

起重机主梁裂纹声发射检测

孔德连, 许凤旌

美国物理声学公司 (PAC) 北京代表处, 北京 100029

摘要: 起重机械的剩余寿命评估问题一直是工程界研究的重要课题, 现有的起重机械设备大多已服役多年, 对设备极限状态或使用剩余寿命的评估预测是当前亟待解决的重要问题之一。国内起重机械大多无设计寿命的要求, 同时国家也无强制的报废年限及标准; 且由于实际使用的载荷工况十分复杂, 所以设计的使用寿命与实际也并不相符, 甚至出现较大偏差。因此, 有必要对起重机的剩余寿命评估技术开展系统地研究, 尤其是对于使用年限超过 20 年的起重机械, 若不加分析地强制其报废, 既会造成社会资源的巨大浪费, 也无法律依据。声发射技术是近年来兴起的一种新的无损检测和安全评价技术, 其原理是通过监测构件在缺陷萌生或扩展过程中释放的应力波 (声发射) 信号对缺陷检测、监测和整体安全评价。它可对在役起重设备进行整体检测, 可从整体角度有效发现活动缺陷并通过定位功能确定其位置; 还可以根据不同载荷情况下的声发射活动情况进行整体安全评测和失效破坏预报。通过声发射检测发现缺陷源位置再用其他方法确认缺陷大小作为寿命评价的依据。

关键词: 声发射, 起重机梁, 寿命评估

Acoustic emission detection of cracks in crane girder

KONG De Lian Xu Feng Jing

Physical Acoustics Corp. Beijing Office, Beijing 100029, China

Abstract: Since the residual life assessment of heavy machinery has been an important topic of study in the field of engineering, existing from the heavy mechanical equipment and most of them have been in service for many years, the limit state of equipment or use the remaining life prediction and evaluation is one of the important problems to be solved currently. Domestic heavy machinery are the requirements of the design life, and the country is also no mandatory retirement age and standards; and due to the complexity of the actual use of the load, so the service life of the design and the actual does not match the, even larger deviations. Therefore, it is necessary to crane of residual life evaluation technology are systematically studied, especially for the useful life of more than 20 years of hoisting machinery, if not add analysis forcibly scrapped, not only will cause a huge waste of social resources, there is no legal basis. Acoustic emission technology is in recent years, the rise of a new nondestructive detection and safety assessment technology, its principle is through the monitoring components in the defect initiation or expansion process in the release of stress wave (acoustic emission) signals of defect detection, monitoring and overall safety evaluation. It can be in service heavy equipment to carry out overall detection, from the perspective of the overall effective found defects and by positioning function determine its position; can also according to the acoustic emission activity under different load conditions of overall safety evaluation and failure prediction. It was found that the position of the defect source was detected by acoustic emission and other methods were used to confirm the size of the defect as the basis of life evaluation.

Keywords: Acoustic Emission, crane girder, life evaluation

0 试验目的

本次试验的目的是对轻量化桥式起重机主梁（5吨）进行声发射监测，对主梁疲劳裂纹对应的声发射源特征进行有效识别，并对声发射源（裂纹扩展源）进行准确定位。

1 试验难点与重点

1. 克服现场噪音干扰，采集到较为纯净的声发射信号；
2. 对裂纹声发射源进行准确定位，并对影响声发射源定位的因素进行分析研究；
3. 通过在不同部位布置声发射传感器，以研究主梁结构对声发射波传播的影响。
4. 对裂纹声发射源特征进行识别，并判定当前裂纹进展情况，如活性和强度等。

2 试验场地和设备

- (1) 试验时间：2015年7月21日
- (2) 试验场地：北京市通州区北起百莱玛公司（北京通州区漷小路）
- (3) 试验设备：100kN 疲劳试验机一台、5T 主梁试件一个，如图 1、2 所示
- (4) 16 通道 SAMOS 声发射系统以及 DT15I 传感器



图 1 起重机主梁试件

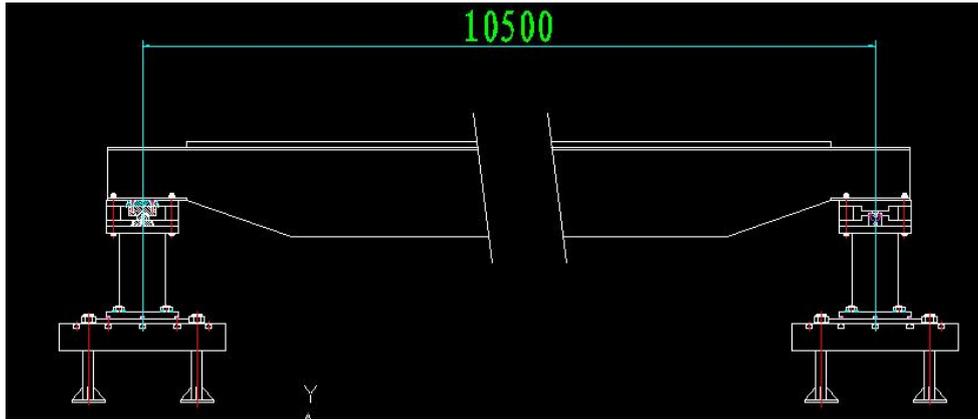


图2 主梁跨度 10.5 米

3 试验方法

(1) 在该主梁上布置 4 个传感器做线性定位，如图 3 所示



图3 四个传感器做主梁的线性定位

(2) 由于该主梁之前做过 200 万次的疲劳试验，在主梁右侧发现有肉眼可见的宏观裂纹，如图 4 所示。于是考虑用三个传感器对该宏观裂纹进行检测，看看声发射技术能否在复杂的噪音中提取出有效信号，并进行定位，探头布置示意图如图 5 所示。

