

中文

## 用户手册



# MXFS

## QuantumX BraggMETER 模块

Hottinger Brüel & Kjaer GmbH  
Im Tiefen See 45  
64293 Darmstadt  
Germany  
Tel. +49 6151 803-0  
Fax +49 6151 803-9100  
info@hbkworld.com  
www.hbkworld.com

HBK FiberSensing, S.A.  
Rua Vasconcelos Costa, 277  
4470-640 Maia  
Portugal  
Tel. +351 229 613 010  
Fax +351 229 613 020  
info.fs@hbkworld.com  
www.hbkworld.com

Mat.:  
DVS: A05728 04 C00 00  
11.2023

© Hottinger Brüel & Kjaer GmbH

保留变更的权利。  
所有信息都是对我们产品的一般性描述。在性能或者  
耐久性方面它们并不提供任何保证。

1	技术细节 .....	6
1.1	一般信息 .....	6
1.2	系统组件 .....	6
1.3	软件 .....	7
1.4	同步 .....	7
2	监管和认证因素 .....	8
2.1	环境因素 .....	8
2.1.1	废旧电器处置 .....	8
2.2	激光安全 .....	8
2.2.1	标示 .....	8
2.2.2	1 级激光 .....	8
2.2.3	一般预防措施 .....	9
2.3	认证 .....	9
2.3.1	CE 标识 .....	9
2.3.2	UKCA 标识 .....	9
2.3.3	ATEX 标识 .....	10
2.3.3.1	法律和指令 .....	10
2.3.3.2	MXFS DI 铭牌 .....	11
2.3.4	消防安全 .....	11
2.3.5	污染物排放限值标示 ( 对于向中国交付的产品 ) .....	11
2.4	本文档中所使用的标志 .....	11
3	操作 .....	13
3.1	接头 .....	13
3.2	设置 .....	13
3.2.1	电源 .....	13
3.2.2	与 PC 和其他模块的连接和同步 .....	14
3.2.2.1	单个以太网连接 .....	15
3.2.2.2	使用 PTP 同步的多个以太网连接 .....	15
3.2.2.3	多个以太网连接和火线同步 .....	16
3.2.2.4	其他可能的连接方式 .....	16
3.2.3	与 PC 的通信设置 .....	17
3.3	安装 .....	22
3.3.1	MXFS 定位 .....	22
3.3.2	安装箱夹 .....	22
3.4	状态指示灯 .....	25
3.5	维护 .....	26

3.5.1	易损件 .....	26
3.5.2	通风 .....	26
3.5.3	光连接器 .....	26
3.5.4	校准 .....	26
3.5.5	固件更新 .....	26
3.6	重置为出厂设置 .....	27
3.7	连接到光学传感器 .....	27
3.7.1	概念和定义 .....	27
3.7.1.1	接头 .....	27
3.7.1.2	通道 .....	28
3.7.1.3	波长 .....	29
3.7.1.4	功率 .....	30
3.7.1.5	动态范围 .....	31
3.7.1.6	智能峰值检测 (SPD) .....	31
3.7.1.7	信号 .....	33
3.8	采集率 .....	34
3.8.1	速度模式 .....	34
3.8.2	距离影响 .....	35
3.8.3	滤波器 .....	37
3.9	测量故障排除 .....	38
3.9.1	连接器脏污 .....	38
3.9.2	连接器断裂 .....	39
3.9.3	短时测量溢出 .....	40
4	catman 软件 .....	41
4.1	用 MXFS 开始一个项目 .....	41
4.1.1	同步 .....	42
4.2	MXFS 的 catman 项目 .....	43
4.2.1	采样率 .....	44
4.2.1.1	采集率 .....	44
4.2.1.2	采样率和滤波器 .....	45
4.2.2	配置波长范围 .....	47
4.2.2.1	为检测到的峰值自动定义波段 .....	49
4.2.2.2	手动单独定义波段 .....	51
4.2.3	设备上的传感器 .....	53
4.2.4	软件上的传感器 .....	54
4.2.4.1	波长 .....	55
4.2.4.2	应变 .....	55
4.2.4.3	温度 .....	59
4.2.4.4	加速度 .....	60
4.2.4.5	通用多项式 .....	61

4.2.4.6	计算通道 .....	61
4.2.5	零位平衡 .....	64
4.2.6	重置参考波长 .....	65
4.3	重置设备 .....	66

# 1 技术细节

## 1.1 一般信息

MXFS 是属于 Quantum X 系列的一款模块，用于测量基于光纤布拉格光栅 (FBG) 的传感器。其基于 HBK FiberSensing 公司成熟的 BraggMETER 技术，采用连续扫频激光扫描来测量反射的布拉格峰值。它包括一个可追溯的波长参考，可提供持续校准，以确保系统长期运行的准确性。高动态范围和高输出功率，即使对于长光纤引线和损耗较高的连接，也可以实现高分辨率。

该模块允许扫描速度不同的两种工作模式，对应了以下的实际采样频率。

	MXFS DI
低速模式	100 S/s
高速模式	2000 S/s
传感器/接头 ( 最多 )	16
传感器/设备 ( 最多 )	128

两种模式都有滤波和下采样功能。

所有串联连接至 8 个光连接器上的光纤布拉格光栅峰值均以并行的方式进行采集，MXFS DI QuantumX BraggMETER 模块总共可同时采集多达 128 个通道，这个数字令人印象深刻。

QuantumX 系列采用模块化设计，广泛适用于各种应用。这些模块可根据测量任务单独组合智能相连。MXFS 允许 PTPv2 同步。

MXFS BraggMETER 模块交付时随附 catman Easy 软件，包括 12 个月的维护授权。

有关 QuantumX 模块操作的一般性详细信息可在其自己的文档中找到。请参阅我们网站上提供的此文档。

本文件适用于以下设备：

物料号	说明
1-MXFS8DI1/FC	动态 QuantumX BraggMETER 模块，带 8 个 FC/APC 光连接器

## 1.2 系统组件

MXFS 套件包括：

物料号	数量	说明
1-MXFS8DI1/FC	1	MXFS DI 解调仪
	1	catman Easy 软件授权

电源和通信将取决于所需的安装方案和设置。

如需以独立模式操作模块，则还需另外考虑：

物料号	数量	说明
1-KAB271-3	1	电源线
1-NTX001	1	电源适配器
1-KAB239-2	1	以太网交叉网线，2 m

### 1.3 软件

MXFS 是一个开放的数据采集系统。它可集成至许多的操作、分析和自动化软件包内。

可供下载的有：

- MX Assistant 和 Common API：现代且免费的设备助手，支持模块采集和数据功能；
- catmanEasy/AP：功能强大的专业软件，用于采集多达 20,000 个通道的测量数据。catmanEasy 随 MXFS 一并提供，无需额外费用；
- LabView 驱动程序；
- 用于 IEEE1394b 火线的 Windows 设备驱动程序。

### 1.4 同步

MXFS 采用 QuantumX 系列现有的同步方法：

- NTP；
- PTPv2；
- EtherCAT ( 通过 CX27 )；
- IRIG-B ( 通过 MX440B 或 MX840B )。



#### 信息

关于同步方法和设置，详见 *QuantumX 用户手册 ( A03031 )*。

## 2 监管和认证因素

### 2.1 环境因素

#### 2.1.1 废旧电器处置



若产品上附有此符号组合（划线的轮式垃圾桶和实心条形符号），则表示该产品应遵守欧洲废弃电器与电子设备指令 2002/96/EC，适用于欧盟和其他采用分类收集系统的国家。所有电器和电子产品均应与城市垃圾或生活垃圾分开，通过政府或当地有关部门指定的收集设施处理。正确处置您的废旧电器有助于防止对环境和人体健康造成潜在负面影响。

有关废旧电器处置的详细信息，请向市政办公室、垃圾处理公司或该产品的经销商咨询。HBK FiberSensing 是一家在 ANREEE（“Associação Nacional para o Registo de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos”）注册的制造商，编号为 PT001434。HBK FiberSensing 与 Amb3E（“Associação Portuguesa de Gestão de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos”）签订了“Utente”类合约，确保将电气和电子产品垃圾的管理责任（即处置葡萄牙市场上的电子产品和电器）从制造商 HBK FiberSensing 转移到 Amb3E。

### 2.2 激光安全

MXFS 问询器的核心部件包含一台激光器。被激光光源照射可能对人造成危险。即使是低功率激光也可能损害人的视力。激光的相干性和低发散性意味着它可以被眼睛聚焦到视网膜上，形成极小的光点，造成局部灼伤和永久性损伤。激光器按波长和最大输出功率分为几个安全等级：1 级、1M 级、2 级、2M 级、3R 级和 4 级。

#### 2.2.1 标示



#### 2.2.2 1 级激光

MXFS 是 1 级激光产品：<<任何激光器或含有激光器的激光系统，其在正常运行期间发射的激光辐射强度不能达到已知会对眼睛或皮肤造成伤害的程度。>>在所有正常使用的情况下都是安全的。使用 1 级激光设备无需专门的安全要求。



激光安全	
激光器类型	光纤激光器
激光器等级 (IEC 60825-1)	1
每通道的典型输出功率	≈ 0.3 mW (-5 dBm)
每通道的最大输出功率	≈ 0.5 mW (-3 dBm)
波长	1500-1600 nm

### 2.2.3 一般预防措施

每位激光设备使用者都应了解相关风险。人眼看不到激光辐射，但它会损伤使用者的视力。问询器打开后，激光器就会启用。

使用者切勿将眼睛置于问询器光纤适配器的水平面上或无遮盖的光纤连接器上。如果存在严重的眼部受伤风险，应始终要求提供适当的眼部防护措施。不使用光纤通道时（未将光纤连接器插入问询器），应盖上适当的连接器帽。光纤连接器需要维护和/或检查。维护程序请参见章节 3.9“测量故障排除”，第 38 页。

不要试图打开或修理发生故障的问询器。须将其送返 HBK 进行维修和校准。

## 2.3 认证

### 2.3.1 CE 标识



本产品带有 CE 标识，符合适用的国际产品安全和电磁兼容性要求，符合以下指令：低电压指令 (LVD) 2014/35/EU – 电气安全电磁兼容性 (EMC) 指令 2014/30/EU。  
如有需要，可提供相应符合性声明。

### 2.3.2 UKCA 标识



本产品带有 UKCA 标识，符合适用的国际产品安全和电磁兼容性要求，符合以下指令：低电压指令 (LVD) 2014/35/EU – 电气安全电磁兼容性 (EMC) 指令 2014/30/EU。  
如有需要，可提供相应符合性声明。

### 2.3.3 ATEX 标识



本产品通过了 ATEX 认证，符合 ATEX 指令 2014/34/EU 的要求。产品带有 Ex 标识，且根据 IEC/EN 60079-28，产品获批用于：

- 0 区，用于 IIC 类气体；
- 20 区，用于 IIIC 类粉尘；
- M1 区，用于采矿。

ATEX 认证适用于将本产品用来在潜在的爆炸性环境中询问光学传感器。爆炸性环境指的是存在因易燃气体、蒸气、液体或可燃粉尘而导致的爆炸风险的区域。本产品设计用于在爆炸性环境中安全地询问光学传感器。因此，如要确保安全使用，则遵循本手册中的说明非常重要。



小心

*“光学安全”的相关信息*

*将设备安装在危险区域之外。光学辐射根据 EN60079-28:2015*

*进行的评估。光学辐射可在 I、II 和 III*

*类的所有区域内进行辐射。每个连接器的最大输出光功率 < 15 mW。*

#### 2.3.3.1 法律和指令

在连接、组装和操作过程中，请遵守所在国家/地区所适用的测试认证、规定和法律。其中包括，例如：

- 国家电气规范 (NEC - NFPA 70) ( 美国 ) ；
- 加拿大电气规范 (CEC) ( 加拿大 ) ；

危险区域应用相关的更多规定比如有：

- IEC 60079-14 ( 国际 ) ；
- EN 60079-14 (EC)。

### 2.3.3.2 MXFS DI 铭牌

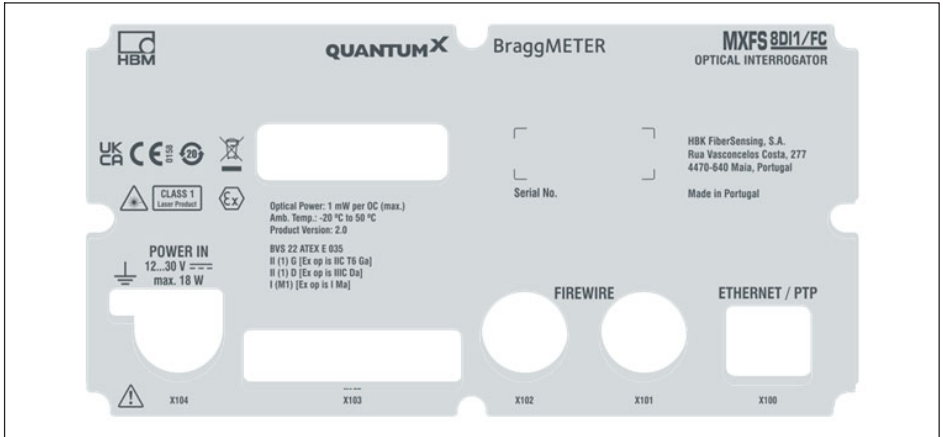


图2.1 MXFS DI 背面标签

### 2.3.4 消防安全

本产品符合 EN 45545-2:2016 和 EN 45545-2:2020 对于危险级别 HL1、HL2 和 HL3 的要求。当不使用 X 框架安装 MXFS 模块时，根据 DIN EN 45545-2 第 4.3 节中的分组规则，无需考虑可燃质。





### 2.3.5 污染物排放限值标示（对于向中国交付的产品）



向中国交付的电子设备排放限值符合性的法定标示。



### 2.4 本文档中所使用的标志

事关您安全的重要须知已特别标示。必须遵守安全须知，防止意外事故和财产损失。

标志	含义
 <b>提醒</b>	该标志用于警告有潜在危险的情况，如不遵守安全要求，可能导致轻微或中度的人身伤害。
 <b>注意</b>	该标志提醒您注意，如不遵守安全要求可能引起财产损失。
 <b>重要信息</b>	该标志提醒您注意有关产品或产品操作的重要信息。
 <b>提示</b>	该标志表示应用提示或其他对用户有用的信息。

标志	含义
 信息	该标志提醒您注意有关产品或产品操作的重要信息。
<i>强调 参见.....</i>	斜体字用于强调和突显文本，以及标识章节、图表或外部文档与文件的引用。
	该标识表示程序中的一个操作。

## 3 操作

### 3.1 接头

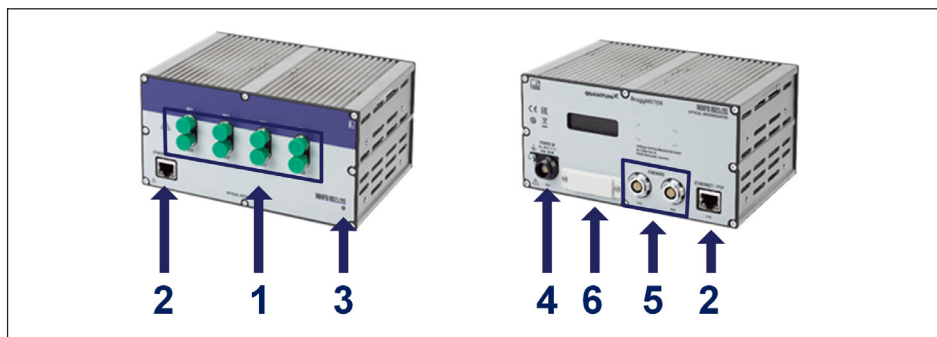


图3.1 MXFS 正视图和后视图

- 1 光连接器 (FC/APC) ;
- 2 以太网接口 ;
- 3 状态 LED ;
- 4 电源接口 ;
- 5 火线接口 ;
- 6 背板连接器。

### 3.2 设置

#### 3.2.1 电源

将模块与 DC 电压连接。模块的功耗和可接受的电源电压范围视型号而定。

	MXFS DI
最大功耗	30W
电源电压	12 V ...30 V

#### **!** 重要

以下经验法则适用于通过火线进行的电源分配：  
“每三个模块需要一个具有相同电压的外部电源”。

## 提示

如不遵守上述电源电压限制，则不排除模块损坏的可能。如果电源压降低于限制，则模块关闭。

我们建议在车辆上安装不间断电源 (UPS)，并在电池和模块之间确保电池工作以补偿车辆启动过程中的电源降压。

如果有多个模块通过火线相互连接以实现时间同步数据采集，电源可循环使用。所使用电源组必须能够提供适当输出。

IEEE1394b 火线连接电缆上最大允许电流为 1.5 A。如果链路更长，应强制性重复提供电源连接。

如果有多个放大器以非同步方式运行(参见图3.2)，必须向它们单独提供电源。

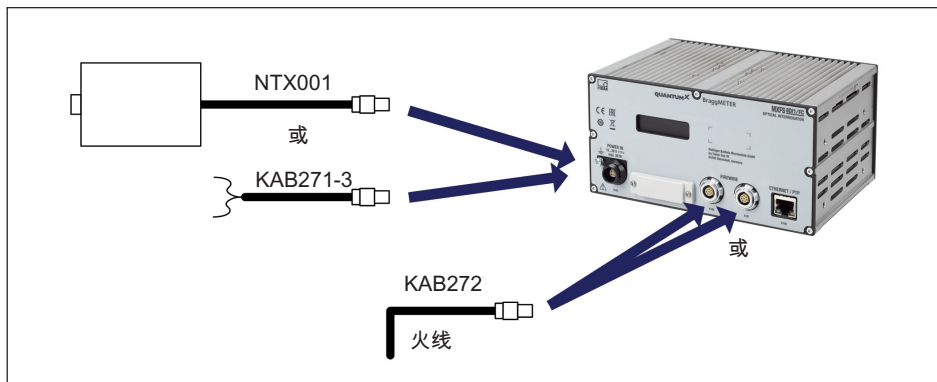


图3.2 电源连接选项

### 3.2.2 与 PC 和其他模块的连接和同步

QuantumX MXFS 模块设计用于与同系列的其他 QuantumX/SomatXR 模块同步，从而实现同步数据采集。这种同步可以通过火线或以太网接口将模块连接起来而实现。或者 MXFS 模块也可以充当一个网关，通过火线从多个模块收集同步数据，以及使用一个以太网接口电缆将其传输至 PC。确保 MXFS 模块和其他设备之间正确同步，对于保持计时准确至关重要。更多有关同步方法和特定产品组合的详细信息，请参阅 Catman 软件产品手册 (A05566 02，第 104 页，“3.2.6 同步多台设备”)。

