

# 技术资料

## Memosens CPS77E

### 数字式 ISFET pH 电极



### 采用 Memosens 2.0 数字技术

#### 应用场合

- 卫生和消毒应用
- 食品和制药行业
- 生物技术领域

通过 ATEX、IECEX、CSA C/US、NEPSI、JPN Ex、INMETRO、UKCA 和韩国防爆认证，允许在防爆 0 区、防爆 1 区和防爆 2 区中使用。

#### 优势

- 无玻璃破裂风险
- 通过体外（生物毒性）和体内生物兼容性测试，符合美国药典 USP <87>和 USP <88> Cl. VI (121 °C (250 °F))
- 耐受蒸汽消毒和高压灭菌
- 同 pH 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 Pt1000 温度传感器，可有效进行温度补偿

#### Memosens 技术的其他优势

- 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，实现预维护

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。

数字式 ISFET pH 电极

离子选择性场效应晶体管采用 MOS<sup>1)</sup>晶体管结构→ 图 1, 图 2，但没有用作控制电极的金属栅极（图号 1）。在 ISFET 电极中，介质（图号 3）→ 图 2, 图 2 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<sub>GS</sub>）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<sub>D</sub>（需要接通电压 U<sub>D</sub>）。

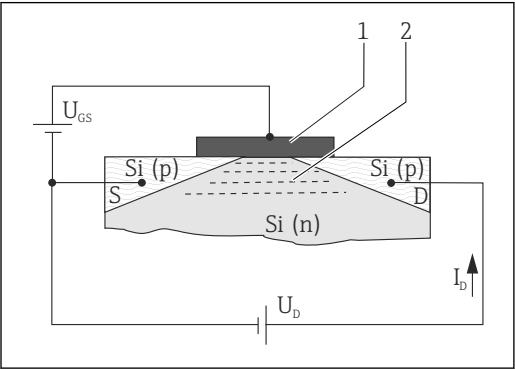


图 1 MOSFET 工作原理

- 1 金属栅极
- 2 N 型导电沟道

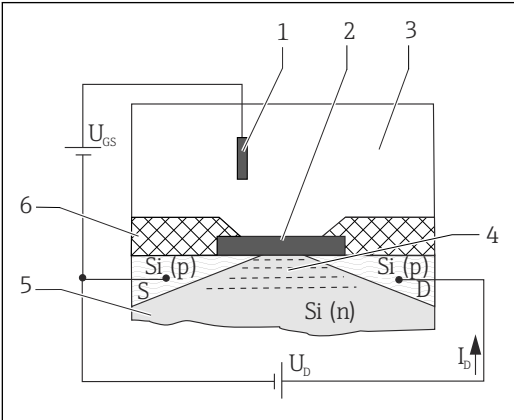


图 2 ISFET 测量原理

- 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 传感器杆

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<sup>+</sup> 的离子选择性层。栅极隔离层允许 H<sup>+</sup> 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<sup>+</sup>（两性离子）。因此，隔离层表面带正荷（酸性介质接收 H<sup>+</sup>）或带负电（碱性介质释放 H<sup>+</sup>）。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<sub>GS</sub>）：

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

- U<sub>GS</sub> 栅极和源极间的电位
- U<sub>0</sub> 偏置电压
- R 气体常数 (8.3143 J/molK)
- T 温度[K]
- n 电化学值 (1/mol)

- F 法拉利常数 (26.803 Ah)
- a<sub>ion</sub> 离子活度 (H<sup>+</sup>)
- $\frac{2.3 \cdot RT}{nF}$  能斯特系数

