

# 滚动轴承安装设计

The Design of Rolling Bearing Mountings

(德) FAG Kugelfischer AG 著

李景贤 译

刘家文 校



机械工业出版社

本书对各种机械设备中用轴承的工况条件、受力分析、轴承选型、轴承及设备安装部位的加工公差、轴承游隙、轴承的使用、润滑与密封等方面进行了较系统的分析和介绍，并给出了具体计算与选用实例，最后列出了常用术语及计算公式。本书为轴承设计、制造、使用及维护等方面的工程技术人员提供了有价值的工具，也可供其他领域有关人员参考。

The Design of Rolling Bearing Mountings Copyrights © FAG 1998.

All rights reserved.

版权所有，侵权必究。

著作权合同登记号：图字 01—2003—7845

## 图书在版编目 (CIP) 数据

滚动轴承安装设计 / (德) FAG Kugelfischer AG 著; 李景贤译. —北京: 机械工业出版社, 2003. 11

ISBN 7-111-13172-X

I. 滚 ... II. ①德 ... ②李 ... III. 滚动轴承—设计 IV . TH133. 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 091296 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 李建秀 版式设计: 霍永明 责任校对: 李秋荣

封面设计: 张 静 责任印制: 路 琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

890mm×1140mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·12.75 印张·3 插页·359 千字

0 001—4 000 册

定价: 45.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

# 译 者 序

滚动轴承的使用寿命和使用性能除与轴承的设计、材料及制造等方面密切相关外，还取决于实际应用中轴承的选型、安装、使用及维护的正确与否。许多机械设备中，尽管选用了品质优良的轴承，但常常达不到所要求的性能和寿命，甚至出现早期失效，使整个机械设备不能正常运行，影响了生产效率，增加了生产成本，有时会造成巨大的经济损失。对于各种机械，甚至是同一机械的不同部位，如何正确地进行轴承的选型、安装、使用及维护，国内尚缺乏相关的技术资料和研究。

由 FAG Kugelfischer AG (FAG 集团公司) 编著的《滚动轴承安装设计》(原文: The Design of Rolling Bearing Mountings) 一书，对各种机械设备中用轴承的工况条件、受力分析、轴承选型，以及设备安装轴承部位的加工公差、轴承游隙、轴承的使用、润滑与密封等方面进行了较系统的分析和介绍，并给出了具体计算与选用实例，最后列出了常用术语及计算公式。该书为轴承设计、制造、使用及维护等方面的工程技术人员提供了有价值的工具，具有实用和参考价值。为此，FAG 中国有限公司与洛阳轴承研究所合作，组织技术人员对该书进行了翻译和技术编校，以期填补国内这方面的空白，提高轴承的应用水平。

全书由 FAG 中国有限公司李景贤先生负责翻译，洛阳轴承研究所刘家文先生、肖晖女士、张青智先生、刘耀中先生、张葵女士、杜迎辉女士参加了部分译校工作，刘家文先生负责全书的技术审校。

FAG 中国有限公司总经理助理朱媛媛女士和洛阳轴承研究所行业工作中心副主任朱学骏先生为本书的出版做了大量工作，FAG 中国有限公司总经理勾建辉博士和洛阳轴承研究所所长罗继伟博士、副总经理赵滨海教授对本书的出版给予了指导和大力支持。

本书的译校时间仓促，难免出现错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

# 原 书 前 言

本出版物介绍了滚动轴承在各种机械、车辆和设备中的设计实例。

因此，主要阐述了滚动轴承的应用，由机器运行的工况条件来确定轴承的类型、设计、尺寸、配置、配合、润滑及密封。

在本出版物后面汇总并解释了重要的技术术语，有些术语并有附图说明。

# 目 录

译者序	
原书前言	
<b>第 1 章 原动机和电动机</b> .....	1
1.1 标准轨距电力机车牵引电动机 .....	1
1.2 市郊旅客电气列车牵引电动机 .....	3
1.3 三相交流标准电动机 .....	4
1.4 家用电器电动机 .....	5
1.5 家用洗衣机滚筒 .....	6
1.6 立式泵电动机 .....	8
1.7 矿井风扇电动机 .....	9
1.8 风力发电机转子 .....	11
<b>第 2 章 金属加工机械</b> .....	14
2.1 钻床和铣床主轴 .....	15
2.2 数控车床主轴 .....	16
2.3 加工中心车床主轴 .....	17
2.4 插式钻床主轴 .....	19
2.5 高速铣削电主轴 .....	20
2.6 车床电主轴 .....	21
2.7 立式高速铣削主轴 .....	22
2.8 内圆磨削主轴 .....	24
2.9 外圆磨削主轴 .....	25
2.10 平面磨削主轴 .....	26
2.11 立式车床回转工作台 .....	27
2.12 尾座轴 .....	28
2.13 圆棒料和管材粗车车床 .....	29
2.14 车身冲压用压力机飞轮 .....	30
<b>第 3 章 非金属材料加工和处理机械</b> .....	33
3.1 立式木工铣刀主轴 .....	33
3.2 双轴圆盘锯 .....	34
3.3 塑料研磨机研光辊 .....	35
<b>第 4 章 固定齿轮装置</b> .....	38
4.1 无级变速齿轮装置 .....	38
4.2 可逆式轧机机座直齿轮传动装置 .....	39
4.3 船舶减速装置 .....	40
4.4 斜齿轮一直齿轮传动装置 .....	43
4.5 两级直齿轮装置 .....	44
4.6 蜗杆蜗轮副 .....	45
<b>第 5 章 汽车</b> .....	47
5.1 汽车变速器 .....	47
5.2 轿车变速器 .....	48
5.3 载货汽车手动档变速器 .....	49
5.4 汽车差速器 .....	50
5.5 轿车终端传动装置 .....	51
5.6 汽车轮系 .....	52
5.7 前轮驱动轿车的从动和前转向轮 .....	54
5.8 后轮驱动轿车的从动和非转向后轮 .....	55
5.9 后轮驱动载货汽车的从动和非转向 后轮 .....	56
5.10 载货汽车转向销 .....	57
5.11 汽车前轴减振柱 .....	58
5.12 轿车和载货汽车发动机水泵 .....	59
5.13 轿车发动机传动带张紧轮 .....	60
<b>第 6 章 轨道车</b> .....	62
6.1 城际客运列车车厢轴箱滚子轴承 .....	62
6.2 货车 UIC 轴箱滚子轴承 .....	63
6.3 120 系列三相交流电力机车轴箱滚子 轴承 .....	66
6.4 ICE 驱动单元轴箱滚子轴承 .....	67
6.5 92 级海底隧道货运机车轴箱滚子轴 承 .....	68
6.6 地铁列车轴箱滚子轴承 .....	69
6.7 城市轻轨列车轴箱滚子轴承 .....	71
6.8 A·A·R 标准型和改进型的轴箱 滚子轴承 .....	72
6.9 砂石砖厂用窑车 .....	73
6.10 120 系列三相交流电机车通用套管 轴驱动装置 .....	74
6.11 货运电力机车悬挂装置 .....	75
6.12 地铁列车直齿轮传动装置 .....	76
6.13 市内列车锥齿轮传动装置 .....	78
<b>第 7 章 船舶</b> .....	80
7.1 方向舵轴 .....	80
7.2 船轴轴承和尾轴管轴承 .....	84

