

# 船舶机电设备故障诊断与预警技术研究

李 卫

91697部队 山东 青岛 266000

**摘 要：**随着船舶行业的快速发展，船舶机电设备故障诊断与预警技术的重要性日益凸显。本文旨在探讨船舶机电设备故障诊断与预警技术的现状、意义以及未来的发展方向。通过分析船舶机电设备故障的特点、诊断方法以及预警系统的构建，本文论证了故障诊断与预警技术对于提高船舶运行安全性、可靠性和经济性的重要作用。同时，结合具体案例，详细阐述了故障诊断与预警技术的实际应用效果。

**关键词：**船舶机电设备；故障诊断；预警技术；运行安全

## 引言

船舶机电设备作为船舶运行的核心组成部分，其性能状态直接关系到船舶的安全航行和运营效率。然而，由于船舶所处的海洋环境复杂多变，机电设备在运行过程中难免会出现各种故障。这些故障不仅会影响船舶的正常运行，还可能引发严重的安全事故。因此，研究船舶机电设备故障诊断与预警技术，对于提高船舶运行的安全性、可靠性和经济性具有重要意义。

### 1 船舶机电设备故障的特点

#### 1.1 故障发生的随机性

船舶机电设备在运行过程中，受到多种因素的影响，如海洋环境、设备质量、操作维护等，使得故障的发生具有较大的随机性。例如，船舶在航行过程中可能会遇到恶劣的海况，如狂风、巨浪等，导致机电设备受到振动、冲击等外力作用，从而引发故障。以船舶的主机为例，在恶劣海况下，主机的曲轴可能会因为受到过大的振动而产生裂纹，进而影响主机的正常运行。此外，设备本身的质量问题，如零部件的加工精度不够、材料缺陷等，也可能导致故障在不可预测的时间发生。而且，船员的操作不当，如频繁地启动和停止设备、超负荷运行等，以及维护不及时、不到位，都会增加故障发生的随机性。

#### 1.2 故障类型的多样性

船舶机电设备种类繁多，包括主机、辅机、电气设备、导航设备等，不同类型的设备具有不同的故障模式和表现。例如，主机故障可能表现为功率下降、转速不稳等。主机的燃油系统出现故障时，会导致燃油供应不足，从而使主机的功率下降；而主机的调速器故障则可能使主机的转速不稳定，影响船舶的航行速度<sup>[1]</sup>。电气设备故障可能表现为短路、断路等。船舶的照明系统如果出现短路故障，会导致灯泡烧毁，甚至引发火灾；而断

路故障则会使照明系统无法正常工作。导航设备故障则可能影响船舶的定位和航行方向。如北斗卫星导航系统（简称BDS）设备出现故障，会使船舶无法准确确定自己的位置，导致航行偏离航线。

#### 1.3 故障后果的严重性

船舶机电设备故障一旦发生，可能会引发一系列连锁反应，导致船舶失去动力、失去控制等严重后果。例如，主机故障可能导致船舶停航，影响运输任务的完成。如果船舶在运输重要物资的过程中主机出现故障，无法及时修复，会使货物无法按时到达目的地，给货主带来经济损失。电气设备故障可能引发火灾、爆炸等安全事故。船舶上的电气设备众多，如发电机、电动机等，如果这些设备的绝缘损坏，发生短路，可能会产生电火花，引燃周围的可燃物，引发火灾；而在一些特殊的电气设备中，如蓄电池，如果充电不当，可能会引发爆炸。导航设备故障则可能导致船舶迷航，甚至发生碰撞等事故。如果船舶的雷达设备出现故障，无法及时发现周围的障碍物，就可能与其他船舶或礁石发生碰撞，造成人员伤亡和财产损失。

## 2 船舶机电设备故障诊断技术

### 2.1 故障诊断方法概述

船舶机电设备故障诊断技术主要包括直观检查法、仪器测量法、逻辑分析法等。

#### 2.1.1 直观检查法

通过观察设备的外观、运行状态等，初步判断故障的部位和性质。例如，在船舶航行过程中，轮机员可以通过观察主机的排烟颜色、振动情况等，初步判断主机是否存在故障。如果排烟颜色发黑，可能表明燃油燃烧不充分，可能是由于喷油嘴堵塞、喷油压力不足等原因导致的；如果主机振动异常，可能表明存在机械故障，如轴承磨损、曲轴不平衡等。轮机员还可以通过观察设

备的外观是否有变形、裂纹、漏油等现象,进一步判断故障的情况。

### 2.1.2 仪器测量法

使用万用表、示波器等仪器,对电气设备的电压、电流、电阻等参数进行测量,与正常数值进行对比,从而找出故障所在。例如,在船舶电气系统故障诊断中,维修人员可以使用万用表测量电路中的电压和电流,如果测量值与正常值相差较大,就可以初步判断该电路存在故障。进一步地,可以通过测量电路中各个元件的电阻值,确定具体的故障元件。对于一些复杂的电气信号,如脉冲信号、波形信号等,可以使用示波器进行观察和分析,判断信号是否正常。

