BA02171C/28/ZH/03.22
70223856

操作手册

Rxn-10 探头附属光学器件

KIO1、KNCO1、KLBIO1、KRSU1、KRBMO、KRBSL

Endress+Hauser
People for Process Automation

目录

1 文档信息 3

1.1 安全图标 3

1.2 美国出口管制合规 3

1.3 术语表 4

2 基本安全指南 5

2.1 人员要求 5

2.2 指定用途 5

2.3 工作场所安全 6

2.4 操作安全 6

2.5 维修安全 6

2.6 重要防护措施 6

2.7 产品安全 6

3 产品描述 7

3.1 浸入式光学器件（KIO1） 7

3.2 非接触式光学器件（KNCO1） 9

3.3 生物工艺用光学器件（KLBIO1） 10

3.4 生物工艺用多重光学器件（KRBMO）和生物工艺用套管（KRBSL） 11

3.5 一次性拉曼光学系统（KRSU1） 12

4 到货验收和产品标识 13

4.1 到货验收 13

4.2 产品标识 13

4.3 供货清单 13

5 安装 14

5.1 安装浸入式光学器件和生物工艺用光学器件 14

5.2 安装生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管系统 15

5.3 安装非接触式光学器件 19

5.4 安装一次性拉曼光学系统 21

6 调试 24

6.1 验收光学器件 24

6.2 校准和验证 24

7 操作 26

7.1 生物工艺用光学器件、生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管系统以及一次性拉曼光学系统 26

7.2 存储生物工艺用多重光学器件以及一次性拉曼光学系统的可复用部分 26

8 诊断和故障排除 28

9 维护 29

9.1 清洁光学器件的窗口 29

9.2 生物工艺用光学器件的高压灭菌操作 29

9.3 生物工艺用套管的高压灭菌操作 31

10 维修 35

10.1 Rxn-10 探头光学器件的维修 35

10.2 用户可维修部件 35

11 技术参数 36

11.1 浸入式光学器件 36

11.2 非接触式光学器件 37

11.3 生物工艺用光学器件 37

11.4 生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管 38

11.5 一次性拉曼光学系统 38

12 配套文档资料 39

13 索引 40

1 文档信息

本手册提供与 Endress+Hauser Rxn-10 拉曼光谱探头搭配使用的光学器件的相关信息。可选的可互换光学器件类型包括:

- 浸入式光学器件
- 非接触式光学器件
- 生物工艺用光学器件
- 生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管
- 一次性拉曼光学系统

关于特定探头相关信息，请参见 *Rxn-10 拉曼光谱探头《操作手册》*。

1.1 安全图标

信息结构	含义
⚠ **原因（/后果）** 不遵守安全指南的后果（如果适用） ▸ 补救措施	危险状况警示图标。若未能避免这种危险状况，可能导致人员死亡或严重伤害。
⚠ **原因（/后果）** 不遵守安全指南的后果（如果适用） ▸ 补救措施	危险状况警示图标。若未能避免这种危险状况，可能导致人员轻微或中等伤害。
注意 **原因/状况** 不遵守安全指南的后果（如果适用） ▸ 补救措施/说明	可能导致财产受损的状况警示图标。

表 1. 安全图标

1.2 美国出口管制合规

Endress+Hauser 的政策严格遵守美国出口管制法律，详细信息请访问美国商务部工业与安全局网站。

1.3 术语表

术语	说明
ANSI	美国国家标准学会
API	药用活性成分
bara	绝压
barg	表压
°C	摄氏度
cm	厘米
°F	华氏度
HCA	拉曼校准附件
in	英寸
IO	浸入式光学器件
IPA	异丙醇
kg	千克
LED	发光二极管
m	米
µin	微英寸
µm	微米
mm	毫米
mW	毫瓦
NCO	非接触式光学器件
NIR	近红外光波段
nm	纳米
PD	过程开发
psig	磅/平方英寸规格
Ra	平均表面光洁度
VIS	可见光波段
WEEE	废弃电气和电子设备

表 2. 术语表

2 基本安全指南

本章节中的安全信息专门针对兼容 Rxn-10 拉曼光谱探头的光学器件。关于探头和激光安全的其他信息，请参见 *Rxn-10 拉曼光谱探头《操作手册》*。

2.1 人员要求

- 仅允许经培训的专业技术人员进行探头/光学器件的安装、调试、操作和维护。
- 执行特定操作的技术人员必须经厂方授权。
- 技术人员必须阅读《操作手册》，理解并遵守其中的各项规定。
- 工厂必须指派一位激光安全管理专员，确保对员工进行全面的 3B 类激光器件操作与安全规程培训。
- 仅允许经培训的授权人员修复测量点故障。对于本文档中未列举的维修操作，必须交由制造商或服务机构处理。

2.2 指定用途

Rxn-10 拉曼光谱探头专为产品和工艺开发以及制造应用设计（与拉曼光学系统搭配时为一次性使用）。探头兼容一系列可互换市售光学器件（浸入式和非接触式），满足不同应用需求。

光学器件的推荐应用领域如下:

光学器件	应用领域
浸入式光学器件（IO）	▪ 开发实验室 ▪ 制药：原料药装置操作、反应分析、结晶过程、终点检测、溶剂置换 ▪ 化工：材料识别、反应分析、聚合过程、交联、混合 ▪ 食品和饮料：混合、净化、天然和合成成分
非接触式光学器件（NCO）	▪ 聚合物固体（颗粒、薄膜或粉末） ▪ 药品制造 ▪ 原材料识别 ▪ 肉类或鱼类质量 ▪ 配方优化
生物工艺用光学器件	▪ 用于测定葡萄糖、乳酸、氨基酸、细胞密度、滴度等参数的台式生物反应器 ▪ 用于测定甘油、甲烷、乙醇、山梨糖醇、生物质量等参数的台式发酵罐 ▪ 与流通式安装支架 CYA680 搭配使用，用于选择下游生物工艺应用
生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管	▪ 用于测定葡萄糖、乳酸、氨基酸、细胞密度、滴度等参数的台式生物反应器 ▪ 用于测定甘油、甲烷、乙醇、山梨糖醇、生物质量等参数的台式发酵罐 ▪ 与流通式安装支架 CYA680 搭配使用，用于选择下游生物工艺应用
一次性拉曼光学系统	▪ 用于测定葡萄糖、乳酸、氨基酸、细胞密度、滴度等参数的一次性发酵罐 ▪ 用于测定甘油、甲烷、乙醇、山梨糖醇、生物质量等参数的一次性发酵罐

表 3. 应用领域

上表列举了 Rxn-10 探头和光学器件的常见应用。还有其他潜在应用领域；但是，将设备用于此处列举应用范围之外的任何用途均会导致人员和测量系统整体的安全受到威胁以及质保失效。

2.3 工作场所安全

用户有责任且必须遵守下列安全标准的要求:

- 安装指南
- 当地电磁兼容性标准和法规

2.4 操作安全

在进行整个测量点调试之前:

- 检查并确认所有连接均正确。
- 确保光电信号电缆完好无损。
- 确保液位足以浸没探头/光学器件（可选）。
- 禁止使用已损坏的产品，并采取保护措施避免误操作。
- 将受损产品标识为故障产品。

在操作过程中:

- 如果无法修复故障，必须停用产品，并采取保护措施避免误操作。
- 使用激光设备时，务必遵守当地激光安全规范要求，包括穿戴个人防护设备、禁止非授权用户使用设备等。

额定参数包括接头、法兰或密封圈的限制条件。安装人员必须理解这些限制条件，并运用合适的硬件和装配规程执行安全密封连接。

2.5 维修安全

如需从过程端拆下过程探头/光学器件进行维修，请遵守所在公司的安全指南要求。维修设备时，务必穿戴防护设备。

2.6 重要防护措施

- 禁止将光学器件用于非指定用途。
- 禁止直视激光束。
- 禁止使用激光束照射任何镜面/光亮面，或可能造成漫反射的表面。反射激光束的危害等同于直射激光束。
- 不使用时，关闭 Rxn-10 探头上的快门。在不使用的光学器件上安装保护帽（如有）。
- 务必使用激光束阻隔防护装置，避免出现激光散射辐射。

2.7 产品安全

产品设计满足所有现行安全要求，出厂前已在安全的操作条件完成测试并运输，可以安全使用。产品符合相关法规和国际标准的要求。与分析仪相连的设备也必须符合适用分析仪安全标准。

3 产品描述

基于美国凯撒拉曼技术的 Rxn-10 拉曼光谱探头可选多种配套光学器件，可在实验室中、工艺开发或一次性制造环境中实现灵活取样。Endress+Hauser 提供浸入式、生物工艺用和非接触式光学器件，用于液体、泥浆和固体分析。光学器件可选多种长度和尺寸，满足不同应用需求。以下章节介绍光学器件类型及其用途。

- 3.1：浸入式光学器件
- 3.2：非接触式光学器件
- 3.3：生物工艺用光学器件
- 3.4：生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管
- 3.5：一次性拉曼光学系统

3.1 浸入式光学器件（KIO1）

Endress+Hauser 浸入式光学器件与 Rxn-10 探头搭配使用，适用于反应釜、实验室反应器或过程液流。其采用定焦设计，无移动部件，提供长期测量稳定性和卓越信号性能。由于采用密封结构，可作为嵌入式 Rxn 拉曼光谱分析仪的标配件。

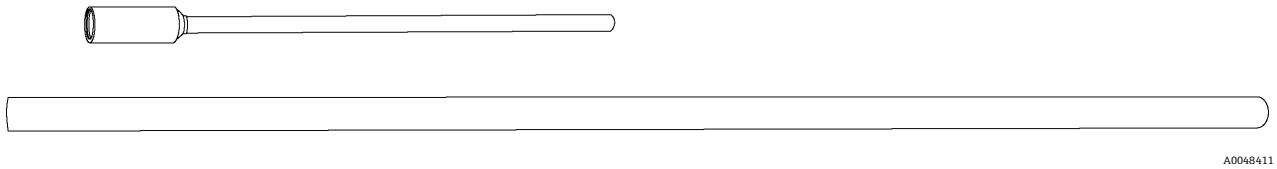


图 1. 不同轴长度和直径规格的浸入式光学器件

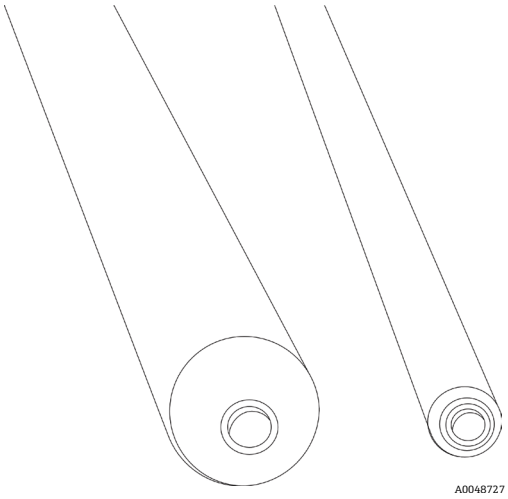


图 2. 不同直径规格的浸入式光学器件末端

3.1.1 浸入式光学器件的优点

浸入式光学器件为可传输的高性能拉曼测量提供以下优势:

- 非常适合在实验室中快速测量液体、浆料和半固体
- 卓越的信号性能
- 无用户调节部件
- 接液部件在恶劣工况中（包括酸性溶液）提供耐腐蚀能力

3.1.2 浸入式光学器件选项

浸没式光学器件的直径为 12.7 mm (0.5 in.)和 6.35 mm (0.25 in.)，提供两种光学涂层选项:

- VIS: 针对可见光（VIS）波段（532 nm）优化设计
- NIR: 针对近红外光（NIR）波段（785 nm 和 993 nm）优化设计

3.1.3 数据采集区：短型与长型

浸没式光学器件可选配备短型（在窗口处）或长型（距离窗口 3 mm 或 0.12 in.）数据采集区。浸没式光学器件上还会标识所选数据采集区。

短型或长型数据采集区用于不同种类的样品。焦面上的光谱数据采集效率最高。

短型数据采集区通常用于不透明或混浊介质样品。如果使用配备长数据采集区的浸没式光学器件分析这些材料，那么大部分或全部入射光将由于焦面上方材料的镜面反射和漫反射而流失。

