

适用于流体泵的 Schaeffler 解决方案

设计、维护和维修

产品技术信息

We pioneer motion

SCHAEFFLER

前言

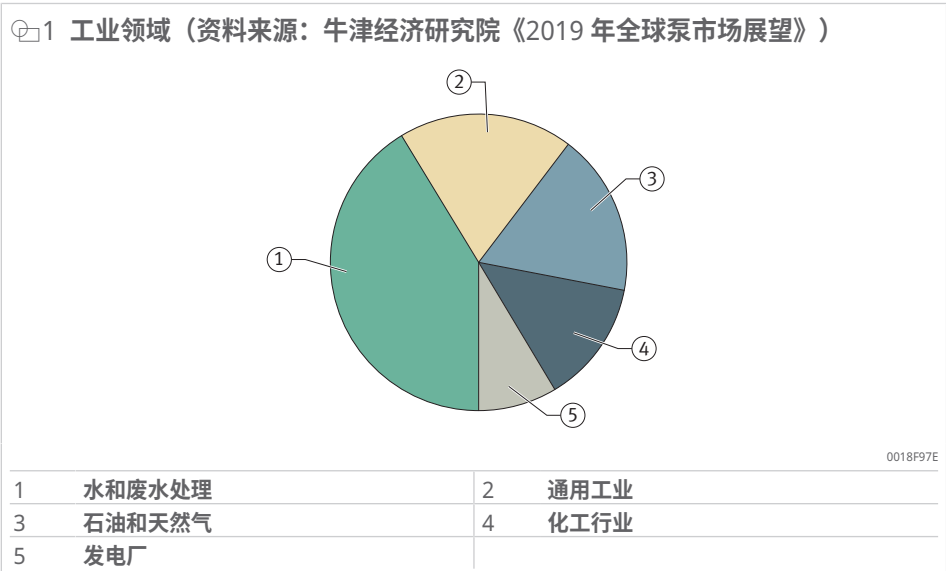
Schaeffler 是一家全球领先的滚动轴承、滑动轴承、轴承配件以及提供全面维护产品与服务的供应商。Schaeffler 为 40000 多家客户提供基于约 225000 种产品的解决方案，并拥有极其广泛的产品组合，可安全覆盖 60 多个工业市场领域的应用。

经济型解决方案

Schaeffler 产品具有出色的成本效益、高能效以及超长使用寿命。Schaeffler 可为流体泵的制造商和运营商提供品类丰富、可用性极高的产品系列。在设计阶段，产品成本和单元成本就是核心关注点。对于工厂运营商而言，总拥有成本 (TCO) 是备受关注的议题。基于高品质标准轴承，且能实现精准匹配的系统解决方案至关重要。Schaeffler 对其产品组合的持续优化升级，也为实际运行过程带来了优势。

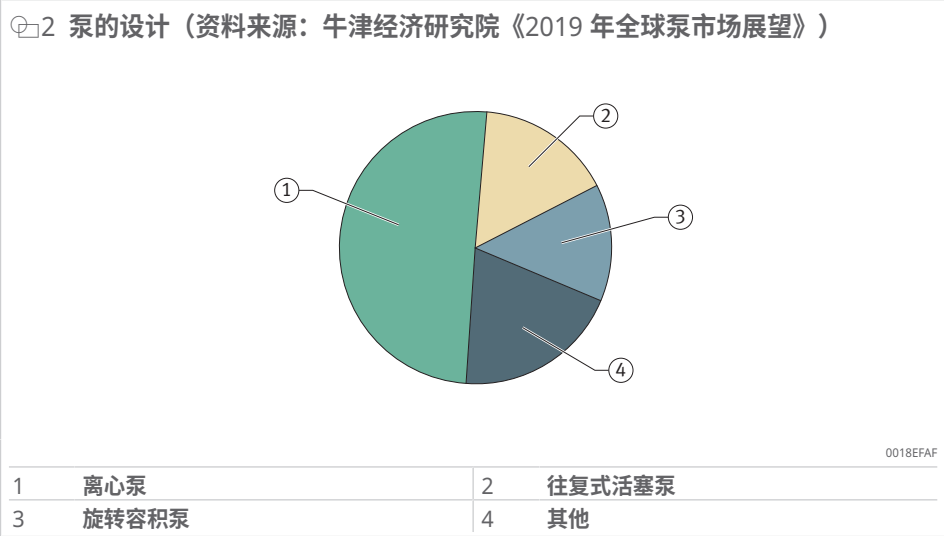
工业领域

无论任何应用场景，泵都必须实现可靠、高效的运行。在这种情况下，合适的轴承支撑发挥着关键作用。根据使用领域、应用场合及设计方案，滚动轴承需满足各种特殊要求。因此，轴承的选型和布置对承受泵内的作用力以及实现持续可靠并且低摩擦的运行起着决定性作用。



泵的设计

不同泵的的本质区别在于其工作原理。电机产生的能量以压力和体积流量的形式传递给液体。
相应的泵的设计由具体应用需求决定。其中占比最大的为离心泵。



轴承选型与设计

轴承设计的基础是工况数据，主要是有效的轴承载荷、转速和润滑条件，然后根据这些数据得出所需的轴承型号、轴承布置和基本额定载荷。舍弗勒提供免费的在线计算工具，可供您自行对单个轴承或轴模型进行校核计算，从而选出最优设计方案。本出版物聚焦离心泵中的滚动轴承以及部分集成到泵体中的电机上的滚动轴承。有关电机中的滚动轴承的详细信息，请参阅我们单独的出版物 TPI 274 《电机中的滚动轴承》。

开发合作伙伴

作为您的开发合作伙伴，Schaeffler 的应用和现场服务工程师可在全球范围内为您提供支持，以确保您的泵能够更高效、更可靠、更经济地运行。
本出版物采用以应用为导向的方式，概述了离心泵中各种不同类型的滚动轴承。在不同的应用领域中，流体泵本身的使用工况差异极大。除了泵的设计和工况外，诸多其他因素对于轴承的优化选型也至关重要。

维护和保养

Schaeffler 提供的服务及维护类产品，能为设备运行过程提供全方位支持。

- 高端润滑油脂，确保与机器实现最佳匹配
- 智能润滑器，可根据需要为机器中所有的滚动轴承供应润滑油脂
- 状态监测设备，能够通过声音或温升变化提前很长时间识别出故障

产品信息

在 medias 中和目录“HR 1，滚动轴承”中，介绍了所有符合 DIN ISO 标准的滚动轴承、专用轴承附件以及其他滚动轴承类型和设计变型。
这些资料介绍了轴承布置可考虑选用哪些产品、设计中必须纳入考量的因素、相邻结构所需的公差，以及轴承布置的密封方式。

此外，它们还提供了有关轴承额定寿命计算、温度与载荷、合适的润滑油脂的详细信息，最后同样重要的是，涵盖了相关产品如何正确安装与维护的详细信息。

更多信息

HR 1 | 滚动轴承 |

<https://www.schaeffler.de/std/1D3D>

medias | 产品目录 |

medias.schaeffler.com

medias | Stromisolierende Wälzlager

<https://www.schaeffler.de/std/2024>

medias | Flüssigkeitspumpen

<https://www.schaeffler.de/std/2025>

目录

1	轴承选择和轴承设计.....	9
1.1	原理和要求.....	9
1.1.1	基本原理.....	9
1.1.2	轴封.....	9
1.1.3	要求.....	11
1.1.4	更多信息.....	14
1.2	符合相关规范和标准.....	14
1.3	轴承布置选型.....	14
1.3.1	离心泵常见的轴承布置.....	14
1.3.2	轴承布置的类型.....	15
1.3.3	可调整轴承布置.....	15
1.3.4	X 型布置和 O 型布置.....	16
1.3.5	弹性调整.....	16
1.3.6	非定位轴承布置.....	17
1.3.7	定位/非定位轴承布置.....	17
1.3.8	轴承的轴向定位.....	19
1.3.9	轴公差.....	20
1.3.10	内部径向和轴向游隙.....	21
1.3.11	工作游隙.....	21
1.4	动承载能力和寿命.....	22
1.4.1	滚动轴承选型.....	22
1.4.2	额定寿命的计算.....	22
1.4.3	使用寿命.....	23
1.5	medias – 让产品信息触手可及.....	23
1.5.1	什么是 medias?.....	23
1.5.2	medias Business.....	24
1.5.3	工程工具.....	24
1.6	Bearinx-online Easy Pump.....	25
1.6.1	Bearinx-online Easy Pump.....	25
1.6.2	计算结果.....	25
1.6.3	径向位移.....	25
1.7	Bearinx-online Easy Pump 计算示例.....	26
1.8	滚动轴承润滑以及泵和电机用润滑油脂.....	27
1.8.1	基本原理.....	27
1.8.2	润滑选型.....	28
2	流体泵用滚动轴承.....	32
2.1	单列深沟球轴承.....	32
2.1.1	径向和轴向承载能力.....	33
2.1.2	工作温度.....	33
2.1.3	润滑.....	33
2.1.4	轴承型号.....	34
2.1.5	更多信息.....	34
2.2	单列角接触球轴承.....	34
2.2.1	X-life.....	35
2.2.2	承载能力.....	35
2.2.3	工作温度.....	36
2.2.4	润滑.....	36
2.2.5	轴承型号.....	37
2.2.6	更多信息.....	37

2.3	双列角接触球轴承	38
2.3.1	X-life	38
2.3.2	承载能力	38
2.3.3	工作温度	39
2.3.4	润滑	39
2.3.5	轴承型号	40
2.3.6	更多信息	40
2.4	单列圆柱滚子轴承	41
2.4.1	X-life	41
2.4.2	非定位轴承	42
2.4.3	工作温度	42
2.4.4	密封	42
2.4.5	润滑	42
2.4.6	轴承型号	43
2.4.7	更多信息	43
2.5	调心滚子轴承	44
2.5.1	X-life	44
2.5.2	承载能力	45
2.5.3	角度不对中补偿	45
2.5.4	工作温度	45
2.5.5	密封	45
2.5.6	润滑	45
2.5.7	轴承型号	46
2.5.8	更多信息	47
2.6	推力调心滚子轴承	47
2.6.1	X-life	47
2.6.2	承载能力	48
2.6.3	角度不对中补偿	48
2.6.4	工作温度	48
2.6.5	密封	48
2.6.6	润滑	49
2.6.7	保持架	49
2.6.8	轴承型号	50
2.6.9	更多信息	50
2.7	圆锥滚子轴承	51
2.7.1	X-life	51
2.7.2	承载能力	52
2.7.3	角度不对中补偿	52
2.7.4	工作温度	52
2.7.5	密封	52
2.7.6	润滑	52
2.7.7	保持架	52
2.7.8	轴承型号	53
2.7.9	更多信息	53
2.8	四点接触球轴承	53
2.8.1	X-life	54
2.8.2	承载能力	54
2.8.3	工作温度	54
2.8.4	密封	55
2.8.5	润滑	55
2.8.6	轴承型号	55
2.8.7	更多信息	55
2.9	滚针轴承	55

2.9.1	X-life	56
2.9.2	承载能力	56
2.9.3	角度不对中补偿	56
2.9.4	工作温度	56
2.9.5	密封	57
2.9.6	轴承型号	57
2.9.7	更多信息	57
2.10	滚动轴承涂层	58
2.10.1	涂层	58
2.10.2	预防电腐蚀的绝缘轴承	59
2.10.3	使用建议	61
2.10.4	更多信息	61
3	维护和保养	62
3.1	状况监测	62
3.1.1	Schaeffler OPTIME	62
3.1.2	Schaeffler SmartCheck	63
3.1.3	ProLink 状态监测系统 (CMS)	64
3.2	再润滑系统	66
3.2.1	CONCEPT	66
3.2.2	Schaeffler OPTIME	68
3.2.3	OPTIME C1	69
3.3	滚动轴承安装与拆卸	70
3.3.1	安装简便	70
3.3.2	服务	71
3.3.3	培训	71
3.4	典型的失效模式和对策	72
3.4.1	密封	73
3.4.2	电流通过	73
3.4.3	润滑	74
3.4.4	载荷过大	74
3.4.5	载荷不足	74
3.4.6	设计方面	75
3.4.7	安装	75
4	应用示例	76
4.1	标准化工泵	76
4.2	符合 API 610 标准的流程泵	78
4.3	潜水泵	79
4.4	双吸泵	81
4.5	多级离心泵	83
4.6	管道泵	84
4.7	轴驱动型潜水泵	85
4.8	多级深井泵	86
4.9	渣浆泵	87
4.10	三相电机	88

1 轴承选择和轴承设计

1.1 原理和要求

1.1.1 基本原理

根据叶轮的设计，离心泵可分为径向离心泵、轴向离心泵和混流离心泵。不同类型泵的设计对作用力的方向和大小有重大影响。有效的轴承载荷、转速和润滑条件等工况数据是轴承计算选型的基础。要确定轴承载荷，就必须确定泵的轴向推力和径向推力对泵叶轮的作用力，这是泵设计过程中必不可少的一个部分。轴向推力和径向推力由液压力、驱动力以及重力和惯性力组成。

轴向力

液压力，尤其是轴向离心泵和混流离心泵中的液压力，主要作为轴向力作用于叶轮上，在此，也必须考虑到其它各个部件的影响。

吸入侧和压力侧之间的压差会对转子产生轴向力，其构成如下：

- 叶轮吸入侧的压力，与吸入侧叶轮板的面积相关，产生指向压力侧的轴向力。
- 泵压力侧的压力，与压力侧盖板面积相关，产生相反的轴向力。

类似地，轴封处的压差与轴横截面的面积相关。最终产生了轴向静态液压力。因此，叶轮的开式、半开式或闭式设计，对轴向作用力的大小与方向有着重要影响。通过在叶轮上设置平衡孔，并在盖板处设计节流间隙，可降低静态液压力。此举虽能减轻轴承承受的载荷，但会对泵的效率及制造成本产生不利影响。

在径向离心泵中，流体介质经轴向布置的吸入嘴进入蜗壳中，随后经排放嘴沿切线方向排出，此时会产生一个脉冲力沿轴向方向作用于转子上。脉冲力由入口和出口之间的流速轴向分量差决定，并受到流体介质流量和密度的影响。通过在设计中设置扩散器，可以降低脉冲力。

在启动期间，叶轮侧腔中可能会产生湍流，从而导致启动阶段出现轴向载荷波动。

径向力

径向液压力源于叶轮和蜗壳之间的相互作用。由于排放嘴采用切向布置，导致离心流发展不均。在蜗壳周向上会出现流速差异，且这些差异会随泵的运行工况而变化。因此，叶轮会受到径向液压力的作用。通过采用双蜗壳设计（包含 2 条呈 180° 偏移的螺旋流道并最终汇入到同一个排放嘴），能够实现更均匀的流动状态，并降低径向液压推力。

转子产生的不平衡力沿径向作用于质心处。根据泵的布置方式不同：若泵为垂直轴布置，转子自身重量产生的重力沿轴向作用；若为水平轴布置，该重力则沿径向作用。

其他驱动力

根据传动系统的设计不同，还必须考虑耦合力、皮带张力、磁拉力等各种驱动力。轴承选型所需的实际轴承载荷，可根据合适的轴承布置，通过轴向推力与径向推力计算得出。在选择轴承布置时，还必须考虑其他各种要求。

1.1.2 轴封

除了滚动轴承及其布置外，轴封作为核心部件，对泵和轴承布置的设计同样具有重要影响。轴封的作用是确保泵壳密封，防止被输送介质外泄，同时阻止空气和污染物进入。轴承密封通常通过轴承座内的独立密封件实现。用于压力密封的填料函、径向密封件或机械密封件，在技术上可能较为复杂，并且是设计中的重要成本因素。作为易损件，密封件往往属于关键部件，并对轴承的维护策略和设计选型有着重要的影响。

为实现密封件的低磨损运行，轴承布置必须确保轴的良好引导性，并将轴的挠度控制在有限范围内。这一点可在设计阶段借助 Bearinx-online 中的 Easy Pump 模块提前验证。

对于结构更复杂的机械密封件，不仅需要额外的安装空间，还需要增大轴承与叶轮之间的距离，这会使轴承承受额外的力矩载荷。

1.1.3 要求

在流体泵中，电机通常被优先选作为驱动装置，其轴承布置必须考虑特定的影响因素。

电机轴承布置的要求：

- 载荷、转速、温度等工况
- 额定寿命要求
- 轴的布置与设计
- 振动与噪音特性
- 摩擦优化设计并实现最佳密封效果
- 润滑（温度、噪音、润滑脂使用寿命）
- 电流绝缘特性，尤其在变频器控制的电机中

泵轴承布置的要求：

- 承受径向和轴向载荷，且能够承受振动和冲击
- 长使用寿命，低维护成本
- 使用经济高效的标准滚动轴承，同时兼顾密封和润滑性能
- 减少型号规格，推进标准化
- 符合相关规范和标准
- 低总拥有成本 (TCO)

滚动轴承的其他特定应用要求：

- 延长再润滑间隔，并逐步采用终身润滑方案
- 耐腐蚀
- 高效、低摩擦的滚动轴承及整体解决方案
- 适用于更高的温度范围
- 介质润滑
- 用于维护和安装的产品和服务
- 自动再润滑系统，例如，采用 Schaeffler CONCEPT
- 高性价比状态监测，例如，使用 OPTIME 或 OPTIME Ecosystem

图1 流体泵中滚动轴承的要求

流体泵中滚动轴承的要求	深沟球轴承	圆柱滚子轴承	角接触球轴承	双列角接触球轴承
	C 系列	X-life	X-life	X-life
低噪音	++	+	++	++
低摩擦	++	+	++	++
高转速 ¹⁾	++	+	++	++
通过陶瓷滚动体 HC 进行电流绝缘	++ ²⁾	◇	◇	◇
通过 J20GA 等涂层进行电流绝缘	++	++	+	+
径向载荷	+	++	+	+
单侧轴向载荷	+	+ ³⁾	++	+
承受双向轴向载荷	+	+ ⁴⁾	-	++
高温 T ⁵⁾	◇	◇	◇	◇
高密封性	++	◇	++	++
终身润滑	++	◇	++	++
延长再润滑间隔和润滑脂使用寿命	++	+	++	++

++ 很适合
+ 适合
- 不适合

- ◇ 不相关
- 1)

转速参数 $n \cdot d_M > 500000$
- 2)

尤其适用于小尺寸轴承 $D < 110 \text{ mm}$
- 3)

仅限 NJ 或 NUP 类型
- 4)

仅限 NUP 类型
- 5)

$T > +80 \text{ }^\circ\text{C}$

2 流体泵中滚动轴承的要求

流体泵中滚动轴承的要求	调心滚子轴承	圆锥滚子轴承	四点接触球轴承	滚针轴承	陶瓷滚动体
	X-life	X-life	X-life	X-life	X-life
低噪音	–	–	++	+	++
低摩擦	–	–	++	+	++
高转速 ⁶⁾	–	+	+	+	++
通过陶瓷滚动体 HC 进行电流绝缘	◇	◇	◇	◇	++
通过 J20GA 等涂层进行电流绝缘	+	+	+	+	◇
径向载荷	++	++	–	++	◇
单侧轴向载荷	+	++	++	–	◇
承受双向轴向载荷	+	–	++	–	◇
高温 T ⁷⁾	◇	◇	◇	◇	++
高密封性	◇	◇	◇	◇	◇
终身润滑	◇	◇	◇	◇	++
延长再润滑间隔和润滑脂使用寿命	–	+	+	+	++

- ++ 很适合
- + 适合
- 不适合
- ◇ 不相关
- 6)

转速参数 $n \cdot d_M > 500000$
- 7)

$T > +80 \text{ }^\circ\text{C}$

3 流体泵中滚动轴承的要求

流体泵中滚动轴承的要求	密封		保持架	
	非接触式， 例如 2Z	接触式， 例如 2HRS	金属	塑料
低噪音	+	◇	+	++
低摩擦	+	◇	+	++
高转速 ⁸⁾	+	–	++	++
通过陶瓷滚动体 HC 进行电流绝缘	◇	◇	◇	◇
通过 J20GA 等涂层进行电流绝缘	◇	◇	◇	◇
径向载荷	◇	◇	◇	◇
单侧轴向载荷	◇	◇	◇	◇
承受双向轴向载荷	◇	◇	◇	◇
高温 T ⁹⁾	+ ¹⁰⁾	+ ¹⁰⁾	◇	◇
高密封性	+	++	◇	◇
终身润滑	++	++	+	++
延长再润滑间隔和润滑脂使用寿命	–	–	+	++

- ++ 很适合
- + 适合
- 不适合

- ◇ 不相关
- 8) 转速参数 $n \cdot d_M > 500000$
- 9) $T > +80\text{ °C}$
- 10) 必须遵守材料特定的温度限值

4 流体泵中滚动轴承的要求

流体泵中滚动轴承的要求	脂润滑			内部游隙 C3
	标准润滑脂	专用润滑脂	使用 Arcanol 进行再润滑	
低噪音	+	++	+	◇
低摩擦	+	++	+	◇
高转速 ¹¹⁾	+	++	+	++
通过陶瓷滚动体 HC 进行电流绝缘	◇	◇	◇	◇
通过 J20GA 等涂层进行电流绝缘	◇	◇	◇	◇
径向载荷	+	+	+	◇
单侧轴向载荷	+	+	+	◇
承受双向轴向载荷	+	+	+	◇
高温 T ¹²⁾	-	++	+	++
高密封性	◇	◇	◇	◇
终身润滑	+	++	◇	◇
延长再润滑间隔和润滑脂使用寿命	+	++	++	◇

- ++ 很适合
- + 适合
- 不适合
- ◇ 不相关
- 11) 转速参数 $n \cdot d_M > 500000$
- 12) $T > +80\text{ °C}$

1.1.4 更多信息

OPTIME | Ecosystem |
<https://www.schaeffler.de/std/1FFF>

MH 1 | 安装手册 |
<https://www.schaeffler.de/std/1D53>

TPI 165 | C 系列深沟球轴承 |
<https://www.schaeffler.de/std/200C>

TPI 176 | 滚动轴承的润滑 |
<https://www.schaeffler.de/std/1F83>

TPI 206 | 电绝缘轴承 |
<https://www.schaeffler.de/std/1FE8>

medias | Engineering Apps
<https://www.schaeffler.de/std/2032>

Bearinx | 计算模块 |
<https://www.schaeffler.de/std/1FEB>

medias | Schaeffler Trainings
<https://www.schaeffler.de/std/2033>

1.2 符合相关规范和标准

针对各种轴承类型和应用场景已制定了相关的泵标准，例如用于标准水泵的 DIN 24255 或用于标准化工泵的 ISO 2858。标准化的主要目的是对安装尺寸、零部件和性能参数进行统一规范，从而最大程度简化系统的规划、运行和维护。这会在泵轴承布置的设计中形成与轴承设计相关的技术要求，例如采用标准的滚动轴承内径。

其他标准（如 ISO 9905、ANSI B73.1 或 API 610）也旨在建立统一可靠的质量标准和良好的操作可靠性。此外，泵的设计和结构也受到轴承布置设计的制约。标准中明确了详细的技术规格要求，这些规格不仅涉及必要的最低使用寿命、轴承座、轴承支撑结构及密封的设计，部分还涵盖轴承布置、结构形式、保持架设计及再润滑间隔。