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

1) 金属氧化物半导体

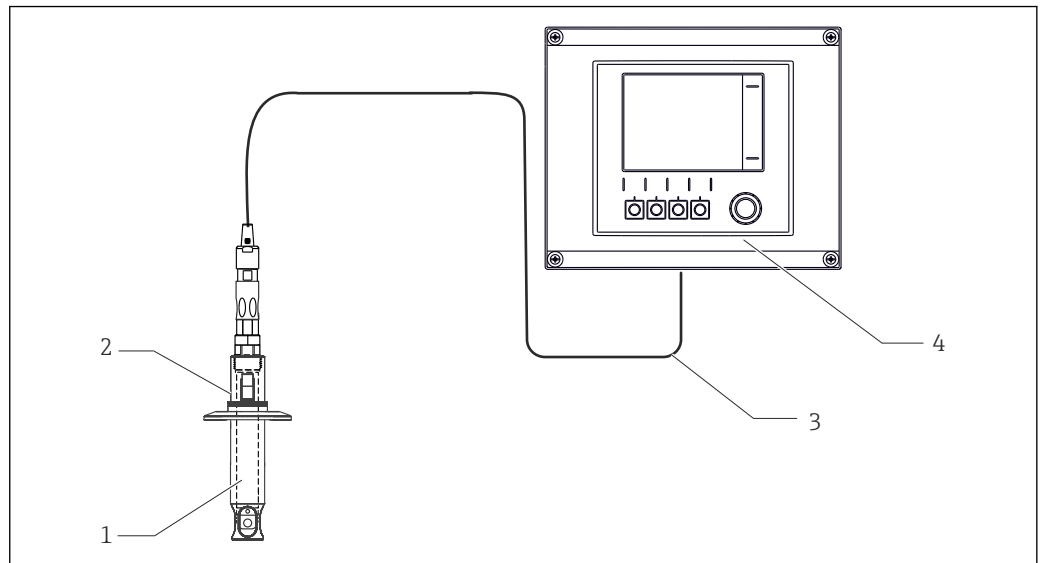
## 测量系统

整套测量系统至少包括：

- ISFET 电极
- Memosens 电缆 CYK10
- 变送器，例如 Liquiline CM44x、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 CPA875
  - 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



A0036026

图 3 测量系统示意图

- 1 ISFET 电极
- 2 Unifit CPA842 安装支架
- 3 Memosens 电缆 CYK10
- 4 Liquiline CM42 变送器

## 通信和数据处理

## 与变送器通信

 Memosens 数字式传感器必须连接 Memosens 数字变送器使用。模拟式传感器无法向变送器正常传输数据。

数字式传感器内存储有传感器参数，包含：

- 生产参数
  - 序列号
  - 订货号
  - 生产日期
- 标定参数
  - 标定日期
  - 25 °C (77 °F)时的斜率
  - 25 °C (77 °F)时的测量点
  - 自带温度传感器的偏置量
  - 标定次数
  - 历史标定数据
  - 执行最近一次传感器标定或调节连接的变送器的序列号
- 操作参数
  - 适用温度范围
  - 适用 pH 范围
  - 初始调试日期
  - 最高温度值
  - 极端工况下总工作小时数
  - 高温消毒次数
  - CIP 清洗次数计数器
  - 传感器负荷

通过 Liquiline CM42、CM44x、和 Memobase Plus CYZ71D 查询上述信息。

## 可靠性

## 可靠性

## 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）。成功连接传感器后，参数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：

- 可以在测试实验室中模拟理想工况轻松标定传感器，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。
- 基于传感器参数可以精准测定维护间隔时间，支持预维护。
- 在外部存储单元和应用程序（）中归档保存传感器历史记录。
- 基于传感器操作信息记录主动评估传感器是否需要更换。

## 完整性

## 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：

- 出现传感器故障，或发生传感器和变送器连接中断时，系统自动发出错误信息。
- 及时快速检测错误，提高了测量点的稳定性。

### 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：
  - 无接头腐蚀
  - 测量值不受水汽的影响
- 变送器与介质隔离。不再需要考虑老系统中“对称系统的高阻抗”、“不对称系统”或阻抗转换器对测量的影响。
- 数字式测量值传输的屏蔽措施保证了电磁兼容安全性（EMC）。
- 采用本安电子部件，允许在危险区中使用。所有部件（例如电极、电缆和变送器）均通过防爆认证，使用灵活。

## 输入

### 测量变量

pH 值

温度

### 测量范围

- pH: 0 ... 14
- 温度: -15 ... 135 °C (5 ... 275 °F)