7.3 船轴止推座 .....	86	12.1 圆周抛甩两支点筛 .....	135
<b>第 8 章 造纸机</b> .....	89	12.2 直线运动两支点筛 .....	136
8.1 匀浆机 .....	89	12.3 四支点筛 .....	138
8.2 吸水辊 .....	91	12.4 振动电动机 .....	139
8.3 中心压辊 .....	92	<b>第 13 章 炼钢设备和轧制设备</b> .....	141
8.4 干燥辊 .....	93	13.1 大容量转炉 .....	141
8.5 导辊 .....	95	13.2 四辊铝材冷轧机用轧辊轴承 .....	143
8.6 热压光辊 .....	97	13.3 四辊宽带热轧机精整工作辊 .....	145
8.7 抗挠曲辊 .....	99	13.4 双辊厚板或开坯轧机轧辊支座 .....	146
8.8 舒展辊 .....	100	13.5 开坯轧机开坯轮和减速器 .....	146
<b>第 9 章 提升和传送装置</b> .....	102	13.6 型钢轧机工作辊 .....	148
9.1 货运索道飞轮 .....	102	13.7 轧制铜带和黄铜的平整机座双辊轧 机 .....	149
9.2 客运索道尾绳轮 .....	104	13.8 钢轨矫直机矫直辊 .....	151
9.3 地下采矿用绳轮 .....	105	<b>第 14 章 农业机械和食品工业</b> .....	153
9.4 滑轮组绳轮 .....	107	14.1 圆盘犁 .....	153
9.5 浮式起重机台架 .....	108	14.2 平面筛 .....	154
9.6 滚轮轨道组件 .....	111	<b>第 15 章 印刷机</b> .....	157
9.7 起重机移动滚轮 .....	112	15.1 报纸轮转印刷机压印滚筒 .....	157
9.8 起重机吊钩 .....	114	15.2 单张纸胶印机胶印滚筒 .....	159
9.9 叉车起重架导向轴承 .....	115	<b>第 16 章 泵</b> .....	161
9.10 带式输送机主带轮 .....	116	16.1 离心泵 .....	161
9.11 带式输送机张紧/拉紧轮内轴承 .....	117	16.2 轴向活塞装置 (1) .....	162
9.12 带式输送机托辊 .....	118	16.3 轴向活塞装置 (2) .....	164
9.13 斗轮挖掘机的斗轮轴 .....	120	<b>第 17 章 通风机和压缩机</b> .....	166
9.14 链斗挖泥船底部链轮 .....	121	17.1 排气机 .....	166
9.15 货物提升机驱动装置 .....	122	17.2 热风机 .....	167
<b>第 10 章 建筑机械</b> .....	124	17.3 新鲜空气鼓风机 .....	168
10.1 建筑机械的驱动轴 .....	124	<b>第 18 章 望远镜</b> .....	170
10.2 振动压路机 .....	125	18.1 光学望远镜 .....	170
<b>第 11 章 原材料加工机械</b> .....	127	18.2 射电望远镜 .....	172
11.1 双铰颚式破碎机 .....	127	<b>第 19 章 术语汇编</b> .....	176
11.2 锤式破碎机 .....	128		
11.3 双轴锤式破碎机 .....	129		
11.4 滚筒式球磨机 .....	131		
11.5 转窑支承轮 .....	132		
<b>第 12 章 振动机械</b> .....	135		

# 第 1 章 原动机和电动机

## 1.1 标准轨距电力机车牵引电动机

### 1.1.1 工作参数

靠变频器馈电的三相电动机。额定输出功率 1400kW，最大转速 4300r/min（具有标准传动比的传动装置最大驱动速度是 200km/h）。带人字齿轮的一端驱动。

### 1.1.2 轴承选择和尺寸的确定

用于确定轴承应力的是电动机转矩、速度和运转时间百分比的典型载荷情况的合成载荷，载荷状况如下表 1-1 所示。

表 1-1 载荷状况

序 号	转矩/N·m	转速/ (r/min)	时间/ (%)
1	6720	1056	2
2	2240	1690	34
3	1920	2324	18
4	3200	2746	40
5	2240	4225	6

该合成载荷是确定平均转速（2387r/min）和平均驱动速度（111km/h）的基础。对于各种载荷情况，作用于小齿轮上的啮合载荷及来自轴承的反作用载荷，由正向和逆向运动（各占 50%的时间）计算求出。

除这些作用力外，轴承还承受由转子重量、不平衡磁吸引力、不平衡载荷和轨道冲击所产生的载荷。在这些载荷中，只有转子重量  $G_L$  是已知的，它应乘以与电动机悬挂类型有关的附加系数  $f_z = 1.5 \sim 2.5$ 。由此估算的载荷来确定轴承载荷。就弹簧悬挂牵引电动机来说，采用附加系数  $f_z = 1.5$ 。

