



CLS300 叶根监测系统安装及测试方案

版权所有 © 2022 Bachmann electronic GmbH

保留所有权利。

巴合曼电子有限责任公司 ("巴合曼") 的所有操作说明、手册、技术说明和软件均受版权保护，不得复制、分发和/或以其他方式处理或编辑（例如通过拷贝、缩微拍摄、翻译、传输到电子媒介或机器可读形式）。未经巴合曼的书面同意，任何违反本保留意见的使用 – 即使是摘要 – 都是不允许的，并可能被起诉。与巴合曼软件相关的所有其他权利和义务均在"最终用户许可协议"(EULA) 中规定。

如果本手册涉及来自第三方的商品和/或服务，这仅是出于示例目的或仅是巴合曼的建议。巴合曼对这些商品和服务的选择、规范和/或可用性不提供任何保证。不受巴合曼保护的商标的命名和/或表述仅供参考，所有权利归各商标所有者所有。

免责声明:

我们已经仔细检查了本文件的内容，符合所述硬件/软件的技术特性和规范。然而偏差不能完全排除，所以我们不能保证完全符合要求。但我们会定期检查本文件中的信息，必要的修正将包含在后续版本中。我们感谢您提出修正和改进建议。巴合曼保留对硬件和软件的技术规范或对文档进行更改的权利，恕不另行通知。

联系方式:

巴合曼电子有限责任公司

Kreuzäckerweg 33

6800 Feldkirch

Austria

电话 +43 5522 3497-0

传真 +43 5522 3497-1102

电子邮箱:

www.bachmann.info

目录

1	关于本手册	5
1.1	安全和警告提示的结构	5
1.2	目标和目的	6
1.3	随附文件	6
2	变更目录	7
3	安全说明	8
3.1	一般安全要求	8
3.2	CE 指令	8
3.3	接线	8
3.4	功能接地	8
3.5	防止补偿电流	9
4	系统介绍	10
4.1	系统简介	10
4.2	系统结构图	10
5	工作原理和预期用途	12
5.1	设计结构	12
5.2	测量原理	12
5.3	应用范围	13
6	技术数据	14
7	安装和调试	15
7.1	简要说明	15
7.2	在风机叶片中安装 CLS300 传感器的一般说明	15
7.3	安装材料和工具	16
7.4	机械安装	17
7.4.1	有关粘合剂装配时表面预处理的一般说明	17
7.4.2	安装需求	18
7.4.3	安装悬臂式传感器	20
7.4.4	在风机轮毂和叶片间规划电缆线路的提示	25
7.5	电气连接	29
7.6	调试/功能检查	31
8	标定	32
8.1	通过叶轮缓慢旋转来标定	32
8.2	叶片在水平位置通过变桨来标定	33
8.3	叶片变桨无法调到 180°，可以叶轮旋转 180°标定	34
8.4	标定过程的正确性确认	36

9	CLS300 叶根载荷系统和主控之间的通讯接口	37
9.1	PDOs	37
9.2	系统状态字	37
9.3	传感器状态字	38
9.4	控制字	38
9.5	校准控制字	39
9.6	数据采集	39
10	施工计划安排	40

1 关于本手册

1.1 安全和警告提示的结构

本文档包含安全和警告提示，提醒注意潜在危险以及人身伤害或硬件和软件损坏的可能性。警告提示结构如下：

 **警告**

危害的性质和来源。

忽视可能造成的后果。

- 预防危险的措施。

➔ 措施的结果。

使用的标志和信号词

象形图	信号词	含义	忽视时的后果
	危险	直接危险	此类危险情况会导致死亡、严重身体伤害或重大财产损失
	警告	可能的危险	此类危险情况可能导致死亡、严重身体伤害或重大财产损失
	小心	可能的危险	此类危险情况可能导致身体伤害
—	注意	可能的危险	硬件和/或软件可能损坏（财产损失）
	—	有用的提示	—

表 1：使用的标志和信号词

1.2 目标和目的

- (1) 除了 CLS300 悬臂式传感器的基本技术数据外，本安装手册还包含了在风机叶片中专业装配和调试传感器所需的信息。
- (2) 本文档还包含基本安全说明，但还需要对每次单独的安装进行具体的风险评估，同时还要考虑到国家/地区和设备的具体特点。
- (3) 巴合曼保留对本手册在不通知使用方的前提下修改的权利，在使用本手册前请和巴合曼确认所使用的文档为最新版本。

1.3 随附文件

	描述	文件编号

2 变更目录

版本	变更	日期
01	初版	2022-12-08
02	02	2022-12-09

3 安全说明

3.1 一般安全要求

- 进行安装时，必须遵守以下规定：IEC 60364-5-52:2009 + COR1:2011 低压设备安装 – 第 5-52 部分：电气设备的选择和安装 – 布线系统和 IEC 60364-5-54:2011 + AMD1:2021 低压设备安装 – 第 5-54 部分：电气设备的选择和安装 – 接地设备和保护导体
- 必须考虑国家/地区和系统的具体安全要求以及现有的公司协议，例如关于个人防护设备的使用。
- 此外，必须注意所用粘合剂和清洁剂的危险材料表。
- 必须遵守电气工程的 5 条安全规则：
 - 解锁
 - 防止重启
 - 确定无电压
 - 接地和短路
 - 覆盖或隔开相邻的带电部件
- 安装所需的员工资质：至少一项电气工程 (EuP) 领域的指导；对低压组件的所有工作都需要合格的电工 (EFK)。

3.2 CE 指令

制造商确认相关产品的 CE 符合性。这意味着电气安全（防护等级 III）和电磁兼容性（EMC 指令 2014/30/EU）的基本特性符合国际规则并经过测试。

本产品还设计用于符合机械指令 2006/42/EC 的机器和设备。此外，还考虑了 2016 年的协调标准 IEC 60204-1（第 6.2.1 章）。

3.3 接线

所有设计接地和功能接地的接线都应正确连接。

屏蔽总线、装配板和 DIN 导轨到参考接地/星点的阻抗应尽可能低。

3.4 功能接地

用于干扰放电的接地连接（所谓的功能接地）应尽可能短且平。这使接地连接的阻抗变低。

电缆越长、越细或越圆，干扰的消散效果就越差。因此，20 cm 长、4 mm² 的电缆比 5 cm 长、2.5 mm² 的电缆具有更高的阻抗。短编织铜屏蔽层是理想的选择，它将母线平面连接到装配板或开关柜后壁。

3.5 防止补偿电流

禁止有大电流（补偿电流）通过装配板或开关柜后壁从控制器流向接地/接地星点。
这些"接地干扰"将分布在系统中的屏蔽层中。这种补偿电流通常由伺服和相位控制的滤波器产生。

4 系统介绍

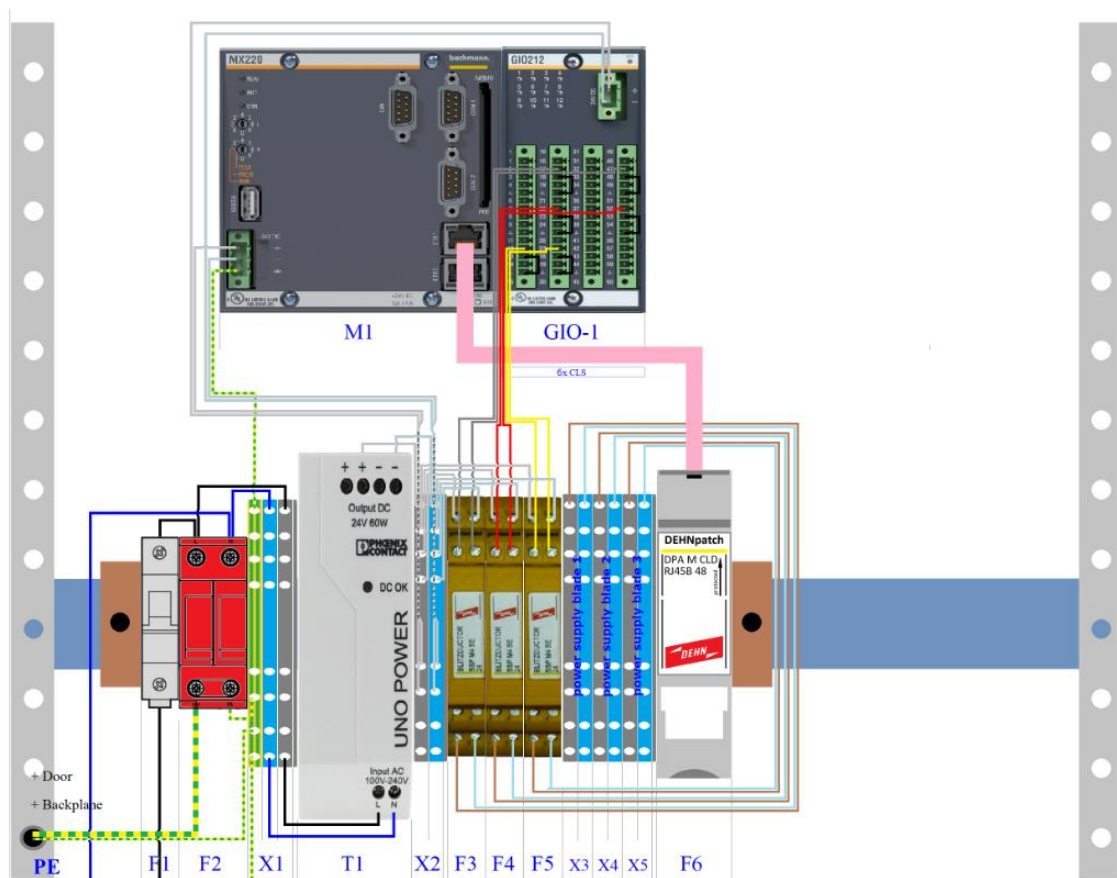
4.1 系统简介

CLS300 叶根载荷监测系统由 PLC (MX207、GIO212)、防雷模块、电源模块、微型断路器、6 个悬臂梁传感器，以及尺寸为 380*380*210 的小型控制柜组成。