此外，还有一些技术规格可通过轴承的合理设计来调整，比如允许的轴挠度、径向跳动精度、振动等级和温度范围。

1.3 轴承布置选型

1.3.1 离心泵常见的轴承布置

原则上，离心泵的设计差异主要体现在轴承相对于叶轮的布置方式上。在悬臂式布置中，叶轮位于定位轴承和非定位轴承的一侧。在两端支撑式布置中，叶轮位于定位轴承和非定位轴承之间。

悬臂式布置

除少数例外情况外，离心泵基本采用悬臂式布置。在这种布置中，叶轮位于定位轴承和非定位轴承的一侧。这种设计仅需在泵体内设置一套复杂的轴密封即可，而且还能节省安装空间与零部件成本。作用在叶轮上的径向力会使悬臂式轴承布置承受较大的倾覆力矩，同时轴向力完全作用在定位轴承上，导致两个轴承的载荷分布并不均匀。输出侧的轴承需承受大部分径向力，这直接影响了轴承的尺寸选择和疲劳寿命计算。

③ 悬臂式轴承布置

1	叶轮	2	非定位轴承
3	定位轴承		

00193D05

在该示例中，圆柱滚子轴承作为非定位轴承，主要承受作用在泵侧的径向载荷。轴向载荷由一对经过匹配的、采用 O 型布置的 UB 设计角接触球轴承支撑。

叶轮位于轴承之间（“中间轴承泵”）

④ 轴承布置

1	非定位轴承	2	叶轮
3	定位轴承		

001901D7

与悬臂式轴承布置相反，两端支撑式布置中的叶轮位于定位轴承和非定位轴承之间。

1.3.2 轴承布置的类型

对旋转轴的引导与支撑，至少需要两个间隔一定距离布置的轴承。根据具体应用场景，需在调整并选择合适的定位/非定位轴承布置方式。

- 可调整轴承布置
- X 型布置和 O 型布置
- 弹性调整
- 非定位轴承布置
- 定位/非定位轴承布置

1.3.3 可调整轴承布置

最简单的轴承布置是可调整轴承布置。轴承间距在很大程度上决定了泵轴的支撑宽度、刚度和挠度。由于通过增大轴承支撑距离可以提高轴刚度，减小挠度，所以角接触球轴承或圆锥滚子轴承优先采用 O 形布置方式。

采用深沟球轴承的可调整轴承布置时，可采用弹簧预紧以减小轴向窜动。另外，可以通过选取 C3 组游隙，从而获得更大的工作接触角，能有效提高轴承的轴向承载能力。为了满足更高的轴向承载能力要求，可调整轴承布置也可以选用单列角接触球轴承。与同尺寸的深沟球轴承相比，角接触球轴承滚动体更多，并且得益于 40° 的接触角，可以承受较大的轴向力。

此类轴承布置通常由两套对称布置的角接触球轴承或圆锥滚子轴承组成。安装时，需要调整其中一个轴承外圈在座孔中的位置，直至达到该轴承布置所需间隙或必要预紧力。

凭借这一调整功能，该轴承布置尤其适用于对轴向定位精度要求较高的场合。

1.3.4 X 型布置和 O 型布置

轴承的 O 型布置和 X 型布置之间有着本质的区别。在 O 型布置的轴承中，接触线与轴线的交点 S 在轴承外侧；X 型布置的轴承，接触线与轴线的交点 S 在轴承内侧。支撑距离 H（即接触点 S 之间的距离）在 O 形布置中大于 X 形布置，因此 O 形布置的倾覆间隙更小。

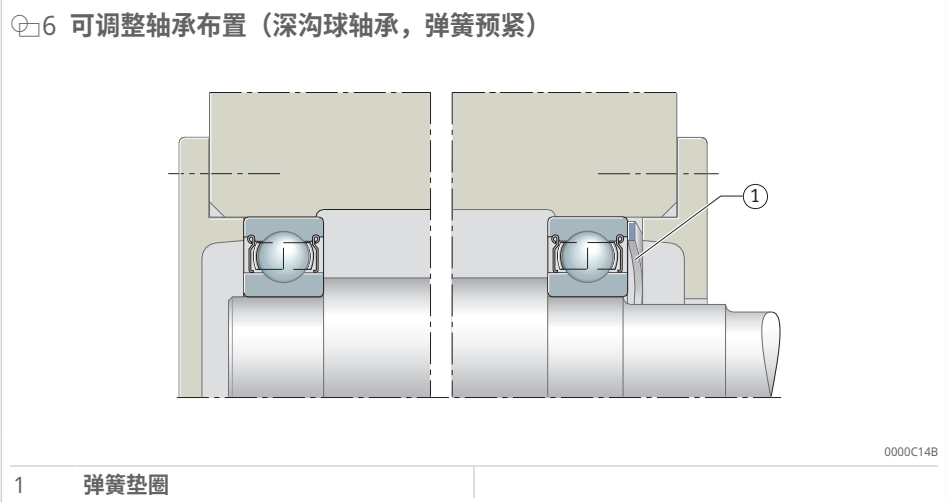
在设定轴向内部游隙时，必须考虑热膨胀因素。

1	O 型布置	2	X 型布置
S	接触线与轴线的交点	H	支撑距离

1.3.5 弹性调整

此外，可调整轴承布置还可以通过弹簧预紧来实现。这种弹性调整方法能补偿热膨胀，因此外圈与座孔需采用松配合。它同样适用于在静止或运行过程中有振动风险的情况。

这种轴承布置方法在电机中非常常见。弹簧预紧不仅可以满足避免轴承打滑的最小载荷要求（尤其是超轻载的深沟球轴承），同时还具有降低噪音的效果。



1.3.6 非定位轴承布置

非定位轴承布置是无需对轴进行精密轴向定位时的经济型解决方案除了无需弹簧预紧外，其结构与可调整轴承布置类似。

在非定位轴承布置中，轴可在座孔内轴向间隙 s 的范围内移动。轴向间隙 s 的数值根据所需导向精度确定，以确保即使在恶劣热工况下，轴承也不会承受轴向应力。

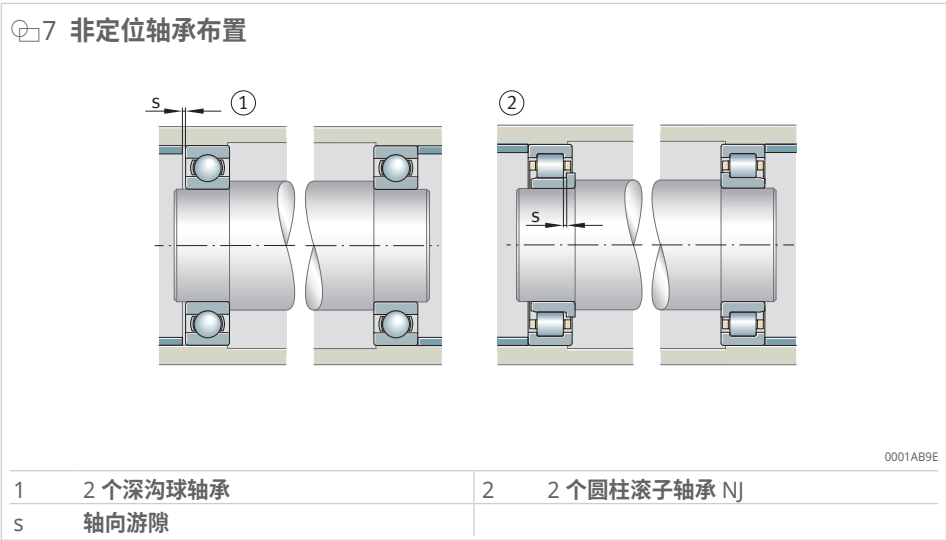
适用轴承

适用于非定位轴承布置的通常有深沟球轴承和调心滚子轴承。

为实现无轴向力影响的长度补偿，一套轴承的套圈（通常为外圈）需要采用松配合。

在图示 NJ 型等圆柱滚子轴承的非定位轴承布置中，长度补偿在轴承内部完成。所以其内圈和外圈都可采用紧配合。

圆锥滚子轴承与角接触球轴承不适用于非定位轴承布置，因为这类轴承必须予以调整才能正常运行。



1.3.7 定位/非定位轴承布置

由于制造误差，支撑轴的两个轴承在轴和轴承座的定位面距离通常有偏差。工作中温度的升高也会导致距离改变。这些距离偏差可以通过非定位轴承来补偿。

非定位轴承

非定位轴承仅承受径向载荷，并允许轴进行轴向位移以补偿热膨胀。在悬臂布置中，叶轮侧的轴承位置宜设计为非定位轴承。因此，轴向载荷会由驱动侧的轴承承担，该轴承承受的径向载荷相对较小。理想的非定位轴承是使用带保持架的圆柱滚子轴承（如 N 或 NU 形式）。这类轴承的滚子和保持架组件可以在无挡边的套圈滚道上顺滑地移动。圆柱滚子轴承比球轴承有更高的基本额定载荷，因此适用于载荷大的工况。但是需要应注意的是，如果未达到规定的最小载荷要求，圆柱滚子轴承容易出现打滑现象。即使短时间的无载荷运行，滚道也可能会因打滑产生异常磨损，这会加剧润滑不良，导致轴承寿命会急剧缩短。所以必须确保最小载荷满足 $(C_0/P) > 60$ 的要求。

其他所有类型轴承（例如深沟球轴承或调心滚子轴承），只有当其中一个套圈采用可允许轴向移动的配合时才可以作为非定位轴承。承受点载荷的轴承套圈采用松配合，通常是外圈。

定位轴承

定位轴承可以固定轴的轴向位置，并且承受外部轴向力。定位轴承类型的选择取决于轴向载荷的大小以及轴向和径向定位精度要求的高低。当对基本额定载荷和刚度有较高要求时，通常会使用双列角接触球轴承或使用一对万能配对的单列角接触球轴承。

○ 型布置的单列角接触球轴承支撑宽度更大，特别适合要求更高的场合。得益于有更多的滚动体，配对的单列角接触球轴承通常比双列角接触球轴承的基本额定载荷更大；而且由于 40° 的更大接触角，其轴向承载能力也更强。

在任何 ○ 型或 X 型布置中，这些轴承都可以无需垫片直接配对安装。万能配对的角接触球轴承已经过匹配，能够确保在 X 型或 ○ 型布置下都具有规定的内部轴向游隙。常见设计包括 UO（0 游隙）、UB（小内部轴向游隙）或 UA（稍大的内部轴向游隙）。

对于要求较低的场合，可选用四点接触球轴承作为替代方案。四点接触球轴承 QJ 不得承受径向或径向/轴向复合载荷。因此，它们通常与单独承受径向载荷的轴承一起作为定位轴承搭配使用，例如带有径向滑动衬套的立式潜水泵。

定位/非定位轴承布置的示例


8 定位/非定位轴承布置

1	深沟球轴承，定位轴承	2	圆柱滚子轴承 NU，非定位轴承
3	深沟球轴承，定位轴承	4	深沟球轴承，非定位轴承


0001AB9A

图9 定位/非定位轴承布置


①




②



③



④



0000C142

1	双列角接触球轴承，定位轴承	2	圆柱滚子轴承 NU，非定位轴承
3	四点接触球轴承和圆柱滚子轴承，定位轴承	4	圆柱滚子轴承 NU，非定位轴承

1.3.8 轴承的轴向定位

轴承套圈的轴向定位与特定轴承布置（定位轴承、非定位轴承、可调整浮动布置中的轴承）相匹配。

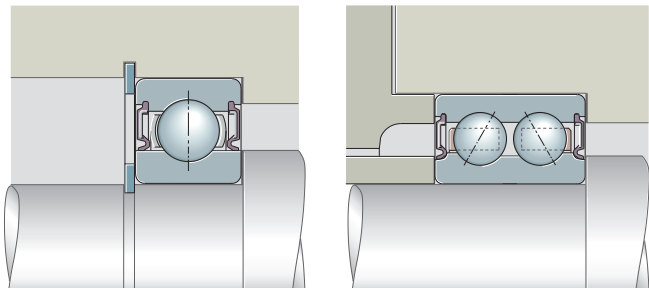
设计原则

在设计轴承布置时，必须考虑以下方面：

- 配合件上的轴肩必须足够大，以确保即使在轴承倒角尺寸最大的情况下 (DIN 5418)，也能提供足够宽的接触面。
- 为防止轴承套圈侧向移动，轴承套圈必须通过力或机械锁紧的方式进行定位。轴承套圈只能与轴肩或轴承座挡肩接触，不能与倒角接触。
- 定位轴承承受轴向力。止动元件必须与这些轴向力相匹配。轴和轴承座上的挡肩、卡环、轴承座端盖、轴端盖、螺母和隔圈均适用。
- 在不可分离轴承中，必须确保一个套圈采用紧配合，而另一个套圈则通过滚动体实现定位与约束。
- 由于可调整浮动布置中的轴承仅承受单向的轴向力，因此轴承套圈只需单侧支撑即可。反向导向由第二个对称布置的轴承实现。轴螺母、圆螺母、端盖或隔圈垫片均可用作调整元件。
- 在非定位轴承布置中，轴承套圈的轴向移动由轴或座孔挡肩、端盖或卡簧限制。

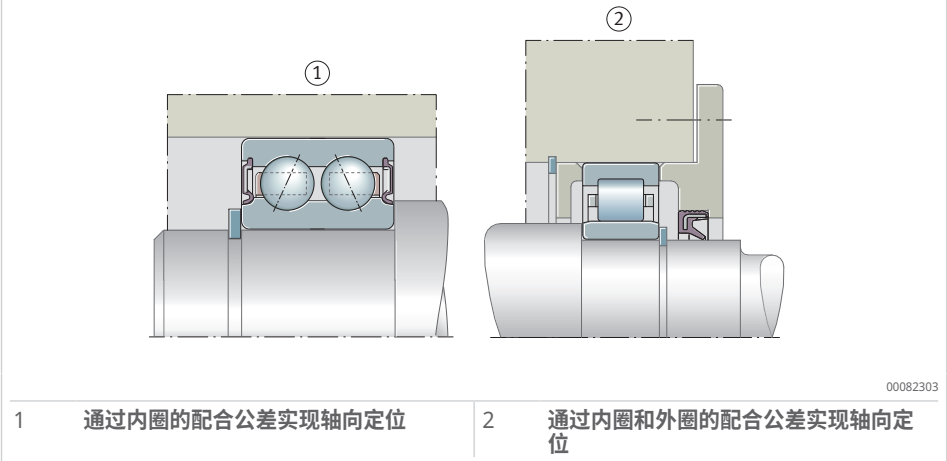
止动元件的示例

图10 定位轴承（通过内圈和外圈的配合公差实现轴向定位）



0000BA36

11 非定位轴承



1.3.9 轴公差

根据轴承的旋转条件，针对常规安装与运行条件下的轴公差选择可参考以下建议。

承受圆周载荷的套圈（泵中通常为内圈）必须采取紧配合安装。轴承座采用过渡配合，既方便轴承安装又不会损坏轴承外圈。

若存在特定使用要求（例如运行精度、运转平稳性或工作温度等方面的要求），配合公差可酌情调整。因此，如果提高运行精度，则需要更小范围的公差，例如公差等级选 IT5 而不是 IT6。如果在运行过程中轴承内圈温度比轴高，配合会变松而超过允许值。此时就必须选用更紧的配合，例如用 m6 而不是 k6。

在某些安装场景下，配合公差的选型问题只能通过折衷方案来解决。需要综合权衡各项要求，最终选取能够实现整体最优效果方案。

5 球轴承的轴公差

球轴承		
轴径	公差	
mm	轴	钢制轴承座
≤ 17	j5	H6
18 ... 100	k5	H6
101 ... 140	m5	H6
141 ... 200	m6	H6

6 圆柱滚子轴承的轴公差

圆柱滚子轴承		
轴径	公差	
mm	轴	钢制轴承座
≤ 30	k6	H6
31 ... 50	m5	H6
51 ... 65	n5	H6
66 ... 100	n6	H6
101 ... 200	p6	H6

7 圆锥滚子轴承的轴公差

圆锥滚子轴承		
轴径	公差	
mm	轴	钢制轴承座
≤ 40	k6	H6
41 ... 65	m6	H6
66 ... 200	n6	H6

8 调心滚子轴承的轴公差

调心滚子轴承		
轴径	公差	
mm	轴	钢制轴承座
≤ 40	m5	H6
41 ... 60	n5	H6
61 ... 100	n6	H6
101 ... 200	p6	H6

1.3.10 内部径向和轴向游隙

内部径向游隙是未安装时轴承的游隙。它是指内圈在径向方向上相对于外圈从一个极限位置移动到另一个极限位置的位移量。内部轴向游隙 s_a 被定义为：在无载荷状态下，一个轴承套圈相对于另一个轴承套圈沿轴承轴线方向可移动的位移量。

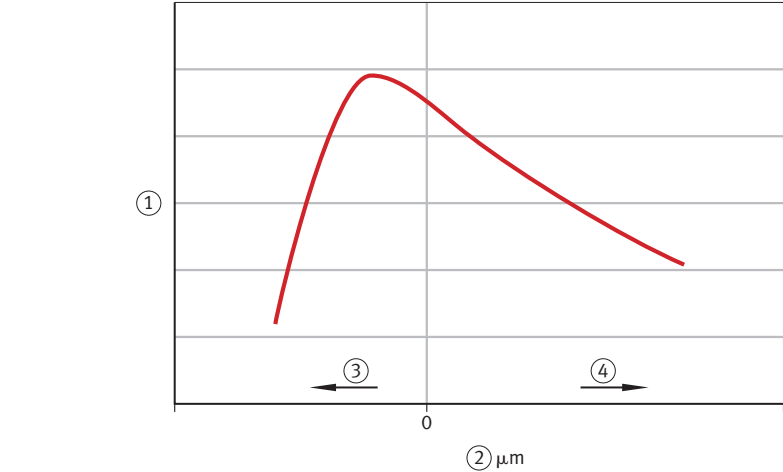
1.3.11 工作游隙

与轻微预紧的情况相反，若工作游隙过大，会导致滚动体打滑，载荷分布不均和不理想的运行特性。

工作游隙是安装后在运转工况下轴承正常温升时的游隙。它是指轴在径向方向上从一个极限位置移动到另一个极限位置的位移量。它由原始径向游隙，装配后的过盈配合和工作状态下温度影响导致的径向游隙变化量共同决定。因此，工作游隙在很大程度上取决于轴承的运行与安装工况，选型时必须将这些因素纳入考量：例如，径向轴承可选取 C3 组径向游隙，而推力轴承则可通过弹簧预紧的方式来调整。

实践证明，采用轻微预紧对球轴承（尤其是角接触球轴承）的额定寿命十分有利，因为轻微预紧可使载荷分布于更多滚动体上，并且可以增加轴承布置的刚度。但是，预紧力不得超过最佳值，否则会因接触应力增大导致轴承额定寿命显著下降。

12 工作游隙



000822E1

1	额定寿命	2	工作游隙
3	预紧	4	游隙

滚动轴承尽量避免工作中出现轻微预紧（负游隙）的情况。

1.4 动承载能力和寿命

1.4.1 滚动轴承选型

滚动轴承的所需设计和尺寸在很大程度上取决于以下要求：

- 应用
- 相邻结构设计及相关标准的要求
- 滚动轴承和整个系统所需的额定寿命
- 承载能力
- 运行的可靠性

1.4.2 额定寿命的计算

滚动轴承的动态承载能力由材料的疲劳特性决定，并通过基本额定动载荷来描述，其计算依据是 DIN ISO 281 标准。为考量轴承运行过程中的各类影响因素，从而进一步提升计算结果的准确性，这些内容在 ISO/TS 16281 和 DIN 26281（原 DIN ISO 281, Beiblatt 4）中得到了进一步细化与明确。

基本额定寿命 L_{10} 和 L_{10h}

疲劳寿命的计算方法及考虑到实际运行中相关影响因素的修正算法：

- 依据 ISO 281 的基本额定寿命 L_{10} 和 L_{10h}
- 依据 ISO 281 扩展的修正额定寿命 L_{nm} 和 L_{nmh}

依据 DIN ISO 281 的基本额定寿命 L_{10} 和 L_{10h} 主要考虑了以下因素：

- 轴承类型
- 载荷
- 转速

额定寿命是通过与基准工况对比得出，基准工况的核心参数为基本额定载荷与轴承结构形式（球轴承或滚子轴承）。

依据 ISO/TS 16281 或 DIN 26281 (原 DIN ISO 281 Supplement 4) 的基本参考额定寿命 L_{hr} 还考虑了以下因素：

- 精确的内部载荷分布
- 材料的疲劳极限
- 轴承的空间载荷和倾斜状况
- 工作游隙

在轴承选型过程中还需要考虑诸多影响因素。Bearinx-online Easy Pump 是 Schaeffler 提供的一款免费的、操作简便且计算详尽的扩展额定寿命专用计算工具。

此外，依据 ISO/TS 16281 或 DIN 26281 (原 DIN ISO 281 Supplement 4) 的修正额定寿命 L_{hmr} 还考虑了以下因素：

- 润滑油脂膜厚度
- 润滑的清洁度
- 润滑油脂中的添加剂

1.4.3 使用寿命

使用寿命被定义为轴承实际达到的寿命。它可能与计算的额定寿命有显著差异。在实际使用中，使用寿命通常比计算的额定寿命长很多，但是也可能更短。

引起磨损和疲劳的可能原因有：

- 工况数据偏差
- 轴与轴承座的不对中
- 工作游隙过小或过大
- 污染
- 腐蚀
- 润滑油脂供应
- 润滑脂使用寿命，特别是采用终身润滑的密封轴承
- 润滑不足
- 工作温度过高
- 轴承以很小的摆动角摆动（假性布氏压痕）
- 大的振动和假性布氏压痕
- 极大的冲击载荷（静过载）
- 安装过程造成的早期损伤
- 电流通过



由于安装和工况的多样性，无法预先精确地计算轴承的使用寿命。最可靠的方法是通过与同类应用场景进行类比分析获得近似的估值。




1.5 medias – 让产品信息触手可及

1.5.1 什么是 medias?

medias 集成了 Schaeffler 的样本产品信息、技术咨询工具及 eCommerce 解决方案，为用户打造一站式服务平台。通过 medias 平台，您可查询工业类产品的基本参数、获取专业技术指导，同时了解产品供货情况与对应的报价信息。

medias 的访问方法如下：

- <https://medias.schaeffler.com>
- 在任何网络搜索引擎中输入“Schaeffler medias”搜索查询即可

	技术建议和支持、工程工具及丰富的产品信息，其中包括 CAD 模型和计算工具等。
	查阅当前产品价格和供货情况。查看当前或历史订单详情和订货数量明细。
	查找所在区域的授权销售合作伙伴，并在线申请报价。

1.5.2 medias Business

在 medias Business 中，已注册的企业客户可以访问更全面的产品目录，并使用全新功能，这些功能旨在提高客户的订单处理效率并优化与 Schaeffler 的合作体验。

导航

登录、注册和选择语言的选项及搜索功能，可在 medias 主页的页眉中找到。通过搜索功能，可直接检索定位已知产品信息。页面右上角设有收藏清单与购物车功能入口。页眉下方设有“产品”、“工程工具”、“知识与支持”三大导航标签，只需轻点几下即可访问相关信息。

