

操作手册

Rxn-45 拉曼光谱探头



目录

1 概述	4		
1.1 警告	4	3.1 文档资料代号	9
1.2 设备上的图标	4	3.2 到货验收	9
1.3 美国出口管制合规	4	3.3 安装	10
1.4 术语表	5	3.4 调试	11
2 基本安全指南	6	3.5 操作	12
2.1 人员要求	6	3.6 诊断和故障排除	12
2.2 指定用途	6	3.7 维护	13
2.3 工作场所安全	6	3.8 维修	14
2.4 操作安全	6		
2.5 激光安全	7	4 功能与系统设计	15
2.6 维修安全	7	4.1 产品描述	15
2.7 重要防护措施	7	4.2 探头和光纤连接	16
2.8 产品安全	8		
3 产品生命周期的阶段	9	5 技术参数	17
		5.1 通用规格参数	17
		5.2 最大允许照射量	18

1 概述

1.1 警告

信息结构	含义
▲ 警告 原因 (/后果) 不遵守安全指南的后果 ▶ 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。
▲ 小心 原因 (/后果) 不遵守安全指南的后果 ▶ 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 ▶ 补救措施/说明	可能导致财产受损的状况警示图标。

1.2 设备上的图标

图标	说明
	激光辐射图标，提醒用户在使用系统时，应注意暴露于有害可见激光辐射下的风险。
	高压电图标，提醒人员附近有高压电，存在导致人员受伤或财产损失的风险。对于某些行业，高压电指超出设定阈值的电压等级。使用高压电设备和线路时必须遵循特殊安全要求和规程。
	WEEE (废弃电气和电子设备) 标志，表示产品不得作为未分类城市垃圾处置，必须送往单独的回收机构进行废弃处理。
	CE 标志，表示产品符合欧洲经济区 (EEA) 内销售产品的相关健康、安全和环保要求。

1.3 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。

1.4 术语表

术语	说明
ANSI	美国国家标准学会
°C	摄氏度
CDRH	美国医疗器械和放射健康中心
CIP	原位清洗
CFR	美国联邦法规
cGMP	现行良好制造规范
cm	厘米
CSA	加拿大标准协会
EO	光电
°F	华氏度
ft	英尺
FWHM	最大半宽
HCA	拉曼校准附件
IEC	国际电工委员会
in	英寸
kg	千克
m	米
μin	微英寸
μm	微米
mm	毫米
MPE	最大允许照射量
mW	毫瓦
nm	纳米
psi	磅/平方英寸
SIP	原位消毒
WEEE	废弃电气和电子设备

2 基本安全指南

2.1 人员要求

- 仅允许经培训的专业技术人员进行测量系统的安装、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，必须直接交由制造商或服务机构处理。

2.2 指定用途

Rxn-45 拉曼光谱探头设计用于满足生物工艺试验和制造厂的需求。

建议应用领域包括：

- **细胞培养：**葡萄糖、乳酸、氨基酸、细胞密度、滴度等
- **发酵：**葡萄糖、甘油、醋纤、甲烷、乙醇、生物量等

禁止设备用于非指定用途，否则会危及人员和整个测量系统的安全，导致质保失效。

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

产品通过电磁兼容性（EMC）测试，符合国际工业应用的适用标准要求。

仅正确连接分析仪的产品符合电磁兼容性（EMC）要求。

2.4 操作安全

在进行整个测量点调试之前：

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

在操作过程中：

1. 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。
2. 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。