PLC 从安装在叶片根部的悬臂梁传感器接受 4-20ma 的信号，通过 MX207 的中应用程序处理，信号将转换成相对弯矩，然后通过 CANopen 总线及滑环传送到主控。主控和 MX207 之间的数据是双向的，通过 CANopen 总线来实现。MX207 和主控以及变桨控制器处在同一 CANopen 总线上，他们都是总线上的不同节点。MX207 可以处于总线的最远端（跨接终端电阻），也可以是总线中间的一个节点，具体看现场施工的方便。

除传感器外，其它元器件统一安装在控制柜内。控制柜安装在轮毂内。系统考虑到了雷击的影响，因此各路传感器在进入 PLC 的采样通道之前，将先通过防雷模块。除此之外，电源供电和 CANopen 总线也都做了防雷处理。其中电源的防雷有信号指示，当电源回路受雷击后，信号指示会动作，并把信号传给 PLC 的采样通道，MX207 中的应用程序可以监测到该信号并给出警告。

4.2 系统结构图



控制柜柜内布局图



控制柜外观图

5 工作原理和预期用途

5.1 设计结构

悬臂式传感器由 2 个部分组成（参见图 1），

- 固定在支架 (1) 中带标靶 (3) 的悬臂 (4)，
- 安装在传感器支架 (2) 中的可拆卸的传感器元件 (5)。

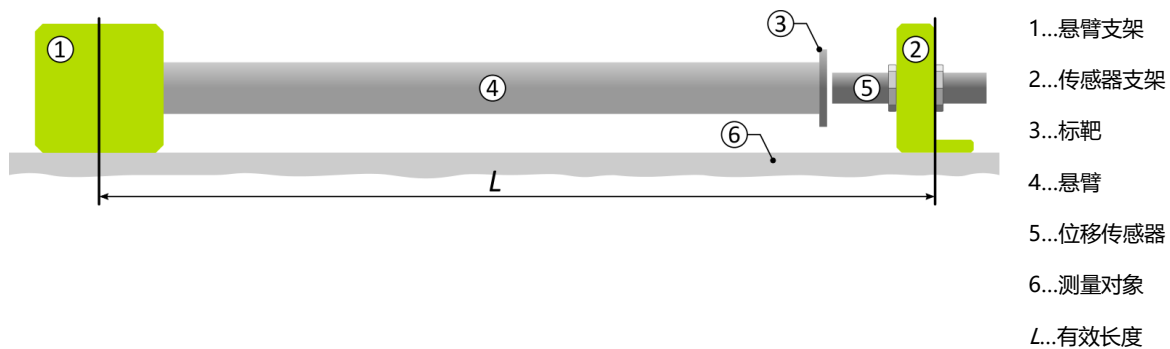


图 1 悬臂式传感器结构示意图

5.2 测量原理

悬臂式传感器测量应变的方式与电气或光纤应变片 (DMS) 相似 -- 但没有传感器本身的变形，而是通过测量从一个参考点的位移变化。为此，悬臂式传感器固定在待测物体的表面（参见图 2）

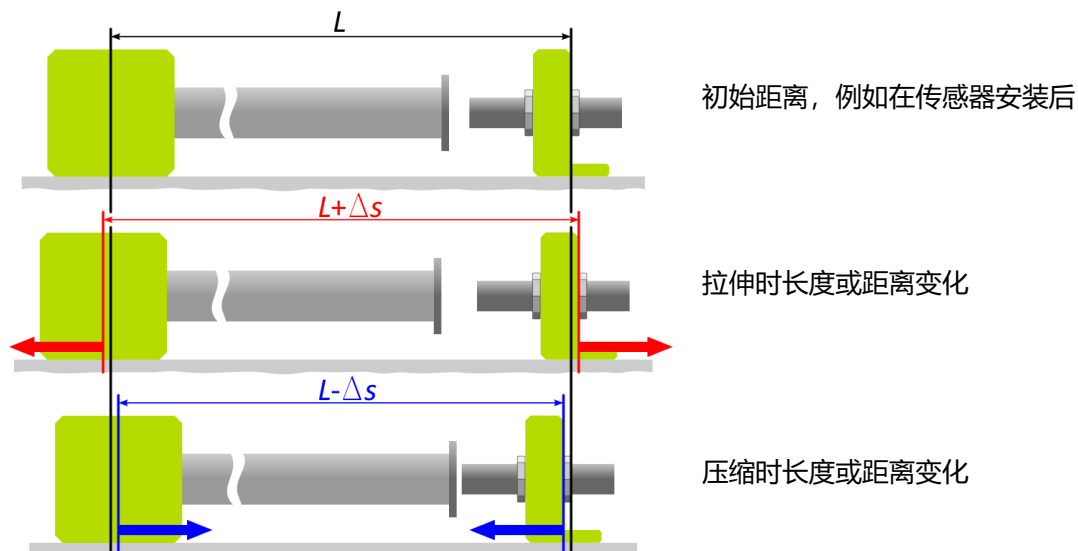


图 2 悬臂式传感器的测量原理

应变 ϵ 来自于传感器元件和标靶之间的距离变化 Δs 与悬臂有效长度 L 之比（参见图 2），因此 $\epsilon = \frac{\Delta s}{L}$ 。

5.3 应用范围

悬臂式传感器设计用于风能设备转子叶片：

- 通过测量实际负载来探测关键运行工况；
- 用作独立变桨控制 (*IPC...Individual Pitch Control*) ；

就现有的工程经验来说，IPC 控制中通常只需要采集叶根的载荷（每个叶片 2-4 个传感器，具体看测量需求，目前标配为 2 个传感器方案），叶根载荷往往是 IPC 控制中主控算法需要考虑到的点，具体需要用几个测点看主控算法的需求；

一般来说，悬臂式传感器的使用不限于在风能行业的应用。作为普遍适用的应变传感器，它们涵盖了广泛的应用范围，与传统的电气或光纤应变传感器相比具有特殊的优点。

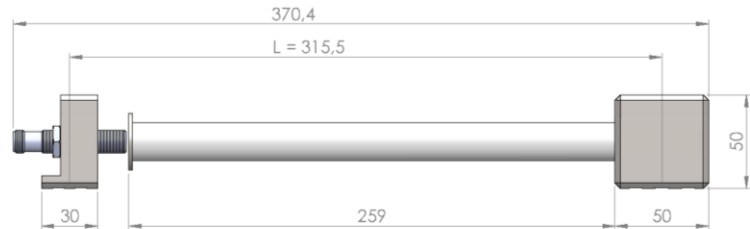
通过将应变测量转换为位移或距离测量，悬臂式传感器具有以下优势：

- 在较大参考距离上对应变进行整体而非断续的记录，从而对材料的不均匀性进行平均，特别有利于复合材料或混合材料（例如由 GRP、CFRP 制成的纤维复合材料），
- 在不受力的情况下测量应变 → 无机械老化，长期稳定，
- 基于强大的、经过工业验证的标准传感技术，
- 安装调试简单，无需特殊测试设备。

6 技术数据

悬臂传感器

尺寸



总长	370.4 mm	
有效参考长度 L	315.5 mm	
悬臂材质	钛，热膨胀系数 8.6e-06 / K	
宽度和高度	50 x 50 mm	
重量	0.41 kg	
目标材质	1.4301	
技术数据 - 传感器元件		
测量	位移 / 应变	
测量原理	感应式	
测量范围	位移: ±1 mm	应变: ±3170 μm/m (微应变. με)
信号带宽	≤ 0.2 kHz	
响应时间	< 3.0 ms	
分辨率	位移: 0.5 μm	应变: 1.6 μm/m
温度系数	< 满量程的 0.01 % / K	
线性度	< 满量程的 0.005 %	
信号类型	4 至 20 mA	
电阻	≤ 600 欧姆 @ 24 VDC ≤ 25 欧姆/1 V 电源	
输出连接	公连接器（轴向），M12x1, A-coded, 5 极	
针脚布局	针脚 1 Ub+ 针脚 3 接地 针脚 4 信号 （针脚 2/5 不连接）	
工作温度	-25 至 +75 °C	
储存温度	-25 至 +75 °C	
防护等级	IP67	
电源电压	24 VDC (8 至 30 VDC)	
功率	0.288W @8V 至 1.08W @30V	
EMV 测试类别	EN 55011:2009+A1:2010 / EN 55022:2010 (B 类), EN 50581:2012, EN 55016/EN 60945, EN 61000-4-2, EN 61000-4-3, EN 61000-4-4, EN 61000-4-5, EN 61000-4-6, EN 61000-4-8, EN 61000-4-9	
项目		
悬臂传感器	根据要求	
保护罩	根据要求	
传感器线	根据要求	

