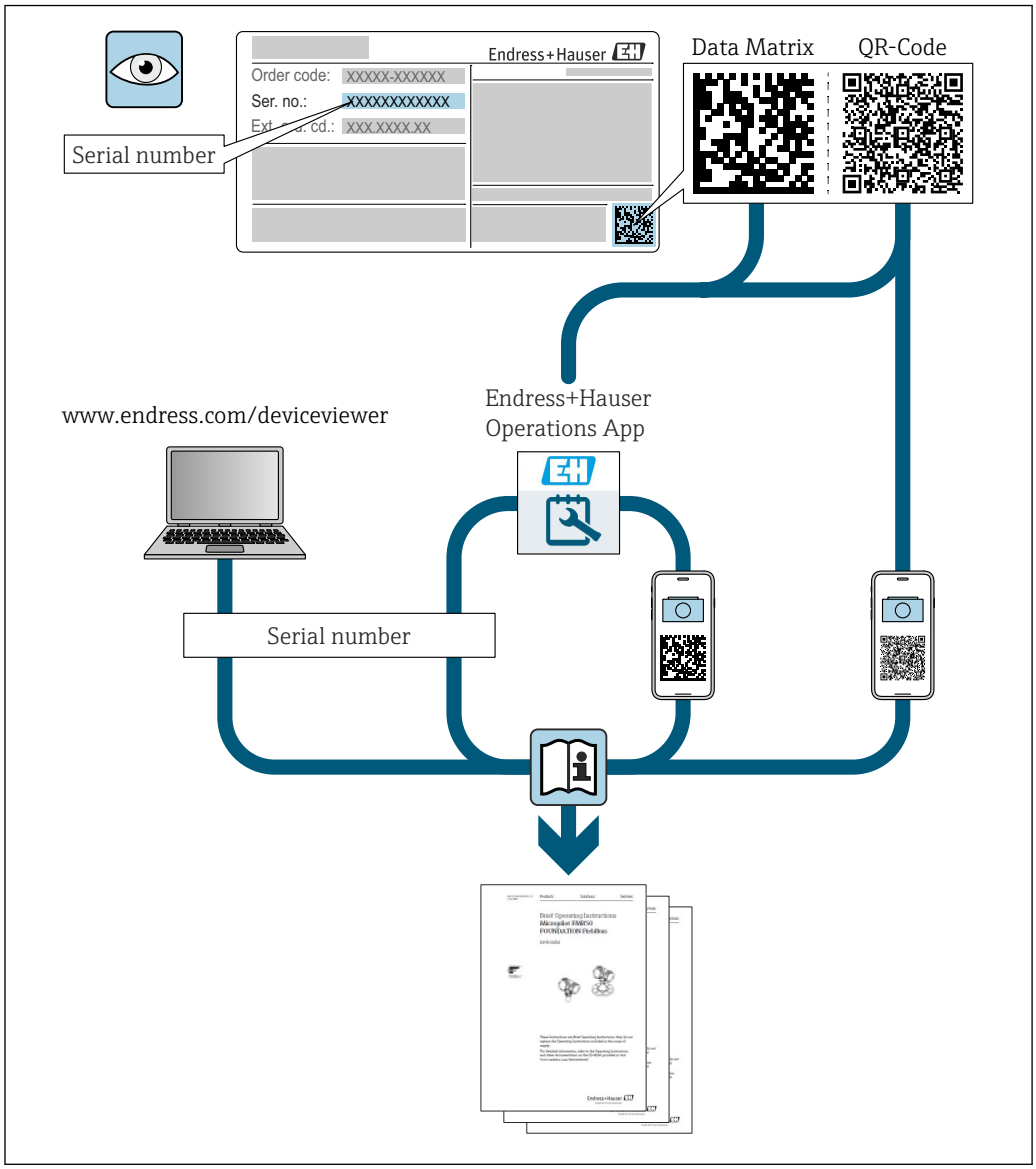
BA02593F/28/ZH/05.26-00
71785852
2026-09-11
自下列版本起生效
01.00.zz (设备软件)

操作手册
Liquiphant FTL51B Density 音叉密度计
与密度计算仪 QML51 配套使用

音叉密度计
液体密度测量



Endress+Hauser
People for Process Automation



- 请妥善保存文档，便于操作或使用仪表时查看
- 为了避免出现人员受伤或设备损坏危险，必须仔细阅读“基本安全指南”章节，以及针对特定操作步骤的文档中的所有其他安全指南

制造商保留修改技术参数的权利，恕不另行通知。Endress+Hauser 当地销售中心将为您提供最新文档信息和更新说明。

目录

1 文档信息 5
1.1 文档功能 5
1.2 信息图标 5
1.2.1 安全图标 5
1.2.2 电气图标 5
1.2.3 工具图标 5
1.2.4 特定信息图标 5
1.2.5 图中的图标 6
1.3 文档资料 6
1.4 注册商标 6

2 基本安全指南 7
2.1 人员要求 7
2.2 指定用途 7
2.3 工作场所安全 7
2.4 操作安全 8
2.5 产品安全 8
2.6 IT 安全 8

3 产品描述 8
3.1 测量原理 8
3.2 测量系统 9
3.3 产品设计 10

4 到货验收和产品标识 10
4.1 到货验收 10
4.2 产品标识 11
4.2.1 铭牌 11
4.2.2 制造商地址 11
4.3 储存和运输 11
4.3.1 储存条件 11
4.3.2 运输设备 11

5 安装 12
5.1 安装要求 12
5.1.1 流速 - 管道内安装 13
5.1.2 前后直管段 14
5.1.3 校正系数 14
5.1.4 防止黏附 17
5.1.5 预留安装间隙 17
5.1.6 支撑设备 17
5.1.7 焊座，带泄漏检测孔 18
5.2 安装设备 18
5.2.1 所需工具 18
5.2.2 安装 18
5.3 滑动套管 20
5.4 安装后检查 20

6 电气连接 21
6.1 接线要求 21
6.1.1 带锁定螺丝的外壳盖 21
6.1.2 连接保护性接地端 (PE) 21
6.2 连接设备 21
6.2.1 电子插件 FEL60D：两线制连接，密度测量 22
6.2.2 连接电缆 23
6.2.3 连接后检查 24

7 操作方式 25
7.1 操作方式概述 25
7.1.1 操作方式 25
7.1.2 电子插件上的部件 25

8 调试 25
8.1 安装后检查和功能检查 25
8.2 开机 25

9 操作 26
9.1 指示灯信号 26

10 诊断和故障排除 27
10.1 通过 LED 指示灯标识诊断信息 27
10.1.1 电子插件上的 LED 指示灯 27

11 维护 27
11.1 维护任务 27
11.1.1 清洁 27

12 维修 28
12.1 概述 28
12.1.1 维修理念 28
12.1.2 防爆型设备维修 28
12.2 备件 28
12.3 返厂 28
12.4 废弃 29

13 Liquiphant Density 音叉密度计的附件 29
13.1 设备浏览器 29
13.2 防护罩，适用双腔体铝外壳 29
13.3 防护罩，适用单腔体铝外壳 30
13.4 M12 插槽 30
13.5 焊座 30
13.6 常压滑动套管 31

14 技术参数 32
14.1 输入 32
14.1.1 测量变量 32
14.1.2 测量范围 32
14.2 输出 32
14.2.1 防爆连接参数 32

14.3 环境条件 32
14.3.1 环境温度范围 32
14.3.2 海拔高度 33
14.3.3 气候等级 33
14.3.4 防护等级 33
14.3.5 污染等级 33
14.4 过程条件 33
14.4.1 过程温度范围 33
14.4.2 热冲击 34
14.4.3 过程压力范围 34
14.4.4 密闭压力 34
14.5 其他技术参数 34

索引 35

1 文档信息

1.1 文档功能

《操作手册》包含设备生命周期内各个阶段所需的所有信息：从产品标识、到货验收和储存，至安装、电气连接、操作和调试，以及故障排除、维护和废弃。

1.2 信息图标

1.2.1 安全图标

危险
危险状况警示图标。若未能避免这种状况，可能导致人员严重或致命伤害。

警告
潜在危险状况警示图标。若未能避免这种状况，可能导致人员严重或致命伤害。

小心
潜在危险状况警示图标。若未能避免这种状况，可能导致人员轻微或中等伤害。

注意
潜在财产损坏警示图标。若未能避免这种状况，可能导致产品损坏或附近的物品损坏。

1.2.2 电气图标

⏚ 接地连接
接地夹已经通过接地系统可靠接地。

⊜ 保护性接地（PE）
进行后续电气连接前，必须确保此接线端已经安全可靠地接地。设备内外部均有接地端。

1.2.3 工具图标

一字螺丝刀

内六角扳手

开口扳手

1.2.4 特定信息图标

允许
允许的操作、过程或动作

推荐
推荐的操作、过程或动作

禁止
禁止的操作、过程或动作

提示
附加信息

参见文档

参考页面

参考图

1.2.5 图中的图标

1、2、3 ...
部件号

1.、2.、3.
操作步骤

操作结果

提示信息或重要分步操作

A、B、C ...
视图

90° 视角
表示以不同视角显示物体

危险区
危险区标识

安全区（非危险区）
非危险区标识

1.3 文档资料

配套技术文档资料的查询方式如下：
- 设备浏览器（www.endress.com/deviceviewer）：输入铭牌上的序列号
- 在 Endress+Hauser Operations app 中：输入铭牌上的序列号或扫描铭牌上的二维码。

在 Endress+Hauser 网站的下载区（www.endress.com/downloads）中下载下列文档资料，具体取决于产品配置：

文档类型	文档用途和内容
《技术资料》（TI）	**设计规划指南** 文档包含产品的所有技术参数和可以随产品一同订购的所有相关部件的概述。
《简明操作指南》（KA）	**获取首个测量值的快速指南** 文档包含产品的所有必要信息，从到货验收到初始调试。
《操作手册》（BA）	**完整参考文档** 文档包含产品生命周期内各个阶段所需的所有信息：从产品标识、到货验收和储存，至安装、电气连接、操作和调试，以及故障排除、维护和处置。
《仪表功能描述》（GP）	**仪表参数说明** 文档包含产品中可读或可设置参数的详细说明。适用对象是在产品整个生命周期内执行操作和特定设置的人员。
《安全指南》（XA）	取决于认证类型，还会随箱提供防爆电气设备《安全指南》。《安全指南》是《操作手册》的组成部分。 设备铭牌上标识有配套《安全指南》（XA）的文档资料代号。
设备补充文档资料（SD/FY）	必须始终严格遵守补充文档资料中的各项说明。补充文档是产品文档的组成部分。

