

技术资料

Memosens CPS47D

ISFET pH 电极，适用蒸汽消毒和高压灭菌应用



Memosens 数字技术

应用

满足特殊测量要求:

- 高测量精度
- 堵塞介质测量 (带压测量)
- 高浓度有机溶剂测量
- 低电导率介质测量

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
- 允许充注 KCl 电解液
- 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
- 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

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)，产生漏极电流 I_D (需要接通电压 U_D)。

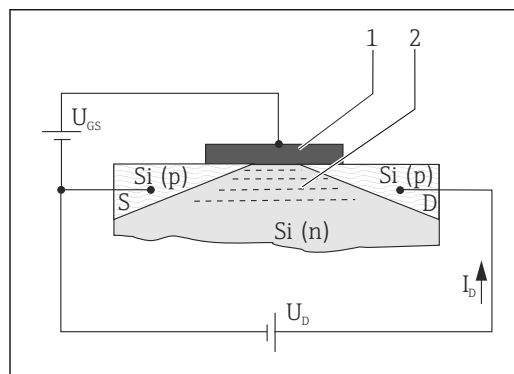


图 1 MOSFET 工作原理

- 1 金属栅极
- 2 N 型导电沟道

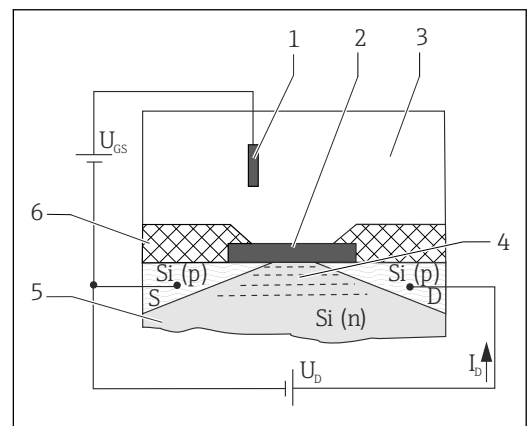


图 2 ISFET 测量原理

- 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
- U₀ 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_{ion} 离子活度 (H⁺)
- $\frac{2.3 \cdot RT}{nF}$ 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 或 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

