

舞台升降装置的智能监测与故障诊断技术研究

朱 莎

杭州友邦文化科技有限公司, 浙江 杭州 310000

[摘要]文章对现代舞台升降装置的智能监测及故障诊断关键技术展开探讨,就当下舞台机械系统安全性存在欠缺这一问题,给出了一种综合解决办法,该办法将多传感器融合监测和数据驱动故障诊断集成到了一起。通过对升降装置的结构特性以及运行机理加以分析,设计出基于干扰观测器的多电机同步控制方法,另外还设计了基于数据驱动的编码器故障诊断以及容错控制策略,以此来大幅提高舞台系统的可靠性以及安全性。

[关键词]舞台升降装置;智能监测;故障诊断;多传感器融合

DOI: 10.33142/sca.v8i8.17608

中图分类号: TP39

文献标识码: A

Research on Intelligent Monitoring and Fault Diagnosis Technology of Stage Lifting Device

ZHU Sha

Hangzhou Youbang Culture Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract: This article explores the key technologies for intelligent monitoring and fault diagnosis of modern stage lifting devices. A comprehensive solution is proposed to address the lack of safety in current stage mechanical systems, which integrates multi-sensor fusion monitoring and data-driven fault diagnosis. By analyzing the structural characteristics and operating mechanism of the lifting device, a multi motor synchronous control method based on disturbance observer was designed. In addition, a data-driven encoder fault diagnosis and fault-tolerant control strategy were designed to significantly improve the reliability and safety of the stage system.

Keywords: stage lifting device; intelligent monitoring; fault diagnosis; multi sensor fusion

随着文化娱乐产业的蓬勃发展,现代舞台演出对机械系统的需求日益提高,舞台升降装置作为核心设备之一,其运行安全性直接关系到人员生命财产安全和演出效果质量。在现代的舞台表演当中,优质的舞台升降装置设备配置可以让一场舞台表演更加的出色,呈现给观众水平更好的舞台效果。由于舞台演出的复杂性,所以舞台升降装置所包括的品种类型也是非常丰富的。随着科学技术的不断发展和完善,目前追求的是实现台上机械设备的自动化、智能化操作,利用智能技术实现自动控制。

1 舞台升降装置的结构与运行机理

1.1 装置基本构成

舞台升降装置一般来讲是由机械结构系统、驱动系统以及控制系统这三大块构成的。在这些当中,机械结构系统囊括了底座、升降臂还有支撑平台等一些关键的部件。就现代的升降机构而言,它会有底座,并且在底座的顶部会固定安装着液压缸,而液压缸的活塞杆和支撑盘是牢牢地连接在一起的,这样的设计能够在很大程度上承受起较大的载荷,进而达成平稳升降的效果。旋转机构是由带齿环形导轨以及万向轮组合而成的,带齿环形导轨是固定安装在支撑盘之上的,至于万向轮,则是在环形滑槽的内部去实现滑动连接,如此一来便能够确保旋转运动有着良好的流畅性以及不错的稳定性。驱动系统常常会采取将液压驱动和电机驱动相互结合起来的方式。升降装置在设计方面呈现出多样化的态势,如此便能够契合不同场景所提出

的各类需求。就好比某些有着特殊用途的升降装置,其会采用这样一种设计方式,即把多组升降机构较为均匀地分布于支撑架顶部的边缘部位。凭借着往复丝杆、升降架、升降块以及升降连杆等部件展开协同配合,进而使得舞台顶部的边缘区域在受力方面变得更加均匀了。

