

低速重载齿轮箱轴承故障诊断方法与案例

梁振东

ISO 18436-2 Cat III 振动分析师

苏州普迪美检测技术有限公司

摘要 通过振动频谱、波形分析和趋势跟踪监测的方法，对低速重载齿轮箱中轴承进行故障诊断与分析。并通过案例予以说明。

关键词 低速 重载 齿轮箱 轴承 频谱分析 故障诊断

1. 简述

低速重载齿轮箱轴承一般承受较大的负荷和扭矩，在其运行过程中经常会出现局部点蚀、剥落以及滚子破碎等严重故障【1】，一般此类齿轮箱通常用在一些大型的关键设备上，一旦发生故障，维修起来不但要花费大量的时间和费用，还会严重影响生产，本文案例所诊断的粮油大豆压榨厂脱溶机（DT）减速机维修通常需要 7-10 天的时间。通过振动监测手段，能很好地掌握齿轮箱的运行健康状态，合理安排检修时间，避免重大停车事故，获得较好的经济效益。

2. 低速重载齿轮箱轴承损坏特征。

低速重载齿轮箱轴承的使用除了受轴承质量、安装水平等影响外，通常还受设备带重载频繁启动、润滑油污染、高振动等因素的影响。轴承疲劳、腐蚀、压痕和胶合等随着故障发展，通常会演变成磨损故障。

3. 低速重载齿轮箱轴承振动分析方法及故障诊断

低速重载齿轮箱通常齿轮级数多、轴承多，运行过程中可能会产生各级齿轮啮合频率、各轴承故障特征频率、各转轴的转动频率等等，频率成分较复杂，而在这些频率中，高速轴齿轮缺陷啮合产生的冲击能量通常较大，产生的幅值较大的振动；而低速轴轴承、齿轮缺陷产生的冲击能量往往较小，产生幅值较小的振动，这就往往容易被忽视而造成漏判。通过对振动频谱和波形的分析，可以很好地找出故障源所在。对振动趋势的监测，能较好的掌握故障的恶化情况。

3.1 测点位置的选择

低速重载齿轮箱的测点位置的选择，最好能布置在承载区，以获得最强的齿啮合和轴承状态信号。

3.2 测量参数的选择

测量参数的选择对故障的发现尤为重要。本文所采用的是振动速度通频振动和加速度长时间波形相结合。对滚动轴承监测，我们可以用长时间波形监测异常冲击；重点用振动速度来监测低速重载轴承损坏的中后期阶段，当速度谱中出现了轴承故障特征频率成分并伴随边带时，轴承状态已经非常糟糕。针对滚动轴承，速度谱最大频率范围我们可以参考 $10 \cdot \text{BPFI}$ ，但不管选择什么样的频率范围，分辨率一定要足够大。长时间波形持续的时间至少取测点所在转轴转动 10 转所用的时间，当然持续时间越长越好，但数据量会比较大。

4. 低速重载齿轮箱轴承故障诊断实例

4.1 某粮油大豆压榨厂脱溶机（DT）减速机轴承故障诊断

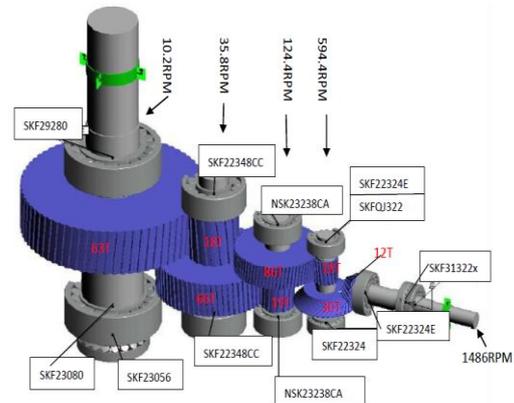
脱溶机（DT）是大豆压榨厂的关键设备，该设备能否正常运行，直接关系到全厂生产的持续进行。2013 年 12 月 26 日对该台设备包括电机和减速机进行了第一次振动检测，经过分析，存在的问题除了联轴器对中不良外，其他正常。2014 年 5 月 15 日进行第二次振动

