

轴承的使用与维护



B 部分

轴承的使用与维护

1. 轴承的使用 B 005

2. 轴承的损伤与对策（轴承故障诊断手册） B 021



1. 轴承的使用

1.1 轴承使用注意事项	B 006
1.2 轴承的贮存	B 006
1.2.1 轴承贮存位置	B 006
1.2.2 轴承贮存方法	B 006
1.3 安装	B 006
1.3.1 圆柱孔轴承的安装	B 006
1.3.2 圆锥孔轴承的安装	B 008
1.4 运转检查	B 008
1.5 拆卸	B 011
1.5.1 外圈的拆卸	B 011
1.5.2 圆柱孔轴承的拆卸	B 011
1.5.3 圆锥孔轴承的拆卸	B 012
1.6 轴承的检修	B 013
1.6.1 轴承的清洗	B 013
1.6.2 轴承的检修和评估	B 013
1.7 轴与轴承座的检查	B 014
1.7.1 轴的检查	B 014
1.7.2 轴承座的检查	B 016
1.8 维护与检修	B 017
1.8.1 维护和异常处理	B 017
1.8.2 轴承的音响和振动诊断	B 018

1. 轴承的使用

1.1 轴承使用注意事项

滚动轴承是精密部件，使用应十分谨慎。即使高品质的轴承，如果使用不当，也不会得到预期的效果。轴承的主要使用注意事项如下。

(1) 保持轴承及其周围环境的清洁。

即使是肉眼看不到的微小灰尘，也会给轴承带来不良影响。所以，要保持周围清洁，防止灰尘进入轴承。

(2) 小心谨慎地操作。

轴承在操作中受到强烈冲击，可能会产生划伤，压痕或其他损伤，并导致轴承出现损伤。严重时，可能导致破损、断裂等问题，须尤为注意。

(3) 使用轴承专用工具。

须使用专用工具，避免凑合使用替代性工具。

(4) 避免轴承生锈。

由于手汗或其他污染物可能会造成生锈，因此，操作轴承时要注意保持手部的洁净。尽量佩戴手套。注意避免腐蚀性气体导致轴承生锈。

1.2 轴承的贮存

为防止生锈，每个轴承都经过防锈处理且带有包装，但根据贮存环境不同，会严重影响防锈效果。因此，充分考虑贮存位置及贮存方法。

1.2.1 轴承的贮存位置

轴承的贮存位置，应存放于室内环境，需要适度的室内温度和湿度，否则影响防锈效果。轴承的存放环境，为避免结露，在室温下，建议湿度在65%以下。

1.2.2 轴承贮存方法

确定需存放轴承的尺寸和重量后，应确保有足够的空间以及采用正确的运输设备将轴承安全地运抵贮存地。建议使用合适的存储架存放轴承，存储架的最低托盘应至少离地30cm，不能将轴承直接放在地上。

一般在轴承包装完好状态下，防锈效果根据储存条件而有所不同，一般有效期为1~3年。由于某些特殊原因，需要保存约10年时，可采用将轴承浸泡在油内的方法。

1.3 安装

滚动轴承的安装好坏，直接影响轴承使用时的精度、寿命和性能，因此安装时需特别注意，建议设计及装配部门对轴承的安装充分研究，按照标准实施安装作业。标准作业项目，参考如下。

- (1) 清洗轴承及相关零部件
- (2) 检查相关零部件的尺寸及精度
- (3) 安装
- (4) 轴承安装后进行检查
- (5) 填充润滑剂

应在安装时再打开轴承包装。一般脂润滑时，无需清洗轴承，直接填充润滑脂。油润滑时，一般也不必清洗轴承。但是，仪器用轴承或高速用轴承等，必须用洁净的清洗油清洗，除去涂在轴承上的防锈剂。除去防锈剂的轴承，由于易发生锈蚀，不可长期放置。

预先封入润滑剂的轴承则不必清洗，直接使用。轴承的安装方法，因轴承类型及配合条件而异。一般情况下，多为轴旋转，所以内圈需采用过盈配合。圆柱孔轴承，多用压力机压入或热装方法进行安装。锥孔轴承则可以直接安装在锥形轴上，或采用紧定套等安装在圆柱轴上。

轴承安装到轴承座时，多采用间隙配合。然而，外圈有过盈配合时，可以使用压力机压入。轴承也可在安装前使用干冰等进行冷却后，装入轴承座孔内。此时，由于空气中的水分会凝结在轴承表面，须采用必要的防锈措施。

1.3.1 圆柱孔轴承的安装

(1) 用压力机压入的方法

小型轴承广泛采用压力机压入的方法。如图1.1所示，在内圈上放置垫块，用压力机缓缓地压至内圈端面紧贴轴肩。绝对禁止通过外圈压入的方式安装内圈，可造成滚道内出现压痕及其他损伤。在安装前，可在配合面上涂油以便于顺利插入。不得已采用榔头敲击的方法安装时，可通过衬套接触轴承内圈端面进行操作。该方法极易造成轴承损坏。并且仅适用于过盈量小的应用，不适用于过盈量大的中大型轴承。

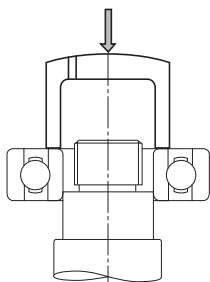


图 1.1 内圈压入

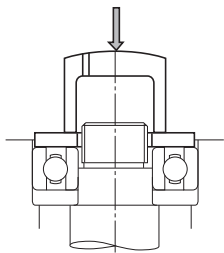


图 1.2 内外圈同时压入

当非分离型轴承如深沟球轴承的内外圈都需要过盈配合时，如图1.2所示，可在内外圈上放上垫块，用螺杆或液压方式将内外圈同时压入。由于调心球轴承外圈极易倾斜，因此，即使不是过盈配合，也需使用如图1.2所示的垫块进行安装。

分离型轴承如圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承，可以将内、外圈分别安装在轴和轴承座上。对分别安装好的内圈和外圈进行装配操作时，应确保内外圈中心一致，缓慢使内外圈达到指定位置，强行压入可造成滚动面刮伤问题。

(2) 热装的方法

由于大型轴承压入时需要很大的力，安装时较为困难。所以在油中加热轴承，使之膨胀，然后装到轴上的热装法广泛应用在轴承安装过程中。

使用这种方法可以避免安装时用力不当，并可缩短轴承安装时间。

轴承的加热温度，可根据轴承尺寸及所需必要的过盈量，可参考图1.3来确定。

热装作业的注意事项如下：

- 轴承加热不超过120°C。
- 为使轴承不接触油槽底部，应将轴承放在金属网架上或吊在油槽内。
- 为防止操作中因内圈温度下降而难于安装，应将轴承加热至比要求温度高出20~30°C。
- 安装后，轴承冷却时，宽度方向上出现收缩，为避免内圈和轴肩出现间隙，应使用螺母或其他合适的方式进行压紧处理。

NSK 轴承感应加热装置

除了用油进行热装外，利用电磁感应原理的NSK电磁感应加热装置也被广泛使用。

NSK电磁感应加热装置，内置励磁线圈，通电后内部线圈产生磁场，轴承内部因电阻产生感应电流，从而产生热量。可在不适用火、油的情况下短时间均匀加热，使高效、清洁的轴承热装作业成为可能。

对于装拆较频繁的应用，比如轧钢机辊颈以及铁路车辆车轴用圆柱滚子轴承，建议采用电磁感应加热装置进行安装和拆卸。

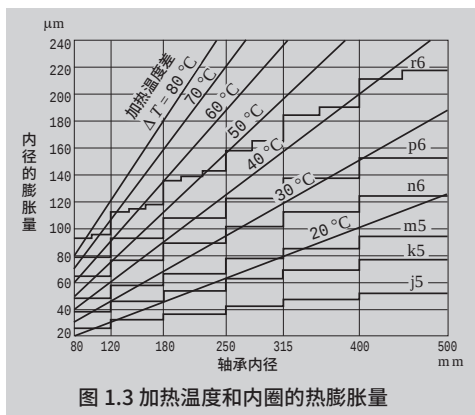


图 1.3 加热温度和内圈的热膨胀量

1.3.2 圆锥孔轴承的安装

锥孔轴承，可直接将内圈固定在锥形轴上，也可采用紧定套，拆卸套安装到圆柱轴上（图1.4和1.5）。

大型调心滚子轴承多采用液压安装，图1.6所示为采用拆卸套和液压螺母进行安装的实例。图1.7所示为在拆卸套上开设油孔，将高压油泵入配合面，通过螺钉进行压入的方法。

调心滚子轴承在安装时，以表1.1中的压入量为基准，需要确认径向内部游隙的减少量并进行安装。可使用塞尺测量径向游隙。如图1.8所示同时测量两列的游隙，须确保两个测量值基本一致。

大形轴承向轴上装入时，外圈受自重影响发生椭圆变形。若在变形轴承的最下端测量游隙，测量的数值将比实际游隙大。若采用过大内部游隙数值，并按照表1.1中的目标值进行安装后，则可能造成过盈量过大，实际安装游隙过小。

此时，如图1.9所示，可以 a 和 b 点（位于穿过轴承中心的水平线上）以及 c 点（位于轴承的最低处）游隙总和的一半作为安装游隙。

调心球轴承使用紧定套安装到轴上时，安装后的游隙不能过小，要确保外圈能够灵活调心。

1.4 运转检查

轴承安装结束后，为了检查安装是否正确，要进行运转检查。小型机械可以用手旋转，以确认是否旋转顺畅。

检查项目包括因异物、伤痕、压痕而造成的运转不畅、因安装不良，安装座加工不良而产生的力矩不稳定，由于游隙过小、安装误差、密封摩擦而引起的力矩过大等等。如无异样则可以开始动力运转。

