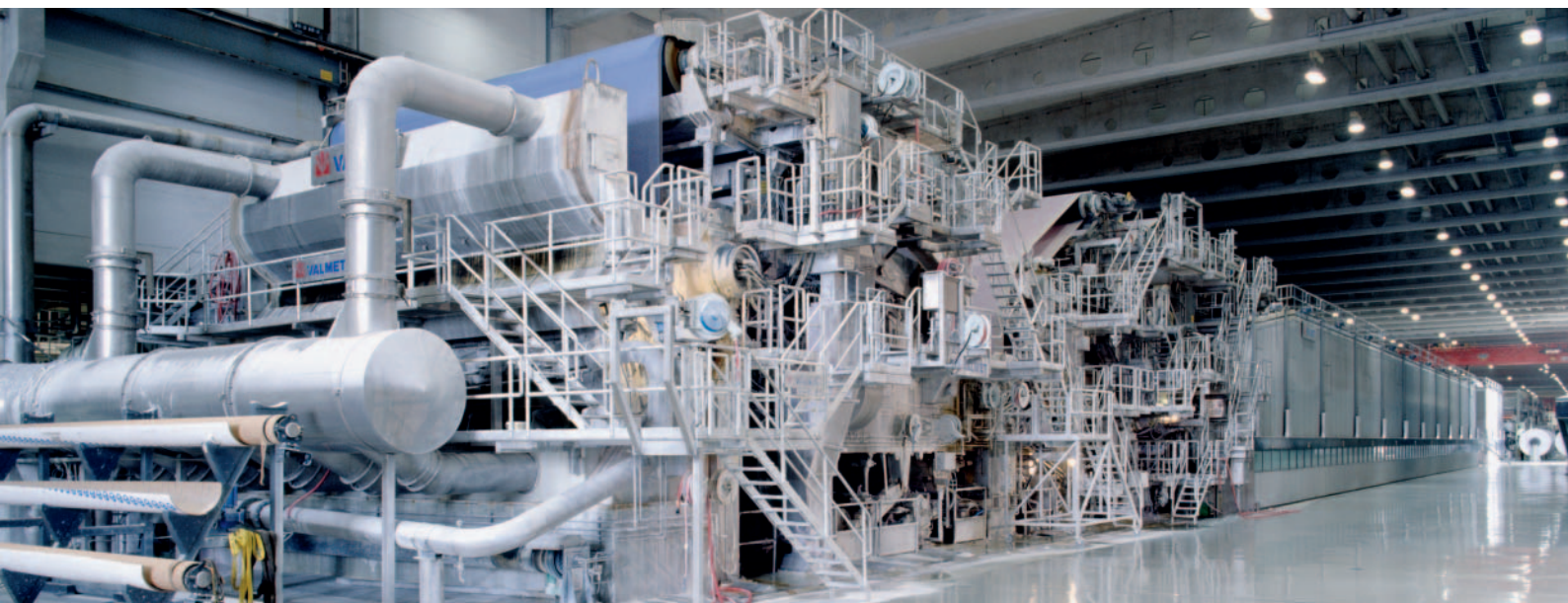


FAG



造纸工业的滚动轴承

产品 · 服务 · 设计 · 选型

SCHAEFFLER GROUP
INDUSTRIAL

造纸工业的合作伙伴

我们提供完整的纸厂解决方案，来支持我们的分销网络。

我们全心致力于制浆造纸行业，提供全程质量保证。

我们从定单到预防性维护保养的全部10点理念能够持续地为客户节约成本。

1. 创新与质量
2. 全球资源与支持
3. 产品
4. 存货评估
5. 库存管理
6. 培训计划
7. 技术服务
8. 预防性维护保养
9. 沟通
10. 具有证实的成本节约

造纸工业的滚动轴承

产品·服务·设计·选型

出版号. WL 13 103/2 EA

2004版

内容

1	FAG为造纸行业提供的产品与服务(概述)	3
1.1	标准滚动轴承	4
1.2	特殊产品	5
1.3	服务范围	5
1.4	后缀、技术规范	6
2	纸机轴承要求	7
3	纸机轴承配置实例	8
3.1	湿部	8
3.1.1	成型辊	9
3.1.2	抽吸辊	10
3.1.3	中心压榨辊	12
3.1.4	可控中高辊	13
3.2	干部	14
3.2.1	导辊	14
3.2.2	烘缸	16
3.3	压光机与完成部	18
3.3.1	压光机热辊	18
3.3.2	舒展辊	20
4	FAG提供广泛的、高操作可靠性的服务	21
4.1	滚动轴承的储存	21
4.2	安装与拆卸的准备	21
4.3	圆柱孔与圆锥孔配合面的轴承安装和拆卸	21
4.4	公差与配合	23
4.5	监测与分析轴承	26
4.6	计算与设计滚动轴承的PC程序	28
4.7	FAG安装服务	28
4.8	FAG培训课程	28
4.9	出版物的选择	29
5	滚动轴承的选型与润滑	30
5.1	选型	30
5.2	润滑	32
5.2.1	脂润滑	32
5.2.2	油润滑	34
6	附表	38
6.1	换算	38
6.2	径向游隙、径向游隙减小量	39

1 FAG为造纸行业提供的产品与服务

FAG对造纸行业提供广泛的产品与服务。

在造纸领域内应用的滚动轴承多为标准轴承，它们都有标准的主要尺寸。

例如，在浆料准备阶段，轴承多选调心滚子轴承和圆柱滚子轴承。调心滚子轴承在造纸过程中占据了主导地位。深沟球轴承、角接触球轴承和圆锥滚子轴承被应用于纸机附属系统中（电机、齿轮箱、风机、泵）。调心滚子轴承、角接触球轴承和圆柱滚子轴承是应用于造纸机完成部和加工部的典型标准滚动轴承。FAG同时还提供适合标准滚动轴承的附件和轴承座。

在造纸行业中应用广泛的外径大于320 mm的调心滚子轴承被收录在FAG造纸轴承常备库存中。此库存提高了纸厂配件需求的生产时效性。FAG造纸轴承常备库存包含在造纸工业中很重要，并有很广泛的使用范围的产品。它们是调心滚子轴承中的常用系列230, 231, 232和239，并带有造纸行业中多样的设计与典型组合。例如：

- 圆柱和圆锥孔
- 加大的径向游隙 (C3或C4)
- 提高的旋转精度 (T52BW) 在速度指数 $n \cdot d_m > 250\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$
- 内圈有润滑孔 (H140)
- 烘缸和压光辊的表面渗碳热处理的轴承内圈 (W209B)

现代化纸机趋势为C3/C4, H140, T52BW和W209B的设计。

FAG拟定了特殊的工作程序，通过该程序，技术更加复杂的轴承任务也能够可靠、经济地解决。它包括：自调心圆柱滚子轴承、剖分式调心滚子轴承、三环轴承和特殊的轴承座。

FAG面向造纸行业提供全面的产品与服务，包括安装、维护、诊断、拆装、技术应用咨询、培训、PC计算程序和技术出版物。

可在第4页和第5页的表中查阅FAG为造纸行业提供的产品与服务概要。

在第6页中的表格中包含相关的后缀与技术规格。

造纸行业调心滚子轴承



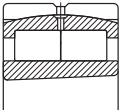
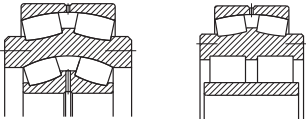
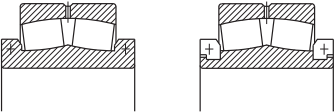
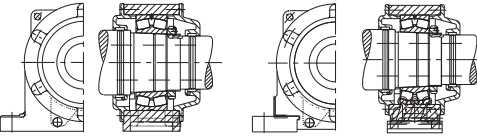
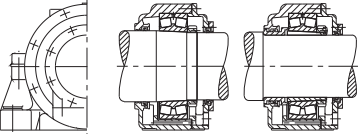
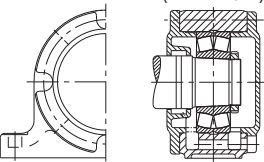
自调心双列圆柱滚子轴承



FAG轴承分析仪监测轴承状况



1.2 特殊产品

轴承类型	轴承系列/设计/尺寸	应用
自调心圆柱滚子轴承 (Publ. No. WL 13 111) 	5/231..K.MB.C4.(W209B) (d 150...300) 5/231..K.MB.C4.(W209B) (d 320...710)	烘缸 光滑大烘缸
三环轴承 (TI WL 43-1192) 	FAG 5... (d 180...420) FAG 5... (d 100...400)	压榨部 与压光机 的可控中高 辊驱动
剖分式调心滚子轴 (样本号. WL 43 165) 	222SM..MA (d 55...200) FAG 5... (d 170...400) 带分离式锁紧圈	传动设备 散浆机 搅拌机/混搅机, 风机 烘缸 转换用
轴承座 PMD (TI WL 13-1) PMDR  PM30..K-- PM30..H--  PMF (TI WL 13-2) 	PMD31..(d 180...300) PMD31..(d 180...300) PM30..K-- (d 130...710) PM30..K-- (d 130...710) SUC30../31...(d 130...710) PMF 23/22/32...(d 75...180)	烘缸 轴台式轴承座 或摆动式 轴承座 烘缸 光滑大烘缸 (仅供 转换用) 作为轴台式 轴承座或摆动 式轴承座 的独立产品 导辊 (干部)

1.3 服务范围

- 安装与诊断
- 安装、维护保养与诊断的设备
- 应用技术咨询

- FAG培训课程
 - 滚动轴承的基础课程
 - 维护保养人员的独立课程
 - PC自学软件 (W.L.S)
 - 录像

- FAG 出版物及技术信息小册子
- 计算与设计轴承的PC程序
 - 光盘版FAG产品目录
 - 轴承及配合件的特殊计算程序
- Arcanol滚动轴承润滑脂

为造纸行业提供的产品与服务

造纸工业滚动轴承的后缀与技术明细

1.4 造纸工业滚动轴承的后缀与技术明细

后缀	描述
C2	内部径向游隙小于常规值
C3	内部径向游隙大于常规值
C4	内部径向游隙大于C3
C5	内部径向游隙大于C4
E, ED	改进的内部结构
H40	轴承外圈无润滑槽或润滑孔
H40AB	调心滚子轴承内圈有6个润滑孔
H40AC	调心滚子轴承内圈有6个润滑孔和润滑槽
H40CA	调心滚子轴承外圈有6个润滑孔和润滑槽
H44S	外圈带润滑孔并用铝塞塞住
H44SA	带3个铝塞，用来塞住外圈上的润滑孔
H44SB	带6个铝塞，用来塞住内圈上的润滑孔（只与H40AC组合）
H88	内圈运转精度P5级，外圈P4级+J26C+M15NZ+外圈限定的宽度公差
H140	H40AC, H44SA, H44SB和T52BW的组合
H157	H40和H40AC+注油嘴的组合
J26A	径向跳动最大点标于内圈或套上
J26B	径向跳动最大点标于外圈
J26C	径向跳动最大点标于内圈和外圈
M	机加工黄铜保持架，滚子引导
MB	两片式机加工黄铜保持架，内圈引导
MB1	单片式机加工黄铜保持架，内圈引导
MB2	改进型两片式机加工黄铜保持架，内圈引导
M15NZ	带Talyrond图和系列号码的测量报告
M17D	内圈裂纹检验
T27	带凸面外径的圆柱滚子
T50H	限定的外径公差（上、下偏差皆为负值）
T52BW	内外圈P5的运转精度（+J26C）
W10A	外圈isotemp淬火
W10D	内外圈isotemp淬火
W209B	内圈由表面渗碳钢制成

常用组合：

C3.H40AB.T52BW
C3.H40AC.T52BW
C3.H140
C3.T52BW
C5.M17D.T27.W10A.W209B
C5.M17D.T27.W10D
H40AB.T52BW
H40AC.T52BW
H44S.T52BW

2 纸机轴承要求

当今用于生产纸张和纸板的造纸机非常庞大，其长度有时可达200米。纸机网宽10米，抄纸速度可达1800 m/min。纸幅经过大量的辊子，这些辊子都由滚动轴承支撑。如下图所示，纸机通常由下列相同的部分组成：
 湿部包括成型部和压榨部；干部；完成部包括压光机和卷纸机。

造纸机械对轴承配置的典型要求为：

- 极高的操作可靠性
- 易于安装
- 非对中的补偿
- 湿部要避免腐蚀
- 干部高温适应性
- 高速适应性
- 高品质与高精度的轴承

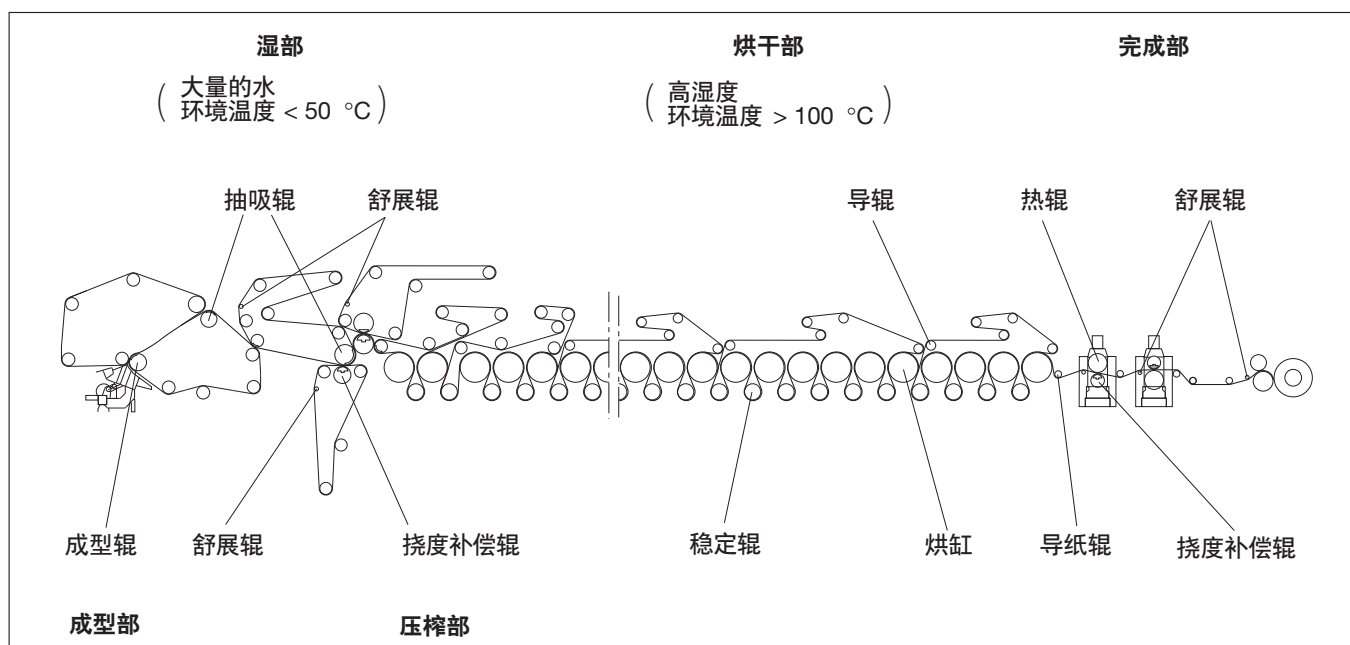
纸机应尽可能的连续不间断的工作，只有在计划内的维修时间才可停机。所以在轴承选择和配置时，极高的操作安全性和可靠性是最优先考虑的因素。润滑和维护保养轴承也同样重要，当然，维护保养包含对运转中的滚动轴承的诊断。当轴承需要更换时，为节约时间和金钱，安装和拆卸应易于进行。由于纸机尺寸和轴承间的距离，所以，纸机轴承必须能适应轴的不对中和长度变化。纸机湿部的周围环境湿度很高。为防止水分的渗透及腐蚀的发生，必须设计密封装置。湿气会严重地危害润滑并因此影响轴承的寿命。

另外，纸机干部的高工作温度和轴承的温度对轴承的设计及润滑提出更高的要求。

最后，当配置和选择轴承时，还必须考虑高速纸机的速度提升。

造纸机是根据客户的需求订做的、独一无二的生产线。它们不是像在其它领域一样成系列生产的。虽然如此，当设计轴承配置时，在相似组成及工作条件的纸机方面的实际经验还是非常有用的。