由重量和驱动所产生的轴承载荷，可使合成轴承载荷由附加矢量来确定。在本例（图 1-1）中，只有临界的驱动端轴承需要讨论。可达到的寿命  $L_{hna1 \dots 5}$ ，对每种载荷条件，可用式  $L_{hna} = a_1 \cdot a_{23} \cdot L_h$  (h)，并考虑 120 °C 时齿轮油的工作粘度  $\nu$ 、额定粘度  $\nu_1$  以及系数  $K_1$  和  $K_2$  来确定。

基本  $a_{23II}$  系数在 0.8~3.0 之间。清洁度系数设定为 1。这样可用下式得  $L_{hna}$ ：

$$L_{hna} = \frac{100}{\frac{q_1}{L_{hna1}} + \frac{q_2}{L_{hna2}} + \frac{q_3}{L_{hna3}} + \dots}$$

在选择轴承时，若要保证达到额定里程，由于速度高，驱动端轴承不能太大。选择的轴承应当能够达到用户所要求的 250 万 km 的理论里程。

选择圆柱滚子轴承 FAG NU322E.TVP2.C5.F1 用作驱动端的浮动轴承；带斜挡圈 HJ318E.F1 的轴承 FAG 566513 用作定位轴承。

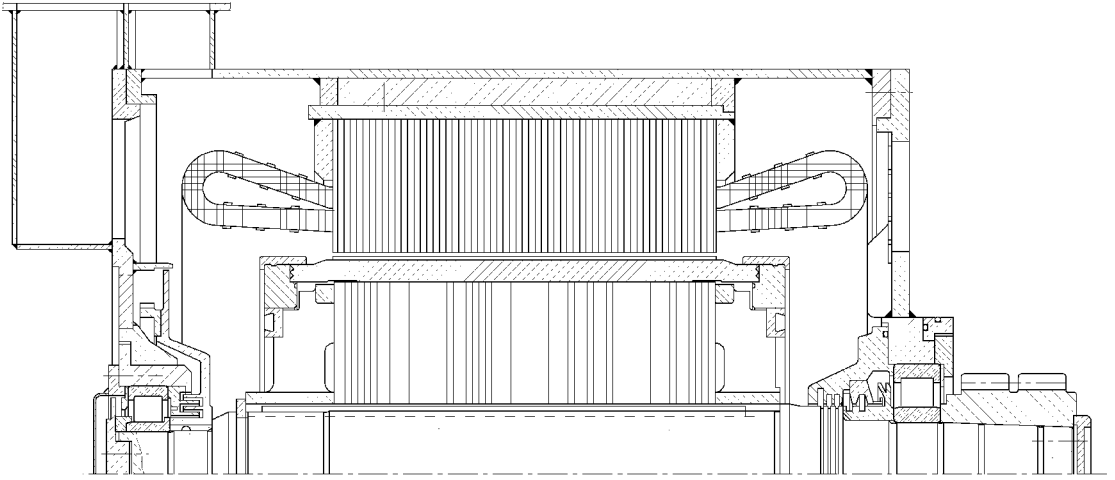


图 1-1 标准轨距电力机车牵引电动机

圆柱滚子轴承 FAG 566513 是一套 NJ318E. TVP2. P64. F1，但其内圈宽出 6mm。为了使人字齿轮啮合能够进行自由调整，需要 6mm 的轴向游隙。

### 1.1.3 后缀符号

E——加强型；

TVP2——滚动体引导的玻璃纤维增强聚酰胺塑料保持架；

C5——大于 C4 级的径向游隙；

F1——FAG 牵引电动机用圆柱滚子轴承的制造和检验规范，考虑了 DIN43283 所规定的对电气牵引用圆柱滚子轴承的要求；

P64——公差级 P6，径向游隙 C4。

### 1.1.4 加工公差

驱动端：轴 r5；端盖 M6

相对端：轴 n5；端盖 M6

这些轴承由于载荷大，有时承受冲击载荷，与轴过盈配合。这样，可以降低配合缝隙摩擦腐蚀的危险，尤其在驱动端。

### 1.1.5 轴承游隙

由于过盈配合，轴承内圈会膨胀，外圈连同滚子与保持架组件一起收缩。这样在安装后，轴承的径向游隙就减小了。在工作时，因为内圈工作温度高于外圈工作温度，径向游隙还会进一步减小，因此安装增大径向游隙（C4~C5 组）的轴承。

### 1.1.6 润滑与密封

由于速度高，驱动端轴承用含有 EP 添加剂的齿轮油 ISO VG 320 润滑。在小齿轮与轴承之间不用密封，这样可采用较短的悬臂，降低轴承载荷。抛油环和集油槽可防止油从线圈方向逸出。

另一端的轴承用针入度 3 级的 NLGI 锂基脂（FAG 滚动轴承润滑脂 Arcanol L 71V）润滑。

这些轴承分别在行驶 400000km 或 5 年后作再润滑。采用多重迷宫式密封防止污染物侵入轴承。

## 1.2 市郊旅客电气列车牵引电动机

### 1.2.1 工作参数

自通风变流电动机（图 1-2），转速 1820r/min（驱动速度 72km/h）时，恒功率 200kW，最大转速 3030r/min（最大驱动速度 120km/h），带人字齿轮的一端驱动。