长型数据采集区更适用于透明样品，能够利用整条有效焦柱实现信号强度最大化。

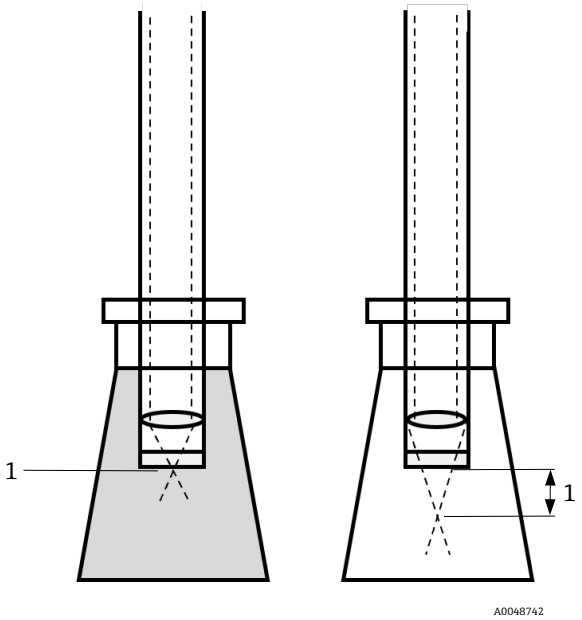


图 3. 短型（左）数据采集区与长型（右）数据采集区（1）

3.2 非接触式光学器件（KNCO1）

Endress+Hauser 非接触式光学器件与 Rxn-10 探头配套使用，可直接或者通过观察窗或半透明封装对样品进行非接触式拉曼光谱测量。这些光学器件非常适合固体或混浊介质，或者担心光学器件受到样品污染或损坏的应用场合。

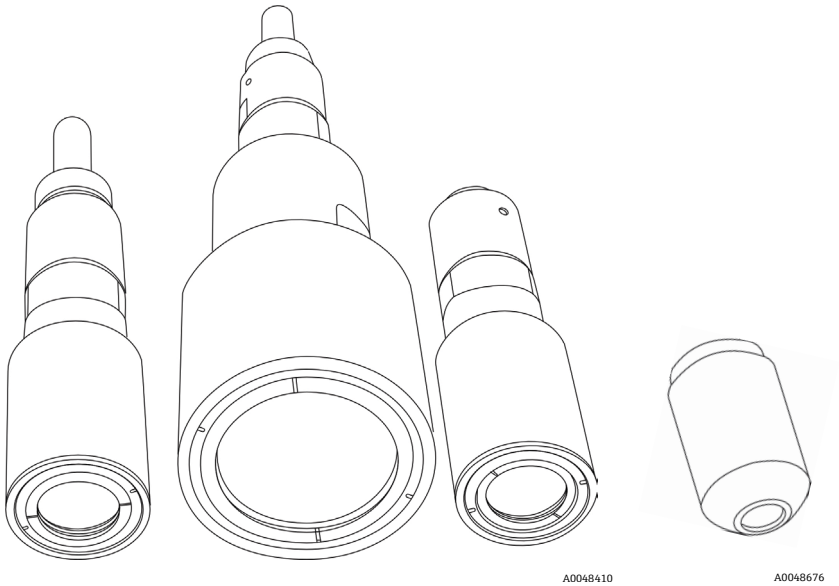


图 4. 不同尺寸的非接触式光学器件

3.2.1 非接触式光学器件的优势

非接触式光学器件为拉曼测量提供了以下优势:

- 可选多种工作距离，直接或者通过观察窗或半透明封装进行非接触式拉曼光谱测量
- 应用广泛，支持测量薄膜、颗粒和粉末
- 精确测量静态或移动样品
- 实现易碎或腐蚀性样品的非接触式分析

3.2.2 非接触式光学器件选项

非接触式光学器件可选多种尺寸，工作距离范围为 10…140 mm (0.40…5.52 in.)，取决于所选选项。内部透镜采用两种抗反射涂层之一:

- VIS: 针对可见光（VIS）波段优化设计
- NIR: 针对近红外光（NIR）波段优化设计

可用选项参见下表。

非接触式光学器件尺寸	抗反射涂层	工作距离（mm）	工作距离（in.）
NCO-0.4	NIR	10	0.40
NCO-0.5	VIS	12.5	0.50
NCO-1.3	VIS	33	1.30
NCO-2.5	VIS	64	2.52
NCO-3.0	NIR	75	2.96
NCO-5.5	VIS	140	5.52
NCO-5.5	NIR	140	5.52

表 4. 非接触式光学器件

3.3 生物工艺用光学器件（KLBIO1）

Endress+Hauser 生物工艺用光学器件是与 Rxn-10 探头配套使用的多用途浸入式光学器件。其实时测量多个特定生物工艺组件，并兼容标准 PG13.5 生物反应器端口。生物工艺用光学器件采用定焦设计，提供长期测量稳定性以及卓越信号性能，对于实现可转移、高性能的拉曼光谱生物工艺分析至关重要。生物工艺用光学器件可选多种行业标准长度，非常适合需要顶板入口的台式生物反应器/发酵罐应用。

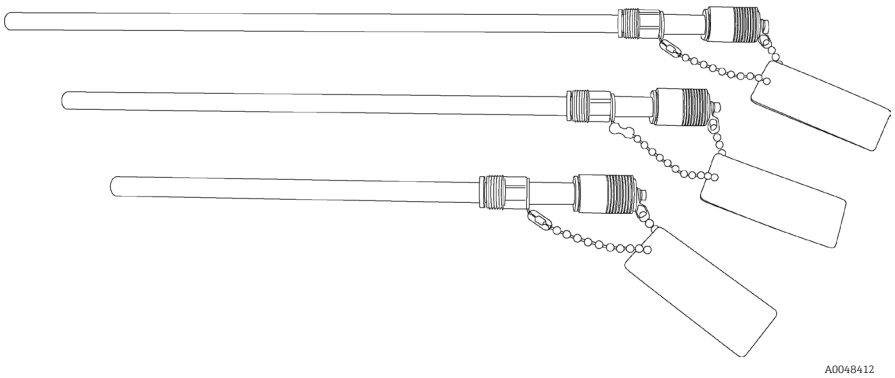


图 5. 不同长度的生物工艺用光学器件

注意

生物工艺用光学器件不得用于碳氢化合物溶剂（包括酮和芳香剂）。

▶ 这些溶剂会降低探头性能，导致质保失效。

3.3.1 生物工艺用光学器件的优势

生物工艺用光学器件在工艺开发（PD）过程中为生物工艺应用的*现场*监控提供以下优势:

- 适用于多组分生物工艺测量的浸入式光学器件
- 兼容标准 PG13.5 生物反应器端口
- 定焦设计
- 可选多种行业标准长度
- 支持高压灭菌；随箱提供打孔卡，用于信息跟踪
- 120 mm 型号兼容 Endress+Hauser 流通式安装支架 CYA680

3.3.2 生物工艺用光学器件选项

生物工艺用光学器件的可选长度为 120、220、320 或 420 mm (4.73、8.67、12.60 或 16.54 in.)。其直径为 12 mm (0.48 in.)，配备 PG13.5 螺纹连接头，非常适合需要顶板入口的生物反应器/发酵罐。

生物工艺采样腔室为选配件，可用于探头验证程序。

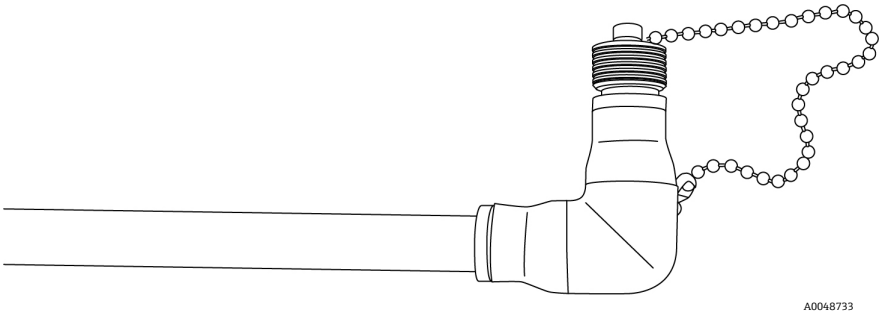


图 6. 带生物工艺采样腔室的生物工艺用光学器件

3.4 生物工艺用多重光学器件（KRBMO）和生物工艺用套管（KRBSL）

Endress+Hauser 生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管共同构成了一种多功能两件型浸入式光学系统，用于连接 Rxn-10 探头。系统可实时测量多个特定生物工艺组件，并兼容标准 PG13.5 生物反应器端口。

系统由以下部件组成:

- 可复用生物工艺用多重光学器件（非接液），以及
- 与生物工艺用多重光学器件相连的生物工艺用套管（接液）。与生物工艺用套管干燥器配套使用时，生物工艺用套管的使用寿命为 10 个高压灭菌周期。

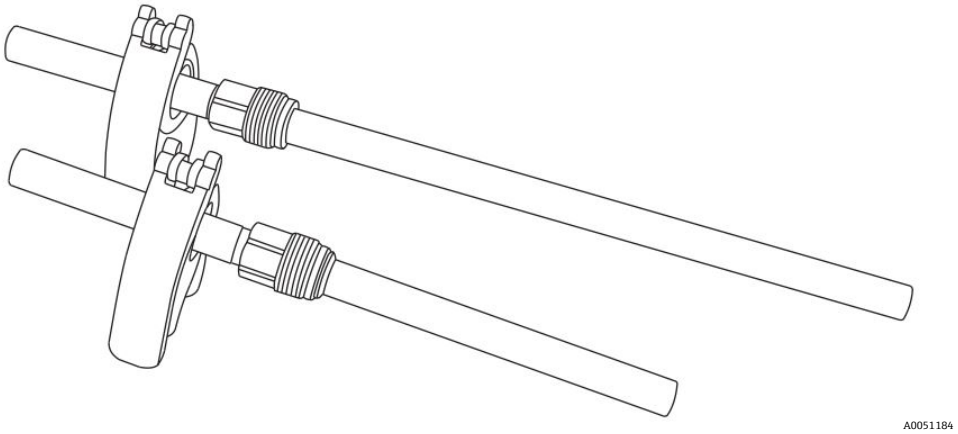


图 7. 不同长度的生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管系统

注意

此系统不得用于碳氢化合物溶剂（包括酮和芳香剂）。

▶ 这些溶剂会降低探头性能，导致质保失效。

3.4.1 生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管的优势

生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管系统提供以下优势:

- 采用模块化设计，无需从生物发酵罐/接液区拆下生物工艺用套管，直接校准光学器件。
- 简化接液/灭菌部分设计，探头的维护和保养工作量得以减少。
- 定焦设计可提供长期测量稳定性以及卓越的信号性能，对于实现可传输、高性能的拉曼光谱生物工艺分析至关重要。
- 120 mm 型号兼容 Endress+Hauser 流通式安装支架 CYA680。

3.4.2 生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管的选项

生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管可选 120 mm 和 220 mm (4.73 in.和 8.67 in.)行业标准长度。样品系统非常适合需要顶板入口的台式生物反应器/发酵罐应用。

多重光学器件验证附件为选配件，可用于探头验证程序。

3.5 一次性拉曼光学系统（KRSU1）

Endress+Hauser 一次性拉曼光学系统基于一次性传感器的行业标准开发，适用于一次性生物工艺应用。系统与 Rxn-10 探头搭配使用，包含以下部件:

- 可复用光学器件（非接液）以及
- 已安装和测试的即用型一次性接头（由一次性容器供应商提供）。

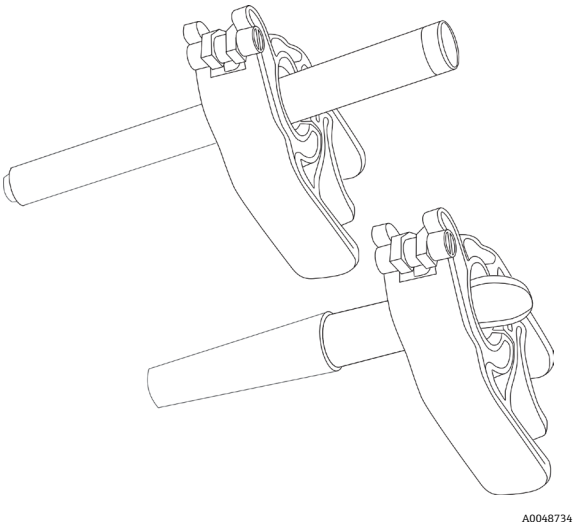


图 8. 可复用光学器件（顶部）和一次性接头（底部）

注意

一次性拉曼光学系统不得用于碳氢化合物溶剂（包括酮和芳香剂）。

▶ 这些溶剂会降低探头性能，导致质保失效。

3.5.1 一次性拉曼光学器件系统的优势

一次性拉曼光学系统与 Rxn-10 探头配合使用，能够提供与可复用拉曼探头相同质量的数据。得益于这种能力，客户在开发产品和工艺时不再受到生产终期反应器类型的限制。

其他优势包括:

- 一次性接头搭配可复用非接触式光学器件使用
- 基于一次性传感器的行业标准开发
- 符合 cGMP 认证要求
- Gamma 射线灭菌
- 由多家一次性容器供应商测试和供货

为生物制药行业客户提供无菌性和可靠性保障，适用于一次性工艺开发和制造。

3.5.2 光学器件和接头

可复用光学器件由 Endress+Hauser 提供，不会破坏无菌屏障。

一次性接头通过一次性容器供应商采购，作为 Endress+Hauser 的一次性容器可直接用于拉曼光谱测量。容器基于客户的技术规范制造，并已安装接头。制造商负责测试并向客户提供一次性无菌产品。一次性接头仅用于单批次循环。

4 到货验收和产品标识

4.1 到货验收

- 检查并确认外包装完好无损。如存在外包装破损，请立即告知供应商。问题尚未解决之前，务必妥善保管外包装。
- 检查并确认包装内的物品完好无损。如物品已被损坏，请立即告知供应商。问题尚未解决之前，务必妥善保管物品。
- 检查供货清单中的物品是否完整，有无缺失。比对供货清单和订单。
- 使用抗冲击和防潮包装存放和运输产品。原包装具有最佳防护效果。确保遵守允许环境条件要求。

如有任何疑问，请咨询 Endress+Hauser 当地销售中心。

注意

运输不当会损坏光学器件。

4.2 产品标识

4.2.1 标签

光学器件至少标有以下信息:

- 制造商信息
- 序列号

逐一比对标签/位号牌和订货单，确保信息一致。

4.2.2 制造商地址

Endress+Hauser
371 Parkland Plaza
Ann Arbor, MI 48103 USA

4.3 供货清单

供货清单如下:

- 光学器件（订购型号）
- *Rxn-10 探头附属光学器件《操作手册》*

如有任何疑问，敬请咨询供应商或当地销售中心。

5 安装

本章节中的安装信息专门针对兼容 Rxn-10 拉曼光谱探头的光学器件。关于探头安装的更多信息，请参见 *Rxn-10 拉曼光谱探头《操作手册》*。

Rxn-10 探头兼容浸入式光学器件和非接触式光学器件。探头配备扭力限制卡箍，能够牢牢固定浸入式光学器件。卡箍还用于固定非接触式光学器件的转接头。

安装前，确保拆除光学器件上的所有保护帽。

更换探头中的光学器件时，使用多重光学器件校准附件或拉曼校准附件（HCA）为采用安装有新光学器件的探头执行光谱强度校准。参见第 11 节 → 🗎，确定每种光学器件的合适校准方法。

5.1 安装浸入式光学器件和生物工艺用光学器件

Endress+Hauser 浸入式光学器件和生物工艺用光学器件滑入安装在 Rxn-10 探头中，通过一个配备扭力限制拇指螺丝的卡箍固定。切勿完全拆除 Rxn-10 探头上的拇指螺丝。

⚠

安装或拆除浸入式光学器件时，确保激光和发射光快门处于关闭位置。

安装浸入式光学器件:

1. 如需要，将 Rxn-10 探头上的金属拇指螺丝逆时针转动约一圈，拧松即可（不得拆下）。然后找到光学器件的探头端，即包含产品标记的末端。
2. 引导光学器件的探头端穿过末端的光学器件卡箍。
3. 将光学器件往回推，直至止动位置。
4. 轻轻顺时针转动拇指螺丝，将其拧紧，直至听到“咔哒”一声。这表示拇指螺丝已达到所需扭矩。未拧紧螺丝将导致光学器件松动，可能损坏光学器件。
5. 在探头中安装光学器件后，使用拉曼校准附件对配备新光学器件的探头执行光谱强度校准。

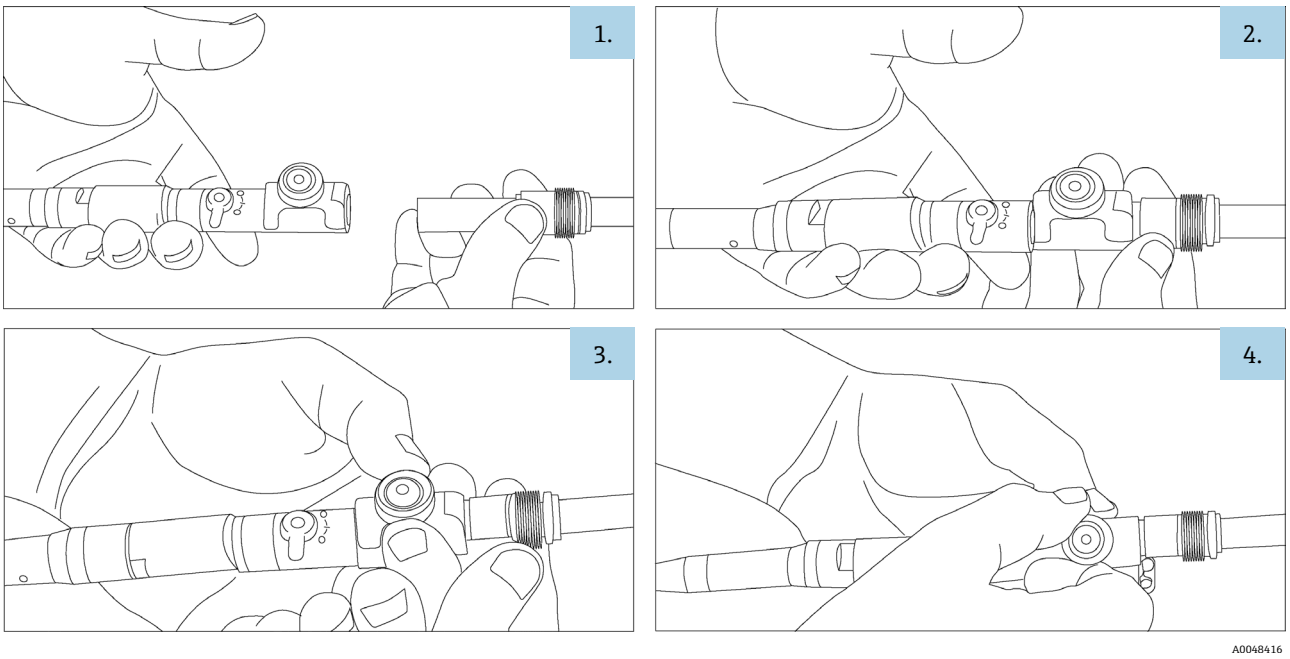


图 9. 在 Rxn-10 探头上安装浸入式光学器件（IO）

拆除浸入式光学器件:

逆时针旋转扭力限制拇指螺丝约一圈，将其拧松，使得浸入式光学器件与配套卡箍分离。不得拆下拇指螺丝。然后滑出浸入式光学器件。

5.2 安装生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管系统

遵照以下步骤，将生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管系统安装到生物反应器中进行数据采集:

- 将生物工艺用多重光学器件安装到 Rxn-10 探头中
- 将生物工艺用套管安装到生物反应器中
- 对生物工艺用套管/生物反应器组合进行消毒（常规操作）
- 将安装有生物工艺用多重光学器件的 Rxn-10 探头安装到生物工艺用套管/生物反应器中

5.2.1 将生物工艺用多重光学器件安装到 Rxn-10 探头中

Endress+Hauser 生物工艺用多重光学器件滑入安装在 Rxn-10 探头中，通过一个配备扭力限制拇指螺丝的卡箍固定。切勿完全拆除 Rxn-10 探头上的拇指螺丝。

安装或拆除光学器件时，确保激光和发射光快门处于关闭位置。

将光学器件安装到探头中:

1. 如需要，将 Rxn-10 探头上的金属拇指螺丝逆时针转动约一圈，拧松即可（不得拆下）。
2. 将光学器件穿过末端的光学器件卡箍。

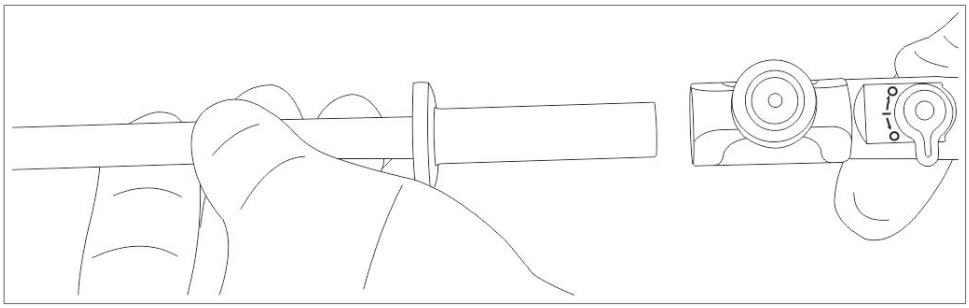


图 10. 将生物工艺用多重光学器件插入 Rxn-10 探头

3. 将光学器件往回推，直至止动位置。

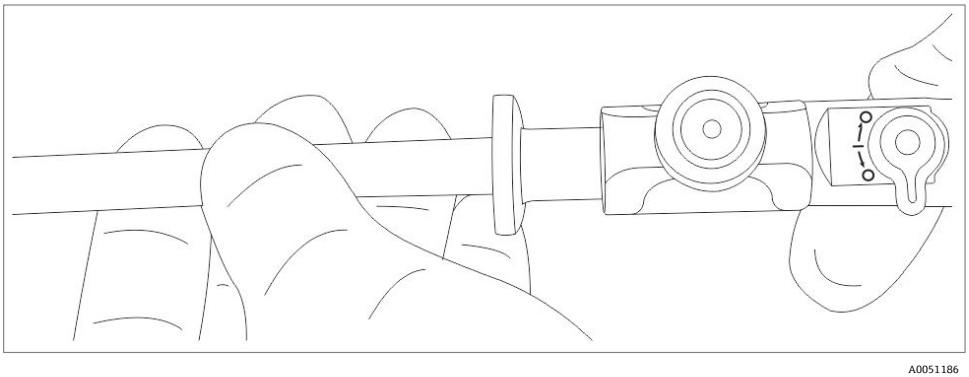


图 11. Rxn-10 探头中生物工艺用多重光学器件的终点位置

4. 轻轻顺时针转动拇指螺丝，将其拧紧，直至听到“咔哒”一声。这表示拇指螺丝已达到所需扭矩。未拧紧螺丝将导致光学器件松动，可能损坏光学器件。

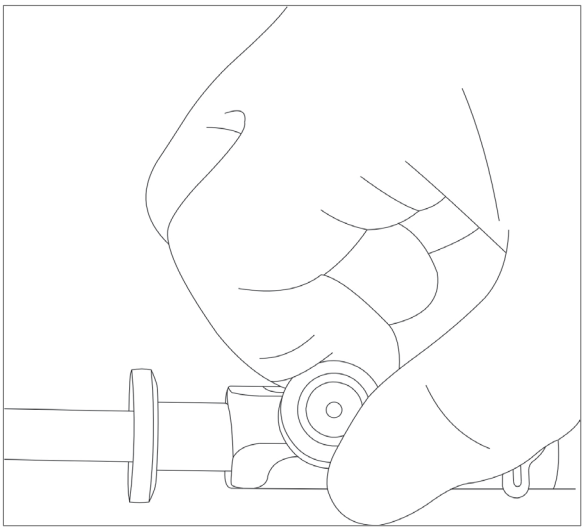


图 12. 拧紧 Rxn-10 探头上的拇指螺丝

5. 在探头中安装光学器件后，使用多重光学器件校准附件对带新光学器件的探头执行光谱强度校准。或者，也可使用拉曼校准附件（HCA），但需要使用生物工艺用套管。

从 Rxn-10 探头上拆除生物工艺用多重光学器件:

