

基于振动分析的化工机械动设备故障诊断与检修

马建洋

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油化工安装检修分公司 宁夏 银川 750411

摘要: 随着化工行业的快速发展,机械动设备在化工生产过程中的作用日益重要。然而,这些设备在运行过程中常因各种因素导致故障,进而影响生产效率和安全性。振动分析作为一种非破坏性的故障诊断方法,具有实时性、远程性和高准确性等优点,在化工机械动设备故障诊断与检修中得到了广泛应用。本文旨在探讨基于振动分析的化工机械动设备故障诊断与检修技术,系统地介绍该技术的应用流程及其优势。

关键词: 化工机械动设备; 振动分析; 故障诊断; 检修

引言

化工机械动设备如泵、压缩机、风机等,在化工生产过程中承担着输送、压缩、混合等关键任务。这些设备的运行状态直接关系到整个生产线的效率和安全。然而,由于设备长时间运行、工作环境恶劣等因素,故障频发成为制约化工生产的一大难题。振动分析技术通过监测和分析设备在运行过程中的振动信号,能够实时、准确地诊断设备故障,为预防性维修提供依据,减少非计划停机时间,提高生产效率和设备寿命。因此,深入研究基于振动分析的化工机械动设备故障诊断与检修技术,对于保障化工生产安全、提高经济效益具有重要意义。

1 化工机械动设备常见故障类型及其振动特征

1.1 转子不平衡

转子不平衡是旋转机械中极为常见的故障类型,其根本原因是转子质量分布的不均匀性或质量损失。这种不平衡状态会导致转子在旋转过程中产生周期性的离心力,进而引发振动。其振动特征主要表现为与转子转速同步的周期性振动,振动幅度通常较大,并且主要集中在转子的旋转频率上。此外,由于不平衡产生的离心力会随着转速的增加而增大,因此振动幅度也会随转速的升高而增大。通过频谱分析,可以清晰地识别出与转子转速对应的特征频率及其倍频成分,这是诊断转子不平衡故障的重要依据。

1.2 转子不对中

转子不对中是指转子轴线与轴承中心线不重合,这种情况通常是由于安装误差、轴承磨损或热变形等因素导致的。不对中状态会引发附加的径向和轴向力,进而产生振动。其振动特征表现为与转子转速相关的周期性振动,同时伴随轴向和径向位移的变化^[1]。在频谱上,我们可以观察到与转速相关的振动频率及其倍频成分,同时轴心轨迹会呈现出明显的椭圆或不规则形状。通过频

谱分析和轴心轨迹分析,可以有效地诊断出转子不对中故障。

1.3 齿轮故障

齿轮故障是化工机械动设备中常见的另一种故障类型,它包括齿面磨损、齿断裂、齿隙过大等。这些故障会导致齿轮在啮合过程中产生冲击和振动,其振动特征表现为与齿轮转速相关的周期性冲击。在频谱上,我们可以观察到与齿轮转速和啮合频率相关的振动成分,同时波形会呈现出明显的冲击特性。通过频谱分析和波形分析,可以准确地诊断出齿轮故障的类型和程度。

1.4 滚动轴承故障

滚动轴承故障也是化工机械动设备中常见的一种故障类型,它通常表现为轴承内外圈或滚动体表面的损伤或磨损。这种故障会引起非周期性的冲击和振动,其振动特征较为复杂。在频谱上,可以观察到与轴承故障相关的振动频率成分,如轴承的固有频率、滚动体的通过频率等。同时,波形会呈现出明显的冲击特性,且冲击的间隔时间通常与轴承的旋转速度有关。通过频谱分析和包络分析,可以进一步提取出冲击振动的特征,如冲击的幅度、频率和持续时间等,从而有效地诊断滚动轴承故障的类型和程度。在实际应用中,通常需要结合多种分析方法和技术来准确地诊断化工机械动设备的故障类型,以确保设备的正常运行和生产的安全。

2 基于振动分析的化工机械动设备故障诊断流程

2.1 信号采集

选择合适的振动传感器和安装位置,采集设备运行过程中的振动信号。

信号采集是基于振动分析的化工机械动设备故障诊断的第一步,也是至关重要的一步。在这一阶段,需要选择合适的振动传感器,并根据设备的特性和故障类型来确定传感器的最佳安装位置。振动传感器应具有高灵