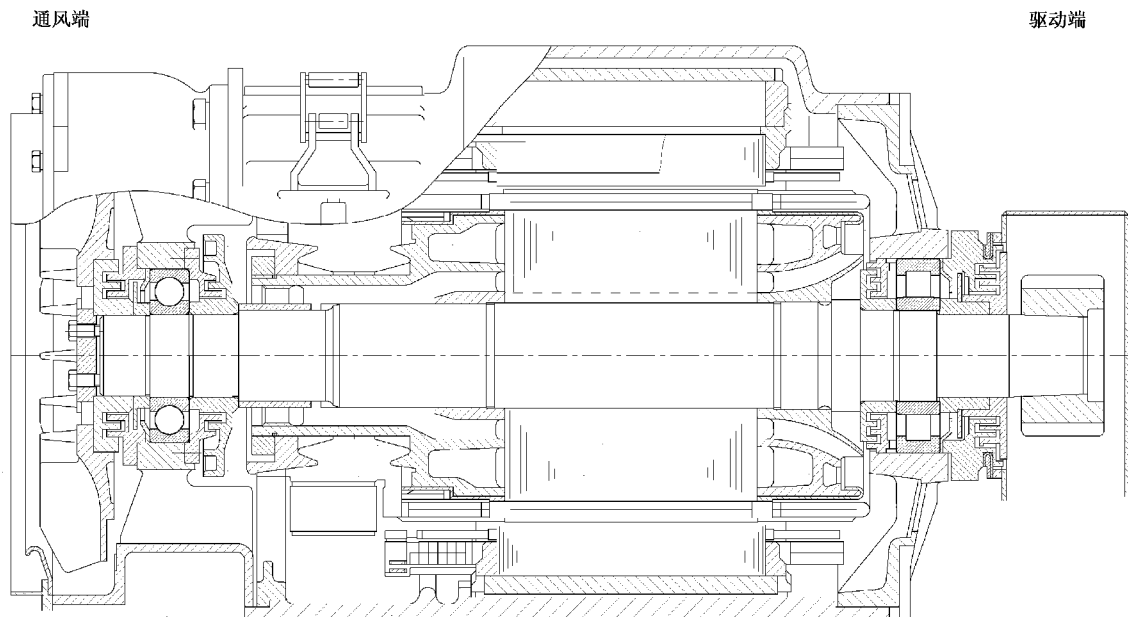


图 1-2 市郊旅客电气列车牵引电动机

### 1.2.2 轴承选择和尺寸的确定

郊区旅客电机牵引列车的运行模式是站距短，停车频繁。起动、驱动、制动的周期性工作条件可记录在体现电动机转矩与驱动时间关系的运行图上。由运行图所确定的平均速度和电动机转矩的三次方均值构成轴承分析的基础。平均转矩大约是恒功率时转矩的 90%。

轴承载荷与标准轨距机车牵引电动机时（例 1）计算一样，包括由驱动齿轮的齿轮啮合力所产生的反作用载荷，以及考虑转子重量、磁吸引力、不平衡载荷和轨道冲击所产生的理论径向载荷。施加在转子重心的这种理论径向载荷，用转子重量乘以附加系数  $f_z=2$  计算得出。该值考虑电动机较大刚性悬挂方式。

由悬臂式小齿轮进行驱动。在小齿轮端装一套圆柱滚子轴承 FAG NU320E. M1. P64. F1 作为浮动轴承。在整流子端装一套深沟球轴承 FAG 6318M. P64. J20A，非常可靠地承受由小齿轮  $7^\circ$  螺旋线啮合所产生的推力载荷，即使在较高转速下亦如此。

### 1.2.3 绝缘

凡使用输出功率大于 100kW 的变流电动机的场所，可由电磁的不对称产生电压波动，结果，在转子轴与定子之间产生感应电路，引起电流通过轴承，造成损坏。

为了阻断这种电流，对一套轴承（在本例中为深沟球轴承）进行绝缘。

对轴承作绝缘处理，是在轴承外圈外表面和端面上涂覆氧化陶瓷涂层。

## 1.3 三相交流标准电动机

结构见图 1-3。

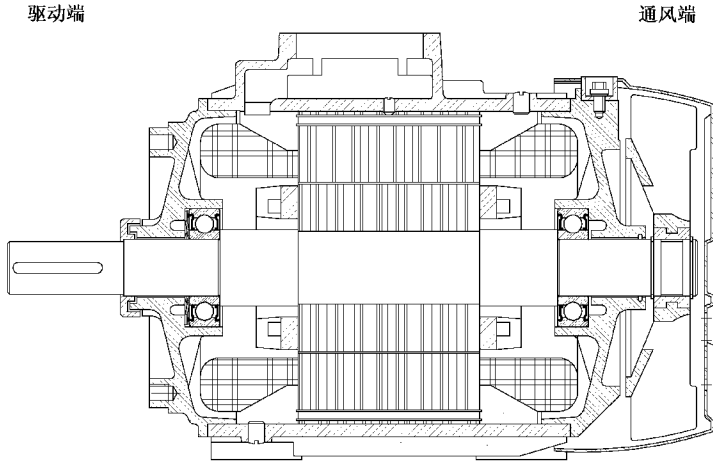


图 1-3 三相交流标准电动机

### 1.3.1 工作参数

传动带驱动；功率 3kW；转子重量 8kg；额定转速 2800r/min；尺寸 100L；按照 DIN42673 表 1-B3 型全封闭风扇冷却，保护类型 IP44，绝缘等级 F。

### 1.3.2 轴承选择

需要装配简单的免维护低噪声轴承，深沟球轴承能最佳满足这些要求。

在 DIN42673 中，规定用于尺寸 100L 的轴端直径是 28mm，因此需要 30mm 的内径。在此情况下选择 62 系列的轴承，即 FAG6206. 2ZR. C3. L207 用于两个轴承部位，在驱动端和通风端引导转子轴。驱动端的弹簧对轴承进行无游隙调整并承受转子轴的相对轴向载荷。

利用将深沟球轴承调整至零游隙来消除轴承游隙对噪声的不利影响。

### 1.3.3 轴承尺寸的确定

这种电动机轴承的计算与通常的计算方法有些不同。即使电动机制造者也不知道轴端的载荷量，在电动机产品样本中标有允许的径向载荷。

为了确定径向载荷容量，需要计算驱动端的深沟球轴承。该计算是建立在可达到的寿命  $L_{hna} = 20000h$  和基本  $a_{23II}$  值 = 1.5 基础上的。此外，转子重量、单向的磁吸引力和不平衡载荷都要加以考虑。当后两项为未知时，可简单地将转子重量乘以附加系数  $f_z = 1.5$ 。

利用这些值对轴端中部算出容许径向载荷 1kN。

因为工作载荷在大多数应用情况下低于容许载荷，所以可达到的寿命  $L_{hna}$  超过 20000h。因此，电动机轴承的寿命通常不是由材料疲劳，而是由润滑脂使用寿命来决定。

