TI01396C/28/ZH/02.20
71516342
2020-11-23

技术资料
Memosens CPS77D

ISFET pH 电极，适用蒸汽消毒和高压灭菌应用

Memosens 数字技术

应用

- 卫生和消毒应用
- 食品和制药行业
- 生物技术领域

优势

- 无玻璃破裂风险
  - 电极杆采用 PEEK 材质（FDA 认证）
  - 直接接液测量，节约采样和实验室分析的时间和成本
- 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）要求
- 适用于低温应用工况
  - 响应迅速
  - 保持高测量精度
- 耐受蒸汽消毒和高压灭菌
- 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
- 在碱性环境中具有高稳定性
- 与全自动可伸缩式安装支架配套使用，特别适合 CIP 工艺

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

Endress+Hauser
People for Process Automation

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 MOS [1)]晶体管结构→ 图 1, 页 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, 页 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, 页 2（图号 4），产生漏电电流 I_D（需要接通电压 U_D）。

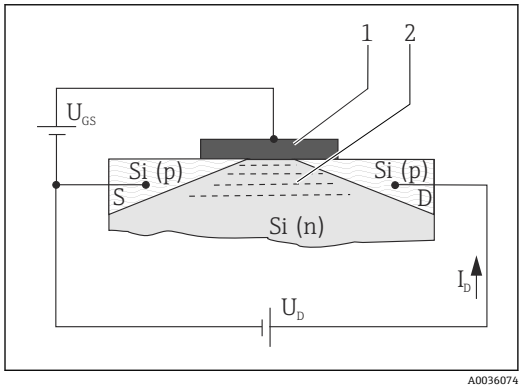


图 1　MOSFET 工作原理

1　金属栅极
2　N 型导电沟道

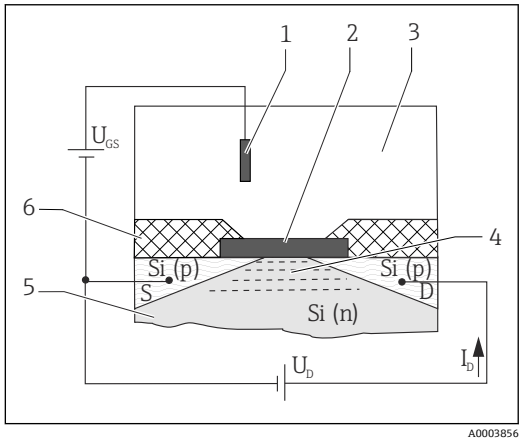


图 2　ISFET 测量原理

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	F	法拉利常数（26.803 Ah）
U_0	偏置电压	a_{ion}	离子活度（H^+）
R	气体常数（8.3143 J/molK）	$\frac{2.3 \cdot RT}{nF}$	能斯特系数
T	温度[K]		
n	电化学值（1/mol）		

