

磨损解决方案

焦万中

wzjiao@infedium.com

18566657914

深圳市优飞迪科技有限公司

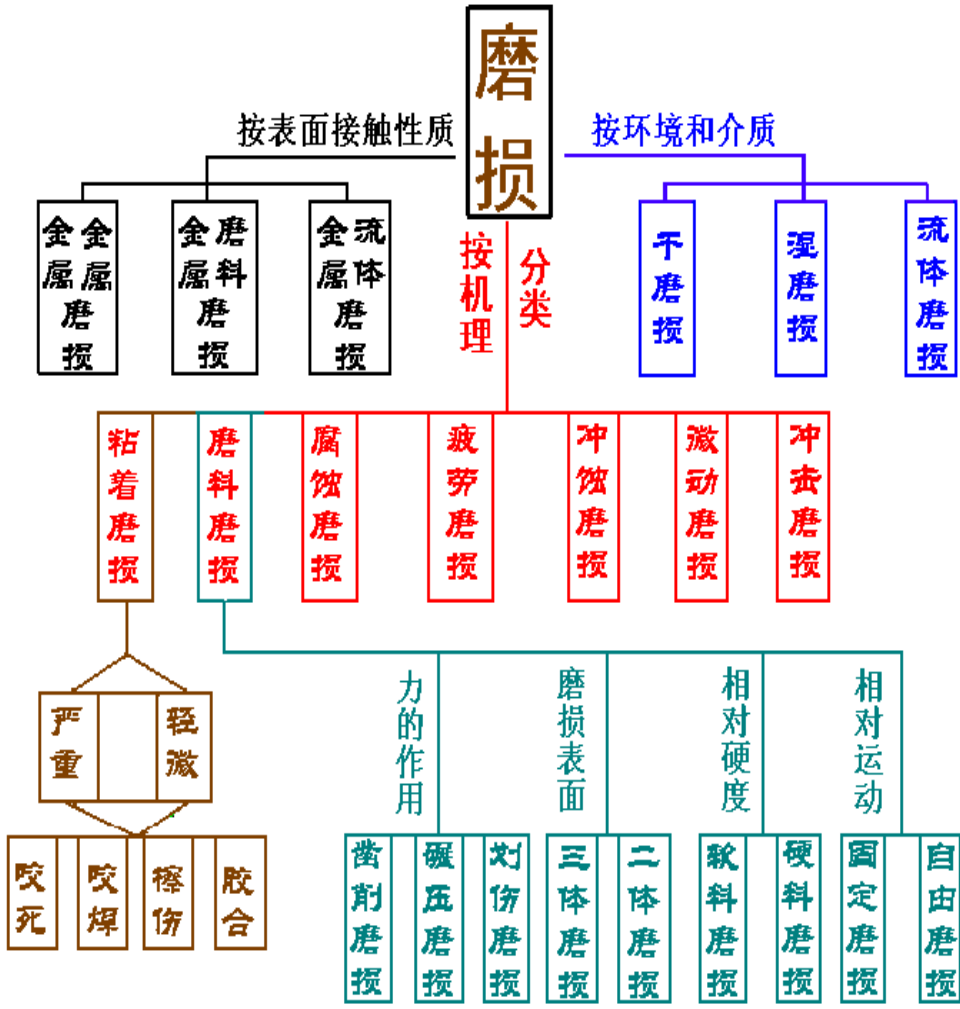
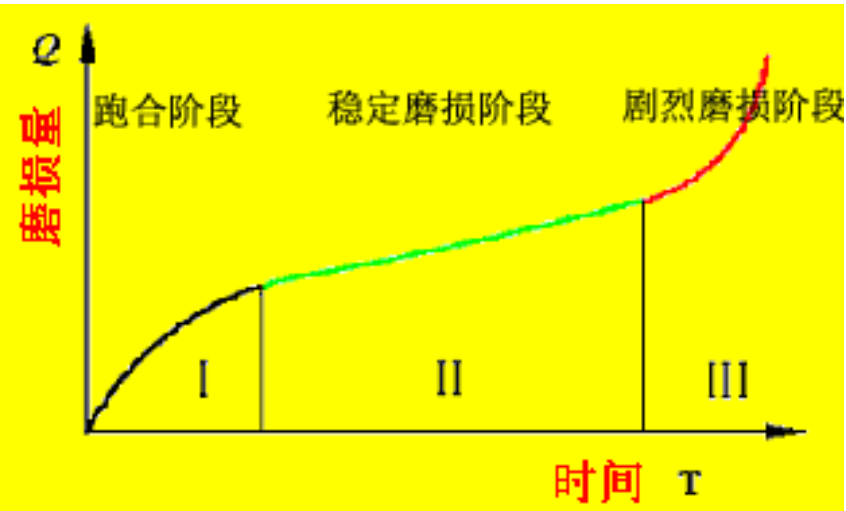
2021/4/2

目录

- 机械磨损机理
- 磨损现象
- 磨损分析应用领域
- 基于**仿真**方法的磨损分析
 - 磨损数值模型
 - 磨损参数的获取
 - 应用案例
- 基于**声发射技术**的磨损探测
 - 声发射技术概述
 - 声发射检测信号处理流程
 - 检测方案的实施工作流程
 - 应用案例
- 我们的优势

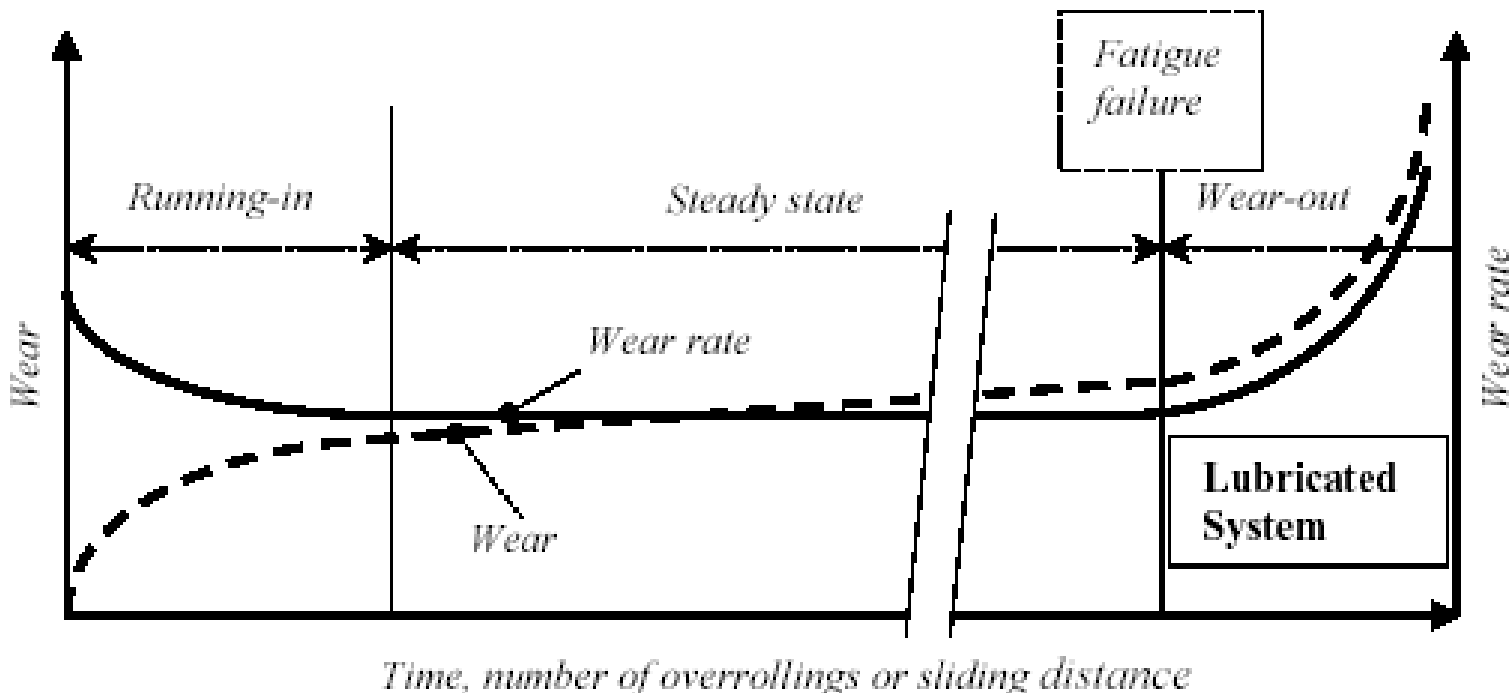
机械磨损机理

- 粗糙表面材料的变形及移除
- 材料的刨除 (Plowing或Ploughing)
- 脱层
- 粘接撕除
- 研磨
- 微动磨损
- 固体粒子撞击



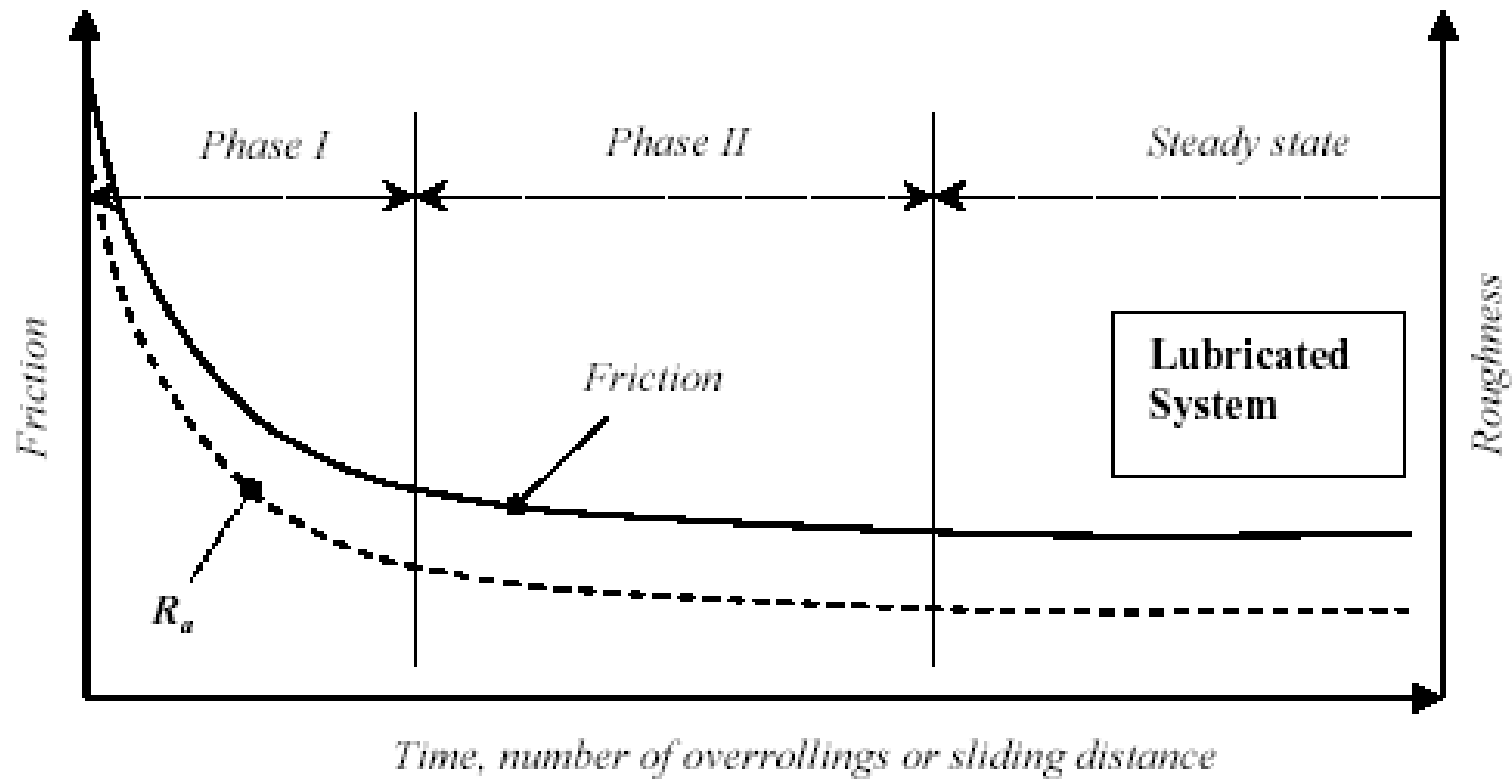
磨损现象

- 磨损和磨损率随时间或周期的变化



磨损现象

- 在恒定运行条件下，摩擦系数和粗糙度是时间的函数



磨损分析应用领域

- 存在磨损现象的领域:

- 刹车片
- 与运动部件接触的密封件
- 切削
- 滚压
- 发动机
- 轴承
- 齿轮
- 线性结构滑移
- 轮胎
- 骨关节

- 存在的问题分类:

- 适合中等程度的磨损
 - $M < 0.4$
 - 磨损率 < 临界值
 - 极度光滑表面 - 抛光
 - Debris < 100 nm 直径
 - 应用Archard 方程
- 剧烈的磨损
 - $M > 0.4$
 - 磨损率 > 临界值
 - 粗糙, 深度撕裂表面
 - 大的粗糙粒子 > 0.01 mm



基于仿真方法的磨损分析—磨损数值模型



- 常用磨损模型
 - Archard 方程
 - Archard 方程的修正
- 变形更新
- 几何更新

Contact and Rubbing of Flat Surfaces

Show affiliations

[Archard, J. F.](#)

The interpretation of certain phenomena occurring at nominally flat surfaces in stationary or sliding contact is dependent on the assumed distribution of the real area of contact between the surfaces. Since there is little direct evidence on which to base an estimate of this distribution, the approach used is to set up a simple model and compare the deduced theory (e.g., the deduced dependence of the experimental observables on the load) with the experimental evidence. The main conclusions are as follows. (a) The electrical contact resistance depends on the model used to represent the surfaces; the most realistic model is one in which increasing the load increases both the number and size of the contact areas. (b) In general, mechanical wear should also depend on the model. However, in wear experiments showing the simplest behavior, the wear rate is proportional to the load, and these results can be explained by assuming removal of lumps at contact areas formed by plastic deformation; moreover, this particular deduction is independent of the assumed model. This suggests that a basic assumption of previous theories, that increasing the load increases the number of contacts without affecting their average size, is redundant.

