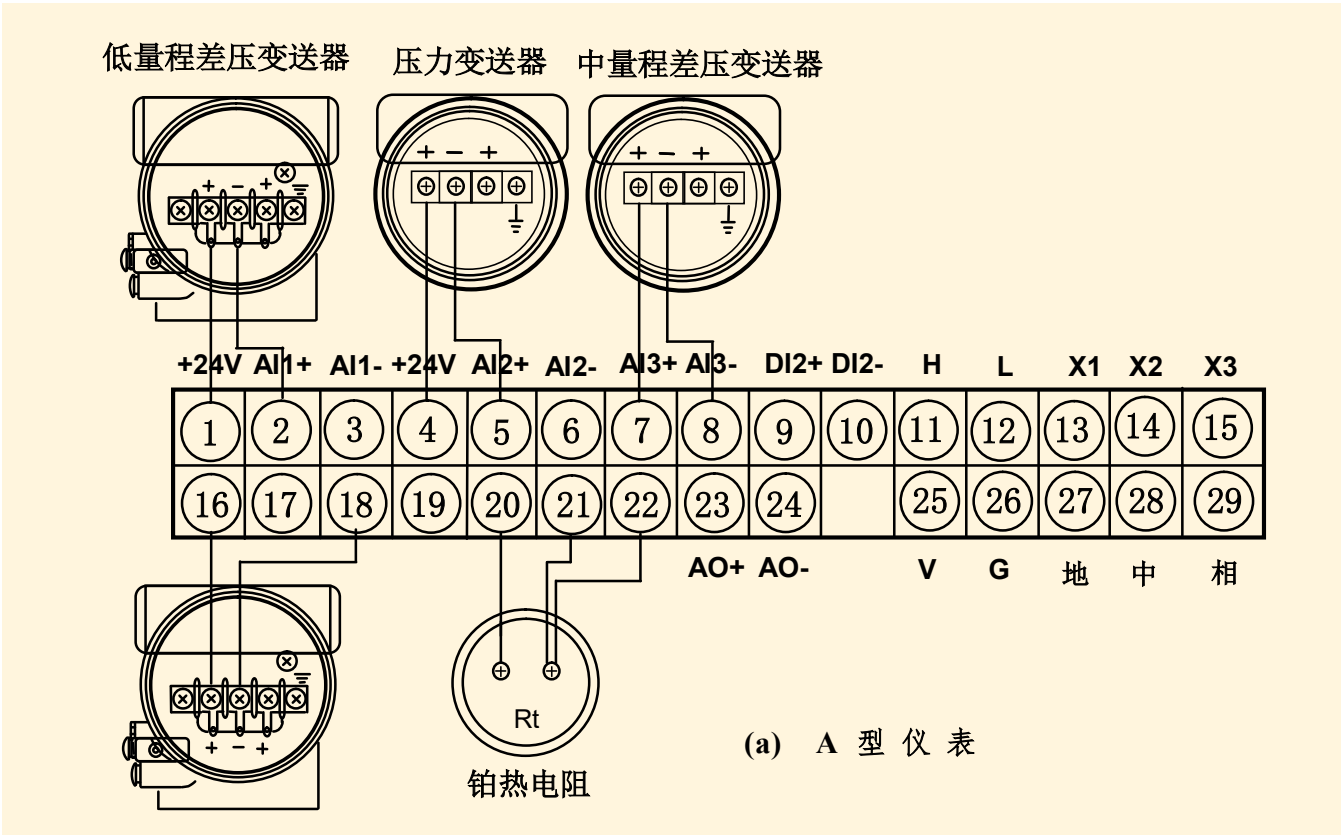


图3 线路连接与流量显示装置端子排列

端子名	配线说明	端子名	配线说明
(1) +24V	二线制差压变送器（低量程） 4~20mA DC	(16) +24V	二线制差压变送器（高量程） 4~20mA DC
(2) AI1+		(17)	
(3) AI1-		(18) AI3+	
(4) +24V	二线制压力变送器 4~20mA DC	(19) AI3-	温度输入信号 热电偶、 电流、电压 温度输入信号 Pt100（三线制） 流量再发送模拟输出信号 4~20mA 或 0~10mA 温度输入信号 4~20mA 使用内部供电 电源（二线制）
(5) AI2+		(20) A	
(6)	空	(21) B	
(7) AI3+	二线制差压变送器（中量程） 4~20mA	(22) B	
(8) AI3-		(23) AO+	
(9) DI2+	第 2 开关信号输入口	(24) AO-	
(10) DI2-		(25) V	使用 UPS 供电时的 24V DC 电源接入口
(11) H		(26) G	
(12) L	第 1 RS485 通讯口	(27) 地	机壳接地
(13) X1		(28) 中	使用 220V AC 供电时的 220V AC 电源接入口
(14) X2		(29) 相	
(15) X3	TXD + RXD - GND RS232 通讯口		

注：开关信号输入口 DI2 用于满足用户的特殊需要。

渐缩管	
渐扩管	
1. 单个 90° 弯头 L≥14D	
2. 在同一平面上的两个弯头 L≥20D	
3. 在不同平面上的两个弯头 L≥40D	
球阀或闸阀全开	
球阀或闸阀全开	

流量二次表与变送器、传感器之间的配线应选用金属屏蔽软导线，如 RVVP，线路连接如图 8 所示。

并按照 GB 50093-2000 自动化仪表工程施工及验收规范。

注 意 事 项

■ 仪表的成套性

仪表的成套性与被测流体种类和用户要求有关。

当被测流体为过热蒸汽时，仪表应包括：

- 节流件及前后直管段（直管段也可由用户自配）；
- 三阀组；
- 节流件计算书；