一条现代化纸机生产线



纸机轴承要求

纸机轴承配置实例

今天，调心滚子轴承在设计时占主导地位，特别在选用大、中型轴承时更是如此。大型圆柱滚子轴承也经常用于适应特殊工作条件和辊子的设计中。

造纸机生产线的附属设备（电机、齿轮箱、风机、剥皮机、磨木机、削片机、磨浆机、搅拌机/混搅机、涂布机、复卷机和切纸设备等）中也采用

其它类型的轴承。详见第4页和第5页列表。

造纸工业中，轴承的设计寿命要远远地长于其它工业设备的寿命，见5.1部分。

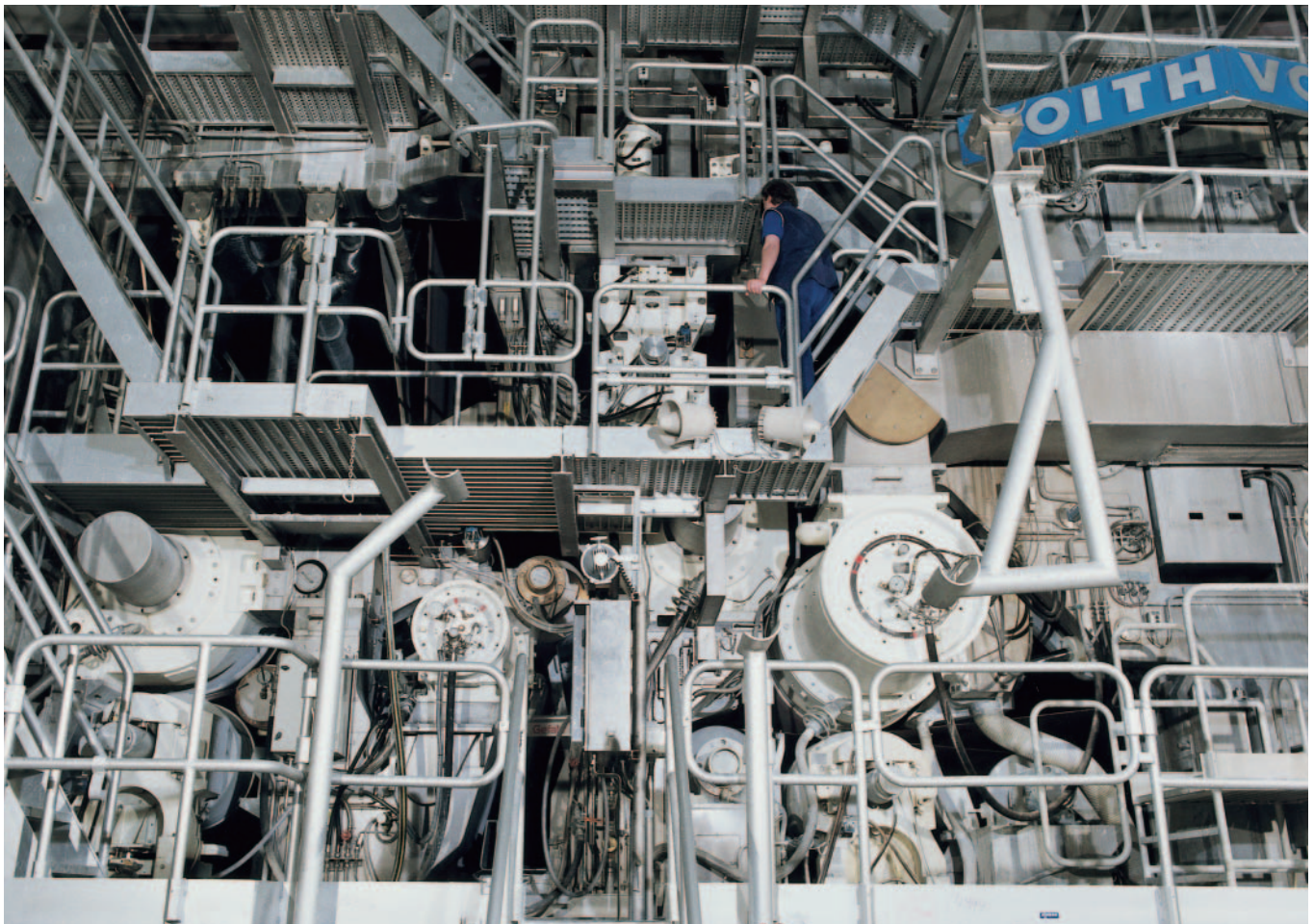
润滑能显著地影响轴承的寿命。在现代化纸机中，为提高运行可靠性和方便维护保养，所有轴承都被连接到循

环油系统。在老的纸机湿部（工作温度低）有时也用脂润滑。干部的绳轮、舒展辊、导辊有时也用脂润滑。见5.2部分。

在整个轴承工作期，高清洁度对轴承的寿命长短起决定作用。这就需要优良的密封可靠性，特别是防湿气的密封，及依辊子的类型而定的不同的密封设计方式。见第3部分。

3 纸机轴承配置实例

3.1 湿部



3.1.1 成型辊

在现代高速纸机中，成型辊是纸张（实际仍为纸浆状态）经过的第一个辊子。它脱掉大量的水分，并使保留的浆团形成湿纸页。成型辊由特殊的、防腐的缸体组成，长度可达10米。水分通过筒体表面上的小孔去除。水分首先被收集在位于辊子外侧的、类似蜂窝的孔中，旋转半圈后被抛入集水槽中。成形后的纸张经过抽吸辊传送到压榨部，在双合成网之间，纸页纤维中更多的水分被去除。

技术数据

辊子长度7120 mm；辊子直径1150 mm；转速 276 min^{-1} ；（速度1000 m/min）；辊子重量200 kN；网的张力5 kN/m。

轴承选型，尺寸确定

真空吸水箱直径决定了操作端轴承的尺寸。我们推荐额定动载荷尽可能小的轴承，以降低打滑的危险（见例3.1.2）。由于可能发生不对中，必须选用自调心轴承。

辊子重量，网的张力和转速是选定轴承尺寸的关键因素。

FAG调心滚子轴承的安装：22326ED.C3作为真空吸水箱的支撑轴承，操作端主轴承为23996K.MB。安装在带锥度的轴上的主轴承可用液压方式安装和拆卸。

传动端固定轴承提供辊子的轴向定位，同时，浮动轴承通过在轴承座孔中的外圈位移补偿长度变化。

加工公差

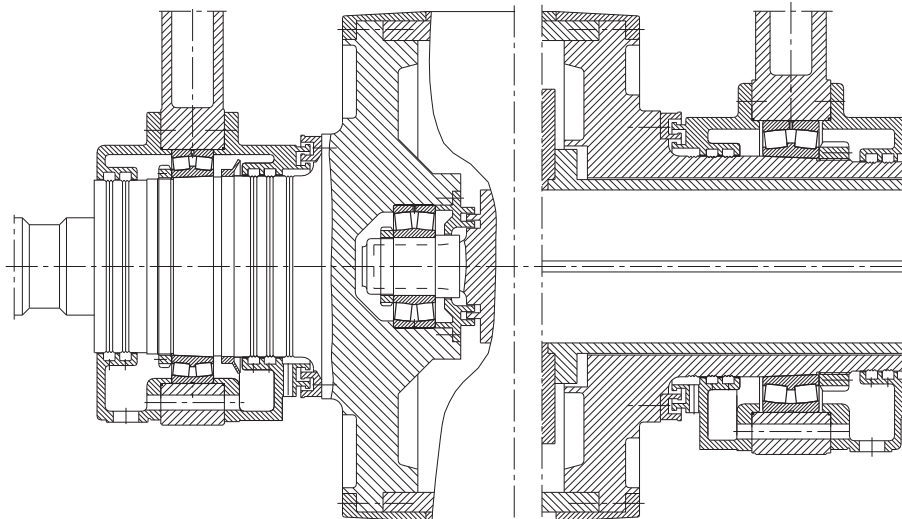
主轴承：圆周载荷要求内圈用紧配合；圆度公差IT5/2（DIN ISO1101）；锥角公差AT7（DIN7178）。因外圈承受载荷，轴承座孔G7。真空吸水箱轴承：轴承座孔N7（外圈承受圆周载荷），轴f6（内圈承受点载荷）。

润滑

循环油润滑，润滑油为有足够粘度的矿物油并含EP和具抗腐蚀性和油水分离性能的添加剂。最小油量见5.2.2。

密封

主轴承：多重的迷宫密封防止水分从外部，尤其是辊子侧面的浸入。真空吸水箱轴承：迷宫密封防止水分浸入（吸水箱侧面）。



纸机轴承配置实例

湿部

3.1.2 抽吸辊

抽吸辊用于纸机的网部或压榨部。它们是长达10米的中空辊，在辊子圆周表面布满了小孔。由于辊子外壳的旋转及辊子内部的真空作用，一部分水分从纸幅中脱去。真空箱，作为内部的轴，是固定不动的。在现代纸机中，辊壳由行星齿轮驱动。

技术数据

辊子长度7800 mm；辊子直径1600 mm；转速 278 min^{-1} ；（速度1400 m/min）；辊子重量270 kN；网的张力5 kN/m。

轴承选型，尺寸确定

真空箱的直径决定了轴承的尺寸。我们推荐额定动载荷尽可能小的轴承。较高的轴承载荷减少了打滑的危险（太低的载荷和不足的润滑可能导致滚动体在滚道上打滑）。

由于可能发生不对中，必须选用自调心轴承。

辊子重量，网的张力和转速是确定轴承尺寸的关键因素。

使用带锥度内孔（K1:12）和增大的径向游隙的FAG调心滚子轴承239/850K.MB.C3。由于运转精度的原因，轴承被直接安装在带锥度的轴上。液压方法可方便安装。

固定轴承为辊子提供了轴向定位，同时，浮动轴承通过在轴承座孔中的外圈位移补偿长度变化。

这两个轴承的额定寿命 $L_h > 100000 \text{ h}$ 。当工作温度为 60°C ，油粘度ISOVG68（粘度比 $\kappa > 2$ ，系数 $a_{23} = 2.2$ ）时，调整后的额定寿命计算值可达200000小时。

加工公差

内圈承受圆周载荷并附着在带锥度的轴上。

圆度公差IT5/2（DINISO1101）；锥角公差AT7（DIN7178）。

因外圈承受点载荷，轴承座孔G7。

润滑

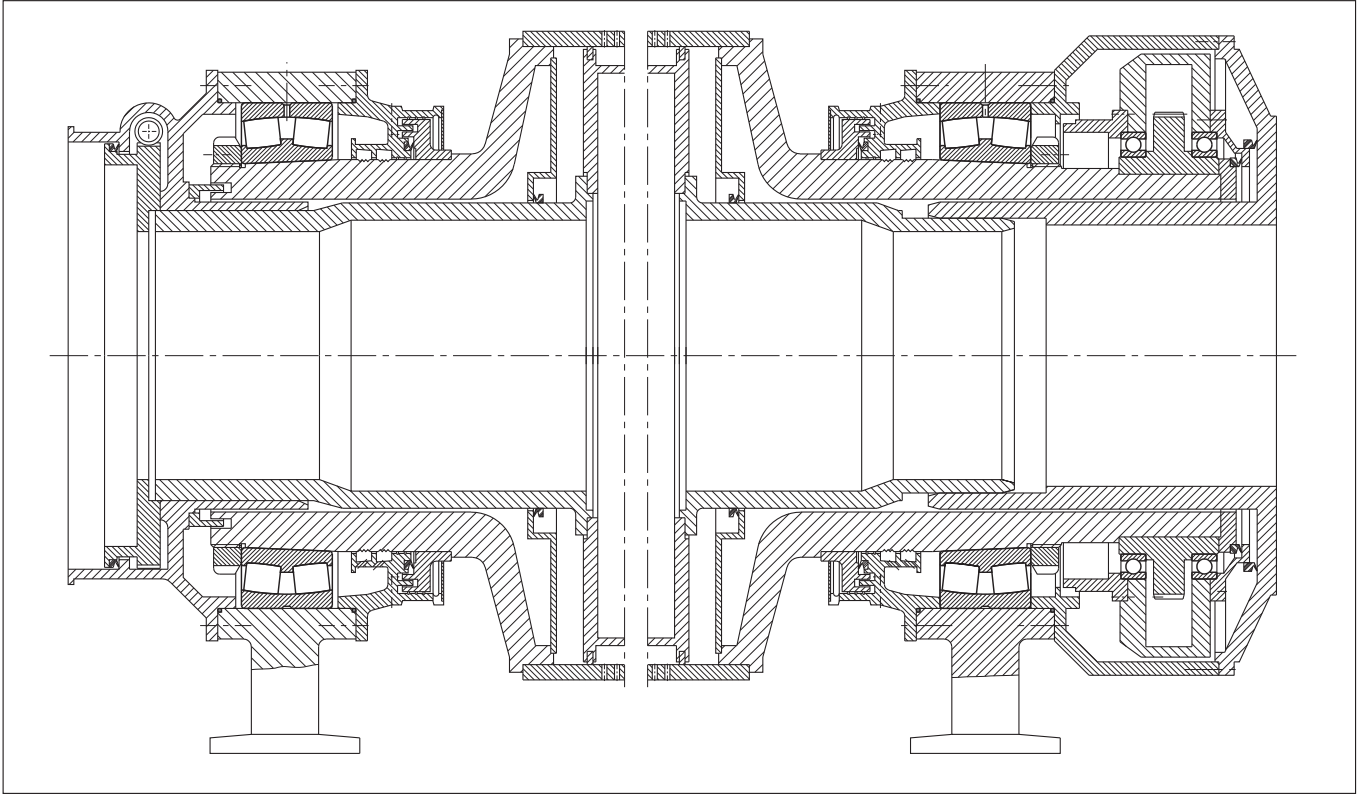
调心滚子轴承采用循环油润滑，最小流量为8 l/min。选用有足够粘度并含EP添加剂的矿物油。添加剂需有抗腐蚀性 and 水分离性能。将油直接供到轴承中心实现有效的润滑。

密封

任何逃出的润滑油通过甩油槽被收集到集油室并直接流回。在辊子一侧，一块挡油板和多重填满油脂的带V型密封圈的迷宫式密封防止了外部水分的浸入。

图片经维美德（Valmet）公司许可





纸机轴承配置实例

湿部

3.1.3 中心压榨辊

纸幅在毛布上通过压榨辊时，大量的水分被压出。在现代纸机的压榨部，一个或多个（抽吸）压榨辊压在中心压榨辊上。中心压榨辊是一个实心辊，由花岗岩/钢或带保护层的钢做成。

技术数据

辊子长度8800 mm；辊子直径1500 mm；纸速1450 m/min；辊子重量750kN；3个辊子的压力方向在30°、180°和210°。轴承温度约60 °C。直接驱动。

轴承选型，尺寸确定

由于径向载荷大且轴承位置间可能发生不对中，故选用承载能力强的调心滚子轴承231或232系列。因轴承座的高度受辊子直径限制，较低的轴承高度也是很重要的。

辊子重量和压榨辊的载荷分力合成了轴承载荷 $F_r = 300 \text{ kN}$ 。

安装FAG调心滚子轴承231/600K.MB.C3于辊子两侧。用液压方法直接安装圆锥孔轴承（锥度1:12）在带锥度的轴上。

操作侧的浮动轴承配置可以通过在轴承座上的外圈的移动来补偿辊子由于温度引起的长度变化。固定端轴承在传动侧。

轴承额定寿命 $L_h > 100\,000$ 小时，转速为 308 min^{-1} 。在润滑条件良好（粘度比 $\kappa \approx 3$ ，系数 $a_{2311} = 3$ ）和较高清洁度（污染指数 $V = 0.5$ ）时，调整后的额定寿命计算值可远大于 $L_{hna} > 100\,000$ 小时。

加工公差

内圈受圆周载荷并附着在带锥度的轴上。圆度公差IT5/2 (DINISO1101)；锥角公差AT7 (DIN7178)。因外圈承受载荷，轴承座孔G7。

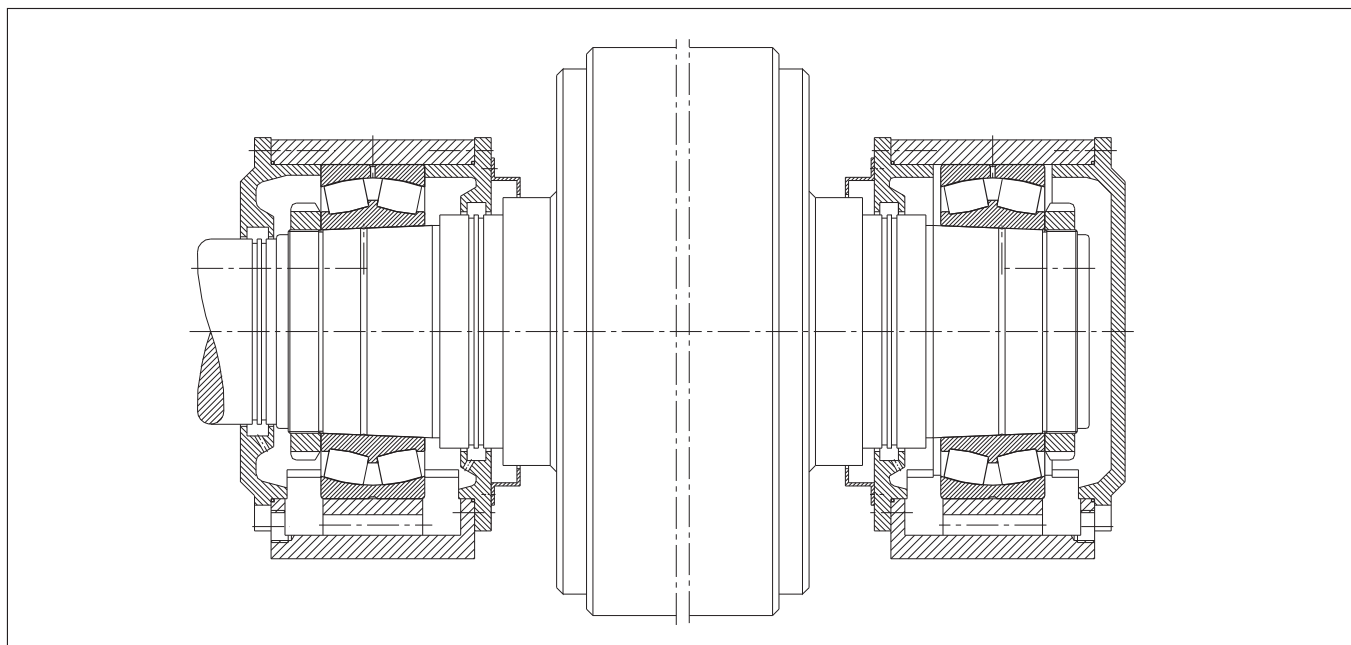
润滑

循环油润滑，（最小油量为7 l/min），润滑油为矿物油（ISOVG100）并含EP和抗腐蚀性及油水分离性能的添加剂。

将油直接供到轴承中心实现有效的润滑。润滑油通过集油室和连接孔回到轴承两侧。

密封

轴头上的甩油槽防止油通过轴承盖溢出。非接触和免维修的间隙式密封防止轴承受环境影响。



3.1.4 可控中高辊

在压榨部和压光部，可控中高辊保证了纸张横向厚度的均匀及连续的高质量表面。固定端轴承在传动侧。动力由齿轮与辊子壳体上的鼓形齿联轴器传递。

可控中高辊以很高的压力压在配对辊（压光辊）上。结果造成配对辊弯曲且辊壳外形发生变化。可控中高辊的壳体必须调整这种变形。

可控中高辊由一个固定的轴和旋转的壳体组成。可分别控制压力平衡的控制元件分布在轴上。它们以液压支撑着辊子壳体并有效调节。通过改变压力，辊壳象弯曲的配对辊一样变形，从而给予均匀的纸张厚度。

