

上海

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

北京

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

成都

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

沈阳

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

无锡

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

广州

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

西安

西安市碑林区南关正街88号长安国际大厦A座11楼1142室
邮政编码: 710068
电话: 86-29-85469121

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



TIMKEN

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

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

武汉

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

长沙

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

青岛

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

天津

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

郑州

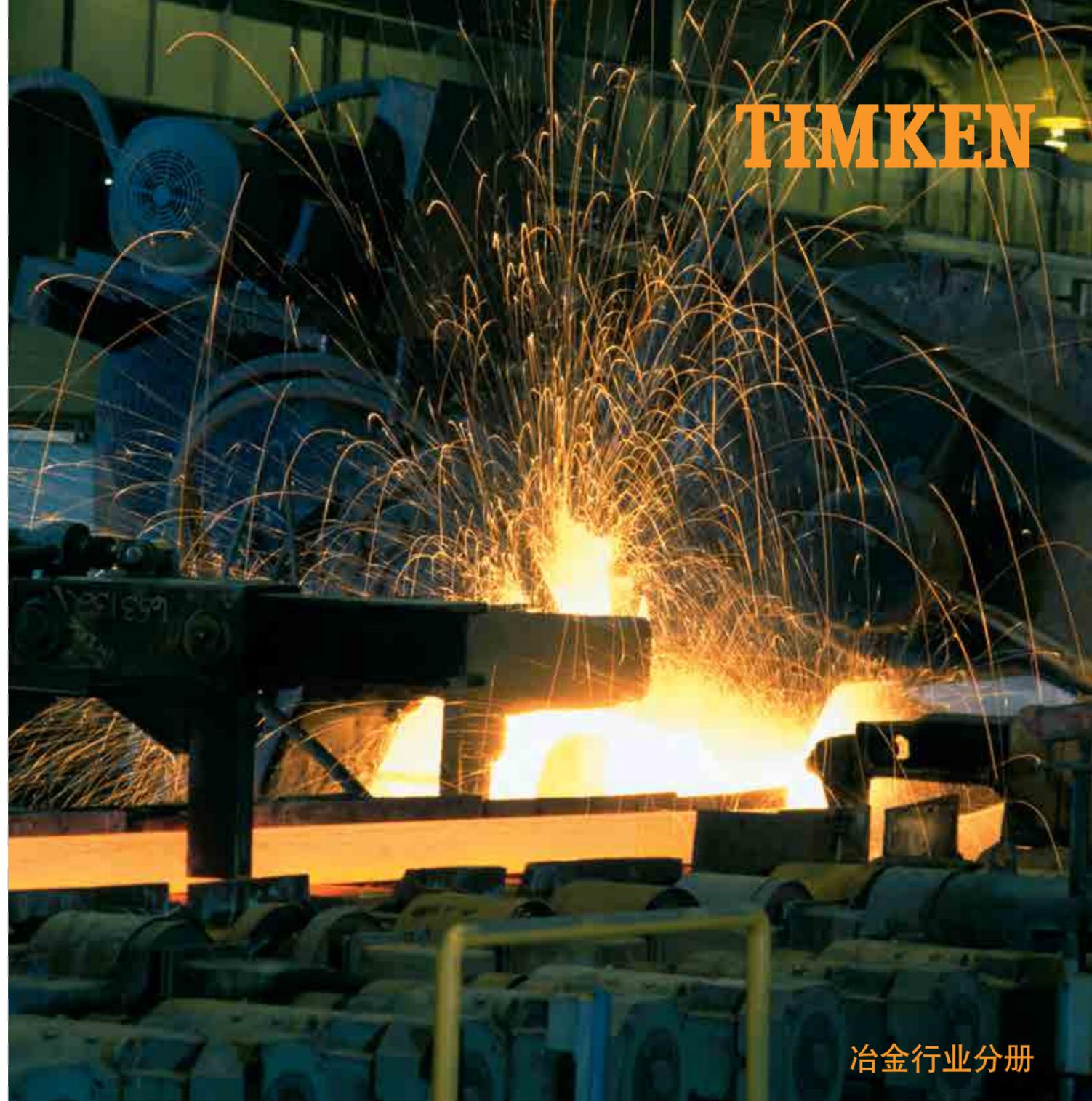
郑州市中原中路220号裕达国际贸易中心2901室
邮政编码: 450007
电话: 86-371-55917760
传真: 86-371-55917761

台北

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

www.timken.com.cn
1M 09-14-2 编号: 10668C
Timken® 是铁姆肯公司的注册商标。
©2014铁姆肯公司
中国印刷

TIMKEN 工程手册——冶金行业分册



TIMKEN

冶金行业分册

TIMKEN 工程手册

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



TIMKEN

TIMKEN工程手册 —— 冶金行业分册 索引

铁姆肯公司概况.....	2	润滑和密封.....	95
保存期限政策.....	8	润滑.....	96
储存.....	9	润滑基础.....	96
冶金行业常用轴承类型.....	11	润滑主要特征.....	99
炼钢.....	12	润滑选择.....	100
连铸.....	13	密封.....	110
轧钢.....	14	密封类型.....	110
径向轴承.....	14	密封系统.....	112
止推轴承.....	16	苛刻应用和增强型	
辅助设备.....	18	轴承解决方案.....	115
应用考虑因素和轴承选择.....	21	高性能轴承.....	116
炼钢.....	22	接触疲劳.....	117
连铸.....	27	碎屑.....	120
轧制.....	33	润滑.....	122
平材轧制.....	33	腐蚀.....	124
长材轧制.....	35	精密轧制.....	126
轴承解决方案：径向位置.....	36	频繁加减速.....	127
工作辊和中间辊：平材轧机.....	36	相关产品.....	129
工作辊：长材轧机.....	43	密封圈和润滑剂.....	130
支撑辊.....	46	维护工具.....	131
轴承解决方案：轴向位置.....	53	状态监测设备.....	133
辅机设备.....	58	Timken® 带座轴承单元.....	134
轧机主传动和分动齿轮机座.....	58	Timken Quick-Flex® 联轴器.....	138
开卷机和卷取机.....	60	精密链条产品.....	140
剪切机和剪切机传动.....	62	轴承储存、搬运和安装.....	143
输送辊.....	64	轴承包装和储存.....	144
轴承寿命计算和相关分析.....	67	轴承标记.....	144
符号汇总.....	68	辊颈轴承维护指导原则.....	147
疲劳寿命.....	69	轴承座和辊颈维护指导原则.....	151
轴承额定载荷.....	69	辊颈轴承安装和拆卸.....	157
载荷计算.....	72	轴承游隙设定和调整.....	168
寿命计算.....	81	服务.....	175
轴承游隙.....	86	齿轮箱维修.....	176
高级分析.....	92	轴承修复和再造.....	177
		轴承座和轧辊维修改造.....	180
		MILLTEC™ 轧机运营项目.....	182
		服务工程.....	182
		培训.....	182



铁姆肯公司与您共同强大

每天，世界各地的人们都依赖铁姆肯公司的优势技术和产品进行生产生活。我们在冶金、摩擦管理和机械传动领域的专业技术可以帮助人们提高生产效率、延长设备运行时间。

铁姆肯公司致力于提供能够让您的运营顺畅平稳的产品和服务。无论您需要的是商用车辆的传动系统套件、在污染环境中经久耐用的轴承座、能够避免电机和变速箱之间金属直接接触摩擦的联轴器、轴承和变速箱维修服务、适合干燥、腐蚀性或高湿度应用环境的滚子链条、飞机引擎主轴用的钢材，还是适合您的应用的其他产品和服务，我们都能满足您的需求。

选择铁姆肯公司，您能获得的不仅仅是高品质的产品和服务：由铁姆肯公司训练有素、经验丰富的员工组成的国际化团队会与您精诚协作，使您的业务更上一层楼。

我们的19,000名员工遍布世界各地，能够为制造、采矿、医疗设备、航空航天、运输、石油和天然气等多种领域以及其他各个行业的运营问题提供可靠的解决方案。



延长您设备的运行时间

除了高品质的轴承和机械动力传动部件以外，我们还提供高价值的其它相关产品和服务。例如，我们提供维修服务 and 设备监测装置，该装置针对某些故障能够发出警示信号，避免影响设备运行。

此外，我们还提供多种密封圈、优质润滑产品、润滑器、联轴器和链条，以使您的运营更平稳顺畅。

我们位于美国、欧洲和亚洲的技术中心通过开展广泛的基础科学和应用科学研究来开创面向未来的技术创新。结合自身开发和对创新型公司的战略性收购，我们能够不断扩展高性能轴承和相关传动部件的产品范围。



冶金行业创新者

如今，冶金设备相比以往，载荷更重，速度更快，产量更高。而且，在成品质量要求提高的同时，整个行业制造商都持续大量投入，来提高设备性能，延长设备的正常运行时间。

作为冶金行业摩擦管理和动力传动解决方案的领先者，铁姆肯公司能够帮助金属加工企业提高设备性能，延长设备正常运行时间。为此，我们提供各种定制解决方案，从能够应对恶劣应用环境的轴承，到有助于最大限度地减少维护成本和提高工厂生产效率的状态监测设备，应有尽有。

我们在开发轴承产品和相关解决方案方面拥有一个多世纪的经验，这些产品和解决方案有助于提高设备在各种应用中的运行效率，包括炼钢、连铸以及平材和长材轧制。

创新和客户支持

铁姆肯公司在世界各地的技术研发中心致力于开发创新的理念和产品，能够帮助您更加高效地运营。我们的领先技术和客户支持远远超过产品范畴。铁姆肯公司的客户可获得销售和服务技术的现场支持，还可以得到专攻冶金行业的应用工程师的其它支持。

核心能力

铁姆肯公司已由初创时的轴承和钢材制造商发展成为提供多元化产品和解决方案的供应商，其中包括可在系统整个生命周期中为其增加价值的摩擦管理和动力传动解决方案。我们的增强型材料能够延长轴承使用寿命，并抵抗碎屑和腐蚀的不良影响——这两种是金属加工行业常见的难题。我们的精密制造能力和对质量的投入确保铁姆肯公司的设计和制造都保持全球一致。全球性的经销网络让全世界的客户都能够方便地获得铁姆肯公司的产品和服务。

我们在与原始设备制造商(OEM)和设计方的合作中，充分利用这些核心能力，来整合我们的技术到供应的设备中，使最终用户从运营之日起就能从铁姆肯公司产品的性能优势中获益。OEM信赖铁姆肯公司的工程专业技术、制造能力以及对可靠性能的注重。



产品和服务

我们是业界可以为设备制造商和运营商提供最为广泛的摩擦管理产品和服务组合的企业之一。

轴承

我们提供炼钢炉、连铸机扇形段、工作辊、支撑辊、压下系统、轧机传动、分动齿轮机座、卷取机、输送辊道和其它辅助设备所用的各种轴承设计和配置。轴承类型包括：

- **圆锥滚子轴承**——圆锥滚子轴承采用独特的设计来承受轴向和径向载荷，具备单列和多列多重射击。我们齐全的圆锥滚子轴承组合可为设备制造商和运营商提供简单可靠且成本较低的设计解决方案。
- **圆柱滚子轴承**——与其它类型滚子轴承相比，在相同尺寸下，这种设计具有最高的径向承载能力。单列和双列圆柱滚子轴承是许多轧机机架、齿轮传动和其它辅助设备应用的理想选择，而四列圆柱滚子轴承则用于轧辊颈应用。铁姆肯公司提供单列和多列圆柱滚子轴承，也可根据具体应用按要求提供定制设计。
- **调心滚子轴承**——调心滚子轴承可提供高径向承载能力和中等轴向承载能力，同时具有最大的静态和动态偏心补偿能力。Timken调心滚子轴承具有高静态载荷能力以及可减少摩擦和发热的先进几何结构。Timken调心滚子轴承可在一定温度范围内保持热稳定。
- **止推滚子轴承**——轧机应用中的止推滚子轴承可采用圆柱滚子、调心滚子和圆锥滚子设计。止推轴承是高轴向载荷应用中的理想选择，如轧机、压下系统和穿孔机。

- **球轴承**——球轴承广泛用于涉及轻载和/或高速条件的辅助设备。铁姆肯公司提供各种公制和英制尺寸的径向、止推和角接触球轴承。请联系铁姆肯公司工程师以了解这些产品系列的详细信息。

- **带座轴承单元**——Timken®调心滚子轴承一体式带座轴承单元采用独特的铸钢设计，能够承受冶金行业应用中的苛刻条件。这些一体式带座轴承单元具有多种样式以及五种先进的锁定配置。Timken®调心滚子轴承一体式带座轴承单元设计用于挑战性的环境。尺寸齐全的主密封圈、护盖和轴承座助您找出适合您的应用的带座滚子轴承单元。如果轴向载荷过高，超过了调心滚子轴承的承载能力，Timken®E型带座轴承单元就是您的最佳替代选择。铁姆肯公司还可提供众多公制和英制尺寸的剖分式轴承带座单元。

高性能轴承解决方案

铁姆肯公司为冶金行业提供各种高性能轴承解决方案，包括 Timken® AquaSpexx®、DuraSpexx® 和防腐蚀的薄密镀铬轴承。我们的防碎屑轴承是污染和/或边界润滑条件下的理想选择。

我们还可提供定制轴承解决方案，例如满足特殊应用要求的具有特殊滚道修形的轴承。

除了部件几何修形和冶金学之外，我们探索出了多种方法，通过在滚子、滚道和其他功能表面应用独特的表面光洁度和特殊涂层来增强轴承性能。工程表面技术和表面形貌改良处理可将表面粗糙度降到比传统研磨方法更低的水平。我们还提供专利涂层技术，以获取硬度达到钢材四倍、弹性达到钢材两倍的表面。关于铁姆肯公司高性能轴承和工程表面技术的更多信息，请参阅本手册的“应用挑战和高性能轴承解决方案”部分（第115-127页）。

动力传动 部件和系统

铁姆肯公司提供范围广阔的动力传动部件，包括密封圈、联轴器和工程链条。

极端温度和高污染可使您的设备丧失功能，显著降低生产效率。铁姆肯公司利用先进材料和工艺解决方案开发的密封圈有助于保护设备，并最大限度地减少设备停机时间。我们提供尺寸齐全的大孔径油脂密封圈系列以及金属和非金属轴承密封单元。

Timken® Quick-Flex® 联轴器极其耐用，所需的维护工作微不足道。这些联轴器容易安装，并且无需润滑。它们设计用于连接电机与变速箱和其他运转设备，其传输扭矩的能力相当于或超过相同尺寸的齿轮联轴器。Quick-Flex® 联轴器的创新设计利用先进的弹性元件传输扭矩，因而消除了联轴器轮毂之间的任何干扰，避免其损坏设备。



铁姆肯公司制造的精密滚子链条能够满足苛刻的钢铁行业应用要求。我们按照精密的技术要求生产链条，以获得可观的强度和最大磨损寿命。产品包括全系列精密滚子链条、连接链和工程输送链。



润滑

Timken 润滑产品能够减少摩擦、降低磨损并防止轴承表面受到腐蚀。我们提供多样化的润滑产品选择，包括 Timken 轧机润滑脂，它适用于严苛的辊颈轴承应用环境。铁姆肯公司的单点和多点润滑器以及润滑传输装置有助于轧机维护专家简化其润滑操作，节省时间和金钱。

状态监测

对轧机设备状态的持续了解有助于避免代价高昂的意外停机。铁姆肯公司提供全系列的状态监测设备，包括手持设备和连续监测系统。我们的各种监测系统能够满足您的轧机从简单报警到复杂数据收集的众多需要。这些产品能够让您在尚未造成损坏或系统完全停机的阶段就提前检测出并纠正问题。

维修工具

铁姆肯公司的维修工具有助于正确地安装、拆卸和保养，从而延长轴承使用寿命。它们还可帮助简化维护操作。我们提供感应加热器、冲击安装工具，以及液压和机械拉拔器。

修复

修复旧轴承及相关部件可将其恢复至初始技术指标，且所需的时间和成本低于购买新品。我们为多种部件提供齐全的翻新和修复服务，包括轴承、轴承座、轧辊和更多其它部件。

我们的变速箱修理服务团队是全球公认的重工业市场动力传动解决方案专家，几乎能够修复任何制造商或型号的大型变速箱，并可按需要在现场提供紧急故障服务。

铁姆肯公司的翻新和修复运营机构提供全系列的维护和修复服务。利用这些服务能够取得更高的工厂效率，降低总体生产成本。

除了轴承修复之外，我们还在某些区域提供轴承座维护和轧辊维修服务，以帮助轧机操作人员最有效地利用他们的轴承座/轴承组件。

此外，我们的MILLTEC®轧机项目可对轧辊车间进行昼夜不间断式管理，以最大限度地减少运营成本和停机时间。



培训

我们提供面向工厂专家的特定行业培训项目，以及能够满足您的具体需要的现场定制培训。我们在世界各地的选定地点提供冶金行业培训项目，涵盖冶金行业制造流程中涉及轴承性能的每个阶段。课堂时间会适当地结合各种动手操做培训以及铁姆肯公司工厂设施参观活动。

如何使用本手册

我们设计本手册的目的是帮助您找到最适合您的技术要求的轴承。

铁姆肯公司提供各类英制和公制轴承及其附属产品。为方便用户选择，产品尺寸范围使用毫米和英寸两种单位标注。只有了解我们全部产品信息才能选择出最适合您应用需求的轴承产品。更多信息，请联系您的铁姆肯公司销售工程师。

本手册包括产品尺寸、公差和额定载荷等数据，还包括一些介绍轴和轴承座的公差配合、游隙、材料和其他轴承特性等知识的工程技术章节。在考虑轴承类型和特性之初，它能提供有价值的帮助，以选出最适合您特定需求的产品。

本手册中的ISO和ANSI/ABMA分别指国际标准化组织和美国国家标准协会/美国轴承制造商协会。

本手册会定期更新。请访问www.timken.com.cn以获得最新版本的《TIMKEN工程手册——冶金行业分册》。

免责声明

我们提供本手册的目的只是为您提供分析工具和数据，帮助您选择产品。鉴于实际产品性能受到许多铁姆肯公司不可控因素的影响，选择产品时需要您亲自对产品的适用性和可行性进行确认。

售出的铁姆肯公司产品受铁姆肯公司销售条款和条件的约束，包括我们的有限担保和补偿。您可以在<http://www.timken.com/en-us/purchase/Pages/TermsandConditionsofSale.aspx>上找到这些条款和条件。

请咨询铁姆肯公司工程师以获得详细信息和帮助。

我们竭尽所能确保本手册中所含信息的准确性，但错误和疏漏不可避免，故不承担由此引发的任何责任。

脂润滑轴承与部件的保存期限与储存方式

为了帮助您从我们的产品中获得最大价值，铁姆肯公司提供了脂润滑型球和滚子轴承、部件和组件的保存期限指导原则。保存期限根据铁姆肯公司和行业测试数据和经验确定。

保存期限政策

保存期限不同于润滑轴承/部件的设计使用寿命，区别如下：

脂润滑轴承/部件的保存期限指使用或安装前的时间期限。

是预期总设计使用寿命的一部分。由于润滑脂渗出率、油气挥发、操作条件、安装条件、温度、湿度和储存时间的不同，我们很难精确预测其设计使用寿命。

铁姆肯公司所提供的保存期限值是指遵循本手册或铁姆肯公司员工建议的储存和处理指导原则下的最长期限。任何对于铁姆肯公司储存和处理指导原则的背离都会导致保存期限的缩短。应参考有关保存期限缩短的说明或操作实例。

铁姆肯公司无法预见润滑脂在轴承或部件安装或投入使用后的性能状况。

铁姆肯公司对非经本公司润滑的轴承/部件的保存期限不承担任何责任。

欧洲REACH合规性

铁姆肯公司润滑油、润滑脂和以及在独立容器或递送系统中销售的类似产品均遵循欧洲REACH（化学品注册、评估、许可和限制）指令。向欧盟脂润滑轴承与部件的保存期限与储存方式出口时，铁姆肯公司只能销售和提供在ECHA（欧洲化学品管理局）注册的那些润滑油和润滑脂。更多详细信息，请联系您的铁姆肯公司工程师。

储存

铁姆肯公司建议遵循以下制成品(轴承、部件和组件, 统称“产品”)储存原则:

- 除非铁姆肯公司另作说明, 产品在投入使用前应使用原包装储存
- 请勿撕下或更改包装上的标签和印记
- 产品储存时请勿刺穿、压碎或损坏包装
- 拆开产品包装后, 应确保产品尽快投入使用
- 如果产品不是单独包装, 而是散装在零件包内, 则取出一个产品后应立即密封零件包
- 请勿使用超出产品保存期限(见铁姆肯公司保存期限原则)的产品
- 储存区域温度应维持在 0° C (32° F)到 40° C (104° F) 之间; 并尽量减小温度波动
- 相对湿度应维持在60%以下, 表面应保持干燥
- 储存区域应避免受到(但不限于)粉尘污染、灰尘污染、有害气体污染等等
- 储存区域应避免过分振动
- 避免任何极端条件

由于铁姆肯公司不熟悉您特有的储存条件, 因此强烈建议您遵循这些指导原则。但是, 如果相关环境或政府提出了更高的储存要求, 您则必须相应地遵照执行。

大部分轴承部件通常在出厂前会涂上防腐蚀混合物(非润滑油)。在油润滑的应用中, 无需去除这些部件上的防腐蚀混合物。而在一些特殊的脂润滑应用中, 建议您在涂合适的润滑脂之前去除轴承部件上的防腐蚀混合物。



本手册中的大部分带座轴承单元预装有适合常规应用的通用润滑脂。您可能需要经常补充润滑脂以获得最佳性能。

不同润滑油脂极有可能互不兼容, 选择润滑油脂时应当注意。您可以订购使用指定润滑剂预润滑的带座轴承单元。

收到轴承或带座轴承单元后, 在准备好安装之前不要除去产品包装, 以避免腐蚀或污染。

将轴承和带座轴承单元储存在合适的环境中, 以使其在设计使用期内得到正确保护。



警告 违反以下警告信息可能造成严重伤害。

正确的维护和方法非常重要。
始终遵循安装说明并保证适当的润滑。

本手册包含了针对产品系列的警告，这些警告还发布在
www.timken.com/en-us/products/warnings/Pages/default.aspx。

注意事项 不遵守这些注意事项可能会导致财产损失。

如果使用锤子或钢棒来安装或拆卸部件，请使用软钢棒（如1010或1020级）。因为软钢棒较少导致锤子、钢棒或拆卸部件产生高速飞溅的碎片。

切勿使用损坏的带座轴承单元。使用损坏的带座轴承单元可能会造成设备损坏和/或人身伤害。

注意

切勿尝试拆卸整体式轴承。

部件可能会受损，并影响到轴承的性能和使用寿命。

切勿混合不同组合体的部件。混合这些部件可能会缩短轴承的使用寿命。

免责声明

我们提供本手册的目的只是为您提供分析工具和数据，帮助您选择产品。

鉴于实际产品性能受到许多铁姆肯公司不可控因素的影响，

所选的全部产品的适用性和可行性必须由您来确认。

售出的铁姆肯公司产品受到铁姆肯公司销售条款和条件约束，包括有限担保和补偿，其中的条款可从 <http://www.timken.com/en-us/purchase/Pages/TermsandConditionsofSale.aspx> 获得。

请咨询您的铁姆肯公司工程师以获得更多详细信息和帮助。

我们竭尽所能确保本文中所含信息的准确性，但错误和疏漏不可避免，故不承担由此引发的任何责任。

要查看完整的工程手册，请访问 www.timken.com.cn。要订购此目录，请与您的铁姆肯公司工程师联系并索要《TIMKEN 工程手册》（订购号10424C）。

欧洲 REACH 合规性铁姆肯公司品牌的润滑油、润滑脂以及在独立容器或递送系统中销售的类似产品均遵循欧洲 REACH（化学品注册、评估、许可和限制）指令。向欧盟出口时，铁姆肯公司只能销售和提供在 ECHA（欧洲化学品管理局）注册的那些润滑油和润滑脂。更多详细信息，请联系您的铁姆肯公司工程师。

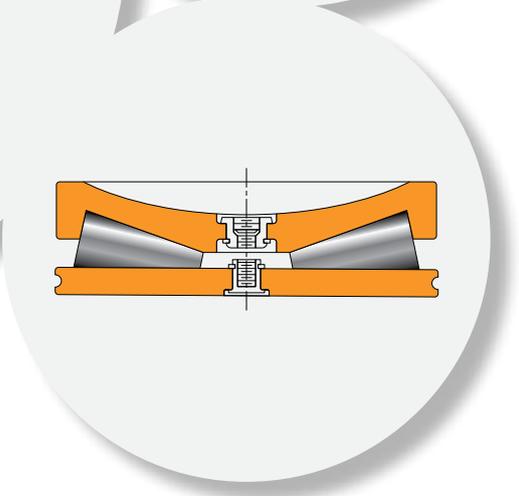
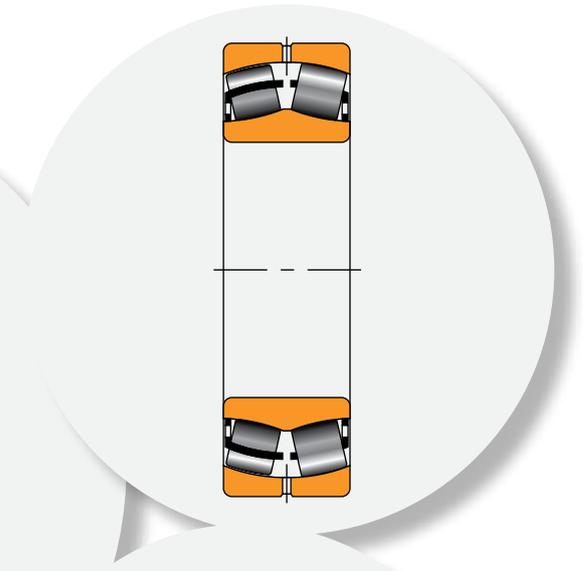
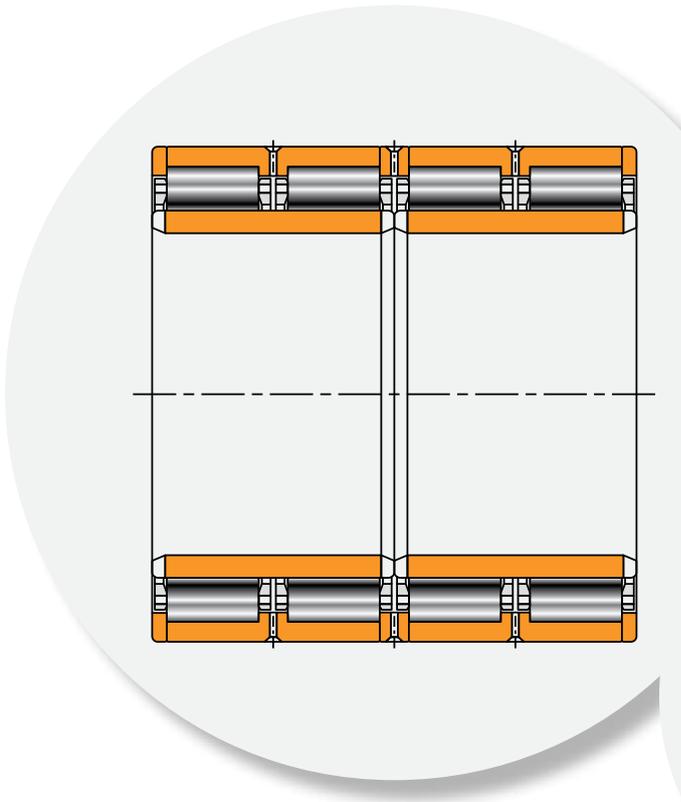
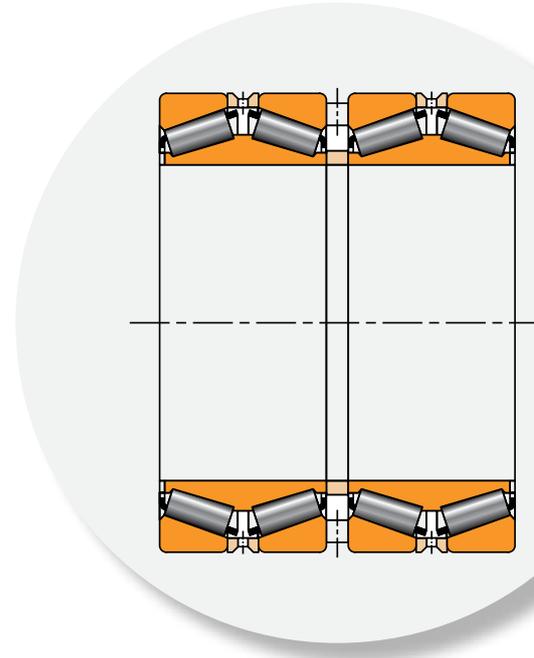
本手册会定期更新。

请访问 www.timken.com.cn 以获得最新版本的《Timken 工程手册——冶金行业分册》。

冶金行业中常见的轴承类型

本部分中涵盖了下列应用：

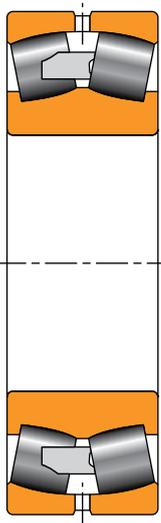
- 炼钢
- 连铸
- 轧机
 - 径向轴承
 - 止推轴承
- 辅助设备



炼钢

转炉的主要支撑位轴承应用充满挑战。它们承受很高的载荷和偏心，而转速非常低。此外，还会发生周期性旋转和反转。铁姆肯公司的解决方案使用安装在定制轴承座中的一体式或剖分式高性能调心滚子轴承。浮动位置轴承座集成了直线阶梯轴承以适应转炉组件的轴向热膨胀。

调心滚子轴承



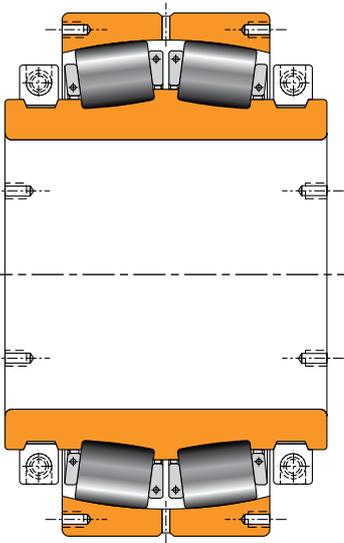
EM/PIN 型

组成：一个双内圈、一个双外圈、两列调心滚子及滚子引导黄铜保持架,或者钢制销式保持架。

应用：氧气顶吹转炉 (BOF) 或氩氧脱碳 (AOD) 炉枢轴 (耳轴)。

备注：EM型轴承设计用于在主要产生轴弯曲的应用中承受高径向载荷。

图1. EM型



剖分型

组成：一个剖分式双内圈及锁紧环、一个剖分式双外圈、两列调心滚子及销式保持架。

应用：BOF或AOD 转炉枢轴 (耳轴)。

备注：经常用于取代枢轴 (耳轴) 驱动侧传统上所用的调心滚子轴承。

图2. 剖分型

直线阶梯轴承

圆柱滚子型

组成：一块顶板、一块底板、圆柱滚子及弹簧对中保持架和一个底座。

应用：BOF或AOD转炉浮动侧枢轴轴承组合中的滑动轴承。

备注：成对使用以提供 $\pm 65\text{mm}$ (2.5 in.) 的轴向浮动。

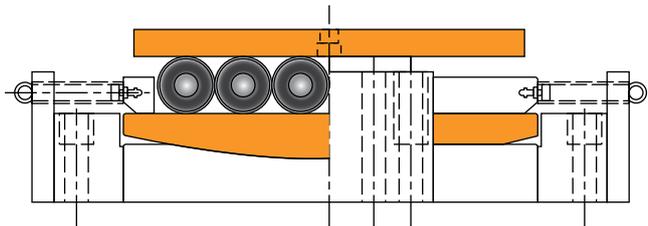


图3. 圆柱滚子型

连铸

连铸是轴承应用最具挑战性的工况之一。用于连铸辊的轴承，须承受高载荷和低转速，且经常还须承受高温环境。在弯曲段以下，铁姆肯公司的理想解决方案是在固定侧使用我们的高性能调心滚子轴承，在浮动侧使用我们最新的创新设计，Timken® ADAPT™轴承。

滚针轴承

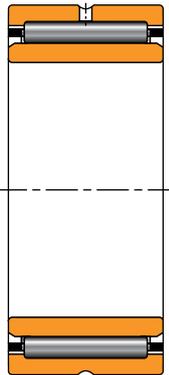


图4. NA型

NA 型

组成：一个单内圈、一个单外圈、一列或两列滚针和保持架组件。

应用：弯曲段支撑辊。

备注：径向横截面小，径向额定动态和静态载荷高。可选用特殊游隙和更高温度稳定性以适应连铸机工作条件。

圆柱滚子轴承

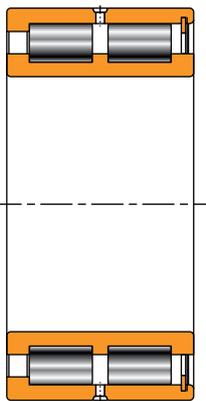


图5. NNCF型

NNCF 型

组成：一个双内圈、一个双外圈、两列满装圆柱滚子。

应用：连铸机弯曲段支撑辊。

备注：可选用特殊游隙和更高温度稳定性以适应连铸机工作条件。这种类型轴承内圈和外圈上集成挡边，可以承受单向的较轻轴向载荷并允许轻微的轴向浮动。

调心滚子轴承



图6. EJ型

EJ 型

组成：一个双内圈、一个双外圈、两列调心滚子及冲压钢保持架。

应用：连铸机连铸辊；固定和浮动位置。

备注：EJ型调心滚子轴承配备硬化冲压钢窗式保持架，保持架端面有凹槽，以改善润滑。这种轴承设计用于承受工作过程中的偏心，并具有很高的径向承载能力，以获得最高的可靠性。

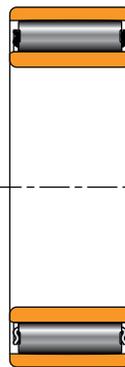


图7. ADAPT™

ADAPT™

组成：一个单圆柱形内圈、一个带滚道修型的单外圈、满滚子设计及滚子/保持架组件。

应用：连铸机连铸辊；浮动位置。

备注：ADAPT满装滚子轴承是专为连铸机开发的一种新设计，结合传统的圆柱滚子轴承和调心滚子轴承的结构特点，具有这两类轴承的关键特性（同时具有全偏心和高轴向位移能力）。这种轴承还具有高静态径向承载能力以适应某些可靠性需求。



警告

不遵守以下警告信息可能会导致严重人身伤害的危险。

ADAPT™轴承内外圈可分离。搬运或安装完整组装好的轴承时必须小心，以防止内圈意外地从组件中滑脱。使用此轴承完整替换另一轴承时，务必检查该安装的设计，以确保该轴承安装后，能确保轴承外圈不会滑落。

正确的维护和操作实践非常重要。

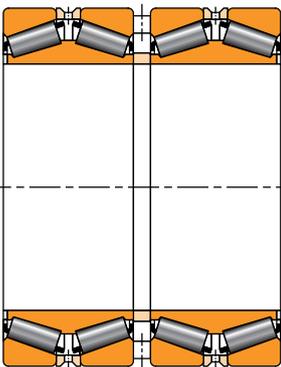
始终遵循安装说明并保证适当的润滑。

轧机

轧机从低速到高速运行过程中通常会有极高的径向载荷和大小不断变化的轴向载荷。为了适应这些工作条件，辊颈轴承必须具有优良的接触面设计，高强度性能材料，和优化的内部几何设计以及优异的保持架特性。可用类型包括双列、四列或六列圆锥滚子轴承和多列圆柱滚子轴承。

径向轴承

圆锥滚子轴承



TQOW

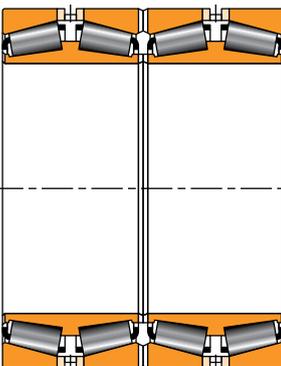
组成：两个双内圈及圆锥滚子、一个内圈隔圈、两个单外圈、两个外圈隔圈、一个双外圈。

应用：工作辊、中间辊和支撑辊。用于支撑辊时，通常轧机速度不超过800m/min (2600ft/min)。

图8. TQOW

备注：TQOW是一种预设游隙的四列滚子轴承，内圈隔圈经硬化处理以减少其端面磨损。长时间使用后，可通过重新研磨隔圈来重置 TQOW 轴承的游隙。

这种轴承内外圈均以松配合分别安装于轧辊颈上和轴承座中。内圈端面油槽可提供内圈和倒角环端面的润滑，以减少磨损。内圈螺旋油槽还可对轧辊颈提供额外润滑。



2TDIW

组成：两个双内圈及圆锥滚子、四个单外圈以及两个或三个外圈隔圈。

应用：工作辊、中间辊和支撑辊。用于支撑辊时，通常轧机速度不超过800m/min(2600ft/min)。

图9. 2TDIW

备注：相同尺寸的2TDIW型与 TQOW型轴承可以互换使用，并具有相同的额定载荷。在承受轴向和径向综合载荷时，2TDIW轴承中间的两个单外圈的载荷分布优于TQOW型所用的双外圈。

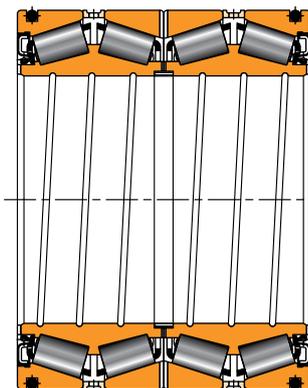


图10. 密封辊颈轴承

密封辊颈轴承

组成：结构与2TDIW相同，并配有两个主密封圈、一个内径密封圈和O形环以在轴承座内孔与轴承外圈接触面实现静态密封。

应用：主要用于工作辊和中间辊，以及某些支撑辊。

备注：密封辊颈轴承采用预设游隙的整体式组件供应，预装或不预装油脂。

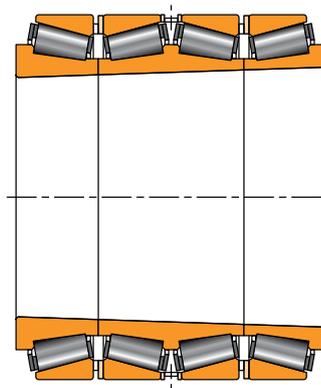


图11. TQITS

TQITS

组成：一个双内圈和两个单内圈(所有内圈都有匹配的锥孔)、四个单外圈、三个外圈隔圈。

应用：支撑辊，通常用于带钢速度超过800 m/min. (2600 ft./min.) 的高速轧机。

备注：TQITS型轴承利用轧辊颈和轴承内孔的1:12锥度，紧配合安装于轧辊颈上，并精确地控制过盈量。这种轴承通常用于高速轧机以尽量减少辊颈磨损。

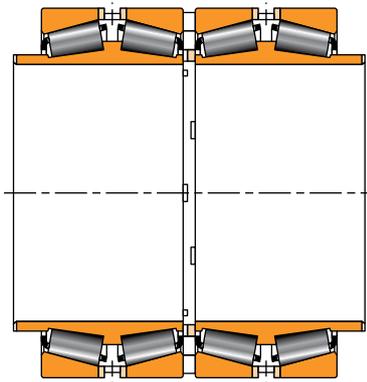


图12. TQOWE

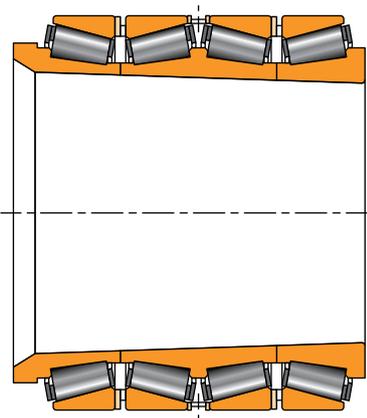


图13. TQITSE

TQOWE和TQITSE

组成: 分别与TQOW和TQITS的结构相同, 在轴承内圈的一侧或两侧有加宽部分。

应用: 工作辊、中间辊和支撑辊。

备注: TQOWE和TQITSE 型轴承内圈加宽, 以配装轴承座内密封圈。这种轴承设计可获得最佳轴承座密封圈工作表面。密封圈集成可使轴承的位置更靠近辊面, 提高辊颈刚性。

圆柱滚子轴承

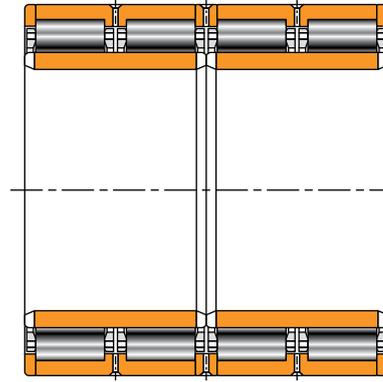


图14. RX

RX

组成: 两个圆柱形内圈、两个带挡边的外圈以及用于分开滚子的独立侧边挡环。通常采用销式保持架。

应用: 平材轧机的支撑辊径向位置。长材轧机的辊颈。

备注: 用于支撑辊时, 这种轴承紧配合安装在辊颈上, 而松配合安装于轴承座中。通常提供半精磨(CF)内圈滚道, 安装到辊颈后由客户进行最终精磨。独立侧边挡环便于完全拆卸以进行检查。RX型设计常见于内径大于400mm(15.75in.)的轴承。在长材轧机应用中通常以预设游隙组件形式供应, 紧配合安装在辊颈上。

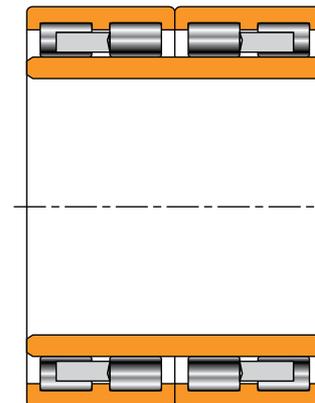


图15. RY和RYL

RY和RYL

组成: 通常包括一个单件式内圈以及两个带三处法兰(实体挡边)的外圈。全机加工黄铜(RY)或钢(RYL)保持架。

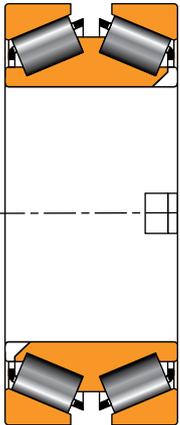
应用: 长材轧机的辊颈径向位置。

备注: 最新的RYL设计专门用于长材轧机, 配备机加工钢保持架和改良设计, 以尽可能延长轴承使用寿命, 优化轴承安装操作。对于特定应用, 也可提供内圈带螺旋油槽, 内圈加宽或锥孔等设计形式。

止推轴承

安装圆柱滚子轴承、油膜轴承或存在窜辊或交叉轧制的系统的应用，通常需要额外的止推轴承。

止推圆锥滚子轴承



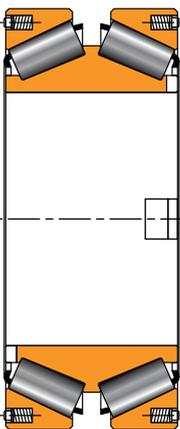
TDIK

组成：一个双内圈及圆锥滚子、两个单外圈、隔圈，也可不带隔圈。

应用：平材轧机的支撑辊和工作辊轴向位置。

备注：这些轴承采用大锥角设计，以承受两个方向的推力。外圈和内圈都采用松配合安装。内圈通过键连接到轴上，以防止内圈旋转和磨损。

图16. TDIK

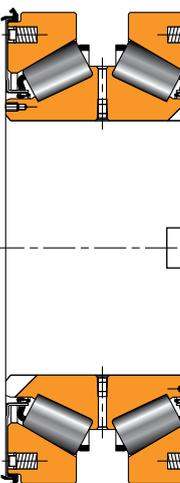


带有集成弹簧外圈的TDIK

铁姆肯公司开发出外圈集成弹簧而无隔圈版本，确保不受载的那一列外圈始终压紧滚子，防止滚子倾斜打滑产生损伤。

应用：工作辊、带有轴向窜辊的中间辊以及配备圆柱滚子轴承的支撑辊。

图17. 带有集成弹簧外圈的TDIK



带有集成弹簧外圈的密封TDIK

铁姆肯公司开发出了带有弹簧系统的密封版TDIK轴承。

应用：工作辊、带有轴向窜辊的中间辊以及配备圆柱滚子轴承的支撑辊。

图18. 带有集成弹簧外圈的密封TDIK

TTDWK和TTDFLK

组成：一个双中间座圈及圆锥滚子、两个外部座圈。

应用：存在窜辊的重载平材轧机以及长材轧机。

备注：承受双向轴向载荷，有两种设计：锥形滚道中间座圈或平直滚道中间座圈。松配合安装于辊颈上和轴承座中。

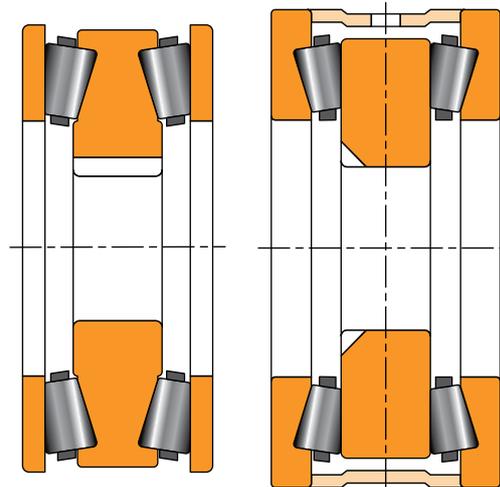


图19. TTDWK

图20. TTDFLK

TTDWK采用锥形滚道中间座圈设计，轴承总宽度较小。TTDFLK组合可以配备或不配外隔圈。但是，我们通常优先使用无外隔圈的设计，并设计安装于轴承座挡肩中的弹簧来确保两列滚子都保持在正确的位置（请参阅第55页）。

TTHD

组成：两个锥形座圈、保持架，也可不配保持架。

应用：穿孔机、森吉米尔轧机和辅助设备的轴向位置。

备注：在外形尺寸相同的情况下，这种设计的承载能力可比止推圆柱滚子轴承和止推调心滚子轴承高出达40%。仅用于承受单向轴向载荷。配有保持架时适用于低到中速应用。无保持架设计适用于高载荷和低速应用。

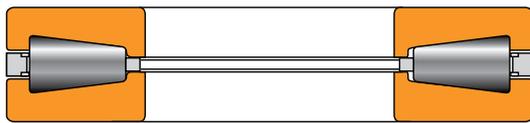


图21. TTHD

TTHDFLSX和TTHDFLSV

组成：与TTHD结构相同，顶圈通常采用凸面设计(TTHDFLSX)。如果需要，也可提供凹面(TTHDFLSV)顶圈。

应用：压下装置止推轴承。

备注：采用满装设计以获得最大承载能力。每个圈上都有吊装孔，以便于操作。

两种设计都提供锥形滚道座圈(TTHDSX和TTHDSV)。

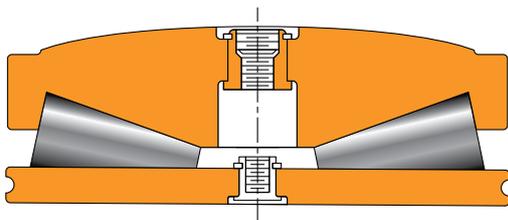


图22. TTHDFLSX

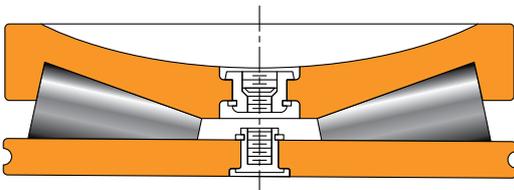


图23. TTHDFLSV

止推调心滚子轴承**TSR**

组成：一个单内圈及调心滚子和保持架组件、一个单外圈。

应用：变速箱和辅助设备的轴向位置。

备注：TSR型止推调心滚子轴承可承受高轴向载荷并适应偏心。

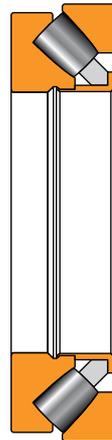


图24. TSR

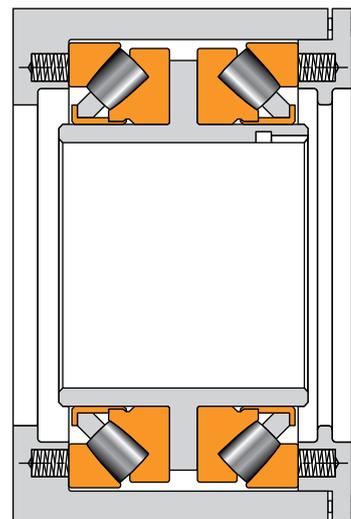


图25. TSR组件

2TSR组件

组成：两个单内圈及调心滚子和保持架组件安装在套筒上，然后与两个外圈装配在一起。

应用：变速箱和辅助设备的轴向位置。

备注：为了使不受轴向卸荷那一列承受必要的载荷，整个组件采用收缩的弹簧进行预载。

辅助设备

铁姆肯公司提供尺寸齐全的轴承用于各种辅助设备应用，例如齿轮传动、输送辊、卷取机、末端卷取机、轧平机、分动齿轮箱、装卸设备以及更多其他应用。

圆锥滚子轴承



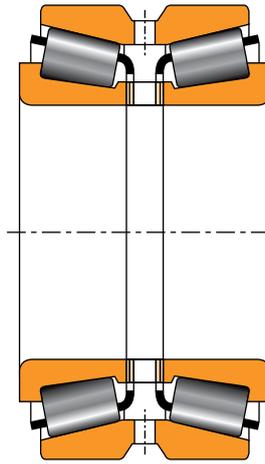
TS

组成：一个单内圈及圆锥滚子组件，一个单外圈。

应用：锯床、引导辊、切边机和小型传动设备。

备注：TS是最常见的圆锥滚子轴承，可为设计人员提供大量安装设计选择。TS轴承总是成对使用，像TDI那样面对面安装或者像TDO那样背对背安装。

图26. TS



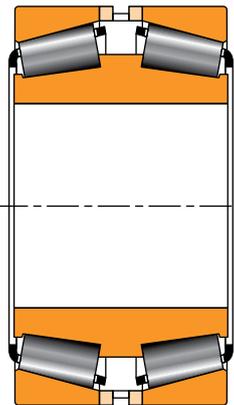
TDO

组成：两个单内圈、一个双外圈和一个内圈隔圈。

应用：轧机传动齿轮箱、分动齿轮箱、卷取机、开卷机、切边机和碎边剪切机。

备注：TDO是一种预设游隙组件，用于旋转轴应用中的固定和浮动位置。双外圈上通常有润滑油孔和环形槽，用于进行润滑，且通常带有一个沉头孔。这样便于通过锁定销防止松配合安装的外圈在浮动位置发生旋转。这称为CD外圈。

图28. TDO



TDI和TDIT

组成：一个双内圈、两个单外圈、一个外圈隔圈，也可不配隔圈。

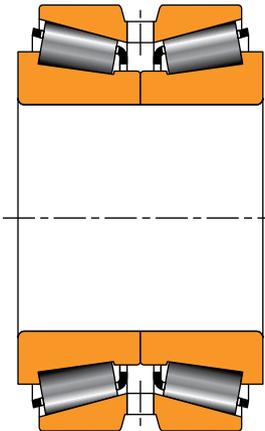
直孔 TDI类型(图中所示)。

锥孔 TDIT类型。

应用：立辊、棒材轧机。建议在轧机速度超过600m/min. (2000 ft./min.) 时采用紧配合安装。

图27. TDI和TDIT

备注：TDI/TDIT轴承交付时已经预设游隙。TDI类型设计时，内圈与外圈通常都采用松配合安装。轴旋转应用中可用于固定侧。对于轴承座旋转应用，轴承可在静止轴上浮动。



TNA和TNAT

组成：与TDO版本相似。内圈小端面延长，靠在一起，因此无需再使用隔圈。

直孔TNA类型(图中所示)。

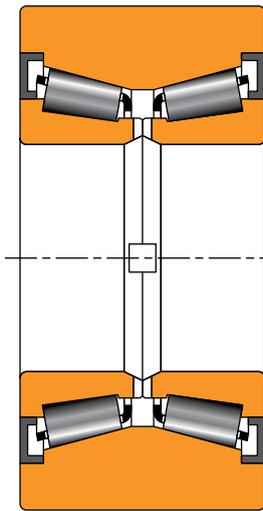
锥孔内圈的TNA类型。

应用：轧机传动齿轮箱、分动齿轮箱、卷取机和开卷机。

备注：预设游隙组件。这些轴承为需要简化安装过程的很多固定或浮动侧轴承应用提供了一种解决方案。

图29. TNA和TNAT

调心滚子轴承



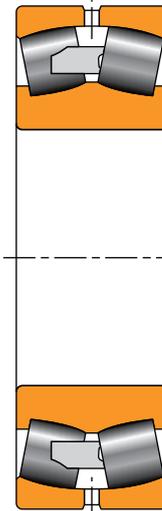
TNASWH

组成：与TNA轴承相同，并配有一个厚壁双外圈和两个防尘盖。

应用：轧平机、机座滚轮、运输车车轮、各种轨道车和起重机滑轮。

备注：带弧型外圈的预设游隙组件。内圈松配合安装在静止不转的轴上。组件也可充当车轮。

图30. TNASWH



EM型

组成：一个双内圈、一个双外圈、两列调心滚子及滚子引导黄铜保持架。

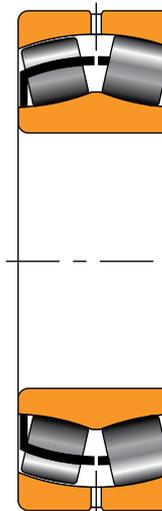
应用：轧机传动、分动齿轮箱、卷取机和开卷机。

备注：EM型轴承可同时承受高径向载荷和高的轴偏心。

图31. EM型

 **警告**
不遵守以下警告信息可能会导致严重的人身伤害或死亡。

切勿用压缩空气吹扫轴承，
否则部件可能被强力弹出。



EJ型

组成：一个双内圈、一个双外圈、两列调心滚子及冲压钢保持架。

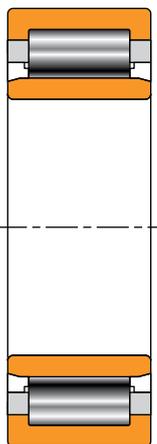
应用：齿轮传动、输送辊和辅助设备。

备注：EJ型调心滚子轴承配备硬化冲压钢窗式保持架，带有可改善润滑的端面凹槽。它具有高额定载荷以延长使用寿命。

图32. EJ型

圆柱滚子轴承

单列EMA型



组成：一个单内圈、一个单外圈、一列圆柱滚子以及一个整体式滚道引导窗式黄铜保持架。

应用：齿轮传动、电机。

备注：可采用多种配置：NU、N、NJ、NF 等。

图33. 单列EMA型

球轴承

深沟球轴承

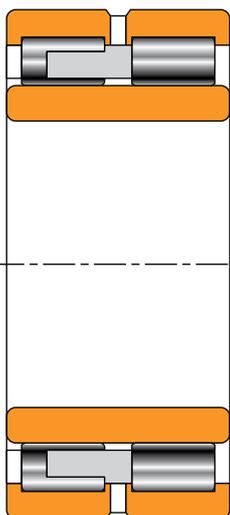


组成：内外圈以及容纳一组滚珠的保持架。

应用：齿轮传动、电机、飞轮和辅助设备。

备注：标准深沟球轴承可承受径向和低轴向载荷，适用于中速到高速应用。可采用多种配置。

图35. 深沟球轴承



双列圆柱滚子轴承

组成：一个单内圈、一个单外圈、两列圆柱滚子以及一个整体式滚道引导指式黄铜保持架。

应用：齿轮传动、飞剪。

备注：标准保持架设计包括指式兜孔黄铜保持架。

图34. 双列圆柱滚子轴承



角接触球轴承

组成：内外圈以及容纳一组滚珠的保持架。

应用：轧机的工作辊止推位置。辅助设备。

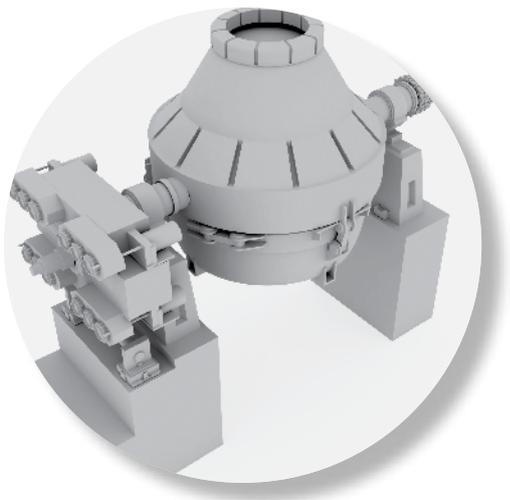
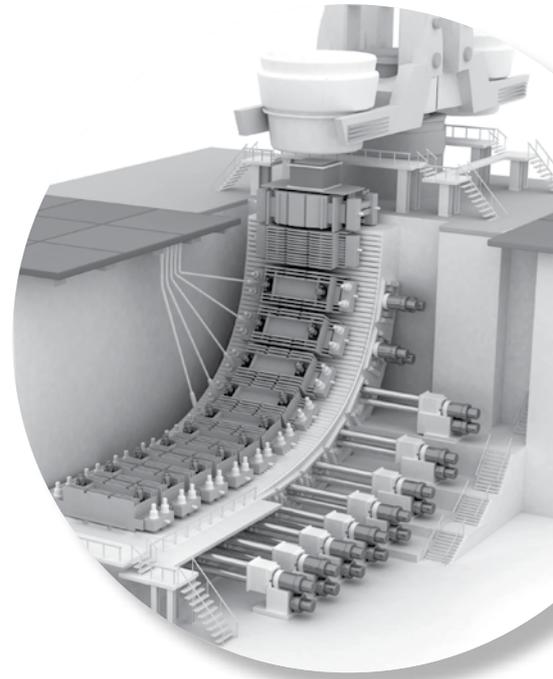
备注：设计用于承受径向和轴向载荷组合。单列轴承具有单向轴向承载能力。通常成对使用以承受两个方向的轴向载荷。

图36. 角接触球轴承

应用考虑因素和轴承选择

本部分涵盖了下列流程：

- 炼钢
- 连铸
- 轧钢
 - 平材轧制
 - 长材轧制
- 轴承解决方案：径向位置
 - 工作辊和中间辊：平材轧机。
 - 工作辊：长材轧机
 - 支撑辊
- 轴承解决方案：轴向位置
- 辅助设备
 - 轧机主传动和分动齿轮架
 - 开卷机和卷取机
 - 剪切机和剪切机传动
 - 输送辊



冶金半成品和成品的基本生产流程包括以下阶段：采矿、熔炼、合金化、铸造、轧制和精加工。根据金属种类和生产工艺，从矿石提取金属的熔炼阶段采用的流程可能会有显著不同。在熔炼阶段之后，金属生产流程大体相同。

本部分概要介绍熔炼阶段之后的冶金生产流程中所用的关键轴承应用。在此着重介绍钢材生产期间所用的氧气顶吹转炉(BOF)和连铸机以及可用于冶金平材和长材生产的热轧机和冷轧机的轴承应用。

炼钢

氧气顶吹转炉

在BOF (图37) 以及机械特性相似的底吹氧气流程 (BBOP) 和氩氧脱碳 (AOD) 炉中熔化钢材以进行最终的合金调整和净化。这三种熔炉均为转炉。每种类型都有各自的配置，但是通常都包含以下设备：

- **炉体。** 炉体通常由桶状炉身以及碟形底部和锥形顶部组成。内部包括耐火材料内衬以及用于隔离锥形顶部的伸缩式顶罩
- **耳轴环。** 耳轴环环绕并支撑炉体。借助耳轴环，炉体可绕着两个相隔大约180度的轴柄前后倾转

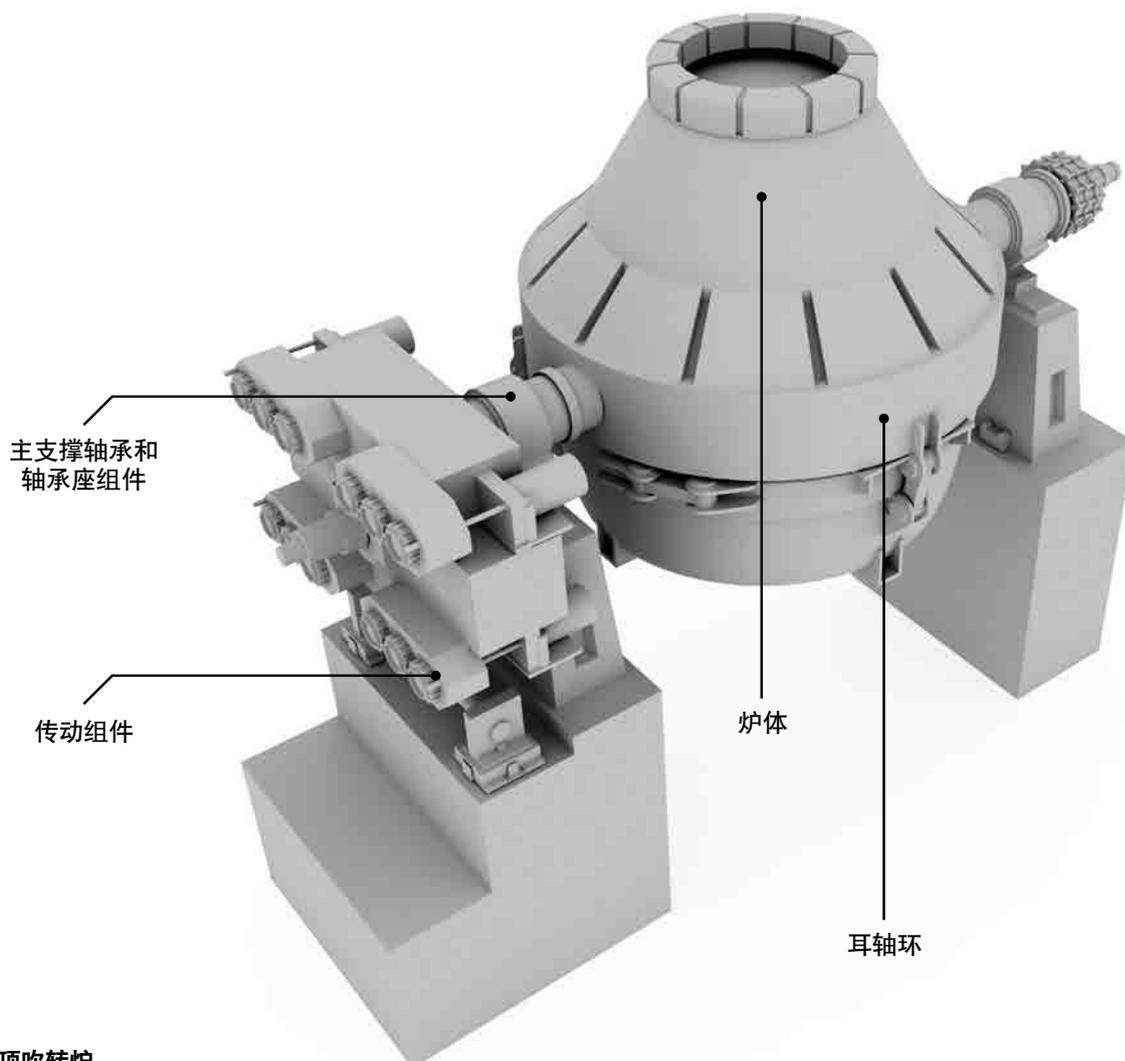


图37. 氧气顶吹转炉

- **主支撑轴承和轴承座组件。**这些轴承安装在转炉托圈的轴柄上，可支撑装载的熔炉及其传动设备的全部重量
- **传动组件。**传动组件可驱动炉体从垂直位置向前后各旋转大约135度。最新设计的炉体，由耳轴支撑其转动，并由转矩臂将其像锚一样连接固定在基座上

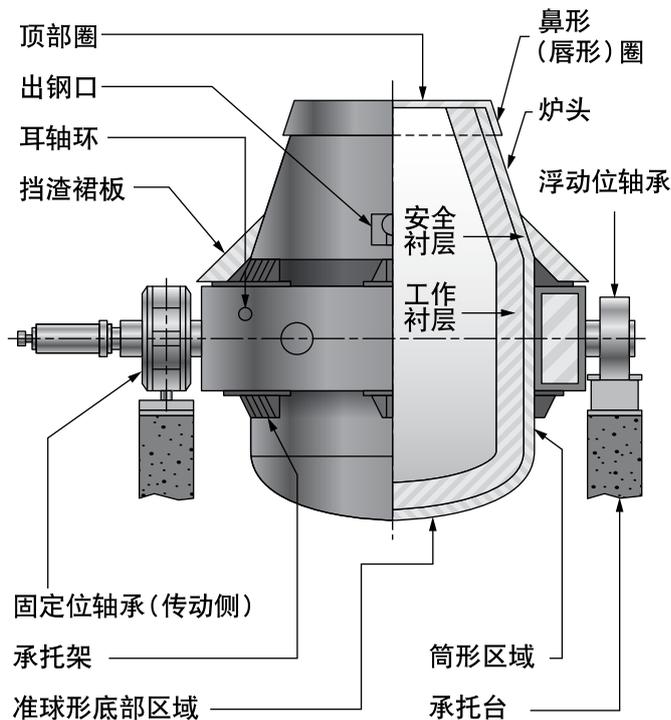


图 38. 氧气顶吹转炉的轴承支撑

在BOF应用中，有两个关键位置使用滚动轴承。第一处最有挑战性，是炉体及其耳轴环的两个主要支撑位置(图38)。第二处位于传动装置内。

主要支撑位置的轴承应用，使得炉体可以向前倾斜以加入原料以及倒出精炼钢。精炼钢倒出(浇铸)后，炉体向后倾斜以去除熔渣。熔炼结束，炉体回到垂直位置。炉体、耳轴环和熔体总重量最高可超过1000公吨。在最新设计中，传动设备直接连接到耳轴支撑轴而不是基座，这样总重量可达到1500公吨。

第二个关键的轴承应用是用于驱动BOF旋转的传动设备。该传动系统通常包含若干个较小的独立减速器和电机，安装在装有主齿轮的同一齿轮箱中。每个小驱动单元都有各自的小齿轮与主齿轮啮合进行驱动。这种应用的轴承选用遵循传统的动力传动应用指导原则。

主要支撑位置

主要支撑耳轴位置的首选轴承类型是调心滚子轴承，因为这类轴承径向承载能力高，能够作为固定位轴承使用并具有高偏心补偿能力。由于转速极低，轴承选用的主要考虑因素是静态承载能力。轴承静态承载能力与实际载荷之比应为3:1或更高。典型尺寸范围为600mm (23.62in.) 孔径至900mm (35.43 in.) 孔径，最高可达1250mm (49.21in.)。

确定该轴承应用需求时，我们还必须考虑某些独特的应用条件。这些条件可包括：

- 超过 ± 1.5 度的结构偏转
- 极低转速，极高载荷和高温。这对于润滑至关重要
- 最大摆幅为270度的摆动
- 由于温度在长达12m (40 ft.) 的轴承间距上发生改变而导致耳轴环明显的轴向膨胀
- 熔炼过程中钢水的搅动和氧气吹入钢水引起的明显振动。振动在AOD熔炉中尤其强烈
- 严重污染的工作环境以及由此产生的苛刻密封要求
- 检查和后期更换轴承的实际操作性

对于这些应用和工作条件，铁姆肯公司建议使用为具体的安装量身定制的整套轴承和轴承座系统。这种系统通常应包括两个轴承座组件——一个用于浮动位置，一个用于固定位置。

BOF耳轴浮动位置

浮动位置轴承组件(图39) 通常安装在炉体的非传动侧, 且必须能够适应若干厘米(英寸)的轴向浮动。典型轴承解决方案将支撑轴承安装在由一对倾斜线性轴承(通常称为阶梯轴承)支撑的衬套中(图40)。

阶梯轴承通常可提供与其中心位置相距 ± 60 至 100 mm(2.5至4.0in.)的浮动能力。每个阶梯轴承的静态承载能力与主支撑轴承大致相同。

这种设计不需要浮动轴承在其轴承座中发生轴向移动。这样可消除由于高径向载荷使得轴承移动时在内孔或外径表面产生擦伤或磨损的风险。阶梯轴承彼此相向倾斜形成一个浅V形结构, 以从交叉的方向固定和安置衬套。

主支撑轴承通常松配合装配在耳轴上和衬套中, 以便于安装和拆卸。浮动衬套组件和阶梯轴承安装在全封闭钢质轴承座中, 该轴承座还包含主密封圈。

BOF 浮动侧轴承组件:

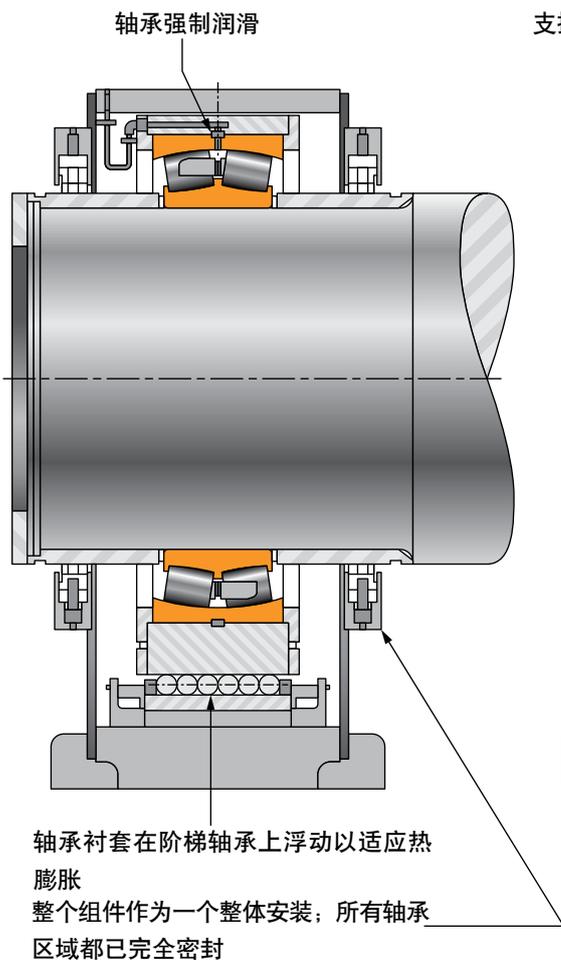


图39. BOF浮动侧轴承组件

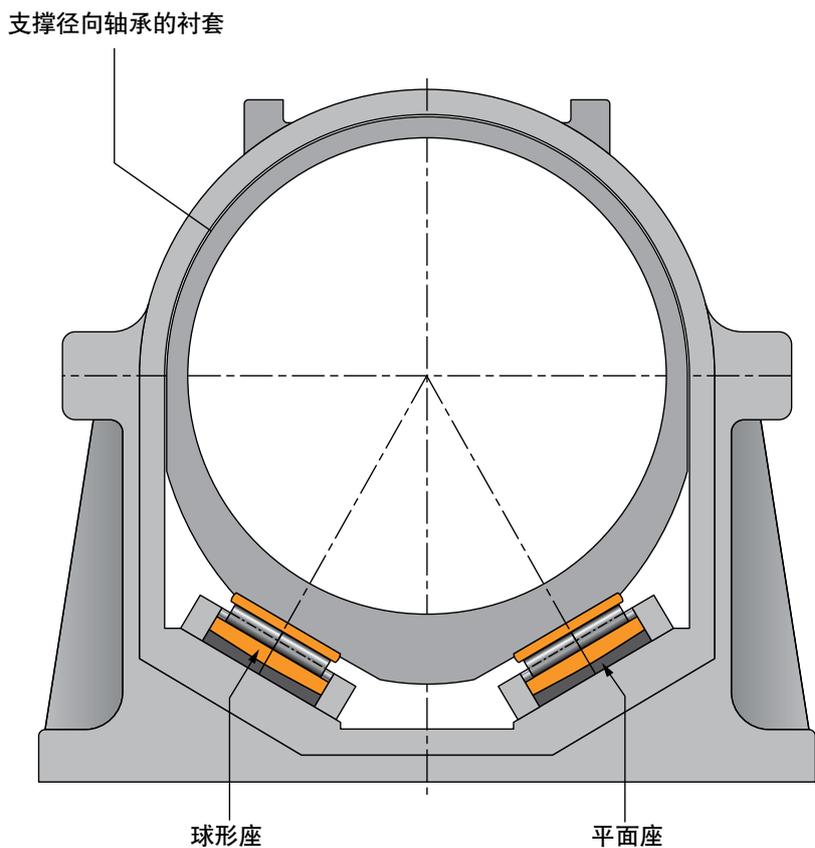


图40. 阶梯轴承布局

B0F耳轴固定侧轴承组件

固定侧组件更简单，尺寸更小，因为它不需要可内部浮动的衬套或阶梯轴承。固定侧通常设置在转炉的传动侧。固定侧轴承组件的一个重要设计特性可以用剖分式轴承(图42)替换原来的标准轴承(图41)。事实证明这很有必要，因为更换标准轴承将需要拆卸整个传动系统。这是一项艰巨且极耗时的任务。

标准轴承的初始安装可采用两种方式。使用紧配合方式将直孔轴承直接安装到轴上；或使用锥形紧定套安装锥孔轴承。

使用紧定套可最终控制轴承在轴上的位置，并适度调整轴承游隙。使用紧定套时还可借助液压装置分开轴承和紧定套，以便于拆卸轴承。

B0F固定侧轴承组件：

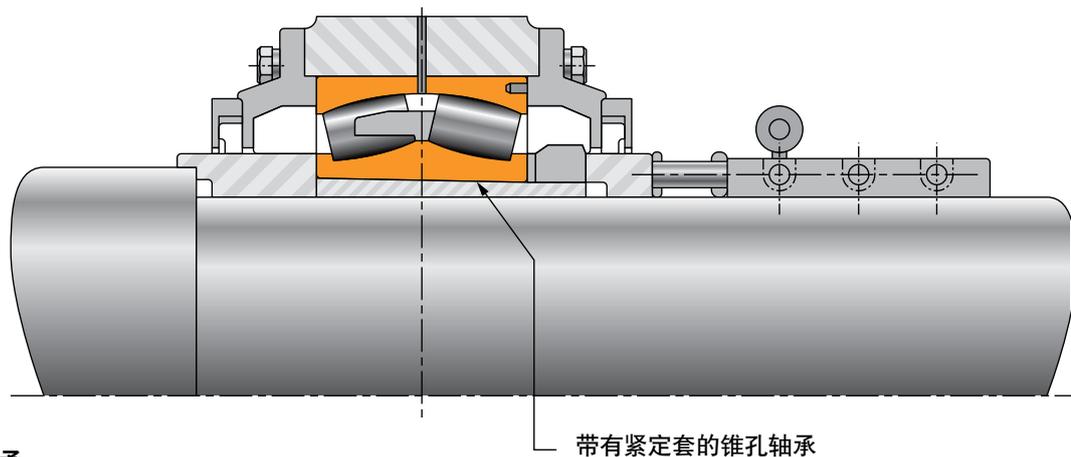


图41. 标准轴承

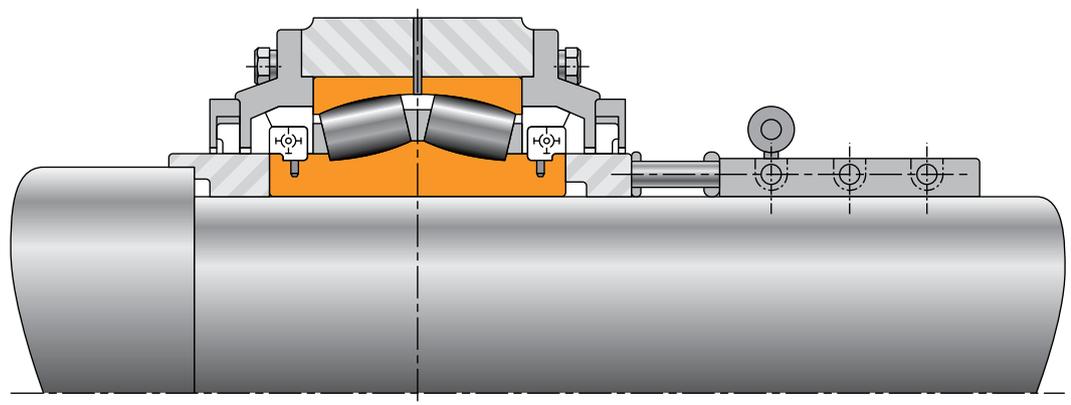


图42. 剖分式轴承

使用剖分式轴承替换标准轴承更便于拆卸。首先拆下轴承座盖，稍微升起耳轴，然后将标准轴承切开或割裂成两半以将其拆下。如果使用锥形紧定套，采用相同的方式将其拆下。紧定套中的轴向槽有助于将其拆卸而不损坏耳轴。在轴上装配新的剖分式轴承，然后将其装回轴承座内。

紧配合安装的紧定套有助于降低操作期间炉体潜在的剧烈振动对轴承部件造成冲击损坏的风险。

BOF轴承座中所用的调心滚子轴承的标准偏心补偿能力为1.5度。如果需要更高的偏心补偿能力，轴承可配备较宽的外圈以将偏心补偿能力提高到3度。铁姆肯公司利用型号中的W57代码来表示具有此特性的轴承。

铁姆肯公司提供的组件通常包含耳轴上轴承两侧的轴套。背衬轴套用来夹紧整个轴承组件于轴上，并可作为密封圈工作面。安装剖分轴承时，将这些轴套变窄以夹紧更宽的内圈。

由于BOF轴承组件必须在多尘污染且通常高温的钢厂中工作，因此有效密封至关重要。容易受到磨蚀性转炉尘粒污染的轴承可能会出现提前磨损。为了预防这种问题，必须采用坚固的密封以承受转炉耳轴环的热膨胀和偏移造成的轴向移动。

转炉耳轴轴承选择的其它考虑因素

熔炉必须承受装料、熔炼和净化过程中发生的明显甚至剧烈的振动。在轴承和轴承座的设计和选择中请考虑到这些因素。为了获得最佳的轴承性能，我们倾向于在轴上和轴承座中选择较轻的紧配合。但是，考虑安装拆卸的便利性也很重要。

尽量减小轴承径向游隙可降低滚子和滚道产生接触压痕(假性布式压痕)的风险。尽量减小工作游隙并采用较轻的紧配合也可改善轴承内外圈的定位并最大化轴承承载区。这些轴承传统上经全淬透处理，但铁姆肯公司还可为需要特别考虑冲击载荷的应用提供表面渗碳部件。

在这种应用中，润滑油脂主要用于帮助预防腐蚀以及防止污染。为此，我们建议在轴承和轴承座空腔中100%填满润滑脂。这些熔炉的转速极低，滚子和滚道无法形成正常的润滑油膜。基油粘度极高的高稠度极压(EP)润滑脂能够改善润滑条件。建议使用合成基油复合锂基脂。

铁姆肯公司还可根据您的特定应用需求来设计生产剖分式和特殊轴承。详情请咨询铁姆肯公司的工程师。

连铸

生产板坯(图43)、大方坯和小方坯的连铸机代表着自贝氏转炉之后钢材生产领域最显著的进步。与传统的独立浇铸钢锭方法相比,连铸机在产量、成材率与连续性方面都有显著改进。此外,铸造更薄板坯的能力(与合金有关)还可明显降低后续的热轧要求。

通常,传统板坯连铸机生产的板坯厚度为180mm(7 in.)至300mm(12 in.),生产速度为0.8至2.0 m/min.(2.6至6.5 ft./min.)。中等板坯连铸机生产的板坯厚度为100mm至180mm(4至7 in.),生产速度为1.0至3.0 m/min.(3.3至10 ft./min.)。薄板坯连铸机生产的板坯厚度低于100mm,生产速度为3.0直至6.0 m/min.(10至20 ft./min.)。

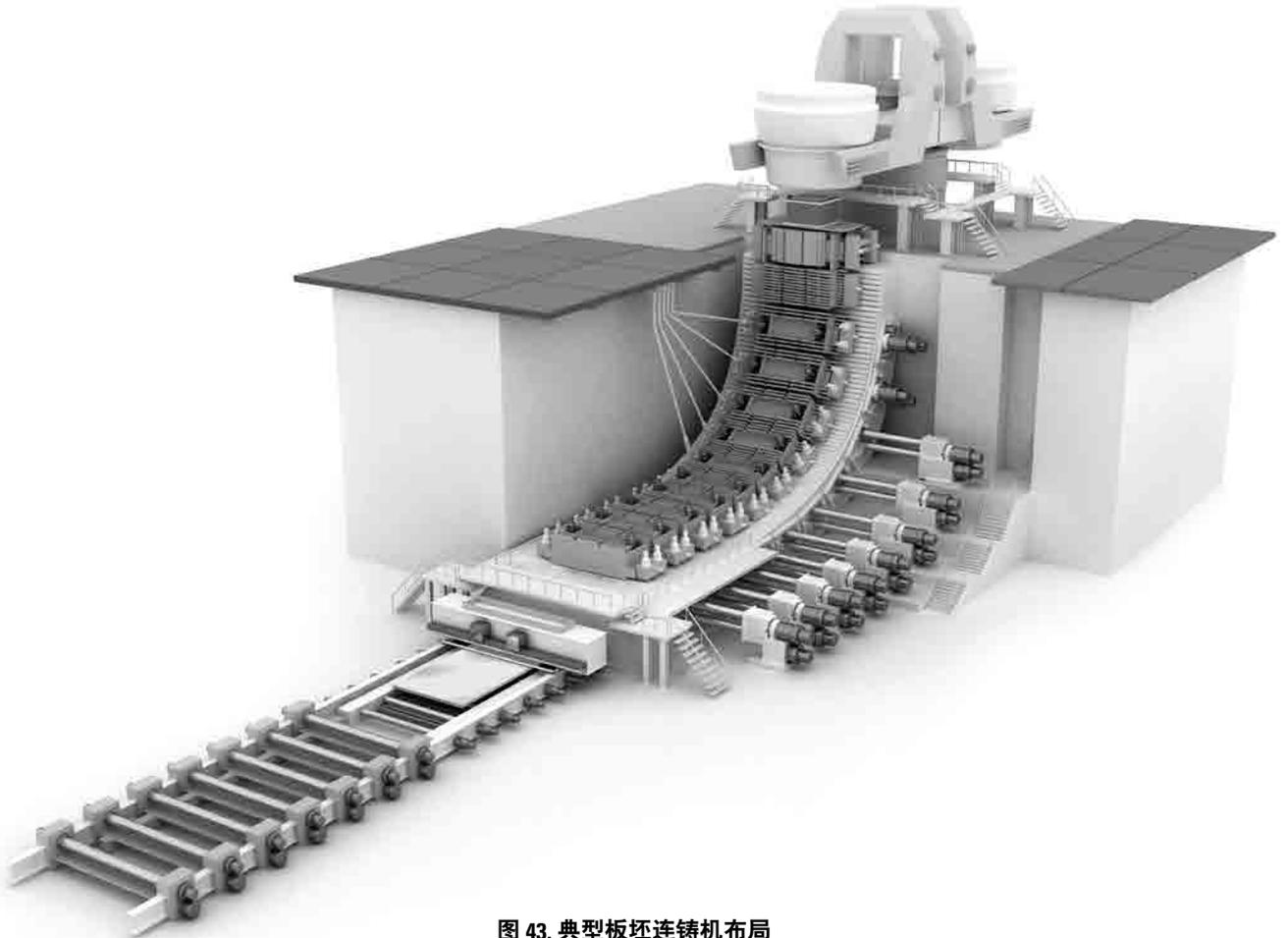


图 43. 典型板坯连铸机布局

连铸机设计

图44显示连铸机的主要部件。几乎所有连铸机都采用这种总体配置，少量不同之处取决于原始设备制造商的技术、铸造的钢材等级和最终用户偏好。

下面的说明适用于板坯连铸，大方坯和小方坯连铸机也需要考虑相似的因素。

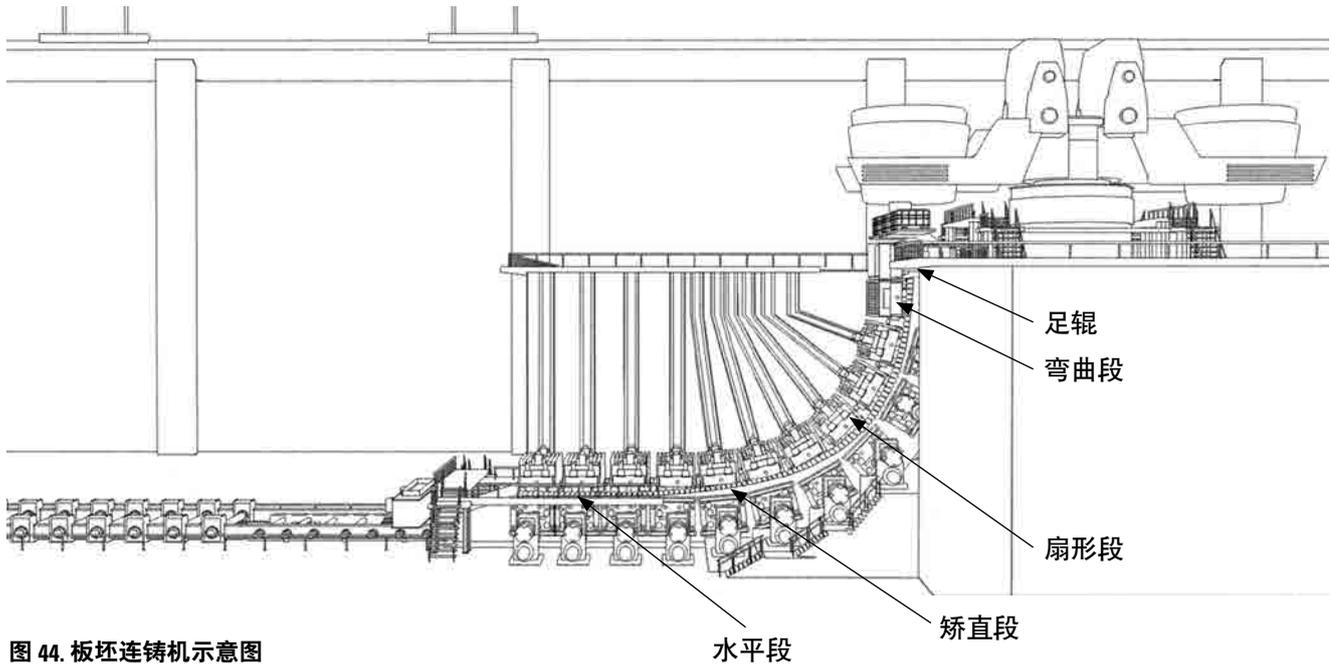


图 44. 板坯连铸机示意图

操作顺序

首先，钢水从炼钢炉倒入浇铸钢包中。

然后，钢包通过引导嘴将钢水倒入漏斗。

另一个引导嘴将钢水引入水冷结晶模。结晶模内衬层通常由铜合金制成，不断震荡以防止钢水粘结在结晶模上。钢水表层开始固化，产生所需的形状（板坯、大方坯或小方坯），然后脱模，附着在引锭杆上。引锭杆在连铸机出口处与钢材分开。

板坯离开结晶模后，将经由弯曲段顶部（足辊），进入弧形（扇形）段和矫直段，最终到达水平段。

配备直形结晶模的连铸机包含弯曲段，在此形成与扇形段弧度一致的板坯。配备弧形结晶模的连铸机不需要弯曲段。

在结晶模下方，连铸机分为8到12个独立单元，各有5到7对轧辊，每对轧辊各有一辊位于板坯的上方和下方。其中一对轧辊是传动辊，用于控制板坯的速度。其它的都是从动辊，用于支撑板坯并保持其厚度和形状。许多连铸机的板坯厚度在从扇形段落下时会有少许变薄。这称为软芯减薄，是由于冶金学原因产生的，与板坯厚度控制无关。

上辊和下辊安装在两个独立的机架上，可进行调整以设置上辊与下辊的相对位置。每个独立的轧辊单元都可以作为完整的组件从连铸机拆下。

从外部喷射大量水来冷却板坯。连铸辊也通过旋转联轴器和内部通道进行水冷。对轧辊和轴承座的冷却可控制部件温度并保证它们的机械性能。

板坯离开矫直段之后，通过水平段，被横向的气炬切割成所需的长度。最后，板坯进入冷却区，进行标记后输送到热轧机。

连铸机轴承位置

钢包回转台

回转台的旋转部分，是钢包回转台的主要轴承应用位置。

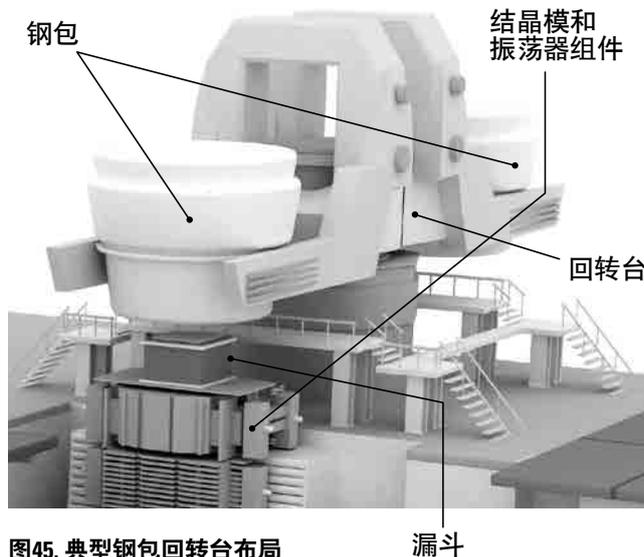


图45. 典型钢包回转台布局

钢包回转台轴承

轴承必须能够承受悬臂载荷产生的极高倾覆力矩。当一侧支撑满载钢包而另一侧支撑空钢包时即会出现最高的倾覆力矩。它们还必须能够承受满载钢包放上支撑臂时产生的冲击载荷。钢包回转台、钢包和钢水的总重量可超过1000公吨，而其旋转速度不超过1圈/分钟。

回转台设计类型有两种。第一种(图45)使用连接两侧支撑臂的单个转台。该转台安装在大直径回转支撑轴承上，轴承的直径可达数米。这是最常见的设计。

第二种设计采用中央立柱，套筒安装式支撑臂通过径向和推力轴承绕着该中央立柱旋转。这种类型可配置为每个钢包支撑臂独立旋转。

不同的原始设备制造商为立柱式钢包回转台配置不同的轴承类型。通常，使用圆柱滚子轴承提供径向支撑，使用推力轴承提供轴向支撑。推力轴承可以是圆锥滚子、调心滚子或圆柱滚子三种类型。

结晶振荡器

振荡结晶模对于尽量减少钢水粘模衬层非常重要。早期的连铸机采用凸轮或偏心装置这些机械机制和电机驱动来实现振荡。大部分这种设计已被液压共振振荡器取代，因为后者设计更加紧凑，控制更加灵活。液压设计还可避免使用磨损快且需频繁维护的机械传动部件。

结晶振荡器轴承

使用机械振荡器的连铸机需要专门设计的轴承来承受振荡载荷和振动。圆柱滚子轴承、调心滚子轴承和圆锥滚子轴承通常可满足这种需要。它们通常配置高强度保持架，并严格控制游隙和径向跳动。

足辊（顶部区）和弯曲段

这是板坯支撑轧辊位于结晶模正下方的第一段。板坯表皮薄而易碎，因此支撑辊靠得很近，直径较小。这些轧辊的直径通常为120至160mm (4.7至6.3in.)，且全部是从动辊。

连铸辊的结构是在设定宽度的心轴上，间隔装上支撑轴承和用来进行轧制的轴套。更常见的轧辊结构由独立的辊区构成，每个轧辊两端各有一个支撑轴承。这些轧辊利用喷水装置实现外部冷却。

连铸机轴承可耐受这种环境中的恶劣条件，包括重载、高温、低转速以及水、水垢和蒸汽污染。与轴承座距离只有几毫米（不到一英寸）的板坯表面温度达到大约1000°C (2000°F)。

足辊区和弯曲段轴承

由于存在这些极端条件，足辊(图46)和弯曲段轴承通常定期更换，而不是根据检查结果来确定。通常每四到六个月更换一次。

由于温度太高而无法使用橡胶密封圈，因此通常利用钢质弹簧圈或活塞环实现密封。通常进行连续的脂润滑来防止污染物进入轴承。

此处使用的轴承类型包括NA49、NA59和NA69系列中的单列和双列滚针轴承，以及环面和自动调心类的调心滚子轴承和圆柱滚子轴承。我们经过特殊热处理的轴承在高温工作条件下仍可保持尺寸稳定。这些轴承的型号中通常带有S2或S3后缀。这表示轴承分别可在高达250°C和300°C(482°F和572°F)的条件下保持尺寸稳定。

这些应用中的轴承载荷根据轧辊数量、每个轧辊的轴承数量、轧辊位置和板坯中的铁水静压力而变化。根据铸造的板坯厚度，连铸辊转速通常是2至15 RPM。低转速意味着轴承载荷将被视为静载，因为轴承的滚子和滚道接触面难以形成流体动态润滑油膜。因此，轴承的静态承载能力比动态承载能力更加重要。通常，按照轴承静态承载能力与载荷比值约为3:1的标准来选择轴承。如果低于这个比值，如2:1，会导致轴承寿命较短而频繁更换。频繁的维护和极低转速，使得内圈和外圈都采用松配合安装。

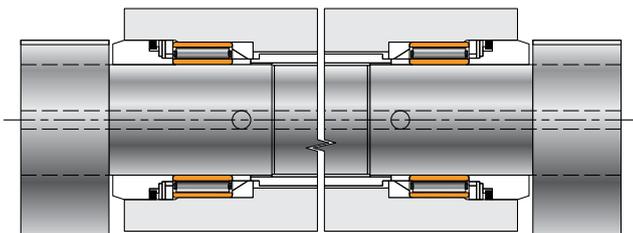


图46. 典型足辊轴承布局

板坯支撑段（扇形段、矫直段和水平段）

连铸机的扇形段、矫直段和水平段中的板坯支撑单元都采用相似的配置，只是轧辊数量和轧辊直径存在不同。这些单元作为整体组件，非常方便拆卸和更换。

随着板坯沿连铸机向下移动，板坯的外壳逐渐变厚，在扇形段下半部分实现完全固化。这意味着板坯支撑辊放置的间距可以增大，直径也比顶部连铸辊更粗。每段的轧辊数量在10到14之间，成对排列，每对轧辊各有一辊位于板坯上方和下方。

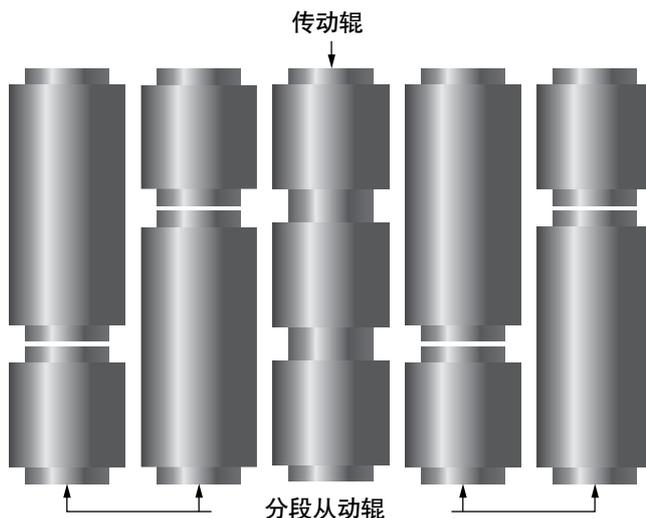


图47. 典型连铸辊配置

通常，居中的一对驱动辊驱动并控制板坯的速度(图47)。其它连铸辊都是从动辊。根据连铸辊的长度，需要在其中间位置放置适当的支撑轴承以尽量减小辊弯曲。这对板坯质量至关重要。

从动辊通常由两到三个短辊段组成，每段在其每端有一个轴承。这些辊子采用内部冷却方式，利用旋转联轴器将冷却水送入和导出到辊子。

中间轴承沿着板坯行进方向在各辊上交错分布。这样可以尽量降低板坯通过时单个辊子上轴承和轴承座部分无法支撑的影响。

板坯支撑段轴承

轴承的选择和安装必须保证每个辊子上有一个固定位和一个或更多的浮动位。调心滚子轴承通常被用作固定位的选择。

浮动位轴承必须能够承受多达6mm(0.25in.)的辊子轴向热膨胀以及多达0.5度的偏心。浮动位解决方案包括自调心圆柱滚子轴承、圆环滚子轴承或融合了调心滚子轴承和圆柱滚子轴承特点的Timken® ADAPT™轴承(图48)。这些设计可在轴承内部实现轴向浮动，并具有比标准圆柱滚子轴承更高的偏心能力。

调心滚子轴承也适用于浮动位置，但用于浮动位时其外圈应采用松配合以实现轴承座内的浮动。

连铸机从动辊可设计为采用在全尺寸心轴(轴)上装上套筒作为轧制工作面的设计形式。我们将这种类型称为堆叠心轴设计(图49)。这种堆叠心轴类型在中间支撑位置只使用一个轴承，与完全分开的多段短辊子设计要使用两个轴承相比，可以缩小板坯无法支撑区的宽度。

轴承安装通常遵循标准公差配合指导原则。避免重载紧配合安装，这种安装会增加安装和拆卸的难度，并增加拆卸过程中损坏轴承的风险。调心滚子轴承通常采用C3和C4游隙。

对于传统(非剖分式)轴承，建议采用F6或G6轴配合，轴承座配合采用G6、G7或H7。

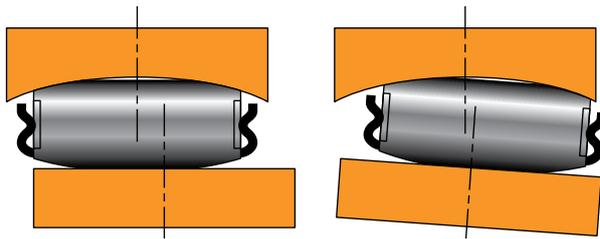


图48. ADAPT™轴承的设计能够同时承受轴向浮动和偏心。无论轴向位移和偏心程度有多大，滚子都对准内圈

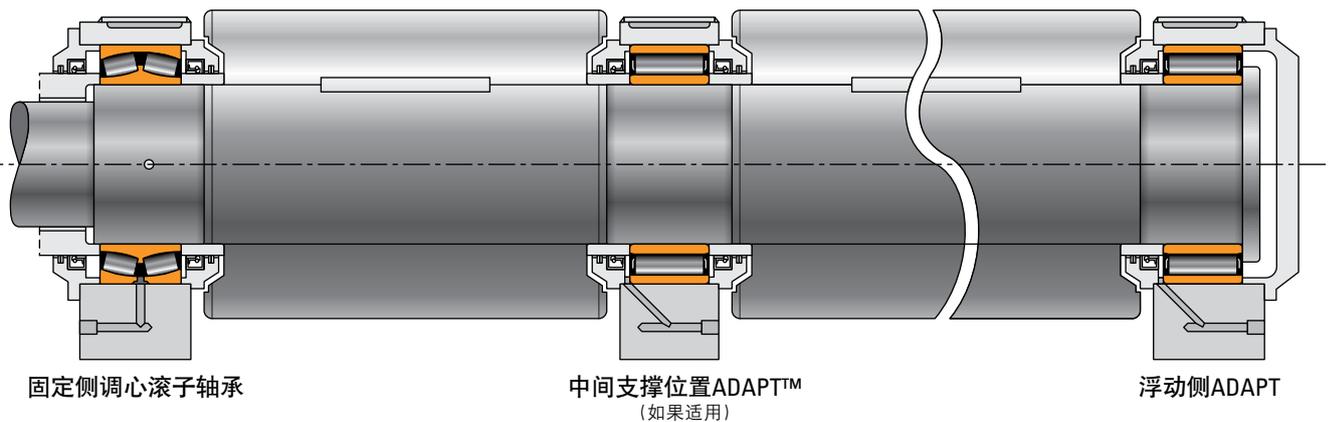


图49. 使用ADAPT轴承的连铸辊示意图

应用考虑因素和轴承选择

连铸

传动辊需要使用中间支撑轴承，并沿整个辊身传递驱动扭矩。传统设计利用整体式轧辊以及一到两个位置的剖分式轴承(图50)实现此目的。整体式轧辊设计中使用的轴承和轴承座组件都是剖分的，以便于安装。

这些剖分式轴承组件可使用调心滚子轴承(图51)或圆柱滚子轴承。

剖分式组件通常设计为一个完整的系统，轴承和轴承座设计在一起以适应特定连铸机轧辊配置。需要非国际通用标准(ISO标准)外形尺寸或公差的特殊轴承。调心滚子轴承组件要求采用松轴配合以便于在轴上实现轴向浮动。圆柱滚子轴承组件在轴上可采用过渡配合。它们的外圈与轴承座孔之间都采用松配合。

这些组件必须利用剖分式元件，包括轴承内外圈、保持架(如果有)、密封件和轴承座本身。与端部位置所用的传统轴承和整体式轴承座相似，此处使用的组件也必须便于水流冷却轴承座盖并为轴承供应润滑脂。

调心滚子轴承和圆柱滚子轴承类型共同的关键特性包括半外圈、水冷式轴承座盖以及三级密封或两级密封。铁姆肯公司在轴承座盖中使用专利蛇形管冷却室(图52)，优化冷却液流速，可以获得最佳散热效果，并尽可能减少水垢的产生。

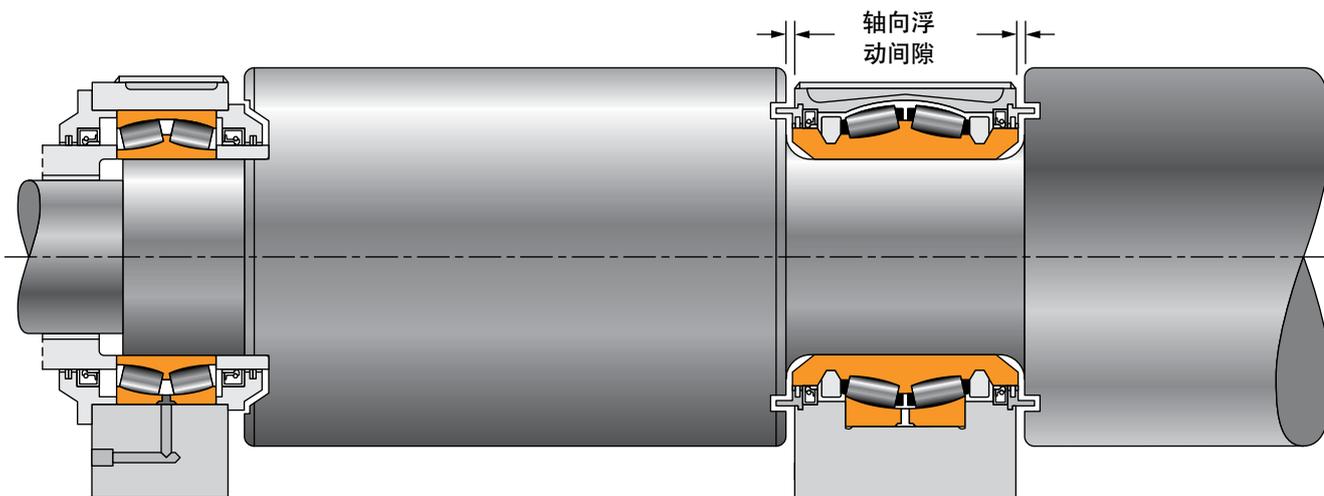


图50. 中间位置带剖分式轴承的一体式连铸辊



图51. 剖分调心滚子轴承和水冷轴承座

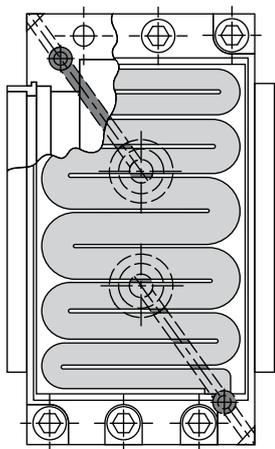


图52. TIMKEN专利的轴承座冷却系统

轧钢

平材轧制

虽然制造冷轧带钢的生产流程存在变化，但是这些工艺流程通常都是来自连铸、板坯初轧或直接是铸锭的材料开始。在本部分中，我们将重点介绍轴承及其与所支撑的轧辊之间的关系（图53）。

轧机是对轴承要求极其严苛的应用，必须在很高的工作温度下运行，载荷最重的厚板轧机其载荷可达8000公吨，速度最快的冷轧机线速度超过2000m/min. (6500ft./min.)。

此外，速度和方向的瞬间变化也会产生巨大的径向和轴向载荷组合。为您的轧机应用选择轴承时，必须考虑所有工作参数。

热轧和冷轧存在多种明显的差异：

- 冷轧的轧机速度明显高于热轧
- 冷轧带钢的厚度公差控制更严格，表面质量更高
- 与热轧机相比，冷轧机在工作中通常需要长时间运行，特别是来料钢卷首尾相连进入轧机需要连续工作的设计；或箔材轧机应用，轧机的终轧流程可能会持续几个小时

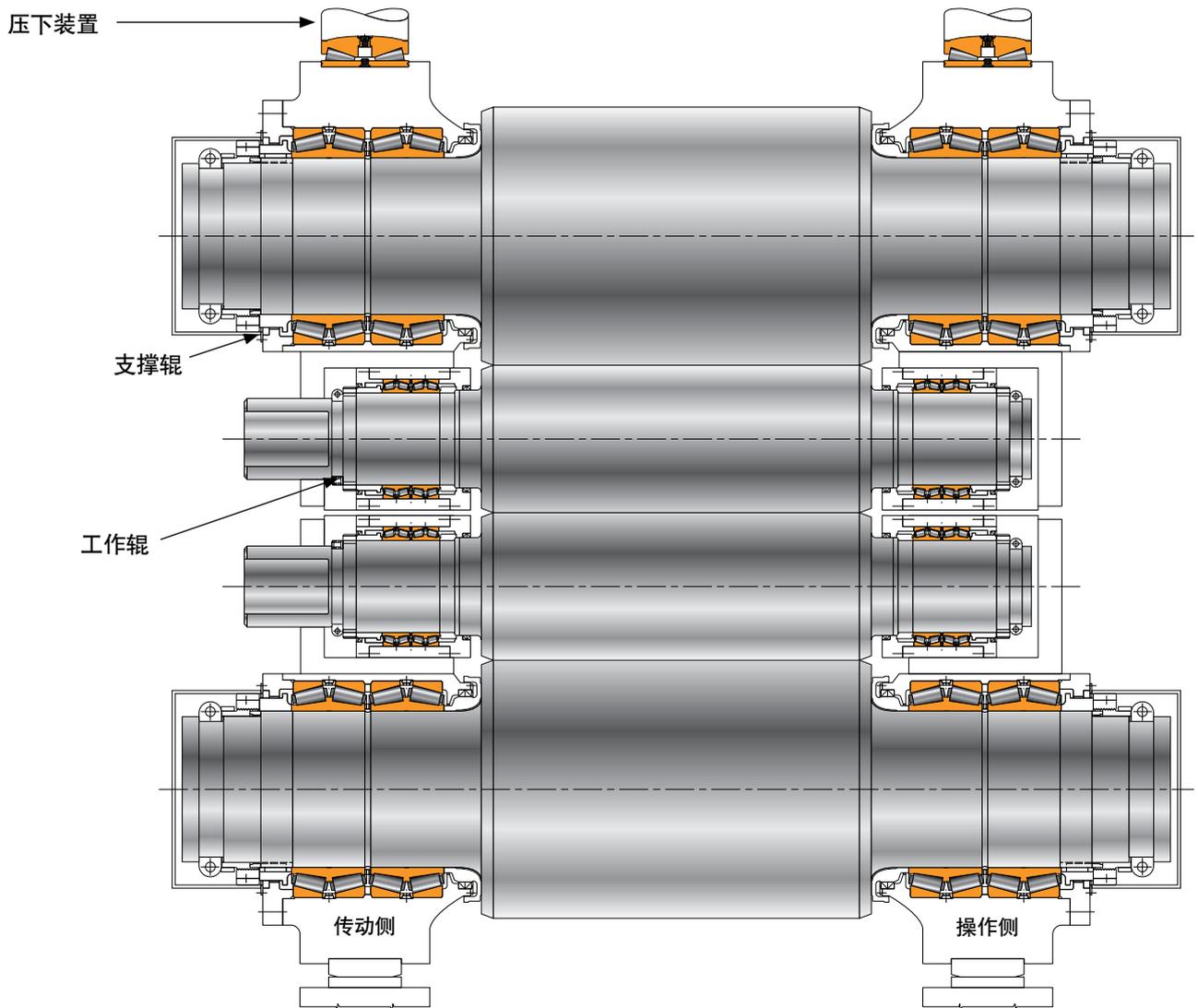


图53. 轧钢应用 四辊轧机

厚板轧机和带钢热轧机

粗轧机用于轧制来自板坯初轧或连铸的坯料，有时直接轧制铸锭。成品材料的厚度变化极大。轧机可以轧制超过 200 mm (8 in.) 厚、5 m (197 in.) 宽和 35 m (115 ft.) 长的板材。这三个尺寸由板坯或铸锭的重量以及轧机的尺寸决定。

轧机速度： 低于300 m/min.(1000 ft./min.)

辊颈轴承：

- **支撑辊径向位置：**
TQOW、2TDIW、多列圆柱滚子轴承 (RX)、油膜轴承
- **支撑辊轴向位置：**
与圆柱滚子轴承和油膜轴承配套使用的TDIK、2TSR
- **工作辊径向位置：**
TQOW、2TDIW
- **工作辊轴向位置：**
TDIK、2TSR (存在窜辊时)

精轧机

热轧主要用于减小从粗轧机架或连铸机中出来的材料的厚度。最新设计的带钢热轧机对成品带钢的尺寸控制极为严格，并且受到带钢的厚度、表面轮廓和平整度等重要指标的影响。从精轧机架出来的产品盘卷后，用作冷轧的原料或直接供应给金属成品加工厂。

轧机速度： 通常低于1000m/min. (3300 ft./min.)

辊颈轴承：

- **支撑辊径向位置：**
TQOW、2TDIW、多列圆柱滚子轴承 (RX) 或油膜轴承
- **支撑辊轴向位置：**
与圆柱滚子轴承和油膜轴承配对使用的TDIK、2TSR或TTDWK
- **工作辊径向位置：**
TQOW、2TDIW
- **工作辊轴向位置：**
TDIK、2TSR (存在窜辊时)

冷轧机

冷轧流程与热轧不同，它在低于金属再结晶温度的温度下，轧制金属产生变形。这种冷加工，可以提高材料的强度和硬度，同时韧性大幅下降。因此，大部分冷轧黑色金属产品都需要经过退火(加热)和回火平整处理。

轧机速度： 1000m/min. (3300 ft./min.) 至2000m/min. (6500 ft./min.) 以上

辊颈轴承：

- **支撑辊径向位置：**
多列圆柱滚子轴承 (RX)、TQIT或油膜轴承
- **支撑辊轴向位置：**
与圆柱滚子轴承和油膜轴承配对使用的TDIK、2TSR
- **工作辊径向位置：**
TQOW或2TDIW
- **中间辊径向位置：**
TQOW或2TDIW
- **工作辊和中间辊轴向位置**
TDIK、2TSR (存在窜辊时)

平整机

平整机又称为表面调质轧机，是一种小幅减小材料厚度(大约2%)并对带钢进行回火处理的冷轧机。轧机可设计为二辊、四辊或六辊结构。通过平整道次对产品造成的轻微延展得到增强的物理性质包括：

尺寸准确度和重复性，
提高延展屈服强度，
提高表面光洁度，
改善外形和平整度。

轧机速度： 通常<1200 m/min. (3950 ft./min.)

辊颈轴承：

- **支撑辊径向位置：**
多列圆柱滚子轴承 (RX)、TQIT
- **支撑辊轴向位置：**
与圆柱滚子轴承配对使用的TDIK、2TSR
- **工作辊径向位置：**
TQOW、2TDIW
- **中间辊径向位置：**
TQOW、2TDIW

长材轧制

长材产品包括各种半成品和成品：圆形、矩形和六边形钢棒、无缝和焊接钢管、槽型钢和钢梁之类的结构件、铁轨、线材和钢丝。

虽然产品范围极广，但其生产总体流程都与平材流程相似。流程开始都是对连铸小方坯和大方坯经过粗轧机和精轧机进行热轧和冷轧处理。然后进行精加工，例如矫直、均整和切割。

长材产品种类繁多，制造商生产的轧机类型也多种多样。这些轧机包括但不限于：

- 二辊和三辊可逆式棒材轧机。
- 多机架二辊棒材轧机，带有悬挂（悬臂式）辊。
- 穿孔机和定径机，带有进行无缝轧制的锥形轧辊。
- 用于焊接钢管的成型和焊接设备。
- 组合了水平和垂直辊的通用轧机，适用于型材和钢轨。
- 多机架高速线材轧机。

与平材轧机相似，长材轧机应用对轴承要求同样苛刻。此外，与平材轧机相比，轧制不对称形状产品会产生更高的轴向载荷。因此，辊颈轴承配置（图54）通常包括一个额外的止推轴承。

辊颈轴承选择标准与平材应用相似，但是轧机类型和设计的多样性意味轴承选择除了尺寸限制之外，也有多种变化。

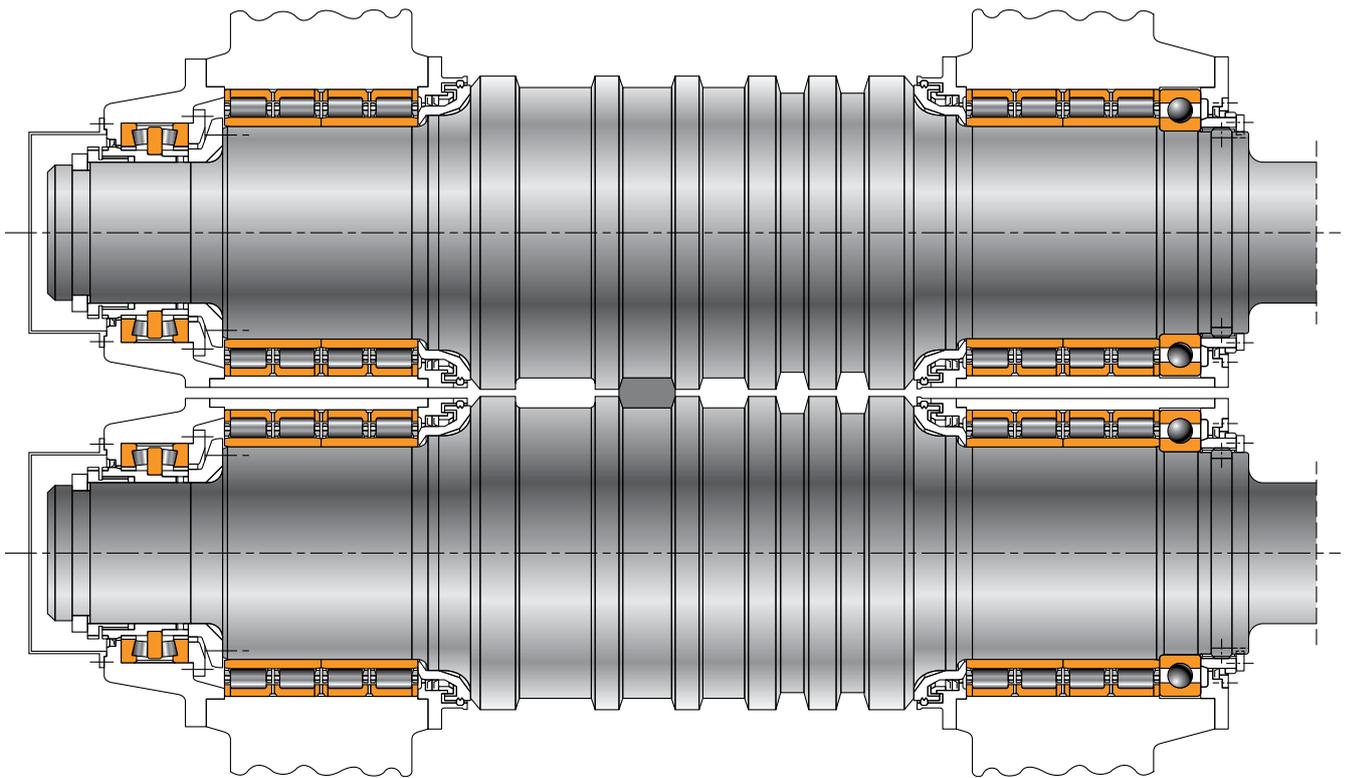


图54. 棒材轧机的典型轧辊和轴承布局

轴承解决方案：径向位置

工作辊和中间辊 平材轧机

与支撑辊轴承相比(请参阅第46页的支撑辊解决方案), 由于工作辊与中间辊载荷较低, 其轴承可选择较小的横截面与宽度。

工作辊轴承的尺寸由工作辊颈和辊身直径决定。辊颈直径大小受到传递所需扭矩的联轴器直径的影响。

带钢横截面的轮廓形状可由板形(或平整度)控制系统动态地调整。这些系统调整轧机宽度方向上的辊形, 以生产出平整的带钢。更严格的公差、改善的带钢平整度以及较高生产效率, 都对工作辊轴承提出了更高的要求。下面将讨论带钢平整度控制中使用的几种技术。

平整度控制技术

弯辊: 弯辊技术(图55)是最早用于改善带钢轮廓和平整度的技术。后来, 又被引入到热轧机中来提高产品质量(轮廓)。

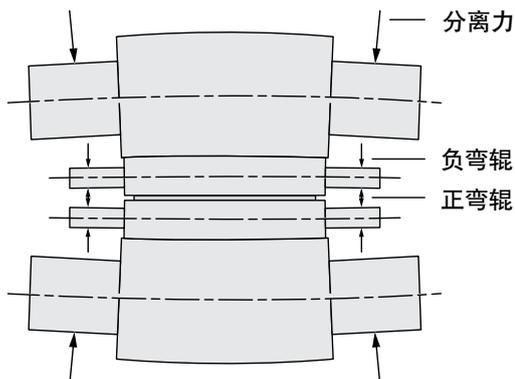


图55. 弯辊

弯辊技术给工作辊轴承带来了明显高于传统轧机的径向载荷。通常, 冷轧弯辊力(每个轴承座)超过80公吨, 热轧弯辊力超过200公吨。由于载荷更高, 且轴承座截面尺寸更小, 轴承的选用需更加谨慎。由于施加的高载荷会导致轴承座内孔变形, 可能需要对轴承座/轴承系统进行有限元分析(FEA)以验证轴承目录寿命 L_{10} 的计算结果。下面举例说明载荷在环绕轴承圆周的滚子之间的分布(见图56)。这种载荷分布通常称为兔耳形分布——载荷区中央的滚子载荷低于相邻的处于轴承座截面更厚处的滚子载荷。

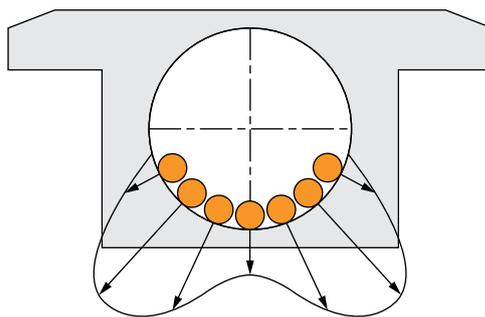


图56. 兔耳形滚子载荷分布

分析结果(图57)表明轴承座的垂直和水平截面(a和b)对轴承座变形和轴承性能都极其重要。

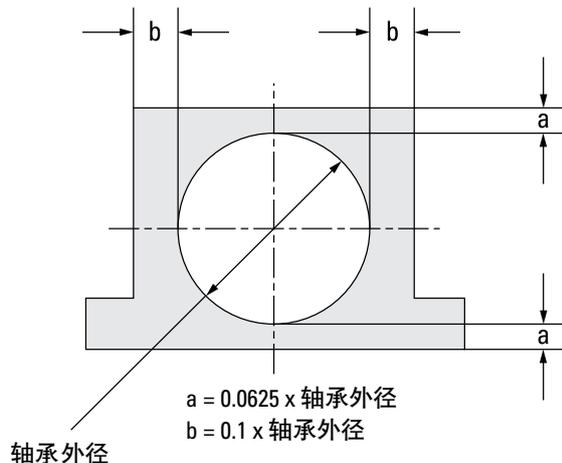


图57. 工作辊轴承座截面(对称轴承座)

窄辊和交叉轧辊: 除了弯辊技术, 还可利用窄辊进一步控制板型。窄辊技术采用特殊的辊身轮廓(图58)来改变轧辊有效辊缝。窄辊技术通常在不施加载荷的情况下用于四辊轧机的工作辊或六辊轧机的中间辊。

在交叉轧辊系统(图59)中, 附加的机械装置使辊端在水平面上反向移动, 使得轧辊产生交叉。这种交叉作用也可改变轧辊辊缝有效轮廓。

这两种板形控制系统都会在轧辊上产生高于传统轧机的轴向载荷, 通常需要额外的止推轴承来承受这个载荷。采用这种配置, 径向载荷完全由四列轴承承受, 轴向载荷则由止推轴承承受。也有一些例外, 采用锥度相对较大的四列圆锥滚子轴承(TQOW型)组件同时承受径向和轴向载荷。但是, 这种情况需要进行详细的分析以确保选择适当的轴承。

本章后面部分将会讨论止推轴承选择。

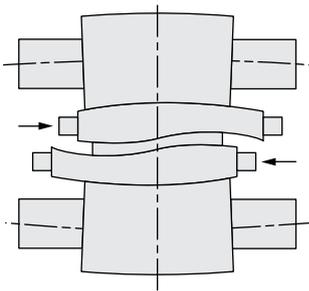


图58. 窄辊

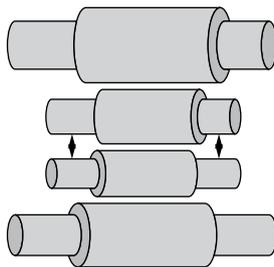


图59. 交叉轧制

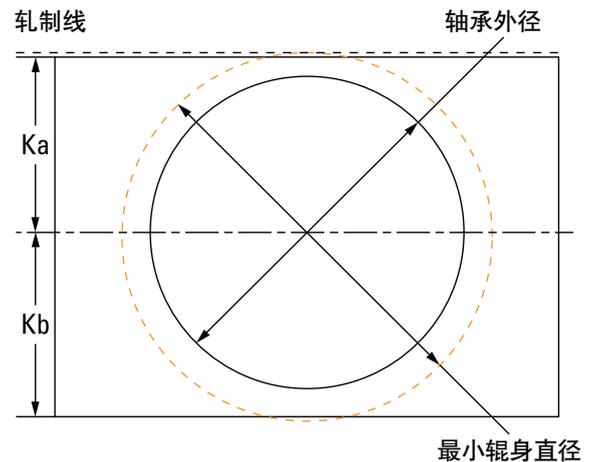
轴承选择：尺寸标准

工作辊：工作辊轴承组件的尺寸受限于辊颈直径、轴承座外形尺寸以及平衡缸与弯辊缸位置。将确定轴承最小允许内径、最大允许外径与轴承滚动体列的合适位置。

根据辊颈尺寸选择轴承内径：辊颈直径因轧辊材料的不同而存在巨大的差异。对于使用钢质轧辊的冷轧机, 辊颈-辊身直径比范围为45-50%, 而对于使用各种等级的铸铁轧辊的热轧机则为55-60%。

根据轴承座截面要求选择轴承外径：工作辊轴承尺寸选择要求认真分析轧机的轧制线与支撑辊轴承座之间的可用空间。工作辊身的最小半径必须超过工作辊轴承座中心线到轧制线的高度, 以确保轧辊接触不受轴承座干扰。

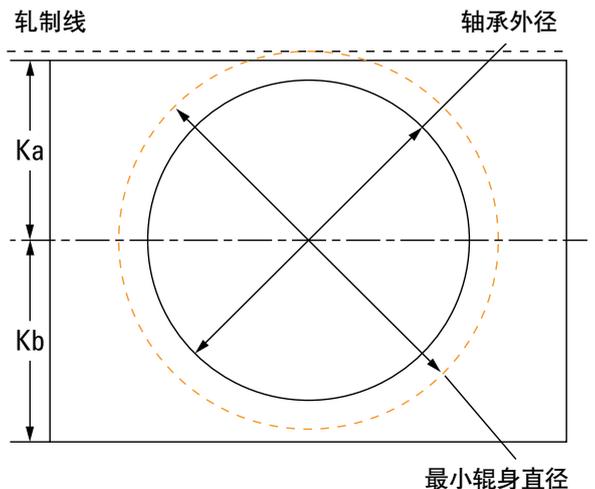
工作辊轴承座沿其中心线对称(图60), 也可为非对称设计(图61)。在使用外径相同的轴承时, 非对称轴承座(其距轧制线的截面高度更小)可使用更小辊身直径的工作辊。



$$\text{最小辊直径} = 1.125 \times \text{轴承外径} + 2 \text{ mm (0.078 in.)}$$

$$K_a (\text{min.}) = K_b (\text{min.}) = 0.562 \times \text{轴承外径}$$

图60. 工作辊对称轴承座



$$\text{最小辊身直径} = 1.100 \times \text{轴承外径} + 2 \text{ mm (0.078 in.)}$$

$$K_a (\text{min.}) = 0.550 \times \text{轴承外径}$$

$$K_b (\text{min.}) = 0.575 \times \text{轴承外径}$$

图61. 工作辊非对称轴承座

非密封辊颈轴承

TQOW型或2TDIW型四列圆锥滚子轴承是平材轧机工作辊和中间辊的首选解决方案，因为它具备多种优势：

- 整体式结构，装进到轴承座后，便于安装到辊颈上或从辊颈拆下
- 轴承组件拆卸和安装时避免损伤滚动体
- 能够同时承受轴向和径向载荷。通常不需要额外的止推轴承
- 如有必要，使用一段时间后，可通过重新磨削隔圈来重设轴承游隙
- 利用总体宽度公差较小的2TDIW，可采用更加紧凑和简单的装配结构，避免使用操作麻烦的可调轧辊端部夹紧系统（见图62）

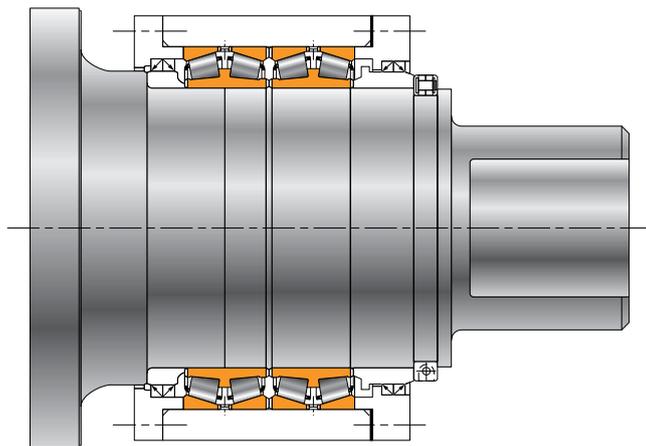


图62. 2TDIW简化的安装方法

轴承类型：现有的许多轧机设计为采用与支撑辊轴承相比锥角更大的工作辊轴承，来应对由于轧机对中不良而产生的轴向载荷。机架、轴承座和衬套磨损的旧轧机可能会出现这种情况。虽然大锥角设计可提高轴承的轴向承载能力，但同时牺牲了径向承载能力。

TQOW型：广泛用于工作辊位置。这种轴承由两个双内圈、两个单外圈和一个双外圈构成。使用两个外圈隔圈和硬化内圈隔圈来建立其游隙。

带有内圈和外圈隔圈的2TDIW型：与上面的TQOW结构相似，只是双外圈换成两个单外圈。

无内圈隔圈的2TDIW型：最简单和最紧凑的设计。更严格的宽度公差便于简化安装设计（图62）。

3TDIW型：当轴承截面尺寸受限时，为了获得更高的径向承载能力，也可考虑六列圆锥滚子轴承。六列轴承用在部分铝材热轧机和冷轧机的工作辊上，也可用于四辊斯特克尔式轧机工作辊。

超宽2TDIW型：超宽内圈中隔圈和外圈中隔圈（图63）用于分开内两列与外两列。因窜辊而导致来自于弯辊液压缸的径向载荷相对于轴承中心线发生偏移，因此更宽的轴承跨距能够改善四列之间的载荷分布。

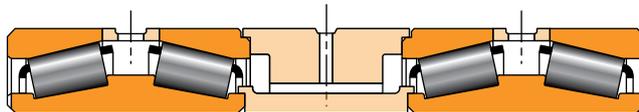


图63. 2TDIW超宽型

用于密封工作面的加宽内圈轴承（TQOWE或2TDIWE）：用于集成密封所需的空间经常会稍微降低轴承额定承载值。避免轴承承载能力下降的另一选择是与原始设备制造商商讨，使用加宽内圈的四列轴承（图64）。这种设计的轴承座密封装配在轴承内圈加宽部分的精磨凹槽面上，形成更高效的轴承座-轴承密封系统。除了提高密封性能，这种配置还可防止密封件在轴承座安装和拆卸过程中受到损坏。

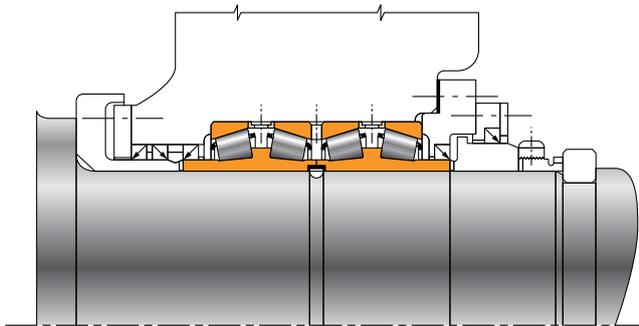


图64. TQOWE加宽内圈

密封辊颈轴承

密封辊颈轴承的使用非常流行，因为它可以降低与润滑脂消耗和处理相关的成本，简化轴承维护并使轴承使用寿命达到最长。密封辊颈轴承不需要在每次更换轧辊时补充润滑脂，可使轧机更加洁净，减少轧辊冷却液污染。

除了减少污染和提高润滑油保持能力，我们还开发出了改进型润滑脂。这些润滑脂可进一步提高轴承性能。密封辊颈轴承交付时可不加润滑脂，也可预加多种改进型轧机润滑脂中的一种，以适合您的特定应用。

尽量减小密封件占用的空间，以确保轴承的承载能力达到最高。Timken密封辊颈轴承的承载能力通常与同等尺寸的开放式轴承相同（请参阅产品表格以了解更多详情）。

使用密封辊颈轴承的好处包括：

- 降低污染物侵入及相关损坏的风险，从而提高轴承可靠性和使用寿命
- 通过减少润滑脂消耗和处理费用最大限度地减少维护成本
- 降低带钢沾染污染物和轧制液污染的风险
- 延长维护周期，减少每年所需的检查次数
- 降低冷却水和/或轧制液对润滑脂的污染，产生更洁净的环境

密封集成设计

集成式结构是在加宽外圈的沉头孔内安装有两个主密封圈。集成式密封设计（图65）通常设计为如下结构。

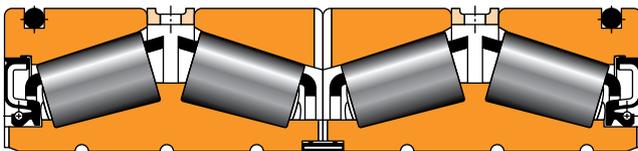


图65. 密封集成设计

主密封唇边跨于内圈小挡边加宽部分，用于阻挡污染物和保留润滑脂（图66）。

内径密封圈（图67）是一种静态密封圈，可防止轧制液从内圈内径侵入，同时允许释放过高的内部压力。

用于油气润滑时，可不配内径密封圈以帮助通气以及润滑内径/辊颈。外侧外圈的外径中整合了O形环以防止污染物从轴承的外径进入。



图66. 主密封圈

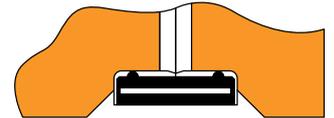


图67. 内径密封圈

密封辊颈轴承可采用实现轴承座内再润滑的设计。此结构润滑脂入口在外圈隔圈上，出口在中间两个外圈之间，如图67所示。或者，对于不要求进行轴承座内再润滑的应用，密封辊颈轴承也可配置不带油孔的外圈隔圈。

其他特点包括：

- 所有内圈（内侧和外侧）端面凹槽，用于增强润滑效果或减少内圈跑圈造成的端面磨损
- 内径螺旋槽，充当辊颈润滑贮槽以减少辊颈磨损
- 单外圈可在四列之间达到最佳的载荷分布，但也可提供中央双外圈
- 严格的宽度公差可简化轴承座和辊颈设计、组装和维护

密封骨架设计

密封骨架设计包括独立密封骨架中的重载荷主密封圈。密封骨架的外径整合了O形环以防止污染物从骨架外径进入。内径密封圈的设计与集成密封圈中所用的设计相似。

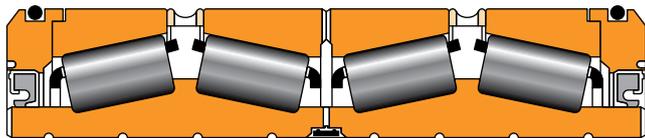


图68. 密封骨架设计

上面的密封骨架设计结构(图68)采用与标准TQOW 轴承相同的基本内部设计特点，但是具有延长型内圈和主密封骨架环。这种轴承比承载能力相同的开放式轴承要宽，必须相应地设计辊颈/轴承座。

辊颈轴承可选特征

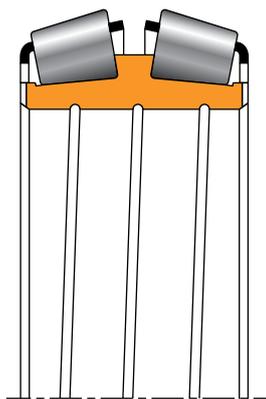


图69. 轴承内径螺旋槽

TQOW组合是最常用的四列轴承组合。但是，可以选用这种基本组件附加其它可选特征以适应具体的应用。

1. 双内圈内径带螺旋槽 (TQ0GW)：内圈内径中的螺旋槽(图69)有助于保持以及在辊颈和内圈之间分配润滑油脂。铁姆肯公司建议辊颈和内圈内径之间的接触压力应低于 15 MPa (2175 psi)，以最大限度地降低提前出现辊颈擦伤的风险。不过也有例外，以较低速度运行的轧机可将这种辊颈接触应力上限升高到20 MPa (2900 psi)。

2. 更小的组合宽度公差 (2TDIW)：辊端装配组件包括定位环、可调节组件(通常为螺纹环和螺母)和拼合铰链环。通常，装配时首先拧紧调节螺母，使得所有部件都靠着倒角环或者辊颈挡肩轴向顶紧。然后必不可少的一步是，回调螺母，留出0.25至1mm (0.010至0.040in.) 的轴向间隙。对于大尺寸轴承，应加大该间隙。此轴向间隙使得内圈可以相对于辊颈跑圈，而不会收到来自轴向夹紧力的额外摩擦。

按照2TDIW的概念，总圈内圈宽度公差受到控制，因此可以不必使用可调节系统。在辊颈上定位轴承所需的部件只有定位环(也用作密封圈座)和拼合铰链环。利用2TDIW组件，可以不再需要螺纹调节环，从而显著地缩短辊颈(图70)。

这种夹紧装配系统也可确保留有建议的轴向间隙，从而内圈可以轴向自由而不被夹紧。

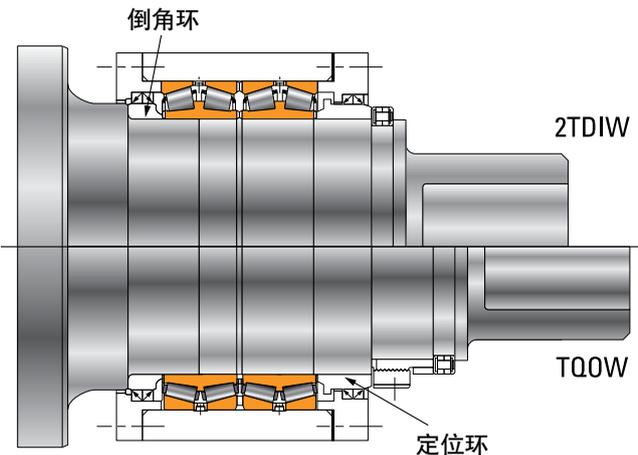


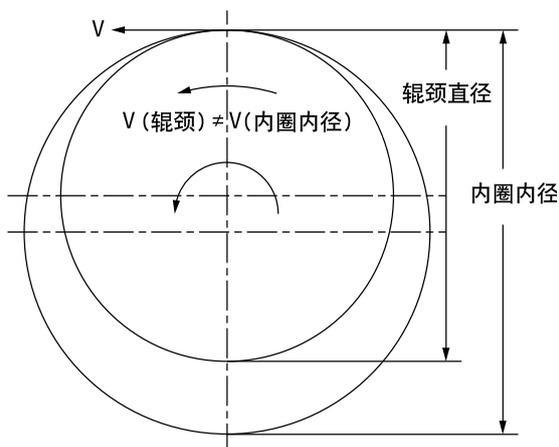
图70. 与TQOW相比，2TDIW可采用较短辊颈

应用考虑因素：四列圆锥轴承

1. 安装操作：鉴于频繁的工作辊更换需要，快速安装和拆卸轴承座-轴承系统必不可少。因此，无论轧制速度如何，工作辊和中间辊辊颈轴承都采用松配合安装。

辊颈直径小于内圈内径，导致双内圈将出现沿辊颈圆周跑圈的趋势。由于相互接触，辊颈和内圈内径的线速度基本相同。而由于内圈内径略大于辊颈直径，其转速会略低于辊颈转速，如图71所示。因此，务必确保：

- 内圈端面和相邻止推环端面之间必须留有轴向间隙以允许两个内圈自由跑圈并避免端面磨损
- 遵循最小辊颈配合建议以避免这种跑圈造成过度的辊颈磨损



内圈RPM = (辊颈直径/内圈内径) 轧辊RPM

注意：在此增大了直径差异以方便理解。

图71. 内圈跑圈图示

2. 辊颈润滑：辊颈必须涂抹润滑油脂以尽可能避免内圈跑圈造成的辊颈擦伤。这种润滑油脂通常与轴承所用的润滑油脂相同。对于可能会产生严重辊颈磨损的应用，可考虑使用特种润滑油脂。

使用油气润滑系统时，可通过内圈端面油槽和内圈大挡边上的径向油孔向辊颈供应润滑油。这样可对轧辊安装时提供的初始辊颈/内圈润滑油进行补充。

3. 未夹紧的内圈：内圈接触面应当硬化到大约55至60 HRC，以防止过度磨损。

4. 夹紧的外圈：必须使用指定的扭矩通过螺栓将端盖和外圈紧紧拧紧在轴承座上，以确保轴承得到设定的游隙。

5. 辊颈硬度：首选的最低硬度等级为45 Shore C (33 HRC)，以减少内圈内径与辊颈接触面的磨损。

6. 辊颈切槽：为了防止轧辊磨损或挤压，需要在辊颈上切出凹槽。切槽通常在辊颈径向深0.8 mm (0.032 in.)，其宽度超过内圈隔圈(图72)下方的内圈小端面切点1.6 mm (0.063 in.)，超过外侧内圈端面切点3.2 mm (0.125 in.)。

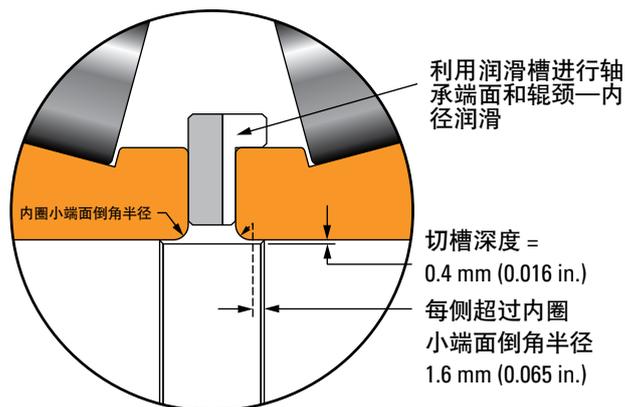


图72. 轴承组合中央的辊颈切槽
(仅适用于松配合装配)

7. 轴承座内孔切槽：切槽径向深0.8 mm (0.032 in.)，其宽度在每个外圈隔圈下超过外圈大端面倒角半径的切点1.6 mm (0.063 in.)，并超过外侧单外圈3.2 mm (0.125 in.)。只有支撑辊轴承座内孔需要开切槽。

8. 挡圈：挡圈通过键连接到辊颈，有时挡圈上集成轴承外圈挡肩，所以它会与轴承座和轴承组合一起从辊颈拆下来(图72)。挡圈在辊颈上的建议配合与TQOW内圈的配合相似。