产品

产品搜索可以使用“产品”导航标签执行，也可以直接使用搜索功能。各产品条目下均有主要尺寸与性能数据，且提供产品数据表供用户下载。该数据表包含主要尺寸、性能数据、安装尺寸、计算系数、温度范围及材料牌号等内容。此外，该页面还包含对应轴承型号的更多技术信息，以及单个轴承计算、下载轴承的 CAD 模型和安装拆卸说明书等。

知识与支持

点击“知识与支持”导航标签，将展开一个包含多项功能的操作区域，如知识数据库和专业术语词典，里面收录了关于滚动轴承的基础技术知识。

1.5.3 工程工具

除了产品信息外，medias 还提供了各种工程工具，功能覆盖从轴承精准选型，到系统层面滚动轴承寿命计算的全流程。用户可通过 medias 主页上的“工程工具”导航标签轻松访问这些工具。

轴承选型助手

轴承选型助手可帮助用户选择最佳轴承。可以在此输入已知的工况信息或选型要求，例如轴承载荷、所需的轴承尺寸或必要的基本额定载荷。然后，轴承选型助手将显示合适的滚动轴承。

轴承频率计算器

轴承每个部件（内圈、外圈、滚动体和保持架）均有自己固有的振动频率。借助轴承频率计算器，输入几何参数即可确定这些频率。

加热管理

通过加热管理，您可以从 HEATER 系列产品中选择最佳的加热设备。

润滑选择助手

润滑选择助手列出了 Arcanol 滚动轴承润滑脂的特性和建议。

medias interchange
medias interchange 可协助将竞品滚动轴承型号转换为 INA 或 FAG 型号。

单个轴承计算

若您有符合要求的备选轴承，可点击计算图标立即运行在线单个轴承计算，以校核其寿命是否满足要求。

轴计算 Bearinx-online Easy Pump

通过 Bearinx-online Easy Pump 模块，可在系统层面校核流体泵的轴承布置。如果需要使用 Bearinx-online Easy Pump 模型校核计算，仅需注册成功后即可免费使用。

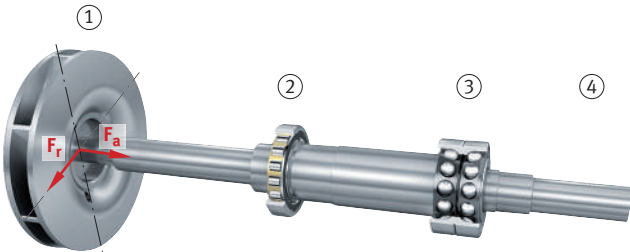
1.6 Bearinx-online Easy Pump

1.6.1 Bearinx-online Easy Pump

在计算过程中，程序会通过一目了然的对话框引导您逐步操作。这样一来，您便能快速、便捷地输入泵轴、叶轮及轴承布置的模型数据 ▶25 | 13。

此外，这些示例可用作设计的模板，并可相应地进行调整。为此，针对离心泵、双吸泵和潜水泵，系统分别提供了一套数据集供下载。然后即可选择轴承，并录入使用工况和载荷数据。

13 轴计算



1	叶轮	2	非定位轴承
3	定位轴承	4	电机

00199CAF

1.6.2 计算结果

计算时会考虑实际的滚动体轮廓和滚道轮廓，可精确计算轴承内部载荷分布。程序会输出符合 DIN ISO 的疲劳寿命，用于评估轴承布置方案的合理性。程序还会输出单个轴承工作游隙、润滑、倾斜度和最大接触压力的计算结果。此外，程序还会输出运行过程中轴的位移量以及相应的等效应力。

1.6.3 径向位移

Bearinx-online Easy Pump 中可显示轴封或叶轮位置处的径向挠度或位移。因此，在配置轴和轴承刚度时，可快速便捷地纳入这些信息。

计算完成后，所有输入数据、项目数据和计算结果都会详细地显示在 PDF 文档中。

1.7 Bearinx-online Easy Pump 计算示例

<https://bearinx-online-easy-pump.schaeffler.com/files>

程序中存储了三种模型：

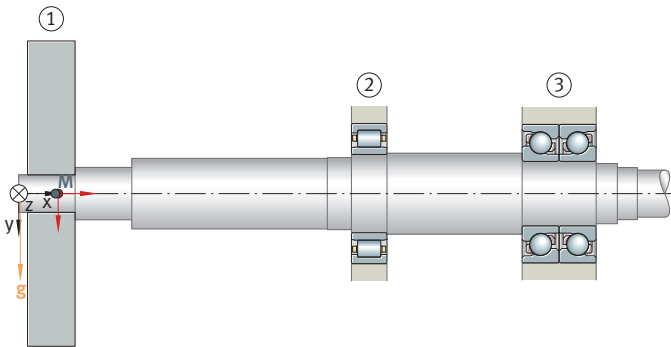
- 离心泵
- 双吸泵
- 潜水泵

离心泵的轴承布置

轴承布置的计算假设：

- 叶轮处于悬臂状态。
- 其重量根据轴几何结构的建模结果计算得出。
- 挠度测量点的位置默认设为叶轮的重心处，但也可根据实际自由选择，例如在轴封位置处。
- 在泵轴的驱动端，采用 O 型布置的两个角接触球轴承作为定位轴承。后缀 UB 表示该类轴承可根据需要以串联布置、O 型布置或 X 型布置进行组合。该轴承组可承受轴向载荷及相应比例的径向载荷。
- 圆柱滚子轴承作为非定位轴承安装在叶轮附近，其仅承受径向载荷并具有导向作用。

图14 悬臂式轴承布置



00193D05

1	叶轮	2	非定位轴承
3	定位轴承		

工作条件：

- 转速：3000 min⁻¹
- 叶轮上的载荷：
 - F_a = 9000 N
 - F_r = 7000 N
- 载荷状况：100 %，平均运行工况
- 温度
 - 叶轮：+70 °C
 - 非定位轴承：+80 °C
 - 定位轴承：+80 °C
- 油浴润滑：粘度：32 mm²/s
- 润滑油清洁度等级
 - 17（依据 ISO 4406）
 - 14（依据 ISO 16889）

非定位轴承：

- 滚动轴承：NU2218-E-XL-TVP2
- 内部游隙：CN
- 轴配合：k6
- 轴承座配合：H7
- 粗糙度 Rz：
 - 轴：6.3 μm
 - 轴承座：12 μm

定位轴承：

- 2 个滚动轴承：7315-B-XL-TVP-UB，采用 O 型布置
- 内部游隙：UB = 27 至 39
- 轴配合：k6
- 轴承座配合：H7
- 粗糙度 Rz：
 - 轴：6.3 μm
 - 轴承座：12 μm

计算结果：

- 所有项目数据、录入信息及计算结果均清晰地显示在结果视图中。
- 除了基本额定寿命 $L_{10h(xy)}$ 外，还显示了更详细的修正额定寿命 L_h （不受润滑影响）和 L_{hmr} （受润滑影响）的结果（符合 ISO/TS 16281）。

1.8 滚动轴承润滑以及泵和电机用润滑油脂

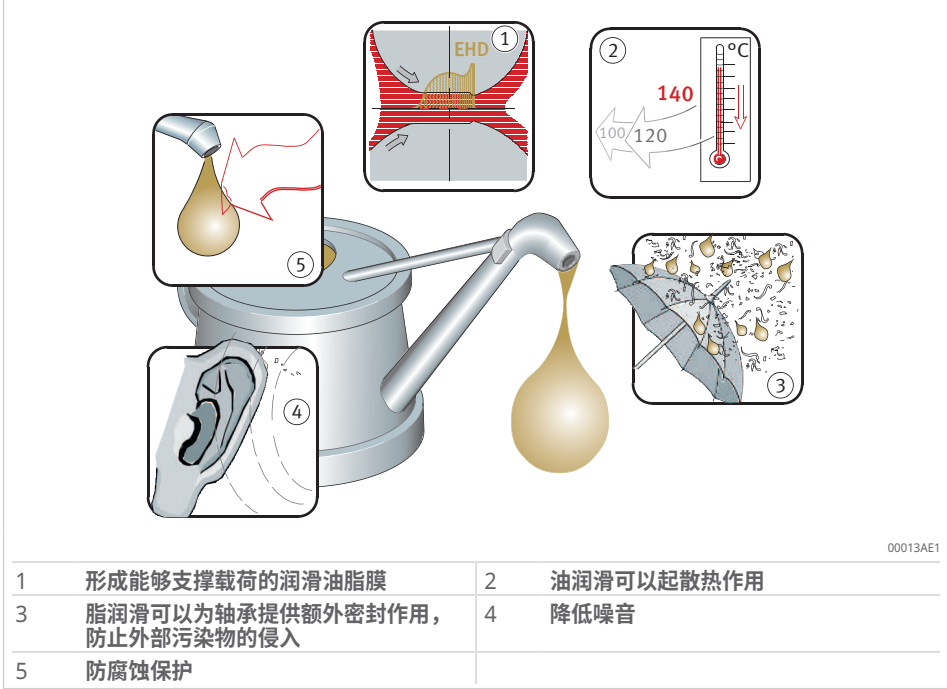
1.8.1 基本原理

滚动轴承润滑的主要作用是防止或减少滚动和滑动表面之间的接触。通过这种方式，可将摩擦与磨损控制在较低水平。润滑油脂会被输送至滚动轴承的接触区域，并附着在相互滚动的部件表面。因此，润滑油脂能使接触表面分离，避免金属与金属直接接触。若未能形成可完全承受载荷的润滑油脂膜，表面的部分区域将无法被润滑油脂膜隔开。即便在这种情况下，若润滑油脂中的添加剂与滚动体或轴承套圈之间形成保护膜，仍可实现低磨损运行。

润滑油脂在滚动轴承中发挥着非常重要的作用：

- 在接触表面形成具备足够承载能力的润滑油脂膜，从而防止磨损及过早疲劳
- 油润滑可以起散热作用
- 脂润滑可以为轴承提供额外密封作用，防止固体和液体污染物的侵入
- 降低噪音
- 防腐蚀保护

15 润滑油脂功能



1.8.2 润滑选型

润滑方式主要分为油润滑和脂润滑两类，其中脂润滑的应用范围最广，在小型泵中尤为常见。

油润滑

若相邻的机械元件已采用油润滑，或需要通过润滑油脂实现散热，则油润滑是合理选择。在高速、重载工况下，或轴承受到外部热源加热时，需对轴承布置采取散热措施。

油润滑的优势：

- 循环油润滑时可通过加过滤器对润滑油脂进行净化；油浴润滑时则可通过换油实现润滑油脂净化。
- 降低工作温度

脂润滑

在正常工作 and 环境条件下，深沟球轴承通常可实现终身润滑（for-life 润滑）。但是，在轴承设计中，尤其是在选择润滑脂时，必须注意润滑脂的使用寿命。我们针对常规轴承型号设有专门库存，这些轴承已填充标准润滑脂或高温润滑脂。

若存在高速、高温和高载荷等严苛工况需求时，必须确定适当的补脂间隔时间。在此情况下，需设计补脂孔和排脂孔，以及旧润滑脂收集腔。CONCEPT 注脂器特别适合补脂时间短的工况，它能按设定时间间隔全自动定量加注润滑脂。

脂润滑的优势：

- 设计工作量少
- 润滑脂实现辅助密封效果
- 免维护长寿命润滑

润滑脂使用寿命

润滑脂使用寿命指在不补充润滑的情况下，润滑脂能够为轴承提供充分润滑的持续时间。一旦达到润滑油脂使用寿命，轴承仅能在有限条件下维持功能，且会因润滑失效而快速发生故障。因此，若润滑脂使用寿命低于计算的轴承寿命，前者将成为决定性指标。对于无法补充润滑的滚动轴承而言，润滑脂使用寿命对其功能的影响尤为关键。

影响润滑脂使用寿命的因素：

- 润滑脂用量及分布情况
- 润滑脂类型（增稠剂、基础油、添加剂）
- 润滑脂生产工艺
- 轴承类型和尺寸
- 载荷的大小和类型
- 速度参数
- 轴承温度
- 安装条件

润滑脂选择

对于滑动比例高和承受重载的轴承，选择正确的润滑脂尤为重要。在重载工况下，增稠剂和添加剂配方对润滑性能特别重要。在脂润滑过程中，实际参与润滑作用的润滑油脂量极少。正常稠度的润滑脂大部分会从滚动接触区被挤出，或沉积在轴承侧面，或通过密封流出轴承组件。残留在滚道表面以及轴承内部或外部侧面的润滑脂，会持续释放所需的微量基础油，在某些情况下还会释放增稠剂，为轴承的工作表面提供润滑。在中等载荷工况下，滚动接触表面间的有效润滑油脂含量足以支持轴承长期稳定润滑。

影响润滑脂选择的因素：

- 轴承类型和尺寸
- 转速、温度等运行工况
- 载荷的大小和类型

图9 Arcanol 润滑脂，用于使用 CONCEPT 注脂器对所有滚动轴承型号进行再润滑

牌号	性能	T	n · d _M	v ₄₀	NLGI 级
		°C	mm/min	mm²/s	
Arcanol MULTITOP	通用高性能润滑脂	-50 ¹⁾ ... +140	800000	82	2
Arcanol TEMP90	耐高温润滑脂，低噪音	-40 ... +160	700000	148	3

D	mm	外径
n · d _M	mm/min	速度特性
T	°C	温度
v ₄₀	mm²/s	+40 °C 时润滑脂的基础油粘度

1) 根据 Schaeffler FE8 低温测试的测量值。

图10 适用于泵和电机的耐高温润滑脂

牌号	性能	T	n · d _M	v ₄₀	NLGI 级
		°C	mm/min	mm²/s	
L069	耐高温润滑脂，低噪音	-40 ... +180	1000000	80	2、3
L207	高转速	-40 ... +180	900000	70	2、3

D	mm	外径
n · d _M	mm/min	速度特性
T	°C	温度

V40	mm ² /s	+40 °C 时润滑脂的基础油粘度
100	100	100
150	150	150
220	220	220
320	320	320
460	460	460
680	680	680
1000	1000	1000
1500	1500	1500
2200	2200	2200
3200	3200	3200
4600	4600	4600
6800	6800	6800
10000	10000	10000

牌号	性能		T	n · d _m	v ₄₀	NLGI 级
			°C	mm/min	mm²/s	
符合规定的润滑脂规格的标准润滑脂 ²⁾	标准润滑脂	D ≤ 62 mm	-20 ... +120	500000	68 ... 150	2
	球轴承润滑脂, 低噪音	D ≤ 62 mm				
	标准润滑脂	D ≥ 62 mm	-20 ... +120	500000	68 ... 150	3
	球轴承润滑脂, 低噪音	D > 62 mm				
L069 ³⁾	耐高温润滑脂, 低噪音		-40 ... +180	1000000	80	2、3
L207 ³⁾			-40 ... +180	900000	70	2、3
L285 ⁴⁾	低噪音		-20 ... +120	500000	68 ... 150	3
Arcanol MULTITOP ⁵⁾	通用高性能润滑脂		-50 ⁶⁾ ... +140	800000	82	2
Arcanol TEMP90 ⁵⁾	耐高温润滑脂, 低噪音		-40 ... +160	700000	148	3

D	mm	外径
$n \cdot d_M$	mm/min	速度特性
T	°C	温度
v_{40}	mm ² /s	+40 °C 时润滑脂的基础油粘度

- 2) 适用于终身 (for-life) 润滑密封型深沟球轴承
- 3) 适用于泵类及电机应用、可互换使用的优选高温润滑脂
- 4) 适用于终身 (for-life) 润滑密封型双列角接触球轴承
- 5) 用于使用 CONCEPT 注脂器对所有型号的滚动轴承进行再润滑
- 6) 根据 Schaeffler FE8 低温测试的测量值。

牌号	性能	增稠剂	基础油	T	n · dM	v40	NLGI 级
				°C	mm/min	mm²/s	
符合规定的润滑脂规格的标准润滑脂	D ≤ 62 mm	锂皂	矿物油	-20 ... +120	500000	68 ... 150	2
	D ≥ 62 mm: 标准润滑脂	锂皂	矿物油	-20 ... +120	500000	68 ... 150	3
	D > 62 mm: 球轴承润滑脂, 低噪音						
L069	耐高温润滑脂, 低噪音 高转速	聚脲	酯油	-40 ... +180	1000000	80	2、3
L207	耐高温润滑脂, 低噪音 高转速	聚脲	酯油	-40 ... +180	900000	70	2、3
L285	低噪音	锂皂	矿物油	-20 ... +120	500000	68 ... 150	3
Arcanol MULTITOP	通用高性能润滑脂	锂皂	矿物油 PAO	-50 ... +140	800000	82	2
Arcanol TEMP90	耐高温润滑脂, 低噪音	聚脲	矿物油 PAO	-40 ... +160	700000	148	3

D	mm	外径
$n \cdot d_M$	mm/min	速度特性
T	°C	温度
v_{40}	mm ² /s	+40 °C 时润滑脂的基础油粘度

牌号	性能		T	n · dM	v40	NLGI 级
			°C	mm/min	mm²/s	
符合规定的润滑脂规格的标准润滑脂	标准润滑脂	D ≤ 62 mm	-20 ... +120	500000	68 ... 150	2
	球轴承润滑脂, 低噪音	D ≤ 62 mm				
	标准润滑脂	D ≥ 62 mm	-20 ... +120	500000	68 ... 150	3
	球轴承润滑脂, 低噪音	D > 62 mm				

30 | TPI 270

n · d _M	mm/min	速度特性
T	°C	温度
v ₄₀	mm ² /s	+40 °C 时润滑脂的基础油粘度

14 用于密封双列角接触球轴承的润滑脂

牌号	性能	T	n · d _M	v ₄₀	NLGI 级
		°C	mm/min	mm ² /s	
L285	低噪音	-20 ... +120	500000	68 ... 150	3

D	mm	外径
n · d _M	mm/min	速度特性
T	°C	温度
v ₄₀	mm ² /s	+40 °C 时润滑脂的基础油粘度

15 润滑脂成分

牌号	性能	增稠剂	基础油
符合规定的润滑脂规格的标准润滑脂 ⁷⁾	标准润滑脂	锂皂	矿物油
	球轴承润滑脂, 低噪音		
	标准润滑脂	锂皂	矿物油
	球轴承润滑脂, 低噪音		
L069 ⁸⁾	耐高温润滑脂, 低噪音	聚脲	酯油
L207 ⁸⁾	高转速	聚脲	酯油
L285 ⁹⁾	低噪音	锂皂	矿物油
Arcanol MULTITOP ¹⁰⁾	通用高性能润滑脂	锂皂	矿物油 PAO
Arcanol TEMP90 ¹⁰⁾	耐高温润滑脂, 低噪音	聚脲	矿物油 PAO

7) 适用于终身 (for-life) 润滑密封型深沟球轴承

8) 适用于泵类及电机应用、可互换使用的优选高温润滑脂

9) 适用于终身 (for-life) 润滑密封型双列角接触球轴承

10) 用于使用 CONCEPT 注脂器对所有型号的滚动轴承进行再润滑

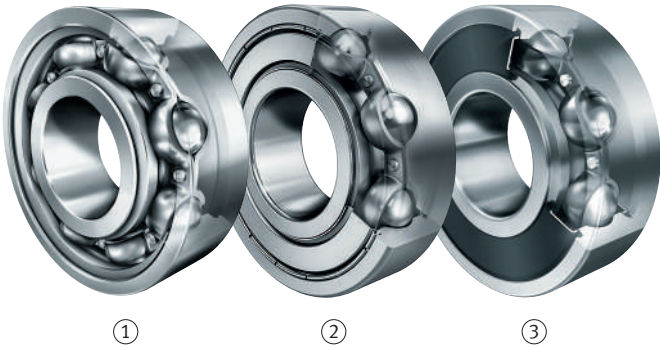
2 流体泵用滚动轴承

2.1 单列深沟球轴承

单列深沟球轴承是通用的不可分离轴承，带有实体外圈、内圈以及球和保持架组件。它们设计简洁，运行可靠并且容易维护。它们提供开式和密封型号。

Generation C 系列深沟球轴承经过专门强化设计，凭借这一优化后的结构设计，可实现更低的运行噪音、更优的密封性能及更高的成本效益。

图16 Generation C 系列单列深沟球轴承，开式或配备非接触式密封



0018EFCF

1	开式	2	两侧配有密封圈（后缀 2Z）
3	两侧配有非接触式密封（后缀 2BRS）		

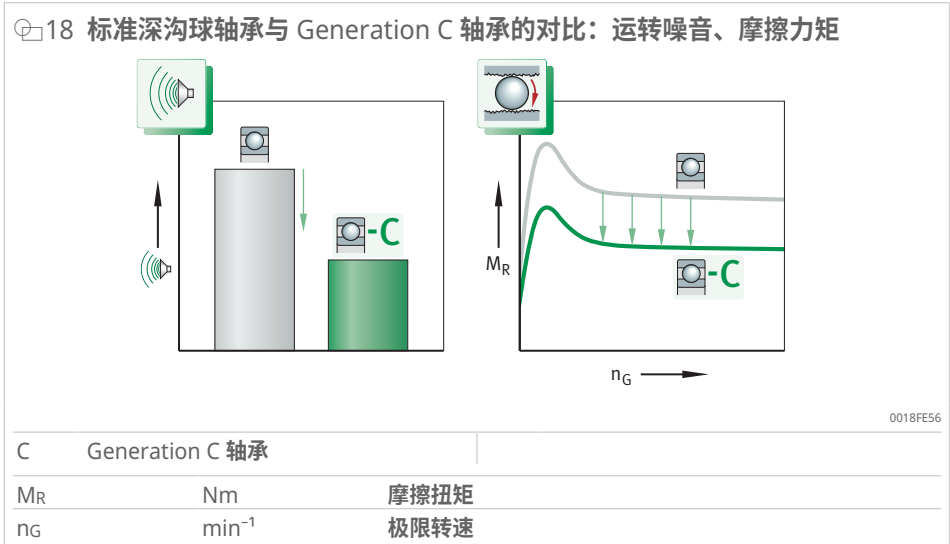
图17 单列深沟球轴承，Generation C，接触式密封



0018FE46

1	两侧配有接触式密封（后缀 2HRS）	2	两侧配有接触式密封（后缀 2ELS）
---	--------------------	---	--------------------

得益于滚道表面的改善、钢球品质的提升、内部结构的优化、保持架稳定性的增强以及生产精度的提高，使轴承的运行噪音显著降低。原本已处于极低水平的摩擦力矩得到进一步降低，从而降低了能耗。总而言之，这些优化最大限度地降低了 Generation C 轴承 50 % 的噪音和 35 % 的摩擦。