注意过程条件。

## 电源

### 电气连接

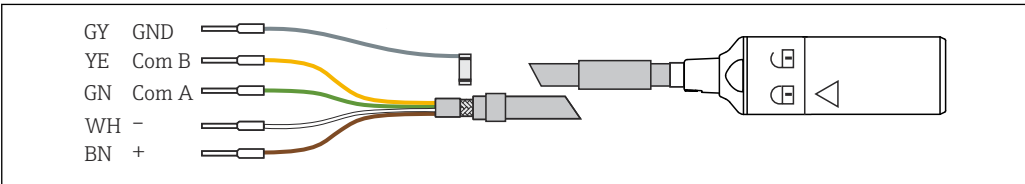


图 4 CYK10 或 CYK20 电缆

- 连接电极电缆，比如 Memosens 电缆 CYK10 或 CYK20。



CYK10 电缆的详细信息参见 BA00118C

## 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)

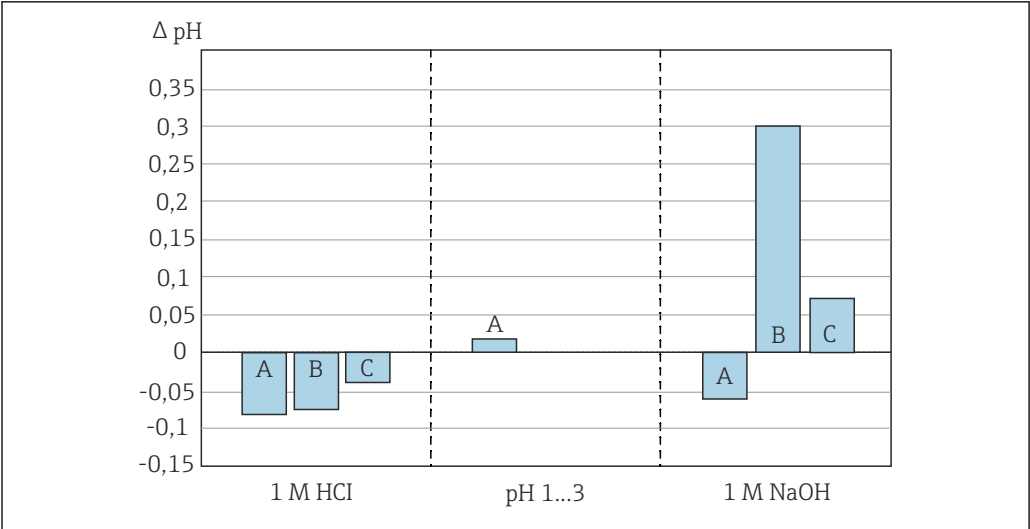
### 参比系统

Ag/AgCl 参比引线（盐桥电解液），带改良型 KCl 电解液，3M，无细胞毒性

### 单点回差控制区间

进行 pH 测量时，同玻璃 pH 电极相比，ISFET 电极的酸碱误差较小。不同于玻璃 pH 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 pH 电极在 pH 0.09 和 pH 13.86 极值时的酸碱误差。



A0044616

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 A 类玻璃  
C B 类玻璃

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 电极在整个温度范围内均响应迅速。无需考虑平衡电势（与温度相关）。因此，可以在低温工况下使用，不会影响响应时间。

响应时间 (t<sub>90</sub>)

小于 5 秒，在参考操作条件下，使用 pH 4...7 标定液

**i** 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
1. 安装电极时注意介质的流向。
  2. 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 7, 表 7。使用旋转插接头调节安装角度。