1.4 注册商标

Modbus®
施耐德自动化有限公司的注册商标

OPC UA
OPC 基金会的注册商标（美国亚利桑那州斯科茨代尔）

HART®
现场通信组织的注册商标（美国德克萨斯州奥斯汀）

2 基本安全指南

2.1 人员要求

执行安装、调试、诊断和维护操作的人员必须符合下列要求:
- ▶ 经培训的合格专业人员必须具有执行特定功能和任务的资质。
- ▶ 经工厂厂方/操作员授权。
- ▶ 熟悉联邦/国家法规。
- ▶ 开始操作前，专业人员必须事先阅读并理解《操作手册》、补充文档和证书中(取决于实际应用)的各项规定。
- ▶ 遵守操作指南和基本条件要求。

操作人员必须符合下列要求:
- ▶ 经工厂厂方/操作员针对任务要求的指导和授权。
- ▶ 遵守手册中的指南。

2.2 指定用途

本文档中介绍的设备仅可用于液体的密度测量。

测量系统包括:
- 一台密度计算仪 QML51
- 最多两台 Liquiphant Density 音叉密度计
- 最多两台温度传感器
- 最多两台压力传感器

密度计算仪 QML51 采用数学方法和标准计算派生变量（例如介质浓度）。

禁止超出设备的规格参数范围
参见技术文档资料

使用错误
对于使用不当或用于非指定用途导致的设备损坏，制造商不承担任何责任。

避免机械损坏:
- ▶ 禁止使用锐利或坚硬物体接触或清洁设备表面。

核实临界工况:
- ▶ 测量特殊介质和清洗液时，Endress+Hauser 十分乐意帮助您核实接液部件材质的耐腐蚀性，但对此不做任何担保，不承担任何责任。

其他风险
在操作过程中，与过程的热交换以及电子部件内部的功率消耗可能导致 Liquiphant 外壳温度升高至 80 °C (176 °F)。在测量过程中，传感器温度可能接近介质温度。

存在接触表面烫伤的危险!
- ▶ 测量高温流体时，确保已采取防护措施避免发生接触性烫伤。

2.3 工作场所安全

操作设备时:
- ▶ 穿戴国家规定的个人防护装备。

2.4 操作安全

设备损坏!
- ▶ 设备符合技术规格参数，无错误、无故障，否则禁止操作设备。
- ▶ 运营方有责任确保设备正常工作。

设备设置、测试和维护操作

在设备设置、测试和维护操作期间，过程安全可能面临风险。
- ▶ 必须采取替代性监管措施，确保操作安全和过程安全。

改装设备

如果未经授权，禁止改装设备，改装会导致不可预见的危险。
- ▶ 如需改装，请咨询 Endress+Hauser 当地销售中心。

维修

为了确保设备始终安全和可靠测量:
- ▶ 未经明确许可禁止修理设备。
- ▶ 遵守联邦/国家法规中的电子设备修理准则。
- ▶ 仅使用 Endress+Hauser 的原装备件和附件。

防爆危险区

在防爆危险区中使用设备时（例如防爆要求），应避免人员受伤或设备损坏危险:
- ▶ 参照铭牌检查并确认所订购的设备是否允许在防爆危险区中使用。
- ▶ 遵守单独成册的补充文档资料中的说明，补充文档资料是本手册的组成部分。

2.5 产品安全

设备基于工程实践经验设计和测试，符合最先进的操作安全标准。通过出厂测试，可以安全工作。

符合常规安全标准和法规要求。此外，还符合设备 EU 符合性声明中的 EU 准则要求。制造商确保粘贴有 CE 标志的设备满足上述要求。

2.6 IT 安全

制造商只对按照《操作手册》安装和使用的产品提供质保。产品配备安全防护机制，用于防止意外改动。

操作员必须根据相关安全标准执行 IT 安全措施，为产品和相关数据传输提供额外的防护。

3 产品描述

Liquiphant FTL51B 音叉密度计安装有电子插件 FEL60D

设备与密度计算仪 QML51 配套使用，进行液体介质的密度测量，允许在防爆危险区中使用。

3.1 测量原理

测量系统包含以下主要部件:
- Liquiphant Density 音叉密度计
- 密度计算仪

Liquiphant Density 音叉密度计与密度计算仪搭配使用，用于测量管道和储罐中的牛顿流体（理想粘度）密度。

在压电晶体驱动下，Liquiphant Density 的音叉以共振频率振动。液体密度变化时，音叉的振动频率也发生变化。因此，介质密度直接影响音叉的振动频率。可利用这种效应进行密度测量。

在密度计算仪中，液体密度基于传感器传输的音叉共振频率以及存储的传感器专用参数计算。为了补偿温度和压力影响，可以将其他相应传感器连接至密度计算仪。

3.2 测量系统

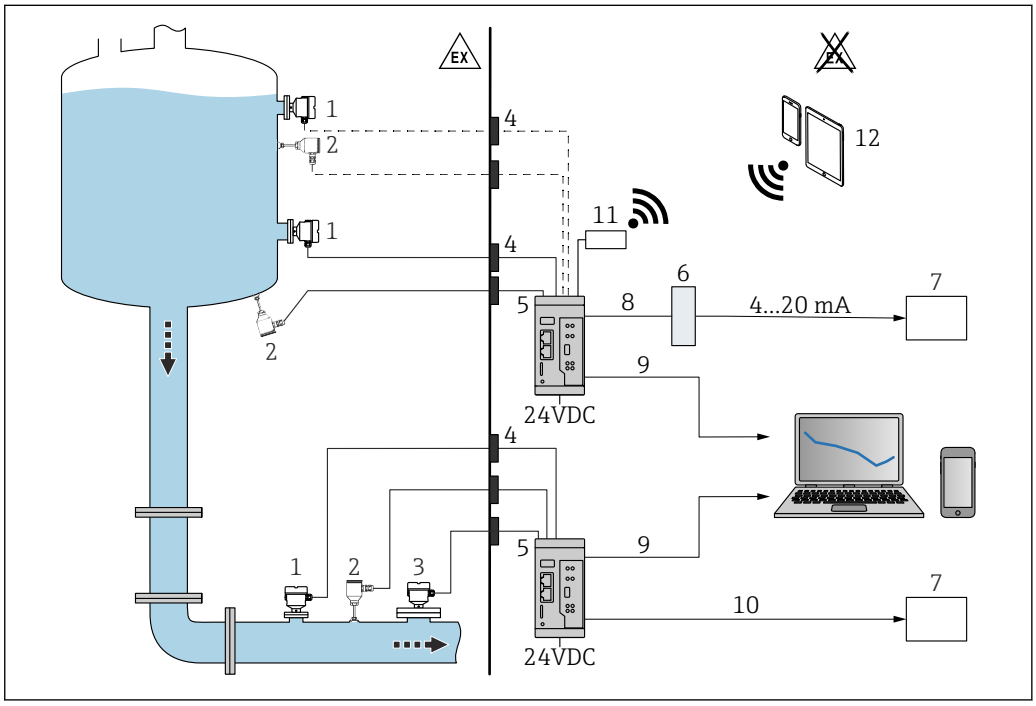


图 1 与密度计算仪 QML51 配套进行密度测量

1 安装有电子插件 FEL60D 的 Liquiphant Density 音叉密度计 → 脉冲输出
2 温度传感器（例如 4 ... 20 mA 输出）
3 压力变送器（4 ... 20 mA 输出）；压力超过 6 bar (87 psi)时或压力波动工况下需要使用
4 防爆安全栅（Liquiphant Density 音叉密度计、温度和/或压力传感器安装在防爆危险区）
5 QML51 密度计算仪
6 Modbus TCP 至 4 ... 20 mA 转换器
7 可编程逻辑控制器
8 Modbus TCP
9 以太网
10 Modbus TCP 或 OPC UA
11 TELTONIKA 路由器 RUT241（附件），用于无线连接。
12 移动设备

在防爆危险区中使用：通过 RN22 有源安全栅进行防爆隔离。双通道型 RN22 有源安全栅可为模拟量设备回路和安全设备供电，达到 SIL2 功能安全等级（SC 3）。本安型 HART®数据透明传输接口可在现场设备和密度计算仪 QML51 之间提供可靠连接。其连接防爆危险区的两线制/四线制设备，并提供符合 NAMUR NE 175 标准的第二路电气隔离信号输出。

除了计算液体介质密度外，密度计算仪 QML51 还可以确定介质的参考密度和溶液的浓度，以及检测多达四种不同的介质或空管状态。

因此，密度计算仪可最多评估两个测量点，并使用辅助电源直接向所连接的两线制变送器供电。这样即可连接多达两台 Liquiphant Density 传感器和两台温度传感器来补偿温度效应，以便计算参考密度。

进行浓度测定时，可以使用仪表存储的标准（例如 ICUMSA 标准（糖浓度）、OIML ITS-90 标准（乙醇）），以及各种预设电解液溶液计算结果（基于 Laliberté-Cooper 模型）。

特定参考密度或浓度表可以线性化表形式手动输入，或者以标准数据格式（例如.csv、.xlsx）输入密度计算仪，以供计算之用。

密度和浓度值可以各种单位输出，例如国际单位、°Baume、°Brix 或°API。

通过内置网页服务器进行 QML51 设置，而网页服务器可使用标准网页浏览器通过安全 TLS 连接进行访问。

输出至 PLC 或 SCADA 系统时，QML51 支持以太网协议 Modbus TCP 和 OPC UA。如果连接 PLC 需要电流信号，可以通过转换器产生。转换器作为附件提供，可产生多达 4 个通道，将 Modbus TCP 信号转换为 4 ... 20 mA 模拟量信号。

3.3 产品设计

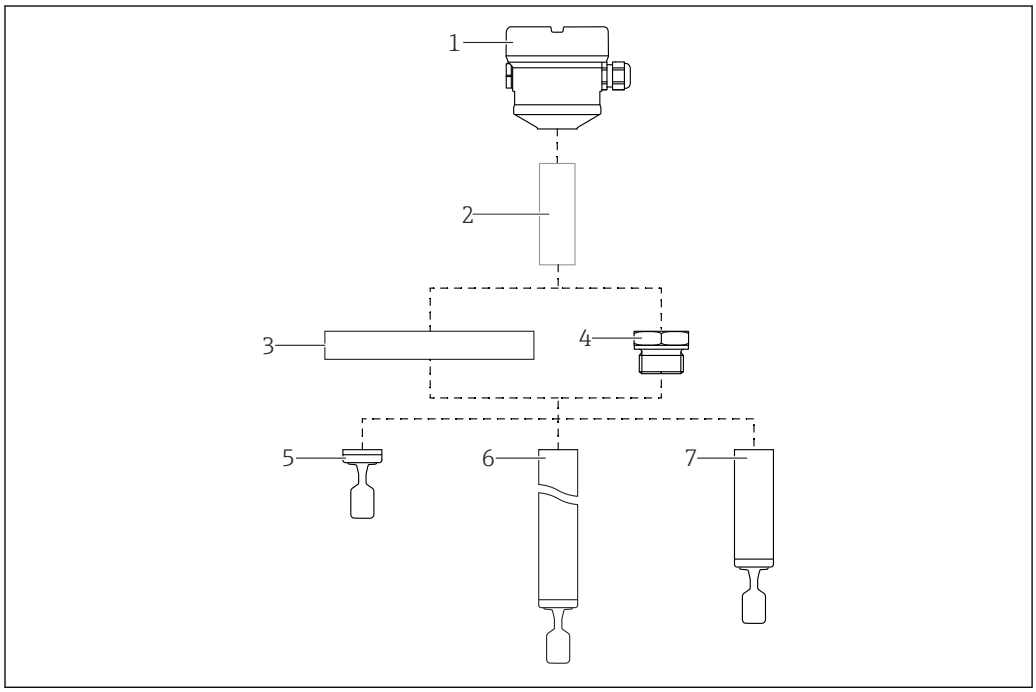


图 2 产品设计：Liquiphant FTL51B

1 外壳，安装有电子插件 FEL60D 和外壳盖
2 选配隔热管，气密馈通（第二道防护）
3 法兰过程连接（选配）
4 螺纹过程连接（选配）
5 一体型探头，带音叉
6 延长管型探头，带音叉
7 短管型探头，带音叉

