



中华人民共和国国家标准

GB/T 24611—2020/ISO 15243:2017
代替 GB/T 24611—2009

滚动轴承 损伤和失效 术语、特征及原因

Rolling bearings—Damage and failures—Terms, characteristics and causes

2020-11-19发布

2021-06-01实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 滚动轴承失效模式分类	2
5 失效模式	3
5.1 滚动接触疲劳	3
5.2 磨损	6
5.3 腐蚀	8
5.4 电蚀	11
5.5 塑性变形	12
5.6 开裂和断裂	15
附录 A (资料性附录) 失效分析 损伤图例 其他调查 术语解释	18
参考文献	45

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 24611—2009《滚动轴承 损伤和失效 术语、特征及原因》，与 GB/T 24611—2009 相比，主要技术变化如下：

- 明确了范围(见第 1 章,2009年版的第 1 章)；
- 更换了大部分照片和图(见正文及附录 A,2009年版的正文及附录 A)；
- 对术语和定义进行了扩充和修改(见第 3 章及 A.4,2009年版的第 3 章及 A.3)；
- 修改了“电蚀”失效模式的子模式“电压过大”的名称(见 5.4.2,2009年版的 5.4.2)；
- 增加了损伤分析系统程序(见表 A.1)和其他调查(见 A.3)；扩充了损伤原因矩阵表(见表 A.2,2009年版的表 A.1)；
- “失效原因和预防措施”增加了大量实例(见 A.2,2009年版的 A.2)。

本标准使用翻译法等同采用 ISO 15243:2017《滚动轴承 损伤和失效 术语、特征及原因》。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 6930—2002 滚动轴承 词汇(ISO 5593:1997,IDT)

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国滚动轴承标准化技术委员会(SAC/TC98)归口。

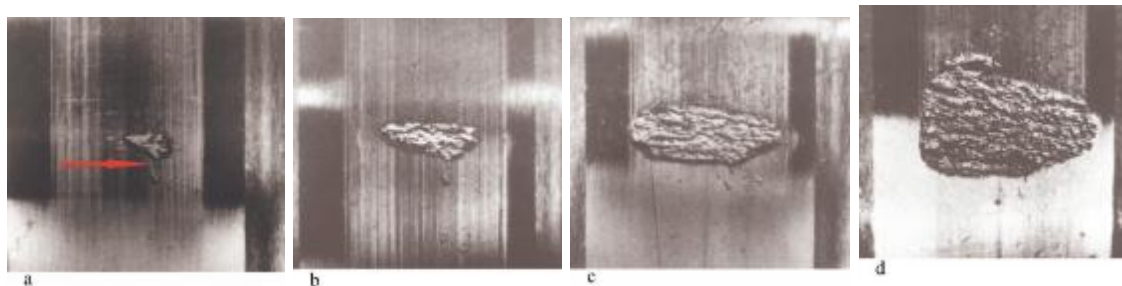
本标准起草单位：洛阳轴承研究所有限公司、浙江兆丰机电股份有限公司、人本集团有限公司、浙江五洲新春集团股份有限公司、慈兴集团有限公司、襄阳汽车轴承股份有限公司、重庆长江轴承股份有限公司、上海联合滚动轴承有限公司、福建省永安轴承有限责任公司、上海天虹微型轴承有限公司、杭州驰创轴研科技有限公司、捷姆轴承集团有限公司。

引 言

实际上,轴承的损伤或失效往往是几种机理同时作用的结果。失效可能是由于运输、搬运、安装或维护不当造成的,或是由于轴承或其相邻部件的加工质量未达到设计要求引起的。在某些情况下,失效也可能是由于考虑经济效益、无法预见的运转条件以及环境条件而采取的折衷设计造成的。由于轴承失效是由设计、制造、安装、操作、维护等多方面因素造成的,因此,确定失效的根本原因,常常是十分困难的。

注:市场上流通的假冒轴承要引起注意,假冒轴承可能看起来像原产轴承,但其使用时经常导致过早损伤或失效。

如果轴承损伤严重或突然失效,证据可能丢失,就不可能确定失效的根本原因。因此,及时关停设备以进行适当的轴承损伤分析(参见图 1)是十分重要的。在所有情况下,了解轴承的实际运转工况和维护历史至关重要。



注:紧靠滚道压痕后沿开始剥落(a);经过一段时间,剥落加重(b、c);如果不及时停机,发生剥落的根本原因的证据将消失(d)。

图 1 轴承损伤进展示例

本标准对轴承失效的分类,主要是基于滚动体接触表面和其他功能表面上可见的特征。为了准确地判定轴承失效的根本原因,需要对每一种特征都加以考虑。由于不止一种机理可对这些表面造成相似的影响,因此,在确定失效原因时,仅对外观进行描述有时是不充分的,此时,还需要考虑运转工况。在某些情况下,如果所分析的损伤太严重,且可能起源于不同的主要原因,在这些情况下,要寻找同时出现的多种迹象来确定失效的主要原因。

本标准涵盖具有钢制套圈和滚动体的轴承。陶瓷滚动体轴承的套圈损伤显示相似的失效模式。

本标准中,轴承寿命如 ISO 281^[1]所述,ISO 281给出了轴承寿命计算公式,其考虑了多种因素,如轴承承载能力、轴承载荷、轴承类型、材料、轴承疲劳载荷极限、润滑条件和污染程度。

滚动轴承 损伤和失效 术语、特征及原因

1 范围

本标准对采用标准轴承钢制造的滚动轴承在使用中发生的失效模式进行了分类。对每一失效模式的特征、外观变化及可能的根本原因进行了定义和描述,这有助于基于外观来鉴别各种失效模式。

对于本标准,下列术语解释如下:

- “滚动轴承失效”:由于损伤而使轴承不能满足预定的设计性能要求或标志使用寿命终止;
- “使用中”:轴承离开制造厂;
- “可见特征”:能直接目视或使用放大镜或光学显微镜观察到的特征,也可来自照片,但都只能是采用无损方法获得的特征。

本标准仅对具有意义明确的外观、并且能够高度确定地归因于某一特定原因的外观变化的特征形式和失效模式加以考虑,并对反映轴承变化和失效的特别重要的特征加以描述。各种失效模式用照片和图表说明,并且给出了最常见的原因。

如果通过检查和根据本标准给出的可见特征的特性描述,仍不能可靠地确定根本原因,则要考虑进行附加调查。这些方法在附录 A 的 A.3 中进行了总结,例如可能涉及使用破坏性方法获取截面,通过光学显微镜或电子显微镜进行金相组织分析以及化学和光谱分析。这些专业方法超出了本标准的范围。

通常,推荐使用条标题中给出的失效模式术语,而描述其子模式的合适的其他表述或同义词,则在 A.4 中给出并解释。

滚动轴承失效示例以及失效原因的描述、建议的改进措施在 A.2 中给出。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

ISO 5593 滚动轴承 词汇(Rolling bearings—Vocabulary)

3 术语和定义

ISO 5593 中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

注：与损伤和失效相关的术语解释列于 A.4。

ISO 和 IEC 维护的标准化工作中使用的术语数据库网址如下：

— ISO 在线浏览平台：<https://www.iso.org/obp>

— IEC 电工百科：<http://www.electropedia.org/>

3.1

特征 characteristics

由使用过程产生的可见外观。

注：表面缺陷和几何形状变化的类型定义于 ISO 8785^[3]，与磨粒磨损有关的部分定义于 ISO 6601^[2]。

3.2

损伤 damage

轴承工作表面或结构的任何可见的劣化。

3.3

事件顺序 eventsequences

由轴承初始损伤(3.2)到轴承失效(3.4)的事件的顺序。

注：早期阶段，损伤可能导致功能丧失或失效。但在许多情况下初始损伤不会导致失效，且轴承可继续工作。继续工作通常会导致二次损伤，最终导致失效。二次损伤会引入竞争性的失效模式，使得根本原因分析变得困难。

3.4

失效 failure

轴承不再能提供其设计功能的任何状态。

注 1：失效包括重要旋转性能的退化，即将发生的更大或完全失效的报警，但也可能不会发展到目标机械零件不能旋转或失去支承作用的程度。

注 2：引起工作失效的损伤程度取决于应用场合。要求精密平稳旋转的场合仅可有极小的性能损失；对振动增加、噪声增大、旋转精度降低不敏感的场所或许在有限的时间内还能够继续工作。

3.5

失效模式 failuremode

轴承失效的方式。

4 滚动轴承失效模式分类

轴承失效最好按照其失效的根本原因进行分类，但未必总是能够很容易地将原因与特征(症状)或者失效机理与失效模式一一对应，大量相关的文献也都证实了这一点(见参考文献)。基于使用中的可见的明显特征外观，本标准将失效模式分为六大类和不同的小类(见图 2)。