通过 Catman、MXAssistant 或 API 来改变同步方法：当 NTP 或 PTP 同步已启用/禁用时，有一个最长 20 秒的短暂时间，用于设备的重新同步。在此时段内，单元会进行一个重新锁定，系统 LED 灯颜色变为橙色，且所有通道的测量值为溢出值。在此时段之后，解调仪恢复至正常运行。

### 3.2.2.1 单个以太网连接

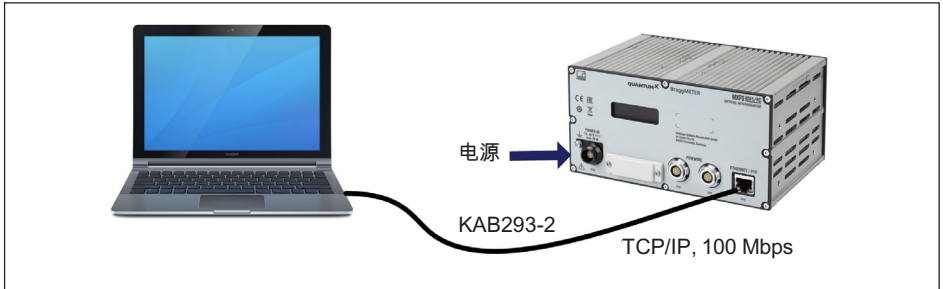


图3.3 单个以太网连接

#### 提示

使用旧电脑时必须使用以太网交叉网线。较新电脑/笔记本电脑的网口都有自动交叉功能。此时用户可使用普通的插接网线。

### 3.2.2.2 使用 PTP 同步的多个以太网连接

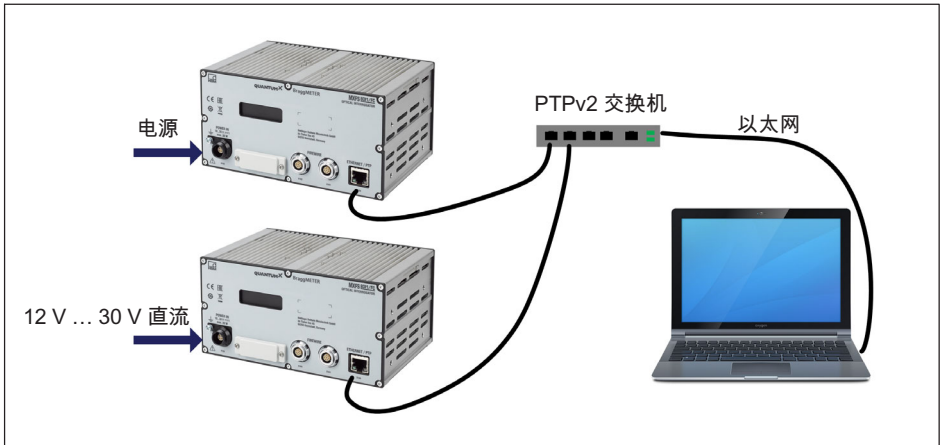


图3.4 使用以太网的多个连接和使用 PTPv2 的同步

可使用以太网 PTPv2 兼容交换机连接模块和 PC。我们建议使用接线电缆。这里有一些示例：

- HBM 的 EX23-R ；
- 西门子的 Scalance XR324-12M ；

- 赫斯曼的 RSP20 或 MACH1000 ；
- 浩亭的 Ha-VIS FTS 3100-PTP ；
- 罗克韦尔的 Stratix 5400。

PTP 主机时钟示例：

- Meinberg 的 LANTIME M600 ；
- Omicron 的 OTMC 100。

通过使用这里所示的星型结构，即便以太网电缆断开，其他模块的数据也不会丢失！

### 3.2.2.3 多个以太网连接和火线同步

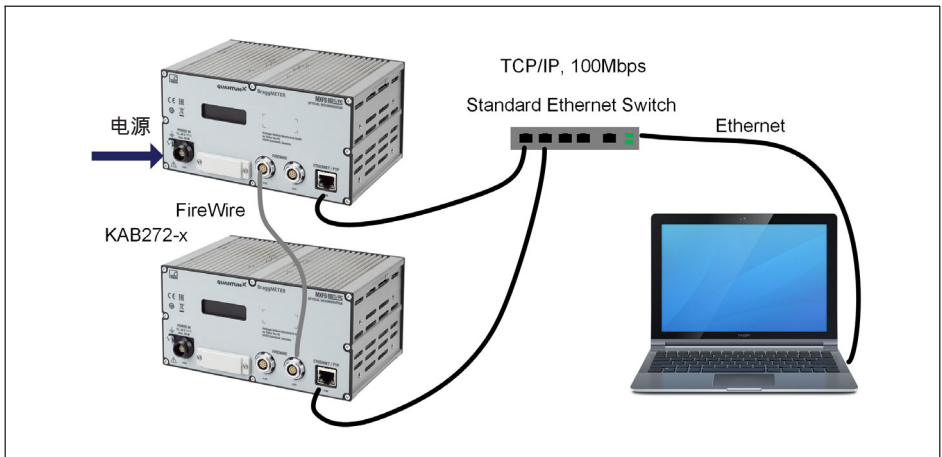


图3.5 使用以太网实现多个连接同步的示例

模块电源可循环通过火线提供，配置如上所示（通过火线最大电流 1.5A；模块功耗参见章节 3.2.1“电源”，第 13 页）。

这种连接结构的优点：如果以太网电缆断开，其他模块仍然有效。

### 3.2.2.4 其他可能的连接方式

MXFS 模块之间或 MXFS 与其他 QuantumX 模块之间还有其他几种连接方式：

- 通过火线连接单个模块；
- 通过火线连接多个模块；
- 连接到 CX22 数据记录仪；
- 连接用于 CAN 总线输出信号；
- 连接用于模拟输出；
- 通过 EtherCAT 或 PROFINET IRT 连接用于实时输出；



- 等等.....

请参阅通用的 QuantumX 用户手册（文档 A03031 可访问我们的网站来下载）。

### 3.2.3 与 PC 的通信设置

模块可通过多种方式连接至标准 PC，通过以太网（最长 100 m）；通过火线（电气，最长 5 m，光纤可达 300 m），或通过 EtherCAT。

对于基于以太网的 TCP/IP 通信，需注意以下事项：

- 我们建议用户保留默认设置（DHCP/APIPA），以便软件能够找到网络中的或直接连接的模块。当然，用户也可以使用固定静态 IP 地址对模块实现参数化。这种方法也适用于 PC 或笔记本电脑。优点：这尤其能够使笔记本电脑能够快速自动完成集成且无需配置到公司网络（DHCP）。但是使用自动寻址（APIPA），笔记本电脑与模块（点到点，p2p）之间的直接操作也是非常快速的。
- 当然，也可以使用指定 IP 地址和子网掩码对 PC 的以太网网络适配器或模块进行手动配置。

当通过火线连接配置直接的 IP-over-FireWire 时，请参阅通用的 QuantumX 用户手册（文档 A03031 可访问我们的网站来下载）。

#### 要配置模块 IP 地址

- ▶ 启用 DHCP/APIPA 用于自动配置。请将直接连接至 QuantumX 的任何 PC 也设置至 DHCP。
- ▶ 手动配置：关闭 DHCP 并输入与用户 PC 上相同的子网掩码。修改您模块的 IP 地址，以便它能允许通信（参见以下示例）。

#### 示例

##### 手动设置 IP 地址 - 模块端

设置	IP 地址	子网掩码
前模块	169.1.1.22	255.255.255.0
PC / 笔记本电脑	172.21.108.51	255.255.248.0
后模块	172.21.108.1	255.255.248.0

PC 和模块 IP 地址的前三组数字应当相同。

模块和 PC 的子网掩码地址必须相同！

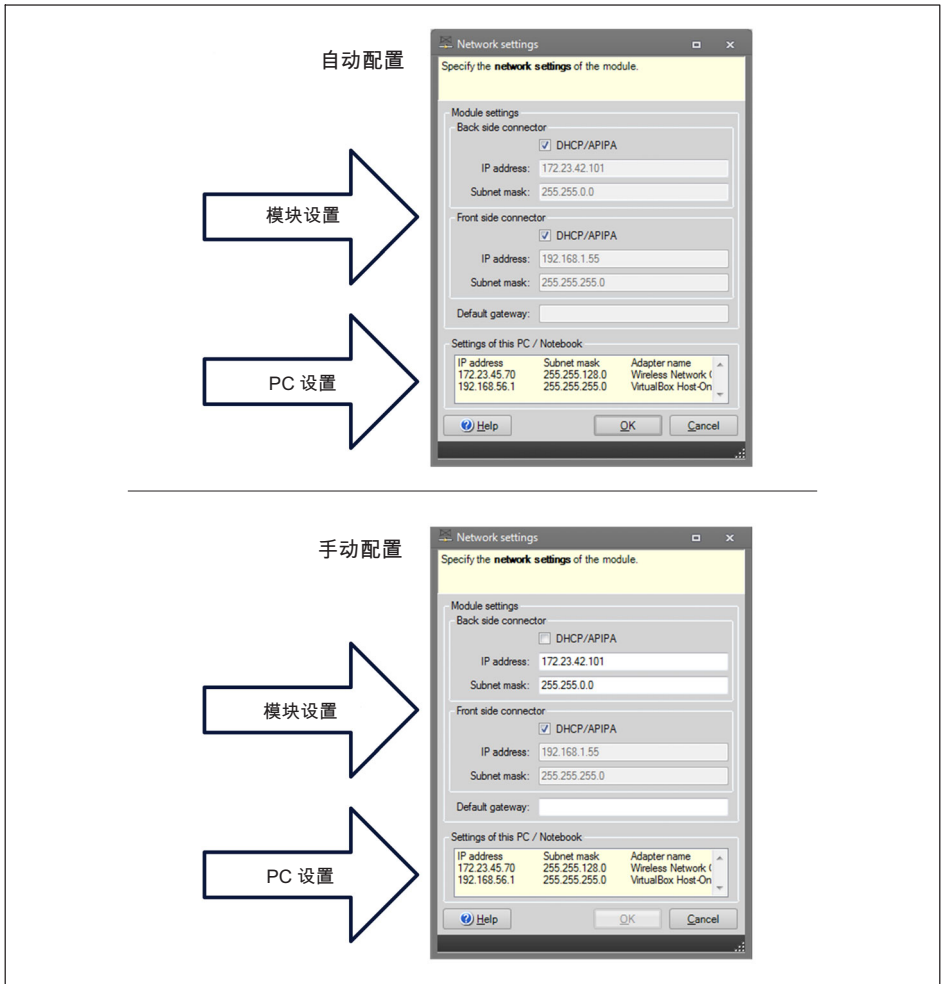


图3.6 直接连接设置示例

### 以太网设置：调整用户 PC 的 IP 地址

如果用户希望使用固定静态 IP 地址操作模块，那么应使用 TCP/IP 属性中（固定 IP 地址和子网掩码，用户自定义）TCP/IP 备用配置下以太网适配器属性中的备用配置（固定 IP 地址和子网掩码，用户自定义）！

- ▶ 在控制面板中选择 网络连接。
- ▶ 选择局域网连接。将出现 图3.7 中所示的窗口。点击属性。

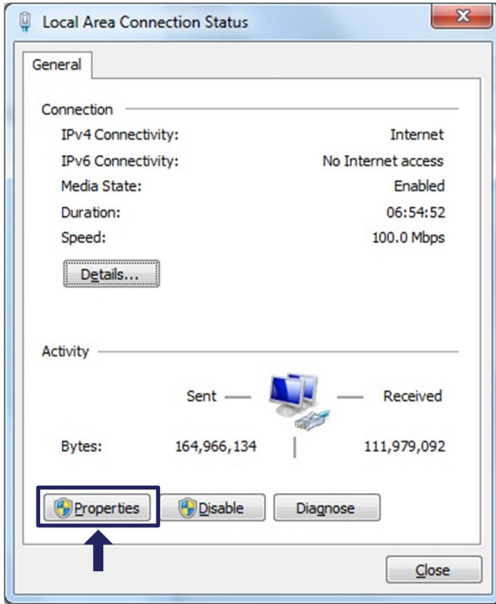


图3.7 网络属性

► 选择因特网协议 (TCP/IP) 并点击 属性按钮 (图3.8)。

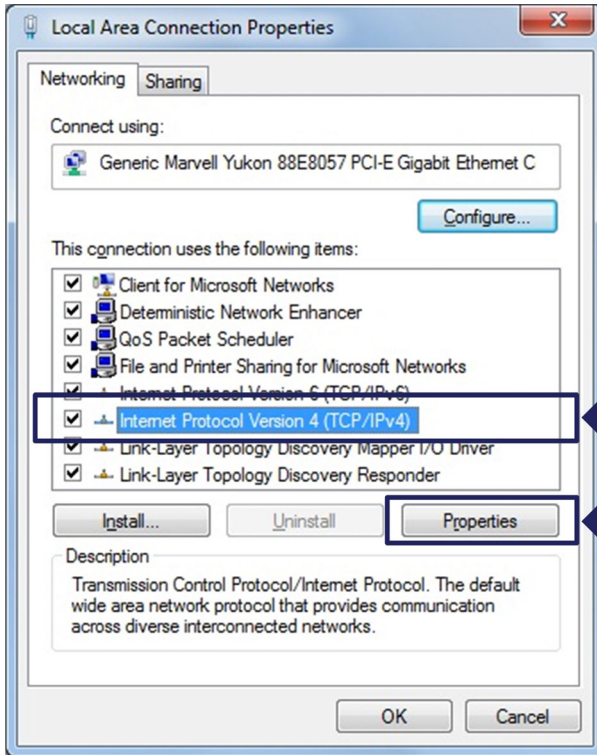


图3.8 TCP/IPv4

► 设置 IP 地址和子网掩码 ( 图3.9) 。

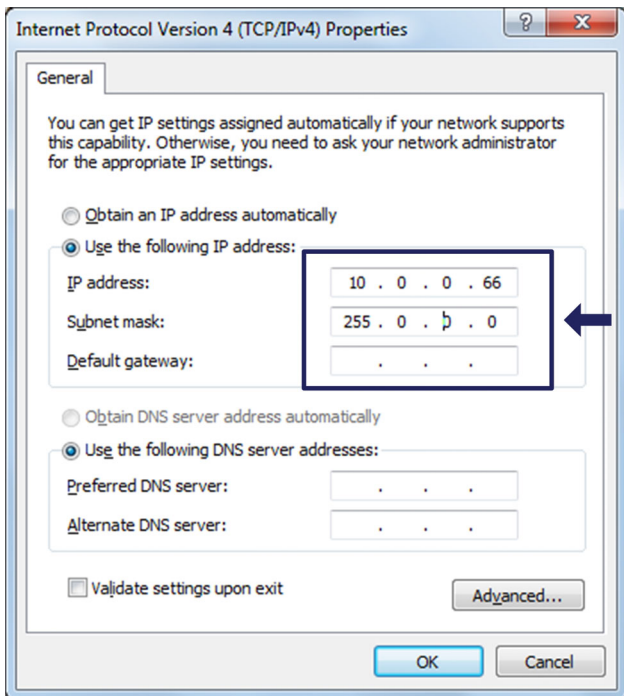


图3.9 IP 和子网

► 按下确定。

在以太网中集成模块

► 启用 DHCP 复选框并点击确定。然后出现确认窗口：

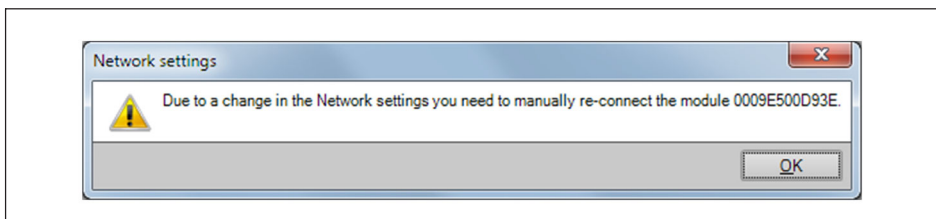


图3.10 DHCP 确认窗口

► 用确定按钮确认设置。然后模块将以当前设置重启。

## 提示

请注意，在以太网设置为 DHCP/APIPA 的情况下，DHCP 服务器需要一些时间来为 QuantumX 模块分配 IP 地址。将硬件连接到网络或 PC 后，等待约 30 秒后再启动 catman。否则可能找不到该设备。