Publication: Journal of Applied Physics, Volume 24, Issue 8, p.981-988
Pub Date: August 1953
DOI: [10.1063/1.1721448](https://doi.org/10.1063/1.1721448) 
Bibcode: [1953JAP....24..981A](#) 



基于仿真方法的磨损分析— Archard 磨损模型

• $W = K * F * G_t / H$

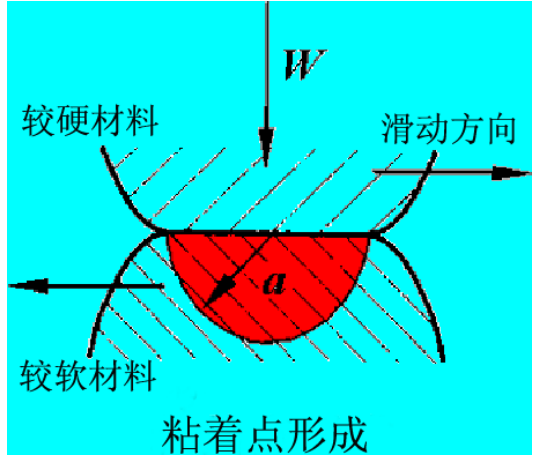
W: 磨损量

K: 磨损系数

F: 法向力

G_t : 滑移距离

H: 硬度



• $Du_w / Dt = A \sigma_n V_s$

• $Du_w / Dt = A \sigma_n^m V_s^n$

– Bayer指数形式

• $Du_w / Dt = \sigma_n^m V_s^n \exp^{-B/T}$

– 带热激活能的Bayer指数形式

$Du_w / Dt = A \sigma_n V_s \exp^{-Q/RT}$

$Du_w / Dt = A(T) \sigma_n V_s$

– 材料参数可以与温度相关

注: Du_w / Dt 为法向磨损变化率

σ_n – 法向应力

V_s – 滑移速度

R – 气体常数

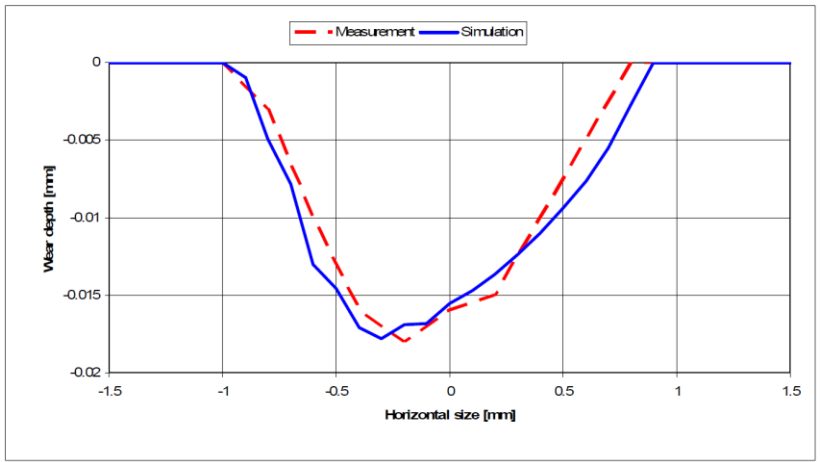
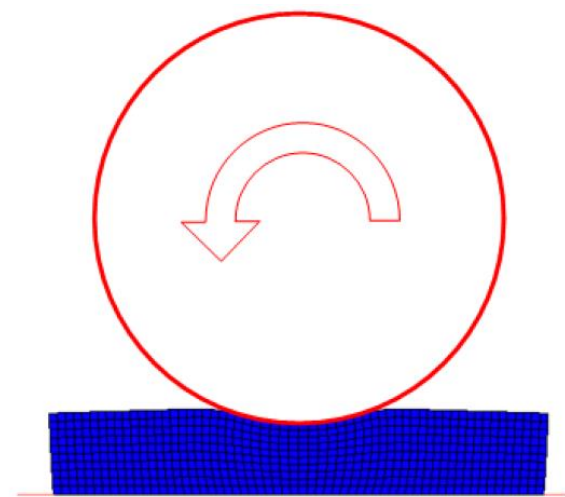
Q – 激活能

T – 绝对温度



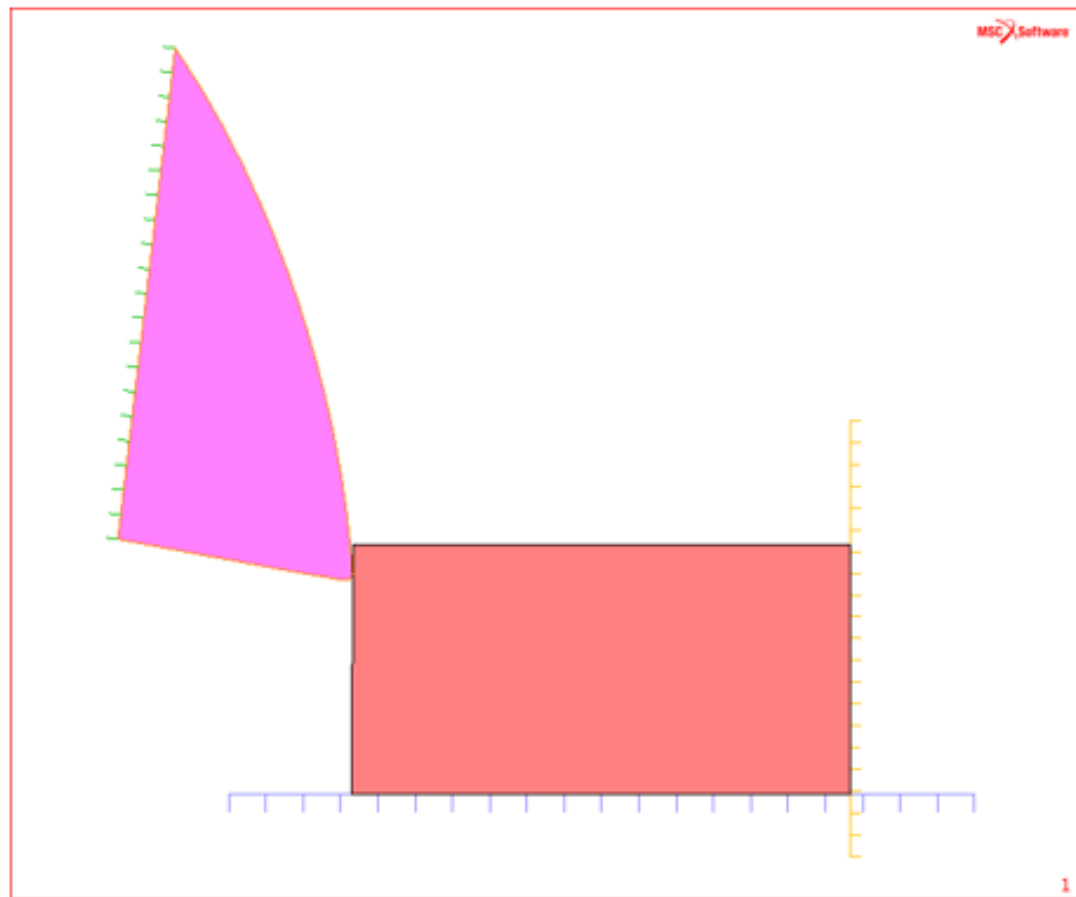
基于仿真方法的磨损分析—磨损参数的获取

- 磨损模型参数获取
 - 磨损试验是测定材料抵抗磨损能力的一种材料试验。通过这种试验可以比较材料的耐磨性优劣。
磨损试验比常规的材料试验要复杂。首先需要考虑零部件的具体工作条件并确定磨损形式，然后选定合适的试验方法，以便使试验结果与实际结果较为吻合。磨损模型分为黏着磨损、磨粒磨损、冲蚀磨损、腐蚀磨损、微动磨损。
 - 测试标准：GB/T 12444
 - 来自ISO标准



