

Asset Protection Solutions

# 2023 偏航轴承测试报告

声发射监测技术

Acoustic Emissiong  
Monitoring

美国物理声学公司-付尧





# CONTENTS

● 项目概述  
SUMMARY

● 偏航轴承监测  
YAW BEARING

● 结论  
CONCLUSION

# 01

## 项目概述

概述  
监测技术原理  
监测设备组成

THE PART ONE





# 项目概述

测试时间：2023. 2. 21-2. 24

测试地点：青海黄河水电公司共和风力发电分公司茶卡风场、切吉西风场

测试目的：验证性测试。初步验证声发射监测技术在偏航轴承、主轴承故障监测的可行性。

测试内容：

目前茶卡风场有3台风机（明阳）的偏航轴承出现密封圈剥落、漏油问题，表明该偏航轴承存在故障，选取其中两台故障风机和另外一台同型号无故障风机（于2022年下半年更换的偏航轴承）分别进行监测，验证声发射技术是否能发现区别。

测试地点	风机编号及状态	风机编号及状态	风机编号及状态
茶卡风场 （偏航轴承）	11# 密封圈剥落、漏油	19# 密封圈剥落、漏油	7# 2022年下半年更换的偏航轴承

说明：上述表格按照测试先后顺序排列

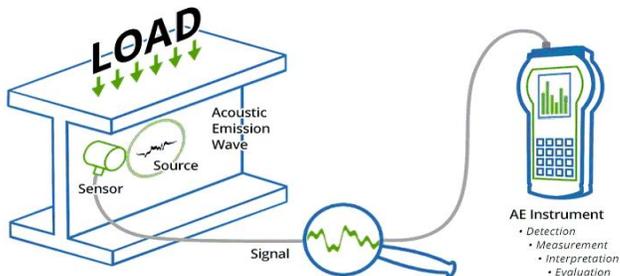


# 声发射技术原理

## 基本原理

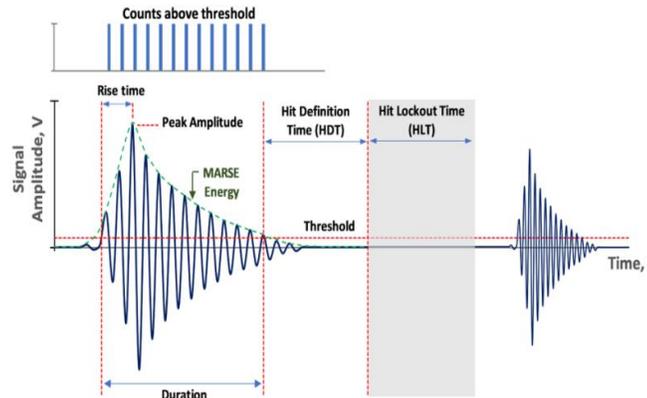
**定义：**材料中局域源快速释放能量产生瞬态弹性波的现象称为**声发射(AE)**，大多数材料变形和断裂时有声发射发生，通过对AE信号分析和处理可评估材料或构件缺陷与损伤等内部特征。