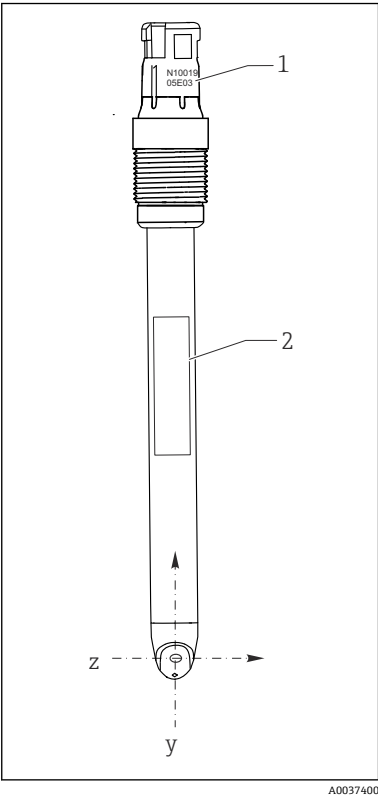


图 6 电极安装方向示意图（正视图）

- 1 序列号
- 2 铭牌

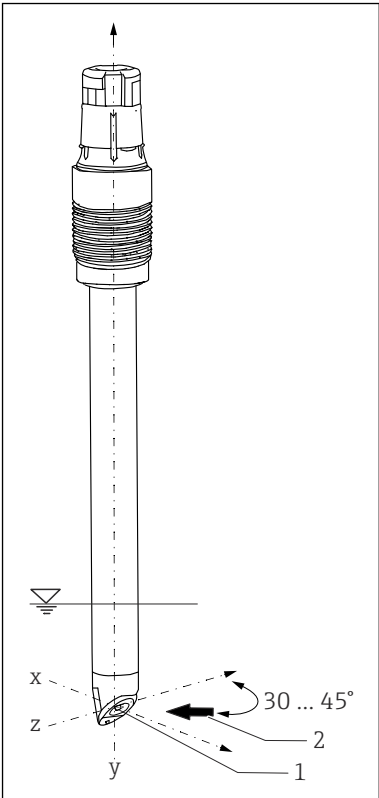


图 7 电极安装方向示意图（3D 视图）

- 1 ISFET 芯片
- 2 介质流向

在安装支架中安装电极时，注意插接头上光刻的序列号，确保电极安装位置正确→ 图 6, 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。

ISFET pH 电极不填充电解液，允许任意安装方向。倒装时，参比系统可能出现气泡，导致介质和隔膜的电气连接中断。

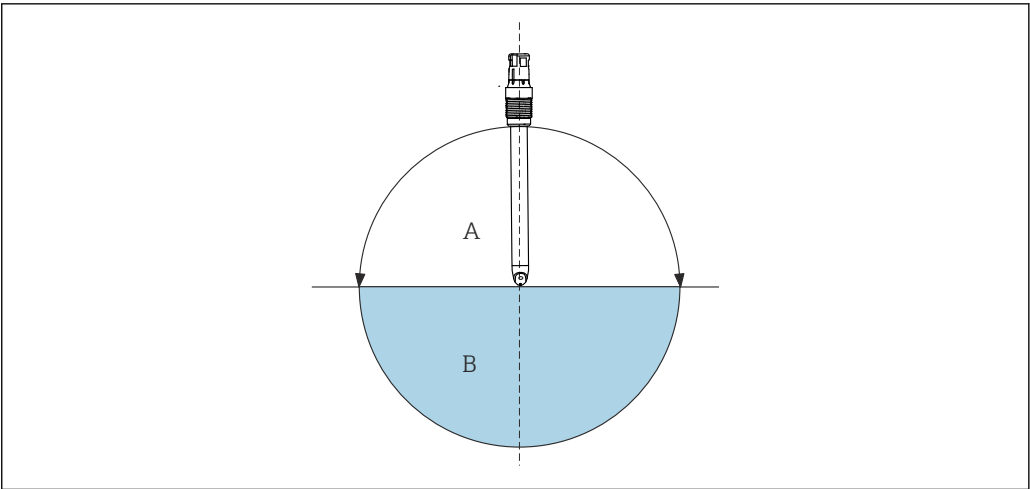


图 8 安装角度

- A 推荐安装角度
- B 允许安装角度，请注意基本条件→ 图 7

基本条件：出厂时，电极内无气泡。在真空条件下操作时，电极内可能出现气泡，例如排空罐体时。

 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）。

安装指南

 安装支架的安装指南：参见安装支架的配套《操作手册》。

- 1. 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。
- 2. 旋转安装电极，并手动拧紧（扭矩：3 Nm (2.21 lbf ft)）（设计规格参数仅针对安装在 Endress+Hauser 安装支架中的电极）。