## 3.3 安装

### 3.3.1 MXFS 定位

安装 MXFS 解调仪时，请谨慎考虑它的位置。MXFS 解调仪无主动通风，因此，选取一个通风良好的位置以防止过热非常重要。

MXFS 解调仪的放置朝向可以是任意的（只要不影响其功能）。但处理连接至光通道的光纤电缆时有必要小心谨慎，以避免拉扯或损坏。

在 Quantum 系统组件中，我们建议将 MXFS 解调仪放置在顶部，因其与其他设备相比，可能会产生更多的热量。

如有疑问或需要帮助，请联系 HBK Fibersensing 寻求支持。

### 3.3.2 安装箱夹

模块电子组件与金属外壳集成在一起，金属外壳周围有一个机箱保护（CASEPROT）。当若干设备在顶部堆叠时，还可提供一定程度的抗机械损伤。



图3.11 带机箱保护的 MXFS

- 1 MXFS 外壳；
- 2 机箱保护；
- 3 顶面盖；
- 4 底面盖。

模型可以通过一种夹式连接（订单号 1-CASECLIP）固定到一起。

- ▶ 使用一把 2.5 六角螺丝刀（图 2 中的 1 号）拆下 X 框架机箱保护（图 1 中的 2 号）。螺钉可从设备的底部拆卸。

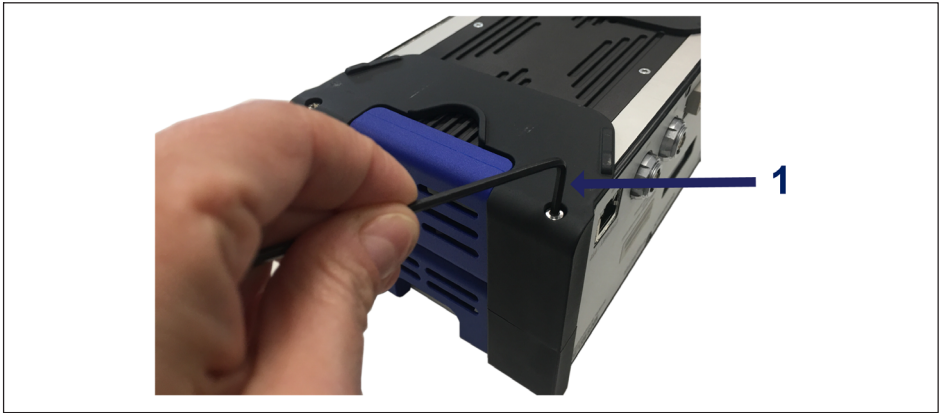


图3.12 拆下机箱保护



#### 信息

如下图所示，外壳夹扣的安装必须在外壳两侧进行。两面只需一套 CASECLIP。



图3.13 无机箱保护的 MXFS

- ▶ 使用一把 2.5 六角螺丝刀拆下底面盖 ( 图3.11中的 4 号 )。顶面盖保持不动。



图3.14 拆下底面盖

- ▶ 安装 CASECLIP 用以替代底面盖 ( 使用一把 2.5 六角螺丝刀和随附的螺钉与垫圈 )。



图3.15 安装 CASECLIP





图3.16 装上了 CASECLIP 的 MXFS

- ▶ 也可以选择重新安装 X 框架保护。解调仪现在可以像其他任意的 QuantumX 模块那样夹到另一个模块或 CASEFIT ( 订单号 1-CASEFIT ) 上了。

### 3.4 状态指示灯

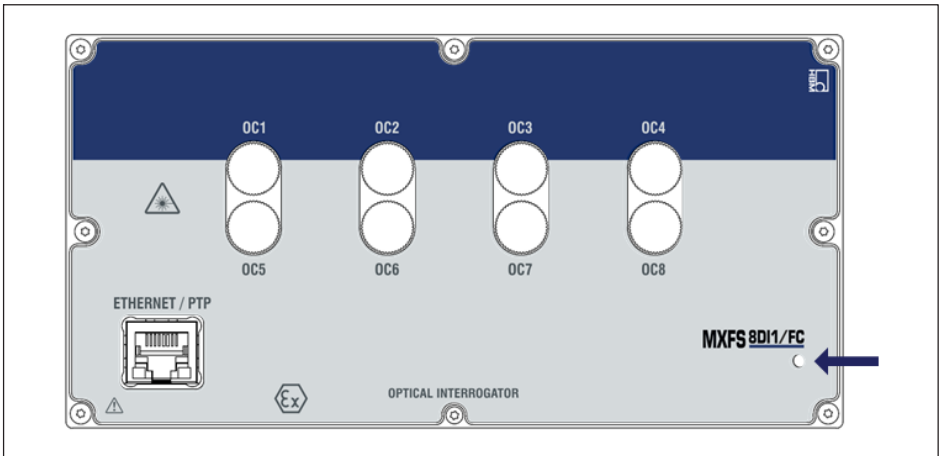


图3.17 MXFS 正视图

MXFS 在前面板上设有一盏系统 LED，会以不同颜色发光：

系统 LED	
绿色	无错误运行
橙色	系统未准备好，启动程序运行 <ul style="list-style-type: none"><li>- 光纤模块正在预热</li><li>- 光纤模块忙碌</li><li>- NTP/PTP 不同步</li></ul>
橘色闪烁	下载启动，系统未准备好 <ul style="list-style-type: none"><li>- 固件升级</li></ul>
红色	错误

### 3.5 维护

#### 3.5.1 易损件

HBK 光纤光栅解调仪有易损件（例如通风风扇、光连接器适配器和电池），易损件要求最低运行工况，以确保设备的正确运行。

易损件享受的保修有限制，因为这些组件依赖于使用情况以及设备运行所处的环境条件，例如湿度、温度和灰尘。

应由客户考虑实际的运行情况，来规划和管理定期的维护。只有当易损件的损坏原因可清晰地追溯至材质或制造过失时，保修才可适用于易损件。

#### 3.5.2 通风

MXFS 是一台无主动通风的电子设备，这就意味着它不使用风扇进行设备控热。耗散区不应承受超出设备工作温度以外的温度。

#### 3.5.3 光连接器

解调仪的光连接器会退化，且的确有可能因使用不当而损坏（参见第 3.9.2 节。“连接器断裂”）。如果发生这种情况，必须将解调仪寄回给 HBK FiberSensing 进行维修。

#### 3.5.4 校准

BraggMETER 解调仪有一个内置的 NIST 可追溯的气室，能始终确保校准测量。因此无需强制定期的校准。然而，由于监管原因或内部规定，有时可能需要定期的认证校准程序。对于此类情况，可向 HBK 请求校准服务，有校准服务可用（订单号 S-FS-CAL）。

#### 3.5.5 固件更新

我们建议操作 QuantumX 所使用的固件和软件始终保持最新版本。

- ▶ 可从HBM网站下载最新固件。如果用户未曾使用过 catman，请从 HBM 网站下载 QuantumX 软件包。

请将固件保存在 ...\HBM\catmanEasy\Firmware\QuantumX-B, 或 C:\Temp.

- ▶ 启动 catman，在网络中扫描模块并执行推荐的固件升级。catman 包括固件。通常保存在：  
C:\Program Files\HBM\catman\Firmware\QuantumX-B.

如果未使用 catman，请参阅通用的 QuantumX 用户手册（文档 A03031 可访问我们的网站来下载）以获取更新模块固件的更多选项。

### 3.6 重置为出厂设置

可将 MXFS 模块重置为出厂设置，这将删除设备正在使用的配置：

- 停用所有通道；
- 删除所有已配置的波段；
- 将所有传感器类型改为相对波长；
- 删除零位平衡值。

可通过 MX Assistant、Common API 或 catman 软件进行重置（详见 *章节 4.3“重置设备”，第 66 页*）。

### 3.7 连接到光学传感器

#### 3.7.1 概念和定义

##### 3.7.1.1 接头

MXFS 前面板上有 8 个 FC/APC 光纤连接器（见 *图3.1*）。

该设备可接入多个串联在同一光纤上的布拉格光栅（FBG）传感器。

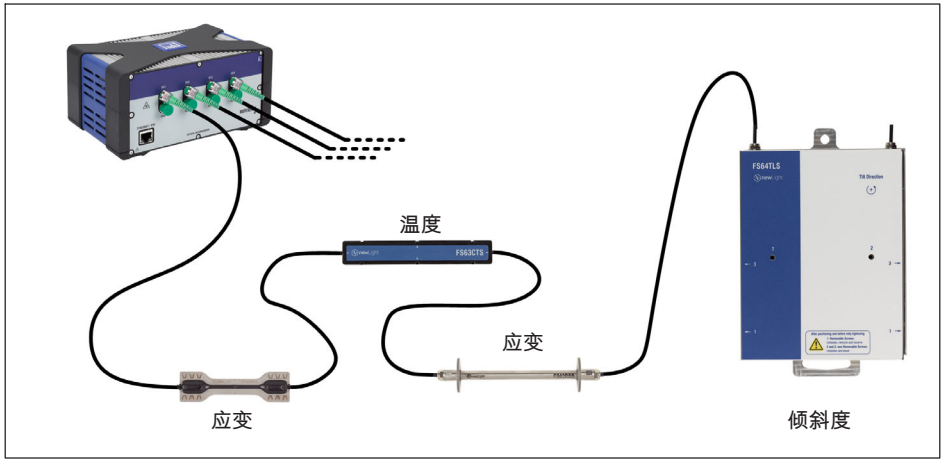


图3.18 典型传感网络

### 3.7.1.2 通道

每个光纤连接器可容纳 16 个通道。这意味着该设备每个光纤连接器最多可以读取 16 个布拉格光栅峰值。

设备通道的配置可通过定义其所占的波长范围（波段）及其参考波长（图3.19）进行。

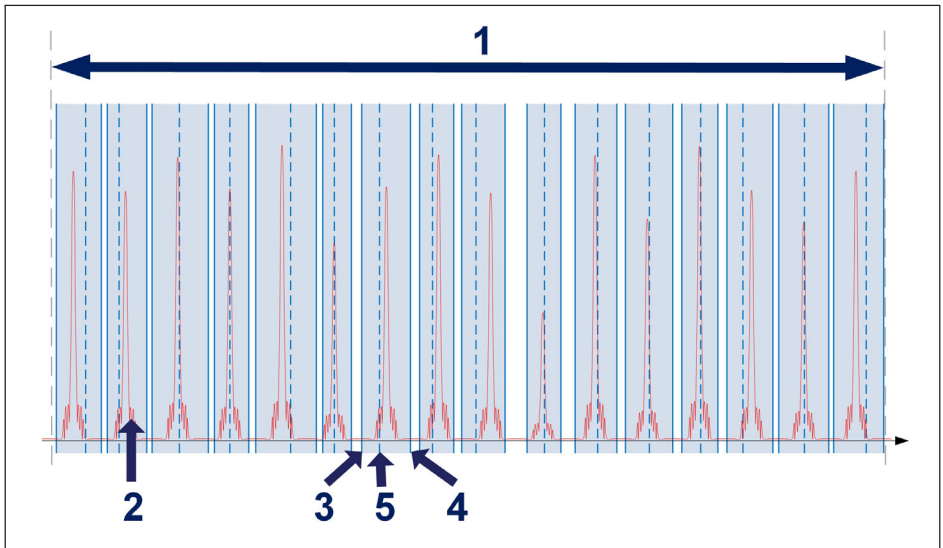


图3.19 通道和范围

- 1 每个光连接器的可用波长范围（从 1500 nm 到 1600 nm）；
- 2 测得的所连接光纤的光谱（反射）；
- 3 最小波长，以 nm 为单位；
- 4 最大波长，以 nm 为单位；
- 5 参考波长（以 nm 为单位）（比对该值测量该通道的相对波长）。

每个通道均可对应上图中画出的其中一个范围，无需考虑顺序。范围不能重叠。



### 小建议

可以在 *MX Assistant* 或 *catman®* 中执行自动检测和范围定义。但是，首先，无法将光谱可视化，也无法手动编辑/创建范围。如要将光谱可视化，和/或手动调整所定义的范围，则请使用提供的 *catman®Easy* 软件。



### 信息

范围之间的最小距离为 0.5 nm。范围限制之间较小的距离视为重叠。

只有在范围内发现布拉格光栅峰值时，才会进行测量。如果在定义范围内没有找到峰值，则会给出溢出值。

#### 3.7.1.3 波长

波长值对应于布拉格光栅反射光谱峰值的波长，通常称为布拉格波长。

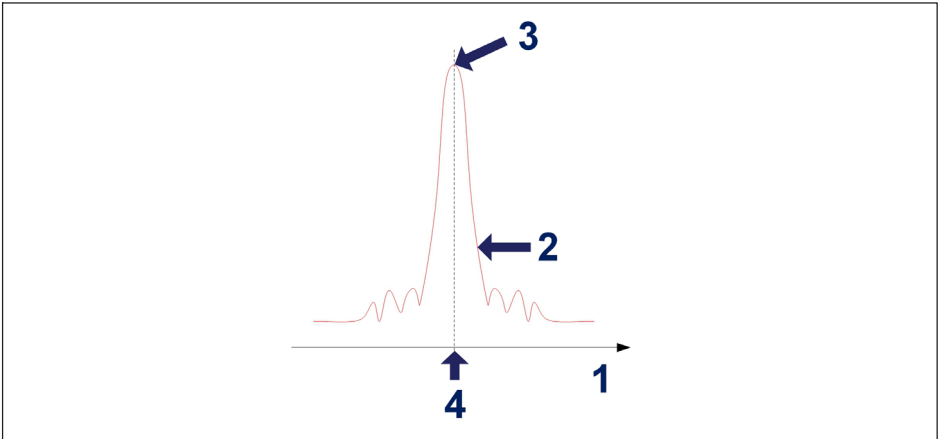


图3.20 波长

- 1 波长轴，以 nm 为单位；

- 2 FBG 反射光谱；
- 3 FBG 峰值；
- 4 波长值，以 nm 为单位。

### 参考波长

每次测量所比对的波长值称为参考波长。对于每一个定义的通道，需要在通道的最小和最大波长值之间固定一个参考波长。

对于未校准的传感器，参考波长是测量的零位值。对于已校准的传感器，应按照其校准表定义参考波长。

### 测得波长

每次采样的 FBG 峰值的波长值。

#### 3.7.1.4 功率

功率值对应于布拉格光栅在峰值波长下反射的光功率。

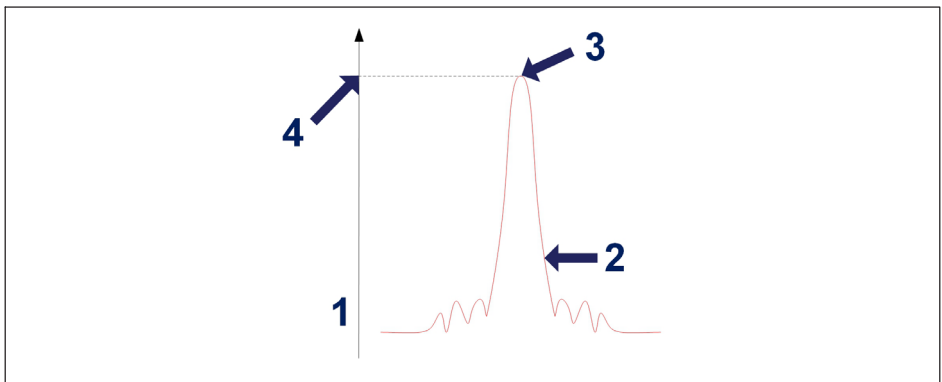


图3.21 功率

- 1 功率轴，以 dBm 为单位；
- 2 FBG 反射光谱；
- 3 FBG 峰值；
- 4 功率值，以 dBm 为单位。

### 3.7.1.5 动态范围

光纤问询器上的动态范围是指在布拉格光栅之间可以正确识别和测量的功率值范围。

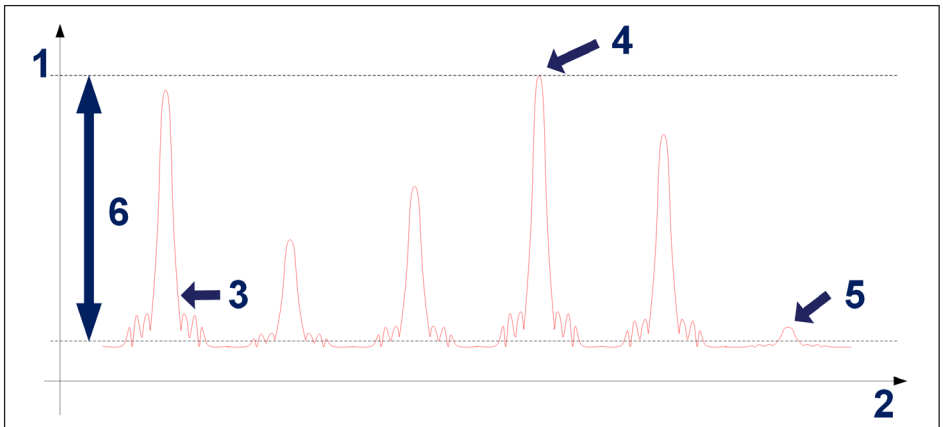


图3.22 动态范围

- 1 功率轴，以 dBm 为单位；
- 2 波长轴，以 nm 为单位；
- 3 FBG 反射光谱；
- 4 最大可测量功率；
- 5 最小可测量的功率；
- 6 动态范围，以 dB 为单位。