**声发射源：**裂纹扩展（晶体材料）、缺陷的冲击、缺陷的啮合、缺陷处材料的崩落、缺少润滑的磨擦、密封不良、泄漏、冲击、刮蹭等均会产生声发射。



## 门槛与信号采集

**原理：**利用过门槛技术实时捕捉突发脉冲信号，提取脉冲到达时间与其它特征参数，进行参数和波形分析。



## 声发射信号主要特征参数

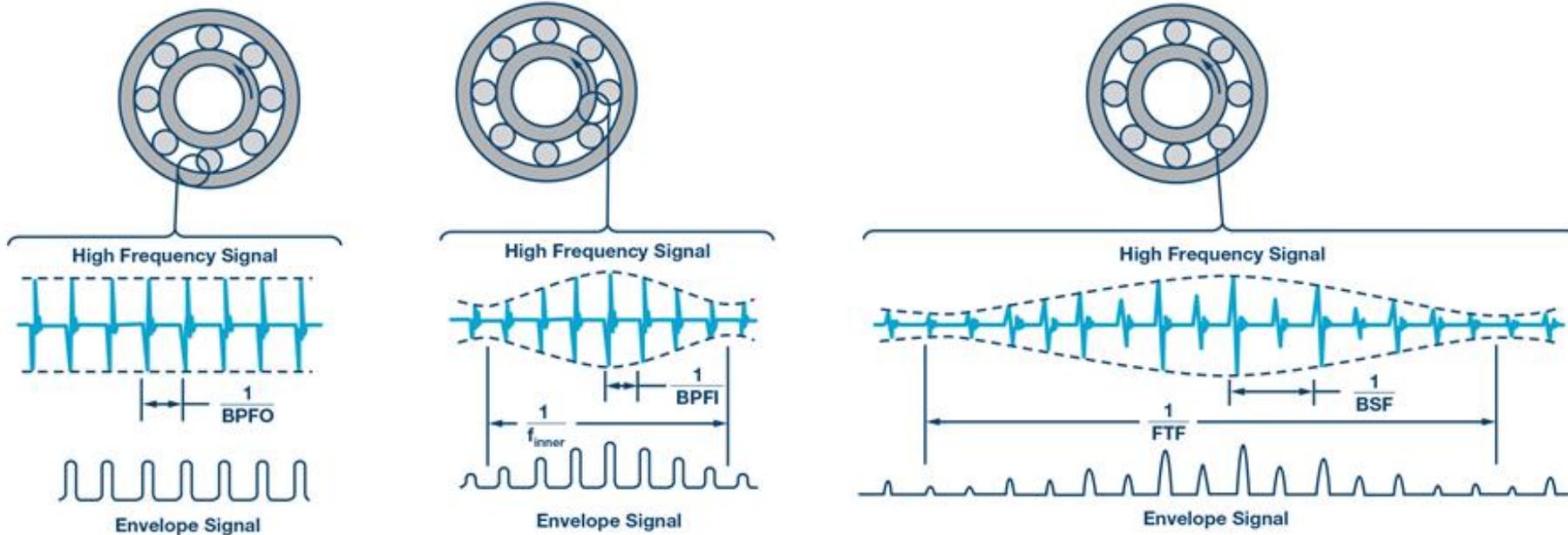
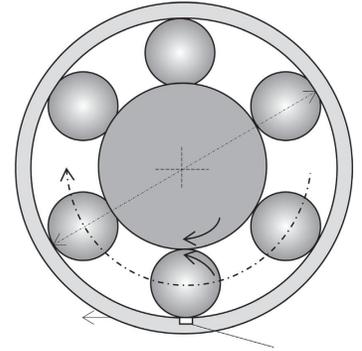
- ✓ 脉冲数量与速率
- ✓ 幅值
- ✓ 能量
- ✓ RMS
- ✓ 到达时间
- ✓ 上升时间
- ✓ 持续时间
- ✓ 振铃计数
- ✓ 频率中心矩
- ✓ 峰值频率
- ✓ 局域功率谱能量比



# 轴承与声发射信号

声发射信号源:

- 相对运动的零部件损伤、剥落、缺陷造成的冲击与碰撞
- 外部物体对设备的碰撞或设备部件之间的碰撞
- 松动部件的拍打、撞击
- 运动部件的偏心或动不平衡引起的对设备的冲击





