



安全手册 SIL 2

振动监测装置

系列 HE205



MADE IN GERMANY **SIL2** **PL-d**  cULUS LISTED Proc. Cont. Eq. for Ord. Loc. Proc. Cont. Eq. for Haz. Loc.

 **IECEE**  Proc. Cont. Eq. for Ord. Loc. Proc. Cont. Eq. for Haz. Loc.

 **IECEX** 

- ATEX / IECEx 2/22 和 1/21 区
- cULus OrdLoc / HazLoc Div 2



本手册适用于 2.0 版传感器

安全手册

振动监测装置

型号 HE205

标准和 ATEX / IECEx

版本 : 2025-12-04

注意 !

在产品调试前，必须阅读和理解本安全手册。

保留包括翻译在内的所有权利。

保留变更权利。

如有疑问请咨询以下公司：

HAUBER-Elektronik GmbH

Fabrikstraße 6

D-72622 尼尔廷根

德国

电话：+49 (0) 7022 / 21750-0

传真：+49 (0) 7022 / 21750-50

info@hauber-elektronik.de

www.hauber-elektronik.de

1 目录

1	目录.....	3
2	安全手册的适用范围.....	4
3	使用范围.....	4
4	缩写和术语.....	5
5	相关标准.....	5
6	安全要求.....	6
7	项目规划.....	7
7.1	安全功能.....	7
7.2	故障安全状态.....	7
7.3	事件和故障代码.....	8
7.4	最常见的事件和故障代码.....	9
7.5	退出故障安全状态.....	9
7.6	事件和故障代码表.....	10
7.7	配置安全状态.....	11
7.8	失效类别说明.....	11
8	杜绝故障.....	11
9	使用范围概览.....	12
10	铭牌示例.....	13
11	接口.....	14
12	装配和安装.....	16
13	功能描述.....	16
13.1	运行状态.....	17
13.2	配置模式（警报值和极限值设置）.....	17
13.3	极限值和延时.....	18
14	运行期间和故障时的应对方式.....	19
15	自行诊断和重复检查.....	19
16	使用寿命.....	19
17	安全技术指标.....	20
18	欧盟符合性声明.....	21

2 安全手册的适用范围

本HE205 型振动监测装置安全手册适用于配备 2.0 版传感器的 HE205.00、HE205.01 和 HE205.02 三种型号

各型号的功能是一样的。型号 HE205.02 和 HE205.01 还具备相应的证书和标志，允许其在易爆区域内使用。

3 使用范围

根据 DIN ISO 10816 标准 · HE205

型振动监测装置用于测量和监测机器设备上轴承的绝对振动。其中振动速度或振动加速度的有效值被作为测量参数。

在两个相互独立的通道中完成振动幅度的分析。当超出可设定的振动极限值时，将向半导体开关发送信号。这可用于生成预警和主警报。另外，型号HE205 还有一个模拟电流输出端。它可提供与振动幅度成正比的 4...20 mA 的直流电流。

在依据5章节所列标准中的安全技术指标来确定安全功能时，半导体开关和电流输出都经过了评估和考量。

4 缩写和术语

SIL	安全完整性等级
HFT	硬件故障容错
SFF	安全失效比例
CCF	共因失效
PFD _{avg}	需求发生时的平均危险失效概率
PFH	每小时危险失效概率
FMEDA	失效模式、影响及其诊断分析
λ_{sd}	安全检测失效率
λ_{su}	安全未检测失效率
λ_{dd}	危险检测失效率
λ_{du}	危险未检测失效率
DC _S	安全失效的诊断覆盖率 ; $DC_S = \lambda_{sd}/(\lambda_{sd} + \lambda_{su})$
DC _D	危险失效的诊断覆盖率 ; $DC_D = \lambda_{dd}/(\lambda_{dd} + \lambda_{du})$
FIT	时间内失效率 ; 1 FIT = 1 failure/10h
MTBF	平均故障间隔时间
MTTF	平均失效前时间
MTTR	平均修复时间
CAT	符合 EN ISO 13849-1:2023 标准的类别

表1 : 缩写和术语

IEC 61508-4 标准中规定了其他缩写和术语。

5 相关标准

IEC 61508 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全。(IEC 61508:2010)

ISO 13849-1 机械安全 - 安全相关的控制系统部件 - 第 1 部分: 设计的基本原则 (ISO 13849-1:2023); 德语版 EN ISO 13849-1:2023