7 安装和调试

7.1 简要说明

5.1 节所述的两个传感器模块在出厂时被放置在装配导轨上，彼此之间有一定的距离，然后固定（参见图 3）。



图 3 悬臂式传感器与装配导轨对齐

悬臂式传感器的出厂预对齐可防止装配错误、缩短安装时间并简化安装。

悬臂式传感器固定在装配导轨上，粘在待测表面。传感器和标靶之间的预设距离得以保持。因此，不需要对距离进行后续校正。

粘合剂固化后，移除装配导轨。

为了保护悬臂式传感器，可以选择在传感器上方安装一个**保护罩**（参见图 4）。保护罩起到防止踩踏的作用，还可以在设备运行期间防止可能仍然存在于转子叶片中的松散颗粒，如生产中的粘合剂残留物。

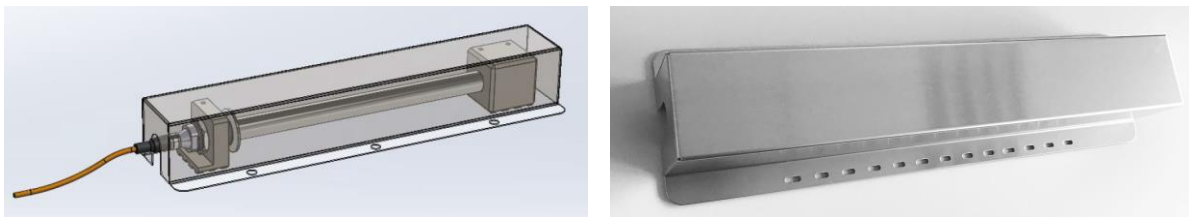


图 4 带防踩踏保护盖和传感器电缆的悬臂式传感器示意图

7.2 在风机叶片中安装 CLS300 传感器的一般说明

当用于风机叶片时，悬臂式传感器固定在叶片内侧的叶片根部区域。

根据要记录的应变，悬臂式传感器可以沿着叶片根部的圆周分布在不同的位置。

安装深度也可以变化。一般来说，叶片弯矩在叶片的根部区域记录，因此相对于叶片法兰几米的安装深度是首选位置。

弯曲和拉伸应变分量在单个传感器的信号中重叠。将相对传感器的信号相减，可以消除拉伸应变。随后的差分信号只包含弯曲应变，与叶片弯矩成正比。

传感器的位置通常是首选的，摆振方向 (flapwise) 或挥舞方向 (edgewise) 的弯曲应变可以直接分配给一个传感器对。

首选传感器位置总结在表 2 中。

表 2 用于测量挥舞和摆振力矩的首选传感器位置

位置	安装位置	说明	传感器对的信号
0°	Leading Edge (LE)	叶片前缘	两个信号的差异提供 edgewise 弯曲应变 → 与挥舞力矩成正比
180°	Trailing Edge (TE)	叶片后缘	
90°	Pressure Side (PS)	叶片迎风面	两个信号的差异提供 flapwise 弯曲应变 → 与摆振力矩成正比
270°	Suction Side (SucS)	叶片背风面	

一般来说，叶片制造商对叶片法兰区域的叶片角度有一个零度标记。该标记通常表示叶片前缘 (Leading Edge) 的位置。

7.3 安装材料和工具

根据第 7.4 和 7.5 节中的建议，安装 CLS300 悬臂式传感器需要以下材料：

- 1 个 CLS300 悬臂式传感器 (商品编号 00036043-00)
- 1 个防踩踏装置 CLS300 (商品编号 00035878-00)
- 1 根连接电缆 (商品编号 00036063-00)
- 3 个 0.34 mm² 芯线末端套管
- 粘合剂，例如 LORD 406E (根据基材和使用温度选择合适的粘合剂系统)
- 约 20 cm 双面胶带，例如 3M 5962F，厚度 1.6mm，宽度 19mm
- 粘合剂和密封剂 Sikaflex-521UV (300ml 盒装)

提示：在风机叶片中使用悬臂式传感器时，规划合适的电缆线路在很大程度上取决于各个设备和叶片类型的结构条件 - 参见 0 一节中的说明。因此，布置电缆线路所需材料需单独提供，此处不一一列举。

根据第 7.4 和 7.5 节中的建议进行安装，需要以下辅助设备和工具：

- 1 个 CLS300 装配工具 (商品编号 00035910-00)
- 4 个固定基座 (商品编号 00036061-00)

- 4 个固定挂钩 (商品编号 00035940-00)
- 4 根橡皮筋 (100x5mm)
- 电气安装的标准工具
- 热风枪 (建议在低温下使用)

7.4 机械安装

安装说明中建议的组件装配技术、安装位置以及可能的布线路径为一般建议，必须适应具体应用（设备类型、转子叶片类型）。必须遵守法律规定以及制造商或运营商的标准和规定。如果安装说明中提出的建议与此相矛盾，必须按照规定进行修改。



注意

安装位置和电缆布线以及固定方式不得违反立法者、制造商或运营商的法律标准或规定。

7.4.1 有关粘合剂装配时表面预处理的一般说明

为了在粘合剂装配时实现良好的粘合效果，必须清洁相关的接触面。表面上附着的污染物会降低粘合效果，使粘合失效。

基材不得带有油脂、油或类似的有机污染物。这种类型的轻度污染可以用异丙醇去除。



提示

必须遵守所用清洁剂和粘合剂制造商的安全信息。

此外，必须从表面去除钝化层或脱模剂，因为它们也会降低附着力或只提供对基材的低粘附力。

这就意味着在粘合剂使用之前必须去除薄膜、脱模剂或凝胶涂层 – 例如在 GRP 或 CFRP 表面可能出现这种情况。严重的不平整现象也必须进行修整。

这可以通过打磨、研磨或刮削等机械方式完成。建议**不要**为此在转子叶片中使用电动研磨机等高速电气设备，因为去除的材料可能导致形成强烈而危险的粉尘颗粒。

对于转子叶片的 GRP 或 CFRP 表面，手动刮刀或油漆刮刀已历经考验。使用刮刀的优势是几乎不产生粉尘。或者，也可以使用粗砂纸（粒度 80）手动打磨表面。必须用干净的布（最好使用防尘绒）擦去表面上的任何细磨粒和/或磨料粉。

在最近的项目中，使用电动的砂带机对粘贴表面进行打磨处理是另外一种经过验证的打磨方法，安全高效。

警告

为避免细粉尘对健康造成损害或粉尘爆炸的危险，我们不建议使用角磨机、圆盘磨光机或偏心磨光机或者类似机器处理表面。

小心**磨料粉、有机溶剂蒸气有害健康**

在研磨或清洁工作中佩戴合适的呼吸面罩，以防止吸入颗粒和有害物质。

也可以选择在清洁过的表面上涂抹适当的底漆。底漆可以提高粘合强度并保持表面状态。

预处理完成后，待粘合的表面应干燥，无灰尘和油脂，以达到最佳粘合效果。

小心

对于风机轮毂和叶片中的所有工作，必须遵守设备制造商的必要规定和说明。这尤其适用于锁定转子和踩踏转子叶片的情况。

安装过程中使用到了 Lord 406/19GB 丙烯酸粘剂和 sika521 UV 聚氨酯密封胶两种类型的胶。

其中 Lord 胶用来粘贴 CLS300 传感器，粘度，cP @ 77°F (25°C) Brookfield: 100,000 - 300,000，没单位面积上会有强大的粘着力。

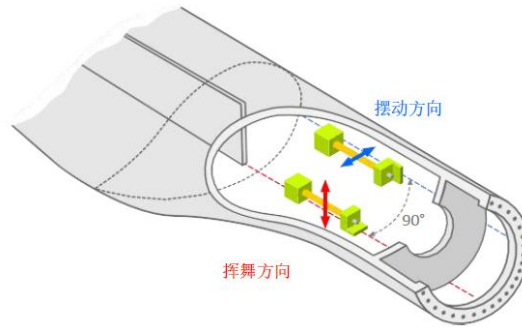
sika521 UV 聚氨酯密封胶用来对所打的孔及固定扎带的基座做密封粘贴处理，也是目前行业内载荷监测系统通长使用的一款密封胶，其它厂家也用来把排布的传感器电缆密封在胶内，起到固定电缆的作用。巴合曼使用扎带底座自带 3S 胶，用于固定传感器电缆，除此之外，外加 sika521 UV 密封胶进行扎带基座的密封处理，由于采用了两种胶来固定电缆，固化后非常牢固。