# 监测设备组成

监测设备组成：监测主机（内部集成采集卡、软件、主机）、信号线、传感器、磁性夹具。



显示器：显示软件分析数据。

监测主机：处理、分析数据。



传感器：采集数据

信号线：传输数据



# 02

## 偏航轴承监测

传感器布置  
数据分析过程

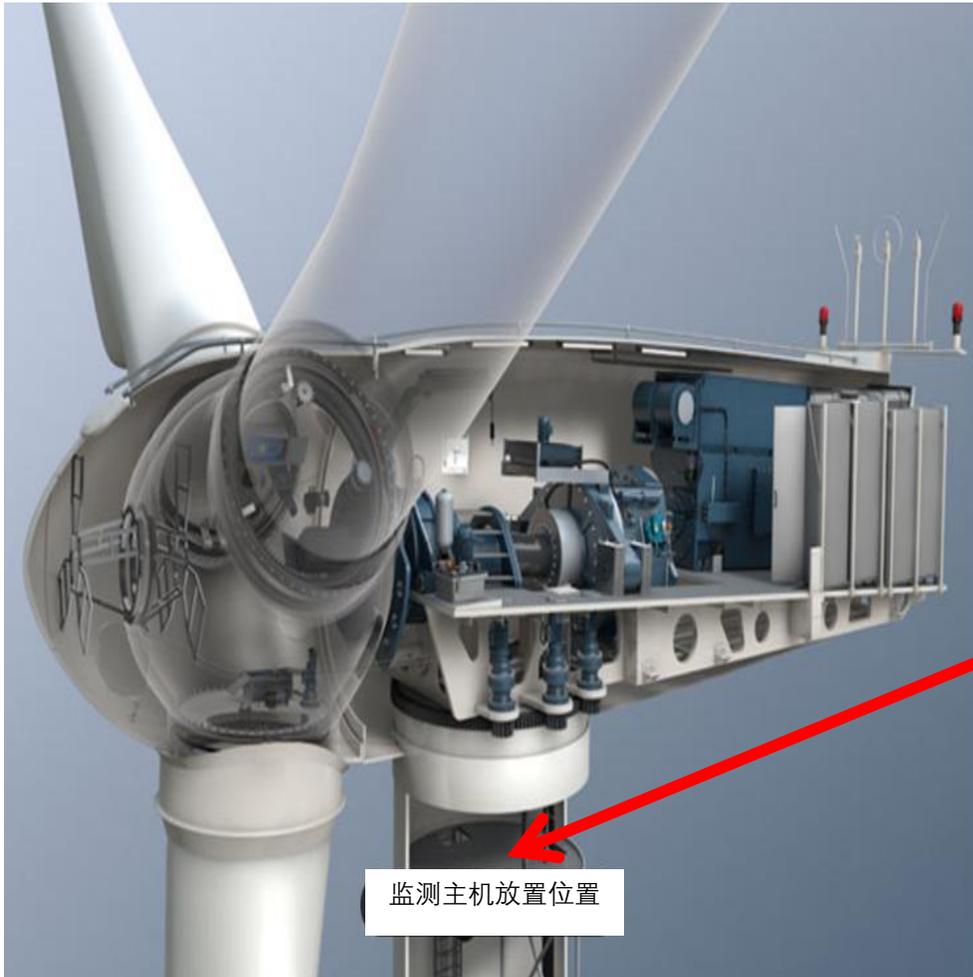
THE PART TWO





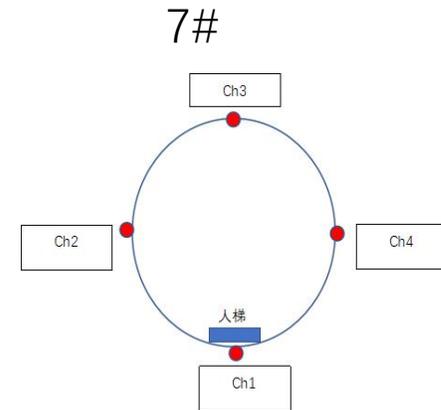
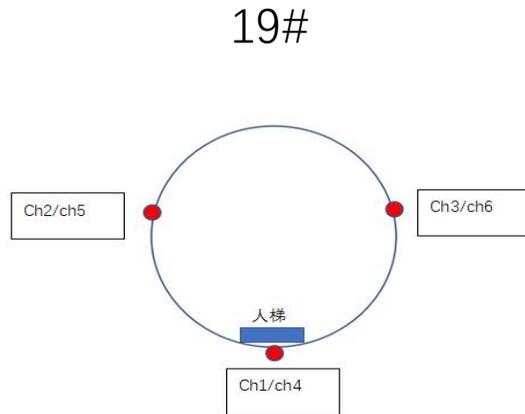
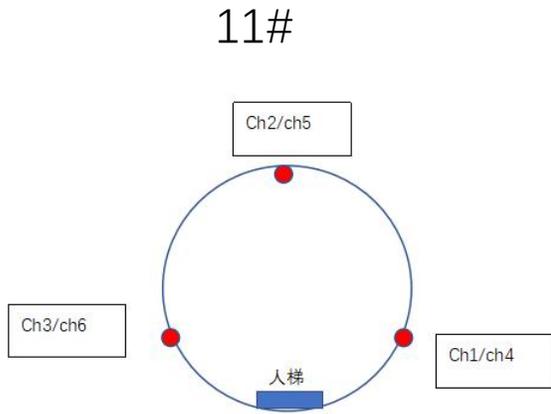
# 设备布置-监测主机

(1) 监测主机布置：监测放置于平整的地板上。



# 设备布置-传感器

(2) 传感器布置：尽量均匀布置，每圈布置3或4个传感器，11#、19#布置两圈，一圈在筒体上，一圈在刹车制动器的间隔处。7#风机布置一圈传感器在传感器，因为它比其余两台风机增加了3组制动器，导致没有空间安装传感器。





## 测试过程

### (3) 测试过程:

驱动偏航轴承旋转：先顺时针旋转 $0^{\circ}$  ——  $360^{\circ}$  ，然后逆时针旋转 $360^{\circ}$  ——  $0^{\circ}$  。在旋转过程中，监测主机保持全程数据采集。11#风机进行一个旋转循环，19#与7#风机进行两次旋转循环。

声发射信号强度：基于声发射信号提取的特征参数，用于表征声发射信号强弱随时间变化情况。适用于低速、重载类轴承的分析。此次测试，将声发射信号强度与偏航轴承的偏转角度进行互相关分析，可以更直观的得到故障信号特点。



# 数据分析

## 11#故障轴承

(1) 此数据为一个循环的数据，即，偏航轴承顺时针旋转 $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$ ，然后逆时针旋转 $360^{\circ}$ - $0^{\circ}$ ；

(2) 右图中，蓝色粗线为分界线，左边为顺时针旋转 $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$ ，右边为逆时针旋转 $360^{\circ}$ - $0^{\circ}$ ；