6 安全要求

安全完整性等级	低要求率的运行模式	高要求率的运行模式
SIL	PFD _{avg}	PFH
4	$\geq 10^{-5} \dots < 10^{-4}$	$\geq 10^{-9} \dots < 10^{-8}$
3	$\geq 10^{-4} \dots < 10^{-3}$	$\geq 10^{-8} \dots < 10^{-7}$
2	$\geq 10^{-3} \dots < 10^{-2}$	$\geq 10^{-7} \dots < 10^{-6}$
1	$\geq 10^{-2} \dots < 10^{-1}$	$\geq 10^{-6} \dots < 10^{-5}$

表2：取决于 SIL 等级的安全功能的失效极限值
(IEC 61508-1, 7.6.2)

安全失效比例	B 型安全相关子系统的硬件故障容错 (IEC 61508-2, 7.4.3)		
	HFT = 0	HFT = 1	HFT = 2
< 60 %	不允许	SIL1	SIL2
60 % ... < 90 %	SIL1	SIL2	SIL3
90 % ... < 99 %	SIL2	SIL3	SIL4
≥ 99 %	SIL3	SIL4	-

表3：硬件故障容错，与安全失效比例相关

HE205 型振动监测装置依照 IEC-61508

标准开发而成。此监测装置是作为“高要求系统”研发的。此监测装置采用 1oo1 架构，诊断覆盖率 > 90

%。在运行过程中以及监测装置启动阶段，将持续地自动执行诊断。此监测装置的安全失效比例为 90% ... < 99%，因此它是一套符合 SIL2 安全要求的传感器系统。

7 项目规划

7.1 安全功能

此系统包含 3 项安全功能：

1. 如果测得的振动值超过设定的预警极限值的时间长于设定的延时，则无电势预警半导体开关（引脚 5 和引脚 6）打开。
2. 如果测得的振动值超过设定的主警报极限值的时间长于设定的延时，则无电势主警报半导体开关（引脚 7 和引脚 8）打开。
3. 模拟电流输出将在 4mA 至 20mA 的范围内反映测得的振动值。
根据传感器的规格不同，振动值可以是振动速度或振动加速度。

提示

如果电流输出高于 20mA，则连接的控制装置必须触发关断。

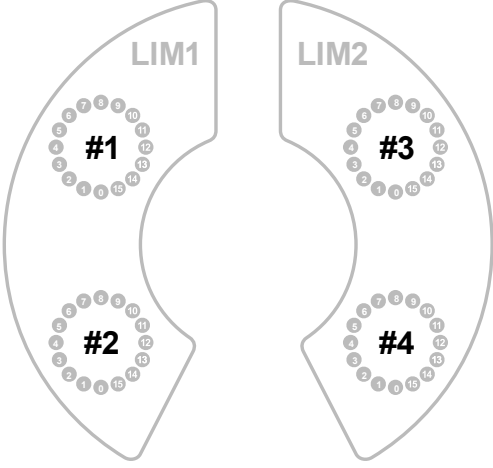
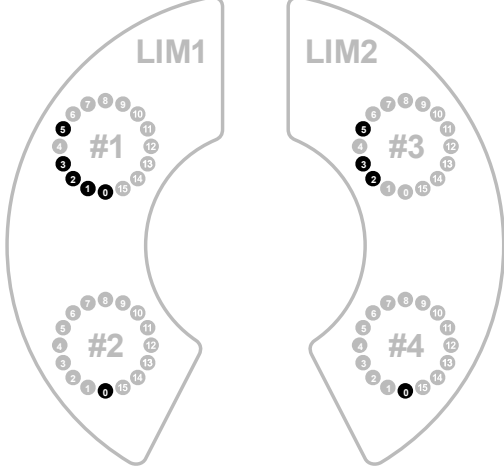
7.2 故障安全状态

当检测到传感器无法自动纠正的故障时，传感器会切换到故障安全状态。故障安全状态可以通过同时出现以下 3 项来加以识别：

1. 所有状态 LED 灯都亮起（红色、黄色、绿色）。
2. 半导体开关全部打开（与在无电压状态或故障状态下一样）。
3. 模拟电流输出为 0 mA。



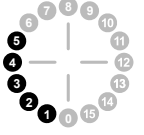
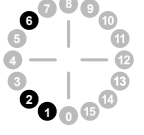
7.3 事件和故障代码