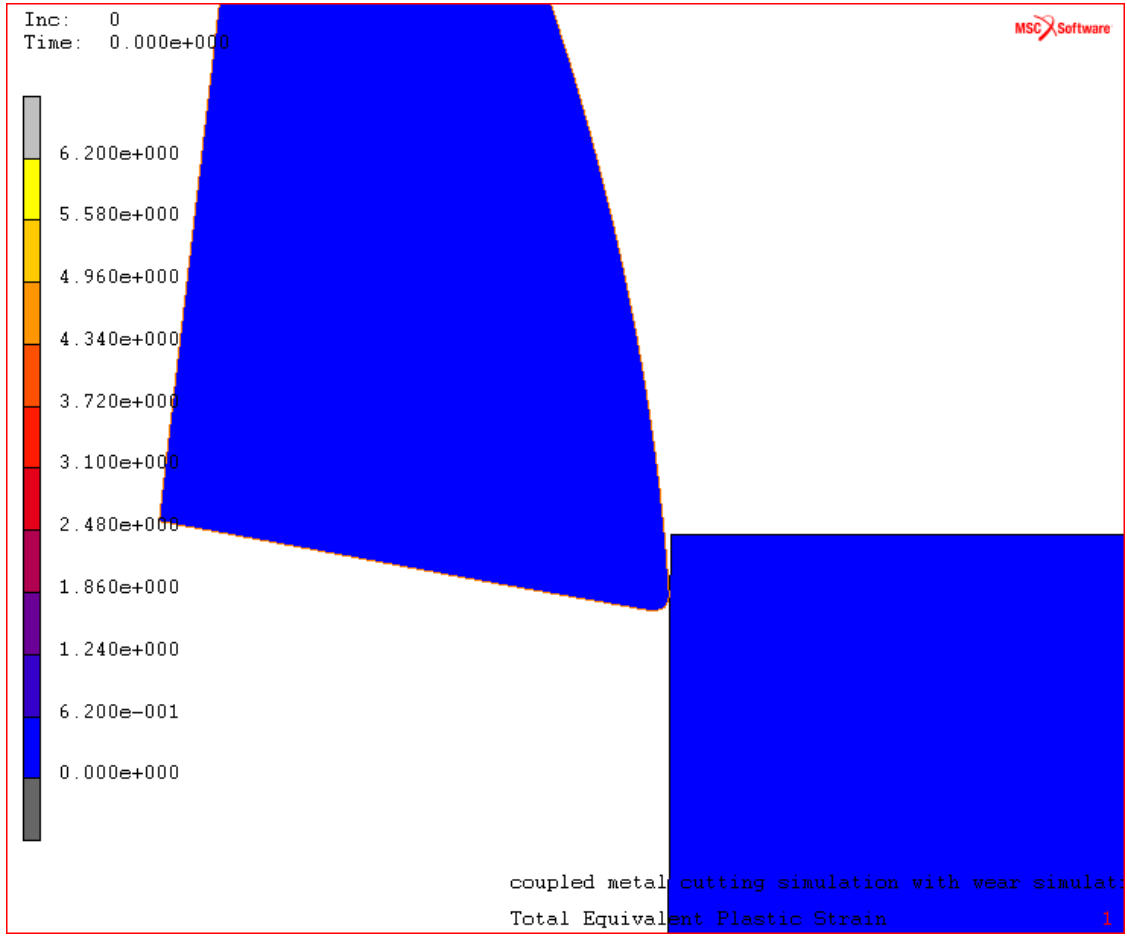
基于仿真方法的磨损分析—应用案例

- 切削 – 刀具的磨损
 - 热机耦合分析
 - 工件采用了网格重划分功能
 - 采用Archard 模型



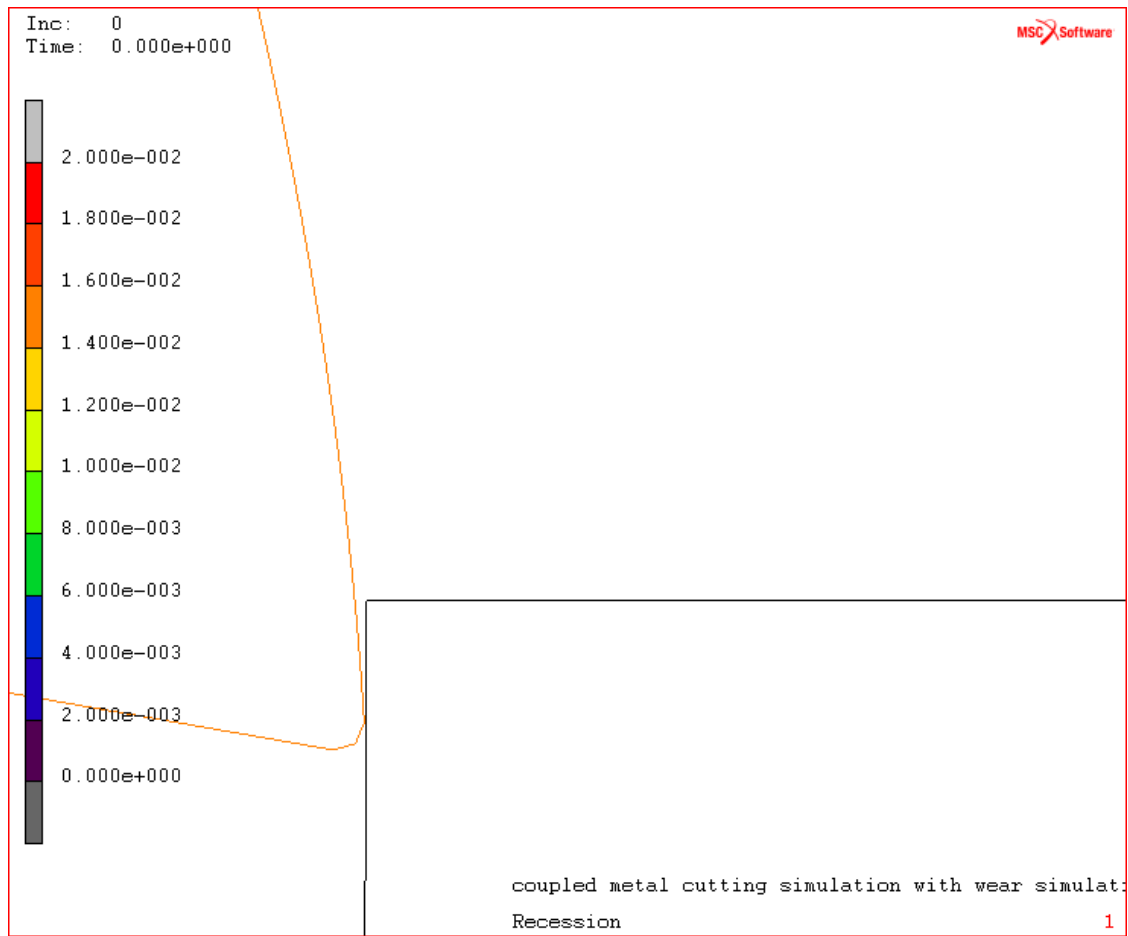
基于仿真方法的磨损分析—应用案例

- 切削 – 等效塑性应变云图动画



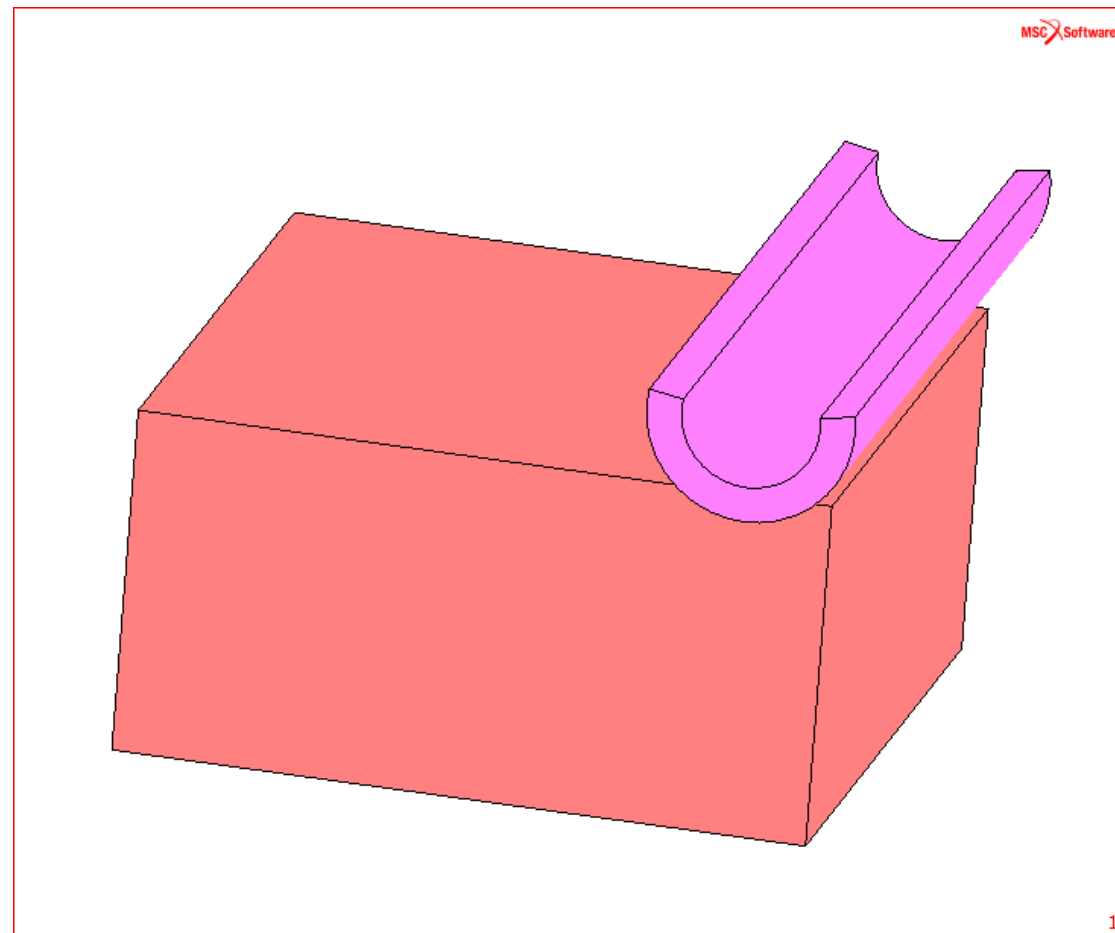
基于仿真方法的磨损分析—应用案例

- 切削 – 刀具的磨损矢量图



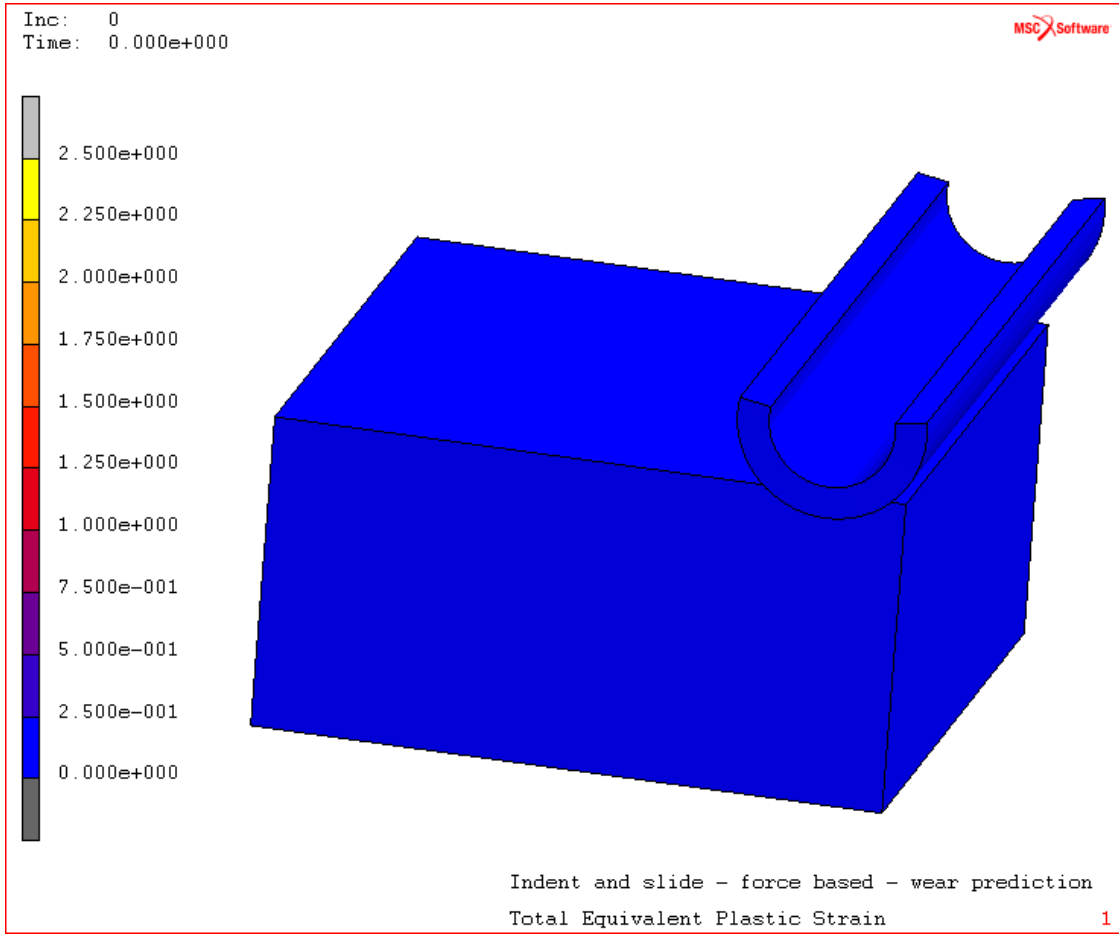
基于仿真方法的磨损分析—应用案例

- 材料加工中压头的磨损



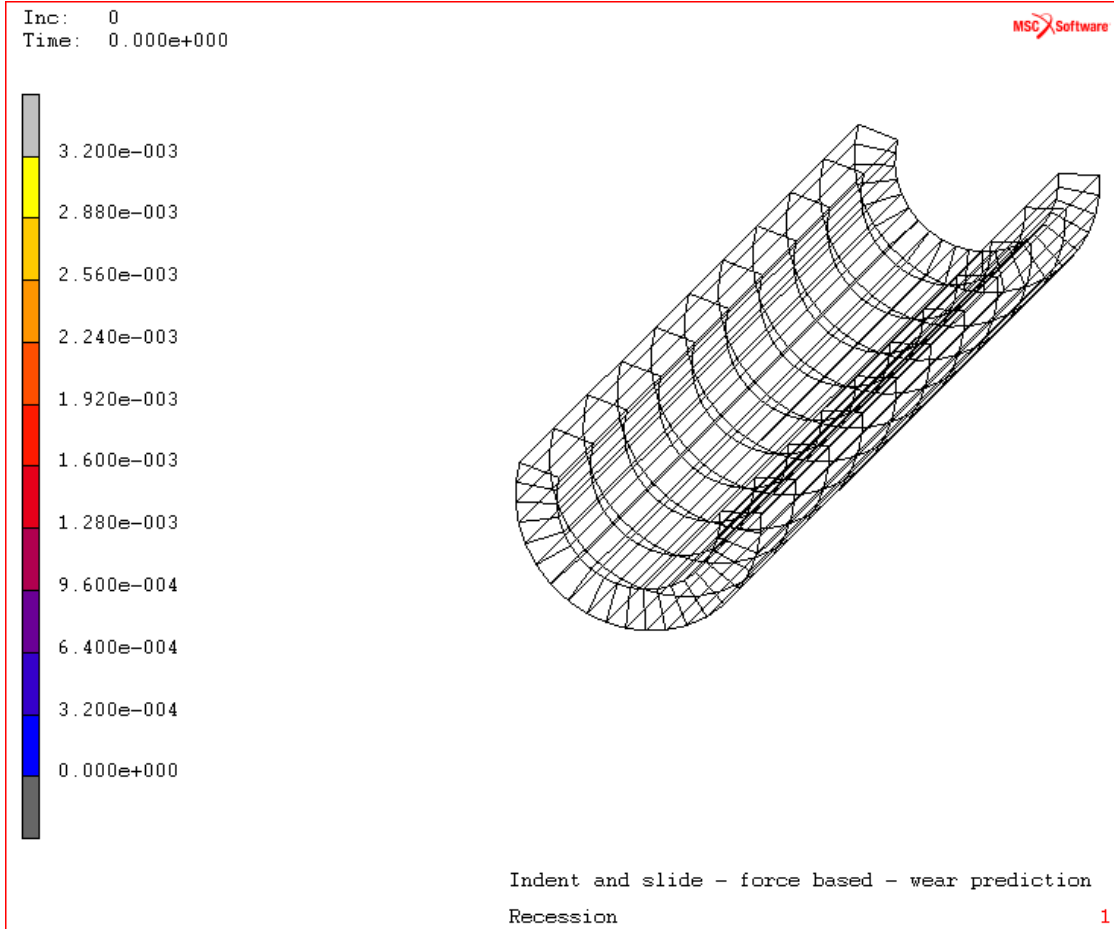
基于仿真方法的磨损分析—应用案例

- 工件的塑性应变云图动画



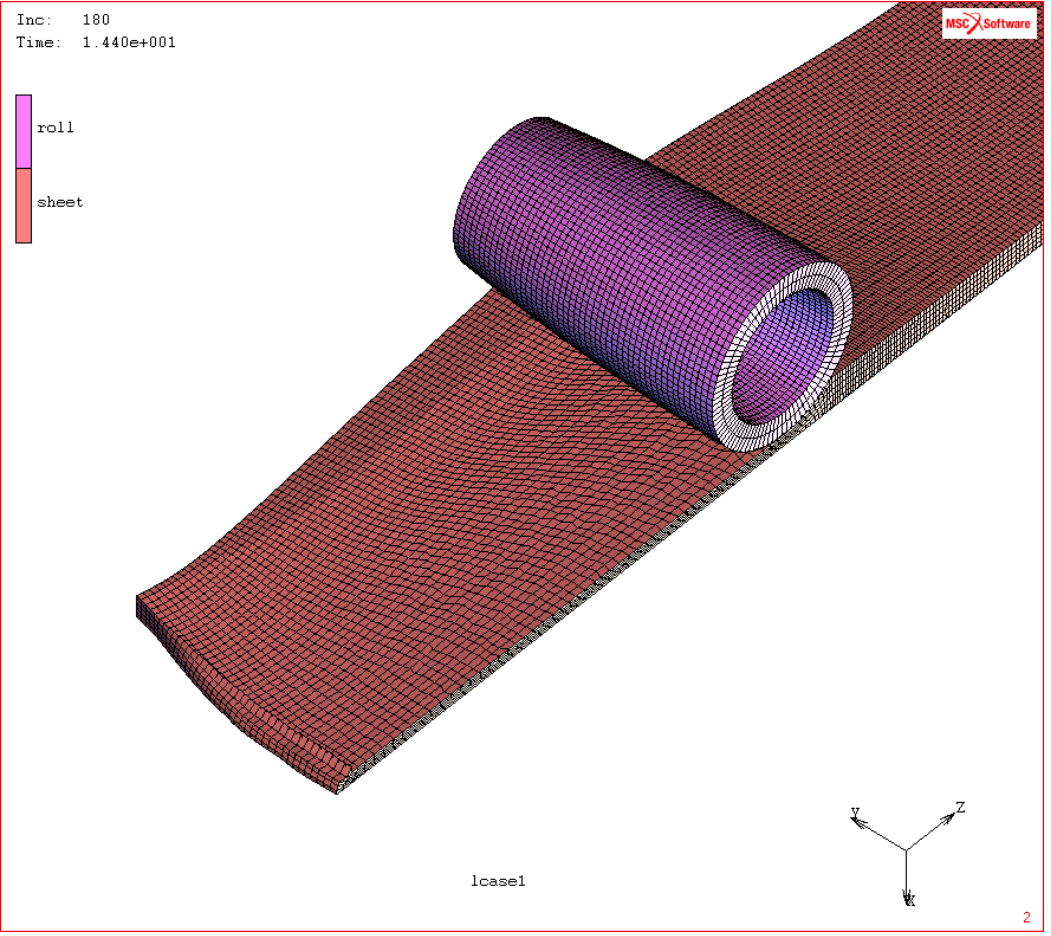
基于仿真方法的磨损分析—应用案例

- 模具磨损矢量显示



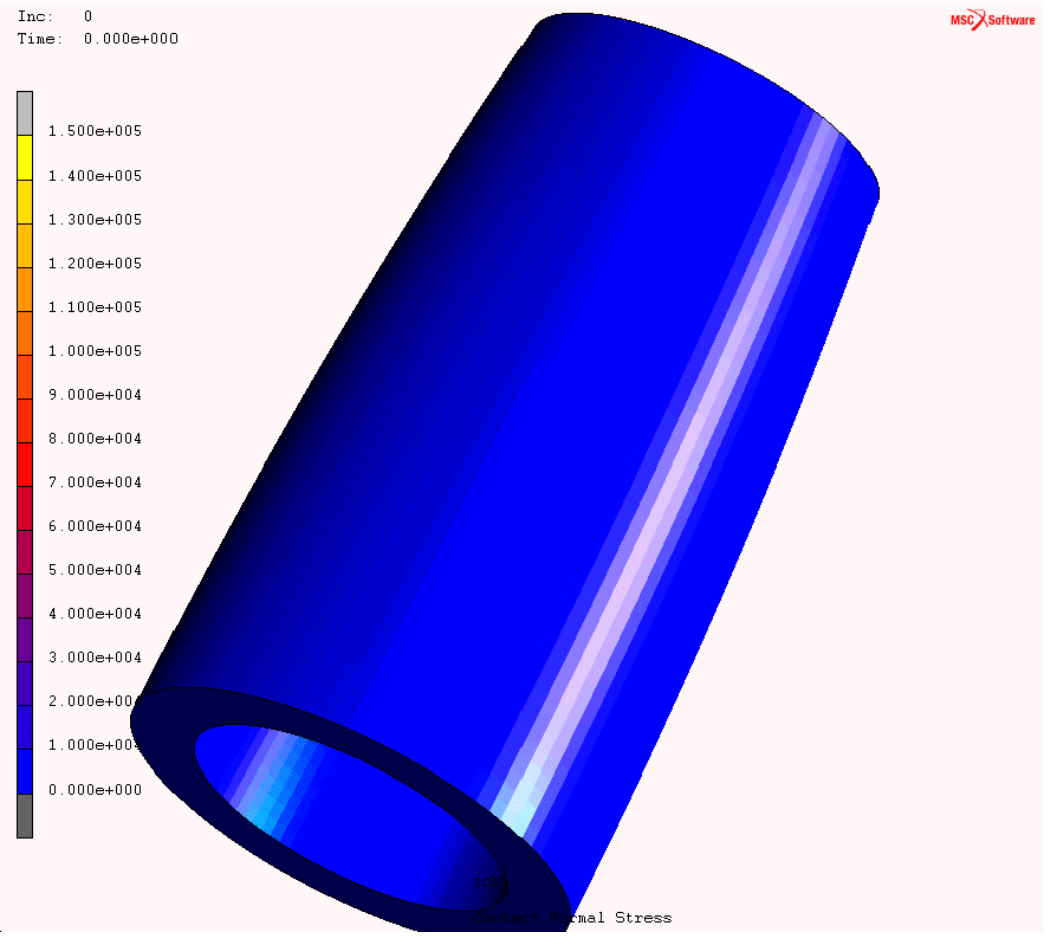
基于仿真方法的磨损分析—应用案例