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

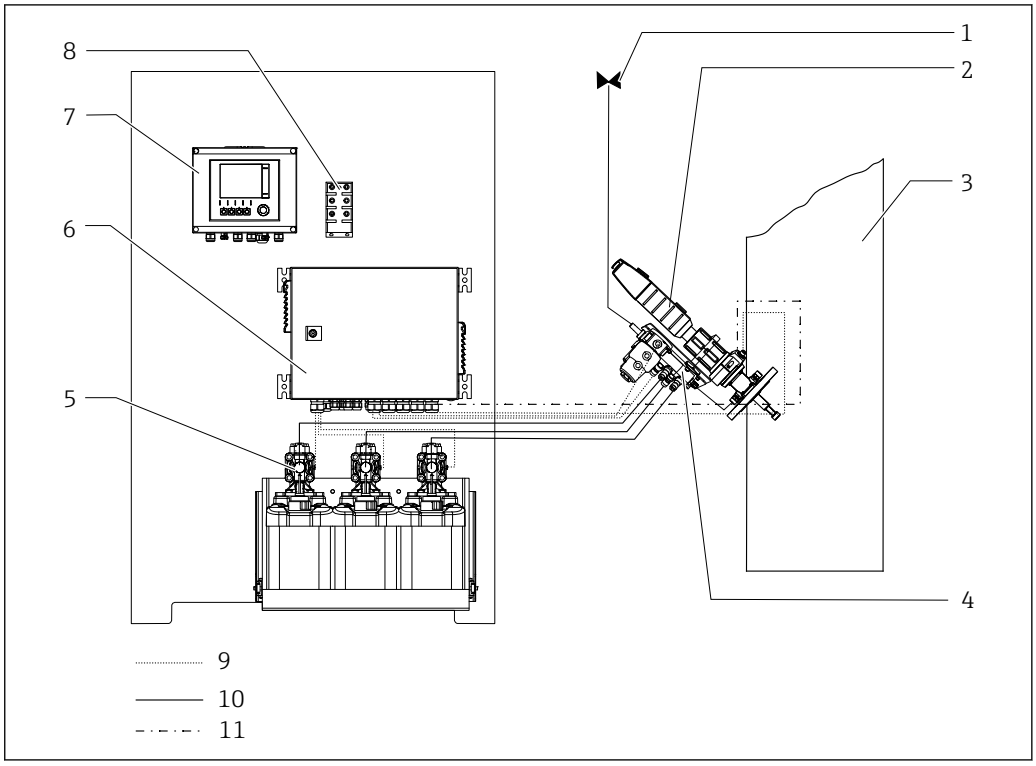
1)　金属氧化物半导体

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 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

食品行业应用



3 完整测量系统

1 安装位置的进水连接
2 安装支架
3 过程或介质
4 冲洗单元
5 泵罐单元
6 气动控制单元
7 CDC90 控制单元
8 以太网开关
9 试剂（清洗液、标定液）
10 压缩空气管路
11 供电电缆、信号电缆

Liquiline Control CDC90 的详细信息参见《操作手册》BA01707C

ISFET 电极应用广泛，能够耐受 SIP 工艺，高精度输出温度值和 pH 值。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。在类似工况中，介质会去除 ISFET 芯片上的氧化绝缘层，影响测量结果。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