- 高量程差压变送器、中量程差压变送器和低量程差压变送器及使用说明书；
- 压力变送器及使用说明书；
- 温度传感器；
- 流量显示装置及使用说明书。

■ 仪表在仓库中贮藏时，应放在干燥、通风、无腐蚀性气体的地方，而且环境温度和相对湿度应符合技术要求。

■ 仪表若有损坏，如果属制造质量问题，由我公司免费修理。

■ 本产品自出厂之日起保用十二个月，保证期满后，本公司负责终身保修，酌收材料费。

■ 型号和附加规格代码

精密级标准差压流量计



制造厂提请用户注意：当被测流体为蒸汽或温度高于 120℃ 的介质时，千万不要将三阀组上的三只阀同时打开，以免高温流体伤及变送器和密封垫片。

型 号	规 格 代 码	说 明
FDIp050	.....	公称通径 50mm
FDIp080	.....	公称通径 80mm
FDIp100	.....	公称通径 100mm
FDIp125	.....	公称通径 125mm
FDIp150	.....	公称通径 150mm
FDIp200	.....	公称通径 200mm
FDIp250	.....	公称通径 250mm
FDIp300	.....	公称通径 300mm
FDIp350	.....	公称通径 350mm
FDIp400	.....	公称通径 400mm
FDIp500	.....	公称通径 500mm
FDIp600	.....	公称通径 600 mm
FDIp800	.....	公称通径 800 mm
FDIp1000	.....	公称通径 1000 mm
流 体 种 类	-G	一般气体和天然气
	-S	蒸汽
压 力 等 级	2.....	2.5 MPa
	3	4.0 MPa
	4.....	6.3 MPa
	5.....	10.0 MPa
	6.....	16.0 MPa
	7.....	25.0 MPa
流 量 显 示 装 置 通 讯	0	无通讯口
	1	RS232 通讯口
	2	RS485 通讯口
	5	2 个通讯口
温 度 传 感 器 类 型	N	无温度传感器
	P	Pt100 铂热电阻传感器
	K	K 分度热电偶传感器
	E	E 分度热电偶传感器
选 用 规 格		/ □ 防爆等级代码