- 梯形轧制轧辊磨损分析



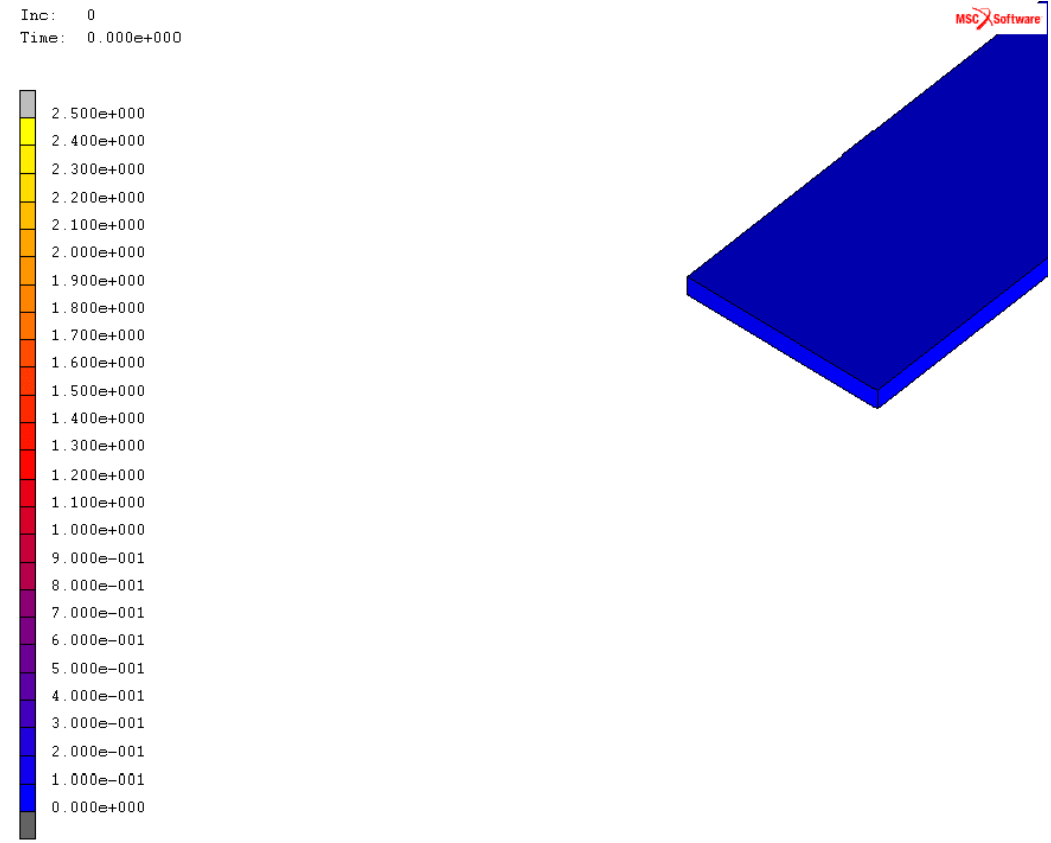
基于仿真方法的磨损分析—应用案例

- 轧辊的法向应力



基于仿真方法的磨损分析—应用案例

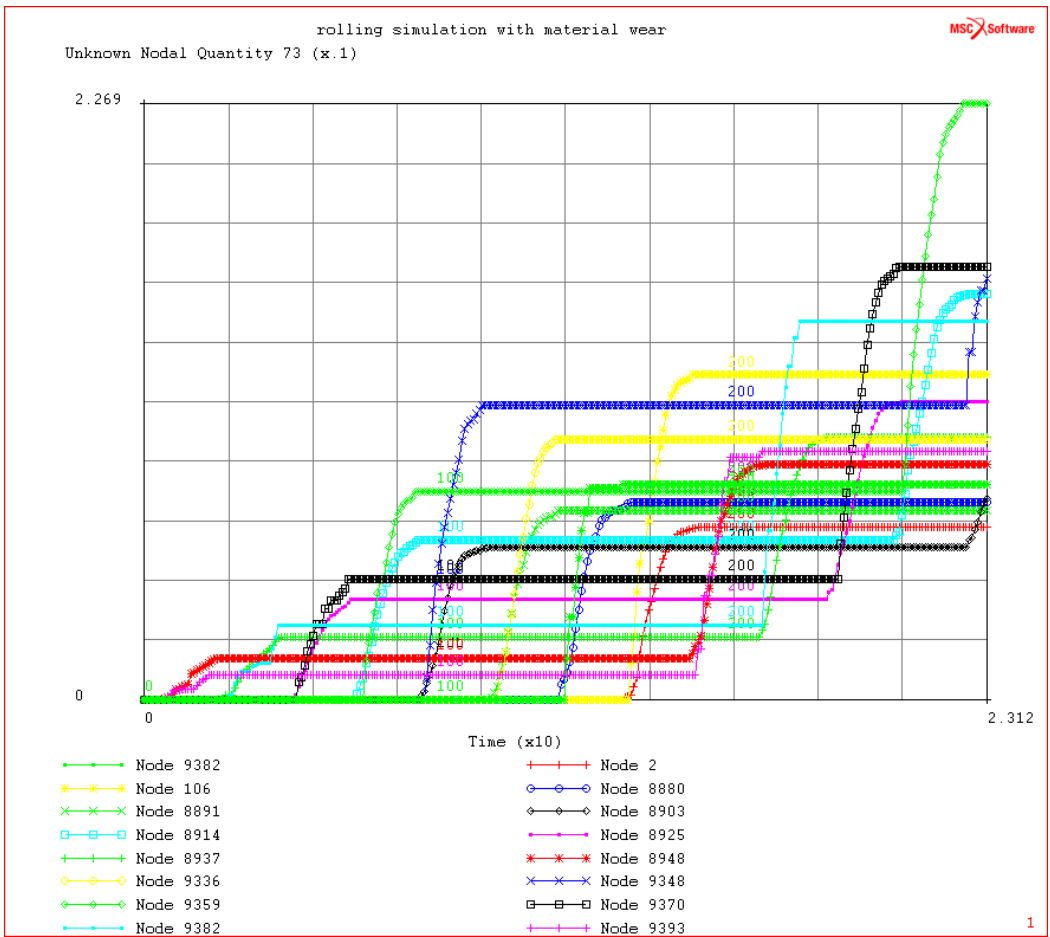
- 板件的塑性应变云图动画



job1
Total Equivalent Plastic Strain

基于仿真方法的磨损分析—应用案例

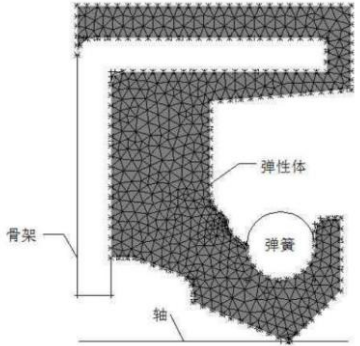
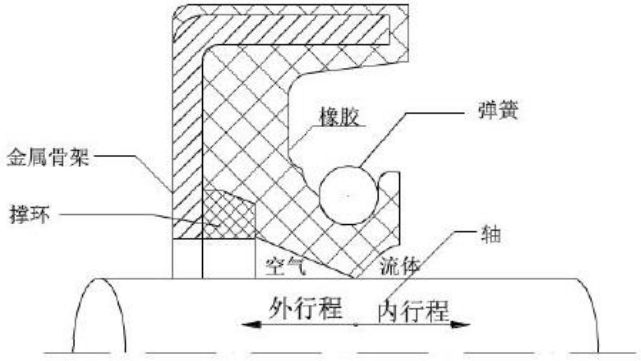
- 轧辊磨损累积
 - 节点在 45 度角的位置
 - 第5节点在对称轴上
 - 每个增量步转动2°



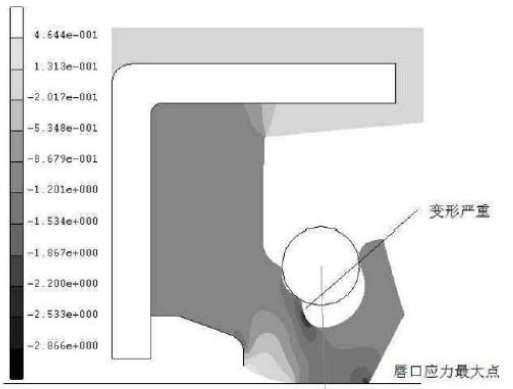
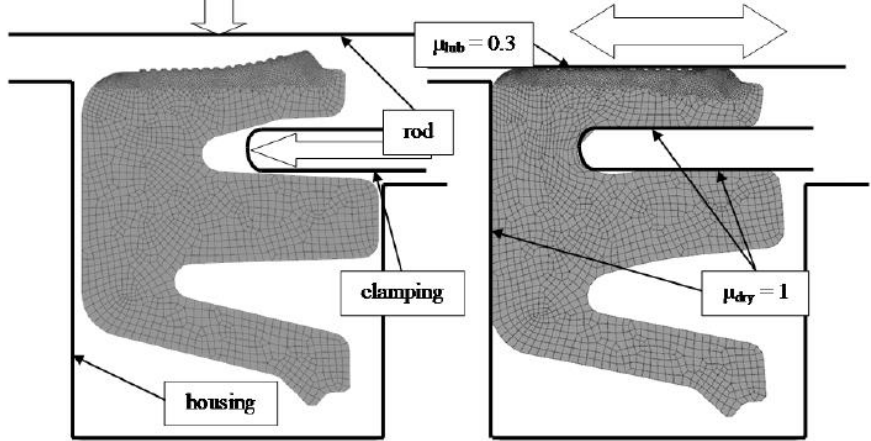
基于仿真方法的磨损分析—应用案例

• 橡胶密封件磨损

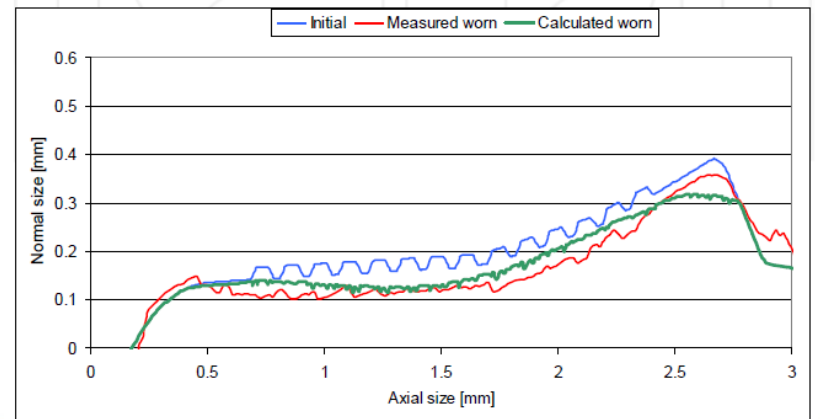
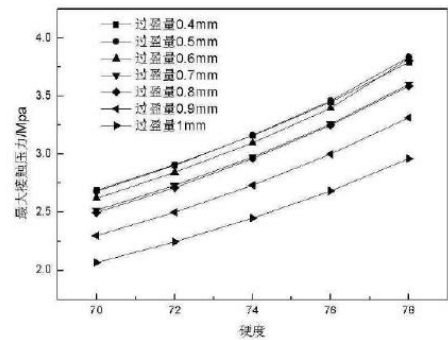
密封性能分析