### 1.3.4 后缀符号

2ZR —— 带两面防盖的轴承；

C3——大于 PN（普通级）的径向游隙；

L207——装填 Arcanol L207 润滑脂。

### 1.3.5 加工公差

轴为 j5；端盖孔为 H6。孔公差 H6 可以确保两套轴承自由轴向调整所要求的滑动配合。

### 1.3.6 润滑与密封

两端轴承采用带防尘盖的 2ZR 型，在中、小尺寸的电动机中是非常成功的。这些轴承中所装的润滑脂应足以达到其总体使用寿命。在上述情况下，由于要达到绝缘等级 F 而必须考虑升高的工作温度。针对这种情况，使用 FAG 高温脂 Arcanol L207。防尘盖防止润滑脂逸出，并且保护轴承，以免受到来自电动机的污染。用间隙型密封保护驱动端轴的开口处，防止灰尘和湿汽进入，所以必须满足绝缘类型 IP44 的要求。

## 1.4 家用电器电动机

结构见图 1-4。

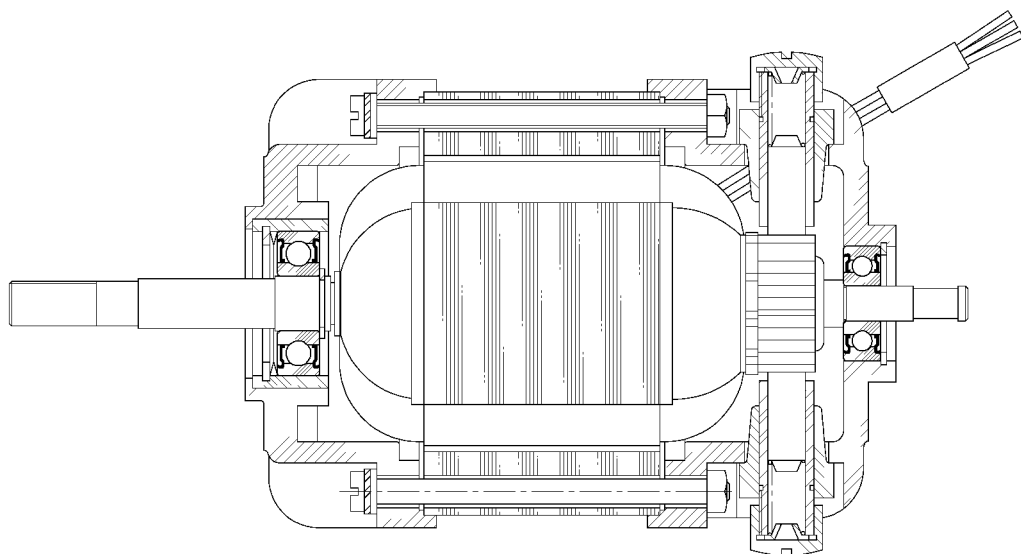


图 1-4 家用电器电动机

### 1.4.1 工作参数

功率 30W；转速 3500r/min。

### 1.4.2 轴承选择

安静运转是对家用电器电动机的主要要求。电动机的噪声受到轴承质量（形状和运转精度）、轴承游隙及轴和端盖孔加工精度的影响。

目前，标准轴承的质量已经足以满足一般噪声要求。利用弹簧垫圈沿轴向对轴承施加轻预载

荷，可以达到轴承零游隙运转。

轴承在轴上以及端盖孔中的配合部位必须对正。为了能使弹簧垫圈对轴承进行轴向调整，外圈必须滑动配合在端盖中。

在集电器一端装一套深沟球轴承 FAG626. 22R，在另一端装一套 FAG609. 2ZR. L91。

### 1.4.3 后缀符号

. 2ZR——带两面防尘盖的轴承，它们构成间隙型密封；

L91——装填专用润滑脂（Arcanol L91）。

### 1.4.4 轴承尺寸的确定

轴直径通常由机械结构设计确定，结果，确定的轴承尺寸可足以达到疲劳寿命要求，很少出现疲劳损坏。轴承达到 500~2000h 的要求寿命。

### 1.4.5 加工公差

轴为 j5；端盖孔为 H5。端盖孔公差 H5 可为两套轴承允许的自由轴向调整提供要求的滑动配合。

### 1.4.6 润滑与密封

用清洁度特别高的 2 级稠度锂基脂进行脂润滑，其特点是摩擦很小。这种电动机的总效率受到球轴承摩擦力矩的重大影响。带防尘差（2ZR 型）的轴承用润滑脂作预润滑，即不需要再加润滑脂。由防尘盖所构成的间隙型密封可以防止一般环境条件下的污染。

## 1.5 家用洗衣机滚筒

### 1.5.1 工作参数

洗衣量为 4.5kg 干衣服（重量  $G_w = 44\text{N}$ ）。

转速：洗涤	50r/min
预洗涤后旋用	800r/min
甩干	1000r/min

### 1.5.2 轴承选择

该家用洗衣机（图 1-5）是前端载荷型。滚筒是悬臂式配置带轮驱动。轴承选择由轴颈直径（由刚度要求确定）以及重量和不平衡载荷决定。对于确定轴承尺寸所基于的轴承载荷，可采用非常简单的数据来确定，因为载荷和转速是可变的。

家用洗衣机一般有好几种，部分是全自动的，带甩或不带甩的洗涤循环。在不带甩的洗涤循环中，滚筒轴承仅只受到由转子和湿衣重量所产生的轻载荷。该载荷对轴承尺寸设计来说并不重要，所以可以忽略。带甩循环则相反，因为洗涤的衣物不规则地分布在滚筒圆周上，就产生了不平衡载荷，而这不平衡载荷又引起较大的离心力。确定轴承尺寸要依据这种离心力

