

电动机的故障诊断技术研究

刘红彦

中海油能源发展装备技术有限公司 天津 300000

摘要:电动机作为现代工业与日常生活中不可或缺的驱动设备,其稳定运行对于生产效率、能源利用及安全环境具有重大影响。随着工业技术的不断进步,国家对于工业设备的安全运行和环境保护提出了更高的要求。电动机作为石油石化企业最重要的设备驱动装置,其安全性、稳定性、可靠性及经济性都至关重要。因此,国家相关法律法规对电动机的运行和维护提出了明确要求,要求企业建立健全的电动机故障监测和诊断机制,及时发现和处理潜在故障,确保电动机在规定的条件下安全、可靠地运行。

关键词:电动机;技术;故障诊断

前言:电动机的故障诊断可以借助的方法有很多,比如从振动分析、红外监测、噪声监测、能效监测、润滑检测、电流电压检测等,有的情况下可以利用几种监测手段综合来判断所遇到的故障,及时发现电动机内部存在的潜在问题,并采取相应的维修措施,避免故障的发生或扩大。这不仅可以提高设备的可靠性避免非计划停机,还可以延长设备的使用寿命避免过度维修,大幅降低维修成本,提高企业的经济效益。本文重点介绍从振动监测角度去分析电机日常运行过程中出现的机械故障和电气故障。

1 电动机机械故障诊断

电动机机械故障主要针对轴承部件的监测,轴承作为动设备的“心脏”其重要性不言而喻,据统计电动机60%以上故障均与轴承相关,所以轴承的诊断在电机故障诊断中至关重要。

2 滚动轴承故障诊断

滚动轴承旋转过程中如果有缺陷,会产生激振力,不同类型的故障激发出的激振力频率不同,且有自己特有的规律,这些频率叫某个部件特征频率或故障频率。滚动轴承从失效部位看总共有四种特征频率,分别是滚动体、保持架、轴承内圈、轴承外圈。各个部件有详细的故障频率计算公式,但在实际应用中,通常使用以下简化公式就可以计算出来:

FTF-保持架故障特征频率 = $0.4n$

BPFI—内圈故障特征频率 = $0.6Nn$

BPFO—外圈故障特征频率 = $0.4Nn$ (n = 滚动体数目; N = 轴的转速)

需要注意的是这些频率不可能是很准确的。由于滑动、打滑、磨损、或者其它外力的干扰,频率可能会有小范围的变化,实际监测过程中如果误差范围在5-10%以

内,基本可以判定轴承失效的部位。一个诊断小技巧:通常滚动轴承发生故障,随着故障严重程度加速度频谱中频率成分会从高频往低频转移,在有些特殊的情况下,可能不会出现轴承缺陷频率,但轴承故障已经较严重,这就需要结合实际噪声、温度、加速度幅值、冲击能量等综合判断,不能死板的认为只有出现轴承缺陷频率轴承才有故障^[1]。

从滚动轴承失效形式看主要有疲劳剥落、裂纹和断裂、压痕、磨损、电流腐蚀、锈蚀、润滑失效等类型,其中有些失效形式是长期使用导致的结果比如磨损、疲劳剥落,有些与安装、材质、设备结构等密切相关,比如裂纹和断裂与材料缺陷、制造精度不够、配合过盈量过大、过载、选型不当等有关,电流腐蚀是电流通过轴承,由于钢球与滚道之间存在间隙,放电击穿油膜,产生电火花导致轴承受损,对于一些大型电动机会外接电流释放装置,以保证轴承使用寿命。

在实际轴承故障诊断中根据滚动轴承的一些计算软件或简易的计算公式得到轴承各部件特征频率,在频谱图中找出是否存在该频率以及该频率幅值的大小,从而判别故障的存在部位域严重程度。同时,不仅仅需要观察轴承特征及其谐波频率,还需关注各个频率是否存在边带频率。边带频率需要关注对称程度、丰富程度、轴承特征频率幅值相比较边带频率幅值的大小。边带特征及幅值大小是判断缺陷严重程度的有效手段。以下总结几点滚动轴承诊断的方法,在实际中会对相关人员从事轴承故障诊断有所帮助:

内外圈故障频率的和频=“轴承滚动体通过频率”(滚动体数量×转速频率);轴承内圈故障往往除有相应的特征频率外还伴有1倍转速频率的边带;轴承故障首先会出现的是内环或外环故障频率,检修人员通常称为

“跑圈”，此种情况不易发生突发故障；在发展到一定程度时会出现滚动体和保持架故障频率；当滚动体本身出现故障时，往往会产生不仅滚动体故障频率（BSF），还有保持架故障频率（FTF）的特征峰值，且时域波形有明显的冲击信号，此类情况在润滑不充分的情况下极易造成突发故障；

如果出现保持架故障频率要格外引起重视，因为保持架损坏预示着滚动体之间的排列会存在异常，短时间可能会造成突发故障；一个以上滚动体有故障时，将产生等于有故障的滚动体数目×滚动体故障特征频率的频率^[2]。

3 滑动轴承故障诊断。

滚动轴承诊断相对成熟和简单，应用也较广泛，但近年来随着设备的大型化，除了高转速的精密机械外，一些大型机泵包括电机使用滑动轴承的越来越多，滑动轴承相比较滚动轴承结构更简单，失效形式及部位更少，同时由于其润滑方式的不同，发生润滑不良的概率更小。以下通过频谱及时域分析方法介绍电动机安装滑动轴承的诊断方法，与高转速离心压缩机容易发生油膜涡动和油膜振动不同，由于电机的刚性原因，几乎不会发生此类故障，在这里就不做描述。

滑动轴承的诊断方法，当从接近探头（轴承座安装速度或加速度传感器）读取数据时，看到转速频率的几个谐波是很正常的，因为轴本身在轴瓦中旋转就会有一些摩擦、间隙。这时候需要看振动速度总值，及与历史的比较。当滑动轴承振动水平升高时，他们一般是由于润滑问题、不适当的轴承负载、松动（轴瓦巴氏合金松动、脱落）或过量轴承间隙等产生的结果。注意早期次同步振动的存在，这些振动有时是1/2X或1/3X RPM的次谐波。在滑动轴承磨损的后期，频谱会显示一个典型的1X RPM高振动峰值，并伴有一些谐波，以及底脚能量上升，尤其是在低于3X RPM的频段内底脚能量偏高。这时候需要从时域波形来分析冲击情况，即使振动幅值较低，但冲击尖峰很高，有时候比较规律，有时候可能没有那么规律，这时候也一定要注意了，可能会发生轴瓦或轴的磨损、脱落等情况，由于轴承座或者外面钢结构的支撑刚度较强，没有使振动很大^[3]。下图1为现场监测过程中的真实案例：某平台大型电机振动幅值不高，但趋势出现波动，时域波形出现剧烈的冲击峰值，经过拆检，轴和轴瓦均有明显磨损，轴瓦巴士合金脱落，如果不及处理后果不堪设想。

