

技术资料

Memosens CPS97D

ISFET pH 电极，适用重度污染介质测量，长期稳定性高

Memosens 数字技术

应用

- 重污染介质测量：
 - 悬浊液
 - 乳浊液
 - 易析出溶液
- 适用过程条件：
 - pH 值快速变化
 - 温度和压力波动
- 给水和污水处理

通过 ATEX 和 IECEx 认证，可以安装在危险区中测量。

优势

- 无玻璃破裂风险
 - 电极杆采用 PEEK 材质
 - 直接接液测量，节约采样和实验室分析的时间和成本
- 带参比系统：开孔隔膜，以及高稳定性的固体凝胶
- 适用于高含固的重污染介质的测量
- 适用于低温应用工况
 - 响应迅速
 - 保持高测量精度
- 同玻璃电极相比，不需要频繁标定
 - 出现温度波动时，响应更快，迟滞更小
 - 高温测量不会带来额外测量误差
 - 酸碱误差可忽略不计
- 自带温度传感器，可有效进行温度补偿

Memosens 技术的优势

- 非接触式感应信号传输方式，最高过程安全性
- 数字式数据传输保证了数据安全
- 传感器中储存有传感器参数，操作简便
- 传感器记录负荷数据，支持预维护
- 采用心跳技术



功能与系统设计

测量原理

离子选择性场效应晶体管，也称之为离子敏感场效应晶体管（ISFET）诞生于 70 年代，是玻璃 pH 电极的替代选择。

工作原理

离子选择性场效应晶体管采用 MOS¹⁾ 晶体管结构→ 图 1, 图 2。不同于 MOS 晶体管，ISFET 晶体管没有用作控制电极的金属栅极（图号 1）。在 ISFET 电极→ 图 2, 图 2 中，介质（图号 3）直接接触栅极隔离层（图号 2）。两个强 P 型导电区扩散至半导体（硅）的 N 型导电基板（图号 5）上，分别用作电流供给电极（“源极”，S）和电流接收电极（“漏极”，D）。金属栅极电极（MOSFET）和介质（使用 ISFET）相当于带基板的电容器。栅极和基板（ U_{GS} ）间的电位差直接导致源极和漏极间出现较高电子密度。形成 N 型导电沟道→ 图 2, 图 2（图号 4），产生漏电流 I_D （需要接通电压 U_D ）。

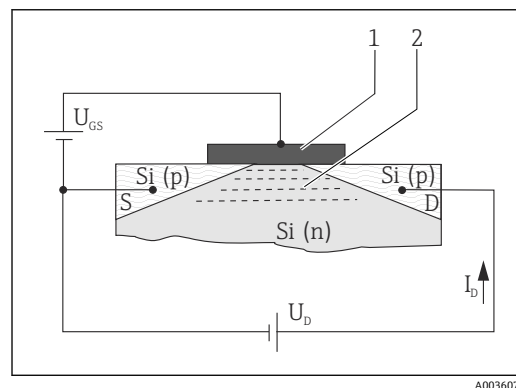


图 1 MOSFET 工作原理

- 1 金属栅极
- 2 N 型导电沟道

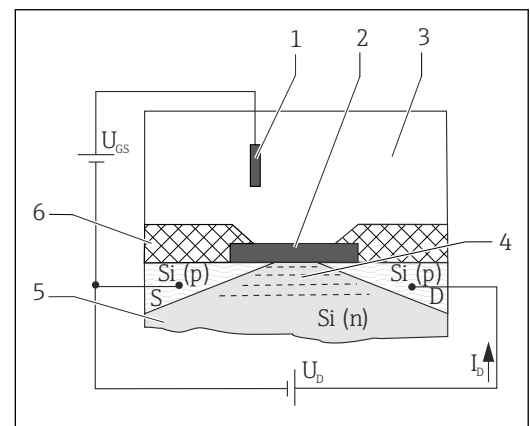


图 2 ISFET 测量原理

- 1 参比电极
- 2 栅极隔离层
- 3 介质
- 4 N 型导电沟道
- 5 N 型硅基板
- 6 电极杆

使用 ISFET 时，介质中的离子聚集在介质/栅极隔离层的边缘层，产生电场（栅极电位）。在上述效应作用下，半导体硅基板上形成导电沟道，“源极”和“漏极”之间形成电流。

合适的电极回路基于离子选择性栅极电位关系生成输出信号，与不同离子浓度呈正比。

pH 选择性的 ISFET（场效应晶体管）

栅极隔离层用作 H^+ 的离子选择性层。栅极隔离层允许 H^+ 离子双向通过，但是不允许其他离子通过（隔离效应）。取决于被测介质的酸碱度，隔离层表面接收或释放 H^+ （两性离子）。因此，隔离层表面带正荷（酸性介质接收 H^+ ）或带负电（碱性介质释放 H^+ ）。取决于 pH 值，通过调节隔离层表面的电荷量控制源极和漏极间的沟道场效应。基于能斯特方程计算栅极和源极间的控制电压（ U_{GS} ）：

$$U_{GS} = U_0 + \frac{2.3 \cdot RT}{nF} \cdot \lg a_{ion}$$

U_{GS}	栅极和源极间的电位
U_0	偏置电压
R	气体常数 (8.3143 J/molK)
T	温度[K]
n	电化学值 (1/mol)