裂纹位置



图4 宏观裂纹及三个探头位置

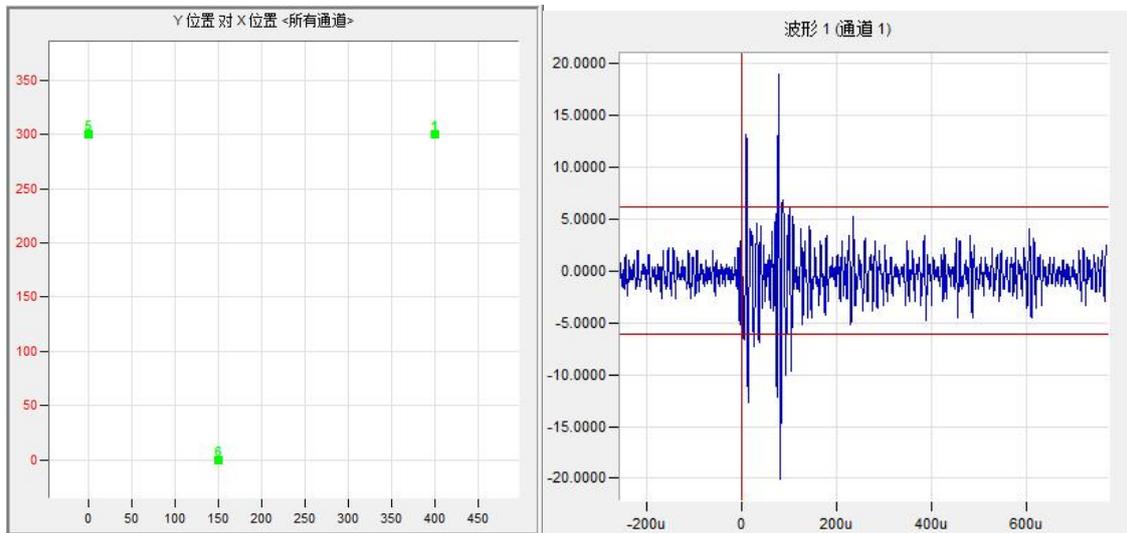


图5 探头布置示意图图6 典型的裂纹信号波形图

4 实验步骤及实验结果

(1) 静载试验：0-6.25T 缓慢加载并保载 1 分钟，并反复该加载过程。

在多次加载过程中 1、4、5、6 三个探头均检测到明显的裂纹信号，其典型波形图如图 6 所示，这些信号的幅值较低，都在 50db 以下。1-4 的线性定位、1、5、6 的平面定位图中均没有明显、集中的定位事件，只有一些零散的定位事件，如图 7、8 所示。

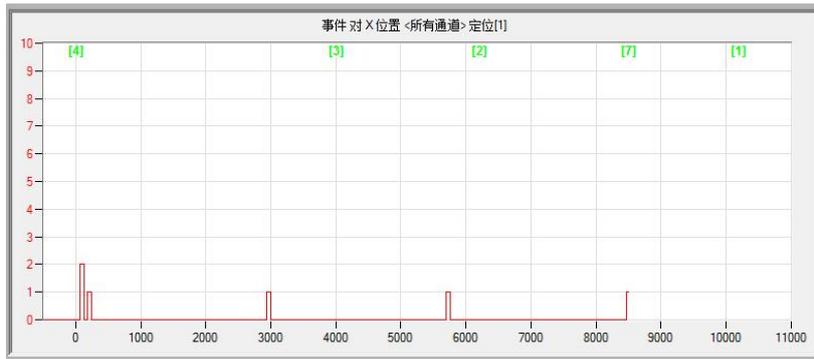


图 7 静载时的线性定位结果

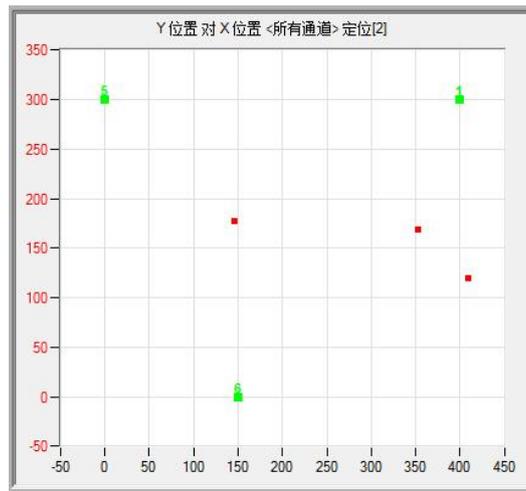


图 8 静载时的平面定位结果

(2) 疲劳试验：0-3T 疲劳加载约 150 秒，加载频率为 2Hz

在疲劳试验中 1、4、5、6 号传感器都有明显的信号分层现象，如图 9 所示。根据经验，这是明显的裂纹扩展信号。放大这些图形，可看出这些信号的时间间隔都是 0.5 秒，跟加载频率是吻合的，如图 10 所示