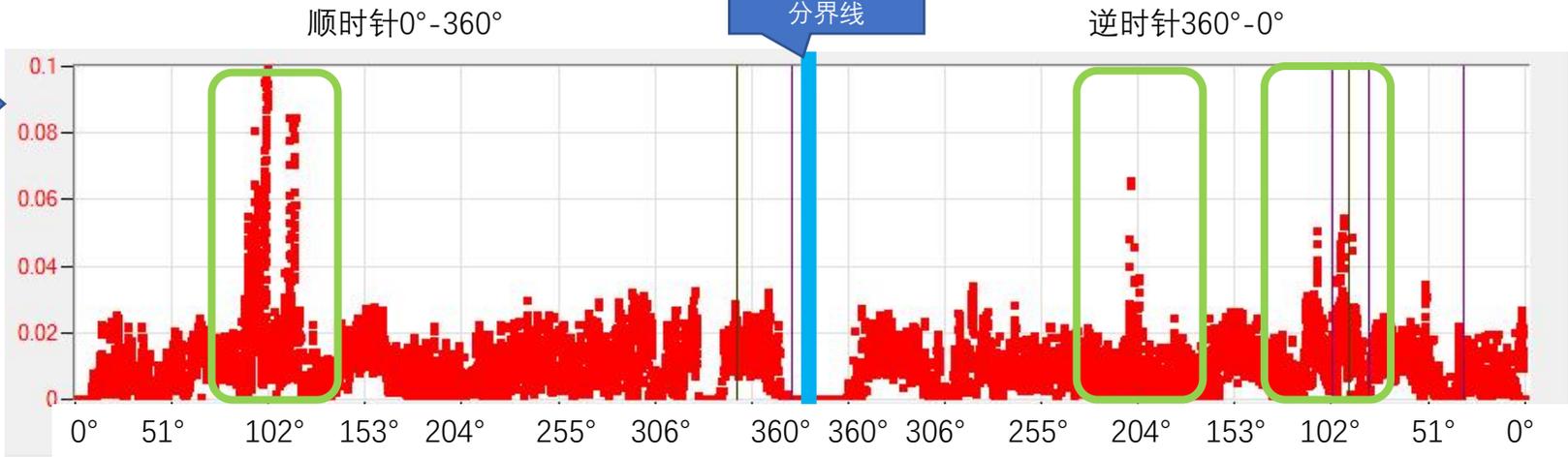
(3) 右图中，数据整体以蓝色分界线成左右对称，说明数据的重复性和有效性；

(4) 右图中绿色方框为明显的由于故障轴承信号。

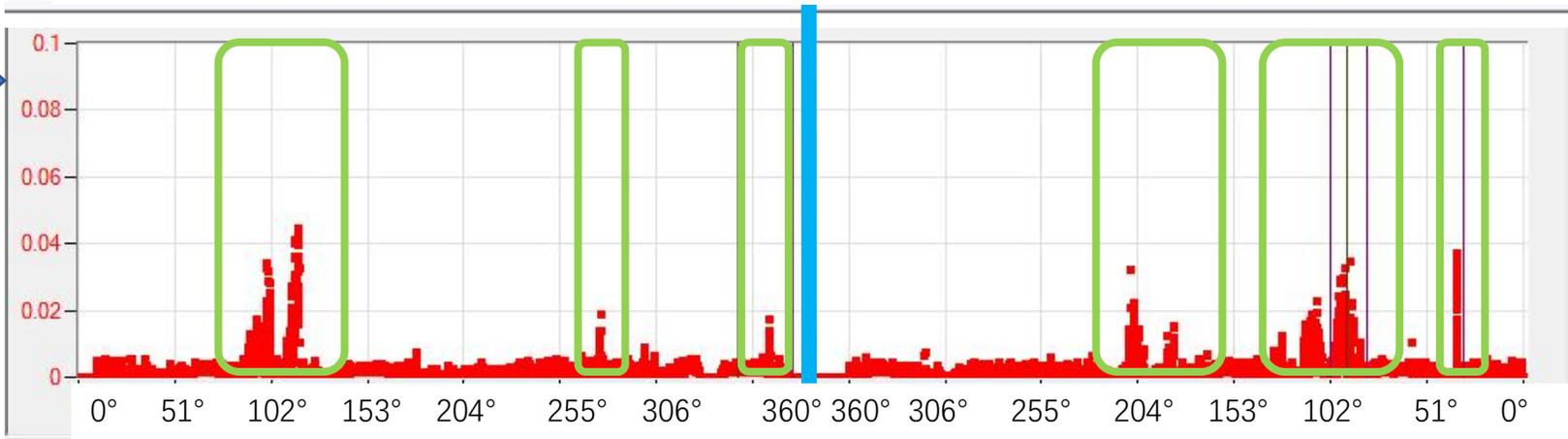
(5) 经过角度换算，以顺时针为基准，存在故障的角度为： $34^{\circ}$ 、 $102^{\circ}$ 、 $204^{\circ}$ 、 $364^{\circ}$ 、 $352^{\circ}$ 。其中 $102^{\circ}$ 在顺时针和逆时针都产生了故障信号，为一个固定位置，推测该处可能为齿轮有故障。

