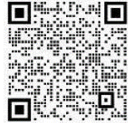


沈阳瑞思达轴承有限公司 SHENYANG TOTAL BEARING CO.,LTD.

Tel: 024 22945833 22923833 24853899 Fax: 024 88729249

Mobile: 13940483518 15640413155 (微信)

Web: <https://www.rstbearing.com.cn>



TIMKEN



Timken® 轴承损伤分析及润滑参考指南

警告
不遵守下列警告事项可能造成死亡或重伤。

正确的维护和操作程序非常重要。
请务必遵守安装说明并保持适当的润滑。

切勿使用压缩空气旋转轴承。滚子可能会被强制弹出。

轴承过热可能引燃易爆气体。在可燃气体的含量或谷物、煤及其他可燃物料粉尘的聚集量可能达到爆炸水平的环境中或周边使用的轴承在选择、安装、维护和润滑方面必须特别注意。请咨询设备设计者或供应商，了解安装和维护说明。

如果拆装零部件时需要用到铁锤和钢棒，请使用低碳钢棒（例如 1010 或 1020 等级）。低碳钢棒能够降低铁锤、钢棒或待拆卸零部件释放出高速碎片的可能性。

警告
不遵守下列警告事项可能造成重伤。

过盈配合的轴承组件之间可能存在很高的拉伸应力。
试图通过切割内圈的方式来拆卸这些组件可能造成组件突然破裂，导致金属碎片被强制弹出。将轴承从轴上取下时请务必使用带有适当防护措施的轴承拉拔器，并始终穿戴包括护目镜在内的个人防护装备。

注意
不遵守下列注意事项可能造成财产损坏（并带来人身伤害）

请勿使用已损坏的轴承。
请勿使用已损坏的带座轴承单元。
(使用已损坏的轴承可能造成设备损坏以及人身伤害。)

注

安装及拆卸轴承时应避免用力过猛。
请遵守所有公差、配合和扭矩建议值。
请务必遵守原始设备制造商提供的安装和维护说明。
请确保正确定位。
切勿焊接带座轴承。
切勿使用明火加热元件。
切勿将轴承加热超过 121°C (250°F)。

免责声明

本目录仅供您在选择产品时作为分析工具和数据辅助使用。产品性能受到诸多不受铁姆肯公司控制的因素影响。因此，您必须根据您的应用环境验证所选产品的适合性和可行性。

铁姆肯公司产品根据铁姆肯公司的销售条款和条件进行销售，其中包括有限保修和补救措施条款。具体内容见 www.timken.com/termsandconditionsofsale。如需获取详情或协助，请咨询您的铁姆肯公司工程师。

铁姆肯公司已尽力确保本文件中所含信息的准确性，但并不对其中的错误或疏漏等负责。

适用于此产品线的警告事项见本目录和 www.timken.com/warnings。



轴承的工作环境非常严苛

污染严重、润滑不良、温度极高、振动剧烈，这些因素都会导致轴承的表面在日常工作中被划伤。

而这些因素正给了铁姆肯公司一个大好机会来展现我们的精深知识。

我们的销售和服务工程团队为来自几乎所有行业的客户解决问题并制定解决方案。凭借丰富的经验以及在材料科学和摩擦学领域从事研究的悠久历史，我们的团队足以成为能帮助您分析轴承损伤情况的专家。

我们希望与您分享这方面的知识。我们制作这份参考指南，目的是帮助您识别最常见的轴承损伤类型，说明潜在的损伤原因，并探讨避免这些损伤的必要措施。我们还加入了有用的轴承参考资料和润滑指南，供您参阅。

如果您的轴承损伤情况不在这份参考指南所介绍的范围之内，或者如果您需要我们的协助，请随时来电。我们的服务工程师可以和您一起（通常在现场）查找导致问题的根本原因。我们还能针对您所在的行业或应用环境为您提供定制的深度培训。

要应对这样的行业或应用环境并不轻松。让我们帮助您更加顺利地开展业务。



更多信息参阅《工业轴承维护手册》
(订购号: 10213C)。

目录

轴承损伤分析的准备工作和方法	6
轴承损伤的类型	
磨损 —— 研磨损伤	7
磨损 —— 麻点和擦伤	8
磨损 —— 槽痕	8
浸蚀 —— 腐蚀	9
润滑不足	10
疲劳剥落	12
过量预负荷或过载	13
游隙过大	14
偏心和轴承座/挡肩加工偏差	14
操作和安装损伤	15
轴承保持架或保持架损伤	16
凸点与配合不当	17
轴承座或轴的配合不当	18
布氏压痕和冲击损伤	19
假性布氏压痕	20
电流蚀痕	21
偏心环破裂	21
 了解轴承的寿命	
轴承的使用寿命	22
 润滑参考指南	
影响润滑性能的因素	23
润滑指南 —— 需要的润滑脂量	26
 术语表	27
 轴承的种类和命名法	29
 圆锥滚子轴承速度性能指南	30
 安装滚子轴承的温度指南	31
 内圈孔径增长膨胀率	32
 英制和公制单位的换算	33
 毫米、分数和小数英制换算表	34
 温度换算表	35
 铁姆肯公司轴承解决方案	36
 铁姆肯公司产品和服务解决方案	38

轴承损伤分析的准备工作和方法

轴承损伤：事实概述

铁姆肯公司对世界各地的轴承运转情况进行分析。我们的轴承维修专家发现，返修的轴承当中有 50% 并没有达到预计的使用寿命。

在一些案例中，接触疲劳（夹杂物因素、表面凸物因素、几何应力集中和微剥落）是导致这种情况的原因。但是，90% 案例的原因属于非疲劳因素，包括：

- 异物
- 腐蚀
- 润滑不足
- 操作不当
- 运转条件恶劣

如果您担心您的轴承状况正在恶化，请查看是否存在下列现象：

- 振动——用手感知或者用频率分析仪测得的振动
- 异常噪音
- 旋转中心线移位
- 运转温度升高
- 异常气味
- 润滑油变质
- 润滑油泄露
- 日常保养过程中目视检查发现的情况

轴承损伤分析的准备工作与方法

为了实现精确、完整的分析，对轴承损伤和系统故障的检查应按照以下步骤进行。如果在轴承损伤分析过程中需要协助，可与铁姆肯公司销售或服务工程师联系。

1. 从轴承监测装置上获取运行数据；分析服务、维护记录以及表格；取得应用图表、图形或蓝图。
2. 准备一份检查表格，以记录所有观察项目。对整个过程进行拍照，用于辅助描述/说明损伤的部件。
3. 分别在轴承、轴承座和密封区域内，提取使用过的润滑剂样品，以确定润滑剂的状况。单独包装并做好标签。
4. 提取未使用过的新润滑剂样品备用。记录包装箱上列名的规格数据或批次信息。获取随附润滑剂一同发运的技术规格说明和所有相关的材料安全资料（如操作、处理和毒性信息）。
5. 检查轴承的应用环境中的一些外部因素，包括之前发生的或在轴承损伤报告时正在发生的其它设备问题。
6. 拆卸设备（部分或全部）。对已安装的轴承进行评估，并做好记录。
7. 检查其它部位零件的状况，特别是与轴承相邻的零件，如锁紧螺母、连接器、密封圈和耐磨环等。
8. 在拆卸前，标记和记录轴承和其它部件的安装位置。
9. 用校准的量具测量并核准轴和轴承座的尺寸、圆度以及锥度。
10. 完成拆卸后，在清洗部件之前，记录下对润滑剂的分布和状况的观察结果。
11. 清洁零件，并按照轴承圈上的标记，记下制造商的信息（零件号、序列号、日期编码等）。
12. 分析内部滚动接触表面、负荷区及对应的外部表面的状况。
13. 涂上防腐油，并重新包装好轴承，以避免腐蚀。
14. 编制一份记载所有数据的摘要报告，用于日后与铁姆肯公司的销售或服务工程师共同讨论。

轴承损伤类型

轴承损伤在很多不同的运行条件下都有可能发生。本节对滚动轴承最常出现的损伤情况进行了阐述，包括圆柱滚子轴承、调心滚子轴承、圆锥滚子轴承以及球轴承等。重点提示：正确的轴承维护与操作是确保轴承性能达到最佳的关键。

磨损——异物

滚动轴承最常见故障之一就是由于异物所引发的磨损和损伤，异物会造成研磨损伤、擦伤或圆周线痕（槽痕）等。

研磨损伤

进入轴承内部的微小的异物可能会引起轴承过度研磨损伤。沙粒、磨削和机加工过程中产生的金属微粒以及齿轮带来的金属微粒或碳化物都会磨损或研磨滚子和滚道。在圆锥滚子轴承中，滚子端面和内圈挡边的磨损程度要比滚道更加严重。这种磨损能造成轴向游隙或内部间隙扩大，进而降低轴承的疲劳寿命，导致轴承的偏心。此外，磨损也会影响轴承所在机器的其他零件。异物可能通过已严重磨损或失效的密封圈进入轴承。轴承座和零件初次清洗不干净，或过滤器失效，过滤器维护不当，将导致磨粒积聚。

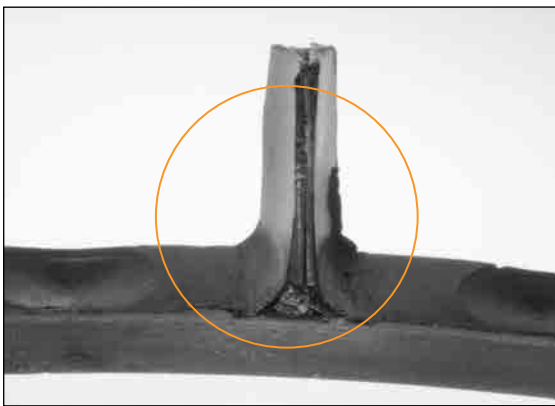


图 1. 微粒污染物进入调心滚子轴承后，保持架表面、滚子与滚道之间出现磨损。

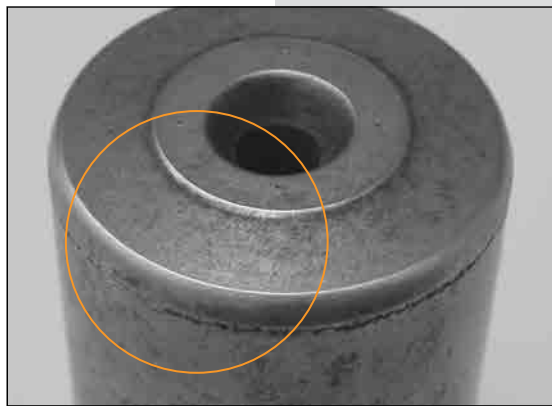


图 2. 调心滚子轴承在滚子端面产生磨损，也是由微粒污染物造成的。



图 3. 微粒污染物造成圆锥滚子轴承磨损。

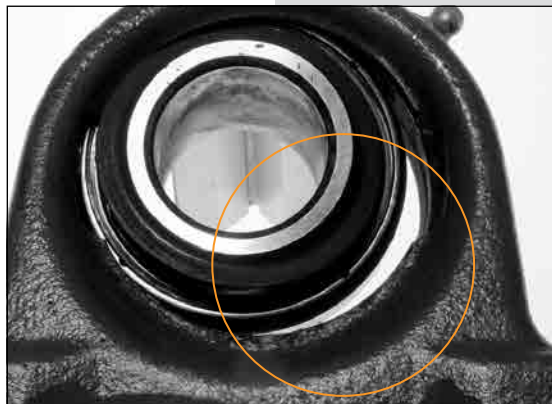


图 4. 恶劣环境下接触磨料和水，使带座轴承严重磨损。

磨损——麻点与擦伤

硬质颗粒在轴承内滚动可引起滚子和滚道的麻点和擦伤。轴承座清洁不当而残留的金属碎片或大颗粒灰尘将导致过早出现疲劳损伤。外部碎屑污染通常是由灰尘、沙粒和环境颗粒造成的，而内部碎屑污染则一般由齿轮、花键、密封圈、离合器、制动器、接头以及轴承座等清洁不当或部件发生损伤或剥落所致。硬质颗粒随着润滑过程在轴承中游走，最终导致轴承内表面擦伤（压伤）。压痕形成突起，引起表面应力的集中，造成轴承表面早期损伤，降低轴承的寿命。



