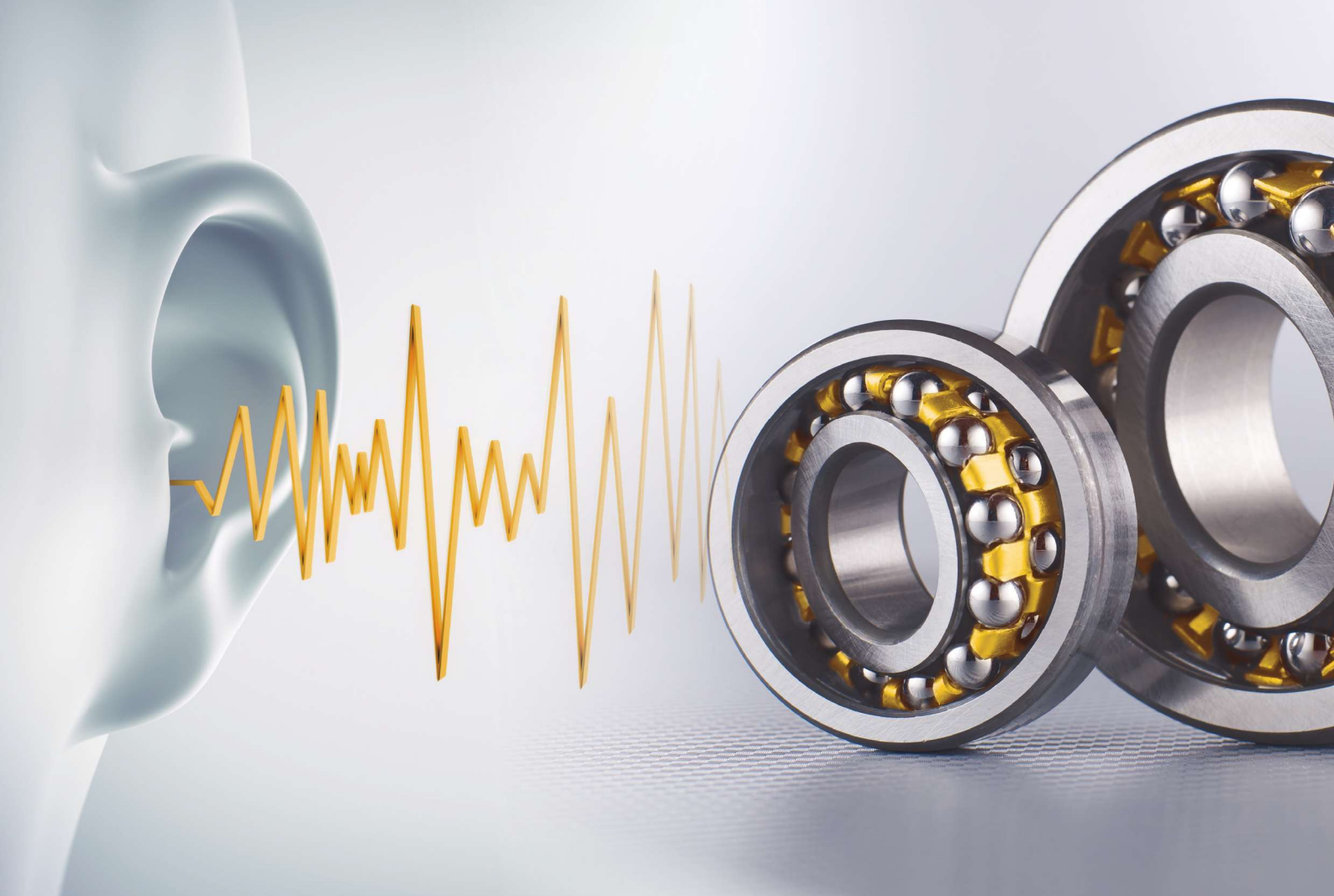




白皮书

低噪音轴承

特种润滑剂如何改善轴承噪声问题

KLÜBER
LUBRICATION
your global specialist

简要概述

在当今多数应用场景中，轴承不仅需要满足长寿命或高转速的性能要求，低噪声运行也日益成为一项基本标准。只有采用经过优化的滚动轴承设计并配合最佳安装条件，才能实现这一目标。这对轴承结构及其润滑方案提出了更高要求。事实上，润滑剂作为“延伸设计要素”，对轴承实现静音运行具有决定性影响。

