

煤矿主扇风机振动监测与故障机理分析

韩向栋 魏良跃 徐帅

(兖矿能源股份有限公司兴隆庄煤矿 山东 济宁 272100)

摘要: 风机在煤矿生产中应用非常广泛,能为井下煤矿开采提供空气、排尘、降温等支持。所以煤矿主扇风机安全可靠的运行,是保证煤矿生产安全、生产效率的基础,一旦煤矿主扇风机出现故障或停机,就会对煤矿生产形成不良影响。而且目前煤矿主扇风机向着大型化、自动化方向发展,为了预防或及时发现故障,需要更加有效的监测手段,加快故障排查及排除的速度,保障煤矿企业长期、可持续的生产。煤矿主扇风机故障发生概率较高的是振动故障,故障发生原因复杂,且主要发生于风机的转子组件。基于此,本文对煤矿主扇风机振动监测进行了分析,提出了振动故障发生的机理,以期对煤矿主扇风机日常振动监测、故障维修提供一定的参考与借鉴。

关键词: 煤矿主扇风机; 振动监测; 风机故障; 故障维修

0 引言

煤矿主扇风机为旋转机械,其正常的运行状态是高速旋转,而风机旋转的核心是转子组件。煤矿主扇风机在长期的高速旋转运行过程中,受到转子自然消耗、不良环境、人为操作失误等因素的影响,致使煤矿主扇风机部件出现问题,引起煤矿主扇风机较大的振动,从而引发振动故障。所以,针对煤矿主扇风机转子组件采用实时振动监测措施,以便于提前预测或及时发现振动故障,并深入分析故障发生的机理,及时地排除故障,保证煤矿主扇风机持续、稳定、长期安全的运行。

1 煤矿主扇风机振动监测分析

煤矿主扇风机发生故障后,会伴随着一定的表征,如风机的振动故障,风机的振幅值、频率等会超出允许值的范围。而采用相应的测量仪表与传感器,对风机的振动状态进行监测,采集风机运行中的振动数字信号,然后使用专业的计算机软件,对数字信号进行特征的提取、分析、处理等,生成状态评价,为风机振动故障处理提供依据。

1.1 监测点的设置

1.1.1 设置的原则

风机振动故障监测点需设置在易发生故障、监测便利的位置。在实际的设置中需遵循以下几个原则,一是方向性,根据风机振动故障的出处,确定监测点设置的方向;二是同一性,同一测点多次采集振动参数,并且多次采集的参数之间偏差最小;三是全面性,引起风机振动故障的原因复杂,监测点要覆盖所有与振动故

障有关的部件;四是就近性,监测点尽量布置在核心部件上,以此保证监测结果的准确性。

1.1.2 振动测点设置

煤矿企业为了保证生产安全,主扇风机设置一台主用和一台备用,本文以对旋轴流式风机为例,进行监测点设置的分析。该风机与振动故障相关的部件有电机轴承、联轴器、轴承座、叶轮等,其中轴承是风机的核心部件,也是风机发生振动故障的主要原因。因此,轴承是振动测点设置的重要位置,根据风机常见的振动故障类型,选择探头与轴承接触较好的位置,分别在电机的轴承与前后轴承的轴向方向、水平方向、垂直方向等分别设置测点,同时进行三个方向的信号采集,但要注意三个方向的测点高度要一致,以提高信号采集的精确度。

1.2 设定监测参数

1.2.1 监测参数类型

一是动态参数。①振幅,直接体现着风机的运行状态,主扇风机在正常运行状态下,振幅在设定值的范围内,一旦风机振幅超出设定值,风机振幅过大出现振动故障。②频率,主扇风机不同类型的振动故障一般有着相对应的频率,但是不是决对的对应关系,主扇风机转动会产生一定的振动频率,通过对振动频率信号的监测,可评估风机的运行状态。③相位,该参数主要用来衡量转子的平衡、对中等状态,用来判断风机有无振动故障,相位差=振动基频信号-转轴固定标值。

二是静态参数。①偏心位置,是指主扇风机在运行过程中,其转轴轴颈的相对位置发生位移,形成转子

碰磨振动故障；②轴向位置，描述的是止推盘与止推轴承之间的位置；③轴心轨迹，主要用于监测转子运行状态，在风机的轴心上随机设定一点，进行轴承运行轨迹的描述，从而判断风机是否存在故障。

三是其他参数。①转速，风机发生振动故障后，转轴的转速会直接发生变化；②温度、压力发生改变，风机振动后会引发相关部件温度升高，或压力发生变化，对这两项参数的监测，可辅助风机振动故障的分析与判断，并且温度与压力变化的监测，能提前预测故障的发生。

1.2.2 参数选择

基于检测风机振动故障的需要，本文选择监测参数的类型是动态参数，针对风机振动频率 $< 10\text{Hz}$ 的低频振动监测，选择的是位移参数；针对 $10 \sim 1000\text{Hz}$ 的中频振动监测，选择的是速度参数；针对 $1 \sim 10\text{kHz}$ 的高频振动，选择的是加速度参数。