因此，鉴于以上的施工表面的处理，已经高质量的结构胶及密封胶的应用，保证了传感器及电缆安装的牢固可靠。

7.4.2 安装需求

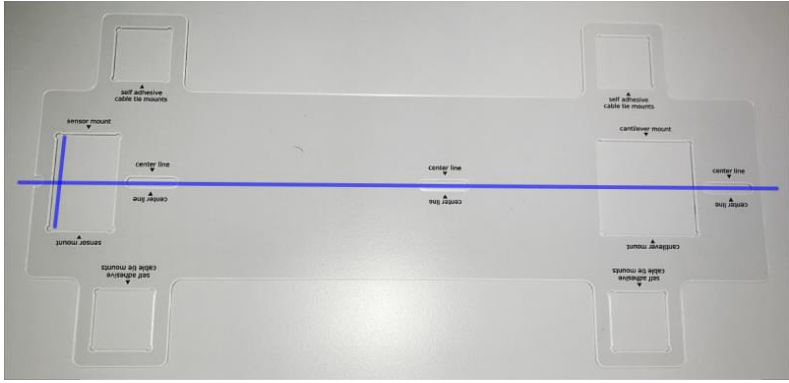
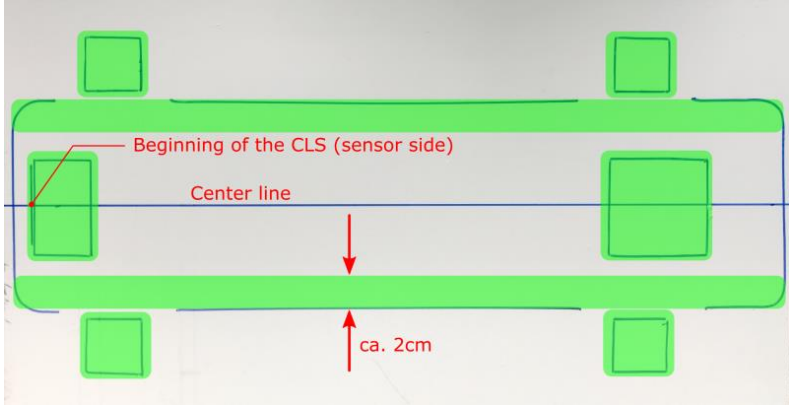
对于 CLS300 的安装，由于现场安装需要调整叶片位置，因而需要多次锁轮毂，再加上风机上作业对风况的要求，单台风机的施工较为耗时，因而我们推荐在叶片厂家内进行安装，排除风况及锁轮毂对施工耗时的不利影响。

安装前需要将叶片水平放置，此时要求叶片的压力侧位于底部（挥舞方向传感器），因而需要有专门的设备可以移动叶片并能水平放置。如下图位置所示：

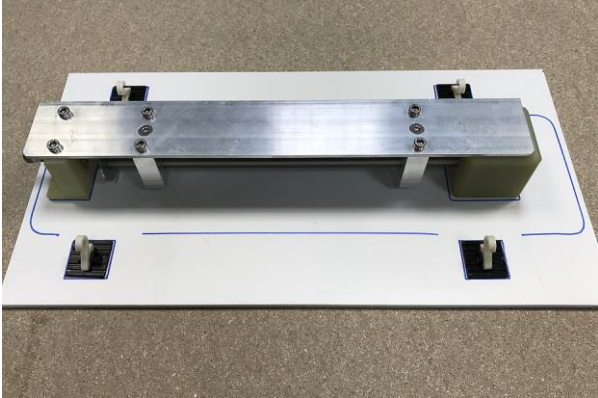


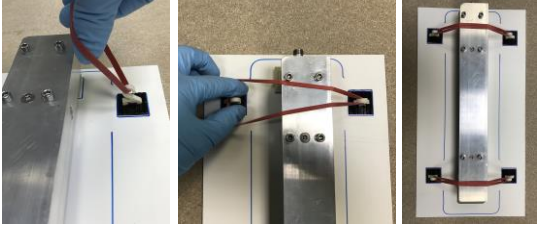
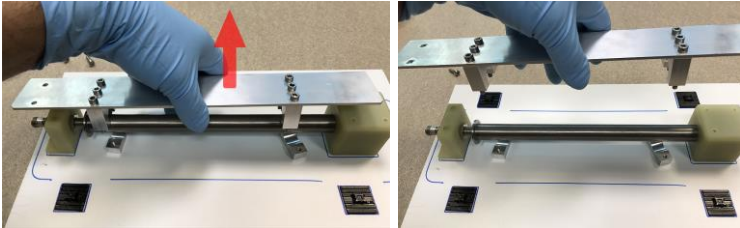
传感器及电缆走线在使用胶粘贴完毕后需要至少 4 个小时的固化时间，最好是 24 小时的固化时间。安装过程需要使用到电动工具，要有较为灵敏的取电位置（220V）。叶片的 0 度刻度线参考线需要清晰表明，传感器的安装位置将一次作为参考点进行定位。

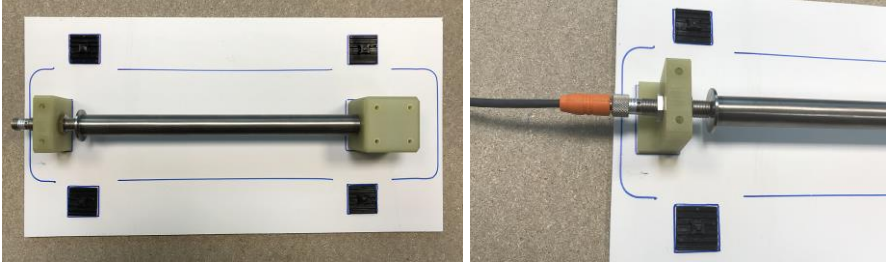
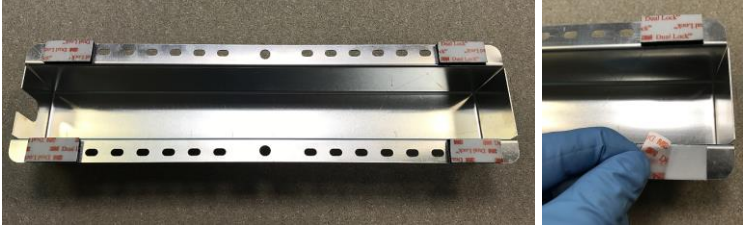
7.4.3 安装悬臂式传感器

编号	工作步骤	说明
1	确定安装位置	首先确定所需的安装位置并标记传感器的始端。始端是指带有传感器支架的一侧，带有悬臂的支架形成末端（参见图 1）。
		注意
		 确定传感器位置时，要与避雷器电缆保持尽可能大的距离。 不得低于 30 cm 的最小距离！
		在转子叶片中安装时，传感器支架以及传感器电缆的连接应指向转子轮毂的方向。
		从始端标记开始，画出所需的测量方向。
		如图 5 所示沿标记对齐装配工具，以标记安装位置。
		用记号笔将装配工具的轮廓转移到表面（参见图 6）。之后要清洁的区域用绿色标记。
		 图 5 用于标记安装位置的装配检具
		 图 6 转移的轮廓以及要清洁的面积（绿色标记）

2	清洁表面以粘贴传感器	在粘合之前，必须从表面去除可能存在的钝化层或脱模剂。表面必须平整、干燥、无尘、无油。 为此，请在粘贴传感器之前清洁图 5 中标记为绿色的区域。 粘合面可以通过打磨、研磨或刮削进行机械清洁。 如果表面有较大的不平整，则必须进行修整。 粘合面必须用异丙醇清洁。 必须遵守粘合剂制造商的任何规定。 如有必要，应使用装配工具更新标记。
3	安装用于固定传感器的辅助设备	为了在粘合剂固化过程中用橡皮筋将传感器固定到位，首先安装 4 个自粘式固定基座作为锚点。 为此，将保护膜从基座的粘合面取下，然后将基座紧紧压在预定位置几秒钟，如图 7 所示。然后可以立即装载固定基座。 图 7 粘贴固定基座 重要：在寒冷或高空气湿度条件下，强烈建议在粘合前用热风枪对固定基座的表面和粘合面进行干燥和加热。 为此，将热风枪调到 200 °C，并将其对准要粘合的表面，距离约为 10...15cm，持续几秒钟。 小心！连续移动热风枪以避免表面过热，表面温度最高不应超过 60 °C。 在每个固定基座中插入一个挂钩，用于悬挂橡皮筋（参见图 8）。 准备好 4 根橡皮筋，以便在粘贴后用来固定传感器。 图 8 将挂钩安装在固定基座上

4	粘贴传感器	根据基材和使用温度，使用合适的粘合剂系统，并遵守制造商的相关说明和安全说明。 取下固定在装配导轨上的悬臂式传感器，将粘合剂涂在传感器支架底部和悬臂支架底部（参见图 9）。 使用相应粘合剂制造商推荐的混合枪，并遵守相关说明和安全说明。 重要： 传感器在出厂时已预对齐并固定在装配导轨上。传感器与装配导轨粘贴在一起，只有在粘合剂固化后才能移除装配导轨！ 重要： 在寒冷或高空气湿度条件下，强烈建议事先用热风枪对要粘合的表面进行干燥和加热。 为此，将热风枪调到 200 °C，并将其对准要粘合的表面，距离约为 10...15cm，持续几秒钟。 小心！ 连续移动热风枪以避免表面过热，表面温度最高不应超过 60 °C 左右。  图 9 悬臂式传感器固定在装配导轨上，涂有粘合剂，准备安装 将悬臂式传感器的粘合面放在标记区域的起始和结束位置（参见图 10）。  图 10 根据标记粘贴悬臂式传感器 轻轻按压装配导轨的两端，让多余的粘合剂溢出到侧面。 重要： 确保传感器元件和标靶之间的间隙中没有粘合剂（参见图 1）。立即用无绒布清除多余的粘合剂。
---	-------	---

