Innovative Sensor Technology

physical. chemical. biological.

应用手册

热质量流量传感器

FS7

Innovative Sensor Technology
physical. chemical. biological.

应用手册
热质量流量传感器
FS7

1.	FS7	3
1.1	关于传感器	3
1.2	优势和特点	3
1.3	应用领域	3
1.4	传感器构造	4
1.5	测量原理	5
1.6	尺寸与外壳	6
1.7	安装方式	7
1.8	交付内容	7
1.9	操作准则	8
1.10	性能	10
1.11	影响因素	10
1.12	电子电路图	11
1.13	校准与线性化	13
1.14	电压灵敏度 (ESD)	15
2.	更多电子电路	15
3.	补充文档资料	15

Innovative Sensor Technology
physical. chemical. biological.

应用手册
热质量流量传感器
FS7

1. FS7

1.1 关于传感器

Innovatice Sensor Technology IST AG薄膜质量流量传感器为各种流量应用提供具有明显优势的解决方案。热质量流量模块和测量系统广泛存在，大部分设备仅由市场上的少数供应商提供。这些产品通常具有紧凑的外形，即插即用，具有气路的无源或有源输出。这些模块足以满足对价格和尺寸不敏感的许多通用应用，但它们不适用于对价格与体积敏感的流量控制解决方案。

FS7流量传感器的输出是基于流速的函数，并利用热传导原理确定流速。当流体流过传感器时，热量从传感器传递到介质。随着流量的增加，传递的热量也会增加。通过了解热传递，可以从维持恒定温差所需的电压补偿量中确定流量。

Innovative Sensor Technology IST AG FS7传感器适合测量气体流量。 它们具有较宽的工作温度范围和流量测量速率。无论是在动态范围，响应时间还是环境条件方面，气道可以确保传感器更好地适应您的应用要求。 FS7流量传感器是有限空间系统集成的最佳选择，并且可以轻松升级为完全开发的系统。 此外，无论是订制芯片，外壳/封装，还是根据客户特定设计进行适配，我们都可以实现。

1.2 优势和特点

以下列表展示了该传感器的优势，但模块的全部功能不限于此，特此说明：

- **无移动结构**
- **信号处理简单**
- **校准方便**
- 易于集成于不同应用与外壳封装
- 传感元件本身可耐温达450 °C（特定型号）
- **极佳长期稳定性**
- **稳定的铂金工艺**
- **出色的重现性**
- **支持用户订制**