技术数据

辊子长度9300 mm；辊子直径1025 mm；辊子重量610 kN；壳体重量210 kN；压力700 kN；圆周速度1500 m/min（转速470 min⁻¹）；轴承温度55 °C。

轴承选型，尺寸确定

选用FAG调心滚子轴承23096MB.H140（额定动载荷C = 3800kN）。轴承寿命要求：大于100000小时。轴承在运转时仅起导向功能（带有压力并封闭压榨间隙）。

轴承有打滑的危险，应选用具有较低额定动载荷的239系列。

因旋转辊子壳体的旋转不精确会影响纸幅质量，所以轴承有减小的径向跳动（后缀T52BW作为H140的一部分）。

加工公差

因内圈有点载荷，轴承与轴配合f6。外圈圆周载荷，轴承外圈需紧配合（轴承座孔P6）。由于采用液压拆卸，外圈润滑孔被塞住。

润滑

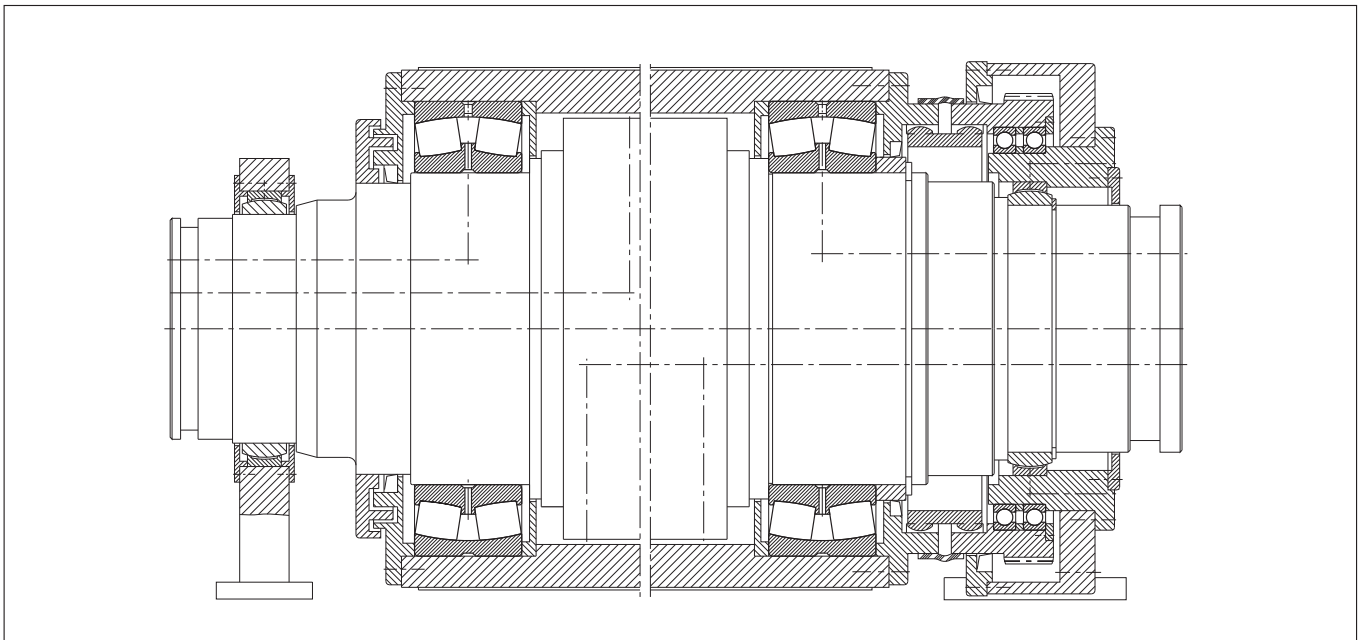
当对中对不准或可能产生打滑时，特别良好的润滑经常可提供承载的润滑油膜。轴承用可用于液压系统的润滑油（ISOVG150含EP添加剂）润滑。

在新的设计，特别是在热辊上的轴承，润滑油通过内圈上的油孔直接注入轴承的接触面。

在传动装置中，深沟球轴承有单独的油循环。

密封

轴承外侧由轴封密封。内侧有挡油板在轴承区域提供储油室。



纸机轴承配置实例

干部

3.2 干部

3.2.1 导辊图

导辊，如名所示，在纸机的湿部和干部对成形网和帆布起引导作用。湿部和干部的导辊都用相同的轴承。但润滑和密封因位置不同而不同。

在老纸机中，湿部通常用脂润滑，干部用油润滑。

在新纸机中，这两部分都用循环油润滑。因工作条件不同，湿部和干部要用各自独立的循环油润滑系统。

纸机越大，速度经常越高。基于此原因，轴承内圈带圆锥内孔并直接安装到带锥度的轴头上。

湿部

根据轴承在纸机位置的不同，它们要适应不同的湿度。水分不能浸入到轴承座内，尤其是在纸机高压清洗时。

干部

约95 °C高温的环境温度会引起轴的长度的较大变化，也对润滑提出严格要求。轴承的工作温度可高达115 °C。

技术数据

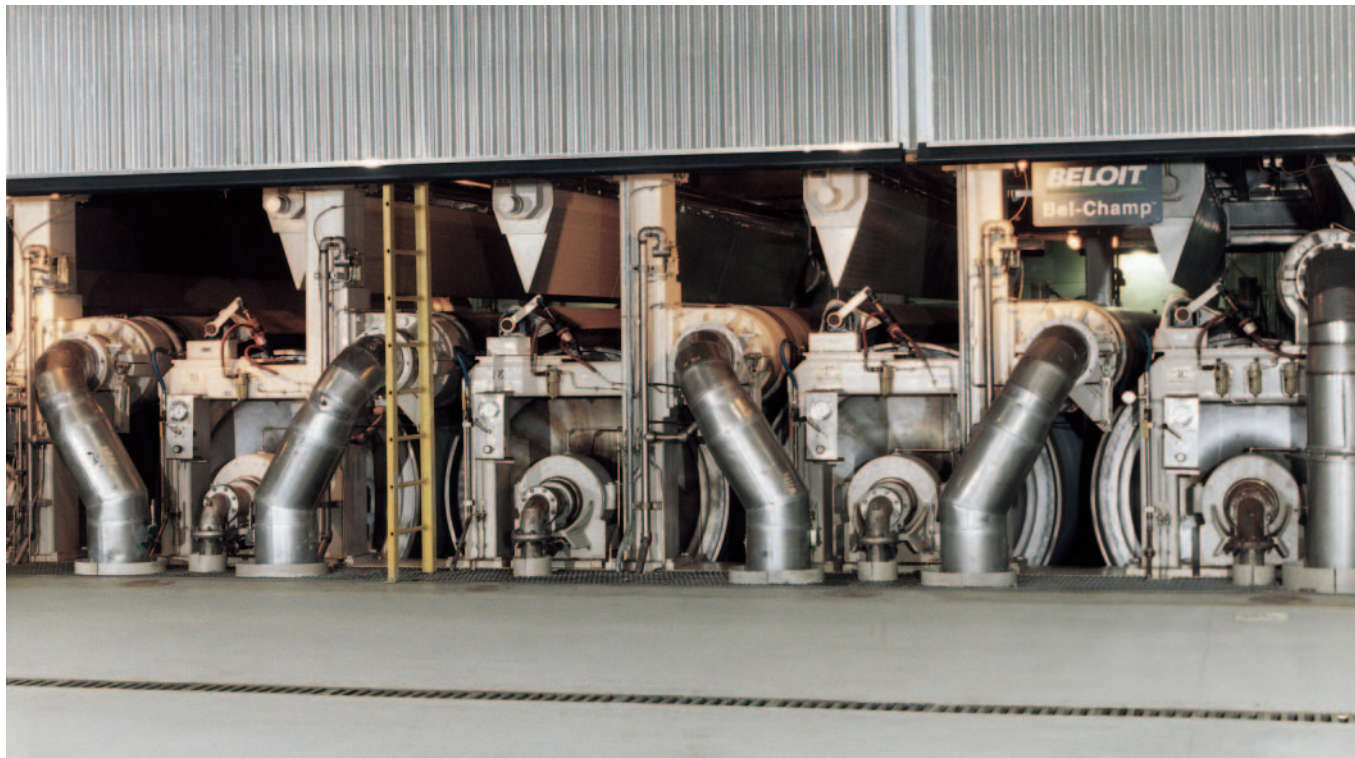
工作幅宽8800 mm；辊子直径700 mm；纸速1650 m/min ($n = 750 \text{ min}^{-1}$)；辊子重量 $F_G \approx 80 \text{ kN}$ ；网的张力1 kNm（张力强度 $F_z \approx 9 \text{ kN}$ ）；包角180°；轴承温度约105 °C。

轴承选型，尺寸确定

轴承应适应载荷并同时补偿不对中（不对中性，挠度）。因温度变化，加大的径向游隙C3是必要的。

选用安装FAG调心滚子轴承22330EDK.C3。

图片经Beloit公司许可



轴承载荷：

$$P = (F_G + F_z) / 2 = (80 + 9) / 2 = 44.5 \text{ kN}$$

轴头的直径取决于辊子所需的刚度。对应超过200 000小时的名义寿命 L_h ，额定动载荷系数 f_L 很高。对于给定的润滑条件，可达到更高的寿命。轴承座可为固定或游动位置，或可被侧向旋紧。设计用循环油润滑。

加工公差

内圈有圆周载荷并直接安装在带锥度的轴头上。轴头上有油槽以便于用液压方法安装和拆卸轴承。圆度公差IT5/2 (DINISO1101)；锥角公差AT7 (DIN7178)。轴承座孔为G7。

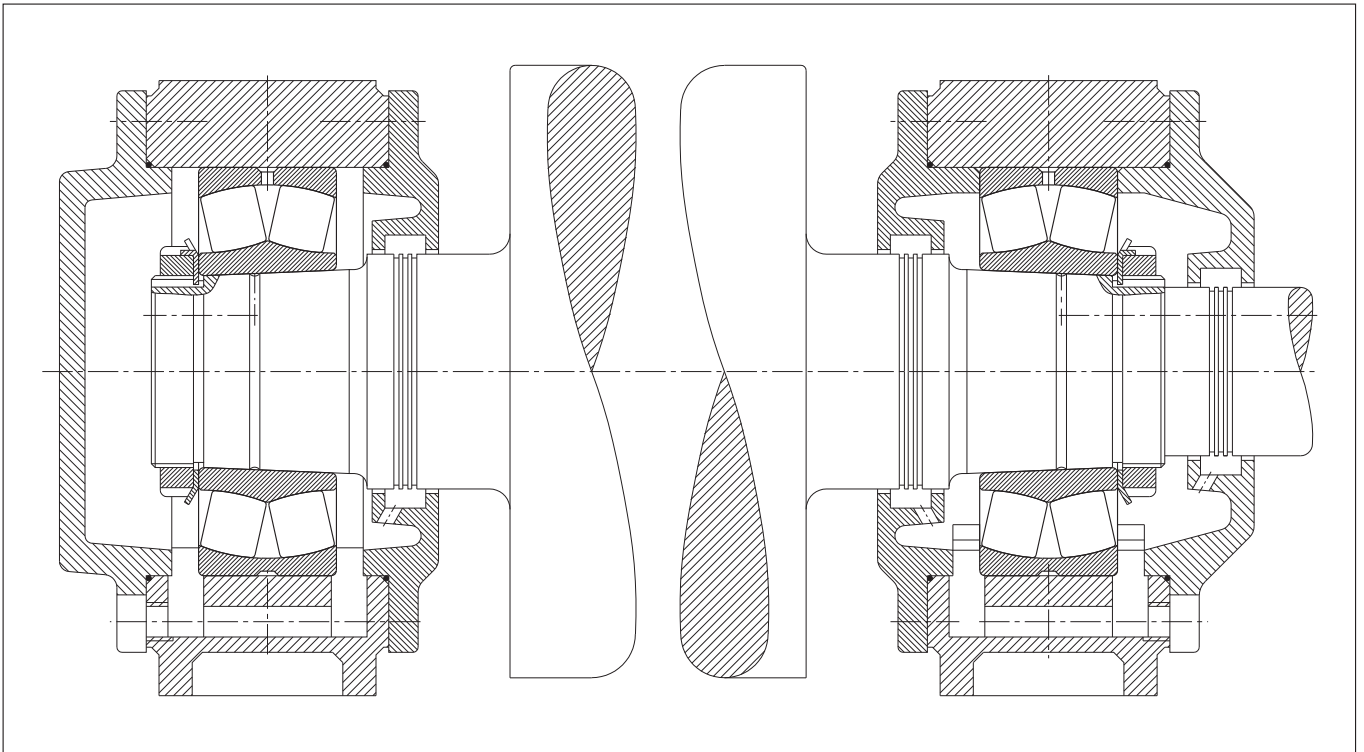
润滑

干部：见例3.2.2 (烘缸)，轴承直接连接到烘缸循环油系统。最小油流速0.9 l/min。

湿部：见例3.1.2 (抽吸辊) 和3.1.3 (中心压榨辊)，轴承直接连接到湿部辊子循环油系统。最小油流速0.5 l/min。

密封

非接触且免保养的间隙式密封，防止油从干部轴承盖端盖溢出。纸机湿部的轴承必须有可拆装的迷宫密封圈以防止水的浸入。剩余的油通过甩油槽被抛至集油室并直接返回。端盖密封 (O形圈) 使轴承座止漏油。



纸机轴承配置实例

干部

3.2.2 烘缸

纸幅剩余的水分在干部蒸发。纸张在许多被加热的烘缸上运转，烘缸被环形的烘干网（以前是烘干毛布）引导。烘缸由蒸汽加热（温度由纸张类型、纸张厚度、抄纸速度和烘缸数量决定）。加热蒸汽的高温被传到轴承配合面并相应地增加轴承应力。今天，有蒸汽流过的轴头被绝热以保持轴承的低温。

技术数据

工作幅宽5700 mm；辊子直径1800 mm；纸速1400 m/min（转速 248 min^{-1} ）；加热温度：165 °C（7 bar）；辊子重量90 kN。毛布的张力4.5 kNm；包角180 °C；环境温度低于烘缸罩内温度约95 °C；绝热的轴头内孔。

轴承选型

轴承载荷依据辊子重量，毛布张力和临时水填充量计算得到。浮动端轴承载荷是75 kN，考虑到驱动力，固定端轴承载荷是83 kN。在如此长的辊子中，烘缸的热膨胀导致了其长度的

较大变化。由于两轴承位置间的不对中，自调心轴承的使用尤为必要。

尺寸系列31的FAG自调心双列圆柱滚子轴承作为操作端的浮动轴承。它通过滚子在轴承内圈滚道的移动，补偿长度变化。利用其球形滑动表面，一个调心滑动轴承的座圈能够补偿由轴头不精确引起的不对中。一个双列自调心圆柱滚子轴承FAG 566487K.C5，外形尺寸200×340×112 mm被选用。传动端的固定轴承选用调心滚子轴承FAG23140BK.MB.C4。

加热阶段会导致内外圈最大约50 °C的温差，为了避免加热过程中的任何不利的预载荷，这两个轴承要有相近的操作游隙。调心滚子轴承有加大的径向游隙C4（260...340 μm），圆柱滚子轴承有加大的径向游隙C5（275...330 μm）。

两个轴承内孔皆为锥（K=1:12）并用液压方法直接安装到锥形轴头上。由于FAG自调心圆柱滚子轴承和调心滚子轴承有相同的外形尺寸，整体式PMD轴承座（FAGPMD3140AF或BF）可同时用于传动端和操作端。

由于运行温度较高，这两个轴承内圈都给予特殊热处理（恒温淬火），从而使它们的尺寸可在200 °C时仍保持稳定。

尺寸确定

烘缸轴承的寿命可达要求的修正寿命 $L_{hna} \geq 250\,000$ 小时。

润滑直接影响轴承的修正额定寿命。对于工作粘度为 $v \approx 16 \text{ mm}^2/\text{s}$ 的矿物油，在平均运行温度100 °C时，公称粘度为 $220 \text{ mm}^2/\text{s}$ （ISOVG220）。