食品行业应用

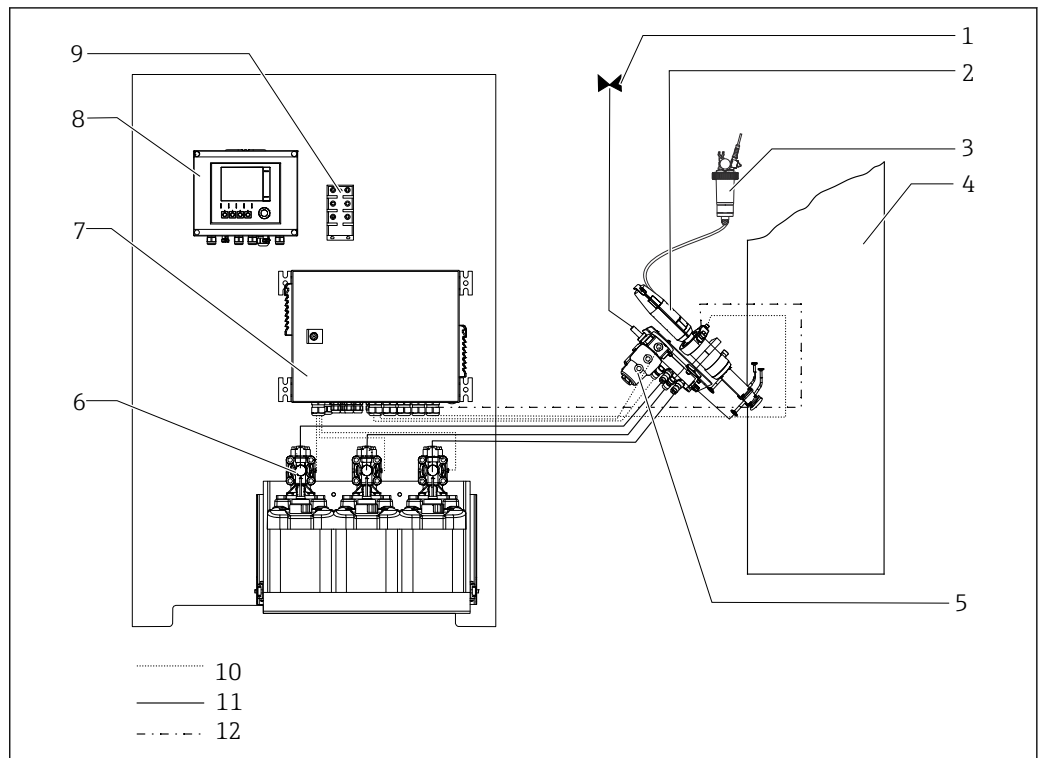



图 3 完整测量系统

- 1 安装位置的进水连接
- 2 安装支架
- 3 电解液罐 CPY7B
- 4 过程或介质
- 5 冲洗单元
- 6 泵罐单元
- 7 气动控制单元
- 8 CDC90 控制单元
- 9 以太网开关
- 10 试剂 (清洗液、标定液)
- 11 压缩空气管路
- 12 供电电缆、信号电缆

 Liquiline Control CDC90 的详细信息参见《操作手册》BA01707C 和《技术资料》TI01340C

ISFET 电极应用广泛, 可耐受原位消毒 (SIP) 工艺, 保证高精度 pH 值和温度测量。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 芯片上的氧化隔离层, 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