在故障安全状态下，4 个 LED 灯电路将显示最近发生的 4 个事件和故障的代码。

事件/故障代码顺序	典型的事件和故障代码图
	
<p>(#1 表示最新的代码；#4 表示最早的代码)</p>	

7.4 最常见的事件和故障代码

LED 灯电路采用二进制编码来显示事件和故障代码。通过 LED 灯电路中的数字 0 到 7 表示一个 8 位二进制代码。当 LED 灯电路中的一个数字亮起时，代表一个二进制 1。当 LED 灯电路中的一个数字未亮起时，代表一个二进制 0。下面为 4 种最常见的事件和故障代码。

LED 灯电路	代码	LED 灯								事件/故障
		7	6	5	4	3	2	1	0	
	0x00	0	0	0	0	0	0	0	0	初始值
	0x01	0	0	0	0	0	0	0	1	成功启动
	0x3E	0	0	1	1	1	1	1	0	供电电压不符合规范
	0x46	0	1	0	0	0	1	1	0	模拟输出的反馈测量超出公差

有关排障措施以及故障代码完整列表的信息，请参阅后续章节。

7.5 退出故障安全状态

如

要让传感器恢复正常工作状态，必须执行一次彻底断电后重新加电。为此，必须让传感器断电至少 1 秒。

7.6 事件和故障代码表

针对每个故障，都另有一项建议的措施，即执行一次彻底断电后重新加电。

LED 灯电路								事件和故障代码说明	措施
7	6	5	4	3	2	1	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	初始值	-
0	0	0	0	0	0	0	1	成功启动	
供电电压									
0	0	1	1	1	1	1	0	供电电压不符合规范	检查供电电压
0	0	1	1	1	1	0	1	内部电压未在规范要求内	
0	1	0	0	0	1	0	1	内部电压未在规范要求内	
0	0	1	0	1	0	1	0	内部电压测量 1 失败	
0	0	1	0	1	0	1	1	内部电压测量 2 失败	
0	0	1	0	1	1	0	0	内部电压测量 3 失败	
模拟输出									
0	1	0	0	0	1	1	0	模拟输出的反馈测量超出公差	检查连接
0	0	1	0	1	1	1	1	模拟输出的监测测量失败	
无电势半导体开关/Hex 开关									
0	0	1	1	0	0	0	0	无电势半导体开关的监测测量失败	检查连接
0	0	0	0	1	0	1	1	Hex 开关显示功能性故障	检查 Hex 开关
温度									
0	0	1	1	1	1	0	0	温度未在规范要求内	检查环境温度和测头温度
0	0	1	0	1	1	0	1	温度测量 1 失败	
0	0	1	0	1	1	1	0	温度测量 2 失败	
数据存储									
0	0	1	1	1	0	0	1	数据存储出错	无需采取措施
0	0	1	1	1	0	1	0	数据存储出错	
如果出现任何其他故障代码，请联系制造商。									

7.7 配置安全状态

运营方可按操作说明书所述，将传感器设为配置模式。处于配置模式的传感器不应被认定为安全。只有在保存配置且传感器处于正常运行模式后，安全功能才能按规范运行。测量信号只有在退出配置安全状态模式后才会恢复有效，并符合安全功能的要求。

7.8 失效类别说明

为了评估振动监测装置的失效行为，考虑了以下设备失效的定义：

- 故障安全状态
对故障状态的反应是切换到安全状态。(fail safe state)
- 安全失效 ($\lambda_{sd} + \lambda_{su}$)
如果测量系统在没有过程请求的情况下切换到定义的安全状态或干扰模式，则发生无危险失效 (S)。
- 危险失效 ($\lambda_{dd} + \lambda_{du}$)
如果测量系统被置于危险或无法运行的状态，则发生危险失效 (D)。
- 危险检测失效 (λ_{dd})
如果测量系统在过程请求时切换到定义的安全状态或干扰模式，则发生危险检测失效 (dangerous detected failure)。
- 危险未检测失效 (λ_{du})：
如果测量系统在过程请求时既不切换到定义的安全状态也不切换到干扰模式，则发生危险未检测失效 (dangerous undetected failure)。
- 干扰模式定义：
干扰模式与半导体开关的警报工作状态相对应。