制药行业和生物技术领域

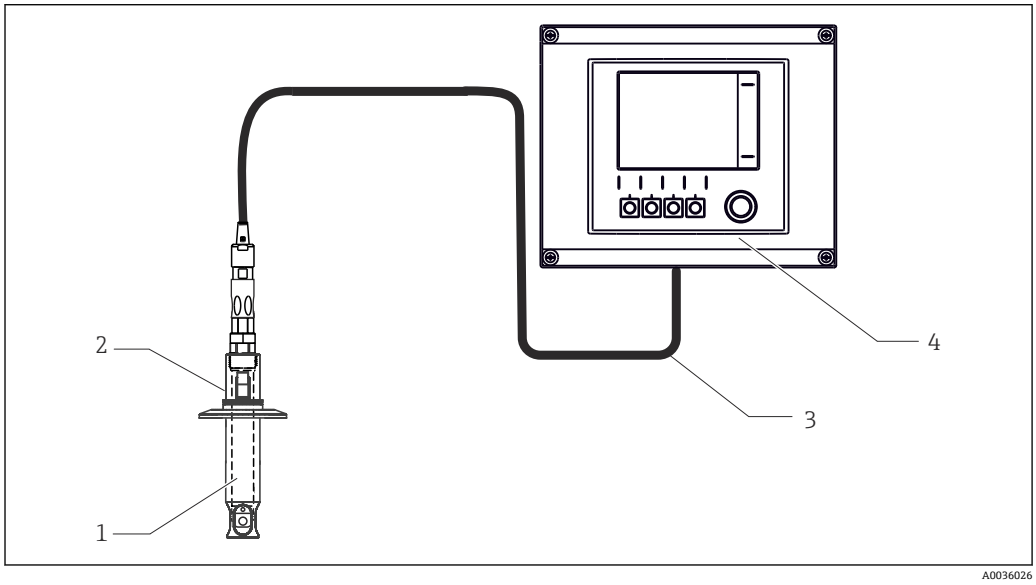
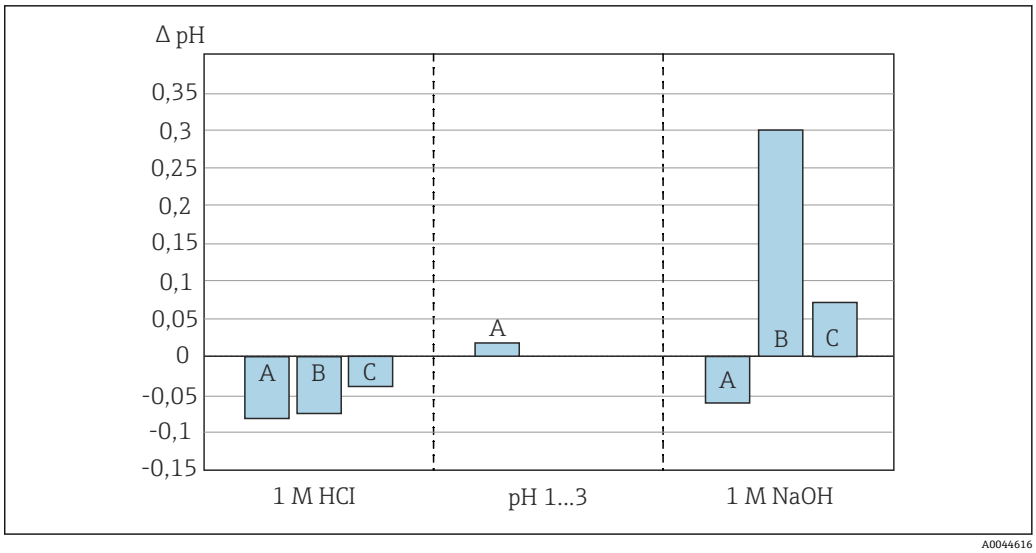


图 4　在制药行业和生物技术领域使用的测量系统

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

特点

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 Δ pH 0.02（25 ℃ (77 ℉)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。



5 酸碱误差比对图：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

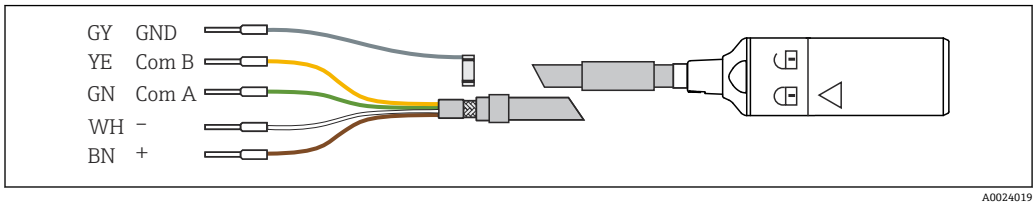
−15 … 135 °C (5 … 275 °F)

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

双腔室参比系统，自带参比电极，充注盐桥电解液。能够保证隔膜和参比引线间的电气接触始终稳定有效，长毒性扩散路径。盐桥电解液耐受温度和压力波动。

Ag/AgCl 参比引线（盐桥电解液），带改良型 Gel 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

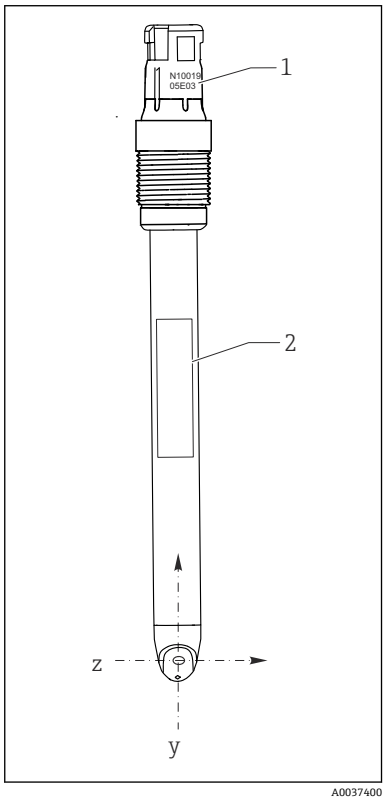
在温度波动剧烈的工况中，内置温度传感器的响应速度变慢。此时，首先调节传感器温度，随后才能执行标定或开始测量。