4 到货验收和产品标识

4.1 到货验收

收到交货时：

1. 检查包装是否完好无损。
   ↳ 立即向制造商报告损坏情况。
   不要安装损坏的部件。
2. 用发货清单检查交货范围。
3. 比对铭牌参数与发货清单上的订购要求。

4. 检查技术文档资料及其他配套文档资料，例如证书，以确保资料完整。

如果不满足任一上述条件，请咨询制造商。

4.2 产品标识

设备标识信息如下：
- 铭牌参数
- 订货号，标识发货清单上的订购选项
- 在设备浏览器中输入铭牌上的序列号（www.endress.com/deviceviewer）：显示完整设备信息。

4.2.1 铭牌

设备是否适用？

铭牌提供下列设备信息：
- 制造商名称、设备名称
- 订货号
- 扩展订货号
- 序列号
- 位号名（可选）
- 技术参数：例如供电电压、电流消耗、环境温度、通信专用数据（可选）
- 防护等级
- 认证类型和图标
- 参见配套《安全指南》（XA）（可选）

▶ 比对铭牌和订货单，确保信息一致。

4.2.2 制造商地址

Endress+Hauser SE+Co. KG
Hauptstraße 1
79689 Maulburg, Germany
产地：参见铭牌。

4.3 储存和运输

4.3.1 储存条件

使用原包装。

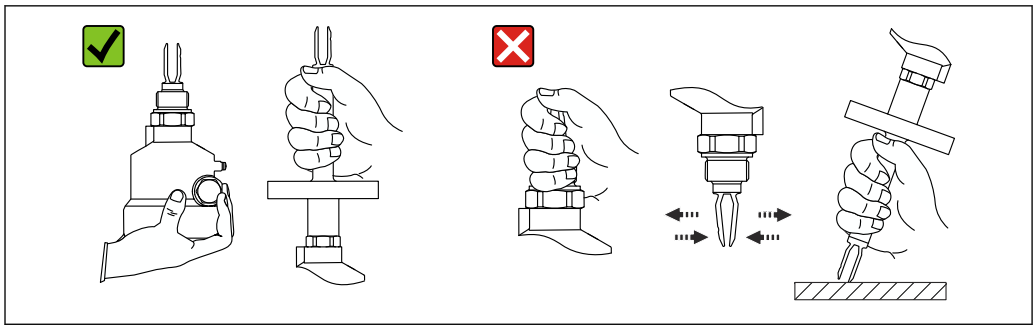
在洁净的干燥环境中储存，采取冲击防护措施

储存温度

- **Liquiphant 音叉密度计：** −40 … +80 °C (−40 … +176 °F)
- **密度计算仪 QML51：** −25 … +85 °C (−13 … +185 °F)

4.3.2 运输设备

- 使用原包装将设备运输至测量点
- 在搬运过程中，手握设备的外壳、隔热管、法兰或延长管
- 禁止弯曲、截短或拉伸叉体

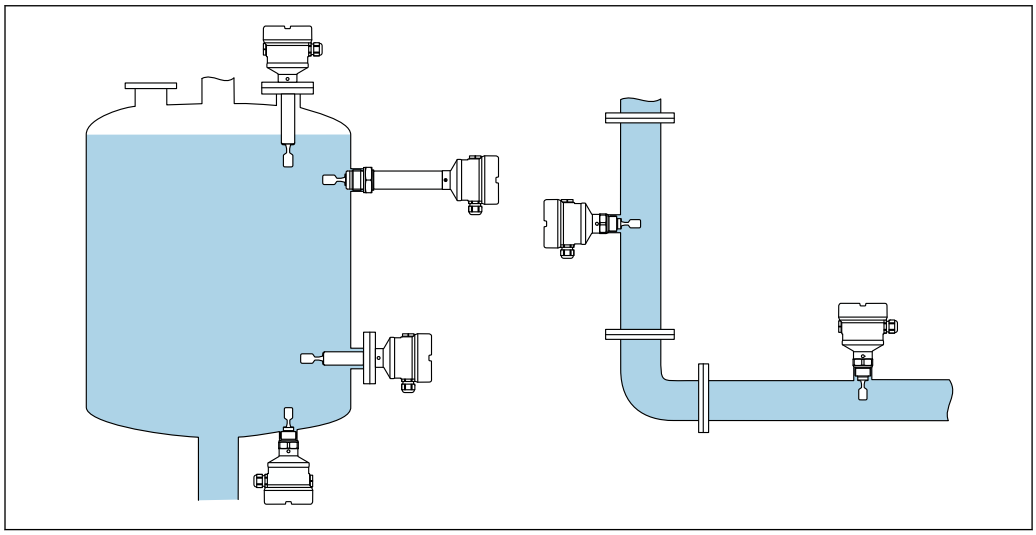


A0034846

图 3 搬运设备

5 安装

安装指南
- 长度不超过 500 mm (19.7 in)的一体式仪表或短管型仪表的安装方向不受限制
- 顶部竖直安装长管型仪表
- 叉体末端与罐壁或管壁间的最小距离：10 mm (0.39 in)



A0039739

图 4 安装实例：安装在容器、罐体或管道中

5.1 安装要求

选择安装位置，确保音叉和膜片能够被介质覆盖。

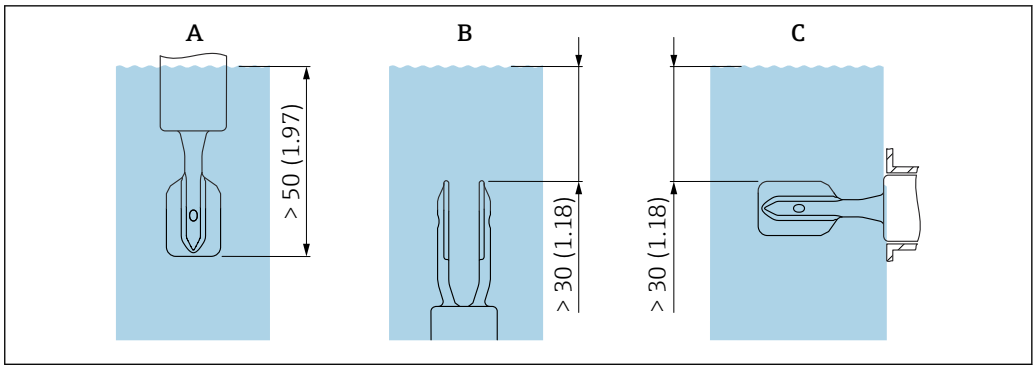


图 5 单位：mm (in)

A 顶部安装
B 底部安装
C 侧旁安装

- 避免管道或安装短管中出现气泡
- 确保采取合适的排气措施

最大粘度：350 mPa·s (3.5 P)

5.1.1 流速 - 管道内安装

叉体接触管道内流动的介质

- 介质流速：不超过 2 m/s (6.56 ft/s)/秒
- 避免出现气泡（1）

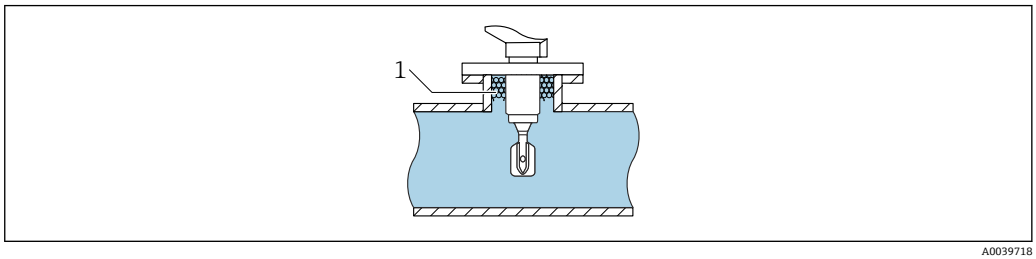


图 6 安装实例：叉体接触管道内流动的介质

叉体不接触管道内流动的介质

流速：< 2 m/s (6.56 ft/s)

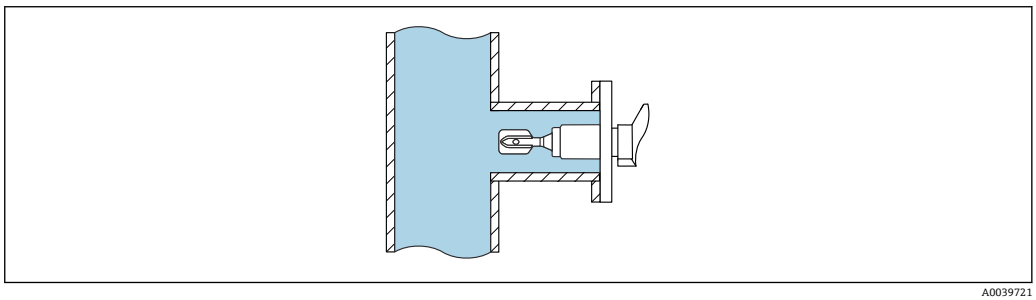


图 7 安装实例：叉体不接触管道内流动的介质

5.1.2 前后直管段

前直管段

传感器应安装在上游管道中，且安装位置尽可能远离阀门、三通、弯头、法兰弯头等。

满足下列前直管段长度要求，保证测量精度:

前直管段长度：≥ 5x DN（公称口径），- 不小于 750 mm (29.5 in)