25 °C (77 °F) 时，pH 值测量的能斯特系数为 -59.16 mV/pH。

F	法拉利常数 (26.803 Ah)
a_{ion}	离子活度 (H^+)
$\frac{2.3 \cdot RT}{nF}$	能斯特系数

1) 金属氧化物半导体

测量系统

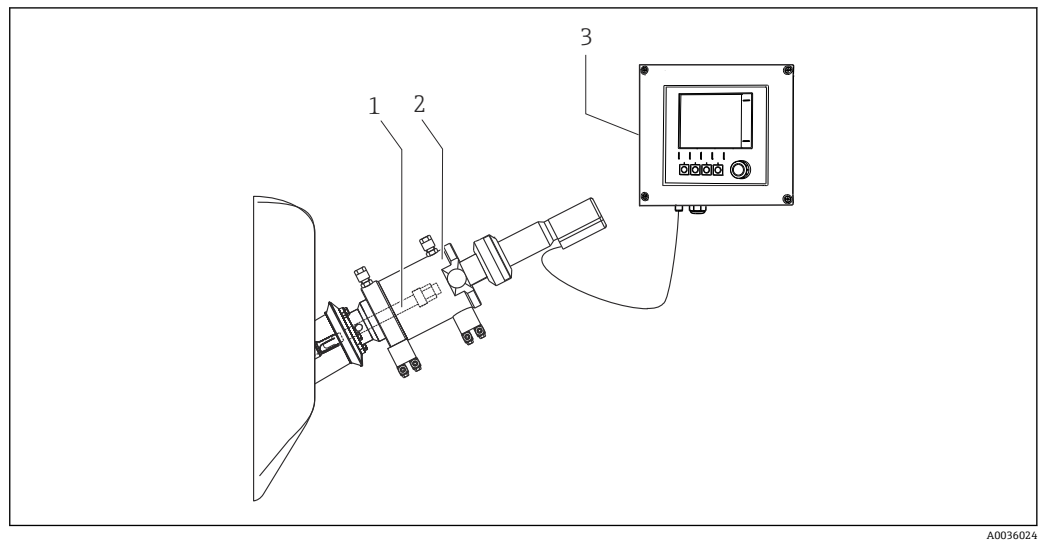
整套测量系统包括:

- ISFET pH 电极
- Memosens 电缆 CYK10 (连接 Memosens 数字式传感器)
- 变送器, 例如 Liquiline CM44、Liquiline CM42
- 安装支架
 - 浸入式安装支架, 例如 Dipfit CPA111
 - 流通式安装支架, 例如 Flowfit CPA250
 - 可伸缩式安装支架, 例如 Cleanfit CPA871
 - 固定式安装支架, 例如 Unifit CPA842

根据实际工况可选配:

全自动清洗和标定系统, 例如 Liquiline Control CDC90

化工行业和过程领域



A0036024

图 3 测量系统

- 1 ISFET pH 电极
- 2 CPA871 可伸缩式安装支架
- 3 Liquiline M CM42 变送器

只有在同时高温且高 pH 值的条件下, 传感器的长期稳定性才会受到影响。此类工况下, 介质会去除 ISFET 芯片上的氧化绝缘层, 影响测量。鉴于 CIP 清洗液的 pH 值和温度参数属于上述描述的范围, ISFET 电极必须与可伸缩式安装支架配套使用。

CDC90 全自动清洗和标定系统的优势:

- 支持原位清洗 (CIP):
电极安装在可伸缩式安装支架中, 在碱性清洗液冲洗期间或整个 CIP 清洗过程中电极自动移出介质。在冲洗腔室内, 使用合适的清洗液充分冲洗电极。
- 自主设置标定间隔时间
- 全自动清洗和标定, 降低了维护成本
- 优化测量结果的重现性
- 自动标定, 各单值间测量偏差极小

