

# 浅谈轧钢机械振动故障的诊断

杨智宇

(阳春新钢铁有限责任公司 广东阳春 529600)

**摘 要:**机械振动故障在轧钢机械运行中比较常见,采用在线振动监测诊断系统能够比较准确地了解导致故障发生的原因,实现及时发现故障、迅速诊断故障、快速给出结论的目标。在本文中,笔者首先论述了轧钢机械振动故障的判断标准,随后分析了故障特征数据,最终重点探讨了轧钢机械振动故障的数据采集、频谱分析以及故障诊断的相关问题。

**关键词:**轧钢机械 振动故障 故障诊断 频谱分析

**中图分类号:** TG33

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-098X(2012)02(a)-0053-02

## 1 轧钢机械振动故障的判断标准

评判轧钢机械的振动故障的标准主要有三种,即故障类评判标准、故障定量评判标准以及故障相对判断标准。但是因为导致轧钢机械出现振动故障的原因非常之多,因此想要对该物理现象进行准确地评判比较困难。通常而言,轧钢机械的轴承种类、机械工作状态的转变、实际的工作转速、振动故障的类型、故障检测传感器的安装部位等诸多因素均会对轧钢机械的故障判断产生影响。总而言之,构建具有较高科学程度的故障诊断标准是比较困难的。因此,振动故障诊断标准的构建过程中,有必要采用一些定量评判标准,但是更加需要引入一些相对判断指标。具体而言就是,以时间轴作为基准进行对比和分析,利用对相同测试位置、相同测试方式以及相同工况的定期测量获取必要的的数据,并将其与机械正常状态下的正常数值(或者初始数值)进行对比和分析,据此来判断是否出现故障以及故障程度。在线振动监测诊断系统能够的诊断流程见下图。

检测开始 确定被检测的对象及其相应的基准频率(正常数值) 选择检测内容 明确检测任务 现场振动检测 回收检测数据 查找并对比具有代表性的数据信息特征,并形成数据报告 查看数据是否异常,如果异常则分析故障机理并提出相关的解决措施和实际技术;如果没有异常则报告入库存档 自动进入下一个检测任务,开始第 步。

## 2 轧钢机械振动故障的特征数据

对于轧钢机械而言,它的振动信号通常在滚动轴承部位和齿轮部位产生,但是传递途径相对比较复杂,并且在信号的传递过程中容易受到各种因素的影响,例如机械工况的变化、负荷的变化以及转速的变化等都会对信号传递产生干扰。由于以上原因,在信号的分析过程中需要进行比较复杂的信号降噪处理,如果非常专业人员对该系统进行操作,在没有相关经验和典型案例的熏陶之下,则存在着较大的理解难度。总而言之,在对轧钢机械振动故障进行分析和判断的过程中,分析和处理设备的常规频谱是必然选择,但是除此之外,还需要分析和计算轧钢机械振动故障的某些特征数据,进而揭示出不同振动故障的典型特征。我们可以从时域角度和频域角度来分析轧钢机械的震动故障的特征数据,首先,在时域方面,特征数据主要表现为平均值、峰值、有效值、峭度、歪度以及波峰因子等等。其次,在频域方面,特征数据主要表现在两个方面,即第一,故障特征的齿轮啮合频率及其倍频、轴频及其倍频、滚动轴承的通过频率以及轴频与齿轮啮合频率的各次谐波等;第二,频谱统计特征的均方频率、中心频率、频率方差以及均方根频率等。在对以上特征数据进行分析的时候可以参考相关的数学计算公式。总之,对于轧钢机械震动故障的诊断而言,需要重点解决的问题是通过各种降噪措施来提取有效特征数据(故障信号),并将这些特征数据与正常状态下的数据进行对比分析,进而发现故障特征数据的原因。

## 3 故障特征数据的采集

从故障诊断的需要来说,采样数据越长越好,但由于快速傅里叶变换需要的时间与采样数据长度呈指数般增加,并且极大地增加数据的存储空间,考虑到轧钢机械工作转速较低,确定每组原始采样数据长度为2048点较为合适,可以覆盖上述特征频率成分。数据采集由键相信号触发。键相方式分为自动键相和手工键相。对于安装有转速/键相的主轴,采用自动键相,数据采集为整周期采样方式,每转采样数据长度为2048点,可以消除数据严重失真的“旁瓣”效应,可以得到准确的轴频及其倍频成分,频率分析范围为1~1024倍轴频<sup>[2]</sup>。对于不能安装转速/键相的设备,采用人工键相,根据设备的实际转速,通过人工设置每块振动采集板的采样频率,可以在保持数据长度不变的情况下,利用信号分析技术得到所需的故障频率,频率分析的上下限随着人工设置的采样频率改变,如每转采集256点,连续8转,采样数据长度为2048点,频率分析范围为1/8~128倍轴频;再如键相转速设为10Hz,每转采样数据长度为2048点,则分析频率范围为0~10230Hz。