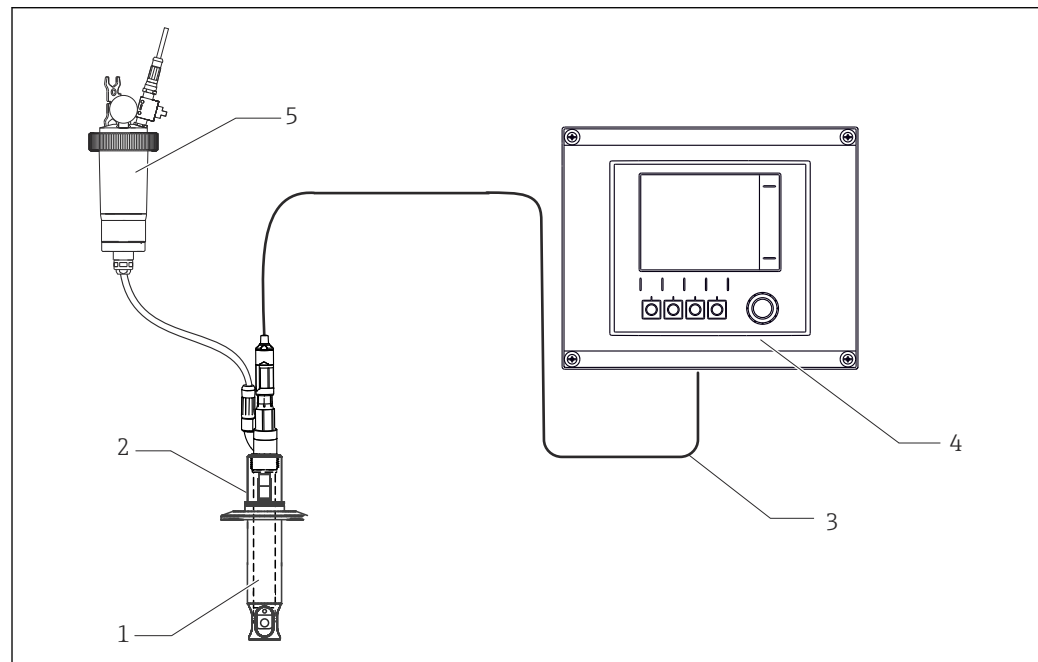
制药行业和生物技术领域

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
- 5 电解液罐 CPY7B

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。

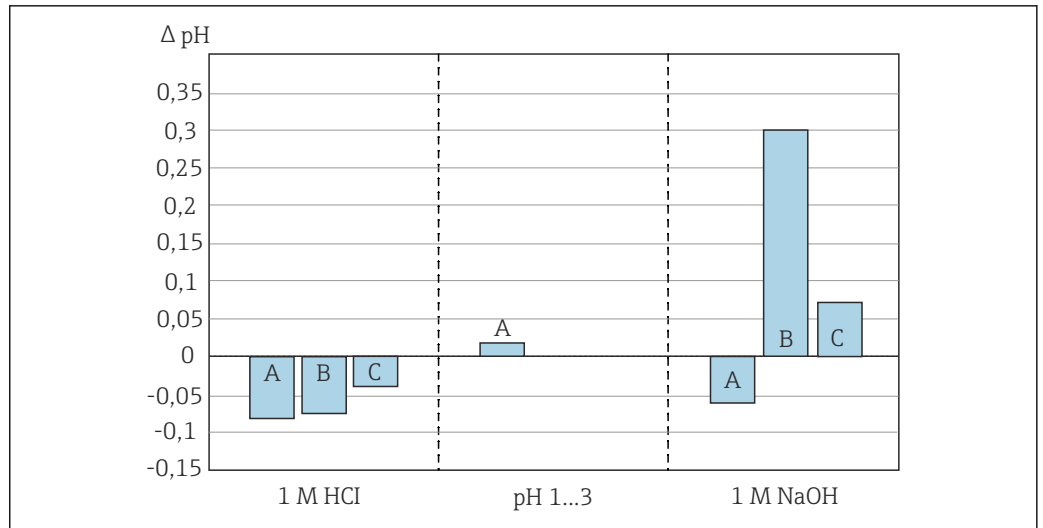


图 5 酸碱误差对比图: ISFET 电极、玻璃电极 1 和玻璃电极 2


- 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 ... 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。

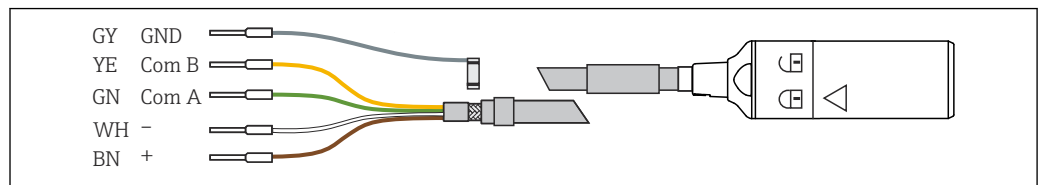




图 6 Memosens 电缆 CYK10

性能参数

参考操作条件	参考温度： 参考压力：	25 °C (77 °F) 1013 hPa (15 psi)
--------	----------------	------------------------------------

<p>参比系统</p>	<p>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。 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</p>
<p>重复性</p>	<p>± 0.01 pH</p>
<p>响应时间</p>	<p>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： <ul style="list-style-type: none"> ■ 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 </p>
<p>响应时间 (t₉₀)</p>	<p>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。</p>

安装

<p>安装方向</p>	<p> 安装电极时注意介质的流向。</p> <p>► 安装就位的 ISFET 芯片（图号 2），与介质流向的夹角在 30 ... 45° 之间。 ↳ 使用旋转电极头调节安装角度。</p>
--------------------	---