2.1.1 径向和轴向承载能力

由于滚道的几何形状以及使用球形滚动体，深沟球轴承可以承受双向轴向力以及径向力。

2.1.2 工作温度

外径小于 90 mm 的开式深沟球轴承，工作温度可高达 +120 °C；外径介于 90 mm 至 240 mm 之间的此类轴承，工作温度可高达 +150 °C。

配备弹性密封（例如 BRS 或 HRS）的深沟球轴承，工作温度范围为 -30 °C 至 +110 °C，具体受润滑脂和密封圈材料的限制。

配备密封圈 Z 的轴承，工作温度范围为 -30 °C 至 +120 °C。

2.1.3 润滑

双侧带密封的轴承已填充高品质润滑脂，为终身润滑型轴承。针对高温等特殊需求，亦可选用专用润滑脂方案。例如，通过后缀 L069 或 L207 来标识这些润滑脂。

2.1.4 轴承型号

19 轴承型号

HC6212C2ZTVHL069J20GAC3

混合轴承

HC 陶瓷滚动体

轴承系列

60 超轻系列

62 轻型系列

63 中型系列

内径代号

00 10 mm

01 12 mm

03 15 mm

04 17 mm

自 05 起 $5 \cdot 5 = 25$ mm

产品变更代号

C C 系列

密封

2Z 双侧非接触式密封（冲压钢板间隙密封）

2BRS 双侧接触式密封（迷宫式密封），标准材料 NBR

2HRS 双侧接触式密封（唇密封），轴向接触，标准材料 NBR

2RSR 双侧接触式密封（唇密封），径向接触，标准材料 NBR

其他密封材料 HNBR、ACM 和 FKM 可按协议供货

保持架

JN 冲压钢板保持架，标准设计（无后缀）

TVH 玻璃纤维增强聚酰胺 PA66 实体保持架，滚动体引导

M 黄铜实体保持架，滚动体引导

滚动轴承润滑脂

GA14 外径 ≤ 62 mm 的滚动轴承用标准润滑脂

GA13 外径 > 62 mm 的滚动轴承用标准润滑脂

L069 低噪音耐高温润滑脂

涂层

J20GA 外圈上用于电流绝缘的氧化物陶瓷涂层

内部径向游隙

CN 标准内部径向游隙 - 标准（无后缀）

C2 内部径向游隙 C2（小于标准游隙）

C3 内部径向游隙 C3（大于标准游隙）

C4 内部径向游隙 C4（大于 C3）

001D6BDD

2.1.5 更多信息

HR 1 | 滚动轴承 | <https://www.schaeffler.de/std/1D3D>
medias | 产品目录 | medias.schaeffler.com
TPI 165 | C 系列深沟球轴承 | <https://www.schaeffler.de/std/200C>

2.2 单列角接触球轴承

单列角接触球轴承为不可分离轴承，由实体内圈、实体外圈，以及球和保持架（聚酰胺保持架、冲压钢板保持架或黄铜保持架）组件构成。内圈与外圈的滚道沿轴承轴线方向相互偏移。这些轴承有开式和密封两种形式。其角度调心能力有限。

20 单列角接触球轴承

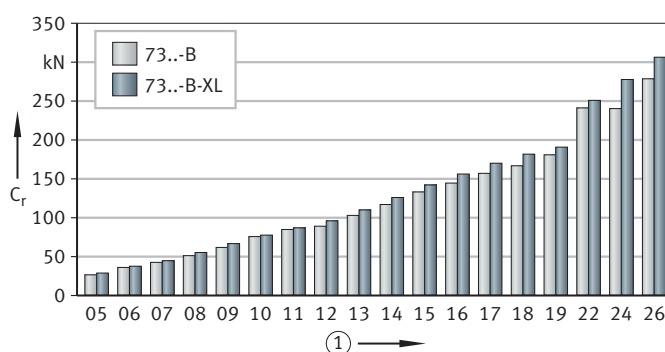


0001ABAE

2.2.1 X-life

X-life 表示滚道的粗糙度和几何精度经过优化。由此带来了更高承载能力，可使轴承实现更长的运行寿命与维护周期。许多尺寸系列的单列角接触球轴承均有 X-life 产品。其他变型产品可依据协议定制供应。

21 基本额定动载荷 C_r 的比较 – 73...-B-XL 系列轴承（内径代号为 05 至 26）与非 X-life 轴承 (73...-B)



0019634A

1 内径代号

C_r

kN

基本额定动载荷，径向

2.2.2 承载能力

单列角接触球轴承可承受单向轴向力及较高径向力。为了实现轴向定位，安装时需与另一个对称布置的轴承配合使用。

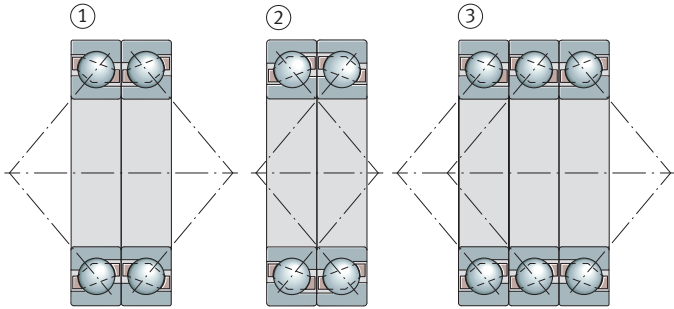
凭借 40° 接触角的结构设计，该类轴承可承受高轴向载荷。

通用设计

通用设计适用于以下安装位置：

- X 型布置
- O 型布置
- 串联 O 型布置
- 多组合安装

图22 常见轴承布置类型



0001A748

1	O 型布置	2	X 型布置
3	串联 O 型布置		

成对安装后的轴承组，根据布置形式可实现确定的轴向游隙，例如：

- UO：0 游隙
- UB：内部轴向游隙较小
- UA：内部轴向游隙略高

以串联布置方式安装



以串联布置方式安装时，外圈的接触端面必须有足够的贴合量。

若对此有疑问，请联系 Schaeffler 工程技术服务部门。

2.2.3 工作温度

图16 角接触球轴承的允许工作温度

轴承	工作温度	
	最低	最高
	°C	°C
开式角接触球轴承	-30	+150
开式角接触球轴承 ，采用玻璃纤维增强聚酰胺保持架	-	+120
带密封轴承	-30	+110

2.2.4 润滑

双侧带密封的轴承为终身润滑型轴承。

开式轴承及单侧带密封的轴承未填充润滑脂，可采用脂润滑或油润滑方式。

在使用润滑脂进行再润滑时，Schaeffler 建议使用 CONCEPT 自动注脂器。

2.2.5 轴承型号

23 轴承型号

7205-B-XL-2RS-TVP-P5-UB

轴承系列

70 超轻系列

72 轻型系列

73 中型系列

内径代号

00 10 mm

01 12 mm

03 15 mm

04 17 mm

自 05 起 $5 \cdot 5 = 25$ mm

内部结构

B 公称接触角 40°

高端品牌

XL X-life

密封

2RS 双侧接触式密封

保持架

TVH 玻璃纤维增强聚酰胺 PA66 实体保持架

TVP 玻璃纤维增强聚酰胺 PA66 实体保持架

JP 冲压钢保持架

MA 实体黄铜保持架

公差等级

PN 标准公差等级（无后缀）

P6 高于 PN 的公差等级

P5 高于 P6 的公差等级

万能组配设计，成对安装

UA 轴承对在 O 型和 X 型布置中具有较小的内部轴向游隙

UB 轴承对在 O 型和 X 型布置中具有比在 UA 中更小的内部轴向游隙

U0 轴承在 O 型和 X 型布置时零游隙

001D6BED

2.2.6 更多信息

HR 1 | 滚动轴承 |
<https://www.schaeffler.de/std/1D3D>
medias | 产品目录 |
medias.schaeffler.com

2.3 双列角接触球轴承

双列角接触球轴承由实体内圈、外圈，以及球和保持架（聚酰胺、黄铜或钢板保持架）组件构成。双列角接触球轴承的结构类似于 O 型布置的配对单列角接触球轴承，但宽度更窄。不同之处在于接触角 α 的大小和轴承套圈的设计。

得益于独特的滚道几何形状和双列球结构，这些轴承可以同时承受径向力和轴向力。因此特别适用于泵类设备。

双列角接触球轴承的角度调整能力有限。

图 24 双列角接触球轴承

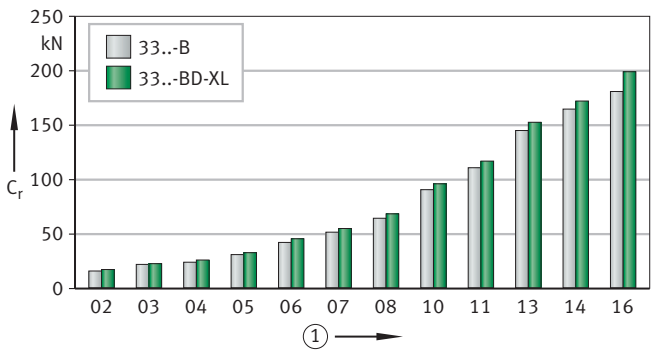


0001ABB2

2.3.1 X-life

X-life 代表更低运行噪音与更高基本额定载荷的产品系列。该系列轴承摩擦力较低，不仅能使轴承运行温度更低，对于终身润滑型轴承而言，还可有效延长润滑脂的使用寿命。许多尺寸系列的双列角接触球轴承均有 X-life 产品。其他变型产品可依据协议定制供应。

图 25 基本额定动载荷 C_r 的比较 – 33...-BD XL 系列轴承（内径代号为 02 至 16）与非 X-life 轴承（33...-B）



0018FEA7

1 内径代号

C_r kN

基本额定动载荷，径向

2.3.2 承载能力

双列角接触球轴承可承受双向轴向载荷及高径向载荷，特别适用于对轴向定位刚性有要求的轴承布置场景。轴向承载能力取决于接触角：接触角越大，轴承可以承受的轴向载荷就越高。

双列角接触球轴承接触角规格有以下四种：

- 25°
- 30°，仅限 X-life 系列情况下
- 35°
- 45°，仅限剖分式内圈

接触角为 45° 的轴承采用剖分式内圈；此外，钢球数量的增加可使轴承的基本额定载荷得到显著提升，而且采用的黄铜保持架能进一步改善轴承在紧急情况下的运行性能。

2.3.3 工作温度

17 双列角接触球轴承的允许工作温度

轴承	工作温度
	最高
	°C
双列角接触球轴承， 采用接触式密封圈 RSR 或 HRS	+110
非接触式密封圈 Z 和 玻璃纤维增强聚酰胺保持架 TVP	+120

若使用温度超过上述限值，建议采用开式轴承并配合合适的润滑方式。

2.3.4 润滑

开式双列角接触球轴承出厂时未填充润滑脂，可采用脂润滑或油润滑方式。若需补充润滑脂，建议使用自动注脂器。

带密封的轴承已填充标准高品质润滑脂，为终身润滑型轴承。高端润滑脂方案由后缀 L140 或 L285 标识，专为满足特定工况而推出。

2.3.5 轴承型号

26 轴承型号

3310-BD-XL-ZZ-TVH-L285-C3

轴承系列

30 轻型系列

32 中型系列

33 重型系列

内径代号

00 10 mm

01 12 mm

03 15 mm

04 17 mm

自 05 起 $5 \cdot 5 = 25$ mm

内部结构

B 公称接触角 25°，不带填球槽

BD 公称接触角 30°，不带填球槽

DA 公称接触角 45°，剖分内圈

高端品牌

XL X-life

密封

2Z 双侧非接触式密封（冲压钢板间隙密封）

2RRS 双侧接触式密封（唇密封），
径向接触，标准材料 NBR

2HRS 双侧接触式密封（唇密封），
轴向接触，标准材料 NBR

保持架

TVH 玻璃纤维增强聚酰胺 PA66 实体保持架，滚动体引导

M 黄铜实体保持架，滚动体引导

MA 黄铜实体保持架，外圈引导

钢板保持架是某些设计的标准配置，未通过后缀表示。

滚动轴承润滑脂

双侧密封式轴承用标准润滑脂（无后缀）

L140 高端润滑脂

L285 高端润滑脂

内部径向游隙

CN 标准内部径向游隙 - 标准（无后缀）

C3 内部径向游隙 C3（大于标准游隙）

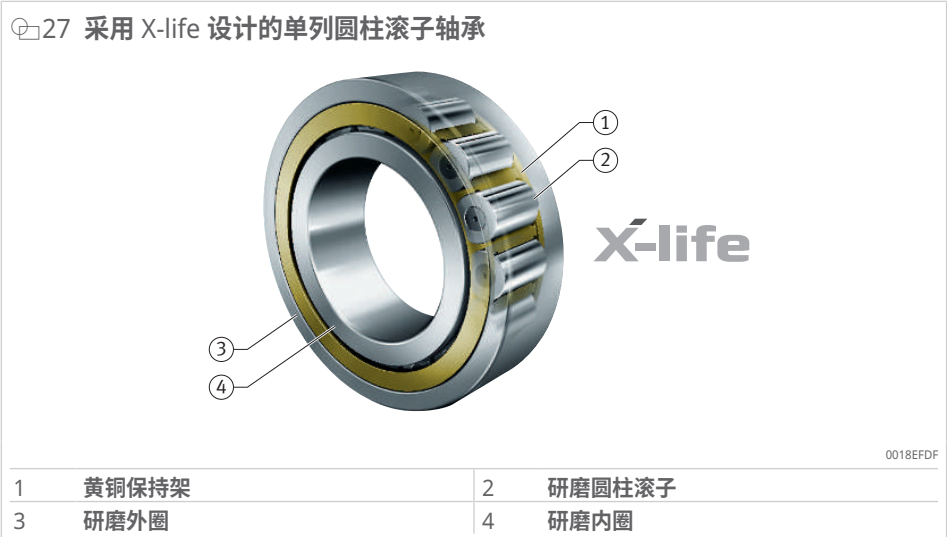
001D6BFD

2.3.6 更多信息

HR 1 | 滚动轴承 |
<https://www.schaeffler.de/std/1D3D>
medias | 产品目录 |
medias.schaeffler.com

2.4 单列圆柱滚子轴承

带保持架的单列圆柱滚子轴承由实体内圈、实体外圈，以及圆柱滚子和保持架组件构成，轴承外圈可设计为双侧带刚性挡边或无挡边结构，内圈则可设计为单侧带刚性挡边、双侧带刚性挡边或无挡边结构。带保持架的轴承刚性极高，可承受高径向载荷，且转速高于满装滚子轴承。该类轴承为可分离式结构，因此安装与拆卸均较为便捷。因此轴承内、外圈均可采用紧配合安装。根据具体要求和相应的设计，带保持架的单列圆柱滚子轴承可分别用作非定位轴承、半定位轴承和定位轴承。



在泵类设备中载荷较高、球轴承无法满足的工况中，采用带保持架的圆柱滚子轴承的优势尤为显著。这类轴承有更高的基本额定载荷，可以去承受较大的径向载荷，是理想的非定位轴承。凭借其设计固有的径向刚性，可确保泵体内部配合间隙的精准可靠。

由于泵类设备为了满足挠度与高强度的使用要求，轴尺寸通常设计的比较大，因此选用窄系列轴承即可。若存在最小载荷不足导致滚子打滑风险等问题，可选用 NU10 系列。该系列轴承未采用带 E 后缀的加强型设计，这意味着滚子较小，不太易于出现打滑问题。

2.4.1 X-life

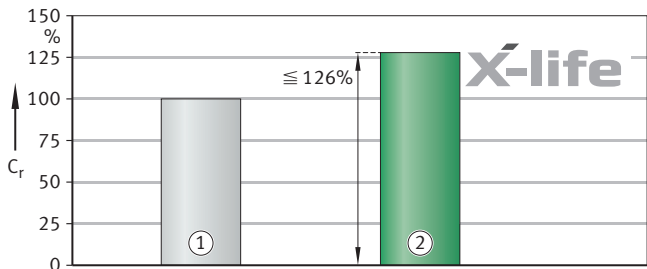
X-life 系列的单列圆柱滚子轴承，相比同规格的标准型圆柱滚子轴承，性能实现显著提升。

通过以下方式实现了该性能的提升：

- 改善了内部结构
- 优化了滚子与滚道之间的接触几何形状
- 提高了表面质量
- 优化了滚子引导功能及润滑油脂膜的形成效果

上述措施可大幅降低轴承的发热量，并显著延长滚动轴承的额定寿命。

图28 基本额定动载荷 C_r 的比较：带保持架的圆柱滚子轴承与非 X-life 品质轴承



0018FE23

1	非 X-life 品质的轴承的基本额定动载荷 C_r	2	X-life 品质的轴承的基本额定动载荷 C_r
---	------------------------------	---	----------------------------

2.4.2 非定位轴承

圆柱滚子轴承 NU 和 N 为非定位轴承，只能支撑径向力。在 NU 系列轴承中，外圈有 2 个挡边，而内圈无挡边。在 N 系列轴承中，内圈有 2 个挡边，而外圈无挡边。

轴向位移

轴承内圈与外圈可相对于中心位置，沿轴向产生位移量 s 。

2.4.3 工作温度

图18 单列圆柱滚子轴承的允许工作温度

轴承	工作温度	
	最低	最高
	°C	°C
带尼龙保持架的单列圆柱滚子轴承	-30	+120
带金属保持架的单列圆柱滚子轴承	-	+150

对于连续工作温度高于 +120 °C 的场景，请与我们联系。

2.4.4 密封

单列圆柱滚子轴承通常不带密封

2.4.5 润滑

此类轴承可通过端面进行脂润滑或油润滑。

2.4.6 轴承型号

29 轴承型号

轴承系列

NU10 轻型系列
NU2 中型系列
NU3 重型系列

内径代号

00 10 mm
01 12 mm
03 15 mm
04 17 mm
自 05 起 $5 \cdot 5 = 25$ mm

产品变更代号

E 高承载设计

高端品牌

XL X-life

保持架

JP3 整体式钢板窗形保持架，滚动体引导
TVP2 玻璃纤维增强聚酰胺 PA66 实体窗形保持架
M1 两体式黄铜实体保持架，滚动体引导
M1A 两体式黄铜实体保持架，外圈引导
MPAX 整体式黄铜实体保持架，外圈引导

涂层

J20GA 外圈上用于电绝缘的 Insutect 涂层
J30PE 滚动体经 Durotect B 涂层处理，能提升初期磨合表现。

内部径向游隙

CN 标准内部径向游隙 – 标准（无后缀）
C3 内部径向游隙 C3（大于标准游隙）
C4 内部径向游隙 C4（大于 C3）

NU2 20 E XL M1 J20GA C3

001D6C00

2.4.7 更多信息

HR 1 | 滚动轴承 |

<https://www.schaeffler.de/std/1D3D>

medias | 产品目录 |

medias.schaeffler.com

2.5 调心滚子轴承

调心滚子轴承是双列不可分离轴承，由带球面滚道的实体外圈、实体内圈，以及球面滚子和保持架组件构成。内圈通常有圆柱孔或圆锥孔两种形式。

对称球面滚子在外圈球面滚道上能够实现自由调心。从而补偿轴的挠曲变形以及轴承座的安装导致的对中误差。

由于这类轴承有较高的承载能力、自动调心以及既可承受径向力也可承受一定轴向力的能力，使其成为大型重载离心泵应用场景的理想选择。

图30 调心滚子轴承



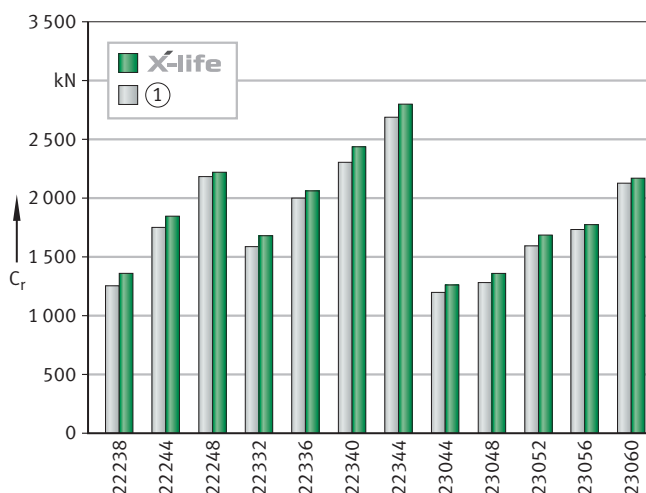
0001ABB8

2.5.1 X-life

许多尺寸系列的调心滚子轴承均有 X-life 产品。这些轴承具有以下特征：

- 优化了内部结构
- 提高了承载能力
- 降低了内部摩擦
- 降低了轴承温度
- 改善了表面质量和接触几何形状

图31 基本额定动载荷的比较：222、223 和 230 系列轴承



0018FF57

1 竞品对比（高端产品）

2.5.2 承载能力

调心滚子轴承可支撑双向轴向载荷以及较高的径向载荷。调心滚子轴承专为获得高承载能力设计，因其尽可能多的采用了大尺寸且超长型球面滚子，故而也适用于特重载工况。

2.5.3 角度不对中补偿

调心滚子轴承可补偿角度不对中误差。允许调心角度的对应载荷条件为：

$$P < 0.1 \cdot C_r$$

在以下情况下，允许使用这些调整角度：

- 角度偏差恒定（静态角度不对中）
- 内圈旋转

2.5.4 工作温度

19 调心滚子轴承的允许工作温度

轴承	工作温度	
	最低	最高
	°C	°C
带金属保持架的调心滚子轴承	-30	+200
调心滚子轴承，配有由玻璃纤维增强聚酰胺制成的保持架	-	+120

润滑油脂的选择也十分关键。

2.5.5 密封

带密封且预填充润滑脂的轴承，可依据协议定制供应。

2.5.6 润滑

开式调心滚子轴承可采用油润滑或脂润滑两种方式。

2.5.7 轴承型号

2

32 轴承型号

23122-E1A-XL-K-M-C3+H3122

轴承系列

213 轻型系列

222 轻型系列

223 轻型系列

230 中型系列

231 中型系列

232 中型系列

240 重型系列

241 重型系列

内径代号

22 22 · 5 = 110 mm

500mm 以上内径尺寸直接标注

产品变更代号

A、AS 内圈，带固定挡边和中心挡边

B、BE、内圈带固定中挡边

BEA 内圈上未配中心挡边的设计

E1 配两个侧挡边的内圈

高端品牌

XL X-life

圆锥孔

K 锥度 1:12，标准

K30 240 和 241 重型系列轴承的锥度为 1:30

在标准设计轴承（不带 K）中，孔为圆柱孔。

保持架

JPA 两体式冲压钢保持架，外圈引导

TVB 两体式玻璃纤维增强尼龙窗式保持架，内圈引导

M 双列梳状黄铜保持架，滚动体引导

MA 两体式黄铜保持架，外圈引导

MB 两体式黄铜保持架，内圈引导

MB1 双列梳状黄铜保持架，内圈引导

MA1 两片式黄铜保持架，外圈引导

对于 E1 设计轴承，使用两片式外圈引导冲压钢保持架，对于 BE 设计轴承，标配使用两片式内圈引导冲压钢保持架（无后缀）。

内部径向游隙

CN 标准内部径向游隙 - 标准（无后缀）

C3 内部径向游隙 C3（大于标准游隙）

C4 内部径向游隙 C4（大于 C3）

附件

H 紧定套

AH 拆卸套

KM 锁紧螺母

MB 止动垫圈

HMZ 轴螺母

001D6C1D

46 | TPI 270

Schaeffler

2.5.8 更多信息

- HR 1 | 滚动轴承 | <https://www.schaeffler.de/std/1D3D>
- medias | 产品目录 | [medias.schaeffler.com](https://www.schaeffler.com)
- MON 90 | 脂润滑 FAG 剖分式调心滚子轴承和轴承座 | <https://www.schaeffler.de/std/1F91>
- ORP | X-life - 更胜一筹 | <https://www.schaeffler.de/std/1FF9>
- TPI 218 | 密封式调心滚子轴承 | <https://www.schaeffler.de/std/1FCF>
- TPI 250 | 剖分调心滚子轴承 | <https://www.schaeffler.de/std/1F81>
- WL80384 | 剖分轴承 - 剖分成本 | <https://www.schaeffler.de/std/1FFA>