1.2 运行原理与典型控制方式

舞台升降装置采用的是液压传动和机械传动相结合的运行方式,依靠对液压力以及电机转速加以控制,进而达成升降与旋转的效果,在液压旋转升降舞台当中,当油泵电机开始启动之后,双联油泵便会随之开展工作,而当舞台处于上升状态之时,电磁铁会得电,此时液压油就会进入到液压缸的无杆腔内,从而推动舞台不断上升,并且其同步控制是通过选用相同型号的相关元件以及输入相应的流量来实现的。典型控制方式有位置控制、速度控制以及同步控制,其中多电机同步控制属于关键要点所在。升降舞台出现不同步的情况,其原因在于受到外界干扰以及电机参数发生扰动等因素的影响。学者们提出了一个同步控制方案,该方案是基于预测函数与偏差耦合复合而来的。通过借助预测函数所具备的鲁棒性以及动态性能,并且与位置均值偏差耦合补偿相结合的方式,以此来促使同步性能得以提升。

2 智能监测技术

2.1 传感器布置与数据采集

智能监测系统关键在于把多传感器网络安排得当并高效地采集数据,现代舞台升降装置一般会配备各式各样

的传感器,以此来对运行状态和环境参数展开实时监测。其先进的数据采集模块涵盖了温度、湿度、光照、气体浓度等各类传感器,还有用来监测舞台结构状态的红外线感应器以及压力感应器。这些传感器颇为巧妙地分布于舞台的重要部位,就好比在升降舞台的四周安置了多个红外线感应器,舞台内部设有旋转空腔,在空腔底部装有旋转驱动电机,连接底板上侧壁固定设置了压力感应器,这些传感器一同构成了舞台状态监测的感知网络。数据采集的频次以及精度会切实影响监测系统的性能表现。新型的多传感器融合技术把不同来源的传感信息加以整合,这使得数据采集在全面性与可靠性方面都得到了明显提升。最新的多传感器融合技术是在目标舞台空间去布置融合传感网络,然后让这个融合传感网络处于激活状态,以此来进行多维数据的采集工作,并且要结合舞台的基本特征来对实时多维数据集展开关联分析。用这种方法能够解决现有技术里存在的一个问题,即因为没能和舞台任务的实际需求实现精准的匹配,所以致使舞台机械控制不够精准。通过运用这种方法,可以获取实时的舞台任务,实时地去适应舞台环境所发生的变化,从而精确地匹配舞台任务的需求,进而提升舞台机械控制的精确程度。

2.2 状态特征提取方法

状态特征提取属于从原始传感器数据当中提取出有价值信息的重要环节,依据数据驱动而来的特征提取办法会凭借历史运行数据去构建起系统处于正常运行状态时的基准模型,再通过将实时数据和基准模型之间的偏差加以比较的方式,以此来识别出异常状态。研究机构把最小二乘支持向量机和序贯概率比检验这两种方法结合起来运用,凭借历史数据来构建系统的预测模型,让模型预测得出的数值和实际编码器所输出的数据之间产生残差,接着运用特定的算法来开展故障检测相关工作。特征提取的准确性很大程度上取决于信号处理技术,其中时域分析、频域分析以及时频分析都属于常用的方法范畴。现代舞台升降装置监测系统往往会运用诸如振动信号分析、电流信号分析还有声学信号分析等一系列手段,从而从多个不同的维度去提取设备运行状态所对应的各类特征指标。先进的位置自校准系统会在每一个升降台都设置上位置传感器以及转速传感器,这些传感器再借助信号放大器来和 PLC 控制系统以及实时状态数据库建立起连接关系,如此一来便能够实时地将升降台当前所处的位置等状态信息予以存储起来,进而达成自动生成升降台实时位置状态运动曲线的效果,从而能够为后续的故障诊断给予丰富且准确的特征数据支撑。

2.3 实时监测系统架构

实时监测系统一般选用分布式分层架构来达成数据采集、传输、处理以及展示等功能的集成,其主要由智能控制系统、数据采集模块、数据传输模块还有智能控制终

端这四大构成部分。智能控制系统负责针对整个舞台安全控制系统展开智能检测以及控制工作,其中囊括了传感器、执行机构、逻辑控制单元等各类组件,主要用于检测舞台各个部分的状态以及环境数据,并且依照预设的安全规则来实施智能控制。数据传输模块采取有线和无线相结合的方式,以此保证传感数据能够实时且可靠地传送到处理中心,发送数据模块会整合实时采集到的数据并予以发送,接收数据模块则把数据传递给智能控制系统以及其他相关的设备。智能控制终端可提供人机交互界面、数据处理以及分析功能,另外还有警报或者指示输出设备,能够便于操作人员掌握设备的运行状态,及时察觉潜在的故障情况。