1.2.3 采集数据

从风机振动的实际表现来看，其是由简谐振动分量、噪声、其他振动等组成，所以针对风机的振动监测选择了位移参数、速度参数、加速度参数。根据采集数据的类型，在监测点上布置磁电式速度传感器，属于无电源传感器，利用电磁感应原理将风机轴承的机械能量转换为电信号，实现轴承的动态监测，将该传感器与振动、烈度表进行联合应用，可测量轴承的振动位移、速度，输出的信号与振动速度成正比，测量振动级别达到了 0.01mm 。将传感器采集到的电信号输入计算机数据分析软件中进行处理，得到振动监测的结果。

1.3 信号采集具体实施

1.3.1 数据采集注意点

风机振动监测数据采集的全面性、准确性、实时性，是保证振动故障监测质量的基础。为了避免信号数据监测出现偏差，应尽量缩短信号传输距离，将传感器安装在距离监测部件最近的位置，数据采集器也应距离风机最近，避免外部环境干扰信号数据的传输，保证信号数据完整、准确传输至数据采集器中。

1.3.2 传感器的选择及应用

选择传感器首先要考虑质量，传感器要具有良好的抗干扰能力、较好的信噪比、高的防护等级，可适应煤矿主扇风机的运行环境，并且使用维护方便、灵活，能长期可靠地进行风机振动监测。在传感器选择中还需考虑到风机的振动特征，一般情况下低频振动配备的是位移传感器；中频振动配备的是速度传感器；高频振动配备的是加速度传感器。其中速度传感器比较适用于煤矿主扇风机的振动监测。

1.3.3 数据采集卡的选择及使用

在主扇风机数据采集过程中，受到煤矿主扇风机运行不良因素的影响，如噪音过大、传感器失效等，容易发生信号失真问题，导致采集的信号数据不够准确，影响到监测结果的可用性。而数据采集卡是其中的关键。选择数据采集卡需注意以下几点：首先，质量可靠，数据采集高效、性能高、速度快；其次，能同时采集多路信号，并能完成长时间、持续性的数据采集工作；最后，安装使用简单，基本功能要求是配有12位A/D转换器，16路单端口，16位数字量输入与输出，采样频率 $\geq 330\text{kHz}$ 。通过I/O接口建立采集卡与计算机软件之间的连接，数据采集卡实时采集传感器传输回来的振动信号，经过A/D转换器转换后生成信号数据，以此完成整个风机振动监测的数据采集过程。

2 煤矿主扇风机振动故障机理分析

2.1 不平衡振动故障机理

当转子组件旋转轴的质心出现偏移后，会引起不平衡振动故障，该故障发生的概率较大。故障发生的原因是转子部件消耗过大，或者是转子本身出现了偏心现象。将转子组件看作一个系统，当转子质心到两轴承连心线的垂直距离不为零，存在一定的扰度，使转子在高速旋转过程中，形成水平与垂直方向的分量，致使离心力有规律的变动。也就是转子每旋转一圈，离心力就改变一次，形成转子组件的不平衡振动，并且该振动带有明显的频率与转速特征。

2.2 转子碰磨振动故障机理

风机转子与构成组件之间出现碰磨，会引起风机过大的振动。通常是因为转子出现了变形，在风机高速旋转过程中，转子与周围零部件发生组合、轴向等的碰磨。从碰磨的机理上来看，发生了以下三种效应：一是碰撞效应，转子与周边零部件发生碰撞后，转子正常旋转受到碰撞部件的制约，增加高频信号的同时，形成振动削波；二是摩擦效应，转子与摩擦部件在高速旋转摩擦的作用下，会使两者发生热变形，进一步提高偏心量，振动剧烈程度增加，摩擦会大量消耗零部件，降低风机转子组件运行的效率，摩擦还会产生一定的作用力，直接增加转子受力，形成不稳定振动；三是轴系刚度效应，摩擦引起轴系刚度改变，导致风机原有频率变动，形成振动故障。

2.3 不对中振动故障机理

主扇风机主要部件之间使用联轴器连接，如果风机的轴线与转子不平行，会引起轴承偏心导致联轴器的平行、角度等不对中，从而形成了风机不对中振动故障。形成该故障的主要原因是风机安装出现偏差、柔性支

撑变形、风机地基刚性较差等。一般情况下煤矿使用的是大型主扇风机，联轴器为齿式，在联轴器正常运行状态下，内外中齿套间力矩传递均匀，如果发生不对中现象，则内外齿套间接触受力不均衡，使中间齿套发生倾斜，形成附加向力，会使联轴器高次谐波振动，相位差增加，转速、油温、轴心轨迹等也会发生变化，振动故障影响的范围较大。