(6) 经过数据分析，发现随着偏航轴承旋转，有“波浪式”数据伴随，推测该信号为传动机构或者刹车制动带来的伴随噪声。

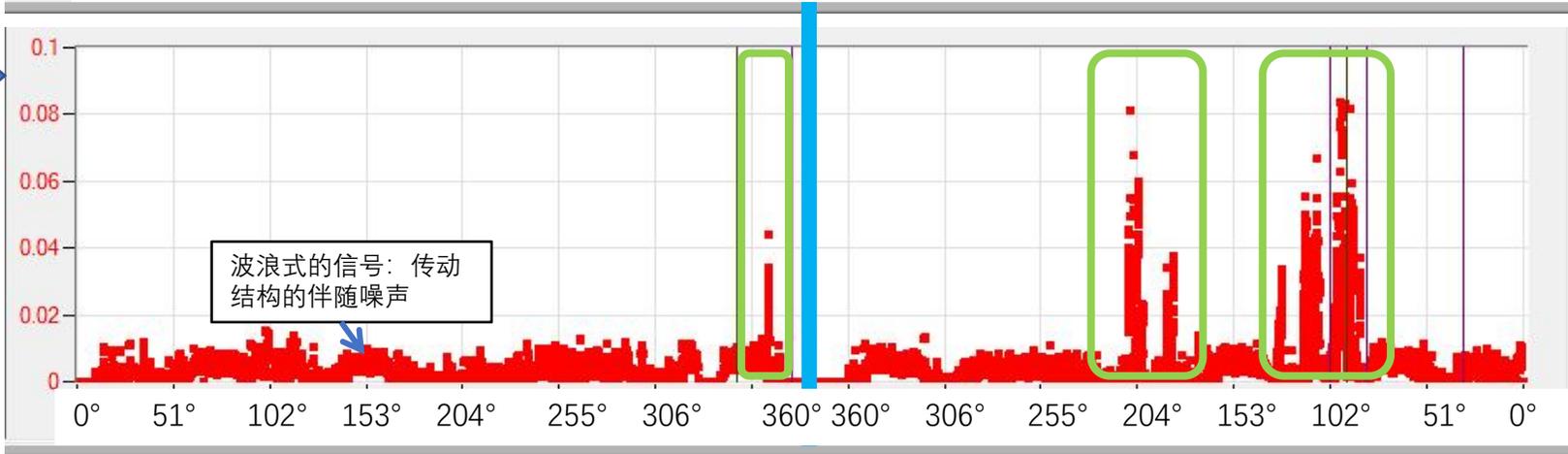
CH 1



CH 2



CH 3

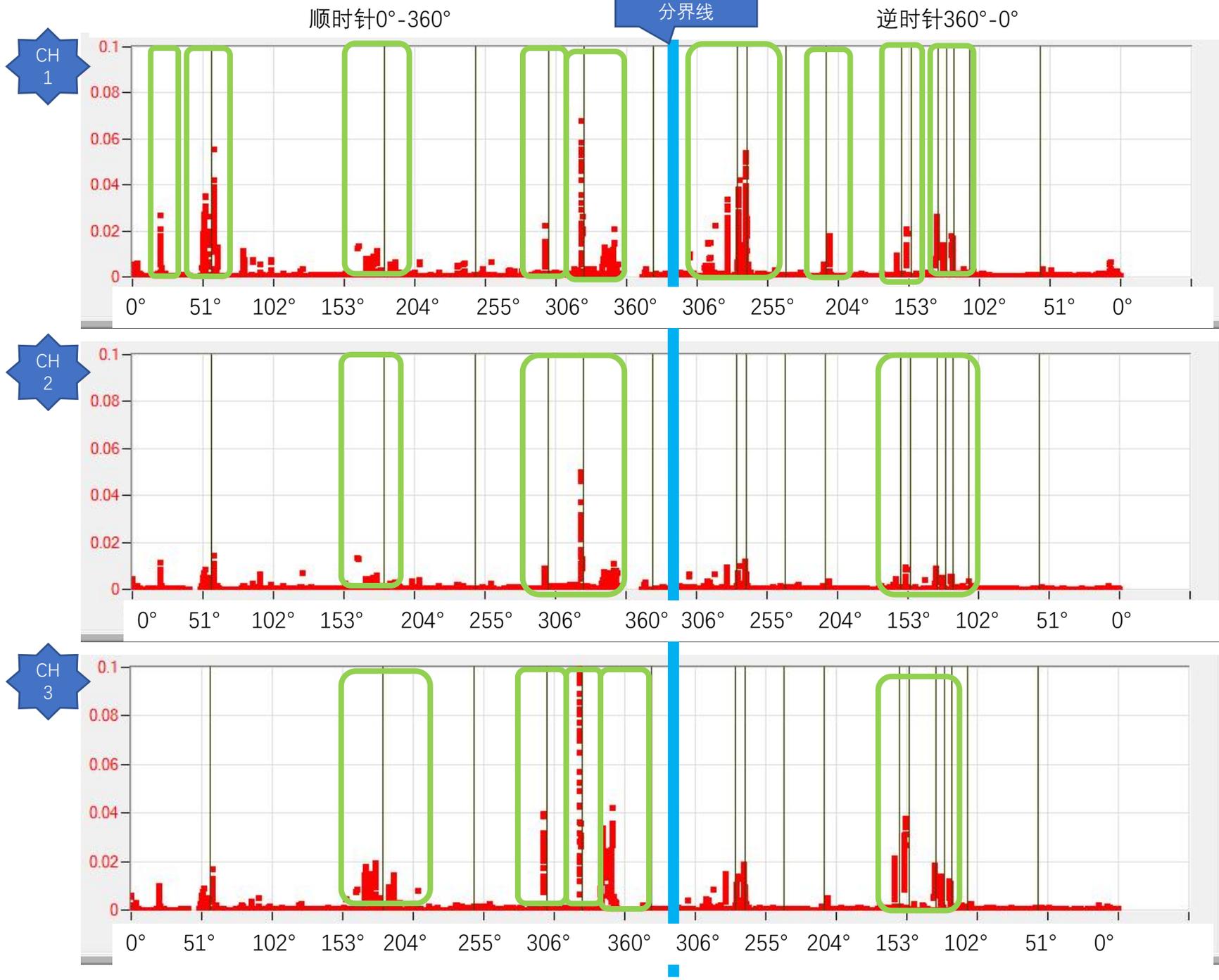




# 数据分析

## 19#故障轴承

- (1) 此数据为一个循环的数据，即，偏航轴承顺时针旋转 $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$ ，然后逆时针旋转 $360^{\circ}$ - $0^{\circ}$ ；
- (2) 右图中，蓝色粗线为分界线，左边为顺时针旋转 $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$ ，右边为逆时针旋转 $360^{\circ}$ - $0^{\circ}$ ；
- (3) 右图中，数据整体以蓝色分界线成左右对称，说明数据的重复性和有效性；
- (4) 右图中绿色方框为明显的由于故障轴承信号。
- (5) 经过角度换算，以顺时针为基准，存在故障的角度为： $21^{\circ}$ 、 $52^{\circ}$ 、 $56\sim 64^{\circ}$ 、 $103^{\circ}$ 、 $128^{\circ}$ 、 $139^{\circ}$ 、 $162^{\circ}$ 、 $170\sim 183^{\circ}$ 、 $220^{\circ}$ 、 $284\sim 290^{\circ}$ 、 $305^{\circ}$ 、 $332^{\circ}$ 、 $348\sim 360^{\circ}$ 。