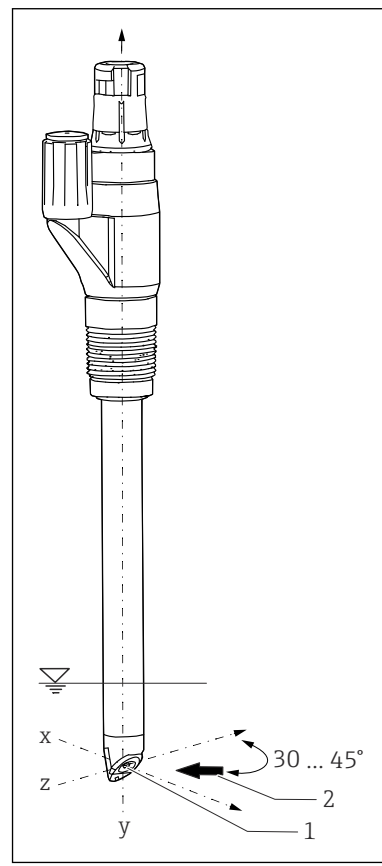
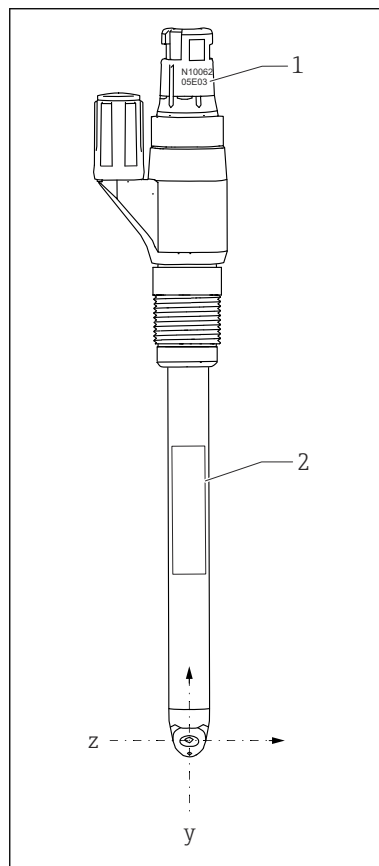


图 7 电极安装方向示意图（正视图）

- 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

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。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⁾，导致介质和隔膜间的电气连接中断。

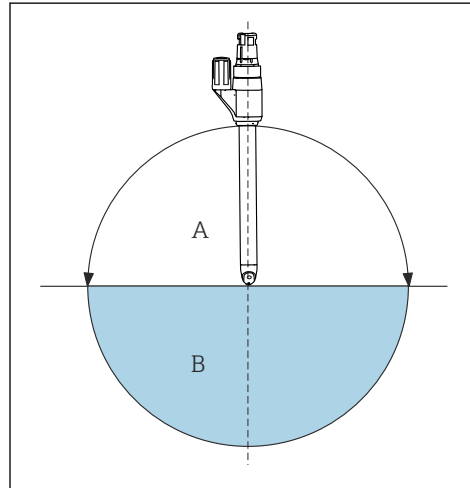


图 9 安装角度

- A 推荐安装角度
B 允许安装角度，请注意基本条件!

i 电极倒装时，必须确保 KCl 电解液罐中没有气泡。

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）。

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）。

i 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

i 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 °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