2.5 激光安全

Rxn 拉曼光谱分析仪采用 3B 类激光器，符合下列标准：

- 美国国家标准学会 (ANSI) Z136.1, 美国激光安全标准
- 国际电工委员会 (IEC) 60825-1, 激光产品安全要求 - 第 1 部分

▲ 警告

激光辐射

- ▶ 避免暴露于激光束照射下
- ▶ 3B 类激光产品

▲ 小心

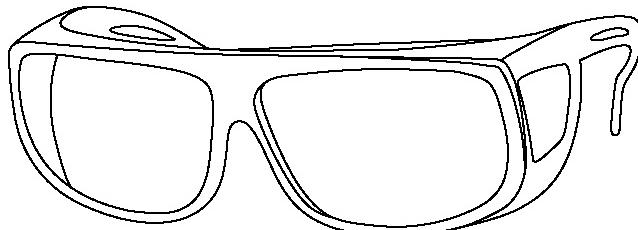
激光束可以引燃一些物质，例如挥发性有机化合物。

引燃机制分两种，包括直接将样品加热至燃点，以及将污染物（例如灰尘）加热至引燃样品的临界温度点。

由于肉眼几乎无法看到辐射，激光类设备还会带来其他安全隐患。务必注意激光的初始方向和可能散射路径。

对于 532 nm 和 785 nm 激发波长，请使用 OD3 或更大的激光护目镜。

对于 993 nm 激发波长，请使用 OD4 或更大的激光护目镜。



A0048421

图 1. 激光护目镜

请查询最新版的激光安全使用标准 ANSI Z136.1 或 IEC 60825-14，详细了解如何采取适当的防范措施并设置合理的管控程序，以应对激光及其危害。参见功能与系统设计 → ，了解用于计算最大允许照射量 (MPE) 和标称眼损伤距离 (NOHD) 的相关参数。

2.6 维修安全

如需从过程端拆下过程探头进行维修，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。

2.7 重要防护措施

- 禁止将 Rxn-45 拉曼光谱探头用于非指定用途。
- 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。
- 安装后未使用的探头必须安装防护盖或堵头。
- 务必使用激光束阻隔防护装置，避免出现激光散射辐射。

2.8 产品安全

产品设计满足所有现行安全要求，出厂前已完成测试，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。

Endress+Hauser 拉曼光谱系统的安全特性如下文所述，满足美国政府《美国联邦法规》(CFR) 第 21 卷第 1 章 J 部分（[美国医疗器械和放射健康中心](#) (CDRH) 负责监管）以及 IEC-60825-1 标准（[国际电工委员会](#)负责监管）的要求。

2.8.1 CDRH 和 IEC 合规

Endress+Hauser 拉曼分析仪经过 Endress+Hauser 认证，满足 CDRH 要求以及 IEC 60825-1 安全标准，可以在全球范围内使用。

Endress+Hauser 的拉曼光谱分析仪已在 CDRH 完成注册登记。禁止非法改装 Rxn 拉曼光谱分析仪或附件，否则会引发危险的辐射暴露。Endress+Hauser 确认产品符合联邦法规要求，但非法改装会导致合规失效。

2.8.2 激光安全联锁

安装好的 Rxn-45 拉曼光谱探头作为联锁回路的组成部分。联锁回路为小电流回路。如果光缆出现断路故障，激光器将在断路后数毫秒内关闭。

注意

电缆敷设不当会导致电缆永久损坏。

- ▶ 小心操作探头和电缆，确保其不会扭结。
- ▶ 遵照[拉曼光纤电缆《技术资料》\(TIO1641C\)](#)的说明安装光纤电缆，确保满足最小弯曲半径要求。

必须将带嵌入式联锁回路的电光 (EO) 光纤电缆插入 Rxn 拉曼光谱分析仪背面，供相应通道使用。将 EO 光纤电缆的探头端插入 Rxn-45 拉曼光谱中时，联锁回路完成。

激光器通电后，探头主体上的激光联锁 LED 指示灯亮起。

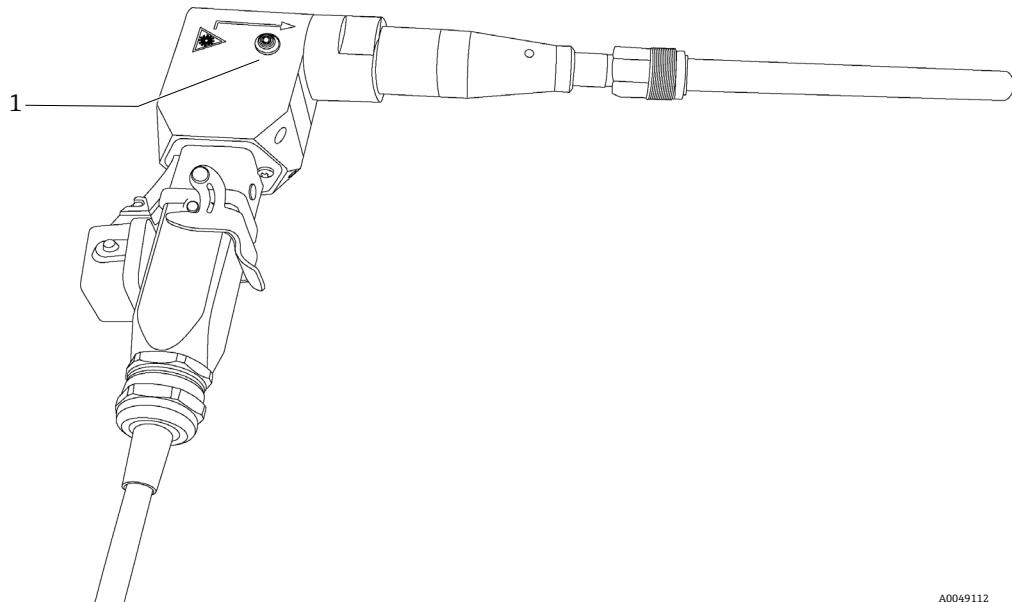


图 2. 激光联锁指示灯位置 (1)

