

中文

安装说明书



FSOEM-1701

受电弓监测解决方案

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: A05988 02 C00 00
03.2024

© 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	一般信息	5
1.1	系统架构	5
1.1.1	组件	5
1.1.2	系统特色	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
2.1.2	处置包装	8
2.2	EN45545 认证	10
2.2.1	消防安全	10
2.3	本文档中所使用的标志	11
3	安装步骤	12
3.1	材料清单	12
3.1.1	每个零部件编号所包含的材料	12
3.1.2	另外需要的装备	12
3.1.3	另外需要的材料	12
3.2	介绍性说明	13
3.3	组件的安装	15
3.3.1	FS66HDL 重型力传感器	15
3.3.2	FS65HDA 重型加速度计	17
3.3.3	互连盒	19
3.3.4	连接电缆	22
3.3.5	MXFS 光纤光栅解调仪	22
4	连接	24
4.1	传感器	24
4.2	互连盒	25
4.2.1	主接头	25
4.2.2	备用接头	25
4.3	连接电缆	25
4.4	清洁套件	25
4.5	MXFS QuantumX BraggMETER 解调仪	27
5	进行测量	28
5.1	在 catman 中开始一次测量	28
5.2	系统评估	29
5.3	传感器配置	30

5.4	接触力和位置	35
5.4.1	接触力	36
5.4.2	位置	36

HBK 受电弓监测解决方案用于受电弓和架空电力线的预测性维护，它是一个完全的光学测量系统，其设计用于安装在常规运行的列车上，直接安装在受电弓上。

该解决方案可用于以下应用：

- 基于对定期运行列车的连续数据检索而进行的架空线路预测性维护；
- 根据 EN50317，为受电弓控制进行的接触力计算；
- 受电弓试验和认证。

HBK 受电弓监测解决方案是一个完全无源的解决方案，它可以在高压环境中安全运行，例如在架空电力线周围。HBK 提供完整的设置，满足客户从传感器到软件，包括与车辆总线信号集成的需求，以实现损坏范围、位置和频率的完全映射。这就能通过规划和防止不必要的维护来智能地降低成本。

1.1 系统架构

FSOEM-1701 受电弓监测解决方案基于力和加速度光学传感器，这些传感器对于高压环境下的精准测量是无源且安全的。

1.1.1 组件

典型的系统包含：

- 4 个 FS65HDA 重型加速度计
- 4 个 FS66HDL 重型力传感器
- 1 个互连盒
- 1 根连接电缆（或两根，用于冗余）
- 1 个 MXFS QuantumX BraggMETER 模块

无源组件（即不包括光纤光栅解调仪）可整包订购，也可单独订购。解调仪必须单独订购。

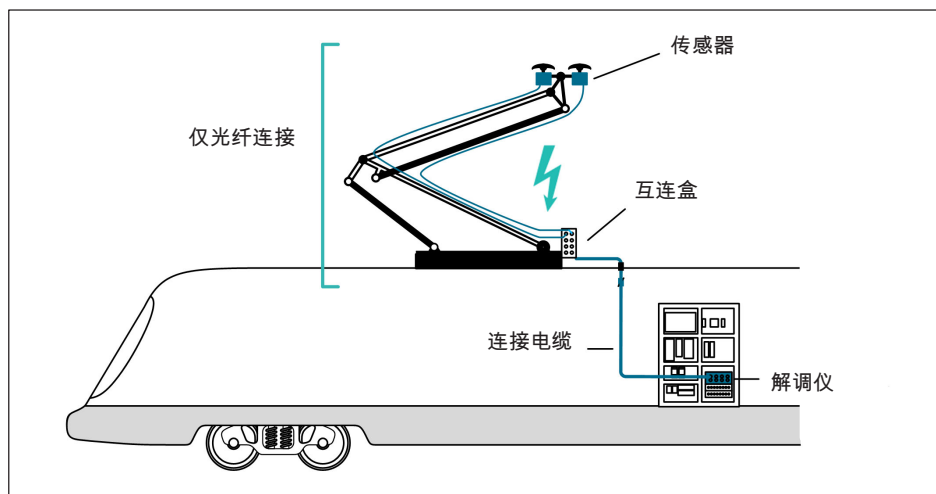


图1.1 典型的系统架构

来自车辆总线信号和 GPS 信号的信息也可用来构建一个基础设施及其维护计划的图解地图。通过使用该混合集成系统，业主可以持续评估架空电力线的状况，并按需制定维护计划，无需定期中断轨道进行维护。

受电弓上的系统重量

类型	单位重量	数量	总重量	备注
加速度计	34 g	4	136 g	
加速度计安装螺钉和垫圈	定制	12	定制	取决于所选螺钉的具体类型
力传感器	90 g	4	360 g	
力传感器安装板	定制	4	定制	安装板推荐由受电弓业主来设计和制造
力传感器安装螺栓和垫圈	定制	16	定制	取决于所选螺栓的具体类型
传感器电缆	55 g/m	8	440 g	粗略估算 ¹⁾
塑料扎带			<10 g	粗略估算 ¹⁾

1) 具体的，固定到受电弓上的电缆数量将在安装时确定。

提示

接线盒和电缆安装在车顶而非受电弓上，因此不涉及重量。

1.1.2 系统特色

使用一个上述的典型系统可测量：

- 垂直的接触力
- 垂直的加速度
- 接触线的位置（呈锯齿状运动）

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”）签订了一个“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。

2.1.2 处置包装

本设备包装旨在保护设备在运输和储存过程中不受损害。此外，包装还采用可回收或再利用的材料制成，符合欧盟废物管理条例，以最大限度减少对环境的影响。

如果您计划将设备搬运至其他地点，建议保留原包装以便重复使用。这不仅能为运输提供适当保护，还可确保减少废物产生。

包装箱带有一个标签，其上标有具体包装所用材料的信息。

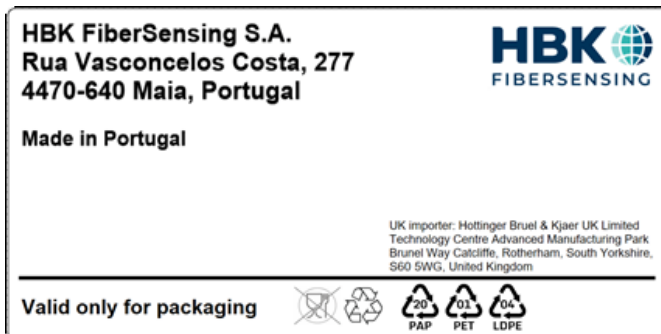


图2.1 包装标签示例

请按照以下说明正确、负责任地处置包装，为保护我们的地球做出贡献。非常感谢！

处理包装时，您应该

- 去除不属于同一种材料的任何标签、粘合剂、钉子、钉箱机或保护帽。
- 用清水冲洗包装，清除残留物或污垢。
- 将包装压平或折叠，以减少体积和节省空间（玻璃除外，因为不允许压碎玻璃）。
- 将包装按材料分类，放入相应的回收箱或回收袋中。

我们的大多数包装都由纸张和塑料制成，旨在重复使用或回收，但不适合盛装食物。有关 HBK FiberSensing 所用包装材料的详细信息，请参阅“包装标志”一章，并在交付给客户的每件产品的包装标签上标注。

包装标志

包装材料上标有相应符号，以作指导。



不宜用于食品



可回收

不同材料的回收标志包括用于识别材料类型的数字和字母。例如，PET（聚对苯二甲酸乙二酯）标有数字 1，PE-HD（高密度聚乙烯）标有数字 2。对于纸张 (PAP) 来说，20 代表瓦楞纸板，22 代表报纸、书籍和纸张。

