

浅析三相异步电动机振动原因及处理措施

李 晨

中沙(天津)石化有限公司设备管理部 天津 300270

摘 要: 对电动机常见振动原因进行浅析,并介绍了相对应的防振和抑振主要措施。列举2021年两台电动机的振动问题、原因查找及处理过程实例。

关键词: 电动机; 振动处理; 处理措施

Analysis of vibration causes and treatment measures of three-phase asynchronous motor

Chen Li

Equipment management department of SINOPEC SABIC Tianjin Petrochemical Company Limited, Tianjin, 300270

Abstract: In this paper, the common vibration causes of the motor are analyzed, and the corresponding vibration prevention and suppression measures are introduced. In this paper, examples of vibration problems, cause search, and treatment of two electric motors in 2021 are listed.

Keywords: Motor; Vibration treatment; Treatment measures

引言:

电动机的振动既是衡量其产品质量重要指标之一,又是影响电动机设计工作性能和寿命的重要因素。在石化企业中,电动机运转时振动如果长期超标,轻则引起零部件的损坏,严重时会导致整机损毁,给装置生产带来波动,甚至是停车风险。所以电动机运行时的振动已经成为了电气专业日常维护以及检修工作长久以来的重点和难点。因为引发电动机振动超标的原因比较多,所以后期针对性检修的关键因素便是准确判定振动来源。因此,掌握电动机振动产生机理的理论知识,并及时总结实际工作中遇到的故障案例,是提升处理电动机振动问题的唯一方法。

1 常见引起电动机振动超标的原因

1.1 轴承轴瓦问题

1.1.1 滚动轴承

中小型电动机一般使用滚动轴承较多。其轴承运行时间如超过设计使用寿命,或未按时按量进行润滑脂的补充或更换,都会造成滚子、内外圈、保持架等出现磨损、变形等情况,从而使电动机振动超标,且伴随噪音、温升剧烈等情况发生。如不及时判定处理可能对电动机

造成更大损伤,如扫膛、线圈崩烧损毁等^[1]

1.1.2 滑动轴承(轴瓦)

由于轴瓦与轴瓦颈配合处没有足够的接触面积,或者不平整点存在于接触面上,便会有碰磨现象产生,这样的话想要形成刚性较好的油膜便很困难,从而引发随时间变化而变化的振动。

除此以外,油膜振荡在滑动轴承中也是一个常见的问题。油膜振荡现象常见于高速旋转机械上,它是滑动轴承油膜引起的一种自激振动^[2]。

一般情况下,油膜涡动是指高速转子除了绕其本身轴颈中心旋转外,还环绕某平衡点涡动的现象。其涡动的速度正常为转子角速度的40%~60%,因此又叫作半速涡动。

在持续增加转子的转速,使其转速达到或超过一倍临界转速的情况下,当转子涡动频率等于转子系统第一阶临界转速频率时,转子便会突然产生剧烈振动,这种现象叫作油膜振荡。

油膜振荡一般会有以下一些特征:

(1) 油膜振荡有着惯性效应的特征,升速时产生油膜振荡和降速时油膜振荡消失有着不同的转速。

(2) 油膜振荡一般发生在一阶临界转速的2倍以上。一旦有振荡发生时, 振幅便会急速变大, 即使转速再提高, 也不会使得振幅下降。

(3) 当油膜振荡时, 轴心涡动和转子旋转有着相同的方向。

(4) 油膜在最初发生以及没有发展为剧烈的自激振动时, 轴心轨迹会产生紊乱的图形。

(5) 半速涡动有可能发生在一阶临界转速二倍以下的情况下, 涡动频率为转速的一半。

(6) 油膜共振时, 轴颈中心的涡动频率为转子一阶固有频率。

1.2 转子问题

1.2.1 转子动平衡及转子弯曲

制造工艺水平和装配误差是造成转子材质不均匀、质量结构性不对称等情况的主要直接原因。电动机长期存放没有定期盘车有造成转子弯曲的可能。个别厂家的电动机转子甚至在出厂交付后即存在冷态弯曲的情况^[3]。转子冷态弯曲通过检查低速转动下转子各部位的径向跳动量来判断其冷态弯曲情况。

热弯曲是针对转子冷态弯曲对应的另一种转子弯曲情况。转子热弯曲产生的原因是转子由于局部摩擦、受热或冷却不均。

转子一旦存在上述缺陷, 在电动机运行中, 转子质量偏心而产生的多余离心力将造成转子振动。

转子冷态弯曲引起振动的频谱特征, 类似于质量不平衡时产生的频谱特征。当弯曲情况较轻时, 可结合对其动平衡来校正; 而当弯曲情况严重时, 那么就必须要进行校直。

在一定的转速下, 转子热弯曲引起的振动能够改变机组负荷, 并测量振动矢量随负荷和时间的变化情况来确定。一旦确定转子存在热弯曲, 那么便会使得维修难度加大, 并且会耗费更多的时间, 因此维修人员大多选择更换转子的办法^[4]。