5	在粘合剂固化过程中固定传感器	利用橡皮筋固定悬臂式传感器的位置。 为此，将传感器两端的各两条橡皮筋从装配导轨上方的一个固定挂钩拉到对面的固定挂钩（如图 11 所示）。  图 11 利用橡皮筋固定悬臂式传感器 再次检查悬臂式传感器的对齐和位置，必要时进行校正。
6	松开装配导轨	等到粘合剂固化到至少可用手处理后，再取下橡皮筋，移除装配导轨。固化到可处理强度的持续时间取决于温度，请参见所选粘合剂系统的制造商信息。 注意：您通常可以通过加热粘合剂来加速固化，例如用热风枪，但要避免粘合剂过热。允许的温度和相关固化时间请参见所选粘合剂系统的制造商信息。 粘合剂固化后，取下橡皮筋和固定挂钩 – 这些组件可重复用于后续安装。 然后从悬臂式传感器上移除装配导轨。为此，松开位于装配导轨顶部的所有螺栓（图 12）。  图 12 松开螺栓以移除装配导轨 现在可以小心地将装配导轨垂直于粘合面取下（参见图 13 和图 14）。不再需要装配导轨。  图 13 小心取下装配导轨

		 图 14 移除装配导轨后粘贴的悬臂式传感器
7	安装防踩踏保护盖	重要：在粘贴防踩踏保护盖之前连接传感器电缆（参见图 14 右），因为防踩踏装置将电气连接也覆盖在内！ 重要：如果在调试过程中要进行信号测试，以检查控制器上的通道分配是否正确，则只有在调试完成后才能安装防踩踏保护盖！否则无法再进行信号测试。 将防踩踏保护盖罩在传感器上方并用双面胶带粘贴（例如双面胶带 3M 5962F，厚度 1.6mm，宽度 19mm）。 为此，将约 4...5cm 长的双面胶带条贴在防踩踏保护盖的底部，如图 15 所示。  图 15 带双面胶带的防踩踏装置 撕掉胶条上的保护膜，将罩盖放在悬臂式传感器上方，使传感器电缆从防踩踏装置正面的开口中伸出。 将盖子沿外标记对齐，然后用力按压表面几秒钟（参见图 16）。防踩踏保护盖不应接触悬臂式传感器本身的任何位置。 最后，用弹性粘合剂和密封剂（如粘合剂和密封剂 Sikaflex-521UV）覆盖保护罩的外缘，进行永久固定。 使用商业通用的涂胶枪，并遵守 Sika 的说明和安全说明。  图 16 对齐和粘贴防踩踏保护盖

7.4.4 在风机轮毂和叶片间规划电缆线路的提示

悬臂式传感器粘贴固定好后，需要在叶片隔板和轮毂侧控制器或数据采集系统之间构建一条灵活的路径来排布传感器电缆，使得在叶片变桨时也能确保电缆无绷断的风险。

如本节所述，这种电缆布线可以通过例如一个拉伸弹簧来完成，该弹簧在 2 个连接点之间张紧，一个在叶片隔板上，一个在转子轮毂中。

提示：

原则上，在构建合适的电缆线路时，必须注意各个设备和转子叶片类型的单独结构条件。

对于其他应用，必须适当调整电缆布线。

以下安装步骤详细描述了使用拉伸弹簧构建电缆线路的可能方式。根据结构条件，设计可能有所偏差，可能使用其他材料。

8	在叶片隔板上安装连接点 A	在叶片隔板上钻一个孔（10...10.2 mm，尽可能居中），用于安装 M10 吊环螺母（固定吊环）。	
			图 17 吊环螺母（固定吊环）
		将一个适当长度的螺栓（M10，强度 8.8）带垫圈或大直径垫圈（用于 M10，垫圈外径至少 25 mm）从叶片侧穿过孔。 在 M10 吊环螺母（固定吊环）的内螺纹上涂抹"中等强度"螺纹锁固剂。然后将轮毂侧的吊环螺母拧到从叶片隔板穿出的螺栓上并拧紧连接。	

9	在转子轮毂中安装连接点 B	在轮毂中确定并安装第二个连接点，与叶片隔板相对。	
			图 18 带吊环和卸扣的吊索
		连接点的设计取决于现场条件。如果无法安装第二个固定吊环，则带吊环的钢索等固定在轮毂中的支撑件或装入件上，也可以形成一个连接点。（参见图 18）。	
10	用拉伸弹簧设计电缆线路	在两个连接点之间安装一条灵活的电缆线路（例如用一个或多个拉伸弹簧，参见图 19）。该电缆线路必须能减轻张力和扭力，以最大限度地降低"变桨"时叶片旋转对传感器电缆的影响。	
		弹簧的尺寸和设计必须适应现场的结构条件。	
			注意
			电缆布线和固定 必须确保整个电缆线路在设备运行期间不会与现有装入件发生碰撞，无论桨距角如何。尤其要避免接触电缆和线路，否则会导致绝缘层磨损。
			图 19 拉伸弹簧
11	在叶片隔板上安装电缆绝缘套管	为了将传感器电缆接入轮毂，必须在叶片隔板中安装一个电缆绝缘套管。 为此，在叶片隔板中钻一个孔（尽可能居中）并插入一个合适的电缆绝缘套管或电缆套管。该孔应距吊环螺母或固定吊环（连接点 A）至少 10 cm。 如有必要，使用合适的粘合剂（如粘合剂和密封剂 Sikaflex-521UV）额外固定绝缘套管	

12	粘贴电缆扎带基座，将传感器电缆固定在转子叶片中	确定并绘制从每个悬臂式传感器到叶片隔板中电缆绝缘套管的电缆布线。 尝试将多条传感器电缆捆绑在一起铺设，以减少安装工作量。 沿着标记的电缆布线，每隔 15...20 cm 粘贴一个电缆扎带基座，以将传感器电缆固定在转子叶片中或叶片隔板上。 <i>建议用于低能表面的自粘式电缆扎带基座，推荐使用以下产品：</i> <i>柔性固定基座 FMB4APT-I，制造商：HellermannTyton，商品编号：151-01527</i> 为此，表面必须平整、干燥、无尘、无油。请遵守 7.4.1 一节中有关粘合剂装配的一般说明。 重要：在寒冷或高空气湿度条件下，强烈建议先用热风枪对要粘合的表面进行干燥和加热。 为此，将热风枪调到 200 °C，并将其对准要粘合的表面，距离约为 10...15 cm，持续几秒钟。 小心！连续移动热风枪以避免表面过热，表面温度最高不应超过 60 °C 左右。	
13	在转子叶片中铺设传感器电缆	M12 传感器连接电缆已连接到传感器元件。	
		现在将传感器连接电缆从悬臂式传感器铺设到叶片隔板中的电缆绝缘套管。为此，请使用电缆扎带将电缆沿铺设路线固定到粘贴的电缆扎带基座上。	
			注意
			电缆布线和固定 不要将电缆固定得太紧或在拉应力下固定，而要以环形和弯曲的方式铺设电缆，以补偿叶片动态和热膨胀效应。 同时，在设备运行期间，电缆不得移动，以防止疲劳断裂。因此，将电缆固定在足够多的位置。
			分隔距离 平行铺设传感器电缆时，必须与转子叶片中的避雷器电缆保持至少一米的分隔距离。 如果传感器与避雷器电缆的距离较近，则传感器电缆必须直接在传感器后方，与放电电缆成直角引出。为了进一步平行铺设，必须保持至少一米的分隔距离。 必须避免传感器电缆和避雷器电缆交叉。
为了永久固定，建议使用弹性粘合剂和密封剂（如粘合剂和密封剂 Sikaflex-521UV，商品编号：54864）覆盖电缆扎带支架四个边缘中的两个。			
使用商业通用的涂胶枪，并遵守 Sika 的说明和安全说明。			

14	在轮毂中铺设传感器电缆	将传感器电缆穿过叶片隔板中的一个或多个电缆绝缘套管。 沿着从叶片隔板到轮毂的电缆线路铺设传感器电缆。为此，沿拉伸弹簧将电缆固定在几个松动的环中，以补偿转子叶片变桨时的旋转运动，并防止电缆断裂（参见图 20）。	
			图 20 从叶片隔板到轮毂的电缆线路
		将轮毂中的传感器电缆继续引到控制器或数据采集系统。用电缆扎带沿所选的铺设路线固定电缆。使用轮毂中任何现有的电缆路线或电缆管道。	
		注意	
			电缆布线 在关键位置使用电缆保护软管，以保护电缆免受可能的损坏（例如由于摩擦或振动）。