A0049112

3 产品生命周期的阶段

3.1 文档资料代号

配套文档资料的查询方式：

- 通过 Endress+Hauser 移动应用程序：www.endress.com/supporting-tools
- 登陆 Endress+Hauser 公司网站的“资料下载”区：www.endress.com/downloads

本文档为全套文档资料的组成部分，其中包括：

文档资料代号	文档资料类型	文档资料名称
KA01549C	《简明操作指南》	Rxn-45 拉曼光谱探头《简明操作指南》
TI01633C	《技术资料》	Rxn-45 拉曼光谱探头《技术资料》
BA02173C	《操作手册》	拉曼校准附件《操作手册》

3.2 到货验收

3.2.1 到货验收注意事项

1. 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。
2. 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。
3. 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。
4. 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

包装不当会导致探头在运输过程中损坏。

3.2.2 产品标识

3.2.2.1 标签

探头/位号牌上至少会标识下列信息：

- Endress+Hauser 品牌
- 产品标识（例如 Rxn-45）
- 序列号

在空间允许的情况下，还会标识下列信息：

- 扩展订货号
- 制造商信息
- 探头关键功能参数（例如材质、波长、焦深）
- 安全图标和认证信息（如适用）

逐一比对标签和位号牌和订货单，确保信息一致。

3.2.2.2 制造商地址

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

3.2.3 供货清单

供货清单如下：

- Rxn-45 探头（订购配置）
- Rxn-45 拉曼光谱探头《操作手册》
- 产品性能证书
- 当地符合性声明（可选）
- Rxn-45 拉曼光谱探头选配附件（可选）
- 材质证书（可选）

如有任何疑问，敬请咨询供应商或当地销售中心。

3.3 安装

3.3.1 安装

安装过程中，必须注意 3B 类激光产品的眼部和皮肤安全预防措施（参见 EN 60825/IEC 60825-14 标准）。另外注意以下几点：

▲ 警告	必须遵守激光产品的安全预防措施。 ► 未安装在样品室中使用时，探头必须始终安装防护盖，或者将探头指向漫反射靶，禁止指向人。
▲ 小心	如果有杂散光进入未使用的探头，将影响所使用探头采集的数据，导致校准失败或测量误差。 ► 未使用的探头必须始终安装防护盖，防止杂散光进入。
注意	现场安装探头时，用户必须确保安装位置配备符合光纤弯曲半径规范的应力消除装置。

3.3.1.1 安装过程

注意

现场安装探头时，用户必须对安装位置处的光纤电缆采取应力消除措施。

参照以下步骤安装 Rxn-45 拉曼光谱探头。参见下图断开或重新连接探头的光纤电缆。

1. 如果 Rxn-45 拉曼光谱探头当前已连接至 Rxn 拉曼光谱分析仪，使用主仪表正面的激光按键关闭激光器或切断分析仪电源，然后再安装探头。
2. 从 Rxn-45 拉曼光谱探头上断开光纤电缆。
 - 松开连接头固定夹。(**A**)
 - 用一只手抓住 EO 连接头的灰色部分，另一只手向下拉动断开光纤电缆。(**B**)
3. 将合适转接头安装在 Rxn-45 拉曼光谱探头上，并使用 PG13.5 螺纹过程连接头固定到位。
4. 将 Rxn-45 拉曼光谱探头插入容器的侧面端口。
5. 将当前连接至 Rxn-45 拉曼光谱探头的转接头拧入容器的侧面端口，确保光纤连接头的接口始终朝下。
6. 将光纤电缆重新连接至 Rxn-45 拉曼光谱探头。
 - 打开 Rxn-45 拉曼光谱探头底部的光纤连接头压簧保护盖。(**C**)
 - 将光纤电缆 EO 连接头插入探头底部，并向上推动直至牢固固定。
 - 重新锁上连接头固定夹。
7. 准备好使用分析仪和探头时，开启激光器或分析仪。