### 3.7.1.6 智能峰值检测 (SPD)

SPD 可实现在每个可配置波段内单独测量一个 FBG 峰值，从而有效利用问询器提供的高动态范围。

MXFS DI 考虑 3 dB 的固定阈值，简化了设备的配置 (图3.23)。计算每个波长值时考虑的都是 FBG 峰值一半功率以上的区域。

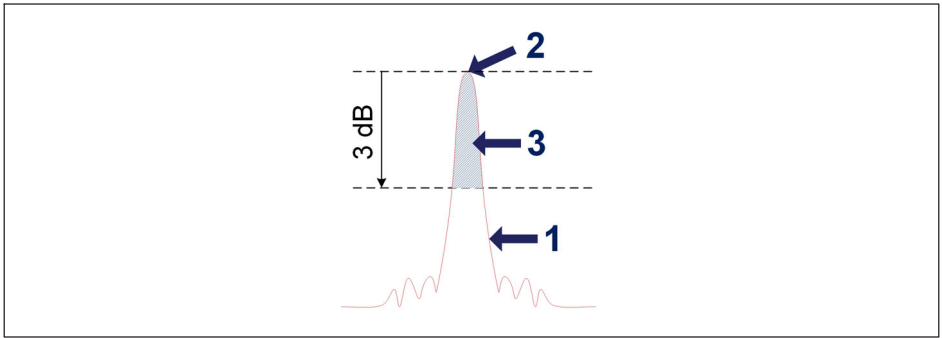


图3.23 智能峰值检测概念

- 1 FBG 反射光谱；
- 2 FBG 峰值；
- 3 波长计算所使用的区域。

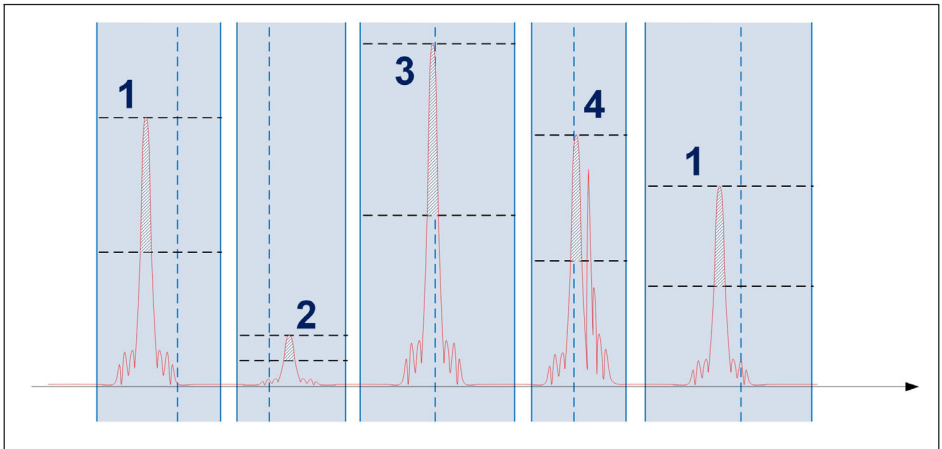


图3.24 智能峰值检测应用实例

在每个传感器范围内均只计算一个 FBG 传感器。常规信号（1）、低功率信号（2）和高功率信号（3）可以在同一光纤连接器上共存，而对测量无任何影响。可能会偶尔或长期出现多个峰值超出阈值的情况（4），此时 SPD 也能消除测量问题。

总之，它能提供更高的稳健性，尤其适用于克服传统方法的局限性——若低反射率和高反射率的 FBG 同时存在，信号损失往往会造成问题。因此，SPD 可提高测量的稳定性和准确性，有助于提高系统效率，即使采集速度较高也不例外。



### 3.7.1.7 信号

峰值波长的变化构成了光纤问询器发出的信号，可按物理值进行缩放。

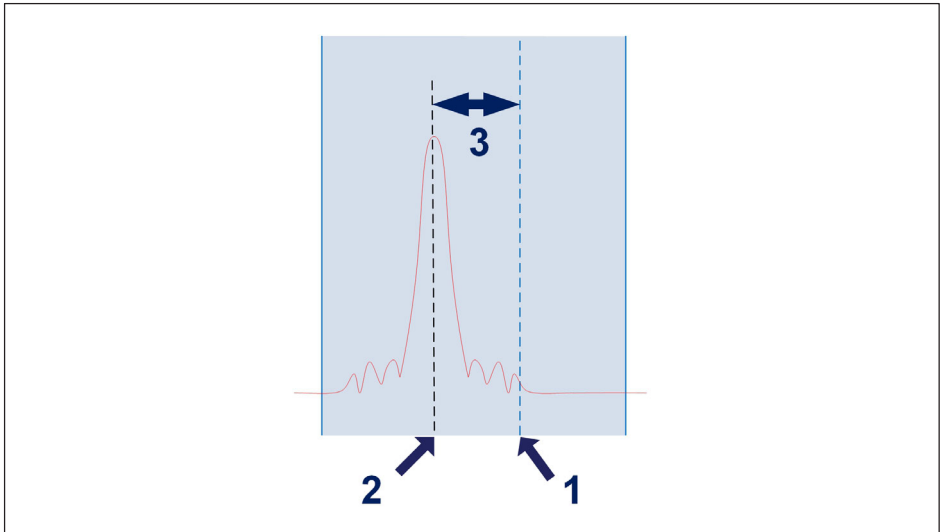


图3.25 信号

- 1 为通道定义的参考波长 ( $\lambda_0$ )，以 nm 为单位；
  - 2 通道内所测得的波长 ( $\lambda$ )，以 nm 为单位；
  - 3 通道内的波长变化 (nm)。若峰值超出通道的定义波段，则将给出溢出值。
- 波长变化通过转换系数与信号相关联。

#### 可用的传感器类型

传感器类型	说明	输出
绝对波长	绝对波长传感器输出是在 FBG 峰值处测得的波长 ( 中的2图3.19号 )	$\lambda$
相对波长	相对波长传感器输出是在 FBG 峰值处所测得的波长变化 ( 如中 3图3.25号所示 )	$\lambda - \lambda_0$

传感器类型	说明	输出
应变	根据传感器的 k 系数 (k) 将波长变化转换为应变测量。 设备层面的应变测量没有进行温度补偿。	$\frac{\lambda - \lambda_0}{k \cdot \lambda_0}$
温度	根据校准系数 (S <sub>2</sub> , S <sub>1</sub> 和 S <sub>0</sub> ) 将波长变化转换为温度。换算公式为二阶多项式。	$S_3(\lambda - \lambda_0)^3 + S_2(\lambda - \lambda_0)^2 + S_1(\lambda - \lambda_0) + S_0$
加速度	根据校准系数 (S) 将波长变化转换为加速度。转换公式是线性的。	$s \cdot (\lambda - \lambda_0)$
通用多项式	按照二阶多项式转换公式将波长变化转换为一般输出。可用于其他供应商的传感器或不同于以上定义类型的传感器。	$a(\lambda - \lambda_0)^3 + b(\lambda - \lambda_0)^2 + c(\lambda - \lambda_0) + d$

## 绝对波长与相对波长

在 MXFS 和 catman® 中，传感器测量结果可以以绝对或相对波长显示。绝对波长指的是正在测量的实际波长值，而相对波长指的是两个相邻峰或特性间的波长差。

两个值均可使用 9 个字符来传输。当以绝对波长显示数据时，测量精度可达小数点后的第四位数字，因为我们的操作范围是 1500 nm 至 1600 nm。另一方面，当以相对波长显示数据时，该值可在逗号后显示更多位数字，最多高达 7 位数字，具体取决于变化在计算时的参考。这意味着，通过相对波长的测量，可以达到比绝对波长测量更精确的测量。

很重要的是，要注意在绝对波长显示和相对波长显示之间做的选择应基于测量任务的具体要求，以及所使用的传感器的特性而定。两种方法各有利弊，应选择合适的方法以确保测量结果准确可靠。

MXFS 信号与 FBG 峰值有一比一的关系。这意味着，使用一个以上 FBG 的复杂传感器不适用于该设备，使用两个 FBG 值进行的计算也无法在设备内进行。

## 3.8 采集率

### 3.8.1 速度模式

MXFS DI 有两种不同的速度模式，分别对应两种激光扫频速度：

MXFS DI	
低速模式：	100 S/s
高速模式：	2000 S/s

**i** 信息

*更改速度模式将重新启动设备。*

设备既可在这些数据速率下运行，也可通过滤波或下采样来考虑更低的采样数量。

详情参见章节 4.2.1“采样率”，第 44 页。

### 3.8.2 距离影响

对于基于扫频激光的光纤问询器，如 HBK FiberSensing BraggMETER，问询器和传感器之间的光纤长度对反射测量结果有影响。

影响效果是波长测量中的恒定偏移，取决于光纤模块的实际采样率。若采集率较低或距离较短，则测得波长的偏移可以忽略不计；但若采样率较高或距离较长，这种偏移就变得很重要。

#### *扫频激光测量原理*

之所以如此，是因为提高采集速度就需要提高激光扫频的速度。扫频激光发出的波长随时间变化。布拉格光栅传感器反射波长的测量方法确定的是在检测到来自 FBG 的反射峰值的时刻所发射的波长。随着采集率的提高，光需要往返行进的距离造成的延迟影响越来越大，绝对波长也越来越不精确。增加距离也会产生同样的影响。

#### *绝对波长测量误差*

采集率和距离引起的波长偏移如下：

激光扫频速度引起的波长偏移
$\Delta\lambda = \frac{d \cdot 2 \cdot n \cdot RepRate \cdot FullRange}{DutyCycle \cdot c}$
<p>其中：</p> <p><math>\Delta\lambda</math> 是波长“误差”，单位为 nm；</p> <p><math>d</math> 是传感器与测量单元之间的距离，单位为 m；</p> <p><math>n</math> 是光纤的折射率（对于标准的 SMF28 光纤，是 1.446）；</p> <p><math>RepRate</math> 是光纤模块的实际采集扫描率（对于 BraggMETER 解调仪，它就是所选的采集频率，单位为 S/s）；</p> <p><math>FullRange</math> 是测得波长范围的长度（BraggMETER 问询器为 102 nm）；</p> <p><math>DutyCycle</math> 是采集周期的一个常数（对于 MXFS 解调仪，是 0.85）；</p> <p><math>c</math> 是光速（<math>3 \cdot 10^8</math> m/s）。</p>

这意味着对 MXFS 而言，波长偏移是由距离和问询器上定义的采集率的函数得出的：

MXFS 中激光扫描速度引起的波长偏移	
$\Delta\lambda = \frac{2 \cdot 1.446 \cdot 102}{0.85 \cdot 3 \cdot 10^8} \cdot d \cdot RepRate = 1.1568 \cdot 10^{-6} \cdot d \cdot RepRate$	

下表旨在说明在设备和选项不同的情况下，问询器与传感器之间的距离所造成的传感器读数差异（波长偏移，单位为 pm）。

距离 ( m )	采样频率 (S/s)	
	100	2000
10	1.2	23.2
50	5.8	115.9
100	11.6	231.7
150	17.4	347.6
200	23.1	463.4
500	57.8	1158.5
1000	115.7	2317.0
1500	173.5	3475.5
2000	231.4	4627.2
5000	578.4	11568.0

表3.1 波长偏移 ( pm )

### 距离补偿

若符合以下两个条件，则建议对光学传感器测量进行距离补偿：

- 间距/采集率造成的误差大于问询器的“精度”；
- 测量是基于绝对波长的测量，这仅适用于温度传感器。其他传感器测量或者是基于波长与参考值的差异，或者是基于两个彼此非常接近的 FBG。

通过实际测量确定问询器和传感器之间的光纤长度有时会很困难。但距离可以轻松算出，例如采用两种不同的采集率进行传感器测量。

### 采集同一传感器时使用两种不同的采集速率进行距离计算

$$d = \frac{\lambda_{RepRate1} - \lambda_{RepRate2}}{RepRate1 - RepRate2} \cdot \frac{DutyCycle \cdot c}{2 \cdot n \cdot FullRange}$$

其中：

$d$  是传感器与测量单元之间的距离，单位为 m；

$\lambda_{RepRate1}$  是采集速率 RepRate1（单位是 Hz）下所测到的传感器波长（单位是 mm）；

$\lambda_{RepRate2}$  是采集速率 RepRate2（单位是 Hz）下所测到的传感器波长（单位是 mm）；

$DutyCycle$  是采集周期的一个常数（对于 MXFS 解调仪，是 0.85）；

$c$  是光速（ $3 \times 10^8$  m/s）；

$n$  是光纤的折射率（对于标准的 SMF28 光纤，是 1.446）；

$FullRange$  是测得波长范围的长度（BraggMETER 问询器为 102 nm）；

MXFS 距离计算可以使用两种速度模式来完成。

### 使用两种速度模式计算距离

$$d = \frac{\lambda_{2000 S/s} - \lambda_{100 S/s}}{2000 - 100} \cdot \frac{DutyCycle \cdot c}{2 \cdot n \cdot FullRange}$$
$$= \frac{\lambda_{2000 S/s} - \lambda_{100 S/s}}{2000 - 100} \cdot \frac{0.85 \times 3 \times 10^8}{2 \times 1.446 \times 102} = (\lambda_{2000 S/s} - \lambda_{100 S/s}) \times 454.98$$

其中：

$d$  是传感器与测量单元之间的距离，单位为 m；

$\lambda_{100 S/s}$  是在低采集率（100 S/s）下测得的传感器波长；

$\lambda_{2000 S/s}$  是在高采集率（2000 S/s）下测得的传感器波长；

正确算出距离后即可确定波长测量的系统误差，并在传感器的计算中加以考虑。



#### 小建议

在 *catman* 中使用计算通道来获得距离修正。

### 3.8.3 滤波器

MXFS 和其他 QuantumX 模块一样，支持低通滤波。可用的滤波器有贝塞尔、巴特沃斯、线性相位。

详情参见章节 4.2.1.2“采样率和滤波器”，第 45 页。

### 3.9 测量故障排除

#### 3.9.1 连接器脏污

在进行任何连接之前，务必先清洁连接器。否则，灰尘和湿气会沉积在问询器的光纤适配器中，对测量造成影响。图3.26示出放大后的连接器照片。深灰色圆是光纤包层，浅灰色小圆是光纤核心。一张图是洁净的连接器，另一张图是脏污的连接器。