### 2.1.3 逻辑分析法

根据设备的工作原理和控制逻辑,逐步排查可能的故障点。例如,在船舶自动控制系统故障诊断中,如果系统出现故障,维修人员可以根据系统的控制逻辑,从输入信号、控制器、执行机构等方面逐步排查故障。首先检查输入信号是否正常,如传感器是否损坏、信号传输线路是否畅通等;然后检查控制器是否发出正确的控制指令,如控制器的参数设置是否正确、程序是否运行正常等;最后检查执行机构是否按照指令正确动作,如电动阀门是否打开或关闭、电机是否转动等。

## 2.2 现代故障诊断技术的发展

随着信息技术的不断发展,现代故障诊断技术逐渐应用于船舶机电设备领域。这些技术主要包括基于神经网络的故障诊断技术、基于专家系统的故障诊断技术等。

### 2.2.1 基于神经网络的故障诊断技术

神经网络是一种模拟人脑神经网络的数学模型,具有自学习、自适应和容错性等特点。通过训练神经网络,使其能够识别不同的故障模式,从而实现故障诊断。例如,在船舶柴油机故障诊断中,可以构建基于神经网络的故障诊断模型<sup>[2]</sup>。首先,收集大量的柴油机运行数据和故障数据,用于训练神经网络。这些数据包括柴油机的转速、温度、压力、燃油消耗率等运行参数,以及不同故障类型下的特征数据。训练完成后,将实时监测到的柴油机运行数据输入到神经网络模型中,模型就可以输出对应的故障类型和故障程度。神经网络故障诊断技术能够处理复杂的非线性问题,对于船舶机电设备这种具有复杂结构和运行特性的系统具有较好的适用性。同时,神经网络还具有较强的容错性,即使部分输入数据存在误差,也不会对诊断结果产生较大的影响。

### 2.2.2 基于专家系统的故障诊断技术

专家系统是一种模拟人类专家决策过程的计算机程

序系统。它包含大量的专家知识和经验,能够根据输入的信息进行推理和判断,从而给出故障诊断结果。例如,在船舶电气系统故障诊断中,可以构建基于专家系统的故障诊断模型。该模型包含电气系统的工作原理、故障现象、故障原因和解决方法等知识。当电气系统出现故障时,维修人员将故障现象输入到专家系统中,系统就可以根据内置的知识库进行推理和判断,给出可能的故障原因和解决方法。专家系统故障诊断技术能够充分利用人类专家的知识 and 经验,对于一些复杂的、难以用数学模型描述的故障问题具有较好的诊断效果。同时,专家系统还可以不断地学习和更新知识库,提高诊断的准确性和可靠性。

## 2.3 故障诊断技术的案例分析:主机高压油管泄漏故障

(1)故障现象:2022年5月17日,某轮在航道发生主机故障,主要表现为主机功率下降、排烟异常等。(2)诊断过程:维修人员首先采用直观检查法,对主机外观进行检查,发现主机第7缸高压油管连接座处有燃油泄漏迹象。燃油泄漏会导致进入气缸的燃油量减少,从而使主机功率下降;同时,泄漏的燃油在高温下会燃烧不完全,导致排烟异常。然后,使用仪器测量法对高压油管的压力进行测量,发现压力值低于正常值。正常情况下,高压油管的压力应该在一定范围内,压力过低会导致燃油喷射不足。进一步地,通过拆卸检查发现,高压油管连接座上的紧定螺丝松动,止回滚珠没有复位,导致燃油从紧定螺丝松动处泄漏。

(3)诊断结果:确定故障原因为高压油管连接座紧定螺丝松动,导致燃油泄漏。(4)处理措施:紧固紧定螺丝,更换损坏的止回滚珠,恢复高压油管的正常连接。经过处理后,主机恢复正常运行。

## 3 船舶机电设备故障预警技术

### 3.1 预警系统的构建

船舶机电设备故障预警系统主要由数据采集模块、数据处理模块、故障诊断模块和预警输出模块等组成。

#### 3.1.1 数据采集模块

负责采集船舶机电设备的运行数据,包括温度、压力、转速、电压、电流等参数。可以通过在设备上安装传感器,实时监测设备的运行状态,并将采集到的数据传输到数据处理模块。例如,在主机上安装温度传感器,可以实时监测主机的温度;安装压力传感器,可以实时监测主机的燃油压力、排气压力等。

#### 3.1.2 数据处理模块

对采集到的数据进行预处理和分析,包括数据清洗、特征提取等。可以采用统计分析、信号处理等方法

对数据进行处理,提取出能够反映设备运行状态的特征参数<sup>[3]</sup>。例如,通过对主机温度数据的统计分析,可以计算出温度的平均值、标准差等特征参数;通过对振动信号的处理,可以提取出振动的频率、幅值等特征参数。