2.4 数据通信与集成管理

数据通信以及集成管理在实现智能监测系统各个组件协同开展工作方面起着十分关键的作用。现代舞台监测系统往往会把工业以太网、现场总线还有无线通信技术相互结合起来,进而构建起一个能够实现高速且较为可靠的用于数据通信的网络。其中,先进的数据传输系统涵盖了发送数据模块、数据传输通道以及接收数据模块这几个部分,以此来切实保障数据能够稳定地进行传输。集成管理平台借助统一的数据标准以及接口协议,把源自不同传感器和子系统的数据加以整合并融合到一起,进而形成较为完整的设备状态视图。研究机构着手开发了上位监控软件还有 PLC 控制程序,同时达成了上位机与 PLC 之间的通信目的,在上位软件以及下位控制程序当中设置了完备的连锁保护、限位保护、报警提示等一系列安全举措,如此一来既能提升数据的利用效率,又能强化系统的可靠性以及安全性。

3 故障诊断方法

3.1 常见故障类型与特征分析

舞台升降装置在实际运行期间,其有可能出现的故障类型呈现出多样性特点。就常见的故障而言,像机械结构方面存在故障、驱动系统出现故障、传感器发生故障以及控制系统产生故障等等情况都是存在的。其中,机械结构故障往往是以导轨出现磨损状况、连接件发生松动情况、结构产生变形等问题形式呈现出来的;驱动系统故障则包含有液压系统出现泄漏现象、电机产生过热情况、传动机构出现卡滞等这类现象;至于传感器故障,那么它所涉及的便像是信号出现漂移状况、完全失去作用、精度有所下降等情况;而控制系统故障大多表现为软件逻辑出现错误、通信出现中断情况、控制器自身发生故障等等问题。依据以往的运行经验来看,之前就曾出现过这样的故障情形:即泵启动之后出现了异常的声响,并且舞台升降显得不够灵活。具体表现就是在操作上升按钮之后,舞台要么是没有丝毫反应,要么是反应速度较为迟缓,在下降的时候同样出现了类似的故障情况,并且还伴随着舞台出现抖动的现象。

故障特征分析属于故障诊断领域里的基础性工作,各

类不同的故障会呈现出不一样的特征模式。就机械故障而言,其常常会伴随出现诸如振动增大的情况、噪声变得异常以及位置存在偏差等等这类特征;而液压系统故障所表现出来的则是像压力出现异常、温度有所升高、流量不够稳定等一系列的现象;至于传感器故障,它往往会致使信号发生异常、数据出现丢失或者干脆没有任何输出。先进的安全控制系统具备自动将防护挡板升起的功能,这样一种安全机制在设计的时候,恰恰是依据对人员位置出现异常这一状况进行准确识别以及相应特征分析来开展的。通过对各种不同类型故障的特征表现展开细致分析,可以给故障诊断模型的构建给予极为关键的先验知识,以此来提升诊断工作的准确性以及效率。

3.2 基于数据驱动的诊断模型

数据驱动的故障诊断方式无需依靠系统精准的数学模型,它是凭借历史运行数据以及实时监测数据来构建诊断模型的,这种方法尤其适用于复杂的舞台升降装置。某研究机构把最小二乘支持向量机和序贯概率比检验加以结合,进而提出了针对编码器故障的数据驱动检测办法:依据历史数据去构建系统的预测模型,让该模型所预测出的数值同实际编码器的输出情况相互比对从而产生残差,再运用特定的算法来开展故障检测工作;借助位置与速度之间的解析关联或者通过软冗余切换实施安全容错控制,以此来保障在传感器出现故障的情况下舞台升降系统的安全性。此类模型能够自主地去学习系统处于正常运行时的模式状况,当出现异常状态的时候还能够发出预警信息。它会综合考量实时的舞台任务方面的具体需求以及设备实际的运行状态情况,以此来提升诊断工作的精准程度以及实际应用的价值。并且它还具备识别那些较为微弱的故障特征的能力,进而达成对早期故障进行较为准确的预警以及诊断的目的。