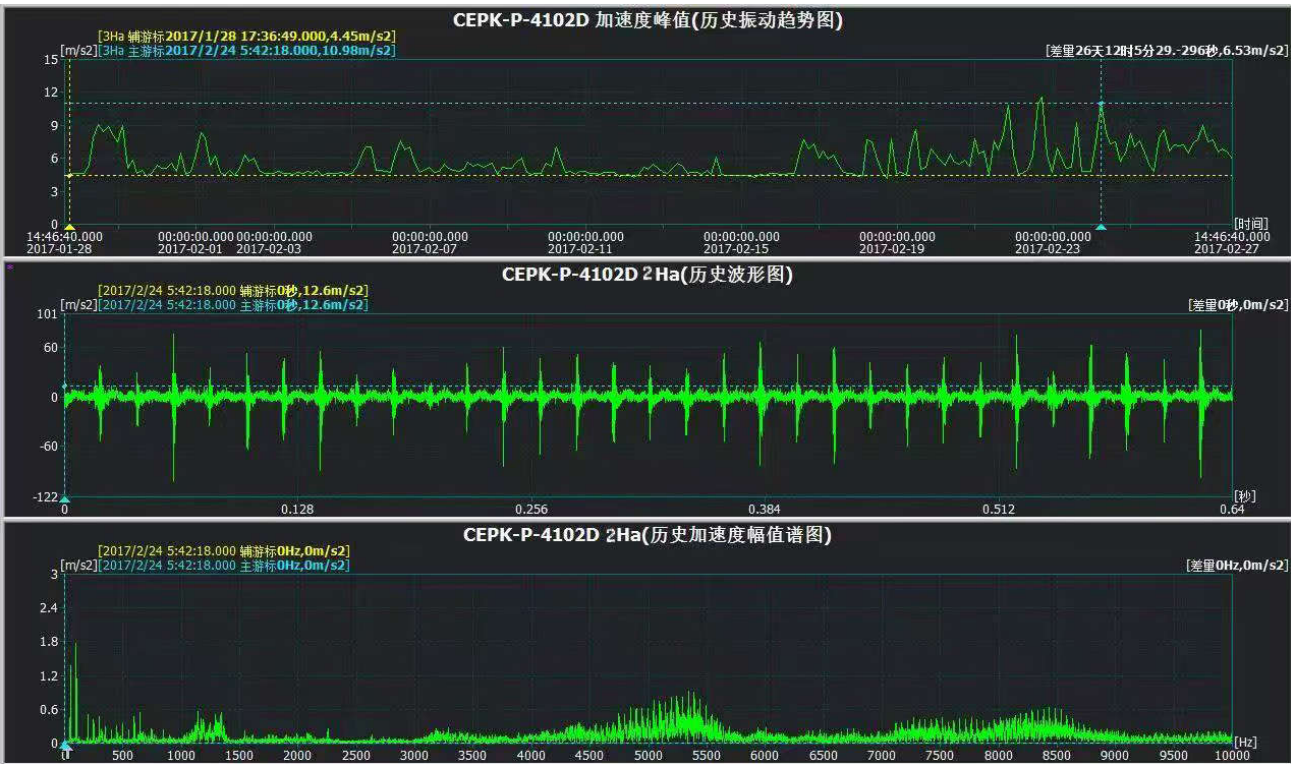


图1 电机振动趋势频谱

滑动轴承振动的原因很多，归根结底是引起油膜失稳或破裂，使轴承不仅难以约束转子的振动，甚至反过

来激发或加剧转子的振动。滑动轴承的检修，是围绕实现设计的意图，消除制造加工、现场安装时产生的偏

差,及运转过程中轴承出现的磨损、变形等问题等。了解了这些根本原因后,对实际分析诊断会有较大帮助。

4 电动机电气故障诊断

电动机故障诊断中,机械故障通过振动频谱分析相对较容易,要准确诊断出电气故障有一定难度,但通常在实际监测中又经常会遇到电气故障,所以必须通过学习总结,得出一套切合实际的简便的通过振动诊断电气故障方法。目前现场应用的作为动力输出的主要是异步电动机,以下论述主要针对异步电动机的诊断分析方法。寻找与电气有关的振动最重要的是振幅的增大,不只是存在峰值或峰值的形式。无论何时发现振动建议下一步应加强监视,看振幅的趋势是否增大。

定子类故障:定子-由绕组和电机金属外壳构成(即‘铁’或‘芯’)。间隙总是不理想的,因为使转子转动的磁场强度与气隙成比例(气隙越小,磁力越强),间隙内在 $2 \times f_{Line}$ 处产生振动。气隙变化越大,振幅就越大。但是气隙也能被机械问题影响,例如软脚(引起应力或使轴承座变形),定子松动/不牢(使得它很大程度都被磁力影响)和绕组短路(它引起局部加热和热变形)。容易检测并解决的就是软脚。