8 杜绝故障

1. 依据 ISO 13849-2 标准 (表 D.7) 选用了多针连接器，以防止在任意两个相邻的插针之间发生短路。

9 使用范围概览

编码		HE205.00.xx.xx.xx.00.xxx	HE205.00.xx.xx.xx.01.xxx	HE205.02.xx.xx.xx.00.xxx	HE205.02.xx.xx.xx.01.xxx	HE205.01.xx.xx.xx.00.xxx	HE205.01.xx.xx.xx.02.xxx
接口	M12 插头	x		x			
	集成式电缆		x		x	x	x
测头温度 T _M 环境温度 T _A	-40 °C ≤ T _M ≤ 85 °C -40 °C ≤ T _A ≤ 60 °C	x		x		x	
	-35 °C ≤ T _M ≤ 125 °C -35 °C ≤ T _A ≤ 60 °C		x		x		
对使用范围 cULus 的限制： -30 °C ≤ T _M ≤ 80 °C -30 °C ≤ T _A ≤ 60 °C	-20 °C ≤ T _M ≤ 125 °C -20 °C ≤ T _A ≤ 60 °C						x
标准	CE IEC	x	x	x	x	x	x
	 Proc. Cont. Eq. Ord. Loc E507077	x	x	x	x		
Ex 2 和 22 区	 II 3G Ex ec IIC T4 Gc II 3D Ex tc IIIC 135°C Dc			x	x		
	 Ex ec IIC T4 Gc Ex tc IIIC 135°C Dc			x	x		
	 Ex ec IIC T4 Gc Ex tc IIIC T135°C DC			x	x		
	 Proc. Cont. Eq. Haz. Loc. Class I, Division 2, Groups A, B, C and D, T4 E516625 Class II, Division 2 Groups F and G, T4			x	x		
	CCC Ex nA IIC T4 Gc Ex tD A22 IP66/67 T135°C	No: 2021122315114599			x	x	
Ex 1 和 21 区	 II 2G Ex db IIC T4 Gb II 2D Ex tb IIIC 135°C Db					x	x
	 Ex db IIC T4 Gb Ex tb IIIC 135°C Db					x	x
	 Ex db IIC T4 Gb Ex tb IIIC T135°C Db					x	x
	CCC Ex d IIC T4 Gb Ex tD A21 IP66/67 T135°C	No: 2021122315114599					x

10 铭牌示例

型号 1 - HE205.00.xx.xx.xx.xxx

<p>Type: HE20x.00.xx.xx.xx.xxx Item-no.: 12345 Ver.: 2.0 Serial-no.: 123456 / 2025 Measuring range: 0...xxx mm/s, x-rms Frequency range: xx...xxxx Hz -xx °C ≤ T-amb ≤ +xx °C</p>			<p>LISTED E567077 Proc. Contr. Eq. Ord. Loc.</p>	<p>Manufacturer: HAUBER-Elektronik GmbH Fabrikstraße 6 72622 Nürtingen Germany www.hauber-elektronik.de</p>	

型号 2 - HE205.02.xx.xx.xx.xxx

<p>Type: HE20x.01.xx.xx.xx.xxx Item-no.: 12345 Ver.: 2.0 Serial-no.: 123456 / 2025 Measuring range: 0...xxx mm/s, x-rms Frequency range: xx...xxxx Hz -xx °C ≤ T-amb ≤ +xx °C</p>			<p>II 2G Ex db IBC T4 Gb II 2D Ex tb IBC T135°C Db</p> <p>UL 20 ATEX 2421X IECEX IExD 20.0022X UL-BR 21-1250X UL22UKEX2479X</p>	<p>Manufacturer: HAUBER-Elektronik GmbH Fabrikstraße 6 72622 Nürtingen Germany www.hauber-elektronik.de</p>	
		<p>0539</p>			

型号 3 - HE205.01.xx.xx.xx.xxx

<p>Type: HE20x.02.xx.xx.xx.xxx Item-no.: 12345 Ver.: 2.0 Serial-no.: 123456 / 2025 Measuring range: 0...xxx mm/s, x-rms Frequency range: xx...xxxx Hz -xx °C ≤ T-amb ≤ +xx °C</p>			<p>II 3D Ex db IBC T4 Gc Ex tc IBC T135°C Dc</p> <p>UL 21 ATEX 2570X IECEX IExD 20.0022X UL-BR 21-1250X UL22UKEX2480X</p>	<p>Manufacturer: HAUBER-Elektronik GmbH Fabrikstraße 6 72622 Nürtingen Germany www.hauber-elektronik.de</p>	

