

# WPM-P轴功率仪

WPM-P Shaft power meter

## 用户手册

User manual



# 用户使用须知

---

## ► 免责声明

**警告:**在使用本产品之前, 请参阅用户手册中的重要安全资料, 并查看所有警告、限制和免责声明。

这种产品不能取代适当的训练和谨慎的航海技术。正确的方式安装和合理的使用设备是所有者的责任, 避免造成事故、人身伤害或财产损失。本产品的使用者全权负责遵守海上安全惯例。

业主全权负责以不会造成事故、人身伤害或财产损失的方式安装和使用设备。本产品的用户全权负责遵守海上安全航行惯例。

本文档代表发布时的产品。宁波扇贝科技有限公司保留随时更改产品和/或规格的权利, 恕不另行通知。如果您需要任何进一步的帮助, 请联系离您最近的经销商。

## ► 官方语言

本声明、任何说明手册、用户指南和其他与产品相关的信息(文档)可能被翻译成或已被翻译成另一种语言(翻译)。如果文档的任何翻译版本之间存在任何冲突, 则文档的中文版本将是文档的正式版本。

## ► 版权

宁波扇贝科技有限公司保留所有权利。

## ► 注意事项

- 1 请勿将设备随意放置而不加以固定, 以免因航行中的颠簸或其他因素而掉落时造成严重损坏。
- 2 请勿使用非本产品配备的任何电源适配器。否则可能因电路设计的不同而导致设备无法工作, 或性能受到影响甚至损坏机器。
- 3 请勿拆解本设备, 非本公司授权的维修工程师自行拆解设备将丧失免费保修。
- 4 使用或清洁过程中, 避免将任何液体或其他物件落入设备内, 以免造成电路损毁或短路。
- 5 请勿将设备及其配件放置在易潮湿的环境或阳光直射区, 保持机器在干燥的环境中使用。
- 6 发生硬件故障(如机器外壳损坏或有异物落入机器内部等)请马上停止使用并及时与经销商联系。
- 7 使用本设备船只发生的任何海上事故、金钱损失或利益损失等, 本公司概不承担任何法律及其它责任。

# 目录 Contents

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 介绍 Introduction</b>                                            | <b>01</b> |
| 1.1 概述 Overview                                                     | 01        |
| 1.2 产品外观图 Product appearance                                        | 01        |
| 1.3 产品组成 Product composition                                        | 02        |
| 1.4 产品尺寸图 Product size drawing                                      | 02        |
| 1.5 产品接线图 Product wiring diagram                                    | 03        |
| <b>2 技术参数 Technical parameter</b>                                   | <b>06</b> |
| 2.1 产品基本参数 Product basic parameter                                  | 06        |
| <b>3 安装说明 Installation instructions</b>                             | <b>07</b> |
| 3.1 应变片安装过程介绍 Introduction to the strain gauge installation process | 07        |
| 3.1.1 应变片 Strain gauge                                              | 07        |
| 3.1.2 清洁 Clean                                                      | 08        |
| 3.1.3 粘接 Splice                                                     | 08        |
| 3.1.4 保护 Protection                                                 | 08        |
| 3.1.5 消耗品 Consumables                                               | 09        |
| 3.1.6 需要的工具 Tools needed                                            | 09        |
| 3.2 设备准备 Equipment preparation                                      | 10        |
| 3.2.1 系统熟悉 System familiarity                                       | 10        |
| 3.2.2 应变计准备 Strain gauge preparation                                | 12        |
| 3.3 轴准备 Shaft preparation                                           | 14        |
| 3.3.1 安装位置选择 Installation location selection                        | 14        |
| 3.3.2 表面准备 Surface preparation                                      | 15        |
| 3.4 安装 Install                                                      | 18        |
| 3.4.1 应变片应用 Strain gauge application                                | 18        |
| 3.4.2 应变计保护 Strain gauge protection                                 | 19        |
| 3.4.3 发送器防护准备 Transmitter protection ready                          | 23        |
| 3.4.4 发送器安装 Transmitter installation                                | 23        |
| 3.4.5 平衡块安装 Counterweight mounting                                  | 25        |
| 3.4.6 转子带安装 Rotor belt mounting                                     | 26        |
| 3.4.7 固定柱安装 Fixed column installation                               | 28        |
| 3.4.8 显示单元安装 Display unit installation                              | 30        |
| 3.4.9 数据和电源连接 Data and power connection                             | 30        |
| 3.5 参数配置 Parameter configuration                                    | 31        |
| 3.5.1 扭矩计算器 Torque calculator                                       | 31        |
| 3.5.2 推力计算器 Thrust calculator                                       | 31        |
| 3.5.3 功率计算器 Power calculator                                        | 32        |
| 3.6 设置 Settings                                                     | 33        |
| 3.6.1 以太网参数设置 Ethernet parameter Settings                           | 33        |
| 3.6.2 CAN参数设置 CAN parameter setting                                 | 33        |
| 3.6.3 串口参数设置 Serial port parameter Settings                         | 33        |
| 3.6.4 轴功率参数调整 Shaft power parameter adjustment                      | 34        |

# 目录 Contents

---

|           |                                                          |           |
|-----------|----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4</b>  | <b>使用说明及注意事项 Instructions and precautions for use</b>    | <b>35</b> |
| 4.1       | 显示单元使用说明 Display unit instructions                       | 35        |
| 4.2       | 软件概述 Software overview                                   | 35        |
| <b>5</b>  | <b>故障分析及排除 Fault analysis and elimination</b>            | <b>39</b> |
| <b>6</b>  | <b>安全保护及事故处理 Safety protection and accident handling</b> | <b>40</b> |
| 6.1       | 安全保护装置及注意事项 Safety protection devices and precautions    | 40        |
| 6.2       | 故障处理程序及方法 Troubleshooting procedures and methods         | 40        |
| <b>7</b>  | <b>保养和维修 Maintenance and repair</b>                      | <b>41</b> |
| 7.1       | 日常维护和保养 Daily maintenance and maintenance                | 41        |
| 7.2       | 运行注意事项 Operation precautions                             | 41        |
| 7.3       | 长时间放置的维护、保养 Long-term maintenance and maintenance        | 41        |
| <b>8</b>  | <b>运输、储存和质保 Transportation, storage and warranty</b>     | <b>42</b> |
| 8.1       | 运输注意事项 Transportation precautions                        | 42        |
| 8.2       | 储存注意事项 Storage precautions                               | 42        |
| 8.3       | 质保期限 Warranty period                                     | 42        |
| <b>9</b>  | <b>其他 Other</b>                                          | <b>43</b> |
| 9.1       | 售后工程师联系电话 Phone number of the after-sales engineer       | 43        |
| 9.2       | 公司信息 Company information                                 | 43        |
| <b>10</b> | <b>附录一 Other</b>                                         | <b>44</b> |
| 10.1      | 关于轴功率仪测量值偏差的说明 Phone number of the after-sales engineer  | 44        |
| 10.2      | 轴功率仪本身精度 Company information                             | 44        |
| 10.3      | 偏差对照 Bias comparison                                     | 45        |
| 10.4      | 结论 Conclusion                                            | 45        |
| <b>11</b> | <b>附录二 Other</b>                                         | <b>46</b> |
| 11.1      | 轴功率仪安装需求确认表                                              | 46        |

# 1 介绍 Introduction

## 1.1 概述 Overview

WPM-P型轴功率仪是一种用于转速、扭矩、功率、推力(可选)长期连续测量的仪器，按照海事规范进行设计，可用于船舶主机轴系、推进器及发电机轴的功率监测，为各类功率管理系统、能效管理系统提供可靠、实时的数据支撑。产品采用非接触测量、无线感应供电，适配性强，最长数据保存时间可达5年，应用于船用柴油机及齿轮箱、矿山机械、海上风机等大型动力与传动装置。产品具有以下特点：

- 1. 完全模块化设计；
- 2. 可选 RS485或 CAN与第三方设备互联；
- 3. 支持多种协议：NMEA0183、NMEA2000、Modbus-RTU；
- 4. 高精度测量：1.5 %（粘贴式应变片）；
- 5. 高可靠性；
- 6. 安装简单。

| 基础定制项  |   |             |
|--------|---|-------------|
| 是否包含显示 | 1 | 包含          |
|        | 2 | 不包含         |
| 定子型号   | 1 | 轴径130~159mm |
|        | 2 | 轴径160~209mm |
|        | 3 | 轴径210~252mm |
|        | 4 | 轴径253~345mm |
|        | 5 | 轴径346~464mm |
|        | 6 | 轴径465~530mm |
|        | 7 | 轴径531~780mm |
|        | 8 | 轴径 < 130mm  |
|        | 9 | 轴径 > 780mm  |

表1.1

## 1.2 产品外观图 Product appearance

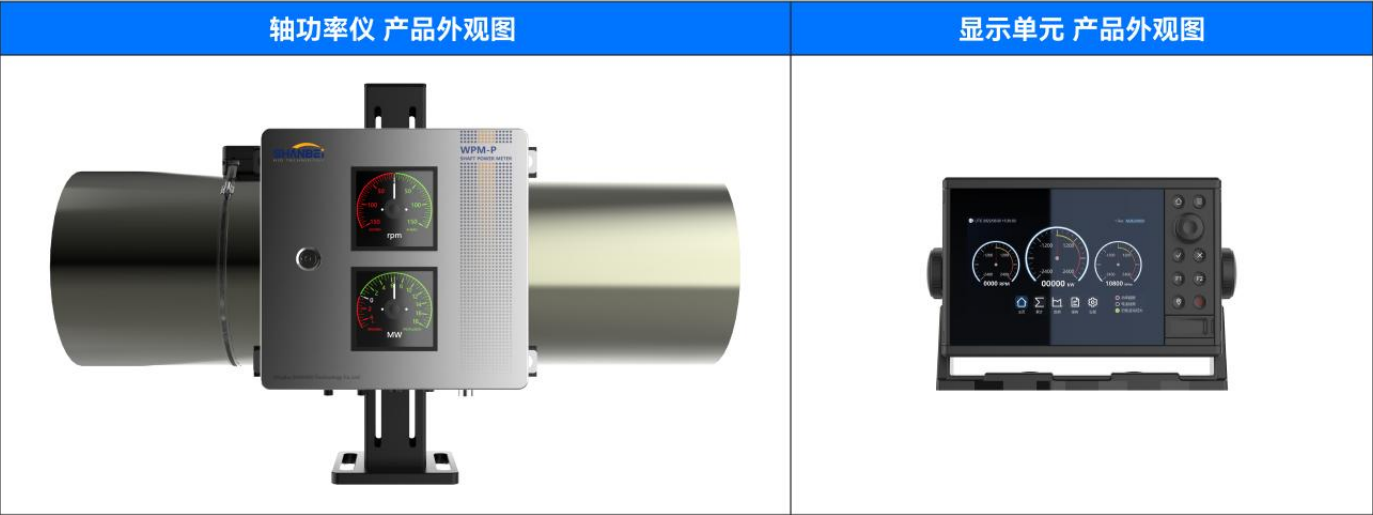


图1.1

# 1 介绍 Introduction

## 1.3 产品组成 Product composition

| 序号 | 名称    | 数量 |
|----|-------|----|
| 1  | 发送器   | 1  |
| 2  | 转子带   | 1  |
| 3  | 定子    | 1  |
| 4  | 定子柱   | 1  |
| 5  | 机旁控制箱 | 1  |
| 6  | 远程显示器 | 1  |
| 7  | 应变模拟器 | 1  |
| 8  | 安装配件  | 1  |
| 9  | 合格证   | 1  |
| 10 | 保修卡   | 1  |
| 11 | 说明书   | 1  |

表1.2

## 1.4 产品尺寸图 Product size drawing

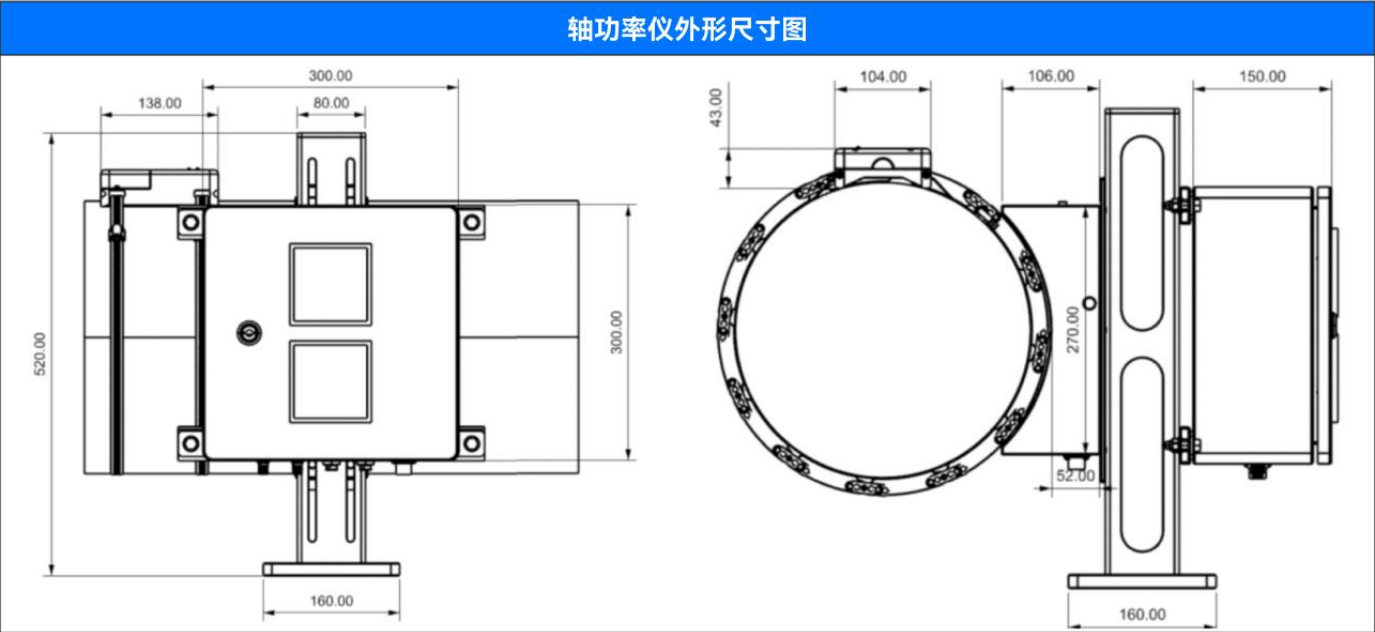


图1.2

# 1 介绍 Introduction

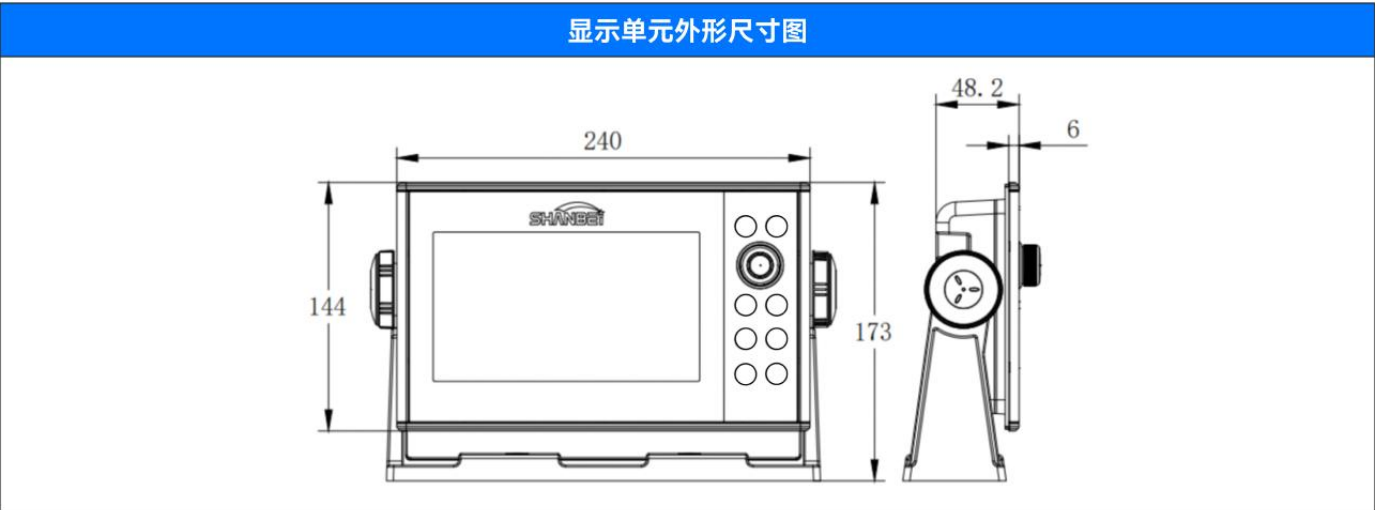


图1.3

## 1.5 产品接线图 Product wiring diagram

- 接线前请务必确认电源处于断开状态！
1. 请准备接线所需要的压接端子和电缆。
  2. 接地采取D类接地。
  3. 对电源端子进行接线将 DC电源的“+”，“-”连接到产品的“V+”，“V-”端子上,电源“PE”连接设备大地的公共端。

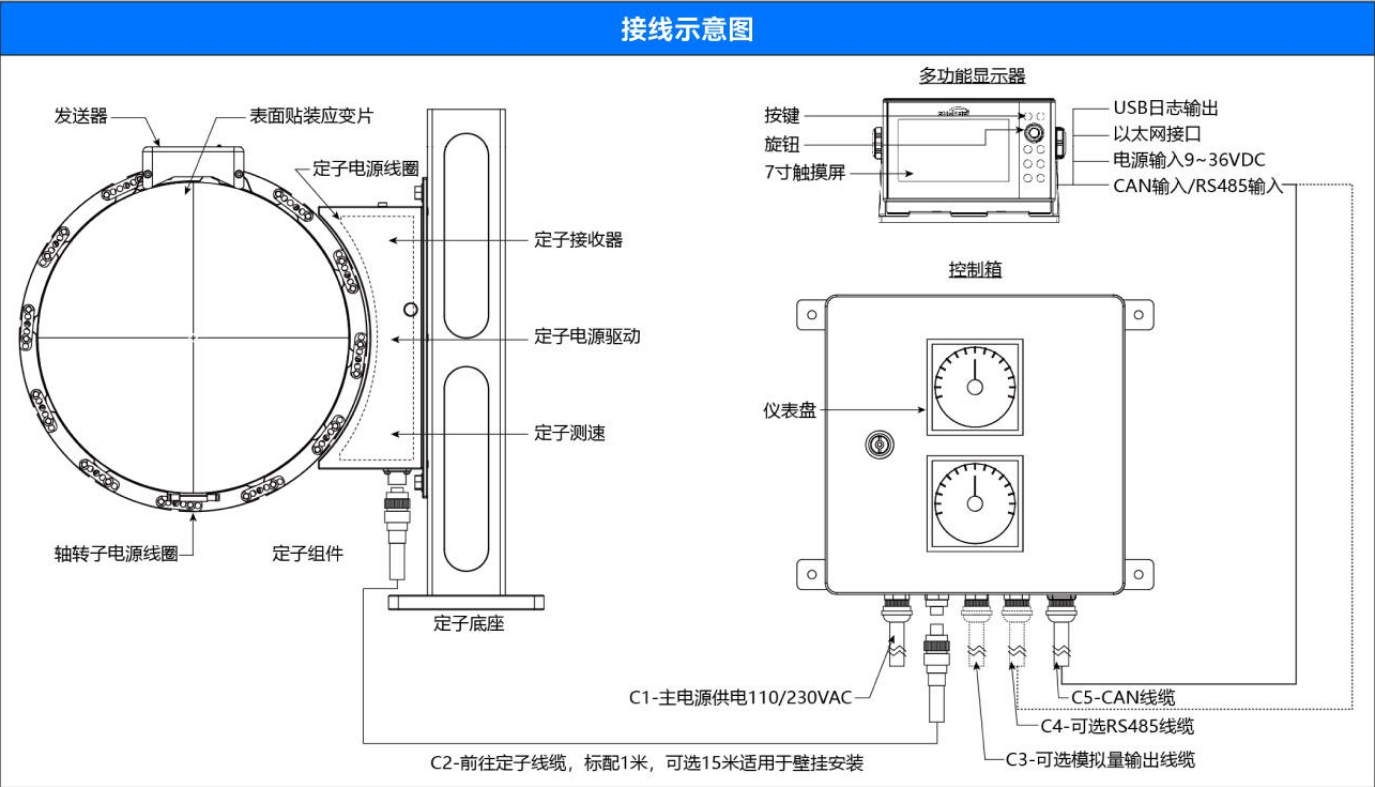


图1.4

# 1 介绍 Introduction

| 接口类型  | 接线规格                      |
|-------|---------------------------|
| 电源AC  | 18~14AWG（参考）、3.5mm弹簧式接线端子 |
| RS485 | 屏蔽双绞线、3.5mm弹簧式接线端子        |
| CAN   | 屏蔽双绞线、3.5mm弹簧式接线端子        |
| 模拟量输出 | 24~16AWG（参考）、3.5mm弹簧式接线端子 |
| 以太网   | RJ45                      |