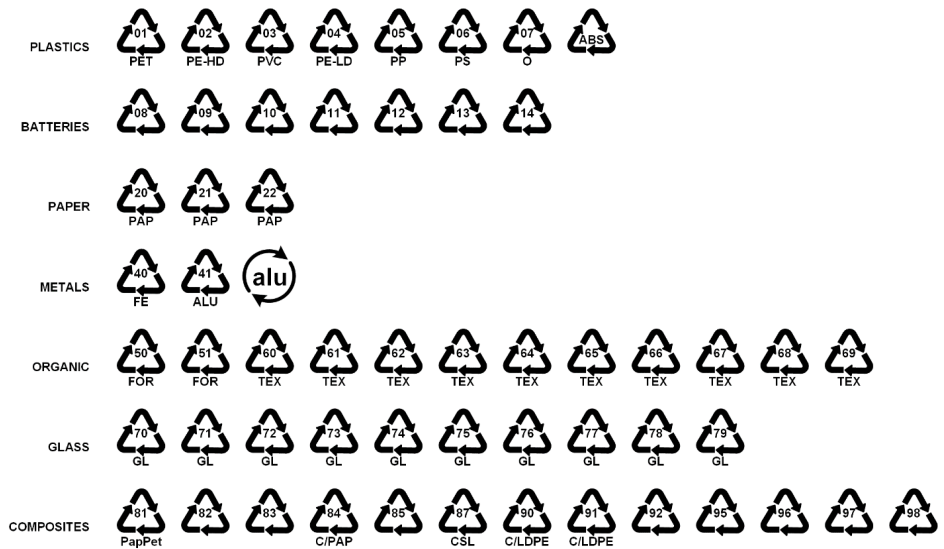


图2.2 回收标志

塑料

塑料包装材料通常包括袋子、薄膜、托盘、泡罩或容器。

电池

电池不属于包装的一部分，但可能包含在设备或其附件中。有关详细信息，请参阅第 2.1.1 节“处置旧设备”。

纸张

纸质包装材料通常包括盒子、纸箱、信封或标签。

金属

金属包装材料通常包括罐、箔、盖或线。

有机材料

有机包装材料可以是木材、软木或棉花，由天然或可生物降解的材料制成，可以堆肥或重复使用。

玻璃

玻璃包装材料包括瓶子、罐子或小瓶。

复合材料

复合包装材料由纸、塑料和铝等不同材料层层叠加而成。包装上标有回收标志和表示包装成分的字母。例如，PAP 表示纸张和塑料，ALU 表示铝。

2.2 EN45545 认证



信息

请参阅 *MXFS QuantumX BraggMETER 模块用户手册*，了解有关本产品的认证和监管信息。

2.2.1 消防安全

受电弓监测解决方案（传感器、电缆和盒子）的无源组件——符合 EN 45545-2:2020 测试规范中所制定的消防要求标准，危险等级 HL3（适用于任何类型的铁路车辆）。

2.3 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。必须遵守这些说明，以防止意外事故和财产损失。

标志	含义
 提醒	该标志用于警告有 <i>潜在危险</i> 的情况，如不遵守安全要求， <i>可能导致</i> 轻微或中度的人身伤害。
 注意	该标志提醒您注意，如不遵守安全要求 <i>可能</i> 引起财产损失。
 重要信息	该标志提醒您注意有关产品或产品操作的 <i>重要</i> 信息。
 提示	该标志表示应用提示或其他对用户有用的信息。
 信息	该标志提醒您注意有关产品或产品操作的 <i>重要</i> 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。
	该标志表示程序中的一个动作

3 安装步骤

3.1 材料清单

3.1.1 每个零部件编号所包含的材料

零部件编号	材料
1-FSOEM-1701	4 个 FS66HDL 重型力传感器 4 个 FS65HDA 重型加速度计 1 个互连盒 1 个连接电缆 1 个清洁套件 (清洁器 A 和 B)
1-FSOEM-1701-01-01	1 个 FS66HDL 重型力传感器
1-FSOEM-1701-02-01	1 个 FS65HDA 重型加速度计
1-FSOEM-1701-03-01	1 个互连盒
1-FSOEM-1701-04-01	1 个连接电缆
1-FSOEM-1701-05-01	1 个清洁套件 (清洁器 A 和 B)
1-MXFS8DI1/FC	1 个 MXFS QuantumX BraggMETER 模块 , 带 catmanEasy 许可

3.1.2 另外需要的装备

所选螺钉和推荐扭矩所对应的扭矩扳手/螺丝刀。
PC (例如,1-CX22B)

3.1.3 另外需要的材料

M8 螺栓 , 其螺纹啮合长度应至少为 12 mm (每台 FS66HDL 要 4 个)
M3 螺栓 , 其螺纹啮合长度应至少为 6 mm , 以及平垫圈 (每台 FS65HDA 要 3 个)
M4 埋头螺栓 , 其螺纹啮合长度应至少为 8 mm (取决于定制设计的支架上的孔深 ; 每盒要 4 个)
FS66HDL 的安装支架 (定制设计)
互连盒的安装支架 (定制设计)
抗紫外线的电缆扎带 , 用于用于固定电缆 (例如 , HellaermannTyton 111-05400)

MXFS 电源 (例如, 1-NTX001)

以太网电缆 (例如, 1-KAB239-2)

3.2 介绍性说明

通常, 传感器通常安装在 4 个位置, 用于测量力 + 加速度。

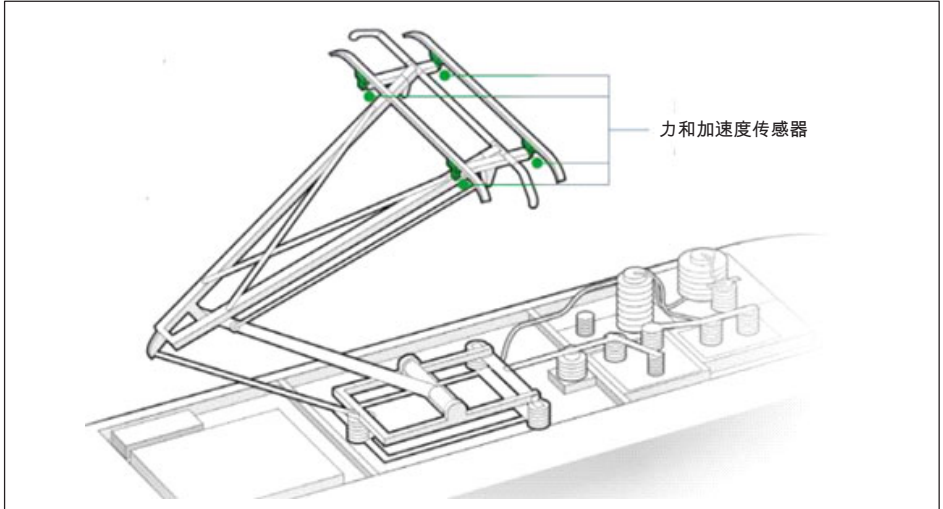


图3.1 传感器典型的位置



重要

有些准备工作需提前进行, 比如:

- 设计和准备安装支架, 用于力传感器和接线盒。
- 确保接线盒的 M40 密封套有一个车顶馈通可用。

这应是客户的责任, 因为, 对于 HBK 来说, 有诸多不同的受电弓和法规是不知道的。



小建议

建议安装在火车受电弓上之前, 先在一个未安装的受电弓上测试传感器的安装。

小心

请考虑一切需要的接地连接。由于不同的受电弓型号和列车运营商的要求可能不同，因此，未给出进一步的说明。

安装受电弓传感器时，请注意以下几点：

- 请小心处理。
- 受电弓传感器属于精密传感器，因此其可达到的精度在很大程度上取决于安装的正确性。
- 传感器不可超载。
- 避免横向力或扭力。
- 与电缆相比，传感器非常轻巧。固定前要小心处理电缆，以免损坏。
- 从传感器延伸出的电缆上的螺母是传感器主体的一部分，不得松开。

提示

受电弓监测系统的传感器属于精密测量元件，需要小心处理。掉落或撞击传感器可能会造成其永久性损坏。确保传感器不会超载，包括在安装过程中。

3.3 组件的安装

3.3.1 FS66HDL 重型力传感器

FS66HDL 力传感器使用螺栓安装，如下图所示。

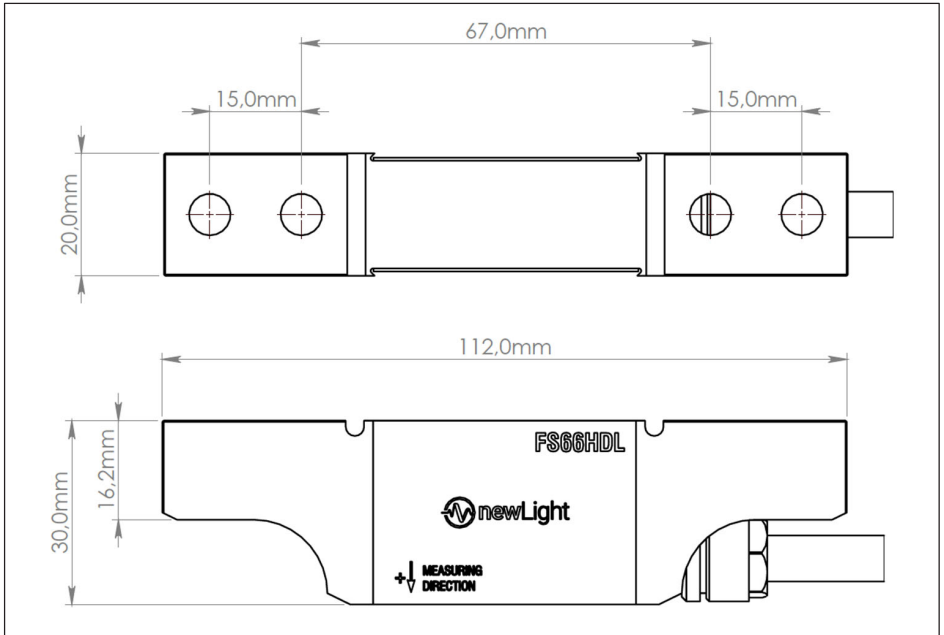


图3.2 FS66HDL 重型力传感器技术图纸 (尺寸单位为 mm)