2.6 推力调心滚子轴承

推力调心滚子轴承是单列可分离式轴承。其内圈与外圈分别由整体式轴圈和座圈构成，两者均加工有与滚动体适配的对应滚道。保持架对数量众多的非对称球面滚子起引导作用。滚道相对于轴承的轴线是倾斜的，座圈中的滚道采用曲面设计。

推力调心滚子轴承特别适用于承受较高轴向载荷的大型垂直布置轴承结构。此外，该类轴承还可补偿轴相对于轴承座的动态或静态不对中误差，以及轴的挠曲变形。除可承受较大轴向力外，此类轴承还可承受最高达轴向载荷 F_a 55 % 的径向载荷。同时，轴承在较高转速或冲击载荷工况下也可稳定运行。

图 33 采用 X-life 设计的推力调心滚子轴承



0018FEE7

1	保持架	2	球面滚子
3	座圈	4	轴圈

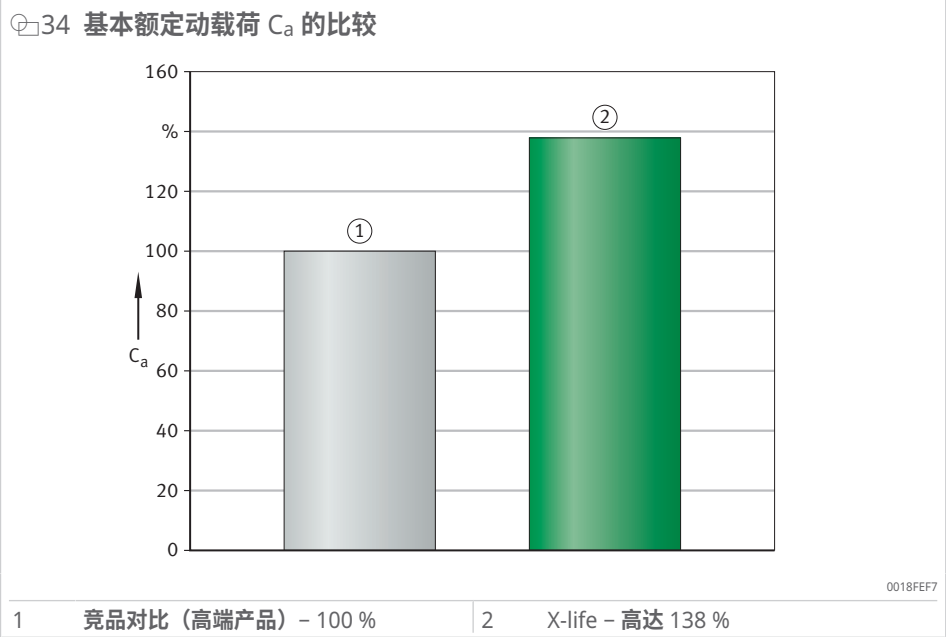
2.6.1 X-life

X-life 系列轴承的性能显著优于传统推力调心滚子轴承。这些轴承具有以下特征：

- 改善了内部结构
- 优化了滚子与滚道之间的接触几何形状
- 改善了保持架设计
- 提高了钢材品质
- 提高了表面质量
- 优化了滚子引导功能及润滑油脂膜的形成效果

这些特征具有以下优点：

- 优化了载荷分布，提高了基本额定载荷
- 减少了摩擦，降低了轴承温度
- 更适合高转速工况



2.6.2 承载能力

由于滚道相对于轴承轴线呈倾斜布置，推力调心滚子轴承可同时承受单方向的极高轴向载荷与径向载荷。径向载荷 F_r 和 F_{0r} 不得超过轴向载荷的 55 %。此类轴承专为高轴向承载能力设计，因其尽可能多的采用了大尺寸且超长型球面滚子，故而也适用于特重载工况。

2.6.3 角度不对中补偿

得益于座圈的球面滚道结构，推力调心滚子轴承能够自动进行角度调整。

图20 静态角度不对中时的允许偏斜角度

轴承系列	允许偏斜	允许偏斜
	$D \leq 320 \text{ mm}$	$D > 320 \text{ mm}$
292...-E1	1.5°	1°
293...-E1	2.5°	1.5°
294...-E1	3°	2°

2.6.4 工作温度

图21 推力调心滚子轴承的允许工作温度

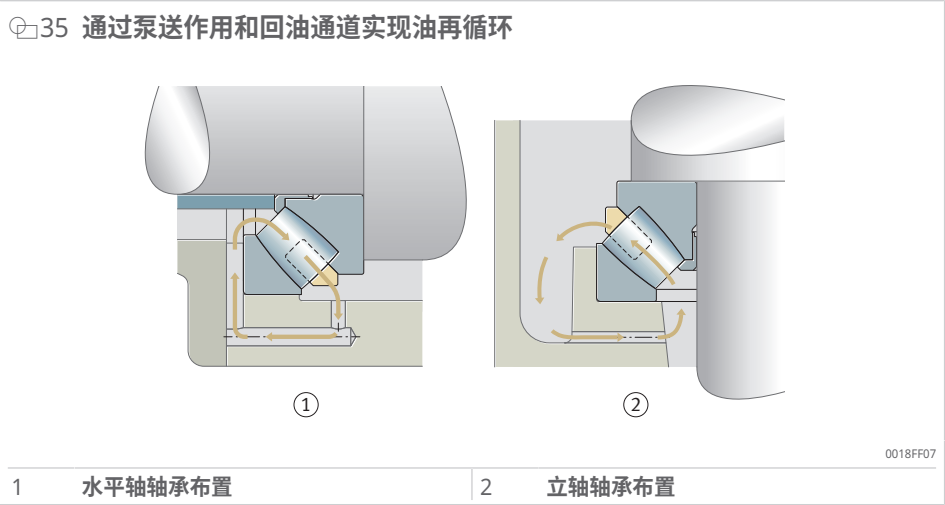
轴承	工作温度	
	最低	最高
	°C	°C
带金属保持架的推力调心滚子轴承	-30	+200

2.6.5 密封

推力调心滚子轴承不带密封这就要求必须在相邻结构中对轴承位置进行必要的密封。

2.6.6 润滑

此类轴承供货时未填充润滑脂。通常采用油润滑方式。因其内部结构特性，非对称截面的轴承会产生泵送效应，这一点必须予以考虑。



35 通过泵送作用和回油通道实现油再循环

1 水平轴承布置

2 立轴轴承布置

0018FF07

在某些情况下，也可以使用含有 EP 添加剂的润滑脂进行润滑。但是，必须确保滚子与挡边之间的接触区域始终得到充足的润滑。CONCEPT 系列自动注脂器是实现此目的的理想选择。

2.6.7 保持架

推力调心滚子轴承的保持架有冲压钢板或车削黄铜两种形式，具体选用取决于轴承的产品系列及内径大小。

轴承系列	冲压钢保持架 内径代号		实体黄铜保持架 MB 内径代号	
	最低	最高	最低	最高
292..-E1	-	-	30	1180 mm
293..-E1-XL	17	64	68	800 mm
293..-E1	-	-	850 mm	1600 mm
294..-E1-XL	12	68	72	710 mm
294..-E1	-	-	750 mm	1060 mm

2.6.8 轴承型号

36 轴承型号

29380-E1-XL-N1-MB-THI

轴承系列

292 推力调心滚子轴承，轻型系列

293 推力调心滚子轴承，中型系列

294 推力调心滚子轴承，重型系列

内径代号

80 80 · 5 = 400 mm

500mm 以上内径尺寸直接标注

产品变更代号

E1 高承载设计

高端品牌

XL X-life

定位槽

N1 座圈上有一个定位槽

N2 座圈上有两个间隔 180° 的定位槽

保持架

MB 实体黄铜保持架

螺纹孔

THI 轴圈端面上 3 个均匀分布的螺纹孔

THIE 座圈端面上 3 个均匀分布的螺纹孔，包含吊环螺栓

THO 座圈端面上 3 个均匀分布的螺纹孔

THOE 座圈端面上 3 个均匀分布的螺纹孔，包含吊环螺栓

001D6C2D

2.6.9 更多信息

- HR 1 | 滚动轴承 |
<https://www.schaeffler.de/std/1D3D>
- medias | 产品目录 |
medias.schaeffler.com
- MH 1 | 安装手册 |
<https://www.schaeffler.de/std/1D53>
- PAX | 市场上最强劲的轴承 |
<https://www.schaeffler.de/std/1FFC>

2.7 圆锥滚子轴承

圆锥滚子轴承由带圆锥滚道的实体内圈、外圈，以及装配在窗式保持架中的圆锥滚子构成，

该类轴承有多种结构形式可供选择：标准结构、配对的开式结构，以及带单侧密封整体式结构 JKOS。

开式轴承为可分离轴承因此，带有滚子和保持架的内圈组件可以与外圈分开安装。

与角接触球轴承相比，这种设计的优点在于基本额定载荷更高。因此，它们特别适用于承受高载荷的大型泵。圆锥滚子轴承可承受较大的径向载荷或轴向载荷。得益于可调整轴承布置（定位轴承），能够为设备提供刚性优异、导向精准的轴承支撑，并确保轴向运行精度处于较高水平。

图 37 圆锥滚子轴承



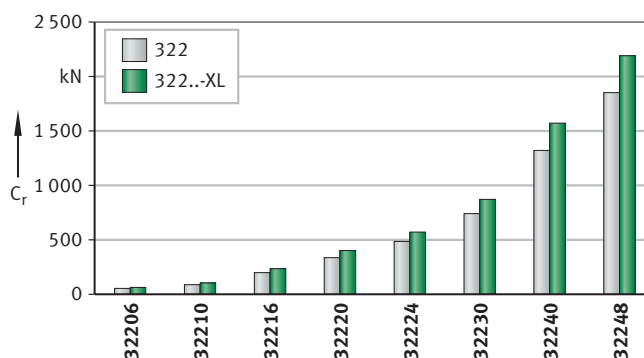
0001AC38

2.7.1 X-life

许多尺寸的圆锥滚子轴承都推出了 X-life 系列。其他变型产品可依据协议定制供应。

这些轴承的内部结构经过优化，基本额定动载荷提高了 20 %，使计算额定寿命显著延长。通过表面质量与接触几何形态的优化，轴承摩擦降低高达 50 %，进而有效降低轴承温度，这对润滑有积极的影响。由于提高了运行精度，因此可以适用更高转速的工况。

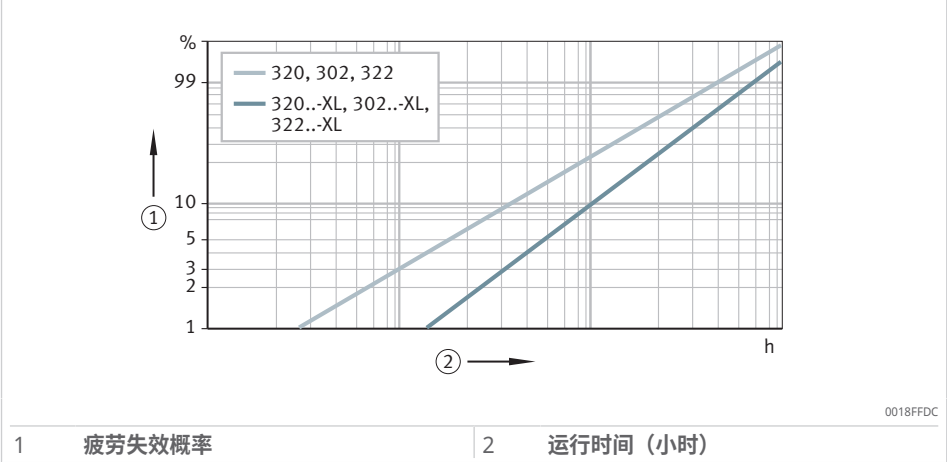
图 38 X-life 圆锥滚子轴承与非 X-life 轴承基本额定动载荷 C_r 的比较



0018FFCC

C_r 基本额定动载荷

图39 X-life 轴承与非 X-life 轴承的韦伯尔曲线疲劳寿命对比



2.7.2 承载能力

圆锥滚子轴承可承受单向轴向载荷与高径向载荷。
但是，为实现轴向双向承载功能，必须与另一个对称安装的轴承配对使用。然后将该轴承组合以 O 型或 X 型布置进行安装。

2.7.3 角度不对中补偿

圆锥滚子与滚道之间采用了经过改良的线接触形式，可确保接触点处应力分布最优，避免边缘应力集中，并使轴承具备一定角度调整能力。
如果载荷比 $P/C_{0r} < 0.2$ ，则轴承套圈相对倾斜的角度不得超过 4 角分。但其前提条件是轴和轴承座轴线的相对位置保持不变（无动态位移）。

2.7.4 工作温度

图23 圆锥滚子轴承的可能工作温度

轴承	工作温度	
	最低	最高
	°C	°C
开式圆锥滚子轴承	-30	+120
带单侧接触式密封的圆锥滚子轴承	-30	+110

2.7.5 密封

标准结构及配对组配的圆锥滚子轴承不带密封。带单侧接触式密封的整体式圆锥滚子轴承 JKOS。

2.7.6 润滑

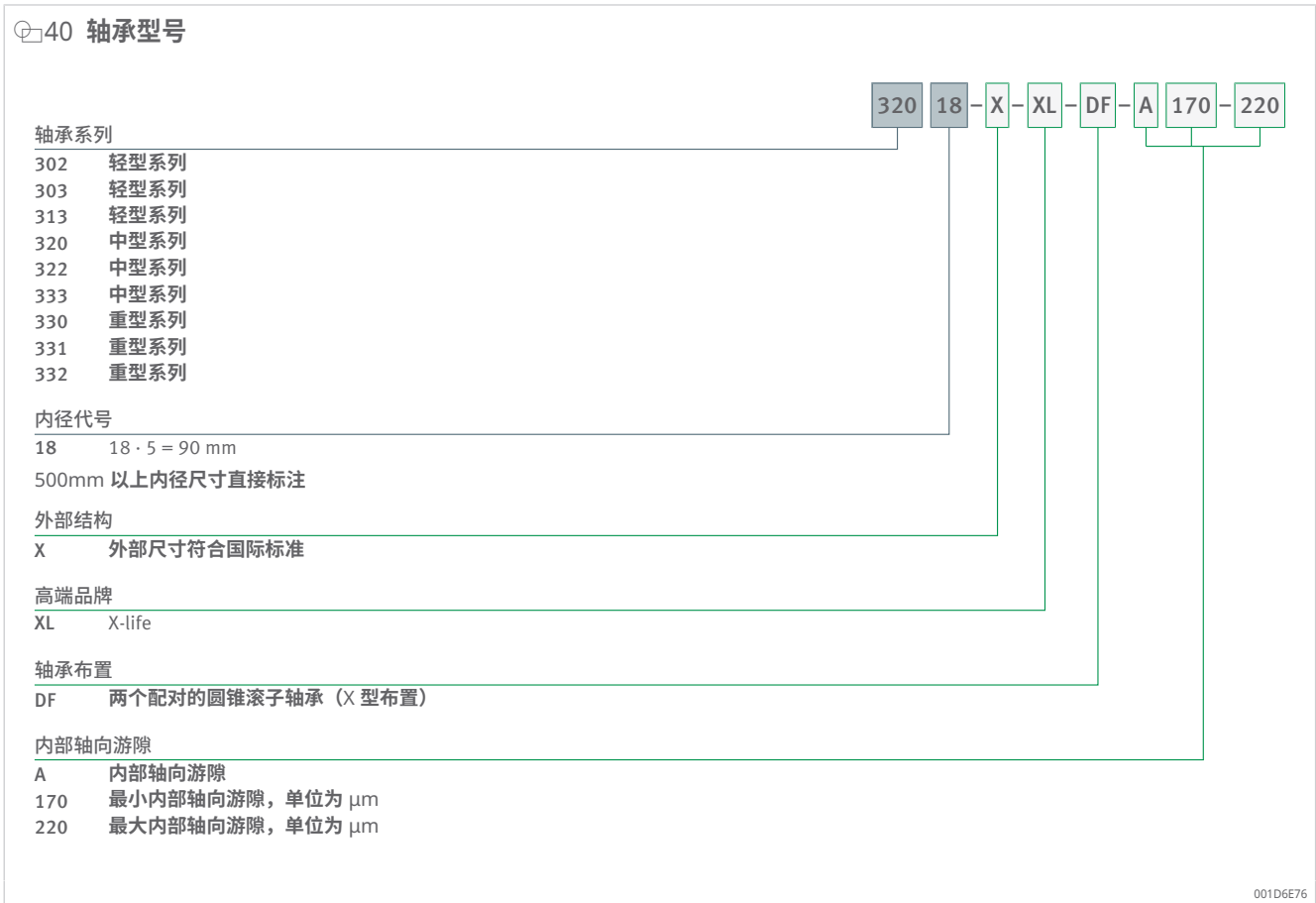
标准结构及配对组配的圆锥滚子轴承可采用油润滑或脂润滑。
整体式圆锥滚子轴承 JKOS 预填充高品质标准润滑脂。

2.7.7 保持架

圆锥滚子轴承提供以下保持架式形式：

- 钢保持架（开式圆锥滚子轴承）
- 玻璃纤维增强聚酰胺保持架（整体式轴承 JKOS）

2.7.8 轴承型号



2.7.9 更多信息

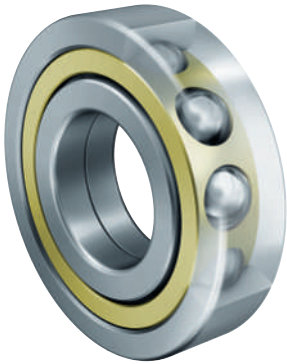
HR 1 | 滚动轴承 |
<https://www.schaeffler.de/std/1D3D>
medias | 产品目录 |
medias.schaeffler.com

2.8 四点接触球轴承

四点接触球轴承属于单列角接触球轴承系列，因此轴向所需的安装空间比双列角接触轴承少得多。

这类轴承由实体外圈、剖分内圈以及球和保持架组件（黄铜或聚酰胺保持架）构成。得益于两体式内圈，轴承能够容纳更多的球。内圈的两个半环为轴承专用配对件，不得与同型号其他轴承的内圈互换使用。外圈及球和保持架组件可与两个内圈半环分开安装。

41 四点接触球轴承



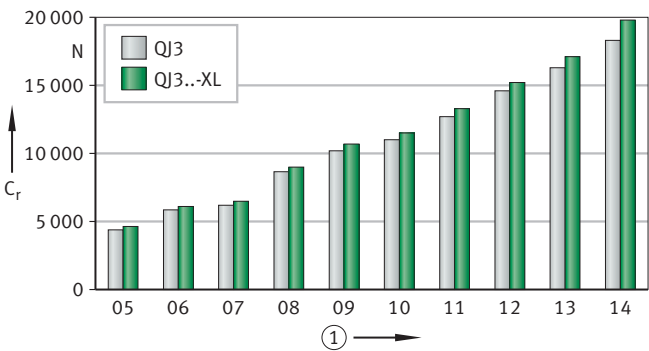
0001ABB4

2.8.1 X-life

许多尺寸系列的四点接触球轴承都有 X-life 产品。其他变型产品可依据协议定制供应。

这类轴承优化了载荷分布，提高了基本额定载荷，使运行可靠性和使用寿命得到了显著提高。X-life 轴承优化了摩擦特性，从而能够在较低的温升下实现高速旋转。

42 QJ3..-XL 轴承（内径代号为 5 至 14）与非 X-life 轴承的基本额定动载荷 C_r 对比



0019001D

C_r	基本额定动载荷	
1	内径代号	

2.8.2 承载能力

得益于高挡边的滚道设计、35° 接触角以及大量的滚动体，四点接触球轴承能够承受较大的双向轴向力。

2.8.3 工作温度

24 四点接触球轴承的可能工作温度

轴承	工作温度	
	最低	最高
	°C	°C
带实体黄铜保持架的四点接触球轴承	-30	+150
带玻璃纤维增强聚酰胺保持架的四点接触球轴承	-	+110

2.8.4 密封

四点接触球轴承不带密封。

2.8.5 润滑

四点接触球轴承供货时未填充润滑脂，使用时可采用脂润滑或油润滑。

2.8.6 轴承型号

43 轴承型号



001 D6E86

2.8.7 更多信息

HR 1 | 滚动轴承 |

<https://www.schaeffler.de/std/1D3D>

medias | 产品目录 |

medias.schaeffler.com

2.9 滚针轴承

滚针轴承径向截面小，承载能力高，属于向心滚针轴承类别，可用作非定位轴承。此类轴承由机加工外圈、滚针与保持架组件以及可分离内圈构成。这意味着它们根据应用场景可提供带内圈或不带内圈两种形式。与冲压外圈滚针轴承的冲压成型外圈不同，该类轴承的套圈采用机加工方法制成。由于其非定位轴承的特性，此类轴承无法对轴进行轴向定位。

44 滚针轴承

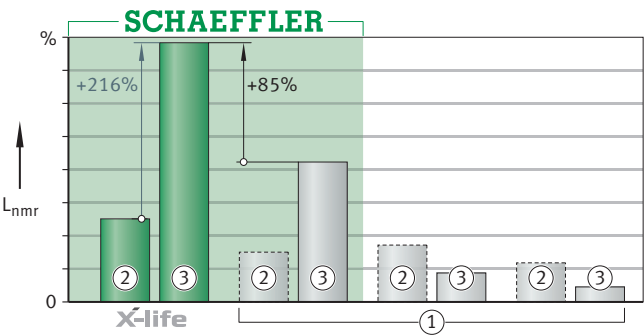


00017B74

2.9.1 X-life

许多尺寸系列的滚针轴承都推出了 X-life 产品。该类轴承通过优化内部结构设计，使基本额定动载荷提升了 25 %；同时，通过改善表面质量与接触几何形状，减少了摩擦，从而降低了轴承温度。

45 X-life 轴承与非 X-life 轴承的计算寿命与试验寿命对比



0018FFFC

L _{nm}	修正的参考额定寿命	
1	非 X-life 轴承	2 计算额定寿命
3	试验寿命	

2.9.2 承载能力

得益于线接触形式，向心滚针轴承可承受极高的径向力，但只能承受纯径向载荷。若还需要承受轴向力，可将向心滚针轴承与推力滚针轴承 AXW 组合使用。此外，针对复合载荷工况，还有种类丰富的组合滚针轴承。

2.9.3 角度不对中补偿

滚针轴承不具备补偿角度不对中的能力。

2.9.4 工作温度

25 滚针轴承的允许工作温度

轴承	工作温度	
	最低	最高
	°C	°C
开式轴承	-30	+120
密封轴承，包括带塑料保持架的型号	-20	+120

2.9.5 密封

滚针轴承有开式和密封两种形式。在正常工作条件下，接触式密封能有效防止异物侵入、溅水以及润滑油脂流失。密封材料采用耐油、耐磨的弹性材料 NBR。

2.9.6 轴承型号

46 轴承型号

NA49

01

2RSR

XL

TV

C3

轴承系列

NA48 轻型系列

NA49 中型系列

NA69 重型系列

内径代号

00 10 mm

01 12 mm

02 15 mm

03 17 mm

04 4 · 5 = 20 mm

自 04 起，乘以 5

得到内径，单位为 mm

密封

2RSR 双侧接触式密封

高端品牌

XL X-life

保持架

TV 带玻璃纤维增强聚酰胺 PA66 保持架的轴承

内部径向游隙

CN 标准内部径向游隙 – 标准（无后缀）

C3 内部径向游隙 C3（大于标准游隙）

C4 内部径向游隙 C4（大于 C3）

001D6F46

2.9.7 更多信息

HR 1 | 滚动轴承 |
<https://www.schaeffler.de/std/1D3D>
medias | 产品目录 |
medias.schaeffler.com