拆除保护帽的详细信息参见 BA02154C

卫生合规要求

适用卫生应用场合的设备有特殊安装要求。必须考虑以上因素，确保卫生合规操作，且不会污染过程介质。

 《特殊文档》：SD02751C，卫生型应用专用文档

为了满足 3-A 认证或 EHEDG 测试的卫生合规要求，以及便于清洁安装就位的电极，请注意以下几点：

- 使用卫生型过程连接
- 使用带电极保护帽的过程接头
- 安装就位的电极能够自排空
- 避免出现卫生死角

 经受 20 次 CIP 工艺后，建议更换电极。

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 时，禁止使用电极。

储存温度范围

0 ... 50 °C (32 ... 122 °F)

光敏感性

**注意**  
进行电极标定和操作时必须避免阳光直射  
测量值波动！  
► 进行电极标定和操作时必须避免阳光直射。

ISFET 芯片同所有半导体器件一样，对光线十分敏感。日常光照不会干扰测量结果。

防护等级

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

过程条件

过程温度范围

-15 ... 135 °C (5 ... 275 °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 9, 表 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。

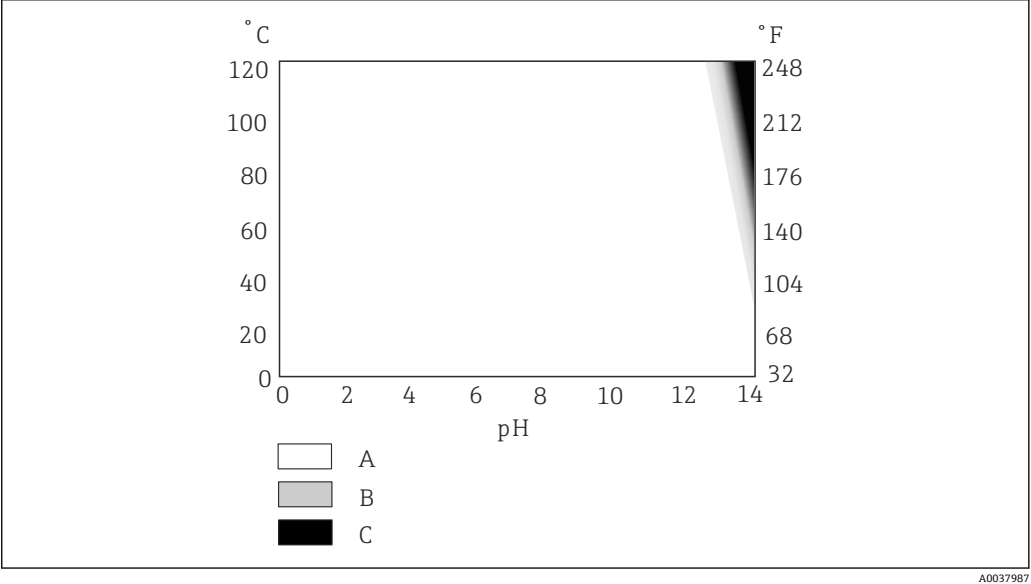


图 9 应用范围，取决于温度和 pH 值

- A 正常测量
- B 使用寿命缩短
- C 不推荐使用

|        |                                                                                                                                                                                                      |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 过程压力范围 | 0.8 ... 11 bar (11.6 ... 159.5 psi) (绝压)                                                                                                                                                             |
| 电导率    | 最低电导率 <sup>2)</sup> : 50 µS/cm                                                                                                                                                                       |
| 温压关系   | <div><div>注意</div><div>存在电极损坏的风险!</div><div>▶ 禁止在指定规格要求下的应用范围之外使用电极!</div><div>最大值: 11 bar (160 psi) (绝压) /100 °C (212 °F)</div><div>蒸汽消毒: 4 bar (58 psi) (绝压) /135 °C (275 °F), 持续 1 小时</div></div> |