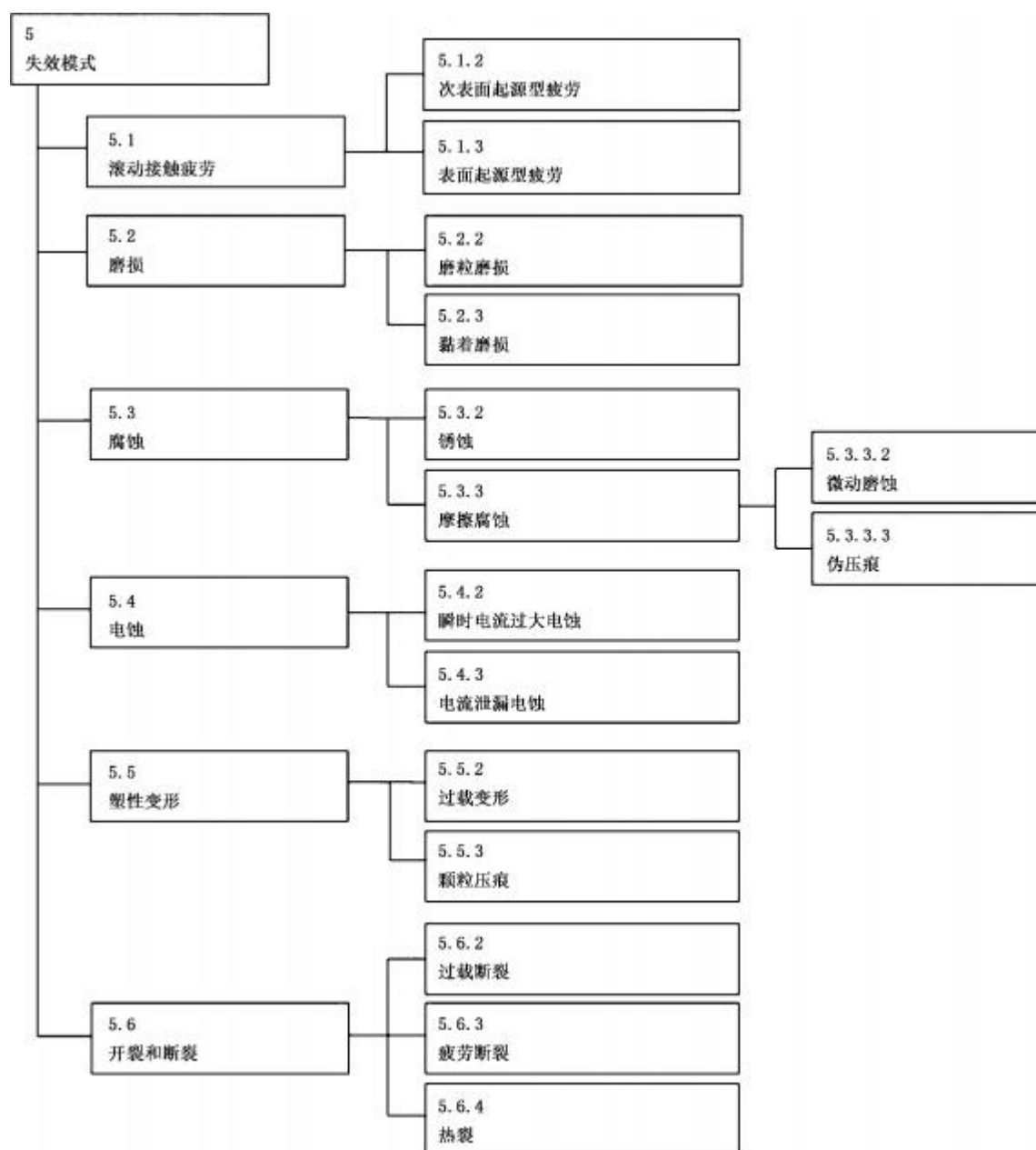


图 2 失效模式分类

5 失效模式

5.1 滚动接触疲劳

5.1.1 概述

滚动接触疲劳由滚动体和滚道接触处产生的重复应力引起。疲劳明显地表现为组织(微观结构)变化及材料从表面剥落(宏观结构),在大多数情况下剥落是组织变化的结果。

5.1.2 次表面起源型疲劳

根据赫兹理论,在滚动接触区的循环载荷作用下,应力及材料组织发生变化,并在某一位置及深度开始出现显微裂纹(其取决于外加载荷、工作温度、材料及其纯洁度和显微组织),显微裂纹的起源常常是由轴承钢中的夹杂物引起的。

金相分析时会发现组织变化(见 A.3)。微裂纹扩展至表面,发生剥落(见图 3、图 4)。

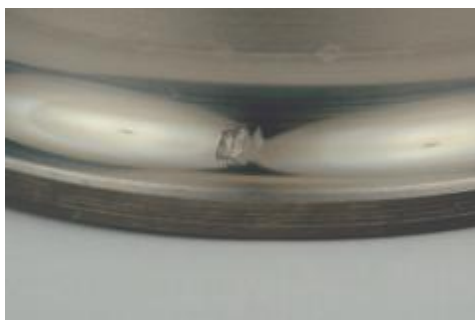


图 3 深沟球轴承旋转内圈上的次表面起源型剥落



图 4 圆锥滚子轴承静止内圈上已经扩展的次表面起源型剥落

5.1.3 表面起源型疲劳

表面起源型疲劳一般是由表面损伤造成的。

表面损伤是由于滚动接触表面粗糙峰塑性变形(平滑化、压光、磨光)而产生的表面起源型损伤。滚动体和滚道的粗糙峰接触常常因润滑不充分(润滑油膜厚度不足)而产生,这种接触可能由以下因素引起,如润滑剂流动或可用性不充分、对于轴承应用场合润滑剂不合适、工作温度超过期望值、表面粗糙等。表面粗糙峰的接触及塑性变形会导致:

- 粗糙峰微裂纹(见图 5);
- 粗糙峰微剥落(见图 6);
- 微剥落区(暗灰色)(见图 7)。

油膜厚度小的情况下,滑动运动会明显加速表面损伤。

正常工况下,油膜厚度充足时仍可能发生表面起源型疲劳。当颗粒进入接触区(见 5.5.3),极端载荷使表面塑性变形或存在搬运刻痕时,会发生这种情况。以上三种情况均会在滚道上产生压痕。压痕周围的凸起超过油膜厚度时,导致表面粗糙峰变形。由塑性变形产生的压痕引起的表面起源型疲劳示于 A.2.6.2.2。

注：ISO 281^[1] 包括了已知的对轴承寿命有影响的表面相关计算参数,如材料、润滑、环境、污染物颗粒和轴承载荷。

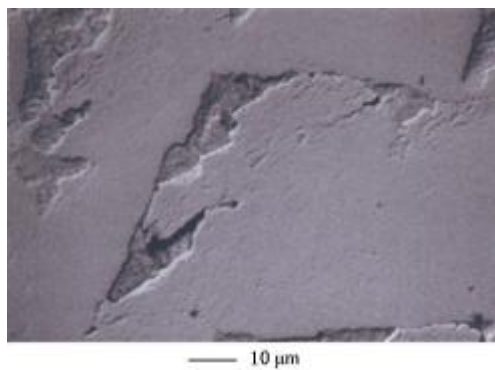


图 5 滚道上的粗糙峰微裂纹和微剥落

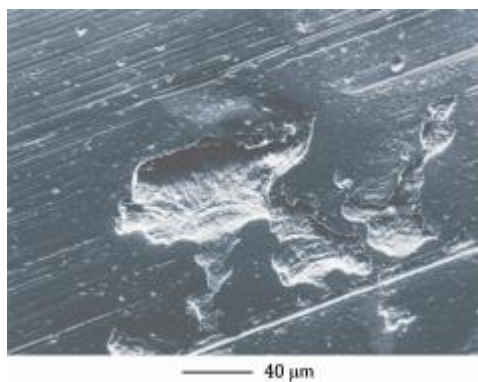


图 6 滚道上的表面起源型微剥落



图 7 滚道上的微剥落区

5.2 磨损

5.2.1 概述

磨损指在使用过程中,两个滑动或滚动/滑动接触表面相互作用造成材料的不断移失。

5.2.2 磨粒磨损

磨粒磨损(颗粒磨损,三体磨损)是存在硬颗粒时由于滑动产生的材料移失,当一硬的表面或颗粒滑过另一表面时,通过切削或犁沟作用而从该表面移除材料。磨损后表面会发生某种程度的变暗,磨粒的粗细和特性不同,变暗程度不同(见图 8)。由于旋转表面,可能还有保持架(见图 9)上的材料被磨掉,磨粒数量逐渐增多,最终磨损进入一个加速过程,从而导致轴承失效。

