

相位在离心机组故障诊断中的应用

齐 浩

中国石油化工股份有限公司洛阳分公司 河南洛阳 471012

摘要: 新时代下,石化行业快速发展,离心机组被广泛应用其中,并对其提出更高的要求,为确保离心机组能稳定高效运行,应以离心机组故障诊断为切入点,切实采取解决离心机组出现故障问题的有效措施。本文首先介绍相位的作用,然后介绍离心机组,接下来分析离心机组状态监测和故障诊断,最后探究相位在离心机组故障诊断中的应用。

关键词: 相位; 离心机组; 故障诊断

Application of phase in centrifugal unit fault diagnosis

Hao Qi

Luoyang Branch of China Petroleum and Chemical Corporation Luoyang 471012, Henan

Abstract: In the new era, the petrochemical industry is developing rapidly, and centrifugal units are widely used in it, with higher requirements placed on them. In order to ensure stable and efficient operation of centrifugal units, effective measures should be taken to solve the problem of centrifugal unit failures, with fault diagnosis as the starting point. This paper first introduces the role of phase, then describes centrifugal units, analyzes the status monitoring and fault diagnosis of centrifugal units, and finally explores the application of phase in fault diagnosis of centrifugal units.

Keywords: phase; Centrifugal unit; fault diagnosis

一、相位概述

相位在分析振动故障中起着非常重要的作用,也在转子动平衡中必不可少。键相器主要由轴上固定标志(凹孔、反光板、键槽等)和探头(光电式、涡流式等)组成,是测量相位的一种仪表。键相探头与轴上固定标志相遇时,键相器则会发出脉冲信号,脉冲信号是确定各选频振动(如0.5倍频、工频等)和各测点(如1H、1V、2H、2V等)相位的基准,转子旋转频率和脉冲信号频率完全同步。键相测量则是在被测轴位置上,合理设置一个凸键或者凹槽,然后将其称为键相标记,当凸键或者凹槽旋转到探头位置处时,传感器会产生脉冲信号,转子每旋转一周就会产生脉冲信号,详细表明轴在每个周期具体位置。对脉冲计量整体数目,可以测量出轴实际转速,比较轴振动信号与脉冲信号,可以得出振动相位角。相位角主要是用于设备故障诊断和分析以及轴动平衡方面。

二、离心机组

在石化行业发展过程中,离心机组应用范围较广,并起到重要作用。离心机组主要是由电动机或者汽轮机拖动离心式压缩机组成,个别离心机组还具有齿轮箱装置,各转轴之间通过联轴器连接各设备。离心式压缩机由转子和定子(机壳、隔板等)组成。转子主要由叶轮和主轴构成。叶轮可分为开式、半开式和闭式叶轮。由于闭式叶轮没有叶片顶部的气体损失,因此效率较高,

应用也最为普遍,圆周速度一般 $\leq 320\text{m/s}$;半开式叶轮没有轮盖,叶片顶部有气流损失,叶片与定子的间隙越大,则损失越大。这种叶轮多用于单级悬臂安装叶轮的压缩机,圆周速度可达 $320 \sim 500\text{m/s}$;开式叶轮没有轮盖和轮盘,叶片两侧和定子间的间隙都有气流损失,效率较低。主轴根据需要可以是阶梯形式、节鞭形式和光轴形式等。

2.1 汽轮机

由本体和辅机构成汽轮机,然后定子和转子两部分组成本体。而转子则是由围带、叶片以及主轴等部位构成。汽轮机定子主要由隔板、喷嘴、气缸、隔板密封、静叶片组以及轴端密封等部分构成。气缸则主要起到支撑内部静止件并将流通部分与外界隔开的作用。隔板和喷嘴在蒸汽膨胀之后降低压力,逐渐提升蒸汽速度,并按照一定方向,将蒸汽喷射出来,从而冲击动叶做功。在汽轮机上,安装的蒸汽密封件主要为汽封,主要作用是为了有效减少泄漏损失,但是汽封可能因为间隙设计较小,在运行过程中,容易出现摩擦,最终导致出现摩擦故障情况。汽轮机主要参数为:排气温度、排气压力、进气流量以及进气温度等。