表1.3

CAN端子定义如表1.4所示：

| 类型  | 序号 | 信号 | 说明          |
|-----|----|----|-------------|
| CAN | 1  | H0 | CAN通道 0数据 + |
|     | 2  | L0 | CAN通道 0数据 - |
|     | 3  | PE | CAN通道 0大地端  |
|     | 4  | H1 | CAN通道 1数据 + |
|     | 5  | L1 | CAN通道 1数据 - |

表1.4

RS485端子定义如表1.5所示：

| 类型    | 序号 | 信号 | 说明            |
|-------|----|----|---------------|
| RS485 | 1  | A0 | RS485通道 0数据 + |
|       | 2  | B0 | RS485通道 0数据 - |
|       | 3  | PE | RS485通道 0大地端  |
|       | 4  | A1 | RS485通道 1数据 + |
|       | 5  | B1 | RS485通道 1数据 - |
|       | 6  | PE | RS485通道 1大地端  |

表1.5

模拟量输出端子定义如表1.6所示：

| 信号  | 说明           |
|-----|--------------|
| A00 | 模拟量输出通道 0，推力 |
| G_A | 模拟量输出地       |
| A01 | 模拟量输出通道 1，功率 |
| G_A | 模拟量输出地       |
| A02 | 模拟量输出通道 2，扭矩 |
| G_A | 模拟量输出地       |
| A03 | 模拟量输出通道 3，转速 |

表1.6

# 1 介绍 Introduction

接线图

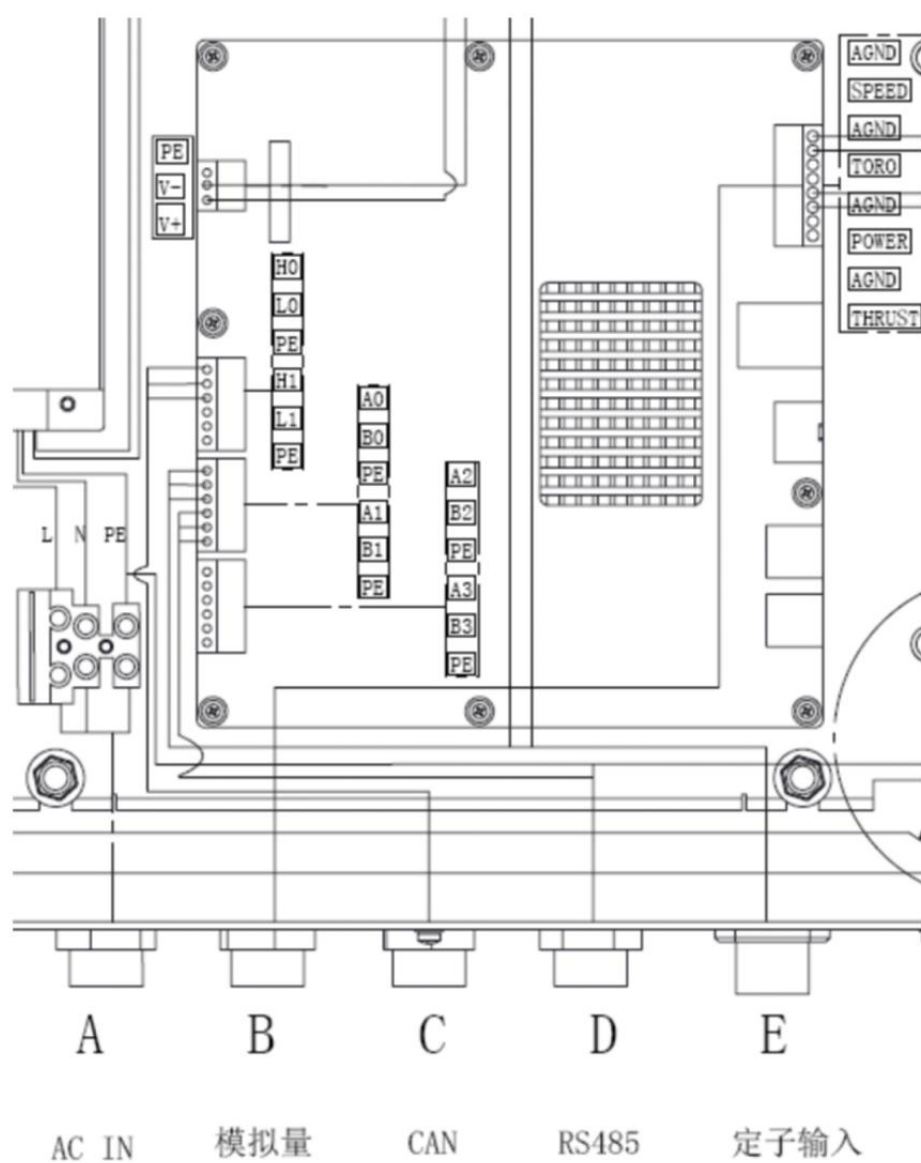


图1.5

## 2 技术参数 Technical parameter

### 2.1 产品基本参数 Product basic parameter

|         |                                |
|---------|--------------------------------|
| 电源电压    | AC220                          |
| 功耗      | <15W                           |
| 电源保护    | 防静电、防浪涌                        |
| 交互界面    | 转速表、功率表                        |
| 通讯接口    | RS485, CAN Bus                 |
| 通讯协议    | NMEA0183, NMEA2000, Modbus-RTU |
| 工作温度    | 5~55℃                          |
| 存储温度    | -25~70℃                        |
| 防护等级    | IP44                           |
| 系统测量精度  | 1.5 %+Ke (Ke: 轴模量常数和轴径测量的总误差)  |
| 系统重复性精度 | 0.1 %                          |
| 输出信号    | 模拟和数字                          |

表2.1

## 3 安装说明 Installation instructions

产品安装如图3.1所示：A控制箱、B定子底座、C定子组件和D多功能显示单元。

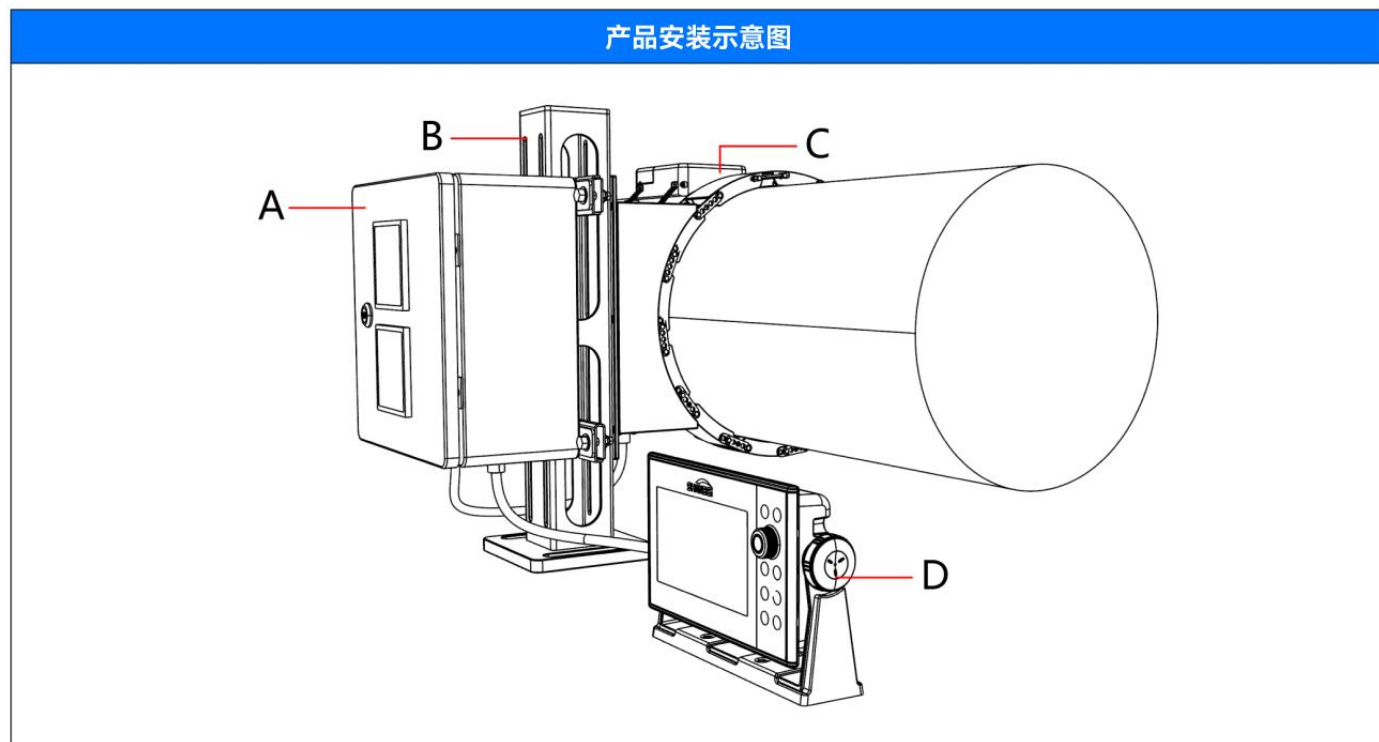


图3.1

### 3.1 应变片安装过程介绍 Introduction to the strain gauge installation process

包括四个步骤：

1. 应变片：每轴测试一次
2. 清洁和准备：确保应变片安装的适用性
3. 粘接：临时（最多6个月）或永久（最多10年）
4. 保护：取决于测试环境

#### 3.1.1 应变片 Strain gauge

带接头应变片如图3.2。



图3.2

### 3 安装说明 Installation instructions

#### 3.1.2 清洁 Clean

带接头应变片如表3.1。

| 描述          | 数量   |
|-------------|------|
| 中和剂         | 1    |
| 调节剂         | 1    |
| 400和120粒度砂纸 | 2包   |
| 永久标记笔       | 1    |
| 棉签棒         | 100件 |
| 纱布海绵        | 100抽 |
| 擦拭无绒纸       | 1盒   |

表3.1

#### 3.1.3 粘接 Splice

| 描述      | 数量 |
|---------|----|
| 树脂混合罐   | 6  |
| 固化剂     | 10 |
| 校准移液管   | 6  |
| 搅拌棒     | 6  |
| 硅胶垫     | 1  |
| 聚酯薄膜胶带卷 | 1  |

表3.2

#### 3.1.4 保护 Protection

| 描述        | 数量 |
|-----------|----|
| 自粘胶带      | 1  |
| 丁基柔性橡胶密封剂 | 1  |
| 橡胶板       | 1  |
| 铝箔胶带      | 1  |
| 丁腈橡胶涂层    | 1  |

表3.3

# 3 安装说明 Installation instructions

## 3.1.5 消耗品 Consumables

带接头应变片如表3.4。

| 描述       | 数量 |
|----------|----|
| 圆珠笔      | 1  |
| 工业脱脂剂    | 1  |
| 电缆扎带     | 6  |
| 清洁布      | 1  |
| 锡铜线      | 1  |
| 遮蔽胶带或标记笔 | 1  |
| 捆扎套件     | 1  |

表3.4

## 3.1.6 需要的工具 Tools needed

| 描述              | 数量 |
|-----------------|----|
| 角铁段             | 1  |
| 六角扳手套装          | 1  |
| 大平头螺丝刀          | 1  |
| 侧铣刀             | 1  |
| 锡剪              | 1  |
| 镊子              | 1  |
| 用于应变片准备的小型钢化玻璃板 | 1  |

表3.5

# 3 安装说明 Installation instructions

## 3.2 设备准备 Equipment preparation

### 3.2.1 系统熟悉 System familiarity

1. 在机舱现场安装系统之前，请熟悉并了解桌面上的系统。在桌面或工作台上布置系统的所有组件，使定子的弯曲面朝上，如图3.3。

警告！继续之前，确保主电源连接已隔离。将电源电缆从定子连接到机旁控制箱，并使用CAN或RS485接口连接到多功能显示器，直接通过界面的APP进行操作。（或PC、笔记本电脑直接使用浏览器可以打开监控界面）



图3.3

2. 通过将电缆插入与中心对齐的发送器接头，将应变计模拟器连接至发送器单元，共3个通道，如图3.4。

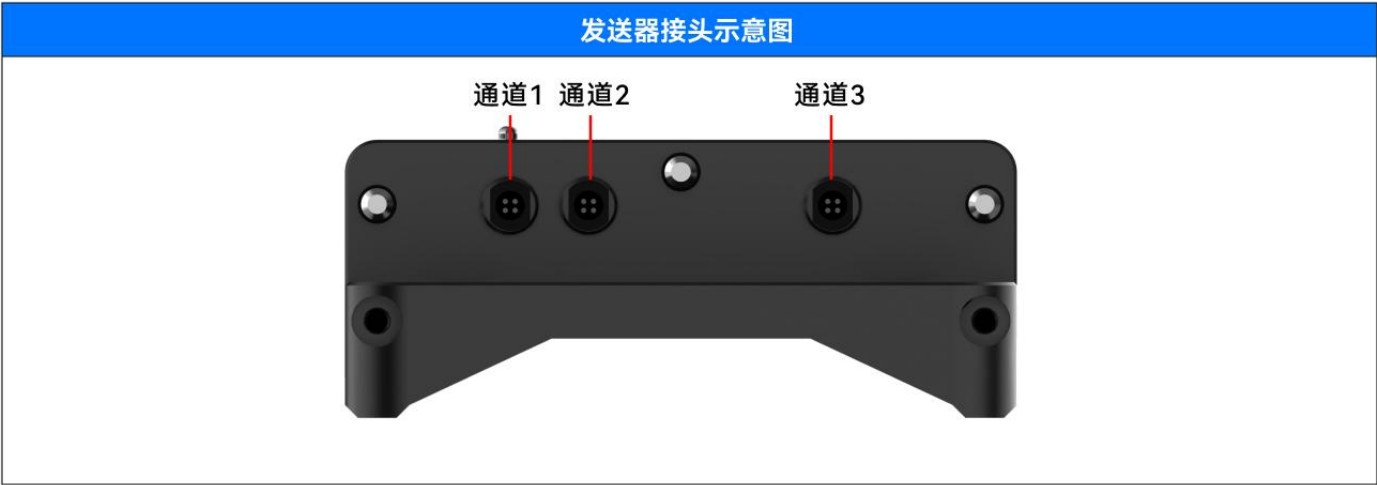


图3.4

### 3 安装说明 Installation instructions

3. 将一条大约10mm厚的泡沫条铺在定子的曲面上，面朝上。这将作为一个垫片，为您提供接近最终现场安装的分离间隙。将转子带放置在定子上方的泡沫顶部，如图3.5。

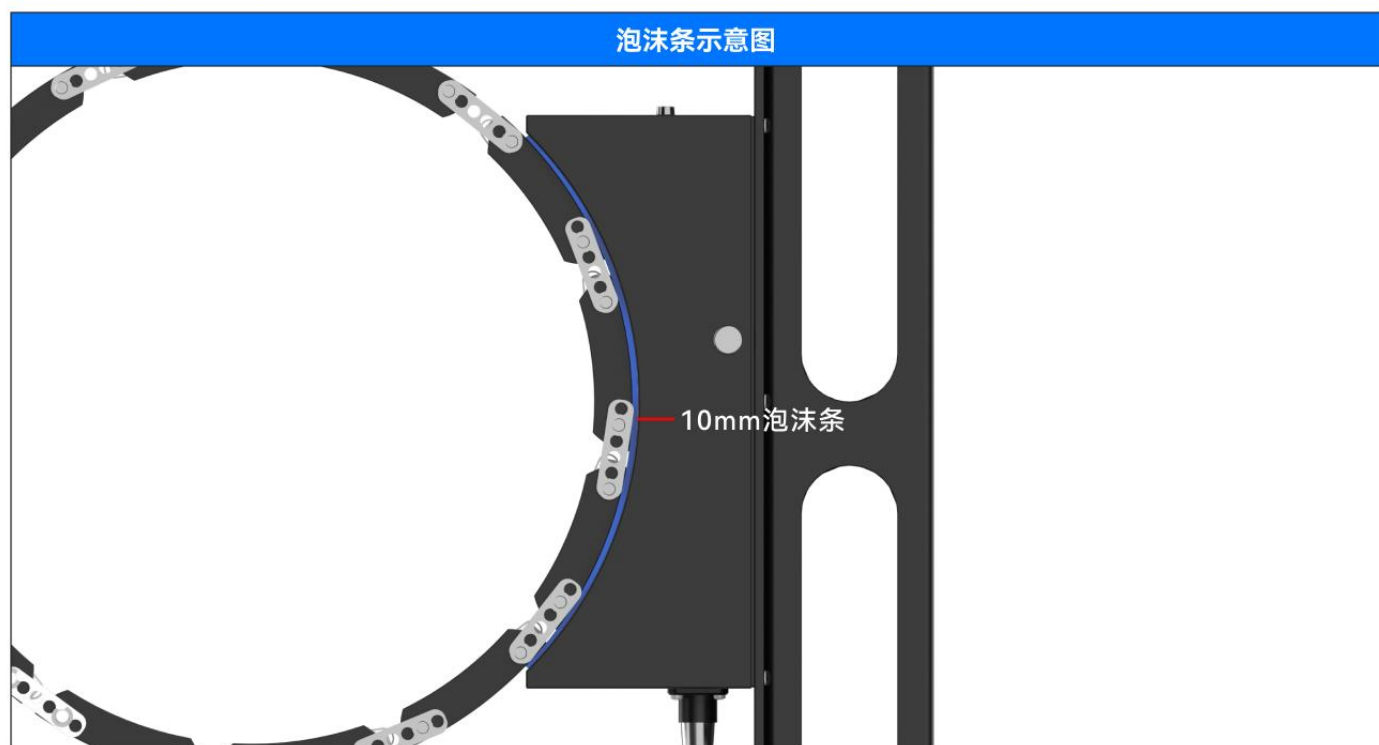


图3.5

4. 机旁控制箱现在可以连接到主电源（110/230V）。

如果系统通电，定子将在任何转子组件链路中感应电源，并点亮发送器组件上的LED指示灯，如图3.6。您可以沿定子曲面转动转子带，以观察为转子带供电的电感应。

其中一个转子带组件标有白十字，其中包含传感器的磁铁，用于检测轴转速。当您将此链接移动到定子曲面的下端时，您将看到定子的绿色LED闪烁两次。



图3.6

### 3 安装说明 Installation instructions

5. 连接应变计模拟器后，软件显示器应读取应变计模拟器开关设置的标称值，如图3.7。切换开关值以熟悉设备。数值将是近似值。现在将应变计模拟器插头移到发送器的外部连接器上，并重复测试。完成此测试后，您已经测试了发射器和测试接收器，并对套件有了一定程度的熟悉。