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 2 m/s (6.6 ft/s) 以流速水平流经 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。

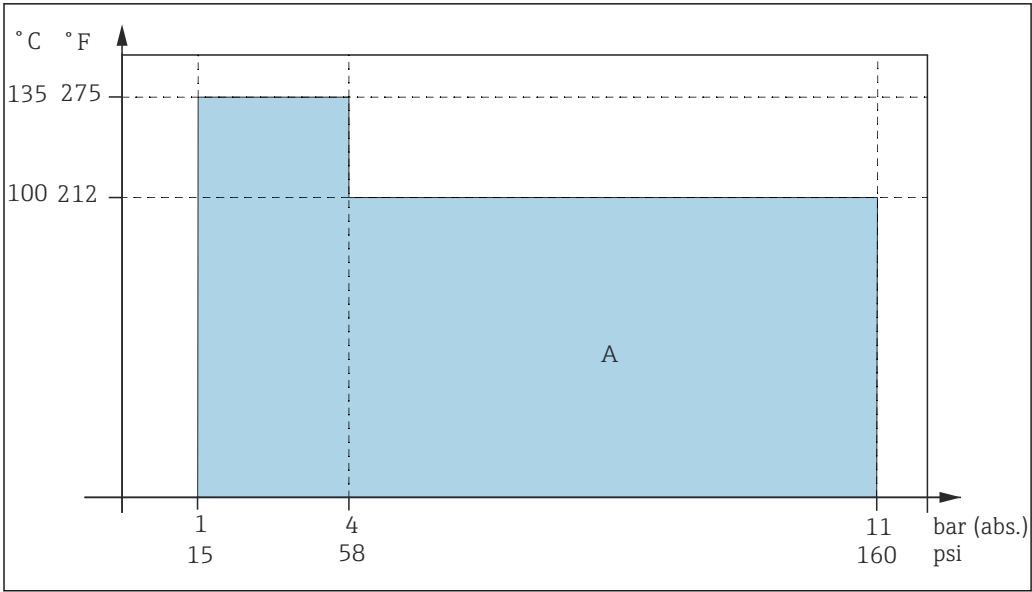


图 10 温压曲线  
A 应用领域

## 机械结构

### 设计及外形尺寸

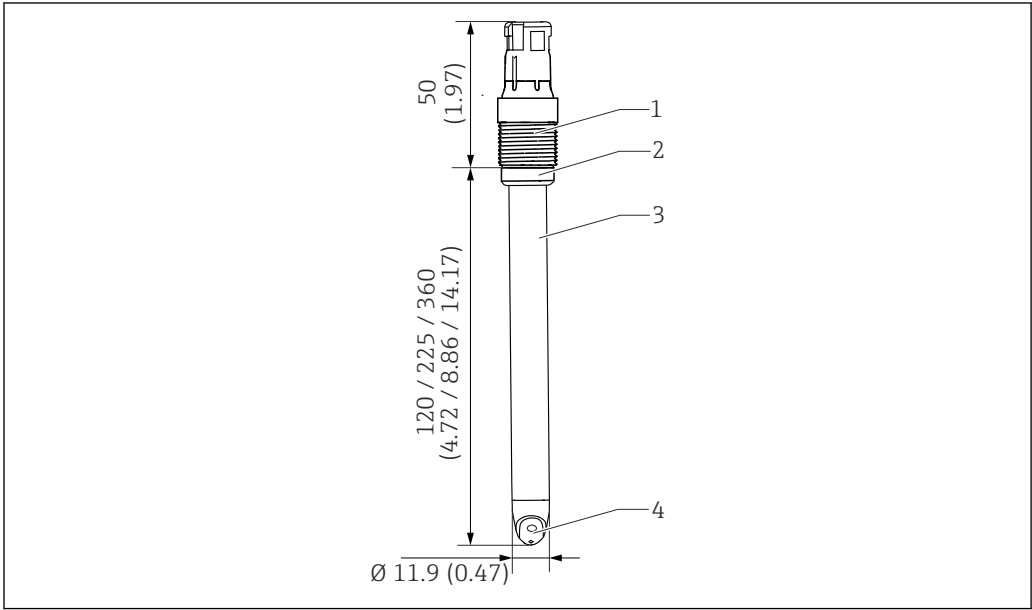


图 11 电极，带 Memosens 插接头。单位：mm (in)  
1 Memosens 插接头及过程连接  
2 O 型圈及止推环  
3 传感器杆  
4 ISFET 芯片