额定粘度由速度和平均轴承直径 $d_m = (200 + 340)/2 = 270 \text{ mm}$ 得出 $v_1 = 25 \text{ mm}^2/\text{s}$ 。

粘度比为：

$$\kappa = v/v_1 = 16/25 = 0.64。$$

K=1时，调心滚子轴承系数为 $a_{23II} = 1.1$ 。

K=0时， $a_{23II} = 1.4$ 用于圆柱滚子轴承。

普通清洁度（清洁度系数 $s = 1$ ）下，系数 $a_{23} = a_{23II} \cdot s$ 对调心滚子轴承是1.1，对圆柱滚子轴承是1.4。

因此，这两个轴承可达到的修正寿命 $L_{hna} = a_1 \cdot a_{23} \cdot L_h$ 都超过250 000小时。

加工公差

内圈有圆周载荷并直接安装在带锥度的轴头上。轴头上有油槽以便于用液压方法安装和拆卸轴承。圆度公差IT 5/2（DINISO1101）；锥角公差AT7（DIN7178）。轴承座孔为G7。

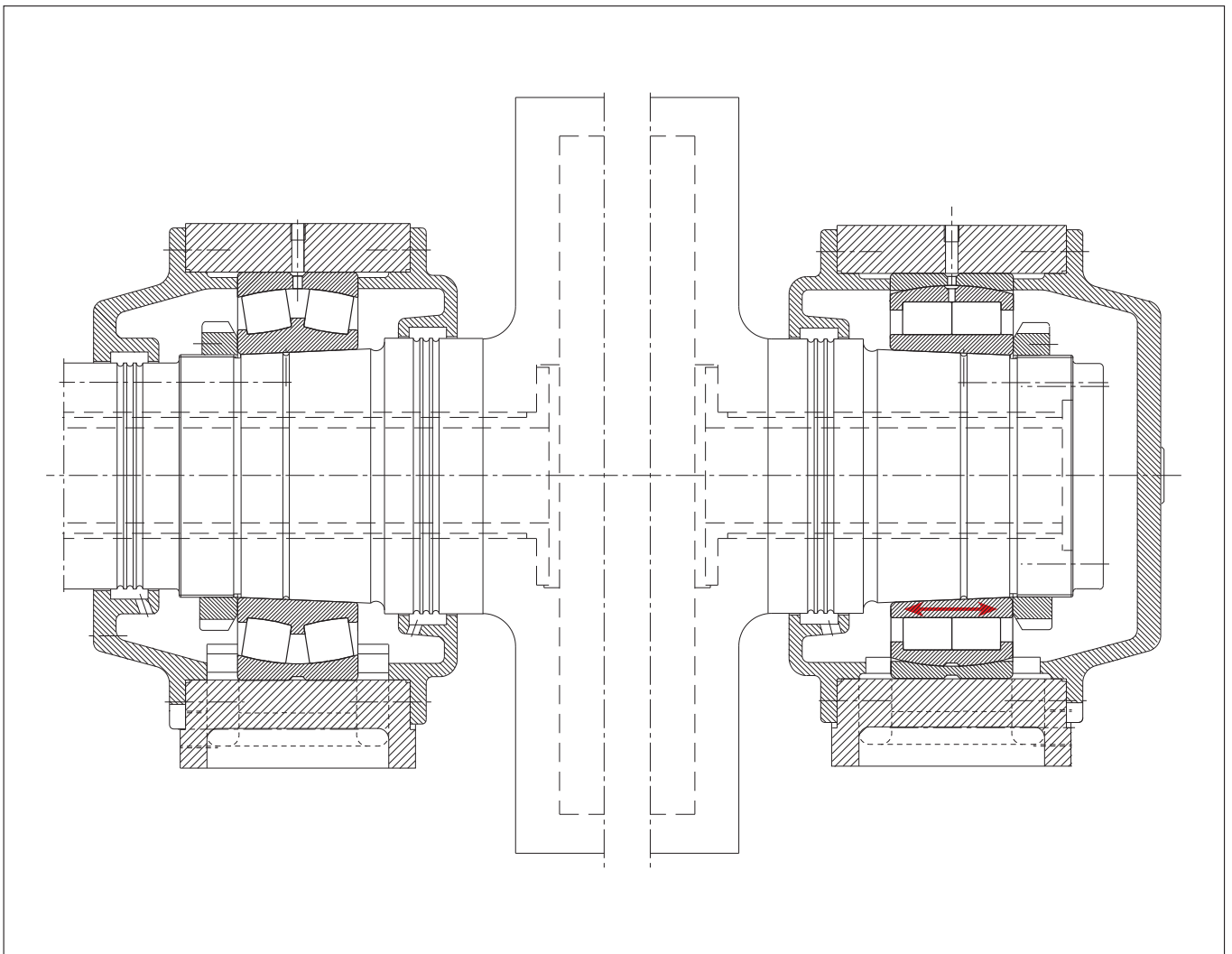
润滑

轴承座被连接到中心循环油系统，因此热量可被源源不断地从轴承带走。必须使用有高工作粘度、热稳定性良好的抗磨损能力、良好的水分离性能和高清洁度的高级矿物油ISOVG220或320。最小油量1.6 l/min。通过外圈的油槽、油孔直接供至轴承中心。

由于油从中心注入，油可以从轴承两侧流走。润滑油滞留及泄漏的危险性大大降低了。使用这种润滑方式，任何可能浸入轴承的污染物或磨损颗粒都立刻被冲走。

密封

轴头通道的密封用非接触、免保养的间隙式密封。剩余的油通过甩油槽被抛至集油室并通过回油孔回收到轴承座底面的两个油腔内。端盖密封（O形圈）使轴承座防止漏油。



纸机轴承配置实例

压光机与完成部

3.3 压光机与完成部

图片经Valmet许可



3.3.1 压光热辊

离开干部之后，纸幅经过所谓的压光机。软压光使纸幅表面光滑并因此增加了纸张的适印性。压光机由两对辊子组成。一个压光辊（钢制）位于一个对置的辊子上面。对置的辊子是可控中高辊（其表面包覆弹性材料）。软压光辊可用水、蒸汽、或油加热。压区压力依纸张类型而定。

技术数据

工作幅宽约7 m；转速 350 min^{-1} （速度 1100 m/min ）；油加热温度 200°C – 250°C ；绝热的轴头；轴承内圈工作温度约 130°C 。

轴承选型，尺寸确定

轴承径向载荷取决于压光辊是下辊还是上辊，辊子重量 F_G 和所加可变压力载荷的时间比率。

$$\begin{aligned} P_1 &= F_G + F_{\text{nip min}} = 600 \text{ kN} \\ P_2 &= F_G + F_{\text{nip med}} = 990 \text{ kN} \\ P_3 &= F_G + F_{\text{nip max}} = 1260 \text{ kN} \\ P_4 &= F_G - F_{\text{nip min}} = 60 \text{ kN} \\ P_5 &= F_G - F_{\text{nip med}} = 390 \text{ kN} \\ P_6 &= F_G - F_{\text{nip max}} = 720 \text{ kN} \end{aligned}$$

时间比率： P_1, P_4 ：各10%， P_2, P_3, P_5, P_6 ：各20%。

辊子重量和压区压力的和代表下辊受力，反之，它们的差代表了上辊受力。把最大载荷作为轴承设计依据将导致上辊轴承尺寸过大（当量动载荷 $P < 0.02 \cdot \text{额定动载荷} C$ ）。过低的载荷将导致打滑，从而加速了润滑不适情况下的轴承损坏。为避免此问题的

出现，应选一个有较小额定动载荷的较小轴承以使 $P/C > 0.02$ 。滚动体本身的重量减轻了，润滑油膜遭到破坏的风险随之降低。临界情况建议选择滚动体带涂层的轴承。

调心滚子轴承可同时符合承载能力与自对中要求。

轴承结构的高度受轴头直径和辊子外壳直径限制。可选用较宽的调心滚子轴承FAG 231/560AK.MB.C4.T52BW。

在给定的载荷及时间比率下，名义寿命 $L_h = 83\,000$ 小时。

用ISO VG 220的润滑油润滑，在 130°C 的工作温度时的粘度比 $\kappa = 0.71$ 。

用修正额定寿命计算轴承可达到的寿命 $L_{\text{hna}} > 100\,000$ 小时($f_{\text{S}^*} > 12$ ； $a_{2311} = 1.2$ ； $V = 0.5$ ； $s = 1.6$)。

因在加热过程中温差较大，考虑到不利的径向预载荷的危害，须选用大径向游隙C4。速度指数

$n \cdot d_m = 224\,000 \text{ min}^{-1}$ ，推荐旋转精度较高的轴承，后缀为T52BW。

加工公差

内圈有圆周载荷并紧配合在锥形轴头上。轴头上有油槽以便于用液压方法安装和拆卸轴承。

圆度公差

IT5/2 (DIN ISO 1101) ,

锥角公差

AT7 (DIN 7178) 。

轴承座孔为F7。

润滑

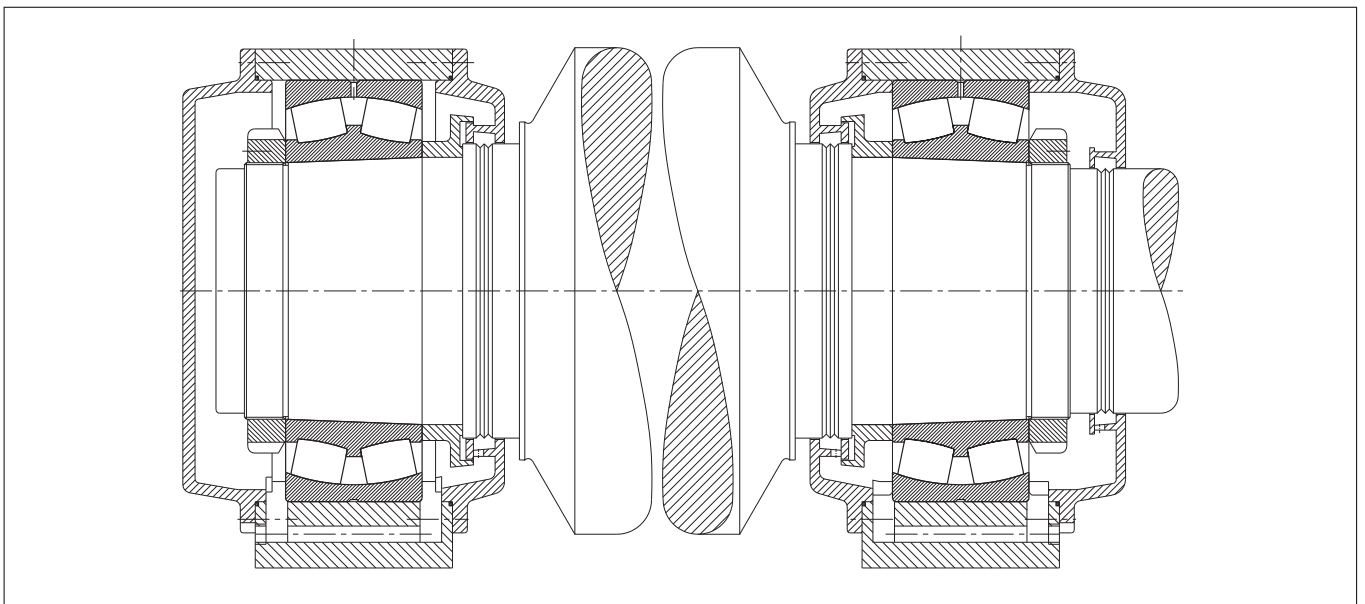
采用品质适宜并经过FAG的FE8实验测试过的合成油ISOVG220做循环油润滑。

通过供给轴承中心大量的润滑油可同时达到良好热扩散（最小油流速 12 l/min ）并降低油的热应力。任何污染物或磨损颗粒都立刻被冲走。润滑油通过集油室和连接孔回到轴承两侧。

密封

辊侧角环防止油从端盖逸出。剩余的润滑油通过甩油槽回流到集油室并直接返回。端盖密封（O形圈）使轴承座防止漏油。

图片经Voith公司许可



纸机轴承配置实例

压光机与完成部

3.3.2 舒展辊

纸幅在纸机上传动时，在纵向上易发生起皱、打褶现象。当纸幅经过时，舒展辊在横向上拽拉和扩张纸幅，展平纸幅任意位置的皱褶。舒展辊有一个能够在轴向上对称地弯曲的固定的轴，辊子壳体围绕该轴旋转。由多个管状部分组成辊子壳体，每个管状部分可自由旋转，并可自由倾斜。在这样的方式下，各个管状部分之间相互调节，使得轴的弯曲形状在辊子壳体的表面上被反映出来。根据应用的具体位置（湿部、干部、完成部/加工部）管状部分由不锈钢制成或再覆盖一层弹性涂层（如橡胶）。

技术数据

工作幅宽8300 mm，包括22个管状部分；每部分重量加上网或纸在30℃包角时的张力2 kN；从而每个轴承径向载荷仅为0.5 kN；辊子壳体转速1160 min⁻¹。
湿部工作温度40℃；在干部和带有红外烘干的完成部温度可达120℃。

轴承选型，尺寸确定

因外圈旋转，并这些管状部分部位在湿部、干部、完成部只由网和纸幅张力驱动，故轴承外圈需要特别平滑的运转。

如果其中任一轴承失效，就意味着整个舒展辊不得不完全拆卸，所以需要很高的运行可靠性。

选择FAG 61936.C3 深沟球轴承，对新的高速应用（ $n \cdot d_m$ 为 $0.6-1 \cdot 10^6 \text{ min}^{-1} \cdot \text{min}$ ），可选用带陶瓷球（复合轴承）的深沟球轴承。增大的径向游隙C3保证各管状部分间容易对中。因载荷较低，轴承额定寿命 L_h 可超过100 000小时。

加工公差

由于外圈随辊壳旋转，采用M6的配合，轴向用卡环固定。

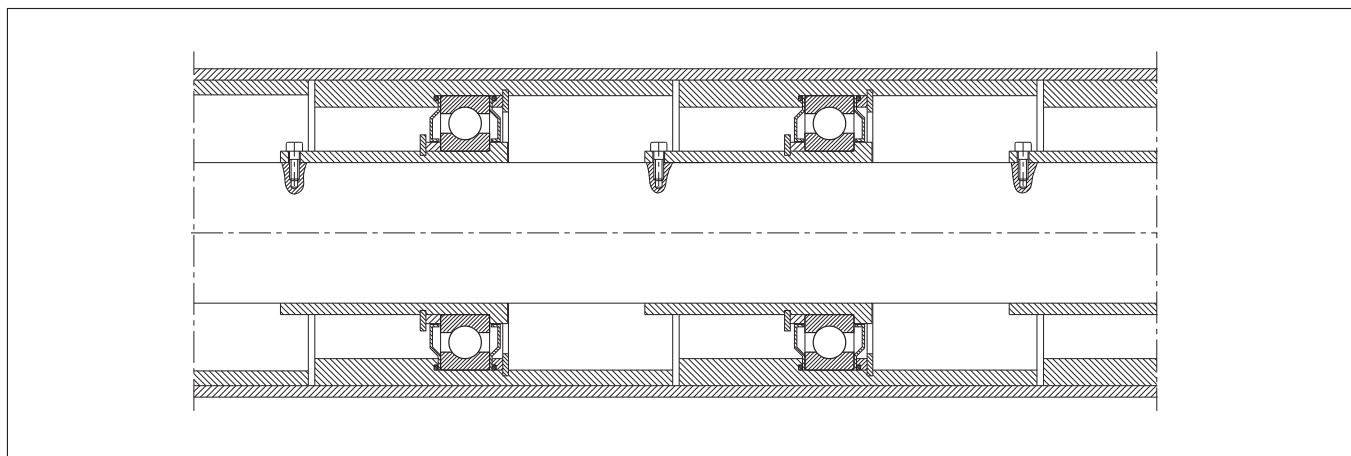
内圈承受点载荷并与轴套用h6配合。由于辊轴是弯曲的，同时为安装方便，轴套采用松配合，并用螺栓轴向定位。

润滑

轴承用脂做终生润滑，也就是说，不需要补充润滑脂。润滑脂的选择和填充量取决于平滑运转的要求，和5年的服务寿命（每年8000个工作小时）。低摩擦脂（如FAG Arcanol L75）对高速与低载的情况特别有利。

密封

因平滑运转要求，采用非接触式防尘盖。它们被粘在轴承两侧外圈上，因此从润滑脂离心的基础油不会溢出。O形圈提供了油的保持。



4 更高操作可靠性的FAG服务

FAG有一整套的维修设备与服务。即使安装和监测工作较困难时，用FAG的测量与安装装置，例如一些监测轴承状况的诊断设备，再加上FAG提供的安装与诊断的现场服务，这些工作都变得十分便利。