污水行业

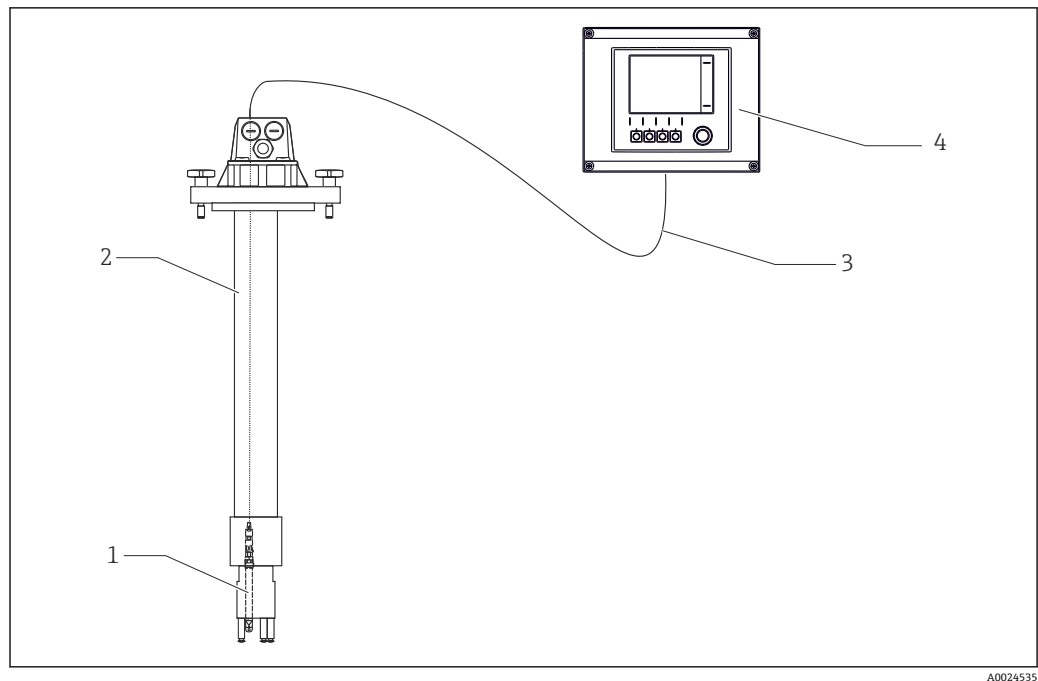


图 4 在污水行业中使用的测量系统

- 1 ISFET pH 电极
- 2 Dipfit CPA111 浸入式安装支架
- 3 Memosens 电缆 CYK10
- 4 Liquiline CM42 变送器

特性

酸碱误差

进行 pH 测量时，同玻璃电极相比，ISFET 电极的酸碱误差较小。不同于玻璃电极，ISFET 电极的栅极不会出现杂质离子黏附。pH 1...13 范围内的平均测量误差为 $\Delta \text{pH } 0.02$ (25 °C (77 °F) 温度下)，接近检测限。下图比对显示 pH 1...13 范围内 ISFET 电极的平均酸碱误差和其他两种玻璃电极在 pH 0.09 和 pH 13.86 时的酸碱误差。

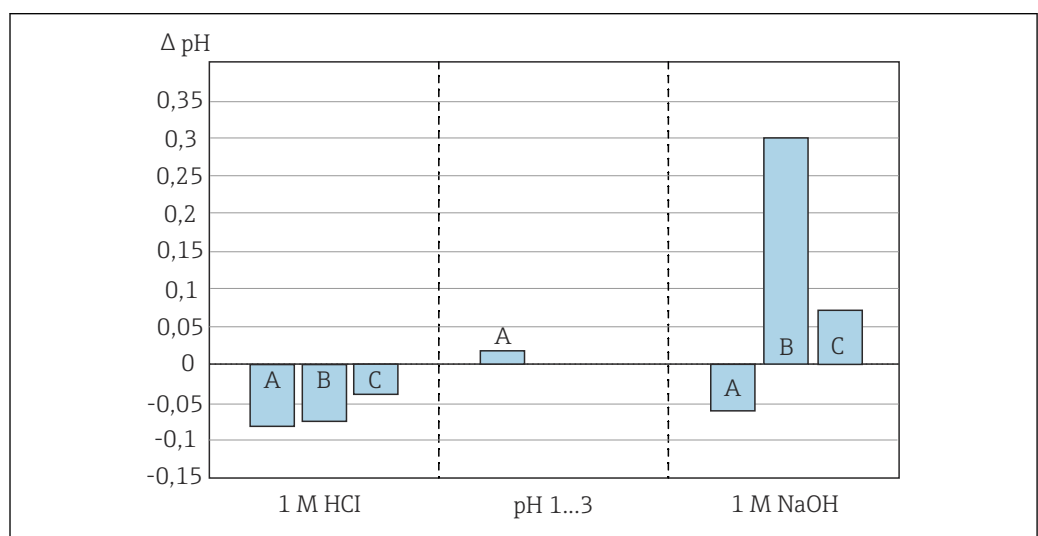


图 5 酸碱误差对比图：ISFET 电极、玻璃电极 1 和玻璃电极 2

- A ISFET CPSx7D 电极
- B 玻璃电极 1
- C 玻璃电极 2

- 无玻璃破裂风险
玻璃破裂直接关乎电极使用安全。ISFET 电极整体采用 PEEK 材质。在测量过程中只有强耐腐蚀的 ISFET 芯片和参比引线直接接液。
- 测量稳定性和电极响应时间
ISFET 电极在整个温度范围内均响应迅速。ISFET 电极无需考虑平衡电势（与温度相关），pH 电极的玻璃泡中充注有凝胶。因此，可以在低温工况下使用，不会影响响应时间。同玻璃电极相比，剧烈温度波动和 pH 值波动对测量误差（迟滞时间）的影响较小，pH 玻璃泡不受外力的影响。