系统能够将采集的数据按照一定的格式存储在数据库中,包括小时数据,一天数据,一周数据,一个月数据,一年数据,变转速数据,原始比较数据,事故数据和特征数据等。其中,原始比较数据库存储设备第1次启动或检修后启动的数据,为将来设备出现异常时作为对比分析的参照基准。特征数据库存放经过处理的波形和频谱的特征数据,以便利用本系统进行故障自动诊断。

## 4 故障特征数据的分析处理

在对轧钢机械的振动故障实施在线测量时,通常需要在被测对象上面安全必要的振动测量传感器,常用的传感器类型主要包括加速度传感器、速度传感器以及位移传感器,测量的内容分别是振动频率的高频波段、中频波段以及低频波段。

### 4.1 轧钢机械轴承振动特征数据分析处理

收集滚动轴承、齿轮的振动数据时,通常需要在被测量对象上面安装加速度传感器。但是信号收集效果并不是非常理想,究其原因,主要是因为减速机振动的频率范围通常相对比较宽,尤其是在轧钢机械保持在较低速度的情况下,加速度传感器很难对低频成分保持较高的敏感性,所以,通常会采用位移传感器(也称之为涡流传感器)来替代加速度传感器。分析处理轧钢机械轴承振动特征数据主要具有以下几点重要的作用:

第一,动态监测轴承的磨损程度。磨损是轴承最常见的一种失效现象,常引起径向间隙发生变化,使涡流传感器的间隙电压发生变化。它产生的振动在加速度传感器上难以清晰分辨,通过采用涡流传感器,不间断地测量探头体与旋转轴之间的相对间隙变化,可以发现轴承因磨损而发生的圆度变化,做到故障的早期诊断。由于某些轴表面有毛刺,系统采用了带通滤波处理。同时,由于冲击时使轴产生较大的晃度,因此,一般以空载和稳态时的平均间隙值作

(下转55页)

用M最小原则获得实际控制力矩 $T_m$ 。通过 $T_c$ 设计磁力矩器的磁矩 $M$ ,利用 $M$ 与 $B$ 作用产生磁力矩 $T_m$ 。因此得磁矩 $M$ 为

$$M = \frac{B \times T_c}{\|B\|^2} \quad (17)$$

由式(16)得到,实际的磁力矩为

$$T_m = \frac{B \times T_c}{\|B\|^2} \times B \quad (18)$$

其中 $T_c$ 由式(15)得到。

#### 4 仿真分析

研究对象为BUAASAT微小卫星,轨道高度为600km,轨道倾角 $97.8^\circ$ ,转动惯量为 $J_x=16.0368\text{N}\cdot\text{m}^2$ , $J_y=16.0368\text{N}\cdot\text{m}^2$ , $J_z=0.1461\text{N}\cdot\text{m}^2$ 。初始姿态角为 $[50^\circ, 50^\circ, 50^\circ]$ ,初始角速度为 $[0.286^\circ/\text{s}, -0.286^\circ/\text{s}, 0.286^\circ/\text{s}]$ ,仿真时间20000s,步长1s。

考虑干扰力矩 $T_g$ 不同、磁力矩器所能提供的最大磁矩 $M_{\max}$ 不同时稳定时间 $t_s$ 和姿态角误差。见表1。

由表1可知,当干扰力矩为 $T_g$ 、磁力矩器 $M_{\max}$ 为 $10\text{A}\cdot\text{m}^2$ 时,VSC控制在2000s稳定; $M_{\max}$ 为 $2\text{A}\cdot\text{m}^2$ 时,VSC在4200s稳定。而三轴姿态均能保持在 $1^\circ$ 以内。磁力矩器 $M_{\max}$ 为 $2\text{A}\cdot\text{m}^2$ 、干扰力矩为 $T_g$ 时,VSC控制在4200s稳定;干扰力矩为 $100T_g$ 时,姿态稳定时间 $t_s$ 变长,在7000s稳定。三轴姿态受干扰力矩变化影响精度略有下降,但仍保持在 $1.5^\circ$ 以内。

#### 5 结论

本文针对BUAASAT姿态控制要求设计VSC控制律,仿真表

(上接53页)