当前，终端用户对低噪声轴承的需求持续增长。在汽车制造与家电设备等诸多领域，轴承的噪声水平都需满足极为严格的标准。因此，掌握低噪声轴承的设计能力已成为轴承制造商的核心竞争优势。同时，在润滑剂的选择上也应给予充分重视，确保其与具体轴承结构实现良好匹配，以进一步优化整体性能。

市场对低噪声轴承的需求持续攀升

电器设备中的噪声成因复杂，轴承及其润滑剂是其中的重要影响因素之一。具备严格公差范围的精密轴承是实现低噪声运行的基础条件，而润滑脂对运行平稳性同样具有关键作用。即使是微米级颗粒也可能引发运行扰动：当滚动体碾过润滑剂中的颗粒时会产生脉冲振动。多数情况下，这些颗粒会被推离滚道，从而消除影响；但在其他情况下，固体颗粒会被压入滚道，进而增大噪声。

为消除设备中的异常噪声源，必须选用能够显著抑制轴承噪声的润滑脂，此类产品被定义为“低噪声润滑脂”。与传统润滑脂可能含有固体颗粒不同，低噪声润滑脂杜绝此类杂质，具有极高的纯净度，并通过在受控条件下精心设计的工艺生产实现。其降噪效果差异，可类比为汽车行驶于平坦沥青路面与颠簸鹅卵石路面的体验对比。

如何评估滚动轴承的低噪声性能？

对滚动轴承制造商及将轴承集成至终端产品的企业而言，建立一套可对比评估不同润滑脂噪声水平的标准化方法具有重要实用价值。

目前，各轴承制造商普遍拥有专属的低噪声润滑脂测试体系。例如在欧洲厂商中，SKF-MoreQuiet 与 SKF-BcQuiet+测试方法已被纳入技术规范；日本低噪声轴承制造商则普遍采用 Anderometer 进行轴承及润滑脂检测；中国制造商主要使用 BVT-1A 与 S0910-III 型检测设备。由于轴承噪声检测尚未形成全球统一标准，未来预计将出现更多检测方案。克鲁勃润滑剂公司可为各轴承制造商提供低噪声润滑脂产品，并能依据客户指定的检测方法执行批次测试与质量认证。润滑脂噪声检测的核心目的在于评定其噪声品质等级，同时这些测试也为低噪声润滑脂的研发与持续优化提供了关键支持。

短期噪音测试

尽管测试方法各异，但各类方案仍具备若干关键共性。除非旨在评估润滑脂的长期性能，否则测试对象通常为新注脂状态的轴承。为确保结果可比性，所有测试均采用标准型号与尺寸的轴承进行。测试轴承的状态（如使用时长与磨损程度）需保持一致。鉴于使用过的润滑脂存在不可预测的参数变化，其噪音测试难度较高，因此现行多数测试标准仅适用于新润滑脂。

在各类测试方法中，润滑脂加注量需根据轴承尺寸精确确定。测试过程基本实现自动化，以排除操作人员主观因素及外部污染对结果的干扰。该过程的关键在于实现精准的润滑脂计量、可靠的峰值测量，并选用具备优异噪声特性的测试轴承。