定制的支架

由于受电弓型号的不同，安装这些传感器的支架也须定制。

这些支架必须确保负载矢量以传感器为中心。图3.3给出了支架布局和负载位置。

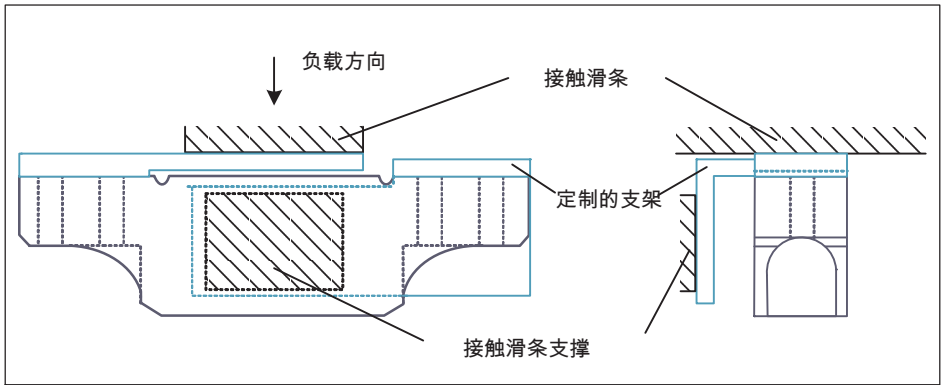


图3.3 FS66HDL 力传感器安装支架原理图

展示了安装在受电弓结构上的力传感器示例。

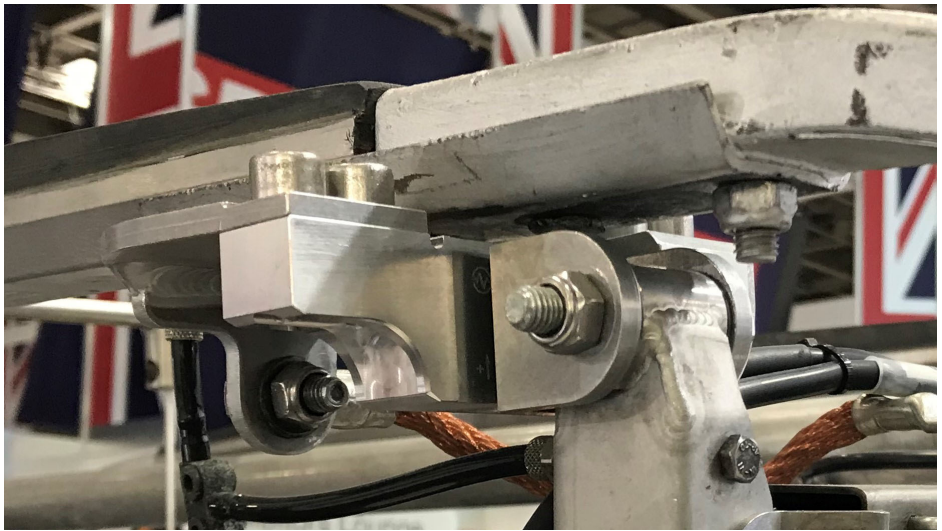


图3.4 安装有定制设计的支架的 FS66HDL 力传感器

! 重要

强烈建议受电弓业主执行该任务，因为，这部分需要对结构有深刻的了解。这样能把出错、误解和延误的风险降到最低。

安装

如前文所述，力传感器使用支架，用 4 个 M8 螺栓安装在受电弓上。推荐使用强度为 10.9，紧固力矩为 30-35 Nm 的 M8 螺栓。螺栓应为镀锌钢材质。螺纹啮合长度必须至少为 12 mm。在高振动或永久安装的情况下，建议使用乐泰 243（螺纹锁固胶）或同等效用的螺纹锁固剂。



图3.5 安装在受电弓上的 FS66HDL 力传感器

电缆布线

传感器出来的电缆必须布线至互连盒。电缆应使用抗紫外线的电缆扎带（例如 HellermannTyton 111-05400）固定到受电弓上。



小建议

具体的电缆布线必须与受电弓业主一同确定，以确保电缆有足够的松弛度给受电弓移动，也避免损坏或操作干扰。

3.3.2 FS65HDA 重型加速度计

安装

FS65HDA 加速度计也应使用螺栓进行安装，如下图所示。每个加速度计都使用三个带有合适的平垫圈的 M3 螺钉安装在受电弓上，螺纹啮合长度至少为 6 mm。建议使用 10.9 级，紧固力矩为 1.5-2 Nm 的 M3 螺钉。螺钉应为镀锌钢材质。在高振动或永久安装的情况下，建议使用乐泰 243（螺纹锁固胶）或同等效用的螺纹锁固剂。



信息

具体的加速度计位置必须与受电弓业主一同确认，以免出错。

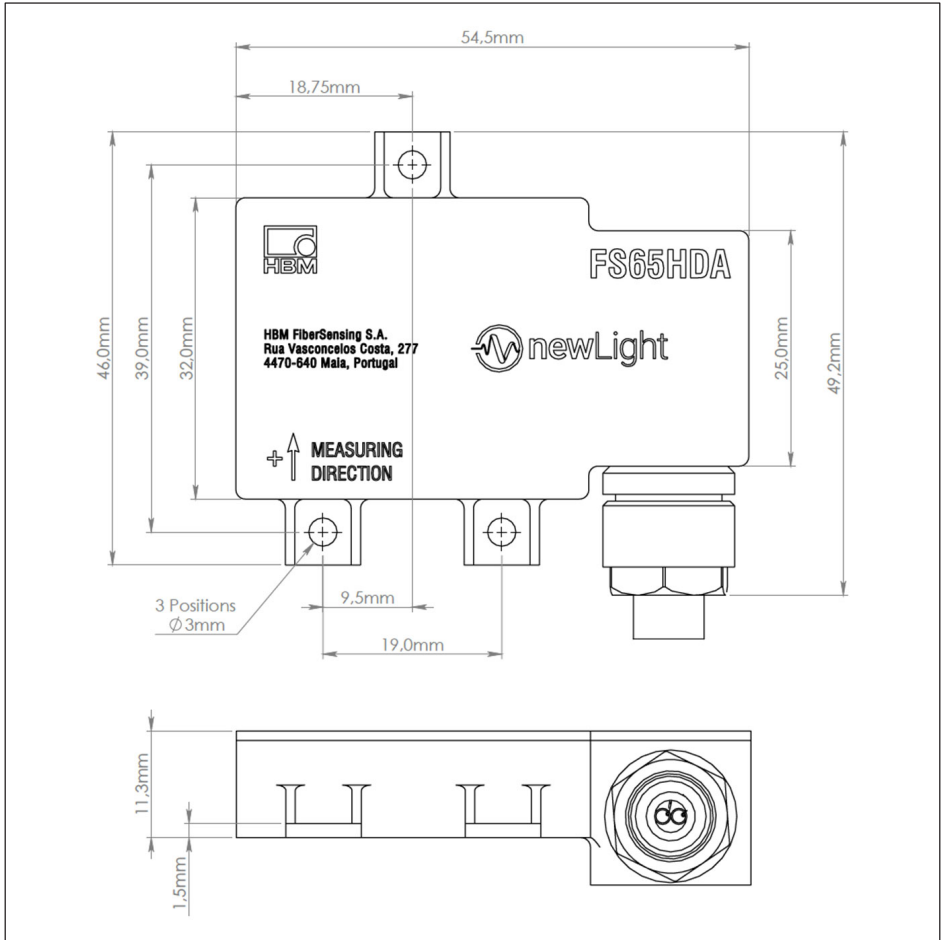


图3.6 FS65HDA 重型加速度计技术图纸 (尺寸单位为 mm)