■ 标记示例：DN50，蒸汽，2.5MPa 压力等级，显示表无通讯口，Pt100 分度铂热电阻，盘装横式显示表，不带无纸记录功能，差压变送器不带显示表头的精密级标准差压流量计标记为：FDIp 050 - S20PN。

■ 上表中的压力等级是指工作温度在 200℃ 以下的工况，若工作温度高于 200℃，应参照 GB/T 9124-2000《钢制管法兰 技术条件》，对公称压力进行降压使用。

上海同欣自动化仪表有限公司

地址：上海市宝山区大康路 100 号 208 室

邮编：200443

E-mail: flowtontion@163.com

上海宝科自动化仪表研究所

电话：(021) 66600941 (021) 66600924

传真：(021) 66600874

http: // www.flowtontion.com

新 产 品 目 录

2016 年

FDIP

同 欣

序号	产 品 名 称	型 号	规 格 和 主 要 技 术 数 据	精度	主 要 用 途	备 注 (选 件)
1	智能双量程节流式流量计	FDId	DN50~DN1000, PN1.6~PN6.4	1.0(液体) 1.5(气体)	蒸汽和气体流量测量满足高量程比需要	防爆型或非防爆型
2	智能节流式双向流量计	FDIt	DN50~DN1000, PN1.6~PN6.4	1.0(液体) 1.5(气体)	蒸汽和气体双向流量测量	防爆型或非防爆型
3	防爆流量批量控制仪	FBC10 EX	流量输入信号: 4~20mA 或频率。流体温度补偿; 交替装桶或大小阀控制; 有提前量设定及逻辑功能 防爆等级: EXdIICT4, 可现场操作	0.1	易燃易爆场所实现批量控制	
4	真彩高清版通用流量演算器	FC6000-XXXT	流量输入信号: 电流、电压、频率兼容 温度输入信号: P _t 100 分度、K 分度、E 分度、电流等 显示 455 天趋势图、历史数据; 设定数据修改记录	0.1	与各种流量传感器、变送器配套 测量各种流体流量、蒸汽热量等	
5	六通道智能热量表	FC6000H-XXX(6)	供回水流量、温度、压力输入通道 焓差法或比热容法热量计算; 真彩高清显示; 模拟输出和数字量输出; 455 天历史数据记录	0.1	与各种流量传感器变送器配套 完成热量计量, 做到无人值守	温度输入信号: 4~20mA DC 或 Pt100
6	导轨式通用流量演算器	FC6000-XXXD	适合安装在 35mm 铝制导轨上。 具有通用流量演算器 (除显示之外) 的功能	0.1	与各种流量传感器、变送器配合 完成各种流体的流量测量	
7	同步显示器	FC4000	数字通讯口规格: RS485 或 RS232 仪表外形尺寸和面板尺寸与 FC6000 相同	无差传送	用 (有线或无线) 数字通讯的方法, 实现主从显示表的同步显示	传输距离不限
8	预付费管理控制系统	APS	制卡、刷卡、控阀、计量、监控一体化; 可配用位式控制阀或比例式控制阀		完成计算机数据采集及能源的预付费管理与控制	
9	预付费控制箱	APC	射频读卡器有效距离不大于 50mm, 可配用位式控制阀或比例式控制阀		由预付费控制器和读卡器等组成, 完成预付费管理与控制	
10	预付费控制计量箱	APM	具 DAS96 流量数据采集站和 APC 预付控制箱的功能	0.1	完成能源计量和预付费控制	
11	湿气体流量计	FDIh	特殊设计的结构, 不会因气体带水而影响测量	1.0 级	各种湿气体流量测量	单量程或双量程
12	变组份气体流量计	FVC	DN40~DN300 PN2.5~PN6.4	0.5	干气等变组份气质量流量测量	防爆型或非防爆型
13	皮托双文丘里喷嘴 火炬气流量计	FDI _{pv}	DN200~DN3000 (0.3~30) m/s	2.0	火炬气流量测量 (含低静压低流速段)	防爆型或非防爆型