7.5 电气连接

为了连接和调试轮毂中现有控制器或数据采集系统上的悬臂式传感器，需要相关技术文档，一般由制造商提供。

注意



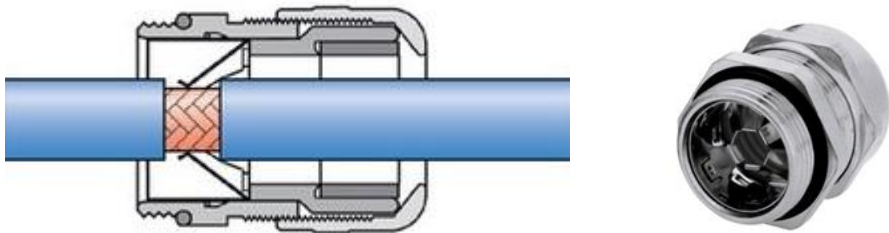
调试准备

为了连接和调试控制器上的悬臂式传感器，需要相关技术文档（控制器/数据采集系统的技术手册，包含接口分配和配置说明）。

为了保护控制器的输入通道免于过压，必要时必须使用避雷器或过压保护放电器。必须遵守控制器制造商的规定。

这些资料不是本手册的组成部分，通常应事先向制造商索取。

将传感器连接到现有控制器的一般方法如下所示。

15	建立无电压状态	将连接悬臂式传感器的控制器切断电压。
16	准备连接传感器电缆	在控制器上/控制器中，查明传感器电缆的进给、铺设路线和连接端子的位置。将铺设到控制器的传感器电缆缩短到所需的连接长度，留有余量（约 0.5m）。
17	将传感器电缆的屏蔽层接地	对于控制器外壳上有屏蔽抽头的电缆绝缘套管，操作步骤如下： 如图 21 所示剥去一小条电缆护套（约 0.5...1 cm），露出屏蔽层。将电缆插入电缆螺纹套管接头，使屏蔽层通过内部触点接地。 然后使用合适的开口扳手拧紧绝缘套管的接头，直到电缆牢牢固定。  图 21 带屏蔽抽头的电缆绝缘套管 另一方面，如果控制器内部有接地端子，则传感器电缆的屏蔽层必须以类似的方式露出并在那里进行接触。

18	连接传感器电缆	将传感器电缆铺设到控制器中的连接端子。将传感器电缆缩短至最终长度，使电缆在连接/夹紧后不承受拉应力。 露出传感器电缆的各个芯线。为此，剥去大约 5...10 cm 的电缆护套并切去编织屏蔽层。 从传感器电缆的全部 3 根芯线上剥去约 1 cm 的绝缘层。将压接套管（横截面 0.34 mm²）放在裸露的铜线上，并用压接钳压接。 悬臂式传感器的引脚分配如下，参见图 22。			
		引脚	颜色		分配
		1	棕色		工作电压 $U_b = +24V\ DC$
		3	蓝色		接地 (GND)
		4	黑色		信号 (4...20mA)
		图 22 传感器插头的引脚布局和到连接电缆的分配			
		悬臂式传感器和控制器之间的电缆长度必须小于 30m。最后，将传感器电缆固定在控制器中，此时请遵守工作步骤 13 和 14 中有关电缆铺设的说明。			

7.6 调试/功能检查

对传感器进行调试和功能检查的一般方法如下所示。

19	启用电压	接通控制器的电源。
20	信号合理性检查	测量各个传感器的信号幅度并检查其合理性。 对于标准电流接口，信号幅度必须在 4...20 mA 范围内，不允许电平超出此范围。
21	检查通道分配	可以通过简单的信号测试来检查各个传感器的通道分配是否正确。为此，将一个金属物体（例如 1mm 的测距仪）插入传感器和标靶之间的测量间隙中，并在控制器侧观察测量的输出信号。输出信号必须从约 12mA 的平均值下降到 4mA。这样，除了信号合理性之外，还可以检查控制器上各个传感器的通道分配是否正确。
22	配置远程访问（可选）	设置网络配置以互联网访问或远程访问系统。 必须从法律和技术角度事先与负责的合作伙伴（例如运营商、运营经理、制造商、第三方服务提供商）明确对控制器的远程访问。
23	将传感器缩放或归一化（可选）	在连接和调试测量系统后，建议将悬臂式传感器的信号转换为物理单位，或将其归一化为地球引力场中的相对或绝对叶片弯矩。

8 标定

标定时需要采集传感器信号的 5-10 个周波。

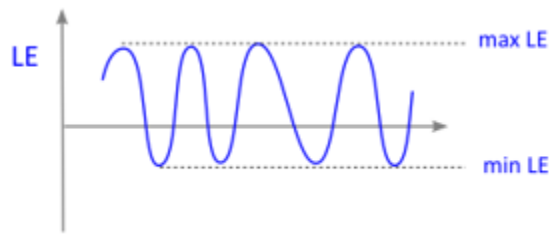


图 23 前缘侧传感器采集的数据样例（上面信号为实验模拟信号）

通过波形中的幅值的最大值和最小值，各取 5 个，并求出最大、最小幅值，然后把最大、最小值写入 CLS300 监控系统的程序中。另外，也可以通过 CANopen 通讯，通过发指令和写入值来把最大值、最小值导入到 CLS300 监控系统的程序中。

以下的几种标定方式，都是用来找出波形中的最大、最小值，具体使用哪一种，可以根据现在条件灵活选择，下面的标定都是针对单个叶片进行，需要 3 个叶片的标定都完成后，整个标定的过程才算完成。

8.1 通过叶轮缓慢旋转来标定

低风速下（5m/s 以下），将风机桨叶角度调整到 0°，让风机叶轮缓慢旋转。启动 scope 录取数据并记录数据。数据可视化后将得到类似右侧的波形。通过数据分析找出最大、最小值并做均值处理。

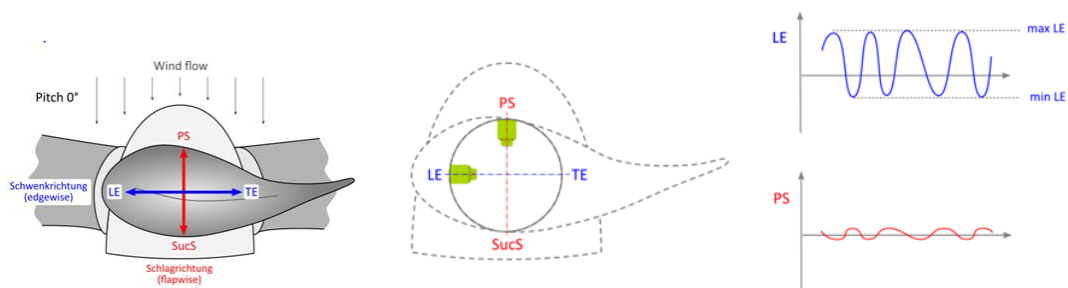


图 24 对前缘侧传感器进行标定

低风速下（5m/s 以下），将风机桨叶角度调整到 90°，让风机叶轮缓慢旋转。启动 scope 录取数据并记录数据。数据可视化后将得到类似右侧的波形。通过数据分析找出最大、最小值并做均值处理。