虽然表面一般会有一定程度的变暗,但当磨粒非常细时会发生抛光效应,形成非常亮的表面(见图 10)

注:滚动轴承的“跑合”是一自然的短期过程,此过程之后,运转状态(如噪声或工作温度)将趋于稳定,甚至得到改善。由此,运行轨迹可见,但这并非表示轴承受到损伤。



图 8 调心滚子轴承内圈上的磨粒磨损



图 9 金属实体保持架兜孔上的已发展的磨粒磨损



图 10 圆锥滚子轴承滚子大端面和内圈大挡边表面及滚道上的磨粒磨损

5.2.3 黏着磨损

黏着磨损是材料从一表面转移到另一表面,并伴随有摩擦发热,有时还伴有表面回火或重新淬火。这一过程会产生局部应力集中并可能导致接触区开裂或剥落。

在润滑不充分的情况下,当发生滑动且摩擦带来的局部温升引起接触面黏着时,发生涂抹(滑伤、黏结、划伤、粗化),导致材料转移。假如滚动体受载过小并在其再次进入承载区时受到强烈的加速作用,则在滚动体和滚道之间常常会发生涂抹(见图 11、图 12)。在涂抹严重的情况下会发生咬黏。与磨粒磨损的逐渐积累过程相反,涂抹常常是突然发生。

由于润滑不充分,挡边面和滚子端面也会发生涂抹(见图 13)。对于满装滚动体(无保持架)轴承,受润滑和旋转条件的影响,滚动体之间的接触处同样会发生涂抹。

如果轴承套圈安装在轴上或轴承座中时,夹持力不足而导致套圈相对其支承面移动(蠕动),则会在轴承内径面、外径面或轴、轴承座孔支承面上发生涂抹(也称胶合)。由于两零件直径之间存在微小差异,造成其周长也存在微小差异。因此,相对于套圈旋转的径向载荷使两零件在一系列连续点处发生接触,两接触零件以微小差速相对转动。套圈相对其支承面以微小转速差所作的这种滚动运动称为“蠕动”。

发生蠕动时,套圈和支承面接触区内的粗糙峰被滚碾,使套圈表面呈现光亮外观。在蠕动过程中滚碾经常发生,但不总是伴有套圈和支承面接触处的滑动,因而还可看到其他损伤,如擦伤印痕、微动磨蚀和磨损。在某些承载条件下,当套圈和支承面之间的过盈量不够大时,则以微动磨蚀为主(见 A.2.4.2.1 和 A.2.4.2.2)。

此外,径向采用间隙配合时,套圈端面和其轴向邻接面之间也会发生蠕动,严重时导致横向热裂纹,最终引起套圈开裂(见 5.6.4)。



图 11 圆柱滚子轴承外圈滚道上的涂抹

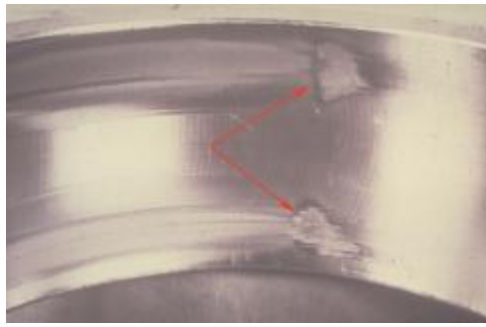


图 12 调心滚子轴承外圈滚道上的涂抹



图 13 圆柱滚子轴承滚子端面上的涂抹

5.3 腐蚀

5.3.1 概述

腐蚀是金属表面上一种化学反应的结果。

5.3.2 锈蚀

当钢制滚动轴承零件与湿气或腐蚀性介质(如水或酸)接触时,表面发生氧化或腐蚀(生锈)(见图 14)。随后出现腐蚀麻点,最后表面出现剥落(见图 15)。

当润滑剂中的水分或劣化的润滑剂与其相邻的轴承零件表面发生反应时,可在滚动体和轴承套圈之间的接触区内发现一种特定形式的锈蚀。在静止期间,深度锈蚀阶段会导致对应于球或滚子节距处的接触区变黑(见图 16),最终产生腐蚀麻点。



图 14 推力滚针轴承滚针和保持架上的锈蚀



图 15 圆柱滚子轴承外圈滚道上的锈蚀

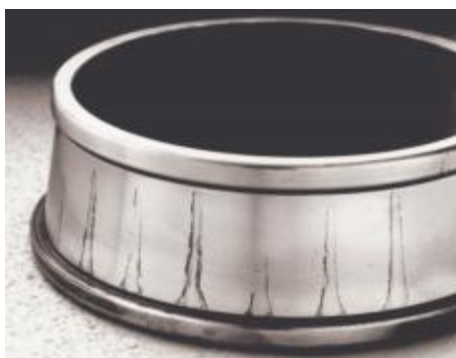


图 16 圆锥滚子轴承内圈滚道滚子节距处的接触腐蚀

5.3.3 摩擦腐蚀

5.3.3.1 概述

摩擦腐蚀(摩擦氧化)是在某些摩擦及载荷条件下,由配合表面之间相对微小运动引发的一种化学反应。这些微小运动导致表面氧化,可看到粉状锈蚀物和(或)一个或两个配合表面上材料的损失。

