

滚动轴承手册

(修訂第二版)

[苏] P. Д. 別捷尔曼 Б. В. 茨伯金 合著

陈 焱 译

机械工业出版社

本手册是根据苏联 Машгиз 1960 年版的 Подшипники качения справочник 一书, 第四版重新修订, 内容经过较多补充与修改。书中叙述了滚动轴承的基本理论知识, 提供了轴承与其连接零件结构的参考资料, 以及轴承使用和润滑方面的资料, 按规定的使用条件选择轴承的方法和设计轴承部件的方法等。

本手册可供轴承与机械设计人员、轴承制造和使用轴承有关的工程技术人员使用, 也可供高等院校师生作参考书使用。

Р. Д. Бейзельман, Б. В. Цыпкин
'ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ' СПРАВОЧНИК
(Машгиз 1960 年 第四版)

(根据苏联国立机器制造科技书籍出版社一九六〇年第四版译出)

* * *

滚动轴承手册

(修订第二版)

[苏] Р. Д. 别捷尔曼 Б. В. 茨伯金 合著
陈 焱 译

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $19^{4/16}$ · 插页 8 · 字数 660 千字

1959 年 7 月北京第一版

1966 年 4 月北京第二版·1972 年 9 月北京第四次印刷

*

统一书号: 15033·1916(2149)·定价: 2.90 元

譯 序

本书原书第四版系根据1954年苏联出版的P. Л. 別捷尔曼与B. B. 茨伯金合著滚动轴承手册的第三版作了較大的修改补充。其中，如滚动轴承基本类型的性能；有关摩擦、負荷容量与寿命的計算；轴承部件的設計、应用与选择；最新的轴承潤滑与冷却方式；滚动轴承的安装与拆卸方法等均作了更为詳尽的叙述并增添了一部分实例。

本书对現代轴承产品結構的发展趋势亦有若干闡述，增加了双联和三联向心推力球轴承，密封轴承，关节轴承各种超輕、特輕以及非标准的但已广泛应用的系列（与原书第三版比較新增約 60 余个系列和1300余种規格）。并根据历年来产品試驗的資料与实际使用的驗證，对絕大部分滚动轴承型号有关技术性能的基本数据如工作能力系数 c ，允許靜負荷 Q ，极限轉數 n 等均作了更改和提高。

原作者除对全书各章节的內容、部分或完全改写与增添外，并作了更合理的組織与排列。

为了适应广大讀者的需要，在根据第四版重新譯校的过程中并消除了第三版譯本中的錯誤或不妥处。对技术术语按我国新頒的滚动轴承国家标准与其他相应标准作了訂正，还增添了一些必要的資料。

我国机械工业正在迅速发展，这就要求我国轴承設計人員与有关的工程技术人員在总结国内經驗的基础上多方面地吸取国外經驗，参考研究，以提高轴承产品設計和基础理論水平。本书采用的在設計时計算工作能力系数的方法与ISO(国际标准化組織)推荐的、以及若干外国公司如SKF(瑞典)FAG(西德)RIV(意大利)等所实行的确定滚动轴承基本負荷容量的方法有着重大差別而有关精密轴承的质量指标和参数与ABEC和ISO的标准也各异。但本书对于轴承基本理論知識設計和应用方面的叙述尚較完善和系統，不失有其参考价值。