图 5. 因碎屑污染物擦伤发生表面剥落的圆锥滚子轴承内滚道（内圈）。

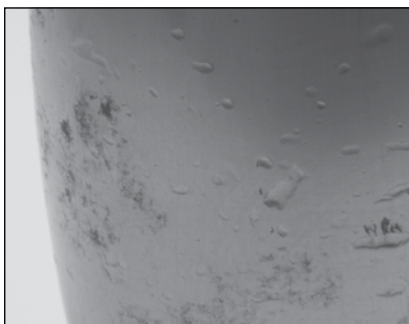


图 6. 调心滚子轴承被硬质颗粒擦伤。



图 7. 由其他疲劳零件、密封松动或维护不当所产生的碎屑导致圆锥滚子轴承的滚道擦伤。

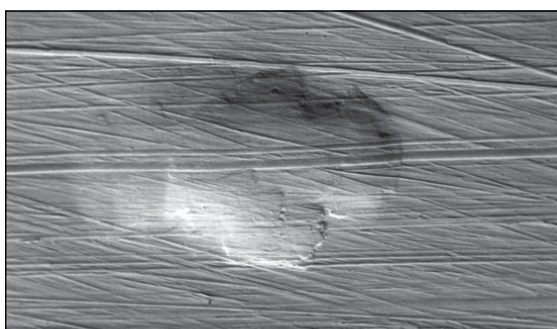


图 8. 此图片在显微镜下拍摄，反映了碎屑污染物对轴承滚道的擦伤效应。相应的压痕表面图如右图 9 所示。

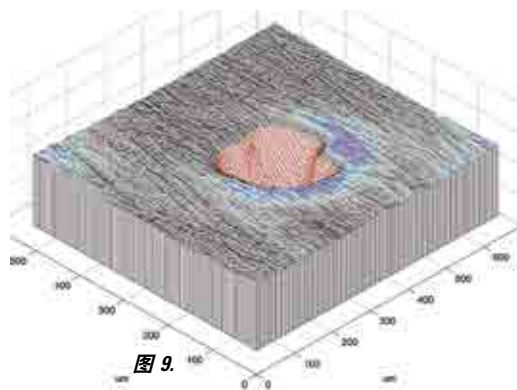


图 9.

槽痕

槽痕是由碎片或金属颗粒造成的极度严重的磨损。这些污染物嵌入软质保持架材料，导致滚动构件出现刻槽，这将影响滚动接触几何形状，降低轴承使用寿命。

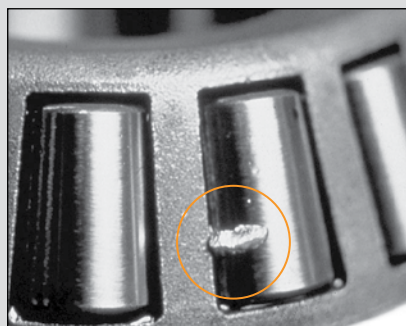


图 10. 大颗粒污染物嵌入软质保持架材料，导致槽痕。



图 11. 水平槽痕导致不当的滚动接触，降低轴承寿命。

浸蚀——腐蚀

浸蚀或腐蚀是抗摩擦轴承遇到的最严重的问题之一。轴承滚道及滚子表面高精度的加工，使其极易受到湿气和水的腐蚀。

浸蚀通常是由于轴承座内温度变化，内部空气冷凝，水分不断积聚所造成的。而湿气或水时常从损伤的、破损的或不适当的密封圈进入轴承。此外，轴承在拆卸、检查时，由于清洗和干燥不当，也会引起这样的损伤。在轴承清洗和干燥以后或将轴承放入仓库之时，都应当涂上润滑油或其他防腐剂，并用保护纸包装好。无论是新轴承还是旧轴承，都应放置在干燥区域，包上原包装，降低在安装前出现静态腐蚀的可能。



图 12. 图中外圈滚道呈现严重腐蚀。这种类型的腐蚀可能只是表面锈斑，而非点蚀。如果用细金刚砂布或磨粉布可以将污点清理干净，则轴承可再次使用。但如果存在麻点，而且用轻度抛光也清除不掉，则应当弃用；或者如果可行，将其重新打磨。



图 13. 圆柱滚子轴承的内圈出现浸蚀和腐蚀现象。



图 14. 由于内圈滚道和滚子受到高度腐蚀和点蚀，该轴承不能再使用了。



图 15. 球轴承的内圈和保持架被水严重腐蚀。



图 16. 球轴承的外滚道呈现出浸蚀和腐蚀。

润滑不足

润滑不足这个术语可以用来描述很多种可能发生的损伤情况。这些情况的共同特征是：在轴承运行的过程中，润滑剂不能够充分地隔离开轴承滚动和滑动接触的表面。

对于不同的轴承系统，应当根据经验、负荷、速度、密封系统、运行情况以及预期寿命等因素来正确设计所需润滑剂的用量、类型、等级、供应系统、粘度及添加剂，这一点十分重要。如果未适当考虑这些因素，则轴承性能及其运行性能可能达不到预期的效果。

由润滑不足所导致的轴承损伤表现迥异，可能是非常轻微的热变色伴有滚子大端擦伤，也可能是轴承整体锁死伴有极端的金属扭曲。

以下部分阐述因润滑不足导致的不同等级的轴承损伤：

一级损伤——热变色

- 金属之间接触导致轴承温度过高
- 高温导致滚道和滚子变色
- 一般情况下，变色是从润滑剂影响到轴承表面。还有一些情况是高温导致金属变色



图 17. 一级-骤升的工作温度导致变色。

二级损伤——擦伤和剥落

- 润滑不足或完全没有润滑
- 错误地选择润滑剂或润滑方式
- 温度变化
- 运行条件的骤然变化



图 18. 二级-重载、低速或是骤升的工作温度使油膜过薄导致微剥落。



图 19. 二级-不足的润滑油膜导致严重的挡边擦伤。

三级损伤——滚子端过热

- 润滑油膜不足引起滚子大端面的高温和擦伤。



图 20. 三级—金属间接接触导致圆锥滚子的热损伤。

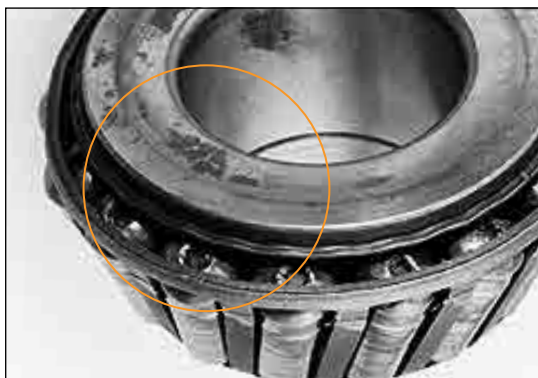


图 21. 四级—过热导致滚子上严重的金属流动以及内圈挡边的变形和保持架的扩张。

四级损伤——整个轴承锁死

- 过高温度导致轴承上的金属流动，改变轴承的材料属性和原本的内部几何结构。
- 这将导致滚子形变，保持架破坏，金属变形和轴承彻底损坏。

仔细检查所有轴承，齿轮，密封，润滑剂和周边部件可帮助判断损伤的主要成因。关于润滑状况对轴承性能的影响，可以参考润滑指南的第23页。



图 22. 四级—整个轴承锁死的例子。

疲劳剥落

简单说来，剥落是指轴承材料出现麻点或脱落。剥落最初发生在滚道和滚子上。需要指出的是，本参考指南提到了各种形式的“初级”轴承损伤，它们最终会恶化为以剥落为表现形式的二级损伤。我们将剥落损伤分为三个类型：



几何应力集中(GSC)剥落

几何应力集中剥落来源于偏心、弯曲或边缘负荷引起轴承局部区域的应力增加。这种损伤出现在滚道/滚子轨迹的最边缘区域，通常是轴或轴承座加工问题或高负荷的最终结果。

图 23. 圆锥滚子轴承由于偏心、弯曲或重载而产生几何应力集中剥落。

表面凸物因素(PSO)剥落

表面凸物因素剥落来源于极高的局部应力。极高的局部应力会引起轴承过早疲劳损伤。这种损伤是最常见的剥落损伤，通常是由轴承内部的刻痕、压痕、碎片、蚀刻以及硬颗粒杂质造成的，并且经常表现为箭头状剥落。

图 24. 圆锥滚子轴承内圈因碎片或凸起的金属超出了润滑油膜，引起表面凸物因素剥落。



夹杂物因素剥落

夹杂物因素剥落是在轴承经历了数万次负荷周期后，轴承内部含非金属夹杂物的次表面局部区域出现材料疲劳造成的。其表现形式为局部的椭圆形剥落。随着近二十年内轴承钢洁净度的提高，这种类型的剥落已经很少发生了。

过量预负荷或过载

过量预负荷会产生大量的热，并导致轴承损伤。其损伤形式在外观上与润滑不足所导致的损伤形式相仿。这两种诱因常被混淆，故须进行彻底检查，才能确定问题的根源所在。适用于一般操作的润滑剂未必适用于高预负荷的轴承，因为油膜的强度可能不足以承载超高负荷。高预负荷下润滑失效所引起的损伤与第10页所述的由润滑不足而导致的损伤相同。

在高预负荷下，即使使用了能够承载重负荷的极压型润滑剂，也可能产生另一种形式的损伤。尽管润滑剂能应付负荷，防止滚动构件或滚道擦伤，但重负荷还是可能导致次表面层出现过早疲劳剥落。该类型剥落的出现及随之而来的轴承寿命问题将取决于轴承的预负荷量和承载能力。



图 25. 图中的调心滚子轴承由于高负荷而产生了严重剥落和破裂



图 26. 高负荷导致该圆柱滚子轴承疲劳剥落。



图 27. 球轴承的内圈出现了疲劳剥落。其断裂形式属于二级损伤。



图 28. 由于过载，该圆柱滚子轴承的滚子表面出现开裂。



图 29. 重载，低速导致圆锥滚子轴承内圈上的润滑油膜不足。



图 30. 圆锥滚子轴承的严重过载导致滚子出现过早的严重疲劳剥落。负荷过重，使滚子上的金属大片脱落。

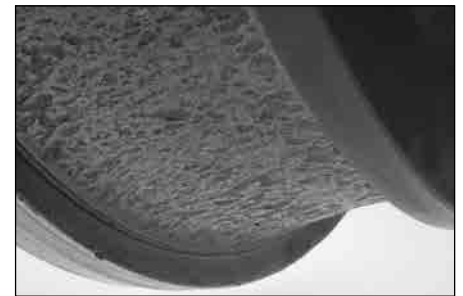


图 31. 调心滚子轴承滚道出现严重的脱皮和剥落。

游隙过大

游隙过大导致负载区较小，在负载区之外的滚子和滚道之间的间隙大，滚子松动不能贴合，这样滚子进出负载区时就会产生打滑和歪斜。滚子过度的运动就会导致在外圈滚道上产生贝壳纹，保持架过度磨损并且滚子对滚道产生冲击。



图 32. 游隙过大时经常会在外圈滚道上发现贝壳纹。这是由于松动的滚子进入小的负载区时突然承受巨大载荷造成的。



图 33. 滚子过度运动导致保持架兜孔损伤。



图 34. 保持架兜孔小端过度磨损是典型的游隙过大的标志。

偏心 and 轴承座或挡肩加工偏差

偏心的轴承将缩短轴承的寿命，而使用寿命缩减多少则取决于偏心的程度。为了充分发挥轴承的使用寿命，支撑轴承的底座和挡肩必须处于轴承厂商规定的偏心极限之内。若偏心程度超出了极限，则轴承所承受的负荷将不能按预期的方式沿着滚动体和滚道进行分配，而会集中于滚动体、球面或滚道的某一局部区域。在极度偏心或角度偏移的情况下，负荷集中到滚动体和滚道的边缘。

