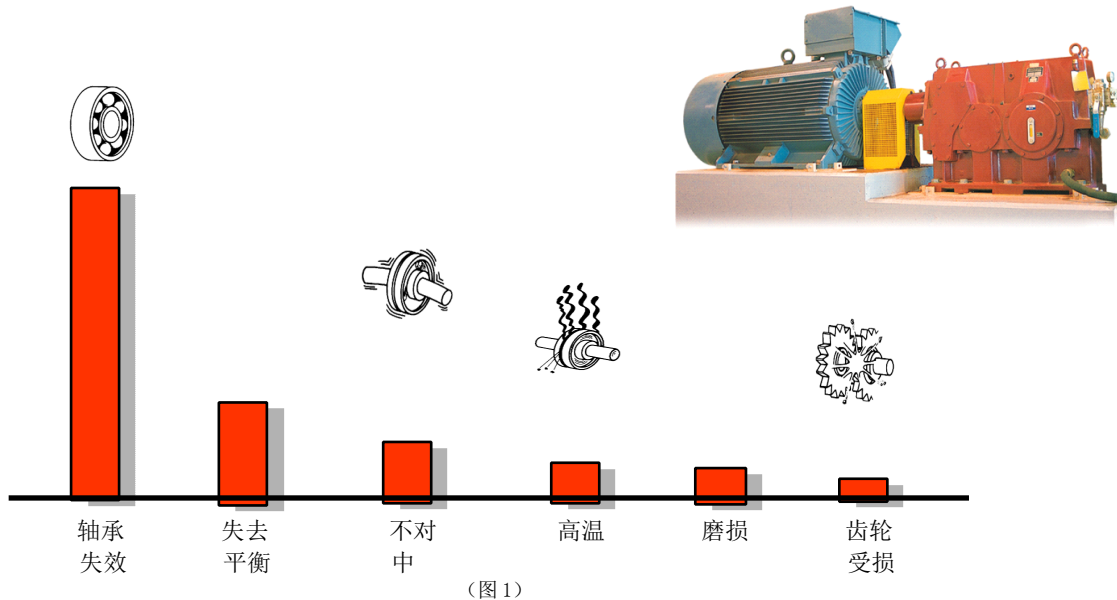


滚动轴承失效的冲击脉冲诊断法

一、滚动轴承失效的诊断法

滚动轴承是旋转设备的主要基础零部件之一，是设备运行中重点监测对象。图 1 描述了设备主要存在的故障及故障率。

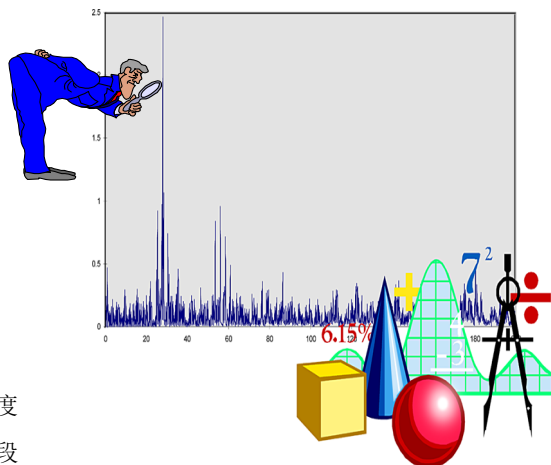


目前，诊断滚动轴承的故障常用的方法有：

- 频谱分析法（FFT）
- 包络分析法
- 冲击脉冲诊断法（SPM）
- 其它（峭度、峰值系数、声发射等）

频谱分析法（FFT）和包络分析法有如下特点：

- 需专业人员进行分析
- 不易给出轴承损伤程度及润滑状态的结论
- 诊断成功率依赖于诊断人员的经验及水平
- 对低转速轴承无能为力
- 较难发现轴承早期故障诊断



冲击脉冲诊断法（SPM） 有如下特点：

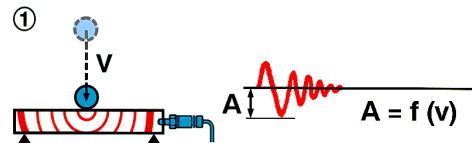
- 无须专业人员进行分析，可直接得到轴承损伤程度
- 诊断快捷、准确，可作为滚动轴承监测的主要手段
- 同样适用于低转速轴承
- 可轻易获得轴承早期故障信息

