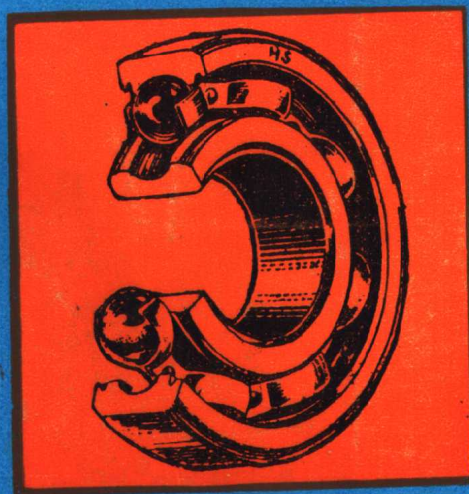


(日) 岡本纯三 角田和雄 著

滚动轴承 的特性与实用技术



杨鸿铨	张 坤	译
杨文宣	张荣臣	校
张赳凡		审

贵 州 科 技 出 版 社

滚动轴承的特性与实用技术

(日) 岡本纯三 角田和雄 著

松井俊男 监修

杨 鸿 铨 张 坤 译

杨 文 宣 张 荣 臣 校

王 辉 凡 审

贵 州 科 技 出 版 社

滚动轴承的特性与实用技术

(日) 岡本纯三 角田和雄 著

杨 鸿 铨 张 坤 译

杨 文 宣 张 荣 臣 校

张 赳 凡 审

贵 州 科 技 出 版 社

(贵阳市中华北路 289 号)

贵州科技印刷厂印制 贵州省新华书店发行

787×1092 32开 印张7.8

1991年1月第一版 1991年1月第一次印刷

印数 1~1500册

ISBN 7—80584-078-4/TH·001

定价4.60元

前 言

我国有关滚动轴承的专著较少。50年代末引进苏联先进技术时，曾由本行业组织翻译了一本《滚动轴承手册》，直到近几年来，才出版一些专著，但全面介绍滚动轴承工程技术的专著还是不多。

1980年以来，我厂着手引进日本滚动轴承技术理论专著软件，先后翻译了近十本滚动轴承专集。其中，在日本较为有名的有：《滚动轴承工程学》（転がり軸受工学），由日本18名知名学者编写，全面介绍了滚动轴承的发展概况、材料、结构、动态性能、寿命、负荷、润滑和应用等各个方面的基础理论知识和科研成果，反映了当代滚动轴承的科学技术发展概况；《滚动轴承的应用设计》（ころがり軸受の応用設計），该书则从应用角度出发，引入系统设计新概念，重点叙述根据各种不同的机械，采用不同的系统计算方法和不同的寿命计算方法（如疲劳寿命、磨损寿命、刚性寿命等）来选择合适轴承。上述两书均已出版，现在介绍的《滚动轴承的特性与实用技术》（転がり軸受——その特性と实用設計）为第3本。这三本书可说是当代滚动轴承理论、技术和应用的精华，是极有参考价值的姊妹篇。