由于譯校者本身的水平所限，錯誤与不妥之处在所难免，希望讀者在閱讀和使用过程中提出批評和建議以便今后改正。

譯 者

本手冊內使用的主要代号

- d —— 軸承內徑 (毫米);
- D —— 軸承外徑 (毫米);
- B —— 向心球軸承的寬度 (毫米);
- d_m —— 鋼球直徑 (毫米);
- d_p —— 圓柱滾子直徑; 圓錐滾子平均直徑; 鼓形滾子的最大直徑 (毫米);
- l_p —— 滾子和滾針的工作長度 (毫米);
- d_{uz} —— 滾針直徑 (毫米);
- l_{uz} —— 滾針的全長 (毫米);
- z —— 軸承中滾動體的數目 (在多列軸承中以一系列計);
- D_0 —— 貫通滾動體中心的圓周直徑;
- r —— 軸承倒角座標 (毫米);
- $R_B(D_B)$ 及 $R_N(D_N)$ —— 垂直於軸承旋轉軸線平面上的軸承內外圈的滾道半徑 (直徑);
- r_{κ} —— 在球軸承旋轉軸線平面上溝的斷面半徑 (厘米);
- R_p —— 鼓形滾子縱截面的斷面半徑 (厘米);
- R_c —— 自動調心軸承外圈球形表面半徑 (厘米);
- β —— 滾動體接觸角 (度);
- γ —— 決定軸承中滾動體中心位置的角度, 該角是按軸承座向負荷方向兩邊的夾角計算的 (度);
- σ_γ —— 位於 γ 角滾動體處的接觸應力 (公斤/厘米²);
- $\sigma_{\max}$ —— 軸承內滾動體接觸面上的最大應力 (公斤/厘米²);
- a 及 b —— 滾動體和軸承套圈接觸面投影長半軸與短半軸 (厘米);
- Φ —— 根據材料彈性模數 E 決定的彈性系數;
- m —— 泊松系數;
- ρ —— 滾動接觸表面曲率半徑的倒數值;
- μ 及 ν —— 計算滾動體相互接觸點之曲率的系數;
- 2φ —— 軸承內滾動體的負荷範圍角;
- δ_0 —— 軸承內外圈中心在外負荷角方向由於彈性接觸變形的接近量;

$\delta_Y = \delta_Y^{(i)} + \delta_Y^{(e)}$ —— 轴承内、外圈中心在 Y 角方向由于弹性接触变形的接近量;

$\delta_Y^{(i)}$ 及 $\delta_Y^{(e)}$ —— 位于 Y 角并与内圈或外圈相对应的滚动体的弹性接触变形;

$2S$ —— 一个轴承套圈当另一个套圈固定时由其一边的极限位置向另一边的轴向移动量 (轴向游隙);

$R_{y\partial}$ —— 轴承的单位径向负荷 (公斤/厘米²);

$A_{y\partial}$ —— 轴承的单位轴向负荷 (公斤/厘米²);

h —— 轴承寿命 (工作小时);

n_B 及 n_H —— 轴承内圈和外圈的每分钟转数;

n_0 —— 保持器围绕轴承轴线的每分钟转数;

C —— 轴承工作能力系数;

P_0 —— 受最大负荷滚动体上的径向压力 (公斤);

R —— 轴承径向负荷 (公斤);

A —— 轴承轴向负荷 (公斤);

Q —— 轴承当量径向负荷 (公斤);

Q_{cm} —— 轴承允许径向静负荷 (公斤);

A_{cm} —— 轴承允许轴向静负荷 (公斤)。

目 录

譯序

本手冊內使用的主要代号

第一章 关于滚动轴承的基本知識	1
轴承基本类型的分类	1
滚动轴承各基本类型的性能	26
滚动轴承的代号系統	50
第二章 标准滚动轴承的主要几何关系	56
轴承的标准輪廓尺寸	56
向心球轴承鋼球的填充角	60
滾針轴承	62
圓錐轴承保持器的凸出量	77
第三章 作用于动力傳动支承上的負荷	81
齿輪傳动	97
皮带傳动	98
第四章 滚动轴承的計算原理	101
滚动轴承运动学	101
推力轴承中負荷的分布	107
推力轴承的差动裝置	108
球轴承中的慣性力	110
自动調心推力轴承中的补充負荷	113
滚动轴承中的摩擦	113
两个压缩彈性体的接触应力和变形	123
計算滚动轴承中彈性变形和应力用的主要公式	129
平滾道的推力球轴承的負荷容量及寿命	140
計算滚动轴承負荷容量及寿命的公式	142
考虑徑向游隙对轴承負荷容量及寿命影响的計算	151
单列球轴承的軸向負荷容量与寿命	170
在摆动运动时工作的轴承寿命	182