FAG的应用工程师提供有关滚动轴承技术各方面的咨询和培训。

4.1 滚动轴承的储存

为防止污染和灰尘，安装之前，滚动轴承应保存在原包装中。大型轴承，比如在纸机上看到的那种，应储存在隔离的干燥房间中，水平放置，并在四周均匀支撑。

滚动轴承的包装包含防锈剂，使轴承的性能可以长时间的保持。要确保选用的防锈剂与造纸工业常用的润滑剂具有相容性，并且安装前不需要清洗掉。

在储存期间，轴承不能接触任何具有侵蚀性的介质，比如汽油、雾、酸性烟雾剂、腐蚀性溶液和盐。为防止包装上产生较大温度变化，应避免太阳的直射。

在标准的储藏条件下，轴承可以储存5年。FAG提供特殊保护和旧轴承可用性的信息。

请参照目录WL41 520“FAG滚动轴承”，此目录上有关于储藏FAG滚动轴承和润滑脂的更详细的信息。

4.2 安装和拆卸 的准备

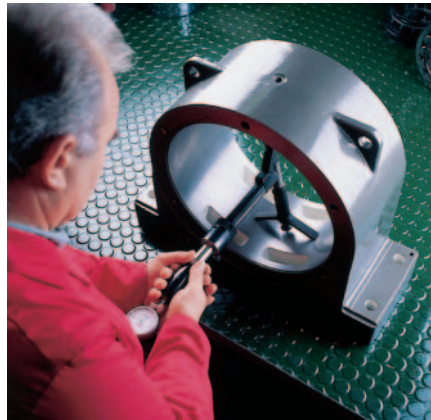
安装和拆卸滚动轴承必要的准备工作在FAG出版物WL80 100“滚动轴承的安装和拆卸”有详细的描述。

在打开包装前，所有的配件都应检验其尺寸和形状精度。

通常用一把外径千分尺检查大轴承的轴配合面。

用内径千分尺或孔测量装置检查轴承座孔。

用内径千分尺检查轴承座孔



FAG感应加热装置AWG 3,5



4.3 带圆柱孔或圆锥孔配合面的安装与拆卸

关于滚动轴承的安装与拆卸的一般信息在FAG出版物WL80 100“滚动轴承的安装和拆卸”中提供。

造纸工业中安装轴承通常用加热或液压的方法。

4.3.1 带圆柱配合面的安装与拆卸

安装：需要在圆柱轴上紧配合的轴承先被加热然后在轴上收缩。对大多数普通的配合（见4.4）80-100℃的温度已足够。为避免尺寸的变化与硬度的降低，最高加热温度不能超过120℃。

感应加热装置可以快速、洁净且安全地加热。FAG加热装置AWG3,5（也可对照T1NO.WL80-47）可适合于内径大于（等于）20 mm且不超过40 kg的轴承。

所有尺寸、类型的轴承都可在油池内加热。油池加热缺点：有意外事件的危险，油蒸气对环境的污染，热油的易燃性，轴承被污染的危险，处理废油的费用昂贵。加热后的轴承部件被快速、没有倾斜地移动到安装点。推进去以后，内圈被夹紧并控制住，一直到轴承冷却。

大型轴承通常用起重机运输。然后轴承被悬挂在一个安装钳上

拆卸：机械拉拔器或液压方法适合取出小轴承。

在拆卸期间，如没有供液压方法拆卸的油槽或油孔，紧急情况下，内圈只能用**轴承圈加热器**加热。当轴承对非整体加热和局部过热非常敏感时，必须特别小心。

轴承也可用**液压方法**从圆柱配合面上压下来（见4.3.2）。

更高操作可靠性的FAG服务

安装和拆卸

4.3.1带圆柱配合面的安装与拆卸

安装：如今的纸机滚动轴承大部分直接安装在带锥度的轴头上。大而宽的高速运转纸机需要高运转精度。直接配合由于只有两个配合面，具有明显的优点。

当运行精度要求不是很高时，可用紧定套或退卸套，它包含了四个配合面。

通过压内圈或在内圈和轴颈间压进紧定套，可以得到紧配合。由于内圈扩张而导致的径向游隙的缩减量可以显示是否达到一个合适的紧配合。

安装之前，首先要测量径向游隙。当压上时，径向游隙要不断被检测直到达到要求的数值。用测量轴向位移代替测量径向游隙缩减量也是可行的。

塞尺可以用来测径向游隙。当测调心滚子轴承游隙时，必须同时在两列滚子位置测径向游隙。只有当两列上的游隙值相同时，才可确定内圈的定位相对外圈没有倾斜。

因为内圈的变形，大调心滚子轴承（ $d > 500 \text{ mm}$ ）的径向游隙建议在3个点测量。见图解。

液压螺母被用来把大轴承压到锥形轴，或用来把退卸套压进。请参照出版物No.WL80 103“FAG液压螺母”。液压螺母被拧到轴颈螺纹或退卸套螺纹上。当增加油压时，螺母活塞把轴承压上锥形座面或把退卸套压入轴承内孔和轴颈之间。

如果不能用塞规测量径向游隙，可以使用FAG位移测量工具RKP.MG。把它锁到液压螺母的侧面。

液压方法大大地方便了安装，特别是拆卸内孔大于160 mm的轴承时。然而在结构中必须提供油槽、油孔及连接液压螺母的螺纹。详见FAG出版物WL80 102“如何用液压方法安装拆滚动轴承”。

安装时推荐用20 °C时粘度约为75 mm²/s的油（40 °C时公称粘度为32 mm²/s）。当轴承支撑面直接安装在锥度轴头上时，仅需少量的油。简单的低油量注油器足够了。

大规格紧定套或退卸套（HG或H设计，见目录WL41520）有液压装拆用注油口和油槽。在配合表面边缘的

油量损失会增加油量需求，因此必须使用油泵。

液压方法特别适用于大规格轴承的拆卸。一旦在轴承配合面形成连续油膜，在轴向力作用下，轴承内圈会一下子从轴颈上松开。为防止事故需提供轴向制动。

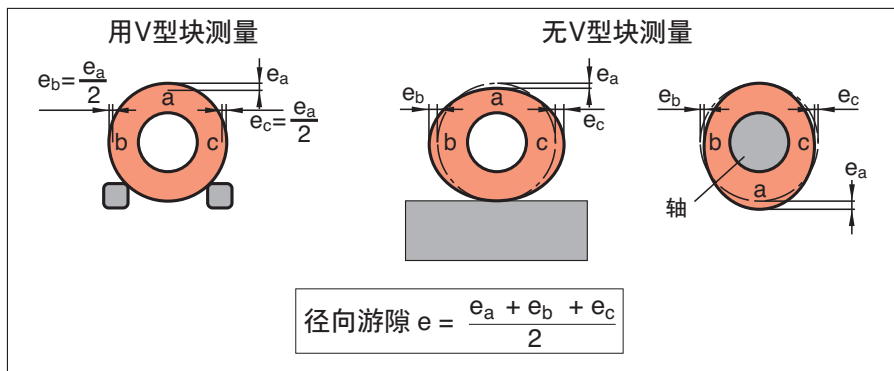
低油量简单注油器拆卸直接安装在锥度轴头上的轴承是足够的，而对于使用了退卸套的情况，必须使用液压泵。

拆卸时推荐20 °C时粘度为150 mm²/s的油（40 °C时公称粘度为46 mm²/s）。如果配合面被破坏了，则要用20 °C时粘度为1150 mm²/s（40 °C时公称粘度为320 mm²/s）的高粘度齿轮油。微动腐蚀可以通过在油中加入除锈添加剂的方式来解决。

液压螺母



测量大调心滚子轴承的径向游隙



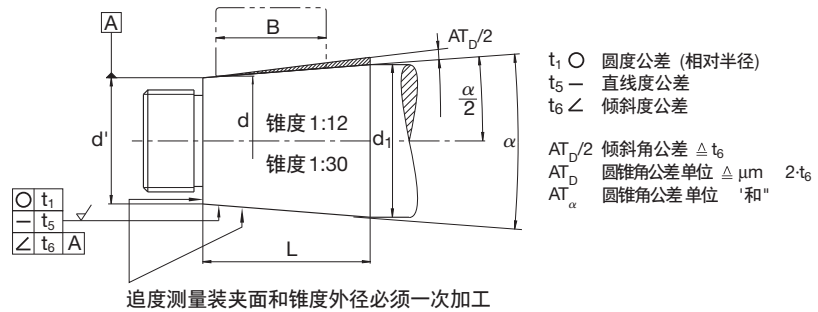
4.4 公差与配合

关于选用正确配合的一般指导请参照FAG样本WL 41 520。

G7的公差被普遍用于轴承座孔；例如，纸机轴承座系列PM30, PMD, PMDR和PMF都被加工成G7公差。

在圆锥轴头情况下，必须测定圆锥直径以便于轴承被压入后能配合在正确的点上。当测定圆锥直径时（参照尺寸为小端直径）必需考虑到内圈得到紧配合时的膨胀需要。内圈的径向膨胀减小了轴承的径向游隙。必须谨记，即便是实心钢轴，径向游隙的减小量也不会是锥形配合面的总的过盈量。如果是中空的轴或铸铁轴，膨胀量会更小。在这种情况下，圆锥的直径必须相应的增大。轴承的尺寸公差和轴的加工公差也必须考虑在内。轴向位移是基于圆锥小端直径与轴承内圈配合面上的距离变化。下表给出了推荐的尺寸和形状公差。

锥形轴头配合面公差



轴的直径		直径公差 k6		圆度公差 (IT5)/2 DIN ISO 1101	直线度公差
大于 mm	到	最小 μm	最大	μm	μm
80	120	+3	+25	7.5	6
120	180	+3	+28	9	8
180	250	+4	+33	10	10
250	315	+4	+36	11.5	12
315	400	+4	+40	12.5	13
400	500	+5	+45	13.5	15
500	630	0	+44	14.5	(17)
630	800	0	+50	16	(19)
800	1000	0	+56	18	(21)

(括号中的数值依照FAG公司规定)

圆锥角公差

轴的宽度 B 按照AT7 (DIN 7178) 圆锥角公差

大于 mm	到	AT _{α} 秒	AT _D μm
40	63	+65	0/+12.5...0/+20
63	100	+52	0/+16...0/+25
100	160	+41	0/+20...0/+32
160	250	+33	0/+25...0/+40
250	400	+26	0/+32...0/+50

更高操作可靠性的FAG服务

公差与配合

辊子轴颈的小端锥形直径的计算

$$d' = d + \Delta R \cdot 1/(d_m/h) \cdot 1/f_i \cdot w + G' + \Delta_{dmp}/2 + L \cdot 1/k \text{ [mm]}$$

- d 轴颈的小端圆锥直径 [mm]
- d 轴承公称内径 [mm]
- ΔR 径向游隙减少量的平均值 (表1) [mm]
- d_m/h 内圈的壁厚比率 (表2)
- $1/f_i$ 中空钢轴颈的修正系数 (图3) = 1 对实心轴
- w 不同轴颈材料的修正系数 (图4)
- G' 与直径相关的光滑度值 = $2 \cdot 0.6 \cdot R_z$ (表5) [mm]
- Δ_{dmp} 轴承公称内径的公差 (表6) [mm]
- L 轴承装配面与轴颈之间的距离 [mm]
(标准情形:轴承的装配面贴近轴颈表面,例如 L=0)
- $1/k$ 锥度比率 (锥度1:12为0.0833锥度1:30为0.0333)

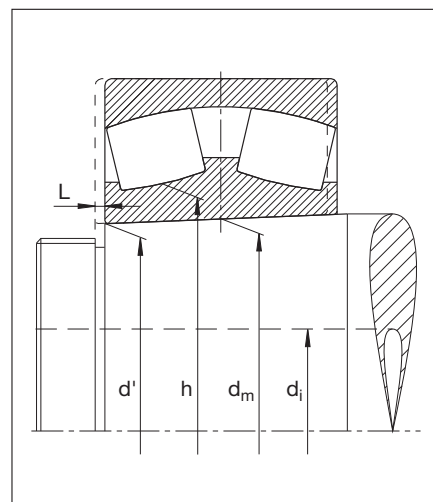


表1：径向游隙减少量 ΔR

孔的直径		径向游隙的减少量			
d	到	调心滚子轴承	圆柱滚子轴承		
大于	到	最小	最大	最小	最大
mm	mm	mm	mm	mm	mm
50	65	0.03	0.04	0.03	0.035
65	80	0.04	0.05	0.035	0.04
80	100	0.045	0.06	0.04	0.045
100	120	0.05	0.07	0.045	0.055
120	140	0.065	0.09	0.055	0.065
140	160	0.075	0.1	0.06	0.075
160	180	0.08	0.11	0.065	0.085
180	200	0.09	0.13	0.075	0.095
200	225	0.1	0.14	0.085	0.105
225	250	0.11	0.15	0.095	0.115
250	280	0.12	0.17	0.105	0.125
280	315	0.13	0.19	0.115	0.14
315	355	0.15	0.21	0.13	0.16
355	400	0.17	0.23	0.14	0.17
400	450	0.2	0.26	0.15	0.185
450	500	0.21	0.28	0.16	0.195
500	560	0.24	0.32	0.17	0.215
560	630	0.26	0.35	0.185	0.24
630	710	0.3	0.4	0.2	0.26
710	800	0.34	0.45	0.22	0.28
800	900	0.37	0.5	0.24	0.31
900	1000	0.41	0.55	0.26	0.34

表2：内圈的壁厚比率 ($d > 50 \text{ mm}$)

轴承系列	d_m/h
调心滚子轴承	
239	0.91
230	0.88
231	0.85
232	0.83
240	0.88
241	0.87
222	0.84
223	0.78
圆柱滚子轴承	
NU10	0.87
NU2	0.85
NU3	0.78
NU4	0.73
NU30	0.89

图3：中空轴（钢）的修正系数 $1/f_i$

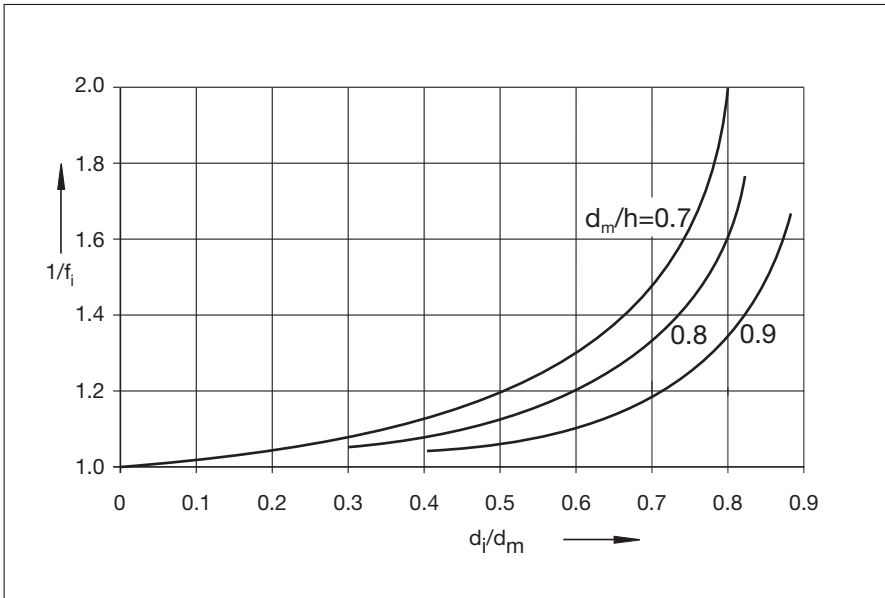


图4：不同材料的修正系数 w
CG = 灰铸铁；GGG = 球墨铸铁；St = 钢

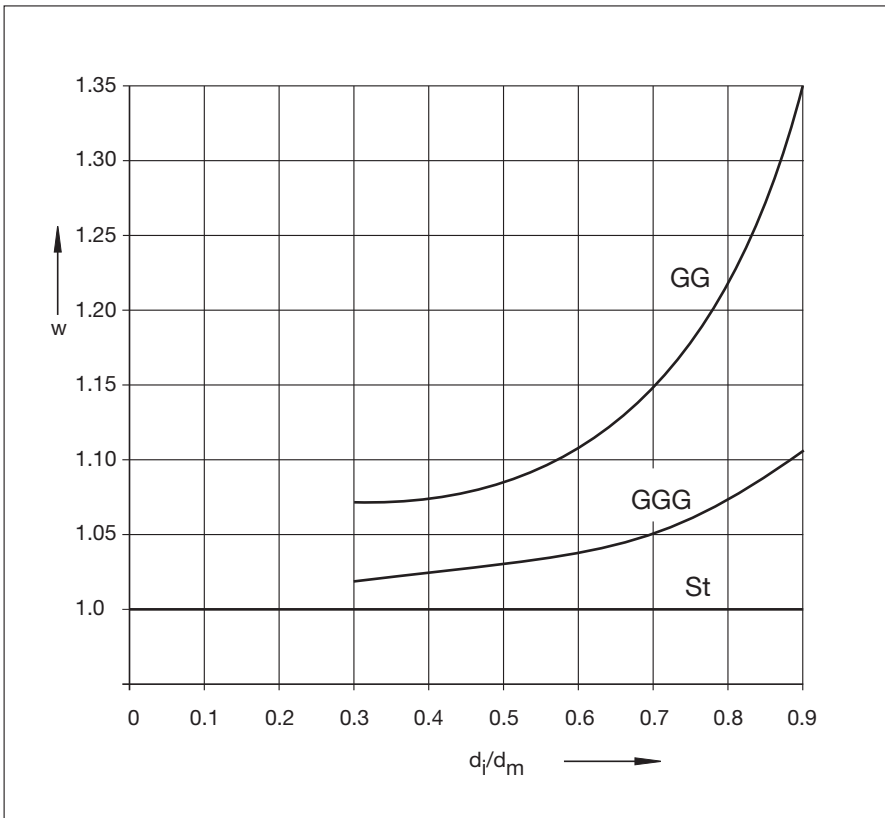


表5：与直径相关的光滑度值 G

机加工类型	光滑度 G' mm
抛光	0
精磨	0.001
磨削	0.0025
精车	0.005
一般精车	0.007

表6：轴承内径的公差 Δ_{dmp}

孔的直径 大于 到 mm		公差 μm
50	80	0/+30
80	120	0/+35
120	180	0/+40
180	250	0/+46
250	315	0/+52
315	400	0/+57
400	500	0/+63
500	630	0/+70
630	800	0/+80
800	1000	0/+90