局部负荷严重集中和高应力会导致金属过早产生疲劳。

偏心的原因：

- 轴承座或轴的加工不精确或磨损
- 高负荷下产生的偏移
- 轴或轴承座上的挡肩歪斜

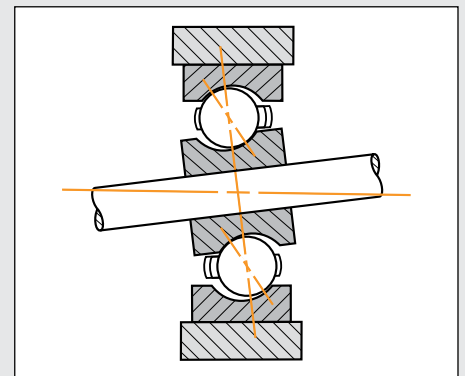


图 35A. 轴偏心。

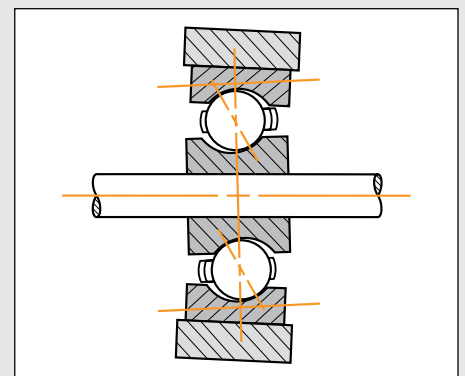


图 35B. 轴承座偏心。



图 36. 变形，加工不精确或者磨损的轴承贴合面导致这个圆锥轴承外圈滚道上不规则的滚子磨损痕迹。



图 37. 这个不规则的滚子痕迹和图 36 的正好 180 度方向相对应。



图 38. 轴承座内孔加工锥度不当，导致这个圆柱滚子轴承外圈的载荷分布不均，造成了GSC剥落。

操作与安装损伤

在操作和组装轴承时应小心谨慎，切不可使滚动体、滚道表面和边缘受到损伤。如果滚道表面出现深度凿沟，或如果滚动体受到撞击或发生变形后，受损区域附近的金属会相应凸起。当滚动构件经过这些受损表面时，会产生高应力，并造成局部过早剥落。凿沟和深刻痕的直接影晌是使轴承粗糙，并出现振动和噪音。

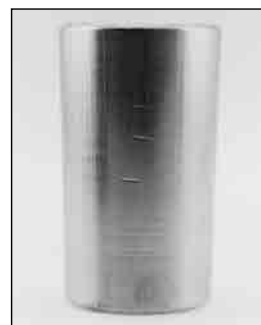


图 39. 操作不当或安装损伤使圆锥滚子上产生了刻痕和压痕。



图 40. 由于使用了不合适的安装工具，调心滚子轴承内圈上的法兰出现破损。

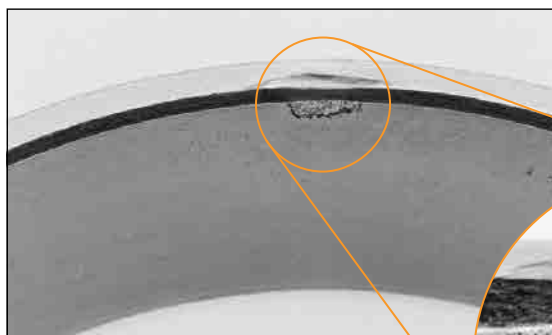


图 41. 组装过程中因使用硬化的冲头造成的凹痕。

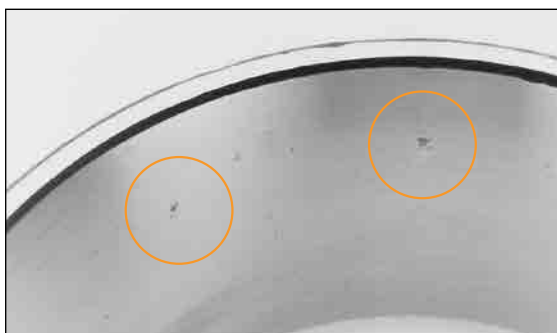


图 42. 圆锥滚子上的间隔刻痕是由安装过程中滚子边缘撞击滚道而引起的。这些刻痕/压痕会使边缘凸起，产生过量的噪音、振动以及应力集中。

轴保持架损伤

轴承安装过程中的不慎操作或使用工具的不当可能损伤保持架。保持架通常是由低碳钢、青铜或黄铜等材料制造而成，很容易因操作或安装不当而损伤，并导致轴承过早的出现性能问题。

在某些情况下，保持架的破裂是由环境和运行条件所引起的。这一类型的损伤过于复杂，故本参考指南不予说明。若遇到此类问题，请与您的铁姆肯公司销售或维修工程师联系。

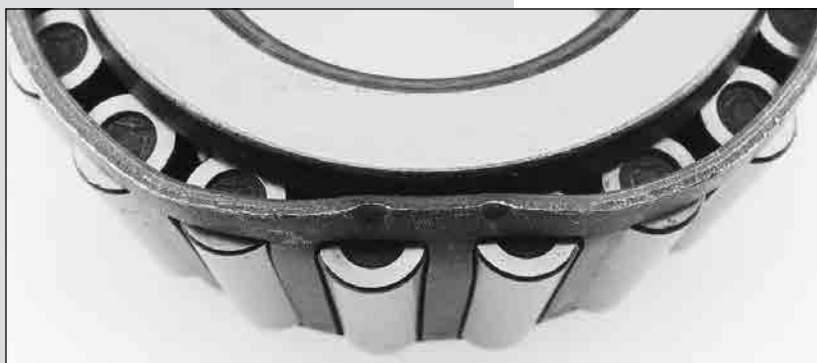


图 43. 保持架因安装不当或因轴承跌落而变形。



图 44. 圆锥滚子受卡成歪斜状，原因是在安装过程中保持架受到挤压，或是运行中有干涉。



图 45. 操作严重不当使该调心滚子轴承保持架的梁上产生深度压痕。该损伤将导致滚子滚动不畅并出现打滑，温度升高，使用寿命缩短。

凸点与配合不当

在将外圈从轴承座或轮毂中取出时的操作不当或损伤，会使外圈的底座产生毛刺或凸点。若在使用工具过程中不慎将轴承座内安装表面凿伤，则凿沟附近的区域会升高。若这些凸点未能在重新安装轴承外圈之前打平或磨平，则凸点会通过外圈影响外圈的内表面，使之也相应地产生凸斑。当滚动体撞击这些凸起区域时，应力增加，导致轴承过早疲劳。



图 46. 由于轴承座磨损，导致该轴承在运行过程中配合松动，产生磨损。结果调心滚子轴承外圈出现金属撕裂和磨损。



图 47. 配合不当造成了典型的磨擦腐蚀。轴承及其底座在承载负荷的情况下发生相对位移，导致了这一磨损和腐蚀的产生。



图 48. 外圈外圆上的伤痕是由轴承座上的凸点引起的。与此外圈外圆上伤痕对应的外圈内滚道，在此处发生了剥落。

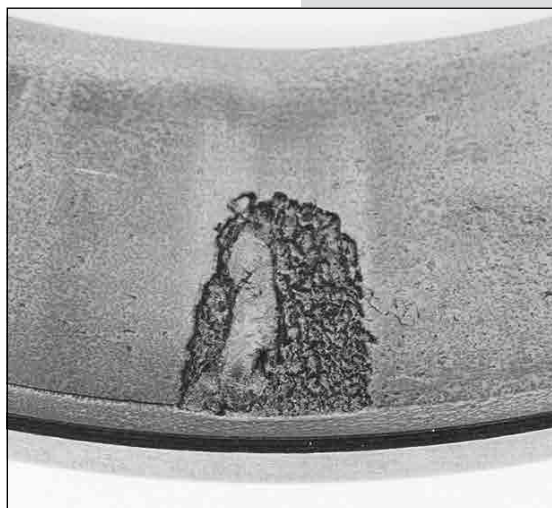


图 49. 由于分体式轴承座上的尖点使应力集中，造成该外圈滚道的局部发生剥落。

轴承座或轴的配合不当

应遵循厂商推荐的轴承配合方式，以确保最佳的轴承性能。

一般而言，承载旋转负荷的轴承滚道应采取过盈配合或紧配合。例如，在轮毂上，轴承外圈就应当采取过盈配合，而安装在静止轮轴上的轴承内圈一般采取小间隙松配合。旋转轴上的内圈一般采取过盈配合，而外圈可能采取过渡配合，甚至松配合，这取决于具体应用情况。



图 50. 旋转轮毂的外圈采取松配合（应该是紧配合），结果使轴承滚道损伤。



图 52. 由于安装在金属杂质或拱起的金属刻痕上，球轴承的内圈发生破裂。



图 53. 失圆或轴径过大导致圆锥滚子轴承的内圈发生破裂。



图 51. 这就是在轮毂里发生松动的外圈。外圈转动使轴承座磨损产生更大的间隙，外圈开始拉伸或铺开，此时仍然继续磨损轴承座，外圈继续拉伸，这个过程一直持续直到达到金属的断裂极限从而外圈裂开。

布氏压痕和冲击损伤

安装时操作不当、运行中过高的冲击载荷或过量的静态载荷，都可导致布氏压痕。

安装不当导致的布氏压痕，是由于力作用于非安装滚道上所造成的。当轴承内圈与轴采用紧配合安装时，作用在外圈的力，就会产生额外的轴向负荷，使滚子与滚道冲击接触，进而导致布氏压痕。

图55A所示为拆卸轴承的错误方法，而55B所示为正确的安装方法。

瞬间很高的冲击负荷，可导致轴承滚道产生布氏压痕，有时甚至可使滚道和滚动体破裂。

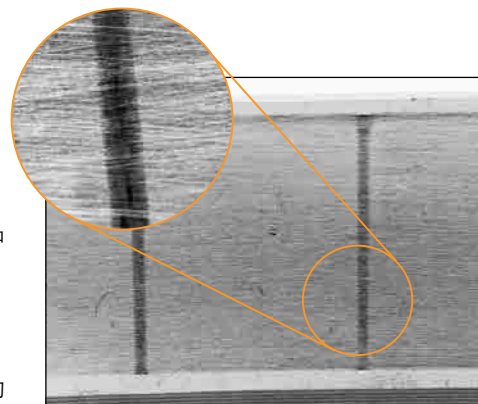


图 54. 在高冲击载荷下，圆锥轴承外圈滚道产生布氏压痕和冲击损伤，其内圈滚道上也会留下同样明显的压痕。这是真正的金属形变而非假性布氏压痕所表现出的磨损状态。凹槽处的放大图显示凹槽上有磨削加工的痕迹。

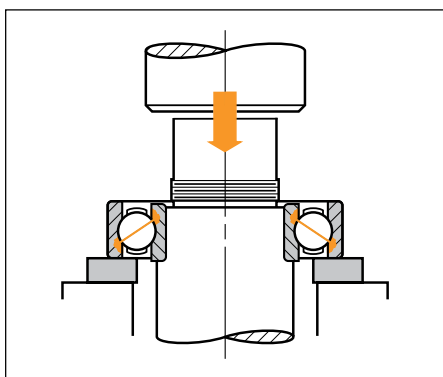


图 55A. 错误。

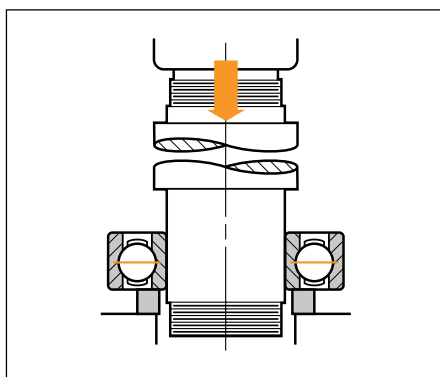


图 55B. 正确



图 56. 调心滚子轴承内圈因冲击载荷产生的滚子冲击伤。

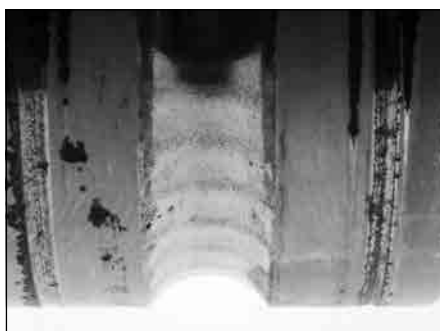


图 57. 冲击负荷使球轴承内圈产生了布氏压痕。



图 58. 因应用选型不当，圆柱滚子轴承的内圈在运转中碎裂。

假性布氏压痕

假性布氏压痕，顾名思义，不是真性布氏压痕或压伤，它实际上是磨损。它是在轴承处于静止状态时，滚动体发生轻微的轴向移动而引起的。滚动体在滚道上来回滑动，会磨出一道凹槽。而滑动是由振动造成的。

