

滚动轴承的合理使用

彭福涵 编

33.33

能的轴承。

轴承的品种规格十分繁多,但是由于其外形结构十分简单,因此容易被人忽视。其实,这是一种复杂而精密的机械零件。一台机器中只要一只轴承受损,也往往会造成停产损失。因此,设法避免这种损失就成为十分必要。对策是采取预防措施,正确使用滚动轴承,尽可能防止在运行中发生轴承损坏事故。

对于使用者来说,必须合理地使用和正确地维护保养轴承。因此制订一套完整的维护保养操作规程是完全必要的。但是规章制度毕竟不能代替维修人员对轴承的理解,如果一个维修人员对轴承的正常工作没有一点起码的知识,那末他在进行维修的过程中必然会遇到无数困难,甚至会束手无策。

多少年来一直存在着制造厂商与使用者之间缺少技术性联系的情况,许多手册几乎都是为设计人员的正确选用而准备的,而可供维修人员阅读参考的书籍却很少见。

本书目的希望能填补这个空缺,为工厂中从事轴承维修工作的人员提供一些基本知识,以便在实际工作中能独立思考,分析问题并找出对策,本书既不企图也不可能成为一本全面的工程读物。书中也没有什么个人发明的高深理论,一切都来源于无数科研人员的研究成果。其中很多基本原理在许多有关著作中早已有所论述,本书只是在这些材料的基础上加以综合编写而已。

前 言

两个界面相互接触的物体作相对运动时,总会产生摩擦。摩擦有时能起好的作用,而有时却又会起坏的作用。这种例子在人们的日常生活中是屡见不鲜的。如大雪以后,当雪融化而结成冰时,马路变得十分滑溜,这时骑自行车的人为了防止摔倒,往往要放掉一些轮胎中所充的气,以增加地面与轮胎的摩擦力,这个例子说明了摩擦有用的一面;但是,如果把一只沉重的箱子在地面上滑动,那末该做的事就是尽可能去减小这种摩擦。这时,摩擦成为有害的作用。

在各种机械设备中,摩擦同样起着十分重要的作用。有时候,摩擦是完全必要的,例如皮带传动、制动器和摩擦离合器等,它们的正常工作就完全依靠摩擦。然而在更多的场合,摩擦却是有害的,它会产生热量,引起机件的磨损,同时还会消耗动力。在这时,人们面临的任务是与摩擦作斗争,力求把摩擦减小到一个容许的水平。

十八世纪欧洲的工业革命促进了工业上的蓬勃发展,在具有大量旋转轴承的纺织工业方面,从节约动力消耗的角度来考虑减少轴承摩擦是件有关经济的大问题。而蒸汽机的进入实用阶段,为了防止其轴承的发热烧焦和严重磨损,减少轴承摩擦更是一个与未来工业发展攸切相关的大课题。

十九世纪关于摩擦的应用研究和技术性研究,几乎都与摩擦力本身有关。作为支配摩擦力的因素、材料和润滑油很快受到注意,结果发明了圆筒滑动轴承的油膜原理,这对减少轴承摩

擦和磨损起着十分重要的作用。

对滑动轴承的深入研究，促使人们进一步探索减少摩擦的途径。人们很早就发现：滚动体滚转时遇到的阻力远远小于滑动时。如果把这个原理应用于轴承，可以预期轴承的摩擦力将大大减少，轴的转动也就会更加轻便灵活。

滚动轴承是在滑动轴承的基础上发展起来的，它有两个套圈：内圈直接套在轴上，但它与轴不产生相对滑动；外圈与轴承座配合，它们之间也不产生相对运动。在内圈和外圈之间，加进了一组滚动体（钢球或滚子）。当轴在轴承中转动时，这组滚动体在内圈和外圈之间滚转，使原来的相对滑动变为滚转运动，从而使摩擦大为减小。滚动轴承的优点是：摩擦力小，容易使机器起动；在动力传递过程中，机械功率消耗小；回转精度高，耐磨性好，因而它的使用寿命长；维护、保养和修理方便。滚动轴承的缺点是：噪音大、不耐冲击负荷。制造要求高、成本较高、只适宜于成批大量生产。

滚动轴承是一种通用性很强的机械零件，在国民经济和国防建设中应用非常广泛。凡有旋转部件的机械几乎都装有不同类型和不同精度等级的滚动轴承。从低精度、低转速的人力车、畜力胶轮大车等到普通精度、中等速度的汽车、拖拉机、柴油机、水泵、电动机，以致高精度、高转速的精密机床、精密仪表、航空发动机等都装用滚动轴承。