1.3 应用领域

FS7 流量传感器适用且不限于以下应用领域

- 压缩空气计费
- HVAC - 楼宇自动化
- 汽车
- 医疗卫生
- 设备监测
- 冷却液监控

1.4 传感器构造

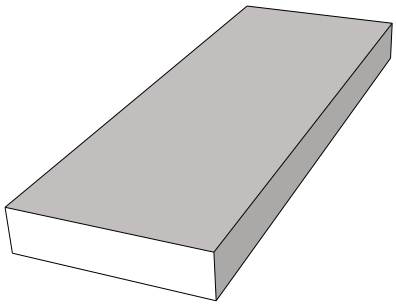
以下各段描述了传感器的结构组成。

基板

FS7流量传感器芯片的基底是导热系数低的特殊陶瓷。

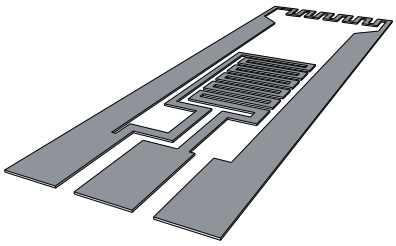
FS7流量传感器的生产始于将高纯度铂薄膜层沉积到陶瓷基板上。

通过在化学清洗和蚀刻过程的自动化系统上执行湿法化学过程，确保了传感器的高质量。



电阻结构

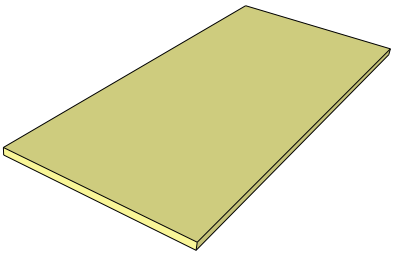
传感器上的电阻结构在一个芯片上由两个铂电阻组成。小电阻用作加热器，大电阻器用作温度传感器。它们是通过多个步骤制造的：旋涂光敏抗蚀剂，通过掩模照射光敏抗蚀剂，显影光敏抗蚀剂并蚀刻铂，最终在芯片上仅留下传感器结构。
传感器经过单独激光调整，以适应客户的特定电阻需求。



钝化

电阻结构通过丝网印刷用玻璃钝化层覆盖，从而进一步提高了坚固性和强度。

之后，将每个基板在全自动切割机上切成小块并准备进行接线。



接线

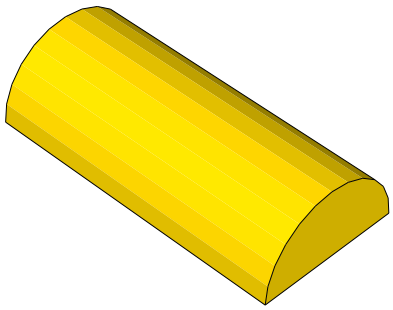
FS7传感器出厂配有导线，该导线通过自动焊接机进行焊接。为了易于使用设计，可以根据客户的不同长度，要求和规格订购传感器。

标准FS7传感器随附195毫米黑色PTFE绝缘AWG 28/7绞合线，适用于压接和连接连接器。

电线剥皮5毫米。

电线固定

焊接区域另外被聚酰亚胺覆盖，可承受10N的拉拔强度。



1.5 测量原理

IST AG FS7热质量流量传感器基于传热系数的变化，该系数是流速的函数。热质量流量传感器利用热传递原理来确定介质的流速。

流速改变了加热器的热能损失：当介质通过传感器时，热量从传感器传递到介质。随着流量的增加，传递的热量也会增加，这意味着流速的增加会导致更高的冷却效果。该效果导致传热系数变化。因此，冷却速度是质量流量的函数。

通过调整控制器，可以在加热器和温度传感器之间实现恒定的温差。此测量原理称为恒温差法（CTA）。所提供的控制温度差的电能是流速的函数。功率通过电桥电路转换为电压输出信号，可以轻松读出。知道了介质的温度，就可以从保持恒定温差所需的电压补偿量中确定流量。

流量测量的范围非常广泛，可以根据具体应用进行调整。通过电子电路，可以相对于介质的温度升高加热器的温度。

1.6 尺寸与外壳

以下描述了两个标准的创新传感器技术IST AG FS7热质量流量传感器的尺寸-不带外壳的FS7.0和带外壳的FS7.A。

1.6.1 FS7.0

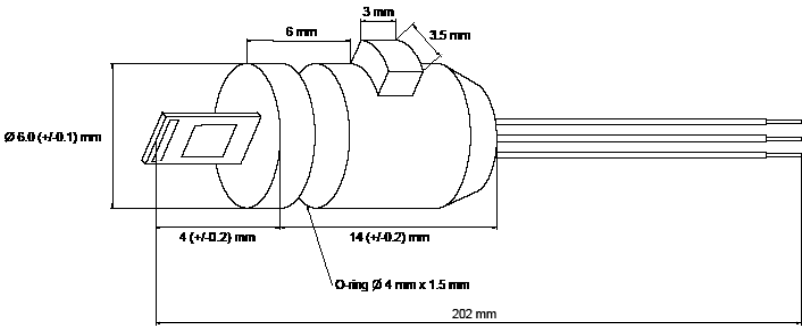
标准 FS7.0 尺寸： 6.9 mm x 2.4 mm x 0.2 mm

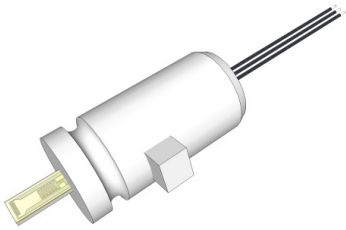
公差：外部尺寸（芯片）：±0.2 mm；厚度（芯片）：±0.1毫米，高度±0.3毫米