11 接口

型号：	M12 插头	
	针脚 1：	24 V DC
	针脚 2：	GND
	针脚 3：	4 ... 20 mA 输出信号
	针脚 4：	NC (未连接)
	针脚 5：	无电势的半导体开关 1 +
	针脚 6：	无电势的半导体开关 1 -
	针脚 7：	无电势的半导体开关 2 +
	针脚 8：	无电势的半导体开关 2 -
型号：	集成式电缆	
	针脚 1： 白色	24 V DC
	针脚 2： 棕色	GND
	针脚 3： 绿色	4 ... 20 mA 输出信号
	针脚 4： 黄色	NC (未连接)
	针脚 5： 灰色	无电势的半导体开关 1 +
	针脚 6： 粉红色	无电势的半导体开关 1 -
	针脚 7： 蓝色	无电势的半导体开关 2 +
	针脚 8： 红色	无电势的半导体开关 2 -

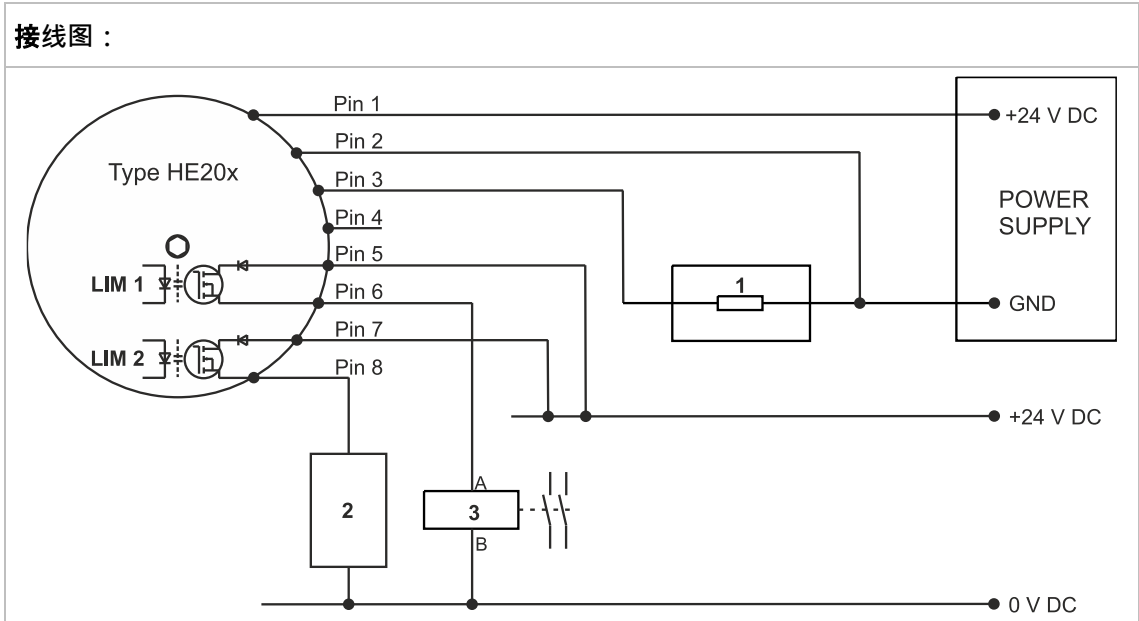


图 1：接线图

LIM 1 无电势的半导体开关 1（双向，针脚 5：+，针脚 6：-）

LIM 2 无电势的半导体开关 2（双向，针脚 7：+，针脚 8：-）

1 分析单元（比如安全控制器、PLC...）的模拟输入端 (4-20mA)

2 应用示例：安全控制器的数字输入端 (I/O)