以下参数需重点关注，并可用于不同润滑剂之间的对比分析：

- 基于碾压颗粒的润滑剂平稳运行等级
- 润滑剂阻尼特性
- 启动性能表现
- 运行噪音平稳度
- 润滑剂引发轴承永久性损伤的判定



低噪音润滑脂的典型应用

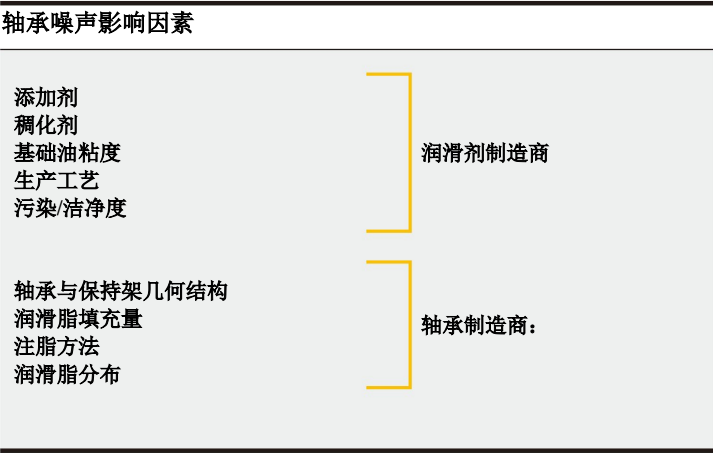
低噪音润滑脂多年来已广泛应用于计算机风扇、硬盘及驱动器轴承。其另一重要应用领域为家用电器（如真空吸尘器）的轴承系统。随着电动机中滚动轴承使用量的持续增长,采用低噪音润滑脂可显著提升用户舒适度。需要特别指出的是,低噪音特性在电动汽车领域同样是不可或缺的核心要求,因此针对车用轴承润滑脂普遍制定了相应的噪声规范。特定汽车部件（如转向机构）需遵循制造商制定的噪音标准,并须通过相应的部件测试。

通过不同测试方法所确定的润滑脂低噪音特性,被广泛用作进货检验与成品检验的质量依据。润滑剂制造商通常对每批产品进行检测;轴承制造商则通过跑合测试与噪音测试,对注脂密封轴承作进一步质量验证。

润滑剂的降噪效果受多重因素影响。较高的基础油粘度通常有助于实现更优异的阻尼效果。此外,稠化剂的类型与其微观结构,以及添加剂的选用,也均对产品的阻尼特性具有提升作用。

影响滚动轴承噪声产生的因素有哪些？

下列图表展示了影响轴承噪声产生的各项因素概览:图表表明,润滑剂制造商对注脂轴承噪声性能的影响程度,可能显著高于轴承制造商。



常用低噪声测试方法概览（1 分钟短期测试）

测试	轴承类型	测量方法	主要评判标准	评级标度	
				良好	差
SKF MoreQuiet	608	噪声等级/启动特性	阻尼特性与峰值/启动过程	I/1	> IV/9
SKF BeQuiet+	608	噪声等级	峰值数量与强度	GN4	GNX
BVT-1A	可变轴承类型, 内径最小3毫米, 外径最大170毫米	噪声等级/ 启动特性/峰值	阻尼特性、峰值、启动性能	1, 1, 1	> IV,9,9
Anderometer（克鲁勃润滑剂公司测试方法）	可变轴承类型, 最小内径3毫米, 最大外径15毫米	噪声等级/ 启动特性/峰值	阻尼特性、峰值、启动性能	1, 1, 1	> IV,9,9
S0910 III	608型轴承, 可变参数	噪音等级/启动特性/峰值	阻尼特性、峰值、启动性能	1/1/1	4/4/4