二、冲击脉冲法用于滚动轴承故障的诊断

冲击脉冲法专门用于滚动轴承多种失效的诊断，尤其对疲劳失效、磨损失效、润滑不良等失效的诊断准确率相当高，是滚动轴承失效诊断的主要方法。

1、什么是冲击脉冲：

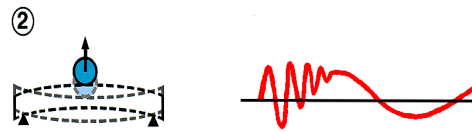
两个物体相互碰撞会产生一定能量的震动，这种震动不是呈连续状态而是以压力波的形式传递并呈脉冲状态，这种由于接触面上的物体发生碰撞而产生的震动为冲击脉冲。



(图2) a 冲击脉冲的产生过程

2、冲击脉冲与振动不同，两者的区别可用一个金属球下落撞击金属棒来描述：

- ①、冲击脉冲是断续的 (图2) a
- ②、振动是连续的 (图2) b



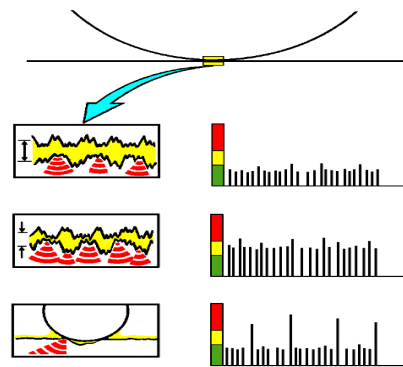
(图2) b 振动的产生过程

3、冲击脉冲能量的大小取决于两方面：

- ① 物体碰撞时的冲击速度
- ② 物体表面凹凸不平度

4、冲击脉冲值与滚动轴承状态的关系

我们知道，滚动轴承的滚动体与滚道表面并不是绝对光滑的，在轴承转动时，“粗糙”的表面使两者之间的润滑油产生波动，并对外滚道产生能量较小但频率较高的冲击；同时滚动体滚过某一缺陷位置时则会产生一个相对能量较大，但频率较低的冲击，这种冲击会随着滚动体或滚道表面产生的缺陷而明显增大。冲击脉冲法就是采用特殊的振动传感器将以上信号放大后加以采集，经过分析处理后确定滚动轴承的运行状态。



(图3)

图3形象的描述了滚动轴承工作表面状态与冲击能量的关系。

5、滚动轴承的寿命及评定参数

(1)、滚动轴承的寿命

滚动轴承的寿命是以同一批型号的轴承，在相同运转条件下90%的轴承不发生破坏前的转数（以 10^6 转为单位）或工作小时数作为轴承的寿命，并把这个寿命叫做额定寿命。而冲击脉冲对轴承寿命的定义为，一只完好的新轴承有一个初始冲击震动值，当冲击震动值达到初始冲击震动值的1000倍左右时，就认为该轴承已经达到使用寿命的终点。用分贝（dB）表示时，轴承寿命终点的冲击震动值为60dB，即：

$$20\lg 1000/1 = 20\lg 10^3 = 20 \times 3 = 60 \text{ (dB)}$$

(2)、几个状态评定参数的含义：

dBsv：冲击脉冲值的绝对分贝，是用来衡量冲击脉冲能量强度的绝对值。

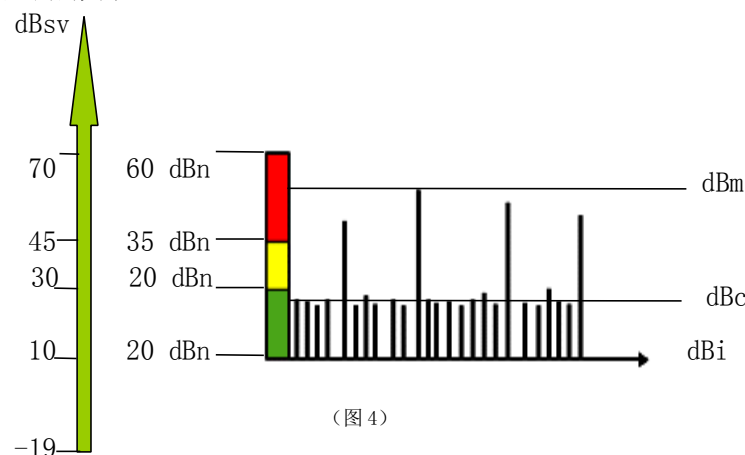
dB_i：冲击脉冲值的背景分贝，即滚动轴承初始值。其数值大小取决于滚动轴承内径大小和转速的大小。