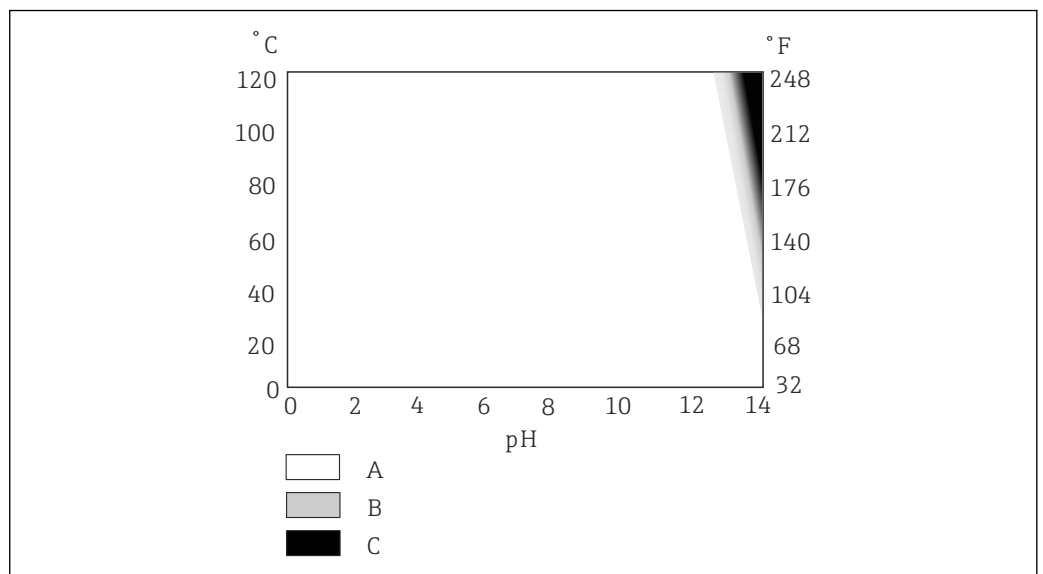
过程温度范围

t_a
-15 ... 70 °C (5 ... 158 °F)

t_p
-15 ... 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 (→ ☒ 10, ☒ 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。



☒ 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 °C (212 °F) 温度下
 ⓘ 0.8 bar (12 psi) (最小允许绝压)。

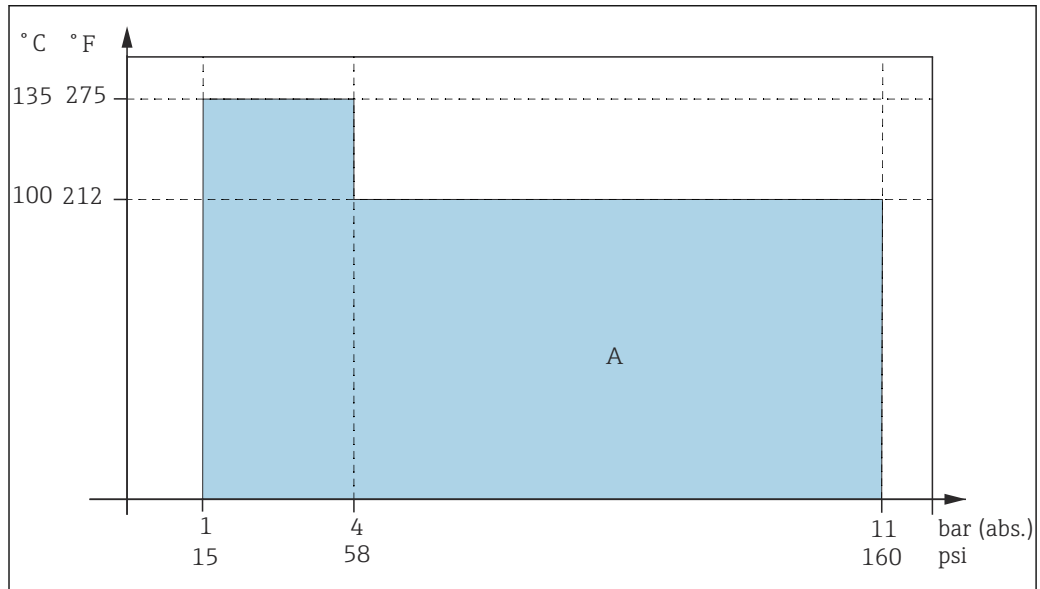
电导率 最低电导率²⁾: 10 µS/cm

温压曲线 电极的允许过程压力禁止超过电解液罐的背压。否则，在过程压力作用下介质流入电解液罐。
 电解液罐 CPY7 的最大允许压力为 11 bar (160 psi) (在 30 °C (86 °F) 温度下)。

i 注意电解液罐的《操作手册》中的各项说明。

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



A0044851

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!