2.10 滚动轴承涂层

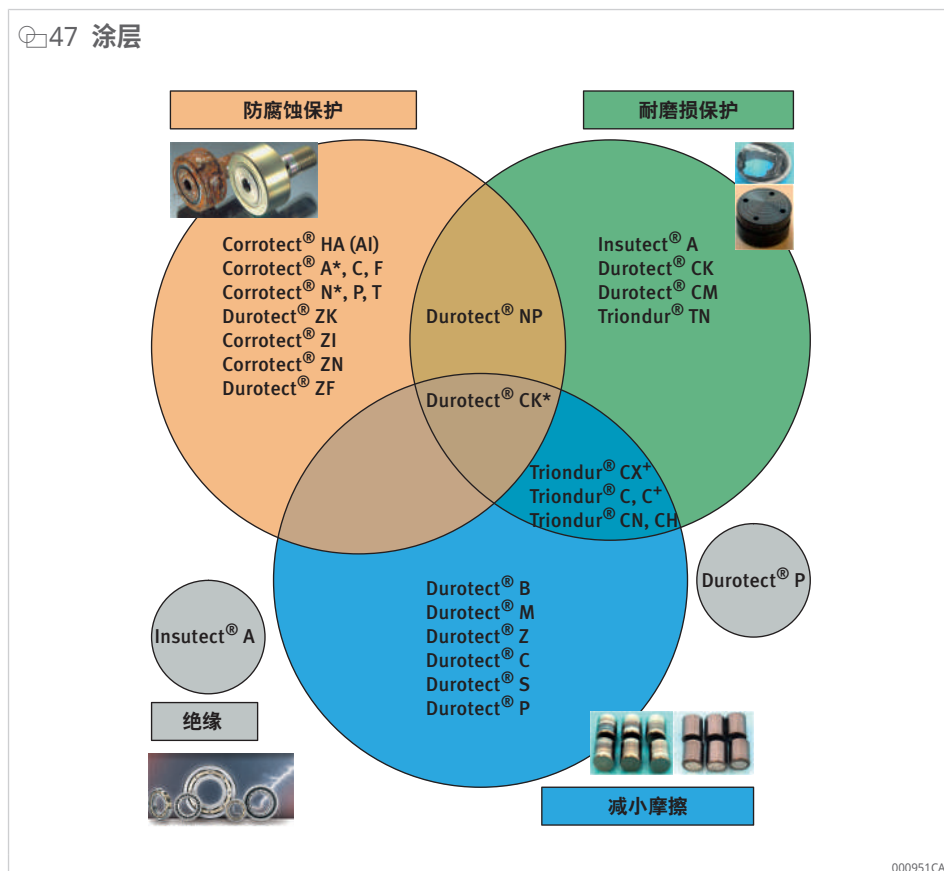
Schaeffler 的轴承和精密部件均具备高性能、长寿命的特点，因此针对绝大多数应用需求均能够提供成熟完善且经济高效的解决方案。然而，实际工况有时会超出标准设计的极限。在这种情况下，种类繁多的涂层技术也是延长部件使用寿命的一种有效解决方案。

2.10.1 涂层

涂层涂覆在部件表面，与基材之间不会发生热化学扩散。在 Schaeffler，涂层被广泛使用。这些涂层通过各种方法进行涂覆，能为部件带来差异显著的优势。它们应始终根据具体的安装工况匹配相应的涂层。在多数情况下，只需对发生滚动接触的一个部件或其部分表面进行涂层处理即可。

涂层可以显著提高滚动轴承或滑动轴承的性能。特别是在极端工况或特殊应用中，滚动轴承的应用只能通过涂层才能实现。

图 47 涂层



涂层有以下作用：

- 在存在电流通过风险的情况下确保电气绝缘
- 最大限度地减少摩擦（提高能效）
- 增强防腐保护
- 减少干摩擦工况下的磨损

根据预期用途，Schaeffler 可以提供成品涂层产品。例如，使用带 Triondur 涂层的滚动轴承可以显著降低摩擦。为了满足日益增长的要求，我们的表面处理技术中心正在不断开发新涂层及相应的沉积方法。目前，有 40 多种不同的表面涂层可供选择。

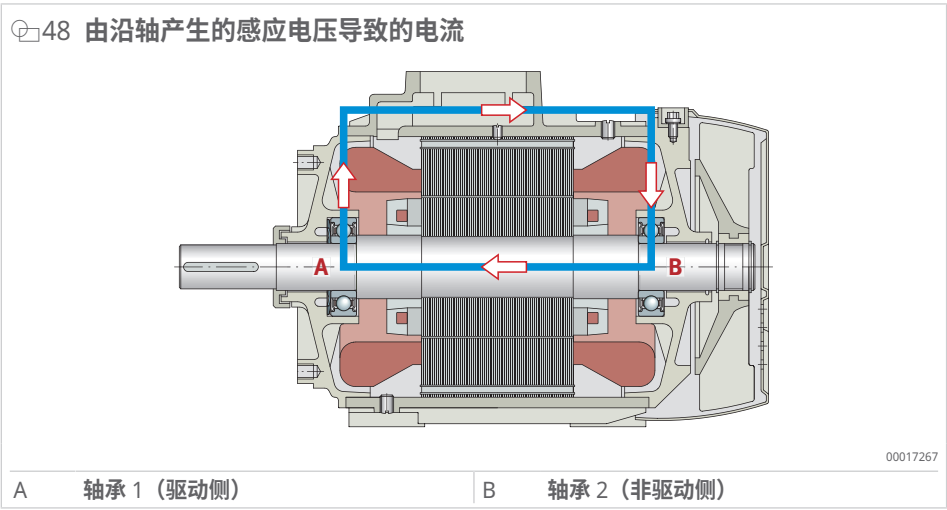
2.10.2 预防电腐蚀的绝缘轴承

根据电机、变频器和运行工况的不同，电机中可能会出现不同类型的有害电流。因此，也应根据产生原因来选择防范措施。通过使用放电元件、绝缘滚动轴承和改善接地已取得特别好的效果。通常可将其分为两类：一类是内圈或外圈上带有绝缘陶瓷氧化物涂层的涂层轴承；另一类是采用陶瓷滚动体的混合轴承。下面简要说明哪种类型滚动轴承对减少轴承电流的效果最好。

沿轴产生的感应电压

沿轴产生的感应电压会形成环路电流，该电流通过轴承 1、轴承座和轴承 2 构成闭合回路。

在极数较少的大型电机或发电机中，此类轴电压通常是由于磁路不对称产生；而在采用变频器的电机中（轴高为 100 以上），则是由壳体接地电流引起的。针对这些环路电流，Schaeffler 的 Insutect 滚动轴承由于具有陶瓷氧化物涂层，是一种易于实施且行之有效的解决方案。通常非驱动侧会采用绝缘轴承。

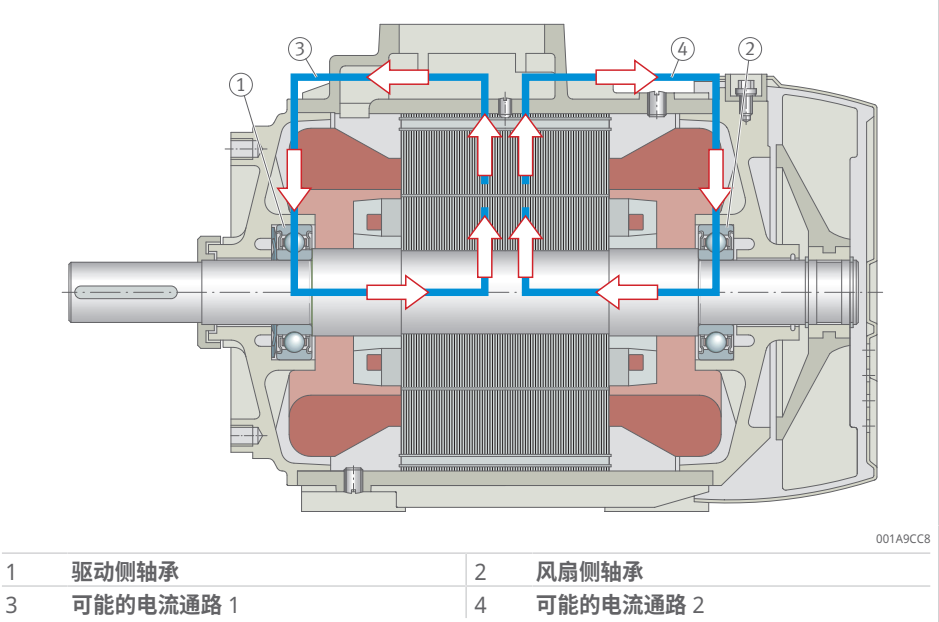


轴和轴承座之间的电流

共模电压是变频器控制的电机中不希望出现的电压。这种电压存在于轴和轴承座之间，会产生放电（EDM）电流（特别是在中心高不超过 280 mm 的小型电机中），这些电流会分别流经两个轴承。

实践证明，采用陶瓷滚动体的 2 混合轴承或导电解决方案是解决 EDM 电流的有效措施。同时也可以选择 Insutect A 涂层作为解决方案，涂层厚度必须合适。电机和相邻零件决定了哪种解决方案更适合特定的应用场合。

49 放电电流



Insutect 涂层轴承

这种硬度极高且具有良好导热性的氧化物陶瓷涂层通常涂覆在轴承的外圈上。电绝缘滚动轴承的外形尺寸与 DIN 616:2022 (ISO 15:2017) 标准中的尺寸一致，因此可与标准轴承互换。针对泵类应用，层厚为 120 μm、后缀为 J20GA 的 Insutect A 涂层已被证明非常有效。得益于特殊的密封工艺，即使在高湿度条件下，这种涂层也能保持绝缘效果。J20GB 涂层也涂敷于外圈上，层厚为 200 μm，可提供更高的安全性，尤其在高频电流的场合。

优点：

- 得益于氧化物陶瓷涂层，提高了绝缘保护性
- J20GA 涂层厚度为 120 μm，可适用高达 3000 V 直流电压
- Insutect 涂层已广泛应用于开式和密封深沟球轴承以及圆柱滚子轴承。

订货型号：

- 6316-J20GA-C3

混合轴承

在小尺寸系列中，混合轴承是防止电流通过损坏的最佳防范措施。混合轴承的套圈是滚动轴承钢，而滚动体则由陶瓷制成。在此，陶瓷滚动体起到了电流绝缘的作用。此外，与采用钢制滚动体的轴承相比，混合陶瓷轴承还具有其他优势。

优点：

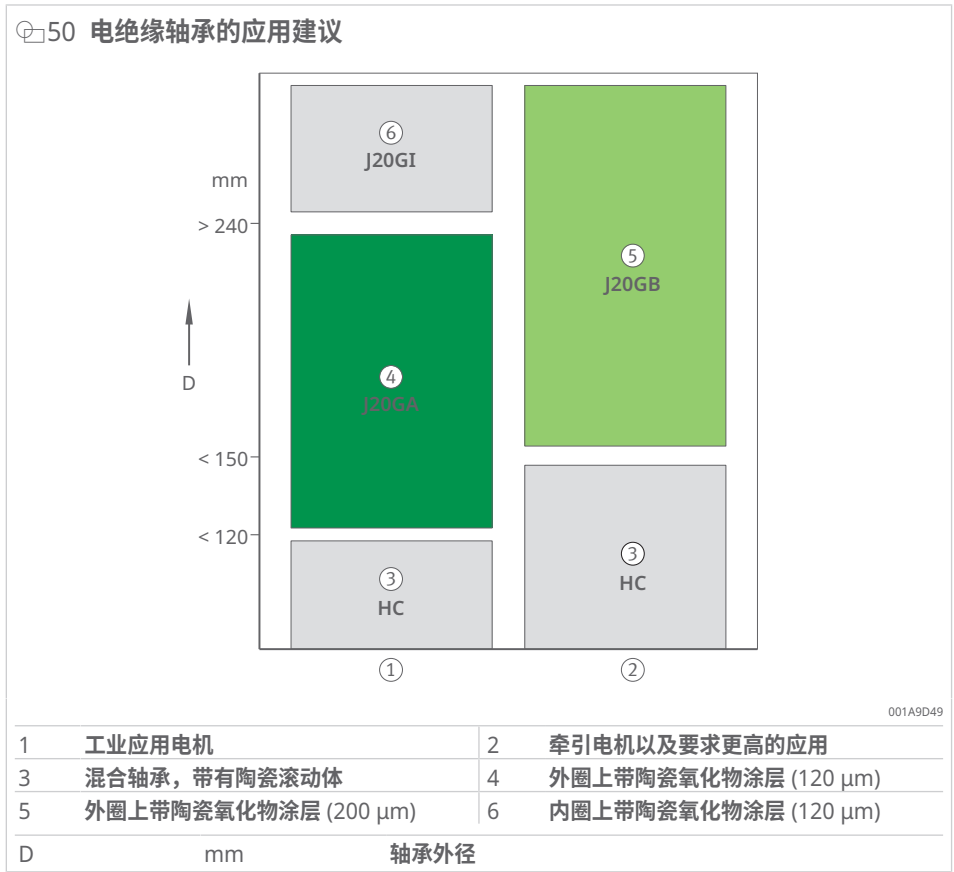
- 凭借极高的抗电流通能力，可实现最佳绝缘性能
- 得益于低摩擦和低温升，可适用高速工况
- 相比标准轴承，具有更好的干运转（应急）特性
- 陶瓷滚动体具有极高的耐磨性

混合轴承由前缀 HC 进行标识。

订货型号：

- HC6309-2Z-L207-C3

2.10.3 使用建议



2.10.4 更多信息

TPI 67 | Corrotect 防腐蚀系统 | <https://www.schaeffler.de/std/1FDD>

TPI 186 | 表面处理技术 | 用于汽车和工业应用的涂层 | <https://www.schaeffler.de/std/1F39>

TPI 206 | 电绝缘轴承 | <https://www.schaeffler.de/std/1FE8>

medias | Stromisolierende Wälzlager <https://www.schaeffler.de/std/2024>

3 维护和保养

3.1 状况监测

凭借其 Service Solutions, Schaeffler 为滚动轴承的全生命周期提供全方位的解决方案, 从智能状态监测和自动润滑器到 Expert Services。以下内容可助您以最优成本运行:

- 监测系统:
 - OPTIME:
 - 专为稳定工况的辅助装置设计的经济实惠型无线解决方案
 - SmartCheck 和 ProLink CMS:
 - 这些解决方案专为要求更严苛的装置而设计
- 润滑系统:
 - CONCEPT1:
 - 单点连续自动注脂器
 - OPTIME C1:
 - 经济实惠的无线解决方案, 用于监测单点注脂器
 - CONCEPT 系列 2 至 8:
 - 柱塞型多点注脂器
- 专家服务:
 - 临时离线测量
 - 原因与失效分析 (含改善建议)
 - 客户培训

优势:

- 降低成本
- 减少工作时间
- 最大限度降低风险
- 人性化且安全的工作环境
- 充分利用服务时间
- 减少计划外停机时间
- 创新的解决方案, 即使对于以往预防性或预测性措施成本过高的装置也同样适用

3.1.1 Schaeffler OPTIME

OPTIME 系统是一款适用于对大量设备进行状况监测和润滑的完整解决方案。凭借 OPTIME 系统, 基于实际状态的维护也变得经济可行, 因为它可以避免计划外停机。该系统可检测相应部件 (如泵、电机和风机) 的损坏状况, 以及不平衡、不对中和冲击, 并可提前数周发出警告。

为了在每个单独流程步骤中尽量减少用户的工作量, 在开发 OPTIME 系统时特别考虑了以下几点:

- 便捷调试
- 无缝扩展
- 多样化的应用选择

优势

- 全方位自动化润滑
- 可随时扩展的无线物联网解决方案
- 能够在一天内轻松集成 100 个装置, 而且不会出现问题
- 与手动润滑相比, 可降低高达 50 % 的成本

该方案采用专用无线 OPTIME 传感器，该传感器与 OPTIME 网关结合后可形成一个网状网络。该系统的另一个关键组件是相关的云服务，这些服务利用基于 Schaeffler 专业知识的专用算法进行自动化数据评估。

51 OPTIME 方案



00191E08

52 OPTIME



00190854

然后，评估结果可在 OPTIME 应用程序中按用户需求个性化展示，并通过优先通知和操作建议为用户提供帮助。

结果也可以通过联网的控制面板查看，例如，如有需要，可用于对时间或频谱数据进行进一步分析。此外，整个安装配置也可以在控制面板中进行管理。

其它信息

BA 68 | OPTIME Ecosystem：状态监测 |

<https://www.schaeffler.de/std/1F40>

Service Info | 什么是 OPTIME？它是如何工作的？ |

<https://www.schaeffler.de/std/1FF0>

OPTIME | Ecosystem |

<https://www.schaeffler.de/std/1FFF>

FOT General | 使用 Schaeffler OPTIME 进行状态检测 |

<https://www.schaeffler.de/std/1FEF>

3.1.2 Schaeffler SmartCheck

SmartCheck 是一款用于设备连续监测的小巧型在线测量系统。

53 SmartCheck



0018F062

SmartCheck 尽管体积小巧，但却是一款集成加速度传感器和全电子评估系统的完整监测设备。

该设备可以非常轻松地安装在待监测的设备上。通过预安装的测量任务和学习模式，无需任何其他配置即可对泵、电机或风机等设备进行监测。该测量任务可以随时调整和扩展，以适应不断变化的需求。

SmartCheck 可实现以下功能：

- 将设备参数与工艺参数相关联
- 基于实际状态的维护
- 提高工厂适用性

凭借符合 OPC UA（开放平台通信统一架构）标准的可选接口，可将所有测量数据和报警信息轻松传输或集成到客户的监测系统中。例如，报警系统可以显示在系统可视化界面中，或者在维护计划系统中触发工单。

此外，可以按周期或以报警触发的方式将状态信息发送给维护人员。测量数据也可以附加到电子邮件中，直接发送给 Schaeffler Monitoring Services GmbH 进行详细分析。

凭借生成的特征值数据库，可对泵实施高精度监测。

其它信息

TPI 214 | Schaeffler SmartCheck |

<https://www.schaeffler.de/std/1B6C>

medias | Lifetime solutions

<https://www.schaeffler.de/std/2037>

3.1.3 ProLink 状态监测系统 (CMS)

Schaeffler 的 ProLink 状态监测系统 (CMS) 是一款用于监测复杂设备或整个工厂的多通道系统。

ProLink CMS 采用模块化结构，包括主处理器模块和多达四个振动模块：前者用于信号处理，后者用于对设备振动数据采集。

设备振动通过最多 16 个加速度传感器进行记录，经振动模块进行数字化处理后，发送至处理器模块进行评估。

图 54 ProLink CMS



00191E28

由于采用独立传感器，ProLink CMS 可用于因环境限制而无法使用 OPTIME 传感器或 Schaeffler SmartCheck 的场合。

与 SmartCheck 一样，ProLink CMS 中也为每个传感器自动预装了测量任务。学习模块使状态监测变得非常容易。

由于集成到客户监测系统中对于多通道系统特别有用，因此 ProLink CMS 也提供 OPC UA 或电子邮件等可选功能。

图 55 OPTIME、SmartCheck 和 ProLink CMS 概览



001D702C

其它信息

OPL | ProLink CMS - 状态检测系统 |
<https://www.schaeffler.de/std/1FF4>

Benutzerhandbuch | Schaeffler ProLink CMS |
<https://www.schaeffler.de/std/1FF1>

GTS 0129 | 用于水处理设施的集成状态监测系统 |
<https://www.schaeffler.de/std/1FF3>

3.2 再润滑系统

3.2.1 CONCEPT

自动注脂器

几乎 80 % 的轴承失效都可追溯到润滑问题。这些问题通常由以下原因引起：

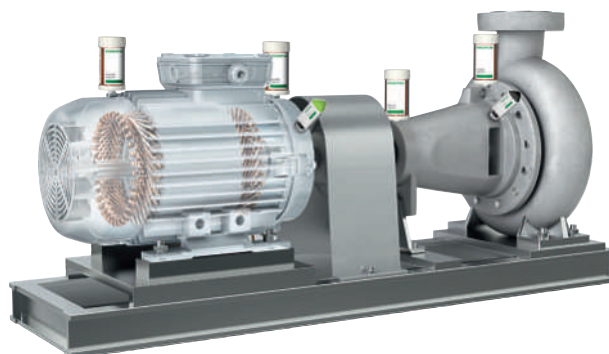
- 润滑脂老化
- 润滑脂填充量或牌号不合适
- 异物侵入

使用自动注脂器或润滑系统通常可以避免这些原因，并以正确的时间间隔自动为轴承提供适量的润滑油脂。自动注脂器可显著延长滚动轴承的使用寿命。自动注脂器可在正确的时间定量地将新润滑油脂输送到滚动轴承的接触区域。这些设备严格遵守润滑间隔，防止润滑脂供应不足或过量。从而减少了设备停机时间和维护成本。

对于难以触及的润滑点，与手动补脂相比，使用自动注脂使工作变得更加轻松，并且提高了职业安全性。注脂器与轴承位置相匹配，且应用范围非常广泛，例如可用于：

- 电机
- 齿轮箱
- 压缩机和风机
- 直线导轨
- 输送设备
- 机床
- 流体泵

图 56 离心泵上的自动注脂器



00191DA7

该产品系列涵盖从 CONCEPT1（单点型，带一个润滑接头）到 CONCEPT8（多点型，带 8 个润滑接头）的注脂器。

57 自动注脂器



1	CONCEPT1	2	CONCEPT2
3	CONCEPT4	4	CONCEPT8

0018F28E

注脂器的优点：

- 适用于难以触及的位置或辅助设备
- 经济实惠
- 由于安装简单，可立即使用
- 供应灵活，既可预填充 Arcanol 滚动轴承润滑脂供应，也可作为空设备供客户自行加注润滑脂
- 设备通过子分配器最多可扩展到 8 个润滑油路。
- 采用连续式或柱塞式注脂确保注脂量
- 通过避免润滑过量和润滑不足以及由此导致的异常温升，延长轴承使用寿命
- 提高工厂可用性，并降低停机成本
- 降低人员成本
- 提供蓄电池供电的变型
- DC 24 V 电池供电或主电源供电
- 带有集成式气体驱动装置
- 工作温度范围广
- 降低异物侵入或润滑油脂选择不当的风险