图3.7

#### 3.2.2 应变计准备 Strain gauge preparation

1. 安装应变计时，需要将应变计准备在一个带聚酯薄膜胶带的小型钢化玻璃板上。在进入现场之前，最好在光线良好的洁净室内完成此阶段。首先使用调节剂，然后使用中和剂清洁玻璃板表面。这将确保板的化学清洁。
2. 使用干净的镊子，将应变片放在板上，焊料/电缆侧朝上。使用放大镜熟悉应变片元件的方向。
3. 切割一段长度约为150mm的聚酯薄膜胶带。小心地将胶带放在应变片的顶部，并将应变片大致粘在聚酯薄膜胶带的中心，如图3.8。将胶带粘在玻璃板上，并使应变片处于中心位置。

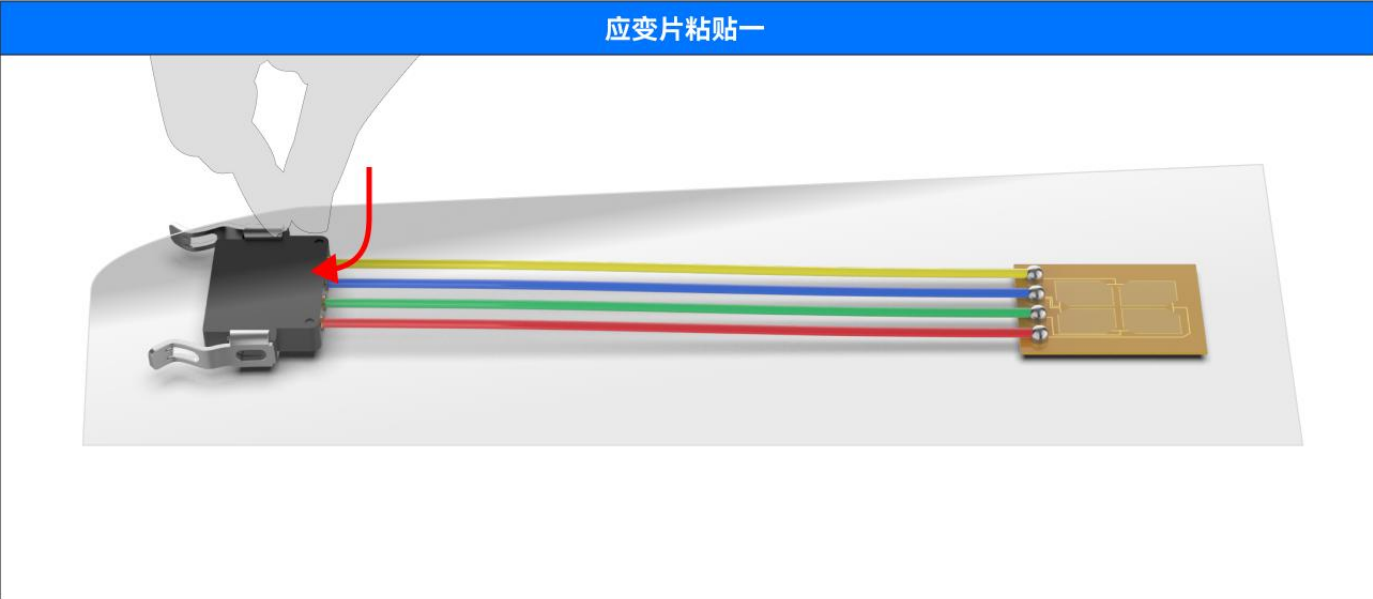


图3.8

### 3 安装说明 Installation instructions

4. 应用第一层胶带后，使用不可擦除标记在应变片上标记一条线，如图3.9，平行于应变片的长边。然后添加第二层聚酯薄膜胶带。将应变片应用于轴时，第二层将阻止胶带卷曲。轻轻地将两层胶带提起，此时应变片粘在上面，以确保您始终能够处理胶带，而不是应变片本身。

如果没有准备好的清洁表面可用：切割一条约150mm长的聚酯薄膜胶带。将胶带放在平坦干净的表面上，使粘合背衬朝上。使用一对干净的镊子以尽可能小的压力将压力表从包装中取出。小心地将应变计放置在聚酯薄膜胶带的中心。在所有过程中，要小心避免污染应变片或聚酯薄膜带。

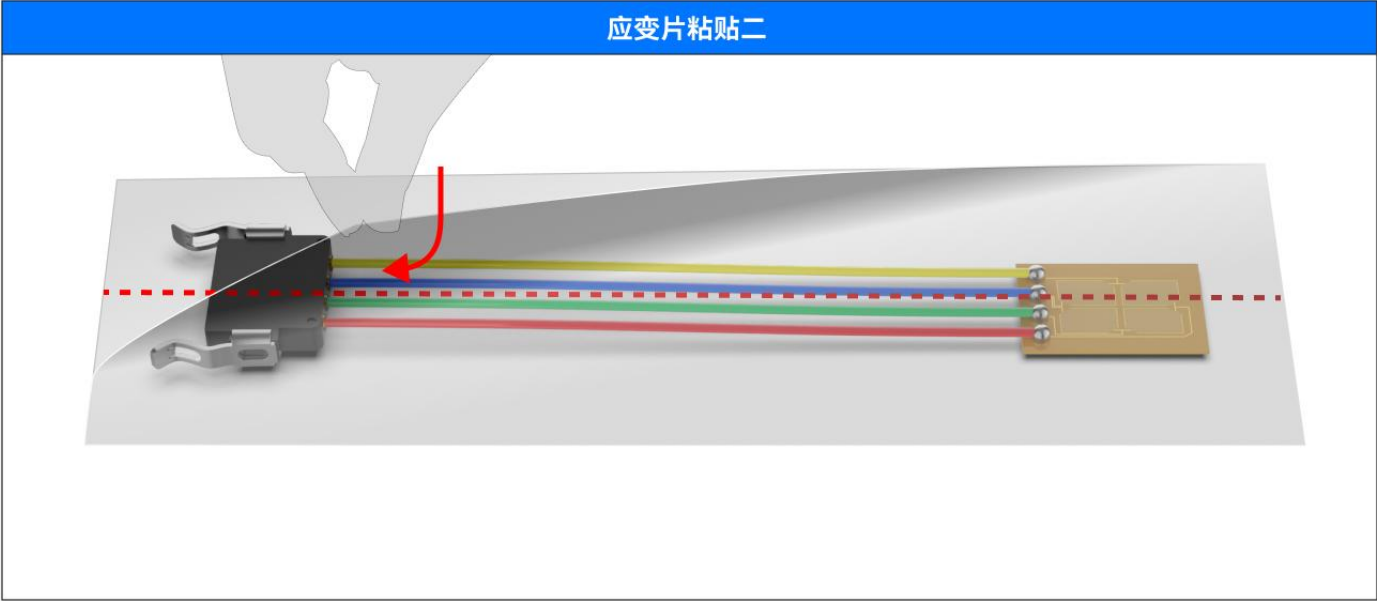


图3.9

5. 提供的应变计为全桥封装式应变计，配有连接器。这些简化了安装过程，并且不需要现场焊接。应变计的网格内有精细元件，用于测量应变。这些元件可以在放大镜下看到，并应与轴的轴线成45度对齐，以测量扭转应变。在前往光线有限的现场之前，您应在光线充足的环境中熟悉应变片。

6. 应变片准备工作到此完成。

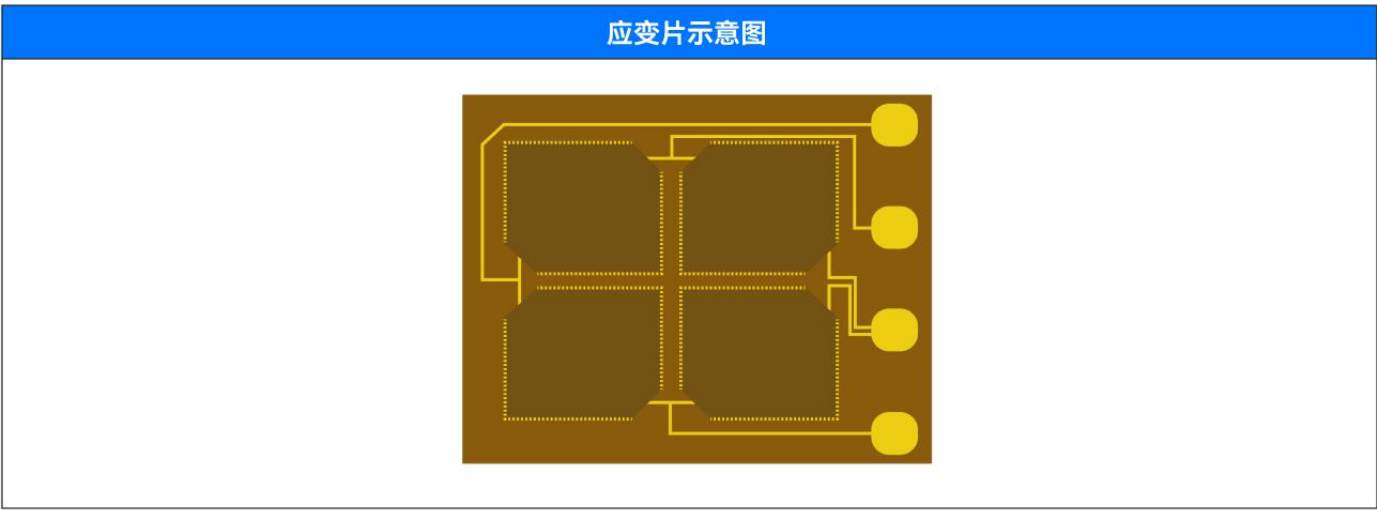


图3.10

## 3 安装说明 Installation instructions

### 3.3 轴准备 Shaft preparation

#### 3.3.1 安装位置选择 Installation location selection

在驱动轴上选择合适的测量区域对于安装和数据恢复的成功至关重要。在可行的情况下，待测区域应通过轴传递待测扭矩/应变的最大水平。

1. 定子安装柱需要使用2 x M16螺栓固定在船舶地板结构上。定子安装柱和驱动轴之间的位置关系需要在基准电子设备提供的尺寸范围内，以确保最终全系统组件在组装后正确对齐。  
通过定子安装柱上的开槽螺栓孔，可在这些尺寸范围内进行调整。  
如果需要，在开始船用扭力计安装之前，应由轮机工程师制造的安装板应就位。该安装板的安装应符合船用扭力计安装的对准要求，并为2 x M16安装螺栓预钻孔。  
建议首先规划转子带和发送器装置在轴上的位置，以便与定子安装柱所需安装板的海事工程师联系。仔细规划将确保安装成功。  
定子柱设计用于将系统安装到水平轴上。将定子组件安装在另一个轴上需要一个适配器板。  
如图3.11，说明了定子安装柱和轴之间所需的位置尺寸。

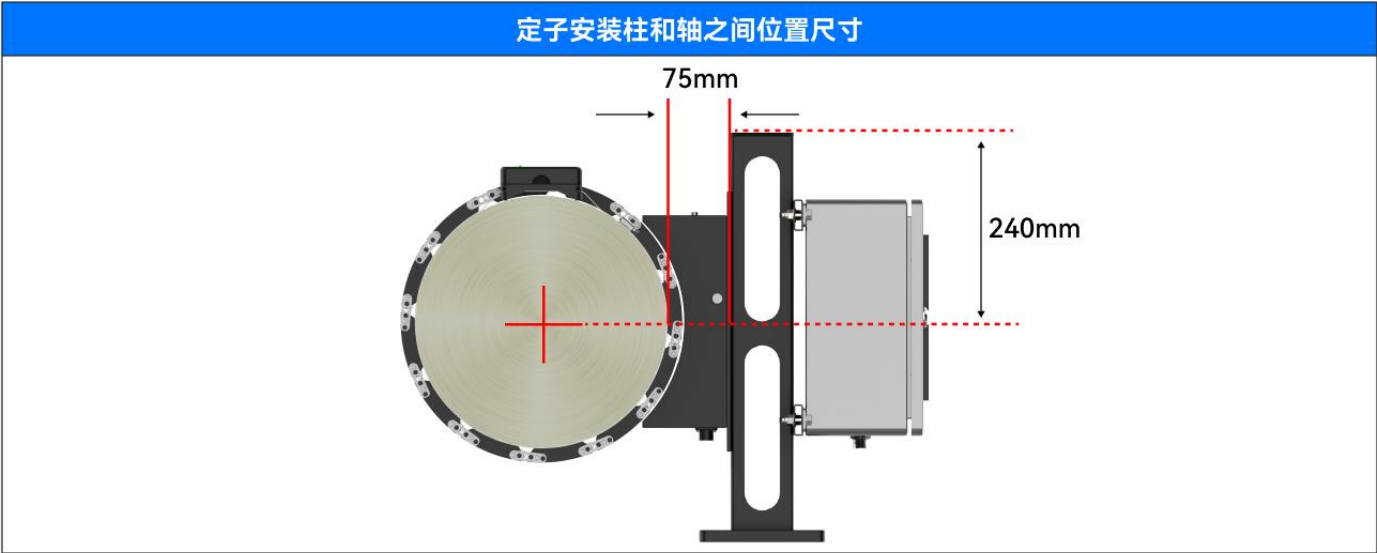


图3.11

2. 测量区域应足够大，以安装仪器。查看发送器单元，以近似所需清洁测量区域的大小。
3. 测量轴的直径。理想情况下，测量区域距离任何障碍物、轴轮廓变化或接头的直径应为3倍，并且在可能的情况下不小于一个轴直径，如图3.12。

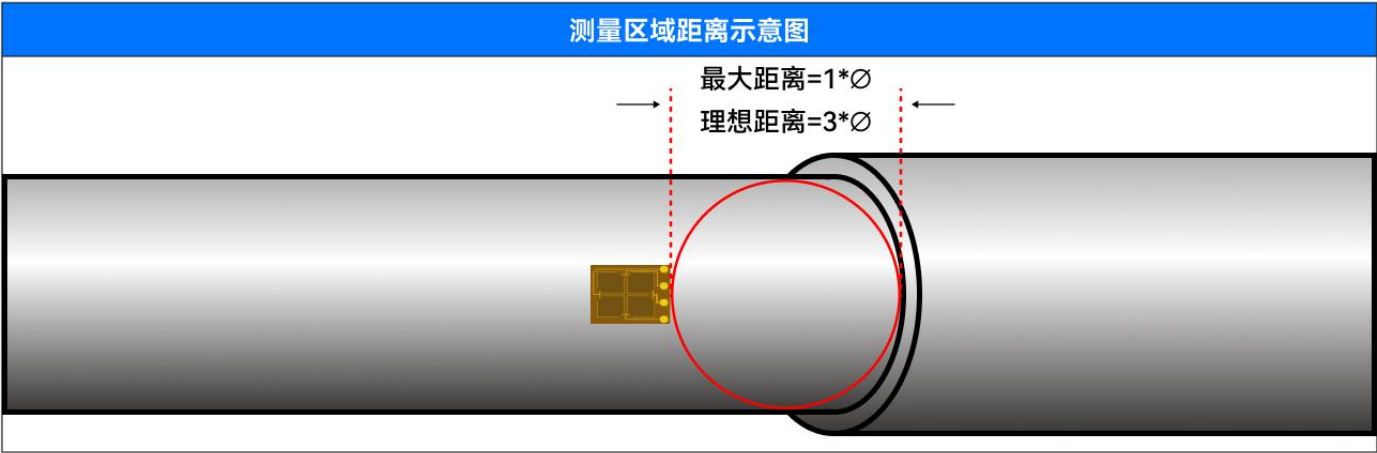


图3.12

## 3 安装说明 Installation instructions

4. 一旦安装仪器且轴旋转，不得有任何干扰区域。应考虑正常运行期间轴的节距/行程变化，安装的应变片应无任何障碍物。
5. 应有足够的手和工作通道，以便安装设备。
6. 避免轴的任何部分出现严重点蚀或过深划痕。
7. 提供完整的发送器总成和扭矩转子总成，直至选定区域，以检查间隙，并检查是否存在任何旋转干扰。

### 3.3.2 表面准备 Surface preparation

#### 基本清洁准备：

1. 使用抹布和工业清洁剂/脱脂剂清洁选定区域。清除待测量区域轴上的任何保护涂层。清除尽可能多的污垢和油脂。
2. 再次清洁该区域，如图3.13。区域清洁后，按照以下步骤开始划线。



图3.13

#### 标线：

3. 船用扭力计的安装要求沿平行于轴线的引导线安装应变片。将角铁与轴平齐，并使用圆珠笔标记平行于轴的抛光线，如图3.14。这将作为图3.9中在应变片上方的聚酯薄膜胶带上标记的中心线的定位参考。

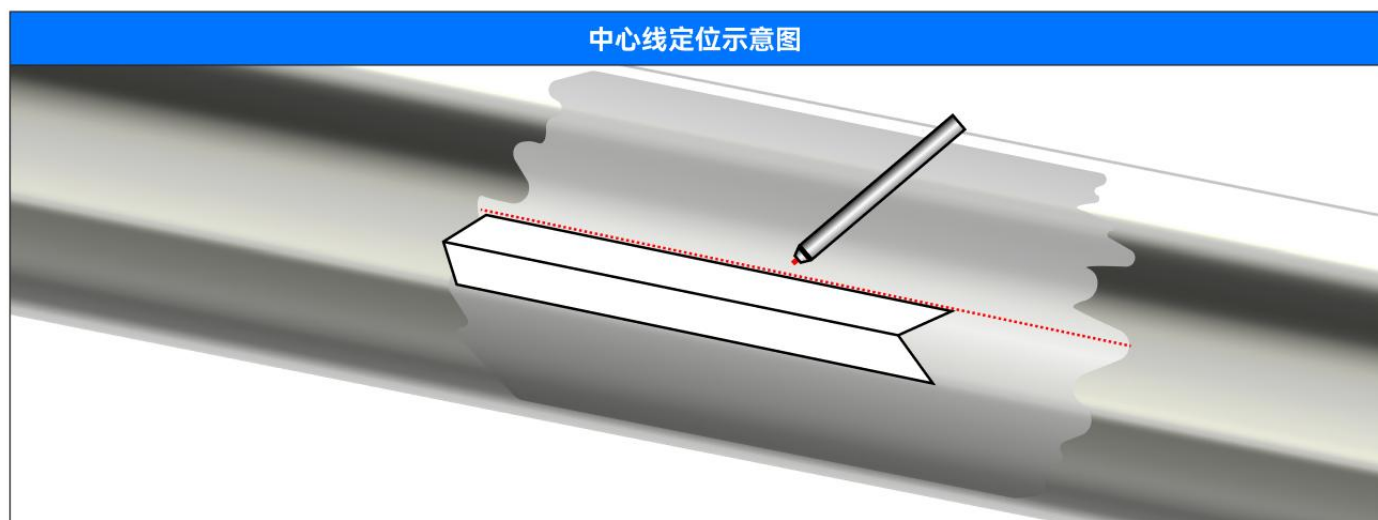


图3.14

### 3 安装说明 Installation instructions

4. 将扭力计总成对准轴时，在轴圆周上标记一条引导线将很有帮助。
5. 提供塑料带以帮助标记精确的圆周引导线。展开轴周围提供的塑料带。如果扭力计组件，则导向线需要与一个边缘对齐。如果在容器地板上准备了安装平台，则检查以确保引导线将允许扭力计组件与安装柱的位置对齐。注意确保塑料带平放，没有任何扭曲或碰撞。用胶带将塑料带的两端固定到轴上。使用钢笔沿带边缘在轴圆周围标记一条引导线，如图3.15。