9. 倒角环设计：倒角环(图70)应该紧配合装到辊颈上，最小紧配量应达到 $0.00025 \times$ 轴承内径。引导倒角环的圆柱体的长度必须足够长，以确保其紧配合安装时能够避免在辊颈上发生移动。密封圈座应精磨到0.25至 $0.50 \mu\text{m}$ (10至 $20 \mu\text{in.}$)的表面粗糙度。密封圈座硬度至少应为35 HRC，以减少密封唇压力造成的磨损。

10. 内圈挡肩（倒角环和定位环做挡肩）：

- 内圈挡肩直径应尽可能大。所有Timken轴承都有最小建议挡肩直径，这在设计相关配合部件(倒角环和定位环)时应当考虑
- 大部分辊颈轴承包含内圈小端面开有油槽的双内圈(DW后缀)，因此无需在相配部件端面上开槽
- 使用端面无油槽的双内圈(D后缀)时，倒角环和定位环端面必须有润滑油槽。槽和端面的边缘应当磨圆滑，以尽可能减少与相配内圈小端面的磨损
- 倒角环和定位环的端面硬度至少都应达到50HRC，最好为55至60 HRC

11. 端盖：在多列圆锥滚子轴承中，端盖和螺栓应当能够承受轴向载荷，尺寸必须适当。

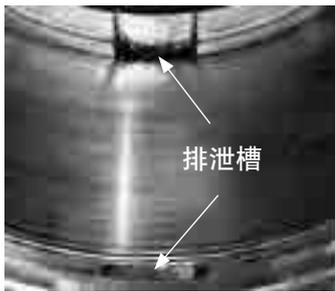


图73. 密封工作辊轴承——排泄槽

12. 轴承座排放（密封辊颈轴承）：使用密封辊颈轴承时，在轴承两侧，轴承座密封和轴承之间要求设置轴承座排泄槽（图73）或者排泄孔（图74）。这样可尽可能减少轧制液或水蓄积在轴承主密封圈旁。我们建议根据应用确定正确的排泄槽或排泄孔

尺寸。每次换辊时，应当根据需要对其进行检查并清除蓄积的油脂。

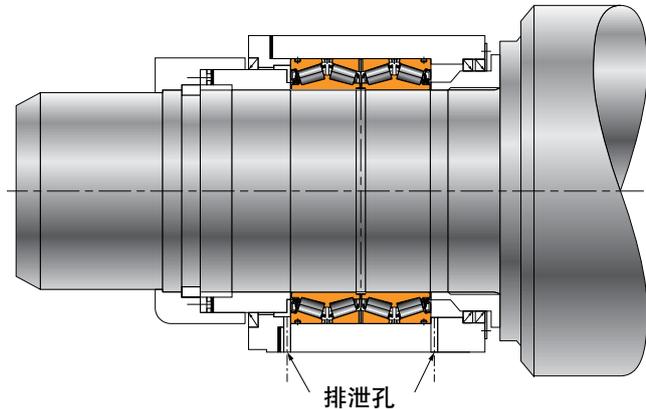


图74. 在轴承座和盖板底部最低点处加工两个排水槽以防止轴承座内积水

工作辊：长材轧机

长材轧机通常采用二辊结构，而不是平材轧机常用的四辊或六辊结构。有时三辊可逆式轧机也可用于长材的粗轧。

在二辊结构中，轧制载荷通过工作辊轴承直接传递到轧机架。由于没有支撑辊，轴承尺寸仅受限于工作辊轴承座尺寸和辊颈尺寸。径向轴承为与止推轴承配合使用的四列圆柱滚子轴承，或者双列或四列圆锥滚子轴承。

圆锥滚子轴承

用于棒线材轧机的双列轴承

双列圆锥滚子轴承通常用于空间受限（宽度限制）而无法使用四列轴承的应用。这些双列组配轴承适合低到中等径向和轴向载荷应用。选择松配合安装TDIW轴承还是紧配合，取决于轧机速度。

用于低速轧机的TDIW或TDIGW轴承：TDIW轴承（图75）采用松配合安装在辊颈上，适于轧制速度不超过760 m/min. (2500 ft./min.) 的应用。松配合便于更快地更换轧辊。这些轴承组件通常用于粗轧机架，采用与TQOW组件相似的维护指导原则，例如安装轴承和轴承座组合到轧辊颈之前，需对轧辊颈涂抹润滑脂。轴承内径也可开螺旋油槽，便于对辊颈提供额外的润滑。

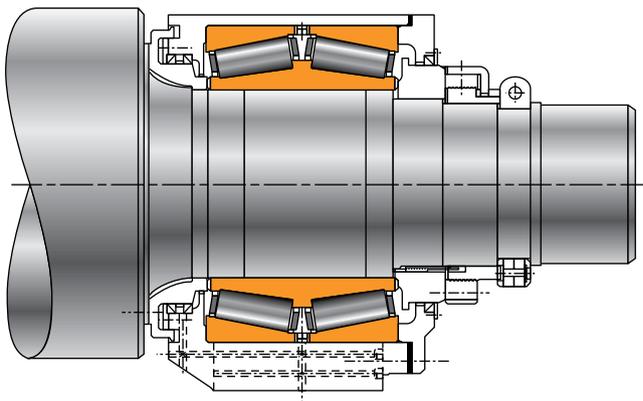


图75. TDIW安装结构

用于高速轧机的TDIT轴承：TDIT轴承（图76）利用辊颈和轴承内孔的1:12锥度来精确控制配合量，实现紧配合安装。采用紧配合后轧机的转速更高，可高达1800 m/min. (6000 ft./min.)。安装前预设轴承游隙，而内圈配合由与辊身相邻的倒角环设定。在辊颈上钻孔以便于利用液压压力拆卸内圈。由于轧辊两端的外圈都在轴承座内被轴向夹紧，因此轴承座必须在机架中轴向浮动以适应轧辊的热膨胀。

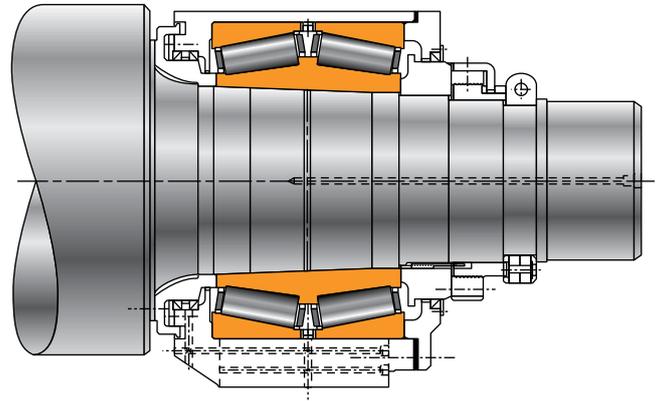


图76. TDIT安装结构

用于高速预加应力轧机的TNAT轴承：利用辊颈和轴承内孔的1:12锥度将TNAT轴承（图77）紧配合安装到辊颈上。安装前预设游隙以得到轧机运行时所需的工作游隙。这种布置用于两个轴承座都固定的预加应力轴承座中。如图77中所示，轧机操作侧的固定侧轴承双外径被轴向夹紧，而另一侧的轴承与轴承座挡肩和端盖之间分别留有间隙，使得外圈可以在轴承座内孔中轴向浮动。

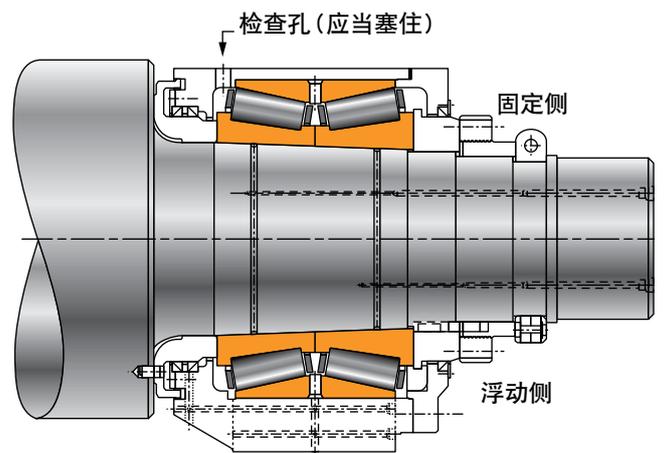


图77. TNAT安装设计

四列圆柱滚子轴承

铁姆肯公司为长材轧机应用提供各种尺寸的四列圆柱滚子轴承，最小内径为145 mm (5.709 in.)。最常见的设计是带有指形保持架的RY或RYL型。更大的尺寸的是RX型。

固定侧轴承座（通常在操作侧）需要在圆柱滚子轴承外侧额外使用推力轴承。止推轴承类型因轧机类型和制造商而异，但是通常使用双列止推球轴承来承受轧制过程中产生的推力载荷。对于更大的轧机或轴向载荷更高的轧机，使用止推调心滚子轴承或止推圆锥滚子轴承TTDWK(图78)。浮动侧轴承座也需要额外使用止推轴承（通常为深沟球轴承），除非它被连接到固定侧轴承座。

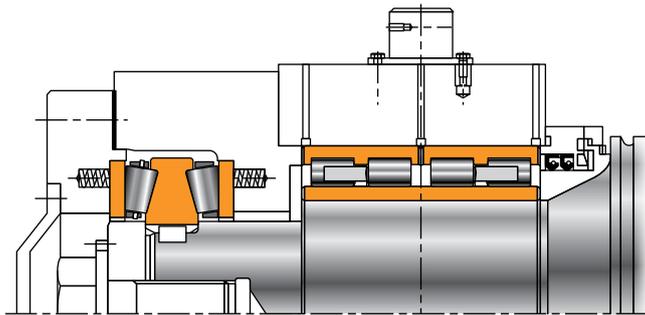


图78. 配有TTDWK止推轴承的棒材轧机

径向轴承的轴承座配合通常采用松配合，以便于定期维修时的拆卸。首选的辊颈装配方法是采用紧配合将内圈安装在辊颈上。有些应用情况下辊颈也可采用松配合，如某些粗轧设备。在辊颈采用松配合时，内圈将使用内径螺旋槽。为了便于拆卸，可以在内圈上增加端面凹槽（特征代码为W30B）。

轴承内圈可以单独订购，以满足备用轧辊的使用要求。

RY 型

RY 型轴承有两个外圈，每个外圈有三个挡边。内圈通常是一片式。外圈组件包括外圈、滚动体和保持架，组成一个整体结构。轴承上有装载槽，用于安装滚动体。一般情况下，通过外圈端面上的凹槽或外圈挡边上的润滑油槽和油孔实现润滑（特征代码W33）。保持架采用单片式全机加工黄铜或钢质指示结构。保持架的兜孔交错分布在内外滚道之间。

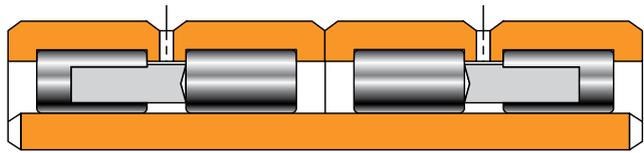


图79. 采用单内圈的RY结构 (ARVS)

圆柱滚子轴承编号系统 (RY型)：前三位或四位数字代表内径尺寸(mm)；RYS表示外圈组件，其前三位或四位数字代表滚子内接圆直径(DUR)；ARVS表示单片式内圈设计(图79)；ARYS表示两片式内圈结构。

另外务必注意，游隙代码(通常为C3或C4)仅包含于内圈(ARYS或ARVS)型号和完整轴承型号(RY)。

RYL 型

最新推出的RYL型有多种可选尺寸，内径最大达340mm (13.39 in.)，专为长材轧机设计。钢制保持架和增强设计特性，最大限度地提高了轴承的使用寿命，减小了滚动体垂落量，方便了轴承的安装操作。

RYL型轴承与RY相似，只是标准润滑通过外圈端面上的凹槽完成(图80)。如果要求外圈挡边上具有润滑孔和槽，可使用特征代码W33。保持架采用单片式全机加工钢质指式结构。

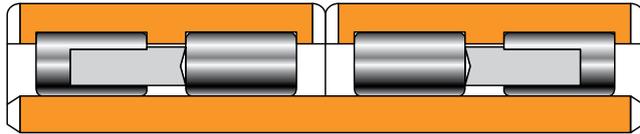


图80. 采用单内圈的RYL结构 (ARVSL)

编号表示与RY型相似，只是增加了L后缀。RYSL表示外圈组件，ARVSL或ARYSL表示内圈组。

标准RYL特征包括：

- 指式机加工钢质保持架
- 单片式或两片式内圈
- 外圈端面上具有润滑槽
- 改进内圈引导倒角
- 减小滚子垂落

对于需要经常更换轧辊的应用，应首选RYL型。内圈倒角以及更小的滚子垂落，降低了在换辊操作时常见的由于内圈和滚子之间的碰撞导致轴承损伤的风险。

整个外圈组件可与内圈互换使用，并可单独采购。

应用考虑因素：四列圆柱滚子轴承

1. 公差配合：用于长材轧机的四列圆柱滚子轴承通常采用紧配合方式将内圈安装在辊颈上。

安装到辊颈之前，必须加热内圈（请参阅第162页以了解详细信息）。

2. 径向内部游隙 (RIC)：四列圆柱滚子轴承可采用符合 DIN 620-4标准的径向游隙。大部分长材应用采用C4径向游隙，有时也用C3。

RIC由两个参数确定：滚子内接圆直径(DUR)和内圈外径(IROD)。轴承DUR值是确定的，而IROD由RIC值决定，具体取决于内圈的紧配合量。DUR和IROD都根据其各自的直径采用相应的固有公差。这样可得到一个内部游隙 (RIC)范围。

$$\text{最小DUR} - \text{最大IROD} = \text{最小RIC}$$

$$\text{最大DUR} - \text{最小IROD} = \text{最大RIC}$$

四列圆柱滚子轴承也可使用锥形内孔。

3. 润滑配置：Timken轴承可适用油脂、油气、油雾或循环油系统。这些轴承必须通过外圈的润滑油槽和油孔(性能代码W33)或者外圈端面的集成凹槽进行适当润滑，从而获得最佳性能。

支撑辊

轴承选择的第一步是确定轴承的可用空间大小，它根据轧辊和轴承座的设计要求得出。

轴承选择标准：初始轴承选择基于外形尺寸要求，包括内径和外径限制。首先基于下面的参数选择辊颈轴承：

- 辊颈直径与最大辊身直径之比
- 辊身尺寸（最小直径）
- 允许的辊颈应力
- 轧机压下装置之间的距离

这些考虑因素决定轴承座和轴承的最小剩余空间。在轴承截面尺寸（外圈外径——内圈内径）和最小轴承座截面尺寸之间取得平衡是非常重要的。轧机制造商致力于最大化的轴承座截面尺寸和辊颈直径，这直接影响到轴承的尺寸和承载能力。根据轧机制造商的专业知识来设计轴承尺寸空间。

审核轴承的尺寸限制后，必须评估轴承的承载能力与每个轧机的轧制工况之间的关系，以确定设计要求。这种交互设计流程可在所有轧机部件，包括轧辊、轴承座和轴承，之间获得最佳平衡，其中需要考虑：

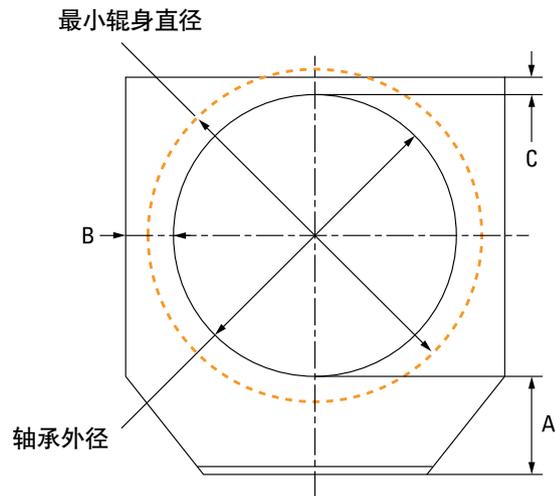
- 辊颈与辊身尺寸比
- 最小允许轴承座截面尺寸
- 辊颈圆角半径

辊颈与辊身尺寸比：普通支撑辊的颈-身尺寸比大约为60%（比率范围为58-62%）。但是也有例外，例如重载中厚板轧机，所需的轧辊颈——辊身尺寸比可高达68%。在这些情况中，可能需要截面尺寸较小的轴承，因为轴承外径受到轴承座截面尺寸要求的限制。这时可使用增强型钢材（MAP）来提高轴承的承载能力。

支撑辊轴承座截面指导原则：这些轴承座截面指导原则适用于本部分中讨论的所有支撑辊轴承，包括四列圆柱滚子轴承、松配合圆锥辊颈轴承（TQOW）和紧配合圆锥辊颈轴承（TQITS）。

铁姆肯公司的重载支撑辊轴承通常允许58-62%的辊颈——辊身尺寸比，且如果轴承座截面尺寸C满足如下(图81)要求，辊身直径减小量可达新辊身直径的10%。

对于高载荷轧机，铁姆肯公司的工程师可使用FEA更好地评估水平面和竖直面上的最薄轴承座截面处（A、B和C）的应力和变形。



- A最小值 = 0.2 × 轴承外径
- B最小值 = 0.1 × 轴承外径
- C最小值 = 0.038 × 轴承外径
- 最小辊身直径 = 1.075 × 轴承外径 + 2 mm (0.078 in.)

图81. 支撑辊轴承座关键截面

利用下面的等式计算最大允许轴承外径的极近似值：

$$\text{辊身修磨量} = \frac{\text{最大辊身直径} - \text{最小辊身直径}}{\text{最大辊身直径}} \times 100$$

辊颈复合圆角半径：由于存在强度和空间限制，传统的单半径辊颈圆角设计并不合适。复合或双半径圆角是可行的解决方案，因为它们的使用效果与最佳的椭圆圆角轮廓相似，且更容易进行机加工。

图82显示从已确定的两个圆角的长度 r_a 和高度 r_b 来设计复合半径圆角的过程。知道圆角半径的长度和高度（ r_a 和 r_b ），就可以利用下面的公式确定 r_c 和 r_d ：

$$r_c = r_a + \frac{(r_a - r_b)^2}{2(r_b - r_d)} \quad r_d = \frac{4r_b - r_a}{3}$$

其中：

r_a = 圆角长度（在实际应用中 r_a 小于 2.5 倍 r_b ）

r_b = 圆角高度

r_c = 复合圆角的长半径

r_d = 复合圆角的短半径

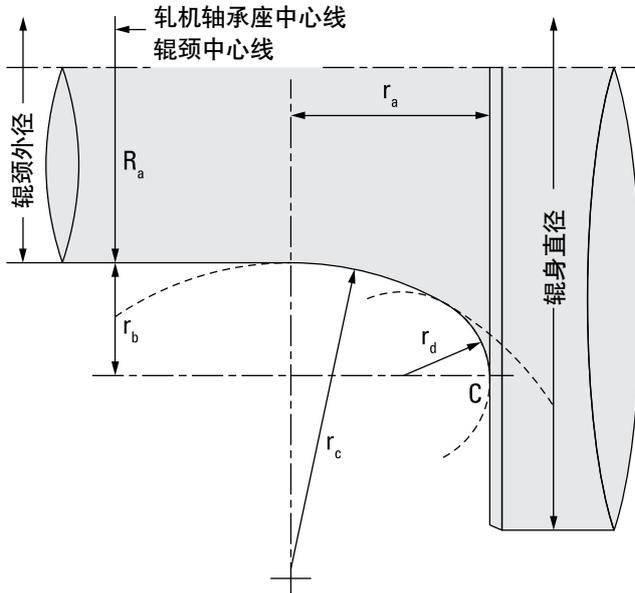


图82. 复合圆角半径

计算最大辊颈弯曲应力：图83显示辊颈的工作直径 D_E 和工作长度 L ，这两个参数用于计算最大弯曲应力。描画出的等应力曲线通过 $R_a/3$ ，与圆角的主半径(r_c)相切。然后，可利用图解法方便地确定等效辊颈直径(D_E)和辊颈的有效工作长度(L) (图83)。

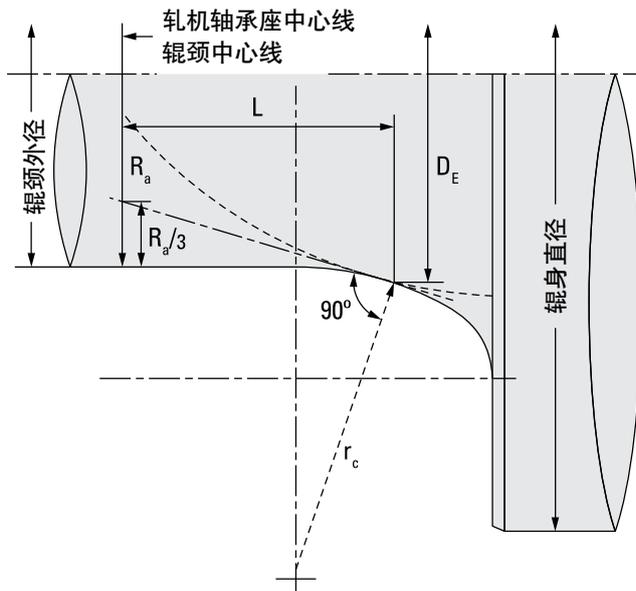


图83. 图解法

请注意， D_E 和 L 可利用下面的等式近似得出：

$$D_E = \text{内圈内径 (d) 或辊颈外径}$$

$$L = B/2 + d/12$$

其中：

$$B = \text{轴承宽度}$$

$$d = \text{内圈内径}$$

$$R_a = \frac{1}{2} \text{ 辊颈外径}$$

确定 D_E 和 L 后，可以利用下面的等式计算最大辊颈弯曲应力：

$$\sigma = \frac{102 \times SF_{(\max.)} \times L}{[2 \times (D_E)^3]}$$

其中：

$$\sigma = \text{最大弯曲应力 (N/mm}^2\text{)}$$

$$SF_{(\max.)} = \text{最大轧制力 (N)}$$

$$L = \text{mm}$$

$$D_E = \text{mm}$$

$$102 = \text{常数}$$

下面介绍基于最大弯曲应力选择轧辊材料的一般指导原则。但是，须由轧机设计人员最终决定轧辊材料的选择及可接受的应力极限：

轧辊材料	最大弯曲应力
铸铁	55 N/mm ²
铁合金	96 N/mm ²
铸钢	103N/mm ²
合金铸钢	138N/mm ²
锻钢	172N/mm ²
锻造合金钢	207N/mm ²

对于载荷特别高的轧机，铁姆肯公司可进行有限元分析以更好地评估辊颈圆角半径区域的真实弯曲应力，此处的弯曲应力最高。最终辊颈设计在减小轴承和辊身的距离以降低辊颈应力，与增大该距离以更好地密封并/或增大轴承宽度以获得更大承载能力之间达成平衡。

轴承选择：尺寸标准

选择轴承的第一步是了解与轧辊和轴承座尺寸相关的内径和外径要求。相同截面尺寸的滚动轴承中，圆柱滚子轴承具有最大的径向承载能力，但须匹配额外的止推轴承并需要较大的轴承内部游隙。或者，也可使用圆锥滚子轴承来承受径向和轴向载荷，而不需要使用额外的止推轴承。在做出最终选择之前，必须认真考虑圆柱滚子轴承和圆锥滚子轴承各自的优势。

示例：

选择适用于轧制速度为1000 m/min.、最大支撑辊身直径为1200 mm、辊身修磨量10%的带钢冷轧机的圆柱滚子轴承或TQITS解决方案。

第1步：以最大辊身直径的60%计算最小允许辊颈直径：

$$\text{辊颈直径(最小值)} = 0.6 \times 1200 \text{ mm} = 720 \text{ mm}$$

第2步：根据10%修磨量时的最小辊身直径计算最大允许轴承外径

$$10\% \text{ 修磨量时的最小辊身直径} = 0.9 \times 1200 = 1080 \text{ mm}$$

$$\text{轴承外径(最大值)} = 1080 \text{ mm} / 1.075 = 1000 \text{ mm}$$

第3步：从产品列表中选择轴承

对于冷轧机示例，TQITS型或圆柱滚子轴承均为可行的方案。

四列圆柱滚子轴承

四列圆柱滚子轴承内径可达1040 mm (40.94 in.)。RX 型通常用于平材轧机，内径尺寸超过 300 mm (11.81 in.)。热轧机和冷轧机都可用圆柱滚子轴承，得益于它具有高转速性能和高旋转精度，以及在给定尺寸范围的高径向承载能力。

固定侧轴承座(常见于操作侧)需要在圆柱滚子轴承外侧额外加装止推轴承，以承受轧制流程中产生的轴向载荷(图84)。这种止推轴承通常是外圈集成弹簧双列TDIK组件。传动侧轴承座中安装的外侧轴承用作定位轴承，因为它只是用来确定轴承座与辊颈的相对位置。然而，轧辊两侧通常使用相同的止推轴承以减少备件库存需求。

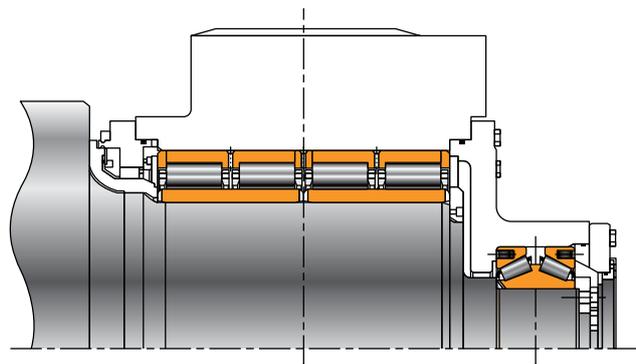


图84. 使用四列圆柱滚子轴承和止推轴承的支撑辊辊颈

RX配置

RX型轴承(图85)具有两个中央处集成法兰的外圈。两个最外侧的法兰和中央法兰是独立的部件。保持架采用销式结构。保持架——滚子组件可从双外圈组合中拆下以进行常规滚道检查。保持架环上有螺纹孔，便于进行吊装。

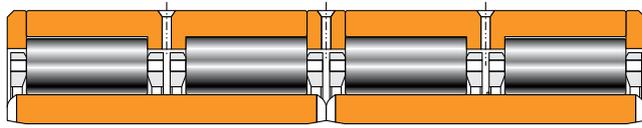


图85. RX结构

除了极大尺寸的型号，内圈通常为两片式组件。内圈的两个端面上通常都有凹槽，以便于拆卸。同时这些内圈也可采用无凹槽的设计，用于内圈端面和相邻辊颈部件之间使用静态密封圈(O形环)的特殊应用。

RX轴承一般配有半精磨滚道内圈，安装到辊颈后可精磨到指定的尺寸。这种方法可将内圈滚道和辊身偏心降到最低，并严格控制轴承的安装游隙 RIC。

完整的外圈组件可与内圈组件互换，并可单独采购。

四列圆柱滚子轴承的型号(RX型)：前三位或四位代表内径尺寸(mm)；RXS表示外圈组件，其前三位或四位代表DUR。ARXS表示内圈组，其前三位或四位也代表以毫米为单位的内径尺寸。

另外务必注意，仅内圈型号(ARXS)和完整轴承(RX)型号带有游隙代码(例如：CF1)。

示例：

客户精磨控制游隙的900 mm内径轴承的编号说明

轴承组件：900RX3444CF1

内圈：900ARXS3444CF1

外圈组件：989RXS3444

可选轴承特征

1. 集成油雾喷嘴：外圈可配备O形环和油雾分配器(图86)，用于采用油雾润滑的旧式轧机。这样就无需将油雾分配器集成到轴承座内孔。喷嘴数量和每个喷嘴的油孔数量取决于轴承的尺寸和轴承所需的气/油流量。

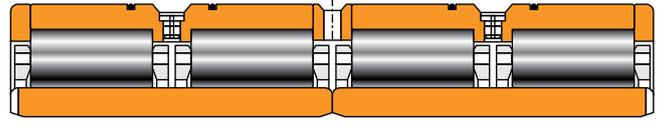


图86. 集成油雾分配器和O形环的RX轴承

2. 锥孔四列圆柱滚子轴承(RXK)：四列圆柱滚子轴承也可提供锥形内孔，定名为RXK型。标准内孔锥度为1:12，但是特别宽的组件也可采用1:30的锥度。用于测量辊颈以获得正确的锥度和尺寸的工具包括正弦规和环规。所有锥孔辊颈应用都需要这些工具。

应用考虑因素：RX轴承

1. 公差配合：带钢轧机所用的支撑辊四列圆柱滚子轴承采用紧配合方式将内圈安装在辊颈上。

必须加热直孔内圈(受热膨胀)以将其安装到辊颈(请参阅第162页以了解详细信息)。

2. RIC：四列圆柱滚子轴承采用符合DIN 620-4标准的径向游隙。

RIC由两个参数确定：DUR和IROD。对于轴承组件，DUR值是确定的，而IROD由RIC值确定，具体取决于内圈的紧配合量。DUR和IROD都根据其各自的直径采用相应的固有公差。这样可得到一个内部游隙(RIC)范围。

最小DUR - 最大 IROD = 最小RIC

最大DUR - 最小 IROD = 最大RIC

3. 内圈精磨特征：四列圆柱滚子轴承可配备半精磨内圈以便在安装后进行精磨，也可配备精磨内圈并预设RIC。

如果使用精磨内圈，则务必控制辊颈直径的径向跳动量并确保它与辊身直径是同心的。

锥孔四列圆锥滚子轴承 (TQITS)

TQITS 结构

TQITS组合(图87)是一种锥孔辊颈轴承，具有两个单内圈、一个双内圈、四个单外圈和三个外圈隔圈。所有TQITS组件的内孔锥度均为1:12，并可采用均一配合或梯形配合。通过控制三个外圈隔圈的宽度确定轴承游隙(BEP)。TQITS组件不包含内圈隔圈。

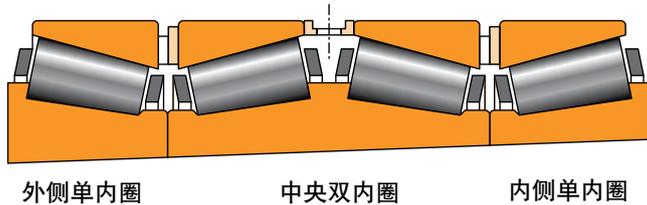


图87. TQITS结构

TQITS圆锥滚子轴承满足高速轧机的应用要求。紧配合和背靠背排列组合可得到很高的内圈和辊颈的稳定性。这样可在组件的四列之间达到极佳的载荷分布。新式轧机通常更多的使用油气系统来润滑这些支撑辊组件。

尽量减小支撑辊径向跳动量对轧机的精度性能非常关键。TQITS组件通常都采用严格的径向跳动控制，以满足精密轧制要求。因此，严格地控制辊颈与辊身的同心度非常重要。

可选轴承特征

- 1. 集成油雾喷嘴：**请参阅第49页中对圆柱滚子轴承的评述。
- 2. 更高的精度：**若成品要求极小的厚度公差，可使用径向跳动更小的轴承（铁姆肯公司代码359）。
- 3. 密封轴承座——轴承概念：**为了提高轴承座内侧密封圈的工作面精度，可延长内侧内圈的外挡边（类型：TQITSE）。

应用考虑因素：TQITS轴承

1. 内圈公差配合——梯形内径与均一内径：

- **均一内径：**三个内圈的内径匹配，因此辊颈与三个内圈的配合量相等。但是，这种方法造成外侧内圈的内孔/辊颈接触压力高于内侧内圈（与倒角环相邻），因为中间和外侧的内圈截面厚度更大

- **梯形内径：**外侧内圈截面最厚。为了降低将轴承整体安装所需的推力，建议使用梯形内径—公差配合以均衡三个内圈的接触压力。使用三个内圈的梯形配合时，安装轴承到辊颈上所需的总推力降低大约 20%

2. 内圈轴向夹紧：

安装后TQITS组件的内圈必须一直夹紧，以保持正确的配合量和游隙。

3. 固定和浮动位置：

TQITS组件的外圈仅在轧机的固定位（通常在操作侧）夹紧。在浮动侧(图88)，外圈可在轴承座内孔中进行轴向浮动。每侧外圈端面与相邻轴承座挡肩/压盖端面之间的轴向间隙推荐为3mm (0.120 in.)。浮动侧不仅允许外圈在轴承座内孔中浮动，也允许轴承座在机架牌坊中浮动。这种布置可适应轧机温度变化造成的轧辊自由膨胀和收缩。

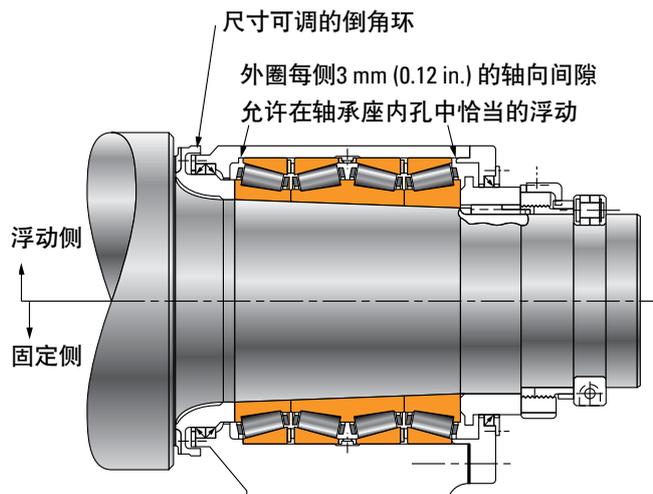


图88. TQITS轴承布局

4. 锥形辊颈参数：硬度、表面光洁度和表面洁净度。

- 锥形辊颈的表面硬度应至少为27至37 HRC
- 辊颈表面光洁度不差于 $0.80\ \mu\text{m}$ (32 $\mu\text{in.}$)
- 使用TQITS组件要求辊颈洁净且干燥，以保证内圈和辊颈之间过盈配合而产生的最大抱紧力

5. 锥形辊颈测量：测量辊颈锥度、辊颈尺寸和倒角环长度需要使用特殊工具。前导内圈抵住倒角环后，这些工具对控制适当的安装配合量和游隙极其重要。第160页介绍正弦规和可选环规的使用说明。

6. 用于安装和拆卸TQITS组件的工具：

- **安装：**使用液压千斤顶将轴承和轴承座组合安装到辊颈上。液压千斤顶将轴承推到辊颈上，直到内圈抵住倒角环
- **拆卸：**辊颈必须开有通向辊颈外径与三个内圈各自的接触面的轴向和径向的孔。这些孔可向内圈内孔/辊颈接触面输送高压液体或液压油，以使其脱离紧配合的辊颈。从外侧的内圈开始，连续地拆下每个内圈

请参阅第143-174页的“轴承储存、搬运和安装”以进一步了解关于安装和拆卸的详细信息。

7. 轧辊互换性：严格控制内圈大端内径和辊颈尺寸（通过倒角环长度控制）可在不同辊颈之间实现轴承互换。

8. 润滑：用于TQITS轴承的主要润滑方式是油气润滑。

9. 倒角环配合：对于锥孔轴承组件，倒角环应当采取紧配合方式安装在辊颈上，最小过盈配合为 $0.00050 \times$ 轴承内径。

中厚板粗轧机和热精轧机

中厚板粗轧机的工作速度很低，通常为可逆式，并进行多次轧制以降低板坯厚度。轧机机架要承受极高的轧制力以大幅减小板坯厚度，减小量可能超过300mm(12 in.)。可使用一个或多个粗轧机架，通常为四辊配置。支撑辊的辊身直径最大可达 2500mm (100 in.)，轴承内径最大可达 1500mm (59.06 in.)。

通常，粗轧中厚板轧机和热轧机支撑辊使用四列圆锥滚子轴承。

选择TQOW (图89) 并将其成功应用于所有类型的低到中速轧机已数十年。采用辊颈松配合安装的轧机，可接受的速度最高为大约为800m/min. (2600 ft./min.)。铁姆肯公司也有速度超过1000m/min. (3300ft./min.)的轧机的轴承使用经验，但是需要更详尽地审核应用(如轴承内孔和辊颈的润滑规定)。

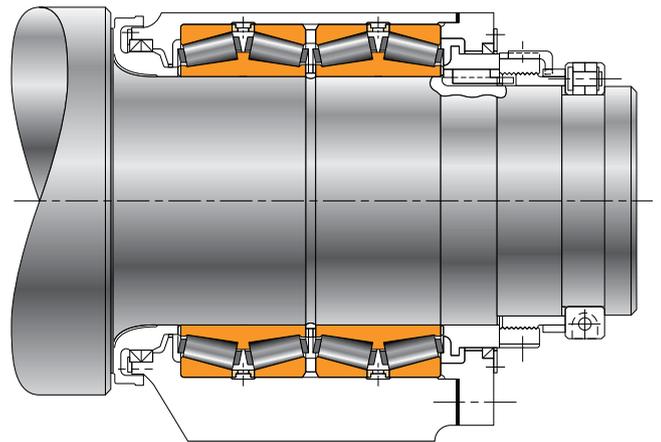


图89. 典型的使用TQOW轴承的支撑辊组件

四列圆柱滚子轴承 (RX型) 也可用作热精轧机架的可行选择方案。

支撑辊轴承可选特征

TQOW和2TDIW轴承是最常见的四列组件。同时，可以选择基本组件添加其它可选特征以适应具体的应用。

1. 贯穿双内圈大挡边的径向孔 (图90)：此特征用于油液润滑，以向辊颈和内圈内径之间供应润滑油。使用大内径轴承，转速相对较低但径向载荷很高的中厚板轧机，采用此特征非常有益。或者，也可在辊颈上钻出润滑油孔以润滑辊颈和内圈内径接触面。

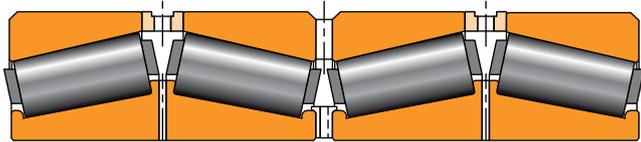


图90. 润滑油孔穿过大挡边的TQOW轴承

中厚板轧机支撑辊轴承需承受很高的载荷。为了尽量降低辊颈和轴承内径之间的接触应力，建议不要在内圈内径中加工出螺旋槽。

2. 适合极高载荷应用的更大辊颈直径：在运行速度通常较低的重载荷支撑辊中（例如：中厚板轧机或粗轧机），需要采用更大的辊颈直径以应对更高的弯曲应力。鉴于此需要，轴承A (图91) 所代表的传统重载荷轴承尺寸可能不适合。

对于这些高载荷应用，建议使用外径与重载荷轴承大约相同而内径更大的小截面轴承 (图91轴承B)。使用这些小截面轴承可获得更大的辊颈-辊身尺寸比 ($d/D \sim 68\%$)，且轴承宽度较小，这可以缩短压下装置和辊身端面之间的轴向距离。

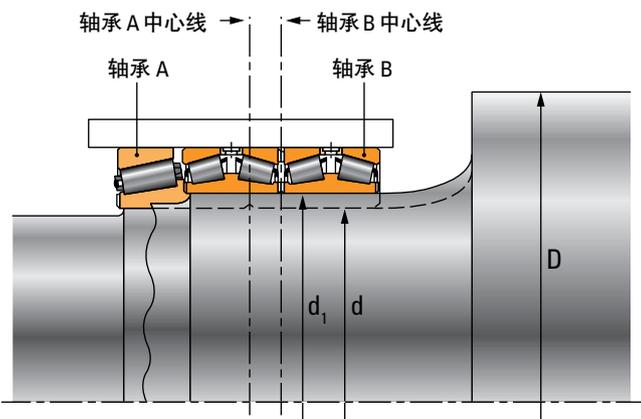


图91. 优化辊颈直径

尺寸较小导致的轴承额定值下降可通过采用以下一种或多种增强产品特性来补偿：

- 超纯净钢
- 改进的滚道轮廓
- 提高的表面光洁度

另一种备选方案是考虑使用六列圆锥滚子轴承代替四列轴承。在这种情况下，必须注意轴承与压下装置的相对位置。

提高带钢精度

利用多种不同的轧机结构和控制系统来控制带钢的纵向厚度和横向轮廓。

控制带钢的横向轮廓：带钢的轮廓主要由连接到工作辊（在6-Hi轧机中还连接到中间辊）的系统控制。这些系统通常称为板形控制系统。

控制带钢的纵向精度：冷轧工艺中的必不可少的部分是轧辊辊缝调整系统。

最现代化的轧机使用液压调整系统，因为与传统的机电压下系统相比，它可以实现更加快速准确的控制。

造成纵向厚度变化（又称为厚度精度）的因素之一是支撑辊旋转的偏心。它受到轴承类型和精度影响。

量规精度可通过选择采取紧配合安装在辊颈上的四列圆柱滚子轴承或四列圆锥滚子轴承 (TQITS型) 得到提高。紧配合内圈也可消除出现在松配合轴承组件的辊颈和轴承内径之间的磨损。

第126页进一步详细地讨论如何选择轴承精度以达到最佳厚度精度。

轴承解决方案：轴向位置

工作辊和中间辊

轴向窜辊和交叉轧制系统都在工作辊和中间辊上产生很高的轴向载荷。这些情况需要专用的止推轴承(图92)。轴向位置安装轴承时总是留有与轴承座内孔之间的间隙,以避免承受任何径向载荷。内圈采用松配合安装在轴上以便于从辊颈拆下轴承座,并利用键销防止内圈和辊颈之间发生相对旋转。

可以考虑多种轴承选择:

- 弹簧预载TDIK
- 隔圈式TDIK
- 2TSR组件或
- 双向/重载荷止推轴承 (TTDWK或TTDFLK)

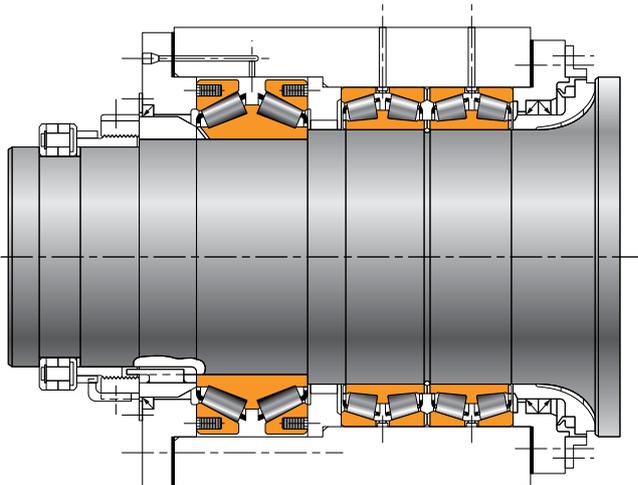


图92. 承受高轴向载荷的独立止推轴承
Timken TDIK (带有集成弹簧外圈的双列圆锥滚子轴承)

带有集成弹簧外圈的TDIK

铁姆肯公司提供单外圈大端面集成弹簧与推力活塞的各种标准TDIK。最终安装到轴承座后,这些推力活塞向轴承组件施加预载荷(图92)。

在新式轧机中可考虑使用集成弹簧的TDIK轴承以简化总体设计,或使用这种轴承改装老旧轧机。这种轴承相对于外部预载式安装有两个主要的优势。

- 由于轴承座挡肩和端盖中都不需要弹簧,因此可简化相关安装结构。这样可最大限度地降低标准TDIK组件所需的外部弹簧脱落或损坏的可能性
- 适当选择弹簧尺寸、刚度和每个外圈中的数量以达到最佳预载荷

两侧的弹簧预载外圈端面和轴承座挡肩之间的间隙为0.15 mm (0.006 in.)到0.30 mm (0.012 in.) (图93)。这样可确保系统达到弹簧预载荷且弹簧在拆卸时与轴承保留在一起。

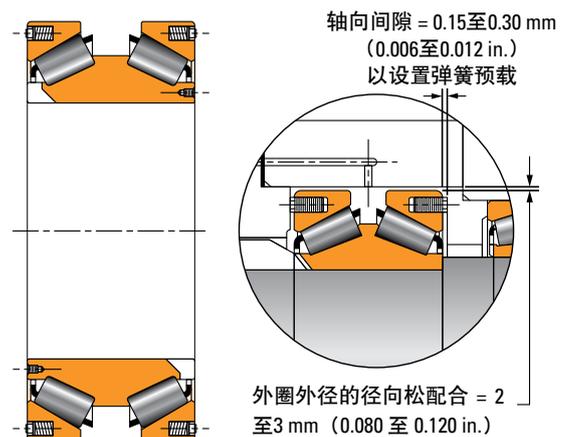


图93. 带有集成弹簧的TDIK; 简化设计和安装

隔圈式TDIK

铁姆肯公司为弹簧预载式TDIK轴承提供替代方案。这种轴承没有弹簧系统，而是使用更传统的外圈隔圈来控制轴承游隙。可以使用 T 形或标准外圈隔圈。T形外圈隔圈应通过键销连接到轴承座端盖以防止旋转，外圈在T形间隔圈中采用紧配合安装。

这种轴承组件通常设置较小的轴向游隙，大约为0.05 mm (0.002 in.)，以尽量降低不受载那一列损坏的风险。

2TSR止推轴承组件

2TSR推力组件包括两个单列调心轴承。通常，轧机制造商在衬套中背对背地安装两个单列轴承(图94)。TSR组件最适合轧辊高弯曲和高偏心的应用。这些组件能够在任一方向上承受内圈和外圈之间高达2.5度的偏心。弹簧预载的应用方式与弹簧预载TDIK轴承相同。

轴承外圈安装时必须采用松配合，以隔离径向载荷，并允许轴向浮动。这样可避免在发生弯曲的情况下将径向载荷传递到轴承。

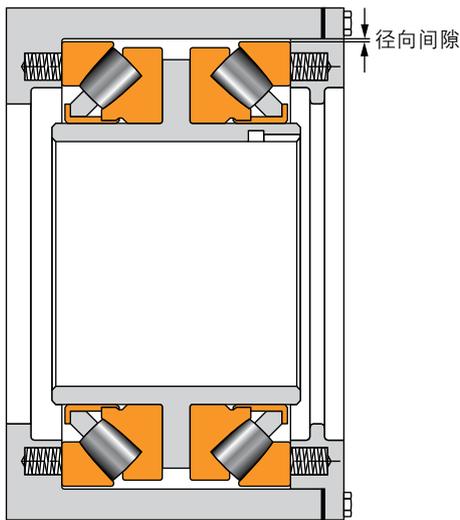


图94. 双向2TSR

双向重载荷止推轴承 (TTDWK或TTDFLK)

对于产生特别大的轴向载荷的带钢轧机，例如交叉轧制系统，应当考虑双向止推圆锥滚子轴承组件。TTDWK (图95) 轴承包含两个平垫圈—每侧各一个，中间是双滚道座圈，以及作为一个整体保留在销式保持架中的两组滚子。

TTDFLK (图96) 作为这种TTDWK结构的变化，使用两个锥形滚道垫圈(每侧各一个)以及中间的一个双平直滚道座圈。

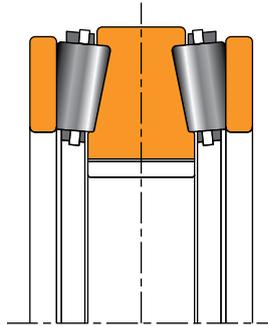


图95. TTDWK组件
(带有平滚道外圈)

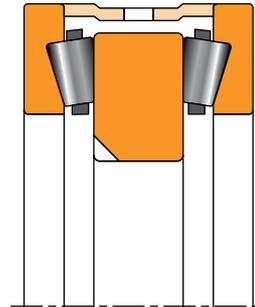


图96. TTDFLK组件
(带有平直滚道双内圈)

由于其中间座圈的锥形滚道设计，具有相同承载能力的TTDWK轴承，其宽度更窄。

辊颈安装：平圈的弹簧安装(图97和98)通常用于在不受载滚子列上获得适当的预紧载荷(与TDIK安装相似)。

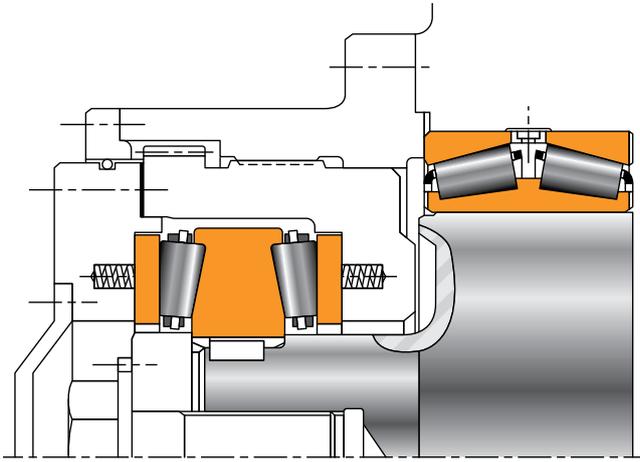


图97. TTDWK推力组件典型安装

TTDFLK止推轴承组件可以配备外隔圈。但是，通常首选在轴承座挡肩中安装预紧弹簧，以确保两列滚子都保持正确的位置。

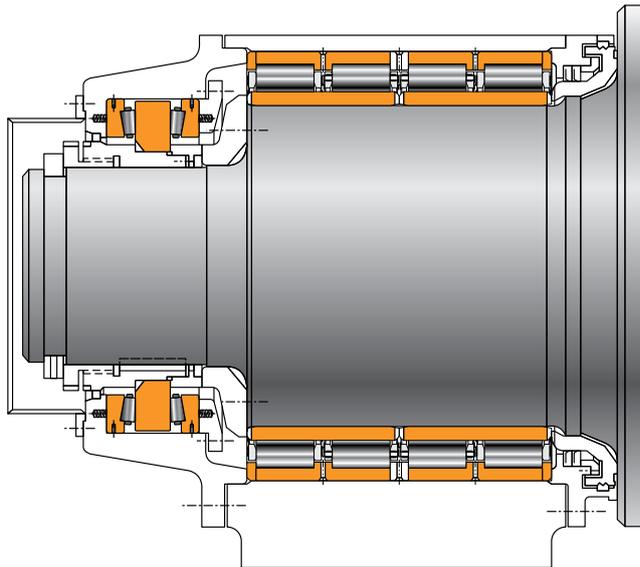


图98. TTDFLK止推组件典型安装

角接触球轴承组件

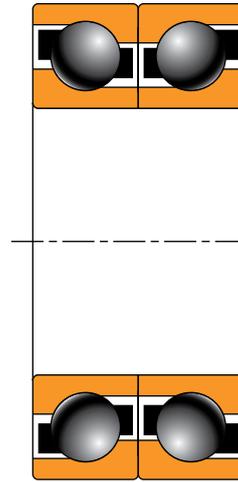


图99. 角接触球轴承组件

对于更高的轧制速度和较低的轴向载荷的应用，通常使用角接触球轴承来承受轴向载荷。由于角接触球轴承类型只能接受单向的轴向载荷，因此应成对使用(图99)，安装后接触角方向相反。典型应用包括铝箔轧机和高速线材轧机，在这些应用中它们用在轴向位置，配以径向位置的四列圆柱滚子轴承(图100)。

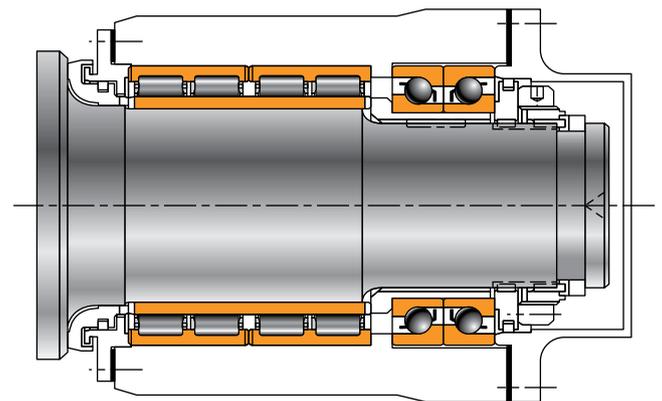


图100. 角接触球轴承组件典型安装

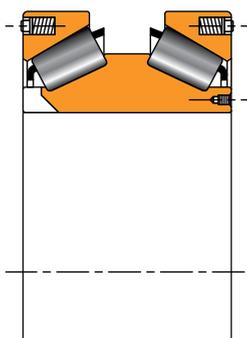
支撑辊

当支撑辊使用圆柱滚子轴承或油膜轴承时，必须在轧机固定侧（通常为操作侧）使用额外的重载荷止推轴承。在浮动侧，也可使用相同的止推轴承以降低备件库存需求，也可使用轻载荷定位轴承，例如深沟球轴承。

在传统轧机中（无窜辊或交叉轧制），这些轴向载荷通常来自于轧辊偏心或进料带钢产生的楔形轮廓。

如果轧机设计包括轧辊交叉或窜辊，这些轴向载荷可能会显著加大，需要选择更高承载能力的止推轴承。

用于固定侧轴承座的TDIK



固定侧轴承座中最常用的止推轴承是TDIK组件。这种轴承组件可承受任一方向的轧辊轴向载荷，通常配置弹簧预紧系统（图101）。使滚子靠紧内圈大挡边所需的弹簧力通常低于轴承轴向承载能力 C_{a90} 的2%。

标准TDIK组件包括一个双内圈和两个单外圈。

双内圈通常通过键连接到辊颈的外侧面。双内圈的两个端面都有键槽，因此当轧辊主要承受一个方向的轴向载荷时，轴承可以换向安装，从而延长其使用寿命。键槽通常位于端面上，但也可位于内径上。

图101. TDIK组件

外圈总是采用松配合安装，以确保止推轴承仅承受轴向载荷，而免于承受径向载荷。这种外圈松配合应为直径上留出2至3mm (0.08至0.12 in.) 的间隙。内圈安装方式为松配合且确保轴向夹紧。

浮动侧轴承座定位轴承

轧机浮动侧的圆柱滚子轴承组件也需要使用止推轴承来定位轴承座并将轴承座保持在辊端。如果使用连杆来确定浮动轴承座与固定轴承座的相对位置，则不需要定位轴承。通常利用深沟球轴承即足以轴向定位浮动侧轴承座，如下图所示（图102）。

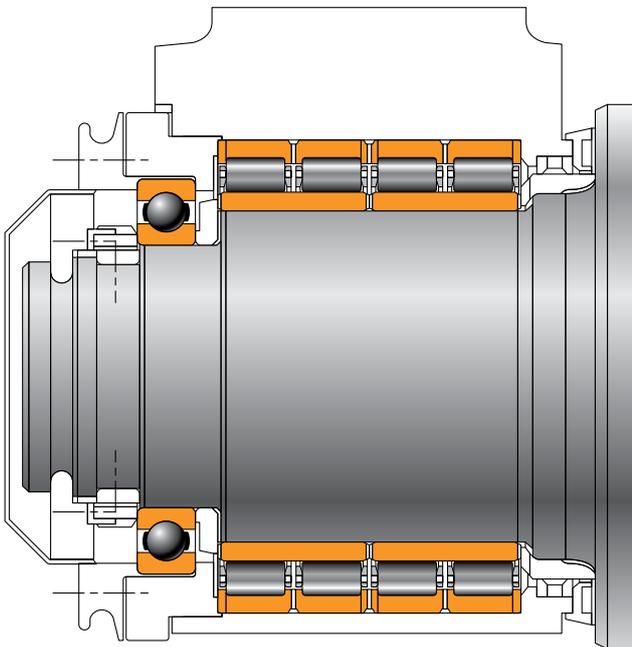


图102. 推力位置使用深槽滚珠轴承的浮动侧轴承座

压下系统

在辊缝调整期间，压下系统的工作速度极低。现代轧机将使用机电下压系统联合液压辊缝调节系统，或单独使用液压辊缝调节系统。液压辊缝调节系统的主要优势是与机电下压系统相比响应速度极短，但是机械系统定位更加精确，位移很小。

使用机械系统时，压下止推轴承作用于主轧机螺杆和顶部轴承座之间。通过这些压下轴承传递的载荷极高，通常相当于轧机分离力的一半，达到几千吨。由于在调整期间螺杆的旋转速度极低，因此工作速度基本为零。出于这个原因，应根据静态承载能力 (C_0) 选择轴承。

铁姆肯公司提供下面的多种重载荷止推轴承：

TTHDFLSX

传统压下组件使用平底圈和圆锥顶圈。顶圈采用特殊的凸面轮廓(图103)以匹配螺杆末端或其调心垫圈。上圈和下圈都配有螺纹吊装栓以便于搬运。这些组件采用满装设计(无保持架)以使承载能力达到最高。

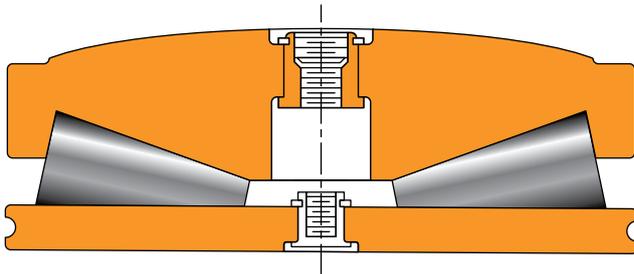


图103. TTHDFLSX凸面上圈设计

TTHDFLSV

TTHDFLSV组件与上面的 TTHDFLSX相同，但是上圈采用凹陷轮廓(图104)以匹配螺杆或其调心垫圈。由于圆锥圈的断面较细，因此这种设计不如凸面上圈设计常见。

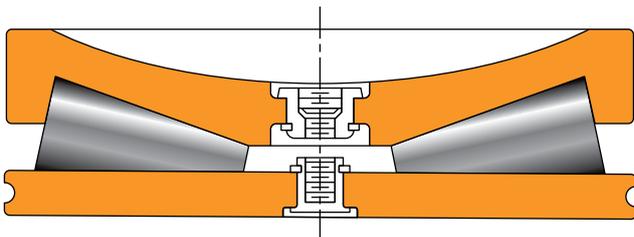


图104. TTHDFLSV凹面上圈设计

应用场合考虑因素： 压下轴承

- 1. 轴承衬套：**轴承主要安装在衬套中，以容纳组件所需的润滑油，但是也可利用完整轴承组件。
- 2. 圆锥底圈：**如果底圈为图105中所示的圆锥形(TTHDSX)，则建议与圈外径之间保持3mm (0.120 in.) 的径向间隙，以确保底圈相对于上圆锥圈进行自动调心。否则，滚子末端将无法同时正确地靠在上下大挡边上。在衬套中嵌入导套，用于使上圈和滚子居中。底圈定中将通过上圈和滚子组实现。
- 3. 平底圈：**如果底圈为扁平形(TTHDFLSX)，则按照装配方法指导方针采取紧配合安装。平圈允许滚子和圆锥垫圈进行径向自动调心。
- 4. 密封：**上板中安装的油封采用栓接方式固定到衬套，以防止污染物进入轴承组件。
- 5. 润滑：**向轴承中加注40° C (104°F) 时粘度大约为450cSt 的优质EP润滑脂，以保持充分润滑。

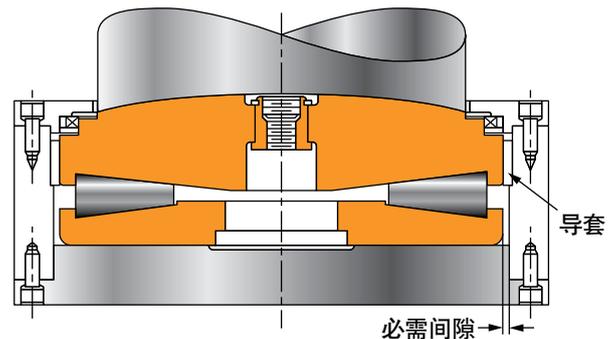


图105. 带有圆锥底圈的TTHDSX组件

辅助设备

轧机主传动和小齿轮机架齿轮箱

轧机传动通常由减速器或增速器以及小齿轮机架构成。小齿轮机架将传动分成两个反向旋转的输出以连接到轧辊。减速器和小齿轮机架可以是独立的装置，也可以是结合在一起的整体式装置。

这些传动的功率范围为数百到10000 kW以上，输出速度可达1200 RPM甚至更高。例如，铝箔轧机的工作速度较高，而钢材热轧机的工作速度较低。

轴承选择

齿轮箱配置极其多样，包括单级减速和双级减速。虽然种类多样，但是所有这些齿轮箱都被视为重载型，设计需要很高的可靠性，典型理论轴承 L_{10} 寿命需要50000小时甚至更久（请参阅第67-93页的“轴承使用寿命计算和相关分析”以了解更多详情）。

单螺旋齿轮传动

单螺旋齿轮（图106）产生方向相反的轴向载荷，必须由支撑每条齿轮轴的轴承之一承受。齿轮结构通常设计为齿轮箱中的每条轴各有一个固定位置轴承和一个浮动位置轴承。单螺旋齿轮传动一般用于较小的轧机传动。

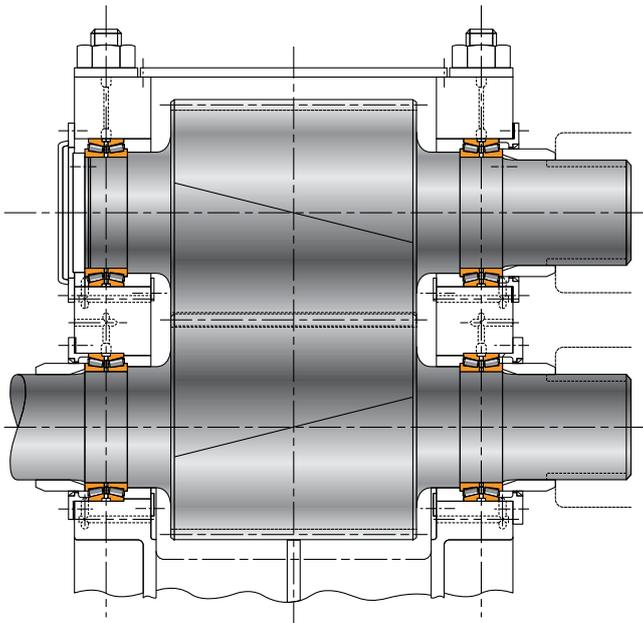


图106. 单螺旋齿轮箱

双螺旋齿轮传动或人字齿轮传动

双螺旋齿轮（图107）不会产生额外的轴向载荷。来自半边齿轮的轴向载荷被另外半边的轴向载荷抵消。这些齿轮设计的要求之一是允许配对齿轮自由地进行轴向对准，以便将载荷分布在每个齿轮的两半部分上。

最终所选的轴承必须仅固定一条轴的一端，而允许所有其他位置浮动。固定端轴承确定整个齿轮和轴系统在齿轮箱中的位置。考虑到径向和轴向载荷的综合承载能力，在固定端位置通常选择双列圆锥滚子轴承。

浮动端轴承必须适应轴和轴承座之间的相对轴向移动。圆柱滚子设计可支撑相对较重的载荷，允许自由地进行轴向移动。如果外圈和轴承座内径之间的滑动压力不是很大，则可以选择调心滚子轴承或TDO圆锥滚子轴承。

较大轧机的主传动可能会承受高惯性载荷加速或减速。这些源自轧辊的速度变化可被传动系统中的减速器放大。结果，传动输入轴在同一时间段将会遇到更剧烈的速度变化。

上述的高惯性载荷情况可增大传动中的扭转振动，因为在涉及的多种元件共同作用下产生了复杂的扭转弹性体系统。在极端情况下，这可能会造成扭矩逆转。

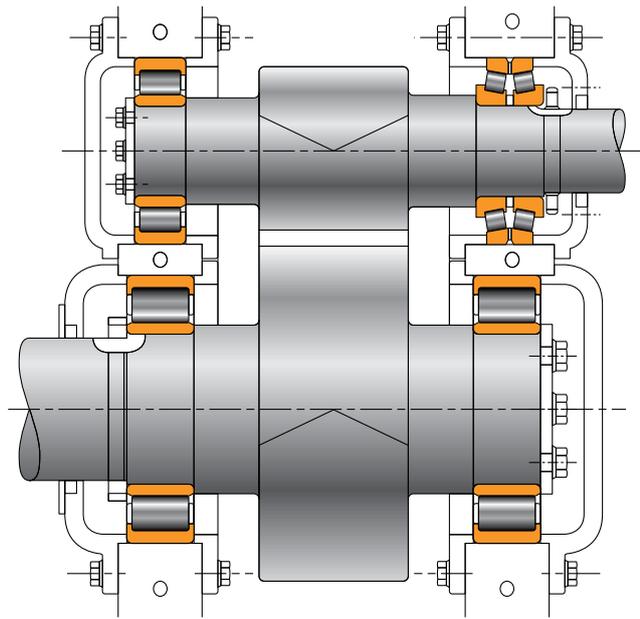


图107. 双螺旋齿轮箱

上一页中讨论的因素意味着选择轴承时必须考虑保持架强度和内部间隙。

保持架强度必须足以承受载荷区之外的滚子冲击力，同时承受载荷区内的滚子所产生的惯性载荷。

应用考虑因素

为这些传动装置选择轴承时，齿轮传动类型和轧机的工作参数很重要。必须考虑下面的因素：载荷和速度、轴和轴承座配合、工作温度范围和润滑。

- 1. 工作条件：**轴承载荷是齿轮箱传输扭矩的函数，是齿轮啮合部位产生的切向力、分离力和轴向力的合力。第67-93页的“轴承使用寿命计算和相关分析”章节提供了推导这些力的公式。具体的传动类型可产生不同的轴承要求。要确定疲劳寿命、发热量、润滑流速和轴承游隙，必须了解工作速度范围和载荷谱。
- 2. 配合：**轴和轴承座配合影响轴承性能，必须谨慎选择以获得正确而充分的轴承支撑，通常内圈采用紧配合而外圈采用松配合，但是每种应用都必须按照其实际情况进行确认。请联系铁姆肯公司工程师以了解详细信息。
- 3. 润滑：**对于滚动轴承，润滑油参数对轴承性能至关重要。轧机传动通常利用齿轮润滑油来润滑轴承。润滑油在工作温度下的粘度必须足以形成EHL，以及选择合适的流速以利于散热。
- 4. 高速：**对于高速应用，圆锥滚子轴承双外圈可带有扩孔配合锁紧销在轴承座内使用。这样可避免外圈在轴承座跑圈，以及由此产生的磨损和碎屑。沉孔与润滑孔配合使用，此时需要中空的锁紧销。
- 5. 急剧加速和减速：**无论是哪种齿轮传动类型和齿轮箱配置，选择轴承时除了基本径向和轴向承载能力之外还必须考虑多种因素，包括高惯性载荷及其对传动振动的影响。
- 6. 轴承工作游隙：**选择还必须考虑工作游隙的影响。较小的工作游隙比较有利，因为它可以增大承载区，减少能够自由冲击保持架的承载区外的滚子数量。较小的游隙还可降低传动系统中的反冲力，以及在轴承中更好地引导无载荷滚动体。

影响轴承工作游隙最大的因素包括：

- 所用的配合，因为紧配合会减小游隙
- 相对于载荷，轴承外圈与内圈之间的温度差主要取决于工作速度
- 正常工作温度下所需要的最小工作游隙

球、圆柱和调心滚子轴承要求存在正的工作游隙，但圆锥滚子轴承可在小得多的游隙直到轻微预载条件下正常工作。

圆柱滚子轴承和调心滚子轴承的初始径向游隙由制造商预设。这些轴承的游隙通常从工业标准范围中选择，但是也可提供特殊游隙以适应特殊应用。

双列圆锥滚子轴承的初始游隙可进一步优化以获得所需的工作游隙。圆锥滚子轴承的轴向游隙也可调整。最准确的方法是在组装时根据实际部件和座的尺寸由客户自行磨削轴承间隔圈。这样可消除轴直径、轴承内径公差和间隔圈宽度对最终安装间隙（或预载）的影响，获得更窄的游隙范围。

开卷机和卷曲机

带钢轧机生产线通常包含盘卷工序，作为轧制或金属加工生产线功能的一部分。因此，至少会有一个卷轴用于放开或重绕带钢。这些卷轴的名称五花八门，包括开卷机、退绕机、卷取机、卷绕机和张力卷取机等。

集成热带钢轧机生产线可配有多达三个重载卷轴以进行连续或半连续卷绕。每个卷轴使用一个芯轴来支撑盘卷。

两种常见的卷轴类型是双柄芯轴和正面胀开芯轴。

双柄芯轴安装在盘卷每侧，每端仅与盘卷内径啮合。双柄芯轴可以是带有传动销的整体锥式，也可以是膨胀式，通常用于轻型铝材轧机和箔材轧机，因为盘卷本身固定在钢管上。这样有助于盘卷拖运，无需在外径上为盘卷提供支撑，从而减少了柔软和表面关键型材料受损的几率。

正面胀开芯轴在盘卷的整个长度上与之啮合。膨胀和收缩功能允许盘卷承载和卸载(收缩)，但是也可传输相当大的转矩(膨胀)。这些卷轴在带钢张力和盘卷重量相对较高的热轧式和冷轧式带钢轧机中很常见。当盘卷重量过高时，例如在宽大带钢应用中，通常增加外侧轴承以尽可能减少芯轴弯曲(图108)。

在现代设计中，膨胀和收缩功能由安装在芯轴杆背面的旋转液压缸驱动。芯轴杆通常集成在传动齿轮箱中作为输出轴。它的变体采用配备空心输出轴的齿轮箱，以便于将芯轴组件插入。这种设计有助于快速地更换芯轴组件。

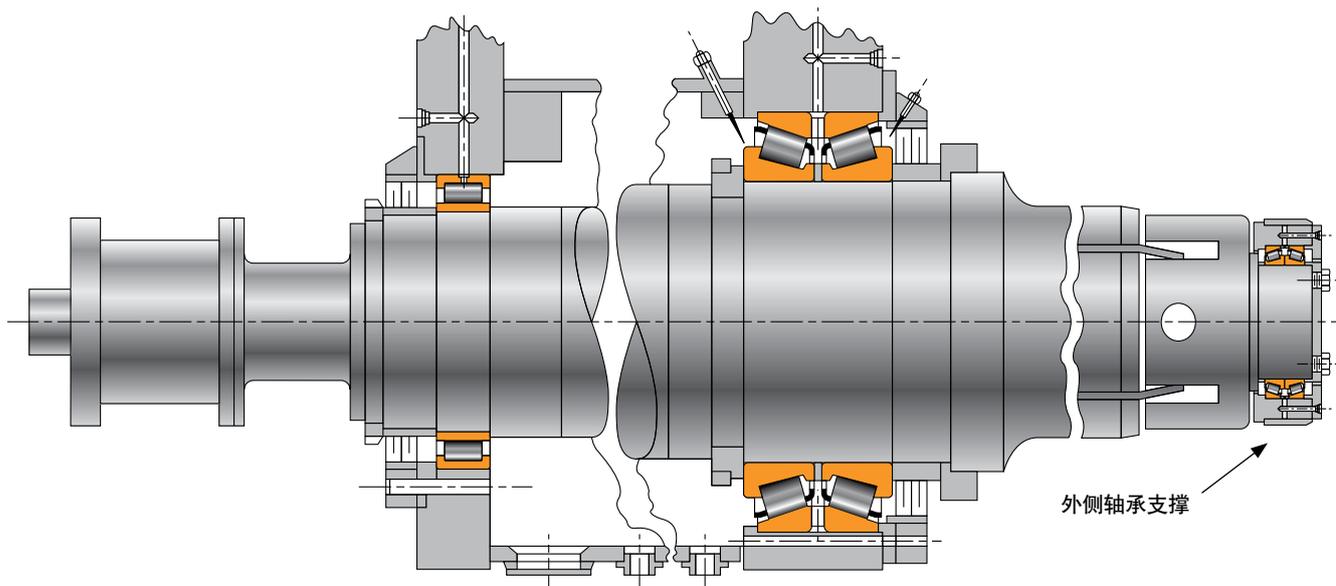


图108. 带有外侧轴承的正面芯轴

应用场合考虑因素：卷筒

工作周期

开卷机和卷曲机应用中的轴承工况需要考虑特殊的因素，因为在卷取和开卷过程中载荷/速度一直变化。开卷机启动时承受全盘卷重量，但是速度较低。随着盘卷材料轧制，盘卷重量稳定地下降，而速度稳定地升高。相反的情况适用于卷曲机。芯轴杆的重量以及带钢张力产生的载荷也必须考虑在内。