润滑脂寿命周期内的噪声变化规律

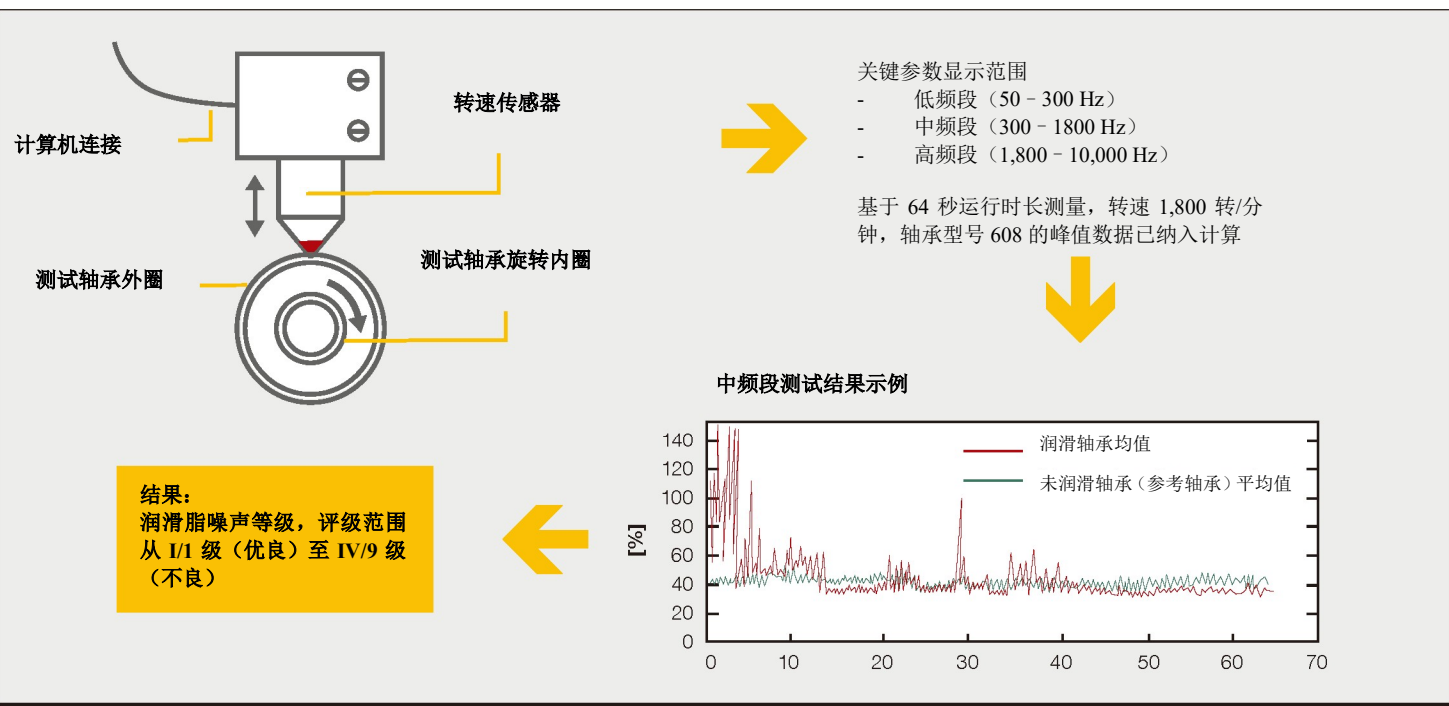
众所周知，轴承或润滑脂中的颗粒物在持续碾压过程中会引发或加剧噪声。随着轴承运行中磨损的积累，噪声水平通常相应升高，因此轴承磨损与噪声增大往往呈伴生关系。严重污染可能因过度磨损导致轴承失效，此类情况下轴承的实际使用寿命将显著低于理论计算值。异常增大的噪声可视为预警信号，提示轴承可能存在过度磨损甚至临近失效。

除第 3 页所述的“1 分钟短期噪声测试方法”外，还需进行更多测试，

才能就轴承整个寿命周期内的噪声表现得出可靠结论。而短期测试主要用于检测润滑脂中是否存在可被碾压的颗粒物。为避免颗粒物引发噪声问题，可采用两种方式：确保润滑脂在生产过程中无颗粒杂质混入，或基于流变学原理*设计配方以阻止颗粒发生迁移。

润滑脂的分布特性直接决定颗粒是否会进入接触区域，而该特性又取决于其流变学性能。克鲁勃润滑剂公司拥有配套的测试方法，可深入解析润滑脂的流变学特性。通过配方设计与生产工艺的优化，能够有效判定润滑脂是否具备抗颗粒迁移的能力。