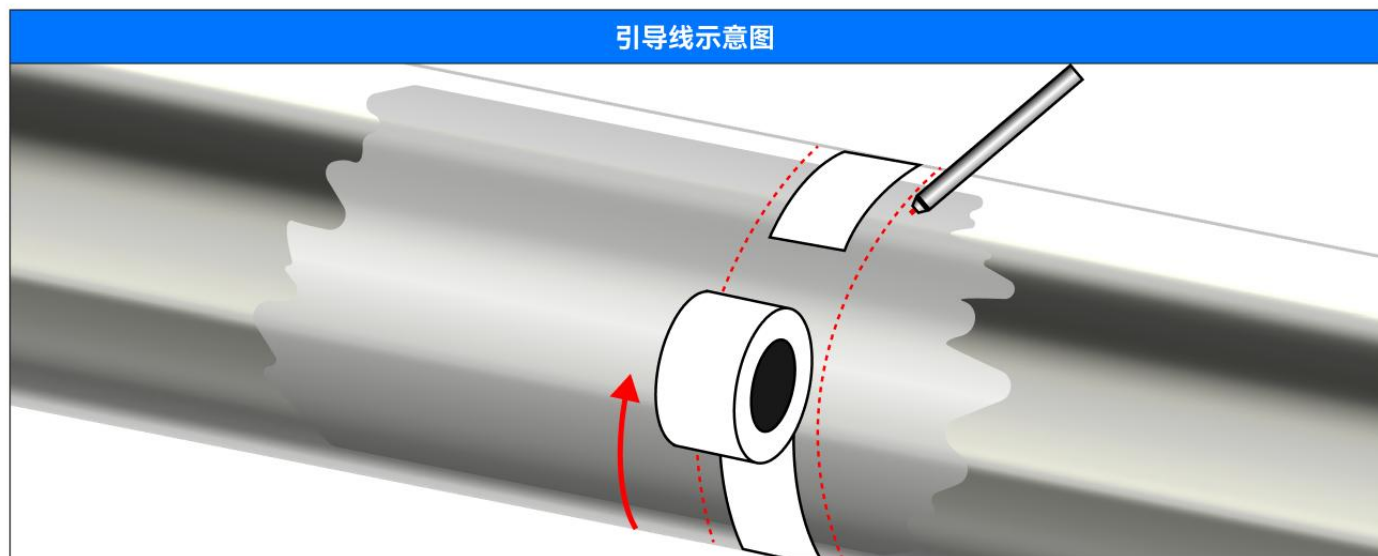


图3.15

#### 表面研磨：

应研磨驱动轴表面，以去除任何松散粘合的粘附物，如氧化皮、铁锈、防锈涂层、油漆、镀锌涂层或氧化物。

6. 以发送器单元为导向，使用遮蔽胶带大致指示要清洁的区域，如图3.16。该区域应靠近为转子组件标记的圆周线，以便在安装后将发送器轻松连接至转子组件。

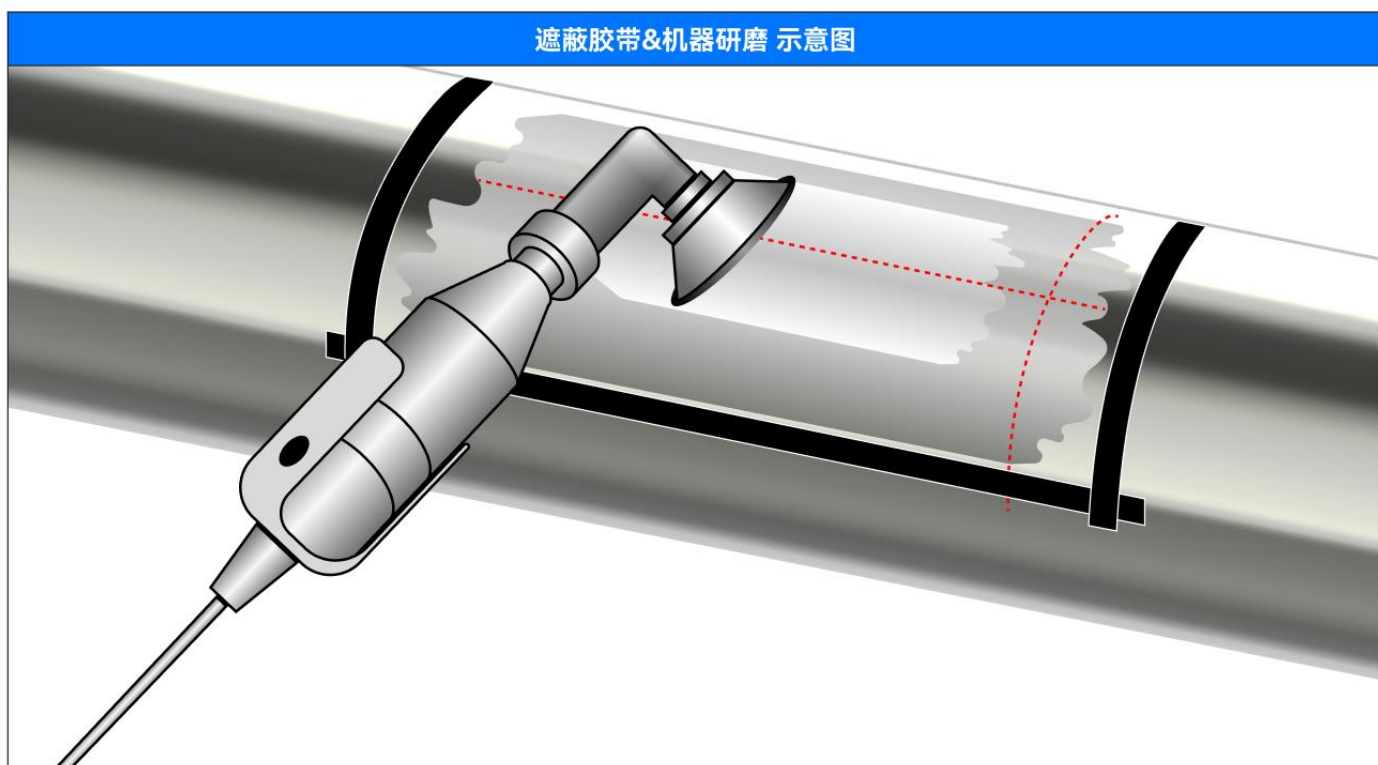


图3.16

### 3 安装说明 Installation instructions

首先使用研磨机、角磨机、砂轮机或锉刀对表面进行粗磨，并去除任何大颗粒，如油漆、铁锈或任何其他粘附物。使用80-120粒度磨料进行研磨，以形成适合粘合的表面纹理。

7. 第二阶段研磨使用适当粒度的碳纸。建议从120粒度开始，以随机模式进行至400粒度的研磨，以获得平坦、清洁和良好的键合表面，如图3.17。

应变片接合的最佳表面光洁度在一定程度上取决于安装的性质和目的。对于一般应力分析应用，相对光滑的表面是合适的。

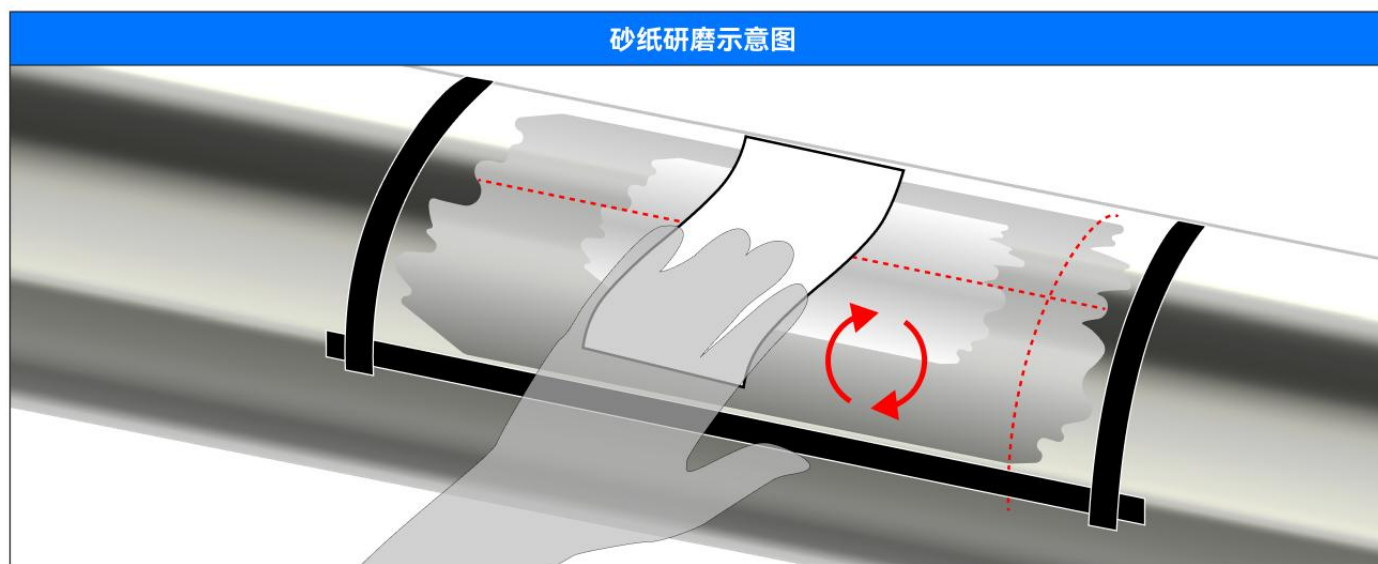


图3.17

#### 湿磨：

湿磨使用调节剂溶液进行。调节剂是一种温和的酸性溶液，通常可加速清洁过程，在某些材料上起到温和蚀刻剂的作用。

8. 使用400砂纸进行最终研磨，同时用调节剂溶液保持表面湿润。使用随机图案可获得平坦、干净且具有良好关键点的表面。

清洁后，抛光线仍应可见。如果在光线较差的情况下工作，则在应变片标记两侧标记参考线，以将眼睛吸引到抛光线。

#### 应变片位置布局线：

应变片位置布局线应使用打磨表面的工具，而不是刻痕或划线。划线或刻痕线可能会产生毛刺或产生不利于应变计性能的应力集中。

建议使用圆珠笔进行对准标记。布局线通常在研磨操作之后和最终清洁之前应用。如表面处理工艺步骤11中所述，应通过使用调节剂擦洗去除位置标记操作中的所有残留物。

9. 在图3.18中标记的中心线上标记应变计位置线。

10. 现在可以从驱动轴上拆下所有遮蔽胶带。

#### 表面处理：

11. 反复涂抹调节剂，并用棉签棒擦洗表面，直到清洁的尖端不再因擦洗而变色。在此过程中，表面应始终保持湿润，直到清洁完成。清洁溶液不得在表面干燥。

12. 清洁时，应使用无绒纸轻轻擦拭清洁区域，使表面干燥。冲洗应从清洁区域内的井开始，并向外移动，以避免将污染物从区域边界拖入。每张纸只能使用一次。

#### 中和：

表面制备的最后一步是将表面条件恢复到7.0至7.5 pH的最佳碱度，这适用于所有应变计粘合剂系统。

13. 将中和剂大量涂抹在清洁表面上，并用棉头涂抹器擦洗表面。在整个操作过程中，应使用中和剂保持清洁表面完全湿润。

### 3 安装说明 Installation instructions

14. 中和后，应使用干净的无绒纸轻轻擦拭干净区域，使表面干燥。对于新鲜的无绒纸，应在相反方向上进行一次划水，从清洁区域开始，向外移动，以避免未清洁边界的再次污染，如图3.18。每次向外擦拭后，更换纸巾，直到该区域完全清洁。

最后，表面已正确准备好进行应变片接合。操作后应尽快安装应变片，以防止污染。

15. 准备工作到此完成。

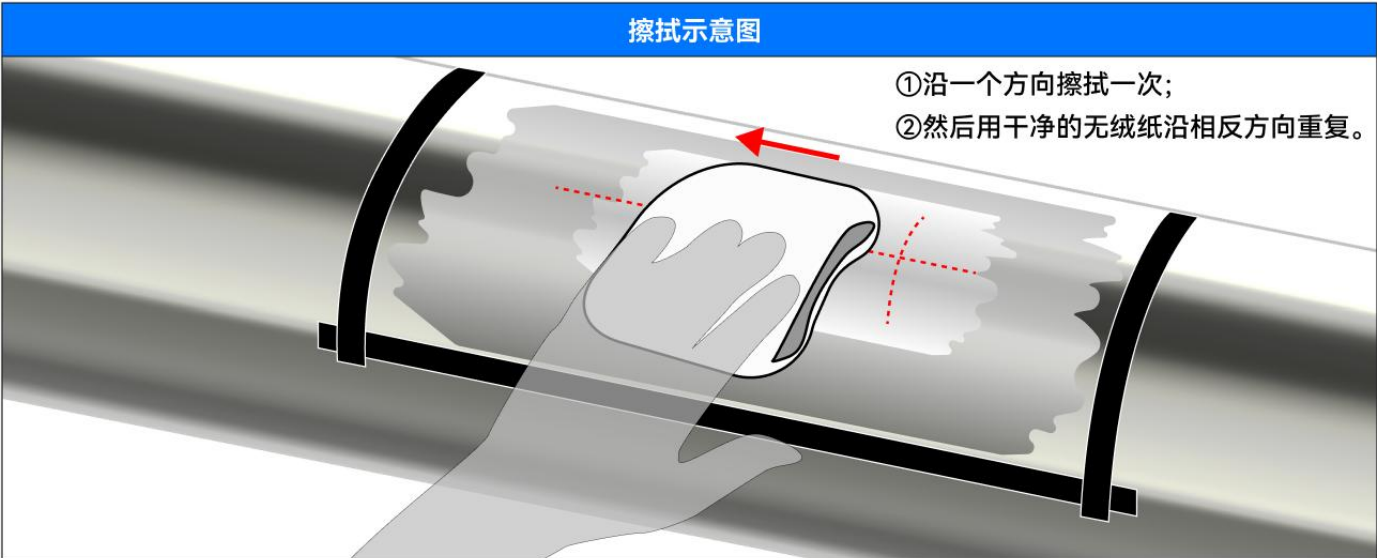


图3.18

### 3.4 安装 Install

#### 3.4.1 应变片应用 Strain gauge application

1. 应变计安装在轴的轴线上，如图3.19，以便在发送器覆盖时受到保护。您在阶段4.3中创建的抛光线将有助于实现应变片的正确对齐。

发送器组件有两个内置连接器，用于连接应变计。

该系统使用一个应变计监测数据，但也支持连接第二个备用应变计。在这个阶段安装和连接两个应变片是有用的，以避免在主应变片将来可能出现故障时需要拆卸系统。

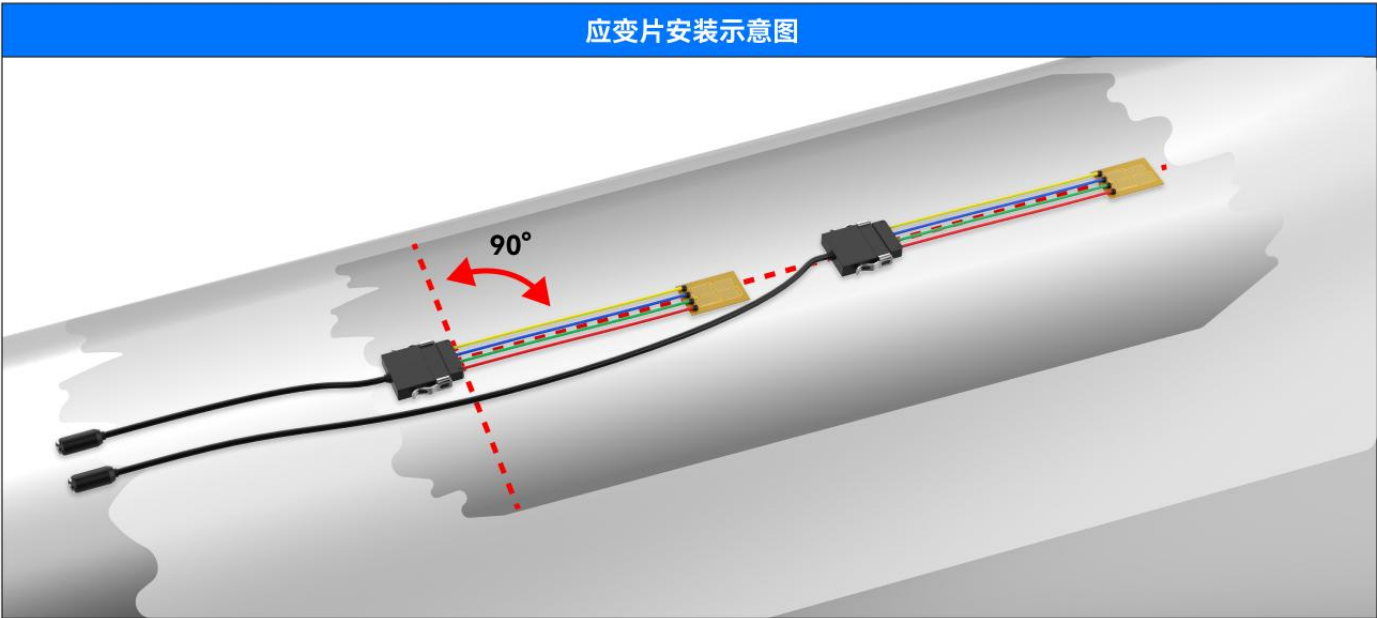


图3.19

## 3 安装说明 Installation instructions

对于长期安装，建议使用粘合剂流程，其中应变计需要运行10年或更长时间。该程序使用两部分环氧树脂粘合剂，在20℃下固化6小时，在60℃下固化1小时。固化时，应变片由压力垫固定。

### 环境保护

应变计安装方法要求涂覆涂层，以确保水分或其他污染物不会到达应变计或外露接线。涂覆的涂层水平将根据操作条件和测试持续时间而变化。

2. 使用应变计后，应目视检查应变计，以检查粘结是否牢固，以及应变计下方是否存在明显气泡或夹杂物。应变片一旦粘合，由于曲面半径周围应变片的变形以及粘合过程中施加手压的作用，应变片将产生偏移。偏移水平将因安装而异。可以使用PC测量应变片的偏移。应变片的输出，以及由此产生的偏移，将以mV/V表示。

通常，该读数为 $\pm 0.000\text{mV/V}$ 至 $\pm 0.500\text{mV/V}$ ，应变片设计用于满足高达 $1.0\text{mV/V}$ 的偏移。如果偏移量大于此值，则安装可能有故障。这可能是由于安装时压力不均匀或扭曲造成的。如果应变片偏移大于 $1.0\text{mV/V}$ ，则需要更换应变片。清洁该区域并重复应变片安装。或者，可以使用某种描述的应变片指示器测量该偏移。

3. 一旦系统完全安装，最好与船长一起让主机在系泊时正反转动。以这种方式对轴进行少量加载就足以让您看到软件显示屏上的读数变化，如图3.20。

通过在船舶系泊时施加较小的力，您可以在进行全海试验之前获得对应变计安装的额外信心，如果船舶发动机持续运行，则可能无法对安装进行任何修正。

当轴加载扭矩时，该值应略微增加/减少，然后返回到起始值。

注意此阶段无负载应变片的值，因为这将是未来测试和诊断所需的。

4. 应变计安装现已完成。



图3.20

### 3.4.2 应变计保护 Strain gauge protection

为了保持良好的应变读数，应变计的保护至关重要。

水分过多或其他流体进入可能导致应变计漂移，导致读数不佳或不现实。当使用封装应变计时，以下过程提供了适当的保护级别。

1. 切割两条约5mm x 15mm的涂层，并将其放置在每个应变计的连接线下方。
2. 切割两条胶带，以覆盖应变计和连接器（约30mm），并将每个应变计粘在两个应变计与轴粘合的清洁区域上，但不要粘在刚刚涂抹的涂层上，如图3.21。