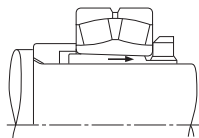


图 1.4 用紧定套安装

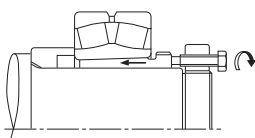


图 1.5 用拆卸套安装

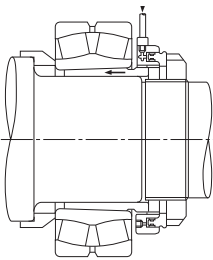


图 1.6 用液压螺母安装

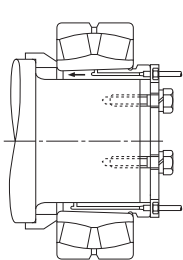


图 1.7 使用专用紧定套液压安装

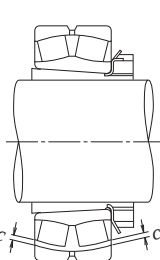


图 1.8 调心滚子轴承的游隙测量

表1.1 圆锥孔调心滚子轴承的安装

单位：mm

轴承公称内径 <i>d</i>		径向游隙减少量		轴向压入量				最小安装游隙 CN C3	
				锥度1:12		锥度1:30			
超过	到	最小	最大	最小	最大	最小	最大		
30	40	0.025	0.030	0.40	0.45	—	—	0.010	0.025
40	50	0.030	0.035	0.45	0.55	—	—	0.015	0.030
50	65	0.030	0.035	0.45	0.55	—	—	0.025	0.035
65	80	0.040	0.045	0.60	0.70	—	—	0.030	0.040
80	100	0.045	0.055	0.70	0.85	1.75	2.15	0.035	0.050
100	120	0.050	0.060	0.75	0.90	1.9	2.25	0.045	0.065
120	140	0.060	0.070	0.90	1.10	2.25	2.75	0.055	0.080
140	160	0.065	0.080	1.0	1.3	2.5	3.25	0.060	0.100
160	180	0.070	0.090	1.1	1.4	2.75	3.5	0.070	0.110
180	200	0.080	0.100	1.3	1.6	3.25	4.0	0.070	0.110
200	225	0.090	0.110	1.4	1.7	3.5	4.25	0.080	0.130
225	250	0.100	0.120	1.6	1.9	4	4.75	0.090	0.140
250	280	0.110	0.140	1.7	2.2	4.25	5.5	0.100	0.150
280	315	0.120	0.150	1.9	2.4	4.75	6.0	0.110	0.160
315	355	0.140	0.170	2.2	2.7	5.5	6.75	0.120	0.180
355	400	0.150	0.190	2.4	3.0	6	7.5	0.130	0.200
400	450	0.170	0.210	2.7	3.3	6.75	8.25	0.140	0.220
450	500	0.190	0.240	3.0	3.7	7.5	9.25	0.160	0.240
500	560	0.210	0.270	3.4	4.3	8.5	11.0	0.170	0.270
560	630	0.230	0.300	3.7	4.8	9.25	12.0	0.200	0.310
630	710	0.260	0.330	4.2	5.3	10.5	13.0	0.220	0.330
710	800	0.280	0.370	4.5	5.9	11.5	15.0	0.240	0.390
800	900	0.310	0.410	5.0	6.6	12.5	16.5	0.280	0.430
900	1 000	0.340	0.460	5.5	7.4	14.0	18.5	0.310	0.470
1 000	1 120	0.370	0.500	5.9	8.0	15.0	20.0	0.360	0.530

备注 上表的径向（内部）游隙减少量是普通CN游隙轴承的数值。轴承游隙为C3时，径向游隙减少量，以最大值为准。

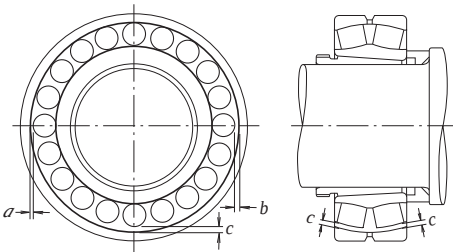


图 1.9 大型调心滚子轴承的游隙测量

无法手动旋转的大型机械，可以在空载检查后启动，然后立即切断动力，机械空转。检查有无振动、噪音、旋转部件是否有接触等异常情况。

动力运转应从低速空载开始，操作时应仔细观察，直至确认没有异常情况后，再开始缓缓地将速度、载荷等提升至正常水平。试运转中检查项目包括是否有异常音响、轴承温升过高、润滑剂泄漏或变色等等。若试运转过程中发现任何异常，必须立即中止运转，对机械进行检查。必要时，需拆下轴承检查。

轴承实际温度，一般可通过轴承座外部温度推测。但利用油孔直接测量轴承外圈的温度则更加准确。

轴承温度，从运转开始逐渐升高，通常1~2小时后温度稳定。轴承或者安装不良时，温度会急剧上升，出现异常高温。可能与润滑剂过多、轴承游隙过小、安装不良、密封部位的摩擦过大有关。高速旋转时，也有可能跟轴承类型、润滑方

式的选择有关。

轴承转动时的声音可通过听诊器或其他仪器进行检测，有较强的金属噪声、异音、不规则音等说明有异常。可能与润滑不良、轴或轴承座精度不良、轴承损伤、异物侵入等有关。上述异常现象的可能原因与对策，请参照表1.2。

表1.2 轴承异常运转的原因与对策

异常情况		可能原因	对策
噪声	金属噪声 ⁽¹⁾	异常载荷	调整配合、内部游隙、预紧、轴承座挡肩位置等
		安装不良	改善轴与轴承座的加工精度，改善安装方法，提高安装精度
		润滑剂不足、牌号不合适	补充润滑剂或选择另一合适的润滑剂
		旋转部件间的接触	调整迷宫密封接触部位
	规则音	滚动面上出现压痕、锈蚀或刮痕	更换或清洗轴承，改善密封装置，使用清洁的润滑剂
		布氏压痕	更换轴承，使用正确的安装方法
		滚道面出现剥落	更换轴承
	不规则音	游隙过大	改善配合、游隙和预紧
		异物侵入	更换或清洗轴承，改善密封装置，使用清洁的润滑剂
球伤、剥落		更换轴承	
异常温升		润滑剂过多	适量减少润滑剂，选择较硬的润滑脂
		润滑剂不足、牌号不合适	补充润滑剂或选择合适的润滑剂
		异常载荷	改善配合、内部游隙，调整预紧，调整轴承座挡肩的位置
		安装不良	改善轴与轴承座的加工精度改善安装方法，提高安装精度或改善安装方法
		配合面的蠕变 密封装置摩擦过大	更换轴承、探讨配合，轴/座孔的精度修整，变更密封结构
振动大 (轴的跳动)		布氏压痕	更换轴承，使用正确的安装方法
		剥落	更换轴承
		安装不良	修正轴、轴承座挡肩垂直度、隔圈端面的垂直度
		异物侵入	更换轴承，清洗各零件，改善密封装置等
润滑剂泄漏或 变色		润滑剂过多，异物侵入、磨屑侵入等	适量减少润滑剂，选择较硬的润滑脂。更换轴承或润滑剂，清洗轴承座与相邻部件

注 (1) 中大型圆柱滚子轴承或球轴承，采用脂润滑时，特别是冬季或低温环境使用时，有时会有碾轧音的问题。一般情况下，即使有碾轧音，轴承温度也不会升高，不影响疲劳寿命极润滑脂寿命，轴承可继续使用。若有碾轧音问题时，请联系NSK。

1.5 拆卸

在定期检修，更换时需要拆卸轴承。拆卸后，如要继续使用或还需检查进行调查时，拆卸要和安装一样谨慎。注意不损伤轴承及各部件，特别是拆卸过盈配合轴承，操作难度大，所以在设计阶段要事先考虑到便于拆卸。根据需要设计制作拆卸工具也十分重要。拆卸时，根据图纸研究拆卸方法、顺序、根据轴承的配合条件，考虑合适的拆卸方法。

1.5.1 外圈的拆卸

拆卸过盈配合的外圈，如图1.10所示，事先在轴承座的圆周上开设几处螺纹孔，通过均匀地拧紧螺钉来拆卸外圈。这些螺钉孔平常盖上盲塞。圆锥滚子轴承等分离型轴承，如图1.11所示，在轴承座挡肩上设置几处切口，使用垫块，用压力机拆卸，或轻轻敲击拆卸。

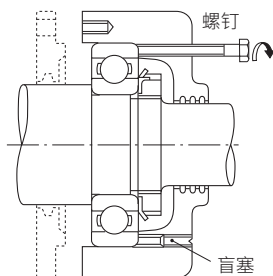


图1.10 压入螺钉拆卸外圈

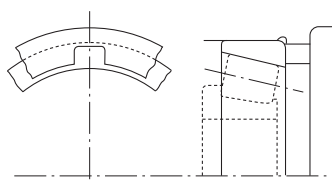


图 1.11 拆卸用切口

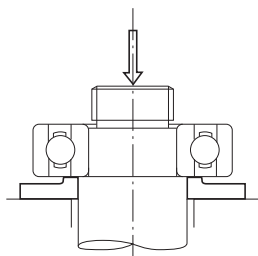


图 1.12 使用压力机拆卸内圈

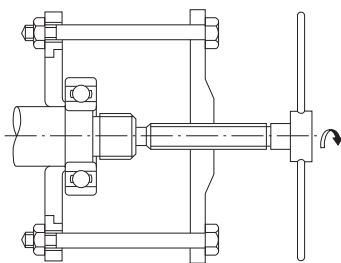


图 1.13 使用拉拔器拆卸内圈 (1)

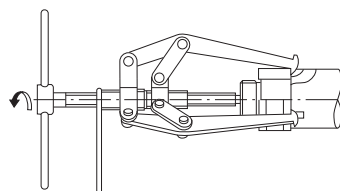


图 1.14 使用拉拔器拆卸内圈 (2)