2.2 离心压缩机工作原理

离心压缩机主要工作流程是:驱动器(汽轮机或者电机)通过联轴器带动压缩机转动,而压缩机内流体会随转子叶轮进行一起转动,在离心力作用下,将流体甩

出叶轮，流体从叶轮获得能量，然后在静子扩压器和叶轮内，转化为流体压力，如压力不够，则会进入下一叶轮之中，继续重复做功增压，同时在叶轮中间会形成较为明显低压区，从而不断吸入流体^[1]。常用离心压缩机主要有垂直剖分以及水平剖分两种类型。

2.3 轴系监测

在构建离心压缩机组的轴系检测系统时，主要是有轴位移、轴振动以及转速组成，但部分离心机组还包含工艺参数监测以及轴承温度监测。为能实时监测离心机转子径向振动、轴向位置，在离心机组的转子轴系中，常常设置轴振动和轴位移探头。为测量离心机组的轴位移以及轴振动值，可以使用相应规格的涡流传感器。一般情况下，每个转子都会安装两个或者两个以上位移探头，也需安装4个测振探头。一般在转子止推轴承位置处安装轴位移探头，在转子两侧轴承位置各安装2个轴振动探头，并且两个振动探头约呈90°。在运行期间若是位移或者振动超出既定限值，则会触发报警，并且在超过连锁值时，则会触发离心机组连锁停机。轴系中还安装有测量转速探头，用于监测轴的实际速度。

三、离心机组状态监测和故障诊断

3.1 状态监测

状态监测指把机组的运行信息以电信号的形式输入到信息处理系统，依据振动原理以及以往故障分析经验，分析收集归纳来的信息，将可能发生因素进行整合，从而进行故障诊断，分析离心机组可能存在哪种问题，并对故障原因进行具体分析。离心机组是旋转机械的一种，其内部转子振动主要就是进行涡动。离心机组的转子，不仅围绕自身轴系旋转，还围绕某一平衡位置进行公转。一般情况下涡动又被称之为进动。在分析离心机组故障原因时，会用到有关进动方面知识。监测诊断离心机组，主要是使用正确监测方法监测机组是否存在较为明显问题，如是否有故障、状态是否正常、故障程度等，其多数情况是根据振幅大小来判别的。物体振动的幅度称为振幅，它是能量水平和振动强度的重要标志，还是确定离心机组运转情况的重要评判方式之一。振动特性的标志主要是频率，它帮助判断离心机组振动故障类型，也作为分析故障产生原因的重要依据^[2]。相位是振动在时空关系上差异的标志。在离心机组中，相位主要作用有以下三种：（1）离心机组内部不同振动之间的时间差或者方位差；（2）区别同频率不同故障类型时往往起到关键作用；（3）比较两部分不同振动的情况。键相其实际作用就是通过恰当方式，获取到相位信息。在故障监测阶段，若是相位缺失，则会在很大程度上影响着获取相位信息，不能分析出产生振动情况根本原因。通常情况下，都是在离心机组上的轴上加工槽或者齿形结构部位，获取到较为准确键相相关信息。轴心位置是轴心相对于轴承座中心的位置，往往随油膜、机组负荷而变化。轴心位置一般在轴心位置图中体现出来。转子运

行时，会出现横向干扰，在某些转速下还会引起机组强烈振动，这时的转速就是临界转速。当离心转子设置为柔性转子时，在条件允许情况下，往往采用快速通过临界转速的办法，以免机组产生较大振动导致机组无法正常开启。

3.2 故障诊断

通过对离心机组进行深入分析研究，从振动特征、故障产生原因以及故障诊断等方面发现，振动故障主要有：转子脱落或断叶片、转子平衡性较差、转子出现裂纹、摩擦故障、转子弯曲、喘振与旋转失速、油膜震荡以及涡动、转子不对中等。出现以上故障时，都有其特定的原因，并且离心机组出现相应的振动特征，对离心机组进行故障诊断的主要作用以及目的就是正确方式分析判断出离心机组故障原因以及发生规律^[3]。