通信和数据处理

与变送器通信

Memosens 数字式传感器必须与 Memosens 变送器搭配使用。



变送器无法与模拟式传感器正常通信。

数字式传感器内存储有传感器参数。包括：

- 生产参数
 - 序列号
 - 订货号
 - 生产日期
- 标定参数
 - 标定日期
 - 标定值
 - 标定次数
 - 最近一次标定使用的变送器的序列号
- 工作参数
 - 温度范围
 - 初始调试日期
 - 极端工况下的累计工作小时数
 - 蒸汽消毒次数
 - 传感器监控参数

可靠性

可维护性

操作简单

Memosens 数字式传感器内置电子部件，储存标定参数和其他信息（例如：总运行小时数或极端工况下的累计工作小时数）。一旦传感器成功连接变送器，传感器参数立即自动传输至变送器中，用于计算当前测量值。由于标定参数储存在传感器中，因此，传感器标定和调节可以在非测量点处执行。因此：

- 可以在测试实验室的最佳外部工况下轻松标定传感器，提高了标定质量。
- 使用预标定传感器快速便捷地替换现有传感器，显著提升了测量点的可用性。
- 基于保存的传感器参数可以精准确定维护间隔时间，实现预维护。
- 在外部存储单元和应用程序中归档记录传感器历史文件。
- 基于传感器的历史记录可以判断传感器是否适合当前应用。

抗干扰能力

数字式数据传输保证了数据安全

Memosens 技术数字化处理传感器中保存的测量值，并通过非接触方式将数值传输至变送器，无干扰。优点如下：

- 传感器故障，或传感器和变送器间的连接中断时，自动发出错误信息
- 及时检测错误，提高了测量点的可用性

安全性

最高过程安全性

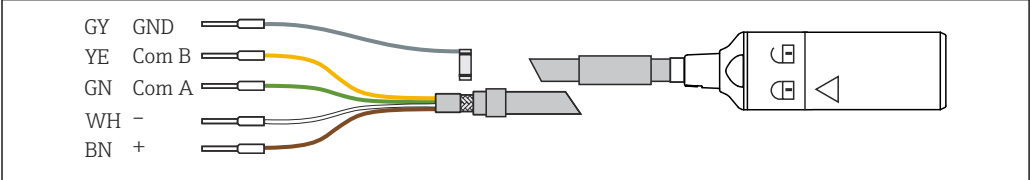
Memosens 通过非接触式连接传输测量值，保证最高过程安全性，优点如下：

- 消除了潮湿引起的测量问题：
 - 插接头耐腐蚀
 - 水汽不会干扰测量结果
 - 可以在水下直接连接
- 变送器与介质隔离。“高阻抗对称系统”、“非对称系统”或阻抗转换器等产生的测量问题不复存在。
- 对数字式测量值传输采取屏蔽措施，保证了电磁兼容的安全性。

输入

测量变量	pH 值 温度
测量范围	pH0 ... 14 -15 ... 110 °C (5 ... 230 °F)  注意工艺操作条件。

电源

电气连接	使用 Memosens 电缆 CYK10 连接电极和变送器。   6 Memosens 电缆 CYK10
------	---

性能参数

参考操作条件	参考温度: 25 °C (77 °F) 参考压力: 1013 hPa (15 psi)
参比系统	内置参比电极，采用双腔室参比系统，充注盐桥电解液。优点是开孔和参比引线始终有效稳定接触，毒性扩散路径长。盐桥电解液选用稳定的固体凝胶，能够有效耐受温度和压力波动。 Ag/AgCl 参比引线（盐桥电解液），带改良型凝胶（3M KCl），无细胞毒性
重复性	± 0.01 pH
响应时间	测量系统在每次启动后都会建立闭环控制回路，测量值自动调节输出为当前值。 调节时间取决于导致测量中断的事件类型和中断时间： ■ 断电，电极仍放置在介质中：3 至 5 分钟 ■ ISFET 芯片和参比引线间的电解液膜破裂：5 至 8 分钟 ■ 长时间干燥储存电极：最多 30 分钟
响应时间 (t ₉₀)	小于 5 秒，在参考操作条件下，使用 pH 4...7 标定液  在温度波动剧烈的工况中，内置温度传感器的响应速度变慢。此时，首先调节传感器温度，随后才能执行标定或开始测量。