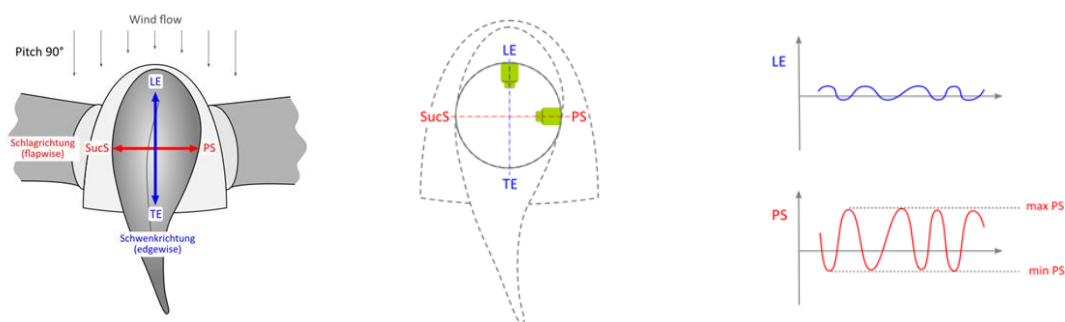


图 25 对压力侧传感器进行标定

8.2 叶片在水平位置通过变桨来标定

- a) 让风机待标定叶片处于 11 点钟的水平位置，变桨从 90°到 0°，在此位置下可以得到前缘侧的最大值。波形如下图所示：

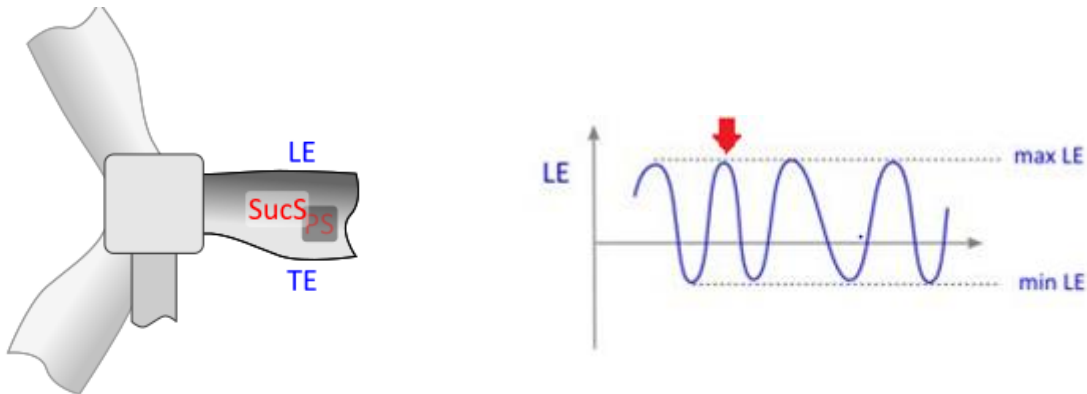


图 26 11 点钟位置对前缘侧传感器进行标定-最大值

- b) 如果可以，将桨叶从上面的位置旋转 180 度，在此位置下可以得到前缘侧的最小值。如下图所示：

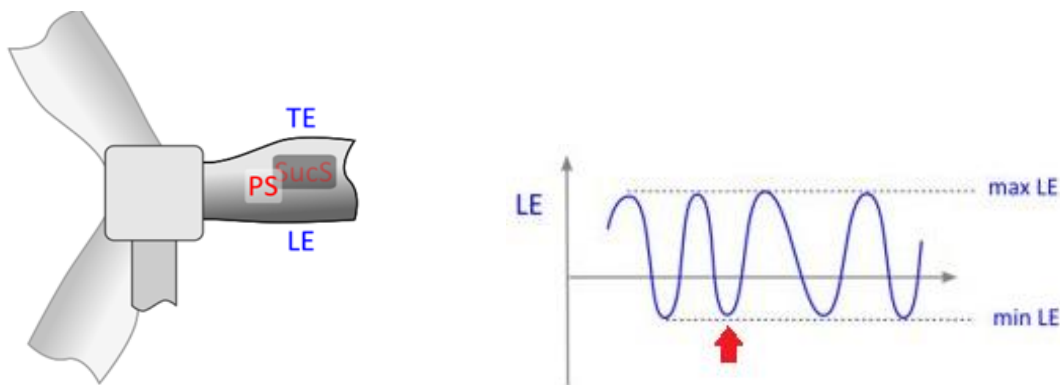


图 27 1 点钟位置对前缘侧传感器进行标定-最小值

- c) 回到 a)的位置，并重复 5 次。同时启动 scope 录取数据并记录数据。数据可视化后将得到类似右侧的波形。通过数据分析找出最大、最小值并做均值处理。

压力侧的标定如下：

- d) 将桨叶从位置 c) 旋转 90°，可以让风机处于一下位置。在此位置下可以得到压力侧的最大值。波形如下图所示：

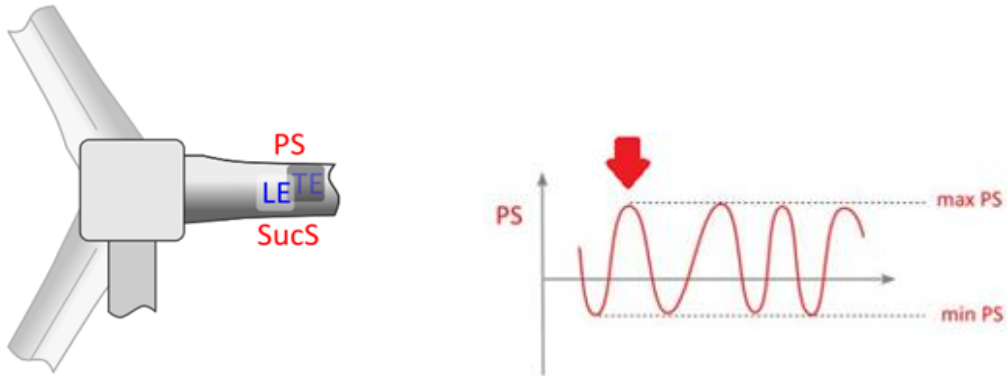


图 28 11 点钟位置对压力侧传感器进行标定-最大值

- e) 如果可以，将桨叶从位置 d) 旋转 180 度，在此位置下可以得到压力侧的最小值。如下图所示：

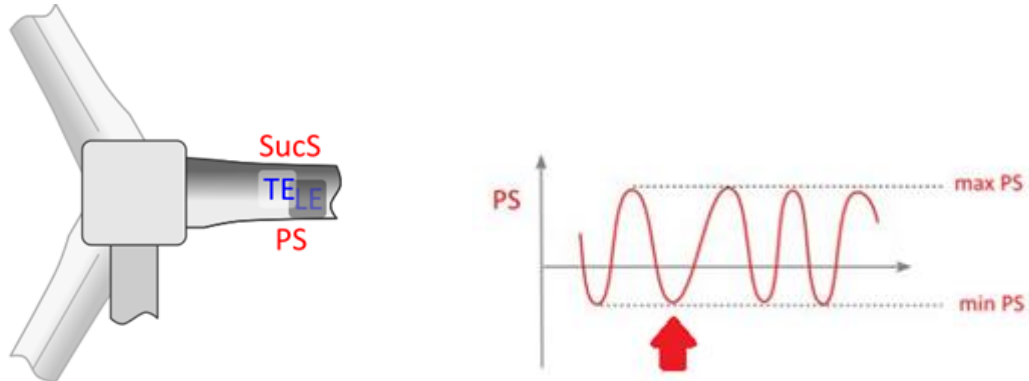


图 29 11 点钟位置对压力侧传感器进行标定-最小值

- f) 回到 d) 的位置，并重复 5 次。同时启动 scope 录取数据并记录数据。数据可视化后将得到类似右侧的波形。通过数据分析找出最大、最小值并做均值处理。