8. 一分钟后，确认探头上的激光联锁指示灯亮起。

现在，Rxn-45 拉曼光谱探头已做好 CIP/SIP 清洗准备（在容器灌装前执行标准生物工艺用水或蒸汽清洁程序）。

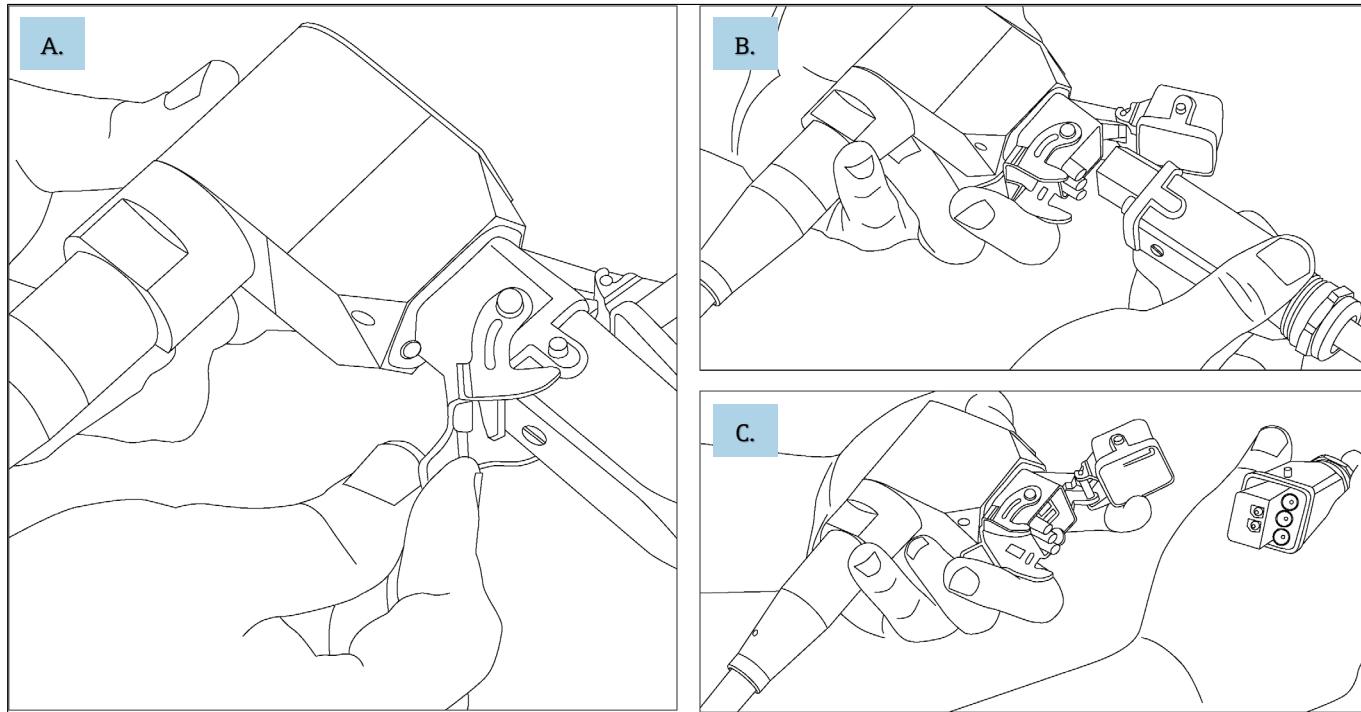


图 3. 断开和重新连接光纤电缆

A0049114

3.4 调试

出厂后，Rxn-45 拉曼光谱探头可以直接连接 Rxn 拉曼光谱分析仪使用。无需额外对准或调节探头。请遵照以下指南要求调试探头。

3.4.1 探头到货验收

执行到货验收注意事项 → 图中介绍的到货验收步骤。

3.4.2 探头校准和验证

使用前必须校准探头和分析仪。内部仪表校准的详细信息参见 Rxn2 或 Rxn4 拉曼光谱分析仪《操作手册》。

收集测量值之前和更换光学器件之后，必须执行强度校准。使用带合适光学转接头的拉曼校准附件 (HCA) 执行探头校准。所有附件信息和校准说明均可参见拉曼校准附件《操作手册》(BA02173C)。