逆时针旋转扭力限制拇指螺丝约一圈，将其拧松，使得光学器件与配套卡箍分离。不得拆下拇指螺丝。然后滑出光学器件。

5.2.2 将生物工艺用套管安装到生物反应器中

生物工艺用套管与生物反应器上的 PG13.5 螺纹端口相连。将生物工艺用套管安装到生物反应器中:

1. 将生物工艺用套管对准可用的 PG13.5 端口。
2. 将生物工艺用套管插入生物反应器的 PG13.5 端口。
3. 按照生物反应器制造商的规范要求，将 PG13.5 螺母拧紧至生物反应器的 PG13.5 端口中。

注意

务必确保生物工艺用套管和内部搅拌设备之间无干涉。

▶ 干涉会损坏光学系统并导致出现气穴。

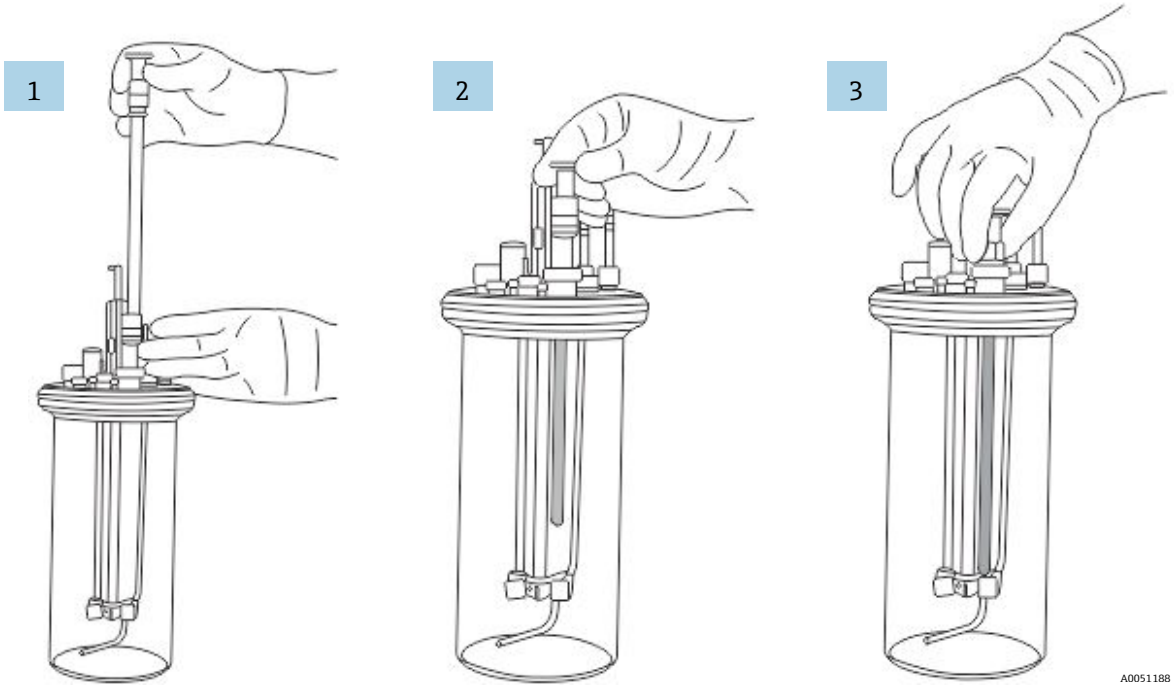


图 13. 将生物工艺用套管安装到生物反应器的 PG13.5 端口中

注意

生物反应器/生物工艺用套管通常需要在使用前消毒。

▶ 高压灭菌前必须将干燥器安装在生物工艺用套管中。

参见第 9.3 节 → 🗎，了解高压灭菌说明。

5.2.3 将带生物工艺用多重光学器件的 Rxn-10 探头安装到生物工艺用套管中

注意

插入生物工艺用套管前，带可复用光学器件的 Rxn-10 探头必须执行校准和验证。

▶ 校准和验证说明参见第 6.2 节 → 🗎。

带生物工艺用多重光学器件的 Rxn-10 探头经过校准，以及安装有生物工艺用套管的生物反应器经过消毒后，需要连接系统进行数据采集。按照以下步骤操作。

1. 获取卫生级法兰密封圈。

   如果生物工艺用套管上已安装卫生级法兰密封圈，请执行步骤 3。

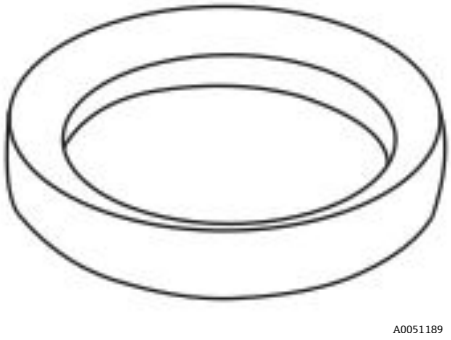


图 14. 卫生级法兰密封圈

2. 将卫生级法兰密封圈置于密封圈压盖上。

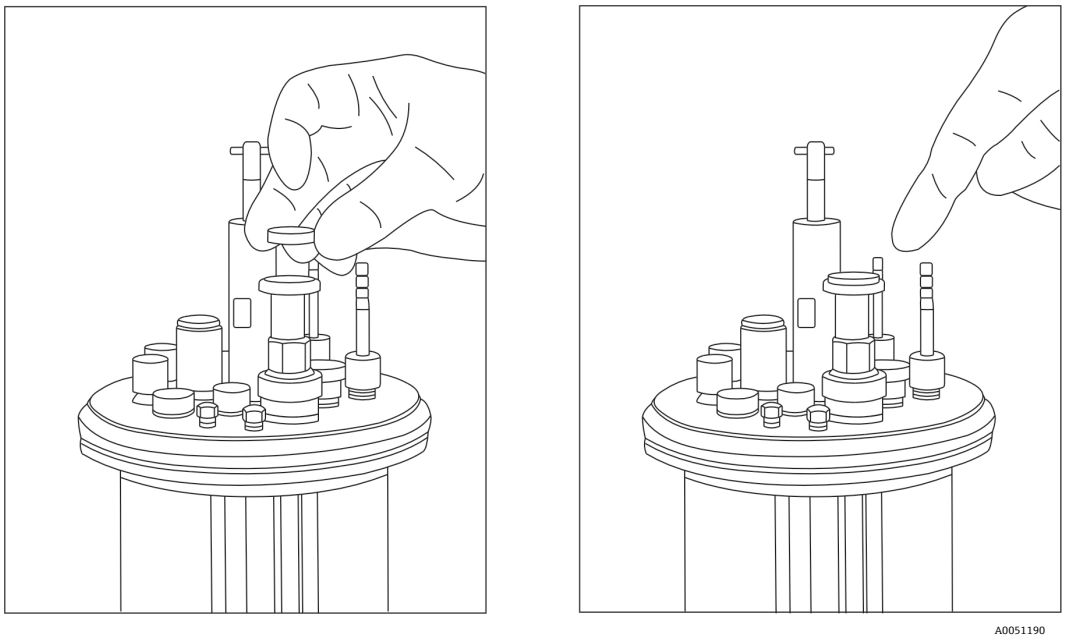


图 15. 安装卫生级法兰密封圈

3. 确认生物工艺用多重光学器件的浸入深度正确无误。
4. 将生物工艺用多重光学器件插入生物工艺用套管，直至光学器件倚靠在卫生级法兰密封圈上。

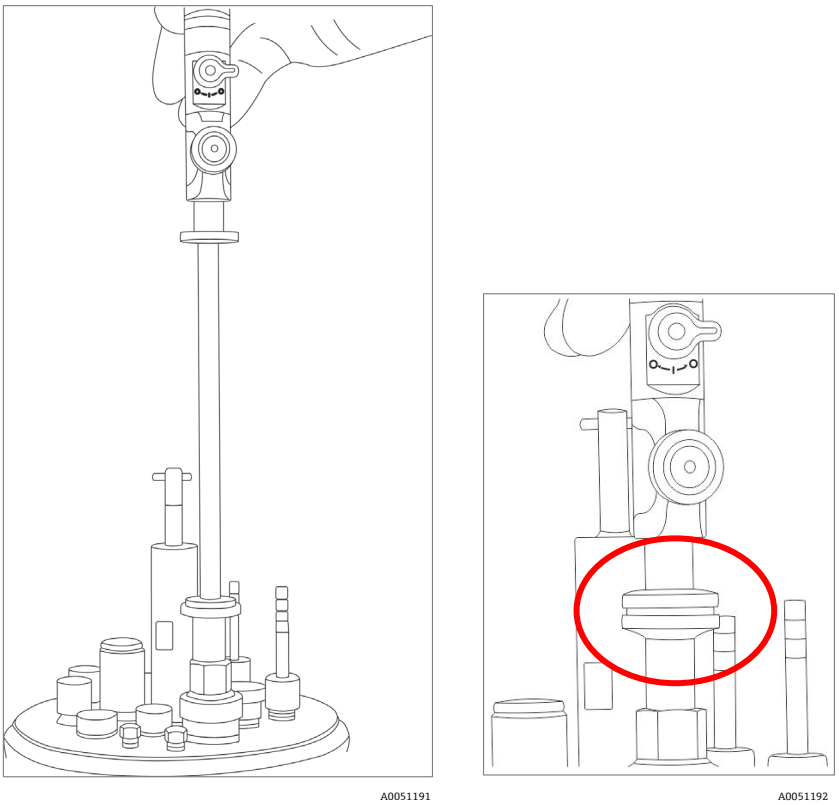


图 16. 将生物工艺用多重光学器件插入生物工艺用套管（左），直至光学器件倚靠在密封圈上（右）

5. 确认清洁密封圈正确安装在光学器件和套管之间。

6. 安装卫生级卡箍，确保其牢固夹紧。听到两记“咔哒”声，即表示其已正确夹紧。

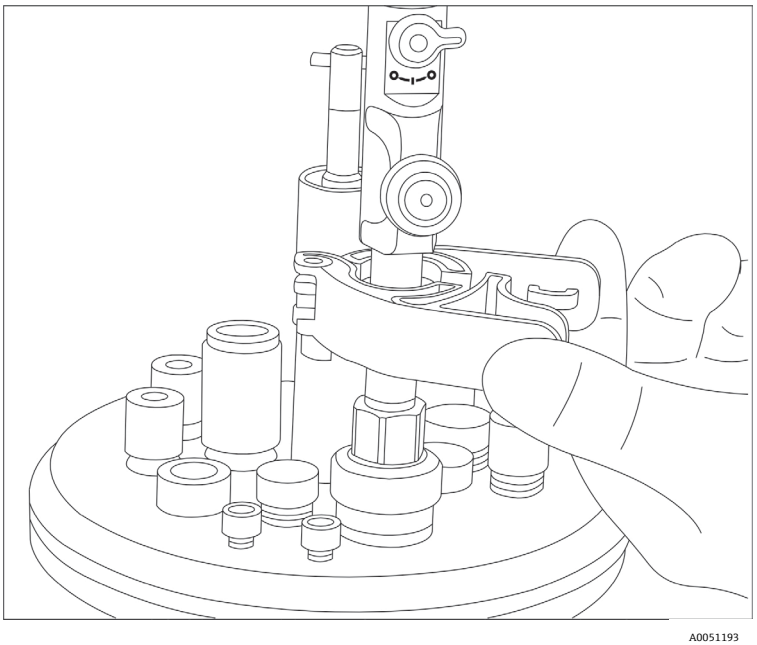


图 17. 安装卫生级卡箍

带生物工艺用多重光学器件的 Rxn-10 探头现可在安装有生物工艺用套管的生物反应器中采集数据。

5.3 安装非接触式光学器件

随 Rxn-10 探头提供的非接触式光学器件采用螺纹连接，因此需要使用螺纹转接头将光学器件连接到 Rxn-10 探头。

安装或拆除非接触式光学器件时，确保激光和发射光快门处于关闭位置。

安装非接触式光学器件:

1. 如需要，将 Rxn-10 探头上的金属拇指螺丝逆时针转动约一圈，拧松即可（不得拆下）。然后找到转接头的非螺纹窄端。
2. 将转接头的窄端穿过卡箍。推动转接头，直至止动位置。
3. 轻轻顺时针转动拇指螺丝，将其拧紧，直至听到“咔哒”一声。这表示拇指螺丝已达到所需扭矩。不拧紧螺丝将导致转接头松动。
4. 找到非接触式光学器件的外螺纹端。
5. 将非接触式光学器件拧入转接头的螺纹端。
6. 在探头中安装光学器件后，使用拉曼校准附件（HCA）对配备新光学器件的探头执行光谱强度校准。

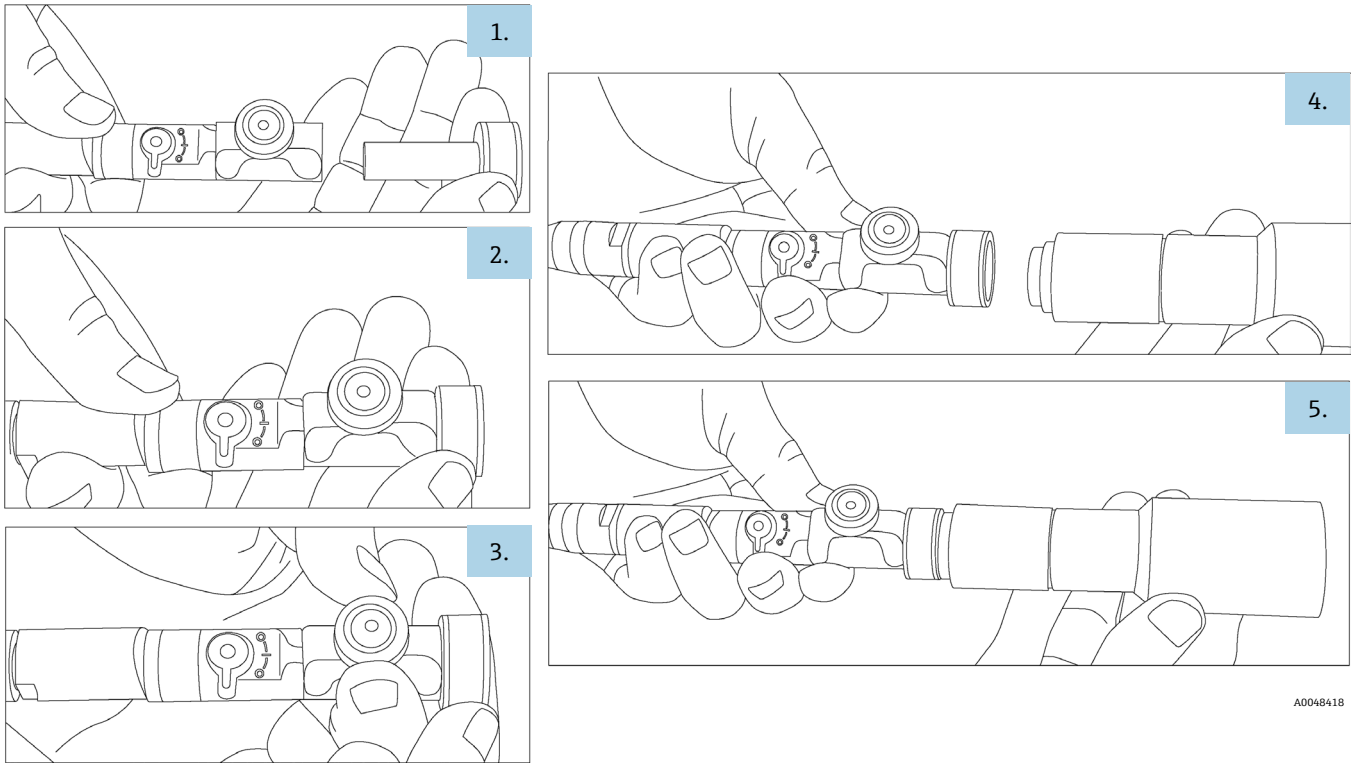


图 18. 在 Rxn-10 探头中安装转接头和非接触式光学器件

拆除非接触式光学器件:

从转接头上拧下非接触式光学器件。如果需要使用浸入式光学器件，通过逆时针旋转扭力限制拇指螺丝约一圈来拆下转接头，直至转接头与卡箍分离。然后滑出转接头。

5.4 安装一次性拉曼光学系统

注意

插入一次性接头前，带可复用光学器件的 Rxn-10 探头必须执行校准和验证。

▶ 校准和验证说明参见第 6.2 节 → 🗎。

5.4.1 准备一次性接头

以下所示的端口为某种类型的一次性生物反应器专用。所用端口、接头和保护帽/卡箍（如有）取决于一次性物反应器类型。但是，光学器件插入说明适用于所有类型的一次性生物反应器。

准备插入光学器件所需的一次性接头:

1. 按压卫生级卡箍上的释放杆，然后拆下卡箍。
2. 从接头上拆下卫生级保护帽。
3. 确保卫生级 O 型密封圈正确安装在接头上。

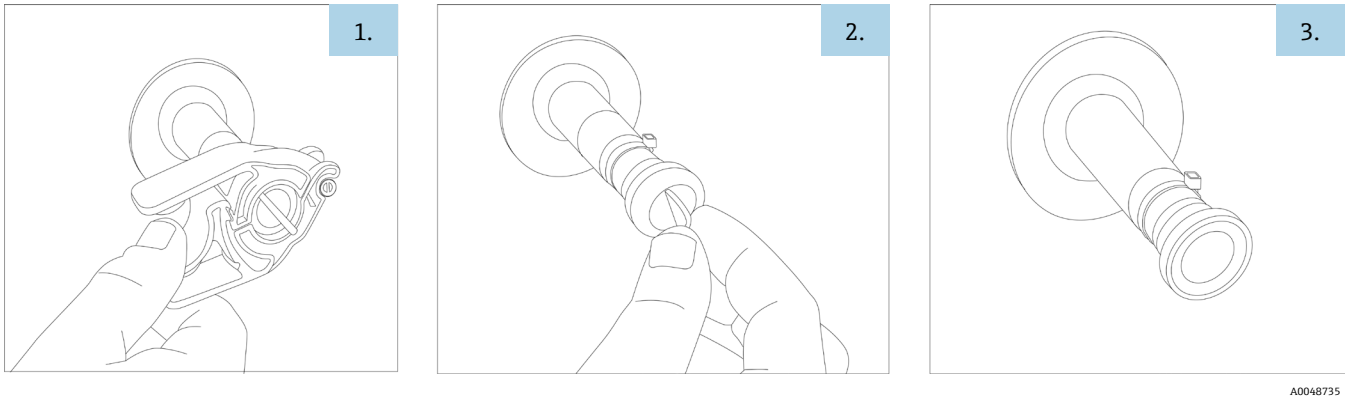


图 19. 准备一次性接头

5.4.2 准备需要插入接头的可复用光学器件

准备需要插入接头的光学器件:

1. 按压卫生级卡箍上的释放杆，然后拆下卡箍。
2. 拆下保护帽和密封圈。将这些组件存放在安全位置。

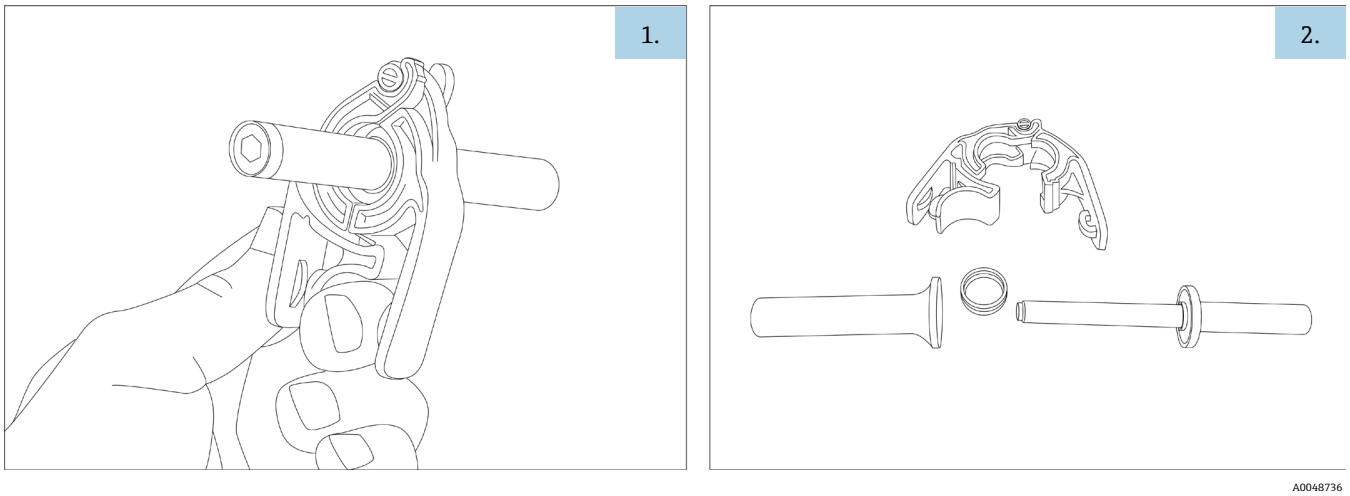


图 20. 准备可复用光学器件

5.4.3 将光学器件插入接头

将光学器件插入一次性接头:

1. 确认卫生级 O 型密封圈仍正确安装在接头上。

   如果没有，应在光学器件上安装卫生级 O 型密封圈，确保其位于密封压盖区域上。

2. 将光学器件插入一次性接头。
3. 安装卫生级卡箍，确保其牢固夹紧。听到两记“咔哒”声，即表示其已正确夹紧。

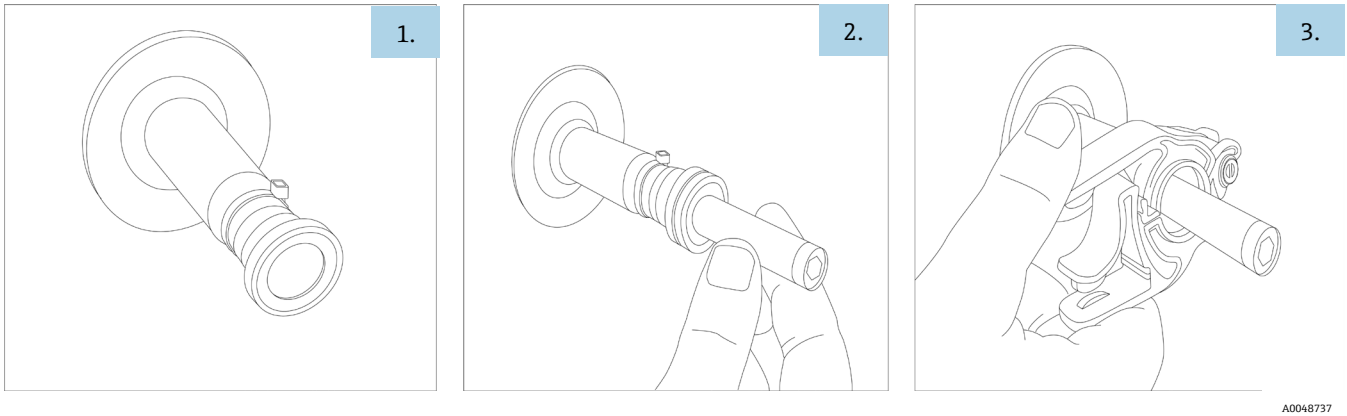


图 21. 将光学器件插入接头

5.4.4 将光学器件安装到 Rxn-10 探头中

Endress+Hauser 可复用光学器件滑入安装在 Rxn-10 探头中，通过一个配备扭力限制拇指螺丝的卡箍固定。切勿完全拆除 Rxn-10 探头上的拇指螺丝。