从滚动轴承的重量和其承受的负荷来说，有灵敏度很高的、仅几克重的微型仪表轴承；有中等负荷、中等转速的铁路机车车辆、石油钻机和矿车等用的轴承；也有承受大负荷的轧钢机、大型起重机、重型机床和巨型船舶等用的特大型轴承。

此外，由于机械设备需要适应如耐高温、低温、防磁、防震、高速、高真空和耐腐蚀等不同的工作环境，因此需要各种特殊性

目 录

前 言

第一章 滚动轴承的基本知识

1-1 概述	1
1-2 不同性质的负荷	3
1-3 基本结构	5
1-4 标准化问题	7
1-5 球轴承	11
1-6 球轴承的分类介绍	14
1-7 滚子轴承概述	30
1-8 滚子轴承的分类介绍	31
1-9 滚动轴承的选择	45

第二章 滚动轴承的安装

2-1 安装的基本守则	50
2-2 轴的准备	54
2-3 锁紧装置	62
2-4 介绍几种典型的安装形式	68
2-5 轴承的安装	72
2-6 安装滚动轴承的注意事项	77

第三章 滚动轴承的拆卸

3-1 拆卸滚动轴承的一般知识	82
3-2 拆卸工具介绍	86

第四章 润滑和润滑装置

4-1	润滑的基本知识	95
4-2	润滑剂的选择	96
4-3	润滑油的特性	97
4-4	润滑油的选择	101
4-5	润滑脂及其特性	105
4-6	润滑脂的选用	108
4-7	润滑剂的应用	111
4-8	润滑装置实例	114

第五章 轴承座和密封装置

5-1	通孔轴承座	121
5-2	具有一个挡肩的轴承座	122
5-3	具有整体端盖的对开轴承座	123
5-4	利用弹簧挡圈代替挡肩	124
5-5	分离式轴承座	125
5-6	轴承座的材料	127
5-7	轴承盖的设计	127
5-8	密封的重要性和它的分类	129
5-9	常用密封装置概述	129
5-10	常用密封装置介绍	130

第六章 轴承损坏的原因分析

6-1	轴承损坏原因概述	143
6-2	由异物引起的损坏	146
6-3	过载引起的损坏	148
6-4	对中不良引起的损坏	148
6-5	对中不良的几种形式	149
6-6	轴肩的影响	152
6-7	由于压痕引起的损坏	154

6-8	由于过热而引起的损坏·····	155
6-9	内外圈开裂引起的损坏·····	156
6-10	引起轴承损坏的其他原因·····	158
第七章 轴承的额定负荷和寿命		
7-1	寿命、额定寿命和额定动负荷·····	164
7-2	静负荷、额定静负荷和当量静负荷·····	165
7-3	额定动负荷与轴承寿命的关系·····	167
7-4	当量动负荷的确定·····	168
7-5	选用轴承的几个实例·····	169
第八章 滚动轴承的鉴定和储藏		
8-1	鉴定的方法·····	171
8-2	鉴定后的处理·····	176
8-3	临时性储藏·····	174
8-4	永久性储藏·····	174
8-5	新轴承的保护·····	174
8-6	贮藏场所应该具备的条件·····	175
8-7	轴承的取用和检查·····	175

第一章 滚动轴承的基本知识

1-1 概 述

滚动轴承是随着汽车、高速发动机和精密机床的出现而迅速发展起来的。因为它和滑动轴承相比,具有以下优点:

1. 起动时摩擦阻力很小,比正常运转时的摩擦转矩大不了多少;
2. 润滑比较简单,可以用预填的润滑脂,也可以用简单的润滑油系统;
3. 对于相同尺寸的轴径,滚动轴承的轴向占地较滑动轴承为少;
4. 除开圆柱滚子以外,所有滚动轴承都能同时承受径向负荷和轴向负荷。而滑动轴承在没有推力轴承时却只能承受径向负荷;
5. 在同样的转速情况下,滚动轴承在使用寿命将到时噪音会大增,借此发出预期警报,提示损坏即将来临。而滑动轴承却不可能提供这种信号;
6. 滚动轴承都是成品备件,更换时既方便又及时,这给维修工作带来极大好处;
7. 滚动轴承的标准化和高精度使它们非常适用于凸轮和齿轮等场合;
8. 能够通过预加负荷的办法使轴承的刚性增加,这对精密