Raman RunTime 软件要求必须执行内部系统校准，否则不允许采集光谱数据。

校准后，根据拉曼位移标准执行 Raman RunTime 通道验证。建议验证校准结果（非强制要求）。关于根据拉曼位移标准进行验证的说明参见校准附件《操作手册》。

建议的校准和认证顺序如下：

1. 光谱仪和激光波长的内部分析仪校准
2. 使用合适校准附件执行系统光谱强度校准
3. 使用合适标准材质验证系统功能

有关探头、光学器件和采样系统的相关问题，联系当地销售中心。

3.5 操作

Endress+Hauser Rxn-45 拉曼光谱探头采用紧凑型设计，能够满足生物工艺试验和制造厂的需求。探头兼容 785 nm 和 993 nm 激发波长的 Endress+Hauser Rxn 拉曼光谱分析仪。

▲ 小心

禁止使用碳氢化合物溶剂（包括酮和芳香剂）清洁 Rxn-45 拉曼光谱探头。

这些溶剂会损坏窗口材料和降低探头性能，导致质保失效。

更多使用说明参见相关 Rxn 拉曼光谱分析仪《操作手册》。

3.6 诊断和故障排除

参见下文中的 Rxn-45 拉曼光谱探头故障排除表。如果探头损坏，评估前应将探头与过程流隔离，并关闭激光器。如需帮助，请咨询当地服务代表。

故障描述		可能的原因	操作
1	信号或信噪比大幅下降	光学窗口上存在污染物	<ol style="list-style-type: none"> 从过程端小心地拆除探头，清除污染物并检查探头顶部的光学窗口。 如需要，彻底清洁光学窗口后再使用探头。参见 清洁探头的光学窗口 →
		光纤出现裂纹，但结构仍然完整	验证光纤状况，并联系当地服务代表进行更换。
2	信号彻底丢失，但激光器处于通电状态，激光联锁指示灯亮起	光纤损坏，但联锁线芯完好	确保所有光纤连接牢固。验证光纤状况，并联系当地服务代表进行更换。
3	探头上的激光联锁指示灯不亮	光纤总成损坏	检查光纤是否有损坏迹象。联系当地服务代表进行更换。
		光纤电缆的 EO 接头未牢固连接/锁定	确保探头和分析仪上的 EO 接头连接牢固且已锁定。
		远程联锁连接头断开	确保分析仪背面的转锁式远程联锁连接头（在 EO 光纤接头旁边）已连接。
4	信号不稳定，光学窗口背面存在污染物	光学窗口密封失效	<ol style="list-style-type: none"> 查看光学窗口内部区域是否存在水汽或冷凝液。 检查是否有液体进入探头，以及探头主体部分是否存在样品流体（例如腐蚀、残留物）。 检查是否存在光谱偏差。 如果发现上述任一情况，联系当地服务代表，将探头返厂处理。
5	激光功率或采集效率降低	光纤连接部位存在污染物	小心清洁探头上的光纤末端。 有关清洁指南和新探头启动步骤，参见相关 Rxn 拉曼光谱分析仪《操作手册》。
6	分析仪上的激光联锁机制导致激光关闭	激光联锁机制已启动	检查连接光纤电缆通道上是否存在断路，确保各通道均已连接远程联锁连接头。
7	光谱信号中存在无法识别的光谱带或光谱模式	光纤出现裂纹，但结构仍然完整	验证可能的原因，联系当地服务代表将受损产品返厂。
		探头顶部存在污物	
8	其他原因不明的探头性能劣化	探头发生物理损坏	联系当地服务代表将受损产品返厂。

3.7 维护

3.7.1 原位清洁 Rxn-45 拉曼光谱探头

安装状态下的 Rxn-45 拉曼光谱探头的清洁工作分为两部分：

- 清洁接液部件
- 清洁非接液部件

3.7.1.1 清洁探头接液部件

清洁 Rxn-45 拉曼光谱探头的接液部件无需采取特别的预防措施。可以使用生物工艺行业标准 SIP 和 CIP 程序原位清洗探头。

Rxn-45 拉曼光谱探头可以耐受 50 次 SIP/CIP 清洗。之后，必须将探头返厂维护。更多信息咨询 Endress+Hauser 当地服务机构。

3.7.1.2 清洁探头的非接液部件

如需清洁 Rxn-45 拉曼光谱探头的非接液部件（位于生物反应器或发酵罐外部），请按照以下步骤操作。

1. 使用干净的压缩空气吹扫表面，清除所有松动颗粒物。
2. 用轻微润湿的纸巾或抹布擦拭表面。
3. 用干纸巾或布擦干表面。
4. 使用干净的压缩空气进行吹扫，清除纸巾或抹布纤维残留。
5. 如需要，重复上述操作步骤。