安装

安装方向	 安装电极时注意介质的流向。
------	---

- ▶ 安装就位的 ISFET 芯片（图号 2），与介质流向的夹角在 30 ... 45° 之间→ 图 8, 图 7。
 - ↳ 使用旋转电极头调节安装角度。

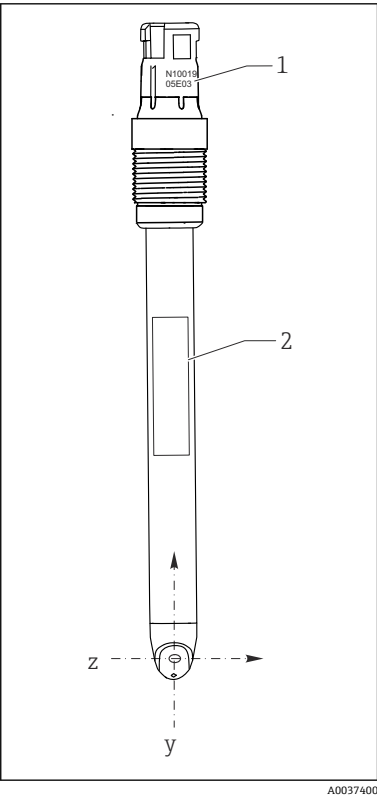


图 7 电极安装方向示意图（正视图）

- 1 序列号
- 2 铭牌

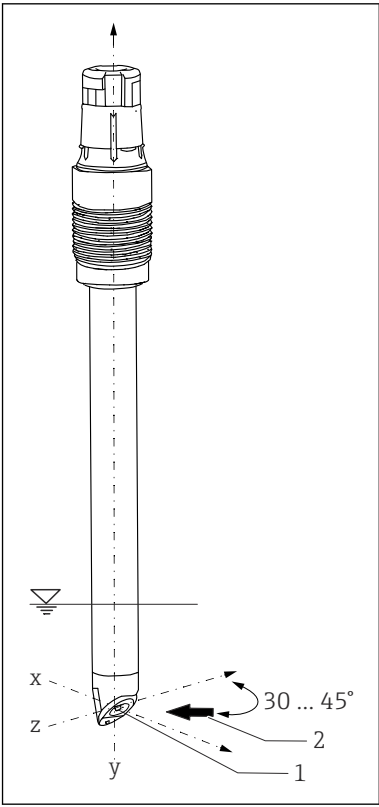


图 8 电极安装方向示意图（3D 视图）

- 1 ISFET 芯片
- 2 介质流向

注意

开孔隔膜

电极内部凝胶泄漏，产生气泡，导致电气接触不良，甚至中断！

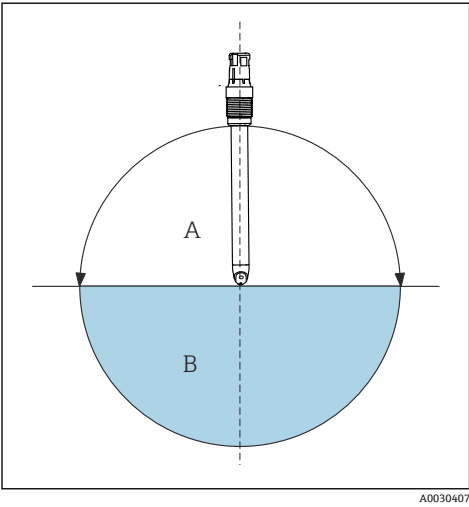
- ▶ 小心操作电极。

在安装支架中安装电极时，注意电极头上的光刻序列号，确保电极安装方向正确→ 图 7, 图 7。标记始终与 ISFET 芯片和铭牌处于同一平面（Z-y 方向）。

i ISFET pH 电极不能测量磨损性介质。如果需要使用电极测量磨损性介质，应避免介质直接流过芯片表面。这样可以延长电极的使用寿命，改善电极漂移。缺点是 pH 显示值不稳定。

安装指南

ISFET pH 电极允许任意安装方向。但是，倒装电极时可能出现气泡¹⁾，导致介质和参比引线间的电气连接中断。



i 安装后的电极应保持干燥，放置时间不得超过 6 小时（同样适用倒装电极）。

图 9 安装角度
A 推荐安装角度
B 允许安装角度，请注意基本条件!