其它信息

FBS | 系统性润滑 | <https://www.schaeffler.de/std/1F5C>

ICA | ARCALUB.CONCEPT1 | <https://www.schaeffler.de/std/1F5D>

ICB | ARCALUB CONCEPT2 | <https://www.schaeffler.de/std/1F7A>

ICC | ARCALUB CONCEPT4 | <https://www.schaeffler.de/std/1F7B>

ICD | ARCALUB CONCEPT8 | <https://www.schaeffler.de/std/1FF5>

TPI 252 | 润滑器 | <https://www.schaeffler.de/std/1D4E>

Arcanol 滚动轴承润滑脂

选择正确的润滑油脂对电机起着决定性作用。Schaeffler 的 Arcanol 系列包括滚动轴承润滑油脂 MULTITOP，这是一款高品质的标准润滑油脂，已在电机上得到广泛应用。对于更高的温度要求，Arcanol、TEMP90 或 TEMP110 润滑脂非常适用，可确保在高温下具有更长的再润滑间隔。

图 58 Arcanol 滚动轴承润滑脂



0018DA32

其它信息

FAS | Arcanol 滚动轴承润滑脂 |

<https://www.schaeffler.de/std/1F67>

TPI 168 | Arcanol 滚动轴承润滑脂 |

<https://www.schaeffler.de/std/1F66>

TPI 176 | 滚动轴承的润滑 |

<https://www.schaeffler.de/std/1F83>

3.2.2 Schaeffler OPTIME

OPTIME 系统是一款适用于对大量设备进行状况监测和润滑的完整解决方案。由于避免了因润滑油脂过量或不足而导致的计划外停机，OPTIME 使维护中的自动润滑更具成本效益。此外，OPTIME 无需定期检查注脂器。如果注脂器出现故障或 CONCEPT1 润滑油脂杯需要更换，OPTIME 系统会向用户发出警告。

在开发 OPTIME 系统时，特别考虑了以下要点：

- 便捷调试
- 无缝扩展
- 多样化的应用选择

优势：

- 全方位自动化润滑
- 可随时扩展的无线物联网解决方案
- 能够在一天内轻松集成 100 个装置，而且不会出现问题
- 与手动润滑相比，可降低高达 50 % 的成本

在每个流程步骤中尽量减少用户所需的工作量。OPTIME 系统的一个组件是无线 OPTIME C1 注脂器，它可与 CONCEPT1 润滑脂杯一起使用，并与网关结合形成一个网状网络。可以集成 OPTIME 传感器来扩展该网状网络。OPTIME 系统的另一个组件是配套的云服务，通过这些服务，用户可使用合适的终端设备通过应用程序或控制面板检查注脂器和设备的状态。

图 59 具有 OPTIME C1、OPTIME 传感器、网关和数字服务的 OPTIME 方案



001C5563

其它信息

CSS 0179 | 使用注脂器不会发生任何意外情况 |

<https://www.schaeffler.de/std/1FF6>

TPI 271 | 注脂器 | OPTIME C1 |

<https://www.schaeffler.de/std/1FC2>

medias | Lifetime solutions

<https://www.schaeffler.de/std/2037>

3.2.3 OPTIME C1

OPTIME C1 是一款使用方便且性价比较高的自动单点润滑解决方案。OPTIME C1 进一步扩展了专为滚动轴承状况监测而开发的 OPTIME 系统，并集成了 CONCEPT1 系列的注脂器。

在该系统的开发过程中，尤其考虑到了让系统具有入门简单、易于扩展和用途广泛的特点。每一个流程步骤设计都旨在尽量减少用户工作量。由于这些特点，OPTIME 特别适合对大批量设备进行自动化且经济实惠的监测和润滑。

OPTIME C1 的优点：

- 经济可靠的再润滑
- 通过可靠润滑减少故障次数和停机时间
- 无需定期人工巡检，有效规避隐性成本
- 通过优化可控的润滑，显著延长轴承寿命
- 引导式简单便捷的安装、调试和维护

60 带润滑脂杯、网关和数字服务的 OPTIME C1



00198465

3.3 滚动轴承安装与拆卸

3.3.1 安装简便

选择合适的安装工具不仅能节省时间，还能将错误安装的风险降至最低。

Schaeffler 在安装过程中为客户提供的产品和服务如下：

- 丰富的安装与拆卸工具
- 感应加热器
- 精准对中设备
- 针对极具挑战性的项目提供专业安装服务

61 安装工具



00191ED5

其它信息

MH 1 | 安装手册 |

<https://www.schaeffler.de/std/1D53>

OOS | medias-campus 上有电子学习培训课程 |

<https://www.schaeffler.de/std/1FDC>

PDB 31 | 维护产品 |

<https://www.schaeffler.de/std/1FD5>

OWT | 滚动轴承和滑动轴承产品培训 |

<https://www.schaeffler.de/std/1FF7>

TPI 195 | 液压泵 |

<https://www.schaeffler.de/std/1F8D>

TPI 196 | 液压螺母 HYDNUT |
<https://www.schaeffler.de/std/1FBE>

TPI 216 | 用于滚动轴承机械安装与拆卸的工具 |
<https://www.schaeffler.de/std/1FDE>

medias | 安装
<https://www.schaeffler.de/std/2043>

3.3.2 服务

除了与滚动轴承和滑动轴承相关的创新解决方案和产品外，Schaeffler 还在工厂维护和质量保证方面提供各种面向客户的定制化服务。此服务包括：

- 常规测量与检查
- 专业的精密测量安装
- 复杂工业系统的故障诊断与排除
- 全方位的整套服务包

我们的服务专家始终致力于帮助客户节省维护成本，优化设备可用性，避免意外停机，并使用最先进的技术为全球客户提供支持，例如通过增强现实技术进行远程诊断。当需要人员干预时，我们的高素质技术人员和工程师随时准备提供帮助。我们这种贴近客户、快速、可靠且专业的服务已让全球无数客户受益。

通过与内部滚动轴承设计部门的紧密合作，以及在各应用领域丰富的专业知识，我们能够以市场上独一无二的水准进行状态分析。这为我们的客户在结果准确性方面带来了显著优势。凭借多年的经验和资深的专家团队，Schaeffler 是客户在滚动轴承全生命周期解决方案方面值得信赖的合作伙伴。

🔍 62 服务



00191EB5

3.3.3 培训

Schaeffler 的培训计划提供了丰富的产品和分析培训课程。培训课程通过第一手的实践经验，切实强化您的内部技能。培训课程从基础知识和可用产品概览开始。进阶培训课程旨在提升专业理论知识，并辅以实践操作。此类培训还能助您为参加依据 DIN ISO 18426-2 标准的认证考试做好充足准备，顺利通过不同级别的状态监测知识考核并获得认证。

其它信息

medias | Schaeffler Trainings
<https://www.schaeffler.de/std/2033>

3.4 典型的失效模式和对策

在高可靠性和长寿命方面，滚动轴承与密封系统都是泵的核心部件。当轴承出现以下情况导致功能丧失时，即意味着其使用寿命终结：

- 材料疲劳
- 磨损
- 热应力
- 润滑油劣化

正确的轴承选型与尺寸设计必须计算出额定寿命。

寿命计算相关的工况参数如下：

- 相邻部件
- 配合方式
- 径向载荷和轴向载荷
- 转速
- 温度
- 润滑油脂

由于并非所有与滚动轴承运行相关的因素都会全部纳入寿命计算中，所以在个别情况下，实际使用寿命可能与计算的额定寿命有所偏差。若两者偏差较大，则表明轴承存在早期损伤，必须查明轴承损伤的原因并采取相应的对策。

轴承损伤原因

- 润滑油脂不足
- 润滑油脂不当或老化
- 清洁度不足（由颗粒或有害介质引起）
- 过高的工作温度会对润滑油脂和材料产生负面影响，例如对塑料保持架或密封件影响尤为明显
- 轴承套圈之间的异常温差影响工作游隙
- 安装不当
- 异常振动和冲击
- 材料疲劳
- 电流通过
- 轴或轴承座配合面不良
- 过载
- 未达到最小载荷

轴承损伤类型

- 次表面疲劳与表面疲劳
- 磨粒磨损与粘着磨损
- 因潮湿导致的腐蚀或摩擦腐蚀（微动腐蚀、假性布氏压痕）
- 因杂散电流或电流通过导致的电蚀
- 因过载或压痕（由颗粒污染或操作不当引起）导致的塑性变形
- 强制断裂、疲劳断裂或热裂纹

为了提高设备的整体使用寿命，轴承过早损伤不能仅被认为是轴承失效，而应被视为系统性能的下降。只有当所有运行和设计因素都得到适当协调时，轴承才能实现无故障运行。为查明原因并采取相应的对策，必须综合考虑所有相关因素，例如：

- 润滑
- 温度
- 密封
- 相邻部件
- 材料



下表概述了轴承损伤发展过程中可能存在的影响因素及相互关系。基于失效轴承的损伤模式可推断出可能原因并进行更深入的分析。通常很难从拆下的未分解的轴承中找出真正的损伤原因，因此，在根据损伤模式分析失效原因时必须采用系统的分析方法。

其它信息

WL82102/2 | 滚动轴承损伤 |
<https://www.schaeffler.de/std/1FF8>

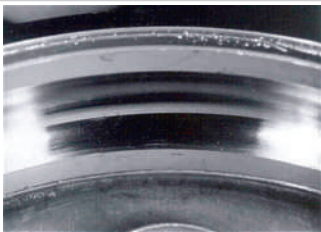

3.4.1 密封

26 由密封不当导致的损伤模式

	污染	腐蚀
		
特征	滚动体和滚道面上出现颗粒压痕。这些会导致在后续运行中出现噪音增大、振动加剧或表面起源型损伤。	滚动体、滚道或套圈上出现红色或棕色斑点或沉积物。随后会出现振动增大，并伴随异常磨损。
原因	空气中的粉尘、污染物或磨蚀性物质（来自受污染的工作区域、脏手或不清洁的工具），以及润滑油脂或清洗液中的异物。	因腐蚀性介质或环境影响，以及因温度变化形成冷凝水导致的轴承损坏。
对策	过滤润滑油脂，清洁工作区域，不要提前拆轴承原始包装，安装时再拆开。如果运行环境受到污染，应考虑密封问题。	保护轴承免受腐蚀性介质侵害。在特别恶劣的环境中，使用带整体密封的轴承，并酌情增加外部密封。

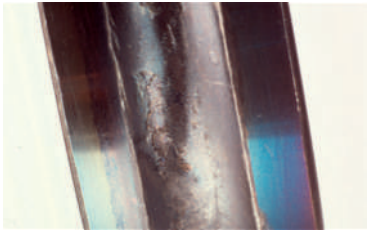

3.4.2 电流通过

27 由于电流通过导致的损伤模式

	滚道面凹坑	假性布氏压痕
		
特征	滚道上微观尺寸的熔坑会使滚道呈现灰暗的哑光状态。	凹槽在滚道面上沿轴向规律分布，深度在个位数微米 μm 范围内。在实际应用中，这些凹槽会导致噪音增大和异常温升。
原因	根据电机、变频器和工作条件的不同，电机中可能会产生不同类型的有害多余电流。如果这些电流流经滚动轴承，一旦超过特定的电流强度，可能会损害润滑脂、滚动体和滚道。	根据电机、变频器和工作条件的不同，电机中可能会产生不同类型的有害多余电流。如果这些电流流经滚动轴承，一旦超过特定的电流强度，可能会损害润滑脂、滚动体和滚道。凹槽仅在高于特定电流强度的情况下才会形成。
对策	根据电流类型（传动系统），应采用引流、接地或绝缘等措施来减少或防止电流通过轴承。电绝缘轴承，如带陶瓷球的混合轴承（前缀 HC）或外圈表面带陶瓷涂层的 Insutect 涂层轴承（如带后缀 J20GA），是一个便于实施的绝缘方案。	根据电流类型（传动系统），应采用引流、接地或绝缘等措施来减少或防止电流通过轴承。电绝缘轴承，如带陶瓷球的混合轴承（前缀 HC）或外圈表面带陶瓷涂层的 Insutect 涂层轴承（如带后缀 J20GA 或 J20GB（具有双层厚度）），是一个便于实施的绝缘方案。

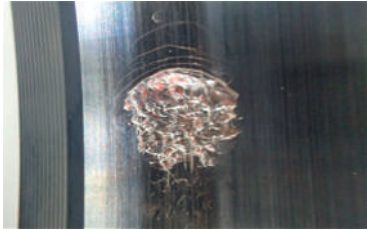
3.4.3 润滑

28 由于润滑不当导致的损伤模式

	润滑油脂失效	点蚀
		
特征	由于润滑油脂不足、不当或老化导致干摩擦。	滚道表面局部区域出现大量极小且非常浅的材料剥落，使滚道呈现局部斑驳的外观。这也被称为灰色斑点。
原因	润滑油脂流动受限或温度过高，导致润滑油脂劣化。	在中低载荷下因润滑不足（牌号、润滑量、污染，特别是含水情况），同时伴随打滑。
对策	选择合适的润滑油脂并保持正确用量，避免润滑油脂损失，并遵循适当的再润滑间隔，例如使用 CONCEPT 注脂器和 Arcanol 滚动轴承润滑油脂。确保正确的轴承配合并管控预紧，以降低轴承温度。	确保形成了隔离润滑油脂膜。防止污染。使用合适的表面涂层，例如带后缀 J30PE（如 Durotect B）。

3.4.4 载荷过大

29 载荷过大时的损伤模式

	过载	材料疲劳
		
特征	通常始于具有压力抛光特征的运行痕迹。在载荷最大的区域，最初会出现贝壳状剥落，随着轴承运行剥落可能会扩展至整个运行表面。	这种现象通常被称为“表面起源型剥落”，由运行表面或次表面的微小裂纹扩展所致。材料的脱落通常从内圈开始。随着轴承运转，损伤会迅速蔓延，导致振动和噪音显著增大
原因	轴承过载，清洁度不良或润滑不足。	过载、预紧过大、配合过紧。已达到轴承的疲劳寿命。
对策	使用基本额定载荷更大的轴承。改善设计降低载荷。使用 X-life 滚动轴承。	使用 X-life 滚动轴承。改善润滑。改善密封，确认或调整载荷。


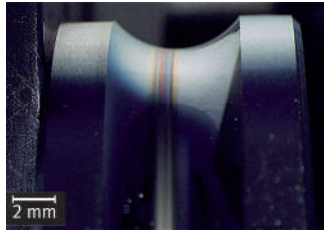
3.4.5 载荷不足

30 载荷不足时的损伤模式

	打滑痕迹
	
特征	滚动体或滚道表面出现局部擦伤或深划痕，并伴有点蚀。
原因	由于载荷不足，滚动体在滚道上滑动。特别是在润滑不良的时候尤为严重。滚动体进入载荷区时会急剧加速。转速的快速变化可能会导致打滑，进而引发表面损伤。
对策	选择承载能力较低的轴承。减小轴承游隙。改善润滑状况。选择带陶瓷滚动体的轴承（前缀为 HC）。选择带涂层（例如 Triondur C）的滚动体（后缀为 J48BB）。

3.4.6 设计方面

31 因设计选型导致的损伤模式

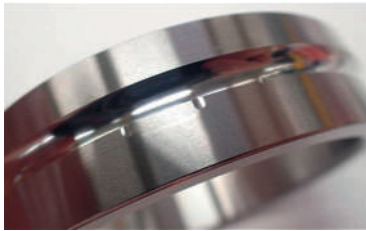

	高温运行	预紧过大
		
特征	套圈、滚动体和保持架从金色变为蓝色。+150 °C 以上的温度会导致套圈和滚动体材料发生变化。这些变化会降低轴承的承载能力，并可能导致轴承过早失效。温度升高会对润滑产生不利影响。	由于强制引导会在滚道产生明显的拖曳痕迹。这可能会导致轴承因过热而卡死。
原因	配合过紧。内部径向游隙或工作游隙不足。转速或载荷过大。散热不良和润滑不足。	轴承预紧配合过紧。内部径向游隙不足。轴承座问题，例如圆度或刚度方面的问题。
对策	增加内部径向游隙。根据转速和载荷选择合适的轴承。采取合适的散热措施。	改变配合方式。增加内部径向游隙。

32 因设计选型导致的损伤模式

	微动腐蚀	跑圈
		
特征	轴承内外径面或端面有红色或黑色拖痕。这些拖痕是氧化磨损颗粒。这会导致配合不均，可能引发疲劳断裂，并使非定位轴承功能失效。	内圈和外圈的配合表面出现轻微至严重磨损。
原因	当配合不足和潮湿环境时，接触部件之间容易出现微小移动。	配合过松或未充分考虑工作条件。
对策	遵守安装规范和配合建议，必要时使用更紧的配合。	改善轴或轴承座的配合，必要时使用更紧的配合。根据需要调整内部径向游隙。

3.4.7 安装

33 安装导致的损伤模式

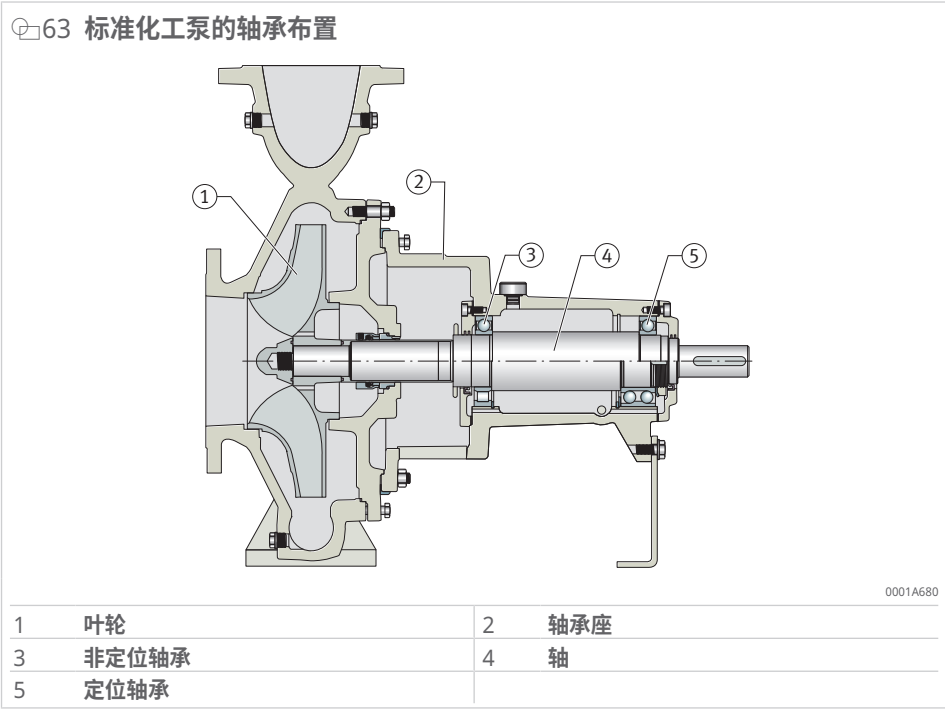
	球轴承上出现布氏压痕	圆柱滚子轴承上出现伪布氏压痕
		
特征	安装痕迹表现为滚道上等滚动体间距的塑性变形。这会导致轴承振动和噪音增大。严重的压痕会使轴承因疲劳或断裂而出现过早失效。	压痕与轴线平行，通常位于内圈上。运行前的初始损伤。
原因	轴承受到静态过载或受到较大外力作用，例如安装时使用锤子直接敲击轴承、轴承掉落或通过向内圈施力将轴承压装到轴上。	圆柱滚子轴承中的可拆卸套圈安装不当。
对策	采用合适的工具安装轴承。仅向待压入的套圈施加力。	边旋转边安装可拆卸套圈。必要时加热轴承部件。

4 应用示例

4.1 标准化工泵

“标准化工泵”这一名称主要不是指所输送的流体，而是指这类泵的尺寸与功率参数符合 ISO 2858 标准的要求。不过，标准化工泵通常还需满足其他标准，例如：ISO 5199 (EN 25199)。由于有这些规范，不同制造商的泵在现有管道系统中均可轻松安装和互换。

其应用领域非常广泛，不仅包括化工和石化行业，还包括食品行业等。因此，输送的流体差别很大，在某些情况下，其特性也有显著的差异。泵的结构与单级单吸离心泵的结构相符。



这些化工泵的标准化根据泵的功率和尺寸提出不同的特定要求与限制。标准中的这些规范还会影响轴承位置。例如，ISO 2858 标准会根据额定功率限定轴径，进而确定轴承的最小尺寸。

正常工作条件下，除了工作载荷之外，通常不会出现额外的冲击或类似现象。标准化工泵的工作转速高达 3600 min⁻¹。不过，也可以通过变频器将转速调整到当前要求。

EN 22858 等标准主要关注安装尺寸、互换性以及备件的可获得性。其他标准还针对泵轴承布置设计提供了更详细的规范。在轴承布置的相邻结构和密封设计规范方面，ISO 5199 标准“离心泵技术规范 – II 类”与美国 ASME/ANSI B73.1 标准“化工工艺用卧式端吸离心泵规范”非常相似。

滚动轴承设计与相邻结构设计中必须考虑的规范：

- 基本额定寿命 $L_{10h} > 17500 \text{ h}$
- 通过合适的轴承布置，控制轴的挠度和跳动在限值以内
- 轴承必须通过轴锁紧螺母、轴肩和轴承端盖轴向固定在相应的轴承座或相邻结构中。

轴承部位通过迷宫密封防止污染物进入。

标准化工泵中通常采用定位/非定位轴承布置。

非定位轴承上的径向载荷可由深沟球轴承承受，无需进行轴向固定。在许多情况下，会使用 NU 型圆柱滚子轴承，其内圈上无挡边，可轴向移动。其余的径向力以及轴向力由驱动侧的定位轴承承受。

这可以通过双列角接触球轴承或配对安装的单列角接触球轴承实现。除这种轴承布置外，也可考虑特殊方案，例如采用两个深沟球轴承的非定位轴承布置。这种布置通常成本更低，但轴的导向精度也相对较差。

轴承部位可采用油润滑或脂润滑。

标准化化工泵中常用的轴承：

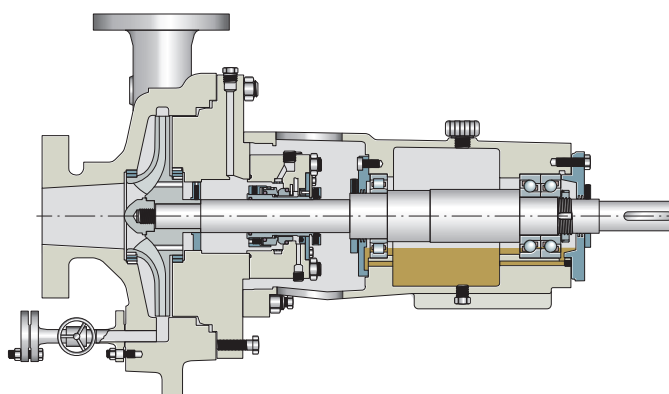
- 单列深沟球轴承
- 单列和双列角接触球轴承
- 圆柱滚子轴承

4.2 符合 API 610 标准的流程泵

鉴于重载与高温的应用背景，API 610 标准对滚动轴承的设计提出了全面、严格且高标准的要求。

- 在输送危险介质时不允许有任何泄漏，因此采用了特殊的密封解决方案。
- 在密封方面，轴承座需采用迷宫式密封，泵壳则采用机械密封。
- 然而，这类高要求且有时尺寸极大的机械密封会导致轴承与叶轮的距离增大，进而产生更大的力矩载荷。
- 额定载荷下的系统寿命 > 25000 h
- 最大载荷下的系统寿命 > 16000 h