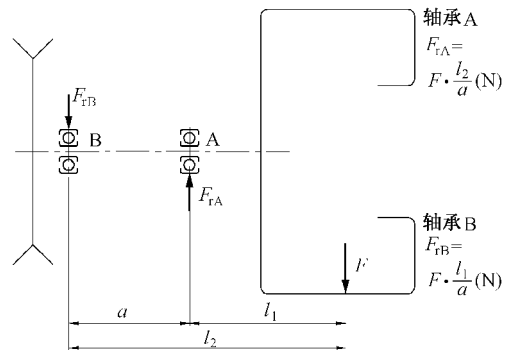


图 1-5 滚筒驱动示意图

以及滚筒重量  $G_T$  和干衣重量  $G_w$ 。传动带拉力一般可以忽略不计。

离心力由下式计算：

$$F_z = mr\omega^2 (\text{N})$$

式中  $m = G_U/g$  ( $\text{Ns}^2/\text{m}$ )；

$G_U$ ——不平衡载荷 (N)，将干衣量的 10%~35% 作为不平衡载荷来考虑；

$g$ ——重力加速度， $g = 9.81 \text{m/s}^2$ ；

$r$ ——不平衡载荷的滚筒半径 (m)，

滚筒半径 ( $d_T/2$ )；

$\omega$ ——角速度  $= \pi n/30$  (rad/s)；

$n$ ——旋甩时的转子速度 (r/min)。

这样，决定轴承载荷的总力是： $F = F_z + G_T + G_w$  (N)

该载荷施加于洗涤转子中心。

轴承载荷如图 1-5 所示。

### 1.5.3 轴承尺寸的确定

家用洗衣机轴承依据动载荷指数  $f_L = 0.85 \sim 1.0$  来确定其尺寸。

该值相当于旋甩额定寿命 300~500h。

在图 1-6 中，滚筒端选择一套深沟球轴承 FAG6306.2ZR.C3，在带轮端选择一套深沟球轴承 FAG6305.2ZR.C3。

轴承采用增大的径向游隙 C3，两端用防尘盖 (.2ZR) 密封。

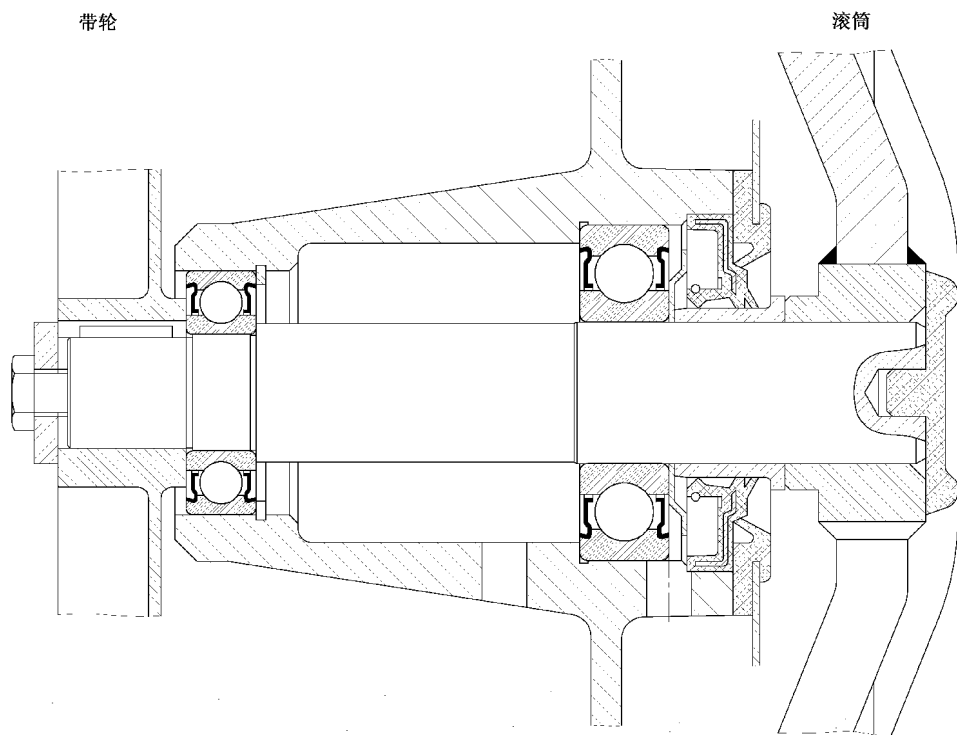


图 1-6 家用洗衣机滚筒装置

### 1.5.4 加工公差

鉴于不平衡载荷  $G_U$ ，内圈承受点载荷，外圈承受圆周载荷，因此外圈必须过盈配合在轴承座中，通过将座孔加工到 M6 来达到。内圈配合则不那么紧，滚筒轴颈按 h5 加工，这样可以保证浮动轴承能在热膨胀情况下进行调整。采用松配合也可简化安装。

### 1.5.5 润滑与密封

两面密封的轴承用专用润滑脂作预润滑，应足以达到轴承的使用寿命。在滚筒端采用附加接触式密封。

## 1.6 立式泵电动机

### 1.6.1 工作参数

额定功率 160kW；额定转速 3000r/min；转子和泵叶轮质量 400kg；泵推力 9kN，方向朝下；V1 型。

### 1.6.2 轴承选择

选择轴承主要基于方向朝下的主推力，由转子和泵叶轮的重量（4kN）、泵推力（9kN）及弹簧预载荷（1kN）组成。当电动机空转时，泵推力则会反向作用，这样，轴承也必须承受向上的轴向载荷 4kN。

作用于轴承的径向载荷不能确切知道，由不平衡磁吸引力以及来自转子和泵叶轮的可能的不平衡载荷组成。然而，实际运转试验表明，采用转子和泵叶轮重量的 50%，在图 1-7 情况下即为 2kN，就足以将这些载荷考虑在内。

在图 1-7 中，支承轴承是一套角接触球轴承 FAG7316B. TVP，承受主推力。为了确保无径向力作用于该轴承，轴承座的这部分在径向按间隙配合 E8 加工。在正常工作条件下，深沟球轴承 FAG6216. C3 仅承受轻径向载荷和轴向弹簧预载荷，此外，还必须承受电动机空转时的反向推力载荷，因为转子会沿向上方向垂直位移（上浮距离），而这种位移受到深沟球轴承端面与端盖之间一定间隙的限制。为了避免在逆向推力阶段的滑移，角接触球轴承必须承受由弹簧施加的最小轴向载荷。在泵叶轮端装一套圆柱滚子轴承 FAG NU1020M1. C3 起浮动轴承的作用。因它承受来自泵叶轮的不平衡载荷，其内、外圈应过盈配合。