3 应用示例：安全继电器



无电势的半导体开关 LIM 1 和 LIM 2 在警报状态下或者无电流状态下锁闭（“已打开”）。



如果不需要电流输出端，针脚 3 必须连接 GND。

12 装配和安装

必须遵守操作说明书中的装配和安装提示。在此，必须选定极限值设置，以便在设备发生损坏之前能够触发安全功能。

在安全运行过程中，必须使用 SELV（安全特低电压）电源部件为传感器供电。

13 功能描述



在有爆炸危险的环境下，只允许在无电压状态下打开振动监测装置 HE205。

型号HE205用于振动加速度的监测。

在出现低于或高于可设置的窗口范围的加速度值时

将触发警报。振动监测装置包含两个相互独立的通道，即 LIM1 和 LIM2。在 LIM1 上设置窗口范围的下限值，在 LIM2 上设置窗口范围的上限值（参见图表）。

另外，型号 HE205 还有一个模拟电流输出端。它可提供与振动幅度成正比的 4...20 mA 的直流电流。

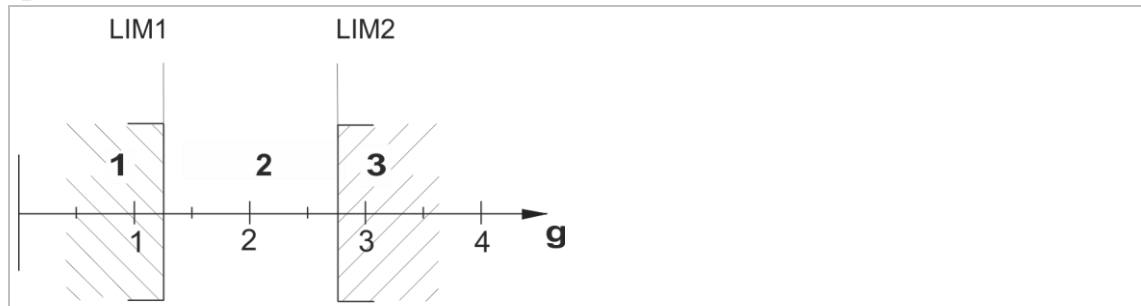


图 2：窗口功能

- 1 在低于 LIM1 时警报
- 2 窗口范围
- 3 在超出 LIM2 时警报

13.1 运行状态

运行状态	测量值	半导体开关	状态 LED 灯	LED 灯电路
正常	≤ 极限值	已闭合	绿色	设置已应用 (常亮)
警告	> 极限值 · 延时正在计时	已闭合	绿色 + 黄色	设置已应用 (常亮)
警报	> 极限值 · 延时已结束	打开	红色	设置已应用 (常亮)
故障安全状态	0 mA	打开	红色 + 黄色 + 绿色	事件和故障代码 (常亮)
配置模式 (配置安全状态)	0 mA	未定义	未定义	设置未应用 (闪烁)
无电压	0 mA	打开	所有 LED 灯熄灭	所有 LED 灯熄灭

表4：运行状态

13.2 配置模式 (警报值和极限值设置)



在传感器处于配置模式期间，禁用安全功能。

短按 “Save Config” 按钮，通过 HEX 开关旁的 LED 灯显示当前配置。

使用相应的 HEX 开关调整极限值和延时。一旦开关位置出现变化，所有 LED 灯就开始闪烁。如要保存配置，请按住 “Save Config” 按键三秒。通过选定 HEX 开关位置中长亮的 LED 灯发出应用配置的信号。

只有在 LIM1 ≤ LIM2 时，才能应用配置。

在五分钟之后，LED 灯自动熄灭。

13.3 极限值和延时

SET 旋转开关有 16 个位置，它们表示警报极限值。振动监测装置的测量范围分为 16 个线性升序档位。

一般来说：
$$Grenzwert = \frac{Messbereich\ Obergrenze}{16} \times SET\ Position$$

示例：极限值设置

测量范围： 0...4 g
 SET 旋转开关位置： 8 (9)
 极限值： 2 g (2.25 g)

SET- 位置 ↓	极限值 (g)					
	0..1 g	0..2 g	0..4 g	0..6 g	0..8 g	0..10 g
0	0	0	0	0	0	0
1	0.063	0.125	0.25	0.375	0.5	0.625
2	0.125	0.25	0.5	0.75	1	1.25
3	0.188	0.375	0.75	1.125	1.5	1.875
4	0.25	0.5	1	1.5	2	2.5
5	0.313	0.625	1.25	1.875	2.5	3.125
6	0.375	0.75	1.5	2.25	3	3.75
7	0.438	0.875	1.75	2.625	3.5	4.375
8	0.5	1	2	3	4	5
9	0.563	1.125	2.25	3.375	4.5	5.625
10	0.625	1.25	2.5	3.75	5	6.25
11	0.688	1.375	2.75	4.125	5.5	6.875
12	0.75	1.5	3	4.5	6	7.5
13	0.813	1.625	3.25	4.875	6.5	8.125
14	0.875	1.75	3.5	5.25	7	8.75
15	0.938	1.875	3.75	5.625	7.5	9.375