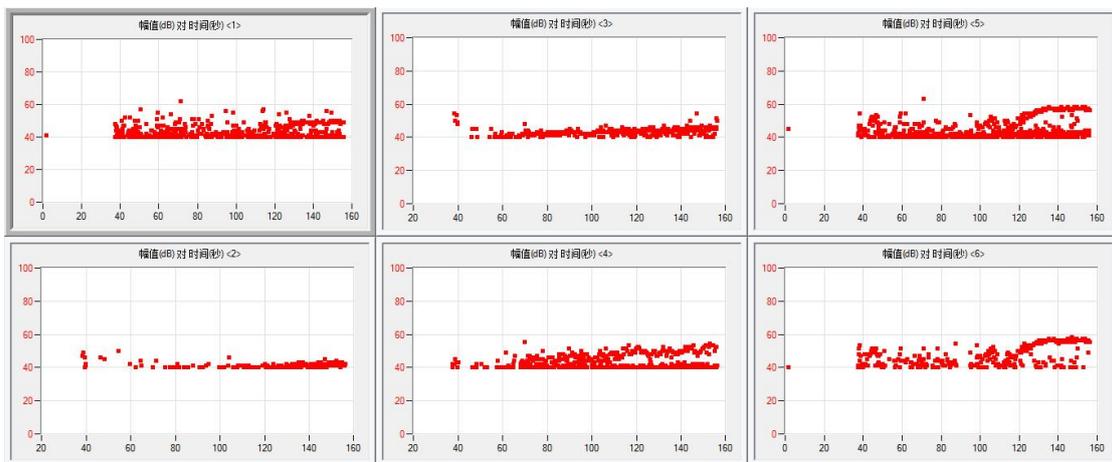


图 9 疲劳试验时六个通道幅值 VS 时间散点图

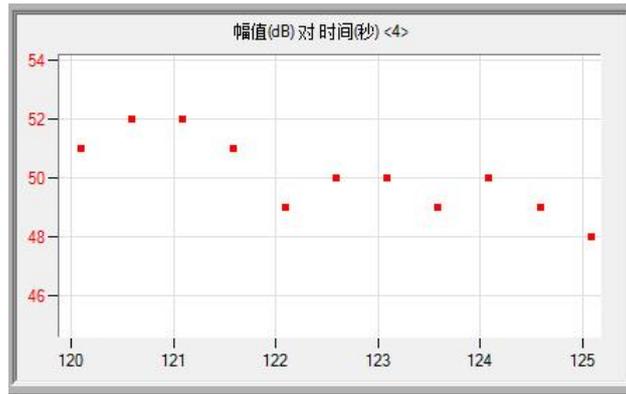


图 10.4 通道放大后的幅值 VS 时间散点图

在观察定位图，也能看出明显的定位集中现象，如图 11 所示。

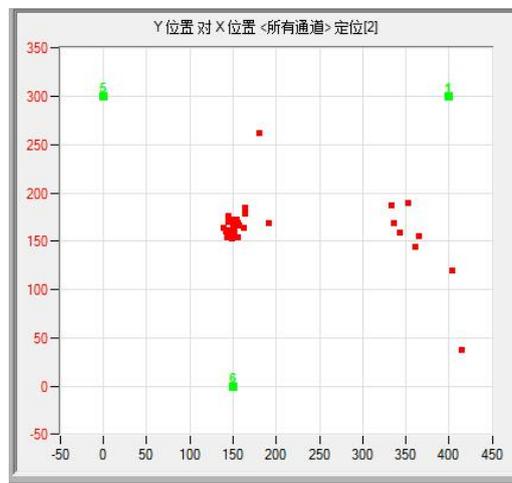


图 11 疲劳试验时的平面定位图

5 结论及分析

(1) 在静载实验中可检测到明显的裂纹信号，但很少有集中的定位信号。原因可能有以下几点：

A: 之前该主梁已经过多次加载，由于凯赛尔效应，之前的裂纹很难再扩展。

B: 探头间距较大，信号在材料中有衰减，很难被多个探头同时检测到并定位。

(2) 在疲劳试验中，1/4/5/6 等探头都检测到了明显的裂纹扩展信号，并且这些信号的周期性和加载频率是吻合的，定位效果也很明显。在结构的另一端，没有发现宏观裂纹，但 4 号通道也检测到了明显的裂纹扩展信号，推测结构的另一端在之前的疲劳试验中已经出现了裂纹。

6 致谢

本次试验是在北京起重机院的帮助指导下顺利完成的，在此我代表美国物理声学公司对北京起重机院表示感谢。