圆柱滚子轴承的设计由轴直径 100mm 决定，而轴直径则由强度要求确定。由于径向载荷较小，选择轻系列 NU10 轴承。

### 1.6.3 加工公差

圆柱滚子轴承：轴 m5；轴承座 M6

深沟球轴承：轴 k5；轴承座 H6

角接触球轴承：轴 k5；轴承座 E8

### 1.6.4 润滑

轴承用 FAG 滚动轴承油滑脂 Arcanol L71V 润滑，并可再润滑。

再润滑补给量为：

——浮动轴承 15g

——定位轴承 40g

再润滑间隔时间 1000h。用过的废脂收集在轴承部位下面的带盖环状集脂槽内。

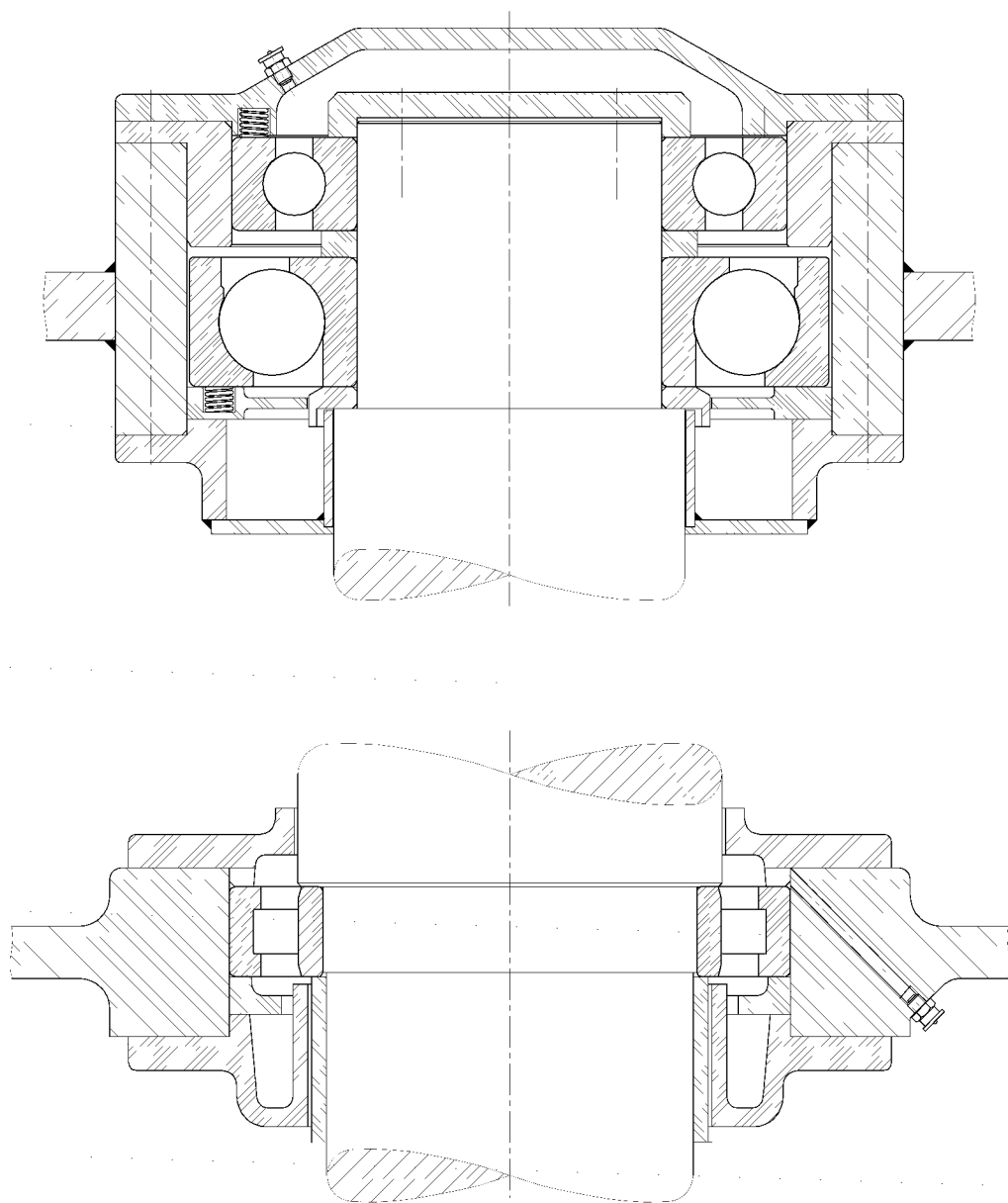


图 1-7 立式泵电动机转子轴承配置

## 1.7 矿井风扇电动机

### 1.7.1 工作参数

额定功率 1800kW；转速  $n=750\text{r/min}$ ；轴向载荷  $F_a=130\text{kN}$ ；径向载荷  $F_r=3.5\text{kN}$ ；轴承垂直配置（图 1-8）。