有时这种情况是不可避免的，例如汽车或其他设备用火车或卡车进行的长途运输。当然，也发生在海运时。这样的振动足以造成移动并引起假性布氏压痕。但可通过降低运输或储存过程可能发生的相对位移或减小载重，大大减弱或消除振动。

小幅往复角振荡装置（不足滚动体旋转完整的一圈）中的滚子轴承也会产生假性布氏压痕。

通过检查压伤或磨损的区域，可区分假性布氏压痕与真性布氏压痕。假性布氏压痕会将表层磨去，而真性布氏压痕，原始的表层仍会保留。

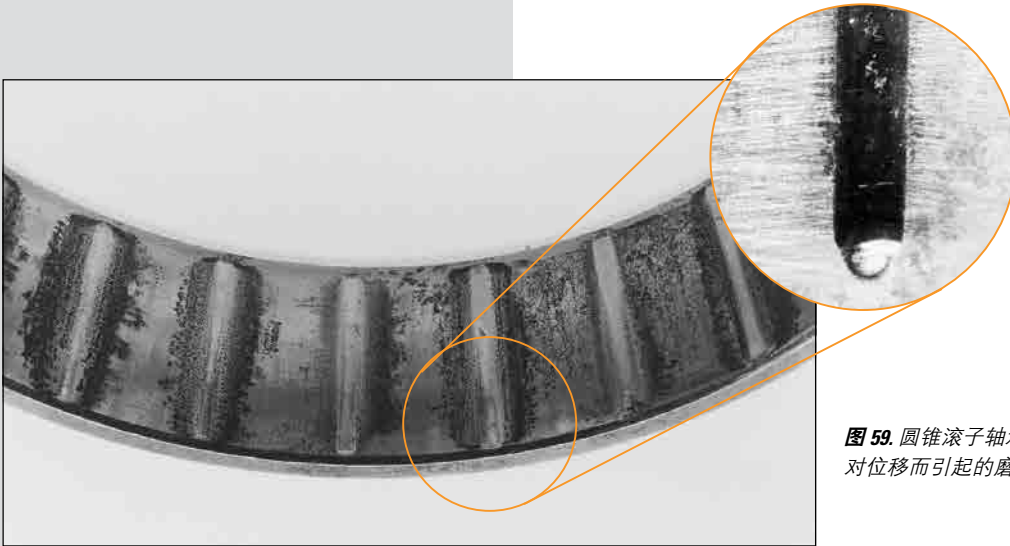


图 59. 圆锥滚子轴承外圈因振动或滚子与滚道之间的轴向相对位移而引起的磨损。

电流蚀痕

当电流在轴承上通过，并在滚道与滚子之间的接触面被阻断时，就会产生电弧，并在局部产生高温。每次电流在球或滚子与滚道之间被阻断时，两边都会留下蚀点，最终产生凹槽。当凹槽逐渐加深，噪音和振动也就随之出现。高强度电流，例如局部短路，会导致表面粗糙并产生颗粒。高强度电流的大幅变化会引起更为严重的损伤，并导致在滚道与滚子或滚珠之间发生金属熔接。而滚子上的金属凸起物在滚道上产生切口效应，造成噪音和振动。

电弧的起因包括带电皮带或研光辊上的静电、接线错误、接地不当、焊接、绝缘不够或不当、电动机的转子线圈松动以及短路等。

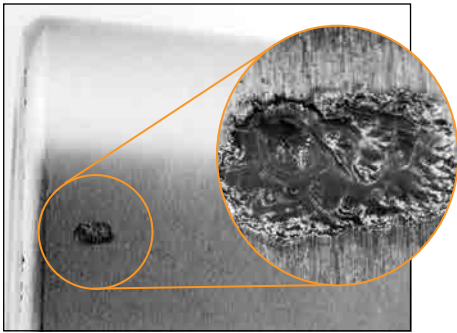


图 60. 图中放大10倍后的电弧灼坑或微小灼痕，是由于轴承静止时接地不当，产生电弧造成的。



图 61. 轴承旋转时，因焊接而在调心滚子轴承上造成的电弧凹槽。

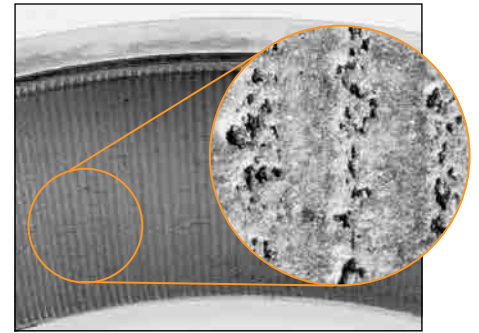


图 62. 放大10倍的凹槽看到的微小轴向灼痕，是轴承在旋转时有电流通过引起的。

偏心环破裂

偏心环破裂：宽内圈型球轴承

轴或外圈尺寸偏小，以致不能与轴承座对中，可引起偏心环（锁紧装置）破裂，滚动路径偏心，或是轴承晃动。

而使用正确尺寸的轴及Timken®外球面球轴承的自动调心功能（用调心外圈以补偿初期的偏心，有助于正确安装轴承），可避免此类损伤。

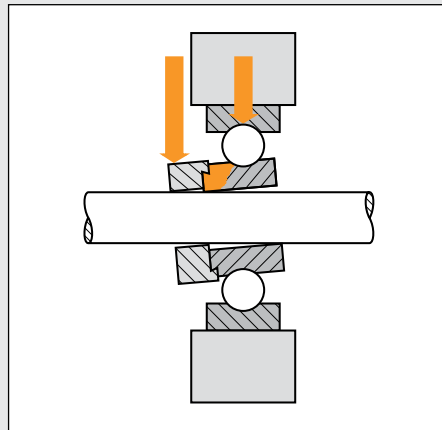


图 63A. 轴的尺寸低于建议的公差等。

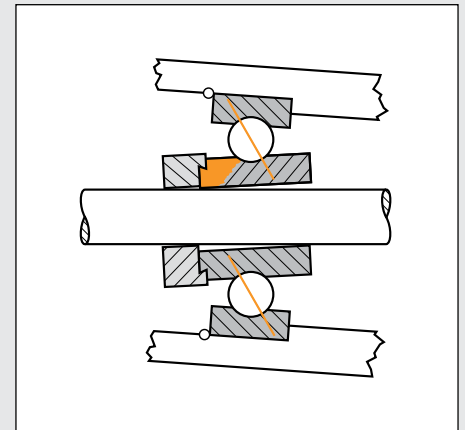


图 63B. 外圈偏心。

了解轴承寿命

轴承的使用寿命

轴承的使用寿命取决于很多因素。由于应用要求的不同，实际的使用寿命也大不相同。例如，机床主轴轴承可能因为微小的磨损影响到主轴精度，而不能继续使用。相反，对于轧机辊颈轴承，即使其出现了剥落损伤，只要及时维修，也能达到满意的使用寿命。

使用寿命的降低可能由以下一个或多个因素引起：

- 安装错误
- 调整不当
- 润滑不足
- 污染
- 操作不当或胡乱操作
- 轴承座支撑不良
- 静态偏心或轴和轴承座变形严重
- 保养不当或不定期保养

轴承的寿命取决于运行条件下的负荷区域。一般来说，在稳定运行条件下，负荷区越大，轴承的寿命就越长。图64所示为圆锥滚子轴承的这种关系；径向负荷下，其它种类的滚动轴承具有相似的性能关系。

图64显示了轴承在各自寿命下理论寿命的典型分布。本图适用于圆锥滚子轴承，但对于其它滚动轴承的设计也成立。

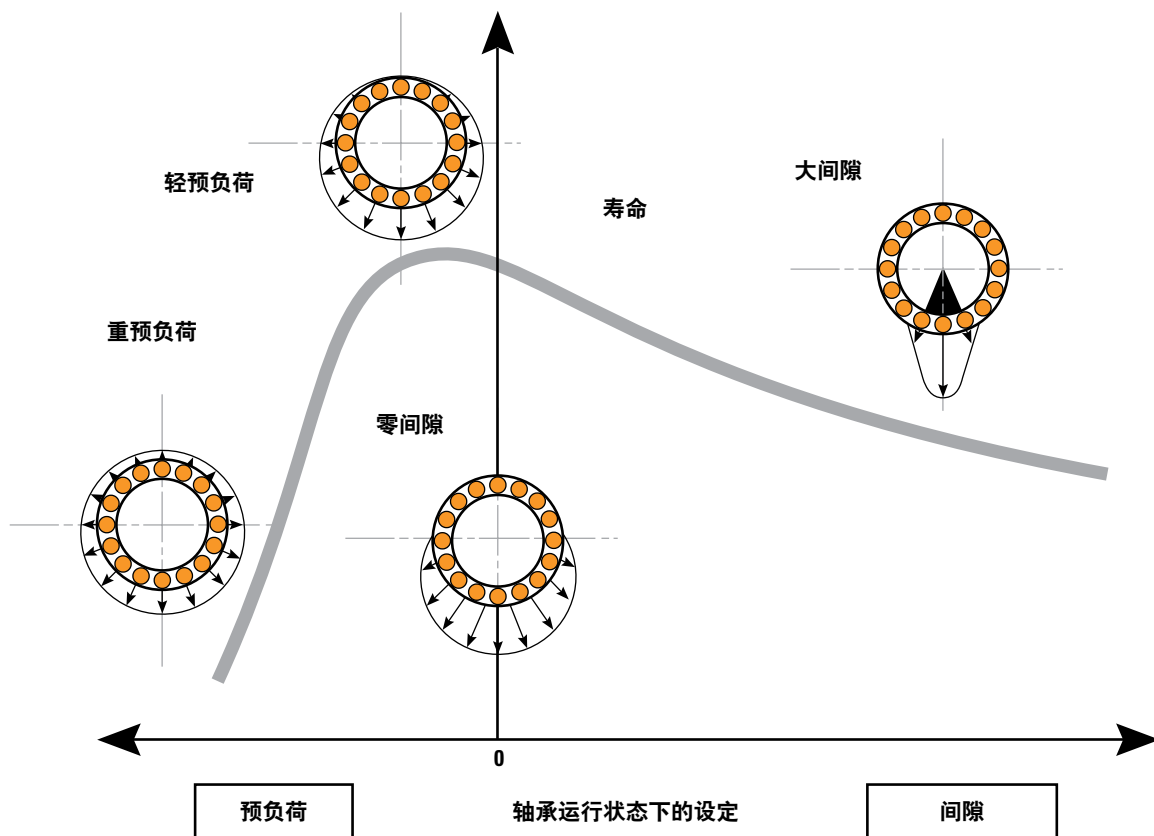


图 64. 轴承寿命与轴承运行状态下的设定

润滑参考指南

影响润滑性能的因素

如第10页所述, Timken®轴承的寿命在很大程度上取决于轴承正确的润滑。润滑有助于散热, 防止轴承表面生锈, 并减少摩擦。

所有轴承损伤在很大比例上归因于润滑不当。“润滑不当”是一个广义概念, 它可分为以下几类:

- 注油过量
- 注油不足
- 润滑脂选择不当
- 混合润滑脂
- 润滑脂失效
- 水污染
- 润滑系统不当, 润滑周期不当

注油过量

轴承注入过量的润滑脂或润滑油可引起运行过程中润滑剂过度搅拌和高温, 导致过热和多余的润滑脂泄漏*。过热是因为热量无法及时散发而积累, 直至出现损伤。随着轴承温度的升高, 油脂的氧化(失效)速度迅速上升——每18°F (10°C) 翻一倍。