《滚动轴承的特性与实用技术》，是从滚动轴承固有的特性出发，并以不同用途的标准轴承为例，采取最实用的图表计算法，使用户可根据轴承的负荷状态、国家标准或工厂

样本给定的额定负荷，通过实用图表，快速简便地选定合适的轴承，诸如轴承的类型、尺寸、材料、游隙、精度、预负荷、润滑方法、配合安装以及维护保养等。

本书可作为从事轴承专业和机械设计者的必备参考书，对机械制造专业的工程技术人员在提高理论水平及设计水平上裨益良多，由杨鸿铨译1至8章，张坤译第9章。

本书承贵州虹山轴承厂厂长、高级工程师张赓凡审稿，厂总工程师杨文宣、轴承研究所副所长张荣臣校对，张声健同志整理图稿，谨此致谢。

限于译者个人水平，不当之处，希予指正。

译者

1990年1月

(原著)发刊词

摩擦学 (Tribology) 一词, 是由摩擦、润滑和磨损等相关学科合并经技术发展而得名的。

1966年在英国出现这种说法以来, 为了发展摩擦学, 经很多领域内的科学工作者协同致力。在国际上, 这些相关学科合并的体制也有了很大改进。

计划发行摩擦学丛书, 是一件大喜事。

在英国, 以 Dr. Jost 为中心, 对摩擦学的节约与否进行了试算, 通过 (1) 由于摩擦减少而节省能源; (2) 润滑剂费用的低减; (3) 机械的保养、管理、修理费的减低等七项计算, 仅 1974 年, 在英国就节约 4490 亿日元, 美国节约 30053 亿日元, 日本节约了 6000 亿日元 (1 美元 = 220 日元)。在这些试算中, 就以 1970 年日本能源费用计算, 约为总节约费的 4%, 即 240 亿元 (燃料费)。最近能源费用比 1974 年高涨 15 倍, 仅此费用约 3600 亿日元, 再换算成总节约费约达 9360 亿日元。

通过摩擦学的计算, 仅能源费用的减少, 将对我国今后的经济发展极为重要。为此, 摩擦学及其技术的普及是极为重要的。以教育为基础的重要性无需在这里重述。但要达到正确认识摩擦学及其技术发展的这个目的大概还容易吧! 即对能源消耗的节约, 实现组织轴承材料及润滑剂的管理、保养, 从而提高机械装置的可靠性。

把摩擦系统装置中的输入如何有效地输出与节省能源直接联系，即系统装置中摩擦系数的大小是直接衡量动力消耗的尺度，而磨损则与系统的可靠性相关。对这两项进行管理和控制，关系到节省能源、资源和增加安全性。

至今，在日本经济成长速度的僵化，强烈要求对摩擦学的重要性再次进行认识，其重要性正日益增长。而且，最近对生物摩擦学（Biotribology）的发展发生兴趣。对股关节之类人体关节部的摩擦学研究，其重要性正日益增长，对磨损性高的材料及其润滑问题，因优良模拟机器的发展和医师的努力，取得了显著的进步。

摩擦学的显著发展，确信对经济发展和造福人类将作出贡献。

正当此时，有幸书房发行该丛书，这对解决今后原动力的节能问题是确信不疑的。

横井俊男

(原著) 前 言

要使机械动作完善，就必须使机械各部件的运动能充分发挥良好性能，这些部件的运动方法，大致可分为旋转运动和直线运动二类，其中旋转运动的导向，主要借助于轴承。

轴承的作用可例举如下：

- (1) 引导轴平稳旋转；
- (2) 支承负荷；
- (3) 决定旋转轴位置，即使改变负荷方向，其位置也可不变换；
- (4) 使轴获得高速旋转。

根据上述要求，实际选用的是滑动轴承还是滚动轴承。要以上述二类轴承各自的不同特点，按用途分别选用。

本书叙述这二类轴承中的滚动轴承，重点放在最佳使用方法的选择，并对其特性作简要的说明，针对使用滚动轴承的标准和样本，牢固掌握其使用方法。滚动轴承是由专业制造厂制造并市售，对用户来说，如何掌握轴承的选用，是至关重要的。

因此，本书的大部分篇幅，是以叙述轴承的选择方法为中心，对轴承理论的叙述，只是为了如何使用轴承而归纳少而精的部分。

在日本的滚动轴承工业标准和样本中，对轴承的选择往往只就特殊部分加以说明，本书的特点就是针对这种情况，

对轴承选择进行详细解说。

本书由二人合著，对基本构思事先进行了充分研究，对原稿反复多次交换了意见。为此，该书的完成经历了相当长的时间。本书的整体内容由著者共同负责。

著书时接触到很多已出版的刊物并引用推荐，虽对引用处加以标出来源何处，但对一般普及性的资料引用很多，获得工业技术院机械技术研究所和日本精工株式会社的认可，在此表示感谢。