摩擦与磨损模型



(b) 油侧压力 1Mpa 柯西应力图

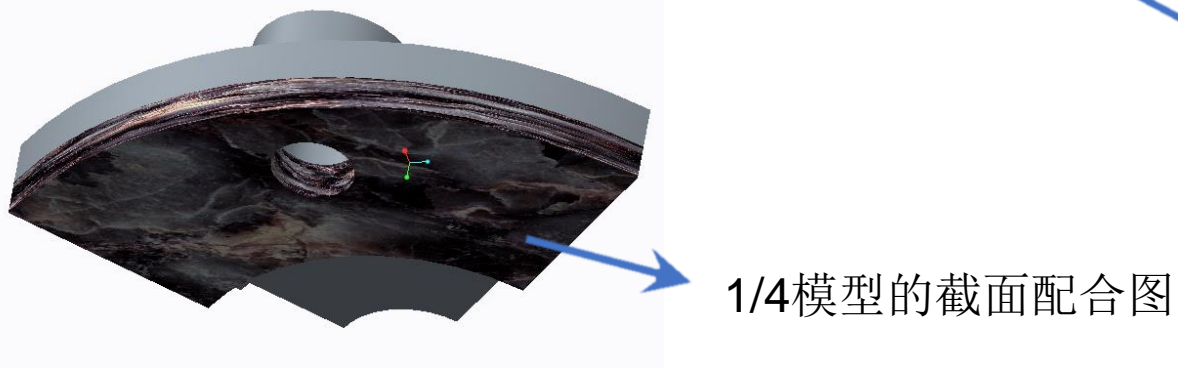
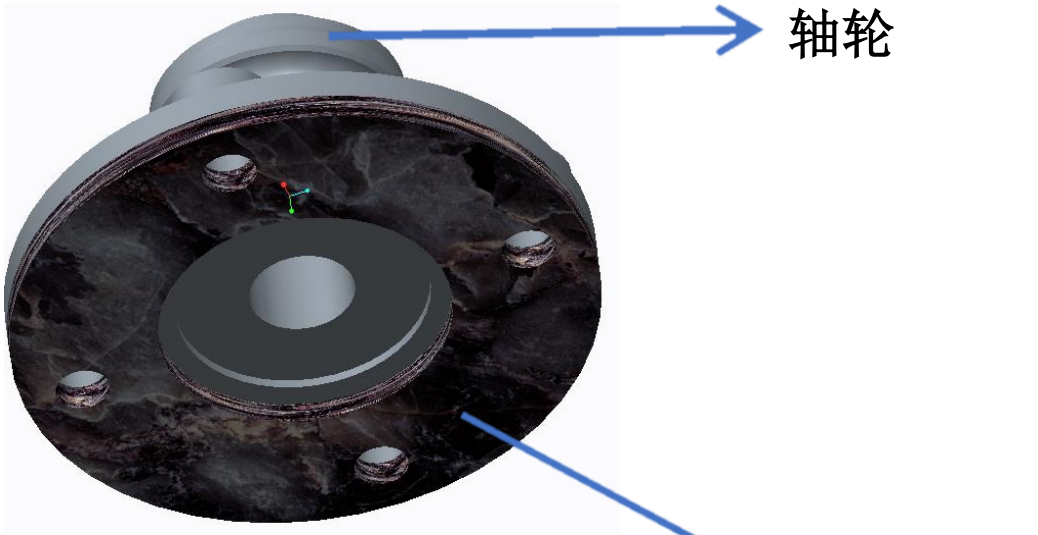


基于仿真方法的磨损分析—应用案例

- 轴承法兰结构微振磨损算例模型

- 模型组成

- 模型结构如右图所示，由轴轮和制动盘两部分构成
- 利用对称性，简化成1/4进行分析

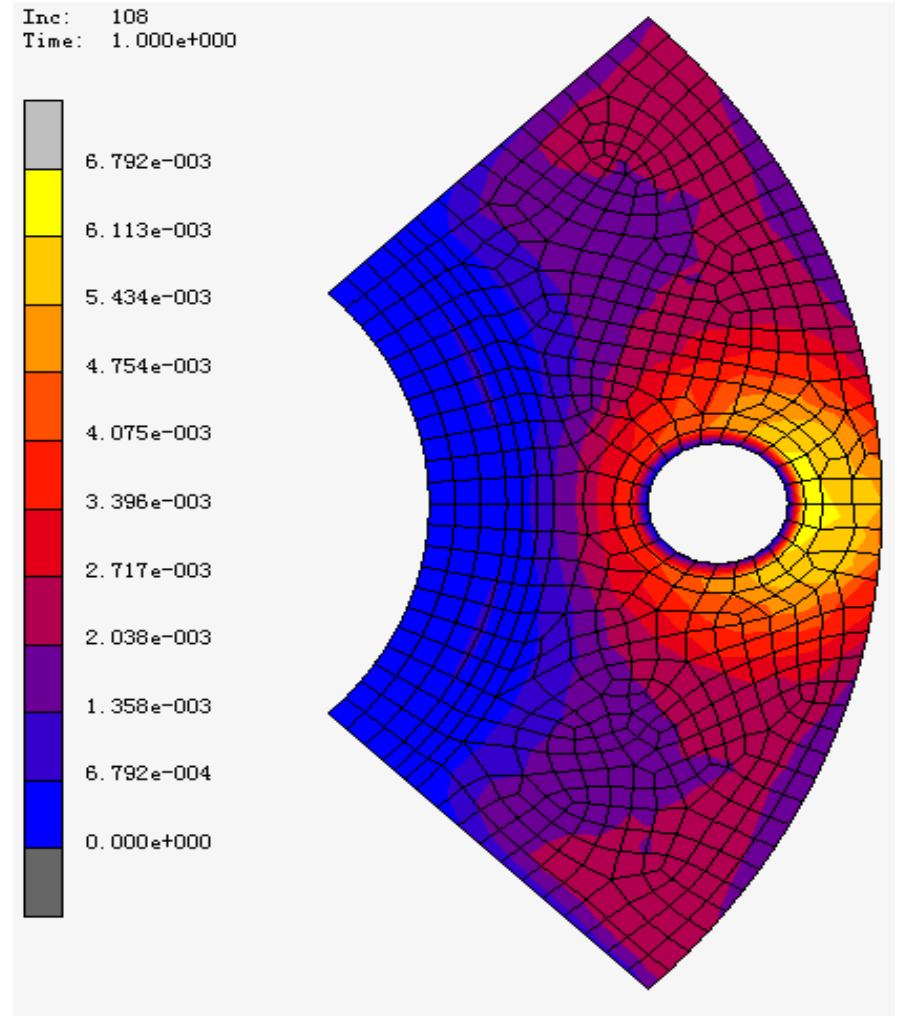


基于仿真方法的磨损分析—应用案例

• 轴承法兰微振磨损计算结果

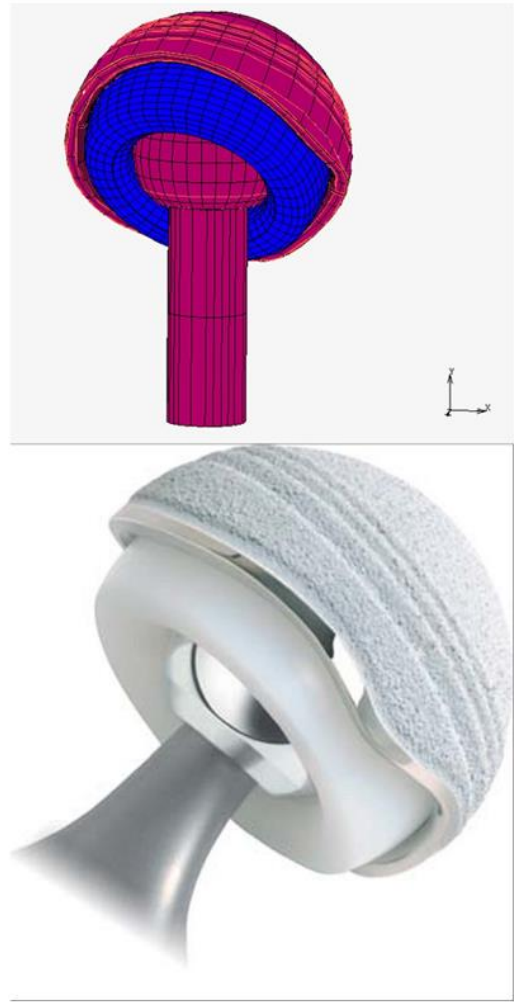
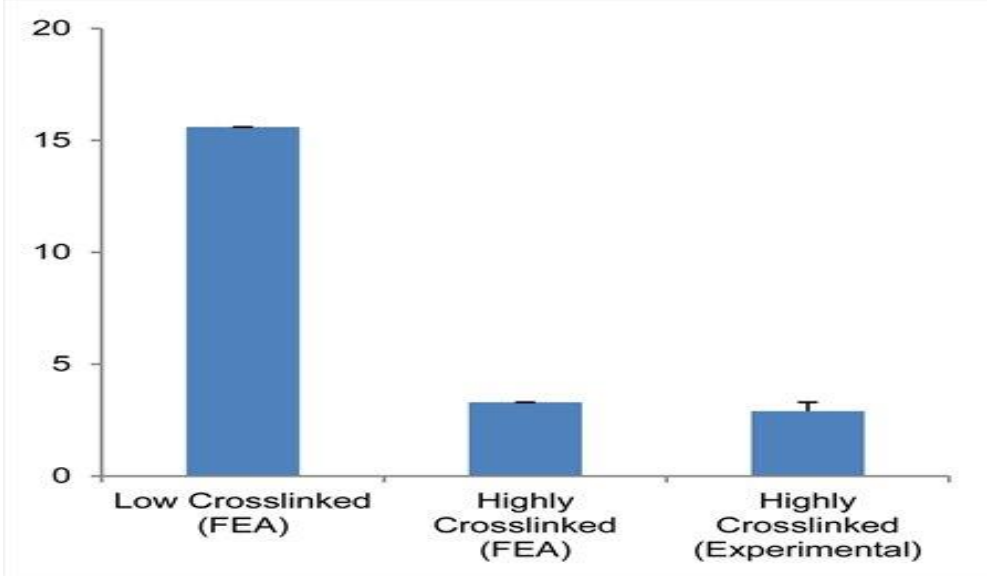
可以看出：

- 1. 在圆孔周围的磨损较小
- 2. 最大磨损量在螺孔的周围，而外围被内侧要大，是由于外围相对的位移量大造成的
- 3. 在对称面附近磨损量相对较小



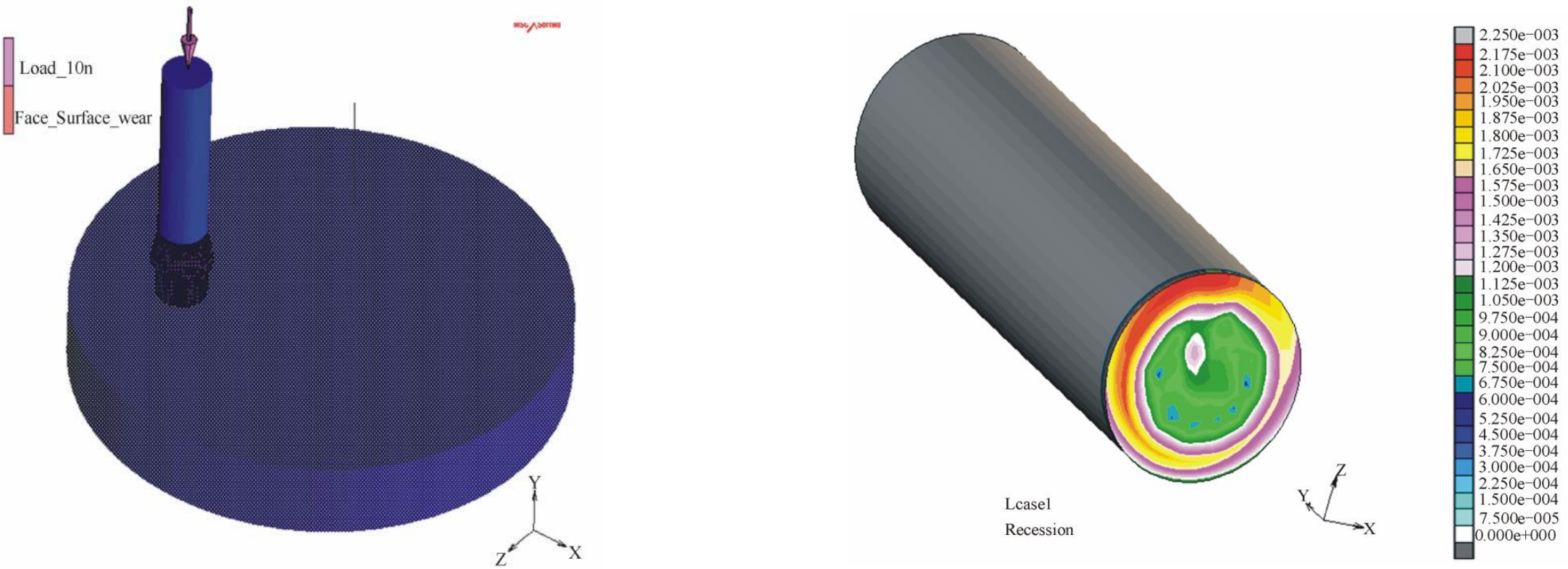
基于仿真方法的磨损分析—应用案例

- 全髋关节置换部件的磨损分析
 - ADM种植体修复体分析与对比
 - 实验组的微分离损失了 $2.9\text{mm}^3/\text{million}$ 循环
 - 有限元分析预测的体积损失为 $3.3\text{mm}^3/\text{million}$ 循环