安装或拆除光学器件时，确保激光和发射光快门处于关闭位置。

将光学器件安装到探头中:

1. 如需要，将 Rxn-10 探头上的金属拇指螺丝逆时针转动约一圈，拧松即可（不得拆下）。然后将光学器件穿过末端的光学器件卡箍。
2. 将光学器件往回推，直至止动位置。
3. 轻轻顺时针转动拇指螺丝，将其拧紧，直至听到“咔哒”一声。这表示拇指螺丝已达到所需扭矩。未拧紧螺丝将导致光学器件松动，可能损坏光学器件。

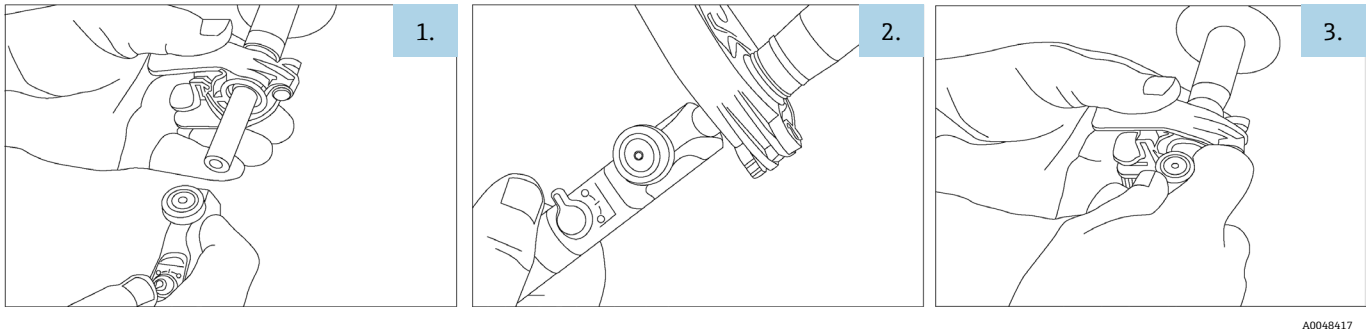


图 22. 将可复用光学器件安装到 Rxn-10 探头中

4. 在探头中安装光学器件后，使用多重光学器件校准附件对带新光学器件的探头执行光谱强度校准，然后再将光学器件连接至转接头。或者，也可使用拉曼校准附件（HCA）和一次性校准转接头。

拆除光学器件:

逆时针旋转扭力限制拇指螺丝约一圈，将其拧松，使得光学器件与配套卡箍分离。不得拆下拇指螺丝。然后滑出光学器件。

6 调试

Rxn-10 探头的配套光学器件出厂即可连接探头。无需额外对准或调节探头。按照以下说明调试探头搭配使用的光学器件。

6.1 验收光学器件

进行到货验收，详细信息参见第 4.1 节 → 🗎。

6.2 校准和验证

使用前必须校准探头和分析仪。

6.2.1 多重光学器件校准附件

在将生物工艺用多重光学器件或一次性拉曼光学系统安装到 Rxn-10 探头中后，使用多重光学器件校准附件为带新光学器件的探头执行光谱强度校准。

关于多重光学器件校准附件的其他信息，*参考多重光学器件校准套件《操作手册》*。

如果没有多重光学器件校准附件，可使用拉曼校准附件（HCA）进行校准，步骤如下：

- 生物工艺用多重光学器件：带生物工艺用套管和 12 mm HCA 转接头
- 一次性拉曼光学系统：带一次性校准转接头和 12 mm HCA 转接头

6.2.2 拉曼校准附件

在将浸入式光学器件、非接触式光学器件或生物工艺用光学器件安装到探头后，使用拉曼校准附件（HCA）为带新光学器件的探头执行光谱强度校准。

如果 HCA 与一次性拉曼光学系统搭配使用，则在光学器件上额外安装一个一次性校准转接头，具体安装步骤与将光学器件连接至接头的步骤相同（参见第 5.3 节 → 🗎）。然后将光学器件/校准转接头组合插入连接至 HCA 头的 HCA 转接头。

关于 HCA 和转接头的其他信息，参见*拉曼校准附件《操作手册》*。

6.2.3 执行校准和验证

操作步骤参见 Rxn 拉曼分析仪《操作手册》：

- 执行分析仪内部校准；包括光轴校正、全波段校准和/或全激光波段校准，具体取决于分析仪状态
- 执行探头校准；需要使用多重光学器件校准附件或带合适光学器件转接头的 HCA
- 进行探头验证；对照标准参考样品验证校准结果；可以使用生物工艺用采样腔室或多重光学器件校准附件
- 查看校准和验证报告

注意

应使用多重光学器件验证附件验证生物工艺用多重光学器件或一次性拉曼光学系统。不得将生物工艺用多重光学器件或一次性光学器件直接浸入样品。

▶ 如果没有多重光学器件验证附件，可使用生物工艺用采样腔室及额外的生物工艺用套管（针对生物工艺用多重光学器件）或一次性校准转接头（针对一次性光学器件）验证生物工艺用多重光学器件或一次性拉曼光学系统。

Raman RunTime 软件要求必须执行内部校准和探头校准，否则不允许采集光谱数据。探头验证并非强制性步骤，但强烈建议执行。

登陆 Endress+Hauser 公司网站的“资料下载”区，下载 Rxn 拉曼光谱分析仪《操作手册》：
https://endress.com/downloads

7 操作

本手册提供与 Endress+Hauser Rxn-10 拉曼光谱探头搭配使用的光学器件的相关信息。Rxn-10 探头是一款专为产品和工艺开发设计的多功能探头，兼容 532 nm、785 nm 或 993 nm 激发光源波长的 Endress+Hauser Rxn 拉曼光谱分析仪。Rxn-10 探头兼容多种可互换光学器件，包括:

- 浸入式光学器件
- 非接触式光学器件
- 生物工艺用光学器件
- 生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管
- 一次性拉曼光学系统

按照第 5 章 → 🗎的说明将光学器件安装在探头中。

关于带光学器件的探头操作，参见 *Rxn-10 拉曼光谱探头《操作手册》*。必须遵守激光产品的安全预防措施。

部分光学器件的附加使用和存储说明如下。

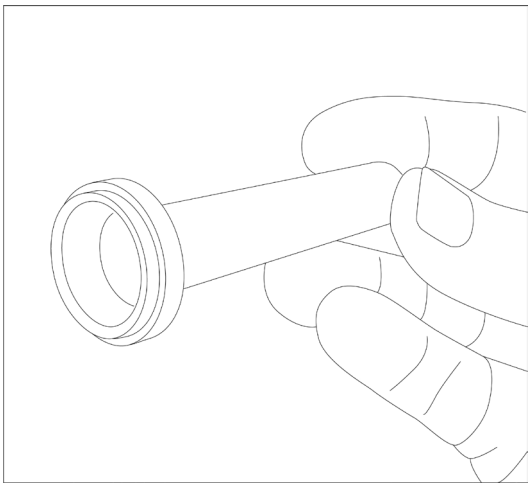
7.1 生物工艺用光学器件、生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管系统以及一次性拉曼光学系统

生物工艺用光学器件、生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管系统以及一次性拉曼光学系统不得用于碳氢化合物溶剂（包括酮和芳香剂）。否则可能降低探头性能，导致质保失效。

未连接一次性接头的情况下，一次性拉曼光学系统不得浸没在任何液体介质中。未连接生物工艺用套管的情况下，生物工艺用多重光学器件不得浸没在任何液体介质中。

7.2 存储生物工艺用多重光学器件以及一次性拉曼光学系统的可复用部分

如需存储生物工艺用多重光学器件以及一次性拉曼光学系统的可复用部分，务必使用随箱提供的保护盖保护运输中的光学器件。确认已安装 O 型密封圈，以确保环境清洁干燥。



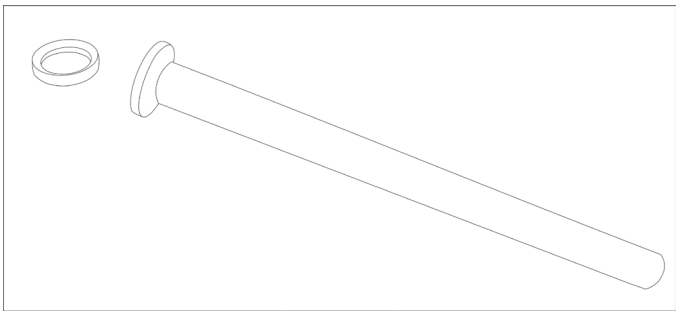


图 23. 带 O 型圈的可复用光学器件的保护盖（左），以及生物工艺用多重光学器件的保护盖（右）

安装或拆除光学器件时，确保激光和发射光快门处于关闭位置。

拆除光学器件并安装光学器件保护盖进行存储:

1. 将 Rxn-10 探头上的金属拇指螺丝逆时针转动约一圈，拧松即可（不得拆下）。
2. 将 Rxn-10 探头滑出生物工艺用多重光学器件或可复用光学器件。
3. 找到快卸卡箍、光学器件保护盖以及卫生级密封圈（O 型圈）。
4. 将光学器件滑入保护盖，使 O 型圈在两个部件之间形成密封。
5. 将快卸卡箍安装到光学器件/盖板法兰上方，然后按压卡箍，直至听到两记清晰的“咔哒”声，即表示已拧紧。

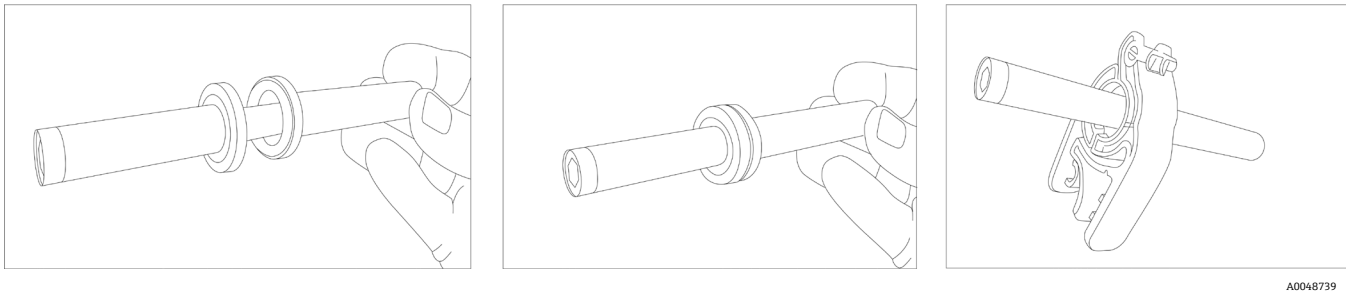


图 24. 安装光学器件保护盖和卡箍

8 诊断和故障排除

关于 Rxn-10 探头和附属光学器件的故障诊断，参见 *Rxn-10 拉曼光谱探头《操作手册》*。

9 维护

如果光学器件接触到样品、灰尘或指纹等，可能需要清洁。此外，在浸入磷酸盐缓冲溶液后，应清洁生物工艺用光学器件和生物工艺用套管，以避免颗粒沉积污染。

每个光学器件上的窗口均可按照以下步骤进行清洁。对于生物工艺用光学器件和生物工艺用套管，通常会进行高压灭菌。

对于所有其他维护工作，建议在制造商的场所进行光学器件的维修。

9.1 清洁光学器件的窗口

清洁过程中务必小心操作，确保清洁工作不会进一步污染光学器件窗口表面。

注意

不得将烃类溶剂（包括酮类和芳香族化合物）用于生物工艺用光学器件、生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管或一次性拉曼光学系统。