图 66. 通常在初次运行时, 从轴承上泄漏少量的“干净”润滑脂是可接受的。此时的润滑脂是湿的且泄漏得很均匀。如果少量的泄漏未引起任何问题, 则不用做任何处理, 因为它有效的屏障密封。



图 65. 该皮氏培养皿内盛有严重氧化的润滑脂, 是从注油过量的轴承上泄漏下来的。严重氧化的润滑脂通常呈现出明显的黑色, 并散发出焦臭味; 此外, 还会变硬。

注:

在初次运行时, 经过正确润滑的轴承出现少量润滑脂泄漏属于常见现象。原设备厂商经常会建议允许少量的润滑脂泄漏, 因为泄漏的润滑脂可形成屏障密封, 隔绝外部杂质的污染(如图66)。关于润滑脂泄漏和补充量的问题, 应始终遵照原设备厂商的建议。

在初次运行时, 如果轴承注油过量, 也可出现润滑脂泄漏。过段时间以后随着温度的升高, 额外的油脂将继续从过量注油的轴承上泄漏, 并呈现为黑色(如图65)。



注油不足

轴承注油不足也会带来不良后果。与注油过量一样, 轴承也会产生过热, 但原因不同。如果润滑脂量不足, 将导致过热或金属过度磨损。如果轴承突然发出噪音及温度升高, 则可能是金属过度磨损的结果。

图 67. 含有发亮的轴承金属杂质的润滑脂, 取自注油不足的轴承。

润滑脂选择不当

个别润滑脂中基础油粘度可能与针对客户应用所推荐的不同。如果基础油粘度太高，则滚动件会因为难以冲破润滑脂而发生打滑（如图68）。在这种情况下，润滑脂的受热氧化（失效）（如图69A）会使润滑脂出现过早变质，且使轴承部件过度磨损。如果基础油粘度太低，则油膜稀薄，润滑不良而温度上升，以致产生微小剥落和磨损（如图69B）。另外，某些润滑脂中的添加剂可能因与整体润滑系统不匹配而发热，或甚至与系统中的其他部件不相容。

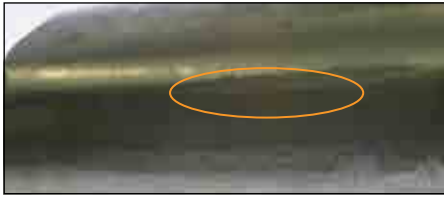


图 68. 圆柱滚子由于打滑而被磨平。



图 69A.

由于温度上升，造成润滑油膜变薄，使圆锥滚子轴承的外圈（图69A）和内圈（图69B）发生微剥落。



图 69B.



混合润滑脂

轴承在正确的润滑脂下可以良好运行。但在进行日常维修时，技术人员可能使用不同型号的润滑脂对轴承润滑。如果润滑脂之间不相容，或者油脂的硬度等级不合适，则混合后的润滑脂会出现以下两种情况之一：

1. 由于润滑脂增稠剂不相容，导致润滑脂变软，并从轴承中泄漏出来
2. 结块，褪色，结构变硬（如图70）

图 70. 润滑脂 A 与润滑脂 B 不相容。当两者混合后，出现结块，褪色，且结构变硬（润滑脂 C）。

润滑脂失效

润滑脂是添加剂、基础油和增稠剂的精确组合（如图71）。润滑脂如同海绵，起着保存并释放基油的作用。由于时间和温度的原因，基础油的释放性能会逐渐耗尽。当出现这种情况时，则意味着润滑脂已经失效（图72）。



图 72. 上图表明了同一润滑脂的三个阶段（从左到右）：1) 新润滑脂，2) 严重氧化的润滑脂，3) 失效的润滑脂，其增稠剂和添加剂已分解，基础油已失效。



图 71. 润滑脂是添加剂、基础油和增稠剂的精确组合。



润滑系统不当， 润滑周期不当

选择正确的轴承润滑系统，保持合适的润滑周期，是防止轴承部件过早磨损的关键。

如未遵循保养计划润滑剂将因过度氧化而变质。

图 73A. 技术人员在保养表上记录重要的轴承润滑数据。

水污染

图74通过对新鲜润滑脂和经30%水乳化的润滑脂进行比较，展现了水份对润滑脂的影响。新鲜润滑脂质地光滑，呈黄油状；而乳化后的润滑脂呈奶白色。润滑脂中的水份即使少到百分之一，也会对轴承寿命产生显著影响。



图 74. 本图展现了水对润滑脂的影响



图 75. 与湿气/水份的接触使圆锥滚子轴承和球轴承的外圈和球（如图76）出现点蚀和腐蚀而生锈。该状况称为浸蚀。



图 76.

用快速、简单的现场测试来鉴定润滑脂中的水份

鉴定润滑脂水份可采用简单的非量化方法，即“灼烧测试”。进行该种测试时，将润滑脂样品置于一块铝箔上（如图77），并在铝箔下部进行加热（图78）。如果润滑脂融化并伴有少量烟，则含水量较小。而如果润滑脂有噼啪声，有滋滋声以及水泡，则润滑脂中的含水量相当大。



图 77. 进行灼烧测试时，首先将润滑脂样本置于一块铝箔上。



图 78. 灼烧测试可鉴定出润滑脂的含水情况。



警告
不遵守下列警告事项可能造成重伤。

高温润滑脂或水可能造成烫伤或眼部损伤。进行此测试时请穿戴合适的个人防护装备，包括护目镜和手套。

润滑指南

所需润滑脂量

为避免产生过热，轴承不可加注过多润滑脂。
所需润滑脂量取决于轴承的自由体积，公式如下：

$$V \approx \pi/4 (D^2 - d^2) (T) - M/A$$

其中：

$$V = \text{轴承内的空隙容积 (mm}^3 - \text{in.}^3)$$

$$D = \text{外圈外径 (mm - in.)}$$

$$d = \text{内圈孔径 (mm - in.)}$$

$$T = \text{总宽度 (mm - in.)}$$

$$M = \text{轴承重量 (kg - lb)}$$

$$A = \text{平均钢密度}$$

$$7.8 \times 10^{-6} \text{ kg / mm}^3 \text{ 0.283 lb / in.}^3$$

$$\pi = 3.1416$$

润滑脂应封装在轴承内部，以便充盈在滚动元件——滚子或滚珠之间。对于圆锥滚子轴承，用压力迫使润滑脂从轴承大端面朝小端面移动能够确保正确的润滑脂分布。特殊推荐适用于密封轴承组件。欲知详情请与铁姆肯公司销售或服务工程师联系。

完整的润滑剂信息请咨询原始设备制造商。

润滑脂兼容性图表

	复合铝基	复合钡基	硬脂酸钙	钙 12 羟基	复合钙基	磺酸盐	非皂土油脂	硬脂酸锂	锂 12 羟基	复合锂基	聚脲	聚脲 SS
复合铝基	最佳选择	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容
Timken® 食品安全脂	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容
复合钡基	兼容	最佳选择	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容
硬脂酸钙	兼容	兼容	最佳选择	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容
钙 12 羟基	兼容	兼容	兼容	最佳选择	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容
复合钙基	兼容	兼容	兼容	兼容	最佳选择	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容
磺酸盐	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	最佳选择	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容
Timken® 高级轧机专用脂 Timken® 重载钼基脂	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	最佳选择	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容
非皂土油脂	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	最佳选择	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容
硬脂酸锂	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	最佳选择	兼容	兼容	兼容	兼容
锂 12 羟基	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	最佳选择	兼容	兼容	兼容
复合锂基	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	最佳选择	兼容	兼容
通用聚脲	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	最佳选择	兼容
抗剪切稳定聚脲	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	最佳选择
Timken® 多用途脂	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	最佳选择
Timken® 通用脂 Timken® 高级合成脂	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	最佳选择
Timken® 带座轴承专用脂	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	兼容	最佳选择

警告
不遵守下列警告事项可能造成死亡或重伤。

混用润滑脂可能导致轴承润滑不当。
请务必遵守设备制造商提供的详细润滑说明。

术语

研磨损伤

通常发生在外来杂质颗粒划伤轴承表面时。

粘着磨损

由金属之间的接触造成，可导致轴承表面擦伤或划痕。

角接触球轴承

内部游隙和滚道位置形成预先设定的接触角的球轴承。

轴向游隙

两个角接触轴承（例如角接触球轴承或圆锥滚子轴承）组成的系统中轴相对于轴承座的可测量总体相对轴向位移。

轴向内部游隙

径向轴承中内圈相对于外圈的最大允许轴向位移（与轴承轴线平行）。

轴向载荷

作用方向与轴承轴线平行的载荷。也叫做推力。

布氏压痕

轴承滚道上因极高冲击或静态载荷形成的凹痕或凹坑。

假性布氏压痕

轴承静止时因滚动元件的细微运动或振动而在轴承滚道上形成的磨损槽。

擦伤

因轴承被杂质颗粒污染而在座圈和滚动元件上形成的凹痕或塑性压痕。

浸蚀——腐蚀

通常由水汽或水污染造成，程度从轻微变色到深度点蚀。

疲劳

以剥落的形式出现的金属破裂和脱离。一般情况下，有三种接触疲劳：

- 几何应力集中
- 表面凸物因素
- 夹杂物因素

圆角半径

轴承轴肩或轴承座挡肩根部的圆角大小。

固定轴承

对轴进行固定、防止其在两个方向出现轴向运动的轴承。

浮动轴承

设计或安装方式允许轴和轴承座之间出现轴向位移的轴承。

凹槽

内圈和外圈上形成的电蚀痕。

微震磨损

通常发生在轴承座圈的孔径、外径和表面上，起因是这些表面以及轴或轴承座的细微运动。通常伴有明显的红色或黑色氧化铁。

轴承座配合

轴承外表面与轴承座之间过盈或间隙量。

寿命

一组轴承的理论使用寿命可以在材料疲劳度的基础上，通过运行条件和轴承额定负荷计算得出。前提是假定轴承得到正确安装、调整、润滑以及操作。

接下页

术语——续

偏心

属于轴承安装的一种情况，即内圈中心线与外圈中心线未成一条直线。旋转构件的轴与静止构件的轴之间的平行度不够。偏心的原因有：轴承座或轴的机械加工有误，高负荷引起的变形以及运行游隙过大。