- 1) 出厂时，电极内无气泡。在负压条件下操作时，电极内可能出现气泡，例如排空罐体时。
- 旋转安装电极前，首先需要检查确保安装支架上的螺纹接头、O 型圈和密封面洁净无损，功能正常。
 - 详细安装指南参见安装支架的《操作手册》。
 - ▶ 旋转安装电极，以 3 Nm (2.21 lbf ft) 扭矩手动拧紧（电极需要安装在 Endress+Hauser 安装支架中，方可保证设计规格参数）。

📖 拆除保护帽的详细信息参见 BA01916C

环境条件

环境温度范围	注意 存在霜冻损坏电极的风险! ▶ 温度低于-15 °C (5 °F) 时，禁止使用电极。
储存温度	0 ... 50 °C (32 ... 122 °F)
防护等级	Memosens IP 68 (测试条件: 10 m (33 ft)水柱, 25 °C (77 °F), 45 天, 高温灭菌温度不超过 135 °C (275 °F))
电磁兼容性 (EMC)	干扰发射和抗干扰能力符合: ■ EN 61326-1:2013 ■ EN 61326-2-3:2013 ■ NAMUR NE21: 2012
光敏感性	ISFET 芯片同所有半导体器件一样，对光线十分敏感。测量值可能出现波动。因此，进行电极标定和操作时必须避免阳光直射。日常光照不会干扰测量结果。

过程条件

过程温度范围

t_a
-15 ... 70 °C (5 ... 158 °F)

t_p
-15 ... 110 °C (5 ... 230 °F)

介质温度，取决于 pH 值

如果长时间处于高温环境中，碱液会损坏栅极氧化隔离层，且过程不可逆。只允许在指定范围内（→ [图 10](#), [图 9](#)）使用，才能保证电极的设计使用寿命。在温度超过 65 °C (149 °F) 的工况中，如果电极插入在 1 mol 的 NaOH 溶液中测量，会缩短电极的使用寿命。因此，不建议电极在此类应用中长期使用。

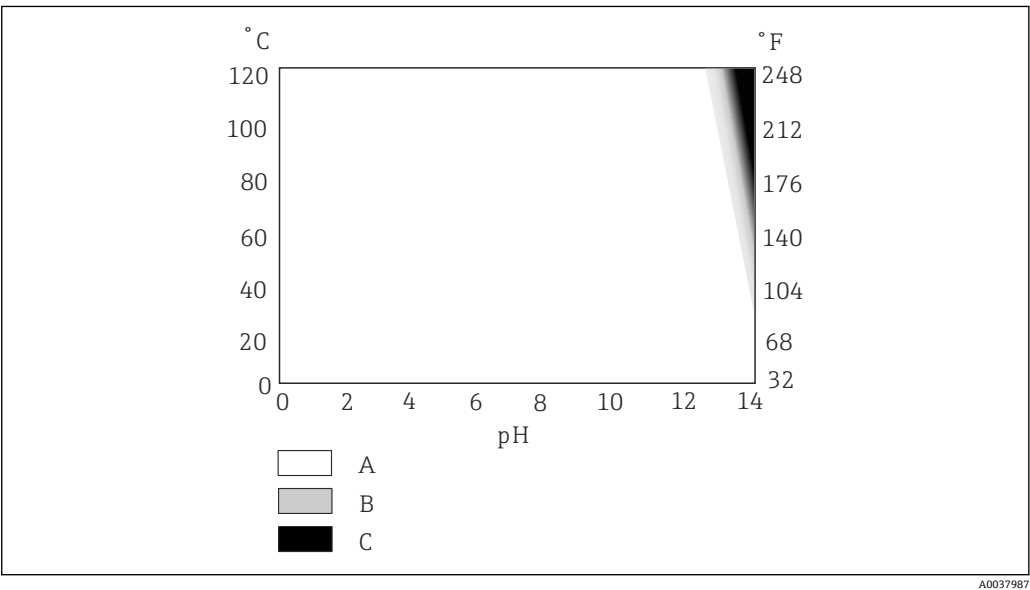


图 10 应用范围，取决于温度和 pH 值

- A 正常测量
- B 使用寿命缩短
- C 不推荐使用

在低温工况下测量

与电极的具体订货号相关。订购信息→ [图 12](#)

过程压力范围

最大绝压: 11 bar (160 psi), 在 100 °C (212 °F) 温度下

 0.8 bar (12 psi) (最小允许绝压)。

电导率

最低电导率²⁾: 10 µS/cm

温压关系

最大绝压 11 bar (160 psi), 100 °C (212 °F) 时

蒸汽消毒: 4 bar (58 psi) 绝压, 110 °C (230 °F) 时, 持续 1 小时

2) 参考条件: 被测介质为去离子水, 电导率分别选择为 NaOH、KCl 或 HCl; 室温; 常压; 介质从静止状态转为以 2 m/s (6.6 ft/s) 流速水平流经 ISFET 芯片; 电导率显示为此变换过程中测量值变化量小于 0.2 pH 的测定值。