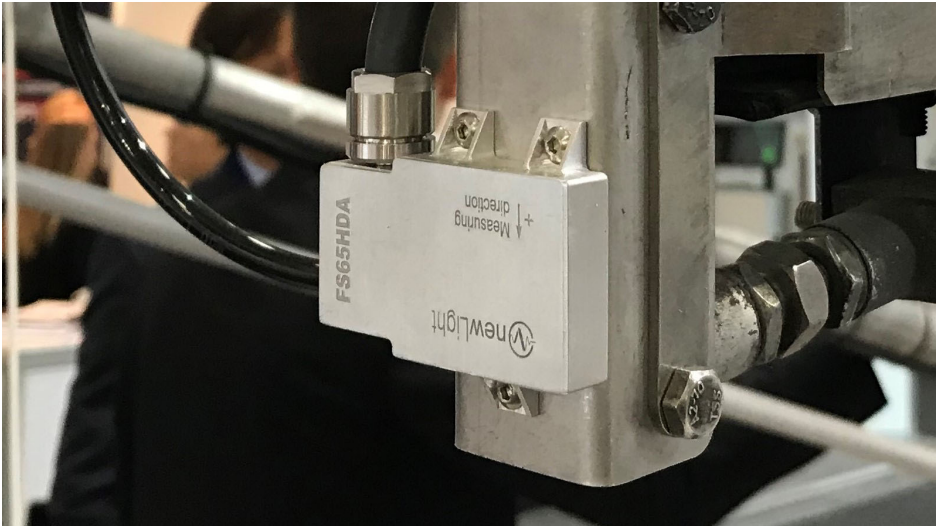


图3.7 安装在受电弓上的 FS65HDA 加速度计

电缆布线

传感器出来的电缆必须布线至互连盒。电缆应使用抗紫外线的电缆扎带（例如 HellermannTyton 111-05400）固定到受电弓上。



小建议

具体的电缆布线必须与受电弓业主一同确定，以确保电缆有足够的松弛度给受电弓移动，也避免损坏或操作干扰。

3.3.3 互连盒

互连盒将所有传感器发出的信号合并到一根电缆中，以确保到列车内部的信号传输不受影响。为此，在列车外部，接线盒和密封套之间的电线路径使用了一个厚的聚四氟乙烯管进行保护。

电缆末端提供了两个接头，用于冗余：在系统光纤无故障的正常情况下，只需连接其中一个接头足矣。

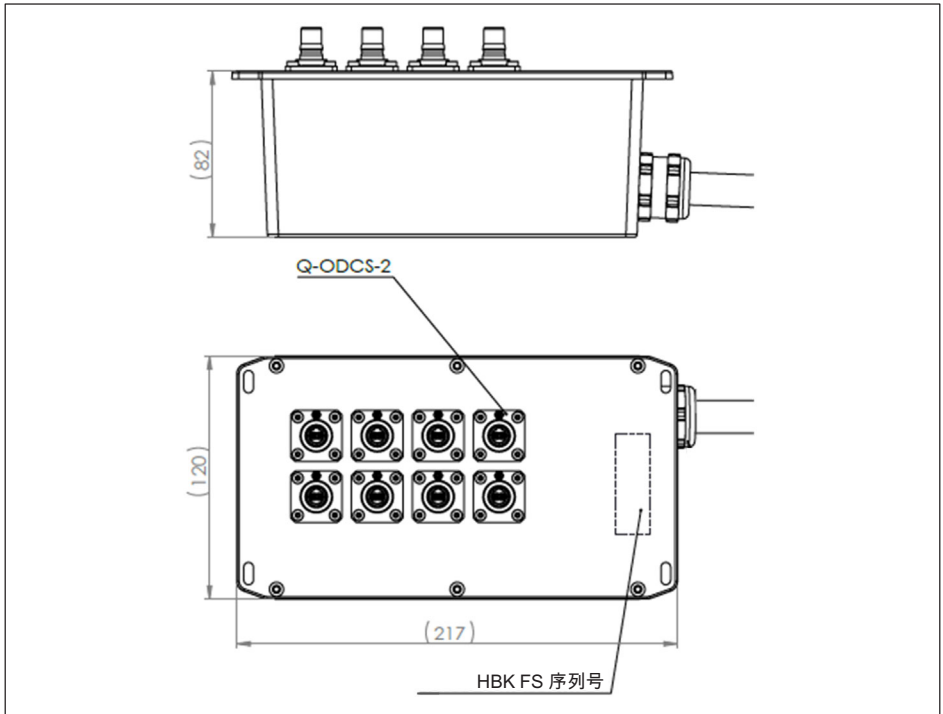


图3.8 互连盒 - 盒子一侧 - 技术图纸 (尺寸单位为 mm)

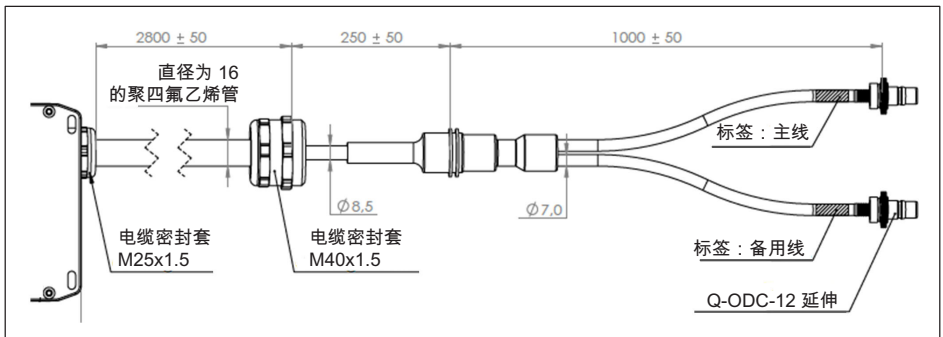


图3.9 互连盒 - 电缆一侧 - 技术图纸 (尺寸单位为 mm)

定制的支架

由于受电弓型号不同，没有标准的支架用于安装盒子，支架需定制。



信息

强烈建议受电弓业主执行该任务，因为，这部分需要对结构有深刻的了解。这样能把出错、误解和延误的风险降到最低。

安装

如前文所述，盒子使用支架，用 4 个 M4 螺栓进行安装。建议使用长度至少为 12 mm 的 M4 埋头螺栓，当然，长度值取决于支架上的孔深。推荐使用 10.9 级，紧固力矩为 4 Nm 的 M4 螺栓。螺栓应为镀锌钢材质。在高振动或永久安装的情况下，建议使用乐泰 243（螺纹锁固胶）或同等效用的螺纹锁固剂。