5.3.3.2 微动磨蚀

接触表面作微小往复摆动时,传递载荷的配合面会发生微动磨蚀,表面粗糙峰氧化并被磨去,反之亦然;最后发展成粉状锈蚀物(微动锈蚀,氧化铁),轴承表面变成黑红色(见图 17)。通常,当载荷和(或)振动克服了由安装配合产生的径向夹持力时,会出现这种损伤。轴承、轴和轴承座表面太粗糙和(或)呈波纹状也会减少有效的安装配合,诱发微动磨蚀(见图 18)。

注 1: 由于腐蚀产物(氧化铁)的存在和微小运动的综合作用,也会发生某些磨粒磨损。

注 2: 在本标准中,将微动磨蚀划归为腐蚀;在其他文件中,有时将其划归为微动磨损。



图 17 深沟球轴承内径面上的微动磨蚀



图 18 滚子轴承外径面上的微动磨蚀

5.3.3.3 伪压痕

伪压痕(振动腐蚀)最常出现于非旋转轴承的滚动体和滚道接触区,原因是在周期性振动状态下弹性接触面的微小运动和(或)回弹。根据振动强度、载荷和润滑状态的不同,在滚道上形成凹陷,大多数情况下也会导致腐蚀(由于缺少保护性的润滑剂)和综合磨粒磨损。

对于静止轴承,凹陷出现在对应于滚动体的节距处,并会变成淡红色或发亮(见图 19、图 20)。

存在来自相邻工作的设备的振动时,若较长的停机周期与相对较短的运转时段交替进行,则备用设备中发生的伪压痕表现为间距较小的波纹状凹槽,这些波纹状凹槽不应与电流引起的凹槽混淆(见 5.4.3及图 23、图 24、图 25),与电流通过造成的波纹状凹槽相比,由振动造成的波纹状凹槽底部发亮或被磨损,而电流通过造成的凹槽底部则颜色为暗灰色。电流引起的损伤还可通过滚动体上也有相应的印记这一现象予以识别。

注:本标准将伪压痕划归为腐蚀;在其他文件中,有时将其划归为磨损。

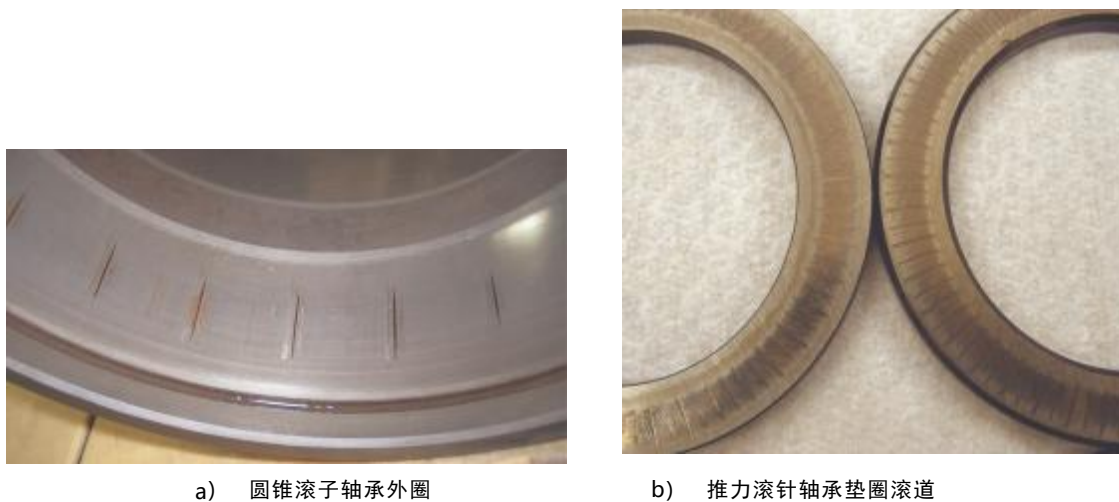


图 19 伪压痕



图 20 调心球轴承外圈滚道上的伪压痕

5.4 电蚀

5.4.1 概述

电蚀是由于损伤电流的通过造成接触表面的局部显微组织变化及材料的移失。

5.4.2 瞬时电流过大电蚀

当轴承套圈和滚动体间的电压超过绝缘击穿阈值时,电流通过滚动体和润滑油膜从轴承的一个套圈传递到另一套圈。在套圈和滚动体之间的接触区发生集中放电,造成在非常短的时间间隔内局部受热,使接触区发生熔化并焊合在一起。

这种损伤(电蚀麻点)表现为一系列直径不超过 $500\ \mu\text{m}$ 的小环形坑(见图 21、图 22),这些环形坑在滚动体和滚道接触表面重复出现,一般沿滚动方向呈珠状重叠排列(见图 21)。



图 21 调心滚子轴承的滚子—由瞬时过大电流通过形成的环形坑



图 22 显示出环形坑及熔化的材料的图 21的放大图

5.4.3 电流泄漏电蚀

当一损伤电流(电容性或电感性)连续形成时,电蚀会以不同于 5.4.2 的外观出现。表面损伤最初呈现浅环形坑状,一环形坑与另一环形坑位置接近并且尺寸很小(微米级),即使电流强度相对较弱也会发生这种现象。由于电流通过整个接触椭圆(球轴承)或接触线(滚子轴承),产生电蚀波纹状凹槽,如图 23、图 24、图 25所示。只能在滚子和套圈滚道接触表面发现这些波纹状凹槽,钢球上则没有,球只是颜色变暗。球的可见外观通常为暗色,从淡灰到暗灰(见图 24)。微观检测常常显示为环形坑。

另外,电流通过也会劣化润滑剂,劣化的润滑剂颜色发黑、变硬。



图 23 由于电流泄漏在圆锥滚子轴承内圈滚道上形成的波纹状凹槽(搓板纹)