预负荷

减小游隙或内部间隙，以使滚子与内圈和外圈相接触或挤压。根据安装条件或设计，轴承可以设置或不设置内部预负荷。

径向内部游隙

在球轴承或滚子轴承中，内圈与外圈之间在与内圈轴垂直的方向上总的最大可能移动量。也称为径向游隙或直径间隙。

径向负载

垂直于轴承轴施加的负载。

轴配合

在轴承内径和轴外径之间存在的过盈量或间隙量。

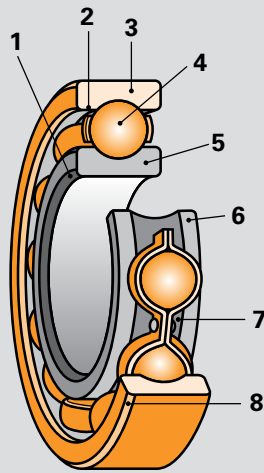
划痕

因金属间接触引起的金属在轴承部件间的转移。不同程度的划痕可分为擦伤、挫伤、滑伤、刮伤或其它任何滑动状态。

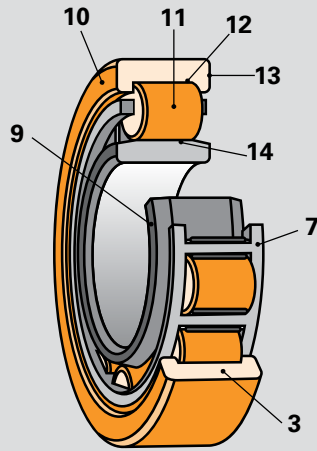
剥落—片状剥落

滚道或滚动体片状或鳞状金属脱落。

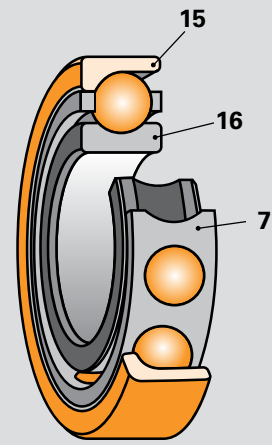
轴承类型及术语



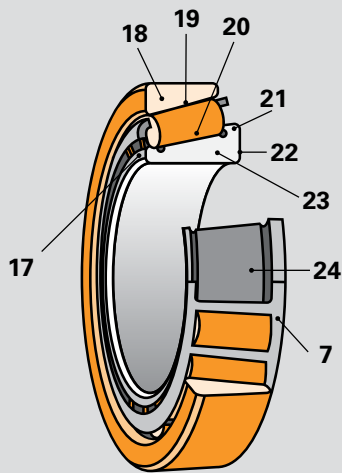
单列深沟球轴承



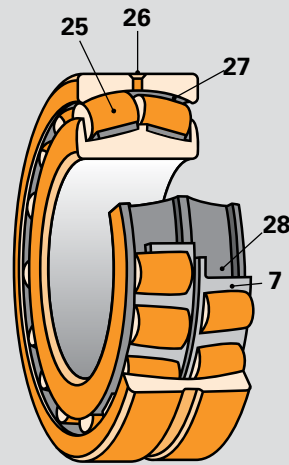
圆柱滚子轴承



角接触球轴承



圆锥滚子轴承



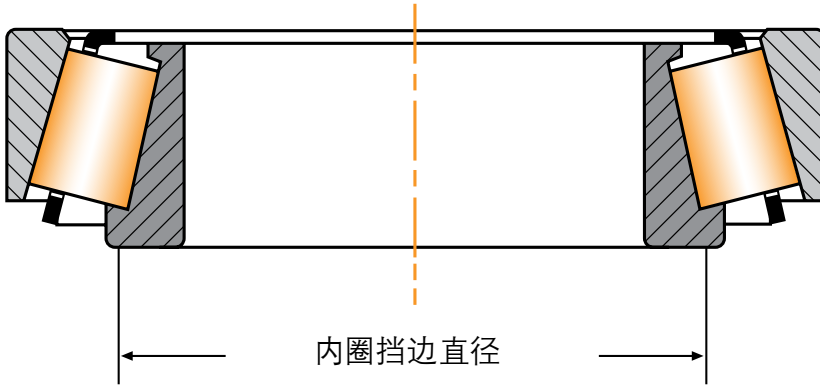
调心滚子轴承

轴承图解术语

- | | | |
|-----------|--------------|-------------------|
| 1. 内圈倒角半径 | 11. 圆柱滚子 | 21. 内圈大挡边 |
| 2. 外圈面 | 12. 外圈滚道 | 22. 内圈后(大)端面 |
| 3. 外圈 | 13. 外圈端面 | 23. 内圈 |
| 4. 球 | 14. 内圈滚道 | 24. 内圈滚道 |
| 5. 内圈 | 15. 沉孔 | 25. 调心滚子 |
| 6. 内圈面 | 16. 推力面 | 26. 润滑构件(润滑孔和润滑槽) |
| 7. 保持架 | 17. 内圈前(小)端面 | 27. 调心外圈滚道 |
| 8. 外圈倒角半径 | 18. 外圈 | 28. 调心内圈滚道 |
| 9. 内圈端面 | 19. 外圈滚道 | |
| 10. 外圈端面 | 20. 圆锥滚子 | |

圆锥滚子轴承速度性能指南

速度性能指南

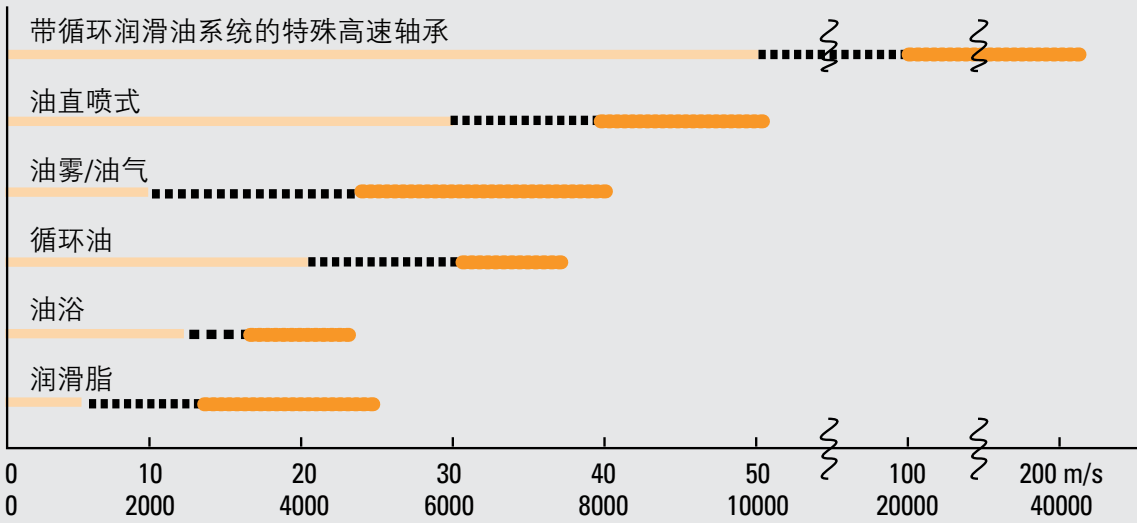


挡边速度：
 $V_r = \omega D_m n / 60000$ (m/s)
 $V_r = \omega D_m n / 12$ (ft/min)

其中：
 D_m = 内圈挡边直径 (mm, in.)
 n = 轴承转速 (转/分钟)
 ω = 3.1416

图 79. 内圈挡边直径可从图纸中依比例得出，或大概取轴承内径和外径的平均值。

各类润滑系统的速度性能指南



- 典型工业经验表明在通常情况下无问题。
- 工业经验表明需要通过测试来优化系统。
- 需要测试甚至特殊轴承来实现这些速度。

图 80. 图中所示为有关圆锥滚子轴承速度和温度的性能提示。在任何轴承设计或润滑系统下，轴承的速度都没有明确的速度极限。铁姆肯公司建议，不论何种轴承设计，都应当对其在新的、高速环境下的应用进行测试。

安装滚子轴承的温度指南

温度指南

为防止钢制元件发生金相变形以及密封件或非金属元件发生不利的物理改变，我们确定了最高和最低温度以及特定温度持续时间的限制。在制造过程中，轴承套圈和滚动元件通过热处理达到正常运转所需的强度、硬度和尺寸稳定性。超出轴承或轴承元件的加热或冷却极限可能影响其性能。

此处的建议值只是大致的指南，可能随着新数据的出炉而变动。此指南并不涵盖所有铁姆肯公司产品。

加热

- 此处列出的是最高温度限制。
- 弹性体或聚合物密封胶和保持架只能使用热空气作为加热介质。
- 将轴承固定在轴或轴承座上之后冷却到环境温度下的过程中需要对暴露的轴承/套圈表面进行保护。

标准等级轴承或套圈

(含金属保持架，不含密封件)

包括 4、2、K、N、ABEC-1 和 ABEC-3 级。

121° C (250° F)8 小时

标准等级轴承或套圈

(含非金属保持架和聚合物或弹性体密封件)

酚醛保持架或特种氟碳唇形密封可能适用特殊的考虑事项。

93° C (200° F)24 小时

精密和超精密等级轴承和套圈

包括 3、0、00、000、C、B、A 以及

ABEC 5、7、9 级。

66° C (150° F)24 小时

冷却 (冷冻)

- 此处列出的是最低温度限制。
- 为防止腐蚀：
- 安装前请去除所有表面的霜。
- 安装后以及零部件加热过程中请去除结露。
- 用干净的无绒布擦拭表面，然后重新涂上防腐剂。

冷冻标准等级轴承和套圈

-54° C (-65° F)1 小时
在酒精浴中使用干冰可达到此温度。

冷冻精密等级外圈

29° C (-20° F) 2 小时
使用商用冷柜/制冷设备可达到此温度。



警告
不遵守下列警告事项可能造成重伤。

正确的维护 and 操作程序非常重要。请务必遵守安装说明并保持适当的润滑。

热变化造成的内径增长膨胀率

元件的热膨胀可使用下面的公式计算：

$$d \times \Delta T \times \alpha = \text{热膨胀}$$

其中：

d = 轴承孔径

ΔT = 加热后的最高轴承温度减去环境温度

α = 线性膨胀系数：11 × 10⁻⁶/°C (6.1 × 10⁻⁶/°F)，适用于黑色金属轴和轴承座材质。

内径	温度计的温度读数		
	65° C 150° F	90° C 200° F	120° C 250° F
毫米 英寸	毫米 英寸	毫米 英寸	毫米 英寸
25.4 1	0.012 0.0005	0.020 0.0008	0.027 0.0011
50.8 2	0.025 0.0010	0.040 0.0016	0.055 0.0022
76.2 3	0.036 0.0014	0.058 0.0023	0.081 0.0032
101.6 4	0.048 0.0019	0.078 0.0031	0.109 0.0043
127 5	0.061 0.0024	0.099 0.0039	0.137 0.0054
152.4 6	0.073 0.0029	0.119 0.0047	0.165 0.0065
177.8 7	0.086 0.0034	0.139 0.0055	0.193 0.0076
203.2 8	0.096 0.0038	0.157 0.0062	0.218 0.0086
228.6 9	0.109 0.0043	0.177 0.0070	0.246 0.0097
254 10	0.121 0.0048	0.198 0.0078	0.274 0.0108
279.4 11	0.134 0.0053	0.218 0.0086	0.302 0.0119
304.8 12	0.147 0.0058	0.238 0.0094	0.330 0.0130
330 13	0.157 0.0062	0.256 0.0101	0.355 0.0140
355.6 14	0.170 0.0067	0.276 0.0109	0.383 0.0151
381 15	0.182 0.0072	0.297 0.0117	0.411 0.0162
406.4 16	0.195 0.0077	0.317 0.0125	0.439 0.0173
431.8 17	0.208 0.0082	0.337 0.0133	0.467 0.0184
457.2 18	0.218 0.0086	0.355 0.0140	0.492 0.0194

内径	温度计的温度读数		
	65° C 150° F	90° C 200° F	120° C 250° F
毫米 英寸	毫米 英寸	毫米 英寸	毫米 英寸
482.6 19	0.231 0.0091	0.375 0.0148	0.520 0.0205
508 20	0.243 0.0096	0.396 0.0156	0.548 0.0216
533.4 21	0.256 0.0101	0.416 0.0164	0.576 0.0227
558.8 22	0.269 0.0106	0.436 0.0172	0.604 0.0238
584.2 23	0.279 0.0110	0.454 0.0179	0.629 0.0248
609.6 24	0.292 0.0115	0.475 0.0187	0.657 0.0259
635 25	0.304 0.0120	0.495 0.0195	0.685 0.0270
660.4 26	0.317 0.0125	0.515 0.0203	0.713 0.0281
685.8 27	0.330 0.0130	0.535 0.0211	0.741 0.0292
711.2 28	0.340 0.0134	0.553 0.0218	0.767 0.0302
736.6 29	0.353 0.0139	0.574 0.0226	0.795 0.0313
762 30	0.365 0.0144	0.594 0.0234	0.823 0.0324
787.4 31	0.378 0.0149	0.614 0.0242	0.850 0.0335
812.8 32	0.391 0.0154	0.635 0.0250	0.878 0.0346
838.2 33	0.401 0.0158	0.652 0.0257	0.904 0.0356
863.6 34	0.414 0.0163	0.673 0.0265	0.932 0.0367
889 35	0.426 0.0168	0.693 0.0273	0.960 0.0378
914.4 36	0.439 0.0173	0.713 0.0281	0.988 0.0389