dB_n：冲击脉冲值的标准分贝。用来评定滚动轴承工作状态的标准。dB_n = dBsv - dB_i

dB_m：最大分贝，表示滚动轴承元件损坏的最大程度。

dB_c：地毯分贝。表示滚动轴承各元件表面普遍共有的粗糙度，其数值为每秒产生200个冲击脉冲信号时的数值。一个工作状态良好的滚动轴承，地毯值低于10 dB_n。dB_c总是小于dB_m。

(3)、几个状态评定参数之间的关系：



(图4)

三、BT2100 轴承故障检测仪

美国铁姆肯公司在大量轴承实验数据的基础上，得出了各类轴承在各种运转条件下的状态评价标准，从而使冲击脉冲技术具备了现场实用的技术条件。

评价标准以固化软件的形式存储于仪器内，无需用户人工查找，仪器可根据测量值结合轴承的基本参数直接给出评价结果——绿、黄、红区。

基于冲击脉冲技术，美国铁姆肯公司推出了 BT2100 轴承故障诊断仪，是通过 dBm 和 dBc 以及他们之间的 Δ 值来判断轴承的运行状态，油膜的厚度及轴承安装质量



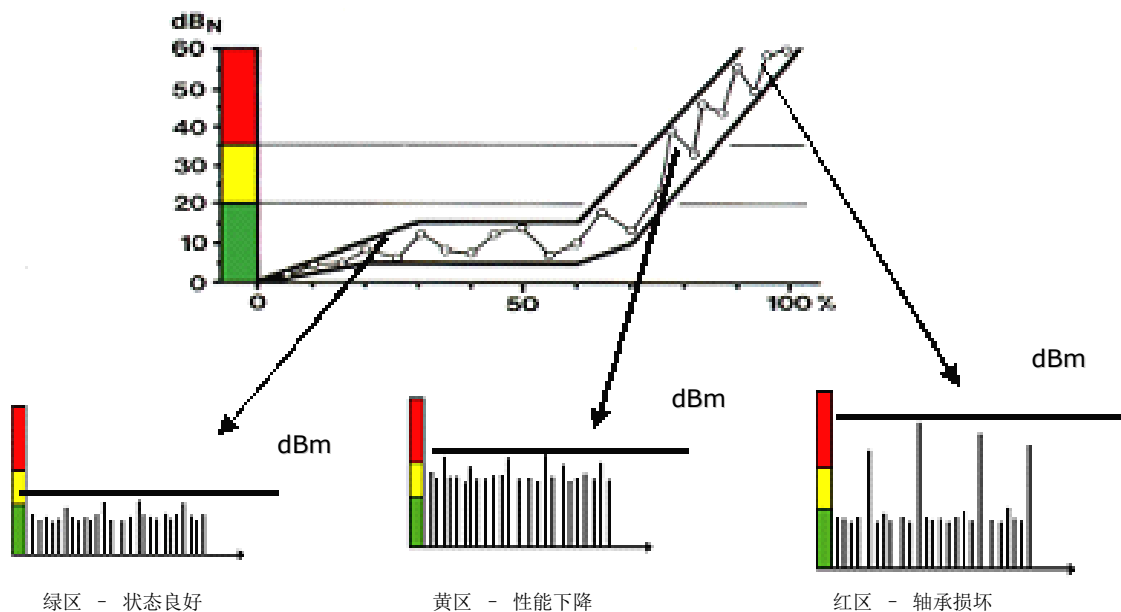
(1)、滚动轴承运行状态的识别

BT2100 轴承故障检测仪将 0—60dB 分成绿、黄、红三个区域。

绿色区域——读数为 0—20 dBn。表示滚动轴承处于正常良好状态。检测周期可在 1—3 个月内选择

黄色区域——读数为 20—35 dBn。表示滚动轴承已出现轻微的失效或表示滚动轴承有降低工作状态的趋势存在。检测周期可缩短到一天或一周。

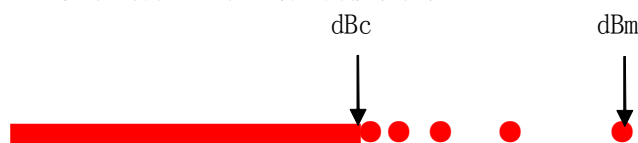
红色区域——读书为 35—60 dBn。表示滚动轴承已出现较重或严重缺陷。其工作状态不良，有明显的失效存在，需停机检修。



(2)、参数的读取方法

识别滚动轴承的状态是否良好，主要是看 dBc 与 dBm 两值处于什么区域，因而正确读取 dBc 与 dBm 值是非常重要的。

- ① dBm 的读取：dBm 是滚动轴承冲击脉冲的最高极限。是由滚道表面缺陷产生的震动能量。如果我们用耳机监听时，即为耳机发出的最高音频信号，声响特点为断续声响。