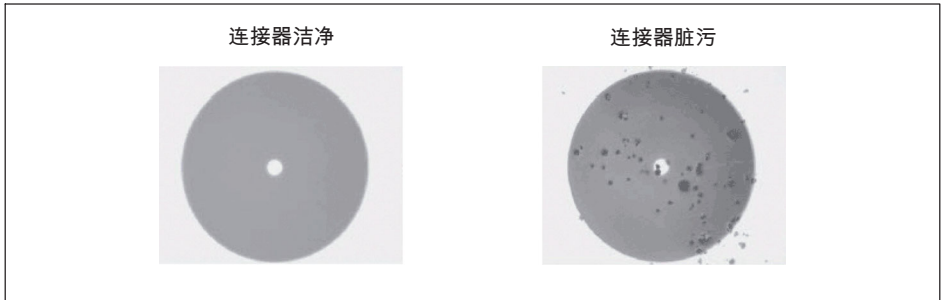


图3.26 洁净和脏污连接器的放大图

污垢对连接处最常见的影响是大量的宽频谱光在连接处被双向反射，导致测量的动态范围减小。

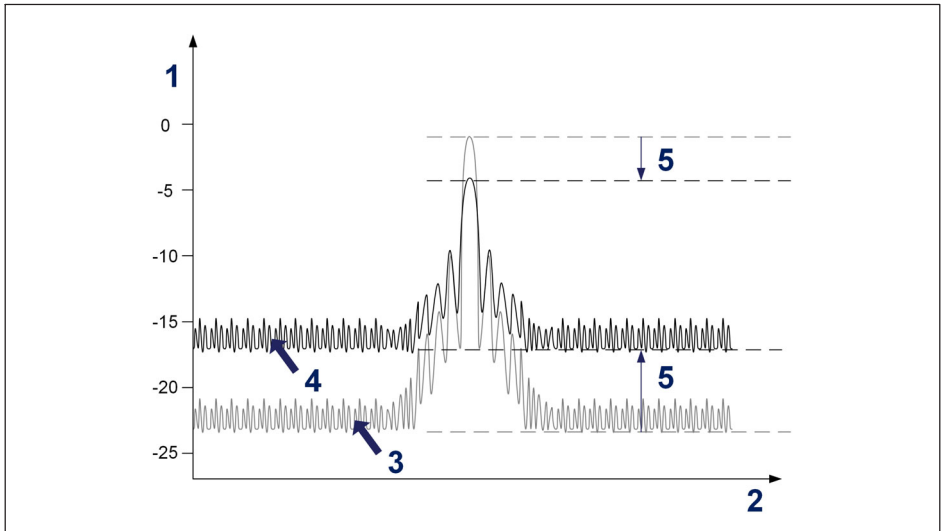


图3.27 脏污连接器对信号的影响

1 功率，以 dBm 为单位；

- 2 波长，以 nm 为单位；
- 3 清洁的连接器的光谱；
- 4 肮脏的连接器的光谱；
- 5 动态范围减小。

要清洁光纤询问器适配器，请将适当的棉签（市面上有多种常用于电信光纤的清洁棉签）浸入异丙醇中。将其插入光纤适配器中（如 图3.28 所示），并始终沿同一方向旋转棉签。



图3.28 清洁询问器的连接器适配器

### 3.9.2 连接器断裂

也可能出现询问器适配器套筒断裂的情况。此时，光纤插入连接器时将无法正确对准，使测量受到影响。断裂的套筒如 图3.29 所示。



图3.29 连接器断裂

要解决此问题，请联系 HKB FiberSensing。

### 3.9.3 短时测量溢出

#### MXFS

在其运行的过程中，可能需要重新调整一些内部参数。在此操作期间，单元会临时反馈所有通道中所有传感器的一个溢出值。当温度变化大以及采样频率变高时，该事件发生的概率则会增加。预计在温度稳定后，测量运行不会出现任何扰乱。



#### 小建议

*建议在定义报警时设置一个等待时间，这样可避免该事件（溢出）与测量信号的突然变化混淆，这可能会产生误报（例如，当在 catman 中设置了高位或低位交叉警报时）。有关 catman 中报警和等待时间的更多详细信息，可参阅 catman 操作手册 A05566（可在网站上获取）- 第 214 和 215 页。*



## 4 CATMAN 软件

MXFS 包含一份 catman Easy 软件授权，应使用该软件配置设备。

MXFS 兼容 catman 5.4.1 或以上版本。

### 4.1 用 MXFS 开始一个项目

- ▶ 启动 catman 软件。
- ▶ 在开始菜单上选择一个 QuantumX/SomatXR 设备类型。

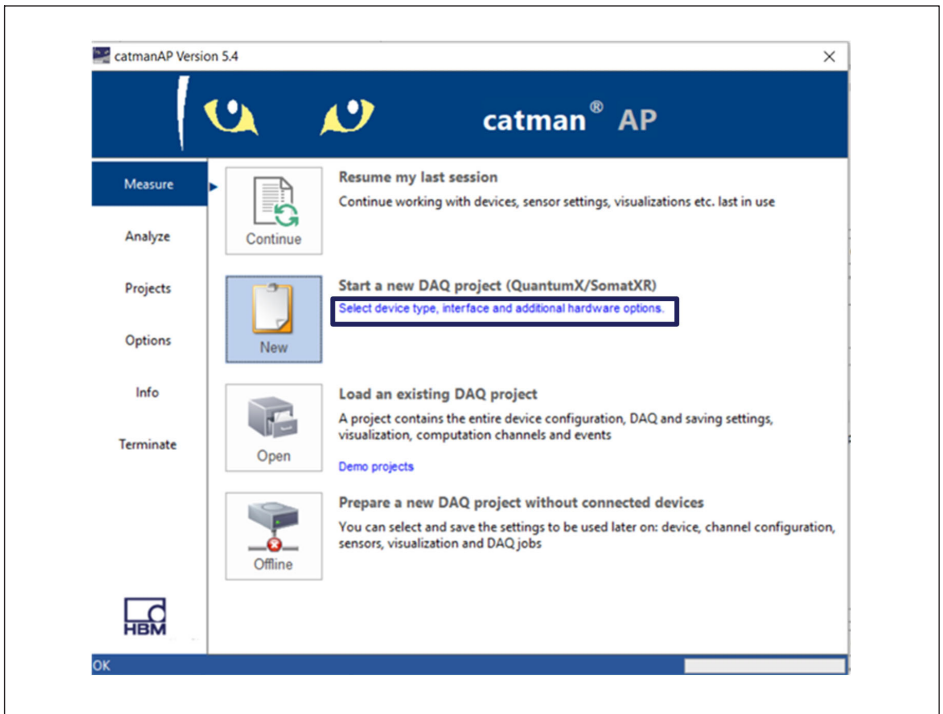


图4.1 开始菜单

- ▶ 选择 QuantumX/SomatXR 设备类型。
- ▶ 选择连接方式（查找端口）。
- ▶ 选择所需的模块。

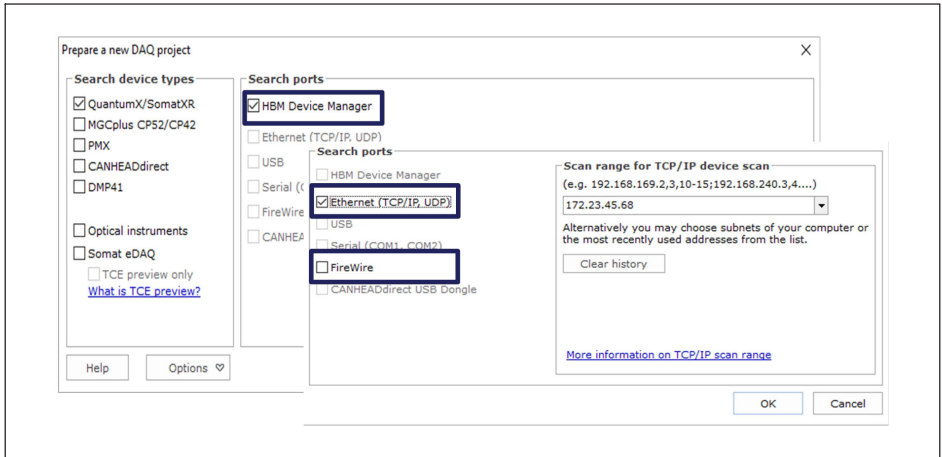


图4.2 连接

► 开始一个新的测量项目。

### 信息

*Catman* 中不支持 MXFS 网关功能。在搭配 *catman* 使用 MXFS 之前，请先用 *MX Assistant* 关闭该功能。

#### 4.1.1 同步

MXFS 有多种同步方法。详细设置方法请参见 *catman* 用户手册 (A05566)。

## 4.2 MXFS 的 catman 项目

当用 MXFS 设备开始新项目时，catman 首先会用 MXFS 的所有通道填充通道列表。

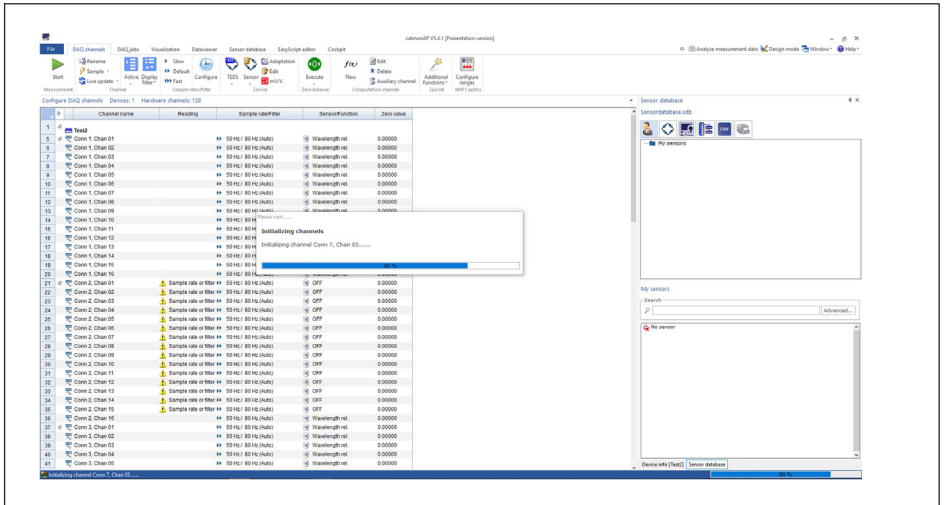


图4.3 DAQ 通道

设备上具有已定义波段（波长范围）的通道被视为 active（活动），没有定义的通道被视为 inactive（非活动）。关于通道定义，详见章节 4.2.2“配置波长范围”，第 47 页。



### 小建议

若要隐藏非活动通道，可以打开显示筛选器，勾选 Hide inactive channels（隐藏非活动通道）然后点击 Apply（应用）（图4.4）。

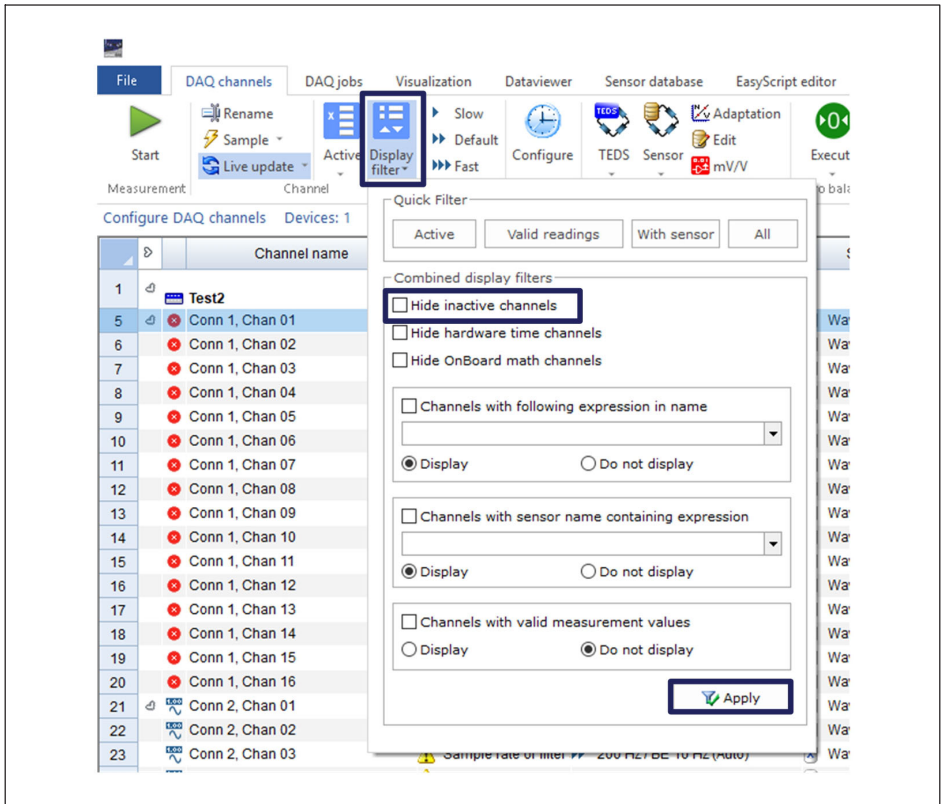


图4.4 隐藏非活动通道

## 4.2.1 采样率

### 4.2.1.1 采集率

MXFS 有两种不同的速度模式，分别对应两种激光扫频速度，可在 catman 中设置：

	MXFS DI
低速模式：	100 S/s
高速模式：	2000 S/s

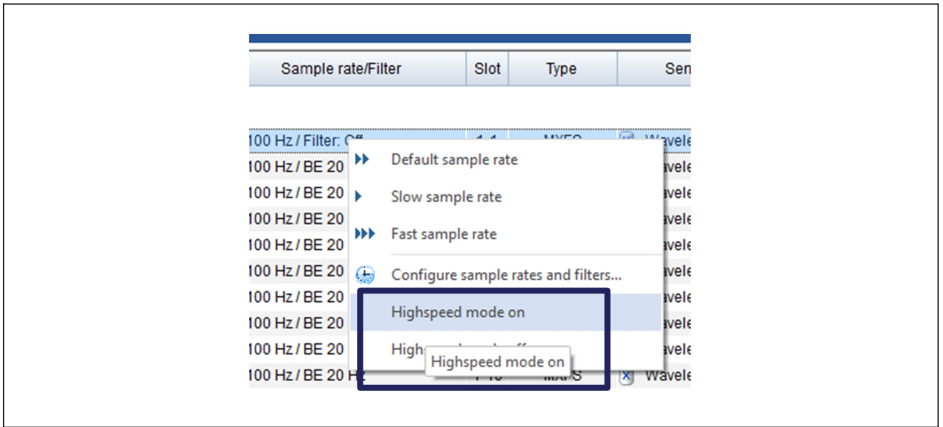


图4.5 采集率

- ▶ 右键点击任意 MXFS 通道的 sampling rate ( 采样率 ) 栏。
- ▶ 选择高速模式开或关。

**i** 信息

更改速度模式将重新启动设备。

**!** 重要

在基于扫频激光的光纤询问器中，询问器和传感器之间的光纤长度可能会导致测量结果偏移。

详情参见章节 3.8.2“距离影响”，第 35 页。

必要时可在 catman 中使用计算通道来获得距离校正。

4.2.1.2 采样率和滤波器

无论采集速度如何，该模块都与其他 QuantumX 模块一样，可以进行降采样和滤波。  
 可用的采样率和滤波器有：

MXFS DI 低速模式 (100 S/s)

滤波器截止频率 ( Hz )	可用采样率									
0.1	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100
0.2	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100
0.5	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100
1	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100
2	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100
5	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100
10	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100

MXFS DI 高速模式 (2000 S/s)

滤波器截止频率 ( Hz )	可用采样率													
0.1	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
0.2	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
0.5	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
1	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
2	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
5	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
10	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
20	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
50	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
100	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
200	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000