1.2.2 转子冲片松动

转子内冲片叠压不实或紧固件松动, 同样会引起电动机振动异常, 且此时频谱特征常伴有电气扰动。

1.3 支承刚度不足

电动机基础、机座、底架、轴承座或端盖等支承件的刚度不足, 不规范的垫片使用操作、地脚变形的电动机等也会使得振动超标。

1.4 电磁振动

电动机接通电源后, 通过产生的电磁力矩来带动转

子旋转产生动力, 从而拖动负载。电动机此过程中也产生各种有害的电磁力, 激发转子轴系的振动和噪声。

1.5 共振

共振是由于某个构件上的激振力频率和构件固有频率一致而产生的。激振力的频率可通过计算或由实测振动信号的频谱来分析得出结果, 而构件的固有频率一般采用激振的方法来确定。

激振通常采用这几种方法: 正弦波激振、正弦波扫描激振、随机激振以及冲击激振, 可利用临界转速的频响曲线、相频曲线或用“导纳圆”来判明共振点。

要想消除或减小共振, 一般可以利用改变构件的动特性(例如改变构件的刚度)、改变激振力的频率或增加外阻尼及减震器等方法来达到。

2 处理措施

2.1 针对轴承轴瓦问题

2.1.1 定期进行预防性维护

除日常按时正常补充及更换润滑脂、油外, 还应定期对电动机轴承或轴瓦采集轴运行状态数据, 如振动值、温度等, 建立运行曲线, 并结合轴承轴瓦设计使用寿命开展预防性维修工作。

2.1.2 轴承、轴瓦与轴瓦颈碰磨问题

电动机在装配轴瓦时, 经常会遇到轴承、轴瓦与轴瓦颈碰磨问题, 要想解决碰磨问题, 便需要操作人员在装配时仔细刮瓦和研瓦, 确保接触面达到60%~75%, 并且需要结合不同的轴径要求来设计不同的轴瓦间隙^[5]。正常情况下, 轴瓦间隙取值为 $1.5\% d \sim 2\% d$ (d 为轴瓦直径), 在装配轴瓦时, 操作人员需按照流程多次测量轴瓦间隙。

2.1.3 消除油膜振荡的措施

(1) 选择合适的轴承形式及型号。相较于可倾瓦轴承, 圆柱轴承抗振性能比较差。因此, 当使用圆柱轴承时, 为了能够有效规避油膜振荡的问题, 其偏心比大于需0.8。

(2) 按时补充润滑油或润滑脂, 必要时进行整体更换, 或改变润滑油牌号以改进油粘度。

(3) 改变进油压力和温度。

(4) 改变轴承间隙。

(5) 加大轴承比压, 例如将轴瓦的整体长度切短, 在下瓦中部开环形槽或将轴承中心抬高。

(6) 加强转子系统的刚度。产生油膜振荡的失稳转速随着转子固有频率的提高而提高, 应当将系统失稳的整体转速控制在工作转速的125%以上。

(7) 增加外阻尼。

2.2 针对转子问题

2.2.1 降低转子不平衡量

完全消除转子不平衡质量难度较大，但可以将其降低一定允许范围内。首先，电动机在设计环节应尽可能采用对称结构。其次，在制造电动机转子过程中，应提高主轴、叠片、笼条等各个环节的加工及组装精度，保证转子的均匀性。最后，在对转子进行动平衡试验及校准过程中，应将所有与转子同轴转动的零部件，如轴承座、内外风扇等组装一起进行。加装平衡块时应注意其牢固性。

2.2.2 定期盘车

在电动机短期停用期间，工作人员应注意对转子进行防护，以免转轴受到外力作用；如果长时间的存放，那就需要每隔一段时间就转动几圈转子，在空间上，不可以同一位置长时间放置转子，以免转轴在重力的长期作用而发生弯曲的现象。

2.3 提高电动机整体支承刚度

2.3.1 确保连接可靠性

首先要检查电动机外部各组件无松动，地脚无变形、虚空，螺栓紧固；对于接线盒较大或径向伸出较长时，要增加接线盒固定支撑架。

其次要检查电动机内部各部位紧固件，尤其要对端盖式滑动轴承与机座端板的连接、座式滑动轴承与底座的连接以及机座与底架的连接安装紧固有无松动进行关注，以保证电动机整体的刚性。

最后是需要制造商对铸铁机座和端盖不断进行优化设计，提高电动机整体强度。箱式电动机可根据试验情况，将端盖相应加厚，使电动机整体结构刚性增强。

2.4 降低电磁振动，方法如下：

(1) 设计电动机时要注意槽间距离的合理性；

(2) 在对电动机进行装配时，需要对定、转子的气隙值进行测量，从而使其能够符合技术的整体要求；

(3) 若转子笼条有变形、裂纹或断条的现象发生时，那么便需要工作人员及时对其进行补焊或重新铸造。

2.5 消除共振

当进行设计和制造的环节时，通常要求电动机的临界转速不得小于工作转速的1.3倍，并且需要结合超速试验进行验证。在对电动机进行设计时，当电动机转子为挠性转子，则要求电动机的临界转速不得大于0.7倍的电动机工作转速，正常控制在0.6~0.7之间即可。