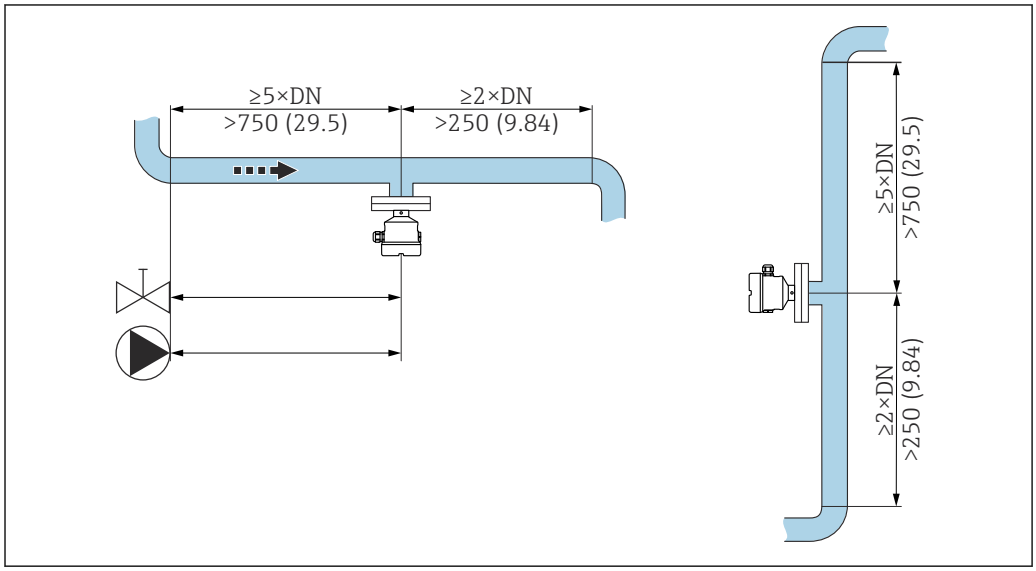


图 8 前直管段的安装。 测量单位 mm (in)

后直管段

满足下列后直管段长度要求，保证测量精度:

后直管段长度：≥ 2x DN（公称口径），- 不小于 250 mm (9.84 in)

压力传感器和温度传感器必须安装在 Liquiphant Density 传感器的下游管道中。在设备下游设置压力测量点和温度测量点时，确保测量点与设备间预留有充足的距离。

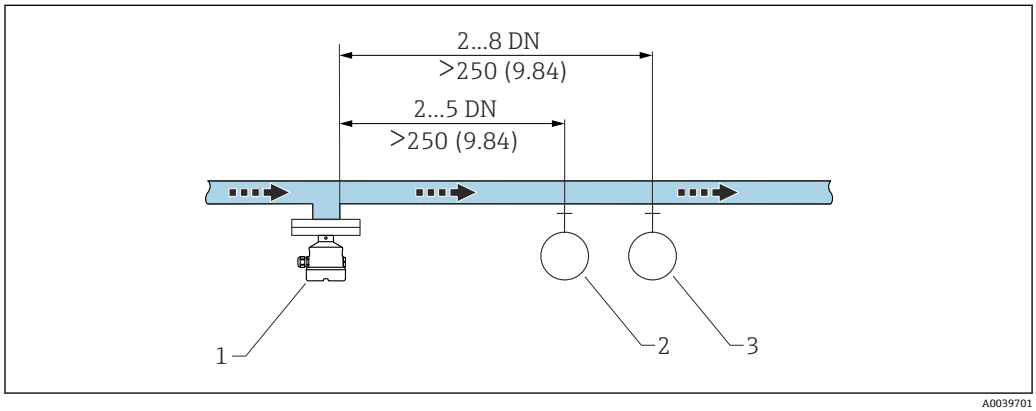


图 9 后直管段的安装。 测量单位 mm (in)

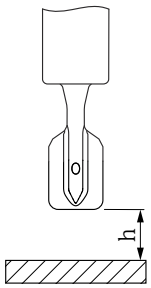
1 Liquiphant Density 传感器
2 压力测量设备
3 温度测量设备

5.1.3 校正系数

如果安装位置处的工况条件影响到音叉振动，使用校正系数（r）修正测量结果。

标准安装

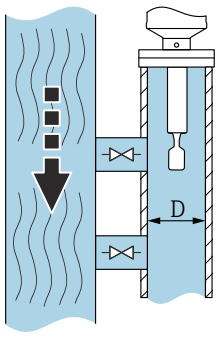
校正系数“r”与高度“h”相关，需要输入至密度计算仪 QML51:



h	r
12 mm (0.47 in)	1.0026
14 mm (0.55 in)	1.0016
16 mm (0.63 in)	1.0011
18 mm (0.71 in)	1.0008
20 mm (0.79 in)	1.0006
22 mm (0.87 in)	1.0005
24 mm (0.94 in)	1.0004
26 mm (1.02 in)	1.0004
28 mm (1.10 in)	1.0004
30 mm (1.18 in)	1.0003
32 mm (1.26 in)	1.0003
34 mm (1.34 in)	1.0002
36 mm (1.42 in)	1.0001
38 mm (1.50 in)	1.0001
40 mm (1.57 in)	1.0000

安装在旁通管中

校正系数“r”与旁通管内径“D”相关，需要输入至密度计算仪 QML51:

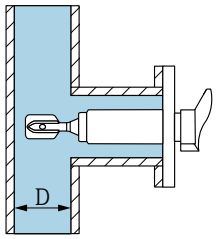


D	r
<44 mm (1.73 in)	-
44 mm (1.73 in)	1.0191
46 mm (1.81 in)	1.0162
48 mm (1.89 in)	1.0137
50 mm (1.97 in)	1.0116
52 mm (2.05 in)	1.0098
54 mm (2.13 in)	1.0083
56 mm (2.20 in)	1.0070
58 mm (2.28 in)	1.0059
60 mm (2.36 in)	1.0050
62 mm (2.44 in)	1.0042
64 mm (2.52 in)	1.0035
66 mm (2.60 in)	1.0030
68 mm (2.68 in)	1.0025
70 mm (2.76 in)	1.0021
72 mm (2.83 in)	1.0017
74 mm (2.91 in)	1.0014
76 mm (2.99 in)	1.0012
78 mm (3.07 in)	1.0010
80 mm (3.15 in)	1.0008

	D	r
	82 mm (3.23 in)	1.0006
	84 mm (3.31 in)	1.0005
	86 mm (3.39 in)	1.0004
	88 mm (3.46 in)	1.0003
	90 mm (3.54 in)	1.0003
	92 mm (3.62 in)	1.0002
	94 mm (3.70 in)	1.0002
	96 mm (3.78 in)	1.0001
	98 mm (3.86 in)	1.0001
	100 mm (3.94 in)	1.0001
	>100 mm (3.94 in)	1.0000

安装在管道中

校正系数“r”与管道内径“D”相关，需要输入至密度计算仪 QML51:

	D	r
 A0039707	<44 mm (1.73 in)	-
	44 mm (1.73 in)	1.0225
	46 mm (1.81 in)	1.0167
	48 mm (1.89 in)	1.0125
	50 mm (1.97 in)	1.0096
	52 mm (2.05 in)	1.0075
	54 mm (2.13 in)	1.0061
	56 mm (2.20 in)	1.0051
	58 mm (2.28 in)	1.0044
	60 mm (2.36 in)	1.0039
	62 mm (2.44 in)	1.0035
	64 mm (2.52 in)	1.0032
	66 mm (2.60 in)	1.0028
	68 mm (2.68 in)	1.0025
	70 mm (2.76 in)	1.0022
	72 mm (2.83 in)	1.0020
	74 mm (2.91 in)	1.0017
	76 mm (2.99 in)	1.0015
	78 mm (3.07 in)	1.0012
	80 mm (3.15 in)	1.0009
	82 mm (3.23 in)	1.0007
	84 mm (3.31 in)	1.0005
	86 mm (3.39 in)	1.0004
	88 mm (3.46 in)	1.0003
	90 mm (3.54 in)	1.0002
	92 mm (3.62 in)	1.0002
	94 mm (3.70 in)	1.0001

	D	r
	96 mm (3.78 in)	1.0001
	98 mm (3.86 in)	1.0001
	100 mm (3.94 in)	1.0001
	>100 mm (3.94 in)	1.0000