## 4.2.2 配置波长范围

要配置波段（每个通道的波长范围）

- ▶ 点击 catman 顶部功能区的 configure ranges（配置范围）按钮，以打开配置范围窗口。

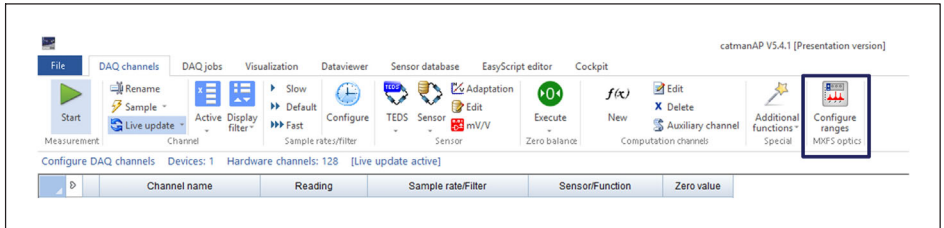


图4.6 *Configure ranges*（配置范围）按钮

### 重要

在配置范围界面上进行的任何更改只有在点击 *Apply*（应用）按钮后才会生效。如果没有应用更改就退出，这些更改在设备和通道列表中将不可见。

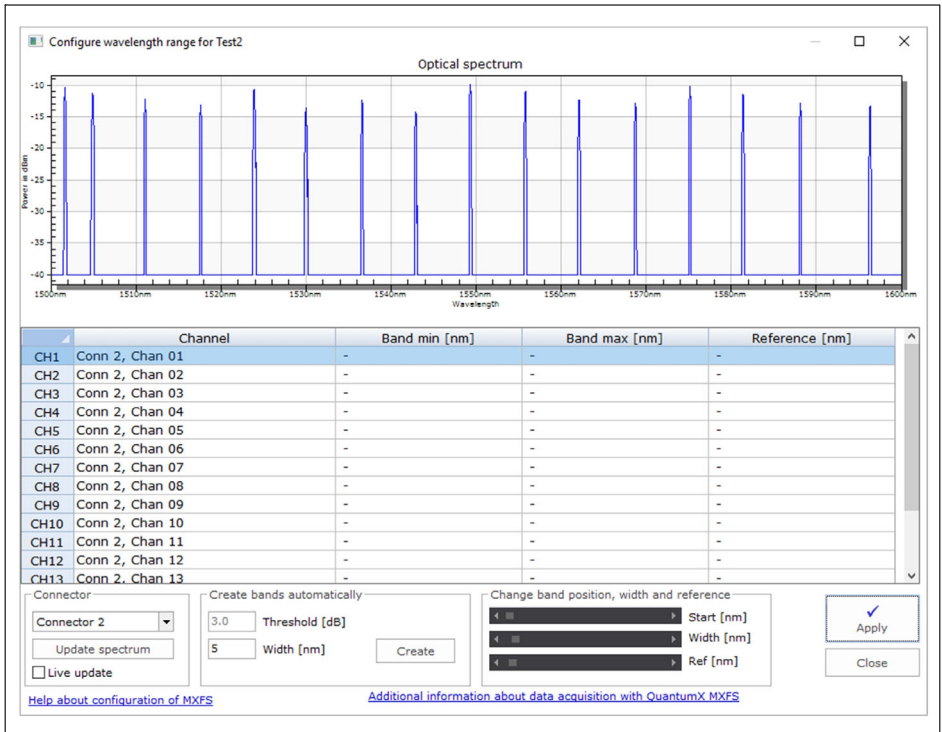


图4.7 范围配置窗口

一次只能对一个连接器进行可视化和波段编辑：

- ▶ 在连接器框中更改所选的连接器 (图4.8)。

显示的光谱是在调用配置范围窗口的时刻测得的。

- ▶ 要更新光纤光谱，请点击 Update spectrum (更新光谱) 按钮 (图4.8)。
- ▶ 如需持续更新，请勾选 Live update (实时更新) 复选框 (图4.8)。

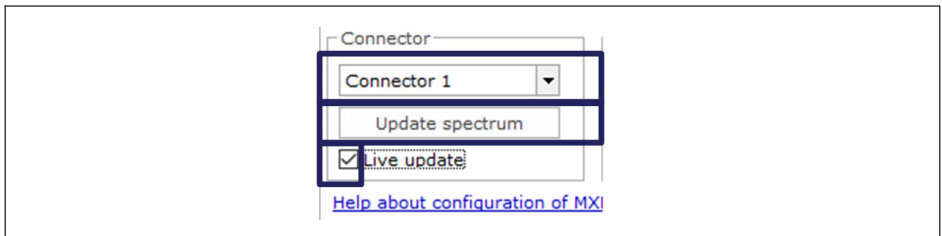


图4.8 更新光谱



可通过多种方式配置所选连接器上的通道。

#### 4.2.2.1 为检测到的峰值自动定义波段

设备可以检测反射光谱上的峰值，并为所发现的每个峰值自动配置波段。自动波段检测功能可检测峰值，并以该峰值为中心（中的 1号）定义可能的波长范围，两边各为半个波段宽度（图4.9中的 2号图4.9）。

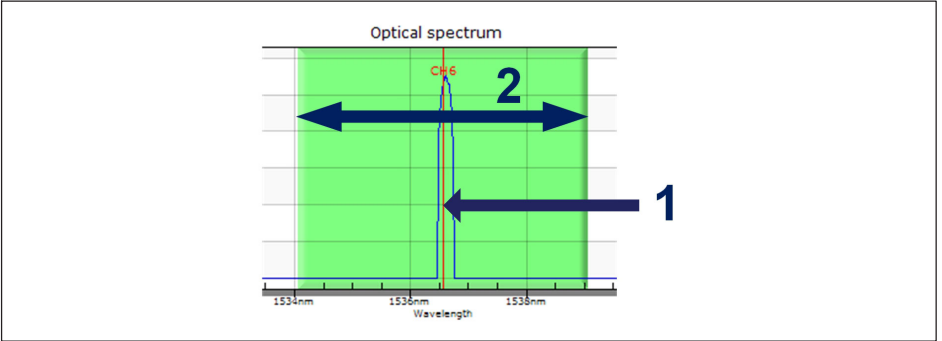


图4.9 自动定义波段

在窗口底部

- ▶ 定义带宽，单位为 nm。波段宽度对应于该通道的整个波长范围。
- ▶ 点击 Create (创建)。

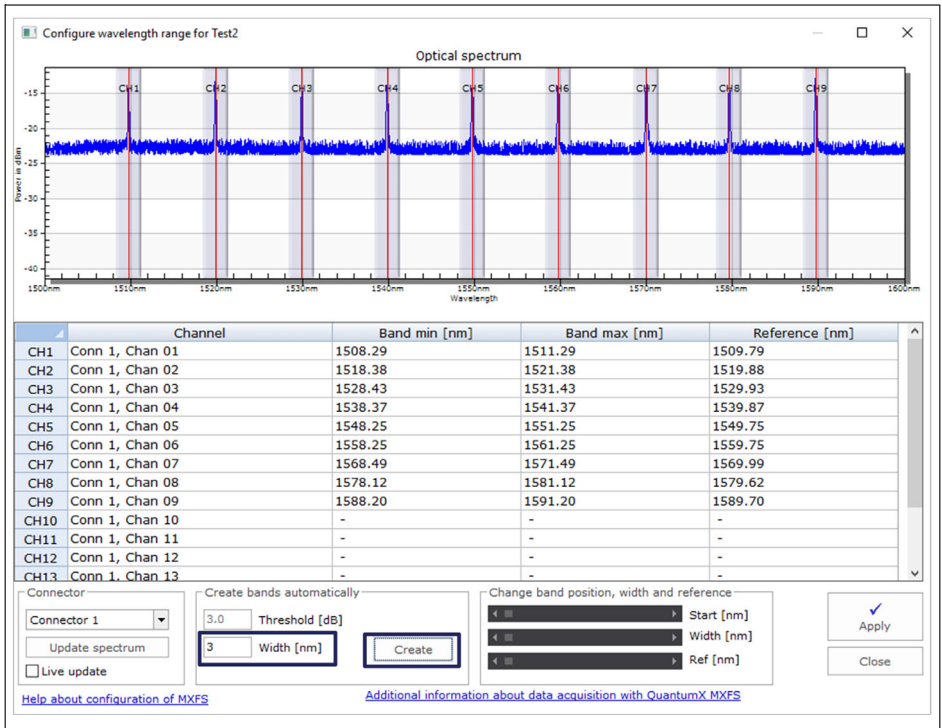


图4.10 自动检测

可通过以下方式调整自动检测到的波段：

- ▶ 选择所需的通道线（线在表中以蓝色高亮显示，波段在图中以绿色高亮显示），如中 1图4.11号所示。
- ▶ 在表中填写最小波段值、最大波段值和参考波长，如 中 2图4.11号所示。
- ▶ 或用底部的滚动条调整最小波段值、最大波段值和参考波长，如中 3图4.11号所示。

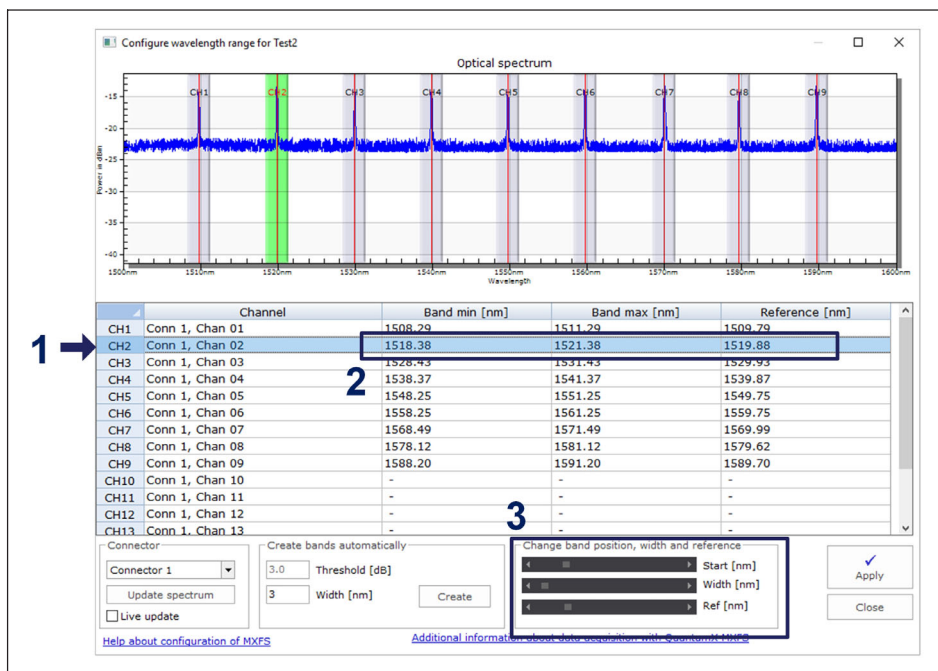


图4.11 调整波段

由于在配置范围界面上进行的更改起初仅在软件层面上生效，因此需要在就绪后将定义传输到设备上。

► 点击 Apply (应用)，将更改内容传输到设备上 (图4.12)。



图4.12 在设备上应用定义

#### 4.2.2.2 手动单独定义波段

可通过在表格中编辑其信息来创建波段。

要选择一个通道：

► 选择表格上的线 (表中的线将以蓝色高亮显示，如果已经定义了波段，则波段将在图上以绿色高亮显示)。

可在选定的通道上执行以下操作：

- ▶ 删除。  
右键点击并选择 **Delete** (删除)。
- ▶ 创建或编辑。  
通过双击单元格来填写或编辑：
  - 通道名称；
  - 波段最小波长，单位为 nm；
  - 波段最大波长，单位为 nm；
  - 参考波长，单位为 nm。

## **i** 信息

波段间的最小空间为 0.5 nm。

也可以在图上右键点击欲定义波段的位置，选择 **Create band in this place** (在此处创建波段) 选项。这将以前所点击的像素为中心为所选通道定义一个波段，采用波段自动检测的自定义设置。

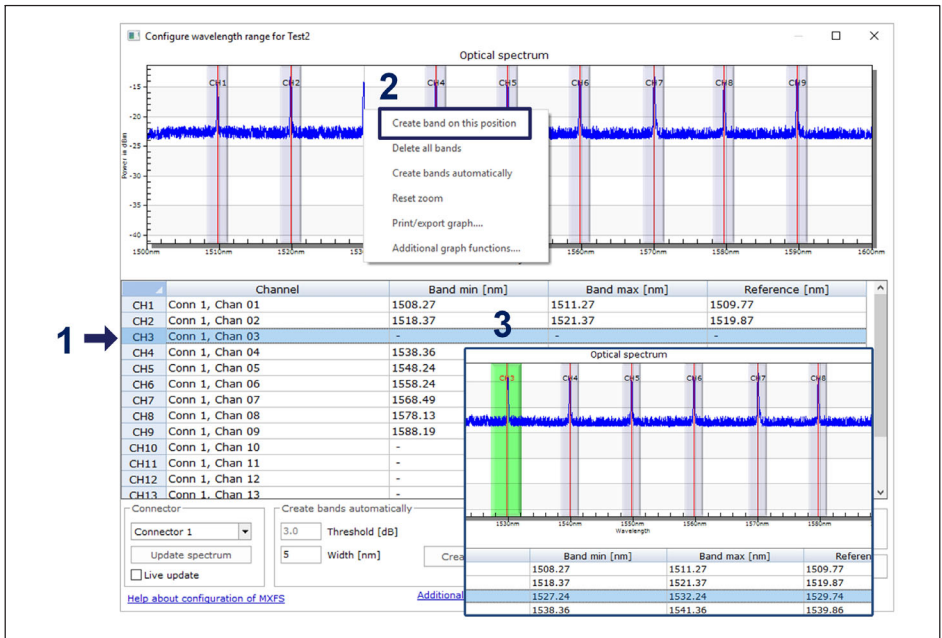


图4.13 编辑或创建波段

当所有需要的波段都定义好后，点击 Apply (应用) 按钮，关闭配置窗口。

### 4.2.3 设备上的传感器



#### 小建议

要清理设备的初始通道设置，选择传感器并选择 Disconnect and reset sensor (断开并重置传感器)。

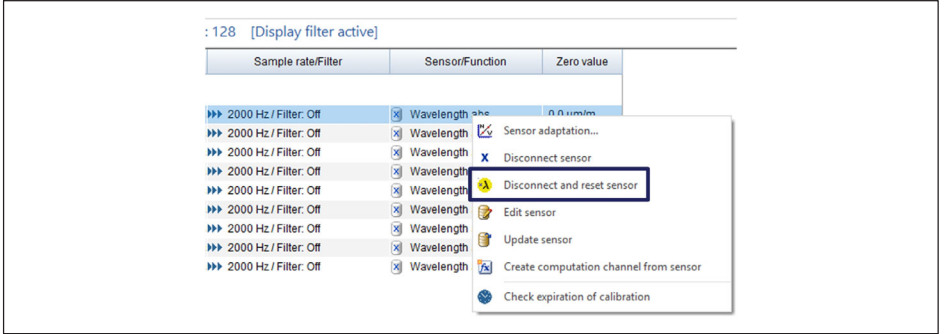


图4.14 断开传感器

可将多种类型的传感器配置到设备中 (详情参见 章节 3.7.1.7“信号”，第 33 页)。

► 双击 Sensor/Function (传感器/功能) 栏，即可将在设备中更改或配置传感器。

#### 4.2.4 软件上的传感器

光学传感器（用于 MXFS 的）可在 catman 数据库中 General Sensors（一般传感器）> MXFS 分类下访问。

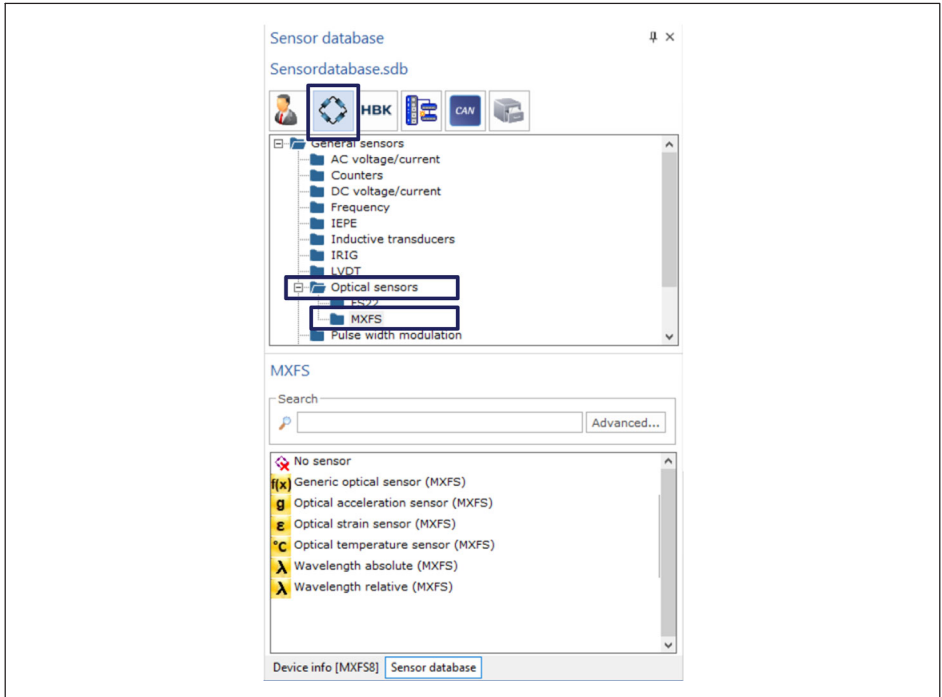


图4.15 传感器数据库中的光学传感器

#### 4.2.4.1 波长

定义为波长的传感器将输出以 nm 为单位的波长。可选择绝对波长值或相对波长值：

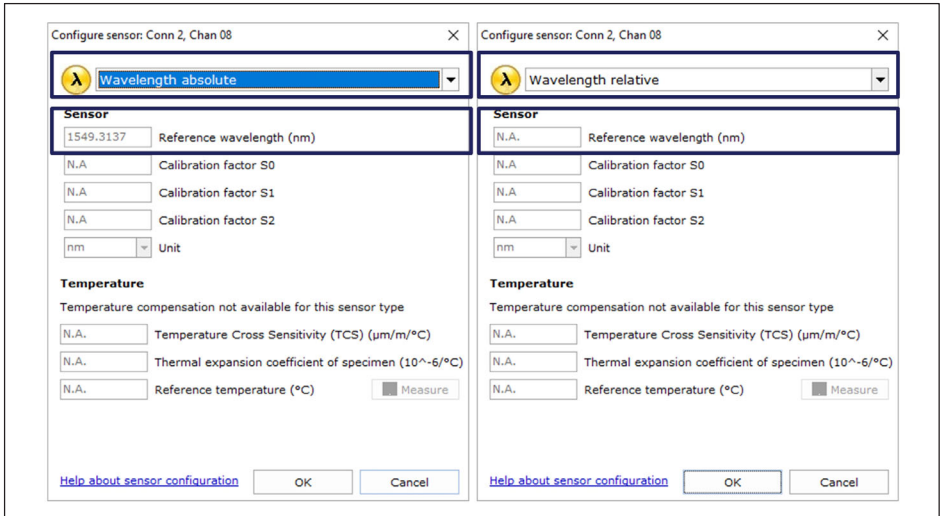


图4.16 Wavelength Absolute (绝对波长) 和 Wavelength Relative (相对波长) 传感器类型

相对波长是 MXFS 设备的“原始”值。也就是说，它是该通道中 FBG 峰值的波长变化。不对信号进行计算，因为所有处理均在设备内部进行（详见章节 3.7.1.7“信号”，第 33 页）。