- (6) 监测时，该风机角度为 $87.5^{\circ}$ ，基于这个角度重新换算得到最终角度为： $11.5^{\circ}\sim 16.5^{\circ}$ 、 $32.5^{\circ}$ 、 $59.5^{\circ}$ 、 $75.5^{\circ}\sim 87.5^{\circ}$ 、 $108.5^{\circ}$ 、 $139.5^{\circ}$ 、 $143.5^{\circ}\sim 151.5^{\circ}$ 、 $169.5^{\circ}$ 、 $190.5^{\circ}$ 、 $215.5^{\circ}$ 、 $226.5^{\circ}$ 、 $249.5^{\circ}$ 、 $257.5^{\circ}\sim 270.5^{\circ}$ 、 $307.5^{\circ}$ 。





# 数据分析

## 7#完好轴承

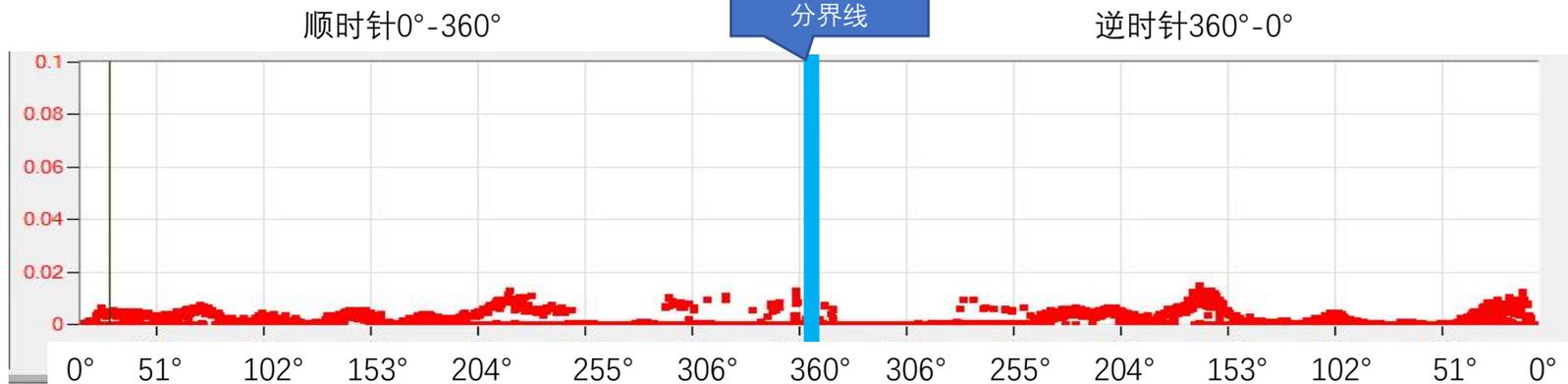
(1) 此数据为一个循环的数据，即，偏航轴承顺时针旋转 $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$ ，然后逆时针旋转 $360^{\circ}$ - $0^{\circ}$ ；

(2) 右图中，蓝色粗线为分界线，左边为顺时针旋转 $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$ ，右边为逆时针旋转 $360^{\circ}$ - $0^{\circ}$ ；