第五章 选择球轴承和滚子轴承的基本規則.....	191
一般規則.....	191
向心球轴承和向心滚子轴承的选择.....	193
向心推力球轴承和向心推力滚子轴承的选择.....	196
推力轴承的选择.....	200
在可变负荷与可变轉数下工作的轴承之选择.....	200
选择 $n = 0$ 轉/分时的轴承.....	204
选择轴承图表.....	204
滚动表面硬度对轴承負荷容量的影响.....	207
第六章 滚动轴承內的游隙.....	211
概論.....	211
原始游隙依配合性质而变化.....	212
轴承工作时配合游隙的变化.....	213
轴承徑向游隙和軸向游隙間的关系.....	214
轴承徑向游隙和軸向游隙的測量方法.....	215
原始游隙.....	217
可調节型轴承的游隙.....	223
圓錐孔的轴承与紧定套或圓錐軸頸配合时原始游隙的变化.....	227
单列球轴承允許傾斜角与游隙的关系.....	229
預过盈轴承的变形.....	239
預过盈量的計算.....	232
实现預过盈的方法.....	233
計算預过盈轴承时假定徑向負荷的确定.....	238
止推衬套长度差的确定.....	240
双联向心推力球轴承与三联向心推力球轴承之串連組合.....	241
第七章 滚动轴承的配合.....	252
概論.....	252
决定向心轴承与軸及外壳連接性质的条件.....	253
配合的选择.....	259
向心轴承和向心推力轴承的配合.....	259
推力轴承的配合.....	265
滾針轴承的配合.....	266

配合过盈量的确定	266
过盈量受套圈强度条件的限制	268
配合表面的光洁度与精度	269
配合对轴承径向游隙量的影响	271
套圈按过盈配合与拆卸时压力的计算	272
某些轴承类型的特殊配合	275
滚动轴承配合的选择程序	278
滚动轴承配合表	281
第八章 滚动轴承的精度	289
轴承制造和验收的技术条件	289
滚动体的精度	299
轴承倒角的形状与尺寸	304
球轴承及滚子轴承用的紧定套、螺母及垫圈的技术条件	305
制造轴承零件用的钢材	307
第九章 轴承部件的设计	311
轴承部件设计程序	311
轴承类型的选择	312
精度等级的选择	313
配合处同心度的保证	314
部件中各零件的刚性及强度的保证	315
与轴承配合的零件尺寸受热变化的补偿	317
对轴承部件的安装要求	319
在各种机构部件中轴承的安装方式示例	320

第十一章 滚动轴承的安装、拆卸和使用	403
安装轴承用的工具	403
拆卸轴承用的工具	413
仓库中贮存轴承的简要须知	423
按外部征象确定轴承破坏的原因	424
第十二章 球轴承和滚子轴承的技术指标	433
滚动轴承规格表	434
轴承的允许径向负荷	554
附录	561
1. 轴承部件结构系统示例	561
2. 滚动轴承的术语	569
3. 钢球规格表	582
4. 圆柱滚子规格表	583
5. 滚动轴承全苏标准与中国相应标准对照表	584
6. 中国与苏联、瑞典、德意志民主共和国、匈牙利、捷克斯洛伐克等国轴承基本类型和系列、代号系统的相互对照表	586
7. 各种硬度数值对照表	597
8. 三角函数表	598
参考文献	600
索引	602

第一章 关于滚动轴承的基本知識

轴承基本类型的分类

由于滚动轴承在各种机器及机构的支承中遇到各种不同的工作条件，所以有必要制造大量不同构造的轴承来适应承受任何方向的負荷及滿足机器結構上和使用上所提出的要求。

滚动轴承按下列基本特征分类：按轴承能够承受的負荷作用力的方向；按滚动体的形状；按构造的特点及轴承中滚动体的列数。

1. 按轴承所承受負荷作用力的方向分成以下各組：

a) 向心轴承仅承受徑向負荷（圆柱滚子轴承，有装球口的单列球轴承），或者一般用来承受徑向負荷，但也能承受軸向負荷（无装球口的单列球轴承，双列球面球轴承和双列球面滚子轴承）；