相对波长	$\lambda - \lambda_0$
------	-----------------------

绝对波长功能根据相对波长和定义的参考波长计算 FBG 的绝对峰值波长。从设备的通道属性中获取参考波长：

绝对波长	$(\lambda - \lambda_0) + \lambda_0 = \lambda$
------	---

#### 4.2.4.2 应变

向通道分配应变传感器，即可将数据转换为应变。随传感器文档提供了用于填写应变计算相关信息的数值。

定义应变传感器时，可选择是否包括热补偿。

## 无补偿应变

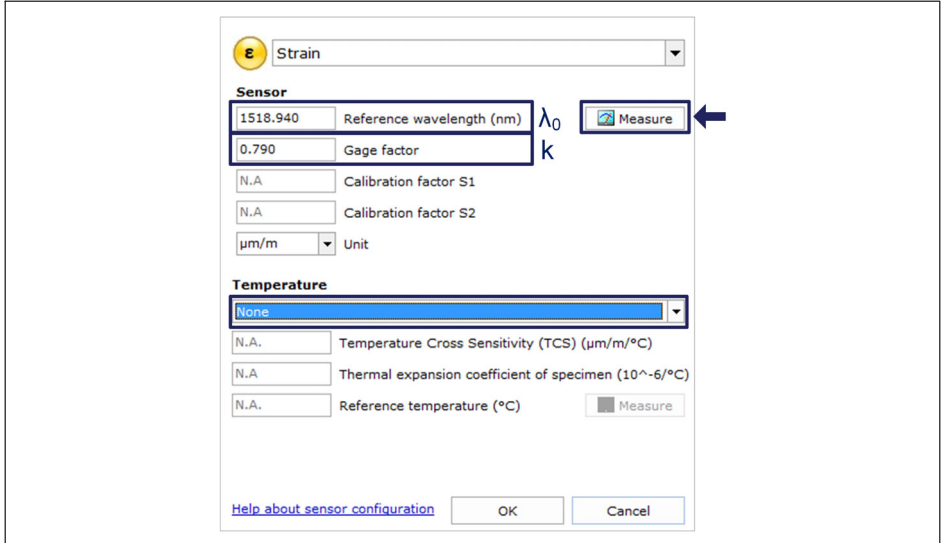


图4.17 无补偿应变

FBG 应变片的灵敏系数 ( k ) 参见其文档。

FBG 应变传感器的参考波长 (  $\lambda_0$  ) 应与传感器在零应变瞬间的波长一致。应在安装后测出该值。可以手动填写该值，也可以点击 Measure ( 测量 ) 按钮进行实际测量，从而自动定义。

应变	$\frac{\lambda - \lambda_0}{k \cdot \lambda_0}$
----	---

## 有温度补偿的应变

### 使用温度传感器

若使用温度通道来补偿温度对应变测量的影响，需要确保两个传感器的温度变化情况相同。用此方法进行温度补偿时，选定通道应配置为温度传感器。



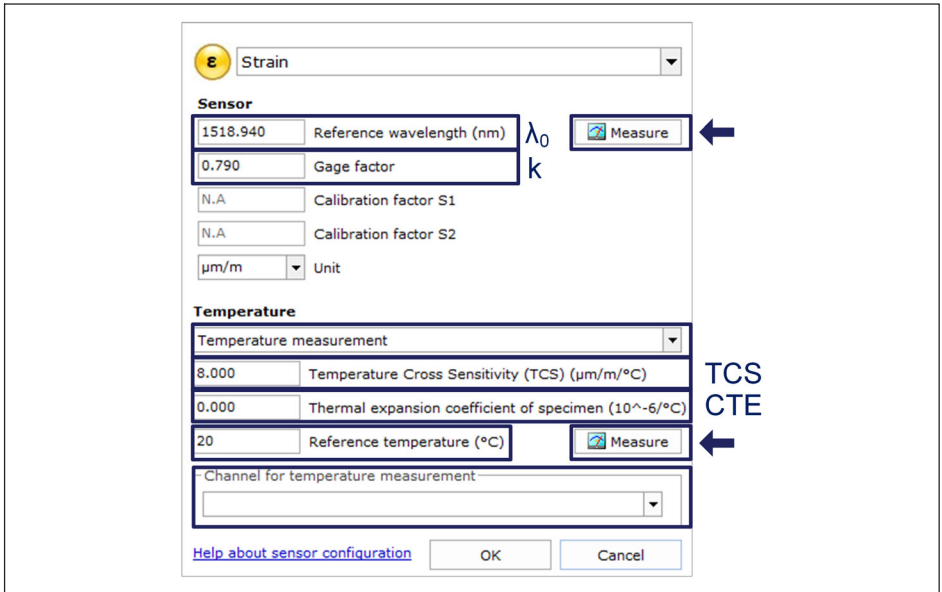


图4.18 使用温度传感器进行补偿的应变

FBG 应变片的灵敏系数 ( k ) 参见其文档。

温度交叉灵敏度 ( Temperature Cross Sensitivity, TCS ) 反映温度对应变传感器的影响，即安装后每 1°C 温度改变量在传感器上产生的应变。该值在传感器文档中给出。

应采用与应变传感器相连材料的热膨胀系数 ( Thermal Expansion Coefficient, CTE )。如此即可消除应变测量材料热膨胀的影响。如果该膨胀量无需修正，则所用数值应为零 ( 0.0 )。

FBG 应变传感器的参考波长 (  $\lambda_0$  ) 和参考温度 (  $T_0$  ) 应分别对应于应变传感器在零应变瞬间的波长和温度传感器在同一瞬间测得的温度。应在安装后测出这些数值。可以手动填写这些数值，也可以点击 Measure ( 测量 ) 按钮进行实际测量，从而自动定义。

使用温度传感器进行补偿的应变	$\frac{\lambda - \lambda_0}{k \cdot \lambda_0} - (CTE + TCS)(T - T_0)$
----------------	--

#### 使用补偿 FBG

若将同样类型的另一台应变传感器附着在同一材料上，但其只经历温度变化而不经受机械应变，则应选择此方式进行温度补偿。用此方法进行温度补偿所选择的通道应为一个绝对波长通道 ( $\lambda_{TC}$ )。

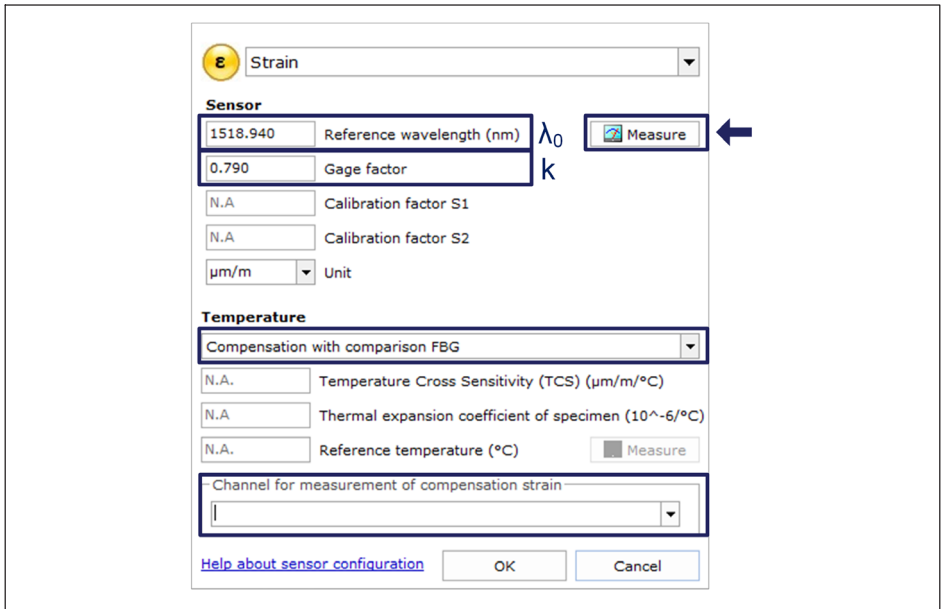


图4.19 使用补偿 FBG 进行补偿的应变

应在安装后测出该值。可以手动填写该值，也可以点击 Measure ( 测量 ) 按钮进行实际测量，从而自动定义。

使用补偿 FBG 进行补偿的应变	$\frac{\lambda - \lambda_0}{k \cdot \lambda_0} = \frac{\lambda_{TC} - \lambda_{0TC}}{k \cdot \lambda_{0TC}}$
------------------	--

### 4.2.4.3 温度

HBK FiberSensing 温度传感器在交付时附有校准表。它们随温度变化的表现可通过多项式描述。

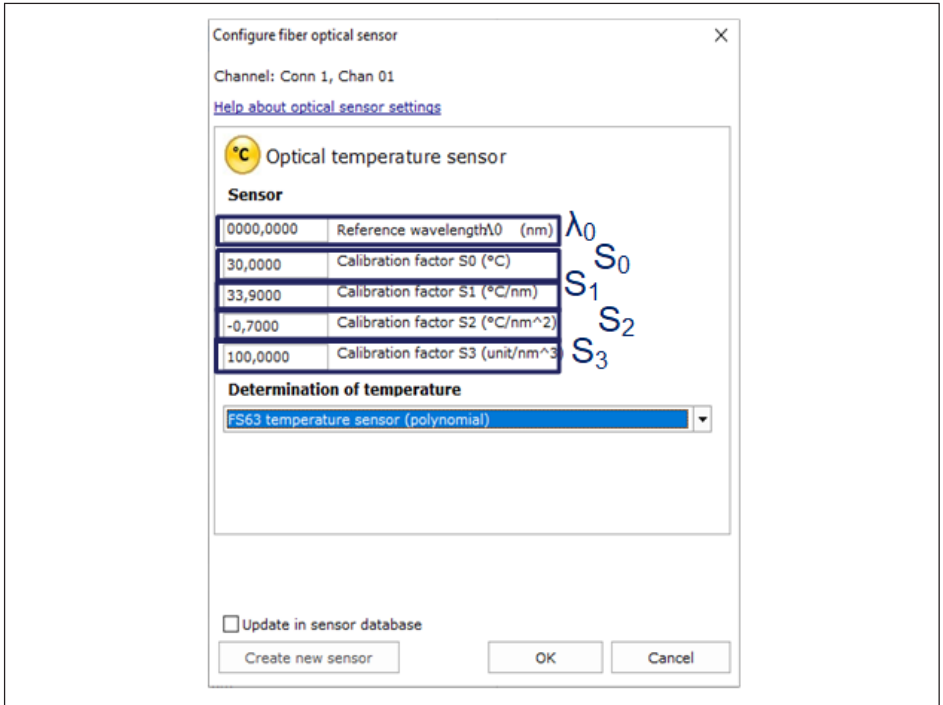


图4.20 温度传感器

$S_n$  系数值参见传感器文档。



#### 重要

对于具备一个二阶校准多项式的传感器，请确保  $S_3$  设置为零。

温度传感器的参考波长 ( $\lambda_0$ ) 应与传感器文档中注明的参考波长一致。

温度	$S_3 (\lambda - \lambda_0)^3 + S_2 (\lambda - \lambda_0)^2 + S_1 (\lambda - \lambda_0) + S_0$
----	---

#### 4.2.4.4 加速度

HBK FiberSensing 加速度传感器在交付时附有校准表。它们表现出与加速度相关的线性行为。

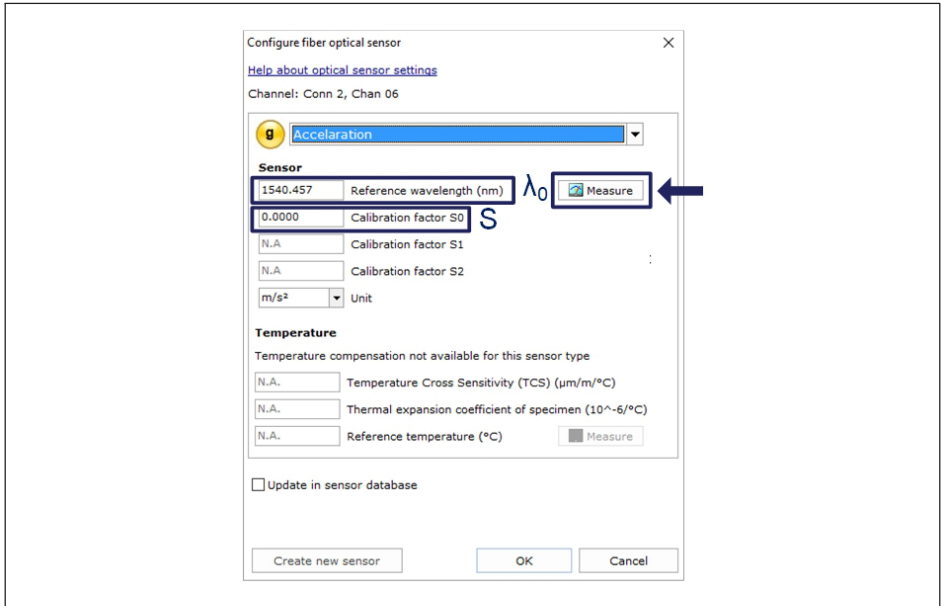


图4.21 加速度传感器

校准系数 ( S ) 参见传感器文档。

FBG 加速度传感器的参考波长 (  $\lambda_0$  ) 应与传感器在零位瞬间的波长一致。应在安装后测出该值。可以手动填写该值，也可以点击 **Measure** ( 测量 ) 按钮进行实际测量，从而自动定义。