另外，对推荐本书的东京工业大学名誉教授桜井俊男博士，和著者的恩师东京大学名誉教授曾田范宗博士表示深切感谢。同时，在出版过程中得到幸书房的各种协助也致以谢意。

岡本純三
角田和雄

符 号

本书使用的主要符号

- A : 规定的允许转速数、轴承的散热表面积
 a : 接触椭圆长半轴
 a_1 : 寿命的可靠性系数
 a_2 : 寿命的材料系数
 a_3 : 寿命的使用条件系数
 $a_2 a_3$: 寿命的修正系数
注脚 a : 滚动体、轴向
 B : 轴承宽度
 b : 接触椭圆短半轴、接触宽度的1/2
 C : 额定动负荷、比热
 C_a : 轴向额定动负荷
 C_0 : 额定静负荷
 C_{0a} : 轴向额定静负荷
 C_A : 圆柱滚子轴承的允许轴向负荷
 C : 接触弹性常数
 C_r : 径向游隙
 C_t : 轴向游隙
 D : 直径(主要指外径)、轴承外径
 D_2 : 滚动体直径
 D_i : 内圈滚道直径、内圈平均外径
 D_o : 外圈滚道直径、外圈平均内径
 D_h : 轴承箱(座)外径
 d : 直径(主要指内径)、轴承内径

d_e : 外圈滚道直径

d_m : d_p : 通过滚动体中心的中心圆直径

E : 纵(材料)弹性系数

e : 决定轴承磨损的尺寸系数

e_a 、 e_b 、 e_d : 弹性接触公式中的系数

注脚 c : 外圈

F : 轴承负荷、负荷、力

F_a : 轴向负荷、轴向分力

F_r : 径向负荷、径向分力

f : 轴承的摩擦系数、振动数、频率数

f_1 、 f_2 、 f_3 : 决定允许转速的修正系数

f_b : 皮带系数、链条系数

f_0 、 f_{ca} : 额定动负荷公式中的计算系数

f_g : 齿轮系数

f_0 : 决定 c_0 的系数

f_s : 对压痕的安全系数

f_v : 轴承的磨损系数

f_w : 冲击系数

G : 弹性流体润滑公式中的材料参数、油量、空气量

H : 弹性流体润滑公式中的油膜厚度参数、热量、推力轴承的高度、传递马力

h : 油膜厚度

i : 单个轴承中的滚动体列数

注脚 i : 内圈

J : 热功当量

J_a : 轴向积分

- J_r : 径向积分
- K : 外力
- L : 轴承寿命、额定寿命 (单位: 百万转数)
- L_h : 轴承的额定寿命时间
- l_{eff} : 滚子的有效长度
- M : 力矩、摩擦力矩、扭矩
- N : 转速、轴承的极限转速
- N_a : 滚动体的自转速度
- N_i : 内圈转速
- N_e : 外圈转速
- N_w : 滚动体的公转速度、保持架的转速
- n : 转速
- P : 当量动负荷、负荷
- P_a : 轴向当量动负荷
- P_0 : 当量静负荷
- P_{0a} : 轴向当量静负荷
- p : 寿命计算公式中的指数、压力
- p_{max} : 最大接触压力
- p_{mean} : 平均接触压力
- Q : 加于1个滚动体上的负荷
- Q_{max} : 最大滚动体负荷
- R : 沟曲率半径、二圆柱的当量半径
- r : 半径、倒角尺寸
- T : 轴承的装配高、温度
- t : 温度、时间
- U : 弹性流体润滑公式中的速度参数

u : 圓周速度
 V : 由軸承磨損引起的游隙增加量
 v : 圓周速度、速度
 W : 彈性流体潤滑公式中的負荷參數、負荷
 X : 徑向系數
 X_0 : 靜徑向系數
 Y : 軸向系數
 Y_0 : 靜軸向系數
 Z : 1 列中的滾動體數
 α : 接觸角、粘度壓力系數、線膨脹系數
 α_a : 軸承的角度游隙
 α_0 : 原始接觸角
 Δ : 游隙、過盈量
 δ : 位移量、由過盈量引起套圈的收縮量、膨脹量
 e : 負荷率
 μ : 滑動摩擦系數、粘度
 μ_s : 在滑動摩擦中的靜摩擦系數
 μ_k : 在滑動摩擦中的動摩擦系數
 μ_r : 滾動摩擦系數
 μ_0 : 在大氣壓下的粘度
 ν : 動粘度, 泊松比
 ρ : 曲率半徑
 τ : 剪應力
 ψ : 滾動體的角度位置
 ψ_0 : 負荷區角度的 1/2
 ω : 角速度