5.1.4 防止黏附

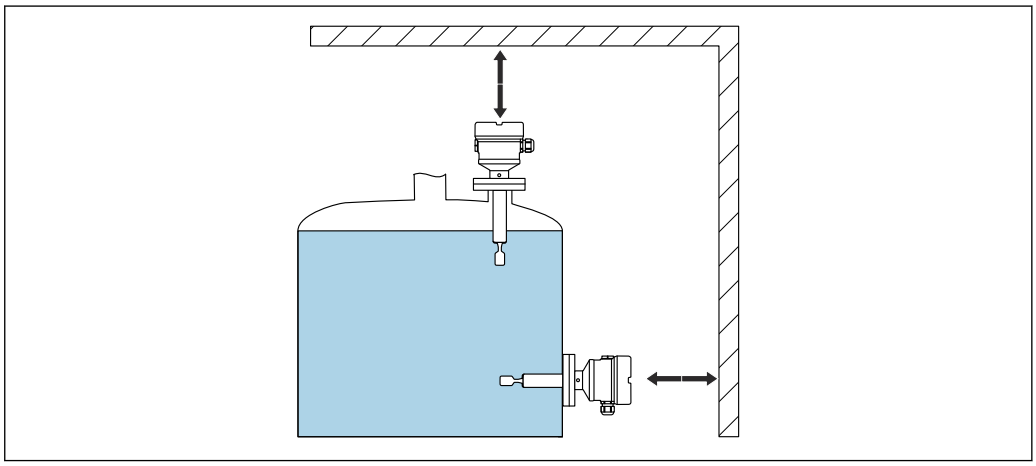
注意

叉体上存在黏附或音叉被腐蚀直接影响测量结果，必须避免！

▶ 如需要，规定定期维护间隔。

5.1.5 预留安装间隙

保证罐体外部预留有充足的空间，能够顺利进行电子插件的安装、连接和更换。

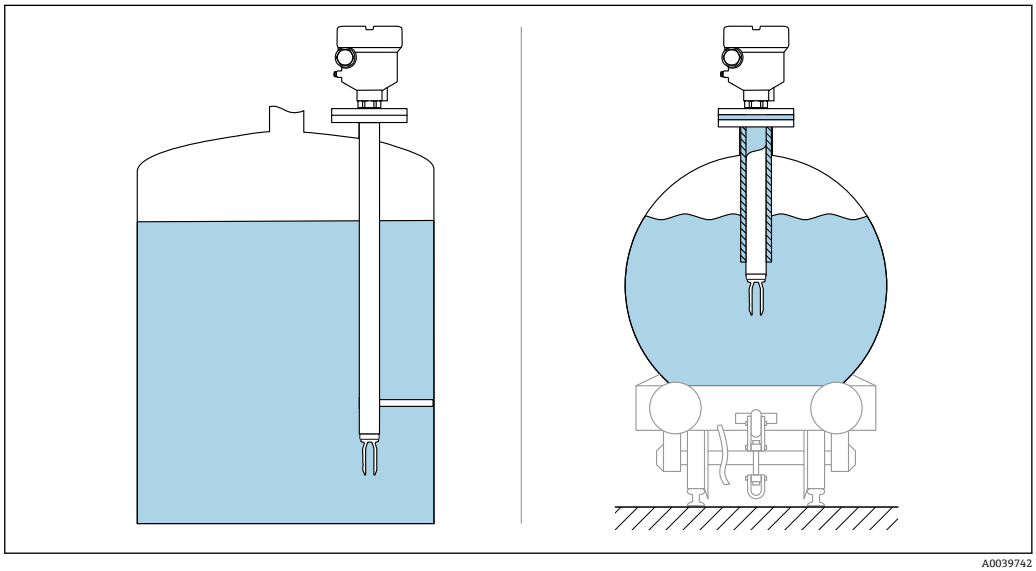


A0039741

图 10 预留安装间隙

5.1.6 支撑设备

如果存在强烈动态负载，需要支撑设备。延长管和传感器最大能够耐受 75 Nm (55 lbf ft)的横向负载。

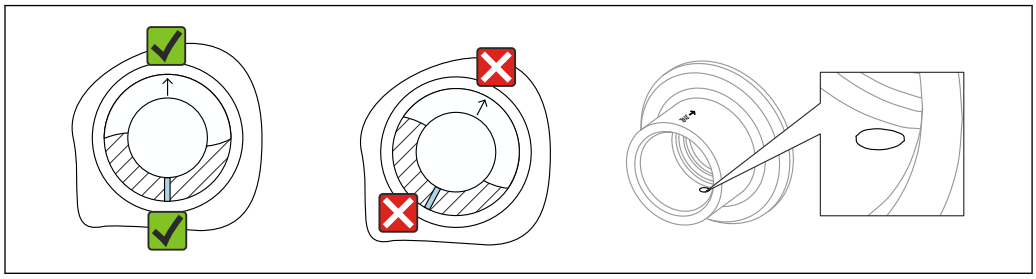


A0039742

图 11 实例：存在动态负载时，应支撑设备

5.1.7 焊座，带泄漏检测孔

调整焊座位置，确保泄漏检测孔朝下。这样即可看到逸出的介质，及早发现泄漏。



A0039230

图 12 焊座，带泄漏检测孔

5.2 安装设备

5.2.1 所需工具

- 开口扳手，用于传感器安装操作
- 内六角扳手，用于安装外壳锁定螺丝

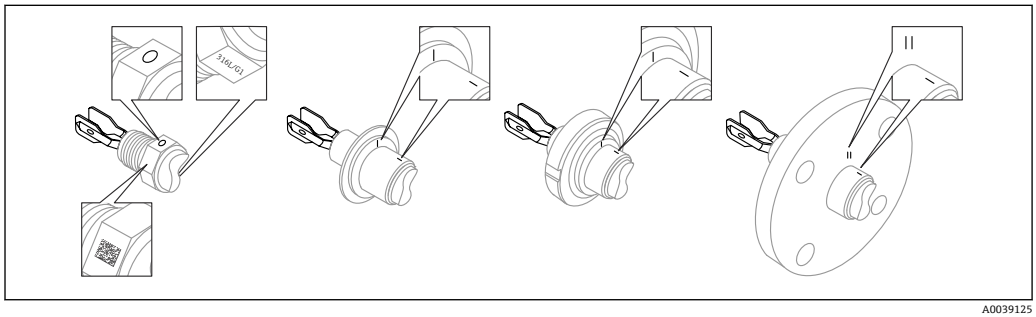
5.2.2 安装

参照标记调整音叉安装位置

参照标记调整音叉安装位置，避免挂料和沉积物粘附。

- 螺纹连接标记：圆圈（材料号/螺纹代号位于相对侧）
- 法兰或卡箍连接标记：单线或双线

此外，螺纹连接上带一个二维码，其**并非**用于调整音叉安装位置。



A0039125

图 13 参照标记水平安装在罐体中时的音叉位置

在管道中安装设备

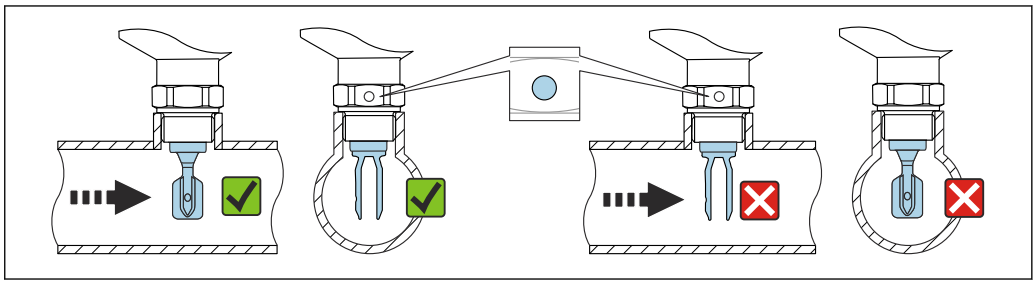
注意

叉体安装方向错误

涡流和漩涡导致测量结果失真。

▶ 针对管道内部装置或带搅拌器的罐体，调整叉体安装位置，确保标记与介质流向一致。

- 测量过程中的介质流速不得超过 2 m/s (6.56 ft/s)
- 介质流速大于 2 m/s：使用旁通管或扩径管等结构件将介质流速降至不超过 2 m/s (6.56 ft/s)，避免流动介质影响叉体。
- 正确调整叉体安装位置，标记必须与介质流向一致，保证介质能够自由流动。
- 过程连接上的标记指示叉体安装位置。
  螺纹连接：六角螺栓上的圆点记号；法兰连接：法兰上的两条标记线。
  在设备安装过程中标记始终清晰可见。

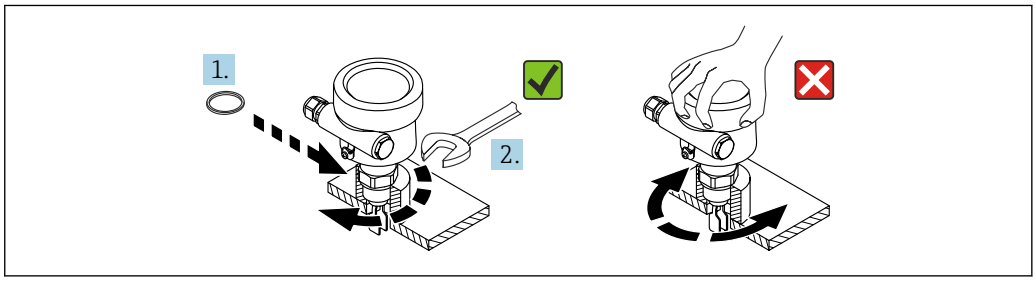


A0034851

14 安装在管道中（注意叉体安装位置和标记）

旋转拧入设备

- 仅允许旋转六角螺母，扭矩为 15 … 30 Nm (11 … 22 lbf ft)。
- 禁止直接旋转外壳!



A0034852

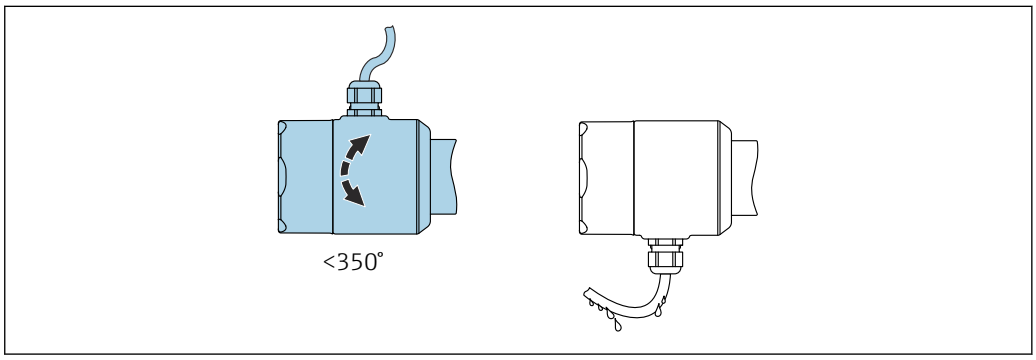
15 旋转拧入设备

调整电缆入口位置

所有外壳均可调整。在电缆上建立排水回路可防止水汽进入外壳。

外壳不带固定螺丝

设备外壳的最大旋转角度为 350°。



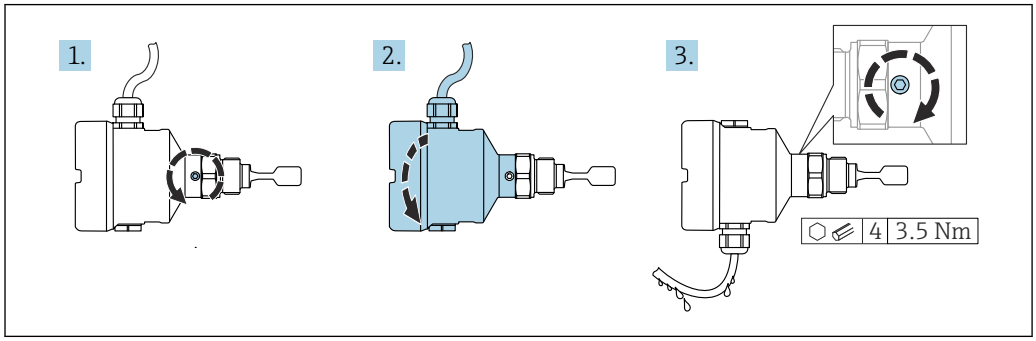
A0052359

16 外壳不带固定螺丝；在电缆上建立排水回路。

外壳带锁紧螺丝

注意

出厂时，设备上的锁紧螺丝未完全拧紧。
由于振动，外壳可能会旋转并变松。
▶ 以 3.5 Nm (2.58 lbf ft)的扭矩拧紧锁紧螺丝。



17 带外部锁紧螺丝的外壳；在电缆上形成排水回路

1. 松开外部锁定螺丝（不超过 1.5 圈）。
2. 旋转外壳，调整电缆入口位置。
3. 拧紧外部锁紧螺丝。

旋转外壳

松开锁紧螺丝，外壳最大可旋转 380°。

注意

不能完全拧开外壳。
▶ 松开外部锁定螺丝，最多转动 1.5 圈。如果过度转动或完全拆下固定螺丝（超出螺丝定位点），将导致小部件（计数盘）松动并脱落。
▶ 将锁紧螺丝（内六角 4 mm (0.16 in)）拧紧至 3.5 Nm (2.58 lbf ft) ±0.3 Nm (±0.22 lbf ft)。