机床是十分重要的；

9. 滚动轴承可以方便地应用于空间任意位置的轴上；

10. 可配合各种不同型式的轴承座，为设计和安装带来了方便灵活。

滚动轴承的优点是明显的，这是它发展迅速的基本原因。但是它也有着一定的缺点，如：

1. 对于相同尺寸的轴径来说，它需要的径向地位比滑动轴承所需的大；

2. 它的初始成本一般比滑动轴承高；

3. 正常运转时的噪音比滑动轴承高；

4. 金属屑等异物一旦进入轴承内部就会缩短轴承的正常寿命，导致早期破坏。相反，滑动轴承对金属屑等异物就不那样敏感，因为润滑油能够带走这些异物，而且较软的轴承材料也能容忍异物的嵌入；

5. 滚动轴承有一定的寿命，因为最终将由于材料的疲劳而失效。但是滑动轴承如果使用正常，保养完善，按理应该能永久地使用下去，根本不存在寿命问题。这是因为完善的油膜润滑防止了轴和轴承的金属接触，从根本上消除了磨损的发生；

6. 滚动轴承对冲击性负荷的承载能力不如滑动轴承。

上面的对比简要地说明了滚动轴承的特点和存在的缺点。显然，扬长避短是我们追求的目的。我们应该学会正确使用滚动轴承，尽量发挥它们的特长，并力求长久地保持这种优势。但是在使用过程中发生这样那样的故障是在所难免的，我们必须面对这些故障及时进行处理。为了迅速而正确地找出故障原因，进而确定处理对策，必须对滚动轴承有个全面的了解。下面将从负荷的性质开始逐步深入。

1-2 不同性质的负荷

为了便于区别各种不同的轴承，人们通常把基本轴承型式的名称和它所承受的负荷性质联系起来。从理论上讲，任何滚动轴承所承受的负荷不外乎下述三种情况之一：(1) 纯径向负荷；(2) 纯轴向负荷；(3) 径向和轴向的复合负荷。图 1-1 表示这几种负荷作用于轴承时的情况。

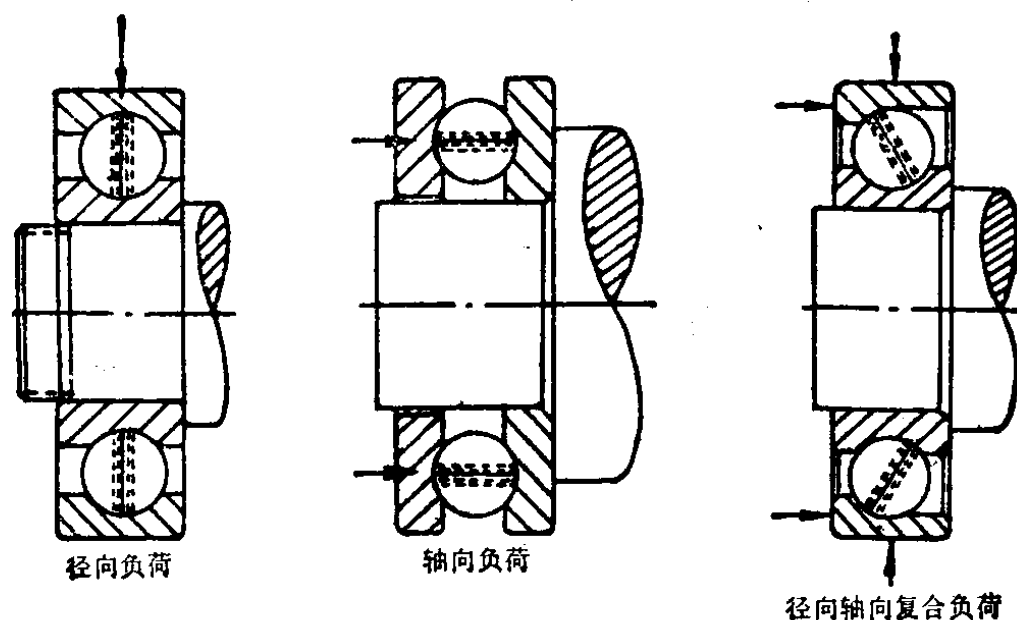
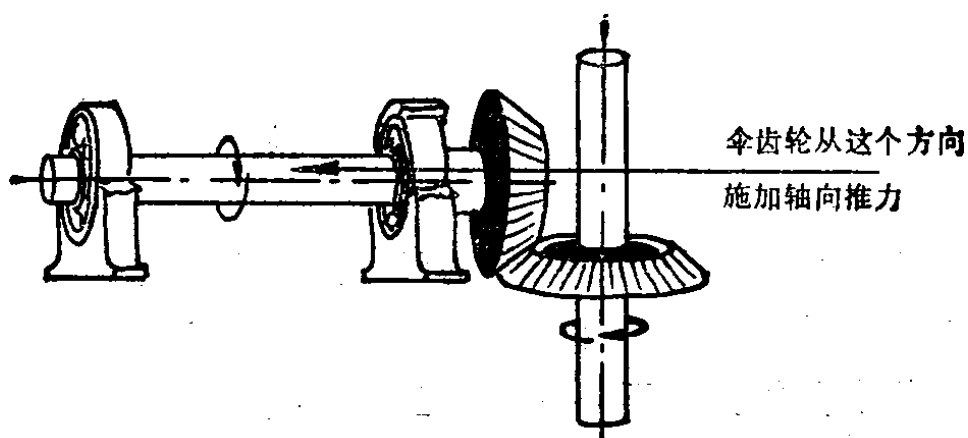