无论哪种工具，其拉爪都必须牢牢地卡在内圈端面上。为此，需要考虑轴肩尺寸，或在轴肩处加工沟槽，以便使用拉拔器（图 1.14）。

大型轴承的内圈拆卸通常采用注油法。通过设在轴上的油孔，利用油压实现轻松拉拔。宽度大的轴承可同时使用注油法与拉拔器进行拆卸。

NU 型与 NJ 型圆柱滚子轴承的内圈拆卸可以利用感应加热法。这种方法是在短时间内加热局部，使内圈膨胀后进行拉拔（图 1.15）。

需要在轴上批量安装这类轴承时，也使用感应加热法。

1.5.3 圆锥孔轴承的拆卸

拆卸小型的带紧定套轴承，用紧固于轴上的挡块支撑内圈，将螺母拧松后，垫上垫块，然后如图 1.18 所示，用榔头敲打衬套拆卸。图 1.16 所示为通过螺母去除拆卸套的方法。拆卸困难时，如图 1.17 所示，可通过螺母上圆周方向开设多个螺纹孔，通过拧入螺钉的方式进行拆卸。

大型轴承，利用液压拆卸更加容易。图 1.19 为通过向锥形轴的油孔中通入高压油，使内圈膨胀后拆卸轴承。操作中，为避免轴承突然跌落，可利用止动螺母进行保护。图 1.20 所示是利用液压螺母拆卸衬套的方法。

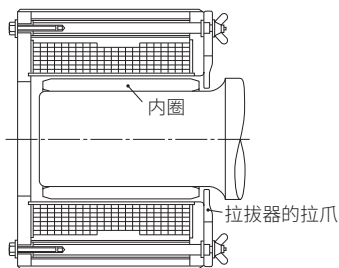


图 1.15 使用电磁感应加热器拆卸内圈

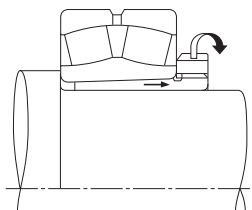


图 1.16 去除拆卸套 (1)

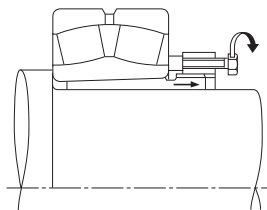


图 1.17 去除拆卸套 (2)

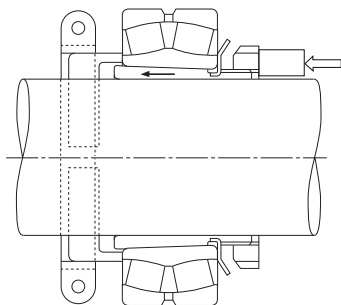


图 1.18 使用挡块拆卸紧定套

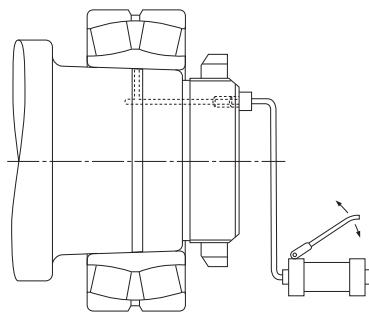


图 1.19 通过液压法进行拆卸

1.6 轴承的检修

1.6.1 轴承的清洗

检修拆卸下的轴承时，首先记录轴承的外观，确认润滑剂的残存量。

取样后，清洗轴承。清洗剂普遍使用汽油、煤油。

拆下来的轴承的清洗，分粗洗和精洗，在容器内先放上金属网，使轴承不直接接触容器内的脏物。粗洗时，如果轴承带着脏物旋转，会损伤轴承滚动面，应该加以注意。在粗洗油中，使用刷子除去润滑脂、粘着物，基本干净后，转入精洗。精洗，是将轴承浸在清洗油中一边旋转，一边仔细地清洗。另外，清洗油也要经常更换保持清洁。

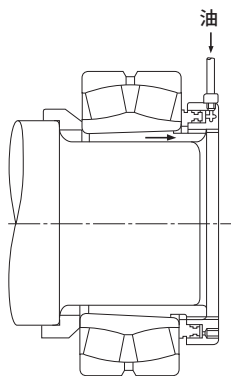


图 1.20 使用液压螺母拆卸

1.6.2 轴承的检修和评估

判断拆卸下的轴承可否再使用时，要在轴承清洗后检查，仔细检查滚道面、滚动面、配合面的状态、保持架的磨损情况、轴承游隙是否增加及有无影响尺寸精度下降的损伤、异常。非分离型小型球轴承等，则用单手平端内圈，旋转外圈确认是否流畅。

圆锥滚子轴承等分离型轴承，可以对滚动体、外圈的滚道面分别检查。

大型轴承不能手动旋转，但应注意仔细对滚动体、滚道面、保持架、挡边接触面等部位进行外观检查。轴承的重要性越高，越需要谨慎检查。

判断轴承可否再次使用，应根据轴承的磨损程度、机械功能、重要程度、运转条件、检查周期等相关因素来决定。但是，检查时若发现有下列缺陷，则轴承不能继续使用，需要更换新轴承。

- (a) 内圈、外圈、滚动体或保持架中任意一个出现裂纹或缺口。
- (b) 套圈、滚面体中任意一个出现剥落。
- (c) 滚道面、挡边或滚动体上有明显擦伤。
- (d) 保持架磨损明显，或铆钉明显松动。
- (e) 滚道面或滚动体上有严重锈蚀或划伤。
- (f) 滚道面或滚动体上有严重的压痕或碰伤。
- (g) 内圈内径面或外圈外径面上有明显的蠕变。
- (h) 因过热而明显变色。
- (i) 填充润滑脂的轴承，密封圈或防尘盖破损严重。