测试原理示例：SKF MoreQuiet



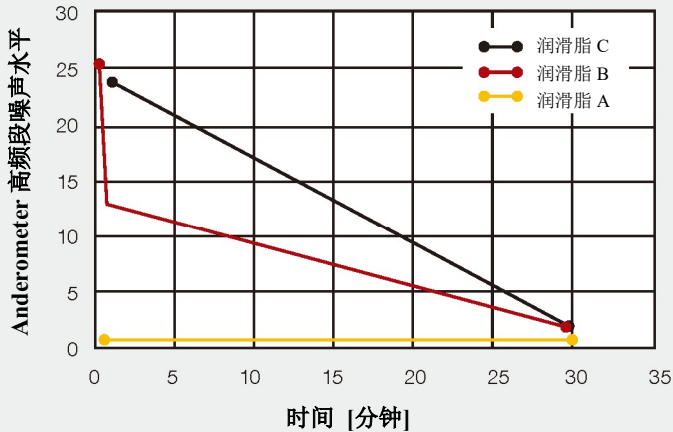
* 流变学主要是研究材料的形变与流动特性。

然而对多数润滑脂而言，一分钟噪音测试尚不足以使其充分分布。延长测试时间有助于更准确掌握跑合过程的特性。

该滚动轴承测试持续监测前 30 分钟内的噪声变化，可准确识别润滑脂实现均匀分布的时间节点。图示案例呈现了三种锂基润滑脂各自特有的跑合行为特征。

30 分钟测试方法示例

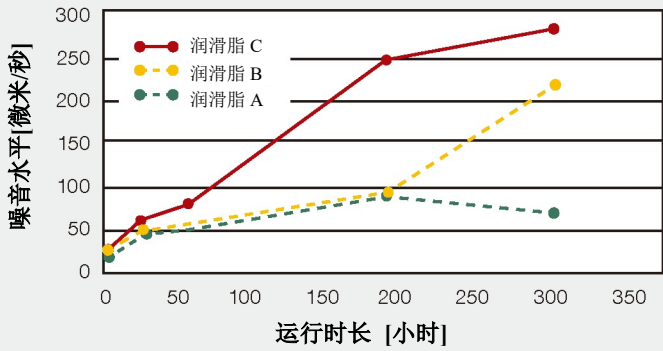
润滑脂 A 在 30 分钟磨合期内始终保持极低的噪声水平。润滑脂 B 与 C 虽不属于低噪声润滑脂，但在运行数分钟后可逐渐呈现低噪声特性。润滑脂 B 的初始磨合时间约为 2 分钟，但需持续运行 30 分钟方能达到与润滑脂 A 相近的噪声水平。



为获取润滑脂在全生命周期内的噪声演变数据，克鲁勃润滑剂公司采用滚动轴承终身测试与噪声测试（本案采用 BVT-1A）相结合的检测方案。在噪声特性评估方面，该方法主要关注数百小时运行后润滑脂膜的形成状态，而非颗粒碾压所引发的噪声。润滑剂油膜厚度越薄，系统越可能在混合摩擦工况下运行。这意味着轴承套圈、滚动体及保持架间的表面粗糙峰将产生接触，进而可能导致轴承振动加剧。

300 小时测试方法示例

根据 300 小时测试数据图显示，三种润滑脂在运行周期内呈现不同的噪声特性。在 64 秒短期测试中，三者均表现出相近的良好性能。润滑脂 2 在约 180 小时后出现噪声水平快速上升，暗示其可能存在分布不均（润滑不足）或磨损问题；润滑脂 3 则在运行数分钟后即通过升高的噪声水平显现出磨损迹象。这表明润滑脂的低噪声特性在轴承寿命期间可能发生显著变化。



如何根据需求选择润滑脂？

为何不存在适用于所有工况的通用低噪音润滑脂？这是因为除噪声性能外，润滑脂的选择还需综合考虑多项特定应用参数，包括长效润滑能力、高低温适用性、高转速适用性，以及与轴承保持架材料或弹性密封件的兼容性。

多年来，克鲁勃润滑剂公司持续开发系列低噪音润滑脂产品，通过采用优化的原材料与特殊生产工艺，确保产品具备卓越的纯净度，能够满足不同应用场景下的多样化需求。

若您的应用既要求低噪声特性，又需兼顾长使用寿命、优异抗磨损性能或平稳运行等多项指标，欢迎将具体需求规范提供给我们。克鲁勃润滑剂公司的专家将为您提供专业选型建议，协助选择最符合您需求的润滑产品。