6) 推力轴承仅用来承受軸向負荷；

Б) 向心推力轴承用来承受联合負荷，即同时作用的徑向負荷与軸向負荷，而徑向負荷与軸向負荷全可能是主要的；

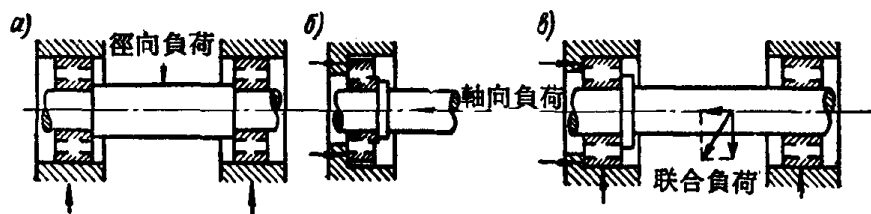


图 I . 1

г) 推力向心轴承一般是用来承受軸向負荷但同时亦能承受不大的徑向負荷。

徑向負荷 垂直于轴承旋轉軸綫所作用的負荷称为徑向負荷(图 I . 1a)。

軸向負荷 沿轴承旋轉軸綫作用的負荷称为軸向負荷 (图 I . 1 б)。

联合負荷 在徑向方向及軸向方向同时作用于轴承上的負荷称为联合負荷 (图 I . 1 в)。

2. 按滚动体形状分为球轴承（滚动体为鋼球）及滚子轴承（滚动体为滚子）。

至于滾子軸承可分为以下类型:

- a) 短圓柱滾子軸承;
- б) 长圓柱滾子軸承;
- в) 螺旋滾子軸承;
- г) 滾針軸承;
- д) 圓錐滾子軸承;
- е) 球面滾子或球面圓錐滾子軸承。

3. 按軸承构造特征分为:

- a) 非自动調心軸承;
- б) 自动調心軸承 (球面型)。

4. 按軸承滾动体列数分为单列、双列及四列的。

軸承类型、系列及变型

以承受負荷的方向、滾动体的形状、列数及构造的特点来决定軸承的类型。

許多同一类型的軸承,其輪廓尺寸 (直徑和寬度) 都与ГОСТ 3478-54規定的尺寸相符合,这就构成一标准尺寸系列,相同类型的軸承在构造上有区别就构成該类型軸承的变型。

表 I .1 及 I .1 a 中列有标准軸承类型的主要分类,以及非标准的、但广泛应用的軸承类型的分类,并附有每一类型大約的相对負荷容量。

各个类型軸承的負荷容量可按下列方法进行比较:

1. 同尺寸系列的軸承可以进行比較;
2. 向心軸承、向心推力軸承及推力的向心軸承等所有基本类型,按每一系列比較徑向負荷容量时,以单列向心球軸承 (0000型) 的負荷容量为假定的单位 (1) 計算;
3. 推力軸承所有基本类型,按每一系列比較其軸向負荷容量时,以单向推力球軸承 (8000型) 的負荷容量为假定的单位 (1) 計算;
4. 比較各种不同类型軸承的負荷容量时,假定旋轉速度和寿命均相等。

允許軸向負荷以該类型軸承未利用的允許純徑向負荷容量的一部分来表示,即如果軸承純徑向負荷容量等于 Q ,則該軸承的允許軸向負荷 A 与同时作用的徑向負荷 R 就构成 $k (Q - R)$,式中 k —— 为表 I .1 最后一栏中所指出的系数。