安装

安装方向

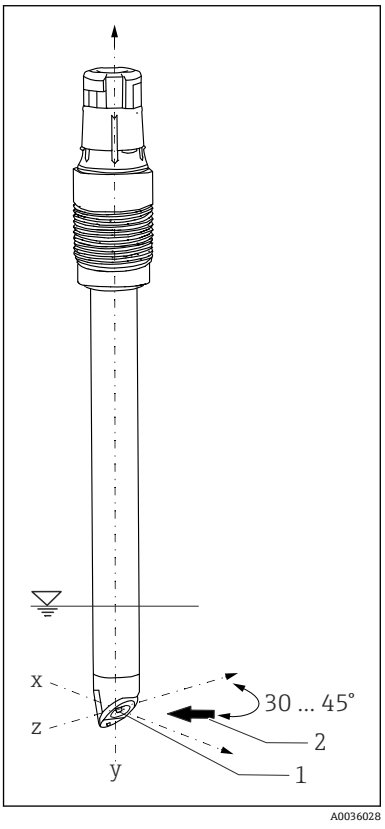
安装电极时注意介质的流向。

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



7 电极安装方向示意图（正视图）

1 序列号
2 铭牌



8 电极安装方向示意图（3D 视图）

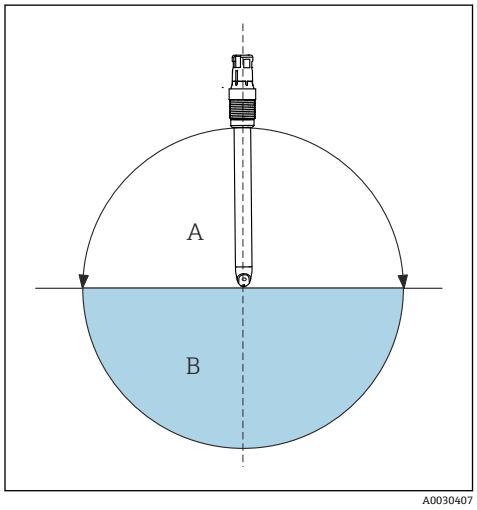
1 ISFET 芯片
2 介质流向

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

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)]，导致介质和隔膜间的电气连接中断。



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）。

🖼 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

卫生合规要求

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
- 采用自排空安装方式
- 避免卫生死角

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−15 ℃ (5 ℉) 时，禁止使用电极。

储存温度

0 … 50 ℃ (32 … 122 ℉)

防护等级

Memosens
IP 68 (测试条件：10 m (33 ft)水柱，25 ℃ (77 ℉)，45 天，高温灭菌温度不超过 135 ℃ (275 ℉))