图 24 深沟球轴承内圈沟道上的波纹状凹槽及哑光暗灰色球

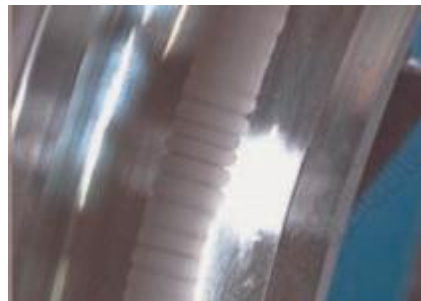


图 25 深沟球轴承外圈沟道上的波纹状凹槽

5.5 塑性变形

5.5.1 概述

塑性变形是当应力超过材料的屈服强度时发生的永久变形,其一般以两种不同的方式发生:

- 宏观上,滚动体和滚道之间的接触载荷造成在接触轨迹的大部分范围内发生屈服;
- 微观上,外界物体在滚动体和滚道之间被滚碾,并且仅在接触轨迹的小部分范围内发生屈服。

5.5.2 过载变形

轴承静止(最常见)或旋转(不常见)时均可能发生过载变形。

由静载荷或冲击载荷使静止轴承过载导致滚动体与滚道接触处发生塑性变形(真压痕),即在轴承滚道上对应于滚动体节距的位置形成浅的凹陷或凹槽(见图 26、图 27)。

通过凹陷或凹槽底部的表面粗糙度及机加工痕迹,可区分过载与伪压痕及电蚀凹槽。此外,预载荷过大或安装过程中操作不当也会发生过载(见图 26)。

装拆不当也能造成轴承其他零件(如防尘盖、垫圈和保持架)的过载和变形(见图 28)。硬的(可能

是锐利的)物体或不正确的装配也能在滚道及滚动体上引发压痕及刻痕(见图 29)。

旋转轴承的过载可能具有不同的形式,取决于过载的类型。

- 瞬时过载会产生波纹状凹槽(搓板纹),带有或多或少扩展的独立、非对称印记。
- 瞬时过载会产生对应于滚动体节距处的凹陷。
- 长期过载会导致滚道过载部分整个圆周的叠层及宏观塑性变形。



图 26 角接触球轴承静止内圈的过载



图 27 由角接触球轴承内圈滚道冲击载荷变形导致的剥落,起因于径向冲击,变形进一步发展为剥落



图 28 由搬运过程中冲击载荷引起的角接触球轴承保持架变形

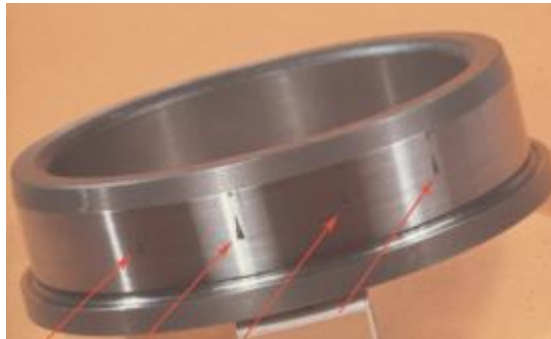


图 29 不正确装配引起的圆柱滚子轴承内圈滚道上的压痕

5.5.3 颗粒压痕

当颗粒被滚碾时,在套圈滚道(见图 30)和滚动体(见图 31)上形成压痕,压痕的尺寸和形状取决于颗粒性质,图 32显示了下列压痕类型:

- a) 由软质颗粒(如纤维、弹性体、塑料及木材)造成的压痕[见图 32a)];
- b) 由淬硬钢颗粒(如来自齿轮或轴承)造成的压痕[见图 32b)];
- c) 由硬质矿物颗粒[如油中的砂粒(二氧化硅)]造成的压痕[见图 32c)]。