### 1.7.2 轴承选择

轴向载荷 130kN 由转子和两个可变的顶部和底部风扇叶轮的重量以及这些风扇叶轮的推力组成。该载荷由上部的推力轴承支承。

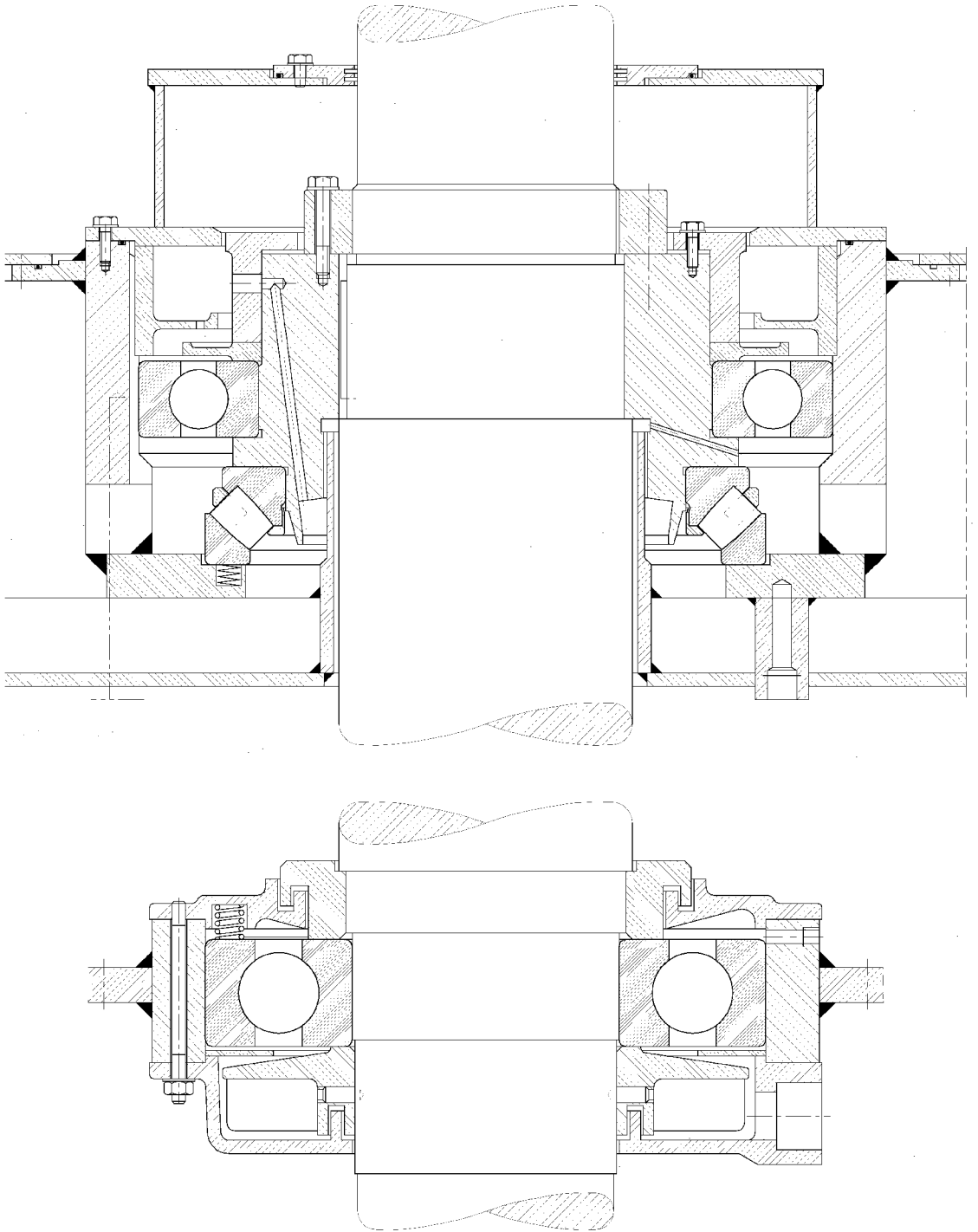


图 1-8 矿井风扇电动机转子轴承配置

立式电动机上的径向载荷仅为引导载荷，非常小，一般由不平衡的磁吸引力和可能的转子不平衡载荷产生。在图 1-8 中，每个轴承的径向载荷是 3.5kN。倘若不知道精确值，假定转子重量的一半作为径向载荷作用于转子重心，就能足以将这些载荷考虑在内。

上部支承轴承是一套推力调心滚子轴承 FAG29260E. MB。径向引导靠一套与支承轴承安装在同一套筒中并承受转子上相反轴向载荷的深沟球轴承 FAG16068M 来保证。就传递、装配及电动机

空转来说，都需要轴向引导。在这些工作条件下，空气逆流会引起逆向旋转和推力。轴向位移限制在向上方向 1mm，这样推力调心滚子轴承不会被顶离。配置在座圈下面的弹簧（弹簧载荷 6kN）可确保轴承中连续接触。

下部轴承部位的径向引导由一套深沟球轴承 FAG 6340M 来承担，作为浮动轴承，对其采用滑动配合安装。因为只承受很轻的载荷，所以，可用弹簧施加 3kN 预载荷。

### 1.7.3 轴承尺寸的确定

推力调心滚子轴承 FAG29260E.MB 具有额定动载荷  $C=1430\text{kN}$ 。动载荷指数  $f_L=4.3$  是用轴向载荷  $F_a=130\text{kN}$  和滚子轴承速度系数  $f_n=0.393$  ( $n=750\text{r/min}$ ) 计算出来的。额定寿命  $L_h=65000\text{h}$ 。

基于润滑油（粘度级 ISO VG150）在大约  $70^\circ\text{C}$  时的工作粘度  $\nu$ 、额定粘度  $\nu_1$  及系数  $K_1$  和  $K_2$ ，确定基本  $a_{23\text{II}}$  值约为 3。清洁度系数设定为 1。推力轴承可达到的寿命  $L_{\text{hna}}$  长于 100000h，所以，确定的轴承尺寸足够了。两套向心轴承以其动载荷指数  $f_L>6$  确定的轴承尺寸也足够了。

### 1.7.4 加工公差

#### 1. 上部轴承部位

推力调心滚子轴承：轴 k5；轴承座 E8

深沟球轴承：轴 k5；轴承座 H6

#### 2. 下部轴承部位

深沟球轴承：轴 k5；轴承座 H6

### 1.7.5 润滑与密封

上部轴承部位的推力轴承和向心轴承用润滑油润滑。

推力调心滚子轴承在油浴中运转，利用其非对称结构，润滑油可从内径向外径自动循环。由一个锥形供油装置和倾斜油路向上部轴承供油。由一个挡环和一个抛油环保证起动期间供油。

下边的轴承用润滑脂润滑并带有再润滑装置和一个脂阀。两个轴承部位均采用迷宫式密封。

## 1.8 风力发电机转子

风力发电机是一种可供选择的环保型能源。目前，风力发电机发电功率可达 3200kW。有水平转子系统和立式转子系统（图 1-9）。WKA60 型风力发电机高 44m，装有直径为 60m 的三叶片水平转子。