以上计算基于21°C (70°F) 的环境温度

英制和公制单位的换算

粘度换算表

SUS 赛氏粘度 秒	R in. 雷氏粘度 秒	E 恩氏粘度 度	cSt 厘斯 平方毫米/秒
35	32.2	1.18	2.7
40	36.2	1.32	4.3
45	40.6	1.46	5.9
50	44.9	1.60	7.4
55	49.1	1.75	8.9
60	53.5	1.88	10.4
65	57.9	2.02	11.8
70	62.3	2.15	13.1
75	67.6	2.31	14.5
80	71.0	2.42	15.8
85	75.1	2.55	17.0
90	79.6	2.68	18.2
95	84.2	2.81	19.4
100	88.4	2.95	20.6
110	97.1	3.21	23.0
120	105.9	3.49	25.0
130	114.8	3.77	27.5
140	123.6	4.04	29.8
150	132.4	4.32	32.1
160	141.1	4.59	34.3
170	150.0	4.88	36.5
180	158.8	5.15	38.8
190	167.5	5.44	41.0
200	176.4	5.72	43.2
220	194.0	6.28	47.5
240	212	6.85	51.9
260	229	7.38	56.5
280	247	7.95	60.5
300	265	8.51	64.9
325	287	9.24	70.3
350	309	9.95	75.8
375	331	10.7	81.2
400	353	11.4	86.8
425	375	12.1	92.0
450	397	12.8	97.4
475	419	13.5	103
500	441	14.2	108
550	485	15.6	119
600	529	17.0	130
650	573	18.5	141
700	617	19.9	152
750	661	21.3	163
800	705	22.7	173
850	749	24.2	184
900	793	25.6	195
950	837	27.0	206
1000	882	28.4	217
1200	1058	34.1	260
1400	1234	39.8	302
1600	1411	45.5	347
1800	1587	51	390
2000	1763	57	433
2500	2204	71	542
3000	2646	85	650
3500	3087	99	758
4000	3526	114	867
4500	3967	128	974
5000	4408	142	1082
5500	4849	156	1150
6000	5290	170	1300
6500	5730	185	1400
7000	6171	199	1510
7500	6612	213	1630
8000	7053	227	1740
8500	7494	242	1850
9000	7934	256	1960
9500	8375	270	2070
10000	8816	284	2200

已知单位	求得单位	乘以
加速度		
英尺/每平方秒	米/每平方秒	m/s ² 0.3048
英寸/每平方秒	米/每平方秒	m/s ² 0.0254
面积		
平方英尺	平方米	m ² 0.09290304
平方英寸	平方米	m ² 0.00064516
平方英寸	平方毫米	mm ² 645.16
平方码	平方米	m ² 0.836127
平方英里 (美国)	平方米	m ² 2589988
弯矩或扭矩		
达因厘米	牛顿-米	N-m 0.0000001
千克力米	牛顿-米	N-m 9.806650
磅力英寸	牛顿-米	N-m 0.1129848
磅力英尺	牛顿-米	N-m 1.355818
能量		
英热单位 (国际表)	焦耳	J 1055.056
英尺磅	焦耳	J 1.355818
千瓦时	兆焦	MJ 3.6
力		
千克-力	牛顿	N 9.806650
千磅-力	牛顿	N 9.806650
磅-力 (lbf)	牛顿	N 4.448222
长度		
英寸	米	m 1.8288
英尺	米	m 0.3048
英寸	毫米	mm 25.4
微英寸	微米	μm 0.0254
微米	毫米	mm 0.0010
英里 (美国)	米	m 1609.344
码	米	m 0.9144
海里	米	m 1853.18
质量		
千克力平方秒/米 (质量)	千克	kg 9.806650
公斤质量	千克	kg 1.0
磅质量 (lbm 常衡)	千克	kg 0.4535924
长吨 (2240 lbm)	千克	kg 1016.047
短吨 (2000 lbm)	千克	kg 907.1847
吨	千克	kg 1000.000
功率		
英热单位 (国际表) /小时	瓦	W 0.293071
英热单位 (国际表) /分钟	瓦	W 17.58427
马力 (550英尺磅/秒)	千瓦	kW 0.745700
英热单位 (热化学) /分钟	瓦	W 17.57250
压力		
牛顿/平方米	帕斯卡	Pa 1.0000
千克力/平方厘米	帕斯卡	Pa 98066.50
千克力/平方米	帕斯卡	Pa 9.806650
千克力/平方毫米	帕斯卡	Pa 9806650
磅力/平方英寸	帕斯卡	Pa 47.88026
磅力/平方英寸 (psi)	兆帕	MPa 0.006894757
温度		
摄氏温度	开氏温度	k $t_c = t_f + 273.15$
华氏温度	开氏温度	k $k = \frac{5}{9}(t_f + 459.67)$
华氏温度	摄氏温度	°C $t_c = \frac{5}{9}(t_f - 32)$
速率		
英尺/分	米/秒	m/s 0.00508
英尺/秒	米/秒	m/s 0.3048
英寸/秒	米/秒	m/s 0.0254
千米/小时	米/秒	m/s 0.27778
英里/小时 (美国)	米/秒	m/s 0.44704
英里/小时 (美国)	千米/小时	km/h 1.609344
体积		
立方英尺	立方米	m ³ 0.02831685
加仑 (美国)	升	l 3.785412
升	立方米	m ³ 0.001
立方英寸	立方米	m ³ 0.00001638706
立方英寸	立方厘米	cm ³ 16.38706
立方英寸	立方毫米	mm ³ 16387.06
盎司 (美国)	立方厘米	cm ³ 29.57353
立方码	立方米	m ³ 0.7645549

毫米、分数和小数英制换算表

分数	小数	毫米	分数	小数	毫米	分数	小数	毫米	分数	小数	毫米	分数	小数	毫米	
1/64"	.0039	0.10	5/64"	.0689	1.75	1 1/64 in.	.1570	-	3/32"	.2677	6.80	27/64"	.4219	10.72	
	.0059	0.15		.0700	-		.1575	4.00		.2716	6.90		.4330	11.00	
	.0079	0.20		.0709	1.80		.1590	-		.2720	-		7/16"	.4375	11.11
	.0098	0.25		.0728	1.85		.1610	-		.2756	7.00		.4528	11.50	
	.0118	0.30		.0730	-		.1614	4.10		.2770	-		29/64"	.4531	11.51
	.0135	-		.0748	1.90		.1654	4.20		.2795	7.10		15/32"	.4687	11.91
	.0138	0.35		.0760	-		.1660	-		.2811	-		.4724	12.00	
	.0145	-		.0767	1.95		.1673	4.25		.2812	7.14		31/64"	.4843	12.30
	.0156	0.39		.0781	1.98		.1693	4.30		.2835	7.20		.4921	12.50	
	.0157	0.40		.0785	-		.1695	-		.2854	7.25		1/2"	.5000	12.70
	.0160	-		.0787	2.00		.1719	4.37		.2874	7.30		.5118	13.00	
	.0177	0.45		.0807	2.05		.1730	-		.2900	-		33/64"	.5156	13.10
	.0180	-		.0810	-		.1732	4.40		.2913	7.40		17/32"	.5312	13.49
	.0197	0.50		.0820	-		.1770	-		.2950	-		.5315	13.50	
	.0200	-		.0827	2.10		.1771	4.50		.2953	7.50		35/64"	.5469	13.89
	.0210	-		.0846	2.15		.1800	-		.2968	7.54		.5512	14.00	
.0217	0.55	.0860	-	.1811	4.60	.2992	7.60	9/16"	.5625	14.29					
.0225	-	.0866	2.20	.1820	-	.3020	-	.5709	14.50						
.0236	0.60	.0885	2.25	.1850	4.70	.3031	7.70	37/64"	.5781	14.68					
.0240	-	.0890	-	.1870	4.75	.3051	7.75	.5906	15.00						
.0250	-	.0905	2.30	.1875	4.76	.3071	7.80	19/16"	.5937	15.08					
.0256	0.65	.0925	2.35	.1890	4.80	.3110	7.90	39/64"	.6094	15.48					
.0260	-	.0935	-	.1910	-	.3125	7.94	.6102	15.50						
.0280	-	.0937	2.38	.1929	4.90	.3150	8.00	5/8"	.6250	15.88					
.0276	0.70	.0945	2.40	.1935	-	.3160	-	.6299	16.00						
.0292	-	.0960	-	.1960	-	.3189	8.10	41/64"	.6406	16.27					
.0295	0.75	.0964	2.45	.1968	5.00	.3228	8.20	.6496	16.50						
.0310	-	.0980	-	.1990	-	.3230	-	21/32"	.6562	16.67					
.0312	0.79	.0984	2.50	.2008	5.10	.3248	8.25	.6693	17.00						
.0315	0.80	.0995	-	.2010	-	.3268	8.30	43/64"	.6719	17.06					
.0320	-	.1015	-	.2031	5.16	.3281	8.33	1 1/16"	.6875	17.46					
.0330	-	.1024	2.60	.2040	-	.3307	8.40	.6890	17.50						
.0335	0.85	.1040	-	.2047	5.20	.3320	-	45/64"	.7031	17.86					
.0350	-	.1063	2.70	.2055	-	.3346	8.50	.7087	18.00						
.0354	0.90	.1065	-	.2067	5.25	.3386	8.60	23/32"	.7187	18.26					
.0360	-	.1082	2.75	.2086	5.30	.3390	-	.7283	18.50						
.0370	-	.1094	2.78	.2090	-	.3425	8.70	47/64"	.7344	18.65					
.0374	0.95	.1100	-	.2126	5.40	.3437	8.73	.7480	19.00						
.0380	-	.1102	2.80	.2130	-	.3445	8.75	3/4"	.7500	19.05					
.0390	-	.1110	-	.2165	5.50	.3465	8.80	49/64"	.7656	19.45					
.0394	1.0	.1130	-	.2187	5.56	.3480	-	.7677	19.50						
.0400	-	.1141	2.90	.2205	5.60	.3504	8.90	25/32"	.7812	19.84					
.0410	-	.1160	-	.2210	-	.3543	9.00	.7874	20.00						
.0413	1.05	.1181	3.00	.2244	5.70	.3580	-	51/64"	.7969	20.24					
.0420	-	.1200	-	.2263	5.75	.3583	9.10	.8071	20.50						
.0430	-	.1220	3.10	.2280	-	.3594	9.13	13/16"	.8125	20.64					
.0433	1.10	.1250	3.18	.2283	5.80	.3622	9.20	.8268	21.00						
.0452	1.15	.1260	3.20	.2323	5.90	.3641	9.25	53/64"	.8281	21.03					
.0465	-	.1279	3.25	.2340	-	.3661	9.30	27/32"	.8437	21.43					
.0469	1.19	.1285	-	.2344	5.95	.3680	-	.8465	21.50						
.0472	1.20	.1299	3.30	.2362	6.00	.3701	9.40	55/64"	.8594	21.83					
.0492	1.25	.1338	3.40	.2380	-	.3740	9.50	.8661	22.00						
.0512	1.30	.1360	-	.2401	6.10	.3750	9.53	7/8"	.8750	22.23					
.0520	-	.1378	3.50	.2420	-	.3770	-	.8858	22.50						
.0531	1.35	.1405	-	.2441	6.20	.3780	9.60	57/64"	.8906	22.62					
.0550	-	.1406	3.57	.2460	6.25	.3819	9.70	.9055	23.00						
.0551	1.40	.1417	3.60	.2480	6.30	.3838	9.75	29/32"	.9062	23.02					
.0570	1.45	.1440	-	.2500	6.35	.3858	9.80	59/64"	.9219	23.42					
.0591	1.50	.1457	3.70	.2520	6.40	.3860	-	.9252	23.50						
.0595	-	.1470	-	.2559	6.50	.3898	9.90	15/16"	.9375	23.81					
.0610	1.55	.1476	3.75	.2570	-	.3906	9.92	.9449	24.00						
.0625	1.59	.1495	-	.2598	6.60	.3937	10.00	61/64"	.9531	24.21					
.0629	1.60	.1496	3.80	.2610	-	.3970	-	.9646	24.50						
.0635	-	.1520	-	.2638	6.70	.4040	-	31/32"	.9687	24.61					
.0649	1.65	.1535	3.90	.2656	6.75	.4062	10.32	.9843	25.00						
.0669	1.70	.1540	-	.2657	6.75	.4130	-	63/64"	.9844	25.03					
.0670	-	.1562	3.97	.2660	-	.4134	10.50	1"	1.000	25.40					