检测，检测发现，齿轮箱的状态与上次检测时相比发生了明显的变化，经分析，得到的结论是齿轮箱 GB 2S 轴上部轴承和 GB 3S 轴上部轴承出现了明显故障，轴承内圈出现严重磨损现象，需计划安排更换轴承。在加强监测下，监控运行到 2014 年 6 月 28 日按计划返厂检修，解体发现 GB 2S 轴上部轴承内圈磨损严重，GB 3S 轴上部轴承内圈磨损严重，内圈在轴向上有一道整齐的断裂裂痕，验证了诊断的准确性。

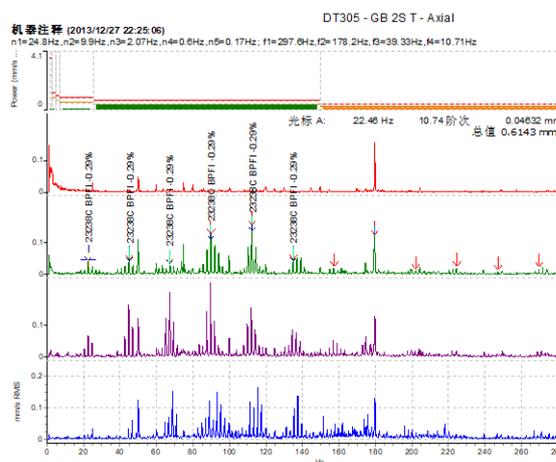
4.2 分析诊断过程

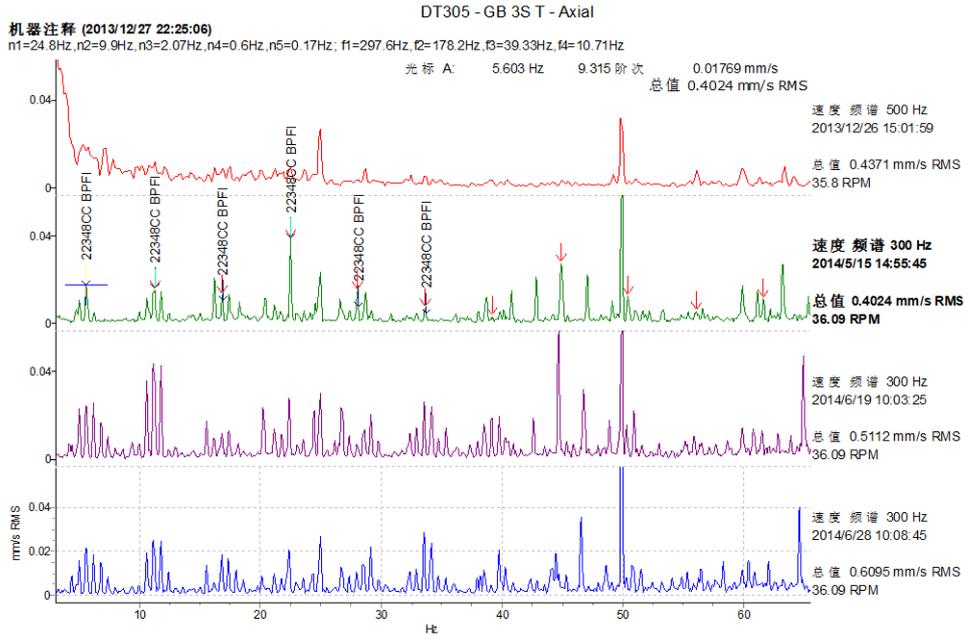
4.2.1 设备技术参数表

电机型号	YB2-400M-4
额定功率	400KW
额定转速	1486rpm
电机前轴承	NU322 (SKF)
电机后轴承	6322/C3 (SKF)
减速机型号	4PKC 750NE (SEW)
减速机额定功率	400KW
减速机速比 i	145.686
传动形式	蛇形弹簧联轴器
基础类型	水泥刚性基础



4.2.2 2014 年 5 月 15 日振动检测时发现，减速机各测点频谱中均出现 22.45Hz 多谐频振动成分，并伴随 2.09Hz 边频带束，经过计算，22.45Hz 与 GB 2S 轴的支承轴承 NSK 23238CA 在转速 124.4rpm 时内圈故障特征频率相拟合，在轴承内圈故障特征频率两边出现其所在转轴 (GB 2S) 转频 2.088Hz 的边带束 (见附图 1)，长时间波形图中有明显的转频冲击信号。(见附图 2) 综上，说明该轴承内圈损坏已经比较严重，出现了明显磨损。