### 3 安装说明 Installation instructions

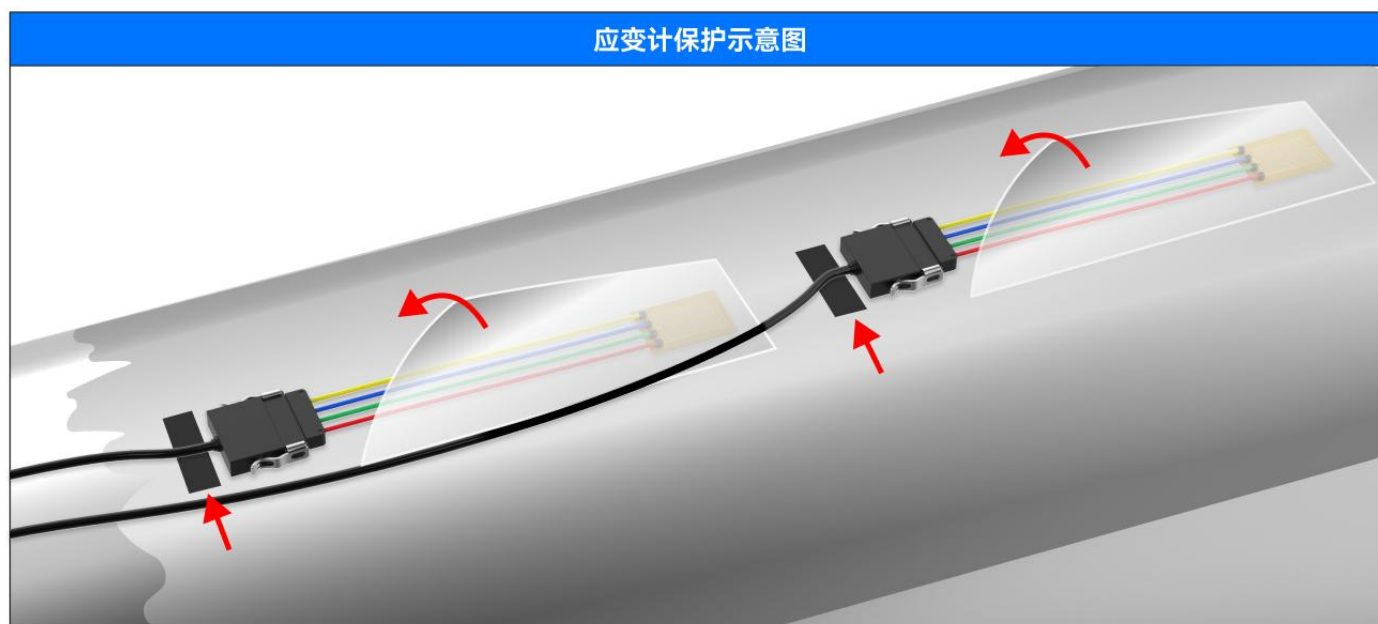


图3.21

对胶带边缘施加压力，以在应变片周围提供良好的密封。

3. 切割另一条较大的涂层，其尺寸足以覆盖两个应变计和两个胶带区域，并将应变计粘在两个应变计与轴连接的清洁区域上，如图3.22。对涂层边缘施加压力，以在测量区域周围提供良好的密封。

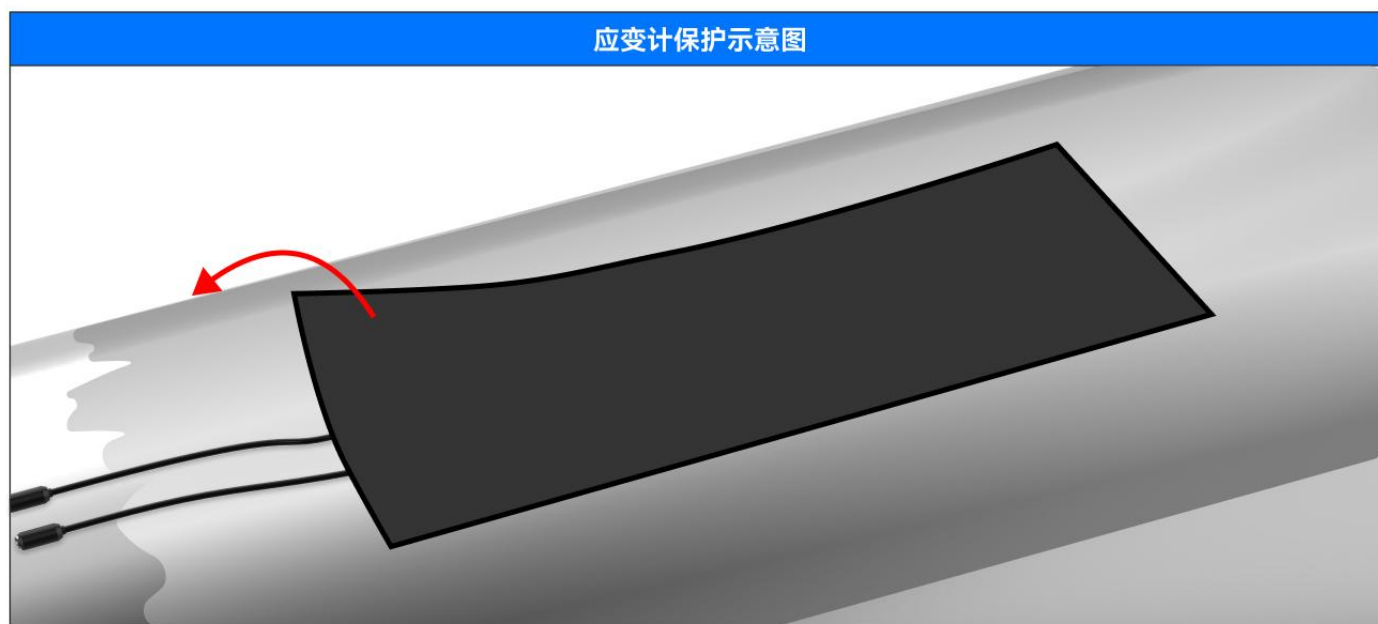


图3.22

4. 从涂层套件上切下两片箔片，其大小应足以彼此重叠约10mm，并覆盖F涂层区域至少10mm，以便与清洁的轴区域粘合。将第一片箔放在连接器电缆另一端F涂层覆盖区域的一半上。向下按压并平滑边缘，以形成清洁轴区域的良好密封。

现在，将第二片箔片覆盖F涂层覆盖区域的另一端，重叠第一片箔片和涂层。将箔片压到轴上并使其平滑，使其紧紧围绕电缆，并形成良好的密封，如图3.23。

### 3 安装说明 Installation instructions

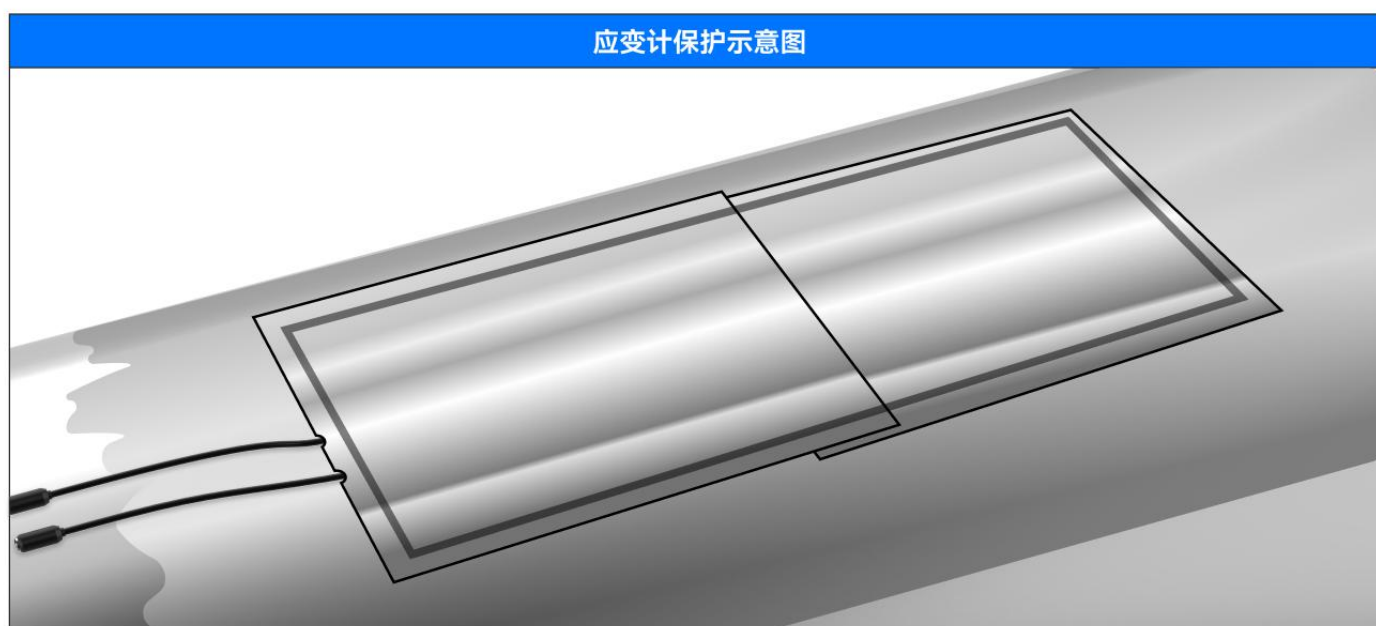


图3.23

5. 使用涂刷器刷在箔边缘与轴表面接触处涂上丁基柔性橡胶密封剂，以提供良好的密封，如图3.24。此外，沿着两个箔片的接合处（在它们彼此重叠的地方）喷涂。特别注意电缆离开箔的区域周围。

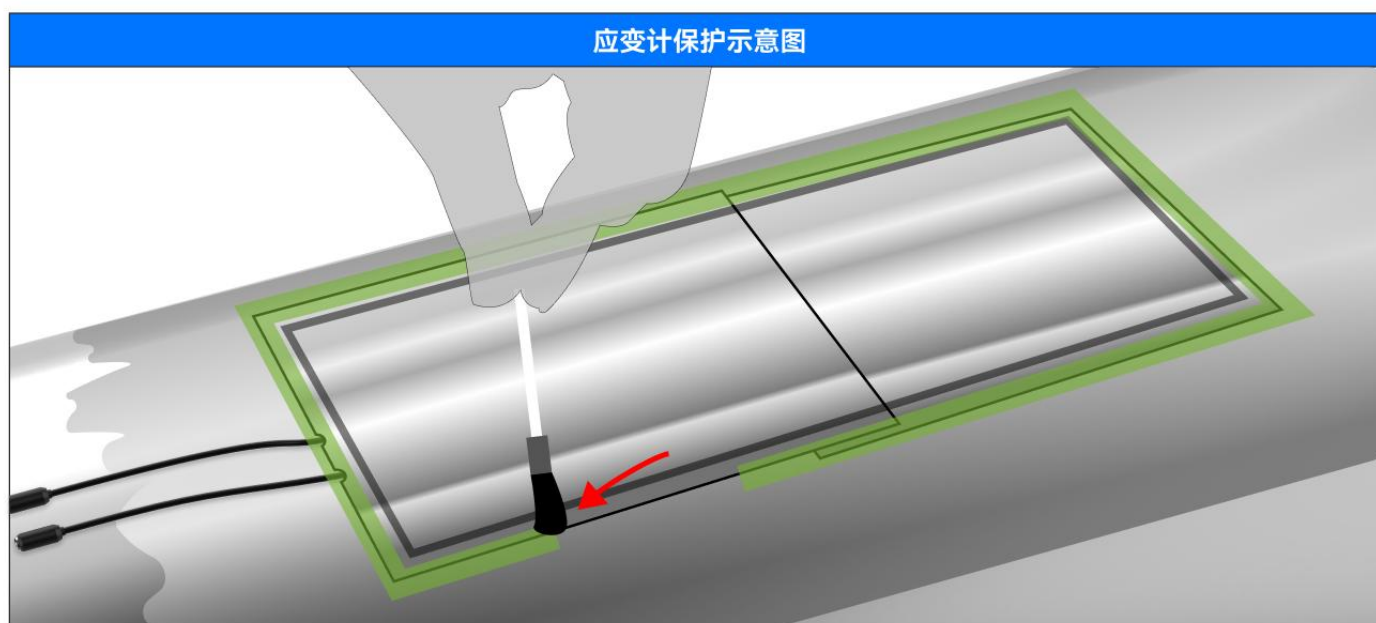


图3.24

6. 切割一条约50 x 100mm的保护层。其应足够大，以覆盖箔片区域并粘在清洁的轴区域上。小心地将胶泥牢固地压在应变计电缆上，但使其露出，如图3.25。

### 3 安装说明 Installation instructions

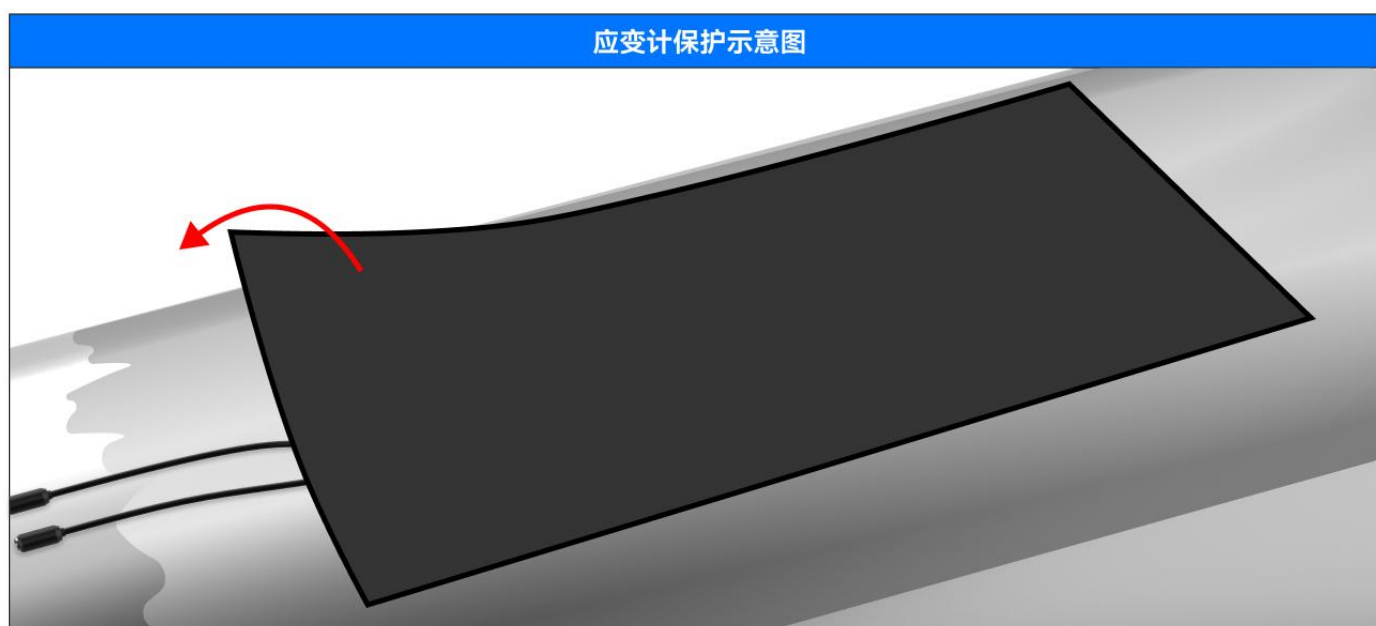


图3.25

7. 切割第二条约50 x 50mm的丁腈橡胶涂层。

将第二块丁腈橡胶涂层半块压在清洁的轴区域上，半块重叠步骤6中的补片，使应变计电缆露出，如图3.26。轻轻向下压，在所有边缘形成良好的密封。

轴区域需要进行化学清洁，以便胶泥粘附-将胶泥加热至25-30°C也有助于配合和粘附。

8. 应变计的保护已完成。

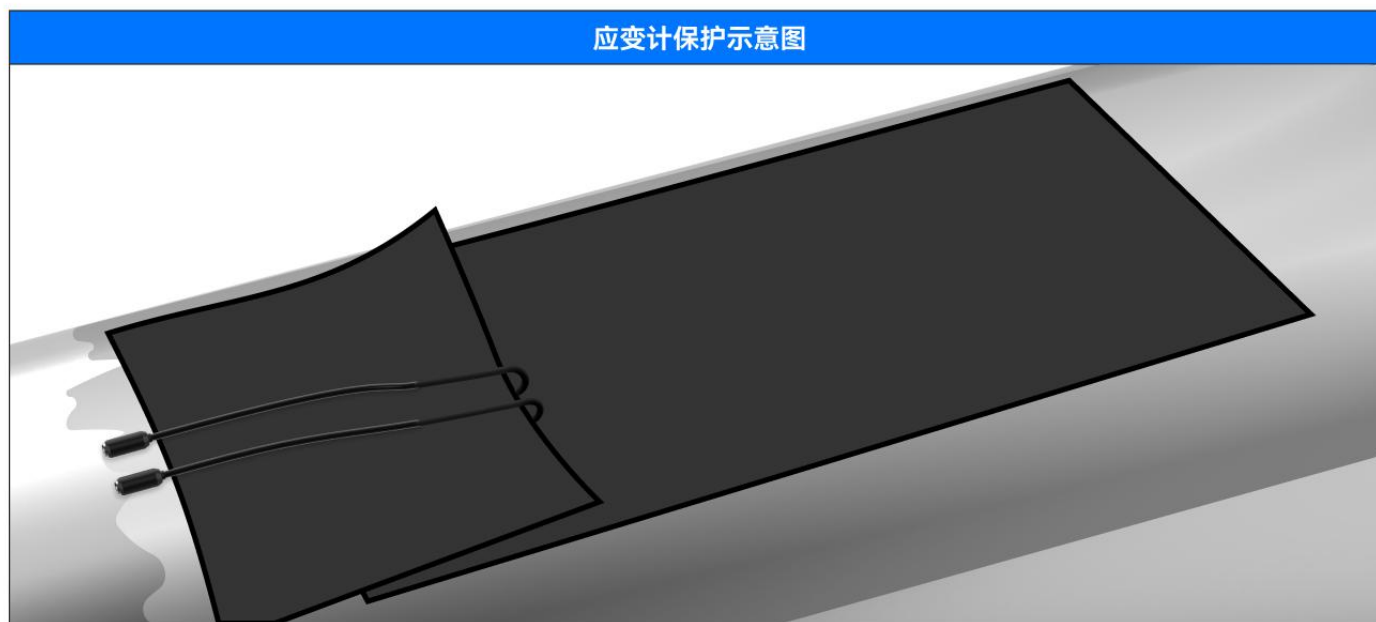


图3.26

## 3 安装说明 Installation instructions

### 3.4.3 发送器防护准备 Transmitter protection ready

1. 从发送器组件上拆下发送器外壳盖。
2. 测量驱动轴直径并记录。
3. 使用锡剪将喉箍带切割至所需长度。该长度约为驱动轴直径的三倍。
4. 为了固定喉箍电缆带，首先切割一段长度为100mm的镀锡铜线。将铜线缠绕在喉箍带上，穿过螺丝槽，并拧在一起。修剪掉多余的部分。
5. 将喉箍带端部连接在一起。
6. 对于直径较小的轴，您可能会发现，通过在发送器外壳中的两个盖头螺栓上弯曲带，将喉箍带预成形为“U”形很有帮助，如图3.27，这将使喉箍带具有正确的形状，以插入发送器外壳。