1.7 轴与轴承座的检查

1.7.1 轴的检查

(a) 圆柱轴

(1) 检查轴尺寸

测量安装轴承部位的轴尺寸，确认尺寸是否合格。测量位置如图 1.21 所示。测量器具用外径千分尺。

(2) 检查轴外径外观

查看安装轴承部位的轴表面，有无擦伤、磕碰痕、锈蚀或阶梯状磨损。

- 有擦伤、磕碰痕时

用油石、砂纸把棱角部位打磨光滑。

- 有锈蚀时

用油石、砂纸等除锈并把表面打磨光滑。

- 发生阶梯状磨损时，测量轴的尺寸后，判断能否修复。

(3) 防锈处理

检查完以后，对轴进行防锈处理。

(b) 锥形轴

(1) 检查轴的形状

测量安装轴承部位的轴形状，确认形状为合格形状。

测量位置如图 1.22 所示。测量器具用锥度规（正弦规）（图 1.22）。

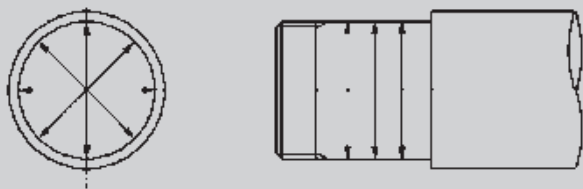


图 1.21 圆柱轴

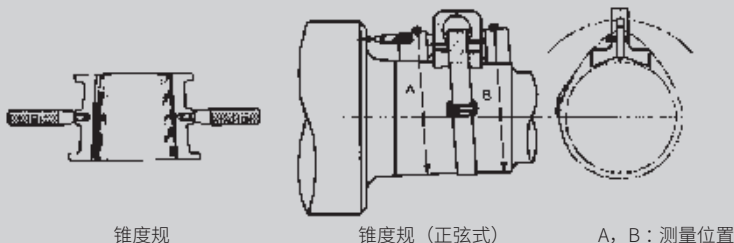


图 1.22 锥形轴

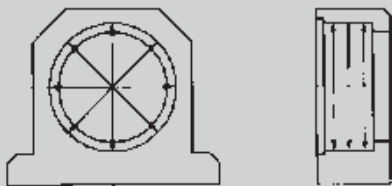


图 1.23 整体式轴承座

(2) 检查轴外端面外观

查看安装轴承部位的轴表面有无擦伤、磕碰痕、锈蚀或阶梯状磨损。

- 有擦伤、磕碰痕时

用油石、砂纸把棱角部位打磨光滑。

- 有锈蚀时

用油石、砂纸等除锈并把表面打磨光滑。（修复范围大时，须用锥度规确认锥度。

具体检查方法为：在锥度规内径面的整个表面薄薄涂上一层蓝色颜料，调整与锥轴轴心一致，缓慢插入后上下移动跑合，然后，保持与锥轴轴心一致的同时，缓慢抽出。

观察锥轴表面蓝色颜料的附着情况，如有80%以上的附着时，则可以再次使用。使用锥度规时（正弦式），请按照生产厂家的使用说明书操作）。

- 发生阶梯状磨损时

测量锥轴形状后，判断能否修复。

(3) 防锈处理

检查完后，对轴进行防锈处理。

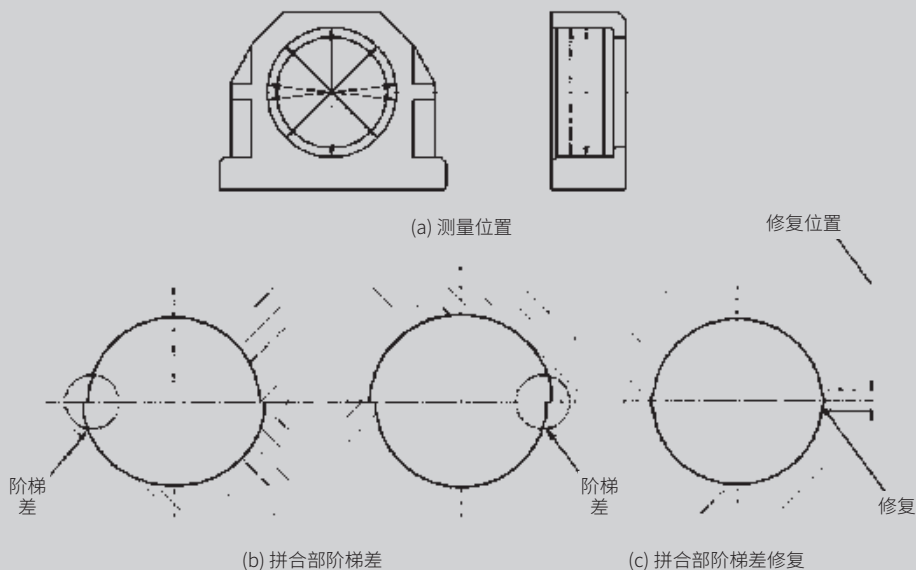


图 1.24 剖分式轴承座

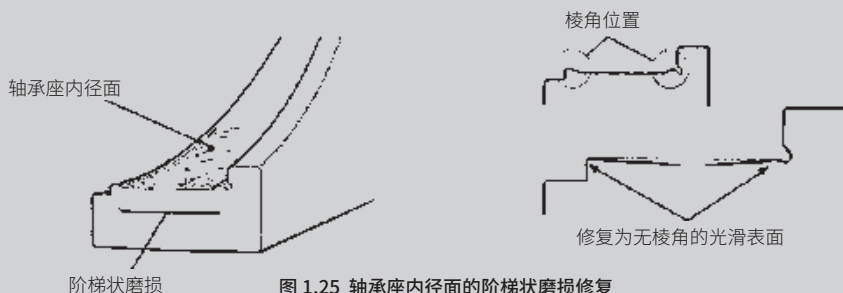


图 1.25 轴承座内径面的阶梯状磨损修复

1.7.2 轴承座的检查

(a) 整体式轴承座

(1) 检查轴承座内径尺寸

测量安装轴承部位的轴承座内径尺寸，确认尺寸是否合格。

测量位置如图 1.23 所示。测量器具用内径千分尺。

(2) 检查轴承座内径表面

观察待安装轴承的轴承座内径表面，查看有无擦伤、磕碰痕、锈蚀及阶梯状磨损。

- 有擦伤、磕碰痕时
用油石、砂纸把棱角部位打磨光滑。
- 有锈蚀时
用油石、砂纸等除锈并把表面打磨光滑。
- 有阶梯状磨损时（图1.25）

测量轴承座内径尺寸，判断能否修复。此时，如果轴承座内径尺寸的测量值在其要求范围内，则用油石、砂纸等将产生阶梯状磨损打磨光滑即可。阶梯状磨损严重时，用电镀或热喷涂的方法修复至要求尺寸后再次使用。

(3) 防锈处理

检查完后，对轴承座内径面进行防锈处理。

(b) 剖分式轴承座

(1) 检查轴承座内径尺寸

对于剖分式轴承座，需在无轴承状态下正确装配轴承座，测量安装轴承部位的轴承座内径尺寸，确认尺寸是否合格。

测量位置如图 1.24(a) 所示。测量器具用内径千分尺。

(2) 检查轴承座内径表面

观察待安装轴承的轴承座内径表面，确认情况与整体式轴承座一致。

- 剖分式轴承在拼合部易出现阶梯差，需要确认是否有阶梯差，有阶梯差时，请参照图1.24(c)进行修复。

(3) 防锈处理

检查完后，对轴承座内径面进行防锈处理。

1.8 维护与检修

1.8.1 维护和异常处理

为长期确保滚动轴承良好性能，必须定期对轴承进行维护处理。通过维护，提前防止故障发生，提高轴承运转的可靠性、效率，降低运行成本。定期维护内容包括监视运转状态、补充或更换润滑剂、定期检查。

运转中应定期检修的项目，包括轴承转动声音、振动、温度、润滑剂的状态等。

若遇到异常，可参考1.2，查找可能原因并采取必要应对措施。必要时应拆卸下轴承进行详细确认。有关检修事宜，请参照1.6节内容。

1.8.2 轴承的音响和振动诊断
音响和振动的分类

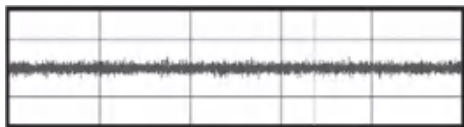
滚动轴承旋转时会伴随有声音和振动。这些声音和振动视轴承的类型、安装条件、使用条件等而有所不同。滚动轴承的音响和振动可分为以下四大类，每类又可以进一步分成多个子类，如下文表 1.3 所示。但是，并未界定各组之间的界限。即使某些类型的声音或振动是轴承所固有的，其大小也可能与制造过程相关；还有一些类型的声音或振动，虽然是由于制造产生的，但在正常条件下也无法避免。

通过记录旋转机械的声音和振动，并进行分析，可以推测出其产生的原因。正如图1.26所示，正常轴承的声音波形，较为平稳，而轴承内部有伤时，其振幅较大，并且每隔一定间隔有一个峰值出现。

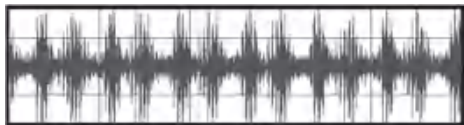
表 1.3 滚动轴承的音响和振动分类

	声音种类		振动		特性
结构方面	滚道音		套圈的固有振动		持续性声音，基本不可避免，所有轴承都会产生
	滚动体落下音		套圈的固有振动，保持架的固有振动		以一定间隔发出的有规律声音，主要在横轴上的大型轴承发生，径向载荷和低转速时
	碾轧音		套圈的固有振动		间歇性或持续性声音，常见于特定转速下的大型圆柱滚子轴承、径向载荷及脂润滑工况
	保持架音	“CK”音	保持架的固有振动		以特定间歇发出的有规律声音，所有轴承类型都会产生
		“CG”音	保持架的振动		间歇性或持续性的振动，使用特定的润滑脂时发生
		冲击音	保持架的固有振动		有一定的时间间隔，在径向载荷条件下初始阶段易发，不是很规律
—		滚动体通过的振动		持续性振动，所有承受径向载荷的轴承都会发生	
制造方面	高频振动音		波纹度导致的振动	内圈	持续性声音
				外圈	持续性声音
				滚动体	滚子上持续出现，钢球上偶尔出现
使用方面	伤痕音		因伤痕产生的振动	内圈	以一定的时间间隔出现的有规律声音
				外圈	
				滚动体	
	杂质音		因杂质产生的振动		不规则
其他	密封圈音		密封圈的固有振动		接触密封圈
	润滑剂音		—		不规则
	—		跳动	f_r	连续
				f_c	连续
				$f_r - 2f_c$	连续

n : 正整数 (1, 2, 3,...)
 Z : 滚动体数量
 f_{RIN} : 套圈的半径方向弯曲固有频率, Hz
 f_{MI} : 外圈惯性力矩系角方向固有频率, Hz
 f_r : 内圈的回转频率, Hz



正常轴承的声音波形



损伤轴承的声音波形

图 1.26 声音波形

当内圈滚道有伤时

轴承内径：100mm，录音及解析方法：对麦克风所录
试验机噪音进行包络分析转数：50min⁻¹

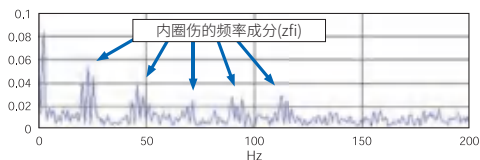


图 1.27 分析结果实例

频率（频谱分析）		原因	对策
原波形的FFT	包络后的FFT (基本波)		
径（角）向	轴向		
f_{RiN}, f_{MI}	f_{AiN}, f_{AM}	—	提高轴承周围零部件的刚度，采用适当的径向游隙、高粘度润滑剂、高品质的轴承
f_{RiN}, f_{MI} 保持架的固有频率	f_{AiN}, f_{AM}	Zf_c	滚动体与内圈或保持架碰撞
$(\approx f_{R2N}, f_{R3N})$	—	?	因滚动面滑动摩擦产生的自激振动
保持架的固有频率		f_c	保持架与滚动体或套圈碰撞
保持架的固有频率		?	因保持架引导面摩擦引起的自激振动
保持架的固有频率		Zf_c	因润滑脂阻力导致保持架与滚动体发生碰撞
Zf_c	—	—	滚动体通过时导致内圈发生变形
$nZf_i \pm f_r (nZ \pm 1 \text{ 峰值})$	$nZf_i (nZ \text{ 峰值})$	—	内圈呈波形，轴外径面不规则
$nZf_c (nZ \pm 1 \text{ 峰值})$	$nZf_c (nZ \text{ 峰值})$	—	外圈呈波形，轴承座孔不规则
$2nf_b \pm f_c (2n \text{ 峰值})$	$2nf_b (2n \text{ 峰值})$	—	滚动体呈波形
f_{RiN}, f_{MI}	f_{AiN}, f_{AM}	Zf_i	内圈滚道上的缺口、压痕、锈蚀、剥落
		Zf_c	外圈滚道上的缺口、压痕、锈蚀、剥落
		$2f_b$	滚动体上的缺口、压痕、锈蚀、剥落
f_{RiN}, f_{MI}	f_{AiN}, f_{AM}	不规律	杂质，异物侵入
密封圈的固有频率		(f_r)	因密封接触区域的摩擦而引起的自激振动
?	?	不规律	滚动体和滚道之间的润滑剂或润滑气泡断裂
f_r	—	—	内圈的壁厚差
f_c	—	—	球的相互差，不等配引起的内圈变形
$f_r - 2f_c$	—	—	球的相互差或刚度的不同向性引起的非线性振动

f_c ：滚动体的公转频率，Hz

f_{AiN} ：套圈的轴方向弯曲固有频率，Hz

f_{AM} ：外圈质量系轴方向固有频率，Hz

f_i ： $f_i = f_r - f_c$ ，Hz

f_b ：滚动体自转频率，Hz



2. 轴承的损伤与对策（轴承故障诊断手册）

2.1 轴承的损伤	B 022
2.2 滚动痕迹与承载方式	B 022
2.3 轴承的损伤与对策	B 024
2.3.1 剥落	B 025
2.3.2 剥皮	B 027
2.3.3 擦伤	B 028
2.3.4 轻微擦伤	B 029
2.3.5 挡边断裂	B 030
2.3.6 断裂、裂纹	B 031
2.3.7 保持架损伤	B 032
2.3.8 压痕	B 033
2.3.9 点蚀	B 034
2.3.10 磨损	B 035
2.3.11 微动磨损	B 036
2.3.12 伪布氏压痕	B 037
2.3.13 咬粘	B 038
2.3.14 蠕变	B 039
2.3.15 电蚀	B 040
2.3.16 锈蚀、腐蚀	B 041
2.3.17 安装伤痕	B 042
2.3.18 变色	B 043
附表：轴承损伤诊断一览表	B 044