更高操作可靠性的FAG服务

监测与分析轴承

4.5 监测和分析轴承

纸机滚动轴承必须被监测，以避免高维修费用和生产损失。只有根据轴承状况维修时，轴承的服务寿命和机器的利用率才最有效。然而，其前提是及时识别轴承的损坏，评估损坏程度和破坏发展。根据使用状况进行的维修意味着轴承可以在计划内的停机期被替换，从而避免不必要的停机。

4.5.1 FAG Detector 2000

FAG检测仪主要是为了监测纸机上的轴承，因轴承是纸机上所有的部件中最不希望出现问题的。

便携、节省费用的测量设备，只有8个按键，易于使用。

首先将加速度传感器附着到被测的轴承位置。一系列测量后，用来评估机器或配件状况的测量数据被传送到计算机，通过“FAG2000”软件，数据被破译、分析并以图表的方式显示出来。

对每一个测量点，软件将新的测量数据与该测量点的报警启动极限值进行

对比。如果其中有新测值超过极限，软件将显示出来。

随测量时间的新添加的值可以通过图表显示出来。

趋势分析能够帮助用户估计警报发生的时间。

关于检测仪2000的详细信息请咨询FAG。

4.5.2 FAG轴承分析仪2000

一个基于包络检测的有效的损坏诊断系统一直是FAG众多服务中的一项。操作者可以从FAG购买滚动轴承的分析仪，运用此设备，可以永久地监测您的生产线上轴承的状态。

滚动轴承损坏的第一个暗示信号是振动的变化。这些变化可被FAG滚动轴承分析仪采集并评估。这种便携、界面友好的振动分析仪根据长期得到证实的包络检测方法发挥作用。它诊断导致

噪音的各种损坏，例如：裂纹、点蚀、压坑或灰尘。连接到便携装置的加速度传感器可测量的振动可达20 kHz。

一旦当前的速度和轴承数据被输入，具有高可靠度的专家系统会评估这些数据并显示给使用者是否此轴承已被损坏。损坏的阶段越靠后（可通过趋势测量法来判定）在更换轴承前就必须越频繁地监测。

关于FAG轴承分析仪的详细信息请咨询FAG。

4.5.3 在线监测系统

FAG在线监测系统“VibroCheck”允许用PC对大量测量点连续监测。在轴承位置的振动传感器将信号传递到监测模块（VC模块）。这些信号通过PC被传递给纸厂的控制台或如果需要通过调制解调器传到FAG的服务站。当到达报警点时，专家系统自动做出诊断，此诊断同分析仪一样可靠（见4.5.2）。

FAG Detector 2000



FAG轴承分析仪2000



FAG在线监测“VibroCheck”

The screenshot shows the FAG VibroCheck software interface. The title bar reads 'Mein Einstellungen Optionen'. The main window title is 'FAG Vibro Check'. Below the title, it says 'Wälzlager- und Maschinenüberwachung'. The interface features a table with columns for 'Führerseite' and 'Triebseite'. The table lists various machine components and their status.

	Führerseite	Triebseite
Langtrieb- und Formierpartie		
Presspartie		
Trockengruppe 1A		
Trockengruppe 1B		
Trockengruppe 2		
Trockengruppe 3		
Leitpresse		
Trockengruppe 4		
Trockengruppe 5		
Schlufgruppe		
Histogramme		

4.5.4 轴承分析

当一个损坏的轴承从机器上拆下来，我们必须弄清损坏的原因以避免将来更多失效的可能性。

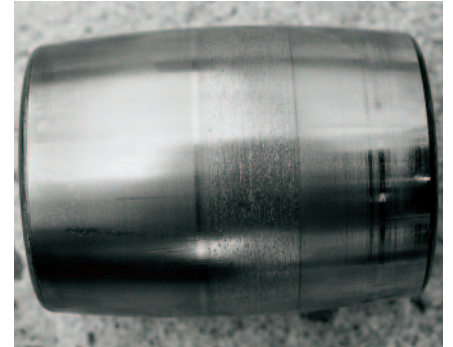
如果损坏原因既不能被纸机操作者判断，也不能被FAG现场代表判断，那么该轴承应送回FAG去检查。当送回损坏的轴承时，需提供下列数据：

压力抛光，初步磨损，位于调心滚子轴承外圈滚道。原因：润滑油中水的含量太高。



1. 公司 名称、地址、部门
2. 应用
- 2.1 机器
- 2.2 确切的安装位置 (如:导辊、干部、固定或游动轴承)
- 2.3 纸机制造商
- 2.4 服务周期
- 2.5 纸机数据 (产品、长度、幅宽)
- 2.6 以前在此位置的轴承失效的数量
3. 工作条件
 - 辊子直径
 - 抄纸速度
 - 辊子长度
 - 转速
 - 径向 (轴向) 载荷
 - 每日运转时间
 - 润滑 (类型、油型号、脂型号、润滑量、再润滑周期)
 - 轴承位置图 (配合、密封等)
4. 轴承
 - 型号 (带所有后缀)
 - 至失效的使用时间 (何时安装?)
 - 谁安装?
 - 损坏轴承的外观 (内圈、外圈、滚子、保持架等) 尽量提供照片、草图
 - 轴承损坏是如何知道的?

打滑损伤，位于调心滚子轴承的球面滚子上；安装在抽吸辊上。原因：载荷太低且润滑脂不合适



静态腐蚀，位于调心滚子轴承外圈滚道上。原因：润滑脂中水的含量太高。



关于失效分析和使用过的轴承的检查的详细资料，请阅FAG出版物“滚动轴承失效”，出版号WL 82 102。

更高操作可靠性的FAG服务

PC程序 · 安装服务 · 培训

4.6 计算和设计滚动轴承的PC程序

增加轴承操作可靠性的努力早在轴承安装之前就开始了。选择正确的轴承总是第一步。

使用**FAG样本 (CD版)**选择和计算轴承比使用印刷版更有效率。使用者有完整的咨询系统，此系统可引导操作者(适用Windows用户)进入供定购的FAG标准轴承清单。名义寿命与修正寿命都可以计算，同时还可以计算许用速度、振荡频率(对轴承诊断很重要)、热平衡和润滑需要的油量。

在CD ROM上的样本2.0版，所选轴承的DXF文件能够转换成CAD图形程序。带有轴承表格的完整页面可以打印，性能数据、尺寸规划和单个轴承的安装尺寸也可以打印。

FAG也提供许多特殊的计算程序。例如可计算下列项目：

- 轴承游隙的变化
- 轴承的弹性及刚度
- 轴弯曲

详情请阅在PC程序上的
TI No.WL49-41。

4.7 FAG安装服务

如有要求，FAG装配/服务工程师可安装所有的造纸工业轴承，检查配合部件(轴颈、轴承座)，轴承安装运行不畅时寻找缺陷，拆卸轴承，培训维护保养人员并提供关于安装程序中的合理化测量建议。装配/服务工程师也对选择合适的工具、演示设备和工作流程提供帮助。

4.8 FAG培训课程

良好的技术知识可帮助提高轴承的使用寿命并防止损坏。

许多年来，FAG一直提供关于滚动轴承的实践训练、课程和研讨会。这些培训可在FAG、FAG分销合作伙伴或直接在纸厂里进行。因参与者能节省旅行费用和来回时间，现场研讨会更具有优势。

针对纸厂的培训内容：

- 轴承基础研讨会
- 安装与拆卸培训
- 润滑指导
- 失效分析研讨会
- 为客户定做的研讨会

FAG培训



FAG开发了具有交互式指导程序的软件**W.L.S.**，可供用户在计算机上单独学习。这个学习系统传递了关于不同种类滚动轴承的坚实的基本知识、编码系统、轴承安装和防止轴承损坏的信息。这种对话式的学习程序越来越多地将个人培训和远程培训考虑在内。完整的软件包适合那些与轴承有关的人，如采购或物料管理、设计、开发或维护保养人员。

FAG滚动轴承学习系统W.L.S



FAG也提供各种关于培训、使用说明及服务的录像带，如：

- 安装与拆卸滚动轴承
- 用液压方法装拆大型轴承
- 装配大型轴承用的感应加热装置
- 用FAG剖分式调心滚子轴承222SM替换其它轴承

欲查更多录像带信息，请参阅
TI No.WL00-11。

4.9 其它FAG出版物的选择

目录

WL 41520 FAG滚动轴承

出版编号

WL 13 111 纸机烘缸/光滑大烘缸/导辊用自调心圆柱滚子轴承
WL 13 112 造纸行业的合作伙伴
WL 13 501 纸机光滑大烘缸用轴承配置
WL 13 502 磨木机用FAG调心滚子轴承
WL 13 503 FAGE级调心滚子轴承用于纸机烘干部的导毯辊
WL 13 504 纸机完成部的产能得到提高
WL 13 505 FAG圆柱滚子轴承用于磨浆机的轴承配置
WL 13 506 卫生纸机皱纹缸用轴承
WL 13 507 通过将普通烘缸轴承转化为FAG轴承提高造纸量的产出
WL 13 508 FAG剖分式烘缸轴承减少了纸机更换轴承的停机时间
WL 13 509 纸机舒展辊用FAG深沟球轴承
WL 13 510 通过将纸机烘缸滑动轴承转换为滚动轴承来降低能耗
WL 13 511 烘缸滚动轴承已在芬兰的某板纸厂可靠运行超过10年
WL 13 512 在纸厂搅拌机中应用FAG剖分式调心滚子轴承减少停机时间
WL 13 513 用于舒展辊的FAG复合轴承
WL 13 514 FAG自调心球轴承在压光机飞辊中的应用
WL 43 165 FAG剖分式调心滚子轴承
WL 80 100 滚动轴承的安装和拆卸
WL 80 102 如何用液压方法拆装滚动轴承
WL 80 103 FAG液压螺母
WL 80 137 用FAG诊测仪诊断滚动轴承
WL 80 141 用FAG分析仪诊断滚动轴承
WL 80 151 大滚子轴承的维修服务
WL 81 115 滚动轴承润滑
WL 82 102 滚动轴承失效

TI号.

WL 13-1 纸机烘缸轴承座
WL 13-2 纸机导辊中的PMF轴承座
WL 43-1192 造纸行业FAG三环轴承
WL 49-41 PC计算程序
WL 62-1 舍弗勒集团的涂层轴承
WL 80-14 安装和拆卸锥孔调心滚子轴承
WL 80-46 FAG加压装置
WL 80-47 安装滚动轴承的加热装置
WL 80-48 FAG机械拉拔器

滚动轴承的选型和润滑

尺寸确定

5 滚动轴承的选型和润滑

烘缸轴承（内圈）工作温度的参考值
请看31页的图。

5.1 轴承尺寸确定

通过轴承的尺寸计算来检查轴承是否符合寿命及节省费用的要求。动应力是纸机轴承选择的基本依据。这类轴承的内、外圈有相对旋转。

动应力轴承的名义寿命 L_h 的计算，详见WL 41 520“FAG滚动轴承”。在该计算中，只考虑了工作状态中的载荷与速度。然而，轴承可达到的寿命还有许多其它影响因素。

基于DIN ISO 281修正寿命的计算，FAG开发了可达寿命 L_{hna} 的精确计算程序，其中工作状况特别是在润滑间隙的清洁度效果，能用数字表达出来计算可达寿命的程序在FAG样本WL 41 520中描述。

尺寸确定的推荐值

可达寿命 L_{hna} 推荐值在下列表中按不同纸机或相关设备的装配位置列出。为方便比较，额定寿命值 L_h 也被列出。他们大体与TAPPI（制浆造纸工业技术协会，美国）的推荐值吻合。例如，FAG推荐烘缸轴承的额定寿命 L_h 为285 000小时。对老式非绝热轴颈轴承配置，当参数 $a_{23} = 0.35$ 时，可达到的寿命 L_{hna} 约100 000小时。在现在纸机中，标准的绝热轴颈 L_{hna} 值期望大于250 000小时，这是个相当高的寿命。

与此形成对比的是，湿部的轴承寿命期望值低于15年，并且在此之内的寿命很普遍。

在设计时，要重点考虑烘缸工作速度的巨大差异。板纸机速度一般低于800 m/min，而新闻纸纸机速度高达1800 m/min。

我们推荐用最高载荷计算辊子的 L_h ，并考虑设计速度 (n_D) 及当量动载荷 P (见31页)。

在计算 L_{hna} 值时，应考虑实际的工作速度和最低的粘度比 κ 。

纸机滚动轴承尺寸确定的推荐值

应用	达到的寿命 L_{hna} ^{*)} h	years ^{**)}
湿部		
成形辊, 抽吸辊, 导辊, 压榨辊	> 100 000	> 12
干部 (基本要求: $L_h > 100\ 000$ 小时)		
导辊	> 120 000	> 15
烘缸	> 250 000	> 30
光滑大烘缸	> 350 000	> 45
其它部件		
压光机, 抛光辊, 卷纸轴轴承	> 80 000	> 10
可控中高辊	> 80 000	> 10
磨浆机 散浆机	> 80 000	> 10

*) 计算中 $a_{23} = a_{23II}$ ，也就是在普通清洁环境下 $s = 1$ 。

**) 每年运行8 000小时

纸机轴承的当量动载荷P

G 辊子/缸的重量 [kN]

F_2 毛毯/网的张力 [kN]
在180°C包角时

$f_1 = 1.055$ 用于烘缸和光滑大烘缸/
杨克烘缸内暂时填充的冷凝水

$f_2 = 1.1$ 用于固定端轴承
(驱动、倾斜的毛毯或网的拉
力) 承受的轴向力不明确时

烘缸/光滑大烘缸/杨克烘缸操作端：

$$P = (G/2 + F_2) \cdot f_1$$

附加：由相关压榨辊压力释放引
起的光滑大烘缸/杨克烘缸的浮动
轴承的调心滚子的轴向力和来自
蒸汽接头的力

烘缸/光滑大烘缸/杨克烘缸驱动端：

$$P = (G/2 + F_2) \cdot f_1 \cdot f_2$$

附加：来自传动的径向力,蒸汽接
头的力和浮动轴承的轴向力

导辊

$$P = (G/2 + F_2) \cdot f_2$$

抽吸辊：

$$P = (G/2 + F_2) \cdot f_2$$

附加：由于真空箱的负压造成的
力, 卸载或加载

压榨辊/压力辊：

$$P = (G/2 + F_2) \cdot f_2$$

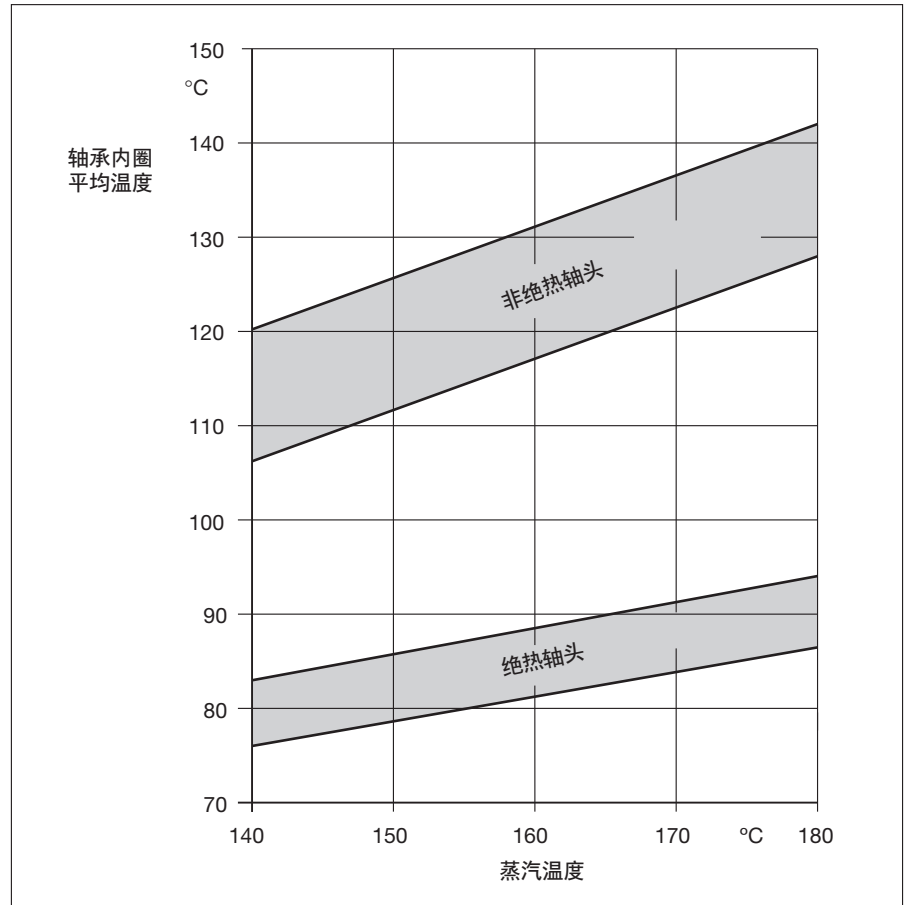
附加：由其它辊子/缸造成的力,
卸载或加载

压光机辊子：

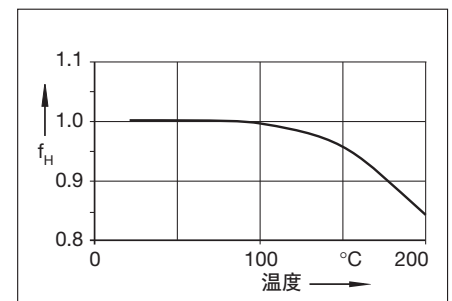
$$P = G/2 + F_{Nip}/2$$

附加：应用位置,
时间和载荷份额 (也可参看3.3.1
章节)