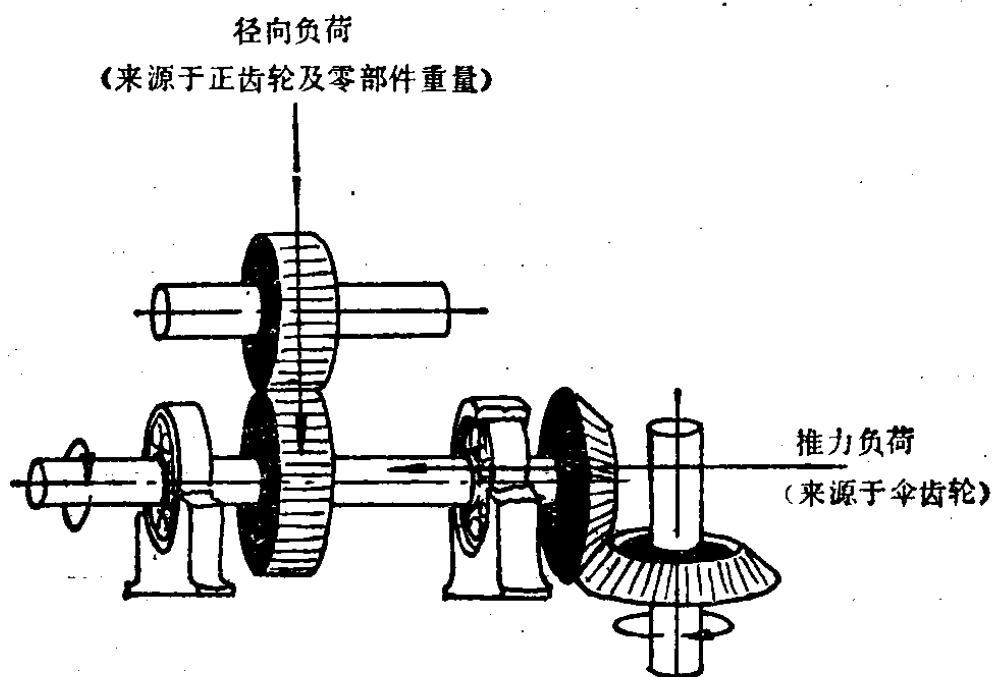
图 1-1 几种不同性质的负荷

下面举一个工厂中最常见的实例来说明这些不同性质的负荷。读者可以通过实例进一步分析各种更为复杂的情况，因为轴承所受的力基本一样。

在实际应用中，较少出现单纯的径向负荷或轴向负荷，而常遇到的是复合负荷，也就是径向负荷和轴向负荷同时并存。有时为了方便，我们也可以简单地只考虑一个主要的负荷而忽略另一个次要的负荷，因为大多数滚动轴承都具有同时应付两种负