其他尺寸，客户特定的外壳和电线长度可根据要求提供。

1.6.2 FS7.A

为了方便地安装在通道中，FS7.A配有标准外壳。





标准FS7.A的尺寸为Ø6.0（±0.1）mm，L = 14（±0.2）mm。
PTFE线长195毫米。

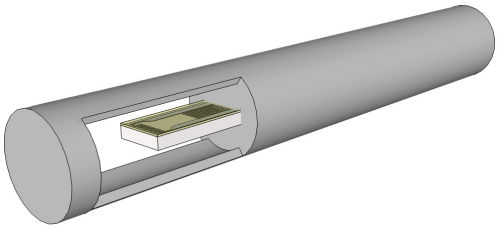
其他尺寸，客户特定的外壳和电线长度可根据要求提供。

1.7 安装方式

以下安装方式仅作为参考。如果您对特定的安装方式有任何疑问，请联系我们以找到适合您应用的最佳解决方案。

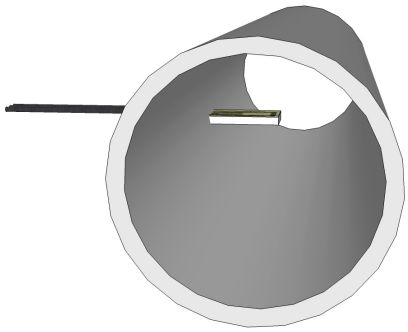
管道安装流量探头

传感器安装在管道流量探头中。 空气流的方向必须横穿传感器，这意味着空气必须通过传感器表面流过。



定制通道/气管的流量传感器

传感器安装在管道流量探头中。 空气流的方向必须横穿传感器，这意味着空气必须通过传感器表面流过。



O-形圈

O形圈的尺寸为4毫米x 1.5毫米。 该材料是NBR，肖氏硬度为70。

可根据要求提供其他材料和尺寸。

连接器

标准IST AG FS7热质量流量传感器未随附连接器，但可随传感器一起购买连接器，例如：JST连接器。 请联系IST AG，以获取有关各种连接器的更多信息。

1.8 交付内容

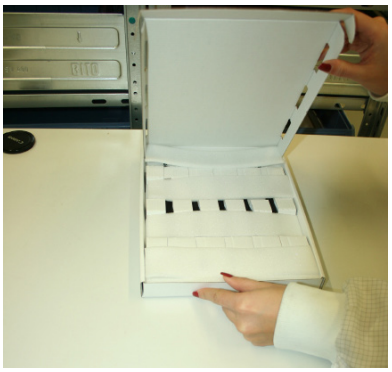
收到订单后，IST AG FS7传感器的标准交货时间为4-6周。

FS7传感器出厂时不附随电子电路或模块。FS7测试模块必须单独购买。

1.9 操作准则

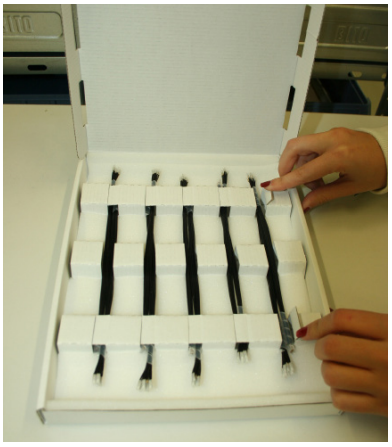