车顶密封套

车顶密封套（数字 1，位于图 3.10）的安排必须与列车的业主共同进行。建议该项目的作业人员能够接触到实际的电缆密封套，以确保密封套的尺寸正确。



信息

必须在安装前，与列车的业主共同安排车顶密封套。

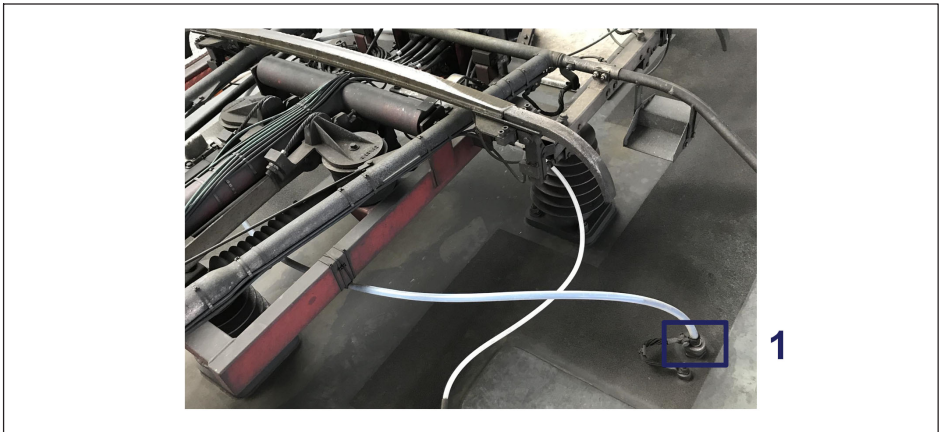


图 3.10 车顶密封套

电缆布线

盒子出来的电缆必须布线至车顶密封套。电缆应使用抗紫外线的电缆扎带（例如 HellaermannTyton 111-05400）正确地进行固定。

电缆的分线端通过列车内部的密封套来插入，聚四氟乙烯外管用 M4x1.5 的电缆密封套进行固定。

在火车内部，电缆应由便捷的路径，布线至数据采集系统所在的位置。

3.3.4 连接电缆

连接电缆确保了传感器到光纤光栅解调仪的信号连接。应按照到技术机架或测量系统所在位置的便捷路径进行排布与固定。

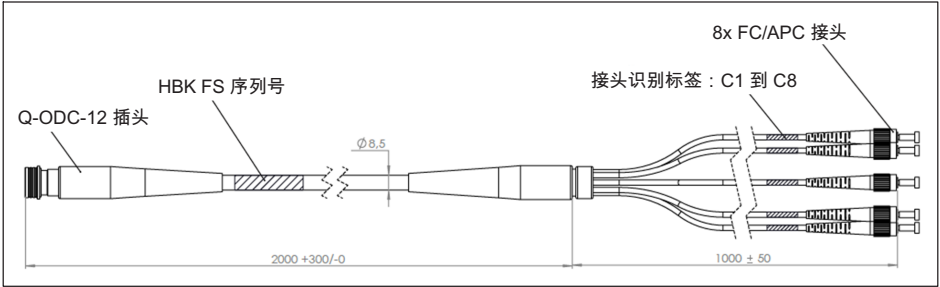


图3.11 连接电缆技术图纸 (尺寸单位为 mm)

3.3.5 MXFS 光纤光栅解调仪

受电弓监测系统适合的光纤光栅解调仪是 MXFS DI。这是 QuantumX 系列的一个模块部分，用于基于光纤布拉格光栅的传感器的动态采集。它以 100 S/s 或 2000 S/s 的速度运行，同时采集多达 128 FBG。

更多详情，请参阅设备的用户手册文件。

最简单的配置是：将解调仪通过以太网连接到一台安装并运行有 catmanEasy 的 PC 上。

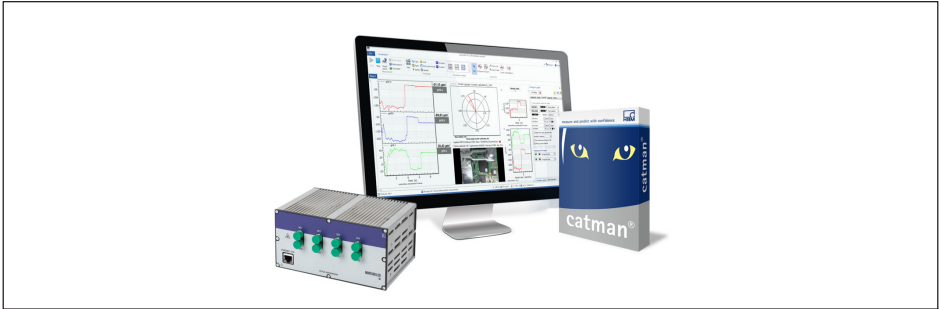


图3.12 带 MXFS 的 catman 软件

! 重要

MXFS DI EN45545 认证对于无 X frame 框架的解调仪有效。请参阅 QuantumX 用户手册，以获取有关去除框架的详细信息 ([这里](#) 有 A03031 可用)。

4 连接

该系统的准备方式是这样的：让每个传感器都连接至解调仪的一个光连接器上。也为可能出现的此类情况做准备：当有一个连接断开时，为传感器提供一个备用的光纤连接，从而为系统增加冗余——如果无法从一侧抵达传感器，则可以从另一侧。

4.1 传感器

图4.1给出了连接布局。

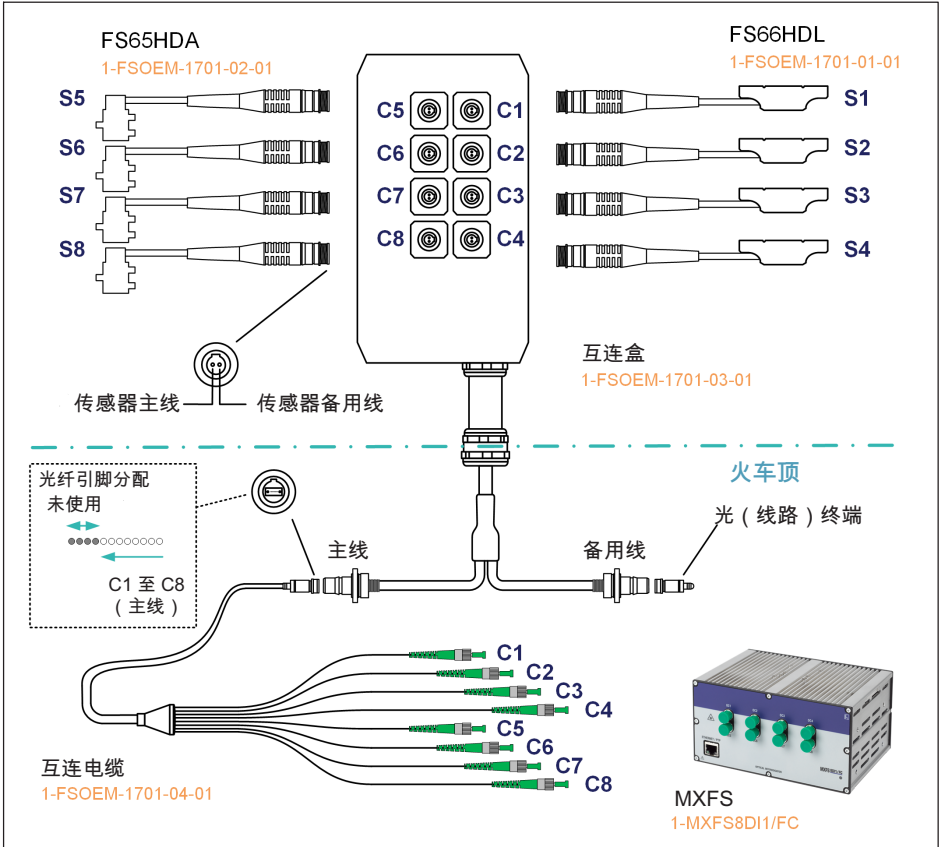


图4.1 连接方案

安装了传感器后，应将其连接到接线盒。传感器到盒子连接顺序灵活可变。



小建议

建议关注连接到每个端口的是哪台传感器，以便了解连接电缆上分支电缆接头的关系。但这并非必需，因为，如果可以访问传感器，则可以在测量时，很容易地通过作用于每个传感器，来识别每个接头所对应的每个传感器。

4.2 互连盒

4.2.1 主接头

主接头应足以确保到光纤光栅解调仪的所有信号连接。

如果主接头的连接丢失了，则可使用备用接头上对应的一个进行恢复。

4.2.2 备用接头

接线盒上的备用接头随附有一个光（线路）终端，它能避免这一端的背向散射反射。



重要

反向散射会降低系统的传感器可见度，并影响测量结果。

如需备用接头，请移除终端，并连接附加的连接电缆（单独订购，1-FSOEM-1701-04-01）

4.3 连接电缆

将连接电缆从互连盒连接到主接头。



小建议

如果安装系统的受电弓尚未安装到火车上，则连接电缆可用于检查安装。之后（当受电弓安装到它最终的位置时）必须将其连接断开并重新连接回去。

在分线端，将每个 FC/APC 接头连接到 MXFS DI 解调仪的光学端口。

4.4 清洁套件

系统随附有一个清洁套件，内含两个清洁器和附件。

- 清洁器 A 与传感器盒连接上所用的 Q-ODC-2 接头（插头和插座）一起使用。



图4.2 清洁器 A 用于传感器接头和接线盒的传感器插头

- 清洁器 B 与 Q-ODC-12 接头（插头和插座）一起使用，该接头实现主线路盒子或备用电缆与连接电缆之间的连接。



图4.3 清洁器 B 用于互连盒的电缆和带插头和插座适配器的连接电缆接头

每次处理接头时都要对其进行清洁，以防止灰尘影响连接的质量，这一点非常重要。接头不用时必须盖上保护帽。

有关如何使用这些附件来清洁接头，更多详情请参阅接头供应商的说明：<https://www.hubersuhner.com/fr-fr/documents-repository/installation-manuals/gen-handling-insp-cleaning/cleaning-instruction-fo-connectors>