定子故障的典型特征:产生较高的两倍线频率振动、定子偏心致使气隙不均产生方向性很强的振动、机器软脚或基础歪斜会导致定子偏心、定子绝缘不良会导致局部发热,使静子变形。由此产生的振动会随机器运行时间变长温度上升。电机定子故障包括定子偏心、定子铁芯短路或松动。这些故障均产生 $2f_L$ (f_L 为电源频率)下的大振动,若切断电机电源, $2f_L$ 频率下的振动立即消失^[4]。

转子偏心,气隙不均故障:转子偏心会产生不断旋转着的可变气隙,从而引起脉冲振动;转子偏心会产生较高两倍线频率振动,同时伴有间距为电机电极通过频率的边频带,极通过频率本身也出现在低频处。 f_P 常见值的范围在20-120r/min(0.3-2Hz)内。有时 $1x \text{ rpm}$ 处也出现边频。软地脚或不对中故障造成的壳体变形常会引起气隙变化。

转子条短路环断裂、转子裂纹:转子条与短路环间接触不良,或者短路的转子铁芯均产生 $1X$ 转速频率的大振动及其两侧极通过频率边带。还可产生2、3、4、5倍转速谐波频率两侧的极通过频率边带。故障严重时发出“嗡嗡叫”的响声和手接触“麻手”的感觉。显著的特征是边频带的数量和大小随转子的恶化增加和扩大。在1

倍频的幅值并不是很重要—它随着温度升高而波动,并导致转子的弯曲。1倍频只是产生的结果,并非起因。

转子条松动故障:转子条松动会产生较高的转条通过频率及其倍频的振动,并分别伴有两倍线频率的边频带。通常此类故障会引起较高的两倍转条通过频率的振动,而一倍转条通过频率的振动较小或振幅没有明显变化。

以上为电动机常见故障的诊断分析方法和技巧,当然故障还有绕组与槽松动,绕组与铁芯松动,相间问题等,需要在以后的实际应用中不断总结,得出适用的故障诊断方法。

振动监测作为一种有效的故障诊断方法,通过测量和分析电动机的振动信号,可以及时发现并处理潜在故障,确保电机的稳定运行。在实际应用中,需根据具体情况选择合适的检测方法和仪器,进行规范的检测操作和数据分析,不断提高检测精度和故障诊断水平。此外,随着人工智能和大数据技术的发展,越来越多的智能诊断方法被应用于电动机故障诊断中。例如,通过采集电动机的振动信号、声音信号等数据建立模型,提取故障特征数据并实现故障识别,实现自动诊断。前期通过专业技术人员对模型的不修正,使故障与模型匹配度不断提升,从而达到自动智能诊断的准确率提升,经过反复的迭代升级,最终脱离人工干预,这一发展同时顺应了新质生产力的趋势。

结语

电动机的故障诊断技术是保证电动机正常运行的重要手段之一。本文介绍了电动机常见故障类型及其原因,分析了电动机故障诊断技术的现状和发展趋势,并对这些方法的优缺点进行了比较。希望后期电动机故障诊断技术能够朝着智能化、自动化、网络化的方向发展,实现对电动机运行状态的实时监测和故障诊断,提高故障诊断的准确性和可靠性。

参考文献

- [1]韩泽文.电动机常见故障分析与维修[J].科技资讯,2022,(06):39-41.
- [2]胡波.浅谈电动机的故障分析与维护[J].中国设备工程,2022,(09):69-70.
- [3]戴明,顾平.电动机常见故障分析与维修[J].南方农机,2021,(12):125-126.
- [4]李鹤年.电动机运行中常见故障及对策浅析[J].数字通信世界,2020,(09):109-110.