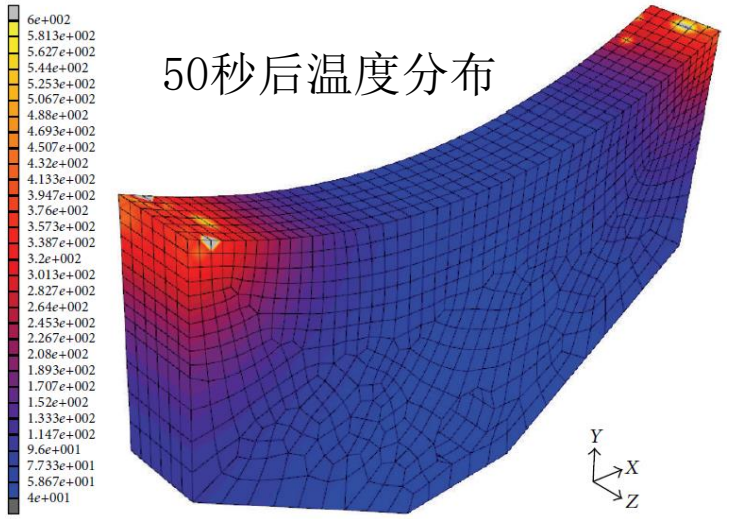
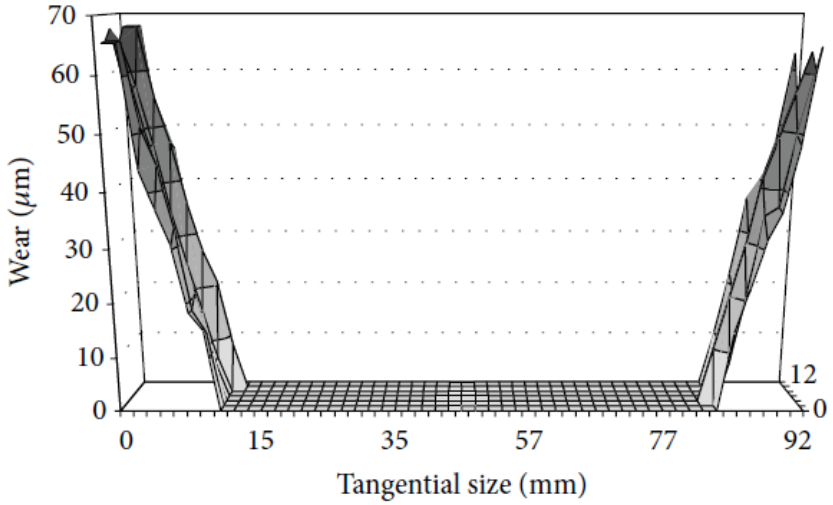
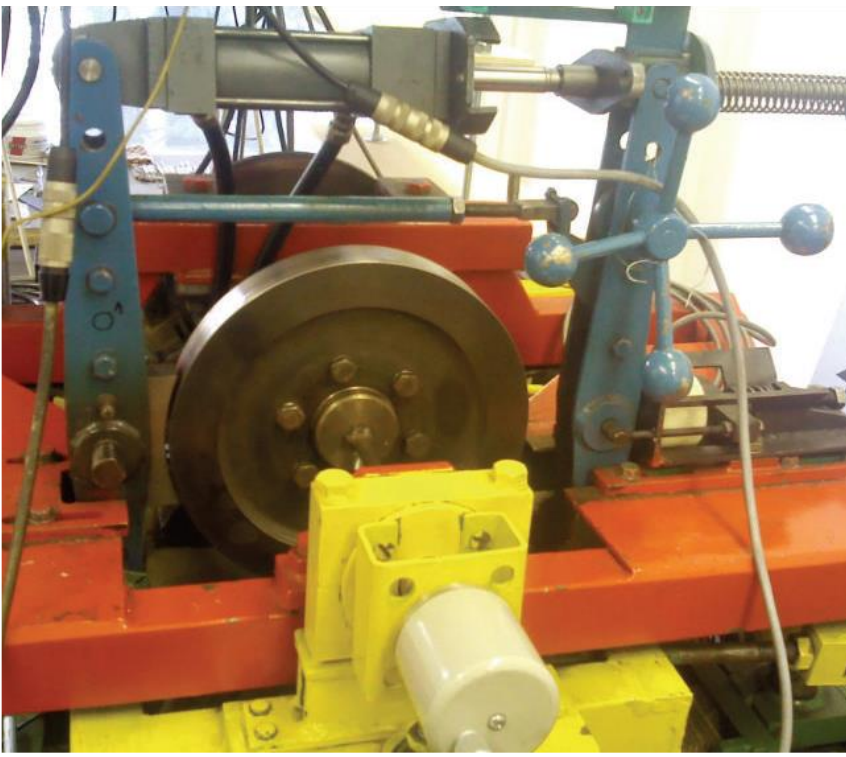
基于仿真方法的磨损分析—应用案例

- 复合材料磨损分析
 - Al/A12SiO5/C冷激复合材料磨损行为的有限元模拟



基于仿真方法的磨损分析—应用案例

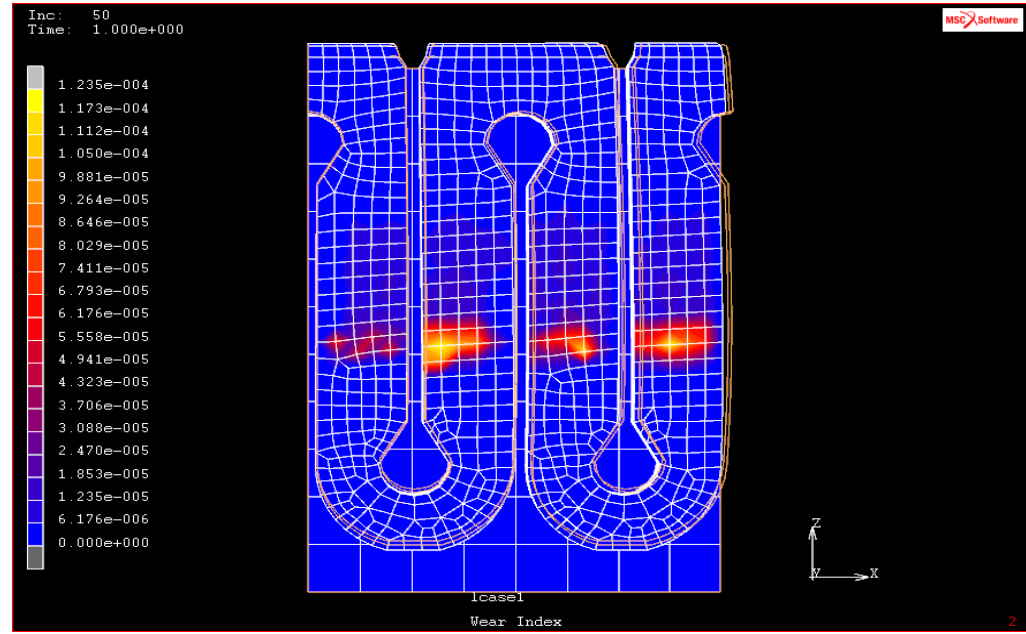
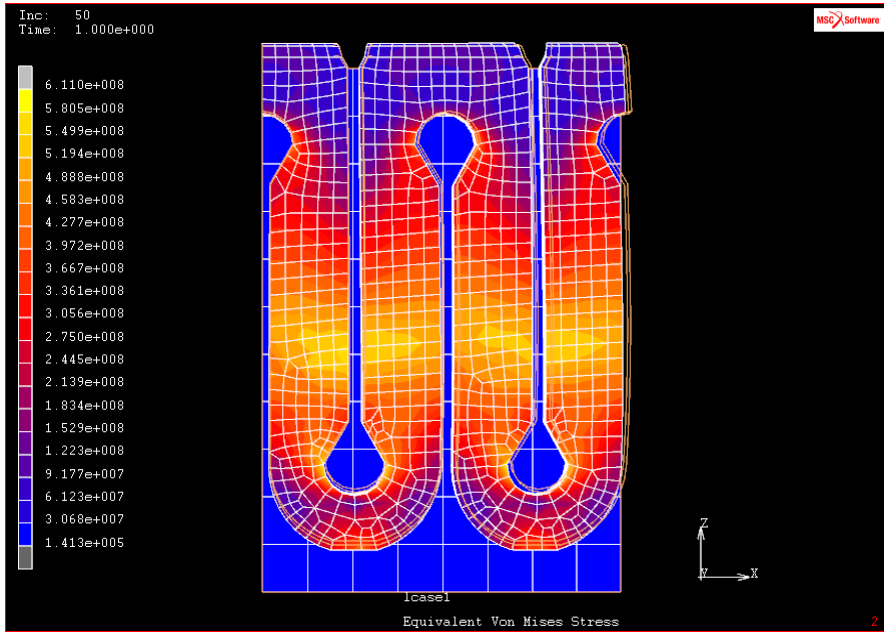
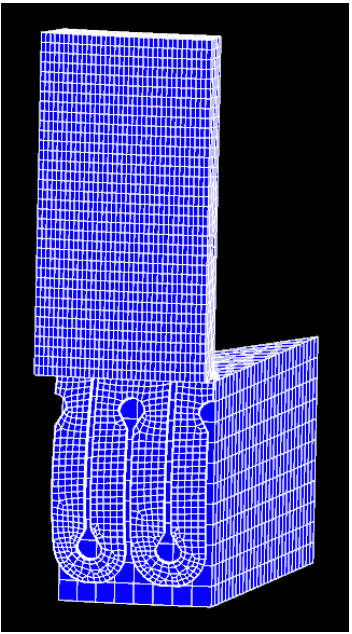
- 刹车装置的磨损分析
 - 热机耦合分析
 - 接触摩擦生热分配不等



基于仿真方法的磨损分析—应用案例

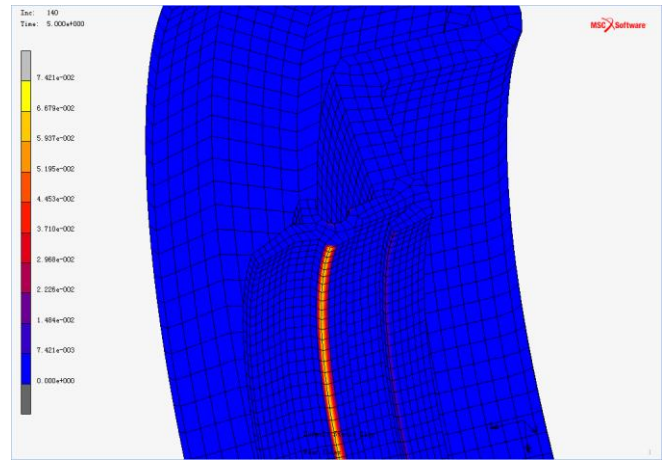
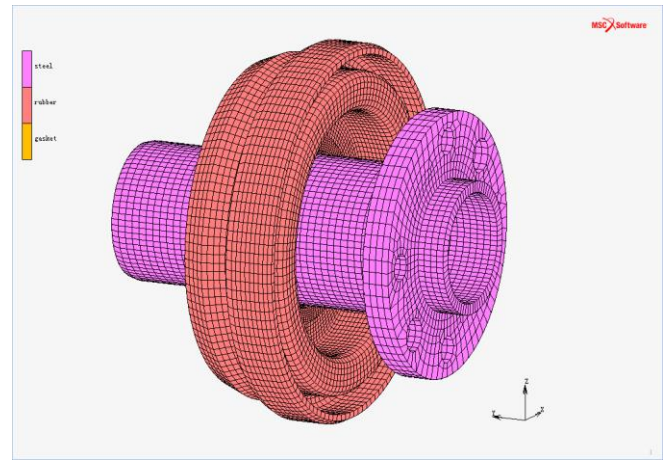
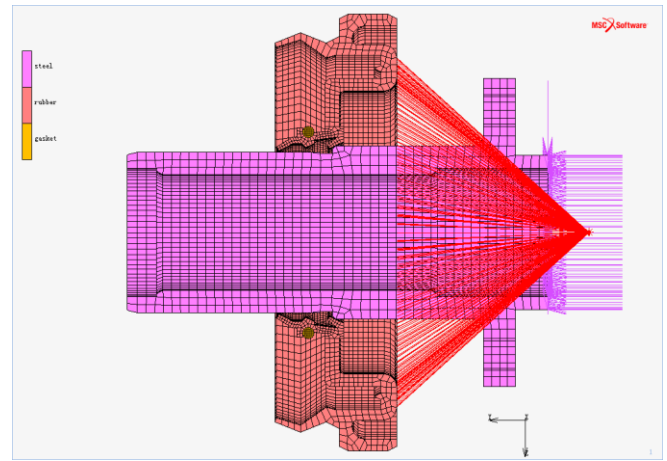
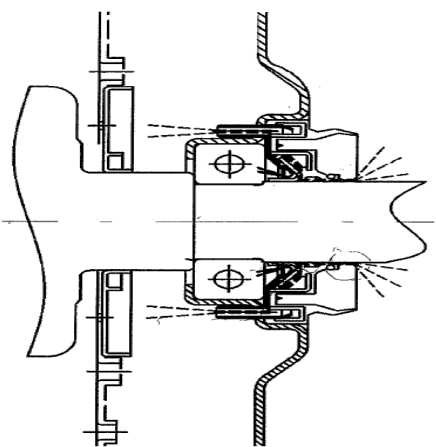
- 航天设备耐磨弹簧片磨损模拟

- 两个圆柱型元件之间设计了一个弹簧片，考察一下该弹簧片的实际磨损情况
- 因为是轴对称模型，分析中截取1/50几何模型，计算圆环形元件下移过程中弹簧片的磨损情况