如需进行表面清洁以外的其他维护，将 Rxn-45 拉曼光谱探头寄回制造商或服务机构。

3.7.2 清洁探头的光学窗口

从容器中取出 Rxn-45 拉曼光谱探头后执行此过程。请注意：

- 探头浸没在磷酸盐缓冲液之后，应清洗干净，避免颗粒物沉积污染。
- 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。
- 如果窗口损坏，应停止使用探头，并联系 Endress+Hauser 当地服务机构获取更多信息。

清洁探头窗口：

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。
 - 禁止使用碳氢化合物溶剂（包括酮类和芳香剂）清洁 Rxn-45 拉曼光谱探头窗口，因为这些溶剂会损坏窗口材料和降低探头性能，致使质保失效。
 - 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。

注意

仅可使用 70 % IPA（异丙醇）进行光学验证。

- ▶ 只有 70 % 体积百分比 (% v/v) 规格才会发挥作用。Endress+Hauser 建议使用由 Decon Laboratories 生产的 CiDehol 70。
- ▶ 使用任何其他液体都会导致验证失败，并且可能导致验证单元和拉曼探头损坏。

3.7.3 检查和清洁光纤

电缆的光纤连接头表面必须洁净且无碎屑和油脂，确保达到最佳性能。如需清洁，查看相关 Rxn 拉曼光谱分析仪或光纤电缆的《操作手册》。

3.8 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://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。

⚠ 警告

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>

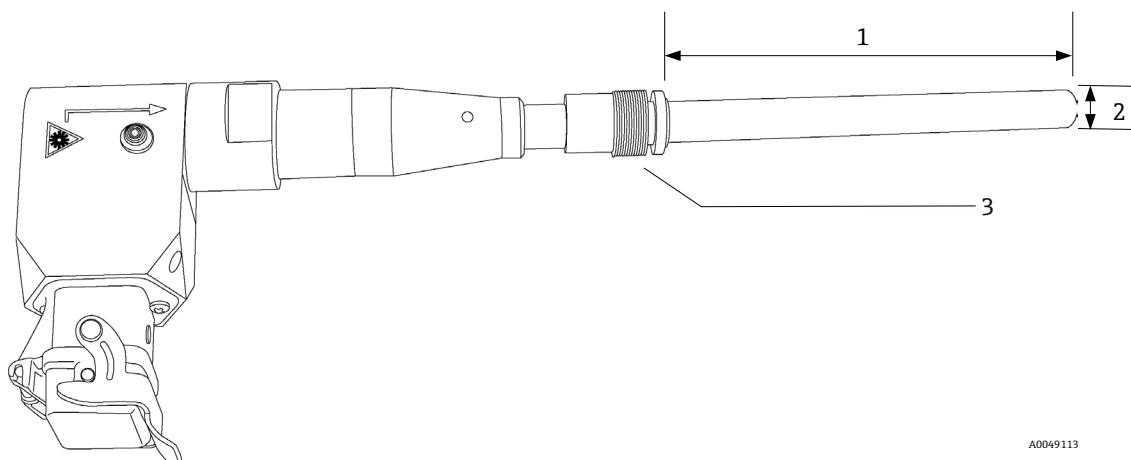
4 功能与系统设计

4.1 产品描述

4.1.1 Rxn-45 拉曼光谱探头

Rxn-45 拉曼光谱探头基于美国凯撒拉曼技术，能够耐受原位清洗 (CIP) /原位消毒 (SIP) 工况，适用于在开发和制造环境中进行生物工艺过程的原位监控。探头非常适合通过侧面端口安装在生物反应器或发酵罐中，兼容 785 nm 和 993 nm 激发波长的 Endress+Hauser Rxn 拉曼光谱分析仪。

Rxn-45 拉曼光谱探头的插深为 120 mm (4.73 in)，外径为 12 mm (0.48 in)，表面光洁度达到 Ra 0.38 μm (Ra 15 μin) 或更好。配备 PG13.5 连接头，兼容多种端口类型 (针对 25 mm (0.98 in) 侧面端口采用行业标准传感器外壳)。焊接端口连接头和法兰可选多种品牌和尺寸规格。



A0049113

图 4. Rxn-45 探头

图号	说明
1	120 mm (4.73 in) 插深
2	Ø12 mm (0.48 in)
3	PG13.5 螺纹固定螺母

4.1.2 探头设计的优势

Rxn-45 拉曼光谱探头具有以下优势：

- 实时测量多个组分，全天候自动反馈过程信息
- 提供长期测量稳定性
- 提供合适的表面光洁度，满足 cGMP 制造要求
- 兼容工业级标准发酵罐侧端口和传感器外壳
- 能够灵活安装在开发环境和生产反应罐中
- 兼容 CIP/SIP 标准，减少消毒和清洁工作量