- ② dBc 的读取：dBc 表示的是滚动轴承滚道表面公共的粗糙度，用耳机监听时，即为连续音频信号与断续音频信号的分界点，声响特点为似断非断。



注意：一般规定 dBc 与 dBm 两值读数误差不得大于 ± 3 dBn。误差大了会给监测和诊断带来不利影响。

(3)、判断规则

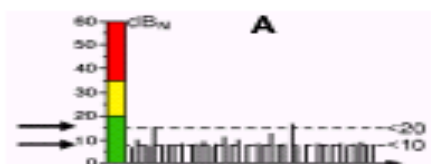
BT2100 对滚动轴承状态的判断主要依据如下规则

表：2

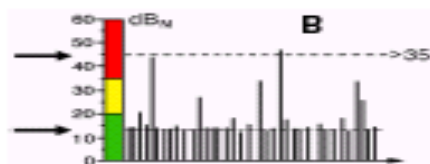
参数关系	故障判断
dBc 与 dBm 相差 20 dBn 以上，且： dBm > 40 dBn	1. 设备轴承元件有严重损伤。 2. 轴承损伤属于危险破坏源，要特别重视。

	3. 设备轴承需更换。
dBc 与 dBm 相差 10 dBn 以下, 且: dBc<40dBn dBm<50 dBn	1. 设备轴承存在均匀磨损, 且配合松动。 2. 设备轴承可继续使用, 但需加强监测。
dBc 与 dBm 相差 10 dBn 以下, 且: dBc>40dBn dBm>50 dBn	1. 设备轴承已磨损到极限。 2. 需更换轴承。
dBc 与 dBm 相差 13±3 dBn, 且: dBc>35dBn dBm<50 dBn	1. 设备轴承有不明显损伤。 2. 轴承可继续使用。 3. 需加强监测。
dBc 与 dBm 相差 13±3 dBn, 且: dBc>35dBn dBm>50 dBn	1. 设备轴承有很明显损伤。 2. 需更换轴承。
dBc 与 dBm 之间, 其声调为 间断+连续+间断	1. 设备轴承缺油, 需加油。 2. 轴承可能存在跑圈现象。 3. 先判断为缺油, 当加油后仍出现左述现象, 应停机处理跑圈现象。
新装轴承, 轴承座温度>60℃, 且 dBc 与 dBm 相差小, 两值又超出正常要求值。	1. 安装不正确, 有偏装现象。 2. 轴承与端盖有毛面摩擦, 内圈跑套。 3. 润滑油内有小杂质存在。

用图形可形象表示如下:



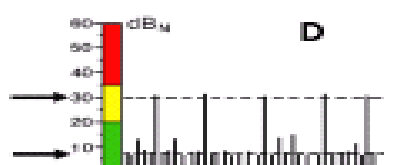
A: 轴承良好。冲击值低



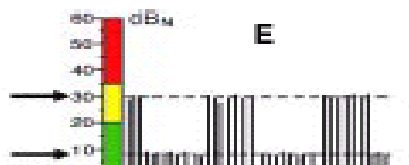
B: 轴承损坏。冲击值高, 差值大, 形状不规则



C: 磨损或泵室。差值小, 冲击值高。



D: 负荷冲击, 阀等。规则的形状往往意味着失调



E: 规则显示。摩擦机械部件。



F: 测得的值陡降, 危险信号, 轴承滑动

(4)、典型案例

下表是某炼油厂 86 年 2 月~86 年 10 月期间监测到的部分轴承有故障的典型数据。从表中看, 这类滚动轴承 dBc 与 dBm 值均处于黄区和红区。通过停机解体验证这类滚动轴承却是存在各类严重损伤。如常减压 44# 泵前轴承滚动体护架断裂散架。焦化泵 101# 电机前轴承的轴承内外滚道布满轴向沟槽, 有的沟槽处还存有大量的剥皮, 滚动体表面也存在同样缺陷。王垅坡 1# 泵电机前轴承是刚检修换上的新轴承, 检修完毕试运行经检测发现脉冲值偏高, 仪器指示轴承状态严重不良。经解体发现轴承内圈严重跑套窜向电机小盖, 并与小盖摩擦, 小盖端面在试运行中已磨去 1mm 之多。

表: 3

序号	机泵号及轴承 安装位置	功率	背景值 dBi	dBm/dBc	故障
1	循环水 10# 泵 泵前轴承	30KW	23	45/6	外圈滚道上有 10mm 直径的疲劳点蚀剥落
2	焦化车间 101 泵 电机前轴承	100KW	25	60/35	轴承内外圈布满轴向沟槽, 有 的大量剥皮
3	常减压 3# 泵 后轴承	22KW	16	45/35	无明显损伤, 表面磨损较严重
4	常减压 26# 泵 电机前轴承	40KW	24	52/33	
5	催化裂化 202# 泵 电机前轴承	160KW	24	46/33	外滚道百数条不严重的轴向拉 沟

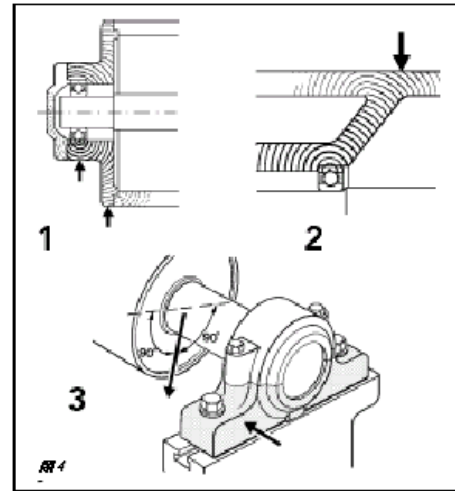
6	常减压 44 号泵 电机后轴承	40KW	24	55/37	滚动体护架断裂散开
7	王垅坡 1# 泵 电机前轴承	160KW	26	45/35	拆发现轴承内圈严重跑套窜向

4、测点的选择:

(1)、测点要尽可能选择在滚动轴承的负载区。轴承负载区的定义为，轴承座承受负载的部位，一般在轴承座下方 120 度范围内。

(2)、测点要选择冲击波能直线传播道的位置。轴承测点的距离应尽可能短而直，要避免零件间多界到面及空腔部位。这是因为冲击波会在界面上空腔里发生反射和阻尼，一般每增加一个界面，轴承脉冲量会降低 3~5dBn，测点距离轴承 200mm 时，脉冲量要降低 5~10dBn。

(3)、测点表面要平整：被测点一般选择在轴承座上，轴承座多为铸造件，表面较粗糙，因此测点表面的平整度是不够的。有毛刺、有凹凸不平形状，存在上述缺陷时，应先清理缺陷。传感器的顶杆头是一个半径 8mm 的半球形状，顶杆头接触被测表面时应让半球面接触被侧面。



 是铁姆肯公司标志性的发展战略的



红色： 危险



黄色： 注意



绿色： 正常



其它方法只能给出未经分析的数据

冲击脉冲法能够进一步提供有效和已经分析过的

答案