当负荷沿轴向施加时,称为轴向负荷或推力负荷



这些负荷的复合作用称为复合负荷

图 1-2 产生负荷的根源

荷的能力。

在选用适当的轴承型式时,首先要分析轴承的受力情况,根据径向负荷和轴向负荷的相对关系而选择相应的型式,这是一个关键的原则。许多滚动轴承在外形尺寸上似乎没有什么不同,但是内部设计彼此却很不相同。这点在维修过程中千万不可忽视,只有充分了解轴承的受力状态后才能正确选用恰当的型式和型号。

1-3 基本结构

除了一些线性运动用轴承、滚针轴承以及特殊用途轴承以外,几乎所有滚动轴承都是由外圈、内圈、滚动体和保持架等四大部分组成,如图1-3和1-4所示。

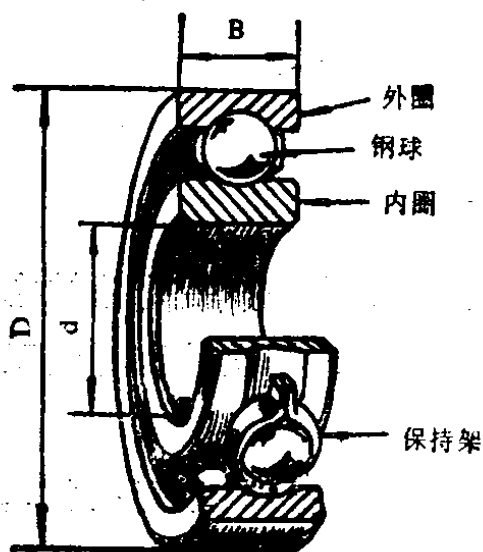


图 1-3 球轴承

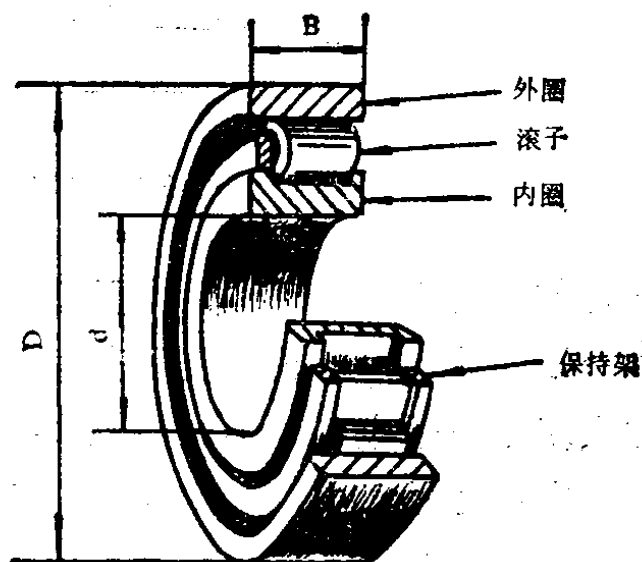


图 1-4 滚子轴承

(1) 内圈——通常装配在轴上,在多数情况下内圈与轴一起旋转。内圈的外表面有供钢球或滚子滚动的沟槽,称为内沟或内滚道。沟槽的表面硬度很高并经精密加工,光洁度很高。

(2) 外圈——通常装配在轴承座或机壳上,起支承滚动体的作用。外圈一般不旋转,只有在特殊情况下才旋转,这时内圈固定,起支承作用。外圈的内表面也有供钢球或滚子滚动的沟槽,称为外沟或外滚道。和内圈一样,它的硬度很高,表面光洁度也很高。

(3) 滚动体——包括钢球或滚子。钢球或滚子在内圈和外圈之间滚动,它们的大小、形状和数量决定轴承的承载能力和承载特性。

(4) 保持架——它把轴承中的一组滚动体均匀地相互隔离,以免彼此发生摩擦(见图1-5)。保持架使滚动体在轴承内分

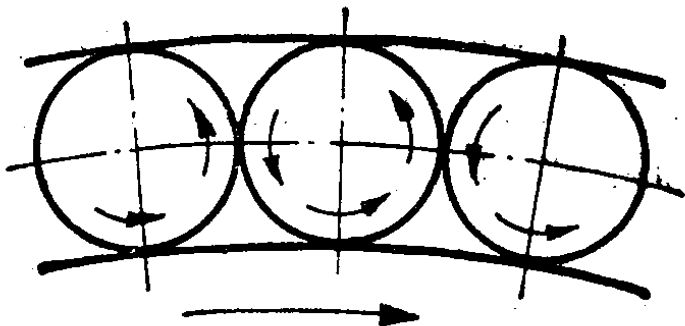


图 1-5 相邻钢球发生摩擦

布均匀,使每个滚动体轮流承受相同的负荷使磨损平均分摊在每个滚动体上,延长了使用寿命。保持架的结构设计和材料变化很多,以适应各种不同的工作要求。

在推力轴承中,有两个外形大致相同的套圈。与轴紧配的套圈叫紧圈;与轴承座或机械壳体相配的套圈叫活圈。活圈与轴之间留有间隙,因此推力轴承没有径向定位作用(图1-6)。