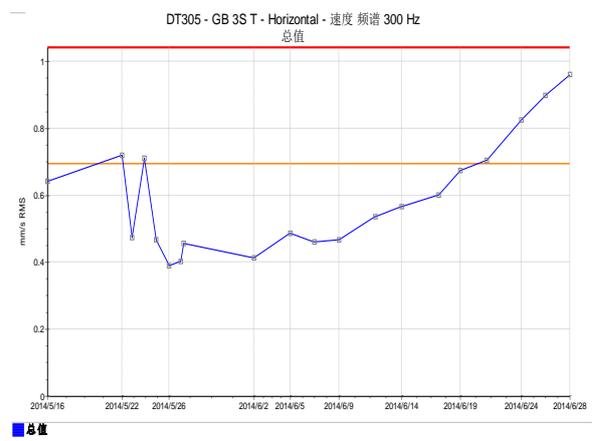


(附图 3)

4.2.3 由于生产不允许停机，对齿轮箱进行监控运行，通过振动趋势的监测发现，GB 2S T 和 GB 3S T 轴承测点振动值在不断抬升（见附图 4 和附图 5），说明轴承状态在不断恶化，在做好检修的充分准备工作后于 2014 年 6 月 28 日按计划停机检修。



(附图 4)



(附图 5)

停机后减速机返厂检修，解体检查发现，GB2S 上部和 GB3S 上部轴承内圈均损坏严重，见附图 6 和附图 7。



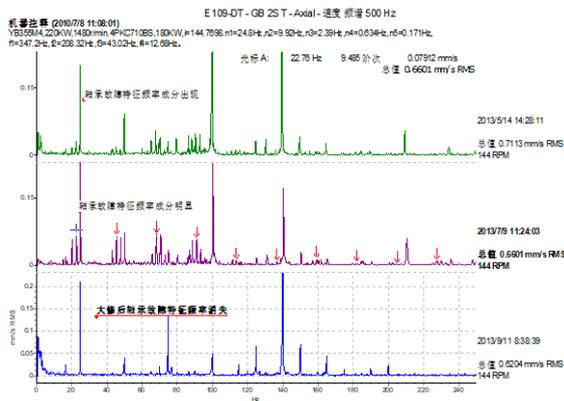
(附图 6)



(附图 7)

由于该客户对此项工作的高度关注以及密切配合,使得我们能准确掌握设备的运行健康状况,给出合理检修时间建议,避免突发意外停车事故的发生,又不影响生产,获得了较好的经济效益。

下面介绍另一大豆压榨厂的脱溶机(DT)减速机轴承故障案例,2013年7月份我们检测时发现了GB 2S轴轴承(SKF22328CC)出现了内圈故障特征频率成分,并伴随GB 2S轴转频的边频带(见附图8),建议停机检查,但由于一直没有采取行动,也没有采取任何加强监测的手段,到9月份由于轴承严重损坏导致齿轮严重损伤的二次破坏停车事故(见附图9),对生产造成了严重的影响,对检修工作非常被动,造成了不小的经济损失。



(附图 8)



(附图 9)

5. 结束语

对于低速重载齿轮箱轴承用振动的方法进行监测,中前期故障是比较难发现的,所以我们重点监测轴承故障中后期。随着故障的发展,到了故障中后期,振动加速度和包络解调对故障特征的指示同样不明显,但可以作为趋势跟踪进行监测。在故障中后期,振动速度却是一个非常有效的测量参数,当速度谱中出现了轴承故障特征频率,可以说轴承的缺陷可以用肉眼能看得到了,此时我们就必须引起足够的重视,当故障发展到速度频谱中出现了轴承故障特征频率并伴随有边频带,即使是振动幅值很小,换句话说就是建议必须尽快计划更换轴承了,上述的两个案例就是很好的说明。通过上面的实例,我们还发现在轴承内圈故障特征频率两边出现转轴转频的边频带,则是此类低速重载轴承损坏时一个比较明显的特征。低速重载滚动轴承一旦出现故障,故障发展得较快,这就需要我们制定合适的检测周期,特别是发现故障后。

参考文献

- 【1】赵飞鹏 《低速重载轴承的故障诊断》 冶金设备 1999年6月第3期