轴承的载荷和使用寿命分析可通过两种方式进行。最简单的方法是使用加权平均盘卷重量和速度值。也可以选择盘卷重量以及相关直径和速度。这些参数必须代表盘卷材料轧制过程中不同时间点的情况，并用来计算轴承的平均使用寿命。请参阅第67-93页的“轴承使用寿命计算和相关分析”部分以了解轴承的载荷和使用寿命计算方法。

轴承选择

轴承选择标准与主传动相似，包括考虑是固定端还是浮动端、工作游隙和速度。但是，这些轴承的选择还需要考虑特殊因素。首选轴承布置包括：

- 固定和浮动位置选用双列圆锥滚子轴承
- 固定端的双列圆锥滚子轴承和浮动端的圆柱滚子轴承
- 双列TDO型轴承是输出轴/芯轴杆前端（离盘卷最近）位置的首选类型，因为它的径向和轴向承载能力以及刚度都很高。在需要承受明显的轴弯曲变形的固定和浮动位置，也可使用调心轴承

剪切机和剪切机传动

剪切机及其驱动装置的工作条件可对轴承产生严苛的载荷要求。选择轴承时需要特别注意。

冶金和金属加工线中使用的剪切机设计多种多样。大部分是固定剪切机或飞剪。固定剪切机要求待剪切材料保持静止，而飞剪在材料移动过程中完成剪切。

高速固定剪切机

这些剪切机通常使用低功率驱动电机通过齿轮箱连续地驱动飞轮。飞轮通过离合器和制动器连接到剪切机。进行剪切时，离合器合上，剪切机从飞轮获取能量。离合器的合上和断开所需的时间不到一秒，因此会向驱动传回冲击载荷。在很短的时段内，轴承载荷相对较高。

飞剪

此处考虑的飞剪类型是滚筒剪，但是其他类型需要考虑的因素与其相似。滚筒剪由两个平行的滚筒构成，一个位于带钢上方，另一个位于带钢下方(图109)。滚筒的间隔距离固定，每个滚筒配备一个或两个相互成180°角定位的叶片。滚筒在齿轮传动下旋转，使叶片合拢并完成切割。它们由齿轮箱中的高功率电机驱动。切割时滚筒的旋转速度受到控制，以使叶片的移动速度与待切割材料相同。但是，剪切机及其驱动在两次切割之间保持静止。

剪切机的运行涉及滚筒从停止位置快速加速，直到使叶片速度与材料速度相符。对于单叶滚筒，这必须发生在滚筒旋转不到一圈的时间内。对于双叶滚筒，这必须发生在旋转不到半圈的时间内。

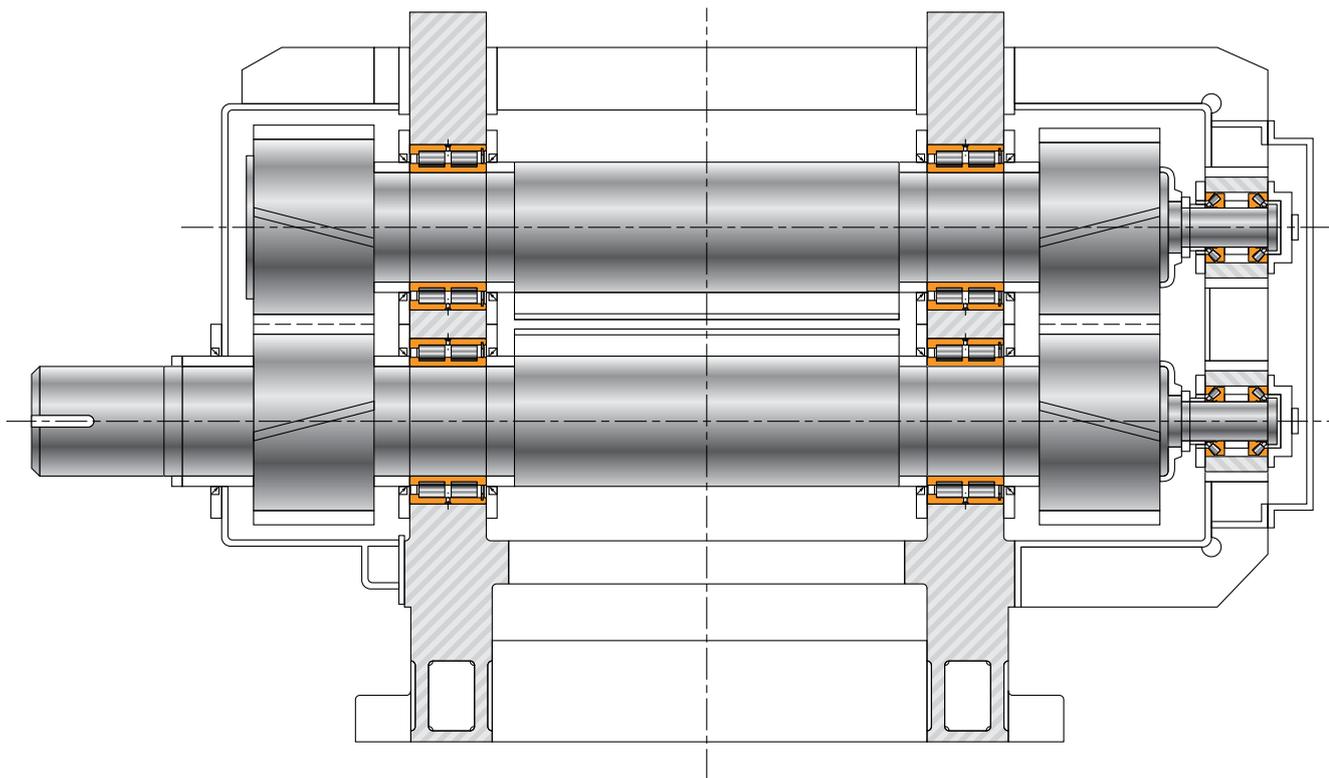


图109. 滚筒式飞剪

应用场合考虑因素：剪切机

- 1. 工作条件：**轴承的工作周期涉及速度和载荷快速变化，变速率可能超过主轧机传动应用。这些可能会对轴承部件产生高惯性/冲击载荷，特别是在保持架和滚动体之间。
- 2. 急剧加速和减速：**请务必注意，源自剪切机本身的加速和减速在通过驱动齿轮箱（减速器）传输回输入轴后将会得到放大。因此，输入轴的轴承将会遇到最突然的速度变化（加速和减速冲击）。

轴承选择必须考虑到轴承本身内部的高惯性和冲击载荷。特别需要注意轴承保持架，尤其是输入轴上。此外，轴承内部间隙应当尽可能小，以降低这些惯性/冲击载荷并减少工作周期中载荷较低时滚子打滑的几率。

- 3. 轴承选择：**剪切机中所用的轴承通常不会出现需要特别考虑的速度变化，但是在进行剪切的瞬间轴承载荷可能极高。高载荷部分通常使用多列圆锥滚子轴承和圆柱滚子轴承。重载滚筒剪切机经常使用多列满装圆柱滚子轴承以在指定空间中获得最大承载能力。这些轴承需要通常集成到滚筒轴向调整装置中的独立止推轴承。止推圆锥、调心和圆柱轴承均可用于此位置。

滚道

所有冶金和金属加工线都包含用于支撑、夹紧、偏转或张紧待处理材料的滚道（图110和113）。这些滚道可为实心或空心、从动或非从动式，并可使用各种轴承和轴承组合来支撑它们。最常用的轴承是调心和双列圆锥滚子轴承。也可使用圆柱滚子轴承，但是仅用于浮动位置且与固定位置的圆锥或调心滚子轴承成对使用。

调心滚子轴承具有高径向承载能力和中等轴向承载能力，并可承受高偏心度。轴向载荷承载能力实用指导方针是不应当超过应用的径向载荷的三分之一。轴向载荷超过些值将会产生两列滚子中单列滚子受载。偏心能力根据系列不同稍有不同。

安装在带座轴承单元时，调心滚子轴承在这些应用中的灵活性进一步得到增强（图111）。带座轴承单元组件提供整体式密封组件，可使用润滑脂或润滑油润滑并配置为用于固定或浮动位置。整体式组件便于安装。



图 110. 热轧线滚道

对于要求特别苛刻的应用，例如加热炉出料滚道，可以考虑使用Timken一体式带座轴承单元。它们可提供安装在极坚固的一片式轴承座中的调心滚子轴承。

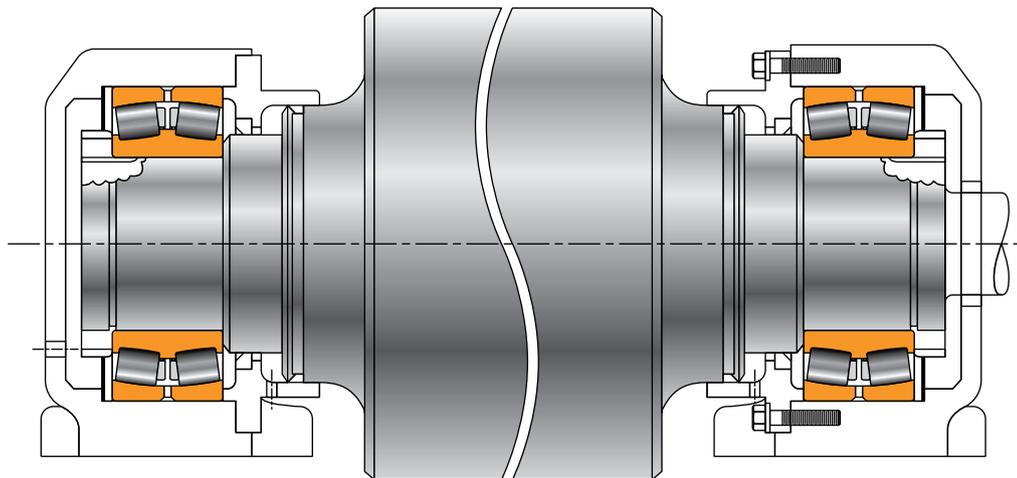


图111. 安装在带座轴承单元中的调心滚子轴承支撑的滚道

双列圆锥滚子轴承的承载能力更高，但是对于指定内径尺寸时，它的宽度大于调心轴承。在滚道应用中，双列圆锥滚子轴承常用作AP™型组件(图112)。AP组件配有密封圈和密封磨损环以及各种安装附件。所有AP轴承都使用渗碳轴承圈和滚子，断裂韧性高于全淬透材料。预计出现明显的冲击载荷时，可以考虑这一点。

圆锥滚子轴承解决方案的偏心度公差与调心滚子轴承不同。如果滚道弯曲变形造成穿过轴承的轴偏心率超过0.5毫弧度，则通常不推荐使用圆锥滚子轴承。

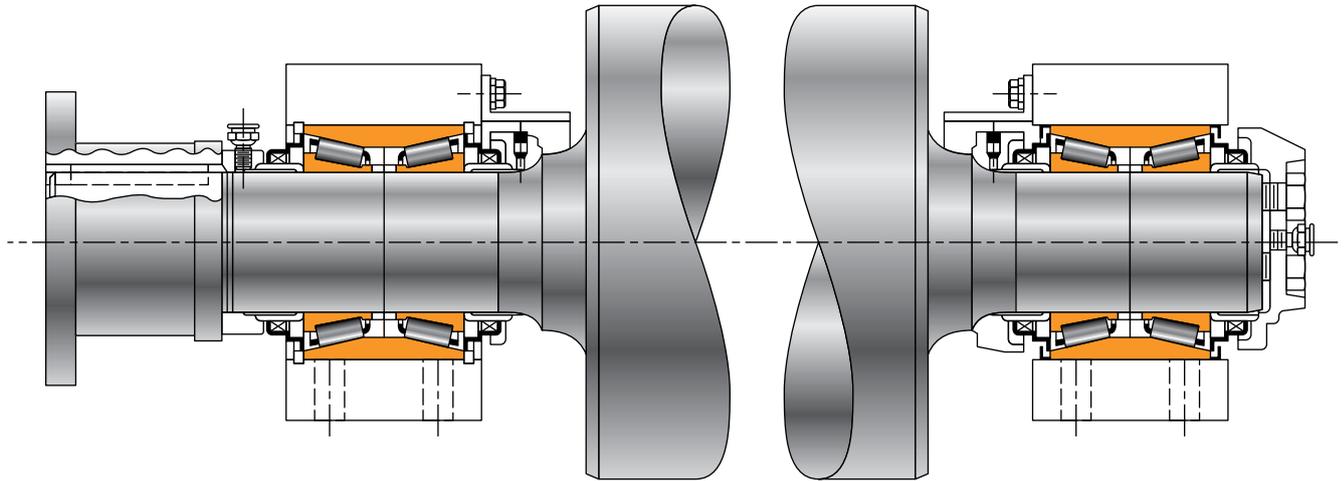


图112. AP™型圆锥滚子轴承组件支撑的滚道



图113. 热轧线输送滚道

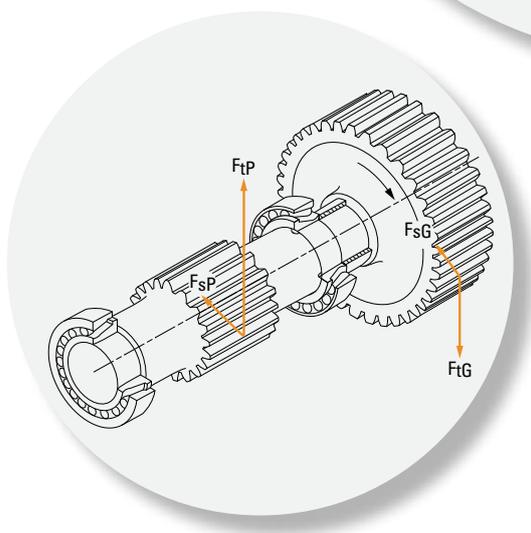
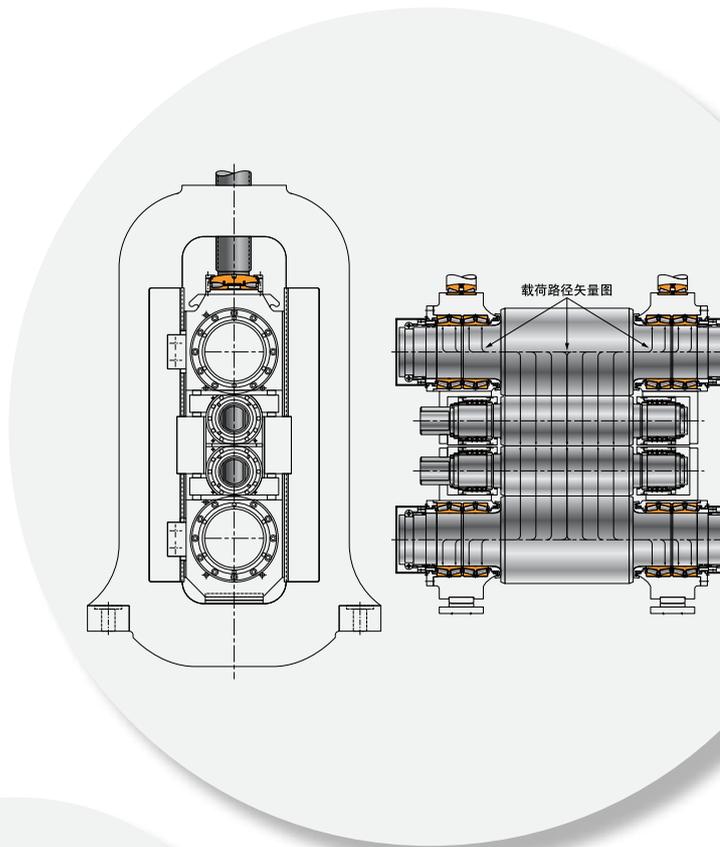
轴承使用寿命计算和相关分析

本部分中涵盖了下列主题：

- 符号汇总
- 疲劳寿命
- 轴承额定值
- 载荷计算
- 寿命计算
- 轴承内部游隙
- 高级分析

注意

如需更多信息，请参阅
《Timken工程手册》
(编号 10424C)。



用于载荷计算和轴承分析的符号汇总

符号	说明	单位 (公制/英制)	符号	说明	单位 (公制/英制)
a_1	可靠性寿命系数		F_s	齿轮上的分离力	N, lbf
a_2	材料寿命系数		F_{sG}	齿轮上的分离力	N, lbf
a_3	工作条件寿命系数		F_{sP}	小齿轮上的分离力	N, lbf
a_{3d}	异物寿命系数		F_t	切向力	N, lbf
a_{3k}	承载区寿命系数		F_{te}	车轮上的牵引力	N, lbf
a_{3l}	润滑寿命系数		F_{tG}	齿轮上的切向力	N, lbf
a_{3m}	偏心寿命系数		F_{tP}	小齿轮上的切向力	N, lbf
a_{3p}	低载荷寿命系数		γ_G	锥齿轮传动 - 大齿轮分段圆锥角	°
b	齿宽度	mm, in.	γ_P	锥齿轮传动 - 小齿轮分段圆锥角	°
C_1	基于100万转 L_{10} 寿命定义的单列轴承额定动态径向载荷	N, lbf	H	TIMKEN用于 C_{90} 额定值公式几何结构相关系数	
$C_{1(2)}$	基于100万转 L_{10} 寿命定义的双列轴承额定动态径向载荷	N, lbf	H	功率	kW, hp
$C_{1(4)}$	基于100万转 L_{10} 寿命定义的四列轴承额定动态径向载荷	N, lbf	i	轴承中滚子的列数	
C_{90}	9000 万转 L_{10} 或 500 RPM 速度下3000小时的单列轴承基本动态径向额定载荷	N, lbf	K	圆锥滚子轴承K系数；单列轴承中基本动态径向额定载荷与基本动态轴向额定值的比率	
$C_{90(2)}$	9000 万转 L_{10} 或 500 RPM 速度下3000小时的双列轴承基本动态径向额定载荷	N, lbf	L	轴承几何中心跨距	mm, in.
$C_{90(4)}$	9000 万转 L_{10} 或 500 RPM 速度下3000小时的四列轴承基本动态径向额定载荷	N, lbf	L_{10a}	指定条件下达到90%可靠性的轴承寿命调节系数，例如 a_{3l} 和 a_{3m} 至 L_{10}	h
C_{a90}	9000 万转 L_{10} 或 500 RPM 速度下3000小时的单列轴承基本动态推力额定载荷	N, lbf	L_{10wt}	具体工况下轴承加权寿命	h
C_0	基本静态径向额定载荷	N, lbf	L_{10}	轴承寿命	h
C_r	ISO/ABMA额定值等式定义的一百万转 L_{10} 的单列轴承基本动态径向额定载荷	N, lbf	L_{eff}	滚子有效长度	mm, in.
d	轴承内径	mm, in.	M	轴承工作力矩	N-m, N-mm, lb.-in.
D	轴承外径	mm, in.	M_c	用于 C_{90} 额定值等式的Timken 材料常数	
d_o	内圈平均直径	mm, in.	m	齿轮传动比	
D_h	轴承座外径	mm, in.	n	轴承工作速度	RPM
D_{mG}	齿轮的平均工作直径或有效工作直径	mm, in.	n_G	齿轮工作速度	RPM
D_{mP}	小齿轮的有效工作直径	mm, in.	n_P	小齿轮工作速度	RPM
D_o	外圈平均直径	mm, in.	N_G	齿轮轮齿数	
D_{pG}	齿轮节径	mm, in.	N_P	小齿轮轮齿数	
D_{pP}	小齿轮节径	mm, in.	P_a	动态当量轴向载荷	N, lbf
d_s	轴孔内径	mm, in.	P_r	动态当量径向载荷	N, lbf
D_{we}	平均滚子直径	mm, in.	R	可靠性百分比，用于计算 a_1 系数	
F_a	施加的推力 (轴向) 载荷	N, lbf	T_X	百分比条件时间，见“加权寿命公式”	%
F_{ac}	离心力引起的轴向载荷	N, lbf	Y	动态推力 (轴向) 载荷系数	
F_{ae}	作用于轴上的轴向载荷	N, lbf	Z	滚动体数量	
F_{aG}	齿轮受到的轴向载荷	N, lbf	α	滚珠轴承标称接触角	°
F_{ai}	径向载荷引起的轴向	N, lbf	δ_H	轴承座中的外圈过盈配合	mm, in.
F_{aP}	小齿轮上的轴向载荷	N, lbf	δ_S	轴上的内圈过盈配合	mm, in.
			ΔT	轴/内圈/滚子和轴承座/外圈之间的温差	°C, °F
			ϕ_G	齿轮的正常齿压角度	°
			ϕ_P	小齿轮的正常齿压角度	°
			Ψ_G	齿轮的螺旋角	°
			Ψ_P	小齿轮的螺旋角	°

疲劳寿命

轴承选择涉及分析多种不同的性能标准，包括轴承疲劳寿命、旋转精度、功率要求、温度限制和速度能力。本部分重点介绍与材料相关疲劳度有关的轴承使用寿命。在这里，我们将轴承使用寿命定义为出现6 mm²疲劳剥落之前的时间长度或转数。由于轧机轴承的尺寸很大，轴承工作时通常会超出此限制，因此预期使用寿命更长。

由于金属疲劳是一种统计现象，轴承即便看起来一模一样，但在相同的条件下测试时，使用寿命也可能迥然相异。这样就需要基于在类似条件下运转的大量轴承的统计评估结果来预测轴承的使用寿命。威布尔 (Weibull) 分布函数常用于在任何给定的可靠性级别预测轴承的使用寿命。对于轧机轴承，测试大量轴承不太现实，但是铁姆肯公司的工程师可帮助您计算轴承使用寿命。⁽¹⁾

轴承的实际寿命取决于多种因素，例如载荷、速度、润滑、装配、轴承内部游隙、工作温度、污染、维护和许多其他环境因素。请务必注意，在统计学上，多列系统的使用寿命总是低于系统中任何指定列的使用寿命。

图114中所示的额定使用寿命 (L_{10}) 是指在一组具有相同尺寸的轴承中，90%的轴承在疲劳剥落达到指定限制之前达到或超过的使用寿命。 L_{10} 还与单个轴承在特定载荷条件下的90%可靠性相关。中值使用寿命 L_{50} 大约为 L_{10} 寿命的3.5倍。

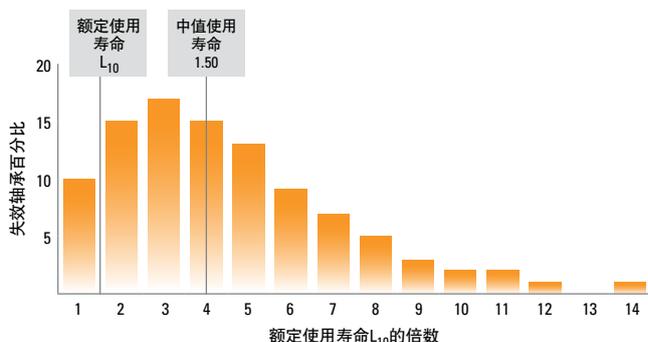


图114. 一百个具有相同尺寸的轴承在相似条件下运行时的理论使用寿命频数分布

(1) 注意
无法精确地确定单个轴承的使用寿命。

轴承额定载荷

轴承制造商指定轴承的额定载荷，允许设计人员计算轴承预期使用寿命。广泛使用的标准参考额定值有两种。 C_{90} 是9000万转轴承的参考额定载荷， C_1 是一百万转轴承的标准参考值。 C_{90} 额定值主要用于圆锥滚子轴承使用寿命计算，而 C_1 更常用于调心滚子轴承和圆柱滚子轴承。由于轴承运行时的载荷不符合任何一种标准参考条件，因此务必将正确的使用寿命等式用于相应的额定值。

铁姆肯公司动态额定值 C_{90}

铁姆肯公司考虑到材料洁净度和制造技术的连续改进，开发出并验证了用于滚子轴承的特定额定载荷计算方法。

径向额定载荷

公布的铁姆肯公司 C_{90} 额定值的基础是9000万转或500 rev/min条件下运行3000小时的基本额定使用寿命。为了在世界范围内达到均一的质量，铁姆肯公司在实验室中开展了全面的轴承疲劳寿命测试。这些审计测试在我们的额定值中获得了很高的置信度水平。

为了估算旋转轴承的使用寿命，我们使用基本动态载荷额定值，其公式为：

$$C_{90} = M_c H (i L_{\text{eff}} \cos \alpha)^{4/5} Z^{7/10} D_{\text{we}}^{16/15}$$

其中（图 115）：

C_{90} = 径向额定值（估计）

M_c = 材料常数

H = 几何结构相关系数

i = 组件中的列数

L_{eff} = 滚子有效长度 (mm)⁽¹⁾

α = 包含外圈的半边轴承的角度（度）

Z = 每列的滚子数量

D_{we} = 平均滚子直径 (mm)

(1) 滚子有效长度是指能够承受载荷的滚子-滚道长度。它是滚子主体长度 L 以及滚子半径和相应滚道的几何形状的函数。

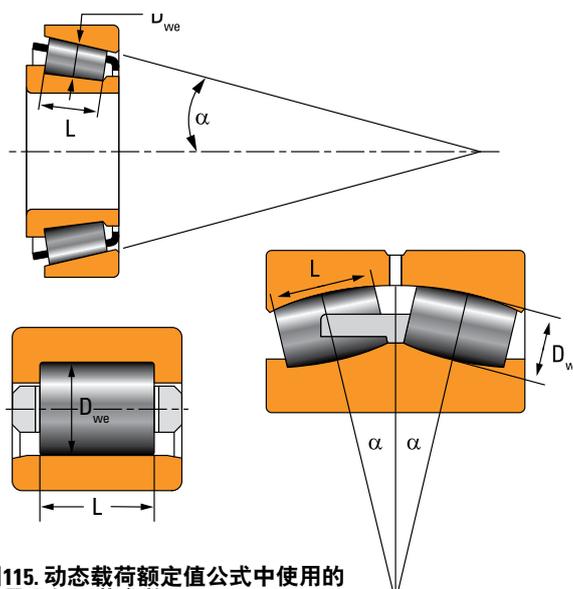


图115. 动态载荷额定值公式中使用的轴承几何形状参数

两列的系统使用寿命确定两个滚道几何形状相同的双列轴承的额定值。

$$C_{90(2)} = 2^{4/5} \times C_{90} \text{ 或 } C_{90(2)} = 1.74 \times C_{90}$$

双列组件额定值的两倍等于四列组件的基本径向载荷额定值。

$$C_{90(4)} = 2 \times C_{90(2)}$$

双列组件额定值的三倍等于六列组件的基本径向载荷额定值。

$$C_{90(6)} = 3 \times C_{90(2)}$$

铁姆肯公司动态额定值 C_1

我们的一百万转铁姆肯公司额定值为：

$$C_1 = C_{90} \times 90^{3/10} = C_{90} \times 3.857$$

通过铁姆肯公司 C_1 额定值，可以利用基于一百万转的额定值评估结果直接比较 Timken 轴承与其他制造商的产品。但是，直接比较不同制造商的额定值可能会产生误导，因为额定值计算方法、材料、制造、设计和验证测试存在差异。

为了在不同轴承供应商的额定值之间进行准确的几何对比，仅使用按国际标准化组织 (ISO) 等式公布的额定值。但是，这种方法无法说明不同轴承制造商之间的钢材质量差异。

径向滚子轴承的动态轴向额定载荷

具体轴承类型决定径向滚子轴承的轴向承载能力。圆锥滚子轴承的设计特别适合组合载荷，主要由轴承外圈的滚道角度确定轴向额定载荷。对于每种圆锥滚子轴承，铁姆肯公司都公布了相应的K系数，这是单列轴承的动态径向额定载荷与轴向额定载荷的比值：

$$K = \frac{C_{90}}{C_{a90}}$$

其中：

C_{90} 是基本动态径向额定载荷， C_{a90} 是额定动态轴向额定载荷，基于9000万转(500 rev/min. 条件下运行3000小时)的额定使用寿命。

K系数越小，轴承外圈的角度越大，轴承的轴向承载能力越大(图116)。

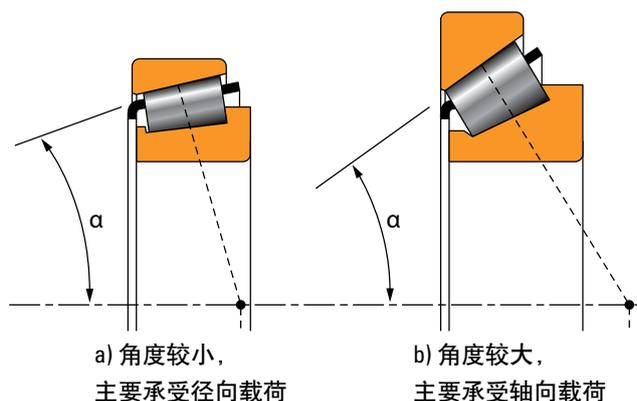


图 116. 小角度与大角度结构

这种关系在几何学上也可表达为：

$$K = 0.389 \times \cot \alpha$$

其中：

$$\alpha = \text{外圈滚道的半包含角}$$

我们也设计了调心轴承用于承受纯径向载荷或径向和轴向组合载荷。未公布轴向载荷限制，因为调心轴承不适用于纯轴向载荷。

滚柱轴承的轴向承载能力主要由内圈和外圈法兰支撑载荷的能力以及滚子/法兰接触区域的热条件决定。滚子端和法兰的滑动接触控制热条件，它受到工作温度、润滑、偏心和载荷影响。在正常工作条件下，轴向载荷不应超过所施加的径向载荷的10%。

静态额定载荷 C_0

标准轴承疲劳寿命根据轴承的转数计算。但是，对于静态应用，疲劳寿命的概念不适应。在这种情况下，我们根据可施加的最大允许载荷来选择轴承。我们将其定义为在未通过降低轴承性能的方式改变物理性质的情况下可以施加的载荷。对于静态工况，轴承滚道的最大接触应力必须低于4000 MPa (580 ksi)，此值被视为轴承钢的Brinnell极限。高于此值的应力水平可能会造成接触面像塑料一样变形，产生将来甚至在较低载荷下都会造成剥落的起始点。

C_0 是Timken轴承的额定静态额定载荷。我们在载荷最重的滚动体的接触区域中心位置最大接触应力为4000 MPa (580 ksi)的条件下得出此值。

如果声音、振动或扭矩是关注的重点，或者存在强大的冲击载荷，则应采用较低的载荷极限。

如需更加深入地了解这些额定值的知识，请联系铁姆肯公司工程师。

载荷计算

传统的轴承使用寿命计算方法首先确定施加的力并计算轴承的动态载荷当量。然后，计算单列或多列轴承的预期理论寿命。

在轧机应用中，根据轧机结构以及轧制计划指定的各种条件确定施加的力。因此，仅根据最大载荷和/或速度制定标准计算方法还远远不够。只有在每个项目中与工程部门密切合作，才能切实可行地估算轴承使用寿命。相似应用的经验可以作为发起评估的良好起点。

冶金中的常见轴承应用包括轧机传动、小齿轮机架、支撑辊、中间辊和工作辊位置、压下系统和辅助设备。为了确定机器元件在应用中施加的力，我们使用下面的等式：

如需其他齿轮传动类型的信息，请参阅《Timken工程手册》(编号10424C)。

齿轮传动

直齿轮传动

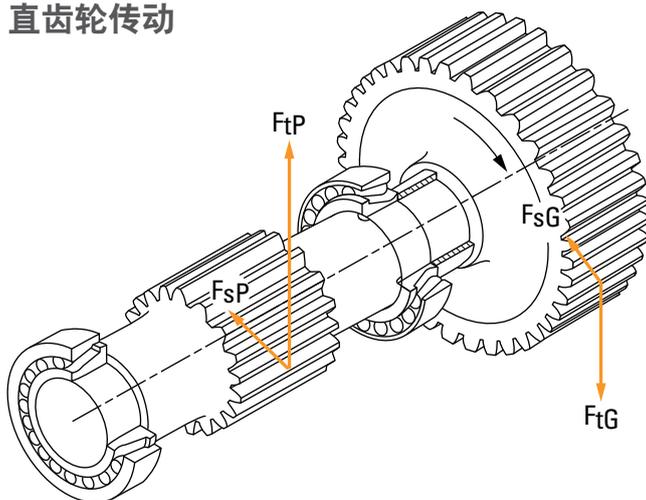


图117. 直齿轮传动

切向力

$$F_{tG} = \frac{(1.91 \times 10^7) H}{D_{pG} n_G} \text{ (公制)}$$

$$= \frac{(1.26 \times 10^5) H}{D_{pG} n_G} \text{ (英制)}$$

分离力

$$F_{sG} = F_{tG} \tan \varphi_G$$

单螺旋齿轮传动

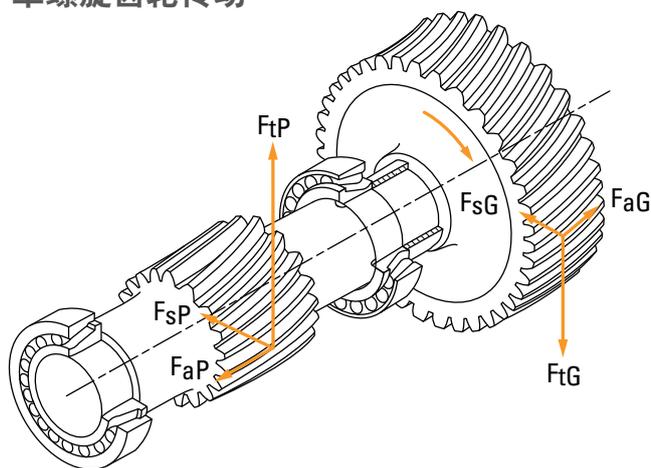


图118. 单螺旋齿轮传动。

切向力

$$F_{tG} = \frac{(1.91 \times 10^7) H}{D_{pG} n_G} \text{ (公制)}$$

$$= \frac{(1.26 \times 10^5) H}{D_{pG} n_G} \text{ (英制)}$$

分离力

$$F_{sG} = \frac{F_{tG} \tan \varphi_G}{\cos \psi_G}$$

轴向力

$$F_{aG} = F_{tG} \tan \psi_G$$

带有零度螺旋的直锥齿轮传动和弧齿伞齿轮传动

在直锥齿轮传动和弧齿伞齿轮传动中，齿轮力趋向于将齿轮和小齿轮在啮合位置分离，因此轴向力和分离力的方向始终相同（无论旋转方向如何）（图119）。为锥齿轮传动计算切向力（ F_{tP} 或 F_{tG} ）时，使用小齿轮或齿轮平均直径（ D_{mP} 或 D_{mG} ）而非节径（ D_{pP} 或 D_{pG} ）。平均直径的计算方式如下：

$$D_{mG} = D_{pG} - b \sin \gamma_G$$

$$D_{mP} = D_{pP} - b \sin \gamma_P$$

在直锥齿轮传动和弧齿伞齿轮传动中：

$$F_{tP} = F_{tG}$$

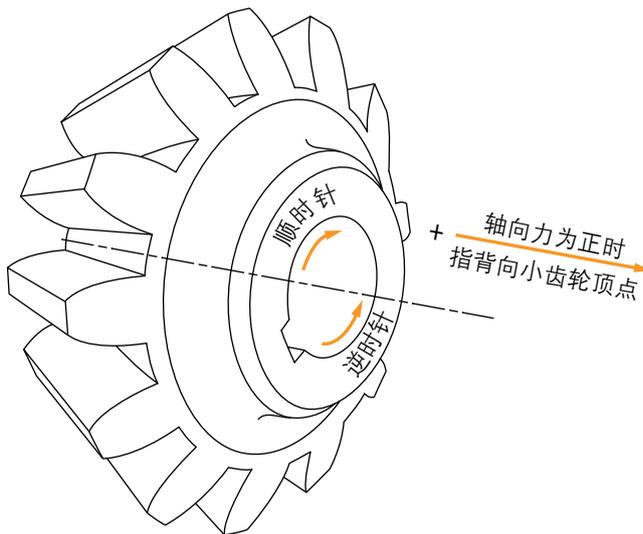


图119. 直锥齿轮和弧齿伞齿轮 – 无论旋转方向如何，轴向力和分离力总是保持同一个方向

小齿轮

切向力

$$F_{tP} = \frac{(1.91 \times 10^7) H}{D_{mP} n_p} \quad (\text{公制})$$

$$\frac{(1.26 \times 10^5) H}{D_{mP} n_p} \quad (\text{英制})$$

轴向力

$$F_{aP} = F_{tP} \tan \phi_P \sin \gamma_P$$

分离力

$$F_{sP} = F_{tP} \tan \phi_P \cos \gamma_P$$

直锥齿轮

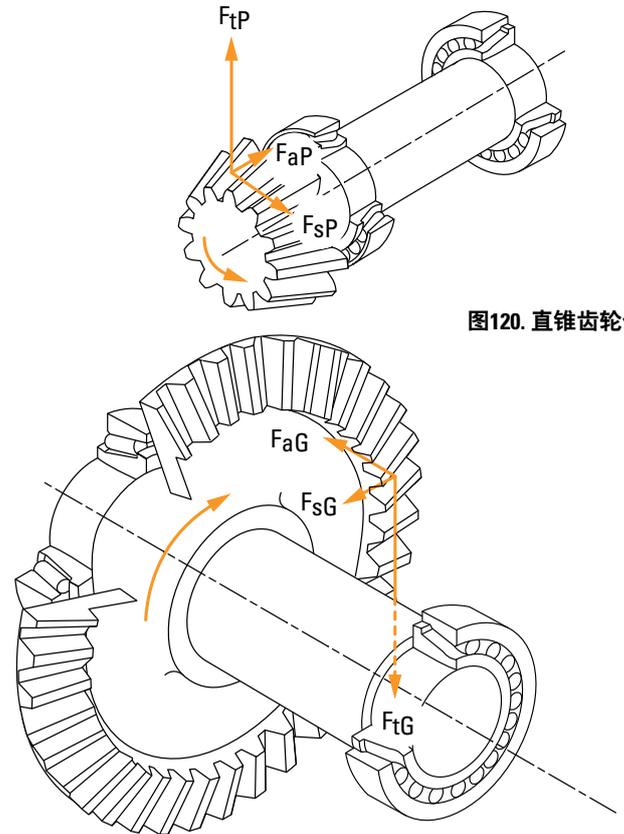


图120. 直锥齿轮传动

切向力

$$F_{tP} = \frac{(1.91 \times 10^7) H}{D_{mP} n_p} \quad (\text{公制})$$

$$= \frac{(1.26 \times 10^5) H}{D_{mP} n_p} \quad (\text{英制})$$

轴向力

$$F_{aG} = F_{tG} \tan \phi_G \sin \gamma_G$$

分离力

$$F_{sG} = F_{tG} \tan \phi_G \cos \gamma_G$$

螺旋锥齿轮传动和准双曲面齿轮传动

在螺旋锥齿轮传动和准双曲面齿轮传动中，轴向力和分离力的方向取决于螺旋角、螺旋方向、旋转方向以及齿轮是传动齿轮还是从动齿轮（见下一页的表1）。螺旋的方向是通过观察齿轮正面的齿轮廓（图121）是从轴线向左倾还是向右倾来确定。旋转的方向是通过望向齿轮或小齿轮顶点判断顺时针还是逆时针。

在螺旋锥齿轮传动中：

$$F_{tP} = F_{tG}$$

在准双曲面齿轮传动中：

$$F_{tP} = \frac{F_{tG} \cos \psi_P}{\cos \psi_G}$$

准双曲面小齿轮有效工作直径：

$$D_{mP} = D_{mG} \left(\frac{N_P}{N_G} \right) \left(\frac{\cos \psi_G}{\cos \psi_P} \right)$$

切向力

$$\begin{aligned} F_{tG} &= \frac{(1.91 \times 10^7) H}{D_{mG} n_G} \quad (\text{公制}) \\ &= \frac{(1.26 \times 10^5) H}{D_{mG} n_G} \quad (\text{英制}) \end{aligned}$$

准双曲面齿轮有效工作直径：

$$D_{mG} = D_{pG} - b \sin \gamma_G$$

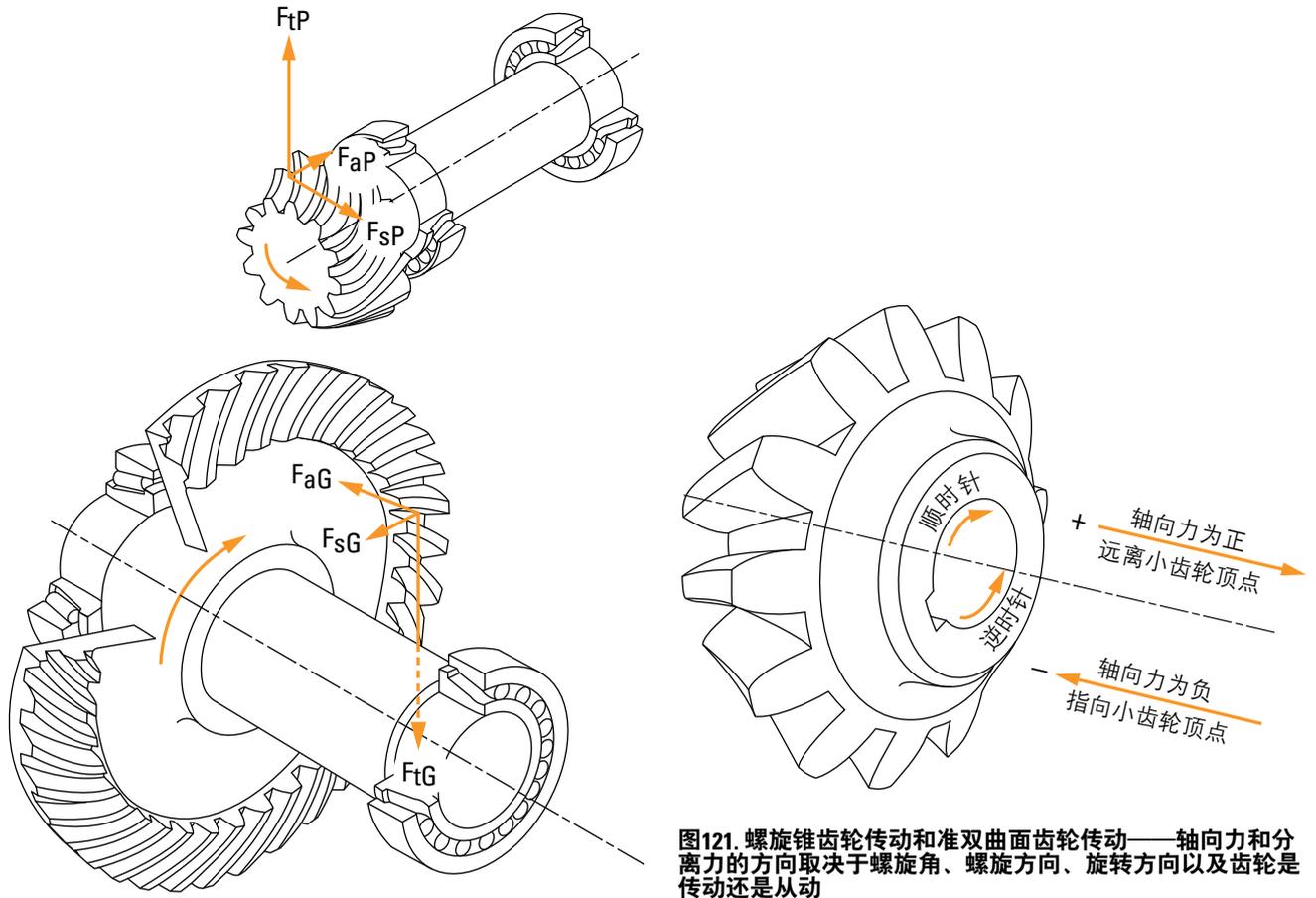


图121. 螺旋锥齿轮传动和准双曲面齿轮传动——轴向力和分离力的方向取决于螺旋角、螺旋方向、旋转方向以及齿轮是传动还是从动

表 1. 螺旋锥齿轮和准双曲面齿轮传动公式

主动件旋转方式	轴向力	分离力
右螺旋顺时针方向 或左螺旋逆时针方向	主动件 $F_{aP} = \frac{F_{tP}}{\cos \psi_P} (\tan \phi_P \sin \gamma_P - \sin \psi_P \cos \gamma_P)$	主动件 $F_{sP} = \frac{F_{tP}}{\cos \psi_P} (\tan \phi_P \cos \gamma_P + \sin \psi_P \sin \gamma_P)$
	主动件 $F_{aG} = \frac{F_{tG}}{\cos \psi_G} (\tan \phi_G \sin \gamma_G + \sin \psi_G \cos \gamma_G)$	主动件 $F_{sG} = \frac{F_{tG}}{\cos \psi_G} (\tan \phi_G \cos \gamma_G - \sin \psi_G \sin \gamma_G)$
右螺旋逆时针方向 或左螺旋顺时针方向	主动件 $F_{aP} = \frac{F_{tP}}{\cos \psi_P} (\tan \phi_P \sin \gamma_P + \sin \psi_P \cos \gamma_P)$	主动件 $F_{sP} = \frac{F_{tP}}{\cos \psi_P} (\tan \phi_P \cos \gamma_P - \sin \psi_P \sin \gamma_P)$
	主动件 $F_{aG} = \frac{F_{tG}}{\cos \psi_G} (\tan \phi_G \sin \gamma_G - \sin \psi_G \cos \gamma_G)$	主动件 $F_{sG} = \frac{F_{tG}}{\cos \psi_G} (\tan \phi_G \cos \gamma_G + \sin \psi_G \sin \gamma_G)$

注意

请参阅第 68 页以查看等式中所用符号的汇总

轧制载荷路径

支撑辊和工作辊位置

在传统四辊轧机机架中，轧机机架和轧制材料之间载荷通过轴承传递，如图122所示。根据轧辊平衡缸位置和/或弯辊缸的位置不同，在将板材压下的轧制力基础上，加上或减去弯辊力或平衡力。

一般情况下，支撑辊轴承需要承受轧制载荷(通常称为分离力)，外加系统中产生的所有其他载荷。工作辊和中间辊轴承则承受存在的平衡力和弯辊力。根据轧机设计不同，偏心、轧辊修形等可能会产生某些轴向载荷，该值可达到总轧制载荷的0.5-2%。在某些新轧机中，支撑辊和工作辊轴承还需要承受由于交叉辊和/或窜辊引起的轴向载荷，此时需要额外的止推轴承。

如果已知对轴承承受的载荷与具体的载荷谱，计算寿命将更准确地反应轴承的实际性能。

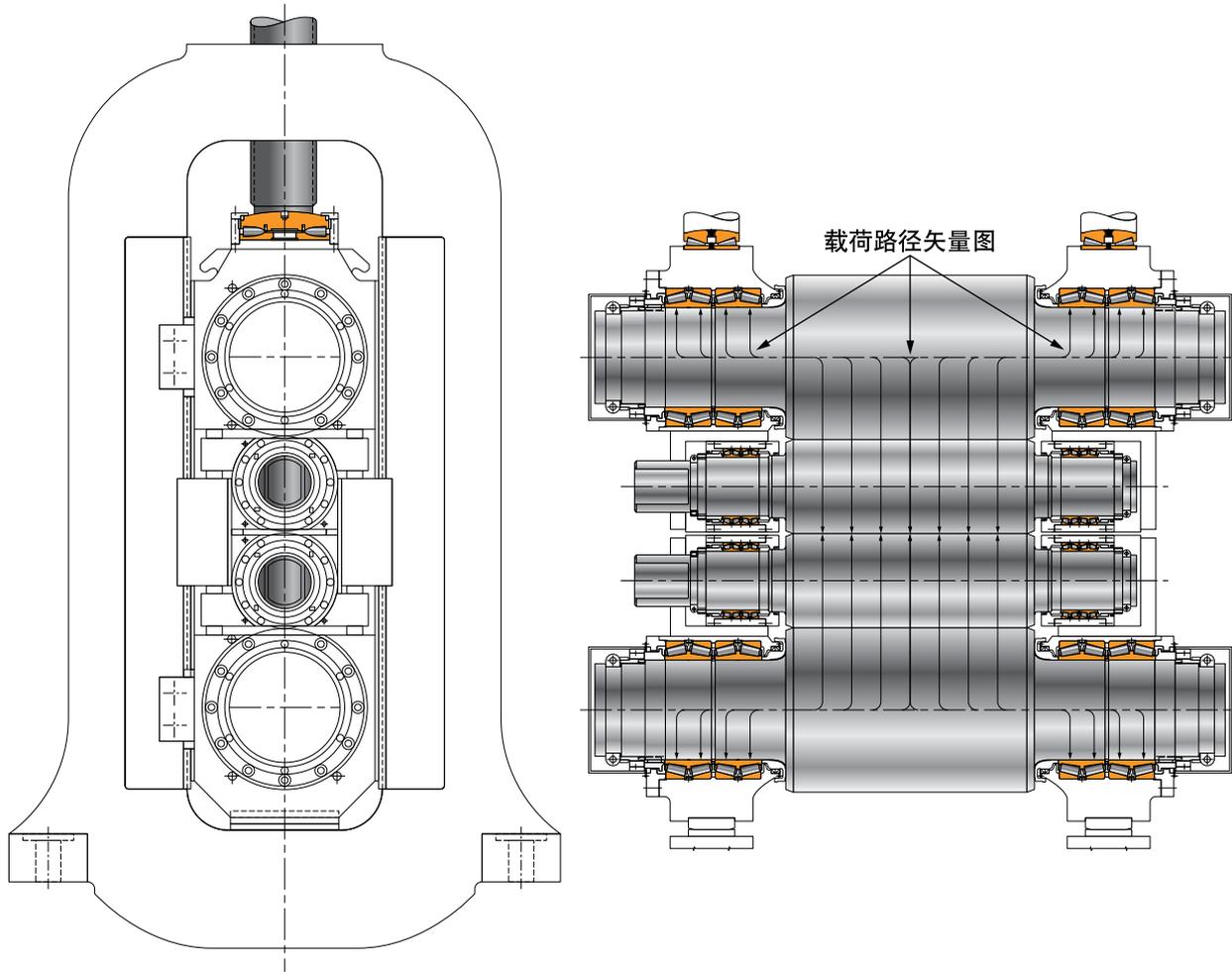


图122. 典型四辊轧机及轧辊载荷路径矢量图

动态径向当量载荷 (P_r)

计算 L_{10} 寿命，需要计算动态径向当量载荷，由 P_r 标明。动态径向当量载荷是指一个单一径向载荷，如果施加到轴承上，会得到与轴承工作复合载荷下相同的寿命。下面动态径向当量载荷的计算公式，适用于所有轴承类型。

$$P_r = XF_r + YF_a$$

其中：

$$P_r = \text{动态径向当量载荷}$$

$$X = \text{径向载荷系数}$$

$$F_r = \text{施加的径向载荷}$$

$$Y = \text{轴向载荷系数}$$

$$F_a = \text{施加的轴向载荷}$$

X和Y的值根据轴承类型变化，我们将在下面进一步讨论。

圆柱滚子

圆柱滚子轴承通过结构设计可以承受较小的轴向载荷。但是，对于冶金行业中的重载应用，合理设计是使用第二个轴承专门承受轴向载荷。在这种情况下，圆柱滚子轴承仅承受径向载荷，动态径向当量载荷等于净径向载荷。

$$P_r = F_r$$

调心滚子轴承

动态径向当量载荷利用下面的等式计算。首先计算轴向与径向载荷之比，然后比较此比率与轴承的 e 值。

$$P_r = F_r + YF_a \quad \text{for} \quad \frac{F_a}{F_r} \leq e$$

$$P_r = 0.67F_r + YF_a \quad \text{for} \quad \frac{F_a}{F_r} > e$$

e 和 Y 的值可按零件编号从产品表中查得。

圆锥滚子轴承

圆锥滚子轴承是承受所有载荷类型的理想选择，包括纯径向、纯轴向或两者的组合。由于采用圆锥设计，径向载荷在轴承中引起的轴向反作用力必须施加一个反作用力，以避免内圈和外圈分离。使用单列轴承时，必须与另一个单列轴承成对使用。对于多列轴承配置，产生的轴向力将在载荷区内产生，需要由正确大小的端盖和螺钉来承受，同时端盖和螺钉保持夹紧功能。

单列安装

用于确定双单列轴承系统中的轴向力反作用力和动态轴承径向载荷当量的等式基于如下假设：

- 一个轴承（非定位处轴承）中的180度承载区以及
- 对侧轴承（定位轴承）中的180度或更大的承载区。

承载区是轴承内数量的角度表示⁽¹⁾。目录分析建立这些关于载荷区的简化假设，但是在更高级的分析中，轴承内的实际载荷区（径向和轴向轴承反作用力的函数）用于关联轴承反作用力与动态当量径向载荷。这种复杂的分析要求铁姆肯公司和其他领先轴承制造商开发各种数值和分析工具。

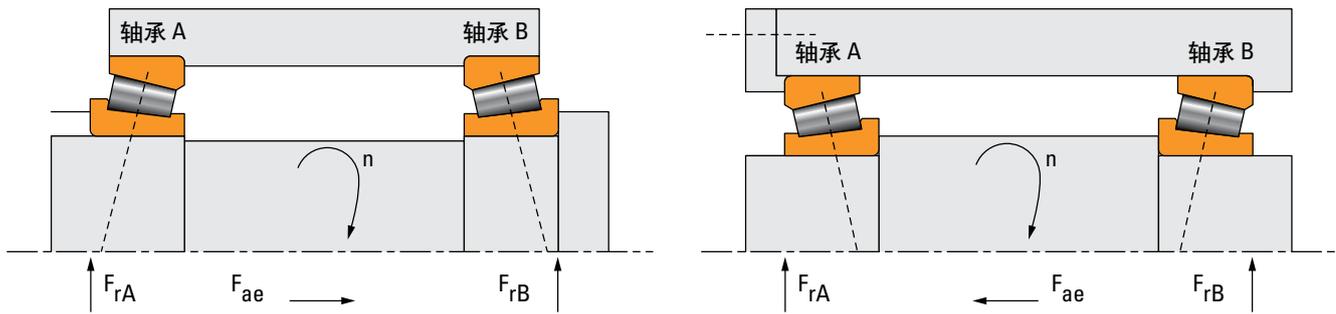
⁽¹⁾ 请参阅第84页（具体页数需要按照中文版页数调整）的“承载区寿命系数 (a_{3k})”。

轴承使用寿命计算和相关分析

施加的载荷

对于单列轴承，可使用下表计算动态径向载荷当量。首先，确定轴承安装采用的是直接还是间接安装方法，以及轴向载荷 (F_{ae}) 作用于哪个轴承。确定合适的轴承布局之后，查阅下表以确定应使用哪个轴向载荷和动态径向载荷当量等式。

表2. 径向和轴向载荷组合（单列）

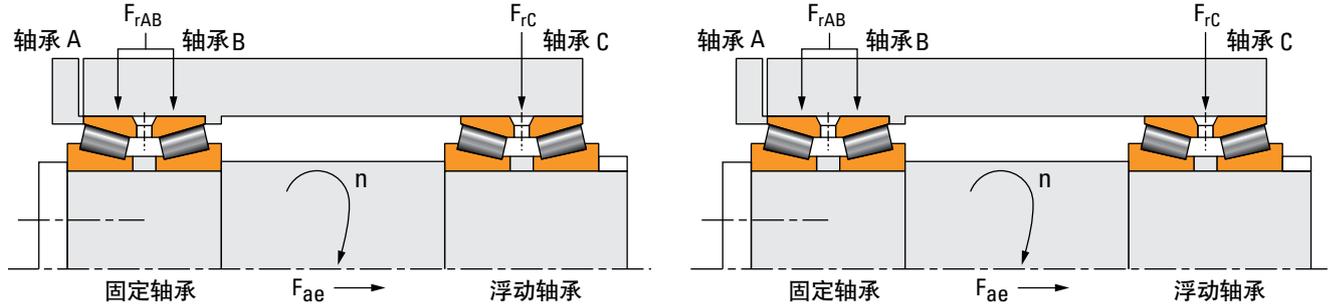


ISO 方法		铁姆肯公司方法	
轴向载荷条件			
$\frac{0.5 F_{rA}}{Y_A} \leq \frac{0.5 F_{rB}}{Y_B} + F_{ae}$	$\frac{0.5 F_{rA}}{Y_A} > \frac{0.5 F_{rB}}{Y_B} + F_{ae}$	$\frac{0.47 F_{rA}}{K_A} \leq \frac{0.47 F_{rB}}{K_B} + F_{ae}$	$\frac{0.47 F_{rA}}{K_A} > \frac{0.47 F_{rB}}{K_B} + F_{ae}$
轴向载荷			
$F_{aA} = \frac{0.5 F_{rB}}{Y_B} + F_{ae}$	$F_{aA} = \frac{0.5 F_{rA}}{Y_A}$	$F_{aA} = \frac{0.47 F_{rB}}{K_B} + F_{ae}$	$F_{aA} = \frac{0.47 F_{rA}}{K_A}$
$F_{aB} = \frac{0.5 F_{rB}}{Y_B}$	$F_{aB} = \frac{0.5 F_{rA}}{Y_A} - F_{ae}$	$F_{aB} = \frac{0.47 F_{rB}}{K_B}$	$F_{aB} = \frac{0.47 F_{rA}}{K_A} - F_{ae}$
动态径向载荷当量			
轴承 A			
$P_A = F_{rA}$, if $\frac{F_{aA}}{F_{rA}} \leq e_A$ or $P_A = 0.4 F_{rA} + Y_A F_{aA}$, if $\frac{F_{aA}}{F_{rA}} > e_A$	$P_A = F_{rA}$	$P_A = 0.4 F_{rA} + K_A F_{aA}^{(1)}$	$P_A = F_{rA}$
轴承 B			
$P_B = F_{rB}$	$P_B = F_{rB}$, if $\frac{F_{aB}}{F_{rB}} \leq e_B$ or $P_B = 0.4 F_{rB} + Y_B F_{aB}$, if $\frac{F_{aB}}{F_{rB}} > e_B$	$P_B = F_{rB}$	$P_B = 0.4 F_{rB} + K_B F_{aB}^{(1)}$
ISO 281系数 $e = 1.5 \tan \alpha = 0.59 K$ $Y = 0.4 \cot \alpha = 1.03 K$	其中: $\alpha =$ 包含外圈的半边轴承的角度 $K = 0.389x \cot \alpha$	⁽¹⁾ 如果 $P_A < F_{rA}$, 应使用 $P_A = F_{rA}$, 如果 $P_B < F_{rB}$, 应使用 $P_B = F_{rB}$	

双列轴承

对于双列圆锥滚子轴承或配对单列轴承，可以使用表3。在此表中，只有轴承A承受轴向载荷。如果外部轴向载荷作用于轴承B，则应将等式中的A替换为B，反之亦然。

表3. 径向和轴向载荷组合 (双列)



ISO方法		铁姆肯公司的方法	
轴向载荷条件			
$\frac{F_{ae}}{F_{rAB}} \leq e$	$\frac{F_{ae}}{F_{rAB}} > e$	$F_{ae} > \frac{0.6 F_{rAB}}{K_A}$	$F_{ae} \leq \frac{0.6 F_{rAB}}{K_A}$
动态径向载荷当量			
$P_{AB} = F_{rAB} + Y_{1AB} F_{ae}$ $P_C = F_{rC}$	$P_A = 0.67 F_{rAB} + Y_{2AB} F_{ae}$ $P_B = 0$ $P_C = F_{rC}$	$P_{AB} = 0.4 F_{rAB} + K_A F_{ae}$ $F_B = 0$ $P_C = F_{rC}$	$P_A = 0.5 F_{rAB} + 0.83 K_A F_{ae}$ $P_B = 0.5 F_{rAB} - 0.83 K_A F_{ae}$ $P_C = F_{rC}$

ISO 281系数

$$e = 1.5 \tan \alpha = 0.59 K$$

$$Y_1 = 0.45 \cot \alpha = 1.15 K$$

$$Y_2 = 0.67 \cot \alpha = 1.72 K$$

四列和六列轴承

纯径向载荷

在轴向载荷过大的情况下，可额外使用止推轴承来承受轴向载荷。四列轴承仅承受径向载荷。对于纯径向载荷，在计算轴承使用寿命时动态当量径向载荷(P_r)等于径向载荷，并使用四列轴承的动态径向额定值，该四列轴承决定轴承组件的系统使用寿命。六列轴承可用于特殊应用，请咨询铁姆肯公司工程师以了解如何计算使用寿命。

径向和轴向载荷组合

如果不额外使用止推轴承，四列或六列轴承的使用寿命将被视为几乎与载荷最重的一对滚子列相同。确定载荷最重的一对滚子列后，即可使用双列轴承的使用寿命计算方法来计算轴承使用寿命。

四列轴承

由于采用精密制造和组装公差，因此在计算中假定对于四列轴承，径向载荷平均地分配到每对滚子列，轴向载荷由一对滚子列承受40%，另一对承受60%。在这种情况下，载荷最重的一对承受50%的径向载荷和60%的轴向载荷(图123)。

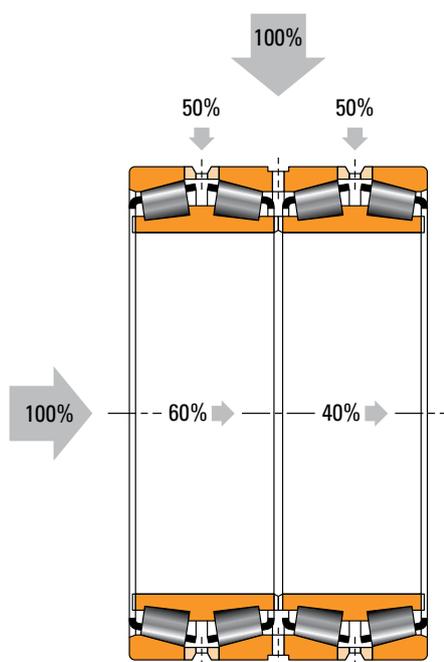


图123. 基本使用寿命计算中四列圆锥滚子轴承内的组合载荷分布

六列轴承

六列轴承可能适合带钢宽度极大或利用窜滚来控制带钢轮廓的情况。

径向载荷平均地分配到每对滚子列，三对之一承受40%的轴向载荷，另两对各承受30%。此时，载荷最重的一对承受33%的径向载荷和40%的轴向载荷(图124)。

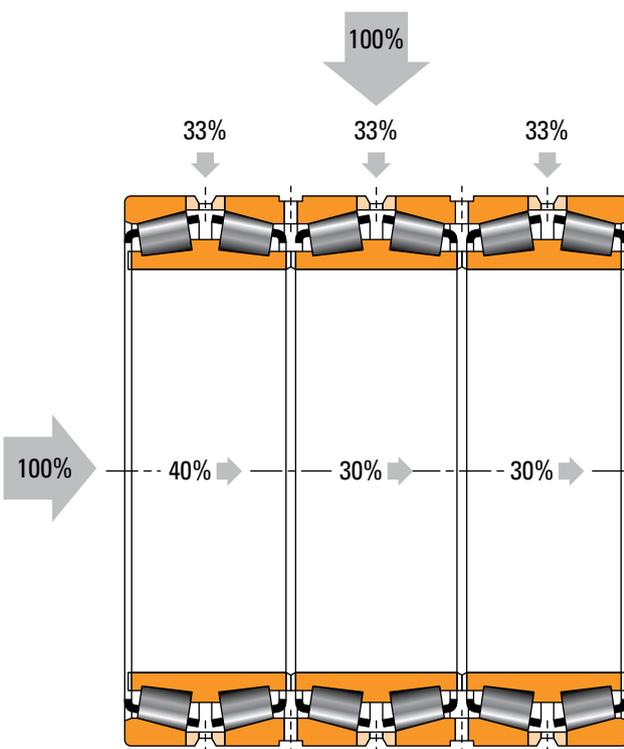


图124. 基本使用寿命计算中六列圆锥滚子轴承内的组合载荷分布

动态轴向载荷当量 (P_a)

止推圆柱轴承和圆锥轴承

止推圆柱轴承和止推圆锥轴承应当采用仅受到轴向载荷的方式安装。在轴承圈和非引导面之间保持适当的间隙，以避免受到径向载荷。如果径向载荷为零， P_a 将等于所施加的推力载荷(F_a)。如果应用中预计会出现任何径向载荷，请咨询铁姆肯公司工程师，以获得关于轴承选择的建议。

止推调心滚子轴承

对于止推调心滚子轴承，动态轴向载荷由以下因素确定：

$$P_a = 1.2 F_r + F_a$$

虽然止推调心轴承设计用于径向和轴向组合载荷，但是施加的载荷需要满足 $F_r \leq 0.55 F_a$ 。由于滚子角度较大且轴承可分离，因此径向载荷将会产生必须使用其他止推轴承抵消的轴向载荷分量 ($F_{ai} = 1.2 F_r$) 或者用弹簧力抵消。

慢速旋转设备

在有些应用 (例如连铸机) 中，旋转速度可低至 1 RPM。低旋转速度意味着滚子和滚道之间很难形成流体动态润滑油膜，因此轴承不是在真正的动力状态下工作，静态分析更加适用。通常，轴承选择可基于 3:1 的轴承静态承载能力 (C_0) 与施加当量径向载荷 (P_r) 比率。在载荷极高的应用中，必须考虑滚子和轴承圈之间的接触应力特征。如果最大应力超过 2750 MPa (400 ksi)，则应考虑利用特殊的改良滚子特征来平衡滚子-轴承圈接触线上的应力 (图 125)。

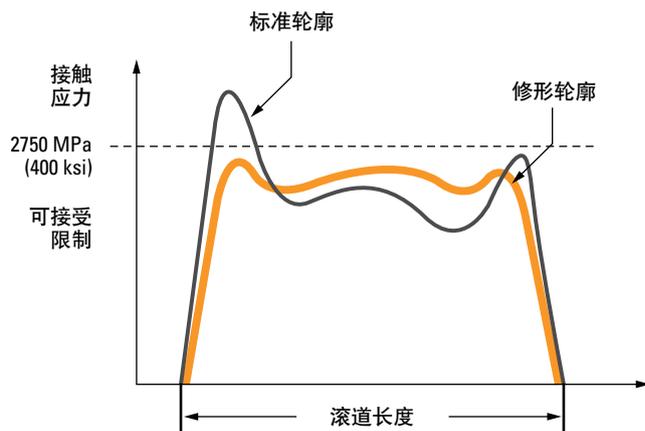


图 125. 应力沿轴承滚道宽度的分布

寿命计算

理论轴承使用寿命等式

通常，对于承受径向或组合载荷且动态径向载荷当量已确定的滚子轴承，基于一百万个周期的轴承使用寿命 (L_{10}) 的计算方式如下：

$$L_{10} = \left(\frac{C_r}{P_r} \right)^{10/3} \left(\frac{1 \times 10^6}{60n} \right) \text{小时}$$

其中：

n = 旋转速度 (rev/min.)