基于仿真方法的磨损分析—应用案例

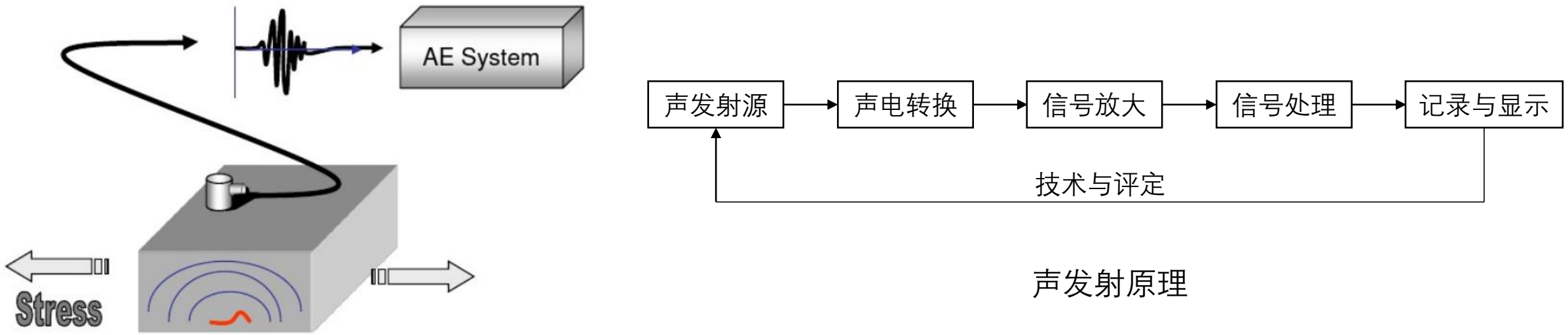
- 减速器防水结构进行了初步磨损分析
 - 轴采用钢材材料模型，密封圈采用2项Mooney-Rivlin模型
 - 采用Archard模型，选择更新几何选项



基于声发射技术的磨损探测

- 声发射技术概述—概念

材料中局域源快速释放能量产生瞬态弹性波的现象称为声发射（AE），声发射是一种常见的物理现象，大多数材料变形和断裂时有声发射发生，但许多材料的声发射信号强度很弱，人耳不能直接听见，需要借助灵敏的电子仪器才能检测出来，用仪器探测、记录、分析声发射信号和利用声发射信号推断声发射源的技术成为声发射技术。



基于声发射技术的磨损探测

• 声发射技术概述—声发射技术与其他无损监测技术比较

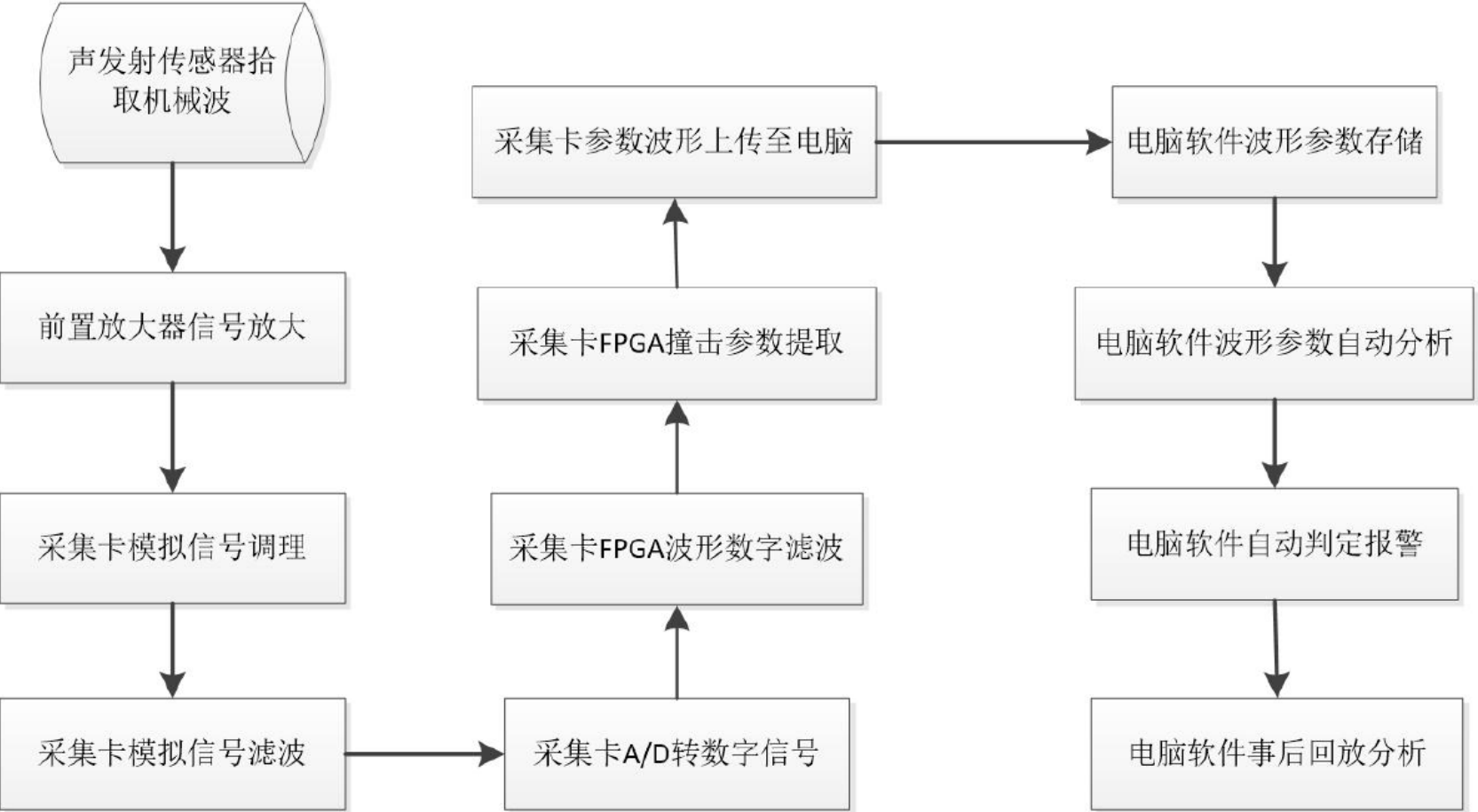
与其他的无损检测如超声波、振动、磁记忆方法相比，声发射最突出的特点是具有很高的灵敏度，能够连续进行在线无损监测，与振动分析法相比，声发射技术更能准确地探测到零件早期的微小缺陷。

声发射监测技术	其他无损监测技术
长期连续在线监测	间断局部扫描
不需发射探测信号	需要发射探测信号
对材料缺陷敏感性较高	对材料缺陷敏感性较低
几乎不受材料限制,对环境要求低	很容易受到材料限制,对环境要求较高
检验时间较短,一次试验中即可探测和评价 整个结构中活性缺陷的存在	检验时间较长,有时需要多次试验才可断定缺陷存在
存在问题:易受噪声干扰、具有不可逆性;无法精确确定 发射源,有时需要其他无损检测方法进行局部复检	存在问题:监测过程易受缺陷位置、几何形状影响



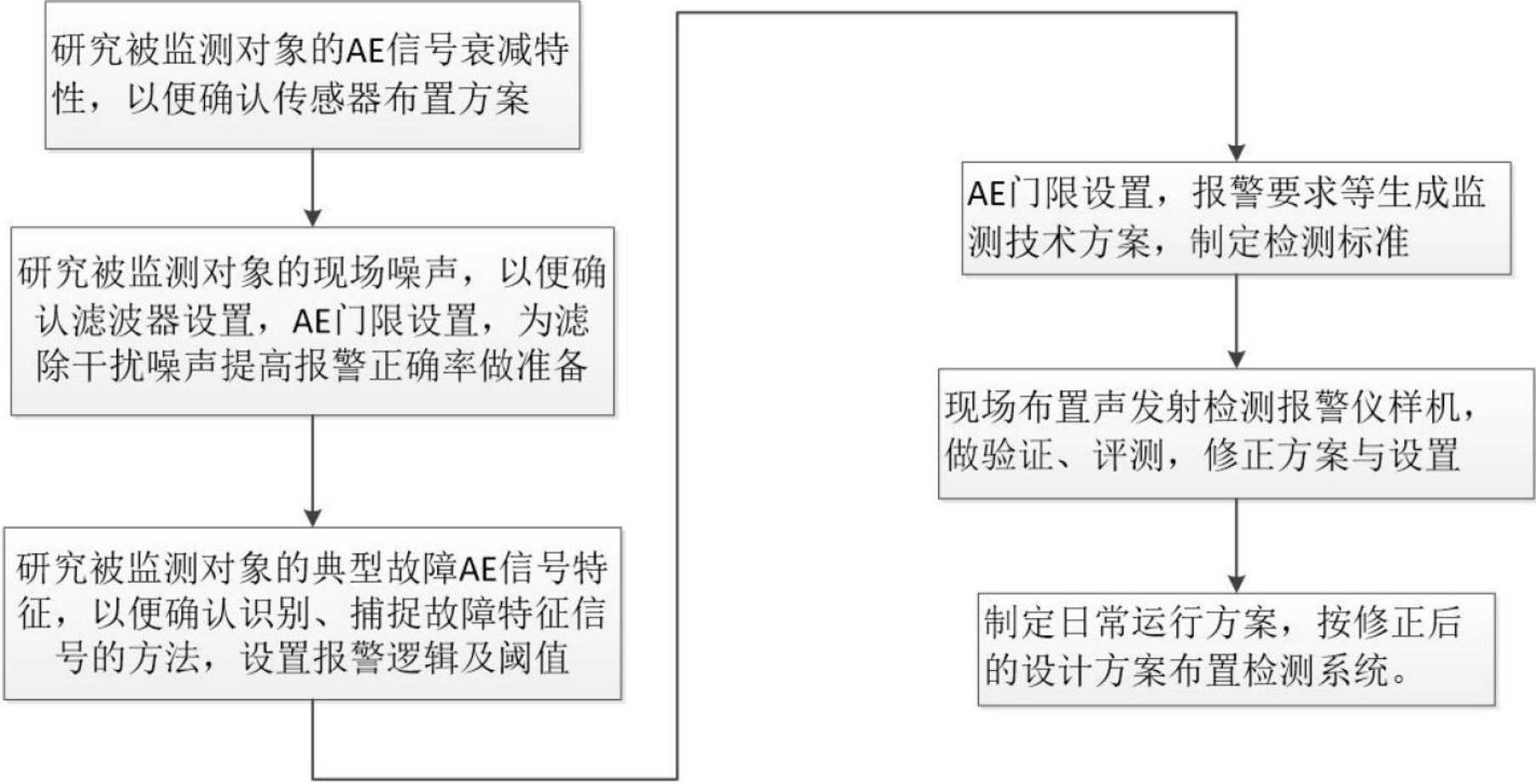
基于声发射技术的磨损探测

- 声发射检测信号处理流程



基于声发射技术的磨损探测

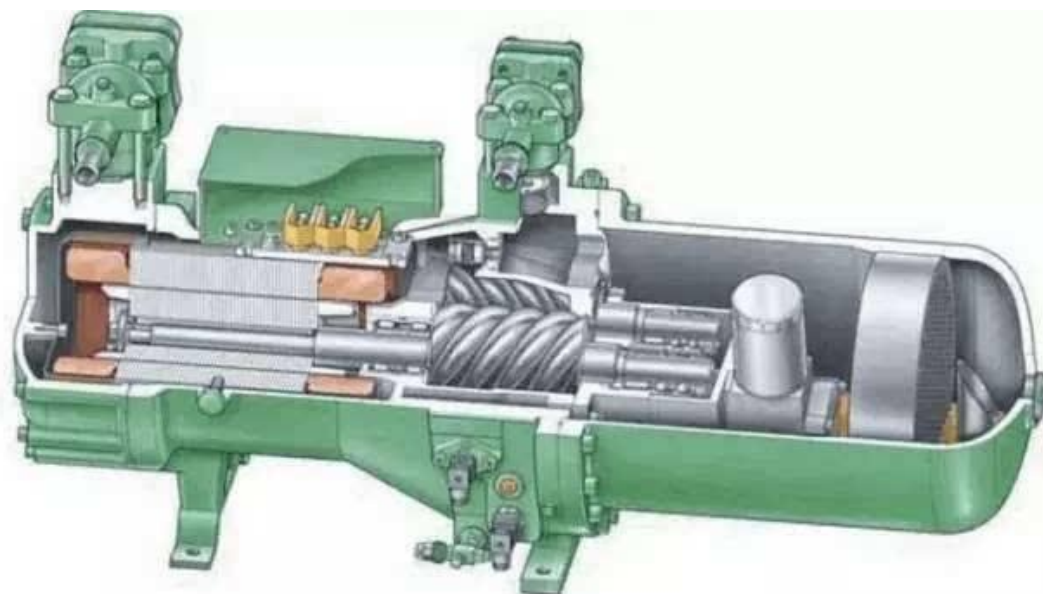
- 检测方案实施工作流程



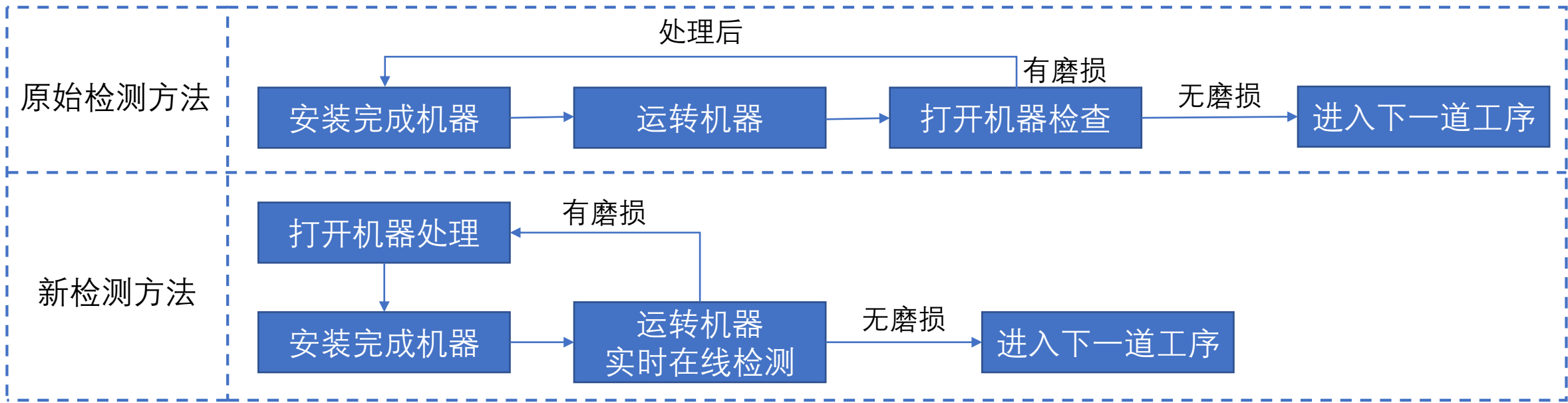
基于声发射技术的磨损探测

• 应用案例—空调压缩机轴承状态检测

空调轴承众多零部件的精度及安装等诸多因素有可能导致新生产的空调轴承存在运转状态轴承发生磨损的严重情况，如不检测确定和消除，有可能导致空调出厂后使用过程中快速磨损，甚至短时间内烧坏轴承，导致空调报废重大损失。