烘缸轴承温度的参考值,适用于常用的调心滚子轴承尺寸,最小润滑油流量
(见 5.2.2), 依据蒸汽温度和是否绝热 (蒸汽温度/蒸汽压力相互关系见
6.1.3和6.1.4)



工作温度影响铬钢轴承额定载荷的修正系数 f_H



硬度降低的修正系数

在工作温度大于100°C时,额定动载
荷C必须乘上 f_H , 根据标准, 造纸机
中的轴承热处理到S1级。

滚动轴承的选型和润滑

润滑

5.2 滚动轴承的润滑

因工作状况不同，不同部位的轴承的润滑要求存在着很大的差异。基于此原因，我们在第3章节讲述了各种条件下的润滑。在本节中仅对纸机轴承润滑作一般介绍。详细的轴承润滑资料请参照FAG出版物WL 81 115“滚动轴承润滑”。

轴承的载荷，速度、工作温度以及环境条件和操作可靠性决定了润滑系统的选择。结果就是，在现代纸机中普遍选择循环油润滑系统，而脂润滑很少被采用。

为计算轴承效率的损失，有时要做热平衡计算（见出版物WL 81 115）。此计算的正确程度取决于以前操作数据和热流动状况的对应值的知识。

5.2.1 脂润滑

脂润滑适用于中小轴承且速度和载荷不高的情况。脂润滑特别适合结构简单的部位，并提供密封作用。维护亦很方便。停机时补充的润滑脂会延长轴承剩余的服务寿命。脂润滑主要用于纸机湿部，其温度较低且要密封以防止水和污染物。

在干部，温度高且轴承应力巨大，用脂润滑是个例外。

油脂选择

你可以在FAG出版物WL81 115中找到选择轴承油脂的准则。除参照油脂供应商提供的油脂特性数据以外，油脂应用领域的经验也相当重要。因此，FAG对纸机湿部和干部分别提供了润滑脂技术要求的概况。你可以通过咨询FAG得到FAG更新的油脂推荐清单。

纸机轴承脂润滑的一般推荐（湿部和干部）

- 油脂选用参照FAG要求（见33）
- 油脂直接供给（例：调心滚子轴承通过内、外圈润滑油槽、油孔）
- 依据环境要求，每周或每月补充润滑脂
- 润滑脂补充量根据FAG出版物WL81 115/4，38页
 $m_1 = 0.002 \cdot D \cdot B$ [g]人工润滑
 $m_2 = 1 \cdot [\pi/4 \cdot B \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-9} - G/7800]$ [kg/h]润滑脂自动供应系统

式中

D 轴承外径 [mm]
B 轴承宽度 [mm]
d 轴承内径 [mm]
G 轴承重量 [kg]

- 轴承两侧油脂的清除
- 停机前后充足的再润滑
- 即使油脂间可兼容，也尽量避免混合
- 安装的供油管路
- 防止供油管受热

湿部轴承润滑脂要求：

- 优异的防水性能
- 良好的密封性能
- 良好的抗腐蚀性
- 易于油膜形成
- 良好的与橡胶、塑料的兼容性
- 多金属兼容性
- 抗氧化性
- 即使具有复杂运动的众多轴承类型，通过选定的增稠剂与EP添加剂也可达到良好润滑
- 高清洁度
- 在中心润滑系统中的良好传送性能
(油和增稠剂在压力下没有分离，良好的解压性能，储存罐中良好的可泵性)

干部轴承润滑脂要求：

- 优异的抗氧化性能
- 高温适应性
- 不在轴承及轴承座内产生残留
- 良好的抗腐蚀性
- 多金属兼容性
- 易于油膜形成
- 即使具有复杂运动的众多轴承类型，通过选定的增稠剂与EP添加剂也可达到良好润滑
- 良好的密封性能
- 良好的与橡胶、塑料的兼容性
- 高清洁度
- 在中心润滑系统中的良好传送性能
(油和增稠剂在压力下没有分离，良好的解压性能，储存罐中良好的可泵性，管道中无焦化)
- 易于从轴承座中溢出
- 长服务寿命

油脂供应

适宜的油量，基于油脂服务寿命的再润滑周期，润滑的正确设计，润滑的适宜类型决定了适当的润滑剂供应。详细说明见FAG出版物WL 81 115。

表示润滑间隔 t_r 的图表仅可用于一般环境条件下的标准锂皂基脂。在纸机中，环境和温度影响是相当重要的。

缩短的润滑间隔 t_{rq} 可从总缩减系数 q (见左下方表) 由下式导出：

$$t_{rq} = q \cdot t_r$$

q 考虑了所有恶劣的操作条件与环境因素。

再润滑间隔应取0.5–0.7个 t_{rq} 。经验表明湿部(特别湿的地方)轴承再润滑间隔小于等于两周而干部轴承约四周。

在润滑调心滚子轴承时，新的润滑油脂应总是通过外圈的油槽油孔注入以确保充足润滑并将旧脂排出。在两列滚子间达到完全均匀的脂分配，从而旧的油脂被排出轴承。这对湿部处于腐蚀危险中的轴承十分重要。外圈旋转的轴承在工作时不能补充油脂。

因此应选用内圈有润滑孔的轴承以便于直接对轴承中心供油。推荐设计带油槽、油孔的轴承；在这种设计中，轴颈上不用设计圆周上的润滑油槽。

这种方法的效果经常被低估。经验表明，在湿部的脂润滑轴承的最严重损坏是由于不良的润滑剂供应，或者带水的润滑剂的稀释(降低了润滑效果)，并且在功能区域直接腐蚀。

既然轴承在停机时间也能发生腐蚀(由于在清洗或冷凝过程中有水浸入)，在停机前或将辊子储存之前直接向轴承彻底地补充润滑脂是有利的。

总缩减系数 q

轴承位置	总缩减系数 q
------	-----------

湿部 部分非常潮湿的环境	0.1 – 0.3
-----------------	-----------

干部 脂润滑 (如：烘缸毛布导辊)	0.3 – 0.4
-------------------------	-----------

滚动轴承的选型和润滑

润滑

应尽可能避免不同油脂的混合。不同皂基的油脂不能混合。如果使用不同类型的油脂，必须对轴承进行彻底清洗。

安装新轴承时，为了消除安装污物和跑合磨损，应当尽快再润滑。

5.2.2 油润滑

由于载荷、速度和/或由于环境因素，轴承将被加热到很高时，需要油润滑。

循环油润滑在新纸机上使用有下列优点：

当供、排油设计正确时，污染物不会堆积；它们被输送到相应的润滑油维护设备（过滤器，分离器，沉淀槽等）并从循环油系统中除去。大量的润滑油，油的应力降低。此外，热量随着油的冷却散失，并且轴承温度降低。

注意高粘度的矿物油和合成油与密封材料和保持架材料的兼容性。

纸机轴承循环油润滑的总体建议：

- 润滑油的选用参照FAG推荐
 - 直接供油，通过调心滚子轴承和自调心圆柱滚子轴承的轴承圈上的润滑槽和润滑孔
 - 润滑油从轴承两边排出，有足够粗的排泄管和润滑孔
 - 避免油槽有残留
 - 最小流量参照FAG推荐
 - 监测每一个独立轴承位置的润滑情况
 - 防止供油管受热
 - 烘干部采用油冷却方法，供油温度最大为50–60 °C
 - 纸机的不同部分采用分离的供油系统
 - 烘缸和热辊的轴颈需有效绝热
- 注意:通过中空的轴颈绝热，充分的润滑油流速达到再冷却的效果，目前已经能够得到低的轴承温度，和充足的润滑油工作粘度。在期望粘度系数 $\kappa < 0.4$ ，非绝热的轴颈孔、低速情况下，寿命系数 a_{23} 最大为0.35。
- 集油罐内有沉淀区和除气装置
 - 润滑油维护措施
 - 开机前，大修后，轴承损坏或者完成换油后，清洗、并且细筛过滤
 - 过滤器在主路中的过滤精度为12 μm (6 μm 更好)，过率比 $\beta_x \geq 75$ 。在附加的旁路中的过滤精度为6 μm ，过率比 $\beta_x \geq 75$ ，在高流速下能显著地提高功效。
 - 润滑油清洁度等级15/12，参照ISO4406
 - 含水量（重量）小于0.03 % (300 ppm)
 - 润滑油更换时间取决于油的状况（润滑油供应商职责）

润滑油的选择

矿物油和合成油都可润滑滚动轴承。润滑油的选择依轴承的工作条件而定。

FAG对润滑造纸机湿部和干部的润滑油提出不同的技术要求。

轴承循环油在造纸机湿部应用中的要求：

- 抗氧化性
- 良好的抗乳化性
- 良好防腐性
- 多金属兼容性
- 抗水解性
- 高粘度指数
- 高压力粘度系数
- 有效的边界层附着添加剂
- 良好的与橡胶、塑料的兼容性
- 保持清洁度性能
- 良好的过滤性
- 与防腐剂良好的兼容性
- 良好的长期适宜性

干部轴承润滑脂要求：

- 抗氧化性
- 良好的抗乳化性
- 良好防腐性
- 多金属兼容性
- 抗水解性
- 高粘度指数
- 高压力粘度系数
- 有效的边界层附着添加剂
- 良好的与橡胶、塑料的兼容性
- 保持清洁度性能
- 良好的过滤性
- 防泡沫形成能力
- 无残余/残留物
- 良好的长期适宜性

你可以通过咨询FAG得到FAG推荐的最新润滑油清单。

润滑油供给

不同情况下的油量供应基本由热平衡决定。在高速度指数情况下（例如：抽吸辊 $n \cdot d_m > 300\,000 \text{ min}^{-1} \cdot \text{mm}$ ），建议参照FAG出版物WL81 115/4的热平衡计算。

实际上，轴承润滑仅仅需要很少的润滑油，而我们选择远多于此的润滑油是基于安全因素和确保所有接触面具有足够的润滑油。如考虑到散热需要，更多的润滑油量亦可。

油润滑时，同样可以直接通过轴承圈上的润滑油槽或油孔润滑。

滚动轴承必须在工作之前就开始润滑。用循环油润滑时，需在纸机开机前开启油泵。请参照36页和37页图中FAG推荐的纸机不同部位的润滑油流量。

循环油润滑时压力的降低

如前所述，润滑油应尽可能直接到达轴承。没有加热的冷的润滑油直接到达润滑区被加热从而带走热量。因在低温下，润滑油粘度较高，可形成良好的承载油膜。

因FAG调心滚子轴承和双列圆柱滚子轴承上有润滑油槽，故当油量大时会造成压力差。纸机中有大量的轴承，故这种情况必须被考虑，在设计循环油系统时提供更大的泵容量。润滑油槽的尺寸是压差的决定因素。润滑孔的影响很小。压差可用公式计算。

$$\Delta p = 44 \cdot 10^{-5} \frac{H^2 \cdot D}{[(H-t) \cdot t]^3} \cdot Q \cdot v \text{ [bar]}$$

式中

Q	润滑油流量	[l/min]
v	润滑油粘度	[mm ² /s]
H	油槽宽度	[mm]
t	油槽深度	[mm]
D	轴承外径	[mm]

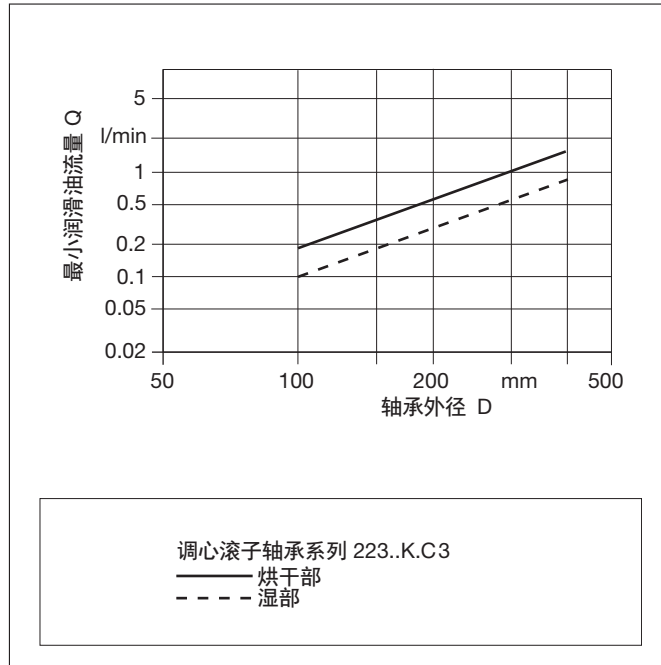
建议在轴承座上加工一个圆周方向的槽以降低油量大时的压差。同时对于浮动轴承，推荐有较大轴向移动距离以确保润滑油供给。