计算图表的符号

符 号	意 义	图 例
①	图中数字表示计算顺序（此例表示进行第一步计算）。	
②	通过该步计算得到的结果（此例表示通过第二步计算获得的答案。另外，通过二步以上的计算获得答案时，这个符号也要改成2以上）。	
	表示直线纵向部分所指二个轴上的刻度连接并延长，求得虚线箭头所示轴的交点。	
	表示直线纵向部分所指轴上的刻度与斜轴上的刻度连接并延长，求得虚线箭头所指轴的交点。	
	(1) 表示直线纵向所指二个轴上的刻度连接，求得与中间斜线转换轴上的交点。 (2) 接着把下轴上的刻度与此交点连接并延长，求得与上部轴上的交点。	
	表示直线纵向所指的轴与相对应的某个T曲线相切并延长，求得虚线箭头所指轴的交点。	
	表示把右轴上的数值，转移至左边斜轴上的刻度来代替。	
⑩	判定2个值的大小关系，（判定内容分别说明或在图中示出）。	
	假设二个值已在菱形中表示出它们的位置关系时，则以后的计算条件为A。	
	指定条件时，由这一符号的中心位置开始计算。	
	进行计算时，直线必须通过这一符号的中心位置。	
	根据指定条件，直线通过这一符号的中心位置并延伸。	

目 录

符号.....	I—X
第一章 轴承的作用.....	(1)
1.1 何谓轴承.....	(1)
1.2 滑动摩擦与滚动摩擦.....	(3)
1.2.1 滑动摩擦.....	(3)
1.2.2 滚动摩擦.....	(4)
1.2.3 滑动摩擦与滚动摩擦的比较.....	(5)
1.3 滚动轴承与滑动轴承.....	(6)
第二章 滚动轴承的历史.....	(10)
2.1 经验时代.....	(10)
2.2 理想时代.....	(11)
2.3 发明时代.....	(13)
2.4 工业生产时代.....	(14)
2.5 技术与工程学时代.....	(15)
第三章 滚动轴承的系统设计.....	(17)
3.1 何谓滚动轴承的设计.....	(17)
3.2 轴承系统的设计程序.....	(18)

第四章 轴承选定的设计	(22)
4.1 轴承类型.....	(22)
4.1.1 轴承类型.....	(23)
4.1.2 轴承类型的选择方法.....	(38)
4.2 轴承的配置.....	(44)
4.3 轴承负荷.....	(47)
4.3.1 当量动负荷.....	(47)
4.3.2 求负荷的方法.....	(56)
4.4 滚动疲劳寿命.....	(62)
4.4.1 轴承的寿命.....	(62)
4.4.2 额定寿命和额定动负荷.....	(63)
4.4.3 疲劳寿命值的选择方法.....	(77)
4.5 轴承尺寸.....	(79)
4.5.1 轴承尺寸的选择方法.....	(79)
4.5.2 主要尺寸和名义代号.....	(80)
4.6 压痕和额定静负荷.....	(88)
4.6.1 额定静负荷.....	(88)
4.6.2 当量静负荷.....	(92)
4.6.3 允许当量静负荷.....	(93)
4.7 轴承材料.....	(94)
4.7.1 轴承对材料性能的要求.....	(94)
4.7.2 套圈和滚动体材料.....	(94)
4.7.3 保持架的材料.....	(97)
4.8 允许转速.....	(98)
4.8.1 d_{gn} 值和 d_n 值的极值.....	(98)
4.8.2 圆柱滚子轴承的轴向负荷能力.....	(101)

4.9	轴承游隙	(104)
4.9.1	轴承游隙的必要性	(104)
4.9.2	轴承游隙的种类	(106)
4.9.3	轴承游隙的选择方法	(108)
4.10	轴承精度	(112)
4.10.1	何谓精度	(112)
4.10.2	精度等级	(114)
4.10.3	精度的选择方法	(114)
4.11	预负荷(予紧)	(115)
4.11.1	何谓预负荷	(115)
4.11.2	施加预负荷的方法	(115)
4.11.3	预负荷量的选定方法	(118)
第五章	润滑系统的设计	(119)
5.1	润滑方法	(119)
5.2	润滑脂	(120)
5.3	脂润滑法	(123)
5.4	润滑油	(127)
5.5	油润滑法	(130)
5.6	密封装置	(135)
5.7	轴承的磨损寿命	(139)
第六章	轴和轴承箱的设计	(144)
6.1	配合	(144)
6.2	精度	(148)
6.3	与安装有关的尺寸	(151)