通过上述四大零件的变化组合,制造厂能生产出千变万化的各色轴承以满足一切想象得到的用途。目前生产的轴承从外径 1.6 毫米开始,最大的已超过4600毫米。

美国有一个轴承制造厂声称能制造外径从1/16~7/8英寸(1.6mm~22.2mm)的各种轴承,34个基本尺寸变化竟达 3000 种以上。

粗看一下上述数字,似乎觉得轴承的尺寸变化实在太多了。但是仔细分析一下就可以发现,这种变化多端的尺寸中具有一

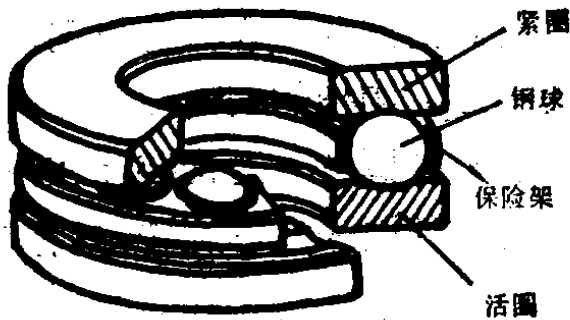


图 1-6 推力轴承

定的变化规律，这是轴承生产高度标准化的结果。轴承的标准化对制造厂使用厂都带来了巨大的经济效益。！

当前世界上通用的轴承主要有英制和公制两大类。我国基本上全部使用公制，英制的轴承只有在极少数进口老设备中使用。国际上的趋势也是向公制发展，英制正日趋淘汰。

1-4 标准化问题

滚动轴承是一种通用性极强的机械零件。为此，美国的滚动轴承制造商协会(简称AFBMA)组织了有关单位，制订了滚动轴承标准，并与国际标准化组织 ISO 取得紧密的合作。AFBMA 的轴承外形标准尺寸和代号命名法已为 ISO 所采纳，成为今后全世界通用的标准。

这种标准化的尺寸系统可以使尺寸相同的轴承不论由哪一个工厂制造都能彼此互换。当然现在还有许多特殊的轴承，英制的轴承等因为没有标准化，所以只能受制造厂的独立控制。

为了实现轴承尺寸的标准化，首先要建立一套轴承内径的标准。从直径 4 毫米开始，以 1 毫米的增量一直增加到包括 10 毫米为止。以后则按 5 毫米的增量，增加到 120 毫米，超过 120 毫米时每次增量为 10 毫米，一直到最大轴承内径 500 毫米。

为了适应各种不同承载能力的需要，对于每一轴承内径得有许多不同的轴承外径来适应。从而产生了所谓直径系列的概念。直径系列依次用数字 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4 来表示。其中 8 代表最小外径而 4 则代表最大外径。所以，属于同一直径系列的不同尺寸的轴承都具有相同的剖面高度(对于同一轴承内径)，如图 1-7 所示。同样，在图 1-7 中还可以看出，除了直径系列外还有一个宽度系列，也依次用数字 0, 1, 2, 3, 4 来表示。随着数字