对于止推轴承，目录使用寿命等式为：

$$L_{10} = \left(\frac{C_a}{P_a} \right)^{10/3} \left(\frac{1 \times 10^6}{60n} \right) \text{小时}$$

相对于一百万转寿命计算方法，圆锥滚子轴承的动态额定载荷是基于九千万转寿命计算方法，寿命计算公式如下：

$$L_{10} = \left(\frac{C_{90}}{P_r} \right)^{10/3} \left(\frac{500}{n} \right) \times 3000 \text{小时}$$

and

$$L_{10} = \left(\frac{C_{a90}}{P_a} \right)^{10/3} \left(\frac{500}{n} \right) \times 3000 \text{小时}$$

L_{10} 广泛应用于整个冶金行业的轴承寿命计算，特别是原始设备制造商 (OEM) 的轴承选择。 L_{10} 是指仅使用载荷和速度进行的目录使用寿命计算，不考虑环境影响。这也是 L_{10} 又称为目录使用寿命的原因。

指定载荷周期的使用寿命计算

轧机可在多种工况下工作。因此，最好计算不同载荷、速度和持续时间的轴承使用寿命，然后利用加权轴承使用寿命 L_{10wt} 总结出结果。限定工作周期（载荷、速度和时间百分比）后，可通过下面的方法获得加权 L_{10} 寿命。

$$L_{10wt} = \frac{100}{\left(\frac{T_1}{L_{10(1)}} + \frac{T_2}{L_{10(2)}} + \dots + \frac{T_n}{L_{10(n_n)}} \right)}$$

其中：

n_n = 载荷条件数量

T = 每种条件的百分比时间

L_{10} = 每种条件的 L_{10} 寿命 (小时)

L_{10wt} = 加权轴承使用寿命 (小时)

轴承调节使用寿命等式

传统使用寿命等式更加注重参考条件和轴承的实际工作环境之间的关系，并已进行扩展，从而包含更多会影响轴承性能的变量。

扩展的ISO/ABMA轴承使用寿命等式为：

$$L_{10a} = a_1 a_2 a_3 L_{10}$$

其中：

a_1 = 可靠性寿命系数

a_2 = 材料寿命系数

a_3 = 工作条件寿命系数 (由制造商制定)

扩展的铁姆肯公司轴承使用寿命等式为：

$$L_{10a} = a_1 a_2 a_{3d} a_{3k} a_{3l} a_{3m} a_{3p} L_{10}$$

其中：

a_1 = 可靠性寿命系数

a_2 = 材料寿命系数

a_{3d} = 碎屑寿命系数

a_{3k} = 承载区寿命系数

a_{3l} = 润滑寿命系数

a_{3m} = 偏心寿命系数

a_{3p} = 低载荷寿命系数。对于轧机应用，此系数值取 1

L_{10a} 扩展寿命是指在轴承分析和选择中考虑调节系数后得出的轴承使用寿命。轴承系统分析和调节寿命计算极少手工完成，因为该分析非常复杂。轴承系统分析是 Timken® Syber 轴承系统分析程序的组成部分，用于对轧机应用进行建模。Syber 根据从客户获得的数据对轴、轴承和轴承座进行有限元分析。

典型分析包括给定载荷、速度、指定润滑油类型、工作温度和其他环境因素条件下的轴承、轴承座和轴的行为。程序分析各种行为，例如偏转和变形、接触应力、膜厚度、转矩、工作间隙和调节寿命，以及其他行为。

更多有关此类详细分析的信息，请咨询铁姆肯公司工程师。

需要注意，铁姆肯公司技术评论的准确度取决于提供给铁姆肯公司的信息的有效性和完整性。实际的产品性能受到许多超出铁姆肯公司控制范围的因素的影响。因此，所选出全部设计和产品的适用性和可行性应该由客户来验证。由于上述原因，铁姆肯公司应用评论呈递给您仅仅是为了向铁姆肯公司及其母公司或附属机构的客户提供有助于进行设计的数据。铁姆肯公司未通过所呈递的应用评论做出任何明确的或暗示的担保，包括对于某个特定目的适用性的任何担保。售出的 Timken 产品适用于有限的担保，这些担保在铁姆肯公司销售的条款和条件中规定。

可靠性寿命系数 (a_1)

对于一组具有相同外观并在相同条件下运转的轴承的使用寿命，可靠性是指这一组轴承中预计达到或超过指定使用寿命的百分比。个别轴承的可靠性是指此轴承达到或超过指定使用寿命的概率。

使用寿命的可靠性调整系数为：

$$a_1 = 4.26 \left(\ln \frac{100}{R} \right)^{2/3} + 0.05$$

\ln = 自然对数 (以e为底)

要调整计算出的 L_{10} 使用寿命以得出可靠性，请乘以 a_1 系数。如果在上面的等式中将 R 取为 90 (90% 可靠性)，则 $a_1 = 1$ 。对于 $R = 99$ (99% 可靠性)，则 $a_1 = 0.25$ 。下面的表 4 列出了常用可靠性值的可靠性系数。

表4. 可靠性系数

R (百分比)	L_n	a_1
90	L_{10}	1.00
95	L_5	0.64
96	L_4	0.55
97	L_3	0.47
98	L_2	0.37
99	L_1	0.25
99.5	$L_{0.5}$	0.175
99.9	$L_{0.1}$	0.093

请注意，可靠性调整等式假设存在一个材料系数，低于这个很短的最短使用寿命时，损坏的概率降至最低（例如产生较短使用寿命的轴承零损坏概率）。大量的轴承疲劳寿命测试表明，最短使用寿命（当轴承低于此寿命时，损坏的概率可以忽略不计）大于使用上述调整系数所预测出的值。要以更高的可靠性等级更精确地预测轴承使用寿命，请咨询您的铁姆肯公司工程师。

材料寿命系数 (a_2)

轴承中所用的钢材的质量非常重要。在反复受到应力的条件下，非金属杂质会引起剥落，并发展成疲劳剥落。

在铁姆肯公司中，我们开发并生产自己的钢材。多年以来，我们不断提高钢材的质量。我们的使用寿命等式通过钢材质量调整系数 a_2 考虑到了这种材料改进。对于使用轴承质量钢材制造的标准 Timken 轴承，使用保险系数 1。

由于金属加工中所用的轴承有特殊要求，因此铁姆肯公司提供的轴承都使用最高空气熔炼等级的钢材。优质钢所含杂质数量和体积都比标准钢更低，并可延长受非金属杂质限制的轴承疲劳寿命。

例如，采用增强材料、光洁表面和异型几何形状的 Timken® DuraSpexx® 轴承，通常用于轧机应用。DuraSpexx 轴承包含空气熔炼钢，通过减少杂质数量和改变杂质形状提高了洁净度。空气熔炼钢等级最高的优等 DuraSpexx 轴承已公布的动态额定值升高 23%，疲劳寿命延长（与 a_2 系数为 2 的情况相似）。

应用材料寿命系数的条件是：疲劳寿命受到非金属杂质的限制、接触应力低于 2400 MPa (350 ksi)、提供有充分的润滑。一定要注意，在运转的轴承系统中，即使材料有改善，仍然需要充分润滑和控制偏心。请咨询铁姆肯公司工程师，以了解材料系数的适用性。

承载区寿命系数 (a_{3k})

轴承的疲劳寿命在一定程度上是滚子和滚道应力以及轴承每旋转一圈承载轴承表面经受的应力周期数量的函数。应力取决于施加的载荷以及支撑载荷的滚子数量。此外，应力周期数量取决于轴承几何形状和支撑载荷的滚子数量。因此，对于指定的外部载荷，轴承使用寿命与轴承中分担载荷的滚子数量（或承载区）的角度测量结果有关（图126）。

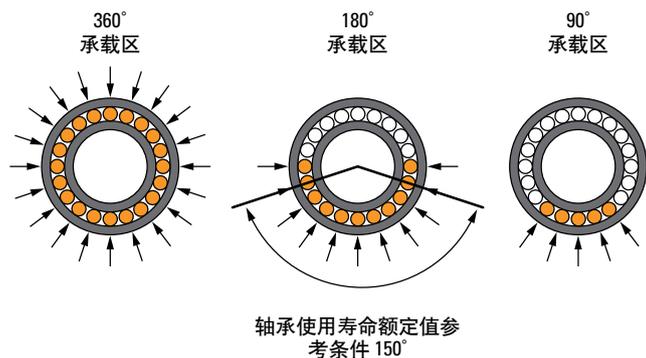


图126. 轴承承载区

轴承中的承载区大小由径向或轴向内部游隙确定，具体情况取决于轴承的类型。它还取决于构造系统的刚度、偏转和热梯度。对于初始轴承选择，假定承载区为150度， a_{3k} 等于1.0。缩小内部游隙将可增加分担载荷的滚子数量，形成更大的承载区，从而在未达预载的情况下获得更长的轴承使用寿命。

确定此系数需要详细地了解轴承的内部几何结构。请联系铁姆肯公司工程师以了解详细信息。

润滑寿命系数 (a_{3l})

轴承使用寿命与润滑油膜厚度直接关联。反过来，油膜厚度取决于润滑油粘度、轴承的工作温度、载荷、速度和表面光洁度。

铁姆肯公司进行了全面的测试，以量化润滑相关参数对轴承使用寿命的影响。现在已知道润滑膜与轴承表面之间的粗糙（金属——金属）接触有关，改善滚子和滚道的表面光洁度对提高润滑油膜厚度和轴承性能的影响最显著。轴承几何结构、材料、承载区和速度之类的其他因素在油膜厚度和相应的寿命中也会产生重要的作用。

润滑寿命调整系数将会考虑工作温度，但是不考虑与润滑不足相关的问题，这些问题可能由多种环境造成，包括：

- 污染物
- 润滑油循环不良
- 供油系统不当
- 润滑油类型或等级错误
- 润滑油添加剂、润滑脂或加油方法不当
- 密封不足
- 掺水

a_{3l} 系数的范围为最大值2.88，渗碳轴承最小值0.20，全淬透轴承最小值0.13。最大润滑油寿命调整值代表高油膜厚度和最小粗糙接触的水平。最小 a_{3l} 系数是材料核心条件的函数，因为在表面光洁度相等时，与渗碳轴承相比，全淬透轴承在薄油膜条件下可获得的轴承寿命较短。

确定此系数需要详细地了解轴承的内部几何结构。请联系铁姆肯公司工程师以了解详细信息。

偏心寿命系数 (a_{3m})

轴承圈之间的偏心是指内圈与外圈中心线之间的相对角度，如图127所示。各种轴承类型允许的偏心量不同，偏心对轴承使用寿命的影响取决于偏心幅度、轴承内部几何结构和施加的载荷。偏心寿命系数 (a_{3m}) 计算偏心、滚道接触截断和滚道轮廓对轴承使用寿命的影响。

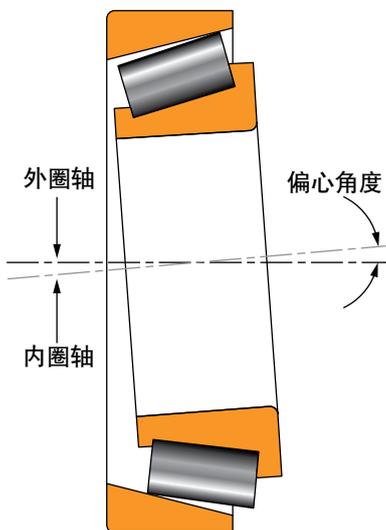


图127. 轴承偏心

由于调心滚子轴承具有自动调心功能，因此调心轴承的偏心系数等于一 ($a_{3m} = 1$)。调心滚子轴承的允许偏心值在 ± 0.5 度至 ± 1.25 度之间，具体情况取决于轴承系列，表 5 中进行了详细说明。如果超出了这些偏心限制，由于滚子-滚道接触截断，轴承使用寿命将会缩短。

表5. 各种系列调心滚子轴承的最大允许偏心度

轴承系列	最大偏心度
238	$\pm 0.5^\circ$
222, 230, 231, 239, 249	$\pm 0.75^\circ$
223, 240	$\pm 1.0^\circ$
232, 241	$\pm 1.25^\circ$

对于圆锥滚子轴承和滚柱轴承，轴相对于轴承座的精确校准对获得最佳性能至关重要。额定载荷的参考条件定义为 0.0005 弧度 (0.03 度) 最大偏心，其中 $a_{3m} = 1$ 。

对于存在偏心的应用，滚道上的应力特征如图128和129所示。在这种情况下， a_{3m} 将低于1。采用特殊的特征来优化滚道应力分布并提高 a_{3m} 。如果实际条件产生的接触应力分布优于参考条件，则偏心寿命系数可超过1。

利用Timken Syber轴承系统分析，可以预测各种偏心水平的轴承性能。请咨询铁姆肯公司工程师以了解详细信息。

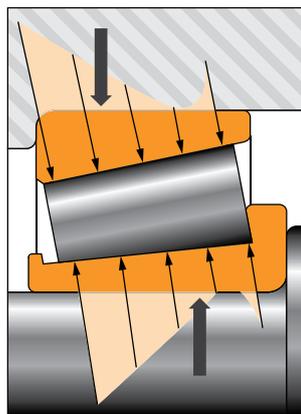


图128. 高偏心度且无特殊特征条件下的滚子——滚道应力分布

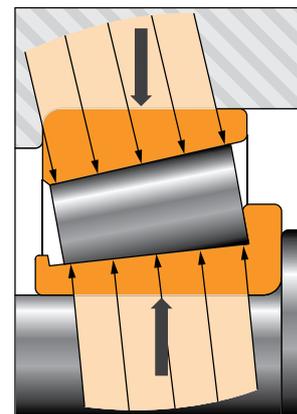


图129. 利用特殊特征最小化偏心度影响的滚子——滚道应力分布

轴承内部游隙

滚子轴承的内部间隙会显著影响轴承性能，包括疲劳寿命、振动、转矩、产热和组装方便性。因此，选择正确的内部游隙是在确定类型和尺寸后选择轴承时最重要的任务之一。

轴承内部游隙是轴承圈和滚动体之间的组合间隙。径向和轴向间隙是一个轴承圈在径向和轴向相对于其他轴承圈可移动的总量(图130)。

正确的轴承安装和装配操作对于正确调整轴承至关重要。安装的轴承内的间隙或干涉量受内圈和外圈与轴和轴承座之间的安装配合量影响。虽然在冶金行业中有些轴承需要安装间隙，但是应当分析每个应用位置以确定最佳调整。为此，必须考虑到载荷、速度、安装方法、材料、径向跳动精度、热条件、环向应力以及轴和轴承座设计之类的相关因素。

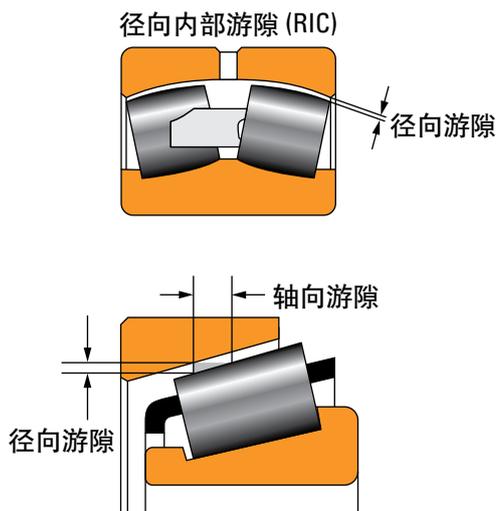


图 130. 轴承内部游隙示例

调心滚子轴承和圆柱滚子轴承

径向内部游隙(RIC)是指轴承内的径向游隙。调心和圆柱滚子轴承的Timken轴承标准RIC(C0或CN)允许采取紧配合安装，轴承安装后在正常工作条件下保留充分的内部游隙。

如需C0和CN的值，请参阅《Timken工程手册》(编号10424C)。

与直孔轴承相比，带有锥孔的调心滚子轴承和圆柱滚子轴承(K后缀)需要在轴上采用稍大一点的过盈配合方式。这种更大的过盈配合明显地降低RIC。对于锥孔轴承，选择更大的RIC以补偿此要求至关重要。这种RIC减少体现在标准游隙表中，圆柱滚子轴承与锥孔调心滚子轴承和圆柱滚子轴承存在不同。

影响RIC减少量的因素有多种。例如，压进实心钢轴的内圈膨胀后可达到过盈配合的80%。压进钢或铸铁轴承座的外圈造成的RIC减少量取决于轴承座内径和刚度。要计算装配操作造成的RIC减少，请参阅第88页(中文版可能有调整)。

如未特别指定，Timken调心滚子轴承和圆柱滚子轴承将采用标准RIC供货。

圆锥滚子轴承

当圆锥滚子轴承只承受径向载荷时，为了便于进行目录寿命计算，假定只有半数滚子承受载荷。用于确定双单列轴承系统中的轴承轴向载荷反作用力和径向载荷当量的等式基于以下假设：一个轴承中的承载区为180度，相对侧轴承中的承载区为180度或更大。

直接影响轴承使用寿命的承载区，与轴承的内部游隙(称为轴承调整)相关联。对于圆锥滚子轴承，主要采用轴向游隙。对于单列轴承，必须通过测量结果进行调整。多列轴承(双列或更多)可采用称为初始轴向游隙(BEP)或初始预载(BPL)的预设游隙，在这种情况下通过隔圈实现调整。

因为无法在工作状态测量运行游隙，可通过初始轴向游隙、配合以及热膨胀计算工作游隙

$$\text{工作游隙} = \text{BEP} - \text{装配影响} \pm \text{热效应}$$

虽然轴承在轻预载条件下运行可获得最大使用寿命(图131),但是在工作条件变化巨大的轧机应用中通常避免采用此游隙。在这些情况中,目标工作游隙通常为较小的轴向游隙,承载区为120度至160度。典型辊颈轴承工作承载区的范围为90度至110度。

可以提供计算机分析以显示预载或轴向游隙对轴承使用寿命的影响。

如需了解更多详情,请参阅“轴承储存、搬运和安装”部分。

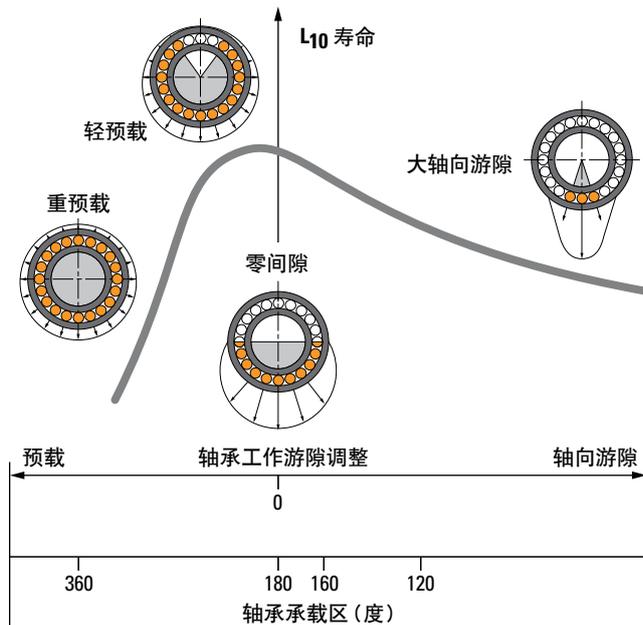


图131. 轴承使用寿命与游隙和承载区

装配对游隙的影响

轴承配合可直接影响轴承内部游隙,并影响轴承使用寿命和性能。轴承配合是指安装后的轴承与轴承座和轴之间的间隙或过盈量。基本准则包括旋转部件采用紧配合,而固定部件根据应用设计采用紧配合或松配合。这种准则的例外情况是辊颈上安装四列或六列直孔圆锥滚子轴承的应用,在此应用中使用松配合。

一般来说,当轴承采用过盈配合安装在轴上或轴承座中时,轴承圈膨胀或收缩,就会消除轴承的部分内部游隙。在内圈和外圈都采用松配合的情况下,内部间隙不受轴承安装方式影响。选择正确的配合方式时必须考虑多种因素,例如载荷、温度和安装要求。

调心滚子轴承和圆柱滚子轴承的紧配合影响表现为径向内部游隙的缩小。圆锥滚子轴承的配合影响表现为轴向游隙缩小。

使用第88页(可能有调整)中的公式计算简单轴和轴承座设计的装配方法影响。对于调心滚子轴承和圆柱滚子轴承,确定径向的配合影响,而对于圆锥滚子轴承则确定轴向的游隙影响。

轴承使用寿命计算和相关分析

轴承内部游隙

调心滚子轴承

由于安装在实心或空心轴上的内圈的配合影响造成的径向内部游隙缩小:

实心轴:

$$\text{配合影响(内圈)} = \cos \alpha \left(\frac{d}{d_o} \right) \delta_S$$

空心轴:

$$\text{配合影响(内圈)} = \cos \alpha \left(\frac{d}{d_o} \right) \left\{ \frac{1 - \left(\frac{d_s}{d} \right)^2}{1 - \left(\frac{d_s}{d_o} \right)^2} \right\} \delta_S$$

由于安装在薄壁断面轴承座中的外圈的配合影响造成的径向内部游隙缩小:

$$\text{配合影响(外圈)} = \cos \alpha \left(\frac{D_o}{D} \right) \left\{ \frac{1 - \left(\frac{D}{D_H} \right)^2}{1 - \left(\frac{D_o}{D_H} \right)^2} \right\} \delta_H$$

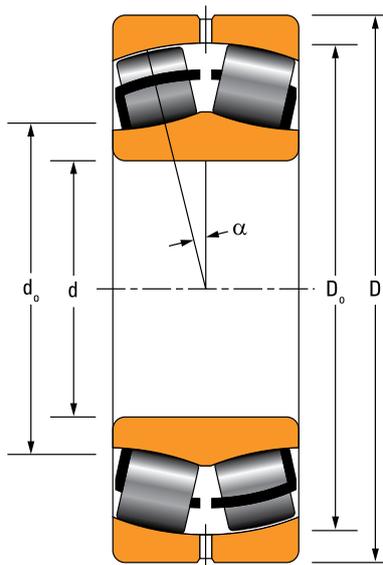


图132. 调心滚子轴承命名规则

- δ_S = 轴上的内圈过盈配合
- δ_H = 轴承座中的外圈过盈配合
- d = 轴承内径
- d_o = 平均内圈直径
- D = 轴承外径
- D_o = 平均外圈直径
- d_s = 轴内径
- D_H = 轴承座外径
- α = 接触角

圆柱滚子轴承

由于安装在实心或空心轴上的内圈的配合影响造成的径向内部游隙缩小:

实心轴:

$$\text{配合影响(内圈)} = \left(\frac{d}{d_o} \right) \delta_S$$

空心轴:

$$\text{配合影响(内圈)} = \left(\frac{d}{d_o} \right) \left\{ \frac{1 - \left(\frac{d_s}{d} \right)^2}{1 - \left(\frac{d_s}{d_o} \right)^2} \right\} \delta_S$$

由于安装在薄壁断面轴承座中的外圈的配合影响造成的径向内部游隙缩小:

$$\text{配合影响(外圈)} = \left(\frac{D_o}{D} \right) \left\{ \frac{1 - \left(\frac{D}{D_H} \right)^2}{1 - \left(\frac{D_o}{D_H} \right)^2} \right\} \delta_H$$

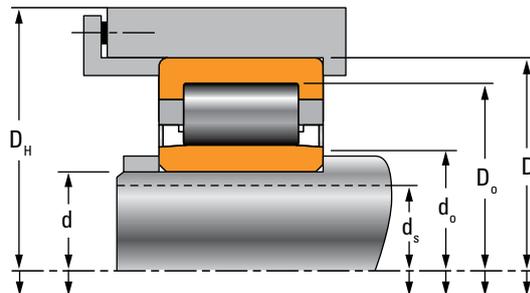


图133. 圆柱滚子轴承命名规则

- δ_S = 轴上的内圈过盈配合
- δ_H = 轴承座中的外圈过盈配合
- d = 轴承内径
- d_o = 平均内圈直径
- D = 轴承外径
- D_o = 平均外圈直径
- d_s = 轴内径
- D_H = 轴承座外径

圆锥滚子轴承

由于安装在实心或空心轴上的内圈的配合影响造成的轴向内部间隙缩小：

实心轴：

$$EPLoss = \left(\frac{K}{0.39}\right) \left(\frac{d}{d_o}\right) \delta_S$$

空心轴：

$$EPLoss = \left(\frac{K}{0.39}\right) \left(\frac{d}{d_o}\right) \left\{ \frac{1 - \left(\frac{d_S}{d}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_S}{d_o}\right)^2} \right\} \delta_S$$

安装在薄壁断面轴承座中的外圈：

$$EPLoss = \left(\frac{K}{0.39}\right) \left(\frac{D_o}{D}\right) \left\{ \frac{1 - \left(\frac{D}{D_H}\right)^2}{1 - \left(\frac{D_o}{D_H}\right)^2} \right\} \delta_H$$

注意

对于单列轴承，乘以0.5以获得对一列的影响。

安装在实心轴上的内圈的配合影响（一列）：

$$EPLoss = 0.5 \left(\frac{K}{0.39}\right) \left(\frac{d}{d_o}\right) \delta_S$$

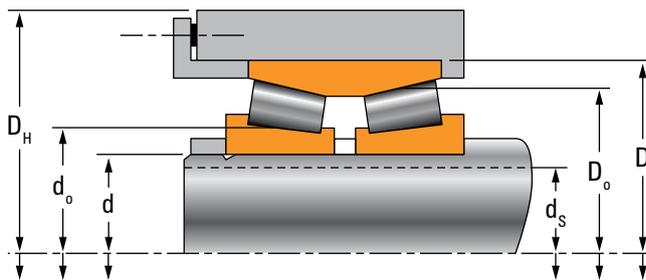


图 134. 圆锥滚子轴承命名规则

- δ_S = 轴上的内圈过盈配合
- δ_H = 轴承座中的外圈过盈配合
- K = 轴承 K 系数
- d = 轴承内径
- d_o = 平均内圈直径
- D = 轴承外径
- D_o = 平均外圈直径
- d_S = 轴内径
- D_H = 轴承座外径

对于要求极准确调整的特殊应用（高速卷取机、轧机传动、侧边修边机、切条机等），应根据可影响过盈配合的实测部件尺寸严格控制间隔圈宽度调整量。这种方法称为定制调整，有助于将调整中的过盈配合范围的影响降至最低。

如果锥孔圆锥滚子轴承安装在辊颈上，配合和最终安装调整都由内圈相对于支撑圈的最终位置控制。对于锥孔轴承，按照极小的公差范围控制过盈配合，这样将可严格控制安装内部游隙。

温度的影响

在运转过程中使用的的轴承游隙即称为工作温度下的游隙，是运转过程中出现的热膨胀现象导致环境温度下的轴承游隙发生变化的结果。

轴承正确安装后，我们必须确保系统达到工作温度后处于稳态条件。需要精确预测轴与轴承座之间的温度差，以计算轴承内部游隙的变化值。在不同类型的应用具有不同的温度差。

根据轴承尺寸和旋转速度近似计算温度影响。在有些情况下，如果轴承中没有实际性的温度梯度，则对工作游隙的温度影响可以忽略。轴承内部游隙缩小的效应可表示为：

$$\text{间隙缩小} = \alpha (\Delta T) D_o$$

其中：

α = 热膨胀系数

ΔT = 轴/内圈和轴承座/轴承外圈之间的温差

D_o = 平均内圈直径

调心滚子轴承和滚柱轴承不应在负内部间隙（预载）条件下运行。选择轴承RIC时，应当认真考虑热效应。如果温度影响可导致负内部工作间隙，则应考虑使用较大的RIC。

调心滚子轴承和圆柱滚子轴承

如果工作期间内圈和外圈之间的温差未知，则可按照下面的方式估算正常载荷条件下的热效应：

调心滚子轴承

当工作速度超过目录参考速度的三分之二时， $\Delta T = 13^\circ \text{C}$ (55° F)。

圆柱滚子轴承

当工作速度超过目录参考速度的三分之二时， $\Delta T = 10^\circ \text{C}$ (50° F)。

根据实际工作数据或利用Timken 建模软件，更加准确地预测对工作径向内部间隙的热效应。

圆锥滚子轴承

当内圈和外圈之间的温度梯度已知时，按照下面的方式确定轴端间隙缩小：

$$= \alpha \Delta T \left\{ \left(\frac{K_1}{0.39} \times \frac{D_{O1}}{2} \right) + \left(\frac{K_2}{0.39} \times \frac{D_{O2}}{2} \right) \pm L \right\}$$

其中：

L = 轴承几何中心跨距

直接安装 (图135) 使用正值，间接安装 (图 136) 使用负值。

α = 热膨胀系数

D_o = 平均外圈直径

ΔT = 内圈和外圈之间的温度梯度

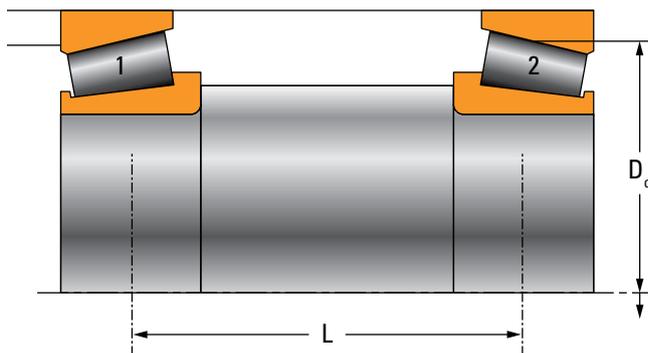


图135. 直接安装

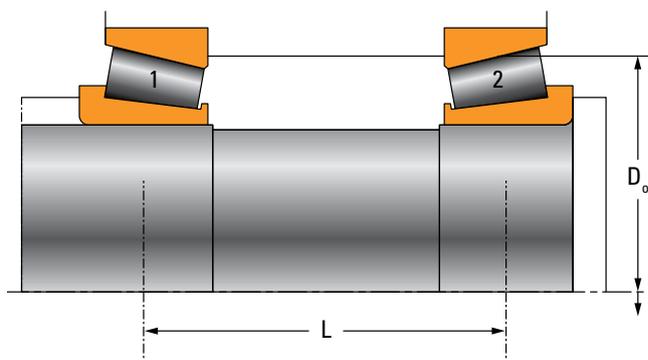


图136. 间接安装

如果圆锥滚子轴承的应用工作温度未知，由于工作条件下的热效应而造成的侧向缩小可通过计算轴承挡边速度并确定表6中给出的相应默认温度梯度来估算。

挡边速度 = 平均挡边直径 $\times \pi \times$ 速度 (RPM)

估计平均挡边直径 = $(d + D) / 2$ (图 137)

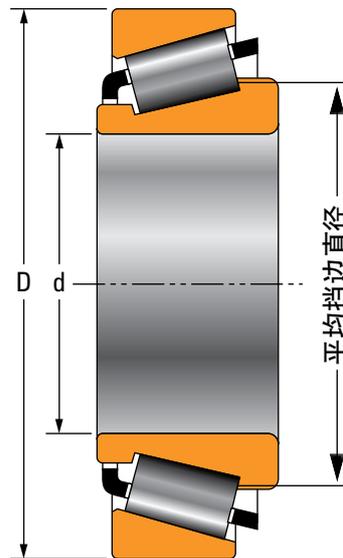


图137. 平均挡边直径估算

表6. 默认 ΔT 与挡边速度

挡边速度 m/min. (FPM)	ΔT °C (°F)
0 - 600 (0 - 2000)	5.5 (10)
600 - 900 (2000 - 3000)	11.0 (20)
900 - 1200 (3000 - 4000)	16.5 (30)

如果挡边速度超过1200 m/min. (4000 fpm)，请咨询铁姆肯公司工程师。

高级分析

铁姆肯公司开发出了多种高级分析工具，包括Syber以及基于我们在轴承计算领域长期经验的热传递模型。由于考虑到轴承所处的环境，这可以获得更准确的寿命计算结果(图138)。此外，这些高级建模工具可以更加准确地计算轴承内部的变形和分布。

为了获得更准确的结果，对轴承座执行有限元分析(FEA)。对轴承座进行建模，以确定不同承载条件下它的行为及产生的应力。然后，计算位移量并评估对轴承使用寿命的影响。

轴承座最小截面厚度

铁姆肯公司工程师已经建立了轴承座最小截面厚度的经验关系。有些情况下，设计人员会因为多种原因而无法保持最小厚度。在此类情况下，通过 FEA 可以深刻地了解如何预测特定轴承座几何形状受到最大载荷时的实际应力和变形。

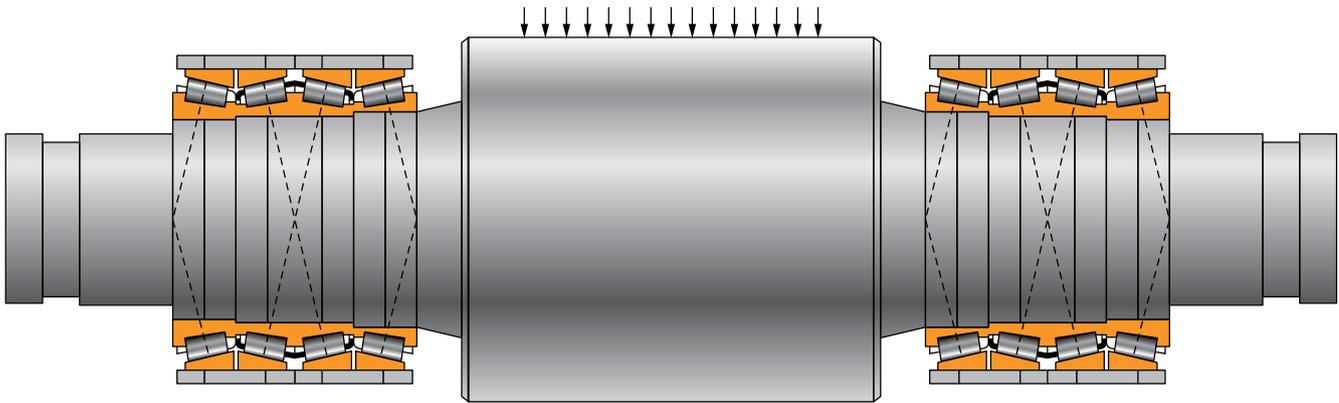


图138. 在Syber (铁姆肯公司开发的一种轴承分析工具) 中建模的辊颈轴承——轴承座系统

最大承载滚子应力计算

轴承滚道应力和应力分布是轴承性能的关键指标。利用专有分析工具，铁姆肯公司工程师们可以评估轴承中的滚道接触应力。从FEA获得的轴承座刚度可用于此目的。

在金属加工应用中使用多列轴承时，确保载荷在列间均匀地分布至关重要。如果列间的载荷分布不均匀，可能会由于几何应力集中(GSC)而导致过早损坏。结合FEA与铁姆肯公司专有的分析工具，可以计算轴承列之间的载荷分布，并了解对轴承使用寿命和轴承座最小截面的影响。

轴承座内径变形分析

轴承座由于存在横截面变化，内径变形也存在差异。变形的差异会影响到轴承性能表现。这种存在差异的变形会影响轴承性能。利用FEA (图139)和铁姆肯公司的专有分析工具 (图140)进行分析。

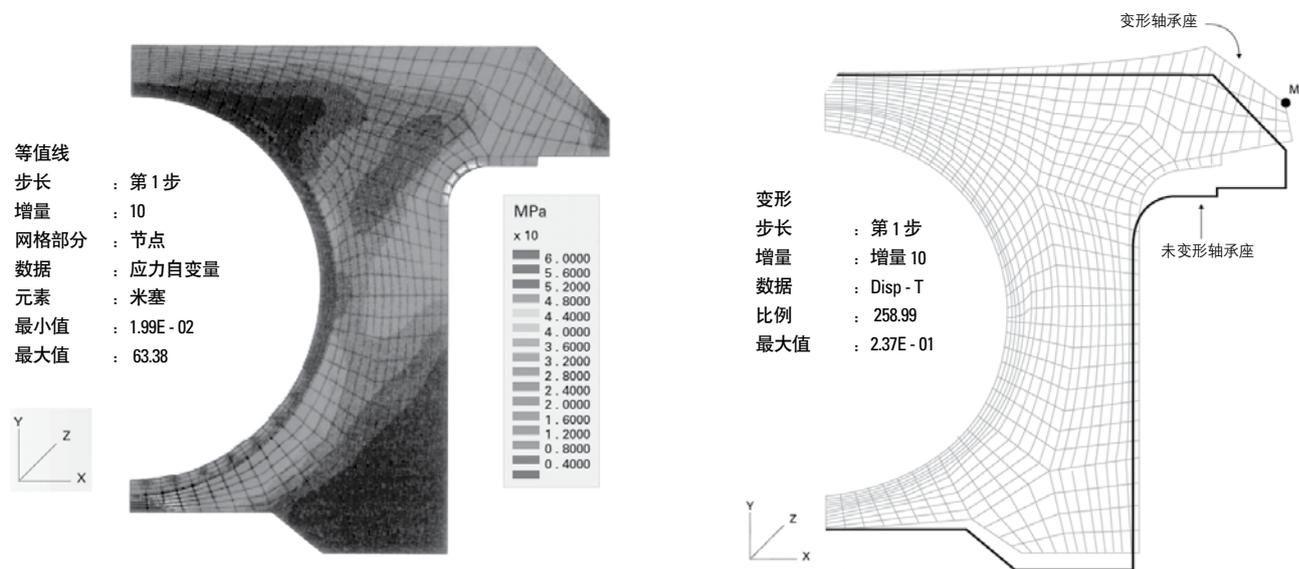


图139. 轴承座有限元应力分析与变形分析

通过分析显示，在某些情况下，甚至轴承座发生明显变形时，轴承的寿命仍可能会比预期寿命长。

然而，这种分析并不用于每个轴承的计算，而是用于关键的设备应用。如需关于有限元分析的详细信息，请咨询铁姆肯公司工程师。

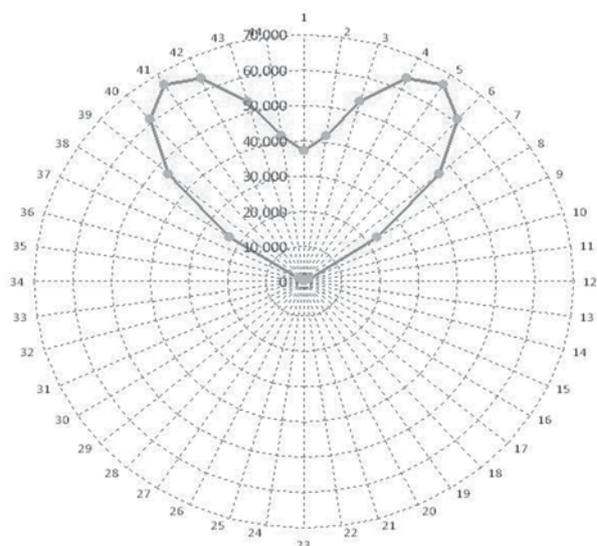
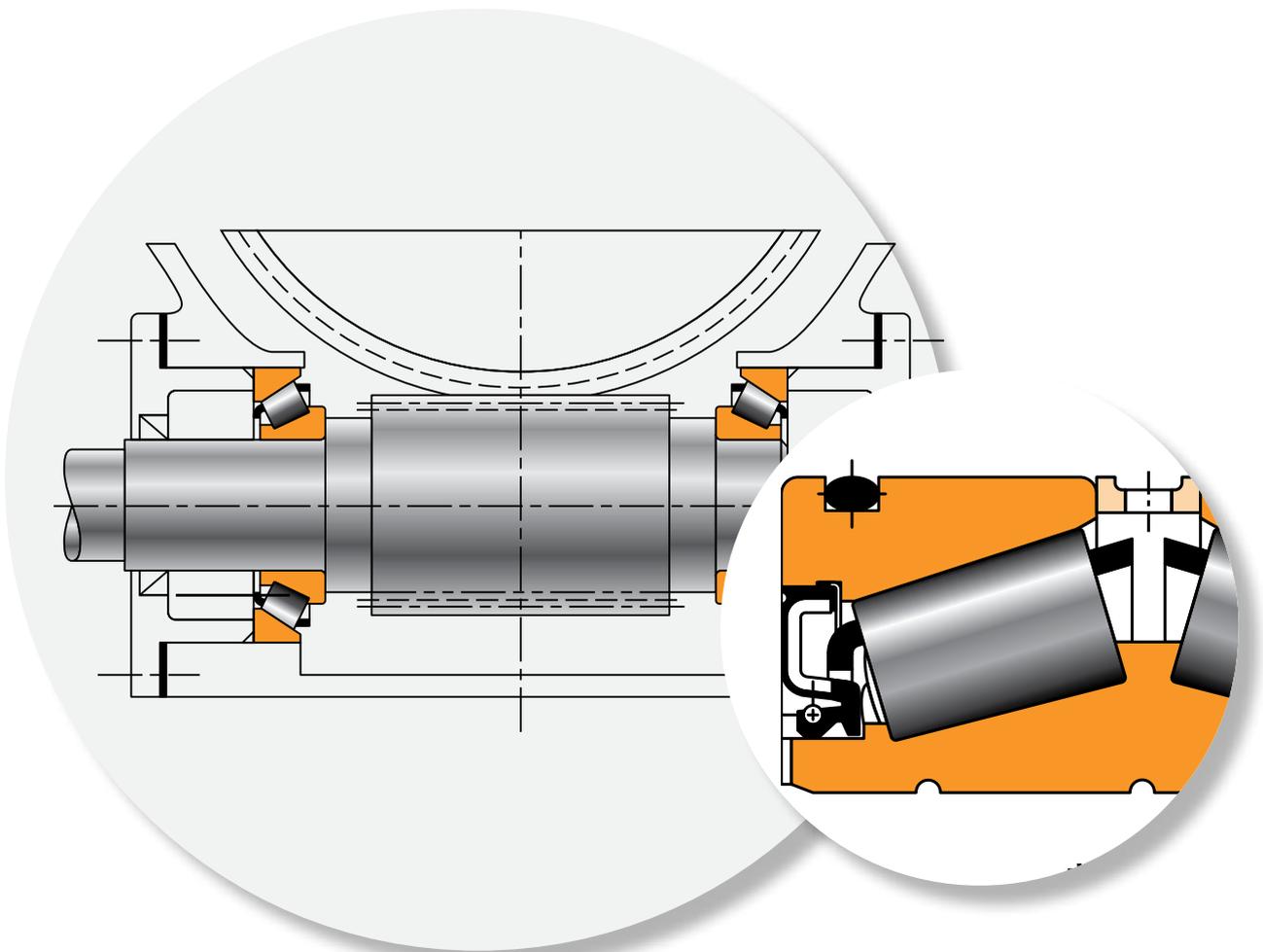


图140. 轴承座变形导致的滚动体载荷分布

润滑和密封

本部分中涵盖了下列主题：

- 润滑
 - 润滑基础知识
 - 主要润滑剂特征
 - 润滑选择
- 密封
 - 密封类型
 - 密封系统



润滑

润滑对于成功地达到滚子轴承的性能和预期使用寿命至关重要。有效润滑取决于多种因素，包括润滑油物理和化学性质、所需的用量和润滑剂输送到轴承的方法。

由于辊颈应用中存在水和轧制工艺润滑冷却液，因此要求可靠的密封结构设计。请参阅第110页以了解更多详情。

润滑基础知识

轴承润滑剂具有以下功能：

- 减小滚动物体和滚道在分离表面时受到的轧制阻力
- 最大限度地降低滚动物体、滚道和保持架之间的滑动摩擦
- 传递热量（循环油润滑）
- 防腐蚀

润滑系统还可以充当密封剂（脂润滑方式），帮助密封圈阻止液态和固态污染物进入轴承内部。

遵循欧洲REACH指令

铁姆肯公司品牌的润滑油、润滑脂以及在独立容器或递送系统中销售的类似产品均遵循欧洲REACH（化学品注册、评估、许可和限制）指令。向欧盟进口时，铁姆肯公司只能销售和提供在 ECHA（欧洲化学品管理局）注册的那些润滑油和润滑脂。有关详细信息，请咨询铁姆肯公司工程师。

警告

不遵守以下警告信息可能会导致严重的人身伤害或死亡。

正确的维护和处理做法非常重要。
始终遵循安装说明并保证适当的润滑。

流体弹性动力润滑

润滑可通过形成润滑油膜控制相邻轴承表面的摩擦和磨损。

相邻表面之间是否形成极薄的流体弹性动力 (EHD) 润滑油膜取决于这些表面的弹性变形以及润滑油本身的流体动力学性质。

当载荷作用于轴承时，滚子和轴承滚道表面发生弹性变形，在有限的区域相互接触。两个弹性体之间的接触（又称为赫兹接触）能够改善接触区域的压力分布，中心的赫兹压力最大（图141）。

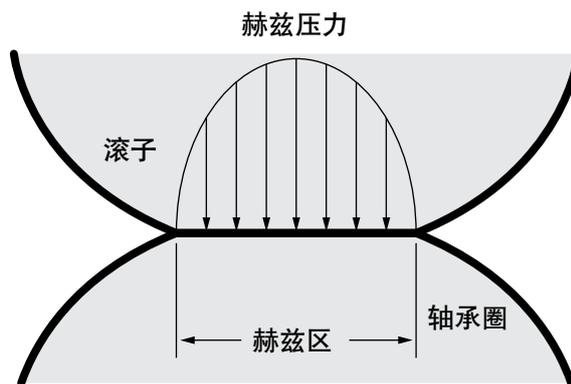


图141. 接触区的压力分布

滚动物体轴承中的典型最大赫兹压力可超过1400 MPa。赫兹变形区之前的入口区中会产生流体动压力（图142）。

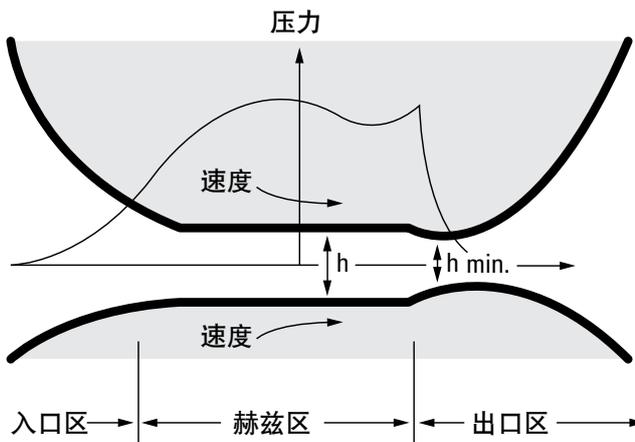


图142. 流体动压力分离接触表面

在接触区中，流体动压力试图分离两个表面，而载荷试图将其合拢。入口区的高接触压力导致粘度快速升高，产生了足以隔离两个表面的高流体动力膜压力。在接触区中，润滑油压力可升高到使流体行为类似半固体的水平。高压对粘度升高的影响在各种润滑油应用中并不均衡，取决于特定流体的压力——粘度系数特征。

滚道上的油膜厚度

EHD润滑机制非常重要，因为两个接触面之间的润滑油膜厚度与轴承工作条件相关。

产生的油膜厚度取决于以下工作条件（按影响排序）：

1. 表面速度
2. 润滑油粘度
3. 压力——粘度关系

下面是用于计算最小和平均油膜厚度的分析关系：

最小油膜厚度（Dowson等式）：

$$h_{\min.} = 2.65 \times (\mu \times V)^{0.7} \times \alpha^{0.54} \times W^{-0.13} \times R^{0.43} \times E'^{-0.03}$$

平均油膜厚度（Grubin等式）：

$$h = 1.95 \times \left(\frac{E'}{W} \right) \times R^{0.364} \times (\alpha \times \mu \times V)^{0.727}$$

其中：

$h, h_{\min.}$ = 平均和最小油膜厚度 (m)

μ = 润滑油粘度 (Ns/m²)

V = 相对表面速度 (m/s)

α = 润滑油压力粘度系数
(常用值为 $2.2 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{N}$)

W = 单位长度的载荷 (N/m)

$R = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2}$, R_1 和 R_2 是指表面弯曲部分的半径(m)

E' = 缩小的杨氏模量。对于钢-钢接触， $E'=2.2 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$

影响润滑油膜厚度的主要因素包括工作粘度和速度。载荷的影响较小。形成的EHD膜厚度通常很小，只有零点几 μm 或 $\mu\text{in.}$ 。很多情况下，由于接触面很粗糙，EHD膜厚度仅比粗糙度单位（表面粗糙度）略高。

当表面完全分离时，EHD膜离开粗糙接触面的局部区域，很容易产生表面疲劳。

轴承的疲劳寿命与速度、载荷、润滑油、温度、调整和偏心有关。速度、粘度和温度主要决定润滑油在此交互中的作用。这些因素对轴承使用寿命的影响可能极大。在测试中，两个轴承组分别采用恒定的速度和载荷条件。改变工作温度和油液等级（从而改变油液的工作粘度），获得了不同的油膜厚度。在较高的温度条件下，粘度较低，产生的油膜较薄，因此寿命大幅降低（表7）。

**表7. 相对轴承疲劳寿命与EHD膜厚度
(恒定速度——可变温度)**

测试组	温度	测试温度下的粘度 cSt (SUS)	EHD膜 ($h_{\min.}$)	百分比寿命
	°C (°F)		μm (mil)	
A - 1	135 (275)	2.0 (32)	0.038 (0.0015)	13 - 19
A - 2	66 (150)	19.4 (95)	0.264 (0.0104)	100

另一项在恒温条件下对两组轴承进行的测试（表8）显示在这种情况下，较高的速度形成的油膜更厚，寿命更长。

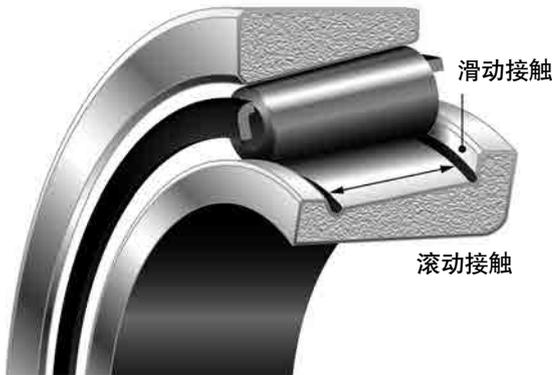
**表8. 相对轴承疲劳寿命与EHD膜厚度
(可变速度——恒温)**

测试组	速度 rev/min.	EHD膜 ($h_{\min.}$)	百分比寿命
		μm (mil)	
B - 1	3600	0.102 (0.0040)	100
B - 2	600	0.028 (0.0011)	40

滑动接触面（挡边和滚子端接触）的油膜厚度

为了确保良好的轴承性能，特别是圆锥滚子轴承，滚子大端和内圈挡边之间的接触面也必须利用足够的润滑油膜分离。挡边和滚子端接合点的恒定应力比轴承滚道中产生的应力低得多(图143)。但是，有些应用中的内圈挡边/滚子端接触面之间的润滑油膜不足以防止粗糙接触。如果情况足够严重，这可能会导致粗糙点划伤和/或粘结。这种情况可能与速度、油液粘度、载荷或内圈挡边/滚子接触点润滑油供应不足有关。

如果预计会有严苛的工作条件，使用含极压 (EP) 添加剂的润滑油可能有助于防止内圈挡边/滚子端接触点发生划伤损坏。EP 添加剂是化学性质很复杂的材料，被高温点激活后，可在接触区域形成低剪切强度膜，有助于防止划伤。



λ 比值

润滑油膜厚度是一种对保持性能极为重要的因素。油膜厚度结合相互接触的滚子和滚道的复合表面光洁度，用于确定 λ 比值。λ 比值在轴承系统分析中用作润滑的寿命调整系数，已被证明有助于诊断应用问题。

$$\lambda = \frac{\text{油膜厚度}}{\text{两个表面的复合粗糙度}}$$

其中：

复合粗糙度是两个接触表面的总和。

轴承和润滑油的最佳 λ 比值取决于应用的工作条件。对于典型轧制轴承应用，通常认为 1.5 的 λ 比值即足以分离接触表面，它表示润滑油膜厚度为组合粗糙高度的 1.5 倍。低于 1.0 的 λ 比值允许发生粗糙接触，在极端应用条件下这可能会导致滚子和轴承圈发生剥落损坏(图144)。

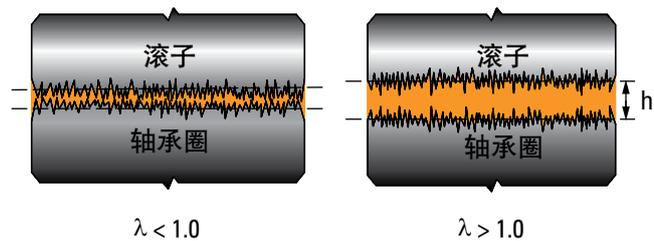


图144. 在 λ 比值低于或高于 1.0 的条件下，油膜厚度 (h) 的直观表示

形成的油膜厚度取决于工作条件，例如：

- **温度：** 更高的温度可降低润滑油的粘度
- **润滑油粘度：** 稠厚的润滑油可增加应用中的总摩擦
- **表面光洁度：** 太过粗糙的表面可能无法完全被润滑油覆盖

润滑主要特征

粘度

粘度是润滑油最重要的物理性质。它是润滑油流动特征的衡量标准，与其稠度有关。粘度随温度发生相反的变化；温度越低，粘度越高(图145)。

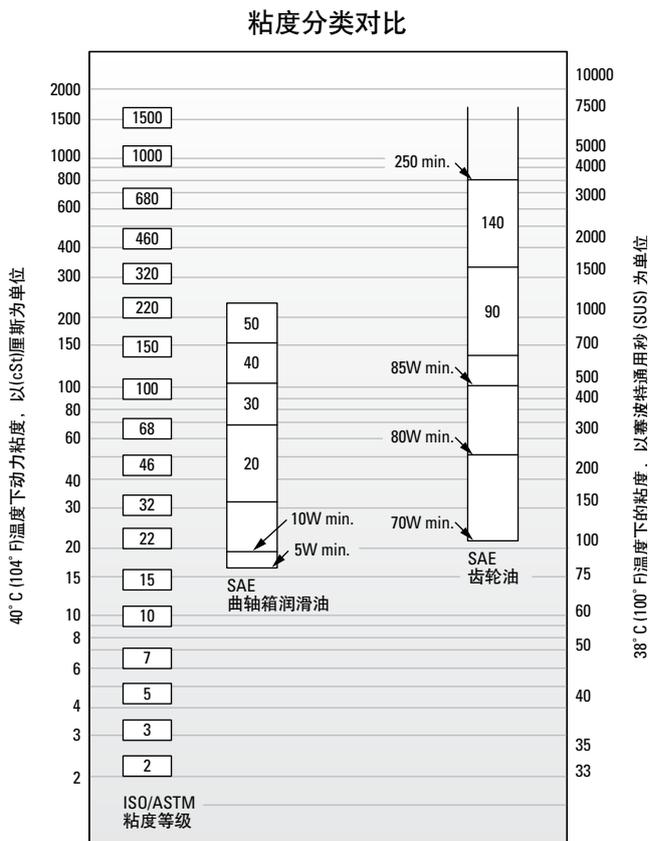


图145. ISO/ASTM等级 (ISO 3448/ASTM D2442) 和SAE等级 (用于曲轴箱润滑油的SAE J 300-80、用于车轴润滑油和手动变速箱润滑油的SAE J 306-81)的对比

粘度指数 (V.I.)

粘度指数有助于确定粘度随温度波动的变化率(图146)。在理想情况下，金属应用中所用的润滑油粘度指数应当比较高，以便于成功地用于各种工作温度，包括冷启动到很高的运行温度。

压力粘度系数

压力粘度是指润滑油在受压条件下的粘度变化。它的计算方式为：

$$\mu = \mu_0 e^{\alpha\sigma}$$

其中：

μ = 接触压力下的粘度

μ_0 = 大气压力下的粘度

e = 自然对数的底数 ($e \approx 2.718$)

α = 润滑油压力——粘度系数

σ = 接触压力

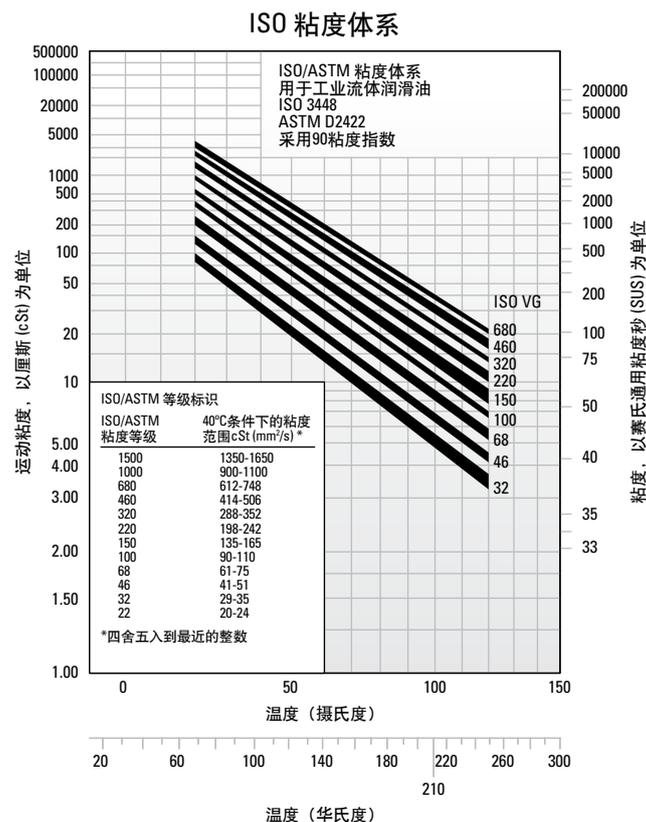


图146. 粘度随温度的变化

添加剂

通常使用化学添加剂来改善特定的润滑油性质，例如粘度指数。但是，无机添加剂对大部分轴承应用没有明显的益处。疲劳测试显示添加剂可对轴承寿命产生有利或不利影响。使用添加剂时，应当谨慎地考虑可能会对轴承性能产生的不利后果。

润滑油添加剂的类型包括：

- **抗氧化剂：**通过吸收氧气中断氧化作用
- **防锈剂/缓蚀剂：**通过产生防水屏障或使水乳化阻止锈蚀
- **反乳化剂：**分离水与润滑油
- **粘度指数改良剂：**降低粘度对温度的敏感性
- **倾点下降剂：**降低润滑油发生涌流或流动的温度
- **抗磨剂：**液压油中用于降低磨损的磷化合物
- **极压添加剂：**由局部高温点激活的硫——磷化合物。齿轮和其他滑动接触应用的理想选择
- **胶粘剂：**提高粘结性

润滑选择

正确的润滑取决于载荷、速度、温度、环境条件以及润滑油供应系统的类型。脂润滑和油润滑各有优势和劣势，为您的应用选择正确的润滑油时应当全面考虑。

脂润滑

润滑脂是通过将增稠剂分散在基油中获得的半固态产品。因此，润滑脂的性质与胶凝剂的性质和液体润滑剂相关。大部分润滑脂类型都含有添加剂，用于获得某些特征，例如防水性和极压能力。

根据所用的增稠剂和基油，存在许多不同类型的润滑脂。为了选择正确的润滑脂，应当考虑其在工作条件下的 EHD 膜厚度。该膜厚度与基油的粘度直接相关。

优势：

- 系统成本较低
- 添加的密封性
- 低泄漏几率
- 在长期非运行状态下具有更好的保护作用

劣势：

- 速度限制
- 散热能力
- 存留杂质颗粒
- 清洁时所需的维护时间更长
- 脂润滑处理

在较低的温度下，脂润滑应用场合中的起动扭矩通常会显著增大。起动扭矩主要是润滑脂流变特性(流动特征与温度)的函数。

润滑脂的高温极限通常是润滑脂基油的热稳定性和氧化稳定性以及抗氧化剂效能的函数。

润滑脂类型

脂润滑轧钢机设备、辊颈和辅助设备（例如输送辊）可利用EP轧钢机润滑脂润滑。鉴于金属轧机设备的性质，润滑脂必须是能够承受高载荷和异常冲击载荷的重载型产品。

建议的EP轧钢机润滑脂性质

皂类： 锂基、钙基、磺酸基或等效产品

稠度： 1级或2级 NLGI

添加剂： 抗腐蚀和抗氧化剂 EP 添加剂(1)

基油： 溶剂精制石油或合成油

基油粘度： 通常为320至460 cSt（在40° C [104° F] 条件下）

粘度指数： 最低 80

倾点： 最高 -10° C (14° F)

(1) ASTM D-2509: 最小 15.8 kg (35 lb) Timken 负荷

EP轧钢机润滑脂含有EP添加剂，以防止在严苛工作条件下发生划伤。润滑脂应当具有优异的机械和化学稳定性，并且在有水或轧机乳剂存在时不易被乳化或冲刷。它应当含有抑制剂，能够在高温应用场合中提供长期抗润滑脂氧化保护并防止轴承被潮气腐蚀。润滑脂不应含有会腐蚀或研磨滚子轴承或密封圈的材料。



图147. Timken润滑脂产品

所需的初始润滑脂用量

为了避免生热过多，切勿过度润滑轴承。所需的润滑脂用量基于轴承的内部空闲容积，

计算方式如下：

$$V = \left(\frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2) \times T \right) - \frac{M}{A}$$

其中：

V = 轴承内的空闲容积 (cm³ [in.³])

D = 外圈外径 (cm [in.])

d = 内圈内径 (cm [in.])

T = 总宽度 (cm [in.])

M = 轴承重量 (kg [lb.])

A = 平均钢密度： 0.0078 kg/cm³ (0.282 lb./in.³)

为了确定相应的润滑脂重量，润滑脂密度取近似值 0.9 g/dm³ (0.032 lb./in.³)。

根据应用，滚子轴承中应注入达到其内部空闲容积三分之一到一半的润滑脂。对于10 RPM以下的速度，100%加满内部空闲容积。这也适用于轴承的相邻空间。但是，这不适用于可能使用合成润滑脂或制造商指定了具体润滑周期的应用。

补充润滑脂

过度润滑会产生过多的热量，轴承可能会起火。初次向轴承加注润滑脂后，请考虑下面的参数以确定正常的润滑脂补充要求：

- 温度
- 密封效率
- 污染物

补充润滑脂的一般指导原则取决于密封系统的效率并基于经验。按照惯例，非密封轴承在每次更换轧辊时为辊颈轴承补充润滑脂，密封辊颈轴承在每次轴承检查时（大约500至1000小时）补充。

补充润滑脂时，建议采用以下指导原则：

- 开放式（非密封）轴承：每次更换轧辊时补充初次加注量的三分之一
- 密封轴承：每次检查轴承时补充初次加注量的三分之一

如果在两次正常维护操作之间补充润滑脂，对于轴承座中的轴承使用初次加注量的三分之一，如果轴承曾进行过清洁则使用初次加注量的100%。

中低速轧机油脂润滑设计

图148和149显示通常用于集中脂润滑系统的布局。润滑油通过孔（1和2）涂布到轴承。润滑脂通过孔（3）涂布到闭合密封圈以实现密封。放气口位于轴承座顶部附近，穿过配件（4）。

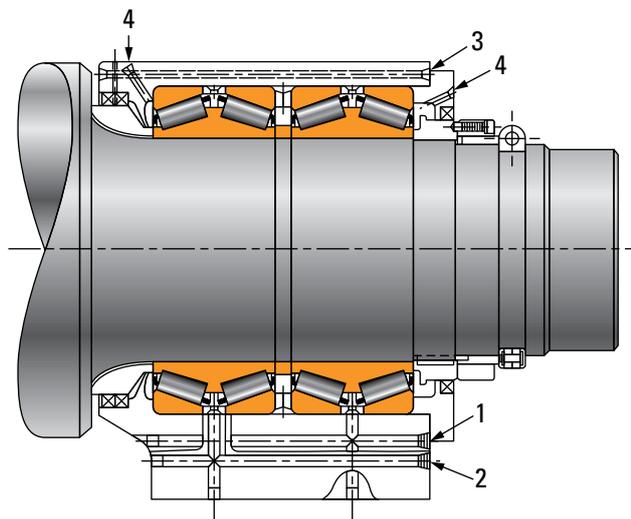


图148. 低速到中速轧机中的TQ0W轴承的轴承座润滑和排气布局（剖面图）

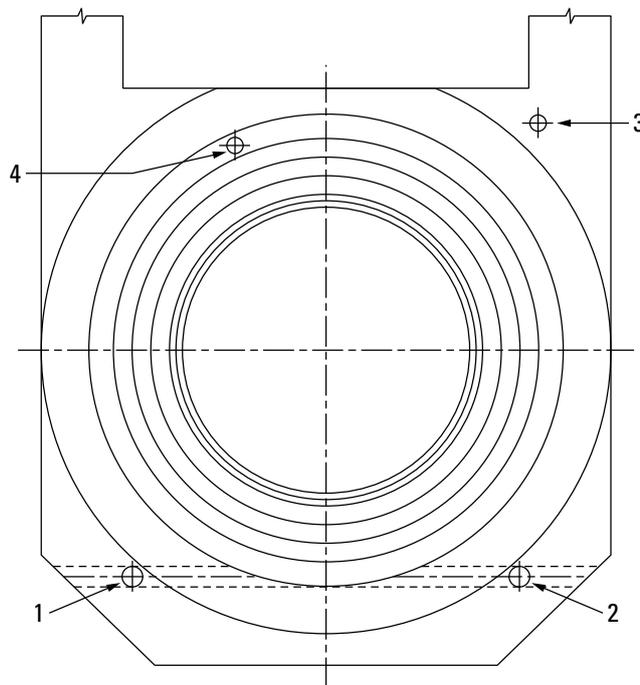


图149. 低速到中速轧机中的TQ0W轴承的轴承座润滑和排气布局（前视图）

润滑脂相容性

避免不同等级或添加剂的润滑脂混合。这样可能会造成不同等级的润滑脂发生交互作用。维护人员和最终用户也应确保从一种轴承润滑脂换用其他类型时，应当先完全地清理出前一种，然后才能使用新润滑脂。

注意

将润滑脂混合使用可能会导致轴承润滑失效。请始终遵循设备供应商提供的具体说明。

Timken润滑脂产品

我们为金属生产工厂提供多种润滑油和输送设备(图150)。

我们的全系列润滑油包括专为轧机应用配制的润滑脂。我们还可提供单点和多点润滑器，以简化维护操作，帮助减少由于润滑不足而造成的轴承损坏或全面卡滞现象。请联系铁姆肯公司工程师，以了解关于可用特殊配方的详细信息。

油润滑

Timken轴承轧机应用中所用的油润滑系统有五种基本类型：气油润滑、油雾润滑、油浴、甩油和压力喷油润滑。特定类型的系统的选择基于热相关因素或系统耗散轴承和/或齿轮系统在生产中所产生的热量的能力。

优势：

- 散热能力(循环时)
- 去除杂质颗粒
- 可控油位或流量
- 冷却和过滤能力
- 油入口(喷油孔)可引导到关键位置

劣势：

- 系统成本较高
- 需要改进密封系统以防止渗漏



图150. Timken润滑产品

油气润滑系统

近年来，油气润滑成为多列圆锥(图151)和调心(图152)辊颈轴承应用的流行解决方案。

通常，油气系统可在最高轧制速度大约为2100 m/min. (6900 ft./min.) 的条件下安全地运行。速度更高的应用可能需要特别注意并进行测试。

气油润滑系统的优势在于它在整个过程中都能够可靠地向轴承供应流量恒定的润滑油。这种可靠性对于设计润滑油消耗量很低的润滑系统极为重要。与油雾润滑相比，它还更环保。

润滑油沿着管道内壁传输，通过安装在轴承座内的喷嘴分配。油滴高效地分布到轴承座内的不同润滑点。进入轴承座主入口孔的油量需要均匀地分布到不同的轴承列和密封唇位置。

根据密封和/或排气系统，轴承腔内的空气压力(大约0.2至0.3 bar)也可额外构成防止轧制冷却液侵入的屏障。

如果从油雾润滑系统升级到油气润滑系统，需要把轴承或轴承座内的油雾喷嘴去掉。

典型布局

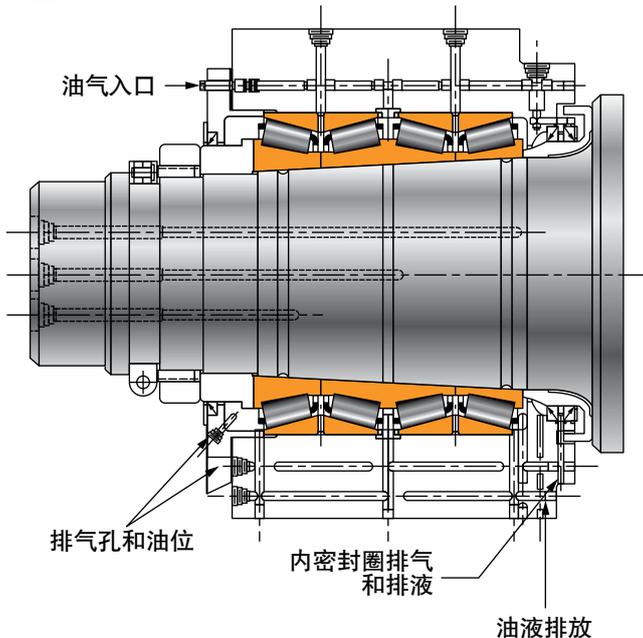


图151. TQIT型轴承的油气润滑布局 (布局与TQ0型轴承相同)

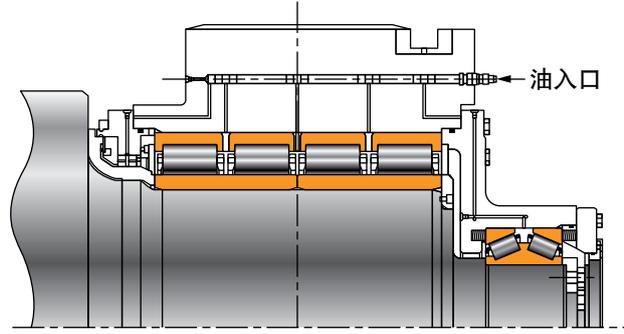


图152. 四列圆柱滚子轴承和TDIK型轴承的气油布局

油量

对于重载荷和低速轧机，油气润滑系统允许选择粘度极高的润滑油(在40°C [104°F] 条件下为460 cSt 或更高)，因为润滑油不需要雾化。

与油雾系统的润滑油消耗量相比，它的耗油量通常较低，这取决于设备供应商。这些数量可根据油气系统供应商开发的等式得出，并应由供应商探讨和确定。

利用下面的等式获得油流速的近似算法：

$$V = 0.00005 \times \text{轴承外径 (mm)} \times \text{轴承宽度 (mm)}$$

$$V \text{ m}^3/\text{hr.} = 0.002 \times \text{轴承外径 (in.)} \times \text{轴承宽度 (in.)}$$

在所有其他润滑系统中，通过实际运行测试轧机之后才最终设置正确的油气量。初始计算主要用于确定安装尺寸。

必须评估所需的润滑油量以有效地润滑轴承圈和滚子。这个最小油量根据待涂布的轴承圈表面得出。轴承座底部的安全油槽中保持这类润滑系统指定的最低油位，从而降低任何时候出现的可用润滑油不足的风险。

必须正确地控制轴承座底部内的油面位置，以避免由于搅拌油液而额外生热(特别是在高速轧机中)。通常，油位应当刚好高于轴承外圈滚道，如图153中所示。

油气润滑系统中使用的小量润滑油不能除去高速轧机的轴承系统产生的热量。最终热稳定温度几乎完全取决于轴承周围零件(轴承座和轧辊)的散热能力,以便让轴承在仍被视为安全的稳定轴承工作温度下工作。我们的经验显示,我们的轴承可在高达130°C (266°F) 的温度下安全工作。

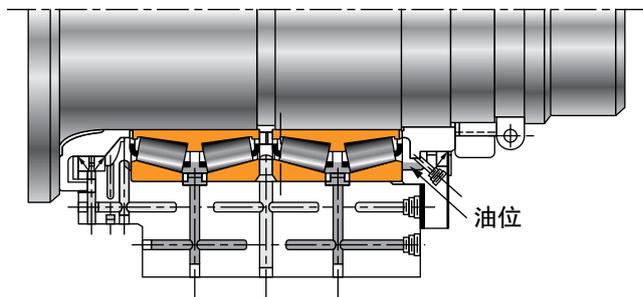


图153. 油气润滑系统中的正确油位

气油系统的润滑油特征

基油:	高粘度指数溶剂精制石油润滑油
添加剂:	抗腐蚀和抗氧化剂、EP 添加剂 ⁽¹⁾
粘度指数:	最低80
倾点:	最高-12°C (40°F)
粘度等级:	建议在40°C条件下为320 – 460 cSt

⁽¹⁾ ASTM D-2509: 最小 15.8 kg (35 lb) Timken 负荷

油雾润滑系统

在辊颈上,如果由于工作辊和/或支撑辊轴承的原因无法再安全可靠地使用传统脂润滑方法,则应使用油雾润滑系统。

近年来,由于环保原因,这种系统已不太常见,但是仍然用在某些旧式轧机上。

润滑油在油雾发生器中雾化成大约2 μm (80 μin.) 的细微油滴(图154)。接下来,油雾被输送到低速和低压(标称压力0.05 bar)气流中,流向轴承座的钻孔内的喷嘴。这些喷嘴(通常每个轴承座三到四个)应当位于轴承座内径中,对准轴承和密封圈上的润滑油入口,如图155(下一页)所示。这些喷嘴也可位于轴承外圈内。