图 30 圆锥滚子轴承内圈滚道上的颗粒压痕



图 31 圆锥滚子上的颗粒压痕

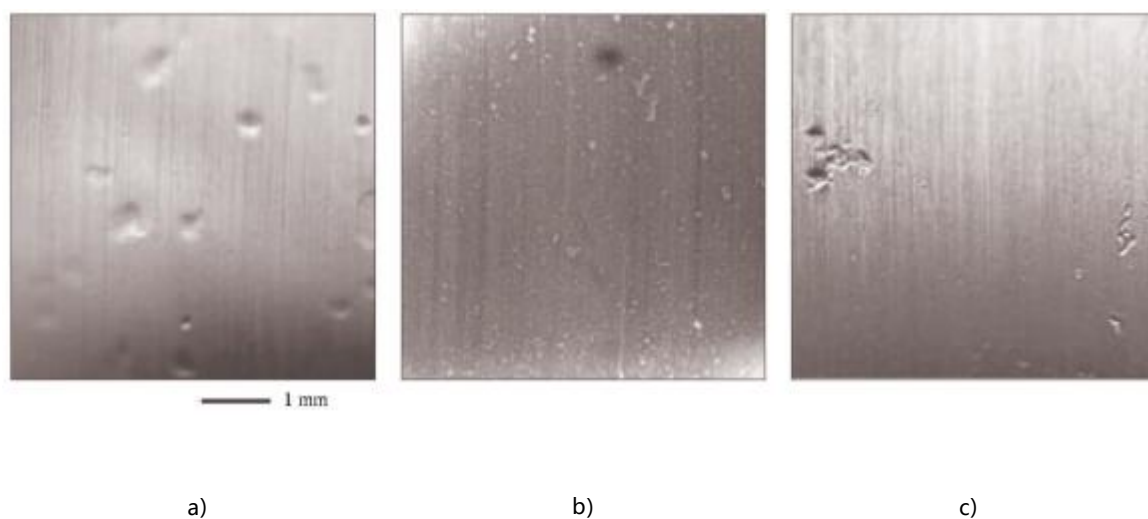


图 32 颗粒被滚碾在滚道上造成的压痕放大图

5.6 开裂和断裂

5.6.1 概述

当局部应力超过材料的抗拉强度极限时,裂纹将产生并扩展。

断裂是裂纹完全扩展过零件的某个截面或扩展到一定程度使零件的一部分与原零件完全分离的结果。

5.6.2 过载断裂

过载断裂是由于超过材料抗拉强度的应力集中造成的,也可因局部应力过大(如冲击)(见图 33)或因过盈配合过紧,如环向应力过高(见图 34)引起。

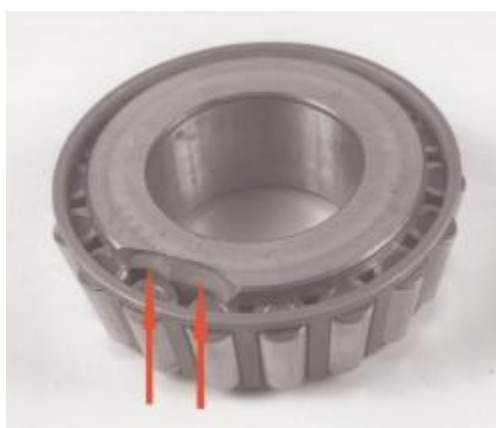


图 33 由装配过程中冲击载荷引起的圆锥滚子轴承内圈挡边过载断裂

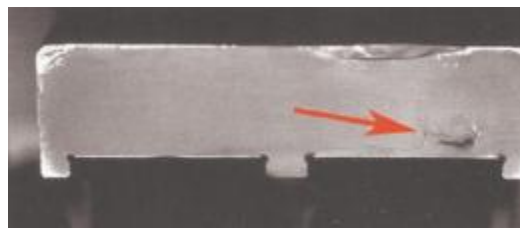


注：由安装过程中过紧的过盈配合(例如将锥孔内圈在锥轴上推得过远)引起的断裂。

图 34 调心滚子轴承内圈过载断裂

5.6.3 疲劳断裂

在弯曲、拉伸、扭转条件下,应力不断超过疲劳强度极限就会产生疲劳开裂。裂纹先在应力集中处起源并逐步扩展到零件截面的某一部分,最终造成过载断裂。疲劳断裂主要发生在套圈(见图 35)和保持架上(见图 36)。



注：断裂起源于靠近右侧滚道,中心位于疲劳裂纹扩展留下的贝壳花样中(外表面上的损伤为二次损伤且发生在套圈断裂时)。

图 35 凸轮滚子外圈由弯曲引起的疲劳断裂截面



图 36 推力滚针轴承保持架过梁疲劳断裂

5.6.4 热裂

热裂是由滑动产生的高摩擦热造成的,裂纹通常出现在垂直于滑动方向处(见图 37)。由于表面局部重新淬火以及高的残余拉应力的形成这两个因素的共同作用,因此,淬硬的钢件通常对热裂比较敏感。



图 37 圆锥滚子轴承内圈小端上的热裂纹

附录 A

(资料性附录)

失效分析 损伤图例 其他调查 术语解释

A.1 失效分析

A.1.1 总则

- 本标准旨在促进和帮助对轴承失效进行合乎逻辑的客观调查,以鉴别出可能的失效原因。
- 仔细鉴别最有可能的失效原因及失效模式对于开发长期有效的防护方案非常重要。
- 可以有针对性地设计对策以防范已鉴别出的失效原因引起的失效。
- 由所有参与者提出的公开、客观的方法对于本标准的应用是必不可缺的。

A.1.2 拆卸前后获取有关证据

A.1.2.1 重点

- 当一套轴承失效后,在打算进行失效原因诊断前,收集尽可能多的证据至关重要。
- 需要一种公正的调查方法。

A.1.2.2 保存证据

- 调查前,设备操作者/所有者要尽可能少地破坏证据。
- 不同的利益相关方需设计一个合乎逻辑的调查程序。
- 在进行评估和记录前,避免毁坏或折衷处理某些证据。
- 要从操作者、其他相关机构及个人收集尽可能多的近期运行数据。
- 即时诊断及结论可作为初步处理意见。
- 关注这些初始的可能的诊断,但要将其搁置一边,直到已经收集并评估了所有证据。
- 当设计并同意一个方案后,将设备逐步拆解到可对轴承进行分析。

表 A.1 中的矩阵给出了制订方案指南。

A.1.2.3 收集证据

- 在早期阶段,确保完成以下工作:
 - 拍照并(或)绘出示意图;
 - 记录零件的状态及位置。
- 相关零件放置在一起:

- 如有可能,进行标签、标记,并将其放置在清洁的容器内。
- 确保在以下步骤前获得只有从完整组件或部件才能得到的证据:
 - 难以或不可能复原的拆解;
 - 影响润滑剂或污染物的清洗;
 - 尤其是毁坏圆形表面的切割。
- 轴承自身失效的证据:
 - 轴承拆除后不能再运转;
 - 轴承可能早已“失效”不止一次;

- 轴承可包含或不包含原始失效原因；
- 其他零件可能有重要的证据：
 - 尽量同时调查这些零件；
- 记录任何可得的结构、系统、使用和运转历史；
- 记录轴承代号及制造商：
 - 如果仍然可见或从其实际特征可以推断出；
 - 如有可能，检查制造商的技术说明；
- 轴承可能不适合：
 - 原装轴承维修替换不当；
 - 非等效替代；
 - 不能满足设备制造商的技术要求。

注：尽可能将润滑剂及污染物作为像固体金属、聚合物、橡胶零件一样的零件考虑。

A. 1.2.4 解读证据

切记：由于损伤开始和其被检测之间的时间间隔不同，在机械系统被拆解并检测时，损伤可能或多或少地已经发展。

假如损伤检测在损伤开始后相对较迟的时候进行，初始损伤原因的线索可能已被抑制、隐藏或逐渐消失，以致难以确定损伤或失效的真正原因。

观察并分析轴承及周边零件上的所有迹象，建立可能的损伤顺序，这一点非常重要。

例如，已经扩展的剥落可能起源于润滑剂污染物造成的某个压痕处开始的表面剥落，也有可能起源于安装过程中塑性变形产生的刻痕类表面缺陷、腐蚀坑或过大电流形成的环形坑，等等。