|    |      |                  |                  |                   |
|----|------|------------------|------------------|-------------------|
| 重量 | 装配长度 | 120 mm (4.72 in) | 225 mm (8.86 in) | 360 mm (14.17 in) |
|    | 重量   | 35 g (1.2 oz)    | 50 g (1.8 oz)    | 66 g (2.3 oz)     |

|    |      |      |
|----|------|------|
| 材质 | 传感器杆 | PEEK |
|    | 密封圈  | FFKM |

|            |           |
|------------|-----------|
| 金属引线       | Ag/AgCl   |
| 止推环上的 O 型圈 | FKM       |
| 隔膜或开孔隔膜    | 陶瓷隔膜，二氧化锆 |
| 过程接头       | 玻纤增强 PPS  |
| 铭牌         | 金属氧化物陶瓷   |

**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。

|       |                                                 |
|-------|-------------------------------------------------|
| 温度传感器 | Pt1000 (Cl. A, 符合 DIN IEC 60751 标准)             |
| 插接头   | Memosens 插接头，用于非接触式数字信号传输，耐受 16 bar (232 psi)压力 |
| 过程连接  | Pg 13.5                                         |
| 表面光洁度 | $R_a < 0.76 \mu\text{m}$ (30 $\mu\text{in}$ )   |

## 证书和认证

登陆公司官网，打开 Configurator 产品选型软件，下载最新产品证书：[www.endress.com](http://www.endress.com)。

1. 点击“产品筛选”按钮，或在搜索栏中直接输入基本型号，选择所需产品。
2. 打开产品主页。

点击配置按钮，打开 Configurator 产品选型软件。

## 订购信息

|      |                                                                                                            |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 供货清单 | 供货清单包括： <ul style="list-style-type: none"><li>▪ pH 电极</li><li>▪ 《操作手册》</li><li>▪ 《安全指南》（适用防爆型电极）</li></ul> |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|      |                                                                    |
|------|--------------------------------------------------------------------|
| 产品主页 | <a href="http://www.endress.com/cps77e">www.endress.com/cps77e</a> |
|------|--------------------------------------------------------------------|

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Configurator 产品选型软件 | <p>在产品主页上，配置按钮位于产品示意图右侧。</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. 点击按钮。<ul style="list-style-type: none"><li>↳ 在独立窗口中打开 Configurator 产品选型软件。</li></ul></li><li>2. 按需选择所有选项，完成设备设置。<ul style="list-style-type: none"><li>↳ 生成有效完整的设备订货号。</li></ul></li><li>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。</li></ol> <p> 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。</p> |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 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。

## 仪表专用附件

## 安装支架

**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](http://www.endress.com/cpa842)



《技术资料》TI00306C

**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](http://www.endress.com/cpa875)



《技术资料》TI01168C

**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](http://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](http://www.endress.com/cpa871)



《技术资料》TI01191C

**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](http://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](http://www.endress.com/cpa250)



《技术资料》TI00041C

## 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](http://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](http://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](http://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](http://www.endress.com/cyk20)

### 手持式变送器

#### **Liquiline Mobile CML18**

- 多参数手持设备，适用实验室和现场应用场合
- 可靠传输测量值，通过显示单元和 app 操作
- 产品主页上的 Configurator 产品选型软件: [www.endress.com/CML18](http://www.endress.com/CML18)



《操作手册》BA02002C

---

---



[www.addresses.endress.com](http://www.addresses.endress.com)

---