4.1.3 短数据采集区

所有型号的 Rxn-45 拉曼光谱探头均使用短数据采集区。短数据采集区将样品不透明度、样品颜色以及所测量拉曼光谱上的瞬态微粒的影响降至最低，从而实现最高的光谱再现性。

4.2 探头和光纤连接

Rxn-45 拉曼光谱探头兼容 785 nm 和 993 nm 激发波长的 Endress+Hauser Rxn 拉曼光谱分析仪。探头通过用户可拆卸的光电 (EO) 光纤电缆连接至 Rxn 拉曼光谱分析仪。EO 光纤电缆通过一个坚固耐用的连接头（其中包含激发光纤、采集光纤和激光电气联锁装置）连接 Rxn-45 拉曼光谱探头与分析仪。光纤电缆需要单独购买。

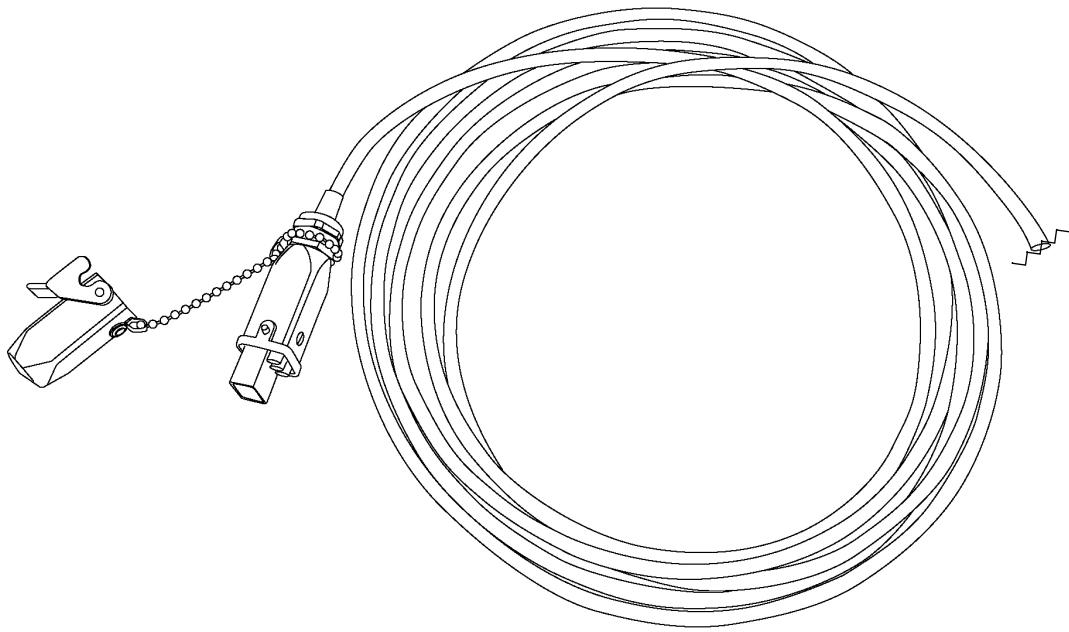
Endress + Hauser 推荐将 KFOC1B 拉曼光纤电缆与 Rxn 拉曼光谱分析仪和探头搭配使用。有关分析仪连接的详细信息，参见 Rxn 拉曼光谱分析仪《操作手册》。

注意

必须由 Endress+Hauser 专业工程师或经过特别培训的技术人员执行探头与光纤电缆的连接操作。

- ▶ 除非经过专业人员培训，用户自行连接探头与光纤电缆会导致产品损坏，造成质保失效。
- ▶ 在探头和光纤电缆连接方面如需更多帮助，请咨询 Endress+Hauser 当地服务代表。

光纤电缆长度以 5 m (16.4 ft) 为单位递增，不超过 200 m (656.2 ft)，取决于实际应用需求。



A0048938

图 5. 带分析仪专用连接头的 EO 光纤电缆

5 技术参数

5.1 通用规格参数

注意：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耐压值。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。