滚动轴承的选型和润滑

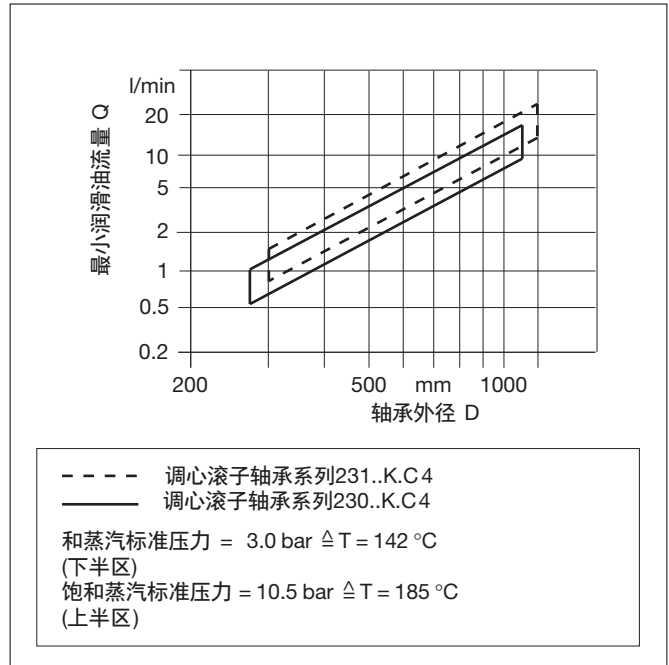
润滑

循环油润滑最小油流量

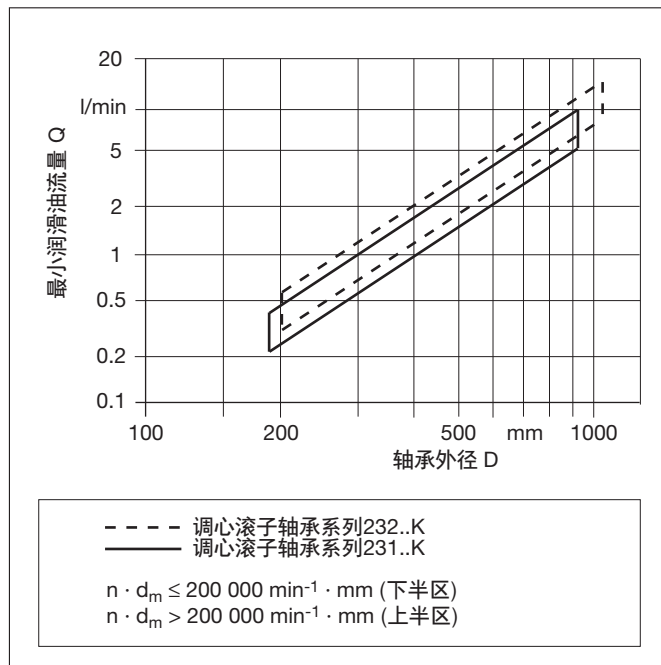
导辊轴承



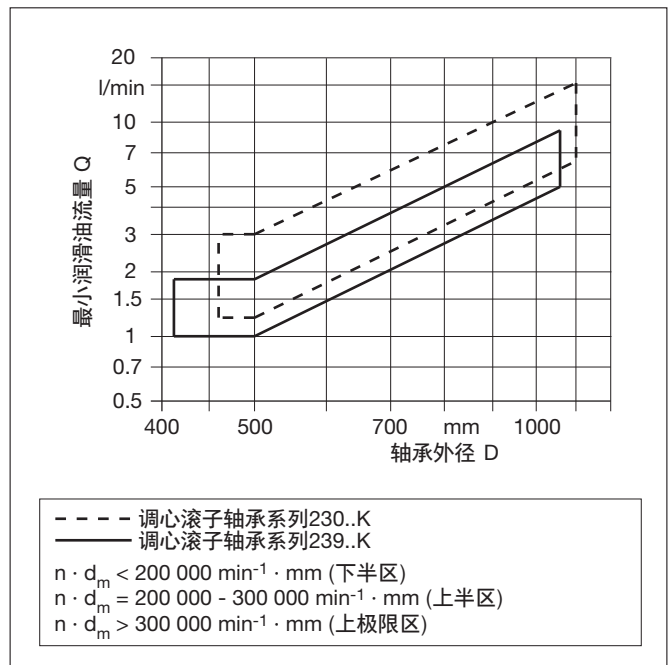
烘缸和光滑大烘缸/杨克烘缸轴承



湿部压榨辊轴承

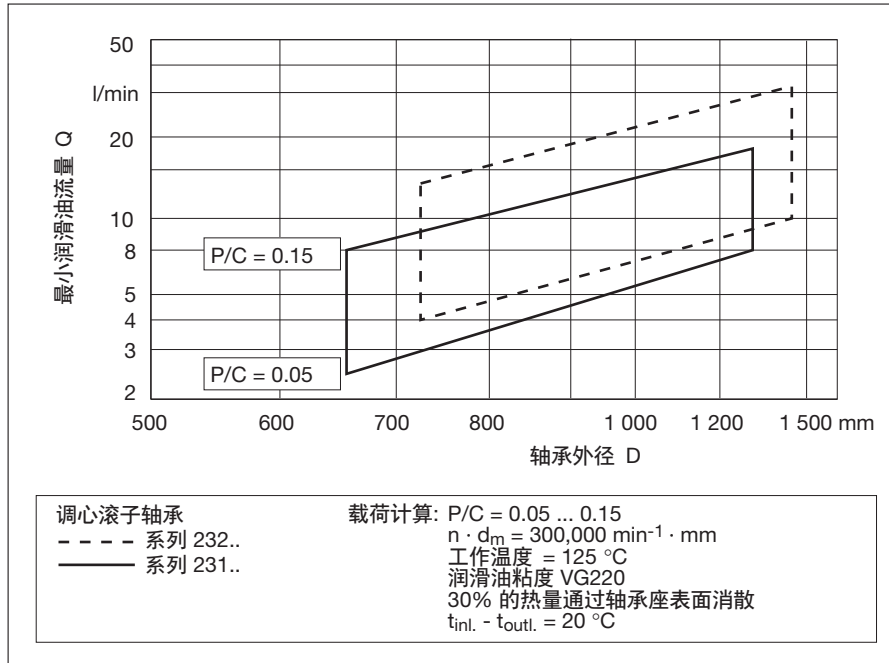


抽吸辊轴承



循环油润滑最小油流量

软压光辊轴承



润滑油的排放

在高的油流量和采取绝热、冷却方法降低轴承温度的情况下，排油系统的设计是非常重要的。

不合适尺寸的排油口和高粘度的油可能导致轴承座处的漏油，特别是纸机在寒冷的状态下开机时。

除在轴承的两侧有粗的排油口，轴承座的最低点有足够尺寸的水平孔之外，排油管应当具有最大可能的倾斜度。

为避免堵塞，与后面连接的放油管的结合处也应有相当大的直径。公式

$$d_a = 11.7 \cdot \sqrt[4]{Q \cdot v / G} \text{ [mm]}$$

式中

d_a	排油管直径	[mm]
Q	润滑油流量	[l/min]
v	润滑油粘度	[mm ² /s]
G	倾斜度	[%]

在放油管的倾斜度从1%到5%的更精确的尺寸确定。

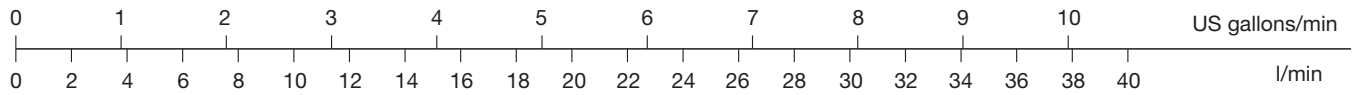
附表

换算

6 附表

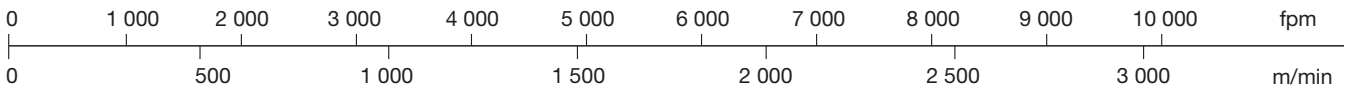
6.1 换算

6.1.1 流量



$$1 \text{ US Gallon} = 3.7854 \text{ l}$$

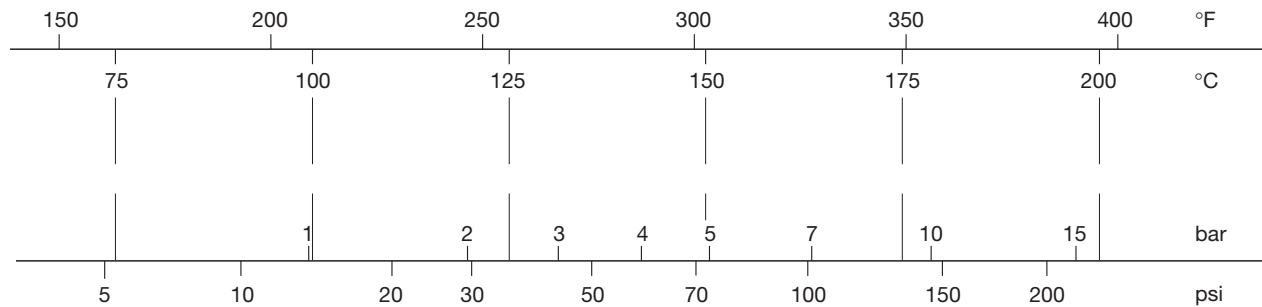
6.1.2 转速



$$1 \text{ fpm} = 0.3048 \text{ m/min}$$

6.1.3 运转温度

$$x \text{ } ^\circ\text{C} = (x \cdot \frac{9}{5} + 32) \text{ } ^\circ\text{F}$$



6.1.4 饱和蒸汽压力

$$1 \text{ psi} = 0.0689 \text{ bar}$$

6.2 径向游隙

6.2.1 FAG圆柱滚子轴承的径向游隙

		尺寸单位mm																		
孔径	大于到	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630
		65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710
圆柱内孔																				
		轴承游隙单位μm																		
游隙组 CN (标准)	最小	40	40	50	50	60	70	75	90	105	110	125	130	145	190	210	220	240	260	285
	最大	70	75	85	90	105	120	125	145	165	175	195	205	225	280	310	330	360	380	425
游隙组 C3	最小	60	65	75	85	100	115	120	140	160	170	190	200	225	280	310	330	360	380	425
	最大	90	100	110	125	145	165	170	195	220	235	260	275	305	370	410	440	480	500	565
游隙组 C4	最小	80	90	105	125	145	165	170	195	220	235	260	275	305	370	410	440	480	500	565
	最大	110	125	140	165	190	215	220	250	280	300	330	350	385	460	510	550	600	620	705
游隙组 C5	最小	110	130	155	180	200	225	250	275	305	330	370	410	455	510	565	625	600	620	705
	最大	140	165	190	220	245	275	300	330	365	395	440	485	535	600	665	735	720	740	845

圆锥内孔

		轴承游隙单位μm																		
游隙组 CN (标准)	最小	50	60	70	90	100	110	125	140	155	170	185	205	225	255	285	315	350	380	435
	最大	80	95	105	130	145	160	175	195	215	235	255	280	305	345	385	425	470	500	575
游隙组 C3	最小	70	85	95	115	130	145	160	180	200	220	240	265	290	330	370	410	455	500	565
	最大	100	120	130	155	175	195	210	235	260	285	310	340	370	420	470	520	575	620	705
游隙组 C4	最小	90	110	120	140	160	180	195	220	245	270	295	325	355	405	455	505	560	620	695
	最大	120	145	155	180	205	230	245	275	305	335	365	400	435	495	555	615	680	740	835
游隙组 C5	最小	120	145	155	180	205	230	245	275	305	335	365	400	435	495	555	615	680	740	835
	最大	150	180	190	220	250	280	295	330	365	400	435	475	515	585	655	725	800	860	975

6.2.2 FAG带圆锥孔的 圆柱滚子轴承的径向游隙减少量

孔径 d 大于到 mm	径向游隙间少量 ¹⁾		推入到 ¹⁾ 在 1:12 的锥孔上的位移量 ²⁾				安装后需要达到的最小游隙			
	最小 mm	最大	轴 最小 mm	最大	紧定套 最小	最大	CN 最小 mm	C3 最小	C4 最小	C5 最小
50 65	0.03	0.035	0.45	0.55	0.5	0.65	0.02	0.035	0.05	0.085
65 80	0.035	0.04	0.55	0.6	0.65	0.7	0.025	0.04	0.07	0.105
80 100	0.04	0.045	0.6	0.7	0.65	0.8	0.03	0.05	0.075	0.11
100 120	0.045	0.055	0.7	0.85	0.8	0.95	0.045	0.065	0.085	0.125
120 140	0.055	0.065	0.85	1	0.95	1.1	0.045	0.07	0.095	0.14
140 160	0.06	0.075	0.9	1.2	1	1.3	0.05	0.075	0.105	0.155
160 180	0.065	0.085	1	1.3	1.1	1.5	0.06	0.08	0.11	0.16
180 200	0.075	0.095	1.2	1.5	1.3	1.7	0.065	0.09	0.125	0.18
200 225	0.085	0.105	1.3	1.6	1.4	1.8	0.07	0.1	0.14	0.2
225 250	0.095	0.115	1.5	1.8	1.6	2	0.075	0.105	0.155	0.22
250 280	0.105	0.125	1.6	2	1.7	2.3	0.08	0.125	0.17	0.24
280 315	0.115	0.14	1.8	2.2	1.9	2.4	0.09	0.13	0.185	0.26
315 355	0.13	0.16	2	2.5	2.2	2.7	0.095	0.14	0.195	0.275
355 400	0.14	0.17	2.2	2.6	2.5	2.9	0.115	0.165	0.235	0.325
400 450	0.15	0.185	2.3	2.8	2.6	3.1	0.135	0.19	0.27	0.37
450 500	0.16	0.195	2.5	3	2.8	3.4	0.155	0.215	0.31	0.42
500 560	0.17	0.215	2.7	3.4	3.1	3.8	0.18	0.24	0.345	0.465
560 630	0.185	0.24	2.9	3.7	3.5	4.2	0.195	0.26	0.38	0.5
630 710	0.2	0.26	3.1	4.1	3.6	4.7	0.235	0.305	0.435	0.575

¹⁾ 当使用位移测量仪RKP.MG时，请观察偏离值。

¹⁾ 如下应用：安装前，径向游隙在公差范围的上半部分的轴承，安装时采用大的径向游隙减少量或轴向推进。径向游隙在公差范围的下半部分的的轴承采用小的游隙减少量或轴向推进。

²⁾ 仅适用于实心钢轴和孔不大于轴直径一半的中空轴。对 $d_i/d_m > 0.5$ 的钢制轴径，推进值必须乘以 $1/f_i$ (见图 3 25 页)，如果是灰铸铁或球墨铸铁，再附加上 w 系数 (见图 4, 25 页)。

附表

径向游隙

6.2.3 FAG调心滚子轴承的径向游隙

尺寸单位mm

孔径	大于	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450	500	560	630	710	800	900	1000
----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

圆柱内孔

轴承游隙单位 μm

游隙组	最小	40	50	60	75	95	110	120	130	140	150	170	190	200	220	240	260	280	310	340	370	410	440	480	530	390	430	480	710
游隙组 CN (标准)	最大	65	80	100	120	145	170	180	200	220	240	260	280	310	340	370	410	440	480	530	580	650	710	770	860	930	1010	1120	1220
游隙组 C3	最小	65	80	100	120	145	170	180	200	220	240	260	280	310	340	370	410	440	480	530	580	650	710	770	860	930	1010	1120	1220
游隙组 C4	最大	90	110	135	160	190	220	240	260	290	320	350	370	410	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1010	1100	1190	1280
游隙组 C5	最小	120	145	180	210	240	280	310	340	380	420	460	500	550	600	660	720	780	850	925	1010	1120	1220	1300	1400	1500	1600	1700	1800
	最大	150	180	225	260	300	350	390	430	470	520	570	630	690	750	820	900	1000	1100	1190	1300	1440	1570	1700	1800	1900	2000	2100	2200

圆锥内孔

轴承游隙单位 μm

游隙组	最小	55	70	80	100	120	130	140	160	180	200	220	240	270	300	330	370	410	460	510	570	640	710
游隙组 CN (标准)	最大	75	95	110	135	160	180	200	220	250	270	300	330	360	400	440	490	540	600	670	750	840	930
游隙组 C3	最小	75	95	110	135	160	180	200	220	250	270	300	330	360	400	440	490	540	600	670	750	840	930
游隙组 C4	最大	95	120	140	170	200	230	260	290	320	350	390	430	470	520	570	630	680	760	850	960	1070	1190
游隙组 C5	最小	120	150	180	220	260	300	340	370	410	450	490	540	590	650	720	790	870	980	1090	1220	1370	1520
	最大	160	200	230	280	330	380	430	470	520	570	620	680	740	820	910	1000	1100	1230	1360	1500	1690	1860

6.2.4 FAG带圆锥孔的调心滚子轴承的径向游隙减少量

孔径	径向游隙间少量 ¹⁾		推入到 ²⁾ 在1:12的锥孔上的轴位移量 ²⁾				推入到 ²⁾ 在1:30的锥孔上的轴位移量 ²⁾				安装后需要达到的最小游隙			
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	CN	C3	C4	C5
d 大于 50	0.03	0.04	0.45	0.6	0.5	0.7	-	-	-	-	0.025	0.035	0.055	0.08
到 65	0.04	0.05	0.6	0.75	0.7	0.85	-	-	-	-	0.025	0.04	0.07	0.1
80	0.045	0.06	0.7	0.9	0.75	1	1.7	2.2	1.8	2.4	0.035	0.05	0.08	0.12
100	0.05	0.07	0.7	1.1	0.8	1.2	1.9	2.7	2	2.8	0.05	0.065	0.1	0.15
120	0.065	0.09	1.1	1.4	1.2	1.5	2.7	3.5	2.8	3.6	0.055	0.08	0.11	0.17
140	0.075	0.1	1.2	1.6	1.3	1.7	3	4	3.1	4.2	0.055	0.09	0.13	0.2
160	0.08	0.11	1.3	1.7	1.4	1.9	3.2	4.2	3.3	4.6	0.06	0.1	0.15	0.23
180	0.09	0.13	1.4	2	1.5	2.2	3.5	4.5	3.6	5	0.07	0.1	0.16	0.24
200	0.1	0.14	1.6	2.2	1.7	2.4	4	5.5	4.2	5.7	0.08	0.12	0.18	0.27
225	0.11	0.15	1.7	2.4	1.8	2.6	4.2	6	4.6	6.2	0.09	0.13	0.2	0.3
250	0.12	0.17	1.9	2.6	2	2.9	4.7	6.7	4.8	6.9	0.1	0.14	0.22	0.32
280	0.13	0.19	2	3	2.2	3.2	5	7.5	5.2	7.7	0.11	0.15	0.24	0.35
315	0.15	0.21	2.4	3.4	2.6	3.6	6	8.2	6.2	8.4	0.12	0.17	0.26	0.38
355	0.17	0.23	2.6	3.6	2.9	3.9	6.5	9	6.8	9.2	0.13	0.19	0.29	0.42
400	0.2	0.26	3.1	4.1	3.4	4.4	7.7	10	8	10.4	0.13	0.2	0.31	0.46
450	0.21	0.28	3.3	4.4	3.6	4.8	8.2	11	8.4	11.2	0.16	0.23	0.35	0.51
500	0.24	0.32	3.7	5	4.1	5.4	9.2	12.5	9.6	12.8	0.17	0.25	0.36	0.55
560	0.26	0.35	4	5.4	4.4	5.9	10	13.5	10.4	14	0.2	0.29	0.41	0.63
630	0.3	0.4	4.6	6.2	5.1	6.8	11.5	15.5	12	16	0.21	0.31	0.45	0.69
710	0.34	0.45	5.3	7	5.8	7.6	13.3	17.5	13.6	18	0.23	0.35	0.51	0.77
800	0.37	0.5	5.7	7.8	6.3	8.5	14.3	19.5	14.8	20	0.27	0.39	0.57	0.87
900	0.41	0.55	6.3	8.5	7	9.4	15.8	21	16.4	22	0.3	0.43	0.64	0.97

¹⁾ 当使用位移测量仪RKP.MG时，请观察偏离值。

²⁾ 如下应用：安装前，径向游隙在公差范围的上半部分的轴承，安装时采用大的径向游隙减少量或轴向推进，径向游隙在公差范围的下半部分的的轴承采用小的游隙减少量或轴向推进。

³⁾ 仅适用于实心钢轴和孔不大于轴直径一半的中空轴。对 $d_1/d_m > 0.5$ 的钢制轴径，推进值必须乘以 $1/f_1$ (见图3, 25页)，如果是灰铸铁或球墨铸铁，再附加上w系数 (见图4, 25页)。

舍弗勒贸易 (上海) 有限公司

上海嘉定区安亭镇安拓路1号
(安虹路西侧)

邮编 : 201804

电话 : +86 21 3957 6500

传真 : +86 21 3957 6600

网址 : www.schaeffler.cn

所有数据系经仔细考虑而准备, 其精确性已经得到审核。但本公司并不为任何不正确或不完整的数据承担责任。我们保留进行技术方面修改的权利。

© Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG

版本: 2010年8月

版权所有, 未经许可不得翻印或局部翻印。

WL 13 103/2 CN-CN