铁姆肯公司轴承解决方案



圆锥滚子轴承

并非所有轴承都需要面对例如巨大的有效载荷或高度污染的环境这样严苛的工作条件。一旦必须面对时，Timken®圆锥滚子轴承能够很好地挑起这副重担——采用单列、双列和四列结构的数千种组合，它们足以应对轴向载荷和推力载荷。定制的尺寸、工程表面和密封版本可以进一步提高性能。

- 功率密度更高，表示轴承的尺寸更小、重量更轻，但性能更强大。
- 使用寿命之长和拥有成本之低在行业内名列前茅。
- 真正的纯滚动，不仅提高速度，而且在最大程度上减少滚子倾斜或打滑的现象。
- 行业内最齐全的英制和公制产品规格。

抗杂质轴承

- Timken®抗杂质轴承专门针对严苛、脏污的环境设计，可将轴承寿命延长3.5倍。
- 专有的合金热处理改进和类金刚石涂层技术能够阻断粘着磨损并自动修复细微裂纹。
- 先进的制造工艺确保轴承的经济性，无论大量生产还是小量供应。



圆柱滚子轴承

最大限度减少拖曳力。降低温度。性能更高、寿命更长、维护更少、停机时间更短。这些对轴承来说都是真正的考验。我们的圆柱滚子轴承品种丰富，有单列、双列和多列版本并采用满装设计，有助于延长设备寿命并降低维护成本。

- EMA 高性能系列采用优质黄铜套圈引导保持架，能够降低工作温度
- 四列版本针对冶金轧机改进安装性能，有助于避免在换辊过程中损伤滚子/套圈，进而延长运行时间
- ADAPT™ 系列集圆柱滚子轴承和调心滚子轴承的优点于一身，打造易于组装的高承载结构，非常适合同时出现轴承偏心 and 轴向位移的应用环境。



调心滚子轴承

除了可能面对的轴承偏心、污染、高温等环境，在应对高轴向载荷的时候，即使是极限速度或临界应力也可能带来额外的挑战。采用创新设计的Timken®调心滚子轴承具备更长的使用寿命和更高的可靠性，能够轻松应对这些挑战。

- 工作温度持续低于相同规格的竞品轴承，可靠性更高。
- 多保持架设计——包括多种钢质和黄铜材质可供选择，有助于降低高冲击载荷或高速下的应力，同时具备强大的杂质排除能力。
- 优化的内部几何尺寸实现行业内最高的额定载荷和速度水平。



E型圆锥滚子轴承带座单元

带座 E 型圆锥滚子轴承单元的性能水平达到全新的标准，非常适合固定位置应用。它不仅能够应对最严苛的条件，而且有助于缩短停机时间并减少维护。

- 密封件提供行业领先的污染保护。
- 内部几何尺寸经过优化，可提供业内最高的额定动载荷，延长轴承寿命并提高性能。



一体式调心滚子轴承带座单元

铸钢轴承座搭配高性能调心滚子轴承，在冲击载荷和剧烈振动等极端环境下具有出色的耐用性。

- 多种密封选项，在最恶劣的环境中提供坚实保护。
- 15 分钟内即可完成安装和调心，有多种轴锁定机制可供选择。
- 现场操作时可轻松将固定轴承转化为浮动轴承。



带座球轴承单元

铁姆肯公司通过多项创新实现卓越的性能，包括宽内圈轴承和带座球轴承单元。带座球轴承单元安装简便，采用多重密封和多轴承座设计，能够满足最严苛的应用条件。

- 整体单元坚实紧凑，确保最强大的污染保护。
- 可承受 +/- 3 度的静态偏差。
- 润滑脂保持效率提高，杂质和水汽入侵几率降低，性能更出色。

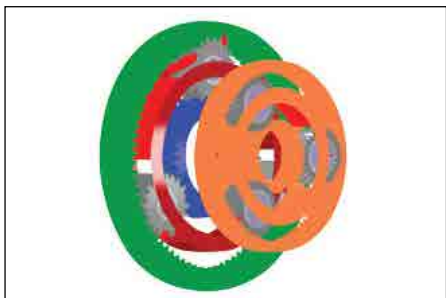


SNT/SAF 带座轴承单元

定制化设计、可更换零部件和可靠的调心滚子轴承带来强大性能，有助于在最恶劣的环境中保护设备并延长运行时间。

- 多种密封选择，保持润滑脂并防止污染
- 现场操作时可轻松将固定轴承转化为浮动轴承
- 罩盖拆卸方便，易于检查、更换和维护

铁姆肯公司产品和服务解决方案



高级轴承系统分析

我们具有目前市面上最先进的轴承分析工具之一，采用无可比拟的专有设计，不仅加快系统从概念到设计的过程，而且减少测试要求。我们的 Syber Program 能够对轴承系统进行分析，帮助优化设计和开发，同时对潜在的损伤进行预测。有了这款功能强大的软件，铁姆肯公司客户还可以根据自己选择的版本进行基础设计分析。



维护工具

除了制造世界级的轴承，我们还提供用于安装、拆卸和维护轴承的精密工具，实现最便捷、最安全的操作。铁姆肯公司运用自身掌握的工程技术知识设计出感应加热器、冲压装配工具以及液压和机械拉拔器等多种工具，最大程度提高工作效率并延长运行时间。我们还提供现场操作培训，帮助客户熟悉这些工具的使用和维护。



轴承再制造

购买新的轴承花费不菲。我们的再制造服务可帮助重工业、铁路和航空应用领域的客户将轴承修复如新，甚至包括其他品牌的轴承。轴承再造不仅可将轴承寿命延长高达三倍，而且与更换新轴承相比可节约成本多达 60%。



工业服务

经验至关重要，而铁姆肯公司在齿轮箱、电机和控制器的检测、维修和升级方面拥有丰富的经验，质量水平完全满足原始设备制造商的规格——无论是哪一家制造商的产品。我们的专职服务团队以确保工业顺利运转为己任。他们具备渊博的知识基础、先进的仪器设备和出众的问题解决能力，供应和服务范围涵盖整个机械传动系统。



服务工程

为了确保设备的高效运转，我们的服务工程师不断克服一个又一个挑战，努力将问题防范于未然。利用数据挖掘、测试和技术资源等手段，我们的专家为您现场解决问题、计算生命周期、提供界面设计选项，通过轴承检测和评估寻找新的途径来提高效率和生产力。



培训和认证

为了将一个多世纪以来积累的知识传递下去，我们的现场服务工程网络推出现场培训、终端用户维护研讨会和轴认证计划，帮助客户选择轴承并优化系统性能。经验丰富的工程师将根据客户的具体需求定制培训课程——从传授轴承的基础知识和正确的安装方法到分享成熟的实践和最新的技术。我们的认证计划可帮助维修车间提高效率 and 性能水平。



联轴器

Quick-Flex®联轴器针对高、低扭矩和高、低速度设计，强度足以应对各类严峻挑战，而且无需或仅需少量维护。我们的联轴器安装简便且无需润滑，使用寿命与配套旋转设备相当，有助于降低总体拥有成本。

- 传递的扭矩达到或超过尺寸相近的齿轮、蛇簧或其他弹性联轴器。
- 无需移动轮毂即可更换联轴器插件——维护时间从数小时缩短到几分钟。
- 尺寸齐全，可满足几乎所有需求——有多种轮毂和轴的组合，安装简便。



链条

Timken®链条的制造工艺符合甚至超越ANSI标准，性能当然出众。我们的精密滚子链条、联接链条和工程链条产品广泛应用于环境恶劣、性能要求高的领域，可按照客户的具体需求定制。

- 宽腰链节板改进应力分布，提升性能表现。
- 精密钻孔品质提高工作载荷并且有助于销固定。
- 可承受的冲击载荷高达最低极限拉伸强度的50%（无预拉伸）。
- 有多种不锈钢和涂层选项。



润滑剂和润滑系统

Timken®润滑剂和润滑系统以世界各地的工业客户为服务对象，在提高性能和工作效率以及延长运行时间方面发挥着重要的作用。利用自身在摩擦学和防摩擦轴承领域的专业知识，我们研发出了包括27种润滑脂配方在内的多种润滑剂，确保机器设备平稳运行。我们的单点和多点润滑设备以及Interlube自动化润滑剂供给系统能够精确供给所需数量的润滑剂，与人工润滑相比既节约时间又节省成本。

- 包含高温、抗磨损和防水添加剂，即使在最严苛的环境中也能优化平稳运行。
- 多面向供给系统能够满足几乎所有应用环境的需求——从简单的单点润滑到多点润滑以及渐进式润滑系统，我们利用自动化流程在最大程度上延长运行时间并降低维护成本。
- 专利链条润滑系统可按需注入润滑油，进而减少磨损。



密封件

保持设备润滑、防止杂质进入是优化轴承和系统性能的关键所在。我们研发了全套工业密封解决方案，包括能够抵抗极端高温、高压、杂质和大部分化学物质的多种材料选择。

- 接触式和非接触式设计在任何应用环境下均可实现卓越的密封性能。
- 采用耐用材料制造，延长密封件寿命并减少维护需求。
- 二次密封件、罩盖和端盖可在恶劣环境中提供额外的保护。

上海

上海市虹桥路1号港汇中心1座27层
邮政编码: 200030
电话: 86-21-61138000
传真: 86-21-61138001

北京

北京市东三环北路2号南银大厦1606室
邮政编码: 100027
电话: 86-10-64106490
传真: 86-10-64106489

成都

成都市人民南路一段86号城市之心30楼L座
邮政编码: 610016
电话: 86-28-86202271
传真: 86-28-86202276

沈阳

沈阳市和平区南京北街206号
沈阳城市广场第二座3-1506室
邮政编码: 110001
电话: 86-24-23341585
传真: 86-24-23341279

无锡

无锡市新区锡锦路8号
邮政编码: 214028
电话: 86-510-85523888
传真: 86-510-85523885

广州

广州市天河路228号之一广晟大厦2308室
邮政编码: 510620
电话: 86-20-38330049
传真: 86-20-85505003

西安

西安市碑林区南关正街88号长安国际大厦A座11楼1142室
邮政编码: 710068
电话: 86-29-87201927
传真: 86-29-87201937

沈阳瑞思达轴承有限公司 SHENYANG TOTAL BEARING CO.,LTD.
Tel: 024 22945833 22923833 24853899 Fax: 024 88729249
Mobile: 13940483518 15640413155 (微信)
Web: <https://www.rstbearing.com.cn>

武汉

武汉市汉口解放大道634号新世界中心B座8层02室
邮政编码: 430032
电话: 86-27-83590002
传真: 86-27-83590005

长沙

长沙市韶山北路159号通程国际大酒店1713室
邮政编码: 410011
电话: 86-731-85052990
传真: 86-731-85052991

青岛

青岛市香港中路9号香格里拉中心办公楼23层2301室
邮政编码: 266071
电话: 86-532-80927501
传真: 86-532-80927586

天津

天津市和平区大沽北路2号天津环球金融中心津塔写字楼3802室
邮政编码: 300022
电话: 86-22-58308010
传真: 86-22-58308023

郑州

郑州市中原中路220号裕达国际贸易中心2901室
邮政编码: 450007
电话: 86-371-55917760
传真: 86-371-55917761

台北

台湾台北市民权东路三段144号1527室
邮政编码: 105
电话: 886-2-27160642
传真: 886-2-27176102



TIMKEN

在全球多元化市场中, 铁姆肯公司的工程师们运用精深的知识, 帮助提高机械设备的运转效率和可靠性。铁姆肯公司研发、制造并营销高性能机械组件, 包括轴承、齿轮、链条及相关机械动力传动产品和服务。

更强。恪守承诺。更强。创造价值。更强。全球协同。更强。携手共进。| 更强。设计使然。

www.timken.com.cn

2M 04-15-2 编号: 5892C
Timken® 是铁姆肯公司的注册商标。
©2015 铁姆肯公司
中国印刷