

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

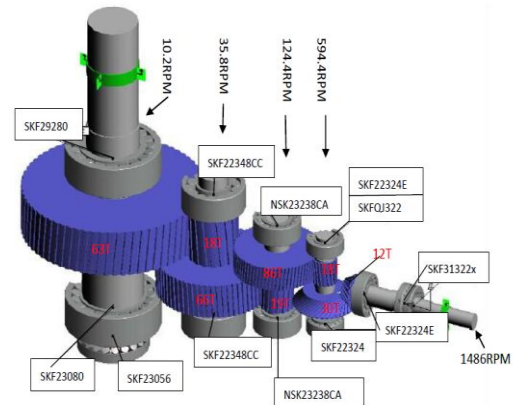
脱溶机（DT）是大豆压榨厂的关键设备，该设备能否正常运行，直接关系到全厂生产的持续进行。2013 年 12 月 26 日对该台设备包括电机和减速机进行了第一次振动检测，经过分析，存在的问题除了联轴器对中不良外，其他正常。2014 年 5 月 15 日进行第二次振动

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。

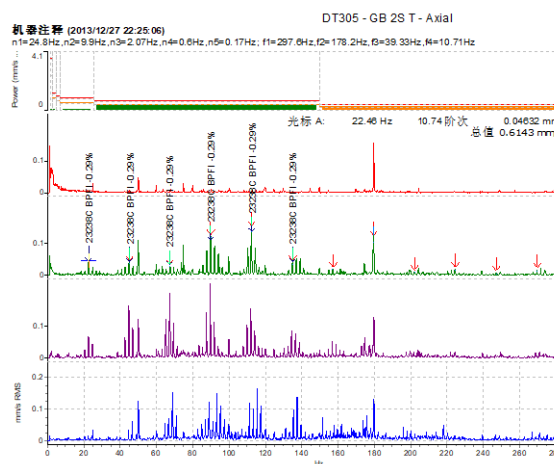
4.2 分析诊断过程

4.2.1 设备技术参数表

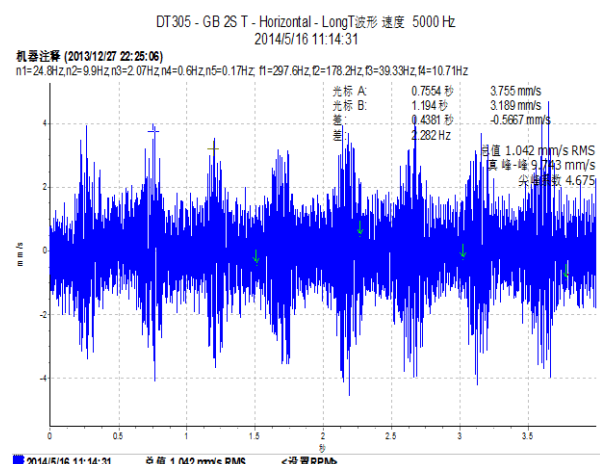
电机型号	YB2-400M-4
额定功率	400KW
额定转速	1486rpm
电机前轴承	NU322 (SKF)
电机后轴承	6322/C3 (SKF)
减速机型号	4PKC 750NE (SEW)
减速机额定功率	400KW
减速机速比 i	145.686
传动形式	蛇形弹簧联轴器
基础类型	水泥刚性基础