2. 轴承的损伤与对策(轴承故障诊断手册)

2.1 轴承的损伤

一般情况下, 如果选型无误且能够正确使用, 滚动轴承可以达到预期的疲劳寿命。然而, 其常常由于本可避免的错误过早失效。

与疲劳寿命不同, 这种早期损伤多起源于不当的安装、使用或润滑, 异物侵入或异常温升。

以导致早期故障的套圈挡边擦伤为例, 其原因可能是润滑剂不足、润滑剂选择不当、供排油结构有缺陷、异物侵入、轴承安装误差或轴的挠曲过大, 也有可能是以上各种原因综合引起的。因此, 很难得知一些轴承早期损伤的真正原因。

可是, 如果弄清损伤发生前后的状况, 包括应用、工况、环境, 再结合轴承的损伤情况及可能原因的分析, 就可以降低发生同类损伤的可能性。

2.2 滚动痕迹与承载方式

当轴承旋转时, 内外圈的滚道与滚动体接触, 因此就会在滚动体和滚道上留下磨损痕迹。通过滚动痕迹可以了解承载情况, 因此滚动痕迹很重要, 所以在拆解轴承后, 应特别留意滚道面上滚动痕迹的特征。

仔细确认滚动痕迹, 就可以确定轴承承受的是径向载荷、轴向载荷还是力矩载荷。此外, 还可以确定轴承的圆度情况。检查出轴承是否承受了额外的载荷或存在安装误差过大等问题, 并确定轴承损伤的可能原因。

图 2.1 所示为深沟球轴承在不同载荷条件下产生的滚动痕迹。图 2.1 (a) 所示为内圈旋转，只承受径向载荷时形成的最常见的滚动痕迹。(b)~(d) 所示的为在一定的承载条件下，正常的滚动痕迹。面影响，会缩短轴承的使用寿命。

同样，图 2.2 也给出了滚子轴承不同的滚动痕迹：图 2.2 (i) 所示为圆柱滚子轴承，在正常情况下，内圈旋转，承受径向载荷时，外圈上产生的滚动痕迹。图 2.2 (j) 所示为轴挠曲或内圈与外圈相对倾

斜时的滚动痕迹。此时，滚动痕迹在其宽度方向上明暗不同，在承载区出入口处，滚动痕迹是倾斜的。对只有内圈旋转承受单向载荷的双列圆锥滚子轴承来说，图 2.2 (k) 表示仅承受径向载荷时外圈的滚动痕迹，图 2.2 (l) 表示仅承受轴向载荷时外圈的滚动痕迹。当内圈与外圈相对倾斜较大且承受径向载荷时，会导致外圈上出现如图 2.2 (m) 所示的滚动痕迹。

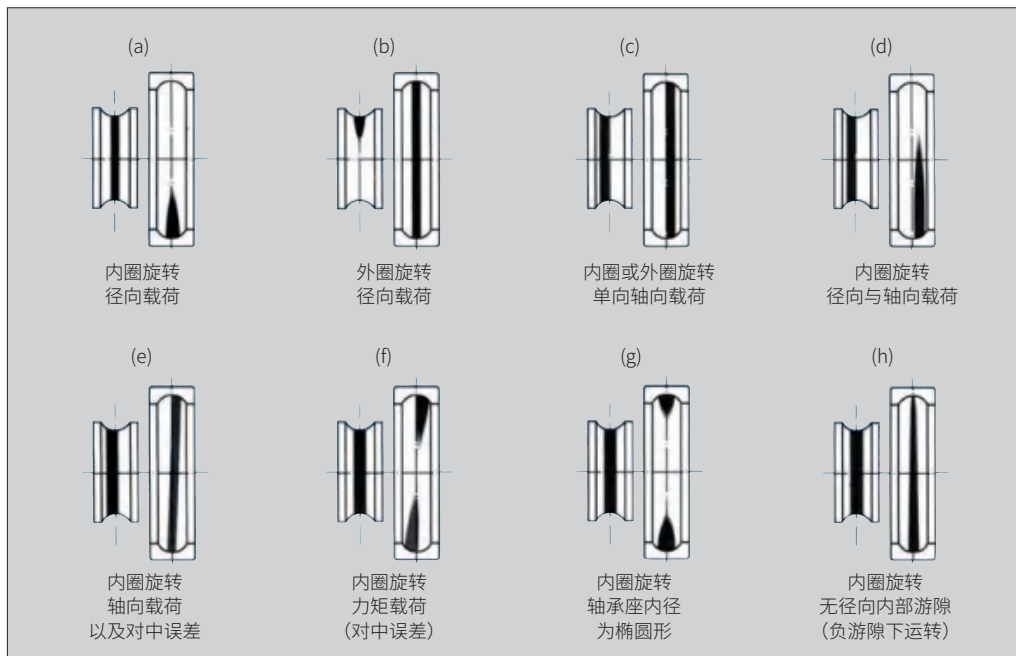


图2.1 深沟球轴承代表性的滚动痕迹

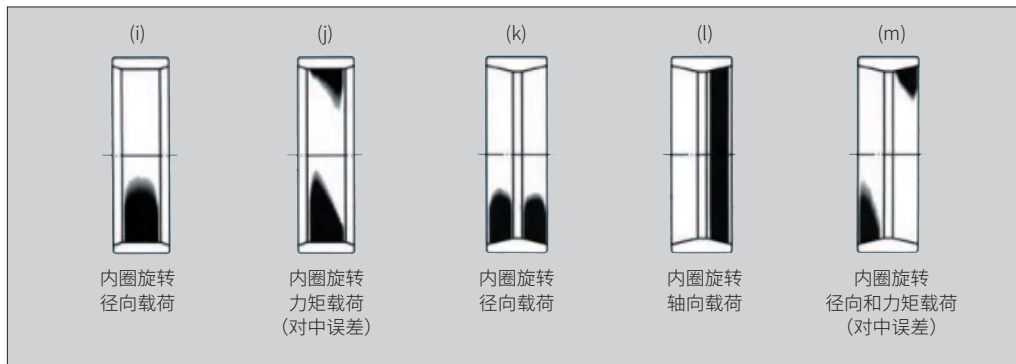


图2.2 滚子轴承代表性的滚动痕迹

2.3 轴承的损伤与对策

一般来说,如果能够被正确使用,滚动轴承可以达到预期的疲劳寿命。然而,轴承却常常由于本可避免的错误过早失效。与疲劳寿命不同,这种早期损伤多起源于不当的安装、使用和润滑,异物侵入或者异常升温。

以导致早期损伤的套圈挡边擦伤为例,其原因可能是润滑剂量不足、润滑剂选择不当、供排油结构存在缺陷、异物侵入、轴承安装误差或轴的挠曲过大,也有可能是以上各种原因综合引起的。可是,如果弄清损伤发生前后的状况,包括应用、工况、环境,再结合轴承的损伤情况及可能原因的分析,就可以找出成功降低同类损伤发生可能性乃至避免损伤发生的对策。

2.3.1 至 2.3.18 节给出了各类轴承损伤的例子和相应的对策。确定轴承损伤的原因前,请参考这些章节的内容。另外,附表中的轴承损伤诊断一览表也可以用作快速参考指南。

2.3.1 剥落

损伤状态	可能原因	对策
剥落是指滚道或滚动体光滑的表面由于滚动疲劳，出现鱼鳞状剥离的现象	载荷过大 安装不良（对中误差） 力矩载荷 异物、水分侵入 润滑不良、润滑剂不合适 轴承游隙不合适 轴或轴承座精度不好、轴承座刚度不均、轴挠度大 锈蚀、腐蚀坑、轻微擦伤、布氏压痕进一步发展	● 检查载荷的大小及再次研究所使用的轴承 ● 改进安装方法 ● 改进密封形式，停机时要进行防锈处理 ● 使用适当粘度的润滑剂，改进润滑方法 ● 检查轴及轴承座的精度 ● 检查轴承内部游隙



照片 1-1

部位：角接触球轴承的内圈
 损伤特征：沿滚道面半周产生剥落
 原因：切削液侵入轴承导致润滑不良



照片 1-2

部位：角接触球轴承的内圈
 损伤特征：滚道面上的剥落呈倾斜状态
 原因：安装时轴与轴承座对中不良



照片 1-3

部位：照片 1-4 的外圈
 损伤特征：滚道表面产生等球间距分布的剥落
 原因：停机时冲击载荷造成的压痕发展而成



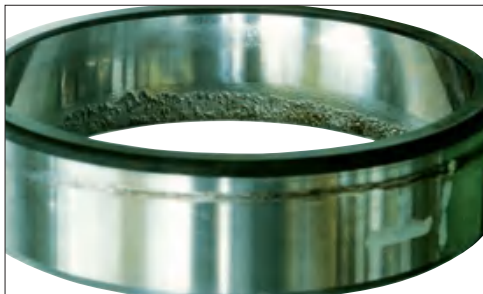
照片 1-4

部位：照片 1-3 的钢球
 损伤特征：球表面出现剥落
 原因：停机时冲击载荷造成的压痕发展而成



照片 1-5

部位：调心滚子轴承的内圈
损伤特征：滚道单侧整周发生剥落
原因：轴向载荷过大



照片 1-6

部位：照片 1-5 的外圈
损伤特征：滚道单侧整周发生剥落
原因：轴向载荷过大



照片 1-7

部位：调心滚子轴承的内圈
损伤特征：滚道单侧发生剥落
原因：润滑不良



照片 1-8

部位：圆柱滚子轴承的滚子
损伤特征：滚动面沿轴向发生早期剥落
原因：安装不当造成的划痕



照片 1-9

部位：四列圆锥滚子轴承的外圈
损伤特征：滚道出现剥落（承载区）
原因：力矩载荷过大



照片 1-10

部位：照片 1-9 滚道面的放大图
损伤特征：滚道单侧出现剥落
原因：倾斜导致面压过大

2.3.2 剥皮

损伤状态	可能原因	对策
表面发暗并伴有轻微磨损。在发暗的表面上有很多微小裂纹，裂纹从表面扩展至 5~10 μm 的深度，在大范围内产生轻微剥落	润滑剂不合适 润滑剂中侵入异物 润滑不良导致表面粗糙 滚动接触副表面粗糙	● 选择合适的润滑剂 ● 改进密封装置 ● 改善滚动接触副的表面粗糙度