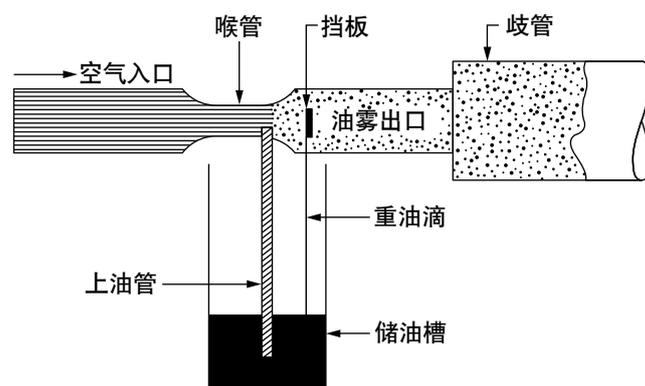


图154. 油雾产生原理

典型布局

喷嘴可确保正确地分配和控制油雾的量。这可通过每个喷嘴上的孔数量/长度/大小以及这些喷嘴在指定轴承座上各个待润滑点之间的分布（通常每个轴承两个，一个或两个用于密封唇）来实现。

所需的油量未根据轴承内产生的热量专门计算，而是根据轴承滚子列的尺寸和数量来确定。但是，预计需要消耗的最低润滑油量根据油雾发生器制造商定义的油雾密度来确定。

此外，喷嘴可增加即将进入轴承的低速气流中悬浮的细微油滴的大小。这可以利用油雾通过喷嘴孔（又称为再分类喷嘴）时速度升高引起的涡流来实现。务必保证轴承座中充分通风，以免干扰喷嘴孔中的压降和油雾速度升高。排气孔区域的面积至少应为系统中所有喷嘴孔区域面积的两倍。

这些排气孔的位置将决定轴承内的最低油位。在启动阶段需要保持该油位。另外，建议确保长时间不运行后再启动轧机时也保持该油位。

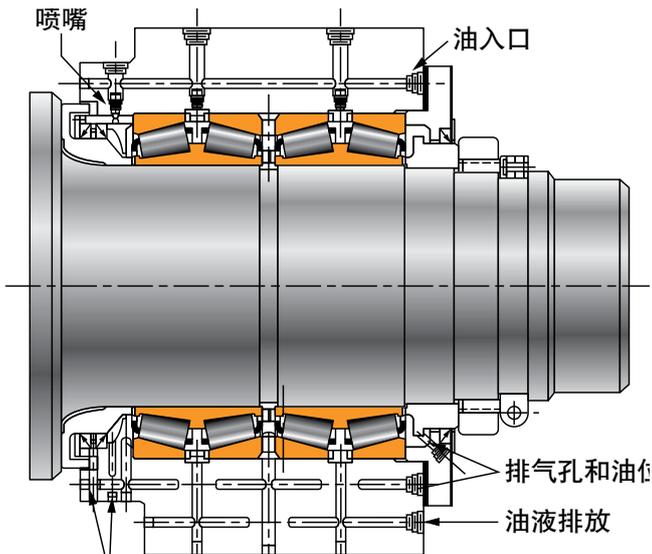


图155. 典型油雾通路

油的特征 (油雾系统)

基油:	高粘度指数溶剂精制石油润滑油
添加剂:	抗腐蚀和抗氧化剂、EP添加剂 ⁽¹⁾
粘度指数:	最低 80
倾点:	最高-12° C (10° F)
粘度等级:	建议在 40° C (104° F) 条件下为220–320 cSt

⁽¹⁾ ASTM D-2509: 最小 15.8 kg (35 lb) Timken 负荷

油浴和甩油润滑系统

这是最简单的润滑系统类型，但是使用范围也最有限。轴承部分浸入静态储油槽或油浴中。这些系统通常适合低速到中速应用（挡边速度低于18 m/s [3400 ft./min.]），热传递能力有限。密封对油浴系统的正确工作具有重要作用，因为必须保持最低油位（下一页的图 156）。为设备选择密封件时应当谨慎对待。建议配备观察孔以随时监测油位，特别是在关键应用中。

油浴和甩油润滑系统可用于传动、小齿轮机架和卷取机。在这些系统中不需要频繁地补充润滑油。极为重要的是确保有效密封，以保持足够高的油位并防止污染。

如果油液甩溅在轴承座整个内表面，则可以改善散热。大多数时间，齿轮都在处理这项工作。目标是重新回收机油并将其引导到轴承。您可以利用拦油装置实现此目的。为了保持轴承中的油位，您可以使用油塞系统，如下一页的图 157 所示。

如果正确地设计为采用大储油槽和大冷却表面，甩油系统可用于较高的轴承速度（挡边速度可达20 m/s [3900 ft./min.]）。轴承座设计也将对提供的冷却程度产生重要影响。

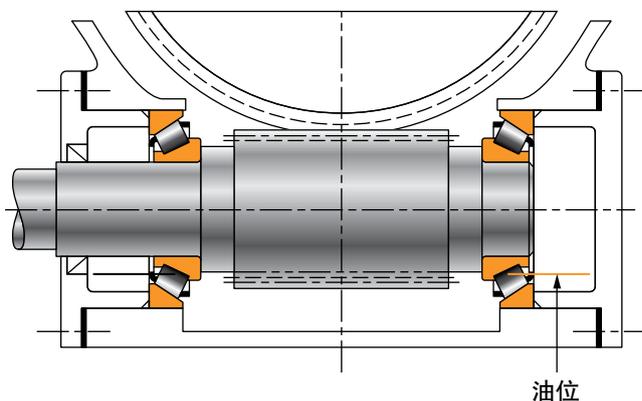


图 156. 油浴润滑系统中合适的油位

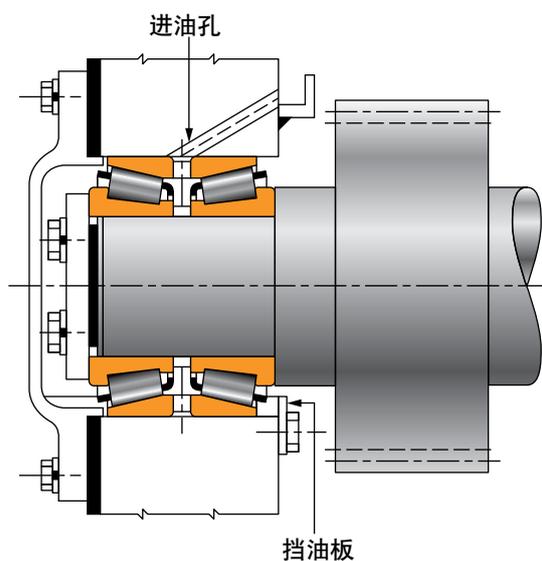


图157. 油槽和挡油板

油的特征(油浴和甩油)

润滑油的选择主要考虑到粘度影响，它受到应用的速度、载荷和环境因素支配。

由于粘度随温度发生相反的变化，因此必须始终确定粘度值与预期工作温度的关系，该值还与初始油液粘度相关。在上述的大部分应用中，通常建议使用石油类润滑油（在40°C [104°F] 条件下粘度为220至460 cSt）构成的油浴系统。可以使用经过验证可避免对轴承性能产生不利影响的添加剂，以改善润滑油的特性。最常用的添加剂包括：

- EP 添加剂，可防止在边界条件下发生划伤
- 抗氧化剂，用于延长润滑油使用寿命
- 防锈剂或缓蚀剂，用于保护轴承表面
- 抗磨剂

在齿轮传动应用中，通常根据齿轮传动需要指导润滑油选择。

压力馈油润滑系统

压力馈油润滑系统用在由于工作参数原因需要大量散热的应用中，例如中速到高速齿轮传动。油流也可逐渐适应所需的散热水平。如有必要，您可以添加油冷装置。

在特定应用或环境中，您可能需要预热润滑油，以避免机器启动时润滑油太稠。在典型油液循环系统中(图158)，润滑油从中央储槽泵送到每个轴承。在圆锥滚子轴承应用中，为了利用自然泵送作用，润滑油被引导到轴承小端，并总是从大端排出。

这种循环可用于高达25m/s(5000FT./MIN.) 的挡边速度。如果挡边速度超过此值，例如在极高速传动或卷取机中，将使用带喷油孔的压力馈油系统(图159)。喷油孔的位置允许它们将润滑油引导到保持架和小挡边之间的空间中。

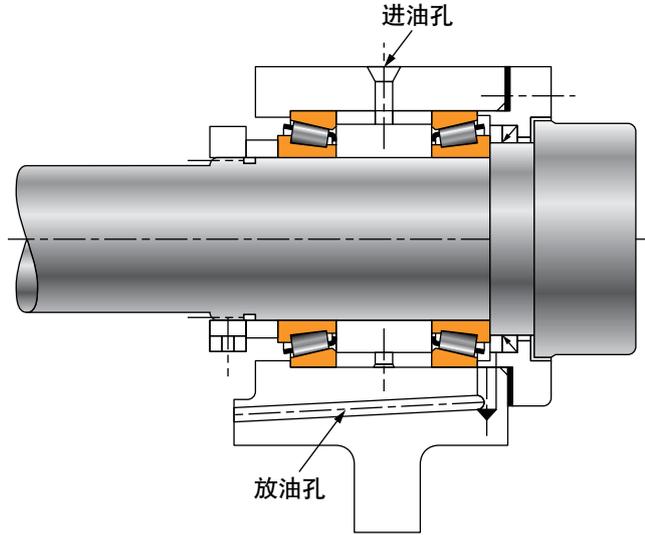


图158. 循环油润滑系统

生热和散热

生热

如果未正确地遵守加注说明或未正确地保持润滑周期，搅拌过多的润滑油可能成为主要的生热来源。在正确润滑的轴承中，热量大部分在滚动体和滚道之间产生。

轴承产生的热量通过下面的公式确定（旋转扭矩和轴承速度的乘积）。

$$Q_{gen} = k_4 n M$$

其中：

$$Q_{gen} = \text{产生的热量W (BTU/min.)}$$

$$M = \text{旋转扭矩N.m (lb.in.)}$$

$$n = \text{旋转速度 rev/min.}$$

$$k_4 = 0.105 (Q_{gen} \text{ 的单位为W, } M \text{ 的单位为N.m})$$

$$= 6.73 (Q_{gen} \text{ 的单位为BTU/min., } M \text{ 的单位为lb.in.} \\ \times 10^{-4})$$

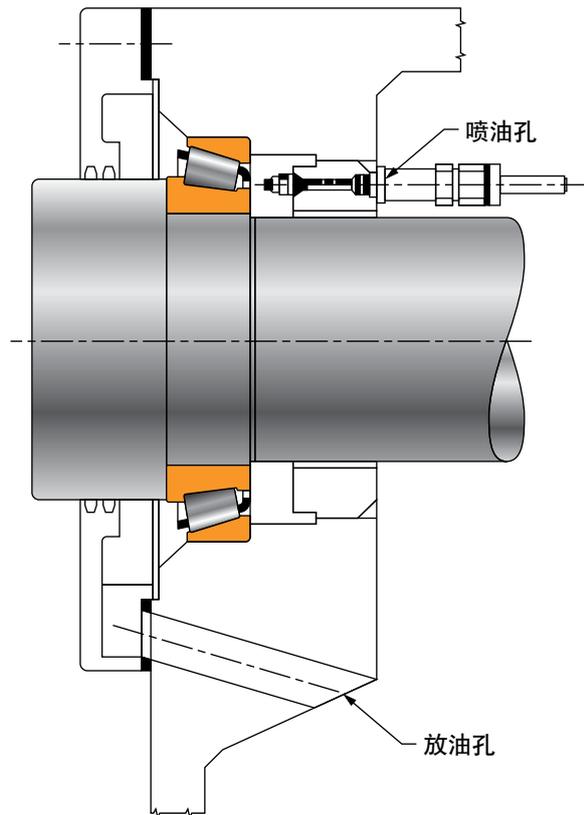


图159. 带喷油孔的压力馈油系统

通过循环润滑油散热

在循环的润滑油系统中，油液除去大部分热量。下面的等式代表在石油润滑油系统中未知润滑油性质的情况下，准确地估算循环的油流所除去的热量的方法。请咨询润滑油提供商以了解具体的值。

$$Q_{oil} = k_5 f (\theta_0 - \theta_i)$$

其中：

k_5 用于计算石油润滑油带走的热量的尺寸系数

$k_5 = 28$ (Q_{oil} 的单位为 W, f 的单位为 L/min., θ 的单位为 °C),

或 $= 0.42$ (Q_{oil} 的单位为 BTU/min., f 的单位为 U.S. pt./min., θ 的单位为 °F)

Q_{oil} 循环润滑油的散热率	W (BTU/min.)
θ_i 进油孔温度	°C (°F)
θ_0 出油孔温度	°C (°F)
f 润滑油流速	L/min. (U.S. pt./min.)

如果润滑油流量不受限制，则流速可以自由地穿过轴承。有效地冷却轴承所需的润滑油数量取决于轴承尺寸和内部几何结构、油流动方向、轴承速度和润滑油性质。

在甩油或油浴润滑系统中，热量在轴承内通过对流方式传输。这种润滑方法的散热率可通过使用轴承座冷却旋管、轴承座油槽或轴承座甩油系统得到增强。

污染物的影响

磨粒

在洁净环境中，轴承损坏主要由发生滚动接触的轴承圈疲劳导致。但如果颗粒污染物进入到轴承系统中，则可能造成擦伤和剥落等损坏，从而缩短轴承的使用寿命。

在这些条件下，首选表面硬化钢，因为它对碎屑的耐受能力高于完全硬化钢。此外，当环境中的灰尘或应用场合中某些部件的金属磨屑污染了润滑油时，磨损可能会成为轴承损坏的主要原因（图160）。



图160. 磨粒造成的轴承损坏

在污染的润滑油中运转的轴承表现出很高的初始磨损率。如果没有更多的污染物侵入，在运转过程中，经过轴承接触区域的颗粒污染物会变小。

通常，影响轴承磨损的重要参数包括污染物颗粒大小、浓度、硬度和润滑油膜厚度。除了油膜厚度之外，其他所有参数升高都会造成轴承磨损增加。升高润滑油粘度可减少指定污染浓度下的轴承磨损。

建议在颗粒污染物很可能会对轴承性能产生显著影响的应用中使用润滑油过滤装置。通常，大部分工业应用常用的是40 μm (1600 μin.) 级滤清器。

水和轧制乳化液

在润滑油或润滑脂中，溶解或悬浮的水和轧制乳化液会对轴承寿命产生不利影响。

当轴承静止不动时，水和轧制乳化液可能会造成腐蚀和轴承水蚀。请参阅第122页以了解更多详情。

水和轧制乳化液也可能缩短轴承疲劳寿命。虽然未完全了解准确的寿命机理，但是研究暗示水和轧制乳化液会进入轴承圈中由于反复的应力周期而产生的微裂纹中。然后，这会造成微裂纹中发生腐蚀和氢脆，加速裂纹传播。

使用吸水性良好的润滑脂可降低轴承腐蚀的严重性。

密封

为了使轴承组件的使用寿命最大化，必须达高效密封。动态密封圈是密封系统中的关键部件，它有两种功能：

- 排除轴承系统中的污染物
- 将润滑油保留在轴承内

正确的密封设计取决于这两种功能哪一种更关键，以及轴承的工作条件。

为任何Timken轴承应用选择正确的密封设计时，请考虑：

- 润滑油类型
- 需要防止进入轴承腔的异物。
- 应用的速度
- 预期工作温度
- 应用类型
- 其他一般性环境和工作条件

异物（例如，灰尘、水垢或任何硬质研磨性物质）将充当研磨剂，造成轴承快速磨损。水基轧制工艺润滑冷却液（通常为酸性）将会使润滑油和密封圈变质，造成轴承损坏以及润滑油流失。

无论何时更换润滑油、轧制工艺润滑冷却液或密封材料类型时，都需要检查密封材料与润滑油添加剂和轧制工艺润滑冷却液的兼容性。

密封类型

接触式密封圈

接触或摩擦密封圈时，密封组件之间会发生物理接触。它们经常用于接触力所产生的热量可以接受的低速到中速应用。

在运行期间，密封唇和密封圈座之间必须存在润滑膜。否则，很快将会出现密封圈损坏。

接触式密封圈有两种基本类型 – 径向唇式密封圈和面密封圈（图161）。

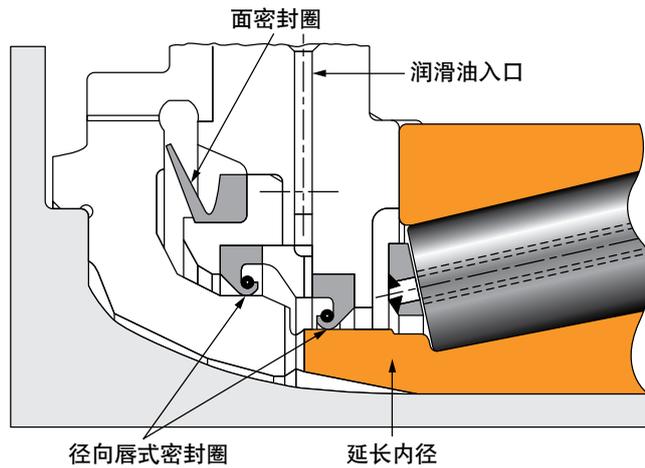


图 161. 径向和面密封唇配置

轧机行业中使用的径向密封唇主要使用三种不同的材料制造 – 腈 (NBR)、氢化丁腈 (HNBR) 和氟橡胶 (FKM) 或 (DuPont™ Viton®)。这三种材料都可以用于矿物润滑油或合成润滑油。

腈密封圈用于高达 14 m/s (2800 ft./min.) 的唇-座速度和高达 100°C (212°F) 的工作温度。氢化丁腈密封圈可获得更好的性能，能够处理的工作温度高达 125°C (257°F)。对于需要很高的热稳定性和耐化学品性的应用，我们建议使用工作温度可达 160°C (320°F) 的氟橡胶密封圈。

唇-座硬度为 45 至 60 HRC 且粗糙度 Ra 为 0.25 至 0.50 μm (10 至 20 μin.) 时可获得正确的密封唇有效率。密封圈座必须经过切磨以避免出现研磨诱因。这些建议有助于形成和保持稳定的润滑油膜，保留表面纹理并防止产生过度的座磨损。

DuPont™ 和 Viton® 是杜邦公司或其子公司的注册商标。

静态密封圈

为了能够完全密封轴承，请考虑在非旋转零件之间利用静态密封圈。位于外圈盖和轴承座之间的O形环或压缩垫片有助于实现些目的。

非接触式密封圈

非接触式密封圈包括各种类型的迷宫式密封圈(图162)以及密封元件之间保持间隙的流体动力膜密封圈。这些密封圈的防泄漏性取决于间隙量和密封圈降低可进入迷宫式密封圈的流体所携带的运动能量的能力。

迷宫式密封圈可采用各种配置。理论上，迷宫式密封圈充当泄漏减少装置，而非泄漏消除装置。迷宫式密封圈的泄漏率与径向间隙成正比。因此，这些间隙应当尽可能保持最小。建议将非接触式密封圈用于高速应用(高于25 m/s [5000 ft./min.])，而不能使用橡胶密封圈。

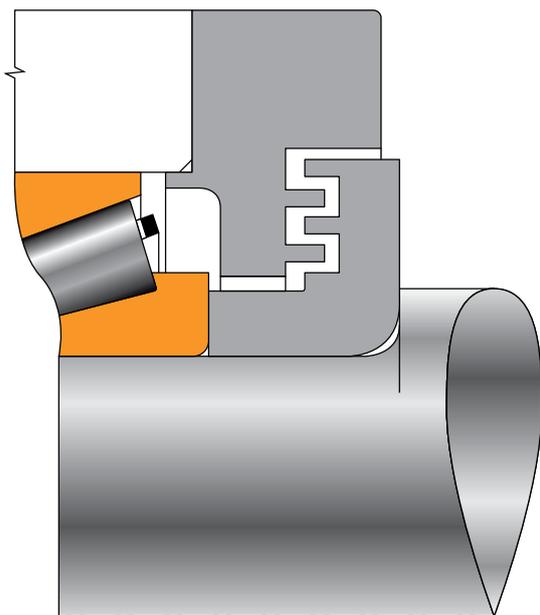


图162. 迷宫式密封圈配置

密封系统

辊颈

辊颈应用要求在铁质轧机和非铁质轧机的辊身侧都采用坚固的密封布局。这对轧制工艺润滑冷却液直接流过支撑(圆角)圈的湿轧工艺以及安装在高污染轧机环境中的轴承尤其重要。可以采用各种密封设计。如需关于此处未显示的密封圈设计的详细信息，请咨询铁姆肯公司工程师。

密封设计取决于轴承和筒辊面之间的可用空间，该空间与支撑圈长度对应。许多布局成功地用于满足各种类型的工作条件的要求。这些布局大部分都有一到两个径向密封唇，有时结合面密封圈或迷宫式密封圈以获得进一步保护。

密封唇的方位因所用的润滑系统而异。在油润滑系统中，密封配置通常如图163中所示。在脂润滑系统中，两个密封唇通常都背朝轴承。

如果将一对径向密封唇作为一个整体用于油润滑系统，则需要两个密封圈之间配有独立的润滑油入口以防止密封唇在干座中旋转。图中所示的布局(图163)可能会因可用的空间而略有不同。支撑圈通常采用紧配合方式安装在辊颈上，以防止轧制工艺润滑冷却液流进支撑圈内径。

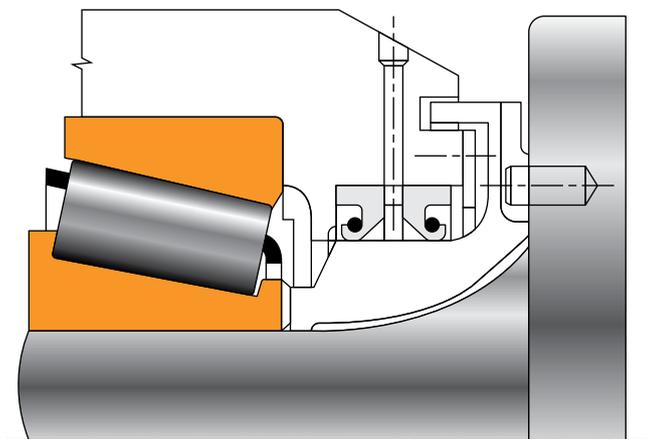


图163. 两个径向密封唇配置

为了使密封圈与轴承座和轴承组件保留在一起，应使用加长内径(TQOWE)。这种设计可使轴承座和轴承成为密封单元系统。这样还可以消除常见的搬运损坏和密封唇翻滚问题，因为密封圈在更换轧辊期间保留在各自的座中。

除了加长挡边，您还需要更小的支撑圈来构成正确的密封布局。在挡圈侧，无论哪种固位装置，都会使用一个径向密封唇，有时也可能使用两个。

密封轴承概念(图164)完全等同于Timken非密封(开放式)轴承，它有助于减少润滑脂消耗，延长轴承使用寿命。装配在轴承中的其他密封圈将可额外为轴承提供保护，但是保持良好的轴承座外部密封布局仍然很重要。

如果在运行期间不需要补充润滑脂，您可以接受配备固态间隔圈的密封轴承。请参阅第39页以了解关于密封辊颈轴承解决方案的详细信息。

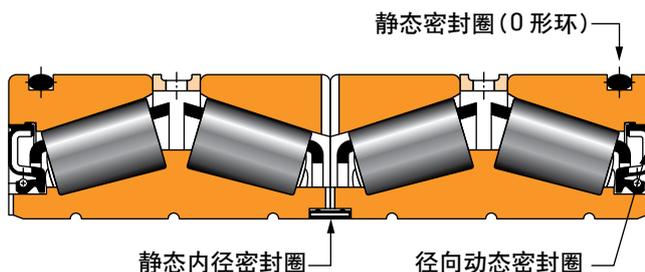


图164. 集成密封工作辊轴承概念

辅助设备

卷取机、开卷机、小齿轮机架和减速器之类的辅助设备不直接暴露在高污染环境。在这种情况下，可采用更简单的密封布局。可以购买很多型号和样式的径向密封唇来满足不同的密封要求。

在基本要求是将润滑油留在轴承座中的较清洁环境中，通常使用单个唇缘朝内的密封唇(图165)。

在污染环境中，唇缘通常朝外。在更加关键的环境中，使用双唇密封圈或者两个密封唇。在极脏的条件下应额外使用迷宫式密封圈作为主密封，以防止密封唇和密封表面发生磨损以及提前出现唇式密封圈损坏。

如果采用脂润滑且在洁净环境中，您可以使用金属冲压件封口(图166)。在脏污环境条件下，这些冲压件与其他密封件配合使用，形成更有效的迷宫式密封件以防止污染物进入。为了更高效地保留润滑脂和排除异物，应配合使用静止部件上提供的机加工护圈与环形槽封口(图167)。

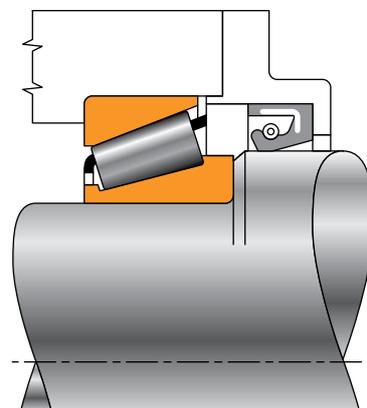


图165. 单密封唇

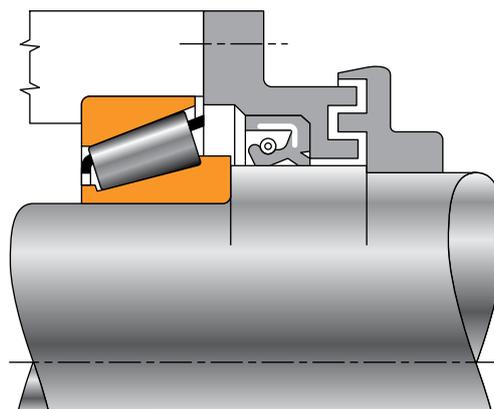


图166. 单密封唇加迷宫式设计

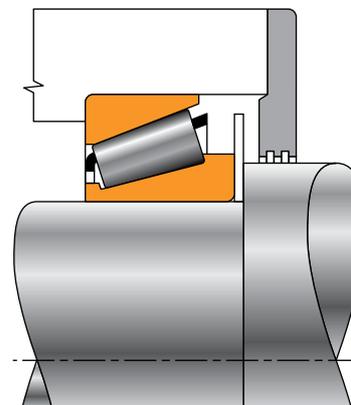
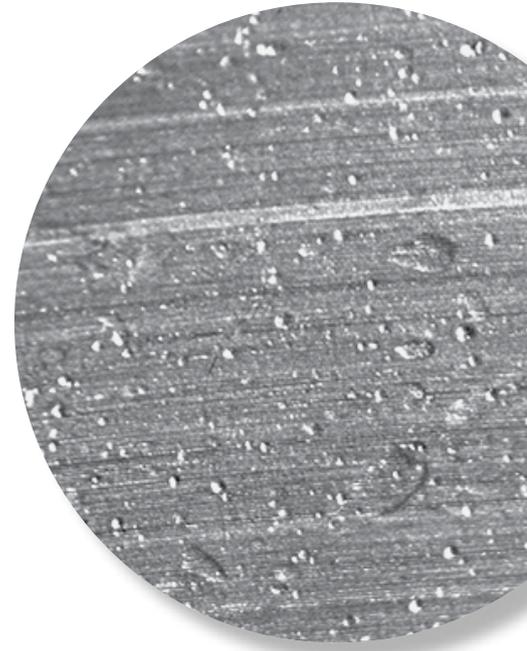


图167. 与环形槽封口组合在一起的机加工护圈

苛刻应用和增强型轴承 解决方案

本部分中包含关于以下主题的信息：

- 高性能轴承
- 接触疲劳
- 碎屑
- 润滑
- 腐蚀
- 精密轧制
- 急剧加速



高性能轴承

冶金包括钢包炉(氧气顶吹转炉[BOF]/氩氧脱碳炉[AOD])、铸机、轧机以及齿轮传动、卷取机和剪切机之类的辅助设备。这些苛刻应用的工作环境恶劣。潜在挑战包括重载荷、冲击载荷、高速、加速、高温、碎屑污染和腐蚀，它们可能会对标准轴承的性能产生不利影响，限制其达到完整使用寿命。



图168. 工程表面高性能轴承

在各种环境中，展示出典型使用寿命提高至一点五倍到六倍。性能根据应用和工作环境而变化。

Timken增强型轴承解决方案有助于降低总体设备设计和运行成本。为了延长轴承使用寿命和提高可靠性，我们提供了高性能轴承解决方案，在材料、设计、表面精加工、异型接触几何结构和涂层中都应用了专有技术。其中包括：DuraSpexx[®]、抗磨粒轴承、工程表面（图168）和抗腐蚀轴承。每个轴承解决方案都设计用于增强一组具体的损坏模式下的性能。

我们的高性能轴承面向最苛刻的环境，按照设计可提供：

- 价值更高的成品
- 提高轴承性能，延长使用寿命
- 提高功率密度，利用相同的轴承密封圈尺寸获得更大的功率输出能力
- 降低设备维护和保养成本
- 增加设备正常运行时间和生产效率

您可以在从原型到最终使用的任何阶段部署高性能轴承，不需要重新设计系统。通过以应用环境为重点的尖端分析工具，我们的工程师可为您的工作环境推荐理想的产品。

我们的高性能轴承技术旨在通过最大限度地减少接触疲劳和过载、润滑不足、腐蚀和碎屑凹痕/污染导致的大部分主要损坏模式来提高轴承使用寿命。

接触疲劳

接触疲劳挑战

疲劳损坏是滚动接触、应力和环境条件造成的正常结果。

在指定工作条件下，任何轴承都可以根据实验室测试和现场经验从统计学上得出计算寿命预期。请参阅第67-93页的“轴承使用寿命计算和相关分析”部分以了解关于轴承使用寿命计算的详细信息。

剥落是指内圈和滚动体上的轴承材料发生点蚀和脱落。

许多类型的主要轴承损坏最终将恶化成剥落的继发损坏模式。我们将剥落损坏分为三种明显不同的类型。

夹杂物源剥落

夹杂物源剥落(图169)由钢材中存在的非金属夹杂物造成的表面下局部区域经过数百万个交变载荷周期后材料加速疲劳所致。这种损坏表现为局部椭圆形剥落。



图169. 夹杂物源剥落

点面源 (PSO) 剥落

点面源 (PSO[图170])剥落由极高的局部接触压力造成的轴承过早疲劳所致。这种剥落损坏通常是由于同时存在边界润滑/薄膜工作条件以及微粗糙接触点因疲劳剥落、划痕、凹痕、磨粒、蚀刻或硬颗粒污染物导致的高应力而造成的。PSO剥落是最常见的剥落损坏，通常会由于油膜的液压力抬高金属并剥离表层而呈箭头形传播。



图170. 点面源剥落 (PSO)

几何应力集中 (GSC) 剥落

几何应力集中 (GSC) 剥落 (图171) 由轴承局部区域的高应力引发的偏心、偏转或边缘载荷造成。这种损坏发生在轴承圈/滚道的极边缘部位，通常由轴、轴承座或高载荷问题所致。



图171. 几何应力集中剥落

接触疲劳解决方案

在大部分情况下，一种或多种增强可缓解接触疲劳挑战，帮助最大化轴承寿命。

高纯净度钢材

如果损坏与材料相关，则提高钢材纯净度可最大限度地延长轴承使用寿命。轴承钢材中的非金属夹杂物可充当应力提升物质。夹杂物数量越少，体积越小，这些夹杂物出现在受压体积表面下的几率越低。请考虑在高载荷应用中使用超纯净钢。这种类型的钢材也可以结合更高的表面光洁度和更完善的轴承外形，以帮助获得最高的性能。

图172显示使用我们的超纯净钢可使轴承使用寿命提高多达两倍。

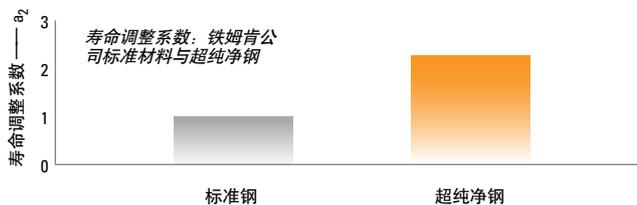


图172. 纯净钢对轴承使用寿命的影响

在受到非金属夹杂物 (滚道的夹杂物源剥落) 问题困扰时，我们的超纯净钢能够提供延长轴承疲劳寿命的优势。

超纯净钢可发挥最大优势的情况包括：

- 弯曲力提高而现有轴承密封圈固定的改装轧机
- 齿轮传动，利用更纯净的钢材可适应更高功率要求
- 要求紧凑型设备设计的应用

如果主要故障模式与夹杂物源剥落无关，可能无法获得使用超纯净钢的优势，例如在以下情况中：

- 高偏心度/高边缘应力
- 低润滑油膜/粗糙接触
- 严重的碎屑污染环境

特殊形状

我们通常采用适当的轴承部件外形以最小化滚子的大端或小端可能出现的边缘应力。这些标准外形有助于承受普通载荷。

在特定应用条件下，遇到极高的载荷或偏心时，您可能需要利用特殊的滚子形状将应力更均匀地分布在滚道上。滚子接触端的应力集中必须大幅降低以最小化滚道边缘的剥落几率（几何应力集中 [GSC] 剥落）。

图173–175显示为圆锥滚子轴承增加特殊外形所产生的显著影响。这种应力特征分析构成了Timken Syber 应用分析程序的要素之一。

形状改进对轴承使用寿命的影响

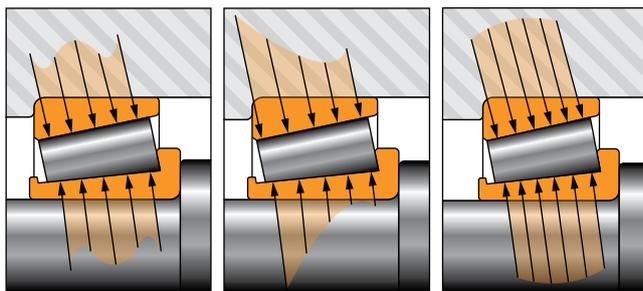


图173. 高载荷下的滚子滚道应力分布——标准形状

图174. 存在偏心时的滚子滚道应力分布——标准形状

图175. 利用特殊形状最小化边缘载荷影响的滚子滚道应力分布

我们的改进形状技术可通过在高载荷或偏心条件下达到更均匀的应力分布（图176）将轴承使用寿命延长多达四倍。

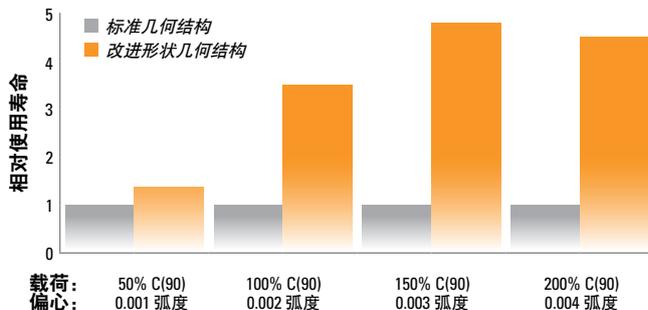


图176. 修形对轴承使用寿命的影响

TIMKEN® DURASPEXX® 轴承



图 177. DuraSpexx® 轴承

Timken® DuraSpexx® 轴承（图177）的滚子、内圈和外圈采用特殊的表面处理以帮助降低与表面相关的点面源(PSO)损坏模式，采用高级几何外形来最小化高载荷或偏心导致的边缘应力集中。这些轴承结合增强材料以减少与夹杂物相关的损坏，相对使用寿命比标准轴承长达四倍。

碎屑

碎屑挑战

碎屑通常会导致轴承过早损坏，特别是在恶劣的轧机环境中。砂砾、灰尘、热处理氧化皮以及来自齿轮、花键、故障或剥落部件的金属磨损颗粒之类的污染物与轴承滚子和滚道表面接触后都可能产生凹痕(图178)。碎屑造成的这些损坏可能会使轴承严重恶化，缩短疲劳寿命，最终导致轴承损坏。



图178. 碎屑对轴承滚道造成的损坏

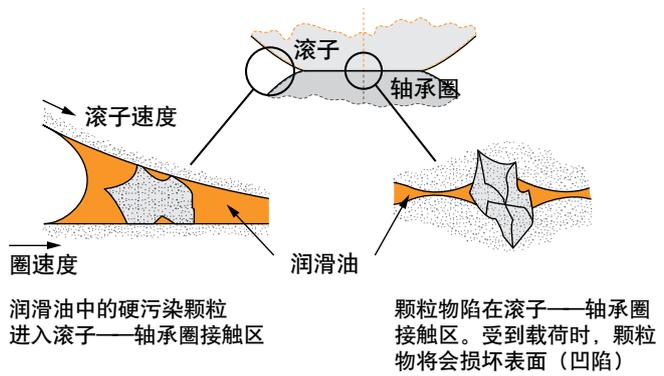


图179. 凹陷形成过程的图示

大颗粒在润滑油中通过轴承，擦伤接触表面。

凹痕形轴肩——有些很严重——可导致表面应力上升，造成表面过早损坏，缩短轴承使用寿命(图179)。指定颗粒大小和浓度的金属磨粒可造成最严重的轴承损坏。

在很多情况下，我们的标准渗碳轴承可通过最小化指定系统中的碎屑影响获得优异的性能。实际上，在相同的碎屑条件下进行的受控实验室测试中，我们的标准轴承的性能始终达到或超过多家主要竞争对手的轴承。

如果存在明显的碎屑问题，我们的Timken®防碎屑轴承还可提供更高等级的保护和性能。这种产品可提供各种尺寸和轴承类型。

碎屑解决方案

防碎屑轴承

我们制造出防碎屑轴承，结合专有的合金和热处理改良与硬膜涂层技术优化其机械性质。我们的防碎屑技术可防止粘着磨损并自动修复微裂纹，这样可获得更长的使用寿命。

防碎屑轴承在低润滑条件下的碎屑环境中表现出的性能可达标准Timken轴承的三倍(图180)。

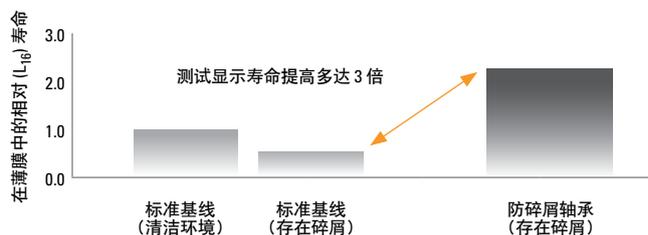


图180. 疲劳测试结果——中等碎屑

为了帮助确定我们的防碎屑轴承是否适合您的作业系统，我们的工程师开发了基于计算机的分析工具，便于通过检查轴承滚道表面的凹痕和其他碎屑损伤以针对您应用中的碎屑的严重性进行建模(图181)。通过损坏检查得出的结论为选择最适当的碎屑解决方案提供了更多资料。

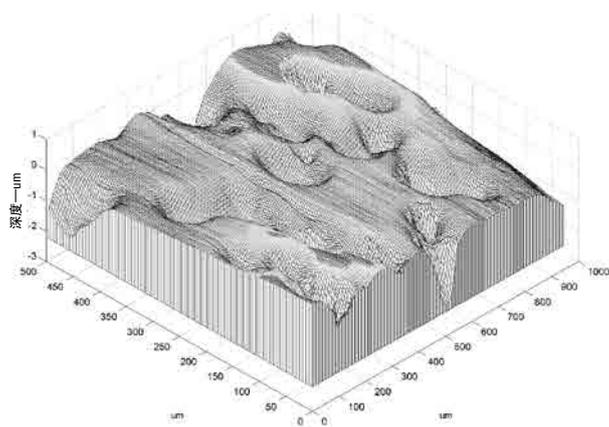


图181. 在我们的Debris Signature Analysis程序中生成的凹痕部位场图

我们的防碎屑轴承通常采用外径至少为200 mm (7.874 in.)的圆锥、调心或圆柱滚子轴承设计。我们的防碎屑轴承适合您的应用现有的封圈尺寸，有助于消除成本高昂的重新设计需要。此外，先进的制造工艺使我们无论面对数量多少的订单都能提供经济实惠的价格。

利用我们的防碎屑轴承，您无需重新设计系统即可获得更长的轴承使用寿命和更高的生产效率。

润滑

润滑挑战

润滑不足可形成各种损坏条件。如果为轴承提供的润滑油在工作期间不足以分隔滚动和滑动接触表面，或未进行充分润滑，则将造成损坏。

圆锥滚子轴承也可能会遇到另一种经常可归因于润滑不足的损坏模式，即滚子端划伤(图182)。虽然划伤损坏可归因于挡边接触位置预载荷过高或过度生热，但最常见的情况是它与分隔滚子端与挡边接触位置的薄膜润滑层相关。

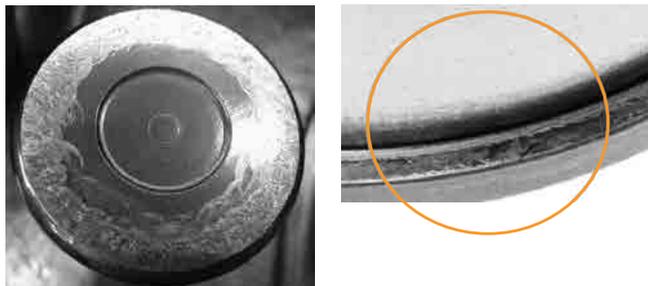


图182. 圆锥滚子轴承上典型的挡边——滚子端划伤

为每个轴承系统确定正确的润滑油用量、类型、等级、供应系统、粘度和添加剂非常重要。根据历史、载荷、速度、密封系统、工作条件和预期寿命做出正确的选择。若未正确考虑这些因素，则可预见无法获得足够高的轴承和应用性能。

润滑不足造成的损坏在外观和运行上都会有很大不同。根据损坏等级，它可导致从极轻微的滚子端或挡边变色(图183)到整个轴承卡滞。



图183. 滚子端面和挡边变色

润滑解决方案

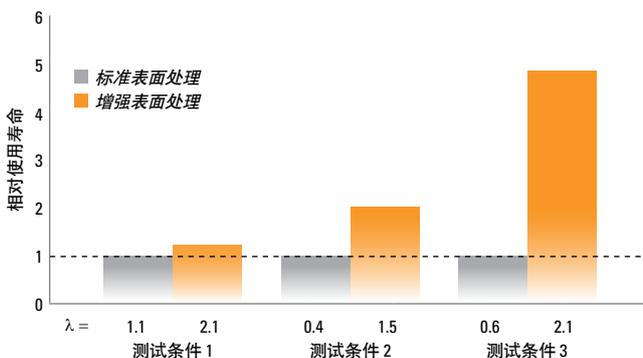
表面光洁度增强

润滑和润滑膜厚度是保持正确的轴承性能的关键因素。油膜厚度结合相互接触的滚子和滚道的复合表面粗糙度确定λ比值(第98页的图144)。如果λ比值太小(低于0.8)，则会发生粗糙接触，这样将可能造成滚子和轴承圈发生剥离损坏(图184)或PSO剥落。



图184. 滚子剥离损坏

我们的增强表面精加工技术通过平整和降低表面粗糙颗粒的高度，可将轴承使用寿命提高多达四倍(图185)。



其中：

$$\lambda = \frac{\text{薄膜厚度}}{\text{两个表面的复合粗糙度}}$$

图185. 表面光洁度增强对轴承使用寿命的影响

TIMKEN工程表面

我们同时利用表面改性处理(更改表面光洁度)和特殊涂层获得工程表面(ES)。

表面改性处理包括我们的ES10和ES20工艺。这些精加工方法可将表面粗糙度降到远低于传统方法的水平。更为平滑且经过形态改性的表面上(图186和187)可与配对部件的表面相互作用的明显粗糙颗粒(显微镜下的高点)较少,有助于减少摩擦和磨损。

通过涂层制作的工程表面(ES200和ES300系列)采用厚度为1至3 μm(40至120 μin.)的薄膜型纳米复合金属-碳化物矩阵获得硬度极高的低摩擦表面性质。

我们利用物理蒸汽沉积工艺形成涂层(图188),产生硬度比钢材高两倍但仍具有弹性的表面。在实验中,该涂层的摩擦系数低于钢材的50%。

我们在不影响基材硬度的温度(低于160°C [320°F])下应用此涂层。

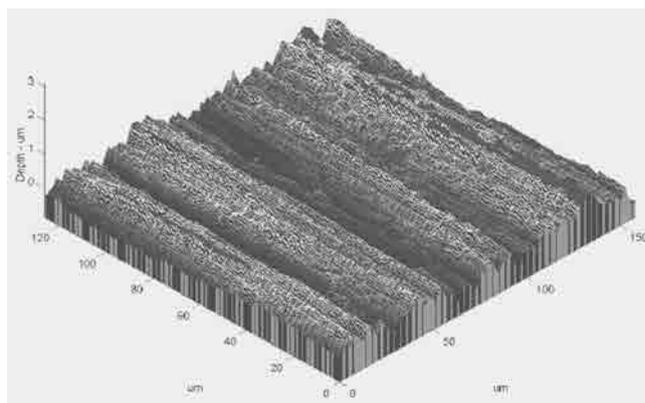


图186. 普通磨削表面形态

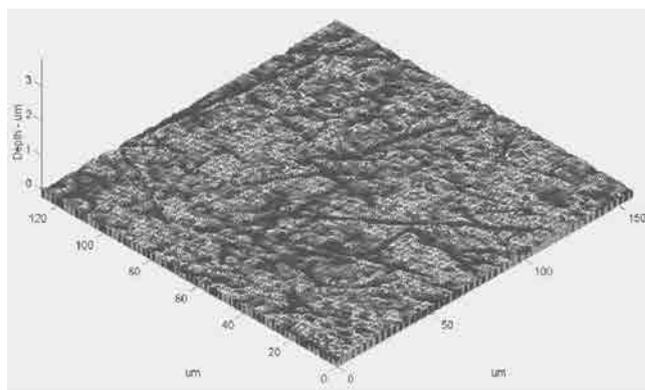


图187. ES20光洁表面形态。



图188. 具有涂层的轴承

采用我们的工程表面的轴承通常用于最佳轴承性能和正常运行时间至关重要的场合。

我们的ES涂层同时具有与陶瓷和聚合物类似的性质,能够抑制滚子和轴承滚道接触面上的微型焊接和粘着磨损,显著地最小化金属—金属接触。

ES涂层能够提供耐磨粒性,降低滑动或润滑不佳的接触面上的摩擦和扭矩,减少部件划痕和擦伤损坏,延长轴承在薄膜润滑中的寿命,减少摩擦腐蚀磨损并提供溢油保护。

我们对ES涂层配方进行了测试和优化以在挑战性应用中获得最佳性能。采用工程表面的轴承的测试数据证明与标准设计相比,轴承寿命可提高多达九倍。

适当的工程表面选择

选择适当的工程表面光洁度或涂层需要评估应用的摩擦学条件。虽然经过大幅简化，但是表9仍可展示我们应如何考虑润滑效率(λ)和接触模式以便为应用选择正确的光洁度或涂层类型。

表9. 选择适当的工程表面光洁度或涂层

摩擦学条件损伤模式	涉及的解决方案	机制
低/由于润滑不佳或薄膜润滑条件导致(薄膜)疲劳寿命缩短	滚子上采用 ES302 涂层	带涂层的硬表面作为不同材料减少粘着磨损并磨光无涂层表面，提高有效 λ 比值
因缺少润滑而产生的划痕损伤	滚子端面(滑动表面)上采用 ES200 或 ES300 涂层	涂层形成防粘着磨损屏障，减少摩擦
因杂质而导致疲劳寿命缩短	滚子上采用 ES300 或 ES302 涂层	带涂层的硬表面作为不同材料减少粘着磨损，缩小无涂层滚道上的碎屑凹痕肩部高度
摩擦腐蚀、表面侵蚀、划痕和擦伤	滚子上采用 ES300 或 ES302 涂层	涂层在滚道上形成防粘着磨损屏障

腐蚀

腐蚀挑战

抗摩擦轴承在辊颈应用出现损伤的主要原因是水性腐蚀损伤。

水侵入会造成滚道与滚动体之间发生界面腐蚀。尽管轴承在运行时由水导致的问题非常罕见，但是轴承静止时润滑油膜的损耗会造成几乎或完全丧失保护。透过瑕疵或损坏的密封圈的水或轴承座内部由于温度变化而凝结的水会流到轴承座底部，与滚子和滚道表面发生接触。这会造成腐蚀，最初是以黑色氧化物的形式出现，称为污点(图189)。大多数情况下，您可以利用细研磨材料除去污点并重新使用轴承。长时间暴露于潮湿环境，这种腐蚀将在轴承材料上形成点蚀(图190)，最终导致更严重的损伤，称为蚀刻(图191)。在此阶段，根据损伤的深度，轴承必须丢弃或进行翻修。

储存条件不佳以及拆卸后进行检查时洗涤和干燥方法不当也会造成明显的损伤(图192)。



图189. 无点蚀的污点



图190. 滚子上的点蚀



图191. 外圈滚道腐蚀



图192. 储存条件不佳造成的损伤

清洁和干燥后，应在轴承上涂抹机油或其他防腐剂，并用保护纸包裹后(图193)再放到储存位置。新轴承或用过的轴承必须始终放在干燥区域并使用适当的包装材料(图194)，以降低安装前出现腐蚀的风险。



图193. 机油保护和特殊保护纸



图194. 用于大轴承的真空热密封铝箔袋

防腐蚀解决方案

TIMKEN® AQUASPEXX® 轴承

Timken® AquaSpexx® 轴承(图195)利用专有的电化合锌合金涂层保护滚道和其他功能表面，以减少水侵入和水性腐蚀造成的轴承损伤。

此工艺可产生晕彩外观，不同产品之间可能会有差异。这种涂层提供电偶腐蚀防护，可直接应用于成品部件。



测试后的 AquaSpexx® 外圈 测试后的无涂层外圈

图195. 在腐蚀应用中测试后的 AquaSpexx® 轴承和标准轴承对比

TIMKEN 薄密镀铬轴承

薄密镀铬(TDC)轴承采用专有的硬质薄铬质涂层，在潮湿或腐蚀性环境中具有优异的抗腐蚀能力和出众的性能。这些轴承的抗腐蚀性能达到传统轴承的三到九倍。

TDC 轴承专为在各种恶劣的腐蚀性环境中获得更高的性能而设计，其中包括部分酸性和碱性溶液，标准的无保护轴承在这些溶液中会出现过早损伤。

精密轧制

更高的轴承精度以获得最佳厚度精度

辊颈轴承精度直接影响轧制产品的质量。在冷轧操作中，支撑辊轴承的径向跳动可传输到待轧制的产品，表现为产品厚度的纵向波动。精密轴承可降低径向跳动量，提高轧机的厚度控制能力。

支撑辊的四列圆柱轴承的精度通常可通过在将内圈安装到辊颈后再精磨得到提高。内圈安装在辊颈上，其滚道经过修磨以最大限度地降低内圈外径 (O.D.) 相对于支撑辊身的任何偏心。

通过指定更高精度公差提高精度水平，可进一步提高支撑辊的标准四列圆锥滚子轴承的精度。

我们的制造能力允许我们将内圈壁断面的变化保持在极低的公差水平。

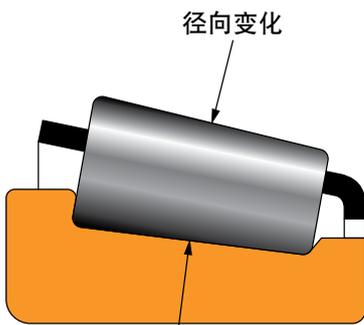


图196. 滚子尺寸变化 (以圆锥滚子轴承为例)

控制壁断面和滚子尺寸变化 (图196) 有重要意义，因为单个轴承部件中的任何高点都会使轴承产生径向移动或径向跳动。

轴承径向跳动，包括重复的径向跳动 (壁断面变化) 和非重复径向跳动；或滚子尺寸变化以及滚子端圆度。

内圈壁厚变化将表现为重复的径向跳动 (同步 [图197])，而滚子尺寸变化将会导致非重复 (异步 [图198]) 变化。

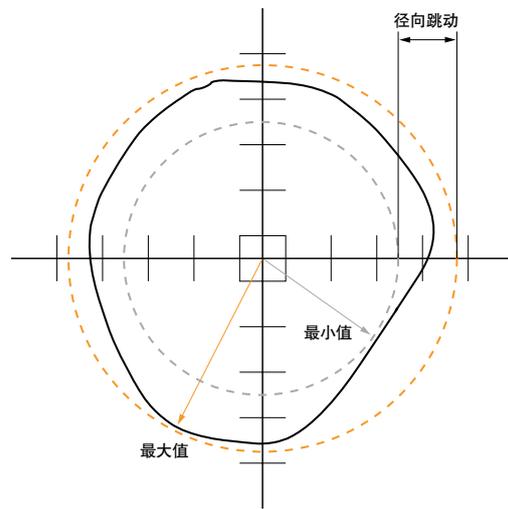


图197. 重复径向跳动 (同步)

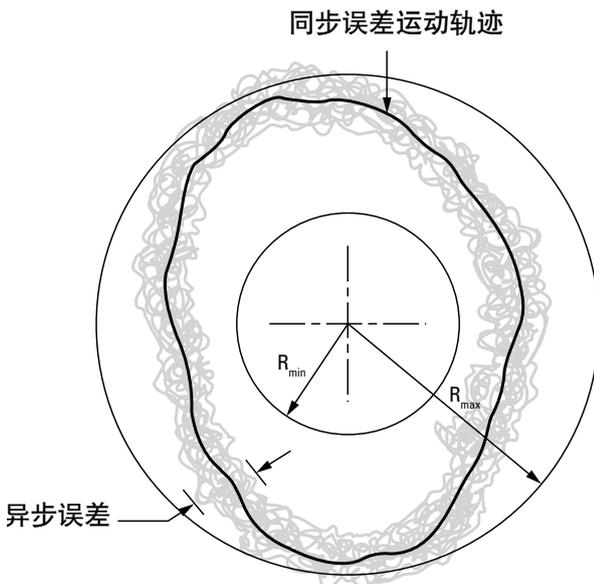


图198. 非重复性径向跳动 (异步)

频繁加减速

保持架，在滚子轴承的正常运行中执行重要的功能。在滚动体进出承载区的过程中，它们可使滚动体保持均匀的间距。苛刻的动态工作环境，例如急剧加速或减速、高幅度和频率的振动或冲击，以及轴承工作游隙较高，都会影响保持架的性能。

保持架挑战

在上述的苛刻动态工作环境下，滚子将会以很高的速率加速或减速。根据保持架的类型，滚子对保持架横梁、指式保持架或销产生的冲击可形成动态的弯曲循环应力(图199)，产生可损坏保持架的疲劳裂纹。我们开发了多种保持架类型和材料以满足各种工作要求。

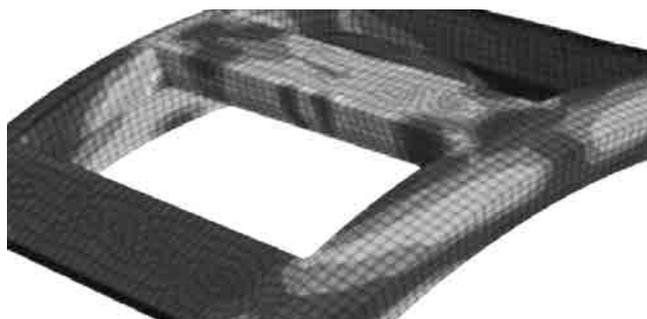


图199. 由一个滚子加速和冲击保持架横梁而产生的冲压钢保持架和滚子应力图(最大应力在应力分布图中显示为深灰色)

保持架解决方案

我们开发了名为 CageDyn的专有计算工具来研究保持架在动态条件下的性能。CageDyn执行快速精确的计算以识别损伤风险，并评估保持架设计和材料选择的影响。

对于承受高载荷、振动、高速或加速的挑战性应用，可能需要使用特殊的保持架以尽可能减少损伤。潜在解决方案包括：

- 变更材料
- 增强设计以最小化应力
- 减少保持架窗口——滚子间隙
- 更宽的保持架横梁或指状件宽度
- 增强保持架材料
- 优化轴承内部游隙

使用CageDyn模拟困难应用条件下轴承保持架的性能有助于尽可能地减少新设计所需的原型制作和测试数量，节约时间和成本。可以快速地完成详细的研究，提高精度，缩短产品交付周期。CageDyn还可以分析轴承应用以确保指定正确的保持架类型，降低保持架在工作中出现问题的几率。

如需详细地分析应用中的轴承保持架的性能，请咨询铁姆肯公司工程师。

相关产品

本部分包含以下信息：

- 密封和润滑
- 维护工具
- 状态监测设备
- Timken® 带座轴承单元
- Timken® Quick-Flex® 联轴器
- 精密链条产品



除了轴承系列产品，我们还提供各种为冶金行业量身定制的相关产品。本部分包含关于密封、润滑、维护工具、状态监测设备和带座轴承单元产品的信息。

密封和润滑

密封

我们的工业密封系列包括多种适合几乎任何工业应用的不同材料选项。我们的密封是恶劣应用环境中的理想选择，能够承受极端温度、压力、杂质和大部分化学物质。与PTFE(聚四氟乙烯)材料相比，它们还可在稠厚的粘性流体中提供出色的密封性能，更高的抗拉强度，更少的冷流和蠕变。

铁姆肯公司提供各种密封解决方案，包括：

油和脂密封——这些密封可在各种环境中防止具有磨损和腐蚀性的潮气以及其他有害污染物进入机器的部件。

V-Seals™——使用腈或Viton®制成，这些高弹性密封安装方便，适合各种轴尺寸，可用于离心和偏心轴。

Redi-Seals® 服务——通过这项创新计划，客户可在下订单后24小时内获得高质量的密封设备。

Redi-Sleeve™ 技术——这些钢质耐磨套设计用于压接到轴上，可快速地修复受损、刻槽或磨穿的轴。

轴修理套件——这些套件可作为轴更换的备选方案。

Redi-Coat®——这种专利密封剂可填充抛光不佳的内径中的划痕和擦伤。

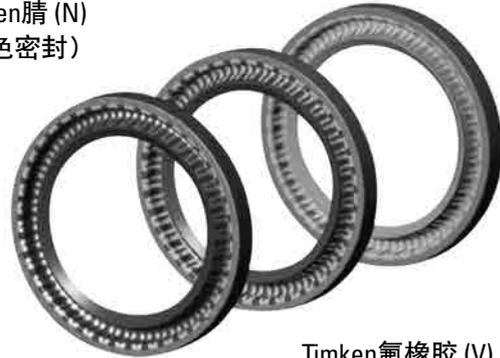
我们的工业密封圈可提供小内径尺寸，最大为13英寸(325 mm)，并提供公制和高温型号。我们还可提供工具来加速安装、防止密封和轴承损坏以及预防密封过早渗漏。密封和工具适用于数以千计的应用中使用的全系列设备，包括制造、越野车辆、动力传输和炼油厂应用。

铁姆肯公司的油封提供各种选择以适应您独特的应用和工作规格。此外，它们使用相应的颜色编码以便于识别(图200)。

- Timken腈(N)黑色工业密封 – 建议用于连续工作温度大约为200°F、峰值温度为250°F的应用。
- Timken氢化丁腈橡胶(HNBR)蓝色工业密封 – 建议用于连续工作温度大约为300°F、峰值温度为350°F的应用。

- Timken氟橡胶(V)绿色工业密封 – 建议用于连续工作温度大约为400°F、峰值温度为450°F的应用。

Timken腈(N)
(黑色密封)



Timken氢化丁腈橡胶
(HNBR)(蓝色密封)

Timken氟橡胶(V)
(绿色密封)

图200. Timken高性能密封

润滑

世界各地的客户都在轧机、铁路轴承、发电设备、工程和运输车辆以及其他工业应用中使用我们的润滑油。Timken 轧机润滑脂专为钢铁轧机应用开发，能够提高抗水冲刷特性、防锈蚀和腐蚀能力、高温性能和氧化稳定性。

铁姆肯公司拥有丰富的摩擦学和滚动摩擦轴承专业知识，并深刻了解这两方面因素如何影响系统的整体性能，在此基础上开发出了适合特定应用场合和环境的润滑系列产品。Timken 润滑产品能够帮助轴承和相关部件在苛刻的工业工作环境中有效地运转。高温、耐磨损和防水添加剂可以在恶劣的环境中为轴承提供极佳的防护。

七个主要的Timken润滑系列产品与我们的G-Power和M-Power单点润滑器、C-Power多点集中润滑器以及我们的全球润滑产品解决方案相得益彰。G-Power、M-Power和C-Power设备可在机器的运行中均匀地分布润滑脂。这些罐子可以填充铁姆肯公司润滑油脂或其他众多类型的商业润滑油脂，并可与完整系列的铁姆肯公司附件一同安装。

维护工具

液压拉拔器

我们提供种类齐全的自给式便携液压拉拔系统，承载能力为4至30吨。它们是拆卸所有种类的轴配合零件的理想选择。我们实用的自定中液压拉拔器可方便地转换成双臂或三臂拉拔器（图201）。紧凑的设计极其适合拉出各种压入配合零件，包括轴承、车轮、衬套、齿轮和皮带轮。唧筒柄可360度旋转，以在最方便的位置灵活地使用拉拔器



图201. 液压三臂拉拔器

电感应加热器

在要求苛刻的工业应用中使用共轭式电感应加热器（图202）。它们可以快速加热各种齿轮、轴承圈、联轴器、轴承和其他部件，并使其呈放射状膨胀。我们按照国际（IEC）和欧洲（CE）健康和安要求生产所有加热器。它们配备由微处理器控制的电源，具有内置时间和温度控制功能以及自动退磁功能。



图202. Timken 共轭式电感应加热器

TIMKEN® ECOPOWER™ 电感应加热器

使用新型Timken® EcoPower™ 电感应加热器（图203）安装和拆卸紧配合部件。这种灵活的设计无需再使用共轭形装置。

这种新加热器类型由发电机和精选的电感工具构成。后者为固定线圈型——根据具体的尺寸指定；或柔性线圈型——就像缠绕在工件外侧或内侧的缆线。利用这种工具，能够适应多种不同尺寸和形状的工件表面的磁场。它还可以将加热台连接到发电机。

由于发电机/线圈系统的效率很高，可将高达90%的输入功率直接输送到工件，因此可以显著地节省时间。这主要归功于直接放置在待加热表面上的电感线圈（固定或柔性线圈）。



图203. Timken® EcoPower™ 电感应加热器



图204. 绕有两组柔性线圈的1300 kg (2900 lb.)齿轮示例

在上例中，从安装柔性线圈到拆下1300 kg的齿轮的轴总共只需要23分钟（图204）。

CHOCKLOK™

The Chocklok™ (图205) 锁环组件可将轴承座/轴承组件保留在辊上。它取代沉重的OE剖分环和调节螺母，可简化轴承座的组装/拆卸。这种使用方便的系统只需要紧固六个螺栓，可以安装在大部分轧机设计中，通常可将轴承座的安装和拆卸时间缩短一半。

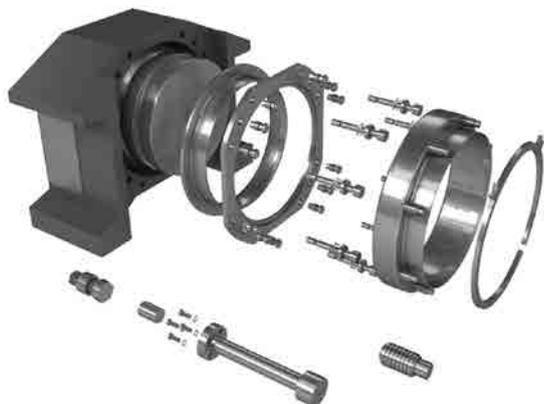


图205. Timken ChockLok™

辊颈装卸工具

在将辊颈轴承安装到轴承座中或从轴承座中拆下时，应当小心地搬运以免损坏任何关键表面。您可以根据轴承类型、尺寸、重量、保持架类型以及轴承零件是独立装配还是作为整体装配（例如密封轴承）使用各种不同的工具。

例如，对于配备销式保持架的大内径四列圆锥轴承，可以利用安装在保持架圈上的螺纹孔中的带孔螺栓吊装单内圈或双内圈。

配备冲压钢保持架的轴承使用特殊的吊装工具。

我们提供两种基本的吊装工具类型：

- 三脚式 (图206)
- 滑动底脚 (图207)

通常，操作员会使用自己的工具。但是如果这样做，请务必小心不要损坏轴承部件。



图206. 三脚式装置



图207. 滑动底脚

我们交付的大部分密封圆锥滚子轴承都已预加润滑脂。搬运和安装到轴承座中时应将其整体作为装配好的单元。您也可以使用这种解决方案将未加润滑脂的标准双列或四列组件作为整体单元进行安装。

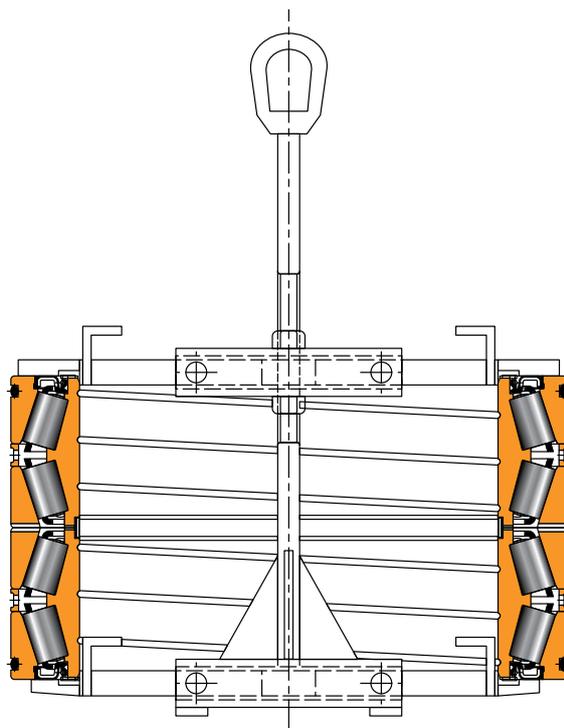


图208. 密封辊颈轴承和吊装工具

图208 (上一页)显示滑动底脚吊装工具如何夹住轴承两端以将整个密封轴承组件抬入或抬出轴承座。吊装工具穿过内圈内径支撑在轴承底部，并穿过顶部外圈夹住轴承。它在轴承外圈支撑轴承底部以提升整个轴承。轴承座设计应当留出间隙，使提升装置脚能够进入外圈端面，以便为整个轴承组件提供正确的提升支撑。

状态监测设备

在冶金行业中，您的目标是最大限度地提高正常运行时间、安全性和盈利性。您必须避免任何意外停机。您应当找出任何不安全的状况，并且必须立即修复。我们提供齐全的状态监测产品和服务，包括便携式仪器、连续监控装置和在线系统。我们可以开发成本效益出众的解决方案以获得最大输出和可靠服务，从而帮助您将正常运行时间最大化。增加机器的有效寿命和生产效率可直接影响净利润。

我们的手持轴承测试仪是一种便携式袖珍设备，性能可靠，经济实惠，使用方便。通过轴承测试仪，用户可以灵活地执行定期机器状况检查，有助于避免意外停机造成的生产损失，降低总体维护成本。轴承测试仪的紧凑和轻量级设计使其成为在多种工业环境中评估球轴承和滚子轴承健康和润滑状况的便利工具。

TIMKEN 在线智能系统

在线智能系统连续监控平台从最恶劣和具有挑战性的工作环境中获取精密而可靠的读数。然后，它将这些数据编译成可管理且使用方便的信息，用于做出能够提高可靠性和盈利性的决定。在线智能系统有助于降低数据的不一致性，确保不会错过潜在问题。



在线智能系统允许您调节测量参数以满足当前状况，同时在处理波动时仍然保持精密度。然后，检测到问题时，我们的服务工程师将分析数据，执行附加测试并建议适当的解决方案以提高设备的可用性。

TIMKEN® 带座轴承单元

剖分式带座轴承单元 (枕式带座轴承)

铁姆肯公司提供齐全的SNT公制带座轴承单元和SAF英制带座轴承单元系列，包括为满足您的特定要求而开发的各种尺寸、轴承座设计、密封和附件。标准系列的Timken剖分式轴承座使用铸铁制成，设计用于保护轴承。对于更加恶劣的应用，选择球墨铸铁或铸钢制成的轴承座，这些材料的强度高达铸铁的两倍。

在Timken剖分式轴承座内部，是高性能的Timken®调心滚子轴承，它们采用精密加工的几何结构和滚道表面处理工艺。此外，我们的调心滚子轴承采用独特的设计，在偏心度达到±1.5度的轴上运行时生热更少，效率更高，且不会缩短预期使用寿命。

TIMKEN 剖分式带座轴承单元的优势

- 可用的标准轴尺寸范围为：
 - SNT 20 mm至400 mm轴尺寸
 - SAF 1 3/8 in. 至19 1/2 in. 轴尺寸
 - 对于更大的轴尺寸，可定制设计
- 大部分标准轴尺寸都可从库存中快速发货，充足的轴承座、轴承、安装件和密封库存确保迅速供应更换部件，从而缩短停机时间
- 安装设计包括便于安装的锥孔设计或轴向定位更佳的直孔设计。通过拆卸固定环可轻松将轴承单元从固定式结构转化为浮动式结构
- 通过存量充足的库存方便地订购完整组件或新零件通常能够快速交付标准零件和组件

特定特征

坚固的铸铁（标准）结构能够承受恶劣的环境。在极重载荷的工况中，也可使用球墨铸铁和铸钢轴承座。Timken®高性能调心滚子轴承能够可靠地长期工作。多样的内径尺寸和配置便于您找出适合自己需要的方案。利用易于安装的上盖和基座，可以快速地检查和更换轴承。先进的密封和润滑选项适合您的特定需要。在挑战性的安装环境中，可以利用紧定套和定位环灵活地安装锥孔和直孔轴承。从固定到浮动方式的灵活转换能够减少库存需要。

密封应用

SNT密封选项包括双唇式、迷宫式、V形环和铁燧岩密封。

- 双唇式密封 (TSNG)：铁姆肯SNT轴承座最常用的密封。这种密封由聚氨酯制成，能够在恶劣的环境中提供良好的耐磨性
- 迷宫式密封 (LO)：迷宫式非接触密封具有多个迷宫段，能够有效地阻挡泥土和灰尘等污染物并防止润滑脂泄漏
- V形环密封 (VR)：在高速应用场合中或轴粗糙度较大时，两片式密封将是上佳之选
- 铁燧岩密封 (TA)：重负荷迷宫式密封，最适合严重污染的区域。这种密封可以重复润滑，以提高密封质量并延长使用寿命