▶ 这些溶剂会降低探头性能，导致质保失效。

清洁光学器件窗口:

1. 确保激光器关闭或激光器与分析仪的连接断开。
2. 使用干净的压缩空气吹扫表面，清除所有松动颗粒物。
3. 使用略微沾上合适溶剂的棉签擦拭表面。适用溶剂包括 100%异丙醇（IPA）、去离子水或其他。

   禁止将溶剂滴到固定部件背面。
4. 使用干棉签将表面擦干。
5. 如需要，使用更多溶剂重复清洁，并使用干棉签将表面擦干。
6. 使用干净的压缩空气进行吹扫，清除棉签纤维残留。
7. 检查表面，确认清洁效果。

   强烈建议在清洁过程中用显微镜进行确认，查看是否存在污渍、棉签纤维残留等，防止干扰信号叠加至本底光谱信号。
8. 如需要，重复上述操作步骤。

9.2 生物工艺用光学器件的高压灭菌操作

搭配高压灭菌端盖使用时，生物工艺用光学器件可在 131°C (268°F)温度条件下进行 25 次高压灭菌。之后，必须更换或返厂维修生物工艺用光学器件。更多信息请咨询 Endress+Hauser 当地服务部门。

9.2.1 高压灭菌准备工作

生物工艺用光学器件的高压灭菌准备工作:

1. 关闭 Rxn-10 探头上的快门。
2. 使用 Rxn 拉曼光谱分析仪正面的按键切断激光电源。使用激光安全卡，确保在此步骤中激光不会从任何探头发射。
3. 将 Rxn-10 探头上的金属拇指螺丝逆时针转动约一圈，拧松即可（不得拆下）。
4. 小心断开生物工艺用光学器件与探头。
5. 将 Rxn-10 探头存放在安全位置（远离人员过往区域、热源等）。

6. 清洁生物工艺用光学器件的探头末端和窗口:
   - 喷洒试剂酒精/70%异丙醇。
   - 用无绒布轻轻擦拭。
   - 确认清洁后光学器件上无绒毛残留。
   - 确保光学器件晾干后再进行操作。
7. 将光学器件插入生物反应器，拧紧转接头。
8. 按照第 9.2.2 节 → 🗎介绍的步骤，将高压灭菌端盖安装到生物反应器外的生物工艺用光学器件后部。

9.2.2 安装和拆卸高压灭菌端盖

每个生物工艺用光学器件都附带一个端盖，执行高压灭菌之前必须安装端盖。

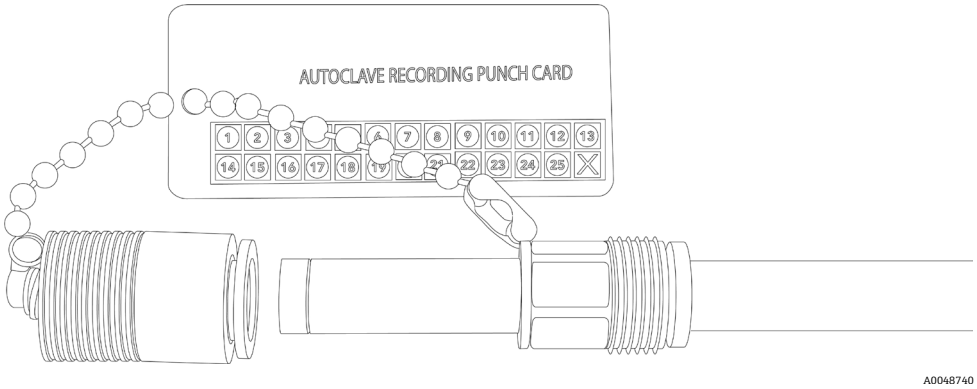


图 25. 带端盖的生物工艺用光学器件，以及高压灭菌记录打孔卡

安装高压灭菌端盖并跟踪高压灭菌次数:

1. 将高压灭菌端盖插入生物工艺用光学器件后部。光学器件后部带产品标记，直径稍大。
2. 将端盖套在生物工艺用光学器件上并一路向下按压，直至听到轻微的“咔哒”声，表明端盖已牢牢固定在生物工艺用光学器件上。
3. 在高压灭菌记录打孔卡上，打出卡片上的下一个数字，并丢弃打孔废片。注意:
   - 建议在高压灭菌前打出下一循环的计数，以免在卡片发热时进行操作。
   - 高压灭菌过程中，高压灭菌记录打孔卡仍可与生物工艺用光学器件保持连接。
   - 如果没有打孔卡，可使用其他方法跟踪生物工艺用光学器件的高压灭菌次数。
   - 生物工艺用光学器件现已准备好执行高压灭菌。

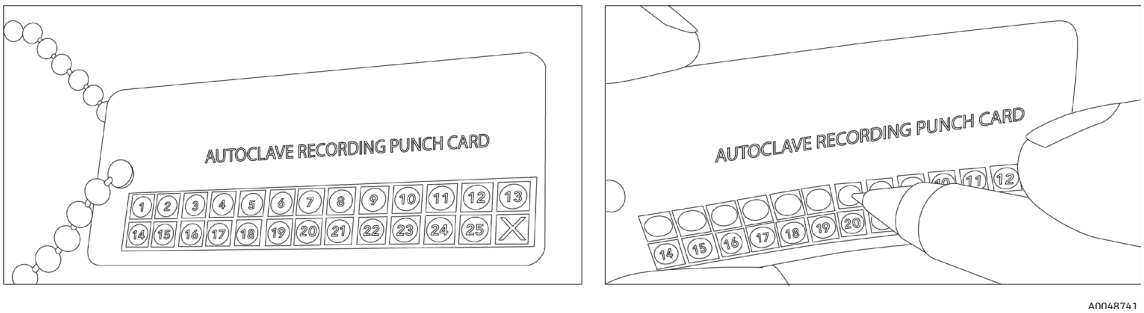


图 26. 使用高压灭菌记录打孔卡

拆下高压灭菌端盖:

1. 往下按压高压灭菌端盖顶部。
2. 按下释放环。
3. 拆下端盖。端盖应该可以轻松取下。

9.3 生物工艺用套管的高压灭菌操作

使用生物工艺用套管干燥器的情况下，生物工艺用套管可在 131 °C (268 °F)温度条件下进行 10 次高压灭菌。10 次高压灭菌过后，应更换生物工艺用套管。

9.3.1 准备生物工艺用套管干燥器

生物工艺用套管在使用前应进行高压灭菌。在灭菌过程中，必须将带有新干燥剂的生物工艺用套管干燥器安装到生物工艺用套管中。按照以下步骤更换生物工艺用套管干燥器中的干燥剂。

1. 确认干燥器的长度正确。
2. 握住干燥剂并将其拉向干燥器轴的末端，以清除任何现有的干燥剂（如有）。

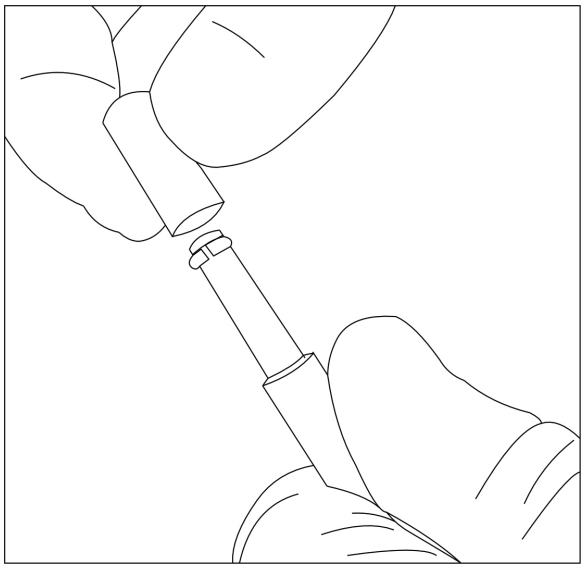


图 27. 从生物工艺用套管干燥器中取出干燥剂

3. 丢弃旧干燥剂，打开新干燥剂包装。仅允许使用新打开的包装中的干燥剂。
4. 安装新干燥剂时，将新干燥剂滑到干燥器末端，直至其肩部位置。当听到一声轻微咔嗒声时，说明干燥剂已通过定位环。