敏度、高稳定性和抗干扰能力,以确保能够准确捕捉到设备运行过程中的振动信号。在安装振动传感器时,需要考虑设备的结构特点、振动传递路径以及可能的干扰因素。通常,传感器会被安装在设备的轴承座、齿轮箱或壳体等关键部位,以获取最能反映设备运行状态的振动信号。为了进一步提高信号质量,还可以采用多个传感器进行同时采集,以便后续进行信号融合和处理^[2]。在采集过程中,需要确保设备的运行状态稳定,并避免在启动、停机或负载突变等瞬态过程中进行信号采集。同时,为了获得更全面的振动信息,可以在不同的工况和转速下进行多次采集。采集到的原始振动信号将被用于后续的故障诊断和分析,因此,确保信号的准确性和可靠性是至关重要的。

2.2 信号预处理

首先,滤波处理是去除原始信号中噪声和干扰成分的重要手段。通过设计合适的滤波器,如低通滤波器、带通滤波器等,并根据信号的频谱特性和噪声特性选择适当的滤波类型和截止频率,可以有效地滤除高频噪声或不需要的频率成分。在滤波过程中,需要实时监控滤波效果,确保滤波后的信号既保留了有用的振动信息,又有效去除了噪声。

其次,放大处理是调整信号幅值,使其便于后续分析和处理的必要步骤。根据信号的幅值范围和后续处理设备的要求,选择合适的放大倍数,并使用线性放大器对信号进行放大。在放大过程中,需要确保信号不失真,并避免信号过载,以保证放大后的信号仍在处理设备的动态范围内。

此外,去直流分量也是信号预处理中的重要环节。由于原始信号中可能包含直流分量,这会对后续的分析 and 处理造成干扰。因此,需要通过计算信号的直流分量,并从原始信号中减去该分量,以消除信号中的直流偏移。去直流处理后,需要验证处理效果,确保信号不含明显的直流偏移,以便更准确地分析振动特性。

除了上述方法外,还可以采用其他预处理技术进一步改善信号质量。例如,信号去噪技术可以利用小波变换、经验模态分解(EMD)等高级信号处理技术进一步去除噪声;信号平滑技术可以通过滑动平均、中值滤波等方法对信号进行平滑处理,减少随机波动对故障诊断的影响;信号标准化技术则可以将信号的幅值或能量调整到统一的尺度上,以便对不同设备或不同工况下的信号进行比较和分析。

2.3 特征提取

在基于振动分析的化工机械动设备故障诊断中,特

征提取是一个至关重要的步骤。它涉及到从预处理后的振动信号中提取出能够表征设备运行状态的特征参数。具体的特征提取方法涵盖了时域分析、频域分析和时频域分析。

在时域分析中,直接对信号在时间域上进行观测和分析。常见的时域特征参数包括均值、方差、峰值、均方根值和峭度。均值反映了信号的平均水平,方差衡量了信号与其均值的偏离程度,反映了信号的波动情况。峰值是信号在时域上的最大值,对于识别冲击类故障尤为重要。均方根值表示信号能量的平均值,常用于评估信号的总体强度。而峭度则反映了信号分布的尖锐程度,对于非高斯分布的振动信号,峭度能够提供额外的故障信息。

频域分析是将信号从时间域转换到频率域进行分析的方法。常用的频域特征提取技术包括傅里叶变换、功率谱密度估计和频谱峰值提取。傅里叶变换将时域信号转换为频域信号,得到信号的频谱图,从中可以提取出特征频率、频率成分的能量分布等信息。功率谱密度估计进一步分析了频谱的能量分布,常用于评估信号的平稳性和周期性。而频谱峰值则是频谱图中的突出峰值,往往与设备的特定故障相关,如转子的不平衡、齿轮的啮合故障等。

时频域分析结合了时域和频域的优势,能够同时观察信号在不同时间和频率上的变化情况。常用的时频域特征提取方法包括短时傅里叶变换、小波变换和Hilbert-Huang变换。短时傅里叶变换将信号分成多个短时段,对每个时段进行傅里叶变换,从而得到信号随时间变化的频谱特性。小波变换通过伸缩和平移等运算对信号进行多尺度细化分析,自适应地提取信号中的时频特征,特别适用于处理非平稳信号。而Hilbert-Huang变换则结合经验模态分解和Hilbert谱分析,能够更准确地揭示信号的时频特性,特别适用于非线性、非平稳信号的分析。

在实际应用中,特征提取方法的选择应根据设备的具体特性和故障类型进行。为了提高特征提取的准确性和可靠性,还可以采用多种特征提取方法相结合的策略,从多个角度全面分析振动信号,为后续的故障诊断提供更加全面和准确的信息支持。