小建议

如需清洁连接电缆或解调仪上的 FC/APC 光连接器，请使用标准的 FS-CLEANER 清洁器。

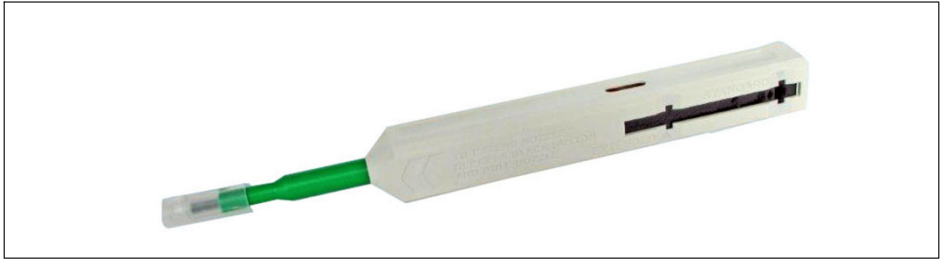


图4.4 标准的 HBK 接头清洁器 (订单号 1-FS-CLEANER)

4.5 MXFS QuantumX BraggMETER 解调仪

光纤光栅解调仪必须接电 (例如，通过 1-NTX001)，并利用 catmanEasy 软件连接到一台 PC 上 (例如，以太网)。

5 进行测量

5.1 在 catman 中开始一次测量

请参阅设备的用户手册（[这里有 A05566 可用](#)），以获取更多有关开始一次测量的信息。

- 按压“Configure ranges (配置范围)”按钮，以配置范围。

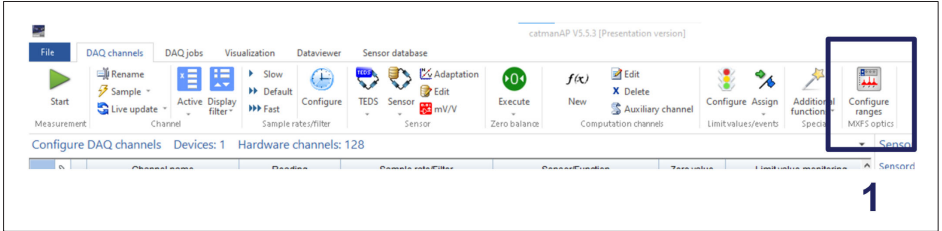


图5.1 Configure ranges (配置范围) 按钮

- 为 9 nm 的自动波段创建定义一个宽度值 (数字1, 位于图5.2)。
- 通过按压“Create Button (创建按钮)” (数字2, 位于图5.2) 来自动创建波段。

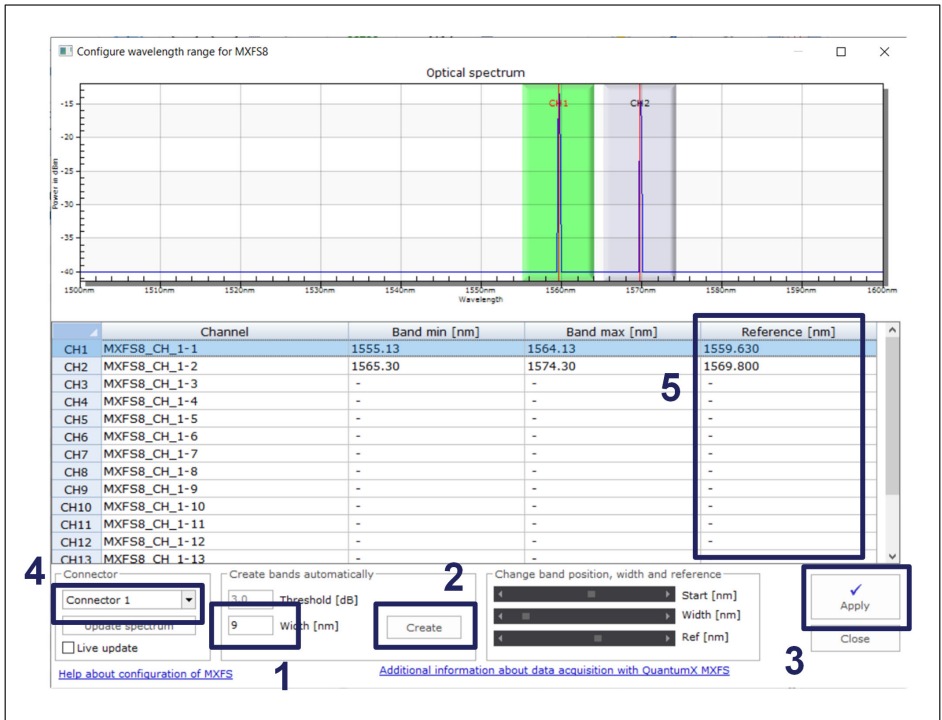


图5.2 创建范围

- 通过按压“Apply (应用)”按钮 (数字3, 位于图5.2), 将配置的范围应用于所选接头的设备上。
- 通过更改所选的接头 (数字4, 位于图5.2), 对所有的接头重复该过程。

5.2 系统评估

在正确定义了频段之后, 系统可以测量传感器, 且可以测试系统的连通性。

用手对每台传感器施加轻微的力, 从 DAQ 软件上读取结果, 用这样的方法可以检查传感器。这种方法可以识别每个“通道编号 - 传感器对”, 并验证传感器的功能性 (数字1, 位于图5.3)

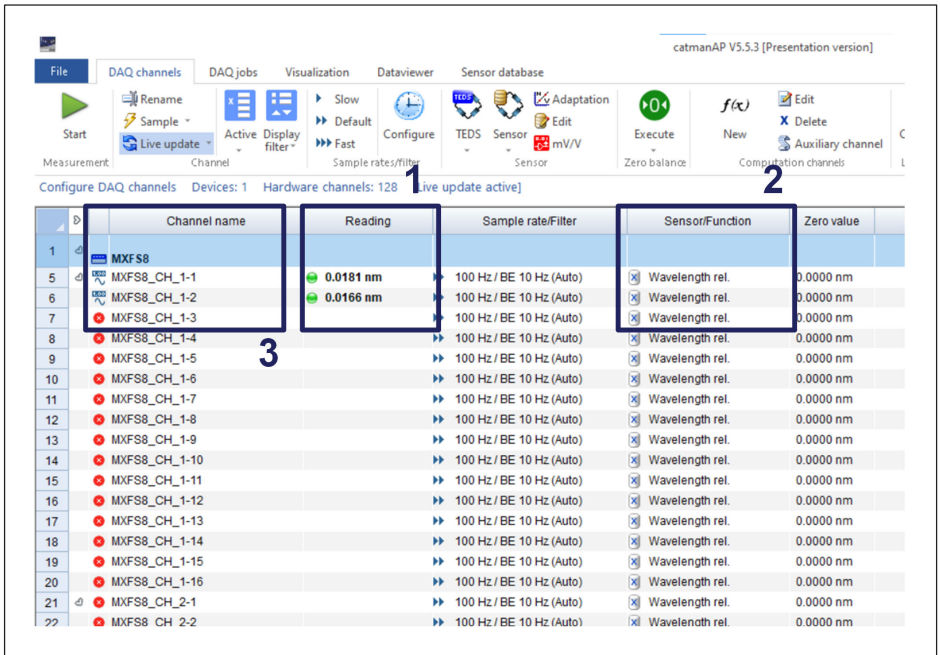


图5.3 系统的检查和传感器的识别



小建议

评估完系统之后，可移除连接电缆，且受电弓已准备好安装到列车上。

5.3 传感器配置

FS66HDL 和 FS65HDA 传感器在一个推挽结构中使用两个 FBG，以消除温度对测量的影响。MXFS DI 和 catman 软件不直接支持具有双 FBG 的光学传感器，因此必须在 catman 接口中使用计算通道。

每个传感器都配有一张校准表，表中有配置所需的参数和相关的公式。

FS66HDL 和 FS65HDA 都有一个绝对校准值，也就是说，每个 FBG 的参考波长必须是校准表上给出的波长。校准公式是两个 FBG 波长相对于这些参考波长的一个变化函数。

Calibration Data		Configuration Equation
Reference wavelength @ 0g, λ_0 [nm]		$A = S \times \left[(\lambda_2 - \lambda_{02})_{FBG2} - (\lambda_1 - \lambda_{01})_{FBG1} \right]$
FBG1	1560.603	
FBG2	1570.512	
Calibration factor @100Hz, S [g/nm]	12.96	
Sensor Data		Legend:
Acceleration range [g]	[-20;20]	A: Acceleration [g _{0-pk}]
Frequency range [Hz]	[0; 200]	λ_{01} : Reference wavelength FBG ₁ of the accelerometer [nm] @ RT = Wavelength FBG ₁ at zero instant (after installation)
Maximum full scale error [%]	0.5	λ_{02} : Reference wavelength FBG ₂ of the accelerometer [nm] @ RT = Wavelength FBG ₂ at zero instant (after installation)
		λ_1 : Measured wavelength FBG ₁ of the accelerometer [nm]
		λ_2 : Measured wavelength FBG ₂ of the accelerometer [nm]
		0g position: direction perpendicular to accelerometer main axis
		RT: Room temperature
		1g = 9,80665 m/s ²