基于声发射技术的磨损探测



意义:

增加运转过程在线检测，减少运转后打开机器目测检测磨损和在重新装好机器的工序，节省大量时间和人工，降低成本和提高生产效率。



基于声发射技术的磨损探测

- 轴承磨损声发射信号的分析判定原理

1) 无磨损无润滑问题的声发射信号及判据:

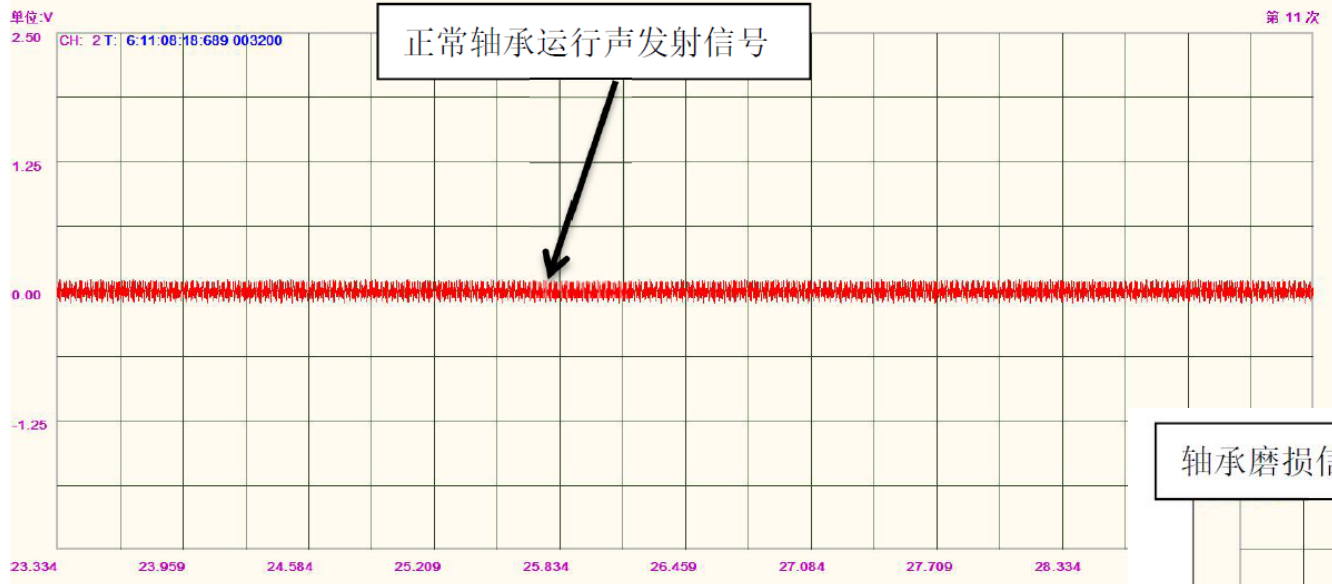
通过大量有效声发射信号数据和机器打开后检测无磨损的验证（假设新设备试验没有润滑问题），确定典型无磨损无润滑问题的声发射信号信息及判据，可以但不仅限于幅度、计数、能量、频率等特征声发射参数和信号处理方法及设置。

2) 有磨损或和有润滑问题的声发射信号及判据:

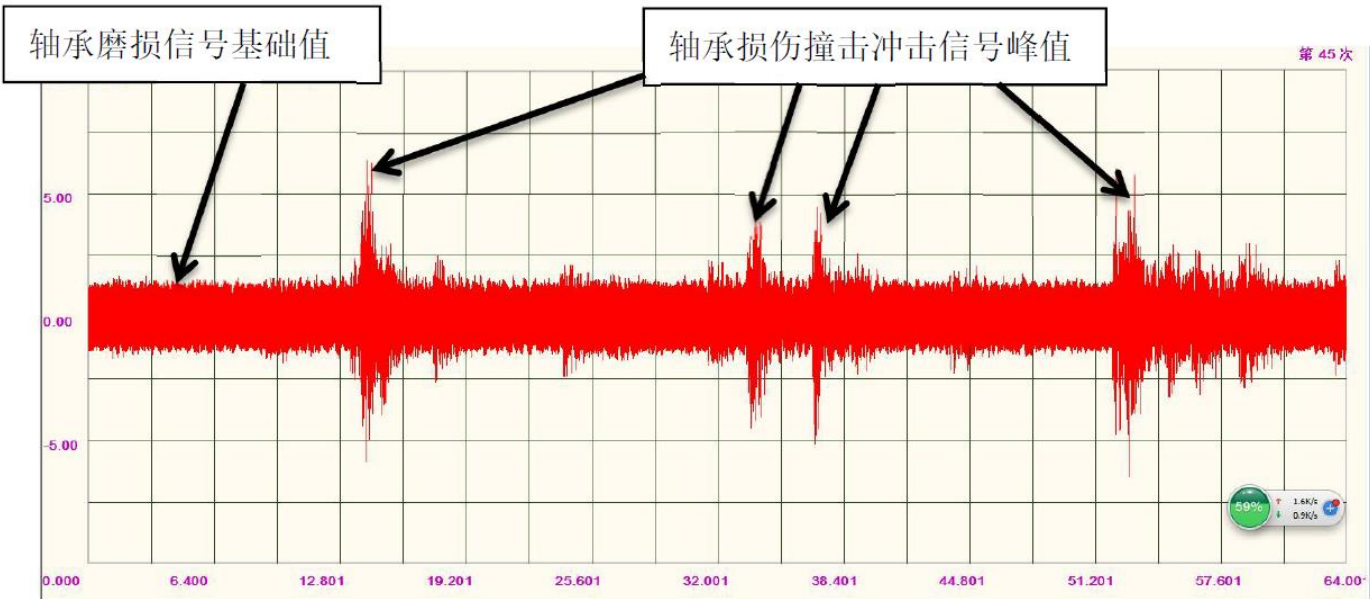
通过大量有效声发射信号数据和机器打开后检测有磨损或和有润滑问题的验证，确定典型有磨损或和有润滑问题的声发射信号信息及判据，可以但不仅限于幅度、计数、能量、频率等特征声发射参数和信号处理方法及设置。

基于声发射技术的磨损探测

正常轴承运行会产生基础的声发射信号，同时伴有电磁辐射噪声信号，采集这些声发射信号，以便在监测时设定频域滤波器及信号触发门限，为滤除干扰噪声提高报警正确率做准备。



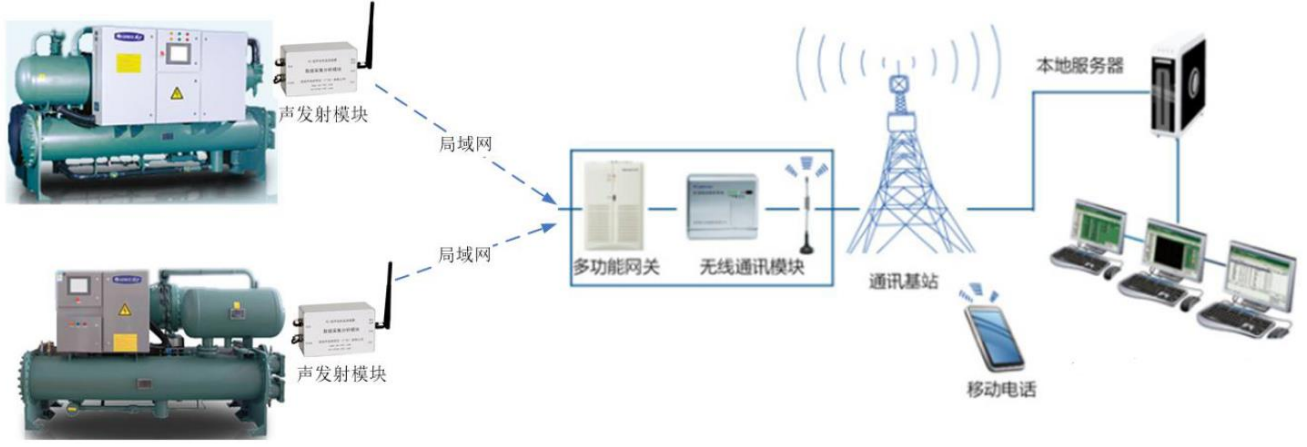
轴承由于烧蚀、滚珠破损等原因产生了相当大的不规则，会随机产生高能量的单个冲击声发射撞击信号，通过测试这种损坏轴承，得到能轴承严重损坏状态与声发射信号撞击峰值的对应关系。



基于声发射技术的磨损探测

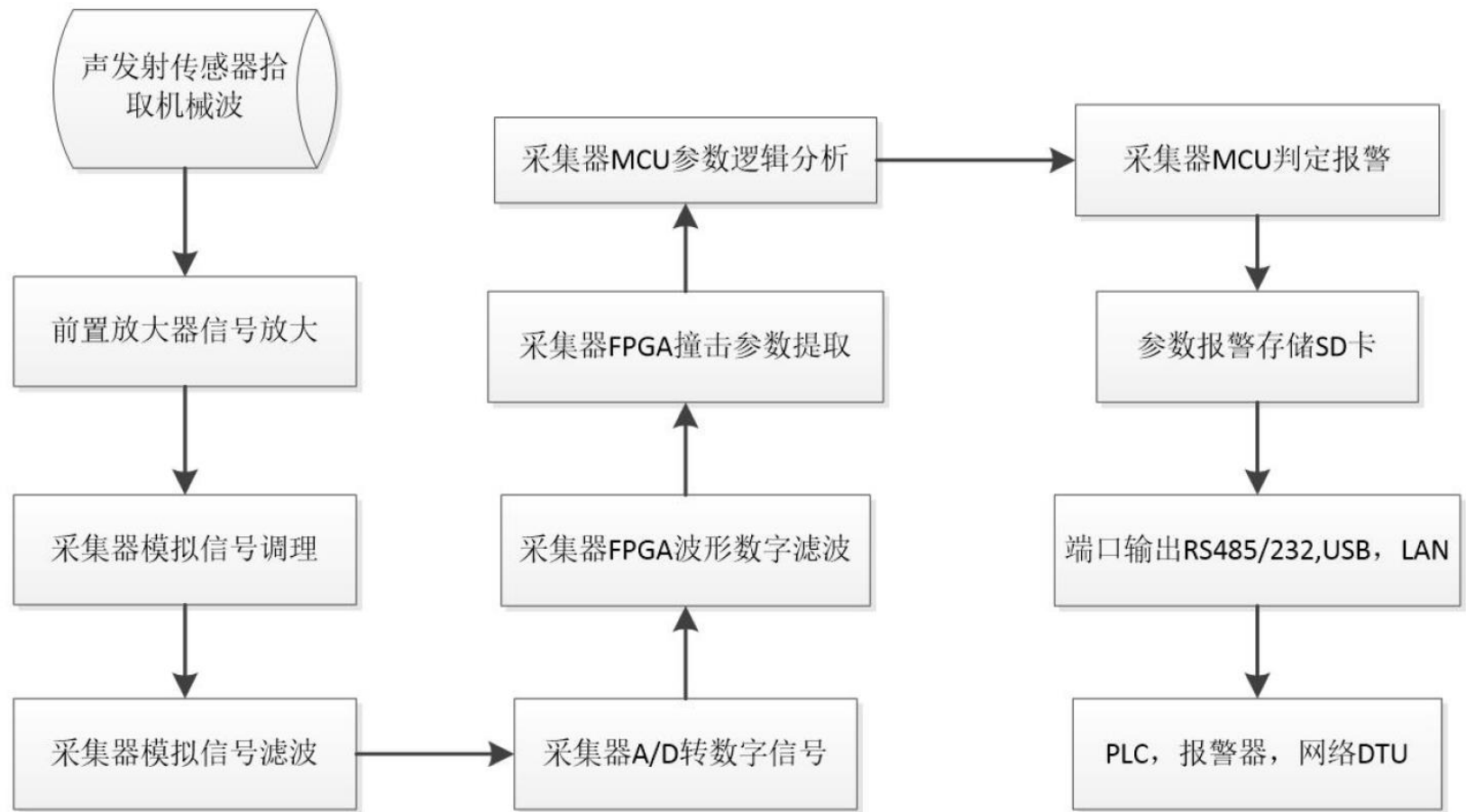
- 空调使用全寿命期间轴承润滑及磨损状态声发射检测报警系统

声发射监测报警监测系统由采集器，传感器，通讯模块3个部分组成，适合作为空调主机配套的附件，在空调主机交付用户后，在运行中做长期监测，具有24 小时连续工作的高可靠性。可不依赖用户操作的电脑进行独立自动采集及统计处理声发射信号，可在云服务端设置报警门限，自动将报警判定结果推送至用户手机，实现及时报警通知。多个采集器可组成监测网络，同时对大型或超长设备设施实时监测。



基于声发射技术的磨损探测

- 声发射监测报警系统信号处理



我们的优势

1. 专注耕耘华南市场10年+, 为客户提供本地化管家式服务;
2. 以客户需求为中心提供软、硬件一体化解决方案;
3. 针对客户痛点工程问题提供一站式技术咨询服务;
4. 以投入产出比、易用性、求解精度、可扩展性四个方面为客户提供科学的平台搭建建议;

Thank you