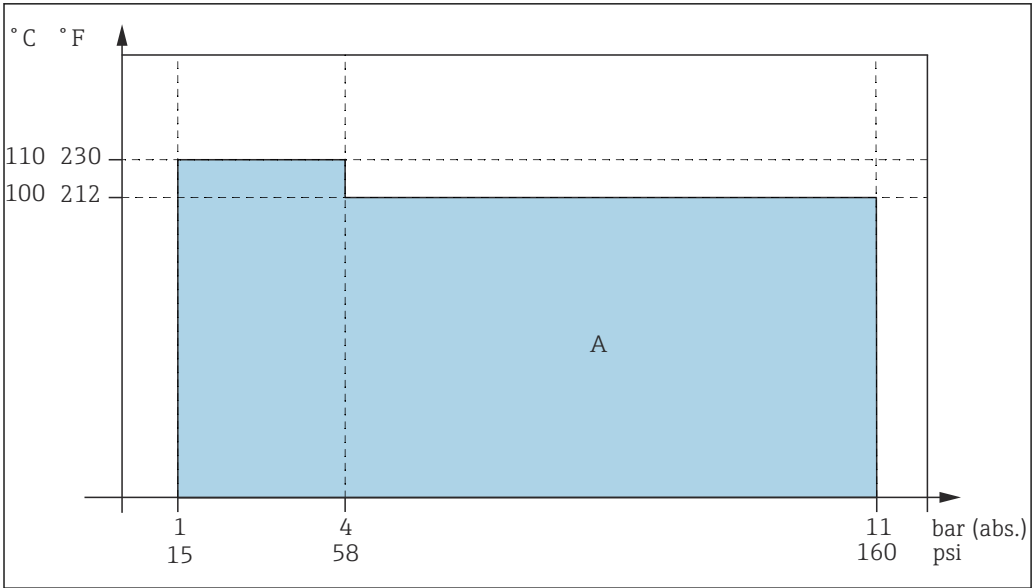


图 11 温压曲线
A ISFET 适用范围

注意
存在电极损坏的风险!
▶ 禁止在指定规格要求下的应用范围之外使用电极!

机械结构

设计及外形尺寸

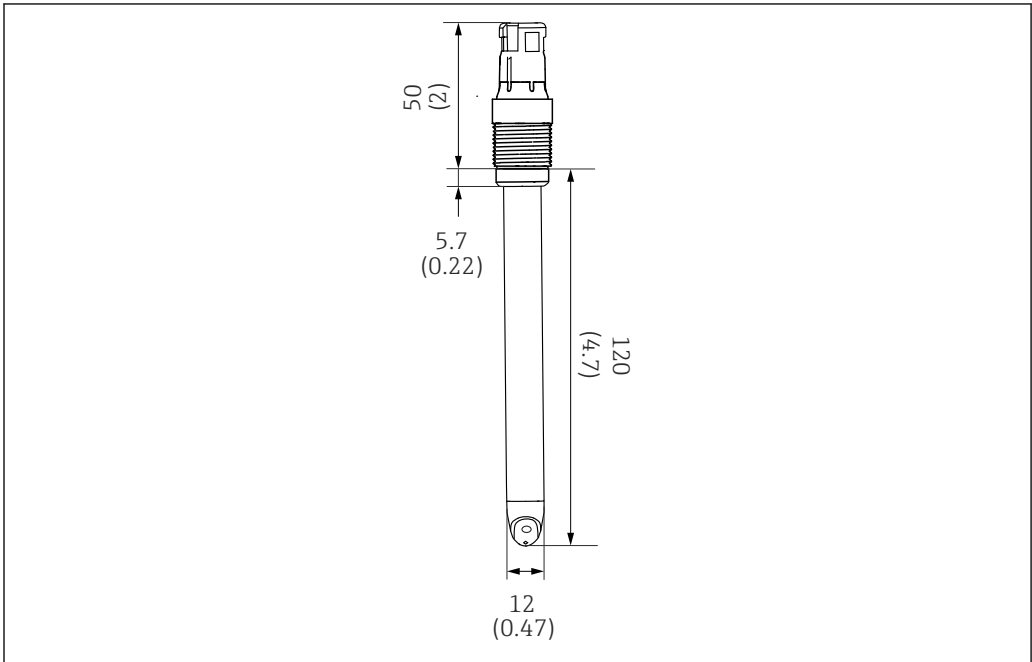


图 12 CPS97D 的外形尺寸示意图；单位：mm (in)

重量	CPS97D (电极杆长度 120 mm (4.7 in)) :	35.4 g (1.25 oz)
	CPS97D (电极杆长度 225 mm (8.7 in)) :	50 g (1.76 oz)
	CPS97D (电极杆长度 360 mm (14.2 in)) :	66 g (2.3 oz)

材质	接液部件材质	
	电极杆	PEEK (FDA 认证)
	密封圈	全氟橡胶
	隔膜	开孔隔膜
	非接液部件材质	
	温度传感器	
	Pt1000 (Cl. A, 符合 DIN IEC 60751 标准)	
	插接头	
	CPS97D: Memosens 接头, 可旋转	
	过程连接	
Pg 13.5		
表面光洁度	R _a < 0.76 μm (30 μin)	