为诊断依据。

第二,动态检测转速。振动故障的频率就等于特征频率,但由于实际分析的故障信号具有随机性,故障特征频率可能与理论计算存在误差。为了解决这个问题,通常是取某段频率范围幅值的最大值作为特征频率的幅值。如果转速的测量误差较大,则将无法识别故障特征频率,特别是在变转速的情况下。安装涡流传感器,其一是直接作为键相同步探头,保证不同通道同时时刻进行采样,频率计算准确;其二是在人工键相的情况下,经过带通滤波的轴振动波形周期性较好,根据采样频率、波形数目和主振幅的频率,可以计算出较准确的转速。

第三,综合分析和处理。假如能够实现输入径向振动和输出径向振动的同时测量,则便能够依照不同部位的相位和振奋的不同来对轴承的受力情况以及受力是否均匀进行分析处理。通常而言,轴承的振动频率会高于齿轮的振动频率,但是两者在振动特点还存在着一定的差异,例如,轴承的振动频率的稳定程度较低,相对比较丰富;但是齿轮的振动频率则比较稳定,相对比较单一。在采用加速度传感器的同时,还应该结合使用位移传感器,借此来提供频率收集和范围,增强发现故障现象、分析故障原因、解决故障问题的能力。同时,通过对频率不同成分的综合分析和处理,能够明确轧钢机械振动故障的来源是轴承还是齿轮,尽早发现问题,解决问题。

#### 4.2 准确识别轧钢机械的实时工作状态

一般情况下,轧钢机械的工作状态主要分为三种,即稳态、冲击状态以及空载状态;但是也有部分轧钢机械只有上述三种工作状态中的两种。通常来讲,轧钢机械处于空载的工作状态时所产生的振动效应最弱,其稳态时其振动效应会增大,如果轧钢机械正在

明:干扰力矩较小时,磁力矩器的最大磁矩仅对稳定时间有较大影响,对控制精度影响很小;干扰力矩较大时,而卫星能源、体积和重量的限制使磁力矩器最大磁矩不能太大时,VSC姿态控制精度略有下降,但仍然能控制在允许范围内,反映了VSC对干扰的不敏感性,具有良好的鲁棒性。

#### 参考文献

- [1] 王丰尧.滑模变结构控制[M].北京:机械工业出版社,1995:1~2.
- [2] Gao W, Hung J C. Variable structure control of nonlinear systems: a new approach[J]. Industrial Electronics, IEEE Transactions on.1993,40(1):45~55.
- [3] 胡良军,刘付成.大型卫星姿态机动的滑模变结构控制技术[J].上海航天.2011(1):23~27.
- [4] 刘亚秋,胡庆雷,马广富,等.三轴稳定挠性卫星姿态机动时变滑模变结构和主动振动控制[J].控制理论与应用.2009,2(26):122~126.
- [5] Muhlfelder L, Hogan R B. Magnetic torquing system for changing the spin rate of an orbiting satellite[Z]. Google Patents,1978.
- [6] 刘海颖.微小卫星姿态控制系统关键技术研究[D].南京:南京航空航天大学,2008.

甩钢或者咬钢时,则此时的冲击振动会非常显著。通过积累轧钢机械的各种工作数据,并采集的数据进行分析对比,便可以自动判断出轧钢机械的实时工作状态。同时,还可以实现轧钢机械冲击过程中所采集的数据自动地放置于波形的中央位置,如此一来能够有效地避免常常出现的因为冲击过程中数据采集不完整而导致的频谱特征数据失去可比性的现象。

#### 参考文献

- [1] 贾艳秋,张兵,陈雪梅.滚动轴承的故障机理及诊断[J].化工装备技术,2011(4):159~161.
- [2] 赵俊茹,戴光,姚鸿滨.防喷器壳体材料拉伸过程的声发射特性试验[J].无损检测,2011(7):228~229.
- [3] 宋立波,曹迎文,李秋书,刘芳,宿文龙.机械振动对铸造镁合金组织和力学性能的影响[J].铸造设备与工艺,2011(3):99~101.
- [4] 蒋洪波,秦其明,李百寿.煤层气排采动态的被动式超低频频谱分析[J].光谱学与光谱分析,2011(7):229~231.
- [5] 魏于评,周松喜,郭桦.不平衡量对砂轮跳动影响的研究[J].金刚石与磨料磨具工程,2011(4):166~168.
- [6] 刘彪,陆菜平,窦林名,吕长国,郭晓强.工作面顶板破断过程的SOS微震信号的加窗处理与分析[J].煤矿安全,2011(9):203~204.
- [7] 李权,马英.铸造工艺计算机辅助设计系统的开发应用[J].润滑油与燃料,2005(3):253~254.
- [8] 王丽霞,宋文平,刘辉.大型铝合金活塞倾转铸造机轻量化设计与研制[J].制造技术与机床,2011(7):226~225.