图3.27

7. 通过发射器外壳中的插槽给喉箍带供电。
8. 将盖头螺栓安装到发送器外壳上，以将成型的喉箍带固定到位。用六角螺丝刀拧紧。
9. 如果需要平衡配重来平衡轴，重复步骤4和步骤5，在平衡配重中使用喉箍带和槽。
10. 安装螺栓以平衡重量，将成型的喉箍带固定到位。用六角螺丝刀拧紧。

### 3.4.4 发送器安装 Transmitter installation

1. 将应变计的连接器的连接至发送器的连接器。将多余的电缆缠绕在连接器上，如图3.28。
- 将发送器外壳放置在受保护的测量区域上方，确保应变片线不会以任何方式被卡住，并由发送器组件覆盖和保护。
- 确保带有两个应变计接头的发送器端部背离转子组件的预期位置。转子组件的连接器位于发送器的另一端，并应面向转子a组件。

### 3 安装说明 Installation instructions

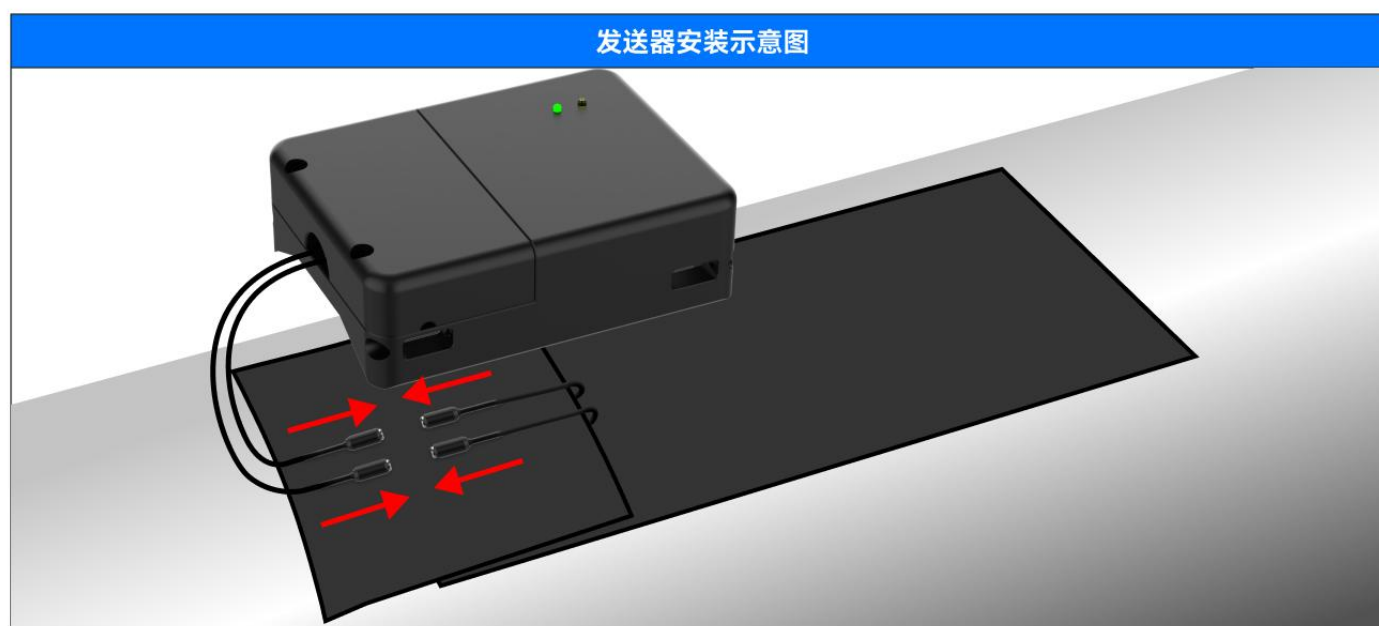


图3.28

2. 如果您需要安装轴类型的配重，请参阅3.4.3步骤9的可选指南。
3. 拧紧喉箍带中的螺钉，直到发送器牢固固定到轴上，如图3.29。



图3.29

5. 如果拆除发送器外壳盖以帮助安装，则使用两个M5 x 40有头螺钉将盖子固定到发送器上。  
对于高速轴，暴露的胶泥块需要约束，如尼龙带或机械捆扎，如喉箍带，如图3.30。

## 3 安装说明 Installation instructions

发送器安装示意图

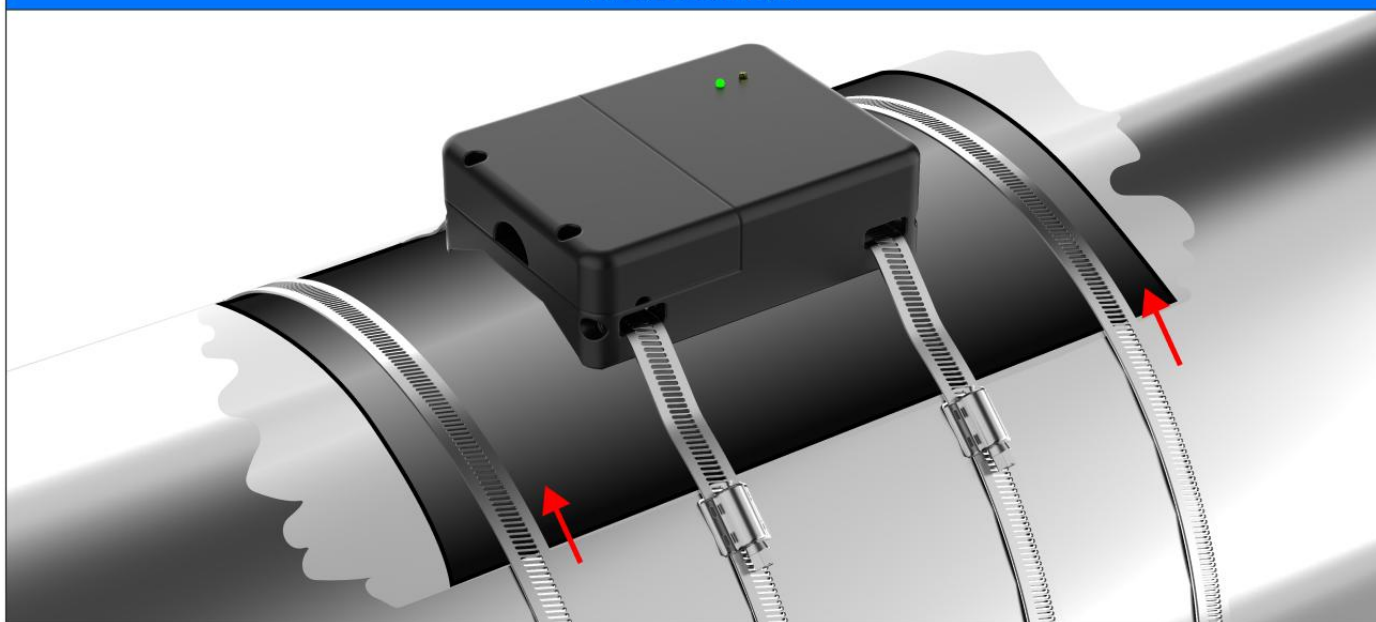


图3.30

### 3.4.5 平衡块安装 Counterweight mounting

根据轴直径和速度，您可能需要安装轴类型的配重。

1. 将配重放置在与发送器装置直接相对的轴下方，并使用长电缆扎带将配重和发送器临时固定到位，如图3.31。

平衡块安装示意图

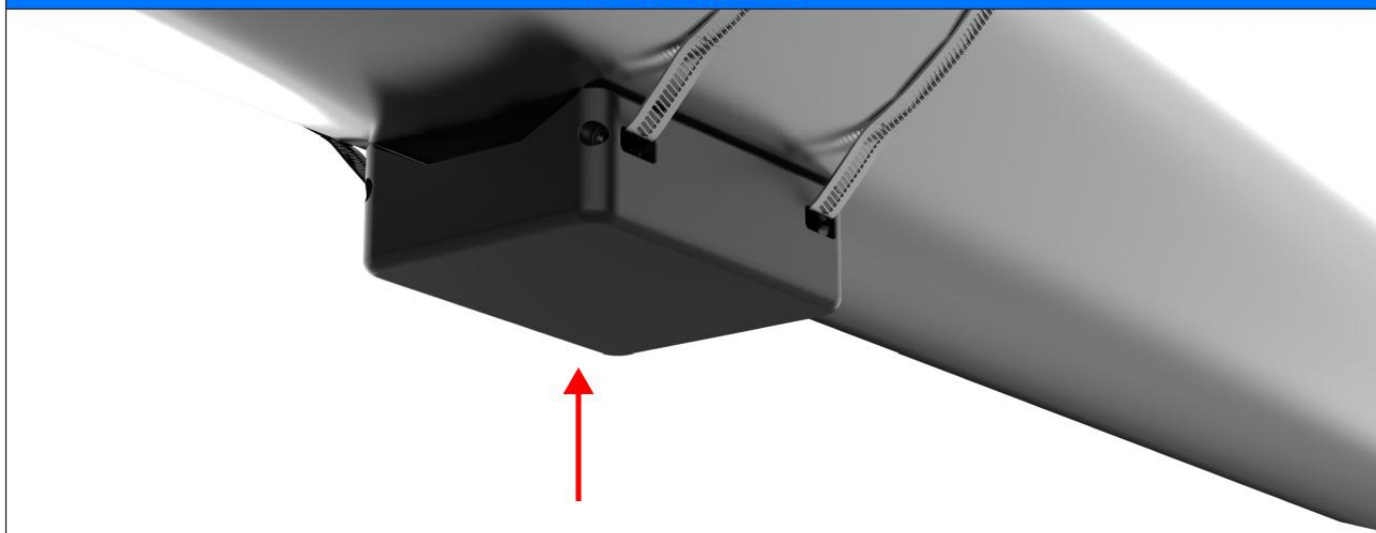


图3.31

2. 拧紧喉箍带中的螺钉，直到发送器和配重固定在一起并牢固固定到轴上。注意确保发送器和平衡块的间距相等，且彼此呈180度角，如图3.32。

3. 发送器安装完成。

### 3 安装说明 Installation instructions

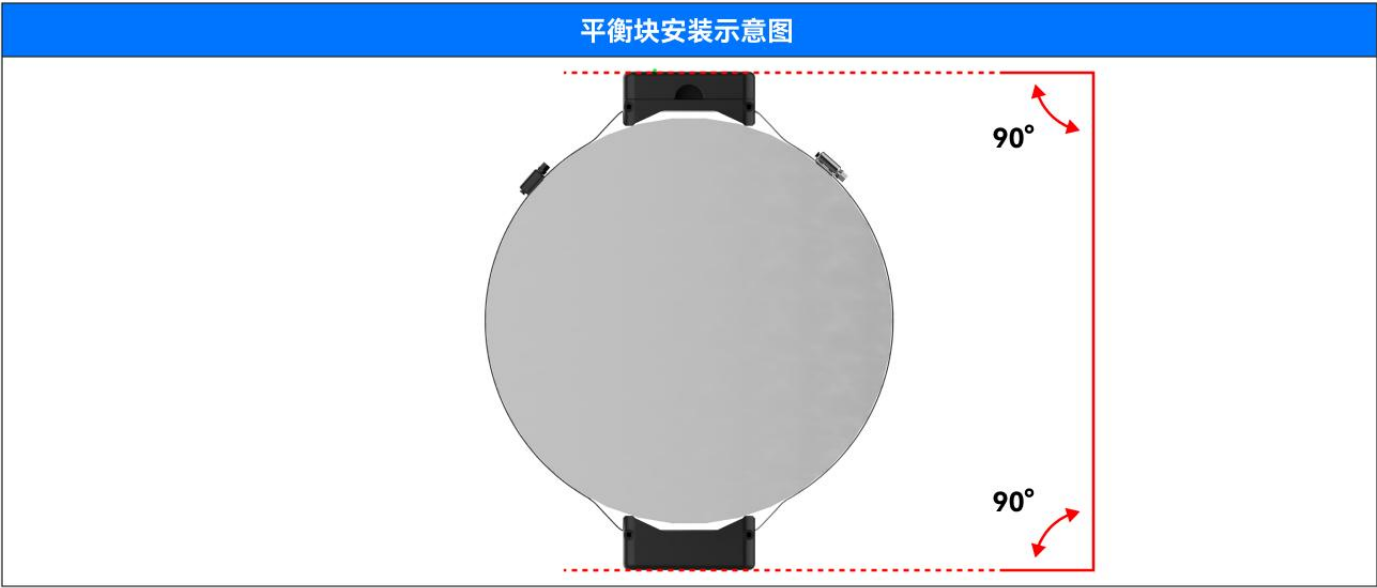


图3.32

#### 3.4.6 转子带安装 Rotor belt mounting

轴功率仪提供了多种配置，以覆盖轴直径范围。您的转子总成按照订单中规定的轴尺寸预先配置。通过调节器螺栓，在每个转子组件中建立了一个调节范围。通过改变转子连杆连接板螺栓孔布置，可以实现进一步的调整范围。预配置的转子组件不需要这样做。

1. 从下方将转子组件安装到轴上。较长型号的转子总成的中心连杆包含一对带有调节螺栓的连杆中的一个。将中心连杆放置在轴的底部。  
您的目标是使转子组件的端部在轴的顶部连接在一起。转子组件的电力电缆应在发送器单元旁边结束，以便通过其电气连接器轻松插入。  
将转子总成的端部在一个松散的测试接头中向上移动到顶部。将转子组件的边缘与图3.14中标记的引导线对齐。用手调整转子组件，直到正确定位。  
现在，从轴底部的转子连杆开始，用手将转子组件牢牢地压到轴上，逐渐向上压到轴两侧，一个连杆接一个连杆，如图3.33。注意确保转子组件没有松弛，尤其是轴底部。  
以这种方式从下方安装转子总成有助于防止连杆在轴底部下垂和安装过松。

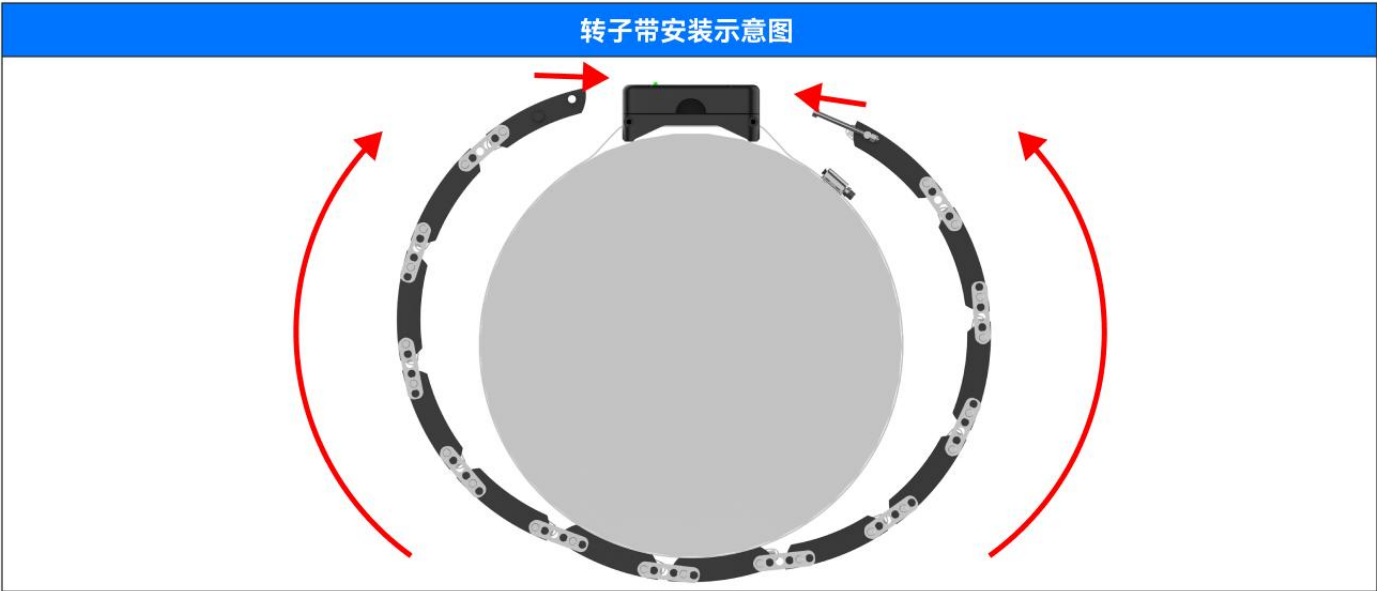


图3.33

### 3 安装说明 Installation instructions

2. 使用可调螺栓将转子组件的两端连接在轴顶部。检查以确保转子组件的电缆紧靠发送器组件，且转子组件沿圆周导轨就位，如图3.34。

逐步拧紧顶部和底部M4调节器螺栓和螺母，直到它们拧紧且转子组件牢固。

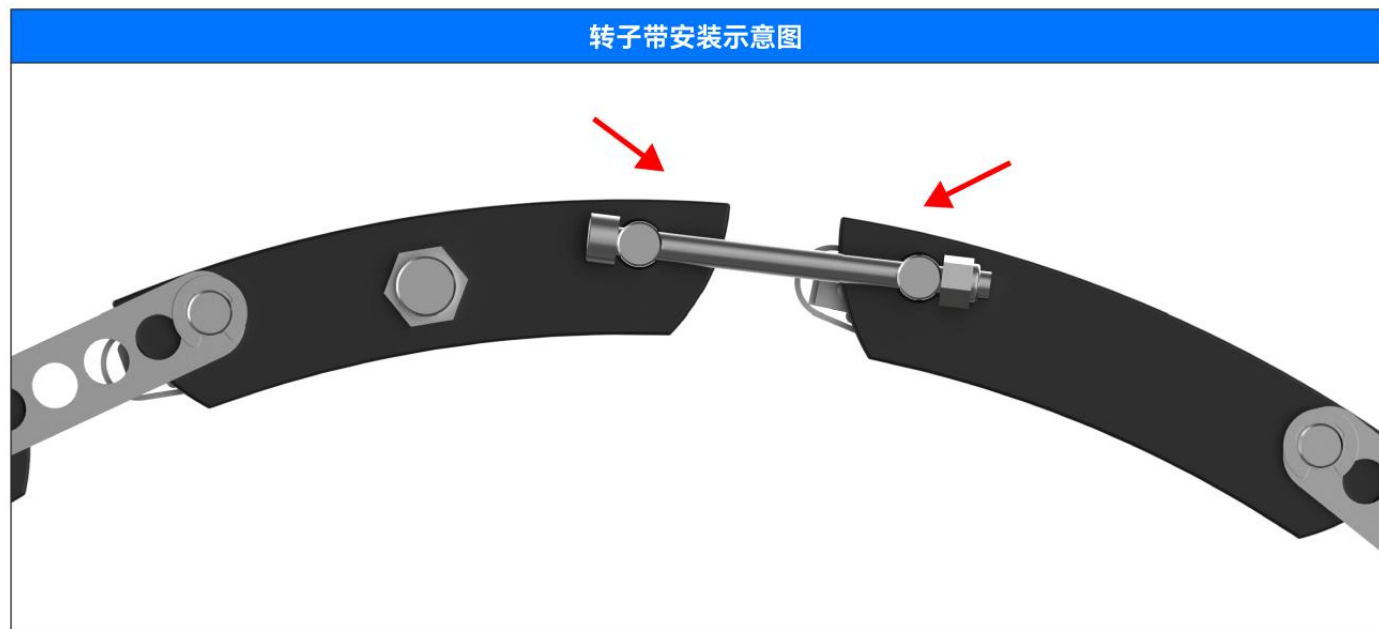


图3.34

3. 将连接器从转子组件插入发送器组件，如图3.35。



图3.35

4. 从转子组件顶部开始，在整个转子组件周围缠绕布加固胶带（随附），并在每个转子连杆上摩擦。对轴重复此操作两到三圈。将其重叠在胶带的开始处，并修剪末端。胶带为转子组件增加了额外的保护，如图3.36。