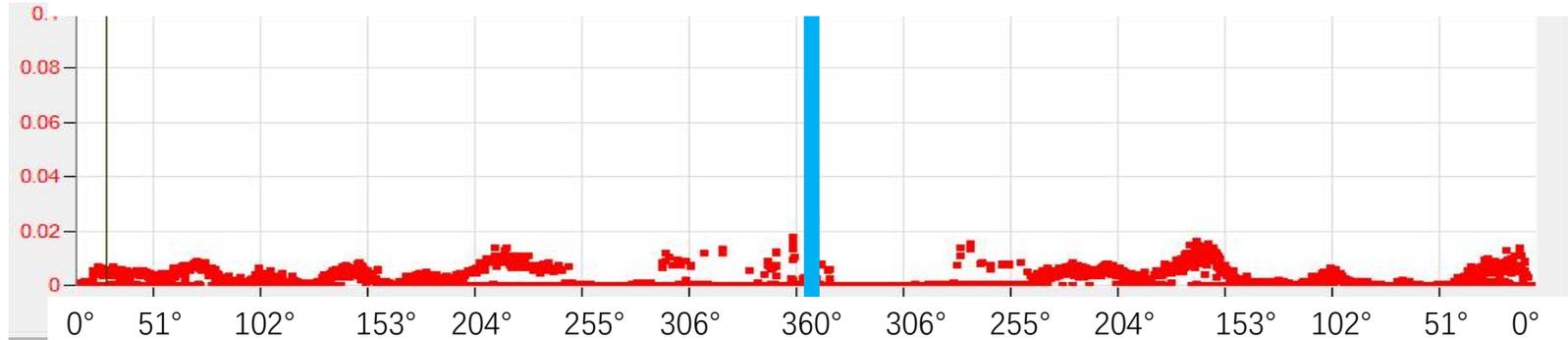
(3) 右图中，数据整体以蓝色分界线成左右对称，说明数据的重复性和有效性；

(4) 7#轴承的数据特征数值明显低于前两个偏航轴承，同时可以清晰的看出传动机构的噪声信号，它跟随偏航轴承的旋转而运转，数据成“伴随性”特征。

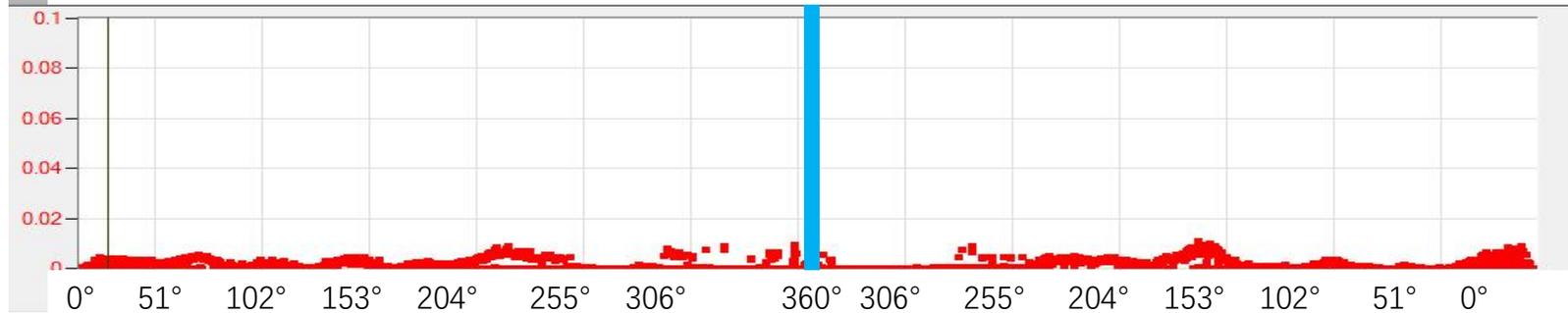
CH 1



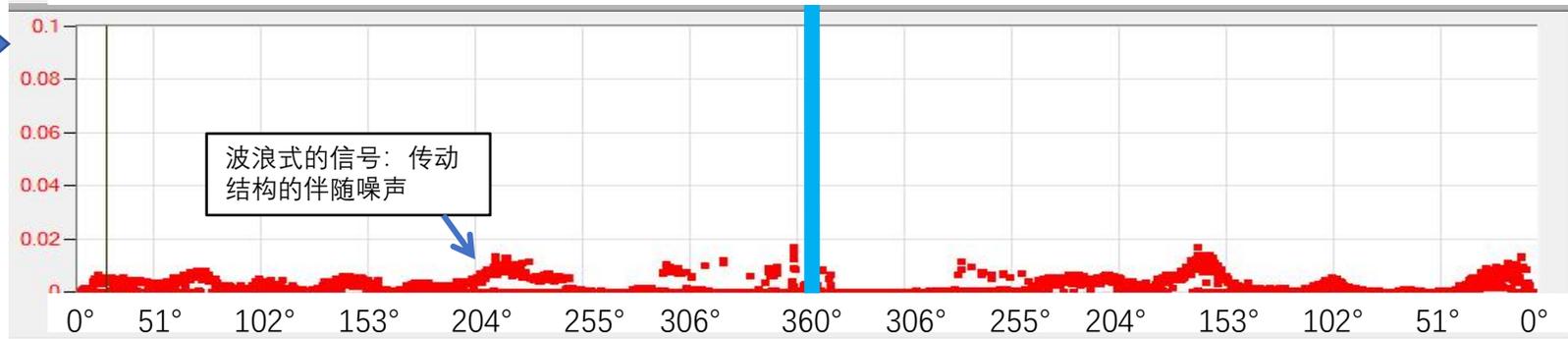
CH 2



CH 3



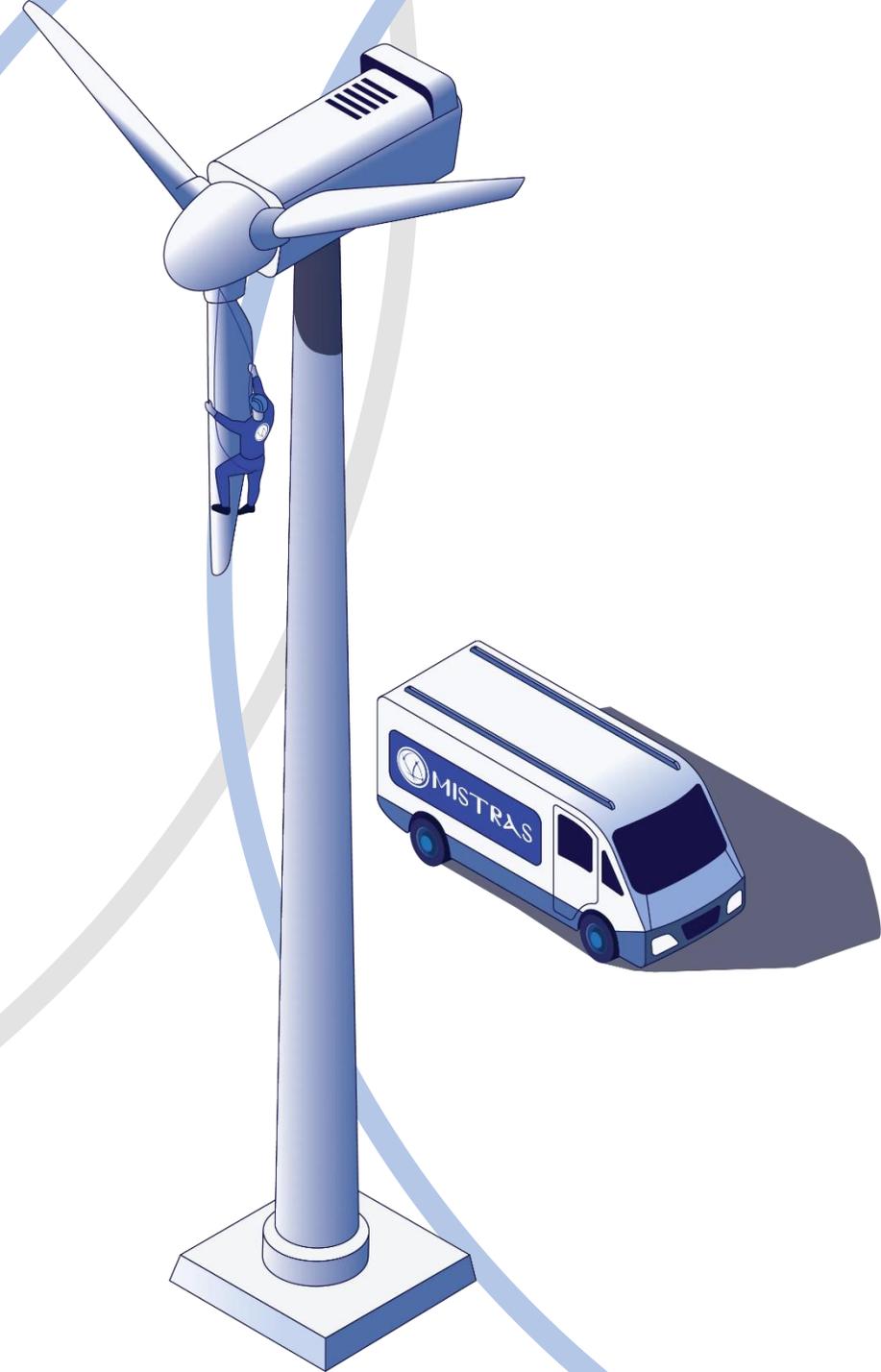
CH 4



03

结论

THE PART THREE





# 结论

结论：

- (1) 经过声发射信号强度分析，11#、19#故障轴承与7#完好轴承的信号强度有明显的差异；
- (2) 此次测试可以证明声发射技术可以有效用于偏航轴承故障诊断；
- (3) 利用“驱动偏航轴承连续旋转”的方式可用于声发射偏航轴承检测；
- (4) 偏航轴承的故障类型还需要进一步研究；
- (5) 偏航轴承的故障严重程度及判别依据需要进一步研究和建立；
- (6) 如果有足够多的数据和案例，以上工作都可实现；
- (7) 如果有足够的数据和时间，可以进行实现故障报警。