### 3.1.3 故障诊断模块

根据处理后的数据,利用故障诊断算法对设备的运行状态进行判断,确定是否存在故障以及故障的类型和程度。可以采用上述提到的神经网络、专家系统等故障诊断技术,对设备的运行状态进行实时诊断。

### 3.1.4 预警输出模块

当故障诊断模块判断设备存在故障或故障风险时,向相关人员发出预警信号。可以通过声光报警、短信通知等方式向船员、维修人员等发出预警信号,提醒他们及时采取措施。例如,当主机出现故障预警时,预警系统可以发出响亮的警报声,同时在驾驶室和机舱的控制面板上显示预警信息,并通过短信将预警信息发送给相关人员的手机。

## 3.2 预警技术的关键点

### 3.2.1 数据采集的准确性

数据采集的准确性直接影响到故障诊断和预警的可靠性。如果采集到的数据存在误差或噪声,可能会导致误诊或漏诊。可以采用高精度的传感器和采集设备,对采集到的数据进行多次校验和比对,确保数据的准确性。例如,定期对传感器进行校准,检查传感器的测量精度是否符合要求;对采集到的数据进行滤波处理,去除噪声干扰。

### 3.2.2 故障诊断算法的鲁棒性

故障诊断算法的鲁棒性决定了预警系统在不同工况下的适用性和准确性。船舶机电设备在运行过程中会受到多种因素的影响,故障诊断算法需要能够在各种复杂工况下准确识别故障。可以采用多种故障诊断算法相结合的方法,提高算法的鲁棒性。例如,将神经网络算法和专家系统算法相结合,利用神经网络的自学习能力和专家系统的知识库优势,提高故障诊断的准确性。

### 3.2.3 预警阈值的合理性

预警阈值的合理性决定了预警系统的灵敏度和误报率。如果预警阈值设置过高,可能会导致漏报故障;如果预警阈值设置过低,可能会导致误报故障。可以根据设备的运行特性和历史故障数据,合理设置预警阈值。同时,还可以根据设备的运行状态和故障发展趋势,动态调整预警阈值,提高预警系统的灵敏度和准确性<sup>[4]</sup>。例如,对于主机的温度预警阈值,可以根据主机的不同工况(如低负荷、高负荷)进行调整。

## 4 船舶机电设备故障诊断与预警技术的发展趋势

### 4.1 智能化发展

随着人工智能技术的不断发展,船舶机电设备故障诊断与预警技术将逐渐向智能化方向发展。未来的故障诊断与预警系统将更加智能化、自动化,能够实现对设备运行状态的实时监测、自动诊断和预警。例如,可以利用深度学习算法对大量的设备运行数据进行学习和分析,提高故障诊断的准确性和效率;可以利用物联网技术实现设备之间的互联互通,实现故障信息的共享和协同诊断。

### 4.2 集成化发展

船舶机电设备种类繁多,不同类型的设备具有不同的故障诊断和预警方法。未来的故障诊断与预警系统将逐渐向集成化方向发展,实现不同类型设备故障诊断和预警方法的集成。例如,可以构建统一的故障诊断与预警平台,将各种故障诊断和预警算法集成到平台中,实现对不同类型设备的统一管理和诊断。

### 4.3 远程化发展

随着通信技术的不断发展,船舶机电设备故障诊断与预警技术将逐渐向远程化方向发展。未来的故障诊断与预警系统将能够实现远程监测、远程诊断和远程预警。例如,可以利用卫星通信技术实现对远洋船舶机电设备的远程监测和诊断;可以利用互联网技术实现故障信息的远程传输和共享,提高故障诊断和预警的效率和准确性。

## 结语

船舶机电设备故障诊断与预警技术对于提高船舶运行的安全性、可靠性和经济性具有重要意义。通过采用先进的故障诊断和预警技术,能够及时发现和处理设备故障,避免事故的发生,保障船舶和人员的安全。同时,随着信息技术的不断发展,船舶机电设备故障诊断与预警技术将逐渐向智能化、集成化和远程化方向发展,为船舶行业的安全发展提供更加有力的技术支撑。因此,我们应该加强对船舶机电设备故障诊断与预警技术的研究和应用,推动船舶行业的持续健康发展。

## 参考文献

- [1]郭兆贤.船舶机电设备振动采集系统的故障诊断技术[J].船舶物资与市场,2021,(03):9-10.
- [2]赵小刚.船舶机电设备故障原因分析及安全管理建议——基于船舶柴油机皮带断裂的案例分析[J].珠江水运,2023,(16):100-102.
- [3]石屹琳,马大鹏.船舶机电设备故障诊断方法[J].设备管理与维修,2021,(16):179-181.
- [4]凌国建.船舶机电设备故障诊断方法[J].船舶物资与市场,2021,(02):29-30.