5. 用另一段布加固胶带固定发送器/转子连接，以类似方式缠绕整个转子组件，将其固定到轴上。

6. 扭力计总成安装现已完成。

## 3 安装说明 Installation instructions

转子带安装示意图



图3.36

### 3.4.7 固定柱安装 Fixed column installation

1. 安装柱的支柱在前、后表面有机加工槽，定子线圈组件（前）和机旁控制箱（后）固定在这些槽上。这些将预先安装在安装柱上。定子曲面应面向轴。
2. 将安装柱底座上的槽与安装板上的孔对齐，安装板连接到船舶甲板上，由您的海事或造船厂工程师预制。用 2 x M16 螺栓、垫圈和螺母固定安装柱底板。在此阶段，只能用手拧紧，如图3.37。

固定柱安装示意图



图3.37

### 3 安装说明 Installation instructions

3. 调整从安装立柱表面到轴表面外表面的距离，直到75mm，如图3.38。在安装柱底座的机加工槽中，大约可以移动50mm。  
如果安装柱安装计划正确，则从上方观察时，定子中心线应与转子组件中心线和安装柱中心线对齐。

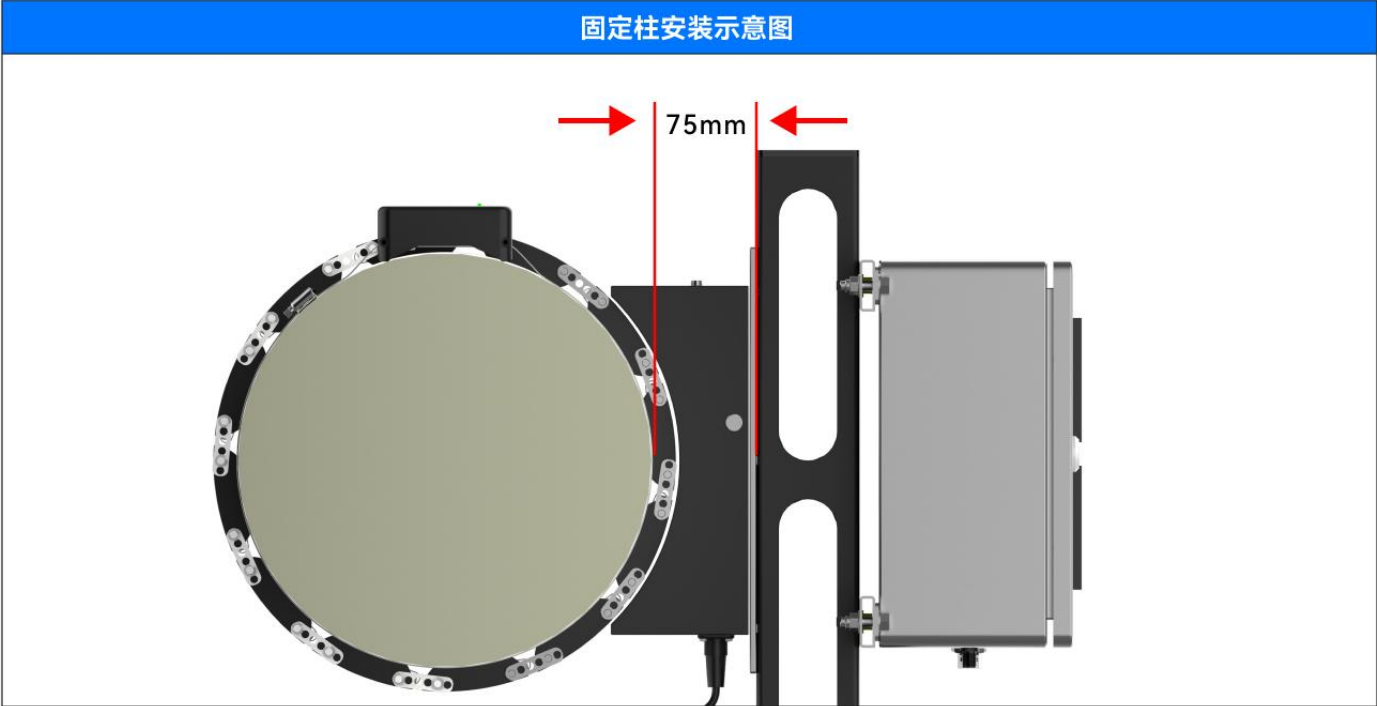


图3.38

4. 如果需要，松开定子安装螺母和螺栓，并在安装柱槽上垂直调整定子安装，直到定子和转子组件之间的间隙沿其曲面一致为10mm，如图3.39。

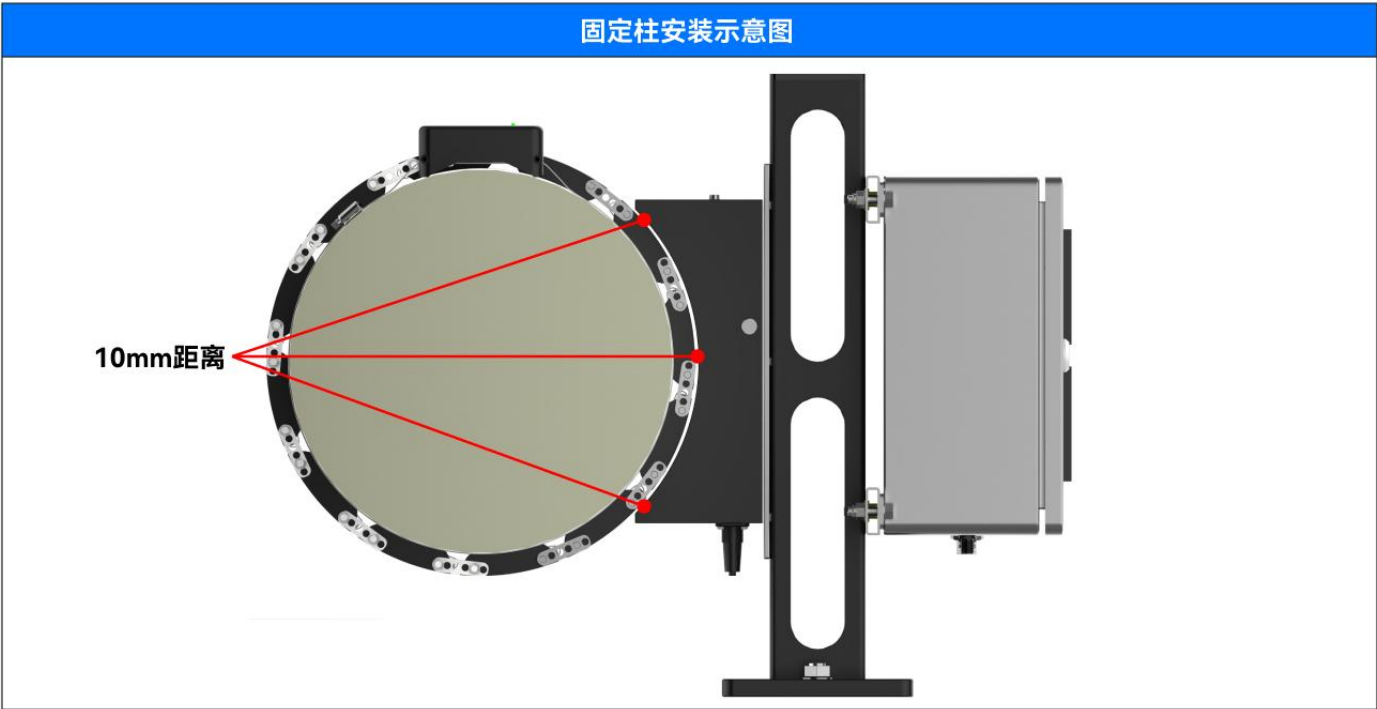


图3.39

## 3 安装说明 Installation instructions

5.将定子安装螺母和螺栓完全拧紧至安装柱和安装柱底板M16螺栓。安装柱两侧有较大的孔，便于工具进入，如图3.40。

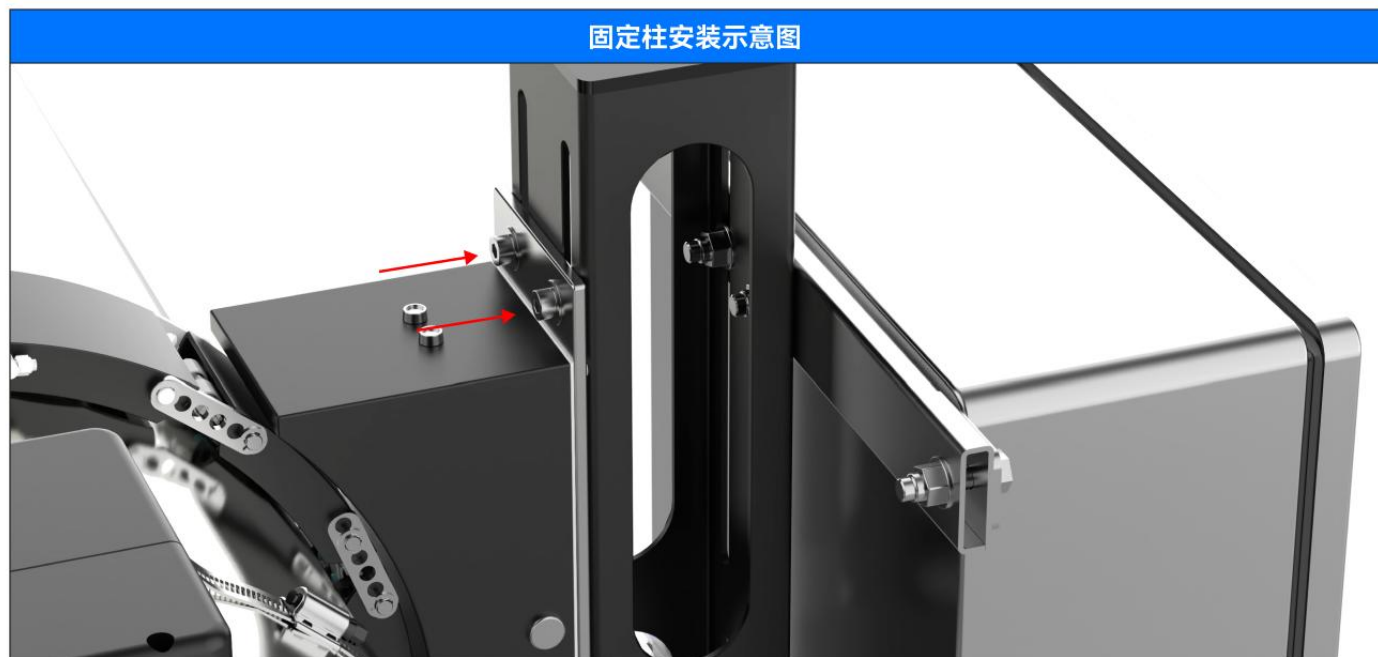


图3.40

### 3.4.8 显示单元安装 Display unit installation

1. 如图3.41中将显示单元安装于台面上，并扭紧H螺丝，确保牢靠。



图3.41

### 3.4.9 数据和电源连接 Data and power connection

警告。继续之前，确保主电源连接已隔离。

1. 请参考本文件提供的接线图2.4。
2. 打开机旁控制箱门板。
3. 连接相关接口的数据输出电缆。
4. 最后连接电源110/230V。
5. 关闭机旁控制箱门板。
6. 轴功率仪安装完成并准备连接至监控接口。

### 3 安装说明 Installation instructions

#### 3.5 参数配置 Parameter configuration

##### 3.5.1 扭矩计算器 Torque calculator

点击系统主页下方菜单栏计算器，进入扭矩、功率、推力（可选）相关参数配置页面。点击扭矩计算器，依次输入主轴外径、内径、最大扭矩、主轴材料、杨氏模量、泊松比和应变系数；再次点击当前页面计算、保存按钮，系统即完成参数配置

扭矩零点校准。零点校准一般在轴功率计系统安装调试完成进行一次校准，无需二次校准。零点校准方法进入扭矩计算器，轴功率计系统安装调试后，被测量设备处于静态时，进入扭矩计算器页面，点击零刻度按钮即完成系统扭矩零点校准。

扭矩计算器页面

— 计算器 —

SHANBEI  
HID TECHNOLOGY

扭力轴 校准计算器

主轴外径: 200 mm

主轴内径: 0 mm

最大扭矩: 400000 Nm

主轴材料: EN24T

杨氏模量: 207000000000

泊松比: 0.285

应变系数: 2.09

校准值: 3.30384133653912 mV/V

采样速率: 10 SPS

计算

保存校准值

应变扭矩比例

满量程扭矩: 400000 Nm

满量程应变: 3.30384133653912 mV/V

0.1 mV/V: 12108 Nm

0.2 mV/V: 24215 Nm

0.3 mV/V: 36322 Nm

0.4 mV/V: 48429 Nm

0.5 mV/V: 60536 Nm

0.6 mV/V: 72643 Nm

0.7 mV/V: 84750 Nm

0.8 mV/V: 96857 Nm

0.9 mV/V: 108965 Nm

1 mV/V: 121072 Nm

1.5 mV/V: 181607 Nm

2 mV/V: 242143 Nm

当前应变值: 0.4978 mV/V

零刻度

图3.42

##### 3.5.2 推力计算器 Thrust calculator

点击系统主页下方菜单栏计算器，进入扭矩、功率、推力（可选）相关参数配置页面。点击推力计算器，依次输入主轴外径、内径、最大推力、主轴材料、杨氏模量、泊松比和应变系数；再次点击当前页面计算、保存按钮，系统即完成参数配置

推力零点校准。零点校准一般在轴功率计系统安装调试完成进行一次校准，无需二次校准。零点校准方法进入推力计算器，轴功率计系统安装调试后，被测量设备处于静态时，进入推力计算器页面，点击零刻度按钮即完成系统推力零点校准。

31

### 3 安装说明 Installation instructions

推力计算器页面

— 计算器 —

SHANBEI  
HID TECHNOLOGY

推力轴 校准计算器

主轴外径: 200 mm

主轴内径: 190 mm

最大推力: 1000000 Nm

主轴材料: EN24T

杨氏模量: 207000000000

泊松比: 0.285

应变系数: 2.09

X 截面: 0.0030630528372500507 mV/V

应变 L: 1577.1578653972026 mV/V

应变 X: -449.4899916382027 mV/V

校准值: 2.1178470106019986 mV/V

计算 保存校准值

应变扭矩比例

满量程扭矩: 1000000 Nm

满量程应变: 2.1178470106019986 mV/V

0.1 mV/V: 47218 Nm

0.2 mV/V: 94436 Nm

0.3 mV/V: 141654 Nm

0.4 mV/V: 188872 Nm

0.5 mV/V: 236089 Nm

0.6 mV/V: 283307 Nm

0.7 mV/V: 330525 Nm

0.8 mV/V: 377743 Nm

0.9 mV/V: 424960 Nm

1 mV/V: 472178 Nm

1.5 mV/V: 708267 Nm

2 mV/V: 944356 Nm

当前应变值: -7.8124 mV/V 零刻度

图3.43

#### 3.5.3 功率计算器 Power calculator

点击系统主页下方菜单栏计算器，进入扭矩、功率、推力（可选）相关参数配置页面。点击功率算器菜单进入功率和扭矩相互计算以及功率单位转换页面，框内输入参数值，点击计算按钮，即完成相应参数计算。

功率计算器页面

— 计算器 —

轴功率(kW) / 速度(RPM) - 扭矩(Nm/kNm)

轴功率: 输入一千瓦为单位的功率 kW

速度: 在RPM中输入速度 RPM

0 mV/V: Nm

0.1 mV/V: kNm

计算

轴扭矩(Nm) / 速度(RPM) - 功率(W/kW)

轴扭矩: 输入轴外径值 kW

速度: 输入轴内径值 RPM

功率: Nm

功率: kNm

计算

功率(HP) - 功率(W/kW)

功率: 输入满量程值 HP

功率: W

功率: kW

计算

图3.44

## 3 安装说明 Installation instructions

### 3.6 设置 Settings

#### 3.6.1 以太网参数设置 Ethernet parameter Settings

点击系统主页下方设置菜单，进入以太网、串口、CAN、模拟量以及其它参数设置页面。点击以太网按钮进入网口参数配置，依次输入 IP地址、子网掩码、网关、DNS，点击保存设置，系统重启参数生效。

以太网配置页面

— 以太网配置 —

IP地址: 192.168.3.109

子网掩码: 255.255.255.0

默认网关: 192.168.3.255

DNS服务器: 114.114.114.114

保存设置

图3.45

#### 3.6.2 CAN参数设置 CAN parameter setting

点击系统主页下方设置菜单，进入以太网、串口、CAN、模拟量以及其它参数设置页面。点击 CAN按钮进入CAN接口参数配置，依次选择 CAN号、波特率点击保存设置，系统重启参数生效。

CAN配置页面

— CAN配置 —

通信协议: NMEA2000

CAN选项: can0

波特率: 250k

保存设置

图3.46

#### 3.6.3 串口参数设置 Serial port parameter Settings

点击系统主页下方设置菜单，进入以太网、串口、CAN、模拟量以及其它参数设置页面。点击串口按钮进入串口参数配置，依次选择通讯协议、串口号、波特率、停止位、数据位、校验位点击保存设置，其中设备地址仅在Modbus-RTU协议下有效，系统重启参数生效。

### 3 安装说明 Installation instructions

串口配置页面

— 串口配置 —

通信协议: RS485-NMEA

设备地址: 103

串口选项: ttyUSB1

波特率: 9600

停止位: 1

数据位: 8

校验位: N

保存设置

图3.47

#### 3.6.4 轴功率参数调整 Shaft power parameter adjustment

点击系统主页下方设置菜单，进入以太网、串口、CAN、模拟量以及其它参数设置页面。点击参数设置按钮进入参数配置页面。依次输入扭矩、转速、功率、推力满量程值以及对应模拟量输出方式和单位，点击保存设置，系统重启生效。

其它部分参数。可选择主界面实时数据平均时间，0.1秒、1秒、30秒、60秒可选，能耗单位 Wh、KWh可选。时期和时间可调。勾选推力即在主界面显示推力仪表盘，勾选扭矩或推力应变值反向使采集值取负，勾选扭矩或推力仪表双极显示主界面仪表盘显示正负数。

测量参数配置页面

< — 参数设置 —

扭矩

满量程: 480

模拟量: 0V to 5V

单位: kNm

☐ 扭矩应变值反向

转速

满量程: 500

模拟量: 4mA to 20mA

单位: RPM

限速: 200

功率

满量程: 500

模拟量: 0V to 5V

单位: kW

☐ 推力

满量程: 500

模拟量: 4mA to 20mA

单位: kN

☐ 推力应变值反向

其他

☐ 日志间隔: 30秒

实时数据平均时间: 0.1秒

能耗单位: kWh

日期和时间: 2023/08/07 01:43:35

☐ 矩计表盘双极显示

☐ 推力表盘双极显示

亮度升高

亮度降低

重置计数器

保存设置

图3.48

## 4 使用说明及注意事项 Instructions and precautions for use

### 4.1 显示单元使用说明 Display unit instructions



图4.1

1. A主页：回到软件主页面
2. B菜单：截屏、锁屏、夜间模式、亮度调节、待机和关机等功能；
3. C确认：确认选择；
4. D取消：取消选择；
5. E自定义F1：可自行选择功能进行定义；
6. F自定义F2：可自行选择功能进行定义；
7. G定位：定位位置；
8. H电源：开关电源；
9. 旋钮：旋转选择页面组件，按动进行确认选择。