SAF带座轴承的标配采用迷宫式 (LER) 密封，其它可选特征包括Timken防尘座（能够提供极佳的污染防护）、DUSTAC密封以及铁燧岩密封。

- Timken防尘座 (TG) 密封：有助于防止润滑油溢出和污染物进入。这种设计可减少摩擦生热，几乎或完全不会对系统施加任何扭矩，使轴承和密封圈的使用寿命更长。
- DUSTAC® 密封：有助于利用绕着轴旋转并对衬套表面施加压力的V形脂环将残余的悬浮污染物排除在外。
- RLS系列：在轴和迷宫式密封周围形成充满重润滑脂的楔形空腔。
- SRLS系列：内径中配有O形环作为剖分式表面迷宫式密封。设计用于防止污染物侵入以及发生轴向位移。

剖分式轴台（带座轴承）可满足严苛的重工业应用要求：

- 发电（煤）
- 采矿
- 骨料/水泥
- 冶金轧机
- 纸浆和造纸/伐木/林业
- 水处理
- 食品加工
- 仓储
- 活动桥/结构
- 工业风扇/鼓风机



图209. SNT公制轴台

一体式带座调心滚子轴承单元

冶金轧机环境中运行的设备需要配有足够坚固的带座滚子轴承单元，以在恶劣的条件下获得优异的性能。我们为这些挑战性环境设计了调心滚子轴承一体式带座轴承单元。

这些一体式带座轴承单元由铸钢轴承座和Timken高性能调心滚子轴承构成，能够抵御污染物。可用的高级主密封选件和钢质辅助护盖能够为轴承另外提供一层保护。

典型冶金应用包括隧道炉辊道输送机、进料辊、卷轴机传动、环绕装置、初轧输出辊道、精轧输出辊道、卷轴机传动、传送台和重返台。我们的调心滚子轴承一体式带座轴承单元可在偏心度达到 ± 1.5 度的轴上高效地运行，不会缩短预期使用寿命。

在全系列的精密制造锁轴样式、主密封、护盖、轴承座和模块化设计理念中，可以很方便地找到适合您的冶金应用需要的带座滚子轴承单元。

铁姆肯公司的带座轴承单元系列具有坚固的密封选件，能够在充满碎屑、受到污染或潮气较重等多种恶劣的环境中提供增强的轴承保护。全球各行各业的企业都依靠我们提供的带座轴承单元来实现他们所需的性能和运行时间。

我们提供全系列的精密制造锁定样式、密封圈和轴承座，因此您可以很方便地找到适合您的应用需要的带座轴承单元。铁姆肯公司是唯一将钢质一体式带座轴承单元作为标配的调心滚子轴承带座轴承单元供应商。

轴承座样式

我们提供多种样式的一体式轴承，包括枕式带座轴承（图 210 和 211）、法兰式（图 212）、引导法兰式（图 213）和滑块式（图 214），它们可与竞争对手的产品互换，但是后者无法达到这些一体式设计的强度。



图210. 双螺栓带座轴承



图211. 四螺栓带座轴承



图212. 法兰座



图213. 引导法兰衬套



图214. 滑块座



警告

不遵守以下警告信息可能会导致严重的人身伤害或死亡。

正确的维护和处理做法非常重要。始终遵循安装说明并保证适当的润滑。

过热的轴承可能会点燃爆炸性气体。必须特别小心，正确选择、安装、维护和润滑在可燃气体或者谷物、煤碳或其他可燃材料之类的尘埃聚集物达到爆炸水平的环境中或其附近使用的带座轴承单元。请咨询设备设计人员或供应商以获得安装和维护说明。

安装或拆卸组件时切勿用力过大。

遵循所有公差、配合和扭矩建议。

务必遵循原始设备制造商的安装和维护指导原则。

确保正确对准。

切勿焊接带座轴承单元。

切勿使用明火加热部件。

切勿使轴承在温度超过 250° F (121° C) 的环境中运行。

锁紧结构

我们提供多种锁紧解决方案，包括偏心和V-Lock® 设计：

EC系列——偏心锁（图215）：

- 超重载荷
- 抱轴力提高
- 减少极端振动负载下的轴损坏
- 在反转应用下也不会旋松

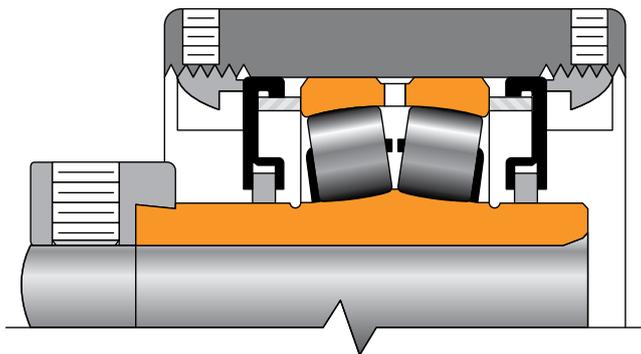


图215. EC系列——偏心锁

V-Lock® 系列——双锥形锁（美国专利号 7344313）（图216）：

- 极重载荷
- 360度抱轴
- 设计用于消除抱轴过紧问题
- 机械退卸，易于拆除
- 与具有相同孔径的竞争产品相比，轴承尺寸更大，额定负载更高

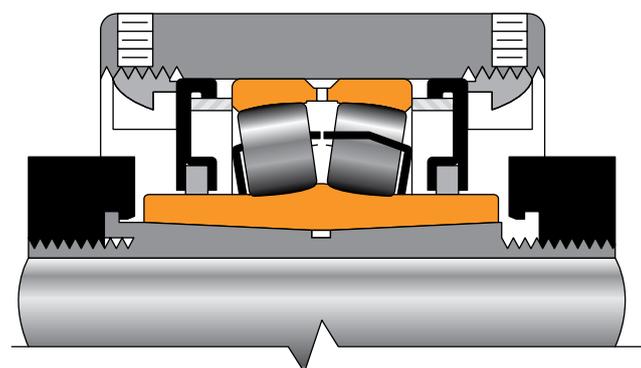


图216. V-Lock® 系列——双锥形锁（美国专利号 7344313）

密封选项

冶金行业中使用的三种主要密封选项包括：

迷宫式密封圈——DuPont™ Teflon®（图217）：

- 高速应用
- 在脏湿条件下表现优秀
- 能够在高温环境中工作
- 耐受多数化学物质
- 耐磨损

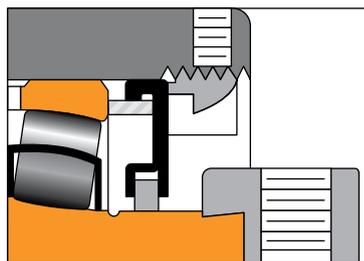


图217. 迷宫式密封

三层唇式密封圈——腈：

- 自清洁
- 在脏湿应用中表现优秀
- 耐化学品和腐蚀

三层唇式密封——聚氨酯（图218）：

- 除了腈密封的所有优点外，还能够耐磨损

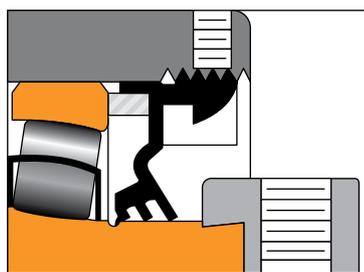


图218. 三唇式密封

DuPont™ Teflon® 是杜邦公司或其子公司的注册商标。

辅助护盖



图219. 可选辅助护盖

带座滚子轴承单元通过坚固且价格实惠的护盖(图219)获得极出色的保护功能, 设计抵抗具有特殊挑战性的行业中的重污染环境。这些钢制护盖利用黑色氧化物增强防腐蚀保护性能。

TIMKEN® E 型带座圆锥滚子轴承单元

铁姆肯公司工程师利用110年以上的轴承技术专长——并结合圆锥滚子轴承领域的领先地位——为您呈现最佳性能的带座圆锥滚子轴承单元。我们改进了自己的设计以建立新的性能标准。铁姆肯公司实现了业内最高水平的动态额定载荷。从轴承、密封和润滑脂到轴承座和轴环, 我们创新的设计融合了各种有助于承受最严苛应用条件的功能——最终能够缩短停机时间、减少维护工作并降低总拥有成本。我们对核心部件进行了优化, 将其性能提升到我们认为下一代带座滚子轴承单元应达到的水平。我们是如何做到的? 答案就是我们独特的产品设计。

增强性能轴承

Timken® E型滚子轴承的承载能力显著提高。我们设计的增强表面纹理和优化外形可达到业内最高的额定载荷。我们的E型轴承遇到的内部接触应力和摩擦阻力更低。除了轴承使用寿命之外, 这些轴承的设计还可获得管理比行业标准设计高出多达三倍的偏心度的能力。

双唇式密封

通过帮助阻挡碎屑和水进入, 同时更长时间地保留润滑脂, 可以减少维护工作, 从而降低维护成本。E型带座轴承单元中的密封可优化接触几何结构, 从而提高润滑脂保留能力, 显著减少污染物侵入。

优质润滑脂

由于Timken® 优质多用途工业润滑脂可提供超强保护, 因此可进一步节省维护成本。我们独特的润滑脂配方含有极压和抗磨添加剂以及缓蚀剂。这种润滑脂可有效地用于工作温度范围为-40°F至+300°F (-40°C至+149°C)的应用。它与钙基和锂基增稠润滑脂相兼容。

轴承座和锁定轴环

我们的设计融合了用于轴承座的ASTM-A48 30级铸铁。轴承座和锁定轴销上的电处理涂层(电涂层)比工业标准喷粉工艺的抗腐蚀性更高, 有助于通过保护暴露表面减少总维护成本。此外, 我们的E型带座滚子轴承的尺寸适合与所有其他领先品牌互换。

TIMKEN® E型带座圆锥滚子轴承单元

Timken® E型带座圆锥滚子轴承单元可采用各种尺寸和配置, 以满足苛刻应用的要求。



图220. E型圆锥滚子轴承

它们在所有关键特征的尺寸方面可与现有供应商的产品互换, 包括螺栓孔轴中心线尺寸。常用部件可立即从库存中获得。轴直径也可采用公制尺寸, 范围为35mm至125mm。

TIMKEN® QUICK-FLEX® 联轴器

在金属制造和加工中，电机和齿轮箱通过与联轴器固定在一起的轴连接其他运动设备。Timken® Quick-Flex® 联轴器可适应高扭矩和低扭矩以及高速和低速条件。此外，它们的尺寸基本上适合所有需要。它们可为间隔范围为25mm至3m(1 in.至120 in.)的轴提供牢固的连杆。

Quick-Flex联轴器相当耐用，足以承受住金属轧机的挑战，并且只需进行极少的维护。这些联轴器容易安装，并且无需润滑。由于其使用寿命可与旋转设备的使用寿命匹配，因此这些联轴器有助于保持相对较低的总拥有成本。

联轴器连接电机和齿轮箱与其他移动设备。它们传输扭矩的能力相当于或超过相似尺寸的齿轮、蛇簧、链条或其他弹性联轴器。

Quick-Flex联轴器工作时没有任何金属-金属接触。这种设计有助于消除可能损坏设备的联轴器轮毂之间的干涉。操作人员可以根据需要快速、方便地更换弹性元件，而不必拆卸轮毂。由于金属轮毂没有磨损，因此弹性元件是所需的唯一备件。

Quick-Flex联轴器可处理各种偏心度达到2度的金属轧机工作：

- 电机到齿轮箱 (低扭矩/高速)
- 齿轮箱到从动设备 (高扭矩/低速)
- 驱动轴到从动轴应用

典型应用包括隧道炉辊道输送机、进料辊、卷轴机传动、环绕装置、初轧输出辊道、精轧输出辊道、传送台、重返台、切条机和卷取机。

有多种能够承受最极端环境的护盖和元件配置选项(图221和222)。



图221. 标准联轴器 (显示高速护盖)



图222. 花键轮毂联轴器 (显示hp护盖)

下面的表10显示Timken Quickflex与竞争产品相比的功能和优势。

表10. QUICK-FLEX对比

	Quick Flex	爪式联轴器	蛇簧联轴器	齿轮联轴器	链条联轴器	轮胎联轴器
更换简单，无需移动轮毂	•		•		•	•
高、低扭矩额定值	•			•		
高速特性	•			•		
低生命周期成本	•					
需要更换聚氨酯插芯时，不会损坏轮毂	•					•
无需润滑	•	•				•
不会磨损轮毂齿	•					
缓冲冲击	•	•	•			•
设计紧凑	•			•	•	

注意

联轴器接受高达2度的轴偏心。

强大的连接

与对应的齿轮联轴器相比，在大多数情况下，Timken Quick-Flex联轴器传输的扭矩更高。此外，弹性联轴器不存在金属接触，所以无需润滑。

QUICK-FLEX 插芯

标准红色插芯

- 相对柔软的聚氨酯在振动阻尼和冲击载荷缓冲方面表现优异
- 用于可逆应用或要求快速起停的高惯性应用

高扭矩蓝色插芯

- 相对较硬的聚氨酯具有中等的柔韧性和振动阻尼能力

- 用于中等到高扭矩应用，例如齿轮、蛇簧或链式联轴器

高温白色插芯

- 承受温度高达177°C (350°F) 的应用
- 可获得的扭矩能力与Quick-Flex蓝色插芯相似

最高扭矩黑色插芯

- 最硬的聚氨酯
- 用于极高扭矩的应用，例如齿轮式联轴器

表11详细描述齿轮联轴器在尺寸和扭矩能力方面的对比情况。

表11. 齿轮联轴器在尺寸和扭矩能力方面的对比

Quick-Flex系列	Quick-Flex 联轴器 最大扭矩 ⁽¹⁾	Quick-Flex 联轴器 最大速度 ⁽¹⁾	齿轮联轴器 尺寸	平均齿轮 最大扭矩 ⁽²⁾	扭矩提高	轴范围
	kNm in.-lbs.	r/min		kNm in.-lbs.		
QF25	1.4 12,449	7000	1	0.9 7,560	65%	1-6.25" 60MM
QF50	3.0 26,479	6000	1.5	1.9 17,010	56%	2-3.75" 65MM
QF100	6.1 53,642	4800	2	3.6 31,500	70%	3.00" 75MM
QF175	10 88,257	4200	2.5	6.4 56,700	56%	3.875" 98MM
QF250	13.4 118,930	3800	3	10.7 94,500	26%	4.125" 104MM
QF500	24.8 219,429	3400	3.5	16.4 144,900	51%	4.250" 114MM
QF500	24.8 219,429	3400	4	24.9 220,500	0%	4.250" 114MM
QF1000	35 310,466	3000	4.5	34.1 302,400	3%	6.188" 157MM
QF1890	62.5 553,982	2800	5	46.2 409,500	35%	7.5625" 192MM
QF1890	62.5 553,982	2800	5.5	60.4 535,500	3%	7.5625" 192MM
QF3150	98.3 871,139	2000	6	78.2 693,000	26%	9.125" 231MM
QF10260	188.6 1,670,826	1200	7	113.8 1,008,000	66%	11.250" 285MM
QF10260	188.6 1,670,826	1200	8	149.3 1,323,000	26%	11.250" 285MM
QF10260	188.6 1,670,826	1200	9	202.6 1,323,000	-7%	11.250" 285MM

⁽¹⁾ 基于带有剖分式护盖和黑色弹性插芯的 Timken Quick-Flex 联轴器

⁽²⁾ 美国齿轮制造商协会标准

精密链条产品

从高温到高载荷，我们为您的应用设计了最佳链条以提高正常工作时间并降低维护成本。我们的全范围ANSI标准滚子链条、附件链和工程链条达到或超过美国国家标准协会 (ANSI) 的标准B29.1。



图223. 大节径精密滚子链条

传动链条

为传动应用选择滚子链条时必须考虑下面的因素：

- 输入功率源
- 从动设备的驱动机器类型
- 需要传输的功率
- 驱动和从动轴的每分钟转数 (RPM)
- 驱动轴和从动轴的直径
- 轴的中心距离

我们提供尺寸为35至240的精密滚子链条，包括多机架链条。我们的链条特性包括：

- **宽腰。** 60H和更大链条的宽腰设计采用最大高度的特种合金钢球制造，增加了强度。宽链板外形设计改善了应力分布，从而提高了抗疲劳能力并增强了性能。
- **固态滚子。** 我们在所有碳钢滚子链条上使用固态滚子。利用固态滚子，可以在衬套中更平稳地滚动，降低链条与链轮齿啮合时的冲击载荷。
- **工厂预加载荷为 MUTS 的 50%。** 我们的链条预加载了 50% 的最小极限抗拉强度 (MUTS)，这对于没有卷链器的涉及固定中心到中心轮齿的应用尤为重要。这些应用能够承受强度高达 50% MUTS 的冲击载荷，最大限度地减少链条过早拉长。
- **喷丸零件。** 所有精密滚子链条和链板都采用喷丸处理以提高抗疲劳强度。
- **预润滑。** 最终组装后，我们在特殊的润滑油中热浸滚子链条。此工艺可确保所有载荷轴承表面一开始就防止金属-金属接触，提高链条的磨损寿命

除了标准滚子链条解决方案，我们的Extended Life CHP®系列链条采用铬硬化销，在特别严苛的应用中可使其磨损寿命增加到传统优质链条的三倍。

对于腐蚀性环境，我们的Silver Shield CR®系列链条融合了标准滚子链条的强度与锌-铝复合涂层以获得抗腐蚀性。

对于高冲击载荷应用，我们的HZ铆接和开口销系列链条采用成球链板，可增加轴承面积以获得最佳压入配合，提高疲劳寿命和工作载荷。它们还可配备完全硬化的喷丸销以在意外过载时提供保护。我们的HZ系列的可用尺寸为60H至240H，包括多机架链条。

输送链条



图224. E 系列链条和金属输送链条

为输送机应用设计链条时需要下面的信息：

- 输送机类型（板条输送机、铲斗装卸机等）
- 链条移动方式（水平、倾斜或垂直输送机）
- 待输送的材料类型、重量和尺寸
- 每英尺输送机长度运输的材料重量
- 输送机速度
- 输送机长度
- 润滑
- 特殊环境考虑因素

对于输送应用，我们可提供尺寸为40至160和C2040至C2160H的附件滚子链条。这些产品可为标准碳钢、不锈钢、Extended Life CHP®系列和 Silver Shield CR® 系列。我们还可以提供专为您的应用定制设计的工程级链条。请联系铁姆肯公司工程师以了解详细信息。



警告

不遵守以下警告信息可能会导致严重的人身伤害或死亡。

正确的维护和处理做法非常重要。始终遵循安装说明并保证适当的润滑。

注意事项

不遵守这些注意事项可能会导致财产损失。

仅使用统一部件组装链股。不要使用单独的链条组件，也不要混合使用来自不同链条制造商的部件。

不要再次使用已损坏链条的任何部分。可能存在因过载或弯曲而带来的损坏，尽管外观并不明显。

不要使用磨损的链条或将新链条安装在磨损的链轮上。

轴承储存、搬运和安装

本部分包含关于以下项目的信息：

- 轴承包装和储存
- 轴承标记
- 辊颈轴承维护指导原则
- 轴承座和辊颈维护指导原则
- 辊颈轴承拆装
- 轴承游隙



轴承包装和储存

我们供应的冶金行业用大内径轴承可采用独立的纸盒包装，尺寸较大的产品也可使用板条箱(图225)。

只要客户能够达到下述条件，我们的标准包装材料自原始包装之日起可为产品提供五年保护：

- 产品保留在其原包装中
- 产品存储在洁净、干燥的区域
- 产品未暴露在极端气温或湿度下



图225. 大内径轴承包装箱

我们的轴承发货时涂有保护性润滑脂和防锈涂层。我们通常使用保护纸、塑料袋或铝箔袋将其包装好放在纸箱或板条箱中发货(图225)。轴承上的防锈涂层可与大部分润滑剂兼容。从包装取出时，不需要洗涤或清洁轴承。

注意

收到新轴承或翻新轴承后，应做好将轴承安装到应用的准备后再将轴承从包装中取出。

搬运轴承时，应当小心操作以确保其不会生锈或受到腐蚀。即使少量的水或污染物，留在无保护的轴承上也会逐渐造成腐蚀，缩短轴承使用寿命。

将轴承存放在不会受到高湿度或突然剧烈变化的温度(可能造成水凝结)影响的区域中的托盘或货架上。切勿将轴承直接存放在混凝土地面上，以免轴承上凝结水珠。组装好的轴承必须固定在其包装盒中，以防止运输过程中受到振动后造成轴承圈与滚子发生相对移动。轴承总是应采取轴向垂直方位放置，以避免轴承圈变形。

如果停止使用轴承并准备将其存放起来以供将来使用，应对其进行彻底清洁后涂抹防锈液，并严密包裹，以防止在预计存放期间生锈或受到腐蚀。

轴承标记

识别和追踪

为了便于识别和追踪，Timken轴承除了零件编号外可能还会带有以下标记：

- **制造来源：**我们在产品上标出工厂代码或符号
- **原产地：**我们通常会在成品轴承上标出原产地。如果我们未在产品上标出原产地，则将标出工厂代码
- **日期代码：**这种字母代码标识了每个部件的制造历史和所用钢材的热处理方式
- **序列号：**我们使用特殊的序列号和直观说明标记不可互换轴承组件中所用的部件，以便于最终用户重新组装同一组件中的部件并按照正确的顺序堆放

组装顺序 (堆放)

堆叠轴承组件时，必须按照正确的组装顺序进行，以使轴承保持正确的游隙。

圆锥滚子轴承采用编码系统帮助将所有组件正确地堆叠成两列或更多列。组件中的各种部件按照字母顺序进行编码。这些字母标记在内圈和外圈的侧面，而隔圈的标记位于外径上。

对于圆柱滚子轴承，每个滚子列必须总是与相应的外圈装配在一起。您可以利用轴承圈上匹配的字母、序列号和日期代码方便地标识组件中的各种部件。这种要求很重要，因为每列滚子需要匹配其相应的外圈以保持正确的滚子下直径 (DUR)。如果内圈的零件编号和装配号相同，您可以互换这些内圈。

图中举例说明辊颈应用中使用的典型四列圆锥滚子轴承和圆柱滚子轴承编号 (图226)。

外圈载荷区 (四列轴承)

由于轴承外圈在轴承座中保持静止，外圈一部分任何时间都承受载荷。这一部分称为承载区。大部分圆锥滚子和圆柱滚颈轴承外圈在其表面上都有相应的标记 (图226) 显示四个象限。通过这些标记，操作员可以记录载荷区中使用哪些象限。

最好的做法是将轴承外圈承载区标记一安装在承载区，接下来在后续的检查中使用象限二、三和四。接下来，从象限一开始重复此程序。如果承载区位置不明显，例如在需要弯辊的工作辊轴承座中，通常使用靠紧轧制线的区域作为参考周期性旋转外圈以均匀分配外圈各部分承受载荷。



图 226. 载荷区标记示例

辊颈轴承工作记录卡 (图227) 提供保留所用承载区记录的简易方法。每次检查时旋转外圈可使载荷区分布在整個外圈滚道上，从而延长轴承的使用寿命。在所有情况下，滚道中经过修复的任何剥落部位要避免落入承载区内。

辊颈
轴承工作
记录

TIMKEN

工厂 _____ 轧机 _____
轴承位置 _____
支撑辊
工作辊
润滑油 _____

轴 承

序列号	<input type="checkbox"/> TIMKEN	制造商	零件编号			内圈隔圈编号 _____
图纸编号	<input type="checkbox"/>	尺寸	2 列 <input type="checkbox"/>	接收日期	报废日期	外圈隔圈编号 _____
			4 列 <input type="checkbox"/>			轴承侧 (新) _____
						重新研磨间隔片位于 _____ 侧

工作时间	开始		卡盘编号	辊编号	机架编号	位置	外圈承载区	停止		工作时间 (小时)	工作重量 (吨)	总时间 (小时)	总重量 (吨)	日期				关于修理和检查性质的备注
	日期	时间						日期	时间					检查轴承	测量轴承	研磨隔圈	修理轴承	
1						TO BO	TD BO											
2						TO BO	TD BO											
3						TO BO	TD BO											

图227. Timken辊颈轴承工作记录卡

辊颈轴承维护指导原则

任何轴承的使用寿命取决于搬运、安装和维护。在钢铁行业应用中尤其如此，这些应用中的工作条件通常很恶劣，载荷很重，来自灰尘和锈垢的污染很常见。轴承问题可能会导致成本高昂的停机、设备损坏和故障。为了可靠地运行并达到高设备性能和最低潜在维护成本，应当遵循正确的方法。这些涉及轴承拆卸、搬运、清洁、检查和安装。务必遵循原始设备制造商的维护说明，以保持产品完整性和高性能。

轴承拆卸

轴承拆卸程序根据轴承类型而变化。但是无论是哪种类型，拆卸轴承时都必须极其小心。如果未正确操作，可能会损坏轴承以及轴和/或轴承座，需要进行昂贵的修理。

对于较小的轴承，可利用各种标准拉拔器协助拆卸轴承。

对于采用紧配合或过盈配合安装或者锁死在轴上的位置而无法使用机械拉出器拆卸的大轴承，可以加热轴承内圈以便于拆卸。如果需要重复使用轴承或返厂修理，则不要使用气炬加热。它可改变轴承的硬度和冶金学结构，造成无法修复的损坏。在这些情况下，应当使用感应加热器。



警告

不遵守以下警告信息可能会导致严重人身伤害的危险。

正确的维护和做法非常重要。始终遵循安装说明并保证适当的润滑。

在紧配合轴承部件中，张应力可能很高。尝试通过切割内圈来拆卸此类部件可能会造成部件突然破碎，导致金属碎片强力弹出。务必使用采取正确防护措施的冲床或轴承拉出器从轴上拆卸轴承，并且务必佩戴适当的个人防护装具，包括护目镜。

轴承搬运

您可以使用各种吊索、挂钩、链条和机械装置提升和移动大型轴承。

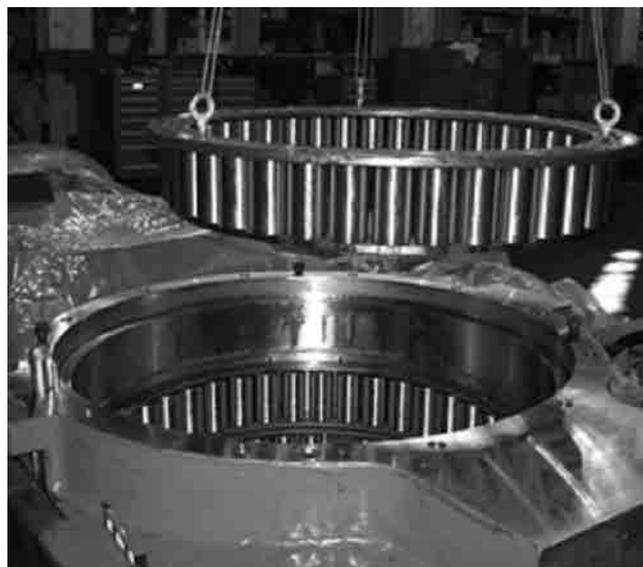


图230. 利用螺纹吊装孔搬运轴承部件

我们制造的某些大型轴承的内圈表面、销式保持架圈或外圈上带有螺纹孔。您可以在这些吊装孔中安装带孔螺栓或其他附着点(图230)。您也可以在外圈润滑孔中插入专门设计的吊装销。

洁净的重载荷尼龙吊索可作为最佳的大型轴承部件搬运方法之一，因为它能够消除产生毛刺或划痕的几率。

无论使用哪种方法来吊装轴承，都应当小心操作以避免损坏任何轴承表面。提升或移动(转动)配有伸出的保持架的轴承时应当特别小心。保持架通常是轴承中最易碎的部件，很容易损坏。

所有吊装设备(带孔螺栓、吊索等)都需要妥善设计、维护并由适当的管理机构认证。在所有情况下，应当特别注意避免人员受伤。

轴承清洁

为了清洁大批量轴承，需要使用注有加热到120°C (250°F) 的中性油 (20 cSt @ 40°C [104°F]) 或适当的碱性清洁剂与热水混合液的特殊清洁罐。很多应用通常使用电子线圈来加热清洁罐。将轴承悬空并通过软管使用与热水按1.5-2%的浓度混合的碱性溶液（磷酸三钠、硅酸钠或苏打粉）冲刷掉任何残余污染物，以进行最终清洁和冲洗。

清洁后，仔细检查轴承有无损坏和磨损，必要时修复。如果轴承不需要立即恢复运行，涂抹轻油或防腐剂并正确包裹，以防止生锈和受到腐蚀。

轴承检查和小修

检查轴承时，务必清洁检查区域并确保该区域无灰尘和碎屑，以避免污染轴承。检查轴承的外圈和内圈有无任何异常磨损、划痕或剥落。另外检查每个滚子的表面有无异常磨损或剥落。检查带挡边或法兰的轴承上无损伤、磨损或变色。对于圆锥滚子轴承，检查大挡边。

在较小的圆锥滚子轴承上，滚子和保持架可能会妨碍清晰地观察内圈。在保持架下探入软金属探头并使其在内圈上前后往复移动，通过感受到的情况来检查有无任何划痕或剥落。您可以利用这种工具方便地检查划痕和剥落。

较大的销式保持架圆锥滚子轴承配有一到两个用于轴承内外圈检查的滚子，它们通过可拆卸螺纹销固定。您可以拔掉锁定丝并旋出这些螺纹销以将其拆下。完成检查后，装回检查滚子，重新拧紧螺纹销并放回锁定丝（图231-233）。

我们还可提供多种其他资源帮助您分析轴承损伤，包括 www.timken.com.cn 上的在线资源以及出版物，并通过其中的图片展示所有常见的轴承损伤类型。

为了锐利边缘或颗粒在运行期间脱离，需要修复轻微的损伤，例如表面变色、轻微剥落、划痕或擦伤。您也可以利用手持工具执行这种修复，例如砂布、手摇砂轮和钢丝刷。



图231. 从检查销中拔出锁定丝



图232. 取下螺纹销



图233. 检查内圈

轴承安装

加热或冷却方法

在需要采用紧配合方式将内圈装在轴上的应用中，通过加热产生物理膨胀总是能够更方便地安装轴承。对于要求采用紧配合方式将外圈装在轴承座中的应用，也可以加热轴承座或冷冻外圈以便于进行安装。

避免在安装前过度加热或过度冷冻轴承部件。那样可能会改变轴承的钢结构、硬度和几何形状，导致轴承使用寿命缩短。

确定安装前使轴承圈膨胀到所需的松配合值需要加热到的温度。使用下面的等式：

必需的加热或冷却温度 (T°C)

加热：

$$T^{\circ}C = \theta + \frac{\Delta s \times 2}{\emptyset \times 12 \times 10^{-6}}$$

或者

$$T^{\circ}F = \theta + \frac{\Delta s \times 2}{\emptyset \times 6.3 \times 10^{-6}}$$

冷却：

$$T^{\circ}C = \theta - \frac{\Delta s \times 2}{\emptyset \times 12 \times 10^{-6}}$$

or

$$T^{\circ}F = \theta - \frac{\Delta s \times 2}{\emptyset \times 6.3 \times 10^{-6}}$$

其中：

- θ = 环境温度，单位为 °C
- Δs = 直径紧配合量，单位为 mm (in.)
- \emptyset = 轴直径，单位为 mm (in.)
- 2 = 安全系数

示例A (加热)：

采用 0.100 mm (0.004 in.) 的紧配合量装配的 250 mm (9.843 in.) 内径轴承的内圈需要加热到大约 85°C (185°F)。在此条件下，内径将膨胀大约 0.200 mm (10.008 in.) 以克服 0.100 mm 的紧配合。

$$T^{\circ}C = \frac{0.100 \times 2}{250 \times 12 \times 10^{-6}} + 20 = 86.6, \text{ 取近似值 } 85^{\circ}C (185^{\circ}F)$$

示例B (冷却)：

采用 0.150 mm 的紧配合量装配的 350 mm (13.78 in.) 外径轴承的外圈将需要冷冻到 -50°C。在此条件下，外径将收缩 0.300 mm (0.0118 in.) 以克服 0.150 mm (0.006 in.) 的紧配合。

$$T^{\circ}C = 20 - \frac{0.150 \times 2}{350 \times 12 \times 10^{-6}} = -51.4, \text{ 取近似值 } -50^{\circ}C (-58^{\circ}F)$$

作为惯例，表12提供在安装或拆卸过程中加热或冷却标准级轴承内外圈的指导原则（温度和时间为最大限制，不应超过）：

表12. 加热和冷却指导原则

加热部件		冷冻部件	
90°C (195°F)	24 小时	-55°C (-65°F)	1 小时
120°C (250°F)	8 小时		

冷却轴承

利用乙醇或干冰的混合物或利用恒温控制冷冻柜获得低温。轴承恢复到室温时，干燥并润滑轴承部件以除去凝结的水珠并避免生锈。切勿将轴承部件浸入液氮中。

加热轴承

无论使用哪种方法加热轴承部件，都必须持续地控制温度。同样，应当极其小心地确保所需的安全设备全部就位，以防止操作人员被烫伤。

加热方法将取决于轴承尺寸和体积。可用方法如下：

- 油浴加热
- 红外灯或车间灯泡加热
- 工业烘箱加热
- 感应加热
- 火焰加热



警告

不遵守以下警告信息可能会导致严重人身伤害的危险。

加热之前去除部件中的润滑油或防锈剂，
以免起火和产生烟雾。

油浴加热

对于使用油浴加热的大内径轴承或轴承座，最高温度和时间不应超过第149页的表12中Timken轴承推荐值，并且温度必须得到持续控制。

您应将轴承置于罐中央，不要使其直接接触到热源。那样将会造成局部超出最高温度。

根据经验，轴承的内圈横断面的浸入时间通常需要达到每毫米至少一分钟 (25 min./in.) 才能在油罐中完全加热。一般建议：使部件浸没至少30分钟。

红外灯或车间灯泡加热

仅将红外灯或车间灯泡加热法用于辅助设备中所用的小尺寸轴承。使轴承与红外灯或灯泡保持足够的距离，不要发生接触。加热时间应当根据经验和测试进行评估，充分考虑灯或灯泡的功率、放置距离和环境条件，例如是否存在气流以及环境温度。这种加热方法要求进行定期检查或连续温度监控，以避免超过最高温度，造成轴承圈硬度降低。

工业烘箱加热

这种加热方法使用电烘箱加热受限的体积。体积配置限制可加热的轴承尺寸。要加热轴承，电烘箱必须符合下面的要求：

- 加热参数受控 (目标温度、加热速率)
- 加热容积中的温度梯度极小
- 烘箱中加热的轴承必须取放方便，以避免轴承变冷

感应加热

使用感应加热技术是安全地加热轴承的最简单方法。感应加热系统的作用快速安全，同时具有很多其他优势：

- 完全地控制温度和时间
- 环保
- 使用方便
- 经济实惠
- 多功能应用

请参阅第131页以了解关于我们的电感加热器的信息。

火焰加热

如果您不打算重复使用轴承，则仅使用这种方法来拆卸该轴承。切勿使用直火安装轴承。

注意

**切勿让轴承的任何表面暴露在火焰中。
轴承加热温度切勿超过149 °C (300 °F).**

轴承座和辊颈维护指导原则

轴承座内径、辊颈座和轴肩是可能会发生磨损和变形的重要接触表面。维护这些表面以获得最佳轴承性能。长期使用的轴承座可进行翻新以恢复磨损表面(图234)。

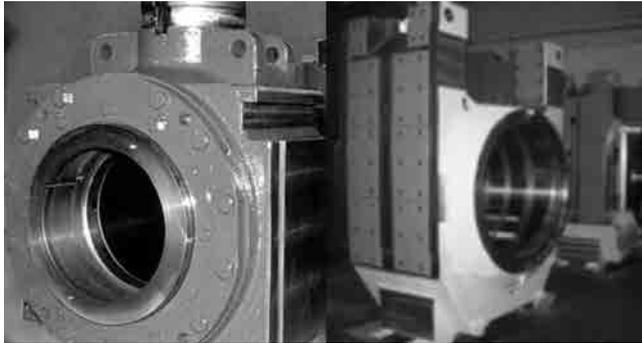


图234. 修复的轴承座

轴承座耐磨板检查

检查摆动板以确保它们处于正常状态且斜度满足要求，在轧辊颈弯曲变形时，轴承座可以摆动适应摆动板。检查压板有无磨损或裂纹。这将可确保轴承座和牌坊之间存在正常的间隙。

操作侧的压板靠紧轴承座端面法兰，并呈图235中显示的斜度。这允许轴承座摇动并适应轧辊和辊颈的偏斜。工作辊上的压板采用相似的设计，两侧各设计有一个平面和一个双侧斜度，以使得工作辊轴承座和支撑辊轴承座支脚活塞支柱间具备适应空间。正确的适应空间可确保轧机内产生的轴向载荷由轴承承受，而不会产生倾覆力矩。

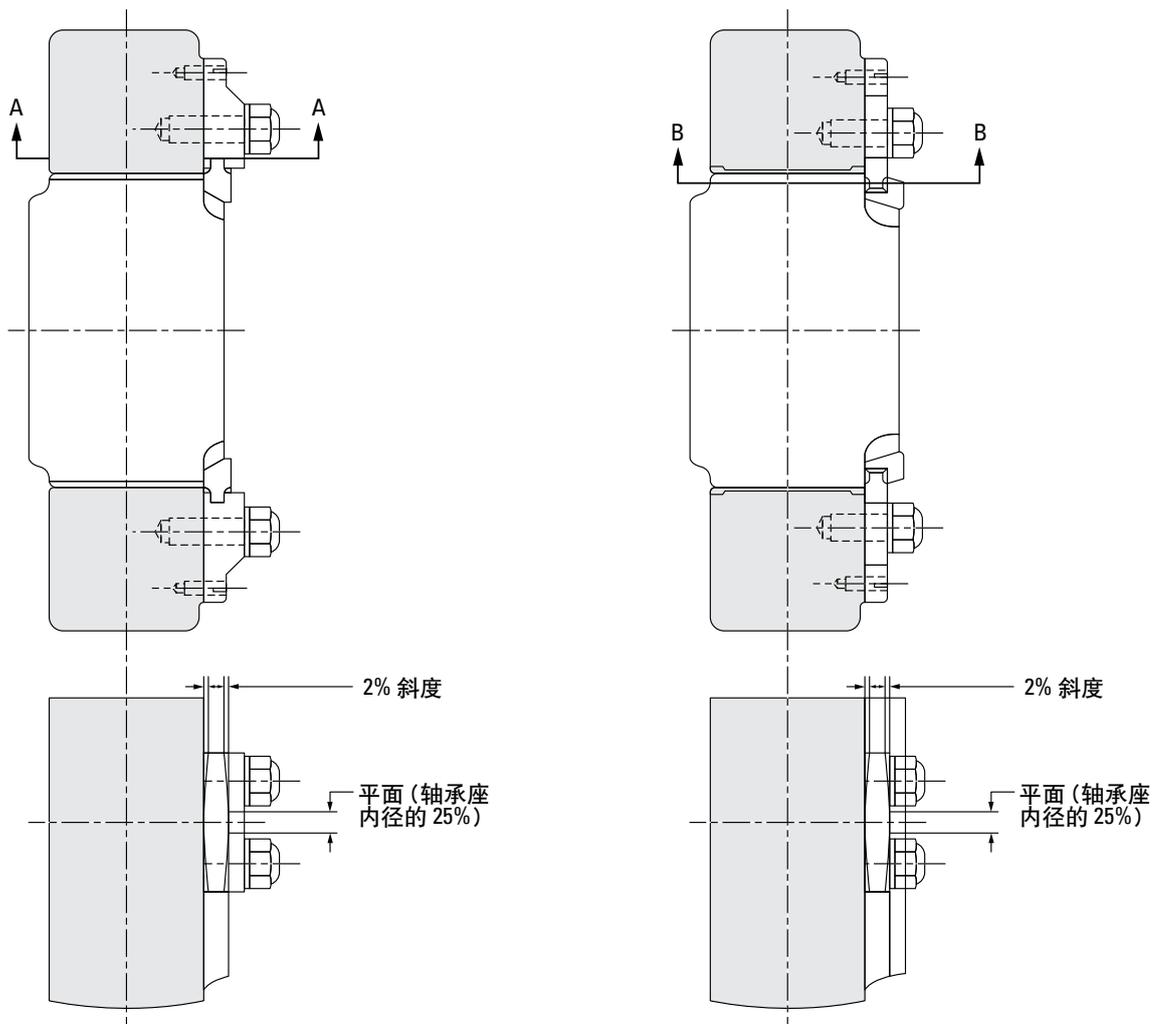


图235. 压板结构

轴承储存、搬运和安装

轴承座和辊颈维护指导原则

图236显示将工作辊轴承座安装在支撑辊轴承座支脚上的常用方法。为防止轴向移动，工作辊操作侧轴承座轴向上靠紧支撑辊轴承座，传动侧不固定可实现轧辊轴向浮动。此时需要在工作辊轴承座和支撑辊轴承座支脚之间保持足够的间隙，确保轴承座轴向浮动。在工作辊轴承座和支撑辊轴承座之间以及支撑辊轴承座和牌坊窗口之间使用耐磨板。耐磨板通常用在工

作辊轴承座和支撑辊轴承座支脚之间以及支撑辊轴承座和窗口之间。定期检查耐磨板，以防止引起辊交叉和/或偏心，从而对轴承寿命造成不利影响。

支撑辊轴承座底部和窗口底座之间的摆动板对准装置允许这些轴承座摇动以适应轧辊和辊颈弯曲。图237中显示不同的摆动板设计。

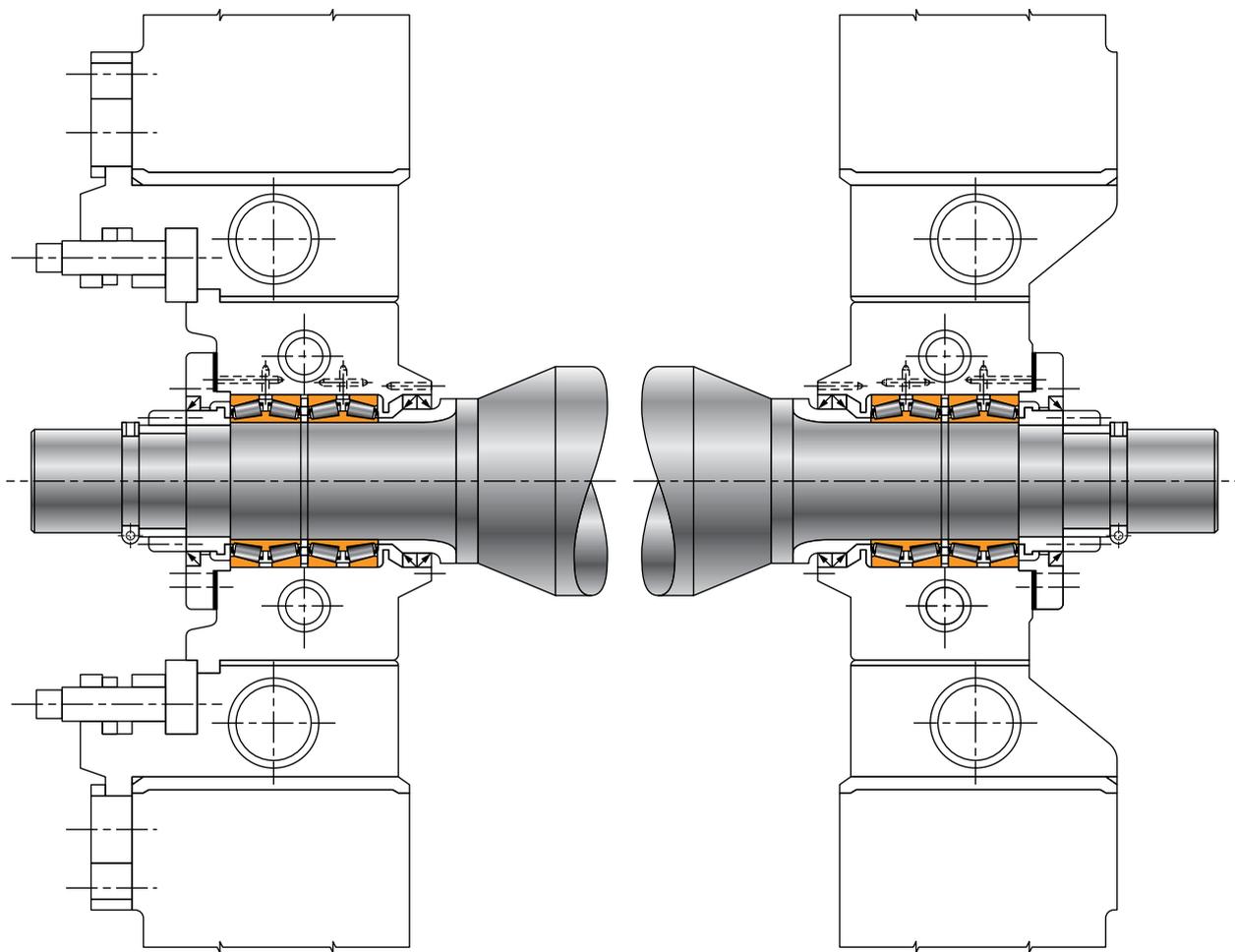


图236. 工作辊轴承座在支撑辊轴承座支脚上的安装结构

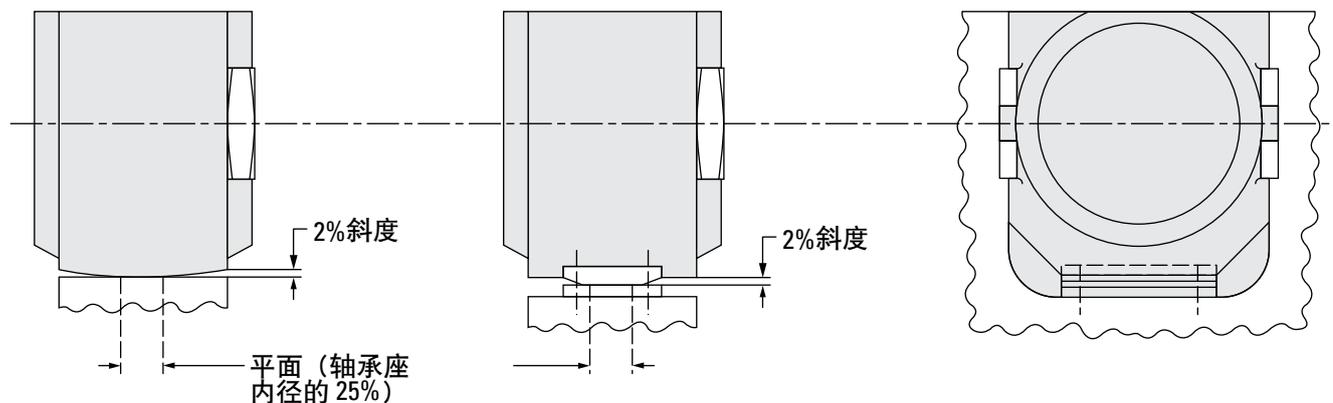


图237. 摆动板

轴承座内径检查



图238. 抛光轴承座内径的腐蚀点

检查轴承时定期检查轴承座内径，并测量轴承座内径。如果轴承座需要修复，则应四个一组地进行以确保轧机中心线水平。为了进行轴承座检查，需拆下轴承组件。彻底地清洁轴承座，包括所有润滑孔和通气孔。如果使用油雾或油气润滑，需要特别注意以确保油雾喷嘴接头或油气管路洁净。

抛光轴承座内径上的严重腐蚀或表面侵蚀(图238)。确保轴承座中的支撑轴肩没有毛刺，以便正确地支撑外圈。毛刺可能会从轴承座脱落，如果进入轴承，可能会导致剥落和设备过早损坏。

彻底地检查所有密封，如有任何磨损或裂纹则应更换。密封在保留润滑油和防止污染物进入轴承方面起着重要作用。

定期检查轴承座(每年至少一次，也可参考设备制造商的说明)的内径尺寸和几何形状，并记录这些信息以确认它们仍在原始制造商的尺寸、圆度和锥度规格的可接受范围内。长期使用后，轴承座可能会变形。请参考表13和14，分别了解对英制和公制系统长时间使用后产生的轴承座内径失圆和尺寸变大允许限制的建议。

表13. 英制轴承轴承座内径重新加工指南

轴承座内径重新加工指南						
尺寸范围 轴承外径		轴承座内径—— 与标称外圈外径之差			失圆	锥度
		新品		重新加工		
大于	不超过	最小值	最大值	最大值	最大值	最大值
mm. in.	mm. in.	mm. in.	mm. in.	mm. in.	mm. in.	mm. in.
	304.8 12.00	+0.051 +0.0020	+0.076 +0.0030	+0.200 +0.0080	0.080 0.0030	0.040 0.0015
304.8 12.00	609.6 24.00	+0.102 +0.0040	+0.152 +0.0060	+0.380 +0.0150	0.150 0.0060	0.050 0.0020
609.6 24.00	914.4 36.00	+0.152 +0.0060	+0.229 +0.0090	+0.580 +0.0230	0.230 0.0090	0.080 0.0030
914.4 36.00	1219.2 48.00	+0.203 +0.0080	+0.305 +0.0120	+0.760 +0.0300	0.310 0.0120	0.100 0.0040
1219.2 48.00	1524 60.00	+0.254 +0.0100	+0.381 +0.0150	+1.010 +0.0400	0.380 0.0150	0.130 0.0050
1524 60.00		+0.305 +0.0120	+0.432 +0.0170	+1.220 +0.0480	0.460 0.0180	0.150 0.0060

注意：对于轧机中运行速度为1200 mpm (4000 fpm)或更高的锥孔轴承，请咨询铁姆肯公司工程师。

表14. 公制轴承轴承座内径重新加工指南

轴承座内径重新加工指南						
尺寸范围 轴承外径		轴承座内径—— 与标称外圈外径之差			失圆	锥度
		新品		重新加工		
大于	不超过	最小值	最大值	最大值	最大值	最大值
mm. in.	mm. in.	mm. in.	mm. in.	mm. in.	mm. in.	mm. in.
	120.0 4.72	+0.036 +0.0014	+0.058 +0.0023	+0.170 +0.0070	0.080 0.0030	0.040 0.00150
120.0 4.72	180.0 7.09	+0.043 +0.0017	+0.068 +0.0027			
180.0 7.09	250.0 9.84	+0.050 +0.0020	+0.079 +0.0031			
250.0 9.84	315.0 12.40	+0.056 +0.0022	+0.088 +0.0035			
315.0 12.40	400.0 15.75	+0.062 +0.0024	+0.119 +0.0047	+0.330 +0.0130	0.150 0.0060	0.050 0.0020
400.0 15.75	500.0 19.68	+0.068 +0.0027	+0.131 +0.0052			
500.0 19.68	630.0 24.80	+0.076 +0.0030	+0.146 +0.0058			
630.0 24.80	800.0 31.50	+0.080 +0.0031	+0.160 +0.0063	+0.490 +0.0190	0.230 0.0090	0.080 0.0030
800.0 31.50	1000.0 39.37	+0.086 +0.0034	+0.176 +0.0069			
1000.0 39.37	1250.0 49.21	+0.098 +0.0038	+0.203 +0.0080	+0.630 +0.0250	0.310 0.0120	0.100 0.0040
1250.0 49.21	1600.0 63.00	+0.110 +0.0043	+0.235 +0.0093			
1600.0 63.00		+0.120 +0.0047	+0.270 +0.0106	+1.060 +0.0420	0.460 0.0180	0.150 0.0060

注意：对于轧机中运行速度为1200 mpm (4000 fpm)或更高的锥孔轴承，请咨询铁姆肯公司工程师。

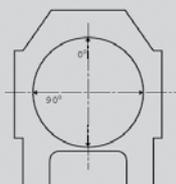
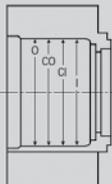
轴承储存、搬运和安装

轴承座和辊颈维护指导原则

设备维护部门需保留每次轴承座检查和测量的记录，然后根据需要进行维修。图239显示典型的轴承座记录表。

轴承座内径记录表

轴承座制造商 _____ 日期 _____
 轧机用户 _____ 服务代表 _____
 轴承座类型: 支撑辊 () 工作辊 () 轧机类型: _____

轴承座内径图纸尺寸 _____

轴承座	位置		0°	90°	平均值
		O			
		CO			
		CI			
		I			
		O			
		CO			
		CI			
		I			
		O			
		CO			
		CI			
		I			

图239. 轴承座内径记录表

辊颈检查

在使用圆锥滚子轴承的辊颈中，内圈通常采用松配合安装在轴辊颈上，在辊颈上的蠕动将会造成磨损。安装轴承之前润滑轴颈可以限制磨损。轴承的端面凹槽、轴承内径中的螺旋槽或内圈中的油孔有时可用于改善辊颈润滑。

清洁后，检查辊颈并检验其尺寸和一般状况。请参考下一页的表15和16，以了解对 TQOW或2TDIW型四列圆锥滚子轴承辊颈的允许维修磨损限制。



图240. 修复辊颈的轻微损伤

重新组装之前，修复或挫平辊颈上任何突起的划痕或擦伤（图240）。在将内圈安装到辊颈时，严重的毛刺可能会造成困难，特别是标称尺寸辊颈的新轧辊。如有必要，重新磨削密封安装面。清除锐利边缘，防止割伤密封唇。在安装或拆卸轴承座和轴承时，小心操作避免损伤密封。

设备维护部门需保留每次辊颈检查和测量的记录，根据需要维修轧辊颈。第155页的图241显示典型的辊颈记录卡。

表15. 松配合英制尺寸轴承的辊颈直径磨损限制

辊颈直径磨损限制						
轴承内径		辊颈直径与标称轴承内径之差				锥度
		新品		重新加工		
大于	不超过	最小值	最大值	最小值	最大值	
mm in.	mm in.	mm in.	mm in.	mm in.	mm in.	
	127.0 5.00	-0.127 -0.0050	-0.102 -0.0040	-0.280 -0.0110	0.040 0.0015	
127.0 5.00	152.4 6.00	-0.152 -0.0060	-0.127 -0.0050	-0.360 -0.0140	0.040 0.0015	
152.4 6.00	203.2 8.00	-0.178 -0.0070	-0.152 -0.0060	-0.430 -0.0170	0.050 0.0020	
203.2 8.00	304.8 12.00	-0.203 -0.0080	-0.178 -0.0070	-0.510 -0.0200	0.050 0.0020	
304.8 12.00	609.6 24.00	-0.254 -0.0100	-0.203 -0.0080	-0.610 -0.0240	0.080 0.0030	
609.6 24.00	914.4 36.00	-0.330 -0.0130	-0.254 -0.0100	-0.840 -0.0330	0.100 0.0040	
914.4 36.00	1219.2 48.00	-0.406 -0.0160	-0.305 -0.0120	-1.120 -0.0440	0.130 0.0050	
1219.2 48.00		-0.432 -0.0170	-0.305 -0.0120	-1.220 -0.0480	0.150 0.0060	

表16. 松配合公制尺寸轴承的辊颈直径磨损限制

辊颈直径磨损限制						
轴承内径		辊颈直径与标称轴承内径之差				锥度
		新品		重新加工		
大于	不超过	最小值	最大值	最小值	最大值	
mm in.	mm in.	mm in.	mm in.	mm in.	mm in.	
	120.0 4.72	-0.155 -0.0061	-0.120 -0.0047	-0.300 -0.0120	0.040 0.0015	
120.0 4.72	180.0 7.01	-0.185 -0.0073	-0.145 -0.0057	-0.380 -0.0150	0.040 0.0015	
180.0 7.01	250.0 9.84	-0.216 -0.0085	-0.170 -0.0067	-0.460 -0.0180	0.050 0.0020	
250.0 9.84	315.0 12.40	-0.242 -0.0095	-0.190 -0.0075	-0.540 -0.0210	0.050 0.0020	
315.0 12.40	400.0 15.75	-0.267 -0.0105	-0.210 -0.0083			
400.0 15.75	500.0 19.66	-0.293 -0.0115	-0.230 -0.0091	-0.680 -0.0270	0.080 0.0030	
500.0 19.66	630.0 24.80	-0.330 -0.0130	-0.260 -0.0102			
630.0 24.80	800.0 31.50	-0.400 -0.0157	-0.320 -0.0126	-0.940 -0.0370	0.100 0.0040	
800.0 31.50	1000.0 39.37	-0.450 -0.0177	-0.360 -0.0142			
1000.0 39.37	1250.0 49.21	-0.530 -0.0209	-0.425 -0.0167	-1.240 -0.0490	0.130 0.0050	
1250.0 49.21		-0.600 -0.0236	-0.475 -0.0187	0.130 0.0050	0.150 0.0060	

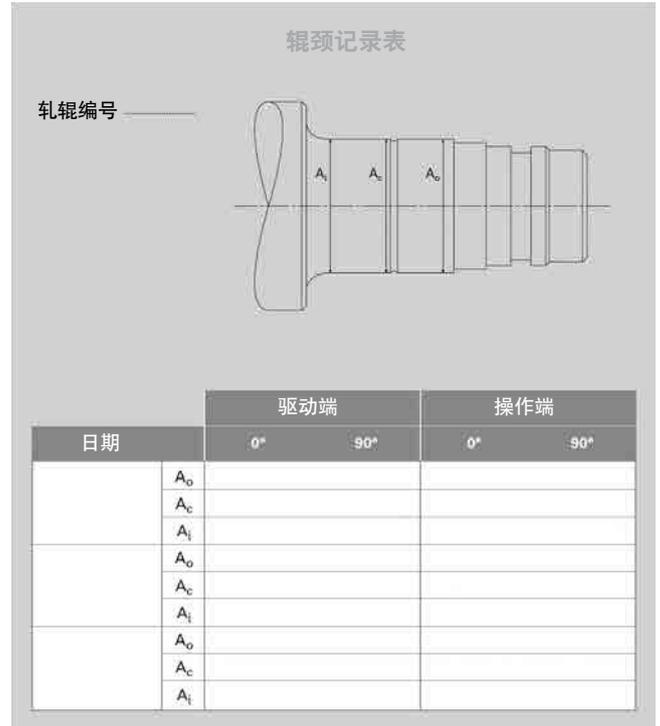


图241. 典型辊颈记录卡

在安装有圆柱滚子轴承的辊颈上，内圈可在辊颈上进行磨削。在这种情况下：

- 必须确保圆柱滚子轴承内圈外径大于最小值，与外圈组件组成需要的游隙。
- 修复辊颈的尺寸和锥度应保持在可接受的限制内（请参考表15和16）。
- 所有辊颈表面都应进行尺寸检查，并对照辊颈详细图纸验证一致性，以确保正确安装、密封和润滑。

只有轴承内圈滚道损伤且无法修复时，才应拆卸内圈。如果拆卸内圈，安装新内圈之前可能需要重新磨削辊颈。在这种情况下，磨削后的辊颈尺寸应确保和轴承内圈安装时不小于推荐的最小配合。

轴承座端盖的垫片选择

轴向夹紧轴承外圈以防止外圈在轴承座中旋转。选择在端盖法兰和轴承座端面之间使用软木之类材料制成的压缩垫片、固态垫片组或可剥离垫片来确保夹紧(图242)。

无论哪种轴承类型, 均可使用下面的程序确定适当的垫片组宽度:

- 利用四个稍微拧紧的等距螺栓调节无任何垫片的端盖。扭矩不能过大, 以避免使轴承和端盖变形, 同时确保端盖与外圈端面靠紧。如果需要准确的扭矩值, 请咨询铁姆肯公司工程师
- 旋转轴承组件, 同时拧紧螺栓
- 在靠近螺栓的四个位置测量端盖与轴承座端面的间隙, 并确定平均间隙值

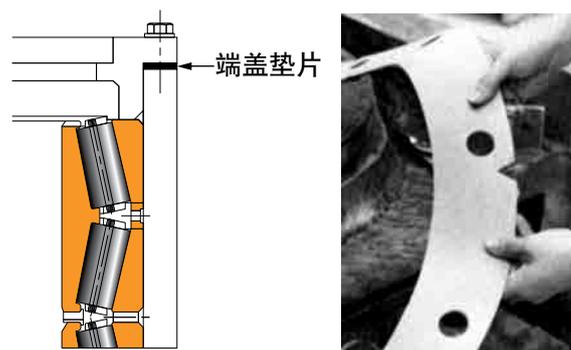


图242. 轴承座和端盖垫片

使用压缩垫片:

1. 选择宽度等于测量间隙值加15%的压缩量的可压缩垫片(对于软木垫片, 应当留出35%的压缩量)。
2. 在90度位置做出四个刻槽, 以便于在安装后能够重新测量间隙(图242)。
3. 装配垫片和端盖。
4. 测量间隙的同时紧固螺栓, 直到获得最初测得的间隙值。
5. 如果使用较硬或较软的材料, 可以相应地调整上述百分比。

使用垫片组或可剥离垫片:

1. 选择等于测量间隙值减去0.050 mm (0.002 in.) 的正压缩量的垫片组。
2. 装配垫片组和端盖。
3. 使用扭矩扳手, 将螺栓交替紧固到指定的扭矩值。

注意

在组装过程中为轴承和轴承座定义的压缩垫片厚度或可剥离填隙片厚度不应当用于其他轴承组件, 因为总宽度变化将影响到端盖间隙距离, 可能会导致无法有效夹紧。

螺栓扭矩

最终螺栓扭矩值必须符合轧机制造商根据特定应用的载荷条件提出的建议。螺栓数量、其尺寸和钢材等级及其在护盖上的位置都是选择应用于每个螺栓的扭矩时应考虑的事项。作用于端盖的总轴向力必须大于轧机轴向载荷的总和。对于圆锥滚子轴承, 其自身产生的轴向载荷也必须考虑在内。如果需要验证最终螺栓扭矩值, 请咨询铁姆肯公司工程师。

辊颈轴承安装和拆卸

直孔四列圆锥滚子轴承

四列圆锥滚子轴承可提供TQOW和2TDIW两种不同设计。

无论轴承在轧机机架布局中处于什么位置，都必须沿轴向将外圈夹紧到轴承座（请参阅第156页的垫片部分以获得关于轴承座端盖的信息）。未充分夹紧外圈可能会导致轴承组件中的安装游隙变大。

在将配备轴承组件的轴承座装配到辊颈上之后，您需要根据轴承尺寸将内圈端面 and 相配部件之间的轴向间隙设置为 0.25 至 1 mm (0.01 至 0.04 in.)。此间隙可防止内圈端面在辊颈上蠕动时受到磨损。它还允许通过内圈的松配合产生轻微浮动。

常见的方法涉及使用固定螺母（图243）。此螺母的四周有特定数量的槽，适合进行锁定和定位。槽的数量等于以毫米为单位的节径的两倍，使您仅利用螺纹或键接挡圈上的一个槽即可获得所需的径向间隙。然后，使用锁定键销防止螺母旋转。程序包括紧固螺母以从轴向锁定系统，然后通过旋转与所需轴向间隙对应的量（需要考虑螺距）调松螺母，最后固定螺母。

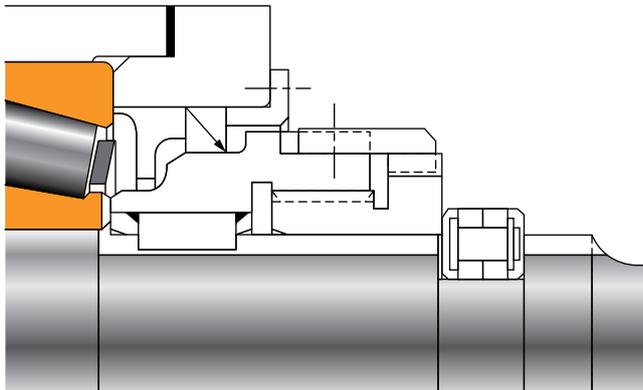


图243. 常见固定螺母设计

另一种布局类型中无需使用螺纹部件（图244）。通过对轴承宽度和周围部件控制更严格的公差，可以帮助确定所需的轴向间隙，其公差叠加无需再进行任何调整程序。

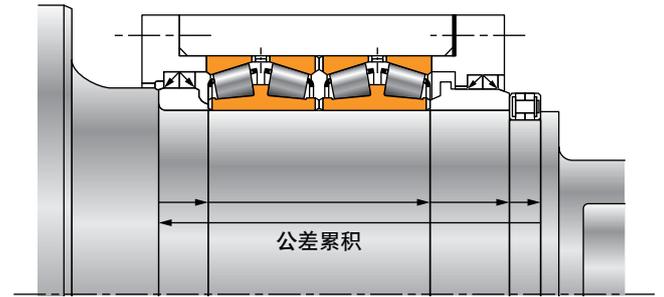


图244. 不需调节内圈相配零部件设计

这种安装方法的另一种优势是辊颈总长度缩短，其设计与螺母解决方案相比大幅简化。需要特定的铁姆肯公司性能代码以确保降低总轴承宽度公差。

内圈前端面上通常有槽（TQOW和2TDIW型），以便于润滑辊颈表面、轴承内径和内圈前端面。如果内圈端面上没有槽（TQO型），则这些槽应位于中间圈和圆角圈端面中。这些端面的硬度通常为大约55至60 HRC，以防止过度磨损。

解锁并取下固定装置，以将轴承座和轴承组件作为一个整体从辊颈拆下。可以配对不同轧辊使用，同时保护滚动体并防止轴承受到任何污染。

安装时的轴承润滑

如果使用润滑脂润滑轴承，在组装到轴承座时使用润滑脂包裹含有滚子组的部件。润滑两列之间的组件时，需要均匀地涂抹和分布正确用量的润滑脂。使用润滑脂填充每个滚子之间的空隙。轴承完全组装到轴承座之后，通过注脂嘴额外添加润滑脂。图245和246显示圆锥滚子轴承、双内圈和滚子部件的润滑方式。圆柱滚子轴承外圈和滚子组件在安装时使用润滑脂润滑。



图245. 使用润滑脂润滑圆锥滚子轴承



图246. 将润滑脂润滑过的部件安装到轴承座中

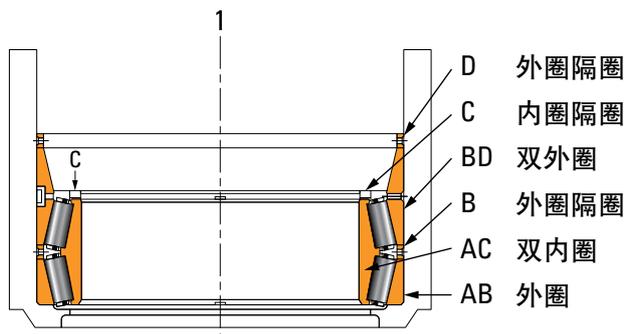
如果使用循环油润滑、油气或油雾润滑，组装时在每个部件上涂布少许润滑油。将轴承座设置为竖直方位后，再额外添加润滑油以达到所需的油位。

在轴承座中安装轴承

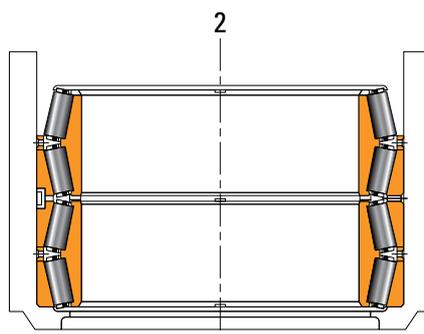
堆叠轴承组件时，应采取正确的顺序以使轴承保持正确的游隙。利用部件的字母标记，本章在前面的第144页已讨论过。在轴承座中安装时，您可以采用首字母在后或尾字母在后的堆叠方式排到轴承座底部（轴向垂直），同时保持所需的部件顺序。另外，相互对准承载区标记，并以轧制线为参考将其适当定位在轴承座中。

图247显示TQOW轴承安装到轴承座中的典型步骤（2TDIW与此相似）：

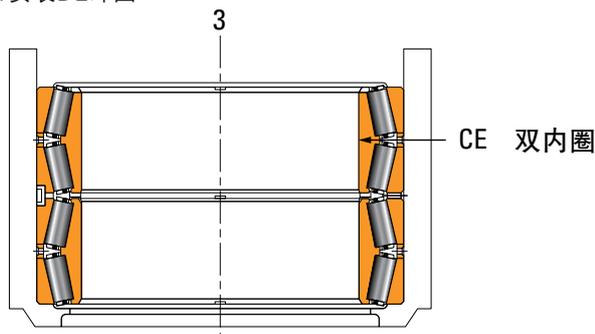
1. 堆叠序列从A侧开始。依次将AB外圈、AC双内圈、B外圈隔圈、BD外圈、C内圈隔圈和D外圈隔圈安装到轴承座内径中。



2. 安装CE双内圈



3. 安装DE外圈



4. 选择适当的垫片宽度以便沿外圈夹紧。将端盖螺栓按照原始设备制造商指定的扭矩建议值紧固。

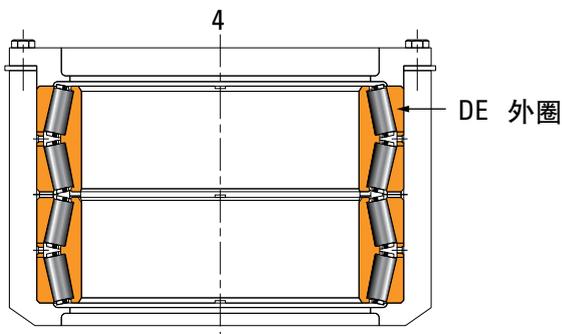


图247. TQOW组装顺序

如果不需要立即将轴承安装到轧辊颈上，需将轴承座-轴承组件竖直存放（轴线水平）。

辊颈安装程序

彻底地清洁辊颈并涂抹润滑剂，以便于安装并防止在运行中出现划痕和磨损。

小心地对准轴承座和轴承组件与辊颈，确保轴承座与辊颈成垂直，且内圈内径居中。利用引导套筒避免辊颈碰伤。

缓慢地将轴承座在辊颈上滑动，并继续滑动到其完全位于辊颈上。安装夹紧装置或止推轴承以定位轴承座和轴承组件。

在轴承座组件安装过程中小心操作，以避免损坏密封圈。使用安装设备有助于确保快速正确地安装轴承座组件。精心设计的设备可通过在组装过程中旋转轧辊，使轴承座始终对准轧辊中心。

拆卸轴承座和轴承组件

通过辊身外径支撑起轴承组件，以便于自由移动轴承座。将提升装置安装在轴承座上并确保其安全固定。如果使用剖分铰接式密封圈，将其取下。

将轴承座和轴承组件从辊颈中滑出。使轴承座处于轴向垂直方位，然后按照图247(上一页)演示的安装方法中所用的相反顺序拆卸轴承。

带锥孔的四列TQITS

图248显示安装在辊颈上的TQITS 四列轴承。这种轴承类型的外圈仅在固定侧或操作侧夹紧。在浮动侧或驱动侧，由于外圈和端盖之间存在间隙，外圈将在轴承座内轴向浮动。传动侧轴承不仅可以通过轴承外圈实现轴向浮动，还可通过轴承座在牌坊窗口轴向浮动。

内圈安装在锥度为1:12的辊颈上，靠紧准确尺寸控制的辊颈环通过适合的夹紧系统夹紧。辊颈必须洁净、干燥，才能在内圈和辊颈之间保持过盈配合的锁紧力。严格控制尺寸的辊颈环确保内圈和辊颈之间形成足够的紧配合。由于内圈内径磨削的公差通常低于0.008 mm (0.0003 in.)，轴承可在不同轧辊颈上互换。