表5：极限值

延时

TIME 位置	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
延时 (秒)	0	1	2	3	4	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	25	30	45	60

表6 : 延时

14 运行期间和故障时的应对方式

运行期间，不应更改调节元件或设备参数。如果在运行期间更改了调节元件或设备参数，则必须由运营方确保设备安全！有关故障信息，请参阅操作说明书中的故障表。若发现故障，则整个振动监测装置必须停止运行，并通过其他措施使过程保持在安全状态。关于振动监测装置的更换方法，请参阅操作说明书。

15 自行诊断和重复检查

传感器具备一系列自行诊断措施。它们被分为 2 类：

1. 启动诊断：

这类测试仅在传感器初始化启动阶段执行。这包括对某些硬件关键路径的测试，这些路径在系统运行时无法被关闭。其中一项关键测试为针对预警和主警报开关输出的诊断。为了保证在产品生命周期内开关输出的功能性，设备运营方必须每年确保对振动监测装置执行一次彻底断电后重新加电。

2. 循环监测：

循环监测完全自动运行，并保证所有测试在 12 个小时内完成评估，诊断覆盖率 > 90 %。

16 使用寿命

测量系统的使用寿命为 10 年。

17 安全技术指标

失效类别	失效率 (FIT)
$\Sigma\lambda$ 安全 / 安全可检测失效 (λ_{SD})	600
$\Sigma\lambda$ 危险 / 危险可检测失效 (λ_{DD})	350
$\Sigma\lambda$ 无部件	80
$\Sigma\lambda$ 合计	1030
$\Sigma\lambda$ 危险检测 / 危险可检测失效 (λ_{DD})	350
$\Sigma\lambda$ 危险未检测 / 危险未检测失效 (λ_{DU})	15

SFF (B 型) SF	93.24%
SIL	2
性能等级	D
类别	2
PFD	$9.2463 \cdot 10^{-4}$
PFH	$< 2 \cdot 10^{-7}$ 1/h 在每年平均预期需求率低于 25 次的情况下
诊断覆盖率	>90%

表7：失效率

MTTF	984898h = 112.43 年
DC_{avg}	诊断覆盖率 > 90 %
$MTTF_d$	2889526h = 329.85 年 = 高
CCF	95 (已满足)
响应时间	200 ms

表8：符合 ISO 13849-1 标准的安全技术指标

18 欧盟符合性声明

符合性声明

HAUBER-Elektronik GmbH
 Fabrikstraße 6
 D-72622 Nürtingen

特此声明，
 与本声明相关的
 下列产品满足以下指令
 和标准的基本安全与健康保
 护要求。

产品系列

HE200, HE205

ATEX 附录

UL International Demko A/S
 作为编号为 **0539** 的指定机构，
 根据 2014 年 2 月 26
 日颁布的欧洲共同体理事会 (2014/34/EU)
 指令规定证明制造商具备满足该指令 **附录 IV**
 要求的生产质量保证体系。

贴有 CE 标志

CE 0539

指令和标准

欧盟指令	标准
2014/30/EU / 补充:	EN 61000-6-3:2007 + A1:2011 EN 61000-6-2:2005 + AC:2005-09 EN 55011:2016 + A1:2017 + A11:2020 EN 61000-6-7:2015
2014/34/EU /	EN IEC 60079-0:2018 + AC:2020-02 EN 60079-1:2014 + AC:2018-09 EN IEC 60079-7:2015 + A1:2018 EN 60079-31:2014
2011/65/EU /	EN IEC 63000:2018

标志和证书

HE200.02 / HE205.02

标记	证书
 	ATEX : UL 21 ATEX 2570 X

HE200.01 / HE205.01

标记	证书
 	ATEX : UL 20 ATEX 2421 X 修订版 0

签名

Nürtingen, 04.12.2025

地点和日期



Tobias Bronkal, 执行董事