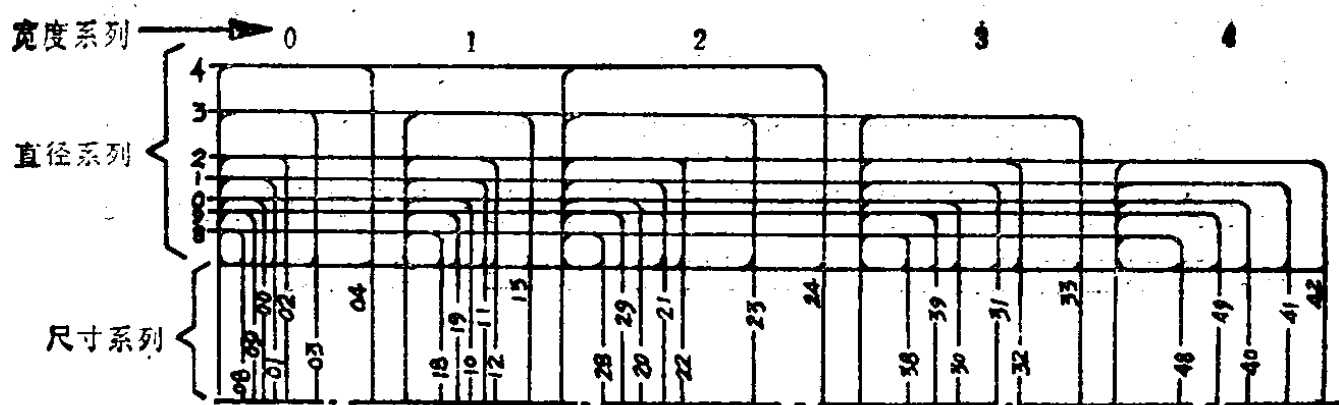


图 1-7 轴承外形尺寸的标准化

的增加,宽度也作相应的增加(相对于某一直径系列而言)。

这个系统使属于同一直径系列和宽度系列的任何两只轴承都属于同一的尺寸系列。尺寸系列用两位数字表示,第一位(即前面一位)表示宽度系列,第二位则表示直径系列。这在图1-7中可以清楚地看出。显然这个系统只对轴承的外形尺寸作了标准化规定,而对轴承的内部结构设计却未施加任何限制。这样,制造厂就有选择各项内部参数的充分自由。如钢球和滚子的直径、使用的数量以及钢球与滚道表面曲率的一致性等等。对于机械设计人员来说,他也可能在外形尺寸完全相同的情况下选用各式各样的轴承型式。

下面举一个实例说明 AFBMA(也就是 ISO)的代号标注方法。假设有一个代号为 10BC02 的轴承,它说明些什么内容呢? BC 是指轴承类型。B 泛指径向球轴承,BC 则进一步说明这个向心球轴承为单列,径向接触,无填球口组装。BC 前的数字 10 表示轴承的内径为 10 毫米,后面跟随的 02 则表示它属于 02 尺寸系列。查阅一下有关表格就可以知道这是一只内径为 10 毫米,外径为 30 毫米,宽度为 9 毫米的单列径向接触的向心球轴承。如果这个轴承外形尺寸不变,但是具有填球口,那末只要将代号中的 BC 改为 BL 就可以了,成为 10BL02。

AFBMA 建议的命名办法虽然很合理，但是一下子还难于被普遍接受。特别在美国，各个轴承工厂都有一套自己的代号命名规则。虽然所有制造厂都遵守 AFBMA 的外形尺寸规定，但是有关承载能力以及使用寿命却仍然习惯于遵循旧的 SAE 标准，即：

特轻系列或 100 系列(相当于 AFBMA 的 01 尺寸系列)，

轻系列或 200 系列(相当于 AFBMA 的 02 尺寸系列)，

中系列或 300 系列(相当于 AFBMA 的 03 尺寸系列)，

重系列或 400 系列(相当于 AFBMA 的 04 尺寸系列)。

按照传统习惯，制造厂常常采用一个具有上述数字系列在内的核心数字来代表一个轴承，外加一些额外的数字或字母作为代号。核心数字共三位，最后两位表示轴承的内径，把这两位数字乘以 5 就可得到以毫米为单位的轴承内径。例如 12 表示轴承内径为 60 毫米($12 \times 5 = 60$)。右起第三位则表示轴承的轻重系列。核心数字各厂都通用，但外加的数字和字母则各厂都不一样。这些外加的数字或字母用来指示轴承的其他特征，如轴承型式，密封型式，材料差异，安装用止动环以及自润滑等。

举个实例：一个内径为 60 毫米的单列深槽式(即径向接触)向心球轴承，两侧开启(没有密封或防尘盖)。它在美国被三个工厂分别命名为三个完全不同的代号：New Departure-Hyatt 叫它为 3212，Marlin-Rockwell 则用 212-S 表示，SKF 则叫它为 6212。其中数字 212 都出现在三个厂家的代号中，这就是前面谈论过的核心数字。至于轴承型式的表示方法则各厂都不一样：New Departure-Hyatt 用 3000 代表单列深槽式向心球轴承，SKF 则用 6000 代表。Marlin-Rockwell 不用数字而用字母 S 来表示。