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。

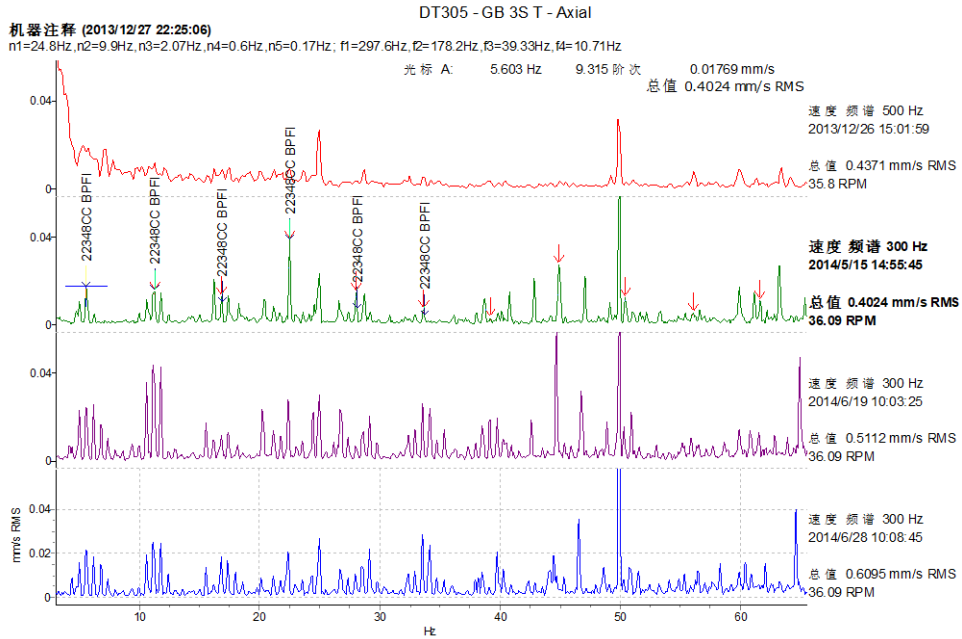


(附图 1)



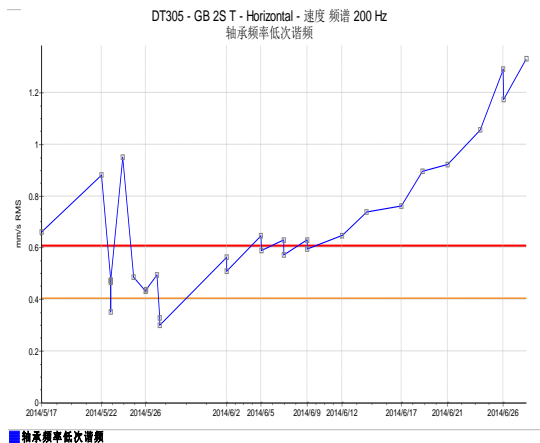
(附图 2)

除了上述发现之外，在 GB 3S 轴上也同时检测到 5.588Hz 及其多倍谐频的振动成分，经过计算，此频率与 GB 3S 轴的支承轴承 SKF22348CC 在转速 36rpm 时内圈故障特征频率相拟合，信号非常弱，如果分析时不小心可能会忽略掉。经过频谱细化放大后可以清楚轴承故障特征频率成分，并伴随有 GB 3S 轴转频 0.6Hz 的边频带束 (见附图 3)，虽然信号很弱，考虑到该轴承所在处的转速较低，结合以往的经验，可以肯定该轴承内圈同样出现了严重的故障。

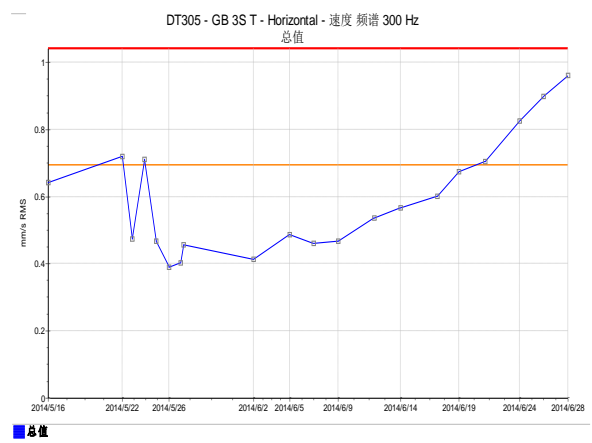


(附图 3)

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。



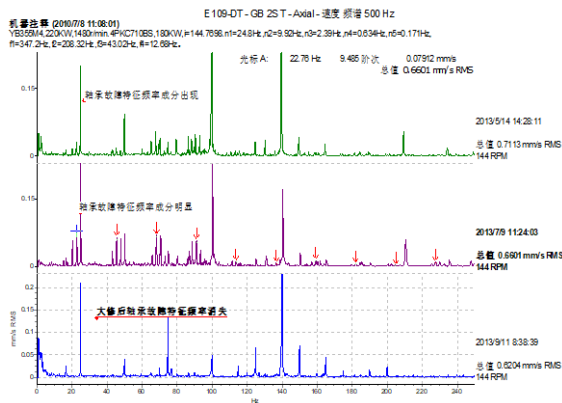
(附图 6)



(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