照片2-1
 部位： 调心滚子轴承的内圈
 损伤特征： 滚道面中央出现圆形剥皮图案
 原因： 润滑不良



照片2-2
 部位： 照片2-1中图案的放大图



照片2-3
 部位： 照片2-1的球面滚子
 损伤特征： 滚动面中央出现圆形剥皮图案
 原因： 润滑不良



照片2-4
 部位： 调心滚子轴承的外圈
 损伤特征： 滚道整周出现剥皮现象
 原因： 润滑不良

2.3.3 擦伤

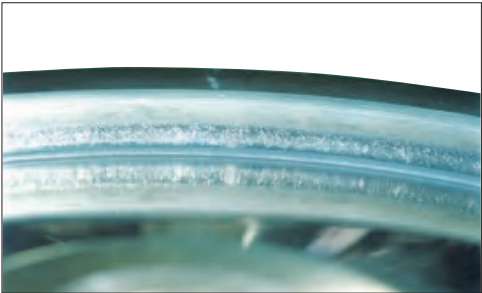
损伤状态	可能原因	对策
擦伤是指由于润滑不良或恶劣工况条件下发生打滑而引起的微小咬粘汇集而成的表面损伤 沿滚道面和滚动面圆周方向出现线性损伤 滚子端面出现螺旋线状的损伤 与滚子端面接触的挡边面的擦伤	载荷过大、预紧力过大 润滑不良 异物侵入 内外圈倾斜 轴挠曲 轴和轴承座精度不良	● 检查载荷的大小 ● 调整预紧力 ● 选择合适的润滑剂，改善润滑方法 ● 检查轴及轴承座的精度



照片3-1
部位： 调心滚子轴承的内圈
损伤特征： 内圈挡边面出现擦伤
原因： 急加减速造成滚子打滑



照片3-2
部位： 双列圆柱滚子轴承的外圈
损伤特征： 外圈挡边面出现明显的擦伤
原因： 轴向载荷过大



照片3-3
部位： 推力圆锥滚子轴承的内圈
损伤特征： 内圈挡边面出现擦伤
原因： 磨损颗粒混入，且油膜因载荷过大而破裂



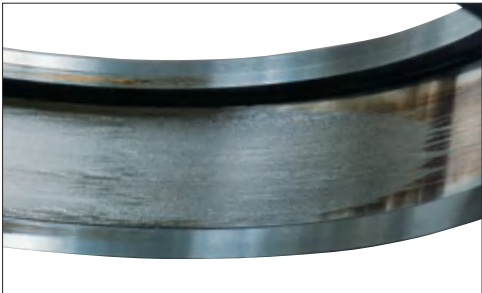
照片3-4
部位： 双列圆柱滚子轴承的滚子
损伤特征： 滚子端面出现擦伤
原因： 润滑不良且轴向载荷过大

2.3.4 轻微擦伤

损伤状态	可能原因	对策
所谓轻微擦伤，是指滚道面或滚动面上既有滚动又有滑动时，因油膜破裂产生的微小烧伤汇集而成的表面损伤 因金属粘着而使表面变得粗糙	高速轻载 急加减速 润滑剂不合适 水的侵入	● 调整预紧力 ● 变更轴承游隙 ● 使用易于形成油膜的润滑剂 ● 改善润滑方法 ● 改善密封装置



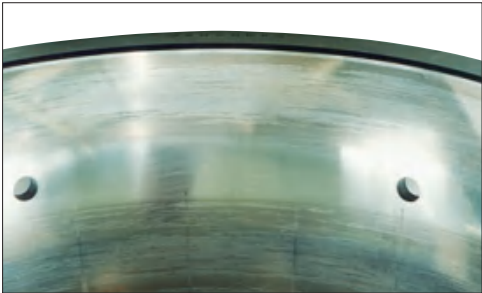
照片 4-1
部位：圆柱滚子轴承的内圈
损伤特征：沿滚道面圆周方向出现轻微擦伤
原因：润滑脂填充过多而引起滚子打滑



照片 4-2
部位：照片 4-1 的外圈
损伤特征：沿滚道面圆周方向出现轻微擦伤
原因：润滑脂填充过多而引起滚子打滑



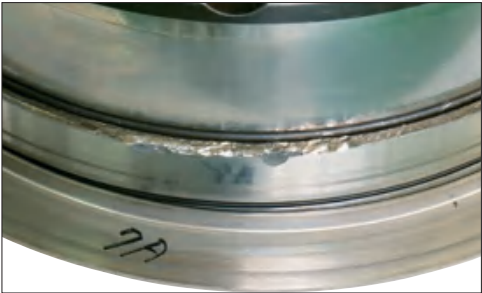
照片 4-3
部位：调心滚子轴承的内圈
损伤特征：沿滚道面圆周方向出现轻微擦伤
原因：润滑不良



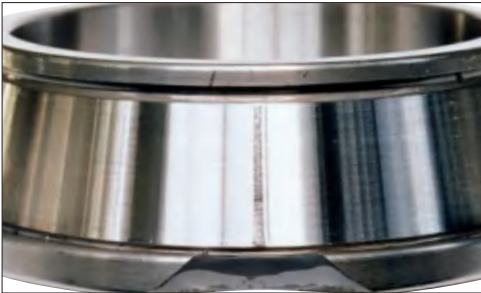
照片 4-4
部位：照片 4-3 的外圈
损伤特征：沿滚道面圆周方向出现轻微擦伤
原因：润滑不良

2.3.5 挡边断裂

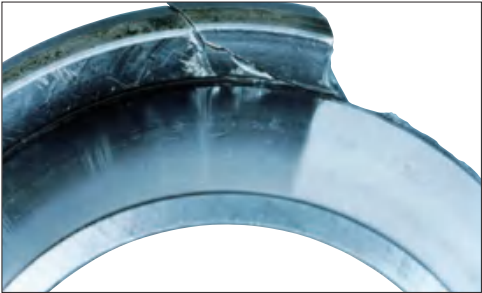
损伤状态	可能原因	对策
挡边断裂，是指套圈的挡边或者或者滚子圆角承受局部冲击和过大载荷后，部分出现断裂的现象。	安装时的冲击 载荷过大 使用不当（如掉落）	● 改进安装方法 （采用热装，使用适当的工装） ● 重新考虑载荷条件 ● 为轴承挡边提供足够的支承



照片 5-1
部位： 双列圆柱滚子轴承的内圈
损伤特征： 中挡边上出现断裂
原因： 安装时的载荷过大



照片 5-2
部位： 圆锥滚子轴承的内圈
损伤特征： 内圈大挡边出现断裂
原因： 安装时的冲击过大



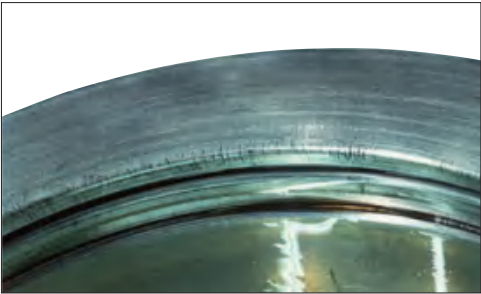
照片 5-3
部位： 推力调心滚子轴承的内圈
损伤特征： 大挡边上出现断裂
原因： 循环载荷



照片 5-4
部位： 实体滚针轴承的外圈
损伤特征： 外圈挡边上出现断裂
原因： 载荷过大导致滚子倾斜
（相比其直径，滚针较长。载荷过大或载荷不均的情况下，滚子倾斜挤压挡边）

2.3.6 断裂、裂纹

损伤状态	可能原因	对策
断裂指的是套圈或滚动体出现破损的现象。也包含继续使用，可发展为断裂的初期裂纹。	过盈量过大 载荷过大，冲击载荷 剥落的进一步发展 套圈与周边零部件的接触造成发热和微动磨损 蠕变造成的发热 锥形轴的锥度不良 轴的圆柱度不良 轴肩的圆角半径比轴承倒角大，与轴承倒角干涉	● 修正过盈量 ● 检查载荷条件 ● 改进安装方法 ● 使用形状合适的轴



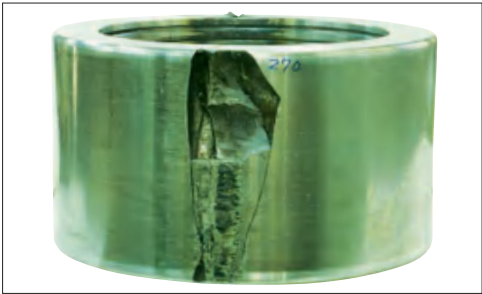
照片 6-1
部位： 双列圆柱滚子轴承的外圈
损伤特征： 外圈端面出现热裂纹
原因： 外圈端面与配对零部件发生接触打滑导致异常发热



照片 6-2
部位： 推力圆锥滚子轴承的滚子
损伤特征： 滚子大端面出现热裂纹
原因： 由于润滑不良，与内圈挡边发生打滑导致异常发热



照片 6-3
部位： 双列圆柱滚子轴承的外圈
损伤特征： 以滚道面上的剥落为起点，沿轴向与圆周方向产生的断裂
原因： 由冲击压痕造成的剥落发展所致



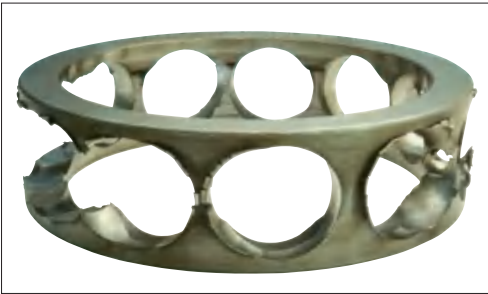
照片 6-4
部位： 外圈作为轧辊使用的双列圆柱滚子轴承（外圈旋转）
损伤特征： 外径面出现的断裂
原因： 因外圈旋转不畅造成的平面磨损与发热