图5.4 FS65HDA 校准数据示例

Calibration Data		Configuration Equation
Reference wavelength @ 0N, λ_0 [nm]		$F = S \times \left[(\lambda_2 - \lambda_{02})_{FBG2} - (\lambda_1 - \lambda_{01})_{FBG1} \right]$
FBG1	1579.342	
FBG2	1589.545	
Calibration factor, S [N/nm]	416.515	
Sensor Data		Legend:
Measurement range [N]	[0;500]	F: Force [N]
Operation wavelength range [nm]		λ_{01} : Reference wavelength FBG ₁ of the force sensor [nm] @ RT = Wavelength FBG ₁ at zero instant (after installation)
FBG1	[1579.3 , 1580]	λ_{02} : Reference wavelength FBG ₂ of the force sensor [nm] @ RT = Wavelength FBG ₂ at zero instant (after installation)
FBG2	[1589.5 , 1590.2]	λ_1 : Measured wavelength FBG ₁ of the force sensor [nm]
Dependence of sensitivity coefficient on temperature [%/10°C]	0.5	λ_2 : Measured wavelength FBG ₂ of the force sensor [nm]
		0 N: zero load on force sensor positioned with arrow down
		RT: Room temperature

图5.5 FS66HDL 校准数据示例

应在“Configure ranges (配置范围)”界面对参考波长值进行更新

- 按照校准表所示 (数字5, 位于图5.2), 定义 FBG 的参考波长
- 应用设置 (数字3, 位于图5.2)
- 通过更改所选的接头 (数字4, 位于图5.2), 对所有的接头重复操作更改为 DAQ 通道视图
- 确保解调仪的所有通道都定义为“波长 (rel)” (数字2, 位于图5.3)

传感器类型	说明	输出
波长 (rel.)	波长传感器的输出是一个波长的变化，从 FBG 峰值处测得	$\lambda - \lambda_0$

- 通过双击通道名称的顶部 (数字3, 位于图5.3) 来对传感器重命名
- 每台传感器需要两个信号。建议在传感器名称中添加“_1”和“_2”，以确保与校准表相对应。

每个 FBG 峰值的这些单独测量值对应了朝向校准参考波长的波长变化。

需要创建一个计算传感器，将每台传感器的两个 FBG 的测量值结合

- 点击“new (新建)”计算通道按钮 (数字1, 位于图5.6)

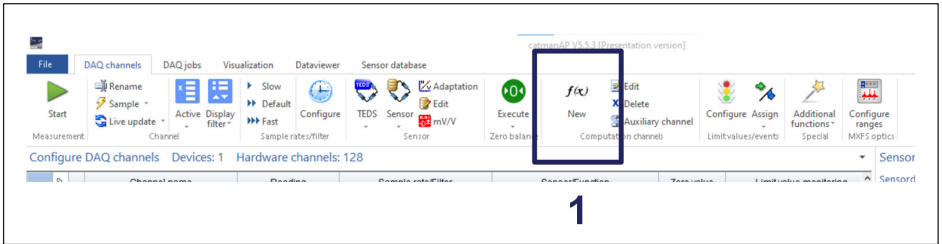


图5.6 新建计算通道按钮

由于每个 FBG 配置用于测量相对的波长，因此 $(\lambda - \lambda_0)$ 对应了通道值。

- 用每台传感器所对应的灵敏度值来配置计算通道。图5.7给出了 FS66HDL 的配置示例。
- 写传感器的名称 (数字1)
- 定义相应的输出单位 (数字2)
- 写下传感器校准表 (数字3) 上所给出的代数表达式
- 按下“create computation (创建计算)”按钮 (数字4, 位于图5.7)。