### 4.2 软件概述 Software overview

1. 主页为设备启动第一个页面，主要内容为时间、当前连接状态、三个表盘、数据异常报警；1Sec为当前数据采集速率，NMEA2000为当前连接状态，当连接断开时会闪烁，断开后显示灰色；左边表盘显示当前转速，中间为当前功率、右边显示当前扭矩；右下角为数据报警区，用户可以在设置中设置功率超限、转速超限、扭矩波动值，其中功率可设置一级报警值和二级报警值，当数据超过设定值之后会显示红灯，其中功率超过一级报警值显示黄灯，超过二级报警值显示红灯。

## 4 使用说明及注意事项 Instructions and precautions for use



图4.2

2. 累计页面展现的内容有当前转速、功率、扭矩、过去24小时能耗，当前航次的能耗，主轴选择圈数和推进距离，累计航次的能耗和旋转圈数。



图4.3

## 4 使用说明及注意事项 Instructions and precautions for use

3. 趋势：趋势页面展现短期趋势和长期趋势按钮，点击进入趋势图表页。

短期趋势：进入短期趋势默认显示5分钟周期的转速数据图表，点击转速、功率、扭矩按钮切换显示图表数据内容，点击5分钟、1小时、24小时按钮切换图表时间周期并修改1-5号按键显示内容。

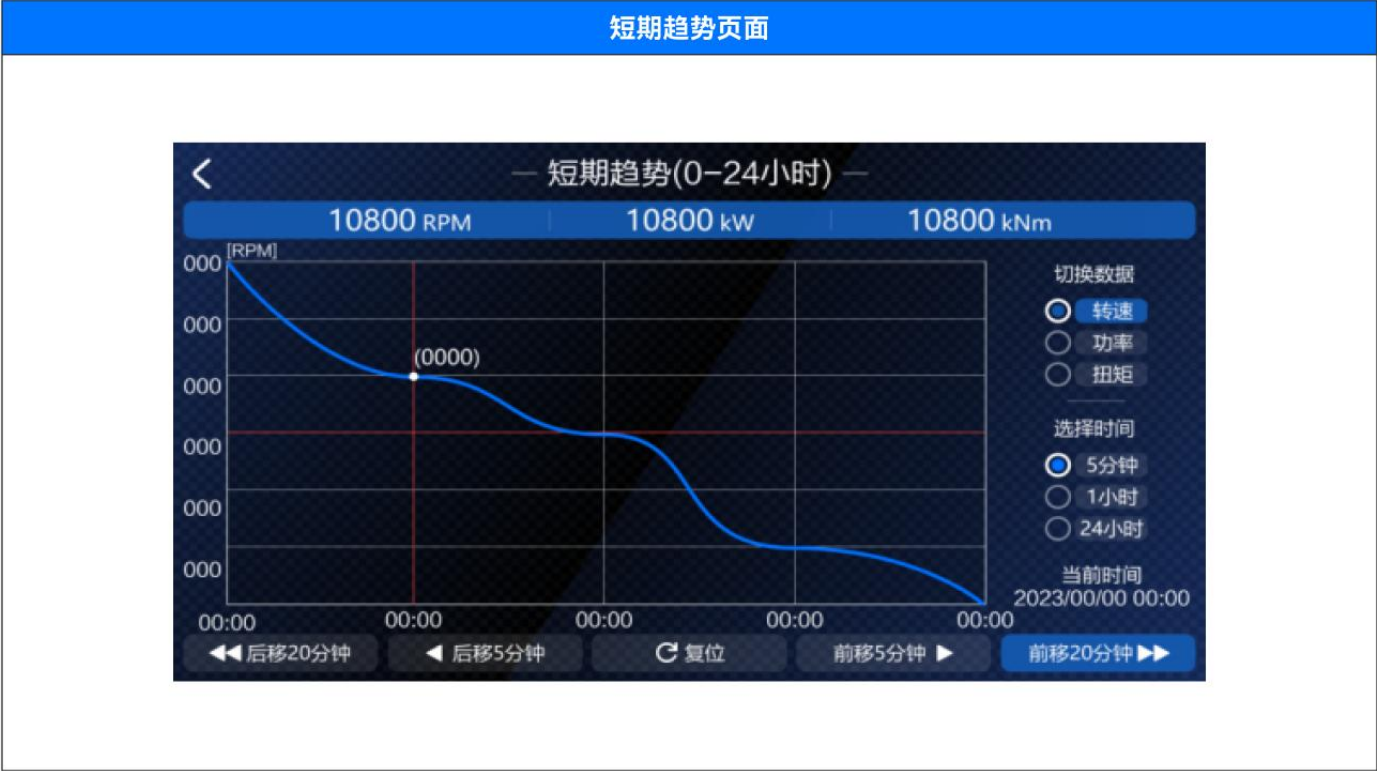


图4.4

长期趋势：进入短期趋势默认显示5分钟周期的转速数据图表，点击转速、功率、扭矩按钮切换显示图表数据内容，点击1周、1月、1年按钮切换图表时间周期并修改1-5号按键显示内容。

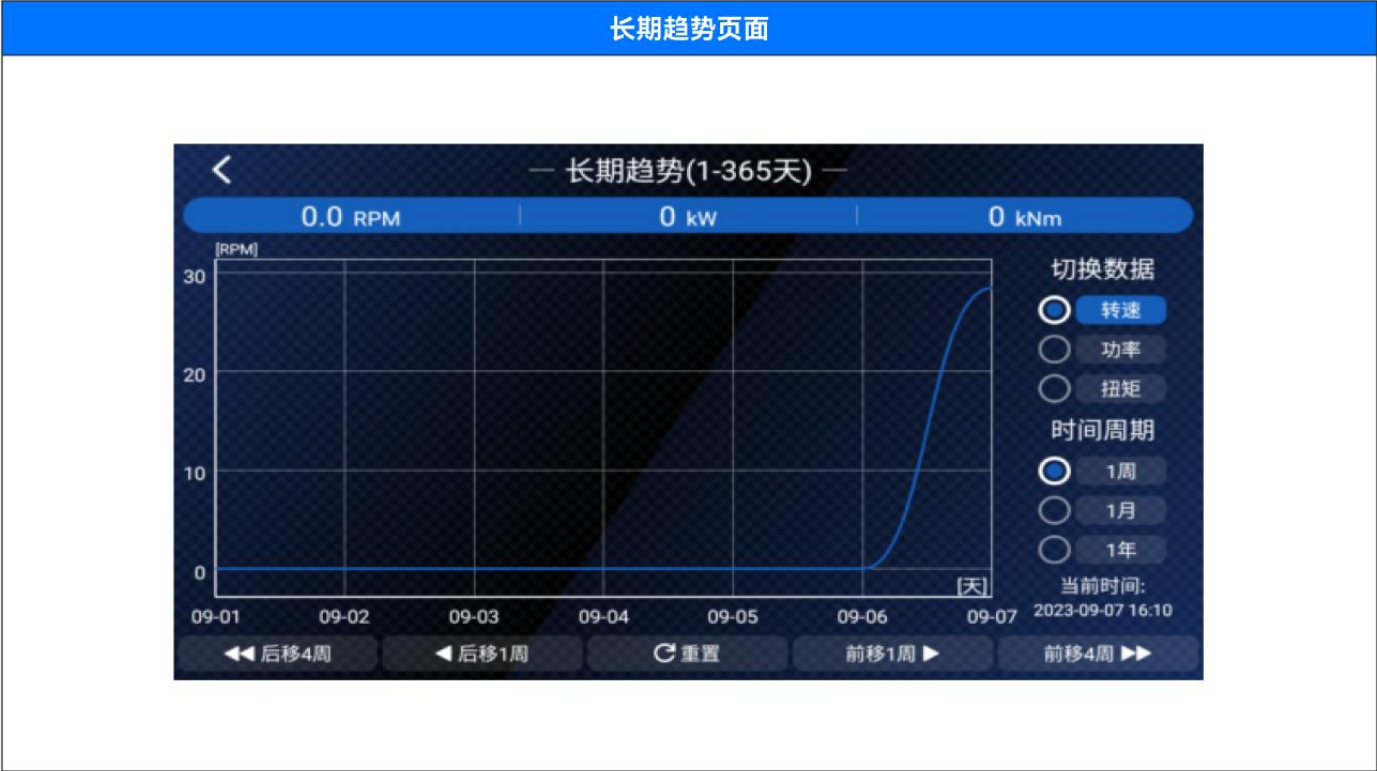


图4.5

## 4 使用说明及注意事项 Instructions and precautions for use

4. 报告列表页第一条为当前航次报告，其余为历史航次报告。



图4.6

5. 设置页面具体包含系统、个性化、网络 and 轴功率仪参数的调整选项。



图4.7

## 5 故障分析及排除 Fault analysis and elimination

---

本款产品自投产使用以来，基本未曾出过故障，具我方统计，售后问题基本是由于接线错误，导致无法正常使用，除此之外，暂无技术性故障。客户在使用过程中，如发现技术性问题，请及时与我方技术人员交流沟通。

## 6 安全保护及事故处理 Safety protection and accident handling

---

### 6.1 安全保护装置及注意事项 Safety protection devices and precautions

1. 进行安装、接线等操作时，请务必在外部断开所有电源后方可进行操作，否则有触电、产品损坏的危险。
2. 通信线、信号线请勿与主回路或动力线等捆在一起接线，或是靠近接线。原则上请离开 100mm 以上。
3. 请选用容量约为负载电流 2 倍的负载驱动电源。
4. 使用感性负载时，请在负载上并联续流二极管使用双绞屏蔽线时，请将屏蔽线在信号接收侧接地。
5. 不要对空端子进行配线，有可能会损坏产品。
6. 请保持设备整洁，不要使金属屑或者细小金属掉入接线孔内，这有可能引起产品故障

### 6.2 故障处理程序及方法 Troubleshooting procedures and methods

1. 在使用过程中，出现不可解决的故障问题，联系我方售后服务工程师。
2. 在质保期内，由产品自身问题导致出现故障，由我方提供可完全替代产品，发送给受买方免费更换。并提供技术支持；非产品自身问题导致出现故障，我方可提供完全替代产品和现场服务两种选择，由受买方自行选择。所需费用皆由受买方自行承担。
3. 超出质保期时间范围的，出现故障，我方可提供可完全替代产品或更换产品部分配件的两种服务选择，由受买方自行选择。所需费用由受买方承担。

## 7 保养和维修 Maintenance and repair

---

### 7.1 日常维护和保养 Daily maintenance and maintenance

在日常非使用状态，应注意本产品的维护、保养。通过维护、保养可以提高产品使用寿命，具体维护和保养方式方法如下：

1. 使用干抹布定期擦拭本产品表面，保证本产品外部干净整洁。

### 7.2 运行注意事项 Operation precautions

1. 当运行出现问题时请停止使用该装置。联系我方售后工程师。
2. 输入电压应严格按照接线说明进行，未按规定操作导致产品故障或造成其他重大事故，皆由受买人自行承担。

### 7.3 长时间放置的维护、保养 Long-term maintenance and maintenance

长时间放置，保养维护方式方法，与日常维护、保养的方式方法相同。

## 8 运输、储存和质保 Transportation, storage and warranty

---

### 8.1 运输注意事项 Transportation precautions

运输过程中应避免剧烈晃动、碰撞对产品造成物理损伤。

### 8.2 储存注意事项 Storage precautions

常温、干燥、阴凉的环境。

### 8.3 质保期限 Warranty period

本产品质保期自受买方收到货物之日开始计算，为期12个月。依据为快递签收单据日期或发货单回执日期。

## 9 其他 Other

---

### 9.1 售后工程师联系电话 Phone number of the after-sales engineer

联系人：徐工

电话：18067343163

### 9.2 公司信息 Company information

制造商：宁波扇贝科技有限公司

通讯地址：宁波市高新区研发园A2-902

邮政编码：310001

电话：（0574）87182781

传真：（0574）87182781

## 10 附录一 Appendix

### 10.1 关于轴功率仪测量值偏差的说明 Clarification on Measurement Deviations of Shaft Power Meters

在实际试航过程中，经常有轮机长反映说轴功率仪测量值与他们的估算值偏差很大，有的甚至能达到20%，从而怀疑轴功率仪测量的准确性，因此有必要就此偏差情况做一个理论说明，从而打消用户的疑虑。

### 10.2 轮机长依据“转速+负荷”估算的功率 The chief engineer estimates power based on "RPM + load"

该功率是主机功率，是从发动机端间接推算，依据的是主机厂家的推进特性曲线（转速 $n$ -功率 $P$ 或者油门-功率 $P$ ），并且主机功率与转速的三次方成正比。

负荷=当前功率/额定功率\*100%=（当前转速/额定转速）<sup>3</sup>\*100%

比如一艘散货船主机额定功率是6764kw，额定是105rpm，当前转速是86rpm，则

负荷=（86/105）<sup>3</sup>\*100%=55%

功率≈55%\*6764=3716kw

同样，有最大功率/额定功率=（最大转速/额定转速）<sup>3</sup>。由于最大功率一般是额定功率的1.1倍，所以最大转速是额定转速的1.03倍。

该估算方式有2个前提：

1. 假定机械效率、传动效率不变；
2. 不考虑实时轴系、船体、海况变化

实际上该估算方式的偏差较大，主要包括

1. 发动机内部损失，指示功率与轴功率的不同

四冲程机机械损失约10%~15%，二冲程机机械损失约6%~10%，厂家曲线往往按新机器、理想工况给出，实际老机磨损后损失更大。

2. 传动与轴系损失

主机经过传动系统带动中间轴旋转，各环节都会有功率损失，包括齿轮箱1%~3%，中间轴、轴承、密封：1%~2%，联轴节、对中不良：可再增1%~3%。

3. 估算模型本身的误差

模型依据转速来估算功率，但油门/喷油量-功率曲线本身存在±3%~±8%的偏差，同时存在转速波动、负荷非线性情况，特别是低负荷时更明显，厂家曲线是标准环境、清洁船体、静水，实船海况、船体污底、风浪都会增大偏差。

另外，转速的测量不论是采用霍尔传感器还是光电传感器，存在约1%的精度误差。

### 10.3 轴功率仪本身精度 The accuracy of the v-axis power meter itself

合格的船用轴功率仪从产品开发阶段就对精度的影响因素进行分析，并在生产阶段进行把控，最后在出厂测试阶段进行校准，以市面上最常用的应变片式扭矩测量为例，具体精度误差包括：

1. 仪器使用的电子元器件精度：±0.1%~±0.3% FS。比如AD采样的位数，稳压电源的精度等都对测量结果产生直接的影响。

2. 转速的测量：存在约1%的精度误差；

3. 扭矩的测量：包括应变片粘贴、定子-转子支架固定的偏差、轴设置参数（比如轴径、泊松比、杨氏模量等）的不确定性，都会导致扭矩测量的偏差，综合误差±3%~±5%。

宁波扇贝生产的轴功率仪在精度保障方面做了很多工作：

1. 选用16位AD采样芯片，理论精度达到0.0015%；

2. 出厂前进行转速功能测试，所用测试台经过转速计量校准，理论精度0.02%；

3. 出厂前进行扭矩应变模拟测试，所用测试台经过对比测试并记录初始应变值；

# 10 附录一 Appendix

4.实船安装阶段，要求应变片粘贴前后应变值变化不超过1%；  
在第三方CNAS机构的理想实验室环境下，由宁波扇贝生产的轴功率仪测得精度误差不超过1.5%.而国标/海试要求：≤2%（95%置信度），完全满足使用要求。  
总之，轴功率仪测出来的值，可认为接近真实轴功率，把所有情况考虑在内误差通常不超过5%。

## 10.4 偏差对照 Bias comparison

我们总结几十艘实船测试经验，主机估算功率与中间轴轴功率实测存在偏差如下表所示：

| 运行负荷区间      | 常规工况偏差  | 老旧/污底/风浪工况偏差 | 说明               |
|-------------|---------|--------------|------------------|
| 80%~10%额定负荷 | 5%~8%   | 8%~10%       | 估算值普遍高于实测值，偏差最小  |
| 50%~80%额定负荷 | 8%~12%  | 10%~15%      | 损耗逐步凸显，偏差稳步扩大    |
| 20%~50%额定负荷 | 12%~15% | 15%~20%      | 低负荷非线性损耗大，偏差峰值区间 |

表1.4

因此，通常估算值会大于轴功率仪值，因为估算多基于“发动机端理论/标定功率曲线”，未扣除实时机械与传动损失。

## 10.5 结论 Conclusion

1. 轴功率仪的实测综合误差稳定在±5%以内，最优情况可达1.5%，数据可信度高；
2. 偏差成因主要是机械损耗、轴系传动损耗、工况环境差异、参数设置导致，20%的偏差是可能的，不能因此否定轴功率仪的测量结果；
3. 日常统计可取区间中间值，并以相对值作为核算依据，方便船舶长期对比主机运行状态、能耗变化，无需纠结单次绝对数值的差异，即可满足日常运维、能效核算的使用需求。

# 11 附录二 Appendix

## 11.1 轴功率仪安装需求确认表

【为确保设备最佳性能，表中数据应填尽填】

|                   |                                                                                                                                                                             |      |     |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|
| 公司名称              |                                                                                                                                                                             |      |     |
| 联系人               |                                                                                                                                                                             | 职务   |     |
| 联系电话              |                                                                                                                                                                             | 电子邮箱 |     |
| 每艘船套数             |                                                                                                                                                                             |      |     |
| 船名                |                                                                                                                                                                             |      |     |
| 用途                | <input type="checkbox"/> 中间轴 <input type="checkbox"/> DG <input type="checkbox"/> 疏浚泵 <input type="checkbox"/> 喷射泵 <input type="checkbox"/> 推进器 <input type="checkbox"/> 其他 |      |     |
| 安装类型              | <input type="checkbox"/> 新造船 <input type="checkbox"/> 改造船                                                                                                                   |      |     |
| 测量输出              | <input type="checkbox"/> 扭矩、转速、功率<br><input type="checkbox"/> 扭矩、转速、功率、推力                                                                                                   |      |     |
| 集控室显示             | <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否                                                                                                                       |      |     |
| 主机                | 生产厂家                                                                                                                                                                        |      |     |
|                   | 型号                                                                                                                                                                          |      |     |
|                   | 额定功率                                                                                                                                                                        |      | KW  |
|                   | 额定转速                                                                                                                                                                        |      | RPM |
| 主轴参数              | 主轴外径                                                                                                                                                                        |      | mm  |
|                   | 主轴内径                                                                                                                                                                        |      | mm  |
|                   | 主轴材料                                                                                                                                                                        |      |     |
|                   | 杨氏模量                                                                                                                                                                        |      |     |
|                   | 泊松比                                                                                                                                                                         |      |     |
| 扭矩、转速、功率、推力输出信号要求 |                                                                                                                                                                             |      |     |
| 模拟信号              | 电流 信号：4 ~ 20mA                      [默认]<br>电压信号：0 ~ 5V, 0 ~ 10V,±5V, ±10V                                                                                                  |      |     |
| 数字信号              | RS485 (NMEA-0183, Modbus-RTU)    [默认]<br>CAN Bus (NMEA2000)                                                                                                                 |      |     |

销售经理: \_\_\_\_\_

确认时间: \_\_\_\_\_

确认地点: \_\_\_\_\_

更多信息请登录网站：  
[www.shanbei-tech.com](http://www.shanbei-tech.com)

---

**宁波扇贝科技有限公司**

地址：浙江省 宁波市 高新区研发园 A区 902

电话：0574-87186781 / 18067343163

**Ningbo SHANBEI Technology Co.,Ltd**

Add: 902 Area A, R&D Park, High-tech Zone, Ningbo, Zhejiang, China

Tel: 0574-87186781 / 18067343163