2.4 故障识别

在故障识别过程中,首先需要建立完善的标准数据库。该数据库应包含各类设备的正常运行状态下的振动特征参数,以及已知故障类型下的振动特征参数。这些数据的获取通常基于大量实际测量和实验,确保数据库的准确性和可靠性。进行故障识别时,将提取的特征参

数与标准数据库中的数据进行比对。比对过程可以采用多种数学方法和算法,如距离判别法、相似度计算、模式识别等。通过这些方法,可以量化特征参数与数据库中数据的相似程度或差异程度。根据比对结果,可以判断设备是否存在故障。如果特征参数与数据库中某种故障类型的特征参数相似度较高或差异程度较大,则可以初步诊断设备存在该类型的故障^[3]。为了进一步提高故障识别的准确性,还可以结合多个特征参数进行综合分析,利用多参数融合的方法提高故障识别的可靠性。

3 基于振动分析的化工机械动设备的检修策略与实施

3.1 检修策略制定

基于振动分析的化工机械动设备故障诊断结果,制定针对性的检修策略是至关重要的。这一策略的制定应当充分考虑故障的性质、严重程度以及对设备整体运行的影响。对于轻微故障,通常可以采取预防性维修措施。这类故障可能表现为振动信号的微弱变化或某些特征参数的轻微偏离。在此情况下,可以通过调整设备的运行参数来优化其工作状态,例如调整转速、负载或润滑条件。同时,及时更换易损件也是有效的预防性维修措施,这可以避免故障进一步发展并减少潜在的生产中断。然而,对于严重故障,必须采取更为果断的措施。这类故障可能表现为振动信号的显著异常或特征参数的严重偏离,甚至可能伴随明显的噪音或设备性能下降。在这种情况下,应立即停机检修,以避免故障扩大导致更严重的后果。停机检修期间,需要对故障部件进行详细的检查和评估,确定其是否可以通过修复恢复使用,或者是否需要更换新的部件。在制定检修策略时,还应考虑设备的维护历史、运行环境以及生产计划等因素。通过综合考虑这些因素,可以制定出更为合理和有效的检修计划,以确保设备的长期稳定运行和生产的顺利进行。同时,对于不同类型的设备和故障,检修策略也应具有灵活性和针对性,以实现最佳的维修效果和经济效益。

3.2 检修实施

检修实施过程是一个系统而细致的工作,必须严格按照预先制定的检修计划和操作规程进行,以确保检修工作的有效性和安全性。在拆卸设备部件时,应使用

合适的工具和正确的拆卸方法,避免对设备造成二次损伤。同时,对拆卸下的部件要进行妥善保管,避免丢失或混淆。在检查部件时,要仔细观察其表面状况,检测其尺寸和形状是否发生变化,以及是否存在裂纹、磨损等损伤。对于需要更换的部件,要选用符合规格和质量要求的新部件进行更换。在检修过程中,还需注意对设备的润滑和清洁工作。对设备的润滑部位要进行加油或换油,确保其润滑良好^[4]。同时,对设备内部和外部的污垢和积尘进行清理,保持设备的清洁。检修完成后,还需进行设备的试运行和性能测试。试运行是为了检查设备在检修后是否能正常启动和运行,以及是否存在异常噪音或振动。性能测试则是为了验证设备的性能是否恢复到正常水平,如转速、压力、温度等参数是否符合要求。

结语

基于振动分析的化工机械动设备故障诊断与检修技术具有非破坏性、实时性和高准确性等优点,能够有效提高化工生产的效率 and 安全性。通过监测和分析设备在运行过程中的振动信号,可以及时发现和诊断设备故障,为预防性维修提供依据,减少非计划停机时间,延长设备寿命。未来,随着传感器技术、信号处理技术和人工智能技术的不断发展,基于振动分析的化工机械动设备故障诊断与检修技术将更加智能化和自动化。例如,利用深度学习算法自动识别和分类振动信号特征,实现故障的自动诊断和预测;通过网络化诊断技术实现远程和实时的故障诊断与检修服务,提高故障诊断的及时性和便捷性。这些技术的发展将进一步推动化工机械动设备故障诊断与检修技术的进步和应用。

参考文献

- [1]张怀生,杨阳,丁怀锋.化工机械设备诊断分析及措施研究[J].化工管理,2020,(04):126-127.
- [2]韦泽达.化工机械设备振动控制技术及其应用研究[J].建材与装饰,2020,(19):230-231.
- [3]郎勇飞.化工机械设备的故障诊断与处理措施研究[J].清洗世界,2024,40(04):175-177.
- [4]陈恺.机械故障诊断在化工设备管理中的运用分析[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(19):50-52.