FS7.0 传感器包装在纸盒中交付，并必须遵守如下的操作准则：

FS7.0传感器包装在带标签的盒子中，标签注明确切的传感器类型和批号

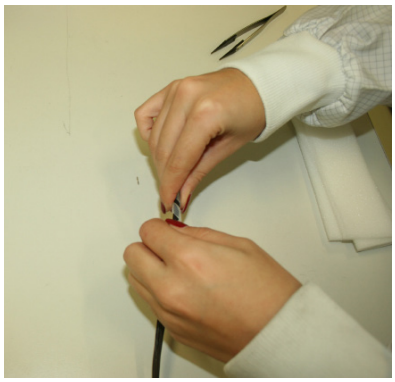


用双手小心打开包装盒

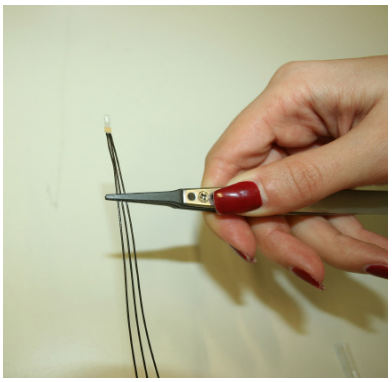
去除覆盖传感器的塑料条



打开纸箱盖取出传感器



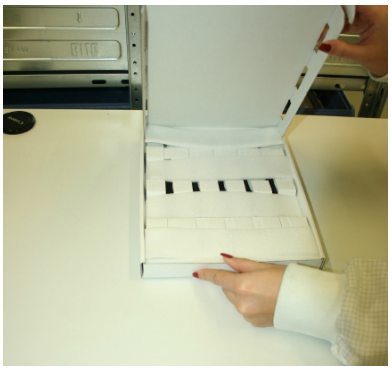
小心去掉线缆周围的塑料包裹



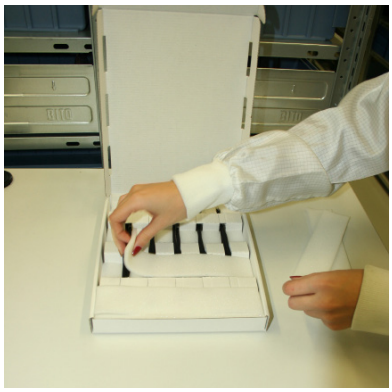
必须用塑料镊子取用传感器

FS7.A传感器包装在纸盒中交付，并必须遵守如下的操作准则：

FS7.0传感器包装在带标签的盒子中，标签注明确切的传感器类型和批号



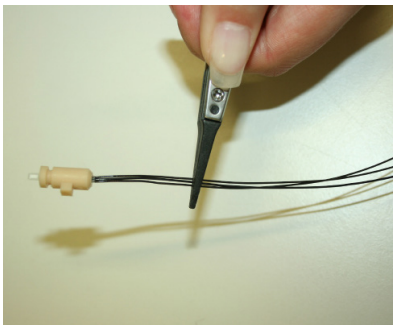
用双手小心打开包装盒



去除覆盖传感器的塑料条

打开纸箱盖取出传感器

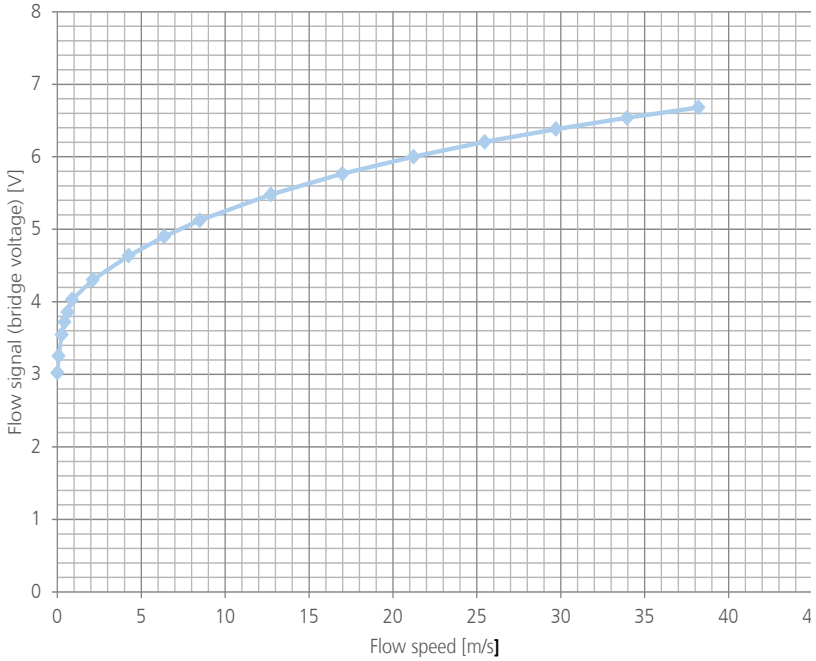
小心去掉线缆周围的塑料包裹



必须用塑料镊子取用传感器

1.10 性能

下图展示了IST AG FS7传感器在应用过程中的性能。 根据应用和可能的影响，测量值可能会有所不同。



在零流量时将输出信号调整为3.0 V，并且对应于大约30K的温度差（加热器温度减去环境温度）。 这种理想的温度差保障了传感器绝佳的性能。 根据第1.12节中宣布的金斯定律，传感器性能在较低流速下具有最高灵敏度。