关闭外壳盖

注意

污染物会导致螺纹和外壳盖损坏!
▶ 清除外壳盖和外壳螺纹上的污染物（例如沙石）。
▶ 关闭外壳盖时如遇明显阻力，应再次检查螺纹上是否存在污染物。

外壳螺纹
可在电子部件和接线腔的螺纹上涂抹抗摩擦涂层。
以下适用于所有外壳材质:
外壳螺纹无需润滑。

5.3 滑动套管

详细信息参见“附件”章节。

《特殊文档》SD02398F（安装指南）

5.4 安装后检查

❑ 设备是否完好无损（外观检查）？

❑ 测量点位号和标签是否正确（外观检查）？

❑ 是否采取充足的仪表防护措施，避免直接日晒雨淋？

❑ 设备是否正确固定？

❑ 设备是否符合测量点技术规范？

例如:
- 过程温度
- 过程压力
- 环境温度
- 测量范围

6 电气连接

6.1 接线要求

6.1.1 带锁定螺丝的外壳盖

对于特定防爆型式的防爆型设备，通过锁定螺丝锁紧外壳盖。

注意

如果锁定螺丝安装错误，外壳盖无法提供良好的密封性。

- ▶ 打开外壳盖：松开外壳盖锁扣上的螺丝，旋转不超过 2 圈，防止螺丝掉落。安装外壳盖，检查外壳盖密封圈。
- ▶ 关闭外壳盖：将外壳盖牢固拧至外壳上，确保锁定螺丝安装正确。外壳盖和外壳之间不得有任何缝隙。

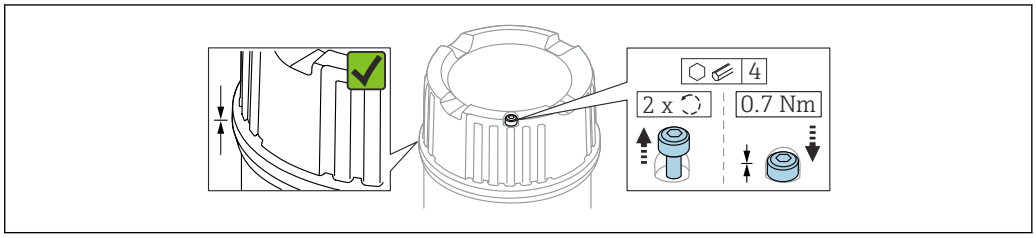


图 18 带锁定螺丝的外壳盖

6.1.2 连接保护性接地端（PE）

在防爆危险区中使用设备时，设备必须等电位连接在系统中，与工作电压无关。这可以通过连接至内部或外部保护性接地端（PE）实现。

6.2 连接设备

外壳螺纹

可在电子部件和接线腔的螺纹上涂抹抗摩擦涂层。

以下适用于所有外壳材质:

外壳螺纹无需润滑。

6.2.1 电子插件 FEL60D：两线制连接，密度测量

注意

禁止使用其他开关单元操作。
损坏电子部件。
▶ 禁止在用作限位开关的设备中安装 FEL60D 电子插件。

接线端子分配

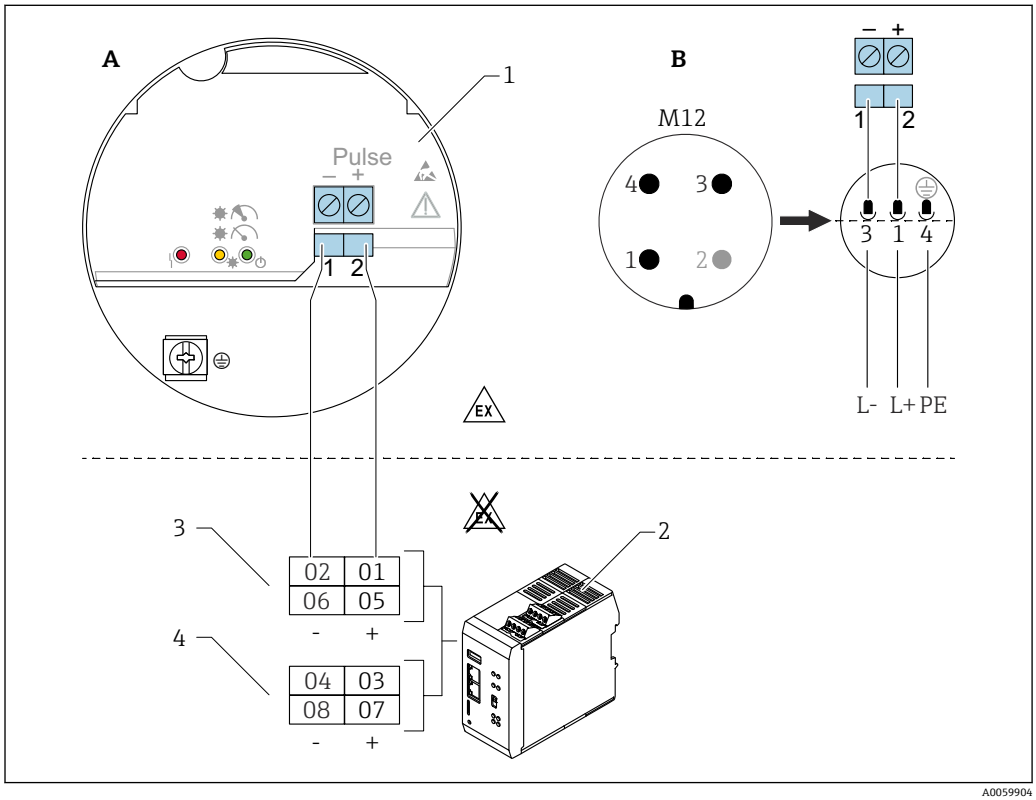


图 19 电子插件 FEL60D 和密度计算仪 QML51 的接线图

A 使用接线端子接线
B 根据 EN61131-2 标准，使用外壳中的 M12 插头接线
1 电子插件 FEL60D
2 QML51 密度计算仪
3 PFM 通道（默认设置）
4 4 ... 20 mA（HART）通道（默认设置），例如连接温度测量设备

通道经过预设置。允许更改设置。

测量值通过 HART 通信传输时，不能将带脉冲输出（PFM）的设备、带 4 ... 20 mA HART 输出的设备或纯 HART 通信型设备连接至同一端子接线排。

不能将带脉冲输出（PFM）的两台设备连接至同一端子接线排。

下列设备组合可以连接至端子接线排:
- 一台设备带脉冲输出，另一台设备带模拟量输出（4 ... 20 mA）。
- 不使用 HART 通信时：一台设备带脉冲输出，另一台设备带 4 ... 20 mA HART 输出。
- 只有一台设备带脉冲输出。不能将更多带脉冲输出的设备连接至同一端子接线排。
- 一台或两台设备带 4 ... 20 mA 或 4 ... 20 mA HART 输出。 这种情况下，两台设备均可使用 HART 通信。

带 FEL50D 电子插件的旧版 Liquiphant Density 音叉密度计与密度计算仪 QML51 兼容。

电源

U = 24 VDC ±20 %，仅适合连接密度计算仪 QML51

设备必须由 2 类电源或 SELV（安全特低电压）电源供电。

功率消耗

- FTL51B Density 音叉密度计：P < 160 mW
- 密度计算仪 QML51：P < 9 W

电流消耗

密度：I < 10 mA

过电压保护

过电压等级：I

使用 FEL60D 密度电子部件标定 Liquiphant

有三种标定方式:

- 标准标定（出厂状态）：
  确定传感器特性时，在两种条件下（真空和指定水槽）分别测量音叉参数。设备出厂时在标定报告中提供确定的设备参数。叉体参数必须输入至 QML51 密度计算仪。
- 特殊标定（在 Configurator 产品选型软件中选择）：
  确定传感器特性时，在三种条件下（真空以及指定温度下的两种指定水槽）分别测量音叉参数。设备出厂时在标定报告中提供确定的设备参数。叉体参数必须输入至 QML51 密度计算仪。
  此类标定可实现更高的测量精度。
- 现场标定:
  现场标定过程中，用户确定的密度被传送至密度计算仪 QML51。

Liquiphant Density 所需的所有参数均记录在**标定报告**和**传感器合格证**中。

两份文档均为标准供货件。

关于更多信息和最新版本的文档资料，请登陆 Endress+Hauser 网站:
www.endress.com→ 资料下载。

密度测量

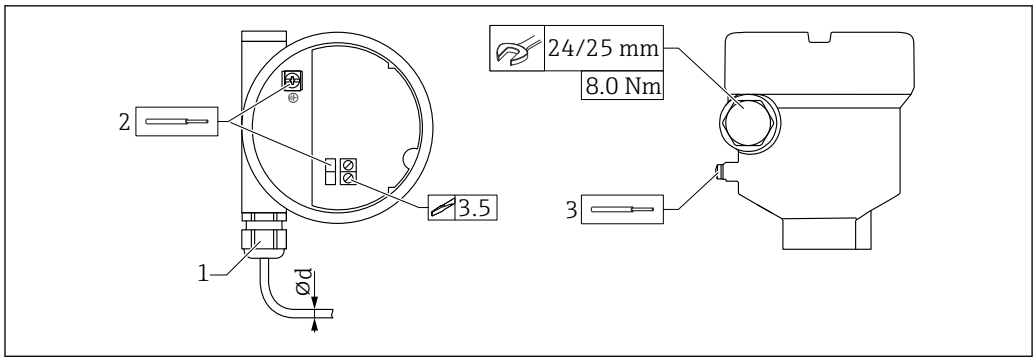
Liquiphant Density 音叉密度计安装在管道上和罐体中进行液体的密度测量。适用所有牛顿液体（理想粘度），允许在防爆危险区中使用。

测量受以下因素的影响:
- 传感器附近出现气泡
- 传感器未完全被介质覆盖
- 传感器上出现固体介质黏附
- 管道中流体流速过快
- 前后直管段过短导致管道内出现紊流
- 叉体被腐蚀
- 非牛顿液体（非理想粘度）

6.2.2 连接电缆

所需工具

- 一字螺丝刀（0.6 mm x 3.5 mm），操作接线端子
- AF24/25 对角宽度（8 Nm (5.9 lbf ft)）的合适工具，操作 M20 缆塞



20 实例：缆塞（带电缆入口）和电子插件（带接线端子）

1 M20 缆塞（带电缆入口）示意图
2 最大线芯尺寸 2.5 mm² (AWG14)，外壳内的接地端 + 电子插件上的接线端子
3 最大线芯尺寸 4.0 mm² (AWG12)，外壳外的接地端（图例中为带外部保护性接地端（PE）的塑料外壳）
Ød 镀镍黄铜缆塞，适用电缆直径范围 7 … 10.5 mm (0.28 … 0.41 in)
塑料缆塞，适用电缆直径范围 5 … 10 mm (0.2 … 0.38 in)
不锈钢缆塞，适用电缆直径范围 7 … 12 mm (0.28 … 0.47 in)
不锈钢缆塞（卫生型），适用电缆直径范围 7 … 10 mm (0.28 … 0.39 in)

使用 M20 缆塞时，应注意以下几点
插入电缆后：
- 旋转拧紧缆塞
- 拧紧缆塞的连接螺母，扭矩为 8 Nm (5.9 lbf ft)
- 将随箱包装中提供的缆塞拧入外壳，扭矩为 3.75 Nm (2.76 lbf ft)