滚动轴承基本类型的分类图表

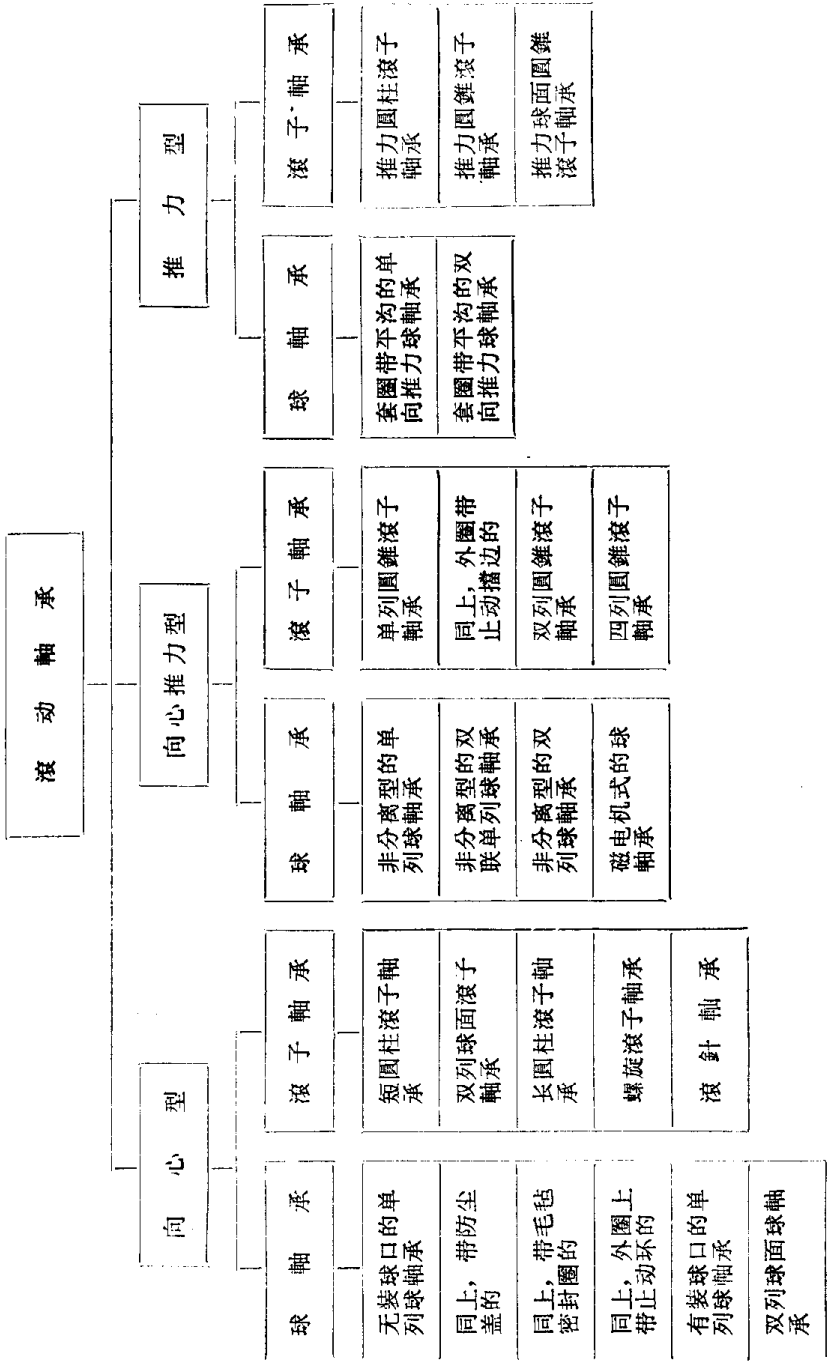
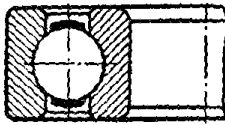
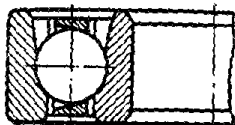
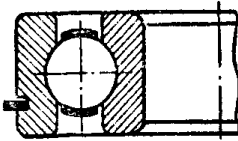
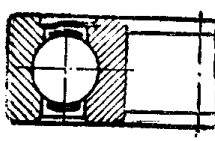
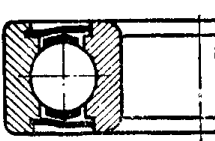