3.3 智能诊断算法应用

智能诊断算法在故障诊断系统里占据着极为关键的位置,在现代舞台升降装置的故障诊断方面所应用的算法涵盖了机器学习算法、深度学习算法、模糊逻辑系统以及专家系统等多种类型。就舞台机械控制系统里面的编码器故障而言,相关研究机构把最小二乘支持向量机和序贯概率比检验相互结合起来,进而设计出一套容错切换机制,通过用模型预测得出的输出来替换出现故障的编码器原本的输出信号,并将其反馈到控制器当中,最终借助软闭环的方式来达成容错控制的目的。预测函数控制算法同样有着不俗的表现,该算法具备较强的鲁棒性以及良好的动态性能,能够有效地应对系统所存在的不确定性以及来自外部的干扰,相比于传统的PI控制而言,它拥有更好的

鲁棒性以及更高的控制精度,能够在舞台多电机驱动过程中,减弱因同步性能欠佳而产生的安全隐患,并且还能够提升故障诊断的准确程度,使得诊断所需的时间得以缩短。

3.4 诊断系统性能评估

故障诊断系统的性能评估要依靠诊断准确率、误报率、漏报率、响应时间以及可靠性等一系列指标来加以验证,而且得历经长时间的运行测试以及在极端条件下的测试,像在不同负载情况、不同速度状况以及不同环境条件下所呈现出的性能表现情况。先进的舞台安全控制系统经过了极为严格的测试,能够在各式各样的演出环境当中稳定地运行:当演出人员站在旋转台上之际,该系统能够自动控制防护挡板降下,以此保证观众可以清晰地观看演出,并且还能够升降舞台出现故障时,有效减轻其晃动所带来的力道。对系统性能展开持续不断的监测与评估,这是实现长期可靠运行的重要关键所在,通过定期去更新诊断模型并且对优化算法参数加以优化调整,便能够适应设备逐渐老化、环境发生变化等诸多因素所带来的影响,进而维持住诊断系统所具备的高性能水准。

4 结束语

舞台升降装置的智能监测以及故障诊断技术的研究属于一个典型的多学科交叉融合的综合研究范畴,其中涵盖了机械工程、控制科学、信息处理等诸多专业领域的知识综合运用。此项研究借助对舞台升降装置的结构特点以及运行机理展开细致分析,深入探讨智能监测系统的各项关键技术,像传感器的布置情况、数据的采集方式、特征的提取手段以及系统的架构设计等方面,并且针对基于数据驱动的故障诊断方法以及智能诊断算法的实际应用情况进行相关研究。后续的研究工作需要将关注点聚焦于人工智能技术方面最新的发展动向,比如像深度学习、强化学习、迁移学习这类先进的算法在舞台机械系统故障诊断环节当中的具体应用,以此来促使故障诊断的准确性、适用性以及实时性能够得到进一步的有效提升。

【参考文献】

- [1]吴二波,杨帅,刘洪吉,等.无人机+电动升降装置法带电检修策略分析与应用[J].电力安全技术,2025,27(5):56-59.
 - [2]谈欢欢,戴桂林,翁志坚,等.新型电动升降装置配套挂线组合工具的研制[J].电工技术,2025(12):186-188.
 - [3]宋中辉,黄坤,程斌,等.铝模爬架施工升降装置的创新研究与应用[J].安装,2025(8):11-15.
 - [4]武发.基于机械磨损特征的矿热炉电极升降装置故障诊断研究[J].模具制造,2025,25(9):228-230.
- 作者简介:朱莎(1987.12—),性别:女,职称:工程师,籍贯:台州。