2.3.7 保持架损伤

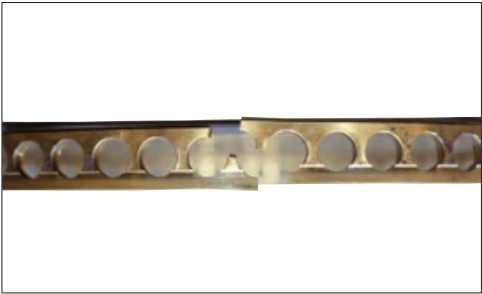
损伤状态	可能原因	对策
保持架破损包括保持架变形、折断和磨损等 保持架梁折断 端面变形 兜孔面磨损 引导面磨损	安装不良（对中不良） 使用不当 力矩载荷大 冲击、振动大 转速过高、急加减速 润滑不良 温升	● 检查安装方法 ● 检查温度、转速和载荷条件 ● 减小振动 ● 选择合适的保持架 ● 选择合适的润滑方法和润滑剂



照片 7-1
部位：深沟球轴承的保持架
损伤特征：钢板冲压保持架的兜孔折断



照片 7-2
部位：角接触球轴承的保持架
损伤特征：铸铁车制保持架兜孔柱部断裂
原因：内外圈安装倾斜，使保持架承受异常载荷



照片 7-3
部位：角接触球轴承的保持架
损伤特征：高强度黄铜车制保持架兜孔折断



照片 7-4
部位：圆锥滚子轴承的保持架
损伤特征：钢板冲压保持架的梁折断

2.3.8 压痕

损伤状态	可能原因	对策
微小金属颗粒等异物侵入滚动接触区后，在滚道表面或滚动体表面产生压痕。若安装时受到冲击，就会形成呈滚动体间距分布的压痕（布氏压痕）	有金属颗粒等异物侵入 载荷过大 运输或安装过程中受到冲击	● 清洗轴承座 ● 改进密封装置 ● 过滤润滑油 ● 改进安装及使用方法



照片 8-1

部位： 双列圆锥滚子轴承的内圈
 损伤特征： 滚道面布满微小压痕
 原因： 异物侵入



照片 8-2

部位： 双列圆锥滚子轴承的外圈
 损伤特征： 滚道面布满微小压痕
 原因： 异物侵入



照片 8-3

部位： 圆锥滚子轴承的内圈
 损伤特征： 整个滚道表面布满大小不等的压痕
 原因： 异物侵入



照片 8-4

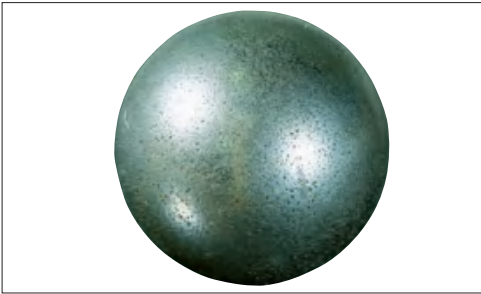
部位： 照片 8-3 的圆锥滚子
 损伤特征： 滚子表面布满大小不等的压痕
 原因： 异物侵入

2.3.9 点蚀

损伤状态	可能原因	对策
滚道面或滚动面呈现带有微弱光泽的梨皮状	润滑剂中侵入异物 空气中的水分凝结 润滑不良	●改善密封装置 ●充分过滤润滑油 ●使用合适的润滑剂



照片 9-1
部位： 回转支撑轴承的外圈
损伤特征： 滚道面呈现梨皮状，凹坑底部已被腐蚀



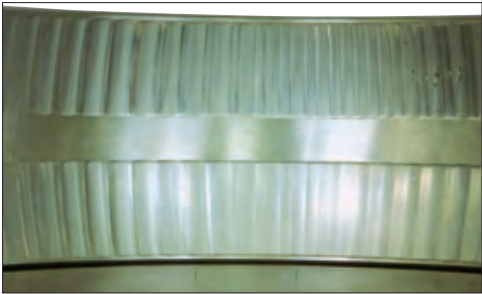
照片 9-2
部位： 照片 9-1 的钢球
损伤特征： 滚动面呈现梨皮状

2.3.10 磨损

损伤状态	可能原因	对策
所谓磨损，是滚道表面、滚动面、滚子端面、挡边面、保持架兜孔表面等由于摩擦造成的表面损耗	异物侵入 锈蚀和电蚀的发展 润滑不良 因滚动体不规则运动造成的打滑	● 改进密封装置 ● 清洗轴承座 ● 充分过滤润滑油 ● 检查润滑剂和润滑方法 ● 避免对中误差



照片 10-1
部位： 圆柱滚子轴承的内圈
损伤特征： 因电蚀和波状磨损使滚道表面上出现许多凹坑
原因： 电蚀



照片 10-2
部位： 调心滚子轴承的外圈
损伤特征： 滚道表面承载区出现波纹状或凹凸不平的磨损
原因： 静止状态下反复振动及异物侵入而造成



照片 10-3
部位： 调心滚子轴承的外圈
损伤特征： 滚道面承载区出现磨损
原因： 低速、重载、润滑不良（油膜破裂）



照片 10-4
部位： 调心滚子轴承的外圈（放大图）
损伤特征： 滚道面上出现细小的剥落和磨损
原因： 润滑不良导致油膜破裂，从而造成磨损（初次损伤），进而发展成剥落（二次损伤）

2.3.11 微动磨损

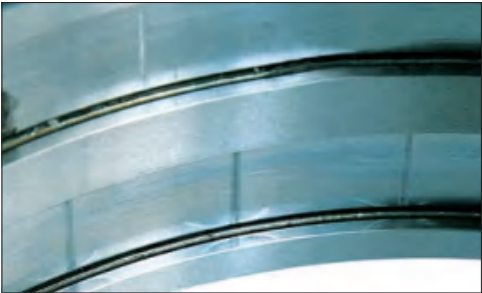
损伤状态	可能原因	对策
由于两个接触面间存在反复滑动而产生的磨损 微动磨损产生在配合面以及滚道面与滚动体之间的接触区域 由于产生的磨损粉末为红褐色或黑色，因而也被称作腐蚀磨损	润滑不良 小幅振动 过盈量不足	● 使用合适的润滑剂 ● 施加预紧 ● 检查过盈配合 ● 在配合面涂一层润滑剂



照片11-1
部位： 深沟球轴承的内圈
损伤特征： 内径面上出现微动磨损
原因： 振动



照片11-2
部位： 角接触球轴承的内圈
损伤特征： 整个内径面圆周上出现显著的微动磨损
原因： 过盈配合不足



照片11-3
部位： 双列圆柱滚子轴承的外圈
损伤特征： 滚道表面上出现按滚子间距分布的微动磨损

2.3.12 伪布氏压痕

损伤状态	可能原因	对策
在不同类型的微动磨损中，伪布氏压痕是滚道和滚动体接触部位产生的振动和摆动所引起的磨损，从而出现类似布氏压痕的损伤	运输途中，轴承静止状态下的摆动或振动 小幅的摆动 润滑不良	● 运输途中将轴和轴承座固定 ● 运输时将内圈和外圈分开包装 ● 施加适当预紧以减轻振动 ● 使用合适的润滑剂



照片12-1

部位：深沟球轴承的内圈
损伤特征：滚道上出现伪布氏压痕
原因：静止时由于外部振动造成的振动损伤



照片12-2

部位：照片12-1的外圈
损伤特征：滚道上出现伪布氏压痕
原因：静止时由于外部振动造成的振动损伤



照片12-3

部位：推力球轴承的外圈
损伤特征：滚道表面产生等球间距分布的伪布氏压痕
原因：小角度反复摆动造成的损伤



照片12-4

部位：圆柱滚子轴承的滚子
损伤特征：滚动面上出现伪布氏压痕
原因：静止时由于外部振动造成的振动损伤

2.3.13 咬粘

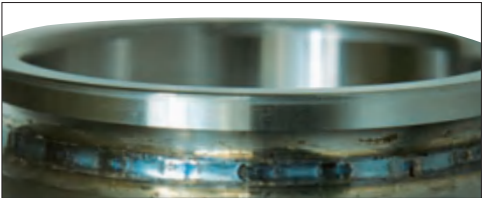
损伤状态	可能原因	对策
轴承运转时急剧发热,套圈、滚动体及保持架发生变色、软化、熔敷和破损	润滑不良 载荷过大(预紧过大) 转速过高 内部游隙过小 有水 and 异物侵入 轴及轴承座的精度不良,轴挠度过大	● 检查润滑剂和润滑方法 ● 重新检查所选轴承的适合性 ● 检查预紧、轴承游隙和配合 ● 改进密封装置 ● 检查轴及轴承座的精度 ● 改进安装方法



照片13-1
部位: 调心滚子轴承的内圈
损伤特征: 滚道变色, 出现熔融现象。保持架上的磨损颗粒被碾压、附着在滚道上
原因: 润滑不足



照片13-2
部位: 照片13-1的球面滚子
损伤特征: 滚子滚动面变色, 出现熔融现象, 附着有保持架上的磨损颗粒
原因: 润滑不足



照片13-3
部位: 角接触球轴承的内圈
损伤特征: 滚道变色, 出现呈等球距分布的熔融痕迹
原因: 预紧过大



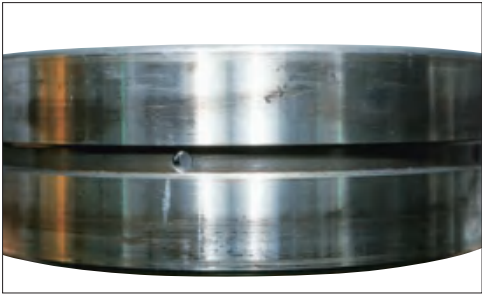
照片13-4
部位: 照片13-3中的外圈
损伤特征: 滚道变色, 出现呈等球距分布的熔融痕迹
原因: 预紧过大