6.2.3 连接后检查

- ❑ 设备或电缆是否完好无损（外观检查）？
- ❑ 所用电缆是否符合要求？
- ❑ 安装后的电缆是否已经完全不受外力影响？
- ❑ 所有缆塞是否均牢固拧紧？
- ❑ 供电电压是否与铭牌参数一致？
- ❑ 不考虑极性反接功能，接线端子分配是否正确？
- ❑ 上电后，绿色 LED 指示灯是否亮起？
- ❑ 外壳盖是否均已安装到位，并牢固拧紧？
- ❑ 可选：带固定螺钉的外壳盖是否已拧紧？

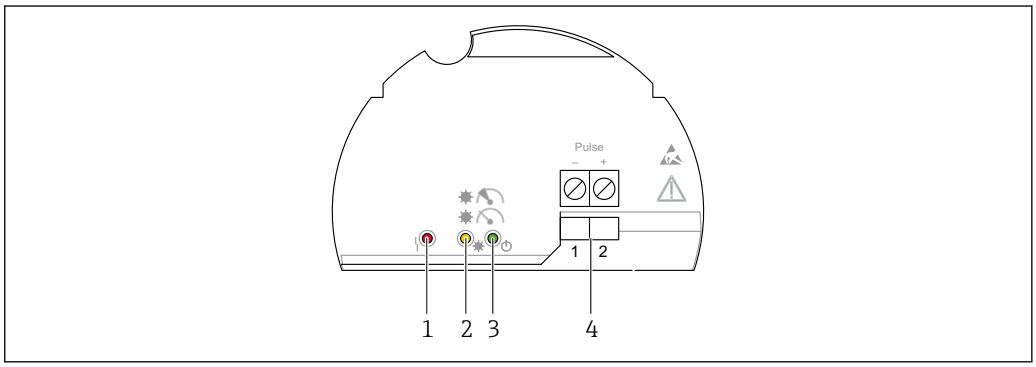
7 操作方式

7.1 操作方式概述

7.1.1 操作方式

有关与密度计算仪 QML51 配套进行测量的详细信息，请参见密度计算仪 QML51 的文档资料。

7.1.2 电子插件上的部件



A0039683

21 电子插件 FEL60D

1 红色 LED 指示灯：警告或报警
2 黄色 LED 指示灯：测量稳定
3 绿色 LED 指示灯：工作状态（设备开启）
4 脉冲输出接线端子

8 调试

本章节内容针对 Liquiphant。
关于密度计算仪，另请参见《操作手册》BA02545S。

8.1 安装后检查和功能检查

进行测量点调试前，确保已完成安装后检查和连接后检查。

安装后检查

连接后检查

8.2 开机

▶ 开启
↳ 绿色 LED 指示灯常亮，黄色 LED 指示灯闪烁 2 至 3 次

两个 LED（绿色和黄色）指示灯常亮表示测量稳定。

9 操作

本章节内容针对 Liquiphant。
关于密度计算仪，另请参见《操作手册》BA02545S。

9.1 指示灯信号

黄色 LED 指示灯
图标显示
☼ / ◠ 测量稳定
☼ / ◠ 测量/过程条件不稳定
● 需要维护

绿色 LED 指示灯
图标显示
⏻ / ☼ 电源接通
⏻ / ● 电源关闭

红色 LED 指示灯
图标显示
ϟ / ● 无故障
☼ 需要维护
☼ 设备故障

详细信息参见 Liquiphant Density 音叉密度计《技术资料》。

10 诊断和故障排除

本章节内容针对 Liquiphant。
关于密度计算仪，另请参见《操作手册》BA02545S。

Liquiphant Density 音叉密度计电子插件上的 LED 指示灯标识警告和故障信息。设备的故障信息显示符合 NE107 标准。设备响应与诊断信息相对应（警告或故障）。

设备响应符合 NAMUR NE131 标准“标准应用中的 NAMUR 现场设备要求”。

10.1 通过 LED 指示灯标识诊断信息

10.1.1 电子插件上的 LED 指示灯

⏻ ☼指示灯：电源断开
- 无供电电压：检查电源
- 极性反接：检查接线端子分配
- 信号线故障：检查信号线
- QML51 上的接线端子分配不正确：检查 QML51 上的接线端子设置

☼ 指示灯：过程条件不稳定
- 外部剧烈振动：隔离测量点与振动源
- 严重紊流：安装在流态稳定的管道段
- 流速 > 2 m/s：确保音叉不接触管道内流动的介质
- 存在黏附：清除黏附物，可以定期清除

ϟ 指示灯：需要维护
- 外部剧烈振动：隔离测量点与振动源
- 流速 > 2 m/s：确保音叉不接触管道内流动的介质
- 存在黏附：清除黏附物，可以定期清除
- 音叉挂料：调整安装位置

ϟ ☼指示灯：设备故障
- 电子插件故障：更换电子插件
- 无法连接传感器：更换传感器

11 维护

11.1 维护任务

无需特殊维护。

11.1.1 清洁

清洁非接液部件表面
- 建议：使用干燥或用水略微蘸湿的无绒布清洁。
- 禁止使用尖锐物体或会腐蚀部件表面（例如显示单元、外壳）和密封圈的腐蚀性清洗液。
- 禁止使用高压蒸汽。
- 注意设备的防护等级。

所用清洗液必须与设备配置的材质相容。禁止使用含高浓度无机酸、碱或有机溶剂的清洗液。

清洁接液部件表面

进行原位清洗和原位消毒（CIP/SIP）时注意以下几点：
- 仅允许使用接液部件材质能够耐受的清洗液。
- 注意最高允许介质温度。

清洗音叉

禁止使用设备测量磨损性介质。音叉上残留的磨损介质会导致设备故障。

- 按需清洗音叉
- 可以清洗已安装的设备，例如原位清洗（CIP）和原位消毒（SIP）

12 维修

12.1 概述

12.1.1 维修理念

Endress+Hauser 维修理念
- 设备采用模块化设计
- 允许用户自行维修

服务和备件的详细信息请咨询 Endress+Hauser 当地销售中心。

12.1.2 防爆型设备维修

警告

维修不当会影响电气安全！
爆炸危险！
- ▶ 仅允许专业技术人员或制造商服务工程师按照国家法规修理防爆型设备。
- ▶ 必须遵守防爆危险区应用的相关标准和国家法规、《安全指南》（XA）和证书。
- ▶ 仅允许使用制造商的原装备件。
- ▶ 注意铭牌上标识的设备型号。仅允许使用同型号部件更换。
- ▶ 参照维修指南操作。
- ▶ 仅允许制造商服务工程师改装防爆设备，或更换防爆型式。

12.2 备件

可在线查询产品配套备件：www.endress.com/onlinetools

12.3 返厂

安全返厂要求与具体设备型号和国家法规相关。

1. 相关信息参见网页：https://www.endress.com
2. 返厂时，请妥善包装，保护设备免受撞击等外部影响。原包装具有最佳防护效果。

12.4 废弃

为满足 2012/19/EU 指令关于废弃电气和电子设备（WEEE）的要求，Endress +Hauser 产品均带上述图标，尽量避免将废弃电气和电子设备作为未分类城市垃圾废弃处置。此类产品不可作为未分类城市垃圾废弃处置。必须遵循规定条件将产品寄回制造商废弃处置。

13 Liquiphant Density 音叉密度计的附件

现有可用的产品附件可在 www.endress.com 进行选择:

1. 使用过滤器和搜索框选择产品。
2. 打开产品主页。
3. 选择 **Spare parts & Accessories**。

部分附件可在产品选型表的订购选项“安装附件”中订购。

13.1 设备浏览器

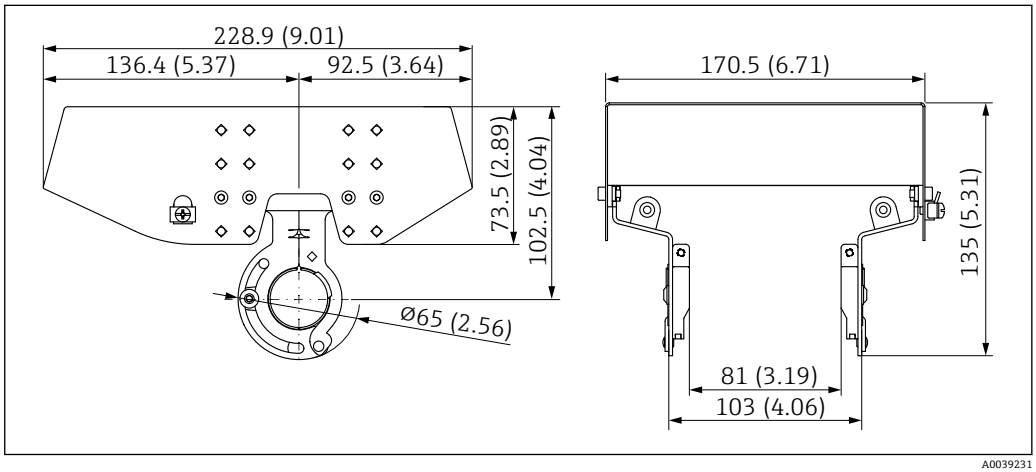
设备浏览器（www.endress.com/deviceviewer）中列举了设备的所有备件及其订货号。

13.2 防护罩，适用双腔体铝外壳

防护罩可以在设备的产品选型表的订购选项“安装附件”中选购。

用于防止设备受到日晒雨淋和结冰。

316L 防护罩适用于双腔体铝外壳。随箱提供支座，用于将防护罩直接安装在外壳上。



22 316L 防护罩 XW112 的外形尺寸示意图。 测量单位 mm (in)

材质
- 防护罩：316L
- 紧固螺丝：A4
- 安装架：316L

附件的订货号:
71438303

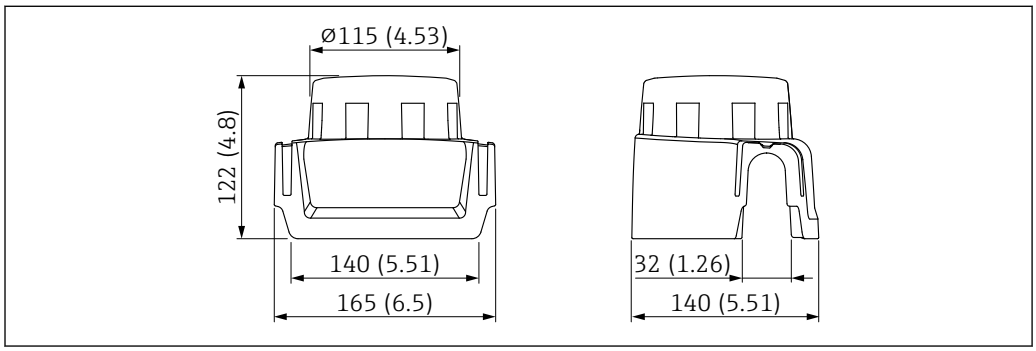
《特殊文档》SD02424F

13.3 防护罩，适用单腔体铝外壳

防护罩可以在设备的产品选型表的订购选项“安装附件”中选购。

用于防止设备受到日晒雨淋和结冰。

塑料防护罩适用于铝材质的单腔体外壳。随箱提供支座，用于将防护罩直接安装在外壳上。



23 防护罩，适用单腔体铝外壳。 测量单位 mm (in)