使用CTA电路（请参阅第1.12节）和氮气在25°C的环境温度下测量流速。 传感器安装在内径为5 mm的管中。

1.11 影响因素

下表展示了对传感器性能可能的影响因素，但是这在很大程度上取决于应用。如果您对特定应用及其可能的影响有任何疑问，请与我们联系以找到适合您情况的最佳解决方案

污染

传感器特性可能会由于传感器污染（例如灰尘）而受到影响。

对齐

传感器特性受传感器的对齐/方向影响。流体的方向必须和传感器的有效表面对齐。IST AG FS7传感器不能测量流向。

温度（介质）

传感器特性受介质温度影响。因此温度补偿是实现精确测量所必需的。

介质中的温度变化已经通过使用CTA电路进行了补偿（一阶）。

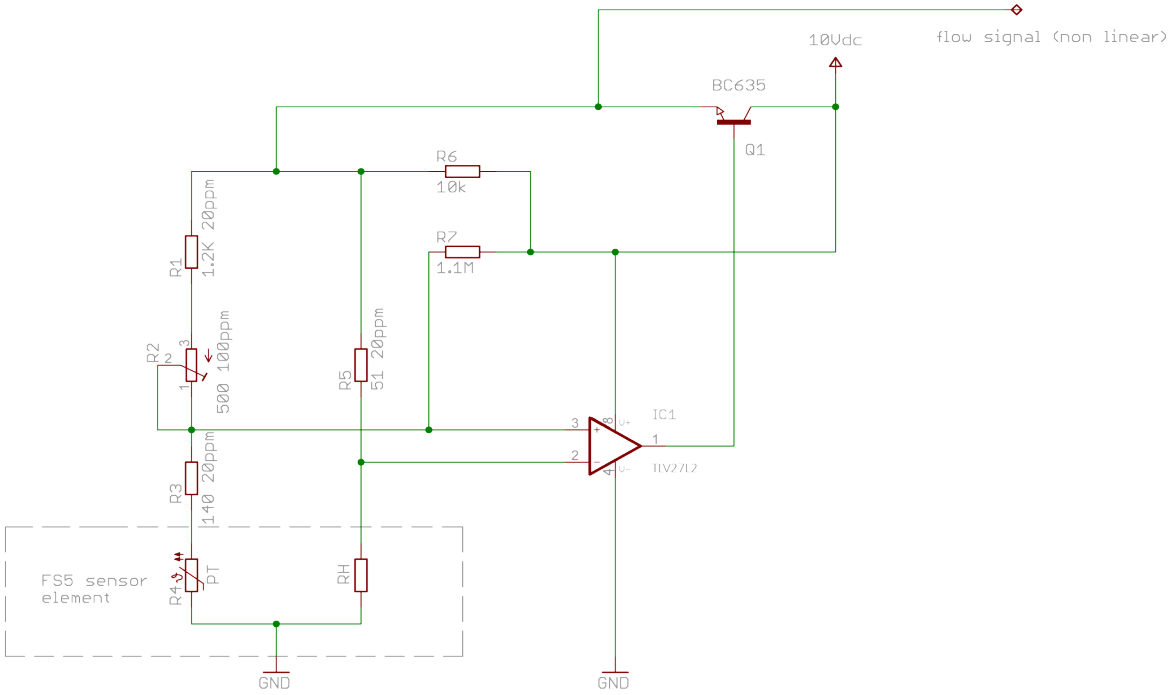
1.12 电子电路图

CTA模式（恒温差法）通过一个简单的反馈电路，来调节流量传感器上加热器的温度。因为流速会改变加热器的热能损失，当介质通过传感器时，热量从传感器传递到介质。 随着流量的增加，传递的热量也会增加，这意味着流速的增加会导致更高的冷却效果。该效果导致传热系数变化。因此，冷却速度是质量流量的函数。

通过调整控制器，可以在加热器和温度传感器之间实现恒定的温差。为了维持该温度差所需要的能量是流速的函数。该能量通过电桥电路转换为电压输出信号，并可以被轻松读取。知道了介质的温度，就可以从保持恒定温差所需的电压补偿量中确定流量。

介质温度变化由片上温度传感器（Pt1200）补偿。 电阻R1至R6的选择如下图所示。加热器（RH）和介质（RS）之间的温差（DT）由电阻R1设置，例如在空气中DT = 30K。电阻R2应在±10％范围内可调以进行校准。放置R7电阻是为了保持电路的稳定性。

根据所用运算放大器的不同，其值应在1.1MΩ至3MΩ之间。