项目	说明	
激光波长	785 nm 或 993 nm	
光谱范围	探头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	最高 95 %, 无冷凝	
最大工作压力 (末端)	13.8 barg (200 psig)	
过程连接	连接行业标准传感器外壳的 PG13.5 螺纹；提供焊接口连接头	
(EO) 直角连接头的 IEC 60529 防护等级	IP65	
(EO) 直角连接头的北美 Type 防护等级	Type 13 ¹	
景深	0.33 mm (0.013 in) FWHM	
耐化学腐蚀性	取决于结构材质	
消毒方案兼容性	SIP/CIP	
探头温度	窗口 (位于末端)	-30...150 °C (-22...302 °F)
	探头主体	最高 150 °C (302 °F)
	温变率	≤ 30 °C/min (≤ 54 °F/min)
探头测量	插深	120 mm (4.73 in)
	直径	12 mm (0.48 in)
	尺寸 (EO 连接头 保护盖打开)	306 x 127 x 34 mm (12.05 x 5.0 x 1.34 in)
结构材质 (接液部件)	探头主体	316L 不锈钢
	双区间控制	专用材料，针对生物工艺过程优化
	粘合剂	符合 USP Cl. VI 和 ISO993 标准
	表面光洁度	Ra 0.38 μm (Ra 15 μin)，电抛光处理
	光纤电缆	设计：PVC 护套（专利结构设计） 连接头：专有电光 (EO) 连接头或 FC - EO 光纤转接头，适用于非嵌入式系统

¹ 这是 UL 50E Type 13 符合性自我声明，并不构成 UL 认证或 UL 标志使用授权。

所有光纤电缆规格参数可参见拉曼光纤电缆 KFOC1 和 KFOC1B 《技术资料》 (TI01641C)。

5.2 最大允许照射量

最大允许照射量 (MPE) 指不会导致眼部或皮肤损伤的激光辐射暴露最大限值。MPE 基于激光波长 (λ , 单位: 纳米) 、暴露持续时间 (单位: 秒 (t)) 和涉及能量 (单位: $J \cdot cm^{-2}$ 或 $W \cdot cm^{-2}$) 计算。

可能还需要考虑校正系数 (C_A) , 如下表所示。

波长 λ (nm)	校正系数 C_A
400...700	1
700...1050	$10^{0.002(\lambda-700)}$
1050...1400	5

5.2.1 激光辐射眼部最大允许照射量 (MPE)

ANSI Z136.1 标准列举了测定激光辐射眼部最大允许照射量的方法。请参考标准, 计算 Rxn-45 拉曼光谱探头发出激光辐射的 MPE 值, 以及光纤破损 (可能性极低) 所产生激光辐射的 MPE 值。

激光辐射眼部最大允许照射量				
波长 λ (nm)	暴露持续时间 t (s)	MPE 计算		MPE, 其中 $C_A = 1.4791$
		(J·cm ⁻²)	(W·cm ⁻²)	
785 和 993	$10^{-13} \dots 10^{-11}$	$1.5 C_A \times 10^{-8}$	-	$2.2 \times 10^{-8} (J \cdot cm^{-2})$
	$10^{-11} \dots 10^{-9}$	$2.7 C_A t^{0.75}$	-	输入时间 (t) 并计算
	$10^{-9} \dots 18 \times 10^{-6}$	$5.0 C_A \times 10^{-7}$	-	$7.40 \times 10^{-7} (J \cdot cm^{-2})$
	$18 \times 10^{-6} \dots 10$	$1.8 C_A t^{0.75} \times 10^{-3}$	-	输入时间 (t) 并计算
	$10 \dots 3 \times 10^4$	-	$C_A \times 10^{-3}$	$1.4971 \times 10^{-3} (W \cdot cm^{-2})$

5.2.2 激光辐射皮肤最大允许照射量 (MPE)

ANSI Z136.1 标准列举了测定激光辐射皮肤最大允许照射量的方法。请参考标准, 计算 Rxn-45 拉曼光谱探头发出激光辐射的 MPE 值, 以及光纤破损 (可能性极低) 所产生激光辐射的 MPE 值。

激光辐射皮肤最大允许照射量				
波长 λ (nm)	暴露持续时间 t (s)	MPE 计算		MPE, 其中 $C_A = 1.4791$
		(J·cm ⁻²)	(W·cm ⁻²)	
785 和 993	$10^{-9} \dots 10^{-7}$	$2 C_A \times 10^{-2}$	-	$2.9582 \times 10^{-2} (J \cdot cm^{-2})$
	$10^{-7} \dots 10$	$1.1 C_A t^{0.25}$	-	输入时间 (t) 并计算
	$10 \dots 3 \times 10^4$	-	$0.2 C_A$	$2.9582 \times 10^{-1} (W \cdot cm^{-2})$

www.addresses.endress.com