材质
塑料

附件的订货号:
71438291

《特殊文档》SD02423F

13.4 M12 插槽

所列 M12 插槽的适用温度范围：−25 … 70 °C (−13 … 158 °F)。

M12 插槽（IP69）
- 单端连接
- 弯型
- 5 m (16 ft)长度 PVC 电缆（橙色）
- 开槽螺母：316L（1.4435）
- 本体：PVC
- 订货号：52024216

M12 插槽（IP67）
- 弯型
- 5 m (16 ft)长度 PVC 电缆（灰色）
- 开槽螺母：Cu Sn/Ni
- 本体：PUR
- 订货号：52010285

13.5 焊座

提供多种焊座，用于在罐体或管道中安装设备。焊座可选购 EN 10204 3.1 材料检测证书。

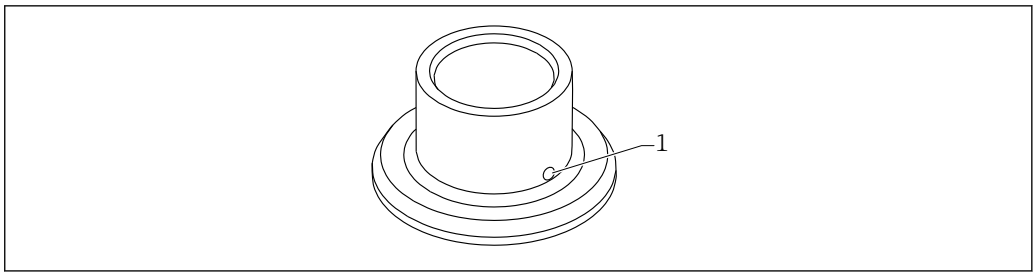


图 24 焊座（示意图）

1 泄漏检测孔

安装焊座时，应确保泄漏检测孔朝下，确保能够及时检测到泄漏。

- G 1，Ø53，安装在管道上
- G 1，Ø60，齐平安装在罐体上
- G ¾，Ø55，齐平安装
- G 1，可调整传感器位置

详细信息参见《技术资料》TI00426F（焊座、过程转接头和法兰）
登陆 Endress+Hauser 公司网站的下载区（www.endress.com/downloads）下载。

13.6 常压滑动套管

禁止在爆炸性环境中使用。

允许连续调节开关点。

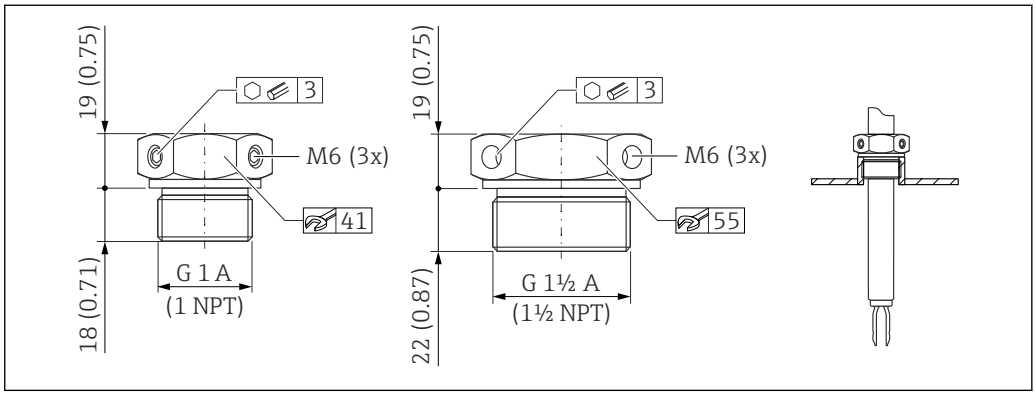


图 25 常压滑动套管 p_e = 0 bar (0 psi)。 测量单位 mm (in)

G 1 螺纹，DIN ISO 228/I
- 材质：1.4435（AISI 316L）
- 重量：0.21 kg (0.46 lb)
- 订货号：52003978
- 订货号：52011888；认证：提供 EN 10204 - 3.1 材质检测证书

NPT 1 螺纹，ASME B 1.20.1
- 材质：1.4435（AISI 316L）
- 重量：0.21 kg (0.46 lb)
- 订货号：52003979
- 订货号：52011889；认证：提供 EN 10204 - 3.1 材质检测证书

G 1½螺纹，DIN ISO 228/I
- 材质：1.4435（AISI 316L）
- 重量：0.54 kg (1.19 lb)
- 订货号：52003980
- 订货号：52011890；认证：提供 EN 10204 - 3.1 材质检测证书

NPT 1½螺纹，ASME B 1.20.1
- 材质：1.4435（AISI 316L）
- 重量：0.54 kg (1.19 lb)
- 订货号：52003981
- 订货号：52011891；认证：提供 EN 10204 - 3.1 材质检测证书

详细信息和文档资料的获取方式：
- 访问 Endress+Hauser 网站 www.endress.com 上的 Configurator 产品选型软件
- 咨询 Endress+Hauser 当地销售中心 www.addresses.endress.com

14 技术参数

14.1 输入

14.1.1 测量变量

液体密度

14.1.2 测量范围

密度范围：0.3...2 g/cm³

14.2 输出

FEL60D：两线制连接，密度测量
连接 QML51 密度计算仪

14.2.1 防爆连接参数

参见《安全指南》（XA）：所有防爆参数单独成册，可登陆 Endress+Hauser 公司网站的下载区下载。防爆手册是所有防爆型设备的标准随箱资料。

连接 QML51 时，防爆型设备需要安装防爆安全栅或有源安全栅（例如 Endress +Hauser 的 RN22）。

14.3 环境条件

14.3.1 环境温度范围

–40 ... 70 °C (–40 ... 158 °F)

塑料外壳的适用环境温度不得低于–20 °C (–4 °F)；在北美地区使用时，最低允许温度为“室温”。

在强日照的户外使用时:
- 在阴凉处安装设备
- 避免阳光直射，特别是在气候炎热的地区中使用时
- 安装防护罩，可作为附件订购

关于在防爆危险区中使用设备的更多信息以及最新版文档资料，请登陆 Endress+Hauser 网站查询：www.endress.com → 资料下载。

防爆危险区
在防爆危险区中使用时，防爆区域和气体分组会限制允许环境温度范围。注意防爆手册（XA）中的信息。

14.3.2 海拔高度

符合 IEC 61010-1 Ed.3 标准:
- 最大 2 000 m (6 600 ft)，海平面以上
- 使用过电压保护装置时，允许海拔高度可扩大至海平面以上 3 000 m (9 800 ft)

14.3.3 气候等级

通过 IEC 60068-2-38 标准规定的 Z/AD 测试

14.3.4 防护等级

测试符合 IEC 60529 和 NEMA 250 标准

IP68 测试条件：水下 1.83 m，持续 24 h

外壳
参见电缆入口

电缆入口
- M20 接头，塑料，IP66/68 NEMA Type 4X/6P
- M20 接头，镀镍黄铜，IP66/68 NEMA Type 4X/6P
- M20 接头，316L，IP66/68 NEMA Type 4X/6P
- M20 接头，316L，卫生型，IP66/68/69 NEMA Type 4X/6P
- M20 螺纹，IP66/68 NEMA Type 4X/6P
- G ½、NPT ½、NPT ¾螺纹，IP66/68 NEMA Type 4X/6P

M12 插头防护等级
- 外壳关闭且连接连接电缆：IP66/67 NEMA Type 4X
- 外壳打开或未连接连接电缆：IP20，NEMA Type 1

注意
M12 插头：安装错误会导致 IP 防护等级失效!
- ▶ 插入并拧紧连接电缆，才能确保仪表的 IP 防护等级。
- ▶ 使用 IP67 NEMA Type 4X 防护等级的连接电缆，才能确保仪表的 IP 防护等级。

选择“M12 插头”作为电气连接时，所有外壳类型均满足 **IP66/67 NEMA Type 4X** 防护等级要求。

14.3.5 污染等级

2 级污染等级

14.4 过程条件

14.4.1 过程温度范围

0 … 80 °C (32 … 176 °F)

14.4.2 热冲击

≤ 120 K/s

14.4.3 过程压力范围

−1 … 25 bar (−14.5 … 362.5 psi)，温度不超过 150 °C (302 °F)

仪表的最大压力取决于承压能力最弱部件的压力值。

部件包括过程连接、选配安装部件或附件。

⚠ 警告

如果设备设计或使用不当，存在部件破裂风险!
可能导致无法挽回的重伤事故和环境危害。

- ▶ 仅允许在部件指定压力范围内使用设备!
- ▶ MWP（最大工作压力）：每个传感器的铭牌上均标识了最大工作压力。该压力为 20 °C (68 °F)参考温度条件下，设备可持续承受的最大允许工作压力。注意最大工作压力 MWP 与温度的关系。在更高温度下使用法兰连接型仪表时，允许压力值参见下列标准：EN 1092-1 标准（就材质的温度稳定性而言，1.4435 和 1.4404 的化学成分相同，均被列入 EN 1092-1 标准表 18 的 13E0 中）、ASME B 16.5a 标准、JIS B 2220 标准（始终以最新标准为准）。
- ▶ 压力设备指令（2014/68/EU）的缩写代号为“PS”。“PS”代表设备的最大工作压力（MWP）
- ▶ 如有差异，参见《技术资料》的相关章节。

均采用设备温压曲线和法兰的最小值。

CRN 认证型仪表：登陆 Endress+Hauser 网站查询最新信息：www.endress.com → 资料下载。

14.4.4 密闭压力

最大密闭压力为真空压力

14.5 其他技术参数

登陆 Endress+Hauser 网站查询最新版本的《技术资料》：www.endress.com→资料下载。

索引

A
安装
　安装要求 12

B
备件 28

C
操作安全 8
产品安全 8
产品描述
　产品设计 8
CE 认证 8

D
电气连接
　接线端子分配 21

F
返厂 28
废弃 29
符合性声明 8

G
工作场所安全 7

J
技术参数
　测量变量
　　测量范围 32
　过程范围 33

L
连接后检查 24

R
人员要求 7

S
设备的用途
　参见 指定用途
使用设备
　临界工况 7
　使用错误 7
锁定螺丝 21

T
特定信息图标和图中的图标 5
图中的图标 6

W
维修理念 28
文档
　功能 5
文档功能 5
文档信息
　图标说明 5

Y
应用场合
　其他风险 7
运输
　搬运 11

Z
指定用途 7



www.addresses.endress.com

Endress+Hauser

People for Process Automation