电路与图表仅作为范例。每一种应用有其所需的测量精度，因此应根据应用对系统进行独立设计与校准。

根据金氏定律，CTA模式可以表达为：

$$P_H = I_H^2 \cdot R_H = \left(A + B \cdot \vec{v}^{\,n}\right) \cdot \Delta T \qquad n = 0.3...0.5$$

公式可以简化为：

$$U = U_0 \cdot \sqrt{1 + k \cdot \vec{v}^{\,n}}$$

U = CTA输出　　k = 流体相关系数

U_0 = 自由对流偏移　　v = 流速

U代表流量相关的输出信号。 U0表示在无流速时加热器和流体之间的恒定温差（ΔT）的值，这是由于自然对流导致的。

CTA的控制器可使加热器和温度传感器之间的ΔT保持恒定。

最大输入电压

2 V to 5 V

最大加热器电压

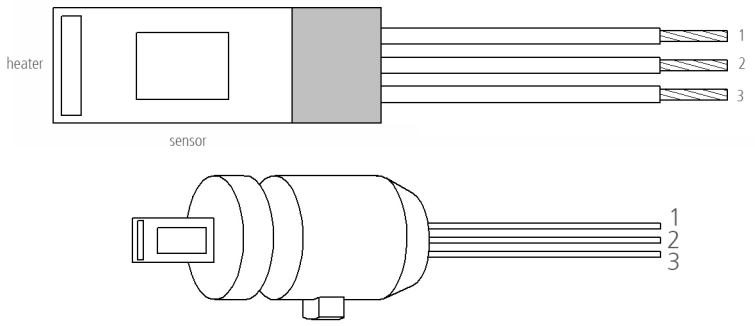
3 V (at 0 m/s)

理想电阻值（加热器电阻）

RH (0 °C) = 45 Ohm ± 1 %

对于气体应用，温度差（电阻值）推荐为**30K**。

管脚定义



1	2	3
加热器	温度传感器	GND

1.13 校准与线性化

1.13.1 校准

使用CTA-方程的反函数进行线性化。

$$U = U_0 \cdot \sqrt{1 + k \cdot \vec{v}}^{\,n}$$

CTA - 方程

$$\vec{v} = \frac{[(U - U_0) \cdot (U + U_0)]^{\frac{1}{n}}}{(k^{\frac{1}{n}}) \cdot U_0^{\frac{2}{n}}}$$