证书和认证

CE认证	产品符合欧共体标准的一致性要求。因此, 遵守 EU 准则的法律要求。制造商确保贴有CE标志的仪表均成功通过了所需测试。	
防爆认证	ATEX II 1G Ex ia IIC T4/T6 Ga IECEX Ex ia IIC T4/T6 Ga  防爆型 Memosens 数字式传感器的插接头上带桔红色标记环。	
其他认证	TÜV 认证 (Memosens 插接头) 耐压 16 bar (232 psi) (表压) , 不得低于安全压力的三倍 EAC 认证 产品通过 TP TC 004/2011 和 TP TC 020/2011 准则的认证, 可以在欧洲经济区(EEA)中使用。产品上带 EAC 一致性标签。	

订购信息

产品主页	www.endress.com/CPS97D
Configurator 产品选型软件	在产品主页上，配置 按钮位于产品示意图右侧。 1. 点击按钮。 ↳ 在独立窗口中打开 Configurator 产品选型软件。 2. 按需选择所有选项，完成设备设置。 ↳ 生成有效完整的设备订货号。 3. 以 PDF 或 Excel 文件输出订货号。正确点击选择窗口右上方的按钮操作。  许多产品还提供产品的 CAD 图或二维图形下载选项。点击 CAD 标签，并在下拉菜单中选择所需文件类型。
供货清单	供货清单包括： ▪ pH 电极 ▪ 《操作手册》 ▪ 《安全指南》（适用防爆型电极）

附件

以下为本文档发布时可提供的重要附件。

- ▶ 未列举附件的详细信息请联系 Endress+Hauser 当地销售中心。

设备专用附件	安装支架 Dipfit CPA111 ▪ 浸入式安装支架，塑料材质，用于在敞口罐或密闭罐中安装 ▪ 产品主页上的 Configurator 产品选型软件：www.endress.com/cpa111  《技术资料》TI00112C Cleanfit CPA871 ▪ 可伸缩式安装支架，使用灵活，适用水、污水和化工行业应用 ▪ 安装 12 mm 直径的标准传感器 ▪ 产品主页上的 Configurator 产品选型软件：www.endress.com/cpa871  《技术资料》TI01191C Cleanfit CPA875 ▪ 可伸缩式过程安装支架，适用于消毒和卫生应用 ▪ 在线测量的标准传感器，12 mm 直径，例如 pH、ORP、氧气 ▪ 产品主页上的 Configurator 产品选型软件：www.endress.com/cpa875  《技术资料》TI01168C Cleanfit CPA450 ▪ 可伸缩式安装支架，允许手动操作，用于在罐体和管道中安装传感器（直径 12 mm、杆长度 120 mm） ▪ 产品主页上的 Configurator 产品选型软件：www.endress.com/cpa450  《技术资料》TI00183C Flowfit CPA250 ▪ 流通式安装支架，适用于 pH/ORP 测量 ▪ 产品主页上的 Configurator 产品选型软件：www.endress.com/cpa250  《技术资料》TI00041C
--------	--

Unifit CPA842

- 安装支架，适用食品、生物技术和制药行业
- 通过 EHEDG 测试和 3A 认证
- 产品主页上的 Configurator 产品选型软件: www.endress.com/cpa842



《技术资料》 TI00306C

清洗和标定系统

Liquiline Control CDC90

- 全自动清洗和标定系统，满足所有行业中 pH 和 ORP 测量点的要求
- 系统支持电极清洗、校验、标定和调节
- 产品主页上的 Configurator 产品选型软件: www.endress.com/cdc90



《技术资料》 TI01340C

标定液

Endress+Hauser 的高品质标定液 CPY20

第二种标定液符合 PTB 认证(联邦德国工程物理研究所)的主要参比材料要求，也符合 NIST 认证(美国国家标准技术研究所)的标准参比材料要求，按照 DIN19266 标准由 DKD(德国标定服务机构)认证实验室颁发，符合 DIN 17025 标准。

产品主页上的 Configurator 产品选型软件: www.endress.com/cpy20

测量电缆

Memosens 电缆 CYK10

- 连接 Memosens 数字式传感器
- 产品主页上的 Configurator 产品选型软件: www.endress.com/cyk10



《技术资料》 TI00118C

Memosens 电缆 CYK20

- 连接 Memosens 数字式传感器
- 产品主页上的 Configurator 产品选型软件: www.endress.com/cyk20

手持式变送器

LiquilineTo Go CYM290、CYM291

- 便携式多参数设备，可以连接 Memosens 数字式 pH 电极、电导率传感器和溶解氧传感器
- 产品主页上的 Configurator 产品选型软件: www.endress.com/cym290、www.endress.com/cym291



《技术资料》 TI01198C



CYM290 或 CYM291 的可连接传感器的详细信息请参考《操作手册》。



www.addresses.endress.com