如果在这种情况下，观测到的剥落与轴承零件其他区域上的另一初始损伤迹象连在一起，则所有这些迹象放在一起，可能会产生一个似乎可信的损伤及其产生原因的情况分析结论。

- 完善已同意的检测方案结构。
- 对所有证据进行重要性判断。
- 还不要急于下结论。
- 对主要证据进行分类。
- 小心处理与本标准所列示例不能可靠匹配的任何证据，并将其标记为“可能”。
- 然后研究被评估的证据，以尝试建立一个最可能的事件顺序。
- 针对证据建立原因试判理论并进行试验：
 - 对顺序原因及其影响进行预估；
 - 重复迭代，直到得出一个使人信服的匹配：
 - 任何已证明的证据元素不能相互矛盾；

- 列出可疑的证据并将其排序以判断不可能的相关性。
- 关键是要不要颠倒过程,不要试图强制将证据与某一理论匹配。
- 假如不能可靠地确定失效原因:

— 可进一步寻求 A. 3所述的专业帮助。

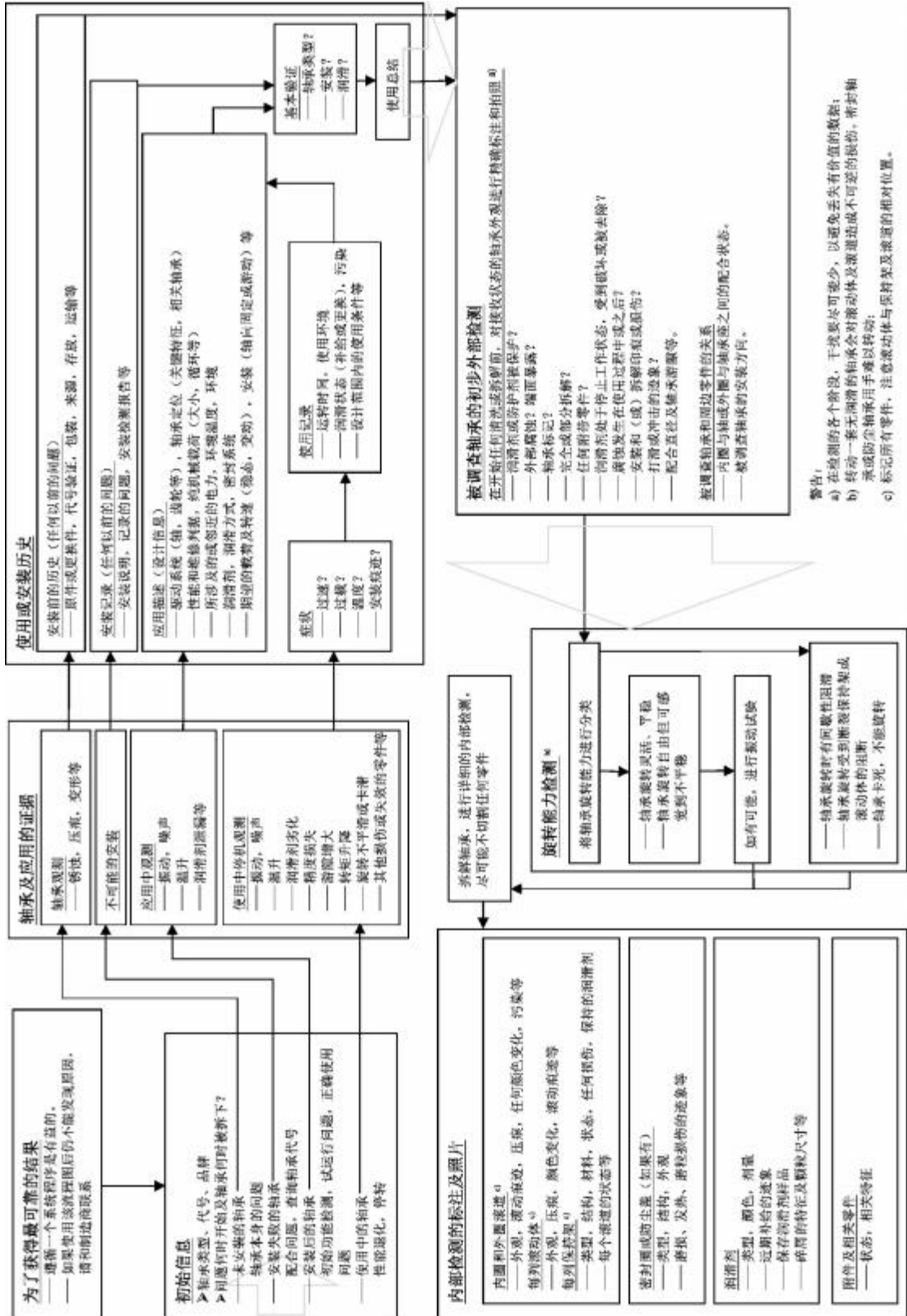
给出表 A. 1是为了帮助合理地收集初始信息。

一旦确定了对可见特征进行综合分析的出发点,在轴承状态评估和分类中就要使用详细的矩阵及相应的图解,以推断出失效最可能的原因或多个原因。

给出表 A. 2是为了根据评估对可能的失效模式及原因提供一个总览。

如果目视评估结束时仍不能可靠地确定失效原因,则必须进行进一步的专业试验,可能需要切割零件。进一步的建议参见 A. 3。

表 A. 在拆解前中后获取证据的系统程序



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/306054212202010203>