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

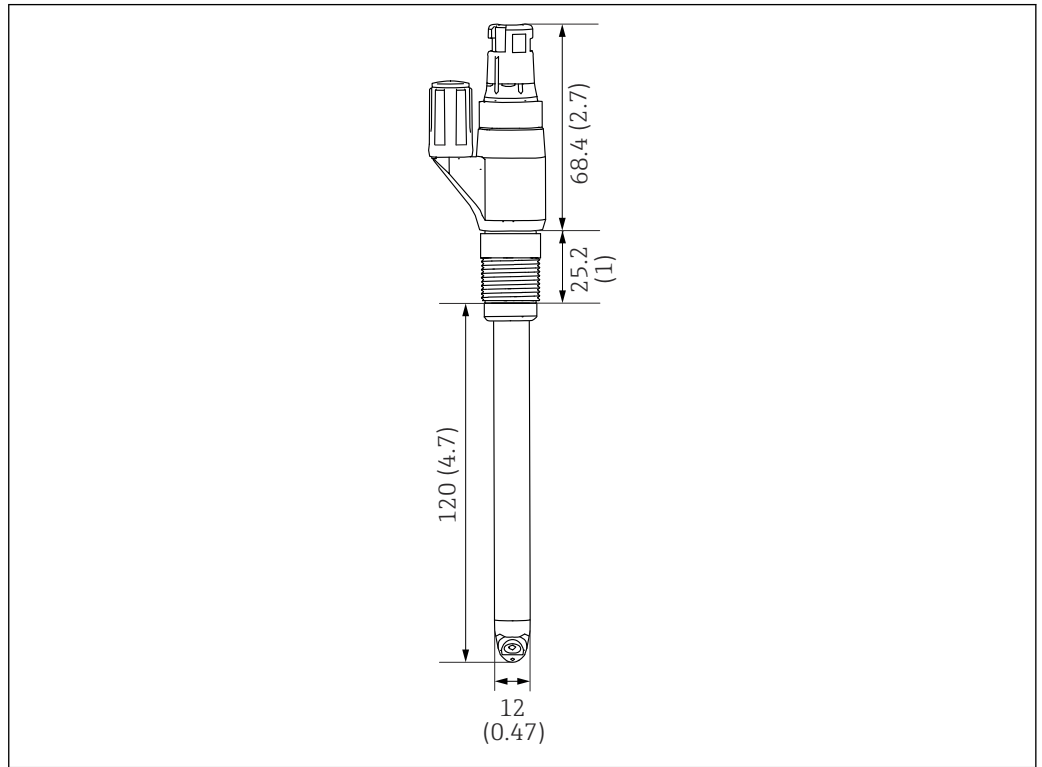


图 12 CPS47D 的外形尺寸示意图；单位：mm (in)

重量	CPS47D (电极杆长度 120 mm (4.7 in)) :	70.6 g (2.5 oz)
	CPS47D (电极杆长度 225 mm (8.7 in)) :	84.2 g (2.96 oz)
	CPS47D (电极杆长度 360 mm (14.2 in)) :	102 g (3.6 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

CPS47D:
Memosens 接头, 可旋转

过程连接

Pg 13.5

表面光洁度	$R_a < 0.76 \mu\text{m}$ (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	<p>ATEX II 1G Ex ia IIC T4/T6 Ga</p> <p>IECEX Ex ia IIC T4/T6 Ga</p> <p> 防爆型 Memosens 数字式传感器的插接头上带桔红色标记环。</p>
卫生型认证	<p>3A 认证</p> <p>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。</p> <p>FDA 认证</p> <p>制造商确认所有材质均通过 FDA 认证。</p> <p>EHEDG 测试</p> <p>符合 EHEDG 的卫生设计要求</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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 <p>ASME BPE-2018 认证</p> <p>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</p> <p>EC 1935/2004 法规 (欧盟食品接触材料与物品法规)</p> <p>满足 EC 1935/2004 法规要求 满足食品接触产品安全认证的要求。</p> <p>生物兼容性测试</p> <p>通过生物兼容性测试:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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	<p>TÜV 认证 (Memosens 插接头)</p> <p>耐压 16 bar (232 psi) (表压), 不得低于安全压力的三倍</p> <p>EAC 认证</p> <p>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。</p>


订购信息

产品主页 www.endress.com/CPS47D

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。

- 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


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