通过相关调查发现，不平衡故障类可分为以下三种，主要有原始不平衡、渐变不平衡以及突变型不平衡。出现原始不平衡故障的原因主要是没做好转子动平衡或转子存在先天缺陷，要想从根本上解决这一故障原因，就需要重新进行动平衡，或者时选择平衡精度较高且符合相关标准的设备。而渐变不平衡振动幅值，会因为时间差异有着较为明显的变化，出现这一故障的原因在于转子部件可能存在结垢现象，因此，要想解决这一问题，需要关注工艺介质品质，尽量从源头上解决，或者定期清理转子部件，并选择质量较好的转子。突变型不平衡的振动幅值，则是会随着时间发生突然明显变化，往往是由于转子零部件断裂或者脱落导致这一故障，一般会停机检修，但有时会依据故障的严重程度进行综合评判，决定应立即停止离心机组还是继续维持运行。由于汽轮机开车时暖机不充分、真空不好、停机后没有及时盘车或盘车停止太早引起转子弯曲类故障的案例非常多，因此汽轮机启停要谨慎操作。摩擦类故障：摩擦较轻时，进动方向一般表现为正进动，可先关注机组运行，不用立即检修处理；摩擦较为严重时，正反进动一般交替出现，一般需要立刻停机检修处理，但有时正反进动交替情况偶尔出现一段时间后消失，没有持续摩擦，可能由于轴封结焦引起，此时可根据机组情况综合判断是否需要立即停机处理。油膜类故障对油温、油压敏感，通过升降油温、油压来调整往往有效果。气动类故障对气体压力、负荷敏感，可通过调整工艺气体参数来应对。机组一般在冷态下进行无应力对中，考虑到机组热态对中的可操作性，不能立即判断对中曲线是否设计有误，可以借助键相测量轴心轨迹图来判断。离心机组多数使用膜片式联轴器，若对中不良，导致膜片脱落或损坏可能还会引起转子不平衡故障。机组故障不一定表现为单一故障，也可能表现为多种故障，应结合现场经验及机组故障的产生原因及振动特征综合判断。通过相关分析研究发现，键相测量诊断机组振动故障具有很高的准确性，可以准确判断机组故障的类型、故障的部位、故障的程

度, 进而采取正确的对策来应对机组故障。

四、键相测量在离心机组状态监测中的作用

键相测量用在离心机组设备上较为普遍, 当机组停止或者运转时, 都要过临界转速(除刚性转子外), 因此, 可使用键相位配合振动探头, 捕捉停止或者振动趋势。一般情况下, 若是检测转轴出现轴向扭曲时, 可能会影响转轴使用情况。单个键相传感器不能测量出轴向扭曲, 因此应针对离心机组实际情况, 选择相应传感器进行观测。为实时获取转轴轴心位置, 可使用探头进行辅助, 分析轴承涡流或者扰动, 键相传感器不能测量出轴心轨迹以及轴心位置, 可基于两个 90° 的电涡流传感器, 将测量信号同步画出, 通过分析判断进动方向, 确定是否有摩擦。在测量相位期间, 可测量出各点振动相对关系, 给出和键相槽之间关系, 以便确定配重位置, 更好分析和判断各个测点之间的关系。在检测离心机组状态过程中, 键相测量一般不参与整体保护, 一般用来辅助测量。机组一般在 200rpm 时, 主要是监视偏心, 而在 200rpm 以上时监视振动。在分析偏心 and 振动时, 都需要用到键相测量, 用来分析机组振动和偏心的相位。键相测量与振动分析系统之间有着较为紧密的联系, 在分析幅值以及频谱特性时, 键相在其中起到非常重要作用。

上述分析中表明, 离心机组振动故障有诸多影响因

素。并且每一种振动故障都有其独有振动特点以及产生原因。因此, 不同原因可能对应不同故障, 而同一种振动特征也可能对应着多种振动故障。合理应用相位(键相器), 能更好的分析出各种故障规律和特点。

五、结束语

综上所述, 在大型离心机故障诊断过程中, 相位分析在其中发挥着重要作用。通过对离心机组运行状态进行监测和故障诊断, 合理构建在线监测和故障分析系统, 将键相融入该系统之中, 具有较强监测功能和分析诊断功能。另外, 在日常的机组运行维护及监测过程中, 应将相关测点数据与相位相结合, 有助于更好找出故障原因, 进而确保离心机组能稳定高效运行。

参考文献:

- [1] 王晓珍. 离心式压缩机机组常见振动原因及预防措施 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019(21):12-13.
- [2] 张燕莉, 薛新巧, 贾国栋. 设备状态监测与故障诊断分析应用——以离心式压缩机为例 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019(18):33-36.
- [3] 于跃. 离心机组试车振荡原因及解决方法分析 [J]. 石化科技, 2019,26(04):205.