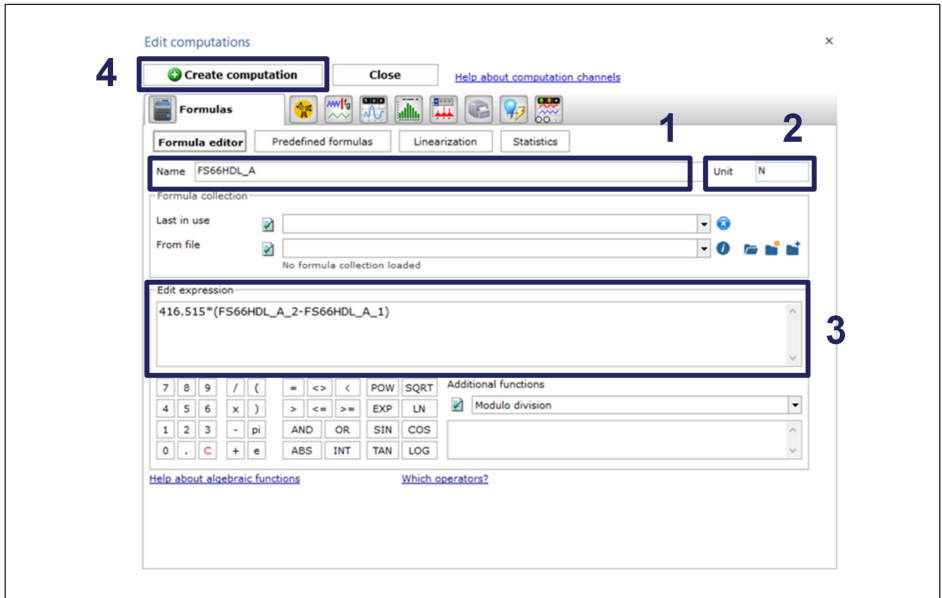


图5.7 创建一个计算通道以配置传感器

完成了整个配置后，需创建 8 个计算通道（4 个用于加速度测量，4 个用于力测量）。

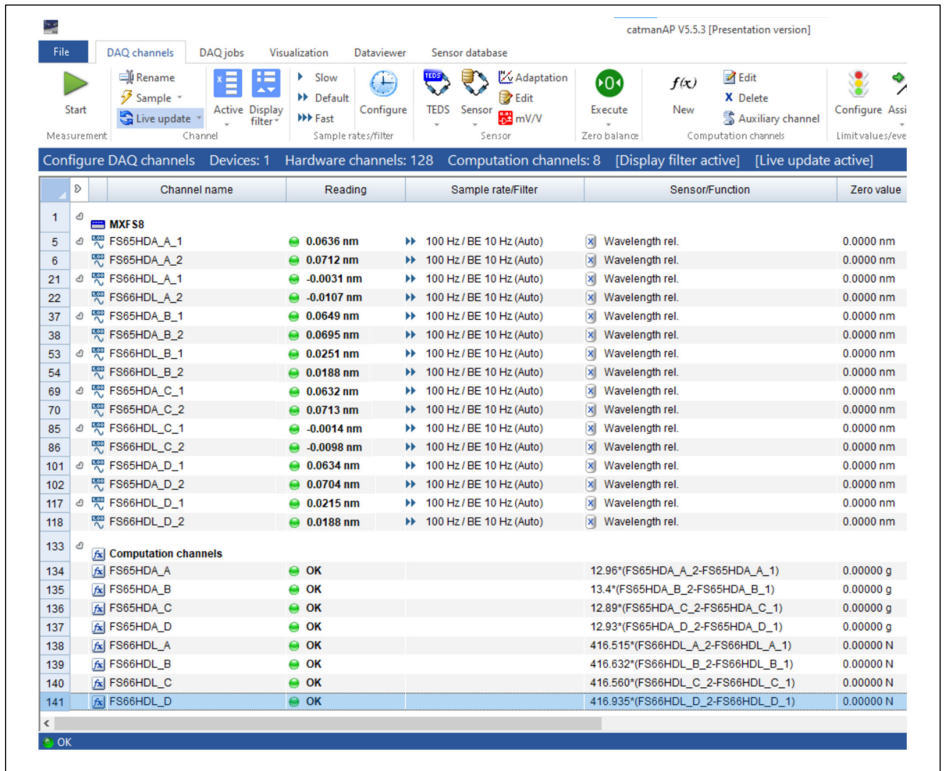


图5.8 完成 4x FS65HDA 和 4x FS66HDL 的系统配置

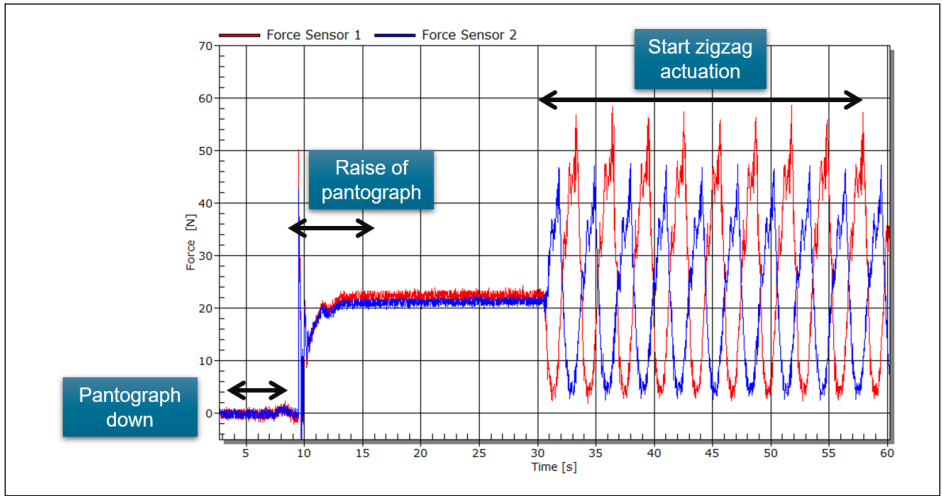


图5.9 *catman* 中的力测量示例

5.4 接触力和位置

受电弓监测解决方案符合 EN50317 标准，实现了接触力和侧向位置的计算。

接触力可使用以下公式进行计算，将 FS66HDL 传感器的力测量值和 FS65HDA 传感器的加速度纳入考虑。此外，由于受电弓的空气动力学特性（根据列车速度而变），还需进行校正。

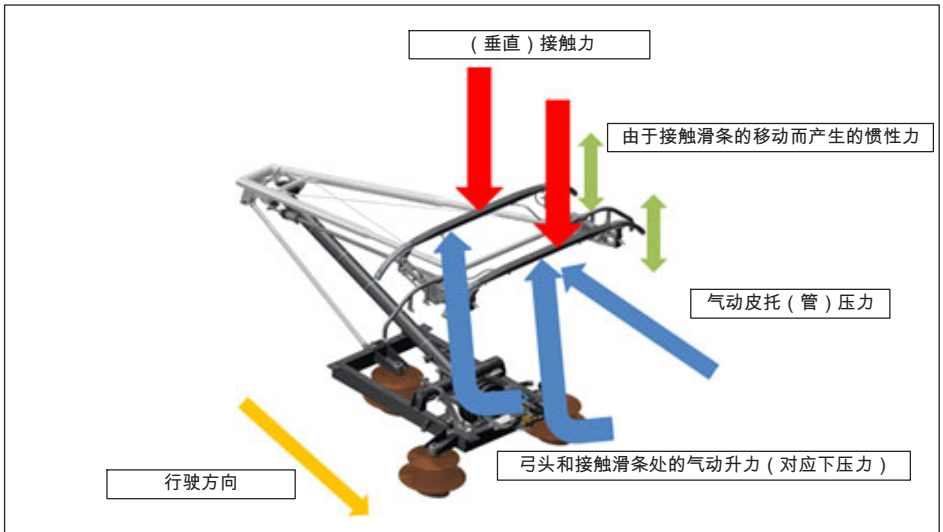


图5.10 受电弓结构的力和影响

5.4.1 接触力

$$F_c = \sum_{i=1}^{k_f} F_{\text{Sensor},i} + \frac{m_{\text{above}}}{k_a} \sum_{i=1}^{k_a} a_{\text{Sensor},i} + F_{\text{corr,aero}}$$

图5.11 接触力的计算公式 (根据 EN50317)

其中：

- F_c 表示接触力，单位是 N
- $F_{\text{Sensor},i}$ 表示传感器 I 所测量的力，单位是 N
- $a_{\text{Sensor},i}$ 表示传感器 I 所测量的加速度，单位是 g
- k_f 表示力传感器数
- k_a 表示加速度传感器数
- m_{above} 表示位于力传感器上方的弓头质量
- $F_{\text{corr,aero}}$ 表示空气动力学修正力，单位是 N，它与速度相关，可从查找表中检索

5.4.2 位置

每个接触滑条上，架空电力线的接触点位置可使用图5.12中的公式确定。

$$x = \frac{F_2}{F_1 + F_2}L - L/2$$

图5.12 接触线位置计算

其中：

- x 表示接触位置，单位是 mm，将接触滑条中间的原点 (x = 0) 纳入考虑
- F_1 和 F_2 表示传感器 1 和 2 在接触滑条两侧所测得的力，单位是 N
- L 表示力传感器之间的距离，单位是 mm

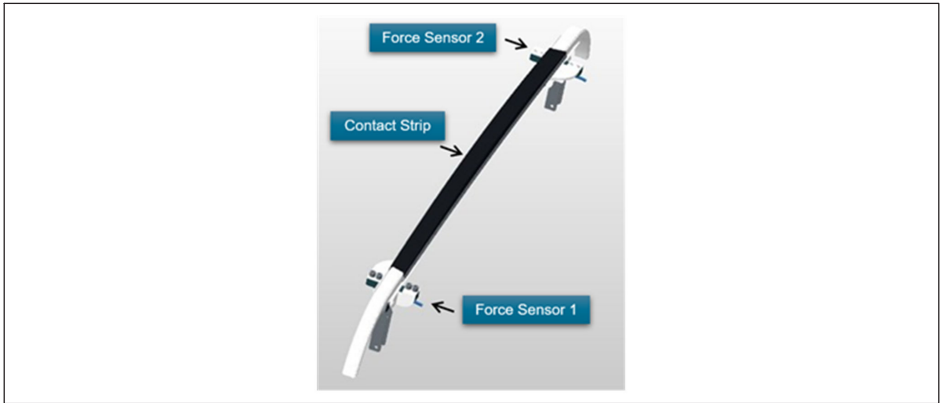


图5.13 传感器在接触滑条上的定位

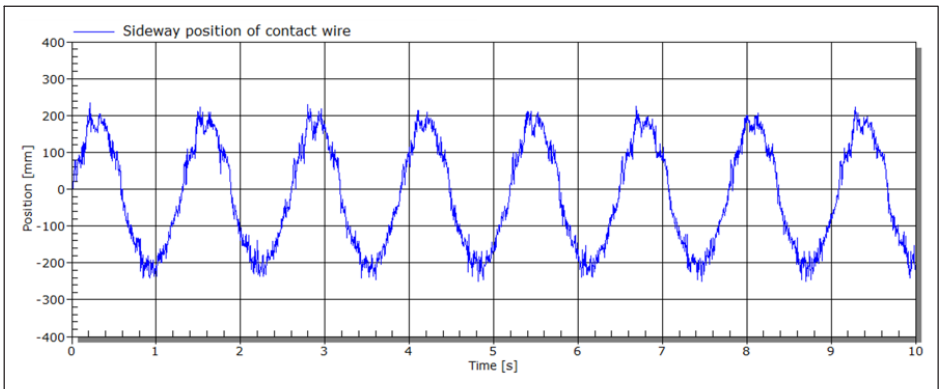


图5.14 位置测量示例，代表接触线呈锯齿状运动

接触力和位置计算也可以通过计算通道在 catman 中进行无缝配置。

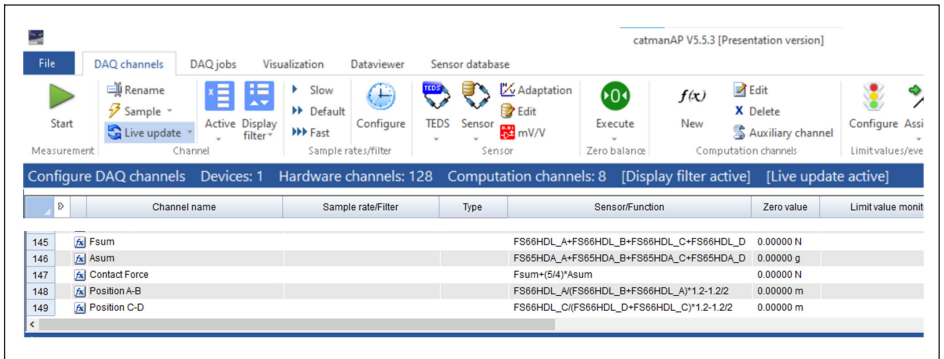


图5.15 catman 中的接触力和接触位置计算