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

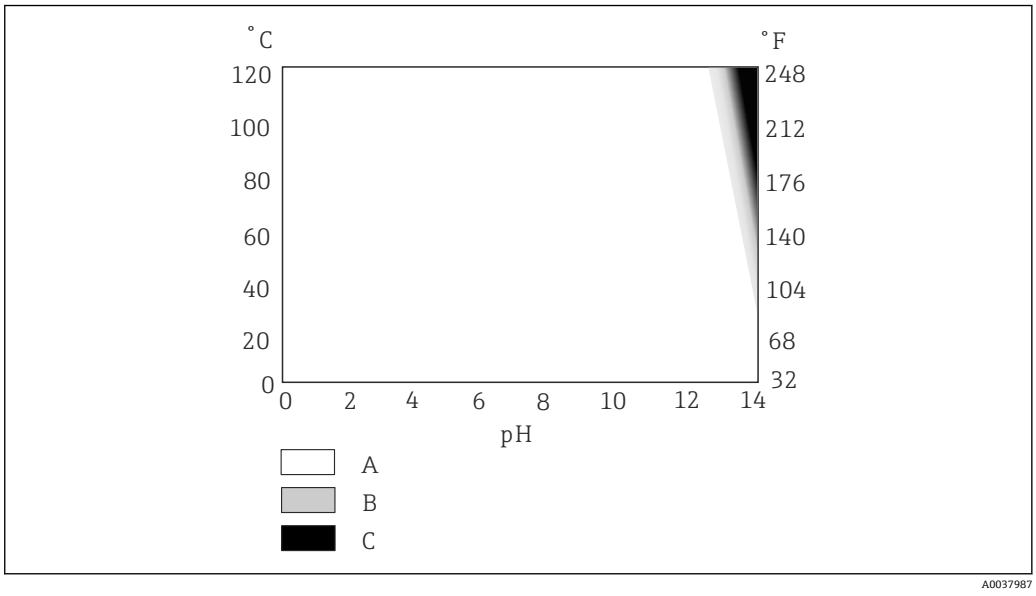
−15 … 70 ℃ (5 … 158 ℉)

t_p

−15 … 135 ℃ (5 … 275 ℉)

pH 值，与介质温度相关

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（→ 10, 9）使用，才能保证电极的设计使用寿命。在温度超过 65 ℃ (149 ℉)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。



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

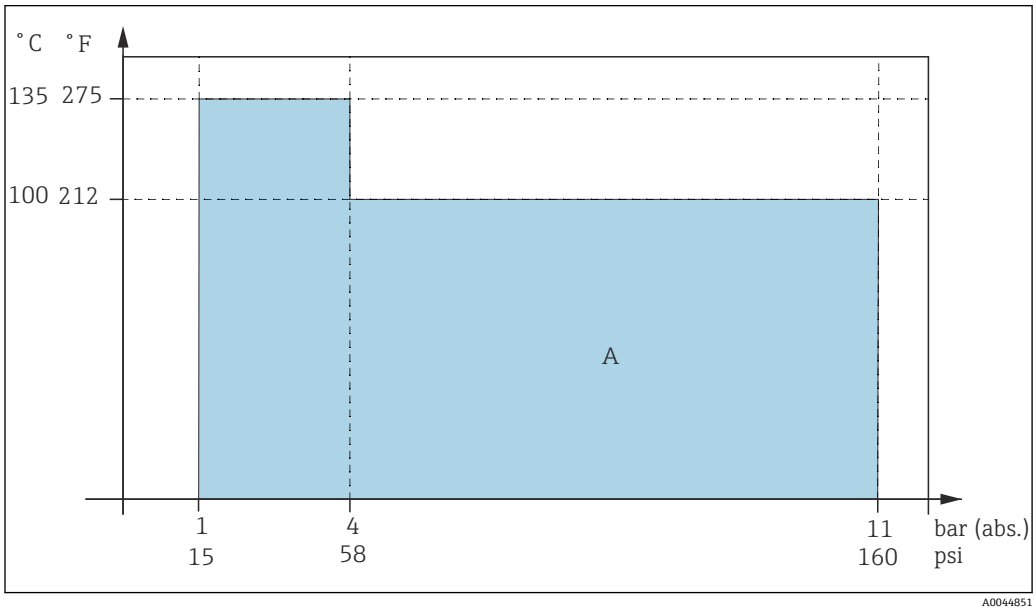
与电极的具体订货号相关。订购信息→ 12

过程压力范围

最大绝压：11 bar (160 psi)，在 100 ℃ (212 ℉)温度下

0.8 bar (12 psi)（最小允许绝压）。

电导率	最低电导率[2)]：50 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，135 °C (275 °F)时，持续 1 小时