8.3 叶片变桨无法调到 180°，可以叶轮旋转 180° 标定

- a) 让待标定的叶片处于 11 点钟的水平位置，桨叶角度调整到 0°：

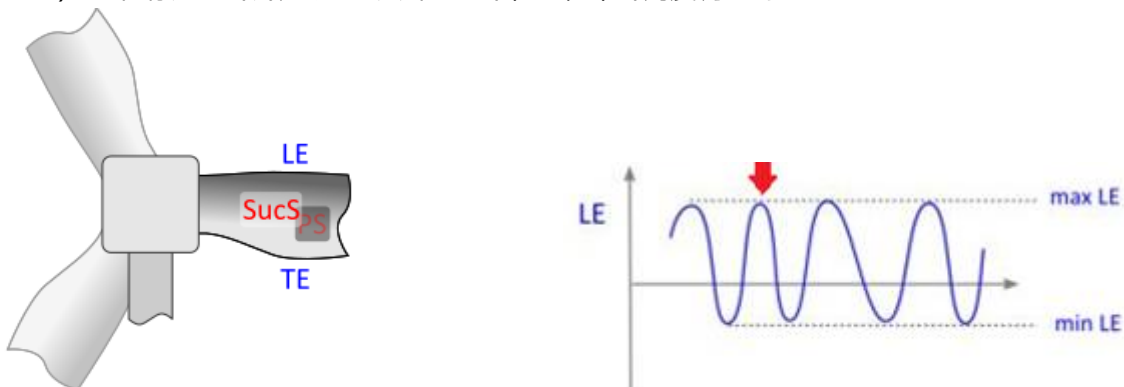


图 30 11 点钟位置前缘侧传感器进行标定-最大值

b) 旋转叶轮，让待标定的叶片处于 3 点钟的水平位置，桨叶角度调整到 0° ：

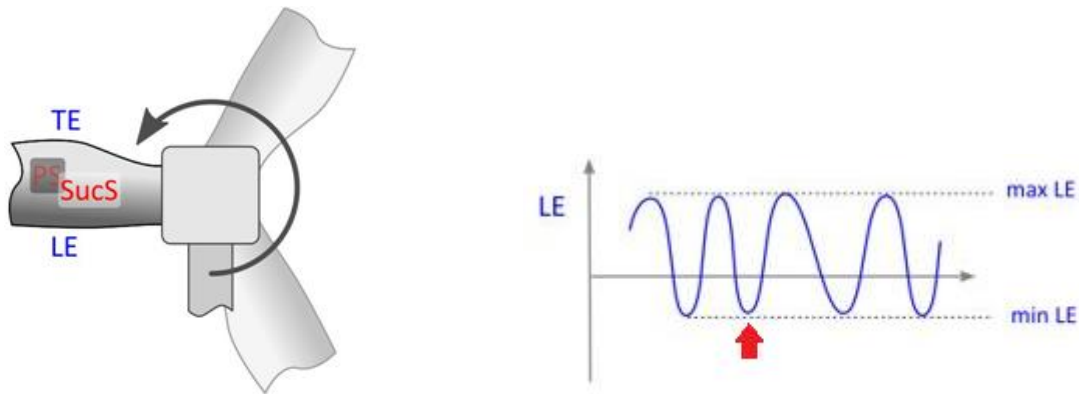


图 31 3 点钟位置前缘侧传感器进行标定-最小值

c) 回到 a) 的位置，并重复 5 次。同时启动 scope 录取数据并记录数据。数据可视化后将得到类似右侧的波形。通过数据分析找出最大、最小值并做均值处理。

压力侧的标定如下：

d) 让待标定的叶片处于 11 点钟的水平位置，桨叶角度调整到 90° ：

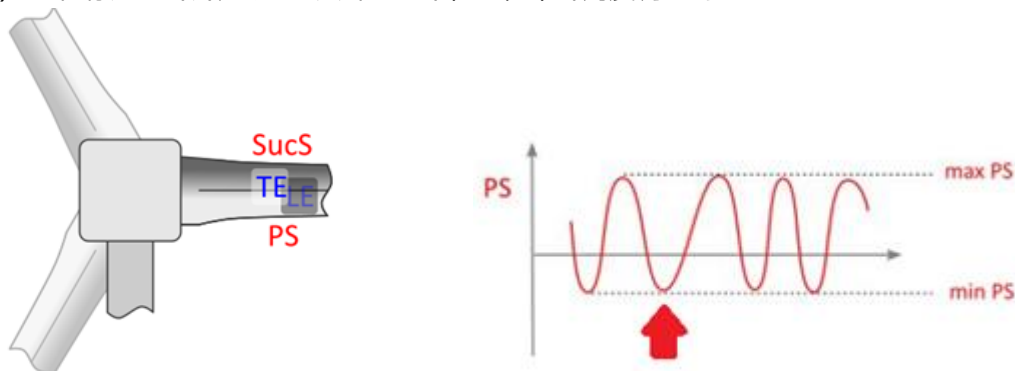


图 32 11 点钟位置前缘侧传感器进行标定-最小值

e) 旋转叶轮，让待标定的叶片处于 3 点钟的水平位置，桨叶角度调整到 90° ：

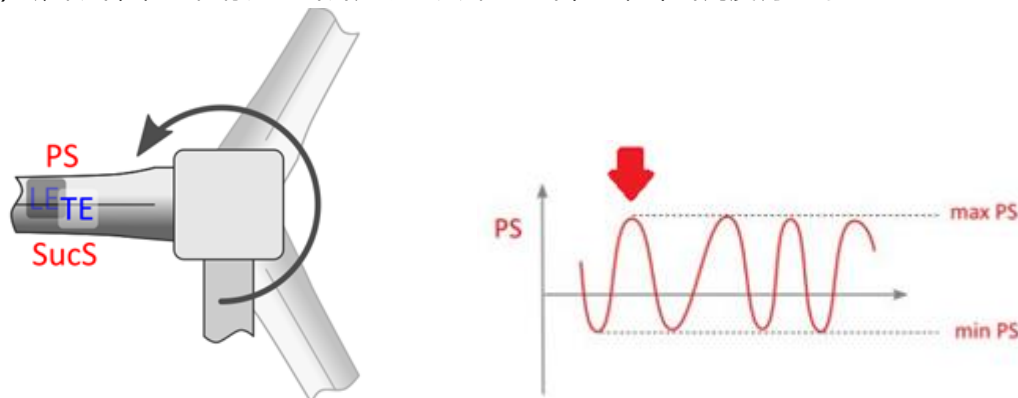


图 33 3 点钟位置前缘侧传感器进行标定-最大值

- f) 回到 d)的位置，并重复 5 次。同时启动 scope 录取数据并记录数据。数据可视化后将得到类似右侧的波形。通过数据分析找出最大、最小值并做均值处理。

8.4 标定过程的正确性确认

整个标定过程除了由上海分公司的技术人员直接实施外，同时数据将实时传送国外公司总部，由总部专家再次确认，以便确保整个标定的准确性，为后续的数据正确性打好基础。完成了标定阶段的闭环验证。

9 CLS300 叶根载荷系统和主控之间的通讯接口

9.1 PDOs

CLS300 叶根载荷监控系统和主控之间采用 CANopen 通讯，波特率 500k，默认 NODE ID 为 11，双向的数据接口加下表：

Node ID = 11				
波特率500k				
PDO	COB_ID	变量	数据类型	说明
RxPDO1	0x20B	CmdWord	16位Word	命令字
		CmdValue_Int	16位int	命令数值1
		CmdValue_Real	32位float	命令数值2
RxPDO2	0x30B	B1_Pos	32位float	桨叶1的位置值
		B2_Pos	32位float	桨叶2的位置值
RxPDO3	0x40B	B3_Pos	32位float	桨叶3的位置值
		WindSpeed	32位float	风速值
TxPDO1	0x18B	B1_S1_Data	32位float	桨叶1传感器1 (LE) 的数据
		B1_S2_Data	32位float	桨叶1传感器2 (PS) 的数据
TxPDO2	0x28B	B2_S1_Data	32位float	桨叶2传感器1 (LE) 的数据
		B2_S2_Data	32位float	桨叶2传感器2 (PS) 的数据
TxPDO3	0x38B	B3_S1_Data	32位float	桨叶3传感器1 (LE) 的数据
		B3_S2_Data	32位float	桨叶3传感器2 (PS) 的数据
TxPDO4	0x48B	B1_S1_Sta	16位Word	桨叶1传感器1的状态字
		B1_S2_Sta	16位Word	桨叶1传感器2的状态字
		B2_S1_Sta	16位Word	桨叶2传感器1的状态字
		B2_S2_Sta	16位Word	桨叶2传感器2的状态字
TxPDO5	0x18C	B3_S1_Sta	16位Word	桨叶3传感器1的状态字
		B3_S2_Sta	16位Word	桨叶3传感器2的状态字
		Sys_StaWord	16位Word	系统状态字
		Sys_Mode	16位Word	系统模式：0 - 初始化模式，1 - 配置模式，2 - 运行模式，3 - 紧急模式，4 - 校准模式
TxPDO6	0x28C	StaValue_Int	16位Int	状态数值1
		StaValue_Real	32位float	状态数值2

图 34 PDOs

9.2 系统状态字

下表为 CLS300 叶根载荷监控系统的状态字，细节如下：

系统状态字	数据类型	Bit	说明
Sys_StaWord	16位无符号整型	0	GIO模块插槽故障 (1: 故障, 0: 正常)
		1	GIO模块自身故障 (1: 故障, 0: 正常)
		2	
		3	
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	主电路防雷故障 (1: 故障, 0: 正常)
		9	
		10	
		11	
		12	未定义的传感器数据(1: 故障, 0: 正常)
		13	传感器数据: 0 - 相对弯矩, 1 -
		14	绝对弯矩, 2 - 应力值, 3 - 电流值
		15	心跳位, 周期1s

图 35 系统状态字

9.3 传感器状态字

下表为 CLS300 叶根载荷监控系统的传感器状态字，用于指示传感器信号是否正正常，细节如下：

传感器的状态字	数据类型	Bit	说明
B1_S1_Sta	16位无符号整型	0	供电故障 (1: 故障, 0: 正常)
		1	数值超过上限值 (1: 超限, 0: 正常)
		2	数值低于下限值 (1: 超限, 0: 正常)
		3	断线故障 (1: 故障, 0: 正常)
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	
		10	
		12	
		13	
		14	
		15	传感器校准状态 (1: 已校准, 0: 未校准)

图 36 传感器状态字

9.4 控制字

下表为 CLS300 叶根载荷监控系统的控制字，可以从主控侧通过 CANopen 通讯对 CLS300 叶根载荷监控系统的控制字的状态机进行切换，完成相应功能，譬如：标定是确定的最大值、最小值做写操作，完成标定功能，细节如下：

命令字	数据类型	Bit	说明
CmdWord	16位无符号整型	0	0 - 进入自动运行, 1 - 进入校准模式, 2 - 进入配置模式, 3 - 进入运行模式
		1	
		2	
		3	
		4	1 - 复位校准OK的标志
		5	1 - 置位校准OK的标志
		6	1 - 复位所有配置OK的标志
		7	1 - 置位所有配置OK的标志
		8	x - 对传感器x进行配置 (x = 1, 2, 3, 4, 5, 6) 13 - 对叶片1进行配置 14 - 对叶片2进行配置 15 - 对叶片3进行配置
		9	
		10	
		11	
		12	命令数值2 (CmdValue_Real) 的含义: 0 - 传感器平均最小值 (l_min), 1 - 传感器平均最大值 (l_max)
		13	命令数值2 (CmdValue_Real) 的含义: 0 - 叶片的质量, 1 - 叶片重心的半径
		14	1 - 使能传感器数据类型 (CmdValue_Int)
		15	校准激活 (1 - 使能, 0 - 禁止), 系统在校准模式下有效

图 37 控制字

9.5 校准控制字

下表为 CLS300 叶根载荷监控系统在校准激活使能的情况下，对系统进行校准的命令值进行解释，见下表：

命令数值1	数据类型	Bit	说明
CmdValue_Int	16位整型	0	在使能传感器数据类型时，设置传感器数据：0 - 相对弯矩，1 - 绝对弯矩，2 - 应力值，3 - 电流值
		1	
		2	
		3	
		4	
		5	
		6	
		7	
		8	
		9	
		10	
		11	
		12	
		13	
		14	
		15	

图 38 控制字命令解释

9.6 数据采集

调试校准阶段的数据，将通过 SCOPE 的录播功能来实现。所以，巴合曼会负责此阶段的数据的采集工作，实现方式为 SCOPE 在线存取。

风机正常运行阶段，如果后续仍然需要巴合曼对数据进行分析、对比，需要主控来采集数据，所需要的数据除了 CLS300 叶根载荷监测系统提供的 6 路传感器数据外，还需要：

- 发电机实时转速；
- 发电机功率；
- 实时风速；
- 三个叶片的实时角度
- 风向
- 偏航角度
- 风机状态

数据的保存方式，处决于主控侧。数据采集时间间隔建议不大于 20ms。具体是在线方式，还是从主控直接拷贝文件，处决于主控的方便。

10 施工计划安排

时间	工作内容	说明
2022-12-14	办理入场手续，勘探现场	入场手续，叶片摆放位置是否方便安装确认，轮毂内控制柜打孔位置确定；
2022-12-15	第一个叶片施工	两传感器的安装，传感器电缆排布；
2022-12-16	第二个叶片施工	两传感器的安装，传感器电缆排布；
2022-12-17	第三个叶片施工	两传感器的安装，传感器电缆排布；
2022-12-18	轮毂施工	控制柜内器件安装，电脑排布；
Xxxxx	系统调试	时间处决于后续风机的调试情况