2.3.14 蠕变

损伤状态	可能原因	对策
所谓蠕变，是指轴承的配合面间产生间隙时，出现的相对滑动现象 发生蠕变的配合面呈镜面状或暗面状，有时会伴有擦伤或磨损	过盈量不足或间隙配合 紧定套锁紧不足	● 检查过盈量，采用防滑措施 ● 修正紧定套锁紧量 ● 检查轴及轴承座的精度 ● 施加轴向预紧 ● 滚动套圈端面的紧固 ● 在配合面上涂粘合剂 ● 在配合面上涂一层润滑剂



照片14-1
部位：调心滚子轴承的内圈
损伤特征：内径面上的蠕变，伴随有擦伤
原因：过盈量不足



照片14-2
部位：调心滚子轴承的外圈
损伤特征：外径面上出现整周的蠕变
原因：外圈和轴承座之间的间隙配合

2.3.15 电蚀

损伤状态	可能原因	对策
当电流通过轴承时，润滑油膜被击穿，局部表面熔融后呈现凹凸不平的现象。明显的时候，呈现梨皮状点蚀、条纹状的凹凸	内外圈间的电位差 仪器或线路板在轴承附近使用时产生高频电位差	● 设计电路，避免电流通过轴承 ● 将轴承绝缘



照片15-1
部位：圆锥滚子轴承的内圈
损伤特征：滚道表面上出现条纹状电蚀现象



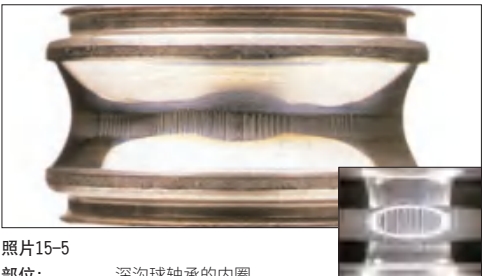
照片15-2
部位：照片15-1中的圆锥滚子
损伤特征：滚动面上出现条纹状电蚀现象



照片15-3
部位：圆柱滚子轴承的内圈
损伤特征：滚道表面上出现带状电蚀，并伴有凹坑



照片15-4
部位：深沟球轴承的钢球
损伤特征：深色的电蚀遍布整个球面



照片15-5
部位：深沟球轴承的内圈
损伤特征：滚道表面出现槽纹（高频）



照片15-6
部位：深沟球轴承的外圈
损伤特征：滚道表面出现槽纹（高频）

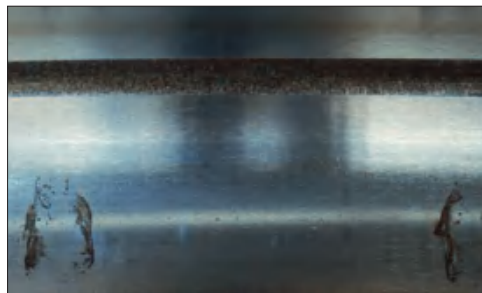
2.3.16 锈蚀、腐蚀

损伤状态	可能原因	对策
轴承的锈蚀和腐蚀包括套圈和滚动体表面的凹坑状锈蚀，以及可能出现在套圈上呈滚动体间距分布或出现在整个轴承表面上的凹坑状锈蚀	腐蚀性气体或水侵入 润滑剂不合适 由于水分凝结而形成水滴 高温潮湿环境下停机 运输时防锈处理不当 保管不当 使用不当	● 改进密封装置 ● 研究润滑方法 ● 停机时进行防锈处理 ● 改进保管方法 ● 改进使用方法



照片16-1

部位: 圆柱滚子轴承的外圈
损伤特征: 挡边面和滚道表面上生锈
原因: 由于进水造成润滑不良



照片16-2

部位: 回转支撑轴承的外圈
损伤特征: 滚道表面产生等球间距分布的锈蚀
原因: 停机时水分凝结



照片16-3

部位: 调心滚子轴承的内圈
损伤特征: 滚道表面产生呈滚子间距分布的锈蚀
原因: 水分侵入润滑剂

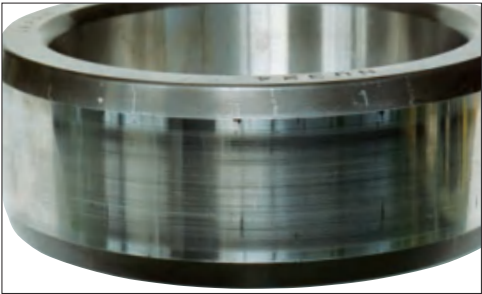


照片16-4

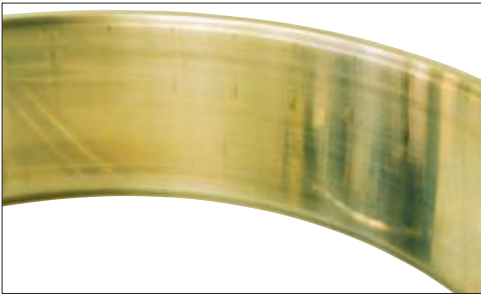
部位: 调心滚子轴承的滚子
损伤特征: 滚动面上出现凹坑状锈蚀、腐蚀
原因: 保管过程中水分凝结

2.3.17 安装伤痕

损伤状态	可能原因	对策
在轴承安装和拆卸时，滚道面及滚动面上形成的轴向线状伤痕	安装、拆卸时内外圈发生倾斜 安装、拆卸时的冲击载荷	● 使用恰当的工具 ● 使用压力机时，应避免冲击载荷 ● 安装时注意保证同心



照片17-1
部位：圆柱滚子轴承的内圈
损伤特征：滚道面上的轴向伤痕
原因：安装时内、外圈倾斜



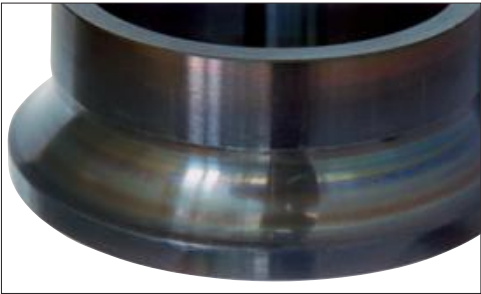
照片17-2
部位：双列圆柱滚子轴承的外圈
损伤特征：整个滚道面上均有呈滚动体间距分布的线状伤痕
原因：安装时内、外圈倾斜



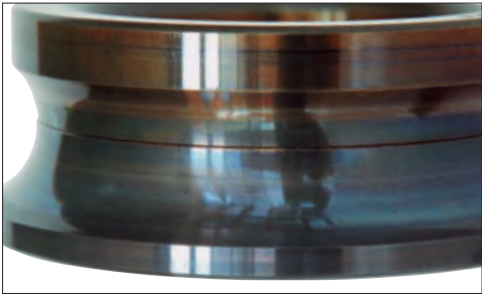
照片17-3
部位：圆柱滚子轴承的滚子
损伤特征：滚动面上产生的轴向伤痕
原因：安装时内、外圈倾斜

2.3.18 变色

损伤状态	可能原因	对策
由温升或润滑剂的反应等造成的套圈、滚动体及保持架变色	润滑不良 润滑剂在高温下分解着色 温升过高	● 改善润滑方法



照片18-1
部位：角接触球轴承的内圈
损伤特征：滚道面呈青紫色
原因：润滑不良造成的发热



照片18-2
部位：4点接触球轴承的内圈
损伤特征：滚道面呈青紫色
原因：润滑不良造成的发热

附表：轴承损伤诊断一览表

损伤名称	损伤部位（现象）	原因												备注	
		使用		轴承周边			润滑		载荷		转速		轴承选择		
		保管·运输	安装	轴·轴承座	密封装置·水·异物	温度	润滑剂	润滑方法	载荷过大·冲击载荷	力矩	载荷过小	高速·急加速·急减速			摆动·振动·静止
2.3.1 剥落	滚道面、滚动面		○	○	○		○	○	○	○				○	
2.3.2 剥皮	滚道面、滚动面				○		○	○			○	○			
	轴承外径面（滚动接触时）			○*	○		○	○							* 滚动接触副
2.3.3 擦伤	滚子端面、挡边面		○	○	○		○	○	○	○		○			
	保持架引导面、兜孔面		○		○		○	○							
2.3.4 轻微擦伤	滚道面、滚动面				○		○	○			○	○			
2.3.5 破裂	套圈挡边、滚子	○	○	○					○	○					
2.3.6 裂纹	套圈、滚动体		○	○		○			○	○					
	挡边面、滚子端面 保持架引导面（热裂纹）			○				○	○	○					
2.3.7 保持架损伤	（变形）、（折断）		○	○					○	○					
	（磨损）		○		○		○	○	○	○		○			
2.3.8 压痕	滚道面、滚动面、 （无数个微小压痕）				○			○							
	滚道面 （滚动体间距分布的凹坑）	○	○						○				○		
2.3.9 点蚀	滚道面、滚动面				○		○	○							
2.3.10 磨损	滚道面、滚动面、挡边面、 滚子端面		○		○		○	○							
2.3.11 微动磨损	滚道面、滚动面	○	○	○			○	○	○			○	○		
	轴承内外径、端面（与轴承座及轴的接触部分）		○	○					○						
2.3.12 伪布氏压痕	滚道面、滚动面	○					○	○					○		
2.3.13 咬粘	套圈、滚动体、保持架		○	○	○		○	○	○	○		○		○	
2.3.14 蠕变	配合面		○	○		○	○*	○*	○			○			* 间隙配合
2.3.15 电蚀	滚道面、滚动面		○*	○*											* 电流通过轴承
2.3.16 锈蚀、腐蚀	套圈、滚动体、保持架	○	○		○	○	○	○							
2.3.17 安装伤痕	滚道面、滚动面		○	○											
2.3.18 变色	套圈、滚动体、保持架					○	○	○							

备注 该表并未列出全部内容，而只是列出了最常见的损伤、原因和部位信息。