2.4 轴承损坏振动故障机理

轴承损坏在风机振动故障中较为常见，轴承属于风机的消耗部件，再加上受到自身质量、煤矿粉尘、湿度等不良因素的影响，致使轴承性能受损，由此形成轴承损坏振动故障。

2.4.1 损坏类型

(1) 剥离，风机轴承因长期疲劳运行，轴承表面负荷过大、润滑不良、煤矿残渣进入等，使轴承表面呈现鱼鳞状，甚至出现金属碎片掉落现象；(2) 卡伤，轴承表面呈现出线状伤痕，主要是因为细微烧伤聚集，负荷过大、进入煤矿残渣或其他异物等，都会引起卡伤；(3) 断裂，轴承在运行过程中受到较大的冲击，一般是因为风机安装调试出现质量问题而引起的断裂现象；(4) 磨损，轴承的滚动面出现异物或轴环面生锈等，使轴承在运行过程中出现磨损。

2.4.2 故障机理

一是风机轴承在运行过程中本身会形成振动，当受到外部不良环境或操作不当的影响，振动超出允许值范围，形成振动故障；二是轴承零件安装不够牢固，或零件尺寸存在小的偏差会形成振动，比如，轴承的滚动体在制造阶段出现了直径误差，安装后会形成振动现象；三是轴承滚动体受到异物入侵、润滑不良、生锈腐蚀、自然消耗过大等多种原因的影响，会导致轴承在转动过程中形成冲击振动、脉冲振动等。轴承损坏程度越大，振幅就越大，转速就越小。

2.5 轴裂纹振动故障机理

转轴裂纹是由于风机长期负荷运转，当其内部或外部表面出现细小裂纹后，如果继续使用，裂纹逐渐向着转轴深处发展，形成横向、纵向、紊乱裂纹，使转轴有效面积缩小，一旦所受应力超出转轴材料本身承受力后，将引起轴断裂。引起轴裂纹的因素有以下几方面。一是自身因素，在其生产制造工艺的各个环节，都有可能形成裂纹；二是投入使用后的外在因素，如受到的应力过于集中，超出转轴材料强度承受范围，再加上循环应力的作用，促使小裂纹逐渐发展。从横向裂纹故障机理来看，受到的应力不同，裂纹形成的机理存在着差异，如果受到弯曲应力，应力顺着长轴方向传递形成横向裂纹；如果受到扭转应力，在转轴上形成张应力场，转

轴表面产生螺旋裂纹，导致非线性振动的出现。

2.6 轴承松动振动故障机理

风机轴承在安装之后，需要进一步检查轴承各个零件的紧固情况。但是风机经过长时间的运行，受到风机自身振动、轴承磨损等的影响，轴承零件逐渐松动，当松动至一定的程度后，在轴承高速旋转过程中风机形成较大的振动现象。在轴承发生松动后，风机的支撑系统不够牢固，使连接处的刚度和机械阻尼下降。轴承套和机组壳间因轴承松动，致使两者之间缝隙过大，轴承在转动过程中形成离心力，促使轴承套发生变形，进而形成轴承振动。如果轴承底座固定不牢，风机高速旋转运行会产生振动位移现象。

3 结语

煤矿主扇风机在高速旋转运行过程中，必然会产生一定的振动，但是当振动超出一定的标准后，就是风机出现了振动故障。由于该故障的主要特征是风机不同程度的振动，而通过在风机核心部件的转子组件中安装传感器，对风机振动进行实时监测，采集信号数据，通过计算机进行数据的分析处理，以评估风机的振动状态，及时发现振动故障隐患。同时结合风机振动故障机理，分析振动故障发生的根本原因，快速找到故障的出处，以制定出准确有效的故障维修方案。

参考文献：

- [1] 焦文波. 离心式引风机轴承座振动的故障分析与处理[J]. 中州煤炭, 2007(3): 60.
- [2] 史二娜, 肖蕾蕾, 姬冠妮. 基于信息融合的煤矿主通风机振动故障诊断方法[J]. 自动化与仪器仪表, 2020(11): 22-25+29.
- [3] 梁军军. 试析 PLC 控制在煤矿通风机振动故障中的应用[J]. 能源与节能, 2020(4): 172-173.
- [4] 骆仁达, 王羽, 郭容赫. 一种轴流式送风机的振动故障诊断及现场动平衡探究[J]. 中国设备工程, 2021(23): 180-181.
- [5] 向东, 王福忠. 矿用通风机振动故障分析及检测研究[J]. 煤矿机械, 2015, 36(1): 273-275.
- [6] 李晓君. 煤矿主通风机振动监测与故障机理分析[J]. 煤炭与化工, 2018, 41(3): 140-142.

作者简介：韩向栋（1988-），男，汉族，山东曲阜人，本科，工程师，研究方向：机械设计及控制；魏良跃（1982-），男，汉族，江苏连云港人，本科，工程师，研究方向：机电工程；徐帅（1988-），男，汉族，山东淄博人，本科，工程师，研究方向：PLC 控制工程。