反函数

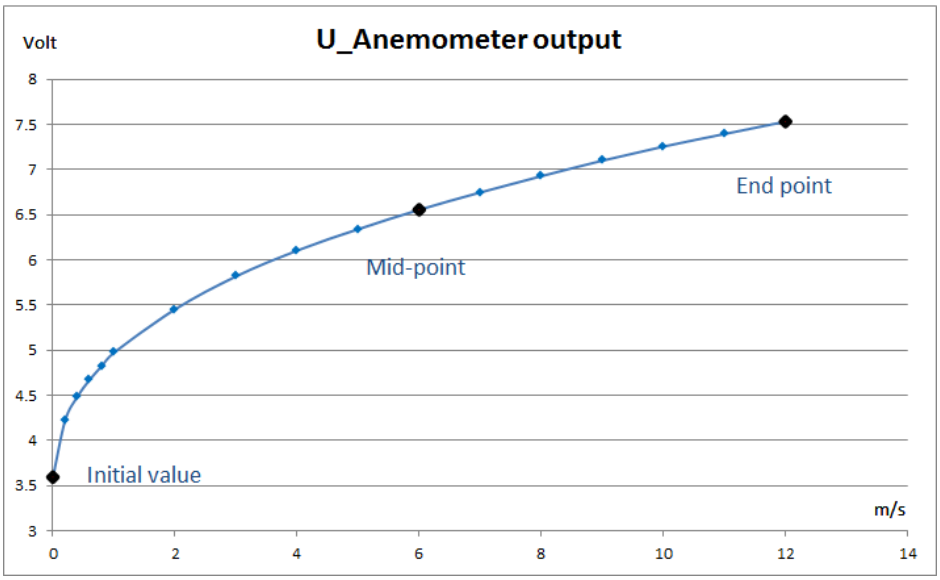
n参数接近0.5（0.48 .... 0.52）。大多数单独安装在流量配件中的流量模块（每个带有不同的FS7传感器）的值n = 0.51。k值在0.9 ... 0.93之间，这取决于传感器的对齐方式和流量曲线。

n和k可以通过3点流量校准确定：

1. 初始值（零流量时的值U0）点为零流量，并将模拟输出调整到3.6V。通过这种调整，可以补偿芯片厚度，玻璃钝化厚度（+/- 10微米）和加热器电阻的所有公差。
2. 测量范围的中点
3. **测量范围的最大点：满量程的值**

输出校准

测量曲线从 0到12 m/s.



1.13.2 测量输出的线性化

如何计算k和n：

通过风速计输出图的校准点，可以建立方程组：

U_0 = 3. 6 V at v_0 = 0 m/s

$$U = 3.6V \cdot \sqrt{1 + k \cdot 0m/s^n} = 3.6V$$

$U_{50\%}$ = 6.6 V at $v_{50\%}$ = 6 m/s

$$U = 3.6V \cdot \sqrt{1 + k \cdot 6m/s^n} = 6.6V$$

$U_{100\%}$ =7.5 V at $v_{100\%}$ = 12 m/s

$$U = 3.6V \cdot \sqrt{1 + k \cdot 12m/s^n} = 7.5V$$

解方程组：
A. 计算 n

当： $\frac{\vec{v}_{100\%}}{\vec{v}_{50\%}} = 2$

B. 计算 k

$$k = \frac{\left(\frac{U_{50\%}}{U_0}\right)^2 - 1}{\vec{v}_{50\%}{}^n} = \frac{2.36111}{6^{0.5}} = 0.964$$