图 28. 在生物工艺用套管干燥器中安装干燥剂

9.3.2 将干燥器安装到生物工艺用套管中

对生物工艺用套管执行高压灭菌前必须安装干燥器。

1. 将干燥器随附的卫生级密封圈放置在生物工艺用套管的压盖上。

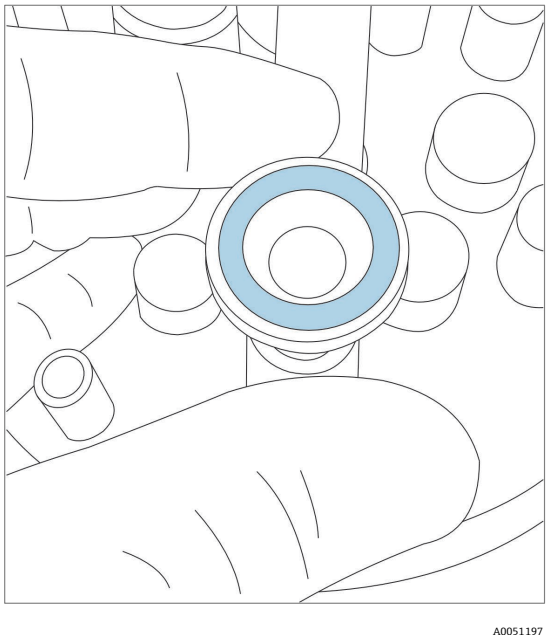


图 29. 将卫生级密封圈放置在生物工艺用套管的压盖上

2. 将装有新干燥剂的干燥器滑入待高压灭菌的生物工艺用套管中，确保压盖与密封圈对齐。

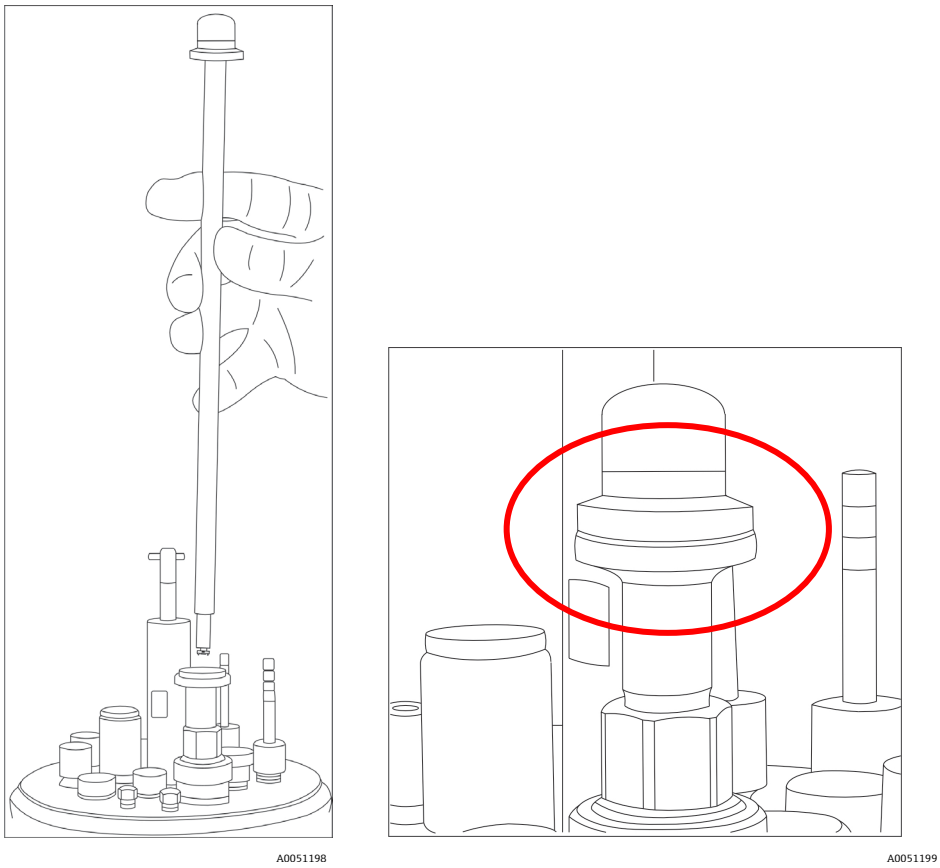


图 30. 插入带干燥剂的干燥器（左），直至干燥器与生物工艺用套管（右）对齐

3. 安装卫生级卡箍，确保其牢固夹紧。听到两记“咔哒”声，即表示其已正确夹紧。

   生物工艺用套管现已准备好执行高压灭菌。

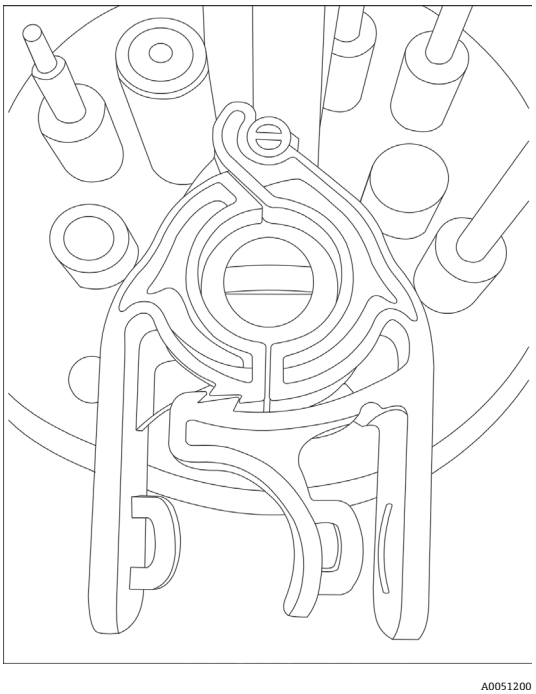


图 31. 连接干燥器和生物工艺用套管的卫生级卡箍

9.3.3 从生物工艺用套管中取出干燥器

完成高压灭菌后，在安装生物工艺用多重光学器件之前，必须从生物工艺用套管中取出干燥器。取出干燥器:

1. 按压卫生级卡箍上的释放杆，然后拆下卡箍。
2. 从生物工艺用套管中滑出干燥器。
3. 将卫生级法兰密封圈置于合适位置，以便安装带生物工艺用多重光学器件的 Rxn-10 探头。

   参见第 5.2.3 节 → 🗎的安装指南。
4. 将卡箍和干燥器存放在安全位置。

10 维修

10.1 Rxn-10 探头光学器件的维修

对于本文档中未列举的维修操作，必须直接交由制造商或服务机构处理。如需技术服务，登陆公司网站（https://www.endress.com/contact）查询当地销售渠道列表。

产品必须返厂维修或更换时，遵循服务机构规定的所有去污步骤。

返厂前必须对接液部件正确执行去污操作，否则会导致人员重伤或死亡。

为了保证产品快速、安全、专业地返厂，请联系当地服务机构。

如需了解其他产品返厂信息，访问以下网址并选择相应的市场/地区：
https://www.endress.com/en/instrumentation-services/instrumentation-repair

10.2 用户可维修部件

有关产品和备件订购信息，请访问 www.endress.com 或联系当地销售中心。

以下产品没有用户可维修部件：

- 浸入式光学器件
- 非接触式光学器件
- 生物工艺用光学器件

11 技术参数

下表列出了 Rxn-10 探头以及各种光学器件的规格参数。此外:

- 浸入式光学器件和生物工艺用光学器件的最大允许压力基于 ASME B31.3（2020 年版）计算，针对温度不超过所列最大值的材料和探头几何形状。
- 最小工作压力：所有探头的最小额定工作压力均为 0 bara（全真空）。然而，除非另有注明，否则探头不满足高度真空工况下的低释气率要求。

11.1 浸入式光学器件

项目		说明		
激光波长		532 nm、785 nm、993 nm		
光谱范围		取决于所用分析仪的光谱范围		
探头最大激光功率		< 499 mW		
相对湿度		密封状态:	最高 95 %，无冷凝	
		无密封:	20…60 %，无冷凝	
取样接口	温度	316L 不锈钢:	−30…120 °C	(−22…248 °F)
		Alloy C276 合金:	−30…280 °C	(−22…536 °F)
		二级钛:	−30…315 °C	(−22…599 °F)
	最大压力 [1]，12.7 mm (0.5 in.) 直径 IO	316L 不锈钢:	142.4 barg	(2066 psig)
		Alloy C276 合金:	158.1 barg	(2293 psig)
		二级钛:	65.2 barg	(946 psig)
	最大压力 [1]，6.35 mm (0.25 in.) 直径 IO	316L 不锈钢:	168.5 barg	(2444 psig)
		Alloy C276 合金:	186.2 barg	(2701 psig)
		二级钛:	76.3 barg	(1107 psig)
接液部件材质	金属	Alloy C276 合金（标配） 不锈钢 316L 或二级钛（特殊选型订购）		
	窗口	高纯度蓝宝石玻璃，专利压装贴合工艺，非钎焊设计		
轴杆长度	12.7 mm (0.5 in) 直径 IO	152 mm	(6 in)	
		305 mm	(12 in)	
		457 mm	(18 in)	
	6.35 mm (0.25 in) 直径 IO	152 mm	(6 in)	
		203 mm	(8 in)	
工作距离	短型（S）	0 mm	(0 in)	
	长型（L）	3 mm	(0.12 in)	
校准方式	532 nm	HCA-532		
	785 nm	HCA-785		
	993 nm	HCA-1000		
验证方式	532 nm	浸没在环已烷中		
	785 nm、993 nm	浸没在环已烷或 70 %异丙醇中		

表 5. 浸入式光学器件规格参数

[1] 最大工作压力未考虑探头安装到过程系统中所用的任何接头或法兰的压力等级。这些因素需要单独评估，可能导致探头的最大额定工作压力降低。

11.2 非接触式光学器件

项目		说明
激光波长		532 nm、785 nm、993 nm
光谱范围		取决于所用分析仪的光谱范围
探头最大激光功率		< 499 mW
取样接口	温度	环境条件
	压力	环境条件
	相对湿度	环境条件
接液部件材质		取决于光学器件
长度		取决于型号
直径		取决于型号
工作距离		10...140 mm (0.40...5.52 in)，取决于光学器件 参见第 3.2.2 节 → 🗎
校准方式	532 nm	HCA-532
	785 nm	HCA-785
	993 nm	HCA-1000
验证方式	532 nm	环己烷比色皿
	785 nm、993 nm	环己烷或 70 %异丙醇比色皿

表 6. 非接触式光学器件规格参数

11.3 生物工艺用光学器件

项目		说明
激光波长		785 nm、993 nm
光谱范围		取决于所用分析仪的光谱范围
探头最大激光功率		< 499 mW
取样接口	温度	−30...150 ℃ (−22...302 ℉)
	最大压力	13.8 barg (200 psig)
接液部件材质	主体	316L 不锈钢
	窗口	专用材料，针对生物工艺过程优化
	重量	PG13.5
	表面光洁度	Ra 0.38 µm (Ra 15 µin)，电抛光处理
	粘合剂	符合 USP Cl. VI 和 ISO 10993 标准
浸入长度		120 mm (4.73 in) 220 mm (8.67 in) 320 mm (12.60 in) 420 mm (16.54 in)
浸入直径		12 mm (0.48 in)
灭菌方式		高压灭菌 131 ℃ (268 ℉)温度条件下，耐受 25 次高压灭菌（每次 30 分钟）
校准方式	785 nm	HCA-785
	993 nm	HCA-1000
验证方式	785 nm、993 nm	生物工艺采样腔室，带 70 %异丙醇

表 7. 生物工艺用光学器件规格参数

11.4 生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管

项目		说明
激光波长		785 nm
光谱范围		取决于所用分析仪的光谱范围
探头最大激光功率		< 499 mW
取样接口	温度	−30…150 ℃ (−22…302 ℉)
	最大压力	13.8 barg (200 psig)
接液部件材质（生物工艺用套管）	主体	316L 不锈钢
	窗口	专用材料，针对生物工艺过程优化
	重量	PG13.5
	表面光洁度	Ra 0.38 µm (Ra 15 µin)，电抛光处理
	粘合剂	符合 USP Cl. VI 和 ISO 10993 标准
浸入长度（生物工艺用套管）		120 mm (4.73 in) 220 mm (8.67 in)
浸入直径（生物工艺用套管）		12 mm (0.48 in)
灭菌方式（生物工艺用套管）		高压灭菌（使用生物工艺用套管干燥器） 131 ℃ (268 ℉)温度条件下，耐受 10 次高压灭菌（每次 30 分钟）
校准方式	785 nm	多重光学器件标定附件（推荐）或 HCA-785（使用连接至生物工艺用多重光学器件的生物工艺用套管）
验证方式	785 nm	多重光学器件验证附件（使用 70 %异丙醇（推荐））或 生物工艺采样腔室（使用 70 %异丙醇和连接至生物工艺用多重光学器件的生物工艺用套管）

表 8. 生物工艺用多重光学器件和生物工艺用套管规格参数

11.5 一次性拉曼光学系统

项目		说明
激光波长		785 nm、993 nm
光谱范围		取决于所用分析仪的光谱范围
探头最大激光功率		< 499 mW
取样接口温度		0…100 ℃ (32…212 ℉)
浸入长度		尺寸取决于生物反应器供应商使用的一次性端口和接头类型
浸入直径		尺寸取决于生物反应器供应商使用的一次性端口和接头类型
校准方式	785 nm	多重光学器件标定附件（推荐）或 HCA-785（使用一次性标定转接头）
	993 nm	HCA-1000（使用一次性标定转接头）
验证方式	785 nm	多重光学器件验证附件（使用 70 %异丙醇（推荐））或 生物工艺采样腔室（使用 70 %异丙醇和一次性标定转接头）
	993 nm	生物工艺采样腔室（使用 70 %异丙醇和一次性标定转接头）

表 9. 一次性拉曼光学系统规格参数

12 配套文档资料

配套文档资料的查询方式:

- 在智能手机/平板电脑上使用 Endress+Hauser Operations App
- 登陆 Endress+Hauser 公司网站的“资料下载”区：https://endress.com/downloads

文档资料代号	文档资料类型	文档资料名称
KA01551C	简明操作指南	Rxn-10 探头附属光学器件《简明操作指南》
TI01635C	技术资料	Rxn-10 探头附属光学器件《技术资料》

表 10. 补充文档资料

13 索引

Raman RunTime, 24
安全, 6
  操作, 6
  产品, 6
  工作场所, 6
  基本, 5
  维护, 6
出口管制合规, 3
光学器件
  安装, 5, 14
  操作, 26
  储存, 26
  故障排除, 28
  接液部件材质, 36, 37, 38
  其他文档, 39
  清洁, 29
  消毒, 29, 31
  验收, 13
  指定用途, 5
规格参数
  工作距离, 36, 37
  激光功率, 36, 37, 38
  湿度, 36, 37
  温度, 36, 37, 38
  压力, 36, 37, 38
  长度, 36, 37, 38
  直径, 10, 37, 38
技术参数, 36
术语表, 4
数据采集区, 8
探头
  卡箍, 14
  校准, 14, 17, 19, 21, 23, 24, 36, 37, 38
  验证, 10, 17, 21, 24, 36, 37, 38
维修, 35
转接头
  螺纹, 19
  一次性校准, 23, 24

www.addresses.endress.com

Endress+Hauser
People for Process Automation