选用合适的紧配合，相当于最小横断面的内圈受到的接触应力大约为15 MPa (2175 psi)。为了降低顶住三个内圈所需的轴向载荷，我们建议采用阶梯式紧配合，因为中间双内圈与外侧单内圈横截面较大，这样可以减小他们与轧辊颈的紧配合程度。

这种方法可使所有内圈受到均匀的接触应力，将所需的轴向载荷降低大约20%。

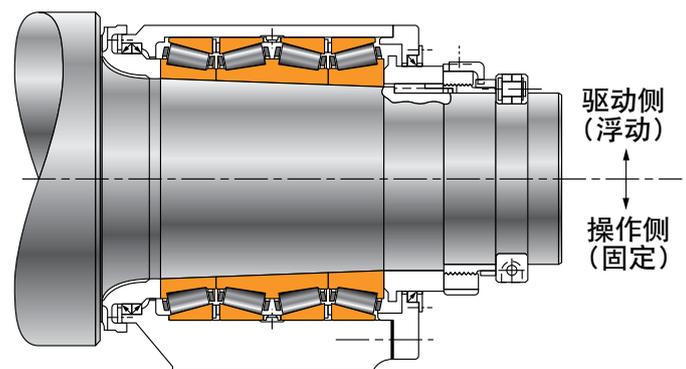


图248. 典型TQITS辊颈组件

锥形辊颈测量工具

我们将协助原始设备轧机设计人员和轧机操作员获取和使用圆锥辊颈所需的测量工具。以下设计已经成功地应用在选多轧机典型设计中(图249)。

用于辊颈锥度和尺寸检查的正弦规

借助正弦规，可使用传统的外径千分尺检查辊颈锥度和尺寸。记下正弦规两端的千分尺读数并进行比较，以检查辊颈的锥度(图249)。

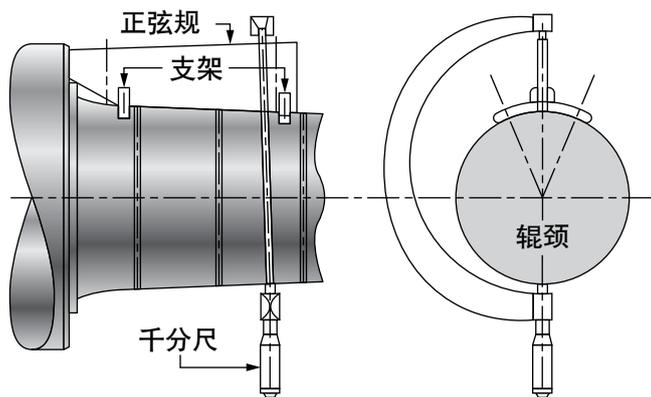


图249. 安装在辊颈上的正弦规

用于确定辊颈环长度的环规

图250展示采用紧配合安装到位的辊径环(靠紧在辊身端面上)。为了确定在其装配到的特定辊颈上的长度(L)，可使用环规。如有需要我们可提供此工具。

$$L = A - X$$

其中：

L = 辊颈环长度

A = 辊身端面与环规之间的测量距离

X = 刻在环规法兰上的固定尺寸

Y = 刻在环规主体外径上的固定尺寸

在使用加长内圈设计(TOITSE)且轴承组件直接与辊身端面接触的情况下，不需要上述工具。但是，可以使用该工具检查辊颈的尺寸是否正确。

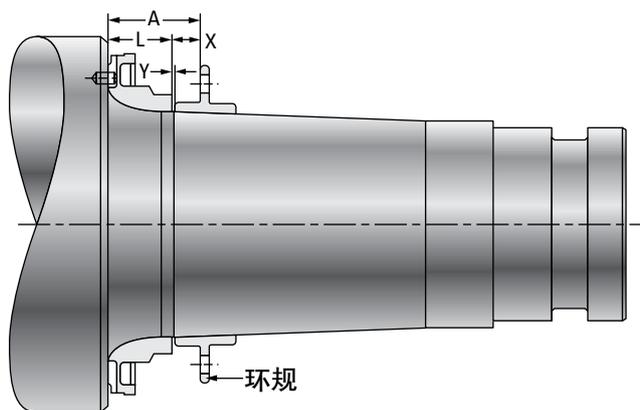


图250. 安装在辊颈上的环规

TQITS轴承的安装程序

轴承安装到轴承座内后，可以采用不同的安装方法。图251展示了液压千斤顶法。

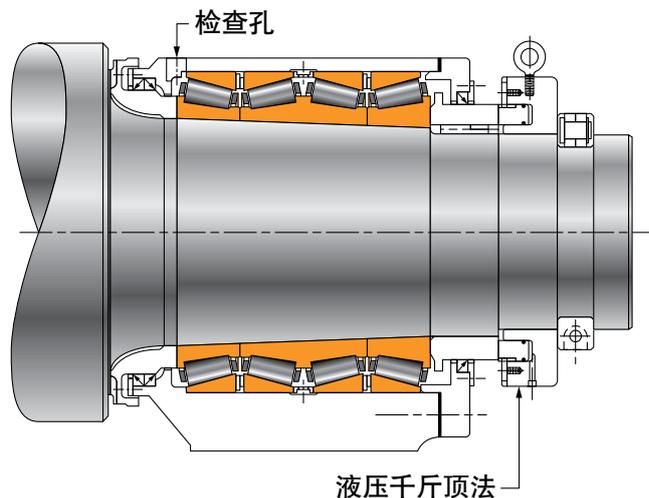


图251. 使用液压轴承圈千斤顶安装TQITS

下面介绍使用液压轴承圈千斤顶安装TQITS轴承的方法。

1. 清除辊颈和内圈内径表面上的所有润滑油和/或润滑脂。这样可确保在此操作过程中不会有润滑油从轴承中渗出。
2. 将轴承和轴承座安装到辊颈上。
3. 将液压轴承圈千斤顶安装到正确位置。千斤顶活塞调整到初始位置。
4. 在辊颈上的槽中安装剖分铰接式密封圈。
5. 利用液压泵向液压千斤顶施加合适液压压力。小心操作，避免用于安装轴承的压力超过剖分铰接式密封圈挡肩的剪应力限制。推力通常在30至40 MPa (4400至5800 psi)。
6. 释放压力并退回活塞。
7. 利用塞尺通过检查孔测量，确保内圈靠紧辊颈环或靠紧轧辊轴肩（延长内圈轴承）。
8. 确保内圈靠紧辊颈环后，塞住检查孔。
9. 取下剖分铰接式密封圈。
10. 取下液压千斤顶。
11. 安装适当的夹紧装置。
12. 重新安装剖分铰接式密封圈。
13. 牢固将轴承组件夹紧到位，并锁定到下一个最紧位置。夹紧装置必须确实夹紧以保持使用液压千斤顶达到的紧配合度。

TQITS 轴承拆卸程序

使用油压系统拆卸安装在辊颈上的TQITS锥孔轴承。系统需要一到三个连通到外侧、中间和内侧轴承内圈下的凹槽的轴向孔和径向孔。径向孔和凹槽大致设计在每个内圈横截面的中性压力区附近（图252）。

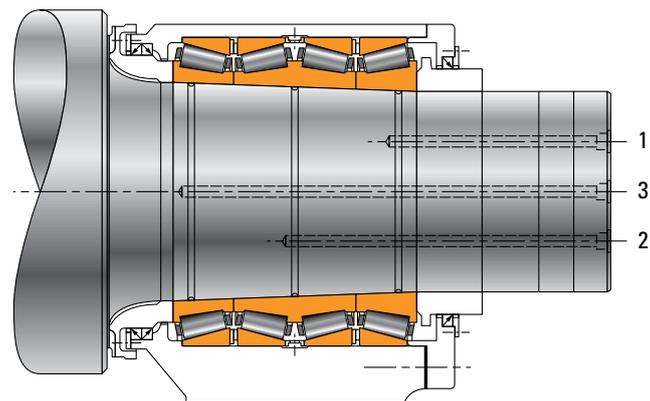


图252. TQITS拆卸中的辊颈径向孔

从辊颈拆卸轴承和轴承座组件时，不需要松开轴承座前端盖螺钉。

四列圆柱滚子轴承

四列圆柱滚子轴承设计用于平材轧机中的支撑辊径向位置。它们有三种最常用的设计：RY型、RYL型和RX型。

支撑辊和工作辊中所用的圆柱轴承的内圈采用紧配合方式安装在辊颈上。内部径向间隙始终由内圈外径决定。工作辊的轴承内圈外径为精磨状态，无需再进行研磨。支撑辊内圈外径也可预留适当磨削量的半精磨状态，以便于轧机操作员在将内圈安装到辊颈后通过精磨内圈达到最佳轧辊精度。这些半成品内圈和轴承组件的零件编号后缀为“CF”。

紧配合内圈安装步骤

安装步骤

完成内圈紧配合，可按如下步骤进行操作：

1. 清洁并干燥辊颈和内圈内径以及辊颈轴肩和内圈端面。颈肩和辊颈环必须保持垂直且无划痕。安装内圈之前测量辊颈直径，确保轧辊颈与轴承内圈形成所需的紧配合。以确保达到正确的过盈配合。
2. 利用油浴、感应加热系统或烘箱在温度受控的条件下将轴承内圈加热到最高不能超过 120°C (248°F)，以使其受热膨胀。

注意

切勿使轴承部件直接接触热源或使用火焰加热轴承。



警告

不遵守以下警告信息可能会导致严重人身伤害的危险。

加热之前去除部件中的润滑油或防锈剂，
以免起火和产生烟雾。

3. 达到目标温度后，利用适当且安全的工具将内侧的内圈滑到辊颈上。
4. 在冷却期间，使内圈与辊颈轴肩保持靠紧。内圈必须沿轴向持续夹紧，以确保其持续靠紧在辊颈轴肩上。
5. 内侧的内圈冷却到环境温度后，取下夹紧装置按照相同步骤重复操作安装外侧内圈。

客户磨削内圈 (CF)

收到包含半精磨内圈的轴承组件 (CF后缀) 时，应当磨削采用紧配合方式安装在辊颈上的内圈以达到最终轴承径向内部间隙 (RIC)。

进行精磨后，检查内圈的尺寸和几何形状，并确保满足以下要求：

- 内圈外径最终尺寸范围 (请参阅相应的轴承图纸)。无凹陷、凸角或可见震颤
- 整个内圈宽度的外径最大锥度为 0.025 mm (0.001 in.)
- 无研磨损伤、烧灼或撕裂
- 表面光洁度 = 最大 $0.4\text{ }\mu\text{m}$ ($16\text{ }\mu\text{in.}$)

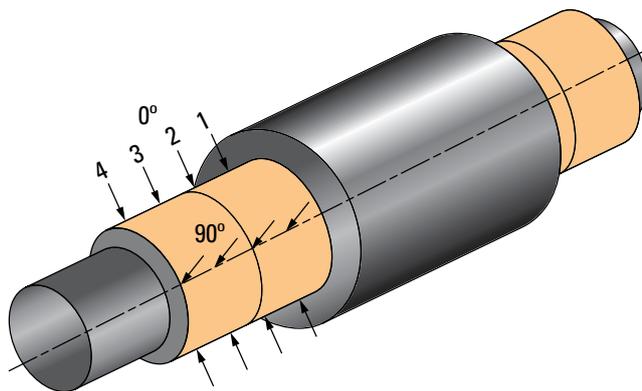


图253. 内圈上的测量点

在内圈上四个间隔 90° 的不同位置进行两次测量，以检查研磨内圈的外径 (见图253)。记录测量结果。

研磨后，在辊颈上涂抹润滑油并采取保护措施，以避免生锈和搬运损坏。

内圈的拆卸

您可以利用定制的感应加热装置来拆卸内圈，例如 Timken® EcoPower™ 电感加热器 (第131页)。内圈加热到建议的温度后，借助拆卸装置将轴承圈从辊颈中拔出。

将外圈和滚子组件安装到轴承座中

所有轴承圈部件的端面上都标有各自的序列号，以及表示安装到轴承座时的安装顺序的字母。四个外圈都有标记为一至四的承载区，间隔为 90° 。外圈直径上的线表示承载区一。每个滚子组与特定的外圈滚道匹配，必须保持在该位置以达到安装径向间隙。

安装轴承的外圈时，彻底地清洁轴承座，包括任何润滑孔。清除毛刺、碎屑和灰尘以防止它们污染轴承。正确调平轴承座，使其轴处于垂直方位，以便于在轴承座中降低轴承部件。

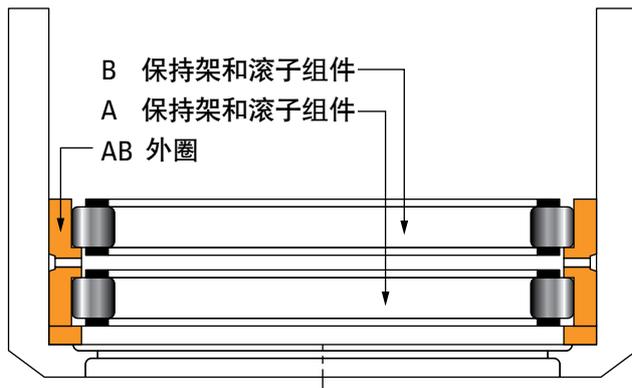
图254 (下一页) 显示4列圆柱滚子轴承外圈和滚动体组件安装到轴承座的典型步骤。

轴承安装到轴承座中

1. 确定安装顺序，A面或D面向下。在下面的程序中，我们将采用A面向下的顺序开始。将A法兰圈安装到轴承座内。



2. 安装AB外圈，使A和B保持架以及滚子组件与内圈滚道匹配。



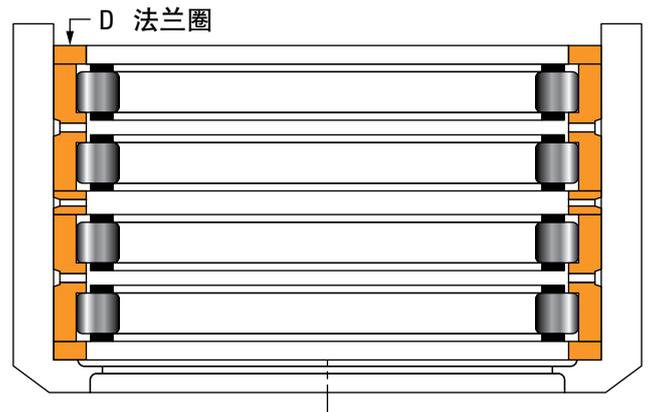
3. 安装隔圈。



4. 安装CD外圈，使C和D保持架以及滚子组与正确的滚道匹配。



5. 将D法兰圈安装到轴承座内。



6. 选择适当的垫片或压缩垫圈宽度以便夹紧外圈。按照原始设备制造商指定扭矩值紧固螺钉。

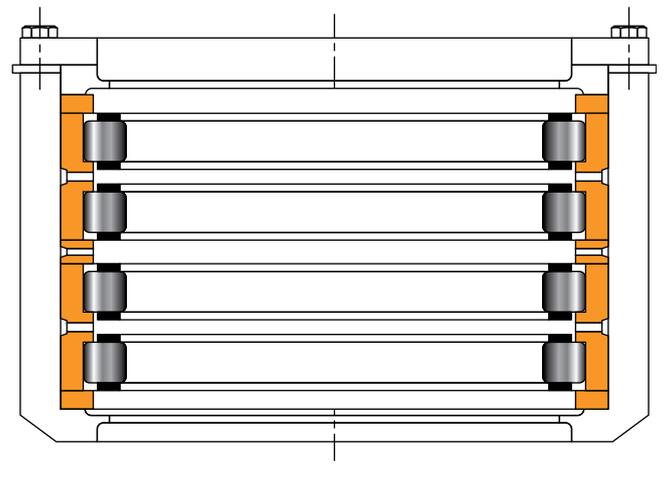


图254. 四列圆柱滚子轴承组装顺序

四列圆柱滚子轴承的辊颈安装程序

小心地对准轴承座与辊颈内圈组件，确保轴承座与辊颈垂直且居中对准辊颈。利用引导套筒以避免在安装过程中滚子——内圈接触而造成损伤。缓慢地将轴承座移动到辊颈（图255），并继续滑动轴承座，直到其完全到位。在安装过程中小心操作，以避免损坏密封。使用支撑机器有助于进行安装。精心设计的机器可通过在组装过程中旋转轧辊，使轴承座始终对准轧辊轴。安装固定装置以定位轴承和轴承座组件。

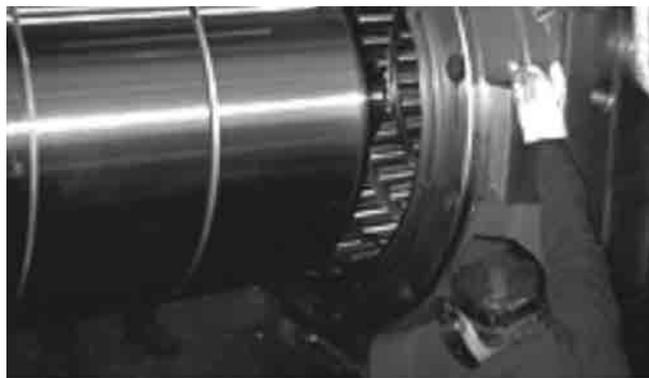


图255. 将轴承座组件安装到辊颈和内圈上

轴向位置

在大部分情况下，工作辊上使用四列圆锥滚子轴承时，不需要额外的轴向止推轴承。当使用窜辊或交叉轧辊类系统时，轴向载荷可能很高，因此需要使用附加的推力轴承来确保正确地支撑轧辊。对于圆柱辊颈轴承，在固定侧必须有此类轴向位置。

双列TDIK

图256显示辊颈轴向位置使用的双列TDIK圆锥滚子轴承。此推力位置位于固定的操作侧，与工作辊和平材轧机中间辊上的四列圆锥滚子轴承或支撑辊上的四列圆柱滚子轴承或流体动压轴承配合使用。

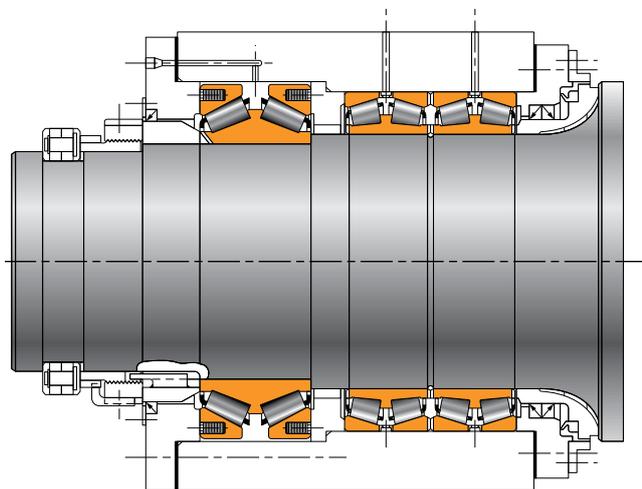


图256. 典型TDIK和TQOW轴承布局

我们建议用外圈集成弹簧的TDIK轴承，确保非承载外圈与滚动体仍处于预紧状态，以最大限度减少滚动体倾斜（图257）。您可以在法兰和轴承座之间放入金属垫片，以控制弹簧压力。弹簧系统将形成合适的轴向力，确保未承受载荷列滚动体靠紧滚道。

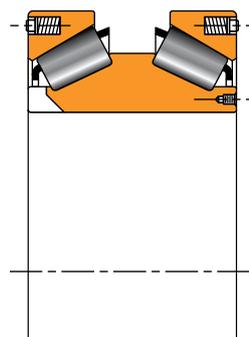


图257. 带有弹簧系统的TDIK

另外一种设计在TDIK外圈之间带有隔圈，这样就不需要集成弹簧，两者设计安装结构类似。

内圈中带有键槽，用于防止内圈发生旋转。外圈中有时也带有键槽（示例：可逆式轧机）。如果采用此种设计，安装时需要确保键槽位置对齐。

TDIK 安装步骤

下面介绍安装集成了弹簧的轴承组件的详细安装步骤 (图258) :

第1步: 测量外圈宽度 (Dim1)。我们随轴承组件提供的测量表中包含这些信息。安装人员也可以现场测量 (如果发生磨损)。测量 Dim1 时, 施加适当的轴向载荷并旋转轴承, 以确保滚子组件准确靠紧内圈大挡边。

第2步: 测量并记录轴承座内径从前端面到轴承座肩的深度 (Dim2)。

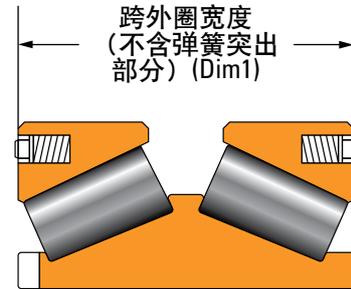
第3步: 测量并记录轴承座的端盖插入轴承座内径的长度 (Dim3)。使用下面的公式计算所需的垫片厚度:

所需的垫片厚度 = $Dim1 + Dim3 - Dim2 + (0.40 \pm 0.05 \text{ mm} [0.016 \pm 0.002 \text{ in.}])$

第4步: 在轴承座和端盖之间放入金属垫片。旋转内圈以确保滚子正确地抵在大挡边上。交替地将螺栓逐渐拧紧到原始设备制造商建议的扭矩值以正确夹紧。弹簧 (轴承内置) 在轴承每侧均匀地压缩, 因此外圈大端面与相邻辊肩之间的间隙测量值相等。

轴承在安装到轧辊之前设置为较低的预加载荷。使用塞尺测量外圈大端面与轴承座挡肩面之间的间隙。如果测量结果在指定范围之外, 调整填隙片厚度以使间隙测量结果处在指定范围内。

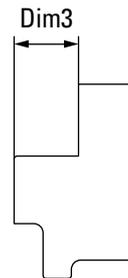
对于轴承座中集成有弹簧的轴承组件, 所用的程序与上述集成弹簧轴承的程序相似。在这种情况下, 不提供跨外圈大端面的总宽度, 必须在安装时测量。



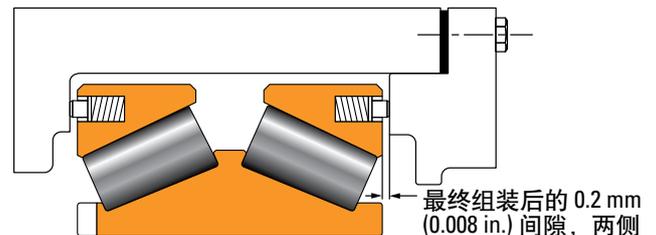
第1步



第2步



第3步



第4步

图258. TDIK安装步骤

TTDWK/TTDFLK安装步骤

TTDWK双向止推轴承的额定轴向承载能力高于TDIK型轴承。它可作高轴向载荷应用的解决方案。

这种TTDWK双向止推轴承总是与固定位置的径向轴承组合安装(图259)。

此类组件使用安装在轴承座上的独立轴承座装配。

外圈不需轴向夹紧, 需要进行调节以获得所需的轴向间隙, 能够使弹簧产生正确的轴向力以将无载荷滚子列固定到适当位置。键槽通常位于中央双滚道圈中, 用于防止其在辊颈上旋转。

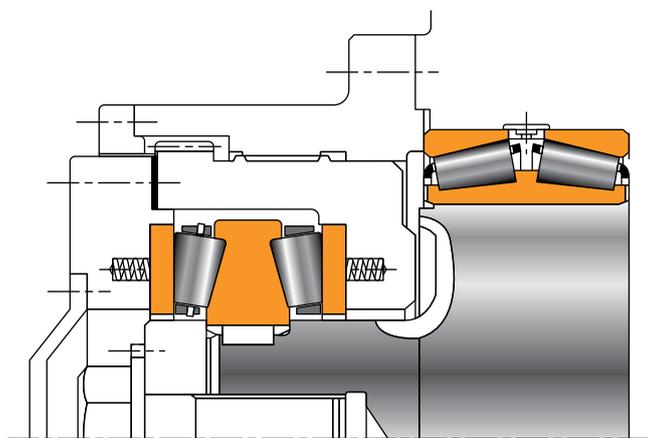


图259. 典型TTDWK止推轴承布局

图260显示不同的轴向轴承类型——TTDFLK。它设计扁平中央圈和外圈隔圈。轴承已经预设游隙, 在安装期间不需要调整。如果轴承未随附隔圈, 则必须采用与TTDWK相同的弹簧结构和调整。

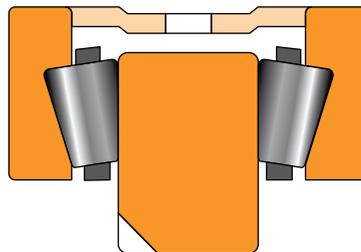


图260. TTDFLK止推轴承

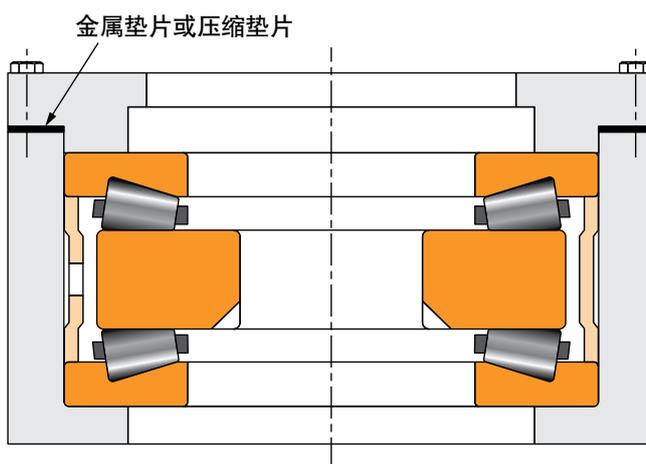


图261. 安装在轴承座中的TTDFLK止推轴承

请按照与径向轴承相同的步骤使用金属垫片或压缩垫片从轴向夹紧组件(图261)。您还可以订购不包含隔圈的这种轴承, 然后像TTDWK那样安装(图259)。

这些双向止推轴承(TTDWK和TTDFLK)只能整体安装。小心操作, 确保在轴承座中升高或降低此轴承时扁平滚道正确居中。

止推调心轴承安装步骤

止推调心滚子轴承也可用于长材轧机、平材轧机、冷轧机具有轴向偏移的工作辊或中辊的轴向位置。为了承受两个方向的轴向载荷，应背靠背地成对安装止推调心轴承。在弹簧系统的作用下，外圈与无载荷列的滚子保持接触。安装时，您需要按照与TDIK相似的方式在轴承座和端盖之间使用垫片组确立轴向间隙。

衬套有时与采用紧配合方式安装在套筒上的内圈共用，套筒采用松配合方式键接在轴上(见图262)。

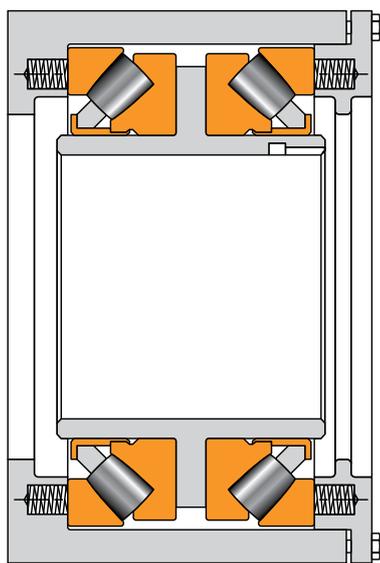


图262. 套筒上的两个TSR组件

压下系统的止推圆锥轴承安装步骤

压下系统中使用的轴承包括可采用各种配置的单列圆锥推力轴承设计(请参阅第56-57页以了解更多详情)。重载推力轴承构成压下装置和顶辊轴承座之间的连接，如图263所示。

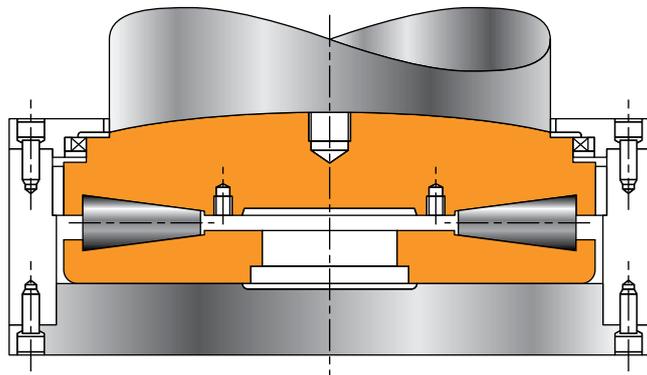


图263. 使用TTHDSX止推轴承的典型压下支撑配置

这些轴承组装到轴承座或衬套中。安装这些组件时请遵循下面的步骤：

1. 准备待安装的轴承座、限位密封板、推力轴承圈以及滚子部件。
2. 使用吊装工具将下轴承圈放在轴承座中。
3. 将滚子逐一放在下轴承圈上，避免滚子损坏滚道。在下部轴承圈的全圆周中对准所有稍微涂抹润滑脂或润滑油的滚子，确保该圆周与内圈同心并接触到滚子。
4. 缓慢地将上部轴承圈降到滚子上。小心操作以确保正确安装，并避免滚子从上下圈之间脱出而造成滚子主体或滚道擦伤。
5. 用手缓慢地旋转组件，确保能够自由移动。
6. 安装上部限位密封板。
7. 向轴承座中注入40°C时粘度大约为460 cSt的添加有极压添加剂的润滑剂(EP)。

需要拆卸时，按照相反步骤进行操作。请特别注意避免拆卸期间由于滚子从轴承座中脱落而造成的意外。

辅助设备和其他轴承类型的安装程序

对于工业标准轴承类型，请参阅下面的铁姆肯公司目录以了解相应的安装程序：《Timken圆锥滚子轴承目录》(编号10481C)、《Timken圆柱滚子轴承产品目录》(编号10447C)、《Timken调心滚子轴承产品目录》(编号10446C)和《Timken工程手册》(编号10424C)。

轴承游隙技术

根据应用的运行状况和轴承类型，轴承在径向或轴向间隙或预紧下运行。轴向间隙与预紧又统称为轴承游隙。

可调和不可调轴承

可调轴承

我们将下面的三种轴承类型视为可调轴承：

- 圆锥滚子轴承。
- 角接触球轴承。
- 止推调心滚子轴承

上面的轴承类型配有可发生相对移动的独立轴承圈。这样可改变间隙，并在由两个相互依赖的轴承构成的系统中获得正确的轴承游隙。对于这些类型的轴承，沿着轴承的中心线测量系统的轴向游隙。

出厂时设置的内部游隙不适用于这种类型的单列轴承，因为游隙应在装配时调整。对于多列组件，利用隔圈或特定内部轴承部件可将轴承作为预设特定轴端间隙量或预加轴向载荷的组件提供。冶金行业中使用的绝大部分可调轴承供货时预设了轴端间隙。在特定情况下，轴承还预加了轴向载荷。

不可调轴承

除了某些结构的圆柱滚子轴承，以下轴承类型都有不可分式轴承圈。它们出厂时作为预设了特定内部间隙(称为RIC)量的轴承。只有当应用选用锥形套时，才能在安装时调整此间隙。

下面列出了五种被视为不可调轴承的不同轴承类型：

- 径向球轴承，又称为深沟球轴承
- 调心滚子轴承
- 圆柱滚子轴承
- ADAPT™轴承
- 滚针轴承

出厂时预设的RIC符合国际标准化组织或ABMA标准，按升序排列分为C2至C5。

C2	低于标准
--	标准 (C0或CN, 零件编号中未提到)
C3	高于 C0
C4	高于 C3
C5	高于 C4

特殊间隙(例如，C6、C7等)因轴承而异。

零件编号中的字母数字组合表示RIC(例如：23052YMBW507C3)，未指定的C0 RIC除外。

对于给定的标准化游隙，相同产品系列的直孔和锥孔轴承的值存在差异。在组装过程中，由于内圈与轴之间以及外圈与轴承座之间存在紧配合量，安装游隙相比出厂游隙将减小。

多列圆锥滚子轴承游隙

轴承初始游隙 (BEP)

大部分多列圆锥滚子轴承(双列或更多列)作为预设组件供应。我们可通过隔圈控制游隙。对于 Timken®圆锥滚子轴承,我们将安装前的轴承游隙称为BEP。它是指出厂时的轴向游隙。

BEP在轴承组装时由铁姆肯公司通过测量并匹配轴承部件来确定。所有部件都标有序列号(请参阅第144页)。

对于标准级组件,标称BEP的公差通常为 ± 0.025 mm (± 0.001 in.)。

装配对轴承游隙 (BEP) 的影响

一般来说,轴承旋转部件采用紧配合安装,而固定部件主要采用松配合,根据应用的设计细节会有一些例外。由于辊颈频繁更换,轧机辊颈上使用的四列圆锥滚子轴承就是明显的例外情况。

四列圆锥滚子轴承的直孔通常利用松配合的内圈和外圈进行安装。在这种情况下,安装后游隙(MEP)将与BEP相同。对于轴承采用紧配合方式安装到轴上和/或轴承座中的任何其他工业应用,游隙减小量可利用第88页和第89页的介绍确定。

轴承安装后游隙 (MEP)

在安装操作中,由于内圈与轴之间和/或外圈与轴承座之间的紧配合的影响,初始BEP(工厂预设)将会降低。所获得的游隙值称为安装后游隙或者MEP。

一般关系为: $MEP = BEP - \text{紧配合导致的游隙减小量}$ 。

由于涉及此计算的所有参数都是有公差的尺寸(轴外径、轴承座内径、内圈内径、外圈外径、BEP),因此MEP范围是这些公差的函数。

请参阅下面的MEP范围计算公制示例：

示例：MEP 范围计算

轴承组件：TDO M249749 / M249710CD / M249749XB

尺寸：

内径 = 256.000 mm
 外径 = 358.775 mm
 宽度 = 152.400 mm
 K = 1.76
 BEP = 0.305 mm

BEP 公差 ± 0.025 mm

公差配合示例（公制）

内圈内径 mm	轴座 mm	内圈配合 mm	外圈外径 mm	轴承座内径 mm	外圈配合 mm
254.025	254.038	0.013 T	358.826	358.877	0.051 L
254.000	254.064	0.064 T	358.775	358.927	0.152 L

此示例的配合操作如上表所示。

要计算游隙减小量，可利用第89页的公式。

在此例中，假定平均内圈直径等于产品目录表中可用的内圈支撑直径 (274 mm)。请咨询铁姆肯公司工程师了解准确的计算方法。

双列轴承中的游隙减小值的计算范围：

最大游隙减小量 = $(1.76/0.39) \times (254/274) \times 0.064 = 0.267$ mm

最小游隙减小量 = $(1.76/0.39) \times (254/274) \times 0.013 = 0.054$ mm

MEPmin = BEPmin - 最大轴端间隙缩小量
 = $0.305 - 0.025 - 0.267$
 = 0.013 mm

MEPmax = BEPmax - 最小轴端间隙缩小量
 = $0.305 + 0.025 - 0.054$
 = 0.276 mm

因此，MEP 范围将为 0.013 - 0.276 mm。

注意

英制尺寸采用相同的程序。

控制轴承游隙

定期检查多列圆锥滚子轴承以确定是否需要重新调整初始BEP。

圆锥双列组件测量

使用下面的滴入法程序测量BEP (图264)。

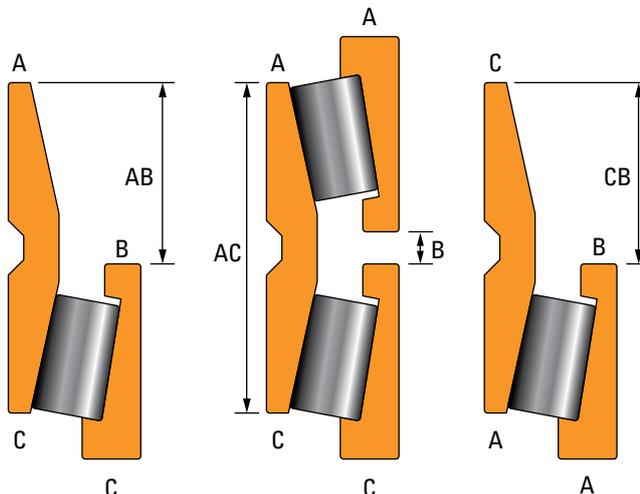


图264. 圆锥双列组件测量顺序

第1步：

- 将轴承部件叠放在工作台之类的平坦而牢固的表面上。
- 或者，按这样的方式设置内圈CB和AB，并将双层外圈的相应滚道堆叠在内圈上。
- 小心地旋转并摇动外圈，同时施加向下力以使滚子就位后，在间隔90度的四个位置测量小内圈端面与小外圈端面之间的相应距离，并分别确定平均值AB和CB。

第2步：

- 在四个位置测量双层外圈宽度AC，并确定平均值。
- 计算两个小内圈端面之间的距离B (相当于零BEP间隔圈宽度)： $B = AB + CB - AC$ 。
- 如果测量检查现有组件的实际BEP，则实际BEP值 = 间隔圈宽度 - B。

当组件设置为目标BEP时，使用相同的方法确定间隔圈宽度。在这种情况下，间隔圈宽度 = $B + \text{目标BEP} \pm \text{BEP公差}$ 。

四列圆锥轴承测量

每年至少检查一次四列轴承组件上的BEP(另请参阅设备制造商的说明)以确定是否出现任何磨损。

对于BEP测量,将不包含间隔圈的轴承堆叠在平坦而牢固的表面上,使用基座固定装置支撑下部外圈。这种基座固定装置必须有沉孔以适应保持架间隙,并可自由地旋转内圈组件。向待测量轴承增加重量以使部件正确就位(图265)。



图265. 增加重量以使滚子靠紧挡边

增加的重量应当接近所测量的轴承的重量。另外,还应在轴承外圈外径和沉孔进行引导以使保持架不受阻碍。长使用寿命的轴承尤其需要这种配重,因为部件可能失圆而难以正确就位。作为安全预防措施,稍微松弛地装好链条或吊索以便随时用于提升增加的配重。

堆叠轴承时,无论是进行测量(在这种情况下未装配外圈和内圈隔圈)还是在轴承座中进行组装,都务必采用正确的堆叠顺序以达到适当的游隙(请参考图266中的轴承标记示例,以及第144页的轴承标记部分)。



图266. E外圈标记示例

堆叠轴承,使A外圈向下或E外圈向下,相邻的两列滚子采用该BEP,但是部件必须保持正确的顺序。堆叠轴承后,在滚道上涂抹一些轻油以帮助使滚子就位并保护轴承(图267)。您必须分别旋转所有零件以使滚子就位。



图267. 在滚子和轴承滚道上涂抹轻油

您可能需要重复这种轴承旋转操作以使零件完全就位。您可以在滚子的大端与内圈挡边之间插入0.05 mm (0.002 in.) 测隙规以方便地检查轴承是否正确就位。在四个不同位置检查所有四组滚子的就位情况。

所有部件就位后,在轴承周围的四个间隔90度的位置测量B、C和D间隙(图268)。使用每个间隙的四次测量的平均值作为该间隙的特定值。



图268. 测量B或D间隙

另外,测量B、C和D间隔圈以获得其宽度值(图269)。如果轴承的轴端间隙设置正确,则其隔圈宽度总是大于相应的隔圈间隙。



图269. 测量隔圈宽度

两个相邻滚子列之间的隔圈宽度与间隙测量结果之差即为BEP。

四列圆锥轴承BEP重新调整

您可以重新研磨每个隔圈宽度以改变轴承游隙。通常，只有BEP升高到原始值的两倍时才需要重新磨削隔圈宽度。在这种情况下，您需要重新研磨隔圈宽度以获得1.5倍的原始轴承BEP。在辊颈轴承工作记录卡上记录隔圈间隙和隔圈宽度。

下面举例说明轴承BEP重新调整的计算方法。

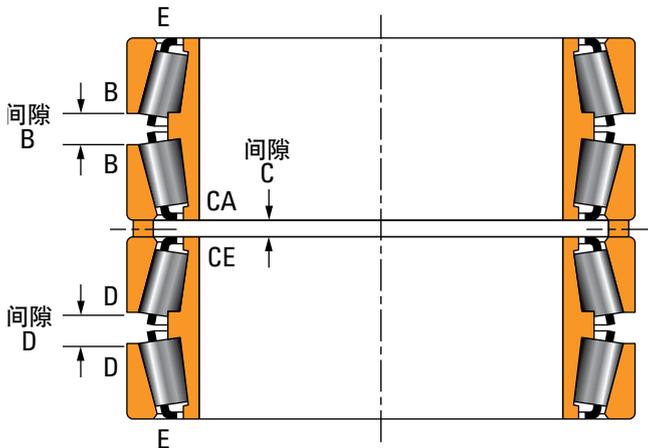


图270. B、C和D间隙测量。

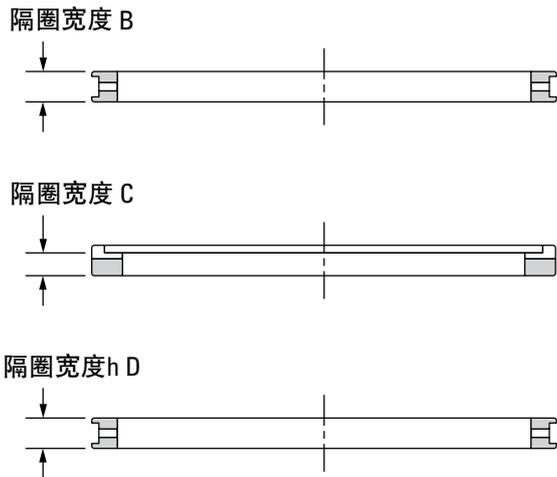


图271. B、C和D隔圈宽度测量

示例：

BEP达到原始游隙的两倍时重新研磨隔圈。

轴承BEP重新调整

BEP参考值	mm in.
轴承的原始 BEP (新品)	0.31 0.012
重新研磨隔圈以获得 1.5 倍的原始 BEP	0.46 0.018
隔圈宽度计算	
间隙测量	26.01 1.024
目标 BEP	0.46 0.018
将隔圈宽度重新磨削至	26.47 1.042

使用 B、C和D间隙测量的实际值加上1.5倍原始BEP计算出所有三个 B、C和D隔圈宽度。

圆柱滚子轴承游隙

四列圆柱滚子轴承配备的内圈组件可与外圈和滚子组件互换。它们之间无需进行特殊机加工。确保可互换性的最重要的参数是 DUR 尺寸 F (图 272)，这些数据可从《铁姆肯公司冶金产品表》中获得 (请参考表 17 中的示例)。

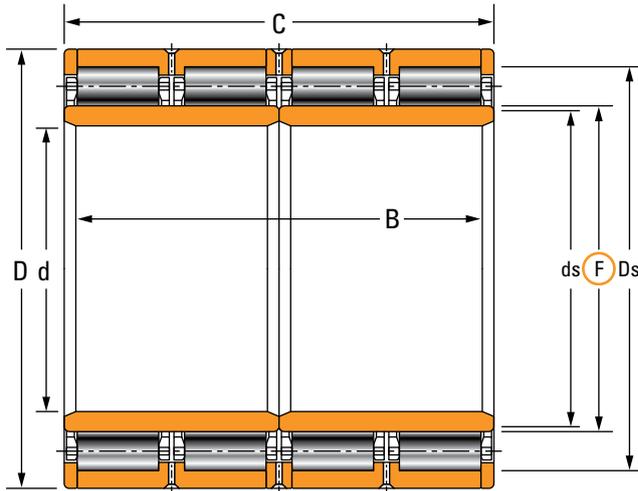


图272. DUR尺寸F

表17. DUR产品表示例

轴承尺寸					额定载荷	
内径	外径	宽度	宽度	DUR	动态 (1)	静态
d	D	B	C	F	C ₁	C ₀
mm in.	mm in.	mm in.	mm in.	mm in.	kN lbf.	kN lbf.
145.000 5.7087	225.000 8.8583	156.000 6.1417	156.000 6.1417	169.000 6.6535	1100 248000	1832 412000
160.000 6.2992	230.000 9.0551	130.000 5.1181	130.000 5.1181	180.000 7.0866	894 202000	1440 324000

轴承 RIC

我们可以采用任何两种与其RIC相关的方式提供四列滚柱轴承：

1. 固定RIC范围：示例包括 C0、C2、C3和C4后缀的产品。内圈交付时已打磨到最终外径尺寸范围。该尺寸范围结合轴承的固定DUR，即可获得产品表中列出的未安装 RIC 公布值。最终用户或制造商在为所订购的产品选择适当的 RIC 时应考虑内圈的紧配合造成的径向间隙减小。
2. 定制安装后RIC：示例包括CFi后缀的产品 (此处的i表示数字，例如CF1)。内圈包含目标预留磨削量，当内圈采用过盈配合安装时需要从内圈磨去这一部分。轧辊供应商经常执行这种内圈外径研磨操作，因为这样可通过匹配内圈外径与辊身外径提高轧机精密度。进一步消除与内圈的过盈配合相关的变化因素可缩小安装后RIC的总范围。

轴承配合对RIC的影响

四列圆柱滚子轴承内圈采用紧配合方式安装在辊颈上。过盈配合量取决于轴承的尺寸、其类型以及用于哪种具体应用 (例如，四辊 轧机支撑辊颈或 二辊 长材轧机辊颈)。

紧配合将会直接影响可按下面的公式发生弹性膨胀的轴承圈外径：

$$D_2 = D_1 + \text{径向增加量}$$

其中：

$$\begin{aligned} \text{径向增加量} &= \text{紧配合造成的 RIC 缩小} \\ &= d_1 / D_1 \times \text{紧配合}, \\ \text{紧配合} &= d_2 - d_1 \end{aligned}$$

由于D₁不是公布尺寸，因此应使用 DUR尺寸F。

径向增加量的一半
(紧配合造成的 RIC 减小值的一半)

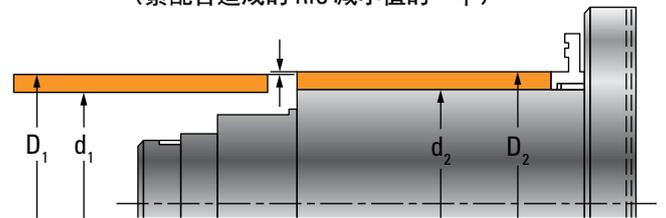


图273. 采用紧配合方式安装到辊颈后造成的圆柱滚子轴承内圈外径增加量

轴承储存、搬运和安装

轴承游隙

对于精磨内圈，请考虑使用此径向增加量来确定和计算所获得的安装后RIC（上一页中的图273）：

$$\text{安装后RIC} = \text{未安装RIC} - \text{径向增加量}$$

安装后RIC范围的最终结果将产生一个等于所有径向公差总和的范围，因为在此计算中涉及的所有参数都是有公差的尺寸（轴直径、内圈内径、未安装RIC）。

安装后RIC的范围是辊颈直径公差、轴承内径和未安装RIC范围的函数。请参考下面的公制示例。

示例（公制）：RIC范围计算

轴承组件 160RYL1467C3

未安装RIC 0.115 – 0.165 mm

辊颈直径 160.043 – 160.068 mm

轴承内径 160.000 – 159.982 mm

产生的配合 0.043 – 0.086 mm（紧配合）

RIC减小量 0.038 – 0.076 mm

安装后RIC最小值 = 未安装RIC最小值 – RIC最大减小量
= 0.115 – 0.076 = 0.039 mm

安装后RIC最大值 = 未安装RIC最大值 – RIC最小减小量
= 0.165 – 0.038 = 0.127 mm

因此，安装RIC范围将为0.039 – 0.127 mm。

图 274 显示使用辊颈中自由支撑的轴承座测得的安装后 RIC。

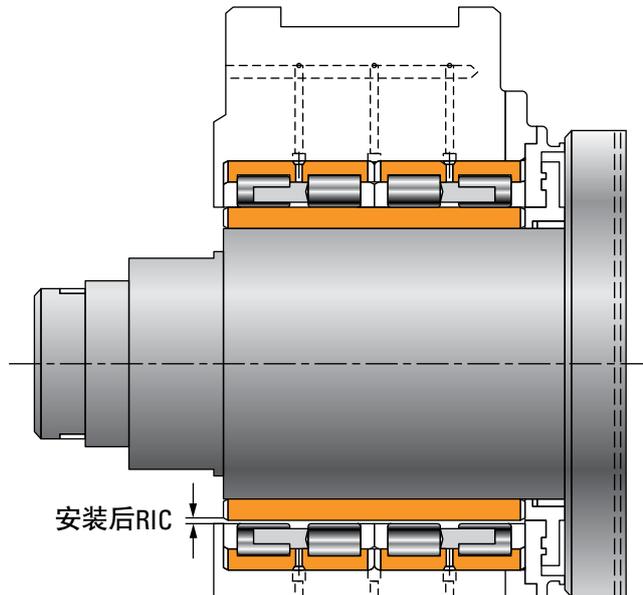


图274. 安装后径向内部间隙 (RIC)

对于未研磨内圈（CF后缀），外径的径向增加不会影响 RIC，因为轴承圈在装配到辊颈后进行研磨。

注意

英制尺寸采用相同的程序。

服务

本部分概要介绍我们能够让您的运营得到改善的服务能力：

- 齿轮箱维修
- 轴承修复和回收
- 轴承座和轧辊升级
- MILLTEC® 轧机计划
- 服务工程
- 培训



齿轮箱维修

铁姆肯公司基本上可以维修任何制造商和型号的齿轮箱，如果需要，还可提供现场紧急故障服务。无论是在预测维护例行程序中，还是您的齿轮箱出现了磨损迹象(图275)和噪声水平升高，都可以进行深入的检查。

我们为全世界的重工业市场提供广受认可的动力传动解决方案。我们通过专有的品牌安装了数量庞大的传动装置，可为氧气顶吹转炉 (BOF) 和金属行业中的其他重载荷应用提供关键的齿轮解决方案。

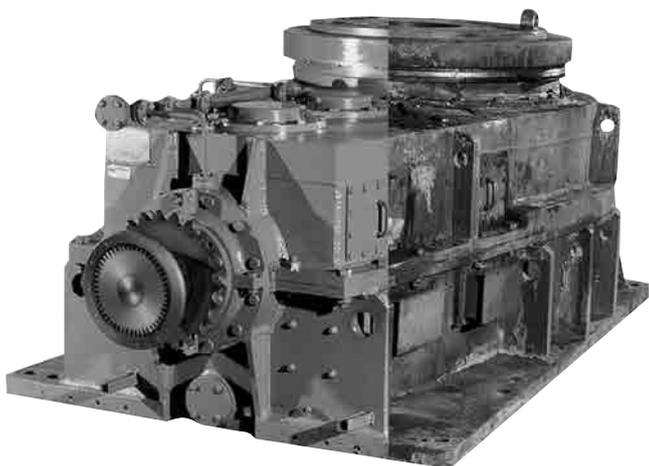


图275. 齿轮箱修复前后的示例。

工作范围

可用于齿轮箱维修的技术服务包括：

- 状态监测
- 诊断
- 传动更换计划
- 工程升级
- GearLogicSM保留系统
- 现场检查
- 预测维护
- 更换零件规格

我们的经验包括所有主要齿轮类型、轴承、液粘离合器和制动器。

升级机会

通过金属硬化延长齿轮使用寿命

我们通过各种方案强化齿轮。我们可以处理各种工艺，包括相对简单的全淬透技术到更加复杂的表面硬化，例如渗氮和渗碳。得益于热处理技术以及齿轮研磨技术的进步，现在能够研磨表面硬化齿轮，对设备的总寿命周期产生巨大而有利的影响。

联轴器分析确保最佳动力传输

无论您是在标准或可逆安装配置中使用齿轮型还是蛇簧型联轴器，将齿轮箱送到我们的任何服务中心进行大修或升级之前都不需要将其从输入轴或输出轴拆下。我们建议将半边联轴器保留在齿轮箱的轴上，以便于我们检查轮齿、密封、内径和键槽的状况。我们的现场工程师可确保联轴器的额定值适合齿轮箱，这在齿轮传动比发生变化时或额定载荷升级时非常重要。我们的服务中心可升级现有的联轴器以帮助确保获得更高的效率。

智能附件减少焦虑

我们的升级包括能够提示当前故障的诊断仪表、提高稳定性的增强轴承座或用户友好的润滑油过滤系统。

铁姆肯公司在发电、基础设施和国防工业的关键重型设备领域拥有超过120年的设计经验，利用我们强大的能力为动力传输设备提供世界级的工程和技术现场服务支持。我们的工程师利用最新的检查和测量设备以及技术合理地解决关键齿轮问题。

更多详细信息，请咨询铁姆肯公司工程师。

轴承修复和回收

降低每吨轧制成本并获得更高的产量对于在如今的市场中保持冶金工厂的竞争力至关重要。保证性能的最佳途径之一是将机械部件完全融合到维护计划中。

我们为冶金行业提供全范围的维护、修复和可靠性服务。通过我们的翻新和维修操作，我们可以恢复磨损和受压材料，降低运营成本，提高工厂正常运行时间，从而帮助轴承达到完整设计寿命。利用我们的可靠性产品、远程监控和培训服务，可以为您定制维护计划以获得最高的工厂性能。利用这些服务能够取得更高的工厂效率，降低总体生产成本。

轴承修复

轴承的设计中耗费了大量的时间、人力和资金以获得最长的使用寿命。但是，大部分轴承在达到其完整使用寿命或经济寿命之前就会停止使用。融合到常规轧机维护计划中之后，轴承维修可在延长轴承使用寿命和防止轧机停机方面起到重要的作用。

从轴承修复计划中受益最多的设备包括高载荷应用，例如连铸机、轧机轧辊（工作辊、中辊和支撑辊）、机械压下装置、小齿轮机架、齿轮部件、拉伸矫直装置、桥式吊车和案辊。

我们为所有类型和品牌的轴承提供修复服务，包括非铁姆肯公司的产品。我们经验丰富的工程师可帮助您识别轴承损伤类型、确定问题的根本原因并推荐正确的维修解决方案。外径为250 mm至2000 mm（10至80 in.）的轴承尺寸是进行维修的理想备选产品。我们建议对于外径（O.D.）小于250 mm（10 in.）的轴承分组修复以节约成本。

轴承回收

我们还可对内径为76 mm至300 mm（3至12 in.）的轴承提供回收服务。与购买新品相比，回收可以节约20-70%的成本。

使用大量小轴承的应用适合回收，例如连铸机、铁质和非铁质条材整平机、托盘轧机和工作台、传送带和输送机轧辊。

我们的回收流程首先进行初始检查以确定所需的服务级别。我们拆解并清洁可使用的轴承。然后，利用铁姆肯公司开发的专用流程进行抛光，以使轴承恢复可使用状态。接下来测量、重新组装和润滑回收的轴承部件，然后再将其附上书面报告送回给客户。

修复和回收的优势

我们的轴承修复和回收计划可以提供许多优势。

- 总成本降低。与新轴承的成本相比，修复成本要低得多。
- 提高产品质量。游隙合适的轴承修复后具有更高的性能和可靠性，因为游隙不当和材料磨损的轴承会产生不必要的振动和震颤。
- 与购买新轴承相比，交付周期缩短。轴承维修的交付周期比制造新轴承要短。
- 通过探测问题根源增加应用的正常运行时间。轧机停工可能会导致高昂的生产和收入损失。如果处理及时，轴承修复有助于降低设备突然发生故障并导致停机的几率。在修复流程中进行轴承检查可找出损伤模式，这有助于找出应用中的根本问题，避免问题反复发生。

轴承维修对性能的影响

图276显示未进行维修的轴承如何达到红色虚线所示的潜在使用寿命。黑线表示如果在其使用过程中进行修复，则潜在使用寿命将会增加。维护人员总是应评估与预期使用寿命增加相比所涉及的总维修成本，以确定进行维修是否经济合算。

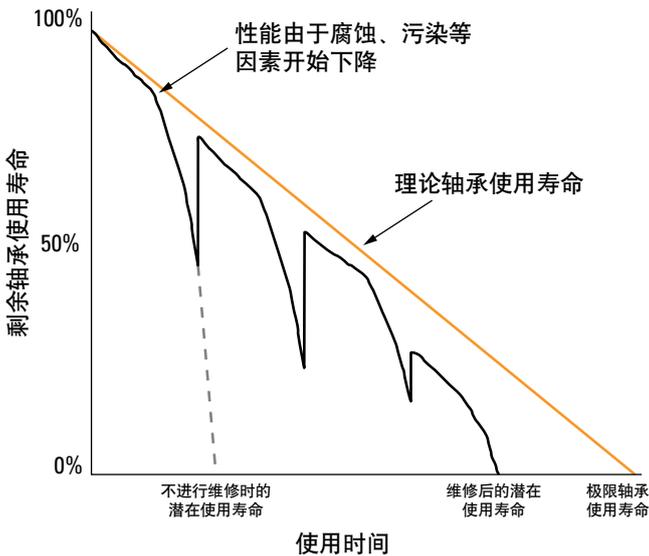


图276. 轴承经过维修与不维修的潜在使用寿命对比。

对于设计用于承受极高载荷、冲击和速度的辊颈轴承，维修通常经济合算。根据工作条件（例如载荷）和环境因素（例如轧机机架条件、轴承座条件、润滑），即使完全相同的轧机类型，不同轧机之间的轴承使用寿命也会有巨大差异。

搬运和安装不当对轴承造成的损坏以及轧制工艺润滑冷却液侵入、不当游隙、润滑和工作条件造成的损坏所导致的过早失效所占的百分比最高。

对任何轴承进行维修评估之前，您需要深入地不同形式的轴承损伤。在早期阶段确定故障的性质后，您可以采取适当的措施修复轴承并避免问题重复出现。

维修轴承的时机

正确地规划可最大限度地减少总轴承寿命周期成本。如果过早地停止使用轴承，您将无法完整地获得其使用潜能，且无法利用其剩余可用寿命。相反，过久地使用轴承会增加其错过经济维修时机的风险。更加重要的是，它还会危及整个流程，产生损坏系统中的其他部件的风险。灾难性故障可能会导致昂贵的部件报废或出现数小时、数天或数周的意外停机，这些都可以避免。在恰当的时机停止使用轴承，能够最大限度地节约成本（图277）。

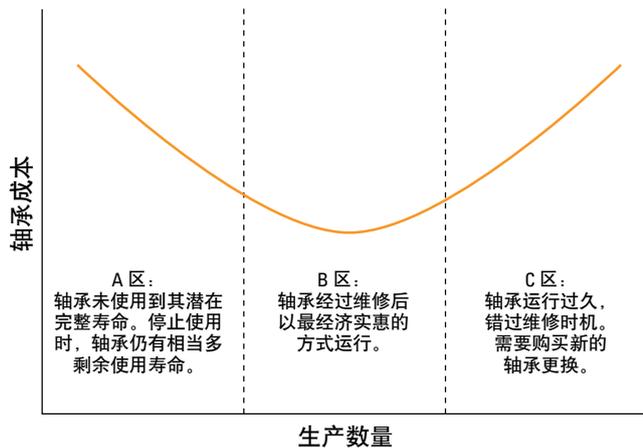


图277. 轴承运行阶段——维修时机。

轴承需要注意的迹象

下面的部分情况表示轴承适合使用或进行维修。

- 轴承超过建议的工作温度。连续运行温度高于建议的水平指示存在将会影响正确润滑的问题。这一点仅适用于温度未达到产生的热量将会对钢材造成不可逆损坏的水平
- 任何轴承部件开始表现出过度振动。轴承运行时游隙可能太大。轧制接触面可能出现剥落。及时检查和维修可减少潜在的高振动，这种情况会对产品质量产生不利影响
- 润滑油突然滴落或增加，或者与轴承接触的油液温度过高。这可能指示轴承或系统异常，需要注意

哪些情况无法维修或进行维修并不合算

并不是每个损伤的轴承都能修复。通常，在下面的情况下，无法修复轴承部件：

- 事实证明安装或拆卸不当造成过热
- 圆锥滚子轴承/圆柱滚子轴承的内圈极大端上存在严重的剥落
- 滚道上存在任何较深/较粗的划痕或水蚀
- 观察到任何剥落延伸到滚道上
- 外圈外径和内圈内径上存在极严重的失圆状况
- 内径尺寸过大的内圈只能在得到客户批准后进行维修（松内圈配合）

铁姆肯公司轴承维修类型

根据损伤程度，您可以将轴承发送到铁姆肯公司的维修厂。我们经验丰富的工程师可帮助您的维护人员宏观评估损伤的轴承并分析问题的根本原因。有些情况下，可以进行现场维修。如果需要进行深层次的细节维修，我们可提供多种维修类型以适应各种需要，如下面的表18所述。

表18. 铁姆肯公司的修复类型和工作说明

维修类型	服务项目	适用性
I	清洁、检查和测量轴承以验证内部游隙，进行防腐蚀处理并包装好	如果轴承存放时间超过五年
II	清洁、检查和测量轴承以验证内部游隙。磨光部件。对轴承进行防腐蚀处理并包装好	大型轴承预防性维护
III	清洁和检查轴承。重新研磨滚道并制造新滚子组。重置内部游隙，对轴承进行防腐蚀处理并包装好	轴承很大/价格昂贵，或交付周期很长
IV	利用专有的振动工艺磨光轴承，然后进行防腐蚀处理并包装好。	大量的小型轴承
V	清洁、检查和测量轴承以验证内部游隙。磨光部件，重新研磨外圈。对轴承进行防腐蚀处理并包装好	大型轴承
VI	为现有或新的轴承组件添加特殊功能。这些功能用于增强性能，根据特殊应用进行改装，甚至升级为最新的产品设计	隔圈改装、特殊涂层等
VII	清洁、检查和测量轴承以验证内部游隙。在现场消除发现的任何导致应力增加的因素或剥落情况，必要时调整游隙	现场小损伤

铁姆肯公司的维修专长

我们通过各种资源支持我们对提供高质量维修和回收服务的承诺：

- **人才。**我们的维修工程师受过充分的培训，拥有维修所有类型的轴承需要的知识
- **高科技设备。**我们最先进的设备有助于保持严格的公差以及原始设备制造商的规格
- **工程。**我们的工程师在产品、应用、服务、销售和制造领域各有专长，通过密切合作分享最佳实践，以最有效地发挥维修服务的优势
- **质量保证。**我们的维修操作遵循ISO标准。我们的设施中配有高质量的激光器和测量设备，能够进行微米级测量
- **新部件。**我们在维修和制造设施中生产所有新部件，并使其保持铁姆肯公司新产品的质量。我们的所有新部件都使用优质轴承级钢材制成
- **热处理。**我们按照与新产品相同的规格执行热处理
- **冶金学。**我们的全职冶金学专家可为维修工作提供有力的支持
- **计算机辅助设计。**我们的轴承设计工程师开发的工具用于确定修复所需的几何结构，并制作工艺印刷图以将竞争对手的产品修复到原始设备制造商的标准
- **控制和详细记录。**我们对入厂检查、工艺记录、最终检查和组装实行有序的记录保持流程。我们对轴承做出唯一标记以便于追踪

建立一体化维修计划

成本效益最高的计划是融合了所有轧机机架设备的维护和维修的计划，包括轴承、轴承座和轧辊。铁姆肯公司服务团队提供全面的重建和翻新能力以简化您的维护安排。要确定贵公司如何从一体化维修和维护计划中受益，请联系铁姆肯公司工程师。

轴承座和轧辊升级

我们提供各种功能，以便为钢和铝轧机以及其他工业设备产出全新或翻新设备（高达50吨）。

轴承座和轧辊重建服务

可靠的部件维修对最大化正常运行时间和工厂性能至关重要。除了轴承维修之外，我们还可根据地点提供轴承座维护和轧辊重建。所有这些服务都可以融合到Timken MILLTEC® 轧机计划中。

轴承座和轴承维护

我们的维护服务有助于轧机操作员最有效地利用其轴承座/轴承组件。

我们评估组件的状况，并在开始修复之前提供对轴承座和轴承的检查报告和报价。

修复服务包括：

- 拆解和清洁
- 检查和维修所有独立部件
- 重新组装、润滑和重新包装
- 根据客户要求存放组装好的轴承座

此外，我们的维护专家可应您的请求培训您的人员如何识别和预防各种类型的损伤。



图278. 轴承座维护前后的对比照片

改善现有的轴承座

我们的维修流程可通过微型或全面重建使轴承座变得比新品还要坚固，同时成本比购买新品节约多达60%。我们每年处理数以百计的轴承座，在评估和校正工作辊和支撑辊轴承座中出现的 key 问题方面拥有丰富的经验。我们的全面服务轴承座重建和制造能力使我们能够重新加工关键表面，让您的设备恢复全新产品一般的状态。我们可以定制服务以满足特定需要。例如，我们可提供微型重建（重新加工关键表面）、全面重建（设备恢复为新品一般的状态）和新轴承座制造服务。

我们的所有工作都要经过三道独立的质量检查。这些工作都提供一年有限担保。

辊覆盖和维修

铁姆肯公司服务团队的辊维修和覆盖操作具备提供优质、可靠且经济实惠的解决方案以最有效地利用客户轧机维护和生计划的技术能力。原始轧辊磨损到最小直径后，利用辊覆盖可比将辊报废并购买新品节约超过50%的成本。

通过我们专门的辊工厂，可以翻新轧机的铸造、锻造和焊接覆盖辊。我们的服务适合多种辊应用和尺寸。

Mill Clad 技术可帮助确保金属一致性，以获得更长的使用寿命和最佳性能。Mill Clad 是一种高性能抗磨损和抗腐蚀合金系列，附着到辊表面以提高使用寿命，降低轧辊的每吨成本。

TIMKEN GEARS AND SERVICES

Timken Gears and Services 是全世界重工业市场中广受认可的动力传动解决方案专家。我们通过专有的品牌（下面列出）安装了数量庞大的传动装置，可为氧气顶吹转炉（BOF）和金属行业中的其他重载应用提供关键的齿轮解决方案。

Timken Gears and Services 在发电、基础设施和国防工业的关键重型设备领域拥有超过120年的设计经验，利用我们强大的能力为动力传输设备提供世界级的工程和技术现场服务支持。我们的工程师利用最新的检查和测量设备以及技术合理地解决关键齿轮问题。

我们基本上可以维修任何制造商和型号的齿轮箱，如果需要，还可提供现场紧急故障服务。无论是在预测维护例行程序中，还是您的齿轮箱出现了磨损迹象和噪声水平升高，都可以进行深入的检查。

更多详细信息，请咨询铁姆肯公司工程师。



MILLTEC® 轧机计划

通过我们定制的 MILLTEC® 轧机计划，您可以将精力集中在其他重要问题上，而由我们来管理轧机的轧制车间操作。我们的现场技术人员可帮助确保最大限度地减少由辊更换、辊研磨、轴承大修和其他维护程序导致的停机时间。MILLTEC 可用于热轧和冷轧，也适合使用油膜轴承的客户。

MILLTEC 提供定制服务套餐以降低输出的单位成本，提高利润。根据每台轧机的需要，MILLTEC 计划可包括以下服务：

- 轴承、轴承座和辊上的轴承座组件的组装和拆解
- 轴承座组件的定期监控和维护
- 轴承维修
- 研磨轧辊和剪刀
- 对轧辊进行超声波测试 (UST) 和涡流测试 (ECT)
- 轧辊的电火花毛化 (EDT) 和喷丸处理 (根据需要)
- 轧辊、轴承座和轴承的记录保持和追踪
- 轧机传动心轴的定期润滑和维护
- 状态监测和设备健康管理
- 轧制车间耗材的供应，包括润滑脂密封和垫片

请联系铁姆肯公司工程师，以探索可用于 MILLTEC 轧机计划的其他选项。



图279. MILLTEC 轧机计划

服务工程

铁姆肯公司服务工程师通过优化所有关键设备的轴承帮助您紧跟最新趋势。通过了解设备的内部运行情况，您可以最大化正常运行时间，避免意外停机。

借助我们在炼钢和轧制设施中的冶金行业知识和经验，我们的销售和服务工程师可消除钢和铝轧机维护中的不确定性，从而提高生产效率。

铁姆肯公司服务工程师受过专业培训，对安装、调整和维护轴承时遇到的实际问题拥有丰富的经验。我们将这些应用知识融汇到轴承损坏分析中，以确定根本原因并建议预防解决方案。铁姆肯服务工程师在现场与您的设计、维护和服务人员协作，帮助降低维护成本，提高生产效率和正常运行时间。

我们的服务工程师接受过所有适用的安全领域的培训和认证，包括个人防护装具，例如安全鞋、安全反光背心和耐热服。

铁姆肯公司在线监控系统和服务

对于工厂中最关键的资产，定期预防性维护的频率可能不足以确保全面的可靠性。对于桥式吊车、高炉风扇和轧机之类的系统，意外故障可能会给安全、环境和操作造成严重后果。我们提供全系列的有线和无线式在线监控解决方案，包括：

- Timken 在线智能系统
- 定制设计监控解决方案

培训

正确的装卸和维护轴承对保持设备正常运行和提高生产效率至关重要。我们的工程师深层次地了解需要通过哪些措施优化多种设备类型中的轴承的使用寿命和性能。这些工程师受过适合您的设施特定需要的标准和定制培训。

我们的培训详细地阐述滚动轴承的基础知识，让您掌握其基本工作原理并告诉您需要了解哪些方面来确保达到最大轴承使用寿命。我们还可提供维护特定应用的培训，在这些应用中轴承发挥特别重要的作用，而我们则拥有深厚的专业知识。

轧机培训

这项为期三天的培训可帮助轧机维护团队和操作员减少维护成本，增加正常运行时间。培训涉及轧机环境中的轴承性能的每个阶段。

- 轴承基础知识
- 轧机配置和设计
- 轧机相关设备
- 轴承损伤分析
- TQOW维护和吊运操作说明
- TQITS演示
- 齿轮传动轴承调整和评估
- 状态监测

此项培训在世界各地包括在中国无锡的铁姆肯公司中国培训中心开设，面向广大终端用户和OEM厂商。

工业维护培训

冶金设备的性能和可靠性与轴承的状况直接相关。我们的工业维护培训计划为您提供确保轴承和设备以最高性能水平工作所需的实用信息。

您可以为课程安排半天到两整天的时间，也可以根据自己的需要进行定制。

学习和领导技术培训

这项为期五天的课程最适合为冶金行业的原始设备制造商工作的设计、可靠性和维护工程师。它详细地提供与轴承系统相关的课堂指导和动手实践。这项课程在我们位于美国俄亥俄州坎顿市的全球总部附近举行，课程还包括参观工厂和开放式论坛讨论组。

轴承维护培训

这些动手操作培训面向欧洲工厂的维护人员，提供关于正确地拆卸、安装和维护轴承的方法（轴承维护和调整培训）以及如何存储、搬运和安装轴承（轴承安装和搬运培训）的说明。我们在法国科尔玛和罗马尼亚普洛耶什蒂的工厂以及客户提供的地点举行这项为期两天的培训课程。