11 温压曲线

A ISFET 适用范围

注意

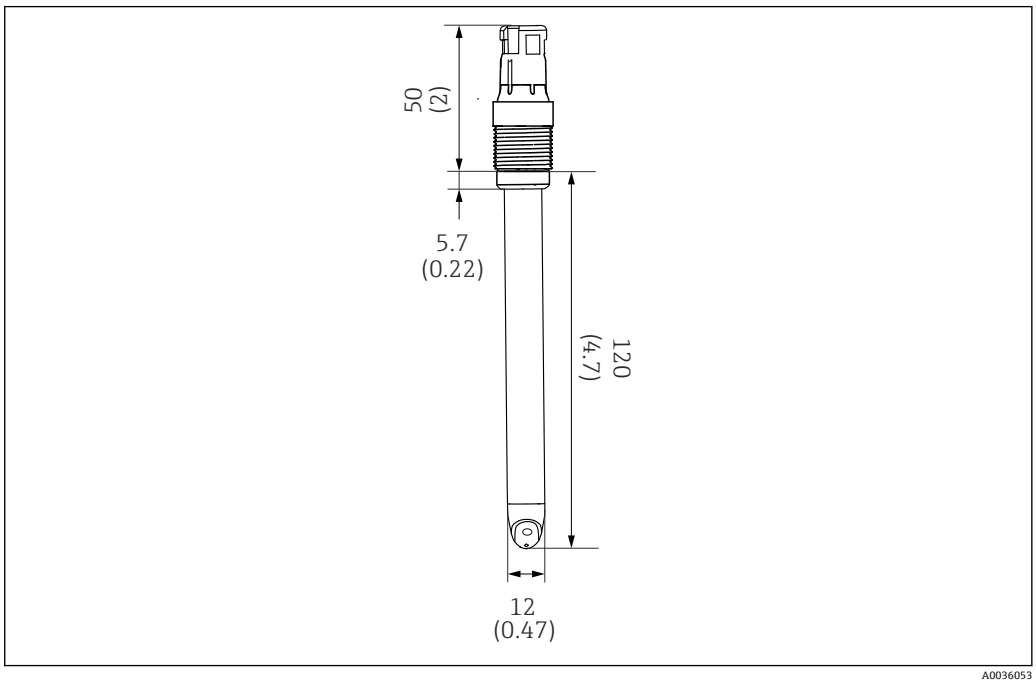
存在电极损坏的风险！

▶ 禁止在指定规格要求下的应用范围之外使用电极！

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。

机械结构

设计及外形尺寸



12 CPS77D 的外形尺寸示意图；单位：mm (in)

重量

CPS77D（电极杆长度 120 mm (4.7 in)）：	35.4 g (1.25 oz)
CPS77D（电极杆长度 225 mm (8.7 in)）：	50.3 g (1.77 oz)
CPS77D（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 认证或 3-A 认证）
密封圈	全氟醚橡胶（FDA 认证或 3-A 认证）
隔膜	陶瓷，耐受高温蒸汽消毒

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

CPS77D:
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。

卫生型认证

3A 认证

符合 3-A 74-06 标准（“3-A 74-06 卫生标准，传感器,传感器的配件和连接”）。只有安装带保护帽的传感器方符合 74-06 标准要求。

FDA 认证

制造商确认所有材质均通过 FDA 认证。

EHEDG 测试

符合 EHEDG 的卫生设计要求
- 慕尼黑工业大学，酿酒与食品质量研究中心，Freising-Weihenstephan
- 证书：EL I 级无菌认证

ASME BPE-2018 认证

产品设计符合 ASME BPE（美国机械工程师学会生物加工设备）标准

EC 1935/2004 法规（欧盟食品接触材料与物品法规）

满足 EC 1935/2004 法规要求
满足食品接触产品安全认证的要求。

生物兼容性测试

通过生物兼容性测试:
- 体外（细胞毒性）生物活性试验，符合 USP <87>标准
- 体内生物活性试验，符合 USP <88> Cl. VI 标准，121 °C (250 °F)

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/CPS77D

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（选配）

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》。

71516342

www.addresses.endress.com

Endress+Hauser

People for Process Automation