从上面的例子中可以看出，核心数字 212 的存在已经使彼

此间的代用大为简化。如果进一步采用 AFBMA 的统一代号 60BC02, 这就有可能使全世界的使用者一看就知道这是什么样的一只轴承, 从根本上解决了不同代号之间的代用问题。

我国滚动轴承的代号由 1964 年的国家标准 GB272-64 作出了规定, 它由汉语拼音字母和数字组成。这个标准看起来相当复杂, 本书限于篇幅, 在此不作介绍, 读者可以参阅有关的国家标准。但我的看法是今后发展方向肯定要向 ISO 标准靠拢, 所以国家标准有否继续存在的必要值得考虑。

轴承外形尺寸标准化的结果使设计人员在选用恰当的型号时具有很大的灵活性。图 1-8 表示标准化的尺寸系列能使某一

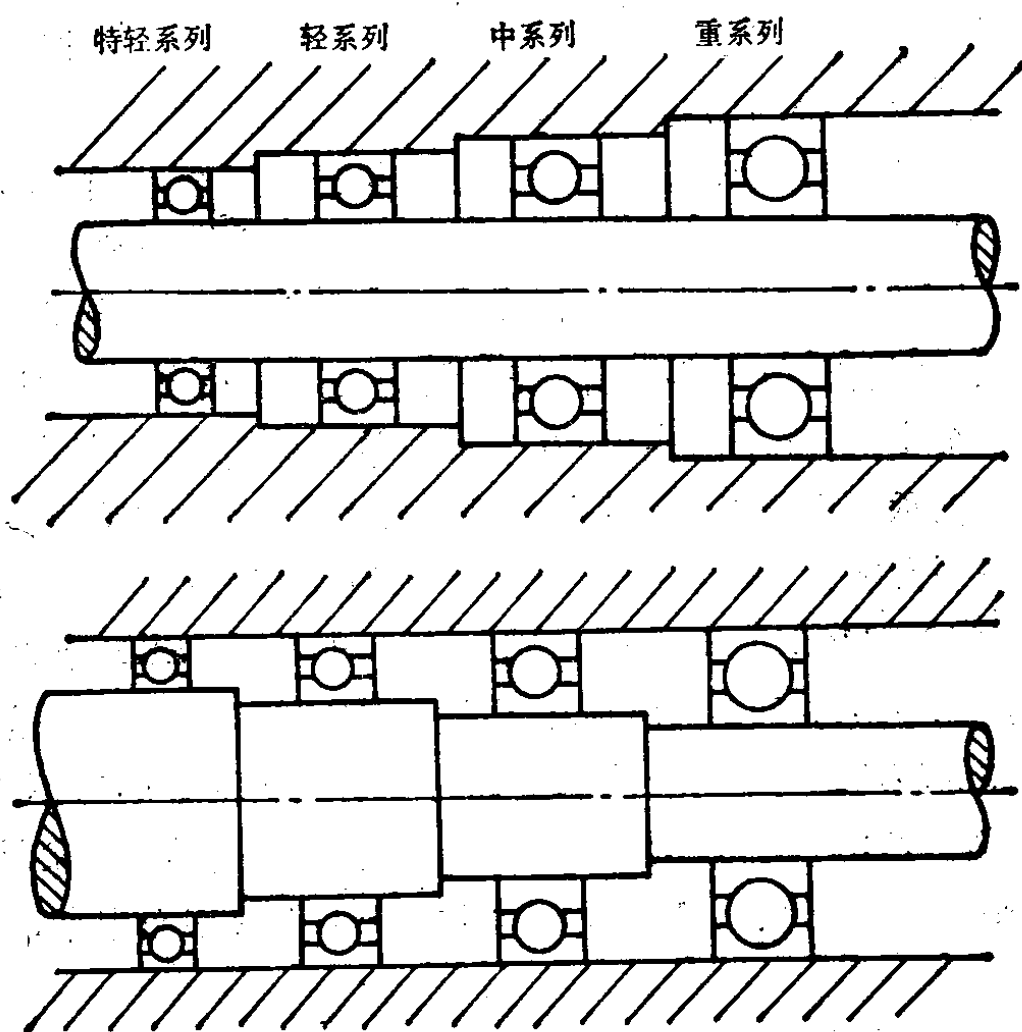


图 1-8 轴承尺寸的标准化带来了使用者选用轴承时的巨大灵活性