B. 线性化结果

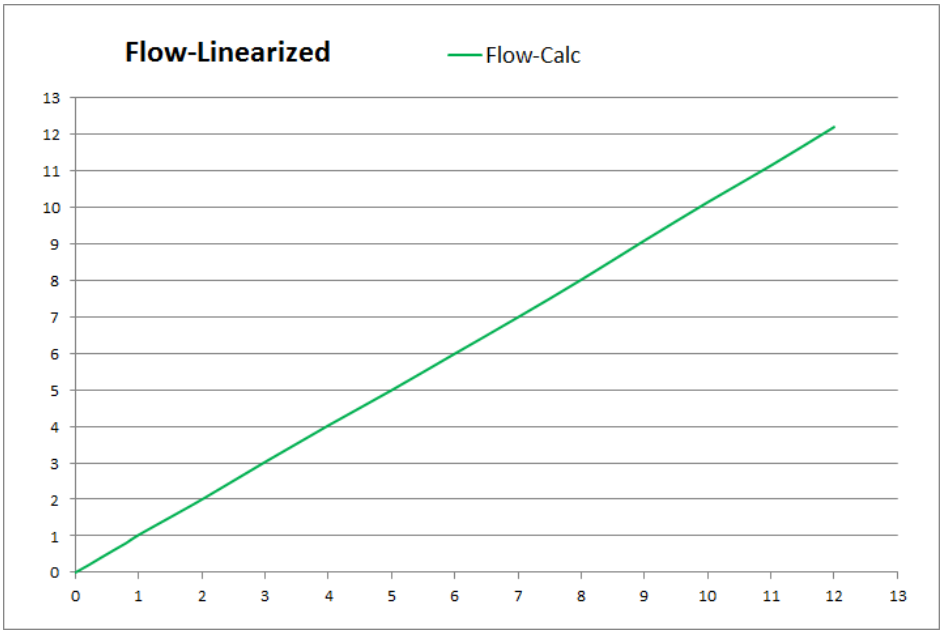
连同三个计算值U0，k和n，我们可以找到线性特性。通过求解方程组，可以求得k和n。假设n可以设置为0.50，我们只需要满量程校准点。这又是流量传感器的反函数（用于线性化）：

$$\vec{v} = \frac{[(U - U_0)\cdot(U + U_0)]^{\frac{1}{n}}}{(k^{\frac{1}{n}})\cdot U_0{}^{\frac{2}{n}}}$$

v = 速度或质量流量
U_0 = 3.6 V
U = n和k相关的测量电压

CTA输出线性化

通过实测的n，k和U0以及用于线性化的反函数，我们得到以下曲线。



1.14 电压灵敏度 (e.g. ESD)

IST AG的热流量传感器基于铂电阻，是无源组件，因此无法主动保护其免受ESD等过高电压事件的影响。就ESD而言，其对流量传感器的影响原理类似于对薄膜电阻器。这意味着，ESD灵敏度是传感器设计所固有的，通常是尺寸的函数。并且，电阻值，曲折结构和特殊涂层可能会对铂温度传感器的ESD敏感度产生影响。在客户退货中很少见到因ESD引起的铂RTD损坏，而通常与特定的组装方式或应用有关。.

如果在客户端发现ESD损坏，我们建议在操作传感器时采取适当的ESD防护措施。IST AG还可以通过特殊设计支持关键应用，并为传感器选型提供建议。

2. 更多电子电路

模块:	DFFS7_FSL_Module_E	DFFS_FSL_Module_D

3. 补充文档资料

	文档名称	
Data sheet:	DFFS7_E DFFS74_E	DFFS7_D DFFS74W_D

Innovative Sensor Technology IST AG, Stegrütistrasse 14, 9642 Ebnat-Kappel, Switzerland
Phone: +41 71 992 01 00 | Fax: +41 71 992 01 99 | Email: info@ist-ag.com | www.ist-ag.com

All mechanical dimensions are valid at 25 °C ambient temperature, if not differently indicated ▪ All data except the mechanical dimensions only have information purposes and are not to be understood as assured characteristics ▪ Technical changes without previous announcement as well as mistakes reserved ▪ The information on this data sheet was examined carefully and will be accepted as correct; No liability in case of mistakes ▪ Load with extreme values during a longer period can affect the reliability ▪ The material contained herein may not be reproduced, adapted, merged, translated, stored, or used without the prior written consent of the copyright owner ▪ Typing errors and mistakes reserved ▪ Product specifications are subject to change without notice ▪ All rights reserved