表 1.1 現代機械工業中採用的滾動軸承基本類型

圖 簡	軸承類型	標 准 編 号	标准上所規 定的 系 列	系列代号	根据标准 其內徑的 尺寸範圍 (毫米)	軸承的大約相對負荷容量	
						純徑向	允 許 負 荷
	无裝球口 的	ГОСТ 8338 57	超輕系列	1000900	1~320	1	兩边到0.7
			超輕系列	7000100	12~180		
			特輕系列	100	7~360		
			輕系列	200	3~220		
			中系列	300	4~150		
	有裝球口 的	非标准的	重系列	400	17~90	1.4	不宜承受軸 向負荷
			—	70000	—		

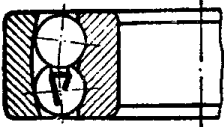
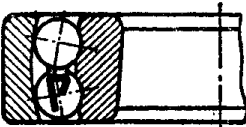
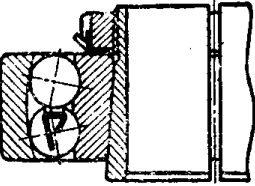
	带止动环的	ГОСТ 8338-57 (轮廓尺寸); ГОСТ 2893-54 (止动槽和止动环的尺寸)	轻系列 中系列 重系列	50200 50300 50400	30~200 30~200 30~200	1	两边到0.7①
	带一面防尘盖	ГОСТ 7242-54	特轻系列 轻系列 中系列	60100 60200 60300	8~40 4~30 4~70	1	两边到0.7
	带两面防尘盖	ГОСТ 7242-54	特轻系列 轻系列 中系列	80100 80200 80300	8~40 4~90 4~70	1	两边到0.7

① 止动环系用以在轴向方向将轴固定，只能承受偶然的不大的轴向负荷。

圖 簡	軸承類型	標 准 編 号	标准上所規定的系列	系列代号	根据标准其內徑的尺寸范围(毫米)	軸 承 的 大 約 相 對 負 荷 容 量	
						純徑向	允 許 負 荷
	帶一面毛毡密封圈	ГОСТ 4061-48	輕系列 輕系列	20200 520200	5~50 10~50	1	兩边到0.7
	帶兩面毛毡密封圈	ГОСТ 4061-48	輕系列 輕系列	30200 530200	5~50 10~50	1	兩边到0.7



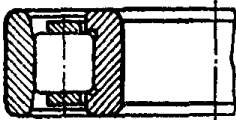
I. 双列向心球軸承(自动調心的)

	球面的, 圆柱孔	ГОСТ 5720-51	輕系列 輕寬系列 中系列 中寬系列	1200 1500 1300 1600	5~150 10~200 10~120 10~200	1	两边到0.2
	球面的, 圓錐孔	ГОСТ 5720-51	輕系列 輕寬系列 中系列 中寬系列	111200 111500 111300 111600	5~150 10~200 10~120 10~200	1	两边到0.2
	球面的, 圓錐孔并鎖 緊定套	ГОСТ 8545-57	輕系列 輕寬系列 中系列 中寬系列	11200 11500 11300 11600	17~135 17~135 17~110 17~135	1	两边到0.2

(續)

图 简	軸承类型	标准 編 号	标准上所規 定的 系列	系列代号	根据标准 其內徑的 尺寸範圍 (毫米)	軸承的大約相对負荷容量	
						允 許 負 荷	純 徑 向 軸 向

Ⅱ. 向心滾子軸承
a) 单列短圓柱滾子軸承

	外圈无擋 边	ГОСТ 8328-57	超輕系列 特輕系列 輕系列 輕寬系列 中系列 中寬系列 重系列	1002900 2100 2200 2500 2300 2600 2400	60~280 25~320 15~260 25~200 20~200 25~180 30~120	1.7	不承受軸向 負荷
	內圈无擋 边	ГОСТ 8328-57	超輕系列 特輕系列 輕系列 輕寬系列 中系列 中寬系列 重系列	1032900 32100 32200 32500 32300 32600 32400	60~280 25~320 15~260 25~200 20~200 25~180 30~150	1.7	不承受軸向 負荷