对于日常使用的电动机，如发现存在共振现象，可

结合静态敲击试验，测取机泵系统固有频率后，采取基础加固、改变轴承及支撑座的动特性，以及调整临界转速等方式。如无效，则可考虑增加外阻尼和调整电动机转速等方式使电动机工作转速避开共振临界转速。

3 振动处理典型事例

2021年6月23日，EOEG装置CH-6440B-A（电动机为380V/110kW，转速2985r/min）机组在启动后发出频率较高的“嗡嗡”声，振动最大值出现在电动机轴伸端水平方向，达3.5mm/s，由于该电动机所带负载为冰机压缩机，且安装于距离地面1.5米的压缩机出口卧式缓冲罐上，系统整体对于“嗡嗡”声的具体位置判定有影响，故首先安排将联轴节脱开后单试电动机。

电动机重新单独启动后，“嗡嗡”声仍存在，靠近电动机非轴伸端声音最大，振动最大值仍出现在电动机轴伸端水平方向，为3.2mm/s。立即对电动机转动过程进行频谱采集及分析。具体示意图如下图1和图2。

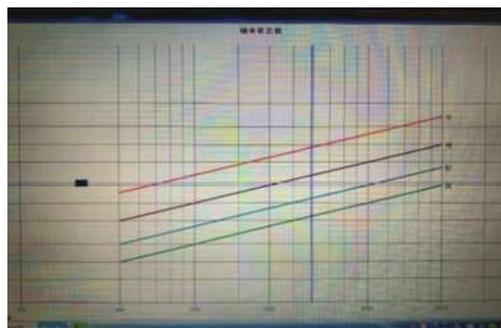


图1 CH-6440B-A电动机轴承状态良好示意图

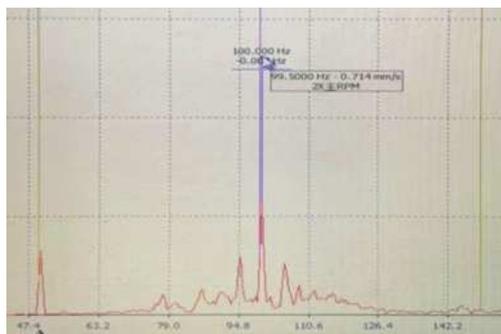


图2 CH-6440B-A电动机频谱示意图

经频谱分析，首先可基本排除电动机轴承故障。但振动峰值出现在100Hz（2倍转频应为99.5Hz），且伴有明显边带，怀疑电动机转子出现问题的可能性较大，随即安排下线解体检修。

电动机解体后发现，转子非轴伸端近端环处存在过热变形（导致保护漆脱落），具体如下图3所示，经与厂家技术专家咨询，由于该电动机转子为铸铝结构+硅钢片压紧工艺，目前的修复手段无法保证根除故障点，整

体更换转子为最可靠方案。随后提报抢修计划对该电动机转子进行更换。更换后,电动机带载振动为0.7mm/s,截止目前运行正常。



图3 电动机转子示意图

4 结语

综上所述,引起电动机振动的原因通常是由多方因素共同作用的而造成的。因此,在判断电动机的振动原因时,需要经常使用排除法,综合考虑设备侧类型(压缩机、离心泵等)、振动时振值最大部位的特征、振动时电动机温度及声音是否异常、电动机底角垫片安装是否符合规范、电动机上次解体检修时间等诸多因素判断其

振动发生的根本原因,才能更有针对性的进行维修。从而降低返修率及不必要的检修费支出,缩短电动机离线时间,提高设备可用度,为装置平稳运行保驾护航。对于电动机振动原因的分析,如同医生给患者治病,只有在工作中对自身的经验进行积累并认真总结,这样才能不断提高自己的整体业务水平,从而能够对振动产生的根本原因进行更快更准确的判定,并及时采取行之有效的措施来消除振动。

参考文献:

- [1]胡新晚,杨益梅.电动机振动的分析[J].微电机,2003,36(2):57-58,62.
- [2]杨光勋,项军.500kW-2P电动机振动原因分析及对策[J].防爆电机,2000(2):24-26.
- [3]赵松楠,杨春卉,李长途,等.电动机振动原因及处理方法[J].化工设备,2011,19(2):38-41.
- [4]王立名.浅谈高速电机振动原因及其处理[J].电机技术2019,08:
- [5]段芮,刘君.三相异步电动机振动原因及处理方法浅析[J].上海电力学院学报,2007,23(1):4-7.DOI:10.3969/j.issn.1006-4729.2007.01.002.