加速度	$S \cdot (\lambda - \lambda_0)$
-----	---------------------------------

#### 4.2.4.5 通用多项式

Catman 还允许配置仅含单个 FBG 的一般传感器。

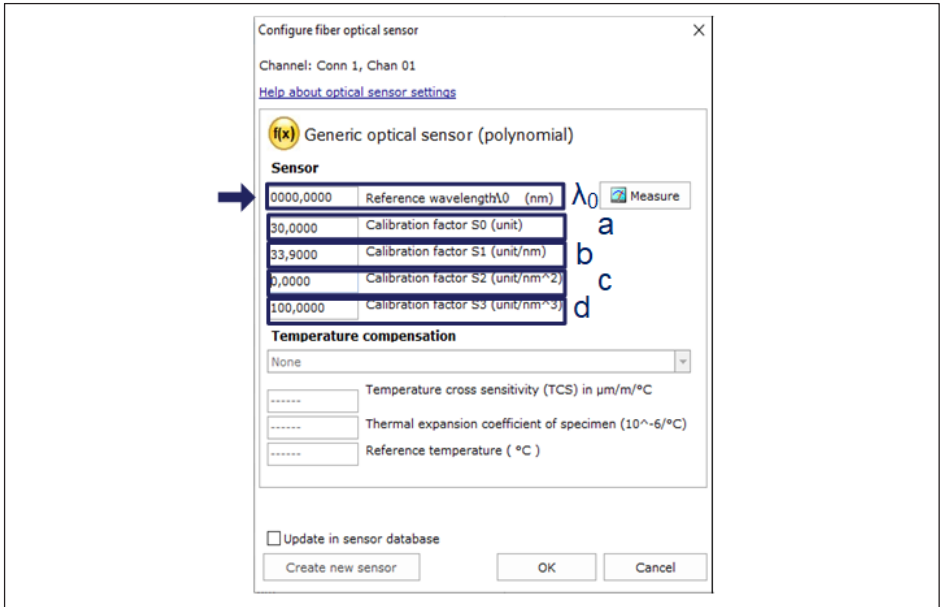


图4.22 通用光学传感器

通用光学传感器将测量结果计算为关于 FBG 波长变化 ( $\lambda - \lambda_0$ ) 的二阶多项式函数 (a、b 和 c 系数)。

可以手动填写参考波长 ( $\lambda_0$ )，也可以点击 Measure (测量) 按钮进行实际测量，从而自动定义。

通用 (多项式) 光学传感器	$a(\lambda - \lambda_0)^3 + b(\lambda - \lambda_0)^2 + c(\lambda - \lambda_0) + d$
----------------	--

#### 4.2.4.6 计算通道

Catman<sup>®</sup>能创建计算通道，该计算通道可取代在实际设备通道之上执行的适配，从而实现原始数据的记录，并创建更复杂的计算，例如涉及多个通道的测量。

##### 单 FBG (光纤光栅) 传感器计算

应变、温度、加速度或多项式光学传感器的计算通道可以用一个与数据库中的传感器非常相似的方式创建 (参见上面的4.2.4.1 章节至 4.2.4.5 章节)。

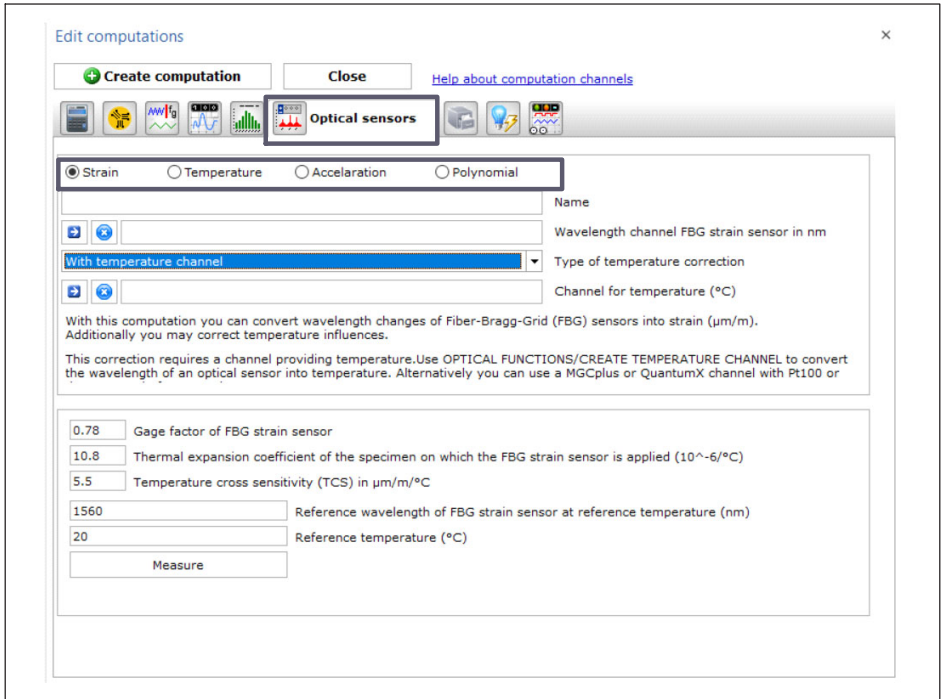


图4.23 计算通道 ( 光学传感器菜单 )

### 双 FBG ( 光纤光栅 ) 传感器计算

许多基于 FBG ( 光纤光栅 ) 的传感器都有两个光栅，用于温度校正测量。HBK 标准传感器产品组合中的倾斜传感器、位移传感器、称重传感器就是其中的例子。必须使用计算通道，来将波长测量值转换为 catman® 中的工程值。



#### 小建议

将通道定义为“相对波长”(参见章节 4.2.4.1“波长”，在第 55 页)，以简化输入的公式。在这种情况下，请确保将每个波段的参考波长值已更新为传感器校准表上给出的参考波长值。

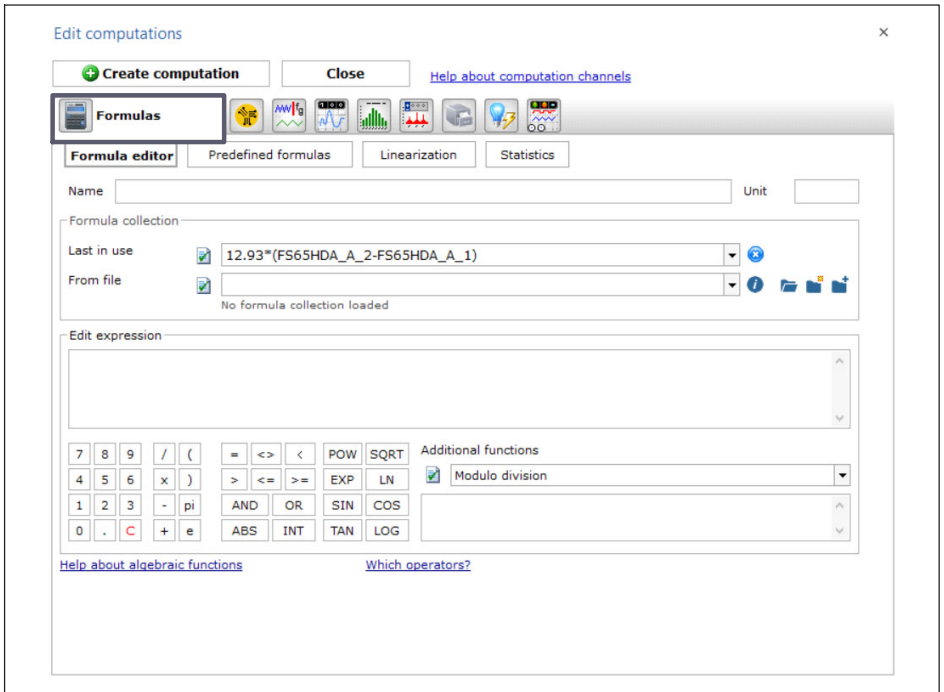


图4.24 计算通道 (公式菜单)

### 应变花

Catman 也支持其计算通道上应变花测量的相关应力分析计算。通过使用此接口，catman 会创建如所选数量的计算通道。

### 信息

可用的光学应变花有 60°/120° 型，三个测量方向标记为 *a*、*b* 或 *c*，与 catman 的菜单相匹配。

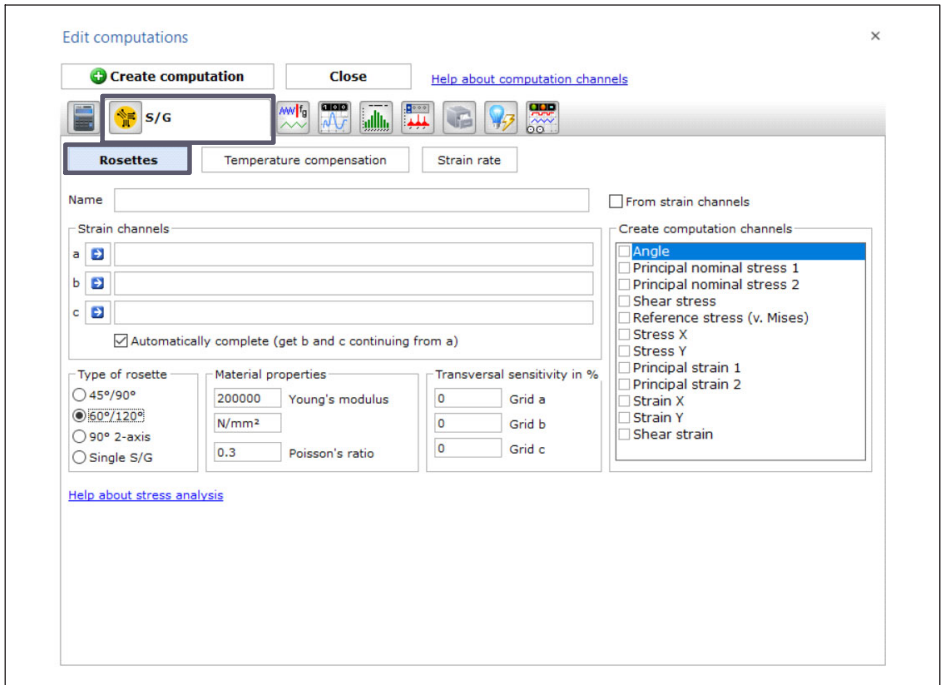


图4.25 计算通道 (应变花菜单)

#### 4.2.5 零位平衡

可在 Catman 的项目配置下将传感器归零，例如，可在测量开始轻松地将数值归零。

- ▶ 要将一个或多个传感器归零，先选择所需的线，然后点击顶部功能区的 Zero balance (零位平衡) 按钮。

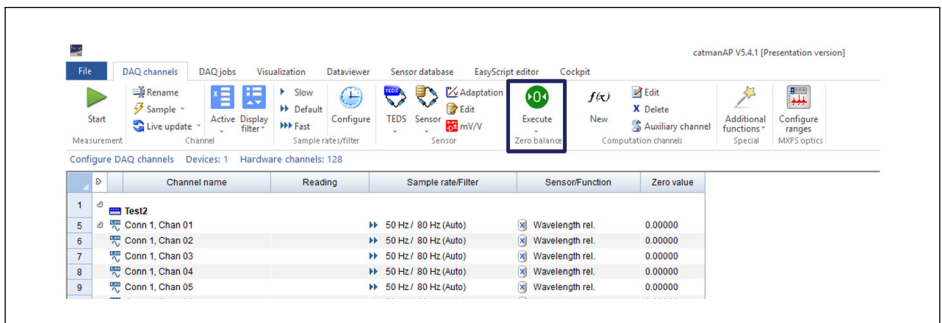


图4.26 零位平衡



► 也可以右键点击要归零的线，并选择 Zero Balance (零位平衡) 选项 (如中 1 图4.27号所示)。

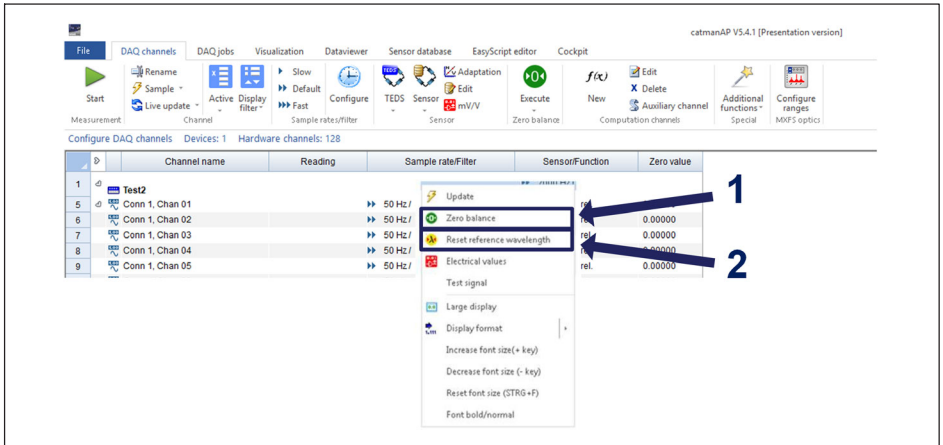


图4.27 零位平衡和重置参考波长

将光学传感器归零会使测量结果产生偏移，偏移值等于归零时的值。这对相对测量非常有用，但在进行绝对测量和校准测量时务必谨慎执行，例如温度测量——特别是当温度值被用于补偿温度对应变测量的影响时尤其需要谨慎。

### 重要

可通过在通道级别将调零操作锁定，来防止绝对测量传感器意外调零 (例如温度)。如果无意选择了已锁定通道的调零，该操作不会应用。

### 重要

在 catman 中将传感器归零会在设备层面上使传感器配置产生偏移。零位平衡将影响设备传输的测量值。

## 4.2.6 重置参考波长

与零位平衡类似，也可将参考波长重置为当前测量值。

► 右键点击要归零的线，选择 Reset reference wavelength (重置参考波长) 选项 (如中 2 图4.27号所示)。

这将改变设备通道配置中所有波长测量比对的参考波长值 (详情参见 章节 3.7.1.3“波长”的“参考波长”小节，第 29 页)。

## ! 重要

虽然重置参考波长对于相对传感器测量（如应变或加速度）来说可能是非常方便的工具，但它会影响绝对测量和校准测量（如温度），后两者依赖于校准表上标示的参考波长来实现精确测量。重置参考波长值时需要特别谨慎。

### 4.3 重置设备

MXFS 问询器可通过 catman 软件重置为出厂设置。

▶ 右键点击设备名称，选择 Device Reset（设备重置）。

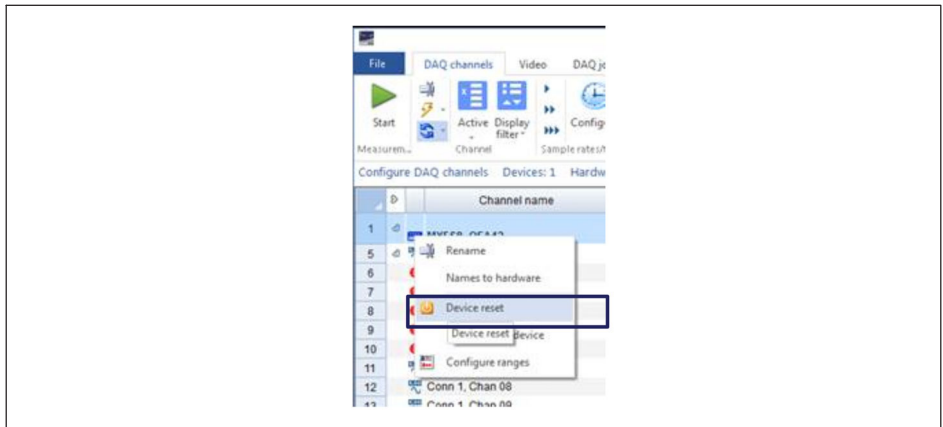


图4.28 设备重置

▶ 选择重置选项。

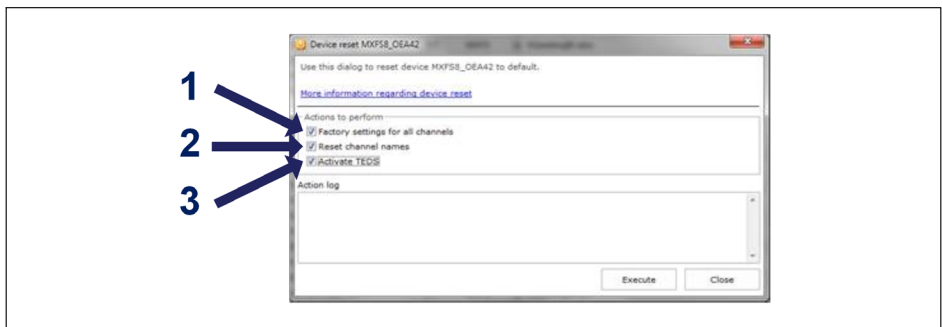


图4.29 设备重置选项

- 1 将所有通道重置为出厂设置。若选择重置，则将：
  - 禁用所有的通道；
  - 删除所有的已配置波段；
  - 将传感器类型改为“Wavelength Relative ( 相对波长 )”；
  - 删除零位平衡值。
- 2 若重置通道名称，则将：
  - 将所有通道名改为默认值 ( <Device Name>\_CH\_<Connector #>-<Channel #>，即 <设备名称>\_CH\_<连接器编号>-<通道编号>，例如 MXFS8\_CH\_2-13 表示 MXFS8 设备上连接器 2 中的通道 13 )。
- 3 选项 Activate TEDS ( 启用 TEDS ) 不适用于 MXFS。