图 64 符合 API 610 标准的标准化工泵轴承布置



提供的示例展示了非定位轴承在靠近泵的一侧。由于具有高承载和高刚性的特点，采用了宽度系列为 NU2 或 NU3 系列的圆柱滚子轴承。由于标准规定使用金属保持架且推荐采用实体设计，因此使用了实体黄铜保持架。驱动侧显示的是符合标准的定位轴承。此处采用了配对的安装的双列角接触球轴承，采用 O 型布置（标准规定！），游隙等级为 UA 或 UB。由于其 40° 接触角，该布置非常适合承受轴向力。

4.3 潜水泵

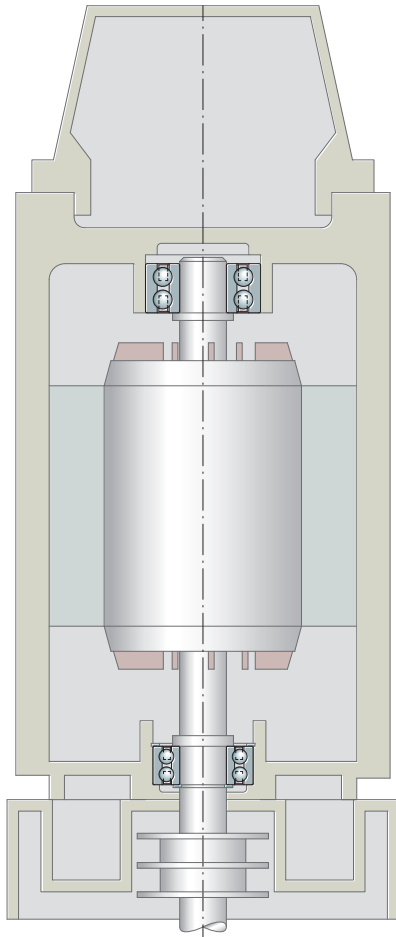
潜水泵是一种离心泵，既可以移动使用，也可以固定安装。它们的输送流量大，但是压力较低。

其应用领域主要集中在清水及污水的抽排与输送，例如建筑物排水、河道积水抽排或容器内积水清除等场景。使用时需将整个机组浸入液体中，无需额外的吸入管路。

潜水泵与普通离心泵设计不同，它们通常采用立轴结构，驱动电机直接安装在该轴上（整体式构造）。电机采用全密封设计。传动系统无联轴器，电机转子直接与泵轴集成在一起。

4

图 65 潜水泵的轴承布置



001924FE

滚动轴承设计与布置的要求：

- 由于电机气隙的原因，对轴和轴承布置的刚性有更高的要求
- 为了实现最佳的转子支撑，转子布置在两个轴承之间。

潜水泵中轴承布置的相关作用力不仅取决于泵的运行情况，还取决于其设计。在运行过程中，除了水压产生的载荷外，含固体颗粒的污水也可能引发轻微冲击。

由于设计结构的原因，立轴的重力以及轴上的转子会产生轴向载荷。此类泵的转速通常最高为 3600 min^{-1} 。

为了实现高效、可靠且免维护的轴承布置，通常采用定位/非定位轴承布置，并选用坚固耐用的终身润滑密封轴承。

在所示示例中，下部轴承位置的定位轴承采用双列角接触球轴承。轴承较小的加工公差确保了极高的叶轮定位精度，从而缩小了间隙尺寸，降低了损耗。由于角接触球轴承的接触角，它非常适合承受轴向载荷。

在该设计中，非定位轴承的功能同样由双列角接触球轴承承担，但这类轴承不进行轴向固定。这种设计可以让轴承在轴发生热膨胀时跟着进行移动。

一致的轴承设计在标准化方面具有优势。圆柱滚子轴承是完美的非定位轴承功能的替代方案。但是，此处需考虑径向载荷较低的情况。为避免打滑风险，必须选择窄系列轴承。NU10 系列采用非加强型设计（对应后缀 -E），非常适合此应用。

对于小型泵，这些应用中通常选用终身润滑的密封轴承，而大型泵的轴承位置必须具备再润滑装置。由于是立轴，通常无法采用油润滑。

潜水泵的常见滚动轴承类型：

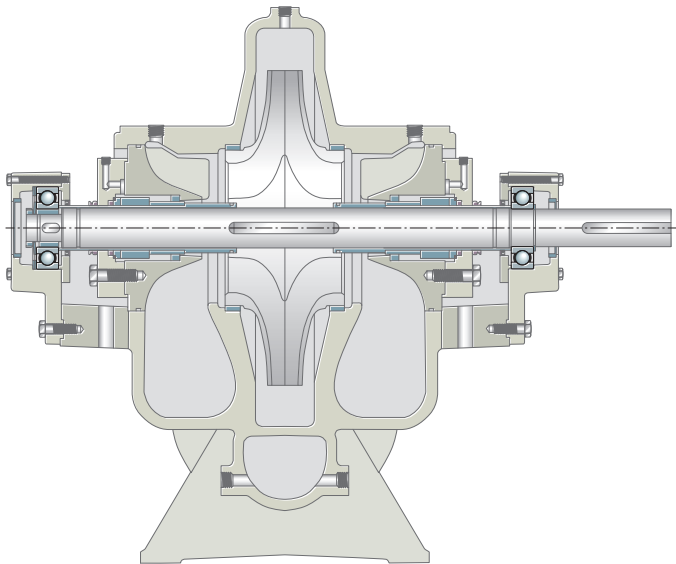
- 单列深沟球轴承
- 单列和双列角接触球轴承
- 圆柱滚子轴承

4.4 双吸泵

双吸泵包含两个背对背布置的单吸叶轮，通过这种对称设计改善了泵的吸入性能。由于采用并联布置，扬程保持不变，而体积流量翻倍。

与单吸泵相比，双吸泵可在显著更低的供给压力下运行。这种设计广泛应用于饮用水供应管道、冷却水系统、区域供热管网及消防系统中。

图 66 双吸泵的轴承布置



00192C60

泵和滚动轴承设计的要求：

- 对运行可靠性要求极高
- 最大限度减少维护工作
- 采用双蜗壳设计，以最大限度减少径向液压力
- 采用纵向剖分壳体，以便高效维护，无需拆卸传动系统、轴承布置和管路即可打开
- 采用在两侧支撑叶轮的设计，以最大限度减小轴挠度
- 最大限度减少密封磨损
- 确保较长的滚动轴承寿命

得益于叶轮的对称性设计，所产生的轴向力几乎可以完全相互抵消。但是，若叶轮质量较大，尤其是在大型泵中，可能会导致轴挠度增大。

示例采用双蜗壳设计，可减小轴挠度，并降低产生的径向载荷。如果机组安装正确，则泵可以实现平稳、无冲击的运行。

与潜水泵和标准化化工泵的悬臂式轴承布置不同，双吸泵的叶轮通常位于两个轴承位置之间。

因此，产生的径向载荷在相关轴承上的分布更均匀。得益于叶轮的对称性设计，轴向载荷几乎为零。双吸泵理想的轴承布置是采用定位轴承和非定位轴承组合。

由于轴向载荷较低，定位轴承既可安装在驱动侧，也可安装在泵侧。

对于较低载荷，两个轴承位置均可使用单列深沟球轴承，因为通过适当加大的轴径选用较大内径尺寸的轴承即可满足基本额定动载荷的要求。为了确保非定位轴承侧的位移功能，此位置处的相应轴承不得进行轴向固定。如果产生的力较大，则应使用单列或双列角接触球轴承作为定位轴承。

在润滑方面，通常采用甩油润滑或配备再润滑装置的脂润滑系统。CONCEPT 注脂器别适合此应用场景。

双吸泵的常见滚动轴承类型：

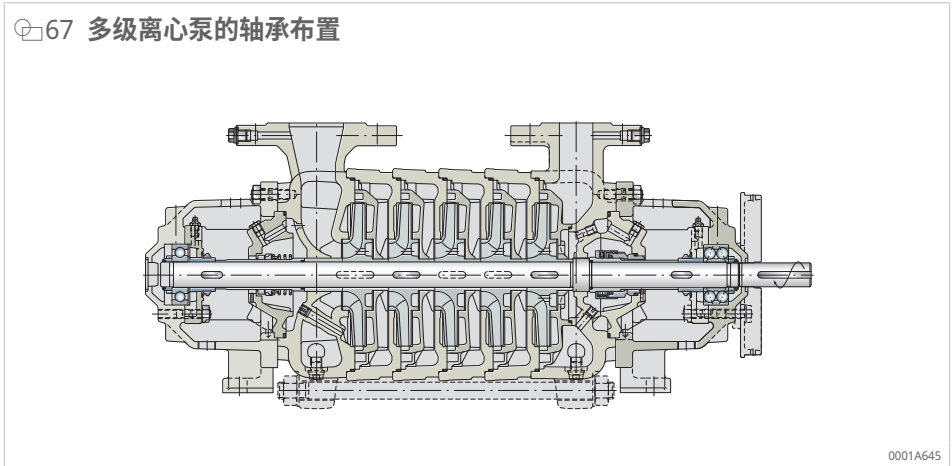
- 单列深沟球轴承
- 单列和双列角接触球轴承

除这些滚动轴承外，也可采用其他轴承方案，例如在大型泵中使用剖分式轴承套圈，以便于安装。这些方案是根据具体要求专门设计的。如需了解更多，请联系 Schaeffler 外部销售部门。

4.5 多级离心泵

多级离心泵用于工艺技术中，以实现极高的压力。为此，可将多个单吸级串联，以模块化方式布置在泵轴上并通过连杆连接。随着各级液压力的累积，当达到一定比例时，轴向轴承布置将无法承受这些力。设计中通过将连续级的叶轮采用反向旋转（背对背）配置来避免这一问题。但这需要更复杂的导流系统。此外，也可通过设置补偿机构来平衡轴承上的轴向力。

图 67 多级离心泵的轴承布置



在图示中，这一问题通过叶轮压力侧的侧腔的密封间隙，以及叶轮上的平衡孔在设计上得以解决。通过良好的推力补偿设计，轴承所承受的载荷处于可控范围。不过，由于泵轴较长，需要在两侧对其进行支撑。这种支撑通过定位/非定位轴承布置实现，具体包括一个深沟球轴承和两个角接触球轴承。

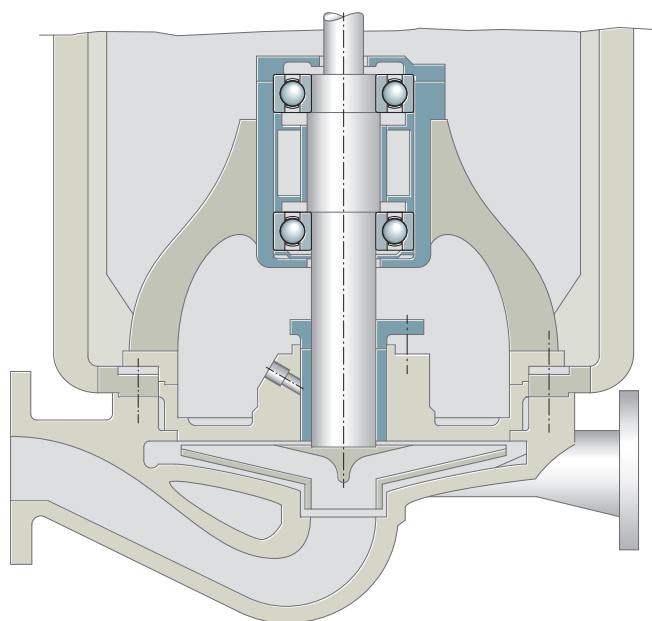
对于示例左侧所示的非定位轴承（采用 63 或 62 系列深沟球轴承），其外圈可在轴承座内滑动，必须确保选择合适的配合。

定位轴承的选型则需根据实际需求确定，既可采用双列角接触球轴承，也可采用经过设计调整的单列角接触球轴承。图示双列角接触球轴承可在 CN 级游隙下运行，紧配合、较小轴承游隙甚至轻预紧，从而能够实现叶轮在泵壳内精密的轴向定位。

4.6 管道泵

在管道泵中，吸入和排出喷嘴位于同一直线上。它们在建筑技术或工业中用作管道泵。

图 68 管道泵的轴承布置



00192CD4

对滚动轴承设计的要求：

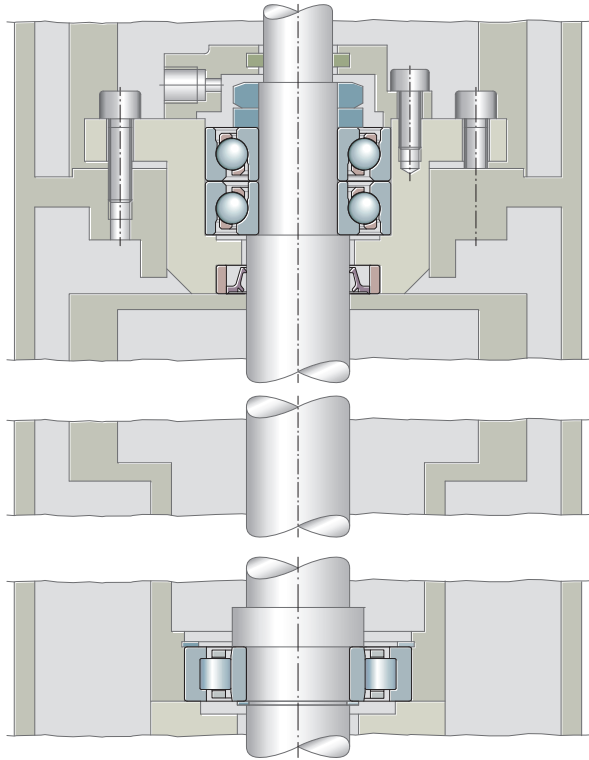
- 采用刚性联轴器的泵采用电机轴承布置（必要时采用加强设计），以更好地承受轴向载荷或横向力。
- 当使用弹性联轴器时（如 API 标准 OH3 型立式管道泵），则需要专用的泵轴承布置。
- 适用于泵的灵活安装，既可水平安装，也可垂直安装。

本示例所示的轴承布置采用两个 63 系列深沟球轴承。非定位轴承（外圈可在轴承座中滑动）与定位轴承（用于承受轴向力）均采用终身 (for-life) 润滑并使用 2Z 密封。这种设计通常足以满足标准要求。此外，与油润滑相比，脂润滑的优势在于无需更改设计即可实现水平或垂直安装。在叶轮侧轴承处设有弹簧调节装置，便于安装时进行预紧调整。

4.7 轴驱动型潜水泵

在立式潜水泵中，加长泵轴使叶轮能够浸没在流体中，而泵体本身则安装在较高的位置，例如安装在轴上。由于泵体并未完全浸没，因此无需复杂的轴封来防止介质侵入。

图 69 轴驱动型潜水泵的轴承布置



00192E06

对泵和滚动轴承的要求：

- 输送腐蚀性介质
- 由于存在较大的倾覆力矩，需要采用加强型、尺寸充足的泵轴

在该示例中，驱动侧（上部位置）采用定位轴承。73 系列角接触球轴承采用通用设计、O 型布置且游隙为 UA 或 UB，得益于其 40° 接触角，非常适合承受轴向力。下部位置的非定位轴承采用 NU10 系列圆柱滚子轴承，不仅能提供其设计所要求的径向刚性，还可实现无轴向力的浮动功能。

由于采用立式布置，该轴承布置需采用脂润滑，并需配备相应的再润滑装置。CONCEPT 注脂器别适合此应用场景。

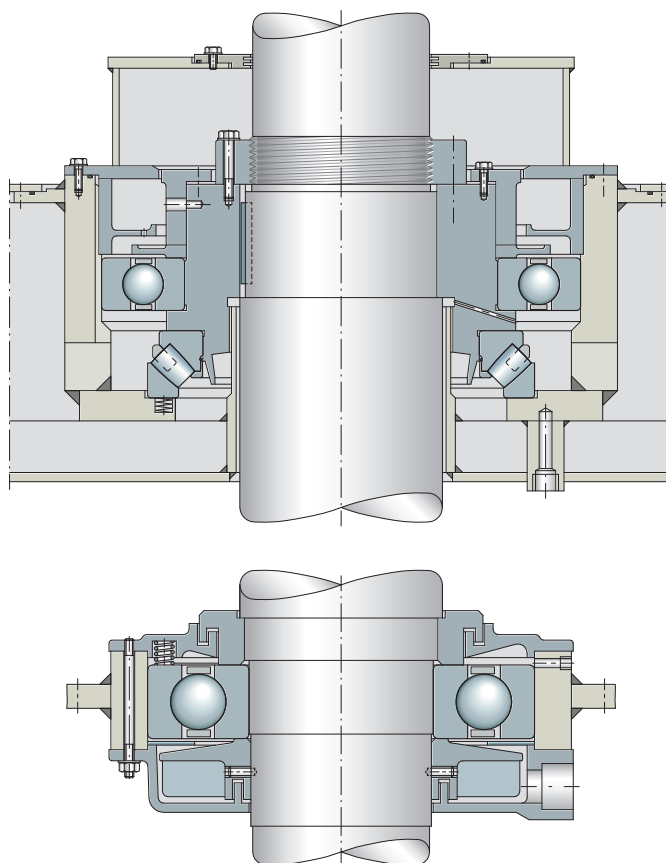
4.8 多级深井泵

深井泵是用于地下深处集水井的多级轴驱动型潜水泵。它们广泛应用于农业灌溉、地下水抽取、冷却塔补水及其他类似场景。

对泵和滚动轴承的要求：

- 由于泵轴较长，需要对径向力进行中间支撑，这通过采用水润滑滑动轴套的设计来实现。
- 驱动装置上通常使用刚性联轴器。
- 转子巨大的轴向自重以及轴向液压力，通常由电机的轴承来承受。

图 70 深井泵的轴承布置



00089207

所示的电机轴承布置在电机壳体上的法兰壳体装置中实施。

为了能够可靠支撑主载荷方向上产生的高轴向力，将在上部位置安装轴向承载能力极高的推力调心滚子轴承。同时，为了实现径向定位精度，还需要布置一个深沟球轴承。推力调心滚子轴承具有许多优点；但是，由于其运动学特性，需要采用油润滑。这需要复杂的轴承座设计，以便为该位置的两个轴承同时提供密封保护和循环油润滑。

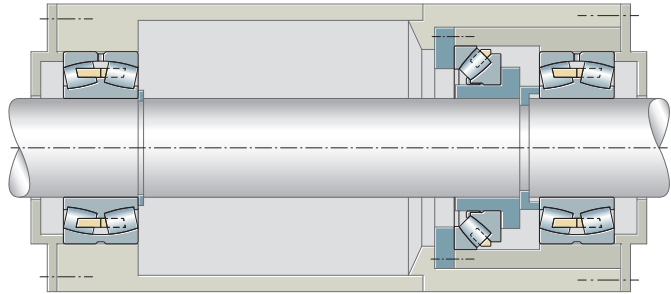
下部位置采用弹簧预紧的深沟球轴承，用于承受反向轴向力和电机产生的径向力。此处弹簧主要起预紧作用。

Schaeffler 向电机制造商提供专为此类场景设计的油润滑型法兰式轴承座。其优势在于采用整体式方案，不仅涵盖轴承座本身，还整合了滚动轴承、润滑和密封解决方案。

4.9 渣浆泵

有些渣浆泵采用超大型设计，以实现含固体颗粒流体的高流量输送。其应用领域包括疏浚工程、输送设备及采矿行业。

图 71 渣浆泵的轴承布置



00192EE6

对泵和滚动轴承的要求：

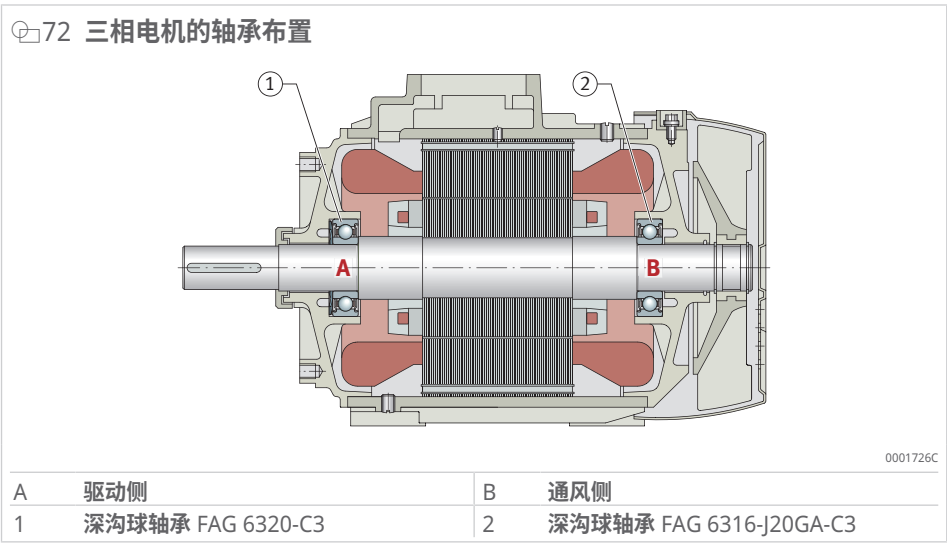
- 由于重量、磨损以及冲击载荷，产生了较大的不平衡力。
- 需在专用轴承座内采用坚固的轴承布置方案

由于存在高径向载荷且采用悬臂式轴承布置，定位/非定位轴承布置采用了两个调心滚子轴承，其中非定位轴承在轴承座中安装在径向自由的位置。定位轴承位置采用独立的弹簧预紧的推力轴承结构，通过主载荷方向上的推力调心滚子轴承来实现定位功能。预紧设计是确保空载运行时达到最小载荷的必要条件。载荷变化过程中的反向轴向定位由径向调心滚子轴承实现。作为替代方案，也可以使用双列圆锥滚子轴承来承受轴向和径向组合载荷。

4.10 三相电机

三相电机由变频器进行控制，其风扇侧安装了FAG 6316-J20GA-C3 电绝缘深沟球轴承。驱动侧安装了 FAG 6320-C3 深沟球轴承。电流绝缘型深沟球轴承可中断轴上感应电压产生的电流。两个轴承均使用润滑脂进行润滑。示例中提供了再润滑装置，我们的 CONCEPT 注脂器特别适合此工况。

图72 三相电机的轴承布置



本示例聚焦“电流绝缘型”轴承主题。电机中使用的轴承布置，很大一部分是采用 60 和 62 系列的密封球轴承，这些轴承终身 (for-life) 润滑，C3 径向内部游隙且已填充专用润滑脂。由于后缀为 J20GA 的电绝缘型号也是我们产品系列的核心组成部分，因此即便是小批量需求，尤其是售后市场，也能确保供货。

舍弗勒贸易（上海）有限公司
上海市嘉定区安亭镇安拓路 1 号
邮编 201804
中国
www.schaeffler.cn
info_china@schaeffler.com
电话: +86 21 3957 6666

我们已对所有信息进行了仔细的汇编和检查，但我们无法保证完全准确。我们保留进行更改的权利。因此，请始终检查是否有更新或修订的信息。本出版物在旧出版物的基础上进行了更新。只有在我们许可的情况下，才允许打印本出版物（包括摘录）。

© Schaeffler Technologies AG & Co. KG
TPI 270 / 02 / zh-CN / 2026-01